

OSH 안전보건 이슈리포트 ISSUE REPORT

[안전보건 연구동향 Vol.9 No.1, 통권66호]

- 양질의 일자리는 근로자의 건강을 보장할 수 있는가?
- IT를 활용한 안전기술과의 융합 방안
- 건설업 근로자 업무상 질병 발생 특성
- 만성흡입독성 시험시설을 이용한 발암물질 확인 및 평가체계 구축 방안
- 나노기술의 사회적윤리적 책무성과 작업장에서의 제조나노물질 위해도 관리





산업안전보건연구원은 설립 이후 산업현장 사고 예방과 직업병 예방 연구를 수행하는 공공 연구기관으로서의 역할을 충실히 수행했을 뿐만 아니라, 근로자의 삶의 질을 향상시키고 양질의 노동력을 보존하여 사회경제적 이익을 창출하기 위해 노력해왔습니다.

비록 지난 10년간 정체되어 있던 0.7%대 재해율이 2012년 이후 0.5%대로 진입하는 큰 성과를 거두었지만 산업현장의 고도화, 다양화로 인해 위험요소는 크게 증가하고 있으며, 새로운 유해 화학물질로 인한 지속적인 직업병 발생, 선진국에 비해 높은 사망 만인율 등 아직도 안전보건 확보를 위해 해결해야 할 문제가 산적해 있습니다.

이에 우리 연구원에서는 산업안전보건과 관련된 시급하고 중요한 국내·외의 다양한 정보와 동향을 선제적으로 파악하여 정부, 학계 등의 안전보건정책 의사 결정자에게 알려드리고, 안전보건 정책을 선도할 수 있는 선제적 연구과제를 발굴하여 단기 및 중·장기 안전보건 연구과제에 반영하기 위한 목적으로 이슈리포트를 발간합니다.

OSH 안전보건 이슈리포트 ISSUE REPORT

[안전보건 연구동향 Vol.9 No.1, 통권66호]

OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH RESEARCH INSTITUTE



2015년 3월 30일 발행
발행처 : 산업안전보건연구원
발행인 : 권혁면
ISSN 1976-345X
052-703-0815
oshri.kosha.or.kr

CONTENTS

- 양질의 일자리는 근로자의 건강을 보장할 수 있는가?.....2
- IT를 활용한 안전기술과의 융합 방안.....7
- 건설업 근로자 업무상 질병 발생 특성.....14
- 만성흡입독성 시험시설을 이용한 발암물질 확인 및 평가체계 구축 방안.....22
- 나노기술의 사회적·윤리적 책무성과 작업장에서의 제조나노물질 위해도 관리.....30

※ 게재된 내용은 필자의 개인적 견해이며, 우리 연구원의 공식 견해와 다를 수 있습니다.

 본고는 <http://oshri.kosha.or.kr>에서 다운받아 보실 수 있습니다.

양질의 일자리는 근로자의 건강을 보장할 수 있는가?

안전보건정책연구실 정책제도연구팀 서동현 연구원

요 약 문

- **배경 및 문제점:** 우리나라에서 1990년대 기업들이 경영합리화운동을 적극적으로 전개하면서 노동의 인간화에 대한 다양한 연구와 시도가 있었으며, 최근 정부에서는 양질의 일자리 창출을 위해 많은 노력을 기울이고 있다. 이러한 흐름과 함께 산업안전보건의 관점에서 양질의 일자리가 근로자의 건강을 보장할 수 있는지에 대해서는 검토해볼 필요가 있다.
- **목적:** 양질의 일자리가 어떤 일자리를 의미하는지를 알아보고, 양질의 일자리를 측정하기 위한 측정지표 등을 통해 양질의 일자리가 산업안전보건의 관점에서 어떤 의미가 있는지 검토해 보고자 하였다.
- **조사 및 분석내용:** 국내 연구소와 국제노동기구에서 정의하는 양질의 일자리에 대해 조사한 결과 우리나라와 국제사회에서 추구하는 양질의 일자리 개념에 차이가 있었다. 우리나라의 양질의 일자리 개념에는 임금과 고용형태에 대한 사항이 주를 차지하였고, 국제노동기구의 양질의 일자리 판정 기준에는 임금과 고용형태 외에 안전한 작업환경 등의 다양한 조건이 포함되어 있었다.
- **정책제언:** 세계에서 최장시간 근로하고 있는 우리나라 근로자의 현실과 감정노동 등에 따른 스트레스가 문제가 되고 있는 현실을 고려할 때 양질의 일자리의 조건으로 안전보건 관련 사항은 반드시 반영되어야 할 것이다.



I. 서론

현대 독일 사회에서 노동의 질 개선을 위한 노동정책상의 대표적인 시도는 1970년대에 진행되었던 ‘노동의 인간화(Humanisierung der Arbeit)’ 운동이라 할 수 있다. 이는 당시 집권당이었던 사회민주당과 노동조합이 협력하여 파편화되고 비인간화된 노동의 성격을 인간적이고 친노동자적인 것으로 재구축하려는 시도였다. 이러한 노동의 인간화에 대한 흐름은 1980년대와 90년에 다소 소강상태에 빠졌다가, 2000년대 이후 노동의 성격과 노동시장의 성격이 변화하면서 독일 노동운동 진영 내에서는 지난 70년대 노동의 질을 향상시키려 했던 시도들을 계승하려는 움직임이 나타났다. 이는 소위 ‘좋은 노동’ 혹은 ‘양질의 일자리’로 명명되는 흐름으로 날로 악화되어 가는 노동의 질을 상대적으로 미시적인 노동정책의 이슈들을 중심으로 개선하려는 실천적인 기획이었다. 또한, ILO를 비롯하여 국제적으로 양질의 일자리(decent work)를 향한 노력이 추진된 것에 발맞춘 것이기도 했다(박명준, 2010).

우리나라에서도 1990년대 기업들이 경영합리화운동을 적극적으로 전개하면서 노동의 인간화에 대한 다양한 연구와 시도가 있었으며(박준식 외, 1997), 최근 정부에서는 양질의 일자리 창출을 위해 많은 노력을 기울이고 있다. 이러한 흐름과 함께 산업안전보건의 관점에서 양질의 일자리가 근로자의 건강을 보장할 수 있는지에 대해서는 검토해볼 필요가 있다.



II. 우리나라에서 의미하는 양질의 일자리란?

우리 정부는 최근 양질의 일자리 창출이라는 표현을 자주 사용하고 있다. 그렇다면 양질의 일자리는 어떤 일자리를 의미하는가?

삼성경제연구소는 양질의 일자리를 ‘명목 임금 기준으로 전체 평균임금 수준을 상회하는 산업 부문에서 창출되는 일자리’라고 정의하였고, 한국경영자총협회는 ‘정규직이면서 임금이 평균치보다 20% 정도 높은 일자리’라고 하였다. 한국개발연구원은 ‘30대 대기업 집단, 공기업, 금융업’이라 하였고, 한국교육개발원에서 ‘정규직 대기업 취업자에 포함되는 자’라고 하였다(표1). 이처럼 우리나라에서 양질의 일자리 기준은 대부분 임금이 높은 정규직이라는 개념이 강하다.

‘양질의 시간제 일자리’에 대해서는 현대경제연구원의 보고서에서 ‘개인의 자발적 수요에 맞고, 전일제 근로자와 임금·복지후생 등에 있어 차별이 없으며, 4대 보험 등 기본적인 근로조건이 보장되는 일자리를 의미한다’고 정의하고 있는데(이준협, 2013) 정부에서도 이 개념을 인용하여 사용하고 있다(이종훈 외, 2013). 이는 앞서 설명한 양질의 일자리에 대한 각 기관들의 정의보다는 좀 더 인간다운 삶에 접근한 개념이라고 볼 수 있겠다.

그렇다면 산업안전보건의 측면에서 고임금의 정규직 일자리가 모두 안전하고 쾌적한 일자리라고 볼 수 있는지와 외국에서는 양질의 일자리를 어떻게 정의하고 있는지에 대해서도 살펴볼 필요가 있다.

[표1] 기관별 양질의 일자리 정의*

기 관	정 의
삼성경제연구소	명목임금 기준 전체 평균 임금 수준을 상회하는 산업 부문에서 창출되는 일자리
한국경영자총협회	정규직이면서 임금이 평균치보다 약 20% 정도 더 높은 일자리
한국개발연구원	30대 대기업 집단, 공기업, 금융업
한국교육개발원	정규직 대기업 취업자에 포함되는 자 등

* 출처 : 양질의 일자리 수급상황 및 대응방향(2011, 장광수 외)에서 재인용



III. 국제노동기구(ILO)가 추구하는 양질의 일자리란?

국제노동기구(International Labour Organization, 이하 ILO)에서는 1999년 제87차 국제노동회의(International Labour Conference 87th Session 1999)에서 “자유롭고 공평하며 안전하고 인간적 품위가 존중되는 조건 속에서 남녀 모두 종사하는 양질의(decent) 생산적인(productive) 일 자리를 제공하는 것이 ILO가 당면한 최우선 목표”라고 언급한 바 있다(옥우석, 2010).

여기서, ILO가 제시하는 양질의 일자리의 개념은 크게 노동기회(opportunities for work), 고용선택의 자유(freedom of choice of employment), 생산적인 노동(productive work), 노동에서의 평등(equity in work), 고용안정(security of work), 노동에서의 존엄성(dignity at work) 등을 포함한다. 이외에도 양질의 일자리 확대를 통해 얻을 수 있는 국가경제 및 사회의 발전, 노동성과의 제고 등을 의미하는 거시경제사회적 함의 또한 중요시한다(Anker et al., 2002; 황준욱, 2005). 이러한 내용을 바탕으로 ILO에서는 양질의 일자리 측정을 위해 11개의 영역에서 다양한 지표를 제시하였다(황준욱, 2005; 한국직업능력개발원, 2008).



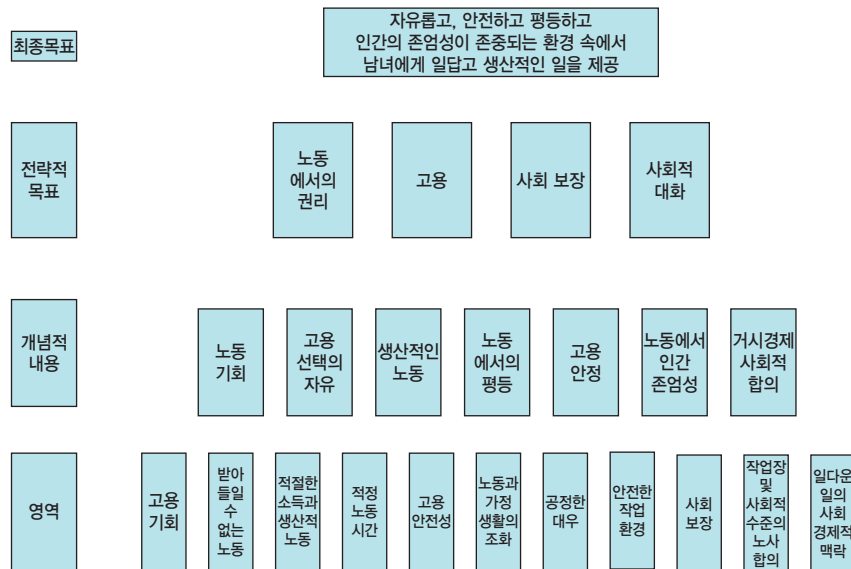
IV. ILO의 양질의 일자리 측정지표

양질의 일자리 측정을 위해 ILO에서 제시한 지표 영역은 아래와 같다(황준욱, 2005).

1. 고용기회(employment opportunities)
2. 받아들이기 수 없는 노동(unacceptable work)
3. 적절한 소득과 생산적 노동(adequate earnings and productive work)
4. 적정 노동시간(decent hours)
5. 고용 안정성(stability and security of work)
6. 노동과 가정생활의 조화(balancing work and family life)
7. 공정한 대우(fair treatment in employment and at work)
8. 안전한 작업환경(safe work environment)

9. 사회보장(social protection)
10. 작업장 및 사회적 수준의 노사협의(social dialogue and workplace relations)
11. 양질의 일자리의 사회경제적 상황(economic and social context of decent work)

[그림1]에는 양질의 일자리에 대한 개념도를 나타내었는데, 이를 보면 우리나라와 국제사회에서 추구하는 양질의 일자리 개념에 차이가 있음을 알 수 있다. ILO의 양질의 일자리 판정 기준에는 임금과 고용형태 외에 안전한 작업환경 등의 다양한 조건이 포함되어 있다.



[그림1] 양질의 일자리 구조*

* 출처 : 일다운 일(decent work)'에 대한 발전적 논의(황준욱, 2005)



V. 결론 및 제언

앞서 언급한 것처럼 우리나라에서 추진하고 있는 양질의 일자리 개념과 ILO에서 추진하고 있는 양질의 일자리의 개념에는 차이가 있다. 우리나라의 양질의 일자리 개념에는 임금과 고용형태에 대한 사항이 주를 차지하고, 근로자의 신체적·정신적 건강을 보장하고 인간다운 삶을 영위할 수 있는 사항은 언급되어 있지 않다. 세계에서 최장시간 근로하고 있는 우리나라 근로자의 현실과 감정 노동 등에 따른 스트레스가 문제가 되고 있는 현실을 고려할 때 양질의 일자리의 조건으로 안전보건 관련 사항은 반드시 반영되어야 할 것이다.



참고문헌

박명준. 2010. 독일 노동조합 양질의 일자리 정책과 실천. 전국금속노동조합

박준식, 정이환, 이민영, 인수범, 박수진, 박명준. 1997. 노동의 인간화. 한국노동사회연구소

옥우석. 2010. ILO 양질의 일자리(Decent Work) 측정지표 분석 및 정책적 시사점 연구. 고용노동부

이중훈, 민현주. 양질의 시간제 일자리 창출을 위한 정책토론회 자료집. 2013. 국회의원정책토론회 자료집

이준협. 2013. 「시간제 일자리의 실상과 대응방안 - 양질의 시간제 일자리 늘리는데 초점 맞춰야」, 현대경제연구원 『경제주평』13-29(통권 546호)

장광수, 임진, 김상훈. 2011. 양질의 일자리 수급상황 및 대응방향. 한국은행

황준욱. 2005. ILO의 '일다운 일(decent work)'에 대한 발전적 논의'. 노동리뷰 2005년 4월호(통권 제4호): 21-34

한국직업능력개발원. 2008. 일자리 선진화 전략(연구보고서)

Anker, R. I. Chernyshev, P. Egger, F. Mehran and J. Ritter. 2002. ILO Policy Statistical Development and Analysis Group Working Paper No.2

IT를 활용한 안전기술과의 융합 방안

안전연구실 최상원 연구위원

요 약 문

- **배경 및 문제점:** 신규채용이 줄어 젊은 인재가 부족하고, 전후세대의 대량퇴직이 예견되고 있다. 이에 따라 산업현장에서는 담당업무 범위의 확대·다기능화, 기술의 블랙박스화, 체계적인 교육의 어려움, 근로자의 숙련도 상대적 저하, 현장의 정보를 축적한 안전관리의 노하우 손실 등 다양한 문제에 의해 산업안전보건 수준의 저하가 염려된다. 이러한 문제에 대응하기 위하여 근래 들어 비약적으로 발전하고 있는 IT(태블릿 PC, PDA 등의 휴대정보 단말기, RFID/USN/ICT, 데이터베이스 시스템 등)를 활용한 안전보건관리 기법의 도입을 위한 기반 구축에 대한 필요성이 제기된다.
- **목적:** IT를 활용한 안전기술 구축을 위하여 국내외적으로 실시하였거나 계획 중인 IT기술과 산업안전으로의 접목 가능성을 고려한 연구자료에 대한 실태조사 및 검토를 통해 향후 IT를 활용한 안전기술의 연구·개발 과제 및 안전보건정책을 제안하고자 한다.
- **조사 및 분석내용:** IT를 활용한 안전기술 구축을 위해 국내외적으로 이미 개발 또는 개발 중인 IT기술과 산업안전으로의 접목 가능성을 고려한 관련 연구자료(‘차세대 USN 기반의 스마트 사회안전 프레임워크 기술 개발’ 등 스마트폰 융합을 포함한 190여건)를 검토·분류하여 향후 중점 추진과제와 로드맵으로 작성하였으며, 분류된 IT 기술을 산업안전보건법, 개인정보보호법 정비·반영 여부 그리고 IT, ICT, RFID, USN 및 스마트폰 등 환경변화에 대응하는 연구방향 수립과 산업현장의 설비와 근로자의 안전성 향상에 필요한 공학안전분야 테마 발굴을 통하여 안전정책 제안, 안전분야 중장기 연구 계획을 제시하였다.
- **정책제언:** IT와 안전기술과의 접목을 위하여 국내외적으로 이미 개발 또는 개발 중인 IT 기술과 산업안전으로의 접목 가능성을 고려하여 분류된 중점 추진과제(15건)를 효과적으로 추진하기 위해서는 범부처간의 융합 및 협업이 필요하며, 산업안전기술로의 활성화, 산업현장을 모니터링(구급, 구난 등) 하는 과정에서 위치정보를 수집하는 경우 등 “개인정보보호법”, “위치정보법”에서 제외되는 정보의 요건을 구체화하여 개인정보의 수집·이용 기준을 완화할 필요가 있다.
- **향후계획:** 기 개발된 ‘스마트폰 융합 근로자 안전활동 감지장치’의 실용화를 추진하고, IT기술에서 IT와 안전기술과의 사례 연구는 공학안전을 기반으로 하는 기술개발, 연구, 적용사례로 한정할 수밖에 없었기 때문에 향후 공학안전 이외의 분야에 대하여도 조사할 필요가 있다.



I. 배경 및 문제점

최근 고용의 유동화나 취업형태의 다양화, 설비의 자동화, 에너지절약·집약화의 발전, 아웃소싱의 진보 등에 의한 혼재작업의 증가 등 근로자를 에워싸는 상황은 큰 변화를 보이고 있다. 신규채용이 줄어 젊은 인재가 부족하고, 전후세대의 대량퇴직이 예견되고 있다. 이에 따라 산업현장에서는 담당업무 범위의 확대·다기능화, 기술의 블랙박스화, 체계적인 교육의 어려움, 근로자의 숙련도 상대적 저하, 현장의 정보를 축적한 안전관리의 노하우 손실 등 다양한 문제에 의해 산업안전보건 수준의 저하가 염려된다. 이러한 문제에 대응하기 위하여 근래 들어 비약적으로 발전하고 있는 IT(태블릿 PC, PDA 등의 휴대정보 단말기, RFID/USN/ICT, 데이터베이스 시스템 등)를 활용한 안전보건관리 기법의 도입을 위한 기반 구축에 대한 필요성이 제기된다.

더불어 4차 산업 혁명으로 명명되는 Industry 4.0은 제조업과 ICT 등의 융합을 통해 미래형 생산체제로 변화되며, 생산과 서비스 요소 간 네트워크로 연결되어 정보를 교환함으로써 최적화된 생산, 기계 스스로 통제하는 ‘스마트 공장’의 실현에 부응할 수 있는 안전관리 기술의 검토도 선행되어야 한다. USN은 ICT 기반으로 주위 모든 사물을 연결하여 사람과 사물, 사물과 사물 간에 정보를 교류하고 상호 소통하는 인프라로 ‘안전’, ‘헬스 케어’, ‘스마트 홈’, ‘스마트 카’, ‘원격 점검’ 등에 적용되고 있으며, 국민행복형 4대 융합 신산업 정책(산업통산자원부, 2013. 3 안전분야; 빅 데이터 활용 재난대비 시스템, 재난·재해 감시·인명구조로봇 등) 및 초연결 디지털 혁명의 선도 국가 실현을 위한 사물인터넷 기본계획(미래창조과학부, 2014. 8)과 연계한 IT 융합과 안전의 활성화를 적극적으로 모색하여야 한다.



II. 목적

본 연구에서는 IT를 활용한 안전기술 구축을 위하여 국내외적으로 실시하였거나 계획 중인 IT기술과 산업안전으로의 접목 가능성을 고려한 연구자료에 대한 실태조사 및 검토를 통해 향후 IT를 활용한 안전기술의 연구·개발 과제 및 안전보건정책을 제안하고자 한다.



III. 조사 및 분석내용

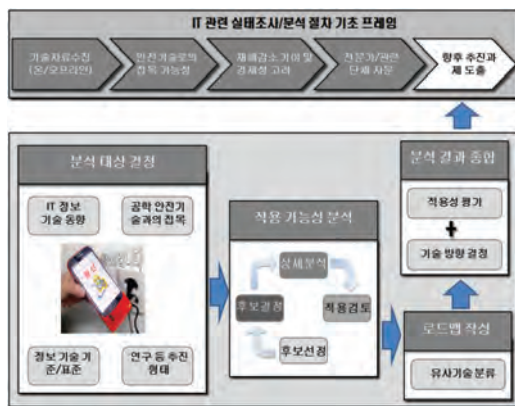
IT기술과 산업안전 접목 가능성을 고려한 연구자료 분석 및 검토

IT는 크게 정보처리 장치, 통신, 데이터의 3분야로 나뉘며, IT를 활용한 안전기술 구축을 위해 본 연구에서는 공학안전 중심의 IT를 활용한 안전기술 구축을 위한 사례 발굴 및 Mapping을 위하여 설비 중심, 근로자 중심, 수동적 안전시스템, 능동적 안전시스템, 학계 중심, 산업계 중심, 공공연구

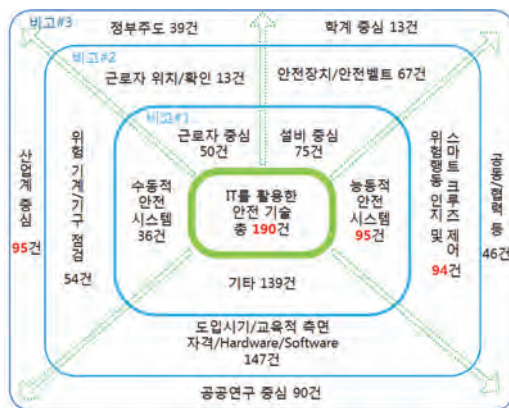
중심, 선·후행 기술, 교육적 측면·기술자격 등으로 검토 및 분류하였다.

국내외적으로 이미 개발 또는 개발 중인 IT기술과 산업안전으로의 접목 가능성을 고려한 관련 연구자료(‘차세대 USN 기반의 스마트 사회안전 프레임워크 기술 개발’ 등 스마트 융합 포함 190여 건)를 검토하였다. 중점 추진 과제를 도출하기 위한 기초 프레임은 [그림 1], 로드맵을 통한 분류는 [그림 2]에 나타내었다.

실태조사 및 분석절차는 온·오프라인에서의 자료수집, 안전기술로의 접목 가능성, 재해감소 기여 및 경제성 고려, 전문가·관련단체 자문을 통하였으며, 특히 한국사물인터넷협회, 사단법인 정보산업협회, 대학(한국산업기술대, 고려대, 울산대, 가천대 등), 정부·공공연구기관(한국산업기술시험원, 한국전자통신연구원, 한국건설기술연구원, 전자부품연구원, 한국소방산업기술원, 한국법제연구원 등), 관련 기업·단체의 전문가 집단의 자문을 구하였다. 또한 우리 연구원과 MOU를 체결한 일본 노동안전위생종합연구소와 정보교류·자문을 통하였다.



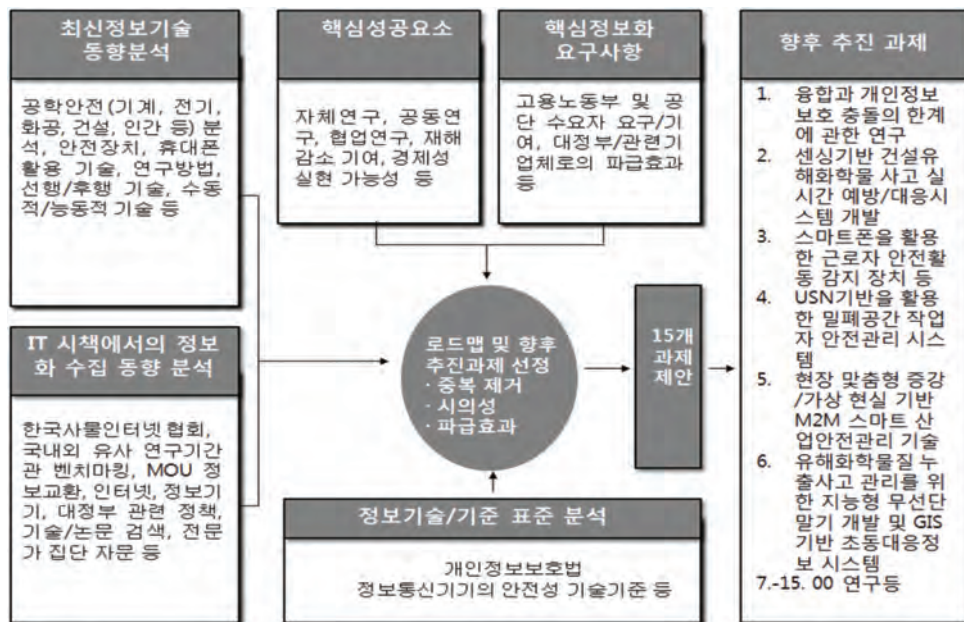
[그림1] IT관련 실태조사 및 분석 절차 기초 프레임



[그림2] 로드맵을 통한 분류

중점 추진과제와 로드맵 작성을 통하여 안전정책 및 중장기 연구계획 제안

분류된 IT 기술을 산업안전보건법, 개인정보보호법 정비·반영 여부 그리고 IT, ICT, RFID, USN 및 스마트폰 등 환경변화에 대응하는 연구방향 수립과 산업현장의 설비와 근로자의 안전성 향상에 필요한 공학안전분야 테마 발굴을 통하여 안전정책 및 안전분야 중장기 연구계획을 제안하였다. [그림 3]은 로드 맵 및 향후 추진과제 선정을 위한 절차로서 최신정보기술 동향분석, IT 시책에서의 정보화 수집 동향분석, 정보기술·기준 표준분석, 핵심성공요인·핵심정보화 요구사항을 통하여 15개의 향후 중점 추진과제와 로드맵을 작성하였다.



[그림3] 로드 맵 및 향후 추진과제 선정을 위한 절차

[표 1]은 안전기술 구축을 위한 중점 추진과제(15개) 목록 예시를 나타낸 것으로 세부적인 필요성, 효과 등에 대해서는 'IT를 활용한 안전기술 구축을 위한 실태조사 연구(산업안전보건연구원 연구보고서, 2014)를 참고한다.

[표1] 안전기술 구축을 위한 중점 추진 과제 목록

사업 / 과제명	추진형태
센싱기반 건설유해화학물 사고 실시간 예방·대응시스템	공공, 공동, 산학
철로 내 선로변 작업자를 위한 안전 서비스	공동, 산학
USN 기반을 활용한 밀폐공간 작업자 안전관리 시스템	공동, 학계
조선업·화학·건설 등 작업자(근로자)/플랜트 산업안전관리 IoT (USN) 서비스	기업, 공동
RFID 기반을 활용한 운송차량의 추적관리 통합시스템 개발	공동, 산학
실시간 위치인식기술을 적용한 대형건설현장 안전관리 시스템	공공, 공동
복합센서를 이용한 이동형 안전관리장비	기업, 공동
화학공장 제어용 스마트폰 어플(최종적)	공동, 기업
원격카메라를 이용한 안전관리·점검 지원기술 개발	환경관리공단
네비게이션 기능을 제공하는 스마트 헬멧	공공, 기업
스마트폰 융합 근로자 안전활동 감지장치	자체, KOSHA
휴대폰을 활용한 화산 감지 및 경보장치	자체, KOSHA
휴대폰을 활용한 각종 물성측정용 키트 개발	자체, KOSHA
Navigation을 응용한 위험관리 시스템	공동, 기업
시뮬레이션 기법을 활용한 화학사고 예방연구	자체, KOSHA

IT를 활용한 안전기술 구축을 위해 제도적·정책적·기술적 고려사항 도출

IT를 활용한 안전기술 구축을 위한 실태조사 및 전문가 회의·자문을 통해 제도적, 정책적, 기술적인 고려사항이 도출되었다.

1) 제도적 고려사항

근로자의 안전을 위해 안전장비 등에 산업안전분야 IT융합 기술 및 서비스 적용 시 근로자의 개인정보를 수집해야 하는데, 우리나라 현행 “개인정보보호법”상 개인정보의 수집·이용의 엄격한 기준에 의해 기존에 개발된 USN을 활용한 산업안전관련 서비스의 제공이 어려울 뿐 만 아니라, 개인정보 침해 부담으로 관련 산업의 새로운 시장 창출의 지연이 우려된다. 이에, 개인정보의 수집·이용 기준 완화를 통해 USN 기술 이용을 활성화하고 USN 기술과 개인정보보호 간 적절한 균형이 가능하도록 관련 규정 개선이 필요하다. “위치정보의 보호 및 이용 등에 관한 법률” 제15조 제1항에 따르면 “이동성 있는 물건의 위치정보를 수집·이용·제공하기 위해서는 이동하는 물건의 소유자 등 당사자로부터 동의를 받아야 한다.”고 규정하고 있어 이에 해당되게 되면 규제대상에 포함된다. GPS를 이용한 개인위치추적정보, 맥박 측정과 같은 민감정보, 사생활정보는 개인정보 보호법(위치정보)과 상충되기 때문에 개방단계에서 충분한 사전검토가 필요하다.

2) 정책적 고려사항

IT기업에서 ‘산업안전보건법’, ‘고압가스 안전관리법’, ‘유해화학물질 관리법’, ‘선박안전법’, ‘소방 시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률’ 등과 하위 제도에 대한 이해 부족으로 기술개발 및 제품화 시 과다한 시간과 비용이 발생된다. 특히, 업종별 산업현장과 관련된 법제도 이해가 매우 어렵다. 실태조사를 바탕으로 한 연구결과를 대 정부부처 및 관련기관으로 전파하여 기술개발·정책연구 등 예산확보의 근거로 활용하여야 한다. 산업안전 및 IT 기술과의 접목을 위한 법, 제도, 기준을 포함하는 연구방향에 대한 구체적인 로드맵을 작성할 필요가 있다.

다양한 각계각층의 전문가를 구성하여 실용적인 접목방안이 도출되도록 주기적인 회의도 필요하다. 산업안전·안전기술로의 한정되어 있는 연구범위를 예산·연구기간이 허락되는 여건에서 좀 더 광범위하게 조사해볼 필요가 있다. 국내뿐만 아니라 해외의 사례도 적극적으로 조사해볼 필요성을 제기한다.

3) 기술적 고려사항

산업안전 및 IT 기술과의 접목을 위한 접근 방법은 경제성, 기술의 보편성을 감안하여 접근하여야 한다. 전후세대의 대량퇴직에 따른 재해율 증가의 우려, 신규 채용자의 감소에 따른 경력직 근로자와 신입근로자 간의 기술 전수기간의 필요성(약 5년 필요), 고령근로자가 습득한 지식을 IT 기기를 이용하여 인력난, 지식전달, 신속성에 중점을 두어 개발되어야 한다. 조선업에서의 IT 활용사례는 약 7년간의 연구과제를 통하여 개발되었다. 작업자·이동차량의 출입 및 이동에 관한 것이며, 산업

안전에 필요한 특정 위험지역으로의 작업자·차량의 접근방지를 위한 기능의 추가 개발이 필요하다. 무선 LAN, PDA, UNS, RFID, 원격감시장치, 화상처리장치, 카메라 등 IT기기·정보를 적극적으로 활용하여야 한다. 예를 들면 일정범위에서 사용자 메시지를 전송하는 비콘(Beacon) 서비스 기술을 화학공장의 위험설비(매뉴얼, 안전조치 등)에 적용하면 매우 유익할 것으로 판단된다.



Ⅳ. 정책제언

IT와 안전기술과의 접목을 위한 중점 추진과제의 효과적인 추진방향 제시

실태조사 및 자문회의 등을 통하여 IT와 안전기술과의 접목을 위하여 국내외적으로 이미 개발 또는 개발 중인 IT기술과 산업안전으로의 접목 가능성을 고려하여 분류된 설비안전과 근로자 안전중심으로 한 향후 중점 추진과제로 15건을 효과적으로 추진하기 위해서는 융합·협업을 통하여 시너지 효과를 거두어야 하며, 범부처·민간 수요 기반의 IT 유망서비스 발굴에 적극 참여, 정보교류, 표준화 협력에 산업현장의 재해예방 기술을 포함하도록 개선하여야 한다.

ICT 특별법에 따른 ‘정보통신전략위원회’, ‘(가칭)초연결사회 포럼’ 등에 보다 적극적인 관심과 모니터링을 통하여 IT 관련기술을 산업안전으로 접목을 시도하여야 한다. 또한 산업설비 및 장치, 근로자 안전에 관련된 국제표준의 부합화 및 KOSHA GUIDE로 도입을 위하여 주도적으로 관여하여야 한다.

범부처간의 협업·협력을 통해 IT 융합과 안전의 활성화 모색

분석된 자료를 바탕으로 선정한 향후 추진 과제를 추진함에 있어서는 우리연구원, 공단, 고용노동부, 산업현장뿐만 아니라 타 부처, 연구기관과의 중장기 계획 반영, 협업·협력에 의한 예산절감 등 시너지 효과를 얻기 위하여 산업통산자원부의 “국민행복형 4대 융합 신산업 정책”과 미래창조과학부의 “초연결 디지털 혁명의 선도국가 실현을 위한 사물인터넷 기본계획”과 연계한 IT 융합과 안전의 활성화를 적극적으로 모색하여야 한다.

개인정보보호법의 개정 필요성

개인정보의 수집·이용 기준 완화를 통한 산업안전 기술로의 활성화 및 사물위치정보의 수집·이용에 대한 당사자 동의 면제에 대하여는 산업현장을 모니터링(구급, 구난 등) 하는 과정에서 정보 수집의 대상이 되는 물건의 소유자로부터 동의를 얻는 것 자체가 사실상 불가능하고, 위치 정보를 수집하는 경우 정보 수집 대상이 특정 개인임을 식별할 수 있기 때문에 개인위치정보가 아닌 사물위치정보의 수집·이용에 대해서 당사자 동의를 면제해 주는 등 “개인정보보호법”, “위치정보법”에서 제외되는 정보의 요건을 구체화할 필요가 있다.

위치기반 서비스 사업자는 신고제이나 위치정보사업자(사람/물건 모두)는 허가제이므로, GPS/RFID를 이용한 개인위치추적정보, 맥박 측정과 같은 민감정보, 사생활정보는 개인정보법(위치정보) 이용한 건설현장의 안전모 턱 끈 확인 장치는 위치 추적을 하지 않고 단지 턱 끈 착탈만 확인하는 경우에는 개인정보법 접촉을 받지 않을 수 있으나, 확실한건 안전을 위해 당사자의 동의를 받아야 된다. 예를 들면, 역으로 해당 작업자가 동의하지 않으면 작업장에 투입하지 않는 방법도 고려해 보거나, 일반안전모를 고집하는 근로자는 사고 시 배상책임한계를 낮추는 조치를 포함시키는 것도 하나의 고려 방안이 될 수 있다.



V. 향후과제

IT와 안전기술과의 실태조사를 통하여 파악할 수 있었던 것은 IT기술은 말 그대로 무궁무진하며, 우리가 사는 주위를 IT환경이라고 해도 과언이 아닐 정도라는 점이다. 이 많은 IT기술에서 IT와 안전기술과의 사례 연구는 공학안전을 기반으로 하는 기술개발, 연구, 적용사례로 한정할 수밖에 없었기 때문에 향후 공학안전 이외의 분야에 대하여도 조사할 필요가 있다.

또한, 기 개발된 ‘스마트폰 융합 근로자 안전활동 감지장치’의 실용화를 통해 개인정보 보호의 범위를 위축시키지 않는 범위에서 근로자의 안전활동을 위하여 의식을 잃을 정도의 질식, 상해 사고 등 근로자가 일정시간 동안 움직이지 않을 경우 감독자에게 휴대폰을 통하여(경보·경광) 알려 사망사고를 미연에 방지하는 사전조치를 취함으로써 관련 재해감소 예방에 기여될 것으로 판단된다. 향후 현장실험 등을 통하여 나타난 문제점과, 탑재구조, 전원회로의 소형화 또는 타 용도로의 활용성 등을 보완·검토한 후 참여기업으로의 기술이전을 통하여 사업장 등에 널리 활용되도록 하여야 한다.



참고문헌

- 최상원. IT를 활용한 안전기술 구축을 위한 실태조사 연구. 산업안전보건연구원 연구보고서 2014.
- 2013년 R&D 협업네트워크 정책제안보고서 II, 한국산업기술진흥원 2013.
- 산업융합 활성화를 위한 규제개혁 세미나, 국민경제자문위원회·과학기술정책연구원 2014.
- 사물인터넷 사업협력 제1차 워크숍 자료, 2014.
- 사물인터넷포럼 창립기념 세미나 자료, 2014.
- ICT 융합 전기산업 기술 표준 워크샵, 산업통상자원부 기술표준원, 2013. 12. 10.
- “ICT를 모든 산업에 접목하여 창조경제를 실현한다”, 한국과총 Webzine, 2015. 01. 29.
- ICTを活用した安全衛生管理システム構築の手引き, 労働安全衛生総合研究所安全資料, 独立行政法人労働安全衛生総合研究所, JNIOHS-SD-NO. 24, 2009.
- “IT市場の變化と今後のトレンド”, ソリューションフロンティア, pp. 6-9, 2013. 1.

건설업 근로자 업무상 질병 발생 특성

직업환경연구실 박현희 연구위원

요 약 문

- ◎ **배경 및 문제점:** 건설업 근로자는 다양한 화학물질, 분진, 소음 등에 노출되고 중량물 취급에 따른 근골격계 질환 발생 위험도가 매우 높은 업종이나(이인섭 등, 2011; 장재길 등, 2012), 그동안 제조업과 다른 작업장 특성상 보건관리에 어려움이 많았다. 2015년 1월 1일부터 공사금액 800억 원 이상(토목공사 1,000억 원)인 건설현장의 경우 보건관리자 선임을 의무화 하도록 산업안전보건법 시행령이 개정되었으나(개정 2013.8.6), 건설업 업무상질환의 발생 특성 등에 대해서는 알려져 있지 못하다.
- ◎ **목적:** 과거 10년간 건설업에서 발생한 업무상 질병 발생현황을 전체산업의 업무상 질병 발생현황과 비교하여 건설업 업무상 질병 발생의 특성을 파악하였으며, 이를 통해 건설업 보건관리 방안을 제시하고 정책을 수립하는 기초자료로 활용하고자 한다.
- ◎ **조사 및 분석내용:** 건설업 업무상 질병의 연도별 발생특성을 살펴보면, 장기노출에 의해 발병하는 업무상 질병(소음성 난청, 진폐, 유기화합물 및 중금속으로 인한 질병, 신체부담작업에 의한 근골격계질환 등)이 전체산업에서는 감소하는 추세이나 건설업에서는 증가하고 있었다. 또한 건설업의 업무상 질병 발생은 50인 미만 사업장이 전체 발생의 72%를 차지하고 있어 재해 발생의 대부분이 소규모 하청업체 건설 근로자임을 알 수 있고, 건설업 근로자 대부분이 근속기간이 짧은 일용직 근로자이나 동일 직종의 작업을 지속적으로 수행하여 유해인자에 반복 노출되는 특성이 있다.
- ◎ **정책제언:** 그동안 과소평가되고 있었던 업무상 질병의 정확한 진단을 위하여 제조업과는 차별화되는 건설업에 특화된 작업환경측정 및 특수건강진단 제도 시행이 필요하며, 보건관리자 선임 의무화를 시행하고 있는 800억 원(토목공사 1,000억 원) 이상인 건설현장의 원청에서 하청업체 근로자까지 보건관리를 실시할 수 있도록 제도화할 필요가 있다. 또한 직종별 유해인자 노출 모니터링을 지속적으로 할 수 있는 시스템 마련을 위해 현재 건설업 근로자들에게 교육카드를 발급하여 개인별 교육수료 여부를 확인하는 카드시스템에 특수건강검진과 작업환경측정 결과를 입력하여 관리할 수 있는 방안을 마련하여야 한다.
- ◎ **향후계획:** 우리나라 근로자의 건강하고 안전한 일자리 조성을 위한 취약계층을 파악하고 이를 산업안전보건분야의 정책의 기초자료로 활용하기 위한 추가 연구가 필요하다.



I. 배경 및 문제점

건설업 근로자는 다양한 화학물질, 분진, 소음 등에 노출되고 중량물 취급에 따른 근골격계 질환 발생 위험도가 매우 높은 업종이다(이인섭 등, 2011[1] 장재길 등, 2012[2]). 또한, 건설일용 근로자의 망간중독, 근골격계질환, 플랜트건설 일용 근로자의 화학물질 중독 등 건설업의 업무상 질병은 지속적으로 문제가 제기되어 왔으나(권영준, 2005[3]), 그동안 제조업과 다른 작업장 특성상 보건 관리에 어려움이 많았다.

건설업 근로자의 업무상 질병 발생현황을 국가별로 살펴보면, 건설업 근로자 100,000명당 미국은 132.5명, 일본은 31.1명으로 상당히 높은 수준이나 우리나라는 8.6명으로 매우 낮은 특성을 보이고 있어 우리나라 건설업 근로자의 업무상 질병 발견이 제대로 이루어지지 않고 내재되어 있을 가능성이 있다고 보고하였다(정무수 등, 2001). 또한, 2012년 12월을 기준으로 볼 때, 건설업 근로자는 전체산업 재해보험 적용대상 근로자(15,548,423명)의 약 17.9%(2,786,587명)를 차지하고 있었고, 재해자 발생 비율은 전체 재해자(2012년 12월 기준 92,256명)의 약 25.3%(23,349명)로 근로자 수에 비하여 높았다.

반면, 업무상 질병의 경우는 전체 업무상 질병자(2012년 12월 기준 7,472명)의 약 8.97%(2012년 12월 기준 670 명)로 근로자수와 비교하여 매우 낮은 편이었다(한국산업안전보건공단 산업재해통계 자료). 그동안 건설업은 안전관리자 선임의무만 있었고 보건관리자 선임의무는 없었으나, 2015년 1월 1일부터 공사금액 800억 원 이상(토목공사 1,000억 원)인 건설현장의 경우 보건관리자 선임을 의무화 하도록 산업안전보건법 시행령이 개정되어(개정 2013.8.6) 건설업 보건관리를 체계적으로 시행할 수 있는 기초가 마련되었다.



II. 목적

본 연구에서는 과거 건설업에서 발생한 업무상 질병 발생현황을 전체산업의 업무상 질병 발생현황과 비교해 봄으로써, 건설업 업무상 질병 발생의 특성을 파악하고자 하였으며, 이를 통해 건설업 보건관리 방안을 제시하고 정책을 수립하는 기초자료로 활용하고자 한다.



III. 조사 및 분석내용

건설업 업무상 질병 발생 현황

업무상 질병 현황 분석자료는 2003년부터 2012년까지 10년간 발생한 업무상 질병자 통계자료를 한국산업안전보건공단 데이터베이스(근로복지공단 요양결정 자료)를 사용하여 전체산업과 건설업

에서 발생하는 업무상 질병을 비교 분석하였다. 업무상 질병은 산업재해 통계 데이터베이스 분류 기준에 따라 20개 질병(소음성 난청, 진폐, 진동장해, 이상기압, 물리적 인자로 인한 질병, 유기 화합물, 중금속, 직업성 천식, 석면, 세균·바이러스, 직업성 암, 직업성 피부질환, 뇌혈관질환, 심혈관질환, 정신질환, 간질환, 사고성 요통, 비사고성 요통, 수근관증후군, 신체부담작업으로 인한 질병)으로 분류하여 구분하였다.

최근 10년간 발생한 업무상 질병은 총 88,492명으로 사망자 9,949명(11.24%), 이환자 78,543명(88.76%)이었으며, 이 중 건설업은 6,134명으로 전체 업무상 질병의 6.93%를 차지하고 있었다. 사망자는 783명으로 전체산업의 7.87%, 이환자는 5,351명으로 전체산업의 6.81%를 차지하고 있었다.

전체산업 중 건설업이 차지하는 업무상 질병 분포는 2003년 4.52%에 그치던 것이 해마다 증가하여 2006년에 7.06%, 2012년에는 8.97%로 증가하였다. 이러한 증가의 원인에는 사고성 요통이 업무상 질병으로 분류된 2006년에 급격히 증가한 것으로 보아 건설업에서 사고성 요통이 타 산업에 비교하여 높게 발생되었음을 알 수 있다.[Table 1]

건설업에서 발생하는 업무상 질병(2003년~2012년) 발생을 살펴보면 사고성 요통(2,393명, 39.01%)이 가장 많이 발생하였으며 뇌혈관질환(1,346명, 21.94%), 비사고성 요통(887명, 14.46%), 신체부담작업(536명, 8.74%), 진폐(257명, 4.19%), 심장질환(243명, 3.96%), 세균, 바이러스(127명, 2.07%)순으로 나타났다. 사망자는 뇌혈관 질환 및 심장질환이 총 681명으로 전체 사망자의 86.97 %를 차지하고, 이환자의 경우 사고성 요통, 비사고성 요통, 신체에 부담을 주는 작업이 총 3,773명으로 전체 이환자의 71.3%를 차지하였다.[Table 2]

전체산업은 사고성 요통(22,309명, 25.21%)이 가장 많이 발생하였고, 다음으로 신체에 부담을 주는 작업(17,495명, 19.77%), 비사고성 요통(14,037명, 15.86%), 진폐(13,293명, 15.02%), 뇌혈관 질환(10,767명, 12.17%), 소음성 난청(2,625명, 2.97%), 심장질환(2,399명, 2.71%)순으로 나타났다. 사망자는 뇌혈관 질환 및 심장질환이 총 5,031명으로 전체 사망자의 50.57%를 차지하고, 진폐가 4,170명으로 41.91%를 차지하고 있었다. 이환자의 경우 사고성 요통, 비사고성 요통, 신체에 부담을 주는 작업이 총 53,841명으로 전체 이환자의 68.55%를 차지하였다.[Table 2]

[Table 1] Occupational diseases occurrence by year in South Korea (2003–2012)

구분		합계	년도 (재해자수)									
			2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
전체 업무상 질병자	전체산업	88,492	9,130	9,183	7,495	10,235	11,472	9,734	8,721	7,803	7,247	7,472
	건설업	6,134	413	376	294	723	966	747	731	619	595	670
	건설업/전체산업(%)	6.93	4.52	4.09	3.92	7.06	8.42	7.67	8.38	7.93	8.21	8.97
사망자	전체산업	9,949	1,390	1,288	1,095	1,121	1,023	974	780	817	731	730
	건설업	783	128	127	85	93	91	78	47	55	44	35
	건설업/전체산업(%)	7.87	9.21	9.86	7.76	8.30	8.90	8.01	6.03	6.73	6.02	4.79
이환자	전체산업	78,543	7,740	7,895	6,400	9,114	10,449	8,760	7,941	6,986	6,516	6,742
	건설업	5,351	285	249	209	630	875	669	684	564	551	635
	건설업/전체산업(%)	6.81	3.68	3.15	3.27	6.91	8.37	7.64	8.61	8.07	8.46	9.42

[Table 2] Occupational diseases occurrence in recent 10 years by industry in South Korea (2003~2012)

업무상 질병명 (질병원인)	년도 (재해자수)							
	전체 산업				건설업			
	합계(사망+이환)	사망	이환	%	합계(사망+이환)	사망	이환	%
소음성 난청	2,625	0	2,625	2.97	53	0	53	0.86
진폐증	13,293	4,170	9,123	15.02	257	22	235	4.19
진동 장애	138	0	138	0.16	4	0	4	0.07
이상기압	34	0	34	0.04	24	0	24	0.39
물리적 인자	120	17	103	0.14	26	12	14	0.42
유기화합물	551	116	435	0.62	52	13	39	0.85
중금속	88	16	72	0.10	3	0	3	0.05
직업성 천식	59	6	53	0.07	0	0	0	0.00
석면	169	93	76	0.19	19	11	8	0.31
세균, 바이러스	1,808	70	1,738	2.04	127	5	122	2.07
직업성 암	115	66	49	0.13	16	9	7	0.26
피부질환	199	0	199	0.22	28	0	28	0.46
기타 직업병	60	14	46	0.07	5	2	3	0.08
뇌혈관 질환	10,767	3,212	7,555	12.17	1,346	484	862	21.94
심장 질환	2,399	1,819	580	2.71	243	197	46	3.96
정신 질환	228	62	166	0.26	14	3	11	0.23
간 질환	31	25	6	0.04	2	1	1	0.03
사고성 요통	22,309	0	22,309	25.21	2,393	0	2,393	39.01
비사고성 요통	14,037	0	14,037	15.86	887	0	887	14.46
수근관증후군	533	0	533	0.60	16	0	16	0.26
신체부담작업	17,495	0	17,495	19.77	536	0	536	8.74
기타	1,434	263	1,171	1.62	83	24	59	1.35
합계	88,492	9,949	78,543	100	6,134	783	5,351	100

건설업 업무상 질병의 연도별 변화 추이

전체산업과 건설업에서의 발생 추이를 연도별, 규모별, 근속기간별로 구분하여 추세선 분석(Microsoft Office Excel 2007)을 이용하여 분석하였다. 전체산업의 업무상 질병 발생은 2003년 9,130명에서 2012년 7,472명으로 연간 평균 약 200여명이 감소하는 추세를 나타내고 있다($y = -201.3x + 9956.3$, $R^2 = 0.1946$), 반면, 건설업의 경우 2003년 413명에서 2012년 670명으로 연간 평균 약 30여명이 증가하는 추세를 나타내고 있다($y = 31.976x + 437.53$, $R^2 = 0.2279$)[Table 1, 3]. 전체산업과 건설업에서의 업무상 질병 발생을 질병 종류에 따라 살펴보면 소음성 난청, 진폐, 유기화합물로 인한 질병, 중금속으로 인한 질병, 신체부담 작업에 의한 근골격계질환은 전체 산업에서는 감소하는 추세를 보였으나 건설업에는 증가하는 추세를 나타내었다.

석면, 세균, 바이러스에 의한 질병, 직업성 암, 직업성 피부질환, 정신질환, 간질환, 비사고성 요통, 수근관증후군은 전체 산업과 건설업에서 모두 증가하는 추세를 나타내었고 뇌혈관질환, 심혈관질환, 사고성 요통, 이상기압에 의한 질환은 전체산업과 건설업에서 모두 감소하는 추세를 보였다.

다만, 자료가 업무상 질병 통계결과로 실험결과 자료와 같이 높은 결정계수를 보이지는 못하였으며, 사회학적 자료에서 사용하는 결정계수 수준으로 자료의 해석이 가능함 한계점이 있다.

[Table 3] Occupational diseases yearly occurrence trend line (2003–2012)

업무상 질병명	전체 산업		건설업	
	추세선	R ²	추세선	R ²
소음성 난청	$y = -4.4545x + 287$	0.1593	$y = 1.0121x - 0.2667$	0.7156
진폐증	$y = -107.42x + 1920.1$	0.637	$y = 5.6424x - 5.3333$	0.7411
진동장해	$y = 0.6424x + 10.267$	0.0808	$y = -0.0485x + 0.6667$	0.0808
이상기압	$y = -0.1455x + 4.2$	0.1212	$y = -0.0485x + 2.6667$	0.0087
물리적 인자	$y = 1.2x + 5.4$	0.1593	$y = 0.0242x + 2.4667$	0.0007
유기화합물	$y = -5.1212x + 83.267$	0.1835	$y = 0.2545x + 3.8$	0.0142
중금속	$y = -1.8182x + 18.8$	0.746	$y = 0.0182x + 0.2$	0.013
석면	$y = 1.8485x + 6.7333$	0.527	$y = 0.2121x + 0.7333$	0.0954
세균, 바이러스	$y = 9.0303x + 131.13$	0.085	$y = 1.2909x + 5.6$	0.0624
직업성 암	$y = 5.1212x - 16.667$	0.6274	$y = 0.7152x - 2.3333$	0.5523
직업성 피부질환	$y = 2.297x + 7.2667$	0.3116	$y = 0.5091x$	0.7747
뇌혈관질환	$y = -198.84x + 2170.3$	0.9462	$y = -25.891x + 277$	0.9106
심장질환	$y = -28.394x + 396.07$	0.7535	$y = -3.4485x + 43.267$	0.862
정신질환	$y = 3.2848x + 4.7333$	0.5008	$y = 0.3394x - 0.4667$	0.6599
간질환	$y = 0.1879x + 2.0667$	0.0572	$y = 0.0121x + 0.1333$	0.0076
사고성 요통	$y = -378.79x + 5838.5$	0.3969	$y = -38.036 + 608.11$	0.3108
비 사고성 요통	$y = 39.885x + 1184.3$	0.0393	$y = 14.939x + 6.5333$	0.3762
수근관증후군	$y = 19.958x - 56.467$	0.5503	$y = 0.5576x - 1.4667$	0.375
소음성 신체부담작업	$y = -179.76x + 2738.2$	0.6907	$y = 6.9576x + 15.333$	0.7322
Total	$y = -201.3x + 9956.3$	0.1946	$y = 31.976x + 437.53$	0.2279

건설업 업무상 질병 발생 현황 고찰

건설업에서 발생한 업무상 질병 발생을 전체산업과 비교하여 보면, 소음성 난청, 진폐, 유기화합물 및 중금속으로 인한 질병, 신체부담작업에 의한 근골격계질환 등 장기노출에 의해 발병하는 업무상 질병이 전체산업에서는 감소하는 추세이나 건설업에서는 증가하고 있었다. 그동안 건설업은 뇌혈관질환과 사고성 요통과 같이 발견 당시 질병으로 인정되는 사고성 업무상 질병이 대부분을 차지하였고 장기 노출에 의한 질병을 인정받기에 어려움이 많았다. 그러나 최근 법안 개정과 함께 건설보건의 중요성에 대해 관심이 높아지면서 중량물 준수, 고령자 관리 등과 같은 건설업 사고성 업무상 질병 예방 대책마련과 더불어 장기 노출로 질병이 발생할 수 있는 다양한 건설현장 유해인자에 대한 평가 및 체계적인 보건관리시스템 마련이 필요하다.

그동안 우리의 산업안전보건체제는 제조 사업장과 정규직 근로자를 대상으로 형성되어져 왔다. 심규범(2012)[4]은 작업환경이 끊임없이 변화하고 일용 근로자가 대부분인 건설현장에 대해 제조업에 특화된 안전보건시스템을 적용하여서는 작업장의 개선을 이룰 수 없으며 새로운 산업안전보건 접근방법을 모색하여야 한다고 하였다.

Moore JT 등(2013[5])은 건설업에서의 업무상 부상은 보고율이 낮은 특성이 있다고 하였는데, 실제 발생한 재해사례 135건을 조사한 결과, 27%의 보고가 이루어지지 않았고 보고되지 않은 주요 원인으로 건설현장에서는 부상의 정도가 작다고 느끼거나, 산업재해 보고에 따른 불이익 등을 우려한 결과라고 하였다.

van der Molen HF 등(2013[6])의 연구에서는 건설 근로자들의 부상을 방지하기 위하여 법 규정의 강화, 안전 캠페인, 교육 프로그램, 안전점검, 약물복용 금지(drug-free) 작업장 시행 등의 방안을 적용하여 개선여부를 평가한 결과, 법 규정을 강화하였을 때 오히려 적은 수이기는 하지만 상당한 의미가 있는 정도로 부상자가 증가 하였고, 안전 캠페인을 하였을 때 사업장 수준에서는 감소하였고 지역별 수준에서는 증가하였다고 하였다. 교육을 실시한 경우와 안전점검을 실시하였을 때에는 의미 있는 증감률을 보이지는 않았다고 보고하였다. 다만, 약물복용 금지 작업장을 시행하였을 때에는 업무상 부상자가 사업장 수준에서 연간 100명 당 7.6명(95% CI 11.2-4.0) 감소하였고, 그 다음 해에는 100명 당 2명(95% CI 3.5-0.5) 감소하였다고 보고하였다. 저자는 법 규정의 강화나 단편적인 안전 캠페인, 안전점검 등은 건설현장에서의 재해를 감소하는데 도움이 되지 않으며 다만, 다양한 면을 고려한 안전 캠페인과 약물복용 금지 프로그램이 건설 근로자들의 부상자 감소에 도움을 줄 수 있다고 보고하였다.

고용노동부에서는 2015년 1월 1일부터 공사금액 800억 원 이상인 건설현장의 경우 보건관리자

선임을 의무화하는 산업안전보건법 시행령을 개정하여 건설업 보건관리에 대한 법안을 강화하였다. 그러나, 국내 건설업의 업무상 질병 발생은 50인 미만 사업장이 전체 업무상 질병 발생의 72%를 차지하고 있어, 재해 발생의 대부분이 소규모 하청업체 건설 근로자임을 알 수 있다. 따라서, 보건관리자 선임 의무화를 시행하고 있는 800억 원(토목공사 1,000억 원) 이상인 건설현장의 원청에서 하청업체에 대한 보건관리에 대한 책임을 다하지 않는다면 보건관리자의 선임의무가 건설업 근로자의 업무상 질병을 예방하는데 어려움이 예상된다.

또한, 건설업의 업무상 질병 발생 근로자들의 근속기간이 매우 짧은 것이 특징으로 이는 대부분의 건설업 종사자가 일용직이기에 발생한 현상이다. 일용직 근로자라 하더라도 동일 직종의 작업을 지속적으로 수행하여 유해인자에 반복 노출되게 되는데 이러한 작업군에 대한 노출 모니터링을 지속적으로 할 수 있는 시스템 마련이 필요하다. 현재 건설업 근로자들에게 교육카드를 발급하여 개인별 교육수료여부를 확인하는 시스템이 운영 중으로 이러한 카드시스템에 특수건강검진과 작업환경측정 결과를 입력하여 관리할 수 있는 방안을 마련하여야 한다.

IV. 정책제언

건설업에서 발생한 업무상질병의 발생 특성을 살펴본 결과는 다음과 같이 정리할 수 있었다.

- 1) 건설업 업무상 질병의 연도별 발생특성을 살펴보면, 장기노출에 의해 발병하는 업무상 질병(소음성 난청, 진폐, 유기화합물 및 중금속으로 인한 질병, 신체부담작업에 의한 근골격계질환 등)이 전체산업에서는 감소하는 추세이나 건설업에서는 증가하고 있었다. 그동안 과소평가되고 있었던 업무상 질병의 정확한 진단을 위하여 제조업과는 차별화되는 건설업에 특화된 작업환경 측정 및 특수건강진단 제도 시행이 필요하다.
- 2) 건설업의 업무상 질병 발생은 50인 미만 사업장이 전체 발생의 72%를 차지하고 있으므로 소규모 건설현장의 업무상 질병을 예방하기 위한 관리방안이 필요하다. 보건관리자 선임 의무화를 시행하고 있는 800억 원(토목공사 1,000억 원) 이상인 건설현장의 원청에서 하청업체 근로자까지 보건관리를 실시할 수 있도록 제도화할 필요가 있다.
- 3) 건설업 근로자는 대부분이 근속기간이 짧은 일용직 근로자이나 동일 직종의 작업을 지속적으로 수행하여 유해인자에 반복 노출되는 특성이 있으므로, 직종별 유해인자 노출 모니터링을 지속적으로 할 수 있는 시스템 마련 및 직종별 유해인자 노출 매트릭스(Job Matrix) 연구가 필요하다.



참고문헌

1. Lee IS. Health mangement mannual for construction workers (1). Research Report of Occupational Safety and Health Research Institutes, 2011.
- 2.. Jang JK. Health mangement mannual for construction workers (2). Research Report of Occupational Safety and Health Research Institutes, 2012.
3. Gwon YJ.. Risk assessment of harmful chemical in construction site and study on health care management methods, research report of labor ministry, 2005.
4. Shim GB. Main problems and suggestions on occupational safety and hygiene in construction sites. J Korean Soc Occup Environ Hyg. 2012;22(4):329-336
5. Moore JT, Cigularov KP, Sampson JM, Rosecrance JC, Chen PY. Construction workers' reasons for not reporting work-related injuries: an exploratory study. Int J Occup Saf Ergon. 2013;19(1):97-105
6. van der Milen HF, Lehtola MM, Lappalainen J, Hoonakker PL, Haslam R, Hale AR, Frings-Dresen MH. Cochran Database Syst Rev. 2012, Dec 12;12:CD006251

만성흡입독성 시험시설을 이용한 발암물질 확인 및 평가 체계 구축 방안

화학물질센터 독성연구팀 임철홍 팀장

요 약 문

- ◎ **배경 및 문제점:** 암은 사람을 사망에 이르게 하는 치명적인 질환이지만 발암물질에 수 년 이상 노출된 후에야 확인되기 때문에 발암성이 확인된 때에는 이미 많은 사람이 노출되어 치명적인 결과가 야기된 이후이다. 이러한 사실은 발암물질로부터 근로자를 보호하기 위해서는 발암성시험을 통한 예방적 차원의 발암성 물질 확인 및 관리체계가 필요함을 의미하며, 우리나라에서도 예방적 차원의 발암물질 확인 및 평가체계 구축이 필요하다.
- ◎ **목적:** 외국에서의 발암물질 확인 및 관리체계를 벤치마킹하여 우리나라에 적용 가능한 발암물질 관리시스템을 제안하고자 하였다.
- ◎ **조사 및 분석내용:** 외국에서의 발암성시험 및 이를 통한 발암물질 관리시스템을 조사하였다. 첫째, UN산하의 IARC는 1972년부터 발암물질 보고서(monograph)를 작성하여 현재 Group 1 116종, 2A 70종, 2B 285종을 확인하였다. 둘째, 미국은 1978년 의회명령에 의해 설립된 NTP(국가독성프로그램)에서 자체적으로 생산한 시험자료와 이용 가능한 기타 자료를 이용하여 발암물질보고서를 작성, 현재 발암확인물질 56종, 발암간주물질 188종을 확인하였다. 셋째, 유럽은 유럽화학물질청(ECHA)에서 사업주 등이 실시한 발암성시험보고서, 기타 이용 가능한 자료를 활용하여 1A 발암물질 336종, 1B 발암물질 681종, 2급 1발암물질 198종을 확인하고 있다. 넷째, 일본은 자체적으로 실시한 발암성시험을 중심으로 34종의 발암물질을 확인하여 관리하고 있다. 우리나라에서도 외국의 시스템을 벤치마킹하여 만성흡입독성 시험시설을 활용한 예방적 발암물질 확인 및 관리시스템을 운영해야 할 것으로 제안한다.
- ◎ **정책제언:** 고용노동부 차원의 발암물질 확인 및 관리시스템 운영을 위한 만성흡입독성시험과 평가체계의 통합운영 시스템 구축이 필요하다.
- ◎ **향후과제:** 산업안전보건연구원에서 신축하는 만성흡입독성 시험시설을 활용한 체계적이고 예방적 차원의 발암물질 확인 및 관리시스템을 운영할 계획이다.



I. 배경 및 문제점

암은 사람을 사망에 이르게 하는 치명적인 질환으로 우리나라에서는 2013년도에 7만 5천여 명이 암으로 사망하였다. NIOSH(National Institute of Occupational Safety and Health, 미국국립 산업보건연구원)에서는 전체 암의 4%가 화학물질에 의한 것으로 추정하고 있으며, 우리나라에서는 화학물질에 의한 것으로 의심되는 사례가 2013년 총 1,828건으로 조사되고 있다.

발암물질의 관리가 중요한 것은 암의 유해성이 치명적이기도 하지만 발암성은 대부분 수년이상 노출된 후에 확인되기 때문에 발암물질로부터 근로자를 보호할 수 있는 시간을 놓칠 수 있기 때문이다. 석면의 사례에서와 같이 발암성이 확인된 때에는 이미 많은 사람이 노출되어 돌이킬 수 없는 상황이 초래되어 사용이 중단되어도 일정기간 동안은 암환자가 오히려 증가하는 경우가 대부분이다. 당장 사용할 수 있는 안전한 대체물질이 없는 경우에는 그 피해가 더 심각하다. 따라서 발암물질로부터 근로자를 보호하기 위해서는 미리 유해성평가를 통하여 발암성을 확인하고, 발암성이 의심될 때에는 빠르게 대체물질의 개발 등의 노력을 기울여야 한다.

현재 우리나라 고용노동부에서는 발암물질로부터 근로자를 보호하기 위하여 14¹⁾종의 발암물질을 취급하는 업무에 종사한 근로자에게 건강관리수첩을 교부하여 퇴직 후에도 관리하고 있으며, 화학물질 및 물리적 인자의 노출기준이 정해진 물질에 대해서는 발암성정보를 제공하고 있다(발암성 1A 43종, 1B 44종, 2 96종). 그러나 현재의 발암성관리 시스템은 발암물질로부터 근로자를 보호하기에는 부족한 부분이 많다. 우리나라에서는 자동차 및 전자·통신 등 정보산업 등 새로운 화학물질의 사용이 많은 산업적 구조를 가지고 있어 신규화학물질, 나노물질 등 법으로 규제되지 않는 화학물질에 노출될 우려가 증가하고 있어 건강관리수첩의 교부와 같이 이미 발암물질로 확인된 물질을 중심으로 한 발암물질 관리시스템은 한계성을 가질 수밖에 없다.

산업현장에서 발암물질 확인을 포함한 예방적 차원의 발암물질 관리에 대한 요구는 증가하고 있으며, 그러한 노력은 발암물질 감시네트워크에서의 발암물질목록과 같은 가시적인 형태로 나타나기도 하였다. 따라서 예방적 발암물질 확인 및 관리시스템을 운영하고 있는 외국에서의 발암물질 관리에 대한 벤치마킹을 통한 우리나라에 적용 가능한 예방적 발암물질의 관리 시스템의 도입이 필요하다.

1) 1. 베타-나프틸아민 또는 그 염, 2. 벤지딘 또는 그 염, 3. 베릴륨 또는 그 화합물, 4. 비스-(클로로메틸)에테르, 5. 석면, 6. 벤조트리클로라이드, 7. 갱내 동력 사용 토석·광물 또는 암석 굴착 작업 등, 8. 염화비닐, 9. 크롬산·중크롬산 또는 이들 염, 10. 삼산화비소, 11. 니켈(니켈카보닐 포함), 12. 카드뮴 또는 그 화합물, 13. 벤젠, 14. 제철용 코크스 또는 제철용 가스발생로 제조



II. 목적

산업현장에서의 예방적 발암물질 확인 및 관리시스템 운영에 대한 요구가 증가하고 있다. 우리나라에서도 2012년 발암성물질 및 인자로 인한 직업성 위험요인의 예방 및 관리에 관한 ILO 협약에 비준함에 따라 작업장 발암물질의 체계적인 관리의 필요성이 증가하고 있다. 현재 산업안전보건 연구원에서는 만성흡입독성 시험시설을 구축하여 발암성시험 등 만성독성시험이 가능해졌다. 따라서 본 연구는 외국에서의 발암물질 관리체계를 벤치마킹하여 만성흡입독성 시험시설을 이용한 예방적 발암물질 확인 및 관리 시스템을 제안하기 위해 설치되었다.



III. 조사 및 분석내용

유엔 IARC(국제암연구소)의 발암물질 관리

IARC는 1965년 118차 World Health Assembly(세계건강회의)에서 발암물질 관리의 국가 간 차이를 극복하고 관리를 구체적으로 실시하기 위하여 설립되었다. IARC의 목적은 발암물질의 목록을 만드는 것이었으나, 추진과정에서 연구결과가 명확하고 의심의 여지가 없는 물질은 목록화가 가능하지만 발암성 평가는 다양한 측면이 고려되어야 한다는 점이 인정되어 보고서 형태인 모노그래프(monograph)를 작성하게 되었다. 발암성 평가는 작업반 그룹, 초청전문가, 국가 또는 국제 기구 대표, 참관인, IARC 사무국이 참여한 회의에서 결정된다. 작업반 그룹에서 발암성 평가를 위한 자료를 취합하고 평가하며, IARC 사무국은 보고서 작성 등을 지원한다. 초청전문가, 국가 등의 대표, 참관인은 제한된 역할을 하며, 평가결과에 영향을 주지는 않는다.

IARC의 발암성 평가는 1971년에 합의된 발암성 평가기준에 따라서 사람에게 암이 확인된 물질을 Group 1, 사람에게 암 유발 우려가 있는 물질은 Group 2A, 사람에게 암 유발 가능성이 있는 물질은 Group 2B, 발암물질로 구분할 수 없는 물질은 Group 3, 발암성이 의심되지 않는 물질은 Group 4로 구분한다. IARC의 이러한 분류체계는 현재 전 세계 발암물질 평가의 기본이 되고 있으며, 일반적으로 Group 1과 2A는 규제대상 발암물질, Group 2B는 관찰 또는 정보제공 발암물질로 관리된다. 1972년 처음 일부 무기물류(Inorganic Substances), 염소화탄화수소류(Chlorinated Hydrocarbons), 방향족 아민류(Aromatic Amines), N-니트로소 화합물류(N-Nitroso Compounds)와 천연 제품(Natural Products)의 모노그래프를 발표한 이후 현재까지 105편의 모노그래프를 통하여 978종의 화학물질 등에 대한 발암성 평가가 실시되어 현재 Group 1은 116종, 2A는 70종, 2B는 285종, 3은 506종, 4는 1종이다[표 1].

[표2] IARC에서의 발암성물질 구분 현황

Group	Definition	2014	1987 ^a	1982 ^b	1979 ^c
Group 1	Carcinogenic to humans	116	50	30	18
Group 2A	Probably carcinogenic to humans	70	37	14	6
Group 2B	Possibly carcinogenic to humans	285	159	47	12
Group 3	Not classifiable as to its carcinogenicity to humans	506	381	64	18
Group 4	Probably not carcinogenic to humans	1	1	0	0
Total		978	624	155	54

※ a, suppl. 7; b, suppl. 4; c, suppl. 1 기준

IARC는 평가대상 물질에 대한 발암성시험 등을 직접 실시하거나 지원하지 않고, 발표된 자료를 이용하여 평가한다. 사람에 대한 노출의 증거가 있거나 발암성에 대한 증거가 있는 물질에 대하여 특별고문단(Ad-hoc Advisory Group)에서 평가대상 물질을 선정하는데, 2014년부터 2019년까지 평가할 물질에 대한 목록이 권고되어 현재 평가가 이루어지고 있다.

미국 NTP(National Toxicology Program, 국가독성프로그램)의 발암물질 관리

미국에서 발암성 평가는 1978년 의회명령(Congressional Mandate)에 의해 실시되고 있다. 의회는 미국에서 유의하게 노출되는 발암물질의 목록이 포함된 연간보고서를 작성하도록 하였으며, 이 명령에 따라 설립된 NTP는 1980년 20종의 발암물질에 대한 평가보고서(이하 RoC, Report on Carcinogens)를 시작으로 2014년까지 13차에 걸쳐 개정하였으며, 현재 244종의 발암물질(발암확인물질 56종, 발암간주물질 188종)이 확인되었다[표 2].

[표2] 미국 NTP에서의 발암성 물질 구분 현황

Ver.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Year	1980	1981	1983	1985	1989	1991	1994	1998	2000	2002	2005	2011	2014
K	16	19	19	24	24	27	29	31	42	48	53	55	56
R	6	63	88	110	128	138	144	156	160	171	181	185	188
Total	20	82	107	134	152	165	173	187	202	219	234	240	244

NTP의 발암성 평가는 후보물질 추천 및 결정(착안보고서 작성 및 검토), 후보물질의 과학적 평가(모노그래프 초안 작성), 공개 및 모노그래프 초안 검토, 승인 및 발암성보고서 등재의 체계로 운영되고 있다. 발암성 평가 후보물질은 관보를 통해서 공표되는데, 2012년 1월에 14종, 2013년 9월에 20종의 후보물질이 공표되었으며, 이 중 1-bromopropane, cumene, pentachlorophenol, ortho-toluidine은 평가가 완료되어 13차 개정판에 반영되었으며, shiftwork involving light at night(주야간 교대근무), trichloroethylene, viruses, cobalt, goldenseal root powder은 현재 평가가 수행되고 있다[표 3].

[표3] 미국 관보에 공표된 발암성 평가 후보물질들

Federal Register/vol. 77, No 12 (2012, 1, 19)	Federal Register / Vol. 78, No. 183 (2013, 9, 20)
• alkenylbenzenes (selected dietary:estragole, myristicin, isosafrole) • 1-bromopropane • carbon black • cumene • diesel exhaust particulates • ethylbenzene • Helicobacter pylori • indium compounds • iron (excess) or iron overload • pentachlorophenol • shiftwork involving light at night • ortho-toluidine • trichloroethylene • uranium (depleted) • viruses (selected): Kaposi's	• Aloe vera whole leaf extract (Aloebarbadensis Miller) • 2-Butoxyethanol (CAS No. 111-76-2) • Chlorothalonil (2,4,5,6-tetrachloroisophthalonitrile)(CAS No. 1897-45-6) • Coconut diethanolamide (CAS No. 68603-42-9) • Cobalt (metal) (CAS No. 7440-48-6) • Decalin (CAS No. 91-17-8) • Ginkgo biloba extract • Goldenseal root powder (Hydrastis canadensis) • Kava kava extract • 2-Methylimidazole (CAS No. 693-98-1) • 4-Methylimidazole (CAS No. 822-36-6) • Methyl isobutyl ketone (CAS No. 108-10-1) • Nickel nanoparticles • Nitro polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) as a class • Perfluorooctanoic acids (PFOA) (CAS No. 335-67-1) • Polyacrylates • Pulegone (CAS No. 89-82-7) • Tetralin (CAS No. 119-64-2) • Tris-(1,3-dichloro-2-propyl) phosphate (chlorinated Tris, TDCPP) (CAS No. 13674-87-8) • Wood smoke

NTP는 발암성 평가가 필요하지만 발암성 평가 자료가 부족한 화학물질에 대해서는 직접 발암 시험성을 수행하고 있다. 발암성시험은 사람에게 노출되거나 독성이 의심되는 물질 중 사람에 대한 위험성을 평가하기 위해 외삽 또는 용량-반응 평가를 위한 자료가 부족한 경우에 실시한다. 시험 물질은 인터넷을 통하여 공개적으로 제안을 받으며, 제안을 받은 물질은 검토보고서를 작성하여 발암성평가의 필요성을 확인하고 검토보고서를 근거로 연구추진계획서를 작성한다. 연구추진계획서는 과학자문위원회에서 공개적으로 시험의 필요성 및 항목을 검토하여 확정한다. 발암성평가는 NTP가 설립되기 전 NCI(National Cancer Institute, 국립암연구소)에서 수행하던 것을 포함하여 현재까지 558건이 수행되었다[표 4].

[표4] 미국 NTP의 화학물질 발암성평가 실적

연도	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
물질	3	17	100	66	11	2	29	11	2	13	27	14	15	27	24	7	15	22	9	5
연도	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	계
물질	10	9	9	14	6	8	5	3	8	5	11	7	6	2	13	8	7	4	4	558

유럽 ECHA(European Chemical Agency, 유럽화학물질청)의 발암물질 관리

유럽에서의 발암물질 평가는 REACH(Registration, Evaluation, Authorisation and restriction of CHemicals, 화학물질평가법)법에 의해 설립된 ECHA를 중심으로 이루어진다. 유럽의 초기 화학물질 정책은 화학제품의 교류 촉진을 위한 정보제공에 중점을 두어 1970년대 중반까지 화학물질은 특별한 규제 없이 자유롭게 유통되었지만 DDT사건 등에 의한 녹색운동의 영향으로 1979년에는 신규화학물질의 유해성평가 제도(사업주 의무)가 도입되었으며, 1993년에는 국가주도의 기존화학물질의 유해성평가 제도가 도입되었다. 그러나 국가주도의 기존화학물질 유해성평가는 매우 느리게 추진되었으며, 사업주의 의무가 강한 신규화학물질의 유해성평가 제도는 안전한 대체물질의 개발을 막는 부작용이 나타나게 되어 2001년 미래의 화학물질 정책 전략 백서가 발표되고, 이를 근거로 2006년 REACH법이 제정되었다.

유럽은 발암성, 생식독성, 변이원성을 일으키는 물질을 CMR(Carcinogenic, Mutagenic or Toxic to reproduction)로 지정하여 사실상 동등하게 관리하기 때문에 발암물질 관리를 따로 구분하기는 어렵다. 유럽에서는 1994년 지침을 통하여 발암성 1급 22종, 2급 71종을 처음으로 공표하였으며, 현재는 ECHA를 통하여 발암성 1A 물질 336종, 1B 물질 681종이 확인되고 있다.

유럽에서는 발암물질을 포함한 CMR을 SVHC(Substances of Very High Concern for Authorisation, 고우려물질) 후보물질로 관리하여 평가결과에 따라 장기적으로 사용이 금지되는 것을 전제로 한 허가대상물질로 지정하고 있다. 당분간은 이용 가능한 자료에 근거하여 CMR로 의심되는 물질에 대해서만 평가하고 있는 데, 현재까지 161종의 SVHC 후보물질이 확인 되었으며, 이 중 31종에 대해서는 허가대상으로 지정되었다[표 5].

[표5] 유럽의 고우려물질(SVHC) 후보물질 지정 현황

연도	2014	2013	2012	2011	2000	2009	2008	계
물질수	10	13	67	28	29	0	14	161

일본 후생노동성의 발암물질 관리

일본의 발암물질 확인 및 관리는 1977년 노동안전위생법을 개정하여 화학물질의 유해성조사 제도를 도입하면서부터라고 할 수 있다. 후생노동성은 유해성조사 제도를 도입하여 사업주에게 변이원성물질 확인을 위한 신규화학물질 유해성조사를 실시하도록 하였으며, 기존화학물질에 대해서는 1982년 흡입독성과 유전독성연구에 특화된 일본바이오앗세이연구센터(이하 바이오앗세이센터)를 설치하여 직접 변이원성물질과 발암성물질을 확인하고 있다. 현재 1,000종의 변이원성 물질(신규화학물질 831종, 기존화학물질 169종)과 34종의 발암물질을 확인하여 이들 물질에 대해

서는 노출 방지대책, 작업환경측정, 노동위생교육, 라벨의 표시, 물질안전보건자료 교부, 기록의 저장 등에 대한 지침을 제공하고 있다.

후생노동성은 화학물질에 의한 직업 관련성 질병이 지속적으로 발생하는 것에 대한 조치를 강구하기 위하여 2006년 노동안전위생법 제100조(보고 등), 노동안전위생규칙 제95조의 6(유해물질 노출작업 보고)에 기초하여 유해물질 노출작업 신고제도를 신설하여 비규제 화학물질에 대해서도 유해성이 큰 경우에는 위험성평가를 실시하고 있다. 위험성평가는 화학물질의 위험성평가에 관한 기획 검토회(이하 기획검토회), 화학물질의 위험성평가 검토회(이하 위험성검토회), 화학물질의 건강장해방지대책에 관한 검토회(이하 건강대책검토회)를 통하여 이루어지며 위험성평가 대상물질의 선정 및 관리 논의(기획검토회), 위험성평가(유해성검토회), 규제방법 등의 조치방안을 제시(건강대책검토회) 하고 있다.

현재 발암물질 확인도 위험성평가 체계에 편입되어 기획검토회에서 발암성시험 대상물질을 선정하고, 바이오앰세이센터에서 발암성시험을 실시하며, 위험성검토회에서 발암성시험 결과를 검토하고, 그 결과에 따라 건강대책검토회 및 기획검토회에서 규제수준 등 관리방안 결정하는 체계로 이루어지고 있다. 일본에서 수행한 발암성시험 건수와 발암성물질로 관리되는 물질 수는 아래 [표 6]과 같다.

[표6] 일본의 발암성시험 수행 물질 수 및 발암성 관리 물질 수

연도	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	계
물질수	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2	2	2	1	2	2	3	5	2	3	2	2	2	2	2	2	2	50
규제수					1	1	1	1	2		4					2			1	5					8	8	34

외국 제도운영의 시사점

발암물질 관리에 대한 필요성은 이미 1965년부터 유엔 차원에서 인정되어 IARC에서 발암물질 모노그래프와 목록이 관리되고 있다. 이와 함께 미국, 일본 등 선진국에서는 1970년대에 이미 발암성시험을 통한 발암물질 확인과 관리체계를 구축하였으며, 유럽 또한 강력한 발암물질 관리 시스템을 운영하고 있다. 우리나라의 경우에도 건강관리수첩의 교부, 노출기준설정 물질에 대한 발암성등급 정보 제공 등 발암물질에 대한 관리가 이루어지고 있었으나, 예방적 차원의 포괄적인 발암물질 관리에 대한 필요성 또한 증가하고 있다.

따라서, 우리나라에서도 외국의 사례를 벤치마킹하여 발암물질을 확인하는 시스템과 발암성평가 및 관리가 통합된 시스템의 구축이 필요한 시점이다. 산업안전보건연구원에서 추진하고 있는 만성 흡입독성 시험시설과 발암물질 관리시스템이 연계된다면 우리나라에서도 선진국 수준의 발암물질 관리체계가 운영될 것으로 기대된다.



IV. 정책제언

미국에서는 1970년대 초반부터 국가에서 발암성시험을 실시하였으며, 1980년부터는 의회명령에 따라 정기적으로 발암물질보고서 RoC(Report on Carcinogens)를 발표하고 있으며, 일본에서도 1980년 초부터 발암성시험을 실시하여 발암성이 확인된 화학물질에 대해서는 1991년부터 발암물질에 대한 관리지침을 제공하고 있다.

발암물질의 평가 및 관리에 있어 미국은 NTP에서 직접 발암성시험을 수행한 물질과 발암성시험을 직접 수행하지는 않았지만 발암성 평가를 위해 이용 가능한 정보가 있는 물질 모두에 대하여 발암성평가를 수행하는 시스템을 운영하고 있으며, 일본은 국가에서 직접 시험을 수행한 물질에 대해서만 발암성을 평가하는 체계를 운영하여 왔다. 유럽은 발암성 등 독성시험의 의무를 사업주에게 부여하고 있어 국가에서 발암성시험을 직접 실시하고 있지는 않으나, 필요한 경우 사업주에게 발암성시험을 요구하거나 이용 가능한 발암성시험결과를 이용하여 평가를 실시하는 방법으로 허가물질 등을 관리하고 있다.

우리나라는 미국, 일본과 유사하게 국가에서 발암성시험을 수행하는 체계가 제안된다. 한편 선진국의 발암물질을 관리하는 관련근거가 명확하다. 즉, 의회명령(미국), 노동안전위생법(제58조 국가의 원조 등, 일본), REACH(유럽) 등과 같은 제도적 장치가 있다. 따라서 만성 흡입독성 시험시설을 이용한 발암성시험 및 평가의 안정적인 운영을 통하여 근로자의 직업성 암 예방에 기여하기 위해서는 우리나라에서도 제도적 근거에 기초한 발암성평가의 실시가 제안된다.



V. 향후과제

만성흡입독성 시험시설과 연계한 발암물질 목록관리 및 모노그래프 작성 체계가 구축되면 우리나라의 발암물질 관리시스템은 선진국수준으로 높아질 것이다. 이러한 시너지 효과를 제고하기 위하여 연구원에 발암성 평가 및 발암성시험 후보물질의 수집, 초기유해성 검토, 연구방향성 보고서 작성 및 검토가 체계적으로 이루어질 수 있도록 미국의 NTP 또는 일본 후생노동성의 위험성평가 검토회와 유사한 탄력형 조직이 구축되어야 할 것이다.



참고문헌

- 산업안전보건연구원. 중부권역의 화학물질에 의한 암발생 관리체계 운영. 2013
- 산업안전보건연구원. 남부권역의 화학물질에 의한 암발생 관리체계 운영. 2013
- 발암물질감시네트워크. 발암물질목록1.0. 2010
- IARC. <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/>. 2015
- US NTP. www.niehs.nih.gov/research/atniehs/dntp/assoc/roc/. 2015
- US Federal Register. Vol. 77, No 12. 2012
- US Federal Register. Vol. 78, No. 183. 2013
- US NTP. <http://ntp.niehs.nih.gov/results/summaries/chronicstudies/index.html>. 2015
- ECHA. <http://echa.europa.eu/candidate-list-table>. 2015
- 일본 후생노동성. <http://anzeninfo.mhlw.go.jp/user/anzen/kag/ankgc05.htm>. 2015

나노기술의 사회적·윤리적 책무성과 작업장에서의 제로나노물질 위해도 관리

화학물질센터 독성연구팀 이나루 연구위원

요 약 문

- **배경 및 문제점:** 나노기술 발전과 더불어 나노기술의 사회적·윤리적 책무성(Responsible Development of Nano Technology)도 함께 강조되고 있다. 나노물질은 기존의 화학물질과는 다른 기전에 의해 독성을 나타낼 수 있으며, 화학성분이 동일하더라도 크기 및 특성이 다양한 여러 나노물질이 개발되기 때문에 나노물질의 독성을 밝히고, 위해성 평가를 하는데 어려움이 많다. 나노물질의 독성에 대한 지식이 불완전하지만 나노물질이 생산 및 사용이 확대되고 있어 나노물질 관리에 대한 필요성이 높아지고 있다.
- **목적:** 본 보고에서는 나노물질을 생산·사용하는 작업장에서 나노물질을 확인하고 관리할 수 있도록 나노물질의 안전성과 관련된 정보를 제공하고자 하며, 사업주가 나노물질의 위해성을 평가하여 관리할 수 있도록 하기 위해 정부가 어떤 역할을 해야 하는지 고찰하고자 한다.
- **조사 및 분석내용:** 나노물질은 대개 응집된 형태로 존재하지만 그 결합력이 약하기 때문에 다시 분리될 가능성이 있으며, 나노물질의 응집현상은 나노입자 노출 평가, 나노물질 독성 연구 어려움에 영향을 준다. 다중벽탄소튜브는 암을 일으킨다는 보고가 있으며, 나노물질은 크기가 큰 동일 성분의 화학물질보다 염증반응이 높게 나타난다. 현재로서는 하나의 노출 매트릭스로 나노물질 노출을 평가하기에는 부족하며 직독식 장비를 사용하는 경우 대기 중에 존재하는 나노크기의 초미세입자와 구별하기 어렵다. 나노물질은 현재 잠재적인 위험성을 가지고 있는 경우가 많으며, 이에 대한 위해도 평가 방법이 알려지지 않았다. 작업장에서 실용적인 목적의 위해도 평가를 위해 나노 컨트롤 밴딩 도구들이 개발되었는데 잠재적인 위험성을 가진 나노물질에 대한 위해성 평가 도구가 없기 때문에 나노 컨트롤 밴딩 도구를 작업장에서 활용할 수는 있다. 나노물질의 위험과 위해도에 대한 소통은 나노기술의 사회적 책임의 핵심 요소로 사업주는 작업자와 나노물질의 위험과 위해도에 대해 소통을 해야 하고, 나노물질 제조자는 나노물질 사용자들에게 정보를 제공하고 소통을 해야 한다.
- **정책제언:** 나노물질 독성 연구와 작업장에서 나노물질에 대한 노출 평가 방법 및 자료 해석에 관한 문제, 나노물질 노출을 감소시킬 수 있는 대책 마련, 나노물질에 대한 건강영향 평가 방법 등의 연구가 필요하다. 또한 나노물질 취급 작업장에서 나노물질 위해도 평가를 하기 위해 나노물질에 대한 노출기준 제정이 필요하며, 나노물질에 대한 위해성 평가와 관리가 이루어질 수 있도록 정부가 안내 역할을 할 필요가 있다.
- **향후계획:** 안전, 보건 및 환경보로를 위한 나노물질 규제를 위해 필요한 세부사항이 더 연구되어야 하며, 잠재적 위험물질로부터 작업자를 보호하기 위해 접근 방법 연구 및 국내외 기관과의 협력 방안 모색이 계속적으로 필요할 것이다.



I. 배경 및 문제점

지난 20여 년 동안 나노기술은 새로운 성장 동력으로 채택되어 정부의 제도적·재정적 지원을 받으면서 발전해왔다. 나노기술 발전과 더불어 나노기술의 사회적·윤리적 책무성(Responsible Development of Nano Technology)도 함께 강조되고 있다. 과학기술 개발에서 사회적·윤리적 책무성을 요구하는 것은 국민들에게 익숙하지 않는 철학이며, 새로운 접근 방법이다.

국내 과학 및 산업 분야에서 나노기술의 사회적·윤리적 책무성을 확보하기 위해 여러 연구 및 활동을 하는 동안 나노물질의 안전성에 관한 안전·보건 분야의 관심은 상대적으로 적었다. 안전·보건 분야에서는 새로운 기술에서 나올 수 있는 문제점을 찾기보다 사업장에 사용 중인 위험성이 밝혀진 화학물질 관리에 초점을 맞추었다.

나노물질은 기존의 화학물질과는 다른 기전에 의해 독성을 나타낼 수 있다. 화학성분이 동일하더라도 크기 및 특성이 다양한 여러 나노물질이 개발되기 때문에 나노물질의 독성을 밝히고, 위해성 평가를 하는데 어려움이 많다. 지난 20여 년 동안 여러 연구자뿐 아니라 국가기관, 국제기구 등이 나노물질의 안전성을 규명하고자 노력하였지만 아직 완전히 밝히지 못했다.

나노물질의 독성에 대한 지식이 불완전하지만 나노물질의 생산 및 사용이 확대되고 있어 나노물질 관리에 대한 필요성이 높아지고 있다. 여러 국가와 기관들은 나노물질에 대한 위해도 평가를 하여 위해도 관리를 하려고 한다.



II. 목적

본 보고에서는 나노물질을 생산·사용하는 작업장에서 나노물질을 확인하고 관리할 수 있도록 나노물질의 안전성과 관련된 정보를 제공하고자 한다. 또한 사업주가 나노물질의 위해성을 평가하여 관리할 수 있도록 정부가 어떤 역할을 해야 하는지 고찰하고자 한다.

지금까지 작업장에서 화학물질에 대한 위해성평가 및 관리는 화학물질의 독성(Hazard)에 근거하여 이루어졌다. 우리나라 뿐 아니라 미국 등에 사업주의 유해물질 등에 대한 위험성평가 의무를 법률에서 규정하고 있으나 이 조항을 나노물질에 적용하기 위해서는 구체적인 설명이 필요하다. 또한 나노물질의 어떠한 특성 때문에 독성 연구 및 노출 평가가 어려운지에 대해 여러 연구 결과를 조사할 필요가 있다.



Ⅲ. 조사 및 분석내용

제조나노물질이란?

나노기술은 ‘물질을 나노크기(10^{-9} m)의 수준에서 조작·분석하고 이를 제어할 수 있는 과학과 기술’로 정의된다. 안전성 측면에서 나노물질에 관심이 많지만, 현재까지 나노물질을 정의하는데 많은 논란이 있다. 국제표준화기구(ISO)에서는 나노물질이란 표현 대신 나노물체(Nano object)라고 사용하는데, 물질의 어느 한 차원이 나노크기(1~100nm)인 것을 말한다. 나노물체를 입자의 모양에 따라 나노입자, 나노섬유, 나노판 등으로 세분화한다. 특히 나노섬유는 나노튜브와 나노막대로 구분한다. 그러나 이러한 정의는 나노물질의 크기에 따라 임의적으로 구분한 것이다. 오히려 나노물질은 마이크론 크기의 물질이 가지지 않았던 독특한 특성이 나노물질에서 발현되어야 나노물질로서 인정받는다. 또한 현재까지 건강위험성과 관련하여서 나노크기를 정의할 수 없다.

제조나노물질은 열분해, 기계적 연마, 화학증기증착법, 레이저 삭마, 습식법 등 여러 가지 방법으로 제조되며, 공정과 제조 방법에 따라 나노물질의 기본입자 크기와 분포 등이 달라진다. 카본나노튜브의 경우 제품마다 카본나노튜브의 길이와 굵기, 성분 등이 다르다. 같은 화학적 구성성분을 가지고 있더라도 나노물질은 크기와 모양, 결정형 구조 등이 다를 수 있다. 카본나노튜브는 합성과정에서 금속을 촉매로 사용하는데 최종 생산품에 촉매가 불순물로 남아 있을 수 있다.

화학적 성분을 기준으로 했을 때 나노물질의 종류는 매우 다양하며, 계속해서 새로운 나노물질이 개발되고 있다. 경제협력개발기구(OECD)에서 제조나노물질의 시험을 위한 후원 프로그램에서는 13개의 나노물질에 대해 독성을 조사하였다. 13개의 나노물질은 플러렌, 단일벽탄소나노튜브, 다중벽탄소나노튜브, 은나노입자, 철나노입자, 이산화티타늄, 알루미늄산화물, 세륨산화물, 아연산화물, 실리카, 텐드리머, 나노클레이, 금나노입자이다. 세계적으로 생산되어 유통되는 나노물질의 종류와 양이 알려지지 않아 프랑스 등에서는 생산 및 유통되는 나노물질 등록 제도를 통해 정보를 수집하고 있다.

나노물질은 제조하는 순간 단일 입자로 존재하기보다 입자끼리 서로 뭉치거나 대기 중의 입자와 뭉치는 응집현상(Agglomerated 혹은 aggregated)이 일어난다. 나노물질은 대개 응집된 형태로 존재하지만 그 결합력이 약하기 때문에 다시 분리될 가능성이 있다. 나노물질의 응집현상은 나노입자 노출 평가, 나노물질 독성 연구 어려움에 영향을 준다.

제조나노물질의 건강위험성

나노물질이 인간의 건강에 영향을 준 사례는 아직까지 보고되지 않았다. 동물 실험 등을 통한 실험 연구로 나노물질 독성이 밝혀지고 있다. 나노 크기의 입자는 확산기전에 의해 호흡기에 잘

침착되고, 상피와 내피 세포를 통과하여 혈액과 림프 순환기로 이동한다고 보고한 Oberdorster 등(2005)의 연구와 나노 크기의 입자에 대한 염증 반응이 크기가 더 큰 입자의 염증 반응보다 5배 높게 나타났다고 보고한 Bermudez 등(2004)의 연구로, 연구자들은 나노입자의 안전성에 우려를 하기 시작했다.

다중벽탄소튜브로 동물실험 한 결과 석면과 같은 발병 움직임이 있다고 보고한 Takagi 등(2008)은 연구는 특히 석면과 유사한 모양을 가진 카본나노튜브의 유해성에 대한 관심을 높였다. 나노물질 중 유해성에 대해 가장 우려를 하는 물질은 카본나노튜브이다. 모양이 석면과 유사하게 가늘고(직경 10 ~ 200 nm) 긴 형태의 튜브로 이루어진 카본나노튜브는 석면과 같은 유해성을 가질 수 있다고 보고되었기 때문에 국제암연구소(IARC)는 2014년 카본나노튜브에 대해 발암성 유무를 검토하였다. 검토 결과 인체에 대한 발암성은 증거가 불충분하며, MWCNT-7이 동물 실험 결과 중피종이 발생했기 때문에 MWCNT-7을 인간에게 암을 일으킬 가능성이 있는 물질(Group 2B)로 분류하였다. IARC에서 카본나노튜브의 독성을 검토할 때까지 카본나노튜브의 발암성 실험에 대한 보고가 많지 않았는데, IARC 2014년 검토가 끝난 후에 Rittinghausen 등은 여러 가지 종류의 다중벽카본나노튜브 동물 실험 결과 석면과 같은 중피종을 보이고 있다는 연구 결과를 발표하였다(Rittinghausen 등, 2014).

카본나노튜브를 비롯한 많은 나노물질 독성에 대한 연구는 계속되고 있으며, 특히 미국과 유럽연합에서는 카본나노튜브 등 나노물질에 대해 신규화학물질 등록 시 독성 자료를 요구하고 있다. OECD에서는 제2나노물질 시험에 관한 후원 프로그램을 통해 13개 나노물질의 독성 연구를 수행하였다.

현재까지 나노물질의 독성은 확정적이기 보다 잠재적인 경우가 많다. 다만, 지난 100여년의 연구 결과, 같은 중량이면 작은 입자가 큰 입자보다는 유해하다는 것이 밝혀졌다. 잠재적인 독성을 가진 나노물질을 작업장에서 위해도 평가를 할 때, 독성에 대한 불확실성으로 위험은 증가할 수 있다. 즉, 불확실성으로 인해 잠재적인 독성을 높게 평가하기 때문에 독성이 과대평가될 수도 있다. 그러나 불확실성이 해소될 때까지 잠재적인 위험은 최대로 평가될 필요가 있다는 것이 여러 연구자들의 의견이다.

제조나노물질에 대한 노출 평가

나노물질과 관련된 위해도를 평가하고 관리할 때 노출을 측정하는 것은 매우 중요하다. 위해도를 감소시키기 위해 노출을 감소시키는 것이 핵심적이기 때문이다. 전통적으로 작업장에서 노출평가는 작업자가 작업하는 시간동안 호흡기 위치에서 공기 중 화학물질 농도를 측정하여 이루어졌다.

나노물질에 대한 노출평가는 무엇을 어떻게 측정하여야 하는지 명확하지 않다. 나노물질의 독성에서 양-반응 관계를 가지는 노출 매트릭스가 무엇인지 명확하게 밝혀지지 않았기 때문이다.

현재는 나노물질 노출평가에서 중량, 입자수 농도, 표면적 농도, 입자 크기 분포 등을 사용하고 있다. 중량, 입자수 농도, 표면적 농도, 입자 크기 분포 등에서 어느 하나의 노출 매트릭스만으로 나노물질의 노출 특성을 나타내기 어렵기 때문이다. 또한 입자수 농도, 표면적 농도, 입자 크기 분포 평가를 위해 직독식 장비들을 사용하는데, 이 직독식 장비들은 민감도가 없어 대상 제조나노물질과 대기 중 일반적인 나노 물질을 구별할 수 없다.

대기 중에는 자연적으로 혹은 의도하지 않았지만 생산 활동의 부산물로 발생한 초미세입자들이 나노크기로 존재한다. 클린룸과 같이 외부 공기를 통제하는 방식으로 작업장을 운영하지 않으면 작업장에는 대기 공기가 유입되어 여러 종류의 나노크기 형태의 에어로졸이 존재한다. 입자수 농도, 표면적 농도, 입자 크기 분포 등을 측정하는 장비들이 민감성이 없어 크기 구분에 따른 측정만 하기 때문에 관심 있는 제조나노물질의 농도를 정확하게 측정하지 못한다.

현재 나노물질 노출 평가에 대한 노출 매트릭스가 확정되지 않았지만, 나노물질 개발자 및 작업자들이 나노물질에 노출되고 있기 때문에 미래를 위해 나노물질 노출 자료가 취합되어 보존되어야 한다고 연구자들은 주장한다. 노출평가와 한정된 자원을 효율적으로 사용하기 위해 연구자들은 나노물질 노출 평가 방법의 조화를 도모하고 있다.

또한 나노물질의 노출 매트릭스가 불분명한 상황에서 나노물질 노출평가에 대한 가이드라인들이 제시하고 있는 것은 위험을 확인하고 노출을 최소화하라는 것이다. 노출을 최소화하기 위해 사업주는 노출의 양과 배경 상태뿐 아니라 노출이 어떻게 일어나는지 알아야 한다. 나노물질에 대한 직업적 노출을 확인하기 위해서는 작업환경측정이 필요하다.

나노물질 노출 매트릭스와 상관없이 나노물질을 취급할 때 나노물질이 공기 중으로 비산되어 작업자가 흡입하는데 영향을 주는 작업장 요인들에 대한 연구 결과가 보고되었다. 나노물질 자체의 특성, 나노물질을 취급하는 작업의 특성, 공기 중에서 오염물질을 제거하는 국소배기와 전체 환기 유무, 작업장 유지 관리 상태, 호흡보호구 착용 유무 등이 작업장에서 나노물질 노출 정도를 결정할 수 있다고 보고하였다. 결국 이러한 요인들을 작업장에서 관리하여 나노물질에 대한 위해도를 감소시킬 수 있다고 제시하였다.

제조나노물질의 위해도 평가

많은 나노물질은 잠재적인 위험성을 가지고 있다. 현재까지 잠재적인 위험성을 가진 물질에 대한 위해도 평가 방법이 알려지지 않았다. 자료가 충분하면 위해도 평가를 통해 위해도를 예측할 수 있지만, 자료가 부족한 경우에는 여러 가정을 해야 한다. 위해도 평가가 매우 제한적으로 이루어질 수밖에 없다.

나노물질이 생산되거나 사용되는 곳에서 사업주는 나노물질에 대한 노출이 어디에서 어느 정도로

일어나는지 알기 위해 정량적인 위해도 평가를 실시하여야 한다. 작업장의 위해도 평가를 도와주기 위해 나노물질 컨트롤 밴딩 도구들이 개발되었다. 컨트롤 밴딩 도구는 위험과 노출의 조합으로 위해도를 평가하는 것이다. 나노물질이 가지고 있는 위험성이 높더라도 노출이 낮으면 위해도는 낮아질 수 있고, 나노물질이 가지고 있는 위험성이 낮더라도 노출이 높으면 위해도는 높아질 수 있다. NanoTool, Stoffenmanager nano, ANSES nano control banding 등 여러 가지의 나노 컨트롤 밴딩 도구들이 개발되었다. 이러한 나노 컨트롤 밴딩 도구들이 이론적인 근거와 논문 검토를 통해 만들어졌으나 실제 노출 자료로 검증이 이루어지지는 않았다. 그러나 잠재적인 위험성을 가진 나노 물질에 대한 위해성 평가 도구가 없기 때문에 나노 컨트롤 밴딩 도구를 작업장에서 활용할 수는 있다.

나라에 따라서 위험에 대한 소통(Hazard communication)을 법에 따라서 해야 하는 경우도 있지만, 알 권리를 보장해 주기 위한 윤리적인 책임도 있다. 나노물질의 위험과 위해도에 대한 소통은 나노기술의 사회적 책임의 핵심 요소이다. 사업주는 작업자와 나노물질의 위험과 위해도에 대해 소통을 해야 하고, 나노물질 제조자는 나노물질 사용자들에게 정보를 제공하고 소통을 해야 한다. 국내의 나노안전관리 종합계획에서 국민 대중 등에 대한 나노물질 위험에 대한 소통은 매우 중요한 이슈로 다루어지고 있다.

제조나노물질의 위해도 관리

제조나노물질의 위해도 관리 방법은 아직까지 많이 연구되지 않았다. 그러나 나노물질을 구성하는 기본입자는 전통적인 에어로졸의 운동 방식을 따르므로 전통적인 미세분진에 대한 관리 방식을 위해도 관리에 사용하기를 권고하고 있다.

정부의 역할

‘나노기술의 사회적·윤리적 책무성’은 국가와 여러 기관의 목표이며, 인간과 환경에 유해하지 않다는 의미를 내포하고 있다. ‘나노기술의 사회적·윤리적 책무성’은 나노기술을 개발하는 개발자에게도 요구되지만, 정부에도 많은 역할을 요구하고 있다. 미국 국립산업안전보건연구원은 새로운 기술에 의해 발생할 수 있는 새로운 문제점을 발견하기 위해 연구를 수행한다는 관점에서 나노기술로 인한 안전보건문제를 연구하고 있다. 또한 OECD를 비롯한 국제기구에서도 각 회원국에서 나노물질 안전성 확보를 위한 정책 마련을 위한 공통 관심사를 연구하고 있다. 특히 자원을 효율적으로 사용하여 나노물질 안전성에 대한 증거를 확보하기 위해 여러 국가의 협력, 국제기구의 활동이 이루어지고 있다. 국제표준화기구에서는 나노물질 측정, 나노물질의 노출기준 등에 대한 표준화 문서를 제정하고 있다. WHO에서는 작업장에서의 나노물질 안전보건가이드 라인을 만드는 프로젝트를 진행하고 있다.

우리나라에서도 나노기술을 개발하면서 ‘나노기술의 사회적·윤리적 책무성’을 다하기 위해 나노 기술 개발에 투자되는 자원의 7%까지 나노 안전성 확보를 위한 연구에 투자하려고 한다. ‘나노기술의 사회적·윤리적 책무성’을 다하기 위한 분야마다 다를 수 있다. Schulte 등은 안전·보건 분야에서 정부 및 사회의 역할을 연구, 안내서 개발, 의사소통과 국제협력 등으로 제시한다. 작업장에서 위험 나노물질을 예측, 확인하고 추적할 수 있는 안내서 개발, 독성 연구, 작업자 노출 평가에 대한 안내서 개발, 위험과 위해도에 대한 작업자, 노조 및 대중과 의사소통, 노출기준 개발, 노출 감소 대책 개발 등이다.

나노물질 안전성 확보를 위한 각국의 제도는 많지 않다. 유럽 연합은 REACH로 나노물질 사용에 대한 규제를 한다. 유럽 연합 시장에서 통용되는 모든 화학물질은 ECHA에 등록되어야 하는데, 이때 반드시 물질안전보건자료를 첨부해야 한다.



IV. 정책제언

우리나라는 새로운 기술 개발로 발생될 수 있는 안전보건문제를 예측, 평가 관리하기 위한 연구 경험이 풍부하지 않다. 그러나 우리나라는 이미 나노기술 선진국이므로 ‘나노기술의 사회적·윤리적 책무성’을 확보하기 위해 나노물질 안전성 확보를 위한 연구 및 활동을 국내외적으로 요구 받고 있다. 그동안 나노물질 안전성 확보를 위한 안전보건 자원 및 활동은 환경 및 나노제품 안전성 등에 비해 저조하였다. 특히 나노물질은 기존의 화학물질과는 다른 물리적·화학적 특성으로 인해 더 다양한 연구를 필요로 한다.

나노물질의 특성 중 무엇에 의해 독성을 나타내는지, 나노물질이 발암성 뿐 아니라 심혈관계질환 발생에 영향을 미치는지 등 나노물질 독성 연구와 작업장에서 나노물질에 대한 노출 평가 방법 및 자료 해석에 관한 문제, 나노물질 노출을 감소시킬 수 있는 대책 마련, 나노물질에 대한 건강영향 평가 방법 등의 연구가 필요하다. 또한 나노물질 노출 규모 및 노출 시나리오 등도 계속 추이를 살펴봐야 한다. 나노기술 발전은 매우 빠르게 진행되므로 문제점을 살피기 위해서는 나노기술 발전에 대한 지속적인 모니터링도 필요하다.

특히 나노물질에 대한 노출기준 제정은 작업장의 나노물질 위해도 평가를 위해 필요하다. 미국 NIOSH는 카본나노튜브 및 섬유에 노출기준을 권고하고 있다. 동물실험 결과를 토대로 제안하고 있다. 안전·보건 분야에서 나노물질에 대한 법적 규제를 단기간에 하기에는 알아야 하는 지식과 알고 있는 지식 사이에 차이가 존재한다. 다만 정부는 나노물질 취급 작업장에서 나노물질에 대한 위해성 평가와 관리가 이루어질 수 있도록 안내 역할을 할 필요가 있다.



V. 향후과제

나노물질이 공기 중에 응집된 형태로 존재하는 경우가 많은데, 응집된 형태로 폐에 들어가서 기본 입자로 분리되는지, 얼마나 분리되는지 앞으로 확인이 필요하다. 나노물질 제조 및 사용 공정이 다양하므로 제조 및 사용 공정에 따라 공기 중으로 방출되는 양이 달라지는지 여부, 나노물질 농도의 평균값이 독성에 영향을 미치는지, 혹은 최고값이 독성에 영향을 미치는지 확인되어야 하며, 작업자의 공기 중 나노물질의 농도를 측정할 수 있는 장비 개발 역시 필요하다. 또한 국소배기 및 전체환기가 나노물질을 공기 중에서 얼마나 효율적으로 제거하는지에 대한 실증 연구와 장기적으로는 나노물질에 대한 노출의 건강 영향을 확인할 수 있는 건강 영향 지표 발굴 역시 필요하다. 유럽연합에서 나노물질 등록을 위해 독성 자료를 요구하나 나노물질에 특징적인 특성을 반영하고 있지 못하다. 안전, 보건 및 환경보호를 위한 나노물질 규제를 위해 필요한 세부사항이 더 연구되어야 한다.



참고문헌

Schulte PA, Geraci CL, Murashov V, Kuempel ED, Zumwalde RD, Castranova V, Hoover MD, Hodson L, Martinez. Occupational safety and health criteria for responsible development of nanotechnology. J Nanopart Res 16, 2153, 2014

Brouwer DH. Control banding approaches for nanomaterials. Ann Occup Hyg 56(5), 506–514, 2012

Schneider T, Brouwer DH, Koponen IK, Jensen KA, Fransman W, Van Duuren-Stuurman B, Van Tongeren M, Tielemans E. Conceptual model for assessment of inhalation exposure to manufactured nanoparticles. J Exp Sci Env Epi 21, 450–463, 2011

Brouwer D, Berges M, Virji MA, Fransman W, Bello D, Hodson L, Gabriel S, Tieleman E. Harmonization of measurement strategies for exposure to manufactured nano-objects; Report of a workshop Ann Occup Hyg 1–9, 2011

Methner M, Hodson S, Geraci C. Nanoparticle emission assessment technique(NEAT) for the identification and measurement of potential inhalation exposure to engineered nanomaterials – Part A J Occup Environ Hyg 7, 127–132, 2010

Hunt G, Lynch I, Cassee F, Handy RD, Fernandes TF, Berges M, Kuhlusch TAJ, Dusinska M, Riediker M. Towards a consensus view on understanding nanomaterials hazards and managing exposures: knowledge gaps and recommendations. Materials, 6, 1090–1117, 2013

Kane AB, Debia et al., Carcinogenicity of fluoro-edenite, silicon carbide fibers and whiskers, and carbon nanotubes. Lancet Oncol October 31, 2014

Rittinghausen, S, Hackbarth A, Creutzenberg O, Ernst H, Heinrich U, Leonhardt A, Schaudien. The carcinogenic effect of various multi-walled carbon nanotubes after intraperitoneal injection in rats. Part Fibre Tox, 11:59, 2014





제31회 국제산업보건대회
31st International Congress on Occupational Health
www.ichoh2015.org

산업보건의 글로벌 하모니: 세계를 하나로!

Global Harmony For Occupational Health:
Bridge the World

선진국과 개도국, 동양과 서양이 함께
새로운 지식과 경험을 공유하며
세계 산업안전보건의 발전을 위해 서로 협력하는
제31회 국제산업보건대회에 여러분을 초대합니다.

제31회 국제산업보건대회

31st International Congress
on Occupational Health

2015년 5월 31일 ~ 6월 5일
서울 코엑스

■ **주최** 국제산업보건위원회, 안전보건공단, 대한직업환경의학회

■ **후원** 고용노동부

■ 주요 행사

기조연설, 세미조연설, 정책포럼, 미니심포지엄, 특별세션 및 구두발표,
포스터세션, 산업안전보건전시회 등

■ 등록 안내

구 분	ICOH 회원		ICOH 비회원		
	일반	개도국, 36세 미만, APOSHO 회원	일반	개도국, 36세 미만	동반자
2014. 12. 15 까지	600,000원	300,000원	700,000원	400,000원	100,000원
2015. 1. 31 까지	700,000원	350,000원	800,000원	450,000원	150,000원
2015. 4. 30 까지	900,000원	450,000원	1,000,000원	550,000원	150,000원
현장등록	1,000,000원	500,000원	1,100,000원	600,000원	200,000원

■ 장소 및 기간

2015. 5. 31(월) ~ 6. 5(금) 서울, 코엑스(COEX)

■ 병행 행사

제30차 APOSHO 연차총회, 제10회 WHO-CC 글로벌 네트워크 회의,
제25회 한-중-일 산업보건학술집담회

■ 주요 일정

2014 10.31	2014 11.15	2014 11.30	2014 12.15
특별세션 발표요약문 마감	발표요약문 심사 및 선정	선정 공지	조기 등록 마감

■ 공식 언어

영어, 불어, 한국어

* 등록합인 및 발표요약문 제출관련 자세한 사항은 홈페이지 (www.ichoh2015.org)를 참고하세요.



국제산업보건위원회



안전보건공단



대한직업환경의학회
KOREAN SOCIETY OF OCCUPATIONAL &
ENVIRONMENTAL MEDICINE



고용노동부

제31회 국제산업보건대회 사무국 울산광역시 중구 중가로 400(북정동) (우)681-230 Tel : 052-703-0747-54 | Fax : 052-703-0326 | E-mail : ichoh2015@kosha.or.kr



2014년 이슈리포트 발간 내용 안내

2분기호

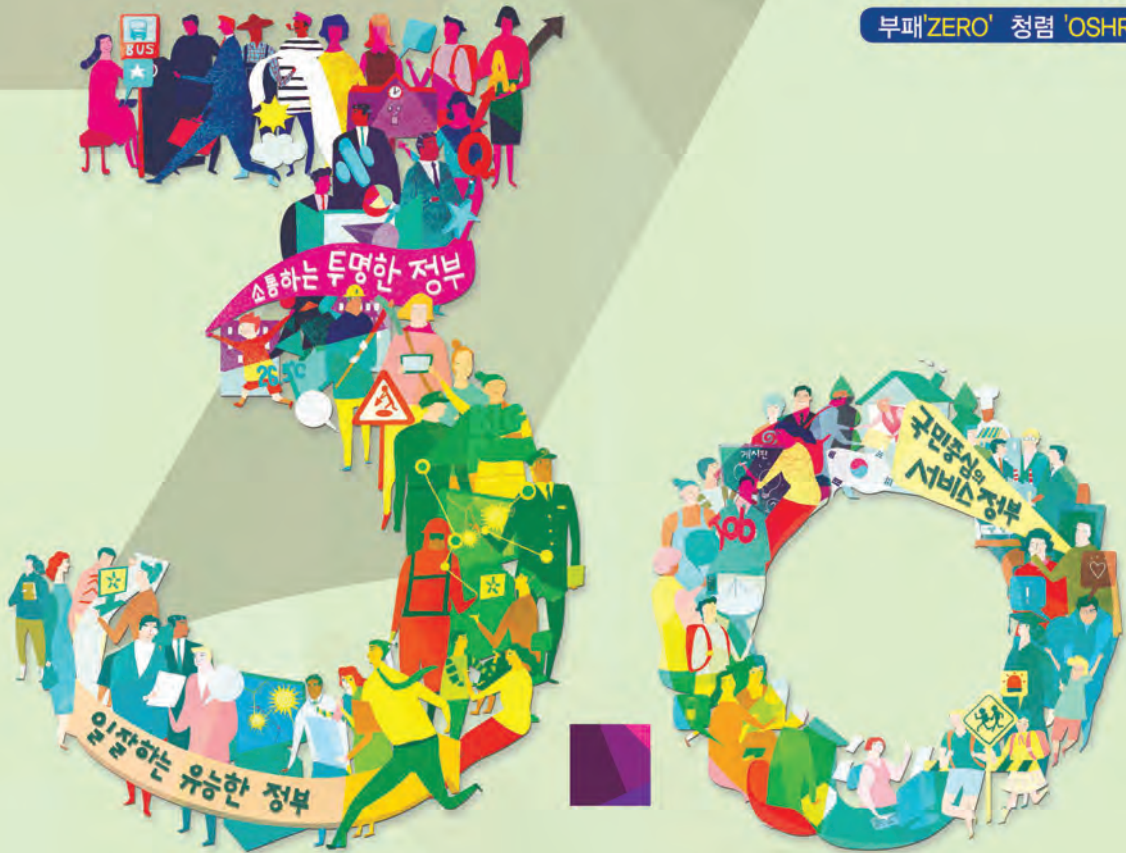
- 장·노년층 근로자의 성인지적 산업재해율 및 재해 특성
- 고령근로자의 근로환경 및 이직에 따른 산업재해 특성
- 근로자의 고령화와 근골격계질환 관리
- 산업재해 연속 발생 사업장의 특징
- 산업재해 다발 건설기계의 재해 특성
- 불안정 고용 근로자의 건강상태에 영향을 미치는 근로환경 요인
- 사무실 근로자의 라돈 노출

3분기호

- 희토류의 유해성 및 근로자 건강에 미치는 영향
- 화학물질의 예방적 발암성 평가 및 관리방안 - 일본사례를 중심으로
- 이제는 준비해야 할 때이다 - 영화방송예술분야 종사자의 보호방안을 위해
- 산재사망사고에 대한 사업주 책임범위 확대
- 기술(기계 및 컴퓨터) 사용 증가에 따른 근로환경과 근로자 건강에 미치는 영향력

4분기호

- 관리자의 안전리더십과 안전문화가 안전행동에 미치는 효과
- 청소년 근로자의 산업재해 특성 - 음식 및 숙박업을 중심으로
- 한국과 유럽의 근로환경 비교 요구 - 근로자 위해요인 노출실태 및 건강문제 호소를 중심으로
- 금속가공유 중 미생물 노출에 따른 호흡기질환 관리 방안
- 신재생에너지 산업과 산업보건 유해인자
- 유방암의 직업적 위험요인 및 평가 방안



국민행복시대를 열어갑니다!

투명한 정부! 유능한 정부! 서비스 정부!

공공정보를 공개하여 국민과 소통하겠습니다.

기관간 칸막이를 없애고 서로 협업하여

국민 한 분 한 분에게 맞춤형 서비스를 제공할 것입니다.

행복한
대한민국을 여는
정부 3.0



안전행정부
www.gov30.go.kr

