보건분야-연구자료
연구원 2008-000-0000

작업환경측정방법 및 측정기관평가 표준화 연구

정지연 · 피영규 · 김치년 · 김판기 · 김용철

한국산업안전공단
산업안전보건연구원

요 약 문

1. 연구필요성 및 목적

화학물질 노출에 의한 근로자의 건강장해 예방을 위해 화학물질 노출기준을 강화하고 작업환경측정 결과의 신뢰성 확보를 위해 여러 노력들이 기울여 지고 있음에도 불구하고 유해화학물질 노출에 따른 중독사고 및 직업병 사례가 지속적으로 발생하고 있는 실정이다. 이에 정부에서는 산업안전보건법에 강제기준으로서의 허용기준 제도와 지정측정기관의 작업환경측정 수준향상을 위한 지정측정기관평가 제도를 도입하게 되었다. 본 연구에서는 이러한 허용기준 제도와 지정측정기관평가 제도를 시행하는데 필요한 허용기준 설정물질의 작업환경측정방법 및 측정기관 평가의 표준안을 마련하여 제시하는데 그 목적이 있다.

2. 연구내용 및 방법

가. 작업환경측정방법 표준화

○ 문헌조사 실시: 허용기준이 설정된 13종 화학물질에 대한 국내·외의 공신력 있는 기관에서 제시하고 있는 작업환경측정방법 및 관련 법규에서 공정시험법으로 채택하는 경우 시험법의 작성체계 및 법적지위 등에 대한 문헌조사 및 검토를 실시

○ 지정측정기관의 실태파악: 설문조사를 통한 국내 작업환경측정기관에서 사용하고 있는 허용기준 설정물질의 작업환경측정방법 조사

○ 작업환경측정방법 표준안 마련: 문헌조사 및 지정측정기관에 대한 설문조사결과를 바탕으로 우리나라 작업환경측정기관에서 수용 가능한 방법 중 허용기준 제도의 취지에도 부합하고, 작업환경측정의 신뢰성을 담보할 수 있는 측정방법 표준안을 마련

○ 현장적용성 평가: 작성된 작업환경측정방법 표준안의 신뢰성 검증 및 보완을 위해 50개 측정기관을 직접 방문하여 의견수렴 과정을 실시

○ 기술지침서 마련: 허용기준 설정물질에 대한 작업환경측정방법 표준을 사용하는데 있어 필요한 기술적인 가이드라인을 마련

○ 허용기준제도 운영방안 마련: 허용기준 제도의 효율적인 시행을 위해 기존 작업환경측정제도와의 연계성, 허용기준 제도 실행주체, 대상사업장 선정, 허용기준 설정물질 평가방안 마련

나. 지정측정기관평가 표준화

○ 문헌조사 실시: 국내·외 지정측정기관평가 관련 문헌조사 실시

○ 지정측정기관평가 표준화 방안 마련: 현행 관련법의 세부 평가기준에 따른 평가항목 및 이들 평가항목에 대한 평가방법 개발

○ 현장적용성 평가: 세부지침안의 신뢰성 검증을 위해 50개 기관을 직접 방문하여 평가를 실시하고 이 결과를 바탕으로 기관평가 세부지침안 보완

○ 운영방안 도출: 현장적용성 평가시 측정기관의 의견수렴과 여러 이해 당사자 및 전문가의 의견수렴과정을 거쳐 운영방안 도출

3. 연구결과

가. 작업환경측정방법 표준화

○ 작업환경측정방법 작성체계 표준화지침 개발: 허용기준 설정물질의 제·개정시 작업환경측정방법의 일관성 유지를 위해 작업환경측정방법의 분류체계, 작성체계, 단위체계, 그리고 용어사용에 대한 표준화지침을 도출하였다.

○ 13종 허용기준 설정물질에 대한 작업환경측정방법 표준안 제시: 13종 허용기준 설정물질의 작업환경측정방법의 표준안을 총칙, 일반측정사항(화학시험의 일반사항, 시료채취 및 분석시 고려사항, 분석기기), 그리고 13종에 대한 물질별 작업환경측정방법으로 구성하여 제시하였다.

○ 허용기준 설정물질의 작업환경측정을 위한 기술지침: 기술지침은 총칙,

시료채취과정, 시료채취매체, 특정시료의 채취과정, 기구준비 및 보정으로 구성된 기술지침을 제시하였다.

○ 허용기준 제도 운영방안: 노동부 지방노동관서 감독관이 실행주체가 되어 허용기준설정물질의 작업환경측정결과를 바탕으로 허용기준의 50%를 초과한 사업장은 전수 확인하고, 50% 미만 사업장은 지방노동관서의 행정여력을 고려하여 층화무작위 추출방식으로 점검대상 사업장을 선정하는 안을 제시하였다.

나. 지정측정기관평가 표준화

○ 측정기관 평가결과: 4 분야(작업환경측정 및 시료분석능력; 측정결과의 신뢰도; 시설·장비의 성능; 보유인력의 교육이수·능력개발, 전산화정도 및 그 밖의 제반사항)에 대하여 총 77개 세부평가 항목을 개발하여 평가한 결과, 이번 조사대상 50개소의 평가결과는 총 100점 만점에 평균 78.29점(범위: 62.2점~89.0점)이었으며, 지정측정기관의 평가주기는 3년, 실시계획의 공고는 30일 전에, 그리고 평가결과는 노동부 및 공단 홈페이지 등을 통해 공고하는 것이 가장 타당하다는 의견을 나타냈다.

○ 측정기관평가 표준화 방안 제시: 현장 적용성 평가결과를 통해 제시된 의견수렴 및 검토과정을 거쳐 최종 평가항목을 선정하였으며, 각각의 평가항목에 대한 평가방법과 평가기준을 구체적으로 제시하였다.

○ 측정기관평가 운영방안: 지정측정기관 평가위원회와 평가운영반을 구성하여 측정기관을 평가하는 방안과 함께 구체적인 기관평가 추진절차 및 관련 고시와 세부운영지침의 제·개정안에 대해서도 제시하였다.

4. 활용 및 기대

본 연구결과는 허용기준제도와 지정측정기관평가 제도의 효율적인 집행을 위한 구체적인 실행수단을 제시한 것으로, 향후 동 제도의 활성화는 물론 이를 통한 작업환경측정의 신뢰성향상이 기대되어 화학물질 노출에 의한 근로자의

건강장해 예방에 기여할 것으로 판단된다.

8. 중심어

허용기준, 작업환경측정방법 표준화, 지정측정기관 평가 표준화

차 례

Ⅰ. 서 론 ····· 1
1. 연구 필요성 ····· 1
2. 연구목표 ····· 7

Ⅱ. 연구내용 및 방법 ····· 9
1. 작업환경측정방법 표준화 ····· 9
2. 측정기관평가 표준화 ····· 14

Ⅲ-1. 연구결과(작업환경측정방법표준화) ····· 28
1. 문헌고찰 ····· 28
2. 작업환경측정방법 작성체계 표준화 ····· 43
3. 작업환경측정방법 사용실태조사 ····· 48
4. 작업환경측정방법의 적정성 설문조사결과 ····· 84
5. 허용기준 설정물질 평가방안 ····· 86
6. 허용기준제도 운영방안 ····· 90
7. 물질별 작업환경측정방법 ····· 94
8. 허용기준 설정물질 작업환경측정을 위한 기술지침 ····· 254

Ⅲ-2. 연구결과(측정기관평가표준화) ····· 298
1. 국내외 연구동향 ····· 298
2. 측정기관평가 세부지침안 ····· 316
3. 지정측정기관 평가결과 ····· 340
4. 측정기관 평가 운영 방안 ····· 438
5. 지정측정기관 평가 표준화 방안 ····· 449

Ⅳ. 결　론 ····· **455**
1. 작업환경측정방법 표준화 ····· 455
2. 작업환경측정기관평가 표준화 ····· 459

참고문헌 ····· 462

표 차 례

표 1. 작업환경측정 정도관리 횟수별 합격률 ····· 5
표 2. 입법 예고된 허용기준 물질의 국내 주요기관의 시료채취 및 분석 방법 ····· 36
표 3. 허용기준설정물질에 대한 국외주요기관 작업환경측정방법 ····· 37
표 4. 유해물질에 대한 국내 주요정부부처의 법적지위 ····· 38
표 5. 작업환경측정방법 분류기준-대분류 ····· 44
표 6. 총칙 및 일반사항의 분류 및 구성내용 ····· 45
표 7. 소속형태에 따른 측정기관 수 및 인력현황 ····· 49
표 8. 직무와 소속기관형태에 따른 인력분포 ····· 50
표 9. 소속기관에 따른 근무자의 학력분포 ····· 50
표 10. 소속기관에 따른 근무자의 근무년수 분포 ····· 52
표 11. 허용기준 설정물질에 대한 측정기관의 작업환경측정 실시여부 53
표 12. 측정기관이 사용하는 납 및 그 무기화합물의 작업환경측정방법 분포 ····· 54
표 13. 측정기관이 사용하는 니켈(불용성무기화합물) 작업환경측정방법 분포 ····· 56
표 14. 측정기관이 사용하는 디메틸포름아미드 작업환경측정방법 분포 ····· 58
표 15. 측정기관이 사용하는 벤젠의 작업환경측정방법 분포 ····· 60
표 16. 측정기관이 사용하는 2-브로모프로판 작업환경측정방법 분포 62
표 17. 측정기관이 사용하는 석면의 작업환경측정방법 분포 ····· 64
표 18. 측정기관이 사용하는 6가크롬화합물의 작업환경측정방법 분포 ····· 66
표 19. 측정기관이 사용하는 이황화탄소의 작업환경측정방법 분포 ··· 68
표 20. 측정기관이 사용하는 카드뮴 및 그 화합물의 작업환경측정방법

분포 ····· 69
표 21. 측정기관이 사용하는 2,4-TDI의 작업환경측정방법 분포 ····· 72
표 22. 측정기관이 사용하는 TCE의 작업환경측정방법 분포 ····· 73
표 23. 측정기관이 사용하는 포름알데히드의 작업환경측정방법 분포 · 74
표 24. 측정기관이 사용하는 노말헥산의 작업환경측정방법 분포 ····· 77
표 25. 작업환경측정방법의 작성체계 및 내용에 대한 측정기관의 의견 분포 ····· 85
표 26. 상위 10%의 최대노출근로자 수를 1인 이라도 포함시킬 수 있는 최소 근로자 수(측정시료 수) ····· 87
표 27. 허용기준 설정물질별 측정현황(2005년도) ····· 91
표 28. 분집의 입도에 따른 채취효율 ····· 266
표 29. 여과지 종류에 따른 채취물질과 여과지 특징 ····· 273
표 30. 석면의 종류 ····· 282
표 31. 지정측정기관별 인력 현황 ····· 343
표 32. 측정기관별 누적소음노출량계의 기기 설정 적정성 ····· 346
표 33. 측정기관별 현장 공시료(활성탄 및 필터)채취 ····· 347
표 34. 측정기관별 현장 공시료 분석결과의 보정 ····· 348
표 35. 측정기관별 시료의 탈착율 및 회수율 실험 수행 ····· 349
표 36. 측정기관별 분석결과에 시료의 탈착율 및 회수율 보정 수행 · 350
표 37. 측정기관별 유해인자별 · 업종별 작업환경전문기관 지정 ····· 351
표 38. 측정기관별 외국에서 실시하는 정도관리 참여 경험 ····· 352
표 39. 측정기관별 정도관리 최초 참여 년도 ····· 352
표 40. 측정기관별 최근 5년간 노동부 정기지도 · 감독 결과 ····· 353
표 41. 측정기관별 작업환경결과표상 종합의견의 질적수준 ····· 354
표 42. 측정기관별 측정계획서 작성여부 ····· 355
표 43. 측정기관별 시료채취 시간 준수 ····· 356
표 44. 측정기관별 시료채취개수의 준수 ····· 357
표 45. 측정기관별 지역시료채취 시 사유 기록 ····· 358

표 46. 측정기관별 작업환경측정결과표 송부기간 준수 ····· 359
표 47. 측정기관별 산업위생관리 기술사 보유 여부 ····· 360
표 48. 측정기관별 시료채취 및 분석방법 자체 매뉴얼 보유 ····· 360
표 49. 측정기관별 고형시료 채취·분석 실적 및 채취대장 구비 ····· 361
표 50. 화학물질 및 물리적인자의 노출기준의 적정 적용 ····· 362
표 51. 측정기관별 측정농도의 결과평가의 적절성 ····· 363
표 52. 측정기관별 내부정도관리 실시 ····· 364
표 53. 측정기관별 최근 5년이내 노동부 등에서 기관 또는 보유인력의 표창 등 실적 ····· 365
표 54. 측정기관별 정도관리 실시결과 최근 5년 이내 부적합 판정 ··· 366
표 55. 측정기관별 측정장비 검·교정 여부 ····· 367
표 56. 측정기관별 분석기기 검·교정 여부 ····· 368
표 57. 측정기관별 검·교정 필요 장비 문서 보관 ····· 369
표 58. 측정기관별 채취시료의 분석결과물(크로마토그램 등)의 적정 보관 ····· 370
표 59. 측정기관별 누적소음노출량계의 보정 ····· 371
표 60. 측정기관별 누적소음노출량계 기록물 보관 ····· 372
표 61. 측정기관별 시료 채취 전·후 펌프의 유량 보정 수행 및 결과 반영 ····· 373
표 62. 측정기관별 필터의 중량분석 횟수 및 문서대장의 적정 기록 · 374
표 63. 측정기관별 사업장에서 시료채취 시 채취대장의 작성 ····· 375
표 64. 측정기관별 지시소음계 사용 기관 ····· 376
표 65. 측정기관별 작업시간 8시간 초과시 노출기준의 보정 ····· 377
표 66. 측정기관별 8시간 시간가중평균치의 적정 계산 ····· 378
표 67. 측정기관별 작업환경측정 책임자의 측정경력 년 수 ····· 379
표 68. 측정기관별 분석 책임자의 분석경력 년 수 ····· 380
표 69. 측정기관별 분석 외부기관 의뢰 시 문서의 보관 및 결과 적정 반영 ····· 381

표 70. 측정기관별 시료 전달시 인수인계대장 작성・보관 ····· 382
표 71. 측정기관별 실험실 보관대장 작성・보관 ····· 383
표 72. 측정기관별 측정장비에 대한 매뉴얼・이력 관리 및 기록유지 384
표 73. 측정기관별 분석장비에 대한 매뉴얼・이력 관리 및 기록유지 385
표 74. 측정기관별 국내・외 공인시험・교정기관 및 검사기관에서의 인정 ····· 386
표 75. 측정기관별 시료채취장비 주기적 유지・보수 ····· 387
표 76. 측정기관별 분석장비 주기적 유지・보수 ····· 388
표 77. 측정기관별 분석장비별 실험실용 후드장치 및 사용지침서 등 보유 ····· 389
표 78. 측정기관별 장비의 사용 및 운영지침 또는 매뉴얼 보유 ····· 390
표 79. 측정기관별 직독식 장비의 사용, 운반, 보관, 유지・관리 ····· 391
표 80. 측정기관별 장비 책임자 지정 ····· 391
표 81. 측정기관별 배기 또는 배액처리를 위한 설비 및 성능 ・운영 392
표 82. 측정기관별 실험실내 비상용 샤워와 세안설비 보유 ····· 393
표 83. 측정기관별 실험실내 가스용기 전도 방지를 위한 조치 ····· 394
표 84. 측정기관별 시약의 특성에 따른 적정 보관 ····· 394
표 85. 측정기관별 실험실 보건안전 상태 ····· 395
표 86. 측정기관별 실험실내 전용 보호용구 구비 ····· 396
표 87. 측정기관별 시료보관 전용의 냉장실 및 냉동실 ····· 397
표 88. 측정기관별 필수 장비 이외 분석장비 보유 대수 ····· 398
표 89. 측정기관별 지정 측정인력의 전문성 향상을 위한 전문교육 이수 ····· 399
표 90. 측정기관별 지정 분석인력의 전문성 향상을 위한 전문교육 이수 ····· 400
표 91. 측정기관별 계약직 직원에게도 정식직원에 상응하는 교육훈련 제공 ····· 401
표 92. 측정기관별 교육과 능력개발을 위한 훈련계획 ····· 402

표 93. 측정기관별 능력개발을 위한 기관장의 노력 ····· 402
표 94. 측정기관별 최근 3년간 측정 및 분석전담자 인력변동 ····· 403
표 95. 측정기관별 측정·분석 인력의 계약직 직원 근무 ····· 404
표 96. 측정기관별 작업환경측정결과 설명회 개최 실적 ····· 405
표 97. 측정기관별 작업환경측정 사업장 관리대장의 작성(전산화)상태 ····· 406
표 98. 측정기관별 지정측정기관의 조직도 및 업무분장 문서화 ····· 407
표 99. 측정기관별 작업환경측정결과표등 문서의 작성, 검토, 승인라인 ····· 407
표 100. 측정기관별 최근 2년 이내 안내 팜플렛 등의 보유 여부 ····· 408
표 101. 측정기관별 사업장 고객만족도 조사 실시 ····· 409
표 102. 측정기관별 시약의 물질안전보건자료나 독성 및 기타자료 확보 ····· 410
표 103. 측정기관별 작업환경측정결과표의 전산화 적정 ····· 410
표 104. 측정기관별 시약·물품의 선정, 구매 및 보관절차의 문서화 411
표 105. 측정기관별 작업환경측정결과 기록 보존기존 준수 및 관리 · 412
표 106. 측정기관별 표준물질의 유효기간 준수 및 문서화(전산화) ···· 413
표 107. 측정기관별 측정기관 홈페이지 보유 ····· 413
표 108. 측정기관별 측정기관 지정인력의 최근 2년간 연구실적 ····· 414
표 109. 항목별 측정기관평가 점수 ····· 415
표 110. 측정기관별 측정기관평가 점수 ····· 416
표 111. 작업환경측정 및 시료분석 능력 세부항목 평가결과 분포 ····· 417
표 112. 측정결과의 신뢰도 세부항목 평가결과 분포 ····· 419
표 113. 시설·장비의 성능 세부항목 평가결과 분포 ····· 421
표 114. 보유인력의 교육이수·능력개발, 전산화정도 및 그 밖의 제반사항 ····· 423
표 115. 지정측정기관 절대평가 결과 ····· 425
표 116. 지정측정기관 상대평가 결과 ····· 426

표 117. 평가항목별 가중치(1) ····· 428
표 118. 평가항목별 가중치(2) ····· 429
표 119. 가중치 적용시 측정기관평가 점수 ····· 430
표 120. 지정측정기관 가중치 적용 평가 결과 ····· 431
표 121. 지정측정기관의 평가 주체 ····· 432
표 122. 지정측정기관 평가 대상 ····· 433
표 123. 지정측정기관 평가 주기 ····· 434
표 124. 지정측정기관 평가위원회 또는 평가반의 구성 ····· 434
표 125. 측정기관 평가 실시계획의 공고 기간 ····· 435
표 126. 지정측정기관 평가결과 공표의 범위 ····· 436
표 127. 지정측정기관 평가결과 공표방법 ····· 436
표 128. 지정측정기관 평가결과 미흡기관의 제한 ····· 437

그 림 차 례

그림 1. 허용기준 제안을 위한 전체적인 연구 흐름도 ····· 34
그림 2. 소속기관에 따른 근무자의 취득자격증 분포 ····· 51
그림 3. 납 및 그 무기화합물의 작업환경측정방법 사용분포 ····· 56
그림 4. 니켈(불용성무기화합물) 작업환경측정방법 사용분포 ····· 58
그림 5. 디메틸포름아미드의 작업환경측정방법 분포 ····· 59
그림 6. 벤젠의 작업환경측정방법 분포 ····· 61
그림 7. 2-브로모프로판의 작업환경측정방법 분포 ····· 63
그림 8. 석면의 작업환경측정방법 분포 ····· 65
그림 9. 6가크롬화합물의 작업환경측정방법 분포 ····· 67
그림 10. 6가크롬화합물의 분석장비 사용분포 ····· 67
그림 11. 카드뮴 및 그 화합물 작업환경측정방법 분포 ····· 70
그림 12. 카드뮴 및 그 화학물의 분석장비 사용분포 ····· 71
그림 13. 포름알데히드의 작업환경측정방법 분포 ····· 75
그림 14. 포름알데히드의 분석장비 사용분포 ····· 76
그림 15. 포름알데히드의 유도체화 반응식 ····· 194
그림 16. 다양한 개인시료 채취 펌프 종류 ····· 257
그림 17. 개인 시료채취기구 착용 ····· 258
그림 18. 호흡기 반경 30 cm 이내에서 시료채취 ····· 258
그림 19. 총분진채취의 공기 유입방향 ····· 259
그림 20. 고체채취법의 ····· 259
그림 21. 봉인된 카세트 및 고체흡착관 ····· 261
그림 22. 검지관 펌프 유량 보정용 필름 유량보정기구 ····· 263
그림 23. 3단 카세트의 구성 ····· 264
그림 24. 총분진 카세트의 유량보정 ····· 265

그림 25. 사이클론에 카세트장착 ····· 265
그림 26. 사이클론의 유량보정 ····· 267
그림 27. 다목적 유량보정 챔버 ····· 268
그림 28. Jarless방법에 의한 사이클론 보정 ····· 269
그림 29. 사이클론 조립 부속품 ····· 270
그림 30. IOM 흡입성분진 채취기구 구조 ····· 271
그림 31. IOM 시료채취 기구 착용모습 ····· 272
그림 32. 여과지의 현미경학적 입자모양 ····· 273
그림 33. 활성탄관과 실리카겔관의 구조 ····· 275
그림 34. 사이클론에 카세트장착 ····· 275
그림 35. 다양한 플라스틱 홀더 ····· 276
그림 36. 고체흡착관을 이용한 개인시료 채취모습 ····· 277
그림 37. 플라스틱 마개로 밀봉한 고체흡착관 ····· 278
그림 38. 시료채취 후 포장된 활성탄관 ····· 278
그림 39. 임핀저와 버블러 ····· 279
그림 40. 임핀저의 조립 ····· 280
그림 41. 임핀저 및 버블러의 유량보정 ····· 281
그림 42. 석면의 형태 ····· 283
그림 43. 석면 측정용 Cowl 카세트 ····· 283
그림 44. Open face 시료 채취 ····· 284
그림 45. 시료채취 후 바람직한 밀봉상태 ····· 286
그림 46. 용접 흄 시료채취 장면 ····· 287
그림 47. 용접 후드 ····· 287
그림 48. 개인시료 펌프 충전기 ····· 289
그림 49. 비누거품 전자유량보정기구(좌), 건식 유량보정기구(우) ····· 290
그림 50. 비누거품 전자유량보정기구 ····· 291
그림 51. 수동식 뷰렛을 이용한 카세트 유량보정 ····· 293
그림 52. 수동식 뷰렛을 이용한 사이클론 유량보정 ····· 293

그림 53. 수동식 뷰렛을 이용한 고체 흡착관 유량보정 ····· 294
그림 54. 지정측정기관 평가 대상 가능 기관 ····· 439
그림 55. 지정측정기관 평가 수행 기관 ····· 440
그림 56. 지정측정기관 평가위원회 구성(안) ····· 442
그림 57. 지정측정기관 평가 실시계획 공고 ····· 444
그림 58. 지정측정기관 평가주기 ····· 445
그림 59. 지정측정기관 평가결과 공표 매체 ····· 446
그림 60. 지정측정기관 평가결과 국고지원 사업 참여의 제한 ····· 447
그림 61. 지정측정기관 평가 추진 절차 체계(안) ····· 448

Ⅰ. 서 론

1. 연구 필요성

사업장에서 사용하는 화학물질은 그 종류도 매우 다양하고 화학물질의 종류에 따른 독성 및 인체 유해성도 다르다. 현재 전 세계적으로 약 3,000만여종의 화학물질이 개발되어 이 중 10만여종이 상업적으로 유통 중이며, 우리나라에서는 약 3만5천여종이 상업적으로 유통되어 사용되고 있다.

작업장에서 이러한 다양한 화학물질의 사용은 제품생산을 위해서는 피해 갈 수 없는 필수불가결의 요소이다. 따라서 이러한 화학물질의 노출에 의한 건강장해를 예방하기 위해서는 화학물질의 위해성을 잘 관리하여 작업자들의 건강장해를 얼마나 최소화 또는 예방할 수 있느냐가 관건이라 하겠다.

유해화학물질 노출에 의한 건강장해를 예방하기 위한 가장 확실한 방법은 유해화학물질의 노출을 근원적으로 차단하는 방법이다. 그러나 이는 작업현장에서 거의 불가능하기 때문에 작업자가 매일 노출되더라도 건강장해 또는 질환이 일어나지 않은 적정수준(노출기준) 이하로 관리하는 것, 즉 위해성(risk)을 관리하는 것이 가장 현실적이 수단이 된다. 이러한 목적을 달성하기 위해 정부에서는 유해 화학물질에 대한 노출기준[화학물질 및 물리적 인자의 노출기준, 노동부 고시 제 2008-26호]을 제정하여 운용하고 있다(노동부, 2008).

우리나라 노출기준은 1986년 말에 미국정부산업위생전문가협의회(ACGIH)의 허용기준(TLVs)을 그대로 수용한 이후 5차례(1988.12; 1991.3; 1998.1; 2002.2; 2002.5)에 걸쳐 개정이 이루어졌으나, 이때의 개정은 일부 물질(석면, 벤젠, 2-브로모프로판 등)에 대한 것이 전부였고, 그 외의 대부분의 물질은 제정당시의 기준을 그대로 유지하고 있었다. 그러나 그동안 우리나라 노출기준의 최초 제

정당시의 기준을 그대로 유지하고 있는 물질의 노출기준 경우 이러한 노출기준이 과연 대부분 근로자의 건강장해를 예방할 수 있는 적정수준 인지에 대한 문제제기가 있어 2006년부터 국내에서 주로 취급하는 화학물질 및 건강장해우려가 높은 물질을 대상으로 노출기준 제·개정 연구가 수행되었으며 이중 40여종의 물질에 대한 노출기준 제·개정 연구가 완료되어 노동부 노출기준이 개정되었고(화학물질 및 물리적인자의 노출기준, 노동부 고시 제2008-26호), 현재도 다른 물질에 대해서도 추가적으로 노출기준을 개정하고자 작업이 진행 중인 상황이다.

그 동안 노동부에서는 화학물질 노출에 의한 근로자의 건강장해 예방을 위해 화학물질의 노출기준을 강화하는 등 여러 가지 노력을 기울여 오고 있음에도 불구하고, 노말헥산 중독에 의한 근로자 8명이 집단으로 하반신의 마비가 발생하였고, 유기주석 중독으로 인한 대사성뇌병증 발생, 그리고 TCE 중독사례 등 유해화학물질의 노출에 의한 중독사고가 지속적으로 발생하고 있는 실정이다.

이에 노출기준이 가지고 있는 근본적인 문제점에 대한 분석이 이루어졌으며, 그 문제점을 살펴보면 현행 노출기준은 사업주가 반드시 달성해야 하는 강제기준이 아니라 권고기준으로서, 작업환경측정결과 노출기준을 초과한 경우 시설개선 등의 조치를 취하도록 하고 있으나 이는 이미 작업장이 유해물질을 초과한 후 시정명령 등을 통한 사후조치로서 근로자의 건강보호에는 한계가 있다는 결론에 도달하게 되었다.

따라서 그동안 발암성물질이나 직업병 발생 주요 유해인자에 대해서는 항상 작업장내의 농도가 일정기준을 초과하지 않도록 하기 위한 강제기준으로서의 허용기준이 2007년 7월 산업안전보건법에 도입(제 39조의 2; 허용기준의 준수)하게 되었다(노동부, 2007).

화학물질 노출에 의한 근로자의 건강장해를 예방하기 위해서는 관련법을 정

비하는 것도 중요하지만 제정된 법이 얼마나 현장에서 잘 집행되는지 확인하고 이를 감독하는 기능도 법의 실효성을 담보하기 위해서 매우 중요한 사항이다. 특히, 허용기준 제정물질을 사용하는 작업장 경우 취급근로자의 노출수준이 허용기준을 초과하는지 여부를 정확히 평가하고, 그 결과에 따른 법적인 후속조치를 얼마나 신속 정확하게 수행하는가가 중요한 사항이다.

작업장의 유해물질 노출수준은 항상 일정하게 유지되는 것은 아니며, 설령 일정하게 유지되는 수준이라고 하더라도 측정 및 평가 방법에 따라 평가되는 결과는 달라질 수 있다. 따라서 그 노출수준이 허용기준을 초과하는지 여부를 법적으로 판단하기 위해서는 허용기준제정물질에 대한 작업환경측정방법 및 평가의 표준화가 이루어져야하고, 또한 측정에서 평가에 이르는 전 과정에 걸친 표준화된 기술적인 지침이 있어야 한다. 그러나 일부 직업병 발생 유해물질에 대한 허용기준 제정 및 허용기준의 준수 등에 관한 법 제정만 이루어진 상태이고 이를 실제 집행하는 데 필요한 수단 들은 현재 마련되어 있지 않은 상태이다. 따라서 이러한 수단에 대한 연구가 절실히 필요한 시점이다.

유해요인 노출로 인한 근로자의 건강보호를 위해서 상기 언급한 허용기준과 같은 강제력이 부과되는 노출기준의 설정도 중요하지만 또 다른 한편으로 필요한 사항은 사업장에서 발생되는 유해요인에 대한 노출수준을 얼마나 신뢰성 있게 측정 및 평가해 내는가도 중요한 부분이다.

산업안전보건법 제42조 제1항에 따르면 실제 작업환경측정의 의무는 명확히 사업주에게 주어져 있으나 사업주는 측정대상 작업장에 대하여 측정자의 자격을 가진 자로 하여금 측정을 하도록 한 후 그 결과를 기록·보존하고 노동부장관에게 보고하도록 하고 제42조 제1항 있어 실제 작업환경측정은 노동부가 지정한 지정측정기관(사업장 위탁측정기관, 사업장 자체측정기관)을 통해 이루어지는 경우가 대부분이다. 2003년에 발표한 노동부의 자료에 의하면 작업환경측정기관은 총 114개소(사업장 위탁 측정기관이 99개소, 사업장 자체측정기관이

15개소)가 지정을 받았다고 발표되었고 2006년 작업환경관리 현황에 따르면 2006년 7월 현재 우리나라의 지정측정기관은 총 141개소(사업장 위탁측정기관 126 개소, 사업장 자체측정기관 15개소)로 사업장위탁 측정기관이 30% 증가된 것을 알 수 있다(노동부, 2006). 이렇듯 사업장 위탁 측정기관의 지속적인 증가는 작업환경측정기관간 과당경쟁 등으로 인하여 작업환경측정의 질 저하 문제를 유발시킬 수 있다고 한다(대한산업보건협회, 2005). 또한 지속적으로 측정실시 사업장이 감소되는 추세를 감안한다면 그 문제는 더욱 심각할 수 있다.

과거 우리나라는 직업병이 사회적으로 큰 문제가 되면서 측정결과에 대한 정확성 문제가 발생하게 되고 작업환경측정기관에 대하여 그 능력을 일정 수준 향상시키고자 1992년 작업환경측정 정도관리 제도를 도입하였다. 도입 초기인 1993년의 정도관리의 합격률은 약 80.5% 이었으나 매년 2회 정기적인 정도관리 실시와 불합격 시에는 차기 정도관리에 합격할 때까지 업무를 정지시키는 등 불이익을 부여하고 그간 발전된 장비 및 분석자의 능력향상 등에 힘입어 2005년의 합격률은 99.2%로 보다 크게 향상되게 된다. 작업환경측정 정도관리란 용어는 도입 초기부터 지속적으로 사용되어 오다가 산업안전보건법 모법에 근거가 없다는 이유로 2006년에 작업환경측정 정도관리에서 작업환경측정·분석능력 평가로 변경되면서 산업안전보건법 제42조 제7항에 관련 근거를 마련하게 된다.

표 1. 작업환경측정 정도관리 횟수별 합격률

(단위 : 개소, %)

실시시기	참여기관	분 야 별 적 합 률 (%)		
		금 속	유기용제	통 합
’93. 2	67	80.1	84.9	82.3
’93.10	78	83.3	85.9	84.0
’94. 1	79	86.1	94.9	90.5
’94.10	82	84.2	84.2	84.2
∫	∫	∫	∫	∫
’03. 3	101	95.7	96.8	96.3
’03. 9	103	94.2	97.1	95.7
’04. 3	115	96.5	93.9	95.2
’04. 9	126	97.6	93.7	95.7
’05. 3	126	96.8	94.4	95.6
’05. 9	129	93.4	94.6	94.0

그러나 작업환경측정·분석능력 평가의 모체인 작업환경측정 정도관리는 시료 분석자의 그 능력만의 평가이다 또는 단편적인 분석업무의 정도관리에 한정된다는 등의 문제가 지속적으로 제기되어 왔다.

이렇듯 과거부터 노동계 등에서 작업환경측정에 대한 신뢰성 및 필요성의 문제를 제기하면서 그간 이를 회복하기 위한 노력이 많이 추진되어 온 것도 사실이다. 2000년부터 2004년까지는 제1차 산업재해예방 5개년 계획의 일환으로 2000년 4월부터 작업환경관리 제도개선위원회가 구성·운영되면서 그간 부족했던 작업환경관리 제도개선이 이루어졌다. 특히, 측정대상물질을 대폭 확대하는 한편 측정주기도 노출정도에 따라 탄력적으로 조정하게 된 것은 근로자 건강보

호를 위한 큰 성과라 하지 않을 수 없다.

이와 더불어 작업환경측정의 수준을 향상시키기 위하여 산업안전보건법 제42조에 작업환경측정기관 평가제도를 도입하고자 2002년 12월에 제7항을 근거조항으로 신설되게 된다. 이후 법안 신설에 따라 2003년 7월에 시행규칙 제97조(지정측정기관의 평가 등) 제1항에 노동부장관이 법 제42조 제8항의 규정에 따라 산업안전보건법 시행규칙 제97조 제1항에 지정측정기관의 작업환경측정 수준을 평가하고자 하는 경우 ① 작업환경측정 및 시료분석의 능력, ② 측정결과의 신뢰도, ③ 시설·장비의 성능, ④ 보유인력의 교육이수·능력개발·전산화 정도 및 그 밖의 제반사항에 대한 평가기준을 마련하게 된다.

또한 제2항에 지정측정기관의 평가방법과 공표방법을 노동부장관이 정하도록 규정함에 따라 지정측정기관의 평가방법·공표방법 등에 관하여 노동부고시인 작업환경측정 및 정도관리규정에 관련규정에 구체적인 규정을 마련할 필요가 있다.

이러한 산업안전보건법의 개정에 따라 법에서 규정하고 있는 평가기준에 따른 평가방법 및 절차내용을 구체화하기 위해 일부 연구가 이루어져 왔으나(노영만, 2001; 백남원, 2004), 산업안전보건법에서 규정하는 측정기관의 평가범위를 훨씬 상회하는 작업환경측정기관의 인정제도 중심으로 연구가 수행되었다.

노동부는 그 동안 작업환경측정제도와 관련한 여러 논의를 바탕으로 2006년 3월 지정측정기관을 평가할 수 있는 근거법인 산업안전보건법 제42조 7항의 규정을 좀 더 세밀히 보완하였으며, 그 내용은 '노동부 장관은 작업환경측정의 정확성 및 신뢰성을 확보하기 위하여 지정측정기관의 작업환경측정·분석능력을 평가하고, 평가결과에 따른 지도·교육을 하여야 한다. 이 경우 '평가 및 지도·교육의 방법·절차 등은 노동부 장관이 정하여 고시한다.'라고 하고 있다. 그러나 지정측정기관에 대한 평가근거에 대한 법률은 구체적으로 규정되었지만 노동부 장관이 고시로 공포해야 할 평가기준에 대한 세부내용, 그리고 이러한

세부내용에 대한 평가방법 및 공표방법에 대한 규정은 아직 구체적으로 마련되어 있지 않은 상태이다.

2. 연구목표

본 연구의 최종 목표로는 허용기준 도입에 따른 작업환경측정방법의 표준확립과 지정측정기관의 작업환경측정 수준의 올바른 평가를 위한 지정측정기관 평가 표준안을 마련하는데 있으며, 이러한 최종목표가 달성되도록 아래와 같은 구체적인 목표를 설정하고자 한다.

☞ 첫째: 허용기준제도 활성화를 위해 허용기준 설정물질에 대한 국내작업환경측정기관의 실태를 반영한 허용기준설정물질의 작업환경측정방법 측정표준을 개발한다.

☞ 둘째: 작업환경측정 표준방법에 따라 허용기준 설정물질에 대한 작업환경측정을 실시하여 평가하는데 있어 지침이 되는 기술적인 사항을 정리 제시한다.

☞ 셋째: 지정측정기관의 수준에 대한 올바른 평가를 위하여 산업안전보건법의 시행규칙 제97조 제1항에 의거하여 항목에 따른 세부적인 평가기준을 개발한다.

☞ 넷째: 개발된 구체적인 작업환경측정 표준 및 평가기준을 지정측정기관에

직접 적용하여 그 적용성을 평가한다.

☞ 다섯째: 측정기관 평가제도의 조기 정착을 위하여 원활한 운영방안을 마련한다. 여기에는 지정측정기관의 평가방법과 공표방법 등이 포함되도록 한다.

☞ 여섯째: 설문조사 및 전문가 회의를 통한 결과를 바탕으로 합리적인 작업환경측정 표준 및 지정측정기관 평가 표준화 방안을 도출시킨다. 또한 이러한 연구결과물이 반영될 수 있도록 관련 법규 및 행정명령의 제·개정 방향을 제시하고자 한다.

Ⅱ. 연구내용 및 방법

1. 작업환경측정방법 표준화

1) 연구내용

본 연구의 궁극적인 목적은 크게 두 가지로 분류할 수 있다. 첫째, 허용기준으로 설정된 13종의 유해화학물질에 대하여 산업장내에서의 근로자 노출농도를 허용기준 이하로 유지·관리토록 사업주에게 의무를 부과하는 허용기준 제도의 활성화를 위해 정책에 반영할 수 있는 작업환경측정방법의 표준화 방안을 마련하는 것이고,

둘째, 현재 산업안전보건법 하에서 측정기관으로 지정되어 있는 작업환경측정기관의 수준향상을 위하여 작업환경측정기관 평가를 위한 표준 및 세부 운영지침을 마련하여 정책에 반영할 수 있도록 그 안을 제시하는 것이다.

따라서 이러한 연구목적을 달성하기 위해 본 연구에서는 다음과 같은 연구내용 및 방법을 사용하여 연구를 수행하고자 한다.

1 허용기준 설정물질의 작업환경측정방법에 대한 문헌조사

- ▶ 국내외적으로 공신력 있는 기관에서 제시하고 있는 허용기준 설정물질의 작업환경측정방법 고찰
  - ▪ 국내: 한국산업안전공단, 환경부, 기술표준원 등
  - ▪ 국외: NIOSH, OSHA, HSE, ISO 등

- 법적 구속 요건을 갖는 공정시험법(작업환경측정표준)으로 갖추어야 할 측정표준법의 구성요소 및 작성 체계 도출
  - 국내외 사례조사를 통한 작업환경분야에 가장 적합한 측정표준법의 모형 발굴
- 법으로 반영시 작업환경측정표준의 최신성을 유지하기 위한 방안 모색

2 현행 작업환경측정기관의 허용기준 설정물질에 대한 작업환경측정방법 실태조사

- 현장에서 실제 적용하고 있는 측정방법이 무엇인지 파악
- 작업환경측정 표준화 도입시 문제점 도출
- 작업환경측정 표준화 도입시 발생가능한 문제점에 대한 개선방안 모색

3 작업환경측정 표준법을 적용하여 실제 활용하는데 필요한 기술적인 지침서 마련

- 국내외 관련 문헌조사
- 작업환경측정결과의 신뢰성을 담보할 수 있는 구체적인 기술지침서를 개발

4 작업환경측정결과 허용기준 초과여부 판정 방안 마련

5 관련 내용 반영을 위한 관련법규 및 행정명령의 제·개정 방향

2) 연구방법

1 문헌 및 사례조사

허용기준이 설정된 13종의 화학물질에 대한 국내외의 공신력 있는 기관에서 제시하고 있는 작업환경측정방법에 대한 문헌조사를 먼저 실시하고자 한다. 작업환경분야의 국제적으로 공신력 있는 기관은 대부분 온라인상에서 각 물질별 작업환경 측정방법을 제시하고 있으며, 그 주요기관은 국내의 경우 한국산업안전공단이고, 국외 경우 미국 경우는 산업안전보건연구원(NIOSH), 산업안전보건청(OSHA) 그리고 영국 경우는 보건안전청(HSE) 등이 그 신뢰성을 입증 받고 있는 주요기관이다.

또한 국제표준화기구인 ISO 경우 작업환경분야의 각종 유해화학물질에 대한 측정 및 분석방법을 제시하고 있는데 작업환경분야는 ISO TC146/SC2에서 제정하고 있다. 특히, ISO 규격은 전 세계적으로 사용되는 규격이기 때문에 제정단계에서부터 각종 관련 규격의 검토가 이루어지는 규격이다. 따라서 본 연구에 있어서도 ISO 규격은 중요한 검토자료 중의 하나가 될 것이다.

작업환경측정표준방법이 허용기준 설정물질의 작업장 내 허용기준 준수여부를 판단하는 표준방법으로 사용되기 위해서는 법에 의한 공정시험방법으로서 규정되어야 한다. 따라서 작업환경분야에 가장 적합한 방안을 도출하고자 한다.

작업환경측정표준방법을 적용하여 실제 활용하는데 필요한 기술적인 지침서를 마련하는 것도 동 과제의 중요한 목표 중의 하나이다. 따라서 허용기준이 설정된 13종의 화학물질에 대한 작업환경측정 표준을 이해하고, 그리고 이를 적용하는데 필요한 필수적인 기술적인 지침을 개발하고자 하며, 이러한 지침은 작업환경측정과 관련 각종 문헌 및 가이드라인을 참고하여 개발하고자 한다.

2 작업환경기관 측정 및 분석실태 조사

가장 앞서가는 작업환경측정 및 분석방법이 있다고 할지라도 국내 작업환경측정기관에서 수용하지 못한 수준의 측정 및 분석방법이라면 아무런 의미가 없다. 우리나라 경우 작업환경측정기관의 인력 및 시설, 그리고 장비요건은 산업안전보건법 시행규칙 제95조(지정측정기관의 인력·시설 및 장비기준)에 의해 규정되어 있다(노동부, 2007).

물론 법에서 규정한 인력, 시설 및 장비기준은 최소한 요건만을 규정한 것이므로 측정기관에 따라서 훨씬 높은 수준의 시설 및 장비를 구비할 수 있으나 이것은 현실적으로 쉽지 않은 일이며 우리나라 작업환경측정기관의 대부분은 법에서 규정한 기본 요건만을 갖춘 기관이 많다고 보아야 한다. 따라서 허용기준이 설정된 물질에 대한 작업환경측정 및 분석방법은 이러한 국내 작업환경측정기관의 시설 및 장비요건이 고려되어야 한다.

동 연구에서는 국내 작업환경측정기관에서 허용기준 설정물질에 대한 작업환경측정분석방법이 무엇인지를 알아보기 위해 관련 내용에 대한 설문조사를 실시하고자 한다. 동 설문지에는 측정기관의 인력, 시설, 그리고 장비 등에 관한 기본 정보와 함께 허용기준설정 물질에 대한 측정방법으로 실제로 사용하고 있는 방법이 무엇인지에 대한 설문지를 개발하여 설문조사를 실시할 것이다. 동 설문조사는 우리나라 작업환경측정기관 전체를 대상으로 한 전수조사 방식으로 이루어질 것이며, 이때 설문지 배포 및 수거는 우편발송을 통해 이루어질 것이다.

3 측정방법 표준 및 기술지침서 개발

설문조사를 통한 우리나라 작업환경측정기관의 실태파악에서 확보된 자료를

바탕으로 우리나라 작업환경측정기관에서 수용 가능한 방법 중 가장 신뢰성 있는 작업환경측정방법 표준을 개발할 것이다. 동 방법의 개발에는 앞서 언급한 문헌 및 사례조사에서 얻은 각종 시험법을 참고하여 공정시험법의 작성체계에 적합하게 작성 할 것이다.

측정방법 표준이 완료되면, 동 방법을 사용하는데 필요한 기술적인 지침서 역시 함께 작성될 것이다.

4 현장 적용성 평가

앞 단계서 개발된 측정방법 표준을 가지고 작업환경측정기관을 방문하여 직업 면담조사를 통해 실제로 사용가능한 방법인지, 동 방법을 적용시 발생할 문제점은 없는지, 그리고 개선할 점은 무엇인지를 파악하는 현장적용성 평가를 실시하고자 한다.

실태파악 조사 경우 전수조사를 실시하였으나 현장적용성 평가는 굳이 전수조사를 실시할 필요는 없다고 판단된다. 따라서 현장방문조사의 경우 50개 측정기관을 선정하여 방문을 실시할 것이다. 측정기관의 경우 병원에 소속된 기관인지, 대학에 소속된 기관인지, 아니면 보건협회와 같이 전문협회에 소속된 기관인지, 아니만 순수 측정업무만을 하는 측정기관인지에 따라서 그 특성이 약간씩 다르다. 따라서 이러한 특성이 잘 반영될 수 있도록 50개의 방문조사 대상 사업장 선정시 이를 고려할 것이다.

5 전문가 회의 실시

동 연구를 수행하는데 각 단계별로 관련 전문가 회의를 실시하여 자문 및 검증을 받으면서 연구를 진행시키고자 한다.

6 최종안 도출

현장적용성 평가결과 발견된 문제점에 대한 보완을 실시한 후 또 다시 전문가 회의를 거쳐 우리나라 작업환경측정기관의 실태를 반영하면서 허용기준 제도를 활성화 시킬 수 있는 최종안을 도출할 것이다.

2. 측정기관평가 표준화

2001년 작업환경측정 정도관리평가와 발전방향에 대한 선행연구가 있었으나 작업환경측정 정도관리는 작업환경측정기관 평가의 한 항목으로 구성되어 연구의 범위가 다소 협소하다는 단점이 있으나 2003년 7월에 시행규칙 제97조(지정측정기관의 평가 등)의 규정에 각 평가기준(작업환경측정 및 시료분석의 능력, 측정결과의 신뢰도, 시설·장비의 성능, 보유인력의 교육이수·능력개발·전산화 정도 및 그 밖의 제반사항)을 제공하는데 활용되었다(한국산업안전공단, 2001). 이후, 2004년 작업환경측정기관의 종합평가기준, 절차, 운영 등에 관한 연구가 진행되었으나 작업환경측정기관 실태조사를 위한 설문지 개발이 ISO/IEC 17025 규격과 미국산업위생학회의 LQAP policies를 근거로 마련되어 우리나라 산업안전보건법 시행규칙에서 요구하는 각 기준이 마련되지 못한 단점이 있었다(한국산업안전공단, 2004). 이전에 수행된 연구과제의 경우 작업환경측정기관의 평가에만 주안점을 두었으며 실제 지정측정기관을 평가함에 있어 필요한 운영방안에 대한 조사 및 연구는 누락되어 이 부분의 연구가 필요한 실정이다.

우리나라의 경우 측정과 유사한 제도로서 산업자원부 기술표준원에서 「한국교정·시험기관 인정기구」인 KOLAS(Korea Laboratory Accreditation Scheme)를 운영하고 있으며 2004년 현재 국내 약 180여개 시험기관이 KOLAS

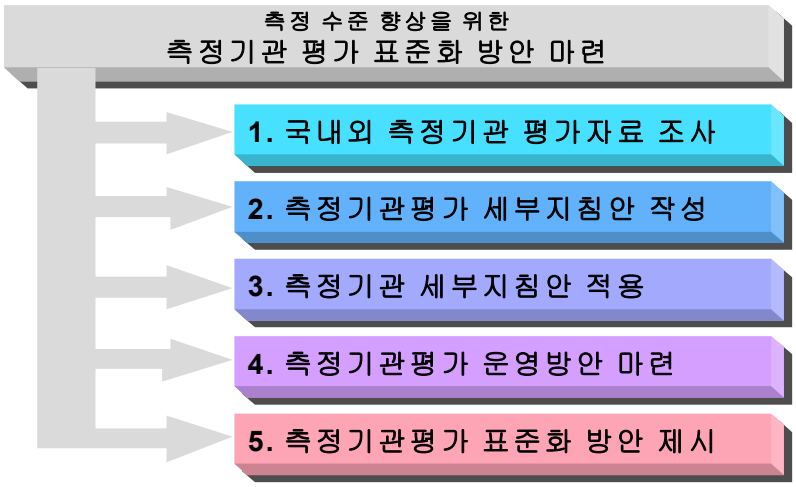
인정을 획득한 바 있다. KOLAS의 인정기준은 KSA 17025로서 ISO/IEC 17025 규정과 동일한 것으로 알려져 있다.

외국의 경우 ISO/IEC 17025가 있으며 ISO/IEC 17025는 기존의 ISO/IEC 25 (시험기관의 기술능력평가)에 품질경영기준인 ISO 9000 시리즈의 내용을 추가하여 '99년에 제정하여 시행하고 있는 국제기준이다. 2003년 현재 35개국의 43개 인정기구가 「국제시험소인정기구」(International Laboratory Accreditation Cooperation, ILAC)에 가입하고 있으며, 각국의 인정기구는 자국의 시험기관이 ISO/IEC 17025 규정에 부합될 경우 인정하며 인정 시험기관의 시험결과는 국제적으로 서로 공인된다. 미국의 경우 1974년부터 「미국산업위생협회(AIHA, American Industrial Hygiene Association)」에서는「산업위생시험기관 인정프로그램」(Industrial Hygiene Laboratory Accreditation Program, IHLAP)을 운영하고 있다. 이 프로그램은 미국 OSHA와 NIOSH 등 미국 내 시험기관 뿐만 아니라 캐나다, 브라질, 일본, 대만 등의 각국의 시험기관도 참여하여 인정받고 있다. 미국 OSHA 등 연방 및 주정부에서의 산업위생 시험성적은 동 IHLAP 프로그램에 의거 인정받은 산업위생 시험기관의 시험결과만 법적으로 인정하고 있다. 1999년에는 ISO/IEC 17025 규정의 제정에 따라 AIHA에서도 통용되는 국제기준의 충족을 위해 2001년도에 AIHA는 ISO/IEC 17025 규정에 작업환경측정·분석분야의 특수성을 고려한 기준을 포함하는 인정기준으로 개정하여 시행중이다. 본 연구는 작업환경측정기관 평가를 수행함에 있어 표준화 방안 개발하는데 있다. 이를 위하여 정확한 작업환경측정기관 평가를 위하여 산업안전보건법 제97조 제1항에 의거하여 항목에 따른 세부적인 평가기준을 개발하고 개발된 구체적인 평가기준을 지정측정기관에 직접 적용하며 측정기관 평가 운영방안을 마련하는데 있다. 또한, 측정기관 평가 실태조사, 설문조사 및 전문가 회의를 통한 결과를 바탕으로, 구체적인 기준 및 지침을 제시하고자 한다.

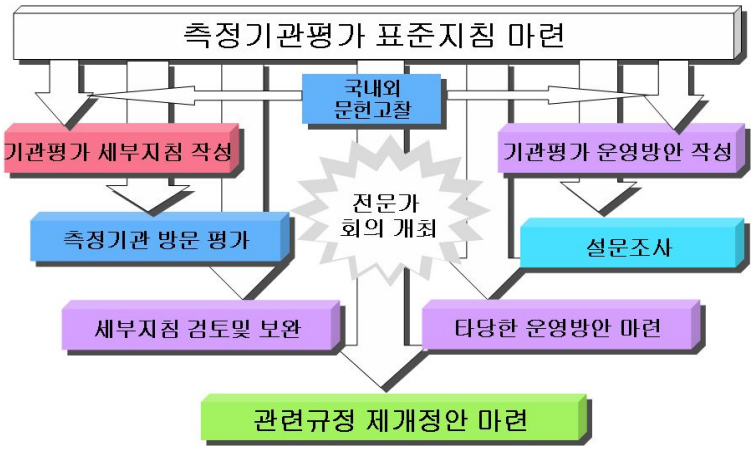
본 연구의 주 목적은 지정측정기관 평가를 수행함에 있어 표준화 방안 개발하는데 있다. 이를 위하여 정확한 지정측정기관 평가와 관련된 산업안전보건법

제97조 제1항에 의거하여 항목에 따른 세부적인 평가기준을 개발하고 개발된 구체적인 평가기준을 지정측정기관에 직접 적용하여 측정기관 평가 운영방안을 마련하였고 지정측정기관 평가 실태조사, 설문조사 및 전문가 회의를 통하여 제시된 여러 의견을 수정·보완하여 구체적인 기준 및 지침을 제시하는데 목적이 있다.

연구의 최종목표 및 세부 연구주제를 도식화하여 제시하면 다음과 같다.



또한 이와 같이 본 연구의 최종목표 및 세부 연구목표의 성공적 달성을 위한 전체 연구의 수행체계를 아래와 같이 구성하였다.



지정측정기관 평가 표준화 방안을 마련함에 있어 각 연구주제별로 연구내용 및 방법을 살펴보면

1)국내·외 측정기관 등 평가자료 조사

(1) 연구내용

국내·외 작업환경측정 등과 관련된 기관 등에 대한 평가기준과 절차 또는 관련 규정에 대한 근거자료를 확보하고 평가지침 여부를 파악하며 기관의 평가를 주관하는 기관, 평가주기, 평가방법, 평가결과에 따른 조치 등에 대한 구체적인 내용을 파악하였다.

(2) 연구방법

국내·외 측정기관 등의 평가를 실시하는 유관기관 및 관련 지침을 파악하기 위하여 발간된 연구보고서나 학술지 등 관련 문헌조사를 통한 자료의 수집 및 분석을 실시하였다. 관련된 자료로는 국외 국제표준화기구(ISO) 규격 및 지침, 미국 산업위생학회의 실험실인정프로그램(LQAP) 관련 문헌 및 국내 시험기관 인정기구인 KOLAS 관련 법 또는 지침, 산업안전보건법 또는 노동부 사

업수행 시행 지침 등에 따른 기관평가 자료, 노동부, 산업안전공단에서 발행되는 보고서 및 간행물, 한국산업위생학회, 한국환경보건학회, 대한산업의학회, 대한예방의학회 등에서 발간되는 학술지, 기타 관련 정부기관(행정안전부, 보건복지가족부, 환경부등)에서 보고하는 간행물 및 보고서, 인터넷 등에서 제공되는 정보 등이었다.

2) 지정측정기관 평가 세부 지침안 작성

산업안전보건법 시행규칙 제97조에 따라 지정측정기관의 작업환경측정 수준을 평가하고자 하는 경우 4가지 평가기준에 입각하여 세부적이고 구체적인 평가 지침을 개발하였다.

(1) 연구내용

지정측정기관 평가 세부 지침안을 작성함에 있어 작업환경측정 및 시료분석의 능력, 측정결과의 신뢰도, 시설·장비의 성능, 보유인력의 교육이수·능력개발, 전산화 정도 및 그 밖의 제반사항 등에 대하여 항목별로 평가 지침을 개발하기 위하여 다음 사항의 내용 등을 포함하였다.

가) 작업환경측정 및 시료분석 능력

- 누적소음노출량계의 기기 설정 적정성
- 현장공시료 채취
- 현장공시료 분석결과의 보정
- 시료의 탈착율 및 회수율 실험 수행
- 분석결과에 시료의 탈착율 및 회수율 보정 수행
- 유해인자별·업종별 작업환경전문기관 지정
- 외국에서 실시하는 정도관리 참여 경험
- 최근 실시한 외국 정도관리결과 합격
- 한국산업안전공단에서 실시하는 정도관리를 최초 참여한 년도
- 지정측정기관에 대한 노동부 정기 지도·감독시 시정지시 또는 업무정

지 경험

- 작업환경결과표상 종합의견의 질적 수준
- 예비조사를 실시한 경우 측정계획서의 작성
- 시료채취 시간 준수
- 시료 채취 개수의 준수
- 지역시료채취방법으로 측정을 실시한 경우 그 사유를 작업환경측정결과표상에 명시
- 작업환경측정 결과표 송부기간 준수
- 지정측정기관의 산업위생관리 기술사 보유
- 시료에 따른 적절한 채취 및 분석방법을 기술한 자체 매뉴얼의 보유
- 고형시료 채취·분석 실적 및 채취대장 구비
- 측정농도의 결과평가의 적절성

나) 측정 결과의 신뢰도

- 자체 분석능력 전문성 향상을 위한 내부정도관리 실시
- 노동부, 산업안전공단 등 인정기관에서 기관 또는 보유인력의 표창 등 실적
- 한국산업안전공단에서 실시하는 정도관리 실시결과 부적합 판정
- 측정장비를 외부공인기관에 위탁하여 검·교정을 받아야 하는 장비에 대한 검정실시
- 전자저울 등의 분석기기를 외부공인기관에 위탁하여 검·교정을 받아야 하는 장비에 대한 검정실시 여부 및 검정주기 문서화
- 정기적인 검·교정이 필요한 장비에 대해 주기 및 상태를 관리하는 절차에 관한 문서 보관
- 채취시료의 분석결과물의 적정보관
- 소음의 작업환경측정 전·후 누적소음노출량계의 보정 수행
- 소음측정 후 누적소음노출량계에서 산출된 기록물의 보관

- 시료 채취 전·후 펌프의 유량 보정 수행 및 결과 반영
- 입자상 물질 채취 전·후 필터의 중량분석 횟수 및 문서대장의 적정 기록
- 사업장에서 시료채취 시 채취대장의 작성
- 소음 본 측정시 누적소음노출량계를 사용하지 않고 지시소음계를 사용하는 비율
- 1일 작업시간이 8시간을 초과하는 경우 노출기준의 보정
- 8시간 시간가중평균치의 적정 계산
- 작업환경측정 책임자의 측정경력 년 수
- 분석 책임자의 분석경력 년 수
- 석면 등 특정시료의 분석을 외부기관에 의뢰해야 하는 경우 각종 문서의 보관 및 결과 적정 반영
- 시료 전달시 인수인계대장 작성·보관
- 실험실 보관대장 작성·보관

다) 시설·장비의 성능

- 주요 측정장비에 대한 매뉴얼·이력 관리 및 기록유지의 적절성
- 주요 분석장비에 대한 매뉴얼·이력 관리 및 기록유지의 적절성
- 국내·외 공인시험·교정기관 및 검사기관에서의 인정
- 시료채취장비를 외부전문기관에 의뢰하여 주기적으로 유지·보수 수행
- 분석장비를 외부전문기관에 의뢰하여 주기적으로 유지·보수 수행
- 각 분석장비별 실험실용 후드장치 보유 및 사용지침서 등 보유
- 시료채취장비 및 이에 관련된 보정장비의 사용 및 운영지침/매뉴얼 보유
- 직독식 장비의 사용, 운반, 보관, 유지·관리에 대한 적정
- 시료채취 및 분석에 사용되는 장비에 대한 책임자 지정
- 분석을 행함에 있어 유해물질을 배기 또는 배액처리를 위한 설비 및 성능·운영의 적정

- 실험실내 비상용 샤워와 세안설비 보유
- 실험실내 가스용기 전도 방지를 위한 조치
- 실험에 사용하는 시약의 특성에 따른 적정 보관
- 실험실 보건안전지침의 문서화 및 보건안전상태의 적정
- 실험실내 착용 가능한 전용 보호용구 구비의 적정
- 시료보관 전용의 냉장실 및 냉동실 적정 운영
- 산업안전보건법상 구비하여야 할 필수 장비 이외의 분석장비 보유

라) 보유 인력의 교육 이수·능력 개발, 전산화 정도 및 그 밖의 제반 사항

- 지정 측정인력의 전문성 향상을 위한 전문교육 이수
- 지정 분석인력의 전문성 향상을 위한 전문교육 이수
- 계약직 직원에게도 정식직원에 상응하는 교육훈련 제공
- 전문성 향상을 위한 측정 및 분석요원의 교육과 능력개발을 위한 훈련 계획 등의 문서 보유
- 교육 이외에 측정 및 분석요원의 능력개발을 위한 기관장의 노력
- 최근 3년간 측정 및 분석전담자 인력 변동
- 측정·분석 인력의 계약직 직원 근무
- 작업환경측정결과 설명회 개최 실적
- 작업환경측정 사업장 관리대장의 작성 상태
- 지정측정기관의 조직도 및 업무분장 문서화 여부
- 작업환경측정결과표 등 문서의 작성, 검토, 승인라인의 적정
- 기관 자체내에서 제작한 안내 팜플렛 등의 보유 여부
- 사업장 고객만족도 조사 실시
- 시약의 물질안전보건자료나 독성 및 기타자료 확보
- 작업환경측정결과표의 전산화 적정
- 측정 또는 분석과 관련된 모든 시약·물품의 선정, 구매 및 보관절차의

문서화

- 작업환경측정 결과에 관련된 기록에 대하여 보존기한 준수 및 관리상태 적정여부
- 표준물질의 유효기간의 준수 및 문서화
- 측정기관 홈페이지 보유 여부
- 측정기관 지정인력의 연구실적

또한, 지정측정기관의 수준 및 능력 등을 파악하기 위하여 조사기관을 대상으로 인력, 시설, 장비 등은 산업안전보건법 시행규칙 별표 12(지정측정기관의 인력·시설 및 장비기준)에 근거하여 현황을 추가적으로 조사하였다.

마) 인력 현황

산업위생지도사, 산업위생관리기술사, 산업위생관리기사를 취득한 후 산업위생 실무경력 5년 이상인자, 분석을 전담하는 자 1인 이상(대학 또는 동등 이상의 학교에서 산업보건(위생)·환경보건(위생)학·환경공학·위생공학·약학·화학·화학공학을 전공한 자 또는 화학관련학과를 전공한 자로서 분석화학(실험)을 3학점 이상 이수한 자), 산업위생관리기사, 산업위생관리산업기사가 몇 명이 있는지 파악하였다.

바) 시설 및 장비 현황

평가대상 지정측정기관이 보유하고 있는 아래의 시설 및 장비현황을 파악하였다.

- 분진·유기용제·특정화학물질·유해가스 등의 채취를 위한 개인용 시료채취기 세트
- 광전분광광도계
- 검지관 가스·증기농도 측정기 세트
- 천칭(0.01밀리그램 이하까지 측정이 가능한 것)
- 소음측정기(누적소음노출량 측정이 가능한 것)

- 건조기 및 데시케이터
- 순수제조기(2차 증류용)·드래프트챔버 및 화학실험대
- 대기의 온도·습도·기류·고열 및 조도 등을 측정할 수 있는 기기
- 산소농도측정기
- 가스크로마토그래피(GC)
- 원자흡광광도계(AAS) 또는 유도결합프라스마(ICP)
- 국소배기시설 성능시험장비: 스모그테스터·청음기 또는 청음봉·전열저항계·표면온도계 또는 초자온도계·정압프로브가 달린 열선풍속계, 회전계(R.P.M측정기) 또는 이와 동등 이상의 성능을 가진 설비
- 분석을 행함에 있어 유해물질을 배출할 우려가 있는 경우 배기 또는 배액처리를 위한 설비
- 해당 설비 또는 이와 동등 이상의 성능이 있는 설비; 톨루엔디이소시아네이트(TDI) 등 이소시아네이트 화합물 분석을 위한 고속액체 크로마토그래피(HPLC), 유리규산(SiO_2) 분석을 위한 X-ray회절분석기 또는 적외선분광분석기, 석면 분석을 위한 위상차 현미경 및 석면 분석에 필요한 부속품

(2) 연구방법

그간 발간된 국내·외 학술지나 연구보고서 등 관련 문헌조사를 통한 자료의 수집 및 이에 대한 분석을 실시하여 지정측정기관의 평가 지침을 개발하였고 이후 공동연구원 및 외부 전문가를 중심으로 회의를 소집하여 연구방향에 대한 토의를 진행하였으며 노동부 및 한국산업안전공단 관계자 등과 개발된 지정측정기관 평가지침을 항목별로 검증 및 보완하였다.

3) 측정기관평가 세부지침안 적용

전문가회의를 거쳐 개발된 측정기관 평가 세부 지침안에 대하여 노동부에 지정된 작업환경측정기관 50개소를 대상으로 공동연구원과 연구조원 등이 방문하여 평가하도록 하고 문제점 및 개선안 등 각종 의견을 수렴하였다.

(1) 연구내용

지정측정기관내 기본적인 인력・시설・장비 등에 대한 조사를 실시하였으며 측정 및 분석 인력, 경력, 관련 자격 등 현황, 작업환경측정을 위해 필요한 시설 구비 여부, 유해요인에 대한 측정 및 분석장비 구비 및 가동여부, 실적 등을 파악하였다. 이후, 작업환경측정 및 시료분석의 능력, 측정결과의 신뢰도, 시설・장비의 성능, 보유인력의 교육이수・능력개발, 전산화 정도 및 그 밖의 제반사항 등 항목별로 개발된 지침을 지정측정기관에 적용하여 평가를 실시하였고 세부 지침안에 대하여 지정측정기관 평가지침의 문제점, 보완 및 건의사항 등의 의견을 파악하였다.

(2) 연구방법

측정기관평가 대상 기관을 직접 방문하여 수행함으로서 4가지의 평가항목별 타당성 등을 검증하였고 측정기관 방문 시 산업위생경력이 많은 전문가와 면담 및 조사방식으로 진행하여 가급적 정확성을 확보하였다. 또한, 방문조사 대상자를 가급적 산업위생기술사 및 산업위생지도사를 우선으로 하되 자격자가 없는 경우 경력이 많은 전문가를 대상으로 조사하였다. 또한, 지정측정기관의 형태를 구분하여 크게 사업장 위탁측정기관과 사업장 자체 측정기관을 구분하였고 사업장 위탁측정기관은 대학병원급 측정기관, 산재의료관리원 등 공기관 측정기관, 병・의원급 측정기관, 사단법인급 측정기관별로 세분화하여 결과를 산출하였다. 그리고 지정측정기관 평가에 있어 기관별 애로사항과 건의사항 등을 청취하였으며 각각의 의견에 대하여는 전문가회의를 거쳐 타당성이 있는 내용에 대하여는 연구결과에 반영하도록 하였다.

4) 측정기관 평가 운영방안 마련

지정측정기관 평가제도에 대한 구체적인 기준을 마련함에 있어 평가방법(평가실시계획의 공고, 평가 주기, 평가결과 등급부여 방법 등)과 평가결과의 조치

와 공표방법 등에 대한 의견을 전문가 등을 대상으로 방문조사 및 설문조사를 실시하였다.

(1) 연구내용

가) 지정측정기관의 평가 대상, 조직 및 기능

- 측정기관적용 범위(사업장 위탁측정기관, 사업장 자체측정기관, 자율 참여기관, 신규 지정 예정기관 등)
- 지정측정기관 평가 주체의 역할(노동부, 산업안전공단, 민간단체 등)
- 평가 추진체계(평가위원회, 평가반 등의 필요성)

나) 지정측정기관 평가방법의 적정성

- 평가실시계획의 공고
- 평가 주기
- 평가 방법 등
- 평가결과 등급부여 방식

다) 평가결과의 공표 등

- 평가결과의 보고
- 평가결과의 공표방법
- 국고지원사업 등의 참여 제한 적정성
- 기타 사항

(2) 연구방법

측정기관 세부 평가를 위한 방문 시 지정측정기관 평가 대상, 조직 및 기능, 평가방법의 적정성, 평가결과의 공표 방법 등에 대하여 의견을 조사하였다.

5) 측정기관 평가 표준화 방안 제시

측정기관 평가의 표준화를 위하여 측정기관 평가 세부지침을 마련하고 평가방법, 공표방법 등에 대한 운영방안을 도출하고자 한다. 마련된 작업환경측정평

가 세부지침 및 운영방안은 타당성 등을 검증하기 위하여 다시 전문가 회의를 거쳐 최종안을 제시하였다.

(1) 연구내용

문헌조사, 현장 방문조사, 전문가회의 결과를 바탕으로 마련된 측정기관 평가 세부지침을 4가지 항목(작업환경측정 및 시료분석의 능력, 측정결과의 신뢰도, 시설·장비의 성능, 보유인력의 교육이수·능력개발, 전산화 정도 및 그 밖의 제반사항 등)별로 구분하여 구체적인 최종안을 마련하였다.

평가방법, 공표방법, 평가대상·조직·기능 등 운영방안은 문헌조사 및 설문조사 결과를 기반으로 하여 적정 안을 도출시키되 관계 전문가로 구성된 자문회의를 거쳐 의견수렴을 실시하였다.

(2) 연구방법

지정측정기관 평가 세부지침 마련은 현장 방문조사 결과를 분석하고 지정측정기관에서 건의한 의견 등을 수렴하여 초안을 작성하였다. 마련된 초안은 전문가 회의를 통하여 최종적으로 내용에 대한 타당성 등을 검증받아 이후 최종안을 마련하였다. 내용으로는 지정측정기관의 평가방법, 공표방법 등 측정기관 평가제도 운영방안에 대하여 조사된 설문 결과를 분석하여 타당한 평가대상(사업장 위탁측정기관, 사업장 자체측정기관, 자율 참여기관 등)을 제언하고 추진주체(지정측정기관 평가위원회, 지정측정기관 평가운영반의 역할)를 명확히 하였으며 평가결과에 따른 조치, 평가 주기, 평과결과 등급 부여 방식, 평가결과의 공표방법 등에 대한 내용 등에 대하여 파악하였다.

6) 관련규정의 제·개정안 작성

문헌의 이론적 조사, 현장조사 및 설문조사 결과로 마련된 측정기관 평가의 세부지침 및 구체적인 운영방안을 바탕으로 노동부 관련규정인 『작업환경측정 및 정도관리규정』 제·개정안을 마련하였다.

(1) 연구내용 및 방법

마련된 측정기관 평가의 세부지침에 따라 관련규정의 신설안을 마련하되 평가항목은 작업환경측정 및 시료분석의 능력, 측정결과의 신뢰도, 시설·장비의 성능, 보유인력의 교육이수·능력개발, 전산화 정도 및 그 밖의 제반사항 등 4가지 항목별로 구분하였다.

또한, 지정측정기관 평가 운영방안으로 지정측정기관의 평가 대상, 지정측정기관 평가 추진 체계, 지정측정기관 평가위원회, 평가운영반 등 평가 조직, 평가기준 및 평가주기, 평가 방법, 평가결과 등급부여 방식 및 평가결과 조치, 평가결과의 공표 방법, 평가결과 사업 참여의 제한 등에 대한 내용이 포함되도록 제·개정안을 마련하였다.

7) 자문회의 개최

효율적인 지정측정기관 평가 표준화 방안 마련을 위하여 전문가 회의 개최를 거쳐 측정기관 세부 평가지침과 평가주기 등 운영방안에 대한 설문문항을 확정하는 등 가급적 측정기관 평가 표준화에 대한 타당성, 객관성 및 명료성을 확보하도록 노력하였다.

Ⅲ-1. 연구결과(작업환경측정방법표준화)

1. 문헌고찰

1) 작업환경측정제도 및 노출기준의 변천

노동부의 작업환경측정대상 물질에 대한 작업환경측정방법은 현재 작업환경측정 및 정도관리 고시에서 작업환경측정에 있어서 기본적인 시료채취방법 및 평가에 대해서만 규정하고 있고, 환경부, 보건복지부 등 다른 환경 및 식품관련 부처와는 달리 법에서 정하는 유해화학물질에 대한 측정 및 분석방법을 법적으로 규정하고 있지는 않다.

유해화학물질에 대한 허용기준 제도가 도입되게 된 배경을 논하기 전에 우선 우리나라의 작업환경측정 제도의 변천과정과, 노출기준설정의 변천과정에 대하여 먼저 살펴볼 필요가 있다고 생각된다.

우리나라에 있어서 초기의 작업환경측정은 산업안전보건법이 제정되기 전인 1981년 이전에는 민간기관이 중심이 된 측정이었으며, 이 측정도 작업환경측정의 본래목적을 위한 측정보다는 특수건강진단을 실시하면서 보조적인 수단으로 측정이 이루어졌다. 이 당시의 측정은 주로 직독식 장비를 이용한 측정이었고, 주목적도 주로 유해부서를 선별 또는 판단하기 위한 측정으로 매우 초보적인 수준이었으며 법적 근거가 없이 실시하는 관계로 작업환경측정이 실시되는 사업장도 매우 적은 상황이었다.

작업장에서의 작업환경측정이 법적 근거를 갖고 시작된 것은 1981년 12월 31일 법률 제3532호로 산업안전보건법이 독립법으로 제정 공포되면서부터이다(노동부, 2007). 작업환경측정은 동법 제 4장 '근로자 보건관리'편에 제31조(작

업환경 등의 측정)에 근거를 두었는데, 그 내용을 살펴보면 다음과 같다.

☞ ①사업주는 인체에 해로운 작업을 하는 작업장에 대하여 노동부령이 정하는 바에 의하여 작업환경을 측정하고 그 결과를 기록, 보존하여야 한다.

☞ ②사업주는 제 1항의 규정에 의한 작업환경측정을 할 때에는 노동부령이 정하는 자격을 가진 자로 하여금 실시하게 하여야 한다.

이 당시의 작업환경측정은 일본의 제도를 도입하여 작업환경측정이 이루어지게 되었는데, 주로 지역시료채취방법을 사용하여 그 측정결과는 작업환경관리의 수단으로 주로 이용되는 작업환경측정방법이다. 작업환경측정은 현재의 물질 중심이 아니라 특정유해요인, 즉, 분진, 소음, 유기용제, 특정화학물질, 연, 산소결핍을 야기할 수 있는 대상 사업장을 규정하여 산업안전보건법에서 규정한 측정자격을 갖춘 자로 하여금 측정을 하도록 규정하였다.

이 당시의 작업환경측정은 장비 및 전문인력의 부족, 사업주 및 근로자의 인식부족 등 여러 요인에 의해 작업환경측정에 대한 관심이 매우 저조 하였으며, 105종의 화학물질에 대해 지금의 노출기준 개념인 허용농도가 설정되어 작업환경측정결과에 대한 평가기준으로 사용되었다.

작업환경측정제도의 큰 변화가 이루어진 시기는 1986년 이후이다. 이 시기는 비단 산업보건분야 뿐만 아니라 다른 환경분야에서도 많은 변화가 이루어진 시기로, 사회적 민주화의 열망이 사회 전 분야에 걸쳐 활발히 분출되기 시작한 시기이다. 근로자들은 임금 등 근로조건 개선과 측정결과를 바탕으로 작업환경 개선을 요구하게 되었다. 또한 일부 작업환경측정결과에 대한 신뢰성에 의문을 제기하거나 작업환경측정결과를 근로기준법 제43조에 규정된 유해위험 작업여부를 판단하는 근거자료로 사용하면서 측정결과를 둘러싸고 노사 갈등을 유발하기도 하였다.

이러한 작업환경측정제도 및 그 측정결과를 둘러싼 사회적 문제가 야기되자 노동부는 1986년 12월 '화학물질 및 물리적인자의 노출기준'이라는 노동부 고시

(제86-45호)를 제정하여 기존 유해물질의 노출기준을 105종에서 324종으로 확대하여 공포하게 된다. 유해물질의 노출기준이 노동부 고시로 공포됨에 따라 노출기준이 설정된 물질 모두가 산업안전보건법에 의한 법적 측정대상물질은 아니지만 노출기준이 정해진 물질에 대해서는 작업환경측정을 실시해야 하는 물질로 인식하기 시작하였다. 324종의 노출기준은 1988년 다시 697종으로 확대된 고시(노동부 고시 제88-69호)가 공포되게 된다. 697종의 노출기준은 근로자의 건강장해를 예방할 수 있는 적정수준 인지에 대한 문제제기가 있어 2006년부터 국내에서 주로 취급하는 화학물질 및 건강장해우려가 높은 물질을 대상으로 노출기준 제·개정 연구가 수행되었으며 이중 40여종의 물질에 대한 노출기준 제·개정 연구가 완료되어 노동부 노출기준이 개정되었고(화학물질 및 물리적인자의 노출기준, 노동부 고시 제 2008-65호), 현재도 다른 물질에 대해서도 추가적으로 노출기준을 개정하고자 작업이 진행 중인 상황이다.

이렇게 제정된 노출기준의 법적인 성격을 살펴보면 산업안전보건법 제24조(보건상의 조치)에 의한 사업주의 근로자 건강장해예방조치의 근거기준으로 활용되었고, 또한 법 42조(작업환경측정 등)에 의한 작업환경측정결과의 평가기준으로 활동되는 기준이었다. 따라서 이 노출기준은 사업주가 반드시 준수해야 하는 강제기준이라기 보다는 권고기준의 성격을 가지는 기준이다.

이 당시 설정된 노출기준은 우리나라가 자체적으로 설정한 기준은 아니고 미국산업위생전문가협회(ACGIH)가 권고하고 있는 허용농도(TLV) 그대로 받아드린 기준이다(ACGIH, 2007). ACGIH의 TLV기준은 개인노출량을 기본으로 설정된 기준이기 때문에 작업환경측정방법에 있어서도 기존 지역시료측정방법보다는 개인시료 채취방법이 우선시 되었으며, 점차 지역시료를 채취하여 평가하는 방법은 퇴조하는 수순을 밟게 된다.

80년대는 원진레이온의 직업병 발생을 계기로 유해화학물질 노출에 의한 직업병 발생이 사회적으로 큰 이슈가 되었으며, 이에 따라 작업환경측정기관의

측정결과는 더욱 불신을 받는 상황이 발생하게 되었다. 그 동안 정부는 105종의 유해화학물질의 노출기준을 697종으로 확대하는 등 작업장에서의 유해화학물질 노출에 의한 건강장해를 예방하고자 나름대로 노력을 기울여 왔으나 작업장의 유해물질 노출수준을 낮추는 데는 한계에 부딪치게 되었다.

90년대 들어 산업안전보건법은 산업보건문제 있어서 근로자의 알권리, 참여권, 그리고 작업환경측정결과의 신뢰성을 높일 수 있는 쪽으로 법 개정 작업이 이루어지게 된다. 산업안전보건법에서 작업환경측정의 근거가 되었던 조항이 산업안전보건법 제 31조에서 제 42조로 옮겨지게 되었고, 이때 가장 특징적인 점은 작업환경측정의 목적이나 취지에는 변화가 없었으나 측정결과를 노동부장관에게 보고토록 했고, 이러한 보고제도는 측정결과에 따른 사업주의 작업환경 개선여부를 정부차원에서 감독하기 위한 것으로 작업환경측정제도에 있어서 큰 변화를 가져오게 되었다.

작업환경측정과 관련된 산업안전보건법의 근거조항이 제 42조에 만들어지면서 작업환경측정대상 작업장도 기존 8개에서 4알킬연 업무와 기타 노동부장관이 정하는 유해화학물질 취급 또는 제조하는 작업장 2개를 추가하여 총 10 개 작업장으로 확대되었으며, 작업환경측정자의 자격도 정비하게 된다. 또한 작업환경측정 주기도 6월에 1회 이상 실시토록 명시함으로서 1년에 최소 2번은 실시토록 작업환경측정관련 사항을 강화하게 되었다. 또한 작업환경시료의 분석능력에 대한 불신을 해소하기 위해 1992년 작업환경측정 정도관리제도가 도입되고, 측정기관의 분석능력을 검증하기 시작하였다.

2000년 이후 산업안전보건법에 규정된 작업환경측정제도에 대한 근본적인 여러 문제제기로 인해 제 2차 및 3차 노사정 그리고 학계 전문가로 구성된 작업환경측정제도 개선위원회가 구성되어 활동하게 되었다. 작업환경측정제도개선 위원회에서는 다양한 의견이 수렴되었다. 이 논의의 주요내용을 살펴보면, 작업환경측정평가의 법적 목적의 재정립, 작업환경 관리방법의 개선, 위해도 평

가를 통한 사업장 자율관리의 기초 확립, 작업환경측정결과 보고제도의 개선, 노출기준 및 산업보건 인프라 정비, 근로자의 작업환경관리 참여 및 알권리 강화, 작업환경측정결과의 신뢰성 강화, 측정기관 및 산업위생전문가의 자질향상 등 다양한 주제에 대한 논의가 이루어지게 되었다.

제도개선위원회의 결과로 많은 부분이 산업안전보건법에 반영되게 되는데 이 중 작업환경측정과 관련된 주요 내용은 산안법 제42조의 2(작업환경측정 신뢰성평가)와 다음에 논의할 제42조 7항에 신설된 지정측정기관의 작업환경측정·분석능력의 평가방안, 그리고 제39조 2(유해인자 허용기준의 준수)이다(노동부, 2007).

기존의 노출기준은 사업주가 반드시 지켜야하는 강제기준이 아니라 권고기준이므로 발암성 물질 등 국가에서 근로자의 건강보호를 위해 특별히 관리해야 할 필요성이 인정되는 화학물질에 대해서는 강제기준 성격의 노출기준 도입필요성이 제기되었으며, 이 논의 과정으로 부터 나온 것이 현재의 허용기준으로서 그 내용은 다음과 같다.

☞ ① 사업주는 발암성물질 등 근로자에게 중대한 건강장해를 유발할 우려가 있는 유해인자로서 대통령이 정하는 것에 대해서는 작업장 내 유해인자의 노출농도를 노동부령으로 정하는 허용기준 이하로 유지하여야 한다. 다만, 다음 각호의 어느 하나의 경우에 해당하면 그러지 아니한다.

1. 시설과 설비의 설치나 개선이 현존하는 기술로 가능하지 아니한 경우
2. 천재지변 등으로 시설과 설비에 중대한 결함이 발생한 경우
3. 노동령으로 정하는 임시작업과 단시간 작업의 경우
4. 그 밖의 대통령령으로 정하는 경우

② 제 1항의 단서에도 불구하고 사업주는 유해인자의 노출농도를 제 1항에 따른 허용기준 이하로 유지하도록 노력하여야 한다.

2) 허용기준 설정물질의 선정과정

미국 산업안전보건청(OSHA) 경우 유해화학물질의 노출기준은 법적 구속력을 갖는 허용농도(PEL) 기준이지만 우리나라 경우는 도입초기부터 강제기준이 아니라 권고기준으로 도입된 개념이다. 따라서 노동부 고시에서 규정하고 있는 697종의 노출기준에 대한 법적 실효성 부분이 계속 논란이 되어 왔다. 그러나 노출기준이 설정된 모든 물질에 대해 권고기준이 아니라 강제기준으로 설정하기에는 근로자 건강보호 측면만을 고려한다면 바람직한 일이지만, 다른 사회경제적인 면을 고려한다면 쉽지 않은 일이다. 따라서 노동부는 그동안 작업환경측정제도 개선위원회에서 논의 사항을 고려하여 우선 발암성 물질이거나 국내에서 직업병이 다수 발생하여 사회적으로 물의를 야기한 물질들을 중심으로 사업주가 반드시 지켜야 하는 강제기준으로서의 노출기준(허용기준)을 검토하기 시작하였다.

현재 산업안전보건법 시행령 제31조의 2(허용기준 대상물질)에 규정한 13종의 물질은 2006년도 실시된 '작업환경 허용기준 도입을 위한 유해물질 선정 및 허용기준 수준에 관한 연구'라는 연구결과에 바탕을 두고 있다(노영만, 2006). 동 연구에서 현행 697종의 화학물질 중 허용기준을 설정해야할 물질의 선정과정에 대한 전체적인 연구흐름은 그림 3과 같다.

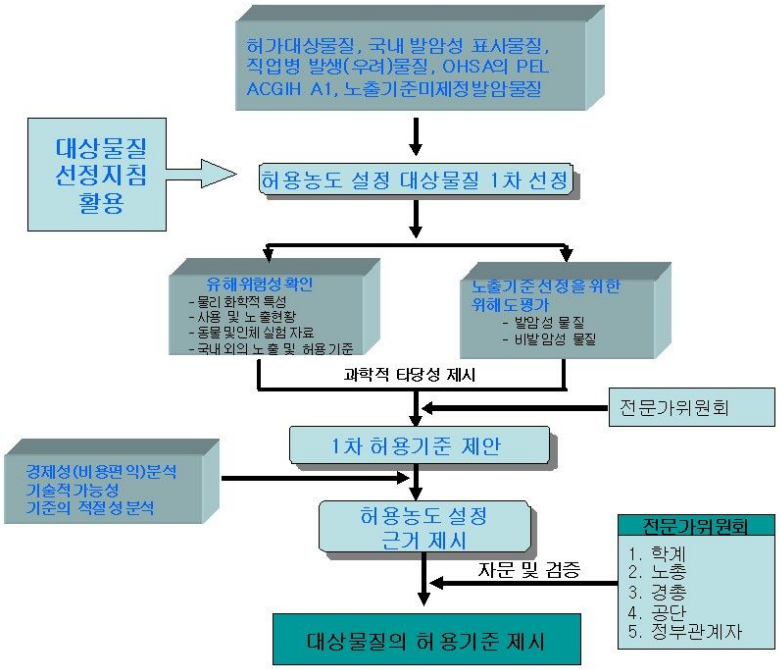


그림 1. 허용기준 제안을 위한 전체적인 연구 흐름도

동 연구에서 그림 1과 같은 연구 흐름도를 바탕으로 최초 허용기준 제안을 위한 연구대상물질로 선정한 것은 총 73종이었으며 그 구체적인 내용은 다음과 같다.

☞① 산업안전보건법에서 규정한 허가대상물질 13종
☞② 발암성표시물질 9종
☞③ 미국 산업안전보건청의 특별관리물질 28종
☞④ 미국 정부산업위생전문가협의회에서 제시한 인체발암물질 30종
☞⑤ 국내 노출기준 미제정 발암물질 4종

상기 구분방법에 따라 구분된 73종의 물질은 구분 범주에 따라 서로 중복되

어 나타나는 물질도 있다. 연구대상 물질로 확정된 이러한 물질을 바탕으로 각 물질의 법적 규제대상여부, 직업병 발생여부 및 그 정도, 발암성, 그리고 건강위해도 등급, 노출근로자 수, 노출기준 설정 국가 수 등이 종합적으로 고려되어 물질별로 평가항목의 점수를 적용하여 최종 물질이 선정되는 과정을 거쳤고, 이 안에 대한 그 동안 각계의 의견수렴과정을 거쳐 현재 최종적으로 확정된 물질이 13 종으로 다음과 같다.

☞ 허용기준 설정물질: 1. 납 및 무기화합물, 2. 니켈(불용성 무기화합물에 한한다), 3.디메틸포름아미드, 4. 벤젠, 5. 2-브로모프로판, 6. 석면, 7. 6가크롬 화합물, 8. 이황화탄소, 9. 카드뮴 및 그 화합물, 10. 톨루엔-2,4-디이소시아네이트, 11. 트리클로로에틸렌, 12. 포름알데히드, 13. 노말헥산

3) 허용기준 설정물질의 작업환경측정방법

우리나라 경우 작업장에서 발생된 유해화학물질에 대한 물질별 구체적인 시료채취 및 분석방법이 법적으로 규정된 것은 없다. 다만, 현행 작업환경측정기관이 주로 이용하는 시료채취 및 분석방법은 한국산업안전공단에서 제시하고 있는 유해물질별 작업환경측정방법(KOSHA CODE A-2001)을 이용하거나(한국산업안전공단, 2001), 아니면 미국 산업안전보건연구원(NIOSH)의 측정분석방법(NIOSH, 2008), 또는 미국 산업안전보건청(OSHA)에서 규정하고 있는 측정 및 분석방법(OSHA, 2008a) 등 국제적으로 그 공신력을 인정받는 방법 중에서 측정기관 여건에 맞는 방법을 사용하고 있는 실정이다. 표 2는 현재 허용기준 물질에 대한 한국산업안전공단의 측정방법과 측정대상 매질은 다르지만 환경부의 관련 측정공정시험법에 존재하는 측정법, 그리고 기술표준원의 KS 규격을 정리한 것이다. 기술표준원 경우 주로 국제표준화기구(ISO)의 관련규격을 우리말로 번역제시 한 규격이다.

표 2. 입법 예고된 허용기준 물질의 국내 주요기관의 시료채취 및 분석방법

기관물질명	한국산업안전공단	환경부(고시)	기술표준원(KS)
납 및 그 무기화합물	A-1-001 A-1-130	대기오염공정시험방법 제3장2절19항 대기오염공정시험방법 제4장2절7항	-
니켈 (불용성무기화합물)	A-1-004	대기오염공정시험방법 제3장2절22항	-
디메틸포름아미드	A-1-006	-	-
벤젠	A-1-016	대기오염공정시험방법 제3장2절15항	-
2-브로모프로판	A-1-114	-	-
석면	A-1-022	대기오염공정시험방법 제4장2절8항 실내공기질공정시험방법 제4장2절2항	KSMISO10312 KSMISO13794 KSMISO16000-7
6가크롬화합물	A-1-086	대기오염공정시험방법 제3장2절20항	KSM2094 (배기가스중 크롬)
이황화탄소	A-1-045	대기오염공정시험방법 제3장2절9항	KSM2303 (배기가스중)
카드뮴 및 그 화합물	A-1-001 A-1-130	대기오염공정시험방법 제3장2절18항	KSMISO11174
2,4-TDI	A-1-057	-	KSMISO17734 KSMISO16702 (이소시아네이트)
트리클로로에틸렌	A-1-058	-	-
포름알데히드	A-1-062 A-1-067 A-1-068	대기오염공정시험방법 제3장2절10항 실내공기질공정시험방법 제3장2절2항 실내공기질공정시험방법 제 4장2절2항	KSMISO16000-2 KSMISO16000-4
노말헥산	A-1-003	-	-

표 3은 미국 산업안전보건청(OSHA), 국립산업안전보건연구원(NIOSH), 영국 보건안전청(HSE), 그리고 국제표준화기구(ISO)에서 제시하고 있는 작업환경측

정방법을 정리한 것이다.

표 3. 허용기준설정물질에 대한 국외주요기관 작업환경측정방법

기관물질명	OSHA	NIOSH	HSE	ISO
납 및 그 무기화합물	ID121, ID125G ID206	7300, 7082	MDHS6/3 MDHS99	ISO 15202-3:2004 ISO 8518:2001
니켈 (불용성 무기화합물)	ID121, ID125G	7300	MDHS42/2 MDHS99	-
디메틸포름아미드	66	2004	MDHS88	-
벤젠	1005, 12	3700, 3800, 1501, 1500, 2549	MDHS72	ISO 9487
2-브로모프로판	PV2062	1025		-
석면	ID160	7400	MDHS39/4	-
6가크롬화합물	ID215, ID103	7600, 7402, 9000, 9002	MDHS61	-
이황화탄소	-	1600	-	-
카드뮴 및 그 화합물	ID121, ID125G ID189	7300, 7048	MDHS10/2 MDHS99	ISO15202-3:2004 ISO 11174
2,4-TDI	18, 33, 42	5521, 5522	MDHS25/3	ISO 16702 ISO/TR17737:2007
트리클로로에틸렌	1001	1022	MDHS96 MDHS70	-
포름알데히드	ID205, 52, 1007	2016, 2541, 3500	MDHS78	ISO 16000-2 ISO 16000-3
노말헥산	7	1500	MDHS72 MDHS96	-

작업환경 중 유해물질에 대한 측정방법이 고시 등으로 공정시험방법을 규정

하고 있는 다른 정부부처와는 달리 법에서 구체적으로 규정하고 있지 않은 이유는 다른 정부부처의 경우 측정분석대상물질의 기준이 강제기준으로서 활용되고 있는 반면 노동부의 경우 권고기준으로서 활용되었기 때문이다. 따라서 산업안전보건법에서 허용기준이라는 강제기준을 설정한 이상 허용기준 설정물질에 한해서는 법적인 측정방법이 규정되어야 하는 것은 당연한 수순으로 판단된다. 표 4는 노동부와 같이 유해화학물질을 관리대상으로 삼고 있는 주요 정부부처의 공정시험방법이 법적으로 어떻게 규정되어 있는지를 정리한 결과이다.

표 4. 유해물질에 대한 국내 주요정부부처의 법적지위

정부부처	공포 형태	내 용
환경부	고 시	- 대기오염공정시험법(제2004-156호)
		- 실내공기질공정시험법(제2004-80호)
		- 토양오염공정시험법(제2002-122호)
		- 악취공정시험법(제2007-017호)
		- 폐기물공정시험법(제2007-151호)
		- 수질오염공정시험법(제2007-147호)
		- 먹는물수질공정시험법(제2008-7호)
	예 규	- 공정시험방법개정절차에 관한 업무처리지침 (예규 제115호)
식품의약품 안전청	고 시	- 의약품등의 질량편찬기준 및 시험방법 (제 2007-61호)
		- 화장품 기준 및 시험방법(제 2007-45호)
	예 규	- 의약품기준 및 시험방법편찬위원회규정 (예규 제129호)
보건복지 가 족 부	시행규칙	- 목욕장등의 수질기준 등
노동부	- 미규정	

작업장의 유해화학물질을 관리하는 노동부와 달리 환경부 경우 일반대기, 수질, 토양, 그리고 다중이용시설 같은 실내공기에서 유해물질 노출에 의한 일반

대중의 건강보호를 위해 각각 유해물질에 대한 기준을 설정하여 관리하고 있다. 따라서 유해물질이 존재하는 매질(matrix)과 보호대상이 다를 뿐이지 노동부와 환경부는 거의 같은 목적을 가지고 유해화학물질을 관리하고 있는 상황이다. 표 4에서 보는 것처럼 환경부 경우 각각의 매질별 유해화학물질에 대한 공정시험법을 제정 고시형태로 공포하고 있는 것을 알 수 있다.

식품의약품안전청 경우도 역시 고시형태로 시험방법을 제정하고 있으나 노동부나 환경부와 다른 점은 특정물질에 대한 기준과 시험방법을 동시에 고시에서 규정하고 있다는 점이다.

공중이 이용하는 영업과 시설의 위생관리 등에 관한 사항을 규정함으로써 위생수준을 향상시켜 국민의 건강증진에 기여함을 목적으로 하는 공중위생관리법(법률 제8689호)의 경우 위생기준에 대한 사항과 그 기준을 평가하는 방법이 고시형태가 아닌 시행규칙에서 직접 규정하고 있다(보건복지가족부, 2008).

구체적인 일예를 살펴보면 목욕장 욕수의 수질기준을 동법 제4조 2항의 위임을 받아 동법시행규칙 제4조(목욕장 욕수의 수질기준 등)에서 목욕장 욕수의 수질기준과 수질검사방법 등에 관해 규정하고 있으며 그 자세한 내용은 시행규칙 별표에서 제시하고 있다.

환경부와 보건복지부의 기준과 그 기준을 평가하는 방법이 전자의 경우 고시형태로 후자의 경우는 직접 법에서 규정하고 있는 점이 차이가 있다 하겠는데, 이러한 차이가 발생하는 이유는 환경부 경우 기준이 설정된 물질이 너무 많기 때문에 법에서 다 나열하기에 한계가 있기 때문인 것으로 보이며, 따라서 고시형태로 공포하는 방법을 취하는 것으로 보인다. 이런 측면에서 본다면 노동부 역시 공정시험방법을 제정하고 고시형태로 공포하는 것이 합리적으로 판단된다.

표 4에서 보면 환경부나 식품의약품안전청 경우 모두 공정시험방법을 제·개정하는 절차를 담은 예규를 가지고 있다. 유해물질에 대한 측정 및 분석방법

은 측정 및 분석기술의 발달 및 사회경제적 여건의 변화에 따라 제정 또는 개정의 필요성이 발생하게 되며, 따라서 합리적인 제·개정 절차를 담은 내부지침이 필요하다. 그러나 노동부 경우 작업장에서의 오염물질 측정 및 분석에 대한 공정시험법이나 제·개정 절차를 담은 지침은 현재까지는 없는 실정이다.

미국 산업안전보건청 경우 예외적인 규정이 있기는 하지만 450여종의 화학물질에 대한 강제 허용기준을 가지고 있다. 특히, OSHA가 특별관리하는 물질 28종 중 상당물질(예: 석면, 면분진 등)의 경우 연방규정으로 시료채취 및 분석방법을 명시하고 있는데, 석면의 경우를 보면 'Standard-29 CFR 1910.1001 App A'에서 석면을 시료채취 및 분석하고자하는 경우 OSHA method ID-160번이나 NIOSH method 7400번 중에서 가장 최신의 버전을 의무적으로 사용토록하고 있다(OSHA, 2008b). 그러나 개별적인 규정을 갖고 있지 않은 유해물질의 허용기준 평가에 사업주가 반드시 사용해야 하는 강제규정의 측정방법은 구체적으로 규정하고 있지는 않고 있다. 다만 OSHA 감독관이 유해화학물질의 노출수준이 허용기준을 초과하였는지 여부를 판단하는데 사용하는 측정 및 분석방법은 OSHA 내부에 자체적인 방법(OSHA analytical method)을 가지고 있기 때문에(OSHA, 2008a), 사업주는 최소한 OSHA에서 제시하고 있는 측정분석방법보다는 동일하거나 더 신뢰성이 높은 방법으로 사용을 하게 된다.

영국 경우 2005년 이전에는 사업주가 반드시 준수해야하는 강제기준으로서 기준(MEL; maximum exposure limits)을 갖는 58종의 화학물질과 권고기준으로 기준(OES; occupational exposure limits, 396종)으로 이원화되어 운영되어 오다가 2005년부터 이들을 통합하여 강제기준으로 기준(WEL; workplace exposure limits)을 운영하고 있다.

영국의 유해화학물질에 대한 관리는 위해성평가 개념에서 관리를 하고 있으며, 작업환경측정근거는 건강유해물질관리 시행규칙(COSHH; control of substances hazardous to health regulations) 제 10조에 의해 사업주로 하여금

근로자의 유해물질 노출수준이 적절히 관리·유지되고 있다는 것을 확인하기 위하여 적절한 절차로 노출평가를 실시하고 그 결과를 기록 보존토록 하고 있다.

영국 경우 일부물질(VCM, 6가크롬)을 제외하고는 측정주기나 방법에 대해서 구체적으로 법에서 규정하고 있지는 않다. 다만, COSHH의 승인실무규범(ACOP: approved code of practice, HSC에서 제정)에 따르면 노출기준 설정물질의 경우 최소한 넌 1회 정도는 측정하여 노출수준이 적절히 관리되고 있음을 보이도록 하고 있다. ACOP의 경우 시행규칙을 보완하기 위하여 만든 예시위주의 규범으로 이 규범의 적용이 법적으로 강제되는 것은 아니지만 만약 사업주가 산업안전보건법 위반으로 구속되어 이 규범을 따르지 않았다고 입증되는 경우 사업주에게 과실이 있다고 판결할 수 있는 근거로 채택될 수 있다.

WEL이 설정된 물질에 대한 작업환경측정방법이 법적으로 강제되어 있지 않지만 HSE에서 각각의 유해화학물질에 대한 측정분석방법(Methods for the determination of hazardous substances)을 제시하고 있으며(HSE, 2008), 사업장 자체 또는 외부전문측정기관에서 작업환경측정을 실시한다. 사업주 경우 노출기준이 설정된 물질의 경우 법에서 정하는 기준이하로 관리되고 있음을 입증해야 하기 때문에 비록 측정방법이 법에서 구체적으로 규정되어 있지 않다고 하더라도 최소한 HSE에서 제시하는 측정방법 이상의 신뢰성을 가지는 측정방법을 사용하게 되는 구조이다.

일본의 경우 안위법 제 65조(작업환경측정)에 근거하여 작업환경측정을 실시하고 있으며, 각각의 유해화학물질에 대한 측정 및 분석방법은 후생노동성에서 작업환경측정 지침으로 제시하고 있다(Japan ministry of labour, 1999).

유해물질에 대한 작업환경측정방법은 비록 그 물질이 강제기준의 노출기준이 설정된 물질이라고 하더라도 국가에 따라 법에서 그 구체적인 내용을 규정하고 있기도 하고, 권고 성격으로 제시하기도 한다. 그러나 유해물질 관리에 대

한 법의 체계, 성격, 그리고 법 집행의 성격이 각기 다르기 때문에 측정분석방법이 관련법에 규정되어 있지 않았다고 해서 그 실효성이 떨어진다고 단정적으로 해석 할 수는 없다. 현재 산업안전보건법에서 규정하고 있는 유해물질 중 강제기준 성격으로 규정된 13종에 대해서는 산안법과 동일한 법체계를 갖고 있는 국내 타 정부 부처의 경우처럼 법에서 작업환경측정에 대한 공정시험법을 제시하는 것이 타당하다고 판단된다.

2. 작업환경측정방법 작성체계 표준화

허용기준 설정물질에 대한 작업환경측정방법은 그 구성내용에 있어서 일관성을 유지하는 것이 중요하다. 이는 향후 허용기준 설정물질이 확대되거나, 기존물질에 대한 측정방법이 바뀌게 되는 경우, 또는 기존의 측정방법 중에 개정요소가 발견되는 경우 이를 가장 효과적으로 반영할 수 있는 작성체계를 갖추는 것이 필요하다.

환경부의 경우 각종 공정시험방법의 제·개정시 이를 일정한 틀에 맞춰 공정시험방법이 작성되도록 하기위해 공정시험방법개정절차에 대한 업무처리지침(환경부 예규 제 115호)에서 공정시험방법 작성체계지침을 제정 운용 중에 있고, 한국산업안전공단의 경우도 각종 기술지침을 KOSHA-CODE화 하는데 그 일관성을 유지하고자 KOSHA CODE 작성지침을 제정 운용 중에 있다. 다음은 국내 관련지침 및 주요외국의 작업환경측정방법 검토를 통해 허용기준설정물질의 작업환경측정방법으로 가장 적합하다고 판단되는 공정시험법 작성체계의 주요내용과 전체적인 작성체계(안)를 제시한 것이다.

1) 주요 구성내용

작업환경측정방법 작성체계 표준화지침은 제 1조(목적)에서 현재 허용기준설정물질의 작업환경측정에 대한 근거 법률조항인 산업안전보건법 제39조 2에 의해 이 표준화지침이 작성 사용된다는 점을 명확히 규정하였다.

표준화지침 제2조(적용범위)에서 지침이 적용되는 범위가 허용기준이 설정된 물질의 작업환경측정방법의 제·개정절차에 사용된다는 점을 규정하였고, 제3조(용어의 정의)에서 표준화지침에 사용되는 용어의 정의를 명확히 하였고, 제4조(분류체계)와 제 5조(작성체계)에서 이 지침에 의거 작성되는 작업환경측정방법의 작성체계 및 작업환경측정방법의 분류체계를 명확히 규정하였다. 이 지침

에 사용된 작업환경측정방법의 분류체계는 혼란을 방지하고자 산업안전보건법 체계에 이미 반영된 작업환경측정대상물질의 분류기준인 유기화합물, 금속류, 산 및 알카리류, 가스상 물질류, 산업안전보건법 시행령 제 30조 규정에 의한 허가대상물질, 금속가공유, 분진으로 구분하여 각 그룹에 할당되는 고유번호는 아래 표에서 제시한 것처럼 아라비아 숫자 4자리를 할당하여 1000단위로 대분류하여 구분하였다.

표 5. 작업환경측정방법 분류기준-대분류

구분	분류번호
유기화합물	1***
금속류	2***
산 및 알카리류	3***
가스상 물질류	4***
시행령 제30조규정에 의한 허가대상물질	5***
금속가공유	6***
분진	7***

표 5의 분류기준에 의거 작성된 작업환경측정방법이 개정되는 경우, 개정순서에 따라 소수 첫째 자리에 아라비아 숫자를 1부터 부여토록 함으로서 작업환경측정방법의 분류기준 번호만 보더라도 사용당시의 측정방법이 몇 번의 개정절차가 이루어진 것인지 쉽게 알아 볼 수 있도록 하였다.

☞ 예시: 벤젠에 대한 작업환경측정방법: 1001

- 1001번의 첫 번째 개정방법: 1001.1
- 1001번의 두 번째 개정방법: 1001.2

허용기준설정물질의 작업환경측정방법은 크게 두 가지 부분으로 분류하고자 한다. 먼저 총칙부분에서 본 연구를 통해 제시하고자 하는 개별적인 물질의 작업환경측정방법을 사용하는데 있어서 필요한 기본적인 사항을 규정하고자 하는데 그 구체적인 내용은 다음 표와 같다.

표 6. 총칙 및 일반사항의 분류 및 구성내용

분류		구성내용
총칙		목적, 적용 범위, 계량 단위 및 기호, 농도 표시, 관련 용어·단어의 정의 및 설명 등
일반사항	화학시험의 일반사항	작업환경측정방법에 사용된 일반화학분석에 관한 공통적인 사항 및 용어
	시료 채취 및 분석시 고려사항	시료채취기구 선택, 표준용액 조제, 탈착효율 검정 시료조제, 회수율시료조제 방법 등
	분석기기	분석 장비별 개요, 분석원리, 조작방법, 검정·교정 방법
	안전사항	실험시 분석자에 대한 안전사항, 실험실 사고에 대한 대체요령, 실험실 안전지침 등

총칙부분에서는 표 6에서 제시된 것처럼 각론에서 언급될 허용기준설정물질의 측정방법에서 언급 또는 적용되는 공통적인 사항을 중심으로 기술하는데, 화학시험의 일반사항, 작업환경 시료채취 및 분석 시 일반적으로 고려해야 하는 사항, 그리고 분석법에서 사용되는 주요 분석기기의 일반적인 작동원리 및 시험자의 안전과 보건을 확보하기 위한 안전보건사항에 대하여 기술하였다.

각론부분에 해당하는 물질별 작업환경측정방법은 총 9개의 구성항목을 가지고 측정방법을 제시하고자 하며, 구체적인 내용은 다음과 같다.

☞ 1.0 개요: 적용범위, 즉 이 방법을 통해 측정하고자 하는 허용기준설정물질이 무엇인지를 규정하고, 이 물질에 대한 물질특성(원소기호, 분자량, 물리적 특성)을 제시함으로서 분석자가 측정대상물질의 화학적인 기본정보를 한눈에 볼 수 있도록 구성하였으며, 이외에도 시료채취 및 분석방법에 대한 전체적인 개요를 제시하고자 한다. 또한 측정방법의 검출한계, 정확도, 정밀도에 대한 정보도 제공하고자 한다. 작업환경측정자가 본 분석방법에 익숙해지면 이 개요편만 보아도 전체적인 작업환경측정방법의 이해가 가능하도록 구성하고자 한다.

☞ 2.0 측정원리: 허용기준 설정물질의 작업환경측정원리를 설명하고자 한다.

☞ 3.0 기구 및 기기: 측정방법에 사용되는 시료채취기구 및 초자기구, 전처리 장비, 그리고 분석장비의 요건을 기술하고자 한다.

☞ 4.0 시약 및 표준용액: 측정방법에 사용된 시약의 종류, 등급, 그리고 표준용액의 조제방법에 대해 기술하고자 한다.

☞ 5.0 시료채취: 시료채취기 연결방법, 채취유량, 시료채취량, 현장공시료 수, 채취된 시료의 운반방법에 대해여 구체적인 내용을 기술하고자 한다.

☞ 6.0 분석과정: 채취된 시료의 전처리 방법 및 분석과정에 대해여 기술하고자한다.

☞ 7.0 농도계산: 분석결과를 작업장 공기 중 오염물질의 농도로 환산하기 위한 계산식이 여기에서 제시될 것이다.

☞ 8.0 참고자료: 본 작업환경측정방법을 구성하는데 사용된 근거자료, 참고문헌에 대한 정보를 표기할 것이다.

☞ 9.0 부록: 작업환경측정법의 본론내용에 기술하기에는 부적절하지만 이 방법을 사용하는데 있어서 반드시 필요하다고 판단되는 자료가 있을 경우 부록으로서 그 관련내용을 수록하고자 한다.

2) 작업환경측정방법 작성체계 표준화지침(안)

1)에서 언급된 표준화지침의 주요구성내용 외에도 통일된 지침이 작성되기 위해서는 허용기준 설정물질의 작업환경측정방법 인쇄기준이 있어야 한다. 이 인쇄기준을 통해 작업환경측정방법에 사용되는 제목양식, 그리고 본문양식 및 문자, 숫자, 그리고 단위의 작성에 대한 표준이 가능해지기 때문이다. 부록 1은 이와 같은 모든 요인을 고려하여 본 연구에서 제시하고자 하는 작업환경측정방법 작성체계의 표준화지침(안)이다.

3. 작업환경측정방법 사용실태조사

1) 설문조사

작업환경측정기관을 대상으로 허용기준이 설정된 13종 화학물질에 대해 현재 작업환경측정기관이 측정한 경험은 있는지 여부와 작업환경측정을 실시하였다면 어떤 측정방법을 사용하였는지 혹은 사용하고 있는지 여부를 우편 설문을 통해 자기기입식 방법으로 설문조사를 실시하였다. 설문조사 전에 설문지 구성은 이번 설문조사를 실시하게 된 목적, 그리고 각 허용기준 설정물질별로 국내외 공신력 있는 기관에서 제시하고 있는 측정방법을 모두 제시하였으며, 설문지에서 제시하고 있지 않는 측정방법을 사용하는 기관에서는 그 방법을 직접 기록하여 제시토록 설문지를 구성하였다(부록 4: 조사설문지 참조).

설문조사 대상 측정기관은 2008년 상반기 작업환경측정기관 정도관리에 참여한 기관 중 아직 지정측정기관으로 지정받지 못하고 자율적으로 참여하고 있는 8개 기관을 제외한 총 139개 기관을 대상으로 설문조사지를 발송하였으며, 회수된 설문지는 총 115개 기관이었다.

2) 설문조사결과

(1) 기관일반현황

가) 측정기관 수 및 인력 분포

표 7은 작업환경측정기관을 대학소속 측정기관(대학기관소속), 보건협회 및 한국산재의료원소속 측정기관(협회 및 의료원소속), 일반병원소속 측정기관(병원소속), 그리고 이러한 병원이나 대학, 그리고 협회에 소속되어 있지 않은 일반측정기관(일반측정기관), 그리고 사업장 자체측정기관(사업장소속)으로 구분하여 측정기관수 및 인력수 현황을 살펴본 것이다.

표 7. 소속형태에 따른 측정기관 수 및 인력현황

구분	기관 수(%)	인력 수(%)	인력수/기관
대학기관소속	25(21.7)	142(23.8)	5.7
협회 및 의료원 소속	19(16.5)	123(20.6)	6.5
병원소속	34(29.6)	160(26.8)	4.7
일반측정기관	27(23.5)	134(22.5)	5.0
사업장 소속	10(8.7)	37(6.2)	3.7
합계	115(100)	596(100)	5.2

설문에 응답한 총 115개소의 소속형태에 따른 측정기관수 분포를 보면 대학기관이 25개소(전체의 21.7%), 보건협회 및 산재의료원 소속이 19개소(16.5%), 일반 병원소속이 34개소(29.6%), 일반측정기관이 27개소(23.5%), 그리고 사업장 소속 자체측정기관이 10개소(8.7%)였다. 총 115개소에 근무하고 있는 근로자수는 596명으로 기관당 평균 근무자 수는 5.2명이었다. 협회 및 의료원소속의 측정기관이 기관당 인력수가 6.5명으로 가장 높았고, 다음이 대학기관 소속이 5.7명, 그리고 이러한 기관에 소속되어 있지 않고 측정을 주 업무로 하는 일반측정기관의 경우 5.0명이었다. 가장 적은 근무자 수를 보유한 기관은 사업장소속 측정기관으로 3.7명이었으며, 이는 자기가 소속된 사업장의 측정업무만을 전담하기 때문인 것으로 보여진다.

나) 직무(측정 및 분석)에 따른 인력, 학력, 자격증 분포

표 8은 측정, 분석, 그리고 측정과 분석을 동시에 수행하는지와 같은 직무에 따른 인력수 분포가 소속기관 형태에 따라 어떻게 나타나는지를 살펴본 결과이다.

표 8. 직무와 소속기관형태에 따른 인력분포

소속구분	직무			전체 (%)
	측정자 수 (%)	분석자수 (%)	측정·분석자 수(%)	
대학기관소속	87(61.3)	39(27.5)	16(11.3)	142(100)
협회 및 의료원 소속	92(74.8)	31(25.2)	0(0)	123(100)
병원소속	118(73.8)	38(23.8)	4(2.5)	160(100)
일반측정기관	95(70.9)	35(26.1)	4(3.0)	134(100)
사업장 소속	19(51.4)	13(35.1)	5(13.5)	37(100)
합계	411(69.0)	156(26.2)	29(4.9)	596(100)

일반측정기관, 병원소속, 그리고 협회 및 의료원 소속측정기관 경우 측정자 수가 전체 인력의 70.9%-74.8%로 대학기관의 61.3%, 사업장 소속 측정기관의 51.4%보다 높게 나왔다. 전체적으로 보면 측정기관이 보유한 인력의 69%가 측정업무를 그리고 26%정도가 분석업무를 전담하고 하고 있으며, 나머지 인력은 측정과 분석업무를 동시에 수행하는 것으로 조사되었다. 분석을 전담하는 인력은 대부분이 기관 당 1명이거나 많아야 2명 정도인 것으로 나타났다.

표 9. 소속기관에 따른 근무자의 학력분포

소속구분	학력				전체 (%)
	전문대 (%)	대학 (%)	석사 (%)	박사 (%)	
대학기관소속	13(9.2)	74(52.1)	45(31.7)	10(7.0)	142(100)
협회 및 의료원 소속	10(8.1)	103(83.7)	9(7.3)	1(0.8)	123(100)
병원소속	27(16.9)	119(74.4)	13(8.1)	1(0.6)	160(100)
일반측정기관	11(8.2)	97(72.4)	23(17.2)	3(2.2)	134(100)
사업장 소속	5(13.5)	18(48.6)	13(35.1)	1(2.7)	37(100)
합계	66(11.1)	411(69.0)	103(17.3)	16(2.7)	596(100)

측정기관 전체로 보면 전문대 졸업자가 전체의 11.1%, 대학졸업자가 69.0%, 석사학위 소지자가 17.3%, 그리고 박사학위소지자가 2.7%였다. 박사학위 소지자가 가장 높은 인력분포를 보인 곳은 대학기관 소속 측정기관으로 7.0%였으며, 석사학위이상의 학위를 가장 많이 보유하고 있는 곳 역시 대학기관 소속 측정기관이었다. 전문대 졸업자가 가장 많이 분포하고 있는 곳은 병원소속 측정기관으로 16.9%였다.

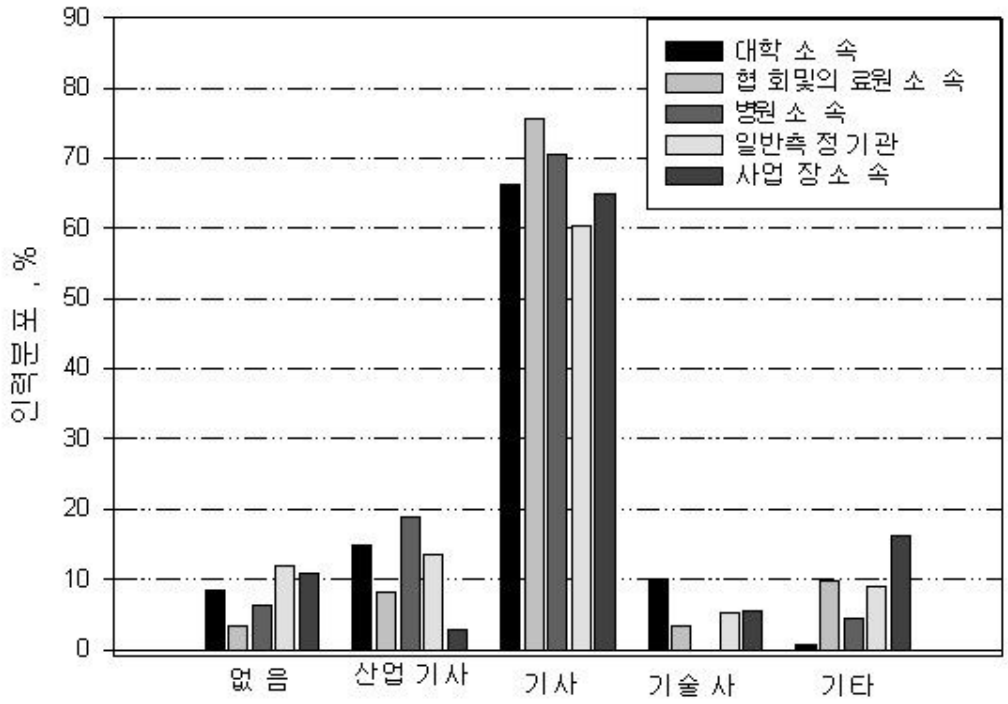


그림 2. 소속기관에 따른 근무자의 취득자격증 분포

그림 2는 소속기관에 따른 근무자의 취득자격증 분포이다. 산업위생관리기사 자격증 소지자가 가장 많았으며(대학소속: 66.2%. 협회 및 의료원소속: 75.6%, 병원소속: 70.6%, 일반측정기관: 60.4%, 사업장소속: 64.9%), 그 다음으로 산업기사, 없음(자격증 미보유), 기타, 기술사 순이었다. 자격증이 없는 사람은 모두

분석자들이었으며, 기타는 산업위생기사 이외의 기사자격증 보유자로 대기환경기사, 수질환경기사, 또는 이들의 산업기사, 인간공학기사 등이었다. 기술사를 가장 많이 보유하고 있는 기관은 대학소속 측정기관(총 14명), 일반측정기관(총 7명), 협회 및 의료원소속 측정기관(총 4명), 그리고 사업장소속 측정기관(총2명)이었으며, 병원소속의 기술사 인력은 없는 것으로 조사되었다.

다) 근무년수 분포

표 10은 소속기관에 따른 근무자의 근무년수 분포를 나타낸 것이다. 전체적으로 보면 근무년수가 3년 미만이 전체 조사자 수의 25.7%인 153명이었으며, 3년 이상 5년 미만이 75명(12.6%), 5년 이상 10년 미만이 121명(20.3%), 그리고 10년 이상 근무한 사람이 247명(41.4%)로 나타났다.

10년 이상 경력자를 가장 많이 보유하고 있는 기관은 대학기관 소속 작업환경측정기관으로서 대학기관소속 전체 근무자 중 59.2%인 84명 이었으며, 다음으로는 사업장 소속으로 21명(56.8%), 그리고 협회 및 의료원 소속이 61명(49.6%)로 나타났다.

표 10. 소속기관에 따른 근무자의 근무년수 분포

소속구분	근무년수				전체 (%)
	3년미만 (%)	3~5년 (%)	5~10년 (%)	10년이상 (%)	
대학기관소속	21(14.8)	14(9.9)	23(16.2)	84(59.2)	142(100)
협회 및 의료원 소속	25(20.3)	13(10.6)	24(19.5)	61(49.6)	123(100)
병원소속	58(36.3)	28(17.5)	31(19.4)	43(26.9)	160(100)
일반측정기관	44(32.8)	15(11.2)	37(27.6)	38(28.4)	134(100)
사업장 소속	5(13.5)	5(13.5)	6(16.2)	21(56.8)	37(100)
합계	153(25.7)	75(12.6)	121(20.3)	247(41.4)	596(100)

3년 미만의 경력을 가진 근무자가 가장 많이 소속된 기관은 병원소속 측정기관으로 병원소속 전체 근무자 160명의 36.3%인 58명이었으며, 그 다음으로

많은 기관은 일반측정기관으로 32.8%인 44명 이었으며, 3년미만의 신입경력직원이 가장 적은 기관은 사업장과 대학기관 소속 측정기관으로 각각 13.5%와 14.8%인 것으로 조사되었다.

(2) 작업환경측정방법 사용실태

가) 물질별 측정경험 실태

표 11은 작업환경측정기관이 허용기준이 설정된 13종에 대해 작업환경측정을 실시하고 있는지 여부에 대한 설문조사결과이다.

표 11. 허용기준 설정물질에 대한 측정기관의 작업환경측정 실시여부

물질	측정여부			전체 (%)
	예(%)	아니오(%)	외부의뢰(%)	
납및그무기화합물	109(94.8)	4(3.5)	2(1.7)	115(100)
니켈(불용성무기화합물)	102(88.7)	11(9.6)	2(1.7)	115(100)
디메틸포름아미드	88(76.5)	20(17.4)	7(6.1)	115(100)
벤젠	102(88.7)	11(9.6)	2(1.7)	115(100)
2-브로모프로판	48(41.7)	60(52.2)	7(6.1)	115(100)
석면	14(12.2)	42(36.5)	59(51.3)	115(100)
6가크롬화합물	54(47.0)	26(22.6)	35(30.4)	115(100)
이황화탄소	22(19.1)	63(54.8)	30(26.1)	115(100)
카드뮴및그화합물	107(93.0)	7(6.1)	1(0.9)	115(100)
2,4-TDI	55(47.8)	15(13.0)	45(39.1)	115(100)
트리클로로에틸렌	107(93.0)	6(5.2)	2(1.7)	115(100)
포름알데히드	89(77.4)	7(6.1)	19(16.5)	115(100)
노말헥산	106(92.2)	8(7.0)	1(0.9)	115(100)

납 및 그 무기화합물, 카드뮴 및 그 화합물, 트리클로로에틸렌, 그리고 노말헥산은 설문응답 측정기관의 90%이상이 작업환경측정(시료채취 및 분석)을 실시하고 있는 것으로 조사되었으며, 작업환경측정을 실시해본 경험이 응답대상

의 50% 미만인 물질은 석면(12.2%), 이황화탄소(19.1%), 2-브로모프로판(41.7%), 그리고 2,4-TDI(47.8%)였다. 시료는 채취하지만 외부기관으로 분석을 의뢰하는 물질 중 가장 빈도수가 높은 물질은 석면(51.3%), 2,4-TDI(39.1%), 그리고 6가 크롬화합물(30.4%)이였다. 2-브로모프로판의 경우 작업환경측정을 실시해 본적이 없다는 기관이 60개 기관으로 전체응답 115개 기관 중 52.2%였으며, 이황화탄소 경우도 전체응답기관수의 54.8%인 62개 기관이었다. 이러한 물질 경우 사용되는 사업장이 특정지역에 분포하고 있기 때문으로 보여진다.

나) 물질별 작업환경측정방법 사용실태

표 12는 납 및 그 무기화합물에 대한 작업환경측정방법으로 측정기관이 어느 방법을 주로 사용하고 있는지 설문조사결과를 정리한 것이다.

표 12. 측정기관이 사용하는 납 및 그 무기화합물의 작업환경측정방법 분포

측정방법	대학소속 (%)	협회등 소속 (%)	병원소속 (%)	자체기관 (%)	일반기관 (%)	전체 (%)
미측정	0	0	1(2.5)	3(30.0)	0	4(3.5)
K	13(52.0)	8(42.1)	21(61.8)	6(60.0)	20(74.1)	68(59.1)
O	1(4.0)	0	1(2.9)	0	1(3.7)	3(2.6)
N	2(8.0)	5(26.3)	2(5.9)	1(10.0)	1(3.7)	11(9.6)
K_O_N	7(28.0)	6(31.6)	7(20.6)	0	3(11.1)	23(20)
K_O_N_H_I	0	0	1(2.9)	0	0	1(0.9)
K_N	2(8.0)	0	1(2.9)	0	2(7.4)	5(4.3)
전체(%)	25(100)	19(100)	34(100)	10(100)	27(100)	115(100)

K: 한국산업안전공단(KOSHA), O: 미국산업안전보건청(OSHA), N: 미국국립산업안전보건연구원(NIOSH), H: 영국보건안전청(HSE), I: 국제표준화기구(ISO)

대학소속 작업환경측정기관 경우 납 및 그 무기화합물 작업환경측정방법으로 한국산업안전공단의 KOSHA-CODE를 이용한다는 기관이 전체 25개의 기관 중 13개기관인 52.0% 였으며, KOSHA-CODE와 NIOSH, 그리고 OSHA 방

법을 같이 활용하는 기관이 7개 기관(28.0%), KOSHA-CODE와 NIOSH 방법을 같이 활용하는 기관과 NIOSH 방법만을 활용한다는 기관이 각각 2개기관(8.0%), 그리고 OSHA 방법만을 본다는 기관이 1개 기관(4.0%)로 조사되었다.

보건협회 및 의료원 소속 작업환경측정기관 경우 KOSHA-CODE를 이용한다는 기관이 전체 19개의 기관 중 8개 기관인 42.1% 였으며, NIOSH 방법만을 사용한다는 기관이 5개 기관(26.3%), 그리고 KOSHA-CODE와 NIOSH, 그리고 OSHA 방법을 같이 활용하는 기관이 6개 기관(31.6%)으로 조사되었다.

병원소속과 일반측정기관의 경우 가장 많이 사용하고 있는 방법은 KOSHA-CODE로 각각 소속기관 전체의 61.8%와 74.1%였으며, 사업장 자체측정기관 경우 60.0%가 KOSHA-CODE를 사용하고 있는 것으로 조사되었다.

그림 3은 설문조사에 응답한 총 115개소에서 사용 중인 납 및 그 무기화합물의 작업환경측정방법 분포를 나타낸 것이다. 가장 많이 사용하는 방법은 KOSHA-CODE로서 59.1%인 68개 기관에서 사용 중인 것으로 조사되었으며, 다음으로 많이 사용하는 방법은 KOSHA와 NIOSH, 그리고 OSHA의 방법을 함께 보는 것으로 전체응답기관의 20%인 23개 기관이었다. NIOSH 방법만을 사용한다는 기관은 전체의 10%인 11개 기관이었다. 납 및 그 무기화합물에 대한 KOSHA의 작업환경측정방법은 기본적으로 NIOSH와 OSHA 방법을 참고하여 만들어진 측정방법으로 거의 모든 작업환경측정기관이 KOSHA-CODE 방법을 사용하고 있다고 판단해도 별 무리가 없다고 여겨진다.

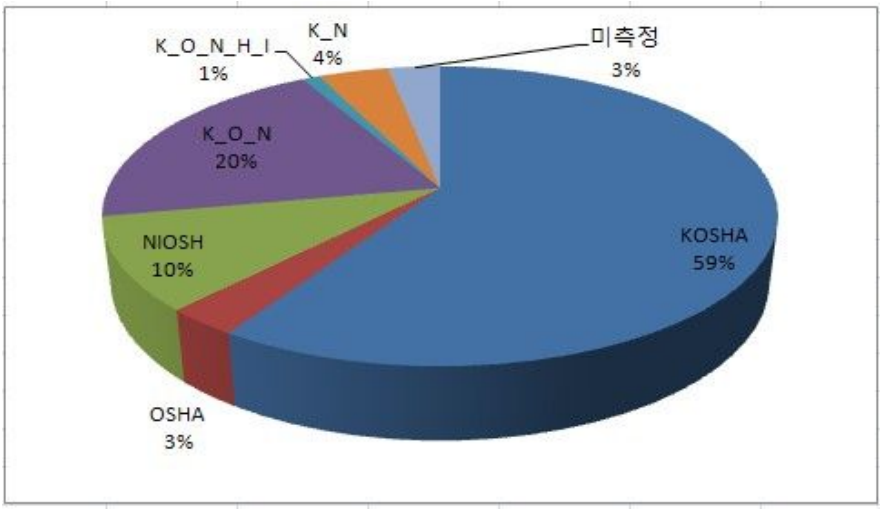


그림 3. 납 및 그 무기화합물의 작업환경측정방법 사용분포

표 13은 니켈(불용성무기화합물)에 대한 작업환경측정방법으로 측정기관이 어느 방법을 주로 사용하고 있는지 설문조사결과를 정리한 것이다.

표 13. 측정기관이 사용하는 니켈(불용성무기화합물) 작업환경측정 방법 분포

구분	대학소속 (%)	협회등 소속 (%)	병원소 속 (%)	자체기관 (%)	일반기관 (%)	전체(%)
미측정	0	0	3(8.8)	6(60.0)	2(7.4)	11(9.6)
K	16(64.0)	9(47.4)	26(76.5)	3(30.0)	21(77.8)	75(65.2)
O	4(16.0)	1(5.3)	2(5.9)	0	2(7.4)	9(7.8)
N	3(12.0)	5(26.3)	2(5.9)	1(10.0)	2(7.4)	13(11.3)
K_O_N	0	3(15.8)	0	0	0	3(2.6)
K_O_N_H_I	1(4.0)	1(5.3)	0	0	0	2(1.7)
K_N	1(4.0)	0	0	0	0	2(1.7)
전체(%)	25(100)	19(100)	34(100)	10(100)	27(100)	115(100)

K: 한국산업안전공단(KOSHA), O: 미국산업안전보건청(OSHA), N: 미국국립산업안전보건연구원(NIOSH), H: 영국보건안전청(HSE), I: 국제표준화기구(ISO)

대학소속 작업환경측정기관 경우 니켈(불용성무기화합물) 작업환경측정방법

으로 한국산업안전공단의 KOSHA-CODE를 이용한다는 기관이 전체 25개의 기관 중 16개 기관인 64.0% 였으며, 보건협회 및 산재의료원 소속 측정기관 경우 KOSHA 방법을 이용하고 있는 기관이 47.4%인 9개소였고, 사업장 자체측정기관 경우 전체의 30.0%인 3개 기관이었다. 사업장 자체측정기관 경우 전체 10개소 중 니켈을 측정하고 있지 않은 6개관을 제외하면 4개 기관 중 3개 기관이 KOSHA CODE 방법을, 그리고 1개소가 NIOSH 방법을 사용하고 있는 것으로 조사되었다.

그림 4는 설문조사에 응답한 총 115개소에서 사용 중인 니켈(불용성무기화합물)의 작업환경측정방법 분포를 나타낸 것이다. 가장 많이 사용하는 방법은 KOSHA-CODE로서 65%인 75개 기관에서 사용 중인 것으로 조사되었으며, 다음으로 많이 사용하는 방법은 NIOSH 방법으로 13개 기관(11%)이였으며, OSHA 방법은 8%인 9개 기관에서 사용하고 있는 것으로 조사되었다. 이 분포는 115개소 중 니켈에 대한 작업환경측정을 실시한 적이 없는 11개소를 포함한 분포로서, 이 기관을 제외하고 실제 니켈을 측정하고 있는 기관만을 대상으로 그 분포를 보면 KSOAH 방법만을 이용하는 기관이 전체 72.1%이고, 니켈에 대한 KOSHA 코드 역시 NIOSH와 OSHA 방법을 참고하여 작성된 점을 고려해보면 니켈 역시 KOSHA CODE의 분석방법이 현재 작업환경측정기관 대부분에서 사용된다고 판단된다.

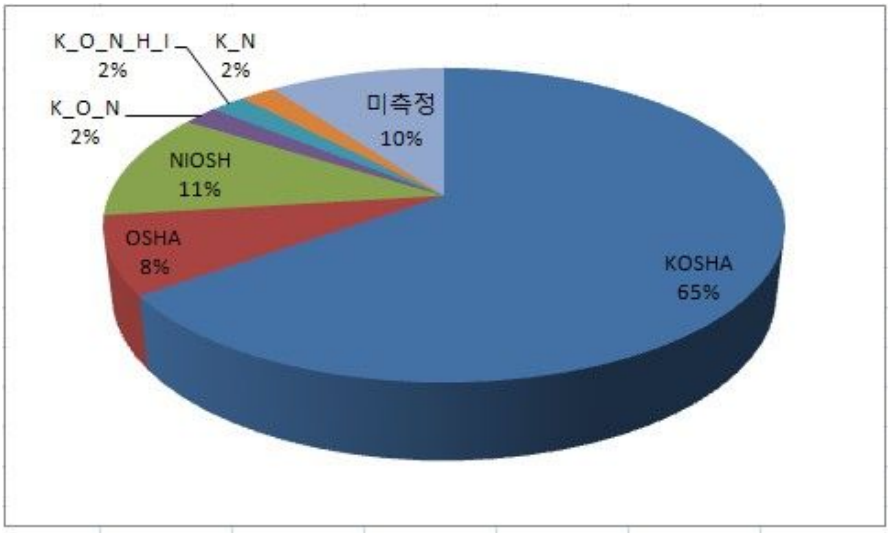


그림 4. 니켈(불용성무기화합물) 작업환경측정방법 사용분포

표 14는 디메틸포름아미드에 대한 작업환경측정방법으로 측정기관이 어느 방법을 주로 사용하고 있는지 설문조사결과를 정리한 것이다.

표 14. 측정기관이 사용하는 디메틸포름아미드 작업환경측정방법 분포

구분	대학소속 (%)	협회등 소속 (%)	병원소속 (%)	자체기관 (%)	일반기관 (%)	전체 (%)
미측정	2(8.0)	0	4(11.8)	9(90.0)	5(18.5)	20(17.4)
K	9(36.0)	8(42.1)	25(73.5)	1(10.0)	21(77.8)	64(55.7)
O	1(4.0)	0	0	0	0	1(0.9)
N	9(36.0)	9(47.4)	4(11.8)	0	1(3.7)	23(20.0)
K_N	3(12.0)	2(10.5)	1(2.9)	0	0	6(5.2)
GC/MSD	1(4.0)	0	0	0	0	1(0.9)
전체(%)	25(100)	19(100)	34(100)	10(100)	27(100)	115(100)

K: 한국산업안전공단(KOSHA), O: 미국산업안전보건청(OSHA), N: 미국국립산업안전보건연구원(NIOSH), H: 영국보건안전청(HSE), I: 국제표준화기구(ISO)

대학소속 작업환경측정기관 경우 디메틸포름아미드의 측정방법으로 가장 많이 사용하는 방법이 KOSHA 방법과 NIOSH 방법으로 각각 9개소인 36.0%로 나타났고, 보건협회 및 산재의료원 소속 측정기관 경우 각각 8개소(42.1%), 9개소(47.4%)로 조사되었다. 일반 작업환경측정기관 21개소인 77.8%가 KOSHA방법을 사용하는 것으로 조사되었다. 디메틸포름아미드 분석방법으로 대학소속 측정기관에서 GC/MSD를 사용하는 기관이 1개소로 조사되었으나 이 방법은 측정방법으로 신뢰성 입증된 방법은 아닌 것으로 판단된다. 표 14의 결과는 디메틸포름아미드를 측정하지 않는 기관까지 포함하여 총 115개소에 대한 분석결과로, DMF를 측정하고 있는 기관만 대상(미측정기관 20개소 제외)하여 사용하고 있는 분석방법의 분포가 어떤지 살펴본 것이 그림 5이다.

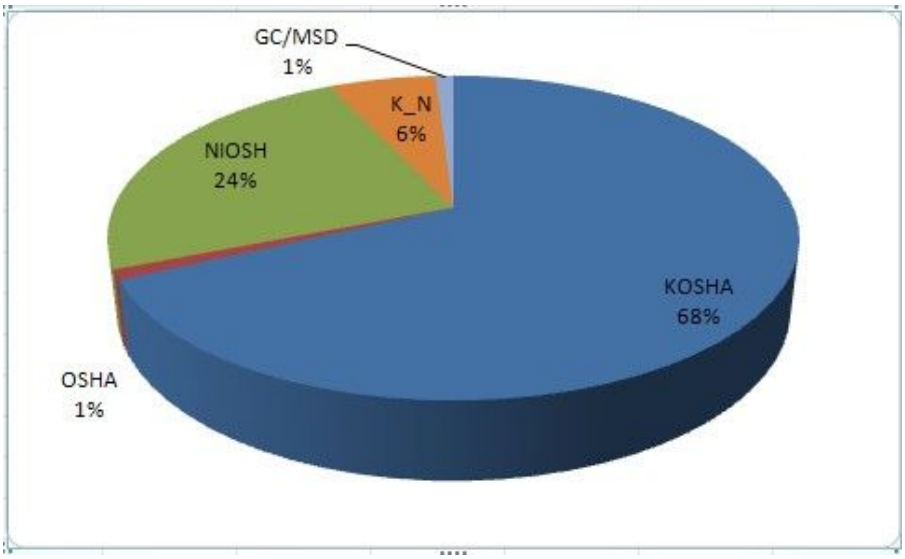


그림 5. 디메틸포름아미드의 작업환경측정방법 분포

디메틸포름아미드의 측정방법으로 KOSHA 방법을 이용하고 있는 측정기관이 68%, NIOSH 방법을 이용하고 있는 기관이 24%로 나타났다. 디메틸포름아미드에 대한 KOSAH 방법은 NIOSH 방법을 참고하여 만든 방법으로 기본적으

로 두 방법은 시료채취기구 및 사용되는 분석기기(GC/FID)가 동일한 방법이다. 따라서 디메틸포름아미드 역시 92% 이상의 기관이 KOSHA-CODE방법으로 작업환경측정이 실시되고 있다고 보아도 무리가 없다고 여겨진다. OSHA 방법 경우 KOSHA나 NIOSH방법과는 달리 질소인검출기(NPD)가 장착된 가스크로마토그래피로 분석하는 방법으로 이 방법으로 분석한다는 기관이 1개소(1%)로 조사되었다.

표 15는 벤젠에 대한 작업환경측정방법으로 측정기관이 어느 방법을 주로 사용하고 있는지 설문조사결과를 정리한 것이다.

표 15. 측정기관이 사용하는 벤젠의 작업환경측정방법 분포

구분	대학소속 (%)	협회등 소속 (%)	병원소속 (%)	자체기관 (%)	일반기관 (%)	전체 (%)
미측정	1(4.0)	0	4(11.8)	5(50.0)	1(3.7)	11(9.6)
K	12(48.0)	6(31.6)	26(76.5)	3(30.0)	19(70.4)	66(57.4)
O	0	0	0	0	2(7.4)	2(1.7)
N	7(28.0)	9(47.4)	4(11.8)	2(20.0)	3(11.1)	25(21.7)
K_O_N	1(4.0)	1(5.3)	0	0	0	2(1.7)
K_N	4(16.0)	2(10.5)	0	0	2(7.4)	8(7.0)
O_N	0	1(5.3)	0	0	0	1(0.9)
전체(%)	25(100)	19(100)	34(100)	10(100)	27(100)	115(100)

K: 한국산업안전공단(KOSHA), O: 미국산업안전보건청(OSHA), N: 미국국립산업안전보건연구원(NIOSH), H: 영국보건안전청(HSE), I: 국제표준화기구(ISO)

대학소속 작업환경측정기관 경우 벤젠의 측정방법으로 가장 많이 사용하는 방법이 KOSHA 방법으로 12개소(48.0%)에서 사용하고 있었으며, 그 다음으로 NIOSH 방법이 7개소(28.0%), 그리고 KOSHA 방법과 NIOSH 방법을 동시에 사용한다는 기관이 4개소(16.0%)였다. 보건협회 및 산재의료원 소속 측정기관 경우 다른 소속기관과 다른 특징적인 면이 관찰되는데 가장 많이 사용하는 방

법이 NIOSH 방법으로 9개소인 47.4%였으며, KOSHA 방법 경우는 31.6%인 6개소로 조사되었다. KOSHA 방법을 가장 많이 사용하는 기관은 병원소속 측정기관으로 전체의 76.5%인 19개 기관이 KOSHA 방법을 사용하고 있는 것으로 조사되었다. 표 15의 결과는 벤젠을 측정하지 않는 기관까지 포함하여 총 115개소에 대한 분석결과로, 벤젠을 측정하고 있는 기관만 대상(미측정기관 11 개소 제외)으로 하여 사용하고 있는 분석방법의 분포가 어떤지 살펴본 것이 그림 6이다.

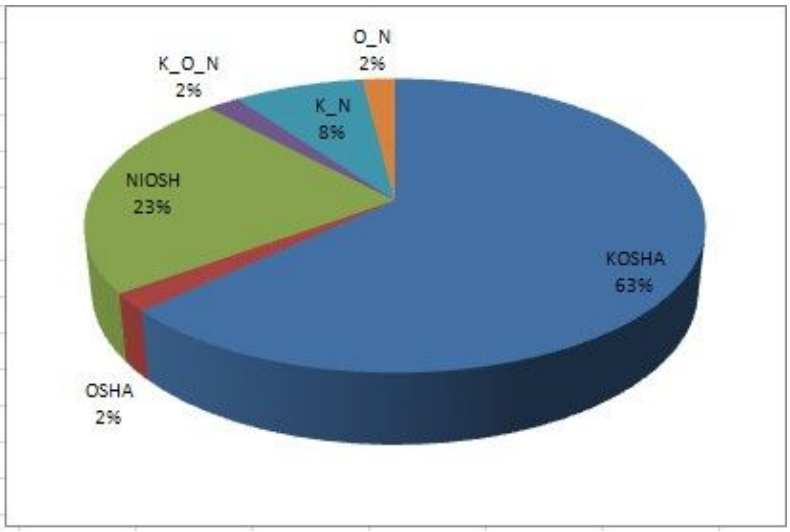


그림 6. 벤젠의 작업환경측정방법 분포

벤젠의 측정방법으로 KOSHA 방법을 이용하고 있는 측정기관이 63%, NIOSH 방법을 이용하고 있는 기관이 23%로 조사되었다. 나머지 기관은 KOSHA와 NIOSH 방법을 동시에 활용하거나 아니면 OSHA 방법과 같이 활용한다고 응답한 기관으로서 벤젠 경우 거의 모든 기관이 KOSHA 방법을 활용하고 있다고 보아도 무방하다고 여겨진다.

표 16은 2-브로모프로판의 작업환경측정방법으로 측정기관이 어느 방법을

주로 사용하고 있는지 설문조사결과를 정리한 것이다.

표 16. 측정기관이 사용하는 2-브로모프로판 작업환경측정방법 분포

구분	대학소속 (%)	협회등 소속 (%)	병원소속 (%)	자체기관 (%)	일반기관 (%)	전체 (%)
미측정	14(56.0)	5(26.3)	21(61.8)	8(80.0)	12(44.4)	60(52.2)
K	5(20)	3(15.8)	13(38.2)	2(20.0)	14(51.9)	37(32.2)
O	1(4.0)	7(36.8)	0	0	0	8(7.0)
N	3(12.0)	3(15.8)	0	0	1(3.7)	7(6.1)
K_O	1(4.0)	0	0	0	0	1(0.9)
K_O_N	1(4.0)	1(5.3)	0	0	0	2(1.7)
전체	25(100)	19(100)	34(100)	10(100)	27(100)	115(100)

K: 한국산업안전공단(KOSHA), O: 미국산업안전보건청(OSHA), N: 미국국립산업안전보건연구원(NIOSH), H: 영국보건안전청(HSE), I: 국제표준화기구(ISO)

대학소속 작업환경측정기관 경우 전체 응답자 중 절반이상인 14개 기관이 2-브로모프로판에 대한 작업환경측정 실시 경험이 없는 것으로 조사되었다. 나머지 11개 기관 중 5개 기관이 KOSHA 방법을 그리고 3개 기관이 NIOSH 방법을 사용한 것으로 조사되었다.

병원소속 작업환경측정기관의 경우 2-브로모프로판 측정을 실시해본 13개 기관 경우 모두다 KOSHA 방법을 사용하고 있었으며, 사업장 자체측정기관도 모두 KOSHA 방법을 사용하고 있는 것으로 조사되었다. 일반측정기관 경우도 2-브로모프로판을 측정해본 기관이 전체 15개 기관이었으며, 이중 14개관이 KOSHA 방법을 그리고 1개 기관만이 NIOSH 방법을 사용한 것으로 조사되었다.

표 16의 결과는 2-브로모프로판을 측정하지 않는 기관까지 포함하여 총 115개소에 대한 분석결과로, 2-브로모프로판 측정하고 있는 기관만 대상(미측정기관 60 개소 제외)으로 하여 사용하고 있는 분석방법의 분포가 어떤지 살펴본

것이 그림 7이다.

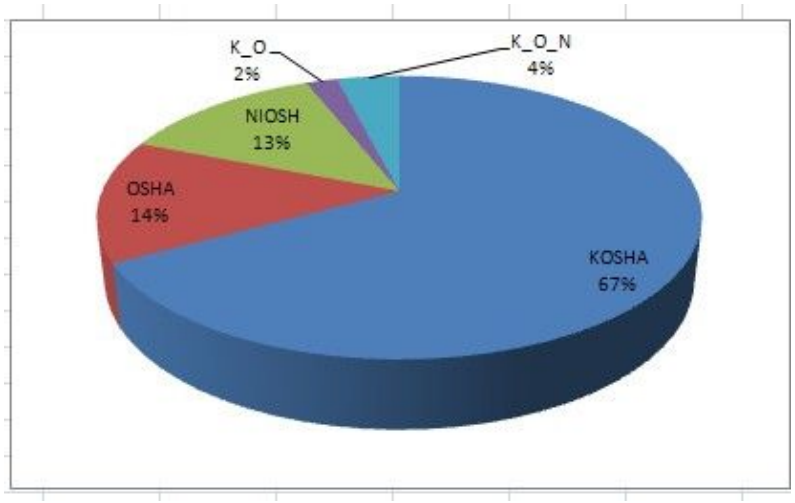


그림 7. 2-브로모프로판의 작업환경측정방법 분포

2-브로모프로판의 측정방법으로 KOSHA 방법을 이용하고 있는 측정기관이 67%, OSHA 방법을 사용하고 있는 기관이 14%, NIOSH 방법을 이용하고 있는 기관이 13%로 조사되었다. 나머지 기관은 KOSHA와 OSHA 방법을 동시에 활용하거나 아니면 KOSHA, OSHA, 그리고 NIOSH 방법을 동시에 활용하고 있는 것으로 조사되었다. 2-브로모프로판 경우 KOSHA 방법이 제정될 때 미국 OSHA 방법을 참고하여 작성된 방법이다. 이 당시 NIOSH에서는 2-브로모프로판에 대한 작업환경측정방법이 존재하지 않았는데, NIOSH에서도 2003년도에 2-브로모프로판에 대한 작업환경측정방법을 제시하였으며, 그 방법은 기존의 KOSHA나 OSHA와 같이 활성탄을 이용하여 시료채취한 후 GC/FID로 분석하는 방법으로서 세 기관에서 제시하는 방법은 동일한 방법이다. 따라서 2-브로프로판 역시 현재 모든 측정기관이 KOSHA 방법을 사용한다고 판단하여도 별 무리가 없어 보인다.

표 17은 석면의 작업환경측정방법으로 측정기관이 어느 방법을 주로 사용하

고 있는지 설문조사결과를 정리한 것이다.

표 17. 측정기관이 사용하는 석면의 작업환경측정방법 분포

	대학소속 (%)	협회등 소속 (%)	병원소속 (%)	자체기관 (%)	일반기관 (%)
미측정	6(24.0)	2(10.5)	17(50.0)	7(70.0)	10(37.0)
K	12(48.0)	5(26.3)	10(29.4)	2(20.0)	14(51.9)
O	1(4.0)	2(10.5)	2(5.9)	0	0
N	4(16.0)	5(26.3)	5(14.7)	1(10.0)	2(7.4)
H	0	1(5.3)	0	0	0
K_O_N	1(4.0)	1(5.3)	0	0	0
O_N	1(4.0)	3(15.8)	0	0	1(3.7)
전체	25(100)	19(100)	34(100)	10(100)	27(100)

K: 한국산업안전공단(KOSHA), O: 미국산업안전보건청(OSHA), N: 미국국립산업안전보건연구원(NIOSH), H: 영국보건안전청(HSE), I: 국제표준화기구(ISO)

대학소속 작업환경측정기관 경우 전체 응답자 중 12개 기관(48.0%)이 KOSHA 방법을 사용하고 있었으며, 6개소(24.0%)는 석면을 측정한 적이 없다고 응답하였다. 석면측정방법으로 KOSHA 방법 다음으로 가장 많이 사용하는 방법이 NIOSH 방법으로 4개소(16.0%)였다. 보건협회 및 산재의료원 소속 측정기관도 KOSHA 방법과 NIOSH 방법을 가장 많이 활용하고 있었으며, 그 경향은 일반 병원소속 측정기관, 사업장 자체측정기관, 그리고 일반작업환경측정기관도 마찬가지 인 것으로 조사되었다. 한 가지 특이한 점은 협회 등에 소속되어 있는 작업환경측정기관 중 1개소에서 기존에 우리나라에서는 잘 사용하지 않는 영국 HSE 방법을 사용하고 있는 것으로 조사되었는데, 이 방법의 경우, KOSHA나 NIOSH와 같이 위상차 현미경을 이용하여 공기중 석면농도를 측정하는 방법이기는 하지만, 측정방법의 기술체계가 KOSHA나 NIOSH방법 체계와 좀 다르게 기술되어 있다는 점이 특징이다.

표 17의 결과는 석면을 측정하지 않는 기관까지 포함하여 총 115개소에 대한 분석결과로, 석면을 측정하고 있는 기관만 대상(미측정기관 42 개소 제외)으로 하여 사용하고 있는 분석방법의 분포가 어떤지 살펴본 것이 그림 8이다.

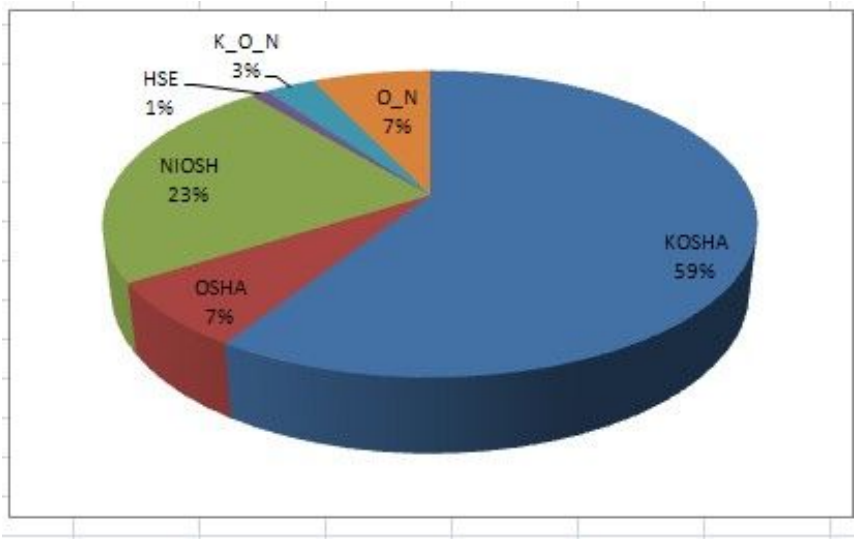


그림 8. 석면의 작업환경측정방법 분포

석면의 측정방법으로 KOSHA 방법을 이용하고 있는 측정기관이 59%, NIOSH 방법을 사용하고 있는 기관이 23%, OSHA 방법을 이용하고 있는 기관이 7%, 그리고 OSHA와 NIOSH 방법을 사용하고 있는 기관이 7%로 조사되었다. 석면의 경우 다른 물질과는 달리 KOSHA 방법만을 활용한다고 응답한 기관수가 상대적으로 낮게 나타났다.

표 18은 6가크롬화합물의 작업환경측정방법으로 측정기관이 어느 방법을 주로 사용하고 있는지 설문조사결과를 정리한 것이다.

표 18. 측정기관이 사용하는 6가크롬화합물의 작업환경측정방법 분포

구분	대학소속 (%)	협회등 소속 (%)	병원소속 (%)	자체기관 (%)	일반기관 (%)	전체 (%)
미측정	6(24.0)	0	10(29.4)	6(60.8)	4(14.8)	26(22.6)
K	9(36.0)	6(31.6)	7(20.6)	1(10.0)	10(37.0)	33(28.7)
O	1(4.0)	8(42.1)	1(2.9)	0	1(3.7)	11(9.6)
N	5(20.0)	3(15.8)	11(32.4)	2(20.0)	7(25.9)	28(24.3)
H	1(4.0)	1(5.3)	4(11.8)	1(10.0)	3(11.1)	10(8.7)
I	1(4.0)	0	0	0	1(3.7)	2(1.7)
K_O	0	0	0	0	1(3.7)	1(0.9)
K_O_N	1(4.0)	0	0	0	0	1(0.9)
AA분석	1(4.0)	1(5.3)	1(2.9)	0	0	3(2.6)
전체(%)	25(100)	19(100)	34(100)	10(100)	27(100)	115(100)

K: 한국산업안전공단(KOSHA), O: 미국산업안전보건청(OSHA), N: 미국국립산업안전보건연구원(NIOSH), H: 영국보건안전청(HSE), I: 국제표준화기구(ISO)

6가크롬화합물 경우 가장 많이 사용되는 방법은 KOSHA 방법과 OSHA, 그리고 NIOSH 방법인 것으로 조사되었다. 특징적인 점은 ISO 방법을 사용한다는 기관도 2개소였고, 막여과지로 시료채취하여 원자흡광광도계(AA)로 분석한다는 기관도 3개소로 나타났다. 막여과지로 채취하여 AA로 분석하는 방법의 경우 6가크롬이 측정되는 것이 아니라 총크롬이 측정되는 방법이므로 6가크롬화합물의 측정방법으로는 부적당한 방법이다.

표 18의 결과는 6가크롬화합물을 측정하지 않는 기관까지 포함하여 총 115개소에 대한 분석결과로, 6가크롬화합물 측정하고 있는 기관만 대상(미측정기관 26개소 제외)으로 하여 사용하고 있는 분석방법의 분포가 어떤지 살펴본 것이 그림 9이다.

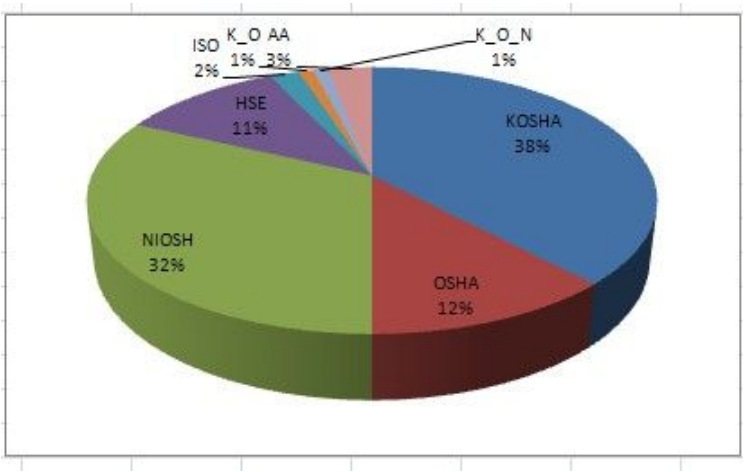


그림 9. 6가크롬화합물의 작업환경측정방법 분포

6가크롬화합물의 측정방법으로 KOSHA 방법이 38%가장 많았고, 그 다음이 NIOSH 방법으로 32%였으며, OSHA 방법이 12%로 그 다음 순이었다. HSE 방법도 11%로 OSHA 방법과 그 활용도 측면에서 비슷한 분포를 보이고 있었다. 6가 크롬화합물을 측정하는 방법은 시료채취방법은 동일하나 분석하는 방법이 분광광도계와 이온크로마토그래피를 이용하는 방법이 있다. 따라서 측정기관에서 어느 분석방법을 사용하고 있는지 분석한 결과가 그림 10이다.

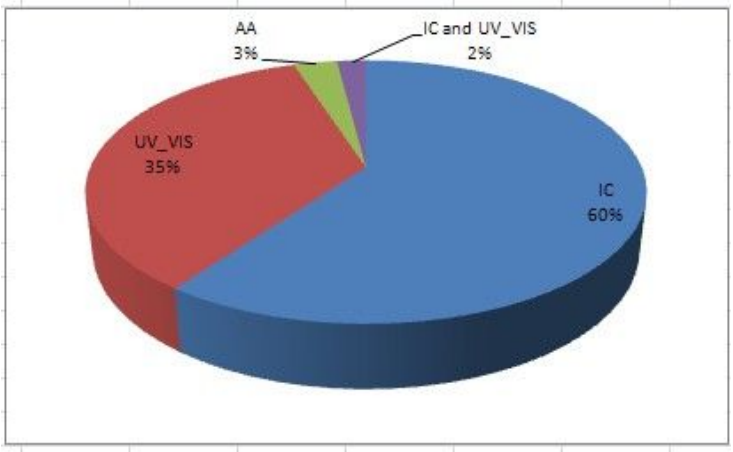


그림 10. 6가크롬화합물의 분석장비 사용분포

6가크롬화합물을 측정하고 있는 전체기관 중 60% 기관이 이온크로마토그래피 방법을 사용하고 있었으며, 분광광도계법(UV_VIS)방법을 사용하고 있는 기관도 35%나 되었다. 나머지 기관은 분광광도계와 이온크로마토그래피를 같이 사용하고 있는 것으로 조사되었다.

표 19는 이황화탄소의 작업환경측정방법으로 측정기관이 어느 방법을 주로 사용하고 있는지 설문조사결과를 정리한 것이다.

표 19. 측정기관이 사용하는 이황화탄소의 작업환경측정방법 분포

구분	대학소속 (%)	협회등 소속 (%)	병원소속 (%)	자체기관 (%)	일반기관 (%)	전체
미측정	13(52.0)	5(26.3)	22(64.7)	9(90.0)	14(51.9)	63(54.8)
K	6(24.0)	4(21.1)	11(32.4)	1(10.0)	9(33.3)	31(27.0)
N	4(16.0)	6(31.6)	0	0	3(11.1)	13(11.3)
K_N	1(4.0)	0	0	0	0	1(0.9)
GC/FID	1(4.0)	0	1(2.9)	0	0	2(1.7)
GC/MS	0	4(21.1)	0	0	1(3.7)	5(4.3)
전체	25(100)	19(100)	34(100)	10(100)	27(100)	115(100)

K: 한국산업안전공단(KOSHA), O: 미국산업안전보건청(OSHA), N: 미국국립산업안전보건연구원(NIOSH), H: 영국보건안전청(HSE), I: 국제표준화기구(ISO)

이황화탄소 경우 작업환경측정방법을 제시하고 있는 기관은 KOSHA와 미국 NIOSH이다. 이 두 방법 모두 활성탄관으로 시료를 채취하여 불꽃인검출기(FPD)가 장착된 가스크로마토그래피로 분석하는 방법으로서 KOSHA와 NIOSH의 방법은 동일한 방법이다. 따라서 KOSHA와 NIOSH의 방법을 사용하는 기관은 동일한 방법을 사용한다고 보아도 무방하다.

이황화탄소 측정방법 실태조사에서 특이한 것은 GC/FID를 사용한다는 기관이 2개소였는데, 불꽃이온화검출기(FID) 경우 이황화탄소에 대한 감도가 낮아

작업환경측정방법으로 사용하기에는 부적절한 방법이다, GC/MS를 사용하는 기관도 5 개소인 것으로 조사되었는데 GC/MS 경우 이황화탄소를 정량하는 것은 가능하나 국내외적으로 이 방법을 이황화탄소에 대한 작업환경측정방법으로 제시하고 있는 기관은 없는 실정이다.

표 20은 카드뮴 및 그 화합물의 작업환경측정방법으로 측정기관이 어느 방법을 주로 사용하고 있는지 설문조사결과를 정리한 것이다.

표 20. 측정기관이 사용하는 카드뮴 및 그 화합물의 작업환경측정 방법 분포

구분	대학소속 (%)	협회등 소속 (%)	병원소속 (%)	자체기관 (%)	일반기관 (%)	전체 (%)
미측정	0	0	1(2.9)	5(50.0)	8(7.0)	8(7.0)
K	14(56.0)	7(36.8)	24(70.6)	4(40.0)	68(70.4)	68(59.1)
O	1(4.0)	1(5.3)	1(2.9)	0	1(3.7)	4(3.5)
N	8(32.0)	8(42.1)	7(20.6)	1(10.0)	3(11.1)	27(23.5)
K_O_N	1(4.0)	2(10.5)	0	0	0	3(2.6)
K_N	1(4.0)	1(5.3)	1(2.9)	0	2(7.4)	5(4.3)
전체(100)	25(100)	19(100)	34(100)	10(100)	27(100)	115(100)

K: 한국산업안전공단(KOSHA), O: 미국산업안전보건청(OSHA), N: 미국국립산업안전보건연구원(NIOSH), H: 영국보건안전청(HSE), I: 국제표준화기구(ISO)

카드뮴 및 그 화합물 경우 납 및 무기화합물과 마찬가지로 가장 많이 활용되고 있는 방법은 KOSHA 방법인 것으로 조사되었으며, 그다음으로 NIOSH 방법 그리고 일부이기는 하지만 OSHA 방법을 사용하고 있는 기관도 일부 있었다.

표 20의 결과는 카드뮴 및 그 화합물을 측정하지 않는 기관까지 포함하여 총 115개소에 대한 분석결과로, 카드뮴 및 그 화합물을 측정하고 있는 기관만

대상(미측정기관 8개소 제외)으로 하여 사용하고 있는 분석방법의 분포가 어떤지 살펴본 것이 그림 11이다.

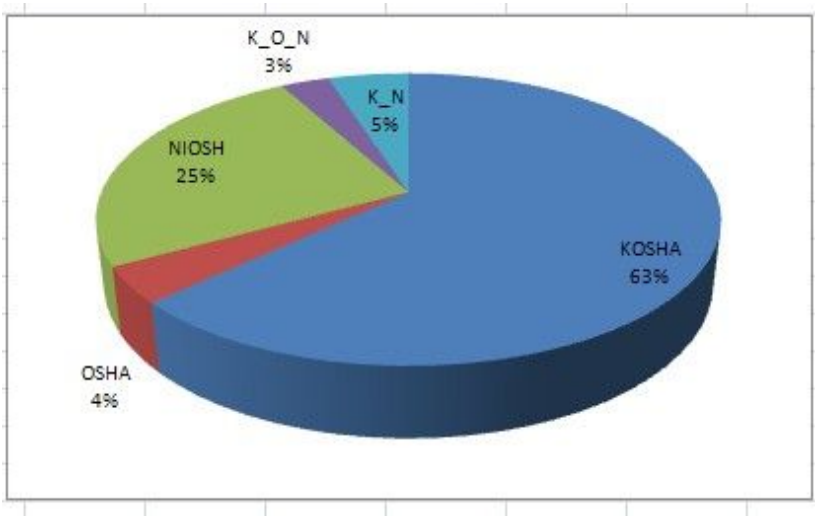


그림 11. 카드뮴 및 그 화합물 작업환경측정방법 분포

카드뮴 및 그 화합물의 측정방법으로 KOSHA 방법이 63%로 가장 많았고, 그 다음이 NIOSH 방법으로 25%, 그리고 KOSHA와 NIOSH 방법을 동시에 사용한다는 기관이 5%로 두 기관에서 제시하고 있는 방법을 사용하는 기관이 90%가 넘었다. 카드뮴 및 그 화합물을 분석하는 방법은 원자흡광광도계(AA)와 유도결합플라즈마분광광도계(ICP)를 사용하는 방법으로 대별되는데 KOSHA 방법 경우 두 가지 분석방법을 하나의 측정방법 안에 소개하고 있고 NIOSH 경우 두 방법이 각각 따로 제시하고 있다. 따라서 두 가지 분석장비 중 각각의 장비에 대한 사용실태 내용을 파악할 필요가 있는데 그림 12는 분석 장비별 이용실태를 분석한 결과이다.

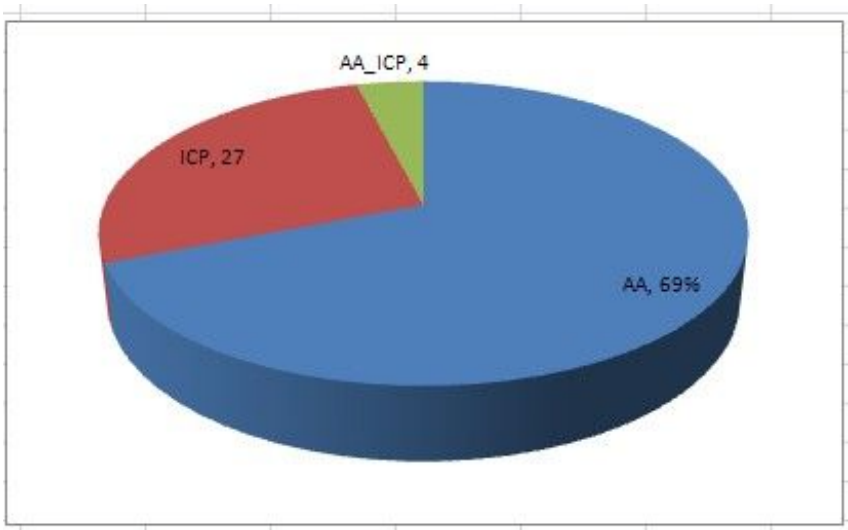


그림 12. 카드뮴 및 그 화학물의 분석장비 사용분포

카드뮴 및 그 화합물을 분석하고 있는 기관 중 93개소(69%)가 원자흡광광도계(AA)를 사용하고 있는 것으로 나타났으며, 13개소(27%)가 유도결합플라즈마 분광광도계(ICP), 그리고 1개소가 AA와 ICP를 함께 사용한다고 응답하였다. 따라서 납과 카드뮴의 경우 작업환경측정방법으로 현재 KOSHA 방법과 같이 AA와 ICP를 동시에 사용할 수 있도록 측정방법을 제시하는 것이 적합할 것으로 판단된다.

표 21은 2,4-TDI의 작업환경측정방법으로 측정기관이 어느 방법을 주로 사용하고 있는지 설문조사결과를 정리한 것이다.

표 21. 측정기관이 사용하는 2,4-TDI의 작업환경측정방법 분포

구분	대학소속 (%)	협회등 소속 (%)	병원소속 (%)	자체기관 (%)	일반기관 (%)	전체 (100)
미측정	2(8.0)	0	4(11.8)	7(70.0)	2(7.4)	15(13.0)
K	11(44.0)	6(31.6)	23(67.6)	3(30.0)	19(70.4)	62(53.9)
O	9(36.0)	10(52.6)	5(14.7)	0	4(14.8)	28(24.3)
N	0	1(5.3)	1(2.9)	0	0	2(1.7)
H	0	1(5.3)	0	0	0	1(0.9)
I	0	0	0	0	2(7.4)	2(1.7)
K_O	3(12.0)	1(5.3)	1(2.9)	0	0	5(4.3)
전체(100)	25(100)	19(100)	34(100)	10(100)	27(100)	115(100)

K: 한국산업안전공단(KOSHA), O: 미국산업안전보건청(OSHA), N: 미국국립산업안전보건연구원(NIOSH), H: 영국보건안전청(HSE), I: 국제표준화기구(ISO)

2,4-TDI 경우 가장 많이 사용하는 측정방법은 KOSHA 방법과 OSHA 방법으로 대부분의 기관이 이 두 가지 방법을 사용하고 있는 것으로 조사되었다. 2,4-TDI에 대한 KOSHA 측정방법 경우 OSHA 방법을 준용하여 작성된 방법이다.

표 22는 트리클로로에틸렌의 작업환경측정방법으로 측정기관이 어느 방법을 주로 사용하고 있는지 설문조사결과를 정리한 것이다.

표 22. 측정기관이 사용하는 TCE의 작업환경측정방법 분포

구분	대학소속 (%)	협회등 소속 (%)	병원소속 (%)	자체기관 (%)	일반기관 (%)	전체 (%)
미측정	0	0	2(5.9)	4(40.0)	0	6(5.2)
K	14(56.0)	6(31.6)	26(76.5)	4(40.0)	21(77.8)	71(61.7)
O	1(4.0)	0	1(2.9)	0	1(3.7)	3(2.6)
N	6(24.0)	8(42.1)	5(14.7)	2(20.0)	2(7.4)	23(20.0)
K_O_N	1(4.0)	2(10.5)	0	0	0	3(2.6)
K_N	3(12.0)	0	0	0	2(7.4)	5(4.3)
O_N	0	2(10.5)	0	0	0	2(1.7)
Passive	0	1(5.3)	0	0	1(3.7)	2(1.7)
전체(%)	25(100)	19(100)	34(100)	10(100)	27(100)	115(100)

K: 한국산업안전공단(KOSHA), O: 미국산업안전보건청(OSHA), N: 미국국립산업안전보건연구원(NIOSH), H: 영국보건안전청(HSE), I: 국제표준화기구(ISO) Passive: 수동식시료채취기

TCE 경우 가장 많이 사용하는 측정방법은 KOSHA 방법이었으며, 그 다음으로는 NIOSH 방법인 것으로 조사되었다. 대부분의 측정기관이 KOSHA와 NIOSH 방법을 사용하는 것으로 조사되었는데 이 두 가지 방법은 동일한 방법이다. 특징적인 점은 수동식 시료채취기를 이용하여 시료채취를 한다는 기관이 2개 기관인 것으로 조사되었는데 이 방법은 아직까지 국내외적으로 작업환경측정방법으로 제시하고 있는 기관은 없는 측정방법이다.

표 23은 포름알데히드의 작업환경측정방법으로 측정기관이 어느 방법을 주로 사용하고 있는지 설문조사결과를 정리한 것이다.

표 23. 측정기관이 사용하는 포름알데히드의 작업환경측정방법 분포

구분	대학소속 (%)	협회등 소속 (%)	병원소속 (%)	자체기관 (%)	일반기관 (%)	전체 (100)
미측정	1(4.0)	0	1(2.9)	5(50.0)	0	7(6.1)
K	8(32.0)	6(31.6)	24(70.6)	5(50.0)	22(81.5)	65(56.5)
O	4(16.0)	1(5.3)	1(2.9)	0	0	6(5.2)
N	7(28.0)	11(57.9)	6(17.6)	0	3(11.1)	27(23.5)
K_O	0	0	1(2.9)	0	1(3.7)	2(1.7)
K_N	3(12.0)	1(5.3)	0	0	1(3.7)	5(4.3)
O_N	1(4.0)	0	0	0	0	1(0.9)
K_O_N	1(4.0)	0	0	0	0	1(0.9)
Passive	0	0	1(2.9)	0	0	1(0.9)
전체(100)	25(100)	19(100)	34(100)	10(100)	27(100)	115(100)

K: 한국산업안전공단(KOSHA), O: 미국산업안전보건청(OSHA), N: 미국국립산업안전보건연구원(NIOSH), H: 영국보건안전청(HSE), I: 국제표준화기구(ISO) Passive: 수동식시료채취기

포름알데히드 경우 가장 많이 사용하는 방법은 KOSHA 방법이었으며, 그 다음으로 NIOSH 방법인 것으로 조사되었다. 수동식 시료채취기를 사용하여 포름알데히드를 측정하는 기관도 있는 것으로 조사되었는데, 이 방법의 경우 매우 장시간의 시료채취가 필요한 방법으로 작업장내의 포름알데히드에 대한 작업환경측정방법으로는 적합하지 않은 방법이다.

표 23의 결과는 포름알데히드를 측정하지 않는 기관까지 포함하여 총 115개소에 대한 분석결과로, 포름알데히드를 측정하고 있는 기관만 대상(미측정기관 7 개소 제외)으로 하여 사용하고 있는 분석방법의 분포가 어떤지 살펴본 것이 그림 13이다.

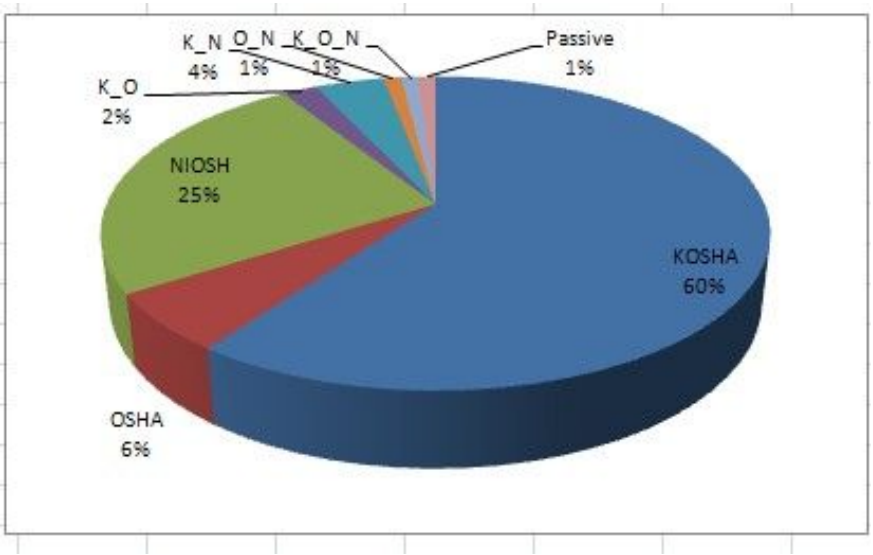


그림 13. 포름알데히드의 작업환경측정방법 분포

포름알데히드의 KOSHA 방법이 60%로 가장 많았고, 그 다음이 NIOSH 방법으로 25%, 그리고 KOSHA와 NIOSH 방법을 동시에 사용한다는 기관이 4%로 두 기관에서 제시하고 있는 방법을 사용하는 기관이 89%였다. 포름알데히드의 분석방법은 분광광도계(UV_VIS)로 분석하는 방법과, 고성능액체크로마토그래피(HPLC)로 분석하는 방법, 그리고 질소인검출기가 장착된 가스크로마토그래피(GC/NPD)로 분석하는 방법, 그리고 불꽃이온화검출기가 장착된 가스크로마토그래피(GC/FID)방법이 있다. 따라서 국내 작업환경측정기관은 어느 분석장비를 가장 많이 사용하는 지를 파악할 필요가 있는데 그 결과를 제시한 것이 그림 14이다.

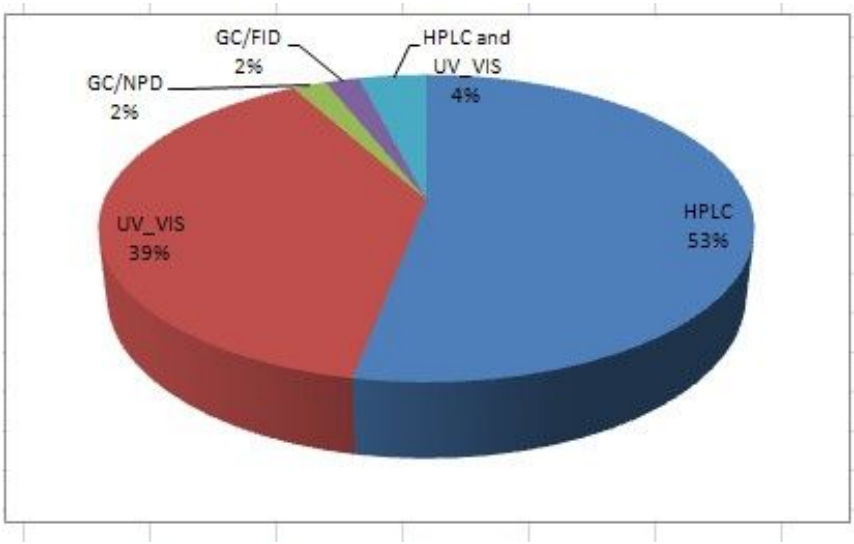


그림 14. 포름알데히드의 분석장비 사용분포

포름알데히드 분석장비로 가장 많이 활용되는 장비는 HPLC로 53%였으며, 그 다음이 분광광도계(UV-VIS)를 사용하는 것으로 39%인 것으로 조사되었다. UV_VIS 방법 경우 임핀저 방법으로 포름알데히드를 채취하는 방법으로 개인시료채취가 매우 어려운 방법이다. 따라서 포름알데히드는 개인시료채취가 용이한 HPLC방법이 허용기준 설정물질의 측정방법으로 제시되어야 한다고 판단된다.

표 24는 노말헥산의 작업환경측정방법으로 측정기관이 어느 방법을 주로 사용하고 있는지 설문조사결과를 정리한 것이다.

표 24. 측정기관이 사용하는 노말헥산의 작업환경측정방법 분포

구분	대학소속 (%)	협회등 소속 (%)	병원소속 (%)	자체기관 (%)	일반기관 (%)	전체 (100)
미측정	0	0	0	6(60.0)	7(6.1)	7(6.1)
K	19(76.0)	6(31.6)	32(94.1)	4(40.0)	23(85.2)	84(73.0)
O	3(12.0)	10(52.6)	0	0	2(7.4)	15(13.0)
N	1(4.0)	1(5.3)	1(2.9)	0	0	3(2.6)
K_O	2(8.0)	1(5.3)	0	0	0	3(2.6)
Passive	0	1(5.3)	1(2.9)	0	1(3.7)	3(2.6)
전체	25(100)	19(100)	34(100)	10(100)	27(100)	115(100)

K: 한국산업안전공단(KOSHA), O: 미국산업안전보건청(OSHA), N: 미국국립산업안전보건연구원(NIOSH), H: 영국보건안전청(HSE), I: 국제표준화기구(ISO) Passive: 수동식시료채취기

노말헥산 경우 대부분의 기관이 KOSHA 방법을 사용하고 있는 것으로 조사되었으며, 작업환경측정방법으로 적합지 않은 수동식시료채취기를 이용하여 측정하는 기관도 3개가 있는 것으로 조사되었다.

(3) 허용기준 평가를 위한 작업환경측정방법 선정

벤젠 등 13종의 허용기준설정물질에 대한 작업환경측정방법으로 선정되기 위해서는 기본적으로 다음과 같은 조건이 충족되어야 한다.

첫째: 허용기준이 설정된 물질에 노출되고 있는 근로자들의 노출수준이 허용기준이하로 노출되고 있는지를 평가할 수 있는 방법이어야 한다. 따라서 개인시료채취방법으로 측정할 수 있는 방법이어야 한다.

둘째: 국제적으로 정확도와 정밀도 측면에서 신뢰성이 있는 작업환경측정방법이어야 한다.

셋째: 국내 작업환경측정기관에서 널리 사용되고 있는 측정방법이거나 수용

가능한 측정방법이어야 한다.

이와 같은 3가지 기본조건을 충족시키는 작업환경측정방법이라 함은 국내 작업환경측정기관에서 사용하고 있는 방법 중 국제적으로 그 신뢰성을 인정받고 있는 개인시료채취를 통한 작업환경측정방법이어야 할 것이며, 따라서 이를 허용기준설정물질에 대한 작업환경측정방법으로 제시하고자 한다.

가) 납 및 그 무기화합물

측정방법에 대한 실태조사결과 납 및 그 무기화합물에 대한 작업환경측정방법으로 국내 측정기관의 절반이상(59.10%)이 KOSHA-CODE를 사용하고 있는 것으로 조사되었고, 나머지 기관도 대부분 KOSHA-CODE와 함께 다른 측정방법을 동시에 사용한다는 기관이 대부분이었다. KOSHA-CODE 방법은 셀룰로오즈에스테르멤브레인 여과지가 장착된 3단카세트를 이용하여 공기중의 납 및 그 무기화합물을 여과채취한 후 원자흡광광도계(AAS)나 유도결합플라즈마분광광도계(ICP)를 이용하여 분석하는 방법이다. 이 방법은 개인시료채취가 용이하고, 또한 미국의 NIOSH 나 OSHA, 그리고 영국의 HSE 및 ISO에서도 동 방법을 채택하고 있는 국제적으로 측정방법의 신뢰성을 인정받고 있는 방법이다. 따라서 납 및 그 무기화합물의 허용기준 초과여부를 판정하는 방법으로 공기중의 납 및 그 무기화합물을 여과채취하여 원자흡광광도계로 분석하되, 유도결합플라즈마를 이용한 분석도 가능토록 하는 것이 가장 타당한 방법으로 판단된다.

나) 니켈(불용성무기화합물)

니켈은 수용성 니켈화합물(염화니켈, 질산니켈, 황산니켈. 시안화니켈화합물 등)과 불용성 니켈화합물(탄산니켈, 수산화니켈, 니켈(II)산화물, 황화니켈, 니켈황화물)로 크게 구분되는데 이 중 허용기준이 설정된 물질은 불용성 니켈화합물에 한하고 있다. 이러한 불용성 니켈화합물에 대한 측정방법으로 국내 작업환경측정기관이 가장 많이 사용하고 있는 방법은 KOSHA-CODE(65.%)였으며 나머지 기관도 대부분 KOSHA-CODE와 함께 다른 방법을 동시에 사용하고

있는 것으로 조사되었다. KOSHA-CODE 방법은 셀룰로오즈에스테르멤브레인 여과지 또는 PVC 여과지가 장착된 3단카세트를 이용하여 공기중의 니켈화합물을 여과채취한 후 원자흡광광도계(AAS)나 유도결합플라즈마분광광도계(ICP)를 이용하여 분석하는 방법이다. 이 방법 역시 개인시료채취가 용이하고, 또한 미국의 NIOSH 나 OSHA, 그리고 영국의 HSE 및 ISO에서도 동 방법을 채택하고 있는 국제적으로 측정방법의 신뢰성을 인정받고 있는 방법이다. 따라서 불용성 니켈화합물의 허용기준 초과여부를 판정하는 방법으로 공기 중의 불용성니켈화합물을 여과채취하여 원자흡광광도계로 분석하되, 유도결합플라즈마를 이용한 분석도 가능하도록 하는 것이 가장 타당한 방법으로 판단된다.

다) 디메틸포름아미드

디메틸포름아미드의 경우 이번 설문조사결과 115개 기관 중 20여개 기관은 지금까지 동 물질을 측정한 사례가 없고, 95개 기관만이 측정을 실시하고 있는 것으로 조사되었다. 측정을 실시하고 있는 95개 기관 중 64개 기관, 즉 68%정도가 KOSHA-CODE 측정방법을 사용하고 있는 것으로 조사되었다. 그리고 24%인 23개 기관이 NIOSH 방법으로 측정을 실시하고 있는 것으로 나타났다. KOSHA 방법이나 NIOSH 방법 모두 개인시료채취가 용이한 방법으로 시료채취기구(실리카겔관) 및 분석기기(GC/FID)가 동일한 방법이다. 따라서 디메틸포름아미드의 허용기준 초과여부를 판정하는 방법으로 KOSHA 방법을 기본으로 하되, 추가적인 사항을 보완하여 사용하는 것이 가장 타당한 방법으로 판단된다.

라) 벤젠

벤젠의 작업환경측정방법은 KOSHA-CODE, NIOSH, OSHA, 그리고 HSE 및 ISO 모두 활성탄관으로 시료채취하여 가스크로마토그래피로 분석하는 방법을 사용하고 있다. 이번 설문조사결과에서도 측정기관의 대부분이 활용하고 있는 방법은 KOSHA 방법이었지만 나머지 방법들도 거의 비슷한 점을 고려해 보면 벤젠의 허용기준 초과여부를 판정하는 방법으로 KOSHA 방법을 기본으

로 하되, 추가적인 사항을 보완하여 사용하는 것이 가장 타당한 방법으로 판단된다.

마) 2-브로모프로판

2-브로모프로판에 대한 작업환경측정을 실시하고 있는 기관은 이번 설문조사에 응답한 115개 기관 중 55개 기관인 것으로 조사되었다. 측정을 실시하고 있는 55개 기관에서 가장 많이 사용하고 있는 작업환경측정방법은 KOSHA-CODE(67%)였으며, OSHA와 NIOSH 방법을 사용하고 있다는 기관은 각각 14%와 13%였다.

2-브로모프로판 경우 KOSHA 방법이 제정될 때 미국 OSHA 방법을 참고하여 작성된 방법이다. 이 당시 NIOSH에서는 2-브로모프로판에 대한 작업환경측정방법이 존재하지 않았는데, NIOSH에서도 2003년도에 2-브로모프로판에 대한 작업환경측정방법을 제시하였으며, 이 방법은 기존의 KOSHA나 OSHA와 같이 활성탄을 이용하여 시료채취한 후 GC/FID로 분석하는 방법으로서 세 기관에서 제시하는 방법은 동일한 방법이다. 따라서 2-브로프로판 역시 KOSHA 방법을 기본으로 하되, 추가적인 사항을 보완하여 사용하는 것이 가장 타당한 방법으로 판단된다.

바) 석면

공기중 시료의 석면분석은 모두 위상차 현미경 분석법을 사용하고 있는 것으로 조사되었으며, 위상차현미경 분석방법인 KOSHA 방법과 NIOSH 방법을 가장 많이 활용하고 있는 것으로 조사되었다. 석면의 경우 한국산업안전보건연구원에서 분석자들을 대상으로 위상차현미경 분석법에 대한 교육도 실시하고 있고 정도관리 역시 시행되고 있는 상황이다. 따라서 석면에 대한 작업환경측정방법은 위상차 현미경을 이용한 분석방법을 사용하는 것이 가장 타당하다고 판단된다.

사) 6가 크롬화합물

6가 크롬화합물을 측정하는 방법은 시료채취방법은 동일하나 분석하는 방법

이 분광광도계와 이온크로마토그래피를 이용하는 방법이 있다. 두 방법 모두 신뢰성 있는 작업환경측정방법으로서, 이번 현장 설문조사 결과 이온크로마토그래피를 이용하고 있는 기관이 60%, 분광광도계를 이용하고 있는 기관이 35%, 그리고 나머지 기관 중 일부는 이온크로마토그래피와 분광광도계를 같이 사용하고 있는 것으로 조사되었고, 일부이기는 하지만 원자흡광광도계를 사용하고 있는 기관도 있는 것으로 조사되었다. 3가지 분석방법 중 원자흡광광도계를 이용하는 방법은 총크롬과 6가 크롬을 구분할 수 없으므로 6가 크롬의 분석에는 적합하지 않는 방법이고, 나머지 두 방법은 신뢰성 있는 6가 크롬 분석방법이다. 따라서 작업장 공기중의 6가 크롬에 대한 작업환경측정방법은 PVC 필터를 이용하여 시료채취 한 후 분광광도계를 사용하여 분석하되, 이온크로마토그래피를 사용하여 분석하는 방법도 사용할 수 있도록 하는 것이 타당하다고 판단된다.

아) 이황화탄소

이황화탄소에 대한 작업환경측정을 실시하고 있는 기관은 전체 115개 기관 중 52개 기관인 것으로 조사되었으며, 측정을 실시하고 있는 기관 중 60% 정도가 KOSHA 방법을 그리고 나머지가 NIOSH 방법을 사용하고 있는 것으로 조사되었다. KOSHA와 NIOSH 방법은 모두 활성탄관으로 시료채취 후 불꽃인 검출기가 장착된 가스크로마토그래피로 분석하는 방법으로 이 방법을 이황화탄소에 대한 작업환경측정방법으로 사용해야 할 것으로 판단된다.

자) 카드뮴 및 그 화합물

작업환경측정방법에 대한 설문조사 결과 납 및 무기화합물과 비슷한 양태를 보였다. 따라서 동 물질의 허용기준 초과여부를 판정하는 방법으로 KOSHA 방법을 기본으로 하되, 추가적인 사항을 보완하여 사용하는 것이 가장 타당한 방법으로 판단된다.

차) 2,4-TDI

2,4-TDI 경우 가장 많이 사용하는 측정방법은 KOSHA 방법과 OSHA 방법

으로 대부분의 기관이 이 두 가지 방법을 사용하고 있는 것으로 조사되었다. 2,4-TDI에 대한 KOSHA 측정방법 경우 OSHA 방법을 준용하여 작성된 방법이므로, 동 물질의 허용기준 초과여부를 판정하는 방법으로 KOSHA 방법을 기본으로 하되, 추가적인 사항을 보완하여 사용하는 것이 가장 타당한 방법으로 판단된다.

카) 트리클로로에틸렌

트리클로로에틸렌 경우 거의 모든 기관이 활성탄관으로 시료채취하여 불꽃이온화검출기가 장착된 가스크로마토그래피를 이용하여 분석하는 방법을 사용하고 있었다. 따라서 동 물질의 허용기준 초과여부를 판정하는 방법으로 동 방법을 사용하는 것이 가장 타당한 방법으로 판단된다.

타) 포름알데히드

작업장 공기 중의 포름알데히드를 채취하는 방법은 임핀저를 이용한 액체채취방법과 2,4-DNPH가 코팅된 실리카겔관을 이용한 고체채취방법으로 크게 대별된다. 액체채취방법은 개인시료채취가 어려운 면이 있고, 고체시료채취방법은 개인시료채취가 매우 용이한 방법이다. 이번 설문조사결과 개인시료채취가 용이한 고체시료채취방법을 사용하는 기관이 53%로 액체시료채취방법을 사용하고 있다는 39%보다 높았다. 또한, 포름알데히드에 대한 허용기준 초과여부를 판정하는 데는 개인시료채취가 용이한 방법이 사용되어야 한다. 따라서 개인시료채취가 용이한 고체시료포집방법과 HPLC를 이용한 분석방법이 동 물질의 허용기준 초과여부를 판정하는 방법으로 가장 타당한 방법으로 판단된다.

파) 노말헥산

노말헥산 경우 트리클로로에틸렌 경우와 마찬가지로 거의 모든 기관이 활성탄관으로 시료채취하여 불꽃이온화검출기가 장착된 가스크로마토그래피를 이용하여 분석하는 방법을 사용하고 있었다. 따라서 동 물질의 허용기준 초과여부를 판정하는 방법으로 동 방법을 사용하는 것이 가장 타당한 방법으로 판단된다.

다음은 허용기준 설정물질 별로 본 연구에서 제시한 시료채취방법 및 주요 분석기기, 본 연구에서 제시한 측정방법을 채택하고 있는 국내·외 작업환경측정방법의 종류는 다음과 같다.

물질명	시료채취방법	분석기기	국내·외 작업환경측정방법
납 및 무기화합물	여과채취방법	AA, ICP	K, N, O, H
니켈(불용성)	여과채취방법	AA, ICP	K, N, O, H
디메틸포름아미드	고체채취방법	GC	K, N, O, H
벤젠	고체채취방법	GC	K, N, O, H, I
6가크롬화합물	여과채취방법	UV-VIS, IC	K, N, H
2-브로모프로판	고체채취방법	GC	K, N, O
석면	여과채취방법	PCM	K, N, H
이황화탄소	고체채취방법	GC	K, N
카드뮴및그화합물	여과채취방법	AA, ICP	K, N, O, H
2,4-TDI	고체채취방법	HPLC	K, O, H
트리클로로에틸렌	고체채취방법	GC	K, N, O, H
포름알데히드	고체채취방법	HPLC	K, N, O, I, E
노말헥산	고체채취방법	GC	K, N, O, H

AA: 원자흡광광도계, ICP: 유도결합플라즈마분광광도계, GC: 가스크로마토그래피, UV-VIS: 자외선-가시광선분광광도계, IC: 이온크로마토그래피, HPLC: 고성능액체크로마토그래피, K: KOSHA-CODE, N: NIOSH 측정방법, O: OSHA 측정방법, H: HSE 측정방법, I: ISO 측정방법, E: EPA 측정방법

4. 작업환경측정방법의 적정성 설문조사결과

1) 조사방법

1차 설문조사를 통해 139개 작업환경측정기관 전체를 대상으로 벤젠 등 허용기준 설정물질 13종에 대한 작업환경측정방법이 무엇인지를 파악하였다. 1차 설문조사시 설문에 응답한 기관은 총 115개 기관이었으며, 이 설문조사결과를 통해 앞서 고찰한 내용대로 각 물질별로 작업환경측정기관에서 가장 많이 사용하고 있는 방법 중에서 허용기준초과여부를 판정하는데 필요한 개인시료채취가 가능하고, 또한 국제적으로 공신력을 인정받는 방법을 선정하여 앞서 제시한 '허용기준설정물질 작업환경작성체계 지침'에 의거 각 물질별로 작업환경측정방법을 작성 한 후 이를 작업환경측정기관 방문을 통해 적정성여부를 현장 인터뷰를 통해 확인하였다.

현장방문을 위한 대상기관 선정은 139개의 작업환경측정기관을 성격에 따라 '대학교소속측정기관(대학소속)', '협회 및 산재의료관리원소속측정기관(협회등소속)', '일반병원 및 의원소속측정기관(병원등 소속)'. '사업장자체측정기관(자체기관)', 이러한 분류에 소속되어 있지 않은 '일반측정기관(일반기관)'으로 분류한 후 전체 50개 기관을 각각의 분류기관의 수에 비례하여 무작위로 선정하는 층화무작위추출법(stratified random sampling) 기법을 이용하여 현장방문 기관을 선정하였다. 현장방문시 '허용기준 설정물질의 작업환경작성체계 지침'에 의거 작성된 측정방법을 가지고 작업환경측정방법을 작성하게 된 취지를 설명하였으며, 취지를 청취한 후 작성된 측정방법의 적정성을 5점 척도(1. 매우적절, 2. 적절, 3. 보통, 4. 부적절, 5. 매우부적절)로 평가토록 하였고, 부적절하거나 매우 부적절한 경우 그 사유를 기록토록하여 측정방법의 보완사항이 있는지 여부를 평가하였다.

2) 평가결과

50개 기관을 대상으로 작업환경측정방법의 작성체계 및 내용에 대한 적정성 평가 결과를 정리한 것이 표 25이다.

표 25. 작업환경측정방법의 작성체계 및 내용에 대한 측정기관의 의견분포

구분	대학소속 (%)	협회등 소속 (%)	병원등 소속 (%)	자체기관 (%)	일반기관 (%)	전체 (100)
매우적절	0	1(12.5)	1(6.7)	0	1(10.0)	3(6.0)
적절	11(84.6)	7(87.5)	11(73.3)	4(100)	8(80.0)	41(82.0)
보통	2(15.4)	0	3(20.0)	0	1(10.0)	6(12.0)
부적절	0)	0	0	0	0	0
매우부적절	0	0)	0	0	0	0
전체	13(100)	8(100)	15(100)	4(100)	10(100)	50(100)

평가결과, 전체 대상 50개 기관 중 매우적절이 3개 기관(6.0%), 적절 41개 기관(82.0%), 보통 6개 기관(12.0%)으로 대부분 적절하다고 판단하였으며, 부적절하거나 매우 부적절하다고 판단하는 기관은 없는 것으로 조사되었다.

또한, 측정기관의 형태(대학소속, 협회등 소속, 병원등 소속)에 따라 응답결과에 차이가 있는지 알아보기 위해 실시한 카이제곱 검정에서도 그 차이는 없는 것으로 나타났다(p=0.639). 따라서 본 연구에서 제안한 작업환경측정방법이 허용기준 설정물질의 허용기준 초과여부를 판정하는데 작업환경측정기관은 적합한 측정방법으로 평가하고 있는 것으로 보인다.

5. 허용기준 설정물질 평가방안

노출기준이 설정된 물질 중 작업환경측정대상물질에 대한 측정시간, 시료채취 근로자 수 결정, 측정농도의 평가에 대한 사항 등은 작업환경측정 및 정도관리 규정(노동부 고시 제 2007-45호)으로 정해져 있으나(노동부, 2007), 허용기준 설정물질의 경우 이러한 규정이 없는 상황이다. 따라서 허용기준의 초과여부를 판단하기 위한 작업환경측정에 이러한 기존의 평가방식을 그대로 적용할 지 아니면 좀 더 보완된 사항이 필요한지에 대한 검토가 필요하다고 본다.

1) 측정시간

노출기준 설정물질에 대한 측정시간은 관련 고시 제18조(측정시간)에서 기본적으로 6시간이상 연속측정하거나, 작업시간을 등간격으로 나눠 6시간 이상 연속 분리 측정토록 하고 있다. 허용기준 설정물질의 허용기준도 본질적으로 노출기준설정 물질의 노출기준과 그 기준의 설정배경이 동일하므로 측정시간을 동일하게 적용하는 것이 타당하며, 미국 OSHA 경우도 허용기준 초과여부를 판정하는 경우 6시간 이상 연속 측정하여 평가토록 하고 있다(OSHA, 2008c).

2) 시료채취 근로자수 결정

현재 관련 고시에서 규정되어 있는 노출기준설정물질의 시료채취 근로자 수 결정은 관련 고시 제 19조(시료채취 근로자수)에서 규정하고 있는데, 개인시료를 채취하는 경우와 지역시료를 채취하는 경우를 구분하여 제시하고 있다.

첫째 개인시료채취 경우를 보면, “단위작업장소에서 최고 노출근로자 2인 이상에 대하여 동시에 측정하되, 단위작업장소에 근로자가 1인인 경우에는 그러하지 아니하며, 동일 작업근로자수가 10인을 초과하는 경우에는 매 5인당 1인 이상 추가하여 측정하여야 한다. 다만, 동일 작업근로자 수가 100인을 초과하는

경우에는 최대 시료채취 근로자 수를 20인으로 조정할 수 있다.”라고 규정하고 있으며,

둘째 지역시료채취 경우를 보면, “측정시료의 개수는 단위작업장소에서 2개 이상에 대하여 동시에 측정하여야 한다. 다만, 단위작업장소의 넓이가 50평방미터 이상인 경우에는 매 30평방미터마다 1개 지점이상을 추가로 측정하여야 한다.” 라고 규정하고 있다.

단위작업장소(유사노출군)에서 근무하는 작업자의 노출수준을 평가하기 위해 가장 좋은 방법은 단위작업장소 내의 모든 근로자를 대상으로 측정을 실시하는 것일 것이다. 그러나 이는 시간적, 경제적이 부담이 크고, 또한 현실적으로 불가능할 수도 있다. 따라서 통계적인 개념, 즉 모집단(단위작업 장소)에서 표본을 채취해 모집단의 노출수준을 평가하는 방법을 사용하는데, 미국 산업안전보건연구원(NIOSH)에서 모집단의 근로자 수에 따라 90%의 신뢰수준을 가지고 상위 10%에 해당하는 최고노출가능 근로자를 1명이라도 포함시키기 위해 필요한 표본의 숫자(시료채취 근로자수)는 표 26과 같이 제시하고 있다(NIOSH, 1977).

표 26. 상위 10%의 최대노출근로자 수를 1인 이라도 포함시킬 수 있는 최소 근로자 수(측정시료 수)

단위작업장소 근로자수	측정시료 수
8	7
9	8
10	9
11 ~ 12	10
13 ~ 14	11
15 ~ 17	12
18 ~ 20	13
21 ~ 24	14
25 ~ 29	15
30 ~ 37	16
38 ~ 49	17
50	18

미국 NIOSH에서 제안하고 있는 내용과 우리나라 노동부 관련 고시에서 규정하고 있는 내용을 보면 측정시료 수에서 매우 많은 차이를 보이고 있음을 알 수 있다. 즉, 현재 노동부 고시에서 규정하고 있는 단위작업장소에서의 최고노출근로자 파악을 위한 시료채취 수 결정방식은 통계학적 개념에서 제시된 안이 아니라 현실적인 여건을 고려하여 측정자가 단위작업장소 내에서 가능한 최고로 노출될 것이라고 추정되는 사람을 판단하여 단위작업장소의 근로자수에 따라 일정한 수의 시료채취를 하도록 규정하고 있는 방식이다.

허용기준초과여부 판정을 위한 시료채취 수를 결정하는 방식에 있어서 그 기준을 달리하면 오히려 혼란을 야기 할 수 있기 때문에 기본적으로 노출기준 초과 여부를 판정하기 위해 설정되어 있는 규정을 그대로 준용해야 할 것으로 판단된다. 다만, 허용기준 초과여부를 판단하기 위한 시료채취방법은 지역시료채취방법이 아니라 개인시료 채취방법에 의해 그 초과여부를 판정해야 하기 때문에 지역시료 채취방법에 의한 시료채취 수 결정방식을 사용하지 못하도록 해야 할 것이다.

3) 관련내용 적용을 위한 관련법규 및 규정 제□개정 방향

현재 허용기준제도는 산업안전보건법 제39조의 2에 제정되어 있고, 구체적인 물질은 동법 시행령 제31조의 2(허용기준 대상물질)에서 규정하고 있다. 따라서 본 연구에서 제안한 내용들이 반영되기 위해서는 관련 시행규칙이 제정되어야 하고, 이에 따른 행정명령인 관련고시 또는 예규가 제정되어야 할 것이다.

관련 시행규칙에 반영되어야 할 사항은 각 물질별 허용기준, 허용기준 초과여부 판단을 위한 시행주체, 그리고 관련고시 등에 위임할 허용기준설정물질의 작업환경측정방법 등에 대한 사항이 반영되어야 할 것으로 판단된다.

또한, 본 연구에서 제안하고 있는 구체적인 수단들이 반영되기 위해서는 관련 예규 또는 훈령을 새로이 제정하거나 아니면 기존의 작업환경측정 및 정도관리규정을 개정하여 반영하는 방안이 있을 것으로 판단된다.

현행 작업환경측정 및 정도관리규정을 개정하여 반영하는 경우 다음의 조항에 대한 검토가 필요할 것으로 판단된다.

- 제1조(목적)에 허용기준관련 법조항을 삽입하여 근거를 마련해야 할 것으로 보인다.
- 제2조(정의)에 '8. 노출기준' 과 같은 정의수준의 허용기준의 정의를 삽입할 필요가 있다고 판단된다.
- 제21조(측정방법)에 허용기준 설정물질 중 입자상물질의 작업환경측정방법을 규정해야 할 것으로 판단된다.
- 제23조(측정방법)에 허용기준 설정물질 중 가스상물질의 작업환경측정방법을 규정해야 할 것으로 판단된다.

또한 본 연구에서 제안한 허용기준설정물질의 작업환경측정방법 작성체계 표준화지침에 따른 작업환경측정방법의 제·개정절차에 대한 업무를 수행하는 관련지침도 예규 또는 고시로 제정되어야 할 것 판단된다.

6. 허용기준제도 운영방안

허용기준 제도가 활성화되기 위해서는 허용기준 설정물질을 취급하는 사업장에 대한 관리감독이 매우 중요하다. 허용기준제도는 비단 사업장에서의 허용기준 초과여부를 판단하여 초과시 바로 과태료를 부과 할 수 있는 근로자의 건강보호를 위한 매우 강력한 수단일 뿐만 아니라, 노출기준이 설정되어 있는 물질에 대한 신뢰성 있는 측정을 유도할 수 있는 수단이 될 수 있다. 따라서 이는 기존의 작업환경측정제도에도 상당한 영향력을 미칠 것으로 판단된다.

허용기준 제도를 효율적으로 운영하기 위해서는 감독대상 사업장 선정, 작업환경측정방법, 그리고 기존의 노출기준설정물질에 대한 작업환경측정제도와의 연계성은 어떻게 가져 갈 지 종합적으로 판단해서 결정해야 할 사항이다.

1) 대상사업장 선정 전략

허용기준 설정물질을 취급하는 사업장 전수를 대상으로 허용기준 초과여부를 확인하고 이에 따른 조치를 시행하는 것이 가장 이상적인 방법이다. 그러나 이는 행정력 등 제반사항을 고려시 현실적인 접근 전략이 될 수 없다. 따라서 대상 사업장을 선정 하는데 크게 두 가지 관점에서 선정하는 것이 바람직하다고 본다. 첫째, 허용기준 초과 가능성이 높은 사업장에 대한 초과여부를 직접 확인하는 것이고, 두 번째는 초과 가능성이 낮지만 실제로 그러한 지를 확인하는 전략에서 접근하는 것이다.

표 28은 2005년도에 실시한 허용기준 설정물질에 대한 작업환경측정결과를 요약한 것으로, 그 결과를 보면 허용기준 설정물질 13종 전체에 대한 노출기준 초과 사업장 수는 49개 사업장이고, 그리고 노출기준의 50% 이상 초과한 사업장 수는 48개소로 나타났다. 여기서 노출기준 50% 이상 사업장에 대한 결과를 살펴본 이유는 노출기준의 50%를 초과한 사업장 경우 측정당시에는 노출기준

을 초과하지는 않았지만 측정하지 않은 날에 노출기준을 초과할 가능성이 있는 사업장이기 때문이다. 따라서 노출기준 초과 및 초과가능 사업장을 다 합해도 97개 사업장에 불과하다. 또한 이 결과는 상반기 및 하반기 작업환경측정 결과로부터 얻은 결과이므로 동일 사업장이 상·하반기에 연속 측정되었을 수 있으므로 실제 대상 사업장 수는 이보다 적을 것이다. 따라서 대상 사업장 선정기준의 첫 번째 기준에 해당하는 사업장에 대해서는 전수로 허용기준 초과여부를 확인해야 한다고 판단된다.

표 27. 허용기준 설정물질별 측정현황(2005년도)

물질명	측정 사업장 수			노출기준 초과 사업장수			노출기준 50%이상 초과사업장 수		
	계	상반기	하반기	계	상반기	하반기	계	상반기	하반기
계	17,579	10,555	7,024	49	22	27	48	23	25
납 및 무기화합물	762	386	376	7	6	1	3	2	1
니켈(불용성)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
디메틸포름아미드	397	222	175	4	2	2	8	5	3
벤젠	811	467	344	1	-	1	1	-	1
6가크롬화합물	559	279	280	-	-	-	-	-	-
2-브로모프로판	4	2	2	-	-	-	-	-	-
석면	92	51	41	1	1	-	1	1	-
이황화탄소	17	9	8	-	-	-	-	-	-
카드뮴및그화합물	516	263	253	-	-	-	-	-	-
2,4-TDI	997	526	471	1	1	-	2	2	-
트리클로로에틸렌	2,502	1,284	1,218	28	9	19	30	10	20
포름알데히드	1,584	803	781	1	-	1	-	-	-
노말헥산	9,338	6,263	3,075	6	3	3	3	3	-

대상 사업장 선정의 두 번째 기준에 해당하는 사업장 선정요령은 층화표본추출(stratified random sampling) 방법으로 대상 사업장을 선정하는 것이다. 이는 각 지방 노동관서별로 허용기준 설정물질을 취급하는 사업장의 작업환경측정결과를 보고 노출기준의 50% 미만이 사업장을 대상으로 지방노동관서의 행정력을 고려하여 물질별로 일정한 사업장 수를 무작위로 선정하여 점검하는 방식이다. 물질별로 대상사업장 선정시 사업장 수에 비례하여 선정하면 되는데, 예를 들면, 어느 한 지방노동관서의 관할 사업장 중 허용기준 설정물질 중, 벤젠, 석면, 이황화탄소, 노말헥산을 취급하는 사업장만 있고, 이들 사업장 중 노출기준 50% 미만의 사업장 수가, 각각 20, 30, 50개라고 하자. 이 지방노동관서의 행정력을 고려시 년 10 개 사업장에 대한 점검이 가능하다면, 10 개 사업장을 벤젠사업장에서 20%, 석면사업장에서 30%, 그리고 노말헥산사업장에서 50%로 하여, 각각 2개, 3개, 그리고 5개 사업장을 무작위로 선정하는 요령이다.

2) 실행주체

허용기준 초과여부의 판단 및 감독업무는 당연히 지방 노동관서에서 행해야 할 사항이다. 그러나 이를 위해서는 시료채취 및 분석등 상당한 기술적인 부분이 있어야 하므로, 근로감독관이 직접 방문하여 실시하되 필요에 따라서는 한국산업안전공단의 지원을 받아 수행하는 방안이 있다고 여겨진다. 그러나 장기적으로는 사업장에 대한 허용기준 초과여부 감독은 전적으로 감독관에 의해 수행되고 집행되어져야 한다. 여기서 중요하게 고려해야 할 점은, 허용기준 초과여부 판단을 위한 사업장 점검은 반드시 양적사업이 아니라 질적 사업으로 접근해야 한다. 즉, 반드시 법에서 정한 측정방법 및 측정시간을 준수하고, 측정시간 동안 사업장에 상주하면서 계속적인 감시가 이루어져야 한다. 이러한 접근 방법은 기존의 작업환경측정제도에 의한 측정기관의 측정행태에도 많은 영향을 줄 수 있을 것이다.

3) 현행 작업환경측정제도와의 연계성

현행 산업안전보건법 체계는 사업주는 노출기준이 설정된 물질이든, 아니면 허용기준이 설정된 물질이든지 간에 고용 근로자의 건강보호를 위해 반드시 노출수준을 평가하고 그에 따른 노출저감방안을 마련해야 한다. 따라서 산안법 제 42조에 따른 작업환경측정시 노출기준설정물질 뿐만 아니라 허용기준 설정물질에 대해서도 측정을 실시해야 하며, 측정결과의 판정은 노출기준이든 허용기준이든지 간에 그 기준과의 직접비교를 통해 판정하면 된다.

7. 물질별 작업환경측정방법

앞서 제시한 작업환경측정방법 표준화지침 및 작업환경측정기관에 대한 설문조사결과, 그리고 50개의 작업환경측정기관 방문을 통해 그 적정성 여부를 확인한 후 보완사항을 보완하여 최종적으로 수정된 허용기준설정물질의 작업환경측정방법이다.

제 1장 총칙

1. 목적

이 작업환경측정방법은 산업안전보건법 제 39조 2(허용기준준수 등)에 의거 작업환경측정을 실시함에 있어 측정의 정확성 및 통일을 유지하기 위해 필요한 제반사항에 대한 규정을 정함을 목적으로 한다.

2. 적용범위

산업안전보건법 제39조 2에서 규정한 허용기준 설정물질의 작업환경측정방법은 본 작업환경측정방법을 사용하여 측정한다.

3. 일반사항

(1) 이 작업환경측정방법에서 필요한 어원, 분자식, 화학명 등은 특별한 언급이 없는 한 ( )내에 기재한다.

(2) 이 작업환경측정방법의 내용은 총칙, 일반측정사항, 물질별 작업환경측정방법으로 구성된다.
(3) 이 측정법에 규정한 방법이 작업환경측정방법으로 반드시 최고의 정밀도와 정확도를 갖는다고는 할 수 없으며, 이 측정법이외의 방법이라도 동등이상의 정밀도와 정확도가 인정될 때에는 그 측정방법을 사용할 수 있다.
(4) 이 측정법에 표시한 사항 중 검출한계, 탈착효율, 회수율 등은 해당되는 조건에서 얻을 수 있는 값을 참고하도록 표시한 것이므로 실제 측정 시 분석조건 등에 따라 달라질 수 있다.
(5) 이 측정법에 사용하는 수치의 맺음법은 따로 규정이 없는 한 한국공업규격 KSA3251-1(데이터의 통계적 해석방법-제1부: 데이터의 통계적 기술)에 따른다.
(6) 이 측정법에 규정하지 않은 사항에 대해서는 일반적인 화학적 상식에 따르며, 이 측정법에 기재한 방법 중에 세부조작은 측정의 본질에 영향을 주지 않는 범위 내에서 일부를 변경 조정할 수 있다.

제 2장 일반측정사항

제 1절 화학시험의 일반사항

1. 적용범위

이 규정은 작업환경측정방법의 일반화학분석에 대한 공통적인 사항을 규정한다.

2. 원자량

원자량은 국제순수 및 응용과학협회(IUPAC)에서 정한 원자량 표에 따르되, 분자량은 소수점 이하 제 2 단위까지 하고 제 3 단위에서 반올림한다.

3. 단위 및 기호

주요 단위 및 기호는 아래 표 1과 같고, 여기에 표시되어 있지 않은 단위는 KSA0105(계량 및 측정단위와 그 사용법)에 따른다.

표 1. 도량형의 단위 및 기호

종 류	단 위	기 호	종 류	단 위	기 호
길 이	미 터	m	용 량	리 터	L
	센 티 미 터	㎝		밀 리 리 터	mL
	밀 리 미 터	㎜		마 이 크 로 리 터	μL
	마이크로미터(미크론)	㎛(μ)			
	나노미터(밀리미크론)	nm(mμ)			
무 게	킬 로 그 램	㎏	부 피	세 제 곱 미 터	㎥
	그 램	g		세 제 곱 센 티 미 터	㎤
	밀 리 그 램	㎎		세 제 곱 밀 리 미 터	㎣
	마 이 크 로 그 램	μg			
	나 노 그 램	ng			
넓 이	제 곱 미 터	㎡	압 력	기 압	atm
	제 곱 센 티 미 터	㎠		수 은 주 밀 리 미 터	㎜Hg
	제 곱 밀 리 미 터	㎟		수 주 밀 리 미 터	㎜H_2O
	몰 농 도	M			
	노 르 말 농 도	N			
농 도	그 램/리 터	g/L			
	밀 리 그 램/리 터	㎎/L			
	퍼 센 트	%			

4. 온도 표시

(1) 온도의 표시는 셀시우스(Celcius) 법에 따라 아라비아 숫자의 오른쪽에 ℃를 붙인다. 절대온도는 °K로 표시하고 절대온도 0 °K는 -273 ℃로 한다.
(2) 상온은 15~25 ℃, 실온은 1~35 ℃, 미온은 30~40 ℃로 하고, 찬 곳은 따로 규정이 없는 한 0~15 ℃의 곳을 뜻한다.
(3) 냉수(冷水)는 15 ℃이하, 온수(溫水)는 60~70 ℃, 열수(熱水)는 약 100 ℃를 말한다.

5. 농도 표시

(1) 중량백분율을 표시할 때에는 %의 기호를 사용한다.
(2) 액체단위부피, 또는 기체단위부피 중의 성분질량(g)을 표시할 때에는 %(W/V)의 기호를 사용한다.
(3) 액체단위부피, 또는 기체단위부피 중의 성분용량을 표시할 때에는 %(V/V)의 기호를 사용한다.
(4) 백만분율(Parts Per Million)을 표시할 때에는 ppm을 사용하며 따로 표시가 없으면, 기체 경우 용량 대 용량(V/V) 액체 경우 중량 대 중량(W/W) 표시를 의미한다.
(5) 10억분율(Parts per Billion)을 표시할 때에는 ppb를 사용하며 따로 표시가 없으면, 기체 경우 용량 대 용량(V/V) 액체 경우 중량 대 중량(W/W) 표시를 의미한다.
(6) 공기 중의 농도를 mg/㎥로 표시했을 때는 25 ℃, 1기압 상태의 농도를 말한다.

6. 초순수(물)

측정방법에 사용하는 초순수는 따로 규정이 없는 한 정제증류수 또는 이온교환수지로 정제한 탈염수(脫鹽水)를 말한다.

7. 시약, 표준물질

(1) 분석에 사용하는 시약은 따로 규정이 없는 한 특급 또는 1급 이상이거나, 이와 동등한 규격의 것을 사용하여야 한다. 단, 단순히 염산, 질산, 황산 등으로 표시하였을 때 따로 규정이 없는 한 아래 표 2에 규정한 농도 이상의 것을 뜻한다.

표 2. 시약의 농도

물질명	화학식	농도(%)	비중(약)
염 산	HC1	35.0～37.0	1.18
질 산	HNO_3	60.0～62.0	1.38
황 산	H_2SO_4	95% 이상	1.84
아 세 트 산	CH_3COOH	99.0% 이상	1.05
인 산	H_3PO_4	85.0% 이상	1.69
암 모 니 아 수	NH4OH	28.0～30.0(NH_3로서)	0.90
과 산 화 수 소	H_2O_2	30.0～35.0	1.11
불 화 수 소 산	HF	46.0～48.0	1.14
요 오 드 화 수 소 산	HI	55.0～58.0	1.70
브 롬 화 수 소 산	HBr	47.0～49.0	1.48
과 염 소 산	$HClO_4$	60.0～62.0	1.54

(2) 분석에 사용되는 표준품은 원칙적으로 특급시약을 사용한다.

(3) 광도법, 전기화학적분석법, 크로마토그래피법, 고성능액체크로마토그래피법에 사용되는 시약은 순도에 유의해야 하고, 분석에 영향을 미치는 불순물을 함유할 염려가 있을 때에는 미리 검정하여야 한다.
(4) 분석에 사용하는 지시약은 따로 규정이 없는 한 KSM0015(화학분석용지시약의 조제방법)에 규정된 지시약을 사용한다.

8. 기구

(1) 측정방법에서 사용하는 모든 유리기구는 KSL2302(이화학용 유리기구의 형상 및 치수)에 적합한 것 또는 이와 동등 이상의 규격에 적합한 것으로 국가 또는 국가에서 지정하는 기관에서 검정을 필한 것을 사용해야 한다.
(2) 부피플라스크, 피펫, 뷰렛, 메스실린더, 비이커 등 화학분석용 유리기구는 국가검정을 필한 것을 사용한다.
(3) 여과용 기구 및 기기를 기재하지 아니하고 “여과한다”라고 하는 것은 KSM7602 거름종이 5종 또는 이와 동등한 여과지를 사용하여 여과함을 말한다.

9. 용기

(1) 용기라 함은 시험용액 또는 시험에 관계된 물질을 보존, 운반 또는 조작하기 위하여 넣어두는 것으로 시험에 지장을 주지 않도록 깨끗한 것을 뜻한다.
(2) 밀폐용기(密閉容器)라 함은 물질을 취급 또는 보관하는 동안에 이물(異物)이 들어가거나 내용물이 손실되지 않도록 보호하는 용기를 뜻한다.
(3) 기밀용기(機密容器)라 함은 물질을 취급 또는 보관하는 동안에 외부로부터의 공기 또는 다른 기체가 침입하지 않도록 내용물을 보호하는 용기를 뜻한다.

(4) 밀봉용기(密封容器)라 함은 물질을 취급 또는 보관하는 동안에 기체 또는 미생물이 침입하지 않도록 내용물을 보호하는 용기를 뜻한다.
(5) 차광용기(遮光容器)라 함은 광선이 투과되지 않는 갈색용기 또는 투과하지 않게 포장을 한 용기로서 취급 또는 보관하는 동안에 내용물의 광화학적 변화를 방지할 수 있는 용기를 뜻한다.

10. 분석용 저울

이 시험방법에서 사용하는 분석용 저울은 국가검정을 필한 것을 사용하여야 한다.

11. 용어

(1) “항량이 될 때까지 건조한다 또는 강열한다”라 함은 규정된 건조온도에서 1시간 더 건조 또는 강열할 때 전후 무게의 차가 매 g당 0.3 ㎎ 이하일 때를 뜻한다.
(2) 시험조작중 “즉시”란 30초 이내에 표시된 조작을 하는 것을 뜻한다.
(3) “감압 또는 진공”이라 함은 따로 규정이 없는 한 15 ㎜Hg이하를 뜻한다.
(4) “이상” “초과” “이하” “미만”이라고 기재하였을 때 이(以)자가 쓰여진 쪽은 어느 것이나 기산점(起算點)또는 기준점(基準點)인 숫자를 포함하며, “미만” 또는 “초과”는 기산점 또는 기준점의 숫자는 포함하지 않는다. 또 “a~b”라 표시한 것은 a이상 b이하임을 뜻한다.
(5) “바탕시험(空試驗)을 하여 보정한다”라 함은 시료에 대한 처리 및 측정을 할 때, 시료를 사용하지 않고 같은 방법으로 조작한 측정치를 빼는 것을 뜻한다.
(6) 중량을 “정확하게 단다”라 함은 지시된 수치의 중량을 그 자릿수까지 단다는 것을 의미한다.

(7) “약”이란 그 무게 또는 부피에 대하여 ±10% 이상의 차가 있어서는 안 된다.
(8) 시료의 시험, 바탕시험 및 표준액에 대한 시험을 일련의 동일시험으로 행할 때, 사용하는 시약 또는 시액은 동일 로트(Lot)로 조제된 것을 사용한다.
(9) “검출한계”라 함은 분석기기가 검출할 수 있는 가장 작은 양을 말한다.
(10) “정량한계”라 함은 분석기기가 정량할 수 있는 가장 작은 양을 말한다.
(11) “회수율”이라 함은 여과지에 채취된 성분을 추출과정을 거쳐 분석시 실제 검출되는 비율을 일컫는다.
(12) “탈착효율”이라 함은 흡착제에 흡착된 성분을 추출과정을 거쳐 분석시 실제 검출되는 비율을 일컫는다.

11. 측정결과의 표시

(1) 측정결과의 표시는 산업안전보건법에서 규정한 허용기준의 단위로 표시하여야 한다.
(2) 시험성적수치는 마지막 유효숫자의 다음 단위까지 계산하여 KSA 0021 (수치의 맺음법)에 따라 기록한다.

제 2절 시료채취 및 분석시 고려사항

1. 시료채취시 고려사항

(1) 작업환경 공기중에서 시료채취시 예상되는 측정대상물질의 농도, 방해인자, 시료채취 시간 등을 종합적으로 고려하여 측정을 실시하여야 한다.
(2) 시간가중평균허용기준을 평가하기 위해서는 정상적인 작업시간 동안 최소한 6시간 이상 시료를 채취해야 하고, 단시간허용기준 또는 최고허용기준을 평가하기 위한 시료채취시간은 10~15분 동안 시료를 채취해야 한다.
(3) 시료채취시 오차를 발생시키는 주요원인은 시료채취시 흡입한 공기총량이 정확히 측정되지 않아서 발생되는 경우가 많다. 따라서 시료채취용 펌프의 유량변동의 범위는 본 측정방법에서 규정하고 있는 허용오차 이내의 펌프를 사용해야 한다.

2. 검량선 작성을 위한 표준용액 조제

(1) 측정대상 물질의 표준용액을 조제할 원액(시약)의 순도와 특성(분자량, 비중, 노출기준 등)을 파악한다.
(2) 표준용액의 농도범위는 채취된 시료의 예상농도에서 0.1~2배 수준에서 결정하는 것이 좋다.
(3) 표준용액 조제방법은 표준원액을 단계적으로 희석시키는 희석식과 표준원액에서 일정량씩 줄여가면서 만드는 배취식이 있다. 희석식은 조제가 수월한 반면 조제시 계통오차가 발생할 가능성이 있고, 배취식은 조제가 희석식에 비해 어려운 점은 있으나 계통오차를 줄일 수 있는 장점이 있다.
(4) 표준용액은 최소한 5개 수준이상을 만드는 것이 좋으며, 이때 분석하고자

하는 시료의 농도는 반드시 포함되어져야 한다.

(5) 원액의 순도, 제조일자, 유효기간 등은 조제 전에 반드시 확인되어져야 한다.

(6) 표준용액, 탈착효율 또는 회수율에 사용되는 시약은 같은 로트(Lot)번호를 가진 것을 사용하여야 한다.

3. 내부표준물질

(1) 내부표준물질은 시료채취 후 분석시 칼럼의 주입손실, 퍼징손실, 또는 점도 등에 영향을 받은 시료의 분석결과를 보정하기 위해 인위적으로 시료전처리과정에서 더해지는 화학물질을 말한다.

(2) 내부표준물질도 각 측정방법에서 정하는 대로 모든 측정시료, 정도관리시료, 그리고 공시료에 가해지며 내부표준물질 분석결과가 수용한계를 벗어난 경우 적절한 대응책을 마련 한 후 다시 분석을 실시하여야 한다.

(3) 내부표준물질로 사용되는 물질은 다음의 특성을 갖고 있어야 한다.

① 머무름시간이 분석대상물질과 너무 멀리 떨어져 있지 않아야 한다.

② 피크가 용매나 분석대상물질의 피크와 중첩되지 않아야 한다.

③ 내부표준물질 양이 분석대상물질 양보다 너무 많거나 적지 않아야 한다.

④ 사용되는 분석기기의 검출기에서 반응이 양호해야 한다.

(4) 내부표준물질은 탈착용매 및 표준용액의 용매로 사용되는 물질에 적당양을 직접 주입한 후 이를 표준용액 조제용 용매와 탈착용매로 사용하는 것이 좋다.

4. 탈착효율 실험을 위한 시료조제방법

탈착효율 실험을 위한 첨가량은 측정대상물질의 작업장 예상농도 일정범위(0.5~2배)에서 결정한다. 이러한 실험의 목적은 흡착관의 오염 여부, 시약의

오염 여부 및 분석대상 물질이 탈착 용매에 실제로 탈착되는 양을 파악하여 보정하는데 있으며, 그 시험방법은 다음과 같다.

(1) 탈착효율 실험을 위한 첨가량을 결정한다. 작업장의 농도를 포함하도록 예상되는 농도(㎎/m^3)와 공기채취량(L)에 따라 첨가량을 계산한다. 만일 작업장의 예상 농도를 모를 경우 첨가량은 노출기준과 공기채취량 20 L(또는 10 L)를 기준으로 계산한다.

(2) 예상되는 농도의 3가지 수준(0.5~2배)에서 첨가량을 결정한다. 각 수준별로 최소한 3개 이상의 반복 첨가시료를 다음의 방법으로 조제하여 분석한 후 탈착효율을 구하도록 한다.

① 탈착효율 실험용 흡착튜브의 뒷층을 제거한다.

② 계산된 첨가량에 해당하는 분석대상물질의 원액(또는 희석용액)을 마이크로실린지를 이용하여 정확히 흡착튜브 앞층에 주입한다.

③ 흡착튜브를 마개로 즉시 막고 하룻밤 동안 상온에서 놓아둔다.

④ 탈착시켜 분석한 후 분석량/첨가량으로서 탈착효율을 구한다.

(3) 탈착효율은 최소한 75% 이상이 되어야 한다.

(4) 탈착효율 간의 변이가 심하여 일정성이 없으면 그 원인을 찾아 교정하고 다시 실험을 실시해야한다.

5. 회수율 실험을 위한 시료조제방법

회수율 실험을 위한 첨가량은 측정대상물질의 작업장 예상농도 일정범위(0.5~2배)에서 결정한다. 이러한 실험의 목적은 여과지의 오염, 시약의 오염 여부 및 분석대상 물질이 실제로 전처리과정 중에 회수되는 양을 파악하여 보정하는데 있으며, 그 시험방법은 다음과 같다.

(1) 회수율 실험을 위한 첨가량을 결정한다. 작업장의 농도를 포함하도록 예상되는 농도(㎎/m^3)와 공기채취량(L)에 따라 첨가량을 계산한다. 만일 작업장의 예상 농도를 모를 경우 첨가량은 노출기준과 공기채취량 400 L(또는 200

L)를 기준으로 계산한다.

(2) 예상되는 농도의 3가지 수준(0.5~2배)에서 첨가량을 결정한다. 각 수준별로 최소한 3개 이상의 반복 첨가시료를 다음의 방법으로 조제하여 분석한 후 회수율을 구하도록 한다.

① 3단카세트에 실험용 여과지를 장착시킨 후 상단카세트를 제거한 상태에서 계산된 첨가량에 해당하는 분석대상물질의 원액(또는 희석용액)을 마이크로실린지를 이용하여 주입한다.

② 하룻밤 동안 상온에서 놓아둔다.

③ 시료를 전처리한 후 분석하여 분석량/첨가량으로서 회수율을 구한다.

(3) 회수율은 최소한 75% 이상이 되어야 한다.

(4) 회수율간의 변이가 심하여 일정성이 없으면 그 원인을 찾아 교정하고 다시 실험을 실시해야한다.

제 3절 분석기기

1. 가스크로마토그래피

1.1 원리 및 적용범위

가스크로마토그래피는 기체시료 또는 기화한 액체나 고체시료를 운반가스로 고정상이 충진된 컬럼(또는 분리관)내부를 이동시키면서 시료의 각 성분을 분리・전개시켜 정성 및 정량하는 분석기기로서 작업환경측정대상물질 중 휘발성유기화합물의 분석방법으로 사용된다.

1.2 주요 구성

가스크로마토그래피는 주입부(injector), 컬럼(column)오븐 및 검출기(detector)의 3가지 주요요소로 구성되어 있으며, 여기에 이동상인 운반가스를 공급해주는 가스공급장치(압축가스통, 또는 가스발생기) 및 검출기에서 나오는 신호결과를 처리해 주는 데이터 처리시스템이 있어야 한다.

(1) 주입부

① 시료주입부는 열안정성이 좋고 탄성이 좋은 실리콘 고무와 같은 격막이 있는 시료기화실로서 컬럼온도와 동일하거나 또는 그 이상의 온도를 유지할 수 있는 가열기구가 갖추어져야 하고, 또한 이들 온도를 조절할 수 있는 기구 및 이를 측정할 수 있는 기구가 갖추어져야 한다.

② 주입부는 충진컬럼(packed column) 또는 캐필러리컬럼(capillary column)에 적합한 것이어야 하고, 미량주사기를 이용하여 수동으로 시료를 주입하거나 또는 자동주입장치를 이용하여 시료를 주입할 수 있어야 한다.

(2) 컬럼오븐

① 컬럼오븐의 내용적은 분석에 필요한 길이의 컬럼을 수용할 수 있는 크기이어야 한다. 또한 컬럼내부의 온도를 조절할 수 있는 가열기구 및 이를 측정할 수 있는 측정기구가 갖추어져야 한다.

② 오븐내 전체온도가 균일하게 조절되고 가열 및 냉각이 신속하여야 한다. 설정온도에 대한 온도조절 정밀도는 ±0.5 ℃의 범위이내, 전원의 전압변동 10%에 대하여도 온도변화가 ±0.5 ℃ 범위이내이어야 한다.

③ 충진컬럼과 캐필러리컬럼의 일반적인 특성을 비교하면 다음 표와 같다.

인자	충진컬럼	캐필러리컬럼
길이(m)	1 ~ 5	5 ~ 100
내경(mm)	2 ~ 4	0.1 ~ 0.8
컬럼의 주요재질	유리, 스테인레스 스틸	fused silica
운반기체유량(mL/min)	10 ~ 100	0.5 ~ 10
운반기체압력(psig)	10 ~ 40	3 ~ 40
이론단수(단수/m)	2,000 ~ 3,000	5,000 이상
총 이론단수	5,000(2 m인 경우)	150,000(50 m인 경우)
피크당 성분용질량(ug)	10	0.05 미만
고정상필름두께(㎛)	1 ~ 10	0.1 ~ 2

④ 최근에는 캐필러리컬럼이 주요 사용되며, 그 종류는 제조회사별로 다양하다. 다음 표는 캐필러리컬럼의 대표적인 규격과 그 특성을 비교한 것이다.

분리관 내경 (mm)	시료 용질량 (ng)	효율 (이론단수/m)	최적유량 (mL/min)
0.20	5 ~ 30	5,000	0.4
0.25	50 ~ 100	4,170	0.6
0.32	400 ~ 500	3,330	1.0
0.53	1,000 ~ 2,000	1,670	2.8
0.75	10,000 ~ 15,000	1,170	5.6

(3) 검출기

① 검출기의 온도를 조절할 수 있는 가열기구 및 이를 측정할 수 있는 측정기구가 갖추어져야 한다.

② 검출기는 감도가 좋고 안정성과 재현성이 있어야 하며, 시료에 대하여 선형적으로 감응해야 하고, 약 400 ℃까지 작동가능 해야 한다.

③ 검출기는 시료의 화학종과 운반기체의 종류에 따라 각기 다르게 감도를 나타내므로 선택에 주의해야 하고, 검출기를 오랫동안 사용하면 감도가 저하되므로 용매에 담궈 씻거나 분해하여 부드러운 붓으로 닦아 주는 등 감도를 유지할 수 있도록 해야 한다.

④ 검출기의 종류 중 하나인 불꽃이온화검출기(FID)의 작동원리는 분리관에서 분리된 물질이 검출기 내부로 들어오면 수소가스와 혼합되고 혼합된 기체는 공기가 통과하고 있는 젯(jet)으로 들어가서 젯위에 형성된 2,100 ℃ 정도의 불꽃안에서 연소가 되면서 이온화가 이루어진다. 발생된 이온은 직류전위차를 측정할 수 있는 전극에 의해 전류의 양으로 변환되는데, 이는 전하를 띤 이온의 농도에 비례하게 되며 다음과 같은 특징이 있다.

- 검출기에 공급되는 공기와 수소의 비율은 기기제조사와 모델에 따라 다르지만 대개 수소는 30 ~ 40 mL/분, 그리고 공기는 200 ~ 500 mL/분 정도이다. 이러한 공급기체의 비율은 검출기의 감응도에 영향을 미치므로 반드시 기기 제조사가 권고한 대로 유량을 맞추어야 한다.

- FID는 성분의 탄소수에 비례하여 높은 감응도를 보이는데, 일반적인 유기화합물에 대한 감응수준은 10 ~ 100 pg이며, 직선범위는 1×10^7 수준이다.

- FID에 감응하지 않는 화학성분들은 H_2O, CO_2, CO, N_2, NH_4, O_2, SO_2, SiO_4 등이다.

- FID는 불꽃을 사용하므로 검출기의 온도가 너무 낮은 경우에는 검출기내부에 수분이 응축되어 기기가 부식될 가능성이 있으므로 적어도 80 ~ 100 ℃ 이상의 온도를 유지할 필요가 있다.

⑤ 검출기의 종류 중 하나인 전자포획검출기(ECD)의 작동원리는 시료와 운

반기체가 β선을 방출하는 검출기를 통과할 때 이 β선에 의해 운반가스(흔히 질소를 사용함)의 원자로부터 많은 전자를 방출하게 만들고 따라서 일정한 전류가 흐르게 한다. 그러나 운반기체와 함께 이송되는 시료성분인 유기화합물에 의해 운반기체에서 방출된 전자와 결합하기 때문에 검출기로부터 나오는 전류량은 유기화합물의 농도에 비례하여 감소하게 된다.

- ECD는 할로겐, 과산화물, 퀴논, 니트로기와 같은 전기음성도가 큰 작용기에 대하여 대단히 예민하게 반응한다.
- 아민, 알콜류, 탄화수소와 같은 화합물에는 감응하지 않는다.
- 염소를 함유한 농약의 검출에 널리 사용되고, ECD를 통과한 화합물은 파과되지 않는다는 장점이 있다.
- 검출한계는 약 50 pg 정도이고, 1 x 10^7까지 반응의 직선성을 가진다.

⑥ 검출기의 종류 중 하나인 불꽃광전자검출기(FPD)의 작동원리는 시료가 검출기 내부에 형성된 불꽃을 통과시 연소하는 과정에서 화합물들이 에너지가 높은 상태로 들뜨게 되고, 다시 바닥상태로 돌아올때 특정한 빛을 내놓는 불꽃발광현상을 이용한 것이다. 이 빛은 광증배관에 의해 수집되고 측정되며 광학필터에 의해 황 및 인을 함유한 화합물에 매우 높은 선택성을 갖게 된다.

⑥ 이상의 검출기이외에도, 질소인검출기(NPD), 열전도도검출기(TCD), 광이온화검출기(PID)등이 있다.

(4) 운반기체

운반기체는 충전물이나 시료에 대하여 불활성이고 사용하는 검출기의 작동에 적합하고 순도는 99.99% 이상이어야 하며, 일반적으로 검출기 종류에 따라 쓰이는 운반기체 종류 및 특징은 다음과 같다.

검출기 종류	운반기체	특 징
FID	질소	적합
	수소, 헬륨	사용가능
ECD	질소	가장 우수한 감도제공
	알곤/메탄	가장 넓은 시료농도범위에서 직선성을 가짐
FPD	질소	적합

1.3 조작방법

(1) 설치조건

① 설치장소는 진동이 없고, 분석에 사용되는 유해물질을 안전하게 처리하게 할 수 있으며, 부식가스나 먼지가 적고 상대습도 85%이하의 직사광선이 비춰지지 않는 곳에 설치한다.

② 공급전원은 지정된 전력용량 및 주파수이어야 하고, 전원변동은 지정전압의 ±10%이내로서 주파수변동이 없어야 한다.

③ 대형변압기, 고주파 가열로와 같은 것으로부터 전자기 유도를 받지 않아야 하고, 접지저항은 10 Ω 이하이어야 한다.

(2) 장치의 설치 및 점검

① 장치를 설치하고 가스배관을 연결한 다음, 가스의 누출이 없는지 확인해야 한다. 장치에 가스를 공급하는 가스통은 넘어지지 않도록 고정해야 한다.

② 각 분석방법에 규정된 컬럼을 참고하여 선택된 컬럼을 장치에 부착한 후 운반기체의 압력을 사용압력이상으로 올려 연결부에 가스누출이 일어나는지 여부를 비눗물 등을 이용하여 점검한다.

(3) 분석을 위한 장비의 가동

① 각 분석방법에 규정된 내용과 기기회사의 권고내용을 참고하여 기기의

조건을 설정하고 최적화시킨다.

② 분석시스템의 바탕선(base line)의 안정상태를 확인한다.

③ 시료를 주입하여 분석하고자 하는 물질이 다른 물질과 완전히 분리가 일어나는지 여부를 확인한 다음 실제 시료분석을 실시한다.

1.4 정성 및 정량분석

① 정성분석은 동일조건하에서 표준물질의 피크 머무름시간(retention time) 값과 미지 물질의 머무름시간 값을 비교하여 실시한다. 일반적으로 5 - 30분 정도에서 측정하는 피크의 머무름시간은 반복시험을 할 때 ±3% 오차범위 이내이어야 한다.

② 정량분석은 각 분석방법에 규정된 방법에 따라 시험하여 크로마토그램의 재현성, 시료분석의 양, 피크면적 또는 높이의 관계, 회수율(탈착효율) 등을 고려하여 분석한다.

③ 검출한계는 분석기기의 검출한계와 분석방법의 검출한계로 구분되며, 분석기기의 검출한계라 함은 최종시료 중에 포함된 분석대상물질을 검출할 수 있는 최소량을 의미하고, 분석방법의 검출한계라 함은 작업환경측정 시료 중에 포함된 분석대상물질을 검출할 수 있는 최소량을 의미하며, 구하는 요령은 다음과 같다.

- 기기 검출한계: 분석대상물질을 용매에 일정양을 주입한 후 이를 점차 희석하여 가면서 분석기기가 반응하는 가능한 낮은 농도를 확인한 후, 이 최저농도를 7회 반복 분석하여 반복시 기기의 반응 값들로부터 표준편차를 가한 후 다음과 같이 검출한계 및 정량한계를 구한다.

  · 검출한계: 3.143 x 표준편차

  · 정량한계: 검출한계 x 4

- 분석방법의 검출한계: 분석기기가 검출할 수 있는 가능한 저농도의 분석대상물질을 시료채취기구에 직접 주입시켜 흡착시킨 후, 시료전처리 방법과

동일한 방법으로 탈착시켜, 이를 7회 반복 분석하여 기기 검출한계 및 정량한계 계산방법과 동일한 방법으로 구한다.

2. 원자흡광광도계

2.1 원리 및 적용범위

분석대상 원소가 포함된 시료를 불꽃이나 전기열에 의해 바닥상태의 원자로 해리시키고, 이 원자의 증기층에 특정파장의 빛을 투과시키면 바닥상태의 분석대상 원자가 그 파장의 빛을 흡수하여 들뜬상태의 원자로 되는데, 이때 흡수하는 빛의 세기를 측정하여 분석하는 기기로서 작업환경측정대상물질 중 금속 및 중금속의 분석방법으로 사용된다.

2.2 주요 구성

원자흡광광도계는 광원, 원자화장치, 단색화장치, 검출부의 주요 요소로 구성되어 있어야 한다.

(1) 광원

① 광원은 분석하고자 하는 금속의 흡수파장의 복사선을 방출하여야 하며, 주로 속빈음극램프가 사용되어진다.

② 전류를 필요이상 높여주면 발광선의 폭이 넓어져 흡광도가 감소하고 검량선의 직선성이 떨어지므로 속빈음극램프에 사용하는 전류는 추천치 이하로 사용하는 것이 바람직하다.

③ 램프에 공급되는 전류와 전압은 일정하게 공급할 수 있되, 사용되는 전류량을 정밀하게 조절될 수 있어야 한다.

(2) 원자화 장치

원자화 장치는 불꽃원자화장치와 비불꽃원자화장치 두 가지로 분류된다. 불

꽃원자화방법은 조연제와 연료를 적절히 혼합하여 최적의 불꽃온도와 화학적 분위기를 유도하여 원자화를 시키는 방법으로 빠르고 정밀도가 좋으며 매질효과에 의한 영향이 적다는 장점이 있는 방법으로 대부분의 금속물질을 분석하는데 널리 사용된다. 비불꽃원자화방법은 전열고온로법(graphite furnace)과 기화법이 있으며, 전열고온로법은 감도가 좋아 미량의 생체시료 중 금속성분을 분석하는데 주로 사용되고 있으며, 기화법은 화학적 반응을 유도하여 분석하고자 하는 원소를 시료로부터 기화시켜 분석하는 방법으로 이 역시 미량분석이 가능한 방법으로 수은이나 비소의 분석에 사용된다.

다음은 작업환경측정시료 분석에 널리 사용되는 불꽃원자화 장치의 원자화 단계 및 각 단계에서 주의해야 할 사항을 기술한 것이다.

① 분석시 표준용액과 시료용액의 분무현상은 동일해야 한다. 이를 위해 표준용액이나 시료의 물성, 특히 표면장력과 점도까지도 동일한 것이 좋은데 이를 위해 용매의 조성 및 사용되는 산의 농도가 동일하게 관리되어야 한다.

② 불꽃속으로 진입하는 입자의 크기가 미세하고 균일할수록 원자화가 골고루 일어나 흡광도가 안정적으로 생성된다.

③ 연료가스 및 산화가스가 용액입자에 얼마나 잘 혼합되느냐에 따라 분석시 감도 및 재현성이 달라진다. 따라서 모든 가스는 추천등급에 맞아야 하고, 유량이 적절히 조절되어서 버너로 보내져야하며, 분무장치가 막히는 일이 없도록 해야 한다.

④ 불꽃을 만들기 위한 연료가스와 조연가스의 조합에는 프로판-공기, 수소-공기, 아세틸렌-공기, 아세틸렌-아산화질소 등이 있다. 작업환경분야 분석에 가장 널리 사용되는 것은 아세틸렌-공기와 아세틸렌-아산화질소로서 분석대상 금속에 따라 이를 적절히 선택하여 사용해야 한다.

(3) 단색화 장치

단색화 장치는 슬릿, 거울, 렌즈 및 회절발로 구성된 장치로 입사된 빛 중에 원하는 파장의 빛만을 골라내기 위해 사용되며, 분석대상 금속에 따라 슬릿의

폭을 바꾸어 목적하는 분석선 만을 선택해 내야 한다. 이때 슬릿의 폭은 목적하는 분석선을 분리해 낼 수 있는 범위내에서 되도록 넓게 설정하는 것이 좋다.

(4) 검출부

검출부는 단색화장치에서 나오는 빛의 세기를 측정 가능한 전기적 신호로 증폭시킨 후 이 전기적 신호를 판독장치를 통해 흡광도나 흡광율 또는 투과율 등으로 표시하게 된다. 일반적으로 증폭장치로 사용되는 것은 광전증배관이다.

2.3 조작방법

(1) 설치조건

① 설치장소는 진동이 없고, 분석에 사용되는 유해물질을 안전하게 처리하게 할 수 있으며, 부식가스나 먼지가 적고 상대습도 85%이하의 직사광선이 비취지지 않는 곳에 설치한다.

② 공급전원은 지정된 전력용량 및 주파수이어야 하고, 전원변동은 지정전압의 ±10%이내로서 주파수변동이 없어야 한다.

③ 대형변압기, 고주파 가열로와 같은 것으로부터 전자기 유도를 받지 않아야 하고, 접지저항은 10 Ω 이하이어야 한다.

(2) 장치의 설치 및 점검

장치를 설치하고 가스배관을 연결한 다음, 가스의 누출이 없는 지 확인해야 한다. 장치에 가스를 공급하는 가스통은 넘어지지 않도록 고정해야 한다.

(3) 분석을 위한 장비의 가동

① 각 분석방법에 규정된 내용과 기기회사의 권고내용을 참고하여 기기의 조건을 설정하고 최적화시킨다.

- 광원의 최적화

● 광원에서 방사되는 복사선이 버너의 적정높이에서 평행하게 지나가도록 램프위치를 설정해야 한다. 기기마다 램프의 수직과 수평위치를 조절하는 나사가 있으므로 이것을 조절하면서 흡광도를 관찰하여 가장 최대의 흡광도를 나타내고 변화가 적은 램프위치를 설정한다.

● 제조회사가 제시한 기기의 작동지침서에는 대부분 금속별로 2개 이상의 고유파장이 주어져 있다. 이러한 파장중에서 분석예상농도를 분석하는데 가장 적절한 파장을 선택토록 한다.

- 원자화 장치의 최적화

● 분무장치에서 시료의 원자화에 가장 큰 영향을 미치는 변수는 시료방울의 크기이다. 따라서 유입된 시료는 분무장치의 유리구슬에 효율적으로 충돌되어 작은 물방울로 분산되어야 한다.

● 시료주입량이 너무 느리면 흡광도가 낮고, 너무 빠르면 용매의 과잉공급으로 불꽃이 불안정해진다. 따라서 적정 주입량은 보통 분당 2 - 5 mL이나 기기마다 적정유량을 참조하는 것이 바람직하다.

● 분석조건에 따라 적정불꽃의 상태(산화상태 또는 환원상태)와 버너의 높이를 조절하여 최대의 흡광도가 일어나는 조건을 찾아야 한다.

② 기기회사가 제시한 농도에서 그에 해당하는 적절한 흡광도가 얻어지는지를 확인한다. 적절한 흡광도가 얻어지지 않을 때는 시료주입량, 버너의 위치, 불꽃의 상태, 광원의 전류량 조절 등을 통해 원하는 흡광도가 얻어질 수 있도록 조정해야 하는데, 다음은 최적화 상태를 확인하는 방법이다.

- 기기제조회사가 제시한 작동지침서에서 제시한 금속별 최적농도 범위내에서 표준용액을 조제하고 그 중 한 농도를 선택한다.

- 앞서 설명한 기기의 최적화에 영향을 미치는 변수들을 차례대로 조절하여 가장 높은 흡광도를 나타내는 기기상태와 조건을 설정한다.

- 가장 높은 흡광도를 나타내는 상태에서 정확도와 정밀도를 제공할 수 있는지를 확인한다.

③ 적정흡광도가 이루어지면 공시료, 표준용액과 현장시료의 분석을 실시한

다.

2.4 정성 및 정량분석

① 원자흡광분석에 있어 검량선은 저농도 영역에서는 양호한 직선성을 나타내지만 고농도 영역에서는 여러 가지 원인에 의해 휘어진다. 따라서 정량을 행하는 경우 직선성을 나타내는 농도나 흡광도 영역에서 시험을 실시하여야 한다.

② 정량분석은 각 분석방법에 규정된 방법에 따라 시험하여 흡광도의 재현성, 회수율 등을 고려하여 분석한다.

③ 검출한계는 분석기기의 검출한계와 분석방법의 검출한계로 구분되며, 분석기기의 검출한계라 함은 최종시료 중에 포함된 분석대상물질을 검출할 수 있는 최소량을 의미하고, 분석방법의 검출한계라 함은 작업환경측정 시료중에 포함된 분석대상물질을 검출할 수 있는 최소량을 의미하며, 구하는 요령은 가스크로마토그래피법에서 규정한 방법과 동일하다.

3. 고성능액체크로마토그래피

3.1 원리 및 적용범위

고성능액체크로마토그래피(HPLC)는 끓는점이 높아 가스크로마토그래피를 적용하기 곤란한 고분자화합물이나 열에 불안정한 물질, 극성이 강한 물질들을 고정상과 액체이동상 사이의 물리화학적 반응성의 차이를 이용하여 서로 분리해 분석하는 방법으로, 작업환경측정대상물질 중 포름알데히드, 2,4-TDI 등의 정성 및 정량분석에 적용한다.

3.2 주요 구성

고성능액체크로마토그래피는 용매, 탈기장치(degassor), 펌프, 시료주입기, 컬럼, 그리고 검출기로의 주요구성요소를 가지며 검출기에서 나오는 신호결과를 처리해 주는 데이터 처리시스템이 있어야 한다.

(1) 용매

① 용매를 저장하는 용기는 유리 또는 폴리에틸렌재질로 만들어져 있는 것을 사용하며, 시료분석에 영향을 주지 않아야 한다.

② 용매는 HPLC용 등급의 고순도 용매만을 사용해야 하고, 초순수가 용매로 사용되는 경우 저항값이 18 MΩ 이상의 것을 사용해야 한다.

③ 두 용매를 혼합하여 사용하는 경우 혼화성 지수의 차가 15미만이어야 하고, 시료는 반드시 용매(이동상)에 녹아야 하지만 이 이동상은 고정상을 녹여서는 안 된다.

④ 용매는 사용하는 파장에서 흡광이 일어나지 않아야 한다.

⑤ 다음은 HPLC 용매로 사용되는 주요물질의 혼화성지수를 나타낸 것이다.

물질명	혼화성지수	물질명	혼화성지수
acetone	15	ethyl acetate	19
acetonitrile	11	ethyl ether	23
n-butyl acetate	22	heptane	29
n-butyl alcohol	15	hexane	29
chlorobenzene	21	iso-octane	29
chloroform	19	isobutyl alcohol	15
cyclohexane	28	isopropyl alcohol	15
dichloromethane	20	methanol	12
n,n-dimethyl foramide	12	methyl ethyl ketone	17
dimethylsulfoxide	9	tetrahydrofuran	17
1,4-dioxane	17	toluene	23

(2) 탈기장치

이동상 중의 용존산소, 질소, 기포 등을 제거하여 컬럼내에서 이동상에 대한 댐핑현상을 줄여주는 장치이다. 탈기방법으로는 이동상 용매에 헬륨가스를 주입하여 기포 등을 제거하는 헬륨퍼징방법(helium sparging), 이동상 용매를 사용하기 전에 막여과지를 이용하여 여과시키는 방법(vacuum filteration), 초음파를 이용하여 탈기시키는 방법(sonication)을 사용할 수 있다.

(3) 펌프

이동상으로 사용되는 용매를 저장용기로부터 시료주입기를 거쳐 컬럼으로 연속적으로 밀어주어 최종적으로 검출기를 통과하여 이동상인 용매와 시료주입기를 통해 주입된 시료가 밖으로 나올 수 있도록 압력을 가해주는 장치로, 이러한 펌프가 기본적으로 갖추어야 할 요건은 다음과 같다.

① 펌프내부는 용매와의 화학적인 반응이 없어야 한다.

② 최소한 500 psi의 고압에도 견딜 수 있어야 하고, 0.1 - 10 mL/min 정도의 유량조절이 가능해야 한다.

③ 일정한 유속과 압력을 유지할 수 있어야 한다.

④ 기울기 용리가 가능해야 한다.

(4) 시료주입기

분석하고자 하는 시료를 이동상인 용매의 흐름에 실어주는 장치로서, 시료주입용 밸브를 이용하는 방법이 가장 일반적으로 사용된다. 시료주입기는 수동형 시료주입기와 자동형 시료주입기가 있다.

(5) 컬럼

물질의 분리가 일어나는 곳으로 일반적인 재질은 스테인레스 스틸을 사용하여 만든 관모양의 용기에 충진제를 채워서 사용하는데, 분석하고자 하는 시료의 종류에 따라서 컬럼의 직경과 길이 및 충전제의 종류를 선택해서 사용할 수 있다.

일반적으로 많이 사용되는 컬럼은 길이 10~30 cm, 내경 4.6 mm, 충진제의 크기 5 um, 이론단수 40,000~60,000 단/m이며, 이러한 분석용컬럼을 보호하기 위한 가드컬럼(guard column)이 사용되기도 한다. 가드컬럼은 5~10 cm 정도의 길이를 가지며 분석컬럼의 수명을 연장시키고, 오염물질을 제거하는 역할을 한다. 보통 가드컬럼은 분석용컬럼과 같은 충진제를 사용하며 분석용컬럼 앞단에 설치한다. 컬러의 내경에 따른 이동상의 최적유량은 컬럼의 제조사마다 다르나 다음은 일반적인 최적유속을 나타낸 것이다.

내경(mm)	길이(cm)	유량	
		입경(5 um)	입경(3 um)
4.0~4.6	3~25	1.0~2.0	-
4.0~4.6	3~10	-	2.0~4.0
3.2	4~0	0.5	0.7
2.1	15~30	0.2	0.3
1.0	3~10	0.05	0.07

(6) 검출기

HPLC에 사용되는 검출기로는 자외선-가시광선검출기(ultraviolet-visible detector), 굴절율검출기(refractive index detector), 전기화학검출기(electrochemical detector), 형광검출기(fluorescence detector), 전기전도도검출기(electrical conductivity detector), 질량분석계(mass spectrometer) 등 여러 종류가 있으나, 작업환경측정시료에 주로 사용하는 검출기는 자외선-가시광선검출기와 형광검출기이다.

① 자외선-가시광선검출기

HPLC 검출기 중에서 가장 많이 사용되는 검출기로서 분석대상물질이 자외선-가시광선영역에서 흡수하는 에너지의 양을 측정하는 검출기이다. 광원에서 특정파장의 빛이 광로를 거쳐 검출기 셀 내의 시료에 투사되면 특정파장의 빛이 시료에 의해 흡수된다. 검출기에서는 이러한 빛의 흡수량을 전기적 신호로 나타내어 이 신호의 크기로서 시료의 정량분석이 이루어진다.

② 형광검출기

분자는 외부로부터 에너지를 흡수하면 들뜬상태(exciting state)로 되었다가 안정화되기 위해 에너지를 방출하면서 기저상태(ground state)로 돌아가려는 성질을 가지고 있는데, 이러한 과정에서 빛이나 열 또는 소리 등을 발생시킨다. 형광검출기는 이러한 에너지평형상태 중 형광을 발생하는 화합물을 특이적으로 검출하는 검출기로서 자외선-가시광선검출기와 같은 흡광도검출기에 비해 10~100배 이상의 좋은 감도를 가진다.

3.3 조작방법

(1) 설치조건

① 설치장소는 진동이 없고, 분석에 사용되는 유해물질을 안전하게 처리하게 할 수 있으며, 부식가스나 먼지가 적고 상대습도 85%이하의 직사광선이 비춰지지 않는 곳에 설치한다.

② 공급전원은 지정된 전력용량 및 주파수이어야 하고, 전원변동은 지정전압의 ±10%이내로서 주파수변동이 없어야 한다.

③ 대형변압기, 고주파 가열로와 같은 것으로부터 전자기 유도를 받지 않아야 하고, 접지저항은 10 Ω 이하이어야 한다.

(2) 분석을 위한 장비의 가동

① 각 분석방법에 규정된 내용과 기기회사의 권고내용을 참고하여 기기의 조건을 설정하고 최적화시킨다.

② 분석시스템의 바탕선(base line)의 안정상태를 확인한다.

③ 시료를 주입하여 분석하고자 하는 물질이 다른 물질과 완전히 분리가 일어나는지 여부를 확인한 다음 실제 시료분석을 실시한다.

3.4 정성 및 정량분석

① 검량선의 작성

전체시스템을 작동시켜 유속을 1~2 mL/분으로 고정시킨 다음 이동상 용매를 흘려보내면서 펌프의 압력 및 검출기의 신호가 일정하게 유지될 때까지 기다린 다음, 기기의 바탕선이 안정화 되면 각 분석방법에서 규정한 표준용액조제방법을 참고하여 표준용액을 조제한 다음 이를 기기에 주입하여 검량선을 작성한다.

② 검량선 작성 후 실제 시료 등을 주입하여 정성 및 정량분석을 실시한다.

③ 검출한계는 분석기기의 검출한계와 분석방법의 검출한계로 구분되며, 분석기기의 검출한계라 함은 최종시료 중에 포함된 분석대상물질을 검출할 수 있는 최소량을 의미하고, 분석방법의 검출한계라 함은 작업환경측정 시료중에 포함된 분석대상물질을 검출할 수 있는 최소량을 의미하며, 구하는 요령은 가스크로마토그래피법에서 규정한 방법과 동일하다.

4. 분광광도계

4.1 원리 및 적용범위

일반적으로 빛(백색광)이 물질에 닿으면 그 빛은 물질이 표면에서 반사, 물질의 표면에서 조금 들어간 후 반사, 물질에 흡수, 또는 물질을 통과하는 빛으로 나누어지는데, 물질에 흡수되는 빛의 양(흡광도)은 그 물질의 농도에 따라 다르다. 그러므로 이와 같은 빛의 원리를 이용하여 일정한 파장에서 시료용액의 흡광도를 측정하여 그 파장에서 빛을 흡수하는 물질의 양을 정량하는 원리이다. 사용하는 파장대는 주로 자외선(180~320 nm)이나 가시광선(320~800 nm) 영역이다. 흡광도를 측정하여 분석하는 방법은 작업환경측정대상물질 중 6가 크롬화합물의 정성 및 정량분석에 적용한다.

3.2 주요 구성

분광광도계는 광원, 파장선택장치, 시료용기(큐벳 홀더, cuvette holder), 그리고 검출기와 지시기로 구성되어 있다.

(1) 광원

① 시료중에 존재하는 흡광물질의 농도를 측정하는데 필요한 일정한 파장의 빛을 낼 수 있어야 한다.

② 대부분의 분광광도계는 가시광선 범위의 분석에는 텅스텐을 사용하고, 자외선 범위의 분석에는 수소 등을 사용한다.

(2) 파장선택장치

프리즘이나 회절격자와 같은 단색화 장치가 있어 원하는 파장범위의 빛을 시료에 투과할 수 있도록 해야 한다.

(3) 시료용기부

시료용액의 흡광도가 측정되는 곳으로 파장선택장치로부터 나온 일정한 파장의 빛에 의하여 시료가 조사되는 장소로, 외부로부터 빛이 완전히 차단될 수 있어야 한다.

① 두 개 이상의 큐벳을 사용할 때에는 표준화된 한 벌의 큐벳을 사용해야 한다. 표준화된 큐벳이란 빛의 50%를 통과시키는 용액에 대하여 큐벳사이의 흡광도 차이가 1% 이하 인 것을 말한다.

② 큐벳은 항상 큐벳홀더의 정위치에 위치시켜야 한다.

③ 큐벳에 여러 종류의 흠이 있거나 지문, 용매 등이 묻어 있을 수 있는데, 이들 역시 흡광도에 영향을 미치기 때문에 조심스럽게 잘 닦은 후 사용토록 해야 한다.

(4) 검출기와 지시기

시료용액을 통과한 빛 에너지를 전기에너지로 변환하여 시료용액의 흡광도를 나타낼 수 있어야 한다.

3.3 조작방법

(1) 설치조건

① 설치장소는 진동이 없고, 분석에 사용되는 유해물질을 안전하게 처리하게 할 수 있으며, 부식가스나 먼지가 적고 상대습도 85%이하의 직사광선이 비춰지지 않는 곳에 설치한다.

② 공급전원은 지정된 전력용량 및 주파수이어야 하고, 전원변동은 지정전압의 ±10%이내로서 주파수변동이 없어야 한다.

③ 대형변압기, 고주파 가열로와 같은 것으로부터 전자기 유도를 받지 않아야 하고, 접지저항은 10 Ω 이하이어야 한다.

(2) 분석을 위한 장비의 가동

① 각 분석방법에 규정된 내용과 기기회사의 권고내용을 참고하여 기기의 조건을 설정하고 최적화시킨다.

② 분석시스템의 바탕선(base line)의 안정상태를 확인한다.

③ 시료를 주입하여 분석하고자 하는 물질의 흡광도가 적정한지를 확인한

다음 실제 시료분석을 실시한다.

3.4 정성 및 정량분석

① 전체시스템을 작동시켜 최적화 시킨 후, 각 분석방법에서 규정한 대로 바탕 공시료와 표준용액을 조제한다.
② 바탕 공시료를 시료용기(cuvette)에 넣고 투광도가 100%되게 조절한다.
③ 표준용액을 농도순서에 따라 차례로 시료용기에 넣고 흡광도를 측정한 다음 검량선을 작성한다.
④ 검량선 작성 후 현장시료를 넣어 분석한 후 검량선으로부터 농도를 구한다.
⑤ 검출한계는 분석기기의 검출한계와 분석방법의 검출한계로 구분되며, 분석기기의 검출한계라 함은 최종시료 중에 포함된 분석대상물질을 검출할 수 있는 최소량을 의미하고, 분석방법의 검출한계라 함은 작업환경측정 시료중에 포함된 분석대상물질을 검출할 수 있는 최소량을 의미하며, 시료중에 포함된 분석대상물질을 검출할 수 있는 최소량을 의미하며, 구하는 요령은 가스크로마토그래피법에서 규정한 방법과 동일하다.

제 4절 실험실 안전보건

작업환경측정기관의 장은 실험실에서 발생할 수 있는 모든 잠재적인 위험을 파악하고, 위험의 원인 또는 재해의 원인을 분석자에게 알려주어야 하며, 실험실 근무자는 항상 안전보건에 유의하여 실험을 실시해야 한다.

실험실 안전보건에 대한 사항은 한국산업안전공단에서 제시한 실험실 안전보건에 관한 기술지침(KOSHA CODE G-7-2006)을 따르되, 여기서는 작업환경측정시료의 분석시 분석자의 재해예방 및 건강보호를 위한 주요내용을 제시한다.

1. 실험실 종사자의 안전보건 수칙

(1) 유해물질, 방사능 물질을 취급하는 실험실에는 실험복, 보안경을 착용하고 실험을 실시하여야 한다. 일반인이 실험실에 방문할 때에는 보안경 등 필요한 보호장비를 착용해야 한다.

(2) 하절기에는 실험실내 에서는 긴바지를 착용해야 한다.

(3) 실험실내에서 음식물 섭취는 금해야 하고 보관하지도 말아야 한다.

(4) 실험실에서 나갈 때에는 비누로 손을 씻어야 한다.

(5) 실험장비는 그 사용법을 확실히 숙지한 상태에서 작동하여야 한다.

(6) 유해물질 등 시약은 절대로 입에 대거나 냄새를 맡지 말아야 하고, 피펫을 절대로 입으로 빨지 말아야 한다.

2. 화학물질 취급시 안전요령

(1) 화학물질을 손으로 운반할 경우 넘어지거나 깨지는 위험을 막기 위해 적절한 운반용기에 넣어 운반하도록 한다.

(2) 바퀴가 달린 수레로 운반시 고르지 못한 평면에서 튀거나 갑자기 멈추지 않도록 고른 회전을 할 수 있는 바퀴가 달린 수레를 사용해야 한다.

(3) 적은 양의 가연성 액체를 안전하게 운반하기 위해서는 다음의 요령을 따른다.

① 증기가 발산하지 않는 보관용기로 운반한다.

② 저장소에 보관중에는 환기가 잘 되도록 한다.

③ 점화원을 제거토록 한다.

(4) 유해물질은 직사광선을 피하고 냉암소에 보관해야 한다.

(5) 약품명칭이 없는 용기의 약품은 사용치말고 안전하게 폐기처분하여야 한다.

(6) 모든 약품에 대하여 절대로 맛 또는 냄새를 맡는 행위를 금하고, 입으로 피펫을 빨지 않아야 한다.

(7) 사용할 물질의 성상, 독성, 화재폭발의 위험성에 대한 정보를 숙지하기 전에는 취급하지 않도록 해야 한다.

(8) 위험한 물질을 사용할 때에는 가능한 소량을 사용하고, 또한 미지의 물질에 대해서는 예비실험을 할 필요가 있다.

(9) 위험한 물질을 사용하기 전에 재해방호수단을 미리 생각하여 만전에 대비를 해야 한다. 화재폭발의 위험이 있을 때에는 방호면, 내열보호복, 소화기 등이 준비되어야 하고, 중독의 위험이 있을 때에는 보호장갑, 방독면 등을 착용 후 작업해야 한다.

(10) 유독한 약품 및 이를 함유한 폐기물 처리는 수질오염, 대기오염을 일으키지 않도록 적절히 처리되어야 한다.

(11) 화학물질과의 직접적인 접촉은 피해야 하며, 약품이 엎질러졌을 때에는 즉시 청결하게 조치하여야 한다.

(12) 가능한 모든 화학물질 취급은 흄후드 안에서 행하는 것이 좋으며, 특히

발암성물질이나, 독성이 강한 물질 경우 반드시 흄후드 안에서 작업토록 해야 한다.

3. 실험실에서의 응급조치

(1) 의복에 불이 붙은 경우 즉시 담요나 실험복 등을 감싸서 소화하던지, 소화기나 샤워로서 소화토록 한다.
(2) 약품에 불이 붙은 경우 즉시 소화기로 소화시키는 것이 가장 안전한 방법이다.
(3) 환자가 의식을 잃고 호흡이 정지된 경우 즉시 인공호흡을 해야 한다.
(4) 호흡이 정지된 환자가 있는 경우 주변의 도움을 청하여 시간을 낭비하지 말고 환자를 소생시키면서 도움을 청해야 한다.
(5) 심한 출혈은 상처부위를 패드나 천으로 눌러서 지혈시킨다.
(6) 경미한 화상은 얼음이나 생수로 화상부위를 식힌다.
(7) 유해물질이 묻거나 화상을 입었을 경우 즉각 흐르는 물에 씻는다.
(8) 유해물질에 오염된 의류는 제거하고 접촉부위는 물로 씻어낸다.
(9) 유해물질이 눈에 들어간 경우 15분 이상 세안장치를 이용하여 깨끗이 씻어내고 즉각 도움을 청한다.
(10) 몸에 유해물질이 묻은 경우 15분 이상 샤워장치를 이용하여 씻어내고, 전문의의 진료를 받도록 한다.
(11) 보안경에 유해물질이 묻은 경우 시약이 묻은 부분을 완전히 세척하고 사용한다.

4. 실험실 부스(흄후드) 및 유해물질 저장 캐비넷

(1) 제어풍속은 흄후드의 전면 도어를 완전히 개방한 상태에서 개구면 위치에서 0.4 m/sec를 유지하여야 한다.

(2) 흄후드 입구의 공기흐름은 입구면에 수직이고 안쪽으로 향하여야 한다.
(3) 흄후드 설치 위치는 문, 창문, 주요 보행통로로부터 떨어져 있어야 한다.
(4) 흄후드 앞에 서 있는 작업자는 주위에 흐르는 공기를 난류로 만들므로 실험자는 2인 이하로 최소화 한다.
(5) 실험장치나 기구를 흄후드내에 설치할 경우에는 전면에서 15 cm 이상 안쪽에 설치하여야 하며, 흄후드내 전기기계기구는 방폭형이어야 한다.
(6) 부득이하게 시약을 흄후드내에 임시 보관할 경우 항상 후드의 배기장치를 켜두어야 한다.
(7) 흄후드는 항상 양호한 상태가 유지되어야 하며, 이상이 생길 경우 즉시 사용을 중지하고 수리를 의뢰해야 하며, 이 경우 수리중이라는 표지를 붙인다.
(8) 유해물질은 물성이나 특성별로 저장하여야 하며, 알파벳순이나 가나다순 등의 이름분류로 저장하지 않아야 한다.
(9) 서로 반응할 수 있는 유해물질은 함께 두지 말아야 한다.
(10) 산, 부식성물질을 보관하는 캐비넷은 내부식성의 재질이어야 한다.

5. 세안장치 및 샤워시설

(1) 세안장치는 실험실내의 모든 인원이 쉽게 접근이 가능한 위치에 설치하여야 한다.
(2) 실험실 작업자들은 눈을 감은 상태에서도 가장 가까운 세안장치에 도착될 수 있어야 한다.
(3) 눈 부상은 보통 피부 부상을 동반하게 되므로 세안장치는 샤워장치와 같이 붙어 있어서 눈과 몸을 동시에 씻을 수 있으면 좋다.
(4) 세안장치의 사용 및 유지는 아래 사항을 따르도록 한다.
① 물 또는 눈 세척제는 직접적으로 눈을 향하게 하는 것 보다 코의 낮은 부위를 향하도록 하는 것이 좋다.
② 눈꺼풀은 강제적으로 열리도록 하여 눈꺼풀 뒤도 효과적으로 세척한다.

③ 코의 바깥쪽에서 귀쪽으로 세척하여 씻겨진 화학물질이 거꾸로 눈안이나 오염되지 않은 눈으로 들어가지 않도록 한다.

④ 물 또는 눈 세척제로 최소 15분 이상 눈과 눈꺼풀을 씻어낸다.

⑤ 콘텍트렌즈를 낀 경우 가능한 빨리 벗겨낸다.

⑥ 피해를 입은 눈은 깨끗하고 살균된 거즈로 덮는다.

⑦ 병원이나 구급대에 전화한다.

⑧ 세안장치는 분기별 1회 정기적으로 점검하고, 수직형의 세안장치는 공기중의 오염물질로부터 노즐을 보호하기 위해 보호커버를 설치한다.

(5) 샤워장치는 실험실의 모든 사람이 쉽게 접근이 가능한 위치에 설치되어야 하고, 잡아당기는 장치는 모든 사람의 키 높이에 맞도록 조절하고 항상 사용이 가능한 상태로 유지해야 하며, 분기별 1회 이상 정기적으로 점검하여야 한다.

(6) 샤워장치에서 쏟아지는 물줄기는 몸 전체를 덮을 수 있어야 한다.

(7) 샤워장치가 작동되는 동안 혼자서 옷을 벗고 신발이나 장신구를 벗을 수 있어야 한다.

(8) 샤워장치는 전기분전반이나 전선인입구 등에 떨어진 곳에 위치하여야 하며, 배수구 근처에 설치하여야 한다.

제 3장 물질별 작업환경측정방법

벤젠 작업환경측정방법 1001(2008)

1. 개요

1.1 적용범위

이 방법은 작업장 공기 중에 존재하는 벤젠의 농도를 측정하여 산업안전보건법 제39조의 2(유해인자 허용기준의 준수)에 의한 허용기준 초과여부를 판정하는데 적합한 측정방법이다.

이 방법을 사용하여 측정 가능한 작업장 공기 중의 벤젠의 농도범위는 약 0.3~100 mg/m^3 (0.1~30 ppm)이다. 측정범위 상한값은 시료채취기구로 사용되는 흡착제의 흡착능력과 가스크로마토그래피의 칼럼 및 검출기의 성능에 따라 달라질 수 있으며, 그 하한값은 공시료에서의 벤젠 검출수준 및 가스크로마토그래피 검출기의 잡음수준에 따라 달라질 수 있다.

이 방법은 벤젠에 대한 개인노출량 평가를 위한 작업환경측정방법 뿐만 아니라 지역농도 평가를 위한 작업환경측정방법에도 사용 가능하다.

1.2 물질특성

작업환경측정시 참고가 되는 벤젠의 물리화학적 특성은 다음과 같다.

화학식	분자량	비중 (@ 20 ℃)	끓는점 (℃)	증기압 (mmHg, @ 25 ℃)
C_6H_6	78.11	0.879	80.1	95.2

1.3 시료채취 개요

(1) 시료채취

활성탄관(coconut shell charcoal 100 mg/50 mg, 또는 동등 이상의 흡착성능을 갖는 흡착튜브)을 사용하여 이 활성탄관 내부로 작업장 공기를 흡인시켜 통과시킴으로서 작업장 공기 중의 벤젠을 활성탄에 흡착시키게 된다.

(2) 시료채취 유량, 시료채취 총량 등

시료채취시의 펌프유량 및 채취총량은 작업장 공기 중의 벤젠의 농도, 그리고 사용되는 분석기기의 감도에 따라 달라질 수 있으나 다음 표의 정보를 참고하여 시료 채취시 활성탄관의 파과가 일어나지 않도록 이를 적절히 조절하여 시료채취 하여야 한다.

시료채취			파과시 농도 및 채취공기량	
유량 (L/분)	총 량(L)[1]			
	최소	최대	채취공기량 (L)	농도 (mg/m^3)
0.01~0.20	5	30	> 45	30

[1] 8시간 시간가중평균으로 1 ppm 벤젠 농도 기준임.

이 방법을 사용하여 측정 가능한 검출한계(LOD, limit of detection)는 0.5 ug/시료이며, 0.004 mg~0.35 mg 범위에서 평가된 정밀도는 0.013이다.

(3) 시료운반, 시료안정성, 현장공시료

채취된 시료는 활성탄관의 마개를 완전히 밀봉한 후 상온, 상압 상태에서 운반가능하며, 시료보관시의 시료안정성은 5 ℃에서 약 30일 정도이다. 일반적으로 추천되는 현장공시료의 개수는 채취된 총 시료 수의 약 10% 정도이다.

1.4 분석개요

(1) 분석 원리 및 기기

벤젠이 흡착된 활성탄관의 활성탄을 바이엘에 넣고 이황화탄소 1 mL로 30분간 탈착시킨 후 불꽃이온화검출기가 장착된 가스크로마토그래피를 이용하여 정성 및 정량 분석한다.

(2) 기타

작업장 공기 중의 습도가 과도하게 높으면 활성탄관안에서 응축이 발생하게 되고 이는 벤젠이 활성탄관에 흡착되는 것을 방해하게 된다. 따라서 시료채취시 응축이 발생한 활성탄관 시료는 작업환경측정시료로 사용치 말아야 한다.

가스크로마토그래피로 분석시 벤젠의 머무름 시간과 비슷한 물질은 벤젠 분석의 방해물질로 작용할 수 있다. 따라서 이러한 경우 분석기기의 분석조건이나 칼럼 등을 교체하여 이러한 방해물질로부터 영향을 제거하여야 한다.

시료채취시 벤젠의 분석을 방해하거나 방해할 수 있다고 의심되는 물질이 작업장 공기 중에 존재한다면 관련정보를 시료분석자에게 시료전달시 제공하여야 한다.

2. 측정원리

작업장 공기중에 포함된 벤젠을 시료채취용 펌프를 이용하여 활성탄관에 흡입시켜 활성탄에 흡착시킨다. 활성탄에 흡착된 벤젠은 이황화탄소를 이용하여 활성탄으로부터 탈착시켜 가스크로마토그래피를 이용하여 정성 및 정량하는 방법이다.

3. 기구 및 기기

(1) 시료채취기

활성탄관(coconut shell charcoal, 길이: 7 cm, 외경: 6 mm, 내경: 4 mm, 앞층: 100 mg, 뒷층: 50 mg, 20/40 mesh) 또는 이와 동등성능 이상의 흡착능력을 가진 흡착관으로서 용매탈착이 가능해야 한다.

(2) 시료채취용 펌프

작업자의 정상적인 작업 상황에서 작업자에게 부착 가능해야 하며, 적정유량(0.01～1 L/min)에서 8시간 동안 연속적으로 작동이 가능해야 한다.

펌프가 작동되는 동안의 유량변동 범위는 ± 5% 이내이어야 하고 전체 측정기간 동안 채취된 실제 총 공기채취량과 계산된 공기량과의 차이는 ± 10% 이내이어야 한다.

펌프는 가연성 공기조건(flammable atmosphere)에서 사용하여도 안전해야 한다. 펌프와 시료채취기를 연결하는데 필요한 유연성튜브가 필요하다.

(3) 가스크로마토그래피

불꽃이온화검출기(FID)가 장착된 가스크로마토그래피이어야 한다. 벤젠의 분석에 사용되는 가스크로마토그래피의 칼럼의 종류는 다양하다. 적절한 칼럼의 선택은 벤젠이 채취되는 작업장 공기중에 존재하는 다른 화학물질의 종류에 따라 달라질 수 있다. 다음은 일반적으로 작업장 공기중의 벤젠을 분석하는데 사용되는 칼럼의 종류를 참고용으로 제시한 것이다.

- 2 m x 2 mm ID glass column packed with 15% silicone on silanized, acid washed Chromosorb W
- Capillary, fused silica: 30 m x 0.32-mm ID: 1-um film 100% PEG

(4) 바이엘: 시료탈착용으로 사용, 2 mL glass, PTFE-line crimp cap

(5) 마이크로주사기: 10 ul, 25 ul, 250 ul

시료주입, 탈착용 시료조제, 그리고 표준용액 조제 등에 필요하다.

(6) 기타: 다양한 부피의 용량플라스크, 피펫 등이 필요하다.

4. 시약

(1) 이황화탄소: 가능한 벤젠함량이 적은 크로마토그래피 분석등급의 시약

(2) 벤젠: 시약등급

(3) 가스크로마토그래피에 사용되는 가스

- 질소 또는 헬륨 가스

- 수소가스
- 여과된 공기

[주] 이황화탄소는 매우 독성이 강하고 인화성이 큰 물질(인화점: - 30 ℃)이고, 벤젠은 발암물질이다. 따라서 표준용액 및 시료전처리시 반드시 후드 안에서 작업을 수행해야 한다.

5. 시료채취

(1) 시료채취기와 펌프를 유연성튜브를 이용하여 시료채취시와 동일한 조건으로 연결한다. 작업환경 중의 벤젠 농도를 고려하여 비누거품 유량보정기 또는 동등이상의 성능을 가진 유량보정기를 사용하여 적정유량(0.01 L/분～0.2 L/분)으로 시료채취용 펌프의 유량을 보정한다.

(2) 시료채취 직전 활성탄관의 양 끝단을 절단 한 후 유연성튜브를 이용하여 활성탄과 펌프를 연결한다. 개인시료채취의 경우 펌프를 근로자에게 장착시키고 시료채취기는 근로자의 호흡영역에 부착 시킨다.

(3) 시료는 (1)에서 보정한 유량(0.01 L/분～0.2 L/분)으로 시료 채취를 실시하되 총 시료채취 유량은 작업장의 벤젠추정 농도와 '1.3 시료채취 개요-(2) 시료채취 유량, 시료채취 총량 등'에서한 파과용량 등을 고려하여 파과가 일어나지 않도록 적절히 결정한다.

(4) 시료채취가 끝난 시료채취기(활성탄관)는 플라스틱 마개(고무마개는 피한다)로 막아 실험실로 운반한다.

(5) 현장공시료(field blank)는 시료채취에 사용하지 않은 활성탄관을 이용하여 활성탄관의 양 끝단을 절단한 후 즉시 마개로 막아 두어야 하며, 현장공시료는 시료채취에 활용되지 않은 점만 제외하고는 모두 현장시료와 동일하게 취급 운반하여야 한다.

6. 분석

6.1 시료전처리

(1) 흡착튜브의 앞층과 뒷층의 활성탄을 각각 다른 바이엘에 담는다. 활성탄 관안에 들어 있던 유리섬유는 앞층의 활성탄을 넣은 바이엘 포함시키도록 한다.

(2) 각 바이엘에 1.0 mL의 이황화탄소를 넣고 즉시 마개로 막는다.

(3) 가끔 흔들어 주면서 실온에서 최소한 30분 이상 놓아둔다.

6.2 검량선 작성과 정도관리

(1) 검출한계에서 정량한계의 10배 농도범위까지 최소 5개 이상의 표준용액으로 검량선을 작성한다. 이때 표준용액의 농도 범위는 현장시료 농도범위를 포함하는 것이어야 한다.

(2) 표준용액의 조제는 적당량의 벤젠을 취해 이황화탄소에 넣어 혼합시킨 후 이를 이황화탄소로 연속적으로 희석시켜 원하는 농도 범위의 표준용액을 조제하는 희석식 표준용액 조제방법을 사용할 수 있다. 다음은 희석식 방법을 사용하여 표준용액을 조제하는 예시를 든 것으로 실제조제에 있어 농도는 분석자가 적절히 판단하여 조제토록 한다. 표준용액은 시료분석 시 만들어 사용하는 것이 가장 좋으며, 표준용액을 조제한 후 1주일 이상 경과된 것은 되도록이면 피하는 것이 좋다.

(가)희석식 방법을 이용한 표준용액 조제과정

① 벤젠 표준용액(50 mg/mL) : 벤젠 500 mg을 정확히 정량하여 10 mL 용량플라스크에 넣고 이황화탄소를 채운 후 전체 부피가 10 mL가 되도록 한 다음 잘 흔들어 준다.

② 벤젠 표준용액(5 mg/mL): ①에서 조제된 용액 1 mL를 피펫으로 정확히 취해 10 mL의 용량플라스크에 넣은 후 다시 이황화탄소 용액을 넣어 부피가 10 mL가 되게 한 다음 잘 흔들어 준다.

③ 벤젠 표준용액(500 ug/mL): ①에서 조제된 용액 1 mL를 피펫으로 정확히 취해 10 mL의 용량플라스크에 넣은 후 다시 이황화탄소 용액을 넣어 부

피가 10 mL가 되게 한 다음 잘 흔들어 준다.

④ 벤젠 표준용액(50 ug/mL): ①에서 조제된 용액 1 mL를 피펫으로 정확히 취해 10 mL의 용량플라스크에 넣은 후 다시 이황화탄소 용액을 넣어 부피가 10 mL가 되게 한 다음 잘 흔들어 준다.

⑤ 벤젠 표준용액(5 ug/mL): ①에서 조제된 용액 1 mL를 피펫으로 정확히 취해 10 mL의 용량플라스크에 넣은 후 다시 이황화탄소 용액을 넣어 부피가 10 mL가 되게 한 다음 잘 흔들어 준다.

(나) 표준용액 검증용 표준용액(standard matching solution) 조제: 희석식 표준용액조제에 있어서 가장 큰 단점은 계통오차가 발생할 가능성이 크다는 점이다. 따라서 (가)방법으로 조제된 표준용액이 정확히 만들어졌는지 이를 검증할 수 있는 표준용액을 만들어 검증하는 것이 좋다.

① 검증용 표준용액(25 mg/mL) : 벤젠 250 mg을 정확히 정량하여 10 mL 용량플라스크에 넣고 이황화탄소를 채운 후 전체 부피가 10 mL가 되도록 한 다음 잘 흔들어 준다.

② 검증용 표준용액(5 mg/mL) : 벤젠 50 mg을 정확히 정량하여 10 mL 용량플라스크에 넣고 이황화탄소를 채운 후 전체 부피가 10 mL가 되도록 한 다음 잘 흔들어 준다.

(3) 현장시료 및 공시료를 분석한다.

(4) 탈착효율 검증용 시료를 분석한다. 탈착효율 검증용 시료분석은 시료 배취(batch)당 최소한 한 번씩은 행해져야 하며, 탈착효율 검증용 시료조제는 다음과 같은 요령으로 조제하여 사용토록 한다.

(가) 3개 농도수준(저, 중, 고농도)에서 각각 3개씩의 활성탄관과 공시료용으로 사용할 활성탄관 3개를 준비한다.

(나) 미량 주사기를 이용하여 탈착효율 검증용 저장용액(stock solution)의 일정량(5 ul - 25 ul)을 취해 활성탄관의 앞층 활성탄에 직접 주입한다. 탈착효율 검증용 저장용액은 (가)에서 언급한 3개 농도수준이 포함될 수 있도록 벤젠원액 또는 이황화탄소에 희석된 벤젠용액을 말한다.

(다) 탈착효율 검증용 저장용액을 주입한 활성탄관은 마개를 즉시 막고 하룻밤 정도 실온에 놓아둔다.

(라) 탈착시켜 분석한 다음, 아래와 같이 탈착효율을 구한다.

탈착효율(DE, desorption efficiency) = 검출량/주입량

6.3 기기분석

가스크로마토그래피 제조회사가 권고조건과 다음의 기기분석 조건을 참고하여 분석기기를 벤젠분석이 용이하도록 기기를 최적화 시킨다.

(1) 분석조건

(가) 시료주입량: 1 ul

(나) 운반가스: 질소 또는 헬륨가스, 2.6 mL/분

(다) 온도조건

- 시료도입부: 250 ℃
- 검출기: 300 ℃
- 오븐: 50 ℃, 여기서 제시하는 오븐의 온도는 함께 분석되어지는 물질의 종류에 따라 달라지며, 분석자는 다른 물질과 분리가 완전히 될 수 있는 적정 온도조건을 찾아 설정하여야 한다.

(2) 벤젠에 해당하는 피크 면적 또는 높이를 측정한다.

7. 농도

다음 식에 의해 작업장 공기 중 벤젠의 농도를 계산한다.

$$C,\ ppm = \frac{(W_f^{1)} + W_b^{2)} - B_f^{3)} - B_b^{4)}) \times 24.45^{5)}}{V^{6)} \times DE^{7)} \times 78.11^{8)}}$$

1) : 시료 앞층에서 분석된 벤젠의 질량, ug

2) : 시료 뒷층에서 분석된 벤젠의 질량, ug

3) : 공시료들의 앞층에서 분석된 벤젠의 평균질량, ug

4) : 공시료들의 뒷층에서 분석된 벤젠의 평균질량, ug

[5] : 작업환경표준상태(25 ℃, 1 기압)에서 공기부피
[6] : 시료채취 총량, L
[7] : 평균 탈착효율
[8] : 벤젠의 분자량

8. 참고문헌

한국산업안전공단. Method A-1-016, 방향족탄화수소류: In KOSHA CODE A-1-2004. 인천, 한국, 2004.

HSE. MDHS 22: Benzene in air. In HSE methods for the determination of hazardous substances. Norwick, United kingdom, 1990.

ISO. ISO 9487: Workplace air-determination of vaporous hydrocarbons-charcoal tube/solvent desorption/gas chromatographic method. In international standard. Geneve, Switzerland, 1991.

NIOSH. Method 1501: Hydrocarbons, aromatic. In NIOSH Manual of analytical methods. Cincinnati, U.S.A, 2003.

OSHA. Method 1005: benzene. In OSHA analytical method manual. Salt lake city, U.S.A, 2002.

노말헥산의 작업환경측정방법 1002(2008)

1. 개요

1.1 적용범위

이 방법은 작업장 공기 중에 존재하는 노말헥산의 농도를 측정하여 산업안전보건법 제39조의 2(유해인자 허용기준의 준수)에 의한 허용기준 초과여부를 판정하는데 적합한 측정방법이다.

이 방법을 사용하여 측정 가능한 작업장 공기 중 노말헥산의 농도범위는 약 1~1000 mg/m^3 (0.3~284 ppm) 이다. 측정범위 상한값은 시료채취기구로 사용되는 흡착제의 흡착능력과 가스크로마토그래피의 칼럼 및 검출기의 성능에 따라 달라 질 수 있으며, 그 하한값은 공시료에서의 노말헥산 검출수준 및 가스크로마토그래피 검출기의 잡음수준에 따라 달라질 수 있다.

이 방법은 노말헥산에 대한 개인노출량 평가를 위한 작업환경측정방법 뿐만 아니라 지역농도 평가를 위한 작업환경측정방법에도 사용 가능하다.

1.2 물질특성

작업환경측정시 참고가 되는 노말헥산의 물리화학적 특성은 다음과 같다.

화학식	분자량	비중 (@ 20 ℃)	끓는점 (℃)	증기압 (mmHg, @ 25 ℃)
C_6H_{14}	86.18	0.659	68.7	151.3

1.3 시료채취 개요

(1) 시료채취

활성탄관(coconut shell charcoal 100 mg/50 mg, 또는 동등 이상의 흡착성능을 갖는 흡착튜브)을 사용하여 이 활성탄관 내부로 작업장 공기를 흡인시켜 통과시킴으로서 작업장 공기 중의 노말헥산을 활성탄에 흡착시키게 된다.

(2) 시료채취 유량, 시료채취 총량 등

시료채취시의 펌프유량 및 채취총량은 작업장 공기 중의 노말헥산의 농도, 그리고 사용되는 분석기기의 감도에 따라 달라질 수 있으나 다음 표의 정보를 참고하여 시료 채취시 활성탄관의 파과가 일어나지 않도록 이를 적절히 조절하여 시료채취 하여야 한다.

시료채취			파과시 농도 및 채취공기량	
유량 (L/분)	총 량(L)			
	최소	최대	채취공기량 (L)	농도 (mg/m^3)
0.01~0.20	-[1)]	4	-	-

1) 관연 연구결과가 없음.

이 방법을 사용하여 측정 가능한 검출한계(LOD, limit of detection)는 0.4 ug/시료이며, 0.01 mg~14.5 mg 범위에서 평가된 정밀도는 0.011이다.

(3) 시료운반, 시료안정성, 현장 공시료

채취된 시료는 활성탄관의 마개를 완전히 밀봉한 후 상온, 상압 상태에서 운반가능하며, 시료보관시의 시료안정성은 5 ℃에서 약 30일 정도이다. 일반적으로 추천되는 현장공시료의 개수는 채취된 총 시료 수의 약 10% 정도이다.

1.4 분석개요

(1) 분석 원리 및 기기

노말헥산이 흡착된 활성탄관의 활성탄을 바이엘에 넣고 이황화탄소 1 mL로 30분간 탈착시킨 후 불꽃이온화검출기가 장착된 가스크로마토그래피를 이용하여 정성 및 정량 분석한다.

(2) 기타

작업장 공기 중의 습도가 과도하게 높으면 활성탄관안에서 응축이 발생하게 되고 이는 노말헥산이 활성탄관에 흡착되는 것을 방해하게 된다. 따라서 시료채취시 응축이 발생한 활성탄관 시료는 작업환경측정시료로 사용치 말아야 한다. 또한 작업장 공기중에 알콜류, 케톤류, 에테르류, 그리고 할로겐탄화수소류가 존재하면 활성탄에 흡착시 노말헥산과 경쟁하게 되므로 이들 물질 역시 잠재적인 방해물질로 볼 수 있다.

가스크로마토그래피로 분석시 노말헥산의 머무름 시간과 비슷한 물질은 분석의 방해물질로 작용할 수 있다. 따라서 이러한 경우 분석기기의 분석조건이나 칼럼 등을 교체하여 이러한 방해물질로부터 영향을 제거하여야 한다.

시료채취시 노말헥산의 분석을 방해하거나 방해할 수 있다고 의심되는 물질이 작업장 공기 중에 존재한다면 관련정보를 시료분석자에게 시료전달시 제공하여야 한다.

2. 측정원리

작업장 공기중에 포함된 노말헥산을 시료채취용 펌프를 이용하여 활성탄관에 흡입 시켜 활성탄에 흡착시킨다. 활성탄에 흡착된 노말헥산은 이황화탄소를 이용하여 활성탄으로부터 탈착시켜 가스크로마토그래피를 이용하여 정성 및 정량하는 방법이다.

3. 기구 및 기기

(1) 시료채취기

활성탄관(coconut shell charcoal, 길이: 7 cm, 외경: 4 mm, 내경: 4 mm, 앞층: 100 mg, 뒷층: 50 mg, 20/40 mesh) 또는 이와 동등성능 이상의 흡착능력을 가진 흡착관으로서 용매탈착이 가능해야 한다.

(2) 시료채취용 펌프

작업자의 정상적인 작업 상황에서 작업자에게 부착 가능해야 하며, 적정유량(0.01~1 L/min)에서 8시간 동안 연속적으로 작동이 가능해야 한다.

펌프가 작동되는 동안의 유량변동 범위는 ± 5% 이내이어야 하고 전체 측정기간 동안 채취된 실제 총 공기채취량과 계산된 공기량과의 차이는 ± 10% 이내이어야 한다.

펌프는 가연성 공기조건(flammable atmosphere)에서 사용하여도 안전해야 한다. 펌프와 시료채취기를 연결하는데 필요한 유연성튜브가 필요하다.

(3) 가스크로마토그래피

불꽃이온화검출기(FID)가 장착된 가스크로마토그래피이어야 한다. 노말헥산의 분석에 사용되는 가스크로마토그래피 칼럼의 종류는 다양하다. 적절한 칼럼의 선택은 노말헥산이 채취되는 작업장 공기중에 존재하는 다른 화학물질의 종류에 따라 달라질 수 있다. 다음은 일반적으로 작업장 공기중의 노말헥산을 측정하는 데 사용되는 칼럼의 종류를 참고용으로 제시한 것이다.

- Capillary, fused silica: 30 m x 0.32 mm ID: 3 um film 100% dimethylpolysiloxane

- capillary, fused silica: 50 m x 0.22 mm ID: 0.5 - 1.0 um film 7% cyanopropyl, 96% methylsiloxane

(4) 바이엘: 시료탈착용으로 사용, 2 mL glass, PTFE-line crimp cap

(5) 마이크로주사기: 10 ul, 25 ul, 250 ul

시료주입, 탈착용 시료조제, 그리고 표준용액 조제 등에 필요하다.

(6) 기타: 다양한 부피의 용량플라스크, 피펫 등이 필요하다.

4. 시약

(1) 이황화탄소: 크로마토그래피 분석등급의 시약

(2) 노말헥산: 시약등급

(3) 가스크로마토그래피에 사용되는 가스

- 질소 또는 헬륨 가스
- 수소가스
- 여과된 공기

[주] 이황화탄소는 매우 독성이 강하고 인화성이 큰 물질(인화점: - 30 ℃)이다. 따라서 표준용액 및 시료전처리시 반드시 후드 안에서 작업을 수행해야 한다.

5. 시료채취

(1) 시료채취기와 펌프를 유연성튜브를 이용하여 시료채취시와 동일한 조건으로 연결한다. 작업환경 중의 노말헥산 농도를 고려하여 비누거품 유량보정기 또는 동등이상의 성능을 가진 유량 보정기를 사용하여 적정유량(0.01 L/분 ~0.2 L/분)으로 시료채취용 펌프의 유량을 보정한다.

(2) 시료채취 직전 활성탄관의 양 끝단을 절단 한 후 유연성튜브를 이용하여 활성탄관과 펌프를 연결한다. 개인시료채취의 경우 펌프를 근로자에게 장착시키고 시료채취기는 근로자의 호흡영역에 부착 시킨다.

(3) 시료는 (1)에서 보정한 유량(0.01 L/분 - 0.2 L /분)으로 시료 채취를 실시하되 총 시료채취 유량은 작업장의 노말헥산 추정 농도와 **'1.3 시료채취 개요-** (2) 시료채취 유량, 시료채취 총량 등'에서한 파과용량 등을 고려하여 파과가 일어나지 않도록 적절히 결정한다.

(4) 시료채취가 끝난 시료채취기(활성탄관)는 플라스틱 마개(고무마개는 피한다)로 막아 실험실로 운반한다.

(5) 현장 공시료(field blank)는 시료채취에 사용하지 않은 활성탄관을 이용하여 활성탄관의 양 끝단을 절단한 후 즉시 마개로 막아 두어야 하며, 현장공시료는 시료채취에 활용되지 않은 점만 제외하고는 모두 현장시료와 동일하

게 취급 운반하여야 한다.

6. 분석

6.1 시료전처리

(1) 흡착튜브의 앞층과 뒷층의 활성탄을 각각 다른 바이엘에 담는다. 활성탄 관안에 들어 있던 유리섬유는 앞층의 활성탄을 넣은 바이엘 포함시키도록 한다.

(2) 각 바이엘에 1.0 mL의 이황화탄소를 넣고 즉시 마개로 막는다.

(3) 가끔 흔들어 주면서 실온에서 최소한 30분 이상 놓아둔다.

6.2 검량선 작성과 정도관리

(1) 검출한계에서 정량한계의 10배 농도범위까지 최소 5개 이상의 표준용액으로 검량선을 작성한다. 이때 표준용액의 농도 범위는 현장시료 농도범위를 포함하는 것이어야 한다.

(2) 표준용액의 조제는 적당량의 노말헥산을 취해 이황화탄소에 넣어 혼합시킨 후 이를 이황화탄소로 연속적으로 희석시켜 원하는 농도 범위의 표준용액을 조제하는 희석식 표준용액 조제방법을 사용할 수 있다. 다음은 희석식 방법을 사용하여 표준용액을 조제하는 예시를 든 것으로 실제조제에 있어 농도는 분석자가 적절히 판단하여 조제토록 한다. 표준용액은 시료분석 시 만들어 사용하는 것이 가장 좋으며, 표준용액을 조제한 후 1주일 이상 경과된 것은 되도록이면 피하는 것이 좋다.

(가)희석식 방법을 이용한 표준용액 조제과정

① 노말헥산 표준용액(500 mg/mL) : 노말헥산 5000 mg을 정확히 정량하여 10 mL 용량플라스크에 넣고 이황화탄소를 채운 후 전체 부피가 10 mL가 되도록 한 다음 잘 흔들어 준다.

② 노말헥산 표준용액(50 mg/mL): ①에서 조제된 용액 1 mL를 피펫으로 정확히 취해 10 mL의 용량플라스크에 넣은 후 다시 이황화탄소 용액을 넣어

부피가 10 mL가 되게 한 다음 잘 흔들어 준다.

③ 노말헥산 표준용액(5 mg/mL): ①에서 조제된 용액 1 mL를 피펫으로 정확히 취해 10 mL의 용량플라스크에 넣은 후 다시 이황화탄소 용액을 넣어 부피가 10 mL가 되게 한 다음 잘 흔들어 준다.

④ 노말헥산 표준용액(500 ug/mL): ①에서 조제된 용액 1 mL를 피펫으로 정확히 취해 10 mL의 용량플라스크에 넣은 후 다시 이황화탄소 용액을 넣어 부피가 10 mL가 되게 한 다음 잘 흔들어 준다.

⑤ 노말헥산 표준용액(50 ug/mL): ①에서 조제된 용액 1 mL를 피펫으로 정확히 취해 10 mL의 용량플라스크에 넣은 후 다시 이황화탄소 용액을 넣어 부피가 10 mL가 되게 한 다음 잘 흔들어 준다.

(나) 표준용액 검증용 표준용액(standard matching solution) 조제: 희석식 표준용액조제에 있어서 가장 큰 단점은 계통오차가 발생할 가능성이 크다는 점이다. 따라서 (가)방법으로 조제된 표준용액이 정확히 만들어졌는지 이를 검증할 수 있는 표준용액을 만들어 검증하는 것이 좋다.

① 검증용 표준용액(25 mg/mL) : 노말헥산 250 mg을 정확히 정량하여 10 mL 용량플라스크에 넣고 이황화탄소를 채운 후 전체 부피가 10 mL가 되도록 한 다음 잘 흔들어 준다.

② 검증용 표준용액(5 mg/mL) : 노말헥산 50 mg을 정확히 정량하여 10 mL 용량플라스크에 넣고 이황화탄소를 채운 후 전체 부피가 10 mL가 되도록 한 다음 잘 흔들어 준다.

(3) 현장시료 및 공시료를 분석한다.

(4) 탈착효율 검증용 시료를 분석한다. 탈착효율 검증용 시료분석은 시료 배취(batch)당 최소한 한 번씩은 행해져야 하며, 탈착효율 검증용 시료조제는 다음과 같은 요령으로 조제하여 사용토록 한다.

(가) 3개 농도수준(저, 중, 고농도)에서 각각 3개씩의 활성탄관과 공시료용으로 사용할 활성탄관 3개를 준비한다.

(나) 미량 주사기를 이용하여 탈착효율 검증용 저장용액(stock solution)의

일정량(5 ul~25 ul)을 취해 활성탄관의 앞층 활성탄에 직접 주입한다. 탈착효율 검증용 저장용액은 (가)에서 언급한 3개 농도수준이 포함될 수 있도록 노말헥산 원액 또는 이황화탄소에 희석된 노말헥산을 용액을 말한다.

(다) 탈착효율 검증용 저장용액을 주입한 활성탄관은 마개를 즉시 막고 하룻밤 정도 실온에 놓아둔다.

(라) 탈착시켜 분석한 다음, 아래와 같이 탈착효율을 구한다.

탈착효율(DE, desorption efficiency) = 검출량/주입량

6.3 기기분석

가스크로마토그래피 제조회사가 권고조건과 다음의 기기분석 조건을 참고하여 분석기기를 노말헥산 분석이 용이하도록 기기를 최적화 시킨다.

(1) 분석조건

(가) 시료주입량: 1 ul

(나) 운반가스: 질소 또는 헬륨가스, 2.6 mL/분

(다) 온도조건

- 시료도입부: 250 ℃
- 검출기: 300 ℃
- 오븐: 35 ℃(8분), 7.5 ℃/분, 230 ℃(1분), 여기서 제시하는 오븐의 온도는 함께 분석되어지는 물질의 종류에 따라 달라지며, 분석자는 다른 물질과 분리가 완전히 될 수 있는 적정 온도조건을 찾아 설정하여야 한다.

(2) 노말헥산에 해당하는 피크 면적 또는 높이를 측정한다.

7. 농도

다음 식에 의해 작업장 공기 중 노말헥산의 농도를 계산한다.

$$C,\ ppm = \frac{(W_f^{1)} + W_b^{2)} - B_f^{3)} - B_b^{4)}) \times 24.45^{5)}}{V^{6)} \times DE^{7)} \times 86.18^{8)}}$$

1) : 시료 앞층에서 분석된 노말헥산의 질량, ug
2) : 시료 뒷층에서 분석된 노말헥산의 질량, ug
3) : 공시료들의 앞층에서 분석된 노말헥산의 평균질량, ug
4) : 공시료들의 뒷층에서 분석된 노말헥산의 평균질량, ug
5) : 작업환경표준상태(25 ℃, 1 기압)에서 공기부피
6) : 시료채취 총량, L
7) : 평균 탈착효율
8) : 노말헥산의 분자량

8. 참고문헌

한국산업안전공단. Method A-1-003, 방향족탄화수소류 Ⅱ, 36 - 126 ℃ BP: In KOSHA CODE A-1-2004. 인천, 한국, 2004.

HSE. MDHS 96: Volotile organic compounds in air. In HSE methods for the determination of hazardous substances. Norwick, United kingdom, 2000.

NIOSH. Method 1500: Hydrocarbons, BP 36 ℃ - 216 ℃. In NIOSH Manual of analytical methods. Cincinnati, U.S.A, 2003.

OSHA. Method 07: Organic vapors. In OSHA analytical method manual. Salt lake city, U.S.A, 2000.

디메틸포름아미드의 작업환경측정방법 1003(2008)

1. 개요

1.1 적용범위

이 방법은 작업장 공기 중에 존재하는 디메틸포름아미드의 농도를 측정하여 산업안전보건법 제39조의 2(유해인자 허용기준의 준수)에 의한 허용기준 초과 여부를 판정하는데 적합한 측정방법이다.

이 방법을 사용하여 측정 가능한 작업장 공기 중 디메틸포름아미드의 농도범위는 약 10~80 mg/m^3 (3.3~27 ppm) 이다. 측정범위 상한값은 시료채취기구로 사용되는 흡착제의 흡착능력과 가스크로마토그래피의 칼럼 및 검출기의 성능에 따라 달라 질 수 있으며, 그 하한값은 공시료에서의 디메틸포름아미드 검출수준 및 가스크로마토그래피 검출기의 잡음수준에 따라 달라질 수 있다.

이 방법은 디메틸포름아미드에 대한 개인노출량 평가를 위한 작업환경측정방법 뿐만 아니라 지역농도 평가를 위한 작업환경측정방법에도 사용 가능하다.

1.2 물질특성

작업환경측정시 참고가 되는 디메틸포름아미드의 물리화학적 특성은 다음과 같다.

화학식	분자량	비중 (@ 20 ℃)	끓는점 (℃)	증기압 (mmHg, @ 25 ℃)
$NHCO(CH_3)_2$	73.10	0.949	153	3.7

1.3 시료채취 개요

(1) 시료채취

실리카겔관(silica gel 150 mg/75 mg, 또는 동등 이상의 흡착성능을 갖는 흡착튜브)을 사용하여 이 실리카겔관 내부로 작업장 공기를 흡인시켜 통과시킴으로서 작업장 공기 중의 디메틸포름아미드를 실리카에 흡착시키게 된다.

(2) 시료채취 유량, 시료채취 총량 등

시료채취시의 펌프유량 및 채취총량은 작업장 공기 중의 디메틸포름아미드의 농도, 그리고 사용되는 분석기기의 감도에 따라 달라질 수 있으나 다음 표의 정보를 참고하여 시료 채취시 실리카겔관의 파과가 일어나지 않도록 이를 적절히 조절하여 시료채취 하여야 한다.

시료채취			파과시 농도 및 채취공기량[1)]	
유량 (L/분)	총 량(L)			
	최소	최대	채취공기량 (L)	농도 (mg/m^3)
0.01~1	15	80	159	46.22

[1)] OSHA의 평가결과로 여기서 파과기준은 5%임.

이 방법을 사용하여 측정 가능한 검출한계(LOD, limit of detection)는 50 ug/시료이며, 11 mg/m^3~161 mg/m^3 범위에서 평가된 정밀도는 0.056이다.

(3) 시료운반, 시료안정성, 현장공시료

채취된 시료는 실리카겔관의 마개를 완전히 밀봉한 후 상온, 상압 상태에서 운반가능하며, 시료보관시의 시료안정성은 25 ℃에서 최소한 5일 정도이다. 일반적으로 추천되는 현장공시료의 개수는 채취된 시료세트 당 2~10개 정도이다.

1.4 분석개요

(1) 분석 원리 및 기기

디메틸포름아미드가 흡착된 실리카겔관의 실리카겔을 바이엘에 넣고 메탄올 1 mL로 1시간동안 초음파처리로 탈착시킨 후 불꽃이온화검출기가 장착된 가스크로마토그래피를 이용하여 정성 및 정량 분석한다.

(2) 기타

흡착제로 사용되는 실리카겔은 흡습성이 높은 물질이다. 따라서 작업장 공기중의 습도가 과도하게 높으면 디메틸포름아미드의 흡착을 방해 할 수 있다.
가스크로마토그래피로 분석시 디메틸포름아미드의 머무름 시간과 비슷한 물질은 분석의 방해물질로 작용할 수 있다. 따라서 이러한 경우 분석기기의 분석조건이나 칼럼 등을 교체하여 이러한 방해물질로부터 영향을 제거하여야 한다.
시료채취시 디메틸포름아미드의 분석을 방해하거나 방해할 수 있다고 의심되는 물질이 작업장 공기 중에 존재한다면 관련정보를 시료분석자에게 시료전달시 제공하여야 한다.

2. 측정원리

작업장 공기중에 포함된 디메틸포름아미드를 시료채취용 펌프를 이용하여 실리카겔관에 흡입시켜 실리카겔에 흡착시킨다. 흡착된 디메틸포름아미드는 메탄올을 이용하여 실리카겔로부터 탈착시켜 가스크로마토그래피를 이용하여 정성 및 정량하는 방법이다.

3. 기구 및 기기

(1) 시료채취기

실리카겔관(길이: 7 cm, 외경: 6 mm, 내경: 4 mm, 앞층: 150 mg, 뒷층: 75 mg, 20/40 mesh) 또는 이와 동등성능 이상의 흡착능력을 가진 실리카겔관으로서 용매탈착이 가능해야 한다.

(2) 시료채취용 펌프

작업자의 정상적인 작업 상황에서 작업자에게 부착 가능해야 하며, 적정유량(0.01～1 L/min)에서 8시간 동안 연속적으로 작동이 가능해야 한다.

펌프가 작동되는 동안의 유량변동 범위는 ± 5% 이내이어야 하고 전체 측정기간 동안 채취된 실제 총 공기채취량과 계산된 공기량과의 차이는 ± 10% 이내이어야 한다.

펌프는 가연성 공기조건(flammable atmosphere)에서 사용하여도 안전해야 한다. 펌프와 시료채취기를 연결하는데 필요한 유연성튜브가 필요하다.

(3) 가스크로마토그래피

불꽃이온화검출기(FID)가 장착된 가스크로마토그래피이어야 한다. 디메틸포름아미드의 분석에 사용되는 가스크로마토그래피 칼럼의 종류는 다양하다. 적절한 칼럼의 선택은 디메틸포름아미드가 채취되는 작업장 공기중에 존재하는 다른 화학물질의 종류에 따라 달라질 수 있다. 다음은 일반적으로 작업장 공기중의 디메틸포름아미드를 측정하는데 사용되는 칼럼의 종류를 참고용으로 제시한 것이다.

- 1.5 m x 6 mm OD glass: 10% UCON 50-HB-5100, 2% KOH on 100/120 mesh Chromosorb WHP
- 60/80 mesh Chromosorb P coated with 20% UCON LB 550X and 2% KOH
- 100/120 mesh Chromosorb WHP with 10% Carbowax 20M and 2% KOH
- 100/120 mesh Chromosorb WHP with 10% SP-2250
- 1.8 m x 2 mm ID glass: 80/100 mesh Chromosorb 101
- capillary, 30 m x 0.32 mm ID: 0.5 um film DB WAX

(4) 바이엘: 시료탈착용으로 사용, 2 mL glass, PTFE-line crimp cap

(5) 마이크로주사기: 10 ul, 25 ul, 250 ul

(6) 초음파수욕조

(7) 기타: 다양한 부피의 용량플라스크, 피펫 등이 필요하다.

4. 시약

(1) 메탄올: 시약등급

(2) 디메틸포름아미드: 시약등급

(3) 아세톤: 시약등급

(4) 디메틸포름아미드 탈착효율 검증용 저장용액(0.05 mg/mL): 아세톤을 용매로 하여 조제하며, 검증용 저장용액은 필요시 당일 조제하여 사용토록 해야 한다.

(5) 가스크로마토그래피에 사용되는 가스

- 질소 또는 헬륨 가스
- 수소가스
- 여과된 공기

[주] 아세톤과 메탄올은 인화성이 큰 물질이며, 디메틸포름아미드는 피부 및 조직에 강한 자극성을 가진 물질이다.

5. 시료채취

(1) 시료채취기와 펌프를 유연성튜브를 이용하여 시료채취시와 동일한 조건으로 연결한다. 작업환경 중의 디메틸포름아미드 농도를 고려하여 비누거품 유량보정기 또는 동등이상의 성능을 가진 유량보정기를 사용하여 적정유량(0.01 L/분~1 L/분)으로 시료채취용 펌프의 유량을 보정한다.

(2) 시료채취 직전 실리카겔관의 양 끝단을 절단 한 후 유연성튜브를 이용하여 실리카겔관과 펌프를 연결한다. 개인시료채취 경우 펌프를 근로자에게 장착시키고 시료채취기는 근로자의 호흡영역에 부착 시킨다.

(3) 시료는 (1)에서 보정한 유량(0.01 L/분~ L/분)으로 시료 채취를 실시하되 총 시료채취 유량은 약 15 L~80 L 정도로 하되, 작업장의 디메틸포름아미드 추정농도와 '**1.3 시료채취 개요-** (2) 시료채취 유량, 시료채취 총량 등'

에서한 파과용량 등을 고려하여 파과가 일어나지 않도록 적절히 결정한다.

(4) 시료채취가 끝난 시료채취기(실리카겔관)는 플라스틱 마개(고무마개는 피한다)로 막아 실험실로 운반한다.

(5) 현장 공시료(field blank)는 시료채취에 사용하지 않은 실리카겔관을 이용하여 실리카겔관의 양 끝단을 절단한 후 즉시 마개로 막아 두어야 하며, 현장 공시료는 시료채취에 활용되지 않은 점만 제외하고는 모두 현장시료와 동일하게 취급 운반하여야 한다.

6. 분석

6.1 시료전처리

(1) 흡착튜브의 앞층과 뒷층의 실리카겔을 각각 다른 바이엘에 담는다. 이때 실리카겔관에 들어있던 유리섬유와 고무마개는 버린다.

(2) 각 바이엘에 1.0 mL의 메탄올을 넣고 즉시 마개로 막는다.

(3) 초음파수욕조에 넣고 1시간 정도 초음파 처리를 한다.

6.2 검량선 작성과 정도관리

(1) 검출한계에서 정량한계의 10배 농도범위까지 최소 5개 이상의 표준용액으로 검량선을 작성한다. 이때 표준용액의 농도 범위는 현장시료 농도범위를 포함하는 것이어야 한다.

(2) 표준용액의 조제는 적당량의 디메틸포름아미드를 취해 메탄올에 넣어 혼합시킨 후 이를 메탄올로 연속적으로 희석시켜 원하는 농도 범위의 표준용액을 조제하는 희석식 표준용액 조제방법을 사용할 수 있다. 다음은 희석식 방법을 사용하여 표준용액을 조제하는 예시를 든 것으로 실제 조제에 있어 농도는 분석자가 적절히 판단하여 조제토록 한다. 표준용액은 시료분석 시 만들어 사용하는 것이 가장 좋으며, 표준용액을 조제한 후 1주일 이상 경과된 것은 되도록이면 피하는 것이 좋다.

(가)희석식 방법을 이용한 표준용액 조제과정

① 디메틸포름아미드 표준용액(500 mg/mL) : 디메틸포름아미드 5000 mg을 정확히 정량하여 10 mL 용량플라스크에 넣고 메탄올을 채운 후 전체 부피가 10 mL가 되도록 한 다음 잘 흔들어 준다.

② 디메틸포름아미드 표준용액(50 mg/mL): ①에서 조제된 용액 1 mL를 피펫으로 정확히 취해 10 mL의 용량플라스크에 넣은 후 다시 메탄올을 용액을 넣어 부피가 10 mL가 되게 한 다음 잘 흔들어 준다.

③ 디메틸포름아미드 표준용액(5 mg/mL): ①에서 조제된 용액 1 mL를 피펫으로 정확히 취해 10 mL의 용량플라스크에 넣은 후 다시 메탄올을 용액을 넣어 부피가 10 mL가 되게 한 다음 잘 흔들어 준다.

④ 디메틸포름아미드 표준용액(500 ug/mL): ①에서 조제된 용액 1 mL를 피펫으로 정확히 취해 10 mL의 용량플라스크에 넣은 후 다시 메탄올을 용액을 넣어 부피가 10 mL가 되게 한 다음 잘 흔들어 준다.

⑤ 디메틸포름아미드 표준용액(50 ug/mL): ①에서 조제된 용액 1 mL를 피펫으로 정확히 취해 10 mL의 용량플라스크에 넣은 후 다시 메탄올을 용액을 넣어 부피가 10 mL가 되게 한 다음 잘 흔들어 준다.

(나) 표준용액 검증용 표준용액(standard matching solution) 조제: 희석식 표준용액 조제에 있어서 가장 큰 단점은 계통오차가 발생할 가능성이 크다는 점이다. 따라서 (가)방법으로 조제된 표준용액이 정확히 만들어졌는지 이를 검증할 수 있는 표준용액을 만들어 검증하는 것이 좋다.

① 검증용 표준용액(25 mg/mL) : 디메틸포름아미드 250 mg을 정확히 정량하여 10 mL 용량플라스크에 넣고 메탄올을 채운 후 전체 부피가 10 mL가 되도록 한 다음 잘 흔들어 준다.

② 검증용 표준용액(5 mg/mL) : 디메틸포름아미드 50 mg을 정확히 정량하여 10 mL 용량플라스크에 넣고 메탄올을 채운 후 전체 부피가 10 mL가 되도록 한 다음 잘 흔들어 준다.

(3) 현장시료 및 공시료를 분석한다.

(4) 탈착효율 검증용 시료를 분석한다. 탈착효율 검증용 시료분석은 시료 배

취(batch)당 최소한 한 번씩은 행해져야 하며, 탈착효율 검증용 시료조제는 다음과 같은 요령으로 조제하여 사용토록 한다.

(가) 3개 농도수준(저, 중, 고농도)에서 각각 3개씩의 실리카겔관과 공시료용으로 사용할 실리카겔관 3개를 준비한다.

(나) 미량 주사기를 이용하여 탈착효율 검증용 저장용액(stock solution)의 일정량(5 ul~25 ul)을 취해 실리카겔관의 앞층 실리카에 직접 주입한다. 탈착효율 검증용 저장용액은 (가)에서 언급한 3개 농도수준이 포함될 수 있도록 디메틸포름아미드 원액 또는 아세톤에 희석된 용액을 말한다.

(다) 탈착효율 검증용 저장용액을 주입한 실리카겔관은 마개를 즉시 막고 하룻밤 정도 실온에 놓아둔다.

(라) 탈착시켜 분석한 다음, 아래와 같이 탈착효율을 구한다.

탈착효율(DE, desorption efficiency) = 검출량/주입량

6.3 기기분석

가스크로마토그래피 제조회사가 권고조건과 다음의 기기분석 조건을 참고하여 분석기기를 디메틸포름아미드 분석이 용이하도록 기기를 최적화 시킨다.

(1) 분석조건

(가) 시료주입량: 5 ul

(나) 운반가스: 질소 또는 헬륨가스, 50 mL/분

(다) 온도조건

- 시료도입부: 240 ℃
- 검출기: 320 ℃
- 오븐: 140 ℃(8분)

(2) 디메틸포름아미드에 해당하는 피크 면적 또는 높이를 측정한다.

7. 농도

다음 식에 의해 작업장 공기 중 디메틸포름아미드의 농도를 계산한다.

$$C,\ ppm = \frac{(W_f^{1)} + W_b^{2)} - B_f^{3)} - B_b^{4)}) \times 24.45^{5)}}{V^{6)} \times DE^{7)} \times 73.10^{8)}}$$

1) : 시료 앞층에서 분석된 디메틸포름아미드의 질량, ug
2) : 시료 뒷층에서 분석된 디메틸포름아미드의 질량, ug
3) : 공시료들의 앞층에서 분석된 디메틸포름아미드의 평균질량, ug
4) : 공시료들의 뒷층에서 분석된 디메틸포름아미드의 평균질량, ug
5) : 작업환경표준상태(25 ℃, 1 기압)에서 공기부피
6) : 시료채취 총량, L
7) : 평균 탈착효율
8) : 디메틸포름아미드의 분자량

8. 참고문헌

한국산업안전공단. Method A-1-006, 디메틸포름아미드, 디메틸아세트아미드: In KOSHA CODE A-1-2004. 인천, 한국, 2004.

HSE. MDHS 88: Volotile organic compounds in air. In HSE methods for the determination of hazardous substances. Norwick, United kingdom, 1997.

NIOSH. Method 2004: Dimethylformamide. In NIOSH Manual of analytical methods. Cincinnati, U.S.A, 2004.

OSHA. Method 66: N.N-Dimethylformamide. In OSHA analytical method manual. Salt lake city, U.S.A, 1987.

2-브로모프로판의 작업환경측정방법 1004(2008)

1. 개요

1.1 적용범위

이 방법은 작업장 공기 중에 존재하는 2-브로모프로판의 농도를 측정하여 산업안전보건법 제39조의 2(유해인자 허용기준의 준수)에 의한 허용기준 초과여부를 판정하는데 적합한 측정방법이다.

이 방법을 사용하여 측정 가능한 작업장 공기 중의 2-브로모프로판의 농도범위는 약 0.020 mg/m^3(0.004 ppm) 이상이다. 이 값은 총 시료채취량, 공시료에서의 2-브로모프로판 검출수준 및 가스크로마토그래피 검출기의 잡음수준에 따라 달라질 수 있다.

이 방법은 2-브로모프로판에 대한 개인노출량 평가를 위한 작업환경측정방법뿐만 아니라 지역농도 평가를 위한 작업환경측정방법에도 사용 가능하다.

1.2 물질특성

작업환경측정시 참고가 되는 2-브로모프로판의 물리화학적 특성은 다음과 같다.

화학식	분자량	비중 (@ 20 ℃)	끓는점 (℃)	증기압 (mmHg, @ 25 ℃)
$(CH_3)_2CHBr$	123.00	1.310	59.0	236.3

1.3 시료채취 개요

(1) 시료채취

활성탄관(coconut shell charcoal 100 mg/50 mg, 또는 동등 이상의 흡착성능

을 갖는 흡착튜브)을 사용하여 이 활성탄관 내부로 작업장 공기를 흡인시켜 통과시킴으로서 작업장 공기 중의 2-브로모프로판 활성탄에 흡착시키게 된다.

(2) 시료채취 유량, 시료채취 총량 등

시료채취시의 펌프유량 및 채취총량은 작업장 공기 중의 2-브로모프로판의 농도, 그리고 사용되는 분석기기의 감도에 따라 달라질 수 있으나 다음 표의 정보를 참고하여 시료 채취시 활성탄관의 파과가 일어나지 않도록 이를 적절히 조절하여 시료채취 하여야 한다.

시료채취			파과시 농도 및 채취공기량	
유량 (L/분)	총 량(L)			
	최소	최대	채취공기량 (L)	농도 (mg/m^3)
0.01~0.20	0.1	12	-[1)]	-

1) 연구된 결과가 없음.

이 방법을 사용하여 측정 가능한 검출한계(LOD, limit of detection)는 1.0 ug/시료, 0.0045 mg/시료~0.3930 mg/시료 범위에서 평가된 정밀도는 0.022, 30.17 ug/시료~603.2 ug/시료 범위에서 평가된 평균탈착효율은 97.7%이다.

(3) 시료운반, 시료안정성, 현장 공시료

채취된 시료는 활성탄관의 마개를 완전히 밀봉한 후 상온, 상압 상태에서 운반가능하며, 시료보관시의 시료안정성은 5 ℃에서 약 30일 정도이다. 일반적으로 추천되는 현장공시료의 개수는 채취된 총 시료 수의 약 10% 정도이다.

1.4 분석개요

(1) 분석 원리 및 기기

2-브로모프로판이 흡착된 활성탄관의 활성탄을 바이엘에 넣고 이황화탄소 1 mL로 30분간 탈착시킨 후 불꽃이온화검출기가 장착된 가스크로마토그래피를 이용하여 정성 및 정량 분석한다.

(2) 기타

작업장 공기 중의 습도가 과도하게 높으면 활성탄관안에서 응축이 발생하게 되고 이는 2-브로모프로판이 활성탄관에 흡착되는 것을 방해하게 된다. 따라서 시료채취시 응축이 발생한 활성탄관 시료는 작업환경측정시료로 사용치 말아야 한다.

가스크로마토그래피로 분석시 2-브로모프로판의 머무름 시간과 비슷한 물질은 2-브로모프로판 분석의 방해물질로 작용할 수 있다. 따라서 이러한 경우 분석기기의 분석조건이나 칼럼 등을 교체하여 이러한 방해물질로부터 영향을 제거하여야 한다.

시료채취시 2-브로모프로판의 분석을 방해하거나 방해할 수 있다고 의심되는 물질이 작업장 공기 중에 존재한다면 관련정보를 시료분석자에게 시료전달시 제공하여야 한다.

2. 측정원리

작업장 공기중에 포함된 2-브로모프로판을 시료채취용 펌프를 이용하여 활성탄관에 흡입시켜 활성탄에 흡착시킨다. 활성탄에 흡착된 2-브로모프로판은 이황화탄소를 이용하여 활성탄으로부터 탈착시켜 가스크로마토그래피를 이용하여 정성 및 정량하는 방법이다.

3. 기구 및 기기

(1) 시료채취기

활성탄관(coconut shell charcoal, 길이: 7 cm, 외경: 6 mm, 내경: 4 mm, 앞

층: 100 mg, 뒷층: 50 mg, 또는 앞층: 150 mg, 뒷층: 75 mg) 또는 이와 동등 성능 이상의 흡착능력을 가진 흡착관으로서 용매탈착이 가능해야 한다.

(2) 시료채취용 펌프

작업자의 정상적인 작업 상황에서 작업자에게 부착 가능해야 하며, 적정유량(0.01～1 L/min)에서 8시간 동안 연속적으로 작동이 가능해야 한다.

펌프가 작동되는 동안의 유량변동 범위는 ± 5% 이내이어야 하고 전체 측정기간 동안 채취된 실제 총 공기채취량과 계산된 공기량과의 차이는 ± 10% 이내이어야 한다.

펌프는 가연성 공기조건(flammable atmosphere)에서 사용하여도 안전해야 한다. 펌프와 시료채취기를 연결하는데 필요한 유연성튜브가 필요하다.

(3) 가스크로마토그래피

불꽃이온화검출기(FID)가 장착된 가스크로마토그래피이어야 한다. 2-브로모프로판의 분석에 사용되는 가스크로마토그래피의 칼럼의 종류는 다양하다. 적절한 칼럼의 선택은 2-브로모프로판이 채취되는 작업장 공기중에 존재하는 다른 화학물질의 종류에 따라 달라질 수 있다. 다음은 일반적으로 작업장 공기중의 2-브로모프로판을 분석하는데 사용되는 칼럼의 종류를 참고용으로 제시한 것이다.

- Capillary, fused silica: 30 m x 0.32-mm ID: 1.8-um film phenyl/methyl polysiloxane, RTx-502.2

(4) 바이엘: 시료탈착용으로 사용, 2 mL glass, PTFE-line crimp cap

(5) 마이크로주사기: 10 ul, 25 ul, 250 ul

시료주입, 탈착용 시료조제, 그리고 표준용액 조제 등에 필요하다.

(6) 기타: 다양한 부피의 용량플라스크, 피펫 등이 필요하다.

4. 시약

(1) 이황화탄소: 가스크로마토그래피 분석등급의 시약

(2) 2-브로모프로판: 가스크로마토그래피 분석등급의 시약

(3) 가스크로마토그래피에 사용되는 가스

- 질소 또는 헬륨 가스
- 수소가스
- 여과된 공기

[주] 이황화탄소는 매우 독성이 강하고 인화성이 큰 물질(인화점: - 30 ℃) 이다. 따라서 표준용액 및 시료전처리시 반드시 후드 안에서 작업을 수행해야 한다.

5. 시료채취

(1) 시료채취기와 펌프를 유연성튜브를 이용하여 시료채취시와 동일한 조건으로 연결한다. 작업환경 중의 2-브로모프로판 농도를 고려하여 비누거품 유량보정기 또는 동등이상의 성능을 가진 유량보정기를 사용하여 적정유량(0.01 L/분~0.2 L/분)으로 시료채취용 펌프의 유량을 보정한다.

(2) 시료채취 직전 활성탄관의 양 끝단을 절단 한 후 유연성튜브를 이용하여 활성탄과 펌프를 연결한다. 개인시료채취의 경우 펌프를 근로자에게 장착시키고 시료채취기는 근로자의 호흡영역에 부착 시킨다.

(3) 시료는 (1)에서 보정한 유량(0.01 L/분~0.2 L/분)으로 시료 채취를 실시하되 총 시료채취 유량은 작업장의 2-브로모프로판 추정농도와 **'1.3 시료채취 개요-** (2) 시료채취 유량, 시료채취 총량 등'에서한 파과용량 등을 고려하여 파과가 일어나지 않도록 적절히 결정한다.

(4) 시료채취가 끝난 시료채취기(활성탄관)는 플라스틱 마개(고무마개는 피한다)로 막아 실험실로 운반한다.

(5) 현장공시료(field blank)는 시료채취에 사용하지 않은 활성탄관을 이용하여 활성탄관의 양 끝단을 절단한 후 즉시 마개로 막아 두어야 하며, 현장공시료는 시료채취에 활용되지 않은 점만 제외하고는 모두 현장시료와 동일하게 취급 운반하여야 한다.

6. 분석

6.1 시료전처리

(1) 흡착튜브의 앞층과 뒷층의 활성탄을 각각 다른 바이엘에 담는다. 활성탄관안에 들어 있던 유리섬유는 앞층의 활성탄을 넣은 바이엘 포함시키도록 한다.

(2) 각 바이엘에 1.0 mL의 이황화탄소를 넣고 즉시 마개로 막는다.

(3) 가끔 흔들어 주면서 실온에서 최소한 30분 이상 놓아둔다.

6.2 검량선 작성과 정도관리

(1) 검출한계에서 정량한계의 10배 농도범위까지 최소 5개 이상의 표준용액으로 검량선을 작성한다. 이때 표준용액의 농도 범위는 현장시료 농도범위를 포함하는 것이어야 한다.

(2) 표준용액의 조제는 적당량의 2-브로모프로판을 취해 이황화탄소에 넣어 혼합시킨 후 이를 이황화탄소로 연속적으로 희석시켜 원하는 농도 범위의 표준용액을 조제하는 희석식 표준용액 조제방법을 사용할 수 있다. 다음은 희석식 방법을 사용하여 표준용액을 조제하는 예시를 든 것으로 실제조제에 있어 농도는 분석자가 적절히 판단하여 조제토록 한다. 표준용액은 시료분석 시 만들어 사용하는 것이 가장 좋으며, 표준용액을 조제한 후 1주일 이상 경과된 것은 되도록이면 피하는 것이 좋다.

(가)희석식 방법을 이용한 표준용액 조제과정

① 2-브로모프로판 표준용액(500 mg/mL) : 2-브로모프로판 5000 mg을 정확히 정량하여 10 mL 용량플라스크에 넣고 이황화탄소를 채운 후 전체 부피가 10 mL가 되도록 한 다음 잘 흔들어 준다.

② 2-브로모프로판 표준용액(50 mg/mL): ①에서 조제된 용액 1 mL를 피펫으로 정확히 취해 10 mL의 용량플라스크에 넣은 후 다시 이황화탄소 용액을 넣어 부피가 10 mL가 되게 한 다음 잘 흔들어 준다.

③ 2-브로모프로판 표준용액(5 mg/mL): ①에서 조제된 용액 1 mL를 피펫으로 정확히 취해 10 mL의 용량플라스크에 넣은 후 다시 이황화탄소 용액

을 넣어 부피가 10 mL가 되게 한 다음 잘 흔들어 준다.

④ 2-브로모프로판 표준용액(500 ug/mL): ①에서 조제된 용액 1 mL를 피펫으로 정확히 취해 10 mL의 용량플라스크에 넣은 후 다시 이황화탄소 용액을 넣어 부피가 10 mL가 되게 한 다음 잘 흔들어 준다.

⑤ 2-브로모프로판 표준용액(50 ug/mL): ①에서 조제된 용액 1 mL를 피펫으로 정확히 취해 10 mL의 용량플라스크에 넣은 후 다시 이황화탄소 용액을 넣어 부피가 10 mL가 되게 한 다음 잘 흔들어 준다.

(나) 표준용액 검증용 표준용액(standard matching solution) 조제: 희석식 표준용액 조제에 있어서 가장 큰 단점은 계통오차가 발생할 가능성이 크다는 점이다. 따라서 (가)방법으로 조제된 표준용액이 정확히 만들어졌는지 이를 검증할 수 있는 표준용액을 만들어 검증하는 것이 좋다.

① 검증용 표준용액(25 mg/mL) : 2-브로모프로판 250 mg을 정확히 정량하여 10 mL 용량플라스크에 넣고 이황화탄소를 채운 후 전체 부피가 10 mL가 되도록 한 다음 잘 흔들어 준다.

② 검증용 표준용액(5 mg/mL) : 2-브로모프로판 50 mg을 정확히 정량하여 10 mL 용량플라스크에 넣고 이황화탄소를 채운 후 전체 부피가 10 mL가 되도록 한 다음 잘 흔들어 준다.

(3) 현장시료 및 공시료를 분석한다.

(4) 탈착효율 검증용 시료를 분석한다. 탈착효율 검증용 시료분석은 시료 배취(batch)당 최소한 한 번씩은 행해져야 하며, 탈착효율 검증용 시료조제는 다음과 같은 요령으로 조제하여 사용토록 한다.

(가) 3개 농도수준(저, 중, 고농도)에서 각각 3개씩의 활성탄관과 공시료용으로 사용할 활성탄관 3개를 준비한다.

(나) 미량 주사기를 이용하여 탈착효율 검증용 저장용액(stock solution)의 일정량(5 ul~25 ul)을 취해 활성탄관의 앞층 활성탄에 직접 주입한다. 탈착효율 검증용 저장용액은 (가)에서 언급한 3개 농도수준이 포함될 수 있도록 2-브로모프로판 원액 또는 이황화탄소에 희석된 2-브로모프로판 용액을 말한다.

(다) 탈착효율 검증용 저장용액을 주입한 활성탄관은 마개를 즉시 막고 하룻밤 정도 실온에 놓아둔다.

(라) 탈착시켜 분석한 다음, 아래와 같이 탈착효율을 구한다.

탈착효율(DE, desorption efficiency) = 검출량/주입량

6.3 기기분석

가스크로마토그래피 제조회사가 권고조건과 다음의 기기분석 조건을 참고하여 분석기기를 2-브로모프로판 분석이 용이하도록 기기를 최적화 시킨다.

(1) 분석조건

(가) 시료주입량: 1 ul

(나) 운반가스: 질소 또는 헬륨가스, 2.6 mL/분

(다) 온도조건

- 시료도입부: 200 ℃
- 검출기: 250 ℃
- 오븐: 35 ℃(3분)~150 ℃ (8 ℃/분), 여기서 제시하는 오븐의 온도는 함께 분석되어지는 물질의 종류에 따라 달라지며, 분석자는 다른 물질과 분리가 완전히 될 수 있는 적정 온도조건을 찾아 설정하여야 한다.

(2) 2-브로모프로판에 해당하는 피크 면적 또는 높이를 측정한다.

7. 농도

다음 식에 의해 작업장 공기 중 2-브로모프로판의 농도를 계산한다.

$$C,\ ppm = \frac{(W_f^{1)} + W_b^{2)} - B_f^{3)} - B_b^{4)}) \times 24.45^{5)}}{V^{6)} \times DE^{7)} \times 123.00^{8)}}$$

1) : 시료 앞층에서 분석된 2-브로모프로판의 질량, ug

2) : 시료 뒷층에서 분석된 2-브로모프로판의 질량, ug

3) : 공시료들의 앞층에서 분석된 2-브로모프로판의 평균질량, ug

4) : 공시료들의 뒷층에서 분석된 2-브로모프로판의 평균질량, ug

[5] : 작업환경표준상태(25 ℃, 1 기압)에서 공기부피
[6] : 시료채취 총량, L
[7] : 평균 탈착효율
[8] : 2-브로모프로판의 분자량

8. 참고문헌

한국산업안전공단. Method A-1-114, 1-브로모프로판, 2-브로모프로판: In KOSHA CODE A-1-2004. 인천, 한국, 2004.

NIOSH. Method 1025: 1- and 2-bromopropane. In NIOSH Manual of analytical methods. Cincinnati, U.S.A, 2003.

OSHA. Method PV2062: 2-Bromopropane. In OSHA analytical method manual. Salt lake city, U.S.A, 1999.

이황화탄소의 작업환경측정방법 1005(2008)

1. 개요

1.1 적용범위

이 방법은 작업장 공기 중에 존재하는 이황화탄소의 농도를 측정하여 산업안전보건법 제39조의 2(유해인자 허용기준의 준수)에 의한 허용기준 초과여부를 판정하는데 적합한 측정방법이다.

이 방법을 사용하여 측정 가능한 작업장 공기 중의 이황화탄소의 농도범위는 약 10 mg/m^3~200 mg/m^3(3 ppm~64 ppm)이다. 이 값은 총 시료채취량, 공시료에서의 이황화탄소 검출수준 및 가스크로마토그래피 검출기의 잡음수준에 따라 달라질 수 있다.

이 방법은 이황화탄소에 대한 개인노출량 평가를 위한 작업환경측정방법 뿐만 아니라 지역농도 평가를 위한 작업환경측정방법에도 사용 가능하다.

1.2 물질특성

작업환경측정시 참고가 되는 이황화탄소의 물리화학적 특성은 다음과 같다.

화학식	분자량	비중 (@ 20 ℃)	끓는점 (℃)	증기압 (mmHg, @ 20 ℃)
CS_2	76.14	1.263	46.5	300

1.3 시료채취 개요

(1) 시료채취

건조관(drying tube)이 연결된 활성탄관(coconut shell charcoal 100 mg/50 mg, 또는 동등 이상의 흡착성능을 갖는 흡착튜브)을 사용하여 이 활성탄관 내

부로 작업장 공기를 흡인시켜 통과시킴으로서 작업장 공기 중의 이황화탄소를 활성탄에 흡착시키게 된다.

(2) 시료채취 유량, 시료채취 총량 등

시료채취시의 펌프유량 및 채취총량은 작업장 공기 중의 이황화탄소의 농도, 그리고 사용되는 분석기기의 감도에 따라 달라질 수 있으나 다음 표의 정보를 참고하여 시료 채취시 활성탄관의 파과가 일어나지 않도록 이를 적절히 조절하여 시료채취 하여야 한다.

시료채취			파과시 농도 및 채취공기량	
유량 (L/분)	총 량(L)			
	최소	최대	채취공기량 (L)	농도 (ppm)
0.01~0.20	2	25	32.4	40

이 방법을 사용하여 측정 가능한 검출한계(LOD, limit of detection)는 0.02 mg/시료, 0.052 mg/시료 - 0.28 mg/시료 범위에서 평가된 정밀도는 0.052, 0.28 mg/시료 - 1.12 mg/시료 범위에서 평가된 평균탈착효율은 86%이다.

(3) 시료운반, 시료안정성, 현장공시료

채취된 시료는 건조관이 연결된 상태에서 마개를 완전히 밀봉한 후 0 ℃이하 상태로 운반해야 하며, 시료보관시의 시료안정성은 25 ℃에서 약 1주일, 그리고 0 ℃에서는 6주일 정도이다. 일반적으로 추천되는 현장공시료의 개수는 시료세트 당 2~10 개 정도이다.

1.4 분석개요

(1) 분석 원리 및 기기

이황화탄소가 흡착된 활성탄관의 활성탄을 바이엘에 넣고 톨루엔 1 mL로 60분간 탈착시킨 후 불꽃광전자검출기(FPD)가 장착된 가스크로마토그래피를 이용하여 정성 및 정량 분석한다.

(2) 기타

황화수소가 작업장 공기중에 존재해도 방해물질로 작용하지 않는 것으로 평가되었으며, 공기중의 습도는 시료채취를 방해하기는 하지만 시료채취기에 연결된 건조관을 통해 제거하면 그 영향을 최소화 시킬 수 있다.

가스크로마토그래피로 분석시 이황화탄소의 머무름 시간과 비슷한 물질은 이황화탄소 분석의 방해물질로 작용할 수 있다. 따라서 이러한 경우 분석기기의 분석조건이나 칼럼 등을 교체하여 이러한 방해물질로부터 영향을 제거하여야 한다.

시료채취시 이황화탄소의 분석을 방해하거나 방해할 수 있다고 의심되는 물질이 작업장 공기 중에 존재한다면 관련정보를 시료분석자에게 시료전달시 제공하여야 한다.

2. 측정원리

작업장 공기중에 포함된 이황화탄소를 시료채취용 펌프를 이용하여 건조관이 연결된 활성탄관에 흡인시켜 활성탄에 흡착시킨다. 활성탄에 흡착된 이황화탄소는 톨루엔을 이용하여 활성탄으로부터 탈착시켜 가스크로마토그래피를 이용하여 정성 및 정량하는 방법이다.

3. 기구 및 기기

(1) 시료채취기: 건조관(drying tube) + 활성탄관

- 건조관(길이 7 cm, 외경: 6 mm. 내경: 4mm, 270 mg of sodium sulfate, 22 ℃의 상대습도 100%인 공기 6 L를 완전 제습할 수 있는 성능을 가짐) 또는 이와 동등성능 이상의 건조능력을 가진 건조관.

활성탄관(coconut shell charcoal, 길이: 7 cm, 외경: 6 mm, 내경: 4 mm, 앞층: 100 mg, 뒷층: 50 mg, 1 L/분으로 시료채취시 활성탄관에 걸리는 압력강하는 3.4 kPa 미만이어야 함) 또는 이와 동등성능 이상의 흡착능력을 가진 흡착관으로서 용매탈착이 가능해야 한다.

(2) 시료채취용 펌프

작업자의 정상적인 작업 상황에서 작업자에게 부착 가능해야 하며, 적정유량(0.01 - 1 L/min)에서 8시간 동안 연속적으로 작동이 가능해야 한다.

펌프가 작동되는 동안의 유량변동 범위는 ± 5% 이내이어야 하고 전체 측정기간 동안 채취된 실제 총 공기채취량과 계산된 공기량과의 차이는 ± 10% 이내이어야 한다.

펌프는 가연성 공기조건(flammable atmosphere)에서 사용하여도 안전해야 한다. 펌프와 시료채취기를 연결하는데 필요한 유연성튜브가 필요하다.

(3) 가스크로마토그래피

불꽃광전자검출기(FPD)가 장착된 가스크로마토그래피이어야 한다. 이황화탄소의 분석에 사용되는 가스크로마토그래피의 칼럼의 종류는 다양하다. 적절한 칼럼의 선택은 이황화탄소가 채취되는 작업장 공기중에 존재하는 다른 화학물질의 종류에 따라 달라질 수 있다. 다음은 일반적으로 작업장 공기중의 이황화탄소를 분석하는 데 사용되는 칼럼의 종류를 참고용으로 제시한 것이다.

- glass, 2 m x 6-mm OD, 5% OV-17 on 80/100 mesh GasChrom Q
- Capillary, fused silica DB-5

(4) 바이엘: 시료탈착용으로 사용, 2 mL glass, PTFE-line crimp cap

(5) 마이크로주사기: 10 ul, 25 ul, 250 ul

시료주입, 탈착용 시료조제, 그리고 표준용액 조제 등에 필요하다.

(6) 0 ℃이하 상태를 유지할 수 있는 시료 운반용 백

(7) 기타: 다양한 부피의 용량플라스크, 피펫 등이 필요하다.

4. 시약

(1) 이황화탄소: 크로마토그래피 분석등급의 시약
(2) 톨루엔: 크로마토그래피 분석등급의 시약
(3) 가스크로마토그래피에 사용되는 가스
- 질소 또는 헬륨 가스
- 수소가스
- 여과된 공기

[주] 이황화탄소는 매우 독성이 강하고 인화성이 큰 물질(인화점: - 30 ℃) 이다. 따라서 표준용액 및 시료전처리시 반드시 후드 안에서 작업을 수행해야 한다.

5. 시료채취

(1) 시료채취기와 펌프를 유연성튜브를 이용하여 시료채취시와 동일한 조건으로 연결한다(건조관-활성탄관-펌프 순). 작업환경 중의 이황화탄소 농도를 고려하여 비누거품 유량보정기 또는 동등이상의 성능을 가진 유량보정기를 사용하여 적정유량(0.01 L/분~0.2 L/분)으로 시료채취용 펌프의 유량을 보정한다.

(2) 시료채취 직전 건조관과 활성탄관의 양 끝단을 각각 절단 한 후 약 20 mm의 유연성 튜브를 이용하여 건조관과 활성탄관의 앞층 부분을 연결한다. 활성탄관의 뒷층 부분 역시 다시 유연성튜브를 이용하여 펌프를 연결한다. 개인시료채취의 경우 펌프를 근로자에게 장착시키고 시료채취기는 근로자의 호흡영역에 부착 시킨다.

(3) 시료는 (1)에서 보정한 유량(0.01 L/분~0.2 L/분)으로 시료 채취를 실시하되 총 시료채취 유량은 작업장의 이황화탄소 추정농도와 '**1.3 시료채취 개요**- (2) 시료채취 유량, 시료채취 총량 등'에서한 파과용량 등을 고려하여 파과가 일어나지 않도록 적절히 결정한다.
만약 작업장 공기중의 습도가 낮다면 1 L/분 까지도 시료채취가 가능하다.

(4) 시료채취가 끝난 시료채취기(건조관+활성탄관)는 건조관과 활성탄관을

분리하지 말고 즉시 마개로 막고 0 ℃이하 조건에서 시료를 보관하여 실험실로 운반한다. 채취된 시료가 0 ℃ 이상의 조건에서 보관할 경우 활성탄관의 앞층에 흡착된 이황화탄소는 뒷층으로 이동(migration)이 일어나기 쉽다. 따라서 실험실에 보관시도 냉장보다는 냉동 보관하는 것이 좋으며, 특히 다른 어떤 이황화탄소 오염원에 노출되지 않도록 주의해야 한다.

(5) 현장공시료(field blank)는 시료채취에 사용하지 않은 활성탄관을 이용하여 활성탄관의 양 끝단을 절단한 후 즉시 마개로 막아 두어야 하며, 현장 공시료는 시료채취에 활용되지 않은 점만 제외하고는 모두 현장시료와 동일하게 취급 운반하여야 한다.

6. 분석

6.1 시료전처리

(1) 건조관을 활성탄관으로부터 분리한 후 활성탄관의 앞층과 뒷층의 활성탄을 각각 다른 바이엘에 담는다. 활성탄관 안에 들어 있던 유리섬유(glass wool)는 버린다.

(2) 각 바이엘에 1.0 mL의 톨루엔을 넣고 즉시 마개로 막는다.

(3) 가끔 흔들어 주면서 실온에서 최소한 60분 이상 놓아둔다.

6.2 검량선 작성과 정도관리

(1) 검출한계에서 정량한계의 10배 농도범위까지 최소 5개 이상의 표준용액으로 검량선을 작성한다. 이때 표준용액의 농도 범위는 현장시료 농도범위를 포함하는 것이어야 한다.

(2) 표준용액의 조제는 적당량의 이황화탄소를 취해 톨루엔에 넣어 혼합시킨 후 이를 톨루엔으로 연속적으로 희석시켜 원하는 농도 범위의 표준용액을 조제하는 희석식 표준용액 조제방법을 사용할 수 있다. 다음은 희석식 방법을 사용하여 표준용액을 조제하는 예시를 든 것으로 실제 조제에 있어 농도는 분석자가 적절히 판단하여 조제토록 한다. 표준용액은 시료분석 시 만들어 사용

하는 것이 가장 좋으며, 표준용액을 조제한 후 1주일 이상 경과된 것은 되도록이면 피하는 것이 좋다.

(가)희석식 방법을 이용한 표준용액 조제과정

① 이황화탄소 표준용액(500 mg/mL) : 이황화탄소 5000 mg을 정확히 정량하여 10 mL 용량플라스크에 넣고 톨루엔을 채운 후 전체 부피가 10 mL가 되도록 한 다음 잘 흔들어 준다.

② 이황화탄소 표준용액(50 mg/mL): ①에서 조제된 용액 1 mL를 피펫으로 정확히 취해 10 mL의 용량플라스크에 넣은 후 다시 톨루엔 용액을 넣어 부피가 10 mL가 되게 한 다음 잘 흔들어 준다.

③ 이황화탄소 표준용액(5 mg/mL): ①에서 조제된 용액 1 mL를 피펫으로 정확히 취해 10 mL의 용량플라스크에 넣은 후 다시 톨루엔 용액을 넣어 부피가 10 mL가 되게 한 다음 잘 흔들어 준다.

④ 이황화탄소 표준용액(500 ug/mL): ①에서 조제된 용액 1 mL를 피펫으로 정확히 취해 10 mL의 용량플라스크에 넣은 후 다시 톨루엔 용액을 넣어 부피가 10 mL가 되게 한 다음 잘 흔들어 준다.

⑤ 이황화탄소 표준용액(50 ug/mL): ①에서 조제된 용액 1 mL를 피펫으로 정확히 취해 10 mL의 용량플라스크에 넣은 후 다시 톨루엔 용액을 넣어 부피가 10 mL가 되게 한 다음 잘 흔들어 준다.

(나) 표준용액 검증용 표준용액(standard matching solution) 조제: 희석식 표준용액 조제에 있어서 가장 큰 단점은 계통오차가 발생할 가능성이 크다는 점이다. 따라서 (가)방법으로 조제된 표준용액이 정확히 만들어졌는지 이를 검증할 수 있는 표준용액을 만들어 검증하는 것이 좋다.

① 검증용 표준용액(25 mg/mL) : 이황화탄소 250 mg을 정확히 정량하여 10 mL 용량플라스크에 넣고 톨루엔을 채운 후 전체 부피가 10 mL가 되도록 한 다음 잘 흔들어 준다.

② 검증용 표준용액(5 mg/mL) : 이황화탄소 50 mg을 정확히 정량하여 10 mL 용량플라스크에 넣고 톨루엔을 채운 후 전체 부피가 10 mL가 되도록

한 다음 잘 흔들어 준다.

(3) 현장시료 및 공시료를 분석한다.

(4) 탈착효율 검증용 시료를 분석한다. 탈착효율 검증용 시료분석은 시료 배취(batch)당 최소한 한 번씩은 행해져야 하며, 탈착효율 검증용 시료조제는 다음과 같은 요령으로 조제하여 사용토록 한다.

(가) 3개 농도수준(저, 중, 고농도)에서 각각 3개씩의 활성탄관과 공시료용으로 사용할 활성탄관 3개를 준비한다.

(나) 미량 주사기를 이용하여 탈착효율 검증용 저장용액(stock solution)의 일정량(5 ul~25 ul)을 취해 활성탄관의 앞층 활성탄에 직접 주입한다. 탈착효율 검증용 저장용액은 (가)에서 언급한 3개 농도수준이 포함될 수 있도록 이황화탄소 원액 또는 톨루엔에 희석된 이황화탄소 용액을 말한다.

(다) 탈착효율 검증용 저장용액을 주입한 활성탄관은 마개를 즉시 막고 하룻밤 정도 실온에 놓아둔다.

(라) 탈착시켜 분석한 다음, 아래와 같이 탈착효율을 구한다.

탈착효율(DE, desorption efficiency) = 검출량/주입량

[주] 0.1 mg/시료 미만의 농도로 탈착효율 검증을 실시할 경우 탈착효율이 낮게 나올 수 있으며, 또한 그 변이도 클 수 있다.

6.3 기기분석

가스크로마토그래피 제조회사가 권고조건과 다음의 기기분석 조건을 참고하여 분석기기를 이황화탄소 분석이 용이하도록 기기를 최적화 시킨다.

(1) 분석조건

(가) 시료주입량: 5 ul

(나) 운반가스: 질소 또는 헬륨가스, 20 mL/분

(다) 온도조건

- 시료도입부: 150 ℃
- 검출기: 145 ℃

- 오븐: 30 ℃(3분), 여기서 제시하는 오븐의 온도는 함께 분석되어지는 물질의 종류에 따라 달라지며, 분석자는 다른 물질과 분리가 완전히 될 수 있는 적정 온도조건을 찾아 설정하여야 한다.

(2) 이황화탄소에 해당하는 피크 면적 또는 높이를 측정한다.

7. 농도

다음 식에 의해 작업장 공기 중 이황화탄소의 농도를 계산한다.

$$C,\ ppm = \frac{(W_f^{1)} + W_b^{2)} - B_f^{3)} - B_b^{4)}) \times 24.45^{5)}}{V^{6)} \times DE^{7)} \times 76.14^{8)}}$$

1) : 시료 앞층에서 분석된 이황화탄소의 질량, ug
2) : 시료 뒷층에서 분석된 이황화탄소의 질량, ug
3) : 공시료들의 앞층에서 분석된 이황화탄소의 평균질량, ug
4) : 공시료들의 뒷층에서 분석된 이황화탄소의 평균질량, ug
5) : 작업환경표준상태(25 ℃, 1 기압)에서 공기부피
6) : 시료채취 총량, L
7) : 평균 탈착효율
8) : 이황화탄소의 분자량

8. 참고문헌

한국산업안전공단. Method A-1-045, 이황화탄소: In KOSHA CODE A-1-2004. 인천, 한국, 2004.

NIOSH. Method 1600: Carbon disulfide. In NIOSH Manual of analytical methods. Cincinnati, U.S.A, 1994.

2,4-톨루엔디이소시아네이트 작업환경측정방법 1006(2008)

1. 개요

1.1 적용범위

이 방법은 작업장 공기 중에 존재하는 2,4-톨루엔디이소시아네이트의 농도를 측정하여 산업안전보건법 제39조의 2(유해인자 허용기준의 준수)에 의한 허용기준 초과여부를 판정하는데 적합한 측정방법이다.

이 방법을 사용하여 측정 가능한 작업장 공기 중의 2,4-톨루엔디이소시아네이트의 농도범위는 100 L 정도 시료채취시 약 5 ug/m^3~> 1 mg/m^3 이다. 이 값은 총 시료채취량, 공시료에서의 2,4-톨루엔디이소시아네이트의 검출수준 및 고성능액체크로마토그래피 검출기의 잡음수준에 따라 달라질 수 있다.

이 방법은 2,4-톨루엔디이소시아네이트에 대한 개인노출량 평가를 위한 작업환경측정방법 뿐만 아니라 지역농도 평가를 위한 작업환경측정방법에도 사용가능하다.

1.2 물질특성

작업환경측정시 참고가 되는 2,4-톨루엔디이소시아네이트의 물리화학적 특성은 다음과 같다.

화학식	분자량	비중 (@ 20 ℃)	끓는점 (℃)	증기압 (mmHg, @ 20 ℃)
$CH_3C_6H_3(NCO)_2$	174.16	1.224	251	0.01

1.3 시료채취 개요

(1) 시료채취

1-2PP[1-(2pyridyl)piperazine]가 코팅된 유리섬유여과지를 사용하여 여과채취하면서 작업장 공기 중의 2,4-톨루엔디이소시아네이트와 유도체반응을 유도하여 채취하게 된다.

(2) 시료채취 유량, 시료채취 총량 등

시료채취시의 펌프유량 및 채취총량은 작업장 공기 중의 2,4-톨루엔디이소시아네이트의 농도, 그리고 사용되는 분석기기의 감도에 따라 달라질 수 있으나 다음 표의 정보를 참고하여 시료채취 한다.

시료채취			시료채취 효율
유량 (L/분)	총 량(L)		
	최소	최대	0.95~1.05
1~2	20	900	

이 방법을 사용하여 측정 가능한 검출한계(LOD, limit of detection)는 19 ng/시료이며, 정밀도는 0.135이고, 평균회수율은 약 81%이다.

(3) 시료운반, 시료안정성, 현장공시료

채취된 시료는 3단카세트의 마개를 막고 햇빛으로부터 차단하여 실험실로 운반한다. 시료보관시의 시료안정성에 대한 평가자료가 없지만 냉장보관이 권고되고, 특히, 시료채취 전의 1-2PP가 코팅된 유리섬유여과지가 장착된 3단카세트(시료채취기)는 반드시 냉장보관토록 한다. 현장 시료세트당 최소한 1개 이상의 현장공시료가 반드시 필요하다.

1.4 분석개요

(1) 분석 원리 및 기기

2,4-톨루엔디이소시아네이트가 흡착된 1-2PP가 코팅된 유리섬유여과지를 추출용매로 탈착한 후 자외선검출기가 장착된 고성능액체크로마토그래피를 이용하여 정성 및 정량 분석한다.

(2) 기타

작업장 공기 중에 아민류(amines), 알콜류, 그리고 카르복실산류 등과 같이 1-2PP와 반응할 수 있는 물질이 존재하면 2,4-톨루엔디이소시아네이트와 경쟁하게 되므로 간섭물질로 작용할 수 있다.

2. 측정원리

작업장 공기중에 포함된 2,4-톨루엔디이소시아네이트를 시료채취용 펌프를 이용하여 1-2PP가 코팅된 유리섬유여과지를 통과시키면서 이소시아네이트와 1-2PP간의 반응을 일으켜 이소시아네이트를 유도체화 시킨 후 추출용매로 이 유도체를 탈착시켜 고성능액체크로마토그래피를 이용하여 정성 및 정량하는 방법이다.

3. 기구 및 기기

(1) 시료채취기: 1-2PP[1-(2-pryridyl)piperazine)]이 코팅된 유리섬유여과지가 장착된 37 mm 3단카세트 홀더

- 조제방법

① 메틸렌클로라이드(methylene chloride)에 1-2PP를 첨가하여 0.2 mg/mL 농도로 조제한다.

② ① 용액 0.5 mL를 취하여 37 mm 유리섬유 여과지의 시료채취면에 골고루 도포한다.

③ 상온에서 공기 건조시킨 후 진공오븐에 넣고 진공을 가해 용매인 메틸렌 클로라이드가 완전히 제거토록 한다.

※ 처리가 끝난 여과지는 사용전 까지는 반드시 냉장보관토록 한다.

(2) 시료채취용 펌프

작업자의 정상적인 작업 상황에서 작업자에게 부착 가능해야 하며, 적정유량(1~2 L/min)에서 8시간 동안 연속적으로 작동이 가능해야 한다.

펌프가 작동되는 동안의 유량변동 범위는 ± 5% 이내이어야 하고 전체 측정기간 동안 채취된 실제 총 공기채취량과 계산된 공기량과의 차이는 ± 10% 이내이어야 한다.

펌프는 가연성 공기조건(flammable atmosphere)에서 사용하여도 안전해야 한다. 펌프와 시료채취기를 연결하는데 필요한 유연성튜브가 필요하다.

(3) 고성능액체크로마토그래피

자외선검출기가 장착된 고성능액체크로마토그래피이어야 한다. 다음은 일반적으로 작업장 공기중의 2,4-톨루엔디이소시아네이트를 분석하는 데 사용되는 칼럼의 종류를 참고용으로 제시한 것이다.

- Supecosil, LC-8-DB, 3 um particle size, 7.5 cm x 4.6 mm; 2-cm guard column, 10 um particel size
- Hypersil ODS 5um, 10 cm x 4.6 mm
- 10 um Alltech C8, 25 cm x 4.6 mm

(4) 진공펌프

(5) 바이엘: 4 mL glass, PTFE-line crimp cap

(6) 마이크로주사기: 10 ul, 25 ul, 250 ul

시료주입, 탈착용 시료조제, 그리고 표준용액 조제 등에 필요하다.

(7) 기타: 다양한 부피의 용량플라스크, 피펫 등이 필요하다.

4. 시약

(1) 메틸렌클로라이드(methylene chloride): HPLC 용

(2) 노말헥산(hexane): HPLC 용

(3) 디메틸설폭사이드(dimethylsulfoxide, DMSO)

(4) 아세토니트릴(acetonitrile, ACN)
(5) 초순수: HPLC 용
(6) 2,4-TDI(2,4-toluene diisocyanate)
(7) Ammonium acetate
(8) Glacial acetic acid
(9) 1-(2-pryridyl)piperazine: 1-2PP

5. 시료채취

(1) 3단카세트의 끝단 카세트(작업장 공기가 최초로 들어가는 입구 카세트를 말함)를 제거한 상태(오픈페이스 상태)에서 시료채취기와 펌프를 유연성튜브를 이용하여 시료채취시와 동일한 조건으로 연결한다. 작업환경 중의 2,4-톨루엔디이소시아네이트 농도를 고려하여 비누거품 유량보정기 또는 동등이상의 성능을 가진 유량보정기를 사용하여 적정유량(1 L/분~2 L/분)으로 시료채취용 펌프의 유량을 보정한다.

(2) 시료채취 직전 시료채취기를 유연성튜브를 이용하여 펌프와 연결한 후, 개인시료채취의 경우 펌프를 근로자에게 장착시키고 시료채취기는 근로자의 호흡영역에 부착 시킨다.

(3) 시료는 (1)에서 보정한 유량(1 L/분~2 L/분)으로 시료 채취를 실시하되 총 시료채취 유량은 작업장의 2,4-톨루엔디이소시아네이트 추정농도와 '**1.3 시료채취 개요-** (2) 시료채취 유량, 시료채취 총량 등'에서한 파과용량 등을 고려하여 파과가 일어나지 않도록 적절히 결정한다.

(4) 시료채취가 끝난 시료채취기는 마개로 막고 햇빛을 차단하여 실험실로 운반한다.

(5) 현장 공시료(field blank)는 시료채취에 사용하지 않은 시료채취기를 사용하며(3단카세트가 모두 체결된 상태로 공기유입구와 출구가 마개로 막힌 상태를 말함), 현장공시료는 시료채취에 활용되지 않은 점만 제외하고는 모두 현장시료와 동일하게 취급 운반하여야 한다.

6. 분석

6.1 시료전처리

(1) 카세트 홀더에 들어 있는 필터를 핀셋으로 꺼낸 후 4 mL 바이엘에 넣는다. 이때 필터가 접히지 않도록 주의한다.

(2) 각 바이엘에 2.0 mL의 추출용액(ACN과 DMSO를 부피비로 9:1로 혼합한 용액)을 놓고 즉시 마개로 막는다.

(3) 힘차게 흔들어 준 후 1 시간 정도 놓아둔다.

6.2 검량선 작성과 정도관리

(1) 검출한계에서 정량한계의 10배 농도범위까지 최소 5개 이상의 표준용액으로 검량선을 작성한다. 이때 표준용액의 농도 범위는 현장시료 농도범위를 포함하는 것이어야 한다.

(2) 표준용액의 조제는 아래에서 소개된 방법을 참고하여 조제하되, 표준용액은 시료분석 시 만들어 사용하는 것이 가장 좋으며, 표준용액을 조제한 후 1주일 이상 경과된 것은 되도록이면 피하는 것이 좋다.

① 2,4-TDI 3.5 g에 메틸렌클로라이드를 가해 녹인 후 부피가 25 mL가 되게 한다.

② 1-2PP 7.25g에 메틸렌클로라이드를 가해 녹인 후 부피가 100 mL가 되게 한다.

③ ①의 용액을 ②의 용액에 저으면서 서서히 첨가시키다. 용액 첨가가 끝나면 35 ℃에서 10분간 가열한다.

④ 용액의 부피가 10 mL 정도 될 때 까지 가열이 끝난 용액에 질소가스를 퍼징시킨다.

⑤ 퍼징이 끝난 용액에 노말헥산을 넣어 침전시킨다(노말헥산이 첨가되기 전에 약간의 침전이 일어날 수도 있다).

⑥ 침전물을 여과시킨 후 여과된 침전물에 소량의 메틸렌클로라이드를 가하여 녹인 후 다시 노말헥산을 가하여 재침전시킨다.

⑦ 침전물을 다시 여과시킨 후 노말헥산으로 세척하고 진공건조 시킨다. 이렇게 하면 약 9 g의 이소시아네이트 유도체를 얻을 수 있다.

⑧ 디이소시아네이트 유도체 적당량을 DMSO에 녹여 표준원액(stock solution)을 만든다. 이 유도체안의 2,4-TDI무게는 다음과 같다.

TDI 무게 = 유도체 무게 x 0.3479

⑨ ⑧에서 조제한 표준원액을 아세토니트릴 용매로 희석하여 원하는 농도의 표준용액을 조제한다.

(3) 현장시료 및 공시료를 분석한다.

(4) 회수율 검증용 시료를 분석한다. 회수율 검증용 시료분석은 시료 배취(batch)당 최소한 한 번씩은 행해져야 하며, 탈착효율 검증용 시료조제는 다음과 같은 요령으로 조제하여 사용토록 한다.

(가) 3개 농도수준(저, 중, 고농도)에서 각각 3개씩의 1,2-PP가 코팅된 유리섬유 여과지와 공시료용으로 사용할 1,2-PP가 코팅된 유리섬유 여과지 3개를 준비한다.

(나) 적당 무게의 2,4-TDI를 메틸렌클로라이드에 녹인 후 미량 주사기를 이용하여 필터에 주입한다.

(다) 하룻밤 정도 실온에 놓아둔다.

(라) 추출하여 분석한 다음, 아래와 같이 회수율을 구한다.

회수율(RE, recovery efficiency) = 검출량/주입량

6.3 기기분석

고성능액체크로마토그래피 제조회사의 권고조건과 다음의 기기분석 조건을 참고하여 분석기기를 2,4-톨루엔디이소시아네이트 분석이 용이하도록 최적화 시킨다.

(1) 분석조건

(가) 시료주입량: 10~25 ul

(나) 검출기: UV 254 nm 또는 313 nm

(다) 이동상: 0.01 M ammonium acetate, 1 mL/분

※ 이동상 조제 방법: 아세토니트릴과 초순수를 부피비로 37.5 : 62.5로 혼합한 것을 용매로 사용하며, ammonium acetate 0.77 g을 약 500 mL의 혼합용매에 넣어 녹인 후 혼합용매를 추가해 최종용액 부피가 1 L가 되게 한 다음, 초산을 약간 가해 pH가 6.2가 되게 한다.

(2) 2,4-톨루엔디이소시아네이트에 해당하는 피크 면적 또는 높이를 측정한다.

7. 농도

다음 식에 의해 작업장 공기 중 2,4-톨루엔디이소시아네이트의 농도를 계산한다.

$$C,\ mg/m^3 = \frac{W^{1)} - B^{2)}}{V^{3)} \times RE^{4)}}$$

1) : 시료에서 분석된 2,4-톨루엔디이소시아네이트의 질량, ug
2) : 공시료에서 분석된 2,4-톨루엔디이소시아네이트의 질량, ug
3) : 시료채취 총량, L
6) : 평균 회수율

8. 참고문헌

한국산업안전공단. Method A-1-057, 2,4-톨루엔디이소시아네이트: In KOSHA CODE A-1-2004. 인천, 한국, 2004.

HSE. MDHS 25/3: Organic isocyanates in air. In HSE methods for the determination of hazardous substances. Norwick, United kingdom, 1999.

OSHA. Method 42: Diisocyanates HDI, 2,6-TDI, 2,4-TDI. In OSHA analytical method manual. Salt lake city, U.S.A, 1989.

트리클로로에틸렌의 작업환경측정방법 1007(2008)

1. 개요

1.1 적용범위

이 방법은 작업장 공기 중에 존재하는 트리클로로에틸렌의 농도를 측정하여 산업안전보건법 제39조의 2(유해인자 허용기준의 준수)에 의한 허용기준 초과 여부를 판정하는데 적합한 측정방법이다.

이 방법을 사용하여 측정 가능한 작업장 공기 중의 트리클로로에틸렌의 농도 범위는 10 L 정도 시료채취시 약 0.2~200 ppm 이다. 이 값은 총 시료채취량, 공시료에서의 트리클로로에틸렌의 검출수준 및 가스크로마토그래피 검출기의 잡음수준에 따라 달라질 수 있다.

이 방법은 트리클로로에틸렌에 대한 개인노출량 평가를 위한 작업환경측정방법 뿐만 아니라 지역농도 평가를 위한 작업환경측정방법에도 사용 가능하다.

1.2 물질특성

작업환경측정시 참고가 되는 트리클로로에틸렌의 물리화학적 특성은 다음과 같다.

화학식	분자량	비중 (@ 20 ℃)	끓는점 (℃)	증기압 (mmHg, @ 25 ℃)
C_2HCl_3	131.39	1.46	87	74

1.3 시료채취 개요

(1) 시료채취

활성탄관(coconut shell charcoal 100 mg/50 mg, 또는 동등 이상의 흡착성능

을 갖는 흡착튜브)을 사용하여 이 활성탄관 내부로 작업장 공기를 흡인시켜 통과시킴으로서 작업장 공기 중의 트리클로로에틸렌을 활성탄에 흡착시키게 된다.

(2) 시료채취 유량, 시료채취 총량 등

시료채취시의 펌프유량 및 채취총량은 작업장 공기 중의 트리클로로에틸렌의 농도, 그리고 사용되는 분석기기의 감도에 따라 달라질 수 있으나 다음 표의 정보를 참고하여 시료 채취시 활성탄관의 파과가 일어나지 않도록 이를 적절히 조절하여 시료채취 하여야 한다.

시료채취			파과시[2] 농도 및 채취공기량	
유량 (L/분)	총 량(L)[1]			
	최소	최대	채취공기량 (L)	농도 (mg/m^3)
0.01~0.20	1	30	> 23.3	1306

[1] 8시간 시간가중평균으로 100 ppm 트리클로로에틸렌 농도 기준임.
[2] OSHA의 평가결과로 여기서 파과기준은 5%임.

이 방법을 사용하여 측정 가능한 검출한계(LOD, limit of detection)는 0.01 mg/시료이며, 1.6 mg~6.4 mg 범위에서 평가된 정밀도는 0.038이다.

(3) 시료운반, 시료안정성, 현장공시료

채취된 시료는 활성탄관의 마개를 완전히 밀봉한 후 상온, 상압 상태에서 운반가능하며, 시료보관시의 시료안정성에 대한 평가자료가 없지만, 냉장보관하면 충분한 것으로 알려져 있다. 일반적으로 추천되는 현장공시료의 개수는 시료세트 당 2~10개 정도이다.

1.4 분석개요

(1) 분석 원리 및 기기

트리클로로에틸렌이 흡착된 활성탄관의 활성탄을 바이엘에 넣고 이황화탄소 1 mL로 30분간 탈착시킨 후 불꽃이온화검출기가 장착된 가스크로마토그래피를 이용하여 정성 및 정량 분석한다.

(2) 기타

작업장 공기 중의 습도가 과도하게 높으면 활성탄관 안에서 응축이 발생하게 되고 이는 트리클로로에틸렌이 활성탄관에 흡착되는 것을 방해하게 된다. 따라서 시료채취시 응축이 발생한 활성탄관 시료는 작업환경측정시료로 사용치 말아야 한다.

가스크로마토그래피로 분석시 트리클로로에틸렌의 머무름 시간과 비슷한 물질은 트리클로로에틸렌 분석의 방해물질로 작용할 수 있다. 따라서 이러한 경우 분석기기의 분석조건이나 칼럼 등을 교체하여 이러한 방해물질로부터 영향을 제거하여야 한다.

시료채취시 트리클로로에틸렌의 분석을 방해하거나 방해할 수 있다고 의심되는 물질이 작업장 공기 중에 존재한다면 관련정보를 시료분석자에게 시료전달시 제공하여야 한다.

2. 측정원리

작업장 공기중에 포함된 트리클로로에틸렌을 시료채취용 펌프를 이용하여 활성탄관에 흡입시켜 활성탄에 흡착시킨다. 활성탄에 흡착된 트리클로로에틸렌은 이황화탄소를 이용하여 활성탄으로부터 탈착시켜 가스크로마토그래피를 이용하여 정성 및 정량하는 방법이다.

3. 기구 및 기기

(1) 시료채취기

활성탄관(coconut shell charcoal, 길이: 7 cm, 외경: 6 mm, 내경: 4 mm, 앞

층: 100 mg, 뒷층: 50 mg, 20/40 mesh) 또는 이와 동등성능 이상의 흡착능력을 가진 흡착관으로서 용매탈착이 가능해야 한다.

(2) 시료채취용 펌프

작업자의 정상적인 작업 상황에서 작업자에게 부착 가능해야 하며, 적정유량(0.01～0.2 L/min)에서 8시간 동안 연속적으로 작동이 가능해야 한다.

펌프가 작동되는 동안의 유량변동 범위는 ± 5% 이내이어야 하고 전체 측정기간 동안 채취된 실제 총 공기채취량과 계산된 공기량과의 차이는 ± 10% 이내이어야 한다.

펌프는 가연성 공기조건(flammable atmosphere)에서 사용하여도 안전해야 한다. 펌프와 시료채취기를 연결하는데 필요한 유연성튜브가 필요하다.

(3) 가스크로마토그래피

불꽃이온화검출기(FID)가 장착된 가스크로마토그래피이어야 한다. 트리클로로에틸렌의 분석에 사용되는 가스크로마토그래피의 칼럼의 종류는 다양하다. 적절한 칼럼의 선택은 트리클로로에틸렌이 채취되는 작업장 공기중에 존재하는 다른 화학물질의 종류에 따라 달라질 수 있다. 다음은 일반적으로 작업장 공기중의 트리클로로에틸렌을 분석하는 데 사용되는 칼럼의 종류를 참고용으로 제시한 것이다.

- 3 m x 3 mm OD stainless steel column packed with 10% OV-101 on 100/200 mesh Chromosorb WHP
- Capillary, fused silica Stabiwax: 60 m x 0.32-mm ID: 1-um film

(4) 바이엘: 시료탈착용으로 사용, 2 mL glass, PTFE-line crimp cap

(5) 마이크로주사기: 10 ul, 25 ul, 250 ul

시료주입, 탈착용 시료조제, 그리고 표준용액 조제 등에 필요하다.

(6) 기타: 다양한 부피의 용량플라스크, 피펫 등이 필요하다.

4. 시약

(1) 이황화탄소: 크로마토그래피 분석등급의 시약

(2) 트리클로로에틸렌: 시약등급

(3) 가스크로마토그래피에 사용되는 가스

- 질소 또는 헬륨 가스
- 수소가스
- 여과된 공기

[주] 이황화탄소는 매우 독성이 강하고 인화성이 큰 물질(인화점: - 30 ℃) 이다. 따라서 표준용액 및 시료전처리시 반드시 후드 안에서 작업을 수행해야 한다.

5. 시료채취

(1) 시료채취기와 펌프를 유연성튜브를 이용하여 시료채취시와 동일한 조건으로 연결한다. 작업환경 중의 트리클로로에틸렌 농도를 고려하여 비누거품 유량보정기 또는 동등이상의 성능을 가진 유량보정기를 사용하여 적정유량(0.01 L/분~0.2 L/분)으로 시료채취용 펌프의 유량을 보정한다.

(2) 시료채취 직전 활성탄관의 양 끝단을 절단 한 후 유연성튜브를 이용하여 활성탄과 펌프를 연결한다. 개인시료채취의 경우 펌프를 근로자에게 장착시키고 시료채취기는 근로자의 호흡영역에 부착 시킨다.

(3) 시료는 (1)에서 보정한 유량(0.01 L/분~0.2 L/분)으로 시료 채취를 실시하되 총 시료채취 유량은 작업장의 트리클로로에틸렌 추정농도와 **'1.3 시료채취 개요-** (2) 시료채취 유량, 시료채취 총량 등'에서한 파과용량 등을 고려하여 파과가 일어나지 않도록 적절히 결정한다.

(4) 시료채취가 끝난 시료채취기(활성탄관)는 플라스틱 마개(고무마개는 피한다)로 막아 실험실로 운반한다.

(5) 현장공시료(field blank)는 시료채취에 사용하지 않은 활성탄관을 이용하여 활성탄관의 양 끝단을 절단한 후 즉시 마개로 막아 두어야 하며, 현장 공시료는 시료채취에 활용되지 않은 점만 제외하고는 모두 현장시료와 동일하게

취급 운반하여야 한다.

6. 분석

6.1 시료전처리

(1) 흡착튜브의 앞층과 뒷층의 활성탄을 각각 다른 바이엘에 담는다. 활성탄 관안에 들어 있던 유리섬유는 앞층의 활성탄을 넣은 바이엘에 포함시키도록 한다.

(2) 각 바이엘에 1.0 mL의 이황화탄소를 넣고 즉시 마개로 막는다.

(3) 가끔 흔들어 주면서 실온에서 최소한 30분 이상 놓아둔다.

6.2 검량선 작성과 정도관리

(1) 검출한계에서 정량한계의 10배 농도범위까지 최소 5개 이상의 표준용액으로 검량선을 작성한다. 이때 표준용액의 농도 범위는 현장시료 농도범위를 포함하는 것이어야 한다.

(2) 표준용액의 조제는 적당량의 트리클로로에틸렌을 취해 이황화탄소에 넣어 혼합시킨 후 이를 이황화탄소로 연속적으로 희석시켜 원하는 농도 범위의 표준용액을 조제하는 희석식 표준용액 조제방법을 사용할 수 있다. 다음은 희석식 방법을 사용하여 표준용액을 조제하는 예시를 든 것으로 실제조제에 있어 농도는 분석자가 적절히 판단하여 조제토록 한다. 표준용액은 시료분석 시 만들어 사용하는 것이 가장 좋으며, 표준용액을 조제한 후 1주일 이상 경과된 것은 되도록이면 피하는 것이 좋다.

(가)희석식 방법을 이용한 표준용액 조제과정

① 트리클로로에틸렌 표준용액(500 mg/mL) : 트리클로로에틸렌 5000 mg을 정확히 정량하여 10 mL 용량플라스크에 넣고 이황화탄소를 채운 후 전체 부피가 10 mL가 되도록 한 다음 잘 흔들어 준다.

② 트리클로로에틸렌 표준용액(50 mg/mL): ①에서 조제된 용액 1 mL를 피펫으로 정확히 취해 10 mL의 용량플라스크에 넣은 후 다시 이황화탄소 용

액을 넣어 부피가 10 mL가 되게 한 다음 잘 흔들어 준다.

③ 트리클로로에틸렌 표준용액(5 mg/mL): ①에서 조제된 용액 1 mL를 피펫으로 정확히 취해 10 mL의 용량플라스크에 넣은 후 다시 이황화탄소 용액을 넣어 부피가 10 mL가 되게 한 다음 잘 흔들어 준다.

④ 트리클로로에틸렌 표준용액(500 ug/mL): ①에서 조제된 용액 1 mL를 피펫으로 정확히 취해 10 mL의 용량플라스크에 넣은 후 다시 이황화탄소 용액을 넣어 부피가 10 mL가 되게 한 다음 잘 흔들어 준다.

⑤ 트리클로로에틸렌 표준용액(50 ug/mL): ①에서 조제된 용액 1 mL를 피펫으로 정확히 취해 10 mL의 용량플라스크에 넣은 후 다시 이황화탄소 용액을 넣어 부피가 10 mL가 되게 한 다음 잘 흔들어 준다.

(나) 표준용액 검증용 표준용액(standard matching solution) 조제: 희석식 표준용액 조제에 있어서 가장 큰 단점은 계통오차가 발생할 가능성이 크다는 점이다. 따라서 (가)방법으로 조제된 표준용액이 정확히 만들어졌는지 이를 검증할 수 있는 표준용액을 만들어 검증하는 것이 좋다.

① 검증용 표준용액(25 mg/mL) : 트리클로로에틸렌 250 mg을 정확히 정량하여 10 mL 용량플라스크에 넣고 이황화탄소를 채운 후 전체 부피가 10 mL가 되도록 한 다음 잘 흔들어 준다.

② 검증용 표준용액(5 mg/mL) : 트리클로로에틸렌 50 mg을 정확히 정량하여 10 mL 용량플라스크에 넣고 이황화탄소를 채운 후 전체 부피가 10 mL가 되도록 한 다음 잘 흔들어 준다.

(3) 현장시료 및 공시료를 분석한다.

(4) 탈착효율 검증용 시료를 분석한다. 탈착효율 검증용 시료분석은 시료 배취(batch)당 최소한 한 번씩은 행해져야 하며, 탈착효율 검증용 시료조제는 다음과 같은 요령으로 조제하여 사용토록 한다.

(가) 3개 농도수준(저, 중, 고농도)에서 각각 3개씩의 활성탄관과 공시료용으로 사용할 활성탄관 3개를 준비한다.

(나) 미량 주사기를 이용하여 탈착효율 검증용 저장용액(stock solution)의

일정량(5 ul~25 ul)을 취해 활성탄관의 앞층 활성탄에 직접 주입한다. 탈착효율 검증용 저장용액은 (가)에서 언급한 3개 농도수준이 포함될 수 있도록 트리클로로에틸렌원액 또는 이황화탄소에 희석된 트리클로로에틸렌용액을 말한다.

(다) 탈착효율 검증용 저장용액을 주입한 활성탄관은 마개를 즉시 막고 하룻밤 정도 실온에 놓아둔다.

(라) 탈착시켜 분석한 다음, 아래와 같이 탈착효율을 구한다.

탈착효율(DE, desorption efficiency) = 검출량/주입량

6.3 기기분석

가스크로마토그래피 제조회사가 권고조건과 다음의 기기분석 조건을 참고하여 분석기기를 트리클로로에틸렌분석이 용이하도록 기기를 최적화 시킨다.

(1) 분석조건

(가) 시료주입량: 1 ul

(나) 운반가스: 질소 또는 헬륨가스, 2.6 mL/분

(다) 온도조건

- 시료도입부: 250 ℃
- 검출기: 300 ℃
- 오븐: 50 ℃, 여기서 제시하는 오븐의 온도는 함께 분석되어지는 물질의 종류에 따라 달라지며, 분석자는 다른 물질과 분리가 완전히 될 수 있는 적정 온도조건을 찾아 설정하여야 한다.

(2) 트리클로로에틸렌에 해당하는 피크 면적 또는 높이를 측정한다.

7. 농도

다음 식에 의해 작업장 공기 중 트리클로로에틸렌의 농도를 계산한다.

$$C,\ ppm = \frac{(W_f^{1)} + W_b^{2)} - B_f^{3)} - B_b^{4)}) \times 24.45^{5)}}{V^{6)} \times DE^{7)} \times 131.39^{8)}}$$

1) : 시료 앞층에서 분석된 트리클로로에틸렌의 질량, ug
2) : 시료 뒷층에서 분석된 트리클로로에틸렌의 질량, ug
3) : 공시료들의 앞층에서 분석된 트리클로로에틸렌의 평균질량, ug
4) : 공시료들의 뒷층에서 분석된 트리클로로에틸렌의 평균질량, ug
5) : 작업환경표준상태(25 ℃, 1 기압)에서 공기부피
6) : 시료채취 총량, L
7) : 평균 탈착효율
8) : 트리클로로에틸렌의 분자량

8. 참고문헌

한국산업안전공단. Method A-1-058, 트리클로로에틸렌: In KOSHA CODE A-1-2004. 인천, 한국, 2004.

HSE. MDHS 70: General methods for sampling airborne gases and vapors. In HSE methods for the determination of hazardous substances. Norwick, United kingdom, 1993.

HSE. MDHS 96: Volitile organic compounds in air(4). In HSE methods for the determination of hazardous substances. Norwick, United kingdom, 2000.

NIOSH. Method 1022: Trichloroethylene. In NIOSH Manual of analytical methods. Cincinnati, U.S.A, 1994.

OSHA. Method 1001: Tetrachloroethylene and Trichloroethylene. In OSHA analytical method manual. Salt lake city, U.S.A, 1999.

포름알데히드 작업환경측정방법 1008(2008)

1. 개요

1.1 적용범위

이 방법은 작업장 공기 중에 존재하는 포름알데히드 농도를 측정하여 산업안전보건법 제39조의 2(유해인자 허용기준의 준수)에 의한 허용기준 초과여부를 판정하는데 적합한 측정방법이다.

이 방법을 사용하여 측정 가능한 작업장 공기 중의 포름알데히드 농도범위는 약 0.015 mg/m^3~2.5 mg/m^3 (0.012 ppm~2.0 ppm) 정도이다. 측정범위 상한값은 시료채취기구로 사용되는 흡착제의 흡착능력과 고성능액체크로마토그래피의 칼럼 및 검출기의 성능에 따라 달라 질 수 있으며, 그 하한값은 공시료에서의 포름알데히드 검출수준 및 가스크로마토그래피 검출기의 잡음수준에 따라 달라질 수 있다.

이 방법은 포름알데히드에 대한 개인노출량 평가를 위한 작업환경측정방법뿐만 아니라 지역농도 평가를 위한 작업환경측정방법에도 사용 가능하다.

1.2 물질특성

작업환경측정시 참고가 되는 포름알데히드의 물리화학적 특성은 다음과 같다.

화학식	분자량	비중 (@ 20 ℃)	끓는점 (℃)	증기압 (mmHg, @ 25 ℃)
HCHO	30.03	1.067	-19.5	-

1.3 시료채취 개요

(1) 시료채취

2,4-디니트로페닐히드라진(2,4-DNPH, 2,4-dinitrophenylhydrazine)이 코팅된 실리카겔관 또는 카트리지 내부로 작업장 공기를 흡인시켜 통과시킴으로서 작업장 공기 중의 포름알데히드를 흡착시키게 된다.

(2) 시료채취 유량, 시료채취 총량 등

시료채취시의 펌프유량 및 채취총량은 작업장 공기 중의 포름알데히드 농도, 그리고 사용되는 분석기기의 감도에 따라 달라질 수 있으나 다음 표의 정보를 참고하여 시료 채취시 파과가 일어나지 않도록 이를 적절히 조절하여 시료채취 하여야 한다.

시료채취			파과시 농도	
유량 (L/분)	총 량(L)			
	최소	최대	흡착량(ug)	농도 (mg/m^3)
0.03~1.5	1	15	55[1)]	1.2

[1)] 평가당시 습도는 10%이며, 5%가 파과된 경우 시료채취기에 흡착된 포름알데히드 양임.

이 방법을 사용하여 측정 가능한 검출한계(LOD, limit of detection)는 0.07 ug/시료, 0.0025 mg/시료 - 2.45 mg/시료 범위에서 평가된 정밀도는 0.057, 15.98 ug/시료 - 63.94 ug/시료 범위에서 2,4-DNPH가 코팅된 실리카겔관을 사용하여 평가된 평균탈착효율은 102.3%이며, 2,4-DNPH가 코팅된 카트리지를 사용하여 평가된 평균탈착효율은 104.7%이다.

(3) 시료운반, 시료안정성, 현장공시료

채취된 시료는 튜브 또는 카트리지의 마개를 완전히 밀봉한 후 알루미늄 호일 등으로 싸서 빛으로부터 차단시켜 0 ℃ 이하 상태로 운반하며, 시료보관시

의 시료안정성은 5 ℃에서 약 34일 정도이다. 일반적으로 추천되는 현장공시료의 개수는 채취된 총 시료세트 당 2 - 10개이다.

1.4 분석개요

(1) 분석 원리 및 기기

공기중의 포름알데히드가 실리카겔에 코팅된 2,4-DNPH와 반응하여 2,4-디페닐히드라존이라는 유도체를 형성하고 이 유도체를 탈착시켜 고성능액체크로마토그래피에 주입하여 자외선흡광검출기의 흡수파장 360 nm에서 검출되는 크로마토그램으로부터 포름알데히드를 정량 및 정성 분석한다.

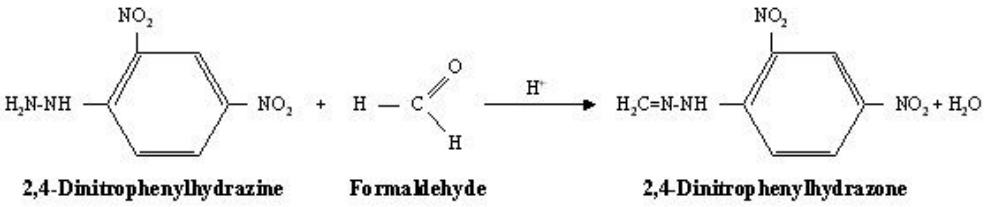


그림 15. 포름알데히드의 유도체화 반응식

(2) 기타

공기 중의 오존은 실리카겔에 코팅되어 있는 2,4-DNPH를 소비하여 없애는 역할을 하고, 또한 포름알데히드 유도체를 분해하는 것으로 평가되었다. 따라서 공기 중의 오존농도가 높다고 의심되는 경우 오존을 제거하기 위한 오존스크러버를 시료채취기 전단에 연결하여 사용하는 것이 좋다. 케톤류와 다른 알데히드물질도 2,4-DNPH와 반응하여 유도체물질을 생성한다. 그러나 이러한 물질은 칼럼을 이용하여 포름알데히드 유도체와 분리하여 정량할 수 있다.

2. 측정원리

작업장 공기중에 포함된 포름알데히드를 시료채취용 펌프를 이용하여 2,4-DNPH가 코팅된 실리카겔관 또는 카트리지에 흡인시켜 2,4-DNPH와의 유

도체화를 유도하여 흡착시킨다. 흡착된 포름알데히드 유도체는 아세토니트릴을 이용하여 탈착시킨 후 고성능액체크로마토그래피를 이용하여 정성 및 정량하는 방법이다.

3. 기구 및 기기

(1) 시료채취기

150~250 um(60/100 mesh) 입자크기의 실리카겔 0.35 g에 산이 첨가된 2,4-DNPH 1.0 mg이 코팅되어야 하며, 1.5 L/분으로 시료채취시 발생하는 압력강하가 7 kPa 미만인 카트리지 또는 튜브타입의 시료채취기로 용매탈착이 가능해야 한다.

(2) 시료채취용 펌프

작업자의 정상적인 작업 상황에서 작업자에게 부착 가능해야 하며, 적정유량(0.03~.5 L/min)에서 8시간 동안 연속적으로 작동이 가능해야 한다.

펌프가 작동되는 동안의 유량변동 범위는 ± 5% 이내이어야 하고 전체 측정기간 동안 채취된 실제 총 공기채취량과 계산된 공기량과의 차이는 ± 10% 이내이어야 한다.

펌프는 가연성 공기조건(flammable atmosphere)에서 사용하여도 안전해야 한다. 펌프와 시료채취기를 연결하는데 필요한 유연성튜브가 필요하다.

(3) 고성능액체크로마토그래피

360 nm를 포함한 자외선흡광검출기가 장착된 고성능액체크로마토그래피이어야 한다. 포름알데히드 분석에 사용되는 고성능액체크로마토그래피의 칼럼종류는 다양하다. 적절한 칼럼의 선택은 포름알데히드가 채취되는 작업장 공기중에 존재하는 다른 화학물질의 종류에 따라 달라질 수 있다. 다음은 일반적으로 작업장 공기중의 포름알데히드를 분석하는 데 사용되는 칼럼의 종류를 참고용으로 제시한 것이다.

- 3.5 x 150-mm, stainless steel, packed with 5 um C-18, Symmetry

(4) 바이엘: 시료탈착용으로 사용, 4 mL glass, PTFE-line crimp cap

(5) 마이크로주사기: 10 ul, 25 ul, 100 ul, 250 ul
시료주입, 탈착용 시료조제, 그리고 표준용액 조제 등에 필요하다.

(6) 주사기 : 10 mL

(7) 용량플라스크: 10 mL

(8) 오존 스크러버: 필요시 사용하며, 상업적으로 이용가능하다.

(9) 기타: 다양한 부피의 용량플라스크, 피펫 등이 필요하다.

4. 시약

(1) Formalin(37%): 시약등급

(2) 포름알데히드 저장용액(stock solution): 약 1 mg/mL, Formalin 용액(37%)을 사용하여 다음의 절차로 조제할 수 있으며, 4 mg/mL의 포름알데히드저장용액은 상업적으로도 구매가능하다.

(가) pH 적정을 이용하는 방법

① 37% 포르말린 용액 2.7 mL에 증류수를 가하여 1 L가 되게 한다.(약 3개월간 안정)

② 1.13 M sodium sulfite 5 mL를 50 mL 비이커에 넣고 자석교반기로 저어주면서 산 또는 염기용액을 가하여 pH를 8.5~10으로 조정하고 pH 농도를 기록한다.

③ ①에서 조제한 용액 10.0 mL를 가한다. 이때 pH는 11 이상이 되는데 0.02 N 황산용액을 가하여 ②에서의 pH로 맞춘다. (약 17 mL 정도의 산이 필요함) pH 농도를 지나치게 되면 0.01 N NaOH로 재조절한다.

④ 농도계산

$$C_{s,\ mg/mL} = \frac{30.0^{1)}\ (N_a^{2)} V_a^{3)} - N_b^{4)} V_b^{5)})}{V_s^{6)}}$$

1) : 30.0 g/equivalent of formaldehyde

2) : 황산의 노르말농도, 0.02 N

3) : 적정에 사용된 황산의 부피, mL

[4] : 역적정에 사용된 수산화나트륨이 노르말농도, 0.01 N

[5] : 역적정에 사용된 수산화나트륨의 부피, mL

[6] : ③에서 첨가한 포름알데히드 저장용액의 부피, 10 mL

(나) 지시약 적정을 이용하는 방법

① 250 mL 용량플라스크에 0.1 M sodium sulfite 50 mL와 지시약인 0.04% thymophthalein(w/v) 3 방울을 넣는다.

[주] 0.04% thymophthalein(w/v)는 에탄올과 물을 50:50으로 하는 용매에 중량/부피비로 0.04%가 되도록 조제한다.

② 0.1 N 황산용액을 1~2방울 정도를 ①에 떨어뜨려 색인 완전히 무색이 되도록 한다.

[주] 0.04% thymophthalein(w/v) 지시약은 당량점 이상의 pH에서는 푸른색(blue color)를 띄고, 당량점이하의 pH에서는 무색을 나타낸다.

③ (가) ①에서 조제된 포름알데히드 저장용액을 3.0~12.0 mL를 정확히 분취하여 ②용액에 첨가한 후 0.1 N 황산용액으로 이 혼합물을 적정한다. 당량점은 색깔이 무색으로 변하는 지점이다.

④ 다음 식에 의해 포름알데히드 저장용액의 농도를 계산한다.

$$C_s\ mg/mL = \frac{30.0^{1)}\ (N_a^{2)} \times V_a^{3)})}{V_s^{4)}}$$

[1] : 30.0 g/equivalent of formaldehyde

[2] : 황산의 노르말농도, 0.02 N

[3] : 적정에 사용된 황산의 부피, ㎖

[4] : ③에서 첨가한 포름알데히드 저장용액의 부피, mL

(3) 2,4-Dinitrophenylhydrazine(DNPH): 시약등급

(4) 2,4-DNPH-formaldehyde 표준용액: 상업적으로도 구매가능하며 2,4-DNPH 시약을 사용하여 다음과 같이 합성하여 사용할 수 있다.

① 2 M HCl 용액 1 L를 조제 : 진한 염산 172 mL를 1 L 용량플라스크에

넣은 후 증류수를 서서히 첨가하여 1 L로 만든다.

② 2,4-DNPH 8 g을 정확히 달아 1.에서 조제한 2 M HCl 용액에 첨가한 후 20~25 ℃에서 1 시간 정도 저으면서 포화시킨다.

③ 0.45 um 친수성 여과지를 사용하여 여과한다.

④ ③에서 여과된 용액에 ②에서 첨가한 DNPH 보다 2 몰라(molar) 이상의 포름알데히드 양을 첨가한 후 20 ℃~25 ℃에서 저으면서 30분에서 1시간 정도 방치한다.

⑤ ④에서 형성된 진한 노란색의 하이드라존(hydranone)을 다시 여과한다. 이 때 2 M HCl 용액 50 mL씩 3회 반복하여 하이드라존를 세척하고 난 후 다시 증류수 50 mL씩 사용하여 3회 반복 세척한다.

⑥ 50~60 ℃에서 필터를 건조시킨다.

⑦ ⑥에서 건조된 유도체를 적당량 정확히 달아 아세토니트릴 용액에 녹여 표준저장 용액을 만든다.

[주] hydrazone 1 ㎍은 포름알데히드 농도로 약 0.143 ㎍에 해당하며 정확한 농도는 HPLC나 다른 표준용액을 이용하여 순도를 검정한 후 사용해야 한다.

(5) 아세토니트릴: 카보닐 함량이 적은 것 시약등급

아세토니트릴에 포함된 카보닐함량은 아세토니트릴 용매 10 mL를 2, 4-DNPH가 코팅된 실리카겔관 또는 카트리지에 통과시켜 HPLC로 정량해 봄으로서 확인할 수 있다. 시약에서의 카보닐함량은 검출한계미만이어야 한다.

(6) 0.01 N NaOH

(7) 1.13 M, 0.1 M Sodium sulfite(Na_2SO_3): 사용직전에 조제하여 사용한다.

5. 시료채취

(1) 시료채취기와 펌프를 유연성튜브를 이용하여 시료채취시와 동일한 조건으로 연결한다(작업환경 중에 오존이 존재하여 포름알데히드의 시료채취에 영향을 줄 우려가 있는 경우 시료채취기 앞단에 오존스크러바를 장착한다). 작

업환경 중의 포름알데히드 농도를 고려하여 비누거품 유량보정기 또는 동등이상의 성능을 가진 유량보정기를 사용하여 적정유량(0.03 L/분~1.5 L/분)으로 시료채취용 펌프의 유량을 보정한다.

(2) 시료채취 직전 실리카겔관(또는 카트리지)의 양 끝단을 절단한 후 유연성튜브를 이용하여 실리카겔관과 펌프를 연결한다. 개인시료채취의 경우 펌프를 근로자에게 장착시키고 시료채취기는 근로자의 호흡영역에 부착 시킨다.

(3) 시료는 (1)에서 보정한 유량(0.03 L/분~1.5 L/분)으로 총 1 L~15 L정도의 공기를 채취하되 총 시료채취 유량은 작업장의 포름알데히드 추정농도와 '**1.3 시료채취 개요-** (2) 시료채취 유량, 시료채취 총량 등'에서한 파과용량 등을 고려하여 파과가 일어나지 않도록 적절히 결정한다.

(4) 시료채취가 끝난 시료채취기(실리카겔관)는 플라스틱 마개(고무마개는 피한다)로 막아 알루미늄 호일 등으로 감싸 빛과 열로부터 차단시켜 0 ℃ 이하 상태에서 실험실로 운반한다.

(5) 현장공시료(field blank)는 시료채취에 사용하지 않은 실리카겔관(또는 카트리지)을 이용하여 실리카겔관의 양 끝단을 절단한 후 즉시 마개로 막아두어야 하며, 현장 공시료는 시료채취에 활용되지 않은 점만 제외하고는 모두 현장시료와 동일하게 취급 운반하여야 한다.

6. 분석

6.1 시료전처리

(1) 흡착튜브의 앞층과 뒷층의 실라카겔을 각각 다른 4 mL 바이엘에 담는다. 이때 유리섬유는 버린다.

(2) 각 바이엘에 2.0 mL의 아세토니트릴을 넣고 즉시 마개로 막는다.

(3) 가끔 흔들어 주면서 실온에서 최소한 30분 이상 놓아둔다.

[주 1] 추출용매로 사용되는 아세토니트릴 내의 포름알데히드가 존재 유무 및 블랭크시료에서의 포름알데히드 농도는 반드시 점검되어 최종결과에 보정되어야 한다. 시료채취기 내의 포름알데히드 배경농도는 시료채취기의 보관기

간 및 보관방법에 따라 달라질 수 있다.

[주 2] 카트리지를 사용하여 포름알데히드를 채취한 경우 아세토니트릴로 추출하되 카트리지 제조회사가 권고한 대로 추출을 시행토록 한다. 보통 10 mL의 아세토니트릴을 카트리지에 주입하여(시료채취시 공기흡입 방향과 역방향으로 아세토니트릴을 주입한다) 추출하는데, 카트리지 내의 실리카겔이 추출하는 동안 약 0.3 mL의 아세토니트릴을 머금고 있기 때문에 추출시 10 mL의 용량플라스크를 이용하여 추출용액을 받되 최종 용량은 아세토니트릴을 용량플라스크에 직접 추가하여 정확히 10 mL가 되도록 하여야 한다.

6.2 검량선 작성과 정도관리

(1) 검출한계에서 정량한계의 10배 농도범위까지 최소 5개 이상의 표준용액으로 검량선을 작성한다. 이때 표준용액의 농도 범위는 현장시료 농도범위를 포함하는 것이어야 한다.

(2) 표준용액의 조제는 상업적으로 구매한 표준용액이나 4. (4)에서 조제한 포름알데히드 표준용액을 이용하여 아세토니트릴로 연속적으로 희석시켜 원하는 농도 범위의 표준용액을 조제하는 희석식 표준용액 조제방법을 사용할 수 있으며, 또 다른 방법은 4. (2)에서 조제한 포름알데히드 저장용액을 이용하여 표준용액을 조제하는 방법이 있다. 다음은 포름알데히드 저장용액을 이용하여 표준용액을 조제하는 방법에 대한 예시로 실제 조제에 있어 농도는 분석자가 적절히 판단하여 조제토록 한다. 표준용액은 시료분석 시 만들어 사용하는 것이 가장 좋다.

(가) 10 ul의 미량주사기를 이용하여 포름알데히드 저장용액을 아세토니트릴로 적절히 희석하여 3 - 9 ul를 채취하되 채취된 용액내에서의 포름알데히드 농도는 현장시료의 농도범위를 모두 포함하되 최소한 다른 농도수준으로 5개 이상 조제하여야 한다.

(나) (가)에서 채취한 미량주사기 내의 포름알데히드 저장용액을 사용하지 않은 실리카겔관의 앞층에 직접 주입한 후 즉시 마개로 실리카겔관을 막도록

한다. 동일한 요령으로 표준용액 조제용 첨가시료를 현장시료의 농도범위를 모두 포함하되 최소한 다른 농도수준으로 5개 이상 조제하여야 한다.

(다) 조제된 첨가시료는 실온에서 하룻밤 정도 놓아 둔 후 시료전처리 방법과 동일하게 탈착하고 이를 표준용액으로 사용하여 검량선을 작성토록 한다.

(3) 현장시료 및 공시료를 분석한다.

(4) 상업적으로 구매한 포름알데히드 표준용액이나 4. (4)에서 조제한 포름알데히드 표준용액을 사용하여 검량선을 작성한 경우 탈착효율 검증용 시료를 분석한다. 탈착효율 검증용 시료분석은 시료 배취(batch)당 최소한 한 번씩은 행해져야 하며, 탈착효율 검증용 시료조제는 다음과 같은 요령으로 조제하여 사용토록 한다.

(가) 3개 농도수준(저, 중, 고농도)에서 각각 3개씩의 실리카겔관과 공시료용으로 사용할 실리카겔관 3개를 준비한다.

(나) 미량 주사기를 이용하여 4. (2)에서 조제한 포름알데히드 저장용액(stock solution)의 일정량(5 ul~25 ul)을 취해 실리카겔관 앞층 실리카겔에 직접 주입한다. 탈착효율 검증용 저장용액은 (가)에서 언급한 3개 농도수준이 포함될 수 있도록 아세토니트릴을 이용하여 적당히 희석하여 사용한다.

(다) 탈착효율 검증용 저장용액을 주입한 활성탄관은 마개를 즉시 막고 하룻밤 정도 실온에 놓아둔다.

(라) 탈착시켜 분석한 다음, 아래와 같이 탈착효율을 구한다.

탈착효율(DE, desorption efficiency) = 검출량/주입량

[주] 탈착효율 검증용 시료는 최소한 시료분석 하루 전에 조제되어야 한다.

6.3 기기분석

고성능액체크로마토그래피 제조회사가 권고조건과 다음의 기기분석 조건을 참고하여 분석기기를 2,4-디페닐히드라존(포름알데히드 유도체) 분석이 용이하도록 기기를 최적화 시킨다.

(1) 분석조건

(가) 시료주입량: 20 ul

(나) 검출기: UV, 360 nm

(다) 이동상 및 속도

- 아세토니트릴 : 초순수= 45 : 55
- 1.3 mL/분

(2) 포름알데히드 유도체에 해당하는 피크 면적 또는 높이를 측정한다.

7. 농도

다음 식에 의해 작업장 공기 중 포름알데히드의 농도를 계산한다.

$$C,\ ppm = \frac{(W_f^{1)} + W_b^{2)} - B_f^{3)} - B_b^{4)}) \times 24.45^{5)}}{V^{6)} \times DE^{7)} \times 30.0^{8)}}$$

1) : 시료 앞층에서 분석된 포름알데히드 질량, ug

2) : 시료 뒷층에서 분석된 포름알데히드 질량, ug

3) : 공시료들의 앞층에서 분석된 포름알데히드 평균질량, ug

4) : 공시료들의 뒷층에서 분석된 포름알데히드 평균질량, ug

5) : 작업환경표준상태(25 ℃, 1 기압)에서 공기부피

6) : 시료채취 총량, L

7) : 평균 탈착효율

8) : 포름알데히드 분자량

[주] 포름알데히드 저장용액을 실리카겔관에 직접 주입하여 이를 탈착시켜 표준용액을 조제한 경우 표준용액 조제시 탈착효율이 이미 보정된 것이므로 7)평균 탈착효율은 적용하지 않아도 된다.

8. 참고문헌

한국산업안전공단. Method A-1-067, 알데히드류(I): In KOSHA CODE

A-1-2004. 인천, 한국, 2004.

EPA. TO5, TO11: Formaldehyde. In Compendium of methods for the determination of toxic organic compounds in ambient air. U.S.A, 1988.

ISO. 16000-3: Determination of formaldehyde and other carbonyl compounds by active sampling method. Switzerland, 2001.

NIOSH. Method 2016: Formaldehyde. In NIOSH Manual of analytical methods. Cincinnati, U.S.A, 2003.

OSHA. Method 1007: Formaldehyde(diffusive sampler). In OSHA analytical method manual. Salt lake city, U.S.A, 2003.

납 및 그 무기화합물의 작업환경측정방법 2001(2008)

1. 개요

1.1 적용범위

이 방법은 작업장 공기 중에 존재하는 납 및 그 무기화합물의 농도를 측정하여 산업안전보건법 제39조의 2(유해인자 허용기준의 준수)에 의한 허용기준 초과여부를 판정하는데 적합한 측정방법이다.

이 방법을 사용하여 측정 가능한 작업장 공기 중의 납 및 그 무기화합물의 농도범위는 500 L 정도 시료채취시 약 0.005~2.0 mg/m^3(유도결합플라즈마분광광도계 분석; ICP), 200 L 시료채취시 0.05~.0 mg/m^3(원자흡광광도계 분석; AAS)이다. 이 값은 총 시료채취량, 공시료에서의 납 및 그 무기화합물의 검출수준 및 분석기기(ICP 또는 AAS) 잡음수준에 따라 달라질 수 있다.

이 방법은 납 및 그 무기화합물에 대한 개인노출량 평가를 위한 작업환경측정방법 뿐만 아니라 지역농도 평가를 위한 작업환경측정방법에도 사용 가능하다.

1.2 물질특성

작업환경측정시 참고가 되는 납의 물리화학적 특성은 다음과 같다.

원소기호	원자량	녹는점(℃)
Pb	207.19	328

1.3 시료채취 개요

(1) 시료채취

막여과지(0.8-um, 셀룰로오즈 막여과지)가 장착된 3단카세트를 사용하여 이

카세트 내부로 작업장 공기를 흡인시켜 통과시킴으로서 작업장 공기 중의 납 및 그 무기화합물을 막여과지에 채취시킨다.

(2) 시료채취 유량, 시료채취 총량 등

시료채취시의 펌프유량 및 채취총량은 작업장 공기 중의 납 및 그 무기화합물의 농도, 그리고 사용되는 분석기기의 감도에 따라 달라질 수 있으나 다음 표의 정보를 참고하여 분석이 용이하도록 적정량이 채취될 수 있도록 한다.

시료채취		
유량 (L/분)	총 량(L)[1)]	
	최소	최대
1~4	200	1500

[1)] 작업장 공기중 농도가 0.05 mg/m^3 존재시 시간가중평균농도 평가를 위한 기준임

이 방법을 사용하여 측정 가능한 검출한계(LOD, limit of detection)는 0.062 ug/시료이며(ICP)와 2.6 ug/시료(AAS)이며, 2.5ug/시료 및 1000 ug/시료에서의 회수율은 각각 1.05, 0.95 정도이다

(3) 시료운반, 시료안정성, 현장공시료

채취된 시료는 3단카세트의 마개를 완전히 밀봉한 후 상온, 상압 상태에서 운반가능하며, 시료보관시의 상온에서 보관하여도 시료는 안정하다. 일반적으로 추천되는 현장공시료의 개수는 시료세트 당 2~10개 정도이다.

1.4 분석개요

(1) 분석 원리 및 기기

납 및 그 무기화합물이 여과채취된 막여과지를 전처리용액으로 회화시킨 다음 ICP 또는 AAS를 이용하여 정량분석 한다.

(2) 기타

과도하게 시료채취가 되는 경우 3단카세트 내부 벽에 분석대상물질이 포함된 먼지 등이 흡착되는 경우가 발생할 수 있다. 따라서 이러한 경우가 발생치 않도록 적정량의 시료를 채취토록 해야 한다.

작업장 공기중에 칼슘(calcium), 황산염(sulfate), 인산염(phosphate), 요오드화물(iodide), 불화물(fluoride), 또는 아세테이트(acetate)가 고농도로 존재하는 작업장에서 채취된 시료를 AAS로 분석시는 분석장비의 배경보정(background correction)을 실시하는 것이 좋다.

2. 측정원리

작업장 공기중에 포함된 납 및 그 무기화합물을 시료채취용 펌프를 이용하여 셀룰로오즈 막여과지에 여과채취한 후 각종 산을 이용한 회화용액으로 막여과지를 회화시켜 시료채취시 채취된 각종 유기화합물 및 막여과지를 제거하고 ICP 또는 AAS를 이용하여 납을 정량분석하는 방법이다.

3. 기구 및 기기

(1) 시료채취기: 셀룰로오즈 에스테르 막여과지 또는 PVC 막여과지가 장착된 3단카세트

- 셀룰로오즈 에스테르 막여과지: 직경 37 mm, 여과지 구멍크기 0.8 um
- PVC 막여과지: 직경 37 mm, 여과지 구멍크기 5.0 um
- 3단카세트: 3조각으로 구성된 직경 37 mm 카세트

(2) 시료채취용 펌프

작업자의 정상적인 작업 상황에서 작업자에게 부착 가능해야 하며, 적정유량(1~4 L/min)에서 8시간 동안 연속적으로 작동이 가능해야 한다.

펌프가 작동되는 동안의 유량변동 범위는 ± 5% 이내이어야 하고 전체 측정기간 동안 채취된 실제 총 공기채취량과 계산된 공기량과의 차이는 ± 10% 이내이어야 한다.

펌프는 가연성 공기조건(flammable atmosphere)에서 사용하여도 안전해야

한다. 펌프와 시료채취기를 연결하는데 필요한 유연성튜브가 필요하다.

(3) 분석기기: 유도결합플라즈마분광광도계(ICP) 또는 원자흡광광도계(AAS)

(4) 표면온도가 150 ℃ 이상 유지되는 가열판(hot plate) 또는 마이크로웨이브 회화기

(5) 유리덮개(watch glass)가 있는 50 mL 또는 125 mL 비이커

(6) 용량 플라스크: 10 mL, 25 mL, 100 mL, 1 L

(6) 기타: 다양한 부피의 피펫 등이 필요하다.

4. 시약

(1) 납 표준용액: 1,000 ug/mL, 상업적 구매가능

(2) 가열판 사용시

- 회화용액: 아래 진한질산과 진한 과염소산을 부피비로 4:1 혼합한 용액

・진한질산(conc nitric acid; HNO_3), 69%(m/m) - 71%(m/m)인 특급시약

・진한과염소산(conc perchloric acid; $HClO_4$), 69%(m/m) - 72%(m/m)인 특급시약

- 희석용액: 4% HNO_3, 1% $HClO_4$, 초순수 600 mL가 들어 있는 1 L 용량 플라스크에 회화용액 50 mL를 첨가한 후 초순수를 가해 최종용량이 1 L가 되게 한다.

(3) 마이크로웨이브 회화기 사용시

- 회화용액

・진한질산(conc nitric acid; HNO_3), 69%(m/m) - 71%(m/m)인 특급시약

・진한염산(conc hydrochloric acid; HCl): 35%(m/m) - 36%(m/m)인 특급시약

・ 진한 불화수소산(conc hydrofluoric acid): 48%(m/m)인 특급시약

・ 초순수

(4) 10% 질산용액: 1L 용량플라스크에 초순수 500 mL를 넣고 진한질산 100 mL를 첨가 한 후 다시 초순수를 가해 최종용량이 1 L가 되게 한다.

(5) 아르곤: ICP 사용시

(6) 아세틸렌 및 공기: AAS 사용시

[주] 모든 산 취급시 흄후드내에서 행해야 하며, 피부 및 눈에 산 접촉을 방지하기 보안경, 보호장갑 등을 착용하고 작업을 수행해야 한다.

5. 시료채취

(1) 시료채취기와 펌프를 유연성튜브를 이용하여 시료채취시와 동일한 조건으로 연결한다. 작업환경 중의 납 및 그 무기화합물 농도를 고려하여 비누거품 유량보정기 또는 동등이상의 성능을 가진 유량보정기를 사용하여 적정유량(1 L/분~4 L/분)으로 시료채취용 펌프의 유량을 보정한다.

(2) 시료채취 직전 3단카세트의 마개를 열고 유연성튜브를 이용하여 시료채취기와 펌프를 연결한다. 개인시료채취의 경우 펌프를 근로자에게 장착시키고 시료채취기는 근로자의 호흡영역에 부착 시킨다.

(3) 시료는 (1)에서 보정한 유량(1 L/분~4 L/분)으로 시료 채취를 실시하되 총 시료채취 유량은 작업장의 납 및 그 무기화합물 추정농도와 '**1.3 시료채취 개요**- (2) 시료채취 유량, 시료채취 총량 등'에서한 규정한 내용을 고려하여 적정 시료채취 총량을 채취하되, 여과지에 채취된 먼지의 무게가 2 mg을 초과하지 않도록 해야 한다.

(4) 시료채취가 끝난 시료채취기는 유연성튜브로부터 분리한 후 마개로 막아 실험실로 운반한다.

(5) 현장공시료(field blank)는 시료채취에 사용하지 않은 시료채취기를 이용하되, 현장공시료는 시료채취에 활용되지 않은 점만 제외하고는 모두 현장시료와 동일하게 취급 운반하여야 한다.

6. 분석

6.1 시료전처리

(1) 가열판 이용시

(가) 카세트로부터 막여과지를 핀셋 등을 이용하여 들어낸 후 비이커에 옮긴다.

(나) 비이커에 회화용액 5 mL를 넣고 유리덮개를 덮은 후 실온에서 30분 정도 놓아둔다.

(다) 가열판위로 (나)의 비이커를 옮긴 후 120 ℃에서 비이커 내의 회화용액이 약 0.5 mL 정도가 남을 때까지 가열시킨다.

(라) 유리덮개를 열고 회화용액 2 mL를 첨가하여 가열시킨다. 비이커 내의 회화용액이 투명해 질 때 까지 이 과정을 반복한다.

(마) 비이커 내의 회화용액이 투명해지면 유리덮개를 들고 비이커와 접한 유리덮개 내부를 약간의 초순수로 헹구되 헹군 초순수는 그 비이커 내로 들어가게 한다. 유리덮개는 제거하고 비이커 내의 용액량이 거의 없어져 건조될 때 까지(이때 액량은 약 0.5 mL 정도가 됨) 증발시킨다.

(바) 희석용액 2~3 mL를 비이커에 가해 잔유물을 다시 용해시킨 다음 10 mL 용량플라스크에 옮긴 후 희석용액을 가해 최종용량이 10 mL가 되게 한다.

[주] 최종 용량은 시료내의 납 농도를 고려하여 25 mL로 만들어 사용해도 된다.

(2) 마이크로웨이브 회화기 이용시

(가) 카세트로부터 막여과지를 핀셋 등을 이용하여 들어낸 후 마이크로웨이브의 베슬(vessel)에 옮긴다.

(나) 질산 3 mL를 넣고 이어서 염산 1 mL를 추가한다.

(다) 베슬의 뚜껑을 닫고 마이크로웨이브 내에 회전판위에 장착시킨 후 마이크로웨이브 제조회사가 권고한 대로 기기 운전조건(온도 및 압력센서 장착 등)을 설정한다.

(라) 10분 이내에 180 ℃까지 올라가서 동 온도에서 15분 동안 회화가 일어나도록 온도조건을 설정한다.

(마) 마이크로웨이브의 작동이 멈추면 베슬이 식을 때까지 기다린 후 흄후

드 내에서 베슬의 뚜껑을 조심스럽게 연다.

(바) 베슬 내의 용액을 10 mL(또는 25 mL) 용량플라스크 옮긴 후 베슬 내부를 초순수로 헹군 후 헹군 용액을 동일 용량플라스크에 넣고 초순수를 가해 최종 용량이 10 mL(또는 25 mL)되게 한다.

6.2 검량선 작성과 정도관리

(1) 검출한계에서 정량한계의 10배 농도범위까지 최소 5개 이상의 표준용액으로 검량선을 작성한다. 이때 표준용액의 농도 범위는 현장시료 농도범위를 포함하는 것이어야 한다.

(2) AAS를 이용한 납 분석 경우 표준용액의 조제는 0.25~20 ug/mL 범위내로 조제하되 **4. 시약** (1) 납 표준용액을 적당량 취하여 **4. 시약** (4)의 10% 질산용액으로 희석하여 원하는 농도로 조제토록 한다. ICP를 이용한 납 분석의 경우 일반적으로 1.0 ug/mL 농도로 조제하며, **4. 시약** (2) 가열판 사용시의 희석용액(4% HNO_3, 1% $HClO_4$)으로 희석하여 원하는 농도를 조제토록 한다.

(3) 검량선 작성용 표준용액시료와 공시료를 이용하여 검량선을 작성한다. 한번 작성한 검량선에 따라 10개의 시료를 분석한 다음 분석기기 반응에 대한 일정성을 확인하기 위해 1개의 표준용액 시료를 분석하여 그 일정성을 점검토록 한다. 그리고 10개 현장시료 분석마다 최소한 2개의 회수율 검증시료를 분석해야 한다.

(4) 회수율 시험

- 회수율 시험을 위한 첨가량을 결정한다. 첨가량은 현장시료의 납농도를 모두 포함하는 범위이어야 한다.

- **4. 시약** (1) 납 표준용액을 이용하여 계산된 첨가량이 될 수 있도록 적당량을 피펫으로 취해 시료채취시와 동일한 막여과지에 떨어뜨린다. 동일 첨가량을 가진 각기 다른 여과지에 떨어뜨려 동일 농도수준에서 총 3개의 회수율 검증용 시료를 조제토록 하고, 서로 다른 두 가지 농도수준에서 동일한 요

령으로 회수율 검증시료를 조제토록 한다.

[주] 일반적으로 저농도, 중농도, 그리고 고농도의 각 농도수준에서 각각 동일한 첨가량으로 3개의 첨가시료를 조제하기 때문에 총 9개의 회수율 검증용 첨가시료가 조제된다. 농도수준 및 수준별 반복정도는 분석자의 판단에 따라 조정될 수 있다.

- 하룻밤 정도 실온에서 놓아둔 후 시료전처리과정과 동일하게 전처리한 다음 분석하여 다음과 같이 회수율을 계산한다.

회수율(RE, recovery) = 검출량/첨가량

6.3 기기분석

ICP 또는 AAS의 기기제조회사가 권고한대로 기기를 작동시켜 최적화시킨다.

(1) 분석조건: 283.3 nm에서 배경보정상태로 납 흡광도를 측정하도록 한다. 217.0 nm는 283.3 nm보다 감도는 약간 좋기는 하지만 신호와 잡음비가 좋지 못하다.

(2) 기기 제조회사가 권고한 대로 표준용액, 공시료, 현장시료, 그리고 회수율 검증시료를 흡입시켜 납의 흡광도를 측정한다.

7. 농도

다음 식에 의해 작업장 공기 중 납 및 그 무기화합물의 농도를 계산한다.

$$C,\ mg/m^3 = \frac{(C_s^{1)}V_s^{2)} - C_b^{3)}V_b^{4)})}{V^{5)} \times RE^{6)}}$$

1) : 시료에서 납 농도, ug/mL
2) : 시료의 최종용량, mL
3) : 공시료에서 납 농도, ug/mL
4) : 공시료의 최종용량, mL
5) : 시료공기 채취 총량, L

[6] : 평균 회수율

8. 참고문헌

한국산업안전공단. Method A-1-001, 금속류: In KOSHA CODE A-1-2004. 인천, 한국, 2004.

HSE. MDHS 6/3: Lead and inorganic compounds of lead in air. In HSE methods for the determination of hazardous substances. Norwick, United kingdom, 1998.

HSE. MDHS 99: Metals in air by ICP-AES. In HSE methods for the determination of hazardous substances. Norwick, United kingdom, 2006.

NIOSH. Method 7082: Lead by flame AAS. In NIOSH Manual of analytical methods. Cincinnati, U.S.A, 1994.

NIOSH. Method 7300: Elements by ICP. In NIOSH Manual of analytical methods. Cincinnati, U.S.A, 2003.

OSHA. Method ID-125G: Metal and metalloid particulates in workplace atmosphere(ICP analysis). In OSHA analytical method manual. Salt lake city, U.S.A, 2002.

니켈-불용성 무기화합물의 작업환경측정방법 2002(2008)

1. 개요

1.1 적용범위

이 방법은 작업장 공기 중에 존재하는 니켈(불용성 무기화합물)의 농도를 측정하여 산업안전보건법 제39조의 2(유해인자 허용기준의 준수)에 의한 허용기준 초과여부를 판정하는데 적합한 측정방법이다.

이 방법을 사용하여 측정 가능한 작업장 공기 중의 니켈(불용성 무기화합물)의 농도범위는 500 L 정도 시료채취시 약 0.005~2.0 mg/m^3이다. 이 값은 총 시료채취량, 공시료에서의 니켈(불용성 무기화합물)의 검출수준 및 분석기기(ICP 또는 AAS) 잡음수준에 따라 달라질 수 있다.

이 방법은 니켈(불용성 무기화합물)에 대한 개인노출량 평가를 위한 작업환경측정방법 뿐만 아니라 지역농도 평가를 위한 작업환경측정방법에도 사용 가능하다.

1.2 물질특성

작업환경측정시 참고가 되는 니켈의 물리화학적 특성은 다음과 같다.

원소기호	원자량	녹는점(℃)
Cd	58.71	1453

구분	화학물질			물 용해도[1]
	국문명	영문명	화학식	
수용성 니켈화합물	염화니켈	nickel chloride	$NiCl_2$	642
	질산니켈	nickel nitrate	$NiNO_3$	485
	황산니켈	Nickel sulfate	$NiSO_4$	275
	니켈설파메이트	Nickel sulfamate	$Ni(SO_3NH_2)_2$	-[2]
	시안화니켈화합물	nickel cyanide complex		-
불용성 니켈화합물	탄산니켈	nickel carbonate	$NiCO_3$	0.093
	수산화니켈	nickel hydroxide	$Ni(OH)_2$	0.013
	니켈(II)산화물	nicke monoxide	NiO	0.001
	황화니켈	nickel sulphide	NiS	0.004
	니켈황화물	nickel subsulphide	Ni_3S_2	-

[1] g/L, at 18 - 20 ℃
[2] 이용 가능한 자료가 없음.

1.3 시료채취 개요

(1) 시료채취

막여과지(0.8-um, 셀룰로오즈 막여과지)가 장착된 3단카세트를 사용하여 이 카세트 내부로 작업장 공기를 흡인시켜 통과시킴으로서 작업장 공기 중의 니켈(불용성 무기화합물)을 막여과지에 채취시킨다.

(2) 시료채취 유량, 시료채취 총량 등

시료채취시의 펌프유량 및 채취총량은 작업장 공기 중의 니켈(불용성 무기화

합물)의 농도, 그리고 사용되는 분석기기의 감도에 따라 달라질 수 있으나 다음 표의 정보를 참고하여 분석이 용이하도록 적정량이 채취될 수 있도록 한다.

시료채취		
유량 (L/분)	총 량(L)[1]	
	최소	최대
1~3	5	1000

[1] 작업장 공기중 농도가 1 mg/m^3 존재시 시간가중평균농도 평가를 위한 기준임

이 방법을 사용하여 측정 가능한 검출한계(LOD, limit of detection)는 0.020 ug/시료(ICP)와 0.16 ug/시료(AAS)이며, 회수율은 거의 1.00에 가깝다.

(3) 시료운반, 시료안정성, 현장 공시료

채취된 시료는 3단카세트의 마개를 완전히 밀봉한 후 상온, 상압 상태에서 운반가능하며, 시료보관시의 상온에서 보관하여도 시료는 안정하다. 일반적으로 추천되는 현장 공시료의 개수는 시료세트 당 2~10개 정도이다.

1.4 분석개요

(1) 분석 원리 및 기기

니켈(불용성 무기화합물)이 여과채취된 막여과지를 전처리용액으로 회화시킨 다음 ICP 또는 AAS를 이용하여 정량분석 한다.

(2) 기타

과도하게 시료채취가 되는 경우 3단카세트 내부 벽에 분석대상물질이 포함된 먼지 등이 흡착되는 경우가 발생할 수 있다. 따라서 이러한 경우가 발생치 않도록 적정량의 시료를 채취토록 해야 한다.

2. 측정원리

작업장 공기중에 포함된 니켈(불용성 무기화합물)을 시료채취용 펌프를 이용하여 셀룰로오즈 또는 PVC 막여과지에 여과채취한 후 각종 산을 이용한 회화용액으로 막여과지를 회화시켜 시료채취시 채취된 각종 유기화합물 및 막여과지를 제거하고 ICP 또는 AAS를 이용하여 니켈을 정량분석하는 방법이다.

3. 기구 및 기기

(1) 시료채취기: 셀룰로오즈 에스테르 막여과지 또는 PVC 막여과지가 장착된 3단카세트

- 셀룰로오즈 에스테르 막여과지: 직경 37 mm, 여과지 구멍크기 0.8 um
- PVC 막여과지: 직경 37 mm, 여과지 구멍크기 5.0 um
- 3단카세트: 3조각으로 구성된 직경 37 mm 카세트

(2) 시료채취용 펌프

작업자의 정상적인 작업 상황에서 작업자에게 부착 가능해야 하며, 적정유량(1~3 L/min)에서 8시간 동안 연속적으로 작동이 가능해야 한다.

펌프가 작동되는 동안의 유량변동 범위는 ± 5% 이내이어야 하고 전체 측정기간 동안 채취된 실제 총 공기채취량과 계산된 공기량과의 차이는 ± 10% 이내이어야 한다.

펌프는 가연성 공기조건(flammable atmosphere)에서 사용하여도 안전해야 한다. 펌프와 시료채취기를 연결하는데 필요한 유연성튜브가 필요하다.

(3) 분석기기: 유도결합플라즈마분광광도계(ICP) 또는 원자흡광광도계(AAS)

(4) 표면온도가 150 ℃ 이상 유지되는 가열판(hot plate) 또는 마이크로웨이브 회화기

(5) 유리덮개(watch glass)가 있는 50 mL 또는 125 mL 비이커

(6) 용량 플라스크: 10 mL, 25 mL, 100 mL, 1 L

(6) 기타: 다양한 부피의 피펫 등이 필요하다.

4. 시약

(1) 니켈 표준용액: 1,000 ug/mL, 상업적 구매가능

(2) 가열판 사용시

- 회화용액

・진한질산(conc nitric acid; HNO_3), 69%(m/m)~71%(m/m)인 특급시약

・진한과염소산(conc perchloric acid; $HClO_4$), 69%(m/m)~72%(m/m)인 특급시약

- 희석용액: 10% HNO_3, 초순수 800 mL가 들어 있는 1 L 용량플라스크에 진한질산 100 mL를 첨가한 후 초순수를 가해 최종용량이 1 L가 되게 한다.

[주] 진한 질산을 물에 첨가하면 격렬한 발열반응이 일어나게 되므로 한꺼번에 넣지 말고 소량씩 천천히 물에 첨가토록 해야 한다.

(3) 마이크로웨이브 회화기 사용시

- 회화용액

・진한질산(conc nitric acid; HNO_3), 69%(m/m) - 71%(m/m)인 특급시약

・진한염산(conc hydrochloric acid; HCl): 35%(m/m) - 36%(m/m)인 특급시약

・ 진한 불화수소산(conc hydrofluoric acid): 48%(m/m)인 특급시약

・초순수

(5) 아르곤: ICP 사용시

(6) 아세틸렌 및 공기: AAS 사용시

[주] 모든 산 취급시 흄후드내에서 행해야 하며, 피부 및 눈에 산 접촉을 방지하기 보안경, 보호장갑 등을 착용하고 작업을 수행해야 한다.

5. 시료채취

(1) 시료채취기와 펌프를 유연성튜브를 이용하여 시료채취시와 동일한 조건

으로 연결한다. 작업환경 중의 니켈(불용성 무기화합물) 농도를 고려하여 비누거품 유량보정기 또는 동등이상의 성능을 가진 유량보정기를 사용하여 적정유량(1 L/분~3 L/분)으로 시료채취용 펌프의 유량을 보정한다.

(2) 시료채취 직전 3단카세트의 마개를 열고 유연성튜브를 이용하여 시료채취기와 펌프를 연결한다. 개인시료채취의 경우 펌프를 근로자에게 장착시키고 시료채취기는 근로자의 호흡영역에 부착 시킨다.

(3) 시료는 (1)에서 보정한 유량(1 L/분~3 L/분)으로 시료 채취를 실시하되 총 시료채취 유량은 작업장의 니켈(불용성 무기화합물) 추정농도와 '**1.3 시료채취 개요**- (2) 시료채취 유량, 시료채취 총량 등'에서한 규정한 내용을 고려하여 적정 시료채취 총량을 채취하되, 여과지에 채취된 먼지의 무게가 2 mg을 초과하지 않도록 해야 한다.

(4) 시료채취가 끝난 시료채취기는 유연성튜브로부터 분리한 후 마개로 막아 실험실로 운반한다.

(5) 현장 공시료(field blank)는 시료채취에 사용하지 않은 시료채취기를 이용하되, 현장 공시료는 시료채취에 활용되지 않은 점만 제외하고는 모두 현장시료와 동일하게 취급 운반하여야 한다.

6. 분석

6.1 시료전처리

(1) 가열판 이용시

(가) 카세트로부터 막여과지를 핀셋 등을 이용하여 들어낸 후 비이커에 옮긴다.

(나) 비이커에 진한질산 5 mL를 넣고 유리덮개를 덮은 후 150 ℃로 가열하여 비이커 내의 회화용액이 약 1.0 mL 정도가 남을 때까지 가열시킨다.

(다) 유리덮개를 열고 진한과염소산 1 mL를 첨가한 후 유리덮개를 다시 닫고 가열시킨다. 과염소산의 흰 연기가 발생하고 비이커 내의 산 용액이 약 1 mL 정도가 될 때 까지 가열시킨다.

(라) 가열판으로부터 비이커를 들어내서 실온이 될 때 까지 식힌다. 유리덮개를 들고 비이커와 접한 유리덮개 내부를 약간의 초순수로 헹구되 헹군 초순수는 그 비이커 내로 들어가게 한다. 비이커에 초순수 적당량을 넣은 후 비이커 내부를 잘 헹구고 난 후 그 용액을 10 mL 용량플라스크로 옮긴다. 10% 질산용액을 용량플라스크에 가하여 최종용량이 10 mL가 되게 한다.

[주] 회화시킨 용액에 입자상물질이 존재한다면 셀룰로오즈 여과지를 사용하여 여과시켜 여과된 용액을 시료로 사용토록 한다.

(2) 마이크로웨이브 회화기 이용시

(가) 카세트로부터 막여과지를 핀셋 등을 이용하여 들어낸 후 마이크로웨이브의 베슬(vessel)에 옮긴다.

(나) 질산 3 mL를 넣고 이어서 염산 1 mL를 추가한다.

(다) 베슬의 뚜껑을 닫고 마이크로웨이브 내에 회전판위에 장착시킨 후 마이크로웨이브 제조회사가 권고한 대로 기기 운전조건(온도 및 압력센서 장착 등)을 설정한다.

(라) 10분 이내에 180 ℃까지 올라가서 동 온도에서 15분 동안 회화가 일어나도록 온도조건을 설정한다.

(마) 마이크로웨이브의 작동이 멈추면 베슬이 식을 때까지 기다린 후 흄후드 내에서 베슬의 뚜껑을 조심스럽게 연다.

(바) 베슬 내의 용액을 10 mL(또는 25 mL) 용량플라스크 옮긴 후 베슬 내부를 초순수로 헹군 후 헹군 용액을 동일 용량플라스크에 넣고 초순수를 가해 최종 용량이 10 mL(또는 25 mL)되게 한다.

6.2 검량선 작성과 정도관리

(1) 검출한계에서 정량한계의 10배 농도범위까지 최소 5개 이상의 표준용액으로 검량선을 작성한다. 이때 표준용액의 농도 범위는 현장시료 농도범위를 포함하는 것이어야 한다.

(2) AAS를 이용한 니켈 분석 경우 표준용액의 조제는 0~5 ug/mL 범위내

로 조제한다. 100 mL용량플라스크 내에 초순수 50 mL를 넣고 4. 시약 (1)의 니켈 표준용액을 원하는 농도범위가 되도록 적당량 취해 용량플라스크에 넣은 다음 잘 섞은 후 다시 초순수를 가해 최종용량이 100 mL가 되게 한 후 다시 용량플라스크의 마개를 막고 잘 섞도록 한다. ICP를 이용한 니켈분석의 경우 일반적으로 1.0 ug/mL 농도로 조제한다.

(3) 검량선 작성용 표준용액시료와 공시료를 이용하여 검량선을 작성한다. 한번 작성한 검량선에 따라 10개의 시료를 분석한 다음 분석기기 반응에 대한 일정성을 확인하기 위해 1개의 표준용액 시료를 분석하여 그 일정성을 점검토록 한다. 그리고 10개 현장시료 분석마다 최소한 2개의 회수율 검증시료를 분석해야 한다.

(4) 회수율 시험

- 회수율 시험을 위한 첨가량을 결정한다. 첨가량은 현장시료의 니켈농도를 모두 포함하는 범위이어야 한다.

- 4. 시약 (1)의 니켈 표준용액을 이용하여 계산된 첨가량이 될 수 있도록 적당량을 피펫으로 취해 시료채취시와 동일한 막여과지에 떨어뜨린다. 동일 첨가량을 가진 각기 다른 여과지에 떨어뜨려 동일 농도수준에서 총 3개의 회수율 검증용 시료를 조제토록 하고, 서로 다른 두 가지 농도수준에서 동일한 요령으로 회수율 검증시료를 조제토록 한다.

[주] 일반적으로 저농도, 중농도, 그리고 고농도의 각 농도수준에서 각각 동일한 첨가량으로 3개의 첨가시료를 조제하기 때문에 총 9개의 회수율 검증용 첨가시료가 조제된다. 농도수준 및 수준별 반복정도는 분석자의 판단에 따라 조정될 수 있다.

- 하룻밤 정도 실온에서 놓아둔 후 시료전처리과정과 동일하게 전처리한 다음 분석하여 다음과 같이 회수율을 계산한다.

회수율(RE, recovery) = 검출량/첨가량

6.3 기기분석

ICP 또는 AAS의 기기제조회사가 권고한대로 기기를 작동시켜 최적화시킨

다.

(1) 분석조건: 232.0 nm에서 배경보정상태로 니켈 흡광도를 측정하도록 한다.

(2) 기기 제조회사가 권고한 대로 표준용액, 공시료, 현장시료, 그리고 회수율 검증시료를 흡입시켜 니켈의 흡광도를 측정한다.

7. 농도

다음 식에 의해 작업장 공기 중 니켈(불용성 무기화합물)의 농도를 계산한다.

$$C,\ mg/m^3 = \frac{(C_s^{1)}V_s^{2)} - C_b^{3)}V_b^{4)})}{V^{5)} \times RE^{6)}}$$

1) : 시료에서 니켈 농도, ug/mL
2) : 시료의 최종용량, mL
3) : 공시료에서 니켈 농도, ug/mL
4) : 공시료의 최종용량, mL
5) : 시료공기 채취 총량, L
6) : 평균 회수율

8. 참고문헌

한국산업안전공단. Method A-1-001, 금속류: In KOSHA CODE A-1-2004. 인천, 한국, 2004.

HSE. MDHS 42/2: Nickel and inorganic compounds of nickel in air(except nickel carbonyl). In HSE methods for the determination of hazardous substances. Norwick, United kingdom, 1996.

NIOSH. Method 7300: Elements by ICP. In NIOSH Manual of analytical methods. Cincinnati, U.S.A, 2003.

OSHA. Method ID-125G: Metal and metalloid particulates in workplace atmosphere(ICP analysis). In OSHA analytical method manual. Salt lake city, U.S.A, 2002.

카드뮴 및 그 화합물의 작업환경측정방법 2003(2008)

1. 개요

1.1 적용범위

이 방법은 작업장 공기 중에 존재하는 카드뮴 및 그 화합물의 농도를 측정하여 산업안전보건법 제39조의 2(유해인자 허용기준의 준수)에 의한 허용기준 초과여부를 판정하는데 적합한 측정방법이다.

이 방법을 사용하여 측정 가능한 작업장 공기 중의 카드뮴 및 그 화합물의 농도범위는 500 L 정도 시료채취시 약 0.005~2.0 mg/m^3(유도결합플라즈마분광광도계 분석; ICP), 250 L 시료채취시 0.01~2.0 mg/m^3(원자흡광광도계 분석; AAS)이다. 이 값은 총 시료채취량, 공시료에서의 카드뮴 및 그 화합물의 검출수준 및 분석기기(ICP 또는 AAS) 잡음수준에 따라 달라질 수 있다.

이 방법은 카드뮴 및 그 화합물에 대한 개인노출량 평가를 위한 작업환경측정방법 뿐만 아니라 지역농도 평가를 위한 작업환경측정방법에도 사용 가능하다.

1.2 물질특성

작업환경측정시 참고가 되는 카드뮴의 물리화학적 특성은 다음과 같다.

원소기호	원자량	녹는점(℃)
Cd	112.40	320.9

1.3 시료채취 개요

(1) 시료채취

막여과지(0.8-um, 셀룰로오즈 막여과지)가 장착된 3단카세트를 사용하여 이

카세트 내부로 작업장 공기를 흡인시켜 통과시킴으로서 작업장 공기 중의 카드뮴 및 그 화합물을 막여과지에 채취시킨다.

(2) 시료채취 유량, 시료채취 총량 등

시료채취시의 펌프유량 및 채취총량은 작업장 공기 중의 카드뮴 및 그 화합물의 농도, 그리고 사용되는 분석기기의 감도에 따라 달라질 수 있으나 다음 표의 정보를 참고하여 분석이 용이하도록 적정량이 채취될 수 있도록 한다.

시료채취		
유량 (L/분)	총 량(L)[1)]	
	최소	최대
1~3	25	1500

[1)] 작업장 공기중 농도가 0.1 mg/m^3 존재시 시간가중평균농도 평가를 위한 기준임

이 방법을 사용하여 측정 가능한 검출한계(LOD, limit of detection)는 0.0075 ug/시료(ICP)와 0.05 ug/시료(AAS)이며, 회수율은 거의 1.00에 가깝다.

(3) 시료운반, 시료안정성, 현장공시료

채취된 시료는 3단카세트의 마개를 완전히 밀봉한 후 상온, 상압 상태에서 운반가능하며, 시료보관시의 상온에서 보관하여도 시료는 안정하다. 일반적으로 추천되는 현장공시료의 개수는 시료세트 당 2~10개 정도이다.

1.4 분석개요

(1) 분석 원리 및 기기

카드뮴 및 그 화합물이 여과채취된 막여과지를 전처리용액으로 회화시킨 다음 ICP 또는 AAS를 이용하여 정량분석 한다.

(2) 기타

과도하게 시료채취가 되는 경우 3단카세트 내부 벽에 분석대상물질이 포함

된 먼지 등이 흡착되는 경우가 발생할 수 있다. 따라서 이러한 경우가 발생치 않도록 적정량의 시료를 채취토록 해야 한다.

2. 측정원리

작업장 공기중에 포함된 카드뮴 및 그 화합물을 시료채취용 펌프를 이용하여 셀룰로오즈 또는 PVC 막여과지에 여과채취한 후 각종 산을 이용한 회화용액으로 막여과지를 회화시켜 시료채취시 채취된 각종 유기화합물 및 막여과지를 제거하고 ICP 또는 AAS를 이용하여 카드뮴을 정량분석하는 방법이다.

3. 기구 및 기기

(1) 시료채취기: 셀룰로오즈 에스테르 막여과지 또는 PVC 막여과지가 장착된 3단카세트

- 셀룰로오즈 에스테르 막여과지: 직경 37 mm, 여과지 구멍크기 0.8 um
- PVC 막여과지: 직경 37 mm, 여과지 구멍크기 5.0 um
- 3단카세트: 3조각으로 구성된 직경 37 mm 카세트

(2) 시료채취용 펌프

작업자의 정상적인 작업 상황에서 작업자에게 부착 가능해야 하며, 적정유량(1~3 L/min)에서 8시간 동안 연속적으로 작동이 가능해야 한다.

펌프가 작동되는 동안의 유량변동 범위는 ± 5% 이내이어야 하고 전체 측정기간 동안 채취된 실제 총 공기채취량과 계산된 공기량과의 차이는 ± 10% 이내이어야 한다.

펌프는 가연성 공기조건(flammable atmosphere)에서 사용하여도 안전해야 한다. 펌프와 시료채취기를 연결하는데 필요한 유연성튜브가 필요하다.

(3) 분석기기: 유도결합플라즈마분광광도계(ICP) 또는 원자흡광광도계(AAS)

(4) 표면온도가 400 ℃ 이상 유지되는 가열판(hot plate) 또는 마이크로웨이브 회화기

(5) 유리덮개(watch glass)가 있는 50 mL 또는 125 mL 비이커

(6) 용량 플라스크: 10 mL, 25 mL, 100 mL, 1 L

(6) 기타: 다양한 부피의 피펫 등이 필요하다.

4. 시약

(1) 카드뮴 표준용액: 1,000 ug/mL, 상업적 구매가능

(2) 가열판 사용시

- 회화용액

・진한질산(conc nitric acid; HNO_3), 69%(m/m)~71%(m/m)인 특급시약

・진한염산(conc hydrochloric acid; HCl): 35%(m/m)~36%(m/m)인 특급시약

(3) 마이크로웨이브 회화기 사용시

- 회화용액

・진한질산(conc nitric acid; HNO_3), 69%(m/m)~71%(m/m)인 특급시약

・진한염산(conc hydrochloric acid; HCl): 35%(m/m)~36%(m/m)인 특급시약

・진한 불화수소산(conc hydrofluoric acid): 48%(m/m)인 특급시약

・초순수

(4) 0.5 N 염산용액(표준용액의 희석용액으로 사용): 1 L의 용량플라스크에 초순수 500 mL를 채운 후 진한 염산 41.5 mL를 서서히 첨가한 후 다시 초순수를 가해 부피가 1 L가 되게 한다.

[주] 진한 염산 물에 첨가하면 격렬한 발열반응이 일어나게 되므로 한꺼번에 넣지 말고 소량씩 천천히 물에 첨가토록 해야 한다.

(5) 아르곤: ICP 사용시

(6) 아세틸렌 및 공기: AAS 사용시

[주] 모든 산 취급시 흄후드내에서 행해야 하며, 피부 및 눈에 산 접촉을 방지하기 보안경, 보호장갑 등을 착용하고 작업을 수행해야 한다. 또한 카드뮴화합물은 매우 독성이 강하고 발암성이 의심되는 물질이므로 취급에 특히 유의

토록 해야 한다.

5. 시료채취

(1) 시료채취기와 펌프를 유연성튜브를 이용하여 시료채취시와 동일한 조건으로 연결한다. 작업환경 중의 카드뮴 및 그 화합물 농도를 고려하여 비누거품 유량보정기 또는 동등이상의 성능을 가진 유량보정기를 사용하여 적정유량(1 L/분~3 L/분)으로 시료채취용 펌프의 유량을 보정한다.

(2) 시료채취 직전 3단카세트의 마개를 열고 유연성튜브를 이용하여 시료채취기와 펌프를 연결한다. 개인시료채취의 경우 펌프를 근로자에게 장착시키고 시료채취기는 근로자의 호흡영역에 부착 시킨다.

(3) 시료는 (1)에서 보정한 유량(1 L/분~3 L/분)으로 시료 채취를 실시하되 총 시료채취 유량은 작업장의 카드뮴 및 그 화합물 추정농도와 '**1.3 시료채취 개요**- (2) 시료채취 유량, 시료채취 총량 등'에서한 규정한 내용을 고려하여 적정 시료채취 총량을 채취하되, 여과지에 채취된 먼지의 무게가 2 mg을 초과하지 않도록 해야 한다.

(4) 시료채취가 끝난 시료채취기는 유연성튜브로부터 분리한 후 마개로 막아 실험실로 운반한다.

(5) 현장 공시료(field blank)는 시료채취에 사용하지 않은 시료채취기를 이용하되, 현장 공시료는 시료채취에 활용되지 않은 점만 제외하고는 모두 현장시료와 동일하게 취급 운반하여야 한다.

6. 분석

6.1 시료전처리

(1) 가열판 이용시

(가) 카세트로부터 막여과지를 핀셋 등을 이용하여 들어낸 후 비이커에 옮긴다.

(나) 비이커에 진한질산 2 mL를 넣고 유리덮개를 덮은 후 140 ℃로 가열

하여 비이커 내의 회화용액이 약 0.5 mL 정도가 남을 때까지 가열시킨다.

(다) 유리덮개를 열고 회화용액 2 mL를 첨가하여 가열하는 (나)의 과정을 2회 반복한다.

(라) 유리덮개를 열고 진한 염산 2 mL를 첨가한 후 덮개를 닫고 400 ℃로 가열시키면서 비이커 내의 회화용액이 약 0.5 mL 정도가 남을 때까지 가열시킨다.

(마) 유리덮개를 열고 회화용액 2 mL를 첨가하여 가열하는 (라)의 과정을 2회 반복한다. 이 과정 중 어떤 순간에도 비이커 내의 회화용액이 다 증발하여 건조되는 경우는 없어야 한다.

(바) (마) 용액을 실온에서 식힌 후 초순수 10 mL를 가하여 비이커 내부를 잘 세척한 후 25 mL 용량플라스크로 옮긴다.

(사) 초순수를 첨가하여 최종시료용량이 25 mL가 되게 한다.

(2) 마이크로웨이브 회화기 이용시

(가) 카세트로부터 막여과지를 핀셋 등을 이용하여 들어낸 후 마이크로웨이브의 베슬(vessel)에 옮긴다.

(나) 질산 3 mL를 넣고 이어서 염산 1 mL를 추가한다.

(다) 베슬의 뚜껑을 닫고 마이크로웨이브 내에 회전판위에 장착시킨 후 마이크로웨이브 제조회사가 권고한 대로 기기 운전조건(온도 및 압력센서 장착 등)을 설정한다.

(라) 10분 이내에 180 ℃까지 올라가서 동 온도에서 15분 동안 회화가 일어나도록 온도조건을 설정한다.

(마) 마이크로웨이브의 작동이 멈추면 베슬이 식을 때까지 기다린 후 흄후드 내에서 베슬의 뚜껑을 조심스럽게 연다.

(바) 베슬 내의 용액을 10 mL(또는 25 mL) 용량플라스크 옮긴 후 베슬 내부를 초순수로 헹군 후 헹군 용액을 동일 용량플라스크에 넣고 초순수를 가해 최종 용량이 10 mL(또는 25 mL)되게 한다.

6.2 검량선 작성과 정도관리

(1) 검출한계에서 정량한계의 10배 농도범위까지 최소 5개 이상의 표준용액으로 검량선을 작성한다. 이때 표준용액의 농도 범위는 현장시료 농도범위를 포함하는 것이어야 한다.

(2) AAS를 이용한 카드뮴 분석 경우 표준용액의 조제는 0~30 ug/시료 범위내로 조제하되 **4. 시약** (1) 카드뮴 표준용액을 적당량 취하여 **4. 시약** (4)의 0.5 N 염산용액으로 희석하여 원하는 농도로 조제토록 한다. ICP를 이용한 카드뮴 분석의 경우 일반적으로 1.0 ug/mL 농도로 조제한다.

(3) 검량선 작성용 표준용액시료와 공시료를 이용하여 검량선을 작성한다. 한번 작성한 검량선에 따라 10개의 시료를 분석한 다음 분석기기 반응에 대한 일정성을 확인하기 위해 1개의 표준용액 시료를 분석하여 그 일정성을 점검토록 한다. 그리고 10개 현장시료 분석마다 최소한 2개의 회수율 검증시료를 분석해야 한다.

(4) 회수율 시험

- 회수율 시험을 위한 첨가량을 결정한다. 첨가량은 현장시료의 카드뮴 농도를 모두 포함하는 범위이어야 한다.

- **4. 시약** (1) 카드뮴 표준용액을 이용하여 계산된 첨가량이 될 수 있도록 적당량을 피펫으로 취해 시료채취시와 동일한 막여과지에 떨어뜨린다. 동일 첨가량을 가진 각기 다른 여과지에 떨어뜨려 동일 농도수준에서 총 3개의 회수율 검증용 시료를 조제토록 하고, 서로 다른 두 가지 농도수준에서 동일한 요령으로 회수율 검증시료를 조제토록 한다.

[주] 일반적으로 저농도, 중농도, 그리고 고농도의 각 농도수준에서 각각 동일한 첨가량으로 3개의 첨가시료를 조제하기 때문에 총 9개의 회수율 검증용 첨가시료가 조제된다. 농도수준 및 수준별 반복정도는 분석자의 판단에 따라 조정될 수 있다.

- 하룻밤 정도 실온에서 놓아둔 후 시료전처리과정과 동일하게 전처리한 다음 분석하여 다음과 같이 회수율을 계산한다.

회수율(RE, recovery) = 검출량/첨가량

6.3 기기분석

ICP 또는 AAS의 기기제조회사가 권고한대로 기기를 작동시켜 최적화시킨다.

(1) 분석조건: 228.8 nm에서 배경보정상태로 카드뮴 흡광도를 측정하도록 한다.

(2) 기기 제조회사가 권고한 대로 표준용액, 공시료, 현장시료, 그리고 회수율 검증시료를 흡입시켜 납의 흡광도를 측정한다.

7. 농도

다음 식에 의해 작업장 공기 중 카드뮴 및 그 화합물의 농도를 계산한다.

$$C,\ mg/m^3 = \frac{(C_s^{1)}V_s^{2)} - C_b^{3)}V_b^{4)})}{V^{5)} \times RE^{6)}}$$

1) : 시료에서 카드뮴 농도, ug/mL
2) : 시료의 최종용량, mL
3) : 공시료에서 카드뮴 농도, ug/mL
4) : 공시료의 최종용량, mL
5) : 시료공기 채취 총량, L
6) : 평균 회수율

8. 참고문헌

한국산업안전공단. Method A-1-001, 금속류: In KOSHA CODE A-1-2004. 인천, 한국, 2004.

HSE. MDHS 10/2: Cadmium and inorganic compounds of lead in air. In HSE methods for the determination of hazardous substances. Norwick,

United kingdom, 1994.

HSE. MDHS 99: Metals in air by ICP-AES. In HSE methods for the determination of hazardous substances. Norwick, United kingdom, 2006.

NIOSH. Method 7048: Cadmium and compounds, as Cd. In NIOSH Manual of analytical methods. Cincinnati, U.S.A, 1994.

NIOSH. Method 7300: Elements by ICP. In NIOSH Manual of analytical methods. Cincinnati, U.S.A, 2003.

OSHA. Method ID-125G: Metal and metalloid particulates in workplace atmosphere(ICP analysis). In OSHA analytical method manual. Salt lake city, U.S.A, 2002.

6가 크롬화합물 작업환경측정방법 2004(2008)

1. 개요

1.1 적용범위

이 방법은 작업장 공기 중에 존재하는 6가 크롬화합물 농도를 측정하여 산업안전보건법 제39조의 2(유해인자 허용기준의 준수)에 의한 허용기준 초과여부를 판정하는데 적합한 측정방법이다.

이 방법을 사용하여 측정 가능한 작업장 공기 중의 6가 크롬화합물 농도범위는 200 L 공기채취시 약 0.001 mg/m^3~5 mg/m^3정도이다. 측정범위 상한값은 분석기기의 검출기 성능에 따라 달라 질 수 있으며, 그 하한값은 공시료에서의 6가 크롬화합물의 검출수준 및 분광광도계 또는 이온크로마토그래피 검출기의 잡음수준에 따라 달라질 수 있다.

이 방법은 6가 크롬화합물에 대한 개인노출량 평가를 위한 작업환경측정방법뿐만 아니라 지역농도 평가를 위한 작업환경측정방법에도 사용 가능하다.

1.2 물질특성

작업환경측정시 참고가 되는 6가 크롬화합물의 물리화학적 특성은 다음과 같다.

화학식	분자량	비중 (@ 20 ℃)	끓는점 (℃)	증기압 (mmHg, @ 25 ℃)
Cr(VI)	52.00	2.70	250	극히 낮음

1.3 시료채취 개요

(1) 시료채취

PVC 여과지가 장착된 3단카세트 내부로 작업장 공기를 흡인시켜 통과시킴으로서 작업장 공기 중의 6가 크롬화합물을 여과채취하게 된다.

(2) 시료채취 유량, 시료채취 총량 등

시료채취시의 펌프유량 및 채취총량은 작업장 공기 중의 6가 크롬화합물의 농도, 그리고 사용되는 분석기기의 감도에 따라 달라질 수 있으나 다음 표의 정보를 참고하여 적정량의 6가 크롬화합물이 채취될 수 있도록 한다.

시료채취			
유량 (L/분)	총 량(L)		
	분석기기	최소	최대
1~4	분광광도계	8[1)]	400
	이온크로마토그래피	100[2)]	1000

[1)] 작업장 농동가 0.025 mg/m^3일 때 기준임, [2)] 작업장 농도가 0.1 mg/m^3일 때 기준임

이 방법을 사용하여 측정 가능한 검출한계(LOD, limit of detection)는 분광광도계를 사용하는 경우 0.05 ug/시료이고, 0.3 ug/시료~1.2 ug/시료 범위에서 평가된 정밀도는 0.029이며, 이온크로마토그래피를 사용하는 경우 검출한계는 3.5 ug/시료이고, 22 ug/시료~62 ug/시료 범위에서 평가된 정밀도는 0.043이다.

(3) 시료운반, 시료안정성, 현장공시료

시료채취가 끝나는 대로 즉시 여과지를 꺼내 바이엘에 넣고 마개로 밀봉한 다음 실험실로 운반하여 냉장보관 한다. 분석은 시료채취 후 2주 이내에 분석하도록 하며, 일반적으로 추천되는 현장공시료의 개수는 채취된 총 시료세트당 2~10개이다.

1.4 분석개요

(1) 분석 원리 및 기기

6가 크롬화합물과 1,5-diphenylcarbazide 간의 반응을 유도하여 마젠타 크로모젠 화합물을 형성시켜 이 화합물의 흡광도를 분광도계를 이용하여 540 nm에서 측정하여 정량하거나 6가 크롬화합물을 알카리 추출용매로 추출한 후 크롬이온을 이온크로마토그래피를 이용하여 정량하는 방법이다.

(2) 기타

작업장 공기 중에 철, 구리, 니켈, 또는 바나듐이 존재하여 시료채취가 6가 크롬화합물과 동시에 채취된다면 분석과정에서 6가 크롬화합물과 같이 마젠타 크로모젠 화합물을 형성시켜 540 nm에서 흡광이 일어날 수 있으므로 방해물질로 작용할 수 있다. 흡광정도는 6가 크롬 0.02 ug과 이들 방해물질 10 ug이 거의 같은 정도의 흡광도를 나타내는 것으로 평가되고 있다. 이러한 방해물질의 영향은 알카리 추출방법을 사용함으로써 최소화시킬 수 있다.

2. 측정원리

작업장 공기중에 포함된 6가 크롬화합물을 시료채취용 펌프를 이용하여 PVC 필터가 장착된 3단카세트 내부로 흡인시켜 여과채취한다. 여과채취된 6가 크롬화합물을 1,5-diphenylcarbazide와 반응시켜 마젠타 크로모젠 화합물을 형성시킨 후 자외선-가시광선 분광광도계를 이용하여 정성 및 정량하거나 PVC 필터에 여과채취된 5가크롬화합물을 알카리용매로 추출하여 이온크로마토그래피를 이용하여 정량하는 방법이다.

3. 기구 및 기기

(1) 시료채취기

직경 37 mm, 그리고 5.0 um의 공극을 가지는 PVC 필터가 장착된 폴리스티렌 재질의 3단 카세트

(2) 시료채취용 펌프

작업자의 정상적인 작업 상황에서 작업자에게 부착 가능해야 하며, 적정유량(1~4 L/min)에서 8시간 동안 연속적으로 작동이 가능해야 한다.
펌프가 작동되는 동안의 유량변동 범위는 ± 5%이내이어야 하고 전체 측정기간 동안 채취된 실제 총 공기채취량과 계산된 공기량과의 차이는 ± 10%이내이어야 한다.

펌프는 가연성 공기조건(flammable atmosphere)에서 사용하여도 안전해야 한다. 펌프와 시료채취기를 연결하는데 필요한 유연성튜브가 필요하다.

(3) 분광광도계

5 cm의 path length를 가지고 있고, 540 nm에서 흡광도를 측정할 수 있는 분광광도계

(4) 분광광도계 사용시

① 바이엘: 시료탈착용으로 사용, 20 mL glass, PTFE-line crimp cap
② 플라스틱 재질의 핀셋
③ 진공여과장치
④ 비이커: 50 mL
⑤ 비이커 유리덮개
⑥ 용량플라스크: 25, 100, 1000 mL
⑦ 가열판: 120~400 ℃온도 조절가능한 것
⑧ 마이크로피펫: 10 ul~1 mL
⑨ 플라스틱 마개가 있는 원심분리용 튜브: 40 mL
⑩ 부흐너 깔때기
⑪ 피펫

[주] 분석에 사용되는 모든 유리용 기구는 물과 질산 1:1 용액으로 세척한 후 사용 전에 충분히 물로 헹군 후 말려 사용한다.

(5) 이온크로마토그래피를 사용시

① 전기전도도 검출기, 칼럼 및 suppressor가 장착된 이온크로마토그래피
② 바이엘: 시료탈착용으로 사용, 20 mL glass, PTFE-line crimp cap

③ 플라스틱 재질의 핀셋

④ 주사기: 10 mL, 0.45 um pore size의 멤브레인 여과필터 장착

⑤ 비이커: 50 mL

⑥ 비이커 유리덮개

⑦ 용량플라스크: 25, 100, 1000 mL

⑧ 가열판: 120~400 ℃온도 조절가능한 것

⑨ 마이크로피펫: 10 ul~1 mL

⑩ 플라스틱 마개가 있는 원심분리용 튜브: 40 mL

4. 시약

(1) 분광광도계 사용시

① 황산(98% w/w): 시약등급

② 6 N 황산용액: (1)의 진한황산 167 mL를 1 L의 용량플라스크에 넣은 후 초순수를 서서히 가해 1 L가 되게 한다.

③ 0.5 N 황산용액: (1)의 진한황산 14.0 mL를 1 L의 용량플라스크에 넣은 후 초순수를 서서히 가해 1 L가 되게 한다.

④ 무수 탄산나트륨(sodium carbonate, anhydrous)

⑤ 수산화나트륨(sodium hydroxide)

⑥ 크롬산칼륨(Potassium chromate)

⑦ 1,5-디페닐카바자이드(1,5-diphenylcarbazide) 용액: 1,5-diphenylcarbazide 500 mg을 아세톤 100 mL에 녹인 후 다시 초순수 100 mL를 가해 완전 혼합한다.

⑧ 6가 크롬 표준용액(1000 ug/mL): 3.735 g 크롬산칼륨(K_2CrO_4)을 적당량의 초순수에 녹인 후 초순수를 가해 정확히 부피가 1 L가 되게 한다. 상업적으로도 구매가능하다.

⑨ 여과지 추출용액: 2% NaOH- 3% Na_2CO_3, 적당량의 초순수에 20 g의 NaOH와 30 g의 Na_2CO_3를 녹인 후 다시 초순수를 가해 부피가 정확히 1 L가

되게 한다.

⑩ 질소

[주] 크롬산칼륨은 발암성 의심물질이므로 모든 시료전처리는 반드시 흄후드 안에서 행하도록 한다.

(2) 이온크로마토그래피 사용시

① 탄산나트륨(sodium carbobnate), 무수성: 시약등급

② 수산화나트륨(sodium hydroxide): 시약등급

③ 추출용액: 2% NaOH/3% Na_2CO_3, 1 L 용량플라스크에 20 g의 NaOH와 30 g의 Na_2CO_3를 넣고 초순수로 녹인 후 초순수로 눈금이 정확히 1 L가 되게 한다.

④ 용리액(eluent): 7.0 mM Na_2CO_3/0.5 mM NaOH, Na_2CO_3 2.97 g을 4 L 용량플라스크에 넣고 초순수로 녹인 후 여기에 0.1 M NaOH(8 g/L) 20 mL를 첨가하여 최종적으로 초순수를 가해 4 L가 되게 한다.

⑤ suppressor regenerant: 0.025 N 황산, 4 L 용량플라스크에 진환황산 2.8 mL를 넣고 초순수를 가해 4 L가 되게 한다.

⑥ Cr(VI) 표준용액: 1000 ug/ml

⑦ 질소

⑧ 초순수

5. 시료채취

(1) 시료채취기와 펌프를 유연성튜브를 이용하여 시료채취시와 동일한 조건으로 연결한다. 작업환경 중의 6가 크롬화합물의 농도를 고려하여 비누거품 유량보정기 또는 동등이상의 성능을 가진 유량보정기를 사용하여 적정유량(1 L/분~4 L/분)으로 시료채취용 펌프의 유량을 보정한다.

(2) 시료채취 직전 PVC 필터가 장착된 카세트를 유연성튜브를 이용하여 펌프를 연결한다. 개인시료채취의 경우 펌프를 근로자에게 장착시키고 시료채취기는 근로자의 호흡영역에 부착 시킨다.

(3) 시료는 (1)에서 보정한 유량(1 L/분~4 L/분)으로 총 8 L~400 L정도의 공기를 채취하되 필터에 채취되는 먼지의 무게가 1 mg을 초과하지 않도록 한다.

(4) 시료채취가 끝난 즉시 시료채취기로부터 PVC 필터를 핀셋을 이용하여 꺼낸 후 바이엘에 넣은 후 실험실로 운반한다. 이 때 백업패드는 버린다.

(5) 현장 공시료(field blank)는 시료채취에 사용하지 않은 시료채취기를 현장 시료채취 동안 깨끗한 장소에 보관 한 후 현장시료채취가 끝나면 현장 공시료의 PVC 필터도 핀셋을 이용하여 꺼낸 후 바이엘에 담아 실험실로 운반한다. 현장공시료는 시료채취에 활용되지 않은 점만 제외하고는 모두 현장시료와 동일하게 취급 운반하여야 한다.

6. 분석

6.1 시료전처리(흡광광도계 이용시)

(1) 수용성 6가 크롬화합물이나 크롬산: 크롬산(chromic acid), 크롬산나트륨(sodium chromate), 크롬산칼륨(potassium chromate)

① 바이엘로부터 필터를 핀셋을 이용해 꺼낸 후 접은 다음 원심분리용 튜브에 넣는다.

② 0.5 N 황산용액 6~7 mL를 튜브에 넣고 마개로 막은 다음 필터의 모든 부분이 이 용액으로 적셔지도록 흔든 다음 5~10분정도 놓아둔다.

③ 핀셋을 이용하여 필터를 조심스럽게 꺼낸 후 0.5 N 황산 용액 1~2 mL를 사용하여 필터 표면을 조심스럽게 세척한다. 세척된 용액은 튜브안으로 들어가게 한다. 세척된 필터는 버린다. 추출 및 세척에 사용된 동일한 부피의 0.5 N 황산용액을 준비하여 아래의 시료전처리과정과 동일한 과정을 거쳐 공시료(blank)로 사용한다.

④ 부흐너 깔때기에 PVC 필터를 장착시킨 후 ③의 원심분리용 튜브내의 용액을 깔때기에 다 붓고 난 후, 0.5 N 황산용액 2~4 mL를 이 튜브에 다시 넣은 후 내부를 세척하고 이 용액 역시 깔때기에 붓는다. 다시 0.5 N 황산용

액 5~8 mL를 사용하여 필터가 장착된 깔때기를 세척한다. 이때 여과지를 통과한 모든 여과용액은 깨끗한 원심분리용 튜브에 담도록 한다.

⑤ 1,5-diphenylcarbazide 0.5 mL를 ④의 용액에 넣고, 0.5 N 황산용액을 가해 최종 용액부피가 정확히 25 mL가 되게 한다.

⑥ 마개를 막고 세차게 흔들어 혼합한 다음 색깔 반응이 일어나도록 놓아둔다. 최소 2분이 필요하며 40분 이상 경과하지 않도록 해야 한다.

⑦ 발색된 시료를 5 -cm 큐베트(cuvette)에 넣고 분석을 실시한다. 분석은 발색이 시작된 시간으로부터 40분 이내에 실시해야 한다.

(2) 불용성 6가 크롬화합물[크롬산아연(zinc chromate), 크롬산칼슘(calcium chromate), 크롬산납(lead chromate), 크롬산바륨(barium chromate), 크롬산스토론튬(strontium chromate), 삼산화크롬(chromium trioxide)]이나 철 또는 다른 환원성 금속이 동시에 채취된 경우

① 필터를 바이엘로부터 꺼낸 후 50 mL 비이커에 넣는다. 추출용액(2 % NaOH/3% Na_2CO_3 5.0 mL를 비이커에 첨가한다. 깨끗한 다른 50 mL 비이커에 추출용액 5.0 mL를 넣고 아래의 시료전처리 과정과 동일한 과정을 거쳐 공시료(blank)로 사용한다.

[주] 만약 시료에 Cr(III)이 유의할 정도로 존재한다면 비이커에 담기 시료용액에 질소가스를 5분정도 불어(버블링) 넣어준다.

② 비이커를 유리덮개로 덮고 135 ℃ 정도의 가열판 위에서 40분정도 가끔 흔들면서 가열한다.

[주] 시료용액을 너무 오랫동안 가열하여 완전히 증발시키거나 건조시키면 안된다. 여과지의 색깔이 갈색으로 변할 정도로 가열하면 Cr(VI)이 PVC 여과지와 반응하여 손실될 수 있으므로 주의한다.

③ 시료용액을 식힌 후 원심분리용 튜브(25 mL 용량플라스크)에 넣고 비이커는 초순수로 세척하여 합한다.

[주] 최종 용액이 깨끗하지 않으면 PVC 필터를 이용하여 여과시키도록 한다.

④ 6 N 황산용액 1.90 ml를 첨가한 후 잘 섞이도록 흔들어 준다.

[주] 흔들어 주는 과정에서 이산화탄소가스가 발생하여 용량플라스크 내부 압력을 증가시킬 수 있으므로 이 경우 용량 플라스크의 마개를 열고 수분동안 놓아두어 가스가 빠져 나갈 수 있도록 한다.

⑤ 1,6-diphenycarbazide 0.5 mL를 첨가한 후 초순수를 이용하여 최종액 부피가 정확히 25 mL가 되게 한다. 잘 흔들어 모든 성분이 잘 혼합될 수 있도록 한다.

⑥ 잘 혼합된 ⑤의 용액 약 절반 정도를 다른 25 mL 용량플라스크에 넣은 후 마개를 막고 세차게 흔들면서 발색반응을 유도시킨다.

[주] 이때에도 이산화탄소가스가 발생하므로 용량플라스크의 세차게 흔든 후 마개를 열어주어 이산화탄소가 빠져 나가도록 해고, 다시 마개를 마고 세차게 흔들어 주는 요령으로 발색반응을 유도시킨다.

⑦ 발색된 시료를 5-cm 큐베트(cuvette)에 넣고 분석을 실시한다. 분석은 발색이 시작된 시간으로부터 40분 이내에 실시해야 한다.

6.2 시료전처리(이온크로마토그래피 이용시)

(1) 바이엘로부터 필터를 핀셋을 이용해 꺼낸 후 50 mL 비이커에 넣고, 추출용액 5.0 ml 첨가한다. 또 다른 비이커에 추출용액 5.0 mL를 넣고 아래의 시료전처리과정과 동일한 과정을 거쳐 공시료(blank)로 사용한다.

[주 1] 만약 시료에 Cr(III)이 유의할 정도로 존재한다면 비이커에 담긴 시료 용액에 질소가스를 5부 정도 불어(버블링) 넣어준다.

[주 2] 수용성 6가 크롬화합물만 존재 한다면 추출용매 대신 초순수를 사용

(2) 비이커에 유리덮개를 덮고 135 ℃ 정도의 가열판위에서 45분 정도 가끔 흔들어 주면서 가열시킨다.

[주 1] 시료용액을 너무 오랫동안 가열하여 완전히 증발시키거나 건조시키면 안된다. 여과지의 색깔이 갈색으로 변할 정도로 가열하면 Cr(VI)이 PVC 여과지와 반응하여 손실될 수 있으므로 주의한다.

[주 2] 페인트 스프레이 공정에서 채취한 6가 크롬화합물 경우 90분 이상의 가열이 필요할 수도 있다.

(3) 용액을 식힌 후 25 mL의 원심분리용 튜브에 옮긴 후 초순수로 눈금까지 채운다. 이때 초순수로 비이커를 2-3번 헹구어 시료손실이 없도록 한다.

6.2 검량선 작성과 정도관리

(1) 분광광도계로 분석시

① 검출한계에서 정량한계의 10배 농도범위까지 최소 5개 이상의 표준용액으로 검량선을 작성한다. 이때 표준용액의 농도 범위는 현장시료 농도범위를 포함하는 것이어야 한다.

② 표준용액의 조제는 상업적으로 구매한 표준용액이나 4.(1) ⑧에서 조제한 표준용액을 이용하여 조제한다. 조제요령은 다음과 같다.

- 0.5 N 황산용액 6~7 mL를 25 mL 용량플라스크에 넣는다.
- 표준용액을 초순수로 희석하여 10 ug/mL 정도로 만든 다음, 이 용액을 0~0.7 mL 정도를 용량플라스크에 첨가하는 요령으로 원하는 농도를 만든다.
- 0.5 mL의 1,5-diphenylcarbazide를 첨가한 후, 0.5 N 황산용액으로 부피를 정확히 25 mL가 되게 한다.

(2) 이온크로마토그래피로 분석시

① 시료농도(0~250 ug/시료) 범위가 포함될 수 있도록 최소 5개 이상의 표준용액으로 검량선을 작성한다. 이때 표준용액의 농도 범위는 현장시료 농도범위를 포함하는 것이어야 한다.

② 표준용액의 조제는 25 mL 용량플라스크에 추출용액 5 mL를 첨가한 후 일정량이 표준용액을 첨가 한 후 초순수로 최종부피가 25 mL가 되게 하는 방식으로 조제토록 한다.

(3) 현장시료 및 공시료를 분석한다.

6.3 기기분석

(1) 분광광도계 사용시

① 흡광광도계의 파장을 540 nm로 설정하여 최적화시킨다.

② 시료전처리시 조제한 블랭크시료로 기기의 0 점을 잡는다.

③ 시료를 분석한다. 시료의 농도가 표준용액의 농도보다 높은 경우 0.5 N 황산용액을 사용하여 희석하여 분석한다.

(2) 이온크로마토그래피 사용시

이온크로마토그래피 제조회사가 권고한 대로 기기를 작동시키고 조건을 다음과 같이 설정한다.

① 주입량: 50 uL

② 컬럼: Dionex HPIC-AG5 guard, HPIC-AS5 separator, anion suppressor

③ 전도도 설정: 1 us full scale

④ 유량: 2 mL/분

7. 농도

다음 식에 의해 작업장 공기 중 6가 크롬화합물 농도를 계산한다.

$$C,\ mg/m^3 = \frac{W^{1)} - B^{2)}}{V^{3)}}$$

1) : 시료에서 6가 크롬 질량, ug

2) : 공시료에서의 6가 크롬 질량, ug

3) : 시료채취 총량, L

8. 참고문헌

한국산업안전공단. Method A-1-047, 중크롬산과 그화합물: In KOSHA CODE A-1-2004. 인천, 한국, 2004.

HSE. MDHS 61: Total hexavalent chromium compounds in air. Norwick, United kingdom, 1988.

NIOSH. Method 7600: Chromium, hexavalent. In NIOSH Manual of analytical methods. Cincinnati, U.S.A, 1994.

NIOSH. Method 7604: Chromium, hexavalent. In NIOSH Manual of analytical methods. Cincinnati, U.S.A, 1994.

석면의 작업환경측정방법 5001(2008)

1. 개요

1.1 적용범위

이 방법은 작업장 공기 중에 존재하는 석면의 농도를 측정하여 산업안전보건법 제39조의 2(유해인자 허용기준의 준수)에 의한 허용기준 초과여부를 판정하는데 적합한 측정방법이다.

이 방법을 사용하여 측정 가능한 작업장 공기 중의 석면농도범위는 1000 L 정도 시료채취시 약 0.04 개/cc～0.5 개/cc이다. 이 값은 총 시료채취량, 공시료에서의 석면의 검출수준 등에 따라 달라질 수 있다.

이 방법은 석면에 대한 개인노출량 평가를 위한 작업환경측정방법 뿐만 아니라 지역농도 평가를 위한 작업환경측정방법에도 사용 가능하다.

1.2 물질특성

작업환경측정시 참고가 되는 석면의 물리화학적 특성은 다음과 같다.

화학식	분자량	비중 (@ 25 ℃)
백석면[$Mg_3Si_2O_5(OH)_4$]	다양	2.9~3.2
갈석면[$(Mg,Fe)_7Si_8O_{22}(OH)_2$	다양	2.9~3.2
청석면[$Na_2Fe_3^{2+}Fe_2^{3+}Si_8O_{22}(OH)_2$	다양	2.9~3.2
액티노라이트[$Ca_2(Mg,Fe)_5Si_8O_{22}(OH)_2$	다양	2.9~3.2
안소필라이트[$(Mg,Fe)_7Si_8O_{22}(OH)_2$	다양	2.9~3.2

1.3 시료채취 개요

(1) 시료채취

셀룰로오즈 에스테르 막여과지가 장착된 전도성 통이 있는 직경 25 mm의 카울을 사용하여 이 카울내부로 작업장 공기를 흡인시켜 통과시킴으로서 작업장 공기 중의 석면을 여과채취하게 된다.

(2) 시료채취 유량, 시료채취 총량 등

시료채취시의 펌프유량 및 채취총량은 작업장 공기 중의 석면농도에 따라 달라질 수 있으나 다음 표의 정보를 참고하여 시료채취 한다.

시료채취		
유량 (L/분)	총 량(L)	
	최소	최대
0.5~16	400[1)]	-[2)]

[1)] 공기중 농도가 약 0.1개/cc일때 기준임

[2)] 여과지필터면정(mm^2)당 100 ~ 1300개의 섬유를 채취되도록 시료채취 총량 결정

이 방법을 사용하여 측정 가능한 검출한계(LOD, limit of detection)는 7개/mm^2이며, 정밀도는 0.115 ~ 0.13이다.

(3) 시료운반, 시료안정성, 현장 공시료

채취된 시료는 25 mm 카울의 마개를 완전히 밀봉한 후 상온, 상압 상태에서 운반가능하며, 시료보관시의 상온에서 보관하여도 시료는 안정하다. 일반적으로 추천되는 현장 공시료의 개수는 시료세트 당 2~10개 정도이다.

1.4 분석개요

(1) 분석 원리 및 기기

여과지에 채취된 섬유상 물질을 전처리하여 위상차 현미경을 이용하여 400 또는 450배율에서 길이가 5 um 보다 크고, 길이(length) 대 폭(width)의 비가

3:1을 초과하는 섬유를 육안으로 직접계수 하여 정량분석한다.

(2) 기타

석면이외의 섬유상 물질이나 입자상 물질이라 할지라도 체인상으로 연결된 경우 석면섬유와 구분이 쉽지 않으므로 계수에 방해물질로 작용할 수 있다.

2. 측정원리

작업장 공기중에 포함된 석면섬유를 시료채취용 펌프를 이용하여 셀룰로오즈 에스테르 막여과지가 장착된 25 mm 카울로 통과시키면서 여과채취한 후 아세톤증기를 이용하여 막여과지를 전처리하여 위상차현미경을 이용하여 정량하는 방법이다.

3. 기구 및 기기

(1) 시료채취기

셀룰로오즈 에스테르 막여과지(cellulose ester membrane filter, pore size: 0.45-1.2 um, 직경: 25 mm)와 패드가 장착된 직경 25 mm, 길이가 약 50 mm인 전도성이 좋은 재질로 된 카울.

(2) 시료채취용 펌프

작업자의 정상적인 작업 상황에서 작업자에게 부착 가능해야 하며, 적정유량(0.5~16 L/min)에서 8시간 동안 연속적으로 작동이 가능해야 한다.

펌프가 작동되는 동안의 유량변동 범위는 ± 5% 이내이어야 하고 전체 측정기간 동안 채취된 실제 총 공기채취량과 계산된 공기량과의 차이는 ± 10% 이내이어야 한다.

펌프는 가연성 공기조건(flammable atmosphere)에서 사용하여도 안전해야 한다. 펌프와 시료채취기를 연결하는데 필요한 유연성튜브가 필요하다.

(3) 위상차현미경(PCM, phase contrast microscope)

대안렌즈(10x), 대물렌즈(40~45x), 구경수차(numerical aperture, 0.65~0.75),

그린필터(λ = 530 nm)

(4) 슬라이드글라스: 25 x 75 mm, 두께 1 mm

(5) 커버슬립: 23 x 35 mm(대물렌즈에 맞는 두께 사용, 일반적으로, No. 1.5를 사용함)

(6) 라커나 매니큐어

(7) 수술용칼: #10 호

(8) 핀셋

(9) 마이크로피펫: 5~500 ul

(10) 현미경계수자: Walton-Beckett graticule, Type G-22, 시야면적: 0.00785 mm^2

(11) 스테이지 마이크로미터(stage micrometer, 0.01 mm division)

(12) 아세톤 증기화 장치

삼각플라스크(200~250 mL)에 유리관(길이 16~22 cm)이 연결된 고문마개를 끼운다. 이때 마개에 구멍을 뚫어 유리관을 플라스크 안으로 10~12 cm 정도 들어가게 하고, 고무관 밖의 유리관(8~10 cm)은 알코올 램프를 사용하여 수평으로 20~30도 가량 구부린다. 아세톤 증기화 장치는 상품으로 상용화된 슬라이드글라스 투명화용 '기열알루미늄블록(heated aluminium block)'을 사용해도 된다.

(13) HSE/NPL 위상차 테스트 슬라이드, Mark II 또는 Mark III

(14) 센터링 텔레스코프(centering telescope)

4. 시약

(1) 아세톤: 시약등급

(2) 트리아세틴(glycerol triacetate): 시약등급

[주] 아세톤은 고 인화성 물질이므로 점화원에 절대 노출되지 않도록 해야 하고, 아세톤증기 발생장치는 반드시 흄후드 안에서 작동시키도록 해야 한다.

5. 시료채취

(1) 시료채취기와 펌프를 유연성튜브를 이용하여 시료채취시와 동일한 조건으로 연결한다. 작업환경 중의 석면의 농도를 고려하여 비누거품 유량보정기 또는 동등이상의 성능을 가진 유량보정기를 사용하여 적정유량(0.5 L/분 - 16 L/분)으로 시료채취용 펌프의 유량을 보정한다.

(2) 시료채취 직전 카울을 유연성튜브를 이용하여 펌프와 연결한다. 개인시료채취의 경우 펌프를 근로자에게 장착시키고 시료채취기는 근로자의 호흡영역에 부착 시킨다. 이 때 카울의 상단부 뚜껑을 제거하고(open face) 열린면이 작업장 바닥쪽을 향하도록 한다.

(3) 2개 이상(또는 총시료의 10% 이상)의 현장공시료를 준비하는데, 준비요령은 카울의 상단 뚜껑을 열고 이 뚜껑과 나머지 카울을 깨끗한 장소(상자나 가방)에 현장채취시간과 동일한 시간대에 보관한다. 현장시료채취가 끝나면 현장 공시료 역시 상단뚜껑을 닫고 현장시료와 동일하게 취급하여 실험실로 운반한다.

(4) 시료는 (1)에서 보정한 유량(0.5 L/분~16 L/분)으로 시료 채취를 실시하되 계수정밀도를 높이기 위해 섬유밀도가 100~1,300 개/mm^2이 되도록 유량과 채취시간을 조정한다. 참고가 되는 사항은 다음과 같다.

① 먼지가 많고 섬유농도가 0.1 개/cc정도에서는 1 - 4 L/분의 유량으로 8시간 동안 시료를 채취하는 것이 좋다. 그러나 먼지가 많은 환경에서는 공기채취량을 400 L보다 적게 하는 것이 좋다.

② 석면농도가 높고 먼지가 많은 곳에서는 여과지를 여러번 바꿔 연속시료채취하는 것이 좋다.

③ 간헐적으로 노출되는 경우 고유량(7~17 L/분)으로 짧은 시간동안 채취하는 것이 좋다.

④ 비교적 깨끗한 대기에서 석면의 농도가 0.1 개/cc보다 적으면 정량가능한 양이 채취되도록 충분한 공기량(3,000~10,000 L)을 채취한다. 그러나 이때에도 여과지 표면적의 50% 이상이 먼지로 덮이지 않도록 해야 하며, 과대먼지가 채취되면 오차를 유발하기 쉽다.

(5) 시료채취가 끝나면 카울의 상단 뚜껑과 공기 유출입구의 마개를 막은 다음 시료가 손상을 입지 않도록 시료운반용 가방 등에 넣어 실험실로 운반한다. 가방에 넣은 시료들이 서로 부딪칠 염려가 있을 경우 충전물질로 채워 시료채취기들이 서로 충돌하는 일이 없도록 한다(폴리스티렌폼은 정전기 때문에 섬유의 손실을 유발할 수 있으므로 충전물질로 적당하지 않다)

6. 분석

6.1 시료전처리

(1) 슬라이드글라스와 커버슬립을 깨끗이 닦는다.

(2) 아세톤 증기화장치 안에 아세톤을 40~60 mL를 넣은 후 60~70 ℃정도로 가열한다.

(3) 아세톤 증기화장치를 서서히 가열하여 아세톤을 끓인다.

[주] 아세톤 증기는 유리관을 통해 나오게 되는데, 이 증기는 폭발위험성이 있으므로 불꽃이 없는 가열판을 사용해야 하며, 반드시 흄후드 내에서 실험을 실시하도록 한다.

(4) 핀셋으로 필터의 가장자리를 잡고 카울에서 조심스럽게 꺼낸 후 시료를 채취한 면이 위쪽을 향하도록 슬라이드 글라스위에 올려놓는다.

(5) 수수용 칼의 날을 따라 굴리듯이 움직여서 필터를 이등분한다(37 mm를 사용한 경우 여과지를 1/4등분한다)

(6) 절단한 필터를 올린 슬라이드를 아세톤 증기화장치의 증기가 나오는 부분에서 1~2 cm정도 앞에서 2~5초간 증기를 쐬면 여과지가 투명하게 된다.

[주] 유리관을 통해 아세톤 증기가 충분하게 나오는지 확인하기 위해서는 슬라이드글라스의 여과지가 없는 부위를 대어보면 된다. 2~3 cm의 응축반점이 생기면 증기가 충분하므로 여과지를 투명화시키면 된다. 여과지가 휘어지면 증기가 충분하지 않은 상태이며, 투명화시키는 과정에서 아세톤이 여과지로 떨어지지 않도록 주의하고, 유리관 구멍은 주기적으로 닦아주도록 한다.

(7) 마이크로피펫을 사용해서 3~3.5 uL의 트리아세틴을 떨어뜨린다.

[주] 트리아세틴은 커버슬립을 덮었을 때 전체를 투명하게 채울 수 있는 양을 사용한다. 25 mm 필터를 이등분하여 사용하는 경우 약 3~4 방울의 트리아세틴양이 적당하다. 과량의 양을 사용하는 경우 필터에 채취된 섬유의 이동이 일어날 수 있으므로 주의한다.

(8) 커버슬립을 비스듬하게 여과지 위에 기포가 생기지 않도록 주의해서 여과지에 얹는다.

[주] 커버슬립을 얹은 후 밀거나 과하게 누르면 필터에 채취된 섬유의 이동이 일어날 수 있으므로 주의한다.

(9) 커버슬립의 가장자리를 라커나 메니큐어로 칠하여 밀봉한다.

[주] 습도가 높은 곳에서 채취한 시료나 아세톤에 수분이 많은 경우 투명화가 느리게 진행될 수 있다. 이런 경우 핫플레이트에서 50 ℃, 2분 정도 가열한다. 이때 온도가 너무 높으면 트리아세틴이 증발하여 기포가 생길 수 있으므로 주의한다.

6.2 분석과정

(1) 위상차 현미경 제조사의 권고에 따라 위상차이미지 형성을 조건을 위한 최적화를 시킨다.

(2) HSE/NPL 테스트슬라이드를 이용하여 위상차현미경의 분해능을 확인한다(매회 분석을 시작하기 전에 주기적으로 확인한다).

(3) 현미경 재물대에 전처리한 시료를 올려놓고 400배 또는 450배에서 초점을 조절하여 맞춘 후 다음 규정에 따라 석면섬유를 계수한다.

① 길이가 5 ㎛보다 크고 길이 대 넓이의 비가 3:1 이상인 섬유만 계수한다.

② 섬유가 계수면적 내에 있으면 1개로, 섬유의 한쪽 끝만 있으면 1/2개로 계수한다.

③ 계수면적 내에 있지 않고 밖에 있거나 계수면적을 통과하는 섬유는 세지 않는다.

④ 100개의 섬유가 계수될 때 까지 최소 20개 이상 충분한 수의 계수면적을 계수하되, 계수한 면적의 수가 100개를 넘지 않도록 한다.

⑤ 섬유다발뭉치는 각 섬유의 끝단이 뚜렷이 보이지 않으면 1개로 계수하고, 뚜렷하게 보이면 각각 계수한다.

⑥ 계수면적의 이동은 여과지의 한 끝에서 수평으로 반대 끝까지 간 다음, 수직으로 약간 움직여 다시 수평으로 이동시키면 된다.

[주 1] 첫 계수면적 선정시 렌즈로부터 잠깐 눈을 돌린 후 대물대를 이동시켜 이를 선정한다.

[주 2] 전처리한 필터의 한부분에 치우치지 않게 전체적인 면적을 골고루 계수한다. 계수면적의 이동은 여과지의 한쪽 끝에서 반대 쪽 끝까지 계수하고, 수직으로 조금 움직여 다시 반대편 방향으로 계수한다.

[주 3] 섬유덩어리가 계수면적의 1/6을 차지하면 그 계수면적은 버리고 다른 것을 선정한다. 버린 계수 면적은 총 계수면적에 포함시키지 않는다.

[주 4] 계수면적을 옮길 때 계속해서 미세조정 손잡이로 초점을 맞추면서 섬유를 측정한다. 작은 직경의 섬유는 매우 희미하게 보이나 전체석면계수에 큰 영향을 미친다.

6.3 정도관리

(1) 시료채취 및 운반과정의 오염여부를 확인하기 위해 현장공시료를 분석하도록 한다.

(2) 실험실내의 오염이 의심되는 경우 실험실 공시료를 분석하도록 한다.

(3) 석면섬유의 계수분석 결과의 변이를 최대한 줄이기 위해서는 석면정도관리 프로그램에 참여하는 등 재현성 있는 분석결과를 얻기 위해 노력해야 한다.

7. 농도

다음 식에 의해 작업장 공기 중 석면(섬유)농도를 계산한다.

(1) 다음 식에 의하여 섬유밀도를 계산한다.

$$E^{1)} = \frac{(F^{2)}/n_f^{3)} - B^{4)}/n_b^{5)})}{A_f^{6)}}$$

1) : 단위면적당 섬유밀도, 개/mm^2

2) : 시료의 계수 섬유수, 개

3) : 시료의 계수 시야수

4) : 공시료의 평균 계수 섬유수, 개

5) : 공시료의 계수 시야수

6) : 석면계수자 시야면적, 0.00785 mm^2

(2) 공기중 석면(섬유) 농도

위에서 계산한 섬유밀도를 이용하여 다음과 같이 계산한다.

$$C = \frac{(E)(Ac)}{V \cdot 10^3}$$

C : 개/cc

E : 단위 면적당 섬유 밀도

Ac : 여과지의 유효 면적(25 mm 여과지인 경우 385 mm^2)

V : 시료공기 채취량(ℓ)

8. 참고문헌

한국산업안전공단. Method A-1-022, 석면: In KOSHA CODE A-1-2004. 인천, 한국, 2004.

한국산업안전공단. 위상차 현미경을 이용한 공기중 석면섬유 계수분석(석면분석전문가양성 교육교재). 인천, 한국, 2008.

HSE. MDHS 39/4: Asbestos fibers in air. Norwick, United kingdom, 1995.

NIOSH. Method 7400: Asbestos and other fibers by PCM. In NIOSH Manual of analytical methods. Cincinnati, U.S.A, 2003.

8. 허용기준 설정물질 작업환경측정을 위한 기술지침

다음은 본 연구에서 제안한 허용기준 설정물질의 작업환경측정을 실시하여 평가하는데 있어 지침이 되는 기술적인 사항을 정리 한 것이다.

제1장 총칙

1. 목적

노동부 허용기준설정 물질 작업환경측정을 위한 기술지침(이하 기술지침) 산업안전보건법 제 39조 2(유해인자 허용기준의 준수 등)에 의한 작업환경측정에 관한 기술정보 및 지침을 제공하는 것이다. 본 내용은 최근에 발표된 유용한 연구와 작업환경측정 및 정도관리규정(노동부고시 제2007-45호)을 기초로 작성되었다.

2. 적용범위

산업안전보건법 제39조 2에서 규정한 허용기준 설정물질(허용기준 설정물질: 납 및 무기화합물; 니켈(불용성 무기화합물에 한한다); 디메틸포름아미드; 벤젠; 2-브로모프로판; 석면; 6 가크롬 화합물; 이황화탄소; 카드뮴 및 그 화합물; 톨루엔-2,4-디이소시아네이트; 트리클로로에틸렌; 포름알데히드; 노말헥산) 작업환경측정방법에 관련하여 세부적인 기술을 포함한다.

3. 일반사항

(1) 이 기술지침에서 필요한 어원, 분자식, 화학명 등은 특별한 언급이 없는 한 ( )내에 기재한다.

(2) 이 기술지침의 내용은 제1장 총칙, 제2장 시료채취 과정(General Sampling Procedures), 제3장 시료채취 매체(Sampling Media), 제4장 특정 시료채취 과정(Special Sampling Procedures), 제5장 기구 준비 및 보정(Equipment Preparation and Calibration)과, 부록 작업환경 시료채취과정 기록지로 구성된다.

(3) 이 기술지침에서 규정한 방법이 반드시 최고라고는 할 수 없으며, 동등 이상의 정밀도와 정확도가 인정될 때에는 사용할 수 있다.

제2장 시료채취 과정
(General Sampling Procedures)

1. 시료채취 준비

◌ 시료채취 기구를 준비하고 유량보정을 실시한다.

◌ “허용기준물질 측정방법”을 참조하여 시료채취 매체를 준비한다.

2. 개인 시료채취 대상 근로자 선정

◌ 법적 허용기준의 초과 여부를 결정할 경우에는 작업환경측정 및 정도관리규정(노동부고시 제2007-45호)에 따라 단위작업장소에서 최고 노출근로자 2인 이상에 대하여 동시에 측정하되, 단위작업장소에 근로자가 1인인 경우에는 그러하지 아니하며, 동일 작업근로자수가 10인을 초과하는 경우에는 매 5인당 1인(1개지점) 이상 추가하여 측정하여야 한다. 다만, 동일 작업근로자수가 100인을 초과하는 경우에는 최대 시료채취 근로자수를 20인으로 조정할 수 있다.

◌ 시료채취 대상 근로자를 선정하고 시료 채취 목적에 대해 서로 논의를 한다.

◌ 시료채취기구를 언제(when), 어디서(where) 탈착한다는 정보를 근로자에게 정확히 알려준다.

◌ 근로자들에게 시료채취 시간내에 임시로 채취기구를 탈착하는 경우에는 현장관리자나 측정자에게 알리도록 주지시킨다.

3. 시료채취(공기 채취용량) 시간 결정

◌ 공기채취량(시료채취 시간)은 분석기기의 정량한계, 공기 중의 예상 농

도, 허용기준, 채취 유량 등을 복합적으로 고려해야 한다.

◌ “허용기준 설정물질의 작업환경측정방법”에서는 농도범위와 공기채취량의 범위(최소-최대)가 정해져 있어, 이를 근거로 측정하고자 하는 물질의 예상되는 농도와 분석기기의 정량한계를 고려하여 적정한 공기채취량을 설정한다.

◌ 시료의 파과가 일어나지 않을 용량, 습도, 다른 유기용제의 존재 여부를 결정하여 타당한 공기채취량을 결정하여야 한다.

◌ 어떠한 경우라도 시료채취시간은 최소한 6시간 이상이어야 하며, 작업시간이 6시간 미만인 경우 전작업시간 동안 시료를 채취하여야 한다.

4. 시료채취 시작

◌ 근로자들의 작업에 방해가 되지 않도록 개인시료 채취 펌프를 신체부위에 착용시킨다. 일반적으로 허리부위에 착용시킨다.



그림 16. 다양한 개인시료 채취 펌프 종류

◌ 작업환경측정 및 정도관리규정(노동부고시 제2007-45호)에서 “개인시료채취”이라 함은 개인시료채취기를 이용하여 가스・증기・분진・흄(fume)・미스트(mist) 등을 근로자의 호흡위치(호흡기를 중심으로 반경 30㎝인 반구)에서 채취하는 것을 말한다.



그림 17. 개인 시료채취기구 착용

◌ 채취매체(예, 카세트 또는 활성탄관)를 근로자의 셔츠 깃이나 가급적 호흡구(코, 입)에 가까운 위치(호흡기 반경 30 cm 이내)에 부착시킨다.

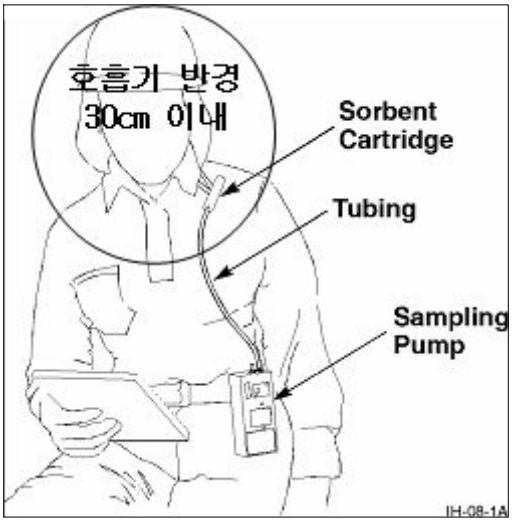


그림 18. 호흡기 반경 30 cm
이내에서 시료채취

◌ 채취매체 유입구는 항상 아래로 향하게 하여 과대 채취를 피해야 한다.

특히 카세트를 이용한 총분진 여과채취는 반드시 공기 유입구가 아래로 향하도록 해야 한다.

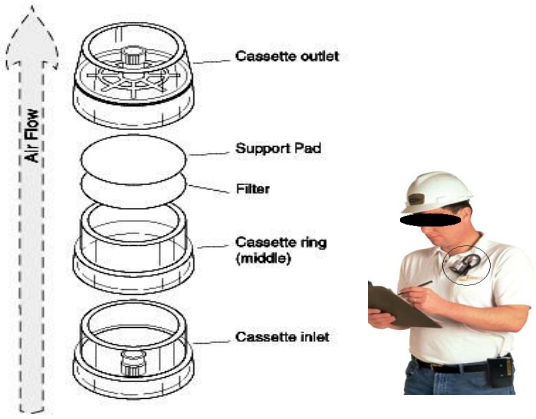


그림 19. 총분진채취의 공기 유입방향

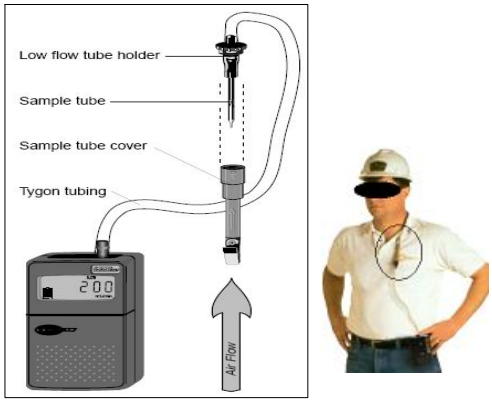


그림 20. 고체채취법의
공기유입 방향

◌ 펌프와 채취매체를 연결한 튜브는 근로자들이 작업에 방해가 안 되도록 처리한다.

◌ 펌프 전원을 켜고 펌프 작동 시작시간을 기록한다.

◌ 시료채취 시작 후 일정 시간 동안은 펌프 작동이 정확히 이루어지는지 관찰한다.

◌ 부록에서 제시한 “작업환경 시료채취과정 기록지”에 필요한 정보들을 기록한다.

5. 시료채취 감시

◌ 펌프 동작 상태는 가급적 두 시간마다 체크한다.

◌ 여과지에 채취되는 입자상물질이 많을 경우는 더 자주 펌프 상태를 체크한다.

◌ 시료채취를 종료하기 전 까지는 시료채취기구 전체가 연결이 잘되어 있는지 확인한다.

◌ 여과채취법의 경우 입자가 필터에 비대칭적으로 침착되어 있을 때는 큰 입자가 카세트에 유입되었거나 시료나 펌프가 비정상적으로 작동되었다고 판정할 수 있다.

◌ 펌프유량과 시료채취과정에서 관찰된 내용들을 부록에서 제시한 “작업환경 시료채취과정 기록지”에 기록한다.

◌ 주기적으로 작업시간동안 시료채취가 순조롭게 이루어지고 있는지 체크하고 근로자의 특이 행동과 작업형태를 확인한다.

◌ 근로자들이 작업장에서 청정지역으로 식사 또는 휴식을 취하려고 이동할 때는 즉시 펌프를 끄거나 시료채취기구를 제거해야 한다. 만약 작업장을 떠나 이동한 곳이 오염된 지역으로 판단되거나 작업장의 한 부분으로 간주가 된다면 시료채취는 연속적으로 이루어진다.

◌ 사진 촬영이 허용된다면 눈에 보이는 공기오염, 작업 형태나 이동 그리고 공학적 관리형태 등을 촬영하고 자세하게 부록에서 제시한 “작업환경 시료채취과정 기록지”에 기록한다.

◌ 시료채취 중에 각각의 채취 매체 별로 현장공시료(field blank)를 “작업환

경측정법"에서 권고하는 숫자만큼의 시료를 준비한다. 현장 공시료는 시료채취과정 없이 활성탄관의 경우 양끝을 절단한 후 마개로 막고 카세트의 경우는 마개를 열어 개방한 후 다시 막는다. 그 후로는 시료채취가 완료된 시료들과 함께 취급하여 시료매체의 이동 및 보관과정에서 오염되었는지 확인한다.

6. 마지막 절차

◌ 시료채취 종료 시 펌프를 탈착하기 전에 펌프에 부착된 로터미터의 유량표시가 펌프유량 보정 시와 동일한지 확인한다. 동일하지 않은 경우는 로터미터의 유량을 기록한다.

◌ 펌프 전원을 끄고 시료채취 종료시간을 기록한다.

◌ 펌프에서 채취매체를 제거한 후 즉시 아래 그림과 같이 봉인한다.

◌ 현장 시료의 특성을 보존하기 위해서는 채취 후 가능한 한 빨리 분석실로 운반한다.



그림 21. 봉인된 카세트 및 고체흡착관

◌ 공기시료 채취매체와 현장공시료 매체가 교차 오염되지 않도록 별도 포

장하여 분석을 의뢰한다.

◌ 시료 운반 중에 흔들리거나 충격을 받지 않도록 포장을 한다. 특히, 유기용제의 경우 고온에 노출되면 탈착되어 손실되거나 변질될 수 있다.

◌ 가급적 공기 방울이 들어있는 시트(bubble sheeting)로 포장한다.

◌ 각각의 포장에 시료확인에 관련된 문서를 부착한다.

◌ 절대로 플라스틱 백이나 봉지 안에 시료를 담아 이송해서는 안된다.

◌ 시료채취 후(펌프 충전 전)에 펌프 유량을 재보정하여 배터리 팩을 적당하게 관리한다.

◌ 펌프 유량보정 장소가 실제 작업장 시료채취 장소에 비해 온도나 압력이 많은 차이가 있다면 시료채취 장소에서 유량을 보정한다. 유량보정 장소에 대한 내용은 부록에서 제시한 “작업환경 시료채취과정 기록지”에 상세히 기록한다.

제3장 시료채취 매체(Sampling Media)

1. 검지관(DETECTOR TUBES)

◌ 작업환경측정 및 정도관리규정(노동부고시 제2007-45호)에 따라 예비조사차원에서는 사용이 가능하다.

◌ 측정하기 전 반드시 검지관 펌프가 새는지(음압 검사 또는 펌프 용량 보정)를 실시한다.

◌ 검지관 펌프 용량 보정은 검지관 측정을 100회 한 후 최소 4회 이상 실시한다.



그림 22. 검지관 펌프 유량
보정용 필름 유량보정기구

◌ 검지관방식으로 측정하는 경우에는 당해 작업근로자의 호흡기 및 가스상 물질 발생원에 근접한 위치 또는 근로자 작업행동 범위의 주 작업 위치에서의 근로자 호흡기 높이에서 측정하여야 한다.

2. 카세트를 이용한 총분진 시료채취

(1) 개요

◌ “여과채취방법”이라 함은 시료공기를 여과재를 통하여 흡인함으로써 당해 여과재에 측정하고자 하는 물질을 채취하는 방법을 말한다.

(2) 총분진 형태의 여과채취 방법

◌ 총분진은 PVC(low-ash polyvinyl chloride) 막여과지를 시료채취 전에 무게를 칭량하고 시료 채취 유량은 약 2 L/분으로 한다. 시료 채취유량은 여과지에 과부하(overloading)가 걸리지 않도록 결정한다.



그림 23. 3단 카세트의 구성

◌ 금속흄의 채취는 MCE(0.8-micron mixed cellulose ester) 막여과지를 이용하여 채취한다. 시료 채취유량은 약 1.5 L/분으로 하며 2.0 L/분을 초과해서는 안된다. 용접흄을 중량분석법으로 측정하는 경우는 제7장 “여과지 무게 정량(Filter Weighing)”을 참조한다.

◌ 입자상 물질의 채취 효율이 떨어지지 않도록 시료채취가 여과지에 과부화(overloading)되지 않도록 한다.

◌ 개인시료채취 전후에 펌프 유량을 1차 표준기구(bubble meter)로 유량을 보정하여야 하며 사용된 유량보정기의 일련 번호(serial number)를 기록한다.

◌ 유량 및 용량 보정을 하는데 있어서 '1차 표준기구'란 물리적 차원(dimension)인 공간의 부피를 직접 측정할 수 있는 표준기구를 의미하는데 정확도가 ±1 % 이내이다.

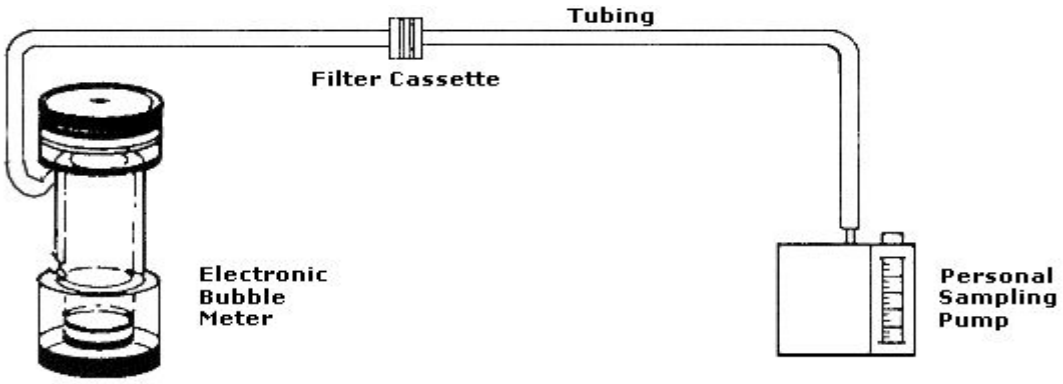


그림 24. 총분진 카세트의 유량보정

3. 사이클론을 이용한 호흡성분진 시료채취

(1) 개요

◌ 호흡성분진은 시료 채취 전 무게를 측정한 PVC 여과지를 청결한 사이클론에 장착하여 측정을 한다.

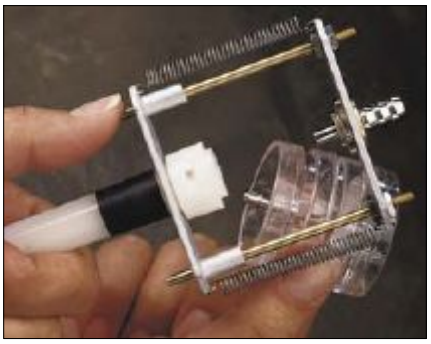


그림 25. 사이클론에
카세트장착

◌ 사이클론에 의한 채취는 실린더형 혹은 원추형 챔버내에서 수평 공기흐름을 이용한 것으로 입자직경이 10 ㎛ 이상인 호흡성보다 큰 입자는 호흡성입자로부터 분리하는 것이다.

◌ 공기가 펌프에 의해 가속화되면 사이클론의 안쪽에서 매우 빠른 속도로 소용돌이친다. 이 과정에서 무거운 공기는 소용돌이에서 이탈되어 아래로 떨어지고 10 ㎛ 이상의 입자는 공기의 흐름을 따를 수 없어 사이클론의 벽에 충돌하여 바닥으로 떨어지고, 반면에 10 ㎛보다 작은 입자는 소용돌이의 중심부에 남아 있어 위로 올라가고 위에 장착된 PVC필터에 여과에 의해 채취된다.

◌ 사이클론의 채취효율은 채취하고자 하는 입자의 크기에 따라 아래의 표와 같이 호흡성 분진의 입도에 따른 채취효율이 정해진다.

표 28. 분집의 입도에 따른 채취효율

공기역학적 직경, ㎛	채취효율 (%)
0	100
1	97
2	91
3	74
4	50
5	30
6	17
7	9
8	5
10	1

◌ 유리규산 함량을 알아보기 위해서는 가급적 벌크시료(bulk sample)을 함께 의뢰한다.

(2) OSHA방법의 유량보정 과정(Jar Cyclone Calibration)

◌ 시료채취장소의 압력과 온도에서 유량보정을 실시한다.

◌ 사이클론을 사용하는 호흡성분진과 개방 카세트(open-face filter cassette)를 이용하는 총분진의 유량보정은 특수 제작 된 두껑이 있는 1L 유량보정병(1-liter jar)을 사용한다.

◌ 튜브로 유량보정기(electronic bubble meter)와 유량보정병의 유입구를 연결한다.

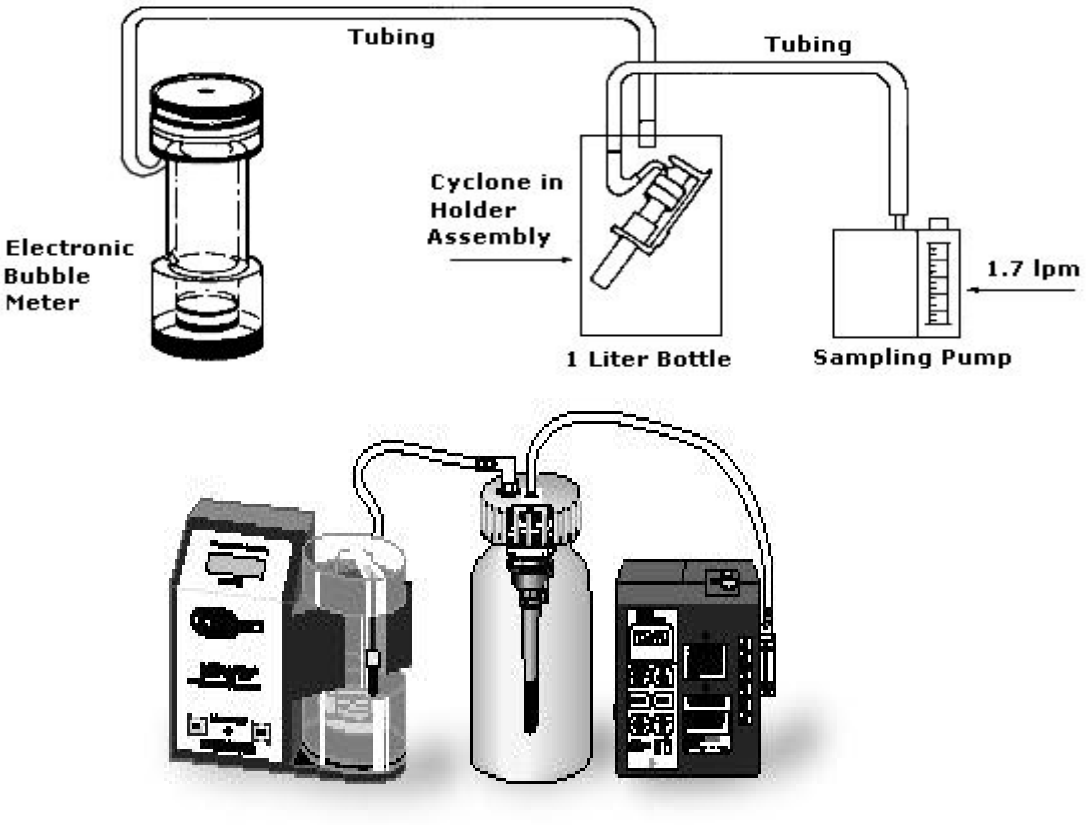


그림 26. 사이클론의 유량보정



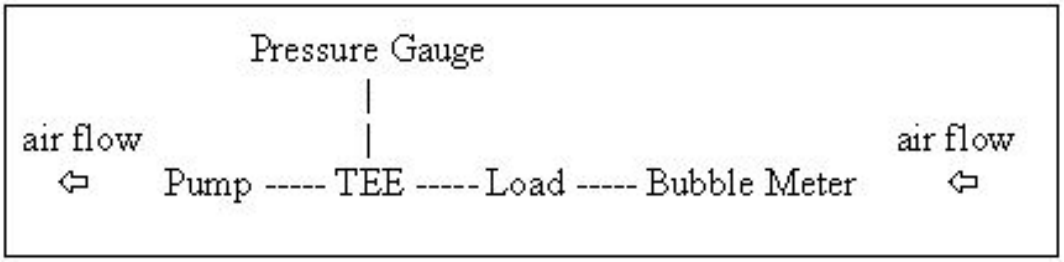
그림 27. 다목적 유량보정 챔버

◌ 시료채취 전후 유량을 보정한다. 펌프유량은 시료채취 전후 1.7 L/분의 ± 5%이내 이어야 한다.

(3) NIOSH방법의 유량보정 과정(Jarless Cyclone Calibration)

◌ 1L 유량보정병(1-liter jar)을 사용하는 OSHA 방법 이외에 "Jarless Cyclone Calibration"이 NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), Fourth Edition에 제시되어 있다.

◌ 펌프 - Tee fitting - 압력 게이지(0"- 50" 수주 음압범위) 또는 수주마노미터 - light load(5㎛, 37mm 여과지) - 전자 비누거품 미터(calibrated electronic bubble meter 또는 standard bubble tube 등)를 연결한다.



◌ 1차 표준기를 사용하여 펌프 유량을 1.7 L/분으로 보정한다. 음압 게이지가 2″~5″ H_2O가 되도록 한다.

◌ 음압 게이지가 25″ and 35″ H_2O가 될 때까지 여과지를 추가 loading(heavy loading) 한다. 일반적으로 0.8-μm, 37-mm 5매~6매이다.

◌ 펌프유량을 다시 확인한다. 펌프 유량은 1.7 L/분 ±5% 이내로 유지되어야 한다.

◌ 마지막으로 heavy loading과 유량보정계를 아래 그림과 같이 시료채취에 사용될 여과지가 부착된 사이클론을 연결한다. 이때 음압 게이지가 2″~5″ H_2O가 되는지 확인한다.

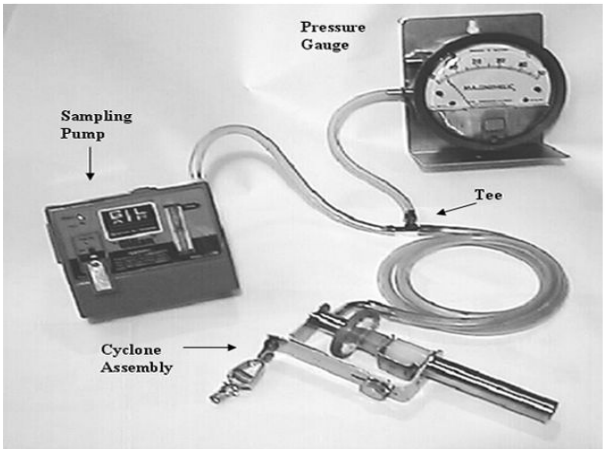


그림 28. Jarless방법에 의한 사이클론 보정

(4) 사이클론 청소

◌ 사이클론에서 grit pot를 열어 grit pot를 위 아래로 뒤집고 조심스럽게 두드려서 먼지들을 제거한다.

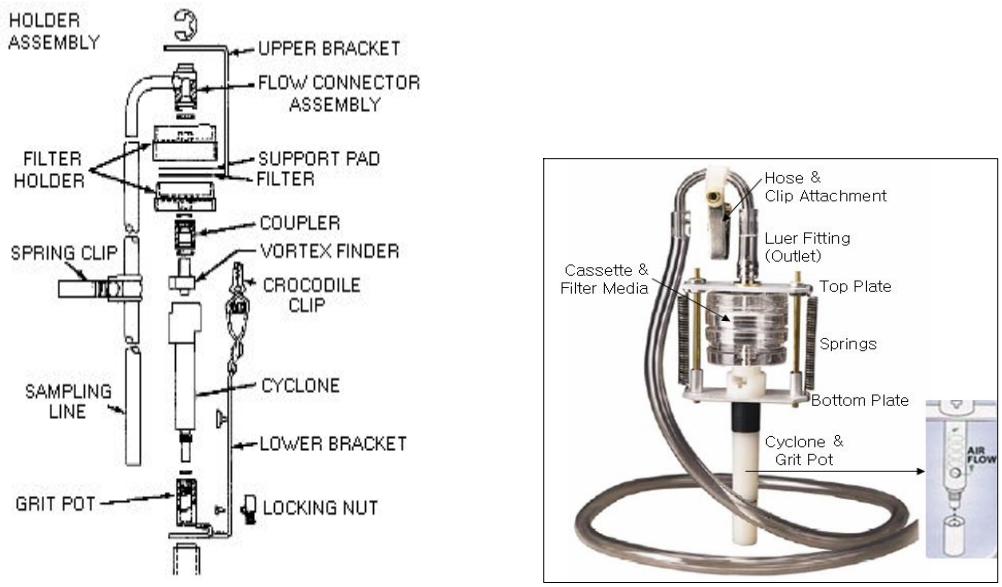


그림 29. 사이클론 조립 부속품

◌ 온수 비눗물로 사이클론 내부를 세정한다. 가급적 초음파 세척기를 사용하는 것이 바람직하다.

◌ 깨끗한 물로 여러 번 행구고 흔들어 내부 물을 제거한 후 건조시킨다.

◌ 사이클론 조립품에 손상이 없는지 확인하고 조립을 한다.

◌ 사용하기 전에 사이클론에 새는 곳이 있는지 확인한다.

4. IOM을 이용한 흡입성분진 시료채취

◌ 흡입성분진 채취는 IOM Inspirable Dust Sampler 개인시료 채취기(채취유량 2 L/min)를 사용하고, 아래 그림과 같이 외관은 플라스틱 또는 스테인레스 재질로 되어 있다.



Figure 3

그림 30. IOM 흡입성분진 채취기구 구조

◌ 25 mm Membrane 또는 Fibrous Filter를 사용하여 공기 유입구가 전면을 향하도록하여 시료를 채취한다.



그림 31. IOM 시료채취 기구 착용모습

5. 여과지 (filter)

(1) 개요

◌ 여과채취방법은 시료 공기를 여과지를 통하여 흡인함으로서 당해 여과지에 측정하고자 하는 물질을 채취하는 방법이다.

◌ 작업환경측정에 사용되는 여과지는 기본적으로 막여과지(membrane filter)와 섬유상 여과지(fiber filter) 형태이며 여과지 종류에 따른 채취물질과 여과지 특징은 아래의 표와 같다.

표 29. 여과지 종류에 따른 채취물질과 여과지 특징

종 류	공극(㎛)	측정물질 예	특 징
막(Membrane) 여과지			
-Polyvinyl Chloride (PVC)	0.8 5	무기물질(6가크롬 등), 호흡성 및 총분진 등	내염기성, 내산성, 저흡습성
-Mixed Cellulose Ester(MCE)	0.45 0.8	섬유상분진(유리섬유, 석면), 원소 및 무기물(금속, 금속화합물) 등	회화용이성, 용해성
-Teflon (PTFE)	0.5 0.45 1, 2, 5	유기물질(농약), 알카리성분진, 입자상 PAHs 등	소수성, 내용매성, 불활성
-Silver	0.45 0.8	코크스오븐 배출물질, PAHs, Br, Cl 등	균일한 공극크기, 유기물질 비함유
Glass Fiber 여과지	1	총분진, 염료분진, PAHs (AE) 등-중량분석물질	큰채취용량, 저 흡습성, 약한강도
Nuclepore 여과지	0.45 0.8	석면(TEM)	열안정성, 강도우수

◌ 여과지 종류에 따른 현미경학적 모양은 아래 그림과 같다.



▲ Mixed Cellulose Ester (MCE) Filters(0.8μ, 25mm)



▲ Glass Fiber Filters(37mm)



▲ PVC Membrane Filter (5.0μ, 37mm)



▲ Teflon(PTFE) Membrane Filters(5.0μ, 37mm)

그림 32. 여과지의 현미경학적 입자모양

(2) 여과지의 선택 시 고려사항

◌ 채취효율, 압력저하, 기계적 강도, 흡습성, 화학적 순도, 분석 요구조건의 만족도, 시료채취 조건에서 여과지가 채취한 물질을 손실하지 않고 보유할 능력과 물리적인 안정도 등의 조건을 갖추어야 한다.

◌ 예비조사 결과 및 허용기준 물질 측정방법에 따라 채취하고자 하는 입자상 물질의 특성을 고려하여 여과지를 선정해야 한다.

6. 고체흡착관

(1) 개요

◌ “고체채취방법”이라 함은 시료공기(일반적으로 가스와 증기)를 고체의 입자층을 통해 흡입, 흡착하여 당해 고체입자에 측정하고자 하는 물질을 채취하는 방법을 말한다.

◌ 가스와 증기는 측정 목적상 엄격하게 구분할 수 없으며, 분자상태로 공기 중에 존재하는데 확산의 성질을 가지고 있다.

◌ 가스(gas) : 상온(25℃), 상압(760 mmHg)하에서 가스 상태로 존재하며, 일정한 형태를 가지지 않는 것으로 압력의 상승이나 온도의 강하로 액체 또는 고체로 변할 수 있다.

◌ 증기(vapor) : 상온(25℃), 상압(760 mmHg)하에서 액체나 고체인 물질이 증기압과 온도 등에 따라 휘발 또는 승화하여 기체로 된 것이다.

◌ 증기나 가스는 저유량 펌프(low-flow pump)를 사용하여 활성탄과, 실리카겔관 그리고 시료채취물질 특정에 맞는 흡착관으로 채취한다. 측정 시 많이 사용하는 흡착제로는 활성탄, 실리카겔 등으로 앞층이 100 mg, 뒷층이 50 mg으로 되어 있는데 오염물질에 따라 다른 크기의 흡착제를 사용하기도 한다.



그림 33. 활성탄관과 실리카겔관의 구조

◌ 활성탄관(charcoal tube) : 비극성류의 유기용제 등을 채취하는 것으로서 각종 방향족 유기용제, 할로겐화된 지방족 유기용제, 에스테르류, 알콜류 등을 대상으로 사용한다.

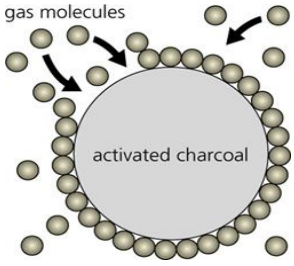
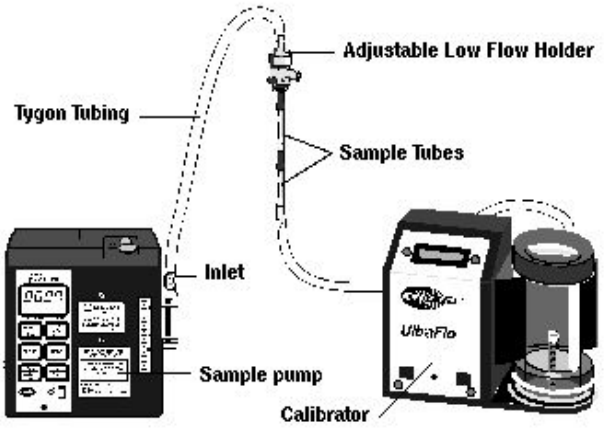


그림 34. 사이클론에
카세트장착

◌ 실리카겔관(silicagel tube) : 산과 극성류의 유기용제 등을 채취하는 것으로서 불산, 염산, 방향족 아민류, 지방족 아민류 등을 대상으로 사용한다.

(2) 시료채취

◌ 흡착관을 개인용 시료채취 펌프에 연결한 후, 원하는 유량에서 기기를 보정한다.



◌ 시료채취 직전에 흡착관의 양 끝을 흡착관 내경의 1/2 이상(내경 4 mm인 100 mg/50 mg 고체흡착관의 경우 2 mm 이상) 절단한다. 고체 흡착관을 절단하는 경우 눈 보호구를 착용하는 것이 바람직하며 깨진 유리 조각들은 위험하지 않게 처리한다.

◌ 흡착관의 뒷층이 펌프 쪽으로 가도록 신축성 튜브(타이곤 튜브)를 연결한다. 고체흡착관을 직접 튜브에 끼우기 보다는 플라스틱 홀더(Holder) 등을 사용하여 모든 연결부위에 공기의 누출이 없도록 연결한다.

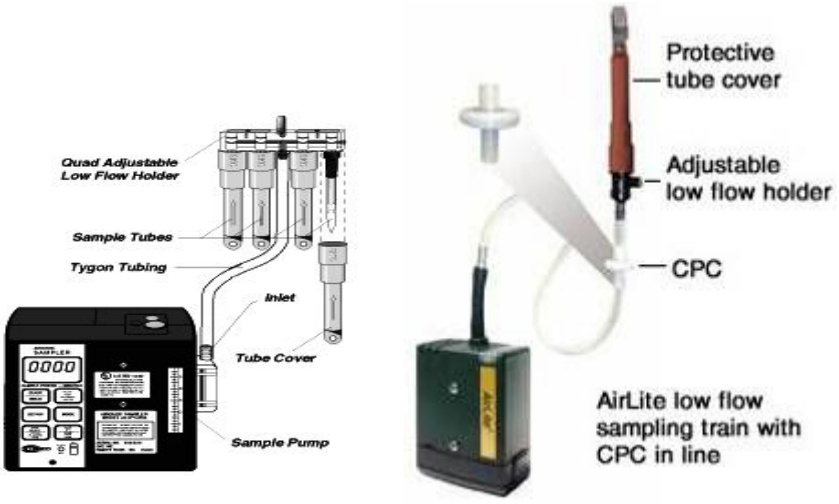


그림 35. 다양한 플라스틱 홀더

◌ 흡착관을 연결하기 전에 채취대상 공기가 흡착관 안으로 들어가서는 안 된다.

◌ 펌프를 근로자의 벨트나 적절한 부위에 부착시키고, 흡착관은 목 부위의 옷깃 등 근로자의 호흡기 위치에 고정시킨다.



그림 36. 고체흡착관을 이용한 개인시료 채취모습

◌ 시료채취구가 위로 향하거나 아래로 향하게 하고 흡착관의 부착을 수직으로 하여 조기 파과현상이 일어나지 않도록 주의한다.

◌ 시료채취가 시작되면 현장공시료(field blank)를 “허용기준물질 측정방법”을 참조하여 준비한다.

◌ 시료채취 유량과 공기채취량은 “허용기준물질 측정방법”을 참조하여 설정한다.

◌ 시료채취 동안 유량의 변동이 있는지 혹은 펌프의 작동 상태 등을 관찰한다.

◌ 습도가 높은 작업장에서는 수분의 영향을 고려하여야 하며 활성탄보다

실리카겔이 수분의 영향을 많이 받는다.

◌ 시료채취장소의 상대습도가 90% 이상이거나 공기중 가스나 증기의 농도가 상대적으로 높은 경우는 시료채취 유량을 낮추거나 공기 채취량을 줄인다.

◌ 시료채취 기록용지에 시료채취 대상 근로자, 작업장 온도, 상대습도, 시료채취 시작 및 종료시간, 근로자의 작업 내용 등을 기록한다.

◌ 작업자에게는 시료채취 목적과 주의사항 및 언제, 어디서, 시료를 회수할 것인지 알려준다.

◌ 시료채취 후 신속히 고체흡착관 제조사가 제공한 플라스틱 마개(일반적으로 붉은색)로 막는다.



그림 37. 플라스틱 마개로
밀봉한 고체흡착관

◌ 각 시료는 지워지지 않게 라벨링하고 시료는 분석실로 운반할 때 파손되지 않도록 잘 포장한다.



그림 38. 시료채취 후 포장된 활성탄관

◌ 필요시 작업장에서 벌크시료(bulk sample)를 채취할 경우에는 PTFE(Polytetrafluoroethylene)로 내부가 처리된 마개가 있는 유리병에 담아 측정시료와 따로 포장하여 운반한다.

5. 임핀저와 버블러

(1) 개요

◌ 시료 공기를 임핀저나 버블러를 이용해 흡수액을 통과시키거나, 흡수액의 표면과 접촉시켜 용해・반응・흡수・충돌 등을 일으키게 하여 측정하고자 하는 물질을 채취하는 방법이다.



그림 39. 임핀저와 버블러

◌ 흡수액을 이용한 측정은 시약 운반의 불편성과 근로자가 작업 중 엎지를 위험성, 파손 위험성 등으로 현장 측정이 제한되고 고체흡착관이나 Passive Sampler 등으로 교체되고 있다.

◌ 습도가 매우 높거나, 다른 측정방법이 가능하지 않을 때에는 흡수액을 이용하여 측정할 수 있다.

◌ 측정하고자 하는 물질의 가스나 증기의 채취는 임핀저(버블러)에서 발생되는 공기방울의 크기, 오염물질과 흡수시약의 상호작용, 반응속도, 흡수액의 양 등이 영향을 미친다.

(2) 사용방법

◌ 흡수효율을 높이기 위한 방법은 다음과 같다.

- 흡수액의 온도를 낮추어 오염물질의 휘발성을 제한하고 기체의 용해도를 증가시킨다.

- 두 개 이상의 임핀저(버블러)를 연속적으로 연결하여 흡수액의 양을 늘리고 반응·흡수의 기회를 증가시킨다.

- 시료채취 유량을 낮추거나 흡입된 공기가 흡수액과의 반응·흡수의 효율을 높이기 위하여 버블러 등을 사용한다.

(3) 흡수액의 종류

◌ 측정대상물질에 따른 흡수액의 종류는 다음과 같다.

측정대상물질	흡수액
이소시아네이트류(Isocyanate)	1-(2-메톡시페닐)-피페라진을 넣은 톨루엔 용액
벤젠(Benzene)	질산암모늄(1) + 황산(5)

(4) 유량보정

◌ 유량보정 기구 및 임핀저를 조립한다.



그림 40. 임핀저의 조립

◌ 흡수액을 채운 임핀저나 버블러의 공기 유입구를 1차 유량 보정기구에 연결한다.

◌ 임핀저나 버블러의 공기 배출구는 펌프에 연결한다.

◌ “허용기준물질 측정방법”을 참조하여 유량을 보정한다.

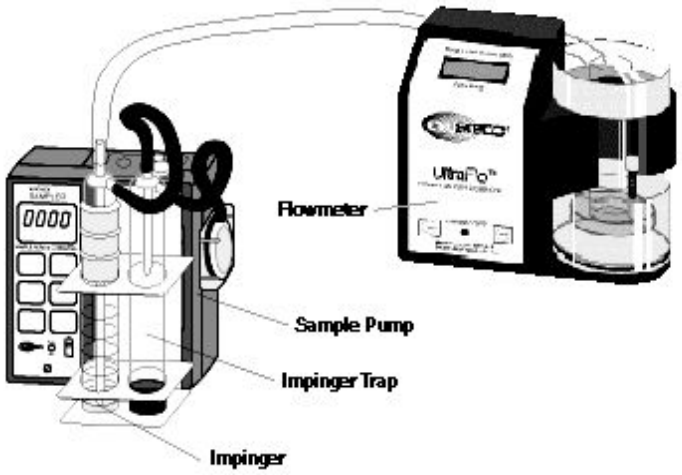


그림 41. 임핀저 및 버블러의 유량보정

제4장 특정 시료채취 과정
(Special Sampling Procedures)

1. 석면

(1) 개요

◌ 석면은 크게 사문석 계통과 각섬석 계통으로 나누며, 그 종류는 아래 표와 같다.

표 30. 석면의 종류

Group	종류 및 화학식	특 징
사문석	크리소타일(Chrysotile)	가늘고 부드러운 섬유
- 蛇紋石	- 백석면	휨 및 인장강도 큼
- Serpentine	- $3MgO_2SiO_{22}H_2O$	가장 많이 사용
각섬석	아모사이트(Amosite)	국내 사용치 않음
- 角閃石	- 갈석면	
- Amphibole	- $(FeMg)SiO_3$	
	크로시도라이트(Crocidolite)	
	- 청석면	
	- $Na_2Fe(SiO_3)_2FeSiO_3H_2O$	
	안소필라이트(Anthophylite)	
	- $(MgFe)_7Si_8O_{22}(OH)_2$	
	트레모라이트(Tremolite)	
	- $Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(HO)_2$	
	악티노라이트(Actinolite)	
	- $CaO_3(MgFe)O_4SiO_2$	

◌ 석면의 인체 유해성 정도는 석면의 크기(Dimension), 체내 지속성(Durability), 양(Dose) 등에 따라 차이가 있다.

◌ 백석면, 갈석면, 청석면의 형태는 아래 그림과 같다.



그림 42. 석면의 형태

(2) 시료채취 기구

◌ 시료채취기 : MCE(Mixed cellulose ester) 여과지(공극 0.45-1.2㎛, 직경 25㎜)와 패드가 장착된 전도성 통이 있는 직경 25㎜의 Cowl 카세트



그림 43. 석면 측정용
Cowl 카세트

- Extension Cowl은 정전기를 띄지 않도록 전도성이 처리되어 있으며, 정전기의 방해작용이 없어 시료채취 시 오차를 줄일 수 있다.

- 위상차현미경 분석 시 공극이 0.8㎛의 여과지를 사용한다.

- 공극이 0.45㎛ 여과지는 전자현미경 분석 시 사용하나, 일반적으로 압력저하가 커서 부적당하다.

- 사용하지 않은 여과지의 섬유수가 계수 면적 100 시야당 5개 이상으로 오염된 것은 사용 불가하다.

◌ 개인 시료채취 펌프 : 시료채취 유량은 고유량 펌프로 정하고, 유연성 튜브를 준비한다.

(3) 공기 중 시료채취방법

◌ MCE(Mixed cellulose ester) 여과지(공극 0.45-1.2 ㎛, 직경 25 mm)와 패드가 장착된 Cowl 카세트를 펌프에 연결한 후 1차 표준기로 유량을 보정한다.

◌ 충분진 카세트(Closed face) 또는 보정병을 이용한 호흡성 분진(사이클론) 유량보정 방법을 사용하여도 되나 총분진 카세트 유량보정 방법과 동일하게 실시하는 경우는 나일론이나 스테인레스 재질(nylon or stainless-steel adaptor)로 직접 매체에 연결해서는 안된다.

◌ 유량보정 시료채취 전후에 실시한다.

◌ 카세트는 근로자의 호흡기 위치에 위치하도록 하고, 공기 유입부분의 상단부 뚜껑을 열어 공기가 흡입되는 쪽을 열린 면(open face)으로 하고, 바닥으로 향하도록 한다.



그림 44. Open face 시료 채취

◌ 채취기를 착용한 근로자에게 채취된 석면시료가 손실되지 않도록 카세트를 조심스럽게 다루고 압축공기를 다루지 않도록 주의시킨다.

◌ “허용기준물질 측정방법”을 참조하여 공시료를 준비한다. 일반적으로 2개 이상(또는 총 시료의 10% 이상) 준비한다.

◌ 분석에 필요하다면 공기 중 석면의 발생원으로 예상되는 벌크시료(bulk sample)를 채취한다.

◌ 시료 채취 유량은 “허용기준물질 측정방법”을 참조하여 결정한다. 일반적으로 유량 범위는 0.5~5 L/분이며 가장 많이 이용되는 시료 채취유량은 1 L/분이다. 먼지가 많지 않고 섬유농도가 0.1 개/cc 정도에서는 1~4 L/분의 유량으로 8시간 동안 시료를 채취할 수 있으나, 먼지가 많은 환경에서는 공기채취량을 보다 적게 한다(< 400 L).

◌ 사무실과 같은 환경에서는 5 L/분 이상의 유량으로 정량 가능한 양이 채취되도록 충분한 공기량(3,000~10,000 L)의 시료채취가 가능하며 간헐적으로 노출되는 경우에는 고유량(7~16 L/분)으로 짧은 시간동안 채취하는 것이 바람직하다.

◌ 계수정밀도를 높이기 위해 섬유밀도가 100~1,300 개/mm^2 가 되도록 유량과 채취시간 조정이 가능하다.

◌ 석면의 농도가 높고 먼지가 많은 곳에서는 여과지를 여러 번 바꿔 연속적으로 시료를 채취하는 것이 바람직하다.

◌ 분석 시 오차를 줄이기 위하여 여과지 표면적의 50% 이상이 먼지(방해물질)로 덮이지 않도록 한다.

◌ 공기시료 채취매체와 현장공시료 매체가 교차 오염되지 않도록 별도 포장하여 분석을 의뢰한다. 분석 의뢰 시 예외적인 시료채취 조건이나 고유량으로 시료를 채취한 경우는 좀 더 상세하게 시료채취 조건을 기술하여 제공하는 것이 바람직하다.

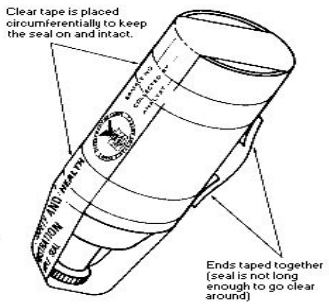


그림 45. 시료채취 후
바람직한 밀봉상태

◌ 혹시 채취된 시료가 유해성이 매우 높은 경우는 운송법에 의거하여 운반을 한다.

◌ 시료 운반 중에 흔들리거나 충격을 받지 않도록 포장을 한다.

◌ 가급적 공기 방울이 들어있는 시트(bubble sheeting)로 포장한다.

◌ 각각의 포장에 시료확인에 관련된 문서를 부착한다.

◌ 절대로 플라스틱 백이나 봉지 안에 시료를 담아 이송해서는 안된다.

2. 용접 흄 시료채취

◌ 용접자의 정확한 노출평가를 위하여 용접 흄을 채취 할 때는 반드시 아래의 그림과 같이 용접 헬멧 안에 시료 채취기구를 설치하여야 한다.



그림 46. 용접 흄 시료채취 장면

◌ 아래 그림과 같이 용접 후드(welding hood)를 착용한 경우에만 보호구 안쪽에서 채취를 하고 눈 및 안면 보호구를 착용한 경우에는 일반적인 호흡구 영역에서 시료를 채취한다.



그림 47. 용접 후드
(welding hood)사진

◌ 정상적인 용접 흄의 시료 채취는 37 mm 여과지 카세트를 사용하나 헬멧안에 설치가 곤란한 경우는 25 mm 여과지 카세트를 사용해도 괸다. 다만 시료 채취가 과량(overload)이 되지 않도록 주의해야 한다.

제5장 기구 준비 및 보정
(Equipment Preparation and Calibration)

1. 배터리(Battery)

일반적으로 측정기구의 전원공급 장치는 충전용 배터리 팩을 사용하고 있으며, 측정기구의 종류에 따라 크게 배터리 충전식과 건전지 교환식으로 구분할 수 있다.

(1) 알카라인 배터리

◌ 건전지 교환식의 측정기구는 소음계와 누적소음노출량 측정기, 조도 측정기, 열선풍속기 등이 있으며, 알카라인 건전지(alkaline battery)를 주로 사용하고 있다.

◌ 필요시 알카리 배터리는 교환한다.

◌ 현장에서 측정하기 전에 반드시 사용 가능한 전압을 확인하고, 여유분의 건전지를 준비하여야 한다.

◌ 장비와 함께 교체된 배터리는 성능을 유지해야 한다.

(2) 재충전용 니켈-카드뮴 배터리

◌ 충전식 배터리 팩을 사용하는 대표적인 측정기구는 Air sampling pump이며, Ni-Cd 전지(Nickel-Cadmium Cell; 니이케드)를 주로 사용하고 있다.

◌ Ni-Cd 전지는 양극 활물질에 Ni(니켈) 산화물을 사용하고 음극 활물질에는 Cd(카드뮴)을 이용하며, 알카리 수용액을 전해질로 사용하는 2차 배터리로 500회 이상 충전이 가능하여 경제성이 뛰어난 특성이 있다.

◌ 배터리 충·방전 유형을 기억(메모리 효과)하므로, 전류를 충분히 소모시킨 후에 완전 재충전해야 한다.

◌ 니켈-카드뮴 배터리를 잘 길들이기 위해서는 처음 이용하기 전에 24시간 동안 충분히 충전해야 하며, 그 후 충전량이 거의 소모될 때까지 배터리를 이용한 후 최소 충전 시간인 16시간 동안 재충전해야 한다.



그림 48. 개인시료 펌프 충전기

◌ 충전이 필요한 경우에만 니켈-카드뮴 배터리를 충전해야 하며, 그렇지 않은 경우에는 충전기와 분리시켜 니켈-카드뮴 배터리 수명과 연관이 있는 기억기능을 향상시킬 수 있다.

◌ 개인시료 채취펌프의 작동시간이 짧아지는 이유는 충전과 방전의 사이클을 제대로 지키지 않은 경우가 많으며, 이러한 경우 충전지를 적당히 방전한 후, 다시 니켈-카드뮴 배터리를 완전히 충전하는 과정을 반복하여 기억기능을 회복시킬 수 있다.

◌ 사용하기 전에 오래된 펌프의 재충전용 니켈-카드뮴 배터리를 펌프 작동 여부 또는 충전 잭(charging jack)의 전압 등을 체크한다.

2. 유량 보정기구

◌ 시료채취 전후 1차 표준기로 매번 펌프 유량보정을 실시한다.

◌ 펌프 유량보정에 사용되는 유량보정기구는 규정에 따라 검·교정을 받아야 하며 이를 보정기구 일련번호와 함께 기록해야 한다.



그림 49. 비누거품 전자유량보정기구(좌), 건식 유량보정기구(우)

3. 비누거품 전자 유량보정기구(electronic bubble flow meter)

(1) 개요

◌ 정확도가 높은 전자 유량보정기는 누적 평균하여 공기유량을 제시한다.

◌ 80 μ초(microsecond) 간격으로 비누 거품을 검출할 수 있다.

◌ 이때 검출되는 정확도는 ± 0.5%이다.

◌ 일반적으로 16시간을 충전하면 배터리로 8시간 정도 사용이 가능하며, A/C 충전기를 연결하여 사용할 수도 있다.



그림 50. 비누거품 전자유량보정기구

(2) 비누거품 전자 유량보정기구 관리

○ 사용하기전 셀(flow cell)을 탈착시켜 조심스럽게 흐르는 수돗물로 세척을 한다

○ 아크릴 재질의 셀(acrylic flow cell)은 쉽게 긁힐 수가 있어 천으로만 닦아야 한다.

○ 아세톤이나 알콜류 등을 사용해서는 안된다.

○ 미지근한 비눗물로 세척하는 것이 바람직하다.

○ 공기 흐름으로 건조시켜 보관한다.

(3) 누출 검사(Leak Testing)

○ 필요시 공기 유입구에서 6″ H_2O에 해당하는 공기를 빼내어 공기 배출구에 수주마노미터를 연결하여 누출검사를 실시한다.

○ 새는 곳이 없어야 한다.

(4) 주의사항

○ 25″ H_2O 이상 압력을 가해서는 안된다.

○ 16시간 이상 배터리를 충전해서는 안된다.

◌ 일주일 또는 그 이상 셀(flow cell)안에 비누물을 방치해서는 안된다.

4. 유량보정

유량보정은 펌프유량을 조절하는 기능도 있지만 펌프의 상태를 확인하는 것도 중요하다. 개인시료 채취펌프는 시료채취 매체가 연결된 상태에서 권고 유량의 ± 5% 오차 이내로 보정되어야 한다.

(1) 비누거품 전자 유량보정기구를 이용한 유량보정 방법

◌ 펌프의 전압 및 유량보정을 실시하기 전에 5분간을 가동시킨다.

◌ “허용기준물질 측정방법”에서 권고하는 시료채취 매체를 공기가 새지 않도록 정확하게 조립하여 펌프에 타이곤 튜브(tygon tubing)로 연결한다. 총분진 카세트인 경우 결합된 부분에 테이프를 붙이면 공기가 새는 것을 확실하게 예방할 수 있다.

◌ 모든 부분의 연결이 타이곤 튜브(tygon tubing)로 이루어졌는지 확인한다.

◌ 전자 유량셀(electronic flow cell) 내부에 비누 용액이 공급되도록 여러번 버튼을 누른다.

◌ 펌프 전원을 켜고 펌프 로타미터를 조절한다.

◌ 펌프보정을 실시한다.

◌ 유량보정을 수회 실시하고 제시되는 유량들의 차이가 2%이내 인지 확인한다.

◌ 필요시 유량을 조절한다.

(2) 수동식 뷰렛 비누거품 방법(Manual Buret Bubble Meter Method)

◌ 펌프의 전압 및 유량보정을 실시하기 전에 5분간을 가동시킨다.

◌ “허용기준물질 측정방법”에서 권고하는 시료채취 매체를 공기가 새지 않도록 정확하게 조립하여 펌프에 타이곤 튜브(tygon tubing)로 연결한다. 총분

진 카세트인 경우 결합된 부분에 테이프를 붙이면 공기가 새는 것을 확실하게 예방할 수 있다.

◌ 타이곤 튜브(tygon tubing)로 아래 그림과 같이 연결을 한다.

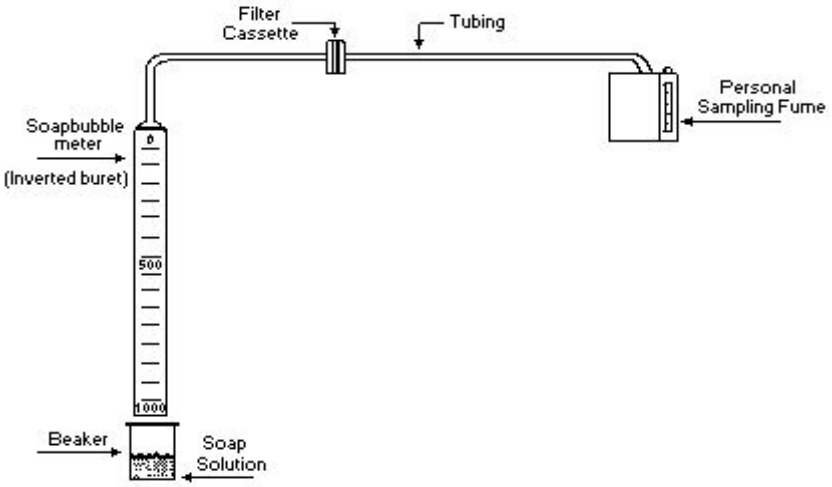


그림 51. 수동식 뷰렛을 이용한 카세트 유량보정

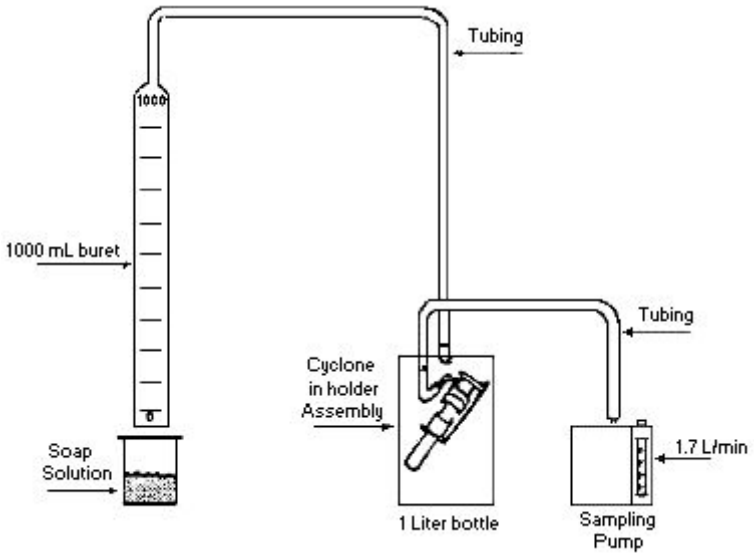


그림 52. 수동식 뷰렛을 이용한 사이클론 유량보정

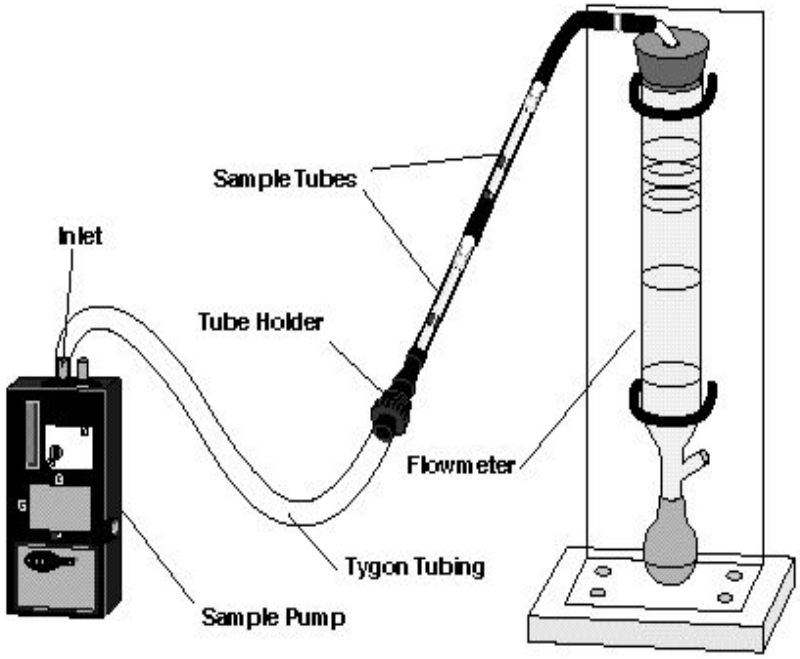


그림 53. 수동식 뷰렛을 이용한 고체 흡착관 유량보정

◌ 뷰렛 내부에 비누 용액을 젖힌다.

◌ 펌프 전원을 켜고 펌프 로타미터를 조절한다.

◌ 펌프보정을 실시한다.

◌ 고유량 펌프는 1,000 mL 뷰렛을 사용하고 저유량 펌프에는 100 mL 뷰렛으로 보정한다.

◌ 시간 측정의 정확도는 ±1 초 이내에 하고 유량측정은 최소 2회 이상을 실시한다.

(3) 기타 유량보정 표준기구

표준기구		일반적 사용범위	정확도	사용처
1차표준	비누거품미터	<1 ㎖/분~30 L/분	±1 %	현장, 실험실
	폐활량계(spirometer)	100~600 L	±1 %	현장, 실험실
	가스치환병(Mariotte bottle)	10~500 ㎖/분	±0.05~0.25 %	실험실
	유리 피스톤 미터	10~200 ㎖/분	±2 %	현장, 실험실
	흑연 피스톤 미터	<1 ㎖/분~50 L/분	±1~2 %	현장, 실험실
	피톳튜브*	> 15 m/초	±1 %	현장
2차표준	로타미터	> 1 ㎖/분	±1~25 %	현장
	습식테스트미터(wet-test meter)	0.5~230L/분	±0.5 %	실험실
	건식가스 미터(dry gas meter)	10~150L/분	±1 %	현장
	오리피스 미터	직경에 따라 다양	±0.5 %	현장, 실험실
	열선기류계 (thermo-anemometer)	0.05~40.6 m/초	±0.1~0.2 %	현장

부록. 작업환경 시료채취과정 기록지

1. 보고서 ID :		2. 시료채취 ID :	
3. 평가자 소속 및 성명 :		4. 시료채취일자	5.분석 의뢰일자
6. 시료채취 대상자 성명		7. 시료채취 대상자 확인 사인	
8. 회사명 : 주소 : 전화번호 :	9. 노출 형태 -간헐적 -연속적	10. 노출 빈도 회/일	11. 총 노출기간 년 개월
12. 외부 온도 : ℃ 상 대 습 도 : %	13.작업장 온도 : ℃ 상 대 습 도 : %	14. 사진 번호 :	
15. 직무 명 : 직무 기간 :		16. 펌프 체크 시간 및 특이사항 :	
17. 개인보호구 형태 및 효율 :			
18. 근로자 직무내용 :			
19. 작업환경관리 설비 :			
20. 환기 설비 :			

21. 펌프 번호:	**측정시료 관련 자료**					
22. 시료 번호						
22. 시료채취 형태	개인 지역	개인 지역	개인 지역	개인 지역	개인 지역	개인 지역
23. 채취 매체						
24. 채취 시작 시간						
채취 종료 시간						
25. 시료채취 시간(분)						
26. 펌프 평균유량(L/분)						
28. 공기시료 채취량(L)						
29. 실험실 공지 사항		현장 공시료 번호				
		벌크시료 번호				

	시료 채취 전 펌프유량 보정			
30. 펌프 제조사 및 일련번호	34. 펌프 유량 - - - - -	35. 유량보정기 -제조사 : -일련번호 :	36. 유량보정기 검교정 확인	37. 유량보정실시 -날짜 : -시간 :
31. 전압 체크 ❒ Yes ❒ No				
32. 유량보정 장소 :				
33. 유량보정 장소 온도 : ℃				

	시료 채취 후 펌프유량 보정		
38. 유량보정 장소 :	40. 펌프유량 - - - - -	41. 펌프 평균유량 계산 결과 - - - - -	42. 유량보정실시 -날짜 : -시간 :
39. 유량보정 장소 온도 : ℃			

Ⅲ-2. 연구결과(측정기관평가표준화)

1. 국내외 연구동향

2001년 작업환경측정 정도관리평가와 발전방향에 대한 선행연구가 있었으나 작업환경측정 정도관리는 지정측정기관 평가의 한 항목으로 구성되어 연구의 범위가 다소 협소하다는 단점이 있으나 2003년 7월에 시행규칙 제97조(지정측정기관의 평가 등)의 규정에 각 평가기준(작업환경측정 및 시료분석의 능력, 측정결과의 신뢰도, 시설·장비의 성능, 보유인력의 교육이수·능력개발·전산화 정도 및 그 밖의 제반사항)을 제공하데 활용되었다(한국산업안전공단, 2001). 이후, 2004년 지정측정기관의 종합평가기준, 절차, 운영 등에 관한 연구가 진행되었으나 지정측정기관 실태조사를 위한 설문지 개발이 ISO/IEC 17025 규격과 미국산업위생학회의 LQAP policies를 근거로 마련되어 우리나라 산업안전보건법 시행규칙에서 요구하는 각 기준이 마련되지 못한 단점이 있었다(한국산업안전공단, 2004). 이전에 수행된 연구과제의 경우 지정측정기관의 평가에만 주안점을 두었으며 실제 지정측정기관을 평가함에 있어 필요한 운영방안에 대한 조사 및 연구는 누락되어 이 부분의 연구가 필요한 실정이다.

우리나라의 경우 측정과 유사한 제도로서 산업자원부 기술표준원에서 「한국교정·시험기관 인정기구」(Korea Laboratory Accreditation Scheme, KOLAS)를 운영하고 있으며 2004년 현재 국내 약 180여개 시험기관이 KOLAS인정을 획득한 바 있다. KOLAS의 인정기준은 KSA 17025로서 ISO/IEC 17025 규정과 동일한 것으로 알려져 있다.

외국의 경우 ISO/IEC 17025가 있으며 ISO/IEC 17025는 기존의 ISO/IEC 25(시험기관의 기술능력평가)에 품질경영기준인 ISO 9000 시리즈의 내용을 추가

하여 '99년에 제정하여 시행하고 있는 국제기준이다. 2003년 현재 35개국의 43개 인정기구가 「국제시험소인정기구」(International Laboratory Accrediation Cooperation, ILAC)에 가입하고 있으며, 각국의 인정기구는 자국의 시험기관이 ISO/IEC 17025 규정에 부합될 경우 인정하며 인정 시험기관의 시험결과는 국제적으로 서로 공인된다. 미국의 경우 1974년부터 「미국산업위생학회(AIHA, American Industrial Hygiene Association)」에서는「산업위생시험기관 인정프로그램」(IHLAP : Industrial Hygiene Laboratory Accreditation Program)을 운영하고 있다. 이 프로그램은 미국 OSHA와 NIOSH 등 미국내 시험기관 뿐만 아니라 캐나다, 브라질, 일본, 대만 등의 각 국의 시험기관도 참여하여 인정받고 있다. 미국 OSHA 등 연방 및 주정부에서의 산업위생 시험성적은 동 IHLAP 프로그램에 의거 인정받은 산업위생 시험기관의 시험결과만 법적으로 인정하고 있다. 1999년에는 ISO/IEC 17025 규정의 제정에 따라 AIHA에서도 통용되는 국제기준의 충족을 위해 2001년도에 AIHA는 ISO/IEC 17025 규정에 작업환경 측정·분석분야의 특수성을 고려한 기준을 포함하는 인정기준으로 개정하여 시행중이다.

1) 국제표준화기구 기준(ISO/IEC 17025)

국제표준화기구 (International Organization for Standardization, ISO)와 국제전기기술위원회 (International Electrotechnical Commission, IEC)가 제정한 "시험 및 교정기관의 자격에 대한 일반기준 (ISO/IEC 17025 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories)"는 시험기관 인정에 가장 널리 활용되고 있는 기준이다. ISO/IEC 17025는 시험기관의 기술적인 능력을 평가하기위한 기준이었던 기존의 ISO/IEC25에 품질경영 기준인 ISO 9000 시리즈의 내용을 추가하여 1999년에 제정된 국제기준이다. ISO/IEC 17025의 요구사항은 크게 경영적 요구사항과 기술적 요구사항으로 이루어져 있으며, 경영적 요구사항으로 조직과 경영, 품질 시스템, 문서관리, 의

뢰, 입찰 및 계약 검토, 시험 및 교정의 위탁 계약, 서비스 및 물품 구매, 고객에 대한 서비스, 불만사항, 부적합 시정, 시정조치, 예방조치, 기록관리, 내부 감사, 경영 검토 등이 해당되며 기술적 요구사항으로는 일반사항, 인적 구성 및 자격, 장소 및 시험환경조건, 시험방법의 유효성 입증 및 측정 불확도의 추정, 설비, 시험결과의 소급성, 시료 포집, 시험 및 교정 품목의 취급 및 운반, 시험결과의 품질보증, 시험결과의 보고가 있다.

세계적으로 많은 나라들이 자국의 시험기관을 공식적으로 인정할 수 있는 시스템 즉 인정기구(Accreditation Bodies)를 두고 있으며, 이들 인정기구의 대부분은 각 시험기관을 평가하기 위한 일반적인 기준으로 ISO/IEC 17025를 채택하고 있다. 국제시험소인정기구 (International Laboratory Accreditation Cooperation , ILAC)는 교정기관 및 시험기관에 대한 인정 프로그램을 운영하고 있는 인정기구들의 국제협의기구이다. 1996년, ILAC에 참가한 전세계 44개 나라들은 시험결과의 국제적 인정과 무역활동에 있어 기술적인 장애요인 제거를 위한 양해각서에 서명하였다. 이를 시작으로 2000년, 우리나라를 포함한 세계 28개국 37개 시험기관 인정기구가 참여하는 상호인정협정 (Mutual Recognition Agreements, MRA)을 체결하기에 이르렀다. 2002년 4월 기준으로 ILA의 상호인정협정에는 MRA 33개 국가, 42개 인정기구가 참여하고 있다. ILAC 상호인정협정은 “협정에 참여한 인정기구가 공인한 시험기관에서 발행한 시험성적서라면 자국의 공인시험기관에서 발행한 것과 동일한 조건으로 수용하겠다”는 것을 약속한 것이다. 이것은 곧 각 인정기구로부터 공인된 시험기관은 국제적으로도 공인된 시험기관으로 여겨지는 것이므로, 그 시험성적서가 협정 참여국 어디서나 통용될 수 있음을 뜻한다.

2) 미국산업위생학회의 실험실 인정 프로그램(AIHA IHLAP, American Industrial Hygiene Laboratory Accreditation Program)

실험실 인정프로그램(IHLAP)은 1974년 시작된 이래로 규모면에서 최대이고

인정된 실험실은 그 전문성을 인정받게 되는 것이다. 따라서 시료분석을 원하는 기관은 분석을 의뢰하게 되며 작업환경측정과 관련된 시료를 분석하는 실험실이면 참여할 수 있다. 인정기준으로는 크게 인력요건, 정도관리(PAT, Proficiency Analytical Testing) 프로그램 참여 여부, 실험실 설비, 정도관리와 장비, 실험실 기록, 분석방법, 실험실 방문 등이 있다.

인정에 소요되는 기간은 보통 12~18개월이며 인정기간은 3년이나 매년 관련된 보고서를 제출하여야 한다. 인정에 관련된 기준들이 지속적으로 만족되지 않으면 실험실 인정은 취소될 수 있다. 미국산업위생학회에서 인정을 받고자 하는 실험실은 신청양식을 미국산업위생학회 실험실인정위원회에 제출하여야 하고 관련된 자료 및 정보도 포함되어야 하며 일정 부분 프로그램 참가비를 부담하여야 한다. 실험실 인정을 받기 위해 미국산업위생학회에 실험실인정 요청서를 보내면 이를 검토하여 지원서와 자기평가 설문지, 실험실 인정위원회의 규정과 지침서, 산업위생화학의 종합정도관리 안내서를 송부해 준다. 미국산업위생학회는 PAT 프로그램에 등록할 것을 지시하고 지원서를 검토한 후 실험실을 방문하게 된다. 서류 검토자의 의견, PAT 프로그램의 결과, 실험실방문자의 평가, 그 외의 다른 요인들을 감안하여 미국산업위생학회는 실험실을 인정하게 된다.

(1) 인력요건

실험실 책임자는 실험실의 전반적인 방향을 설정하는 자로서 항상 실험실에 근무하여야 하고 실험실 운영과 경영에 일차적인 책임이 있다. 책임자는 기초과학의 학위가 있어야 하고 최소 5년간의 산업위생 경력이 있거나 미국산업위생자격단체인 ABIH(American Board of Industrial Hygiene, ABIH)에서 주관하는 산업위생기술사를 취득한 자이어야 한다.

실험실 감독자는 매일 실험실 운영을 감독하는 자로서 기초과학의 학위와 산업위생과 관련된 화학분야에서 5년간의 경험이 있거나 산업위생기술사 자격을 취득하여야 한다.

정도관리 진행자는 최소 기초과학의 학위와 통계학과 정도관리 절차를 숙지하고 있어야 한다. 정도관리 진행자는 다른 분석자와는 독립적으로 정도관리 프로그램을 효과적으로 운영할 수 있는 능력이 있어야 한다.

(2) PAT 프로그램 참여

작업환경측정과 관련된 분석능력을 인정받기 위해서는 미국산업위생학회와 미국국립산업안전보건연구원(NIOSH)과 공동으로 수행하는 PAT(Proficiency Analytical Testing) 프로그램에 참여하여야 하고 그 결과가 IHLAP 인정을 받는데 반영된다.

(3) 실험실 설비

적절한 공간, 설비, 장비를 갖추고 있어야 한다.

(4) 정도관리와 장비

매일 매일 정도관리 작업일지가 포함된 종합정도관리계획을 수립하여야 하고 정도관리 절차를 실험실의 절차와 기능에 필수적으로 포함시켜야 한다.

(5) 실험실 기록(Record keeping)

실험실은 적절한 기록을 유지·관리하여야 하고 시료번호와 시료추적체계, 분석자료, 분석결과, 보고서 양식, 분석자료의 기록, 정도관리자료 보고서를 기록·유지하여야 한다.

(6) 분석방법

실험실책임자로부터 검토되고 인정을 받은 문서화된 방법을 사용하여야 한다.

(7) 실험실 방문

미국산업위생학회를 대표하여 경험이 풍부한 산업위생전문가가 실험실을 방

문하여 실사를 수행하게 되는데 실험실인정위원회에서 추가 방문이 필요할 것으로 판단되지 않는 이상 3년에 한번씩 방문을 하게 된다.

3) 한국교정시험기관 인정기구

한국교정시험기관 인정기구 (Korea Laboratory Accreditation Scheme, KOLAS)는 산업자원부 산하 기술표준원의 한 조직으로서 국가표준제도의 확립 및 산업표준화제도 운영, 공산품의 안전/품질 및 계량측정에 관한 사항, 산업기반기술 및 공업기술의 조사/연구 개발 및 지원, 교정기관, 시험기관 및 검사기관 인정제도의 운영, 표준화 관련 국가간 또는 국제기구와의 협력 및 교류에 관한 사항 등의 업무를 관장한다. KOLAS의 장은 산업자원부 기술표준원장이 역임하도록 되어있다. 우리나라의 공식적인 시험기관 인정기구인 KOLAS는 1998년부터 아시아-태평양지역 상호인정협정(APLAC)에 참여해왔으며, 2000년부터 ILAC의 상호인정협정에도 참여하고 있다. 따라서 KOLAS에 의해 공인된 우리나라 시험기관의 시험성적서는 상호 인정협정에 참여한 나라들 사이에 세계적으로 인정을 받는다. 현재 KOLAS는 역학시험, 화학시험, 전기시험, 열 및 온도시험, 비파괴검사, 음향 및 진동시험, 광학 및 광도시험, 의학시험, 화학제품의 GLP시험, 생물학적 시험, 훼스너 시험검사 등 11개 세부분야에 인정제도를 운영하고 있으며, 현재까지 전국적으로 170여 시험기관이 이 제도에 의해 인정을 받은 바 있다.

(1) KOLAS 관련 법, 규정 및 지침

- 국가표준기본법 및 동법 시행령
- 시험기관 및 교정기관의 자격에 관한 일반요구사항 (KS A 17025 = ISO 17025)
- 시험분야별 추가요건(역학, 화학, 전기, 열 및 온도, 비파괴, 음향 및 진동, 광학 및 광도, 의학, 화학제품의 GLP, 생물학적, Fastener 등 11개 분야 현재)

- 국제공인시험기관 및 검사기관 인정제도 운영요령
- 공인기관 인정 신청 및 평가수행 절차에 관한 규정
- 인정마크 사용과 국제공인기관 표시를 위한 지침
- KOLAS 평가사의 자격 및 등록에 관한 운영기준
- 측정결과의 소급성 방침
- 측정결과의 불확도 추정 및 표현을 위한 지침
- 숙련도 시험 운영기준
- 숙련도 시험 운영기관 지정기준
- 교육기관 지정 및 교육과정 운영기준

(2) 시험기관 인정제도 운영요령

제1장에는 총칙이 제2장에는 인정기구의 조직 및 운영이 있으며 인정기구의 설치: KOLAS 구성, 인정기구의 업무, 인정기구 운영기준, 위원회 구성[인정위원회, 운영위원회 (인정제도운영위원회, 교육훈련운영위원회), 분야별 기술위원회(전문위원회)], 위원회 위원 위촉, 위원회 심의에 대한 내용이 있다.

가) 인정위원회

- 공인기관 인정 또는 취소, 인정마크 사용중지 등의 처분에 관한 사항
- 숙련도 시험운영기관의 지정 또는 취소에 관한 사항
- 이의 또는 불만 처리의 최종해석 및 분쟁조정에 관한 사항
- 평가사 자격부여, 등록, 자격취소, 자격 정지 등에 관한 사항

나) 인정제도 운영위원회

- 인정기준 및 인정절차에 관한 사항
- 숙련도 시험 시행 기준의 제정 또는 개정에 관한 사항

다) 교육훈련운영위원회

- 교육기관 지정기준 및 지정절차에 관한 사항
- 교육기관 지정 또는 취소에 관한 사항
- 교육훈련 기본계획에 관한 사항

- 교육훈련 프로그램에 관한 사항

라) 기술위원회

- 분야별 기술기준의 제정 또는 개정에 관한 사항
- 인정분야의 세부분류 기준 설정에 관한 사항
- 기타 현장 평가 시 기술적 쟁점 사항에 대한 최종해석에 관한 사항
- 숙련도시험 운영에 관한 기술적인 사항

(3) 인정기준

인정분야 및 인정범위는 현재 11개 대분류. 인정범위는 시험품목, 시험항목과 시험방법, 검출한계 또는 최대최소 측정능력을 포함된다. 평가 및 인정 기준은 아래와 같다.

- ISO/IEC 17025 (=KS A 17025)
- 분야별 추가 인정기준
- 측정결과의 소급성 유지를 위한 KOLAS 방침
- 측정결과의 불확도 추정 및 표현을 위한 지침
- 숙련도시험 운영기준
- 인정마크 사용과 국제 공인기관 표시를 위한 지침
- KS A ISO 5725 측정방법과 결과에 대한 정확성

(4) 인정절차

신청기관의 요건은 시험업무를 수행하는 법인이면 누구나 가능하나 숙련도시험참가결과가 부적합한 것으로 판정된 자가 시정조치를 적절히 이행하지 않았을 경우와 시험기관의 적절한 품질시스템 운영을 위한 최소한의 상근직원이 확보되지 못한 경우 등은 제외된다. 인정 신청 및 평가로 인정신청서와 문서심사용 제출서류[1]가 있으며 문서심사 통과자에 한하여 현장평가반 구성, 현장평

1) ① 인정신청 분야 및 범위, ② 대표자 서약서-공인제도 관련 규약 준수, ③ 신청기관의 일반 현황 - 명칭, 주소, 법률적 지위, 조직체계 및 주요업무, 모기관과의 관계, ④ 인정대상 업

가 개시 1주일 전에 평가계획서(평가 대상기관, 평가장소 및 일정, 평가반 구성과 업무분장, 평가계획서에 대한 신청자 측 확인사항, 평가수행에 따른 협조사항)를 통보하게 된다.

현장평가는 인정신청자와 면담, 현장관찰, 입회 시험, 관련기록 확인 등의 조사활동, 적합성 여부 평가를 하게 되며 현장평가 완료 후 현장평가보고서 작성하여 인정기구의 장과 인정신청자에게 제출한다. 문서심사결과 시정이 필요한 부분은 1개월 이내에, 현장평가 결과 시정이 필요한 부분은 3개월 이내에 시정되어야 하고, 이를 초과하는 경우 인정불가 조치할 수 있다.

(5) 공인기관의 사후관리, 추가 및 갱신평가

공인기관 유효기간 및 인정요건의 유지는 4년이 기준이며 인정받은 대분류 내에서 중분류 또는 소분류에 대한 추가가 필요한 경우 추가평가를 하게 된다. 사후관리는 최초 인정 후 1년, 이후 18개월 이내, 갱신평가 후에는 24개월이 기준이 된다.

공인기관의 성적서에 대한 분쟁이 발생한 경우, 고객이 이의를 제기한 경우, 숙련도 시험결과 동일분야에서 2회 이상 연속적으로 이상값을 산출한 경우는 특별사후관리 대상이 된다.

(6) 기술책임자

공인기관은 해당분야별로 기술책임자와 관련 부책임자를 임명하여야 하고 기술책임자는 해당분야 성적서와 관련기록을 검토한 후, 적합하다고 판단될 경우에 한하여 성적서에 서명하여야 한다. 기술책임자의 자격기준은 기술책임자 또는 부책임자로 등록하기 위해서는 지정 교육기관에서 필요한 교육을 이수하고 합격한 자이며 별도의 학력 및 경력요건이 있다. 기술책임자는 인정기구 사

무관련 인력현황 및 인력별 관장업무, ⑤ 시험설비 보유현황, ⑥ 시험실의 환경조건 및 유지관리 현황, ⑦ 항목별 시험방법 및 절차서 목록, ⑧ 숙련도 시험 참가 실적, ⑨ 내부감사 및 경영검토 실적, ⑩ 품질 매뉴얼 및 절차서, ⑪ 신청 시험항목에 대한 측정불확도 추정 실적

무국에 등록하여야 하고 품질책임자 및 품질부책임자는 교육을 이수하고, 인정사무국에 등록하며 내부감사자는 KOLAS 평가사, ISO 인증심사원, 내부감사자 교육 이수자가 된다.

4) 공인기관 인정 신청 및 평가수행 절차에 관한 규정

시험기관이 인정신청서를 제출한 후, 인정기구에서는 문서심사, 평가계획 수립, 현장평가, 위원회 심의의 과정을 통해 인정을 결정하고 신청기관에 결과를 통보한다.

평가반 구성으로 평가시 선정 및 구성 원칙은 평가반장, 평가반원, KOLAS 직원 등 최소 3인으로 하며, 평가반장은 선임평가사 중 신청기관의 기술적 능력을 평가할 수 있는 자격과 경험을 구비한 자로 선임한다. 평가반의 임무는 평가반장, 평가사의 세부업무 규정되어 있으며 평가일수는 문서심사 3인×일, 현장평가는 최초평가 및 갱신평가일 경우 최소 3인×3일이 된다.

평가업무절차로 평가일정 재확인, 시작회의, 현장순회, 평가실시(관찰기록, 평가인터뷰, 시험방법평가(시험과정관찰, 장비평가, 질문평가, 시험절차 청취 평가 등), 부적합 보고, 평가결과의 구분(평가점검표에 점검항목별로 적합, 부적합 구분), 종료회의 준비(부적합 보고서, 종합평가보고서), 종료회의는 부적합 사항을 명확히 하고 신청기관의 동의를 받는다. 평가결론은 명확히 전달한다. 평가보고서에는 평가항목별 적합 또는 부적합이 표시된 평가점검표, 시험과정 입회평가 점검표, 시험검사요원의 자격에 대한 적정성, 부적합 사항 발견 시 부적합 보고서 및 부적합 판정에 대한 증빙자료, 품질시스템 및 기술향상을 위한 권고사항, 현장평가 의견 등이 포함되게 된다. 확인평가는 3개월 이내에 부적합사항에 대하여 시정조치를 완료하고, 확인평가를 실시. 시정조치가 적절하게 이루어지지 않은 경우 인정불가 처리한다.

5) 국립환경과학원의 환경측정분석기관 정도관리 운영 지침

지정측정기관의 평가와는 다소 차이가 있기는 하지만 일부 참고를 할 수 있는 자료로서 환경부의 국립환경연구원에서는 환경측정기관 정도관리 운영지침(개정 2008.06.09 국립환경과학원 고시 제2008-21호)이 있었다.

(1) 개요

이 규정은 “측정분석기관 정도관리의 방법 등에 관한 규정” 제23조에 의한 정도관리 현장평가방법, 정도관리 평가위원의 위촉 및 관리에 대한 사항을 세부적으로 정함을 목적으로 한다. 정도관리 계획의 수립 및 통보는 국립환경과학원장(이하 ‘과학원장’이라 한다)이 정도관리 고시 제22조 제1항의 규정에 따라 매년 당해연도 정도관리 대상기관(이하 ‘대상기관’이라 한다), 정도관리 분야 및 범위 등을 포함한 당해연도 정도관리 계획을 수립하고 이를 국립환경과학원(이하 ‘과학원’이라 한다) 홈페이지에 공고하거나 선정된 대상기관에 통보하여야 한다.

(2) 현장평가

과학원장은 대상기관에 대해 정도관리 평가분야 및 항목에 따라 현장평가를 한다. 대상기관의 서류 제출과 관련해서 과학원장은 정도관리 고시 제14조 규정에 따라 현장평가 하고자 하는 대상기관에 대하여 정도관리 대상기관 현황표의 제출을 요청할 수 있다.

현장평가를 위한 정도관리 평가팀의 구성으로 과학원장은 현장평가를 위하여 정도관리 평가팀(이하 ‘평가팀’이라 한다)을 구성하고 평가팀의 장(이하 ‘평가팀장’이라 한다)을 정한다. 평가팀은 대상기관별로 2일 이내에서 현장평가한다. 다만 항목, 측정분석방법, 기술적 난이 등을 감안하여 평가 일수를 적절히 조정할 수 있다. 과학원장은 기술 자문을 위하여 외부 전문가를 자문위원으로 위촉할 수 있으며 외부전문가는 평가위원이 요구하는 자문에 기술적 지원을 한다. 현장평가 계획의 수립 및 통보와 관련된 규정으로 과학원장은 현장평가 계획서를 수립하고 이를 평가팀장과 협의 한 후, 대상기관에게 현장평가 예정 30

일 이전에 통보한다. 현장평가 계획을 통보받은 대상기관은 이해관계 또는 기밀 유지 등 정당한 사유가 있을 경우, 평가 일정, 평가위원의 변경을 현장평가 이전까지 요청할 수 있으며, 과학원장은 변경 요청이 타당할 경우 현장평가 일정 또는 평가위원을 변경하고, 이를 대상기관에게 통보한다. 과학원장은 현장평가 계획의 변경사항 유무, 시작회의 참석자, 현장평가 시 필요한 문서 및 회의실 사용 여부 등을 대상기관과 현장평가 전에 협의하도록 되어 있다. 과학원장은 현장평가 이전에 평가팀장을 포함한 평가위원에게 평가에 필요한 문서들을 송부하며 평가위원에게 송부되어야 할 문서는 다음과 같다.

- 정도관리 고시 및 운영 지침
- 정도관리 대상기관 현황표(현장에서 전달 가능)
- 현장평가 계획서 양식
- 현장평가 보고서 양식
- 현장평가 의견서 양식
- 운영 및 기술 점검표
- 시험분야별 분석능력 점검표
- 평가위원 준수사항
- 전회 정도관리 및 숙련도 시험 결과 기록(해당하는 경우)

평가팀장은 현장평가 이전에 숙소, 교통편 등 세부 일정에 관하여 평가위원과 사전 협의하고 대상기관에 통보하고 평가위원은 현장평가 업무의 신뢰성 및 공정성 확보를 위하여 별표 3의 평가위원 서약서의 내용을 준수하여야 한다. 현장평가 업무절차로 현장평가는 시작회의, 시험실 순회, 중간회의, 문서 평가, 시험성적서 확인, 주요직원 면담, 시험분야별 평가, 현장평가보고서 작성 및 종료회의로 이루어지며, 정도관리 문서 및 기록물은 현장평가일 이전에 사전 검토 또는 평가할 수 있다. 시작회의에 평가위원들은 현장평가의 첫 번째 단계로서 대상기관의 관련분야 참석자들과 시작회의를 하며 시작회의의 주관은 평가팀장이 한다. 시작회의에는 대상기관의 대표자(또는 위임받은 대리인)와 현장평

가 계획에서 요청받은 분야의 관계자가 참석하여야 하며 평가위원은 참석자 명단을 기록한다. 평가팀장은 참석자들에게 현장평가의 목적, 대상, 방법 등의 평가계획에 대해서 설명하고 대상기관으로부터 참석자들을 소개받고 담당업무와 책임에 대해 설명을 들을 수 있다. 평가팀장은 대상기관과의 공식 의사전달체계를 수립하고, 대상기관은 시험실 순회, 문서 평가 및 시험분야별 평가의 담당자를 지정한다. 대상기관은 현장평가에 필요한 문서를 제출하고, 평가위원들이 장비(컴퓨터 등), 시설(평가위원 회의실 등) 등을 사용할 수 있도록 한다. 평가팀장은 시작회의 종료 전에 종료회의 날짜와 시기를 정하여야 한다.

시험실 순회로 평가위원은 시험분야별 담당자와 함께 시료 접수창구, 시료 보관실, 자료 보관실, 시험실, 저울실 및 증류수 공급 시설, 가스 저장 시설 등 그 밖에 시험과 관련된 구역을 포함하여 대상기관의 시설물들을 둘러본다. 중간회의는 평가팀장이 평가팀 중간회의를 매일 주관하고 평가의 지속 여부를 협의한다. 평가위원은 운영 및 기술 점검표에 따라 다음의 내용을 포함한 대상기관의 정도관리 문서 및 기록물 등을 검토한다.

- 조직도(인력현황 포함)
- 업무분장서
- 시험방법 목록
- 장비 관리 기록
- 표준용액 및 시약 목록
- 시료관리 기록
- 시험 결과 보고서

시험성적서 확인을 위하여 평가위원은 숙련도 시험의 부정행위, 시험성적서 거짓 기재와 허위 발급여부 등에 대해 확인한다. 시험분야별 평가를 위하여 평가위원은 별지 제6호의 시험분야별 분석능력 점검표를 바탕으로 평가를 진행한다. 시험분야별 평가는 다음의 요소들을 포함하며, 분석자가 업무를 수행하는 곳에서 진행한다.

- 분석자와의 질의응답
- 시험실 환경의 관찰
- 시험방법 및 관련 작업지시서의 평가
- 표준용액 및 시약의 관리현황 조사기록의 검토
- 시험업무의 관찰
- 장비의 교정 및 관리기록 조사
- 보관된 시험 결과 및 관리기록 조사
- 숙련도 시험 기록의 검토 및 필요시 현장입회 시험

평가위원은 평가 중 추가 확인이 필요한 경우, 품질책임자 또는 기술책임자 등 주요 직원과의 면담을 통해 이를 확인할 수 있다. 평가위원은 환경분야 측정분석기관 정도관리 평가내용과의 부합정도를 확인하여 운영 및 기술 점검표와 시험분야별 분석능력 점검표에 평점을 기재한다. 평가위원은 평가내용이 대상기관과 관련이 없는 경우 그 평가내용에 대해 평가하지 않을 수 있으며 과학원 담당부서의 사전 동의하에 평가내용을 추가 할 수 있다. 평가위원은 운영 및 기술 점검표와 시험분야별 분석능력 점검표의 평가내용 중 평점 1 또는 2를 받은 내용은 미흡사항으로서 미흡사항 보고서에 그 내용을 기록한다. 다른 업무와 관련되어 있어 재확인이 요구되거나 확인이 불가한 사항은 다른 평가위원의 평가 기록과 대조하거나 별도의 방법으로 확인하여야 한다. 대상기관이 쉽게 시정 가능한 경미한 미흡사항은 즉시 시정토록 하는 방법으로 평가를 할 수 있다. 평가위원은 기타 추가적인 확인이 필요한 경우, 품질책임자와의 면담을 요청할 수 있다. 대상기관은 미흡 사항에 대한 보완결과 또는 보완 계획서를 현장평가 완료일로부터 60일 내에 과학원장에게 제출하여야 한다.

현장평가 보고서의 작성을 위하여 평가팀장은 평가가 종료되면 현장평가 보고서를 작성하기 위한 평가팀 회의를 개최한다. 평가팀장은 운영 및 기술 점검표, 시험분야별 분석능력 점검표를 모두 취합하고 평가결과를 상호 대조하여

현장평가 보고서를 최종 작성한다. 평가팀장은 대상기관의 분야별 평가에 대해 현장평가 기준에 따라 적합, 조건부 적합, 부적합으로 구분한다. 평가팀장은 발견된 모든 미흡사항에 대하여 상호 토론, 확인하게 하여야 한다. 평가팀장은 미흡사항에 대해 미흡사항 보고서에 다음의 요소를 포함하여 기록하되 발견된 미흡사항에 대한 적절한 보완조치 필요사항과 품질시스템 및 기술 향상을 위한 사항을 미흡사항 보고서에 포함할 수 있다. 평가위원은 수집된 정보를 바탕으로 구체적이며 제3자가 알아볼 수 있도록 명료하게 현장평가 보고서를 작성해야 한다.

- 발견된 정확한 미흡사항
- 미흡사항 근거(관련 문서 및 기준)

종료회의는 현장평가를 마감하는 평가팀장이 주재하며 대상기관의 대표자, 기술책임자, 품질책임자가 참석한 상태에서 현장평가 중 발견된 사항들을 설명한다. 평가팀은 대상기관에 대한 평가 시 알게 된 모든 사항에 대한 기밀을 누설하지 않을 것을 대상기관에 약속한다. 평가위원은 평가결과와 발견된 미흡사항에 대해 제1항의 대상기관 참석자에게 설명하며, 의견이 불일치된 평가결과에 대해서는 현장평가 종료일로부터 7일 이내에 과학원장에게 이의 신청 할 수 있음을 알린다. 평가팀장은 미흡사항 보고서를 대상기관에 제시하고, 대상기관의 대표자 또는 위임받은 자는 발견된 미흡사항에 대한 동의로서 미흡사항 보고서에 서명한다. 평가팀장은 대상기관의 참석자에게 현장평가 이후의 보완조치 이행 및 정도관리 최종평가 결과의 통보에 대한 대략적인 일정에 대해 설명한다. 현장평가 시 주의사항으로 평가위원은 현장평가 중에 발견된 미흡사항에 대해 대상기관의 대표자 또는 위임받은 자가 동의하지 않는 경우에는 이를 과학원의 담당과장에게 보고하고, 정도관리심의회에서 판정하도록 한다. 현장평가를 종료시킬 정도의 중대한 미흡사항이 발견되면 평가팀장은 대상기관의 대표자 또는 위임받은 자에게 이를 설명하고 그 시점에서 평가 종료여부를 협의할 수 있다. 평가팀장은 현장평가 완료 후, 과학원장에게 현장평가 보고서를 제출

한다. 현장평가 보고서에는 다음 사항이 포함되어야 한다.

- 대상기관 현황
- 운영·기술 점검표
- 시험분야별 분석능력 점검표
- 미흡사항 보고서
- 부적합 판정에 대한 증빙자료(필요시)
- 그 밖의 현장평가 관련 기록

과학원장은 규정에 의한 현장평가 보고서의 적절성을 과학원 정도관리 담당 부서의 직원으로 하여금 검토하게 할 수 있으며 현장평가 보고서를 검토한 후, 추가 확인이 필요한 경우 과학원의 직원 또는 평가위원에게 확인 및 보완을 요구할 수 있다. 대상기관이 미흡사항 보완 결과 또는 보완 계획을 제출하면, 과학원장은 보완 완료 시점 또는 보완계획 제출 시점에서 그 이행 여부 또는 보완계획의 적절성을 확인하고, 필요한 경우 현장 확인을 할 수 있고 대상기관의 대표자가 제출한 미흡사항에 대한 보완결과 또는 보완 계획서를 검토하여 승인한 경우, 미흡사항에 대해 보완이 된 것으로 본다.

(3) 정도관리 심의회 운영

과학원장은 대상기관의 분야별 정도관리 평가결과를 정도관리 평가보고서로서 작성하여 정도관리심의회에 상정하여야 한다. 정도관리 평가보고서는 다음 사항이 포함되어야 한다.

- 대상기관의 숙련도시험 결과
- 대상기관의 현장평가 결과 및 미흡사항
- 보완조치 결과 또는 보완계획서와 그 증빙자료

정도관리심의회는 정도관리 평가보고서를 근거로 평가 과정의 적절성과 대상기관의 업무 수행능력 여부를 정도관리 고시 제8조 제3항에 따라 심의하되 재적위원 과반수의 출석과 출석위원 과반수이상의 찬성으로 우수 및 미달 여부를 분야별로 의결하며, 서면심의할 수 있다. 정도관리심의회는 대상기관이 보완

조치 결과(증빙자료를 포함한다)를 정해진 기간 내에 제출하지 않거나 보완조치 내용이 미흡한 경우 및 보완조치 계획을 제출하지 않은 경우에는 정도관리 미달 판정을 한다. 조건부 적합, 부적합에 대한 평가위원과 대상기관간의 의견이 일치하지 않은 경우에는 정도관리심의회에서 이를 최종 판결하도록 한다.

정도관리 검증서의 발급은 정도관리 고시 제19조의 규정에 의하여 과학원장이 정도관리심의회의 심의결과에 따라 우수 기관으로 판정받은 기관에 대하여 분야별로 정도관리 검증기관으로 인정하고, 이를 다음의 사항과 함께 과학원 홈페이지에 공고 한다.

- 검증기관 명칭 및 일반사항
- 검증분야 및 항목
- 검증일자
- 검증유효기간

과학원장은 검증기관에 대하여 정도관리 고시 제19조 제2항의 규정에 따른 정도관리 검증서를 발급할 수 있으며 검증기관의 검증유효기간은 심의일로부터 3년으로 하며, 검증분야의 검증항목 확대 시 유효기간은 기존의 잔여 유효기간으로 한다.

(4) 정도관리 평가위원 위촉 및 관리

정도관리 평가위원 교육을 위하여 과학원장은 정도관리 고시 제10조의 규정에 따른 정도관리 평가위원 양성 및 보수교육을 위하여 국립환경인력개발원의 정도관리 평가위원 양성과정과 국제적으로 공인 받은 ISO/IEC 17025 환경심사관 교육과정을 활용할 수 있다. 정도관리 평가위원의 위촉으로 정도관리 고시 제10조 제1항의 요건을 갖춘 자로서 정도관리 평가위원으로 위촉받고자 하는 자는 과학원장에게 별지 제8호 서식의 위촉 신청서와 위촉에 필요한 다음의 서류를 제출하여야 한다.

- 제26조에 의한 교육수료증 사본 1부(해당되는 경우)
- 경력증명서 또는 재직증명서 사본 1부

- 주요 현장평가 경력서 1부(해당되는 경우)

과학원장은 제1항의 규정에 따른 신청서 및 관련서류에 대해 사실 여부를 확인 할 수 있으며 정도관리 심의회에서 신청자의 위촉을 의결한 경우, 과학원장은 신청자를 정도관리 평가위원으로 위촉하고 정도관리 고시 별지 제1호 서식의 평가위원 위촉장을 교부한다. 정도관리 평가위원은 정도관리 평가위원 준수사항을 이행하고 별표 3의 정도관리 평가위원 서약서를 제출하여야 하고 과학원장은 위촉된 정도관리 평가위원에 대해 정도관리 고시 제10조 제3항의 각 호에 해당하는 경우 해촉 할 수 있다. 정도관리 평가위원의 임기는 3년으로 하며, 과학원장은 임기가 완료된 정도관리 평가위원에 대해 보수교육의 이수 및 직무수행 능력 등을 평가하여 3년의 범위 내에서 재위촉할 수 있다. 과학원장은 위촉된 정도관리 평가위원을 현장평가에 효율적으로 활용하기 위하여 평가위원 위촉장 사본 등의 기록을 관리하여야 한다.

2. 측정기관평가 세부지침안

지정측정기관 평가와 관련해서 산업안전보건법 시행규칙 제97조에 따라 지정측정기관의 작업환경측정 수준을 평가하고자 하는 경우 4가지 평가기준인 작업환경측정 및 시료분석 능력, 측정 결과의 신뢰도, 시설·장비의 성능, 보유 인력의 교육 이수·능력 개발, 전산화 정도 및 그 밖의 제반 사항에 입각하여 세부적이고 구체적인 평가 지침을 1차로 개발하였다.

항목개발에 활용한 자료로는 첫째, 산업안전보건법 시행규칙 제93조(작업환경측정 대상사업장등)내지 제97조의 3(유해인자별·업종별 작업환경전문연구기관의 지정), 규칙별표 12(지정측정기관의 인력·시설 및 장비기준), 작업환경측정 및 정도관리 고시(노동부 고시 제2007-45호) 관련규정 전체를 활용하였으며, 둘째, 관련연구로 작업환경측정 정도관리평가와 발전방향(2001), 측정기관의 종합평가 기준, 절차, 운영 등에 관한 연구(2004)를 참고하였고 셋째, 관련 국제규격인 ISO/IEC Guide 58: calibration and testing laboratory accreditation systems- General requirements for operation and recognition, ISO/ISO 17025: General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. AIHA: Laboratory quality assurance program policy 등의 기준도 일부 활용하였다. 또한 기타 학술자료로는 산업위생학개론(백남원): 분석능력과 관계된 전문인력의 자질, 분석능력 영향요인, 내부정도관리 등, 작업환경측정 및 평가: 측정개론, 기구보정, 입자 및 가스상물질, 금속 등, 한국산업위생학회지 4(1):5, 우리나라 작업환경측정기관의 분석능력에 영향을 미치는 요소, 한국산업위생학회지 3(2):194-203, 우리나라 작업환경측정기관 분석능력에 관한 고찰의 학술지도 활용하였다.

또한, 지정측정기관의 수준 및 능력 등을 파악하기 위하여 조사기관을 대상으로 인력, 시설, 장비 등은 산업안전보건법 시행규칙 별표 12에 근거하여 지정

측정기관의 인력·시설 및 장비기준에 대한 현황도 병행하여 조사하였다. 1차로 개발된 평가안에 대하여 전문가 회의를 거쳐 일부 보완해야 할 부분을 수정하고 측정기관에 실제 적용할 평가안을 아래와 같은 항목으로 최종 개발하여 측정기관에 적용하였다.

1) 측정기관과 관련된 기본 사항

지정측정기관 관련하여 기본사항으로는 크게 인원현황과 보유장비를 중심으로 조사를 수행하고자 하였다. 인원현황은 ① 산업위생관리 기술사, ② 산업위생관리기사(경력 5년 이상), ③ 산업위생관리기사, ④ 산업위생관리산업기사, ⑤ 분석전담자를 기관당 몇 명이 종사하고 있는지를 파악하였으며 보유 장비현황은 개인시료채취기, 광전분광광도계, 천칭, 누적소음노출량측정기, 고열측정 기기, 조도 측정기기, 산소농도측정기, 가스크로마토그래피, 원자흡광광도계(AAS), 유도결합플라스마(ICP), X-ray 회절분석기, 적외선분광분석기(FTIR), 위상차 현미경을 각각 몇 대씩 보유하고 있는지에 대하여 파악하였다.

2) 작업환경측정 및 시료분석의 능력 평가 항목

작업환경측정 및 시료분석의 능력 평가 항목은 총 20문항으로 구성하였다. 각각의 항목별로 평가방법과 기준에 대한 내용도 적용하였다. 모든 항목은 평가방법에 따라 조사하여 평가한 후 “우수”, “보통”, “미흡”으로 결과를 산출하도록 하였다. 20문항의 평가항목의 세부안을 아래와 같이 마련하였다.

(1) 누적소음노출량계(Noise dosimeter)의 기기 설정 적정성[2)]

평가방법으로는 누적소음노출량계를 무작위로 5개 선정하여 조사하도록 하였으며

2) 제26조(측정방법) 규칙 별표 11의3에 의한 소음수준의 측정은 다음 각 호의 방법에 의하여야 한다. 4. 누적소음노출량 측정기로 소음을 측정하는 경우에는 Criteria= 90dB, Exchange Rate=5dB, Threshold=80dB로 기기설정을 하여야 한다.

평가기준은 “우수” : 5대 모두 적정, “보통”은 1대가 미흡한 경우, “미흡”은 2대 이상 미흡한 경우로 판정하도록 하였다.

(2) 현장공시료(활성탄 및 필터) 채취

평가방법으로는 채취하는 경우, 기록을 조사하여 기록하도록 하였으며

평가기준으로 “우수”는 항상 채취하는 경우, “보통”은 채취 경험이 있는 경우, “미흡”은 항상 채취하지 않는 경우로 판정하도록 하였다.

(3) 현장공시료(활성탄 및 필터) 분석결과의 보정

평가방법으로는 보정하는 경우, 기록을 조사하도록 하였으며

평가기준으로 “우수”는 항상 보정하는 경우, “보통”은 보정 경험이 있는 경우, “미흡”은 항상 보정하지 않는 경우로 판정하도록 하였다.

(4) 시료의 탈착율(유기용제) 및 회수율(중금속)

평가방법으로는 실험하는 경우, 실시기록을 조사하여 기록 실험하지 않는 경우 사유를 기록하도록 하였으며

평가기준으로 “우수”는 항상 실험하는 경우, “보통”은 실험한 경험이 있는 경우, “미흡”은 항상 실험하지 않는 경우로 판정하도록 하였다.

(5) 분석결과에 시료의 탈착율 및 회수율 보정

평가방법으로는 보정하는 경우, 기록을 조사하도록 하였으며

평가기준으로 “우수”는 항상 보정하는 경우, “보통”은 보정한 경험이 있는 경우, “미흡”은 항상 보정하지 않는 경우로 판정하도록 하였다.

(6) 유해인자별・업종별 작업환경전문기관

평가방법으로는 지정받은 경우 지정서를 확인하도록 하였으며

평가기준으로 “우수”는 지정 받은 경우, “보통”은 지정 후 반납한 경우, “미흡”은 지정받지 않은 경우로 판정하도록 하였다.

(7) 외국에서 실시하는 정도관리

평가방법으로는 대상기관이 설립된 이래 외국 정도관리 참여 실적을 조사하되, 실시국가 및 프로그램명을 기록하도록 하였으며

평가기준으로 “우수”는 2회 이상 참여, “보통”은 1회 참여, “미흡”은 참여 경험이 없는 경우로 판정하도록 하였다. 또한 외국에서 정도관리를 실시하는 경우 실시국가, 프로그램명, 참여년도를 별도로 조사하도록 하였다.

(8) 한국산업안전공단에서 실시하는 정도관리를 최초 참여한 년도

평가방법으로는 정도관리 실시에 대한 최초 서류를 조사하여 기록하도록 하였으며 평가기준으로 “우수”는 ’95년 이전, “보통”은 ’95년~’99년 사이, “미흡”은 ’00년 이후로 판정하도록 하였다.

(9) 정기 지도·감독시 시정지시 또는 업무정지 경험 여부

평가방법으로는 최근 5년간 노동부에서 시정지시 등을 받은 경우 그 기록을 조사하여 기록하도록 하였으며,

평가기준으로 “우수”는 지적사항이 전혀 없는 경우, “보통”은 경고 또는 시정지시 경험이 있는 경우, “미흡”은 업무정지 경험이 있는 경우로 판정하도록 하였다.

또한 시정지시, 경고, 업무정지의 경험이 있는 경우 언제 몇 건이 있었는지도 추가 조사하도록 하였다.

(10) 작업환경결과표상 종합의견[3]의 수준

평가방법으로는 측정결과표(무작위 5개 선정)를 조사하여 5개 사업장의 공학대책 여부를 파악하도록 하였으며

3) 공학적·관리적·개인위생적 측면을 제시(시행규칙 별지 21호서식)

평가기준으로 “우수”는 공학적 개선내용이 사업장별로 있으면서 그 내용이 우수한 경우, “미흡”은 공학적 개선내용 제시가 가능한 사업장인데 1건도 없는 경우, “보통”은 그 이외의 경우로 판정하도록 하였다.

(11) 예비조사를 실시한 경우 측정계획서의 작성[4)]

평가방법으로는 측정결과표(무작위 5개 선정)를 조사하여 측정계획서 작성여부를 조사하도록 하였으며 규정에 맞춰 전회 측정을 실시한 사업장은 제외하고

평가기준으로 “우수”는 항상 작성하거나, 그 대상이 없는 경우(대상이 없는 경우 전회 측정 실시여부를 명확히 확인), “미흡”은 작성하지 않는 경우, “보통”은 가끔 작성하는 경우로 판정하도록 하였다.

(12) 산업안전보건법상 시료채취 시간[5)]

평가방법으로는 측정결과표(무작위 5개 선정)를 조사하여 시료채취시간을 확인하도록 하였으며

평가기준으로 “우수”는 모두 적정한 경우, “보통”은 미준수 1건이 확인된 경우, “미흡”은 2건 이상 미준수한 경우로 판정하도록 하였다.

(13) 산업안전보건법상 시료 채취 개수의 준수[6)]

평가방법으로는 측정결과표(무작위 5개 선정)를 조사하여 시료채취개수를 확인하도록 하였으며

---

4) 예비조사를 실시하는 경우 다음의 내용을 포함하는 측정계획서를 작성(작업환경측정 및 정도관리 규정 제17조)①원재료의 투입과정부터 최종 제품생산 공정까지의 주요공정 도식, ②해당공정별 작업내용, 측정대상공정 및 공정별 화학물질 사용실태, ③측정대상 유해인자, 유해인자 발생주기, 종사근로자 현황, ④유해인자별 측정방법 및 측정소요기간 등 필요한 사항

5) 1일 작업시간동안 6시간이상 연속 측정 또는 작업시간을 등 간격으로 나누어 6시간 이상 연속분리 측정(작업환경측정 및 정도관리 규정 제18조)

6) 단위작업장소에서 최고 노출근로자 2인 이상에 대하여 동시에 측정하되, 단위작업장소에 근로자가 1인인 경우에 그러하지 아니하며, 동일 작업근로자수가 10인을 초과하는 경우 매 5인당 1인 이상 추가로 측정. 다만, 작업근로자수가 100인을 초과하는 경우에는 최대 시료채취 근로자수를 20인으로 조정가능(작업환경측정 및 정도관리 규정 제19조)

평가기준으로 “우수”는 모두 적정한 경우, “보통”은 미준수 1건이 확인된 경우, “미흡”은 2건 이상 미준수한 경우로 판정하도록 하였다.

(14) 지역시료채취방법 활용시 사유 명시[7] 여부

평가방법으로는 작업환경측정결과표(무작위 5개 선정)를 조사하도록 하였으며

평가기준으로 “우수”는 항상 명시하는 경우, “보통”은 명시하지 못한 1건이 확인된 경우, “미흡”은 2건 이상 명시하지 못한 경우로 판정하도록 하였다.

(15) 작업환경측정 결과표 송부기간[8]

평가방법으로는 측정결과표(무작위 5개 선정)를 조사하도록 하였으며

평가기준으로 “우수”는 항상 준수하는 경우, “보통”은 준수하지 못한 1건이 확인된 경우, “미흡”은 2건 이상 준수하지 못한 경우로 판정하도록 하였다.

(16) 지정측정기관의 고급인력

평가방법으로는 산업위생관리기술사 자격증과 그 인력이 현재 기관에 소속되어 있다는 것을 증명할 수 있는 기록(4대 보험 등)을 확인하도록 하였으며

평가기준으로 “우수”는 3명 이상, “보통”은 1~2명, “미흡”은 없는 경우로 판정하도록 하였다.

(17) 시료 채취 및 분석방법 등 자체 매뉴얼

평가방법으로는 KOSHA CODE, NIOSH, OSHA 또는 ISO의 공정시험법 등을 보유하고 있으면 자체매뉴얼 보유로 간주하도록 하였으며

평가기준으로 “우수”는 측정하고 있는 물질 모두에 대해 상기 공정시험방법

---

7) 모든 측정은 개인시료채취방법으로 실시하되 개인시료채취방법이 곤란한 경우에는 지역시료채취방법으로 실시(이 경우 그 사유를 별지 제21호서식의 작업환경측정결과표에 명시하여야 한다)할 것(산업안전보건법 시행규칙 제93조의2제1항제3호)

8) 사업장위탁측정기관이 작업환경측정을 실시하였을 때는 측정을 완료한 날부터 30일 이내 2부는 사업주에게 송부하여야 함(작업환경측정 및 정도관리규정 제39조제1항)

중 하나 이상 보유, “보통”은 측정하고 있는 물질 중 일부에 대해 상기 공정시험방법 중 하나 이상 보유하고 있는 경우, “미흡”은 상기 공정시험방법 이외의 방법을 사용하고 있는 경우로 판정하도록 하였다.

(18) 고형시료(Bulk sample) 채취·분석 실적

평가방법으로는 미지시료(Unknown sample) 확인을 위한 고형시료(Bulk sample) 채취·분석 실적 및 관련대장을 확인하고 평가년도의 유해인자명과 그 실적(건수)을 기록하도록 하였으며

평가기준으로 “우수”는 20건 이상, “보통”은 19~10건, “미흡”은 10건 이하(해당사항이 없는 경우 그 사유를 명확히 파악)로 판정하도록 하였다.

(19) 화학물질 및 물리적인자의 노출기준의 적용

평가방법으로는 측정결과표(무작위 5개 선정)를 조사하여 확인하되 “최근 노출기준이 개정된 물질”을 중점적으로 확인하도록 하였으며

평가기준으로 “우수”는 100% 적정하게 적용한 경우, “보통”은 80%이상 100% 미만으로 적용한 경우, “미흡”은 80% 미만으로 적용한 경우로 판정하도록 하였다.

(20) 측정농도의 결과평가[9)]

평가방법으로는 측정결과표(무작위 5개 선정)를 조사하여 총 평가결과 건수 중 몇 건이 적정한지를 기록하도록 하였으며

평가기준으로 “우수”는 100% 적정한 경우, “보통”은 80%이상 100% 미만인 경우, “미흡”은 80% 미만인 경우로 판정하도록 하였다.

3) 측정 결과의 신뢰도

측정 결과의 신뢰도 항목도 총 20문항으로 구성하였다. 각각의 항목별로 평

9) 연속 측정한 측정농도는 법 제29조제2항에 따라 고시한 유해인자의 노출기준에 따라 초과여부를 평가한다(작업환경측정 및 정도관리 규정 제33조)

가방법과 기준에 대한 내용도 적용하였다. 모든 항목은 평가방법에 따라 조사하여 평가한 후 역시 “우수”, “보통”, “미흡”으로 결과를 산출하도록 하였다. 20문항의 평가항목의 세부안은 아래와 같이 마련하였다.

(1) 자체 분석능력 전문성 향상을 위한 내부정도관리 실시

평가방법으로는 내부정도관리 관련 문서를 통해 확인하도록 하였으며

평가기준으로 “우수”는 정기적(1년에 2회 이상)으로 실시하는 경우, “보통”은 부정기적으로 실시, “미흡”은 실시하지 않는 경우로 판정하였다.

(2) 인정기관에서 기관 또는 보유인력의 표창

평가방법으로는 최근 5년 이내 노동부, 한국산업안전공단 등에서 표창실적이 있는 경우, 기록을 조사하여 기록하도록 하였으며

평가기준으로 “우수”는 2회 이상, “보통”은 1회, “미흡”은 실적이 없는 경우로 판정하였다. 또한 표창을 받은 경우 표창명과 수여년도에 대해서도 병행하여 조사하였다.

(3) 한국산업안전공단 정도관리 실시결과

평가방법으로는 최근 5년 이내 정도관리 실시결과에 대한 기록을 조사하되 유기용제 분야와 금속분야를 구분하여 부적합 건수를 기록하도록 하였으며

평가기준으로 “우수”는 부적합 건수가 없는 경우, “보통”은 1회 부적합 경험이 있는 경우, “미흡”은 2회 이상 부적합 경험이 있는 경우로 판정하였다.

(4) 측정장비를 외부공인기관에 위탁 검・교정

평가방법으로는 검・교정 대상 측정장비(유량계, 표준소음발생기, 열선풍속계, 조도계)를 조사하여 평가(자체 교정을 실시한 경우와 판매회사에 의뢰하여 교정한 경우는 인정)하도록 하였고 실시하는 경우, 실시 기록을 조사하여 전체 보유 대수 중 몇 대를 검・교정하는지를 그 건수를 장비별로 기록하도록 하였으며

평가기준으로 “우수”는 전체 보유 측정장비 대수 중 80% 이상 검・교정을 실시한 경우, “보통”은 50%~80% 미만, “미흡”은 50% 미만으로 검・교정을 실시한 경우로 판정하였다. 또한 검·교정을 받는 경우 검·교정기관명, 검·교정 년도 검·교정 건수 등을 추가로 파악하도록 하였다.

(5) 전자저울 등의 분석기기를 외부공인기관 위탁 검・교정

평가방법으로는 전자저울 등을 조사하여 검・교정실시 여부를 조사하여 평가(자체 교정을 실시한 경우와 판매회사에 의뢰하여 교정한 경우는 인정)하도록 하였고 검·교정을 실시하는 경우, 실시 기록을 조사하여 전체보유 대수 중 몇 대를 검・교정하는지를 그 건수를 장비별로 기록하도록 하였으며

평가기준으로 “우수”는 전체 보유 분석기기 대상 중 80% 이상 검・교정을 실시한 경우, “보통”은 50% 이상 80% 미만, “미흡”은 50% 미만으로 검・교정을 실시한 경우로 판정하였다. 마찬가지로 검·교정을 받는 경우 검·교정 기관명, 검·교정 년도 검·교정 건수 등을 추가로 파악하도록 하였다.

(6) 정기적인 검・교정이 필요한 장비에 관한 문서

평가방법으로는 정기적인 검·교정이 필요한 장비와 관련된 문서를 조사하도록 하였으며

평가기준으로 “우수”는 보유하고 있는 경우, “보통”은 보유한 경험이 있는 경우, “미흡”은 보유하지 않는 경우로 판정하였다.

(7) 채취시료의 분석결과물의 보관

평가방법으로는 측정결과표(무작위 5개 선정)를 조사하여 기록물과 대비 확인하되 1개의 측정결과표상 나타난 측정치중 90% 이상의 측정치에 대해 그 기록물을 보관하고 있다면 그 결과표에 한해 100% 있다고 간주하도록 하였으며

평가기준으로 “우수”는 5개의 측정결과표 중 5개 모두 기록물이 있는 경우, “보통”은 3~4개의 기록물이 있는 경우, “미흡”은 2개 이하의 결과물만 있는 경

우로 판정하였다.

(8) 누적소음노출량계의 보정

평가방법으로는 누적소음노출량계의 보정수행 일지(대장) 또는 누적소음노출량계에서 출력한 기록물을 보고 판단하도록 하였으며

평가기준으로 “우수”는 실시하는 경우, “보통”은 가끔 실시하는 경우, “미흡”은 전혀 실시하지 않는 경우로 판정하였다.

(9) 누적소음노출량계에서 산출된 기록물의 보관

평가방법으로는 측정결과표(무작위 5개 선정)를 조사하여 기록물과 대비하여 측정결과표 5개중 몇 개의 기록물을 보관하고 있는지를 기록하고 보관하지 않는 경우 사유를 기록하도록 하였고 1개의 측정결과표상 나타난 소음측정치중 90% 이상의 측정치에 대해 그 기록물을 보관하고 있다면 그 결과표에 한해 100% 있다고 간주하도록 하였으며

평가기준으로 “우수”는 소음측정치가 있는 5개의 측정결과표 중 5개 모두 기록물이 있는 경우, “보통”은 3개에서 4개의 기록물이 있는 경우, “미흡”은 2개 이하의 결과물만 있는 경우로 판정하였다.

(10) 시료 채취 전·후 펌프(시료채취기)의 유량 보정 수행 등

평가방법으로는 실시하는 경우, 관리대장을 조사(펌프기종, 일시, 유량보정자 이름, 보정횟수, 유량보정기기명, 온·습도, 측정전후유량, 평균유량 등의 사항이 포함)하도록 하였으며

평가기준으로 “우수”는 유량보정 후 결과 반영 하는 경우, “보통”은 유량보정만 수행하는 경우, “미흡”은 유량보정 미실시 및 결과 미반영인 경우로 판정하였다.

(11) 입자상 물질 채취 전·후 필터의 중량분석 횟수 및 문서대장

평가방법으로는 관리대장 등을 조사하고 기록하지 않는 경우 사유를 기록하도록 하였으며

평가기준으로 “우수”는 문서대장을 보유하고 1개 필터에 대하여 3회 이상 중량분석을 실시하는 경우, “보통”은 2회 실시하는 경우, “미흡”은 1회 실시하는 경우로 판정하였다.

(12) 시료채취 시 채취대장

평가방법으로는 채취일시, 유해인자, 시료채취시간, 온도, 습도, 사업장명, 측정자명, 펌프명, 측정전·후 유량, 측정대상자 성명, 근로자 직무, 채취시간, 측정매체, 채취방법 등이 기재된 것만 인정하였다. 측정결과표(무작위 5개 선정)를 조사하여 채취대장과 대비 확인하고 작성하지 않는 경우 사유를 기록(1개의 측정결과표상 나타난 모든 시료채취 내용 중 90% 이상이 채취대장에서 확인되면 그 결과표에 한해 100% 채취대상을 작성되어 있다고 간주)하도록 하였으며

평가기준으로 “우수”는 5개의 측정결과표 중 5개 모두의 시료채취내용이 채취대장에 기재되어 있는 경우, “보통”은 3개에서 4개의 기록물이 있는 경우, “미흡”은 2개 이하의 결과물만 있는 경우로 판정하였다.

(13) 소음 본 측정시 지시소음계 사용

평가방법으로는 측정결과표(무작위 5개 선정)를 조사하여 지시소음계(Sound Level Meter)로 측정한 건수가 전체 소음측정건수 중 몇 건인지를 기록하고 지시소음계를 자주 사용하는 경우 그 사유를 기록하도록 하였으며

평가기준으로 “우수”는 측정결과표상 전혀 사용하지 않는 경우, “보통”은 측정결과표상 10% 미만으로 사용하는 경우, “미흡”은 측정결과표상 측정결과표상 10% 이상 사용하는 경우로 판정하였다.

(14) 노출기준의 보정[10)]

평가방법으로는 1일 작업시간이 8시간 이상인 측정결과표(무작위 5개 선정)를 조사하여 노출기준 보정여부를 파악하고 보정하지 않는 경우 사유를 기록하도록 하였으며

평가기준으로 “우수”는 100% 보정된 경우, “보통”은 미보정이 1건 발견된 경우, “미흡”은 미보정이 2건 이상 발견된 경우로 판정하였다.

(15) 8시간 시간가중평균치의 적정 계산[11)]

평가방법으로는 측정결과표(무작위 5개 선정)를 조사하여 측정결과표별로 8시간 시간가중평균치가 전체 몇 건 중 몇 건이 적정하였는지를 파악하고 1개의 측정결과표상 나타난 모든 평가결과의 계산 중 90% 이상이 적정하면 그 결과표에 한해 100% 적정하다고 간주하도록 하였으며

평가기준으로 “우수”는 100% 적정 계산된 경우, “보통”은 부적정 계산이 1건 발견된 경우, “미흡”은 부적정 계산이 2건 이상 발견된 경우로 판정하였다.

(16) 작업환경측정 책임자의 측정경력

평가방법으로는 확인할 수 있는 문서를 조사하여 기록(경력은 작업환경측정 업무를 수행한 총 경력을 의미)하도록 하였으며

평가기준으로 “우수”는 경력 15년 이상인 경우, “보통”은 14~10년인 경우, “미흡”은 10년 미만인 경우로 판정하였다.

(17) 분석 책임자의 분석경력

평가방법으로는 확인할 수 있는 문서를 조사하여 기록(경력은 산업보건 분석

10) 1일 작업시간이 8시간을 초과하는 경우에는 보정노출기준을 산출(작업환경측정 및 정도관리규정 제33조제3항)

11) 1일 작업시간동안 6시간 이내 측정을 한 경우의 입자상 물질 농도는 측정시간 동안의 시간가중평균치를 산출하여 그 기간동안의 평균농도로 하고 이를 8시간 시간가중평균하여 8시간 작업시의 평균농도로 한다(작업환경측정 및 정도관리규정 제33조제2항)

업무를 수행한 총 경력을 의미)하도록 하였으며

평가기준으로 “우수”는 경력 15년 이상인 경우, “보통”은 14~10년인 경우, “미흡”은 10년 미만인 경우로 판정하였다. 또한 경력 년 수도 별도로 파악하였다.

(18) 특정시료 분석 외부기관 의뢰시 문서의 보관 등

평가방법으로는 시료분석의뢰 문서철 및 시료를 의뢰한 측정결과표(무작위 5개 선정)를 조사하여 의뢰된 시료의 몇 %가 의뢰서, 통보받은 분석결과서, 그리고 그 결과가 측정결과표 상에 적절히 반영되는지를 기록하도록 하고 1개의 측정결과표상 나타난 측정치중 90% 이상의 측정치에 대해 적정하다고 판단되면 100% 적정하다고 간주하도록 하였으며

평가기준으로 “우수”는 시료를 의뢰한 5개의 측정결과표 중 5개 적정한 경우 또는 “시료를 의뢰할 필요가 없는 경우”(그 사유를 명확히 파악), “보통”은 3개에서 4개 적정한 경우, “미흡”은 2개 이하가 적정한 경우로 판정하였다.

(19) 시료 전달시 인수인계대장 작성・보관

평가방법으로는 작성・보관하는 경우, 대장과 측정결과표(무작위 5개)를 조사하여 몇 %가 인수인계 대장에 기록되는지를 조사하되 1개의 측정결과표상 나타난 시료 중 90% 이상의 시료에 대해 인수인계 대장에 작성되어 있다면 그 결과표에 한해 100% 적정하다고 간주하고 인수인계대장에는 인수일시, 시료명, 시료수, 측정자, 인계자, 인수자, 인수인계시 시료의 상태 등이 포함되어야 하도록 하였으며

평가기준으로 “우수”는 5개의 측정결과표 중 5개 모두 인수인계대장에 작성되어 있는 경우, “보통”은 3개에서 4개 적정한 경우, “미흡”은 2개 이하가 적정한 경우 또는 인수인계 대장이 없는 경우로 판정하였다.

(20) 실험실 보관대장 작성・보관

평가방법으로는 실험실 보관대장을 작성・보관하는 경우, 대장과 측정결과표(무작위 5개)를 조사하여 몇 %가 실험실 보관대장에 기록되는지를 파악하고 작성하지 않는 경우 사유를 기록(1개의 측정결과표상 나타난 시료 중 90% 이상의 시료가 실험실 보관대장에 작성되어 있다면 그 결과표에 한해 100% 적정하다고 간주)하며 보관대장에는 시료도착일, 시료보존 방법, 시료저장방법, 시료채취대장에 명기된 시료와 일치 여부, 분석일, 분석방법 등의 기재여부에 따라 판단하도록 하였으며

평가기준으로 “우수”는 5개의 측정결과표 중 5개 모두 관련시료가 실험실 보관 대장에 작성되어 있는 경우, “보통”은 3개에서 4개 적정한 경우, “미흡”은 2개 이하가 적정한 경우 또는 보관대장이 없는 경우로 판정하였다.

4) 시설·장비의 성능

시설 및 장비의 성능은 총 17문항으로 구성하였다. 각각의 항목별로 평가방법과 기준에 대한 내용도 적용하였다. 16개의 항목은 평가방법에 따라 조사하여 평가한 후 역시 “우수”, “보통”, “미흡”으로 결과를 산출하도록 하였다. 마지막 항목은 지정측정기관 지정시 선택장비와 그 밖에 정확한 결과를 얻기 위한 장비를 목록화하여 우수한 장비를 보유하고 있는 기관은 시설·장비의 성능을 우수하게 평가받도록 하였다. 17문항의 평가항목의 세부안은 아래와 같이 마련하였다.

(1) 측정장비에 대한 매뉴얼・이력 관리 및 기록유지

평가방법으로는 주요 측정장비 매뉴얼, 장비・점검대장 등을 조사하여 주요 측정장비별로 전체 보유대수 중 몇 대가 관련 기록을 보유하고 있는지를 파악하고 기록 유지를 하지 않는 경우 그 사유를 기록하고 주요 측정장비(개인시료채취기, 유량보정기, 지시소음계, 누적소음계)에 대한 설명서, 구입, 수리 및 점

검일자 등을 기록하고 있는지 여부를 구분하도록 하고

평가기준으로 “우수”는 장비별로 대장을 보유하여 구입, 수리 및 정기점검일자를 가지고 있는 경우, “보통”은 구입 및 수리여부 기록만 있는 경우, “미흡”은 대장이 없거나 구입기록만 있는 경우로 하였다. 또한 기관이 보유한 주요 측정장비의 80% 이상이 관련대장을 보유하고 있어야만 위 항의 평가기준에 따라 평가하고, 80% 미만시 어떤 경우라도 미흡으로 판정하도록 하였다. 추가적으로 개인시료채취기, 유량보정기, 지시소음계, 누적소음노출량계의 보유현황도 파악하였다.

(2) 분석장비에 대한 매뉴얼・이력 관리 및 기록유지

평가방법으로는 주요 분석장비 매뉴얼, 장비・점검대장 등을 조사하여 주요 분석장비별로 전체 보유대수 중 몇 대가 관련 기록을 보유하고 있는지를 파악하고 주요 분석장비(광전분광광도계, 가스크로마토그래피 또는 GC/MS, 원자흡광광도계 또는 유도결합플라즈마, 고성능액체크로마토그래피, 천칭)에 대한 설명서, 구입, 수리 및 점검일자 등을 기록하고 있는지 여부를 구분하여 판단하도록 하고

평가기준으로 “우수”는 장비별로 대장을 보유하여 구입, 수리 및 정기 점검일자를 가지고 있는 경우, “보통”은 구입 및 수리여부 기록만 있는 경우, “미흡”은 대장이 없거나 구입기록만 있는 경우로 구분하였다. 또한, 기관이 보유한 주요 분석장비의 80% 이상이 관련대장을 보유하고 있어야만 위 항의 평가기준에 따라 평가하고, 80% 미만시 어떤 경우라도 미흡으로 판정하도록 하였다.

(3) 국내・외 공인시험・교정기관 및 검사기관 인정

평가방법으로는 인정받은 경우 인정서등을 조사하여 기록(국내・외 공인시험・교정기관 및 검사기관은 KOLAS, ILAC, APLAC, NACLA, NATA, EN 45003 및 ISO Guide 58 등을 의미)하도록 하였고

평가기준으로 “우수”는 인정받은 경우, “보통”은 인정 후 반납・취소된 경우,

“미흡”은 인정받은 적이 없는 경우로 판정하도록 하였다.

(4) 시료채취장비 주기적 유지・보수

평가방법으로는 유지・보수대장 등을 조사하여 파악하고 기록 유지를 하지 않는 경우 사유를 기록하도록 하고

평가기준으로 “우수”는 주기적으로 실시하는 경우, “보통”은 실시한 경험이 있는 경우, “미흡”은 실시한 경험이 없는 경우로 판정하도록 하였다. 이때 외부 전문기관은 기기판매회사를 포함되도록 하였다.

(5) 분석장비 주기적 유지・보수

평가방법으로는 유지・보수대장 등을 조사하여 파악하고 기록 유지를 하지 않는 경우 사유를 기록하도록 하고

평가기준으로 “우수”는 주기적으로 실시하는 경우, “보통”은 실시한 경험이 있는 경우, “미흡”은 실시한 경험이 없는 경우로 판정하도록 하였다. 이때 외부 전문기관은 기기판매회사를 포함되도록 하였다.

(6) 실험실용 후드장치

평가방법으로는 각 분석장비별로 장비별 후드 설치여부 확인하고

평가기준으로 “우수”는 후드가 설치되고 제어풍속이 적정한 경우, “보통”은 제어풍속 미만인 경우, “미흡”은 후드를 설치하지 아니한 경우로 판정하도록 하였다.

(7) 시료채취장비 및 이에 관련된 보정장비의 사용 및 운영지침/매뉴얼

평가방법으로는 관리대장・매뉴얼 등을 조사하여 관련 장비들의 몇 %가 관련기록을 보유하고 있는지 기록하도록 하고

평가기준으로 “우수”는 관련 장비들의 80% 이상이 사용 및 운영지침(또는 매뉴얼)이 있는 경우, “보통”은 그 외의 경우, “미흡”은 전혀 보유하고 있지 않

는 경우로 판정하도록 하였다.

(8) 직독식 장비의 사용, 운반, 보관, 유지・관리

평가방법으로는 직독식 장비(산소농도 측정기, 검지관 세트, 열선풍속계, 회전계(RPM 측정기)에 대한 사용실적 및 관리대장 구비여부를 확인 후 평가하되 산소농도측정기 경우 측정센서의 주기적 교환 여부, 검지관 경우 보관장소의 적정성여부 및 유효기간 준수여부를 감안하여 평가하도록 하고

평가기준으로 “우수”는 센서가 주기적으로 교환되고 있고, 검지관이 냉암소에 보관되어 있고, 유효기간을 준수하는 경우, “보통”은 그 외의 경우, “미흡”은 관련사실을 확인 불가한 경우로 판정하도록 하였다.

(9) 시료채취 및 분석에 사용되는 장비에 대한 책임자 지정

평가방법으로는 책임자가 지정된 문서 등을 조사하여 파악하도록 하고

평가기준으로 “우수”는 지정된 경우, “보통”은 일부 지정된 경우, “미흡”은 지정되지 않은 경우로 판정하도록 하였다.

(10) 분석을 행함에 있어 유해물질을 배기 또는 배액처리를 위한 설비 및 성능・운영

평가방법으로는 설비를 직접 확인한 후 기록하도록 하고

평가기준으로 “우수”는 배액처리 설비 및 관리대장이 있는 경우, “보통”은 관리대장만 있는 경우, “미흡”은 관리대장도 없는 경우로 판정하도록 하였다.

(11) 실험실내 비상용 샤워와 세안설비

평가방법으로는 설비를 직접 확인한 후 기록

평가기준으로 “우수”는 설비를 보유하고 작동상태가 양호한 경우, “보통”은 작동이 잘되지 않는 경우, “미흡”은 시설이 없는 경우로 판정하도록 하였다.

(12) 실험실내 가스용기 전도 방지

평가방법으로는 설비를 직접 확인하여 조치여부를 판단한 후 기록하도록 하고

평가기준으로 “우수”는 모든 가스용기에 대해 전도방지 조치를 한 경우, “보통”은 일부 조치한 경우, “미흡”은 전혀 조치하지 않은 경우로 판정하도록 하였다.

(13) 시약의 특성에 따른 보관

평가방법으로는 실험에 사용하는 시약과 관련된 캐비넷 등을 직접 확인한 후 기록하도록 하되 인화성, 폭발성 등의 시약을 중점적으로 확인하고 적정 보관이라 함은 캐비넷 사용 등 별도로 보관되는 경우로 한정하였고

평가기준으로 “우수”는 특성에 따라 보관하는 경우, “보통”은 일부 시약에 대해 별도로 보관하는 경우, “미흡”은 구분을 하지 않는 경우로 판정하도록 하였다.

(14) 실험실 보건안전지침(수칙)의 문서화 및 보건안전상태

평가방법으로는 보건안전지침 및 상태(화학물질의 누출이나 전기설비의 누전 등 사고시 행동요령 등이 기재)를 확인하여 기록하도록 하고

평가기준으로 “우수”는 지침이 문서화되어 있고 그에 따른 상태가 적정한 경우, “보통”은 문서화가 되어 있지 않으나 보건안전상태가 적정한 경우, “미흡”은 문서화도 되어있지 않고 상태도 불량한 경우로 판정하도록 하였다.

(15) 실험실내 착용 가능한 전용 보호용구 구비

평가방법으로는 보호용구를 확인하여 기록하도록 하고

평가기준으로 “우수”는 보호용구의 종류(보안경, 방독마스크, 방진마스크, 유기용제용 장갑, 실험복 등)를 모두 구비하고 있는 경우, “보통”은 3가지 이상 구비하고 있는 경우, “미흡”은 3가지 미만으로 구비된 경우로 판정하도록 하였다.

(16) 시료보관 전용의 냉장실 및 냉동실 운영

평가방법으로는 냉장·냉동실을 직접 확인하여 시료 이외의 음료, 음식물 등 보관여부를 확인하여 판단하도록 하고

평가기준으로 “우수”는 냉장실 및 냉동실에 시료만 보관되어 있는 경우, “보통”은 냉장실 또는 냉동실에 시료 이외의 것이 보관되어 있는 경우, “미흡”은 냉장실 및 냉동실 모두 시료이외의 것이 보관되어 있는 경우로 판정하도록 하였다.

(17) 산업안전보건법상 구비하여야 할 필수 장비 이외의 측정 및 분석장비

평가방법으로는 보유장비를 모두 직접 확인(공동 기기 실습실에 보유하고 있는 경우는 불인정)하도록 하였고

평가기준으로 보유하고 있는 장비대수별로 점수를 평가(예, 2대 보유는 2점)하도록 하였다. 장비는 크게 8가지로 한정하였으나 이에 상응하는 경우 전문가의 판단에 따라 인정하도록 하였다. 장비는 고성능 액체크로마토그래피(HPLC) 또는 LC/MS, X-선 회절기(XRD), 적외선분광분석기(FTIR) 또는 IR/MS, 이온크로마토그래피(IC) 또는 IC/MS, GC-질량분석기(GC/MS), 석면분석에 필요한 장비 및 부속품(PCM, PLM, EM 등), 유도결합플라즈마(ICP) 또는 ICP/MS, 진동측정이 가능한 주파수분석기 또는 방사선 측정장비, 위 기능에 상응하는 기타장비로 하였다.

5) 보유 인력의 교육이수·능력개발, 전산화 정도 및 그 밖의 제반사항

(1) 지정 측정인력의 전문성 향상을 위한 전문교육

평가방법으로 이전 년도(2007년) 실적만 인정하였으며 이수한 경우, 기록을 조사하여 기록하도록 하였고 전문교육이라 함은 한국산업위생학회 참석, 산업안전공단 교육, 지정교육기관에 의한 교육으로 한정하였다.

평가기준으로 “우수”는 1년 2회 이상, “보통”은 1년에 1회, “미흡”은 교육 받은 적이 없는 경우로 판정하도록 하였다. 이 경우 횟수는 1인을 기준으로 한 것으로, 2인이 각 년1회씩 교육을 이수하였다면 1년 2회 이상으로 간주하였다.

(2) 지정 분석인력의 전문성 향상을 위한 전문교육

평가방법으로 측정인력과 동일하게 이전 년도(2007년) 실적만 인정하였으며 이수한 경우, 기록을 조사하여 기록하도록 하였고 전문교육이라 함은 한국산업위생학회 참석, 산업안전공단 교육, 지정교육기관에 의한 교육으로 한정하였다.

평가기준으로 “우수”는 1년 2회 이상, “보통”은 1년에 1회, “미흡”은 교육 받은 적이 없는 경우로 판정하도록 하였다. 이 경우 횟수는 1인을 기준으로 한 것으로, 2인이 각 년1회씩 교육을 이수하였다면 1년 2회 이상으로 간주하였다.

(3) 비정규직 직원[12]에게도 정식직원에 상응하는 교육훈련

평가방법으로 측정인력과 동일하게 이전 년도(2007년) 실적만 인정하였으며 이수한 경우, 기록을 조사하여 기록하도록 하였고 전문교육이라 함은 한국산업위생학회 참석, 산업안전공단 교육, 지정교육기관에 의한 교육으로 한정하였다.

평가기준으로 “우수”는 1년 2회 이상, “보통”은 1년에 1회, “미흡”은 교육 받은 적이 없는 경우로 판정하도록 하였다. 이 경우 횟수는 1인을 기준으로 한 것으로, 2인이 각 년1회씩 교육을 이수하였다면 1년 2회 이상으로 간주하였다.

(4) 측정 및 분석요원의 교육과 능력개발을 위한 훈련계획 등

12) 비정규직이란 '정규직이 아닌 고용 형태'로 ▶기간제 :고용계약 기간이 1년 미만인 근로자(계약직, 임시직, 일용직 등) ▶단시간 주당 근로시간이 36시간 미만으로 짧은 근로자(파트 타임 근로자 등)▶파견 근로자 : 인력파견(공급) 업체에 고용된 뒤 그 인력을 필요로 하는 업체에 파견돼 일하는 근로자등이 이에 해당

의 문서

평가방법으로는 전문성 향상을 위한 측정 및 분석요원의 교육과 능력개발을 위한 훈련계획 등의 문서를 보유한 경우, 기록을 조사하여 기록하도록 하고

평가기준으로 “우수”는 보유하고 있는 경우, “보통”은 보유한 적이 있는 경우, “미흡”은 문서가 없는 경우로 판정하도록 하였다.

(5) 산업보건 관련 전문교육 이외에 측정 및 분석요원의 능력개발(전문성 향상)을 위한 기관장의 노력

평가방법으로는 능력개발을 위한 지원책이 있을 경우 관련 자료를 조사하고 측정·분석요원 등에 대하여 국가자격 취득을 위한 시간적 배려, 대학 등의 강의 활동 지원, 학원 수강시 금전적 지원 등을 포괄하여 판단하며

평가기준으로 “우수”는 2건 이상 지원하고 있는 경우, “보통”은 1건이라도 지원이 있는 경우, “미흡”은 전혀 지원이 없는 경우로 판정하도록 하였다.

(6) 측정 및 분석전담자 인력 변동

평가방법으로는 최근 3년간 측정 및 분석전담자의 인력변동이 없는 경우, 기록을 조사하고 변동된 경우 사유를 기록(자발적인 퇴사는 그 사유를 파악하여 판단) 하도록 하고

평가기준으로 “우수”는 변동이 없는 경우, “보통”은 1명이 이동한 경우, “미흡”은 2명 이상 이동된 경우로 판정하도록 하였다.

(7) 측정·분석 인력의 비정규직

평가방법으로는 측정·분석 인력이 비정규직이 없는 경우, 기록을 조사하고 계약직 인력을 보유한 경우 사유를 기록하도록 하고

평가기준으로 “우수”는 비정규직이 없는 경우, “보통”은 비정규직이 1명인 경우, “미흡”은 비정규직이 2명 이상인 경우로 판정하도록 하였다.

(8) 작업환경측정결과 설명회 개최

평가방법으로는 100인 이상 사업장의 측정결과표(무작위 5개)를 확인하여 실적을 기록하되 근로자 대표의 요구가 없어 개최하지 않은 경우는 그 사유를 명확히 파악하여 타당하게 평가하도록 하고

평가기준으로 “우수”는 100인 이상 사업장에 60% 이상 개최한 경우, “보통”은 59~40%인 경우, “미흡”은 40%미만인 경우로 판정하도록 하였다.

(9) 작업환경측정 사업장 관리대장의 작성/전산화

평가방법으로는 작성하는 경우 기록을 조사하도록 하되 사업장관리대장에는 사업장 정보(주소, 전화번호), 향후 측정일시, 담당자명 등이 기재된 부분만 인정하고

평가기준으로 “우수”는 자체개발 프로그램으로 관리하는 경우, “보통”은 엑셀 등으로 관리하는 경우, “미흡”은 관리대장이 없는 경우로 판정하도록 하였다.

(10) 지정측정기관의 조직도 및 업무분장 문서화

평가방법으로는 문서화된 기록을 조사하도록 하되 조직도의 경우 측정기관 운영에 필요한 기술적인 업무 총괄책임자, 작업환경 측정의 계획, 결과 평가에 관한 책임자, 정도관리 책임자 등도 구분이 되어 있어야 하며, 직원들의 학력, 경력사항도 포함된 경우로 한정하였고

평가기준으로 “우수”는 기관의 조직도 및 업무분장이 되어 있는 경우, “보통”은 하나만 문서화되어 있는 경우, “미흡”은 둘다 보유하고 있지 않는 경우로 판정하도록 하였다.

(11) 작업환경측정결과표등 문서의 작성, 검토, 승인라인

평가방법으로는 측정결과표 5개를 무작위 추출하여 문서 작성자, 검토자, 승인자의 명확한 구분 및 결재여부를 확인하고 판단하도록 하고

평가기준으로 “우수”는 측정결과표 5개 모두 적정한 경우, “보통”은 3~4종 적정한 경우, “미흡”은 2개 이하인 경우로 판정하도록 하였다.

(12) 기관 자체내에서 제작한 안내 팜플렛 등

평가방법으로 최근 2년 이내 팜플렛 또는 리플렛 등을 조사하여 기록하도록 하고

평가기준으로 “우수”는 2년 이내 제작·배포한 경우, “보통”은 2년 이전 제작·배포한 경우, “미흡”은 제작 실적이 없는 경우로 판정하도록 하였다.

(13) 사업장 고객만족도 조사

평가방법으로는 실시한 경우 근거자료를 조사하도록 하고 고객만족도라 함은 작업환경서비스에 대한 설문조사 등을 실시하여 만족도 등을 조사한 경우로 한정하였으며

평가기준으로 “우수”는 2년 이내에 실시한 적이 있는 경우, “보통”은 2년 이전에 실시한 적이 있는 경우, “미흡”은 실시한 적이 없는 경우로 판정하도록 하였다.

(14) 시약의 물질안전보건자료(MSDS)나 독성 및 기타자료

평가방법으로는 자료를 조사(시약 5종 무작위 선정)하여 판단하도록 하고

평가기준으로 “우수”는 5종 모두 있는 경우, “보통”은 3~4종 있는 경우, “미흡”은 2종 이하인 경우로 판정하도록 하였다.

(15) 작업환경측정결과표의 전산화

평가방법으로는 전산화된 경우 그 여부를 조사하도록 하고

평가기준으로 “우수”는 자체개발한 프로그램을 사용하는 경우, “보통”은 매년 측정결과를 한글파일로 체계화하여 보관하는 경우, “미흡”은 한글파일로 보관하고 있으나 체계화되어 있지 않은 경우로 판정하도록 하였다.

(16) 시약・물품의 선정, 구매 및 보관절차의 문서화(전산화)

평가방법으로는 측정 또는 분석과 관련된 모든 시약・물품의 보관대장(파일) 등의 자료를 조사하도록 하고

평가기준으로 “우수”는 시약・물품의 구매일자, 구매수량 등이 기록되어 있는 보관대장(파일)을 보유하는 경우, “보통”은 시약 또는 물품 중 1개의 보관대장(파일)을 보유하는 경우, “미흡”은 전혀 문서화가 되어 있지 않은 경우로 판정하도록 하였다.

(17) 작업환경측정결과표 보존기한 준수 및 관리

평가방법으로는 측정결과표(무작위 5개 선정)를 조사하여 기록하되 측정결과표의 보존기한(3년, 발암성 30년) 명시 및 상시 열람이 가능한 환경 내 보관여부 검토 후 판단하도록 하고

평가기준으로 “우수”는 5개의 측정결과표 중 5개 모두 관련된 기록이 보존하는 경우, “보통”은 3~4개 적정한 경우, “미흡”은 2개 이하가 적정한 경우(1개의 측정결과표상 나타난 관련기록 중 90% 이상의 관련기록이 보관되어 있다면 그 결과표에 한해 100% 보관되어 있다고 간주)로 판정하도록 하였다.

(18) 표준물질의 유효기간의 준수 및 문서화/전산화

평가방법으로는 시약 및 표준물질 5개를 무작위로 선정하여 유효기간 준수 및 문서화 여부를 조사하도록 하고

평가기준으로 “우수”는 시약 및 표준물질의 유효기간 표시가 문서화되어 있는 경우, “보통”은 유효기간 준수 또는 문서화중 1개만 관리되고 있는 경우, “미흡”은 그 이외의 경우로 판정하도록 하였다.

(19) 측정기관 홈페이지

평가방법으로는 홈페이지를 방문하여 조사하도록 하고

평가기준으로 “우수”는 보유하고 있는 경우, “보통”은 보유한적이 있는 경우,

“미흡”은 보유한 적이 없는 경우로 판정하도록 하였다.

(20) 측정기관 지정인력의 최근 2년간 연구실적

평가방법으로는 연구실적물을 확인하여 조사하되 연구실적이란 산업보건 관련학회(한국산업위생학회, 대한산업의학회, 예방의학회, 한국환경위생학회 등)의 학술지 또는 학술대회의 발표자료집으로 한정하고

평가기준으로 “우수”는 2건 이상인 경우, “보통”은 1건 있는 경우, “미흡”은 실적이 없는 경우로 판정하도록 하였다.

6) 측정기관 평가 운영방안 등

지정 측정기관의 평가와 관련해서 평가주체(노동부(감독관), 한국산업안전공단, 한국산업위생학회, 기타), 평가대상(사업장위탁측정기관, 사업장자체측정기관, 자율참여기관, 신규지정 예정기관)에 관한 내용도 파악하고자 하였다. 또한, 지정측정기관 평가 주기, 위원회 구성·운영, 측정기관 평가 실시계획의 공고 기간, 측정기관 평가결과를 공표 범위, 공표방법, 측정기관 평가결과 “미흡”한 기관에 대하여 측정과 관련된 국고지원사업을 제한에 관한 적정성 등도 조사하였고 최종적으로 측정기관 평가에 대하여 관련 기관들이 생각하고 우려하는 내용에 대한 의견을 청취하였다.

3. 지정측정기관 평가결과

1) 평가 개요

(1) 목적

작업환경측정기관의 수준향상을 위하여 시료분석 능력 등 측정수준을 평가함으로서 측정결과의 신뢰도 향상 및 사업주의 우수기관 선택기회 확대하는데

목적이 있다.

(2) 근거

측정기관의 평가는 산업안전보건법 제42조[13] 제7항 및 시행규칙 제97조[14]에 근거한다.

(3) 대상

우리나라 노동부에 등록된 지정측정기관 총 50개소를 대상으로 하였다. 사업장 위탁측정기관은 46개소가 대상이 되었으며 자체측정기관은 4개소에 대하여 평가를 실시하였다.

(4) 평가방법

노동부에 지정된 작업환경측정기관에 대하여 작업환경측정에 관한 전문가들이 작업환경측정기관을 직접 방문하여 이를 확인 및 평가하였다. 각 평가항목에 대하여 주로 측정결과표 등을 파악하여 법적내용 준수여부 등을 평가하도록 하였으며 무작위로 작업환경측정결과표 5개를 선정하여 평가항목은 우수, 보통, 미흡으로 구분하였다.

(5) 평가분야 및 배점

4개의 평가분야에 대하여 25점을 만점으로 하여 100점이 최고점수가 되도록 구성하였다. 총 문항수는 77개 문항[15]이었으며 각 평가분야에서 작업환경측정

13) 법제42조⑦노동부장관은 작업환경측정의 수준향상을 위하여 필요한 경우에는 제4항의 규정에 의한 지정측정기관을 평가한 후 그 결과를 공표할 수 있다.
14) 시행규칙 제97조①노동부장관이 법제42조제7항의 규정에 따라 지정측정기관의 작업환경측정 수준을 평가하고자 하는 경우의 평가기준은 다음과 같다.
1. 작업환경측정 및 시료분석의 능력
2. 측정결과의 신뢰도
3. 시설·장비의 성능
4. 보유인력의 교육이수·능역개발, 전산화 정도 및 그 밖의 제반사항
15) 작업환경측정 및 시료분석의 능력(20문항), 측정결과의 신뢰도(20문항), 시설·장비의 성능(20문항), 보유인력의 교육이수·능력개발, 전산화 정도 및 그 밖의 제반사항(20문항)

및 시료분석의 능력, 측정결과의 신뢰도 및 보유인력의 교육이수, 능력개발, 전산화 정도 및 그 밖의 제반사항에 대하여는 20문항으로 구성하였으며 각 배점을 1.25점으로 하였다. 시설, 장비의 성능 항목은 총 16문항이었으며 17번 문항으로 법정장비 이외 추가장비 보유현황에 따라 1.25~5점을 부여하였다.

2) 지정측정기관 일반 현황

이번 조사대상 작업환경측정기관은 지역 및 기관특성별로 무작위화하여 50개소를 선정하였으며 앞서 언급한 바와 같이 사업장 위탁측정기관은 46개소이었고 사업장 자체측정기관은 4개소가 대상이 되었다. 노동부에 지정을 받은 지정측정기관은 크게 대학병원, 공기관, 자체측정기관, 병원 및 의원, 사단법인 5개군으로 구분 할 수 있었다.

(1) 인력 현황

총 50개소의 지정측정기관의 보유인력은 최소 2명의 인력으로 구성된 기관부터 최대 16명의 인력을 보유한 기관이 있었고 총 172명이 종사하고 있는 것으로 파악되었다. 측정기관은 특성별로 분류하였을 때 대학병원급이 13개소가 있었으며 공기관이 2개소, 자체측정기관이 4개소, 병원 및 의원이 15개소, 사단법인이 16개소로 가장 많았다. 대학병원소속 측정기관에는 총 13개소에 48명이 근무하고 있었고 공기관에는 2개 기관에 6명이 근무하고 있었으며 자체측정기관에는 4개소에 10명이 근무하고 있는 것으로 조사되었다. 또한, 15개소의 병/의원급 측정기관에는 53명이, 가장 많은 사단법인 16개소의 측정기관에는 55명이 소속되어 있었다.

한편, 50개의 지정측정기관에 종사하고 있는 산업위생인력을 자격별로 구분하여 보면 산업위생관리 기술사는 14명, 경력 5년 이상의 산업위생관리기사는 46명, 산업위생관리기사는 37명, 산업위생관리산업기사 28명과 분석전담자 47명이 있었다.

표 31. 지정측정기관별 인력 현황

(단위 : 명)

기관구분 / 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병·의원	사단법인	계
기술사	8	1	0	2	3	14
기사(경력 5년 이상)	12	2	4	15	13	46
기사	8	0	2	13	14	37
산업기사	8	1	0	9	10	28
분석전담자	12	2	4	14	15	47
계	48	6	10	53	55	172

(2) 보유장비 현황

가) 개인시료채취기

입자상물질 채취를 위한 고용량펌프와 가스 및 증기상물질 채취를 위한 저유량펌프 등 개인시료채취기는 최소 6대부터 최대 128대를 보유한 기관이 있었으며 기관당 평균 49대를 구비하고 있었다.

나) 광전분광광도계

개인시료채취기와 마찬가지로 지정측정기관의 필수장비인 광전분광광도계는 1대 보유하고 있는 기관이 98%로 대부분이었으며 2대를 보유하고 있는 기관도 1곳이 있었다.

다) 천칭

입자상 물질 채취 전후에 여과지의 중량을 측정하기 위한 장비인 천칭은 1대 보유하고 있는 기관이 64.0%(32개 기관)으로 가장 많았으며 그 다음으로 2대를 보유하고 있는 기관이 15개 기관(30.0%)이었고 3대를 보유하고 있는 기관은 1개소(2.0%), 4대를 보유하고 있는 기관도 2개 기관(4.0%)이 있었다.

라) 누적소음노출량측정기

소음측정에 필수장비인 누적소음노출량측정기는 기관당 평균 32대를 보유하

고 있었으며 가장 적게 보유하고 있는 기관은 8대에서 가장 많이 보유하고 있는 기관은 83대를 구비하고 있었다.

마) 고열측정기기

고열을 측정할 수 있는 장비의 경우 1대를 보유하고 있는 기관이 26개 기관(52.0%)으로 가장 많았고 최대 5대를 보유하고 있는 기관도 있는 것으로 나타났다.

바) 조도 측정기기

산업안전보건법상 조도를 측정할 수 있는 장비는 1대를 보유하고 있는 기관이 14개소(28.0%), 2대를 보유하고 있는 기관은 23개소(46.0%)로 가장 많았고 최대 5대를 보유하고 있는 기관도 1개소가 있었다.

사) 산소농도 측정기

밀폐공간에서 산소농도를 측정할 수 있는 산소농도 측정기는 1대를 보유하고 있는 기관이 28개 기관(56.0%)으로 가장 많았고 그 다음으로 2대를 보유하고 있는 기관은 16개소(32.0%)로 나타났으며 최대 5대를 보유하고 있는 기관도 1개 기관이 있었다.

아) 가스크로마토그래피

유기화합물을 분석할 수 있는 기본 장비인 가스크로마토그래피는 1대를 보유하고 있는 기관이 32개 기관(64.0%)로 가장 많았으며 최대 3대를 보유하고 있는 기관도 1개 기관이 있었다.

자) 원자흡광광도계

금속 및 중금속 분석장비인 원자흡광광도계의 경우 1대를 보유하고 있는 기관이 43개소(86.0%)로 가장 많았고 2대를 보유하고 있는 기관이 7개소(14.0%)가 있었다.

차) 유도결합플라스마

여러 금속 및 중금속 분석을 동시에 할 수 있는 유도결합플라스마를 보유하고 있는 기관은 6개 기관(12.0%)이 있었으며 44개 기관은 유도결합플라스마가

없다고 응답하였다.

카) X-선 회절기

유리규산, 석면분석이 가능한 X-선 회절분석기를 보유하고 있는 기관은 하나도 없는 것으로 조사되었다.

타) 적외선분광분석기

유리규산의 함량을 분석할 수 있는 장비인 적외선분광분석기를 보유하고 있는 기관은 2개소(4.0%)가 있었다.

파) 위상차 현미경

석면의 정성분석이 가능한 위상차 현미경을 보유하고 있는 기관은 총 6개 기관이었으며 2개를 보유하고 있는 기관이 1개소이었고 5개소는 1대를 보유하고 있었다.

3) 지정측정기관평가 결과

50개 지정측정기관에 대한 작업환경측정 수준 평가는 4가지 평가기준인 작업환경측정 및 시료분석 능력, 측정 결과의 신뢰도, 시설·장비의 성능, 보유 인력의 교육 이수·능력 개발, 전산화 정도 및 그 밖의 제반 사항에 대하여 각 항목별로 조사하였다.

지정측정기관 방문조사 시 각 항목에 대하여 이견이 있거나 평가방법 및 평가기준이 부적절한 경우 의견을 제시하도록 하였다.

(1) 작업환경측정 및 시료분석의 능력

가) 누적소음노출량계의 기기 설정

누적소음노출량계의 기기 설정 적정성 여부에 대한 평가방법으로는 도시메터를 무작위 5개 선정하여 조사하여 기록하도록 하였고 그 기준으로는 작업환경측정 및 정도관리 규정에서 제시하고 있는 Criteria=90dB, Exchange rate=5dB, Threshold=80dB를 활용하였다. 평가기준으로는 5대 모두 적정한 경우 “우수”, 1대가 미흡한 경우는 “보통”, 2대 이상 미흡한 경우는 “미흡”으로

구분하였다.

본 항목의 평가결과 “적정”한 기관이 총 50개소 중 92.0%(46개소)이었으며, 일부 적정하다고 응답한 기관이 6.0%(3개소)가 있었다. 이 항목에 대한 평가방법과 평가기준에 대하여 불합리하다고 응답한 기관은 없었다. 우수한 기관별로는 사단법인급 지정측정기관이 93.8%로 가장 높았고 대학병원급 측정기관이 84.6%로 가장 낮게 조사되었다.

평가항목, 평가방법/기준에 대한 기타 의견으로는 설정조건이 갖추어져 있는 장비로 제한되어야 한다와 누적소음노출량계의 보유대수의 %로 설정하는 것이 다소 합리적일 것이라는 의견이 있었다. 그러나 누적소음노출량계의 경우 노동부 고시에 명확히 설정방법이 명시되어 있어 1대라도 설정이 잘못되어 있는 경우는 규정을 위반하는 것이므로 기타의견은 타당하지 않다고 판단된다.

표 32. 측정기관별 누적소음노출량계의 기기 설정 적정성

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병·의원	사단법인	계
우수	11(84.62)	2(100.00)	4(100.00)	14(93.33)	15(93.75)	46(92.00)
보통	2 (15.38)	0(0.00)	0(00.00)	1(6.67)	0(0.00)	3(6.00)
미흡	0 (0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	1(6.25)	1(2.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

나) 현장공시료

현장공시료로서 활성탄 및 필터를 채취하는지 여부에 대한 조사방법으로는 현장공시료를 채취하는 경우, 그 기록을 조사하도록 하였으며 평가기준은 항상 채취하는 경우는 “우수”, 채취 경험이 있는 경우는 “보통”, 항상 채취하지 않는 경우는 “미흡”으로 구분하였다.

50개 기관의 평가결과 항상 채취하는 기관이 총 50개소 중 24.0%(12개소)이

었으며, 항상 채취하지 않는다고 응답한 기관도 14.0%(7개소) 있었다. 공기관과 자체측정기관은 현장공시료를 전혀 채취하지 않는 것으로 조사되었다.

기타 의견으로 평가방법은 “현장공시료를 명확히 정의하는 것이 필요하다”, “활성탄을 깨서 현장에 두면 측정하고자 하는 물질이 배경농도로 포집되어 이를 보정으로 반영할 경우 의미가 없고 차라리 활성탄 제조회사별로 보정이 필요”, “5개 사업장 기준으로 해야 함”, “현실적으로 불가능하다”, “공정별로 하나씩 측정 시 공시료가 너무 많이 필요”, “기준을 퍼센트 비율로 세분화하자”는 의견이 있었다. 채취하지 않는 사유에 대하여는 “다른 공정에 하나씩 측정 시 활성탄관이 낭비 된다”는 의견이 있었다. 사실 현장공시료 채취에 관한 내용은 관련 규정에 언급되어 있지 않으며 매번 채취하는 경우 적지 않은 비용이 발생하는 것은 사실이다. 그러나 현장공시료 채취는 작업환경측정의 정확도에 상당한 영향을 미치며 미국국립산업안전보건연구원(NIOSH)에서는 현장공시료는 10개 시료당 2개, 각 시료 세트당 10개를 최대로 제안하고 있다. 그리고 평가결과 86.0%의 기관이 최소한 채취한 경험이 있는 것으로 나타났지만 우리나라 실정에 따라 평가기준은 다소 완화할 필요성이 있다고 사료된다.

표 33. 측정기관별 현장 공시료(활성탄 및 필터)채취

(단위 : 개소(%))

기관구분 / 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병·의원	사단법인	계
우수	3(23.08)	0(0.00)	0(00.00)	4(26.67)	5(31.25)	12(24.00)
보통	10(76.92)	2(100.00)	4(100.00)	8(53.33)	7(43.75)	31(62.00)
미흡	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	3(20.00)	4(25.00)	7(14.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

다) 현장공시료의 보정

활성탄 및 필터의 현장공시료 분석결과의 보정 여부에 대한 평가방법으로 보정하는 경우 그 기록을 조사하도록 하였다. 평가기준으로는 항상 보정하는 경우는 “우수”, 보정 경험이 있는 경우는 “보통”, 항상 보정하지 않는 경우는 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 항상 보정하는 기관이 총 50개소 중 50.0%(25개소)이었으며, 보정하지 않는다고 응답한 기관도 12.0%(6개소)가 있었다. 항상 보정하는 우수한 기관별로는 대학병원급이 61.5%로 가장 높았고 자체측정기관이 25.0%로 가장 낮게 조사되었다. 기타 의견으로 “5개 사업장을 기준으로 하자”가 있었다.

표 34. 측정기관별 현장 공시료 분석결과의 보정

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병·의원	사단법인	계
우수	8(61.54)	1(50.00)	1(25.00)	6(40.00)	9(56.25)	25(50.00)
보통	4(30.77)	1(50.00)	3(75.00)	6(40.00)	5(31.25)	19(38.00)
미흡	1(7.69)	0(0.00)	0(0.00)	3(20.00)	2(12.50)	6(12.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

라) 시료의 탈착율 및 회수율

시료의 탈착율(유기용제) 및 회수율(중금속)실험 수행 여부에 대한 평가방법으로 탈착율 및 회수율에 대하여 실험을 하는 경우, 실시기록을 조사하여 기록하고 실험하지 않는 경우 사유를 기록하도록 하였다. 평가기준으로는 항상 실험하는 경우 “우수”, 실험한 경험이 있는 경우 “보통”, 항상 실험하지 않는 경우는 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 탈착율 및 회수율을 항상 실시하고 있는 기관이 총 50개

소 중 48.0%(24개소)이었으며, 실시하지 않는다고 응답한 기관이 2.0%(1개소)가 있었다. 기관별로는 자체측정기관은 75.0%가 항상 한다고 응답한 반면 사단법인급 지정측정기관은 12.0%만이 항상 실시한다고 응답하였다.

기타의견으로 평가항목은 기준을 횟수로 변경(매 실험마다, 일주일마다, 반년마다, 안함)으로 정하자는 기관이 2개소 있었고, 보정을 하지 않는 사유로 “동일한 조건의 경우 항상 실험을 하는 경우는 불합리하다”라고 응답한 기관도 있었다. 그러나 평가결과 우수 및 보통으로 조사된 기관이 98.0%로 대부분의 기관이 최소한 실험한 경우가 있는 것으로 나타나 크게 평가기준에 문제가 없는 것으로 판단된다.

표 35. 측정기관별 시료의 탈착율 및 회수율 실험 수행

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병·의원	사단법인	계
우수	9(69.23)	1(50.00)	3(75.00)	9(60.00)	2(12.50)	24(48.00)
보통	4(30.77)	1(50.00)	1(25.00)	6(40.00)	13(81.25)	25(50.00)
미흡	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	1(6.25)	1(2.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

마) 탈착율 및 회수율 보정 수행

분석결과에 시료의 탈착율 및 회수율 보정 수행 여부에 대한 평가방법으로 보정하는 경우 그 기록을 조사하도록 하였다. 평가기준으로는 항상 보정하는 경우는 “우수”, 보정한 경험이 있는 경우는 “보통”, 항상 보정하지 않는 경우는 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 항상 보정하고 있는 기관이 총 50개소 중 52.0%(26개소)이었으며, 보정하지 않는다고 응답한 기관은 6.0%(3개소)이었다. 기타의견으로 평가항목, 평가방법/기준이 불합리하다고 응답한 기관은 없었다.

표 36. 측정기관별 분석결과에 시료의 탈착율 및 회수율 보정 수행

(단위 : 개소(%))

기관구분 / 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병·의원	사단법인	계
우수	10(76.92)	1(50.00)	3(75.00)	8(53.33)	4(25.00)	26(52.00)
보통	2(15.38)	1(50.00)	1(25.00)	7(46.67)	10(62.50)	21(42.00)
미흡	1(7.69)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	2(12.50)	3(6.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

바) 작업환경전문기관의 지정

유해인자별·업종별 작업환경전문기관 지정 여부에 대한 평가방법으로는 지정받은 경우 유해인자별·업종별 작업환경전문기관 지정서를 확인하여 기록하도록 하였다. 평가기준으로는 지정받은 경우는 “우수”, 지정 후 반납한 경우는 “보통”, 지정받지 않은 경우는 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 지정받은 기관이 총 50개소 중 24.0%(12개소)이었으며, 지정받지 않았다고 응답한 기관이 70.0%(35개소)로 대부분을 차지하였다. 지정받은 기관은 대학병원 4개소와 사단법인과 병·의원급 측정기관이 각각 2개소가 있었다.

기타의견으로 “평가항목으로 들어가는 것이 부적정하다”는 응답이 2개소, “배점을 적게 하자”는 응답이 3개소, 형평성 문제 결여(분류하는 것이 불합리적임)라는 응답이 6개소였다. 사실 과거 정부에서도 유해인자별·업종별 작업환경전문기관을 육성하기 위하여 장비 등의 지원이 있었던 것도 사실이다. 하지만 현재 기관에 대한 지원이 중단된 상태로 지정측정기관들이 지정을 받기 위해 특별한 노력을 할 필요가 없다. 기관에 제시한 의견과 같이 평가항목으로는 다소 무리가 있을 수도 있다.

표 37. 측정기관별 유해인자별·업종별 작업환경전문기관 지정

(단위 : 개소(%))

기관구분 / 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병·의원	사단법인	계
우수	4(30.77)	0(0.00)	2(50.00)	3(20.00)	3(18.75)	12(24.00)
보통	1(7.69)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	2(12.50)	3(6.00)
미흡	8(61.54)	2(100.00)	2(50.00)	12(80.00)	11(68.75)	35(70.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

사) 외국 정도관리

외국에서 실시하는 정도관리 참여 경험 여부에 대한 조사방법으로 대상 측정기관이 설립된 이래 외국 정도관리 참여 실적을 조사하여 기록하도록 하였으며 실시하는 경우 실시국가 및 프로그램명을 파악하였다. 평가기준으로는 2회 이상 참여는 “우수”, 1회 참여는 “보통”, 참여 경험이 없는 경우는 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 총 50개소 중 1~2회 참여한 기관이 2개소가 있었으며 3회 이상 참여한 기관도 10.0%(5개소)가 있었다. 그러나 대부분(86.0%)의 기관이 측정 및 분석능력 향상을 위한 국제적인 노력을 하고 있지 않는 것으로 조사되었다.

외국정도관리의 경우 미국 AIHA PAT 프로그램에 참여하는 기관이 3개소가 있었고 3M Passive 정도관리 프로그램에 참가하는 기관 1개소 있었다. 기타의견으로 “평가항목에 포함되는 것이 부적정하다”는 응답이 2개소, “기준 배점을 적게 하자”는 응답이 2개소 있었으며, 참여하지 않은 사유는 “인력부족, 시간부족, 경제적 부담, 신청과정의 어려움이 있다”는 의견이 있었다.

표 38. 측정기관별 외국에서 실시하는 정도관리 참여 경험

(단위 : 개소(%))

기관구분 / 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	2(15.38)	0(0.00)	2(50.00)	0(0.00)	1(6.25)	5(10.00)
보통	1(7.69)	0(0.00)	0(00.00)	1(6.67)	0(0.00)	2(4.00)
미흡	10(76.92)	2(100.00)	2(50.00)	14(93.33)	15(93.75)	43(86.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

아) 국내 정도관리 참여

한국산업안전공단에서 실시하는 정도관리를 최초 참여한 년도에 대한 평가방법으로 최초 정도관리 참여에 대한 최초 서류를 조사하여 기록하도록 하였다. 평가기준으로는 '95년도 이전은 "우수", '95년~'99년 사이는 "보통", '00년 이후는 "미흡"으로 구분하였다.

전체적인 평가결과, '95년 이전 기관이 총 50개소 중 56.0%(28개소)로 가장 많았으며, ''00년 이후에 참여하였다'고 응답한 기관은 26.0%(13개소)가 있었다.

기타의견으로 평가방법 및 기준으로는 "분석항목에 대한 적합률 적용, 불합격 횟수를 선택 항목으로 바꾸자"는 기관이 있었으며, 최초 참여 정도관리 인한 기준은 신규기관일 경우 불합리하다는 응답이 8개소나 있었다.

표 39. 측정기관별 정도관리 최초 참여 년도

(단위 : 개소(%))

기관구분 / 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	7(53.85)	2(100.00)	2(50.00)	10(66.67)	7(43.75)	28(56.00)
보통	4(30.77)	0(0.00)	2(50.00)	1(6.67)	2(12.50)	9(18.00)
미흡	2(15.38)	0(0.00)	0(0.00)	4(26.67)	7(43.75)	13(26.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

자) 노동부 지도·감독 결과

최근 5년간 지정측정기관에 대한 노동부 정기지도·감독 시 시정지시 또는 업무정지 경험에 대한 평가를 실시하였다. 조사방법으로는 시정지시 등을 받은 경우 그 서류를 조사하여 기록하도록 하였다. 평가기준으로는 지적사항이 전혀 없는 경우 “우수”, 경고 또는 시정지시 경험이 있는 경우는 “보통”, 업무정지 경험이 있는 경우는 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과, “한 번도 없다”는 기관이 총 50개소 중 42.0%(21개소)로 가장 많았으며 “업무정지의 경험이 있다”는 기관도 4.0%(2개소) 있었다. 시정지시를 받은 기관은 10개소, 경고를 받은 기관이 5개소 있었다. 평가방법/기준에 대한 기타 의견으로 “시정지시, 경고의 경우 객관성 결여로 건수로 판단을 내리는 것은 불합리하다”는 응답이 5개소 있었으며 “업무 정지에 대한 경험만 평가항목으로 채택하자”는 기관도 1개소 있었다.

표 40. 측정기관별 최근 5년간 노동부 정기지도·감독 결과

(단위 : 개소(%))

기관구분 / 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병·의원	사단법인	계
우수	4(30.77)	1(50.00)	3(75.00)	6(40.00)	7(43.75)	21(42.00)
보통	8(61.54)	1(50.00)	1(25.00)	8(53.33)	9(56.25)	27(54.00)
미흡	1(7.69)	0(0.00)	0(0.00)	1(6.67)	0(0.00)	2(4.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

차) 측정결과 종합의견의 질적 수준

산업안전보건법[16]에서는 작업환경결과표상 종합의견의 질적수준(공학적 개선 중심)에 대한 조사방법으로는 무작위로 5개의 측정결과표를 조사하여 해당 사업장의 공학대책 여부를 파악하도록 하였다. 평가기준으로는 공학적 개선 내

16) 공학적·관리적·개인위생적 측면을 제시(시행규칙 별지 21호서식)

용이 사업장별로 있으면서 내용이 우수한 경우 “우수”, 공학적 개선내용 제시가 가능한 사업장인데도 1건도 없는 경우는 “보통”, 그 이외의 경우는 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 우수한 기관이 총 50개소 중 42.0%(21개소)이었으며, 미흡한 기관은 하나도 없는 것으로 나타났다. 기타 의견으로 “평가자의 주관적인 견해가 많으므로 평가항목으로 선정하는 것은 불합리하다”는 응답을 한 기관이 2개소, “노출기준을 초과한 사업장만을 대상으로 해야 한다”는 기관이 5개소, “영세사업장의 경우 공학적 대책 제시가 어렵다”는 기관이 2개소 있었다.

표 41. 측정기관별 작업환경결과표상 종합의견의 질적수준

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병·의원	사단법인	계
우수	7(53.85)	0(0.00)	3(75.00)	6(40.00)	5(31.25)	21(42.00)
보통	6(46.15)	2(100.00)	1(25.00)	9(60.00)	11(68.75)	29(58.00)
미흡	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

카) 측정계획서의 작성

노동부의 작업환경측정 및 정도관리 규정 제17조에 의하면 예비조사를 실시하는 경우 다음의 내용[17]을 포함하는 측정계획서를 작성하도록 하고 있다. 예비조사를 실시한 경우 측정계획서의 작성여부(전회 측정을 실시한 사업장은 제외)에 대한 평가방법으로는 측정계획서 작성여부를 조사하여 기록하도록 하였다. 평가기준으로는 항상 작성하거나 그 대상이 없는 경우는 “우수”, 작성하지 않는 경우는 “보통”, 가끔 작성하는 경우는 “미흡”으로 구분하였다.

17) ①원재료의 투입과정부터 최종 제품생산 공정까지의 주요공정 도식, ②해당공정별 작업내용, 측정대상공정 및 공정별 화학물질 사용실태, ③측정대상 유해인자, 유해인자 발생주기, 종사근로자 현황, ④유해인자별 측정방법 및 측정소요기간 등 필요한 사항

전체적인 평가결과 측정계획서를 작성하는 기관이 총 50개소 중 82.0%(41개소)이었으며, 측정계획서를 작성하지 않는다는 기관은 없었다. 기타의견으로 “예비조사 시 작성되는 측정계획서와 중복되므로 평가항목에서 삭제를 하자”는 기관이 있었으며 “신규기관의 정의를 확실히 하자”는 의견도 있었다.

표 42. 측정기관별 측정계획서 작성여부

(단위 : 개소(%))

기관구분 / 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병·의원	사단법인	계
우수	10(76.92)	2(100.00)	4(100.00)	13(86.67)	12(75.00)	41(82.00)
보통	3(23.08)	0(0.00)	0(0.00)	2(13.33)	4(25.00)	9(18.00)
미흡	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

타) 공기 중 시료의 채취 시간

작업환경측정 및 정도관리 규정 제18조에 의하면 1일 작업시간동안 6시간이상 연속 측정 또는 작업시간을 등 간격으로 나누어 6시간 이상 연속분리 측정하도록 되어있다.

공기 중 시료채취 시간 준수 여부에 대한 평가방법으로 측정결과표를 무작위로 5개 선정하여 조사하여 시료채취시간을 확인하도록 하였다. 평가기준으로는 모두 적정한 경우는 “우수”, 미준수 1건이 확인된 경우는 “보통”, 2건 이상 미준수한 경우는 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 우수 기관이 총 50개소 중 96.0%(48개소)이었으며, 보통으로 평가된 기관이 4.0%(2개소)가 있으며 미흡한 기관은 없는 것으로 나타났다. 특히 공기관, 자체측정, 병·의원급의 측정기관은 모두 우수한 것으로 나타났다. 기타 의견으로는 평가방법으로 단위작업장별로 시간을 실제로 측정하고 소음자료로 판단하는 것이 좋다는 기관도 있었다.

표 43. 측정기관별 시료채취 시간 준수

(단위 : 개소(%))

기관구분 / 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병·의원	사단법인	계
우수	12(92.31)	2(100.00)	4(100.00)	15(100.00)	15(93.75)	48(96.00)
보통	1(7.69)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	1(6.25)	2(4.00)
미흡	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

파) 시료채취개수

작업환경측정 및 정도관리 규정 제19조에 의하면 단위작업장소에서 최고 노출근로자 2인 이상에 대하여 동시에 측정하되, 단위작업장소에 근로자가 1인인 경우에 그러하지 아니하며, 동일 작업근로자수가 10인을 초과하는 경우 매 5인당 1인 이상 추가로 측정. 다만, 작업근로자수가 100인을 초과하는 경우에는 최대 시료채취 근로자수를 20인으로 조정 가능하도록 되어있다.

시료채취개수의 준수 여부 대한 조사방법으로는 측정결과표(무작위 5개 선정)를 조사하여 시료채취개수를 확인하도록 하였다. 평가기준으로는 모두 적정한 경우는 “우수”, 미준수 1건이 확인된 경우는 “보통”, 2건 이상 미준수한 경우는 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 우수 기관이 총 50개소 중 94.0%(47개소)이었으며, 보통으로 평가된 기관이 6.0%(3개소), 미흡한 기관은 없는 것으로 나타났다.

기타 의견으로 “교대근무의 경우 교대근무당 평가 필요, 실제 현장근로자수를 맞춘다” 등의 의견이 있었지만 시료채취개수와 관련된 평가방법/기준에 해당되지 않는 것으로 판단된다.

표 44. 측정기관별 시료채취개수의 준수

(단위 : 개소(%))

기관구분 / 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병·의원	사단법인	계
우수	13(100.00)	2(100.00)	4(100.00)	15(100.00)	13(81.25)	47(94.00)
보통	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	3(18.75)	3(6.00)
미흡	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

하) 지역시료채취 시 사유 기록

산업안전보건법 시행규칙 제93조의2 제1항 제3호에 의하면 모든 측정은 개인시료채취방법으로 실시하되 개인시료채취방법이 곤란한 경우에는 지역시료채취방법으로 실시(이 경우 그 사유를 별지 제21호서식의 작업환경측정결과표에 명시하여야 한다)하도록 되어있다.

지역시료채취방법으로 측정을 실시한 경우 그 사유를 작업환경측정결과표상에 명시여부에 대한 평가방법으로 측정결과표(무작위 5개 선정)를 조사하도록 하였다. 평가기준으로는 항상 명시하는 경우는 “우수”, 명시하지 못한 1건이 확인된 경우는 “보통”, 2건 이상 명시하지 못한 경우는 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 항상 명시하는 기관이 총 50개소 중 86.0%(43개소)이었으며, 2건 이상 명시하지 못한 기관은 2.0%(1개소)가 있었다. 기타내용으로 작업자의 개인적 사항에 의해 지역시료채취를 인정하는지에 대한 물음이 있었으나 의견으로 보기에는 적합하지 않으며 법적인 사항으로 모두 준수하는 것이 타당하다.

표 45. 측정기관별 지역시료채취 시 사유 기록

(단위 : 개소(%))

기관구분 / 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병·의원	사단법인	계
우수	9(69.23)	2(100.00)	4(100.00)	13(86.67)	15(93.75)	43(86.00)
보통	4(30.77)	0(0.00)	0(0.00)	1(6.67)	1(6.25)	6(12.00)
미흡	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	1(6.67)	0(0.00)	1(2.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

거) 작업환경측정결과표 송부기간 준수

작업환경측정 및 정도관리규정 제39조 제1항에 의하면 사업장위탁측정기관이 작업환경측정을 실시하였을 때는 측정을 완료한 날부터 30일 이내 2부는 사업주에게 송부하도록 하고 있다.

평가방법으로는 측정결과표(무작위 5개 선정)를 조사하도록 하였다. 작업환경측정 결과표 송부기관 준수 여부 대하여 “우수, 보통, 미흡”으로 구분하여 평가하였다.

평가기준으로는 항상 준수하는 경우는 “우수”, 준수하지 못한 1건이 확인된 경우는 “보통”, 2건 이상 준수하지 못한 경우는 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 항상 준수하는 기관이 총 50개소 중 80.0%(40개소)이었으며, 2건 이상 준수하지 못한 기관이 4.0%(2개소)가 있었다. 기타내용으로 “측정기간이 오래 걸릴 경우 분석/결과 작성이 어렵다”고 응답한 기관이 3개소 있었으며, “공정수로 구분하여 기간을 늘리자”는 의견도 있었다. 그러나 이는 법적인 내용으로 평가방법이나 평가기준 변경은 불가능하다고 판단된다.

표 46. 측정기관별 작업환경측정결과표 송부기간 준수

(단위 : 개소(%))

기관구분 / 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병·의원	사단법인	계
우수	12(92.31)	0(0.00)	4(100.00)	12(80.00)	12(75.00)	40(80.00)
보통	1(7.69)	2(100.00)	0(0.00)	2(13.33)	3(18.75)	8(16.00)
미흡	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	1(6.67)	1(6.25)	2(4.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

너) 산업위생관리 기술사 보유

기술사 자격증과 그 인력이 현재 기관에 소속되어 있다는 것을 증명할 수 있는 기록(4대보험 등)을 확인하여 기록하도록 하였으며, 지정측정기관의 산업위생관리 기술사 보유 여부에 대하여 “우수, 보통, 미흡”으로 구분하여 평가하였다. 평가기준으로는 3명 이상은 “우수”, 1~2명은 “보통”, 없는 경우는 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 3명 이상 보유하고 있는 기관이 총 50개소 중 8.0%(4개소)가 있었으며, 1~2명 보유한 기관은 9개 기관(18.0%)이었고 없는 기관이 74.0%(37개소)가 있었다.

“평가항목이 기술사의 보유 유무로 평가하는 것은 부적절하며, 평가기준에서는 경력이 많은 측정기사의 경력도 인정 하자”는 응답이 4개소, “평가 기준의 인원 수가 조정되어야한다(기관당 인력의 % 비율로 조정하자)”는 응답이 3개소 있었다. 또한 “미국의 산업위생기술사(Certified Industrial Hygienist) 및 박사급도 인정이 필요하다”는 의견이 있었다.

표 47. 측정기관별 산업위생관리 기술사 보유 여부

(단위 : 개소(%))

기관구분 / 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병·의원	사단법인	계
우수	2(15.38)	1(50.00)	0(0.00)	0(0.00)	1(6.25)	4(8.00)
보통	5(38.46)	0(0.00)	0(0.00)	2(13.33)	2(12.50)	9(18.00)
미흡	6(46.15)	1(50.00)	4(100.00)	13(86.67)	13(81.25)	37(74.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

더) 시료채취 및 분석방법 자체 매뉴얼

시료에 따른 적절한 채취 및 분석방법을 기술한 자체 매뉴얼의 보유 여부에 대한 평가방법으로 KOSHA CODE, NIOSH, OSHA 또는 ISO의 공정시험법 등을 보유하고 있으면 자체매뉴얼 보유로 간주하도록 하였다. 평가기준으로는 측정하고 있는 물질 모두에 대해 공정시험방법 중 하나 이상 보유는 “우수”, 측정하고 있는 물질 중 일부에 대해 공정시험방법 중 하나 이상 보유하고 있는 경우는 “보통”, 공정시험방법 이외의 방법을 사용하고 있는 경우 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 우수한 기관이 총 50개소 중 88.0%(44개소)이었고, 보통기관이 10.0%(5개소)이었으며 미흡한 기관은 2%(1개소)로 조사되었다.

표 48. 측정기관별 시료채취 및 분석방법 자체 매뉴얼 보유

(단위 : 개소(%))

기관구분 / 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병·의원	사단법인	계
우수	12(92.31)	2(100.00)	3(75.00)	12(80.00)	15(93.75)	44(88.00)
보통	1(7.69)	0(0.00)	1(25.00)	2(13.33)	1(6.25)	5(10.00)
미흡	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	1(6.67)	0(0.00)	1(2.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

러) 고형시료 채취·분석 실적 및 대장 구비

고형시료(Bulk sample)채취·분석 실적 및 채취대장 구비 여부 대한 평가방법으로 고형시료 채취·분석 실적 및 관련대장을 확인하고 평가년도의 유해인자명과 그 실적을 기록하여 평가하였다.

평가기준으로는 20건 이상은 “우수”로, 19~10건은 “보통”으로 10건 이하는 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 고형시료 채취·분석 실적 및 대장 구비가 우수한 기관이 총 50개소 중 12.0%(6개소)이었으며, 미흡한 기관이 66.0%(33개소)가 있었다. 기타의견으로 “정성분석의 경우 분석의 어려움이 있으므로 평가기준의 건수를 조정해야한다는 의견과 기간에 대한 기준설정이 필요하다”, “사업장 여건에 따라 필요한 경우도 있고 필요 없는 경우도 있으므로 건수로 평가하는 것은 부적절하다” 및 “기준의 개수가 너무 많다”는 의견이 있었다. 본 항목의 경우 측정기관의 입장에서는 수익과 전혀 무관하며 기관이 보유하고 있는 장비에도 한계가 있을 수 있으므로 건수를 다소 하향 조정하는 것을 고려할 필요가 있다.

표 49. 측정기관별 고형시료 채취·분석 실적 및 채취대장 구비

(단위 : 개소(%))

기관구분 / 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병·의원	사단법인	계
우수	3(23.08)	0(0.00)	0(0.00)	1(6.67)	2(12.50)	6(12.00)
보통	2(15.38)	2(100.00)	1(25.00)	3(20.00)	3(18.75)	11(22.00)
미흡	8(61.54)	0(0.00)	3(75.00)	11(73.33)	11(68.75)	33(66.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

머) 화학물질 및 물리적인자의 노출기준 적정 적용

측정결과표를 무작위로 5개 선정하여 “최근 노출기준이 개정된 물질”을 중

점적으로 확인하여 평가하였다. 평가기준으로는 화학물질 및 물리적인자의 노출기준을 적정하게 적용하고 있는지에 대하여 100% 적정하게 적용한 경우 “우수”, 80% 이상 100% 미만으로 적용한 경우 “보통”, 80% 미만으로 적용한 경우 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 화학물질 및 물리적인자의 노출기준을 적정하게 적용하고 있는 우수기관이 총 50개소 중 98.0%(49개소)이었으며, 미흡한 기관은 없었다. 기타의견으로 “천정치의 경우 평가가 어려우며, 분진의 노출기준 결정이 어렵다”는 것도 조사되었지만 평가방법 및 평가기준과 무관한 사항이었다.

표 50. 화학물질 및 물리적인자의 노출기준의 적정 적용

(단위 : 개소(%))

기관구분 / 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병·의원	사단법인	계
우수	13(100.00)	2(100.00)	4(100.00)	15(100.00)	15(93.75)	49(98.00)
보통	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	1(6.25)	1(2.00)
미흡	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

버) 측정농도의 결과평가의 적절성

작업환경측정 및 정도관리 규정 제33조에 의하면 연속 측정한 측정농도는 법 제29조 제2항에 따라 고시한 유해인자의 노출기준에 따라 초과여부를 평가한다고 되어있다.

측정농도의 결과평가의 적절성 여부에 대하여 “우수, 보통, 미흡”으로 구분하여 평가하였다.

평가방법으로는 측정결과표를 무작위 5개 선정하여 조사하도록 하였으며 총 평가결과 건수 중 몇 건이 적정한지를 기록하게 하였다. 평가기준으로는 100% 적정한 경우 “우수”, 80% 이상 100% 미만인 경우 “보통”, 80% 미만인 경우

“미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 우수한 기관이 총 50개소 중 96.0%(48개소)이었으며, 미흡한 기관은 없었다. 기타의견으로 “분진의 노출기준 결정이 어렵다”는 응답도 있었으며 “평가자 교육이 필요하다”는 조언이 있었다.

표 51. 측정기관별 측정농도의 결과평가의 적절성

(단위 : 개소(%))

기관구분 / 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병·의원	사단법인	계
우수	13(100.00)	2(100.00)	4(100.00)	14(93.33)	15(93.75)	48(96.00)
보통	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	1(6.67)	1(6.25)	2(4.00)
미흡	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

(2) 측정결과의 신뢰도

가) 내부정도관리 실시

내부 정도관리는 측정결과의 신뢰도 유지에 중요한 항목이다. 일부 기관의 경우 산업안전보건법상 정도관리가 실시되지 이전에 내부 정도관리를 실시하여 자체적으로 신뢰도를 유지하고자 하는 노력 등이 있었다.

자체 분석능력 전문성 향상을 위한 내부정도관리 실시 여부에 대한 평가방법으로 내부정도관리 관련 문서를 통해 확인하였다. 평가기준으로는 정기적(1년에 2회 이상)으로 실시하는 경우 “우수”, 부정기적으로 실시하는 경우 “보통”, 실시하지 않는 경우는 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 정기적으로 실시하고 있는 기관이 총 50개소 중 50.0%(25개소)이었으며, 실시하지 않는다고 응답한 기관도 14.0%(7개소)가 있었다. 기타내용으로 “측정기관의 자체사항이므로 기관 평가 항목에 들어가는 것은 불합리적”이라는 응답이 1개소 있었으며, “표준시약을 이용하여 정도관리

를 실시하자"는 의견과 "운영지침을 제정하여 운용하도록 유도하자"는 내용이 있었다.

표 52. 측정기관별 내부정도관리 실시

(단위 : 개소(%))

기관구분 / 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	3(23.08)	1(50.00)	2(50.00)	8(53.33)	11(68.75)	25(50.00)
보통	9(69.23)	1(50.00)	1(25.00)	4(26.67)	3(18.75)	18(36.00)
미흡	1(7.69)	0(0.00)	1(25.00)	3(20.00)	2(12.50)	7(14.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

나) 기관 또는 보유인력의 표창 여부

노동부 지정측정기관이 노동부 등에서 표창을 받았다는 것은 측정의 신뢰성을 어느 정도 검증한 것으로 인정하여 최근 5년 이내 노동부, 한국산업안전공단 등 인정기관에서 기관 또는 보유인력의 표창 등 실적 여부에 대하여 "우수, 보통, 미흡"으로 구분하여 평가하였다.

평가방법으로는 표창실적이 있는 경우, 기록을 조사하여 기록하도록 하였다. 평가기준으로는 2회 이상 받은 경우 "우수", 1회 받은 경우 "보통", 실적이 없는 경우는 "미흡"으로 구분하여 평가하였다.

전체적인 평가결과 2회 이상 표창을 수여한 기관이 총 50개소 중 2%(1개소)이었으며, 1회 표창 수여기관도 6개소나 되었으며 표창 실적이 없다고 응답한 기관이 86.0%(43개소)가 있었다. 표창의 내용으로는 노동부장관상, 한국산업안전공단 이사장상, 최우수논문상 등이 있었다. "표창 실적은 객관적 평가가 어려우므로 항목에서 제외하자"는 의견이 3개소 있었으며, "과거 표창실적으로 변경하자"는 기관도 1개소 있었다.

표 53. 측정기관별 최근 5년이내 노동부 등에서 기관 또는 보유인력의 표창 등 실적

(단위 : 개소(%))

기관구분 / 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병·의원	사단법인	계
우수	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	1(6.25)	1(2.00)
보통	5(38.46)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	1(6.25)	6(12.00)
미흡	8(61.54)	2(100.00)	4(100.00)	15(100.00)	14(87.50)	43(86.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

다) 정도관리 부적합

산업안전보건법에서 규정하고 있는 정도관리는 측정결과의 신뢰도와 직접적으로 연관이 있다. 특히 정도관리결과 부적합 판정의 경우 측정결과의 신뢰도에 직접적인 영향이 있을 수 있으므로 한국산업안전공단에서 실시하는 정도관리 실시결과 최근 5년 이내 부적합 판정여부에 대하여 “우수, 보통, 미흡”으로 구분하여 평가하였다.

평가방법으로는 정도관리 실시결과에 대한 기록을 조사하되 부적합 건수를 기록하도록 하였다. 평가기준으로는 부적합 건수가 없는 경우 “우수”, 1회 부적합 경험이 있는 경우 “보통”, 2회 이상 부적합 경험이 있는 경우 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 최근 5년 이내 정도관리 실시결과 부적합 판정을 받지 않았다는 기관이 39개소(78.0%)로 가장 많았으나 1회 부적합 판정을 받은 기관이 10개소(20.0%), 2회 이상 부적합 판정을 받은 기관도 1개 기관(2.0%)가 있었다. 기타의견으로 “평가방법을 부적합건수가 아닌 종합평가로 판정, 적합률에 따른 평가방법의 세분화(적합률 : 95%이상, 90%이상 등)하는 것이 합리적”이라는 응답이 있었다. 기타의견으로는 “정도관리 평가에 따른 업무정지에 기술지도를 통한 개선계획이 필요하며, 기준 실험실과 참값을 공개하여 정도관리 결

과가 부적합인 사유를 정확히 표시하여야한다"는 의견도 있었다.

표 54. 측정기관별 정도관리 실시결과 최근 5년 이내 부적합 판정

(단위 : 개소(%)

기관구분 / 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	13(100.00)	2(100.00)	3(75.00)	11(73.33)	10(62.50)	39(78.00)
보통	0(0.00)	0(0.00)	1(25.00)	3(20.00)	6(37.50)	10(20.00)
미흡	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	1(6.67)	0(0.00)	1(2.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

라) 측정장비의 검・교정

작업환경측정 시 모든 측정장비는 검・교정을 받아야 측정결과의 신뢰성을 보장받을 수 있다. 그러나 아직 산업안전보건법에서는 의무를 부여하고 있지 않지만 미국 OSHA의 경우 모든 측정장비에 대하여 주기적으로 검・교정을 받도록 하고 있다.

평가방법으로 검・교정 대상 측정장비(유량계, 표준소음발생기, 열선풍속계, 조도계)를 조사하여 평가(자체 교정을 실시한 경우와 판매회사에 의뢰하여 교정한 경우는 인정)하도록 하였으며 검・교정을 실시하는 경우 그 기록을 조사하여 전체보유 대수 중 몇 대를 검・교정하는지 그 건수를 장비별로 기록하도록 하였다.

측정장비를 외부공인기관에 위탁하여 검・교정을 받아야 하는 장비에 대한 검정실시여부에 대하여 전체 보유 측정장비 대수 중 80% 이상 검・교정을 실시한 경우 "우수", 50~80% 미만일 경우 "보통", 50% 미만으로 실시한 경우 "미흡"으로 구분하여 평가하였다.

전체적인 평가결과 측정장비의 검・교정이 우수한 기관이 총 50개소 중 44.0%(22개소)이었으며, 미흡 판정을 받은 기관도 20.0%(10개소)를 차지하였다.

기타 의견으로 일부장비만 실시(1개소), 조도계만 제외 실시(2개소) 등이 있었으며 신규기관이기 때문에 실시하지 않는 기관도 2개소 있었다. 또한, 검·교정을 의뢰하는 기관으로는 한국산업기술시험원(2개소), 표준과학연구소(7개소), 판매사(1개소)에 의뢰하는 것으로 나타났다. 본 항목은 모두 신규장비를 보유하고 있는 기관은 “우수”로 평가하는 항목을 추가하고 조도계는 제외되는 것이 타당한 것으로 판단된다.

표 55. 측정기관별 측정장비 검·교정 여부

(단위 : 개소(%))

기관구분 / 평가결과	대학병원	공기관	대학기관	병·의원	사단법인	계
우수	6(46.15)	1(50.00)	4(100.00)	5(33.33)	6(37.50)	22(44.00)
보통	4(30.77)	1(50.00)	0(0.00)	6(40.00)	7(43.75)	18(36.00)
미흡	3(23.08)	0(0.00)	0(0.00)	4(26.67)	3(18.75)	10(20.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

마) 분석기기 검·교정 여부

측정장비는 물론 분석기기에 대하여는 외부공인기관에 위탁하여 검·교정을 받아야 측정결과의 신뢰성이 확보될 수 있다.

평가방법으로 전자저울을 조사하여 검·교정실시 여부를 조사하여 평가(자체 교정을 실시한 경우와 판매회사에 의뢰하여 교정한 경우는 인정)하도록 하였으며, 실시하는 경우 실시 기록을 조사하여 전체 보유대수 중 몇 대를 검·교정하는지 그 건수를 장비별로 기록하도록 하였다.

전자저울 등의 분석기기를 외부공인기관에 위탁하여 검·교정을 받아야 하는 장비에 대한 검정실시 여부에 대하여 보유 분석기기 대수 중 80% 이상 검·교정을 실시한 경우 “우수”, 50% 이상 80% 미만일 경우 “보통”, 50% 미만으로 실시한 경우 “미흡”으로 구분하여 평가하였다.

전체적인 평가결과 실시한 기관이 총 50개소 중 58.0%(29개소)이었으며, 실시하지 않는다고 응답한 기관이 30.0%(15개소)가 있었다.

분석기기 검·교정을 하지 않는 이유로는 비용과다(1개소), 신규기관이기 때문에 실시하지 않는 기관이 1개소 있었으며 분석기기 검·교정은 판매회사 검·교정(6개소)을 하거나 의용공학팀을 통해 교정(1개소), 표준 분동으로 자체 교정(1개소), 표준과학연구소에 의뢰한다는 기관(1개소)도 있었다. 기타의견으로 "교정주기를 모른다" 등이 있었다. 본 항목도 측정장비 검교정과 마찬가지로 모두 신규장비를 보유하고 있는 기관에 대하여는 "우수"로 평가하는 것이 타당할 것으로 보인다.

표 56. 측정기관별 분석기기 검·교정 여부

(단위 : 개소(%))

기관구분 / 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병·의원	사단법인	계
우수	8(61.54)	2(100.00)	4(100.00)	6(40.00)	9(56.25)	29(58.00)
보통	3(23.08)	0(0.00)	0(0.00)	2(13.33)	1(6.25)	6(12.00)
미흡	2(15.38)	0(0.00)	0(0.00)	7(46.67)	6(37.50)	15(30.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

바) 검·교정 문서 보관여부

측정장비 및 분석기기의 검·교정도 중요하지만 관련된 문서의 보관도 측정결과의 신뢰성을 보증할 수 있는 항목으로 구성될 필요가 있다. 정기적인 검·교정이 필요한 장비에 대해 주기 및 상태를 관리하는 절차에 관한 문서 보관여부에 대한 평가방법으로는 정기적인 검·교정이 필요한 장비와 관련된 문서를 조사하도록 하였다.

평가기준으로는 보유하고 있는 경우 "우수", 보유한 경험이 있는 경우 "보통", 보유하지 않는 경우 "미흡"으로 구분하였다.

전체적인 평가결과, 관련 문서를 보유하고 있다는 기관이 총 50개소 중 58.0%(29개소)이었으며, 보유하고 있지 않다라고 응답한 기관도 16.0%(8개소)이었다. 기타의견으로 “측정장비의 검·교정 실시 여부 항목과 이어서 하자”는 의견이 있었다.

표 57. 측정기관별 검·교정 필요 장비 문서 보관

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병·의원	사단법인	계
우수	8(61.54)	1(50.00)	4(100.00)	6(40.00)	10(62.50)	29(58.00)
보통	3(23.08)	1(50.00)	0(0.00)	5(33.33)	4(25.00)	13(26.00)
미흡	2(15.38)	0(0.00)	0(0.00)	4(26.67)	2(12.50)	8(16.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

사) 분석결과물의 적정 보관

측정결과의 신뢰성은 분석기기의 정확한 결과물에 기인되며 채취된 시료의 결과물에 대하여 모든 기록은 보관하고 있어야 한다.

평가방법으로 측정결과표(무작위 5개 선정)를 조사하여 기록물과 대비 확인하도록 하였으며 1개의 측정결과표상 나타난 측정치 중 90% 이상의 측정치에 대해 그 기록물을 보관하고 있다면 그 결과표에 한해 100% 있다고 간주하였다.

채취시료의 분석결과물(크로마토그램 등)의 적정 보관 여부에 대하여 5개의 측정결과표 중 5개 모두 기록물이 있는 경우 “우수”, 3~4개의 기록물이 있는 경우 “보통”, 2개 이하의 결과물만 있는 경우 “미흡”으로 구분하여 평가하였다.

전체적인 평가결과 분석결과물의 적정 보관이 우수한 기관은 총 50개소 중 96.0%(48개소)이었으며, 보통으로 평가된 기관이 4.0%(2개소)이었으며 미흡한 기관은 없는 것으로 나타났다. “평가항목, 평가방법/기준이 불합리하다”고 응답

한 기관은 없었다.

표 58. 측정기관별 채취시료의 분석결과물(크로마토그램 등)의 적정 보관

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	13(100.00)	2(100.00)	4(100.00)	14(93.33)	15(93.75)	48(96.00)
보통	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	1(6.67)	1(6.25)	2(4.00)
미흡	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

아) 누적소음노출량계의 보정 수행 여부

소음을 측정하기 위한 누적소음노출량계는 항시 측정 전후에 보정을 실시하여야 정확한 결과를 산출할 수 있다.

따라서 소음의 작업환경측정 전・후 누적소음노출량계의 보정 수행 여부 대한 평가방법으로 실시기록(누적소음노출량계)의 보정수행 일지(대장) 또는 누적소음노출량계에서 출력한 기록물을 보고 판단하도록 하였으며, 평가기준으로는 실시하는 경우 “우수”, 가끔 실시하는 경우 “보통”, 전혀 실시하지 않는 경우 “미흡”으로 구분하여 평가하였다.

전체적인 평가결과 누적소음노출량계의 보정을 실시한다는 기관이 총 50개소 중 80.0%(40개소)이었으며, 실시하지 않는다는 기관은 없었다. 기타내용으로는 기기의 종류에 따라서 보정여부가 기록되지 않는 경우가 있으므로 점검당일 보정상태를 확인하는 방법으로 평가하자는 의견이 있었으며, 소음계를 직접 확인하여 보정날짜를 확인한다는 기관도 있었다.

표 59. 측정기관별 누적소음노출량계의 보정

(단위 : 개소(%))

기관구분 / 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	8(61.54)	2(100.00)	4(100.00)	14(93.33)	12(75.00)	40(80.00)
보통	5(38.46)	0(0.00)	0(0.00)	1(6.67)	4(25.00)	10(20.00)
미흡	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

자) 누적소음노출량계 기록물 보관

누적소음노출량계의 기록물은 측정결과보고서의 측정치와 실제 측정치를 비교, 확인하여 측정결과의 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

소음측정 후 누적소음노출량계에서 산출된 기록물의 보관 여부 대한 평가방법으로 측정결과표(무작위 5개 선정)를 조사하여 기록물과 대비하여 측정결과표 5개 중 몇 개의 기록물을 보관하고 있는지를 기록하고 확인하도록 하였으며 보관하지 않는 경우 사유를 기록하도록 하였다. 또한, 1개의 측정결과표상 나타난 소음측정치 중 90% 이상의 측정치에 대해 그 기록물을 보관하고 있다면 그 결과표에 한해 100% 있다고 간주하였다.

평가기준으로는 소음측정치가 있는 5개의 측정결과표 중 5개 모두 기록물이 있는 경우 “우수”, 3개에서 4개의 기록물이 있는 경우 “보통”, 2개 이하의 결과물만 있는 경우 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 누적소음노출량계 기록물 보관에 대한 우수한 기관이 총 50개소 중 74.0%(37개소)이었으며, 미흡한 기관이 4.0%(2개소)가 있었다. 기타 의견으로 “파일형태로 보관하고 있다”는 기관이 3개소 있었으며, “초과사업장에 대한 기록물만 보관해야한다”는 응답도 2개소, “소음기의 부족으로 측정건수만큼 측정을 못한다”는 기관과 “측정량이 많아 모두 출력하기 어렵다”는 기관도 있었다.

표 60. 측정기관별 누적소음노출량계 기록물 보관

(단위 : 개소(%))

기관구분 / 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	7(53.85)	0(0.00)	4(100.00)	15(100.00)	11(68.75)	37(74.00)
보통	5(38.46)	2(100.00)	0(0.00)	0(0.00)	4(25.00)	11(22.00)
미흡	1(7.69)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	1(6.25)	2(4.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

차) 시료채취기의 유량 보정

시료채취기의 유량은 상당히 유동적이다. 따라서 시료 채취 전・후 펌프(시료채취기)의 유량 보정 수행 및 결과 반영은 측정결과의 신뢰성에 지극한 영향을 미칠 수 있다.

시료 채취 전・후 펌프(시료채취기)의 유량 보정 수행 및 결과 반영 여부에 대하여 “우수, 보통, 미흡”으로 구분하여 평가하였다.

평가방법으로는 실시하는 경우, 관리대장[18]을 조사하도록 하였으며, 실시하지 않는 경우 사유를 기록하도록 하였다. 평가기준으로는 유량보정 후 결과 반영하는 경우 “우수”, 유량보정만 수행하는 경우 “보통”, 유량보정 미실시 및 결과 미반영인 경우 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 유량 보정 후 결과 반영한다는 기관이 총 50개소 중 62.0%(31개소)이었으며, 유량보정 미실시 및 결과를 반영하지 않는다는 기관이 2.0%(1개소)가 있었다. 기타내용으로는 1년에 700건 이상이므로 매일 보정하기가 힘들다는 응답이 있었으며 관리대상에 온·습도는 제외하자는 의견이 있었다.

18) 펌프기종, 일시, 유량보정자이름, 보정횟수, 유량보정기기명, 온·습도, 측정전후유량, 평균유량등의 사항이 포함되어야 함

표 61. 측정기관별 시료 채취 전·후 펌프의 유량 보정 수행 및 결과 반영

(단위 : 개소(%))

기관구분 / 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병·의원	사단법인	계
우수	6(46.15)	1(50.00)	4(100.00)	9(60.00)	11(68.75)	31(62.00)
보통	7(53.85)	1(50.00)	0(0.00)	5(33.33)	5(31.25)	18(36.00)
미흡	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	1(6.67)	0(0.00)	1(2.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

카) 필터의 중량분석 횟수 및 문서대장의 적정 기록

입자상 물질의 경우 대부분 천칭을 이용하여 무게를 칭량한다. 천칭의 경우 다소 결과의 유동성 때문에 칭량횟수는 측정결과의 신뢰성과 상관관계가 있다. 또한 이러한 기록은 항시 기록되고 관리되어야 할 필요가 있다.

입자상 물질 채취 전·후 필터의 중량분석 횟수 및 문서대장의 적정 기록 여부에 대한 평가방법은 관리대장을 조사하도록 하였으며 기록하지 않는 경우 사유를 기록하도록 하였다. 평가기준으로는 문서대장을 보유하고 1개 필터에 대하여 3회 이상 중량분석을 실시하면 “우수”, 2회 실시는 “보통”, 1회 실시는 “미흡”으로 판단하도록 하였다.

전체적인 평가결과 필터의 중량분석 횟수 및 문서대장의 적정 기록이 우수한 기관이 총 50개소 중 82.0%(41개소)이었으며, 미흡하다는 기관이 8.0%(4개소)가 있었다. 평가방법으로 전산화 체계로 인한 전산파일도 인정해야한다는 응답이 3개소 있었다.

표 62. 측정기관별 필터의 중량분석 횟수 및 문서대장의 적정 기록

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	10(76.92)	1(50.00)	4(100.00)	11(73.33)	15(93.75)	41(82.00)
보통	1(7.69)	1(50.00)	0(00.00)	3(20.00)	0(0.00)	5(10.00)
미흡	2(15.38)	0(0.00)	0(0.00)	1(6.67)	1(6.25)	4(8.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

타) 시료채취 시 채취대장의 작성

사업장에서 시료를 채취하는 경우 채취일, 피채취자 성명, 시료 채취시간 등은 측정결과의 신뢰성을 좌우한다.

사업장에서 시료채취 시 채취대장의 작성여부에 대하여 “우수, 보통, 미흡”으로 구분하여 평가하였다.

평가방법으로 측정결과표(무작위 5개 선정)를 조사하여 채취대장[19]과 대비 확인하도록 하였으며 작성하지 않는 경우 사유를 기록하도록 하였다. 또한, 1개의 측정결과표상 나타난 모든 시료채취내용 중 90% 이상이 채취대장에서 확인되면 그 결과표에 한해 100% 채취대상이 작성되어 있다고 간주하였다.

평가기준으로는 5개의 측정결과표 중 5개 모두의 시료채취내용이 채취대장에 기재되어 있는 경우 “우수”, 3개에서 4개의 기록물이 있는 경우 “보통”, 2개 이하의 결과물만 있는 경우 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 시료채취 시 채취대장의 작성이 우수한 기관이 총 50개소 중 76.0%(38개소)이었으며, 미흡하다는 기관이 8.0%(4개소)가 있었다. 기타 의견으로 불필요한 항목이라는 응답이 2개소 있었으며, “분석의뢰 대장과 결과서상의 항목비교로 평가하자”는 기관이 있었다. 기타내용으로 “전산으로 처리,

19) 채취일시, 유해인자, 시료채취시간, 온도, 습도, 사업장명, 측정자명, 펌프명, 측정전·후 유량, 측정대상자 성명, 근로자 직무, 채취시간, 측정매체, 채취방법 등이 기재되어야 함.

분석의뢰대장과 시료채취대장 함께 사용한다는 기관이 있었다.

표 63. 측정기관별 사업장에서 시료채취 시 채취대장의 작성

(단위 : 개소(%))

기관구분 / 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	10(76.92)	1(50.00)	4(100.00)	10(66.67)	13(81.25)	38(76.00)
보통	3(23.08)	1(50.00)	0(0.00)	3(20.00)	1(6.25)	8(16.00)
미흡	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	2(13.33)	2(12.50)	4(8.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

파) 지시소음계 사용 비율

작업환경측정 및 정도관리 규정에서 소음을 측정할 경우 누적소음노출량계를 원칙적으로 사용하도록 규정하고 있다. 특히 지시소음계의 경우 기록물 보관이 거의 불가능하며 측정시간이 사실 작업시간 전체를 대표한다 할 수 없다.

소음 본 측정 시 누적소음노출량계(Noise Dosimeter)를 사용하지 않고 지시소음계(Sound Level Meter)를 사용하는 비율 여부 대하여 “우수, 보통, 미흡”으로 구분하여 평가하였다.

평가방법으로는 측정결과표(무작위 5개 선정)를 조사하여 지시소음계로 측정한 건수가 전체 소음측정건수 중 몇 건인지를 기록하고 지시소음계를 자주 사용하는 경우 그 사유를 기록하도록 하였다.

평가기준으로는 측정결과표상 전혀 사용하지 않는 경우 “우수”, 10%미만으로 사용하는 경우 “보통”, 10%이상 사용하는 경우 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 지시소음계를 사용하지 않는다는 기관이 총 50개소 중 54.0%(27개소)이었으며, 자주 사용한다는 기관도 4.0%(2개소)가 있었다. 기타내용으로 “연속음으로 소음의 변동이 없는 경우 사용한다”는 기관이 3개소, “80dB 전후 소음시 15%정도 사용한다”는 기관이 개소, 병행하여 사용한다는

기관이 1개소 있었다.

표 64. 측정기관별 지시소음계 사용 기관

(단위 : 개소(%))

기관구분 / 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	6(46.15)	2(100.00)	3(75.00)	9(60.00)	7(43.75)	27(54.00)
보통	7(53.85)	0(0.00)	0(0.00)	5(33.33)	9(56.25)	21(42.00)
미흡	0(0.00)	0(0.00)	1(25.00)	1(6.67)	0(0.00)	2(4.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

하) 노출기준의 보정

작업환경측정 및 정도관리규정 제33조제3항에 의하면 1일 작업시간이 8시간을 초과하는 경우에는 보정노출기준을 산출하도록 하고 있다.

1일 작업시간이 8시간을 초과하는 경우 노출기준의 보정여부에 대한 평가방법으로 작업시간이 8시간 이상인 측정결과표(무작위 5개 선정)를 조사하고 보정하지 않는 경우 사유를 기록하도록 하였다. 평가기준으로는 100% 보정된 경우 “우수”, 미보정이 1건 발견된 경우 “보통”, 미보정이 2건 이상 발견된 경우 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 보정한다는 기관이 총 50개소 중 68.0%(34개소)이었으며, 미보정 2건 이상인 기관도 12.0%(6개소)가 있었다. 평가항목, 평가방법/기준이 불합리하다고 응답한 기관은 없었다.

표 65. 측정기관별 작업시간 8시간 초과시 노출기준의 보정

(단위 : 개소(%))

기관구분 / 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	7(53.85)	0(0.00)	4(100.00)	10(66.67)	13(81.25)	34(68.00)
보통	6(46.15)	1(50.00)	0(0.00)	2(13.33)	1(6.25)	10(20.00)
미흡	0(0.00)	1(50.00)	0(0.00)	3(20.00)	2(12.50)	6(12.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

거) 시간가중평균치의 적정 계산

작업환경측정 및 정도관리규정 제33조 제2항에 의하면 “1일 작업시간동안 6시간 이내 측정을 한 경우의 입자상 물질 농도는 측정시간 동안의 시간가중평균치를 산출하여 그 기간 동안의 평균농도로 하고 이를 8시간 시간가중평균하여 8시간 작업시의 평균농도로 한다”라고 규정되어 있다.

8시간 시간가중평균치의 적정 계산 여부에 대하여 “우수, 보통, 미흡”으로 구분하여 평가하였다.

평가방법으로는 측정결과표(무작위 5개 선정)를 조사하여 측정결과표별로 전체 몇 건 중 몇 건이 적정하였는지를 파악하였으며, 1개의 측정결과표상 나타난 모든 평가결과의 계산 중 90% 이상이 적정하면 그 결과표에 한해 100% 적정하다고 간주하였다. 평가기준으로는 100% 적정 계산된 경우 “우수”, 부적정 계산이 1건 발견된 경우 “보통”, 부적정 계산이 2건 이상 발견된 경우 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 시간가중평균치를 적정하게 계산하고 있는 우수한 기관이 총 50개소 중 88.0%(44개소)이었으며, 미흡하다는 기관이 2.0%(1개소)가 있었다. 평가항목, 평가방법/기준이 불합리하다고 응답한 기관은 없었다.

표 66. 측정기관별 8시간 시간가중평균치의 적정 계산

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	12(92.31)	2(100.00)	4(100.00)	11(73.33)	15(93.75)	44(88.00)
보통	1(7.69)	0(0.00)	0(0.00)	3(20.00)	1(6.25)	5(10.00)
미흡	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	1(6.67)	0(0.00)	1(2.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

너) 작업환경측정 책임자 경력

지정측정기관 인력의 경력은 측정결과의 신뢰성 향상을 위하여 간접적인 연관이 있으며 미국산업위생학회에서도 측정 및 분석결과에 대한 경력에 대한 항목은 주요한 것으로 발표하고 있다.

작업환경측정 책임자의 측정경력 년 수 여부 대하여 “우수, 보통, 미흡”으로 구분하여 평가하였다.

평가방법으로는 확인할 수 있는 문서를 조사하여 기록하도록 하였으며, 경력은 작업환경측정업무를 수행한 총 경력을 의미한다. 평가기준으로는 경력이 15년 이상인 경우 “우수”, 14~10년인 경우 “보통”, 10년 미만인 경우 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 작업환경측정 책임자의 측정경력이 15년 이상인 기관이 총 50개소 중 74.0%(37개소)이었으며, 10년 미만인 기관이 4.0%(2개소)가 있었다. 기타의견으로 “평가기준에서 경력기간을 조절(10년 이상, 5년 이상, 5년 미만)하자”는 응답이 3개소, “경력이 평가항목으로 불합리하다”는 응답도 1개소 있었다.

표 67. 측정기관별 작업환경측정 책임자의 측정경력 년 수

(단위 : 개소(%))

기관구분 / 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	12(92.31)	2(100.00)	3(75.00)	9(60.00)	11(68.75)	37(74.00)
보통	1(7.69)	0(0.00)	1(25.00)	5(33.33)	4(25.00)	11(22.00)
미흡	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	1(6.67)	1(6.25)	2(4.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

더) 분석 책임자의 경력

분석책임자의 경력은 분석결과의 정확도 및 정밀도와 큰 연관이 있으며 미국산업위생학회에서도 분석자의 경력은 신뢰성 향상에 많은 영향을 미치는 것으로 발표되었다. 평가방법으로는 확인할 수 있는 문서를 조사하여 기록하도록 하였으며, 경력은 산업보건 분석업무를 수행한 총 경력을 의미한다. 평가기준으로는 경력이 15년 이상인 경우 “우수”, 14~10년 인 경우 “보통”, 10년 미만인 경우 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 15년 이상인 기관이 총 50개소 중 26.0%(13개소)이었으며, 10년 미만인 기관이 42.0%(21개소)가 있었다. 기타의견으로 “평가기준에서 경력기간을 조절하자”는 응답이 2개소, “경력이 평가항목으로 불합리하다”는 응답도 1개소 있었다.

표 68. 측정기관별 분석 책임자의 분석경력 년 수

(단위 : 개소(%))

기관구분 / 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	4(30.77)	1(50.00)	3(75.00)	3(20.00)	2(12.50)	13(26.00)
보통	5(38.46)	1(50.00)	1(25.00)	5(33.33)	4(25.00)	16(32.00)
미흡	4(30.77)	0(0.00)	0(0.00)	7(46.67)	10(62.50)	21(42.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

러) 분석 외부기관 의뢰 시 적정성

지정측정기관의 시설, 인력, 장비기준에 선택장비로 되어있는 경우 사업장 위탁측정기관은 시료를 의뢰할 수밖에 없다. 이 경우 최소한 측정결과의 신뢰성을 보장하기 위해서는 각종 문서의 보관이 필수적일 수 있다. 석면 등 특정 시료의 분석을 외부기관에 의뢰해야 하는 경우 각종 문서의 보관 및 결과 적정 반영 여부 대하여 “우수, 보통, 미흡”으로 구분하여 평가하였다.

평가방법으로 시료분석의뢰 문서철 및 시료를 의뢰한 측정결과표(무작위 5개 선정)를 조사하여 의뢰된 시료의 몇 %가 의뢰서, 통보받은 분석결과서, 그 결과가 측정결과표 상에 적절히 반영되는지를 기록하도록 하였다. 또한, 1개의 측정결과표상 나타난 측정치 중 90% 이상의 측정치에 대해 적정하다고 판단되면 100% 적정하다고 간주하였다. 평가기준으로는 시료를 의뢰한 5개의 측정결과표 중 5개 적정한 경우, 시료를 의뢰할 필요가 없는 경우 “우수”, 3개에서 4개 적정한 경우 “보통”, 2개 이하가 적정한 경우 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 적정한 기관이 총 50개소 중 96.0%(48개소)이었으며, 일부 적정인 기관이 4.0%(2개소)가 있었다. 평가항목, 평가방법/기준이 불합리하다고 응답한 기관은 없었다.

표 69. 측정기관별 분석 외부기관 의뢰 시 문서의 보관 및 결과 적정 반영

(단위 : 개소(%))

기관구분 / 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	13(100.00)	2(100.00)	4(100.00)	15(100.00)	14(87.50)	48(96.00)
보통	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	2(12.50)	2(4.00)
미흡	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

머) 시료 전달시 인수인계대장 작성・보관

기본적으로 측정한 시료는 분석실에 전달되어야 한다. 이 과정에서 인수인계 대장의 작성은 측정결과의 신뢰성 유지에 상당히 영향을 미칠 것으로 보인다.

시료 전달시 인수인계대장 작성・보관 여부 대한 평가방법으로 작성・보관하는 경우, 대장과 측정결과표를 조사하여 몇 %가 인수인계대장에 기록되는지를 조사하였다. 또한, 1개의 측정결과표상 나타난 시료 중 90% 이상의 시료에 대해 인수인계 대장에 작성되어 있다면 그 결과표에 한해 100% 적정하다고 간주하였다.

평가기준으로는 5개의 측정결과표 중 5개 모두 인수인계대장에 작성되어있는 경우 “우수”, 3개에서 4개 적정한 경우 “보통”, 2개 이하가 적정한 경우 또는 인수인계 대장이 없는 경우 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 시료 전달시 인수인계대장 작성・보관이 우수한 기관이 총 50개소 중 80.0%(40개소)이었으며, 미흡한 기관이 12.0%(6개소)가 있었다. 기타내용으로는 “전산통합관리하고 있다”는 기관이 있었다.

표 70. 측정기관별 시료 전달시 인수인계대장 작성・보관

(단위 : 개소(%))

기관구분 / 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	12(92.31)	2(100.00)	2(50.00)	10(66.67)	14(87.50)	40(80.00)
보통	1(7.69)	0(0.00)	0(0.00)	2(13.33)	1(6.25)	4(8.00)
미흡	0(0.00)	0(0.00)	2(50.00)	3(20.00)	1(6.25)	6(12.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

버) 실험실 보관대장

시료채취에 대한 내용을 인계받을 경우 실험실에 보관대장이 마련되어야 하며 시료에 대한 정보를 담고 있어야 한다.

평가방법으로 작성・보관하는 경우, 대장과 측정결과표를 조사하여 몇 %가 실험실 보관대장에 기록되는지를 파악하고 작성하지 않는 경우 사유를 기록하도록 하였으며, 1개의 측정결과표상 나타난 시료 중 90% 이상의 시료가 실험실 보관대장에 작성되어 있다면 그 결과표에 한해 100% 적정하다고 간주하였다. 또한, 보관대장에는 시료도착일, 시료보존 방법, 시료저장방법, 시료채취대장에 명기된 시료와 일치 여부, 분석일, 분석방법 등의 기재여부에 따라 판단하도록 하였다. 평가기준으로는 실험실 보관대장 작성・보관 여부 대하여 5개의 측정결과표 중 5개 모두 실험실 보관대장에 작성되어있는 경우 “우수”, 3개에서 4개 적정한 경우 “보통”, 2개 이하가 적정한 경우 또는 보관대장이 없는 경우 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 우수한 기관이 총 50개소 중 70.0%(35개소)이었으며, 미흡한 기관이 12.0%(6개소)가 있었다. 평가항목, 평가방법/기준이 불합리하다고 응답한 기관은 없었다.

표 71. 측정기관별 실험실 보관대장 작성·보관

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	11(84.62)	1 (50.00)	2(50.00)	11(73.33)	10(62.50)	35(70.00)
보통	1(7.69)	0 (0.00)	1(25.00)	3(20.00)	4(25.00)	9 (18.00)
미흡	1(7.69)	1(50.00)	1(25.00)	1(6.67)	2(12.50)	6 (12.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50 (100.00)

(3) 시설·장비의 성능

가) 측정장비에 대한 매뉴얼・이력 관리 및 기록유지

측정장비는 그 자체로의 성능이 중요할 수 있지만 그 장비에 대한 매뉴얼, 이력관리 및 기록유지를 통하여 성능이 유지될 수 있다. 주요 측정장비에 대한 매뉴얼・이력 관리 및 기록유지의 적절성 여부에 대한 평가방법으로는 매뉴얼, 장비・점검대장 등을 조사하여 주요 측정장비별로 전체 보유대수 중 몇 대가 관련 기록을 보유하고 있는지를 파악하고 기록 유지를 하지 않는 경우 그 사유를 기록과 주요 측정장비(개인시료채취기, 유량보정기, 지시소음계, 누적소음계)에 대한 설명서, 구입, 수리 및 점검일자 등을 기록하고 있는지 여부를 구분하여 판단하였다. 평가기준으로는 장비별로 대장을 보유하여 구입, 수리 및 정기점검일자를 가지고 있는 경우 “우수”, 구입 및 수리여부 기록만 있는 경우 “보통”, 대장이 없거나 구입기록만 있는 경우 “미흡”으로 구분하였지만, 기관이 보유한 주요 측정장비의 80%이상이 관련대장을 보유하고 있어야만 위 항의 평가기준에 따라 평가하고, 80%미만 시 어떤 경우라도 미흡으로 판단하였다.

전체적인 평가결과 측정장비에 대한 매뉴얼・이력 관리 및 기록유지가 우수한 기관이 총 50개소 중 64.0%(32개소)이었으며, 미흡하다고 응답한 기관이 6.0%(3개소)가 있었다. 평가항목, 평가방법/기준이 불합리하다고 응답한 기관은 없었으나 참고의견으로 평가표에서 보유대수를 기록하는 표는 삭제하였으면 좋

겠다는 의견이 있었다.

표 72. 측정기관별 측정장비에 대한 매뉴얼·이력 관리 및 기록유지

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병·의원	사단법인	계
우수	7(53.85)	1(50.00)	3(75.00)	10(66.67)	11(68.75)	32(64.00)
보통	5(38.46)	1(50.00)	1(25.00)	5(33.33)	3(18.75)	15(30.00)
미흡	1(7.69)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	2(12.50)	3(6.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

나) 분석장비에 대한 매뉴얼·이력 관리 및 기록유지

측정장비와 마찬가지로 분석장비에 대한 매뉴얼, 이력관리 및 기록유지를 통하여 성능이 유지될 수 있다.

주요 분석장비에 대한 매뉴얼·이력 관리 및 기록유지의 적절성 여부에 대하여 “우수, 보통, 미흡”으로 구분하여 평가하였다.

평가방법으로는 매뉴얼, 장비·점검대장 등을 조사하여 주요 분석장비별로 전체 보유대수 중 몇 대가 관련 기록을 보유하고 있는지를 파악하고, 주요 분석장비(광전분광광도계, 가스크로마토그래피 또는 GC/MS, 원자흡광광도계 또는 유도결합플라즈마, 고성능액체크로마토그래피, 천칭)에 대한 설명서, 구입, 수리 및 점검일자 등을 기록하고 있는지 여부를 구분하여 판단하였다. 평가기준으로는 장비별로 대장을 보유하여 구입, 수리 및 정기 점검일자를 가지고 있는 경우 “우수”, 구입 및 수리여부 기록만 있는 경우 “보통”, 대장이 없거나 구입기록만 있는 경우 “미흡”으로 구분하였지만, 기관이 보유한 주요 분석장비의 80%이상이 관련대장을 보유하고 있어야만 위 항의 평가기준에 따라 평가하고, 80%미만시 어떤 경우라도 미흡으로 판단하였다.

전체적인 평가결과 분석장비에 대한 매뉴얼·이력 관리 및 기록유지가 우수

한 기관이 총 50개소 중 72.0%(36개소)이었으며, 미흡하다고 응답한 기관이 4.0%(2개소)가 있었다. 평가항목, 평가방법/기준이 불합리하다고 응답한 기관은 없었다.

표 73. 측정기관별 분석장비에 대한 매뉴얼·이력 관리 및 기록유지

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병·의원	사단법인	계
우수	12(92.31)	2(100.00)	3(75.00)	8(53.33)	11(68.75)	36(72.00)
보통	1(7.69)	0(0.00)	1(25.00)	6(40.00)	4(25.00)	12(24.00)
미흡	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	1(6.67)	1(6.25)	2(4.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

다) 국내·외 공인시험·교정기관 및 검사기관에서의 인정

시설 및 설비의 성능을 가장 잘 유지하는 경우는 국내·외 공인시험·교정기관 및 검사기관에서의 인정받는 경우이다. 국내·외 공인시험·교정기관 및 검사기관에서의 인정 여부에 대하여 “우수, 보통, 미흡”으로 구분하여 평가하였다.

평가방법으로는 인정받은 경우 인정서등을 조사하여 기록(국내·외 공인시험·교정기관 및 검사기관은 KOLAS, ILAC, APLAC, NACLA, NATA, EN 45003 및 ISO Guide 58 등을 의미)하도록 하였고, 평가기준으로는 인정받은 경우 “우수”, 인정 후 반납·취소된 경우 “보통”, 인정받은 적이 없는 경우 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 인정받은 기관이 총 50개소 중 24.0%(12개소)이었으며, 인정받은 적 없다 응답한 기관이 68.0%(34개소)가 있었다. 평가항목, 평가방법/기준이 불합리하다는 의견으로는 외부기관에서의 인정보다는 기기판매회사에서의 주기적 유지, 보수수행을 하는 기관에서는 필요가 없다는 의견과 평가의 가

중치를 조정해야 한다는 의견이 있었다.

표 74. 측정기관별 국내·외 공인시험·교정기관 및 검사기관에서의 인정

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병·의원	사단법인	계
우수	4(30.77)	0(0.00)	2(50.00)	2(13.33)	4(25.00)	12(24.00)
보통	0(0.00)	0(0.00)	1(25.00)	1(6.67)	2(12.50)	4(8.00)
미흡	9(69.23)	2(100.00)	1(25.00)	12(80.00)	10(62.50)	34(68.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

라) 시료채취장비 주기적 유지·보수

시료채취장비의 주기적 유지·보수는 장비의 성능에 많은 영향을 미친다. 시료채취장비를 외부전문기관(기기판매회사 포함)에 의뢰하여 주기적으로 유지·보수 수행여부에 대한 평가방법으로는 유지·보수대장 등을 조사하도록 하였으며 기록 유지를 하지 않는 경우 사유를 기록하도록 하였다. 평가기준으로는 주기적으로 실시하는 경우 “우수”, 실시한 경험이 있는 경우 “보통”, 실시한 경험이 없는 경우 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 주기적으로 실시한다는 기관이 총 50개소 중 46.0%(23개소)이었으며, 실시한적 없음이라고 응답한 기관이 6.0%(3개소)가 있었다.

시료채취장비 유지·보수의 주기는 6월, 1년, 2년 등 다양하였으며 의뢰하는 기관은 수업 및 판매업체가 가장 많았고 한국산업기술시험원, 한국표준과학연구원 등이었다. 평가항목, 평가방법/기준이 불합리하다는 의견 중에는 기기의 이상이 있을 시에 유지, 보수를 수행한다고 했으며 기관 자체적으로 기기를 유지, 보수한 경우도 평가항목에 포함시켜야 한다는 의견이 있었다. 참고내용으로 시료채취장비를 정확히 표현할 필요가 있다는 의견이 있었다.

표 75. 측정기관별 시료채취장비 주기적 유지・보수

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	6(46.15)	1(50.00)	3(75.00)	5(33.33)	8(50.00)	23(46.00)
보통	6(46.15)	1(50.00)	1(25.00)	9(60.00)	7(43.75)	24(48.00)
미흡	1(7.69)	0(0.00)	0(0.00)	1(6.67)	1(6.25)	3(6.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

마) 분석장비 주기적 유지・보수

분석장비의 주기적 유지・보수는 장비의 성능에 많은 영향을 미친다. 분석장비를 외부전문기관(기기판매회사 포함)에 의뢰하여 주기적으로 유지・보수 수행 여부에 대한 평가방법으로는 유지・보수대장 등을 조사하고 기록 유지를 하지 않는 경우 사유를 기록하도록 하였다. 평가기준으로는 주기적으로 실시하는 경우 “우수”, 실시한 경험이 있는 경우 “보통”, 실시한 경험이 없는 경우 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 주기적으로 실시한다는 기관이 총 50개소 중 34.0%(17개소)이었으며, 실시하지 않는다고 응답한 기관이 10.0%(5개소)가 있었다. 기타내용으로 평가항목, 평가방법/기준이 불합리하다는 의견 중에는 “주기적으로 유지, 보수를 하게 된다면 거기에 따른 비용이 너무 많이 소요되므로 기기의 이상시 보수하는 것이 더 나을 듯 하다”는 의견이 있었다.

표 76. 측정기관별 분석장비 주기적 유지・보수

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	5(38.46)	2(100.00)	4(100.00)	5(33.33)	1(6.25)	17(34.00)
보통	7(53.85)	0(0.00)	0(0.00)	8(53.33)	13(81.25)	28(56.00)
미흡	1(7.69)	0(0.00)	0(0.00)	2(13.33)	2(12.50)	5(10.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

바) 분석장비 실험실용 후드장치 보유 등

가스크로마토그래피나 원자흡광분광기에서는 다양한 유해물질의 노출이 있을 수 있다. 따라서 산업안전보건법상 국소배기시설의 설치가 필요하고 적절한 제어풍속의 관리도 중요하며 이는 분석장비의 성능과도 연계될 수 있다.

각 분석장비(GC, AA 등)별 실험실용 후드장치 보유 및 사용지침서 등 보유여부에 대한 평가방법으로는 장비별 후드 확인 및 사용지침서 확인하고 후드가 설치여부를 확인하였다. 평가기준으로는 후드가 설치되고 제어풍속이 적정한 경우 “우수”, 제어풍속 미만인 경우 “보통”, 후드를 설치하지 아니한 경우 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 분석장비 실험실용 후드장치 보유여부가 우수한 기관이 총 50개소 중 80.0%(40개소)이었으며, 미흡으로 평가된 기관은 없는 것으로 나타났다. 평가항목, 평가방법/기준이 불합리하다고 응답한 기관은 없었다.

표 77. 측정기관별 분석장비별 실험실용 후드장치 및 사용지침서 등 보유

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	9(69.23)	2(100.00)	4(100.00)	12(80.00)	13(81.25)	40(80.00)
보통	4(30.77)	0(0.00)	0(0.00)	3(20.00)	3(18.75)	10(20.00)
미흡	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

사) 장비의 사용 및 운영지침 또는 매뉴얼 보유

시료채취장비 및 이에 관련된 보정장비의 성능향상을 위해서는 매뉴얼 및 자체적으로 운영지침을 개발하여 사용하면 효과적이다.

시료채취장비 및 이에 관련된 보정장비의 사용 및 운영지침(또는 매뉴얼)보유 여부에 대한 평가방법으로는 관리대장・매뉴얼 등을 조사하여 관련 장비들의 몇 %가 관련기록을 보유하고 기록되어 있는지 확인하였다. 평가기준으로는 관련 장비들의 80% 이상이 사용 및 운영지침 또는 매뉴얼이 있는 경우 “우수”, 그 외의 경우 “보통”, 전혀 보유하고 있지 않는 경우 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 장비의 사용 및 운영지침 또는 매뉴얼을 보관하고 있는 기관이 총 50개소 중 58.0%(39개소)이었으며, 보관하고 있지 않은 기관이 8.0%(4개소)가 있었다. 평가항목, 평가방법/기준이 불합리하다고 응답한 기관은 없었다.

표 78. 측정기관별 장비의 사용 및 운영지침 또는 매뉴얼 보유

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	9(69.23)	1(50.00)	4(100.00)	7(46.67)	8(50.00)	39(58.00)
보통	4(30.77)	1(50.00)	0(0.00)	6(40.00)	6(37.50)	17(34.00)
미흡	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	2(13.33)	2(12.50)	4(8.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

아) 직독식 장비의 적정성

직독식 장비는 본 조사에서 사용하기에는 법적으로 제한이 따르지만 작업환경측정 예비조사 등에 상당히 많이 활용된다. 따라서 이러한 장비의 성능유지를 위해서는 올바른 관리가 필요하다.

직독식 장비의 사용, 운반, 보관, 유지・관리에 대한 적정 여부 대한 평가방법으로는 직독식 장비(산소농도 측정기, 검지관 세트, 열선풍속계, 회전계(RPM 측정기)에 대한 사용실적 및 관리대장 구비여부를 확인후 평가하였고, 산소농도측정기 경우 측정센서의 주기적 교환 여부, 검지관 경우 보관장소의 적정성 여부 및 유효기간 준수여부를 감안하여 평가하였다. 평가기준으로는 센서가 주기적으로 교환되고 있고, 검지관이 냉암소에 보관되어 있고, 유효기간을 준수하는 경우 “우수”, 그 외의 경우 “보통”, 관련사실을 확인 불가한 경우“미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 직독식 장비의 적정성이 우수한 기관이 총 50개소 중 38.0%(19개소)이었으며, 미흡하다는 기관이4.0%(2개소)가 있었다. 평가항목, 평가방법/기준이 불합리하다는 의견 중에는 직독식 장비의 사용실적을 기록관리해야 할 명확한 이유는 없다고 생각한다는 것과 센서의 주기적인 교환 보다는 실제 작동 시 이상여부에 따라 평가하는 방안을 검토하자는 의견과 유효기간이 지난 검지관 보관이 잘못된 것이 아니라는 참고내용이 있었다.

표 79. 측정기관별 직독식 장비의 사용, 운반, 보관, 유지・관리

(단위 : 개소(%))

기관구분 / 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	5(38.46)	1(50.00)	2(50.00)	4(26.67)	7(43.75)	19(38.00)
보통	8(61.54)	1(50.00)	2(50.00)	10(66.67)	8(50.00)	29(58.00)
미흡	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	1(6.67)	1(6.25)	2(4.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

자) 장비 책임자 지정

시료채취 및 분석에 사용되는 장비에 대한 책임자 지정 여부 대한 평가방법으로는 책임자가 지정된 문서 등을 조사하여 파악하였다. 평가기준으로는 지정된 경우 “우수”, 일부 지정된 경우 “보통”, 지정되지 않은 경우 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 지정된 기관이 총 50개소 중 84.0%(42개소)이었으며, 지정되지 않은 기관이 2.0%(1개소)가 있었다. 기타 평가항목, 평가방법/기준이 불합리하다는 의견 중에는 평가 항목 자체에 필요성을 느끼지 못한다는 의견이 있었다.

표 80. 측정기관별 장비 책임자 지정

(단위 : 개소(%))

기관구분 / 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	11(84.62)	2(100.00)	3(75.00)	13(86.67)	13(81.25)	42(84.00)
보통	2(15.38)	0(0.00)	1(25.00)	2(13.33)	2(12.50)	7(14.00)
미흡	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	1(6.25)	1(2.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

차) 배기 또는 배액처리를 위한 설비 및 성능・운영

산업안전보건법상 지정측정기관의 설비에 배기 또는 배액처리를 위한 설비를 구비하도록 하고 있다.

분석을 행함에 있어 유해물질을 배기 또는 배액처리를 위한 설비 및 성능·운영의 적정 여부에 대한 평가방법으로는 설비를 직접 확인한 후 기록하도록 하였다. 평가기준으로는 배액처리 설비 및 관리대장이 있는 경우 “우수”, 관리대장만 있는 경우 “보통”, 관리대장도 없는 경우 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 배기 또는 배액처리를 위한 설비 및 성능·운영이 우수한 기관이 총 50개소 중 66.0%(33개소)이었으며, 미흡하다는 기관이 14.0%(7개소)가 있었다. 대부분 위탁처리하고 있는 것으로 나타났다. 기타 의견 중에는 배액처리설비를 어느 선까지 인정할 것인가라는 참고내용이 있었다.

표 81. 측정기관별 배기 또는 배액처리를 위한 설비 및 성능 ·운영

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병·의원	사단법인	계
우수	9(69.23)	1(50.00)	3(75.00)	10(66.67)	10(62.50)	33(66.00)
보통	2(15.38)	1(50.00)	1(25.00)	4(26.67)	2(12.50)	10(20.00)
미흡	2(15.38)	0(0.00)	0(0.00)	1(6.67)	4(25.00)	7(14.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

카) 실험실내 비상용 샤워와 세안설비 보유

실험실내 비상용 샤워와 세안설비 보유 여부에 대한 평가방법으로는 설비를 직접 확인한 후 기록하도록 하였다. 평가기준으로는 설비를 보유하고 작동상태가 양호한 경우 “우수”, 작동이 잘되지 않는 경우 “보통”, 시설이 없는 경우 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 실험실내 비상용 샤워와 세안설비가 우수한 기관이 총 50개소 중 18.0%(9개소)이었으며, 미흡하다는 기관이 66.0%(33개소)가 있었다.

기타의견으로 평가항목, 평가방법/기준이 불합리하다는 의견 중에는 샤워설비가 실내인 관계로 부적절하고, 실험 시 샤워까지 필요한 위험, 위해작업은 없다는 의견이 있었다.

표 82. 측정기관별 실험실내 비상용 샤워와 세안설비 보유

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	5(38.46)	0(0.00)	1(25.00)	1(6.67)	2(12.50)	9(18.00)
보통	2(15.38)	0(0.00)	0(0.00)	4(26.67)	2(12.50)	8(16.00)
미흡	6(46.15)	2(100.00)	3(75.00)	10(66.67)	12(75.00)	33(66.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

타) 실험실내 가스용기 전도 방지를 위한 조치

시설 및 장비의 올바른 유지 관리를 위해서는 가스용기 전도 방지를 위한 조치가 필수적이다. 따라서 실험실내 가스용기 전도 방지를 위한 조치 여부에 대한 평가방법으로는 설비를 직접 확인하여 조치여부를 판단한 후 기록하도록 하였다. 평가기준으로는 모든 가스용기에 대해 전도방지 조치를 한 경우 “우수”, 일부 조치한 경우 “보통”, 전혀 조치하지 않은 경우 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 실험실내 가스용기 전도 방지를 위한 조치가 우수한 기관이 총 50개소 중 74.0%(37개소)이었으며, 미흡하다는 기관이 14.0%(7개소)가 있었다. 기타 평가항목, 평가방법/기준이 불합리하다는 의견 중에 “실험실 외부에 가스용기를 보관하고 있으며, 실내 가스검지기를 설치하고 있어 이에 맞는 평가 항목이 바뀌어야 한다”는 의견이 있었다.

표 83. 측정기관별 실험실내 가스용기 전도 방지를 위한 조치

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	10(76.92)	2(100.00)	4(100.00)	10(66.67)	11(68.75)	37(74.00)
보통	1(7.69)	0(0.00)	0(0.00)	3(20.00)	2(12.50)	6(12.00)
미흡	2(15.38)	0(0.00)	0(0.00)	2(13.33)	3(18.75)	7(14.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

파) 시약의 특성에 따른 적정 보관

실험에 사용하는 시약의 특성(인화성, 폭발성 등)에 따른 적정 보관(캐비넷 사용 등)여부에 대한 평가방법으로는 캐비넷 등을 직접 확인한 후 기록하도록 하였다. 평가기준으로는 특성에 따라 보관하는 경우 “우수”, 일부 시약에 대해 별도로 보관하는 경우 “보통”, 구분을 하지 않는 경우 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 시약의 특성에 따른 적정 보관이 우수한 기관이 총 50개소 중 34.0%(17개소)이었으며, 미흡한 기관이 18.0%(9개소)가 있었다. 기타 평가항목, 평가방법/기준이 불합리하다는 의견 중에는 “유기용제류, 산알칼리류, 고체시약류로 구분되어 관리되는지 묻는 평가항목이 필요한 것 같다”는 참고내용이 있었다.

표 84. 측정기관별 시약의 특성에 따른 적정 보관

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	3(23.08)	1(50.00)	3(75.00)	6(40.00)	4(25.00)	17(34.00)
보통	8(61.54)	1(50.00)	1(25.00)	4(26.67)	10(62.50)	24(48.00)
미흡	2(15.38)	0(0.00)	0(0.00)	5(33.33)	2(12.50)	9(18.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

하) 실험실 보건안전 상태

실험실 보건안전지침(수칙)의 문서화 및 보건안전상태의 적정 여부 대한 평가방법으로는 보건안전지침 및 상태(화학물질의 누출이나 전기설비의 누전등 사고시 행동요령 등이 기재)를 확인하여 기록하도록 하였다. 평가기준으로는 지침이 문서화되어 있고 그에 따른 상태가 적정한 경우 “우수”, 문서화는 되어 있지 않으나 보건안전상태가 적정한 경우 “보통”, 문서화도 되어있지 않고 상태도 불량한 경우 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 실험실 보건안전 상태가 우수한 기관이 총 50개소중 50.0%(25개소)이었으며, 미흡하다는 기관이 4.0%(2개소)가 있었다. 기타 평가항목, 평가방법/기준이 불합리와 관련된 의견 중에는 평가기준에서 “문서화는 되어 있으나, 보건안전상태가 불량한 경우”가 빠져있다는 의견이 있었다.

표 85. 측정기관별 실험실 보건안전 상태

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	9(69.23)	0(0.00)	3(75.00)	4(26.67)	9(56.25)	25(50.00)
보통	4(30.77)	2(100.00)	1(25.00)	10(66.67)	6(37.50)	23(46.00)
미흡	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	1(6.67)	1(6.25)	2(4.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

거) 실험실내 전용 보호용구 구비

실험실내 착용 가능한 전용 보호용구 구비의 적정 여부에 대한 평가방법으로는 보호용구를 확인하여 기록하도록 하였다. 평가기준으로는 보호용구의 종류(보안경, 방독마스크, 방진마스크, 유기용제용 장갑, 실험복 등)를 모두 구비하고 있는 경우 “우수”, 3가지 이상 구비하고 있는 경우 “보통”, 3가지 미만으로 구비된 경우 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 실험실내 전용 보호용구 구비가 우수한 기관이 총 50개소중 64.0%(32개소)이었으며, 미흡한 기관이 10.0%(5개소)가 있었다. 기타 평가항목, 평가방법/기준이 불합리하다고 응답한 기관은 없었다.

\

표 86. 측정기관별 실험실내 전용 보호용구 구비

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	7(53.85)	1(50.00)	3(75.00)	9(60.00)	12(75.00)	32(64.00)
보통	5(38.46)	1(50.00)	1(25.00)	4(26.67)	2(12.50)	13(26.00)
미흡	1(7.69)	0(0.00)	0(0.00)	2(13.33)	2(12.50)	5(10.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

너) 시료보관 전용의 냉장실 및 냉동실

시료보관 전용의 냉장실 및 냉동실 적정 운영 여부에 대한 평가방법으로는 냉장・냉동실을 직접 확인하여 시료 이외의 음료, 음식물 등 보관여부를 확인하여 판단하도록 하였다. 평가기준으로는 냉장실 및 냉동실에 시료만 보관되어 있는 경우 “우수”, 냉장실 또는 냉동실에 시료 이외의 것이 보관되어 있는 경우 “보통”, 냉장실 및 냉동실 모두 시료이외의 것이 보관되어 있는 경우 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 우수한 기관이 총 50개소중 88.0%(44개소)이었으며, 미흡한 기관이 2.0%(1개소)가 있었다. 평가항목, 평가방법/기준이 불합리하다고 응답한 기관은 없었다.

표 87. 측정기관별 시료보관 전용의 냉장실 및 냉동실

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	12(92.31)	2(100.00)	2(50.00)	13(86.67)	15(93.75)	44(88.00)
보통	0(0.00)	0(0.00)	2(50.00)	2(13.33)	1(6.25)	5(10.00)
미흡	1(7.69)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	1(2.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

더) 분석장비 보유 여부

산업안전보건법상 구비하여야 할 필수 장비 이외의 분석장비 보유 여부에 대하여 조사하였다. 장비로는 고성능 액체크로마토그래피(HPLC), X-선 회절기(XRD), 적외선분광분석기(FTIR), 이온크로마토그래피(IC), GC-질량분석기(MSD), 위상차현미경 및 석면분석에 필요한 부속품(PCM, PLM, EM 등), 유도결합플라즈마(ICP) 또는 ICP/MS, 진동측정이 가능한 주파수 분석기 또는 방사선 측정장비, 기타 이와 동등한 장비로 구성하였다.

고성능 액체크로마토그래피(HPLC)를 보유하고 있는 기관은 50개 기관 중 37개소(74.0%)가 있었으며 X-선 회절기(XRD)를 보유하고 있는 기관은 없었고 적외선분광분석기(FTIR)는 1개 기관(2.0%)이 보유하고 있었으며 이온크로마토그래피(IC)는 17개 기관(34.0%)이 보유하고 있었다. 또한 GC-질량분석기(MSD)는 12개 기관(24.0%), 위상차현미경 및 석면분석에 필요한 부속품(PCM, PLM, EM 등)은 4개 기관(8.0%), 유도결합플라즈마(ICP) 또는 ICP/MS는 5개 기관(10.0%), 동측정이 가능한 주파수 분석기 또는 방사선 측정장비는 7개 기관(14.0%), 이와 동등한 장비는 3개기관(6.0%)가 보유하고 있었다.

표 88. 측정기관별 필수 장비 이외 분석장비 보유 대수

(단위 : 대(%))

기관구분 / 평가결과	대학병원	공기관	대학기관	병·의원	사단법인	계
HPLC	12(24.0)	2(4.0)	2(4.0)	14(28.0)	7(14.0)	37(74.0)
XRD	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
FTIR	1(2.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	1(2.0)
IC	7(14.0)	0(0.0)	2(4.0)	4(8.0)	4(8.0)	17(34.0)
GC-MSD	4(8.0)	0(0.0)	2(4.0)	2(4.0)	4(8.0)	12(24.0)
PCM, PLM	2(4.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	2(4.0)	4(8.0)
ICP	0(0.0)	1(2.0)	1(2.0)	2(4.0)	1(2.0)	5(10.0)
Frequency Analyzer	2(4.0)	1(2.0)	1(2.0)	1(2.0)	2(4.0)	7(14.0)
Others	1(2.0)	0(0.0)	1(2.0)	0(0.0)	0(0.0)	2(4.0)

(4) 보유 인력의 교육 이수·능력 개발, 전산화 정도 및 그 밖의 제반 사항

가) 측정인력의 전문교육 이수

지정 측정인력의 전문성 향상을 위한 전문교육 이수 여부에 대한 평가방법으로는 이수한 경우, 기록을 조사하여 기록(전문교육이라 함은 한국산업위생학회 참석, 산업안전공단 교육, 지정교육기관에 의한 교육을 의미)하였다. 평가기준으로는 1년 2회 이상 “우수”, 1년에 1회 “보통”, 교육 받은적 없는 경우 “미흡”으로 구분하였고, 횟수는 1인을 기준으로 한 것으로, 2인이 각 년1회씩 교육을 이수하였다면 1년 2회 이상으로 간주하였다.

전체적인 평가결과 1년에 2회이상한 기관이 총 50개소 중 50.0%(25개소)이었으며, 교육받은 적이 없음이라고 응답한 기관도 6.0%(3개소)가 있었다. 평가항목, 평가방법/기준이 불합리하다고 응답한 기관은 없었다. 기타 안전공단의 경우 신청한다고 다 가능한 것이 아니기 때문에 불합리하다는 내용이 있었다.

표 89. 측정기관별 지정 측정인력의 전문성 향상을 위한 전문교육 이수

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	4(30.77)	2(100.00)	3(75.00)	6(40.00)	10(62.50)	25(50.00)
보통	8(61.54)	0(0.00)	1(25.00)	7(46.67)	6(37.50)	22(44.00)
미흡	1(7.69)	0(0.00)	0(0.00)	2(13.33)	0(0.00)	3(6.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

나) 분석인력의 전문교육 이수

지정 분석인력의 전문성 향상을 위한 전문교육 이수 여부에 대한 평가방법으로는 이수한 경우, 기록을 조사하여 기록(전문교육이라 함은 한국산업위생학회 참석, 산업안전공단 교육, 지정교육기관에 의한 교육을 의미)하였다. 평가기준으로는 1년 2회 이상 “우수”, 1년에 1회 “보통”, 교육 받은 적 없는 경우 “미흡”으로 구분하였고, 횟수는 1인을 기준으로 한 것으로, 2인이 각 년1회씩 교육을 이수하였다면 1년 2회 이상으로 간주하였다.

전체적인 평가결과 1년에 2회이상한 기관이 총 50개소 중 54.0%(27개소)이었으며, 교육받은 적 없음이라고 응답한 기관이 4.0%(2개소)가 있었다.

분석인력의 전문교육은 측정인력의 교육내용보다 다소 종류가 많았으며 한국산업안전공단, 한국산업위생학회, 한국산업보건분석협의회, 이외에 KOLAS 교육, 대한산업보건협회 분석, 장비회사, 분석전문교육, 분석회사 교육 등이 있었다. 평가항목, 평가방법/기준이 불합리하다고 응답한 기관은 없었다.

표 90. 측정기관별 지정 분석인력의 전문성 향상을 위한 전문교육 이수

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	9(69.23)	0(0.00)	2(50.00)	4(26.67)	12(75.00)	27(54.00)
보통	4(30.77)	2(100.00)	2(50.00)	9(60.00)	4(25.00)	21(42.00)
미흡	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	2(13.33)	0(0.00)	2(4.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

다) 계약직 직원의 교육훈련

계약직 직원에게도 정식직원에 상응하는 교육훈련 제공 여부에 대한 평가방법으로 이수한 경우, 기록을 조사하여 기록(전문교육이라 함은 한국산업위생학회 참석, 산업안전공단 교육, 지정교육기관에 의한 교육을 의미)하였다. 비정규직은 '정규직이 아닌 고용 형태'로 기간제(고용계약 기간이 1년 미만인 근로자(계약직, 임시직, 일용직 등)), 단시간 주당 근로시간이 36시간 미만으로 짧은 근로자(파트 타임 근로자 등), 파견 근로자(인력파견(공급) 업체에 고용된 뒤 그 인력을 필요로 하는 업체에 파견돼 일하는 근로자)등이 이에 해당된다고 명시하였다. 평가기준으로는 1년 2회 이상인 경우 또는 비정규직이 없는 경우(명확한 확인 필요) “우수”, 1년에 1회 “보통”, 교육 받은 적이 없는 경우 “미흡”으로 명시하였고, 횟수는 1인을 기준으로 한 것으로, 2인이 각 년1회씩 교육을 이수하였다면 1년 2회 이상으로 간주하였다.

전체적인 평가결과 1년에 2회이상한 기관이 총 43개소중 79.07%(34개소)이었으며, 교육받은 적 없음이라고 응답한 기관이 9.3%(4개소)가 있었다. 평가항목, 평가방법/기준이 불합리하다고 응답한 기관은 없었다.

표 91. 측정기관별 계약직 직원에게도 정식직원에 상응하는 교육훈련 제공

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	10(76.92)	2(100.00)	2(66.67)	9(64.29)	11(100.00)	34(79.07)
보통	2(15.38)	0(0.00)	1(33.33)	2(14.29)	0(0.00)	5(11.63)
미흡	1(7.69)	0(0.00)	0(0.00)	3(21.43)	0(0.00)	4(9.30)
계	13(30.23)	2(4.65)	3(6.98)	14(32.56)	11(25.58)	43(100.00)

라) 교육과 능력개발을 위한 훈련계획 등의 문서

전문성 향상을 위한 측정 및 분석요원의 교육과 능력개발을 위한 훈련계획 등의 문서 보유 여부에 대한 평가방법으로는 보유한 경우, 기록을 조사하여 기록하도록 하였다. 평가기준으로는 보유하고 있는 경우 “우수”, 보유한 적이 있는 경우 “보통”, 문서가 없는 경우 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 교육과 능력개발을 위한 훈련계획 등의 문서를 보유한다는 기관이 총 50개소 중 30.0%(15개소)이었으며, 문서 없음이라고 응답한 기관이 36.0%(18개소)가 있었다. 기타 의견 중에는 “훈련계획 등의 문서 보유로 평가하기에는 부적절하고 훈련실적과 이행평가가 적절하다”는 의견과 “측정기관의 평가항목보다는 기관자체의 업무능력향상의 관점에서 시행하고 있다는 것으로 보는 것이 적절하다”는 의견이 있었다.

표 92. 측정기관별 교육과 능력개발을 위한 훈련계획

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	2(15.38)	1(50.00)	2(50.00)	5(33.33)	5(31.25)	15(30.00)
보통	5(38.46)	1(50.00)	2(50.00)	4(26.67)	5(31.25)	17(34.00)
미흡	6(46.15)	0(0.00)	0(0.00)	6(40.00)	6(37.50)	18(36.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

마) 능력개발을 위한 기관장의 노력

교육 이외에 측정 및 분석요원의 능력개발(전문성 향상)을 위한 기관장의 노력 여부에 대한 평가방법으로는 능력개발을 위한 지원책이 있을 경우 관련 자료를 조사하였고, 측정・분석요원 등에 대하여 국가자격 취득을 위한 시간적 배려, 대학 등의 강의 활동 지원, 학원 수강시 금전적 지원 등을 포괄하여 판단하였다. 평가기준으로는 2건 이상 지원하고 있는 경우 “우수”, 1건이라도 지원이 있는 경우 “보통”, 전혀 지원이 없는 경우 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 우수한 기관이 총 50개소중 36.0%(18개소)이었으며, 미흡하다고 응답한 기관이 36.0%(18개소)가 있었다. 또한, 평가항목, 평가방법/기준이 불합리하다고 응답한 기관은 없었다.

표 93. 측정기관별 능력개발을 위한 기관장의 노력

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	5(38.46)	1(50.00)	2(50.00)	2(13.33)	8(50.00)	18(36.00)
보통	4(30.77)	0(0.00)	2(50.00)	5(33.33)	3(18.75)	14(28.00)
미흡	4(30.77)	1(50.00)	0(0.00)	8(53.33)	5(31.25)	18(36.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

바) 측정 및 분석전담자 인력변동

최근 3년간 측정 및 분석전담자 인력변동(입·퇴사)여부에 대한 평가방법으로는 인력변동이 없는 경우, 기록을 조사하고 변동된 경우 사유를 기록(자발적인 퇴사는 그 사유를 파악하여 판단)하도록 하였다. 평가기준으로는 변동이 없는 경우 “우수”, 1명이 이동한 경우 “보통”, 2명 이상 이동된 경우 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 변동 없다는 기관이 총 50개소 중 36.0%(18개소)이었으며, 2명이상 이동이라고 응답한 기관도 34.0%(17개소)가 있었다. 퇴사하는 사유로는 임금문제, 비정규직의 계약만료, 대학원진학, 공기업으로의 이직, 용역출장의 장기화, 개인사정 등이 있었다. 평가항목, 평가방법/기준이 불합리하다는 의견 중에는 “기관 및 개인의 프라이버시, 개인적인 취향문제 등으로 평가항목에 들어가는 것은 부적절하다”, “입사 후 1년 이내 퇴사한 인원수로 평가하자”는 의견이 있었다.

표 94. 측정기관별 최근 3년간 측정 및 분석전담자 인력변동

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병·의원	사단법인	계
우수	4(30.77)	2(100.00)	3(75.00)	5(33.33)	4(25.00)	18(36.00)
보통	5(38.46)	0(0.00)	1(25.00)	4(26.67)	5(31.25)	15(30.00)
미흡	4(30.77)	0(0.00)	0(0.00)	6(40.00)	7(43.75)	17(34.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

사) 측정·분석 인력의 계약직 직원 근무

측정·분석 인력의 계약직 직원 근무 여부에 대한 평가방법으로는 계약직이 없는 경우, 기록을 조사하고 계약직 인력을 보유한 경우 사유를 기록하도록 하였다. 비정규직은 ‘정규직이 아닌 고용 형태’로 기간제(고용계약 기간이 1년 미

만인 근로자(계약직, 임시직, 일용직 등)), 단시간 주당 근로시간이 36시간 미만으로 짧은 근로자(파트 타임 근로자 등), 파견 근로자(인력파견(공급) 업체에 고용된 뒤 그 인력을 필요로 하는 업체에 파견돼 일하는 근로자)등이 이에 해당된다고 명시하였다. 평가기준으로는 비정규직이 없는 경우 “우수”, 비정규직이 1명인 경우 “보통”, 비정규직이 2명 이상인 경우 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 계약직 직원이 없는 기관이 총 50개소 중 78.0%(39개소)이었으며, 2명이상 기관이 14.0%(7개소)가 있었다.

비정규직을 고용하는 사유로는 사업장에서 작업환경측정시 일정(몇 명이상의) 인력을 요구하는 문제 등이 있었다. 평가항목, 평가방법/기준이 불합리하다는 의견 중에 정규직과 비정규직으로 기관을 평가하는 것은 부적절하다는 의견과 평가기준을 전체인원 대비 %로 하자는 의견이 있었다.

표 95. 측정기관별 측정·분석 인력의 계약직 직원 근무

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병·의원	사단법인	계
우수	5(38.46)	2(100.00)	4(100.00)	13(86.67)	15(93.75)	39(78.00)
보통	5(15.38)	0(0.00)	0(0.00)	1(6.67)	1(6.25)	4(8.00)
미흡	6(46.15)	0(0.00)	0(0.00)	1(6.67)	0(0.00)	7(14.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

아) 설명회 개최 실적

작업환경측정결과 설명회 개최 실적 여부 대한 평가방법으로는 100인 이상 사업장의 측정결과표(무작위 5개)를 확인하여 실적을 기록하되 근로자 대표의 요구가 없어 개최하지 않은 경우는 그 사유를 명확히 파악하여 타당하게 평가하도록 하였다. 평가기준으로는 100인 이상 사업장에 60% 이상 개최한 경우 “우수”, 59~40%인 경우 “보통”, 40%미만인 경우 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 우수하다는 기관이 총 50개소 중 34.0%(17개소)이었으며, 미흡하다는 기관이 48.0%(24개소)가 있었다.

평가항목, 평가방법/기준이 불합리하다는 의견 중에는 “사업장에서의 요청에 의해서만 설명회가 이루어지는 것이므로 건수를 가지고 평가한다는 것은 부적절하다”는 의견이 있었지만 앞서 언급한 바와 같이 근로자 대표의 요구가 없어 개최하지 않은 경우는 그 사유를 명확히 파악하여 타당하게 평가하도록 하였다.

표 96. 측정기관별 작업환경측정결과 설명회 개최 실적

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	5(38.46)	0(0.00)	3(75.00)	4(26.67)	5(31.25)	17(34.00)
보통	2(15.38)	1(50.00)	0(0.00)	3(20.00)	3(18.75)	9(18.00)
미흡	6(46.15)	1(50.00)	1(25.00)	8(53.33)	8(50.00)	24(48.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

자) 작업환경측정 사업장 관리대장

작업환경측정 사업장 관리대장의 작성(전산화)상태 여부 대한 평가방법으로는 작성하는 경우 기록을 조사(사업장관리대장에는 사업장 정보(주소, 전화번호), 향후 측정일시, 담당자명 등이 기재되어 있어야 함)하였다. 평가기준으로는 자체개발 프로그램으로 관리하는 경우 “우수”, 엑셀 등으로 관리하는 경우 “보통”, 관리대장이 없는 경우 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 작업환경측정 사업장 관리대장 작성상태가 우수한 기관이 총 50개소 중 46.0%(23개소)이었으며, 미흡한 기관도 2.0%(1개소)가 있었다. 평가항목, 평가방법/기준이 불합리하다고 응답한 기관은 없었다.

표 97. 측정기관별 작업환경측정 사업장 관리대장의 작성(전산화)상태

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	7(53.85)	2(100.00)	2(50.00)	4(26.67)	8(50.00)	23(46.00)
보통	6(46.15)	0(0.00)	1(25.00)	11(73.33)	8(50.00)	26(52.00)
미흡	0(0.00)	0(0.00)	1(25.00)	0(0.00)	0(0.00)	1(2.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

차) 기관의 조직도 및 업무분장 문서화

지정측정기관의 조직도 및 업무분장 문서화 여부에 대한 평가방법으로는 문서화된 기록을 조사(조직도의 경우 측정기관 운영에 필요한 기술적인 업무 총괄책임자, 작업환경 측정의 계획, 결과 평가에 관한 책임자, 정도관리 책임자 등도 구분이 되어 있어야 하며, 직원들의 학력, 경력사항도 포함되어야 함)하였다. 평가기준으로는 기관의 조직도 및 업무분장이 되어 있는 경우 “우수”, 하나만 문서화되어 있는 경우 “보통”, 둘 다 보유하고 있지 않는 경우 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 기관의 조직도 및 업무분장 문서화가 우수한 기관이 총 50개소 중 68.0%(34개소)이었으며, 미흡한 기관이 4.0%(2개소)가 있었다. 평가항목, 평가방법/기준이 불합리하다고 응답한 기관은 없었다.

표 98. 측정기관별 지정측정기관의 조직도 및 업무분장 문서화

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병·의원	사단법인	계
우수	9(69.23)	2(100.00)	4(100.00)	9(60.00)	10(62.50)	34(68.00)
보통	4(30.77)	0(0.00)	0(0.00)	5(33.33)	5(31.25)	14(28.00)
미흡	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	1(6.67)	1(6.25)	2(4.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

카) 문서의 작성, 검토, 승인라인

작업환경측정결과표등 문서의 작성, 검토, 승인라인의 적정여부에 대한 평가방법으로는 측정결과표 5개를 무작위 추출하여 문서 작성자, 검토자, 승인자의 명확한 구분 및 결재여부를 확인하고 판단하였다. 평가기준으로는 측정결과표 5개 모두 적정한 경우 “우수”, 3~4개 적정한 경우 “보통”, 2개 이하인 경우 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 문서의 작성, 검토, 승인라인이 우수한 기관이 총 50개소 중 86.0%(43개소)이었으며, 미흡한 기관도 2.0%(1개소)가 있었다. 평가항목, 평가방법/기준이 불합리하다고 응답한 기관은 없었다.

표 99. 측정기관별 작업환경측정결과표등 문서의 작성, 검토, 승인라인

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병·의원	사단법인	계
우수	12(92.31)	2(100.00)	4(100.00)	11(73.33)	14(87.50)	43(86.00)
보통	1(7.69)	0(0.00)	0(0.00)	4(26.67)	1(6.25)	6(12.00)
미흡	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	1(6.25)	1(2.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

타) 안내 팜플렛 등의 보유 여부

기관 자체내에서 제작한 안내 팜플렛 등의 보유 여부(최근 2년 이내) 여부에 대한 평가방법으로는 팜플렛 또는 리플렛 등을 조사하여 기록하도록 하였다. 평가기준으로는 2년 이내 제작·배포한 경우 “우수”, 2년 이전 제작·배포한 경우 “보통”, 제작 실적이 없는 경우 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 2년 이내 제작·배포한 기관이 총 50개소 중 60.0%(30개소)이었으며, 제작실적없음이라 한 기관이 26.0%(26개소)가 있었다. 기타 평가항목, 평가방법/기준이 불합리하다는 의견 중에 “기관 자체에서 제작한 안내문 등은 발송하고 있지 않지만 노동부나 한국산업안전공단에서 발행한 안내문 및 자료 발송도 포함시켜야 한다”는 의견과 “이메일로 발송한 안내문 및 자료도 포함시켜야 한다”는 의견도 있었다.

표 100. 측정기관별 최근 2년 이내 안내 팜플렛 등의 보유 여부

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병·의원	사단법인	계
우수	10(76.92)	1(50.00)	2(50.00)	5(33.33)	12(75.00)	30(60.00)
보통	3(23.08)	0(0.00)	0(0.00)	3(20.00)	1(6.25)	7(14.00)
미흡	0(0.00)	1(50.00)	2(50.00)	7(46.67)	3(18.75)	13(26.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

파) 고객만족도 조사 실시

사업장 고객만족도 조사 실시 여부에 대한 평가방법으로는 실시한 경우 근거자료를 조사(고객만족도라 함은 작업환경서비스에 대한 설문조사 등을 실시하여 만족도등을 조사한 경우를 의미)하였다. 평가기준으로는 2년 이내에 실시한 적이 있는 경우 “우수”, 2년 이전에 실시한 적이 있는 경우 “보통”, 실시한 적이 없는 경우 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 고객만족도 조사를 실시하고 있다는 기관이 총 50개소 중 36.0%(18개소)이었으며, 실시한 적 없다는 기관이 48.0%(24개소)가 있었다. 기타 평가항목, 평가방법/기준이 불합리하다는 의견 중에 “2년의 주기로 만족도 조사는 주기가 너무 짧은 것 같다”는 의견이 있었다.

표 101. 측정기관별 사업장 고객만족도 조사 실시

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	6(46.15)	2(100.00)	0(0.00)	4(26.67)	6(37.50)	18(36.00)
보통	2(15.38)	0(0.00)	2(50.00)	1(6.67)	3(18.75)	8(16.00)
미흡	5(38.46)	0(0.00)	2(50.00)	10(66.67)	7(43.75)	24(48.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

하) 시약의 MSDS나 독성 및 기타자료 확보

시약의 물질안전보건자료(MSDS)나 독성 및 기타자료 확보여부 대한 평가방법으로는 자료를 조사(시약 5종 무작위 선정)하여 판단하였다. 평가기준으로는 5종 모두 있는 경우 “우수”, 3-4종 있는 경우 “보통”, 2종 이하인 경우 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 시약의 MSDS나 독성 및 기타자료 확보가 우수한 기관이 총 50개소 중 78.0%(39개소)이었으며, 미흡한 기관도 4.0%(2개소)가 있었다. 평가항목, 평가방법/기준이 불합리하다고 응답한 기관은 없었다.

표 102. 측정기관별 시약의 물질안전보건자료나 독성 및 기타자료 확보

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	9(69.23)	2(100.00)	4(100.00)	12(80.00)	12(75.00)	39(78.00)
보통	4(30.77)	0(0.00)	0(0.00)	3(20.00)	2(12.50)	9(18.00)
미흡	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	2(12.50)	2(4.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

거) 측정결과표의 전산화

작업환경측정결과표의 전산화 적정 여부에 대한 평가방법으로는 전산화된 경우 그 여부를 조사하였다. 평가기준으로는 자체개발한 프로그램을 사용하는 경우 “우수”, 매년 측정결과를 한글파일로 체계화하여 보관하는 경우 “보통”, 한글파일로 보관하고 있으나 체계화되어 있지 않은 경우 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 측정결과표의 전산화가 우수한 기관이 총 50개소 중 52%(26개소)이었으며, 미흡한 기관이 2.0%(1개소)가 있었다. 평가항목, 평가방법/기준이 불합리하다고 응답한 기관은 없었다.

표 103. 측정기관별 작업환경측정결과표의 전산화 적정

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	7(53.85)	2(100.00)	2(50.00)	6(40.00)	9(56.25)	26(52.00)
보통	6(46.15)	0(0.00)	2(50.00)	8(53.33)	7(43.75)	23(46.00)
미흡	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	1(6.67)	0(0.00)	1(2.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

너) 시약·물품의 선정, 구매 및 보관절차의 문서화

측정 또는 분석과 관련된 모든 시약·물품의 선정, 구매 및 보관절차의 문서화(전산화) 여부에 대한 평가방법으로는 보관대장(파일) 등의 자료를 조사하였다. 평가기준으로는 시약·물품의 구매일자, 구매수량 등이 기록되어 있는 보관대장(파일)을 보유하는 경우 “우수”, 시약 또는 물품 중 1개의 보관대장(파일)을 보유하는 경우 “보통”, 전혀 문서화가 되어 있지 않은 경우 “미흡”으로 구분하였다. 전체적인 평가결과 시약·물품의 선정, 구매 및 보관절차의 문서화가 우수한 기관이 총 50개소 중 78.0%(39개소)이었으며, 미흡한 기관이 4.0%(2개소)가 있었다. 평가항목, 평가방법/기준이 불합리하다고 응답한 기관은 없었다.

표 104. 측정기관별 시약·물품의 선정, 구매 및 보관절차의 문서화

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병·의원	사단법인	계
우수	12(92.31)	1(50.00)	3(75.00)	12(80.00)	11(68.75)	39(78.00)
보통	0(0.00)	1(50.00)	1(25.00)	2(13.33)	5(31.25)	9(18.00)
미흡	1(7.69)	0(0.00)	0(0.00)	1(6.67)	0(0.00)	2(4.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

더) 작업환경측정결과 기록 보존기존 준수 및 관리

작업환경측정 결과에 관련된 기록에 대하여 보존기존 준수 및 관리상태 적정여부에 대한 평가방법으로는 측정결과표를 무작위로 5개 선정 후 조사하여 기록하였고, 측정결과표의 보존기한(3년, 발암성 30년) 명시 및 상시 열람이 가능한 환경 내 보관여부 검토 후 판단하였다. 평가기준으로는 5개의 측정결과표 중 5개 모두 관련된 기록이 보존하는 경우 “우수”, 3~4개 적정한 경우 “보통”, 2개 이하가 적정한 경우 “미흡”으로 구분하였고, 1개의 측정결과표상 나타난 관련기록 중 90% 이상의 관련기록이 보관되어 있다면 그 결과표에 한해 100%

보관되어 있다고 간주하였다.

전체적인 평가결과 작업환경측정결과 기록 보존기존 준수 및 관리가 우수한 기관이 총 50개소 중 88.0%(44개소)이었으며, 보통인 기관이 12.0%(6개소)가 있었다. 평가항목, 평가방법/기준이 불합리하다는 의견 중에 문서 보관이 서류 또는 전산자료도 포함되어야 한다는 의견이 있었다.

표 105. 측정기관별 작업환경측정결과 기록 보존기존 준수 및 관리

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	13(100.00)	2(100.00)	4(100.00)	11(73.33)	14(87.50)	44(88.00)
보통	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	4(26.67)	2(12.50)	6(12.00)
미흡	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

러) 표준물질의 유효기간 준수 등

표준물질의 유효기간 준수 및 문서화(전산화) 여부에 대한 평가방법으로는 시약 및 표준물질 5개를 무작위로 선정하여 유효기간 준수 및 문서화 여부를 조사하였다. 평가기준으로는 시약 및 표준물질의 유효기간 표시가 문서화되어 있는 경우 “우수”, 유효기간 준수 또는 문서화중 1개만 관리되고 있는 경우 “보통”, 그 이외의 경우 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 표준물질의 유효기간 준수 등이 우수한 기관은 총 50개소중 30.0%(15개소)이었으며, 미흡한 기관이 18.0%(9개소)가 있었다. 평가항목, 평가방법/기준이 불합리하다고 응답한 기관은 없었다.

표 106. 측정기관별 표준물질의 유효기간 준수 및 문서화(전산화)

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	3(23.08)	0(0.00)	2(50.00)	5(33.33)	5(31.25)	15(30.00)
보통	6(46.15)	2(100.00)	2(50.00)	7(46.67)	9(56.25)	26(52.00)
미흡	4(30.77)	0(0.00)	0(0.00)	3(20.00)	2(12.50)	9(18.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

머) 측정기관 홈페이지 보유

측정기관 홈페이지 보유 여부에 대한 평가방법으로는 홈페이지를 방문하여 조사하였다. 평가기준으로는 보유하고 있는 경우 “우수”, 보유한 적이 있는 경우 “보통”, 보유한 적이 없는 경우 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 홈페이지를 보유하고 있다라고 응답한 기관이 총 50개소 중 50.0%(25개소)이었으며, 보유한 적이 없다고 응답한 기관이 36.0%(18개소)가 있었다. 평가항목, 평가방법/기준이 불합리하다는 의견 중에 “카페나 블로그 같은 내용도 포함시켜야 한다”는 의견과 “홈페이지는 기관의 안내성이 강한데 이 항목이 평가항목에 추가된 것이 불합리하다”는 의견이 있었다.

표 107. 측정기관별 측정기관 홈페이지 보유

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	9(69.23)	1(50.00)	1(25.00)	5(33.33)	9(56.25)	25(50.00)
보통	2(15.38)	0(0.00)	0(0.00)	3(20.00)	2(12.50)	7(14.00)
미흡	2(15.38)	1(50.00)	3(75.00)	7(46.67)	5(31.25)	18(36.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

버) 측정기관 연구실적

측정기관 지정인력의 최근 2년간 연구실적 여부에 대한 평가방법으로는 연구실적물을 확인하여 조사하였다. 연구실적이란 산업보건 관련학회(한국산업위생학회, 대한산업의학회, 예방의학회, 한국환경위생학회 등)의 학술지 또는 학술대회의 발표자료집으로 명시하였다. 평가기준으로는 2건 이상인 경우 “우수”, 1건 있는 경우 “보통”, 실적이 없는 경우 “미흡”으로 구분하였다.

전체적인 평가결과 2건 이상인 기관이 총 50개소 중 18.0%(9개소)이었으며, 없다고 응답한 기관이 74.0%(37개소)가 있었다. 기타 평가항목, 평가방법/기준이 불합리하다는 의견 중에 “측정기관에서의 관련 연구는 현 상황에서 실시할 수 없다”는 의견과 “자체연구, 공동연구 등 세부적으로 구분이 필요하다”와 “대학기관에 소속된 기관을 위한 평가항목일 수 있다”는 의견이 있었다.

표 108. 측정기관별 측정기관 지정인력의 최근 2년간 연구실적

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가결과	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	5(38.46)	1(50.00)	1(25.00)	0(0.00)	2(12.50)	9(18.00)
보통	2(15.38)	0(0.00)	0(0.00)	1(6.67)	1(6.25)	4(8.00)
미흡	6(46.15)	1(50.00)	3(75.00)	14(93.33)	13(81.25)	37(74.00)
계	13(26.00)	2(4.00)	4(8.00)	15(30.00)	16(32.00)	50(100.00)

(5) 지정측정기관평가 최종 점수

4개의 평가분야에 대하여 25점을 만점으로 하여 100점이 최고점수가 되도록 구성하였다. 총 문항수는 77개 문항[20]이었으며 각 평가분야에서 작업환경측정 및 시료분석의 능력, 측정결과의 신뢰도 및 보유인력의 교육이수, 능력개발, 전산화 정도 및 그 밖의 제반사항에 대하여는 20문항으로 구성하였으며 각 배점

20) 작업환경측정 및 시료분석의 능력(20문항), 측정결과의 신뢰도(20문항), 시설·장비의 성능(17문항), 보유인력의 교육이수·능력개발, 전산화 정도 및 그 밖의 제반사항(20문항)

을 1.25점으로 하였다. 시설, 장비의 성능 항목은 총 16문항이었으며 17번 문항으로 법정장비 이외 추가장비 보유현황에 따라 1.25~5점을 부여하였다.

가) 평가항목별 평가 결과

조사 대상 측정기관 평가의 평균점수는 78.3점으로 나타났으며 최고점수는 89.0점 이었으며 가장 낮은 점수는 62.2점 이었다. 항목별로는 각 25점 만점에 작업환경측정 및 시료분석의 능력이 평균 20점이었고 측정결과의 신뢰도는 평균 21점, 시설·장비의 성능도는 평균 18점으로 가장 낮게 나타났으며 보유인력의 교육이수·능력개발, 전산화 정도 및 그 밖의 제반사항은 평균 19점으로 나타나 시설·장비의 성능이 전반적으로 다소 낮게 평가되었다.

표 109. 항목별 측정기관평가 점수

평가항목	평균	표준편차	최소	최대
1	20.04	1.43	17.07	22.90
2	20.99	1.66	15.40	23.34
3	17.75	2.16	12.51	23.17
4	19.51	2.44	13.77	23.74
총점	78.29	5.87	62.2	89.0

나) 지정측정기관 특성별 평가 결과

측정기관의 지정특성을 대학병원, 산재의료관리원 등 공기관, 자체측정기관, 병·의원, 사단법인으로 구분하였을 때 자체측정기관의 평가결과 공기관이 84.5점으로 가장 높은 평균을 보였으며 그 다음으로 공기관이 81.6점, 대학병원급 지정측정기관이 80.5점, 사단법인기관이 77.3점이었으며 병·의원에 소속된 측정기관이 75.3점으로 가장 낮은 평균점수를 나타내었다.

표 110. 측정기관별 측정기관평가 점수

평가항목	평균	표준편차	최소	최대
대학병원	80.49	3.62	74.89	86.32
공기관	81.55	0.21	81.40	81.70
자체측정	84.53	3.12	82.25	89.00
병・의원	75.30	5.83	62.82	87.59
사단법인	77.32	6.51	62.20	85.99

다) 지정측정기관 세부항목별 평가 결과

작업환경측정 및 시료분석의 능력 세부항목 평가결과 산업안전보건법 및 작업환경측정 및 정도관리 규정에 해당하는 항목의 평균점수가 대체적으로 높게 나타났으며 외국에서 실시하는 정도관리 경험, 산업위생 고급인력 등에 대한 부분의 점수가 낮은 경향을 보였다.

표 111. 작업환경측정 및 시료분석 능력 세부항목 평가결과 분포

평가항목	평균±표준편차 (최소~최대)	평가결과	개소(%)
1. 누적소음노출량계의 기기 설정 적정성	1.21±0.15 (0.42~1.25)	우수 보통 미흡	46(92.0%) 3(6.0%) 1(2.0%)
2. 현장공시료 채취	0.87±0.26 (0.42~1.25)	우수 보통 미흡	12(24.0%) 31(62.0%) 7(14.0%)
3. 현장공시료 분석결과의 보정	0.99±0.29 (0.42~1.25)	우수 보통 미흡	25(50.0%) 19(38.0%) 6(12.0%)
4. 시료의 탈착율 및 회수율 실험 수행	1.02±0.23 (0.42~1.25)	우수 보통 미흡	24(48.0%) 25(50.0%) 1(2.00%)
5. 분석결과에 시료의 탈착율 및 회수율 보정	1.02±0.26 (0.42~1.25)	우수 보통 미흡	26(52.0%) 21(42.0%) 3(6.00%)
6. 유해인자별·업종별 작업환경전문기관 지정	0.64±0.36 (0.42~1.25)	우수 보통 미흡	12(24.0%) 3(6.00%) 35(70.0%)
7. 외국에서 실시하는 정도관리 참여 경험	0.52±0.26 (0.42~1.25)	우수 보통 미흡	5(10.0%) 2(4.00%) 43(86.00)
8. 한국산업안전공단에서 실시하는 정도관리를 최초 참여한 년도	0.96±0.36 (0.42~1.25)	우수 보통 미흡	28(56.00%) 9(18.00%) 13(26.00%)

평가항목	평균±표준편차 (최소～최대)	평가결과	개소(%)
9. 최근 5년간 지정측정기관에 대한 노동부 정기 지도·감독시 시정지시 또는 업무정지 경험	0.99±0.24 (0.42～1.25)	우수 보통 미흡	21(42.00%) 27(54.00%) 2(4.00%)
10. 작업환경결과표상 종합의견의 질적수준	1.01±0.21 (0.83～1.25)	우수 보통 미흡	21(42.00%) 29(58.00%) 0(0.00%)
11. 예비조사를 실시한 경우 측정계획서의 작성	1.17±0.16 (0.83～1.25)	우수 보통 미흡	41(82.0%) 9(18.0%) 0(0.00%)
12. 산업안전보건법상 시료채취 시간 준수	1.23±0.08 (0.83～1.25)	우수 보통 미흡	48(96.0%) 2(4.00%) 0(0.00%)
13. 산업안전보건법상 시료 채취 개수의 준수	1.22±0.10 (0.83～1.25)	우수 보통 미흡	47(94.0%) 3(6.00%) 0(0.00%)
14. 지역시료채취방법으로 측정을 실시한 경우 그 사유를 작업환경측정결과표상에 명시	1.18±0.18 (0.42～1.25)	우수 보통 미흡	43(86.0%) 6(12.0%) 1(2.00%)
15. 작업환경측정 결과표 송부기간 준수	1.15±0.22 (0.42～1.25)	우수 보통 미흡	40(80.0%) 8(16.0%) 2(4.00%)
16. 작업환경측정기관의 고급인력(산업위생관리기술사) 보유	0.56±0.26 (0.42～1.25)	우수 보통 미흡	4(8.00%) 9(18.0%) 37(74.0%)
17. 시료에 따른 적절한 채취 및 분석방법을 기술한 자체 매뉴얼의 보유	1.19±0.17 (0.42～1.25)	우수 보통 미흡	44(88.0%) 5(10.0%) 1(2.00%)
18. 미지시료확인을 위한 고형시료채취분석실적	0.61±0.29 (0.42～1.25)	우수 보통 미흡	6(12.0%) 11(22.0%) 33(66.0%)
19. 화학물질 및 물리적인자의 노출기준의 적정 적용	1.24±0.06 (0.83～1.25)	우수 보통 미흡	49(98.0%) 1(2.00%) 0(0.00%)
20. 측정농도의 결과평가의 적절성	1.23±0.08 (0.83～1.25)	우수 보통 미흡	48(96.0%) 2(4.00%) 0(0.00%)

측정결과의 신뢰도 세부항목 평가결과 평균점수가 대체적으로 높게 나타난 항목은 채취시료의 분석결과물의 적정 보관 96.0%, 석면 등 특정시료의 분석을 외부기관에 의뢰해야 하는 경우 각종 문서의 보관 및 결과 적정반영 96.0%, 8시간 시간가중평균치의 적정 계산 88.0% 이었으며 평균점수가 다소 낮게 나타난 항목(미흡)으로는 분석책임자 경력 26.0%, 표창 실적 등이었다.

표 112. 측정결과의 신뢰도 세부항목 평가결과 분포

평가항목	평균±표준편차 (최소~최대)	평가결과	개소(%)
1. 자체 분석능력 전문성 향상을 위한 내부정도관리 실시	0.98±0.30 (0.42~1.25)	우수 보통 미흡	25(50.0%) 18(36.0%) 7(14.0%)
2. 최근 5년 이내 노동부, 산업안전공단등 인정기관에서 기관 또는 보유인력의 표창 등 실적	0.49±0.17 (0.42~1.25)	우수 보통 미흡	1(2.00%) 6(12.0%) 43(86.0%)
3. 최근 5년 이내 한국산업안전공단에서 실시하는 정도관리 실시결과	1.15±0.20 (0.42~1.25)	우수 보통 미흡	39(78.0%) 10(20.0%) 1(2.00%)
4. 측정장비를 외부공인기관에 위탁하여 검·교정을 받아야 하는 장비에 대한 검정실시	0.93±0.32 (0.42~1.25)	우수 보통 미흡	22(44.0%) 18(36.0%) 10(20.0%)
5. 전자저울 등의 분석기기를 외부공인기관에 위탁하여 검·교정을 받아야 하는 장비에 대한 검정실시	0.95±0.38 (0.42~1.25)	우수 보통 미흡	29(58.0%) 6(12.0%) 15(30.0%)
6. 정기적인 검·교정이 필요한 장비에 대해 주기 및 상태를 관리하는 절차에 관한 문서 보관	1.00±0.32 (0.42~1.25)	우수 보통 미흡	29(58.0%) 13(26.0%) 8(16.0%)
7. 채취시료의 분석결과물(크로마토그램 등)의 적정 보관	1.23±0.08 (0.83~1.25)	우수 보통 미흡	48(96.0%) 2(4.00%) 0(0.00%)
8. 소음의 작업환경측정 시 누적소음노출량계의 보정 수행	1.17±0.17 (0.83~1.25)	우수 보통 미흡	40(80.0%) 10(20.0%) 0(0.00%)

평가항목	평균±표준편차 (최소～최대)	평가결과	개소(%)
9. 소음측정 후 누적소음노출량계에서 산출된 기록물의 보관	1.12±0.23 (0.42～1.25)	우수 보통 미흡	37(74.0%) 11(22.0%) 2(4.00%)
10. 시료 채취 전·후 펌프(시료채취기)의 유량 보정 수행 및 결과 반영	1.08±0.22 (0.42～1.25)	우수 보통 미흡	31(62.0%) 18(36.0%) 1(2.00%)
11. 입자상 물질 채취 전·후 필터의 중량분석 횟수 및 문서대장의 적정 기록	1.14±0.25 (0.42～1.25)	우수 보통 미흡	41(82.0%) 5(10.0%) 4(8.00%)
12. 사업장에서 시료채취 시 채취대장의 작성	1.12±0.26 (0.42～1.25)	우수 보통 미흡	38(76.0%) 8(16.0%) 4(8.00%)
13. 소음 본측정시 누적소음노출량계를 사용하지 않고 지시소음계 사용	1.04±0.24 (0.42～1.25)	우수 보통 미흡	27(54.0%) 21(42.0%) 2(4.00%)
14. 1일 작업시간이 8시간을 초과하는 경우 노출기준의 보정	1.07±0.29 (0.42～1.25)	우수 보통 미흡	34(68.0%) 10(20.0%) 6(12.0%)
15. 8시간 시간가중평균치의 적정 계산	1.19±0.17 (0.42～1.25)	우수 보통 미흡	44(88.0%) 5(10.0%) 1(2.00%)
16. 작업환경측정 책임자의 측정경력 년 수	1.12±0.23 (0.42～1.25)	우수 보통 미흡	37(74.0%) 11(22.0%) 2(4.00%)
17. 분석 책임자의 분석경력 년 수	0.77±0.34 (0.42～1.25)	우수 보통 미흡	13(26.0%) 16(32.0%) 21(42.0%)
18. 석면 등 특정시료의 분석을 외부기관에 의뢰해야 하는 경우 각종 문서의 보관 및 결과 적정 반영	1.23±0.08 (0.83～1.25)	우수 보통 미흡	48(96.0%) 2(4.00%) 0(0.00%)
19. 시료 전달시 인수인계대장 작성·보관	1.12±0.28 (0.42～1.25)	우수 보통 미흡	40(80.0%) 4(8.00%) 6(12.0%)
20. 실험실 보관대장 작성·보관	1.07±0.29 (0.42～1.25)	우수 보통 미흡	35(70.0%) 9(18.0%) 6(12.0%)

시설·장비의 성능 세부항목 평가결과 평균점수가 대체적으로 높게 나타난 항목은 시료보관 전용의 냉장실 및 냉동실 적정 운영, 각 분석장비별 실험실용 후드장치 설치, 시료채취 및 분석에 사용되는 장비에 대한 책임자 지정 등이었으며 평균점수가 다소 낮게 나타난 항목으로는 국내·외 공인시험·교정기관 및 검사기관에서의 인정, 실험실내 비상용 샤워와 세안설비 보유 등이 있었다.

표 113. 시설·장비의 성능 세부항목 평가결과 분포

평가항목	평균±표준편차 (최소~최대)	평가결과	개소(%)
1. 주요 측정장비에 대한 매뉴얼·이력 관리 및 기록유지의 적절성	1.07±0.29 (0.42~1.25)	우수 보통 미흡	32(64.0%) 15(30.0%) 3(6.0%)
2. 주요 분석장비에 대한 매뉴얼·이력 관리 및 기록유지의 적절성	1.12±0.23 (0.42~1.25)	우수 보통 미흡	36(72.0%) 12(24.0%) 2(4.0%)
3. 국내·외 공인시험·교정기관 및 검사기관에서의 인정	0.65±0.36 (0.42~1.25)	우수 보통 미흡	12(24.0%) 4(8.0%) 34(68.0%)
4. 시료채취장비를 외부 전문기관(기기판매회사 포함)에 의뢰하여 주기적으로 유지·보수 수행	1.00±0.25 (0.42~1.25)	우수 보통 미흡	23(46.0%) 24(48.0%) 3(6.0%)
5. 시료채취장비를 외부 전문기관(기기판매회사 포함)에 의뢰하여 주기적으로 유지·보수 수행	0.93±0.26 (0.42~1.25)	우수 보통 미흡	17(34.0%) 28(56.0%) 5(10.0%)
6. 각 분석장비별 실험실용 후드장치 설치	1.17±0.17 (0.83~1.25)	우수 보통 미흡	40(80.0%) 10(20.0%) 0(0.0%)
7. 시료채취장비 및 이에 관련된 보정장비의 사용 및 운영지침(또는 매뉴얼) 보유	1.04±0.27 (0.42~1.25)	우수 보통 미흡	29(58.0%) 17(34.0%) 4(8.0%)
8. 직독식 장비의 사용, 운반, 보관, 유지·관리에 대한 적정	0.97±0.23 (0.42~1.25)	우수 보통 미흡	19(38.0%) 29(58.0%) 2(4.0%)

평가항목	평균±표준편차 (최소~최대)	평가결과	개소(%)
9. 시료채취 및 분석에 사용되는 장비에 대한 책임자 지정	1.17±0.18 (0.42~1.25)	우수 보통 미흡	42(84.0%) 7(14.0%) 1(2.00%)
10. 분석을 행함에 있어 유해물질을 배기 또는 배액처리를 위한 설비 및 성능·운영의 적정	1.05±0.31 (0.42~1.25)	우수 보통 미흡	33(66.0%) 10(20.0%) 7(14.0%)
11. 실험실내 비상용 샤워와 세안설비 보유	0.64±0.33 (0.42~1.25)	우수 보통 미흡	9(18.0%) 8(16.0%) 33(66.0%)
12. 실험실내 가스용기 전도 방지를 위한 조치	1.08±0.30 (0.42~1.25)	우수 보통 미흡	37(74.0%) 6(12.0%) 7(14.0%)
13. 실험에 사용하는 시약의 특성(인화성, 폭발성 등)에 따른 적정 보관(캐비넷 사용 등)	0.90±0.30 (0.42~1.25)	우수 보통 미흡	17(34.0%) 24(48.0%) 9(18.0%)
14. 실험실 보건안전지침(수칙)의 문서화 및 보건안전상태의 적정	1.02±0.24 (0.42~1.25)	우수 보통 미흡	25(50.0%) 23(46.0%) 2(4.00%)
15. 실험실내 착용 가능한 전용 보호용구 구비의 적정	1.06±0.28 (0.42~1.25)	우수 보통 미흡	32(64.0%) 13(26.0%) 5(10.0%)
16. 시료보관 전용의 냉장실 및 냉동실 적정 운영	1.19±0.17 (0.42~1.25)	우수 보통 미흡	44(88.0%) 5(10.0%) 1(2.0%)
17. 산업안전보건법상 구비하여야 할 필수 장비 이외의 측정 및 분석장비 보유	1.68±1.30 (0~6.00)	우수 보통 미흡	13(26.0%) 37(74.0%) 0(0.00%)

보유인력의 교육이수·능력개발, 전산화 정도 및 그 밖의 제반사항 세부항목 평가결과 평균점수가 대체적으로 높게 나타난 항목으로는 작업환경측정 결과에 관련된 기록에 대한 보존기한 준수 및 관리상태, 작업환경측정결과표 등 문서의 작성, 검토, 승인라인의 적정성 등이었으며 평균점수가 다소 낮게 나타난 항

목으로는 사업장 고객만족도 조사 실시, 기관 종사자 교육과 능력개발을 위한 훈련계획 등의 문서 보유, 측정기관 지정인력의 최근 2년간 연구실적 등이 있었다.

표 114. 보유인력의 교육이수·능력개발, 전산화정도 및 그 밖의 제반사항

평가항목	평균±표준편차 (최소～최대)	평가결과	개소(%)
1. 지정 측정인력의 전문성 향상을 위한 전문교육 이수	1.02±0.26 (0.42～1.25)	우수 보통 미흡	25(50.0%) 22(44.0%) 3(6.00%)
2. 지정 분석인력의 전문성 향상을 위한 전문교육 이수	1.04±0.24 (0.42～1.25)	우수 보통 미흡	27(54.0%) 21(42.0%) 2(4.00%)
3. 비정규직 직원에게도 정식직원에 상응하는 교육훈련 제공	1.12±0.27 (0.42～1.25)	우수 보통 미흡	34(79.07%) 5(11.63%) 4(9.30%)
4. 전문성 향상을 위한 측정 및 분석요원의 교육과 능력개발을 위한 훈련계획 등의 문서 보유	0.81±0.34 (0.42～1.25)	우수 보통 미흡	15(30.0%) 17(34.0%) 18(36.0%)
5. 산업보건 관련 전문교육 이외에 측정 및 분석요원의 능력개발을 위한 기관장의 노력	0.83±0.36 (0.42～1.25)	우수 보통 미흡	18(36.0%) 14(28.0%) 18(36.0%)
6. 최근 3년간 측정 및 분석전담자 인력 변동 (입·퇴사)	0.84±0.35 (0.42～1.25)	우수 보통 미흡	18(36.0%) 15(30.0%) 17(34.0%)
7. 측정·분석 인력의 비정규직 직원 근무	1.10±0.30 (0.42～1.25)	우수 보통 미흡	39(78.0%) 4(8.00%) 7(14.0%)
8. 작업환경측정결과 설명회 개최 실적	0.78±0.37 (0.42～1.25)	우수 보통 미흡	17(34.0%) 9(18.0%) 24(48.0%)
9. 작업환경측정 사업장 관리대장의 작성(전산화) 상태	1.02±0.23 (0.42～1.25)	우수 보통 미흡	23(46.0%) 26(52.0%) 1(2.00%)
10. 지정측정기관의 조직도 및 업무분장 문서화	1.10±0.24 (0.42～1.25)	우수 보통 미흡	34(68.0%) 14(28.0%) 2(4.00%)

평가항목	평균±표준편차 (최소~최대)	평가결과	개소(%)
11. 작업환경측정결과표등 문서의 작성, 검토, 승인라인의 적정	1.18±0.18 (0.42~1.25)	우수 보통 미흡	43(86.0%) 6(12.0%) 1(2.00%)
12. 기관 자체내에서 제작한 안내 팜플렛 등의 보유	0.98±0.36 (0.42~1.25)	우수 보통 미흡	30(60.0%) 7(14.0%) 13(26.0%)
13. 사업장 고객만족도 조사 실시	0.78±0.38 (0.42~1.25)	우수 보통 미흡	18(36.0%) 8(16.0%) 24(48.0%)
14. 시약의 물질안전보건자료(MSDS)나 독성 및 기타자료 확보	1.14±0.22 (0.42~1.25)	우수 보통 미흡	39(78.0%) 9(18.0%) 2(4.00%)
15. 작업환경측정결과표의 전산화 적정	1.04±0.23 (0.42~1.25)	우수 보통 미흡	26(52.0%) 23(46.0%) 1(2.0%)
16. 측정 또는 분석과 관련된 모든 시약·물품의 선정, 구매 및 보관절차의 문서화(전산화)	1.14±0.22 (0.42~1.25)	우수 보통 미흡	39(78.0%) 9(18.0%) 2(4.00%)
17. 작업환경측정 결과에 관련된 기록에 대하여 보존기한 준수 및 관리상태 적정	1.20±0.14 (0.83~1.25)	우수 보통 미흡	44(88.0%) 6(12.0%) 0(0.00%)
18. 표준물질의 유효기간의 준수 및 문서화(전산화)	0.88±0.29 (0.42~1.25)	우수 보통 미흡	15(30.0%) 26(52.0%) 9(18.0%)
19. 측정기관 홈페이지 보유	0.89±0.38 (0.42~1.25)	우수 보통 미흡	25(50.0%) 7(14.0%) 18(36.0%)
20. 측정기관 지정인력의 최근 2년간 연구실적	0.60±0.33 (0.42~1.25)	우수 보통 미흡	9(18.0%) 4(8.00%) 37(74.0%)

(6) 지정측정기관 평가 종합평가

가) 절대평가

4개의 평가분야, 총 77개 문항에 대하여 100점을 만점으로 하여 “우수”기관, “보통”기관, “미흡”한 기관으로 구분하기 위하여 절대평가를 실시하였다. 절대평가의 점수는 80점 이상을 우수로 70점에서 79점까지를 보통기관 70점 미만을 미흡한 기관으로 구분하였다.

그 결과 우수한 기관이 24개소(48.0%)로 가장 많았으며 보통으로 평가된 기관이 22개소(44.0%), 미흡으로 평가된 기관이 4개소(8.0%)로 구분되었다. 기관 특성별로 구분해 봤을 때는 공기관과 자체측정기관이 100% 우수한 기관으로 평가되었으며 그 다음 순으로 대학병원급 측정기관이 69.2%, 사단법인 측정기관이 37.5%, 병·의원급 측정기관이 가장 적은 20.0%만이 우수기관으로 판정되었다.

절대평가의 경우 그 기준을 80점 이상, 70점대, 70점 미만을 기준으로 하여 우수, 보통, 미흡한 기관으로 쉽게 평가할 수 있다는 것과 평가 대상이 되는 지정측정기관들이 결과를 보고 미흡한 부분을 개선할 수 있다는 것 등은 장점이 될 수 있으나 우수, 보통, 미흡 기관의 비율이 일정하지 않다는 단점이 있다.

표 115. 지정측정기관 절대평가 결과

(단위 : 개소(%))

기관구분 최종평가	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	9(69.23)	2(100.0)	4(100.0)	3(20.00)	6(37.50)	24(48.00)
보통	4(30.77)	0(0.00)	0(0.00)	10(66.67)	8(50.00)	22(44.00)
미흡	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	2(13.33)	2(12.50)	4(8.00)

나) 상대평가

상대평가의 경우 그 비율을 각각 33.0% 수준에서 구분하였다. 그 결과 상위 “우수”기관의 점수는 81.3점 이상을 획득한 기관이 해당되었으며 “보통”의 기관은 81.3점에서 76.6점의 기관이 해당되었고 “미흡”한 기관은 75.6점 미만의 기관이 해당되었다. 전체적으로 구성비율을 조정하여 우수기관과 미흡한 기관을 34.0%로, 보통으로 평가된 기관을 32.0%로 조정하였다.

상대평가는 우수, 보통, 미흡한 기관으로 평가된 기관에 대한 비율을 쉽게 탄력적으로 조정이 가능하다는 장점이 있어 절대평가 보다는 쉽게 접근할 수 있을 것으로 보인다.

표 116. 지정측정기관 상대평가 결과

(단위 : 개소(%))

기관구분 최종평가	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	3(23.08)	2(100.0)	4(100.0)	2(13.33)	6(37.50)	17(34.00)
보통	8(61.54)	0(0.00)	0(0.00)	5(33.33)	3(18.75)	16(32.00)
미흡	2(11.76)	0(0.00)	0(0.00)	8(53.33)	7(43.75)	17(34.00)

다) 가중치 적용 평가

가중치를 부여한 평가의 경우 그 문항의 중요도에 따라 가중치를 1~4점으로 편성하여 각 항목의 중요성을 감안하도록 하였다. 가중치의 설정은 1점의 경우 문서보관 등 서류와 관련된 항목, 2점은 4개의 측정기관 평가항목과 연관성이 있는 항목, 3점은 평가항목과 연관성이 강한 항목, 4점은 측정제도와 관련이 있으며 반드시 필요한 항목으로 구성하여 가중치를 부여하였다. 가중치의 부여는 방문조사 결과 평가항목에 대한 기관의 순응 정도와 불만사항도 감안하여 구성하였고 각 연구진의 의견을 충분히 감안하여 설정하였다. 측정기관 평

가와 관련된 각 항목별 가중치를 부여한 결과는 표 117과 같다.

표 117. 평가항목별 가중치(1)

작업환경측정 및 시료분석 능력 항목별 가중치	가중치
1. 누적소음노출량계의 기기 설정 적정성	4
2. 현장공시료 채취	3
3. 현장공시료 분석결과의 보정	3
4. 시료의 탈착율 및 회수율 실험 수행	3
5. 분석결과에 시료의 탈착율 및 회수율 보정	3
6. 유해인자별·업종별 작업환경전문기관 지정	2
7. 외국에서 실시하는 정도관리 참여 경험	1
8. 한국산업안전공단에서 실시하는 정도관리를 최초 참여한 년도	2
9. 노동부 정기 지도·감독시 시정지시 또는 업무정지 경험	2
10. 작업환경결과표상 종합의견의 질적수준	3
11. 예비조사를 실시한 경우 측정계획서의 작성	4
12. 산업안전보건법상 시료채취 시간 준수	4
13. 산업안전보건법상 시료 채취 개수의 준수	4
14. 지역시료채취방법으로 측정을 실시한 경우 그 사유 측정결과표상에 명시	4
15. 작업환경측정 결과표 송부기간 준수	4
16. 작업환경측정기관의 고급인력(산업위생관리 기술사) 보유	3
17. 시료에 따른 적절한 채취 및 분석방법을 기술한 자체 매뉴얼의 보유	2
18. 미지시료확인을 위한 고형시료채취분석실적	3
19. 화학물질 및 물리적인자의 노출기준의 적정 적용	4
20. 측정농도의 결과평가의 적절성	4
측정결과의 신뢰도	가중치
1. 자체 분석능력 전문성 향상을 위한 내부정도관리 실시	3
2. 노동부, 안전공단등 인정기관에서 기관 또는 보유인력의 표창 등 실적	1
3. 최근 5년 이내 한국산업안전공단에서 실시하는 정도관리 실시결과	3
4. 외부공인기관에 위탁하여 검·교정 필요 측정장비에 대한 검정실시	3
5. 외부공인기관에 위탁하여 검·교정 필요 분석기기에 대한 검정실시	3
6. 검·교정이 필요한 장비에 대해 주기 및 상태를 관리 절차 문서 보관	1
7. 채취시료의 분석결과물(크로마토그램 등)의 적정 보관	3
8. 소음의 작업환경측정 시 누적소음노출량계의 보정 수행	3
9. 소음측정 후 누적소음노출량계에서 산출된 기록물의 보관	2
10. 시료 채취 전·후 펌프(시료채취기)의 유량 보정 수행 및 결과 반영	3
11. 입자상 물질 채취 전·후 필터 중량분석 횟수 및 문서대장의 적정 기록	1
12. 사업장에서 시료채취 시 채취대장의 작성	2
13. 소음 본측정시 누적소음노출량계를 사용하지 않고 지시소음계 사용	3
14. 1일 작업시간이 8시간을 초과하는 경우 노출기준의 보정	4
15. 8시간 시간가중평균치의 적정 계산	4
16. 작업환경측정 책임자의 측정경력 년 수	3
17. 분석 책임자의 분석경력 년 수	3
18. 특정시료의 분석을 외부기관에 의뢰시 각종 문서의 보관 및 결과 반영	2
19. 시료 전달시 인수인계대장 작성·보관	2
20. 실험실 보관대장 작성·보관	1

표 118. 평가항목별 가중치(2)

시설·장비의 성능	가중치
1. 주요 측정장비에 대한 매뉴얼·이력 관리 및 기록유지의 적절성	3
2. 주요 분석장비에 대한 매뉴얼·이력 관리 및 기록유지의 적절성	3
3. 국내·외 공인시험·교정기관 및 검사기관에서의 인정	1
4. 시료채취장비를 외부 전문기관에 의뢰하여 주기적으로 유지·보수 수행	3
5. 시료채취장비를 외부 전문기관에 의뢰하여 주기적으로 유지·보수 수행	3
6. 각 분석장비별 실험실용 후드장치 설치	4
7. 시료채취장비 및 이에 관련된 보정장비의 사용 및 운영지침 보유	3
8. 직독식 장비의 사용, 운반, 보관, 유지·관리에 대한 적정	2
9. 시료채취 및 분석에 사용되는 장비에 대한 책임자 지정	1
10. 유해물질을 배기 또는 배액처리를 위한 설비 및 성능·운영의 적정	4
11. 실험실내 비상용 샤워와 세안설비 보유	2
12. 실험실내 가스용기 전도 방지를 위한 조치	2
13. 실험에 사용하는 시약의 특성에 따른 적정 보관	2
14. 실험실 보건안전지침(수칙)의 문서화 및 보건안전상태의 적정	3
15. 실험실내 착용 가능한 전용 보호용구 구비의 적정	2
16. 시료보관 전용의 냉장실 및 냉동실 적정 운영	3
17. 산업안전보건법상 구비하여야 할 필수 장비 이외의 측정 및 분석장비 보유	1
보유인력의 교육이수·능력개발, 전산화정도 및 그 밖의 제반사항	
1. 지정 측정인력의 전문성 향상을 위한 전문교육 이수	2
2. 지정 분석인력의 전문성 향상을 위한 전문교육 이수	2
3. 비정규직 직원에게도 정식직원에 상응하는 교육훈련 제공	1
4. 측정 및 분석요원의 교육과 능력개발을 위한 훈련계획 등의 문서 보유	1
5. 산업보건 관련 전문교육 이외에 측정 및 분석요원의 능력개발노력	2
6. 최근 3년간 측정 및 분석전담자 인력 변동	2
7. 측정·분석 인력의 비정규직 직원 근무	2
8. 작업환경측정결과 설명회 개최 실적	4
9. 작업환경측정 사업장 관리대장의 작성(전산화) 상태	2
10. 지정측정기관의 조직도 및 업무분장 문서화	3
11. 작업환경측정결과표등 문서의 작성, 검토, 승인라인의 적정	1
12. 기관 자체내에서 제작한 안내 팜플렛 등의 보유	2
13. 사업장 고객만족도 조사 실시	2
14. 시약의 물질안전보건자료(MSDS)나 독성 및 기타자료 확보	2
15. 작업환경측정결과표의 전산화 적정	3
16. 측정 및 분석과 관련된 시약·물품의 선정, 구매 및 보관절차의 문서화	2
17. 측정 결과에 관련된 기록에 대하여 보존기한 준수 및 관리상태 적정	4
18. 표준물질의 유효기간의 준수 및 문서화(전산화)	2
19. 측정기관 홈페이지 보유	2
20. 측정기관 지정인력의 최근 2년간 연구실적	1

작업환경측정 및 시료분석 능력에 따른 각 항목에 대한 가중치 부여는 총 20문항에 대하여 만점을 62점으로 하되 배점을 0.5점으로 하여 총점 31점이 되도록 하였고 최종적으로 6점을 감하여 25점을 만점으로 하였다. 측정결과의 신뢰도 항목은 총 50점 만점에 각 항목별 배점을 0.5점으로 하여 25점으로 구성하였다. 또한, 시설·장비의 성능과 관련된 항목은 16번까지 가중치를 부여하여 총점 44점에 배점을 0.5점으로 하여 총점이 22점이었고 17번 항목인 각 분석장비에 따른 배점을 기기당 1점으로 하여(3대 이상 보유 3점) 총점 25점으로 구성하였다. 마지막으로 보유인력의 교육이수·능력개발, 전산화정도 및 그 밖의 제반사항은 가중치를 부여한 총 42점에 배점을 0.5점으로 하고 모든 기관에 3점을 부여하도록 하여 총 25점으로 구성하였다.

그 결과 가중치를 부여한 측정기관 평가점수와 절대평가로 평가한 결과와 평균점수는 평균 0.57점만의 차이를 볼 수 있었다. 이 결과가 의미하는 바는 개발된 문항으로 측정기관평가를 수행할 경우 절대평가를 하던 가중치를 부여한 평가를 하던 그 결과는 일관성이 유지된다고 볼 수 있다. 이는 개발된 문항이 어느 정도 신뢰성이 있음을 의미할 수 있다.

표 119. 가중치 적용시 측정기관평가 점수

평가항목	평균	표준편차	최소	최대
1	19.81	1.70	16.00	22.83
2	21.25	1.80	15.01	23.65
3	18.37	2.21	12.36	23.17
4	18.29	2.25	12.68	22.17
총점	77.72	6.05	59.86	88.15

가중치를 부여한 결과에 따라 “우수기관”, “보통기관”, “미흡기관”으로 구분하기 위하여 최종점수로 80점 이상은 우수기관으로 70점에서 79점까지는 보통기관, 70점 미만은 미흡기관으로 구분하였다. 그 결과 우수한 기관이 22개소

(44.0%)로 가장 많았으며 보통으로 평가된 기관이 24개소(48.0%), 미흡으로 평가된 기관이 4개소(8.0%)로 구분되었다. 이 결과를 절대평가로 구분한 결과와 비교해보면 우수기관으로 평가된 2개 기관이 보통기관으로 평가되었으며 미흡기관은 동일한 결과를 보였다. 따라서 가중치를 적용한다 할지라도 절대평가와 거의 유사한 결과를 보여 가중치를 부여하는 평가방법은 큰 의미가 없는 것으로 보이며 오히려 평가절차 등이 용이한 절대평가를 활용하는 것이 타당할 것으로 판단된다. 다만, 가중치를 적용한 평가는 각 평가문항의 중요성을 감안할 수 있는 장점은 있을 수 있으며, 이는 기관평가를 시행시 운영위원회에서 탄력적으로 판단하여 운용 할 수 있을 것이다.

표 120. 지정측정기관 가중치 적용 평가 결과

(단위 : 개소(%))

기관구분 최종평가	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수	8(61.54)	2(100.0)	4(100.0)	2(13.33)	6(37.50)	22(44.00)
보통	5(38.46)	0(0.00)	0(0.00)	11(73.33)	8(50.00)	24(48.00)
미흡	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	2(13.33)	2(12.50)	4(8.00)

(7) 측정기관 평가 운영 체제 등

지정 측정기관의 평가와 관련해서 평가주체, 평가대상에 관한 내용을 조사하였으며 지정측정기관 평가 주기, 위원회 구성·운영, 측정기관 평가 실시계획의 공고 기간, 측정기관 평가결과를 공표 범위, 공표방법, 측정기관 평가결과 “미흡”한 기관에 대하여 측정과 관련된 국고지원사업을 제한에 관한 적정성 등에 관한 내용을 파악하였다. 또한, 측정기관 평가에 대하여 관련하여 건의사항 등을 청취하였다.

가) 측정기관 평가 주체

지정측정기관의 평가는 누가 수행해야 가장 적절한지에 대한 의견은 전체적으로 노동부, 안전공단, 한국산업위생학회, 기타기관이 모두 동일하게 25.0%로 나타났다. 기타 측정기관의 평가가 가능하다는 기관은 측정대상사업장, 측정하고 있는 관계기관, 평가위원회 구성, 감독관과 측정기관 종사자, 별도의 기관(2개 기관), 측정기관, 대학기관, 작업환경관리협회, 사업주와 노동자, 다 기관 평가, 기관을 잘 이해할 수 있는 단체, 측정기관대표와 노동부, 공단이 있었다. 결과에 포함되지 않은 복수 응답한 3개 기관은 노동부 및 학회, 노동부 및 공단, 공단 및 학회가 복수적 주체가 되어야 한다고 응답하였다. 한편 측정기관 특성별로는 대학병원급 측정기관과 사단법인 측정기관에서는 기타기관에서 수행해야 한다는 응답이 각각 36.4%와 42.9%로 가장 많았고 공기관과 병·의원급의 측정기관에서는 한국산업위생학회에서 평가하는 것을 각각 100%, 46.2% 원하고 있었고 자체측정기관은 한국산업안전공단에서 수행하는 것이 적절하다고 75.0%가 응답하였다.

표 121. 지정측정기관의 평가 주체

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가주체	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
노동부	2(18.18)	0(0.00)	1(25.00)	4(30.77)	4(28.57)	11(25.0)
공단	3(27.27)	0(0.00)	3(75.00)	2(15.38)	3(21.43)	11(25.0)
학회	2(18.18)	2(100.0)	0(0.00)	6(46.15)	1(7.14)	11(25.0)
기타	4(36.36)	0(0.00)	0(0.00)	1(7.69)	6(42.86)	11(25.0)

한편, 왜 평가기관을 그 기관으로 선택했느냐는 응답에 안전공단에서 수행해야 해야 하는 이유는 제3의 전문기관에서 실사하는 것이 타당하기 때문, 실무적인 측면과 전문성이 있기 때문, 전문성 있는 인력이 수행, 객관성과 공정성이 필요(2개 기관), 한국산업위생학회의 경우 각 기관에 소속된 인력이 많아 부적

절 등이며 한국산업위생학회가 주체가 되어야 하는 이유는 중립적이고 기술적으로 타당, 우수기관의 등급제도 활용할 수 있어서, 전문인력이 있어서 등이고 기타 의견으로 정확한 잣대로 평가할 수 있는 평가기구를 별도로 만들어 객관적인 평가가 필요하다고 5개 기관이 제시하였으며 서비스의 최종고객은 사업주와 노동자이므로 공단과 학회 공동으로 평가 위원회를 구성하자, 노동부와 안전공단이 서로 보완관계를 유지하고 노동부와 학회가 평가 주체가 되어 법적인 사항도 중요하지만 측정기관의 업무 및 측정업무를 알고 있는 곳에서 측정기관을 평가하는 것이 중요하다고 생각한다는 등의 의견이 있었다.

나) 지정측정기관 평가 대상

지정측정기관은 크게 사업장 위탁측정기관과 사업장 자체측정기관으로 산업안전보건법상 구분이 가능하다. 그러나 지정을 받지는 않았지만 자율 참여기관 또는 신규지정 예정기관도 평가가 가능하다는 판단에 의견을 파악한 결과 “모두 가능”하다고 응답한 기관이 24개 기관(77.4%)로 가장 많았으며 복수 응답한 15개 기관(30.0%)은 대부분 사업장 위탁측정기관과 사업장 자체측정기관이 평가 대상이라고 응답하였다.

표 122. 지정측정기관 평가 대상

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가대상	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
사업장위탁	1(11.11)	0(0.00)	0(0.00)	1(12.50)	0(0.00)	2(6.45)
사업장자체	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	1(12.50)	0(0.00)	1(3.23)
자율참여	1(11.11)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	1(11.11)	2(6.45)
신규예정	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	1(12.50)	0(0.00)	1(3.23)
모두 가능	7(77.78)	2(100.0)	3(100.0)	4(50.00)	8(33.33)	**24(77.42)**
기타	0(36.36)	0(0.00)	0(0.00)	1(12.50)	0(0.00)	1(3.23)

다) 지정측정기관 평가 주기

지정측정기관의 평가주기는 얼마가 적절한지에 대한 질문에 2년과 3년이 각각 42.9%로 동등하였고 그 다음 순으로 1년마다가 10.2%이었다. 기관별로는 대학병원급 측정기관에서는 2년이 46.2%로 가장 많았고 사단법인의 경우 60.0%가 3년의 주기가 적정하다고 응답하였다.

표 123. 지정측정기관 평가 주기

(단위 : 개소(%))

기관구분 평가주기	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
1년	2(15.38)	0(0.00)	0(0.00)	3(20.0)	0(0.00)	5(10.20)
2년	6(46.15)	1(50.0)	1(25.0)	7(46.67)	6(40.0)	21(42.86)
3년	4(30.77)	1(50.0)	3(75.0)	4(26.67)	9(60.0)	21(42.86)
기타	1(7.69)	0(0.00)	0(0.00)	1(6.67)	0(0.00)	2(4.08)

라) 지정측정기관 평가위원회 또는 평가반의 구성

지정측정기관 평가를 위한 위원회 또는 평가반의 구성에 관한 의견에 대하여는 적절하다가 91.1%이었으며 구성이 필요 없다는 의견도 8.9%가 있었다. 기관별로는 대학병원급 측정기관에서는 위원회 또는 평가반의 구성이 적절하다는 의견이 81.8% 이었으며 사단법인의 경우 100.0%를 차지하였다. 기타의견으로는 실 사업장 및 기관의 경험자 참여폭을 확대하고 기관 평가 시 서류로 평가하기 보다는 측정대상 사업장에서 평가가 필요, 현실과 동 떨어진 평가기준, 평가반의 편차를 줄일 수 있는 방안이 중요 등의 내용이 있었다.

표 124. 지정측정기관 평가위원회 또는 평가반의 구성

(단위 : 개소(%))

기관구분 적정여부	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
적절	9(81.82)	2(100.0)	3(75.0)	13(92.86)	14(100.0)	41(91.11)
부적절	2(18.18)	0(0.00)	1(25.0)	1(7.14)	0(0.00)	4(8.89)

마) 측정기관 평가 실시계획의 공고 기간

측정기관 평가 시 실시계획의 공고는 얼마의 기간이 적절한 기간에 대하여는 30일이 87.8%로 가장 많았으며 그 다음으로 15일이 6.1%를 차지하였다.

표 125. 측정기관 평가 실시계획의 공고 기간

(단위 : 개소(%))

기관구분 공고기간	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
7일	1(7.69)	1(50.0)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	2(4.06)
15일	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	2(13.33)	1(6.67)	3(6.12)
30일	12(92.31)	1(50.0)	4(100.0)	13(86.67)	13(86.67)	43(87.76)
기타	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	1(6.67)	1(2.04)

바) 지정측정기관 평가결과 공표의 범위

현재 산업안전보건법에서는 측정기관 평가결과를 공표하도록 되어 있다. 공표의 범위는 어디까지가 적정한지에 대한 의견으로는 모든 기관의 평가결과를 공표하자는 의견이 53.1%로 가장 많았고 그 다음 순으로 우수한 기관만 선택해서 공표하자는 의견이 42.9% 이었다. 기관별로는 사단법인급 측정기관에서 모든 측정기관에 대한 결과를 공표해야 한다는 의견이 66.7%이었고 대학병원급 측정기관은 우수한 기관 또는 모든 기관을 공표하자는 의견이 46.2%로 동일하였다. 기타 의견으로 우수기관과 미흡한 기관만 선택해서 공표하자는 내용이 2건 있었다.

표 126. 지정측정기관 평가결과 공표의 범위

(단위 : 개소(%))

기관구분 공표범위	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
우수기관	6(46.15)	1(50.0)	3(75.0)	7(46.67)	4(26.67)	21(42.86)
미흡기관	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)
모든기관	6(46.15)	1(50.0)	1(25.0)	8(53.33)	10(66.67)	26(53.06)
기타	1(7.69)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	1(6.67)	2(4.08)

사) 지정측정기관 평가결과 공표방법

지정측정기관 평가결과를 공표하는 경우 어떤 경로의 공표방법이 가장 바람직한지에 대한 의견으로 노동부의 홈페이지에 공표하는 것이 가장 적절하다는 의견이 46.8%로 가장 많았고 그 다음 순으로 관보, 노동부 홈페이지, 한국산업안전공단 홈페이지 모두에 공표하는 것이 36.2%이었다. 기관별로는 대학병원급 지정측정기관의 54.5%가, 자체측정기관의 경우 75.0%가 노동부 홈페이지에 공표하는 것이 적절하다고 응답하였다.

표 127. 지정측정기관 평가결과 공표방법

(단위 : 개소(%))

기관구분 공표방법	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
관보	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	2(13.33)	0(0.00)	2(4.26)
노동부홈피	6(54.55)	2(100.0)	3(75.0)	5(33.33)	6(40.0)	22(46.81)
공단홈피	1(9.09)	0(0.00)	1(25.0)	3(20.00)	0(0.00)	5(10.64)
1-3번모두	4(36.36)	0(0.00)	0(0.00)	4(26.67)	9(60.0)	17(36.17)
기타	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	1(6.67)	0(0.00)	1(2.13)

아) 지정측정기관 평가결과 미흡기관의 제한

지정측정기관 평가 결과에 따라서 측정과 관련된 국고지원사업의 참여를 제한하는 것에 대한 의견으로는 적절하다가 67.4%이었고 부적절하다는 의견이

32.7%이었다.

표 128. 지정측정기관 평가결과 미흡기관의 제한

(단위 : 개소(%))

기관구분 기간제한	대학병원	공기관	자체측정	병・의원	사단법인	계
적절	7(53.85)	2(100.0)	2(50.0)	11(73.33)	11(73.33)	33(67.35)
부적절	6(46.15)	0(0.00)	2(50.0)	4(26.67)	4(26.67)	16(32.65)

자) 측정기관 평가와 관련된 종합의견

“우수한 기관에 인센티브를 주고, 미흡한 기관은 페널티를 주는 건 불합리”, “현실에 맞지 않는 불필요한 업무 가중”, “이 평가를 100% 신뢰 할 수 없으며 오차가 분명히 존재하기 때문에 우수한 기관만 공표하는 것이 타당”, “문서화로 지나치게 강조될 경우, 행정적 관리가 주가 될 우려가 있으며, 자체적이고 내용적인 관리가 이루어지는지에 대한 평가 가능한 방법들을 고안할 필요가 있고”, “사업주가 평가결과를 보고 우수한 기관을 선택하지는 않고 오히려 가격 등의 다른 이유가 기관을 선택하는 영향이 더 크다”, “질적인 평가가 아닌 양적인 평가가 될 수 있어 우려 된다”가 있었다.

또한 “우수기관은 노동부의 정기적인 점검을 면제하는 것이 타당”, “페널티보다는 인센티브를 주는 방향이 타당”, “평가를 잘 받아야겠다는 동기부여가 될 수 있도록 유도”, “표준매뉴얼을 측정기관에 제공하여 관리한다면 보다 효율적인 운영 가능”, “사업주와 노동자참여가 함께 되는 측정기관평가의 틀을 갖추길 기대”, “반드시 필요한 부분만 평가하고 그 외는 자율적으로 운영”, “현실에 맞게 탄력적으로 운영하자” 등의 의견이 있었다.

4. 측정기관 평가 운영 방안

지정측정기관 평가와 관련해서 2000년 12월에 산업안전보건법 제42조(작업환경측정 등)제7항에 지정측정기관 평가제도를 “노동부장관은 작업환경측정의 수준향상을 위하여 필요한 경우에는 제4항의 규정에 의한 지정측정기관을 평가한 후 그 결과를 공표할 수 있다.”라는 내용으로 관련 규정을 신설하였다. 그리고 2003년 7월에 시행규칙 제97조(지정측정기관의 평가등)에 「평가기준[21]」을 마련하고, 「평가방법과 공표방법[22]」은 노동부장관이 정하도록 규정하게 된다. 따라서 지정측정기관의 평가방법・공표방법 등에 관하여 작업환경측정 및 정도관리규정에 관련규정을 신설할 필요성이 대두되었다. 그 후 2006년 3월에 작업환경측정・분석능력평가에 대한 법안근거 신설로 제8항으로 이동되면서 “작업환경측정의 수준향상을 위하여 필요한 경우 지정측정기관을 평가한 후 그 결과를 공표할 수 있으며 평가기준 등은 노동부령으로 정한다.”라고 개정하였다.

1) 지정측정기관 평가 대상, 조직 및 기능

(1) 평가대상

지정측정기관은 산업안전보건법 시행령 제32조의3에서 규정하는 지정측정기관에 적용이 가능하다. 시행령에서 말하는 지정측정기관은 위탁받은 사업장을 측정하는 “사업장 위탁측정기관”과 사업장 또는 계열회사의 사업장 등을 측정

21) 평가기준 : 노동부장관이 법 제42조 제8항의 규정에 따라 지정측정기관의 작업환경측정 수준을 평가하고자 하는 경우의 평가기준은 1. 작업환경측정 및 시료분석의 능력, 2. 측정결과의 신뢰도, 3. 시설·장비의 성능, 4. 보유인력의 교육이수·능력개발·전산화 정도 및 그 밖의 제반사항(산업안전보건법 시행규칙 제97조제1항)

22) 지정측정기관의 평가방법·공표방법 등에 관하여 필요한 사항은 노동부장관이 정한다(산업안전보건법 시행규칙 제97조제2항).

하는 “사업장 자체측정기관”으로 구분된다. 그리고 지정측정기관의 평가에 “참여를 희망하는 기관·단체 및 사업장”에 대해서도 충분히 문호를 개방할 필요는 있다고 판단된다.

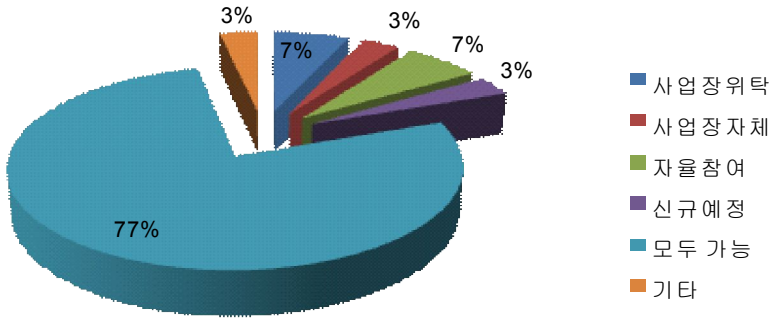


그림 54. 지정측정기관 평가 대상 가능 기관

실태조사 시 측정기관의 의견으로는 사업장위탁 측정기관, 사업장 자체측정기관, 자율참여기관, 신규예정기관 모두가 가능하다는 의견이 77.4%로 가장 많았지만, 측정기관 평가에 소요되는 인력과 상당한 조사시간을 감안 할 때 자율참여기관과 신규예정기관은 제외되는 것이 타당하며 아울러 신규로 지정되어 1년이 경과하지 않은 기관은 평가 시 많은 부분의 준비가 미흡하므로 이 또한 제외시키는 것이 타당할 것으로 보인다. 따라서 산업안전보건법 시행령 제32조의 3에서 규정하는 지정측정기관은 의무화 하되 참여를 희망하는 기관·단체 및 사업장은 굳이 제한할 필요는 없을 것으로 판단된다.

(2) 지정측정기관 평가 수행 기관

지정측정기관을 평가할 수 있는 지정측정기관 평가기관이 누가 주체가 되어야 하는가에 대한 문제는 쉽지 않은 것으로 보인다. 실태조사 결과 응답에서도

노동부, 한국산업안전공단, 한국산업위생학회, 기타 기관이 타당하다고 응답한 비율이 25%로 모두 동일하게 나왔으며, 기타 의견으로 측정기관 종사자, 노동부와 한국산업안전공단, 노동부와 한국산업위생학회 등의 의견도 있었지만 대부분의 측정기관이 원하는 기관은 “전문인력으로 구성된 중립적인 제3의 전문기관에서 실시하여야 하며 반드시 객관성과 공정성이 필요”하다는데 공감하고 있었다.

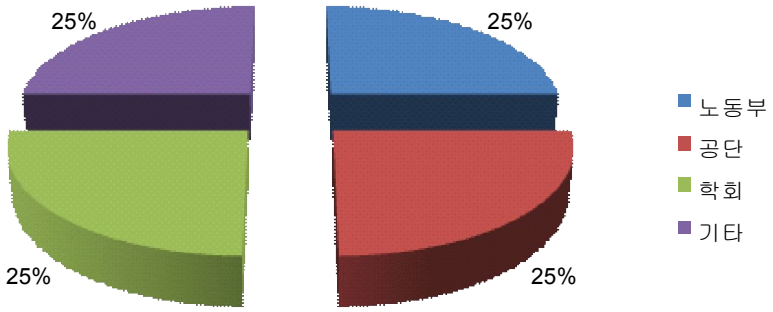


그림 55. 지정측정기관 평가 수행 기관

기관으로서 한국산업위생학회는 각 회원으로 구성되어 객관성과 공정성이 유지되기 어려우며 상주 인력도 없다는 단점이 있고 측정기관을 평가하는데 측정기관의 인력이 투입되는 것도 타당하지 않다고 판단된다. 또한 조사된 측정기관의 의견만 고려해서 선정할 수도 없는 상황이므로 이는 정책적 판단이 필요하다고 판단된다. 다만, 측정기관에서 우려하고 있는 객관성, 전문성, 공정성 등과 인력 인프라가 보다 충분한 한국산업안전공단에서 수행하고 노동부에서는 평가위원회의 당연직 위원으로 참여하는 것이 타당할 것으로 보인다.

(3) 지정측정기관 평가 수행기관의 역할

지정측정기관을 평가하는 평가 수행기관의 역할은 최소한 ① 측정기관 평가계획 수립, ② 측정기관 평가표의 지속적인 개발 및 보완, ③ 측정기관 평가방법의 표준화 및 일관성 유지, ④ 측정기관 평가기준의 적정성, ⑤ 측정기관 평가자료 수집 및 결과 보고, ⑥ 측정기관 평가계획에 필요한 서식 작성 등의 역할을 수행할 수 있는 기관이 되어야 할 것이다. 이를 위해서 당연히 전담할 수 있는 인력이 구비되어야 하고 담당 부서의 지정도 필요할 것으로 보인다. 따라서 정부에서 운영하기에는 다소 부담이 있을 수 있으므로 한국산업안전공단 안전보건연구원에서 담당하는 것이 무리스럽지 않을 것으로 보인다.

(4) 지정측정기관 평가위원회 구성 및 역할

지정측정기관 평가를 위한 평가위원회의 주목적은 지정측정기관 평가항목 및 평가방법의 결정, 평가결과의 확정 및 평가등급부여 등으로 지정측정기관 평가에 필요한 사항을 심의하기 위하여 구성되어야 한다.

평가위원회의 구성은 위원장 1인을 포함한 10인 이내로 구성되어야 하며 평가위원회의 “위원장”은 모든 절차를 주관할 수 있는 한국산업안전공단의 연구원장이 수행하고, “평가위원”을 구성하도록 한다. 평가위원은 노동부와 한국산업안전공단이 주축이 되는 당연직 위원과 외부에서 위촉을 받은 위촉위원으로 구분하되, 당연직 위원은 노동부 근로자건강보호과장 및 안전위생연구센터 소장이 되고 위촉위원은 산업위생 분야의 학식과 경험이 풍부한 자 중에서 한국산업안전공단 연구원 및 한국산업위생학회에서 추천하는 위원을 위촉하도록 한다.

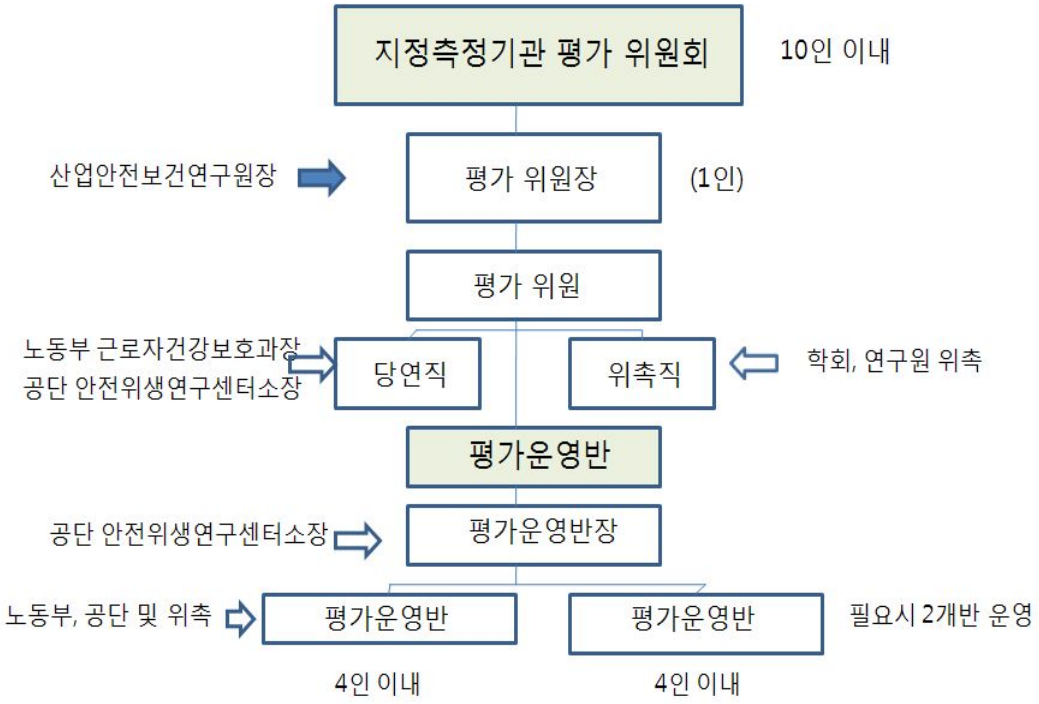


그림 56. 지정측정기관 평가위원회 구성(안)

평가위원회의 주 역할은 지정측정기관 평가에 대한 내용을 심의·조정하는데 목적을 둔다. 그 세부내용으로는 평가일정, 평가방법, 평가 시 일관성 유지, 평가표의 적정성 여부, 평가결과 보고 및 공표, 평가결과 등급부여, 평가운영반 운영, 평가운영반별 평가대상 기관의 배분에 관한 사항 등을 심의·조정하도록 한다.

(5) 지정측정기관 평가운영반의 구성 및 역할

지정측정기관 평가운영반은 지정측정기관 평가위원회의 산하에 두도록 하며 총괄평가 운영반장은 평가위원회의 당연직 위원인 안전위생연구센터 소장을 위임하도록 한다. 또한, 평가운영반은 지방노동청별로 공단 각 지역본부와 지도원의 실무자를 포함하여 4인 이내로 구성·운영하되, 필요시 근로감독관 또는 외

부전문가를 평가운영반에 포함될 수 있도록 하여 노동부, 한국산업안전공단, 한국산업위생학회 등이 모두 참여할 수 있는 형태로 운영될 필요가 있다. 한국산업위생학회에서 추천을 받는 경우 평가대상기관에 소속되거나 연관이 있는 전문가는 평가운영반에 포함하여서는 안 된다.

한편, 평가결과의 일관성 유지 등을 고려할 때 가급적 1개의 운영반을 유지할 필요가 있으나 한국산업안전공단의 연구원장이 평가기간 및 소요시간을 고려하여 기간이 촉박할 경우 2개 이상의 평가운영반을 구성하여 운영할 수 있도록 하여야 한다. 또한, 2개의 평가운영반을 구성·운영하는 경우에는 연구원의 총괄평가반장의 지시에 따라 각 평가운영반에서 행하는 평가에 대한 일관성을 유지하도록 별도의 조치가 필요한 것으로 보인다.

또한 평가운영반은 평가운영반장에 의하여 평가방법, 평가결과의 일관성 유지, 평가결과의 보안 등에 관한 사항 등에 대하여 일정시간 교육을 이수하도록 하여야 한다.

(6) 지정측정기관 평가 기준

지정측정기관 평가를 실시하는 기관은 지정측정기관의 평가표를 개발할 경우 평가표에 작업환경측정 및 시료분석의 능력, 측정결과의 신뢰도, 시설·장비의 성능 및 보유인력의 교육이수·능력개발, 전산화 정도 및 그 밖의 제반사항이 포함되도록 하여야 한다. 구체적인 평가내용 및 기준은 다음 장에서 언급하도록 한다. 또한, 평가기준의 세부내용 및 기준별 배점은 평가위원회가 정하도록 하고 최근 1년간 법 제42조에 의한 작업환경측정을 실시하지 않은 기관(이하 “신규기관”이라 한다) 또는 사업장자체측정기관에 대하여는 평가위원회의 의견을 들어 제1항의 규정에 의한 평가항목 중 일부를 평가 시에 제외할 수 있어야 한다.

(7) 지정측정기관 평가방법

가) 지정측정기관 평가 실시계획의 공고

지정측정기관 평가기관은 평가 시행 30일 전까지 공단 홈페이지 또는 산업안전보건지등 정기간행물에 평가 실시계획을 공고하도록 한다. 지정측정기관의 실태조사 결과 대부분 실시계획의 공고기간을 30일이 적절하다는 의견에 따라 시행하면 크게 무리가 없을 것으로 판단된다.

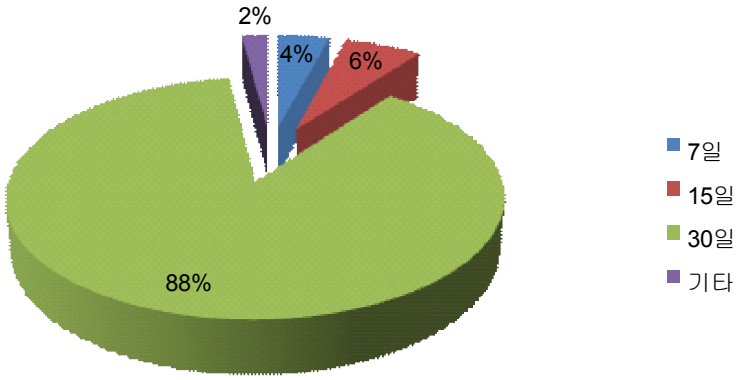


그림 57. 지정측정기관 평가 실시계획 공고

나) 지정측정기관 평가주기

지정측정기관 평가주기에 대한 의견조사결과 2년에 1회와 3년에 1회가 동일하게 43%로 나타났지만 미국산업위생학회 평가 주기가 3년, KOLAS에 의한 평가주기는 4년 등을 고려하고 1회 평가 시 소요기간이 약 12주(공고: 4주, 현장실사: 2-3주, 결과취합 및 자료처리: 2주, 평가위원회개최: 1주, 결과공표: 1-2주)소요 됨을 가정한다면 3년이 지정측정기관 평가의 최적 주기로 판단된다. 따라서 지정측정기관 평가주기는 매 3년 1회 이상 정기적으로 실시하도록 한

다. 다만, 노동부장관이 필요하다고 인정하는 경우에는 탄력적으로 평가시기를 연장 또는 단축시킬 수 있다.

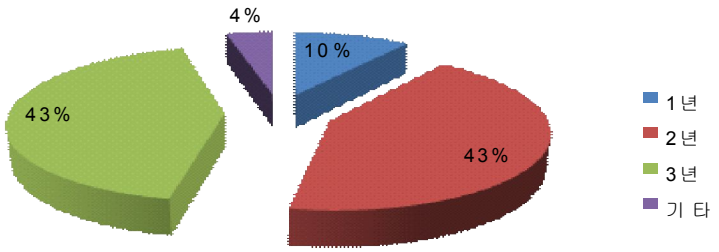


그림 58. 지정측정기관 평가주기

다) 지정측정기관 평가방법

지정측정기관 평가운영반은 평가운영위원회에서 선정한 평가운영반별 평가대상기관을 직접 방문하여 평가기관에서 개발한 평가표를 활용하여 평가하도록 한다. 이 경우 평가한 평가표는 총괄평가반장에게 즉시 보고하도록 한다. 또한 지정측정기관이 평가결과에 이의를 제기할 수 있으므로 평가결과를 지정측정기관에 통보하고 7일간의 이의 접수기간을 부여하여 공정성과 투명성을 유지할 수 있도록 한다.

라) 지정측정기관 평가결과 등급 부여

지정측정기관 평가기관은 평가를 실시한 후 기준별 득점의 총 합계에 의하여 평가기관별 최종 득점을 확정하도록 한다. 지정측정기관 평가위원회의 위원장인 안전보건연구원장은 평가위원회를 개최하여 득점을 근거로 실시기관별로 “우수”, “보통”, “미흡”의 평가등급을 부여하도록 한다.

마) 지정측정기관 평가결과 공표

지정측정기관 평가실시기관별 평가등급결과는 작업환경측정의 수준 향상을 위해 노동부장관이 법제42조 제8항에 의거하여 공표하여야 한다. 산업안전보건법 시행규칙 제97조 제2항에 의한 평가결과의 공표에 대한 측정기관의 의견으로는 공신력이 있는 노동부 홈페이지가 47%로 가장 많았으나 노동부 홈페이지 또는 공단이 발행하는 산업안전보건지 등 사업주와 근로자가 쉽게 접할 수 있는 매체이면 충분할 것으로 보인다. 따라서 꼭 어느 부분으로 한정할 필요는 없다고 판단되며, 평가결과 공표는 최종 점수보다는 우수, 보통 및 미흡으로, 다 공개하기 보다는 필요에 따라 등급을 부분적으로 제한하여 “우수기관”, “우수기관과 미흡기관” 등 탄력적으로 조절하여 공표하도록 한다.

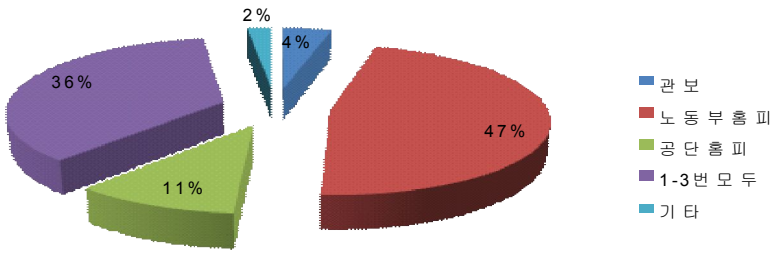


그림 59. 지정측정기관 평가결과 공표 매체

바) 지정측정기관 평가결과의 보고

지정측정기관 평가기관은 평가를 종료한 날로부터 15일 이내에 기관별 최종 득점 및 등급에 대한 결과를 노동부장관에게 보고하여 그 결과를 노동부와 한국산업안전공단이 함께 공유하도록 한다.

사) 지정측정기관 평가결과 국고지원 사업 참여의 제한

지정측정기관 평가결과 미흡한 기관 등은 한국산업안전공단의 국고지원 사업 참여의 제한여부에 대한 의견조사 결과 67%가 타당하다는 의견을 보였다. 따라서 한국산업안전공단 이사장은 지정측정기관 평가결과 “미흡” 등급을 받은 기관에 대하여는 공단의 작업환경측정관련 각종 지원사업에 참여할 경우 이를 제한할 수 있도록 하되 지속적으로 제한 할 수는 없으므로 실시기관별 평가 등급에 따라 우수 및 보통 등급에 대하여는 당해 년도 또는 차기 년도 작업환경측정관련 지원사업 물량에 대하여 차등 배정하여 운영 하도록 한다.

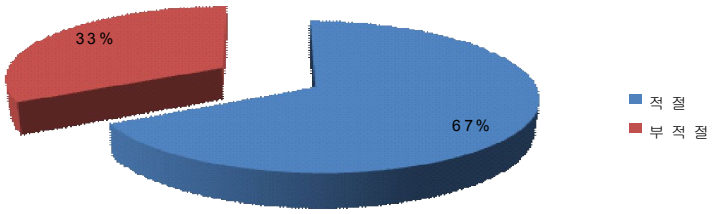


그림 60. 지정측정기관 평가결과 국고지원 사업 참여의 제한

(8) 지정측정기관 평가 추진 절차

전체적인 지정측정기관 평가절차를 요약하면 아래와 같다. 최초 지정측정기관 평가위원회 및 평가반을 구성하고 실제 평가를 위해서는 평가위원회를 개최하여야 하며 이 경우 평가일정, 평가항목, 평가방법, 평가표의 적정성 등을 심의하여야 한다. 그리고 실제 평가에 참여할 평가운영반을 소집하여 지정측정기관에 관한 평가에 대하여 평가운영반장에게 평가방법, 평가결과의 일관성 유지에 관한 사항, 평가결과의 보안 등에 관한 사항 등에 대하여 일정시간 교육을 이수하도록 한다. 이후 연구원에서 평가 일정을 공고하되 30일 이전에 홈페이

지 등에 공고하고 평가운영반에 의한 평가 후 그 결과를 평가운영위원장에 보고하도록 한다. 한편, 평가결과의 투명성 등을 위하여 평가받은 지정측정기관에 그 결과를 통보하고 이의가 있는 경우 이의 접수를 받으며 이후 평가위원회 2차 회의에서 평가결과 일관성 유지에 관한 사항 점검, 등급부여 결정 및 공표방법 등에 관하여 결정하고 노동부에 그 결과를 보고하여 노동부와 한국산업안전공단이 정보를 공유하도록 한다. 그리고 평가결과는 노동부 홈페이지 또는 안전공단 홈페이지에 공표하여 측정실시 사업장 사업주 등에게 우수기관을 선택할 수 있는 기회를 제공하고 미흡한 기관에 대하여 국고지원사업 등을 제한하는 조치를 취하도록 한다.

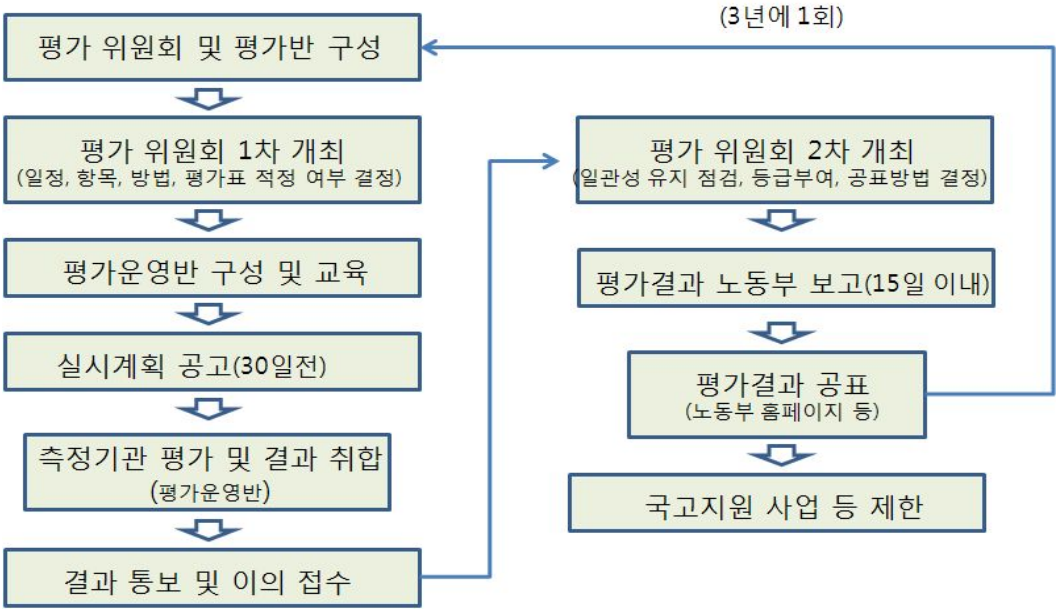


그림 61. 지정측정기관 평가 추진 절차 체계(안)

5. 지정측정기관 평가 표준화 방안

지정측정기관 평가 표준화 방안과 관련하여 우선 노동부의 고시를 제·개정하고 한국산업안전공단에 지정측정기관 평가 세부시행규정을 마련할 필요가 있다. 노동부 고시는 작업환경측정 및 정도관리 규정에 지정측정기관 평가와 관련된 조항을 제정하는 방법과 별도의 노동부고시로 새롭게 신설하여 규정하는 방안이 있을 수 있다. 여기서는 표준화 방안의 전반적인 내용만 설명하고 지정측정기관 평가 표준화를 위한 관련 규정 및 세부시행지침의 구체적인 안은 부록 2와 3에 제시하였다.

1) 지정측정기관 평가 개요

(1) 목적

이 규정은 산업안전보건법(이하 “법”이라 한다) 제42조 제8항, 동법 시행규칙(이하 “규칙”이라 한다) 제97조에 지정측정기관의 평가 등에 관하여 규정함을 목적으로 한다.

> 법제42조 제8항 : 노동부장관은 작업환경측정의 수준향상을 위하여 필요한 경우에는 제4항의 규정에 의한 지정측정기관을 평가한 후 그 결과를 공표할 수 있다.
> 시행규칙 제97조①노동부장관이 법제42조제7항의 규정에 따라 지정측정기관의 작업환경측정 수준을 평가하고자 하는 경우의 평가기준은 다음과 같다.
> 1. 작업환경측정 및 시료분석의 능력
> 2. 측정결과의 신뢰도
> 3. 시설·장비의 성능
> 4. 보유인력의 교육이수·능역개발, 전산화 정도 및 그 밖의 제반사항
> ②지정측정기관의 평가방법·공표방법 등에 관하여 필요한 사항은 노동부장관이 정한다.

(2) 정의

“지정측정기관의 평가”라 함은 법 제42조제8항에 따라 노동부장관이 작업환경측정의 수준향상을 위하여 필요한 경우 지정측정기관을 평가하는 것을 말한다.

“지정측정기관의 평가기준”이라 함은 규칙 제97조에 의한 작업환경측정 및 시료분석의 능력, 측정결과의 신뢰도, 시설·장비의 성능 및 보유인력의 교육이수·능력개발, 전산화 정도 및 그 밖의 제반사항을 말한다.

2) 지정측정기관의 평가관련 조직

(1) 적용범위

지정측정기관의 평가와 관련된 규정은 령 제32조의3에서 규정하는 지정측정기관에 적용한다. 다만, 지정측정기관의 평가(이하 “평가”라 한다)에 참여를 희망하는 기관·단체 및 사업장에 대해서도 적용할 수 있다.

(2) 지정측정기관 평가기관 및 평가실시

지정측정기관 평가기관(이하 “평가기관”이라 한다)은 한국산업안전공단 산업안전보건연구원(이하 “연구원”이라 한다)으로 한다. 연구원장은 작업환경측정의 수준향상을 위하여 지정측정기관의 평가에 대하여 평가를 실시할 수 있다.

(3) 지정측정기관 평가기관의 역할

지정측정기관 평가기관의 역할은 다음과 같다.

- 지정측정기관 평가계획의 수립
- 지정측정기관 평가표의 개발·보완
- 지정측정기관 평가방법의 표준화 및 일관성
- 지정측정기관 평가기준의 적정성

- 지정측정기관 평가자료 수집 및 결과 보고
- 지정측정기관 평가계획에 필요한 서식 작성
- 기타 지정측정기관 평가에 필요한 사항

(4) 지정측정기관 평가위원회 구성 및 운영

지정측정기관의 평가기관은 평가항목 및 평가방법의 결정, 평가결과의 확정 및 평가등급부여 등 기관평가에 필요한 사항을 심의하기 위하여 위원장 1인을 포함한 10인 이내로 지정측정기관 평가위원회(이하 “평가위원회”라 한다)를 구성·운영하여야 한다.

평가위원회의 위원장은 연구원장이 되며 평가위원은 당연직 위원과 위촉위원으로 구분하되, 당연직 위원은 안전위생연구센터 소장 및 노동부 산업보건환경팀장이 되고 위촉위원은 산업위생 분야의 학식과 경험이 풍부한 자 중에서 연구원 및 한국산업위생학회에서 추천하는 위원을 위촉한다. 다만, 위원장이 업무를 수행하기 곤란한 경우에는 공단 안전위생연구센터 소장이 그 업무를 대행한다.

(5) 지정측정기관 평가위원회의 역할

지정측정기관 평가위원회는 다음의 사항을 심의·조정한다.

- 지정측정기관 평가일정에 관한 사항
- 지정측정기관 평가방법에 관한 사항
- 지정측정기관 평가 시 일관성 유지에 관한 사항
- 지정측정기관 평가표의 적정여부에 관한 사항
- 지정측정기관 평가결과 보고 및 공표에 관한 사항
- 지정측정기관 평가결과 등급부여에 관한 사항
- 지정측정기관 평가운영반 운영에 관한 사항
- 지정측정기관 평가운영반별 평가대상 기관의 배분에 관한 사항
- 기타 지정측정기관 평가에 필요한 사항

(6) 지정측정기관 평가운영반 구성・운영

총괄평가 운영반장은 안전위생연구센터 소장이 되며 평가운영반은 지방노동청별로 공단 각 지역본부와 지도원의 실무자를 포함하여 4인 이내로 구성・운영하되, 필요시 근로감독관 또는 외부전문가를 평가운영반에 포함할 수 있다. 다만, 평가대상기관에 소속되거나 연관이 있는 전문가는 평가운영반에 포함하여서는 아니 된다. 연구원장은 평가기간 및 소요시간을 고려하여 기간이 촉박할 경우 2개 이상의 평가운영반을 구성하여 운영할 수 있다. 복수의 평가운영반을 구성・운영하는 경우에는 연구원의 총괄평가반장의 지시에 따라 각 평가운영반에서 행하는 평가에 대한 일관성을 유지하도록 조치하여야 한다.

평가팀은 대상기관별로 2일 이내에서 현장평가를 한다. 다만 항목, 측정분석방법, 기술적 난이 등을 감안하여 평가 일수를 적절히 조정할 수 있다.

3) 지정측정기관의 평가기준 및 평가 방법

(1) 지정측정기관 평가기준

지정측정기관 평가 실시기관은 평가표를 개발할 경우 평가표에 다음 각 호의 “평가기준”이 포함되도록 하여야 한다.

- 작업환경측정 및 시료분석의 능력
- 측정결과의 신뢰도
- 시설・장비의 성능 및 보유인력의 교육이수・능력개발
- 전산화 정도 및 그 밖의 제반사항

위의 각 호의 평가기준의 세부내용 및 기준별 배점은 평가위원회가 정한다. 최근 1년간 법 제42조에 의한 작업환경측정을 실시하지 않은 기관(이하 “신규기관”이라 한다) 또는 사업장자체측정기관에 대하여는 평가위원회의 의견을 들어 제1항의 규정에 의한 평가항목 중 일부를 평가 시에 제외할 수 있다.

(2) 지정측정기관 평가 실시계획의 공고

지정측정기관 평가기관은 평가 시행 30일 전까지 공단 홈페이지 또는 산업안전보건지등 정기간행물에 평가 실시계획을 공고하여야 한다.

(3) 지정측정기관 평가주기

지정측정기관 평가는 매 3년 1회 이상 정기적으로 실시하여야 한다. 다만, 노동부장관이 필요하다고 인정하는 경우에는 평가시기를 연장 또는 단축시킬 수 있다.

(4) 지정측정기관 평가방법

지정측정기관 평가운영반은 평가운영위원회에서 선정한 평가운영반별 평가대상기관을 직접 방문하여 평가기관에서 개발한 평가표를 활용하여 평가하여야 한다. 위 기준에 따라 평가한 평가표는 총괄평가반장에게 즉시 보고하여야 한다.

(5) 지정측정기관 평가결과 등급부여

지정측정기관 평가기관은 평가를 실시한 후 기준별 득점의 총 합계에 의하여 평가기관별 최종 득점을 확정하여야 한다. 연구원장은 평가위원회를 개최하여 득점을 근거로 실시기관별로 다음의 평가등급을 부여하여야 한다.

- “우수”(E : Excellent)등급
- “보통”(M : Moderate)등급
- “미흡″(I : Insufficiency)등급

평가항목의 일부에 대한 평가를 미실시한 신규기관 또는 자체측정기관에 대한 평가등급 부여방법은 평가위원회가 별도로 결정한다.

4) 지정측정기관의 평가결과의 공표 등

(1) 지정측정기관 평가결과 조치

지정측정기관 평가실시 기관별 평가등급결과는 작업환경측정의 수준 향상을 위해 노동부장관이 법제42조 제8항에 의거하여 공표할 수 있다.

(2) 지정측정기관 평가결과의 보고

지정측정기관 평가기관은 평가를 종료한 날로부터 15일 이내에 기관별 최종 득점 및 등급에 대한 결과를 노동부장관에게 보고하여야 한다.

(3) 지정측정기관 평가결과의 공표

산업안전보건법 시행규칙 제97조 제2항에 의한 지정측정기관의 평가결과의 공표는 노동부 홈페이지 또는 공단이 발행하는 산업안전보건지 등에 의한다. 평가결과 공표는 필요시 우수(E), 보통(M) 및 미흡(I)등급을 부분적으로 제한하여 공표할 수 있다.

(4) 지정측정기관 평가결과에 따른 사업참여 제한

한국산업안전공단 이사장은 지정측정기관의 평가결과 "미흡"(I : Insufficiency)등급을 받은 기관에 대하여는 공단의 작업환경측정관련 각종 지원사업에 참여할 경우 이를 제한할 수 있다. 지정측정기관 실시기관별 평가 등급에 따라 우수(E) 및 보통(M)등급에 대하여는 당해 연도 또는 차기년도 작업환경측정관련 지원사업 물량에 대하여 차등 배정하여 운영 할 수 있다.

Ⅳ. 결　　론

작업환경측정방법 및 작업환경측정기관평가 표준화 연구를 수행하여 도출한 내용은 다음과 같다.

1. 작업환경측정방법 표준화

산업안전보건법 제 39조의2 제1항 및 현재 입법예고 중인 시행령 제31조의2 (허용기준 대상물질)에 의한 벤젠 등 13종의 허용기준 설정물질에 대한 작업환경측정방법 표준화를 위해 도출한 주요 연구결과물은 다음과 같다.

1) 작업환경측정방법 작성체계 표준화지침

허용기준 설정물질에 대한 작업환경측정방법은 현재는 13종이 입법예고 되어 있지만 향후 추가될 수도 있고, 또한 기존 물질에 대한 측정방법도 신뢰성 있는 새로운 분석방법이 개발된다면 개정될 수도 있다. 따라서 허용기준 설정물질의 제·개정 시 구성내용에 있어서 그 일관성을 유지하는 것은 필수적인 사항이다. 이를 위해 본 연구에서는 허용기준 설정물질의 작업환경측정방법에 대한 분류체계, 작성체계, 그리고 단위체계 및 용어사용에 대한 표준화지침을 제시하였다.

2) 작업환경측정방법

허용기준 설정물질에 대한 작업환경측정방법은 허용기준제도의 법적취지를 충족해야 하고, 측정에 대한 신뢰성이 담보되어야 하며, 또한 국내 작업환경측정기관의 현실도 고려되어 측정방법이 제정되어야 할 것이다. 이를 위해 본 연구에서는 허용기준 설정물질에 대한 국내외 작업환경측정방법 조사, 그리고 국

내 작업환경측정기관에서 사용하고 있는 작업환경측정방법이 무엇인지를 확인하기 위해 전수설문조사를 통해 그 실태를 파악하였으며, 이 실태조사결과를 바탕으로 국내 작업환경측정기관에서 사용가능한 방법 중 허용기준제도의 취지를 만족하고 그리고 작업환경측정에 대한 신뢰성을 담보할 수 있는 측정방법을 작업환경측정방법 작성체계 표준화지침에 의거 작성하였다. 작성된 방법은 그 신뢰성 검증 및 보완이 필요한 사항이 있는 지 여부를 확인하기 위해 50개 측정기관을 대상으로 직접 방문하여 의견수렴과정을 거쳤다. 동 과정을 거쳐 작성된 허용기준 설정물질의 작업환경측정방법의 주요 구성내용은 다음과 같다.

제 1장	총 칙
제 2장	일반측정사항
	제1절 화학시험의 일반사항
	제2절 시료채취 및 분석시 고려사항
	제3절 분석기기
제3장	물질별 작업환경측정방법
	1. 개요
	1.1 적용범위
	1.2 물질특성
	1.3 시료채취개요
	1.4 분석개요
	2. 측정원리
	3. 기구 및 기기
	4. 시약
	5. 시료채취
	6. 분석
	7. 농도
	8. 참고문헌

다음은 허용기준 설정물질별로 본 연구에서 제시한 시료채취방법 및 주요

분석기기, 본 연구에서 제시한 측정방법을 채택하고 있는 국내·외 작업환경측정방법을 정리한 것이다.

물질명	시료채취방법	분석기기	국내·외 작업환경측정방법
납 및 무기화합물	여과채취방법	AA, ICP	K ,N ,O ,H
니켈(불용성)	여과채취방법	AA, ICP	K ,N ,O ,H
디메틸포름아미드	고체채취방법	GC	K ,N ,O ,H
벤젠	고체채취방법	GC	K, N ,O ,H ,I
6가크롬화합물	여과채취방법	UV-VIS, IC	K, N, H
2-브로모프로판	고체채취방법	GC	K, N, O
석면	여과채취방법	PCM	K, N. H
이황화탄소	고체채취방법	GC	K, N
카드뮴및그화합물	여과채취방법	AA,ICP	K ,N ,O ,H
2,4-TDI	고체채취방법	HPLC	K, O, H
트리클로로에틸렌	고체채취방법	GC	K ,N ,O ,H
포름알데히드	고체채취방법	HPLC	K. N. O. I .E
노말헥산	고체채취방법	GC	K ,N ,O ,H

AA: 원자흡광광도계, ICP: 유도결합플라즈마분광광도계, GC: 가스크로마토그래피, UV-VIS: 자외선-가시광선분광광도계, IC: 이온크로마토그래피, HPLC: 고성능액체크로마토그래피, K: KOSHA-CODE, N: NIOSH 측정방법, O: OSHA 측정방법, H: HSE 측정방법, I: ISO 측정방법, E: EPA 측정방법

3) 허용기준제도 운영방안

허용기준제도가 활성화되기 위해서 감독대상 사업장을 어떻게 선정하는 것이 합리적인지, 실행주체, 그리고 기존의 노출기준 설정물질에 대한 작업환경측정제도와의 연계성을 어떻게 가져가는 것이 합리적인지에 대한 고찰이 필요하다.

작업환경측정결과를 바탕으로 허용기준이 설정된 물질에 대한 작업환경측정결과가 기준의 50%를 초과하는 사업장은 전수조사를 실시하고, 기준의 50% 미만사업장에 대해서는 행정여력을 고려하여 층화표본추출방법으로 점검대상 사업장을 선정하는 방안을 제시하였다. 실행주체는 지방노동관서가 되고 감독관이 직접수행하거나 또는 한국산업안전공단의 기술적인 지원을 받아 실행하는 안을 제시하였다. 기존 작업환경측정제도와의 연계성 경우, 사업주는 노출기준이 설정된 물질이든 허용기준이 설정되어 있는 물질이든지 간에 근로자의 건강보호를 위해 그 기준 이하로 유지해야 하기 때문에 산업안전보건법 제 42조에 따른 작업환경측정시도 허용기준 설정물질에 대한 측정을 실시해야 한다고 판단된다. 다만, 허용기준 초과여부는 노동부가 직접 실시하여 그 결과를 토대로 판정해야 할 것이다.

4) 허용기준 설정물질의 작업환경측정을 위한 기술지침

허용기준 설정물질에 대한 작업환경측정을 실시하는 데 있어 필요한 기술적인 사항에 대해 가능한 이해가 쉽도록 그림 등을 삽입하여 구체적으로 기술하였으며, 이 지침의 주요구성내용은 다음과 같다.

제 1장	총 칙
제 2장	시료채취 과정
제 3장	시료채취 매체
제 4장	특정시료 채취과정
제 5장	기구 준비 및 보정

2. 작업환경측정기관평가 표준화

산업안전보건법 시행규칙 제97조에 의한 4가지 평가기준(작업환경측정 및 시료분석의 능력; 측정결과의 신뢰도; 시설·장비의 성능; 보유인력의 교육이수·능력개발; 전산화정도 및 그밖의 제반사항)에 따른 측정기관의 종합수준을 평가하기 위해 관련 연구 및 국제규격, 그리고 산업안전보건법에서 작업환경측정과 관련하여 요구하고 있는 사항 등을 종합적으로 검토 및 전문가 회의등을 통하여, 총 77개의 평가항목과 지정측정기관의 운영방안을 마련하여 50개 지정측정기관을 대상으로 그 적용성 평가와 의견수렴과정을 통해 도출한 최종결과는 다음과 같다.

1) 지정측정기관 평가결과

4개 평가분야에 대하여 각 분야당 25점 만점으로 하여 종합점수가 100점이 되도록 하고, 80점 이상을 우수, 70점에서 79점까지를 보통, 그리고 70점 미만을 미흡으로 구분하여 평가한 결과, 우수한 기관이 24개소(48.0%), 보통이 22개소(44.0%), 그리고 미흡으로 평가된 기관이 4개소(8.0%)였다. 대학병원, 공기관, 그리고 자체측정기관의 평가점수가 병·의원에 소속된 측정기관의 점수보다 높게 나왔다.

2) 지정측정기관평가 운영방안

본 연구를 통해 도출한 지정측정기관 운영방안은, 지정측정기관의 평가위원회와 평가운영반을 구성하여 평가하는 방안을 제시하였다. 평가위원회의 구성은 위원장 1인을 포함하여 10인 이내로 구성하고, 평가위원은 노동부와 한국산업안전공단이 주축이 되는 당연직 위원과, 외부에서 위촉받은 위촉위원으로 구분하였다. 평가위원회의 주 역할은 지정측정기관의 평가에 대한 내용을 심의·

조정이며, 그 세부 내용으로는 평가일정, 평가방법, 평가 시 일관성유지, 평가표의 적정성 여부, 평가결과보고 및 공표, 평가결과 등급부여, 평가운영반 운영, 평가운영반별 평가대상기관의 배분에 관한 사항을 심의·조정하도록 한다. 지정측정기관의 평가운영반은 평가위원회 산하에 두도록 하고, 평가운영반은 지방노동청별로 공단지도원의 실무자를 포함하여 4인 이내로 구성하되, 필요시 근로감독관과 외부전문가를 포함할 수 있도록 제안하였다. 평가결과의 일관성 유지를 위해 노동청별로 가급적 1개의 운영반을 유지하는 것이 바람직하지만 평가위원회 위원장이 평가기간 및 소요시간을 고려하여 기간이 촉박한 경우 2개 이상의 평가운영반을 구성·운영할 수 있도록 하였다. 평가운영반을 총괄하는 평가운영총괄반장은 평가운영반에 대한 평가방법, 평가결과의 일관성 유지, 평가결과의 보안등에 관한 사항 등에 대하여 일정시간 교육하여야 한다.

지정측정기과에 대한 평가는 3년마다 실시하되, 최초 지정측정기관 평가위원회 및 평가반을 구성하고 실제 평가를 위해서는 평가위원회를 개최하여야 하며 이 경우 평가일정, 평가항목, 평가방법, 평가표의 적정성 등을 심의하여야 한다. 그리고 실제 평가에 참여할 평가운영반을 소집하여 지정측정기관에 관한 평가에 대하여 평가운영반장에게 평가방법, 평가결과의 일관성 유지에 관한 사항, 평가결과의 보안 등에 관한 사항 등에 대하여 일정시간 교육을 이수하도록 한다. 이후 평가 일정을 공고하되 30일 이전에 홈페이지 등에 공고하고 평가운영반에 의한 평가 후 그 결과를 평가위원회 위원장에 보고하도록 한다. 한편, 평가결과의 투명성 등을 위하여 평가받은 지정측정기관에 그 결과를 통보하고 이의가 있는 경우 이의 접수를 받으며 이후 평가위원회 2차 회의에서 평가결과 일관성 유지에 관한 사항 점검, 등급부여 결정 및 공표방법 등에 관하여 결정하고 노동부에 그 결과를 보고하여 노동부와 한국산업안전공단이 정보를 공유하도록 한다. 그리고 평가결과는 노동부 홈페이지 또는 안전공단 홈페이지에 공표하도록 한다.

3) 측정기관평가 규정 제・개정방안

지정측정기관의 평가를 위한 구체적인 고시안을 기존의 작업환경측정 및 정도관리 규정에 삽입하여 개정하는 방안을 제시하였다. 아울러 지정측정기관의 평가 세부운영지침을 제시하여 안전공단 규정으로 신설하는 방안을 제시하였다.

관련고시 개정안에는 적용범위 및 조직・기능(적용범위; 평가기관; 평가기관의 역할; 평가위원회의 구성 및 운영; 평가위원회의 역할; 평가운영반 구성 및 역할; 평가기준), 평가방법(평가실시계획의 공고; 평가주기; 평가방법; 평가결과 등급부여; 평가결과조치), 평가결과의 공표(평가결과의 보고; 평가결과의 공표; 사업참여제한 등)에 대한 안을 제시하였다.

세부운영지침에는 관련고시에 규정한 내용을 실행하기 위한 세부지침으로 총칙(목적), 지정측정기관의 평가(평가항목; 평가운영반 구성; 평가계획의 수립 및 통보; 평가위원과의 사전협의; 지정측정기관평가 업무절차; 시작회의; 지정측정기관의 순회; 중간회의; 문서평가; 평가항목별 평가; 주요직원 면담; 평가표의 작성; 평가보고서 작성; 종료회의; 현장평가 시 주의사항; 평가보고서 제출) 평가위원회 운영(평가위원회 심의), 평가운영반 위촉 및 관리(평가운영반원 교육; 평가위원 및 평가운영반의 위촉; 평가위원 및 평가운영반원의 관리)에 대한 사항을 제시하였다.

또한, 이번 연구결과를 통해 도출된 지정측정기관 평가표를 제시하였다. 이 평가표는 평가항목별로 평가방법 및 평가기준과 그리고 평가 시 참고사항 및 점검해야 하는 점검서류 등을 제시하였다.

【참고문헌】

기술표준원. KS A 17025 : 2000(ISO/IEC 17025 : 1999) 해설서.

기술표준원, 국제공인시험기관 및 검사기관 인정제도 운영요령.

김정만 등. 합리적인 작업환경측정주기 개선등에 관한 연구. 한국산업안전공단 산업안전보건연구원, 2007.

김치년, 노영만, 홍주연. 산업위생관리. 경기도, 예문사. 2008.

김치년, 김태형, 김화일, 박동욱, 박두용, 송영웅, 양원호, 이송권, 윤충식, 하권철, 허용. 핵심 산업보건. 서울, 신광출판사, 2008.

김현욱, 정춘화, 권정현, 이승철. 작업환경측정 매뉴얼. 서울, 작업환경측정기술협의회. 2008.

노동부. 2006년 작업환경관리현황, 2006.

노동부. 산업안전보건법. 노동부, 2007.

노동부. 화학물질 및 물리적 인자의 노출기준(고시 제 2008-26호). 노동부, 2008.

노영만, 김현욱, 박용규. 작업환경측정 정도관리 평가와 발전방향 제시. 산업안전보건연구원, 2001.

노영만 등. 작업환경 허용기준 도입을 위한 유해물질 선정 및 허용기준 수준에 관한 연구. 산업안전보건연구원, 2006.

대한산업보건협회. 2005년 작업환경측정제도 및 운영 개선방안, 제38회 산업안전강조주간 세미나.

박동욱, 신용철, 이나루, 이광용, 오세민,우리나라 작업환경측정기관 분석능력에 관한 고찰. 한국산업위생학회지 3(2): 194-203, 1993.

백남원, 우리나라 작업환경 측정기관의 분석능력에 영향을 미치는 요소, 한국산업위생학회지 4(1): 5, 1994.

백남원, 신용철, 박정임, 백용준, 최무룡. 작업환경측정기관의 종합평가, 기준, 절차, 운영등에 관한 연구. 산업안전보건연구원, 2004.

보건복지가족부. 공중위생관리법. 보건복지가족부, 2008.

식품의약품안전청. 의약품등의 질량편찬기준 및 시험방법(고시 제2007-61호). 식품의약품안전청, 2007.

식품의약품안전청. 의약품기준 및 시험방법 편찬위원회 규정(예규 제129호). 식품의약품안전청, 2007.

한국산업안전공단. 유해물질별 작업환경측정방법(KOSHA CODE A-2001). 한국산업안전공단, 2001.

한국산업안전공단. 위상차 현미경을 이용한 공기중 석면섬유 계수분석(석면분석전문가양성 교육교재). 인천, 한국, 2008.

환경부. 대기오염공정시험법(고시 제 2004-156호). 환경부, 2004.

환경부. 실내공기질공정시험법(고시 제 2004-80호). 환경부, 2004.

환경부. 토양오염공정시험법(고시 제 2002-122호). 환경부, 2002.

환경부. 폐기물공정시험법(고시 제 2007-151호). 환경부, 2007.

환경부. 수질오염공정시험법(고시 제 2007-147호). 환경부, 2007.

환경부. 먹는물수질공정시험법(고시 제 2008-7호). 환경부, 2008.

환경부. 공정시험방법 개정절차에 관한 업무처리지침(예규 제115호). 환경부, 1994.

환경부의 국립환경연구원에서는 환경측정기관 정도관리 운영지침(개정 2008.06.09 국립환경과학원 고시 제2008-21호)이 있었다.

Abell. M.T. and L.J.Doemeny; Monitoring the performance of occupational health laboratories. AIHAJ. 52(8):336-339, 1991.

AIHA. Fundamentals of Analytical Procedures in Industrial Hygiene, AIHA Publication, 1987.

AIHA. Laboratory Quality Assurance Program Policy, 2004.

AIHA. LQAP Application, 2004.

AIHA. Site Assessment Checklist, 2004.

AIHA. Quality Assurance Manual sample from a lab in US, 2002.

American Conference of Governmental Industrial Hygienists(ACGIH). 2007 TLVs and BEIs based on the documantation of threshold limit values for chemical substances and physical agents & biological exposure indices. ACGIH, 2007.

EPA. TO5, TO11: Formaldehyde. In Compendium of methods for the determination of toxic organic compounds in ambient air. U.S.A, 1988.

Hesketh, H.E. Fine Particles in Gaseous Media. Chelsea, MA.: Lewis Publishers, Inc., 1986.

HSE. MDHS methods for the determination of hazardous substances guidance. available from http://www.hse.gov.uk/pubns/mdhs/index.htm, 2008.

ILAC/UNIDO. Laboratory Accreditation in Developing Economies, 2003.

ISO. ISO 9000-3, Quality management and quality assurance standards - Part 3: Guidelines for the application of ISO 9001 to the development, supply and maintenance of software.

ISO. ISO 9004-1, Quality management and quality system elements - Part 1: Guidelines.

ISO. ISO 9004-4, Quality management and quality system elements - Part 4: Guidelines for quality improvement.

ISO. ISO/IEC Guide 43-1, Proficiency testing by interlaboratory comparisons - Part 1: Development and operation of proficiency testing schemes.

ISO. ISO/IEC 19011 Guidelines for quality and/or environmental management systems auditing, 2002, 품질경영시스템, 환경경영시스템 심사 지침.

ISO. ISO/IEC Guide 43-2, Proficiency testing by interlaboratory comparisons - Part 2: Selection and use of proficiency testing schemes by laboratory accreditation bodies.

ISO. ISO/IEC Guide 58, Calibration and testing laboratory accreditation systems - General requirements for operation and recognition.

ISO. ISO 9487: Workplace air-determination of vaporous hydrocarbons-charcoal tube/solvent desorption/gas chromatographic method. In international standard. Geneve, Switzerland, 1991.

ISO. 16000-3: Determination of formaldehyde and other carbonyl compounds by active sampling method. Switzerland, 2001.

Japan Ministry of labour. Sagyo Kankyo guidebook(the official manual for working environment measurement in Japan), TAWE, Tokyo, 1999.

Lioy, P.J. Air Sampling Instruments for Evaluation of Atmospheric Contaminants. Cincinnati, OH.: American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 1989.

Lodge, J.P., Jr. (Ed.) Methods of Air Sampling and Analysis. Chelsea, MA.: Lewis Publishers, Inc., 1988.

NIOSH. Occupational exposure sampling strategy manual. DHEW(NIOSH) Pub. No. 77-173, NIOSH, Cincinnati, Ohio, 1977.

NIOSH. Mixed Exposures Research Agenda, A Report by the NORA Mixed Exposure Team (Cincinnati, OH.: NIOSH Publications Dissemination, 2005), 106.

NIOSH. NIOSH manual of analytical methods. Available from http://www.cdc.gov /niosh/nmam/, 2008.

OSHA. U.S. Department of Labor, OSHA Computerized Information System (OCIS) Chemical Sampling Information (Washington, D.C.: GPO, 1995).

OSHA. OSHA analytical methods. available from http://www.osha.gov/dts /sltc/methods/toc.html, 2008a.

OSHA. Toxic and hazardous substances OSHA reference method-mandatory. available from http://www.me.go.kr/dev/board/print.html, 2008b.

OSHA. Technical manual. Available from http://www.osha.gov/dts /osta/otm /otm_abstract.html, 2008c

Paik, N.W. and S.P. Levine: Quality control for Industrial Hygiene Laboratories. World Health Forum 18:359-362, 1997

Abstract

A study of the standardization for working environment measurement methods and working measurement institutions assessment

Jeong, Jee Yeon; Phee, Yong Kyoo; Kim, Chi Yeon; Kim Pan gi; Kim, Yong chul

Yongin university, Daegue Haany university, Yonsei university

This study was designed to develop the standard sampling and analytical methods for confirming the exceed the permissible standards of the chemical substances, and the standard evaluation checklist and operation module for assessing the working environment measurement institutions by Industrial Safety and Health Law.

To develop the standard sampling and analytical methods and evaluation checklist, we reviewed the related documents and regulations, and also surveyed the working measurement institutions

By the result of this study, we presented the working measurement methods for monitoring the compliance of the permissible standards, the standard writhing scheme of the measurement method, and technical guideline for using the methods.

Also, we produced the evaluation checklists for assessing of the measurements institutions by the sampling and analytical ability, reliability of measurement results, the performance of equipments and facilities, and etc.

We also recommended the operation procedure of assessing the institutions, including how to organize a evaluation committee, and a group of inspectors assigned to evaluate the institution, the announce methods of the evaluation results.

Keywords : Working environment measurement methods, technical guideline, evaluation checklist, operation procedure

부록 1. 작업환경측정방법 작성체계 표준화 지침

제1조(목적) 이 지침은 산업안전보건법 제39조 2에 의해 설정된 허용기준설정물질에 대한 작업환경측정방법(이하 “작업환경측정방법”이라 한다)의 제정・개정을 위하여 작성체계, 단위체계, 분류체계 및 용어의 선택 등에 관한 표준화에 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.

제2조(적용범위) 이 지침은 작업환경측정방법의 제・개정 체계의 표준화를 위해 적용한다.

제3조(용어의 정의) 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

1. ‘표준화’란 정부 규격의 용어, 단위, 종류, 등급, 품질, 성능, 측정방법, 표시사항 등을 일치시키는 제반 노력을 말한다.
2. ‘분류체계’라 함은 작업환경측정방법을 효과적으로 분류하기 위한 구성 및 형식을 말한다.
3. ‘작성체계’라 함은 작업환경측정방법을 기술하기 위한 구성 및 형식을 말한다.
4. ‘단위체계’ 또는 ‘단위’라 함은 같은 종류의 다른 양을 비교하여 그 크기를 나타내기 위한 기준으로 사용되는 특정량을 말한다.

제4조(분류체계) ①작업환경측정방법은 전산화와 새로운 측정방법의 신설 및 측정방법 검색을 용이토록 하기 위한 분류체계를 갖도록 한다.

②각 작업환경측정방법은 고유의 분류번호를 가지며 표 1의 분류기준에 따라 고유번호를 부여한다.

③작업환경측정방법에 대한 고유 분류번호는 노동부 작업환경측정방법 제・개정 담당부서에서 부여한다.

제5조(작성체계) ①작업환경측정방법의 제・개정시 작성체계는 표 2, 표

3에 따름을 원칙으로 한다.

②작업환경측정방법의 인쇄는 표 4의 인쇄기준에 따르며 표 4에 수록되지 않은 사항(표지는 제외)에 대해서는 한국산업규격의 규격서 서식(KS A 0001)에 따른다.

제6조(단위체계) ①작업환경측정방법에 사용하는 단위는 국제단위계(SI Units, The International System of Units)와 부합하도록 한다.

②작업환경측정방법에 쓰이는 단위기호의 사용과 표기방법은 표 4의 측정방법 인쇄기준 중 '5.0 단위기호의 사용과 표기방법'에 따르며 다른 규정에 우선한다.

제7조(용어사용) ①작업환경측정방법에 사용하는 용어는 혼란을 방지하기 위하여 다음의 순서에 따라 적용하여야 한다.

1. 대한화학회의 화학술어집 및 화합물 명명법 편수자료
2. 한국산업규격의 분석화학용어(KS M 0124, KS M 0126, KS M 0127, KS M 0128, KS M 0129)
3. 국립국어연구원의 표준국어사전
4. 국립국어연구원의 외래어표기용례집
5. 산업안전보건법 등에서 보편적으로 사용되고 있는 용어

②제1항의 규정에 비해 보편적으로 널리 사용되는 용어가 있는 경우, 작업환경측정방법 제·개정 담당부서에서 이를 사용토록 할 수 있다.

[표 1] 측정방법의 고유번호 분류기준

1. 각 작업환경측정방법은 ****.* 로 분류한다. 여기서 *는 숫자로서 각 측정방법의 고유번호를 의미한다.
2. 작업환경측정방법의 고유번호는 물질특성에 따라 다음과 같이 아라비아 숫자 4자리를 할당하여 1000단위로 대분류하여 구분한다.

< 작업환경측정방법 분류기준 - 대분류 >

구분	분류번호
유기화합물	1***
금속류	2***
산 및 알카리류	3***
가스상 물질류	4***
령 제30조규정에 의한 허가대상물질	5***
금속가공유	6***
분진	7***

3. 측정방법이 개정되는 경우, 처음 개정에 대해서는 소수 첫째자리에 아라비아 숫자를 1부터 개정 순서에 따라 부여한다.

예시) 벤젠에 대한 작업환경측정방법: 1001
- 1001번의 첫 번째 개정방법: 1001.1
- 1001번의 두 번째 개정방법: 1001.2

[표 2] 총칙, 일반측정사항의 분류 및 구성내용

분류		구성내용
총칙		목적, 적용 범위, 계량 단위 및 기호, 농도 표시, 관련 용어·단어의 정의 및 설명 등
일반 측정 사항	화학시험의 일반사항	작업환경측정방법에 사용된 일반화학분석에 관한 공통적인 사항 및 용어
	시료 채취 및 분석 시 고려사항	시료채취기구 선택, 표준용액 조제, 탈착효율검정 시료조제, 회수율시료조제 방법 등
	분석기기	작업환경측정 시 주요 분석기기가 갖추어야 할 요건 등을 기술
	안전보건 사항	실험 시 분석자에 대한 안전보건사항, 실험실 사고에 대한 대체요령, 실험실 안전보건지침 등

[표 3] 물질별 작업환경측정방법의 작성체계 및 구성내용

작성체계	구성내용
1.0 개요	1.1 적용범위 - 적용 가능한 시험항목과 매질 제시
	1.2 물질특성 - 원소기호, 분자량(또는 원자량), 물리적 특성 기재
	1.3 시료채취 개요 - 시료채취방법, 기구 및 채취제, 시료채취유량, 시료채취 총량, 측정방법의 검출한계, 정확도, 정밀도, 시료운반 요령, 시료안정성에 대한 내용기술 - 현장공시료에 대한 정보 기술
	1.4 분석개요 - 분석기기 종류, 전처리 방법 기술 - 표준용액 농도범위 기술 - 탈착효율, 회수율정보 기술 - 검출한계, 분석범위, 정밀도 정보 기술
2.0 측정원리	- 시료채취 방법, 전처리 및 기기분석과정에 대한 전반적인 사항제시
3.0 기구 및 기기	3.1 시료채취기구 - 시료채취기 및 측정매체에 대해 기술 - 개인시료채취용 펌프에 대해 기술 - 기타 시료채취와 관련된 사항기술

작성체계	구성내용
	3.2 초자기구 및 전처리 장비 - 실험에서 사용되는 각종 초자기구의 종류 및 용량 등에 관해 기술 - 기기분석 전 시료전처리에 필요한 장비의 종류 및 특성 등에 관해 언급 3.3 분석기기 - 실험에 요구되는 분석장비의 종류 및 요구되는 사양에 대해 기술
4.0 시약 및 표준용액	4.1 시약 - 시약명과 함께 괄호 안에 순도 명시 단, 별도로 순도가 명시되지 않은 시약의 경우는 1급 시약 (E.P., Extra Pure Reagent) 이상 순도의 시약 사용. - 조제시약의 경우는 조제방법, 보관방법 및 보존기간 등을 제시 - 진한 산, 염기의 경우는 비중을 괄호 안에 표기 - 희석한 산, 염기용액은 희석 정도 표시 - 그 외 용액은 괄호 안에 규정농도, g/L (또는 μg/mL, μg/L 등), %로 농도를 표기한다. - 실험에서 사용되는 증류수의 종류
	4.2 표준용액 - 표준시약의 농도, 순도 제시 · 표준시약은 인정표준물질을 사용하여야 하며 해당 항목의 인정표준물질이 존재하지 않을 경우 가급적 높은 순도의 표준시약을 사용 - 실험에서 사용되는 표준용액의 제조방법 제시

작성체계	구성내용
5.0 시료 채취	5.1 시료채취 - 시료채취기 연결방법, 채취유량, 권고시료채취용량, 시료채취기간, 시료채취량 등 필요한 사항 기술 5.2 공시료 - 현장공시료의 수 등에 대한 정보 제시 5.3 시료운반 -채취된 시료의 운반요령 및 시료 저장안정성에 대한 사항 기술
6.0 분석 과정	6.1 전처리 - 공시료 및 현장채취시료의 전처리과정에 대해 기술
	6.2 분석법 - 분석기기 조작절차에 관한 내용 상세히 서술 - 분석기기의 작동조건을 제시 - 필요시 실험과정중의 주의사항 및 위험사항 등을 기술
7.0 농도 계산	- 작업장 공기 중 농도로 환산하기 위한 계산식 제시 - 계산식에 사용된 인자 설명
8.0 참고 자료	- 근거자료, 참고문헌에 대한 정보 표기 - 출판되지 않았거나, 개인 의견, 개인적 서신 등은 참고자료로 언급불가
9.0 부록	- 표, 그림, 순서도, 유효자료 등 측정방법에 관한 각종 유효자료와 보조 정보 - 계산식의 전개, 계산을 위한 보충 정보 혹은 차트

[표 4] 허용기준설정물질 작업환경측정방법 인쇄 기준

Ⅰ. 제목 양식

물질별 작업환경측정방법 명칭 분류번호(개정연도)

1.0 개요

이 측정방법은...

1. 물질별 작업환경측정방법 명칭은 허용기준설정 물질명으로 하고 굴림체 16호로 진하게 표기한다.
2. 분류번호는 굴림체 15호로 진하게 표기한다.
3. 개정연도는 굴림체 11호로 표기한다.
4. 물질별 작업환경측정방법명칭, 분류번호(개정연도)는 한줄로 표기하고 중앙 맞춤으로 정리한다.
5. 각 물질별 작업환경측정방법은 홀수 쪽부터 시작하여 작성한다.

Ⅱ. 본문 양식

1.0 본문작성 글씨체

1.1 글씨체

본문의 글씨체는 신명조 11호로 작성하고, 자간은 0, 줄 간격은 180%로 하며, 양쪽 맞춤으로 정리한다. 다만, 줄 간격은 배치상 불가피할 경

우 부분적으로 조정할 수 있으며 제목 및 장은 한가운데로 한다.

1.2 영문과 약어 표현

영문은 가능한 경우 적절한 한글로 번역하고 한글 뒤에 ( )를 사용하여 약어와 전체문장을 표현하며 쉼표를 넣어 구분한다. 전체 영문 문장은 고유명사가 아니면 모두 소문자로 표현한다. 같은 영문이 뒤에 반복되면 약어만 사용할 수 있다.

예) 검출한계 (LOD, limit of detection)

1.3 작성 소프트웨어

측정방법을 작성하기 위한 소프트웨어는 (주)한글과컴퓨터의 한글 97 이후의 버전을 사용할 것을 권장한다.

2.0 여백

본 작업환경측정방법은 “4x6"(16절)판으로 발행함을 원칙으로 한 것으로 A4용지를 세로로 하여 작성하며 용지의 여백은 위쪽 40 mm, 머리말 13 mm, 아래쪽 40 mm, 꼬리말 14 mm, 왼쪽 35 mm, 오른쪽 35 mm를 제본 0 mm 기준으로 하되 약간의 변경도 가능하다.

3.0 번호 붙이기

3.1 쪽 번호

쪽 번호는 꼬리말 여백에 중앙에 위치시키고 “-쪽번호-”로 표기한다.

3.2 작업환경측정방법 본문 제목의 번호

본문 중 번호는 다음과 같은 표 체제로 작성하되 3번째 제목 이하는 가능한 한 만들지 않는다.

호칭방법	번호 붙이기 보기 및 위치	글자체 및 크기
장	제1장	신명조체 14호 진하게
항목	1 일반	신명조체 13호 진하게
세분한 항목	1.1 일반	신명조체 12호 진하게
더 세분한 항목	1.1.1 일반	신명조체 11호 진하게
본문	항목의 처음단어 시작 위치와 일치시킨다	
단락	∨∨(1)	
세분한 세목	∨∨∨(가)	
더 세분한 세목	∨∨∨∨① ∨∨∨∨∨㉮	

4.0 표, 그림, 식

4.1 표와 그림

4.1.1 그림은 컴퓨터 그래픽 또는 상세 도면으로 그 내용을 명확히 이해

할 수 있도록 표현한다.

4.1.2 표와 그림은 아라비아 숫자를 이용하여 번호를 붙이고, 표와 그림이 본문에 삽입되는 경우에는 표 혹은 그림과 본문사이를 한줄 띄우고 가운데에 오도록 삽입한다.

4.1.3 표와 그림의 제목은 신명조 11호 진한 글씨체로 표 1, 표 2, 표 3..., 그림 1, 그림 2, 그림 3...과 같이 사용하고 표의 제목은 표 왼쪽 위에, 그림의 제목은 그림 아래 가운데에 기입한다.

4.1.4 표와 그림 중의 내용에 대한 참고 또는 부가 설명은 1), 2), 3) 등으로 신명조 11호, 진하게 표기하고 표와 그림 아래에 신명조 9호로 자간은 0, 줄 간격은 160%로 하며, 양쪽 맞춤으로 정리한다.

4.1.5 표 내용의 글씨체는 신명조 11호로 자간은 0, 줄 간격은 160%, 양쪽 맞춤으로 하며, 표의 안 여백을 위・아래 0.5 mm로 하고 표선은 두께 0.25 mm로 표시한다.

4.1.6 표의 폭은 용지의 왼쪽・오른쪽 여백에 맞추며 표의 내용이 많아 페이지를 넘어갈 때는 '(표 계속)'을 다음 페이지 왼쪽 위에 기입하고 표를 계속해서 작성한다.

4.2 식

4.2.1 본문 중에 식을 작성할 때는 본문과 한 줄을 띄고, 가운데에 식이

오도록 작성하고 번호는 (식 1), (식 2), (식 3)...의 식 번호를 오른쪽 끝에 기입한다. 식은 신명조 11호로 작성하고 식의 번호는 신명조 11호로 작성한다.

예) $Y = aX + b$ (식 1)

4.2.2 식에 쓰인 기호 혹은 내용에 대해 1), 2), 3) 등으로 신명조 11호, 진하게 표기하고 각 식의 기호가 무엇을 의미하는지 설명한다.

5.0 단위기호의 사용과 표기방법

5.1 양(量)의 기호는 이탤릭체 (사체)로 쓰며, 단위 기호는 로마체 (직립체)로 쓴다. 단, 단위의 명칭이 고유명사에서 유래한 것은 첫 글자를 대문자로 쓴다.

예) 양의 기호 : m (질량), t (시간) 등
단위의 기호 : kg, s, K, Pa, kHz 등

5.2 단위 기호는 복수의 경우에도 변하지 않으며, 단위 기호 뒤에 마침표 등 다른 기호나 다른 문자를 첨가해서는 안 된다. 단, 구두법상 문장의 끝에 오는 마침표는 예외로 한다.

예) Kg (×), kg (○)
5 sec. (×), 5 sec (×), 5 secs (×), 5 s (○)
600 kPag (×), 600 kPa (gauge) (○)

5.3 어떤 양(量)의 수치와 단위 기초로 나타낼 때 그 사이를 한 칸 (컴퓨터로서는 1바이트) 띄운다. 다만, 평면각의 도 (°), 분 (′), 초 (″)와 %에 대해서는 그 기호와 수치 사이를 띄우지 않는다.

예) 35mm (×), 35 mm (○)
32°C (×) 또는 32^0C (×), 32 ℃ (○) ※ ℃ 또한 SI단위임
25° 23′ (×), 25°23′27″ (○)
30 % (×), 30%(○)

5.4 숫자의 표시는 일반적으로 로마체 (직립체)로 한다. 여러 자리 문자를 표시할 때는 읽기 쉽도록 소수점을 중심으로 세 자리씩 묶어서 약간 사이를 띄어서 (컴퓨터로서는 1바이트) 쓴다. 표시하여야 하는 양이 합이나 차일 경우는 수치 부분을 괄호로 묶고 공통되는 단위 기호는 뒤에 쓴다.

예) c = 299 792 458 m/s (빛의 속력)
1 eV = 1.602 177 33 (49) × 10^{-19} J (괄호 내 값은 불확도 표시)
t = 28.4 ± 0.1 ℃ (×), t = 28.4 ℃ ± 0.2 ℃ = (28.4 ± 0.2) ℃ (○)

5.5 두 개의 단위 나누기로 표시되는 유도단위는 가운뎃점이나 한 칸을 띄어 (컴퓨터로서는 1바이트) 쓴다. 단, 사용하는 단위의 기호가 접두어의 기호와 같을 때는 (meter 와 milli의 경우) 혼동을 주지 않도록 붙이거나 가운뎃점을 사용한다.

예) N·m 또는 N m
이 경우는 mN (millinewton)과 구별되도록 Nm이나 m·N으로 사용

5.6 두 개의 단위 나누기로 표시되는 유도단위를 나타내기 위하여 사선, 횡선 또는 음의 지수를 사용하되, 사선 다음에 두개 이상의 단위가 올 때는 반드시 괄호로 표시한다.

예) $\frac{m}{s}$, m/s, 또는 $m \cdot s^{-1}$ (○)

비열용량 단위 J/kg · K (×), J/(kg · K) (○)

5.7 곱하기 기호와 나누기 기호가 함께 사용되어 표현이 복잡한 경우는 음의 지수나 괄호를 사용하며, 두 개 이상의 단위가 곱하여지는 경우는 각 단위 간에 가운뎃점을 사용하며 전체를 괄호로 묶을 수 있다. 곱하기와 나누기를 쓸 때 기호와 단어를 혼용할 수 없으며 숫자 간의 곱하기 기호는 가운뎃점으로 대신 사용할 수 없다.

예) $m \cdot kg/s^2 \cdot mol$ (×), $(m \cdot kg)/(s^2 \cdot mol)$ (○), $m \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot mol^{-1}$ (○)

joules/kg (×), joules/kilogram (×), $J \cdot kg^{-1}$ (○), joules per kilogram (○)

$2 \cdot 10^{-6}$ (×), 2×10^{-6} (○)

5.8 농도를 나타낼 때의 리터는 대문자를 사용한다.

예) mg/l (×), mg/ℓ (×), mg/L (○)

μg/ml (×), μg/mℓ (×), μg/mL (○)

5.9 영문장에서 단위 명칭을 사용할 때는 보통명사와 같이 취급하여 소문자로 쓴다. 다만 문장의 시작이나 제목 등 문법상 필요한 경우는 대

문자를 쓴다.

예) 3 Newtons (×), 3 newtons (○)

5.10 한글 뒤에 영어 원어 등을 괄호로 사용할 때는 약간 (컴퓨터에서는 1바이트) 띄운 후에 괄호를 사용한다.

예) 질량분율(mass fraction) (×), 질량분율 (mass fraction) (○)

5.11 단위나 숫자 뒤에 첨자를 컴퓨터로 쓸 때는 앞의 단위나 숫자와 함께 묶인 그림 문자 (2바이트)로 쓰지 않고 각각 1바이트로 분리하여 입력한다.

예) ㎡ (×), m^2 (○)

6.0 참고 자료

6.1 참고자료는 본문작성 시 참고한 문헌, 서적, 잡지, 저널, 보고서 등으로서 본문에 참고자료의 내용을 인용하였을 경우, 그 삽입한 내용 끝에 한칸 띄우고 [1], [2], [3], ... 과 같이 번호를 붙인 후, 참고문헌 인용 순서에 따라 참고자료의 목록을 만들어 설명한다.

6.2 참고자료는 신명조 11호로 작성하고, 책, 논문, 보고서에 따라 참고자료를 작성하는 방법에 조금씩 차이가 있다.

6.2.1 참고자료가 책인 경우, 저자이름 (외국명인 경우 성, 이름 순이며 성은 첫 글자는 대문자로, 그리고 이름은 첫 글자만 따서 대문자로 쓴다. 한국명은 성과 이름 전부를 쓴다), 책제목, 출판사명, 출판사 주소 (도시명이나 주 이름), 출판년도, 쪽 번호 (책 전체를 참고 하였을 때는 쪽 번호 생략) 순서로 작성한다.

예) Burgess WA Recognition of health hazards in industry, 2nd ed. New York: John Wiley and Sons Inc; 1995. p.227.

6.2.2 참고자료가 논문과 저널, 보고서 및 공보물인 경우는 저자명 (성, 이름 순이며 이름은 첫글자만 대문자로 쓴다. 한국명은 성과 이름 전부를 쓴다), 논문의 제목, 책명, 권수 (volume number), 발행번호 (issue number), 출판사 주소 (도시명이나 주 이름), 출판사, 출판년도, 쪽 순서로 작성한다.

예) Yeung PK, Patience K, Apthrope L, Willcocks D. An Australian study to evaluate worker exposure to chrysotile in the automotive service industry. Appl Occup Environ Hyg 1999;14:448-457

6.2.3 측정방법을 인용한 경우, 발행기관명, 측정방법 번호, 측정방법 제목, 위치, 연도 순서로 작성한다.

예) NIOSH. Method 7400: Asbestos and other fibers by PCM. In NIOSH Manual of analytical methods. Cicinnati, U.S.A, 1994.

6.2.4 기타 외국문헌의 경우 그 나라 문자로 기술하며 기술 방법은 앞의 영문 문헌 기술방법과 동일하다. 외국어로 기술이 어려운 경우에는 영어로 번역하여 기술하고 그 뒤에 사용된 언어를 ( )안에 기술한다.

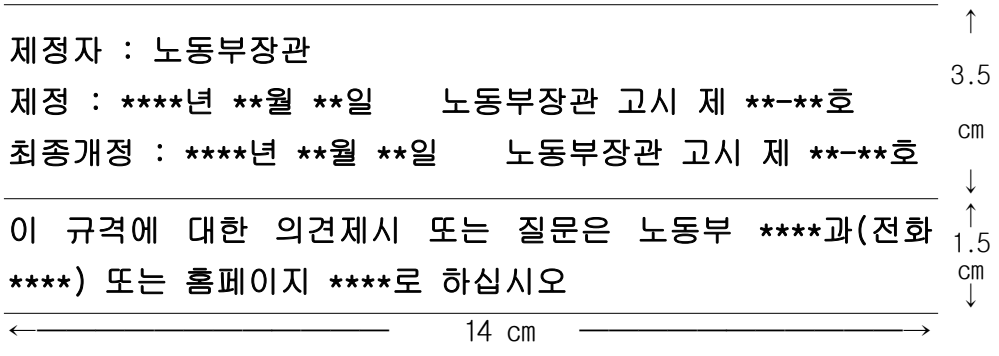
7.0 부가설명, 참조

본문 작성 시, 주의하거나 경고해야 할 사항 및 알려야 할 사항이 있다면, 이와 관련된 내용 뒤 다음 줄에 **[주 1]**, **[주 2]**, **[주 3]**, ... 과 같은 순서로 번호를 붙이고 신명조 11호로 진하게 쓴 후, 설명할 사항을 작성한다.

[주] 이황화탄소는 매우 독성이 강하고 인화성이 큰 물질(인화점: - 30 ℃)이고, 벤젠은 발암물질이다. 따라서 표준용액 및 시료 전처리 시 반드시 후드 안에서 작업을 수행해야 한다.

8.0 기사란

8.1 기사란은 다음의 양식에 따른다.



8.2 기사란은 굴림체 12호 진하게, 줄 간격 160%로 작성하며, 마지막 쪽 가운데 아래에 위치하게 한다.

부록 2: 지정측정기관 평가 관련규정의 제·개정 방안

1) 작업환경측정 및 정도관리 규정 제·개정 방안

제1조(목적) 이 규정은 산업안전보건법(이하 “법”이라 한다) 제42조, 동법시행령(이하 “영”이라 한다) 제32조의3 내지 32조의6 및 동법 시행규칙(이하 “규칙”이라 한다) 제93조 내지 제97조의3에 의한 작업환경의 측정(이하 “측정”이라 한다), 지정측정기관의 지정, 작업환경환경측정·분석능력 평가 및 지정측정기관의 평가 등에 관하여 규정함을 목적으로 한다.

제2조(정의) 17. “지정측정기관의 평가”라 함은 법 제42조제8항에 따라 노동부장관이 작업환경측정의 수준향상을 위하여 필요한 경우 지정측정기관을 평가하는 것을 말한다.(신설)

18. “지정측정기관의 평가기준”이라 함은 규칙 제97조에 의한 작업환경측정 및 시료분석의 능력, 측정결과의 신뢰도, 시설·장비의 성능 및 보유인력의 교육이수·능력개발, 전산화 정도 및 그 밖의 제반사항을 말한다.(신설)

제4편 지정측정기관의 평가

제1장 적용범위 및 조직·기능

제67조(적용범위) 제4편의 규정은 영 제32조의3에서 규정하는 지정측정기관에 적용한다. 다만, 지정측정기관의 평가(이하 “평가”라 한다)에 참여를 희망하는 기관·단체 및 사업장에 대해서도 적용할 수 있다.

제68조(평가기관 및 실시) ①이 규정에 의한 지정측정기관 평가기관(이하

“평가기관”이라 한다)은 한국산업안전공단 산업안전보건연구원(이하 “연구원”이라 한다)으로 한다.

②연구원장은 작업환경측정의 수준향상을 위하여 제1조의 규정에 의한 지정측정기관의 평가에 대하여 평가를 실시할 수 있다.

제69조(평가기관의 역할) 제69조의 규정에 의한 평가기관의 역할은 다음 각 호와 같다.

1. 평가계획의 수립
2. 평가표의 개발・보완
3. 평가방법의 표준화 및 일관성
4. 평가기준의 적정성
5. 평가자료 수집 및 결과 보고
6. 평가계획에 필요한 서식 작성
7. 기타 평가에 필요한 사항

제70조(평가위원회 구성 및 운영) ①평가기관은 평가항목 및 평가방법의 결정, 평가결과의 확정 및 평가등급부여 등 기관평가에 필요한 사항을 심의하기 위하여 위원장 1인을 포함한 10인 이내로 지정측정기관 평가위원회(이하 “평가위원회”라 한다)를 구성・운영하여야 한다.

②평가위원회의 위원장은 연구원장이 되며 평가위원은 당연직 위원과 위촉위원으로 구분하되, 당연직 위원은 안전위생연구센터 소장 및 노동부 산업보건환경팀장이 되고 위촉위원은 산업위생 분야의 학식과 경험이 풍부한 자 중에서 연구원 및 한국산업위생학회에서 추천하는 위원을 위촉하며 위원의 임기는 3년으로 하며 연임할 수 있다. 다만, 위원장이 업무를 수행하기 곤란한 경우에는 공단 안전위생연구센터 소장이 그 업무를 대행한다.

③연구원장은 평가위원회의 위원이 다음 각 호의 하나에 해당하는 경우에는 위원회의 심의·의결을 거쳐 해촉할 수 있다.

1. 특별한 사유 없이 지속적으로 3회 이상 해당 분야의 평가위원회에 불참하는 경우
2. 해당 분야의 평가위원회 운영에 중대한 지장을 야기하는 경우
3. 거짓 또는 기타 부정한 방법으로 평가위원 자격을 취득한 경우
4. 평가대상기관 또는 이해관계자로부터 평가와 관련하여 향응, 금품을 제공받거나 기타 경제적 이익을 획득한 경우
5. 연구원장으로부터 부여받은 지정측정기관 평가 범위 외의 평가활동을 하거나, 부정확하고 불공정하게 평가를 수행하여 평가위원회의 명예를 저해한 경우

제71조(평가위원회의 역할) 평가위원회는 다음 각 호의 사항을 심의·조정한다.

1. 평가일정에 관한 사항
2. 평가방법에 관한 사항
3. 평가 시 일관성 유지에 관한 사항
4. 평가표의 적정여부에 관한 사항
5. 평가결과 보고 및 공표에 관한 사항
6. 평가결과 등급부여에 관한 사항
7. 평가운영반 운영에 관한 사항
8. 평가운영반별 평가대상 기관의 배분에 관한 사항
9. 기타 평가에 필요한 사항

제72조(평가운영반 구성·운영) ①총괄평가 운영반장은 안전위생연구센터 소장이 되며 평가운영반은 4인 이내로 구성·운영하되, 근로감독관, 한국산업안전

공단 전문가 또는 외부전문가를 평가운영반에 포함할 수 있다.

②총괄평가 운영반장은 평가운영반을 대표하며, 다음 각 호의 업무를 수행하여야 한다.

1. 평가 계획의 수립

2. 평가 일정의 진행

3. 평가보고서의 조정 및 제출

③연구원장은 외부 위촉위원을 산업위생 분야의 학식과 경험이 풍부한 자 중에서 연구원 및 한국산업위생학회에서 추천하는 위원을 위촉하며 평가운영반의 임기는 3년으로 하고 연임할 수 있다. 다만, 평가대상기관에 소속되거나 연관이 있는 전문가는 평가운영반에 포함하여서는 아니 된다.

④연구원장은 평가기간 및 소요시간을 고려하여 기간이 촉박할 경우 2개 이상의 평가운영반을 구성하여 운영할 수 있다.

⑤제4항에 따라 복수의 평가운영반을 구성·운영하는 경우에는 연구원의 총괄평가반장의 지시에 따라 각 평가운영반에서 행하는 평가에 대한 일관성을 유지하도록 조치하여야 한다.

⑥연구원장은 평가위원회의 위원이 다음 각 호의 하나에 해당하는 경우에는 위원**회의 심**의·의결을 거쳐 해촉할 수 있다.

1. 특별한 사유 없이 지속적으로 3회 이상 해당 분야의 평가위원회에 불참하는 경우

2. 해당 분야의 평가위원회 운영에 중대한 지장을 야기하는 경우

3. 거짓 또는 기타 부정한 방법으로 평가위원 자격을 취득한 경우

4. 평가대상기관 또는 이해관계자로부터 평가와 관련하여 향응, 금품을 제공받거나 기타 경제적 이익을 획득한 경우

5. 연구원장으로부터 부여받은 지정측정기관 평가 범위 외의 평가활동을 하거나, 부정확하고 불공정하게 평가를 수행하여 평가위원회의 명예를 저해한 경우

제73조(평가 기준) ①실시기관은 제69조제2호에 따라 평가표를 개발할 경우 평가표에 다음 각 호의 “평가기준”이 포함되도록 하여야 한다.

1. 작업환경측정 및 시료분석의 능력
2. 측정결과의 신뢰도
3. 시설·장비의 성능
4. 보유인력의 교육이수·능력개발 전산화 정도 및 그 밖의 제반사항

②제1항 각 호의 평가기준의 세부내용 및 기준별 배점은 평가위원회가 정한다.

③최근 1년간 법 제42조에 의한 작업환경측정을 실시하지 않은 기관(이하 “신규기관”이라 한다) 또는 사업장자체측정기관에 대하여는 평가위원회의 의견을 들어 제1항의 규정에 의한 평가항목 중 일부를 평가 시에 제외할 수 있다.

제2장 평가방법

제74조(평가실시계획의 공고) 평가기관은 평가 시행 30일 전까지 공단 홈페이지 또는 산업안전보건지등 정기간행물에 평가 실시계획을 공고하여야 한다.

제75조(평가 주기) 평가는 매 3년 1회 이상 정기적으로 실시하여야 한다. 다만, 노동부장관이 필요하다고 인정하는 경우에는 평가시기를 연장 또는 단축시킬 수 있다.

제76조(평가 방법) ①평가운영반은 평가운영위원회에서 선정한 평가운영반별 평가대상기관을 직접 방문하여 평가기관에서 개발한 평가표를 활용하여 평가하여야 한다.

②평가운영반은 평가대상기관에 대한 현장평가를 실시할 경우, 다음 각호의 방법으로 조사할 수 있다.

1. 지정측정기관의 직원과 질의응답
2. 작업환경측정결과표의 열람

3. 작업환경측정기관의 인력・시설・장비 등에 대한 조사 및 관련 서류, 문서 등의 열람

4. 지정측정기관 평가를 위한 기타 사항

③평가운영반은 제1항에 따라 평가한 평가표를 총괄평가반장에게 즉시 보고하여야 한다. 또한, 총괄평가 운영반장은 평가 종료 시 대상기관에게 전달할 수 있고 다음 각 호의 사항이 포함된 현장평가보고서를 평가위원장에게 보고하여야 한다.

1. 평가표 따라 평가한 결과
2. 기관평가 시 제시된 보완사항 또는 미흡사항이 포함된 평가의견

④연구원장은 지정측정기관 평가 완료일로부터 7일 이내에 평가보고서를 작성하여 평가위원회에 상정한다.

④연구원장은 지정측정기관 평가와 관련하여 확인이 필요할 경우 지정측정기관의 직원 또는 평가를 담당하였던 평가운영반원에게 보완 및 확인을 요구할 수 있다.

제77조(평가결과 등급부여) ①평가기관은 제76조제1항에 의하여 평가를 실시한 후 기준별 득점의 총 합계에 의하여 평가기관별 최종 득점을 확정하여야 한다. 이 경우 최종 득점은 4개의 평가분야에 대하여 각각 25점을 만점으로 하여 100점이 최고 점수가 되도록 구성하여야 한다.

②연구원장은 평가위원회를 개최하여 제1항의 득점을 근거로 실시기관별로 다음 각 호의 평가등급을 부여하여야 한다.

1. “우수”(E : Excellent)등급 : 합계 평점이 80점 이상
2. “보통”(M : Moderate)등급 : 합계 평점이 70~79점
3. “미흡″(I : Insufficiency)등급 : 합계 평점이 70점 미만

③제73조제3항의 규정에 의하여 평가항목의 일부에 대한 평가를 미실시한 신규기관에 대한 평가등급 부여방법은 평가위원회가 별도로 결정한다. 또한 연구원장의 제2항의 평가등급을 상대평가로 하여 그 평점을 조절할 수 있다.

제78조(평가결과 조치) 제77조에 의한 실시기관별 평가등급결과는 작업환경측정의 수준 향상을 위해 노동부장관이 법제42조 제8항에 의거하여 공표할 수 있다.

제3장 평가결과의 공표

제79조(평가결과의 보고) 평가기관은 평가를 종료한 날로부터 15일 이내에 기관별 최종 득점 및 등급에 대한 결과를 노동부장관에게 보고하여야 한다.

제80조(평가결과의 공표) ①시행규칙 제97조 제2항에 의한 평가결과의 공표는 노동부 홈페이지 또는 공단이 발행하는 산업안전보건지 등에 의한다.

②제1항의 규정에 의한 평가결과 공표는 필요시 우수(E), 보통(M) 및 미흡(I)등급을 부분적으로 제한하여 공표할 수 있다.

제81조(사업참여 제한) ①공단 이사장은 제76조의 규정에 의한 평가결과 “미흡″(I : Insufficiency)등급을 받은 기관에 대하여는 공단의 작업환경측정관련 각종 지원사업에 참여할 경우 이를 제한할 수 있다.

②실시기관별 평가 등급에 따라 우수(E) 및 보통(M)등급에 대하여는 당해연도 또는 차기년도 작업환경측정관련 지원사업 물량에 대하여 차등 배정하여 운영 할 수 있다.

제82조(수당 및 여비 지급) 평가기관은 평가위원 및 평가운영반원에 대하여 예산의 범위 내에서 위촉수당 및 여비 등을 지급할 수 있다.

제83조(세부시행 규정) 평가위원회 및 평가운영반의 구성 및 운영, 평가표

개발 및 보완 등 평가에 필요한 세부시행규정은 노동부장관과 협의를 통하여 연구원장이 따로 정한다.

부 칙

제1조(시행일) 이 지침은 2009년 7월 1일부터 시행한다.

[별지 제1호 서식]

위 촉 장

소　　속 :

성　　명 :

주민등록번호:　　-

위촉기간 :

위 사람을 『작업환경측정 및 정도관리규정』제○○조에 따른 지정측정기관 평가위원회의 위원으로 위촉합니다.

년　　월　　일

한국산업안전공단 산업안전보건연구원장

[별지 제2호 서식]

위 촉 장

소 속 :

성 명 :

주민등록번호: -

위촉기간 :

위 사람을 『작업환경측정 및 정도관리규정』제○○조에 따른 지정측정기관 평가운영반의 위원으로 위촉합니다.

년 월 일

한국산업안전공단 산업안전보건연구원장

부록 3: 지정측정기관 평가 세부 운영지침(안)

지정측정기관 평가 세부 운영지침은 안전공단 규정으로 신설하도록 한다.

제1장 총칙

제1조(목적) 이 규정은 「작업환경측정 및 정도관리 규정」제83조에 규정에 의한 구체적인 평가방법, 정도관리 평가위원의 위촉 및 관리에 대한 사항을 세부적으로 정함을 목적으로 한다.

제2장 지정측정기관의 평가

제2조(평가항목) 평가운영반은 대상 지정측정기관에 대해 다음 각호의 평가항목에 따라 평가를 실시하여야 한다.

1. 작업환경측정 및 시료분석의 능력
2. 측정결과의 신뢰도
3. 시설·장비의 성능
4. 보유인력의 교육이수·능력개발, 전산화 정도 및 그 밖의 제반사항

제3조(평가운영반의 구성) ①연구원장은 지정측정기관 평가를 위하여 작업환경측정 및 정도관리 규정 제72조에 따라 평가운영반을 구성하고 안전위생연구센터 소장을 총괄평가 운영반장으로 위임한다.

②평가운영반은 대상기관별로 1일 이내에서 현장평가를 실시하여야 한다. 다만 평가대상 기관수, 평가항목 등을 감안하여 총괄평가 운영반장이 평가 일수를 적절히 조정할 수 있다.

제4조(평가 계획의 수립 및 통보) ①총괄평가 운영반장은 별지 제1호 서식의 측정기관평가 계획서를 수립하고 이를 연구원장과 협의 한 후, 대상기관에게 평가 예정 15일 이전에 문서로 통보하여야 한다.

②현장평가 계획을 통보받은 대상기관은 이해관계 또는 기밀 유지 등 정당한 사유가 있을 경우, 평가 일정, 평가운영반원의 변경을 요청할 수 있으며, 연구원장은 변경 요청이 타당할 경우 현장평가 일정 또는 평가운영반원을 변경하고, 이를 대상기관에게 통보한다.

③총괄평가 운영반장은 평가계획의 변경사항, 회의 참석자, 평가 시 필요한 문서 및 회의실 사용 여부 등을 평가대상 기관과 현장평가 전에 협의한다.

제5조(평가위원과의 사전 협의) ①연구원장은 지정측정기관 평가 이전에 평가위원회를 개최하여야 하며 평가위원회의 위원들에게 심의·조정을 위해 다음 사항의 내용을 회의 시 알려야 한다.

1. 평가 일정에 관한 사항
2. 평가 방법에 관한 사항
3. 평가 시 일관성 유지에 관한 사항
4. 세부 평가항목의 적정여부
5. 평가결과 보고 및 공표에 관한 사항
6. 평가운영반 운영에 관한 사항
7. 평가 운영반별 평가대상 기관의 배분에 관한 사항
8. 평가위원의 준수사항
9. 기타 평가에 필요한 사항

②총괄평가 운영반장은 지정측정기관 평가 이전에 숙소, 교통편 등 세부 일정에 관하여 평가운영반원과 사전 협의하고 대상기관에 통보한다.

③평가위원과 평가운영반원은 지정측정기관 평가 업무의 신뢰성 및 공정성 확보를 위하여 별표 1의 사항 준수하여야 하고 별표 2의 서약서에 서명하여야

한다.

제6조(지정측정기관평가 업무절차) 평가는 시작회의, 시험실 순회, 중간회의, 문서 확인, 시험성적서 확인, 주요직원 면담, 평가분야에 따른 항목별 평가, 현장평가보고서 작성 및 종료회의로 이루어지며, 문서 및 기록물은 현장평가일 이전에 사전 검토 또는 평가할 수 있다.

제7조(시작회의) ①평가운영반원들은 현장평가의 평가대상기관의 관련분야 참석자들과 시작회의를 하며 시작회의의 주관은 해당 평가운영반장이 한다.
②시작회의에는 대상기관의 대표자(또는 위임받은 대리인)와 지정측정기관평가 계획에서 요청받은 분야의 관계자가 참석하여야 하며 평가운영반원은 참석자 명단을 기록한다.
③평가운영반장은 참석자들에게 지정측정기관 평가의 목적, 대상, 방법 등의 평가계획에 대해서 설명하고 평가대상기관으로부터 참석자들을 소개받고 담당업무와 책임에 대해 설명을 들을 수 있다.
④평가운영반장은 대상기관과의 공식 의사전달체계를 수립하고, 대상기관은 시험실 순회, 문서 평가 및 분야별 평가의 담당자를 지정한다.
⑤대상기관은 평가운영반원이 요구하는 경우 현장평가에 필요한 문서를 제출하고, 평가운영반원들이 장비(컴퓨터 등), 시설(평가위원 회의실 등) 등을 사용할 수 있도록 협조하여야 한다.
⑥평가운영반장은 시작회의 종료 전에 종료회의 날짜와 시기를 정하여야 한다.

제8조(지정측정기관 순회) 평가운영반원은 제7조제4항 규정의 분야별 담당자와 함께 다음 각호의 구역을 포함하여 평가대상기관의 인력·시설·장비 등을 확인할 수 있다.

1. 작업환경측정 준비실

2. 분석 실험실
3. 시료 보관실
4. 자료 보관실
5. 기타 평가와 관련된 구역

제9조(중간회의) 평가운영반장은 평가운영반의 중간회의를 주관하고 평가의 지속 여부를 협의한다.

제10조(문서 평가) 평가운영반원은 별지 제3호의 지정측정기관 평가표에 따라 다음 각호의 내용을 포함한 평가대상기관의 문서 및 기록물 등을 검토할 수 있다.

1. 조직도(인력현황 포함) 및 업무분장서
2. 보유장비 현황
3. 작업환경측정결과표
4. 현장 공시료 보정관련 문서
5. 시료의 탈착율 및 회수율과 보정에 관련된 문서
6. 작업환경측정기관의 지정서
7. 작업환경전문연구기관 지정서
8. 외국 정도관리 인증서
9. 한국산업안전공단 정도관리 관련 공문
10. 노동부 지도·감독 관련 공문
11. 시료채취 및 분석방법 자체 매뉴얼
12. 고형시료 채취·분석 실적 및 대장
13. 내부 정도관리 관련 문서
14. 표창실적
15. 측정장비 및 분석기기 검·교정 관련 문서

16. 측정 및 분석결과물
17. 공기시료채취기 유량보정 관련 문서
18. 여과지의 중량분석 관련 문서
19. 시료채취 대장
20. 외부기관 분석의뢰 관련 문서
21. 인수인계 대장
22. 실험실 보관대장
23. 분석장비에 대한 매뉴얼, 이력관리 및 기록
24. 국내외 공인시험, 교정기관 및 검사기관 등의 인증서
25. 각종 장비의 사용 및 운영지침 또는 매뉴얼
26. 실험실 보건안전상태 기록물
27. 평가 대상 인력의 교육이수 관련 문서
28. 인력변동 현황
29. 작업환경측정 사업장 관리대장
30. 안내 팜플렛
31. 시약의 물질안전보건자료
32. 고객만족도 관련 문서
33. 시약, 물품의 구매 등에 관련된 문서
34. 지정인력의 연구실적

제11조(평가항목별 평가) ①평가운영반원은 별지 제2호의 지정측정기관 평가표를 바탕으로 평가를 진행한다.

②세부항목별 평가는 다음 각호의 요소들을 포함하며, 측정 또는 분석업무를 담당하는자가 업무를 수행하는 곳에서 진행한다.

1. 측정 또는 분석자와의 질의응답
2. 측정준비실 및 분석실험실의 관찰

3. 안전시설 등의 확인
4. 보호구 구비여부 확인
5. 각종 문서, 매뉴얼, 공문 등의 검토

제12조(주요직원 면담) 평가운영반원은 평가 중 추가 확인이 필요한 경우, 산업위생관리기술사 또는 분석책임자등 주요 직원과의 면담을 통해 이를 확인할 수 있다.

제13조(평가표의 작성) ①평가운영반원은 별지 제2호 서식의 지정측정기관 평가표에 각 항목별로 “우수”, “보통”, “미흡”으로 구분하여 기록하여야 한다.
②평가운영반원은 평가내용이 대상기관과 관련이 없는 경우 그 평가내용에 대해 평가하지 않을 수 있다.
③평가운영반원은 별지 제2호 서식의 지정측정기관 평가표에 평가할 경우 첨부자료 또는 증빙자료 여부를 표시하고 의견을 작성하여야 한다.

제14조(평가 보고서의 작성) ①평가운영반장은 평가가 종료되면 별지 제2호 서식의 지정측정기관 평가 보고서를 작성하기 위한 평가팀 회의를 개최한다.
②평가운영반장은 별지 제2호 서식의 지정측정기관 평가표에 따른 평가결과를 바탕으로 지정측정기관 평가 보고서를 최종 작성한다.
③평가운영반장은 평가와 관련된 불확실한 사항에 대하여 평가운영반원과 상호 토의 및 확인을 하여야 한다.
④평가운영반장은 수집된 정보를 바탕으로 구체적이며 제3자가 알아볼 수 있도록 명료하게 지정측정기관평가 보고서를 작성해야 한다.

제15조(종료회의) ①측정기관 평가를 마감하는 종료회의는 평가운영반장이 주재하며 대상기관의 대표자, 지정측정기관평가 계획에서 요청받은 분야의 관

계자가 참석한 상태에서 지정측정기관 평가 중 발견된 사항들을 설명하여야 한다.

②평가운영반원은 대상기관에 대한 평가 시 알게 된 모든 사항에 대한 기밀을 누설하지 않을 것을 대상기관에 약속하여야 한다.

③평가운영반원은 평가결과에 이의가 있는 경우 평가 종료일로부터 7일 이내에 연구원장에게 이의 신청 할 수 있음을 알린다.

④평가운영반장은 별지 제2호 서식의 지정측정기관 평가 보고서를 평가대상기관에 제시하고, 대상기관의 대표자 또는 위임받은 자는 보고서에 서명한다.

⑤평가팀장은 대상기관의 참석자에게 현장평가 이후의 보완조치 이행 및 정도관리 최종평가 결과의 통보에 대한 대략적인 일정에 대해 설명한다.

제16조(현장평가 시 주의사항) ①평가운영반원은 별표 3의 현장평가 시 주의사항을 준수하여야 한다.

②평가운영반원은 평가결과와 관련된 사항에 대해 대상기관의 대표자 또는 위임받은 자가 동의하지 않는 경우에는 이를 연구원의 총괄운영반장에게 보고하고, 지정측정기관 평가위원회에서 판정하도록 한다.

③현장평가를 종료시킬 정도의 중대한 상황이 발견되면 평가운영반장은 대상기관의 대표자 또는 위임받은 자에게 이를 설명하고 그 시점에서 평가 종료 여부를 협의할 수 있다.

제17조(평가 보고서의 제출) ①평가운영반장은 평가 완료 후, 총괄평가 운영반장에게 다음 사항이 포함된 평가보고서와 평가표를 제출하여야 한다.

1. 평가대상기관 현황
2. 지정측정기관 평가 보고서
3. 지정측정기관 평가표
4. 첨부/증빙자료

5. 기타 평가 관련 기록

②연구원장은 제1항의 규정에 의한 지정측정기관 평가표 및 평가보고서의 적절성을 연구원 정도관리 담당 부서의 직원으로 하여금 검토하게 할 수 있다.

③연구원장은 제2항의 규정에 따라 평가표 및 평가 보고서를 검토한 후, 추가 확인이 필요한 경우 연구원의 직원 또는 평가운영반원에게 확인 및 보완을 요구할 수 있다.

제3장 평가 위원회 운영

제18조(평가위원회의 심의) ①연구원장은 평가대상기관의 평가결과를 보고서로서 작성하여 평가위원회에 상정하여야 한다. 평가보고서는 다음 사항이 포함되어야 한다.

1. 평가대상기관 평가 결과
2. 평가결과 등급부여에 관한 사항
3. 평가대상기관의 평가결과 문제 사항
4. 평가결과 공표에 관한 사항
5. 기타 사항

②평가위원회는 평가보고서를 근거로 평가 과정과 평가결과의 적절성 등에 대한 내용을 심의하되 재적위원 과반수의 출석과 출석위원 과반수이상의 찬성으로 의결하며, 서면심의할 수 있다.

③평가위원과 평가대상기관간의 의견이 일치하지 않은 경우에는 평가위원회에서 이를 최종 판결하도록 한다.

제4장 평가운영반 위촉 및 관리

제19조(평가운영반원 교육) 연구원장은 지정측정기관의 신뢰성 있는 평가를

위한 교육을 위하여 한국산업안전공단 교육원에 지정측정기관의 평가와 관련된 교육과정을 개설하여 평가대상기관 방문이전에 교육을 실시하도록 하여야 한다.

제20조(평가위원 및 평가운영반의 위촉) ①작업환경측정 및 정도관리 규정 제70조 제2항 및 제72조 제3항과 관련하여 평가위원 또는 평가운영반으로 위촉받고자 하는 자(이하 '신청자'라 한다)는 연구원장에게 별지 제4호 서식의 위촉신청서와 위촉에 필요한 경력증명서 또는 재직증명서 사본 1부를 제출하여야 한다.

②연구원장은 제1항의 규정에 따른 신청서 및 관련서류에 대해 사실 여부를 확인 할 수 있다.

③평가위원회에서 신청자의 위촉을 의결한 경우, 연구원장은 신청자를 평가위원 또는 평가운영반원으로 위촉하고 작업환경측정 및 정도관리 규정 별지 제1호 서식의 위촉장을 교부한다.

④평가위원 또는 평가운영반원은 별표 1에 규정된 정도관리 평가위원 준수사항을 이행하고 별표 2의 정도관리 평가위원 서약서를 제출하여야 한다.

⑤연구원장은 위촉된 평가위원회 위원 및 평가운영반원에 대해 작업환경측정 및 정도관리 규정 제70조 제3항의 각호 또는 제72조 제6항에 해당하는 경우 해촉 할 수 있다.

⑥평가위원 및 평가운영반의 임기는 3년으로 하며, 연구원장은 임기가 완료되면 능력 등을 평가하여 3년의 범위 내에서 재위촉할 수 있다.

제21조(평가위원 및 평가운영반원의 관리) 연구원장은 위촉된 평가위원과 평가운영반원을 현장평가에 효율적으로 활용하기 위하여 다음 각호의 기록을 관리하여야 한다.

1. 작업환경측정 및 정도관리규정 별지 제4호 서식의 위촉장 사본

2. 제19조 제1항 각호의 서류

부 칙

이 규정은 2009년 7월 1일부터 시행한다.

[별표 1]

지정측정기관 평가위원 및 평가운영반원 준수사항

1. 정확하고 공정한 방법으로 평가하여 신뢰성을 제고하여야 한다.
2. 지정측정기관 평가방법 등 전문적인 능력을 향상시키기 위하여 노력하여야 하며, 평가와 관련된 각종 규정 및 규격을 정확히 숙지하고 이해하여야 한다.
3. 평가 대상기관의 서면요청이 없는 한, 평가와 관련된 정보를 논의하거나 누설하지 않는다.
4. 평가 대상기관 또는 이해관계자로부터 평가와 관련하여 향응, 금품, 선물 및 기타 이익을 획득하거나 이권에 관여하지 않는다.
5. 한국산업안전공단 산업안전보건연구원장으로부터 부여받은 평가범위 내에서만 평가활동을 한다.
8. 한국산업안전공단의 명예를 저하시키는 행동을 하지 아니한다.

[별표 2]

지정측정기관 평가위원 및 평가운영반원 서약서

본인은 지정측정기관 평가업무와 관련하여 다음 사항을 준수할 것을 서약합니다.

1. 관련법규를 준수하고 평가업무를 공정하게 하여 지정측정기관 평가위원 또는 평가운영반원으로서의 품위를 유지한다.
2. 평가대상 기관과의 어떠한 상업적 이해관계나 평가와 관련된 어떠한 명령 또는 요구 등을 받지 않는다.
3. 평가업무와 관련하여 취득한 정보는 누설하지 않는다.
4. 평가대상 기관 또는 이해 당사자로부터의 금품 수수나 향응을 받지 않는다.

상기내용을 위반할 시에는 민·형사상의 어떠한 처벌도 감수하겠습니다.

년 월 일

소 속 :
직위(직급) :
성 명 : (인)

한국산업안전공단 산업안전보건연구원장 귀하

[별표 3]

현장평가 시 주의사항

1. 합리적인 시간계획 및 태도를 준수하여야 한다.
2. 반드시 지정측정기관 평가표에 따라 평가한다.
3. 질문 시에는 간단하고 분명하게 하도록 하며 편견이 없어야 한다.
4. 평가기준이 아닌 평가운영반원 개인의 의견이 평가에 개입되지 않도록 한다.
5. 평가 중에 대상기관의 불법사항 또는 거짓사항이 발견되었거나 이에 대한 의혹이 생길 경우에는 관련 자료들을 충분히 수집 후 중간회의에서 평가운영반장에게 보고한다.
6. 평가를 종료시킬 정도의 상황이 발견되면 평가운영반장은 대상기관의 경영진에게 상황의 심각성을 설명하고 그 시점에서 평가의 종료여부를 협의하여야 한다.
8. 평가운영반과 평가대상기관과의 의견의 상충되어 합의되지 못하는 상황이 발생될 경우, 평가운영반장은 해당 사항에 대한 무리한 결론은 정하지 말고 연구원에 이를 보고하여야 하며 연구원의 결정사항을 해당 대상기관 및 평가위원에게 통보하여야 한다.

[별지 제1호 서식]

지정측정기관 평가 계획서

1. 지정측정기관 평가 일정(기간) : ~

지정측정기관명	평가일시	기관 담당자	평가운영반
1)			
2)			
3)			
4)			
5)			
6)			
7)			

번호	평가항목	평가항목수	항목별 배점	비 고
1) 2) 3) 4)				

2. 평가위원회 구성 현황

성명	소속	위임년도	비 고

3. 평가운영반 구성 현황

운영반 구분	평가운영팀 구성원	담당 지정측정기관수	비 고
1반			
2반			

4. 평가위원회 회의 개최 일정

제 1차 평가위원회 : 년 월 일

제 2차 평가위원회 : 년 월 일

5. 평가운영반 교육 일정

[별지 제2호 서식]

지정측정기관 평가 보고서

□ 평가 대상기관명 :

위 기관에 대하여 『작업환경측정 및 정도관리규정』에 따라 평가를 하고 그 결과를 보고합니다.

□ 평가 일시 :

□ 평가 분야별 평점

평가결과 / 평가항목	우수	보통	미흡	평점
1	건	건	건	
2	건	건	건	
3	건	건	건	
4	건	건	건	

※ 붙임 : 1. 평가대상기관 현황, 2. 평가표
3. 첨부/별첨 자료 4. 기타 평가 관련 기록

년 월 일

평가운영반장 : (인)

평가반원 : (인) 평가반원 : (인)

평가반원 : (인) 평가반원 : (인)

기관장 _____ 서명

한국산업안전공단 산업안전보건연구원장 귀하

[별지 제3호 서식] 지정측정기관 평가표

지정측정기관 평가표

1. 기관 일반현황

<table>
<tr><td>기 관 명</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>소 재 지</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>관 할(지)청</td><td></td><td rowspan="4">총인원 : ____명
(정규직 : ____명
비정규직 :___명)</td><td>기술사/경력 5년 : ___ 명</td></tr>
<tr><td>대 표 자</td><td></td><td>산업위생기사 : ___ 명</td></tr>
<tr><td rowspan="2">전화번호</td><td rowspan="2"></td><td>산업위생산업기사 : ___ 명</td></tr>
<tr><td>분석전담자 : ___ 명</td></tr>
<tr><td>지정일자</td><td colspan="3">최초지정일 : 변경지정일 :</td></tr>
</table>

방 문 일	200 년 월 일

구 분	소 속	성 명	서 명
평가운영반원			
평가운영반원			
평가운영반원			
평가운영반원			

1. 작업환경측정 및 시료분석 능력 (20문항)

평가항목 1.1	누적소음노출량계(Noise dosimeter)의 기기 설정 적정성	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
누적소음노출량계를 무작위로 5대 선정하여 조사	누적소음노출량계 5대 모두 적정	□ 우수
	누적소음노출량계 1대가 미흡한 경우	□ 보통
	누적소음노출량계 2대 이상 미흡한 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : 작업환경측정 및 정도관리규정 제26조(측정방법) 규칙 별표 11의3에 의한 소음수준의 측정은 다음 각 호의 방법에 의하여야 한다. 4. 누적소음노출량 측정기로 소음을 측정하는 경우에는 Criteria= 90dB, Exchange Rate=5dB, Threshold=80dB로 기기설정 ※ 점검서류 : ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 1.2	현장 공시료(활성탄 및 필터) 채취 여부	
평가방법	평가기준	평가결과
현장 공시료를 채취하는 경우 기록을 조사하여 기록	현장 공시료를 항상 채취하는 경우	□ 우수
	현장 공시료를 채취한 경험이 있는 경우	□ 보통
	현장 공시료를 항상 채취하지 않는 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : - ※ 점검서류 : 현장 공시료를 채취하는 관련 서류 또는 대장을 확인 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 1.3	현장 공시료(활성탄 및 필터) 분석결과의 보정 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
현장 공시료를 보정하는 경우, 기록을 조사	항상 보정하는 경우	□ 우수
	보정 경험이 있는 경우	□ 보통
	거의 보정하지 않는 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : 보정한 경험이 있는 경우라 함은 점검일로부터 최소한 3월에 1회 이상을 의미하고 거의 보정하지 않는 경우라 함은 그 이상의 기간을 의미 ※ 점검서류 : 현장 공시료를 분석결과에 보정하는 관련 서류 또는 대장을 확인 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 1.4	시료의 탈착율(유기용제) 및 회수율(중금속) 실험 수행 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
실험하는 경우, 실시기록을 조사하여 기록 실험하지 않는 경우 사유를 기록	탈착율 및 회수율을 항상 실험하는 경우	□ 우수
	탈착율 및 회수율을 실험한 경험이 있는 경우	□ 보통
	탈착율 및 회수율을 거의 실험하지 않는 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : 실험한 경험이 있는 경우라 함은 점검일로부터 최소한 3월에 1회 이상을 의미하고 거의 실험하지 않는 경우라 함은 그 이상의 기간을 의미 ※ 점검서류 : 시료의 탈착율 및 회수율을 실험하는 크로마토그램 또는 관련 서류 또는 대장을 확인 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 1.5	분석결과에 시료의 탈착율 및 회수율 보정 수행	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
분석결과에 시료의 탈착율 및 회수율 보정하는 경우, 기록물을 조사	항상 보정하는 경우	□ 우수
	보정 경험이 있는 경우	□ 보통
	거의 보정하지 않는 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : 보정한 경험이 있는 경우라 함은 점검일로부터 최소한 3월에 1회 이상을 의미하고 거의 보정하지 않는 경우라 함은 그 이상의 기간을 의미 ※ 점검서류 : 시료의 탈착율 및 회수율을 실험하는 크로마토그램 등의 기록과 관련 서류 또는 대장을 확인 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 1.6	유해인자별・업종별 작업환경전문기관 지정 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
유해인자별・업종별 작업환경전문기관을 지정 받은 경우 지정서를 확인	작업환경전문기관으로 지정 받은 경우	□ 우수
	작업환경전문기관으로 지정 후 반납한 경우	□ 보통
	작업환경전문기관으로 지정 받지 않은 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : – ※ 점검서류 : 작업환경전문기관 지정서 사본을 확인 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 1.7	외국에서 실시하는 정도관리 참여 경험 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
대상기관이 설립된 이래 외국 정도관리 참여 실적을 조사	2회 이상 참여한 경우	□ 우수
	1회 참여한 경우	□ 보통
	참여 경험이 없는 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : 실시국가 및 프로그램명을 기록 (실시 국가 :_____, 프로그램명 _____) ※ 점검서류 : 외국 정도관리 인증서 등을 확인 후 평가 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 1.8	한국산업안전공단에서 실시하는 정도관리를 최초 참여한 년도	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
정도관리 실시에 대한 최초 서류를 조사하여 기록	정도관리 참여 년도가 1996년 이전인 경우	□ 우수
	정도관리 참여 년도가 1995~1999년 사이인 경우	□ 보통
	정도관리 참여 년도가 2000년 이후인 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : - ※ 점검서류 : 정도관리 참여 신청서 등을 확인하여 기록 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 1.9	최근 5년간 지정측정기관에 대한 노동부 정기 지도·감독시 시정지시 또는 업무정지 경험 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
노동부 정기 점검시 시정지시 등을 받은 경우 그 기록을 조사하여 기록	지적사항이 전혀 없는 경우	□ 우수
	경고 또는 시정지시 경험이 있는 경우	□ 보통
	업무정지 경험이 있는 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : ※ 점검서류 : 관련 공문 및 시정지시서 등을 확인 후 기록 (시정지시: 건, 년 경고: 건 년 업무정지: 건) ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 1.10	작업환경결과표상 종합의견의 질적수준	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
공학적 개선 중심으로 평가 측정결과표를 무작위로 5개 선정 후 조사하여 5개 사업장의 공학대책 여부를 파악	공학적 개선 내용이 사업장별로 있으면서 그 내용이 우수한 경우	□ 우수
	공학적 개선 내용 제시가 가능한 사업장인데 1건도 없는 경우	□ 보통
	그 이외의 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : 산업안전보건법 시행규칙 별지 21호서식에 의하면 작업환경결과표상 종합의견은 공학적·관리적·개인위생적 측면을 제시 ※ 점검서류 : 작업환경측정결과표 5부(**노출기준 초과 사업장이 있는 결과표)** ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 1.11	예비조사를 실시한 경우 측정계획서의 작성 여부 (전회 측정을 실시한 사업장은 제외)	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
측정결과표를 무작위로 5개 선정 후 조사하여 측정계획서 작성여부를 조사	측정계획서를 항상 작성하거나, 그 대상이 없는 경우	□ 우수
	측정계획서를 가끔 작성하는 경우	□ 보통
	측정계획서를 작성하지 않는 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : ①작업환경측정 및 정도관리 규정 제17조(예비조사를 실시하는 경우 ①원재료의 투입과정부터 최종 제품생산 공정까지의 주요공정 도식, ②해당공정별 작업내용, 측정대상공정 및 공정별 화학물질 사용실태, ③측정대상 유해인자, 유해인자 발생주기, 종사근로자 현황, ④유해인자별 측정방법 및 측정소요기간 등 필요한 사항의 내용을 포함하는 측정계획서를 작성 **②대상이 없는 경우 전회 측정 실시여부를 명확히 확인하여 평가하고 이 경우는 측정계획서를 작성한 것으로 인정** **③가끔 작성하는 경우라 함은 결과표 50% 이상 작성한 경우를 의미** ※ 점검서류 : 작업환경측정결과표 5부 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 1.12	산업안전보건법상 시료채취 시간 준수 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
측정결과표를 무작위로 5개 선정 후 조사하여 시료채취 시간을 확인	시료채취 시간 준수가 모두 적정한 경우	□ 우수
	시료채취 시간 미준수 1건이 확인된 경우	□ 보통
	시료채취 시간 미준수 2건 이상 확인된 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : 산업안전보건법상 시료채취 시간은 1일 작업시간동안 6시간이상 연속 측정 또는 작업시간을 등 간격으로 나누어 6시간 이상 연속분리 측정(작업환경측정 및 정도관리 규정 제18조) ※ 점검서류 : 작업환경측정결과표 5부 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 1.13	산업안전보건법상 시료 채취 **개수**의 준수 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
측정결과표를 무작위로 5개 선정 후 조사하여 시료채취 개수를 확인	모두 적정한 경우	□ 우수
	미준수 1건이 확인된 경우	□ 보통
	2건 이상 미준수한 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : 단위작업장소에서 최고 노출근로자 2인이상에 대하여 동시에 측정하되, 단위작업장소에 근로자가 1인인 경우에 그러하지 아니하며, 동일 작업근로자수가 10인을 초과하는 경우 매 5인당 1인 이상 추가로 측정. 다만, 작업근로자수가 100인을 초과하는 경우에는 최대 시료채취 근로자수를 20인으로 조정 가능(작업환경측정 및 정도관리 규정 제19조) ※ 점검서류 : 작업환경측정결과표 5부 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 1.14	지역시료채취방법으로 측정을 실시한 경우 그 사유를 작업환경측정결과표상에 명시 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
측정결과표를 무작위로 5개 선정 후 조사하여 명시여부 확인	항상 명시하는 경우	□ 우수
	명시하지 못한 1건이 확인된 경우	□ 보통
	2건 이상 명시하지 못한 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : 모든 측정은 개인시료채취방법으로 실시하되 개인시료채취방법이 곤란한 경우에는 지역시료채취방법으로 실시(이 경우 그 사유를 별지 제21호서식의 작업환경측정결과표에 명시하여야 한다)할 것(산업안전보건법 시행규칙 제93조의2제1항제3호) ※ 점검서류 : 작업환경측정결과표 5부 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 1.15	작업환경측정 결과표 송부기간 준수 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
측정결과표를 무작위로 5개 선정 후 조사	항상 준수하는 경우	□ 우수
	준수하지 못한 1건이 확인된 경우	□ 보통
	2건 이상 준수하지 못한 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : 사업장위탁측정기관이 작업환경측정을 실시하였을 때는 측정을 완료한 날부터 30일 이내 2부는 사업주에게 송부하여야 함(작업환경측정 및 정도관리규정 제39조제1항) ※ 점검서류 : 작업환경측정결과표 5부 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 1.16	지정측정기관의 고급인력(산업위생관리기술사) 보유 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
기술사 자격증과 그 인력이 현재 기관에 소속되어 있다는 것을 증명할 수 있는 기록(4대 보험 등)을 확인	고급인력이 3명이상인 경우	□ 우수
	고급인력이 1~2명인 경우	□ 보통
	고급인력이 없는 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : - ※ 점검서류 : 국가기술자격증 또는 이와 동등한 서류 및 소속여부는 4대 보험 등을 확인 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 1.17	시료에 따른 적절한 채취 및 분석방법을 기술한 자체 매뉴얼의 보유 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
KOSHA CODE, NIOSH, OSHA 또는 ISO의 공정시험법 등을 조사	측정하고 있는 물질 모두에 대해 상기 공정시험방 중 하나 이상 보유	□ 우수
	측정하고 있는 물질 중 일부에 대해 상기 공정시험방 중 하나 이상 보유하고 있는 경우	□ 보통
	상기 공정시험방법 이외의 방법을 사용하고 있는 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : KOSHA CODE, NIOSH, OSHA 또는 ISO의 공정시험법 등을 보유하고 있으면 자체매뉴얼 보유로 간주 ※ 점검서류 : – ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 1.18	미지시료(Unknown sample) 확인을 위한 물질시료(Bulk sample) 채취・분석 실적	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
물질시료채취・분석 실적 및 관련대장을 확인하고 평가년도의 유해인자명과 그 실적(건수)을 기록	채취・분석 실적이 20건 이상	□ 우수
	채취・분석 실적이 19~10건인 경우	□ 보통
	채취・분석 실적이 10건 미만인 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : 해당사항이 없는 경우는 그 사유를 명확히 파악하여 평가(유기화합물 시료가 명확히 단일물질로 구성되어 있거나 혼합 유기화합물이 명확히 1% 이상의 중량비율도 명확히 분석된 경우 등) ※ 점검서류 : 고형시료(Bulk sample) 채취·분석 실적 및 관련대장 채취.분석 실적: _____ 건 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

<table>
<tr><td>평가항목 1.20</td><td colspan="2">측정농도의 결과평가의 적절성 여부</td></tr>
<tr><td>평가방법</td><td>평가기준</td><td>평가결과</td></tr>
<tr><td rowspan="3">측정결과표를 무작위로 5개 선정 후 조사하고 총 평가결과 건수 중 몇 건이 적정한지를 평가</td><td>측정결과표를 100% 작성한 경우</td><td>□ 우수</td></tr>
<tr><td>측정결과표를 80%이상 100%미만 작성한 경우</td><td>□ 보통</td></tr>
<tr><td>측정결과표를 80%미만 작성한 경우</td><td>□ 미흡</td></tr>
<tr><td colspan="3">※ 참고사항 : 연속 측정한 측정농도는 법 제29조제2항에 따라 고시한 유해인자의 노출기준에 따라 초과여부를 평가한다(작업환경측정 및 정도관리 규정 제33조)
※ 점검서류 : 작업환경측정결과표 5부
※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무</td></tr>
<tr><td colspan="3">평가관련 기타 의견</td></tr>
</table>

2. 측정결과의 신뢰도 (20문항)

평가항목 2.1	자체 분석능력 전문성 향상을 위한 내부정도관리 실시 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
내부정도관리를 실시하고 있는 관련 문서를 통해 확인	내부정도관리를 정기적으로 실시하는 경우	□ 우수
	내부정도관리를 부정기적으로 실시하는 경우	□ 보통
	내부정도관리를 실시하지 않는 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : **"정기적"**이라 함은 1년에 2회 이상을 의미하며 **"부정기적"**이라 함은 1년에 1회 미만인 경우를 의미 ※ 점검서류 : 내부정도관리 실시 문서 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 2.2	인정기관에서 기관 또는 보유인력의 표창 등 실적 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
최근 5년 이내 노동부, 산업안전공단등에서 표창실적을 확인하여 평가 실적이 있는 경우, 기록을 조사	표창실적이 2회 이상인 경우	□ 우수
	표창실적이 1회인 경우	□ 보통
	표창실적이 없는 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : 산업위생과 관련이 없는 표장은 제외 ※ 점검서류 : 표창 원본 및 사본(표창명 : _____, 수여년도 : _____) ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 2.3	한국산업안전공단에서 실시하는 정도관리 실시결과	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
최근 5년 이내 정도관리 실시결과에 대한 기록을 조사하여 평가하되 부적합 건수를 기록	**불합격** 건수가 없는 경우	□ 우수
	1회 불합격 경험이 있는 경우	□ 보통
	2회 이상 불합격 경험이 있는 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : - ※ 점검서류 : 정도관리 관련 공문 등 불합격 건수 : (유기화합물 분야 : _____ 건, 금속분야 : 건) ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		

평가항목 2.4	측정장비를 외부공인기관에 위탁하여 검·교정을 받아야 하는 장비에 대한 검정실시 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
검·교정 대상 측정장비를 조사하여 평가하고 실시하는 경우, 실시기록을 조사하여 전체보유 대수 중 몇 대를 검·교정 하는지를 그 건수를 장비별로 기록	전체보유 측정장비 대수 중 80%이상 검·교정을 실시한 경우	□ 우수
	전체보유 측정장비 대수 중 50~80%미만 검·교정을 실시한 경우	□ 보통
	전체보유 측정장비 대수 중 50%미만으로 검·교정을 실시한 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : **①검·교정 대상 측정장비는 "유량계, 표준소음발생기, 열선풍속계"를 의미** **②자체 교정을 실시한 경우와 판매회사에 의뢰하여 교정한 경우는 인정** ※ 점검서류 : 관련 기록물 또는 공문 등 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무 장비명 _____, 검.교정 기관명 : _____ 검.교정 년도 :_____, 검.교정율: ____%(몇 대중 대)		

평가항목 2.5	전자저울 등의 분석기기를 외부 공인기관에 위탁하여 검·교정을 받아야 하는 장비에 대한 검정실시 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
전자저울 등을 조사하여 검·교정실시 여부를 조사하여 평가 실시하는 경우, 실시기록을 조사하여 전체 보유 대수 중 몇 대를 검·교정하는지를 그 건수를 장비별로 기록	전체 보유 분석기기 대상 중 80%이상 검·교정을 실시한 경우	□ 우수
	전체 보유 분석기기 대상 중 50%이상 80%미만 검·교정을 실시한 경우	□ 보통
	전체 보유 분석기기 대상 중 50%미만으로 검·교정을 실시한 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : ①전자저울이라 함은 “천평”을 의미하며 분석기기라 함은 산업안전보건법상 지정 측정기관의 필수장비(GC, AA, 광전분광광도계)를 의미 **②자체 교정을 실시한 경우와 판매회사에 의뢰하여 교정한 경우는 인정** ※ 점검서류 : 관련 기록물 또는 공문 등 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무 장비명 _____, 검.교정 기관명 : _____ 검.교정 년도 :_____, 검.교정율: ____%(몇 대중 대)		

평가항목 2.6	정기적인 검·교정이 필요한 장비에 대해 주기 및 상태를 관리하는 절차에 관한 문서 보관 여부	
평가방법	평가기준	평가결과
정기적인 검·교정이 필요한 장비와 관련된 문서를 조사	정기적인 검·교정이 필요한 장비와 관련된 문서를 보유하고 있는 경우	□ 우수
	정기적인 검·교정이 필요한 장비와 관련된 문서를 보유한 경험이 있는 경우	□ 보통
	정기적인 검·교정이 필요한 장비와 관련된 문서를 보유하지 않는 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : 정기적인 검·교정이 필요한 장비라 함은 공기시료채취기, 누적소음노출량계 Calibrator ※ 점검서류 : 검·교정이 필요한 장비와 관련된 문서 또는 서류 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		

평가항목 2.7	채취시료의 분석결과물(크로마토그램 등)의 적정 보관 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
측정결과표를 무작위로 5개 선정 후 조사하여 기록물과 대비 확인	5개의 측정결과표 중 5개 모두 기록물이 있는 경우	□ 우수
	5개의 측정결과표 중 3~4개의 기록물이 있는 경우	□ 보통
	5개의 측정결과표 중 2개 이하의 결과물만 있는 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : 1개의 측정결과표상 나타난 측정치중 90 % 이상의측정치에 대해 그 기록물을 보관하고 있다면 그 결과표에 한해 100 % 있다고 간주 ※ 점검서류 : 작업환경측정결과표 5부 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 2.8	소음의 작업환경측정 시 누적소음노출량계의 보정 수행 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
누적소음노출량계의 보정수행 일지(대장) 또는 누적소음노출량계에서 출력한 기록물을 보고 판단	소음의 작업환경측정 시 누적소음노출량계의 보정을 실시하는 경우	□ 우수
	소음의 작업환경측정 시 누적소음노출량계의 보정을 실시한 경험이 있는 경우	□ 보통
	소음의 작업환경측정 시 누적소음노출량계의 보정을 실시하지 않는 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : 누적소음노출량계에서 출력한 기록물 ※ 점검서류 : 작업환경측정결과표 5부 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 2.9	소음측정 후 누적소음노출량계에서 산출된 기록물의 보관 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
측정결과표를 무작위로 5개 선정 후 조사하여 기록물과 대비	소음측정치가 있는 5개의 측정결과표 중 5개 모두 기록물이 있는 경우	□ 우수
	소음측정치가 있는 5개의 측정결과표 중 3~4개의 기록물이 있는 경우	□ 보통
	소음측정치가 있는 5개의 측정결과표 중 2개 이하의 결과물만 있는 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : ①측정결과표 5개중 몇 개의 기록물을 보관하고 있는지를 기록하고 보관하지 않는 경우 사유를 기록 ②1개의 측정결과표상 나타난 소음측정치중 90% 이상의 측정치에 대해 그 기록물을 보관하고 있다면 그 결과표에 한해 100% 있다고 간주 ※ 점검서류 : 작업환경측정결과표 5부 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		

평가항목 2.10	시료 채취 전·후 시료채취기의 유량 보정 수행 및 결과 반영	
평가방법	평가기준	평가결과
시료채취기의 유량 보정을 실시하는 경우, 관리대장을 조사	시료 채취 전·후 시료채취기의 유량보정 후 결과를 반영 하는 경우	□ 우수
	시료 채취 전·후 시료채취기의 유량보정만 수행하는 경우	□ 보통
	시료 채취 전·후 시료채취기의 유량보정 미실시 및 결과를 반영하지 않는 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : 펌프기종, 일시, 유량 보정자 이름, 보정 횟수, 유량보정기기명, 전후 유량, 평균유량 등의 사항이 포함되어야 함 ※ 점검서류 : 시료채취기의 유량 보정 관리대장 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 2.11	입자상 물질 채취 전·후 필터의 중량분석 횟수 및 문서대장의 적정 기록 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
관리대장 등을 조사하고 기록하지 않는 경우 사유를 기록	문서대장을 보유하고 1개 필터에 대하여 3회 이상 중량분석을 실시하는 경우	□ 우수
	문서대장을 보유하고 1개 필터에 대하여 2회 실시하는 경우	□ 보통
	문서대장을 보유하고 1개 필터에 대하여 1회 실시하는 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : - ※ 점검서류 : 필터의 중량분석 관련 문서대장 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		

평가항목 2.12	사업장에서 시료채취 시 채취대장의 작성여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
측정결과표를 무작위로 5개 선정 후 조사하여 채취대장과 대비 확인하고 작성하지 않는 경우 사유를 기록	5개의 측정결과표 중 5개 모두의 시료채취내용이 채취대장에 기재되어 있는 경우	□ 우수
	3개에서 4개의 기록물이 있는 경우	□ 보통
	2개 이하의 결과물만 있는 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : ①채취일시, 유해인자, 시료채취시간, 온도, 습도, 사업장명, 측정자명, 펌프명, 측정전·후 유량, 측정대상자 성명, 근로자 직무, 채취시간, 측정매체, 채취방법 등이 기재되어야 함 ②1개의 측정결과표상 나타난 모든 시료채취 내용 중 90% 이상이 채취대장에서 확인되면 그 결과표에 한해 100% 채취대상을 작성되어 있다고 간주 ※ 점검서류 : 작업환경측정결과표 5부 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 2.13	소음 본 측정시 누적소음노출량계(Dosimeter)를 사용하지 않고 지시소음계(Sound Level Meter) 사용 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
측정결과표를 무작위로 5개 선정 후 조사하여 지시소음계로 측정한 건수가 전체 소음측정건수 중 몇 건인지를 기록	측정결과표상 전혀 사용하지 않는 경우,	□ 우수
	측정결과표상 10% 미만으로 사용하는 경우	□ 보통
	측정결과표상 10% 이상 사용하는 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : 지시소음계를 자주 사용하는 경우 그 사유를 기록 ※ 점검서류 : 작업환경측정결과표 5부 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 2.14	1일 작업시간이 8시간을 초과하는 경우 노출기준의 보정 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
작업시간이 8시간 이상인 측정결과표를 무작위로 5개를 선정하여 조사하고 보정하지 않는 경우 사유를 기록	100% 보정된 경우	□ 우수
	미보정이 1건 발견된 경우	□ 보통
	미보정이 2건 이상 발견된 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : 1일 작업시간이 8시간을 초과하는 경우에는 보정노출기준을 산출(작업환경측정 및 정도관리규정 제33조제3항) ※ 점검서류 : 작업시간이 8시간을 초과하는 작업환경측정결과표 5부 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 2.15	8시간 시간가중평균치의 적정 계산 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
측정결과표를 무작위로 5개 선정 후 조사하여 측정결과표별로 전체 몇 건 중 몇 건이 적정하였는지를 파악	100% 적정 계산된 경우	□ 우수
	부적정한 계산이 1건 발견된 경우	□ 보통
	부적정한 계산이 2건 이상 발견된 경우	□ 미흡

※ 참고사항 :

①1일 작업시간동안 6시간 이내 측정을 한 경우의 입자상 물질 농도는 측정시간 동안의 시간가중평균치를 산출하여 그 기간동안의 평균농도로 하고 이를 8시간 시간가중평균하여 8시간 작업시의 평균농도로 한다(작업환경측정 및 정도관리규정 제33조제2항)

②1개의 측정결과표상 나타난 모든 평가결과의 계산 중 90% 이상이 적정하면 그 결과표에 한해 100% 적정하다고 간주

※ 점검서류 : 작업환경측정결과표 5부

※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무

평가항목 2.16	작업환경측정 책임자의 측정경력 년 수	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
작업환경측정 책임자의 측정경력을 확인할 수 있는 문서를 조사하여 기록	경력 15년 이상인 경우	□ 우수
	경력 14~10년인 경우	□ 보통
	경력 10년 미만인 경우	□ 미흡

※ 참고사항 :

①작업환경측정 책임자라 함은 산업안전보건법 시행규칙 제12에 의거 “산업위생관리기술사/지도사 또는 산업위생 경력 5년 이상인 자”를 의미

②경력은 작업환경측정업무를 수행한 총 경력을 의미

경력년수 : _____ 년

※ 점검서류 : 작업환경측정 책임자 경력의 확인이 가능한 문서 또는 4대 보험 등을 확인

※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무

<table>
<tr><td>평가항목 2.17</td><td colspan="2">분석 책임자의 분석경력 년 수</td></tr>
<tr><td>평가방법</td><td>평가기준</td><td>평가결과</td></tr>
<tr><td rowspan="3">분석 책임자의 분석 경력을 확인할 수 있는 문서를 조사하여 기록</td><td>경력 15년 이상인 경우</td><td>□ 우수</td></tr>
<tr><td>경력 14~10년인 경우</td><td>□ 보통</td></tr>
<tr><td>경력 10년 미만인 경우</td><td>□ 미흡</td></tr>
<tr><td colspan="3">※ 참고사항 :
①분석 책임자라 함은 산업안전보건법 시행규칙 제12에 의거 “분석을 전담하는 자”를 의미하며 분석을 전담하는 자가 여러 명인 경우 경력이 가장 많은 자를 의미하며 특수건강진단의 분석인력은 해당하지 않음
②경력은 산업보건분석 업무를 수행한 총 경력을 의미
경력년수 : _____ 년
※ 점검서류 : 산업보건 분석자 경력의 확인이 가능한 문서 또는 4대 보험 등을 확인
※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무</td></tr>
<tr><td colspan="3">평가관련 기타 의견</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>평가항목 2.18</td><td colspan="2">석면 등 특정시료의 분석을 외부기관에 의뢰해야 하는 경우 각종 문서의 보관 및 결과 적정 반영 여부</td></tr>
<tr><td>평가방법</td><td>평가기준</td><td>평가결과</td></tr>
<tr><td rowspan="3">시료분석의뢰 문서철 및 시료를 의뢰한 측정결과표(무작위 5개 선정)를 조사 의뢰된 시료의 몇 %가 의뢰서, 통보받은 분석결과서, 그리고 그 결과가 측정결과표 상에 적절히 반영되는지를 기록</td><td>시료를 의뢰한 5개의 측정결과표 중 5개 적정한 경우 또는 “시료를 의뢰할 필요가 없는 경우”</td><td>□ 우수</td></tr>
<tr><td>시료를 의뢰한 5개의 측정결과표 중 3개에서 4개 적정한 경우</td><td>□ 보통</td></tr>
<tr><td>시료를 의뢰한 5개의 측정결과표 중 2개 이하가 적정한 경우</td><td>□ 미흡</td></tr>
<tr><td colspan="3">※ 참고사항 :
①“시료를 의뢰할 필요가 없는 경우”라 함은 석면의 경우 위상차현미경과 그 부속품, 유리규산의 경우 X-선 회절분석기 또는 적외선분광분석기와 그에 따른 부속품, TDI는 고속액체크로마토그래피, 산·알칼리의 경우 이온크로마토그래피 또는 그와 상응하는 장비를 보유한 경우를 의미
②1개의 측정결과표상 나타난 측정치중 90% 이상의 측정치에 대해 적정하다고 판단되면 100% 적정하다고 간주
※ 점검서류 : 시료분석의뢰 문서철 및 관련 시료를 분석/의뢰한 측정결과표(석면, 유리규산, TDI 등)
※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무</td></tr>
<tr><td colspan="3">평가관련 기타 의견</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>평가항목 2.19</td><td colspan="2">시료 전달시 인수인계대장 작성・보관 여부</td></tr>
<tr><td>평가방법</td><td>평가기준</td><td>평가결과</td></tr>
<tr><td rowspan="3">측정결과표를 무작위로 5개 선정 후 조사하여 작성・보관하는 경우 몇 %가 인수인계 대장에 기록되는지를 조사</td><td>5개의 측정결과표 중 5개 모두 인수인계대장에 작성되어 있는 경우</td><td>□ 우수</td></tr>
<tr><td>5개의 측정결과표 중 3개에서 4개 적정한 경우,</td><td>□ 보통</td></tr>
<tr><td>5개의 측정결과표 중 2개 이하가 적정한 경우 또는 인수인계 대장이 없는 경우</td><td>□ 미흡</td></tr>
<tr><td colspan="3">※ 참고사항 :
①1개의 측정결과표상 나타난 시료 중 90% 이상의 시료에 대해 인수인계 대장에 작성되어 있다면 그 결과표에 한해 100% 적정하다고 간주
②인수인계대장에는 인수일시, 시료명, 시료수, 측정자, 인계자, 인수자, 인수인계시 시료의 상태 등이 포함되어야 함
※ 점검서류 : 작업환경측정결과표 5부
※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무</td></tr>
<tr><td colspan="3">평가관련 기타 의견</td></tr>
</table>

평가항목 2.20	실험실 보관대장 작성・보관 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
측정결과표를 무작위로 5개 선정 후 조사 실험실 보관대장을 작성・보관하는 경우, 몇 %가 실험실 보관대장에 기록되는지를 파악하고 작성하지 않는 경우 사유를 기록	5개의 측정결과표 중 5개 모두 관련시료가 실험실 보관 대장에 작성되어 있는 경우	□ 우수
	5개의 측정결과표 중 3개에서 4개 적정한 경우	□ 보통
	5개의 측정결과표 중 2개 이하가 적정한 경우 또는 보관대장이 없는 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : ①보관대장에는 시료도착일, 시료보존 방법, 시료저장방법, 시료채취대장에 명기된 시료와 일치 여부, 분석일, 분석방법 등의 기재여부에 따라 판단 ②1개의 측정결과표상 나타난 시료 중 90% 이상의 시료가 실험실 보관대장에 작성되어 있다면 그 결과표에 한해 100% 적정하다고 간주 ※ 점검서류 : 작업환경측정결과표 5부 및 실험실 보관대장 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무 ※ 실험실 보관대장 미 작성 사유 : _____		
평가관련 기타 의견		

3. 시설・장비의 성능 (17항목)

평가항목 3.1	주요 측정장비에 대한 매뉴얼・이력 관리 및 기록유지의 적절성	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
측정장비의 매뉴얼,	측정 장비별로 대장을 보유하여 구입, 수리	□ 우수

장비·점검대장 등을 조사하여 주요 측정장비별로 전체 보유대수 중 몇 대가 관련 기록을 보유하고 있는지를 파악하고 기록 유지를 하지 않는 경우 그 사유를 기록	및 정기점검일자를 가지고 있는 경우	
	측정 장비별 구입 및 수리여부 기록만 있는 경우	□ 보통
	측정 장비별 대장이 없거나 구입기록만 있는 경우	□ 미흡

※ 참고사항 :

①주요측정장비라 함은 "**개인시료채취기, 유량보정기, 지시소음계, 누적소음노출량계"를 의미**

②주요 측정장비에 대한 설명서, 구입, 수리 및 점검일자 등을 기록하고 있는지 여부를 구분하여 판단

③기관이 보유한 주요 측정장비의 80% 이상이 관련대장을 보유하고 있어야만 위 항의 평가기준에 따라 평가하고, **80% 미만시 어떤 경우라도 미흡**으로 판단

※ 점검서류 : 주요 측정장비의 매뉴얼, 장비·점검대장

주요 측정장비명	전체보유대수	기록 보유대수	총보유율
개인시료채취기	대	대	
유량보정기	대	대	
지시소음계	대	대	
누적소음계	대	대	
계	대	대	%

※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무

※ 기록 유지를 하지 않는 사유 : _____

평가관련 기타 의견

<table>
<tr><td>평가항목 3.2</td><td colspan="2">주요 분석장비에 대한 매뉴얼·이력 관리 및 기록유지의 적절성</td></tr>
<tr><td>평가방법</td><td>평가기준</td><td>평가결과</td></tr>
<tr><td rowspan="3">매뉴얼, 장비·점검대장 등을 조사하여 주요 분석장비별로 전체 보유대수 중 몇 대가 관련 기록을 보유하고 있는지를 파악</td><td>분석 장비별로 대장을 보유하여 구입, 수리 및 정기 점검일자를 가지고 있는 경우</td><td>□ 우수</td></tr>
<tr><td>분석 장비별 구입 및 수리여부 기록만 있는 경우</td><td>□ 보통</td></tr>
<tr><td>분석 장비별 대장이 없거나 구입기록만 있는 경우</td><td>□ 미흡</td></tr>
<tr><td colspan="3">※ 참고사항 :
①주요 분석장비라 함은 “광전분광광도계, 가스크로마토그래피또는 GC/MS, 원자흡광광도계 또는 유도결합플라즈마,고성능액체크로마토그래피, 천칭”을 의미
②주요 분석장비에 대한 설명서, 구입, 수리 및 점검일자 등을 기록하고 있는지 여부를 구분하여 판단
③기관이 보유한 주요 분석장비의 80% 이상이 관련대장을 보유하고 있어야만 위 항의 평가기준에 따라 평가하고, 80% 미만시 어떤 경우라도 미흡으로 판단
※ 점검서류 : 주요 분석장비 매뉴얼, 장비·점검대장
※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무</td></tr>
<tr><td colspan="3">평가관련 기타 의견</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>평가항목 3.3</td><td colspan="2">국내・외 공인시험・교정기관 및 검사기관에서의 인정 여부</td></tr>
<tr><td>평가방법</td><td>평가기준</td><td>평가결과</td></tr>
<tr><td rowspan="3">국내・외 공인시험・교정기관 및 검사기관에서 인정받은 경우 인정서등을 조사하여 기록</td><td>인정서를 인정 받은 경우</td><td>□ 우수</td></tr>
<tr><td>인정서를 인정후 반납・취소된 경우</td><td>□ 보통</td></tr>
<tr><td>인정서를 인정받은 적이 없는 경우</td><td>□ 미흡</td></tr>
<tr><td colspan="3">※ 참고사항 : 국내·외 공인시험·교정기관 및 검사기관은 KOLAS, ILAC, APLAC, NACLA, NATA, EN 45003 및 ISO Guide 58 등을 의미
※ 점검서류 : 인정서 등의 기록
※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무</td></tr>
<tr><td colspan="3">평가관련 기타 의견</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>평가항목 3.4</td><td colspan="2">시료채취장비를 외부 전문기관에 의뢰하여 주기적으로 유지·보수 수행 여부</td></tr>
<tr><td>평가방법</td><td>평가기준</td><td>평가결과</td></tr>
<tr><td rowspan="3">시료채취장비에 대한 유지·보수대장 등을 조사하여 파악하고 기록 유지를 하지 않는 경우 사유를 기록</td><td>유지·보수를 주기적으로 실시하는 경우</td><td>□ 우수</td></tr>
<tr><td>유지·보수를 실시한 경험이 있는 경우</td><td>□ 보통</td></tr>
<tr><td>유지·보수를 실시한 경험이 없는 경우</td><td>□ 미흡</td></tr>
<tr><td colspan="3">※ 참고사항 : 시료채취장비 외부 전문기관이라 함은 기기판매회사를 포함
※ 점검서류 : 시료채취장비 유지·보수대장
※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무</td></tr>
<tr><td colspan="3">평가관련 기타 의견</td></tr>
</table>

평가항목 3.5	분석장비를 외부전문기관에 의뢰하여 주기적으로 유지·보수 수행 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
분석장비의 유지·보수대장 등을 조사하여 파악하고 기록 유지를 하지 않는 경우 사유를 기록	유지·보수를 주기적으로 실시하는 경우	□ 우수
	유지·보수를 실시한 경험이 있는 경우,	□ 보통
	유지·보수를 실시한 경험이 없는 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : 분석장비 외부전문기관이라 함은 기기판매회사를 포함 ※ 점검서류 : ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무 ※ 기록·유지 하지 않는 사유 : _____		
평가관련 기타 의견		

평가항목 3.6	각 분석장비별 실험실용 후드장치 설치여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
장비별 후드 설치여부 확인	후드가 설치되고 제어풍속이 적정한 경우	□ 우수
	후드는 있으나 제어풍속 미만인 경우	□ 보통
	후드를 설치하지 아니한 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : 각 분석장비라 함은 가스크로마토그래피와 원자흡광분광기를 의미 ※ 점검서류 : 장비에 부착된 후드 등을 육안으로 확인 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

<table>
<tr><td>평가항목 3.7</td><td colspan="2">시료채취장비 및 이에 관련된 보정장비의 사용 및 운영지침(또는 매뉴얼) 보유 여부</td></tr>
<tr><td>평가방법</td><td>평가기준</td><td>평가결과</td></tr>
<tr><td rowspan="3">관리대장·매뉴얼 등을 조사하여 관련 장비들의 몇 %가 관련기록을 보유하고 있는지 기록</td><td>관련 장비들의 80% 이상이 사용 및 운영지침(또는 매뉴얼)이 있는 경우</td><td>□ 우수</td></tr>
<tr><td>그 외의 경우</td><td>□ 보통</td></tr>
<tr><td>전혀 보유하고 있지 않는 경우</td><td>□ 미흡</td></tr>
<tr><td colspan="3">※ 참고사항 :
※ 점검서류 : 시료채취장비 및 이에 관련된 보정장비 관리대장·매뉴얼 등
※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무</td></tr>
<tr><td colspan="3">평가관련 기타 의견</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>평가항목 3.8</td><td colspan="2">직독식 장비의 사용, 운반, 보관, 유지・관리에 대한 적정 여부</td></tr>
<tr><td>평가방법</td><td>평가기준</td><td>평가결과</td></tr>
<tr><td rowspan="3">직독식 장비에 대한 사용실적 및 관리대장 구비여부를 확인 후 평가</td><td>센서가 주기적으로 교환되고 있고, 검지관이 냉암소에 보관되어 있고, 유효기간을 준수하는 경우</td><td>□ 우수</td></tr>
<tr><td>그 외의 경우</td><td>□ 보통</td></tr>
<tr><td>관련사실을 확인 불가한 경우</td><td>□ 미흡</td></tr>
<tr><td colspan="3">※ 참고사항 :
①직독식 장비라 함은 “산소농도 측정기, 검지관 세트, 열선풍속계, 회전계(RPM 측정기)”를 의미
②산소농도측정기 경우 측정센서의 주기적 교환 여부를 확인
③검지관 경우 보관장소의 적정성여부 및 유효기간 준수여부를 감안하여 평가
※ 점검서류 : 직독식 장비 관리대장 등
※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무</td></tr>
<tr><td colspan="3">평가관련 기타 의견</td></tr>
</table>

평가항목 3.9	시료채취 및 분석에 사용되는 장비에 대한 책임자 지정 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
책임자가 지정된 문서 등을 조사하여 파악	책임자가 지정된 경우	□ 우수
	책임자가 일부 지정된 경우	□ 보통
	책임자가 지정되지 않은 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : ※ 점검서류 : 책임자가 지정된 문서 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 3.10	분석을 행함에 있어 유해물질을 배기 또는 배액처리를 위한 설비 및 성능·운영의 적정 여부	
평가방법	평가기준	평가결과
설비를 직접 확인한 후 기록	배액처리 설비 및 관리대장이 있는 경우	□ 우수
	관리대장이 없는 경우	□ 보통
	관리대장도 없는 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : ①분석을 행함에 있어 유해물질을 배출할 우려가 있는 경우 배기 또는 배액처리를 위한 설비를 구비(산업안전보건법 시행규칙 별표 12) ②배액처리 설비는 외부 위탁처리하는 경우도 인정 ※ 점검서류 : 육안으로 학인 후 조사 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 3.11	실험실내 비상용 샤워와 세안설비 보유 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
설비를 직접 확인한 후 기록	비상용 샤워 또는 세안설비를 보유하고 작동상태가 양호한 경우	□ 우수
	비상용 샤워 또는 세안설비가 작동이 잘되지 않는 경우	□ 보통
	비상용 샤워 또는 세안설비가 시설이 없는 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : ※ 점검서류 : 육안으로 확인 후 기록 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 3.12	실험실내 가스용기 전도 방지를 위한 조치 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
설비를 직접 확인하여 조치여부를 판단한 후 기록	모든 가스용기에 대해 전도방지 조치를 한 경우	□ 우수
	가스용기에 대해 전도방지를 일부만 조치한 경우	□ 보통
	가스용기에 대해 전도방지를 전혀 조치하지 않은 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : ※ 점검서류 : 육안으로 확인 후 기록 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 3.13	실험에 사용하는 시약의 특성에 따른 적정 보관 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
캐비넷 등을 직접 확인한 후 기록	특성에 따라 보관하는 경우	□ 우수
	일부 시약에 대해 별도로 보관하는 경우	□ 보통
	특성에 따라 구분을 하지 않는 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : ①시약의 특성이라 함은 인화성, 폭발성 등의 시약을 의미 ②적정 보관은 전용 캐비넷 사용 등을 감안하여 판단 ※ 점검서류 : 육안으로 확인 후 기록 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 3.14	실험실 보건안전지침(수칙)의 문서화 및 보건안전상태의 적정 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
보건안전지침 및 상태를 확인하여 기록	지침이 문서화되어 있고 그에 따른 상태가 적정한 경우	□ 우수
	문서화가 되어 있지 않으나 보건안전상태가 적정한 경우	□ 보통
	문서화도 되어있지 않고 상태도 불량한 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : 보건안전지침 및 상태라 함은 화학물질의 누출이나 전기설비의 누전등 사고시 행동요령 등이 기재되어 있어야 함 ※ 점검서류 : 보건안전지침 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 3.15	실험실내 착용 가능한 전용 보호용구 구비의 적정 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
보호 용구를 확인하여 기록	보호용구의 종류를 모두 구비하고 있는 경우	□ 우수
	보호구 3가지 이상 구비하고 있는 경우	□ 보통
	보호구 3가지 미만으로 구비된 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : 보호용구의 종류라 함은 보안경, 방독마스크, 방진마스크, 유기용제용 장갑, 실험복 등을 의미 ※ 점검서류 : 육안으로 확인 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 3.16	시료보관 전용의 냉장실 및 냉동실 적정 운영 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
냉장·냉동실을 직접 확인하여 시료 이외의 음료, 음식물 등 보관여부를 확인하여 판단	냉장·냉동실을 직접 확인하여 시료 이외의 음료, 음식물 등 보관여부를 확인하여 판단	□ 우수
	냉장실 또는 냉동실에 시료 이외의 것이 보관되어 있는 경우	□ 보통
	냉장실 및 냉동실 모두 시료이외의 것이 보관되어 있는 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : ※ 점검서류 : 육안으로 확인 후 판단 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

<table>
<tr><td>평가항목 3.17</td><td colspan="2">산업안전보건법상 구비하여야 할 필수 장비 이외의 측정 및 분석장비 보유 여부</td></tr>
<tr><td>평가방법</td><td>평가기준</td><td>평가결과</td></tr>
<tr><td>보유장비를 모두 직접 확인</td><td>□① 고성능 액체크로마토그래피(HPLC) 또는 LC/MS
□② X-선 회절기(XRD)
□③ 적외선분광분석기(FTIR) 또는 IR/MS
□④ 이온크로마토그래피(IC) 또는 IC/MS
□⑤ GC-질량분석기(GC/MS)
□⑥ 석면분석에 필요한 장비 및 부속품 (PCM, PLM, EM 등)
□⑦ 유도결합플라즈마(ICP) 또는 ICP/MS
□⑧ 진동측정이 가능한 주파수분석기 또는 방사선 측정장비
□⑨ 위 기능에 상응하는 기타장비</td><td>보유하고 있는 장비 대수별로 점수를 평가</td></tr>
<tr><td colspan="3">※ 참고사항 :
공동 기기 실습실에 보유하고 있는 경우는 불인정
기기를 확인한 후 평가기준에 표시
보유하고 있는 장비대수별로 점수를 평가(예, 1대 보유는 1.25점, 최대 5점까지 인정)
※ 점검서류 :
※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무</td></tr>
<tr><td colspan="3">평가관련 기타 의견</td></tr>
</table>

4. 보유 인력의 교육이수·능력개발, 전산화 정도 및 그 밖의 제반사항(20문항)

평가항목 4.1	지정 측정인력의 전문성 향상을 위한 전문교육 이수 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
전문교육을 이수한 경우, 기록을 조사하여 기록	지정 측정인력의 전문성 향상 교육 1년 2회 이상	□ 우수
	지정 측정인력의 전문성 향상 교육 1년에 1회	□ 보통
	지정 측정인력의 전문성 향상 교육 받은적 없는 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : ①횟수는 1인을 기준으로 한 것으로, 2인이 각 년1회씩 교육을 이수하였다면 1년 2회 이상으로 간주 ②전문교육이라 함은 한국산업위생학회 참석, 한국산업안전공단 교육, 지정교육기관에 의한 교육을 의미 ※ 점검서류 : 전문교육 이수와 관련된 공문, 영수증, 수료증 등을 확인 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 4.2	지정 분석인력의 전문성 향상을 위한 전문교육 이수 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
전문교육을 이수한 경우, 기록을 조사하여 기록	지정 분석인력의 전문성 향상 교육 1년 2회 이상	□ 우수
	지정 분석인력의 전문성 향상 교육 1년에 1회	□ 보통
	지정 분석인력의 전문성 향상 교육 받은적 없는 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : ①횟수는 1인을 기준으로 한 것으로, 2인이 각 년1회씩 교육을 이수하였다면 1년 2회 이상으로 간주 ②전문교육이라 함은 한국산업위생학회 참석, 한국산업안전공단 교육, 지정교육기관에 의한 교육을 의미 ※ 점검서류 : 전문교육 이수와 관련된 공문, 영수증, 수료증 등을 확인 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 4.3	비정규직 직원에게도 정식직원에 상응하는 교육훈련 제공 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
전문교육을 이수한 경우, 기록을 조사하여 기록	정식직원에 상응하는 교육훈련1년 2회 이상인 경우 또는 비정규직이 없는 경우**(명확한 확인 필요)**	□ 우수
	정식직원에 상응하는 교육훈련 1년에 1회	□ 보통
	정식직원에 상응하는 교육 받은 적이 없는 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : 비정규직이 없는 경우를 “우수”로 평가할 경우 명확한 확인 필요 ① **비정규직**이란 '**정규직이 아닌 고용 형태**'로 ▶기간제 :고용계약 기간이 1년 미만인 근로자(계약직, 임시직, 일용직 등) ▶단시간 주당 근로시간이 36시간 미만으로 짧은 근로자(파트 타임 근로자 등)▶파견 근로자 : 인력파견(공급) 업체에 고용된 뒤 그 인력을 필요로 하는 업체에 파견돼 일하는 근로자등이 이에 해당 ②횟수는 1인을 기준으로 한 것으로, 2인이 각 년1회씩 교육을 이수하였다면 1년 2회 이상으로 간주 ③전문교육이라 함은 한국산업위생학회 참석, 한국산업안전공단 교육, 지정교육기관에 의한 교육을 의미 ※ 점검서류 : 비정규직이 없다는 관련 서류, 전문교육 이수와 관련된 공문, 영수증, 수료증 등을 확인 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		

평가항목 4.4	전문성 향상을 위한 측정 및 분석요원의 교육과 능력개발을 위한 훈련계획 등의 문서 보유 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
보유한 경우, 기록을 조사하여 기록	문서를 보유하고 있는 경우	□ 우수
	문서를 보유한 적이 있는 경우	□ 보통
	문서가 없는 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : ※ 점검서류 : 교육과 능력개발을 위한 훈련계획 등의 문서 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		

평가항목 4.5	산업보건 관련 전문교육 이외에 측정 및 분석요원의 능력개발(전문성 향상)을 위한 기관장의 노력 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
전문인력의 능력개발을 위한 지원책이 있을 경우 관련 자료를 조사	기관장이 2건 이상 지원하고 있는 경우	□ 우수
	기관장의 지원이 1건이라도 있는 경우	□ 보통
	기관장의 지원이 전혀 없는 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : 측정·분석요원 등에 대하여 국가자격 취득을 위한 시간적 배려, 대학 등의 강의 활동 지원, 학원 수강시 금전적 지원 등을 포괄하여 판단 ※ 점검서류 : 능력개발을 위한 지원 서류(학원 수강증, 수강료 영수증 등) ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 4.6	최근 3년간 측정 및 분석전담자 인력 변동(입·퇴사) 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
전문인력의 인력변동이 없는 경우, 기록을 조사하고 변동된 경우 사유를 기록	인력변동이 없는 경우	□ 우수
	1명이 이동한 경우	□ 보통
	2명 이상 이동된 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : 자발적인 퇴사는 그 사유를 파악하여 판단 ※ 점검서류 : 인력변동 확인이 가능한 문서 등 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 4.7	측정·분석 인력의 비정규직 직원 근무 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
비정규직이 없는 경우, 기록을 조사하고 계약직 인력을 보유한 경우 사유를 기록	비정규직이 없는 경우	□ 우수
	비정규직이 1명인 경우	□ 보통
	비정규직이 2명 이상인 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : **비정규직**이란 '**정규직이 아닌 고용 형태**'로 ▶기간제 :고용계약 기간이 1년 미만인 근로자(계약직, 임시직, 일용직 등) ▶단시간 주당 근로시간이 36시간 미만으로 짧은 근로자(파트 타임 근로자 등)▶파견 근로자 : 인력파견(공급) 업체에 고용된 뒤 그 인력을 필요로 하는 업체에 파견돼 일하는 근로자 등이 이에 해당 ※ 점검서류 : 인력 등과 면담 또는 4대 보험 가입 여부 등의 서류 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 4.8	작업환경측정결과 설명회 개최 실적	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
100인 이상 사업장의 측정결과표(무작위 5개)를 확인하여 실적을 확인 후 평가	100인 이상 사업장에 60% 이상 개최한 경우	□ 우수
	59~40%인 경우	□ 보통
	40%미만인 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : **근로자 대표의 요구가 없어 개최하지 않은 경우는 그 사유를 명확히 파악하여 타당하게 평가** ※ 점검서류 : 작업환경측정결과표 5부 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 4.9	작업환경측정 사업장 관리대장의 작성(전산화) 상태	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
측정대상 사업장 관리대장을 작성하는 경우 기록을 조사	자체개발 프로그램으로 관리하는 경우	□ 우수
	엑셀 등으로 관리하는 경우	□ 보통
	관리대장이 없는 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : 사업장관리대장에는 사업장 정보(주소, 전화번호), 향후 측정일시, 담당자명 등이 기재되어 있어야 함 ※ 점검서류 : 관리대장 또는 전산화여부 확인 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 4.10	지정측정기관의 조직도 및 업무분장 문서화 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
지정측정기관의 조직도 및 업무분장 문서화된 기록을 조사	기관의 조직도 및 업무분장이 되어 있는 경우	□ 우수
	하나만 문서화되어 있는 경우	□ 보통
	둘 다 보유하고 있지 않는 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : 조직도의 경우 측정기관 운영에 필요한 기술적인 업무 총괄책임자, 작업환경 측정의 계획, 결과 평가에 관한 책임자, 정도관리 책임자 등도 구분이 되어 있어야 하며, 직원들의 학력, 경력사항도 포함되어야 함 ※ 점검서류 : 조직도 및 업무분장 문서화를 확인할 수 있는 관련 기록 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 4.11	작업환경측정결과표 등 문서의 작성, 검토, 승인라인의 적정 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
측정결과표 5개를 무작위 추출하여 문서 작성자, 검토자, 승인자의 명확한 구분 및 결재여부를 확인하고 판단	측정결과표 5개 모두 적정한 경우	□ 우수
	측정결과표 5개 중 3-4개가 적정한 경우	□ 보통
	측정결과표 5개 중 적정한 경우가 2개 이하인 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : ※ 점검서류 : 작업환경측정결과표 5부 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 4.12	기관 자체내에서 제작한 안내 팜플렛 등의 보유 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
팜플렛 또는 리플렛 등을 조사하여 기록	2년 이내 제작·배포한 경우	□ 우수
	2년 이전 제작·배포한 경우	□ 보통
	제작 실적이 없는 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : 최근 3년 이내의 기록을 확인 ※ 점검서류 : 팜플렛, 리플렛 등 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 4.13	사업장 고객만족도 조사 실시 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
사업장 고객만족도 조사를 실시한 경우 근거자료를 조사	고객만족도 조사를 2년 이내에 실시한 적이 있는 경우	□ 우수
	고객만족도 조사를 2년 이전에 실시한 적이 있는 경우	□ 보통
	고객만족도 조사를 실시한 적이 없는 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : 고객만족도라 함은 작업환경서비스에 대한 설문조사 등을 실시하여 만족도 등을 조사한 경우를 의미 ※ 점검서류 : ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 4.14	시약의 물질안전보건자료(MSDS)나 독성 및 기타자료 확보여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
시약 5종 무작위 선정하여 관련 자료를 조사	자료가 5종 모두 있는 경우	□ 우수
	자료가 3-4종 있는 경우	□ 보통
	자료가 2종 이하인 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : ※ 점검서류 : 시약에 따른 MSDS 자료 등 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 4.15	작업환경측정결과표의 전산화 적정 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
전산화된 경우 그 여부를 조사	자체개발한 프로그램을 사용하는 경우	□ 우수
	매년 측정결과를 한글파일로 체계화하여 보관하는 경우	□ 보통
	작업환경결과표를 한글파일로 보관하고 있으나 체계화되어 있지 않은 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : ※ 점검서류 : 자체개발 프로그램 육안확인 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 4.16	측정 또는 분석과 관련된 모든 시약·물품의 선정, 구매 및 보관절차의 문서화/전산화 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
시약·물품 등의 보관대장(파일) 등의 자료를 조사	시약·물품의 구매일자, 구매수량 등이 기록되어 있는 보관대장(파일)을 보유하는 경우	□ 우수
	시약 또는 물품 중 1개의 보관대장(파일)을 보유하는 경우	□ 보통
	전혀 문서화가 되어 있지 않은 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : ※ 점검서류 : 시약물품 보관대장 또는 엑셀/한글 파일 확인 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 4.17	작업환경측정 결과에 관련된 기록에 대하여 보존기한 준수 및 관리상태 적정 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
측정결과표를 무작위로 5개 선정하여 조사	5개의 측정결과표 중 5개 모두 관련된 기록이 보존하는 경우	□ 우수
	5개의 측정결과표 중 3~4개 적정한 경우	□ 보통
	5개의 측정결과표 중 2개 이하가 적정한 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : **①측정결과표의 보존기한(3년, 발암성 30년) 명시** 및 상시 열람이 가능한 환경 내 보관여부 검토 후 판단 ②1개의 측정결과표상 나타난 관련기록 중 90% 이상의 관련기록이 보관되어 있다면 그 결과표에 한해 100% 보관되어 있다고 간주 ※ 점검서류 : 가급적 발암성물질이 있는 측정결과표 5부 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 4.14	시약의 물질안전보건자료(MSDS)나 독성 및 기타자료 확보여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
시약 5종 무작위 선정하여 관련 자료를 조사	자료가 5종 모두 있는 경우	□ 우수
	자료가 3-4종 있는 경우	□ 보통
	자료가 2종 이하인 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : ※ 점검서류 : 시약에 따른 MSDS 자료 등 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 4.15	작업환경측정결과표의 전산화 적정 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
전산화된 경우 그 여부를 조사	자체개발한 프로그램을 사용하는 경우	□ 우수
	매년 측정결과를 한글파일로 체계화하여 보관하는 경우	□ 보통
	작업환경결과표를 한글파일로 보관하고 있으나 체계화되어 있지 않은 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : ※ 점검서류 : 자체개발 프로그램 육안확인 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 4.16	측정 또는 분석과 관련된 모든 시약·물품의 선정, 구매 및 보관절차의 문서화/전산화 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
시약·물품 등의 보관대장(파일) 등의 자료를 조사	시약·물품의 구매일자, 구매수량 등이 기록되어 있는 보관대장(파일)을 보유하는 경우	□ 우수
	시약 또는 물품 중 1개의 보관대장(파일)을 보유하는 경우	□ 보통
	전혀 문서화가 되어 있지 않은 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : ※ 점검서류 : 시약물품 보관대장 또는 엑셀/한글 파일 확인 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 4.17	작업환경측정 결과에 관련된 기록에 대하여 보존기한 준수 및 관리상태 적정 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
측정결과표를 무작위로 5개 선정하여 조사	5개의 측정결과표 중 5개 모두 관련된 기록이 보존하는 경우	□ 우수
	5개의 측정결과표 중 3~4개 적정한 경우	□ 보통
	5개의 측정결과표 중 2개 이하가 적정한 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : **①측정결과표의 보존기한(3년, 발암성 30년) 명시** 및 상시 열람이 가능한 환경 내 보관여부 검토 후 판단 ②1개의 측정결과표상 나타난 관련기록 중 90% 이상의 관련기록이 보관되어 있다면 그 결과표에 한해 100% 보관되어 있다고 간주 ※ 점검서류 : 가급적 발암성물질이 있는 측정결과표 5부 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 4.18	표준물질의 유효기간의 준수 및 문서화(전산화) 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
시약 및 표준물질 5개를 무작위로 선정하여 유효기간 준수 및 문서화 여부를 조사	시약 및 표준물질의 유효기간 표시가 문서화되어 있는 경우	□ 우수
	유효기간 준수 또는 문서화중 1개만 관리되고 있는 경우	□ 보통
	그 이외의 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : 시약 및 표준물질 5개를 무작위로 선정하여 유효기간 준수여부 확인 ※ 점검서류 : 문서대장 또는 한글/엑셀 등 조사 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 4.19	측정기관 홈페이지 보유 여부	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
홈페이지를 방문하여 조사	홈페이지를 보유하고 있는 경우	□ 우수
	홈페이지를 보유한 적이 있는 경우	□ 보통
	홈페이지를 보유한 적이 없는 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : ※ 점검서류 : ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

평가항목 4.20	측정기관 지정인력의 최근 2년간 연구실적	
평가방법	**평가기준**	**평가결과**
연구실적물을 확인하여 조사	연구실적이 2건 이상인 경우	□ 우수
	연구실적이 1건 있는 경우	□ 보통
	연구실적이 없는 경우	□ 미흡
※ 참고사항 : 연구실적이란 산업보건 관련학회(한국산업위생학회, 대한산업의학회, 예방의학회, 한국환경보건학회, 실내공기질학회, 독성학회 등)의 학술지 또는 학술대회의 발표자료집 등을 의미 ※ 점검서류 : 학회지, 학술대회 연제집 등 ※ 첨부/증빙 자료 : □유 □무		
평가관련 기타 의견		

[별지 제4호 서식]

<table>
<tr><th colspan="5">평가위원(평가운영반원) 위촉신청서</th></tr>
<tr><td rowspan="6">신청자</td><td>①성 명</td><td>(　　)</td><td>생년
월일</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">②주 소</td><td>직장 :</td><td colspan="2">전화
팩스
핸드폰</td></tr>
<tr><td>자택 :</td><td colspan="2">전화
E-mail</td></tr>
<tr><td>③직 장</td><td></td><td colspan="2">(직위)</td></tr>
<tr><td>④학 력</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>⑤경 력</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">⑥신청분야</td><td colspan="3">□평가위원 □평가운영반</td></tr>
<tr><td colspan="5">「작업환경측정 및 정도관리 규정」제70조(제72조)에 의거하여 평가위원(평가운영반원) 위촉을 신청합니다.
년 월 일
신청인 : 인

한국산업안전공단 산업안전보건연구원장 귀하</td></tr>
<tr><td colspan="5">※ 붙임서류 : 경력증명서 또는 재직증명서 사본 1부</td></tr>
</table>

부록 4: 작업환경측정방법 및 측정기관평가 표준화설정을 위한 설문지

작업환경측정방법 및 측정기관평가 표준화설정을 위한 설문지

안녕하십니까.
본 설문조사는 한국산업안전공단 산업안전보건연구원에서 연구용역으로 발주한 “작업환경측정방법 및 측정기관 평가 표준화 연구”를 위한 것입니다.

작업장내의 유해물질 농도가 일정기준을 초과하지 않도록 하기 위해 강제기준인 허용기준 제도가 도입되어 시행을 앞두고 있습니다. 허용기준 설정물질에 대한 초과여부를 판단하기 위한 법적 작업환경측정방법의 실효성을 담보하기 위해서는 우리나라 작업환경측정기관의 현 실태가 반영되어야 할 것입니다. 이를 위해 동 설문조사를 실시하오니 적극적인 협조를 부탁드립니다.

귀사의 모든 응답은 연구 이외의 목적으로는 결코 사용되지 않을 것입니다. 부디 바쁘시더라도, 설문에 응답해 주시면 귀하게 활용하겠습니다. 작성한 설문지는 2008년 5월 31일까지 동봉된 우편 또는 팩스로 보내 주시면 감사하겠습니다.

주소 : 경기도 용인시 처인구 삼가동 470 용인대학교 산업환경보건학과 정지연
Fax : 031-8020-2886
Tel : 031-8020-3208

2008. 05. 13

1. 일반사항

기관명			
주소			
전화번호		팩스번호	
작성자		작성자_email	
작성자 직무	2번 질문의 직무분류 참고		

2. 귀 기관의 인력현황에 관련한 문항들입니다.

◇ 직무의 경우 측정자, 분석자, 측정• 분석자(측정, 분석 모두 하시는 분)로 작성해 주세요.
◇ 학력은 전문대졸, 대졸, 석사, 박사 등으로 표기해주시고, 전공을 병기해주세요.

직무	학력 (전공)	업무경력(월)				보유자격증
		측정	분석	측정·분석	기타	

3. 귀 기관에서 현재 사용하고 있는 허용기준설정 물질(13종)에 대한 시료채취 및 분석방법을 표시해주십시오. 예시에 제시된 방법을 사용하지 않고 다른 방법을 사용하고 계시다면 기타 방법 란에 실제사용하고 있는 방법을 기입하여 주십시오.

측정 물질	측정,분석여부	사용 중인 시료채취 및 분석방법
납 및 무기 화합 물	① 예 ② 아니오 ③ 외부 기관 분 석 의 뢰	한국산업안전공단(KOSHA_Code)
		① A-1-001(시료채취: 카세트+ 막여과지, 분석: AA 또는 ICP)
		미국_OSHA
		② ID121(시료채취: 카세트+ 막여과지, 분석: AA) ③ ID125G(시료채취: 카세트+ 막여과지, 분석: ICP)
		미국_NIOSH
		④ 7300(시료채취: 카세트+ 막여과지 분석: ICP) ⑤ 7082(시료채취: 카세트+ 막여과지 분석: AA)
		영국_HSE
		⑥ MDHS6/3(시료채취: 카세트+ 막여과지, 분석: AA) ⑦ MDHS99(시료채취: 카세트+ 막여과지, 분석: ICP)
		ISO
		⑧ ISO 15202-3:2004(시료채취: 카세트+ 막여과지, 분석: ICP) ⑨ ISO 8518:2001(시료채취: 카세트+ 막여과지, 분석: AA)
		기타방법
니켈(불용성 무기 화합 물)	① 예 ② 아니오 ③ 외부 기관 분 석 의	한국산업안전공단(KOSHA_Code)
		① A-1-001(시료채취: 카세트+ 막여과지, 분석: AA 또는 ICP) ② A-1-130(시료채취: 카세트+ 막여과지, 분석: X-선 형광분석기)
		미국_OSHA

	뢰	③ ID121(시료채취: 카세트+ 막여과지, 분석: AA) ④ ID125G(시료채취: 카세트+ 막여과지, 분석: ICP)
		미국_NIOSH
		⑤ 7300(시료채취: 카세트+ 막여과지, 분석: ICP)
		영국_HSE
		⑥ MDHS42/2(시료채취: 카세트+ 막여과지, 분석: AA) ⑦ MDHS99(시료채취: 카세트+ 막여과지, 분석: ICP)
		기타방법
디메틸포름아미드	① 예 ② 아니오 ③ 외부기관 분석의뢰	한국산업안전공단(KOSHA_Code)
		① A-1-006(시료채취: 실리카겔관, 분석 GC/FID)
		미국_OSHA
		② 66(시료채취: 활성탄관, 분석: GC/NPD)
		미국_NIOSH
		③ 2004(시료채취: 실리카겔관, 분석: GC/FID)
		기타방법
벤젠	① 예 ② 아니7오 ③ 외부기관 분석의뢰	한국산업안전공단(KOSHA_Code)
		① A-1-016(시료채취: 활성탄관, 분석: GC/FID)
		미국_OSHA
		② 1005(시료채취: 활성탄관, 분석: GC/FID) ③ 12(시료채취: 활성탄관, 분석: GC/FID)
		미국_NIOSH

		④ 3700(시료채취: Tedlar, 분석: GC/PID) ⑤ 3800(시료채취: 직독식기기, 분석: 적외선흡수분광법) ⑥ 1501(시료채취: 활성탄관, 분석: GC/FID) ⑦ 2549(시료채취: 열탈착튜브, 분석: GC/MSD)
		영국_HSE
		⑧ MDHS70 (시료채취: 실리카겔관, 분석: Spectrophotometer (분광광도계)) ⑨ MDHS72(시료채취: 다공성중합체관등, 분석: GC/FID) ⑩ MDHS96(시료채취: 활성탄관, 분선: GC/FID)
		기타방법
2-브로모프로판	① 예 ② 아니오 ③ 외부기관 분석의뢰	한국산업안전공단(KOSHA_Code)
		① A-1-114(시료채취: 활성탄관, 분석: GC/FID)
		미국_OSHA
		② PV2062(시료채취: 활성탄관, 분석: GC/FID)
		미국_NIOSH
		③ 1025(시료채취: 활성탄 or CMS , 분석: GC/FID)
		기타방법
석면	① 예 ② 아니오 ③ 외부기관 분석의뢰	한국산업안전공단(KOSHA_Code)
		① A-1-022(시료채취: conductive cowl + 막여과지, 분석: 위상차현미경)
		미국_OSHA
		② ID160(시료채취: 카세트+막여과지, 분석: 위상차현미경) ③ ID191(시료채취: 벌크시료, 분석: 편광현미경)

		미국_NIOSH
		④ 7400 (시료채취: conductive cowl + 막여과지, 분석: 위상차현미경) ⑤ 7402(시료채취: conductive 카세트+ 막여과지, 분석: 투과전자현미경) ⑥ 9000(시료채취: 벌크시료, 분석: X선 회절분석법) ⑦ 9002(시료채취: 벌크시료, 분석: 편광현미경)
		영국_HSE
		⑧ MDHS 39/4(시료채취: 카세트+ 막여과지, 분석: 위상차현미경)
		ISO
		⑨ ISO 10312:1995(시료채취: conductive cowl+ 막여과지, 분석: 투과전자현미경) ⑩ ISO 13794:1999(시료채취: conductive cowl+ 막여과지, 분석: 간접투과전자현미경)
		기타방법
6가 크롬 화합물	① 예 ② 아니오 ③ 외부기관 분석의뢰	한국산업안전공단(KOSHA_Code)
		① A-1-086(시료채취: 카세트+ 막여과지, 분석: 이온크로마토그래피)
		미국_OSHA
		② ID215(시료채취: 카세트+ 막여과지, 분석: IC) ③ ID103(시료채취: 카세트+ 막여과지, 분석:Polarography)
		미국_NIOSH
		④ 7600(시료채취: 카세트+ 막여과지, 분석: 자외 및 가시선 분광분석법) ⑤ 7604(시료채취: 카세트+ 막여과지, 분석: IC)

		영국_HSE
		⑥ MDH61(시료채취: 카세트+ PVC 필터 분석: Spectrophotometer(분광광도계)
		ISO
		⑦ ISO 16740:2005(시료채취: 카세트+ 막여과지, 분석: IC or Spectrophotometer(분광광도계))
		기타방법
이황화탄소	① 예 ② 아니오 ③ 외부기관 분석의뢰	한국산업안전공단(KOSHA_Code)
		① A-1-045(시료채취: 활성탄관, 분석: GC/FPD)
		미국_NIOSH
		② 1600(시료채취: 활성탄관, 분석: GC/FPD
		기타방법
카드뮴 및 그 화합물	① 예 ② 아니오 ③ 외부기관 분석의뢰	한국산업안전공단(KOSHA_Code)
		① A-1-001(시료채취: 카세트+ 막여과지, 분석: AA 또는 ICP) ② A-1-130(시료채취: 카세트+ 막여과지, 분석: X-선 형광분석기)
		미국_OSHA
		③ ID215 (시료채취:카세트+ 막여과지, 분석: AA) ④ ID125G (시료채취: 카세트+ 막여과지, 분석: ICP) ⑤ ID189 (시료채취: 카세트+ 막여과지, 분석: AA/HGA)
		미국_NIOSH
		⑥ 7300(시료채취: 카세트+ 막여과지 또는 막여과지, 분석: ICP) ⑦ 7048(시료채취: 카세트+ 막여과지, 분석: AA)
		영국_HSE

		⑧ MDHS10/2(사료채취: 카세트+ 막여과지, 분석: AA) ⑨ MDHS99(시료채취: 카세트+ 막여과지, 분석: ICP)
		ISO
		⑩ ISO 15202-3:2004(시료채취: 카세트+ 막여과지, 분석: ICP) ⑪ ISO 11174:1996(시료채취: 카세트+ 막여과지, 분석: AA)
		기타방법
2,4-TDI	① 예 ② 아니오 ③ 외부기관 분석의뢰	한국산업안전공단(KOSHA_Code)
		① A-1-057(시료채취: 카세트+ 1,2PP 분석: HPLC)
		미국_OSHA
		② 18(시료채취: 버블러, 분석: HPLC) ③ 33(시료채취: 버블러, 분석: HPLC) ④ 42(시료채취: GFF coated with 1-2PP, 분석: HPLC)
		미국_NIOSH
		⑤ 5521(시료채취: 임핀저+ 1,2MP, 분석: HPLC) ⑥ 5522(시료채취: 임핀저+ tryptamine/DMSO 분석: HPLC)
		영국_HSE
		⑦ MDHS25/3(카세트+ GFF coated with 1-2MP, 분석: HPLC)
		ISO
		⑧ ISO 16702:2007(시료채취: 카세트+ GF/A coated with 1-2MP, 분석: HPLC)
		기타방법

트리클로로에틸렌	① 예 ② 아니오 ③ 외부기관 분석의뢰	한국산업안전공단(KOSHA_Code)
		① A-1-058(시료채취: 활성탄관 분석: GC/FID)
		미국_OSHA
		② 1001(시료채취: 활성탄관, 분석: GC/FID)
		미국_NIOSH
		③ 1022(시료채취: 활성탄관, 분석: GC/FID)
		영국_HSE
		④ MDHS70(시료채취: 활성탄관, 일반적시료채취방법) ⑤ MDHS96(시료채취: 활성탄관, 분석: GC/FID)
		기타방법
포름알데히드	① 예 ② 아니오 ③ 외부기관 분석의뢰	한국산업안전공단(KOSHA_Code)
		① A-1-062(시료채취: 임핀저, 분석: 흡광광도계) ② A-1-067(시료채취: 2,4-DNPH 코팅된 실리카겔관, 분석: HPLC) ③ A-1-068(시료채취: 2,4-DNPH 코팅된 실리카겔관, 분석: GC/NPD)
		미국_OSHA
		④ ID205(시료채취: 3M3721, 분석: UV-Vis 분광광도계) ⑤ 52(시료채취: XAD-2 coated with 2-HMP, 분석: GC/NPD) ⑥ 1007(시료채취: 수동식 시료채취기, 분석: HPLC)
		미국_NIOSH
		⑦ 2016(시료채취: 2,4-DNPH 코팅된 실리카겔관, 분석: HPLC)

		⑧ 2541(시료채취: XID-2, 분석: GC/FID) ⑨ 3500(시료채취: 임핀저, 분석: UV-Vis 분광광도계)
		영국_HSE
		⑩ MDHS78(시료채취: 수동식 시료채취기, 분석: HPLC)
		ISO
		⑪ ISO 16000-3:2001(시료채취: 2,4-DNPH 코팅된 실리카겔관, 분석: HPLC)
		기타방법
노말헥산	① 예 ② 아니오 ③ 외부기관 분석의뢰	한국산업안전공단(KOSHA_Code)
		① A-1-003(시료채취: 활성탄관 분석: GC/FID)
		미국_OSHA
		② 7(시료채취: 활성탄관, 분석: GC/FID)
		미국_NIOSH
		③ 1500(시료채취: 활성탄관 분석: GC/FID)
		영국_HSE
		④ MDHS72(시료채취: 다공성중합체등, 분석: GC/FID) ⑤ MDHS96(시료채취: 활성탄관, 분선: GC/FID)
		기타방법

4. 귀 기관에서 사용하고 있는 작업환경측정방법이 향후 제정될 허용기준 설정물질의

작업환경측정방법으로 사용되어야 한다고 생각 하십니까 ?
① 그렇다 ② 그렇지 않다

4 -1. 그렇지 않다고 생각하시면, 허용기준 설정물질별로 그 이유를 기술해 주시고, 혹시 어떤 다른 방법을 사용하는 것이 좋다고 생각 하신 것이 있다면 제안해 주세요.
※ 아래 여백이 부족하시다면 본 설문지 뒷장에 기술해 주셔도 됩니다.

설문에 응해 주셔서 감사합니다.

부록 5:『작업환경측정방법 및 측정기관평가』관련 평가/조사표

『작업환경측정방법 및 측정기관평가』관련 평가/조사표

ID			

안녕하십니까?

근로자 건강을 보호하기 위한 산업위생 전문가 여러분의 노력에 경의를 표하는 바입니다.

노동부에서는 **산업안전보건법에 허용기준과 측정기관평가와 관련된 규정을 제정하였으며**, 용인대학교에 「**작업환경측정방법 및 측정기관 평가 표준화 연구**」 사업을 위탁함에 따라 관련 연구를 추진하고 있습니다.

본 연구는 **허용기준**이 **설정**된 **물질**에 대한 **측정방법**과 작업환경**측정기관 평가**를 **표준화**하는데 목적이 있으며 이를 위하여 측정방법과 측정기관 평가표를 개발하였고 운영상 등의 문제점 등을 파악하여 향후 측정방법과 측정기관 평가가 올바르게 이루어지도록 할 예정입니다.

전문가 여러분의 의견을 충실히 듣고, **의견을 분명히 반영**하여 고시 개정 시 기초자료로 활용하고자 합니다. 조사는 통계를 내는 데만 사용되고, 비밀이 보장됨을 약속드립니다.

바쁘시더라도 잠시만 시간을 내어 귀하의 고견을 말씀해 주시고 **『향후 방문 시』** 사전에 작성하신 문제점 및 건의사항을 말씀해 주시기 바랍니다.

[연구책임기관] 용인대학교 교수 정지연

▣ 작성된 평가표는 귀 기관을 방문하기 전까지 보관하여 주시면 감사하겠습니다.

◐ 평가/조사표를 작성하실 때 꼭 지켜 주십시오 ◑

1. 반드시 **귀 기관의 측정 및 분석을 담당하고 있는 산업위생 전문가**께서 직접 작성하여 주시기 바랍니다.
   ※ 향후 연구 수행자가 귀 기관을 직접 방문하여 작성하신 분과 면담을 실시할 예정입니다.

2. 작업환경**측정기관 평가항목**에 대하여는 **평가방법 및 평가기준을 활용하여 직접 평가를 수행**하시고 불합리하거나 문제가 있다고 생각하시는 경우 그 내용을 적어주시기 바랍니다.

3. 아래 관련 규정을 반드시 읽고 작성하여 주시기 바랍니다.

【작업환경측정기관 평가와 관련된 규정】

※ **산업안전보건법 제42조제8항** : 노동부장관은 작업환경측정의 수준향상을 위하여 필요한 경우 지정측정기관을 평가한 후 그 결과를 공표할 수 있다. 이 경우 평가기준 등은 노동부령으로 정한다.

※ 산업안전보건법 제97조【지정측정기관의 평가 등】①노동부장관이 법 제42조제8항의 규정에 따라 지정측정기관의 작업환경측정 수준을 평가하고자 하는 경우의 평가기준은 다음 각 호와 같다.

1. 작업환경측정 및 시료분석의 능력
2. 측정결과의 신뢰도
3. 시설·장비의 성능
4. 보유인력의 교육이수·능력개발, 전산화 정도 및 그 밖의 제반사항

②지정측정기관의 평가방법·공표방법 등에 관하여 필요한 사항은 노동부장관이 정한다.

작업환경측정기관과 관련된 기본사항

1. 기관명 ( )

2. 인원 현황

① 산업위생관리 기술사 (명)

② 산업위생관리기사(경력 5년 이상) (명)

③ 산업위생관리기사 (명)

④ 산업위생관리산업기사 (명)

⑤ 분석전담자 (명)

3. 보유 장비 현황

□1. 개인시료채취기 (대)

□2. 광전분광광도계 (대)

□3. 천칭 (대)

□4. 누적소음노출량측정기 (대)

□5. 고열측정 기기 (대)

□6. 조도 측정 기기 (대)

□7. 산소농도측정기 (대)

□8. 가스크로마토그래피 (대)

□9. 원자흡광광도계(AAS) (대)

□10. 유도결합플라스마(ICP) (대)

□11. X-ray 회절분석기 (대)

□12 .적외분광분석기(FTIR) (대)

□13. 위상차 현미경 (대)

1. 작업환경측정 및 시료분석 능력

평가항목 1. 누적소음노출량계(Noise dosimeter)의 기기 설정 적정성[23] 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 누적소음노출량계를 무작위로 5개 선정하여 조사
② 평가기준 : **"우수"** : 5대 모두 적정, **"보통"** : 1대가 미흡한 경우, **"미흡"** : 2대 이상 미흡한 경우

평가항목 2. 현장 공시료(활성탄 및 필터) 채취 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 채취하는 경우, 기록을 조사하여 기록하고 채취하지 않는 경우 사유를 기록
② 평가기준 : **"우수"** : 항상 채취하는 경우, **"보통"** : 채취 경험이 있는 경우, **"미흡"** : 항상 채취하지 않는 경우

평가항목 3. 현장 공시료(활성탄 및 필터) 분석결과의 보정 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 보정하는 경우, 기록을 조사
② 평가기준 : **"우수"** : 항상 보정하는 경우, **"보통"** : 보정 경험이 있는 경우, **"미흡"** : 항상 보정하지 않는 경우

평가항목 4. 시료의 탈착율(유기용제) 및 회수율(중금속) 실험 수행 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 실험하는 경우, 실시기록을 조사하여 기록 실험하지 않는 경우 사유를 기록
② 평가기준 : **"우수"** : 항상 실험하는 경우, **"보통"** : 실험한 경험이 있는 경우, **"미흡"** : 항상 실험하지 않는 경우

23) 제26조(측정방법) 규칙 별표 11의3에 의한 소음수준의 측정은 다음 각 호의 방법에 의하여야 한다. 4. 누적소음노출량 측정기로 소음을 측정하는 경우에는 Criteria= 90dB, Exchange Rate=5dB, Threshold=80dB로 기기설정을 하여야 한다.

평가항목 5. 분석결과에 시료의 탈착율 및 회수율 보정 수행 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 보정하는 경우, 기록을 조사
② 평가기준 : **"우수"** : 항상 보정하는 경우, **"보통"** : 보정한 경험이 있는 경우, **"미흡"** : 항상 보정하지 않는 경우

평가항목 6. 유해인자별·업종별 작업환경전문기관 지정 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 지정받은 경우 지정서를 확인
② 평가기준 : **"우수"** : 지정 받은 경우, **"보통"** : 지정 후 반납한 경우, **"미흡"** : 지정받지 않은 경우

평가항목 7. 외국에서 실시하는 정도관리 참여 경험 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 대상기관이 설립된 이래 외국 정도관리 참여 실적을 조사하되, 실시국가 및 프로그램명을 기록
② 평가기준 : **"우수"** : 2회 이상 참여, **"보통"** : 1회 참여, **"미흡"** : 참여 경험이 없는 경우

평가항목 8. 한국산업안전공단에서 실시하는 정도관리를 최초 참여한 년도

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 정도관리 실시에 대한 최초 서류를 조사하여 기록
② 평가기준 : **"우수"** : '95년 이전, **"보통"** : '95년~'99년 사이, **"미흡"** : '00년 이후

평가항목 9. 최근 5년간 지정측정기관에 대한 노동부 정기 지도·감독시 시정지시 또는 업무정지 경험 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 시정지시 등을 받은 경우 그 기록을 조사하여 기록
② 평가기준 : **"우수"** : 지적사항이 전혀 없는 경우, **"보통"** : 경고 또는 시정지시 경험이 있는 경우, **"미흡"** : 업무정지 경험이 있는 경우

평가항목 10. 작업환경결과표상 종합의견[24]의 질적수준(공학적 개선 중심)

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 측정결과표(무작위 5개 선정)를 조사하여 5개 사업장의 공학대책 여부를 파악
② 평가기준 : **"우수"** : 공학적 개선내용이 사업장별로 있으면서 그 내용이 우수한 경우, **"미흡"** : 공학적 개선내용 제시가 가능한 사업장인데 1건도 없는 경우, **"보통"** : 그 이외의 경우

평가항목 11. 예비조사를 실시한 경우 측정계획서의 작성[25] 여부(전회 측정을 실시한 사업장은 제외)

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 측정결과표(무작위 5개 선정)를 조사하여 측정계획서 작성여부를 조사
② 평가기준 : **"우수"** : 항상 작성하거나, 그 대상이 없는 경우(대상이 없는 경우 전회 측정 실시여부를 명확히 확인), **"미흡"** : 작성하지 않는 경우, **"보통"** : 가끔 작성하는 경우

평가항목 12. 산업안전보건법상 시료채취 시간[26] 준수 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 측정결과표(무작위 5개 선정)를 조사하여 시료채취시간을 확인
② 평가기준 : **"우수"** : 모두 적정한 경우, **"보통"** : 미준수 1건이 확인된 경우, **"미흡"** : 2건 이상 미준수한 경우

24) 공학적·관리적·개인위생적 측면을 제시(시행규칙 별지 21호서식)
25) 예비조사를 실시하는 경우 다음의 내용을 포함하는 측정계획서를 작성(작업환경측정 및 정도관리 규정 제17조)①원재료의 투입과정부터 최종 제품생산 공정까지의 주요공정 도식, ②해당공정별 작업내용, 측정대상공정 및 공정별 화학물질 사용실태, ③측정대상 유해인자, 유해인자 발생주기, 종사근로자 현황, ④유해인자별 측정방법 및 측정소요기간 등 필요한 사항
26) 1일 작업시간동안 6시간이상 연속 측정 또는 작업시간을 등 간격으로 나누어 6시간 이상 연속분리 측정(작업환경측정 및 정도관리 규정 제18조)

평가항목 13. 산업안전보건법상 시료 채취 개수의 준수[27] 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 측정결과표(무작위 5개 선정)를 조사하여 시료채취개수를 확인
② 평가기준 : **"우수"** : 모두 적정한 경우, **"보통"** : 미준수 1건이 확인된 경우, **"미흡"** : 2건 이상 미준수한 경우

평가항목 14. 지역시료채취방법으로 측정을 실시한 경우 그 사유를 작업환경측정결과표상에 명시[28] 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 측정결과표(무작위 5개 선정)를 조사
② 평가기준 : **"우수"** : 항상 명시하는 경우, **"보통"** : 명시하지 못한 1건이 확인된 경우, **"미흡"** : 2건 이상 명시하지 못한 경우

평가항목 15. 작업환경측정 결과표 송부기간[29] 준수 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 측정결과표(무작위 5개 선정)를 조사
② 평가기준 : **"우수"** : 항상 준수하는 경우, **"보통"** : 준수하지 못한 1건이 확인된 경우, **"미흡"** : 2건 이상 준수하지 못한 경우

평가항목 16. 작업환경측정기관의 고급인력(산업위생관리 기술사) 보유 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

---

27) 단위작업장소에서 최고 노출근로자 2인이상에 대하여 동시에 측정하되, 단위작업장소에 근로자가 1인인 경우에 그러하지 아니하며, 동일 작업근로자수가 10인을 초과하는 경우 매 5인당 1인 이상 추가로 측정. 다만, 작업근로자수가 100인을 초과하는 경우에는 최대 시료채취 근로자수를 20인으로 조정가능(작업환경측정 및 정도관리 규정 제19조)

28) 모든 측정은 개인시료채취방법으로 실시하되 개인시료채취방법이 곤란한 경우에는 지역시료채취방법으로 실시(이 경우 그 사유를 별지 제21호서식의 작업환경측정결과표에 명시하여야 한다)할 것(산업안전보건법 시행규칙 제93조의2제1항제3호)

29) 사업장위탁측정기관이 작업환경측정을 실시하였을 때는 측정을 완료한 날부터 30일 이내 2부는 사업주에게 송부하여야 함(작업환경측정 및 정도관리규정 제39조제1항)

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 기술사 자격증과 그 인력이 현재 기관에 소속되어 있다는 것을 증명할 수 있는 기록(4대 보험 등)을 확인
② 평가기준 : **"우수"** : 3명 이상, **"보통"** : 1~2명, **"미흡"** : 없는 경우

평가항목 17. 시료에 따른 적절한 채취 및 분석방법을 기술한 자체 매뉴얼의 보유 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : KOSHA CODE, NIOSH, OSHA 또는 ISO의 공정시험법 등을 보유하고 있으면 자체매뉴얼 보유로 간주
② 평가기준 : **"우수"** : 측정하고 있는 물질 모두에 대해 상기 공정시험방법 중 하나 이상 보유, **"보통"** : 측정하고 있는 물질 중 일부에 대해 상기 공정시험방법 중 하나 이상 보유하고 있는 경우, **"미흡"** : 상기 공정시험방법 이외의 방법을 사용하고 있는 경우

평가항목 18. 미지시료(Unknown sample) 확인을 위한 고형시료(Bulk sample) 채취·분석 실적

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 고형시료(Bulk sample) 채취·분석 실적 및 관련대장을 확인하고 평가년도의 유해인자명과 그 실적(건수)을 기록
② "우수" : 20건 이상, "보통" : 19~10건, "미흡" : 10건 이하 (해당사항이 없는 경우 그 사유를 명확히 파악)

평가항목 19. 화학물질 및 물리적인자의 노출기준의 적정 적용 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 측정결과표(무작위 5개 선정)를 조사하여 확인하되 "최근 노출기준이 개정된 물질"을 중점적으로 확인
② 평가기준 : "우수" : 100% 적정하게 적용한 경우, "보통" : 80%이상 100% 미만으로 적용한 경우, "미흡" : 80% 미만으로 적용한 경우

평가항목 20. 측정농도의 결과평가[30]의 적절성 여부

30) 연속 측정한 측정농도는 법 제29조제2항에 따라 고시한 유해인자의 노출기준에 따라 초과여부를 평

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 측정결과표(무작위 5개 선정)를 조사하여 총 평가결과 건수 중 몇 건이 적정한지를 기록
② 평가기준 : "우수" : 100% 적정한 경우, "보통" : 80%이상 100% 미만인 경우, "미흡" : 80% 미만인 경우

2. 측정결과의 신뢰도

평가항목 1. 자체 분석능력 전문성 향상을 위한 내부정도관리 실시 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 내부정도관리 관련 문서를 통해 확인
② 평가기준 : "우수" : 정기적(1년에 2회 이상)으로 실시하는 경우, "보통" : 부정기적으로 실시, "미흡" : 실시하지 않는 경우

평가항목 2. 최근 5년 이내 노동부, 한국산업안전공단등 인정기관에서 기관 또는 보유인력의 표창 등 실적 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 표창실적이 있는 경우, 기록을 조사하여 기록
② 평가기준 : "우수" : 2회 이상, "보통" : 1회, "미흡" : 실적이 없는 경우

평가항목 3. 최근 5년 이내 한국산업안전공단에서 실시하는 정도관리 실시결과

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : **최근 5년 이내** 정도관리 실시결과에 대한 기록을 조사하되 부적합 건수를 기록 (유기용제분야 ____건, 금속분야 ____건)
② 평가기준 : **"우수"** : 부적합 건수가 없는 경우, **"보통"** : 1회 부적합 경험이 있는 경우, **"미흡"** : 2회 이상 부적합 경험이 있는 경우

가한다(작업환경측정 및 정도관리 규정 제33조)

평가항목 4. 측정장비를 외부공인기관에 위탁하여 검·교정을 받아야 하는 장비에 대한 검정실시 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준

① 평가방법 :

- 검·교정 대상 측정장비(유량계, 표준소음발생기, 열선풍속계, 조도계)를 조사하여 평가(자체 교정을 실시한 경우와 판매회사에 의뢰하여 교정한 경우는 인정)
- 실시하는 경우, 실시 기록을 조사하여 전체보유 대수 중 몇 대를 검·교정하는지를 그 건수를 장비별로 기록

② 평가기준 : "우수" : 전체 보유 측정장비 대수 중 80% 이상 검·교정을 실시한 경우, "보통" : 50%~80% 미만, "미흡" : 50% 미만으로 검·교정을 실시한 경우

평가항목 5. 전자저울 등의 분석기기를 외부공인기관에 위탁하여 검·교정을 받아야 하는 장비에 대한 검정실시 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준

① 평가방법 :

- 전자저울 등을 조사하여 검·교정실시 여부를 조사하여 평가(자체 교정을 실시한 경우와 판매회사에 의뢰하여 교정한 경우는 인정)
- 실시하는 경우, 실시 기록을 조사하여 전체보유 대수 중 몇 대를 검·교정하는지를 그 건수를 장비별로 기록

② 평가기준 : "우수" : 전체 보유 분석기기 대상 중 80% 이상 검·교정을 실시한 경우, "보통" : 50% 이상 80% 미만, "미흡" : 50% 미만으로 검·교정을 실시한 경우

평가항목 6. 정기적인 검·교정이 필요한 장비에 대해 주기 및 상태를 관리하는 절차에 관한 문서 보관 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준

① 평가방법 : 정기적인 검·교정이 필요한 장비와 관련된 문서를 조사

② 평가기준 : "우수" : 보유하고 있는 경우, "보통" : 보유한 경험이 있는 경우, "미흡" : 보유하지 않는 경우

평가항목 7. 채취시료의 분석결과물(크로마토그램 등)의 적정 보관 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준

① 평가방법 :

- 측정결과표(무작위 5개 선정)를 조사하여 기록물과 대비 확인
- 1개의 측정결과표상 나타난 측정치중 90% 이상의 측정치에 대해 그 기록물을 보관하고 있다면 그 결과표에 한해 100% 있다고 간주

② 평가기준 : "우수" : 5개의 측정결과표 중 5개 모두 기록물이 있는 경우, "보통" : 3~4개의 기록물이 있는 경우, "미흡" : 2개 이하의 결과물만 있는 경우

평가항목 8. 소음의 작업환경측정 시 누적소음노출량계의 보정 수행 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준

① 평가방법 : 누적소음노출량계의 보정수행 일지(대장) 또는 누적소음노출량계에서 출력한 기록물을 보고 판단

② 평가기준 : "우수" : 실시하는 경우, "보통" : 가끔 실시하는 경우, "미흡" : 전혀 실시하지 않는 경우

평가항목 9. 소음측정 후 누적소음노출량계에서 산출된 기록물의 보관 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준

① 평가방법 :

- 측정결과표(무작위 5개 선정)를 조사하여 기록물과 대비하여 측정결과표 5개중 몇 개의 기록물을 보관하고 있는지를 기록하고 보관하지 않는 경우 사유를 기록
- 1개의 측정결과표상 나타난 소음측정치중 90% 이상의 측정치에 대해 그 기록물을 보관하고 있다면 그 결과표에 한해 100% 있다고 간주

② 평가기준 : "우수" : 소음측정치가 있는 5개의 측정결과표 중 5개 모두 기록물이 있는 경우, "보통" : 3개에서 4개의 기록물이 있는 경우, "미흡" : 2개 이하의 결과물만 있는 경우

평가항목 10. 시료 채취 전·후 펌프(시료채취기)의 유량 보정 수행 및 결과 반영 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준

① 평가방법 : 실시하는 경우, 관리대장을 조사(펌프기종, 일시, 유량보정자 이름, 보정횟수, 유량보정기기명, 온·습도, 측정전후유량, 평균유량등의 사항이 포함)

② 평가기준 : "우수" : 유량보정 후 결과 반영 하는 경우, "보통" : 유량보정만 수행하는 경우, "미흡" : 유량보정 미실시 및 결과 미반영인 경우

평가항목 11. 입자상 물질 채취 전·후 필터의 중량분석 횟수 및 문서대장의 적정 기록 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 관리대장 등을 조사하고 기록하지 않는 경우 사유를 기록
② 평가기준 : "우수" : 문서대장을 보유하고 1개 필터에 대하여 3회 이상 중량분석을 실시 하는 경우, "보통" : 2회 실시하는 경우, "미흡" : 1회 실시하는 경우

평가항목 12. 사업장에서 시료채취 시 채취대장의 작성여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 :
- 채취일시, 유해인자, 시료채취시간, 온도, 습도, 사업장명, 측정자명, 펌프명, 측정전·후 유량, 측정대상자 성명, 근로자 직무, 채취시간, 측정매체, 채취방법 등이 기재되어야 함
- 측정결과표(무작위 5개 선정)를 조사하여 채취대장과 대비 확인하고 작성하지 않는 경우 사유를 기록(1개의 측정결과표상 나타난 모든 시료채취 내용 중 90% 이상이 채취대장에서 확인되면 그 결과표에 한해 100% 채취대상을 작성되어 있다고 간주)

② 평가기준 : "우수" : 5개의 측정결과표 중 5개 모두의 시료채취내용이 채취대장에 기재되어 있는 경우, "보통" : 3개에서 4개의 기록물이 있는 경우, "미흡" : 2개 이하의 결과물만 있는 경우

평가항목 13. 소음 본측정시 누적소음노출량계(Dosimeter)를 사용하지 않고 지시소음계(Sound Level Meter) 사용 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 측정결과표(무작위 5개 선정)를 조사하여 지시소음계로 측정한 건수가 전체 소음측정 건수 중 몇 건인지를 기록하고 지시소음계를 자주 사용하는 경우 그 사유를 기록
② 평가기준 : "우수" : 측정결과표상 전혀 사용하지 않는 경우, "보통" : 측정결과표상 10% 미만으로 사용하는 경우, "미흡" : 측정결과표상 측정결과표상 10% 이상 사용하는 경우

평가항목 14. 1일 작업시간이 8시간을 초과하는 경우 노출기준의 보정[31] 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

31) 1일 작업시간이 8시간을 초과하는 경우에는 보정노출기준을 산출(작업환경측정 및 정도관리규정 제33조제3항)

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 작업시간이 8시간 이상인 측정결과표(무작위 5개 선정)를 조사하고 보정하지 않는 경우 사유를 기록
② 평가기준 : "우수" : 100% 보정된 경우, "보통" : 미보정이 1건 발견된 경우, "미흡" : 미보정이 2건 이상 발견된 경우

평가항목 15. 8시간 시간가중평균치의 적정 계산[32] 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 :
- 측정결과표(무작위 5개 선정)를 조사하여 측정결과표별로 전체 몇 건 중 몇 건이 적정하였는지를 파악
- 1개의 측정결과표상 나타난 모든 평가결과의 계산 중 90% 이상이 적정하면 그 결과표에 한해 100% 적정하다고 간주

② 평가기준 : "우수" : 100% 적정 계산된 경우, "보통" : 부적정 계산이 1건 발견된 경우, "미흡" : 부적정 계산이 2건 이상 발견된 경우

평가항목 16. 작업환경측정 책임자의 측정경력 년 수

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 확인할 수 있는 문서를 조사하여 기록(경력은 작업환경측정업무를 수행한 총 경력을 의미)
② 평가기준 : "우수" : 경력 15년 이상인 경우, "보통" : 14~10년인 경우, "미흡" : 10년 미만인 경우

평가항목 17. 분석 책임자의 분석경력 년 수

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 확인할 수 있는 문서를 조사하여 기록(경력은 산업보건 분석업무를 수행한 총 경력을 의미)
② 평가기준 : "우수" : 경력 15년 이상인 경우, "보통" : 14~10년인 경우, "미흡" : 10년 미만인 경우

평가항목 18. 석면 등 특정시료의 분석을 외부기관에 의뢰해야 하는 경우 각종 문서의 보관 및 결과 적정 반영 여부

32) 1일 작업시간동안 6시간 이내 측정을 한 경우의 입자상 물질 농도는 측정시간 동안의 시간가중평균치를 산출하여 그 기간동안의 평균농도로 하고 이를 8시간 시간가중평균하여 8시간 작업시의 평균농도로 한다(작업환경측정 및 정도관리규정 제33조제2항)

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준

① 평가방법 :

- 시료분석의뢰 문서철 및 시료를 의뢰한 측정결과표(무작위 5개 선정)를 조사하여
- 의뢰된 시료의 몇 %가 의뢰서, 통보받은 분석결과서, 그리고 그 결과가 측정결과표 상에 적절히 반영되는지를 기록
- 1개의 측정결과표상 나타난 측정치중 90% 이상의 측정치에 대해 적정하다고 판단되면 100% 적정하다고 간주

② 평가기준 : **"우수"** : 시료를 의뢰한 5개의 측정결과표 중 5개 적정한 경우 또는 **"시료를 의뢰할 필요가 없는 경우"**(그 사유를 명확히 파악), **"보통"** : 3개에서 4개 적정한 경우, **"미흡"** : 2개 이하가 적정한 경우

평가항목 19. 시료 전달시 인수인계대장 작성·보관 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준

① 평가방법 :

- 작성·보관하는 경우, 대장과 측정결과표(무작위 5개)를 조사하여 몇 %가 인수인계 대장에 기록되는지를 조사
- 1개의 측정결과표상 나타난 시료 중 90% 이상의 시료에 대해 인수인계 대장에 작성되어 있다면 그 결과표에 한해 100% 적정하다고 간주
- 인수인계대장에는 인수일시, 시료명, 시료수, 측정자, 인계자, 인수자, 인수인계시 시료의 상태 등이 포함되어야 함

② 평가기준 : **"우수"** : 5개의 측정결과표 중 5개 모두 인수인계대장에 작성되어 있는 경우, **"보통"** : 3개에서 4개 적정한 경우, **"미흡"** : 2개 이하가 적정한 경우 또는 인수인계 대장이 없는 경우

평가항목 20. 실험실 보관대장 작성·보관 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준

① 평가방법 :

- 작성·보관하는 경우, 대장과 측정결과표(무작위 5개)를 조사하여 몇 %가 실험실 보관대장에 기록되는지를 파악하고 작성하지 않는 경우 사유를 기록(1개의 측정결과표상 나타난 시료 중 90% 이상의 시료가 실험실 보관대장에 작성되어 있다면 그 결과표에 한해 100% 적정하다고 간주)
- 보관대장에는 시료도착일, 시료보존 방법, 시료저장방법, 시료채취대장에 명기된 시료와 일치 여부, 분석일, 분석방법 등의 기재여부에 따라 판단

② 평가기준 : **"우수"** : 5개의 측정결과표 중 5개 모두 관련시료가 실험실 보관 대장에 작성되어 있는 경우, **"보통"** : 3개에서 4개 적정한 경우, **"미흡"** : 2개 이하가 적정한 경우 또는 보관대장이 없는 경우

3. 시설·장비의 성능

평가항목 1. 주요측정장비에 대한 매뉴얼·이력 관리 및 기록유지의 적절성 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

주요 측정장비명	전체 보유대수	기록 보유대수	총보유율
개인시료채취기	대	대	
유량보정기	대	대	
지시소음계	대	대	
누적소음계	대	대	
계	대	대	%

※ 평가방법 및 기준

① 평가방법 :

- 매뉴얼, 장비·점검대장 등을 조사하여 주요 측정장비별로 전체 보유대수 중 몇 대가 관련 기록을 보유하고 있는지를 파악하고 기록 유지를 하지 않는 경우 그 사유를 기록
- 주요 측정장비(**개인시료채취기, 유량보정기, 지시소음계, 누적소음계**)에 대한 설명서, 구입, 수리 및 점검일자 등을 기록하고 있는지 여부를 구분하여 판단

② 평가기준 :

- **"우수"** : 장비별로 대장을 보유하여 구입, 수리 및 정기점검일자를 가지고 있는 경우, **"보통"** : 구입 및 수리여부 기록만 있는 경우, **"미흡"** : 대장이 없거나 구입기록만 있는 경우
- 기관이 보유한 주요 측정장비의 80% 이상이 관련대장을 보유하고 있어야만 위 항의 평가기준에 따라 평가하고, **80% 미만시 어떤 경우라도 미흡**으로 판단

평가항목 2. 주요분석장비에 대한 매뉴얼·이력 관리 및 기록유지의 적절성 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준

① 평가방법 :

- 매뉴얼, 장비·점검대장 등을 조사하여 주요 분석장비별로 전체 보유대수 중 몇 대가 관련 기록을 보유하고 있는지를 파악
- 주요 분석장비(**광전분광광도계, 가스크로마토그래피 또는 GC/MS, 원자흡광광도계 또는 유도결합플라즈마, 고성능액체크로마토그래피, 천칭**)에 대한 설명서, 구입, 수리 및 점검일자 등을 기록하고 있는지 여부를 구분하여 판단

② 평가기준 :

- **"우수"** : 장비별로 대장을 보유하여 구입, 수리 및 정기 점검일자를 가지고 있는 경우, **"보통"** : 구입 및 수리여부 기록만 있는 경우, **"미흡"** : 대장이 없거나 구입기록만 있는 경우
- 기관이 보유한 주요 분석장비의 80% 이상이 관련대장을 보유하고 있어야만 위 항의 평가기준에 따라 평가하고, 80% 미만시 어떤 경우라도 미흡으로 판단

평가항목 3. 국내·외 공인시험·교정기관 및 검사기관에서의 인정 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 인정받은 경우 인정서등을 조사하여 기록(국내·외 공인시험·교정기관 및 검사기관은 KOLAS, ILAC, APLAC, NACLA, NATA, EN 45003 및 ISO Guide 58 등을 의미)
② 평가기준 : **"우수"** : 인정 받은 경우, **"보통"** : 인정후 반납·취소된 경우, **"미흡"** : 인정받은 적이 없는 경우

평가항목 4. 시료채취장비를 외부 전문기관(기기판매회사 포함)에 의뢰하여 주기적으로 유지·보수 수행 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 유지·보수대장 등을 조사하여 파악하고 기록 유지를 하지 않는 경우 사유를 기록
② 평가기준 : **"우수"** : 주기적으로 실시하는 경우, **"보통"** : 실시한 경험이 있는 경우, **"미흡"** : 실시한 경험이 없는 경우

평가항목 5. 분석장비를 외부전문기관(기기판매회사 포함)에 의뢰하여 주기적으로 유지·보수 수행 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 유지·보수대장 등을 조사하여 파악하고 기록 유지를 하지 않는 경우 사유를 기록
② 평가기준 : **"우수"** : 주기적으로 실시하는 경우, **"보통"** : 실시한 경험이 있는 경우, **"미흡"** : 실시한 경험이 없는 경우

평가항목 6. 각 분석장비(GC, AA 등)별 실험실용 후드장치 설치여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 장비별 후드 설치여부 확인
② 평가기준 : **"우수"** : 후드가 설치되고 제어풍속이 적정한 경우, **"보통"** : 제어풍속 미만인 경우, **"미흡"** : 후드를 설치하지 아니한 경우

평가항목 7. 시료채취장비 및 이에 관련된 보정장비의 사용 및 운영지침(또는 매뉴얼) 보유 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 관리대장·매뉴얼 등을 조사하여 관련 장비들의 몇 %가 관련기록을 보유하고 있는지 기록
② 평가기준 : **"우수"** : 관련 장비들의 80% 이상이 사용 및 운영지침(또는 매뉴얼)이 있는 경우, **"보통"** : 그 외의 경우, **"미흡"** : 전혀 보유하고 있지 않는 경우

평가항목 8. 직독식 장비의 사용, 운반, 보관, 유지·관리에 대한 적정 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 :
- 직독식 장비(산소농도 측정기, 검지관 세트, 열선풍속계, 회전계(RPM 측정기)에 대한 사용실적 및 관리대장 구비여부를 확인후 평가
- 산소농도측정기 경우 측정센서의 주기적 교환 여부, 검지관 경우 보관장소의 적정성여부 및 유효기간 준수여부를 감안하여 평가

② 평가기준 : **"우수"** : 센서가 주기적으로 교환되고 있고, 검지관이 냉암소에 보관되어 있고, 유효기간을 준수하는 경우, **"보통"** : 그 외의 경우, **"미흡"** : 관련사실을 확인 불가한 경우

평가항목 9. 시료채취 및 분석에 사용되는 장비에 대한 책임자 지정 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 책임자가 지정된 문서 등을 조사하여 파악
② 평가기준 : **"우수"** : 지정된 경우, **"보통"** : 일부 지정된 경우, **"미흡"** : 지정되지 않은 경우

평가항목 10. 분석을 행함에 있어 유해물질을 배기 또는 배액처리를 위한 설비 및 성능·운영의 적정 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 설비를 직접 확인한 후 기록
② 평가기준 : **"우수"** : 배액처리 설비 및 관리대장이 있는 경우, **"보통"** : 관리대장만 있는 경우, **"미흡"** : 관리대장도 없는 경우

평가항목 11. 실험실내 비상용 샤워와 세안설비 보유 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 설비를 직접 확인한 후 기록
② 평가기준 : **"우수"** : 설비를 보유하고 작동상태가 양호한 경우, **"보통"** : 작동이 잘되지 않는 경우, **"미흡"** : 시설이 없는 경우

평가항목 12. 실험실내 가스용기 전도 방지를 위한 조치 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 설비를 직접 확인하여 조치여부를 판단한 후 기록
② 평가기준 : **"우수"** : 모든 가스용기에 대해 전도방지 조치를 한 경우, **"보통"** : 일부 조치한 경우, **"미흡"** : 전혀 조치하지 않은 경우

평가항목 13. 실험에 사용하는 시약의 특성(인화성, 폭발성 등)에 따른 적정 보관(캐비넷 사용등) 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 캐비넷 등을 직접 확인한 후 기록
② 평가기준 : **"우수"** : 특성에 따라 보관하는 경우, **"보통"** : 일부 시약에 대해 별도로 보관하는 경우, **"미흡"** : 구분을 하지 않는 경우

평가항목 14. 실험실 보건안전지침(수칙)의 문서화 및 보건안전상태의 적정 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 보건안전지침 및 상태(화학물질의 누출이나 전기설비의 누전등 사고시 행동요령등이 기재)를 확인하여 기록
② 평가기준 : **"우수"** : 지침이 문서화되어 있고 그에 따른 상태가 적정한 경우, **"보통"** : 문서화가 되어 있지 않으나 보건안전상태가 적정한 경우, **"미흡"** : 문서화도 되어있지 않고 상태도 불량한 경우

평가항목 15. 실험실내 착용 가능한 전용 보호용구 구비의 적정 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 보호용구를 확인하여 기록
② 평가기준 : **"우수"** : 보호용구의 종류(보안경, 방독마스크, 방진마스크, 유기용제용 장갑, 실험복 등)를 모두 구비하고 있는 경우, **"보통"** : 3가지 이상 구비하고 있는 경우, **"미흡"** : 3가지 미만으로 구비된 경우

평가항목 16. 시료보관 전용의 냉장실 및 냉동실 적정 운영 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 냉장·냉동실을 직접 확인하여 시료 이외의 음료, 음식물 등 보관여부를 확인하여 판단
② 평가기준 : **"우수"** : 냉장실 및 냉동실에 시료만 보관되어 있는 경우, **"보통"** : 냉장실 또는 냉동실에 시료 이외의 것이 보관되어 있는 경우, **"미흡"** : 냉장실 및 냉동실 모두 시료이외의 것이 보관되어 있는 경우

평가항목 17. 산업안전보건법상 구비하여야 할 필수 장비 이외의 측정 및 분석장비 보유 여부

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 보유장비를 모두 직접 확인(공동 기기 실습실에 보유하고 있는 경우는 불인정)
② 평가기준 : 보유하고 있는 장비대수별로 점수를 평가(예, 2대 보유는 2점)

□① 고성능 액체크로마토그래피(HPLC) 또는 LC/MS
□② X-선 회절기(XRD)
□③ 적외선분광분석기(FTIR) 또는 IR/MS
□④ 이온크로마토그래피(IC) 또는 IC/MS
□⑤ GC-질량분석기(GC/MS)
□⑥ 석면분석에 필요한 장비 및 부속품(PCM, PLM, EM 등)
□⑦ 유도결합플라즈마(ICP) 또는 ICP/MS
□⑧ 진동측정이 가능한 주파수분석기 또는 방사선 측정장비
□⑨ 위 기능에 상응하는 기타장비( )

4. 보유 인력의 교육이수·능력개발, 전산화 정도 및 그 밖의 제반사항

평가항목 1. 지정 측정인력의 전문성 향상을 위한 전문교육 이수 여부('07년)

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준

① 평가방법 : 이수한 경우, 기록을 조사하여 기록(전문교육이라 함은 한국산업위생학회 참석, 산업안전공단 교육, 지정교육기관에 의한 교육을 의미)

② 평가기준 :

- **"우수"** : 1년 2회 이상, **"보통"** : 1년에 1회, **"미흡"** : 교육 받은적 없는 경우
- 횟수는 1인을 기준으로 한 것으로, 2인이 각 년1회씩 교육을 이수하였다면 1년 2회 이상으로 간주

평가항목 2. 지정 분석인력의 전문성 향상을 위한 전문교육 이수 여부('07년)

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준

① 평가방법 : 이수한 경우, 기록을 조사하여 기록(전문교육이라 함은 한국산업위생학회 참석, 산업안전공단 교육, 지정교육기관에 의한 교육을 의미)

② 평가기준 :

- **"우수"** : 1년 2회 이상, **"보통"** : 1년에 1회, **"미흡"** : 교육 받은적 없는 경우
- 횟수는 1인을 기준으로 한 것으로, 2인이 각 년1회씩 교육을 이수하였다면 1년 2회 이상으로 간주

평가항목 3. 비정규직 직원에게도 정식직원에 상응하는 교육훈련 제공 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준

① 평가방법 :

- 이수한 경우, 기록을 조사하여 기록(전문교육이라 함은 한국산업위생학회 참석, 한국산업안전공단 교육, 지정교육기관에 의한 교육을 의미)
- **비정규직**이란 '**정규직이 아닌 고용 형태**'로 ▶기간제 :고용계약 기간이 1년 미만인 근로자(계약직, 임시직, 일용직 등) ▶단시간 주당 근로시간이 36시간 미만으로 짧은 근로자(파트 타임 근로자 등)▶파견 근로자 : 인력파견(공급) 업체에 고용된 뒤 그 인력을 필요로 하는 업체에 파견돼 일하는 근로자등이 이에 해당

② 평가기준 : **"우수"** : 1년 2회 이상인 경우 또는 비정규직이 없는 경우(명확한 확인 필요), **"보통"** : 1년에 1회, **"미흡"** : 교육 받은적이 없는 경우(횟수는 1인을 기준으로 한 것으로, 2인이 각 년1회씩 교육을 이수하였다면 1년 2회 이상으로 간주)

평가항목 4. 전문성 향상을 위한 측정 및 분석요원의 교육과 능력개발을 위한 훈

련계획 등의 문서 보유 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 보유한 경우, 기록을 조사하여 기록
② 평가기준 : **"우수"** : 보유하고 있는 경우, **"보통"** : 보유한 적이 있는 경우, **"미흡"** : 문서가 없는 경우

평가항목 5. 산업보건 관련 전문교육 **이외에** 측정 및 분석요원의 능력개발(전문성 향상)을 위한 기관장의 노력 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 :
- 능력개발을 위한 지원책이 있을 경우 관련 자료를 조사
- 측정·분석요원 등에 대하여 국가자격 취득을 위한 시간적 배려, 대학 등의 강의 활동 지원, 학원 수강시 금전적 지원 등을 포괄하여 판단

② 평가기준 : **"우수"** : 2건 이상 지원하고 있는 경우, **"보통"** : 1건이라도 지원이 있는 경우, **"미흡"** : 전혀 지원이 없는 경우

평가항목 6. 최근 3년간 측정 및 분석전담자 인력 변동(입·퇴사) 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 인력변동이 없는 경우, 기록을 조사하고 변동된 경우 사유를 기록(자발적인 퇴사는 그 사유를 파악하여 판단)
② 평가기준 : **"우수"** : 변동이 없는 경우, **"보통"** : 1명이 이동한 경우, **"미흡"** : 2명 이상 이동된 경우

평가항목 7. 측정·분석 인력의 비정규직 직원 근무 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 :
- 비정규직이 없는 경우, 기록을 조사하고 계약직 인력을 보유한 경우 사유를 기록
- **비정규직**이란 '**정규직이 아닌 고용 형태**'로 ▶기간제 :고용계약 기간이 1년 미만인 근로자(계약직, 임시직, 일용직 등) ▶단시간 주당 근로시간이 36시간 미만으로 짧은 근로자(파트 타임 근로자 등)▶파견 근로자 : 인력파견(공급) 업체에 고용된 뒤 그 인력을 필요로 하는 업체에 파견돼 일하는 근로자등이 이에 해당

② 평가기준 : **"우수"** : 비정규직이 없는 경우, **"보통"** : 비정규직이 1명인 경우, **"미흡"** : 비정규직이 2명 이상인 경우

평가항목 8. 작업환경측정결과 설명회 개최 실적

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 100인 이상 사업장의 측정결과표(무작위 5개)를 확인하여 실적을 기록하되 근로자 대표의 요구가 없어 개최하지 않은 경우는 그 사유를 명확히 파악하여 타당하게 평가

② 평가기준 : **"우수"** : 100인 이상 사업장에 60% 이상 개최한 경우, **"보통"** : 59~40%인 경우, **"미흡"** : 40%미만인 경우

평가항목 9. 작업환경측정 사업장 관리대장의 작성(전산화) 상태

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 작성하는 경우 기록을 조사(사업장관리대장에는 사업장 정보(주소, 전화번호), 향후 측정일시, 담당자명등이 기재되어 있어야 함)

② 평가기준 : **"우수"** : 자체개발 프로그램으로 관리하는 경우, **"보통"** : 엑셀 등으로 관리하는 경우, **"미흡"** : 관리대장이 없는 경우

평가항목 10. 지정측정기관의 조직도 및 업무분장 문서화 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 문서화된 기록을 조사(조직도의 경우 측정기관 운영에 필요한 기술적인 업무 총괄책임자, 작업환경 측정의 계획, 결과 평가에 관한 책임자, 정도관리 책임자 등도 구분이 되어 있어야 하며, 직원들의 학력, 경력사항도 포함되어야 함)

② 평가기준 : **"우수"** : 기관의 조직도 및 업무분장이 되어 있는 경우, **"보통"** : 하나만 문서화되어 있는 경우, **"미흡"** : 둘다 보유하고 있지 않는 경우

평가항목 11. 작업환경측정결과표등 문서의 작성, 검토, 승인라인의 적정 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 측정결과표 5개를 무작위 추출하여 문서 작성자, 검토자, 승인자의 명확한 구분 및 결재여부를 확인하고 판단
② 평가기준 : **"우수"** : 측정결과표 5개 모두 적정한 경우, **"보통"** : 3-4개 적정한 경우, **"미흡"** : 2개 이하인 경우

평가항목 12. 기관 자체내에서 제작한 안내 팜플렛 등의 보유 여부(최근 2년 이내)

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 팜플렛 또는 리플렛 등을 조사하여 기록
② 평가기준 : **"우수"** : 2년 이내 제작·배포한 경우, **"보통"** : 2년 이전 제작·배포한 경우, **"미흡"** : 제작 실적이 없는 경우

평가항목 13. 사업장 고객만족도 조사 실시 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 실시한 경우 근거자료를 조사(고객만족도라 함은 작업환경서비스에 대한 설문조사 등을 실시하여 만족도등을 조사한 경우를 의미)
② 평가기준 : **"우수"** : 2년 이내에 실시한 적이 있는 경우, **"보통"** : 2년 이전에 실시한 적이 있는 경우, **"미흡"** : 실시한 적이 없는 경우

평가항목 14. 시약의 물질안전보건자료(MSDS)나 독성 및 기타자료 확보여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 자료를 조사(시약 5종 무작위 선정)하여 판단
② 평가기준 : **"우수"** : 5종 모두 있는 경우, **"보통"** : 3-4종 있는 경우, **"미흡"** : 2종 이하인 경우

평가항목 15. 작업환경측정결과표의 전산화 적정 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 전산화된 경우 그 여부를 조사
② 평가기준 : **"우수"** : 자체개발한 프로그램을 사용하는 경우, **"보통"** : 매년 측정결과를 한글파일로 체계화하여 보관하는 경우, **"미흡"** : 한글파일로 보관하고 있으나 체계화되어 있지 않은 경우

평가항목 16. 측정 또는 분석과 관련된 모든 시약·물품의 선정, 구매 및 보관절차의 문서화(전산화) 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 보관대장(파일) 등의 자료를 조사
② 평가기준 : **"우수"** : 시약·물품의 구매일자, 구매수량 등이 기록되어 있는 보관대장(파일)을 보유하는 경우, **"보통"** : 시약 또는 물품중 1개의 보관대장(파일)을 보유하는 경우, **"미흡"** : 전혀 문서화가 되어 있지 않은 경우

평가항목 17. 작업환경측정 결과에 관련된 기록에 대하여 보존기한 준수 및 관리상태 적정여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 :
- 측정결과표(무작위 5개 선정)를 조사하여 기록
- **측정결과표의 보존기한(3년, 발암성 30년) 명시** 및 상시 열람이 가능한 환경내 보관여부 검토후 판단

② 평가기준 : **"우수"** : 5개의 측정결과표 중 5개 모두 관련된 기록이 보존하는 경우, **"보통"** : 3~4개 적정한 경우, **"미흡"** : 2개 이하가 적정한 경우(1개의 측정결과표상 나타난 관련기록 중 90% 이상의 관련기록이 보관되어 있다면 그 결과표에 한해 100% 보관되어 있다고 간주)

평가항목 18. 표준물질의 유효기간의 준수 및 문서화(전산화) 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 시약 및 표준물질 5개를 무작위로 선정하여 유효기간 준수 및 문서화 여부를 조사
② 평가기준 : **"우수"** : 시약 및 표준물질의 유효기간 표시가 문서화되어 있는 경우, **"보통"** : 유효기간 준수 또는 문서화중 1개만 관리되고 있는 경우, **"미흡"** : 그 이외의 경우

평가항목 19. 측정기관 홈페이지 보유 여부

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 : 홈페이지를 방문하여 조사
② 평가기준 : **"우수"** : 보유하고 있는 경우, **"보통"** : 보유한적이 있는 경우, **"미흡"** : 보유한적이 없는 경우

평가항목 20. 측정기관 지정인력의 최근 2년간 연구실적

□① 우수 □② 보통 □③ 미흡

※ 평가방법 및 기준
① 평가방법 :
- 연구실적물을 확인하여 조사
- 연구실적이란 산업보건 관련학회(한국산업위생학회, 대한산업의학회, 예방의학회, 한국환경위생학회 등)의 학술지 또는 학술대회의 발표자료집을 말함

② 평가기준 : **"우수"** : 2건 이상인 경우, **"보통"** : 1건 있는 경우, **"미흡"** : 실적이 없는 경우

기타 사항

1. 작업환경측정기관 평가는 **누가 수행**해야 가장 적절하다고 생각하십니까?

① 노동부(감독관)②한국산업안전공단③한국산업위생학회□기타( )

2. 작업환경측정기관 평가 **대상**은 어디까지가 적절하다고 생각하십니까?

기관명	**"○"로 표시**하여 주시기 바랍니다.
①사업장위탁측정기관	
②사업장자체측정기관	
③자율참여기관	
④신규지정 예정기관	
⑤모두 가능	
⑥기타	( )

3. 작업환경측정기관 **평가 주기**는 얼마가 적절하다고 생각하십니까?

□① 1년 □② 2년 □③ 3년 □④ 기타( )

4. 정도관리 위원회와 같이 작업환경측정기관 평가를 위한 **위원회 또는 평가반의 구성**이 적절하다고 생각하십니까?

□① 적정하다 □② 적정하지 않다

5. 측정기관 평가 **실시계획의 공고**는 얼마의 기간이 적절하다고 생각하십니까?

□① 7일 □② 15일 □③ 30일 □④ 기타( )

6. 현행 규정상 측정기관 **평가결과**를 공표하도록 되어있습니다. **공표의 범위**는 어디까지가 적당하다고 생각하십니까?

□① 우수기관만 선택해서 공표 □② 미흡한 기관만 선택해서 공표

□③ 모든 기관의 평가결과를 공표 □④ 기타( )

7. 평가결과를 공표하는 경우 **어떤 공표방법**이 가장 바람직하다고 생각하십니까?

□① 관보에 고시 □② 노동부 홈페이지 □③ 안전공단 홈페이지

□④ 1~3번 모두 □⑤ 기타( )

8. 측정기관 평가결과 "미흡"한 기관에 대하여 측정과 관련된 국고지원사업을 제한하는 것에 대하여 어떻게 생각하십니까?

□① 적절하다 □② 부적절하다 □③ 기타( )

◎ 허용기준 설정물질의 작업환경측정방법 ◎

1. 동 작업환경측정방법은 향후 허용기준 설정물질의 작업환경측정방법이 될 측정법을 작성한 초안입니다. 절차나 내용에 있어서 측정방법으로 적합한지 여부를 다음기준으로 판단하여 주시기 바랍니다.

① 매우적절 ②적절 ③ 보통 ④ 부적절 ⑤ 매우 부적절

※ 부적절하거나 매우 부적절하다고 판단하신다면 그 사유

2. 동 측정방법을 사용할 경우 불편할 것으로 예상되는 점이나 추가적으로 기술되어야 할 사항이 있다면 무엇인지 관련내용을 말씀해 주세요.

<연 구 진>

연 구 기 관 : 용인대학교 산학협력단

연구책임자 : 정 지 연 (교수, 보건학박사, 용인대학교)
연 구 원 : 피 영 규 (교수, 보건학박사 대구한의대학교)
김 치 년 (교수, 보건학박사 연세대학교)
김 판 기 (교수, 보건학박사 용인대학교)
김 용 철 (교수, 보건학박사 용인대학교)
연구보조원 : 이지은(용인대), 박성욱(용인대),
이준정(대구한의대), 김지영(대구한의대)
연구상대역 : 이 광 용 (연구원, 산업안전보건연구원)

<연 구 기 간>

2008. 3. ~ 2008. 11.

본 연구보고서의 내용은 연구책임자의 개인적 견해이며, 우리 연구원의 공식견해와 다를 수도 있음을 알려드립니다.

산업안전보건연구원 원장

작업환경측정방법 및 측정기관평가 표준화 연구

(보건분야-연구자료 연구원 2008-00-0000)

발 행 일 : 2008년 11월 초판발행
발 행 인 : 산업안전보건연구원 원장 박 두 용

연구책임자 : 용인대학교 자연과학대학 정 지 연

발 행 처 : 한국산업안전공단 산업안전보건연구원
주 소 : 인천광역시 부평구 구산동 34-4
전 화 : (032) 5100-753
F A X : (032) 518-0866
Homepage : http://oshri.kosha.or.kr