

2015
**산업안전보건연구
요약집**

OSHRI

산업재해예방
안전보건공단
산업안전보건연구원



I 정책연구 분야

01. 건설근로자 기초안전교육 교육효과 상관관계에 관한 연구	3
02. 계층별 교육 프로그램 개발 및 표준교재 시범개발에 관한 연구	6
03. 고객응대업무로 인한 건강장해 예방 제도개선 연구	9
04. 국가 산업안전보건지표 개발에 관한 연구	11
05. 근로시간 변화가 산업안전보건에 미치는 영향 - 한국과 유럽의 근로환경조사 비교 분석을 중심으로 -	14
06. 기업의 규모 업종별 안전보건투자에 따른 세액공제제도 개선방안	17
07. 사업장 보건관리체계의 효율화 방안에 관한 연구	20
08. 사업장 안전보건관리체제 국제비교에 관한 연구	23
09. 산업안전보건 규율체계 개편에 관한 연구	27
10. 산업안전보건 체험교육의 실태와 개선방안 연구	30
11. 산업안전보건 측면에서 양질의 일자리에 관한 연구	33
12. 산업안전보건정책 수요분석 및 정책대상 조사 연구	37
13. 산업안전보건패널 품질향상을 위한 연구	40
14. 산업재해 은폐에 대한 처벌방안	42
15. 산재예방사업 심층 평가(V) - 교육 및 홍보 사업 -	45
16. 서비스업 종사자 보호를 위한 산업안전보건제도 개선에 관한 연구 - 안전보건기준규칙을 중심으로 -	48
17. 안전보건서비스 전달체계 개선 방안에 관한 연구 - 안전·보건전문기관 대형화를 중심으로 -	51
18. 위험성평가 내실화 방안 연구	53
19. 유해·위험작업 도급 인가제도 개선 등에 관한 연구	57
20. 유해위험작업 취업제한 제도 및 특별교육대상범위 개선방안 연구	59
21. 제1~4차 근로환경조사 시계열 분석을 위한 기초연구	62
22. 주요 외국의 안전예산 현황 및 주요 사업 성과 분석	64
23. 직무교육기관 관리 내실화 방안 연구	66
24. 2015년도 산업안전보건동향조사	68

II 안전연구 분야

01. 가설기자재 안전성 확보방안에 대한 연구	73
02. 건설업 산업안전·보건관리비 계상요율 및 사용기준 개선방안 연구	76
03. 건설업체 산업재해발생률 산정·평가제도 개선에 관한 연구	80
04. 발주자의 안전관리 의무마련 및 책임강화에 관한 연구	84
05. 섬유벨트의 꼬임 파단과 강도에 관한 연구	87
06. 안전화 미끄럼방지 성능 시험법 개선 연구	91
07. 이동용 전기기계기구에서의 감전 위험성 감소대책에 관한 연구	94
08. 장·노년층 근로자의 사고사망 재해발생 고위험군 특성 연구	97
09. 화학사고 예방을 위한 정량적 위험평가의 신뢰도 데이터 활용 방안	100

III 직업건강연구 분야

01. 감정노동 근로자를 위한 심신 힐링 프로그램 개발	105
02. 감정노동 근로자의 감정노동 실태, 위험요인, 건강영향 연구	107
03. 고속도로 요금소 요금 수납원 근로환경 실태조사 연구	110
04. 근로자 생식보건 역학연구(I)	113
05. 근로자 일반건강진단 항목 및 주기 개선 방안에 관한 연구	116
06. 만성퇴행성신경질환 직업성 노출에 대한 환자대조군연구	120
07. 방사선노출에 의한 암 발생가능성 추정을 위한 인과확률 프로그램 개발 연구	123
08. 비호지킨림프종 환자대조군 연구 설계 및 타당성 조사	126
09. 소변 시료 보정 지표 유효성 평가	128
10. 역학조사보고서 분석을 통한 조사, 심의, 결론 도출과정에 대한 Data base 구축	130

11. 유해작업 휴식 등 근로조건 개선조치에 대한 법적 근거 및 시행방안 마련 연구 (옥외작업을 중심으로)	132
12. 임산부 등 사용금지 직종 확대를 위한 연구	135
13. 특수건강진단 정도관리 항목 개발 - 소변중 비소	137
14. 혼합 화학물질 노출근로자의 건강장해예방을 위한 혼합물질 구성성분의 물리·화학적 특성과 구성물질에 의한 건강영향 예측	139

IV 직업환경연구 분야

01. CNT 작업장의 노출 메커니즘의 고찰과 CNT 노출 방지기술 연구	143
02. 건설업 직종별 화학물질 노출 매트릭스 구축 연구 (II) - 용접작업 노출 실태조사를 중심으로 -	146
03. 고무제조공정 표준환기 방안 수립 연구	149
04. 나노입자에 대한 방진마스크 포집효율 연구	152
05. 라돈의 직업적 노출실태 및 관리기준 연구	155
06. 빅데이터를 활용한 국내 작업환경측정 데이터베이스의 통계적 분석	158
07. 석면조사기관 및 해체·제거업체 수행한계 설정방안 마련	161
08. 소규모 석면해체·제거작업의 관리방안 연구	164
09. 실내공기질 관리실태 및 규제강화 방안 연구	166
10. 작업환경측정 정도관리제도 발전방안 연구	169
11. 잠수작업 실태조사 및 비용 편익분석 연구	172

V 화학물질연구 분야

01. GHS 기준의 유해성·위험성 분류 및 물질안전보건자료 작성	177
--	-----

02. 관리대상 유해물질 선정을 위한 산업체 노출평가 및 사회성·경제성 평가 연구	180
03. 나노물질 노출에 대한 컨트롤 밴딩 접근 개발 연구	183
04. 노출기준 설정 화학물질의 추가 제정 및 산업법 관리수준 제안 연구	186
05. 독성시험관리시스템을 이용한 흡입독성시험연구	189
06. 만성·발암성 흡입독성시설의 병리판독을 위한 육안 및 조직병리소견 용어에 관한 연구	192
07. 발암성물질의 위험성평가 기법 연구	195
08. 산업화학물질의 만성발암성평가체계 구축을 위한 만성흡입독성시설 활용방안	198
09. 실험동물을 이용한 나노 란탄산화물(La_2O_3)의 흡입독성 연구	201
10. 인화성액체의 물리화학적 특성 분석을 통한 폭발위험장소 구분에 관한 연구	204
11. 탄소나노튜브 취급 사업장의 탄소나노튜브 노출 특성 및 측정 분석 방법 연구	207
12. 허용기준 설정 물질 확대 필요성 및 선정 기준에 관한 연구	210
13. 화학물질 노출시나리오 국내외 적용실태 및 제도화 제안	213
14. 화학물질 노출에 의한 유전자 돌연변이(발암)의 조기 확인(I)	
- 세포주를 이용한 고감도 유전자 돌연변이 확인 -	216
15. 화학물질 물리적 위험성 등급분류를 위한 모델식 개발	220
16. 화학물질 혼합위험성 결정을 위한 반응 매트릭스 개발(II)	
- 반도체 산업을 중심으로 -	224
17. 화학물질의 폭발사고 피해예측 및 적용방안 연구	227

I . 정책연구 분야

01. 건설근로자 기초안전교육 교육효과 상관관계에 관한 연구
02. 계층별 교육 프로그램 개발 및 표준교재 시범개발에 관한 연구
03. 고객응대업무로 인한 건강장해 예방 제도개선 연구
04. 국가 산업안전보건지표 개발에 관한 연구
05. 근로시간 변화가 산업안전보건에 미치는 영향 - 한국과 유럽의 근로환경조사 비교 분석을 중심으로 -
06. 기업의 규모 업종별 안전보건투자에 따른 세액공제제도 개선방안
07. 사업장 보건관리체계의 효율화 방안에 관한 연구
08. 사업장 안전보건관리체제 국제비교에 관한 연구
09. 산업안전보건 규율체계 개편에 관한 연구
10. 산업안전보건 체험교육의 실태와 개선방안 연구
11. 산업안전보건 측면에서 양질의 일자리에 관한 연구
12. 산업안전보건정책 수요분석 및 정책대상 조사 연구
13. 산업안전보건패널 품질향상을 위한 연구
14. 산업재해 은폐에 대한 처벌방안
15. 산재예방사업 심층 평가(V) - 교육 및 홍보 사업 -
16. 서비스업 종사자 보호를 위한 산업안전보건제도 개선에 관한 연구 - 안전보건기준규칙을 중심으로 -
17. 안전보건서비스 전달체계 개선 방안에 관한 연구 - 안전·보건전문기관 대형화를 중심으로 -
18. 위험성평가 내실화 방안 연구
19. 유해·위험작업 도급 인가제도 개선 등에 관한 연구
20. 유해위험작업 취업제한 제도 및 특별교육대상범위 개선방안 연구
21. 제1~4차 근로환경조사 시계열 분석을 위한 기초연구
22. 주요 외국의 안전예산 현황 및 주요 사업 성과 분석
23. 직무교육기관 관리 내실화 방안 연구
24. 2015년도 산업안전보건동향조사

01

건설근로자 기초안전교육 교육효과 상관관계에 관한 연구

연구 필요성 및 목적

기초안전보건교육이 모든 건설 공사 현장에 적용된지(2014년 12월 1일) 약 1년이 되어간다. 현장에서 기초안전보건교육이 필요하다는 의견과 필요없다는 의견이 나오고 있다. 이러한 목소리가 나오는 배경에 기초안전보건교육이 건설 현장을 반영한 적절한 교육으로 진행되고 있지 못하다는 인식이 존재하는 것으로 파악된다. 따라서 본보고서는 국내외 현황 등을 조사 연구하여 현행 기초안전보건교육의 문제점과 교육효과 제고를 위한 개선방안 등을 모색하고자 한다.

연구 내용 및 방법

기초안전보건교육의 교육효과 제고 방안 모색

사업주, 정부, 노조단체, 건설협회, 공제회 등 건설업 기초안전보건교육 관련 전문가 패널회의 진행

국내외 4개국 건설업 기초안전보건교육 실태에 대한 문헌고찰, 벤치마킹과 비교

건설사 안전관리자, 교육기관, 교육운영관계자를 대상으로 표본조사 및 인터뷰 조사

설문조사를 통한 기초안전보건교육의 효과성 분석

교육효과 향상을 위한 개선방안 제시

사례연구, 실태조사, 인터뷰 결과 등을 토대로 한 정책적 제언

연구 결과

교육효과 향상을 위해 건설현장에서 실시하는 안전 교육의 강화가 필요하다. 그리고 기초안전보건교육제도와 여타 교육(예를 들어, 특별안전보건교육제도)을 연계한 커리큘럼 및 교육 방식의 개선이 수반되어야 할 것이다.

또한, 기초안전교육 이수제도의 효과 유무 및 개선점을 지속적으로 찾아내어 개선방안을 수립할 IT기반 통합관리시스템이 반드시 필요하다. 건설산업 재해 예방 및 건설근로자 관리에 활용

할 수 있는 효과적인 IT기반 시스템이 구축된다면 건설근로자 커리어(받은 교육 및 횟수·장소·기간, 보유하고 있는 자격증, 건설산업 지속적 종사 가능)관리를 통해 건설 현장 근로자 역량을 고려한 인력 과부족 대책수립에도 많은 도움이 될 것이며, 재해원인 분석·예방, 건설근로자들의 질적·양적 확보, 젊은층·여성들의 건설산업 진입 유도를 위한 방안마련을 위해 유용한 도구가 되어줄 수도 있을 것이다.

기초안전보건교육 이외의 공종별 교육, 작업지시자 교육, 관리자 교육 등 다양한 교육 제도를 도입하여 진행할 필요가 있는 것으로 나타났다. 해외 선진국의 경우 회사 내부에서 단계별로 다양한 교육을 진행하고 있다. 국내 실정에 맞게 기초안전보건교육, 공종별 교육, 관리자 교육(작업 지시자) 그리고 현장별 안전교육 의무화가 필요하다. 일본의 현장에서 활발히 진행하고 있고 교육커리큘럼에서 강조하고 있는 KY활동에 대해서 연구를 진행하여 국내 실정에 맞는 방안을 찾는다면 재해 감소에 도움이 될 것으로 생각된다.

활용방안 및 기대성과

건설산업 재해예방 및 안전보건 수준 향상에 기여하기 위해 다음과 같은 제도 개선에 활용 할 수 있다. 종합적인 건설 산업 교육 제도 개선(기초안전보건교육제도, 특별안전보건교육제도 등 연계), 기초안전보건교육 교육커리큘럼 개선, 교육 방식 개선, 장기 인력 플랜, 원청-하청 계약 가이드라인 수립, 발주자의 안전책임 강화, DB관리방법 개선 및 활용방안에 관한 지침라인 수립 등에 활용 할 수 있으리라 생각된다.

중 심 어

기초안전보건교육, 교육 효과, 교육효과 제고, 교육 커리큘럼, 국내외 4개국 비교 분석, 제도 개선, 발주자 책임, 교육 이수자 DB 관리, 장기적인 인력 수급 플랜, 해외 사례, 가이드라인, 재원 마련

참고문헌

- 김은정. 건설근로자의 개인적 특성에 적합한 안전교육 방법. 대한안전경영과학학회 추계학술대회 2011;13(4):105-314
- 심규범, 이의섭, 김지혜 등. 건설근로자 안전교육 사업의 실효성 연구 및 수탁교육기관 평가. 안전 보건공단;2009

- 심규범. 건설업 기초산업안전보건교육의 문제점과 개선 방안. 한국건설산업연구원;2012
- 정성훈, 김태수, 주용마 등. 건설근로자 안전보건교육 이수제도 도입방안에 관한 연구. 대한안전경영과학회지 2011;13(2):9-18
- 최석인, 이복남, 성유경 등. 2020년 한국 건설 산업의 주요 이슈 및 트렌드 예측. 한국건설산업연구원;2011

연구책임자 : 한성대학교 지식서비스&컨설팅연구원 유연우
연구담당자 : 산업안전보건연구원 정책제도연구팀 이경용
연 락 처 : 052-7030-831, rky0906@kosha.or.kr

02

계층별 교육 프로그램 개발 및 표준교재 시범개발에 관한 연구

연구 필요성 및 목적

경영층, 관리감독자, 안전보건관리자 등 계층별 안전보건역량 강화를 위해서는 체계적인 교육 프로그램을 마련하여 필요한 역량을 배양시킬 필요가 있다.

현행 교육프로그램은 각 안전관리 계층별로 필요로 하는 역량을 체계적으로 배양시키는데 한계를 극복하기 위해 안전보건관리 주체의 역할을 명확히 하고 그에 맞는 역량 개선이 중요하며 체계적이고 효율적인 계층별 안전보건교육이 필요하다.

연구 내용 및 방법

■ 연구 내용

실제로 사업장에서 안전보건 관련 교육 프로그램이 어떻게 활용되며, 만족도가 얼마나 되는지를 설문조사와 인터뷰를 통하여 살펴보고자 한다. 근로자 정기교육은 과거의 선행 연구를 살펴보면, 사업장에서의 만족도가 낮고, 현장 활용성이 필요하다고 한다. 그렇다면 어떤 교육을 실시하는 것이 바람직한지를 설문조사와 인터뷰를 통하여 고찰해 보고자 한다. 그리고 어떠한 교육형태가 보다 나은 안전보건교육의 운영에 필요한 지도 검토해 봐야 할 것이다.

사업주를 어떻게 안전에 관심을 갖도록 유도하고, 교육을 시키는 지도 선진국의 사례를 통하여 살펴보고자 한다. 사업주들을 대상으로 어떤 방법으로 접근하고, 설문조사를 통하여 어떤 교육 프로그램을 구성해서 어떻게 교육하며, 사업주의 교육시간 적절성 여부, 교육과목의 선정, 표준교재 가이드라인에 대한 문제점과 개선대책을 살펴보고자 한다. 그리고 표준교재 가이드라인 설정에 필요한 요건들을 살펴보기로 한다.

■ 연구 방법

산업안전법의 조사, 문헌조사, 설문조사, 국내의 인터뷰를 통해 조사와 연구를 수행

연구 결과

교육방법 설문조사를 통해 강의방식에 대한 선호도, 개선이 필요한 교육내용 등에 대한 상세한 정보를 얻을 수 있었으며 이를 통해 교육 내용 및 방법의 다양화를 어떤 방향으로 진행해야 하는가에 대한 답을 구할 수 있었다.

특히 현재 개설되어 있는 안전보건 교과목 이외의 보다 다양한 교과목의 개설을 원하고 있으며, 국외에서 개설되고 있는 교과목에 대한 관심이 지대했는데, 선진국의 구체적이고 현실적인 프로그램 운영사례는 많은 참고가 될 것으로 예상된다.

국내 교육기관의 교육프로그램 전반을 검토하고 교육 만족도 실태조사를 통한 부정적 견해를 파악함으로써 안전보건관리교육의 개편 방안을 위해서는 첫째, 표준교재의 구성, 내용, 접근방법, 기술사례와 범위, 둘째, 국외 수범사례의 적절한 선택, 셋째, 목적과 결과를 달성할 수 있는 적정 수준 서술, 넷째, 실무에 적용할 수 있는 사례 (실습) 중심의 안전보건 교육교재 개발, 다섯째, 학생들이 배운 이론을 실제 세계의 상황에 적용하는 능력의 배양, 여섯째, 교육대상자 스스로 결론에 도달하도록 하는 과정의 기회의 제공과 같은 가이드라인을 제시한다.

활용방안 및 기대성과

계층의 분류와 계층별 안전보건 역량의 제시를 통하여 적절한 교육프로그램의 선정으로 효과적인 안전보건 교육을 기대할 수가 있을 것이다.

제시된 계층과 역량과 안전보건 교육프로그램을 활용하여 후속 연구를 진행할 수 있을 것으로 기대된다.

중 심 어

계층별 국내외 교육 프로그램, 계층, 역량, 표준교재, 지침, 국내외 인터뷰

참고문헌

김진모 외 5인, 농촌지도직공무원 역량진단 및 육성지원 방안, 농촌진흥청, 2006.

권영훈과 김한성 AHP를 활용한 교육기관 서비스 품질의 중요요인 분석 -고등학교를 중심으로, 2010.

김명희, 이영환과 전희준, 공공서비스기관 교육훈련이 학습의 전이수준과 직무만족에 미치는 영향

에 관한 실증연구 -조직지원과 감정노동 조절효과 중심으로, 2010.

박경옥, 사업장내 안전보건교육 실태분석 및 질 제고방안 연구, 산업안전보건연구원, 2007.

박두진, AHP기법을 활용한 항만물류기업의 직업기초능력 우선순위 분석, 한국항만경제학회지, 제 30집 제1호, 159-173, 2014.

연구책임자 : 서울과학기술대학교 권영국
연구담당자 : 산업안전보건연구원 정책제도연구팀 조흠학
연 락 처 : 052-7030-832, hmhak@kosha.or.kr

03

고객응대업무로 인한 건강장해 예방 제도개선 연구

연구 필요성 및 목적

고객응대업무를 수행하는 근로자의 건강 보호에 대한 관심이 급격히 증가하고 있다.

최근 고객응대업무 종사자의 증가와 이들의 건강에 대한 관심이 증가하면서 국회 및 시민 단체 등에서는 이러한 업무를 수행하는 근로자를 보호하기 위해 사업주를 강제화할 수 있는 법안 마련을 강하게 요구하고 있다.

본 연구는 고객응대업무로 인한 건강장해 예방을 위한 법률 및 제도를 적용하기 위한 감정노동자를 정의하고, 고객응대업무 종사자의 건강 보호를 위한 법률 및 제도 개선 방향을 제시하고, 법률의 적용 범위를 산출하는 것이 목적이었다.

연구 내용 및 방법

■ 연구 내용

- 업종, 직종을 포함하여 감정노동의 특징과 이로 인한 영향 등을 파악하여 제도의 적용 가능성과 수용성을 높이기 위한 현실적 정의 방법과 이에 따른 적용 범위를 제시
- 한국 제도의 설계를 위하여 각 국가의 정책적 개입과 관련한 구체적인 적용 범위 및 조치 사항, 사업주 의무 부과 수준 정도 파악
- 고객응대업무에서의 폭언 및 폭력 노출 수준과 스트레스의 노출 수준을 확인하였으며 이러한 노출로 인한 건강영향과 질병 발생의 관련성을 파악

■ 연구 방법

- 감정노동 관련 문헌 분석
- 근로환경조사를 활용한 고객응대업무 종사자 분석
- 근로환경조사를 활용한 고객응대업무 종사자 분석
- 산업안전보건법을 비롯하여 기타관련법의 개정방향 파악

연구 결과

고객응대업무 종사자의 작업장 폭력 노출 수준은 비응대 업무 종사자에 비해 모든 폭력 요인에 있어 2배 이상 높게 나타내고 있다.

유럽을 중심으로 직무스트레스 관리에 대한 예방 관련 입법 최근 도입 중이었고, 유럽연합의 지침에 따라 전체적인 위험성 평가에 직무스트레스 및 감정노동 관련 내용이 추가되고 있는 추세였다.

고객응대업무 종사자의 인터뷰, 감정노동 전문가 및 노사단체의 의견을 수렴하여 고객응대업무 종사자의 보호 법안을 제안하였다. 1안은 산업안전보건법 24조 2의 ‘고객응대업무로 인한 건강장해 예방’을 신설하는 것을 제안하였으면 2안은 동법에 ‘업무 스트레스 예방’안을 신설하는 것이었다.

활용방안 및 기대성과

고객응대업무 종사자의 건강보호 법안을 제안할 수 있었다.

본 연구에서는 국내외에서 최근 주목받고 있고 변화된 산업구조 환경에서 발생하고 있는 감정노동 관련 문제를 일부라도 해결할 수 있는 방안에 대하여 제시하였다.

이 연구를 기반으로 하여 구체적인 감정노동 근로자의 사업주 조치와 새로운 위험요인에 대한 접근 방법, 해결책 등에 대한 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

중 심 어

감정노동, 고객응대업무, 내면행위, 표면행위, 보건조치, 서비스업, 사회심리적 위험요인

참고문헌

ILO. (2003). Code of Practice on Workplace Violence in Services Sectors and Measures to Combat this Phenomenon, OIT, Mevws/2003/11, Geneva.

Grandey, A., Diefendorff, J., & Rupp, D. E. (Eds.). (2013). Emotional labor in the 21st century: Diverse perspectives on emotion regulation at work. Routledge.

연구책임자 : 산업안전보건연구원 정책제도연구팀 이경용

연 락 처 : 052-7030-831, rky0906@kosha.or.kr

04

국가 산업안전보건지표 개발에 관한 연구

연구 필요성 및 목적

안전보건수준 평가지수는 대부분 사고의 위험도가 높은 위험인자를 안전보건지표로 사용하기 위한 구성요소로 선정하여 미리 설정한 기준의 적합성에 따라 점수를 부여하거나 또는 적합성에 대해 차등화 된 점수를 부여함으로써 점수화 한다. 이러한 점수 부여 방식은 기존의 안전보건 평가가 전문가에 의해 이루어지고, 또한 결과도 전문가들만 공유하게 됨으로써 안전보건의 진단에 대한 각 작업현장의 수준을 비교, 평가하는데 유용하지 못하였고, 전문적인 자료가 근로자들의 안전보건 의식을 고취시키는데 전혀 도움이 되지 않았다. 이와 같은 제한점을 극복하기 위한 산업 통계 이외의 국가산업안전보건 수준을 나타내는 지표 개발이 필요하므로, 외국과 산업재해발생 규모에 대한 연도별 추세변화를 비교 한 뒤에 국가별 산업 구조의 차이와 산업재해 발생규모와의 관련성을 비교해 보는 것도 하나의 좋은 접근방법이 될 수가 있을 것이다. 이러한 접근방법을 통하여 우리나라의 산업재해의 문제를 사전에 예측할 수 있는 방법과 근거를 제공하고, 새로운 각도에서의 예방대책을 마련해 볼 수가 있을 것이다. 따라서 본 연구에서는 이미 발표되어 있는 각종 산업안전 보건 분야의 지표 및 지수들을 벤치마킹하여 국가산업안전보건 수준을 나타내는 영역별 지표를 제시하는 것을 목적으로 한다.

연구 내용 및 방법

본 연구는 주요국의 산업안전보건 지표 및 지수의 운영 사례조사, 산업안전보건 지표의 정의 및 유형 분류, 산업안전보건 분야의 하위 영역별 지표 개발의 내용으로 진행되었다. 국내의 각종 산업안전보건 수준 지수에 대한 내용은 문헌고찰, 차이분석, 벤치마킹을 통해 진행하였으며, 산업안전보건 지표의 분류는 브레인스토밍 및 검토의 과정을 거쳐 진행하였다.

연구 결과

산업안전보건 관련 여러 지표들을 투입-활동-산출-결과 지표들의 범주에 각각 구분하였다. 투입에는 인력, 예산 그리고 산업안전보건 관련 인프라 구축 관점에서 근로감독관 수, 안전보건 관련 예산, 위험성 평가 인정 사업장 수, 산업의학 전문의 수, 산업안전 기사 수 등의 지표로 구성하였다. 활동 및 산출은 감독 및 규제, 교육, 점검, 지도, 인식 등으로 구성하였으며, 근로자 안전보건 교육 현황, 관리감독자 안전보건교육 실시 현황, 근로자 채용 시 안전보건 교육 실시 현황, 안전보건 관리자 선임 형태, 안전보건관리 조직 형태, 사업체에서 안전보건 투자 형태 등의 지표로 구성하였다. 이외에 행정조치 건 수, 사법처리 건 수, 과태료 부과 실적, 사업체 점검 및 감독 실적, 안전사업 실적, 보건사업 실적, 법령 제/개정 건 수 등의 지표가 더 추가될 수 있을 것으로 생각되지만 공개 자료가 없어 결과를 제시하지는 않았다. 결과 지표로는 재해율의 항목 등으로 산업재해율, 사망재해 현황, 업무상 질병 현황, 업무상 질병 사망자 현황, 위해인자별 작업환경 측정 결과로 구성하였으며, 별도로 산업재해환자 작업 복귀율 등이 필요할 것으로 생각된다.

또한 산업재해율은 재해자와 근로자의 비율에 의해 계산이 되기 때문에 표준화된 지표로써 업종이나 규모에 따라 분해하여 다양한 지표 및 가중치를 산출할 수 있다. 이는 업종별 재해율에 대해 근로자 점유율이 가중치로 구성되어진 가중평균값이 전체 재해율로 구성되며, 전체 재해율은 개별 업종에 대한 점유율과 재해율로 분해될 수 있다는 뜻으로 업종에 대한 재해율은 변화하지 않았지만 점유율이 변화하였을 때 전체 재해율은 변하게 될 수 있다. 즉, 업종별 점유율과 재해율로 구성된 기여율은 업종으로 분해된 전체 산업재해율을 구성하는 기여도에 해당하는 값으로 업종별 가중치에 해당된다. 해당업종의 근로자수 점유율 혹은 재해율이 높아지게 되면 가중치는 증가하게 된다.

활용방안 및 기대성과

본 연구는 안전보건 분야에서의 좀 더 다양한 관점에서 수준을 평가 할 수 있는 지표의 제시의 가능성을 탐색하는데 그 목적이 있다. 본 연구에서 제시하고 있는 외국 주요국과 관련 기관, 그리고 국내의 산업안전 보건 관련 지표들을 망라하여 제시하고 있는 각종 산업안전보건 지표들의 비교를 통해, 관련 자료를 탐색하고 분석하여 다양한 산업안전보건지표를 제시함으로써 우리나라 산업안전 보건 수준을 종합적이고 체계적으로 측정할 수 있는 지표를 개발할 수 있는 기반을 마련할 수 있을 것으로 기대한다. 따라서 본 연구는 국내의 산업재해 역량을 한 단계 업그레이드 할 수 있는 중요한 연구가 될 것이며, 제시하고 있는 지표들을 통해 특정 산업 분야 간의 비교에도 활용할 수가 있을 것으로 기대한다.

중 심 어

산업안전보건 지표, 안전보건수준, 안전보건수준 지표, 안전보건활동, 안전보건활동지표, 투입-활동-성과-결과 지표

참고문헌

고용노동부. 제4차 산재예방 5개년계획, 2015

산업안전보건연구원. OECD국가의 산업재해 및 사회경제활동 지표변화에 관한 비교연구, 2009.

Kim J. Chae Y, Leem J. Estimation of Demand and Supply for Occupational and Environmental Medicine Specialties in Korea(I): Estimation of Supply. Korean J Occup Environ Med, 23(1): 71-79. 2011.

Simpson, I. and Gardner, D. 2001, 'Using OHS positive performance indicators to monitor corporate OHS strategies', Journal of occupational health and safety-Aust NZ, vol. 71, no. 2, pp. 125-134.

연구책임자 : 동덕여자대학교 통계학과 조진남
 연구담당자 : 산업안전보건연구원 정책제도연구팀 이경용
 연 락 처 : 052-7030-831, rky0906@kosha.or.kr

05

근로시간 변화가 산업안전보건에 미치는 영향 - 한국과 유럽의 근로환경조사 비교 분석을 중심으로 -

연구 필요성 및 목적

근래 산업이 고도화되고 기업 간 경쟁이 세계화되고, 경제성장이 예전과 같이 급속히 이루어지지 않으면서 근로시간의 단축은 물론 비정규직이나 시간제 근로제의 양산, 새로운 탄력근무제나 교대제 등 근로시간의 변화가 급속도로 이루어지고 있다. 이런 근로시간의 변화는 자칫 노동강도(업무강도)의 강화를 필연적으로 가져오며, 이에 따라 근로자의 안전·보건 상에 여러 가지 문제가 발생할 수 있다. 이에 본 연구에서는 근로시간의 변화가 경제의 어떤 주체에 어떤 형태 및 어떤 규모로 영향을 미치는지 파악해보고자 한다. 특히 우리나라와 유럽의 근로환경조사 데이터를 분석함으로써 근로시간 변화가 산업안전보건에 미치는 영향을 살펴보고자 한다.

연구 내용 및 방법

우리나라의 1·4차 근로환경조사 자료를 이용하여 각 연도별 근로자의 사회·인구학적 특성, 고용형태, 근로시간 등으로 인한 근로자의 건강문제, 사고경험, 사고 및 질병으로 인한 결근경험, 근로시간으로 인한 가정생활에의 영향 등을 파악

유럽의 5차 근로환경조사(2010년) 자료 분석을 통하여 우리나라 근로자와 유럽 근로자 간 차이점 파악

근로시간 및 노동강도에 대해 EU 근로환경조사국과 비교분석을 실시함으로써 우리나라의 현재 근로시간 및 노동강도의 국제비교를 하여 문제점 도출

사회인구학적 특성에 따라 층화된 계층을 대상으로 근로시간 노동강도를 산출해 냄으로써 이들의 취약계층 파악

근로시간과 노동강도에 영향을 주는 요인 파악으로, 향후 정책을 통해 근로자의 안전과 건강을 유지할 수 있는 적정근로시간과 노동강도 도출

근로시간 증가 혹은 감소되는 경향 파악

위험인자에 노출되는 근로시간을 도출해 내고 이를 통해 근로자의 건강에 미치는 영향력 분석

연구 결과

OECD 통계를 살펴보면 우리나라 전체 근로자는 연간 근로시간이 가장 긴 것으로 조사되었다. 다만 임금근로자의 경우는 OECD회원국 중 연간 근로시간이 9위를 나타내고 있다. 따라서 자영업자를 비롯한 무급가족종사자와 같은 경우의 근로시간이 매우 길게 나타나고 있기 때문에 전체 근로자의 연간근로시간이 OECD 회원국 중 1위를 기록하게 된다.

1-4차 근로환경조사(2006년-2014년)를 분석한 결과 우리나라의 근로시간은 유럽과 비교하였을 경우에 가장 길게 나타나고 있는 반면 노동강도는 가장 낮게 나타나고 있다. 근로시간에 대한 질적 평가 대상으로 볼 수 있는 근무패턴은 유럽에 비해 매우 표준화되어져 있어 근로시간이 동일하고, 근무일수가 동일하며 대기 및 교대근무의 비율이 낮은 것으로 나타나고 있다. 특히 자영업자에서 근로시간이 길게 나타나고 강도는 매우 낮게 나타나고 있는 특징을 가지고 있다.

근로시간을 증가시키는 요인으로는 근로자 본인에게 근로시간 결정권이 주어지거나, 급여가 증가, 조직개편이 있는 경우, 근로시간대가 동일하지 않고, 교대근무를 하는 경우, 직업전망이 좋지 않은 경우이다. 반면 근로시간을 감소시키는 요인으로는 신기술이 도입되거나 출퇴근소요시간이 큰 경우, 매일 근무일수나 근로시간대가 동일하지 않은 경우, 실직에 대한 두려움이 있거나 다른 직업을 찾을 수 있는 경우이다.

노동강도를 증가시키는 요인으로는 대기 근무를 하는 경우 교대근무를 하는 경우 직업경력의 발전전망이 좋지 않은 경우이며, 노동강도를 감소시키는 요인으로는 근로시간의 결정권이 있는 경우, 신기술 도입이 있는 경우, 출퇴근 시간이 고정적이지 않은 경우, 일을 그만두게 된다면 비슷한 임금의 직업을 찾기 힘든 경우이다.

장시간 근로와 노동강도가 높은 집단에 대해 EU 근로환경조사국과 비교분석결과 근로시간 48시간 초과하는 비율이 유럽에 비해 가장 높은 반면 업무강도 0.7초과비율은 매우 낮게 나타나고 있었다. 근로시간 초과비율은 임금근로자에 비해 자영업자에게서 많이 나타나고 있었고 연령대가 증가할수록 근로시간 초과비율이 높았다. 반면 업무강도 초과비율은 이와는 상반되게 자영업자보다는 임금근로자에게서 많이 나타났고 연령이 감소할수록 높다.

우리나라는 장시간 근로함에도 불구하고 근로시간 변화의 감소율이 유럽에 비해 다소 높은 수준에 불과하다. 근로시간의 감소율은 특히 젊은 자영업자를 중심으로 높게 나타나는 특징을 보인다.

위험인자에 노출되는 시간은 유럽에 비해 높게 나타나고 있었는데 이는 근로시간이 길기 때문에 나타난 것으로 보인다. 다만 2006년에 비해 2014년 감소 추세를 나타내고 있다. 이러한 위험인자에 노출된 시간은 근로자의 건강 악화에 영향을 주고 있다.

유럽의 경우는 근로시간에 비해 노동강도가 높은 집단에서 건강문제나 결근 등이 발생을 하고

있는 반면 우리나라의 경우에는 노동강도보다는 근로시간이 긴 집단에서 건강문제 및 결근 등이 많이 발생하는 특징을 나타내고 있다.

근로시간이 단축될 경우 노동강도는 증가할 것으로 예상된다. 다만 근무패턴의 유연화는 감소된 근로시간에도 불구하고 노동강도를 저하시킬 수 있는 요인으로 보인다. 이러한 근무패턴의 유연화 전략은 향후 산업안전보건 분야에서 발생할 수 있는 문제점을 예방할 수 있는 인자로 보인다.

활용방안 및 기대성과

근로시간 단축에 따라서 노동강도 증가 등의 근로환경 변화로 발생할 수 있는 산업재해 위험요소를 선제적으로 파악하였고, 이를 근거로 근로자의 건강과 안전을 보호하는 정책수립의 기초자료로 활용가능하다. 또한, 향후 기술변화, 산업구조 변화 등 경제여건의 변화는 근로시간에 영향을 미칠 수 있으며 이에 따른 추가 연구가 필요할 것이다. 본 연구에서 분석한 근로시간 변화에 따른 산업안전보건 분야의 문제점은 향후 연구에 중요한 참고자료로 활용될 것으로 판단된다.

중 심 어

근로환경조사, 근로시간, 노동강도, 위험요인, 근무패턴

참고문헌

- 김대성 (2011), 『근로시간이 근로자의 건강 및 사고에 미치는 영향 연구』, 산업안전보건연구원.
- 김유선 (2008), 『법정 근로시간 단축이 실근로시간, 고용, 실질임금에 미친 영향』, 산업노동연구, 14권 2호, 1-21.
- 성재민 (2005), 『법정근로시간 단축의 효과』, 노동리뷰 제5호.
- 안주협·이규용 (2001), “법정 근로시간 단축의 노동시장 효과: 제조업을 중심으로”, 『분기별 노동동향분석』, 14권 1호, 한국노동연구원.

연구책임자 : 산업안전보건연구원 정책제도연구팀 김영선

연 락 처 : 052-7030-833, biostat@kosha.or.kr

06

기업의 규모 업종별 안전보건투자에 따른 세액공제 제도 개선방안

연구 필요성 및 목적

‘안전사회 구현’을 실현하기 위하여 안전보건투자에 대한 세제 지원제도의 합리화와 세제 지원제도와 관련된 회계제도를 마련할 필요성이 있다. 기업의 안전의식 미비로 발생할 수 있는 사회적 손실을 최소화하기 위해 기업의 안전보건 설비투자를 활성화할 필요성이 있으므로, 현황을 파악하고 현행 세제의 적용가능성 및 공제율의 적정성을 검토할 필요가 있다. 또한, 기업의 안전의식을 고취시키고 산업안전보건법상 안전보건에 대한 인식을 높이기 위해 안전과 관련된 현행 회계제도의 현황을 파악하고 개선방향을 제시할 필요성이 있다.

현행 세제 및 회계제도의 현황을 분석하고, 개선을 위한 대안 제시를 목적으로 한다. 현행 세제의 범위를 관련법을 포함하여 검토하고, 「산업안전보건법」상 안전설비와 관련성을 분석하여 세제의 적용가능성에 대해 판단되는데, 현황분석을 통하여 기업의 규모 업종별 안전보건투자에 대한 세액공제의 필요성을 검토하고, 기업의 안전의식 고취를 위한 안전보건에 대한 회계제도 개선방향을 제시하고자 한다.

연구 내용 및 방법

■ 연구 내용

- 안전관련 세제 및 관련 법규정, 안전관련 회계제도, 안전관련 세제 및 회계관련 선행연구 조사
- 우리나라 산업재해현황 및 실태조사
- 안전관련 외국 제도 조사
- 안전설비 범위의 적정성, 규모별 업종별 세액공제율의 적정성 파악
- 안전보건투자세액공제 대상 제안 및 안전보건투자 세액공제와 회계제도 연계성 강화 방법 제안

■ 연구 방법

- 재해통계자료, 조세특례제한법의 내용 및 관련 법을 검토하고, 관련 세제를 검토 또는 적용한 사업장을 대상으로 설문조사를 실시하여 현행 세제 및 회계제도의 문제점 및 적용가능성 분석

- 해외사례조사를 통하여 안전관련 세제지원내용을 파악하고 우리나라에 적용가능성 파악
- 전문가면담 및 설문조사를 실시하여 개선안의 적정성을 검토하여 세법 및 회계제도 개선

연구 결과

안전설비투자자에 대한 세액공제를 검토하기 위하여 조세특례제한법 제25조 및 관련법을 검토한 결과 조세특례제한법과 관련법인 산업안전보건법 간의 관련성이 미흡하였고, 일부 대상설비를 규정할 때 방호장치를 분리하도록 하여 적용가능성이 낮았다. 이러한 문제점은 설문조사와 전문가면담을 통해서도 확인할 수 있었고, 문제점을 해결하고자 조세특례제한법과 산업안전보건법의 관련성을 높일 수 있는 대안을 마련하였고 각 대안별 장·단점을 분석하여 제시하였다. 또한, 방호장치의 별도분리에 대해서는 회계적으로 구별할 수 있는 대안을 제시하였다.

세액공제율의 적정성을 확인하기 위하여 재해현황과 외국사례 등을 비교한 결과 중소기업, 중견기업, 대기업으로 분류하여 세액공제율을 달리 규정하고 있는 현행 규정에서 나아가 중소기업 중 소기업을 분리한 후 더 높은 공제율을 적용하는 방안을 제시하였다. 다만, 업종별 세액공제율에 차등을 두는 것에 대해서는 이미 규모별 세액공제율의 차등을 통하여 보완되고 세제가 너무 복잡해지는 단점이 있어 추가적인 차등을 제안하지 않았다.

회계상 산업안전을 위한 투자금액의 별도 표시 및 공시제도가 미비함을 확인하고, 설문을 통하여 이를 보완하는 경우 안전의식이 향상될 가능성을 확인하였다. 회계상 계정과목 구분표시나 주석을 통해 구분된 가액을 세액공제의 적용대상으로 활용할 경우 세제의 적용가능성이 높아질 것으로 기대된다.

몇 가지 가정을 전제로 세제개정을 통한 비용·편익분석을 수행하였고, 세법개정을 통하여 안전설비투자액을 늘린다면 세법개정을 통한 비용보다는 편익이 클 수 있는 것으로 분석되었다. 다만, 우리나라 전체 기업 등에 대한 개별기업의 안전설비투자금액 등 기초자료가 부족하여 가정을 전제할 수밖에 없는 한계가 있다.

활용방안 및 기대성과

학문적 기대효과로 안전관련 세제를 하나의 범주로 연구할 수 있는 출발점이 되며, ‘안전’이라는 태두리 안에서 운영하고 있는 조세지출의 내용을 파악할 수 있다.

관련 공공부문의 지출인 안전예산을 민간부문의 지출로 전환할 수 있는 가능성이 있다.

관련 기업이 세액공제를 통해 안전설비에 대한 순투자비용을 절감할 수 있으며, 회계를 통하여 비재무적혜택으로서 기업이미지를 제고할 수 있는 틀을 마련하여 기업의 안전설비투자를 활성화

할 수 있을 것으로 기대된다. 세제개정을 통하여 세제에 대한 적용가능성을 높이면, ‘안전에 대한 지출’이 기업에 세액공제라는 직접적인 재무적 이익을 줄 수 있다는 확신을 줄 수 있고, 주식공시 등 회계제도에 안전과 관련된 내용을 포함하면 ‘안전한 기업’이라는 기업이미지 제고에 영향을 줄 수 있다.

회계제도와 세무제도의 연결을 통하여 보다 투명한 조세지원을 가능하게 하여 세액공제를 적용할 때 적용가능성을 높일 수 있다.

중심어

산업재해, 안전보건자산, 조세지출, 안전설비투자세액공제, 산업안전보건법

참고문헌

권성수·이영한, 국제회계기준 도입에 따른 재무제표 주석에 공시되는 법인세 관련 정보의 변화와 시사점, 조세연구 제11권 제3집, 2011.

원종학·김진수, 연구개발투자 조세지원제도의 효과 분석-기업별 자료를 사용한 분석-, 산업경제연구 제19권 제4호, 2006.

윤영선·윤태화, 임시투자세액공제 제도가 설비투자에 미치는 영향 분석, 국제회계연구 제37집, 2011.

최재욱 외 6인, 소규모 사업장의 산업안전보건 개선을 위한 투자효과 분석, 한국안전학회 학술대회 발표자료, 2013.

연구책임자 : 건국대학교 경영학과 심충진
연구담당자 : 산업안전보건연구원 정책제도연구팀 이경용
연 락 처 : 052-7030-831, rky0906@kosha.or.kr

07

사업장 보건관리체계의 효율화 방안에 관한 연구

연구 필요성 및 목적

「산업안전보건법 시행령」 [별표 5]에서 보건관리자를 두어야 할 사업의 종류·규모, 안전관리자의 수·자격·업무·권한, 선임방법 등 그 밖에 필요한 사항을 규정하고 있으나 이 기준은 과거 제조업을 중심으로 규정된 것으로 최근 비제조업 분야의 산업재해가 다수 발생하고 있다. 따라서 현재 보건관리자 선임의무가 제외된 업종의 보건관리자 선임 의무 확대 적용에 대한 논의가 필요하다. 또한 업종별로 보건관리자를 선임하는 기준이 다르게 규정되어 있어 같은 제조업이라고 하더라도 보건관리자 선임 기준이 다르다. 업종간 보건관리자 선임 기준을 검토할 필요가 있다.

보건관리자의 자격은 「산업안전보건법 시행령」 [별표 6]으로 규정하고 있다. 산업재해의 특성이 과거 급성, 치료 중심의 질환에서 만성, 관리 중심의 질환으로 변하고 있다. 특히, 산업보건에서 근골격계 질환의 중요성이 커지고 있다. 따라서 근골격계 질환의 관리 및 예방 전문가에 대한 필요성이 대두되고 있다.

또한 보건관리자를 사업장에서 자체 선임하기 어려운 경우는 보건관리전문기관에 위탁하여 보건관리 업무를 수행하도록 하고 있으며, 사업장의 보건관리 제도 효율화를 위해서는 보건관리 전문기관에 대한 인력, 시설 및 장비의 효율화 방안이 마련되어야 한다.

본 연구의 목적은 첫째, 보건관리자 선임의 수적 기준의 검토, 둘째, 보건관리자 선임 의무에서 제외된 사업장 중 보건관리자 선임이 필요한지 여부에 대한 검토, 셋째, 업무상 질병과 사업장 관리 현실을 고려한 보건관리자 자격 기준에 대한 검토를 하고자 한다. 또한 보건관리전문기관에 대해서는 보건관리 위탁 업무에 대한 실질적 내용과 업무 수행 현황을 고려하여 인력 및 장비 기준을 검토하고자 한다.

연구 내용 및 방법

■ 문헌 및 외국의 보건관리 제도 고찰

- 사업장 특성과 관련한 산업재해 현황, 보건관리자 업무수행, 보건관리 업무 관련 국내외 문헌 조사 실시

- 일본, 독일 등 선진국의 사업장 보건관리와 관련된 제도를 검토하여 효과적이라 판단되는 제도의 국내 실정을 반영한 도입 가능성 검토

■ 사업장 보건관리 제도 현황 분석

- 산업재해 통계자료, 산업별 근로자 통계 자료, 근로자 건강검진 자료 등을 활용

■ 보건관리자 및 보건관리전문기관 현황 조사

- 보건관리자 및 보건관리전문기관의 현황에 관한 자료 수집 및 분석
- 보건관리자 선임 및 업무수행 실태, 보건관리전문기관의 인력·시설·장비, 인력별 업무수행 실태 등에 관한 현황 파악을 위해 보건관리자 선임 사업장과 보건관리전문기관을 대상으로 자격별 설문 조사 실시

■ 전문가 회의 개최

- 보건관리전문기관 종사자, 산업보건전문가 및 관계자들의 의견 수렴

■ 법령 개정에 따른 규제영향 분석

연구 결과

현재 제외된 업종의 보건관리자 선임 의무 확대를 제시하였다. 보건 분야의 주요 정책 결정 방법론인 기초순위평가체계를 활용하여 일반건강진단 결과, 직무 스트레스, 해당 업종 대상 근로자 수를 근거자료로 평가하고, 시급성과 중대성을 평가하기 위해 전문가 의견 검토 과정을 거쳤다. 그 결과 금융 및 보험업의 보건관리자 선임 의무 부여를 제안하였다. 금융 및 보험업은 50인 이상 사업장의 근로자 수 즉, 보건관리자 선임으로 인해 관리가 가능해지는 대상자 수가 가장 많아 효과적이라 판단되며, 업무 스트레스, 전문가 의견에서도 높은 순위로 평가되었다.

현행 보건관리자 선임 기준인 업종별, 근로자별로 최소 인력이상 선임토록 하는 기준을 보건관리자의 근로자 면담 시간을 기준으로 하여 실질 업무 시간 산정을 통한 산업별 보건관리자 선임 기준 개선안을 제시하였다.

보건관리자 기존 자격 중 산업보건(위생) 관련학과 졸업자 또는 보건위생 관련학과 졸업자 중 산업보건위생에 관한 학과목 12학점 이수자에 대한 자격 제외를 검토하였다. 이를 통해 보건관리자로서 자격이 입증된 인력의 배출을 촉진하고, 사업장에서 보건관리자 업무 수행의 전문성을 확보 할 수 있다. 면허나 자격시험제도 등을 통해 검증된 자격 이외의 보건관리자 자격을 제외 하더라도 의사, 간호사, 산업위생기사 등 관련분야 면허나 자격소지자를 통해 충분한 인력 공급이 가능할 것으로 판단된다. 또한 근골격계 질환의 중대성을 고려하여 보건관리자 인력 신규 자격으로 인간공학기사를 포함하는 방안을 제시하였으며, 이는 근골격계 질환의 관리 및 예방에 효과적일 것이라 판단된다. 다만, 보건관리 업무가 근골격계 질환의 관리만을 의미하는 것은 아니므로 다른 보건관리 업무 수행에 대한 능력 배양을 위한 보완책이 필요할 것이다.

보건관리전문기관의 보건관리 위탁업무 수행에 필요한 사업장 방문 횟수와 사업장의 구성 및 인력 가용 업무량 산정을 통해 보건관리전문기관의 인력기준 개정안 제시하였으며, 이를 통해 효율적인 인력활용과 업무량 과다한 간호사 인력에 대한 보완이 가능할 것으로 기대한다. 또한 보건관리전문기관에서 일반건강진단대상 사업장의 보건관리 위탁업무 수행 시 일반의 활용 방안을 제시하였으며, 보건관리전문기관에서 의사의 업무량을 증가 시키는 개선안을 제시하였다. 이를 통해, 직업환경의학 전문의의 공급부족을 해소하는데 기여할 수 있을 것이다. 시설 및 장비 기준의 최신화 및 구형 장비 퇴출을 검토하였고, 그 결과 휴대용 지질 측정장비를 도입하여 효과적인 만성질환에 대한 관리를 가능하도록 하며, 구형 교육 장비를 퇴출시키고 신형 장비의 도입을 건의하였다.

마지막으로, 보건관리체계 효율화를 위한 종합 근로자 보건관리전문기관설립 개선안을 연구진은 제시하였다. 하나의 사업장에 대해 일반건강진단, 특수건강진단, 보건관리업무 위탁, 작업환경 측정을 종합적으로 제공하며, 이에 대한 결과를 공유함으로써 적극적이고, 효율적인 보건관리가 가능하다고 판단하였다. 또한 인력 및 시설, 장비를 활발하게 공유함으로써 효율성을 극대화 시킬 수 있는 대안이 될 수 있다.

활용방안 및 기대성과

보건관리자 및 보건관리전문기관 등 보건관리체계 제도개선을 위한 기초자료로 활용

중 심 어

보건관리자, 선임기준, 자격, 보건관리전문기관, 인력기준, 장비기준, 규제영향

참고문헌

- 박용규, 정성춘, 권준혁. “건설업 안전/보건관리자 선임기준 개선방안에 관한 연구”, 산업안전보건공단 산업안전보건연구원. 2014.
- 오영호. “보건의료인력 중장기 수급추계연구” 보건사회연구원·한국보건의료인국가시험원. 2010
- 원종욱. “사업장의 효율적인 보건관리업무 개선방안 연구”. 한국산업안전공단 산업안전보건연구원. 2008.
- 이경용. “보건관리자 제도 개선 연구(보건관리체계의 합리화 방안을 중심으로)”. 한국산업안전공단 산업안전보건연구원. 2001.

연구책임자 : 연세대학교 의과대학 원종욱
연구담당자 : 산업안전보건연구원 정책제도연구팀 조흠학
연 락 처 : 052-7030-832, hmhak@kosha.or.kr

08

사업장 안전보건관리체제 국제비교에 관한 연구

연구 필요성 및 목적

그 동안 안전보건관리자 및 안전보건관리체제에 대한 연구는 진행되어 왔으나 보다 포괄적인 관점에서 접근하지는 못한 실정이다. 이전의 연구들로 안전보건관리자의 선임기준에 대한 연구, 안전보건관리자에 대한 주요 선진국의 법규정 비교 연구, 안전보건관리자의 고용형태 등에 따른 산재발생비교 연구 등 안전보건관리체제 측면의 세부 부문별로 분절적인 연구가 이루어져 왔다. 이에 따라, 보다 효과적이고 통합적인 사업장 안전보건관리체제의 확립을 위하여 현재 우리나라의 사업장 안전보건관리체제를 종합적으로 살펴볼 필요가 있다.

본 연구의 범위는 크게 세 가지로 구분된다. 첫째는 우리나라의 사업장 안전보건관리체제에 대한 실태파악을 실시하는 것이며, 둘째는 주요 선진국(미국, 영국, 독일, 일본)의 사업장 안전보건관리체제, 관련 제도 등을 조사하는 것이다. 셋째는 국내 실태조사 결과와 선진국 사례 조사 결과를 토대로 현행 사업장 안전보건관리체제의 개선방안을 도출하는 것이다.

연구 내용 및 방법

■ 우리나라 안전보건관리체제에 대한 종합적 실태 파악

- 자체선임 및 위탁에 따른 안전보건관리 업무실태, 산재발생 측면의 성과 현황, 현행 관리체제의 문제점 분석
- 안전보건관리자 특성(사업장내 지위 및 역할, 업무경험, 고용형태 등)에 따른 안전보건관리 실태 파악
- 재해예방전문기관의 사업장 대상 안전보건관리 실태 파악

■ 주요 선진국(미국, 영국, 독일, 일본 등)의 안전보건관리체제, 관련 제도, 실제 안전보건관리 실태 조사

■ 개선방안 도출

- 우리나라의 사업장 안전보건관리체제 현황을 종합적으로 파악하고, 주요 선진국의 안전보건관리체제와 비교분석함으로써, 현행 사업장 안전보건관리체제 운영 관련 개선 방안 도출

- 사업장 특성별 안전보건관리체계 운영 방안 검토(자체선임과 위탁 범위, 안전보건관리자 고용형태, 합리적 위탁비용 수준 등)

연구 결과

■ 안전관리 및 보건관리전문기관 위탁사업장 설문 주요 내용

- 제조업이나 서비스업 사업장에서 안전관리자를 선임하지 않고, 안전관리 전문기관을 이용하는 이유로는 크게 전문지식활용, 전문기관의 공신력 활용, 관련 법규 정보 습득, 인건비와 전담 인원 미확보 등으로 나타나는 반면, 보건관리 전문기관을 이용하는 이유로는 주로 전문 지식활용과 인력 및 인건비의 미확보가 제시되고 있음
- 안전관리와 보건관리를 위탁한 사업장에서는 사업장 자체적으로 실시하고 있는 산재예방관련 활동이 저조하게 나타남.
- 안전보건관리 전문기관에서 제공받는 안전보건관리 서비스는 대부분이 산업안전보건법령상에 규정한 업무들로 상대적으로 전문성이 낮고 실질적인 관리업무가 이루어지지 않는 것으로 보임

■ 주요 선진국의 사업장 안전보건관리체제 및 산재발생 보고체계 조사

- 미국은 사업장의 안전보건관리자 선임에 관한 법적인 규정은 존재하지 않으며, 전반적으로 사업장의 자율적인 안전관리를 강조하고, 이와 함께 상대적으로 무거운 벌금제도를 운영함
- 영국의 경우 보건관리자 선임은 의무이며 사업장내에 상주하는 보건관리자가 있으나, 사업장 규모나 업종에 따라 보건관리자 선임의무나 보건관리자 자격이 다르지 않은 것으로 조사됨
- 독일의 산업보건의(보건관리자)는 사업장의 규모와 업종에 상관없이 모든 사업장의 근로자를 대상으로 하고 있으며, 근무자 1인당 소정시간의 직업 보건서비스를 산업보건의로부터 받도록 의무화된 점이 특징임
- 일본의 산업보건의는 1,000인이상 사업장은 내부선임토록 법기준에 명시되어 있어 국가자격/연수이수자를 전담으로 1~3명 두고 있으며, 내부 1명 선임 + 위탁 3명, 외부 기관 선임 등 다양하게 운영되고 있음
- 독일이나 미국 워싱턴 주에서는 산업재해를 노동자나 사업주가 아닌 초기 진료 의사가 신고하는 ‘의사 신고제도’를 도입하여 산재 은폐를 원칙적으로 차단하고자 노력하고 있음

■ 사업장 안전보건관리체제 운영 개선 방안

- 사업장 단위의 안전보건관리자 선임 및 위탁 현황에 대한 자료(2009~2014년)와 해당 사업장의 재해자 자료(2005~2014년)를 제공받아 두 자료를 결합하여 분석을 진행
- 안전관리자 최초선임 및 최초위탁 연도를 기준으로 과거 5년간의 평균재해율을 비교한

결과, 대체적으로 위탁사업장의 평균재해율이 선임사업장 보다 더 높게 나타남

- 한편, 보건관리자 선임 및 위탁에 따른 재해율 현황을 보면, 안전관리자와 유사하게 2009년부터 2014년까지 모든 선임기준연도에서 보건관리 위탁사업장의 5년간 평균재해율이 자체 선임 사업장보다 높게 나타나고 있음
- 자체선임에서 위탁으로 전환한 경우, 자체선임하고 있던 시점의 재해율보다 위탁으로 전환한 연도의 재해율이 증가한 모습을 보임

■ 안전관리 위탁에서 자체선임 전환에 따라 발생하는 추가비용 분석

- 제조업의 경우, 법정최저 선임기준 인원 미충족 사업장의 2014년 위탁비용은 약 56억원으로 나타나며, 위탁에서 자체선임으로 전환시 발생비용은 약 72억 6천만원으로 나타남. 이에 따라 위탁에서 선임으로 전환시에 발생하는 추가적인 총 비용은 약 16억 5,978만원으로 추정되었음
- 이 비용은 통상적으로 예측되었던 기특법 규제완화에 따라 발생하는 기업의 추가비용이 그다지 크지 않다는 것을 의미함

■ 외부 위탁전문기관의 역할 제고를 위한 합리적 비용 수준

- 전체 사업장 수를 기준으로 보았을 때, 현재 안전보건관리자를 자체적으로 선임하는 사업장 보다는 안전보건관리 위탁기관을 이용하는 사업장이 많아 안전보건관리 대행 업무기준을 표준품셈으로 변경하고, 그에 따라 수수료를 조정하면, 동 제도가 상대적으로 빨리 정착될 것으로 기대됨
- 이를 위해서는 근본적으로 현재 근로자 인원당 부과되는 수수료를 서비스 제공 시간당 수수료로 변경해야 할 필요가 있음

활용방안 및 기대성과

- 안전보건관리자 제도개선을 위한 기초자료로 활용
- 향후 우리나라 안전보건관리체제 발전 방안을 위한 기초자료로 활용

중 심 어

안전보건관리체제, 안전관리자, 보건관리자, 안전관리전문기관, 보건관리전문기관, 의사신고 제도

참고문헌

- 문선웅·임병인·전용일 (2011), “산업구조 변화에 따른 산업안전보건서비스 개선방안에 관한 연구 - 서비스 업종의 법정수요와 공급전달체제를 중심으로”, 성균관대학교 경제학과 working paper.
- 문덕한 외 (2015), “산업안전보건(통합)관리자 제도 운영 및 컨설팅트”, 한국산업안전보건연구원
- 산업안전보건공단 (2007), “주요외국의 산업안전보건제도 및 재해예방활동”.
- 원종욱 (2008), “사업장의 효율적인 보건관리업무 개선방안 연구”. 산업안전보건연구원 연구보고서.
- 전용일 외 (2014), “안전보건 투자성과 지표개발 연구”, 고용노동부 연구보고서.

연구책임자 : 성균관대학교 경제학과 전용일
연구담당자 : 산업안전보건연구원 정책제도연구팀 조흠학
연 락 처 : 052-7030-832, hmhak@kosha.or.kr

09

산업안전보건 규율체계 개편에 관한 연구

연구 필요성 및 목적

산안법이 너무 방대하여 모든 사업장에 적용되는 안전기준 및 보건기준들을 사업장에서 적용하기가 어렵다는 인식이 있으며, 때문에 사업장에서 사업주나 안전 및 보건관리자들이 이해하는 데 어려움이 있어 보다 쉽고 명쾌하게 정리하여 수급자의 이해도를 제고할 필요가 있다.

우리 산안법령 체계와 주요 외국(미국, 영국, 독일, 일본)의 산업안전보건 규율체계와의 비교 분석을 통해 산업안전보건법의 통합 체계화 또는 기술적 부분을 구분하여 정리하는 개별법화의 타당성도 검토하고자 한다.

연구 내용 및 방법

■ 연구 내용

- 우리나라의 산재 현황과 산안법의 연혁적 측면을 정리하면서 산안법의 체계 전반 검토 및 체계상의 문제점 도출
- 산안법 체계를 재정리하기 위해서 필요한 이론적 근거 및 산안법 체계의 합리적인 제고 방안까지 함께 정리
- 동독일, 영국, 일본과 같은 외국 산안법과의 비교 분석을 실시
- 현행 산안법의 가장 시급한 과제인 체제개편의 방식을 정리하고 그 이론적 구성과 기술적 집행 법률로서의 장단점을 구분하여 정리

■ 연구 방법

- 우리나라의 현행 산업안전보건법 체계를 미국과 일본 및 독일의 경우와 비교 검토
- 우리나라의 산안법상 근로자 안전보건 의무 및 산안법위반시 근로자의 책임범위에 대한 외국 사례와의 비교 분석을 실시

연구 결과

계약법 차원에서 산업안전보건법 상의 제반 의무와 책임 체계를 질서규범으로 전환할 필요가 있다. 더 이상 사업주가 근로자의 계약법상 배려의무나 안전의무 위반 차원에서 취급되어서는 아니되며, 또한 결과발생에 따른 책임 추궁 체계에서 벗어나, 상시적인 관리 책임 체계를 구축해야 한다.

혼한 인식 중 하나가 우리나라 산안법 법령의 조문수가 많아서 주된 수범자인 사업주가 이를 준수하는데 어려움이 있다는 것이다. 법령의 조문수가 상당함은 사실이나 영국이나 독일의 법령에 비해 더 많은 것은 아니었다. 따라서 단순히 조항수를 비교할 것이 아니라 각 법령에서 규율하는 대상과 그 체계의 논리성, 가독성 등을 비교하여 입법개선에 반영하는 것이 타당하다고 사료된다.

현재의 법률, 시행령, 시행규칙의 형태를 재정리하여 기본법으로 틀을 잡고 각론에 해당하는 내용은 개별법화 하는 식으로 체제개편이 논의될 여지가 있으나 미국의 사례에서 보듯 분법에 따른 입법 기술상의 어려움이 크고, 통합법에서 분법화로의 변화에 따른 혼란과 기회비용이 많이 발생되고, 법령이나 규칙이 증가됨에 따른 사업주들의 반대와 집행에 따른 처벌시 명확성 확보가 어려울 수 있는 문제가 예측되므로 관련 후속 연구 및 논의가 더 많이 필요한 부분이다.

활용방안 및 기대성과

산안법 입법체계에 관한 중요한 자료로 차후 산안법 개정에 활용가능성이 높다.

산안법의 입법목적을 명확히 함으로써 산안법이 복잡하다는 인식을 해소하고 산안법의 효율적인 집행에도 도움이 될 것으로 기대된다.

중 심 어

산업안전보건법, 사업주, 근로자, 개별법, 법원, 처벌의 명확성

참고문헌

전형배, 산업안전보건법의 양벌규정 개정에 관한 연구, 안암법학 제27권, 2008.

정진우, 산업안전보건법 상 근로자의 법적 지위, 2012.

조흥학, 법제사적의미의 산업안전보건법의 역할과 지위, 산업안전보건연구원, 2010.

B. A. Fellner/D. W. Savelson, Occupational Safety and Health Law and Practicem Practising Law Institute 28, 1976.

Böhmert V, Arbeitsverhältnisse und Fabrileinrichtungen der Schweiz, Bd. I, 1987.

Kasseler Kommentar Soz

小烟史子, 労働安全衛生法規の法的性質(1) 法學協會雜誌 112卷 5號, 1995.

연구책임자 : 산업안전보건연구원 정책제도연구팀 조흠학

연 락 처 : 052-7030-832, hmhak@kosha.or.kr

10

산업안전보건 체험교육의 실태와 개선방안 연구

연구 필요성 및 목적

본 연구는 안전보건공단을 비롯한 주요 체험교육장의 실태를 파악하고 그 효과성을 분석하여 안전보건공단 체험교육장 개선점을 비롯한 체험교육의 활성화 방안을 제시하는데 그 목적이 있다. 본 연구의 구체적 목표는 다음과 같다.

- ▣ 선진 외국의 산업안전 체험교육 현황을 고찰한다.
- ▣ 공단 안전체험교육의 효과를 분석한다.
 - 안전보건공단, 주요 기업체, 자치단체에서 운영하는 안전체험교육의 교육과정 및 환경 실태를 조사한다.
 - 안전보건공단, 주요 기업체, 자치단체에서 운영하는 안전체험교육의 효과를 분석한다.
- ▣ 안전체험교육의 활성화 방안을 제시한다.
 - 교육 과정, 교육 환경, 교육 매체 차원의 산업안전 체험교육의 개선방안을 도출한다.
 - 안전체험교육 개선안에 대한 경제성 검토를 실시한다.
 - 위의 결과를 기초로 안전보건공단 체험교육의 중장기 발전 방안을 수립한다.

연구 내용 및 방법

- ▣ 연구 내용
 - 선진 외국의 안전체험교육의 현황 고찰
 - 국내 산업안전 체험교육의 환경 및 교육과정 분석
 - 공단 안전체험교육의 효과 분석
 - 안전체험교육의 활성화 방안 제시

▣ 연구 방법

- 현장 관찰 조사

교육과정과 교육환경 분석을 위해 공단 소속 5개 체험교육장, 기업체 소속 4개 체험장, 자치단체 소속 2개 체험장을 방문하여 자체 개발한 조사기준을 따라 조사하고 분석하였다.

- 설문 조사

설문조사는 개인과 조직의 일반적 특성을 기초로 교육만족도, 학습결과, 체험교육 및 사고 관련 신념, 일반 체험교육과 안전보건 인지도를 포함한 총 40문항으로 구성하여 자기기입식 설문조사를 실시하였으며공단 소속 5개 교육장과 기업체 소속 3개 교육장에서 조사기간 중에 교육받은 203명 근로자의 응답을 분석 대상으로 하였다.

- 질적 조사

포토보이스를 활용한 심층면접조사를 실시하였다. 공단 소속 5개 교육장과 기업체 소속 2개 교육장에서 교육받은 근로자들 중에서 교육장별로 1-2명씩을 섭외하여 교육 종료 후에 심층 면담을 실시하였다.

- 전문가 자문

현장조사에 포함되는 교육환경, 교육과정, 교육매체의 조사항목 선정, 설문조사 내용 선정, 질적조사 방법과 분석, 체험교육 개선에 대한 경제성 분석 방향 설정에 대해 연구진행 과정 중에 전문가 및 관계자 자문을 받아 자문 결과를 반영하며 수정보완하는 과정을 거쳤다.

연구 결과

공단 소속 교육장은 개장한지 오랜 기간이 지나 교육환경과 매체에 노후화가 진행되었으나 교육과정과 강사 역량 측면에서 기업체 소속 교육장보다 우수하였다. 따라서 이러한 기본 역량을 기반으로 교육과정을 산업현장과 재해발생 문제에 맞게 개편하고, 이를 원활하게 구현할 수 있도록 교육 환경과 매체를 개선해야 하며 개편 내용을 충분히 운용할 수 있도록 강사 인력 확충 및 교육자료와 콘텐츠의 개발이 함께 통합적으로 계획되고 추진되어야 한다. 이를 위한 중장기 방안으로 지역 본부 교육센터를 중심으로 체험교육 시설이 통합 운영하여 교육 인력과 교육 대상자를 확보하면 운영관리의 효율과 교육의 질을 함께 향상시킬 수 있을 것이다. 또한 공단 본부를 중심으로 안전보건종합센터(가칭)를 설립하면 안전보건공단의 안전보건 활동과 관련된 전시 기능, 교육 기능, 회의와 네트워크 기능을 활성화하고 안전보건활동에 대한 선도적 역할을 강화할 수 있을 것이다.

활용방안 및 기대성과

안전보건공단의 체험교육 개선 및 활성화의 근거자료를 제공한다.
국내 산업안전 체험교육의 개선 및 활성화의 참고자료를 제공한다.
체험교육 방법과 매체 관련 연구의 소재와 방향을 제시한다.

중 심 어

산업재해, 체험교육, 교육과정, 교육환경, 교육매체, 교육효과

참고문헌

- 강종철, 장성록. 산업안전보건교육의 실효성제고 방안에 관한 연구. 한국안전학회지, 2005, 20(1), 143-147.
- 고용노동부 산재예방보상정책국. 체험교육 강화를 위한 안전체험교육장 활성화 및 확충방안. 2015. 5.
- 박경옥 등. 사업장내 안전보건교육 실태분석 및 질 제고 방안 연구. 한국산업안전보건공단, 2007.
- 안전보건공단. 체험교육장 운영 현황 및 확대방안, 2015. 4.
- 전용일, 이명선. 산업안전보건교육 교육제도 개선방안 연구-최종보고서. 2012-연구원-547. 안전보건공단, 2012.

연구책임자 : 이화여자대학교 보건관리학과 박경옥
연구담당자 : 산업안전보건연구원 정책제도연구팀 조흠학
연 락 처 : 052-7030-832, hmhak@kosha.or.kr

11

산업안전보건 측면에서 양질의 일자리에 관한 연구

연구 필요성 및 목적

고용형태의 다양화, 장시간 근로 등에 따라 노동의 질이 저하되고, 저출산 및 고령화로 장노년층 근로자가 증가하며 외국인 근로자가 지속적으로 유입됨. 유해·위험작업의 도급화와 장시간 근로 등에 따라 노동의 질 저하 문제가 대두되고 있으며, 장노년층 및 외국인 근로자의 근로조건은 상대적으로 열악함

독일 등 선진외국에서 과거에는 ‘노동의 인간화’, 최근에는 ‘노동생활의 질 향상’ 및 ‘양질의 일자리’ 프로그램을 추진하여 노동의 질을 개선하기 위한 노력을 하였음. 특히, 독일에서는 첨단산업을 비롯한 벤처 산업 등 다양한 형태의 산업이 번창하면서 직무의 내용이 양과 질에 있어서 변화하고 근로자의 욕구도 다양해지면서 종래의 비인간적인 근로환경과 근로조건이 인간성을 회복하는 방향으로 전환되어야 한다는 인식이 확산되면서 ‘노동의 인간화’의 주제에 대해 관심을 기울이게 되었고 그 결과 사용자와 근로자 모두가 이를 인지하고 이에 대한 체계적인 연구가 진행되어오고 있음. 노동 또는 노동생활의 질을 향상시키기 위해서는 산업안전보건 관련 제반 근로환경 및 근로조건의 개선이 필요하며, 이를 통해 양질의 일자리 창출에 기여할 수 있음.

연구 내용 및 방법

■ 연구 내용

- 노동의 개념과 노동의 소외
- 전통적 의미의 노동의 인간화
- 현대적 의미의 노동의 인간화
- 산업안전보건과 양질의 일자리

■ 연구 방법

- 선진외국 및 국제노동기구 그리고 유럽연합 등의 문헌조사 및 관련 통계 비교 분석 등을 통하여 노동의 인간화 운동의 전개 현황을 심도 있게 검토함.

- 산업안전보건 관련 사업이 ‘노동생활의 질 향상’ 및 ‘양질의 일자리 창출’ 프로그램에 기여할 수 있는 전략적 방안 제시

연구 결과

1970년대 경영에서 노동의 인간화(Humanisierung der Arbeit im Betrieb)의 문제는 기업의 인력의 배치·활용·양성, 신기술 활용, 새로운 생산방식이나 작업조직의 도입, 경영전략의 결정 등에 근로자가 참여할 수 있을 경우 경영합리화의 부정적인 영향을 줄일 수 있을 것이라고 보며, 이와 같은 산업민주주의의 실현은 경영의 합리화의 성격에 방향에 개입하여 인간적인 작업장을 형성하는데 결정적인 기여를 할 수 있다고 판단하였음. 독일에서는 경영조직법에 의해 근로자들의 경영 참여권을 보장하게 됨.

따라서 정부, 사용자, 노동조합 등 다양한 이해관계자가 모여 협의하고 공통의 관심사를 도출하는 민주적 참여구조가 만들어지고 또 작동하였다는 점은 시사하는 바가 큼. 무엇보다 노동조건의 개선을 위한 제도와 법이 정비되고 개선되었다는 점임. 특히 산업안전 및 보건과 관련한 중요한 법과 제도가 이 시기에 만들어졌다는 점도 주목할 만함. 소음, 열기, 독성 물질, 자동차 공장의 도색 등과 같은 환경적 부담이나 단조로운 작업과정, 기계속도에 의한 노동의 긴박성 등에 의한 극단적인 육체적 부담을 개선할 수 있는 노동과정의 개선의 이루어지기도 하였음.

독일의 노동생활의 인간화 프로젝트는 노사민정이 합의할 수 있는 사회적, 경제적, 정치적 배경을 잘 활용하여 서로 win-win할 수 있는 합의점을 찾았음. 또한 다양한 해외사례를 참고하였으나 독일 고유의 전통도 결합하여 독창적인 문제해결의 모습도 보임. 이는 오랜 기간 노동의 인간화 운동이 지속되어 온 전통의 결과라고 할 수 있음.

유럽연합은 산업안전보건 기본지침과 이것의 하위지침들에 의해 각 회원국의 국내 법률의 준비를 관리하고 유럽연합 차원에서 근로자의 건강과 안전 확보를 위한 일회적이고 단편적인 조치가 아닌 지속적인 관리를 위해 다양한 전략을 계속해서 수립하여 변화하는 노동환경에서 새롭게 출현하는 위험에 적극적으로 대처하기 위한 전략을 수립하여 시행하게 됨.

이러한 전략적 조치로 독일은 산업안전보건 기본법을 제정하여 새로운 형태의 다양한 위험을 간접적 규제방식으로 포괄적으로 예방할 수 있는 위험성 평가제도를 도입하여 운영하고 있음. 더 나아가 ILO나 유럽 안전보건기구(유럽 안전보건기구)는 변화하는 노동의 세계에서 새롭게 출현한 위험으로서 첫째, 나노물질, 생물학적 위험인자, 화학물질과 둘째 증폭된 위험을 소유한 특정 근로자 집단 셋째, 심리적 요인에 의한 직장 스트레스 등을 제시하며 이러한 위험에 대한 유연한 예방대책으로서 위험성 평가나 직장내 건강증진 조치 등이 중추적인 역할을 수행한다고 보며 특히, 중소 규모 사업장이나 고위험 사업에 대해서는 모범적인 사례 소개나 경제적 인센티브 제도 운영을 통해 합리적인 국가적 전략을 수립해 보완하고 있음.

양질의 일자리는 사업장의 위험정보제공수준에 따라 달라질 수 있으며, 사업장에 참여되는 근로자의 참여정도와 노동조합의 역할 등에 따라 달라진다고 볼 수 있다. 이러한 내용을 나타낼 수 있는 지표로는 선택권, 창의성, 발전성, 안정성, 지원참여, 기술훈련 등은 범주로 작업방법의 선택과 작업순서의 선택 또는 작업속도의 선택 등으로 찾아볼 수 있음.

직무 특성에 기초한 일자리의 질적 수준은 크게 6가지 범주로 구성되는 것으로 나타났으며, 업무의 제반 내용에 대한 선택권, 업무 수행과 관련된 창의성, 그리고 업무 수행을 통해 자신의 경력과 능력이 발전될 수 있는 전망, 직무의 안정성, 업무 수행중 받게 되는 지원과 의사결정 등에 대한 참여, 그리고 마지막으로 자신의 업무 능력을 향상시킬 수 있는 기술 훈련 기회 등으로 나타나고 있음. 이와 같은 직무 특성이 높을수록 양질의 일자리이고 간주할 수 있고, 따라서 좋은 일자리는 업무 수행과 관련하여 선택권이 높고, 창의성이 높으며, 업무와 관련하여 발전성이 있고, 직무가 안정적이고 업무 수행과 관련하여 상사의 지원을 받을 수 있고 참여할 수 있는 기회가 있으며, 적절한 기술과 훈련을 받을 수 있다면 좋은 일자리라고 할 수 있을 것임

활용방안 및 기대성과

산업안전보건 정책 및 입법개선을 위한 기초자료가 될 수 있음.

최근 정부에서 추진하고 있는 양질의 일자리 창출과 관련해서 양질의 일자리 관련 지표에 산업안전보건 관련 지표를 포함시킬 수 있는 계기를 마련.

양질의 일자리 지표에 산업안전보건 관련 내용을 반영하도록 함으로써 산업재해 예방에 많은 기여를 할 수 있을 것임.

중 심 어

노동, 노동의 인간화, 양질의 일자리, 산업안전보건, 위험성 평가, 유럽 안전보건기구

참고문헌

- 김상호, 1997, 전후 독일의 노동시장변화와 정책추이, 한국노동연구원
 노진귀, 2008, 독일노총(DGB)의 ‘양질의 노동지표’. 『노동저널: 새로운 노동운동의 지평을 여는』 2008, 10: 1-9.
 윤진호, 주무현, 2001. 토요타 생산시스템의 진화와 ‘노동의 인간화’. 『산업노동연구』 제7권 제1호: 59-93.

이민영, 1997, 노동의 인간화와 한국 노동조합운동. 『동향과 전망』 97년 여름호(통권 제34호): 162-185.

조돈문, 1998, 독일 자동차산업의 생산방식 합리화와 “노동의 인간화”. 강종철, 장성록. 산업안전보건교육의 실효성제고 방안에 관한 연구. 한국안전학회지, 2005, 20(1), 143-147.

연구책임자 : 산업안전보건연구원 안전보건정책연구실 김기식
연 락 처 : 052-7030-820, kmksk@kosha.or.kr

12

산업안전보건정책 수요분석 및 정책대상 조사 연구

연구 필요성 및 목적

산업안전보건 정책 수요 분석 및 정책 목표 집단 파악

제4차 근로환경조사 자료에 대한 분석을 통해, 정부의 안전혁신 마스터플랜 프레임(안) 프로파일 도출 보다 구체적으로, <안전보건정책 수요 분석체계>표를 참조하여 제4차 근로환경조사 자료를 분석함을 통해, 조사대상 취업자들의 다차원적인 사회·경제적 특성들을 기준으로, 산재취약 집단들을 분리, 추출하고, 각 취업자가 일하고 있는 업체의 업종과 규모 특성과 교차하여, 비교 집단군을 설정한 후, 그 집단들 간의 다양한 유해·위험요인에의 노출수준을 비교하여, 정부의 산재 예방정책사업의 개입대상 집단의 우선순위를 제시하는데 목적을 둬

연구 내용 및 방법

비교 집단별 유해·위험요인에의 노출수준 분석 : 유해·위험요인에의 노출수준은 산업재해로 이어질 수 있는 확률의 크기를 의미함. 본 분석에서는, 아래의 비교 집단들 간에 그 노출수준의 기술통계 수치들이 어떻게 다른지 비교하여, 상대적으로 노출수준이 가장 높은 집단부터 순서대로 제시하는 방식을 택함. 그 수준이 가장 높은 집단을 일차적인 정책 목표 집단으로 간주할 수 있음.

산재발생의 원인에 해당하는 다차원의 유해·위험 인자들을 물리적, 화학적, 생물학적, 인간 공학적, 기술적, 감정노동, 업무강도, 스트레스, 교대근무 및 초과근무 요인 등 10개 차원의 요인 변수들로 분류함.

우선, 1차 비교 대상으로, 임금근로자와 자영업종사자(무고용자영업자와 무급가족종사자 포함) 집단을 분리, 추출한 후, 각 유해·위험에의 노출수준의 기술통계 수치들을 비교함.

2차적으로, 이들 임금근로자와 자영업종사자 집단 각각에 대해, ‘업종군(群)별로 차별화된 업체규모 분류기준’을 적용하여 세분한 후, 그들 하위 집단들의 각 유해·위험에의 노출수준(평균 값)을 비교하여, 그 수준이 상대적으로 높은 집단부터 순서대로 제시함. 그 같은 순위표에 대한 해석을 위한 비교 기준 등에 대해서는, 해당 절에서 자세히 논의할 것임.

이어서, 산재에 취약한 것으로 알려진, 5개의 임금근로자집단을 분리, 추출하고, 각 집단에 대해, ‘업종군(群)별로 차별화된 업체규모 분류기준’을 적용하여 세분한 후, 그들 하위집단별 각 유해·위험에의 노출수준(평균값)을 비교하여, 그 수준이 상대적으로 높은 집단부터 순서대로 제시함. 단, 5개의 산재취약 임금근로자 집단들 간의 비교는 무의미한 까닭에, 전체 임금근로자의 평균치를 참조하고, 자영업종사자 집단의 평균치와의 비교를 수행함.

각 비교 집단들 간 평균값의 편차가 통계적으로 유의미한지를 확인하기 위해 T-검정(T-test), 또는 χ^2 검정(chi-squared test)을 실시함.

연구 결과

<안전보건정책 수요 분석체계> 표상에 산재 취약 집단으로 적시되어 있는, 영세자영업자 집단과 여성, 장년, 신규, 외국인 및 청소용역업체 등의 임금근로자 집단들을 대상으로, 산재 발생의 주요 원인에 해당하는 각종 유해·위험 요인들에 대한 노출수준이 어느 업종의 어느 규모의 업체 집단에서 심각하게 나타나고 있는지를 적절한 준거집단과의 비교를 통해 해석해 내는 과정에서 다음과 같은 결론에 도달함.

임금근로자 집단 대비, 자영업종사자 집단이, 산재 발생 원인이 되는 각종 유해위험인자들에 대한 노출수준이 높았고, 그 차이는 통계적으로 유의미했음. 특히, 물리적, 화학적, 생물학적, 인간공학적, 감정노동, 스트레스 등의 유해위험요인들에 노출된 가운데 작업하는 시간이 더 길었으며, 절대 근로시간은 물론 휴일 근무 일수에 있어서도 임금근로자 집단을 체계적으로 능가했음.

다만, 컴퓨터와 인터넷에 의존한 업무 수행 시간이나 교대근무의 수행에 있어서만 임금근로자 집단보다 뒤졌는데, 사실 이 요인들은 소규모 영세업체들이 구조적으로 도입하기 어려운 업무 형태임을 감안할 때, 사실상 위해요인 전 차원에 걸쳐 자영업종사자 집단의 상황은 산재에 매우 취약한 것이 사실임.

업종별로는, 자영업종사자들이 대거 밀집해 있는, 음식숙박, 기타제조, 건설, 도소매, 기타산업 부분의 소규모 영세업체 집단들을 정책적 관심의 영역으로 끌어들일 수 있다면, 그 정책적 효과가 클 것으로 판단되고, 임금근로자 집단 가운데는 조선, 위생 및 유사 서비스업종 ‘등’의 상황이 심각한 것으로 판단됨.

외국인 임금근로자 집단의 상황은 믿기 힘들 정도로 심각함.

장년층 임금근로자 집단의 경우, 3, 40대 중년 임금근로자 집단에 비해 유해위험요인에 대한 노출 수준이 통계적으로 유의미하게 높았으나, 장년층 자영업종사자 집단에는 못 미쳤음.

여성과 신규 임금근로자 집단의 경우, 적어도 본 분석에서 사용한 측정 지표들에 비춰 볼 때, 산재취약계층으로 보기에는 어려움이 있음. 다만, 그들 집단에 초점을 맞춘 특화된 연구가 추가적으로 필요할 것으로 보임

청소용역업체의 경우, 업종의 성격상 야간 근무가 선호되고, 대규모 업체들의 경우 교대 근무가 성행하는 점이 문제로 보임.

활용방안 및 기대성과

본 연구에서 제시된 분석표들은, 통계적 가공 절차를 거쳐 산출된 산재에 취약한 취업자 집단들의 순위표에 해당함. 다시 말해, 산재를 초래할 개연성이 높은, 유해하고 위험한 인자들에 장시간 노출된 채 일하고 있는 집단을 그 노출시간이 가장 긴 집단부터 순서대로 나열한 목록임. 따라서 산재에 취약한 순서대로 예방정책 목표 집단들의 우선순위를 정한다면, 이 목록의 순서 그 자체가 가장 중요한 기준이 될 것으로 판단됨

중 심 어

제4차 근로환경조사, 비교 집단별 유해·위험 요인에의 노출수준 분석, 유럽 연합(EU)과 미국의 다년도 산업안전보건 정책 수립 절차 및 방법

참고문헌

European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA). 2013. *EU- OSHA Multi-annual Strategic Programme(MSP) 2014-2020*.

European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA), 2010. *Economic incentives to improve occupational safety and health: a review from the European perspective*

European Commission. 2014. *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on an EU Strategic Framework on Health and Safety at Work 2014-2020*.

연구책임자 : 시립대학교 경제학과 신봉호
연구담당자 : 산업안전보건연구원 정책제도연구팀 이경용
연 락 처 : 052-7030-831, rky0906@kosha.or.kr

13

산업안전보건패널 품질향상을 위한 연구

연구 필요성 및 목적

산업안전보건 패널을 통해 생산된 통계에 대한 신뢰성 확보를 위해서는 일련의 품질 진단 기준이 필요하지만 우리나라의 통계품질진단은 실사 후 사후적 개념으로 이루어지고 있다.

자료의 신뢰성 확보를 위해 조사 설계, 조사원교육, 실사, 자료처리 등 과정에 대한 품질관리에 대한 연구가 필요하다.

연구 내용 및 방법

■ 연구 내용

- 산업안전보건 패널 품질향상을 위한 실사 준칙 개발
- 산업안전보건패널의 조사관련 업무 흐름도를 개발

■ 연구 방법

- 실사 준칙과 설문지를 활용하여 산업안전보건 동향조사를 대상으로 타당성에 대한 검증을 실시하였다.
- 표본 배분 방법은 우선할당 후 다단계화 비례배분 방법을 사용하였다.
- 산업안전보건 패널의 로드맵을 통해 wave별 산업안전보건 패널 지표 구성방안 연구하였으며 지속발전 가능한 산업안전보건 패널을 위한 방안과 5년간 연차별 로드맵을 작성하였다.

연구 결과

Eurostat와 ESS(European Statistical System)의 유럽실사준칙(European Statistics Code of Practice: CoP)과 ESS의 품질보증체계 (Quality Assurance Framework of the European Statistical System: ESS QAF)에 근거하여 산업안전 보건 패널 품질향상을 위한 실사 준칙을 개발하였다.

ECS와 ESENER를 번역한 것과 KOSHA Panel를 참조하여 산업안전보건 패널을 대표할 수 있는 지표와 지속적인 조사가 필요한 핵심항목과 부가항목에 대하여 wave별 지표, 산업안전보건 패널 pilot study(2014년 조사완료) 자료에 대한 분석을 통한 업종 및 규모를 고려하여 설문지를 작성하였다.

CAPI 조사시스템이 관리자, 현장관리자, 조사원이 상호 소통 할 수 있는 기능, 다양한 상황에 대비하여 안정적으로 자료를 축적할 수 있는 기능, ESS의 CoP, QAF를 반영한 품질관리 기능, 조사의 주무부처에서 자료에 대하여 신뢰할 만한 품질 관리 기능을 하여 자료의 신뢰성을 보장하기 위한 품질관리 기능 등에 대한 품질진단을 실시하였다.

2015년 사업장 동향조사를 통하여 개발한 산업안전보건 패널 실사 준칙을 적용하여 그 타당성을 분석한 후 전문가 회의를 통하여 실사준칙을 보완하였다.

지속발전이 가능한 산업안전보건 패널을 위한 방안으로 국내외 패널 및 산업안전보건 관련 조사에 대한 연구를 통하여 패널 관리 및 운영에 대한 세부안을 제시하였다.

활용방안 및 기대성과

본 연구의 결과는 신뢰성 있는 통계로 산업안전보건의 실태를 제시하여 정책의 근거가 되는 기초 정보를 제공하는 것이다.

본 연구는 오늘날 산업재해의 원인을 밝혀내어 예방대책을 위한 기초자료를 제공하고자 함이다. 여기에 본 연구는 예방대책의 우선순위의 지표를 제시하고 있으며, 또 산업안전보건 패널 조사를 위한 중장기 로드맵을 제공하고 있다.

본 연구가 국가의 산업안전보건 정책수립의 기초 자료로 사용됨과 동시에 공공단체와 기업, 각종 단체의 산업안전보건 패널 조사에 대한 관심과 활용을 기대하는 바이다.

중 심 어

동향조사, 산업안전보건 패널, 실사준칙, 패널품질관리, 품질진단, CAPI

참고문헌

김영선, 산업안전보건 패널조사를 위한 기초연구, 안전보건공단 산업안전보건연구원, 2014
 Biemer, Paul P., Lysberg, Lars E., "Introduction to Survey Quality", JOHN WILEY & SONS INC., 2003

연구책임자 : 산업안전보건연구원 정책제도연구팀 김영선

연 락 처 : 052-7030-833, biostat@kosha.or.kr

14

산업재해 은폐에 대한 처벌방안

연구 필요성 및 목적

실제로 최근 산업재해 사실을 은폐하는 사건들이 다수 발생하면서 언론이나 국회 등으로부터 사업주가 산업재해 사실을 은폐하는 행위를 방지할 수 있는 대응책을 마련해야 한다는 지적이 적지 않게 나오고 있고, 특히 국회에서도 이러한 산업재해은폐 문제가 심각하게 대두되고 있는 상황이라는 점에서 본 연구의 필요성이 인정된다.

현행 산업안전보건법은 사업주가 부담하는 보고의무를 산업재해 사실의 미보고 및 허위보고만 규정하고 있고, 이에 대한 제재도 과태료만 부과하고 있다. 따라서 산업재해 사실의 ‘은폐’행위를 형사처벌의 대상으로 삼고자 하는 경우 은폐의 개념 정리를 위하여 은폐와 유사한 법률과의 비교하였다.

연구 내용 및 방법

■ 연구 내용

- 산업재해 발생 사실‘은폐’의 사회·경제적 문제점과 대응방안에 관하여 논의
산업재해 발생 사실의 미보고와 산업재해 발생 사실의 은폐를 구별하고자 한다. 미보고와 은폐는 일부 교집합적 성격을 지니고 있으나 반드시 같은 개념이 아니므로 일정한 개념적 표지를 제시하여 미보고와 은폐를 명확하게 구별하는 내용을 담고 있다.
- 산업재해 발생 사실의 은폐행위를 금지하는 행위의무를 확정
구체적으로 산업재해 발생 사실의 은폐행위를 금지해야 할 필요성과 그 이론적 근거에서 출발하여 사업주가 산업재해 발생 사실을 은폐하는 원인과 이로 인한 문제점을 검토하고자 한다. 이와 같은 문제점에 기초하여 산업재해 발생 사실의 은폐를 금지하기 위한 행위규정, 즉 구성요건을 확정하는 내용을 담고 있다.
- 산업재해 발생 사실의 은폐를 금지하기 위한 행위규정에 더 잡아 이러한 행위규정에 위반한 경우의 법적 효과를 확정
징역형이나 벌금형 중에 어떠한 형벌이 적절하며, 징역형이나 벌금형을 고려하면서 법정형의

정도를, 그리고 산업재해 발생 사실의 미보고에 대한 기존의 과태료 부과와 산업재해 발생 사실의 은폐에 대한 형사처벌 조항 간의 형벌불균형 문제에 관해서도 논의를 전개하고 있다.

■ 연구 방법

연구방법으로는 문헌을 위주로 한다. 특히 형법적 측면에서 명확성과 다른 범죄행위와의 형평성에 초점을 맞추어 입법안을 제시하는 것으로 한다. 그러한 입법안을 제시하기 위하여 독일 및 일본의 법제를 비교·검토하는 방법을 취한다. 강화할 수 있을 것이다.

연구 결과

일본의 노동안전위생법에서는 산업재해보고를 하지 않는 것만으로 은폐 행위로 보고, 그에 대한 형사처벌규정을 적용하고 있다.

우리나라 산업안전보건법에서 산업재해은폐에 대하여 형사처벌을 하는 것은 형법상 법리의 검토 결과 가능한 것으로 판단된다.

형사처벌의 대상이 되는 산업재해 은폐 대상은 사업주의 고의성이 있는 것으로 한다.

사업주의 산업재해 은폐에 대하여 1년 이하의 징역 또는 1천만원 이하의 벌금에 처하는 것으로 한다.

활용방안 및 기대성과

산업안전보건법상 산업재해은폐에 대한 사업주의 처벌규정을 도입함으로써 산업재해 예방을 위한 동법의 목적에 기여한다.

사업주의 산업재해은폐에 대한 처벌을 위한 구성요건의 명확화를 도모한다.

구체적으로 입법안을 제시함으로써 입법론의 논의에 기여한다.

중 심 어

산업재해, 형사처벌, 산업재해 은폐, 수급인, 사업주

참고문헌

김창균, 형사입법론에 관한 연구, 형사법연구, 제8호, 한국형사법학회, 1995
홍기태, 명확성의 원칙에 관한 연구, 헌법논총, 제11집, 헌법재판소, 2000.

廣瀬正, 重加算税の対象となる逋脱所得の範圍, 税理 19卷14號, 83쪽.

金子宏, 租税法, 補正版, 弘文堂, 1998

村井 正, 逋脱犯の成立要件と重加算税の課税要件, 税理 19卷14號 78쪽.

연구책임자 : 동아대학교 법학전문대학원 송강직
연구담당자 : 산업안전보건연구원 정책제도연구팀 조흠학
연 락 처 : 052-7030-832, hmhak@kosha.or.kr

15

산재예방사업 심층 평가(V)

- 교육 및 홍보 사업 -

연구 필요성 및 목적

산재예방사업에 대해 효율적인 집행을 위하여 적절성, 타당성, 효과성, 경제성, 사업성과 등을 고려한 전반적이고 객관적인 평가를 시행하였다. 2012년 수행된 바 있는 산재예방사업 심층평가(I)의 결과로 도출된 평가 지표를 사용하여 산재예방사업의 교육 및 홍보 분야의 사업을 평가 하였다.

산업안전보건교육, 업종별 안전보건 미디어 개발 보급, 대상별 안전보건 미디어 개발 보급, 청소년 안전문화 조성, 안전보건지원 공모사업 효율화, 안전보건의식 선진화 사업의 평가 대상 사업이었다. 교육 및 홍보 분야 사업의 평가를 통해 효과적이고 효율적인 자원 할당 및 배분을 위한 과학적 근거를 마련하고자 하였다.

이번 사업을 끝으로 산재예방을 위한 사업 전반에 걸친 평가가 마무리되는 만큼, 1차부터 이번 5차 연구의 종합결과를 제시하고, 추후 산재예방 사업 평가를 위한 발전 방안을 제안하였다.

연구 내용 및 방법

산재예방사업 중 교육 및 홍보 분야 사업의 3가지 단계(계획, 집행, 성과), 6가지 지표(적절성, 효율성, 일관성, 효과성, 효율성, 지속성)를 통하여 사업을 평가하였다. 이는 1차 연구를 통해 확립된 평가요소로서 사업전반의 통일성을 유지하기 위해 해당 요소를 준용하였다.

다만, 교육과 홍보 분야의 특성을 반영하고 사업간 이질성을 극복하고자 2012년 산재예방사업 심층평가(I) 제안된 AHP 방식을 활용한 가중치를 새로 적용 하였다. 또한, 교육 및 홍보 분야의 특성에 맞는 평가가 이루어지도록 해당 분야 평가시 고려해야할 사항을 반영하여 세부평가 요소에 적용하였다. 정량적 평가와 함께 정성적 평가를 확대하기 위해 최대한 질적인 의미 고찰 내용을 항목별 결과 서술에 수록하였다.

평가는 전문가 평가와 근로자(일반인) 또는 교육 대상자, 지원 대상자를 통해 이루어 졌다. 교육과 홍보 사업의 특성상 평가 대상자 선정이 합리적으로 되기 위해 교육 사업은 피교육자에게, 홍보 사업은 홍보 사업의 타겟에 해당하는 근로자 또는 일반인 등 다양화하여 평가를 실시하였다.

종합결과는 최종 백분위 점수와 세부 항목별 성과 등급을 제시하였다.

연구 결과

산업안전보건교육 사업, 대상별 안전보건미디어 개발 및 보급 사업, 업종별 안전보건미디어 개발 및 보급 사업, 안전보건협력사업, 청소년 안전 문화 조성 기반구축 사업, 산재예방 통합홍보 사업 전체적으로 우수 등급을 받았다. 특히 사업의 산재예방을 위해 중요하며, 향후 지속 추진이 필요하다는 점이 공통적인 결론이었다.

성과 목표의 부합성 합리화를 위해, 정량적 성과 목표에 정성적 목표 부여가 필요하다. 교육과 홍보 분야의 사업은 대상자들로부터의 피드백이 중요하며, 이를 성과 목표에 포함하여 적극적으로 관리하는 것이 필요하다. 평가 대상 사업 공통적으로 예산의 효율성이 낮은 평가를 받았다. 예산이 부적절하게 사용되었다기보다는 현재 예산이 부족하고 이를 확대하는 것이 필요하다는 반증의 의미가 있었다. 대부분의 평가 대상 사업이 사업의 계획 단계와 성과 단계에서 우수한 평가 결과를 나타냈지만, 집행 단계는 상대적으로 평가 결과가 낮게 나타났다. 교육 및 홍보사업의 특성에 맞게 모니터링 확대가 필요하다.

교육 및 홍보 사업 종합하여 향후 발전적인 사업 평가를 위해서는 다음의 사항에 대한 고려가 필요하다. 전문가와 일반인(근로자)를 대상으로 이루어지는 평가 체계에 현장 실무자가 참여하는 영역을 확대할 필요가 있다. 산재예방사업은 현장 중심의 접근이 필수적이며, 해당 사업의 실무자 및 관계자는 현장의 특성을 제대로 파악하고 있는 전문가다. 이들을 적극 평가에 참여하는 방안을 적용하여야 한다. 사업의 계획단계에서부터 사업의 최종 성과를 고려한 체계적인 전략이 요구되며 현행 사후 평가 위주에서 사전 평가와 중간 평가를 병행하는 것이 필요하다. 산재예방사업 평가의 목적에 맞는 결과 제시가 필요하다. 다른 사업과의 비교보다는 사업 내부적인 개선점 도출이 가능하도록 질적 평가를 확대해야 한다.

활용방안 및 기대성과

교육 및 홍보 분야의 산재예방사업 추진 결과 고찰

향후 산재예방사업 평가를 위한 발전 방안에 적용

합리적인 자원 할당 및 배분을 위한 과학적 근거를 제시하여 교육홍보사업의 효과성 제고

중 심 어

산재예방사업 심층평가(V), 교육 분야 사업, 홍보 분야 사업, 등급

참고문헌

- 고영선·김정호(2007). 재정사업 심층평가 지침. 한국개발연구원.
- 권민영, 구본재, 이국희. AHP 기법을 적용한 IT프로젝트 사전타당성 평가항목의 가중치 산출. Information Systems Review, 8(1), 265-285 (2006)
- 나영선 외(2008). 고용보험 평가체계 구축방안. 한국직업능력개발원.
- 방하남·나영선 외(2007). 『고용보험사업 심층평가』. 한국노동연구원·직업능력개발원.
- 2014년도 사업계획 및 예산, 안전보건공단 (2014)

연구책임자 : 연세대학교 의과대학 산업보건연구소 윤진하
 연구담당자 : 산업안전보건연구원 정책제도연구팀 이경용
 연 락 처 : 052-7030-831, rky0906@kosha.or.kr

16

서비스업 종사자 보호를 위한 산업안전보건제도 개선에 관한 연구 - 안전보건기준규칙을 중심으로 -

연구 필요성 및 목적

산업구조가 제조업에서 서비스업으로 변하면서 서비스 산업의 재해는 과거보다 더 중요하게 되었고, 그 중 특히 비숙련자가 집중되어 있는 일부 업종(음식, 배달, 판매, 청소, 간병인 등)의 산업재해는 더 많은 주의가 요청되나 비숙련 서비스업종 근로자들은 대부분 영세 소규모 사업장에서 일하고 있기 때문에 사용자의 적절한 안전보건조치를 받고 있지 못한 실정이며, 근로자에 대한 교육도 제대로 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

서비스업종 중에서 근로자의 숙련도가 상대적으로 낮고, 근로환경이 근원적으로 위험을 수반하고 있는 음식, 배달, 판매, 청소, 간병인 등을 대상으로 이들의 안전보건 실태를 파악하고, 외국의 문헌을 검토하며 이를 토대로 재해를 예방하기 위한 제도개선을 제안하고자 한다.

연구 내용 및 방법

서비스 직종 종사자(음식, 배달, 판매, 청소, 간병인 등)에 대한 성별 구성, 근속년수, 근로계약 여부, 임금수 등에 관한 인구학적 특성을 파악했다.

서비스 직종 종사자(음식, 배달, 판매, 청소, 간병인 등)의 재해율에 대한 재해 종류별 구성 비중, 발생형태별 구성 비중 등을 분석했다.

서비스 직종 종사자(음식, 배달, 판매, 청소, 간병인 등)에 대한 식당관련 종사자에 관한 안전 가이드(미국 캘리포니아 주정부), 배달근로자의 안전과 건강: 유럽 국가들의 실행가이드라인(직장에서의 안전과 건강을 위한 유럽기관), 근무 중 운전: 일과 관련된 도로안전을 관리하는 것(영국 안전보건청), 병원에서 환자 돌봄에 대한 규정(캐나다 BC주), 청소근로자와 OSHA(EU)등에 관한 외국제도를 소개했다.

서비스 직종 종사자(음식, 배달, 판매, 청소, 간병인 등)에 대한 안전보건 설문조사와 인터뷰를 통하여 실태를 파악했다.

근로자 대상 설문조사, 사업장 관리자 및 근로자 대상 인터뷰와 제도개선에 따른 비용-편익 분석과 제도 및 법률 개선 방안에 대한 제언했다.

연구 결과

대상 서비스업 종사자 중 주방장 및 조리사는 약 87만 명에 달하고 그 중 51%가 임금근로자이고 49%가 자영업자로 이 업종의 자영업 비중은 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 청소관련 종사자나 의료/복지관련 종사자의 90%이상은 임금근로자이다.

대부분의 대상 직종에서 여성의 비중이 남성보다 높으며 특히, 의료/복지 관련 서비스의 경우 임금근로자의 93%가 여성이나 배달업의 경우는 남성의 비중이 여성보다 월등히 높게 나타나는데 임금근로자의 87%가 남성이다.

대상 직종의 재해율은 0.49로 추정되는데 2014년 우리나라 전체 재해율 0.53보다는 낮지만 서비스 직종 전체 재해율 0.37보다는 월등히 높은 것으로 나타나고 있다. 조리사, 청소원, 배달원의 경우 상대적으로 부상의 확률이 높고, 영양보호사나 환경미화원의 경우 상대적으로 질병의 확률이 높은 것으로 나타났다. 부상의 종류를 보면, 음식관련 종사자의 경우 넘어짐, 절단, 베임 등의 비중이 높고, 배달원의 경우에는 사업장 외 교통사고의 비중이 가장 높으며, 환경미화원과 영양보호사의 경우 넘어짐의 비중이 높은 것으로 나타났다.

대상 직종의 근로자 500명을 대상으로 한 설문조사결과를 통해 근로자에 대한 안전교육 강화와 보호구 지급이 시급하며 사업장 규모가 10인 미만인 경우 특히 더 시급함에도 불구하고 대부분 장시간 근로에 시달리고 있어 안전보건관리에 대한 시간 및 자원 투자가 어려운 실정이다.

서비스 종사자에게 보호구를 지급하고 안전교육을 철저히 실시하기 위해서 본 연구에서는 산업안전보건기준에 관한 규칙 제32조 ‘보호구의 지급’에 관한 내용에 음식관련종사자, 환경미화원, 영양보호사, 배달원들에게 필요한 보호구를 지급할 것을 포함하도록 하는 것과 음식점업(조리사 및 주방장, 음식서비스 종사자), 기타 개인 서비스업(배달원), 영양보호사의 안전보건교육의 필요성을 제시하는 바이다.

이 경우 비용과 편익을 계산한 결과, 비용(보호구 지급, 안전교육, 그로인한 임금손실)은 약 550,077(백만원)으로 추정되었고, 편익(산재감소로 인한 경제적 손실 감소)은 약 655,334(백만원)으로 추정됨. 따라서 보호구지급, 교육으로 인한 순편익은 105,257(백만원)이며, 편익/비용비율은 1.2가 된다.

활용방안 및 기대성과

공단 예방활동 시에 산업안전보건법의 범위에 대한 명확성을 통하여 효과적인 서비스사업의 추진을 위한 책임근거를 마련하고 사업장에 명확한 이론적 근거를 제시했다.

안전보건규칙 속에 서비스업 종사자의 보호규정을 통하여 사업주의 의무를 강화함과 동시에 서비스업종 종사자의 재해예방을 통하여 재해를 감소하는데 기여할 것으로 기대된다.

중 심 어

취약 서비스 종사자, 재해율, 안전보건제도개선, 비용-편익분석

참고문헌

이승렬 · 박찬임 · 조흠학 · 강병식, 서비스업 산업재해의 실태와 정책과제(I), 노동연구원. 2012
고용노동부, 서비스업 안전보건네비게이션, 폐기물수거종사자, 2014.
통계청, 2010년 지역별 고용조사 원자료, 2014.
한국산업안전보건공단, 산업재해현황, 2013-2014.
Department for Transport, Driving at Work, Health and Safety Executive, UK. 2014.

연구책임자 : 산업안전보건연구원 정책제도연구팀 조흠학
연 락 처 : 052-7030-832, hmhak@kosha.or.kr

17

안전보건서비스 전달체계 개선 방안에 관한 연구

- 안전·보건전문기관 대형화를 중심으로 -

연구 필요성 및 목적

사업장의 자율안전보건관리 지원과 산업안전보건시장 활성화를 위한 민간 영역의 산업안전보건 서비스 전달체계의 개선이 필요하다.

국가의 합리적인 산업안전보건서비스 전달체계 구축과 민간 영역의 산업안전보건서비스 활성화를 위한 안전보건컨설팅 제도 도입 방안 모색할 필요가 있다.

민간 영역의 안전보건서비스 전달체계 구축을 통한 사업장 자율 안전보건관리 향상 방안 제시하고자 한다.

연구 내용 및 방법

산업안전보건 서비스 전달체계에 대한 정의 및 현황

국가의 산업안전보건 서비스 전달체계 구조분석(공공 및 민간부분)

사업장 자율안전보건관리를 위한 컨설팅 사업 등 산업안전보건 서비스 시장 현황 분석

국내의 컨설팅 제도 유사 현황 및 사례 분석

선진외국의 산업안전보건 컨설팅 제도 현황 및 사례 분석

종합컨설팅 및 전문컨설팅의 업무범위, 시설, 장비, 인력 등 관련 법령개정(안), 규제 영향 분석 및 운영 고시(안) 제시

연구 결과

산업안전보건 서비스 전달체계는 공적(public) 전달체계와 완전히 민간에 위탁하는 민간(private) 전달체계, 그리고 공공기관과 민간이 공동으로 서비스를 제공하는 민관 합동 체계로 구분

산업안전보건 서비스 컨설팅에서는 컨설팅 업무 영역, 시설 기준, 인력기준(규모 및 자격), 장비 기준 마련이 필연적으로 수반되며 종합적이고, 전문적이며, 개인적인 특성의 컨설팅이 요구됨

공공부분의 산업안전보건 서비스 전달체계는 고용노동부를 중심으로 정부 산하기관이 운영되는 형태로 각 기관의 산업안전보건 서비스에 대한 특성을 파악하는 것이 중요

사업장의 수요에 의하여 민간 안전보건 기관이 서비스를 제공하며, 정부의 산업육성의 시장 거래에 의하여 정부의 규제와 감독 하에 산업안전보건 분야의 재화와 용역으로 서비스를 제공

고용노동부의 위탁을 받아 안전보건서비스를 제공하고 있는 기관(2014~2015년)은 석면조사기관 23.4%, 특수검진기관, 19.2%, 지정측정기관 15.8% 순으로 많았으며, 컨설팅 기관 중 안전·보건 관리 전문기관의 경우 고용노동부 중 중부청에 가장 많이 분포하는 것으로 파악됨.

안전·보건관리 전문기관의 지정권한 변경에 따라 시설·장비·인력의 기준을 상향 조정함으로써 전문성 및 인력의 역량강화를 통해 시장 활성화를 촉진할 필요가 있으며, 인력기준은 안전·보건 관리 전문기관의 지정인력 기준을 기존 대비 2배수 증가한 11인 이상으로 상향하도록 하며, 시설·장비기준은 지정인력의 증가에 따라 탄력적으로 운영할 수 있도록 하고, 필수장비는 인원수에 따라 추가적으로 보유할 수 있도록 인원수 증가와 연동하도록 함.

활용방안 및 기대성과

포괄적 산업안전보건 서비스 제공을 위한 종합컨설팅 및 전문컨설팅 기관의 육성 방안 마련의 근거로 활용

컨설팅 기관의 업무범위, 시설, 장비, 인력 등의 기준제시를 통한 대형화의 기틀 마련

합리적인 산업안전보건서비스 전달체계의 구축을 통해 대형화, 종합화 및 전문컨설팅의 기준 마련 및 컨설팅 기관의 전문성강화를 통해 민간시장 활성화 및 안전보건서비스의 질적 수준 향상을 도모

중 심 어

산업안전보건 서비스, 산업안전보건 컨설팅, 서비스 전달체계, 대형화, 종합화, 전문화

참고문헌

문덕환 등. 산업안전보건 (통합)관리자 제도운영 및 컨설턴트 양성·활성화 방안. 한국산업안전보건 연구원: 2005

정재희. 산업안전보건시장 산업의 체계적 육성을 위한 실태조사 및 활성화 방안. 한국산업안전보건 공단: 2008

한국산업안전보건공단. 산업안전보건시장·산업 실태조사 및 활성화 방안. 2014.

연구책임자 : 한국RMS(주) 양혁승
연구담당자 : 산업안전보건연구원 정책제도연구팀 이경용
연 락 처 : 052-7030-831, rky0906@kosha.or.kr

18

위험성평가 내실화 방안 연구

연구 필요성 및 목적

우리나라의 위험성평가 제도적 도입은 2009년 산업안전보건법 제5조(사업주의 의무)를 개정함으로써 시작되었다. 2010년부터 3년 동안 위험성평가 시범사업을 실시하였고 2013년부터 전체사업장을 대상으로 위험성평가 제도를 본격적으로 시행하고 있다.

그러나 안전보건 공생협력 평가지표 개발 등과 같은 관련 연구 결과에 따르면 위험성평가 방법을 이해하지 못하거나 형식적으로 수행하는 사업장이 대다수였다. 예를 들어 위험성 평가를 일괄하여 대행, 형식적으로 수행, 심지어는 다른 사업장의 내용을 복사하여 붙여넣기 한 것으로 판단되는 사업장들도 있었다. 이와 같이 위험성평가가 제대로 이루어 지지 않은 이유로 공장 책임자(경영주)의 관심 부족이 가장 큰 이유 중 하나로 지적되었고, 업무 부담이나 개선투자의 부담으로 위험성평가를 형식적으로 수행할 수밖에 없는 소규모 사업장들도 있었다.

이에 대해 사업주뿐 만 아니라 관리감독자, 작업자가 위험성 평가의 필요성을 깨닫고 적극적으로 실시 할 수 있도록 별칙을 신설하거나 평가주기를 개선하는 등과 같은 제반 운영 기준을 마련하고, 위험성 평가제도가 활성화 되도록 하기 위한 관리감독을 철저히 하거나 평가 주기를 수정하는 것과 같은 각종 조치 방안이 필요하다.

이 연구를 통하여 위험성평가 제도의 올바른 정착을 위해 바람직한 집행방법이 무엇인지 살펴보고 향후에 정책의 수립이나 산업안전보건법령의 제·개정에도 활용할 수 있는 근거자료로서 제공하고자 하였다.

연구 내용 및 방법

■ 위험성평가 처벌규정 신설 방안

- 선진국의 처벌형태(과태료 혹은 사법처리) 및 형량 등 조사
- 국내 유사제도의 처벌형태 및 형벌 조사
- 규제영향 분석서 작성(사업장 준용도 조사 포함)
- 우리나라에 적합한 처벌방법 도출

■ 평가주기의 적절성(최초, 수시, 정기평가)

- 근골격계 부담 작업 등 국내 유사제도의 위험성 평가 인정범위(주기, 한계 등)검토
- 국외 위험성평가의 평가주기 조사
- 정기평가 주기(매년)의 적절성 검토 및 합리적 주기의 개선방안 도출

■ 소규모 사업장 활성화 방안

- 선진국의 사례 연구
- 국내 사업장 대상 순응도, 인식도 조사
- 소규모사업장의 위험성평가 활성화 방안 제시

연구 결과

■ 각국의 위험성평가제도

영국은 법에서 사업주 등의 일반의무로서 사업장에 유해위험요인이 없도록 하고 근로자 등이 유해위험요인에 노출되지 않도록 할 것을 규정하고 있으며 위험성평가에 대해서는 시행령에서 규정하고 있다. 독일의 경우에는 사업주가 작업 중에 근로자의 안전과 보건에 영향을 주는 상황을 고려하여 필요한 안전보건상의 조치를 취하도록 하고 있다. 일본은 노동안전위생관계법령에서 규정하는 최저 기준으로서 위해방지기준을 준수할 뿐만 아니라 사업자가 자주적(스스로)으로 업무에서 기인하는 위험성 또는 유해성 등을 조사(위험성평가)하고, 그 결과에 따라 노동자가 위험에 처하거나 건강장해를 받지 않도록 필요한 조치를 강구하도록 하는 사업자의 노력의무가 있는 것이 특징이다. 이와는 다르게 싱가포르의 기존의 산업안전보건법의 근간을 이루고 있었던 공장법(The Factories Act)을 폐기하고, 이를 대체하는 새로운 산업안전보건법의 시행과 더불어 위험성평가 제도를 도입하였다. 2006년 싱가포르의 법 개정과 규제정책 전환은 종래의 법규를 준수하는 명령 통제형(Command-control regulations)으로부터 자주 규제형(Self-control regulations)으로의 전환이라고 할 수 있다.

■ 처벌형태 비교분석

각 국가들은 그 나라의 실정과 노동환경에 맞춰 법을 제정하고 있으며 위험성평가 제도의 이행을 위한 법 집행의 처벌제도에서도 차이점을 보이고 있다.

조사한 4개국에서 위험성평가를 이행하지 아니한 경우에 대한 벌칙을 갖고 있다고 할 수 있는 나라는 영국과 싱가포르로 일반적인 사업주의 의무위반에 대한 벌칙원칙에 따라 위험성평가 미실시에 대하여 법집행을 하고 있다. 일본의 경우에는 벌칙이 명확하게 없으며 독일의 경우에도 직접적인 벌칙이 있다고 볼 수는 없다. 우리나라는 2013년에 산업안전보건법이 개정되면서 도입된 시작단계이며 위험성평가에 대한 직접적인 형벌은 없는 상태이다.

■ 평가주기의 적절성 검토

영국, 독일, 일본은 위험성평가의 실시 주기를 규정하고 있지는 않지만 최초로 실시하는 경우, 원재료 또는 취급물질에 변경이 있는 경우, 기존 평가결과를 재검토해야 할 이유가 있는 경우 등과 같은 특정 경우에는 재평가를 실시하도록 하고 있다. 싱가포르의 위험성평가주기를 규정하고 있으나 우리나라의 최초평가, 정기평가, 수시평가와는 다른 형태를 가지고 있다.

■ 소규모 사업장 활성화 방안

위험성평가 자체는 어렵거나 비용을 많이 수반하는 활동이 아니지만 소규모 사업장의 경우 사업주가 모든 것을 해야 하는 어려움이 있는 것이 현실이다. 유럽 국가들과 싱가포르, 일본에서는 중소기업사업장의 BizSafe, OiRA등과 같은 안전보건수준을 향상시킬 수 있는 다양한 프로그램을 통해 많은 성과를 내고 있다. 우리나라도 이에 버금가는 지원프로그램(KRAS)을 통해 서비스를 제공하고 있다. 이러한 참여에 대한 문제를 개선하기 위해 참여사업장에 대한 인센티브 제공, 평가시트의 단순화, Policy template의 제공 등과 같은 실질적인 참여분위기 조성을 위한 체계적이고 과학적으로 지원하는 것이 필요하다.

■ 이상의 결과를 종합하여 다음과 같은 내실화방안을 제안하였다.

- 별칙의 신설은 위험성평가의 실시의 수준, 이해도, 순응도 등을 종합적으로 검토하여 점진적이고 단계적으로 추진하는 것이 바람직하다.
- 중소, 영세사업장에 대한 위험성평가 실시기준은 이들 업체의 순응도를 높이는 방향으로 보완하고, 정책적 지원을 보다 강화해야 한다.
- 위험성평가의 이행실태에 대한 지속적인 모니터링을 통해 적용 사업장 및 미실시 사업장에 대한 구체적인 현장 확인이 필요하다.
- 위험성평가에 대한 전문 인력의 양성이 필요하다.
- 기술적, 경제적 능력이 부족한 소규모사업장의 위험성평가를 지원하기 위하여 컨설팅기관의 활성화를 위한 지원책 마련이 필요하다.
- 중소기업사업장의 위험성평가 참여분위기를 조성해야 한다.

활용방안 및 기대성과

■ 위험성평가 처벌제도의 보완 및 신규 제정

위험성평가에 대한 처벌에 대하여 현행법에서 모순점이 있다고 제기되고 있다. 위험성평가 미실시시 관리책임자, 안전보건관리자의 직무수행 미 이행에 따른 간접적인 방법으로 처벌을 두고 있다. 위험성평가 실시의무 이행을 위해 사업주를 처벌하는 정책을 취한다면, 사업주 처벌 규정에 대한 합리적인 보완에 활용할 수 있다.

■ 위험성평가 평가주기의 개선

현행법의 위험성평가 주기에서 개선이 필요한 것은 정기평가라고 할 수 있다. 사업장 각각의 특성이나 종사하는 근로자 등 유해위험요인의 특성과 정도가 다른 현실에도 불구하고 획일화된 평가주기에 대한 개선에 활용할 수 있다.

■ 소규모 사업장 활성화를 위한 지원

위험성평가가 어렵거나 비용이 많이 드는 활동이 아님에도 불구하고 대부분의 소규모 사업장이 위험성평가 실시를 복잡하고 어렵게 생각하고 있으며, 이에 소요되는 비용과 시간을 낭비로 인식하고 있다. 소규모사업장의 위험성평가 활성화를 위한 방안을 제시함으로써 소규모사업장 활성화에 활용할 수 있도록 하였다.

중 심 어

위험성평가, 위험성평가 평가주기, 위험성평가 처벌제도, 소규모 사업장 활성화, 위험성평가 실효성 확보

참고문헌

Act on Occupational Physicians, Safety Engineers and Other Occupational Safety Specialists
Barry Commoner, “Comparing apples to oranges: Risk of cost/benefit analysis” from
Contemporary moral controversies in technology, A. P. Iannone, ed.
BizSafe : OSHD 2013 WORK OVERVIEW_Strategy1 Build strong capabilities to manage WSH
David Ormerod., Richard Taylor., “The corporate manslaughter and corporate homicide Act
2007”, Criminal Law Review 2008, 8, p.610.

연구책임자 : 한국교통대학교 백중배
연구담당자 : 산업안전보건연구원 정책제도연구팀 이경용
연 락 처 : 052-7030-831, rky0906@kosha.or.kr

19

유해·위험작업 도급 인가제도 개선 등에 관한 연구

연구 필요성 및 목적

2013년 사내하도급 근로자 안전보건의 취약성 문제가 사회적으로 제기되었고 사문화되다시피 했던 「산업안전보건법」 제28조(유해작업 도급금지)에 대한 관심이 증대되었다. 관련 법률의 개정도 뒤따랐는데 「산업안전보건법」 제28조제3항에 규정된 도급인가의 절차인 안전·보건평가를 면제하도록 하는 「기업활동 규제완화에 관한 특별조치법」 제55조의5가 2015. 2. 3. 삭제·개정되었다. 이에 따라 안전·보건평가의 세부기준을 마련하고 도급 인가제도의 실효성 강화 등을 목적으로 이 연구를 수행하였다.

연구 내용 및 방법

제 I 장 서론에서는 사내하도급에 대한 다른 이슈와 구별하여 이 연구에서 다루는 문제의 범위를 명확하게 하고자 했다. 도급은 많은 법률에서 규율하고 있는 대상으로 총체적인 고려가 불가피하므로 서두에서 도급 관련 용어의 정의, 유사개념과 비교했다. 서론 후반부에서는 사내하도급 증가의 원인 그리고 사내하도급 근로자의 안전보건에 관하여 고찰했다.

본론인 II 장 전반부에서는 1990년부터 1997년까지 시행된 안전·보건평가를 문헌리뷰와 관계자 인터뷰를 통하여 조사하였고 이어서 인가 행정행위 일반에 대한 이론적 검토를 통하여 도급금지(인가) 제도를 평가하였다. II 장 후반부에서는 문제의 실마리를 찾기 위해 도급금지(인가)제도 제정배경을 고찰하였다. 이와 관련하여 도급금지(인가) 제정 시기 전후로부터 지금에 이르기까지 안전과 도급의 관련성에 대한 여론의 동향을 분석했고 관련된 제도의 발전을 파악하였다.

III 장, IV 장에서는 안전을 위한 도급 관련 제도 즉, 도급 제한, 도급 요건, 도급 시 책임 등에 관한 국내·외 법률·기준을 문헌리뷰와 전문가 자문을 통하여 조사하였다. V 장에서는 도급금지(인가) 대상 공정에 대하여 새롭게 밝혀진 유해·위험성을 감안하여 위험성평가를 수행하였다. 이는 현행 도급 인가의 기준이 적절한 지를 판단하기 위해서이다. 마지막으로 결론인 VI 장에서는 본론의 연구결과를 토대로 안전·보건평가의 정의, 절차 등을 포함하여 법 제28조의 실효성을 제고하기 위한 방안을 제안하였다.

연구 결과

도급금지(인가)의 연혁, 국내·외 관련 제도의 사례, 인가에 관한 이론적 검토, 도급인가 대상 작업의 위험성의 특징 등을 검토한 결과를 토대로 도급으로 초래될 수 있는 잠재적인 위험을 최소화하기 위해 안전·보건평가를 포함한 법 제28조의 내용적, 형식적 실효성을 확보할 수 있는 방안을 제안하였다.

안전·보건평가의 정의와 그에 따른 내용을 정하여 제안하였다. 도급인가 절차에서 안전·보건 평가와 ‘도급인가의 기준’의 관계를 명확히 하였고 도급인가의 기준에 안전기준을 포함할 것을 제안했다. 안전·보건평가 주된 내용은 도급으로 인해 약화되기 쉬운 안전보건관리체제, 위험 의사소통 등 대책을 도급작업 안전보건관리계획 등에서 검토하는 것이다. 안전·보건평가를 수행하는 기관과 절차, 도급인가의 유효기간·재인가, 변경·취소, 수수료 등을 제안하였다. 마지막으로 사내하도급 사용비율이 높은 사업장을 감독대상으로 하는 등 도급인가 제도가 실효성을 확보 방안을 제언하였다.

활용방안 및 기대성과

유해·위험작업 도급인가 제도 개선을 위한 기초자료로 활용

중 심 어

유해위험작업, 도급금지, 도급인가, 안전·보건평가, 사내하도급, 도급제한, 도급작업

참고문헌

- 박두용. 유해·위험작업의 도급 인가제도 개선 등에 관한 연구. 산업안전보건연구원, 2014
- 백종배, 정춘화, 배덕권. 유해·위험작업에대한하도급업체체 근로자보호강화방안. 인천: 공단 산업안전보건연구원, 2007.
- Dooley, D. Fielding, J. Levi, L. Health and Unemployment. Annual Review of Public Health, 1996;17: 449-465

연구책임자 : 아주대학교 강태선
 연구담당자 : 산업안전보건연구원 정책제도연구팀 조흥학
 연 락 처 : 052-7030-832, hmhak@kosha.or.kr

20

유해위험작업 취업제한 제도 및 특별교육대상범위
개선방안 연구

연구 필요성 및 목적

최근 산업구조의 변화와 함께 사업장의 업종 변화 또는 작업의 변화 등으로 인한 유해·위험 작업의 내용과 유형이 상당히 달라졌다.

따라서 본 연구는 유해위험작업 취업제한에 관한 규칙 및 특별교육제도의 명확성을 확보하고 적절한 작업 범위의 설정 및 산업안전보건기준에 관한 규칙과의 통합 방안에 대하여 검토하고 현장에서 실질적으로 작동될 수 있는 방안을 제시함으로써 산업현장의 급속한 변화에 따른 유해 위험작업의 재해 예방 활동을 촉진하고자 했다.

연구 내용 및 방법

■ 연구 내용

- 「유해·위험작업의 취업제한에 관한 규칙」에서 정한 대상 작업과 산업안전보건법상의 유해·위험 작업들을 조사하여 비교 분석하고, 국내법과 유사한 일본 등 국외의 제도를 조사하고 비교·분석 실시
- 유해·위험작업의 적용 실태 조사를 통해 산업현장의 규칙의 준수 여부, 문제점 파악
- 자격취득을 위한 지정교육기관 운영 현황 및 교육 실태 파악
- 법령 개정에 따른 규제영향을 분석하여 법령 개정을 위한 유해위험작업 취업제한에 관한 규칙 및 특별교육제도의 개선 방안을 제시

■ 연구 방법

- 선행연구와 국내외 관련법 조사
- 실태 조사(현장방문, 인터뷰, 설문조사)

연구 결과

최근 산업구조의 변화와 이에 따른 재해 형태의 변화에 대응하기 위한 새로운 대상작업의 추가 및 현실에 맞지 않는 작업의 삭제 등과 같은 특별안전보건교육 대상 작업에 대한 면밀한 검토가 필요한 것으로 사료된다.

지정교육기관에서 수행하는 작업에 대한 철저한 분석을 통해 작업에 따른 차별화된 교육내용 및 기간에 대한 설정이 필요할 것으로 사료된다.

유해·위험 취업제한 관련 21개 작업 및 위험한 4개 작업에 대한 10년간 사망재해 분석결과와 설문 및 인터뷰 결과를 토대로 분석한 결과 개선이 필요한 3가지 작업을 도출했으며 취업제한 규칙의 21개 작업의 선행연구 관련 법률 분석결과 3가지 작업, 자격·면허·기능 또는 경험에서 삭제하여야 할 5가지 작업, 국가기술자격법상의 개정이 필요한 6개 작업등을 찾아낼 수 있었다.

특별안전보건교육 대상 작업에 대해 과거 10년간(2004~2013) 발생한 사망재해 11,513건을 분석한 결과 6개 작업에서 각 발생한 사망자 수가 4명 이하로써 타 작업에 비해 매우 적은 수치를 나타낸 반면 특별안전보건교육 대상 작업이 아닌 고소작업으로 인한 사망자 수는 2,225명으로 8개 특별안전보건교육 대상 작업에서 발생한 사망자수 1,650명 보다 높아 특별안전보건교육 대상 작업에 고소작업과 같이 재해 사례분석을 통한 추가 대상 작업에 대한 면밀한 검토가 필요하다는 결론이 도출되었다.

활용방안 및 기대성과

현장 작동성 강화를 위해 유해·위험작업의 취업제한에 관한 규칙을 산업안전보건기준에 관한 규칙에 해당되는 각 조항에 편입하여 연계시켜 개정이 이루어진다면 산업재해 예방 활동 촉진과 더불어 산업안전보건 정책에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

중 심 어

유해위험작업, 취업제한, 특별안전보건교육, 문헌조사, 사망재해 분석, 전문가 인터뷰, 설문조사, 규제영향분석

참고문헌

- 조흠학. 유해위험작업의 취업제한에 관한 규칙 개정방안 연구. 산업안전보건연구원. 2014
- 이관형. 취업제한 규칙에 관한 규제순응 결정요인 연구 - 유해·위험작업의 취업제한에 관한 규칙을 중심으로 -. 사회법연구 2010;13,14:125-162
- 김태윤. 특별관리물질 및 관리대상 유해물질 선정을 위한 사회성·경제성 평가 연구. 산업안전보건연구원. 2014
- 안전보건공단. 산업재해사례분석. 2004-2014

연구책임자 : 산업안전보건연구원 정책제도연구팀 조흠학
연 락 처 : 052-7030-832, hmhak@kosha.or.kr

21

제1~4차 근로환경조사 시계열 분석을 위한 기초연구

연구 필요성 및 목적

최근 들어 우리나라의 노동력구조와 근로환경, 사회경제적 환경은 매우 빠른 속도로 변화하고 있다. 경제사회적 지표들이 산업재해에 미치는 영향력과 산재예방활동의 변화에 대한 시계열적 분석을 하고 이들이 근로환경에 미치는 영향력을 살펴봄으로써 빠르게 변화되는 근로환경에 발생할 수 있는 문제점 및 시계열 추이를 연구하고자 한다.

연구 내용 및 방법

■ 연구 내용

- 고용노동부에서 추진하고 있는 1-4차 산재예방 5개년 계획과 산업안전보건공단의 예방사업 활동 점검
- 산업재해율에 대한 분해분석

■ 연구 방법

- 연도(월)별 재해발생에 영향을 미치는 경제사회지표의 연관성을 분석하였다.
- 연도(월)별 재해발생과 사업장 특성(신규생성, 규모, 업종비율, 산재보험범위, 도시집중도), 노동력 특성(성별, 연령, 종사상지위, 이직비율, 외국인, 근로시간), 경제지표(실업률, GDP, 제조업가동률, 서비스생산지수, 건설업 기성액) 등의 사회·경제 요인과 연관성 분석을 통해 정량적 영향력을 산출하였다.
- 국내의 문헌검토를 통해 산업재해율에 유의적인 영향을 미치는 사회·경제적 지표를 선정하였고, 노동력 구조, 사업체 특성, 경기변동과 관련된 통계치를 통계청 국가통계포털에서 수집하였다.

연구 결과

산업재해예방정책과 관련된 거시적 측면에서 제1차~4차 산업재해예방 5개년계획에 나타난 안전보건 분야의 법령과 정책을 체계적으로 탐색한 결과 제1차 산업재해예방 5개년 계획(2000-2004)에서 우리나라 산업재해예방정책의 토대가 마련되었다.

경제사회적 외부환경의 변화로는 서비스업의 근로자 점유율 증가가 2000년 초반까지 이루어져 산업구조적인 효과로 인해 산업재해율이 일부 감소하였지만 2000년 이후에는 업종별 점유율의 변화가 크게 나타나지 않았고 다만 산업재해율이 높은 50인 미만 사업장의 점유율이 소폭 상승함에 따라 산업재해율을 증가시키는 요인으로 나타나고 있다.

서비스업 점유율과 같은 경우는 장시간 시계열 추세를 보게 되면 서비스업 점유율이 증가함에 따라 산업재해율은 감소하고 있었지만 월별 패턴의 변화를 살펴보면 산업재해율과 증감의 방향이 동일하게 나타나고 있는 특징을 보이고 있다.

활용방안 및 기대성과

사회조사, 경제활동인구조사, 근로환경조사, 산업재해현황조사 등을 연계하여 시계열 분석을 통해 근로자의 건강과 안전에 대한 거시적 변화와 미시적 변화를 찾아내고 이것이 정부의 산재 예방정책과 연계성을 가질 수 있는 체계를 구축하여 궁극적으로 체계적인 근거기반의 산재예방 정책 개발에 기여할 수 있다.

핵심적인 근로환경 지표와 근로환경 시계열 분석들을 제시하였으므로 이를 참고하여 지속적인 근로환경 모니터링을 통한 정책 개발과 성과 평가 시스템을 구축할 필요가 있다.

본 연구가 국가의 산업안전보건 정책수립의 기초 자료로 사용됨과 동시에 공공단체와 기업, 각종 단체의 산업안전보건 패널 조사에 대한 관심과 활용을 기대하는 바이다.

중 심 어

근로환경조사, 산업안전보건, 경제지표, 산업구조, 산업재해

참고문헌

Eurofound (2010), Changes over time -First findings from the fifth European Working Conditions Survey, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Eurofound (2012), Health and well-being at work: A report based on the fifth European Working Conditions Survey, Dublin.

연구책임자 : 산업안전보건연구원 정책제도연구팀 김영선

연 락 처 : 052-7030-833, biostat@kosha.or.kr

22

주요 외국의 안전예산 현황 및 주요 사업 성과 분석

연구 필요성 및 목적

정부(고용노동부)와 안전보건공단에서는 그간 각종 안전보건대책(산재예방 5개년 계획, 중대재해 예방대책 등)의 수립, 시행으로 재해율 지표는 꾸준히 개선되고 있는 추세이다. 그러나 사망만인율은 2010년 0.78로 같은 해 일본(0.22), 미국(0.38), 독일(0.18) 등 선진국에 비해 높은 수준이다.

산업재해로 인한 경제적 손실액도 2003년 12조 1,088억원에서 2013년 18조 9,772억원으로 지난 10년간(2003-2013) 56.72% 증가하는 상황에서 산재예방에 연간 5천억원(2015년 5,304억원) 이상의 비용을 투자하고 있으나 선진국에 비해 높은 사망만인율은 개선되지 않고 있어, 이의 개선을 위해 산업안전보건정책에서 요구되는 예산의 규모가 어느 정도인지 등 규모분석을 바탕으로 최적화된 사업 목표 수립 및 추진을 위한 정책 기초자료의 마련이 필요하다.

본 연구는 이와 같은 산업안전보건정책에 요구되는 예산 규모 분석을 선진국의 사례와 비교 분석하여 최적화된 사업목표 수립 및 추진을 위한 정책 기초 자료 제공하고자 한다.

연구 내용 및 방법

연구내용은 다음과 같은 세 가지 분야임. 1) 국내 안전예산과 산업안전보건예산의 정의 및 현황 분석, 2) 주요 선진외국의 안전예산 및 산업안전보건예산 규모 분석, 3) 산업안전보건예산 성과 분석, 적정규모 추정, 배분

연구는 다음과 같은 세 가지 방법으로 진행하였음. 1) 기존 연구 문헌, 최근 해외자료 수집, 분석, 인터넷 검색에 의한 자료 수집, 분석, 2) 우리나라의 연도별 안전분야 및 예산규모를 파악 및 성과 분석, 3) 기타 인터넷 검색 등에 의한 관련 문헌조사 연구

연구 결과

주요 외국의 산업안전예산 규모 분석 결과, GDP 대비 산업안전보건예산은 한국은 0.0239%으로 미국(0.0035%), 일본(0.0039%) 보다 낮은 수준인 반면, 영국(0.0432%), 독일(0.1032%) 보다 높은 수준

주요 외국의 예산 투입에 따른 성과는 4개국(미국, 일본, 영국, 독일)에 대한 이원오차조정효과 패널회귀분석을 통하여 분석한 결과 GDP 대비 산업안전보건예산 1%p(즉, GDP의 약 0.0005% 수준) 증액시 산재사망률을 약 0.002%p 낮추는 것으로 분석

산업안전보건예산 적정 규모 추정방법 개발 및 적용과 관련하여 산업안전보건예산이 경제성장에 도움이 된다는 가정하에 내생적 경제성장이론에 기초하여 비선형 함수에 기반한 적정 규모 추정방법 개발(R&D, SOC의 적정예산 규모 추정에서 사용하는 방법을 수정)하여 분석한 결과 GDP 대비 적정예산은 0.07% 수준으로 분석되어 현재 0.02% 수준에서 상당한 증액이 필요하다고 판단

성과지향적 산재예방 예산배분방안 분석: 예산 우선순위가 높은 순으로 우선 배분

활용방안 및 기대성과

우리나라 산업안전보건 예산 규모 및 추진 사업별 예산 현황 및 성과분석 틀 모색
선진국 산재예방 주요 사업 분석을 통하여 우리나라 산재예방 사업의 중점분야 점검 및 개선점 검토
선진국 산재예방 예산 및 주요 사업 조사 등을 통하여 우리나라 산재예방사업의 우선순위 및 예산 배분 비율 재검토

선진국 운용 상황 분석을 통하여 우리나라 산재예방예산 운용의 주요이슈 및 정책제언

산업안전보건정책에 요구되는 예산 규모 분석을 선진국의 사례와 비교분석하여 최적화된 사업 목표 수립 및 추진을 위한 정책 기초 자료 제공

중 심 어

안전예산, 산업안전보건예산(산재예방예산), 적정 예산규모 추정, 사업우선순위 모형

참고문헌

고용노동부(2013), 산업재해 현황분석 2012

고용노동부(2015), 제4차 산재예방 5개년계획(2015~2019) 산업현장의 안전보건 혁신을 위한 종합 계획 - 안전한 일터, 건강한 근로자, 행복한 대한민국의 구현 -, 2015.1.

윤조덕 · 이승렬 · 이지은 · 김진수 · 박용승 · 안종순(2002), “산재보험기금의 산재예방사업 출연 타당성 분석”, 한국노동연구원

연구책임자 : (사)한국사회정책연구원 윤조덕
연구담당자 : 산업안전보건연구원 정책제도연구팀 이경용
연 락 처 : 052-7030-831, rky0906@kosha.or.kr

23

직무교육기관 관리 내실화 방안 연구

연구 필요성 및 목적

현재 안전보건 관리책임자 등의 직무교육은 교육전문기관에 위탁하여 신규교육과 보수교육을 실시하고 있고 직무교육기관의 교육은 현장 안전보건관리의 성패가 좌우될 정도로 그 중요성이 크고 현장에 미치는 영향력이 막대하다.

그간 근로자에 관한 교육제도의 개선 연구는 다수 진행되어 왔으나, 직무교육기관의 교육운영 실태에 대한 심도 있는 분석은 부족하였으며 교육의 실효성에 대한 문제도 제기되어 왔다.

이에 안전보건 관리책임자 등의 직무교육 기관의 교육운영 현황 및 문제점을 파악하여 내실 있는 양질의 교육을 실시하도록 유인하고 지원하고자 한다.

연구 내용 및 방법

■ 연구 내용

- 관리책임자 등의 직무교육에 관하여 관련 규정과 직무교육 실태를 분석
- 직무교육기관의 교육운영 실태를 분석하여 개선점 도출
- 관리책임자 등에 대한 미국, 영국, 독일의 교육 사례를 조사하고 이를 분석
- 직무교육기관과 유사한 교육을 실시하는 교육기관의 평가 기준 및 방법 검토

■ 연구 방법

- 교육담당자를 대상으로 면담조사를 실시하여 결과 취합 및 분석
- 관리책임자 등 직무교육 이수자를 대상으로 설문조사를 실시
- 고용노동부 지원프로그램 운영 교육기관 및 교육부 담당 교육기관 평가기준 및 방법 검토

연구 결과

매년 다른 평가대행기관이 직무교육기관 평가를 안전보건공단으로부터 위탁받아 실행함으로써 평가의 일관성을 유지하거나, 평가의 경험을 축적하는데 있어 한계점이 있으므로 공단이 직접 평가와 관련된 직무교육기관 평가 팀을 구성하여 평가연구, 직무교육 모니터링, 평가실행 등의 평가 업무를 실시할 필요 있다.

현재 직무교육기관에 대한 평가 규정인 ‘산업안전·보건교육규정’ 제 19조의 3에서 규정하고 있는 평가에 대한 규정을 보다 상세화 할 필요가 있다.

직무교육기관 평가 결과를 연계한 지원체계 구축을 통해 평가 결과에 따른 인센티브와 피드백을 제공하여, 교육 시장의 건전성 및 교육서비스의 개선을 유도할 필요가 있다.

현재 직무교육기관 평가지표(교육과정 운영실태, 인력시설·장비보유수준 및 활용도, 교육서비스의 적정성 및 충실성)는 평가의 목적인 교육기관의 질과 교육내용을 개선하기에는 한계가 있으므로 직무교육기관의 평가 목적을 성취할 수 있도록 평가지표를 개정할 필요가 있다.

활용방안 및 기대성과

각종 학회에 논문게재 및 발표 될 예정이며, 정부의 법·제도 등에 반영하여 직무교육기관 내 실화를 위한 기초자료로 활용할 것이다.

직무교육기관 운영을 위한 법 제정과 제도 개선, 효율적인 직무교육기관 운영을 위한 자료로 활용될 수 있고, 나아가 실효성 있는 직무교육 시행 방안을 제시할 수 있는 근거가 될 것으로 기대된다.

중 심 어

직무교육, 직무교육기관, 직무교육기관 교육운영, 직무교육기관 내실화 방안

참고문헌

- 고용노동부(2013). 외국의 산업안전보건 교육제도
- 박석희(2006), “공공기관 경영평가제도의 최근 쟁점과 과제”, 한국행정학회 동계학술대회: 1547-1564, 한국행정학회.
- 임영섭·박운화·김영생 (2010). 정규교육 및 직업훈련과정에서 산업안전보건교육의 활성화 방안 연구, 한국직업능력개발원·한국산업안전공단.
- 조흥학(2008), 산업안전보건법에서 사업주 교육의 실효성 확보 방안에 관한 연구, 사회법연구, 11, 65-98.
- 주형욱 (2015), 정부경영평가가 공기업 성과관리에 미치는 영향에 관한 연구. 서울대학교 행정대학원 석사학위논문

연구책임자 : 한국기술교육대학교 문리HRD 박윤희
 연구담당자 : 산업안전보건연구원 정책제도연구팀 조흥학
 연 락 처 : 052-7030-832, hmhak@kosha.or.kr

24

2015년도 산업안전보건동향조사

연구 필요성 및 목적

사업장이 수행하는 안전보건 현황을 파악, 산업안전보건정책 수립에 필요한 실증적 자료를 제공하여 향후 안전보건사업에 대한 우선순위를 결정하여 중장기적인 정책을 마련하는데 활용되고 있다.

최근 들어 변화하는 사업장의 동태적 특징과 사업장에서의 기술발전, 산재발생의 사회 심리적 위험요인과 같은 새로운 개념의 인자에 대한 정책적 수요가 필요함에 따라 이를 모니터링 할 수 있는 설문항목을 개발하여 조사를 실시하였다.

주요 조사항목으로는 사업장의 일반현황, 조직구성, 위험인자의 분포, 안전보건 조직 및 관리, 안전보건활동, 근로자 참여 및 의사소통, 심리사회적 위험요인, 업무변화, 사업장의 안전보건 문화, 안전보건정책 등이다.

연구 내용 및 방법

■ 연구 내용

- 목표 모집단은 근로자가 50인 이상인 전 사업장이었음.
- 사업장의 일반현황, 조직구성, 위험인자의 분포, 안전보건 조직 및 관리, 안전보건활동, 근로자 참여 및 의사소통, 심리사회적 위험요인, 업무변화, 사업장의 안전보건 문화, 안전보건정책 등을 조사하였음.

■ 연구 방법

- 표본의 규모는 축소되어 표본 크기는 제조업 2,000개, 건설업 1,000개, 기타산업 2,000개였음.
- 표본 배분 방법은 우선할당 후 다단계화 비례배분 방법을 사용하였음.
- 조사 방법은 CAPI 및 TAPI을 이용한 직접방문면접(1:1)조사였음.

연구 결과

동향조사자료에 대한 1차 분석결과 근로자에게 영향을 주는 주요 변화로는 첫 번째, 급여제도의 변화로 나타났고, 두 번째, 근로자의 작업편성 및 할당방식에서의 변화, 세 번째, 안전관리활동에서의 변화 등의 순으로 나타났다.

제조업과 그 외의 산업은 근로자의 작업편성 및 할당방식에서의 변화의 비율이 높았고 건설업은 유해위험요인의 변화와 안전관리활동에서 변화가 타 업종 대비 높게 나타났다.

활용방안 및 기대성과

고용유연성과 기술 발달 등에 따라 새롭게 대두될 수 있는 산업안전보건분야의 주제들에 대해 선제적 대응을 위해 실태 및 문제점들을 파악하는데 본 연구 결과를 활용할 수 있을 것이다.

연구의 주제들은 향후 지속적으로 증가할 수 있는 영역이지만 현재 산업재해 통계 모니터링을 통해서는 위험인자로 인식하기는 어렵다. 따라서 근로환경조사자료를 활용한 심층적 분석을 통해 이들의 문제점과 예방대책에 대해 살펴보았다. 이러한 결과물을 바탕으로 산재예방활동과 정책 수립시 선제적인 대응이 이루어진다면 근로자의 안녕과 건강에 많은 기여가 될 것이다.

중 심 어

산업안전보건동향조사, 기술변화, 사업체조사, 신위험요인 조사

연구책임자 : 산업안전보건연구원 정책제도연구팀 김영선

연 락 처 : 052-7030-833, biostat@kosha.or.kr

Ⅱ . 안전연구 분야

- 01. 가설기자재 안전성 확보방안에 대한 연구
- 02. 건설업 산업안전보건관리비 계상요율 및 사용기준 개선방안 연구
- 03. 건설업체 산업재해발생률 산정·평가제도 개선에 관한 연구
- 04. 발주자의 안전관리 의무마련 및 책임강화에 관한 연구
- 05. 섬유벨트의 꼬임 파단과 강도에 관한 연구
- 06. 안전화 미끄럼방지 성능 시험법 개선 연구
- 07. 이동용 전기기계기구에서의 감전 위험성 감소대책에 관한 연구
- 08. 장·노년층 근로자의 사고사망 재해발생 고위험군 특성 연구
- 09. 화학사고 예방을 위한 정량적 위험평가의 신뢰도 데이터 활용 방안

01

가설기자재 안전성 확보방안에 대한 연구

연구 필요성 및 목적

건설업에서의 떨어짐·맞음·무너짐 등의 위험방호에 필요한 가설기자재가 파이프서포트 및 동바리용 부재 등 12종 33품목 방호장치 의무안전인증과 선반지주 등 8종 8품목 방호장치 자율안전확인 기준을 적용받아 안전성을 확보하도록 되어 있다.

건설현장에서 사용중인 가설기자재가 관련 기준에 규정된 형식과 다름으로 인하여 안전성 적용 기준이 모호하고, 재사용 가설기자재 자율등록제가 정착되지 못한 것으로 판단되며, 또한 안전인증 및 자율안전확인의 신고 기준에 미달하는 가설기자재를 생산·판매하고 있다는 지적과 신소재 및 신제품 등 건설환경변화에 대응이 적합하지 못한다는 문제점이 계속적으로 제기되어 왔다.

이에 따라, 가설기자재 생산·유통·사용실태 및 문제점 조사와 가설기자재 전문가 의견 수렴을 통하여 가설기자재 안전인증제도 전반에 대한 재검토 필요성이 대두되어 본 연구를 통하여 가설기자재의 안전성 확보방안을 제안하고자 하였다.

연구 내용 및 방법

■ 연구 내용

- 가설기자재 관련 재해분석 및 문제점 파악
- 가설기자재 관련 인증제도 등 국내외 기준 조사
- 가설기자재 안전인증심의위원회 심의 및 민원내용 조사
- 가설기자재별 인증표시 실태 조사
- 가설기자재 관련 생산, 유통 및 사용실태와 안전인증제도 타당성 조사
- 건설산업의 환경변화에 부합하는 기준 또는 제도개선(안) 제시

■ 연구 방법

- 최근의 가설기자재 관련 넘어짐/떨어짐 재해 원인 및 실태 조사
- 국내외 문헌검색 및 해외 가설기자재 관련 기관 제도·정책 조사

- 가설기자재 관련 이해당사자간의 의견수렴을 위한 간담회(세미나 등) 개최
- 가설기자재 생산, 유통 및 사용실태와 인증제도 타당성 조사와 분석
- 안전인증 제도의 타당성 비교 검토

연구 결과

실적이 없는 제품은 안전인증 및 자율안전확인 신고 대상에서 제외시킬 것과 안전인증심의 위원회 심의 내용 및 민원사항과 가설기자재 중대재해 분석 통하여 구조적 부재의 유무와 사용 빈도의 높고 낮음을 고려하여 강관비계용 부재 등의 제품에 대하여 안전인증에서 자율안전확인 대상으로 전환하여 품목을 조정할 필요성을 알 수 있었다.

안전인증 및 자율안전확인 표시 중 표시방법은 제조당사자의 경제적인 부담을 수용하고, 당사자의 선호도를 고려하여 음각으로 일원화하고, 유통 및 사용 시의 마찰 및 충격 등으로 인한 손상을 최소화하고, 시장의 자정 기능 및 관리수단의 용이성을 위하여 가설기자재별 위치를 지정할 것과, 표시내용도 간략화시켜 마크(㉠), 생산년도, 일련번호 순으로 표시하는 것이 필요하다는 것을 알 수 있어왔고 또한 가설기자재의 추적관리 및 안전인증 및 자율안전확인 신고 대상품임을 쉽게 확인할 수 있도록 인터넷 및 앱상에서의 프로그램을 개발 보급하여 사용하는 것을 제안하였다.

반복 사용되는 가설기자재의 시장 특성과 건설현장 등의 여건을 고려하고, 사용단계에서의 가설기자재의 안전성 확보를 위하여 설문조사 및 인터뷰조사 결과, 국내외 기준 비교 및 일본의 “적용공장제도”를 참고하여 재사용 가설기자재 유지·보수기관 운영, 재사용 가설기자재 유지·보수 지침 제정 및 개정, 재사용 가설기자재 성능저하 기준을 제정할 것을 제안하였다.

자율안전확인 신고 대상품목에 대한 사후관리 방안 확보를 위하여 고용노동부 고시(“안전인증 자율안전확인신고의 절차에 관한 고시(제2013-13호)”)를 개정할 것을 제안하였으며, 안전인증 및 자율안전확인 제도의 정착을 위해서는 품목조정을 통한 법제화, 반영구적인 안전인증 표시 방법, 위치 지정 방안 등 후속연구가 필요할 것으로 판단된다.

활용방안 및 기대성과

가설기자재 안전인증제도의 안전성에 영향을 미치는 리스크 요인을 도출하여 대책을 세우므로써 가설기자재 생산, 유통 및 사용 등 시장의 안전성 정착에 기여

재사용가설재 자율등록제 정착 및 신소재와 신제품에 대한 안전성을 확보함으로써 가설기자재 안전인증제도의 효율성 제고와 건설산업에서의 가설기자재 관련 재해감소에 기여

중 심 어

가설기자재, 안전인증, 자율안전확인의 신고, 안전인증 표시

참고문헌

박일철, 최진우, 조립식 가설기자재의 완성품에 대한 안전인증 타당성 연구, 2013
 고용노동부 “방호장치 의무안전인증 고시”, 고용노동부고시 제2013-54호, 2013
 고용노동부 “방호장치 자율안전기준 고시”, 고용노동부고시 제2012-129호, 2012
 일본 가설공업회 “가설기재 인정기준과 그 해설(제6판)”, 2013.08
 국토교통부, “가설공사 표준시방서”, 2014

연구책임자 : 산업안전보건연구원 안전연구실 정성춘
 연 락 처 : 052-7030-854, j94024@kosha.or.kr

02

건설업 산업안전·보건관리비 계상요율 및 사용기준 개선방안 연구

연구 필요성 및 목적

그동안 건설업은 신공법 도입과 기술 개발, 건설현장의 여건 및 안전보건관리 기술의 변화, 건설업 종사자들의 안전육구 증대 등 대·내외적으로 다양한 변화가 이루어져 왔음에도 불구하고 산업안전보건관리비 요율만은 고시가 제정된 이래 변함없이 동일하게 적용되어 왔고, 최근 들어 2013-37호(2013년 10월 14일) 안전관리비 계상 요율이 인상되었고 기초액이 증가되었지만, 아직도 실제 건설현장의 실질적인 안전보건관리를 수행하기에는 부족하다.

관련 업계에서 지속적으로 제기해 왔던 문제로 공사수주를 위한 저가 투찰로 공사예정가격에 비해 훨씬 적게 낙찰가가 결정됨에 따라 산업안전보건관리비도 낙찰율에 비례하여 감소되는 불합리한 상황이 연속되고 있다.

산업안전보건법령이 개정되어 2015년부터는 공사금액 800억 이상(토목공사는 1,000억원) 현장에 보건관리자를 반드시 선임하여야 하는 법적인 의무가 지워져서 산업안전보건관리비중 특히 인건비 비중이 증가되어 산업안전보건관리비 부족 현상이 더욱더 심화될 것으로 예상된다.

보건관리자 선임의무 도입과 관련하여 건설현장의 안전·보건관리의 불균형을 최소화하고 부실화를 예방하기 위하여 산업안전보건관리비의 현실화를 위한 요율 기준의 재검토와 개정이 필요하여 건설업 산업안전보건관리비 사용 실태를 조사하고 현재 시점에서 보다 합리적인이고 현실적인 산업안전보건관리비의 적용 요율을 제안하고자 한다.

연구 내용 및 방법

■ 연구 내용

- 건설현장의 보건관리자 선임에 따른 산업안전보건관리비 부족 실태 조사
- 건설업 산업안전보건관리비 계상 및 사용기준 조사분석
- 건설업 산업안전보건관리비 사용실태 검증기준 조사분석
- 연간단가 계약공사의 산업안전보건관리비 계상 기준 조사
- 원·하도급업체간 산업안전보건관리비 적정배분에 대한 실태조사

■ 연구 방법

- 보건관리자 선임에 따른 산업안전보건관리비 소용비용 조사
- 건설업 산업안전보건관리비 사용기준 강화방안에 대한 설문
- 연간단가 계약공사의 산업안전보건관리비 계상 실태 설문조사
- 원·하도급업체간 산업안전보건관리비 적정배분에 대한 실태조사

연구 결과

보건관리자를 선임함으로써 추가로 소요되는 산업안전관리비의 증가율이 일반건설공사(갑)은 8.94%, 일반건설공사(을)은 6.69%, 중건설공사는 8.38%, 철도·궤도신설공사는 9.01%, 특수 및 기타 건설공사는 13.31%씩 증가 하고, 건설공사 전체적으로는 평균 8.57%증가해야 하는 것으로 나타났다.

원도급자의 94%는 하도급자에게 산업안전보건관리비를 지급한다고 답변한 반면, 하도급자의 20%는 산업안전보건관리비를 지급 받지 못한다고 답변하였다. 지급하는 자와 지급받는 자 사이에 상당한 차이가 있으므로 감독기관의 지도감독을 강화할 필요가 있다.

하도급업체에 산업안전보건관리비를 의무적으로 지급하도록 제도적 장치를 마련할 필요가 있는지에 대하여 원도급자는 74%, 하도급자는 87%가 필요하다고 답변하였다. 하도급업체가 산업안전보건관리비를 목적으로 사용했을 경우 책임을 물어야 할지에 대하여 원도급자는 80%, 하도급자는 56%가 필요하다고 답변하였다.

하도급업체에 산업안전보건관리비를 지급하기 위하여 공정별 계상율을 설정할 필요성에 대하여 원도급자는 65%, 하도급자는 61%가 필요하다고 답변하였다.

단가계약공사에 산업안전보건관리비를 계상하는 규정을 확대하는 방안에 대하여 원도급자는 77%, 하도급자는 87%가 필요하다고 답변하였다. 단가계약공사에 산업안전보건관리비 계상 대상을 확대하는 필요성에 대하여 원도급자는 64%, 하도급자는 77%가 필요하다고 답변하였다.

산업안전보건관리비를 근로자 대표가 산업안전보건위원회를 통하여 확인하는 제도의 도입이 필요한지에 대하여 원도급자는 55%, 하도급자는 70%가 불필요하다고 답변하였다.

산업안전보건관리비를 목적으로 사용했을 경우 과태료 부과 강화에 대하여 원도급자는 56%, 하도급자는 38%가 필요 하다고 답변하였다.

산업안전보건관리비의 목적외 사용을 금지하는 방안에 대하여 목적외 사용 횟수가 많을수록 과태료를 가중부과 60%, 공사금액과 연계하여 다른 목적외 사용 금액의 비율에 따른 차등부과 34%, 일률적으로 1천만원 이상 수준으로 과태료 인상 16%순이었다. 산업안전보건관리비의 항목별 사용 비율 기준 제정에 대하여 원도급자는 63%, 하도급자는 57%가 불필요 하다고 답변하였다.

산업안전보건관리비의 항목별 사용 기준 위반 시 과태료 부과 방안에 대하여 원도급자는 56%가 필요하다는 의견인 반면, 하도급자는 53%가 불필요하다는 의견이다.

공정을 50% 미만인 건설공사에 대하여 산업안전보건관리비 사용기준을 제정에 대하여 원도급자는 55%가 불필요하다는 의견인 반면, 하도급자는 50%가 필요하다는 의견이다.

“공사 진척에 따른 산업안전보건관리비 사용기준을 위반할 경우 과태료 부과하는 방안에 대하여 원도급자는 54%, 하도급자는 37%가 불필요하다는 의견이다.

공사예정가격을 기준으로 산업안전보건관리비를 계상하는 방안에 대하여 원도급자의 100%, 하도급자도 100%가 찬성하였다. 공사예정가격을 기준으로 산업안전보건관리비를 계상하는 방안을 도입할 경우 산업재해 감소 기여도에 대하여 원도급자의 70%, 하도급자도 43%가 기여도가 클 것으로 기대한다. 낙찰율에 따른 산업안전보건관리비 계상시 가장 부족한 항목이 무엇이라는 질문에 대하여 원도급자는 안전보건인건비가 부족하다 46%, 안전시설비가 부족하다 41% 순이었다. 하도급자는 안전시설비가 부족하다 42%, 안전보건인건비가 부족하다 10% 순이었다. 공사예정가격을 기준으로 산업안전보건관리비를 계상하는 방안을 도입할 경우 건설공사의 종류를 세분화할 필요성 대하여 원도급자 56%, 하도급자 41%가 찬성하였다. 공사예정가격을 기준으로 산업안전보건관리비를 계상하는 방안을 도입할 경우 건설공사 규모별로 세분화 할 필요성 대하여 원도급자 59%, 하도급자 50%가 찬성하였다. 공사예정가격을 기준으로 산업안전보건관리비의 사용범위 및 사용기준 확대에 대하여 원도급자 75%, 하도급자 67%가 찬성하였다. 산업안전보건관리비 사용에 관한 지도감독 강화에 대하여 원도급자는 46%가 반대, 44%가 찬성, 하도급자는 26%가 반대, 39%가 찬성이었다.

활용방안 및 기대성과

건설 현장을 중심으로 산업안전보건관리비 계상 및 사용 실태를 조사함으로써 건설업 산업안전보건관리비의 운영 현실을 정확히 파악하였다.

공사 종류별 안전관리비 계상 요율을 재정립하고 사용기준을 건설업체의 실정에 맞게 현실화하여 공사별 안전관리비용 산정에 있어 최적화를 도모하였다.

산업안전보건관리비 사용 항목을 근거로 적정 요율 계산을 산정함으로써 현실적인 공사 종류별 최적의 산업안전보건관리비 요율을 도출하였다.

산업안전보건관리비 사용 항목을 근거로 적정 요율 계산을 산정함으로써 현실적인 공사 종류별 최적의 산업안전보건관리비 요율을 도출하였다.

건설 현장에서 새롭게 선입하는 보건관리자에 필요한 제반비용을 현장조사를 통해 도출함으로써 시대적 흐름과 건설업 환경 변화를 고려한 적정한 산업안전보건관리비 요율을 제시 하였다.

중심어

산업안전보건관리비, 산업안전보건법, 보건관리자, 원도급자, 하도급자

참고문헌

- 김종효, ‘건설공사의 안전관리비에 관한 연구’, 한양대학교 대학원 석사학위; 1986
- 김종효, ‘건설공사에 있어서 양중작업의 안전관리에 관한 연구’, 중앙대학교 대학원 박사학위; 1993
- 이규진, ‘발주기관 및 공사규모별 산업안전보건관리비 법정 기준의 준수비율 분석’, 한양대학교; 2015
- 최승호, 오세욱, 김영석, ‘건설공사 유형별 공기진척에 따른 건설업 산업안전보건관리비 집행요율 개발’, 한국산업안전공단; 2014
- 오세욱, ‘건설업 산업안전보건관리비 사용 실태 및 적정성 계상 요율에 관한 조사 연구’, 한국산업안전보건공단; 2012
- 현소영, ‘저압 단가계약 공사 안전관리비 계상의 필요성’, 한국전기산업연구원; 2014
- 최욱, ‘안전사고 예방을 위한 건설 공사 안전관리 제도의 발전방향’, 한국시설안전공단; 2013
- 정명진, 이명구, 김형석, ‘산업안전보건관리비가 건설재해예방에 미치는 영향’, 한국산업안전보건공단; 2010
- 이명구, ‘산업안전보건관리비 제도 운영의 효율성 강화 방안 연구’, 한국산업안전보건공단; 2009

연구책임자 : 한국교통대학교 안전공학과 김종효
 연구담당자 : 산업안전보건연구원 안전연구실 박용규
 연 락 처 : 052-7030-852, solopark@kosha.or.kr

03

건설업체 산업재해발생을 산정·평가제도 개선에 관한 연구

연구 필요성 및 목적

건설업체의 산업재해발생률과 산업재해예방활동평가 결과가 공공 건설공사의 입찰제도에 반영됨에 따라 건설업체의 관심이 증가하고 있는 가운데 각 입찰제도별로 반영되는 환산재해율, 재해율·사망만인을 산정기준, 산업재해예방활동 평가내용 및 검증방법, 대상 건설업체의 범위 등 제도 전반에 걸쳐 제도 간 적용기준의 차이로 인한 혼선이 발생하고 있으며, 제도를 합리적으로 개선하여 이해당사자간 수행절차를 간소화하고 제도 운영의 효율화를 요구하고 있다.

공공 건설공사 입·낙찰에 영향을 미치는 건설업체의 산업재해발생률(환산재해율, 재해율·사망만인율), 산업재해예방활동평가 제도에 대한 분석과 건설업체·현장에서 제도 운영 실태 조사·분석, 안전관계자의 의견수렴 등을 통하여 제도 운영 기준을 합리적으로 개선하여 제도에 대한 이해당사자의 혼선을 줄이고 수용성을 높여 제도의 원활한 정착과 효율화를 도모하기 위한 연구가 필요하다.

연구 내용 및 방법

■ 연구 내용

- 건설업체 산업재해발생률 산정·평가 제도 분석
- 환산재해율, 종합심사낙찰제 반영 재해율·사망만인율 비교·분석
- 산업재해예방활동 평가제 운영 결과 분석 및 개선방안 도출
- 산업재해발생 보고의무 위반 등 기타 건설안전지표 조사·분석

■ 연구 방법

- 그 간의 건설업체 산업재해발생률 산정·평가제도의 실태와 문제점 분석
- 건설업체 및 현장의 안전보건관계자와 전문가의 설문조사와 의견수렴
- 건설업체가 참여하는 입찰제도상 건설안전 지표와 영향성 분석
- 선진국의 관련 제도를 조사 등 실태 조사·분석

연구 결과

환산재해를 및 종합심사낙찰제의 재해율·사망만인율의 재해자 반영기준의 차이를 최소화하여 산정절차와 확인, 이의신청 등에 소요되는 행정낭비적 요소를 줄일 수 있도록 환산재해를 및 종합심사낙찰제의 재해율·사망만인율에 반영하는 재해자를 대상연도 1월1일~12월31일 기간 중 요양·사망승인된 재해자로 일원화하고, 산정절차는 매년 상반기에 동시 수행하는 방안과 ‘개선방안 2’는 대상연도에 발생한 재해 중 1월1일~다음연도 6월30일 기간 중 승인된 재해자를 반영하고 산정절차는 매년 하반기에 수행하는 방안을 제시하였다.

사고성 부상재해 중 경미한 재해로 볼 수 있는 요양기간 28일 이하의 부상재해는 산업재해 발생률 산정시 가중치를 부여하여 재해자수를 현행 1명에서 0.2명으로 감경함으로써 공상처리를 통하여 은폐하는 폐단을 줄일 수 있을 것으로 기대되며, 산업재해 은폐 감소는 근로자의 권익 신장에도 긍정적인 영향을 미칠 것으로 기대된다.

업무상 질병에 대하여는 장기간 누적된 발병 원인에 기인하였다고 인정되는 질병에 대하여 산업재해에 대한 사업주의 책임을 50%만 반영하여 제한적으로 부과하거나 제외하는 방안으로 업무상질병에 대하여는 가중치를 사고성 부상재해에 비하여 낮추거나 재해자수에서 제외하는 방안을 적용할 수 있을 것이다.

재해율 산정의 기초자료인 확정된 공사실적액을 기초로 하여 재해율 산정작업을 수행하도록 절차상 효율화를 도모하고 환산재해율과 종합심사 낙찰제를 공통으로 적용받는 국내 시공능력순위 1,000위 이내 건설업체에 대하여는 동일한 시기에 산정 업무가 진행될 수 있도록 절차를 일원화하여 대상연도 다음해 1년간 재해율 산정과 관련된 절차를 진행하고 다음 연도 1월1일자로 적용하는 방안을 제시하였다.

환산재해율 산정대상 건설업체의 범위를 현행 시공능력순위 1,000위 이내 건설업체에서 조달청 등급별 유자격자명부(전체 7등급)에 해당하는 건설업체를 모두 포함하거나 1,000위권에 해당하는 5등급이내 건설업체까지 포함하는 방안을 우선 적용하거나, 중소규모 건설공사에 적용하는 적격 심사 기준을 고려하여 종합건설업체 전체를 대상으로 하여 산업재해발생률 산정대상 건설업체의 범위에 대한 근거를 명확하게 하고 대상 건설업체간 재해율 결과반영에 따른 상대적인 유·불 리가 발생하지 않도록 합리화하는 방안을 제시하였다.

사업주의 안전·보건교육 이수 및 안전보건점검 참여 실적은 단순 실적에 의한 평가에서 재해율 성과와 연계하는 방안을 제시하였고, 안전보건교육이수 대상에 건설현장 관리감독자로 확대하는 방안, 안전·보건 전담 조직 구성·운영에 관한 평가의 경우 중소건설업체의 모니터링 강화와 연계하여 재해예방 지원사업(컨설팅 사업 등)을 연계하여 평가과 사업을 접목하는 방안을 제시하였다.

종합심사낙찰제의 건설안전지표의 개선방안으로 우선 재해율·사망만인을 산정 기준에서 재해율과 사망만인율이 동등한 배점 비율로 반영되어 사망재해의 중대성이 희석되는 문제점을 개선하기 위한 방안으로 배점기준을 사고성(부상)재해율과 사망만인을 배점을 1:5로 반영하는 방안이나 환산재해율과 동일하게 재해자수에서 가중치를 반영하여 환산재해율로 반영하는 방안을 제시하였다.

이와 같은 개선방안에는 건설업체의 3년 가중평균 재해율(사망만인율)이 건설업 3년 가중평균 재해율(사망만인율)을 1배 초과하는 경우 가점을 부여하지 않도록 환산재해율 적용기준과 통일하는 방안을 포함하였다.

아울러, 산업재해 발생보고 위반(산업재해은폐)시 감점기준을 상향하여 상한수치인 5건 이상 위반한 경우 재해율·사망만인율로 부여받은 가점을 상쇄하도록 벌점기준을 상향하는 방안과 제도 간 형평성을 고려하여 입찰참가자격사전심사(PQ)에 반영하는 산재은폐에 따른 감점 또한 강화하여 5건 위반 시 -2.0점이 부여되도록 산업재해 발생보고 위반에 대한 개선방안을 동시에 제안하였다.

산업재해발생률 제도 운용 관련 행정적인 개선방안으로 현행 산업안전보건법 시행규칙에서 정하고 있는 재해자 반영 및 제외 기준에 대한 세부적인 기준을 고용노동부 고시로 제정하여 재해율 산정시 혼선을 줄일 수 있으며, 이의신청 건수를 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다.

또한, 환산재해율 산정절차 중 이의신청 비율이 가장 높은 공동도급공동이행 건설공사의 재해자수 배분을 현행 서류증빙에 의한 인력작업을 종합심사낙찰제에서 적용하고 있는 사례에서와 같이 온라인상에서 공동도급사간 직접 입력하는 방식으로 전환하는 방안을 도입하면 환산재해율, 종합심사낙찰제 재해율·사망만인율에 공통 적용이 가능하여 소요되는 행정을 획기적으로 줄일 수 있을 것으로 보여진다.

활용방안 및 기대성과

건설업체 산업재해발생률 산정·평가 기준 및 절차 등 행정사항 등을 통일하고 일원화하여 제도 운영을 효율화하고 합리화하여 제도에 대한 수용성이 증대될 수 있다.

재해자 제외 기준 적용에 대한 이견, 가점 미부여 업체의 불만 등과 같은 민원의 주요 발생요인에 대한 기준을 명확하게 하여 재해율 제도에 대한 객관성과 공정성을 확보할 수 있다.

재해수 반영기준을 합리적으로 개선하여 경상해 재해자, 업무상질병 이환자의 산재신청 거부 또는 은폐의 부작용을 최소화하여 사업주의 부담을 줄이고 근로자의 불이익이 감소될 것으로 기대된다.

건설업체별 재해율 및 사망만인율 통계수치의 일원화로 통계적 신뢰도 확보와 다른 법령에 근거한 건설안전 지표 활용이 용이할 수 있다.

중 심 어

산업재해발생률, 환산재해율, 산업재해예방활동평가, 종합심사낙찰제, 재해율·사망만인율

참고문헌

- 고용노동부(한국산업안전보건공단). 년도별 산업재해 발생 현황. 1987~2013
- 고용노동부. 2014년 12월 산업재해 발생 현황. 2015
- 박광배 외. ‘건설업 환산재해율 활용 개선방안’. 대한건설정책연구원; 2010
- 박용규 외. ‘건설업 안전·보건관리자 선임기준 개선방안에 관한 연구’. 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원; 2015
- 박찬식. ‘선진국의 공사입찰제도에 있어 재해의 연계조사 연구’. 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원; 2013
- 박희택 외. ‘공공공사의 입찰과정에서 안전평가체계와 요건의 비교분석 -싱가포르, 일본사례중심으로-’ 한국건설관리학회 논문집 2014;제14권4호
- 심규범 외. ‘PQ의 재해율 반영제도 개선방안 연구’. 한국건설산업연구원; 2005
- 안홍섭 외. ‘건설업 재해율 조사의 발전방안 연구’, 대한건축학회논문집, 제21권6호; 2005

연구책임자 : 산업안전보건연구원 안전연구실 박용규
연 락 처 : 052-7030-852, solopark@kosha.or.kr

04

발주자의 안전관리 의무마련 및 책임강화에 관한 연구

연구 필요성 및 목적

발주자를 건설공사 안전보건관리의 주체로 참여시키기 위해 산업안전보건법 제29조의 도급 사업시의 안전보건조치에 발주자를 포함시켜 산재예방에 직접적인 의무 및 책임을 부여할 수는 있으나, 사업장을 실질적으로 관리하지 않을 뿐 아니라 근로자 안전·보건관리에 대한 전문성이 부족한 발주자에게 직접적인 의무 및 책임을 부여하는 방법은 신중하게 접근하여야 한다. 따라서 본 연구에서는 상대적으로 도급공사의 안전·보건관리에 대한 전문성이 떨어지는 발주자에게 현실적, 실질적, 단계적으로 산재 예방의 의무를 수행할 수 있도록 안전·보건관리 의무 및 책임 강화 방안을 마련하고자 한다.

연구 내용 및 방법

■ 연구 내용

- 발주자에게 실질적 산재 예방의 의무를 수행 방안 도출
- 다른 법의 발주자 책무 부여 규정 조사·분석
- 도급사업 발주자의 안전관리 의무와 책임부여에 대한 범위 분석
- 영국과 독일 등의 해외 사례 분석

■ 연구 방법

- 건설 현장에서의 발주자 책임에 대한 실태 조사
- 발주자 책임에 대한 인식 및 현황 실태 설문 조사·분석
- 공공 발주자와 민간 발주자 대상 현장 방문 인터뷰 조사
- 발주자 의무 및 책임부분 확대에 따른 편익분석

연구 결과

건설기술진흥법 제41조는 건설공사와 건설공사에 딸리는 전기·소방 등의 설비 공사에 대한 건설사업관리 및 감리를 수행하는 경우, 건설사업관리 수행자와 감리 수행자 중에서 건설공사와

설비공사에 대한 총괄관리자를 선정할 수 있도록 선택 규정을 두고 있다. 선택 규정이므로 발주자가 총괄관리자를 선정하는 것은 자율이므로 반드시 총괄관리자가 지정되도록 협의할 필요가 있다고 판단된다.

산업안전보건법의 제 29조 도급사업 시의 안전·보건 조치 조항은 건설공사 발주자의 책무로 규정될 수 없는 한계가 있다. 반면, 최근 개정된 건설기술진흥법은 발주자를 포함한 건설공사 참여자들의 안전관리 업무를 고시할 예정이며, 또한, 발주자를 포함한 건설공사 참여자의 안전관리 수준을 평가하고 결과를 공개할 계획이므로 발주자들의 자발적 또는 강제적 안전관리 수준이 향상될 것으로 예측된다. 그러므로 산업안전보건법에서 발주자의 근로자 안전·보건관리에 관한 내용을 같이 개정하여 법적 뒷받침을 통해 발주자의 역할을 상호 보완 발전시킬 필요가 있다.

영국의 CDM 규정은 시공 전과 시공 단계 모두 발주자의 근로자 안전·보건조치 의무를 규정하여 발주자가 공사 전반에 걸쳐 책임과 역할을 하도록 하여 건설업의 재해율을 세계 최저 수준으로 유지하고 있다. 건설공사 관련 해외 판례에서는 발주자는 근로자의 안전·보건관리에 대해 상황에 따라 책임을 지며, 공사 현장을 안전하게 작업할 수 있도록 해야 할 의무가 있는 것으로 분석되었다. 발주자 선도의 안전보건관리 사례들은 안전사고 재발 방지와 재해율 저감에 큰 효과를 거두고 있으며, 시공자의 안전·보건관리 수준도 향상시키는 것으로 분석되었다. 따라서 발주자 주도의 안전·보건관리 체계는 건설공사 산재 예방에 효과적인 체계가 될 것으로 판단된다.

다양한 공사 관계자들의 설문과 심층면담을 수행한 결과, 발주자 중심의 안전·보건관리의 필요성과 효과를 인식하고 있는 것으로 분석되었으며, 공사 관계자 특성에 따라 안전보건전문가 도입 또는 안전 전담 감리제 도입을 선호하는 것으로 나타났다. 그러므로 발주자가 기관 특성에 맞게 효율적으로 책무를 수행할 다양한 방법을 제도적으로 뒷받침하여 발주자의 적극적인 안전·보건관리 참여를 유도할 필요가 있는 것으로 분석되었다.

활용방안 및 기대성과

산업안전보건법 단기적 개정안으로 분리발주 건설공사 발주자의 안전·보건관리 책무를 부여하기 위해 안전보건조정자의 도입과 장기적 개정안으로 공사 전반의 발주자 안전보건관리 책무를 부여하기 위해 안전보건전문가 도입을 제안하였다. 본 연구에서 제안한 방법을 활용하여 산업안전보건법을 개정할 경우, 건설공사 재해율의 감소와 경제적 손실의 감소를 도모할 수 있으며, 건설 안전·보건 분야의 전문가 일자리 창출을 통한 산업 활성화도 기대할 수 있다고 판단된다. 또한, 발주자를 대신하여 건설공사 전반의 안전·보건을 관리하는 전문적인 안전보건조정자와 안전보건전문가들이 육성되어 건설공사 안전·보건의 기술향상과 함께 건설공사 안전·보건에 대한 사회적 인식도 향상될 수 있다고 판단된다.

중 심 어

발주자, 분리발주, 안전·보건관리, 안전보건조정자, 안전보건전문가

참고문헌

- 고용노동부. 2013년 산업재해 현황분석. 2014.
- 국토교통부. 건설공사 안전관리 업무 매뉴얼. 2014.
- 고용노동부. 산재예방 집행의 중장기 전략과 비전. 2013.
- 김보성. 국내 건설사업의 효율적 안전관리를 위한 발주자, 설계자의 역할에 관한 연구. 중앙대학교. 2002.
- 문장옥. 발주자를 활용한 건설현장 안전관리체계 구축 연구. 군산대학교. 2007.
- 김재윤. 건설산업재해 0%를 위한 정책제언-발주자 주도의 건설안전관리체계도입방안-. 국정감사 정책자료집6. 2009.
- 정진건. CM 계약방식 건설프로젝트에서의 안전관리를 위한 발주자 역할에 관한 연구. 한양대학교. 2010.
- 안홍섭. CDM에 내재된 발주자 주도의 안전관리 메카니즘. 대한건축학회지회연합회논문집 2011:13(4):297-304.
- 한국시설안전공단. 건설현장 안전사고 감소방안 마련을 위한 연구. 2013
- 기성호, 박남권. 건설재해 저감을 위한 발주자 중심의 안전관리체계 구축에 관한 연구. 한국재난정보학회 2014:10(4):503-510.
- 서울시 도시기반시설본부. 공사장 안전사고 재발방지 개선대책. 서울시. 2013
- Saudi Arabian Oil Company. General Instruction manual. 2011
- Shell. 셸 그룹 경영원칙. 셸코리아(주). 2005
- Shell. Shell Health, Safety, Security and Environment Standards. Shell Global. 2009

연구책임자 : 충북대학교 산학협력단 원정훈
연구담당자 : 산업안전보건연구원 안전연구실 박용규
연 락 처 : 052-7030-852, solopark@kosha.or.kr

05

섬유벨트의 꼬임 파단과 강도에 관한 연구

연구 필요성 및 목적

2003년부터 최근 10년간의 동력크레인에 의한 사망사고는 약 954명이었으며, 이 중에서 천장 크레인은 전체 동력크레인 사고 중에서 약 36.3%로 사고 기인물 1위로 나타나고 있다. 천장 크레인에서 최근 5년간 섬유로프 또는 섬유벨트(이하 “섬유로프등”이라 한다.)에 의한 사망은 28건으로 주로 꼬임 파단에 의한 재해가 발생되었다. 섬유로프등 파단에 따른 강도의 규정으로 안전성을 확보하고 사망재해를 감소시킬 필요성이 있음.

섬유로프등은 양중 작업에 광범위하게 매우 유용하게 사용되고 있으며, 섬유로프등 관련은 산업안전보건 기준에 관한 규칙(이하 “안전보건기준규칙”이라 한다.) 제63조, 제169조, 제188조, 제189조 등의 여러 조문에서 나타나 있으나 현장에 실용적인 적합한 기준의 내용 검토가 필요함.

안전보건기준규칙 제169조에는 꼬임이 끊어진 섬유로프등의 사용이 금지되어 있으나, 구체성이 미흡하여 안전성을 확보치 못하고 있으므로 현장에 적합한 실태조사가 필요함.

이번 연구는 재해예방에 필요한 안전보건기준규칙 제63조(달비계의 구조)의 내용을 현장 실정에 맞게 개정하고자 함.

연구 내용 및 방법

■ 연구내용

- 섬유로프등과 관련된 최근 3년간의 재해를 대상으로 위험요인별로 재해에 대한 재해분석을 통한 주요 문제점 파악
- 주요 재해 원인으로 파단이 되므로 이에 대하여는 강도를 중심으로 대안을 강구
- 문제점에 대하여 개선 방안으로 근원적이고 실용적 방안 강구
- 섬유로프등의 사용실태에 따른 재해예방 연구(위탁)
- 현장의 문제점의 해결 방안으로 안전보건기준규칙 기준 개정안 도출

연구방법

- 국내외 자료 수집
- 산업재해 원인조사 자료를 활용한 재해분석
- 현장의 사용 실태 파악(위탁)
- 섬유벨트의 기준 검토

연구 결과

섬유벨트 관련해서 최근 3년간에 한해 평균 84명의 사고재해자가 발생하였고, 사고재해자의 업종별 발생비율은 건설업 46.8%(118명), 제조업 44.8%(113명), 운수·창고 및 통신업 5.6%(14명), 기타의 사업 2.4%(6명), 광업 0.4%(1명)로 건설업과 제조업에서 91.6%(231명)가 발생하였다. 섬유벨트 파단과 관련해서 한해 평균 9.3명의 사고재해자가 발생하였고, 사고재해자의 업종별 발생비율은 제조업 64.3%(18명), 건설업 32.1%(9명), 광업 3.6%(1명)로 건설업과 제조업에서 96.4%(27명)가 발생하였다. 위의 업종별 현황에 따르면 섬유벨트 관련 재해자의 대부분은 건설업과 제조업에서 발생한 것으로 나타났다. 또한 섬유벨트 파단에 의한 사고재해자 수(28명)는 섬유벨트 관련 전체 사고재해자 수(252명)의 11.1%를 차지하는 것으로 나타났고, 섬유벨트 파단에 의한 사고사망자 수(6명)는 섬유벨트 관련 전체 사고사망자 수(20명)의 30.0%를 차지하는 것으로 나타났다. 이는 섬유벨트 파단에 의한 재해가 발생하는 경우에는 섬유벨트 관련 다른 형태의 재해가 발생하는 경우보다 사망재해가 발생할 확률이 2.7배 높은 것으로 섬유벨트 파단에 의한 재해의 심각성을 잘 나타내는 것으로 사료된다.

섬유벨트 파단에 의한 사고재해자의 평균 근로손실일수는 1828.1일로 섬유벨트 비파단 사고재해자의 평균 근로손실일수 728.9일의 2.5배로서 섬유벨트 파단에 의한 재해의 심각성을 보여주는 다른 예로 사료되며 업종별로는 제조업, 건설업, 운수·창고 및 통신업의 평균 근로손실일수가 다른 업종에 비해 상대적으로 높은 것으로 나타났다.

사용장비별 섬유벨트 관련 재해 현황에 의하면 크레인에서 섬유벨트 관련한 최근 3년간 전체 사고재해자(252명)의 67.5%(170명), 섬유벨트 파단에 의한 전체 사고재해자(28명)의 67.9%(19명), 전체 사고사망자(20명)의 80.0%(16명), 섬유벨트 파단에 의한 전체 사고사망자(6명)의 83.3%(5명)가 발생하였음을 알 수 있다. 또한 섬유벨트 파단과 관련하여 크레인에서 발생한 최근 3년간 사고재해자(19명)에 대한 업종별 발생비율은 제조업 68.4%(13명), 건설업 31.6%(6명)이고 사고사망자(5명)에 대한 업종별 발생비율은 건설업 80.0%(4명), 제조업 20.0%(1명)로 나타났다. 따라서 섬유벨트 관련 재해는 제조업과 건설업에서 크레인을 사용하는 작업중 많이 발생하는 것으로 나타났다.

섬유벨트 관련 전체 사고재해자(252명)의 작업내용별 주요 발생비율은 설비 정비/조립 또는 제조설비 원자재셋팅 13.1%(33명), 화물의 상·하차작업 10.7%(27명), 거꾸집 관련 작업 10.3%(26명), 기타 화물의 상승·운반·하강작업 27.0%(68명) 등으로 나타났고, 섬유벨트 파단에 의한 사고재해자(28명)의 작업내용별 주요 발생비율은 설비 정비/조립 또는 제조설비 원자재셋팅 14.3%(4명), 건축물 철골 등 조립·해체·변경작업 7.1%(2명), 기타 화물의 상승·운반·하강작업 64.3%(18명) 등으로 나타났다. 섬유벨트 파단에 의한 사고사망자(6명)의 작업내용별 발생비율은 건축물 철골 등 조립·해체·변경작업 16.7%(1명), 기타 화물의 상승·운반·하강작업 83.3%(5명)로 나타났다. 섬유벨트 파단에 의한 사고재해자(28명)의 67.9%에 해당하는 크레인을 이용한 작업중 섬유벨트 파단에 의한 사고재해자(19명)의 작업내용별 주요 발생비율은 건축물 철골 등 조립·해체·변경작업 10.5%(2명), 기타 화물의 상승·운반·하강작업 68.4%(13명) 등으로 나타났고, 업종별 발생비율은 제조업 68.4%(13명), 건설업 31.6%(6명)인 것으로 나타났다. 따라서 섬유벨트 파단에 의한 사고부상 및 사고사망은 제조업과 건설업에서 크레인을 이용하여 규격화되지 않은 화물을 비정기적으로 옮기는 기타 화물의 상승·운반·하강작업시 많이 발생하는 것으로 사료된다.

섬유벨트에 관련하여 재해예방을 위한 안전보건기준에 관한 규칙의 개정 내용으로 섬유벨트의 검사에서 변색되어 강도가 10% 이상 감소된 것은 달비계에 사용해서는 아니되며, 섬유로프 또는 섬유벨트는 안전율이 7이상 이어야 하고, 찢김 없어야 한다. 또한, 섬유벨트는 마찰에 대한 마모 등급은 두께감소율이 5% 이내 이어야 한다. 아울러 섬유벨트의 점검주기에 따른 강도 확인으로 폴리에스터는 일광 62일 10%, 124일 20% 강도 감소 확인하고, 폴리아미드는 일광의 황변시 20% 강도 감소를 확인하여야 하는 것으로 개정안을 제시한다.

활용방안 및 기대성과

이 연구는 섬유벨트의 사용실태에 따른 재해예방 연구로써, 작업현장에서 사용되고 있는 섬유벨트의 사용실태를 조사·분석하여 재해예방 대책으로 현장상황을 고려한 섬유벨트의 사용기준 및 안전기준을 재정립하였다. 이 연구의 결과에 따라 섬유벨트 사용기준을 안전보건기준규칙에 반영하기 위한 기초자료로 활용하고자함.

중 심 어

섬유로프, 섬유벨트, 파단, 찢김, 안전계수

참고문헌

- 한국산업안전보건공단, “2012년, 2013년, 2014년 산업재해통계”
고용노동부, “방호장치 의무안전인증”, 고시 제 2013-54호, 2013.12.18.
고용노동부, “추락재해방지 표준안전작업지침”, 고시 제 2012-95호, 2012.9.25
고용노동부, “산업안전보건기준에 관한 규칙(섬유로프 관련 조항)”
한국산업안전보건공단, “조선업 안전점검 기술지침”, KOSHA GUIDE B-5-2011

연구책임자 : 산업안전보건연구원 안전연구실 신운철
연 락 처 : 052-7030-860, s88119@kosha.or.kr

06

안전화 미끄럼방지 성능 시험법 개선 연구

연구 필요성 및 목적

연간 발생하는 전체 업무상사고 중 넘어짐 재해는 2010년 21.1%, 2011년 20.0%, 2012년 19.4%로 감소 추세에 있지만 여전히 발생빈도가 가장 높은 재해 유형이며 이중 미끄러져 넘어진 재해는 전체 넘어짐 재해의 약 40%를 차지하는 것으로 나타남

미끄러짐 재해 예방을 위한 안전화의 미끄럼방지 성능에 관한 기준은 「보호구 의무안전인증 고시 (2012-83호)의 별표 부가성능기준과 시험법이 명시되어 있으나 시험성능 기준과 시험 방법이 명확하지 않은 실정임

국제적으로 신발류의 미끄럼방지 성능 시험법이 다양하여 특정 국제기준을 도입하기에 어려움이 있으며 산업안전보건연구원에서 개발된 안전화 미끄럼방지 성능 시험기(2010년 자체연구)는 판정기준이 구체화 되지 않아 추가 실험을 통해 검증할 필요가 있음

또한 서비스 업종에서 주로 이용되고 있는 작업화의 인증 기준 제정이 추진됨에 따라 미끄럼 방지 성능 인증 수요가 증가할 것으로 예상되고 있어 미끄럼 방지 성능 시험법 개선이 필요한 실정임

연구 내용 및 방법

■ 연구 내용

- 안전화 미끄럼방지성능 시험법의 국·내외 기준 현황 및 문제점 분석
- 안전화 미끄럼방지 성능 시험법 및 기준 개발

■ 연구 방법

- 국내·외 안전화 및 신발류 미끄러짐 저항 시험 기준 비교 분석
- 고시의 미끄럼 방지 성능기준 타당성 검증 실험
- 산업안전연구원에서 개발된 안전화 미끄럼저항 시험기의 성능기준 검증 실험
- 안전화 미끄럼저항 성능 시험법 및 기준(안) 도출

연구 결과

인간 보행 시 발생하는 미끄러짐 현상을 접촉시간, 접촉압력, 접촉각 등을 모사할 수 있는 관절형 안전화 미끄럼방지 성능 측정기(KOSHA AST)를 개발하였다.

KOSHA AST의 정확성 검증을 위해 인간이 미끄러질 때 발생하는 미끄러짐 저항값과 미끄럼 방지 성능 시험기의 측정값과의 비교 결과 ISO 13287에 의한 실험 결과는 미끄러짐 저항값이 과도하게 낮게 평가 되는 경향이 있는 반면 개발된 측정기는 매우 높은 정확도를 나타냈다.

또한 신뢰성 검증을 위하여 표준신발을 포함한 5종의 신발을 선정하여 비교 분석한 결과 ISO 13287 시험법의 경우는 모든 신발에 대해 낮게 평가될 뿐 아니라 각 신발의 미끄럼 방지 성능 순위도 다른 결과를 나타냈으며 KOSHA AST와의 결정계수가 0.304로 상호 상관성이 매우 낮다는 것을 알 수 있었다.

KOSHA AST와 시험자가 직접 보행하는 Ramp tester는 각각의 신발에 대하여 같은 미끄러짐 저항 순위를 나타냈고 상관분석 결과로 결정계수 R^2 이 0.972로 아주 강한 상관관계를 보여 개발된 측정법이 인간의 미끄러짐 현상을 잘 모사하는 것으로 나타났다.

국내 안전화 미끄럼 방지 성능 인증 기준과 국제 기준을 실험을 통하여 비교 고찰한 결과 현재 국내 기준은 시험법과 판정기준이 국제기준과도 맞지 않은 실정이어서 개정이 불가피한 현실이며 본 연구에서 개발된 시험법은 그 대안이 될 수 있음을 확인할 수 있었다.

국내 안전화 인증기준에 대하여 ISO 국제기준을 바탕으로 부합화하는 기준 개정(안)과 개발된 측정기를 바탕으로 한 새로운 기준 개정(안)을 제시하였다.

활용방안 및 기대성과

「보호구 의무안전인증 고시 (2012-83호) 개정의 기초자료로 활용

합리적인 안전화 인증 기준 개발을 통한 관련 산업 활성화 및 넘어짐 재해 예방산업안전보건 기준에 관한 규칙 관련 규정의 개정 시 기초자료로 활용

중 심 어

넘어짐재해, 미끄러짐 저항, 미끄럼방지 성능, 안전화

참고문헌

- 김정수, 김영덕. 안전화 미끄럼도 측정기준 및 장비개발. 산업안전보건연구원. 2010.
- 박재석, 김정수. 미끄러짐 사고의 다중요인 체계화 연구. 산업안전보건연구원. 2013.
- ISO 13287. Personal protective equipment - Footwear - Test method for slip resistance. 2012.
- A. Darby, "Optimisation of the mechanical slip resistance test for footwear used in EN ISO 13287," HSL. 2012.
- G. Hunwin, K. Ormerod, and A. Darby, "A study of the effect of modifying the European Standard mechanical slip resistance test for footwear," HSL. 2010.

연구책임자 : 산업안전보건연구원 안전연구실 박재석
연 락 처 : 052-7030-855, parkjs@kosha.or.kr

07

이동용 전기기계기구에서의 감전 위험성 감소대책에 관한 연구

연구 필요성 및 목적

우리나라 산업현장에서 발생한 감전 재해자수는 2000년을 정점(576명)으로 다소 부침현상을 보였으나 외형적으로는 2000년 대비 2014년도의 재해자(330명)는 약 43 % 이상 감소하였음에도 불구하고 감전사망률은 미국·일본 등의 선진국과 비교할 경우, 근로자 1백만 명당 사망자 수(감전 사망 백만인율=(감전사망자 수/근로자 수) $\times 10^6$)가 수배 높다. 또한 감전재해 재해자 대비 사망률은 건설업보다도 약 4배 이상 높게 나타나고 특히, 붕괴재해보다도 높게 나타나 전기의 위험성을 여실히 보여 주고 있다. 이는 우리 안전보건공단의 전략목표인 2019년 사고사망 만인율 0.3 ‰대 진입 및 2015년도 산업재해 감소 목표 중 ‘사고사망만인율·사고재해율·업무상질병 만인율 5 % 감소’를 위해서는 감전재해 사망률을 낮춰야 하는 적극적인 대응 목표임을 직시할 수 있다.

전기에너지로 인한 재해는 크게 전기화재 및 감전사고로 발생되는데 과부하에 의한 전기화재의 예방을 위해서는 과부하 차단기를 설치하나 누설전류에 의한 전기화재 및 감전방지를 위해서는 누전차단기를 사용하도록 의무화 하고 있으나, 최근 10년간의 감전재해분석결과 약 60 % 이상의 재해가 소규모 건설업에서, 전기기계의 절연불량에 의한 감전사고가 약 30 %를 점유하고 있다. 특히, 건설현장에서 이동용 전기기계·기구에 의한 감전사망자는 전체 감전사망자의 35 %를 차지하는 것으로 나타나 이동용 전기기계·기구에서의 전기위험성 감소대책이 절실하다.

본 연구에서는 이동용 전기기계·기구에서의 전기위험성을 감소시키기 위하여 관련 재해분석, 사용실태 파악, 기술적 기준 조사, 시뮬레이션/실험, 안전장치개발, KOSHA Guide 제·개정, 정책 수립 및 반영, 산업안전보건기준에 관한 규칙 개정을 목표로 하고자 하였다.

아울러 본 연구과제는 산업안전보건연구원의 2015년도 ‘산업화 유도 가능한 신기술 개발 연구’로 선정하여 실효적으로 감전을 방지하는 신기술을 개발하기 위한 연구로써, 사업장 실태 조사(사용조건, 절연상태 등) 및 시뮬레이션을 통해 절연열화에 대한 위험성평가를 실시하고 감전방지 장치 개발을 통한 산업화 유도를 도모하고자 한다.

본 연구의 목표는 이동용 전기기계·기구에서의 전기위험성 감소대책 연구를 위하여 실태현황 가상실험/시뮬레이션을 통한 위험성평가(부분 위탁), 이동용 전기기계·기구로부터의 감전방지 기술개발 및 안전규칙 또는 기술지침 개정안 또는 방지대책 제시 등 안전기술의 개발 및 안전 정책을 제안하고자 하였다.

연구 내용 및 방법

■ 연구 내용

- 감전 통계, 안전 기준 등 국내외 관련 기준 및 규격 조사/분석
- 케이블의 열화 특성, 사용 기간 등 실태현황 가상실험/시뮬레이션
- 전기위험성 평가(부분 위락), 접지 연속성 확인장치 등 이동용 전기기계·기구로부터의 감전 방지 기술개발 및 안전규칙/기술지침 개정안 또는 방지대책 제시

■ 연구 방법

- 국내외 이동용 전기기계·기구 자료수집/검토, 감전 방지장치 등 안전기술에 대한 시장조사
- 노동안전위생종합연구소와의 정보교류/자문, 한국전기공업협동조합 등 관련 단체, 협회, 대학 등의 전문가 집단의 자문과 위촉연구원 활용을 통하여 최근의 감전재해 조사/분석

연구 결과

연구의 결과는 이동용 전기기계·기구에서의 전기위험성을 감소시키기 위하여 관련 재해분석, 사용실태 파악, 기술적 기준 조사, 시뮬레이션/실험, 안전장치개발, KOSHA Guide 제·개정, 정책 수립 및 반영, 산업안전보건기준에 관한 규칙 개정을 목표로 하여 아래와 같은 연구결과 및 제안을 도출하였다.

본 연구를 통해 감전재해관련 사고 사례를 정밀분석(최근 10여년, 산업재해, 전 국민을 대상으로 한 재해, 전기설비별, 이동용 전기기계·기구 등)을 실시하였으며, 특히 이동용 전기기계·기구에서 감전재해에 대하여 정밀분석을 하였다.

감전재해관련 사고 사례를 정밀분석(최근 10여년, 산업재해, 전 국민을 대상으로 한 재해, 전기설비별, 이동용 전기기계·기구 등)을 실시하였으며, 특히 이동용 전기기계·기구에서 감전재해에 대하여 정밀분석을 하였다.

이동용 전기기계·기구에서의 실태현황 가상실험/시뮬레이션을 통한 위험성을 평가하여 이동용 전선에서의 교체주기(50 ℃ 연속 운전; 약 10년, 40 ℃로 연속 운전; 약 15년)를 결정하는 기술적 결과를 도출하였다. 이에 대한 결과는 향후 부록 2와 같은 안전조건기준에 관한 규칙 또는 계속적으로 KOSHA Guide로의 제·개정에 활용할 예정이다.

접지 연속성을 상시 확인하여 작업 전 또는 작업 중에 접지 불연속일 경우에는 전원의 투입 금지 및 차단을 시킴으로서 감전재해를 근원적으로 예방할 수 있는 ‘접지 연속성 확인 및 전원 차단장치’를 개발하였다. 아울러 개발품에 대해서는 실용화 개선 등 향후 참여기업을 통한 생산과 산업현장 등으로의 보급을 유도할 것이다.

영국의 HSE 'Maintaining portable electrical equipment', OSHA 1910 Subpart P - Hand and Portable Powered Tools and Other Hand-Held Equipment를 근간으로 하는 KOSHA Guide, E-77-2013, ‘휴대 전기기기 정비에 관한 기술지침에 관한 기술지침(안)’을 개발하였다(부록 1).

건설현장에서의 감전방지를 위한 이중절연구조의 전기기계·기구의 보급 확산 등 정책적으로 고려해볼 수 있는 몇 가지 제안(제언)을 하였다.

활용방안 및 기대성과

본 연구의 결과물에 대하여 이동용 전기기계·기구에서의 감전 및 상해 방지에 대한 근원적 안전확보, 열악한 건설현장에서의 이동용 기기/전선에 대한 사용주기 근거를 마련함으로써 감전·화재 예방, 작업자가 사용하는 이동용 전기기계·기구의 절연파괴로부터 발생하는 감전재해 예방 기술 개발, 산업안전보건에 관한 규칙, 기술기준 등 관련 기준/규격의 제정 또는 개정을 위한 가이드 라인 제시를 위하여 활용가치가 크다고 사료된다.

본 연구의 감전재해 정밀 분석 결과를 바탕으로 한 전기재해 예방정책 수립의 기초근거 자료, 산업안전보건기준에 관한 규칙 개정 및 KOSHA Guide의 제도적/기술적 뒷받침, 감전방지장치의 현장 보급을 통한 특히, 건설현장에서의 감전사고 예방에 크게 기여할 것으로 기대된다.

중 심 어

감전/전기화재, 이동용 전기기기·기구, 접지 연속성, 전기안전기준, 전선열화

참고문헌

- 산업재해현황(2000년~2013년), 한국산업안전공단
 전기재해통계분석(2004년~2013년), 한국전기안전공사
 감전재해 예방을 위한 연구 II -건설업 중심, 2013-연구원-954, 산업안전보건연구원, 2013년
 최근 감전재해의 발생특성과 재해원인 심층조사분석 연구, 2012-연구원-1283, 산업안전보건연구원, 2012년
 김승삼, “이동용 전기기기의 종류 및 감전위험성에 대한 대책”, 세이프티월드, 제7권, 제1호, pp.7-11, 2011.

연구책임자 : 산업안전보건연구원 안전연구실 최상원

연 락 처 : 052-7030-853, swchoi@kosha.net

08

장·노년층 근로자의 사고사망 재해발생 고위험군
특성 연구

연구 필요성 및 목적

우리나라의 장·노년층 근로자는 지속적으로 증가할 것으로 예상되는데, 이에 따라 산업안전 보건학적인 관점에서 보면 장노년층 근로자는 신체적 및 정신적인 부분이 다소 떨어지기 때문에 산업현장에서 업무상사고 및 질병(사망자 포함) 재해가 또한 증가할 것으로 전망된다.

따라서 본 연구에서는 장·노년층 근로자의 사고 및 사망재해를 예방하기 위해서 무엇보다도 이들이 갖고 있는 특성과 속성을 정확하게 파악하고 재해 예방에 집중 할 수 있는 고위험집단을 찾아 장·노년층 근로자의 사고사망재해예방에 기여하고자 한다.

연구 내용 및 방법

■ 연구 내용

- 장·노년층 근로자의 경제활동인구 추이와 장래인구 추계 예측
- 2007년도부터 2013년도까지 최근 7년간 산재취약계층인 장·노년층 근로자의 업무상사고 사망재해 발생추이 변화
- 장·노년층 근로자의 사고 사망재해 발생원인
- 장·노년층 근로자의 사고 사망재해를 예방하기 위해서 개입해야 할 지점

■ 연구 방법

- 공단의 중대재해조사보고서, 근로복지공단 요양신청서(유족급여신청서, 진술서 등) 등 행정 자료를 이용하여 분류
- 2007년도부터 2013년도까지 최근 7년간 장·노년층 근로자의 업무상 사고 사망재해 주요 특성에 대한 세분화된 심층 분석

연구 결과

장·노년층 근로자의 사고 사망만인율은 남성 근로자의 사고 사망만인율이 여성 근로자의 사고 사망만인율보다 매년 높게 나타났다. 종사상 지위별에 따라 일용 근로자의 사고 사망만인율은 가장 높은 수준을 보이며 증가 추세로 나타났고, 다음으로 상용 근로자의 사고 사망만인율은 감소 추세로 나타났으며, 임시 근로자의 사고 사망만인율은 담보상태로 나타났다. 장·노년층 근로자의 사고 사망만인율은 성별, 종사상지위별에 따라 다르기는 하지만 특정한 산업과 직업 등에 편중되어 있는 것으로 나타났다. 주로 산업별은 광업, 하수, 폐기물처리, 원료 재생 및 환경복원업, 건설업에 집중되어 나타났고, 직업별은 기능원 및 관련 기능 종사자에 집중되어 나타났다.

장·노년층 근로자의 연도별 업무상사고 사망자 수는 2007년 490명(42.1%), 2010년 607명(50.4%), 2012년 619명(57.5%)으로 점차 증가하는 추세를 보인다. 장·노년층 근로자의 업무상 사고 사망자는 성별, 종사상지위별 등에 따라 다르기는 하지만 특정한 산업과 직업 등에 편중되어 있는 것으로 나타났다. 주로 산업별은 건설업에서 가장 많은 점유율을 차지하고 있고, 개인적 및 직업별 특성은 일용근로자, 6개월 미만인 단기간 근로자, 20년 이상인 장기간 근로자, 기능원 및 관련 기능종사자, 단순노무종사자가 가장 많은 점유율을 차지하고 있다.

재해 당시 직접적으로 영향을 미치는 에너지원이나 설비·기계 관련 기인물은 건축물·구조물 및 표면, 설비·기계에 의해서 가장 많이 발생 되었다. 발생형태는 떨어짐, 부딪힘, 깔림·뒤집힘·넘어짐에 의해서 가장 많이 발생되었고, 작업내용은 운반, 상·하역 및 운전작업, 물체의 연결·조립, 설치·해체작업 중에 가장 많이 발생되었으며, 불안전한 상태는 방호조치의 부적절, 작업 공정·절차의 부적절에서 불안전한 행동은 작업수행 소홀 및 절차 미준수, 구조물 등 그 밖의 위험방지 및 미확인에 의해서 가장 많은 사망재해가 발생하였다.

활용방안 및 기대성과

장·노년층 근로자의 사고 사망예방을 위한 고위험(타켓팅)집단 선정 시 참고자료로 활용
 장·노년층 근로자의 세분화된 특성분석으로 사고사망재해 예방을 위한 사업반영(선택과 집중) 및 정책 자료로 활용

중 심 어

장·노년층 근로자, 사고사망만인율, 고위험집단, 고령화

참고문헌

- 고령근로자와 산업보건, 김용규, 산업보건 12월호, 11-17(2009)
 경제활동 인구조사에서 자료 재구성, 통계청(2009-2014)
 세계 및 한국의 인구현황, 통계청(2009)
 강성규 등, 산업재해정체 원인분석 및 대책 연구, 산업안전보건연구원(2010)
 이관형 등, 2013년 업무상사고 사망재해원인분석, 산업안전보건연구원(2014)

연구책임자 : 산업안전보건연구원 안전연구실 이관형
 연 락 처 : 052-7030-851, khyi77@kosha.net

09

화학사고 예방을 위한 정량적 위험평가의 신뢰도 데이터 활용 방안

연구 필요성 및 목적

화학공장의 화학사고를 예방하기 위해 미국이나 유럽 선진국에서는 최선의 방안으로 정량적 위험성평가를 강도 높게 수행할 것을 요구하고 있으며 정량적 위험성평가 내실에 따라 사고예방 정도가 크게 다르게 나타나고 있음을 강조하고 있다.

정량적 위험성평가를 수행하기 위해서는 화학공장의 신뢰도 데이터가 필요하나 우리나라의 경우, 데이터베이스화되어 있지 않아 원활하게 수행되고 있지 않다. 이에 “우리 실정에 적합한 신뢰도 데이터”가 절실히 요구되고 있다.

연구 내용 및 방법

■ 연구 내용

- 화학공장의 정량적 위험성 평가시 신뢰도 저하요인 분석
- 정량적 위험성평가의 신뢰도 향상 방안 제시
- 정량적 위험성평가의 신뢰도 데이터베이스 구축 및 활용방안 로드맵 제시

■ 연구 방법

- 신뢰도 데이터의 필요성 및 저해요인 등에 대한 분석을 위한 현장의견 조사
- 국내·외 신뢰도 데이터베이스 구축 및 운영현황 조사
- 정량적 위험성 평가의 신뢰도 데이터베이스 구축 및 활용을 위한 방안 제시

연구 결과

세계적인 화학산업을 운영하고 있는 우리나라는 타 산업대비 대형사고의 리스크가 화학 산업에서 경험적으로나 확률적으로 높은 것이 현실이다.

본 연구는 이러한 대안방법인 정량적 위험성평가를 국내에서 활성화를 시키기 방안을 제시하기 위해 수행되었으며 결과로써 다음과 같이 제시하였다.

- 정량적 위험성 평가는 사업장에서 자체적으로 수행될 수 있도록 하되 이를 위해 국내 실정에 맞고 객관성이 확보된 신뢰도 DB의 보급이 필요하다.
- 특히, 정량적 위험성평가의 내실 있는 운영을 위해서는 모두가 정부차원의 기술지원으로써 국내실정에 맞는 신뢰도 데이터베이스의 구축을 언급하였는데 국내실정에 적합한 신뢰도 데이터베이스를 제공하는 것이 정량적 위험성평가를 국내에서 활성화 시키고 결과적으로는 이를 통해 화학사고를 예방할 수 있는 방안으로 모두 인식하고 있다.

활용방안 및 기대성과

정량적 위험성평가의 성공적인 활성화를 위해서는 신뢰도 데이터베이스의 필요성이 가장 중요한 사항으로 이를 위해서는 장기적 안목에서 신뢰도 데이터베이스 구축을 위한 철저한 계획과 투자가 필요하며 지속적인 연구를 통해 국내 실정에 적합한 신뢰도 데이터베이스를 구축한다. 본 연구는 이러한 데이터베이스를 구축하기 위한 기초연구로써 적정하고 효율적인 신뢰도 데이터베이스의 설계를 위한 기틀을 제공할 수 있다.

중 심 어

화학사고, 정량적 위험성평가, 리스크, 신뢰도 데이터베이스

참고문헌

- OREDA. Offshore Reliability Data Handbook 5th Edition. 2009
- IEEE. Reliability Data For Pumps And Drivers Valve Actuators And Valves. 1986
- CCPS. Guidelines For Process Equipment Reliability Data. 1989
- CCPS. Guidelines Process Equipment Reliability Data Chap4
- David J Smith. Developments In The Use Of Failure Rate Data and Reliability Prediction Methods For Hardware. STELLINGEN 2000:82-83

연구책임자 : 산업안전보건연구원 안전연구실 장창봉

연 락 처 : 052-7030-858, jcb@kosha.or.kr

Ⅲ. 직업건강연구 분야

01. 감정노동 근로자를 위한 심신 힐링 프로그램 개발
02. 감정노동 근로자의 감정노동 실태, 위험요인, 건강영향 연구
03. 고속도로 요금소 요금 수납원 근로환경 실태조사 연구
04. 근로자 생식보건 역학연구(I)
05. 근로자 일반건강진단 항목 및 주기 개선 방안에 관한 연구
06. 만성퇴행성신경질환 직업성 노출에 대한 환자대조군연구
07. 방사선노출에 의한 암 발생가능성 추정을 위한 인과확률 프로그램 개발 연구
08. 비호지킨림프종 환자대조군 연구 설계 및 타당성 조사
09. 소변 시료 보정 지표 유효성 평가
10. 역학조사보고서 분석을 통한 조사, 심의, 결론 도출과정에 대한 Data base 구축
11. 유해작업 휴식 등 근로조건 개선조치에 대한 법적 근거 및 시행방안 마련 연구
(옥외작업을 중심으로)
12. 임산부 등 사용금지 직종 확대를 위한 연구
13. 특수건강진단 정도관리 항목 개발 - 소변중 비소
14. 혼합 화학물질 노출근로자의 건강장애예방을 위한 혼합물질 구성성분의 물리·화학적 특성과 구성물질에 의한 건강영향 예측

01

감정노동 근로자를 위한 심신 힐링 프로그램 개발

연구 필요성 및 목적

감정노동은 스트레스를 증가시켜 정신 질환 및 심혈관 질환에 영향을 미친다. 감정노동 및 스트레스로 인한 심리적, 신체적, 사회적 건강의 악화에 대한 예방 및 힐링 차원의 다양한 방법이 모색되어야 한다.

감정노동 근로자가 스스로 실천할 수 있는 심신이완, 정서조절, 스트레스 완화 및 대처능력 향상을 위한 뇌과학 기반 심신 힐링 프로그램을 개발하여 시행 전후에 따른 행동, 심리학적 평가 지표를 통한 효과를 검증하고자 하였다.

연구 내용 및 방법

심신 힐링 뇌교육 프로그램 개발

개발한 심신 힐링 뇌교육 프로그램의 효과검증

연구 결과

심신 힐링 뇌교육 프로그램은 스트레스의 예방과 심리적 건강의 향상의 두가지 효과를 모두 가지고 있다고 볼 수 있다. 통계적으로 유의미하게 관찰된 8주간의 심신 힐링 뇌교육 프로그램의 효과는 심신 힐링 뇌교육 프로그램 시행 결과, 스트레스 완화 및 스트레스 대처능력의 유의한 향상이 관찰되었고, 분노의 감소, 정서조절 및 정서지능의 향상의 효과를 보였다. 또한, 부정 심리의 감소, 회복탄력성의 향상 효과를 보였다.

심신 힐링 뇌교육 프로그램 8주간 동안 감정노동 및 직무 스트레스에 있어 유의미한 차이를 보이지 않았다.

변하지 않는 감정노동의 외부 상황 및 직무 스트레스 환경에서도 개인의 심리적 건강 및 심리, 행동적 능력의 향상을 추측해 볼 수 있는 결과라 할 수 있다.

활용방안 및 기대성과

다양한 직군의 감정노동 근로자들이 언제 어디서나 손쉽게 심신 힐링 뇌교육 프로그램을 활용할 수 있도록 인터넷 홈페이지를 통한 프로그램 제공 및 스마트폰 어플리케이션의 형태로 프로그램을 제공 가능하다.

감정노동 근로자들 뿐만 아니라 일반 사무직 및 일반인 대상 심신 힐링 프로그램 개발, 더 나아가 학생들을 위한 뇌교육 프로그램 및 환자를 위한 힐링 프로그램 개발을 위한 기초 자료로 활용가능하다.

중 심 어

심신 힐링 뇌교육 프로그램, 스트레스, 감정노동, 정서지능

참고문헌

- 김유미. 뇌호흡의 뇌과학적 근거와 유아교육에의 적용 가능성 탐색. 열린유아교육연구 200510(2):21-39.
- 심준영. 뇌호흡 명상훈련에 따른 프로농구선수의 기분상태 및 스트레스 호르몬 변화. 국제뇌호흡심포지엄 200495-95.
- Amutio A, Franco C, Perez-Fuentes Mde C, et al. Mindfulness training for reducing anger, anxiety, and depression in fibromyalgia patients. Front Psychol 201512(5):1572.
- Gallegos AM, Lytle MC, Moynihan JA, et al. Mindfulness-Based Stress Reduction to Enhance Psychological Functioning and Improve Inflammatory Biomarkers in Trauma-Exposed Women: A Pilot Study. Psychol Trauma 2015. [Epub ahead of print]
- Jung YH, Kang DH, Jang JH, et al. The effects of mind-body training on stress reduction, positive affect, and plasma catecholamines. Neurosci Lett 2010479(2): 138-142.

연구책임자 : 서울대학교 산학협력단 강도형
 연구담당자 : 산업안전보건연구원 직업건강연구실 박재오
 연 락 처 : 052-7030-887, newnicx@kosha.or.kr

02

감정노동 근로자의 감정노동 실태, 위험요인, 건강영향 연구

연구 필요성 및 목적

감정노동에 대한 사회적 관심의 증가하면서 기존에 알려진 서비스업, 판매직종의 근로자 뿐 아니라 공공부문의 행정직, 은행원을 포함한 기타 다양한 직종의 감정노동 문제가 새롭게 대두 되었고, 다양한 평가도구를 통하여 감정노동이 측정되어 왔으나 한국 상황에 맞는 표준화된 측정도구를 이용한 연구는 드물고 이에 더하여 감정노동 위험요인 및 그 건강영향에 대하여 본격적으로 조사한 연구가 존재하지 않았다.

감정노동을 수행하는 것으로 추정되는 고객 대면 근로자들의 전반적인 감정노동 실태를 파악 하고, 그 위험요인과 건강영향과의 연관성을 파악하고자 하였다.

연구 내용 및 방법

관련 문헌 조사 및 설문지 개발
실태, 위험요인, 건강영향 설문조사 실시
조사 원자료 심층 분석 및 근로 환경조사 자료 분석

연구 결과

한국형 감정노동 평가도구(Korean Emotional Labor Scale: K-ELS)를 사용한 감정노동 실태 조사 결과 전반적 감정노동 수준의 평균은 54.60점(95% 신뢰구간 54.10~55.10)으로 나타났다. 직종별로는 승무원, 안내/접수·고객응대·통계조사관련 사무원, 자동차 운전원, 영업원 및 상품중개인, 자동차정비원, 보험 관련 영업원, 판매원 및 상품대여원, 금융 및 보험 관련 사무원, 계산원 및 매표원 등의 순으로 높게 나타났다. 감정조절의 요구 및 규제, 고객응대의 과부하 및 갈등, 감정부조화 및 손상을 통합한 감정노동의 강도는 61.56점(95% 신뢰구간 60.88~62.24)으로 승무원, 안내·접수·고객응대·통계조사 관련 사무원, 자동차 정비원, 보험관련 영업원, 노점·이동·방문 판매원 및 판매 관련 단순 종사자, 이·미용 및 관련 서비스 종사자, 영업원 및 상품중개인,

간호사 및 치과위생사, 판매원 및 상품대여원, 자동차 운전원 등의 순으로 높게 나타났다. 유의미한 수준 이상의 감정노동을 수행하는 우리나라 근로자 수는 약 592만여 명으로 추정된다.

한국형 작업장 폭력 평가도구(Korean Workplace Violence Scale: K-WVS)를 사용한 작업장 폭력 실태조사 결과 전반적 작업장 폭력 수준의 평균은 19.40점(95% 신뢰구간 19.00~19.82)으로 나타났다. 계기검침·수금 및 주차관리 관련 단순 종사자, 부동산중개인, 오락시설 서비스 관련 종사자, 식당 서비스 관련 종사자, 배달원 및 운송 관련 단순 종사자, 노점·이동·방문 판매원 및 판매 관련 단순 종사자, 경비원, 세탁원 및 다림질원, 이·미용 및 관련 서비스 종사자, 영업원 및 상품중개인 등의 순으로 높게 나타났다. 고객으로 인한 정신적 성적 폭력 노출 수준은(평균 11.55, 95% 신뢰구간 10.96~12.14) 직종별로 승무원, 경찰·소방·교도 관련 종사자, 안내·접수·고객응대·통계조사 관련 사무원, 배달원 및 운송 관련 단순 종사자, 음식·숙박·여행·오락 및 스포츠 관련 관리자, 경호원·청원경찰·보안 관련 종사자, 사회복지 및 상담 전문가, 오락시설 서비스 관련 종사자, 자동차 운전원, 계기검침·수금 및 주차관리 관련 단순 종사자 등의 순으로 높았다. 고객에 의한 정신적 성적 폭력에 유의미한 수준 이상으로 노출되는 종사자 수의 추정치는 약 419만여 명으로 추정된다.

직업 관련 요인 및 조직의 관리체계 요인에 속한 변수들은 감정조절의 요구 및 규제, 고객 응대의 과부하 및 갈등, 감정부조화 및 손상, 그리고 이 세 가지 하부요인을 통합한 전체 감정노동 강도에 모두 유의한 영향을 주었다. 직업 관련 요인에서는 대기업 계열 사업장의 경우, 하루 평균 고객 대면 업무 시간이 긴 경우 일관적으로 감정노동 강도가 증가하였고, 사업장 규모가 큰 경우나 현 직장 근무기간이 긴 경우는 일부 하부요인에서 그 수준이 증가하였다. 조직의 관리체계 요인에서는 조직의 감시 및 모니터링 수준이 높을수록 감정노동 강도가 일관적으로 증가하였다. 작업장 폭력에서는 직업 관련 요인은 고객의 정신적/성적 폭력, 직장 내 정신적/성적 폭력에 유의한 영향을 주었다. 사업장 규모가 클수록, 비정규직인 경우, 현 직장 근무기간이 길수록, 하루 평균 고객 대면 업무(고객에 의한 폭력) 혹은 업무시간(직장 내 동료 및 상사에 의한 폭력)이 길수록 일관적으로 작업장 내 고객 혹은 직장 동료 및 상사로 인한 정신적/성적 폭력 강도가 증가하였다.

감정노동 및 작업장 폭력 수준에 따른 건강 수준의 차이는 설문을 통해 확인하였다.

감정노동의 우울증 및 불면에 대한 영향은 다양한 분석 방법에서 비교적 일관적으로 나타났다. 또한 감정노동 및 작업장 폭력 경험 자체 뿐 아니라 그에 대한 조직적 관리체계 또한 직무스트레스를 통하여 간접적으로 우울증 및 불면증에 영향을 주는 것으로 나타났다.

다른 신체적 건강과의 연관성은 감정노동은 다수의 소화기계 질환과 근골격계 증상을 포함한 대다수의 업무로 인해 유발·악화된 증상 경험률에서 유의한 것으로 확인되었다. 작업장 폭력은 앞의 건강 영향을 포함한 일부 내분비/심혈관계 질환과도 유의한 연관성이 발견되었다.

자살 생각에 대한 영향은 감정노동에서는 하부요인 별 유의성이 발견되지 않았으나 전체(2.02배) 및 남자(2.36배)에서 감정노동 강도 증가에 따른 자살 생각이 증가하였다. 작업장 폭력에서는 고객의 정신적/성적 폭력(전체 1.73배, 여자 2.29배), 직장 내 정신적/성적 폭력(전체 1.67배, 남자 1.89배)의 하부요인에서 유의한 연관성의 증가가 나타났다.

활용방안 및 기대성과

우리나라 근로자의 감정노동 및 작업장 폭력 수준에 대한 전반적인 실태와 감정노동/작업장 폭력의 고위험 직종을 선별하는 기초자료로 활용 가능하다.

고위험 직종을 대상으로 한 보건관리 방안 마련과 감정노동과 관련된 직종에 종사하는 근로자들의 건강을 보호하기 위한 정책 수립을 위한 기초자료로 활용 가능하다.

중 심 어

감정노동, 작업장 폭력, 직무스트레스, 건강영향, 실태조사

참고문헌

- 권혁주, 전호섭, 김은경. 감정노동 근로자의 감정노동 원인 및 실태파악 연구. 안전보건공단. 2015년 연구보고서
- 김수연, 장세진, 김형렬 등. 서비스직 근로자의 감정 노동과 우울 수준. 대한산업의학회지 2002;14(3):227-235
- 장세진 등 (2013). 한국형 감정노동 및 작업장 폭력 평가도구 개발. 산업안전보건연구원.
- 장세진 등 (2014). 한국형 감정노동 및 폭력(2013년도 연구) 조사도구 적용연구. 산업안전보건연구원
- 김인아 등. 감정노동 근로자의 건강관리 방안 마련 연구. 안전보건공단. 2013년 연구보고서

연구책임자 : 산업안전보건연구원 직업건강연구실 이새롬
연 락 처 : 052-7030-875, romromrom@kosha.or.kr

03

고속도로 요금소 요금 수납원 근로환경 실태조사 연구

연구 필요성 및 목적

고속도로 요금소에서 종사하고 있는 요금수납원들은 타 직종에 비해 직무스트레스, 감정노동, 성희롱 빈도, 고용 불안 등의 열악한 근로환경에서 근무하는 것이 선행연구와 매스컴을 통해 보고되었다. 한국도로공사 및 민자 고속도로에서는 과거 열악했던 근로환경을 개선 중에 있다.

우리나라 전국 고속도로 요금소의 요금수납원에 대하여 근로환경실태 및 노출 가능한 유해 화학물질을 조사하고, 이들의 상태를 자료조사를 통해 타 직종과 비교하고자 하였다. 또한, 인간 공학평가 및 근골격계 질환 예방 방법을 제시하고자 하였다.

연구 내용 및 방법

고속도로 요금소 요금 수납원 근로환경조사

고속도로 요금소 요금 수납원 인간공학평가 및 근골격계 질환 예방 개선 제안

고속도로 요금소 부스 내 유해화학물질 영향에 관한 문헌고찰

연구 결과

직무스트레스 총합 점수는 46.6 ± 11.5 점으로 타 직종 대비 참고치의 50% 이내의 스트레스 범위에 있었다. 선행연구에 비해 본 연구에서는 감정노동의 경우 감정조절의 요구 및 절제는 91.6점에서 76.9점으로, 조직의 지지 및 보호체계가 92.3점에서 45.4점으로 과거 연구비교 대비 낮게 조사되었다. 그러나 여전히 위험군으로 분류되며 이는 고객의 과도한 서비스의 요구와 조직 내 상담 창구의 부재로 기인되었다. 이에 따른 대책으로 예를 들면, 안전보건공단의 외부 기관인 근로자 건강센터의 파견 주치의 특성화 사업을 통해 고객 스트레스에 대한 대응 상담이 필요하다. 또한, 근로 고충을 들어줄 수 있는 심리상담사 배치 등의 주기적인 스트레스 관리가 요구된다. 작업장 폭력, 소진, 탈진, 프리젠템, 우울에서는 정상군 범위에 속해 있어 현재 업무에 대해 대체적으로 만족하는 것으로 조사되었다. 고속도로 요금소 요금 수납원 주관설문조사에서

교대선호 부분에서 아침에 출근하는 것(63.3%)을 선호하는 것으로 조사되었다. 산업안전보건법 이행 체크리스트 분석한 결과, 대부분의 영업소에서는 잘 이행되었으나, 2개의 영업소(G_2, J_1)에서는 화장실, 휴게실이 없는 것으로 조사되어 향후 의견수렴을 통한 개선이 필요할 것으로 조사되었다.

RULA의 경우, 목이 인사 및 종로 인사(7점) ticket 및 현금 수령(7점)으로 평균 7점으로 시급히 개선 조치가 필요한 수준이다. 주로 어깨, 팔꿈치, 손목, 목에 무리가 가는 것으로 조사되었다. ACGIH hand의 결과는 손활동도(6점), 손작업의 강도(4점)으로 조사되었다. 빠르고 지속적이며 반복된 작업이 원인으로 ACGIH 허용기준을 초과한 것으로 조사되었다. JSI 경우 전체 평균 20.25점으로 매우 위험한 수준으로 빠른 기간 내 개선이 필요할 것으로 조사되었다. 근골격계 질환 예방을 위해서는 요금수납 시 간헐적으로 일어서서 작업할 수 있도록 부스 내 구조를 개선해야 한다. 심층면접을 통하여 휴게시간과 식사시간이 부족한 점, 연차를 자유롭게 사용하기 어려운 점 등은 충분한 인력을 충원하므로 해결될 것으로 판단되었다.

버스 수리소, 열차 수리소, 트럭 터미널보다 환경오염물질(미세먼지, VOC, 1-3부타디엔 등)이 전체적으로 낮은 농도를 보였다.

고속도로 요금소 부스 내 환경오염영향 개선을 위한 비용-효과 분석에서는 10% 무인영업소 전환으로 지불의사 비용을 고려하였을 때, 1년차에서는 비용편익(B/C ratio)은 0.15, 2년차에서는 0.31, 3년차에서는 0.47, 4년차에서는 0.64로 조사되었다. 기존 에어커튼의 사용에 대한 경우는 위치 변경, 사용 방법에 대한 교육 매뉴얼이 필요하다. 아울러 고속도로 요금소에 대한 환경오염 물질의 권장기준을 제정하고, 지속적으로 사업장 측정관리가 요구된다.

활용방안 및 기대성과

고속도로 요금소 요금 수납원의 윤택한 환경을 위한 정책방안 마련 가능하다.

고속도로 요금소 요금 수납원의 근로환경 및 근로건강의 기초자료로 활용가능하다.

중 심 어

톨게이트, 고속도로 요금소, 고속도로 영업소, 요금 수납원, 근로환경, 근로건강 설문조사

참고문헌

- Lai, Ching-Huang, Saou-Hsing Liou, Tung-Sheng Shih, Perng-Jy Tsai, Hsiao-Lung Chen, Yue-Cune Chang, Timothy J Buckley, Paul Strickland, and Jouni JK Jaakkola. "Exposure to Fine Particulate Matter (Pm2. 5) among Highway Toll Station Workers in Taipei: Direct and Indirect Exposure Assessment." *Archives of Environmental Health: An International Journal* 59, no. 3 (2004): 138-48.
- Sapkota, Amir, D'Ann Williams, and Timothy J Buckley. "Tollbooth Workers and Mobile Source-Related Hazardous Air Pollutants: How Protective Is the Indoor Environment?" *Environmental science & technology* 39, no. 9 (2005): 2936-43.
- Shih, Tung-Sheng, Ching-Huang Lai, Hsueh-Fen Hung, Shiou-Ying Ku, Perng-Jy Tsai, Tsan Yang, Saou-Hsing Liou, Ching-Hui Loh, and Jouni JK Jaakkola. "Elemental and Organic Carbon Exposure in Highway Tollbooths: A Study of Taiwanese Toll Station Workers." *Science of the total environment* 402, no. 2 (2008): 163-70.
- Strauss, Pamela, Peter Orris, and Lucille Buckley. "A Health Survey of Toll Booth Workers." *American journal of industrial medicine* 22, no. 3 (1992): 379-84.
- Yang, Chun-Yuh, Yu-Fu Chen, Hung-Yi Chuang, Bi-Hua Cheng, Fung-Chang Sung, and Trong-Neng Wu. "Respiratory and Irritant Health Effects in Tollbooth Collectors in Taiwan." *Journal of Toxicology and Environmental Health Part A* 65, no. 3-4 (2002):

연구책임자 : 부산대학교 산학협력단 김화일
 연구담당자 : 산업안전보건연구원 직업건강연구실 류향우
 연 락 처 : 052-7030-871, r7645@kosha.or.kr

04

근로자 생식보건 역학연구(I)

연구 필요성 및 목적

2013년 기준, 통계청 자료에 의하면 전국의 여성 근로자 인구는 808만여 명으로 확인된다. 경제활동을 시작하는 연령이 결혼, 임신, 출산의 시기와 유사한 것을 고려할 때, 여성 근로자의 생식보건 실태를 파악하는 것이 중요한 과제로 남아있다. 특히, 최근의 저출산, 노산, 난임, 불임 등의 이슈와 함께 여성 근로자의 생식보건에 대한 사회적 관심이 높아지고 있다.

여성근로자에게 발생 가능한 생식독성 건강 문제의 위험성을 사전에 평가하고, 직업성 생식독성 문제의 역학적 특성을 파악하여 고위험 집단에 대한 예방적인 관리를 도모하고자 하였다.

연구 내용 및 방법

2014년도 작업환경실태조사 자료 분석

생식독성 물질의 사용현황과 노출 여성 근로자의 현황 파악

건강보험공단의 진료정보를 바탕으로 업종별 여성 근로자의 생식보건 현황 파악

연구 결과

2014년 작업환경실태 조사를 분석한 결과, 여성 근로자가 노출 가능한 생식독성유해인자 중 물리적 인자로는 고열(7,025명, 20.77%), 한랭(5,855명, 17.31%), 방사선(2,173명, 6.42%)이 있었으며, 화학적 인자로는 톨루엔(4,920명, 14.54%), 헥산(n-헥산)(3,315명, 9.8%), 2-에톡시에탄올(1,900명, 5.62%), N,N-디메틸아세트아미드(1,833명, 5.42%), 일산화탄소(1806명, 5.34%), 납(1603명, 4.83%) 순으로 나타났다.

5인 미만 제조업(표본조사)에서는 화학적/물리적 생식독성 유해 인자 중 가장 많이 노출되는 인자로는 고열(392명, 39.52%), 톨루엔(247명, 24.90%), 한랭(239명, 24.09%), 헥산(n-헥산)(50명, 5.04%)의 순으로 나타났다.

여성근로자 생식보건 실태조사 분석결과 직장가입자 여성 근로자가 피부양자에 비해 유산율의 교차비가 1.25(95%CI 1.23-1.28)로 유의하게 높게 나타났다. 유산율의 교차비가 높고, 유산

건수가 1,000건 이상인 주요 업종으로는 사업지원 서비스업(1.45, 95%CI 1.35-1.56), 전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업(1.40, 95%CI 1.33-1.48), 보건업(1.36, 95%CI 1.31-1.41), 기타 제품 제조업(1.33, 95%CI 1.24-1.42) 등이 있었다.

유산 이외에도 습관성 유산(1.28, 95%CI 1.21-1.36), 절박유산(1.40, 95%CI 1.38-1.43), 태아 발육 부전(1.19, 95%CI 1.13-1.26), 태반조기 박리(1.28, 95%CI 1.15-1.42)가 직장가입자 여성 근로자에서 피부양자에 비해 유의하게 높은 교차비를 나타냈다.

습관성 유산의 교차비가 높게 나타난 주요 업종은 부동산업(1.93, 95%CI 1.54-2.42), 기타제품 제조업(1.58, 95%CI 1.29-1.94), 소매업(1.45, 95%CI 1.22-1.72), 교육서비스업(1.42, 95%CI 1.28-1.57) 등이 있었고, 절박 유산의 교차비가 높게 나타난 주요 업종은 자동차 및 트레일러 제조업(1.59, 95%CI 1.43-1.77), 육상운송 및 파이프라인 운송업(1.55, 95%CI 1.40-1.71), 보건업(1.53, 95%CI 1.49-1.58) 등이 있었다.

활용방안 및 기대성과

생식보건에 취약한 대상 업종 파악의 기초자료로 활용 가능하다.

종사자수가 많고 유산율과 기타 산과적 질환의 위험도가 높게 나타난 업종에 대한 관리와 제도 개선의 기초자료로 활용 가능하다.

모성보호시간 제도와 같은 여성 근로자의 생식보건 제도 및 법령의 제·개정, 시행에 기초자료로 활용 가능하다.

중 심 어

생식독성, 작업환경실태조사, 유산

참고문헌

FRAZIER, Linda M.; HAGE, Marvin L. Reproductive hazards of the workplace. Van Nostrand Reinhold Company, 1998.

John F. Osborn, Maria Sofia Cattaruzza, and Angela Spinelli, "Risk of Spontaneous Abortion in Italy, 1978-1995, and the Effect of Maternal Age, Gravidity, Marital Status, and Education," American Journal of Epidemiology 151, no. 1 (January 1, 2000): 98-105.

Marie E. Thoma et al., "Prevalence of Infertility in the United States as Estimated by the

Current Duration Approach and a Traditional Constructed Approach,” *Fertility and Sterility* 99, no. 5 (April 2013): 1324-31.e1

Xiaobin Wang et al., “Conception, Early Pregnancy Loss, and Time to Clinical Pregnancy: A Population-Based Prospective Study,” *Fertility and Sterility* 79, no. 3 (March 2003): 577-84

김승권, 김유경, 김혜련, 박종서, 박종서, 손창균, 최영준, 김연우, 이가은, 윤아름. 2012년. 전국출산력 및 가족보건·복지실태조사. 한국보건사회연구원

연구책임자 : 산업안전보건연구원 직업건강연구실 김은아

연 락 처 : 052-7030-870, toxneuro@kosha.or.kr

05

근로자 일반건강진단 항목 및 주기 개선 방안에 관한 연구

연구 필요성 및 목적

산업안전보건법상의 근로자 일반건강진단의 경우 국민건강보험공단의 국민건강보험공단 일반건강진단으로 갈음되고 있는 상황으로 제2차 국가검진종합계획에 따라 국민건강보험공단의 일반건강진단 항목/주기가 재편되는 방향으로 진행될 경우, 향후 산업안전보건법 상의 근로자 일반건강진단에도 영향을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

원론적 취지에 맞는 근로자 일반건강진단 제도와 형식을 고안하고 목표질환, 관리목표, 검사항목과 주기 등의 내용에 대한 적절성을 검토하고 개선방안을 제시하고자 하였다.

연구 내용 및 방법

건강보험공단 일반건강검진 2012, 2013년 자료 분석

검진 주기의 적정성을 검토하기 위하여 만성질환의 유병률 조사

검진 순응도에 따른 건강상태 조사를 위하여 2006년 검진 수검자를 대상으로 코호트 구축
보건관리 대행기관 의료인 대상 설문조사 실시

근로자 일반건강진단의 목적 및 목표, 목표 질환 설정을 위하여 외국의 사례 고찰 및 비교

근로자 일반건강진단 검사항목의 적절성 평가를 위하여 국내외 문헌조사 및 각 나라의 검진 가이드라인 비교

연구 결과

건강보험공단 1, 2차 검진 수검률 분석 결과, 일반건강검진의 수검률은 2012, 2013년 모두 72%대로 나타났으며 2차 검진 수검률은 37, 38%대로 나타났다. 보험 가입 지역별로 구분할 경우 공무원을 제외한 직장 가입자들의 1차 검진 수검률은 82%에 이르며, 지역가입자의 수검률은 50%대에 머물렀다. 2013년 직장가입자들의 수검률을 사업장 규모별로 구분할 경우 50인 미만 사업장에서 70%로 50인 미만 사업장의 수검률이 가장 낮은 것으로 확인되었다.

보험가입직역별로는 보험 수검률이 가장 높았던 공무원 군에 비하여 지역가입자들의 수검률 비차비는 40대의 경우 0.25, 사무직 직장가입자는 0.421으로 나타났으며, 비사무직 직장가입자는 1.51로 더 높게 나타났다. 검진 결과를 바탕으로 당뇨와 고혈압의 유병률을 분석한 결과에서는 지역가입자와 피부양자들의 유병률이 직장가입자들보다 매우 높게 나타났다.

검진 순응도에 따른 건강상태 조사를 위하여 2006년 건강 검진 수검자를 대상으로 2002년부터 2006년까지 국민건강보험에서 제공하는 건강검진을 모두 시행한 사람과 그렇지 않은 사람으로 구분하여 코호트를 구축하였고 건강보험 급여자료를 통하여 2013년까지 뇌심혈관 질환 발병을 관찰하였다. 검진 코호트 분석 결과 허혈성 심장질환의 경우 건강보험 직장가입자들은 검진을 빠짐없이 수행한 경우 허혈성 심장질환의 치료 유병률이 각각 3.37%(사무직), 4.4%(비사무직)이었으며, 검진을 주기적으로 시행하지 않은 경우에는 5.83%(사무직), 5.2%(비사무직)의 치료 유병률을 보였다.

보건관리 대행기관 의료인 대상 설문조사 결과 보건관리 대행기관에서 종사하는 의료인들의 업무형태에서는 의료인들의 하루 평균 사업장 방문 수는 2.33개소, 평균 보건관리 소요시간은 100인 미만 사업장의 경우 74분, 100인 이상 사업장의 경우 102분으로 나타났다. 여기에 하루 평균 상담근로자수가 21.52 명인 점을 고려한다면 근로자 1인당 보건관리에 소요되는 시간은 이보다 훨씬 짧을 것임을 예측할 수 있다. 업무할에 비중에서는 ‘근로자 상담 및 관리’가 42.35%로 다른 업무 보다 매우 높은 비중을 차지하였다. 사업장으로의 이동 시간이나 행정 업무 시간이 큰 비중을 할애하고 있음을 감안할 때, ‘근로자 상담’이 매우 큰 비중을 차지하고 있는 것을 알 수 있다. 검진 결과가 보건관리 대행사업에서 큰 비중을 차지하며, 업무 수행도를 높이는데 큰 역할을 한다고 보인다. 또한 검진 결과를 확인할 수 있는나는 질문에 검진결과를 직접 확인 가능한 근로자 비율은 45% 가량, 유소견자만 확인가능한 경우가 45% 가량으로 검진 결과의 확인이 어려운 경우가 검진결과활용과 업무수행도를 저해하는 요인이 될 수 있을 것으로 보인다.

근로자 일반건강진단의 목적 및 목표는 질병의 예방과 조기 진단에 그칠 것이 아니라 사후관리를 통한 지속적 건강관리(health check up)로 설정하고 현재 알려지지 않은 노출 위험에 대한 감시체계의 역할을 겸비할 필요가 있다. 현재 한국과 일본의 국가 건강검진은 2차 예방(질병이 있는 사람을 조기에 선별) 중심에서 1차 예방(질병이 없는 사람에게 질병 발생 방지)을 포괄하고 사후관리를 중시하는 방향으로 진행되고 있다. 현재 검진에서 가장 큰 문제점 중에 하나는 사후관리의 미흡으로 가장 높은 2차 수검률을 나타내는 직장 가입자들에 있어서도 30%대에 머물러 있다. 근로자 건강진단의 목표 질환은 건강보험공단의 일반건강검진과 마찬가지로 만성질환 및 심뇌혈관 질환으로 설정하는 것이 타당한 것으로 보인다. 2009년 보건복지부는 국가건강검진 사업의 목표를 심뇌혈관질환 감소로 명시하였으며, 고혈압, 당뇨

등의 만성질환 및 심뇌혈관 질환은 근로자들의 질병 유병률 중 상위권을 차지한다. 이와 더불어 비사무직 근로자들 중 생산직 근로자에 있어서 현재 유해인자로 지정된 177개의 항목 이외에 다양한 물질과 환경에 노출되는 근로자들의 경우에는 특검을 받지 못하는 특검 누락 군임을 감안한 적극적인 예방 프로그램의 적용이 필요하다.

일반건강진단 검사항목의 적절성을 평가하기 위하여 현재 우리나라에서 시행되고 있는 제도를 미국(USPSTF), 영국(UKNSC), 캐나다(CTFPHC), 및 국내 연구, 보고 자료와 비교하였다. 조사 대상 질병 항목은 고혈압, 당뇨, 이상지질혈증, 비만 및 복부질환, 간기능 이상, 만성신질환, 시력, 청력, 폐결핵 및 흉부질환, 빈혈로 10가지 항목이었다. 문헌조사 결과 미국, 영국, 캐나다에서 권고하고 있는 검진 가이드라인은 10가지 목표 질병 중 고혈압, 당뇨, 비만, 이상지질혈증 정도에서만 검진의 과학적 증거(evidence)가 있다고 하였으며, 이러한 권고수준도 나라별로 큰 차이가 있었다. 그 외의 대부분의 검진항목에 대해서는 USPSTF(미국)을 제외한 UKNSC (영국), CTFPHC(캐나다)는 따로 언급이 없었다. 최근 국내 건강검진 프로그램 전반에 대한 타당성을 평가한 연구보고서에서는 검진 효과에 관하여 현행 제도를 유지해도 된다고 결론 지은 항목은 고혈압 하나였으며, 검사 대상 및 주기 등을 조정하여 유지시켜야 한다고 주장한 항목은 당뇨병(주기 2년으로 통일), 이상지질혈증(주기 4년), 복부비만(주기 2년으로 통일), 활동성 폐결핵(만 60세 이상만, 주기 2년으로 통일) 이었다. 그 외 청력, 시력, 간기능 이상, 만성 신질환, 빈혈 등은 근거가 부족하므로 목표 질병에서 삭제해야한다고 결론지었다.

활용방안 및 기대성과

원론적 취지에 맞는 근로자 일반건강진단 제도로 개선하는데 기초자료로 활용가능하다.

중 심 어

근로자 일반건강검진, 사무직, 비사무직, 검진주기, 검진항목

참고문헌

- Bing-Hwa Deng et al. Cost-Effectiveness of Elderly Health Examination Program: The Example of Hypertension Screening. Kaohsiung J Med Sci January 2007. Vol 23. No 1
- WHO regional office for Europe. National profile of occupational health system in Finland. 2012.

국민건강보험 건강보험정책연구원 “제2차 국가건강검진 종합계획 수립 방안 마련 연구” 진도보고서
박상민 등(2011) “국가건강검진사업의 효과분석 및 개선방안 마련 연구-일반건강검진사업을 중심으로”

주영수 등. 고용노동부. 일반건강진단 사후관리 등 실태조사 및 개선방안 연구. 2011.

연구책임자 : 산업안전보건연구원 직업건강연구실 강영중

연 락 처 : 052-7030-876, yjkang@kosha.or.kr

06

만성퇴행성신경질환 직업성 노출에 대한 환자대조군 연구

연구 필요성 및 목적

ALS의 직업적 발병에 대한 관심이 높아졌으며 관련 산재 신청이 꾸준히 이루어지고 있으나 아직까지 우리나라의 ALS의 직업적 위험요인에 대한 연구는 몇 개의 환례 보고 등 제한적으로 이루어져왔다.

위축성측삭경화증 환자군을 정의하고 지역사회기반 환자대조군 연구를 설계하고, 직업적 위험요인을 문헌 검토하여 직업적 노출력 파악을 위한 조사도구를 개발하여, 우리나라의 근위축성측삭경화증 환자의 인구학적, 직업적 특성, 직업적 위험요인을 파악하고자 하였다. 이를 바탕으로 직업적 노출에 의한 만성퇴행성신경질환 예방과보상의 방향을 제시하고자 하였다.

연구 내용 및 방법

직업적 위험요인 노출 평가를 위한 도구 개발

관련 문헌 검토

환자 대조군 연구 설계

연구 결과

8월부터 10월까지 3개월간 연구에 참여한 환자군은 총 118명이었다. 남성이 80명으로 여성의 30명에 비해 더 많았으며 조사 당시 연령은 60대가 40명으로 가장 많았고 다음으로 50대가 38명이었고, 40대 이하가 21명이었다. 관련성이 의심되는 유해요인 노출과 관련한 취미생활을 하고 있는 경우는 118명 중 73명으로 약 61.9%였고 유기용제나 중금속에 노출 될 가능성이 있는 육체노동자로 일한 경우가 25명으로 전체의 21.2% 였다. 관련성이 의심되는 유해요인에 대한 구체적인 노출력을 확인해본 결과 농약에의 노출 경험률이 환자군 11.9%, 대조군 5.1%로 2배 이상의 차이를 보였다. 접착제, 페인트/락카/니스/도장, 윤활유에 노출된 경험이 있는 경우가 환자군에서는 각각 3명으로 나타났고, 대조군에서는 각각 0명, 1명, 3명으로 나타났다. 금속과 관련해서는 납에

노출된 경험이 있다는 응답이 환자군 및 대조군 각각 1명에서 있었으며 카드뮴 노출 경험은 대조군 1명이 경험한 것으로 나타났다. 나머지 수은 및 기타 금속 노출 경험은 모두 없다고 응답하였다. 일부 위험업종과 관련해서는 환자군에서는 전기공이 5명으로 가장 많았으며, 플라스틱/고무제조업에 종사한 경우가 4명, 용접을 수 행한 경우가 4명에서 있었으며, 드라이클리닝을 한 경우가 3명이었다. 대조군에서는 심한 육체활동 및 드라이클리닝을 한 경우가 각각 6명으로 가장 많았고 전기공이 4명, 플라스틱/고무제조업에 종사한 경우가 3명, 인쇄업 및 용접을 수행한 경우가 각각 2명이었다.

직업력 및 직업적 위험요인 노출은 성별에 따라 분포에 큰 차이가 나타났기에, 성별을 층화하여 분석하였다. 연령, 흡연력, 교육수준을 보정한 조건부 로지스틱 회귀분석 결과, 남성에서 농약 노출을 경험한 군에서 OR 값이 1.9 (1.1 -4.3)으로 통계적으로 유의하게 높게 나타났다. 그러나 유기용제 노출 여부 및 위험업종 노출 여부에 따른 분석에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 여성에서는 농약, 유기용제, 위험업 노출 모두에서 통계적으로 유의한 결과가 나타나지 않았다. 특히 여성에서는 노출 빈도가 남성에 비해 매우 낮게 나타나기 때문에 향후 충분한 대상자 수를 확보하여 추가 분석이 필요할 것으로 보인다.

이번 연구에서 모집된 환자군 118명과 대조군 236명을 가지고 환자-대조군 연구 설계에 따른 오즈비를 계산하는 경우 통계적 검정력은 22.7%에 불과하므로 앞서 산출한 오즈비는 통계적으로 신뢰하기 어려운 결과이다. 따라서 현재 연구 결과를 가지고 해당 위험요인과 ALS와의 원인적 연관성을 입증하는 것은 불가능하다. 한편 실제 대조군에서 확인된 노출을 연구 설계 당시 가정 하였던 15%에 크게 미치지 못하였다. 약 10%로 가장 노출율이 높은 위험업종의 경우 903명의 환자군이 필요하며, 남성으로 제한하는 경우 노출유리 13.1%가 되어 730명의 환자군이 필요하게 된다. 여성의 경우는 유기용제 노출의 경우에도 6.5%에 불과하여 1316명의 환자군이 있어야 적절한 연구가 가능하다는 점과 실제 면접 조사 결과 무직이었던 경우가 많다는 점을 감안할 때 연구 대상을 남성으로 제한하는 방법을 고려할 수도 있다. 따라서 ALS와 같은 희귀질환의 직업적 노출과의 관련성을 확인하기 위한 환자-대조군 연구는 국내 질병발생과 유병 규모를 감안할 때 3년 정도의 기간이 필요하다. 따라서 다른 2차 자료를 활용한 연구 등을 함께 기획해야 할 것으로 판단하였다.

활용방안 및 기대성과

희귀한 만성질환의 환자-대조군 연구 설계를 위한 방향을 제시하는데 기초 자료로 활용가능하다.

중 심 어

ALS, 직업성노출, 환자대조군 연구

참고문헌

- Bae W, et al. Amyotrophic lateral sclerosis in Korea: clinical characteristics and prognostic factors. Journal of the Korean Neurological Association 2011; 29(1): 16-24.
- Shin JY, Lee KW. Diagnosis and management of amyotrophic lateral sclerosis. J Korean Med Assoc 2015; 58(2):131-8.
- NIEUWENHUIJSEN MJ. Design of exposure questionnaires for epidemiological studies. Occupational and Environmental Medicine 2005; 62.4: 272-280.
- Wang Hao, et al. Smoking and risk of amyotrophic lateral sclerosis: a pooled analysis of 5 prospective cohorts. Archives of neurology 2011; 68.2:207-13.
- Wang SW, Qian H, Weisel C, Nwankwo C, & Fiedler N. Development of solvent exposure index for construction painters. Journal of occupational and environmental hygiene 2011; 8(6), 375-386.

연구책임자 : 한양대학교 산학협력단 김인아
연구담당자 : 산업안전보건연구원 직업건강연구실 이상길
연 락 처 : 052-7030-872, twincoke@kosha.or.kr

07

방사선노출에 의한 암 발생가능성 추정을 위한
인과확률 프로그램 개발 연구

연구 필요성 및 목적

인과확률(Probability of Causation, PC)은 개인에게 발생한 암에 대해 방사선 노출의 기여도를 평가하기 위한 통계적 측도로 방사선작업종사자의 업무상질병(암) 판정 시 과학적인 판단근거로 이용된다.

발생한 암이 방사선 노출에 기인된 정도를 신속하게 평가하기 위해서는 한국인 고유의 인과확률 프로그램이 필요하며, 이 연구를 통해 국제 기준에 부합하면서 한국인의 기저 암 발생 특성을 반영하는 인과확률 프로그램을 개발하고자 하였다.

연구 내용 및 방법

인과확률에 대한 최신 연구정보를 수집하고 업무상질병 평가기준에 대한 국제권고 등 국내외 관련 동향 분석

방사선 노출에 의한 암발생 인과확률을 평가하기 위해 암종류별·성별 통계 모형을 확정하고 불확실성 요인별 평가방법 구축

한국인의 기저암발생률, 흡연 분포, 흡연력에 따른 폐암의 상대위험도 등 인과확률 프로그램 구현에 필요한 한국인의 기저자료 수집

한국인에 적합한 인과확률을 산출하기 위한 원시프로그램을 개발하고 윈도우화면에서 구현 되도록 전산프로그램 확정

연구 결과

최신 연구정보 수집 및 국내외 동향 분석을 위하여 미국 국립암연구소(NCI), 산업안전보건원(NIOSH) 등을 중심으로 수행된 인과확률 연구동향을 고찰하였으며 국제원자력기구(IAEA), 국제노동기구(ILO), 세계보건기구(WHO)가 공동으로 권고한 ‘업무상 방사선노출에 의한 암 발생의 보상기준’ 보고서의 상세고찰 결과를 제시하였다. 또한 인과확률에 대한 비판적 동향을 고찰하고

인과확률의 현실적 이용 타당성을 제안하였다.

방사선에 의한 암 발생 인과확률 및 불확실성 평가법 구축을 위하여 미국 국립암연구소(NCI)의 최신 인과확률 모형을 기본 모형으로 채택하고 한국인의 기저암발생률 자료현황을 반영하여 전체 29개 암 범주에 대한 통계적 모형 및 불확실성 평가법을 확정하였다. 인과확률의 불확실성 요인으로는 통계적 불확실성, 선량측정오차, 선량-선량률효과인자(DDREF), 인구집단 전이오차, 폐암에 대한 방사선과 흡연의 교호작용 효과, 방사선 노출 후 암발생까지의 잠재기간에 대한 불확실성을 평가하였다.

인과확률 계산에 필요한 기저자료 수집을 위하여 연도별 국가암등록통계를 이용하여 29개 암 범주에 대한 한국인의 기저암발생률을 확정하였다. 또한 한국인의 최근 흡연을 분포와 흡연범주별 폐암의 상대위험도 정보를 수집하여 방사선과 흡연의 교호작용효과 보정을 위한 한국인 고유의 흡연인자를 산출하였다.

인과확률 프로그램(KOSHA-PEPC) 개발을 위해 먼저, 인과확률 및 불확실성을 평가하기 위한 원시프로그램을 개발하였다. 불확실성 요인들을 통합하기 위하여 Monte Carlo 방법을 이용하였으며 암발생자의 개인정보(이름, 성별, 출생년도, 암진단년도, 암종류, 폐암의 경우 흡연범주 및 세포종류)와 방사선노출 이력(노출년도, 노출유형, 노출선량)이 입력되면 인과확률의 분포(제 50, 90, 95, 99백분위수)가 산출되도록 하였다. 결과치의 제 50 백분위수는 중앙값을 의미하며 인과확률의 점추정치로 이용한다. 제 95 백분위수는 인과확률의 95% 신뢰상한을 의미하며 대상자의 인과확률이 이 값보다 작거나 같을 가능성이 95% 이고 이 값보다 클 가능성은 5% 임을 의미한다.

다음은 사용자 편의를 위해 윈도우화면에서 원시프로그램이 구현되도록 윈도우화면 프로그램을 개발하였다. 윈도우화면은 크게 인과확률 계산화면, 기준정보관리화면, 도움말 화면으로 구성되었으며 단일 암 뿐만 아니라 다중 암에 대한 인과확률 계산이 가능하도록 하였다. 이 연구를 통해 개발된 인과확률 프로그램은 KOSHA-PEPC (KOSHA-Program for Estimating the Probability of Causation for cancer after exposure to ionizing radiation)로 명명하였다.

활용방안 및 기대성과

방사선작업종사자에게 발생한 암의 업무상질병에 대한 과학적 판단근거 산출에 활용 가능하다.

방사선에 의한 직업병인정기준 지침 개발에 활용 가능하다.

방사선 노출에 의한 암 발생 인과확률의 신속한 평가 가능하다.

한국인의 방사선 인과확률에 대한 국제수준의 평가기술 확보 가능하다.

중 심 어

이온화 방사선(Ionizing Radiation), 암(Cancer), 직업적 노출(Occupational exposure), 인과확률(Probability of Causation), 불확실성 요인(Uncertainty Factor), 신뢰상한(Upper Confidence Limit)

참고문헌

동국대학교, 과기부 고시 ‘방사선작업종사자 등의 업무상질병 인정범위에 관한 규정’의 개선 연구, 과학기술부 정책과제 최종보고서, 2004

방사선보건원, 인과확률의 추정 및 신뢰구간 계산 프로그램의 개발, 한국수력원자력(주) 연구과제-A02NS02 최종보고서, 2004

Land C., Gilbert E. and Smith J.M., Report of the NCI-CDC working group to revise the 1985 NIH radioepidemiological tables, NIH Publication No.03-5387, 2003

NIOSH(National Institute for Occupational Safety and Health), NIOSH-Interactive radiopidemiological program(NIOSH-IREP) technical documentation: Final report, NIOSH, Office of Compensation Analysis and Support, 2002

연구책임자 : 한국수력원자력(주) 방사선보건원 방사선역학팀 정미선

연구담당자 : 산업안전보건연구원 직업건강연구실 고경선

연 락 처 : 052-7030-881, k0426@kosha.or.kr

08

비호지킨림프종 환자대조군 연구 설계 및 타당성 조사

연구 필요성 및 목적

2008년 수행한 반도체제조업 근로자에 대한 건강실태 역학조사 결과, 여성근로자의 비호지킨림프종 (non-Hodgkin's lymphoma, NHL)의 표준화암등록비 (Standardized incidence ratio, SIR)가 2.67 (95% 신뢰구간 1.22 - 5.07)로 일반인구보다 통계적으로 유의하게 높았다. 그런데, 이 연구 결과는 직업적 요인 외의 다양한 원인을 감안하지 못하였다.

2008년 구축된 반도체 코호트를 2015년 시점에서 분석하여, 이를 활용한 NHL의 환자-대조군 연구 설계의 타당성을 조사하고자 하였다.

연구 내용 및 방법

NHL의 영향요인에 대한 문헌조사

기존의 연구결과 추가 분석(반도체 코호트의 추가 분석, 한국인근로자 암사망발생연구)

환자대조군연구 설계 및 타당성 조사

연구 결과

선행연구에서 NHL의 발생에 관련이 있다고 보고된 직업적 요인은 가족력과 유전, 자가면역 질환들, 일부 암질환, 약물복용, 감염 (HIV, herpes, EBV, C형 간염 바이러스, HTLV-1, 헬리코박터 피로리 등), 음주, 염색 등 생활습관 등이이었다. 직업적 요인으로는 농약(주로 폐독성제제초제)이 가장 많았으며, 화학물질 (벤젠, TCE, 스티렌, 비닐클로라이드, 석면 등), 방사선 노출, 교사, 육류 취급자, 목재 취급자, 인쇄업 등이 보고되었다. 암등록센터의 자료에 의하면 전국적으로 NHL의 발생률과 발생률이 증가하고 있기는 하나, 이러한 증가는 주로 40대 이상, 특히 60대 이상에 집중되어 있어, 반도체코호트 여성의 NHL 증가가 우리나라 일반국민 NHL증가 경향의 일환으로 보기는 어려웠다.

반도체 코호트 분석 결과, 림프조혈기계암 전체의 SMR은 여성에서 통계적으로 유의하게

일반인보다 높았고(1.76, 95% CI 1.04-2.78), 여성의 NHL은 생산직 여성 전체에서 SIR과 SMR이 일반인구보다 높았는데, Assembly 여성 오퍼레이터의 SIR이 2.78(1.12-5.72), SMR은 FAB 여성(1.91, 95%CI 1.02-3.27)에서 통계적으로 유의하게 높았다.

우리나라 고용보험가입 근로자(1995-2000) 자료의 분석 결과 전체 근로자의 NHL 발생률은 일반인구보다 오히려 낮게 나타났다.

반도체 제조업 코호트의 NHL 사례를 이용한 환자대조군 연구는 사례 수 부족으로 인해 성공적으로 수행될 가능성이 낮다. 향후 지금까지 수집된 44례의 근로자들의 상세한 사례기술연구를 중심으로 하는 것이 바람직하다.

활용방안 및 기대성과

국내 NHL환자의 직업적 위험요인에 대한 연구형태를 판단하는데 활용 가능하다.

중 심 어

비호지킨림프종, 직업성암, 반도체제조업, 환자-대조군 연구

참고문헌

산업안전보건연구원. 반도체 제조공정 근로자에 대한 건강실태 역학조사. 2008. 보건분야-연구자료, 연구원 2009-6-36.

김은아 등. 전국 근로자 연령별, 성별 사망률 (및 암발생률) 데이터 구축(II). 2012. 산업안전보건연구원. 2012-연구원-1291.

이혜은 등. 전국 근로자 연령별, 성별 사망률(및 암 발생률)데이터 구축(I). 2011. 산업안전보건연구원. 2011-연구원-1959

Lee HE, Kim EA, Park JS, Kang SK. Cancer Mortality and Incidence in Korean Semiconductor Workers. Saf Heal Work 2011; 2(2):122-34

연구책임자 : 산업안전보건연구원 직업건강연구실 김은아

연 락 처 : 052-7030-870, toxneuro@kosha.or.kr

09

소변 시료 보정 지표 유효성 평가

연구 필요성 및 목적

근로자건강진단 실무지침에 반영되어 있는 n-헥산, 삼염화에틸렌, 수은의 생물학적 노출평가 지표인 소변 2,5-헥산디온, 삼염화초산, 수은의 결과값 보정 방법이 미국 ACGIH 등 외국 기준과 달라서 2014년 산업안전보건연구원에서 수행한 1차 연구에서 이를 변경할 필요성을 제기한 바 있다.

이들 세 항목의 사업장 현장 노출 평가 사례를 조사하여 노출 기준 변경 필요성의 근거를 제공하고자 하였다.

연구 내용 및 방법

n-헥산, 삼염화에틸렌, 수은 취급 사업장의 작업환경노출 평가 및 생물학적 노출 평가 실시 소변보정 방법의 유효성 평가

연구 결과

수은의 현장 노출 평가 및 생물학적 노출 평가 분석 결과에서 소변 중 수은은 크레아티닌으로 보정한 경우에 공기 중 수은과의 상관성이 더 높았다. 문헌 고찰 결과 수은은 선진외국 및 선행 연구 사례에서 나타난 바와 같이 크레아티닌 보정을 실시하도록 노출 기준을 변경하고 노출 기준 역시 하향 조정해야 한다는 의견이 제시되었다.

n-헥산 취급 사업장 근로자에 대한 생물학적 노출평가 결과는 크레아티닌으로 보정한 생체 시료의 2,5-헥산디온이 보정하지 않은 경우에 비해 공기 중 헥산과 상관관계가 낮은 것으로 파악되었고, 이는 선행 사업장 조사 결과들과 유사하였다. 공기 중 n-헥산과 소변 중 2,5-헥산디온의 상관성은 보정여부에 관계없이 유의한 상관관계를 보이지 않았다.

삼염화에틸렌의 현장 노출 평가 결과는 소변시료를 보정하지 않은 경우와 크레아티닌 보정, 비중 보정 결과가 모두 작업환경 측정 결과와 양호한 상관성을 보였고, 상대적으로 보정하지

않은 경우의 상관계수가 보다 높아서 선행 연구들에서 주장한 바와 같이 크레아티닌 보정이 불필요하다는 결과를 도출하였다.

전반적으로 음주, 흡연, 유기수는 오염식품 섭취 등 생활습관의 영향은 공기 중 노출수준과 생물학적 노출지표간의 상관관계에 영향을 주지 않았다.

활용방안 및 기대성과

n-hexan, 삼염화에틸렌, 수은 노출평가 관련 기준 개정에 기초자료를 제공하고, 근로자건강진단 기관에게 구체적인 분석방침을 알리는 근거로 활용 가능하다.

n-hexan, 삼염화에틸렌, 수은의 생물학적 모니터링이 공기 중 노출수준과 동시에 측정될 경우의 상관관계에 대하여 실측자료를 제공하여 향후 유사연구에 기초 자료로 활용가능하다.

중 심 어

수은, n-hexan, 삼염화에틸렌, 크레아티닌 보정, 비중 보정, 소변 중 수은, 소변 중 2,5-헥사디온, 소변 중 삼염화초산, 생물학적 노출평가

참고문헌

이미영, 최윤정, 생물학적 노출평가를 위한 소변시료의 보정 지표 개선. 연구원보고서(2014-연구원-1126), 2014

Mason HJ, Calder IM. The correction of urinary mercury concentrations in untimed, random samples(, Occup Environ Med. 1994 Apr;51(4):287.

HSL. Biological monitoring guidance values ; guidance sheet for methods for mercury in urine BMGV 20 umol/mol creatinine. UK 2015

Nuttall KL. Interpreting mercury in blood and urine of individual patients. Ann Clin Lab Sci. 2004 Summer;34(3):235-50.

연구책임자 : 산업안전보건연구원 직업건강연구 이상길

연 락 처 : 052-7030-872, twincokes@kosha.or.kr

10

역학조사보고서 분석을 통한 조사, 심의, 결론 도출과정에 대한 Data base 구축

연구 필요성 및 목적

업무상질병 여부에 대한 역학조사 수행의 전문성과 일관성 확보를 위해 현재까지 수집된 근거 자료공유에 대한 필요성이 절실하다.

사례분석을 통해 데이터화 할 수 있는 필수 데이터 항목을 추출하여 활용하고자 하였다.

연구 내용 및 방법

공단 내부의 역학조사 데이터베이스 ‘역학조사정보관리’에 구성된 공단 내부의 시스템 분석 및 데이터 항목구성 확인

역학조사운영위원회 지침, 업무관련성조사 프로토콜 등 관련문서 분석을 실시하여 데이터베이스에 포함되어야 할 필수 데이터 항목 확인

역학조사평가위원회 분과 담당자들의 의견교환을 통해 절차에 필요한 필수 항목 확인

유방암관련 역학조사 보고서를 재분류 및 통합하여 데이터 항목 구성

행정의 필요에 의한 데이터 항목을 제외하고 조사, 심의, 결론 도출에 필요한 주요한 데이터 항목 제안

연구 결과

역학조사방향을 결정하기위한 계획단계에서 주요한 데이터 항목은 현 수준에서 판단기준에 대한 데이터 항목이 필요하였다. 기준데이터 항목으로 국제암연구소(IARC)의 발암분류, 미국산업위생협회(ACGIH)의 화학물질에 대해 정리하고 있는 역치(TLV) 정보, 현재까지 문헌으로 정리된 질환에 대한 개괄정보, 산재보상보험법 시행규칙 제 34조 3항의 업무상질병기준 판단기준 등이 있었다. 조사 및 심의결과 도출에 있어서 주요한 사항은 기준을 충족하기 위한 누적노출량을 추정하는 것에 초점이 맞추어져 있는데, 현재로서는 분리가 가능한 유해요인명, 노출기간, 직종이 주요 데이터 항목으로 추출되고, 기타 노출방법 및 평가결과 시 고려사항, 심의기준은 데이터

항목의 활용도와 역학조사운영담당자의 업무량을 고려하여 최종심의결과를 요약해서 정리하는 항목으로 정리하였다.

활용방안 및 기대성과

현 시스템에서 조사자, 심의자가 사전에 고려해야 될 중요한 데이터 항목을 제시함으로써 전문적인 조사수준을 유지하고 동일 건에 대한 처리기한을 최소화하며 일관성 있는 심의기준의 적용이 가능하다.

중 심 어

역학조사보고서, 조사, 심의, 결론도출, 데이터 항목(변수)

참고문헌

- Last JM, editor. Dictionary of epidemiology. 4th ed. New York: Oxford University Press; 2001. p. 61.
- 산업안전보건법 제43조의2(역학조사)
- 데이터 아키텍처 전문가이드. 한국데이터베이스진흥센터(2006). 168p
- 근로자 질병에 대한 업무관련성조사 직업병진단프로토콜, 산업안전보건연구원(2013)
- <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/Table4.pdf>
- IARC. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Volume 98. Shift-work, painting and fi re-fi ghting. Lyon: International Agency for Research on Cancer. 2010

연구책임자 : 산업안전보건연구원 직업건강연구실 박수욱
연 락 처 : 052-7030-874, psw0913@kosha.or.kr

11

유해작업 휴식 등 근로조건 개선조치에 대한 법적 근거 및 시행방안 마련 연구 (옥외작업을 중심으로)

연구 필요성 및 목적

최근 지구온난화로 인한 폭염일수 빈도와 강도가 증가하고 있으며 황사의 유입 및 대기오염으로 인한 미세먼지가 세계적인 이슈가 되고 있어 장시간 옥외에서 작업하는 근로자에 대한 건강영향이 우려되고 있다.

실내에서 일하는 근로자들에 비해 폭염, 한파 및 대기오염에 노출될 가능성이 높은 옥외작업 근로자의 건강보호 연구를 수행하여 예방지침을 마련하고자 하였다.

연구 내용 및 방법

옥외작업 근로자 건강문제의 이론적 고찰 및 그 예방 관련 국·내외 제도 문헌조사

2014년도 하반기 지역별 고용조사 DB를 이용하여 옥외작업이 있는 업종 및 직종과 종사근로자 규모 추정

심층면접을 통한 건설업, 조선업 및 항만업 옥외작업 근로 실태조사

기상청 자료(2009~2013)를 통한 우리나라의 기온 변화

질병관리본부 폭염 건강피해 및 한파로 인한 한랭질환 감시체계자료(2014)와 산업재해사태분석(2010~2014)을 통한 온열질환 내지 한랭질환 발생 특성 분석

황사 및 미세먼지의 발생현황, 건강영향 및 환경기준, 옥외작업 근로자 보호대책에 대한 문헌 및 관련 정보 검토

연구결과 종합 및 전문가 자문을 바탕으로 옥외작업 근로자 건강문제(온열질환, 한랭질환) 예방관리 지침 개발 및 예방 법규 신설의 적절성 검토

연구 결과

온열질환이나 한랭질환은 고온 및 저온스트레스 요인에 의해서 누구나 똑같은 리스크를 가지고 발병하는 것은 아니며, 고온/저온에 대한 순화 여부, 연령, 개인건강상태 등 개인 감수성 요인에

따라 크게 다를 수 있다. 따라서 현재로서 가장 바람직한 온열리스크 평가수법은 WBGT지수(열중증지수)이다. 따라서 우리나라에서도 하절기 고온환경에서 근무하는 옥외작업 근로자 건강 보호대책을 위해 WBGT지수를 사용할 것을 방침으로 정하고, 이를 위한 준비를 시작할 필요가 있다. WBGT지수를 당장 사용할 수 없는 현 상황에서는 일정기온이나 열지수를 기준으로 하기 보다는 하절기 내내 옥외작업 현장에서 근무하는 근로자의 온열질환 예방대책을 실시하도록 독려하는 것이 안전하다. 또 이상기후의 영향으로 일찍 폭염이 닥칠 수 있으므로 기상청 기후 예보에 따라 유연하게 대응하는 것이 필요하다. 옥외작업 근로자들이 노출될 수 있는 자연재해 요인이, 연중 일상적으로 노출될 수 있는 유해요인도 아니고, 그 유해요인을 제거하거나 노출을 줄이기 위해 전통적인 산업위생관리원칙이 통하는 것도 아니므로, 산업안전보건법 제24조(보건 조치)에 폭염 및 한파를 새로운 유해인자로 추가하기 보다는 고시 및 예방관리 매뉴얼의 형태로 구체적인 가이드를 제공하는 것이 더 바람직한 방법일 수 있다.

근로자 집단은 일반인구 집단에 비해 건강한 집단이므로, 고농도 미세먼지 발생 시 옥외작업을 하는 근로자들이 일반인구 집단에 비해 심혈관계질환과 호흡기계질환 발생위험이 더 높지는 않을 것으로 추정하나, 현재로서는 우리나라 근로자집단을 대상으로 미세먼지 노출 특성과 건강 영향을 조사한 대규모 역학연구결과가 없어 단정적으로 말하기는 어렵다. 황사나 미세먼지의 경우도 연중 특정 시기나, 국내 기상조건의 영향으로 대기오염이 심해진 특정한 날에 옥외작업 중인 근로자가 노출되게 되는 문제이므로, 폭염 또는 한파와 마찬가지로 일상적으로 사업장에서 노출에 대한 사전예방관리를 할 수는 없다. 따라서 기상청에서 미세먼지 주의보/경보를 발령하면, 전체 옥외작업을 일괄적으로 중지하게 하기보다는, 본 연구팀이 제안하는, ‘미세먼지 농도 및 건강상태에 따른 옥외작업근로자의 작업관리조치(안)’ 및 ‘미세먼지로부터 옥외작업 근로자 건강 보호를 위한 가이드(안)’를 참고하여 개별 사업장과 근로자 특성에 맞게 대응조치를 취하는 것이 바람직하다.

활용방안 및 기대성과

옥외작업 근로자를 이상기후로부터 보호하기 위한 예방대책 수립의 기초자료로 활용 가능하다.

중심어

옥외작업, 폭염, 한파, 황사, 미세먼지, 온열질환(열중증), 한랭질환

참고문헌

<http://www.cdc.gov/niosh/topics/outdoor>

<http://www.cdc.gov/niosh/topics/heatstress>

ACGIH. TLVs. Heat stress

WHO Regional Office for Europe. Review of evidence on health aspects of air pollution - REVIHAAP Project. Technical Report. 2013.

Pope CA, 3rd, Ezzati M, Dockery DW (2009) Fine-particleulate air pollution and life expectancy in the United States. N Engl J med 360(4): 376-386.

연구책임자 : 대구가톨릭대학교 산학협력단 박정선
연구담당자 : 산업안전보건연구원 직업건강연구실 박정근
연 락 처 : 052-7030-842, jkpark@kosha.or.kr

12

임산부 등 사용금지 직종 확대를 위한 연구

연구 필요성 및 목적

우리나라 근로기준법은 사업주로 하여금 임산부 등의 건강을 보호하기 위해 유해·위험한 사업에 사용하지 않도록 규정하고 있으나 산업이 급격히 발전하고 여성의 사회적 진출의 확대에 인하여 임산부 등이 유해·위험 요인에 대한 노출이 증가되면서 임산부 등 사용금지 직종 또는 업무 관련 규정의 보완이나 정책개발이 필요하다.

국내외 임산부 등의 사용금지 제도 조사, 임산부 등의 유해·위험인자 취급실태 및 임산부 보호실태 조사, 해당 유해물질의 생식독성 검토 등을 근거로 임산부 등의 사용금지 직종의 확대를 위한 기초자료를 마련하고자 하였다.

연구 내용 및 방법

■ 연구 내용

- 근로기준법에서 규정한 임산부 등 사용금지 직종 관련 국내·외의 제도 파악
- 국내 임산부 등의 업종별 취업실태 및 유해직종 현황 파악
- 임산부 등의 주요 유해환경 검토 및 사용금지 직종 확대방안 제시
- 「근로기준법 시행령 별표 4」 개정안 및 근거자료 제시

■ 연구 방법

- 임산부 등 사용금지 직종에 관한 국내·외의 문헌조사
- 국내·외 임산부 등 건강보호 및 사용금지 직종 관련 제도 조사
- 국내 임산부 등의 업종별 취업실태 및 유해직종 현황 조사
- 임산부 등의 사용금지 직종 확대방안 제시 및 「근로기준법 시행령 별표 4」 개정안 제시
- 임산부 등 사용금지 직종 관련 안전보건 지침 개정안 제시

연구 결과

임산부 등 사용금지 직종의 그룹별 및 개별적 요인에 대해 자료를 분석한 결과 안전상, 물리적, 생물학적, 인간공학적 및 기타 요인은 근로기준법 상 사용금지 직종 여부와 근로자 그룹 상관없이 확대대상 후보를 선정하기에 어려움이 있다.

화학적 요인의 경우, 납과 수은은 생식독성, 국외규정, 산안법 상 특별관리물질 등 비교항목에 중복적으로 해당되면서 밀접한 관련이 있었으므로 ‘납 및 그 무기화합물’과 ‘수은 및 그 무기화합물(황화수은 제외)’로 명칭을 변경하여 사용금지 직종의 확대대상 후보 관련 화학물질로 선정하는 것이 바람직하다.

디메틸포름아미드, 1-브로모프로판, 카드뮴 및 그 화합물도 생식독성, 국외규정, 산안법 상 특별관리물질 등 비교항목에 중복적으로 해당되면서 밀접하게 관련이 있었으므로 사용금지 직종의 확대대상 후보 관련 화학물질로 선정하는 것이 좋겠다.

근로기준법 상 사용금지 물질 중에서 염소(산) 및 수산화칼륨은 국내·외 규정에 포함되어 있지 않으며, 생식독성에 대한 근거가 없어 현재 근로기준법 시행령 별표4에서 삭제되는 것이 바람직하다.

활용방안 및 기대성과

임산부 사용금지 직종의 확대를 목표로 한 산업보건정책의 기초자료로 활용 가능하다.

중 심 어

임산부 등 사용금지 직종, 생식독성, 임산부 건강보호

참고문헌

- 고용노동부. 근로기준법, 법률 제12325호 개정, 2014
- 고용노동부. 근로기준법 시행령, 대통령령 제25840호 타법개정, 2015
- 고용노동부. 화학물질 및 물리적 인자의 노출기준, 고용노동부고시 제2013-38호, 2013a
- 고용노동부. 화학물질의 분류·표시 및 물질안전보건자료에 관한 기준, 고용노동부고시 제2013-37호, 2013b
- 김은아, 강모열, 김도형 등. 여성근로자 생식독성 역학연구설계를 위한 기초조사연구, 산업안전보건연구원 2014-연구원-1125, 2014

연구책임자 : 산업안전보건연구원 직업건강연구실 박정근

연 락 처 : 052-7030-842, jkpark@kosha.or.kr

13

특수건강진단 정도관리 항목 개발 - 소변중 비소

연구 필요성 및 목적

특수건강진단기관 분석정도관리는 1995년 혈액 중 납과 소변 중 마요산 등 2 항목으로 시작하여 2005년 소변 중 2,5-헥산디온을 정도관리 항목으로 추가한 이래 2015년 현재 유기 분석 10 항목, 무기 분석 5 항목으로 총 15 항목을 분석정도관리 항목으로 유지하고 있다.

국내 생물학적 노출 평가 수행 항목으로 추가가 필요한 항목을 선정하여 분석정도관리 활용을 위한 표준 시료를 개발하고, 이를 분석정도관리 항목으로 운영하여 국내 생물학적 노출평가 실무에 활용하고자 하였다.

연구 내용 및 방법

특수건강진단 항목으로 지정 되어있는 유해물질에 대한 생물학적 노출 평가 지표 항목 중 표준 시료 개발이 필요한 항목의 수요 조사

선정항목에 대해 특수건강진단 통계 자료를 통해 개발 대상 항목의 실용성 조사

시료 분석 방법 검토

시료의 신뢰도 확인(균질성, 안정성)

연구 결과

정도관리 항목 개발과 특수건강진단 실무 활용성을 고려하여 특수건강진단 생물학적 노출 평가 2차 항목인 소변 중 비소를 본 연구의 표준시료 개발 대상으로 선정하였다.

3개 농도로 조제한 소변 중 총 비소를 원자흡광광도기로 분석하여 비소 표준 시료의 균질성과 1개월까지의 안정성을 확인하였다.

활용방안 및 기대성과

특수건강진단기관 정도관리 항목에 소변 중 비소를 추가하여 정도관리 사업에 연구 결과를 직접적으로 활용할 수 있다.

본 연구 결과를 실용화하여 정도관리 사업화에 활용함으로써 비소 노출 근로자의 생물학적 노출 평가의 신뢰도 향상 및 이를 통한 근로자의 건강 보호에 기여한다.

중 심 어

특수건강진단 분석정도관리, 소변 중 비소, 표준 시료, 균질성, 안정성

참고문헌

한국산업안전보건공단. 근로자건강진단 실무지침. 한국산업안전보건공단; 2015.

American Conference of Governmental Industrial Hygienists(ACGIH). Arsenic, Documentation of the TLVs and BEIs, 7th ed. Cincinnati; 2013

Biological Monitoring of Chemical Exposure in the Workplace. Vol 1. Geneva:World Health Organization. 1996.

Mat H HO, H Kenneth Dillon: Biological Monitoring of exposure to Chemicals, New York, A Wiley-Interscience Publication, 155-168, 1987

연구책임자 : 산업안전보건연구원 직업건강연구실 이미영

연 락 처 : 052-7030-873, cookmom@kosha.or.kr

14

혼합 화학물질 노출근로자의 건강장해예방을 위한 혼합물질 구성 성분의 물리·화학적 특성과 구성물질에 의한 건강영향 예측

연구 필요성 및 목적

합물질은 혼합물질을 구성하는 단일물질 각각에 대한 평가와 더불어 단일물질간 상호작용과 그에 따른 대사 등을 고려해야 하는 등 변수가 많아서 독성을 예측하는데 많은 어려움이 따라 연구가 절실함에도 불구하고 매우 미흡한 실정이다.

이 연구는 선박용 페인트 제조업에서 취급하는 단일 화학물질이 혼합되어 노출될 경우에 단일물질과 혼합물질에 있어서 독성을 예측·비교하고, 각각의 물질 대사의 상호작용을 파악하고자 하였다.

연구 내용 및 방법

선박용 페인트제조 사업장에서 사용하는 혼합물질에 대하여
공기중 화학물질의 노출농도 와 생물학적 모니터링 실시
물리·화학적 특성 실험
반수영향농도(EC₅₀) 계산

연구 결과

혼합물질에 의한 인체독성은 혼합물질에 포함된 단일물질 중 독성이 가장 큰 CHnone과 toluene에 의존하여 발생 가능성이 높은 결과를 보였다.

물리·화학적 특성에서는 비중과 끓는 점이 EC₅₀ 감소에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

혼합물질의 노출농도와 생물학적 모니터링 결과를 선형회귀분석을 통하여 실질적인 대사 상호작용을 측정된 결과, CHnone이 MEK($y=2.982+0.728*MEK-0.322*CHnone$, F 값=7.185, $p=0.009$)와 toluene($y=1.111+0.096*Toluene-0.689*CHnone$, F 값=6.816, $p=0.003$)의 대사를 억제시키는 결과를 보였으며, toluene은 xylene의 대사를 유의하게 억제시키고($y=2.916+0.671*Xylene-0.161*Toluene$, F 값=11.598, $p=0.000$) 통계적 유의성은 없었으나 styrene의 대사에도 toluene이

관여하는 것으로 나타났다($y=0.980+0.750*\text{Styrene}-0.113*\text{Toluene}$).

QSPR 분석에서 인체독성 증가(EC50 감소)에 영향을 주는 물질이 CHnone와 toluene으로 예측하였는데, 근로자 대상으로 혼합물질의 상호작용을 분석한 결과에서 CHnone과 toluene이 MEK, styrene 및 xylene의 대사를 억제시키는 것으로 나타났다.

활용방안 및 기대성과

안전보건관리자의 산업안전보건 관련 교육에 활용하고 선박용 페인트 제조업 근로자의 건강 보호에 활용할 수 있다.

중 심 어

선박용 페인트, 혼합 화학물질, QSPR, 인체독성 예측, 대사 상호작용

참고문헌

- Baas J, Stefanowicz AM, Klimek B, Laskowski R, Kooijman SALM. Model-based experimental design for assessing effects of mixtures of chemicals. *Environ Pollution* 2010;158:115-120.
- Zhang L, Zhou P-J, Yang F, Wang Z-D. Computer-based QSAR for predicting mixture toxicity of benzene and its derivatives. *Chemosphere* 2007;67:396-401.
- 고용노동부. 화학물질 및 물리적 인자의 노출기준. 고용노동부고시 제2013-38호. 2013
- 김기웅, 원용립, 박동진, 이정석, 한인수, 이수희. 합성피혁제조업에서 취급하는 DMF, MEK, Toluene의 단일과 혼합물질 상태에 따른 물리·화학적 특성 변화. *한국산업위생학회지* 2014;24(2):238-245

연구책임자 : 산업안전보건연구원 직업건강연구실 김기웅

연 락 처 : 052-7030-871, k0810@kosha.or.kr

IV. 직업환경연구 분야

01. CNT 작업장의 노출 메커니즘의 고찰과 CNT 노출 방지기술 연구
02. 건설업 직종별 화학물질 노출 매트릭스 구축 연구 (II)
 - 용접작업 노출 실태조사를 중심으로 -
03. 고무제조공정 표준환기 방안 수립 연구
04. 나노입자에 대한 방진마스크 포집효율 연구
05. 라돈의 직업적 노출실태 및 관리기준 연구
06. 빅데이터를 활용한 국내 작업환경측정 데이터베이스의 통계적 분석
07. 석면조사기관 및 해체·제거업체 수행한계 설정방안 마련
08. 소규모 석면해체·제거작업의 관리방안 연구
09. 실내공기질 관리실태 및 규제강화 방안 연구
10. 작업환경측정 정도관리제도 발전방안 연구
11. 잠수작업 실태조사 및 비용 편익분석 연구

01

CNT 작업장의 노출 메커니즘의 고찰과 CNT 노출 방지기술 연구

연구 필요성 및 목적

나노물질, 나노입자에 대한 안전성의 문제가 국제적으로 논의되고 있고, 안전성을 확보하기 위한 독성연구와 노출평가 연구가 진행되고 있다. 그렇지만 아직까지 작업자의 안전에 가이드라인이 될 수 있는 자료가 충분하지 않고, 신뢰성 있는 데이터를 기반으로 개발된 나노물질 안전에 관련된 기준은 많지 않다. 최근, 작업장에서 작업 공정과 연관된 나노물질의 노출 특성이나 측정 방법 등의 연구가 진행되고 있고, 작업 공정에 따라 작업자의 노출을 저감할 수 있는 공학적 저감 기술에 관심이 필요한 상황이다.

본 연구의 목적은 나노 작업장의 각각 Process 별로 노출 시나리오 및 저감시스템을 정리하고, 중앙환기, 국소배기, 여과집진, 전기집진기술, 개인보호구의 적용에 따른 현황을 살펴보고, 고효율 집진 방법이 적용되는 경우에 대한 비용을 분석하고자 한다. 국내 CNT 작업장의 저감시스템 현황 조사 및 요구 성능을 정리하고자 하고, 일반 시험 입자인 NaCl, 은나노입자, CNT를 대상으로 실험실에서 사이클론, 여과방법, 전기집진방법, 마스크 보호구의 성능 특성 데이터를 확보하고자 한다. 최종적으로 CNT 작업 공정에 따른 적합한 엔지니어링 제어시스템의 적용 가이드라인 개발하고자 하였다.

연구 내용 및 방법

■ 연구 내용

- 나노물질 제조 작업장 내 나노물질 노출 저감 방법의 정리
- 국내 대표 CNT 제조 작업장의 현황 조사 및 제어시스템 적용 분석
- 나노물질에 대한 방지기술의 비용 효과 분석
- 전통적인 입자상물질 제거기술의 나노물질 집진 특성 평가
- CNT 작업 공정에 따른 엔지니어링 제어시스템 적용 가이드라인 제안

■ 연구 방법

- CNT 제조 방법 및 제조 공정 특성 분석, CNT 및 나노물질의 처리 공정 정리 및 노출

가능성, 나노물질에 대한 노출저감 기술 분석, CNT 제조 작업장의 특성 정리

- 국내 CNT 노출평가/노출저감 연구의 분석
- CNT 제조 작업장 조사를 위한 설문 자료 작성 (설문지 구성)
- CNT 제조 작업장 현황 분석 (국내 5개 사업장) 및 요약
- 저감장치 적용 유무에 의한 노출 특성 시뮬레이션 분석
- 저감장치 구동에 따른 비용과 노출저감 효과 분석
- 나노물질 모사 시험입자와 측정평가 시스템
- 전통적인 집진기술별 나노물질 저감 특성 평가 및 분석 (5~300nm)

연구 결과

탄소나노튜브를 제조하는 공정에서 나노입자의 노출은 다양한 형태로 나타날 수 있다. 촉매로 사용된 입자나 비의도적인 나노물질이 발생할 수 있고, 분말을 다루는 과정에서는 NOAA(Nano-Objects, and their Agglomerates and Aggregates)인 나노물질과 응집체가 함께 노출될 가능성도 있다.

조사된 MWCNT 52개의 확인노출상태 중 정량적 분석 결과가 나타난 37개의 확인노출상태를 공학적 제어별 해당 공정과 정량적 농도를 나타내고 있는데, 합성공정이나 여러 처리 공정을 구분할 것 없이 아무런 조치를 취하지 않은 경우에 작업자가 가장 큰 농도로 노출되고, 밀폐된 국소배기장치나 흡 후드를 사용한 경우 측정된 CNT 노출이 확연히 줄어들었다.

양산 규모의 작업장에서는 대부분의 제조시스템이 밀폐공정으로 이루어지고 있다. 전체 환기 방식은 주로 팬을 이용한 환기나 국소배기에 의해 환기가 이루어지고 있었다.

분말을 다루는 공정을 밀폐 공정으로 구성하고자 하는 노력이 진행되고 있었지만, 사람에 의해 이루어지는 최종 작업에서 노출 가능성이 있다고 보인다.

나노물질 작업장에서 나노물질 농도의 감소는 환기량의 변화보다는 클린벤치 및 필터시스템을 채용한 경우 더 큰 것으로 나타났다.

활용방안 및 기대성과

범부처 종합계획으로서 나노물질 보건관리체계를 목표로 한 산업보건정책의 기초자료로 활용 가능하다.

중심어

나노작업장, 나노물질, 엔지니어링 제어시스템, 은나노 입자, 탄소나노튜브, SMPS, 입경별 제거효율, 비용분석

참고문헌

김동현 등, 2014, 나노물질 사용 실태, 노출 시나리오 및 노출 인구 조사 연구, 한국산업안전공단 산업안전보건연구원.

윤충식 등, 2013, 나노물질 측정 프로토콜 작성 및 나노물질 노출 실태 조사연구, 한국산업안전공단 산업안전보건연구원.

지준호, 강석훈, 황정호, 배귀남 (2002), 입자 퇴적이 승용차용 정전 필터의 미세 입자 포집 특성에 미치는 영향, 대한기계학회논문집 제 26권 제 8호 1102-1114.

지준호 등, 2014, 나노물질 노출 특성 및 측정 분석 방법 연구, 한국산업안전공단 산업안전보건연구원.

한돈희 (2011), 국내 시판 방진마스크는 나노입자에 적합한가?, 한국산업위생학회지 제 21권 제 1호 62-71.

연구책임자 : (주)에코픽처스 지준호
 연구담당자 : 산업안전보건연구원 직업환경연구실 김종규
 연락처 : 052-7030-903, slug011@kosha.net

02

건설업 직종별 화학물질 노출 매트릭스 구축 연구 (II)

- 용접작업 노출 실태조사를 중심으로 -

연구 필요성 및 목적

건설현장(공사금액 800억 원 이상 (토목공사는 1,000억 원))에 보건관리자 선임을 의무화 하도록 하는 산업안전보건법 시행령이 개정되어 보건관리를 체계적으로 시행할 수 있는 기초가 마련되었으나, 작업환경개선에 필요한 노출평가 자료는 매우 부족한 실정임.

건설현장의 용접공은 공사현장을 이동하더라도 용접작업을 지속적으로 수행하여 용접작업으로 인한 흠 및 중금속 등 유해인자에 장기간 노출되는 특징이 있으며 망간, 크롬 등으로 인한 다양한 질병 이환 사례가 발생하고 있음.

이번 연구는 건설현장 용접공을 대상으로 용접흠 및 금속류 등의 노출 농도 수준을 다양한 문헌자료 및 현장 실태평가를 통해 조사하여 건설업 근로자의 건강관리 방안을 마련하고, 직업병 발생의 연관관계 규명 등에 활용하고자 함.

연구 내용 및 방법

■ 문헌고찰

- 국내·외 건설업 화학물질 노출평가 결과를 보고한 문헌(학위논문, 학술논문 및 연구보고서 등) 조사 및 분석
- 건설업 작업환경측정 결과 분석 (2010 ~ 2014)

■ 사업장 실태조사

- 건설현장 종류별 용접작업 노출농도수준 파악을 위한 현장 조사
- 직종, 용접기법, 모재, 작업공간 등 특성에 따른 용접흠 및 금속류 노출농도수준 파악

연구 결과

건설현장 일반건축물 배관용접공, 화학플랜트 배관용접공, 철골용접공, 소각플랜트 보일러 제작 용접공, 금속마감용접공을 대상으로 용접흠 및 금속류에 대한 노출농도수준을 살펴보면 다음과 같았음.

- 용접흡의 농도(기하평균, 노출기준 5 mg/m^3)는 일반건축물 배관공(4.753 mg/m^3) > 철골용접공(3.765 mg/m^3) > 보일러제작용접공(1.384 mg/m^3) > 금속마감용접공(0.783 mg/m^3) > 화학플랜트 배관용접공(0.710 mg/m^3) 순으로 높았음.
- 망간(흡)의 경우(노출기준 1 mg/m^3), 철골용접공(0.4705 mg/m^3) > 일반건축물 배관용접공(0.0700 mg/m^3) > 보일러제작용접공(0.0402 mg/m^3) > 금속마감용접공(0.0037 mg/m^3) > 화학플랜트배관용접공(0.0028 mg/m^3) 순으로 높았음.
- 산화철(노출기준 5 mg/m^3)은 철골용접공(1.3208 mg/m^3) > 일반건축물 배관용접공(0.4397 mg/m^3) > 보일러제작용접공(0.1938 mg/m^3) > 화학플랜트 배관용접공(0.0795 mg/m^3) > 금속마감용접공(0.0453 mg/m^3) 순으로 높았음.
- 납(노출기준 0.05 mg/m^3)과 산화아연(흡)(노출기준 5 mg/m^3)은 일반건축물 배관용접공에서 각 0.0067 mg/m^3 및 1.2154 mg/m^3 로 가장 높았음.
- 크롬(노출기준 0.5 mg/m^3), 구리(노출기준 0.1 mg/m^3), 알루미늄(노출기준 5 mg/m^3)은 철골용접공에서 가장 높은 농도수준을 나타내었으나 기하평균값이 노출기준의 1/10 이하 수준으로 낮았음.

베이시안 통계기법을 활용한 유해인자별 노출기준 초과 확률을 산출하면, 일반건축물 배관용접공에서 용접흡이 48.23%, 망간(흡) 3.977%, 산화철(흡) 6.365%, 납 9.036%, 산화아연(흡)은 14.499%였고, 철골용접공의 경우, 용접흡 31.8%, 망간(흡) 3.685%, 납 4.885%, 산화철(흡) 0.297% 이었다. 화학플랜트 배관공, 보일러용접공, 금속마감용접의 경우, 유해인자가 노출기준을 초과할 확률은 낮았음.

용접기법에 따른 용접흡 농도는 CO_2 용접(2.0784 mg/m^3) > 피복아크용접(1.5400 mg/m^3) > TIG용접(0.7044 mg/m^3) 순으로 높았고, 금속류 노출농도에서도 니켈과 구리(흡)을 제외하고 CO_2 용접 > 피복아크용접 > TIG용접 순으로 높았음.

동일한 직종의 일반건축물 배관용접작업에서 지하공간(7.7471 mg/m^3)과 지상층 실내공간(2.1487 mg/m^3)의 용접흡 농도차이는 약 3.6배로 더욱 커서 작업장 환기조건이 용접흡 농도에 중요한 환경변수임을 알 수 있었음.

건설현장 용접공들이 용접흡 및 금속류에 노출기준 이상의 농도로 노출될 위험이 있음을 알 수 있었고, 특히, 용접작업 위험도가 높은 일반건축물의 배관용접과 철골용접작업, 지하공간에서의 용접작업, CO_2 용접작업 등을 수행할 시에는 환기장치 사용과 호흡용 보호구 착용 등 철저한 작업환경관리와 작업 시 아크까지 일정거리 유지, 적정 용접전류 선택 등 용접흡 발생을 최소화할 수 있는 근로자 안전보건교육이 필요함을 알 수 있었음.

활용방안 및 기대성과

건설현장 보건관리자가 작업환경관리 및 개선에 사용할 수 있는 가이드라인 개발 등에 활용
과거 노출 농도를 추정하여 직업병 발생의 연관관계 규명 등에 활용

중 심 어

건설업 보건관리, 용접공, 용접흡, 중금속 노출, 피복아크용접

참고문헌

권영준 등. 건설현장 화학물질의 유해·위험성 평가 및 근로자 건강관리 방안 연구. 고용노동부 연구 보고서 2005

Susi P et al. The use of a task-based exposure assessment model(T-BEAM) for assessment of metal fume exposures during welding and thermal cutting. App Occup Environ Hyg, 2000;15(1):26-38

Meeker JD et al. Manganese and welding fume exposure and control in construction. J Occup Environ Hyg, 2007;4:943-951

연구책임자 : 산업안전보건연구원 직업환경연구실 박현희

연 락 처 : 052-7030-907, phh2000@kosha.net

03

고무제조공정 표준환기 방안 수립 연구

연구 필요성 및 목적

타이어, 고무튜브, 패킹 등 고무를 제조하는 공정은 각종 화학물질(카본블랙, 각종 오일, 이형제 등)에 의해 유해한 작업환경이 조성되며 적절한 국소배기장치를 통해 작업자 노출을 감소시켜야하나, 산업안전보건기준에 관한 규칙 제422조에 따라 후드 제어풍속을 현장에 직접 적용하기 어려움

고무제품 제조공정에 사용되는 설비의 경우 설계 시 발열에 의한 공기팽창, 제품 이송속도, 장비내부 에어 나이프 등 공기유동을 발생시킬 수 있는 설비, 내부 순환용 팬 등에 의해 설계 유량의 차이가 크게 발생할 수 있으므로 사업장 종사자가 쉽게 활용할 수 있는 표준환기 시스템 편람이 필요

연구 내용 및 방법

■ 국소배기장치 효율 평가

- 국소배기장치의 구성요소에 대한 사용실태 및 성능을 평가하고, 대상공정별 문제점을 파악하여 표준환기 방안 연구의 기초자료로 활용

■ 표준환기 방안 선정

- 국내·외적으로 선행 연구된 문헌 자료를 조사하고, 상용 전산 유체역학 프로그램 [AIRPAK(Ver 3.0.16)]을 이용하여 경계조건(배기량, 후드형태 등)에 따른 최적 표준환기 방안 도출
- 현장실험 및 모형실험을 통해 개선안 적용 효과를 검증

연구 결과

■ 송풍기 및 공기정화장치 관리 실태

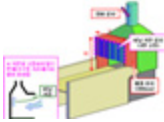
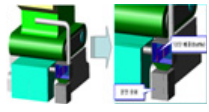
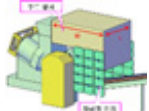
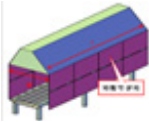
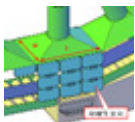
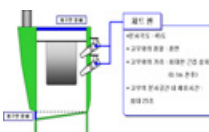
타이어, 튜브, 고무패킹을 생산하는 고무제조 사업장의 현장조사 결과 총 49대의 국소배기 시스템 중 송풍기 효율(풍량)이 60% 미만으로 크게 저하된 경우가 57%로 송풍기 노후 및

유지관리 부족이 3%, 시스템의 과도한 압력손실로 인한 송풍량 감소가 39%를 차지하고 있었다.

시스템의 과도한 압력손실 발생은 공기정화장치의 청소 및 유지관리 부족에 의한 차압 발생이 주원인으로 평가되었다.

■ 공정별 표준환기 방안

타이어, 튜브, 고무패킹 제조 공정 중 오염물질(고무 흄, 악취, 고열 등)이 다량 발생하는 정련, 압연, 압출, 가류, 검사 공정을 중점으로 표준환기 방안을 수립하여 정리하였다.

공정명	모식도	표준환기 방안
정련	칭량	 - 후드형태 : 포위식 후드(슬롯 형) - 필요 배기량 : 각 업체별 원료손실 방지를 위한 설계 배기유량 적용(해당업체의 경우 15 m³/min 배기함)
	호퍼 도어	 - 후드형태 : 포위식 후드 - 필요 배기량 : 후드 단면적 당 170 m³/min/m² 이상
	드랍 도어	 - 후드형태 : 밀폐식 후드 - 필요 배기량 : 각 업체별 원료손실 방지를 위한 설계 배기유량 적용(해당업체의 경우 100 m³/min 배기함)
	롤 밀	 - 후드형태 : 포위식 후드(상부 배기후드+차폐막 설치) - 필요 배기량 : 후드 단면적 당 45 m³/min/m² 이상
	컨베이어	 - 후드형태 : 포위식 후드(상부 배기후드+차폐막 설치) - 필요 배기량 : 후드 단면적 당 25 m³/min/m² 이상
	이형제 도포	 - 후드형태 : 포위식 후드(상부 배기후드+차폐막 설치) - 필요 배기량 : 후드 단면적 당 41 m³/min/m² 이상
	Batch - Off	 - 후드형태 : Push-Pull 후드 - 설계 급기량 : Batch-Off 길이 및 컨베이어 속도에 따라 변화됨으로 업체별 설계기준 따름(일반적으로 체류시간 25초로 설계함) - 필요 배기량 : 급기유량 보다 최소 20% 이상 배기

활용방안 및 기대성과

본 연구를 통해 작성된 공정별 표준환기 방안 및 운영요령을 안전보건공단에서 제작, 운영하고 있는 직업건강정보-표준산업환기설비의 고무제조공정 환기대책 자료로 활용

사업장 관리자, 산업환기 설계 엔지니어, 정부 관리기관 등에서 작업환경 개선을 위한 환기 방안 마련이나 국소배기장치의 설계 및 시공에 활용할 수 있는 정보를 제공하는데 기여

중 심 어

고무제조공정, 정련, 압연, 압출, 성형, 가류, 검사, 표준환기 방안

참고문헌

하현철, 김태형. 자연환기 벤틸레이터 형태에 따른 환기효율 평가. 설비공학논문집 2002;14:543-551
 정지복, 윤종훈. 타이어 제조업체의 생산계획시스템 구축사례연구. Entrue Journal 2009;8(1):107-115
 임정호, 김태형. 타이어 제조공장 가류 공정의 온열환경 개선에 관한 연구. 한국산업보건학회지 2011;21(1):1-10

American Conference of Governmental Industrial Hygienists(2004). Industrial Ventilation-A Manual of Recommended Practice. 2004;25th ed.

H.S.E(Health and Safety Executive). Introduction to rubber processing and safety issues

연구책임자 : 주식회사 벤틙 하현철
 연구담당자 : 산업안전보건연구원 직업환경연구실 서희경
 연 락 처 : 052-7030-910, class22@kosha.or.kr

04

나노입자에 대한 방진마스크 포집효율 연구

연구 필요성 및 목적

나노물질 생산과 사용이 증가하고 있으나, 나노기술과 관련 발생 가능한 나노입자독성에 대한 자료가 부족하고, 위험관리 방법에 대한 개발이 부족한 상태이며, 나노 입자에 대한 법규, 표준 시험방법, 보호구 선택지침이 확립되어있지 않은 실정이다.

본 연구의 목적은 나노입자에 대한 방진마스크 포집효율을 측정하고, 사람 호흡 형태와 유사하게 들숨, 날숨이 가능한 인공폐를 연결하여 총누설율을 측정하고, 연속흡입이 가능한 마네킹을 이용하여 총누설율을 측정하여 나노입자에 대한 방진마스크 효율을 파악함으로써 방진마스크 선택 및 착용 지침 방향을 제시에 필요한 기초자료를 생산하고자 본 연구를 수행하였다.

연구 내용 및 방법

■ 연구 내용

- 국내외 문헌조사 및 선행연구 고찰
- 포집효율 측정 대상 방진마스크 조사 및 선정
- 나노입자 발생장치, 나노입자 측정장비 선정 및 설치
- 방진마스크 포집효율 측정

■ 연구 방법

- 국내외 관련 제도 문헌조사
- 방진마스크 종류별(안면부여과식, 분리식) 포집효율 평가
- 필터 종류(정전필터, 부직포필터, 기계식필터)별 포집효율 평가
- 총누설율 측정(Total inward leakage)

연구 결과

보호구 안전인증 고시(고용노동부고시 제2014-46호)에 따라 인증된 7개사 7개 특급방진마스크(안면부여과식, 직결식 반면형)를 시중에서 구입하여 사용하였다.

7개 방진마스크에 대한 필터 포집효율을 측정한 결과 6개 방진마스크의 포집효율은 98%이상이었으며, 1개 방진마스크는 94.9%이었다.

안면부 여과식 마스크는 20 mm 은나노입자에 대한 포집효율이 가장 높았으며, 직결식 반면형 마스크는 30 mm 은나노입자에 대한 포집효율이 가장 높았다.

들숨, 날숨이 가능한 인공폐를 이용하여 방진마스크 총누설율(Total Inward Leakage)을 측정한 결과 7.6% ~ 42.3%로 제조사에 따라 많은 차이가 있었다. 방진마스크의 총누설율이 높은 이유는 필터의 투과율과 비교 시 인두와 마스크의 밀착도에 기인하는 것으로 추정된다.

호흡형태에 따른 총누설율의 차이가 있는 지 여부를 확인하기 위하여 연속흡입 호흡상태에서 총누설율을 측정한 결과 11.2% ~ 32.9%로 제조사에 따라 많은 차이가 있었으며 호흡형태(들숨·날숨, 연속흡입)에 따른 차이는 관찰되지 않았다.

본 연구결과 은나노입자에 대한 필터 효율은 높으나 총누설율이 높았다. 따라서 총누설율을 최소화하기 위하여 호흡보호구의 올바른 착용방법 및 관리에 관한 지침에 따라 호흡보호구의 착용방법에 대한 교육이 반드시 이루어져야 하며, 밀착도 자가점검(user seal check)을 실시하고, 밀착도 검사(fit test)를 실시하여야 한다.

활용방안 및 기대성과

범부처 종합계획으로서 나노물질 보건관리체계를 목표로 한 산업보건정책의 기초자료로 활용 가능하다.

중 심 어

은나노입자, 호흡용 보호구, 포집효율, 총누설율(Total Inward Leakage), 인공폐, 마네킹

참고문헌

한돈희 (2014) 호흡보호구의 올바른 착용방법 및 관리에 관한 지침 KOSHA GUIDE H-159-2014
Balazy A, Toivola M, Reponen T et al. Manikin-based performance evaluation of N95

filtering-facepiece respirators challenged with nanoparticles. *Ann Occup Hyg* 2006;50:259-69
Eninger RM, Honda T, Reponen T, McKay R, Grinshpun SA. What does respirator certification tell us about filtration of ultrafine particles? *J Occup Environ Hyg* 2008;5:286-295
Kim SC, Harrington MS, Pui DYH. Experimental study of nanoparticles penetration through commercial filter media. *Nanotechnology and Occupational Health* 2007;117-125
Rengasamy S, King WP, Eimer B, Shaffer RE. Filtration performance of NIOSH-approved N95 and P100 filtering-facepiece respirators against 4-30 nanometer size nanoparticles. *J Occup Environ Hyg* 2008;5:556-564

연구책임자 : 산업안전보건연구원 직업환경연구실 김증규
연 락 처 : 052-7030-903, slug011@kosha.or.kr

05

라돈의 직업적 노출실태 및 관리기준 연구

연구 필요성 및 목적

건축자재의 원료로 사용되는 인산석고에는 천연방사성물질(NORM; Naturally Occurring Radioactive Material)을 함유하고 있다. 시멘트 제조를 위해 인산석고를 취급하는 공정에서 발생 가능한 라돈 등 방사성물질의 노출수준과 관리실태를 파악하여 근로자 건강보호를 위한 관리기준 마련에 필요한 기초자료를 제공할 필요가 있다.

국내외 라돈 관리기준 조사결과와 시멘트 제조업종의 인산석고 취급실태 및 라돈농도 평가 결과 등을 바탕으로 국내 작업장의 직업인의 건강보호를 위한 라돈의 관리기준을 제시하고 인산석고를 취급하는 공정에서의 분진입자의 특성이 인체에 미칠 수 있는 영향에 대해 알아보고자 하였다.

연구 내용 및 방법

■ 연구 내용

- 라돈농도 측정은 시멘트 제조업체 7개사를 선정, 인산석고를 취급하거나 인접한 공정인 치장, 호퍼, 피더, 시멘트밀 등 4개 공정을 대상으로 실시
- 총 측정시료수는 129개이고 각 측정방법별 시료수는 단기측정은 24개, 장기측정은 105개 (사무실 24개 포함)
- 석고분진의 입자특성은 인산석고를 취급하는 피더공정을 대상으로 평가
- 라돈농도 측정은 인산석고 취급공정에 대해 개인 및 지역시료 포집

■ 연구 방법

- 라돈농도 측정은 단기측정용으로 연속모니터측정기(Radon Sentinel 1030, Sun Nuclear, USA)를 사용하여 24시간 이상 측정하였고 장기측정용으로는 알파비적 검출기(알파트랙, ㈜알엔테크, 한국)를 사용하여 2~3개월간 측정
- 라돈농도 측정은 근로자의 호흡기위치에 PVC필터를 장착한 펌프를 착용시켜 하루 8시간 동안 채취하여 중량분석 및 고순도 게르마늄(Ge) 감마핵종 분석기를 이용하여 분석

- 부유분진의 입자크기 측정은 나노입자측정기(Nanoparticle sizer, TSI NanoScan SMPS ; Particle Size Range : 10-420 nm, Model 3910, USA) 및 광학입자계수기(Optical particle counter, GRIMM Dust monitor 1108; Particle Size Range: 300 nm-20 μ m, Germany)를 활용

연구 결과

시멘트 제조업 사업장 7개사에 대한 라돈농도 측정결과는 산술평균으로 24.0 ± 13.8 Bq/m³(1.0 ~144.3 Bq/m³), 기하평균으로는 21.9 Bq/m³ (GSD 1.7) 이었다. 현장 대기실의 라돈농도는 제조 공정보다 대부분 낮았다.

연구대상공정의 라돈농도는 산술평균으로 치장 27.5 ± 19.7 Bq/m³, 호퍼 19.7 ± 10.9 Bq/m³, 피더 21.2 ± 14.7 Bq/m³, 시멘트밀 15.0 ± 10.9 Bq/m³이었고 기하평균으로는 치장 23.2(2.2) Bq/m³, 호퍼 20.2(1.6) Bq/m³, 피더 16.8(2.5) Bq/m³, 시멘트밀 11.9(2.7) Bq/m³ 순으로 나타났다.

라돈농도 측정시 두가지 방법을 병행하였는데, 즉 단기측정 및 장기측정으로 실시한 시료간 평균농도 사이에 차이가 있는지 조사하였다. 두 방법간 대응표본 t-검정결과, 라돈의 평균농도 사이에는 차이가 없었다.

인산석고를 취급하는 공정에서 측정한 개인시료 및 지역시료의 라듐 방사능 농도범위는 0~0.8 Bq/m³로 대부분 최소검출한계치(Minimum Detectable Activity Level, MDA) 미만이었다.

인산석고를 취급하는 전체 피더공정에서의 입자수 농도(Number concentration, NC) 및 질량 농도(Mass concentration, MC)는 기하평균으로 각각 137,696.3 #/cm³(GSD 3.3), 0.07 mg/m³(GSD 2.3)이었다. 나노크기입자가 차지하는 비율은 평균 34.6%(4.2~98.0%)이었고 입자수 농도는 44,973.1 #/cm³ (GSD 2.9), 입자크기는 기하평균으로 65.7 nm(GSD 1.9)이었으며 밀도는 1.2 g/cc 이었다.

방사능 중간 공기역학적 직경(AMAD)은 핵융결모드가 $12.3 \pm 19.7\%$ (2.0~40.5%), 집적모드가 $45.0 \pm 18.2\%$ (17.8~55.0%), 조대모드가 $5.7 \pm 9.1\%$ (0.8~16.6%)를 차지하는 것으로 나타났다.

활용방안 및 기대성과

■ 활용방안

- 건축자재 등을 생산하기 위해 원료물질이나 공정 부산물 내에 들어있는 천연방사성물질을 직접 취급하는 근로자와 지하철 터널 등과 같은 지하공간에서 근무하는 근로자의 건강 보호를 위한 관리기준 설정에 필요한 기초자료 제공

■ 기대성과

- 정확한 라돈농도 측정 및 평가를 통해 미지의 위험에 대한 의혹을 해소하는데 기여할 것으로 판단되며, 라돈 등 방사성물질로 인한 암발생 등 역학조사에 필요한 원인규명의 증거자료로 활용한다거나 향후, 라돈에 대한 정책·제도 개선을 통해 관리기준 마련

중 심 어

라돈, 천연방사성물질, 인산석고, 시멘트, 입자특성(AMAD), ICRP

참고문헌

- Tirmarche M, Harrison JD, Laurier D, Paquet F, Blanchardon E, Marsh JW. Lung Cancer Risk from Radon and Progeny. ICRP Publication 115. 2010. ICRP 37 (11-56).
- Occupational Safety and Health Administration; Radon in Workplace Atmospheres. 2008. Available from: <https://www.osha.gov/dts/sltc/methods/inorganic/id208/id208.html>
- Gustav Åkerblom. Radon Legislation and National Guidelines. Swedish Radiation Protection Institute. SSI reports 1999.
- IAEA(International Atomic Energy Agency). Assessing the need for radiation protection measures in work involving minerals and raw materials. IAEA Technical Report Series No 49. Vienna, Austria. 2006.
- IAEA. Radiation Protection and Management of NORM Residues in the Phosphate Industry. Safety Reports Series, No.78 IAEA Vienna, 2013.

연구책임자 : 산업안전보건연구원 직업환경연구실 정은교
연 락 처 : 052-7030-902, jung60@kosha.or.kr

06

빅데이터를 활용한 국내 작업환경측정 데이터베이스의 통계적 분석

연구 필요성 및 목적

한국산업안전보건공단 산업안전연구원에서는 2002년 이후 국내 작업환경측정 대상 사업장에 대한 작업환경측정결과를 데이터베이스로 구축하여 관리하고 있다. 하지만 관련 자료의 활용 측면에서는 고용노동부와 함께 작업환경측정 실시 결과 보고서를 작성하여 업종, 사업장 규모, 지방청 및 유해인자 별로 측정 사업장 수와 노출기준 초과 사업장 수 정도만을 파악하고 노출 기준을 초과 사업장의 작업환경 개선에 적극적으로 활용하고 있으나 각각의 유해물질에 대한 구체적인 측정결과에 대한 분석 결과 등은 공개되지 않고 있다.

국내에서 작업환경측정제도가 자리 잡은지는 30여년이 지나고 있으며 측정기관의 수도 점차 증가하여 자체측정사업장을 포함하는 경우 2015년 현재 160여개에 이르고 있어 규모면에서도 괄목할 만한 성장을 이루어졌다. 또한 측정 대상사업장의 수도 4만여개에 이르고 있고 전 세계적으로 볼 때 다양한 유해인자를 중심으로 일정 주기에 따라 국가가 작업환경측정을 의무화하고 있는 몇 되지 않는 국가에 속하고 있다.

결과적으로 약 10여년 치에 해당하는 국내 작업환경측정 자료에 대한 정보를 어느 정도 공개하여 작업환경개선을 위한 자료로서 뿐만 아니라 측정기관 공신력과 측정결과의 신뢰성을 제고하는 수단으로 활용할 필요가 있다고 판단된다. 아울러 국내외 노출기준과 비교한 통계분석 등을 통해 근로자 노출의 추이를 파악하여 제시함으로써 관련 사업 및 정책적 활용도를 제고할 필요가 있다.

연구 내용 및 방법

■ 연구 대상 및 내용

- 화학적 인자에 대한 인자별 측정결과의 시계열적, 업종별, 지역별 및 규모별 특성을 분석 : 측정대상 화학적 인자 200여종(허가대상 유해물질, 특별관리대상 물질, 허용기준 설정물질, 관리대상물질 등) 중 일정 수 이상의 자료가 있는 경우 대상.
※ 물리적 인자에 대해서는 2016년도에 연구를 추진예정
- 13개 년도에 대한 시계열적 분석 : 각 년도별 산술평균, 표준편차 및 상자그림을 제시

- 측정결과의 지역별 분포실태 : 고용노동부 지방청을 중심으로 산술평균과 표준편차를 제시
- 측정결과의 업종별 분포실태 : 표준산업분류의 대분류를 중심으로 하되 제조업의 경우는 중분류를 기준으로 산술평균과 표준편차를 제시
- 측정결과의 규모별 분포실태 파악 : 사업장의 근로자수를 기준으로 한 산술평균과 표준편차를 제시

■ 연구 방법

- 보유 13개 년도의 전 측정자료를 측정대상 물질별로 별도의 파일로 분류하되, 년도를 기준으로 각각의 워크시트로 하여 업종, 지역 및 규모를 포함되도록 스프레드시트로 자료를 추출
- 추출된 기초 자료를 물질과 각 년도별로 일정 기준에 따라 정제(원자료에서 특이한 이상값을 제거)
- 정제된 자료를 활용하여 년도, 지역, 업종 및 규모별로 분류하여 산술평균과 표준편차를 산출
- 필요한 대푯값의 산출과 시계열 도표의 작성은 시그마플롯 프로그램(Systat Software, USA)을 활용하여 수행

연구 결과

작업환경측정 대상물질 200여 종 중 가장 많은 측정수를 기록한 물질은 산화철분진과 흙이었으며 망간과 그 무기화합물, 톨루엔, 이산화티타늄, 이소프로필알코올, 크실렌, 아세톤, 구리(흙), 수산화나트륨(가성소다), 메틸에틸케톤 순이었다.

2014년을 기준으로 측정건수가 약 5천 건 이상인 작업환경측정 대상 물질은 61종이었으며 1,000 건 이상인 물질은 총 106 종이었다.

107종의 물질에 대한 평균 노출수준은 개략적으로 노출기준의 약 5~10% 이하였으며 시간 추세적으로는 노출기준이 개정된 물질일수록 년도별 평균치가 하향하는 경향이 있는 것으로 나타났다.

61종의 물질을 대상으로 고용노동부 지방청/지청을 기준으로 한 지역적 분포를 평균적으로 확인한 결과 태백, 양산, 통영, 진주, 의정부 등의 지청에서 일부 물질의 노출수준이 다른 지역에 비해 다소 높았다.

업종을 기준으로 한 분석의 경우 대분류에서는 제조업이 대체적으로 작업환경노출 수준이 높은 것으로 나타났으며, 제조업만을 중분류를 기준으로 평가한 결과에 따르면 가죽, 가방 및 신발 제조업, 목재 및 나무제품 제조업(가구 제외), 화학물질 및 화학제품 제조업(의약품 제외), 기타 운송장비 제조업 등에서 일부 물질의 평균수준이 다소 높은 수준이었다.

근로자수 기준 규모별 노출수준을 분석한 결과 산화철분진과 흙, 톨루엔, 크실렌 등의 물질은 규모가 클수록 평균 노출수준도 높아지는 추세를 보였으나 망간 및 그 무기화합물, 산화마그네슘, 초산부틸 등의 물질에 대해서는 규모가 작은 사업장의 평균이 높은 경향을 보였다. 이산화티타늄, 아세트, 크롬(금속 및 3가 화합물) 등의 경우에는 중간규모의 사업장에서 노출수준이 다소 높은 것으로 나타났다.

작업환경측정 데이터베이스에 대해서는 지속적이고 주기적인 모니터링과 함께 측정대상 물질, 지역, 업종 및 규모를 함께 고려하는 추가적인 분석이 실시될 필요가 있다.

활용방안 및 기대성과

본 연구는 공단이 보유하고 있는 14년간의 작업환경측정 자료를 이용하여 화학적 인자의 지역, 업종, 공정 및 규모에 따른 분포 실태를 확인하고 시간의 경과에 따른 시계열 추세를 파악함으로써 관련 정책 및 제도의 개발에 기여하는 한편 정부 3.0에 따른 자료의 개방 및 공유 추세에 부응하고자하였다.

중 심 어

작업환경측정, 화학적 인자, 노출기준, 노출수준, 산술평균, 표준

참고문헌

김갑배, 박해동. 소음에 대한 특수건강진단 및 작업환경측정 결과 분석. 한국소음진동공학회지 25(1) : 5-12, 2015.

고용노동부. 2013년도 작업환경측정 실시 결과. 2014.

일본작업환경측정협회. 일본작업환경측정협회 30년사. 2010.

N.A. Liedel, K.A. Busch, and J.R. Lynch. Occupational Exposure Sampling Strategy Manual. US National Institute for Occupational Safety and Health, 1997.

American Industrial Hygiene Association(AIHA). A Strategy for Assessing and Managing Occupational exposure. AIHA, 2006.

연구책임자 : 업안전보건연구원 직업환경연구실 장재길

연 락 처 : 052-7030-901, cihjj@kosha.net

07

석면조사기관 및 해체·제거업체 수행한계 설정방안 마련

연구 필요성 및 목적

2009년 개정된 산업안전보건법 및 2012년 석면안전관리법 시행에 따라 석면조사기관과 해체·제거업체는 양적으로 급성장하였으나 부실한 업무수행에 따른 문제가 국회 등에서 반복적으로 지적됨에 따라, 석면조사와 석면해체·제거의 질 향상을 위하여 현행 인력·시설·장비에 대한 기준을 재검토하고, 업체가 보유한 인력·시설·장비 등의 수준에 따른 업무수행한계를 설정할 필요성이 대두되고 있다.

본 연구는 석면조사기관 및 해체·제거업체의 인력·시설·장비 보유현황을 조사하고 보유현황별 업무수행 실태를 파악하여 업무수행 한계 설정의 필요성을 검토하고 인력·시설·장비 기준에 대한 개선안을 마련하였다.

연구 내용 및 방법

■ 연구 내용

- 선진국의 석면조사기관 및 해체·제거업체 기준
- 석면조사기관 및 해체·제거업체의 인력·시설·장비 보유현황 및 보유현황별 업무수행 실태 (실적)
- 석면조사기관 및 해체·제거업체의 업무수행 한계 설정의 필요성
- 석면조사기관 및 해체·제거업체의 인력·시설·장비기준 개선안
- 제도개선에 따른 규제영향분석

■ 연구 방법

- 미국, 영국 등 선진국의 석면조사기관 및 해체·제거업체 기준 문헌조사 및 분석
- 석면조사기관 및 해체·제거업체의 인력·시설·장비 보유현황 및 보유현황별 업무수행 실태 (실적) 설문조사
- 석면해체·제거 작업신고 내역 조사·분석
- 석면조사기관 및 해체·제거업체의 업무수행 한계 설정의 필요성 및 석면조사기관 및 해체·제거업체의 인력·시설·장비기준 개선안에 대한 전문가 심층면담

연구 결과

선진국의 석면조사기관 및 해체·제거업체의 조사 결과, 석면교육을 받은 자나 인증을 받은 업체가 작업을 수행할 수 있도록 하고 있다.

산업안전보건법에 의한 석면조사의 경우 평균 조사 연면적은 180,054 m² 이었고 석면안전관리법에 의한 석면조사 평균 연면적은 615,471 m²로 석면안전관리법에 의한 석면조사의 평균 연면적이 약 3배 정도 높은 것으로 나타났다.

해체·제거업체의 인력은 등록되지 않은 상시인력이 42%를 차지하였고, 상시인력에서 고졸인 학력이 54% 이상이었다.

석면조사기관의 조사실적을 비교한 결과, 석면조사실적에 비해 등록된 인력이 적었다.

2014년 석면해체·제거 신고건수 및 제거면적의 합계로 산출한 1일 필요작업자 수를 확인한 결과, 상위 6개 해체·제거업체의 신고 근로자수가 평균 1일 필요 작업자수에 비해 매우 적은 것을 확인하여 1인 작업자에게 업무비중이 과중하게 되어 부실작업이 발생할 우려가 있었다.

석면조사기관의 인력·시설·장비기준 개선안으로 인원당 업무 수행 실적 건수 기준 설정, 인력 중 공업계 고등학교 또는 이와 같은 수준 이상의 학교를 졸업한 사람이라는 조항 삭제, 관련 전공의 확대, 보수교육 실시를 제시하였다.

석면해체·제거업체의 인력·시설·장비기준 개선안으로 현장책임자의 현장 상주 및 중복신고와 업무범위를 지정, 고위험 작업 시 산업위생전문가의 참여, 보수교육 실시, 음압기의 용량 및 대수 확대를 제시하였다.

활용방안 및 기대성과

산업안전보건법의 석면조사기관 및 석면해체·제거업체에 대한 인력, 시설, 장비 기준 개정에 활용

석면조사기관 및 석면해체·제거업체의 인력·시설·장비 실태와 업무 수행실적 파악에 활용

중 심 어

석면조사기관, 석면해체·제거업체, 인력·시설·장비 기준, 업무수행한계

참고문헌

- 김현욱 등, 석면조사기관의 신뢰성확보방안 및 석면제품실태연구, 한국산업안전보건공단, 2013
- 김현욱 등, 석면해체·제거작업 감리인 지정 운영기반 구축, 한국산업안전보건공단, 2011
- 노영만 등, 석면해체·제거 표준작업 지침 개발, 산업안전보건연구원, 2012

연구책임자 : 송현캠컨설팅(주) 노영만
연구담당자 : 산업안전보건연구원 직업환경연구실 권지운
연 락 처 : 052-7030-908, gloria@kosha.net

08

소규모 석면해체·제거작업의 관리방안 연구

연구 필요성 및 목적

석면이 함유된 건축물이나 설비(이하 건축물 등)의 유지·보수 과정에서는 적은 양의 석면을 제거하거나 석면함유물질을 접촉·교란하는 작업이 수반될 수 있으며, 이 과정에서 관련 근로자가 공기 중에 비산된 석면에 노출될 수 있다.

본 연구는 석면이 함유된 건축물 등의 유지·보수·관리 등을 위하여 적은 양의 석면을 제거하거나 교란하는 작업 시 근로자를 석면노출로부터 보호하기 위한 제도개선 방안을 제시하고, 관련 작업의 지침을 개발하였다.

연구 내용 및 방법

■ 연구 내용

- 국내외 소규모 석면작업 관련 제도
- 국내외 소규모 석면작업 관련 지침
- 소규모 석면작업 관리를 위한 제도개선안
- 소규모 석면작업의 지침 개발

■ 연구 방법

- 미국, 영국, 일본의 소규모 석면작업 관련 법규 등 제도 조사 및 분석
- 미국, 영국의 소규모 석면관련 작업 지침 조사 및 분석
- 소규모 석면작업 관리를 위한 산업안전보건법 산업안전보건기준에 관한 규칙 개정안 도출
- 국내 현장 실태를 반영한 소규모 석면작업의 지침 개발

연구 결과

소규모 석면작업 관리를 위하여 석면해체·제거작업에 대한 작업기준의 적용범위를 확대하여 비산성이 높은 석면함유물질의 덧씌움 작업, 건축물에서 이탈된 상태의 석면함유물질 취급 작업 등을 실시하는 근로자를 석면 노출로부터 보호할 필요성이 있다.

석면 건축물의 유지·보수·관리작업 근로자가 건축물의 석면함유에 대한 적절한 정보를 제공받을 수 있도록 석면조사를 실시한 건축물의 소유주 등은 사업주에게, 사업주는 석면 근로자를 고용하는 사업주에게 석면함유에 대한 정보를 제공하도록 의무를 부여할 필요성이 있다.

석면 건축물의 유지·보수작업 근로자에 대하여 석면인지교육, 석면 건축물의 유지·보수작업 방법에 대한 교육 및 기술지원을 실시할 필요성이 있다.

소규모 석면작업에 대하여 작업장의 밀폐, 위생설비의 설치, 음압의 유지에 대한 엄격한 작업 기준의 적용을 제외하고, 근로자 보호를 위하여 실질적으로 필요한 작업조치를 준수하게 함으로서 법 집행의 실효성을 확보할 필요성 있다.

소규모 석면작업에 적용되는 공통적인 일반작업 수칙과 우리나라의 석면사용 실태를 고려하여 빈번하게 이루어질 수 있는 상황에 대한 26 종의 작업예시를 포함한 소규모 석면작업 지침안을 개발하였다.

활용방안 및 기대성과

산업안전보건법 산업안전보건기준에 관한 규칙을 개정하여 석면해체·제거작업의 정의, 작업 기준의 적용 범위, 소규모 작업에 대한 작업기준 적용의 특례 등 관련 제도 개선에 활용.

소규모 석면작업 지침을 KOSHA Guide 등 안전보건작업기준으로 개발·보급

중 심 어

석면, 석면해체·제거작업, 유지·보수, 지침

참고문헌

Occupational Safety & Health Administration (OSHA). Occupational Safety and Health Standards-Toxic and Hazardous Substances-Asbestos. CFR 1926.1101. [cited 2015 Oct1].

National Institute of Building Science (NIBS).Guidance Manual-Asbestos Operations & Maintenance Work Practices, 2nd ed. 1996

Health & Safety Executive (HSE). Asbestos essentials. [cited 2015 Oct1]

연구책임자 : 산업안전보건연구원 직업환경연구실 송세욱

연 락 처 : 052-7030-900, s88093@kosha.or.kr

09

실내공기질 관리실태 및 규제강화 방안 연구

연구 필요성 및 목적

2003년 산업안전보건법이 개정되면서 신설된 사무실오염으로 인한 건강장해 예방규칙 및 고용노동부고시 「사무실 공기관리 지침」(제2015-43호)에서는 규정된 공기오염물질의 관리항목 및 기준치에 대한 검토 및 개정사항에 대한 사례가 최근 3년간 전무하며 또한 실내공기질과 관련된 연구는 그 동안 지속적으로 이루어져 왔으나 실내공기질의 한 분야인 사무실 공기질과 관련된 연구는 다른 분야에 비해 연구가 미미한 실정이다.

산업안전보건법의 사무실 환경오염으로 인한 건강장해 예방규칙 및 고용노동부 고시 「사무실 공기관리 지침」(제2015-43호)에 대한 항목과 기준치를 재검토하고 해석하여 사무실 내의 쾌적하고 안락한 실내공기환경의 기준을 설정하여 기초자료를 마련하는데 있다.

연구 내용 및 방법

■ 연구 내용

- 국내외 사무실 공기질 관리제도 고찰 및 분석
- 사무실 공기질 관리 및 규제영향 분석
 - 사무실 공기질 관리는 「사무실 공기관리 지침」에서 지정된 9종의 실내공기오염물질 이외의 물질(라돈, 부유세균, PM2.5 등)에 대해 검토
 - 질병비용 접근법을 사용하여 실내공기질이 개선될 경우 질병률의 감소에 따른 안전보건공단(2004)에서 추정된 질병률 값을 적용
- 사무실 공기질 라돈 관리 기준 설정
 - 2015년 환경부의 「2013~2014년 전국주택라돈조사」 자료를 인용하여 추정
- 작업장 내 노출기준 합리화를 위한 지하철 라돈 농도 현장 조사

■ 연구 방법

- 국내 및 해외 문헌조사
- 지하철 라돈농도 실태조사는 부산지하철 1, 2호선을 대상으로 실시

- 일시 : 2015년 10월 14일~10월 19일
- 장소 : 범내골역, 서면역, 부전역내의 터널 내부 및 배수펌프장
- 측정장비 : Sun Nuclear 1030, E-PERM
- 측정위치
 - 터널 : 역과 역사이 3개 이상
 - 터널 내부 시설물 : 배수펌프장 2개 이상

연구 결과

사무실 환경오염으로 인한 건강장해 예방규칙 및 고용노동부고시 「사무실 공기관리 지침」(제2015-43호)의 오염물질 관리항목 및 기준치를 실내공기질 관련 국내의 법령들과 서로 비교 검토하여 사무실 실내 공기질의 기준 척도를 재설정하기 위한 기초자료를 마련하였다.

「사무실 공기관리 지침」의 제9조에서는 사무실 건축자재의 오염물질 방출기준을 환경부 다중이용시설 실내공기질 관리 법령을 고려하여 접착제, 페인트, 실란트, 퍼티, 일반자재로 세분하였고, 각각의 방출 기준 및 평가 방법을上記의 법령과 동일하게 통합 관리하는 방안으로 설정하였다.

현재 권고기준으로 적용되고 있는 사무실 실내공기오염물질 중 유지기준으로의 변경 강화가 필요한 항목을 검토한 결과, 환경부 다중이용시설 실내공기질 관리법과는 달리 사무실 실내공기질 측정을 사업주에게 의무화하지 않는 법적상황을 고려하여 라돈을 포함한 10종 모두 현재의 권고 기준 형태로 관리할 것을 제안하였다.

사무실 실내공기질 관리기준의 경우 라돈 관련 국내외 관리기준 검토, 비용 편익 분석 결과 고찰, 사회적 커뮤니케이션 통합 측면을 고려하여 환경부 다중이용시설 실내공기질 관리기준과 동일한 148Bq/m³로 제안하였고 작업장 노출기준의 경우 라돈 관련 국외 작업장 노출기준 검토, 규제영향 분석 결과 고찰, 측정방법 측면을 고려하여 1,000Bq/m³로 제안하였다.

총부유세균 측정방법의 기존 3가지 ‘관성충돌법, 흡수법, 여과법’ 항목 중 포집효율이 가장 좋고 취급이 상대적으로 용이하여 국내외 기관에서 가장 많이 활용되고 있는 관성충돌법 한가지로 단일화하는 방안을 제시하였다.

작업장 내 노출기준 합리화 설정 마련을 위해 지하철 터널 내부와 배수펌프장을 대상으로 현장 측정된 결과, 배수장의 라돈 평균농도는 140.4(±66.6) Bq/m³ 이었고 터널 내부는 58.9(±50.9) Bq/m³ 이었다.

라돈 뿐만 아니라 미국 EPA 및 국내 환경부에서 실내공기질 관리항목으로 신규 설정하고자 하는 PM_{2.5} 및 총부유진균도 향후 사무실 실내공기질 기준 설정에 검토되어야 할 것으로 사료되며 오존의 경우 사무실을 대상으로 한 국내 실측자료는 보고된 바 없어 향후 기초자료 수집을 위한 현장조사 연구 수행이 필요하다.

활용방안 및 기대성과

■ 활용방안

- 규제대상물질의 규제영향분석을 통해 배출원을 확인하고 대상물질의 저감을 고찰하여 매뉴얼화 하므로써 근로자들의 근로환경을 스스로 손쉽게 바뀌어나가는 매뉴얼로써 활용

■ 기대성과

- 사무실의 실내공기질 개선을 통하여 쾌적하고 안락한 근로조건을 확립하여 근로자의 보호 및 예방 기능이 강화됨.

중 심 어

실내공기질, 사무실 공기질, 라돈, 산업안전보건법, 규제영향분석

참고문헌

- EPA. EPA Assessment of Risks from Radon in Homes. EPA 402-R-03-003. 2003.
- ICRP. Protection Against Radon-222 at Home and at Work. ICRP Publication 65. 1993.
- ICRP. Lung Cancer Risk from Radon and Progeny and Statement on Radon. ICRP Publication 115. 2010.
- Strålevern Rapport. Radon National Action Plan. 2015.
- WHO. INTERNATIONAL RADON PROJECT. Health Security and Environment Public Health and Environment Radiation and Environment Health. 2007.

연구책임자 : 부산가톨릭대학교 산학협력단 김기연
연구담당자 : 산업안전보건연구원 직업환경연구실 정은교
연 락 처 : 052-7030-902, jung60@kosha.or.kr

10

작업환경측정 정도관리제도 발전방안 연구

연구 필요성 및 목적

작업환경측정 정도관리제도는 1992년에 처음 도입되었으며 그동안 작업환경측정 시료분석의 정확도 향상에 많은 기여를 하였다. 그러나 작업환경측정의 신뢰성을 확보하기 위해서는 측정기관의 분석능력을 체계적으로 평가하고 그 결과에 따라 부족한 부분을 개선할 수 있도록 유도하는 안정적인 정도관리시스템 구축이 필요하다. 따라서 현재의 정도관리시스템을 검토하고 개선방안을 모색하는 등 정도관리 제도의 발전방안을 연구할 필요가 있어 본 연구를 수행하였다.

연구 내용 및 방법

■ 연구 내용

우리나라 작업환경측정 정도관리 도입배경, 실시경과, 주요체계 등에 대한 분석, 외국의 정도관리 제도에 대한 비교고찰, 국내외에서 실시 중에 있는 정도관리프로그램의 대상 항목에 대한 검토 등을 통해 작업환경측정 정도관리제도 발전방안을 모색하였다.

■ 연구 방법

국내외 정도관리 주관기관 웹사이트 자료, 연구보고서, 학술지에 발표된 논문 등을 수집하여 문헌조사를 하였고 대학, 노동계, 기업체, 측정기관, 연구소, 공공기관 등에 종사하는 전문가들의 의견을 수렴하였다.

연구 결과

■ 분석실 현장평가 운영 방식 변경

작업환경측정기관의 분석실을 방문하여 분석능력 등을 종합적으로 평가하는 현장평가가 작업환경측정기관의 분석실 수준과 분석자의 분석능력 향상에 있어 많은 도움이 되었지만, 앞으로도 계속하여 전체 기관을 대상으로 현장평가를 실시하는 것은 효율적이지 않다. 따라서 현장평가는 신규기관 등 현장평가가 반드시 필요한 일부 기관을 대상으로 실시하는 것이 바람직

하다. 전체 기간을 대상으로 일괄적인 분석실 현장평가는 정도관리제도에서 보다는 지정측정기관 평가제도에서 통합하여 운영하는 것이 바람직하다.

■ 신규정도관리 신설

산업안전보건법 제42조제4항 및 시행령 제32조의5에 따라 신규로 지정측정기관으로 지정받으려는 자는 작업환경측정·분석능력 평가에 적합 판정을 받아야 한다. 이를 위해 현행과 같이 현장방문 평가를 실시하여 측정 및 분석의 정확도와 신뢰도를 평가하고 그 명칭은 ‘신규정도관리’가 적절하다고 판단된다.

■ 자율정도관리 명칭 변경 및 평가항목 확대

현재 유기용제와 금속 시료분석의 적합률이 95%를 상회하고 있지만 이 프로그램은 반드시 유지하여야 한다. 명칭은 전문가 의견수렴결과 시료분석정도관리가 적절한 것으로 나왔다. 실시횟수는 현재 연 2회가 제반 여건을 비추어보아 적당하다고 판단된다. 또한 정도관리 발전을 위해 새로운 평가항목들을 도입하는 것이 바람직하다.

■ 특별정도관리 신설 및 분석 수탁기관에 대한 정도관리

TDI 등과 같이 분석의뢰가 허용되는 물질은 시료를 수탁하여 분석하는 기관에 대한 정도관리가 없는 실정이므로 이를 위한 프로그램이 필요하다. 우선 현장방문평가 방식으로 정도관리를 실시하고, 향후 시료분석정도관리 시료를 개발하여 시행하는 것이 바람직하다.

■ 신규정도관리 항목 도입 및 연구개발 등

필요한 정도관리 항목이나 시료를 개발하여 정도관리에 적용하는 것이 정도관리 발전을 위해 바람직하다. 신규 정도관리 항목 개발을 위해 미국, 영국 등 외국의 정도관리 항목을 참고할 필요가 있다. 이러한 외국의 사례 중 수동식시료채취기(유기용제), 실리카(석영), 포름알데히드, 중량분석(분진) 등을 선정할 것을 제안한다. 그리고 현행 정도관리제도는 분석에만 국한되어 있고 시료채취, 측정장비 및 보정장비 등 작업환경측정에 대한 정도관리는 없다. 지금은 측정·분석장비 뿐만 아니라 ‘보정장비(Calibrator)’에 대한 정도관리가 필요한 시기이다. 또한 노출기준이 강화되었거나 근로자의 노출수준이 낮아진 물질들에 대해 시험농도 수준을 낮추는 것이 필요하다. 그리고 더 우수한 새로운 측정방법을 개발·보급하는 것도 정도관리의 주요 활동에 포함된다.

활용방안 및 기대성과

우리나라 작업환경측정 정도관리제도의 발전방안을 제시한 연구로서 작업환경측정기관의 수준 향상을 통해 사업장 작업환경측정결과의 신뢰성 향상에 기여할 수 있고, 작업환경측정 정도관리 규정 등 관련 규정 개정을 위한 기초자료로 활용될 수 있다.

중 심 어

작업환경측정 정도관리, 시료분석, 정도관리, 현장평가, 실험실 인정

참고문헌

고용노동부. 작업환경측정 및 지정측정기관 평가 등에 관한 고시, 고용노동부고시 제2013-39호. 2013.

American Industrial Hygiene Association(AIHA). AIHA Proficiency Analytical Testing program. 2015a. Available from: <http://www.aihapat.org>

American Industrial Hygiene Association(AIHA). AIHA's Laboratory Accreditation program. 2015b. Available from: <http://www.aihaaccreditedlabs.org>

Health and Safety Laboratory(HSL). Proficiency Testing Schemes: HSL PT, Air PT. Available from: <http://www.hsl.gov.uk/proficiency-testing-schemes>, 2015.

연구책임자 : 인제대학교 산학협력단 신용철
 연구담당자 : 산업안전보건연구원 직업환경연구실 박승현
 연 락 처 : 052-7030-811, sh903@kosha.net

11

잠수작업 실태조사 및 비용 편익분석 연구

연구 필요성 및 목적

단기간 비정기적으로 시행되는 잠수작업의 특성으로 인한 사업장의 영세함, 빠른 조류, 낮은 수온 등과 같은 열악한 작업환경, 압력 변화에 대한 부적응 등으로 인하여 잠수작업자들이 잠수 관련 질환에 이환되는 사례가 증가하고 있다.

잠수작업으로 인한 근로자의 건강장해 사례가 발생하고 있음에도 불구하고 이를 예방할 수 있는 제도적 장치가 미미한 실정이다. 잠수작업 실태조사를 통해 잠수관련 건강장해를 예방하는 제도개선 시 비용편익을 분석하여, 잠수작업자의 건강장해를 예방할 수 있는 방안을 제안하고자 하였다.

연구 내용 및 방법

■ 연구 내용

- 국내 잠수작업은 해양토목, 선박관련, 수중구난, 원유·에너지관련, 과학잠수 등 5개 분야로 구분되며, 90m까지 잠수하는 수중구난 분야를 제외하면 40m 이내에서 압축공기를 이용한 잠수작업으로 파악되었다.
- 사용상의 편리성 때문에 ‘후카’ 장비를 사용하는 사업장이 많고, 감압에 대한 전문지식을 보유한 감독자가 적어 다수의 사업장에서 감압을 하지 않거나, 잠수작업에 종사하는 근로자가 자율적으로 감압하는 실정으로 파악되었다.
- 고기압작업에 관한 기준의 별표의 감압표는 국제산업잠수분야에서 사용 중인 미해군 감압표와 캐나다해군 감압표에 비해 수심이 깊고 잠수시간이 길수록 감압시간과 작업간 휴식시간이 짧아 감압병의 위험이 높은 것으로 추정되었다.
- 영국은 잠수분야를 지리적, 산업별로 분류하고 각 분야별 실행 준칙을 제시하여 작업인원, 작업 절차, 사용장비, 장비유지보수 등에 대한 세부사항을 제공한다. 미국은 잠수인원, 작업절차 등에 대한 포괄적 규정을 제공하고, 민간 기관인 국제산업잠수업협회(ADCI, Association of Diving Contractors International)의 규정을 수용함으로써 규제의 외부환경 변화에 대응하고 있다.

- 잠수작업에 종사하는 근로자의 건강장해 예방을 위하여 제도정비 후 발생하는 비용과 잠수 관련 산업재해 시 발생하는 사회적 비용의 감소분을 편익으로 하여 비교 분석하였다. 제도 정비 후 발생하는 비용보다 편익이 큰 것으로 파악되었다.

■ 연구 방법

• 문헌조사

잠수관련 질환 관련 기존 연구성과 정리 및 잠수작업 관련 국내 규칙과 해외 규칙 검토를 위해 문헌을 조사하였다.

• 면접법

잠수작업에 종사하는 사업장 중 49개소를 방문하여 잠수작업 운영, 사용하는 잠수장비, 잠수작업 관련 규칙 준수 여부 및 애로사항 등을 면접하였다.

• 비용편익분석

국내 잠수작업 재정비할 때, 투입되는 비용을 직접비용으로 간접비용은 하인리히의 1:4 법칙에 의해 추정하였고, 잠수작업 산업재해로 인한 산업재해보험 지급액과 제도정비 후 발생할 비용의 차액을 편익으로 추정하여 분석하였다.

• 자문회의

고용노동부, 한국노총, 민주노총, 대한전문건설업협회 수중공사업협회의회의 전문가 자문회의를 거쳐 기압조절실 도입과 잠수장비 현대화의 의견을 수렴하였다.

연구 결과

주요 선진국의 사례연구를 통하여 기압조절실을 포함한 현대적 장비 사용과 분야별 적절한 잠수작업 운용이 필요함을 알 수 있었다.

본 연구를 통해 잠수작업에 종사하는 근로자의 건강장해 예방을 위하여 기압조절실 사용 의무화 조건을 마련하고, 잠수장비의 현대화를 위한 규제 개선이 필요하며, 이로 인한 편익이 사회적 비용을 초과함을 알 수 있었다.

활용방안 및 기대성과

잠수작업 관련 용어 정리, 최근 10년간 잠수작업관련 산업재해 현황, 국내 기압조절실 보유 현황, 수심별 비감압 한계시간, 수심별 감압방법과 감압시간을 표시한 감압도표 등을 제시하여 잠수작업에 대한 수요자의 이해를 높일 수 있다.

제도개선과 잠수작업 응급상황에 대응하는 설비의 추가 설치로 근로자의 건강장해를 예방할

수 있는 준거를 마련하여 관련 제도의 개선 방향을 제시하였다.

잠수작업에 종사하는 근로자의 건강장해 예방을 위하여, 산업안전보건기준에 관한 규칙 제5장 이상기압에 의한 건강장해의 예방과 고기압작업에 관한 기준 개선을 위한 기초자료로 활용이 가능하다.

중 심 어

감압병, 생명줄, 기압조절실, 잠수감독관, 잠수보조사

참고문헌

강신영. 잠수일반. 한국산업인력공단;2003

김병규, 최병순, 김은아. 잠수작업자 현황 파악 및 건강장애에 관한 연구. 산업안전보건공단 산업안전보건연구원;2005.

Commercial diving projects inland/inshore: Diving at work Regulations 1997, Approved Code of Practice and guidance, HSE, UK, 2014

Commercial diving projects offshore: Diving at work Regulations 1997, Approved Code of Practice and guidance, HSE, UK, 2014

OSHA Standards, 29 CFR 1910 Subpart T - Commercial Diving Operation, OSHA, USA, 1997

연구책임자 : 한국폴리텍3대학 산업잠수과 민병국
연구담당자 : 산업안전보건연구원 직업환경연구실 송세욱
연 락 처 : 052-7030-900, s88093@kosha.or.kr

V. 화학물질연구 분야

01. GHS 기준의 유해성·위험성 분류 및 물질안전보건자료 작성
02. 관리대상 유해물질 선정을 위한 산업체 노출평가 및 사회성·경제성 평가 연구
03. 나노물질 노출에 대한 컨트롤 밴딩 접근 개발 연구
04. 노출기준 설정 화학물질의 추가 제정 및 산안법 관리수준 제안 연구
05. 독성시험관리시스템을 이용한 흡입독성시험연구
06. 만성·발암성 흡입독성시설의 병리판독을 위한 육안 및 조직병리소견 용어에 관한 연구
07. 발암성물질의 위험성평가 기법 연구
08. 산업화학물질의 만성발암성평가체계 구축을 위한 만성흡입독성시설 활용방안
09. 실험동물을 이용한 나노 란탄산화물(La_2O_3)의 흡입독성 연구
10. 인화성액체의 물리화학적 특성 분석을 통한 폭발위험장소 구분에 관한 연구
11. 탄소나노튜브 취급 사업장의 탄소나노튜브 노출 특성 및 측정 분석 방법 연구
12. 허용기준 설정 물질 확대 필요성 및 선정 기준에 관한 연구
13. 화학물질 노출시나리오 국내외 적용실태 및 제도화 제안
14. 화학물질 노출에 의한 유전자 돌연변이(발암)의 조기 확인(I)
 - 세포주를 이용한 고감도 유전자 돌연변이 확인 -
15. 화학물질 물리적 위험성 등급분류를 위한 모델식 개발
16. 화학물질 혼합위험성 결정을 위한 반응 매트릭스 개발(II) - 반도체 산업을 중심으로 -
17. 화학물질의 폭발사고 피해예측 및 적용방안 연구

01

GHS 기준의 유해성·위험성 분류 및 물질안전보건
자료 작성

연구 필요성 및 목적

본 과제에서는 한국산업안전보건공단에서 제시하는 1,000종의 화학물질을 고용노동부고시 제 2013-37호와 유엔경제사회이사회의 최신 GHS지침서에 적합한 형태로 분류하며 이를 웹사이트의 DB에 입력하고, 분류 완료한 1,000종의 화학물질에 대하여 MSDS Editing program을 활용하여 MSDS를 신규 작성하였다.

유용하게 활용할 수 있는 시험기준을 제시하고, 분류업무에 작간접적으로 영향을 줄 수 있는 주요 참고자료 목록을 제시하였다. 그리고 사업장 지원방안 등을 제시함으로써 다양한 측면에서 화학물질로 인한 산업재해예방에 기여하고자 한다.

연구 내용 및 방법

- GHS 기준에 따른 유해성·위험성 분류 및 엑셀 DB화
- 몬트리올 의정서에 따른 최신의 오존층 유해성 물질 제시
- GHS 분류정보 교차검토 및 전문가 자문회의를 통한 신뢰성 검증
- MSDS Editing Program 내 추가문구 제안
- 산업안전보건기준에 관한 규칙에 따른 표준문구 제안
- GHS 분류가 완료된 물질에 대한 MSDS 작성
- GHS 분류 및 MSDS 작성 매뉴얼 보완

연구 결과

본 연구에서는 화학물질의 유해성·위험성 분류 및 MSDS 작성을 위해 2013년 8월 14일 개정된 고용노동부고시 제2013-37호 및 UN GHS 지침서 5개정판에 따라 공단에서 제시한 1,000종의 화학물질을 분류하였다.

그 결과 100%의 분류율로 1,000종 모두 분류되었다. 물리적 위험성은 물리적 성상, 분자구조내 해당 작용기 포함여부, 자료의 검색 결과 등을 반영하여 100% 분류되었으며, 건강유해성 분야는 999종이 분류되어 99.9%로 높게 구분되었으나 환경유해성은 853종만이 분류되어 85.3%로 가장 낮게 구분되었다. 특히 환경유해성은 물질 자체의 독성자료의 검색 결과는 572종이었으며, 그 외 281종 물질은 구조활성예측프로그램(QSAR)을 활용하여 구분하였다.

유해성·위험성으로 분류된 결과는 엑셀 형태로 DB화 하였고, 교차검토 및 전문가 자문위원회를 거쳐 신뢰성을 확보하였다.

1,000종의 화학물질에 대해 GHS 분류를 수행한 결과와 환경부, 국민안전처 분류결과를 비교한 결과 환경부의 경우 85종, 국민안전처의 경우 35종이 중복되었다. 물리적 위험성의 일치율은 95.9~98.2, 건강 유해성은 94.7%, 환경유해성은 89%의 일치율을 나타냈다.

1,000종의 화학물질에 대해 GHS 분류를 수행한 결과와 EU, 일본, 뉴질랜드와 같은 선진외국의 분류결과를 비교한 결과 EU의 경우 58종, 뉴질랜드의 경우 107종이 중복되었다. 일본에서 제공하고 있는 약 2,200여종의 물질과는 중복되는 물질이 없었다. 물리적 위험성의 일치율은 99.6~97.7%, 건강유해성은 84.0~92.5%로 나타났고, 환경유해성은 78.7~79.1%로 낮은 일치율을 나타냈다.

2015년 1월 시행된 화평법에 따른 화학물질안전정보 자료 내 정보제공 내용 항목은 공단에서 제공하는 MSDS 상 표준문구와 중복되는 문구가 존재 할 것으로 예상되어 MSDS Editing program상 표준문구와 화관법상 유해화학물질 취급기준 문구를 비교하여 근로자가 쉽게 이해할 수 있는 문구를 도출하였으며 산업안전보건기준에 관한 규칙에서 규제되는 관리대상유해물질, 특별관리물질에 대한 특정 표준문구를 고려한 유해·위험 예방조치 문구를 제안하였다.

몬트리올 의정서에서 채택된 규제물질을 최신화하여 이성질체를 포함한 몬트리올 의정서 규제 물질 총 242종의 물질을 목록화 하였으며 유해·위험성 분류결과 물리적 위험성 93.8%, 건강 유해성 42.4%, 환경 유해성 100% 으로 분류하였다.

GHS 분류가 완료된 1,000종의 물질에 대해서 수정 보완한 “GHS 화학물질 유해·위험성 분류 및 MSDS 작성 매뉴얼”을 활용하여 MSDS를 신규 작성하였다.

본 연구진은 중간심의회와 전문가 자문의견과 본 과제 수행을 통해 얻은 결과를 바탕으로 MSDS 최신화를 통한 국내·외 GHS 조화방안을 제시하였다.

활용방안 및 기대성과

■ 활용방안

- 공단에서 현재 보유하고 있는 MSDS DB를 업데이트하고, 공단 홈페이지 “GHS 체계 화학 물질 위험·유해성 분류정보 DB 시스템”을 통한 사업장 및 안전보건 관련업무 종사자에게

최신의 화학물질 분류·표지정보를 제공할 수 있다. GHS 교육에 따른 화학물질의 정확한 GHS 분류표지는 화학물질 독성위험정보에 대한 전문적 사항을 간결하고 이해하기 쉽게 제공하여 운송·저장·취급·폐기에 이르는 과정에서 화학물질 안전관리를 강화할 수 있다.

■ 기대성과

- 이해하기 쉬운 유해성 정보 전달 시스템을 제공함으로써 근로자의 건강과 환경 보호가 강화할 것으로 기대된다. GHS 조기 확립 및 신뢰성 있는 물질안전보건자료의 확보로 국제적 경쟁력이 상승할 것으로 기대된다.

중 심 어

GHS, Physical Hazards, Health Hazards, Environmental Hazards, GHS Classification Manual, MSDS

참고문헌

고용노동부. 화학물질의 분류·표시 및 물질안전보건자료 관한 기준. 고용노동부 고시 제2013-37호.
화학물질안전원고시 제2014-1호(2015.1.7. 제정) 유해화학물질별 구체적인 취급기준에 관한 규정
국립환경과학원 고시 제2015-4호 화학물질의 분류 및 표시 등에 관한 규정
노영만 등. GHS 화학물질 유해·위험성 분류 및 MSDS 작성. 산업안전보건공단 산업안전보건연구
원. 2014
이종한 등. 혼합물질 GHS 제도 이행 지원체계화 방안 연구. 산업안전보건공단 산업안전보건연구원
산업보건 연구보고서. 2012

연구책임자 : (주)위스케미칼컨설팅 이은정
연구담당자 : 산업안전보건연구원 화학물질센터 최연순, 이혜진
연 락 처 : 042-869-0314, hana1226@kosha.or.kr

02

관리대상 유해물질 선정을 위한 산업체 노출평가 및
사회성·경제성 평가 연구

연구 필요성 및 목적

산업현장에서 근로자들이 유해물질에 노출되어 나타나는 건강장해를 예방하기 위해서는 대상 화학물질에 대한 산업체 노출평가 및 사회성·경제성 평가를 통해 적절한 법적 관리수준의 검토가 필요하다.

노출기준 설정 대상 유해인자를 대상으로 관리대상 유해물질 선정 기준을 적용한 결과, 산업법상 법적 관리수준 변경이 필요한 화학물질을 대상으로 산업체 노출평가(작업환경측정 등) 및 사회성·경제성 평가를 실시하고 그 결과를 고려하여 산업안전보건법령에서 정하는 관리대상 유해물질 후보물질을 제안하고자 하였다.

선행 연구 결과, 관리대상 유해물질 중 일반건강장해에 해당되는 화학물질 6종(산화질소 등 6종)에 대해 선진외국의 산업보건 영역에서의 화학물질 관리수준 등을 조사하여 관리대상 유해물질의 지속적 관리 여부를 검토하고자 하였다.

연구 내용 및 방법

■ 연구 내용

- 산업체 노출평가 및 사회성·경제성 평가 대상 물질 선정
- 연구대상 화학물질에 대한 유해성 정보 수집 및 분석
- 산업체 노출평가 실시 및 그 결과에 대한 산업위생통계 분석
- 선진외국 산업보건영역의 화학물질 관리수준 조사·분석
- 사회성·경제성 평가 실시
- 산업법상 관리수준 제안

■ 연구 방법

- 연구대상 화학물질은 화학물질평가 실무위원회에서 관리대상 유해물질 선정 기준을 적용하여 산업법상 관리수준 변경이 필요한 화학물질 13종을 선정하였다.
- 문헌 고찰을 통해 인체 영향에 대해 정량 및 정성적 분석을 통해 유해성 유무를 확인하였고, 인체·동물 독성시험자료를 활용하여 정량적으로 위해도 결정에 활용될 독성값을 적용함으로써

발암·비발암성에 대한 유해도를 각각 조사하였다.

- 작업환경측정은 고용노동부고시 제203-39호(작업환경측정 등에 관한 고시)에 준한 방법으로 사업장을 직접 방문하여 예비조사 및 작업환경측정·분석을 실시하였으며, 산업위생통계는 미국산업위생학회에서 개발한 산업위생통계 스프레이트 시트를 활용하여 노출기준 초과 확률, 95% 백분위수 점추정치를 산출하였다.
- 사회성·경제성 평가는 선행연구 결과에서 제시된 표준화된 평가 방법을 준용하여 관리대상 유해물질 선정 시 예상되는 사회적 편익 및 사업장에서의 발생하는 경제적 비용 등을 고려하여 사회성·경제성 평가를 실시하였다.
- 미국, 일본, 독일, 유럽연합(EU) 등에서 화학물질관련 법령 및 각종 제도를 조사하였고, 외국의 화학물질 관리체계는 규제수준별(노출평가, 건강진단, 유해성 정보전달 등)로 구분하고 규제대상 화학물질에 대한 선정기준, 절차 및 선정방법 등을 조사하였다.

연구 결과

연구대상물질 17종 및 관리대상 유해물질 후보물질로 제안된 1,2-디클로로프로판 및 인듐을 포함한 19종에 대해 유해성을 확인하였고, 노출평가 및 위험성 평가를 통하여 화학물질별 노출기준을 초과할 확률을 계산하여 제시하였다.

또한, 연구대상 화학물질 19종에 대한 사회성·경제성 평가 결과 비용·편익 측정 시 특례를 받지 않는 관리대상 유해물질로 관리수준을 변경하였을 경우 발생될 10년 기준 총 비용은 22,722,317,353원으로 산출되었고, 특례를 받는 관리대상 유해물질로 관리수준을 변경하였을 때 발생될 10년 기준 총 비용은 502,161,530원으로 산출되었으며, 화학물질별 비용·편익을 산출하여 법관리 수준의 타당성을 제시하였다.

산업체 노출평가(작업환경측정 등) 및 사회성·경제성 평가 결과 1,2-디클로로프로판 등 11종 화학물질을 산업안전보건법령에서 정하는 관리대상 유해물질 후보물질로 제안 하였다.

관리대상 유해물질 중 일반 건강장해에 해당하는 화학물질 6종에 대해 국내·외 법적 규제 현황, 건강유해성, 노출가능성 등을 고려할 때 관리대상 유해물질로 지속적인 관리가 필요한 것으로 판단하였다.

활용방안 및 기대성과

□ 활용방안

- 연구대상 화학물질의 관리대상 유해물질 및 작업환경측정 대상 유해인자로의 추가 지정 제안을 위한 과학적 근거를 제공

■ 기대성과

- 화학물질관련 산업안전보건법령을 개정함으로써 해당 화학물질을 취급하는 근로자의 건강 보호와 직업병 예방에 기여

고용노동부 제4차 산재예방 5개년 계획에 의한 화학물질 관리체계 강화(산업안전보건법상 관리 대상 화학물질 범위 확대)에 부응

중 심 어

노출평가, 사회성·경제성 평가, 관리대상 유해물질, GHS

참고문헌

고용노동부. 산업안전보건법(시행령, 시행규칙, 산업안전보건기준에 관한 규칙). 2015.

고용노동부. 화학물질의 유해성·위험성 평가에 관한 규정. 고용노동부예규 제66호. 2014

김태윤, 이은정, 김주찬. 특별관리물질 및 관리대상 유해물질 선정을 위한 사회성·경제성 평가 연구. 2014

환경부. 화학물질관리법(시행령, 시행규칙). 2015

ACGIH, Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents, Cincinnati, OH, ACGIH; 2015, p10-65

연구책임자 : 연세대학교 산업보건연구소 김치년
연구담당자 : 산업안전보건연구원 화학물질센터 이권섭
연 락 처 : 042-869-0311, lks0620@kosha.or.kr

03

나노물질 노출에 대한 컨트롤 밴딩 접근 개발 연구

연구 필요성 및 목적

나노물질을 취급하는 작업자의 건강을 보호하기 위해 나노물질에 대한 위험성 관리가 필요하다. 현재의 과학적 수준에서 나노물질의 위험성 관리 도구로 가장 많이 거론되는 것은 컨트롤 밴딩 전략이다.

본 연구는 국내 탄소나노튜브 제조 및 사용 실태를 파악하고, 현장을 방문하여 탄소나노튜브에 대한 노출 시나리오를 파악하기 위해 수행되었다.

나노물질 컨트롤 밴딩 전략을 이용하여 탄소나노튜브에 대한 위험성 평가를 실시하고자 수행되었다. 또, 나노물질에 대한 컨트롤 밴딩 전략 사용 필요성에 대한 이론적 고찰과 나노물질 컨트롤 밴딩 사용을 위한 유해·위험성 정보 전달에 대한 현황을 파악하여 문제점과 대책을 제시하고자 하였다.

연구 내용 및 방법

■ 연구 내용

- 사전주의 원칙과 나노물질에 대한 산업안전보건정책
- 컨트롤 밴딩 전략 고찰
- 탄소나노튜브 취급 현황 및 공정에 대한 나노 컨트롤 밴딩 도구 적용
- 탄소나노튜브의 유해성 정보 생산 및 전달 평가
- 나노물질 취급 근로자 건강 보호 지침(안) 개발

■ 연구 방법

- 나노물질에 대한 산업안전보건정책 및 ‘사전주의 원칙’ 문헌고찰
- 나노컨트롤 밴딩, 도구의 유해도 평가 요소와 노출 평가 요소 문헌 고찰
- 국내 탄소나노튜브 제조 사업장 7개소와 취급업체 4개소를 방문하여 노출 시나리오 구성
- 각 작업에 대해 나노 컨트롤 밴딩 도구를 이용하여 탄소나노튜브 위험성 평가를 수행
- 국내 탄소나노튜브 제조 (7개소) 및 탄소나노튜브 해외 구매 사업장(2개소) 물질안전보건자료 분석

- 나노물질 취급 근로자 건강 보호를 위해 문헌고찰 후, ‘나노물질을 취급하는 근로자 건강 보호 지침(안)’ 개발

연구 결과

유럽연합에서는 나노물질이 기존의 화학물질 관련 법률의 적용을 받기 때문에 나노물질에 대한 위험성 평가 등을 수행하여야 한다. 나노물질의 위험성 평가 등을 수행할 때 방법론 등에서 불확실성이 존재하기 때문에 나노물질에 사전주의 원칙을 적용하여 가능한 노출을 낮추는 전략을 사용하도록 한다.

국내 탄소나노튜브 제조업체 7개소 및 가공업체 4개소에서 탄소나노튜브 노출 시나리오를 파악한 결과, 탄소나노튜브 합성(포장 작업 제외), CNT 포장 작업, CNT 무게 재기, CNT 쏟아 붓기, CNT 분산액 제조, CNT 마스터 배치 제조, CNT 필름 스프레이 사용 작업으로 작업을 분류할 수 있었다.

Stoffenmanager nano를 이용한 작업 기반 위험성 평가에서 CNT 포장 작업(E3), CNT 무게 재기(E3), CNT 쏟아 붓기(E4), CNT 분산액 제조(E3), CNT 마스터 배치 제조(E2), CNT 필름 스프레이 사용 작업(E3)으로 나타났고, 시간 및 빈도 기반 위험성 평가에서 CNT 포장 작업(E3), CNT 무게 재기(E2), CNT 쏟아 붓기(E3), CNT 분산액 제조(E3), CNT 마스터 배치 제조(E2), CNT 필름 스프레이 사용 작업(E2)으로 나타났다. CNT 포장 작업이 작업시간도 길고, 포장 작업 자체의 노출지수는 높으나 국내 탄소나노튜브 제조 사업장이 포장 공정에 국소환기 시스템을 갖추었기 때문에 포장작업의 노출도는 다른 작업과 유사하게 나타났다.

국내 탄소나노튜브 제조 사업장에서 작성한 물질안전보건자료는 탄소나노튜브 독성 시험 결과를 근거로 작성된 것은 하나도 없었다. 흑연의 유해성 정보를 그대로 사용하거나 문헌 고찰 등을 통해 작성하였다. 탄소나노튜브의 유해성에 대한 정보 전달이 물질안전보건자료를 통해 제대로 전달되고 있지 못했다.

활용방안 및 기대성과

■ 활용방안

- 사전전주의 원칙을 적용하는 산업안전보건정책 결과 및 나노물질취급 근로자 건강보호 지침은 확정하여 사업주와 근로자에게 배포할 것임. 탄소나노튜브 취급 작업 위험성 평가 결과는 학회지에 발표하여 국민들과 정보 공유

■ 기대성과

- 나노물질에 대한 산업안전보건정책 및 사업 수립, 제1차 나노안전관리종합계획 이행에 활용될 것으로 기대. 탄소나노튜브 취급 작업에 대한 컨트롤 밴딩 전략 접근은 사업장의 작업환경관리에 이용될 수 있으며, 유해성전달 검토 결과는 국내 탄소나노튜브 물질안전 보건자료 품질 향상에 기여.

중 심 어

나노입자, 나노 컨트롤 밴딩, 사전주의 원칙, 물질안전보건자료, 나노물질 유해성

참고문헌

- Brouwer D. Control banding approaches for nanomaterials. Ann Occup Hyg 2012;56(5):506-514
- Durren-stuurman B, Vink S, Verbist K, Heussen H, Brouwer D, Tielemans E, Fransman W. Stoffenmanager nano version 1.0: A web-based tool for risk prioritization of airborne manufactured nano objects. Ann occup Hyg 2012;56(5):525-541
- Grیدهlet L, Delbecq P, Herve L, Boissolle P, Fleury D, Kowal S, Fayet G. Proposal of a new risk assessment method for the handling of powders and nanomaterials. Industrial Health 2015;53:56-68
- Paik S, Zalk D, Swuste P. Application of a pilot control banding tool for risk level assessment and control of nanoparticle exposures. Ann Occup Hyg
- Broekhuizen P & Dorbeck-Jung B. Exposure limit values for nanomaterials-capacity and willingness of users to apply a precautionary approach. J of Occupational and Environmental Hygiene 2012;10:46-53

연구책임자 : 산업안전보건연구원 화학물질센터 이나루
연 락 처 : 042-869-0321, naroolee@kosha.or.kr

04

노출기준 설정 화학물질의 추가 제정 및 산안법 관리
수준 제안 연구

연구 필요성 및 목적

노출기준은 근로자가 유해인자에 노출되는 경우 노출기준 이하 수준에서는 거의 모든 근로자에게 건강상 나쁜 영향을 미치지 아니하는 기준을 말한다. 국내에서는 노출기준과 허용기준이 설정된 화학물질은 각각 656종과 13종이다.

ACGIH TLVs 권고물질을 중심으로 국내 노출기준 미 제정 화학물질에 대한 용도조사 및 유해성 평가를 실시하여 산업화학물질을 중심으로 노출기준의 추가 제정 대상 화학물질을 검토하고자 하였다.

고용노동부고시 제2013-38호(화학물질 및 물리적 인자의 노출기준)에 대한 개정 필요내용으로 화학물질명의 변경, 노출경로에 따른 노출 부분 추가 기재, CMR 정보 및 CAS 번호의 추가 또는 변경 등을 제시하고자 한다. GHS 건강유해성 분류결과 CMR 구분 1A 또는 구분 1B로 분류되는 고유해화학물질에 대한 산업안전보건기준에 관한 규칙의 관리대상 유해물질(특별관리물질 포함)의 추가지정 가능성을 검토하고자 하였다.

연구 내용 및 방법

1972년 57종의 유해화학물질에 대한 허용농도 제정에서부터 2013년 현재의 고용노동부고시 제2013-38호(화학물질 및 물리적 인자의 노출기준)까지 13회에 걸친 고용노동부 화학물질 및 물리적인자의 노출기준 제·개정 현황을 조사하여 정리하였다.

산업안전보건법 시행규칙 제81조의2(노출기준의 설정 등)를 중심으로 한 노출기준 지정 절차와 방법에 관한 법규내용을 조사하여 화학적 유해인자에 대한 노출기준 추가적인 지정 절차에 따른 유해성·위험성 평가, 건강장해에 관한 연구·실태조사, 노출기준 적용에 관한 기술적 타당성 평가 등의 필요성을 제시하였다.

ACGIH TLVs 권고물질을 중심으로 노출기준 미 제정 화학물질에 대한 실태를 파악하고, 해당 화학물질에 대한 용도조사 및 유해성 평가 등을 실시하여 산업화학물질 중심의 노출기준의 추가 제정 대상 화학물질을 선정하여 제시하였다.

노출기준 추가 제정 대상 화학물질의 법 관리 수준 및 CMR 분류에 의한 산업법 관리물질 지정 가능성이 있는 화학물질을 검토하였으며, 노출기준 설정물질의 개정 필요내용과 산업안전보건법 허용기준 이하 유지 대상 유해인자의 지정범위에 대한 개정 필요내용을 제시하였다.

연구 결과

고용노동부의 화학물질에 대한 노출기준은 1972년 제정 후 현재까지 13차의 개정이 있었으며, 13종의 화학물질에 대한 허용기준 설정 대상 유해인자의 관리는 2008년 제도도입 및 2009년 시행 후 현재까지 추가개정 없이 관리하고 있다.

노출기준 지정 절차와 방법에 관한 법규내용은 산업안전보건법 시행규칙 제81조의2(노출기준의 설정 등)에 준하며, 해당 유해인자에 대한 유해성·위험성 평가, 건강장해에 관한 연구 및 실태조사, 노출기준 적용에 관한 기술적 타당성 평가를 실시하여 그 결과에 따라 추가적인 노출기준의 제정되도록 규정되어 있다.

노출기준 추가 제정 대상 화학물질은 76종이다. 이들 화학물질에 대한 GHS 분류 결과에 의한 건강유해성 평가 및 산업안전보건법, 화학물질관리법, 화평법에 의한 법 관리 수준의 조사 결과를 고려하여 46종의 화학물질을 노출기준 추가 제정 우선 대상 화학물질로 제안한다.

노출기준 추가 제정 대상 화학물질에 대한 CMR 분류 결과 구분 1A에 해당되는 물질은 3종, 구분 1B에 해당되는 물질은 7종이다. 10종의 화학물질 중에서 국내 취급사업장이 있는 것으로 조사된 화학물질은 6종이다.

고용노동부 노출기준 미 제정 화학물질(94종)에 대한 노출기준 추가제정 및 산업안전보건기준에 관한 규칙 제420조 규정에 의한 특별관리물질(관리대상 유해물질 포함)의 추가지정을 위해서는 체계적인 유해성·위험성 평가와 국내 취급 실태의 조사가 필요하다.

고용노동부고시 제2013-38호(화학물질 및 물리적 인자의 노출기준)의 개정 또는 추가제정 등이 필요한 내용은 107종 화학물질 148개 항목이다. 주요 개정 필요내용은 화학물질명의 변경, 노출경로에 따른 노출 부분 추가기재, CMR 정보 및 CAS 번호의 추가 또는 변경사항 등이다.

활용방안 및 기대성과

■ 활용방안

- 노출기준의 제·개정 필요내용의 검토와 산업안전보건법령의 법 관리 화학물질의 추가지정 대상 화학물질 사전 검토를 실시하여 국가 유해화학물질 체계적 관리에 필요한 과학적 근거 자료의 제시 및 근로자 건강 보호에 활용

■ 기대성과

- 산업보건영역의 화학물질관리에 필요한 노출기준의 추가 제정과 개정을 실시하여 화학물질 취급 근로자의 건강보호 및 산업계 화학물질관리에 필요한 선진화 기반 조성에 기여
- 고용노동부 안전보건 혁신 종합계획에 의한 새로운 재해발생요인 관리 강화를 위한 산업안전보건법 상 관리대상 화학물질 범위 확대를 목표로 한 산업보건정책의 기초자료로 활용

중 심 어

노출기준, 허용기준, 화학적 유해인자, Permissible Exposure Limit(PELs), Threshold Limit Values(TLVs)

참고문헌

- 고용노동부. 산업안전보건법(시행령, 시행규칙, 산업안전보건기준에 관한 규칙). 2015.
- 고용노동부. 화학물질 및 물리적 인자의 노출기준(고용노동부고시 제2013-38호). 2013.
- American Conference of Governmental Industrial Hygienist(ACGIH). Threshold Limit Values for Chemical and Physical Agents, and Biological Exposure Indices. ACGIH, Cincinnati, Ohio; 2015.
- Lee KS, Hong MK, Lee HJ, Byeon SH, Park JS. A study on the recommendation of the candidate substances and methods for an additional designation of special management materials in Occupational Safety and Health Act(OSHA). J Kor Soc Occup Env Hyg 2014;24(1): 91-102
- Park JH, Ham SH, Kim SJ, Lee KS et al. Study on the Chemical Management -1. Chemical Characteristics and Occupational Exposure Limits under Occupational Safety and Health Act of Korea. J Kor Soc Occup Env Hyg 2015; 25(1):45-57

연구책임자 : 산업안전보건연구원 화학물질센터 이권섭

연 락 처 : 042-869-0311, lks0620@kosha.or.kr

05

독성시험관리시스템을 이용한 흡입독성시험연구

연구 필요성 및 목적

본 연구는 시험물질로 선정된 3-Methylpentane을 4주간 랫드에 전신 폭로시킨 후 생산된 독성시험결과를 ‘프리스티마(PRISTIMA)’ 독성시험관리 데모 프로그램을 사용하여 시험결과를 정리하고 평가함으로써 향후 만성흡입독성시험시설에서 수행될 독성시험을 신뢰성 있고 효율적으로 관리하기 위하여 수행되었다.

연구 내용 및 방법

■ 연구 내용

- OECD 화학물질 시험가이드라인 아급성흡입독성시험 TG 412(Subacute inhalation toxicity) 시험법에 따라 6주령의 랫드(Rat)를 도입하여 1주간 순화시킨 후 암수 각각 대조군 10마리, 저농도군(284 ppm) 10마리, 중농도군(1,135 ppm) 10마리, 고농도군(4,540 ppm) 10마리 등으로 군을 구성하여 일일 6시간, 주 5일, 4주간 시험물질을 랫드에 전신으로 노출시켰다.
- 시험기간 동안 생산된 임상관찰 자료, 체중변화 자료, 사료섭취량 자료와 시험동물을 부검하여 생산된 혈액 생화학 분석자료 및 조직 장기를 관찰한 자료 등을 프리스티마 독성시험관리 프로그램을 활용하여 통계 처리하였다.

■ 연구 방법

- 본 연구는 OECD 화학물질 시험가이드라인 아급성흡입독성시험 TG 412 (Subacute inhalation toxicity) 시험법에 따라 수행하였다.
- 6주령의 랫드(Rat)를 도입하여 1주간 순화시킨 후 암수 각각 대조군 10마리, 저농도군(284 ppm) 10마리, 중농도군(1,135 ppm) 10마리, 고농도군(4,540 ppm) 10마리 등으로 군을 구성하였다.
- 흡입챔버 내의 랫드에 시험물질 3-Methylpentane을 일일 6시간, 주 5일, 4주간 전신으로 노출시켰다.

- 시험기간 동안 모든 시험 동물에 대하여 매일 임상관찰을 하고 체중과 사료섭취량을 측정하였다.
- 시험물질 노출을 중지하고 모든 시험동물은 부검하여 혈액 및 생화학검사와 조직검사 수행하였다.
- 생산된 독성시험 기초자료는 프리스티마 독성시험관리 프로그램을 활용하여 처리하였다.

연구 결과

시험물질 3-Methylpentane을 4주간 노출시키면서 암수 각 시험군의 시험동물에 대하여 임상관찰을 실시한 결과, 모든 시험군에서 시험물질에 의한 유의한 변화는 없었다.

시험기간 동안 암수 각 시험군의 시험동물에 대하여 사료섭취량, 체중변화 등을 측정하여 프리스티마를 사용하여 자료를 처리한 결과, 암수 모든 시험군에서 유의한 변화가 없었다.

시험물질 노출을 중지하고 암수 각 시험동물 군에 대한 혈액학적 검사, 혈액 생화학검사, 장기 중량검사 등의 측정 자료를 프리스티마를 사용하여 자료를 처리한 결과, 모든 시험군에서 시험물질에 의한 유의한 변화가 없었다.

시험물질 노출을 중지하고 시험동물을 부검하여 조직표본 검사를 한 결과, 모든 시험동물에서 시험물질에 의한 조직병리학적 소견이 없었다.

본 연구를 통해 3-Methylpentane의 무유해영향농도(No observable adverse effect level, NOAEL)는 암수 모두 4,540 ppm이상으로 판단되었다.

활용방안 및 기대성과

■ 활용방안

- 본 연구를 통하여 생산된 3-Methylpentane 독성시험자료는 근로자 건강보호를 위한 물질안전보건자료(MSDS)에 활용될 것이다.

■ 기대성과

- 과제 수행을 위하여 사용된 PRISTIMA(독성시험관리시스템)은 향후 효율적이고 신뢰성 있는 만성흡입독성시험 수행에 적용될 것이다.

중 심 어

독성시험자료 관리시스템, 3-Methylpentane, 흡입독성시험

참고문헌

OECD, OECD guideline for Testing of chemicals : 412 Subacute Inhalation Toxicity: 28-day study. 2009.

Korea Occupational Safety and Health Agency. MSDS (CAS No. 96-14-0). ; 2015

Chung YH, Lim CH, Han JH. A study on subchronic inhalation toxicity of 2-Methylpentane. J of Korean Soc of Occup Environ Hyg 2014; 24(2): 169-181

연구책임자 : 산업안전보건연구원 화학물질센터 정용현

연 락 처 : 042-869-8531, ch935@kosha.or.kr

06

만성·발암성 흡입독성시설의 병리판독을 위한 육안 및 조직병리소견 용어에 관한 연구

연구 필요성 및 목적

한국은 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 화학물질센터에서 추진 중인 만성·발암성 흡입독성시설에서는 GLP 기준을 따르는 화학물질의 만성·발암성 흡입독성시험을 2017년부터 실시 예정이며, 이를 위하여 독성시험전산관리 시스템인 Pristima 시스템의 도입을 추진하고 있다. Pristima는 육안소견 및 현미경 관찰을 위한 자체 용어를 일부 제공하지만, 최신용어를 반영하지 않고, 한글화가 되지 않은 단점이 있기 때문에 효율적인 병리 판독업무를 위해서는 육안소견 및 조직병리소견과 관련한 독성병리용어의 자체적인 표준화가 필요하다.

연구 내용 및 방법

■ 연구 내용

- 국내외 독성시험기관의 독성병리용어 표준화 실태 조사
- 용어 표준화 및 한글화 기준 확립 후, 국내외 독성병리 용어 관련 자료수집
- 만성·발암성 흡입독성시설에서 육안소견 및 조직병리소견 용어 표준화 및 한글화

■ 연구 방법

- 국내외 독성시험기관의 독성병리용어 표준화 실태 조사
- 용어 표준화 및 한글화 기준 확립
- 용어 관련 자료 수집
- 육안소견 및 조직병리소견 용어 선정 및 한글화
- 보고서 작성

연구 결과

안전성평가연구소, 바이오독스텍, 한국건설생활환경시험연구원, 한국화학융합시험연구원, Huntingdon life sciences ITR Laboratories Canada Inc., Eisai co., Ltd. 등 국내외 독성시험기관의 독성병리용

어 사용현황을 조사한 결과, 육안소견 용어는 국내 많은 기관이 독성병리용어집(국립독성연구원, 2003년)을 국가기관 주도의 용어 편찬과 한글화를 이유로 사용하고 있으며, 자체적으로 표준화해서 육안소견 용어를 사용하고 있는 기관은 안전성평가연구소뿐이었다. 국외기관에서 특별한 용어집을 따르지는 않고, 기관 자체적으로 표준화하거나 병리책임자의 재량에 용어 사용을 맡기고 있는 것으로 확인되었다.

조직병리소견 용어는 국내기관 및 국외기관에서 과거에는 SSNDC와 Covance 사의 용어를 혼용해서 사용해왔던 것으로 확인되었다. 하지만, 최근에는 세계독성병리학계에서 각 나라 또는 기관마다 차이가 있게 사용하던 독성병리용어를 INHAND 중심으로 표준화하려는 움직임에 맞춰, 국내에서도 INHAND 용어를 사용하는 추세인 것으로 확인되었다. 따라서 본 연구에서는 육안소견 용어는 독성병리용어집(국립독성연구원, 2003년)을 참고로 체표의 부위, 일반적 육안소견 기술용어, 세부 육안소견 기술용어(색조, 경도, 분포, 수량, 병변정도, 모양, 각장기의 위치와 방향), 장기별 특이소견 순으로 용어를 정리하였으며, 조직병리소견 용어는 간담도계(간, 담낭), 호흡기계(비강, 후두, 기관, 기관지, 세기관지, 폐포), 비뇨기계(신장, 신우, 요도, 요관, 방광), 수컷생식기계(고환, 부고환, 전립선, 정낭, 응고선, 요도구선), 암컷생식기계(난소, 자궁 및 난관, 자궁 경부 및 질), 유선, 침샘선, 포피선 및 음핵선, 피부, 연부조직, 지방조직, 근육 등은 기발행된 INHAND를 참고하여 정리를 하였으며, 내분비계(부신, 뇌하수체, 송과체, 갑상선, 부갑상선, 췌장, 소화기계(구강, 혀, 식도, 침샘, 전위, 선위, 소장, 대장, 췌장), 심혈관계(심장, 혈관), 골, 관절, 치아, 림프조혈기계(흉선, 비장, 골수, 림프절), 감각기관(눈, 결막, 부속기관(하더리안선, 누선))은 goRENI 등록용어를 중심으로 SSNDC와 Covance 용어를 추가하여 용어를 정리하였다.

활용방안 및 기대성과

■ 활용방안

- 병리책임자 등 만성흡입독성시설의 GLP 담당자에 대한 병리교육 교재로 활용 가능

■ 기대성과

- 만성흡입독성시설에서 Pristima 시스템 이용한 슬라이드 판독의 효율 증가와 표준화된 용어를 병리 SOP 적용해서 만성·발암성 흡입독성시험의 신뢰성 확보 가능

중 심 어

독성병리용어, 만성·발암성 흡입독성시설, 육안소견, 조직병리소견

참고문헌

박정희. 수의학대사전. 대한수의학회;2003(1-2079쪽)

Covacne glossary version 5(2001년)

goRENI (Global Open Registry Nomenclature Information System). Available from: URL :<http://www.goreni.org/>

INHAND(International Harmonization of Nomenclature and Diagnostic Criteria), <http://www.toxpath.org/inhand.asp>

SSNDC(Standardized System of Nomenclature and Diagnostic Criteria)[http:// www.toxpath.org/ssdnc/](http://www.toxpath.org/ssdnc/)

연구책임자 : 산업안전보건연구원 화학물질센터 이용훈

연 락 처 : 042-869-8532, dvmone@kosha.or.kr

07

발암성물질의 위험성평가 기법 연구

연구 필요성 및 목적

화학물질에 의한 암은 치료가 어렵고 사망에 이르는 경우가 많으며, 노출된 후 상당기간이 지난 후에 암이 발생하는 경향이 있음

근로자에게 노출되는 화학물질 중 발암성이 의심되는 경우에는 국내적으로 발암성 시험을 실시하여 발암성을 확인하고 예방적 차원의 평가 및 관리가 필요함

만성흡입독성시험시설의 확충으로 동물실험을 통한 발암물질의 확인이 가능하며, 향후 실험 동물을 이용한 발암성 시험결과를 적절한 방법으로 평가, 분류 및 관리 가능함

선진 외국의 사례를 조사하고 향후 만성흡입독성시험시설을 통해 수행 될 발암성시험의 연구 결과 등의 자료를 바탕으로 화학물질의 발암성 평가 방법에 관한 연구가 요구됨

연구 내용 및 방법

■ 연구 내용

- 발암성 평가체계에서 발암성 의심물질 조사방법
- 실험동물을 이용한 발암성 시험방법
- 발암성 연구 및 평가

■ 연구 방법

- 미국 국립독성프로그램, 국제암연구소, 및 미국 환경청의 발암성 평가체계에서 발암성 물질 후보 선정 절차 조사
- 미국 국립독성프로그램, 경제 협력 개발 기구(OECD)의 실험동물을 이용한 발암성 시험방법 프로토콜 및 가이드라인 조사
- 미국 국립독성프로그램, 국제암연구소, 미국 환경청 및 유럽화학물질청의 실험동물 및 사람의 발암성 연구 평가 방법 조사

연구 결과

각국의 발암성 평가체계 시스템에서 발암 의심물질 후보물질 선정 및 조사 방법은 세부적인 절차 기준은 기관별로 차이가 있지만, 기본적으로 신뢰성 있는 문헌 조사 및 검토, 대중의 의견 수렴, 전문가 검토 의견, 공정한 심의 평가 등을 주요 골자로 하고 있다.

실험동물을 이용한 시험방법은 시험법마다 조금의 차이는 있지만, 결과 해석을 위한 연구내용은 서로 유사하였다.

평가와 검토의견은 전문가들의 영역이지만 정성적 평가를 위한 평가 자료의 검색과 수집의 단계부터 평가까지의 과정에 대한 가이드가 비교적 명확하게 제시되어 있다.

활용방안 및 기대성과

■ 활용방안

- 발암성 시험결과를 적절한 방법으로 평가, 분류하여 화학물질을 취급하는 근로자 건강보호를 위한 예방적 발암물질 관리에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

■ 기대성과

- 본 연구에서 조사된 결과를 국내 실정에 맞도록 관련 지침 및 가이드라인을 제개정하고, 인력 확충 및 훈련을 통해 만성흡입독성시험시설의 실험동물을 이용한 발암성연구 및 평가에 적용할 수 있다.

중 심 어

발암성 평가, 발암성 시험, 발암성 후보물질, 실험동물, 위해평가

참고문헌

- European Chemicals Agency. Guidance on Information Requirements and Chemical Safety Assessment (Chapter R.8) 2012
- International Agency for Research on Cancer. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans 2006
- National Toxicology Program. Handbook for Preparing Report on Carcinogens Monographs 2015
- Organization for Economic Cooperation and Development. OECD Guideline for The Testing of

Chemicals 451. Carcinogenicity Studies 2009

United States Environmental Protection Agency(US EPA). Guideline for Carcinogen Risk Assessment 2005

연구책임자 : 산업안전보건연구원 화학물질센터 김용순
연 락 처 : 042-869-8542, somays@kosha.or.kr

08

산업화학물질의 만성발암성평가체계 구축을 위한 만성흡입독성시설 활용방안

연구 필요성 및 목적

만성흡입독성시험을 수행하는데 있어서 우선적으로 고려해야 될 시험 대상 물질의 선정 및 우선순위 결정과 타 시험기관과의 중복성 검토를 수행하고자 하였으며, 동 시설의 효율적인 활용을 위한 범정부적 활용방안, 산학연 협력방안 및 국제적 공조방안 등을 다각적으로 검토하여 발전 방안을 강구하고자 하였다.

연구 내용 및 방법

■ 연구 내용

- 급성, 아만성, 만성 흡입독성시험 대상물질에 대한 EURAM scoring을 활용한 정량평가 및 발암성 분류 기준, 독성학적 영향 고려 등에 따른 질적 평가를 통한 대상물질의 우선순위 선정
- 만성흡입독성시험 대상물질 선정에 대한 중복성 검토 및 선진 시스템 연구를 통한 예규 수준의 법제화 추진

■ 연구 방법

- 흡입독성시험 대상물질 모집단 선정 및 EURAM scoring을 활용한 정량평가
- 물질별 인체위해성점수 부여 및 우선순위에 대한 보정 등의 정성평가를 통한 최종우선순위 결정
- 만성흡입·발암성 연구에 대한 국내외 타 기관과의 중복성 검토
- 선진 만성·발암성시험 연구기관 현지조사
- 흡입 만성·발암성시험 대상물질 선정에 대한 선진 시스템 연구를 통한 법제화 추진
- 만성흡입독성 시험시설 활용방안 제안

연구 결과

급성흡입독성시험 대상물질의 경우 총 22종이 최종 우선순위 대상물질로 선정되었으며, 아만성 흡입독성시험은 총 32종이 선정되었다. 또한 만성흡입독성시험은 총 16종이 선정되었다. 만성 흡입독성시험 최종 대상물질의 경우는 기존 시험대상 후보물질들과 더불어서 급성 및 아만성 시험대상 후보물질 중 생식독성 및 발암성 영향이 높을 것으로 예상되는 물질을 포함시켜 최종적으로 만성흡입독성시험 대상물질의 우선순위화를 진행하였다.

향후 산업안전보건연구원에서 수행되는 만성흡입독성시험의 대상 물질을 선정하는데 있어서 효율적인 방법론을 제안하였다. 단일물질 뿐만 아니라 실제 작업환경에서 노출될 가능성이 높은 혼합물질에 대한 흡입독성시험의 절차 및 고려 사항들에 대하여 제안하였다. 이와 더불어서 2016년부터 본격적인 시험 가동을 앞둔 만성·발암성 흡입독성시험시설의 효율적인 운영을 위한 연차별 운영(안)을 제시하였다.

NTP 시스템을 중심으로 만성흡입독성시험 수행을 위한 대상물질 선정 등에 대한 선진 시스템을 비교·분석하였으며, 국내 발암성 화학물질 규정 또는 발암성 시험 관련 기관에 대한 시스템 분석을 수행하였다. 또한 본 연구의 만성흡입독성시험 대상물질 우선순위 산출에 대한 연구 수행 방법/과정을 충분히 반영하여 최종적으로 만성·발암성 흡입독성시험 대상물질의 선정기준·절차 및 방법 등에 대한 예규(안)을 도출하였다. 예규(안)은 총 15조로 구성되었으며 예규(안) 추진의 목적, 대상물질의 선정, 운영위원회의 역할 등 만성·발암성 흡입독성시험 대상물질 선정을 위한 전반적인 과정을 예규(안)에 반영하였다.

또한 연구 대상 후보물질 410종에 대하여 독성자료를 검토하고 GHS 분류기준에 따른 목록화를 진행하였으며, OECD SIDS 및 일본 후생노동성 정보를 기준으로 하여 대상 물질에 대한 만성 흡입독성시험 여부에 대한 중복성 검토를 진행하였다.

활용방안 및 기대성과

■ 활용방안

- 2016년도부터 수행되는 산업안전보건연구원 만성흡입독성시험의 시험대상물질에 대하여 타당성과 시의성 있는 우선순위를 선정하고 선진 시스템 분석을 통한 법제화 방안을 강구하여, 동 만성·발암성 흡입독성시험시설의 효율적인 활용방안을 제시

■ 기대성과

- 향후 범국가적으로 사업장 근로자에 저농도 장기적 흡입 노출될 가능성이 높은 화학물질들에 대한 독성학적 영향을 사전에 평가함으로써, 사업장 근로자의 건강장해를 예측하고 화학물질로 인한 직업성 질환을 효과적으로 예방할 수 있을 것임

중 심 어

만성흡입독성, 발암성, 인체위해성, 유해성시험, 시험물질 선정절차

참고문헌

임경택, 김수진. 흡입노출에 의한 만성.발암성시험 표준작업지침서 작성 연구. 한국산업위생학회지 2014;24(4):578-586

임경택, 임철홍, 안병준. 흡입노출에 의한 만성.발암성시험 대상물질 및 우선순위 선정 연구. 한국산업위생학회지 2014;24(4):587-612

한규태 등. 만성 흡입독성 시험 시설 GLP 적합성 설계 검증. 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원, 2013

박상희 등. 유해성 위험성 평가 대상 물질의 우선순위 선정에 관한 연구 II. 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원, 2011

흡입독성분야 중장기 연구전략. 한국화학연구원 부설 안전성평가연구소 정읍분소 흡입독성시험연구센터, 2011

연구책임자 : 안전성평가연구소 차신우
연구담당자 : 산업안전보건연구원 화학물질센터 임경택
연 락 처 : 042-869-0345, rim3249@kosha.or.kr

09

실험동물을 이용한 나노 란탄산화물(La_2O_3)의 흡입 독성 연구

연구 필요성 및 목적

란탄을 포함한 희토류는 강도, 내열성, 내식성, 내마모성, 자성 등의 물질적 장점이 있어 세라믹, 고성능 자석, 금속합금, 촉매, 유리, 2차 전지 등 첨단산업에서 사용량이 증가하고 있다. 그러나 이트륨을 제외한 물질에 대해서는 작업장에서 근로자가 안전하게 취급하기 위한 관리 기준이 마련되어 있지 않다. 또한 세륨을 제외한 희토류에 대해서는 유해성평가 자료 또한 부족하다.

따라서 본 연구에서는 흰쥐를 이용하여 산화란탄의 반복 흡입독성을 실시하여 근로자 건강 장해 예방을 위한 참고자료 도출을 위한 독성자료를 제공하고자 하였다.

연구 내용 및 방법

■ 연구 내용

- 흰쥐에 나노 산화란탄(Aldrich, USA, < 100 nm) 에어로졸을 0.5 mg/m³, 2.5 mg/m³, 10 mg/m³의 농도로 4주간 반복적으로 흡입노출 시켰다.
- 산화란탄 4주 반복 노출 후 희생부검을 실시하여 폐, 간, 신장, 비장, 뇌에서 란탄 분포량을 측정하였다.
- 기관지폐포세척술을 실시하여 기관지에서의 국소적인 염증반응 확인하였다.
- 혈액에서 혈액 및 혈액생화학을 측정하였다.
- 산화란탄의 1차 노출장기인 폐조직에서 조직병리학적 관찰을 실시하였다.

■ 연구 방법

- 비부노출형 흡입챔버를 이용하여 0.5 mg/m³, 2.5 mg/m³, 10 mg/m³의 나노 산화란탄 에어로졸을 발생시켰다.
- 에어로졸의 농도 및 입자크기는 OPC(Optical Particle Counter)로 측정하였다. 입자 형태 및 농도는 Nitrocellulose membrane 필터로 포집하여 전자현미경으로 관찰하고 ICP(Inductively Coupled Plasma)를 이용하여 확인하였다.

- 산화란탄의 생체 내 분포는 폐, 간, 신장, 비장, 뇌를 적출하여 ICP로 정량하였다.
- 산화란탄의 호흡기 국소영향은 기관지폐포세척술을 활용한 염증세포 분포 및 염증 확인 물질을 측정하여 확인하였다.
- 산화란탄의 폐에 대한 영향은 조직병리학적 관찰을 실시하여 확인하였다.

연구 결과

산화란탄의 최소유해영향수준(LOAEL, Lowest Observed Adverse Effect Level)은 호흡기에서의 국소적인 영향, 폐의 병리조직학적 평가를 근거로 0.5 mg/m^3 으로 제안된다.

산화란탄의 생체에 대한 주요 영향은 0.5 mg/m^3 이상에서 기관지폐포의 다핵형백혈구(PMN, Polymorphonuclear leukocyte) 및 LDH(Lactate dehydrogenase), albumin, NO(Nitrous oxide), TNF- α (Tumor necrosis factor alpha)의 증가와, 2.5 mg/m^3 이상에서 폐의 염증 유발이다. 이 영향은 4주간의 회복기간에서 완화되지 않았다.

이상과 같이 산화란탄은 낮은 농도로 노출되어도 호흡기 및 폐에 영향을 주며, 노출이 중지되어도 호흡기 및 폐에 대한 영향은 쉽게 회복되지 않는다. 따라서 추가적인 연구를 통하여 란탄을 취급하는 근로자에 대한 건강장해 예방 대책에 대한 과학적 평가가 필요하다.

활용방안 및 기대성과

본 연구에서는 호흡기 노출에 의한 산화란탄의 생체 영향결과를 제시하고 있어 작업장에서 란탄을 취급하는 근로자의 건강장해 예방을 위한 작업장 참고농도(또는 인체무영향 농도) 산출에 활용이 가능하다.

란탄의 작업장 참고농도 산출을 통하여 작업장 관리방안 마련을 위한 기초자료로 활용될 수 있으며, 사업장에서는 자율적 관리방안의 참고자료로 활용하여 근로자 건강장해 예방에 기여할 것으로 기대된다.

중 심 어

나노, 란탄, 흡입독성, LOAEL, NOAEL

참고문헌

임철홍, 조해원, 한정희. 2014. 세포배양 및 실험동물을 이용한 란탄(La_2O_3)의 독성연구
ECHA. 2015. ECHA database on registered substances. Available from
<http://echa.europa.eu/information-on-chemicals/registered-substances>.

연구책임자 : 산업안전보건연구원 화학물질센터 임철홍
연 락 처 : 042-869-0511, limch@kosha.or.kr

10

인화성액체의 물리화학적 특성 분석을 통한 폭발위험
장소 구분에 관한 연구

연구 필요성 및 목적

최근 들어 인화성 액체의 증기에 기인한 크고 작은 화재·폭발 사고가 자주 발생되어 사회적 관심을 증대되고 있다. 예로서 2014년 11월 22일(토) 오후 대전광역시 소재 (주)OOOO는 반도체 코팅액 제조공정에서 1차 반응물 여과를 마친 필터를 수세척하는 과정 중 필터에 부착된 슬러지에 포함된 인화성 액체(펜탄, 디이소프로필 아민 등)의 증기로 인하여 화재·폭발이 발생되면서 세척실 전체로 급격히 확산되어 근로자 8명이 사상(사망 1명, 부상 7명)을 당하는 중대산업사고가 발생되었다.

위와 같은 사고들의 원인을 살펴보면 공통적으로 작업장 내에 인화성 액체의 증기 축적으로 인하여 폭발성 가스분위기(Explosive gas atmosphere)가 형성된 후 스파크, 정전기 등의 점화원에 의하여 화재·폭발이 발생한 사고로서, 인화성 액체의 증기압, 폭발한계값 등의 물리화학적 물성값을 반영하고 환기 등급 및 환기 유효성을 고려하여 정확한 폭발위험장소를 설정한 후, 폭발 위험장소의 범위, 폭발위험농도 지속시간 등의 추정을 통해 폭발분위기가 발생되지 않도록 관리하는 것이 필요하다는 것을 알 수 있다.

본 연구에서는 인화성 액체의 누출과 증발로 인한 폭발위험장소 구분에 필요한 증기압 등의 물리화학적 물성값을 실험 및 추정식을 통하여 구한 후, 인화성 액체 누출량과 풀(Pool)을 형성 하였을 경우의 증발량 등을 계산하고, 환기 등급과 환기 유효성을 고려하여 폭발위험장소를 구분하였다. 이와 함께 폭발위험장소의 범위와 폭발위험농도 지속시간을 추정하였다. 이를 기초로 인화성 액체를 제조·취급 또는 저장하는 사업장에 폭발위험장소의 구분과 범위 설정 등에 대한 정보를 제공하여 화재·폭발 또는 누출로 인한 화학사고 예방에 기여하고자 한다.

연구 내용 및 방법

본 연구는 사업장에서 인화성 액체의 제조·취급 또는 저장 중에 인화성 액체에 기인한 화재·폭발의 위험성을 예방하기 위해 폭발위험장소의 구분과 범위 산정에 필요한 절차와 방법을 제공하기 위한 것으로서 연구범위와 내용을 요약하면 다음과 같다.

■ 국내외 관련문헌 및 자료 수집

- 폭발위험장소 구분 관련 문헌 검색

- 인화성 액체의 누출 및 증발에 관련된 폭발위험장소 구분 관계식 고찰

■ 폭발위험장소 구분 대상물질 선정 및 실태 조사

- 폭발성 가스분위기 형성으로 인한 사고사례 검토
- 선정 화학물질에 대한 증기압 등의 물리화학적 물성값 실험
- 인화성 액체 누출 및 증발에 따른 폭발위험장소 구분 실태 조사

■ 폭발위험장소 구분과 범위 산정

- 액체의 증발량, 인화점, 증기압 및 폭발한계 관련 모델식 중 폭발위험장소구분에 적합한 각각의 물성값 모델식의 비교 및 검토
- 선정된 물성값 모델식과 환기 등급 및 환기 유효성을 적용한 폭발위험장소 구분 실시
- 온도, 바람 등 외부 환경 조건과 누출공 크기의 변화에 따른 폭발위험장소의 범위, 폭발위험 농도 지속시간 등의 변동 고찰

연구 결과

본 연구에서는 사업장에서 인화성 액체의 제조·취급 또는 저장시에 폭발위험장소의 구분과 범위 산정에 필요한 절차와 방법을 제시하였다. 그리고 잉크제조공정을 중심으로 작업장의 온도, 풍속 등의 외부조건을 변화시키면서 해당 인화성 액체의 변화된 물성값을 적용하여 폭발위험장소를 구분한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 개방된 혼합용기에 저장된 인화성 액체의 증발량을 구하는 V. J. Clancey에 수정된 Sutton-Pasquill 등 5 가지 모델식 중에서는 보수적 관점에서 풍속, 증기압 및 액체층의 표면적 등이 반영되어 폭발위험장소의 범위가 가장 크게 계산되는 미국 EPA의 RMP 관련 증발 모델식을 사용하는 것이 적정함을 알 수 있었다.
- 폭발위험장소 구분시에 사용되는 물성값 추정방법 중 인화점의 경우에는 단일물질은 L. Catoire의 식(3-2), 혼합물질은 식(4-1)이, 증기압의 경우에는 단일물질은 변형된 Antoine 식(3-3), 혼합물질은 UNIFAC모델을 적용한 식(4-2)가, 폭발하한농도의 경우에는 화학양론 또는 연소열을 이용하는 식(3-8), 식(3-10)을 활용할 수 있으며 실험값과 유사한 물성값을 나타내었다.
- 회분식 공정에서 누출공의 크기 결정시 반응기, 저장탱크 및 관련 설비의 플랜지, 밸브에서의 누출이 2차 누출인 경우 일반적인 조건에서는 0.25mm(지름:0.56mm)~2.5mm(지름:1.78mm)의 누출공 면적을 사용하여 폭발위험장소의 구분과 범위를 산정하는 것이 적정함을 알 수 있었다.
- 가상체적(V_z)의 결정하는 주요 인자인 품질계수(f)의 경우 옥내의 경우에는 12 ACH 미만은 $f=3\sim5$, 12 ACH 이상 20 ACH 미만은 $f=2$, 20 ACH 이상은 $f=1$ 로 적용 할 수 있으나, 반드시 환기 조건을 고려하여 환기가 불량인 경우 신선한 공기의 시간당 치환 횟수가 많더라도 $f=4\sim5$ 가 적용되어야 함을 알 수 있었다.

- 폭발위험장소를 구분하기에 앞서 우선적으로 작업장 안에 충분한 환기와 기류가 형성될 수 있도록 급기·배기시설을 보완 후, 스모그 테스트, 열선풍속계 등을 사용한 확인을 통하여 작업장 내부에 인화성 액체의 증기가 체류하지 않도록 하는 것이 필요하다는 것을 알 수 있었다.

활용방안 및 기대성과

■ 활용방안

- 사업장의 폭발위험장소의 구분과 범위 설정에 대한 기초적인 정보 제공. 안전관련 학회(화학공학회, 안전학회, 가스학회 등)에 연구결과의 발표와 논문 게재로 관련분야 전문가의 기술 및 연구 자료로 활용

■ 기대성과

- 화재·폭발사고 발생시 화학물질의 물성값 등 관련 자료를 제시하여 사고원인 추정 및 폭발 위험장소의 구분과 범위 설정에 활용

중 심 어

폭발위험장소, 가상체적, 폭발위험장소의 범위, 증발량, 증기압, 인화점

참고문헌

- KS C IEC 60079-10-1, “Explosive Atmospheres - Part 10-1 Classification : of Areas-Explosive Gas Atmospheres”, 2012
- IEC 60079-10-1, “Explosive atmospheres - Part 10-1 : Classification of Areas-Explosive Gas Atmospheres”, 2008
- API PR 505, “Recommended Practice for Classification of Locations for Electrical Installations at Petroleum Facilities Classified as Class I, Zone 0, Zone 1, and Zone 2”, 1997
- NFPA 497A, “Recommended Practice for Classification of Class I Hazardous(Classified) Locations for Electrical Installation in Chemical Process Areas”, 2012
- IP 15, “Area Classification Code for Installations Handling Flammable Fluids”, 3rd edition, 2005

연구책임자 : 산업안전보건연구원 화학물질센터 이주엽
연 락 처 : 042-869-0332, leejuyup@kosha.or.kr

11

탄소나노튜브 취급 사업장의 탄소나노튜브 노출 특성
및 측정 분석 방법 연구

연구 필요성 및 목적

탄소나노튜브(CNT)를 노출시킨 동물실험에서 폐염증, 폐 육아종, 폐 섬유종, 섬유성 복막 비후, 복막내 종양발생이 보고되었으며, 인체 폐 조직을 이용한 실험에서도 비슷한 영향이 보고되었다. 미국 국립산업안전보건연구소(NIOSH)에서는 CNT의 노출기준을 원소탄소(Elemental Carbon, EC) 기준으로 $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 제안하고 있다.

본 연구는 나노물질의 공기 중 노출을 평가할 때 이용되는 여러 가지 실시간 기기와 더불어 EC를 분석하는 방법인 디젤배출물에 대한 평가 방법(NIOSH 5040-Diesel particulate matter as elemental carbon) 역시 CNT에 적합한지를 평가하기 위해 수행되었다.

문헌조사를 통해 CNT의 독성 및 작업장 관리에 대한 국제동향을 조사하였고, 국내 CNT를 대상으로 NIOSH 5040 방법을 평가·개선하였다. 이어서 국내에서 CNT를 생산 및 이용하는 사업장을 평가하여 이를 기반으로 CNT의 노출평가 프로토콜을 제안하였다.

연구 내용 및 방법

■ 연구 내용

- 국내외 CNT의 유해성, 독성 정보, 측정 및 분석방법 문헌조사
- CNT 분석방법 평가 및 개선
- CNT 노출 평가 프로토콜 작성
- 국내 CNT 노출특성 파악

■ 연구 방법

- CNT에 대한 외국 정부기관(미국 NIOSH, EPA, OECD, 영국 HSE, EU, 일본)의 정책 및 연구기관의 유해성 및 독성 연구 결과조사
- 측정분석, 프로토콜, 생산공정 및 노출특성에 대한 문헌 조사
- 기존의 NIOSH 5040방법과 일반환경분야에서 사용되는 방법(modified IMPROVE A Protocol)을 이용하여 CNT의 종류(단일벽 탄소나노튜브, 탄소나노섬유, 다중벽 탄소나노튜브)에 따라 적합한 분석방법을 모색

- 에어로졸 발생 챔버 내 공기중 CNT를 실시간 기기, 제안된 EC 분석방법, 전자현미경, ICP로 분석하여 현재 제시되고 있는 방법의 가용 가능성 여부 확인
- 나노물질 측정에 대한 기존의 국내외 평가 방법을 기초로 하여 탄소나노튜브에 적합한 노출평가 프로토콜을 작성
- 국내 탄소나노튜브 제조 (4개소) 및 탄소나노튜브 사용 사업장 (3개소)의 CNT 노출특성 파악

연구 결과

미국 NIOSH에서는 2013년도에 CNT/CNF에 대해 EC 기준으로 하여 $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 제시하였으나 현행 EC 분석방법은 CNT에 적합한지 평가되어 있지 않다. 또한 실시간 측정기기를 이용하는 방법, Black carbon monitor인 aethalometer를 이용하여 측정하는 방법, CNT에 촉매 또는 불순물로 함유된 미량금속을 평가하는 방법, 공기중 CNT/CNF를 전자현미경으로 확인하는 방법 등이 제시되었으나 CNT에 적합한지에 대한 논란이 존재하였다.

SWCNT/CNF중 EC를 분석할 때는 NIOSH 5040 방법이 적합하나, MWCNT를 분석할 때는 NIOSH 5040방법을 보완한 새로운 방법을 제안하였다. 노출 챔버에서 MWCNT를 비산시켰을 때 제품마다 공기 중 거동의 차이가 있음이 EC농도 및 전자현미경상에서 확인되었다. 또한 NIOSH 5040 방법에서 디젤배출물 중 EC를 분석할 때 필터를 closed face로 시료채취해도 무방하다고 하였으나 본 연구에서 CNT의 경우 여과지의 분석부위에 따라 농도가 달라질 수 있음을 보여주어 open face 시료채취가 더 적합하였다.

CNT 평가 프로토콜은 ① 기본자료조사 ② CNT 노출평가 ③ CNT 노출가이드라인과 비교 ④ 노출저감대책 ⑤ 관리 및 기록유지단계의 5단계로 나누어 제시하였다.

국내 탄소나노튜브 작업장의 일부 공정에서 소수의 근로자가 CNT에 노출됨이 규명되었다. 예를 들어 사업장 A의 청량공정과 혼합공정, 사업장 C의 청량 및 초음파 공정, 사업장 E의 포장기기의 정비과정과 포장공정, CNT 제조공정, 사무실 배경농도, 촉매 제조공정, 사업장 G의 일부 PM 작업을 포함한 전반적 작업에서 REL(원소탄소 기준으로 $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$)을 초과하여 국내 사업장에서 복수의 공정이 REL을 크게 상회하는 수치를 보였다

활용방안 및 기대성과

■ 활용방안

- 본 연구에서는 근로자 탄소나노튜브 노출에 대한 평가 방법과 평가 프로토콜을 제안하고 노출실태 파악 자료를 제공, 향후 노출평가 자료 및 범정부 종합 나노물질 관리계획에 고용

노동부의 대응자료로 이용. 탄소나노튜브 측정 및 분석 지침(KOSHA Code 작성) : 향후 탄소나노튜브 노출평가에 대한 KOSHA Code 제정 시 사용할 수 있도록 측정 프로토콜을 작성

■ 기대성과

- NT 산업의 보건문제를 산업보건문제로 인식하는 계기가 될 수 있으며 탄소나노튜브의 안전보건 이슈 등 국제적인 동향을 조사함으로써 향후 안전보건정책 방향 설정에 기여할 것으로 기대. 나노물질에 노출되는 양을 정확히 측정하고 평가하는 방법 정립에 있어 고용노동부의 기초자료로 활용할 수 있으며, 실제 우리나라 근로자들의 카본나노튜브 노출실태를 통하여 향후 정책적 관리방안에 활용

중 심 어

탄소나노튜브, 노출평가, 원소탄소, 분석방법, NIOSH 5040

참고문헌

- 안전보건공단. 나노물질 노출 특성 및 측정 분석 방법 연구;2014.
- Ma-HockL, TreumannS, StraussV, et al. Inhalation toxicity of multiwall carbon nanotubes in rats exposed for 3 months. Toxicol Sci 2009;112(2):468-81
- NIOSH. Occupational Exposure to Carbon Nanotubes and Nanofibers. Current intelligence bulletin 65. Department of Health and Human Services. Centers for Disease Control and Prevention. National Institute for Occupational Safety and Health. 2013;1451
- Ono-OgasawaraM, MyojoT, OyabuT et al. Aerosol generation and measurement of multi-wall carbon nanotubes. J Nanopart Res 2008;11(1):91-99
- AsbachC, KuhlbuschTAJ, HeinzK et al. Standard Operation Procedures: For assessing exposure to nanomaterials, following a tiered approach. nanoGEM, 2012

연구책임자 : 서울대학교 보건대학원 윤충식
 연구담당자 : 산업안전보건연구원 화학물질센터 이나루
 연 락 처 : 042-869-0321, cnaroollee@kosha.or.kr

12

허용기준 설정 물질 확대 필요성 및 선정 기준에 관한 연구

연구 필요성 및 목적

고용노동부의 산업재해현황 분석 결과에 따르면 2014년 유기용제와 특정화학물질에 의한 질병자의 증가율이 100%와 56%로 높게 나타났으며, 사망자도 전년 동기 증가한 것으로 조사되었다.

산업안전보건법령에서 정하고 있는 허용기준 설정 대상 유해인자 제도는 2009년 1월 시행 이후 추가적인 연구가 거의 이루어지지 않아 이에 대한 연구와 개정의 필요성이 제기되고 있다.

이에 본 연구에서는 산업안전보건법령에서 정하고 있는 허용기준 설정 대상 유해인자 제도의 타당성과 확대 필요성을 제시하고 규제 대상 확대를 위한 선정 기준을 마련하고자 하였다.

연구 내용 및 방법

■ 연구 내용

- 국내·외 산업안전보건 관련법과 화학물질 관리제도에 대한 조사 실시
- 화학물질로 인한 직업병 발생 현황 파악
- 허용기준 설정 대상 유해인자 제도의 효과 분석
- 허용기준 설정 대상 유해인자 13종의 위해성 수준 파악
- 허용기준 설정 대상 유해인자의 선정 기준 및 확대 후보물질 제안

■ 연구 방법

- 국내를 포함하여 미국, 프랑스 등 7개국의 산업안전보건 관련법과 화학물질 관리제도에 대해 조사하였으며, 기존 허용기준 설정 대상 유해인자의 선정 근거와 사회성·경제성 평가의 선행연구 자료를 조사·고찰하였다.
- 고용노동부의 산업재해현황분석자료와 안전보건공단의 직업병 진단사례집을 이용하여 허용기준 설정 대상 유해인자 13종 및 그 외 화학물질로 인한 직업병 발생 현황과 그 사례를 조사하였다.
- 허용기준 설정 대상 유해인자 제도 도입으로 인한 비용·편익 분석을 실시하였으며, 작업

환경측정결과를 이용하여 근로자의 노출수준 변화를 분석하여 동제도의 효과를 분석하였고, 작업환경측정 대상 유해인자 214종을 대상으로 GHS 분류에 의한 유해성 등급, 국내·외 직업병 발생여부, 국내 취급장수, 국내 노출근로자수 등을 이용하여 위해성 수준을 파악하였다.

연구 결과

허용기준 설정 대상 유해인자 제도가 도입에 대한 사회성·경제성 평가 결과 기간이 경과할수록 편익이 비용보다 커지는 것을 확인할 수 있었으며, 노출 수준 또한 동 제도가 도입된 이후 감소하였음을 확인할 수 있었다.

작업환경측정 대상 유해인자 214종의 건강위해성 우선순위 적용결과 허용기준 설정 대상 유해인자 13종(화학물 포함 20종)의 위험성 수준은 14종은 중대한 건강장해 제1그룹에, 2종은 제2그룹에 해당하였고, 3종은 상당한 건강장해 제1그룹의 위험성 수준에 해당함을 확인하였다.

산안법 제39조의2에 의한 허용기준 설정 대상 유해인자 선정기준을 “발암성, 생식세포변이원성, 생식독성 물질 등 근로자에게 중대한 건강장해를 유발하거나 직업성질환 발생 또는 발생할 우려가 있는 유해인자”로 수정·제안하며, 제시된 기준에 따라 71종의 후보물질을 제시하였다.

활용방안 및 기대성과

■ 활용방안

- 허용기준 설정 대상 유해인자를 확대하기 위한 기초자료로써 활용이 가능할 것으로 판단되며, 향후 후보물질을 대상으로 유해성·위험성 평가 및 사회성·경제성 평가를 실시하여 허용기준 설정 대상 유해인자로 추가 지정할 수 있을 것으로 사료됨.

■ 기대성과

- 발암성, 생식세포변이원성, 생식독성 등 중대한 건강장해를 유발하거나 직업성질환이 발생한 화학물질을 취급하는 근로자의 안전보건을 확보하여 직업병 예방에 기여. 고용노동부 제4차 산재예방 5개년 계획에 의한 화학물질 관리체계 강화(산업안전보건법상 관리대상 화학물질 범위 확대)에 부응

중 심 어

허용기준 설정 대상 유해인자, 화학물질 관리수준, 유해화학물질관리

참고문헌

- 고용노동부. 산업안전보건법(시행령, 시행규칙, 산업안전보건기준에 관한 규칙). 2015.
- 고용노동부. 산업재해현황분석, 2003-2014
- 고용노동부. 화학물질의 유해성·위험성 평가에 관한 규정. 고용노동부예규 제66호. 2014
- 미국산업안전보건청(OSHA), 전력적 협력 프로그램(SPP)을 관리하기 위한 OSHA INSTRUCTION (CSP 03-02-002), 2004
- 이은정 외, 관리대상 유해물질 등의 선정기준에 관한 연구, 2014

연구책임자 : 고려대학교 산학협력단 변상훈
연구담당자 : 산업안전보건연구원 화학물질센터 이권섭
연 락 처 : 042-869-0311, lks0620@kosha.or.kr

13

화학물질 노출시나리오 국내외 적용실태 및 제도화 제안

연구 필요성 및 목적

REACH(Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals)는 유럽연합에서 화학물질에 대한 등록, 평가, 허가 및 제한에 관한 법률로 2007년 6월 1일부터 시행되고 있으며, 국내에서도 이와 유사한 법률로써 「화학물질 등록 및 평가에 관한 법률」을 환경부에서 제정하여 2015년 1월부터 시행되고 있다.

화평법에서는 국내에 제조·수입하려는 화학물질의 양이 연간 10톤 이상인 경우 화학물질의 전과정에서 취급방법과 노출통제·관리방법을 기술한 노출시나리오를 포함한 위해성에 관한 자료를 제출하도록 규정하고 있으며, 등록된 화학물질 또는 이를 함유한 혼합물을 양도하는 자는 양수하는 자에게 화학물질 안전정보를 제공하여야 하며, 물질안전보건자료를 작성·제공하는 경우 화학물질 안전정보자료를 추가하여 제공하도록 규정하고 있다.

물질안전보건자료 제도는 산업안전보건법 제41조에서 규정하고 있어 노출시나리오 제도의 도입과 시행에 맞추어 정부차원의 산업안전보건법상 적용 검토가 필요한 실정이다.

본 연구에서는 국내·외 노출시나리오 관련 화학물질관리 법·제도 조사와 적용실태를 파악하여, 국내 산업현장 실정에 맞는 MSDS 부속서로서의 노출시나리오 적용방안 여부를 검토하고자 하였다.

연구 내용 및 방법

■ 연구 내용

- 유럽연합의 REACH 제도와 노출시나리오 관련 문헌 조사
- 국내·외 화학물질관리 법제도의 시행 및 노출시나리오 적용실태 조사
- 화평법에 의한 노출시나리오 제도 및 적용범위 조사
- 산업안전보건법에서의 노출시나리오 적용방안 제시

■ 연구 방법

- 유럽연합의 법령과 각종 지침서를 통하여 EU의 REACH 제도의 제정배경과 그 과정에서의 노출시나리오 도입 필요성에 대하여 조사하였고, 물질안전보건자료 부속서 형태로 제공되는

노출시나리오의 정확한 개념을 확립하고자 EU의 RIP(Reach Implementation Project) 3.2-1에서 권고하는 내용을 조사하였다.

- 국내 위해성평가요서 기술 개발현황 조사 및 분석을 위하여 위해성 평가 관련과제, 화학물질 안전성평가(CSA) 관련 과제, 노출시나리오 관련 과제현황 등을 조사하였고, 선진 외국(미국, 일본 등)의 화학물질관리 관령 법령의 시행 내용, 노출시나리오 적용실태를 문헌조사와 인터넷을 이용한 정보검색을 통해 확인하였으며, 화평법과 산안법에서의 차이점을 조사하였다.
- 또한 화평법 제14조, 제29조 및 동법 시행규칙 제12조, 제35조, 제36조 등에 따른 노출 시나리오 제도와 고용노동부고시 제2013-37호를 비교하여 산안법령의 제도 개선 필요내용을 제시하였다.

연구 결과

REACH제도에서는 10톤 이상의 화학물질 등록 시 화학물질안전성 보고서를 작성하여 제출하여야 한다. 노출시나리오는 보고서 작성 시 반드시 실시하여야 하는 화학물질안전성평가에 활용되고 있는데, 노출시나리오가 단독으로 작성되는 것이 아니라 유해성 평가결과를 통해 위해성을 확인하는 단계로 추진됨에 따라 화학물질 등록을 담당하는 관청에서 해당 자료를 수집·관리하도록 정하고 있다.

선진 외국의 화학물질관리 제도 조사 결과 노출시나리오가 물질안전보건자료의 부속서로서 포함되는 경우는 EU REACH제도하에서만 시행되고 있으며, 기타 국가에서는 화학물질의 정보 전달은 물질안전보건자료를 통해 이루어지고 있음을 확인하였다.

노출시나리오는 화학물질의 유해성을 평가하고 위해성을 예측하여 적절한 관리대책을 수립하여 화학물질로 인한 직업성질환을 예방할 수 있는 수단으로 활용될 수 있으나, 현행 법령 체계에서는 화평법에서 명시하고 있고 추가 연구를 통하여 안전성평가를 위한 체제 구축을 추진하고 있는 것으로 확인하였다.

이에, 화학물질정보 제공에 대한 산업현장에서의 혼란을 줄이고 정부의 화학물질관리체계를 일원화하기 위하여 화평법상 위해성 자료 작성과 물질안전보건자료 작성 대상에 해당하는 경우, 산안법령의 관련 고시를 개정하여 물질안전보건자료에 노출시나리오 내용을 추가하는 것으로 고시 개정을 제안하고자 한다.

활용방안 및 기대성과

■ 활용방안

- 화학물질정보 전달의 효율적 운영을 위하여 노출시나리오를 물질안전보건자료의 부속서로 포함하는 제도 개선에 활용

■ 기대성과

- 노출시나리오 관련 제도를 일원화할 수 있는 방안을 제시함으로써 산업현장에서의 혼란을 줄일 수 있으며, 물질안전보건자료의 활용도를 제고함으로써 근로자 알권리 확보를 통한 산업재해예방에 기여

중 심 어

REACH, 노출시나리오, 물질안전보건자료, eSDS

참고문헌

- 고용노동부. 산업안전보건법(시행령, 시행규칙, 산업안전보건기준에 관한 규칙). 2015.
- 환경부. 화학물질의 등록 및 평가에 관한 법률. 2015.
- 고용노동부. 화학물질의 분류·표시 및 물질안전보건자료에 관한 기준. 고용노동부고시 제2013-37호. 2013
- 유일재. 산업안전보건법에서의 EU 화학물질관리제도(REACH) 대응과 적용방안에 관한 연구. 2011
- 최은경 외. 유럽 신화학물질관리제도의 eSDS에 첨부되는 노출시나리오 작성법 개발동향. 2011

연구책임자 : 산업안전보건연구원 화학물질센터 최연순
연 락 처 : 042-869-0312, hongmnk@kosha.or.kr

14

화학물질 노출에 의한 유전자 돌연변이(발암)의 조기 확인(I)

- 세포주를 이용한 고감도 유전자 돌연변이 확인 -

연구 필요성 및 목적

본 연구에서는 만성발암성시험 동물의 발암여부를 확인하는 부담 이전에, 조기에 혈액만으로 유전자의 발암돌연변이를 확인, 지속가능한 분자생물학적 대체시험법으로 확립하고자 하였다.

연구 내용 및 방법

■ 연구 내용

- 디지털 중합효소 연쇄반응(droplet digital Polymerase Chain Reaction) 및 실시간 중합효소 연쇄반응(Real-Time Polymerase Chain Reaction)을 이용한 돌연변이(SNP) 분석을 활용하여, 다량의 정상 폐 세포주(CCL-206™)을 포함 하에 소량의 폐암 세포주1(CCL-196™) 또는 폐암 세포주2(CCL-1453™)에서의 Adam33 유전자의 돌연변이(SNP) 검출의 극미량 검출한계 분석
- 고감도 NGS(Next-generation sequencing, 차세대 염기서열분석법) 기술을 기반으로 하여, 정상 세포주(CCL-206™)와 돌연변이 세포주(CCL-196™ 및 CCL-1453™)의 DNA를 돌연변이가 10%, 1%, 0.1%, 0.05% 및 0% 비율로 존재하도록 혼합 조성하여 *in vitro* 극미량 검출한계 분석
- 정상세포 및 암 세포에서 엑소솜의 차이를 효율적으로 비교분석하기 위해, 유세포분석(Fluorescence-activated cell sorting, FACS)으로 각 세포들 간의 엑소솜의 변화 분석

■ 연구 방법

- 정상 세포주(CCL-206™)와 돌연변이 세포주(CCL-196™ 및 CCL-1453™) 선정
- Exome Sequencing Library 제작, HiSeq2000 system을 이용하여 sequencing을 수행한 후 유전자 돌연변이 서열을 분석하여 표적(target) 유전자 선별
- 디지털 중합효소 연쇄반응(droplet digital Polymerase Chain Reaction)을 이용한 돌연변이(SNP, Single nucleotide polymorphism) 분석 및 실시간 중합효소 연쇄반응(Real-Time Polymerase Chain Reaction)을 이용한 돌연변이(SNP) 분석을 활용한 다량의 정상 폐 세포주

(CCL-206TM)을 포함 하에 소량의 폐암 세포주1(CCL-196TM) 또는 폐암 세포주 2(CRL-1453TM)에서의 Adam33 유전자의 돌연변이(SNP) 검출의 극미량 검출한계 분석으로 돌연변이(폐암) 세포주의 유전자가 10%, 1%, 0.1% 및 0%의 비율로 포함된 정도에 따른 시험조합을 제작하여, 돌연변이(SNP) 검출분석 수행

- 고감도 NGS(Next-generation sequencing, 차세대 염기서열분석법) 기술을 기반으로 정상 세포주(CCL-206TM)와 돌연변이 세포주(CCL-196TM 및 CRL-1453TM)의 DNA를 돌연변이가 10%, 1%, 0.1%, 0.05% 및 0% 비율로 존재하게 혼합조성으로 조합하여 *in vitro* 검증을 통해 극미량 검출한계 분석을 수행하여 PNA 탐침자 기반 NGS와 일반 NGS의 극미량 검출한계 분석
- 정상세포 및 암 세포에서 엑소좀(Exosome)의 차이를 효율적으로 비교분석하기 위해 최신의 분석 시약 및 이를 응용한 유세포분석(Fluorescence-activated cell sorting, FACS)으로 각 세포들 간의 엑소좀의 변화 분석

연구 결과

샘플 QC, DNA Fragmentation, NGS를 수행하기 위한 adapter ligation, exome capture의 단계를 거쳐 exome sequencing library를 제작하였다. Whole exome sequencing을 수행하여 유전자 돌연변이 서열을 Reference(mmm10)와 정상세포주(CCL-206TM)와는 일치하며, 폐암 세포주 1(CCL-196TM)과 폐암 세포주2(CRL-1453TM)와는 공통적으로 다른 (SNP, Indel)부위가 있는 유전자들을 분석하여 폐암관련 유전자 15개를 선별하였으며, 그 중 최종적으로 Adam33 (A disintegrin and metalloproteinase domain 33) 유전자를 선정하였다.

극미량 검출한계 시험을 수행한 결과, 소량의 폐암 세포주1(CCL-196TM)이 존재하는 시료에서 Adam33 유전자의 돌연변이에 대해 최대 1%수준의 돌연변이의 검사가 가능하다는 사실을 확인할 수 있었다. 또한, 폐암 세포주2(CRL-1453TM)가 존재하는 시료에서도 Adam33 유전자의 돌연변이에 대해 최대 1%까지 검출이 가능하다는 사실을 확인할 수 있었다.

돌연변이 검출을 위한 실시간 PCR 시험을 수행한 결과는 아래 표의 내용과 같으며, 각 시험에서의 Ct값 및 RFU값(Relative Fluorescence Units, PCR Product의 형성된 값)을 비교 분석한 결과, 소량의 폐암 세포주1(CCL-196TM) 및 폐암 세포주2(CRL-1453TM)가 존재하는 시료에서 Adam33 유전자의 돌연변이에 대해 최대 10%수준에서 돌연변이의 검사가 가능함을 확인할 수 있었다.

정확한 변이 검출을 위한 다량의 정상세포주를 포함하는 소량의 돌연변이 세포주(10%, 1%, 0.1%, 0.05% 및 0%)에서 극미량 검출한계 시험을 수행하였다. 변이 유전자를 비율별로 분석하여

PNA 탐침자 기반 mutant enrichment 방법의 NGS와 일반 NGS의 극미량 검출한계를 비교한 결과, PNA 탐침자 기반 고감도 NGS의 경우 0.05% 이하의 돌연변이를 검출할 수 있다는 사실을 검증하였다.

정상세포 및 암 세포에서 엑소좀의 차이를 효율적으로 비교분석하기 위해 최신의 분석 시약 및 이를 응용한 유세포분석으로 각 세포들 간의 엑소좀의 변화 분석을 하였다. CD9 및 CD63 항체를 붙인 시료에서 각각의 시험결과를 분석하여 본 결과, 본 시험조건에서는 LA-4 폐암 세포주에서 CD63 특이적으로 엑소좀의 형성이 증가하는 것을 검출해낼 수 있었다.

활용방안 및 기대성과

■ 활용방안

- 동물의 부검 없이 혈액검사만으로 발암 관련 돌연변이 발생여부를 확인할 수 있는 극미량 검출한계를 갖는 유전자 돌연변이 검사기법 도입 및 확인

■ 기대성과

- 1차년도 연구로 세포주를 이용한 유전자 돌연변이의 고감도 검출 시험법을 확립, 검증하여, 관련 국제기관 및 국내 규제기관의 비임상 발암성 대체시험법 규정(안)으로 제안할 수 있으며, SCI급, SH@W 등 국내외 우수 학술지 논문게재 및 학회발표하고, 관련 원천기술의 특허 출원 등을 할 수 있음

중 심 어

화학물질, 돌연변이, 조기 확인, 세포주, PNA 탐침자, 검출한계, 차세대염기서열분석(NGS)

참고문헌

김희정, 김완섭, 신경철, 이관호, 김미진, 이정은, 송규상, 김선영, 이계영. EGFR 돌연변이 검출에 있어 PNA-Mediated Real-Time PCR clamping과 직접 염기서열 분석법의 비교 분석. 대한결핵 및 호흡기학회. 70. (2011). 21-27.

박재학. 동물실험 윤리- 동물실험 대체법을 중심으로. 서울대학교 동물실험 윤리위원장, 수의학대학 교수. (<http://www.skumed.ac.kr/file/2014%EB%85%84%206%EC%9B%94%2011%EC%9D%BC.pdf>.)

Guha, M, *et al.*, DISSECT method using PNA-LNA clamp improves detection of EGFR T790M

mutation. 8, (2013). e67782.

Muhammed Murtaza1 *et al.*, Non-invasive analysis of acquired resistance to cancer therapy by sequencing of plasma DNA. NATURE VOL 497; LETTER 108-112. 2 MAY 2013. doi:10.1038/nature12065

Sarah-Jane Dawson *et al.*, Analysis of Circulating Tumor DNA to Monitor Metastatic Breast Cancer. N Engl J Med 2013;368:1199-209.

연구책임자 : 산업안전보건연구원 화학물질센터 임경택

연 락 처 : 042-869-0322, rim3249@kosha.or.kr

15

화학물질 물리적 위험성 등급분류를 위한 모델식 개발

연구 필요성 및 목적

최근 화학물질의 누출로 인한 각종 사고가 꾸준히 발생하고 있으며, 이를 계기로 화학물질 및 화학물질의 취급설비 등에 대한 각종 법적 요구사항과 기준 강화가 요구되고 있다. 이에 따라 우리나라의 경우는 화학물질의 안전한 취급과 관리에 대해 「산업안전보건법」, 「화학물질관리법」, 「위험물안전관리법」, 「소방기본법」, 「고압가스안전관리법」 등의 다양한 법률이 운영되고 있다. 이들 각각의 법률에서 화학물질은 해당 법률의 목적과 적용범위에 따라 화학물질의 위험성 또는 유해성을 근거로 분류체계를 적용하고 있으며, 이러한 분류체계에 따른 법적 요구사항을 차별화하고 있다.

현재 유해·위험물질(PSM 대상) 및 금지·허가·관리 대상물질 등은 어느 정도 물리적 위험성과 건강 유해성을 고려하여 물질을 분류하고, 요구기준을 달리하고 있으나, 이것은 일부분에 지나지 않는다. 즉, 근로자에게 건강장해를 유발하거나, 화재·폭발 등 사고 발생의 우려가 있는 화학물질에 대해서는 건강 유해성과 물리적 위험성을 평가하고, 산업안전보건법상의 규제수준을 조정하여 적절히 관리할 필요가 있다. 특히, 건강 유해성의 정도를 고려하여 금지·허가·관리대상 물질이 분류된 반면, 화재나 폭발 위험성 등의 물리적 위험성을 고려한 화학물질의 평가·분류 체계는 매우 미흡한 실정이다.

따라서 화학물질의 물리적 위험성 정도를 어떤 기준으로 평가하고, 체계화할 것인가에 대한 연구가 필요하다. 또한 현재 산업안전보건기준에 관한 규칙 [별표 1]에서 단순히 사용량으로 구분되어 있는 위험물질에 대해 물질 및 사용조건 등에 따른 위험등급을 구축함으로써 화재·폭발로 인한 사고예방에 필요한 설비 등의 기준을 효율적이고, 합리적으로 체계화하는 기초자료를 구축할 필요가 있다. 특히, 안전보건공단에서 2014년도에 수행한 「화학물질의 물리적 위험성에 따른 등급 분류에 관한 연구」에서 발견된 문제점을 보완한 발전된 등급분류 모델식을 개발할 필요가 있다.

이를 위해 본 연구에서는 화재·폭발 등 화학물질의 물리적 위험성의 정도를 평가·분류하여 위험등급별로 체계적으로 관리할 수 있는 기준을 마련하기 위하여 화학물질의 물리적 위험성 등급분류를 위한 모델식을 개발하여 주요 화학물질의 위험성 등급분류를 하고, 제도적인 관리 방안을 제시하는 것을 목적으로 한다.

연구 내용 및 방법

■ 연구 내용

- 화재·폭발에 관여하는 인자의 상관관계를 고려한 물리적 위험성 등급분류를 위한 모델식 도출
 - 기존에 수행된 “화학물질의 물리적 위험성에 따른 등급 분류에 관한 연구”의 모델식 검토
 - 국내·외 문헌조사 및 관련 소프트웨어 조사
 - 기존 수행된 연구를 활용한 발전된 모델 개발
- 위험성이 알려진 화학물질의 활용 및 산업안전보건법 분류기준과의 비교를 통한 모델식 검증
 - 산업안전보건법 분류기준과 개발된 모델식의 부합도 검토
- 검증된 모델식을 활용한 화학물질의 등급분류 및 타당성 검토
 - 개발된 모델식을 활용하여 화학물질 등급분류 실시
 - 국내·외 유사 등급분류와 비교·검토하여 타당성 검토
- 개발된 모델식의 산업안전보건법 반영방안 제시 등
 - 산업안전보건법(법, 시행령 시행규칙, 고시 포함)에 실효성 있는 반영방안 제시

■ 연구 방법

- 기초조사 (문헌조사, 인터넷 조사 등)
 - 2014년도에 수행된 “화학물질의 물리적 위험성에 따른 등급 분류에 관한 연구”의 모델식 조사
 - 국내·외 문헌조사 및 관련 소프트웨어 조사
 - 화학물질의 물리적 위험성 조사
 - 국내·외 유사 등급분류 조사 등
- 조사내용 분석 및 연구 (브레인스토밍, 전문가 의견 등)
 - 기 연구된 “화학물질의 물리적 위험성에 따른 등급 분류에 관한 연구”의 모델식 분석
 - 기존 수행된 연구를 활용한 발전된 모델 개발
 - 산업안전보건법 분류기준과 개발된 모델식의 부합도 검토
 - 개발된 모델식을 활용하여 화학물질 등급분류 실시
 - 국내·외 유사 등급분류와 비교·검토하여 타당성 검토
- 의견수렴 (전문가 자문 및 브레인스토밍, 연구회의 개최 등)
 - 도출된 모델식(안)의 타당성 검토
 - 개발된 모델식을 활용한 화학물질 등급분류(안) 검토
 - 산업안전보건법에 실효성 있는 반영방안 제시(안) 검토

연구 결과

본 연구에서는 국내·외 화학물질 분류체계와 위험성 등급분류에 대한 자료를 조사·분석하고, 화학물질의 화재·폭발 위험성 등급분류에 대한 선행 연구(2014년) 결과를 분석하였다.

그리고 선행 연구결과에서 나타난 문제점을 해결하기 위하여 위험성 매트릭스 산출방법을 사용하여 인화성 액체 및 기체와 인화성 고체에 대해 화재·폭발 위험성 산출식을 제안하였고, 이를 바탕으로 주요 화학물질에 대해 화재 및 폭발 위험성과 화재·폭발 위험성에 대한 등급 분류를 실시하고, 유사 연구결과와 비교·분석하여 화재·폭발 위험성 등급분류 결과를 검증하였다.

또한 본 연구에서 제시한 화재·폭발 위험성 산출방안과 등급분류 결과를 활용한 사업장의 위험물질 관리방안과 제도적 개선방안을 제시하였다.

활용방안 및 기대성과

■ 활용방안

- 개발된 화재·폭발 위험성 분류방법을 사용하여 사업장을 고위험물질, 중위험물질 및 저위험 물질 취급사업장으로 구분하는데 활용. 물리적 위험성을 고려한 화학물질 화재·폭발 위험 등급 평가방법은 PSM 비대상 사업장(예, 중·저위험군 화학공장 및 화학물질 취급사업장)에 적용하여 화학물질의 체계적인 관리에 활용. 사업장의 중대산업사고를 예방하기 위한 기초 자료로 활용. 화학물질 화재·폭발 위험등급에 따른 제도적 관리방안을 반영한 법률 개정안의 기초자료로 활용

■ 기대성과

- 고위험 및 중위험 사업장을 체계적으로 관리할 수 있어서 중대산업사고 예방에 기여. 위험 물질을 취급하는 사업장에 안전의식을 고취하는데 기여

중 심 어

위험등급, 위험지수, 물리적 위험성, 화재 및 폭발, 화학물질

참고문헌

- 양혁승 외, 화학물질의 물리적 위험성에 따른 등급 분류에 관한 연구, 산업안전보건연구원, 2014
- 이근원 외, 화학물질 혼합위험성 결정을 위한 반응성 매트릭스 개발(I), 산업안전보건연구원, 2014
- NFPA 704, Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response, 2012
- UN, Globally harmonized system of classification and labeling of chemicals (GHS), 4th ed, 2011
- Anna-Mari Heikkilä, “Inherent Safety in Process Plant Design An Index-Based Approach”, Ph. D. Thesis, Helsinki University of Technology, Finland, 1999

연구책임자 : 명지대학교 산학협력단(화학공학과) 김태욱
 연구담당자 : 산업안전보건연구원 화학물질센터 한인수
 연 락 처 : 042-869-0333, buck75@kosha.or.kr

16

화학물질 혼합위험성 결정을 위한 반응 매트릭스 개발(II)

- 반도체 산업을 중심으로 -

연구 필요성 및 목적

최근 반도체 산업에서 화학물질 누출로 인한 화학사고의 증가와 많은 종류의 화학물질 사용으로 인한 화학물질간의 혼화(합)에 따른 화재, 폭발 및 독성물질 등에 의한 위험성이 증가하고 있다. 화학물질의 혼합에 따른 반응 위험성을 평가하는데 실험적 방법이 가장 신뢰성 있지만, 모든 화학물질을 실험을 통하여 평가하는 것은 시간적, 비용적인 제한이 있다.

본 연구에서는 반도체 산업에서 주로 사용되는 화학물질의 혼합에 따른 위험성 추정하기 위해 미국 NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration)과 EPA에서 개발한 CRW(Chemical Reactivity Worksheet) 3.0 프로그램을 사용하여 반응 위험성을 추정하여 반응성 매트릭스를 작성하고 화학물질 보관 및 취급에 따른 위험성 정보를 제공하고, KOSHA GUIDE 개발의 기초자료로 활용하여 반도체 산업의 화학물질에 의한 화학사고 예방에 기여하고자 한다.

연구 내용 및 방법

본 연구는 반도체 산업에서 많이 사용되고 있는 화학물질의 혼합 위험성에 의한 화재폭발 사고 예방을 위해 CRW 프로그램을 이용하여 화학물질의 반응성 매트릭스를 제공하고 혼합에 따른 반응 위험성을 제시하였다. 이들 연구범위와 내용을 요약하면 다음과 같다.

- 국내외 관련문헌 및 자료 수집
 - 화학물질의 혼합위험성 추정 관련 문헌 검색
 - 반도체 산업의 반응성물질 및 사고사례 수집
- CRW 프로그램 및 대상물질 선정
 - CRW 3.0 프로그램 사용 및 분석 방법 검토
 - 연구 대상 화학물질 선정 및 검토
 - 반도체 관련산업의 SEMI 가이드라인 검토
- 반도체 공정의 화학물질 반응위험성 추정 및 매트릭스 작성
 - CRW 프로그램을 활용한 화학물질의 반응 위험성 추정

- 반응에 따른 잠재 위험성 및 반응가스 가스 추정
- 혼합에 따른 화학물질의 반응 위험성 추정 및 매트릭스 작성
- 반도체 산업의 저장캐비닛 가스 실린더 안전에 관한 기술지침(안) 제시
 - 저장 캐비닛의 가스 실린더 분리에 관한 안전 기술지침(안) 작성

연구 결과

본 연구는 반도체 제조산업의 화학물질 누출사고 예방대책 수립을 위해 사고사례 수집과 공정용 가스의 혼합에 따른 반응위험성을 추정하였다. 반응위험성 추정은 미국 NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration)과 EPA에서 개발한 CRW(Chemical Reactivity Worksheet) 3.0 프로그램을 사용하여 반도체 산업에서 주로 사용되는 공정용 가스에 대해 반응 위험성을 추정하여 반응 매트릭스를 작성하고 화학물질 혼합에 따른 반응위험성 정보를 제공과 KOSHA GUIDE(안)을 제시하고자 하였다. 이들 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

- 반도체 산업의 재해사례를 조사한 결과 화학물질에 의한 화재, 폭발, 누출 및 중독 등 다양한 사고유형으로 사망, 부상 및 중독 등의 피해를 입었다. 반도체 산업에서 독성가스를 포함한 화학물질에 의한 사고가 발생하고 있다는 것을 알 수 있었다.
- CRW(Chemical Reactivity Worksheet) 3.0 프로그램을 사용하여 반응위험성을 추정하여 매트릭스를 작성하였으며, 두 물질이 혼합할 때 반응위험성을 본문 <표 5>에 제시하였다.
- 위험성을 추정한 화학물질(가스)의 반응위험성을 활용하여 반도체 산업에 활용할 수 있는 저장 캐비닛의 가스 실린더 안전에 관한 기술지침(안)을 제시하였다.

활용방안 및 기대성과

■ 활용방안

- 안전관련 학회(화공학회, 안전학회, 가스학회 등)에 연구결과의 발표와 논문게재로 관련분야 전문가의 기술 및 연구 자료로 활용.
- 반도체 제조시설의 가스실린더 안전에 관한 KOSHA GUIDE 제정(안)의 기초자료 제공

■ 기대성과

- 반도체 제조공정의 화학물질 취급 근로자나 연구원들에게 반응위험성 정보 제공

중 심 어

반도체 산업, CRW, 화학물질 매트릭스, 반응 위험성, 가스 실린더

참고문헌

이근원, “화학물질 혼합위험성 결정을 위한 반응성 매트릭스 개발(I)”, 연구원 2014-연구원-598, 안전보건공단 산업안전보건연구원 (2014).

Chunyang Wei at al., “Application of screening tools in the prevention of reactive chemical incidents”, J. of Loss Prevention in the Process Industries, Vol. 17, pp.261-269, (2004).

Dave Gorman et al., “Enhanced NOAA Chemical Reactivity Worksheet for Determining Chemical Compatibility”, Process Safety Progress, Vol.33, No.1, pp.4-18, (2014).

Edward Mark Davis et al., “The CCPS Chemical Reactivity Tools”, 8th Global Congress on Process Safety, Houston, TX, pp.2-28, (2012).

L.E., Johnson and J.A. Farr, “CRW2-A Representative Compound Approach to Functionality-Based Prediction of Reactive Chemical Hazards”, Process Safety Progress, Vol.27, No.3, pp.212-218, (2008).

SEMI S-0304, “Safety Guideline for the Separation of Chemical Cylinders Contained in Dispensing Cabinets”, SEMI, (2004).

연구책임자 : 산업안전보건연구원 화학물질센터 이근원

연 락 처 : 042-869-0310, leekw@kosha.or.kr

17

화학물질의 폭발사고 피해예측 및 적용방안 연구

연구 필요성 및 목적

화학물질에 의한 폭발사고 저감을 위해서는 화학물질이 가지고 있는 고유한 물리화학적 위험성 정보 만이 아닌 화학사고와 같은 비정상상태에 따른 화재, 폭발, 누출, 확산 등에 의한 화재폭발 사고 피해예측까지 고려하는 종합적인 안전대책이 필요함.

특히 화학물질의 화재폭발사고에 의한 물적, 인적피해의 정량적 추정은 공정안전자료를 포함하여 중대화학사고조사의 원인규명 및 동종화학사고 예방에 중요한 자료로서 활용성이 매우 높음.

그러므로 화학사고 예방대책에는 폭발에 따른 사전 피해예측자료 또는 신속한 폭발사고피해 추정자료를 확보하여 이에 근거한 안전대책 수립이 요구되며, 이를 위해서는 화학물질의 정량적 위험성에 대한 실험적 자료를 활용하여 해당 물질의 실규모 3차원 화재폭발사고 피해예측을 통한 폭발사고영향평가 자료의 확보가 필요함.

본 연구에서는 실험에 기초한 폭발모델로서 지금까지 가장 많이 사용되고 있는 계산모델의 결과를 비교, 분석하여 그 적용성을 검토하였다. 기존의 가스폭발모델을 사용하여 가스 누출 시의 폭발시나리오에 따른 피해예측결과를 검토하였으며 폭발시뮬레이션 결과와 비교하기 위해 메탄 가스 폭발 시의 화염전파특성을 실험적으로 조사하였다.

연구 내용 및 방법

■ 연구 내용

- 화학물질에 의한 폭발사고사례조사 및 분석
- 화학물질의 위험성 해석 및 피해평가방법 조사
- 평가 대상 화학물질의 폭발특성값에 대한 실험적 검토
- 사업장과 유사한 3차원 공간에서의 폭발피해영향 조사
- 화재폭발 피해평가법 활용방법 검토

■ 연구 방법

- 국내 화학사고사례의 폭발원인물질 및 피해조사

- 사고 시나리오에 따른 폭발과압영향 및 피해위험영역 조사
- 폭발사고 피해평가모델 및 정량적 실험자료를 활용하여 실규모 3차원 공간을 가정한 건물, 시설, 장치를 고려한 폭발과압을 평가하고 인적 및 물적피해영향을 조사
- 폭발피해 영향평가 결과의 활용 및 적용성 방안의 제시

연구 결과

메탄가스의 최대폭발압력을 조사한 결과, 9.6 vol%에서 0.861 MPa이었으며 최대폭발압력 도달시간은 화학양론농도(Cst)인 9.47 vol% 부근에서 가장 작았고 메탄 농도에 대한 폭발압력과 최대폭발압력 도달시간은 반비례 관계인 것을 실험적으로 확인할 수 있었다.

메탄의 연소반응에 있어서 11종(CO_2 , H_2O , O_2 , N_2 , CO , H_2 , O , OH , H , NO , N)의 연소 가스를 고려한 화학반응식을 제시하고 단열화염온도를 계산한 결과 최대 화염온도는 이론혼합비 (9.4 vol%)보다 높은 농도인 9.5 vol%에서 2018.75 °C의 값이 얻어졌다.

메탄가스의 폭발시에 생성되는 연소가스의 물분율을 가스농도에 따라 계산한 결과, 농도로 증가할수록 산소(O_2)가 급격히 감소하고 CO 가 반대로 증가하여 불완전연소가 급증하는 것을 알 수 있었으며 연소반응에 관여하지 않는 N_2 는 가스농도에 관계없이 일정하게 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

초기압력 조건이 메탄의 화염온도에 미치는 영향을 계산한 결과 이론혼합비에서 초기 압력에 의한 영향이 가장 크며 이론혼합비보다 농도가 증가하거나 감소하는 경우에는 영향이 감소하고 있다. 특히 이론혼합비 이외의 농도에서는 초기압력이 10 atm 이상이 되면 단열화염온도에의 영향이 무시될 정도로 작았다.

메탄의 농도 변화에 따른 폭발압력(Pm)을 추정하기 위해서 단열화염온도 및 각 분자종의 물분율(Mole fraction)를 고려한 $P_m = \{(\sum n_i RT) / V_0\}$ 의 식을 이용하여 계산한 결과 메탄 농도 8~12 vol%에서 폭발압력의 실험값은 계산값과 거의 일치하였지만 그 이외의 폭발한계농도에서는 큰 오차를 나타냈다.

동일 폭발사고시나리오에 대하여 TNT Equivalent model, TNO Multi-Energy model, Baker-Strehlow model의 계산결과를 분석한 결과 250 m 이상의 거리에서는 각 모델 간의 차이가 거의 없음을 확인할 수 있다.

200 m 이하의 거리에서 폭발과압은 Multi-Energy model과 Baker Strehlow model의 결과는 0.24~0.25 bar로서 거의 같았으며, Equivalent TNT Mass model의 결과는 0.06 bar로서 실제보다 과소평가되고 있음을 확인할 수 있었다. 따라서 계산 결과를 실제 사고피해 상황과 비교, 검토 하면 모델의 적용 및 활용성 향상이 가능할 것으로 판단된다

본 연구를 통해 메탄 누출에 의한 폭발피해영향평가를 3차원 공간을 가정한 사업장을 대상으로 실시하여 폭발과압에 의한 폭심으로부터의 거리에 따른 건물 및 사람에 대한 피해확률분석을 실시하였으며 이러한 결과를 통하여 사고조사 및 안전대책에 활용할 수 있음을 확인하였다.

활용방안 및 기대성과

■ 활용방안

- 화학물질의 화재폭발 피해예측평가 정보를 제공하여 동종 화학사고 예방, 화재폭발 피해평가의 정량적인 위험성 정보를 통한 공정시설 및 근로자의 안전확보 활용방안 제시

■ 기대성과

- 화학사고의 피해예측 및 화학물질의 폭발위험성 조사를 위한 기초자료 제공

중 심 어

화학물질, 가스폭발, 폭발압력, 화염온도, 화염속도, 폭발시물레이션

참고문헌

- Brasie W.C. and Simpson D.W., "Guidelines for Estimating Damage from Chemical Explosions", Symp. on Loss Prevention in Process Industries, 63rd AIChE Meeting, St. Louis, Missouri, USA. (1968)
- Berg van den A.C., "The Multi-Energy Method. A Framework for Vapour Cloud Explosion Blast Prediction", J. Hazard. Mater. 12:1-10, (1985).
- Eggen, J.B.M.M., Development of Guidance for the Application of the Multi-energy Method, TNO Prins Maurits Laboratory, The Netherlands, (1998).
- Mercx, W.P.M., Van den Berg, A.C., Hayhurst, C.J., Robertson, N.J., Moran, K.C., Developments in vapour cloud explosion blast modelling, J. Hazard, 71, 301-319 (2000).
- Turner, T. and Sari, A., Vapor Cloud Explosion Prediction Methods - Comparison of TNO Multi-Energy (ME) and Baker-Strehlow-Tang (BST) Models in Terms of Vulnerability of Structural Damage Caused by an Explosion. Structures Congress, 177-188 (2012).

연구책임자 : 산업안전보건연구원 화학물질센터 한우섭

연 락 처 : 042-869-0321, hanpaule@kosha.or.kr

연구보고서는 우리 연구원
인터넷 홈페이지(<http://oshri.kosha.or.kr>)에서 보실 수 있습니다.

본 요약집에 기재된 내용은 연구책임자의 개인적인 견해이며,
우리 연구원의 공식 견해와 다를 수 있음을 알려드립니다.

산업안전보건연구원 원장

2015 산업안전보건연구 요약집

(2016-연구원-226)

발 행 일 : 2016년 3월
발 행 인 : 산업안전보건연구원 원장 권혁면
발 행 처 : 안전보건공단 산업안전보건연구원
주 소 : (44429) 울산광역시 중구 중가로 400
전 화 : 052)7030-816
F A X : 052)7030-331
Homepage : <http://oshri.kosha.or.kr>
