



OSHRI

2017년 제4권 제2호(통권 8호)

RESEARCH TO PRACTICE

안전보건

연구실용화 REPORT

산업재해예방

안전보건공단

산업안전보건연구원



OSHRI

2017년 제4권 제2호(통권 8호)

안전보건
연구실용화
REPORT

산업재해예방
안전보건공단
산업안전보건연구원



Research to Practice

산업안전보건연구원은 1989년 설립 이후 일하는 사람의 생명과 건강 보호를 위해 산업 현장 사고 예방과 직업병 예방 연구를 수행하는 등 공공 연구기관으로서의 역할을 충실히 수행했을 뿐만 아니라, 실효성 있는 정책과 연구개발을 강화하여 산업안전보건 연구 및 전문사업 수행결과가 기계·기구 및 설비, 작업환경 등 산업현장에 적용되거나 산업안전 보건 정책에 반영될 수 있도록 노력하고 있습니다.

우리 연구원에서는 연구실용화(Research To Practice, R2P) 사례를 지속적으로 발굴·홍보하여 연구결과의 현장 적용성을 강화하기 위해 「안전보건 연구실용화 REPORT」를 연 2회 발간하고 있습니다.

안전보건 연구실용화 REPORT 2017 Vol.4 No.2(통권 8호)

2017년 10월 30일 발행 | 발행처 산업안전보건연구원 | 발행인 김 장 호 | 편집인 김 장 호
등록 2017-연구원-470 | 주소 울산광역시 중구 종가로 400(북정동) | 전화 052-703-0816
홈페이지 oshri.kosha.or.kr | 인쇄 진영프린텍 052-995-3713

〈안전보건 연구실용화 REPORT〉는 연구원 홈페이지 oshri.kosha.or.kr에서 다운 받으실 수 있습니다.

Contents



01

004 | 제조나노물질 취급 노동자 건강보호 가이드라인 개발 및 보급

이나루 부장 / 산업안전보건연구원 산업화학연구실
박진우 연구위원 / 산업안전보건연구원 산업화학연구실

02

010 | 안전보건조정자 제도 신설 및 적용

정성춘 연구위원* / 산업안전보건연구원 안전연구실
유현동 실장 / 산업안전보건연구원 안전연구실
김동원 연구위원 / 산업안전보건연구원 안전연구실

03

015 | 타워크레인 운전 작업중지 풍속기준 강화

여현욱 연구위원* / 산업안전보건연구원 안전연구실
변정환 연구위원 / 산업안전보건연구원 안전연구실

04

019 | 하수슬러지 탄화공정의 안전작업에 관한 기술지침 제정 및 활용

이근원 소장* / 산업안전보건연구원 산업화학연구실

05

024 | 한국형 발암물질 노출 인구 추정도구(CAREX) 개발

이상길 부장* / 산업안전보건연구원 직업건강연구실

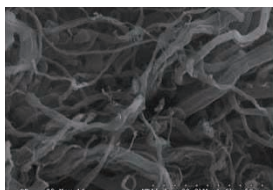
01

제조나노물질 취급 노동자 건강보호 가이드라인 개발 및 보급

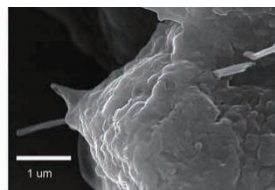
이나루 부장* / 산업안전보건연구원 산업화학연구실
박진우 연구위원 / 산업안전보건연구원 산업화학연구실



제조나노물질을 제조하거나 취급하는 사업장의 사업주 및 노동자에게 건강보호를 위한 정보 등을 전달하기 위해 「제조나노물질 취급 노동자 건강보호 가이드라인」이 개발되었다. 현행 산업안전보건법에는 제조나노물질을 관리하는 직접적인 규정은 없지만 제조나노물질은 우리와 기존에 알고 있는 화학물질과는 다른 유해성을 가지고 있으며, 노출 평가 및 관리를 위해 고려해야 할 사항이 더 있으므로, 이번에 개발된 가이드라인을 활용하여 노동자가 가급적 제조나노물질에 노출되지 않도록 관리하는 등 제조나노물질 유해성으로부터 노동자들의 건강관리를 위한 사전적 예방조치를 함에 있어 크게 도움이 될 것으로 기대하고 있다.



MWCNT 투사전자현미경
사진



MWCNT가 폐포를 관통한 전계
방출형 주사전자현미경 사진



MWCNT의 주사전자현미경
사진

※ 사진출처 : Robert R MercerEmail author, Ann F Hubbs, James F Scabilloni, Liying Wang, Lori A Battelli, Diane Schwegler-Berry, Vincent Castranova and Dale W Porter. Distribution and persistence of pleural penetrations by multi-walled carbon nanotubes. Particle and Fibre Toxicology 2010 7:28.
<https://doi.org/10.1186/1743-8977-7-28>© Mercer et al; licensee BioMed Central Ltd. 2010

연락처 : TEL 042-869-0321, naroolee@kosha.or.kr

I . 개요 및 배경



현재 많은 국가들은 기존 화학물질 관련 법률 내에서 제조나노물질의 보건, 안전 및 환경을 규제하고 있으며, 기존의 화학물질 관련 법률이 다루지 못한 제조나노물질의 특성에 대한 정보는 지침 등을 통해 전달하고 있다.



I-1. 배경

‘제조나노물질의 보건, 안전 및 환경을 위해 새로운 법률이 필요한가?’에 대한 의견이 분분한 가운데 새로운 법률이 필요하다는 주장도 있었지만, 현재 많은 국가들은 기존 화학물질 관련 법률 내에서 제조나노물질의 보건, 안전 및 환경을 규제하고 있으며, (Murashov et al., 2011) 기존의 화학물질 관련 법률이 다루지 못한 제조나노물질의 특성에 대한 정보는 지침 등을 통해 전달하고 있다(이나루 등, 2015).

영국에서는 산업안전보건법(The Health and Safety at Work etc Act 1974)의 제5항 “사업주는 작업과 관련하여 경제적 타당성을 고려하되, 모든 측면에서 작업자의 안전과 건강을 확보해야 한다.”는 조항에 의거하여 제조나노물질에 대한 사업주의 책임을 규정하고 있으며, 영국 산업안전보건청(HSE)에서는 2004년 이후 나노물질에 관한 많은 지침(Guidance)을 발간했다. 이러한 지침은 사업장에 법적 강제성을 적용하지는 않지만, 지침을 따르는 것을 법을 충분히 준수하는 것으로 간주한다.

독일에는 연방 산업보건안전법과 독일 산재보험기관이 시행하는 직업 안전보건사고예방 법규가 “자율법(Autonomous bylaws)” 형태로 존재한다. 이 두 법에 의해 운영되는 ‘연방 산업안전보건연구소’와 ‘독일 사회사고보험의 직업 안전보건 연구소’는 각각 발간한 지침에서 기존에 분진으로부터 건강을 보호하기 위해 취하는 조치들이 초미세분진과 나노물질에 효과가 있다고 명시하였다. 프랑스는 2009년 지침을 통해 탄소나노튜브 생산 및 중간체 취급을 밀폐된 상태에서 하도록 하는 조치가 필요하다고 하였다.

미국 산업안전보건청에서는 나노물질 취급에 대해 산업안전보건법 5(a) 일반의무 조항을 적용하며, 현재 나노물질 위험성 평가에서는 불확실성 때문에 사전주의 원칙을 적용한 노출 감소가 필요하다고 밝혔다. 미국 산업안전보건연구소(NIOSH)에서 나노물질 취급에 관한 지침을 계속 발간하고 있다. 유럽연합 국가와 미국에서는 제조나노물질의 규제 적용 여부에 대해 기존의 화학물질에 관련한 규제와 사업주의 일반 의무 조항에 적용된다는 것을 명시하고 있으며, 제조나노물질의 유해성 등을 강조하기 위해 관련 지침을 제공하고 있다.



국내 법규에는
제조나노물질에
대한 정의가
없지만,
국제표준화기구는
제조나노물질을
한 단면이
나노 크기
(1~100nm)
이거나 표면적이
60m²/g 이상인
의도적으로
제조된 물질로
정의하고,
단일 입자뿐
아니라
응집되거나
집합된 형태도
포함하고 있음



우리나라에서도 제조나노물질에 대해 산업안전보건법 제41조의 2(위험성 평가) 조항을 적용하되, 제조나노물질 유해성 등에 대한 정보를 제공하기 위해 「제조나노물질 취급 노동자 건강 보호 가이드라인」을 개발하게 되었다.

1-2. 주요 관련 정보

제조나노물질은 나노물질의 독특한 특성을 이용하기 위해 여러 조성(예 : 형태, 크기, 표면물성, 화학)으로 만들어진 나노기술의 결과물이다. 또 계속해서 매우 다양한 화학적 성분, 크기, 모양으로 개발되고 있다. 현재 국내 법규에는 제조나노물질에 대한 정의가 없다. 다만 국제표준화기구(International Standard Organization)는 제조나노물질을 한 단면이 나노 크기(1~100nm)이거나 표면적이 60m²/g 이상인 의도적으로 제조된 물질로 정의하고, 단일 입자뿐 아니라 응집되거나 집합된 형태도 포함하고 있다.

제조나노물질 및 이를 포함한 제품(제제) 등에 대한 예시

제조나노물질로는 이산화티타늄(TiO₂) 등 금속산화물, 금나노 및 은나노 등 금속나노, 그래핀(흑연단층), 양자점, 탄소나노튜브 및 탄소나노섬유 등이 있으며, 이들 제조나노물질이 쓰인 제품으로는 화장품 같은 생활화학제품, 페인트, 안료 복합재료 등이 있다. 또 제조나노물질은 최종 생활제품이 아닌 중간계재로도 쓰임

제조나노물질이란 나노기술을 이용해 나노 크기로 만든 모든 화학물질로 기존 화학물질과 마찬가지로 규제를 받는다. 제조나노물질은 인류가 사용하는 여러 제품의 소형화 및 품질 개선 등에 도움이 되지만, 인체에 유해한 영향을 끼칠 수도 있다. 따라서 사업주는 사전 예방적인 조치로 노동자가 가급적 제조나노물질에 노출되지 않도록 관리해야 한다.

사람이 제조나노물질에 노출돼 건강에 이상이 생겼다는 사례는 아직까지 보고된 적이 없지만, 동물 및 세포 시험 결과 나노 크기가 아닌 물질에 비해 제조나노물질에서 염증 반응이 더 높게 나타났으며, 또 다른 동물 시험에서는 탄소나노튜브처럼 가늘고 긴 섬유 형태의 제조 나노물질이 폐 염증, 종피종을 일으켰다.

제조나노물질의 유해성에 영향을 미치는 요소는 화학성분, 입자 크기, 모양, 결정 구조, 표면 코팅, 표면 반응성 등 여러 가지가 있다. 그래서 지금 으로서는 제조나노물질에 노출되면 얼마나 위험한지 알아내기가 힘들다. 하지만 뒤늦게 유해성이 밝혀질 수도 있으므로, 피해를 입지 않기 위해서는 제조나노물질을 다룰 때 가능한 한 노출되지 않도록 노력해야 한다. 즉 유해성이 있다고 생각하고 사전주의적 예방 원칙을 적용해 위험을 관리해야 한다.

II. 산업화 내용

제조나노물질을 제조하거나 취급하는 사업장의 사업주 및 노동자에게 건강보호를 위한 정보 등을 전달하기 위해 「제조나노물질 취급 노동자 건강보호 가이드라인」이 개발되었다.

정부의 제1차 나노안전관리 종합계획(2012~2016)에 의거하여 그 동안 노동자의 건강 보호 측면에서 제조나노물질 안전성에 관한 연구가 진행되어 왔으며, 「제조나노물질 취급 노동자 건강 보호 가이드라인」은 그 동안 수행한 제조나노물질 안전성에 관한 연구 성과가 전체적으로 취합되어 작성되었다. 「제조나노물질 취급 노동자 건강 보호 가이드라인」 초안은 「나노물질 노출에 대한 컨트롤 밴딩 접근 개발 연구(이나루, 2015)」 결과를 바탕으로 작성되었다. 초안 작성 후 전문가 회의를 통해 의견을 수렴하였고, 최종적으로 제조나노물질 제조 사업장 및 노·사 단체 의견을 수렴하여 가이드라인을 완성하게 되었다. 「제조나노물질 취급 노동자 건강 보호 가이드라인」 제정하는 과정에서 두 가지 사항이 많이 논의되었다. 첫 번째는 현재의 과학 수준에서 알려진 사실과 모르는 사실을 어떻게 기술할 것이며, 과학적 결론이 불확실한 상황에서 조치를 위해 어떤 권고를 할 것인지 하는 점이다. 가이드라인은 아직은 불확실성이 많은 과학적 지식에 근거하여 개발되었으므로, 가이드라인에 포함된 정보는 현재의 과학적 수준에서 알려진 것이라는 것을 인식하고, 추후 새로운 사실이 발견되면 정보는 개정되어야 한다. 두 번째는 가이드라인에 포함된 내용을 쉽게 전달하기 위해 많은 논의가 이루어졌다. 사업장의 사업주와 노동자가 이해하기 쉽게





제조나노물질
제조·취급하는
사업장의 사업주 및
노동자에게
제조나노물질
유해성에 대한
정보를 제공하기
위해 「제조나노물질
취급 노동자 건강
보호 가이드라인」이
개발되었다.



작성하기 위해 노력하였으나 쉽게 작성하기가 어려웠다. 그림과 도표를 이용하여 과학적 사실을 사업주와 노동자에게 쉽게 전달하기 위한 노력은 앞으로 더 필요하다.

「제조나노물질 취급 노동자 건강 보호 가이드라인」은 가이드라인은 총 7장과 부록으로 구성되었으며, 본문내용은 제1장 가이드라인 개요, 제2장 유해성, 제3장 노출 평가, 제4장 노출 감소전략, 제5장 건강 영향 파악, 제6장 유해성 정보 전달, 제7장 기타 위험성으로 구성되어 있다. 가이드라인의 부록은 1. 제조나노물질 노출 평가 절차 사례, 2. 제조나노물질 공학적 관리 장치 사례, 3. 제조나노물질 건강 영향 파악 사례, 4. 제조나노물질 물질안전 보건자료 작성 방법 사례, 5. 제조나노물질 제조·취급 작업장 안전 체크리스트, 6. 용어 해설로 구성되어 있다.

[표 1] 가이드 라인 본문 구성현황

본문 구성항목		주요내용
제1장	가이드라인의 개요	제조나노물질의 정의와 제조나노물질 관리에 적용하고 있는 사전주의적 예방 원칙과 예방의 필요성 설명
제2장	유해성	제조나노물질의 동물 시험 결과 및 유해성에 영향을 미치는 요인 및 제조나노물질에 대한 인체의 노출 경로 설명
제3장	노출 평가	제조나노물질의 위해로부터 건강을 보호하기 위한 과정에서 노출 평가의 의미와 노출평가에서 중요한 시간, 빈도, 노출량의 중요성에 대해 설명, 노출기준이 없는 화학물질에 대해, 위험성 평가에 현실적으로 사용 가능한 컨트롤 밴딩 도구 설명
제4장	노출 감소전략	산업보건에서 기본적으로 사용되는 단계별 관리 전략을 이해하기 쉽도록 그림으로 설명
제5장	건강 영향 파악	제조나노물질에 의한 노동자의 건강영향을 파악하기 위해 해야 할 절차 설명, 특히 제조나노물질 중 건강 영향에 대한 우려가 있는 물질 설명
제6장	유해성 정보 전달	물질안전보건자료에서 다루어지는 항목들에 대해 다루고 있고, 부록에서 사례를 중심으로 설명
제7장	기타 위험성	제조나노물질의 화재 및 폭발 가능성도 고려해야 함을 설명



「제조나노물질
취급 노동자
건강 보호
가이드라인」을
활용하여
노동자가 가급적
제조나노물질에
노출되지 않도록
관리하는 등
제조나노물질
유해성으로부터
노동자의
건강관리를 위한
사전적 예방조치를
함께 있어 크게
도움이 될 것으로
기대하고 있다.



현행 산업안전보건법에는 제노나노물질을 관리하는 직접적인 규정은 없지만 제조나노물질은 우리와 기존에 알고 있는 화학물질과는 다른 유해성을 가지고 있으며, 노출 평가 및 관리를 위해 고려해야 할 사항이 더 있으므로, 이번에 개발된 가이드라인을 활용하여 노동자가 가급적 제조나노물질에 노출되지 않도록 관리하는 등 제조나노물질 유해성으로부터 노동자들의 건강관리를 위한 사전적 예방조치를 함께 있어 크게 도움이 될 것으로 기대하고 있다.

| 참고문헌 |

1. 제조나노물질 취급 노동자 건강 보호 가이드라인. 고용노동부, 안전보건공단 산업안전보건연구원. 2017-연구원-807
2. 이나루 등. 나노물질 노출에 대한 컨트롤 밴딩 접근 개발 연구. 산업안전보건연구원. 2015
3. 윤충식 등. 나노물질 측정 프로토콜 작성 및 나노물질 노출 실태 조사연구. 산업안전보건연구원 2013
4. European Agency for Safety and Health at Work, 2009, Workplace exposure to nanoparticles
5. HSE, 2013, Using nanomaterials at work-Including carbon nanotubes(CNTs) and other biopersistent high aspect ratio nanomaterials(HARNs)
6. INRS, 2013, NANOMATERIALS Current situation and prospects in occupational health and safety
7. Murashov V, Schulte P, Geraci C, Howard J. Regulatory approaches to worker protection in nanotechnology industry in the USA and European Union. Industrial Health 2011;49:280-296
8. NIOSH, 2009-125, Approaches to safe Nanotechnology-Managing the Health and Safety Concerns Associated with Engineering Nanomaterials
9. NIOSH, 2014-102, Nanomaterial Production and Downstream Handling Processes
10. State Secretariat for Economic Affairs (SECO) in Switzerland, Safety data sheet(SDS) Guidelines for synthetic nanomaterials

02

안전보건조정자 제도 신설 및 적용

정성춘 연구위원* / 산업안전보건연구원 안전연구실
유현동 실장 / 산업안전보건연구원 안전연구실
김동원 연구위원 / 산업안전보건연구원 안전연구실



2015년에 수행한 「발주자의 안전관리 의무마련 및 책임강화」 연구결과를 토대로 산업안전보건법 제18조의2(안전보건조정자)를 신설·반영하였다. 이번에 신설된 법은 건설공사를 분리발주 하는 경우 다수의 수급인이 사용하는 노동자가 한 현장에 혼재하여 작업을 함으로써 안전보건의 사각지대가 발생할 경우 발주자에게 다수의 시공기간 안전보건문제를 조정하기 위한 조정자를 두도록 하는 「안전보건조정자」 제도를 신설하는 내용으로, 최근 사회적으로 요구되고 있는 ‘위험의 외주화’를 예방하고, 발주자에 대한 안전보건상의 책임 강화 문제를 해결할 수 있는 하나의 수단이 될 것으로 기대하고 있다.



* 연락처 : TEL 052-703-0854 , j94024@kosha.or.kr

I . 개요 및 배경



원청업체의
하청업체
노동자에 대한
산업재해예방
책임을
강화해야
한다는
사회적 요구가
지속적으로 대두



I-1. 배경

산업안전보건법상 사업주는 ‘노동자를 사용하여 사업을 하는 자’이고, 산업안전보건법에서의 사업주 의무 등을 고려할 때 국내 건설공사 현장에서의 노동자 안전·보건관리에 대한 의무와 책임은 도급자인 시공사에 집중되어 있다고 볼 수 있다. 따라서 발주자에게는 안전·보건관리에 대한 책무 부여가 미흡한 실정이다. 현재 건설업 재해자수는 2012년 이후, 사망자수는 2014년 이후 지속적으로 증가하고 있으며, 이런 증가추세에 있는 건설업 재해를 감소 시키기 위해서는 건설공사에 실질적인 영향을 줄 수 있는 발주자의 안전관리 책임에 대해 새로운 관점에서 고려해 볼 필요가 있다. 2014년 고양 터미널 화재 사고에서 나타났듯이 건설업에서 발주자가 공사를 위해 다수의 시공업체를 선정하여 분리 발주하는 경우 하나의 공사 현장에 소속 업체가 다른 노동자들이 작업을 수행하고 도급업체간 공종이 간섭됨에 따라 안전·보건에 대한 사각지대가 존재할 수 있다. 또한, 다수의 업체가 한 현장에서 동시다발적으로 작업을 할 경우 이를 조정하는 역할을 하는 자의 부재로 인해 안전·보건 관리에 대한 공백이 발생하여 노동자 안전·보건을 확보하는데 어려움이 발생할 수 있다.

[표 1] 최근 5년간 건설업 재해 현황

(단위 : 개소, 명, %, ‰)

구분	사업장수	노동자수	재해자수	사망자수	재해율	사망만인율
2016년	333,201	3,152,859	26,570	554	0.84	1.76
2015년	380,944	3,358,813	25,132	493	0.75	1.47
2014년	329,061	3,249,687	23,669	486	0.73	1.50
2013년	216,320	2,566,832	23,600	567	0.92	2.21
2012년	217,136	2,786,587	23,349	496	0.84	1.78

이러한 문제점을 해소하고자 최근 고용노동부에서는 「건설산업기본법」 제2조제10호의 “발주자로서 전기공사법에 의한 전기공사, 정보통신공사법에 의한 정보통신공사와 그 밖의 건설공사를 함께(2개 이상 공사) 발주하는 자는 그 각각의 공사가 같은 장소에서 행하여지는 경우 그에 따른 작업의 혼재로 인해 발생할 수 있는 산업재해를 예방하기 위하여 건설공사 현장에

안전보건조정자를 두어야 한다.”는 산업안전보건법(제18조의2) 개정 내용을 2017년 4월 18일자로 공표하였다.

“안전보건조정자” 제도 검토를 통한 정책반영 기초자료를 제공하고, 법 제도화를 추진하기 위해 2015년도 「발주자의 안전관리 의무마련 및 책임강화에 관한 연구」를 수행하게 되었다.



「발주자의 안전관리
의무마련 및
책임강화」 연구에서
발주자의 자발적인
안전보건관리
사례를 분석하고,
발주자에 대한
안전보건관리
설문조사
결과를 토대로
산업안전보건법
개정방안과
규제영향분석 실시」



1-2. 주요 관련 정보

「발주자의 안전관리 의무마련 및 책임강화에 관한 연구(2015년)」 과제의 수행 목적은 도급공사의 안전보건관리에 대한 전문성이 떨어지는 발주자에게 현실적, 실질적, 단계적으로 산재예방의 의무를 수행할 수 있도록 안전보건관리 의무 및 책임강화 방안을 제시하는 것이었다. 발주자를 건설공사 안전보건관리 주체로 참여시키기 위해 산업안전보건법 제29조의 도급사업시 안전보건조치에 발주자를 포함시켜 산재예방에 직접적인 의무 및 책임을 부여할 수 있으나, 발주자는 사업장을 실질적으로 관리하지 않을 뿐 아니라 노동자 안전보건관리에 대한 전문성이 부족한 발주자에게 직접적인 의무 및 책임을 부여하는 방법은 신중히 접근해야 했다.

분리발주 공사에 대한 발주자 책무로 발주자는 발주자를 대신하여 각 공사를 총괄하여 조정하는 안전보건조정자를 선임하여 노동자의 안전 및 보건조치를 총괄 관리하도록 제안하였다. 안전보건조정자는 발주자 소속으로 지정되는 것을 원칙으로 하며, 발주자 소속으로 지정되기 어려운 제도 시행 초기의 경우 ‘한시적으로 자격을 갖춘 제 3자에게 위임 또는 안전전담 관리자를 지정할 수 있다.’라고 제시하였다.

안전보건조정자를 두어야 할 사업의 규모는 건설기술진흥법에서 정하는 공사 감독자를 배치하는 공사 또는 건설사업관리를 실시하는 공사 규모로 제안하였다.

안전보건조정자의 자격은 공사 규모별로 차등하여, 중급 기술자 이상이 되도록 하며, 1000억 원 이상 현장은 고급기술자 이상으로, 2000억 원 이상 현장은 특급기술자 또는 기술사 이상으로 하여 조정 업무를 수행하도록

하는 것을 제시하였다. 또한 경력 조건(안전 및 시공 현장 경력 10년 이상)을 갖도록 하여야 하며, 안전보건조정자의 자격을 기술등급(초급, 중급, 고급, 특급)으로 구분하기 위해서는 반드시 안전보건조정자의 경력기준을 도입할 것을 제시하였다.

안전보건조정자의 업무는 도급자(시공사)간 간접 공중 작업의 위험요소 감소대책 및 이행 확인, 도급자간의 산재예방 조치(노동자의 안전보건조치)의 조정, 공사 전반적인 안전보건관리 계획의 적정성 확인 및 조언, 노동자의 안전보건조치에 대한 발주자의 조언을 제안하였다.

최근 사회적으로 요구되고 있는 위험의 외주화 예방 및 발주자의 의무 및 책임강화 문제를 해결할 수 있는 하나의 수단으로 2015년에 수행한 「발주자의 안전관리 의무마련 및 책임강화에 관한 연구」 결과를 토대로 2017년 4월 18일자로 [표 2]와 같이 산업안전보건법 제18조의2(안전보건조정자)가 신설되었고, 법 시행은 2017년 10월 19일자로 적용된다.

II. 실용화 내용



「발주자의 안전관리 의무마련 및 책임 강화」 연구결과를 토대로 산안법 제18조의2가 신설('17. 4. 18.)되어 발주자의 안전보건관리에 대한 의무와 책임이 마련되었으며, 신설된 동 법이 '17. 10. 19일자로 적용」



[표 2] 산업안전보건법 제18조의2 신설

신설 전	신설 후
〈신설〉	제18조의2(안전보건조정자) ①「건설산업기본법」 제2조제10호의 발주자로서 다음 각 호의 공사, 다음 각 호의 공사와 그 밖의 건설공사, 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 공사와 그 밖의 건설공사를 함께 발주하는 자는 그 각 공사가 같은 장소에서 행하여지는 경우 그에 따른 작업의 혼재로 인하여 발생할 수 있는 산업재해를 예방하기 위하여 건설공사현장에 안전보건조정자를 두어야 한다. 1. 「전기공사업법」 제11조에 따라 분리발주하여야 하는 전기공사 2. 「정보통신공사업법」 제25조에 따라 분리하여 도급하여야 하는 정보통신공사 ② 안전보건조정자를 두어야 하는 건설공사의 규모와 안전보건조정자의 자격·업무, 선임방법, 그 밖에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다. [본조신설 2017.4.18.]



2017년
‘발주자’에 대한
추가 후속
연구진행을 통해
‘안전보건조정자’
제도의 조기 정착과
사업장에서
법령 내용을
쉽게 이해하여
효율적으로
현장적용을
할 수 있도록
사업장 매뉴얼
개발·보급 예정



신설된 산업안전보건법 제18조의2(안전보건조정자) 제1항의 규정내용은 발주자로서「전기공사업법」제11조에 따라 분리발주 하여야 하는 전기공사와 「정보통신공사업법」제25조에 따라 분리하여 도급하여야 하는 정보통신공사, 상기 공사와 그 밖의 건설공사, 상기에 해당하는 공사와 그 밖의 건설공사를 함께 발주하는 각각의 공사가 같은 장소에서 행해지는 경우 그에 따른 작업의 혼재로 인하여 발생할 수 있는 산업재해를 예방하기 위하여 건설공사현장에 안전보건조정자를 두어야 하는 법적 근거를 정하고 있다. 이와 함께 신설된 제2항에서는 안전보건조정자를 두어야 하는 건설공사의 규모와 안전보건조정자의 자격·업무, 선임방법, 그 밖에 필요한 사항은 대통령령으로 정하는 근거를 두고 있다. 별칙조항인 제72조(과태료) 제5항 제3호를 신설하여 위에서 정한 법 제18조의2 제1항에 따라 발주자로서 해당 건설공사현장에 안전보건조정자를 두지 아니하는 경우에는 500만 원 이하의 과태료를 부과하도록 규정하였다. 또한, 법 개정에 따라 현재 고용노동부에서는 금년 중 시행령, 시행규칙 마련을 위한 작업을 진행하고 있다.

이번에 신설된 “안전보건조정자 제도”를 통해 건설공사를 분리발주 하는 경우 다수의 수급인이 사용하는 노동자가 한 현장에 혼재하여 작업을 함으로써 안전보건의 사각지대가 발생할 경우 발주자에게 다수의 시공자간 안전보건문제를 조정하기 위한 조정자를 두도록 하여 최근 사회적으로 요구되고 있는 ‘위험의 외주화’를 예방하고, 발주자에 대한 안전보건상의 책임 강화 문제를 해결할 수 있는 하나의 수단이 될 것으로 기대하고 있다.

| 참고문헌 |

1. 원정훈 외 3명, (2015). 발주자의 안전관리 의무마련 및 책임강화에 관한 연구. 산업안전 보건연구원
2. 문장옥, (2007). 발주자를 활용한 건설현장 안전관리책 구축 연구. 군산대학교
3. 안홍섭, (2011). CDM에 내재된 발주자 주도의 안전관리 메카니즘을 위한연구. 대한건축 학회지회연합회논문집. 13(4):503-510

03

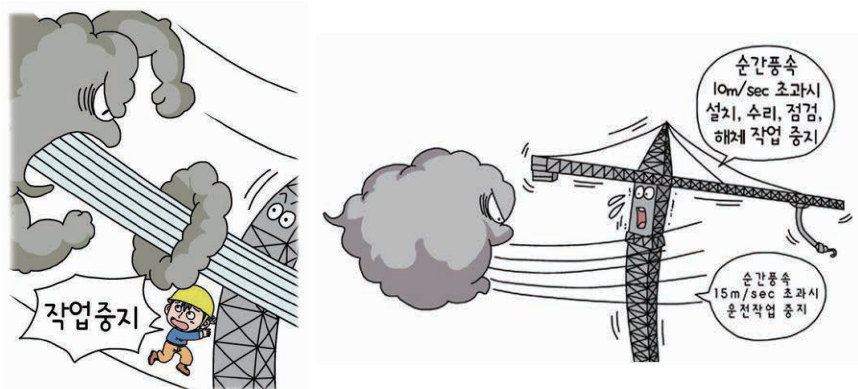
타워크레인 운전 작업중지 풍속기준 강화

여현옥 연구원* / 산업안전보건연구원 안전연구실
변정환 연구위원 / 산업안전보건연구원 안전연구실



2014년에 수행한 「풍속에 따른 크레인 작업 중지 기준에 관한 연구」 결과를 토대로 산안법 산업안전보건기준에 관한 규칙 제37조(악천후 및 강풍 시 작업중지) 제2항의 타워크레인 운전작업 중지 풍속기준을 순간풍속 초당 20미터를 초과하는 경우에서 초당 15미터를 초과하는 경우로 그 기준을 강화하여 개정되었다.

2017. 3. 3일자로 개정된 제37조(악천후 및 강풍 시 작업중지)의 제2항은 순간 풍속이 초당 15미터를 초과하는 경우 타워크레인의 운전작업을 중지시켜 악천후 및 강풍 시 타워크레인의 안전한 작업을 유도하고, 강풍에 의한 인양물의 낙하물 사고 등의 재해 감소에 기여할 것으로 기대된다.



* 연락처 : TEL 052-703-0860 , ami7174@kosha.or.kr

I . 개요 및 배경



악천 후 및
강풍 시
현실에 맞는
타워크레인
운전작업 중지
기준 재검토
필요성 제기



I-1. 배경

타워크레인은 주로 고층 건축물에 사용하는 고양정의 기중기로써 건축물의 높이가 고층화됨에 따라 인양 중 과부하나 강풍으로 인한 넘어짐 등의 사고가 증가하고 있다. 특히 타워크레인은 설치높이가 높아질수록 자립이 어렵고 바람에 의해 큰 영향을 받는 구조물이므로 설치 시 견고한 고정법이 요구되며, 바람의 영향에 저항할 수 있는 구조로 설계되어야 한다.

또한, 타워크레인 운전 작업을 안전하게 할 수 있도록 풍속기준에 대해 재고할 필요성이 지속적으로 제기되었고, 산업안전보건기준에 관한 규칙 제37조(악천 후 및 강풍 시 작업중지) 2항에서 규정하고 있는 순간풍속에 따른 크레인의 운전작업 중지 기준에 대한 재검토가 요구되었다.

이에 순간풍속에 따른 크레인의 사용기준을 재검토하고, 현실에 맞는 기준을 재정립하여 강풍 시 타워크레인 운전 작업의 안전성을 확보할 수 있는 기준을 제안하고자 2014년 「풍속에 따른 크레인 작업중지 기준에 관한 연구」를 수행하게 되었다.

I-2. 주요 관련 정보

「풍속에 따른 크레인 작업중지 기준에 관한 연구」(2014년)를 통해 한 안전보건공단 안전보건기술지침(KOSHA GUIDE)을 참고한 국내·외 타워크레인 운전작업 중지 풍속기준을 비교·분석한 결과 국내·국제(ISO 4302)·유럽(F.E.M)·영국(BS 2573)·독일(DIN 1055)의 풍속기준은 모두 20m/s로 동일하나 이는 타워크레인이 설치되는 지역에 대한 구분 없이 풍속 값에 대한 언급만 되어 있었다.

풍속은 도심지와 개활지, 내륙지역과 해안지역에서 각각 다르기 때문에 구분이 필요하며, 특히 국가별 지형 특징과 건축물의 특성(규모, 형상 등)이 매우 다양하므로 타워크레인 사용상 안전성을 위한 풍속제한 기준을 동일하게 적용하는 것이 불합리적일 것으로 사료되었다.

국내 대형 건설사의 타워크레인 운용 실태 파악을 위해 대형 건설사 관계자들의 의견을 종합한 결과 타워크레인의 운전작업 중지에 해당하는



「풍속에 따른
크레인 작업중지
기준에 관한
연구」에서
타워크레인
운전작업 중지와
관련한
순간풍속기준을
20m/s에서
15m/s로
강화할 필요성
제안



법적 순간풍속기준 20m/s를 숙지하고 있으나, 순간풍속에 대한 의미가 명확하지 않아 현장에서는 평균풍속으로서 10m/s의 풍속기준을 현장여건에 맞게 운용하고 있는 것으로 나타났다. 현장에서 적용하고 있는 풍속기준(평균풍속)에 주택지의 지형별 계수(1.5)를 적용하여 순간풍속을 예측하면 15m/s이므로 과거 법정기준(20m/s)보다 강화된 기준을 적용하고 있는 것으로 사료되었다. 참고로, 산업현장에서는 타워크레인 운전작업 중지에 적용되는 풍속 의미가 명확하지 않아 임의로 풍속기준을 마련하여 현장 여건에 맞추어 임의 운용하고 있는 경우가 많았다.

타워크레인 운전작업 중지에 대한 풍속기준에 관하여 설문조사를 실시한 결과 대형 건설사 관계자와 타워크레인 운전원 모두 현재의 순간풍속기준 20m/s가 높다는 의견을 제시하였고, 타워크레인의 풍속 관련 사고경험을 조사한 결과, 거푸집 등과 같이 바람을 받는 면적이 큰 인양물과 관련한 위험을 경험한 경우가 가장 많은 것으로 나타났으며, 그 원인은 인양 중 바람에 의해 인양물이 회전이나 비산하면서 타워크레인 운전에 어려움을 주기 때문으로 조사되었다.

타워크레인의 설치높이별 풍속 증가량을 Cranes&Derricks에 제시된 공식에 근거해 산출한 결과 풍속 및 설치높이가 증가할수록 풍속 증가량에 큰 차이가 발생하는 것을 알 수 있었고, 공학적 구조모델링을 통해 풍속에 따른 타워크레인의 수평변위를 확인한 결과 풍속이 15m/s에서 20m/s로 5m/s 증가했을 때 수평변위가 크게 증가하여 타워크레인 운전작업에 큰 영향을 미칠 수 있는 것으로 나타났다. 이는 인양물의 하중 및 부피 등을 고려해 볼 때 타워크레인의 운전성 뿐만 아니라 구조 안전성에도 영향을 미칠 수 있을 것으로 사료되었다.

또한, 많은 건설현장에서 순간풍속 15m/s 미만에서 타워크레인 운전작업 중지를 함으로 운전작업 중지기준을 순간풍속 15m/s로 강화하더라도 발생하는 작업손실비용은 크지 않을 것으로 사료되었다. 따라서 관련 재해에 따른 재해손실비용을 고려할 때 순간풍속을 20m/s에서 15m/s로 강화할 경우 산업재해 예방과 더불어 비용 절감효과를 가져올 것으로 연구되었다.

II. 실용화 내용



「타워크레인
악천후 및 강풍
작업중지 기준」
15m/s로의
개정을 통해
강풍·태풍 시
타워크레인의
안전한 작업을
유도하고,
강풍에 의한
낙하물 사고 등의
재해 감소에
기여할 것으로
기대



2014년에 수행한 「풍속에 따른 크레인 작업중지 기준에 관한 연구」를 토대로 2017년 3월 3일자로 [표 1]과 같이 산업안전보건법 산업안전보건 기준에 관한 규칙 제37조(악천후 및 강풍 시 작업중지) 제2항의 타워크레인 운전 작업 중지 풍속기준을 순간풍속 초당 20미터를 초과하는 경우에서 초당 15미터를 초과하는 경우로 기준을 강화하여 개정되었다.

[표 1] 산업안전보건 기준에 관한 규칙 제37조 제2항 개정 비교

개정 전	개정 후
제37조(악천후 및 강풍 시 작업중지) ② 사업주는 순간풍속이 초당 10미터를 초과하는 경우 타워크레인의 설치·수리·점검 또는 해체 작업을 중지하여야 하며, 순간풍속이 초당 20미터를 초과하는 경우에는 타워크레인의 운전 작업을 중지하여야 한다.	제37조(악천후 및 강풍 시 작업중지) ② 사업주는 순간풍속이 초당 10미터를 초과하는 경우 타워크레인의 설치·수리·점검 또는 해체 작업을 중지하여야 하며, 순간풍속이 초당 15미터를 초과하는 경우에는 타워크레인의 운전 작업을 중지하여야 한다. <개정 2017.3.3>

「타워크레인 악천후 및 강풍 작업중지 기준」은 건설현장에서 제기되는 안전관련 문제점 및 사고발생 시 손실비용을 고려하여 개정된 사항으로 순간풍속이 초당 15미터를 초과하는 경우 타워크레인의 운전 작업을 중지시켜 강풍·태풍 시 타워크레인의 안전한 작업을 유도하고, 강풍에 의한 낙하물 사고 등의 재해 감소에 기여할 것으로 기대하고 있다.

| 참고문헌 |

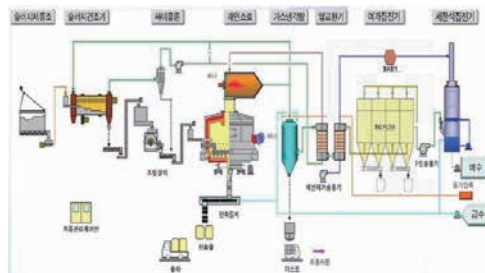
1. 박인철. (2014). 풍속에 따른 크레인 작업중지 기준에 관한 연구. 산업안전보건연구원
2. KOSHA GUIDE M-91-2012 타워크레인의 지지·고정 및 운전에 관한 기술지침
3. 기상청 : 2013 기상자료 및 용어 해설

하수슬러지 탄화공정의 안전작업에 관한 기술지침 제정 및 활용

이근원 소장* / 산업안전보건연구원 산업화학연구실

실용화
요약

최근 들어 부족한 자원을 활용하기 위해 하수슬러지의 자원화를 위한 탄화공정의 사용이 증가함에 따라 하수슬러지 탄화공정에서 발생하는 화재·폭발, 기임, 떨어짐 화상 등 발생 가능한 사고를 사전에 예방하기 위하여 「하수슬러지 탄화시설의 안전 작업에 관한 기술지침(KOSHA GUIDE, P-156-2017)」을 개발·제정하였다. 2017년 5월 22일자로 공포되어 활용되고 있는 기술지침은 「하수슬러지 탄화공정의 유해·위험에 대한 연구」(2016년) 내용을 토대로 제정된 것으로 안전보건공단 홈페이지를 통해 하수슬러지 처리시설 사업장에 보급·활용됨으로써 하수슬러지 처리 시 발생하는 유해·위험요인을 사전에 제거하여 화재·폭발 등의 중대사고를 예방하는데 기여할 것으로 기대하고 있다.



하수슬러지 탄화시설의 주요 구성 공정

* 연락처 : TEL 042-869-0310 , leekw@kosha.or.kr

I . 개요 및 배경



하수슬러지의
자원화를 위한
탄화공정의
사용 증가가
예상됨에 따라
각 단위공정 및
운전에 대한
안전조치 기준
마련 필요

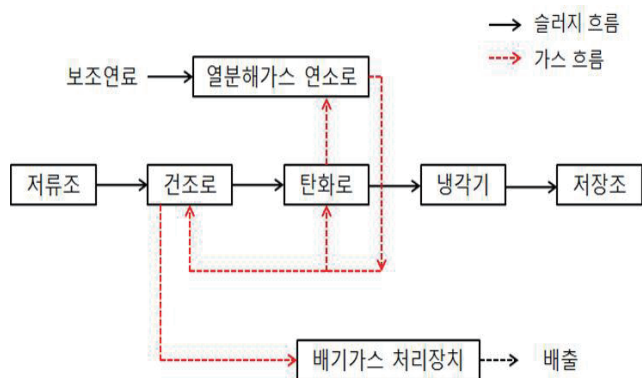


I-1. 배경

최근 폐기물의 자원화에 대한 관심의 증가와 폐기물의 해양투기가 금지됨에 따라 하수슬러지의 자원화를 위한 기술개발 및 사업화가 활발히 추진되고 있으며, 이러한 하수슬러지의 자원화를 위한 한 방법으로 탄화공정의 적용 및 관심이 점차 증가하고 있다. 현재 국내의 경우 하수슬러지의 자원화를 위하여 탄화공정의 기술을 적용하고자 하는 지자체가 점차 증가하고 있으나 이러한 탄화공정의 위험성 예방대책 및 안전조치에 대한 충분한 검토가 이뤄지지 않은 상태에 있다. 따라서 이러한 하수슬러지의 자원화를 위한 탄화공정의 사용이 증가할 경우 화재·폭발 등과 같은 사고의 예방을 위하여 각 단위공정 및 운전에 대한 안전조치의 기준 등이 절실히 필요하다.

이에 「하수슬러지 탄화공정의 유해·위험에 대한 연구」(2016년)에서는 하수슬러지 탄화방법의 종류별 및 공정별 특성과 단위공정별 유해 및 위험 요인을 분석하고, 하수슬러지의 실제 실험실적 탄화반응 실험을 통하여 각 단위공정에 대한 안전조치의 기준 등을 마련하여 화재 및 폭발 등과 같은 위험성을 사전에 예방하고자 연구내용을 토대로 하수슬러지 탄화시설의 안전보건지침(안)을 제시하였다.

I-2. 주요 관련 정보



[그림 1] 하수슬러지 탄화시설의 공정 흐름도(예)

▶ 탄화기술의 종류와 유해·위험성

탄화공정은 열원과 탄화원의 열 접촉방식에 따라 직접가열식과 간접가열식으로 구분되고, 탄화로 구조에 따라 스크류식과 로타리킬른식, 회전로상식 등으로 분류된다. 탄화공정의 단위 공정별 유해 및 위험요인을 분석 결과는 [표 1]과 같다.

먼저 건조공정의 경우를 보면 운전과정에서 건조물의 클링커 형성 등으로 인하여 운전성에는 다소 문제가 발생할 소지는 있으나 화재 및 폭발 등의 위험성은 낮은 것으로 나타났으며, 다만 건조기 회전의 원활한 운전을 위하여 하부롤러의 그리스 작업 시 협착 등으로 인한 위험성이 있는 것으로 나타났다. 또한 주기적으로 건조물의 수분측정을 위하여 시료채취 시 이송 컨베이어의 스크류에 의한 협착도 발생할 가능성이 있는 것으로 파악되었다. 이외 건조기가 지상으로부터 일정 높이에서 운전되는 관계로 건조기의 유비·보수 작업 시 추락의 위험성이 있는 것으로 나타났다.

탄화공정의 경우에 있어서는 공정의 특성상 주기적인 탄화로의 청소가 요구되며 이때 탄화로 내부에 존재하는 비산재에 대하여 작업자가 노출될 가능성이 높았으며, 또한 탄화로에서 배출되는 탄화물의 발화로 인한 위험과 이를 방지하기 위한 냉각수 분사 시에 작업자가 화상을 입을 가능성이 있는 것으로 나타났다. 배가스 처리 공정에 있어서는 연소공기 예열기의 비산재 청소 시 분진에 의하여 작업자가 노출될 가능성이 높았으며, 배가스 처리 시 사용되는 수산화나트륨과의 접촉에 유의해야할 것으로 나타났다. 이외 백필터 보수 시 맨홀 개방에 의한 추락에 의한 위험이 있는 것으로 분석되었다.

[표 1] 단위공정별 유해·위험 요인

공정	유해·위험 요인
건조	· 건조기의 시동 정지 시 또는 저부하 운전 시 건조기 내부에서 슬러지 과 건조로 자기발열 또는 발연으로 인한 화재, 폭발 위험 · 분말형태의 건조슬러지가 건조기 출구 또는 컨베이어에서 정전기 등의 점화원 접촉 시 분진폭발 위험 · 건조기 사이드/하부 롤러 그리스 작업 시 물러에 협착에 의한 사고 위험 · 건조슬러지 수분 확인을 위한 샘플링 시 이송컨베이어 스크류에 협착에 의한 사고 위험



국내
하수슬러지
처리시설의
현황 조사결과
하수슬러지
탄화물 관련
제도에 있어서는
일부 활용의
방법 및 용도에
대한 기준은
제시되어
있으나
탄화시설의
시설기준 및
관리기준은
제시되어 있지
않은 것으로
나타남





하수슬러지
탄화시설의
단위 공정별
특성 분석을
통해
각 단위공정별
문제점과
유해·위험요인
분석하여
관리방안
제시



[표 1] 단위공정별 유해·위험 요인

공정	유해·위험 요인
탄화	· 탄화로의 급격한 온도 상승 시 공정의 밀폐(Seal)부분의 손상으로 인한 열분해 가스의 누설과 이에 따른 화재 및 폭발위험 · 탄화공정의 점검구 또는 밀폐장치의 파손 시 열분해가스의 누출로 인한 작업자의 CO중독사고 위험 · 열분해가스의 이동 덕트라인의 타르 및 분진 퇴적 시 화재발생 위험 · 탄화물의 이송 시 냉각컨베이어 냉각수 분사 시 화상사고 및 자기발열에 의한 화재발생 위험 · 비산재 청소 시 분진에 의한 건강유해 위험
탄화물 저장조	· 탄화물의 장시간 저장 시 자기발열에 의한 화재발생 위험 · 충분히 냉각되지 않은 탄화물의 저장 시 탄화물의 발화에 의한 화재발생 위험
열분해 가스 연소설비	· 열분해 연소장치의 이상시 계속 주입되는 열분해가스의 축적으로 하여 폭발위험 · 작업자의 연소공기 예열기 비산재 청소 시 분진에 의한 건강유해성 · 연소가스 처리시설의 수산화나트륨 접촉에 의한 사고 위험
공장동	· 탄화설비 주변의 미세분진 퇴적에 의한 화재 및 분진폭발 위험



건조기 유지보수 시 추락



탄화로 내부 비산재 청소 시 분진



탄화물 냉각수 분사 시 화상



하부롤러 그리스 작업 시 협착

[그림 2] 탄화공정의 단위 공정별 유해·위험요인 발견 사례

II. 실용화 내용



2017년 5월에
공표된 지침은
하수슬러지 처리시설
사업장에
보급·활용됨으로써
하수슬러지처리 시
발생되는
유해·위험요인을
사전에 제거하여
화재·폭발 등의
중대사고를
예방하는데
기여할 것으로 기대



2016년 「하수슬러지 탄화공정의 유해·위험에 대한 연구」에서 하수슬러지 탄화공정에 있어서의 탄화방법의 종류별, 공정별 특성을 조사하여 각 단위 공정별 유해 및 위험 요인을 분석하였고, 하수슬러지의 실제 실험실적 탄화 반응 실험을 통해 각 단위공정에 대한 안전조치의 기준 등을 마련하여 하수슬러지 탄화공정에서 발생하는 화재·폭발, 끼임(협착), 떨어짐(추락), 화상 등 발생 가능한 사고를 예방하기 위한 「하수슬러지 탄화시설의 안전 보건 기술지침(KOSHA GUIDE, P-156-2017)」을 개발·제정하였다.

2017년 5월 22일자로 공표된 「하수슬러지 탄화공정의 안전작업에 관한 기술지침」은 하수슬러지의 탄화물을 생산하는 건조로, 탄화로, 열분해가스 연소로, 슬러지의 저장 및 이송설비 등의 설비로 구성되는 하수슬러지 탄화공정에 적용되며, 그 주요내용은 하수슬러지 탄화시설의 공정 흐름도와 유해·위험성, 하수슬러지의 탄화설비의 안전조치 및 하수슬러지 탄화설비의 작업자 안전대책으로 구성되어 있다.

「하수슬러지 탄화공정의 안전작업에 관한 기술지침」은 안전보건공단 홈페이지(정보마당·법령/지침정보-안전보건기술지침)를 통해 제공되고 있으며, 하수슬러지 처리시설 사업장에 보급·활용됨으로써 하수슬러지 처리 시 발생하는 유해·위험요인을 사전에 제거하여 화재·폭발 등의 중대 사고를 예방하는데 기여할 것으로 기대하고 있다.



| 참고문헌 |

1. 오세천, “하수슬러지 탄화공정의 유해·위험에 대한 연구”, 연구원 2016-연구원-776, 안전보건공단 산업안전보건연구원, 2016.
2. 神奈川県産業技術センター, “廃棄物処理工程における火災・爆発事故解析”, 2008.
3. 丸善株式会社, “廃棄物安全処理・リサイクルハンドブック”, 2010.
4. 下水道新技術研究所, “汚泥由来の可燃性ガスと汚泥製品の安全対策に関する研究”, 水道新技術研究所年報, 2005.

05

한국형 발암물질 노출 인구 추정도구(CAREX) 개발

이상길 부장* / 산업안전보건연구원 직업건강연구실



발암물질 노출에 의한 직업성암 예방을 위해 작업환경측정자료, 특수건강진단자료 및 작업환경실태조사 자료를 활용하여 납, 벤젠, 유리규산 등에 노출되는 인구와 노출 강도를 추정할 수 있는 한국형 발암물질 노출 인구 추정 도구(CAREX, CARcinogen EXposure)가 개발되었다. 현재 직업성 암 발생에 대한 공식적인 통계자료가 미흡한 가운데 한국형 CAREX 개발을 통해 발암물질 노출 위험집단을 선별하여 직업성암 예방 우선순위를 선정하는 기초자료로 활용하고, 근로자에게 발암물질 정보를 제공함으로써 직업성 암을 예방하는데 기여할 것으로 기대하고 있다.



* 연락처 : TEL 052-703-0872 , twincokes@kosha.or.kr

I . 개요 및 배경



최근
직업 환경성
발암물질과
암에 대한
사회적 관심이
지속적으로
증가되고
있으나,
직업성암
예방을 위해
필요한
발암물질
노출 정보는
부재한 상태



I-1. 배경

최근 직업 환경성 발암물질과 암에 대한 사회적 관심이 지속적으로 증가되고 있으나 직업성암 예방을 위해 필요한 발암물질 노출 정보는 부재한 상태로, 어느 발암물질이 어느 산업에서 노출될 수 있는지에 관한 체계적 정보, 어느 발암물질에서 얼마나 많은 근로자가 노출되는지에 대한 정보 등이 부재한 상태이다.

직업성 암의 경우, 질환의 결과가 개인에게 치명적인 경우가 많으며, 다른 암들과는 달리 그 원인을 회피할 경우 근원적인 예방이 가능하다. 직업·환경적인 요인은 전체 암 발생의 4%, 특히 남성에서는 8% 정도 기여하는 것으로 알려져 있다. 특히 남성의 부비동암의 경우 65%, 폐암의 경우 15%, 방광암의 경우 8%가 직업, 환경적 요인에 의해 발생하는 것으로 보고되었다. 즉, 우리나라의 경우 1년 평균 25만 건의 암이 발생하는 데 그 중 4%인 약 10,000건은 직업·환경적인 요인에 의해 발생했을 가능성이 있으며, 이들의 경우 직업, 환경성 암의 경우 발암물질 노출 제거를 통하여 예방할 수 있었던 질환이다. 우리나라의 경우, 짧은 기간에 급격히 산업화되었고, 암의 잠복기를 고려하면 향후 직업·환경적 발암물질의 암 발생 기여도는 선진국의 사례보다 높을 가능성이 크다.

하지만, 국내의 경우 직업성 암 발생과 관련된 정식 통계가 없어 주로 산재 여부를 통하여 그 규모를 추산하는데 이 경우 1년에 100여건으로 집계되고 있다. 또한 어느 발암물질이 어떤 산업에서 노출될 수 있는지에 관한 체계적 정보와 발암물질에 얼마나 많은 근로자가 노출되는지에 대한 정보가 없다. 직업성 암 예방의 우선순위 선정 및 직업성 암 예방 정책 수립하기 위해서는 이러한 기초적 노출 자료가 요구된다. 유럽, 미국, 캐나다 등의 국가에서는 유럽 등 해외에서는 발암물질감시시스템 CAREX (CARcinogen EXposure)를 개발하여 활용하여 이러한 정보를 제공하고 있다. CAREX란, 각각의 발암물질에 노출되고 있는 인구를 산업별 분율을 이용하여 계산하는 것으로 발암물질에 노출되는 인구수 및 노출 산업에 대한 거시적인 자료를 제공하여 예방정책을 세우는 데 있어서 기초적으로 활용할 수 있도록 하는 자료이다. 따라서 이러한 정책 기초 자료를 국내 실정에

맞게 개발하여 활용할 필요가 있다.

1-2. 주요 관련 정보



CAREX란,
각각의
발암물질에
노출되고 있는
인구를
산업별 분율을
이용하여
계산하는
것으로
발암물질에
노출되는
인구수 및
노출 산업에
대한 자료.



유럽에서 발암물질에 노출되는 근로자 수를 추정하기 위하여 CAREX를 처음 개발하였다. 유럽 CAREX의 경우, 유럽 15개국 대상으로 1990년대 초를 기준으로 85개 발암물질 별 노출인구수 추정하였다. 에스토니아, 라트비아, 리투아니아, 체코는 1997년 기준으로 20개 발암물질 별 노출인구수 추정하였고, 코스타리카는 2000년 기준으로 27개 발암물질과 5개 농약에 대해 노출인구수 추정하였다. 파나마, 니카라과아는 2011년 기준으로 27개 발암물질과 4개 농약에 대해 노출인구수 추정하였고, 캐나다는 2006년 기준으로 44개 발암물질에 대해 산업별, 지역별 노출인구수 추정하였다.

유럽의 CAREX 개발은 ① 발암물질 노출의 정의, ② 산업분류 정의, 노동력 데이터 수집, ③ 측정데이터 및 관련 자료 수집, ④ 미국과 핀란드 CAREX를 바탕으로 노출 분율을 추정, ⑤ 전문가 평가를 통해 최종 발암물질 노출인구 추정치 산출 하는 과정으로 이루어진다.

한국형 CAREX는 유럽 CAREX와는 달리 노출량 평가가 추가하여 노출량 평가는 작업환경측정자료와 전문가 평가를 결합하는 베이지언 통계 방식(Bayesian framework)을 적용하였고, 노출분율 평가는 작업환경측정/특수 건강진단/작업환경실태조사 자료를 바탕으로 전문가가 칼리브레이션(calibration)하는 방식을 적용하였다.



[그림 1] 한국형 CAREX 개발 순서

II. 실용화 내용



발암물질
노출 인구
추정 도구
CAREX를 통해
납, 벤젠,
유리규산에
노출되는
인구 추정.



발암물질 노출에 의한 직업성암 예방을 위해 작업환경측정자료, 특수 건강진단자료 및 작업환경실태조사 자료를 활용하여 납, 벤젠, 유리규산 등에 노출되는 인구와 노출 강도를 추정할 수 있는 한국형 발암물질 노출 인구 추정 도구(CAREX, CARcinogen EXposure)가 개발되었다.

한국형 발암물질 노출 인구 추정 도구 CAREX의 개발을 위해 다음과 같은 연구과정이 선행되었다.

▶ 대상 발암물질의 선정 및 노출의 정의

작업환경측정, 특수건강진단, 작업환경실태조사 자료에 포함되어 있는 국제암연구소(IARC)에서 선정한 인간에게 확실한 1군 발암물질(Group 1) 위주로 연구 대상 발암물질을 선정 및 검토하였다. 이 중 항암제, 세균, 화학전 가스 등은 제외하였으며, PAHs 등 복합물은 하나의 물질로 통합하였다. 호흡기/피부/점막 등 노출 경로를 포함한 노출의 정의를 기술하고, 백그라운드 레벨 이상이면 노출이 있는 것으로 정의하였으며, 납(중금속), 벤젠(유기용제), 유리규산(분진)에 대하여 시범적으로 적용하였다.

[표 1] 발암물질 및 노출의 정의 예

물질	노출의 정의	단위
납	무기, 유기, 금속 납, 호흡기, 소화기, 피부(유기납) 노출	μg/m ³
벤젠	호흡기, 피부 노출	ppm
유리규산	석영, 크로스토바라이트, 호흡기 노출	μg/m ³

발암물질 위주로 우선 선정하였다.

▶ 발암물질별 노출량 추정

작업환경측정 결과들은 안전보건공단으로 전송되어 2002년부터 데이터 베이스화 되어 있으며, 2009-2011년 작업환경측정자료에서 납, 벤젠, 유리규산 측정값을 추출하여 소분류 업종별 기하평균(geometric mean, GM), 기하표준편차 (geometric standard deviation) 계산하였다. 검출한계(limit of detection)는 NIOSH의 method detection limit에 의거하여 납 2.8μg/m³, 벤젠 0.0016ppm, 유리규산 6μg/m³으로 정하였으며, 이 수치 이상의 자료만 계산에 이용하였다.



이번에 개발된
한국형 CAREX를
활용하여
발암물질
노출 위험집단을
선별하여
직업성 암
예방 우선순위를
선정하는
기초자료로
활용하고,
근로자에게
발암물질 정보를
제공함으로써
직업성 암을
예방하는데
기여할 것으로
기대



노출량 전문가 평가를 위해 20년 이상 경력의 산업위생전문가를 대상으로 노출량 하위 5%, 상위 95%값을 제시하도록 요청하였고, 노출량이 대수정규분포를 따르는 것으로 가정하고, 노출이 있는 근로자들을 대상으로 하여 노출량을 추정하도록 요청하였다. 노출기준을 전문가에게 제공하여 2010년을 기준으로 평가하였다.

이후, 작업환경측정자료에서 업종별로 로그변환된 GM (LGM), 로그변환된 GSD (LGSD)를 계산치와 전문가 평가로부터 로그변환된 GM (LGM), 로그변환된 GSD (LGSD)를 계산하여, 전문가 평가에서 이상치(outlier) 제거를 위해 LGM이 IQR(interquartile range)의 1.5배를 벗어나는 경우 계산에서 제외하여 두 자료를 결합하였다.

▶ 발암물질별 기초 노출분율 추정

기초분율 추정을 위한 자료로는 작업환경측정자료, 특수건강진단자료, 작업환경실태조사를 이용하였다. 전문가에게 측정/특검/실태조사 결과를 제시하고 이를 참고하여 경험과 지식을 바탕으로 노출분율 추정치(%)를 제시하도록 요청하였으며, 노출/비노출 여부는 백그라운드 레벨 이상 노출된 것을 기준으로 하였고, 전문가 분율의 평균을 이용하여 최종 분율을 추정하였다.

▶ 산업별, 발암물질별 노출인구 최종 추정

전문가 평가 결과에서 이상치 제거를 위해 최대, 최소 값 1개씩 제외하고 노출분율의 평균을 구하고, 전문가 평가에서 보정된 최종 분율을 이용하여 최종 노출 인구수를 추정하였다.

▶ 납, 벤젠, 유리규산 노출 인구 추정

2009-2011년 작업환경측정자료에서 납은 39,049, 벤젠은 4,810, 유리규산은 9,441건이 있었으며, 이중 검출한계미만 값을 제외하고 납 9,136, 벤젠은 1,110, 유리규산 3,408건이 계산에 사용되었다. 전문가 평가에서는 업종별로 납, 벤젠, 유리규산 노출 하위 5%, 상위 95% 값을 제시한 전문가 수, 사전분포(prior) 값을 획득하였고, 이를 바탕으로 최종 소분류 업종별 기하평균, 기하표준편차를 제시하였다. 최종 추정된 노출근로자 수는 납 293,475명, 벤젠 100,088명, 유리규산 131,522명 이었다.

이번에 개발한 한국형 CAREX는 공단에서 DB화 되어 관리하고 있는 작업환경측정자료와 전문가 평가 결과를 베이지언 기법을 적용하여 고안한 것으로, 이는 전문가의 경험에 작업환경측정자료 등 객관성 있는 자료를 체계적으로 결합하여 투명성을 확보하였고, 추후 베이지언 업데이트가 가능한 것이 장점이다. 향후 다양한 발암물질 노출 인구 추정에 활용되어 발암물질 노출 위험집단을 선별하여 직업성암 예방 우선순위를 선정하는 기초자료로 활용하고, 근로자에게 발암물질 정보를 제공함으로써 직업성암을 예방하는데 기여할 것으로 기대하고 있다.

| 참고문헌 |

1. 고동희 등 (2014). 한국인의 직업 · 환경성 발암물질 노출 정보 제공 툴 (CAREX)개발. 국립암센터
2. 정혜정 등(2014). 발암인자 노출감시를 위한 CAREX (CARcinogen EXposure, CAREX) 프로그램 고찰 한계점과 활용 방안. 한국 산업위생학회지;24(3):247-255
3. 이상길 등 (2016). 발암물질 노출 추정도구 개발. 산업안전보건연구원