

OSH

Vol. 5 No. 9 (통권 49호) 2011.9

안전보건 연구동향 RESEARCH BRIEF

**기획
특집** 대체 소규모 사업장의 안전보건은
어떻게 해야 하나?

**논단
코너** 산재통계, 예방정책의
과학적 접근을 위하여

원장칼럼
국제기구와 국제대회

연구동향
근로자의 호흡 변동을 고려한 시료 채취 펌프 개발과 이를 이용한 노출 평가
서비스업 사업장에 적합한 보호구의 기준 마련
카본블랙의 심혈관계 유해성 고찰
암면 유해성 평가
주요 국가의 VDT 가이드라인 동향

직업병 역학 조사 사례
항공방제작업에서 발생한 만기발병 소뇌성운동실조



산업안전보건연구원



일터의 ‘라이언 일병 구하기’

우리는 여전히 많은 위협을 감수하며 살고 있고, 심지어 생명까지 위협을 받고 있다. 물론 총을 맞게 되거나 폭탄이 터져 죽게 될 일은 거의 없다. 그런데도 생명의 위협을 느끼는 건 우리 주위에서 많은 사람이 갑작스런 사고에 직면하는 모습을 보게 되기 때문이다.

세계무대로 나가기 위한 국가 경쟁력 향상에 온 나라가 힘을 쓰고 있는 이 시점에서 산업재해로 인한 인적·물적 손실은 국가의 위상을 떨어뜨리는 일일 뿐만 아니라 나라의 이미지를 실추시키는 일이다.

첨단 기술과 고부가가치의 산업으로 무장해 국제 사회에서 맹위를 떨치고 있는 우리나라. 앞으로도 이 위력을 이어가기 위해, 우리 일터의 근로자만큼은 총알이 튀고 폭탄이 떨어지는 전쟁 속에서도 라이언 일병을 구하듯 치열하게 지켜내야 하지 않을까?

- ‘안전한 나날을 그리다’ 중에서



Vol. 5 No. 9 (통권 49호)
OSH RESEARCH BRIEF
2011. 09

원장칼럼 04 국제기구와 국제대회 · 강성규

기획특집

08 대체 소규모 사업장의 안전보건은 어떻게 해야 하나? · 정진주

논단코너

산재통계, 예방정책의 과학적 접근을 위하여

- 14 재해율 0.6%대 진입, 산업재해통계 어떻게 달라지나? · 구권호
- 18 업무 관련 재해, 연간 발생 규모와 근로환경과의 연관성 · 김영선
- 22 산재 예방전략의 길잡이, 원인통계 · 최성원

연구동향

- 28 근로자의 호흡 변동을 고려한 시료 채취 펌프 개발과 이를 이용한 노출 평가 · 이은경
- 34 서비스업 사업장에 적합한 보호구의 기준 마련 · 김진현
- 40 카본블랙의 심혈관계 유해성 고찰 · 이무열
- 46 암면 유해성 평가 · 정용현
- 50 주요 국가의 VDT 가이드라인 동향 · 김대성

**직업병
역학 조사 사례**

60 항공방제작업에서 발생한 만기발병 소뇌성운동실조 · 장승희

산업안전보건 소식 · 산업안전보건연구원 활동 65

게재된 내용은 원고 집필자의 개인적 견해이며, 우리 연구원의 공식 견해와 다를 수 있습니다.

제5권 9호(통권 49호) 간별 월간 발행일 2011년 9월 1일 등록번호 ISSN 1976-345X 발행처 산업안전보건연구원 (403-711) 인천광역시 부평구 무네미로 478(구산동) Tel. 032)5100-903 oshri.kosha.or.kr 편집위원장 강성규 편집위원 정진우, 강미진, 국원근, 이명규, 송재철, 정지연, 정진주, 배계완, 이경용, 신운철, 이인섭, 김은아, 정무수 편집인 조흥학, 윤영식 편집·제작 (주)광고연합 Tel. 02)2264-7306

국제기구와 국제대회

역사적인 서울선언(Seoul Declaration)을 이끌어 내고 한국의 산업안전보건을 세계에 알렸던 제18차 세계산업안전보건대회(World Congress on Safety and Health at Work)의 후속인 제19차 대회가 9월 11일부터 15일까지 터키의 이스탄불에서 개최된다.

또 2015년 서울에서 개최될 제31회 국제산업보건대회(ICOH Congress, International Commission on Occupational Health)의 전 대회인 제30회 대회가 내년 3월 18일부터 23일까지 멕시코의 칸쿤에서 개최된다.

산업안전보건대회에 익숙하지 못한 사람은 세계산업안전보건대회는 무엇이고 국제산업보건대회는 무엇인지 궁금해 한다. 세계산업안전보건대회 개최를 맞이하여 산업안전보건에 관련된 국제 간 기구나 기관에 대해 알아보자.



강성규 원장
산업안전보건연구원

세계에는 산업안전보건과 관련되는 여러 개의 기구 또는 기관이 있다. 국가적으로는 산업안전보건을 연구하는 기관이 있고, 국제적으로는 정부 간 기구나 비정부 기구가 있다.

정부 간 기구로 대표적인 것은 유엔(UN) 산하의 특별 전문 기구인 세계보건기구(WHO)와 국제노동기구(ILO)가 있다. 모든 암에 대해 연구하는 국제암연구소(IARC)와 화학물질에 대한 정보를 제공하는 국제화학물질안전프로그램(IPCS)도 유엔 산하 기구이다.

비정부 기구로는 국제산업보건위원회(ICOH; International Commission on Occupational Health), 국제산업위생협회(IOHA; International Occupational Hygiene Association), 국제인간공학협회(IEA; International Ergonomic Association)가 있다. ILO 산하에는 국제사회보장협회(ISSA; International Social Security Association)가 있다.

기타 산업안전보건 관련 기구로 원자력이나 비파괴검사 등에서 노출될 수 있는 전리방사선에 의한 건강 영향을 다루는 국제방사선방호위원회(ICRP; International Commission on Radiation Protection), 전자파, 레이저, 자외선 등 비전리방사선에 의한 건강 영향을 다루는 국제비전리방사선방호위원회(ICNIRP; International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection)가 있다. 독성학 분야는 국제독성조합(IUTOX; International Union of Toxicology)이 있다.

비정부기관은 전문가 단체로서 Commission은 개인 회원 위주의 조직, Association은 단체회원 위주의 조직을 운영하고 있다.

국제 정부 간 기구

국제노동기구(ILO)

ILO는 국제노동기준을 만들고 조정하는 국제기구이다. 1919년 제1차 세계대전 직후에 설립되었고 현재 189개국이 회원국이다. ILO는 정부, 경영주, 근로자의 대표가 모이는 삼자기구이다. ILO는 모든 근로자에게 양질의 노동을 추구한다.

ILO는 사무총장 아래에 사회보호본부(Social Protection Sector)가 있고, 그 아래 노동보호국(PROTRAV; Labor Protection Department)이 있으며, 다시 그 아래 산업안전보건국(SAFEWORK; Programme on Occupational Safety and Health)이 있다. 산업안전보건국에는 20명이 근무하고 있다. 본부는 스위스 제네바에 소재한다.

ILO는 5개의 지역사무소가 있다. 아프리카지역, 미주지역, 아랍지역, 아태지역, 유럽 및 중부아시아지역이 있다. 우리나라는 방콕에 위치한 아태지역에 속해 있다. 각 지역사무소에는 산업안전보건 조정관이 있어 소속 국가의 산재 손상과 직업병 예방업무를 지원하고 있다.

ILO는 노동에 관련된 각종 협약을 선포하여 회원국이 비준한 뒤 이를 준수하도록 하고 있다. 산업안전보건 분야는 13개의 협약이 있고, 한국은 현재 4개를 비준하고 있다.

ILO는 1964년도에 직업병 목록을 만들어 각국이 활용하도록 권고하고 있으며, 가장 최근 목록은 2010년에 개정된 것이다. 또한 ILO는 산업안전보건 백과사전을 발간하고 있으며, 현재 4판이 발간되어 있고 5판을 준비 중이다.

ILO는 진폐증의 진단기준과 표준필름을 만들어 보급하고 있는데, 대부분의 국가에서 진폐증 진단에 ILO 표준필름을 이용하고 있으며, 개발도상국의 진폐 판독 능력 향상을 위한 세미나를 순회하여 개최하고 있다. ILO는 1955년부터 세계산업안전보건대회를 후원하고 있다.



WHO는 인류의 건강을 조정하고 총괄하는 유엔 산하 국제기구이다.

세계보건기구(WHO)

WHO는 인류의 건강을 조정하고 총괄하는 유엔 산하 국제기구이다. 1948년에 설립되었고 2010년 현재 193개국이 회원국으로 가입되어 있다. WHO는 국제적 건강문제에 대한 정책 방향을 제시하고, 건강 연구 주제를 제시하며, 규범과 기준을 만들고 근거 중심의 정책을 표방한다. 또한 회원국에 대해 기술 지원을 제공하고, 건강 관련 추세를 평가하며, 모니터링한다.

WHO 사무총장 산하에는 보건안전환경(HSE; Health, Security and Environment) 부총장이 있고, 그 아래 공중보건환경국(PHE; Department of Public Health and Environment)이 있어 산업안전보건을 담당한다. PHE는 3개의 부서가 있고, 그 중 한 부서가 산업 및 환경보건을 담당한다. 25명의 산업 및 환경보건팀 중 7명이 산업보건을 담당하고 있다. WHO 본부는 스위스 제네바에 소재한다.

WHO는 6개의 지역사무소가 있다. 지역사무소는 본부와 독립적으로 지역의 건강업무를 담당하고 있다. 아프리카지역(AFRO), 미주지역(PAHO), 남동아시아지역(SEARO), 동지중해지역(EMRO), 서태평양지역(WPRO), 유럽지역(EURO) 사무소가 있다.

우리나라를 비롯한 동아시아 지역은 마닐라에 사무소가 있는 서태평양지역에 속하고, 북한은 뉴델리에 사무소가 있는 남동아시아지역에 속한다. 각 지역사무소에는 산업보건담당 조정관이 있다. 각 지역사무소는 조정관을 통해 회원국가의 산업보건업무를 지원하고 있다.

WHO의 업무 상대 부서는 각국의 보건부 또는 복지부이다.

WHO에서는 1980년대에는 산업보건실(Office of Occupational Health)이 있어 산업보건업무가 매우 활발하였다. 그러나 1990년대 들어서 ILO와 역할 조정을 통해 산업보건조직이 약화되었다. 그러나 2000년대 들어서 미국 국립산업안전보건연구원(NIOSH)과 핀란드의 산업보건연구원(FIOH)이 중심이 되어 WHO 협력센터(CC; Collaborating Center)를 이용한 산업보건활동을 강화하고 있다.

WHO는 전 세계의 1,000여 개 정부조직, 연구기관, 대학을 협력센터로 지정하고 있다. 국내에도 10여 개의 대학, 연구소 협력센터가 있다. 산업보건 분야는 37개국의 58개 기관이 지정되어 있다. 국내에는 가톨릭산업의학센터가 1960년대부터 지정을 받았고, 한국산업안전보건공단이 2005년에 신청하여 2008년에 지정을 받았다.

2007년에는 각국의 보건장관이 서명한 ‘국제산업보건 10개년 계획’을 작성하여 발표하였다. WHO는 이 계획에 의해 3년 단위로 중기사업을 수행하고 있다. 제도 개선, 국제간의 협력 강화, 콘트롤밴딩과 같은 사업이 있다.



ICOH는 1906년에 창립된 국제 비정부 전문가 기구이며, 2015년에는 한국의 서울에서 국제대회를 개최한다.

국제 비정부 기구

국제산업보건위원회(ICOH)

ICOH는 1906년에 창립된 국제 비정부 전문가 기구이다. ICOH는 알프스를 관통하여 프랑스와 이탈리아를 연결하는 심플론터널 건설 당시 사전 조치로 직업병을 예방한 것을 기념하기 위해 설립된 산업안전보건 분야에서 가장 오래된 조직이다. 현재 93개국 2,000여 명의 산업보건 전문가들이 회원으로 있고, 각국의 산업안전보건 연구원과 학회가 단체회원으로 가입되어 있다. 개인회원은 의사가 가장 많지만, 산업위생, 산업간호, 산업안전, 독성학, 역학, 통계학, 산업보건행정 등 다양한 전문가들이 참여하고 있다.

ICOH는 35개의 독립된 분과위원회를 두고 있다. 분과위원회는 대부분 ICOH 회원이지만 ICOH 회원이 아닌 경우도 참여하고 있고, 매년 또는 격년으로 해당 분야 전문가들이 모인 소규모 국제대회를 개최한다. 참가자는 분과위원회의 규모에 따라 100~300명 수준이다.

분과위원회는 유해요인별·질병별·직능별 등으로 구성되어 있다. 직능별은 산업의학, 산업위생, 산업간호 등이 분과위원회로 활동하고 있다. ICOH는 전문 분야

별로 성명서나 의견서를 만들어 발표하고 WHO나 ILO를 기술적으로 지원한다.

매 3년마다 분과위원회가 모두 모인 종합대회를 개최한다. 종합대회는 통상 2,000여 명의 외국인이 참가하고, 총 참가자수는 자국인 참가 규모에 따라 달라진다. 2006년에 100주년 기념대회를 이탈리아 밀라노에서 개최하였고, 2012년에는 멕시코 칸쿤, 2015년에는 한국의 서울에서 국제대회를 개최한다.

국제산업위생협회(IOHA)

IOHA는 1987년에 창립된 산업위생 분야의 국제 전문가 단체이다. 각국의 산업위생학회를 회원으로 받고 있다. 현재 25개국 27개 단체가 회원으로 가입되어 있다. 한국은 산업위생학회 회원으로 가입되어 있다. IOHA는 현재 각국의 작업장 노출기준 또는 허용 농도에 대한 정보를 공유하고 있고, ILO의 콘트롤밴딩 사업도 지원하고 있다. 1987년 첫 대회 이후 2년마다 대회를 개최하고 있다.

국제인간공학협회(IEA)

IEA는 1961년에 창립된 인간공학 분야의 비정부 국제 기구이다. 각국의 인간공학회를 회원으로 받고 있고 현재 46개국이 회원국으로 가입되어 있다. 기관에 대해서는 특별회원을 받고 있어 한국산업안전보건공단은 기관 회원으로 가입되어 있다.

인간공학회는 국가별로 구성원 차이가 난다. 미국은 인간공학을 주로 공학적 기술로 해결하므로 산업공학 등 공학을 전공한 전문가가 많고, 유럽의 인간공학학회는 인체의 생체역학적 반응을 중심으로 하므로 생체역학이나 물리치료학을 전공한 전문가가 많다. 인간공학회는 인지공학 등 생산성과 관련되는 분야 등 추구하는 범위가 넓어 산업안전보건이 차지하는 부분은 크지 않다.

매 3년마다 종합대회를 개최하며 한국에서는 2003년에 제15회 대회를 개최하였다. 차기 대회는 2012년 2월 브라질 레시페에서 개최된다.

국제사회보장협회(ISSA)

ISSA는 1927년에 ILO 산하에 설립된 비정부 국제 기구이다. 각국의 사회보장기관을 회원으로 하고 있다. 현재 150개국의 350개 기관이 회원으로 가입해 있다. 한국은 건강보험공단, 국민연금공단, 근로복지공단과 한국산업안전보건공단이 회원으로 가입해 있다. 일부 개인회원을 받기도 한다.

세계에는 산업안전보건과 관련되는

여러 개의 기구 또는 기관이 있다.

국가적으로는 산업안전보건을 연구하는 기관이 있고,

국제적으로는 정부 간 기구나 비정부 기구가 있다.

정부 간 기구로 대표적인 것은 유엔(UN) 산하의

특별 전문 기구인 세계보건기구(WHO)와

국제노동기구(ILO)가 있다.

모든 암에 대해 연구하는 국제암연구소(IARC)와

화학물질에 대한 정보를 제공하는

국제화학물질안전프로그램(IPCS)도 유엔 산하 기구이다.

비정부 기구로는 국제산업보건위원회(ICOH),

국제산업위생협회(IOHA), 국제인간공학협회(IEA)가 있다.

ILO 산하에는 국제사회보장협회(ISSA)가 있다.

기타 산업안전보건 관련 기구로 국제방사선방호위원회(ICRP),

국제비전리방사선방호위원회(ICNIRP)가 있다.

독성학 분야는 국제독성조합(IUTOX)가 있다.

비정부기관은 전문가 단체로서 Commission은

개인회원 위주의 조직, Association은 단체회원 위주의

조직을 운영하고 있다.

ISSA는 주로 사회보장과 보상을 다루므로 이와 관련된 조직이 많다. 산재보험이 발달한 독일이 주도적인 역할을 하고 있다. ISSA에는 12개의 기술위원회가 있고, 그 중에 하나가 예방특별위원회이다. 예방특별위원회에는 다시 12개의 분과가 있다. 한국산업안전보건공단은 금년에 안전문화분과를 조직해서 12번째 분과가 되었다.

ISSA는 ILO와 함께 세계산업안전보건대회를 후원한다. 세계산업안전보건대회는 ILO, ISSA와 개최국이 주관이 되어 1955년부터 매 3년마다 개최하고 있다. ICOH 대회가 기술적·전문적인 분야의 대회라면 세계산업안전보건대회는 현장, 행정적인 분야의 대회라고 볼 수 있다.

세계산업안전보건대회가 올림픽이라면 ICOH 대회는 월드컵과 같다. 세계산업안전보건대회는 다양한 분야에서 참여하고, ICOH 대회는 최고의 전문가가 참여하기 때문이다. ⑤

대체 소규모 사업장의 안전보건은 어떻게 해야 하나?



정진주 연구위원
이화여자대학교 한국여성연구원

소규모 사업장은 규모 면에서 대기업과 다르고, 같은 소규모 사업장이라고 해도 다양한 부문이 공존해 있다. 점차 기업의 특성은 소규모화 추세이며, 여기에서 일하는 근로자도 증가할 것이다. 이런 현실은 소규모 사업장 근로자의 안전보건문제(이하 OHS)에 관심과 집중을 해야 할 것을 요구하고 있다. 소규모 사업장의 OHS는 OHS 구조, 정책, 체계와 관련한 이슈, OHS 위험요인의 이해, 위험과 건강문제의 관리에서 다른 인식과 상황을 갖고 있다. 기존의 소규모 사업장에 대한 다양한 OHS 개입의 효과성 및 비용 대비 혜택에 대한 평가를 바탕으로 새로운 전략이 도출되어야 할 시점이다. 소규모 사업장의 특성을 파악하고 향후 취해야 할 정책을 알아본다.

서론 : 달라진 것과 달라지지 않은 것

1987년 석사논문을 쓰기 위해 ○○타이어 공장의 하청업체 두 곳에 참여 관찰을 하면서 약 4개월의 시간을 보낸 적이 있다. 당시 논문은 ‘중소기업의 노동과정과 노-사관계’를 알아보기 위한 것이었는데 현장 참여를 하면서 조직의 심층적인 면을 보는 것이 타당한 방법이라고 생각하였다.

두 곳을 참여 관찰할 필요는 없었지만 처음 들어간 곳에서는 학생이라는 신분을 밝히지 않고 이들과 함께 일하였다. 그러면서 조직의 특성을 파악하자니 신분 노출이 되지 않아 더 알고 싶은 내용은 파악할 수 없었다. 결국 두 번째 공장에서는 학생임을 밝히고 면접을 해가면서 또 다른 2개월을 보냈다. 같은 회사의 하청공장이면서, 같은 제품을 생산하고, 같은 지역에 있는 두 공장에서의 생활은 중소기업 공장의 조직 특성을 파악하는 데 도움이 되었다.

한 공장에서는 기혼 여성들과 다양한 일을 하였고, 다

른 공장에서는 탁상선반에서 타이어밸브를 자르는 작업을 주로 하면서 프레스나 금형 쪽 보조로도 일해 보았다. 탁상선반에서 타이어밸브를 자르는 작업은 한 달이 지나자 상당히 숙달되어 주변 사람이 놀라워 할 정도로 생산량이 높아갔다. 공장생활이 익숙해지면서 무엇보다 괴로웠던 사실은 한여름에 날아다니는 쇧가루 때문에 목이 아프고, 가려워 긁으면 생채기가 나서 온몸이 엉망이 된다는 것이었다. 또한 소음은 엄청나게 심했으며, 더운 여름의 열기는 좀처럼 빠지지 않았다. 저녁에 집에 와 머리를 감으면 초등학교 때 대걸레로 청소한 뒤의 시커멓던 그 더러운 물이 빠져 나왔다. 임금은 매우 적었고, 밥 먹을 장소도 마땅치 않았다.

어려운 상황임에도 근로자들은 이런 노동 조건이 어쩔 수 없다는 생각이 많았고, 특히 조직 규모가 작다보니 가족관계와 같은 문화가 조직 내에 팽배하여 불만이거나 개선사항을 이야기하기는 힘들었다. 사업주도 과거 근로자 출신이었는데 어렵게 일해서 이 자리까지 오게

되어 근로자와 함께 일하는 실정이었다. 늘 원청회사의 주문 수량에 맞추어 노동시간 등이 변화되고, 원청회사의 다양한 주문에 순응해야만 유지되는 사업체였다.

당시 나의 전공인 사회학 내에서는 OHS를 따로 독립해서 보는 분야는 없었고, 산업보건이라는 영역도 제대로 없었다. 따라서 당시 나는 OHS가 근로자들에게 매우 중요한 사항이라는 사실은 인지했지만 이론적으로나 실무적으로 대응할 방안을 갖지 못했다. 근로자들도 앞서 말한 여러 가지 조건 때문에 OHS에 대해 개선을 한다기 보다는 '돼지고기와 막걸리 마시면 쇳가루가 나간다'는 말로 위안을 삼았다.

2010년에는 소규모 사업장의 OHS를 지원하기 위한 정부의 방안으로 지역의 근로자 건강센터 선정 및 지역사회진단을 위한 연구에 참여하였다. 그때 김해농공단지, 구로디지털단지, 시화·반월단지의 사업주 및 근로자를 심층 면접하면서 그들이 바라본 소규모 사업장의 문제 및 지원받고 싶은 내용을 중심으로 알아볼 기회가 생겼다. 1987년 석사논문을 썼던 시기로부터 약 20년의 세월이 흘렀다. 그 오랜 세월 동안 달라진 점은 OHS가 필요하다는 것, 어떤 적절한 조치가 취해진다면 사업장에서 실행할 수 있다는 생각 등이 확산된 것이다. 하지만 여전히 소규모 사업장이 처해 있는 재정적·구조적 어려움과 소규모 사업장의 특성을 제대로 살린 OHS 체계 및 실행이 부족하다는 점은 변하지 않았다.

따라서 여기서는 소규모 사업장의 OHS에 대한 기존 연구결과를 검토하면서 향후 나아가야 할 방향을 설정해 보고자 한다. 특히 향후 조직의 방향은 소규모 기업으로 재편될 가능성이 많고, 현재 OHS 시스템이 소규모 기업에 초점을 맞춘 것이 아니기 때문에 소규모 사업장에 특화된 방향을 생각해보고자 한다.

소규모 사업장의 OHS에 대한 기존 연구결과

제기해야 할 주요 질문

변화하는 환경 속에서 소규모 사업장의 OHS는 어떻

게 이루어져야 될까? 여기에 대한 해답은 다음의 질문에 대한 정확한 내용 파악과 이에 기반한 전략 및 구체적인 개입으로 이루어져야 한다.

'소규모 사업장은 안전보건문제를 어떻게 이해하고 있으며, 안전보건 관련 실천은 실제 어떻게 이루어지고 있는가. 그리고 소규모 사업장대상 안전보건 개입은 어떤 것이 있으며, 과연 그러한 실천 및 전략은 효과적인가.'

이 질문에 대한 해답을 얻기 위해서 최근에 시행된 연구는 체계적 문헌 고찰(systematic review)- 현존하는 연구결과를 대상으로 특별한 연구 질문에 대한 해답을 얻으려는 방법-을 통해 그 결과를 제공하고 있다.

세계적으로 발표된 논문(주로 유럽과 북미에 치중됨)을 대상으로 문헌 검토를 실시¹⁾했는데 두 가지 차원에서 진행되었다. 1) '소규모 사업장의 다양한 당사자는 안전보건을 어떻게 이해하고 있으며, 어떤 과정이 벌어지고 있는가' 하는 질문에 대해서는 소규모 사업장의 OHS를 다룬 연구 중 질적 연구방법을 사용한 연구결과를 통해 알아보고 있다. 2) '소규모 사업장의 개입전략은 안전보건결과에 어떤 영향을 미치는가'를 알아보기 위해서는 소규모 사업장에서 실시된 개입전략의 효과를 다룬 양적 연구방법의 연구결과를 사용하여 정보를 제공하고 있다.

소규모 사업장의 OHS 인식 및 과정

〈표 1〉에 나타난 것처럼 소규모 사업장이 OHS에 대해 어떻게 이해하고 적용하는지를 다룬 14개의 연구에서 중요한 세 가지 주제가 드러났다. 이러한 주제들은 소규모 사업장에서 경험한 독특한 조건을 강조하면서도 이들 사업장을 지지할 기회구조를 보여주고 있다. '소규모 사업장 당사자들이 OHS와 연관된 과정을 어

1) 소규모 사업장의 OHS에 관한 논문을 6개의 언어로 9개의 데이터베이스(DB)를 활용하여 찾아 본 결과, 5,067편의 논문을 찾았고 체계적 검토를 위한 기준에 합당한 20개의 질적 방법을 활용한 연구 및 23개의 양적 방법을 활용한 연구를 분석대상으로 삼았다.

〈표 1〉 소규모 사업장의 OHS 이해와 과정에 대한 질적 연구의 체계적 검토(systematic review) 결과(저자, 연도, 사업장규모)

구분	Andersen et al. [2007] (< 20)	Aragon et al. [2001] (< 5)	Corneliusson [2005] (< 50)	Eakin [1992] (< 50)	Eakin and MacEachen [1998] (< 50)	Eakin et al. [2001] (< 50)	Eakin et al. [2003] (< 100)	Holmes et al. [1999] (< 20)	Mayhew and Quinlan [1997] (< 50)	Niewohner et al. [2004] (< 20)	Shain et al. [1998] (< 50)	Walters [1987] (< 100)	Walters [1998] (< 20)	Wulfforst et al. [1996] (< 100)
OHS의 규칙 & 자원에 대한 지식 부족														
OHS 규칙을 모름		M	H	H					M	M		M		M
훈련 부족									M	M		M		
규제 면제									M					M
낮은 안전 점검									M					
노동조합 부재효과									M				M	
OHS를 위한 공식적인 업무 체계 & 자원 부족														
OHS 체계가 없음		M	H	H		M	H		M	M		M		
OHS를 하기에 너무 바쁨							H		M					
계약이 OHS를 복잡하게 만들									M					
사업주가 책임을 못 느낌									M	M				
OHS 책임성이 모호함							H		M	M		M		
건강[관련] 책임에 대해 사업장별로 다양한 시각 존재						M								
체계가 항상 안전한 OHS의 결정요인은 아님			H											
정보, 정책, 법이 소규모 사업장에 맞지 않음														
OHS 정보가 부적절하거나 유용하지 않음									M	M				
규제를 시행하기가 어려움						M								
소규모 사업장 계약 현실과 보조를 맞추지 못하는 정책									M					
소규모 사업장은 OHS 지식을 일상적으로 활용 / 비활용?														
조직 내 문화가 일상적으로 OHS 위험요인을 인지하는 경우 OHS를 고려하게 된다.		M		H		M							M	
고객 중심의 관계가 OHS 실행에 영향을 미친다.									M				M	
경제적 제약이 OHS 순응도에 영향을 미친다.				H		M			M	M				
OHS의 관점은 노동관계에 의해서 형성														
긴밀한 작업 역할은 관점에 영향을 미친다		M		H	H									
긴장된 관계는 건강 & OHS 이해에 영향을 미친다.				H					M					
개인적인 것으로 처리되는 위험(risk)														
위험은 근로자 개인의 문제이다				H		M		M	M	M			M	
근로자가 적응(coping)하면서 관리한다.					M		M							
근로자는 자기 취급을 받을 필요가 없다.			H											
노동환경을 해결하기는 너무 복잡하다.						M								
근로자는 자신들의 고유한 해결책을 더 좋아한다.									M					
부상으로 인한 사회적 영향														
생산성 감소							H							
부상관리는 행정 처리의 골칫거리							H							
고용관계 재평가	M				H		H				M			
OHS 관리를 위한 소규모 사업장의 전략														
대안적 행동		M								M				M
충분한 지식이 없는 상태의 OHS 실행												M		
적절한 OHS에 대한 지지 부족										M				
사업주들은 사업 논리를 적용한다.	M						H							

* 주 : H는 연구에서 높은 등급으로 나타난 개념을 가리킴, M은 연구에서 중간 등급으로 나타난 개념을 말함

* 자료 : MacEachen et al., Workplace health understandings and processes in small business: a systematic review of the qualitative literature, J Occup Rehabil (2010) 20: 191-192

떻게 이해하고 지지하는가?’와 같은 질문을 통해서 밝혀진 사항을 요약해본다(MacEachen et al., 2010; Institute for Work & Health, 2009).

〈표 1〉에서 나타난 결과는 다음과 같이 크게 세 가지 영역으로 범주화될 수 있는데 첫째, ‘OHS 구조·정책·체계와 관련한 이슈, 둘째, OHS 위험요인의 이해, 셋째, 위험과 건강문제의 관리’이다.

1) OHS 구조·정책·체계와 관련한 이슈

- 소규모 사업장은 OHS에 대한 규칙과 접근법에 대한 지식이 부족하다.

많은 사업주와 관리자는 OHS 규칙과 규제를 기억하지 못했다. 소규모 사업장들은 규제에서 면제되는 경우도 종종 있었으며, 노동조합이 결성되어 있지도 않았다. 소규모 사업장 수가 많아서 특정 소규모 사업장은 안전 점검을 받아본 적이 거의 없었다. 이런 조건으로 인해 OHS에 대한 지식이 부족할 수밖에 없다.

- 소규모 사업장은 공식적 조직 체계와 OHS에 대한 자원이 부족하다.

공식적인 현장보건 체계를 위한 헌신적인 OHS 전담 직원과 자원을 찾기가 어렵다. 사업주나 근로자 모두 근로자 건강의 책임에 대해 확실히 모르고 있다. 건설업 같은 일부 산업에서는 복잡한 하청계약관계를 갖고 있고, 이런 유형의 관계들은 사업주-근로자의 법적 관계를 규명하기 힘들게 하며, 누가 근로자 건강을 책임져야 하는지 이해하기 어렵게 만든다.

- 정보, 정책, 법은 소규모 사업장의 현실에 맞지 않는다.

기존 정책들은 실제로 실행하기 힘들 수 있는데, 이는 때로는 불분명한 법적 책임이나 개인적 관계의 단절로 인해 발생하는 것이다. 또한 일부 정책들은 너무 간단하거나 기술적이며, 종종 소규모 사업장의 요구에 맞지도 않았다.

2) OHS 위험요인의 이해

- 소규모 사업장은 위험을 무시할 수 있고 OHS 관련 지식을 활용하지 않을 수 있다.

사업주도 근로자도 OHS 위험요인을 업무의 일부로 보고 있었다. 농업 같은 일부 분야에서는 외부 자문에 반대했다. 서비스 부문 근로자들은 때로는 고객관계에 대한 안전자문을 회피하기도 했다. 여기에 덧붙여 사업주들은 현장건강관리를 하기에는 시간과 돈이 부족하다고 말하기도 한다.

- OHS 관점은 노동 현장에서의 사회적 관계에 따라 형성된다. 근로자와 사업주들이 나란히 일하면, 근로자들은 대개 사업 운

영비용을 이해하게 되고 그들 자신의 이익을 회사의 필요에 동일하게 맞추게 된다. 이런 유형의 관계는 노동안전 위험요인을 인식하지 못하거나, 과도하게 위험요인을 수용하는 요인이 될 수 있다.

- 위험은 개인적으로 처리되는 것으로 보인다.

근로자들은 대개 여러 가지 이유로 인해서 그들 스스로 OHS 위험을 처리하고 책임지고 있다. 근로자들은 업무를 하면서 자발성과 책임성을 갖고 있다고 느낀다. 건설 현장 같은 일부 산업에서 근로자들은 ‘근로자의 건강과 안전’을 기술과 도구를 다루는 통제력의 일부로 바라보았다. 사업주들은 또한 시간을 소모하는 공식적인 노동 현장보건 프로그램을 피하려고 애썼다.

3) 위험과 건강문제의 관리

- 근로자가 부상을 입게 되면 소규모 사업장에서 심각한 사회적 영향이 발생한다.

부상사고가 발생하면 이는 한 회사의 생산에 엄청난 영향을 미칠 수 있다. 이는 고용주가 다친 근로자의 가치를 재평가하게 되며, 해당 근로자의 고용관계까지 위협하게 된다.

- 소규모 사업장은 자기환경에 기반한 건강관리전략을 적용한다.

OHS 자원들이 맞지 않거나 쉽게 적용되지 않을 때는, 근로자들은 대개 ‘대리’ 실행을 하게 된다. 예를 들어, OHS 훈련을 해도 화학물질을 다루는 근로자들은 장갑을 뒤집어서 그걸 재활용하는데 이것은 근로자들이 장갑을 적절하게 공급받지 않았기 때문이다. 사업주들은 사업 수요나 다친 근로자를 선호하는 지에 따라 건강관리전략을 변경하였다.

소규모 사업장 개입 유형별 효과성

대규모 조직이 아닌 소규모 사업장에서 시행되는 개입은 어떤 것이 있었으며, 과연 이러한 개입은 어떤 효과를 가져 왔는가를 알아보는 것은 OHS의 실질적 효과성을 향상시키는 방안이 될 수 있다. 물론 기존연구의 결과가 각국의 상황, 맥락, 가용 가능한 자원, 소규모 사업장의 국내 위치 등에 따라 다르겠지만 전체적으로 개입의 종류와 효과를 알아보는 것은 의미가 있다.

양적 연구방법을 사용한 기존 연구결과를 체계적인 문헌 고찰을 한 연구(Berslin et al, 2010) 중 최종적으로 검토된 5개 연구에서 드러난 개입은 기술공학 + 훈련, 안전 감사, 동기 부여요소(1개 연구), 훈련 + 안전 감사(2개 연구), 기술공학(1개 연구), 훈련(1개 연구)의

〈표 2〉 개입결과의 유형별 효과 요약

저자	노동환경 노출	행동 변화	태도 / 신념	건강	QA
Lazovich et al.(2002)	영향 없음	영향 없음	긍정적 효과	결과측정 없었음	높다
Torp(2008)	결과측정 없었음	긍정적 효과	긍정적 효과	영향 없음	중간
Rasmussen et al.(2003)	결과측정 없었음	긍정적 효과	결과측정 없었음	영향 없음	높다
Wells et al.(1997)	결과측정 없었음	결과측정 없었음	긍정적 효과	긍정적 효과	중간
Crouch et al. (1999)	긍정적 효과	결과측정 없었음	결과측정 없었음	결과측정 없었음	중간

* 자료 : Breslin et al., Effectiveness of health safety in small enterprise: a systematic review of quantitative evaluations of interventions, J Occup Rehabil (2010) 20: 175

로 나타났다. 각각의 개입에 대한 효과를 보면, 개입은 유해한 물질노출 같은 노동 현장 노출방식(2개 연구), 개인 보호기구를 활용하는 등의 행동(3개 연구), 개인 보호기구 활용의 장애요인 혹은 안전 실행에 참여하려는 자신감 같은 태도와 신념(3개 연구), 상해비율이나 통증 보고와 같은 건강상태(2개 연구)로 나타났다.

전반적으로 볼 때 소규모 사업장에서 [유해물질] 노출, 행동, 태도 / 신념과 건강[성과] 면에서 ‘중간 정도 수준’의 효과성을 보인다는 걸 알 수 있으며, OHS 개입이 부정적인 효과를 갖는다는 근거는 전혀 없었다. 어떤 개입이 더 효과적인가 하는 질문에는 훈련과 안전 감사를 병행하는 것 혹은 기술공학 통제, 훈련, 안전 감사와 동기 유발요소들을 병행하는 것이 OHS 성과에 영향을 미친다는 ‘제한적인 근거’가 있다. 기술공학 통제와 자기 훈련 같은 개입은 ‘불충분’하거나 ‘제한적인 근거’만 갖고 있어 이 결과가 검토 연구의 수가 너무 제한적인데서 기인한 것인지, 다른 이유가 있는지는 향후 더 연구되어야 할 부분이다.

개입의 효과성 이외에도 소규모 기업주에게 OHS가 더 다가가기 위해서는 비용 대비 효과가 높다는 점이 인지되어야 한다. 핀란드의 한 연구는 소규모 사업장

340개를 대상으로 비용 대비 효과를 보여주고 있다 (Ahonen, 1998). 비용 편익 분석에 대한 비판과 방법론상의 어려움을 감안한 결과는 〈표 3〉에서 높게 나타났다.

아울러 한 연구에 의하면, 건강 증진 프로그램만으로도 비용 대비 혜택이 3.4에 이르고 있다고 한다(Golaszewski et al, 1992). 따라서 소규모 사업장의 특성을 잘 이해하고 OHS 활동을 할 수 있는 기반을 마련해주고, 비용 대비 혜택이 있다는 사실을 주지시켜주는 것이 무엇보다 중요하다.

정책 방향

기존 연구결과를 보면 결국 효과적인 소규모 사업장의 OHS 방향은 첫째, 사업장에서 OHS에 대한 규칙과 접근을 이해할 수 있도록 지원하는 것이 우선이다. 그리고 소규모 사업장이 가진 자원이 제한적이고 작업장의 관계가 매우 개인적인 것이라는 사실을 염두에 두면서, 공식적인 OHS 시스템과 자원이 소규모 사업장에 없다는 사실을 인지하고, 소규모 사업장의 규모와 산업 부문에 맞는 정보 및 서비스가 제공되어야 한다.

이러한 사항이 꼭 우리 사회의 맥락에서 그대로 적용될 수 있는 것은 아니다. 그러나 세계적으로 조직은 더욱 분산되는 경향을 보이고 있고, 소규모 기업이 여전히 우리 사회의 중요한 동력으로 작용하지만 이제까지 OHS에서 소외되어온 만큼 지금이라도 정책적 지원 및 집중을 해야 할 시기이다. 이를 위해서는 무엇보다도 기존 연구결과에서 밝혀진 것처럼 한국의 소규모 기업

〈표 3〉 소규모 사업장 OSH 활동의 경제적 혜택

OSH 활동	경제적 혜택		
	낮음	높음	평균
병가, 결근 감소	€ 286	€ 942	€ 448
근골격계 증상			€ 209
노동환경측정			€ 82
개인 생산성 증가	€ 622	€ 858	

* € : 유로

은 OHS에 대해 어떤 생각을 가지고 있으며, 현재 OHS는 어떻게 진행되고 있는지에 대한 면밀한 분석이 필요하다. 이러한 분석은 질적 연구와 양적 연구를 병행하여 깊이 있는 이해를 담은 분석결과를 이끌어낼 때 가능하다.

둘째, 무엇보다도 현재의 규제, 정책, 서비스, 전문가 활동방식이 소규모 사업장과 맞는지 검토해야 한다 (Eakin et al, 2010). 대기업 중심의 OHS가 다양한 특성을 지니면서도 규모 면에서 작은 소규모 기업에 적합한지를 다시 생각해 보는 것이다. 특히 대규모 기업을 중심으로 설정된 한국의 OHS가 과연 소규모 기업의 OHS 증진을 위해 적합한지, 아니면 어떤 형태의 OHS가 필요한 것인지에 대한 고민과 관심이 필요하다. 적절한 OHS를 소규모 사업장 대상으로 하자면 그 규모를 어떻게 설정해야 하는지에 대한 근거 마련도 시급하다.

셋째, 과거부터 소규모 기업 대상으로 실시된 다양한 개입은 어떤 것이 있으며, 이는 어떤 효과를 가져왔는지에 대한 정확한 분석 및 평가가 필요하다. 정부가 시행해 온 클린사업, 근로자 참여형 작업장 개선, 근로감독관 파견 및 지원, 최근의 지역 근로자 건강센터 설립 등의 시도가 실제 어떤 효과를 가져오고 있는지에 대한 분석도 필요하다. 특히 지역의 근로자 건강센터는 향후 지속적으로 증가할 것으로 보이는데 소규모 사업장의 특성을 심분 감안하여 건강 검진 및 최소한의 치료를 넘어서서 지역 내 소규모 기업의 OHS에 대한 효과적인 개입방안을 마련하고 실행·평가함으로써 지속적인 개선을 시도해야 한다.

넷째, 소규모 사업장은 규모 면에서 동일하다고 하더라도 산업, 부문 차원에서 매우 다양한 집단이다. 따라서 '단일 모델'이 모든 소규모 사업장에 효과적으로 적용될 수 있는 것은 아니다. 기업 규모와 산업 / 부문을 교차하여 조직의 특성을 반영하면서 지원과 감사를 할 수 있는 시스템이 필요하다. 단번에 이런 시스템을 만들어갈 수 없으므로 여러 형태의 소규모 기업 OHS를 시범적으로 운영하면서 모델들을 구축해나갈 수 있다.

이러한 시범사업에 충분한 자원을 투입하여 기반을 마련하고 지속적이고 축적된 노하우로 한국 사회에 맞는 소규모 기업 OHS 개입전략 및 실천을 만들어갈 수 있다. 이런 과정에서 정부의 역할이 보다 더 명확해질 것이다.

다섯째, 정부 차원에서는 소규모 사업장이 OHS에 대한 정보를 쉽게 파악할 수 있도록 일상적으로 점진 가능한 정보를 생산해 주고, 실제 사업장에서 사용되도록 해야 한다. 소규모 기업의 특성과 산업 / 부문 간의 특성을 종합하여 정보를 생산해주는 것이 중요한데 덴마크의 사례는 참고할만하다.

덴마크의 경우도 소규모 사업장은 근로자의 안전과 보건을 담당하는 인력을 고용하기 어려운 상황이다. 따라서 사업장 내에서 회사가 체계적인 방식에 의해 일상적인 업무의 일환으로 위험성 평가를 하는 것을 장려하고 있다. 따라서 소규모 사업장을 위한 지원과 커뮤니케이션 방식을 개발하여 사용 중인데 그동안 개발한 48종에 해당하는 부문별 노동환경 가이드라인과 60개의 위험요인 체크리스트를 회사가 사용하도록 하고 있다 (La Cour, 2008). 노동환경 가이드라인은 부문별로 사업 및 노동의 특성이 달라 개발되었고, 위험요인 체크리스트는 특히 소규모 사업장을 대상으로 '예', '아니오'로 답할 수 있으며 아주 구체적인 항목으로 작성하여 자체 평가하도록 하고 있다.

여섯째, 소규모 기업이라고 할지라도 부문마다 차이는 있겠지만 대체적으로 원·하청관계라는 생존하기 힘든 구조에 놓여 있다. 대기업의 이윤 확보를 위해 시행되고 있는 정당하지 못한 행위-예컨대 동의 없는 기술 이전 및 험값의 기술 개발비, 생산비 절감을 소규모 기업으로 떠넘기기 등-은 소규모 기업이 구조적으로 OHS에 더 많은 관심과 투자를 갖지 못하게 하는 장애물로 작동한다. 공정하고 상생하는 원·하청관계가 OHS에 중요한 역할을 하는 이유이다. 

재해율 0.6%대 진입, 산업재해통계 어떻게 달라지나?



구 권 호 팀장
산업안전보건연구원
재해통계분석팀

산업재해는 개인과 기업에 심각한 인적·물적 피해를 초래할 뿐만 아니라 국가경제의 발전 역량을 잠식할 수 있다. 그러므로 산업재해 예방은 국가경쟁력 강화와 국격(國格) 향상의 중요한 요인이 된다. 안전한 작업환경과 근로자의 건강 확보 없이는 양질의 고용과 이를 통한 선진국으로의 도약이 매우 어렵다고 봐야 한다. 근원적인 산업재해 예방을 위한 다양한 사업계획 수립과 추진, 그리고 정확한 재해 예방사업의 수행결과를 평가하기 위해서는 보다 정밀하고 합리적인 산업재해통계 산출이 요구되고 있다. 따라서 본고에서는 연초(年初) 고용노동부가 발표한 '산업재해통계 개선방안'을 중심으로 현행 산업재해통계 활용상의 한계점을 살펴보고 향후 개선방안을 고찰하고자 한다.

머리말

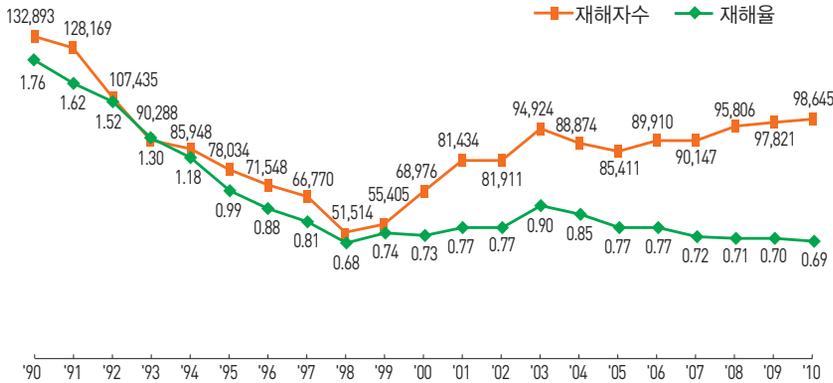
산업재해(産業災害)란 '업무로 인해 근로자에게 발생한 신체상의 상해 또는 질병'을 말하며, 산업안전보건법에서는 '근로자가 업무에 관계되는 건물, 설비, 원재료, 가스, 증기, 분진에 의하거나 작업 기타 업무에 기인하여 사망 또는 부상하거나 질병에 이환되는 것'을 말한다.

우리나라 산업재해 범위는 '산업재해보상보험법 적용 사업체에서 발생한 산업재해 중 산업재해보상보험법에 의한 업무상 재해 및 질병으로 승인을 받은 사망 또는 4일 이상의 요양을 요하는 산업재해'를 통계로 활용하고 있으며 산업재해보상보험법에 가입하지 않은 사업장은 일부 누락되어 있다. 산업재해 통계에서 많이 활용되고 있는 재해율은 '근로자 100명 당 발생한 재해자수의 비율'을 말하며, 통상적으로 1년간을 기준으로 한다. 여기서 근로자수는 산업재해보상보험 가입 사업장을 기준으로 산재보험료 확정신고서상의 근로자수에 월별 신규·소멸 근

로자수를 반영한 연평균 근로자수를 사용하고 있다.

IMF 경제 위기 이후 재해율은 0.7%대에서 정체 및 증가하다가 지난해 0.6%대로 진입하는 쾌거를 이루었다. 2010년 재해율 0.69%는 근로자 100명 당 약 0.69명이 업무와 관련하여 사고나 질병이 발생함을 의미하고 있으며, 이는 2009년 재해율 0.70%보다 0.01% 감소하였음을 의미한다. 재해율 0.6%대 진입에 대해 재해율 감소폭과 2009년 재해자수 9만 7,821명 대비 824명 증가와 같은 점에서는 재해 예방활동이 미흡하다고 할 수 있으나 최근 제조업 평균가동률의 지속적인 상승, 서비스업 생산지수의 증가, 전년 대비 근로자수 31만 3,000명 증가 등의 요인을 감안하면 전반적인 경기가 후퇴하고 있던 지난 1998년의 0.68%와 비교할 때 가치 있는 수치임은 분명하다.

개인과 기업에 심각한 인적·물적 피해를 초래할 뿐만 아니라 국가경제의 발전 역량을 잠식할 수 있는 산업재해는 국가경쟁력 강화와 국격(國格) 향상의 중요한



[그림] 연도별 재해율 및 재해자수 추이

요인이다. 안전한 작업환경과 근로자의 건강 확보 없이 양질의 고용과 이를 통한 선진국으로의 도약은 매우 어렵다고 할 수 있다.

산업재해통계는 산업재해의 현황을 파악하고 예방사업을 전개하는 데 기초자료로서 매우 중요하다고 할 수 있다. 현재 활용되고 있는 산업재해통계 지표들(재해율, 근로자수, 재해자수, 사망자수 등)은 산재보험 체제에서 요양 승인과 관련하여 보고되는 자료에서 산출되고 있다. 근원적인 산업재해 예방을 위한 다양한 사업계획 수립과 추진, 그리고 정확한 재해 예방사업의 수행결과를 평가하기 위해서는 보다 정밀하고 합리적인 산업재해통계 산출이 요구되고 있다. 따라서 본고에서는 연초(年初) 고용노동부에서 발표한 '산업재해통계 개선방안'을 중심으로 현행 산업재해통계 활용상의 한계점을 살펴 보고 향후 개선방안을 고찰(考察)하고자 한다.

통계 산출을 위한 재해 범위

현행 산업재해통계는 산업재해보상보험에 가입된 사업장을 대상으로 하는데 매년 산업재해보상보험법에서 적용 범위가 확대됨에 따라 사업자수 및 근로자수는 지속적으로 증가 추세를 보이고 있다. 그러나 산재 보상을 위한 산업재해보상보험법과 산재 예방을 위한 산업안전보건법의 적용 범위가 상이함에도 불구하고 산업재해통계는 산재 보상을 목적으로 하는 산업재해보상보험 가입 사업장

을 대상으로 하여 통계를 산출하고 있는 실정이다.

이에 대한 개선방안으로는 사고, 질병 등 재해 유형과 사망·휴업재해 등 재해 정도를 구분하고 교통사고, 폭력, 체육행사 등으로 발생하는 재해를 제외하는 등 안전보건 조치와 관련된 특성을 반영해야 하며, 산재보험 적용 제외대상으로서 전체 재해자에 포함되지 않았던 공무

원, 직업군인, 사립학교 교직원의 재해자들도 유관기관과의 긴밀한 업무 협조 체계 구축을 통하여 재해 규모를 파악함으로써 나라 전체의 재해 상황을 반영한 예방정책방안 수립을 검토해야 한다.

휴업일 기준 근로손실일수 산정

지난해 근로손실일은 5,670만 일로 2009년(5,190만 일)대비 480만 일 증가한 것으로 나타났다. 근로손실일수는 요양신청서에 기록되는 입원, 통원, 취업치료, 재가 요양 기간을 모두 합산하여 산정하고 있다. 요양기준의 근로손실일수 산정은 사업장에서 근로자가 재해 발생으로 인해 실제 근로를 제공하지 못한 기간을 정확히 파악할 수 없고, 장애 등급에 따른 근로손실일수의 일괄 적용으로 인하여 미래의 손실까지 포함하여 과다계상(過多計上)되는 문제가 있다.

현실적인 근로손실일수 산정을 위해서는 현행 전체 요양 기간을 합산하여 일괄 적용되고 있는 장애등급별 근로손실일수 활용을 지양(止揚)하고, 산재로 인하여 재해자가 사업장에 출근할 수 없어 지급받은 실제 휴업급여 기간을 기준으로 산정하는 것이 바람직하다. 따라서 근로복지공단에서 휴업급여가 지급된 재해자를 기준으로 산출하되 통상적으로 휴업급여를 지연 신청하는 점을 감안하여 산출대상 기간을 매월 통계 산출일로부터 3개월 여의 여유 기간을 두고 산출하는 방안을 추진하고 있다.

종사상 지위와 고용형태별 통계

노동시장에서 종사상 지위와 고용형태는 근로 조건을 확인하는 데 매우 중요한 요인 중 하나이며, 다양한 통계를 산출할 수 있다. 더욱이 요즘은 제조업 중심의 산업구조가 서비스산업 중심으로 변화함에 따라 기존에 없던 다양한 고용형태가 등장하기 때문에 그와 관련된 산업재해통계는 더욱 중요하다고 할 수 있다.

특히 고용형태별 산업재해통계는 고용형태 다양화라는 시대조류(時代潮流)에 따라 국정감사 등에서도 끊임없이 요구되고 있다. 이에 따라 고용보험의 피보험자 자료의 활용을 검토하였으나 개인정보 유출 위험성과 기초자료 확보 및 자료 신뢰성에 문제가 있을 수 있는 것으로 나타나 관련통계가 산출되지 못하였다. 그래서 현행 산업재해통계는 산재보험 가입이 사업장 단위로 이루어지고 요양신청서상 재해자의 고용형태에 대한 기재 항목이 없어 고용형태별 산업재해통계 산출이 불가능하였다.

현재 종사상 지위 및 고용형태별 근로자수는 매월 경제활동인구 본조사 및 부가 조사결과를 활용하여 보조적인 활용방안을 모색하고 있으며, 재해자수는 근로복지공단 요양신청서에 종사상 지위와 고용형태가 구분되어 기입될 수 있도록 서식 개정을 추진하면서 이에 따른 통계 산출을 준비 중에 있다. 이를 토대로 산출 가능한 통계는 상용, 임시, 일용 등 종사상 지위와 정규직, 비정규직 등 고용형태별 통계가 대표적인 것이다.

재해 발생일 기준통계

현행 산업재해통계는 산재보험 요양 급여 신청에 대한 승인 여부를 기반으로 하는 요양결정일 기준의 요양승인통계이다. 요양 승인통계는 전국 근로복지공단 지사에서 처리되는 재해 보상자료를 활용하므로 기초자료 확보가 용이하고 효율적인 통계 산출과 가공에 많은 장점을 가지고 있다. 그러나 산업재해통계 산출에서 재해 발생 후 최종 요양 승인까지 통상적으로 약 53.4일

이 소요되어 재해 규모 파악의 적시성과 특정 시점이나 기간의 정확한 재해 발생 현황을 파악하여 산재 예방사업을 추진하는 데 한계가 따를 수 있다.

이에 대한 개선방안으로 사고 발생일이 비교적 명확한 사고성 재해의 경우 휴업재해자를 대상으로 재해 발생일 기준통계를 산출하여 활용할 수 있도록 하고, 매월 10일을 기준으로 전체 재해자 발생 규모와 사고성 재해자 현황을 전년 동 기간과 비교하여 산출하는 형태로 개선하고자 한다. 또한 전체 휴업 및 재해 발생일 기준통계는 기초자료 확보 등을 감안하여 약 3개월여의 시간 차이를 두고 다음 분기 말까지 산출하여 활용할 예정이다.

직업병 및 작업관련성질환 통계

직업병은 진폐, 난청, 중금속 중독 등 작업환경 중 유해인자와의 관련성이 뚜렷한 질병을 말하며, 작업관련성질환은 신체부담작업, 뇌심혈관질환 등 업무 외적 요인과 복합적으로 작용하여 발생하는 질병을 말한다.

현재 산업재해통계의 업무상 질병자수는 사업주가 제출한 요양급여신청서 중에서 4일 이상의 요양을 요하는 재해자를 대상으로 직업병과 작업관련성질환을 구분하여 산출하고 있다. 그러나 업무상 질병은 사고재해와 달리 질병 발생일을 정확히 알 수 없고, 근로자가 사업장을 옮기는 경우 정확히 어느 사업장에서 발생되었는지 경로와 이력 등을 파악하기 곤란한 점이 있다.

질병 발생과 관련하여 보다 정확한 정보들을 파악할 수 있다면 집계 중심의 산업재해통계에서 진일보(進一步)하여 재해 원인을 파악하고 심층적인 분석으로써 업무상 질병재해의 근원적 예방이 가능할 수 있을 것이다. 이를 위하여 직업병 감시 체계를 전국 규모로 확충·보완하여 압 등 주요 직업병 추세 파악에 시범적으로 운영하고 있다.

조사통계를 통한 재해지표 산출

산재보험 요양 급여를 신청하여 승인받은 근로자들을

집계한 결과가 현행 산업재해통계이다. 이는 산재보험 보상 체계를 활용한 보고통계로 발생 현황 파악이 용이하고 정확한 집계 가능하지만 사업장에서 공상 처리 등 드러나지 않는 재해 규모를 파악하는 데는 한계가 있다.

영국에서는 이러한 한계를 극복하고자 사업장으로 부터 보고되는 산업재해와 더불어 노동력 조사(LFS; Labor Force Survey)를 통한 조사통계를 실시하여 그 규모를 보다 정확히 파악하려는 노력을 기울이고 있다. 한편, ILO나 OECD 등 국제기구를 통해서 간접적인 산업재해의 국제 비교가 발표되고 있으나 나라마다 기준이 상이하여 활용과 비교 해석하는 데 한계가 있다.

보고통계의 한계를 극복하고 객관적이고 유사한 기준의 국제 비교를 위하여 유럽연합(EU)의 근로환경조사(EWCS; European Working Conditions Survey)에 기초한 근로환경조사(KWCS; Korean Working Conditions Survey)에서 얻은 결과를 활용할 예정이다. 특히 전국 단위 5만 가구 이상을 대상으로 조사한 결과를 분석하면 산업재해보상보험에서 확인되지 않는 재해 규모 추정도 가능할 수 있을 것으로 기대된다.

지난 2006년 통계청으로부터 국가 승인통계로 지정 받은 근로환경조사는 올해부터 '1만 가구 4년 주기'에서 '5만 가구 1년 주기'로 변경 승인을 받아 조사를 추진하고 있다. 만 15세 이상 취업자를 중심으로 실시되는 이번 조사는 사업장 방문이 아닌 가구 방문 조사로 업무와 관련하여 사고 및 질병경험률 등 재해 보조지표를 산출할 예정이다.

맺음말

1964년 이후 지난 50여 년간 산재보험을 지급받기 위한 신고 건들을 중심으로 산업재해통계의 기초자료로 활용해오면서 정확한 산재 규모 파악 등 크고 작은 한계점들이 나타났다.

요양기준으로 산출되는 현행 근로손실일수의 한계를 극복하고 고용형태별 산업재해통계를 산출하기 위하여

근로손실일수 산정기준으로 변경이 필요하다. 그리고 재해자의 요양 여부를 기준으로 재해자의 범위를 정함으로써 재해 발생과 산업재해통계 산출 시점 간의 시차가 발생하여 재해 예방대상과 재해 범위가 일치하지 않는 한계점을 해소해야 한다. 이는 재해 발생일 기준통계 산출을 통하여 예방사업의 실효성을 제고(提高)하고자 한다.

직업병 및 작업관련성질환의 정확한 재해정보와 특성이 반영되어 있는 통계가 미흡한 것은 중장기적으로 직업병 감시 체계를 활용하여 재해 특성을 반영한 업무상 질병통계 체계 구축을 통해 보완할 예정이다. 전체 재해 규모 파악에 한계가 있는 현행 보고통계 기반의 산업재해통계는 전국 5만 가구 표본 조사에 근거한 근로환경 조사를 통하여 재해 규모 파악과 국제 비교 등을 할 수 있도록 지속적으로 보완해 나갈 것이다. 또한 지금까지 요양 승인일 기준의 산업재해통계와 개선되는 부분의 통계 산출과의 혼란을 방지하기 위하여 당분간은 요양 승인일 기준의 통계와 휴업일 기준의 통계를 병행하여 산출할 계획이다.

지금까지 살펴본 산업재해통계 활용상의 한계점과 개선방안들은 급변하는 시대에 발맞추어 지속적으로 연구되고 보완되어야 한다. 그리고 정부와 기관 중심의 법·제도 개선보다 근로자와 사업주 모두가 일하는 사람들이 건강하고 안전하게 일할 수 있도록 기존의 사고를 전환하여 지금과 다른 새로운 대응방법을 모색하는데 많은 관심과 노력이 필요할 것으로 보인다. ☺

참고문헌

- 고용노동부, 제3차 산재 예방 5개년계획+, 고용노동부, 2010.
- 고용노동부, 산업재해통계 개선방안, 고용노동부, 2011.
- 한국산업안전보건공단, 산업안전보건용어사전, 한국산업안전보건공단, 2006.
- www.ilo.org
- www.kosha.or.kr
- www.moel.go.kr

업무 관련 재해, 연간 발생 규모와 근로환경과의 연관성



김영선 연구위원
산업안전보건연구원
재해통계분석팀

불확실성을 줄이기 위해 많은 연구자는 통계가 가지는 오차의 범위를 줄이는 추정치에 대한 개발과 자료 생산단계에서 발생하는 오차를 감소시키려는 다양한 방법론 등을 개발하였다. 아울러 논리적 추론과 명제를 통해 극복하고자 하는 많은 시도가 있었다. 통계학이란 우리가 정확히 알지 못하는 진실에 근접한 답을 향해 오차를 줄여나가 불확실성을 감소시키는 일련의 과정이라고도 볼 수 있다. 본고에서는 산업재해통계와 관련된 불확실성은 무엇인가에 대해 살펴보고, 이를 개선하기 위한 산업안전보건연구원의 다양한 산업재해 관련통계를 살펴보고자 한다.

불확실성에 대하여

자연과 인간사회 등에서 나타나는 불확실성을 규명하기 위해 다양한 자료를 확률적 방법을 통해 적절한 정보로 가공하는 학문을 통계학이라고 한다. 대규모의 자료를 분석함으로써 규칙성을 발견하고 불확실성을 제거하여 완전한 법칙과 질서를 만들기를 기대하지만 우리는 불확실성에 대한 근원을 찾아내기가 쉽지 않다.

과거에는 불확실성에 대해 인생의 한 부분이라고 인정을 하였고, 규명을 위한 논의는 이루어지지 않았다. 헝가리 출신의 미국 물리학자로서 컴퓨터와 폭탄 제조 기술 전문가인 폰 노이만이 창안한 게임이론의 관점에서 보면, 우리가 내리는 거의 모든 결정은 '자신이 원하는 것을 다른 사람이 원하는 것과 교환함으로써 불확실성을 줄여나가는 일련의 협상결과' 라고 말하고 있다.

불확실성의 원인으로는 불완전성(incompleteness), 애매

함(vagueness or ambiguity), 부정확함(incorrectness), 측정 에러(errors of measurement), 시스템 에러(systematic error), 추론 에러(error in reasoning) 등이 있다. 이러한 불확실성을 줄이기 위해 많은 연구자들은 통계가 가지는 오차의 범위를 줄이는 추정치에 대한 개발과 자료의 생산단계에서 발생하는 오차를 감소시키려는 다양한 방법론 등을 개발하였다. 아울러 논리적 추론과 명제를 통해 극복하고자 하는 많은 시도가 있었다.

통계 산출과 관련된 일련의 행위를 살펴보면, 통계학이란 우리가 정확히 알지 못하는 진실에 근접한 답을 향해 오차를 줄여나가 불확실성을 감소시키는 일련의 과정이라고도 볼 수 있다. 따라서 본고에서는 산업재해통계와 관련된 불확실성은 무엇인가에 대해 살펴보고, 이를 개선하기 위해 노력하는 산업안전보건연구원 재해통계분석팀의 다양한 산업재해 관련통계를 살펴보고자 한다.

우리나라 산업재해 지표에 대한 불확실성

우리나라의 산업재해와 관련한 공식통계는 고용노동부에서 매년 발표하는 '산업재해 현황 분석'이다. 산업재해보상보험법에 의한 업무상 재해를 중심으로 산업별·규모별·지역별·발생 시기별·원인별 재해의 분포와 재해자의 성별·연령별·입사 근속 기간별 등의 특성을 토대로 통계를 발표하고 있으며, 이를 통해 산업재해 예방 정책의 기초자료로 활용하고 있다.

현재 산업재해보상보험에 가입되지 않은 사업장에서 종사하는 근로자 혹은 산업재해보험을 적용받지 않는 근로자에 대해서는 산업재해 현황 분석통계에 공식적으로 포함되고 있지 않다. 이러한 사업장에 종사하는 경제활동인구의 규모는 2011년 5월 기준으로 약 1,117만 8,000명에 달한다. 이는 경제활동인구 조사의 근로자수 2,548만명의 약 43.87%에 해당하는 비율로 매우 많은 수의 근로자가 산업재해에 대한 공식 통계에서 제외되어 있는 형편이다. 따라서 이들의 재해 현황에 대해서는 현재까지 우리에게 불확실성의 영역으로 간주되고 있었다.

산업재해 현황 분석통계에서 산출되지 못하는 근로자에 대한 통계 추정을 위해서는 첫째, 현재 산업재해보상보험법의 개정을 통해 우리나라 모든 경제활동인구를 산재보험에 의무 가입시키는 방안이 있다. 다음으로 둘째, 산재보험 가입 여부에 관계없이 표본 조사를 실시하여 정확한

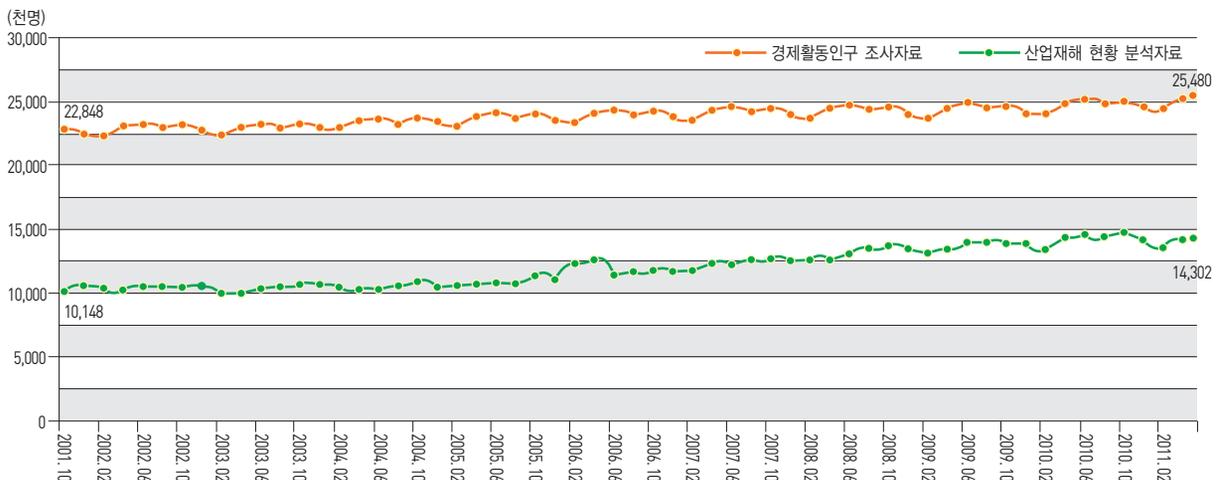
산업재해실태를 추정할 수 있는 통계를 발표하는 것이다.

첫 번째 방안은 노·사·정과 국민적 합의 도출을 통해서 이루어질 수 있다. 이의 성공을 위해서는 제도의 정비와 관련 인프라의 구축 등이 선행되어야 하는데 장기간에 걸쳐 단계별 접근을 통해 구현이 가능하다고 본다. 반면, 표본 조사를 통해 산업재해의 실태를 추정하는 것은 단시간에 걸쳐 실현 가능하며 비용 대비 효율성을 극대화시킬 수 있다.

산재 취약계층 불확실성 감소

산업재해 현황 분석통계자료는 산업재해보상보험법에 의한 업무상 재해 및 질병으로 승인을 받은 사망 또는 4일 이상 요양을 요하는 재해자를 대상으로 하고 있기 때문에 산업재해의 예방적 측면이 강조된 자료가 아닌 보상적 측면, 다시 말해 산업재해결과에 초점이 맞춰진 자료이다. 따라서 산업재해의 현황에 대한 다양한 정보 생성은 가능하나 예방 지표 혹은 취약계층에 대한 정보 생성에는 한계점을 가지고 있다.

그 이유로는 첫째, 산업재해 현황 분석통계자료에는 근로자의 속성에 대한 정보가 부족하다. 각 사업장별 근로자수에 대한 정보는 있으나 개별 근로자의 연령과 성별·학력 등과 같은 사회인구학적 특성과 고용형태·종사상위·임금 수준 등의 경제인구학적 특성 관련정보는 없다.



[그림] 경제활동인구 조사와 산업재해 현황 분석에서 근로자의 연도별 추세

또한 종사하는 업무에서의 위험인자 노출 수준, 근무 패턴과 작업시간, 노동력 구조, 교육·훈련 등의 정보도 부재한 실정이다. 다만, 사업장 속성에 대한 정보는 포함되어 사업장 규모와 업종, 지역 관련정보만이 있을 뿐이다.

이에 따라 사업장 단위의 산재 예방활동은 가능하지만 근로자 단위의 예방활동에는 한계점을 나타내고 있다. 최근 들어 많은 산업재해 전문가는 업종 단위의 접근 외에 직종 단위의 접근을 통한 산재 예방활동을 강조하고 있다. 하지만 근로자의 정보가 부재된 상태에서 산업재해자의 수치만을 통해 산재 예방의 기초자료와 취약계층을 산출하는 데는 많은 어려움이 있다.

둘째, 산업재해 현황 분석통계자료에서 산업재해자의 자료를 살펴보면 재해자의 빈도만 도출되고 있을 뿐 작업장 내 위험 노출의 규모와 노출된 근로자를 중심으로한 산업재해 발생 현황에 대한 정보가 부족하다. 따라서 사업장 내에 산재해 있는 위험요인(혹은 선행요인) 중 무엇이 중요한지 혹은 무엇이 취약한지에 대한 정보 생성이 불가능하다.

셋째, 산업재해 예방이라는 사명에 앞서 근로 만족도가 높은 작업환경, 조직에서의 의사 소통이 원활한 환경, 폭력·차별이 없는 환경 등의 조성이 선행되어야 한다. 그래야만 산업재해 역시 근원적인 차원에서 감소가 될 것이다.

이러한 요인들은 산업재해의 직접적 원인으로 분류되지는 않지만 간접적 원인으로서 근로자의 불안정한 상태 등과 상관성이 매우 높다. 이같은 근원적 인지들이 근로환경에서 긍정적 효과로 작용되었을 때 궁극적으로 산업재해는 감소될 것으로 기대된다.

우리는 산업재해를 예방하는 데 앞서 과학적 근거 도출에 힘쓰지만 많은 불확실성을 통해 다만 추측을 하고 있을 뿐이다. 산재 예방 전문가는 더 많은 경험을 통해 더 많은 정보량을 가지고 있는 자를 말한다. 이들에게서 폭넓은 정보가 수집되었을 경우 이를 우리는 통계라고 정의할 수 있다. 전문가의 경험 수집 혹은 객관적 사실에 대한 수집 등이 선행되지 않는 이상 산재 취약계층에 대한 불확실성은 계속될 것이다.

불확실성 감소를 위한 자료 수집

산업안전보건연구원 재해통계분석팀은 산업재해에 대한 불확실성 감소를 위해 다양한 활동을 하고 있다. 그 일환으로 표본 조사를 통한 산업재해의 규모 추정을 비롯해 산업재해와 근로환경의 연관성 분석에 의한 산재 취약계층 규명에 힘쓰고 있다. 그리고 근로자 단위에서 분석되는 재해율의 추정 등을 위한 기초자료로서 2006년부터 전국 단위의 '근로환경조사(KWCS; Korean Working Conditions Survey)'를 실시하고 있다.

'근로환경조사'는 최초 2006년 시작되어 2010년 2차 조사가 완료되었고, 2011년 3차 조사를 수행 중이다. 전국 만 15세 이상 취업자를 대상으로 가구 방문을 통해 개별 면접방식으로 진행되었으며, 조사 규모는 2010년 기준으로 1만 19가구에서 취업자 1만 19명의 유효 응답자를 나타내고 있다.

'근로환경조사'는 국민이 건강하고 안전하게 일할 수 있도록 더 나은 근로환경을 조성하기 위한 정책을 수립하고자 일하고 있는 사람들의 근로환경실태 파악을 목적으로 하였다. 이 조사는 유럽에서 실시하고 있는 EWCS(European Working Conditions Survey)의 내용을 참고하여 우리나라 전국 취업자를 대상으로 근로환경을 조사하고자 기획하였다. 표본 추출방법은 3단층화 계통추출법을 통해 1만명의 샘플(sample) 조사를 목적으로 하였는데 1만 19명에 대한 조사가 완료되었다.

조사 시 Response rate는 35.5%이고 Cooperation rate는 61.6%, Refusal rate 22.1%, Contact Rate 60.0%로 나타났다. 본 조사의 모비율 추정에 관한 95% 신뢰 수준의 최대 허용 오차 한계는 약 1.5%이다. KWCS의 조사 항목은 응답자의 사회인구학적 요인과 근로환경의 만족, 업무에 대한 태도, 근무 패턴, 작업시간, 직장 상사와의 관계, 조직 내에서의 의사 소통, 노동력 구조, 교육·훈련, 폭력 및 차별, 건강 영향 지표 등의 범주로 구성되어 있다. 특히 건강 영향 지표의 범주 중 산업재해 규모 추정을 위한 항목들이 포함되어

〈표〉 2010년 근로환경조사(KWCS) 설문 항목

구분	설문내용	구분	설문내용
가구 현황	가구 구성원수, 세대주 현황(성 / 연령 / 직업상태), 가구 구성 현황(성 / 연령 / 직업상태), 본인 / 부모 출생지	직업만족도	일자리 지속성, 근로환경 만족도, 일에 대한 태도 / 전망
노동력 구조	직업, 직무, 직업 분류, 정규교육, 종료 시기, 졸업 후 취업 기간, 고용형태, 종사상 지위, 근로 기간 지정 여부, 고용계약 기간, 지속 근로 가능 및 불가능 이유, 파견 및 용역 근로 여부, 특수형태 근로 여부, 파트타임 및 풀타임 여부, 작업 장소, 현 직장의 주된 사업내용, 현 직장의 종류, 현 직장의 기업간 관계, 근로자수, 현 직장 근무 연한, 현 직장 이전의 고용상태, 1년 전 대비 경제활동상태 변화, 지난 3년간 근로환경 변화, 동일 업무 담당자의 성별 분포, 부하 직원수	근무 패턴	출·퇴근시간, 야간 근무 횟수, 철야 근무 횟수, 일일 근무 횟수, 토요일 근무 횟수, 정시간 근무 횟수, 근무 패턴, 교대 근무형태, 근무시간의 유연성, 근무시간 변경 발생 빈도 및 통보 시기, 근무시간과 개인 생활과의 부합도, 개인 자유시간의 근무시간 할애 빈도, 근무시간 동안 사적 업무 가능성, 반복업무의 주기, 작업 속도, 작업 속도 결정요인, 작업 중단
작업환경	물리적 작업위험요인 노출 정도, 근골격계, 정신적 작업위험요인 노출 정도, 작업 장소, 주된 작업 장소, 지난 3개월간 해당 작업 장소 근무 경험, 개인 보호 장비 착용의 필요성, 개인 보호 장비 착용 여부, 건강과 안전에 관한 정보 제공 정도	작업 특징	작업 선택, 작업상황, 작업 실수 파급효과, 순환작업 유·무, 순환작업 동질성, 업무 배분 결정권자, 팀 작업 유·무, 팀 작업 시 구성원의 자율성, 직속 상사의 자질 / 태도, 직속 상사의 성별
건강 영향 지표	건강이나 안전의 위험 정도, 건강 영향 정도, 건강상태, 건강상의 문제 발생 여부, 건강상의 문제 발생 시 업무와의 관련성, 지난 1년간 결근일수, 지난 1년간 업무상 사고로 인한 결근 유·무, 사고 발생 시기, 사고로 인한 결근일수, 사고 치료형태 및 치료 기간, 사고 발생 경위, 지난 1년간 업무상 질병으로 인한 결근 유·무, 결근을 유발한 질병 종류, 질병으로 인한 결근일수, 질병을 유발한 원인, 고혈압 / 비만 판정 여부 / 시기 / 현재상태, 아플 때 일한 경험, 아플 때 일한 일수, 흡연 총량, 흡연 빈도 / 흡연량, 음주 빈도 / 음주량, 소주 1병 이상 마시는 횟수	조직 내 의사 소통	성과 평가 / 문제 제기 경험, 근로자 대표 유·무, 근로자 조직형태, 노동조합 가입 유·무, 경영진의 근로자 의견 수렴 유·무
		폭력 / 차별	인종, 성 차별 등 각종 차별 경험 여부, 지난 1년간 폭력 / 성희롱 경험, 신체 폭행 경험 여부
		건강 영향지표	건강이나 안전의 위험 정도
		교육·훈련	본인의 기술 수준 평가, 교육·훈련 경험, 교육·훈련 평가, 교육·훈련 참여 요구 여부
		작업시간	주 당 근무시간, 주 당 희망 근무시간, 주 당 근무일수, 부업 유·무, 주 당 부업시간
응답자 특성	학력, 직업 이외의 활동 빈도, 직업 이외의 활동시간, 지난 2주간의 정서상태, 가구 소득 기여도, 수입과 지출 균형도, 근로 소득의 구성 내용, 월 평균 소득		

있어 산업재해 규모 추정과 다양한 근로환경조건에 따른 연관성 분석을 하여 각종 정보 도출을 할 수 있다.

정보 생산을 통한 불확실성 감소

산업재해와 관련된 정보 생산을 단순화시켜 보면 산업재해 발생이라는 결과의 원인에 대해 인과론적 구조를 찾아내는 것이다. 다만, 산업재해의 발생과정을 살펴보면 인과론적 구조가 $Y=X_1+X_2+\dots+X_p$ 와 같은 수학 함수가 아닌 $Y=X_1+X_2+\dots+X_p+f(\text{오차항})$ 와 같은 통계 함수의 구조로 만들어져 있다는 차이가 있다.

우리는 함수식에서 밝혀지지 않은 미지의 영역은 오차로 규정함으로써 문제에 대한 직접적 돌파를 하기보다는 회피를 하고 있다. 지금까지 많은 연구자는 오차가 '0'이 되는 수학 함수를 도출하기보다는 통계 함수가 가지는 오차항을 이용하여 산업재해가 설명되는 영역과 설명되지 않는 영역으로 구분해서 연구하였다. 산업재해의 직접적 요인에 대해서는 설명되는 영역으로 간주하여 많

은 연구가 시도되었으며, 산업재해의 간접적 요인에 대해서는 설명되지 않는 영역으로 보아 '개인적 편차' 혹은 '연구 범위 외'라는 수식어를 통해 회피하였다.

현재 산업재해에 대한 좀 더 진실에 가까운 인과론적 구조를 찾아내는 시도로, 근로환경 조사자료를 통해 많은 시도가 이루어지고 있다. 작업장 내 물리적·정신적 등의 위험요인 노출과 재해와의 상관성뿐만 아니라 근로자의 사회·경제인구학적 요인과 노동력 구조, 작업 시간, 작업환경, 근무 패턴, 작업 특성, 교육·훈련 정도, 조직의 의사 소통, 건강 영향 지표의 수준 등을 종합하여 재해 발생의 인과론적 구조를 파악하려는 시도를 하고 있다. 이러한 다양한 정보 생산은 단순히 재해 발생 예방 외에도 근로환경 조건의 개선과 만족도 향상을 통해 근로자의 자아 실현에도 많은 정책적 기초자료를 도출해 낼 수 있다. 이러한 연구가 활발히 이루어졌을 때 산업재해에 대한 불확실성이 감소될 것이며, 산재 예방대상이 무엇인지 혹은 취약 계층이 무엇인지에 대한 근원적 해답을 얻을 수 있을 것이다. ⑤

산재 예방전략의 길잡이, 원인통계



최성원 연구위원
산업안전보건연구원
재해통계분석팀

최근 산업재해의 발생 양상은 다변화되어 가고 있으며, 기계·기구 및 설비와 같은 물리적 요인의 재해 사례와 더불어 감정노동 등 근로자의 사회심리적 요인, 주변 작업환경, 회사의 조직 구조와 같은 복합적 요인의 재해 사례도 다발하고 있는 실정이다. 이는 광업 등 특정 업종이나 중소 규모 사업장 중심의 예방활동이 특정 직종, 작업내용, 심리 중심의 예방활동으로 그 대상이 변화하고 있음을 시사하고 있다. 그렇다면 예방전략의 길잡이가 되는 통계 또한 과거의 포괄적 접근에서 미시적 접근으로의 전환을 필요로 하고 있다고 보아야 한다.

들어가며

제한된 예산과 인력의 범위 내에서 절대 재해자수 및 휴업일수 감소 등과 같은 고효율의 성과를 달성하려면 '선택과 집중'으로 대표되는 전략적 사고의 중요성이 아무리 강조되어도 지나침이 없을 것이다. 이러한 전략적 사고는 자료의 분석과 통계, 원인과 결과, 객관성과 타당성 등 논리적 근거를 생명으로 하고 있다. 특히 산업재해의 경우, 발생 유형이 너무나 다양하고 기계·기구의 결합과 같은 물리적 요인, 안전하지 못한 작업환경, 작업자의 심리적 요인, 교육·훈련, 관리감독 등 관리적 요인 등 여러 가지 복합적 요인의 상호 작용에 의해 발생하는 특성이 있으므로 이들 정보를 체계적으로 수집하고 심층 분석하여 다양한 원인통계를 생산하는 것이 필수적이다.

독일, 영국, 일본, 미국 등 주요 외국의 경우에도 자국의 제도에 기반한 산업재해통계를 생산하고 있으며 산

재 발생 원인 조사 전담반을 구성하여 현장 조사를 병행하고 있다. 국제노동기구(ILO)의 결의안(1998)에도 산업재해 규모 파악뿐만 아니라 사고 발생 당시 재해자의 구체적인 행위, 작업공정, 물적 요인, 기인물 등 다양한 원인정보를 파악하여 분석하도록 권고하고 있다.

우리나라는 산업재해보상보험법에 의한 요양 승인정보를 활용하여 산업재해 현황통계를 생산하고 있으며, 사망재해의 경우 전수자료 조사, 부상재해의 경우 표본조사(10% 내외)의 방법으로 원인통계를 생산하고 있다.

산업재해 현황통계의 경우에는 사업체의 업종과 규모, 재해 발생 유형, 지역(지방노동관서), 재해자의 연령, 성, 발생 시기별 재해자 규모 파악과 재해율, 강도율 등 제한적인 재해 지표 중심으로 산출되고 있으며, 산재 예방 정책의 방향 설정을 위한 기초자료로 활용되고 있다.

원인통계의 경우에는 산업재해 현황통계에서 분석하고 있는 항목 이외에 기인물, 작업공정, 작업내용, 근무형태 및 고용형태, 개인 보호 장비 및 안전·방호 설비

별 재해자 규모 추정 중심으로 산출되고 있으며, 국가 통계, 각종 연구 및 사업 수행을 위한 기초정보로서 제한적으로 활용되고 있다.

원인통계의 생산목적은 실질적인 산재 발생일을 기준으로 한 공식통계 작성과 요양 승인정보 기반의 산업재해 현황통계에서 생산할 수 없는 기인물 등 발생 원인 분석에 초점을 두고 있다<표 1, 2, 3>. 그러나 현실은 보상 중심의 원시정보 한계를 극복하지 못하고 있는 실정이다. 이를 극복하기 위한 다양한 노력에도 불구하고 예방전략 수립을 위한 논리적 근거의 양적·질적 한계에 부딪히고 있다. 이는 현행 원인 조사의 주제, 방법, 시점 등 전반적인 실태를 고려해볼 때 어쩌면 당연한 결과라고 할 수 있을 것이다.

<표 1> 산업재해 원인 조사 개요

구분	주요내용	비고
① 조사대상	재해 발생일 기준 이전 연도 발생 재해자	
② 조사자료원	산재보상자료, (재해자 유선 면접), (사업장 유선 면접)	()는 필요시 조사
③ 조사원	조사용역업체 조사원	비전문가
④ 조사 항목	기인물, 물적 요인, 인적 요인, 작업공정 등	
⑤ 조사방법	산재 보상기관 방문 조사 + (유선 면접 조사)	()는 필요시 조사
⑥ 조사 시점	발생 후 6~18개월 경과 시점	
⑦ 관련 근거	국가 승인통계	

<표 2> 산업재해 원인 조사 분석결과

구분	전체	상용	일용	시간제	임시
전체	81,046	51,208	25,202	910	3,725
상세정보 부족한 물체 및 설비에 접촉	10	10	-	-	-
추락	13,261	5,964	6,890	29	378
전도·전복	19,280	12,953	5,105	281	941
충돌·접촉	18,263	11,673	5,228	397	965
낙하·비래	7,939	4,298	3,312	48	280
협착·감김	14,826	10,770	3,224	116	716
붕괴·도괴	833	398	378	-	58
기타 물체 및 설비에 접촉	19	19	-	-	-
신체 반응	732	606	97	-	29
부자연스런 자세	19	19	-	-	-
과도한 동작·힘	1,768	1,420	241	10	97
이상 온도 노출·접촉	2,022	1,519	348	19	136
유해·위험물질에 노출·접촉	331	253	58	-	19
기타 유해·위험물질, 환경에 노출·접촉	10	10	-	-	-
화재·폭발	709	487	174	-	48
전류 접촉	327	220	97	-	10
폭력행위	697	590	49	10	48

*예시 : 10% 표본 조사결과 추정, 2008

본고에서는 현행 산업재해 원인통계의 산출단계별 실태를 현상 중심으로 점검해 보고, 전략적 사고의 논리적 근거로서 성공적인 역할을 하기 위한 바람직한 방법은 무엇인지를 기본 요건 중심으로 고민해 보고자 한다.

무엇을 조사할 것인가?

산업재해 원인 조사는 '왜 발생했느냐?' 를 화두로 접근하는 조사이어야 한다. 현재 활용 중인 조사표(정부 승인통계, 승인번호 38001호)는 사업장의 정보, 재해 발생 시점, 고용 및 근무형태, 동종업무 근무 기간 등 재해자 관련정보, 작업공정 및 작업내용, 기인물, 가해물, 개인 보호 장비, 안전·방호 설비, 추락 높이, 감전

전압, 화재 및 폭발 점화원 등 재해 발생정보, 물적 요인 및 인적 요인 등 31개 항목으로 구성되어 있으며 개개의 단일 항목으로는 부족함이 없어 보인다. 다만, 주변의 작업환경 여건과 작업자의 심리상태 등 점점 다양해지는 산재 발생 특성을 감안하여 관리적 요인을 포함한 두 가지 이상의 다원적 원인 항목의 추가 발굴이 필요하며, 비교대상 집단의 상대적인 재해 발생 특성을 평가할 수 있도록 확장성을 고려하여 조사 항목을 구성하는 것이 필요하다 고 생각된다. 이때 통계를 직접적으로 활용할 실무부서가 주관이 되어야 함은 두말할 나위가 없으며, 업종별로 특화된 조사표를 개발하는 것이 바람직하다.

예를 들어, 재해자 관련정보에서는 재해 발생 전 초과 근무시간 여부, 재해 발생 당시 작업에 집중하고 있었는지 여부와 그 원인, 해당

〈표 3〉 산업재해 원인 조사 분석결과

발생 유형	고용형태					
	총계	상용	임시	일용	시간제	기타
총계	8,370	5,289	384	2,603	94	0
물체 및 설비에 접촉	7,687	4,760	344	2,493	90	0
상세정보 부족한 물체 및 설비에 접촉	1	1	0	0	0	0
추락	1,370	617	39	711	3	0
상세정보 부족한 추락	28	13	1	14	0	0
계단, 사다리에서 추락	380	184	11	184	1	0
개구부 등 지면	96	42	0	54	0	0
재료더미 및 적재물	43	33	1	9	0	0
지붕에서 추락	38	9	1	28	0	0
비계 등 가설구조물	324	50	9	265	0	0
건물 대들보나 철골 등 기타 구조물	95	28	3	64	0	0
운송 수단 또는 기계 등 설비	303	210	13	78	2	0
기타	63	48	0	15	0	0
전도·전복	1,990	1,336	97	528	29	0
계단에서 전도	367	276	18	69	4	0
바닥에서 미끄러짐	681	452	42	181	6	0
바닥의 돌출물 등에 걸려 넘어짐	280	180	10	87	3	0
운송 수단, 설비	186	126	10	38	12	0
물체의 전도·전복	257	153	10	91	3	0
기타	219	149	7	62	1	0
충돌·접촉	1,887	1,207	99	540	41	0
상세정보 부족한 충돌·접촉	12	9	1	2	0	0
사람에 의한 충돌·접촉	300	205	11	84	0	0
고속 회전날 등에 충돌·접촉	438	225	24	187	2	0
바닥에서 구르는 물체	42	20	4	18	0	0
흔들리는 물체 등에 충돌·접촉	71	45	3	22	1	0
취급, 사용 물체에 충돌·접촉	447	299	19	122	7	0
차량 등과의 충돌·접촉	483	332	35	85	31	0
기타 충돌·접촉	94	72	2	20	0	0
낙하·비래	820	444	29	342	5	0
낙하	581	317	19	244	1	0
비래·비산	233	124	10	95	4	0
기타 낙하·비래	6	3	0	3	0	0
협착·감김	1,531	1,112	74	333	12	0
상세정보 부족한 협착·감김	84	67	4	12	1	0
직선운동 중인 설비, 기계	507	396	21	87	3	0
회전부와 고정체 사이에 협착	31	24	0	7	0	0
두 회전체의 물림점에 협착	209	165	13	29	2	0
회전체 및 돌기부에 감김	250	178	16	54	2	0
인력 운반·취급 중인 물체	330	203	13	112	2	0
기타 협착·감김	120	79	7	32	2	0
붕괴·도괴	86	41	6	39	0	0
압박·진동	0	0	0	0	0	0
기타 물체 및 설비에 접촉	2	2	0	0	0	0
신체 반응 및 동작	260	211	13	35	1	0
유해·위험물질의 환경에 노출 및 접촉	244	184	16	42	2	0
화재 등 특정사고	107	73	6	28	0	0
폭력행위	72	61	5	5	1	0

*예시 : 10% 표본 조사결과, 2008

작업의 숙련도, 작업자의 평소 성향 등이 추가될 수 있고, 유사재해 예방정보 및 교육 기회, 유사재해 예방을 위하여 사업장에서 최우선으로 필요로 하는 사항 등 재해 예방 노력정보, 기업체 내부 또는 외부 영향요인, 조직 수준의 영향, 재해자에게 직접적으로 영향을 미친 요인(직접 수준 영향) 등 재해 원인의 환경적 및 인적 영향정보 등이 추가될 필요가 있을 것이다〈표 4〉.

이와 더불어 기존에 활용 중인 KOSHA-Code를 기초로 추가 및 세분화된 조사 항목을 정비하여 세부 코드화함으로써 심층 분석을 통한 다양한 통계 가공의 용이성을 확보하고, 향후의 코드 확장성에 대비하는 것이 필요하다. 이렇게 조사된 항목을 토대로 재해 원인 기초정보인 사업장 및 재해자정보와 재해 유발 직접요인정보 및 재해 예방 노력정보 조사 항목을 상호 연관 분석하고, 이에 따른 각 수준별 재해 원인 영향 인자별로 경로 분석을 실시하여 해당 재해를 예방하기 위하여 사업장에서 필요로 하는 지원 필요 항목을 파악한 뒤 적절히 지원함으로써 궁극적인 산재 예방 목표를 달성할 수 있을 것이다〈그림〉.

어떻게, 언제 조사할 것인가?

수집된 정보의 신뢰성을 확보하기 위한 중요한 변수로 조사방법과 조사 시기를 들 수 있다. 현행 원인 조사는 산재보험 요양 승인업무를 담당하는 근로복지공단을 방문하여 산재 보상 관련자료를 열람 조사토록 되어 있으며, 필요한 경우에 한하여 재해자나 사업장 관계자를 대상으로 우선 면

답 조사로 보완토록 하고 있고, 재해 발생 후 6개월 내지 18개월이 경과한 시점에서 조사를 착수하게 된다.

이렇다 보니 우선 조사자료원의 수집 관점이 재해 발생 원인과는 거리가 있다. 산재 보상 관련업무의 특성상 근로복지공단 관계자는 재해 발생 원인보다는 해당재해가 업무 관련성이 있는지 여부, 재해 사실의 진위 및 책임 관계 여부에 관심이 집중될 수밖에 없다. 또한 업무 관련성만 확인된다면 보상업무의 양적·질적인 면을 고려할 때 구태여 재해 원인을 파악할 이유도 없고 그럴 여유도 없는 것이 현실이다. 따라서 산재 보상자료 열람 시 파악이 되지 않는 항목에 대해서는 재해자나 해당 사업장에 우선 면담을 통하여 보완토록 하고 있다.

우선 면담에서는 수집자료의 신뢰성과 밀접한 관련성이 있는 변수가 바로 면담 시점이다. 현행 조사처럼 6개월 내지 18개월의 시차를 두고 과거의 기억에 의존해

정보를 수집하는 방법이 과연 얼마만큼의 신뢰성을 확보할 수 있을 것인지 의문이다. 아울러 재해자나 사업장 입장에서 볼 때 이미 결론이 나 있는 사례에 대해 좋지 않은 기억을 되살려 얼마나 적극적으로 조사에 협조할 것인지도 의문스럽다. 이는 곧 한계에 부딪힐 수밖에 없는 현실임을 말해준다.¹⁾

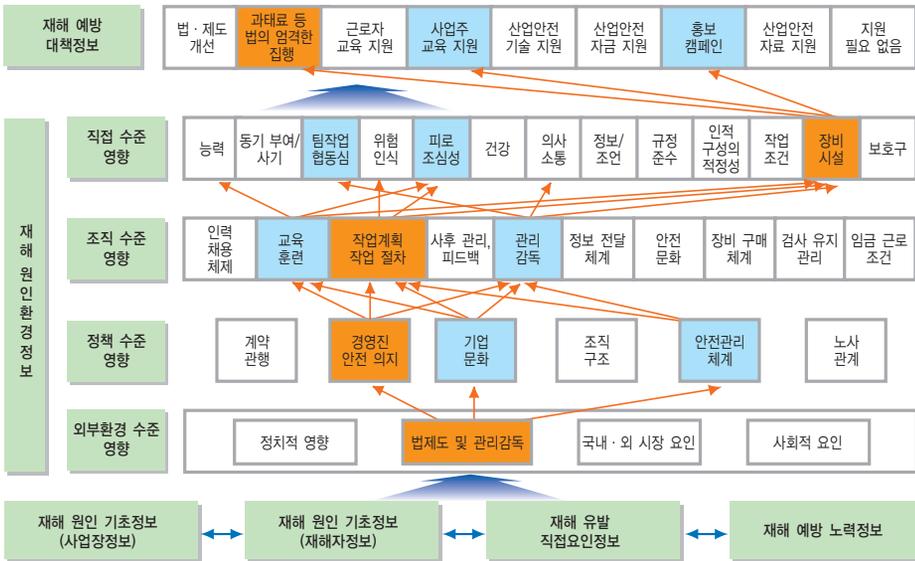
그렇다면 이를 개선할 원칙론적인 방법은 무엇인가? 우선 재해가 발생한 현장에 대한 방문 조사가 필요하다. 현장의 설비와 작업환경, 주변의 위험요소, 작업자 간의 의사 소통, 조직의 분위기 등 다양한 참고요소를 감안한 종합적인 재해 발생 원인을 규명하는 데 사건 현장은 필수요소라 할 것이다. 2010년도에 한국산업안전보건공단에서 실시한 바 있는 ‘시범 원인 조사’에서도 비교적 극단적으로 단순한 일반재해를 제외하고는 현장 방문 조사가 필수적임을 경험자들의 의견을 통해서 들은 바 있다.

둘째로 적절한 조사 시기는 재해가 발생한 사실을 인지한 시점으로 부터 가급적 빠른 시기가 적기라는 의견이 지배적이다. 최소한 산재 보상정보가 온라인망으로 입수된 시점부터 1주일 이내에 조사가 이루어진다면 최소한의 신뢰성은 담보될 수 있을 것으로 본다. 물론 재해 조사와 더불어 현장에 맞는 맞춤형 예방기술 지원을 병행한다면 사업장의 높은 산재 예방 인지도와 함께 시너지 효과가 나타날 것은 자명해 보인다.

〈표 4〉 재해 유발 직접요인 조사 항목(예시)

분류 그룹	조사 항목	기존 항목	추가 항목	비고(업종 구분)
재해 유발 직접 요인 (26항목)	사고 종류	○		공통
	재해 원인 작업공정	○		공통
	재해 원인 작업내용	○		공통
	개인 보호장비	○		공통
	안전 방호 설비	○		공통
	기인물(재해 유발 기계·물체)	○		공통
	재해 발생형태	○		공통
	가해물	○		공통
	작업형태	○		공통
	추락 높이, 장소	○		공통
	감전 전압, 접촉 부위	○		공통
	화재 폭발 점화원	○		공통
	재해 발생 개요(6하 원칙)	○		공통
	불안전한 상태	○		공통
	불안전한 행동	○		공통
	재해 당시 현장 기상상황		○	공통
	기인물이 안전 인증품인 경우 검사대상품 여부		○	공통
	재해 당시 착용한 신발 종류		○	기타의 산업
	재해 발생 장소의 바닥 재질 종류		○	기타의 산업
	재해 발생 오토바이 종류		○	기타의 산업
	평소 교통안전 수칙 등 준수 여부		○	기타의 산업
	배달사고가 발생한 시점		○	기타의 산업
	재해 발생 바닥의 상태		○	기타의 산업
	재해 발생 장소의 조명상태		○	기타의 산업
	화물 등 운반 차량의 하루 운전 및 배달시간		○	기타의 산업
	산업용 기계의 안전 설계 반영 여부		○	공통

1) 물론 그렇다고 해서 현행 원인 조사 전체가 신뢰성을 담보할 수 없다는 것은 아니다. 적어도 현재 공식통계로 발표하고 있는 수준에서는 신뢰성을 확보하고 있고 산재 예방 정책을 결정하는 데 근거자료로서 손색이 없는 자료임에 틀림없다. 다만, 예방을 위한 실무 실천방안 도출을 위하여 세분류 단위로 코드를 세분화했을 경우 신뢰성이 다소 저하된다는 의미로 해석하면 좋겠다.



[그림] 재해 발생 원인 분석 모델(예시)

누가 조사할 것인가?

‘누가 조사를 할 것이냐’에 대한 대답은 조사목적에 따라 달라질 수는 있을 것이나 당연히 관련 전문가에 의한 조사가 지배적일 수밖에 없다. 일반적으로 대중에게 잘 알려진 교통사고, 민·형사상의 각종 사건·사고 등의 경우 관련 기관의 전문가에 의해 이루어지고 있다.

현행 산업재해 원인 조사의 경우, 전문 조사기관에 채용된 조사원이 조사를 하고 관련 전공자 및 전문가에 의한 코드 분류 및 확인 점검방식으로 진행되고 있다. 관련 전문가의 검토과정을 거치기는 하지만 최초 열람 조사 자체는 비전문가에 의해 이루어지는 형태이다. 그렇다면 이런 방식은 신뢰성 확보에 문제가 없는 것일까?

현재의 원인 조사는 ILO에서 권고하는 재해 발생일 기준 공식통계의 필요성과 보다 넓은 의미에서의 예방 정책 방향 설정을 위한 기초정보 확보에 목적을 두고 있다. 엄격히 말한다면 해당재해가 발생한 근본적인 원인이 무엇이나에 대한 답을 찾기 위한 원인 조사는 아니다. 따라서 현행 조사의 목적과 활용도를 감안하면 소기의 목적을 달성하고 있다고 보아도 무방하다. 다만, 조금 욕심을 내어 현행 조사결과를 재해 예방을 위

한 방향 설정이라는 측면보다 더 나아가 실무 추진전략으로 활용하고자 한다면 많은 부분에서 부족한 점이 나타날 것이다. 그야말로 구체적인 재해 발생 원인을 복합적으로 분석할 수 있는 정보 수집이 되어야 한다.

이런 목적에서 출발한다면 재해를 조사하는 사람은 해당 분야에 다양한 경험을 가진 전문가에 의해 이루어지는 것이 마땅

하다. 좀 더 구체적으로 얘기한다면 재해 발생 사업장의 작업공정, 사용 기계·기구 및 설비, 작업 위험요소, 현장 용어 등에 쉽게 접근할 수 있는 유경험자, 재해자 및 사업장 관계자의 입장을 감안한 의사 소통이 원활한 유경험자, 재해자 및 사업장의 개인정보 취급에 따른 대내·외 공신력을 담보할 수 있는 자 등으로 요약될 수 있다. 이 중에서도 특히 첫 번째 제시한 조건의 경우 현장 기술 지원 경험의 정도에 따른 조사 성공률의 편차(34~78%)가 심한 것으로 나타나고 있으며, 가장 중요한 요소라고 생각된다.

체계적인 조사관리를 위한 기본 요건

전략적 사고와 의사 결정 및 그 실행계획을 수립함에 있어 제도와 예산, 그리고 인력은 필수 요건이다.

제도의 경우 민간 분야에서는 공공 분야보다 그 영향력이 다소 약하다고 할 수 있으나 공공 분야에서는 거의 절대적이라 할 수 있다. 현행 산업재해 예방 전문가의 재해 조사 참여 범위는 중대재해 사례에 국한되고 있으며, 그것도 지방노동관서에서 요청하는 경우에만 가능하도록 되어 있어 연간 약 1% 내외의 사례에 대해서 조

사하고 있는 실정이다. 체계적인 원인 조사를 바탕으로 안정적인 기초정보를 생산·제공하기 위해서는 관계 법령을 개정하여 관련 규정을 명확히 하는 것이 무엇보다 중요하다. 제도적인 뒷받침을 통한 재해 조사 권한의 부여가 최우선적으로 해결해야 할 과제라 생각된다.

관련 규정의 정비와 더불어 안정적인 예산 확보 또한 중요한 요인이며, 이를 위해서는 중장기 사업계획에 체계적으로 반영하는 것이 필수조건이 될 것이다. 하지만 이 모든 것이 확보된다 하더라도 이를 실행할 수 있는 전문인력이 없다면 공염불에 머무르고 만다. 앞에서 현장 기술 지원 경험의 정도에 따라 조사 성공률의 편차가 심하다는 것을 예로 든 것처럼 이상적인 조사를 위해서는 최소한 3년 이상 안전, 보건, 건설, 검인증 분야에서 실무 현장 기술 지원 경험이 축적된 전문인력이 조사를 하여야 한다. 이는 기존 사업 수행에 필요한 인력 외에 추가 확보를 통하여 다년간 경험을 축적시키는 것이 유일한 방법이라 생각된다.

양질의 조사인력뿐만 아니라 방대해진 자료를 정보화하고 서비스하는 데 필요한 전산 및 통계 분석 전문인력이 확충되어야 함은 두말할 나위도 없다.

이처럼 제도, 예산 및 인력의 3요소가 어느 것 하나 부족함 없이 골고루 갖추어져야만 산재 예방의 길잡이인 원인통계는 비로소 제 역할을 다 할 수 있을 것이라 믿는다.

맺으며

산업재해보상보험 제도가 도입된 초기(1964~1970년)에는 광업, 화학, 석유, 고무 및 플라스틱 제조업 등 특정산업 중심으로 그 적용 범위가 제한적이었다. 그러나 1999년도에 상시 근로자 1인 이상, 총 공사금액 2,000만원 이상 건설공사로 적용 범위가 확대된 이후 꾸준히 늘어나 현재는 보험설계, 레미콘 운송, 학습지 교사 등 특수형태 근로 종사자와 근로자가 없는 중소기업 사업주까지도 임의 가입이 허용되는 등 적용 사업장

수 160만, 근로자수 1,400만으로 양적인 팽창이 지속되고 있다. 이에 따라 산업재해의 발생 양상도 다변화되어 기계·기구 및 설비와 같은 물리적 요인의 재해 사례와 더불어 감정노동 등 근로자의 사회심리적 요인, 주변 작업환경, 회사의 조직구조 등 복합적 요인의 재해 사례도 다발하고 있는 실정이다.

이는 광업 등 특정 업종이나 중소 규모 사업장 중심의 예방활동이 특정 직종, 작업내용, 심리 중심의 예방활동으로 그 대상이 변화하고 있음을 시사하고 있다. 그렇다면 예방전략의 길잡이가 되는 통계 또한 과거의 포괄적 접근에서 미시적 접근으로의 전환을 필요로 하고 있다고 봐야 한다. 지금까지의 원인통계가 국제기준에서 요구하는 발생일 기준의 국가 공식통계로서 포괄적 의미의 활용에 기여하였다면 앞으로는 미시적 의미에서의 활용이 가능하도록 좀 더 세밀한 조사와 분석을 요구하고 있다고 하겠다.

앞에서 언급한 절차와 방법으로 개선된다면 생산된 통계의 신뢰성 향상은 물론 일선기관에서 필요로 하는 지역별 살아 있는 맞춤형 통계 분석으로 명실상부한 예방전략의 실무 길잡이 역할이 가능해질 것으로 생각된다. 다행히 최근 검토 중인 산재 예방 특별사업 추진전략의 일환으로 재해 발생 사업장 원인 조사 및 심층 기술 지원방안이 심도 있게 논의되는 분위기라고 하니 더한층 실현 가능성이 높아질 것으로 기대된다. ⑥

참고문헌

- ILO, Resolution concerning statistics of occupational injuries(resulting from occupational accidents), adopted by the Sixteen international Conference of Labour Statisticians, ILO, 1998.
- 한국산업안전보건공단, 2008년 산업재해원인조사, 산업안전보건연구원, 2009.
- 고용노동부, 2009년 산업재해현황분석, 고용노동부, 2010.
- 한국산업안전보건공단, 산업재해 기록·분류에 관한 지침, 한국산업안전보건공단, 2006.
- 산업안전보건연구원, 추락재해 원인 분석 및 효과적인 예방대책 연구, 산업안전보건연구원, 2009.
- 한국산업안전보건공단, 20년사, 한국산업안전보건공단, 2007.

근로자의 호흡 변동을 고려한 시료 채취 펌프 개발과 이를 이용한 노출 평가



이은경 연구원, PhD, CIH
미국 국립산업안전보건연구원 (NIOSH)

공정의 일부로 화학물질을 많이 사용하는 근로자들은 항상 휘발성 유기 화학물질에 노출될 위험이 있기 때문에 작업환경에서 이에 대한 정확한 노출위험을 파악하는 것은 아주 중요하다. 근로자들의 노출 정도는 개인 펌프와 시료 채취 매체를 이용하여 현장에서 개인 시료 채취 (personal monitoring)나 지역 시료 채취(area monitoring)를 실시하는 방법이 가장 일반적이다. 하지만 현재 사용하고 있는 펌프는 일정시간 동안 같은 유량으로 시료를 채취하기 때문에 각 근로자들의 노동 강도에 따른 호흡 변동은 전혀 고려되지 않고 있다. 미국 국립산업 안전보건연구원(NIOSH)은 최근 이러한 기존 펌프의 단점을 보완한 새로운 펌프(PSP)를 개발하여 실험실에서 평가한 결과, 통계학적으로 서로 상이하다는 결론을 내렸다. 본 연구는 실험실 결과에 의한 것이므로 새로이 개발된 펌프를 이용한 실제 현장 조사가 요망된다.

서론

작업환경에서 근로자의 노출 농도 평가는 필연적이며, 또 이를 정확히 파악하는 것은 1)농도측정에 따른 적절한 개인 보호구(PPE; Personal Protective Equipment)를 제공하고자 할 때, 2)정부기관에서 작업장의 농도 점검을 하기 위해, 3)작업장에서의 새로운 공학적 대책 (engineering control)을 계획할 때, 4)역학 조사에서 질병과 노출 상관관계를 파악할 때, 5)기존 농도자료를 활용한 질병과 위험 간의 상관관계를 재구성 할 때, 등의 사항을 수행하기 위해 매우 중요하다.

근로자의 휘발성 유기 화학물질에 대한 노출 농도를 파악하기 위한 가장 일반적인 방법 중의 하나는 능동채취 방법(active sampling)으로도 알려진 샘플링 펌프와 시료 채취 매체를 이용한 농도측정이다. 근로자의 시간 가중 평균(TWA; Time-weighted Average) 농도를 파악하기 위해 펌프를 일정시간 동안 같은 유량으로 공기 중의

유해물질을 채취하여 분석하는 방법을 이용하고 있다.

특히 기술이 발전함에 따라 크기와 작은 펌프가 개발되고 무게도 가벼워져 근로자들은 큰 부담 없이 착용하게 되었다. 하지만 기존 연구에서는 이러한 펌프방식은 같은 유량으로 일정시간 동안 공기 중 유해물질을 샘플링하기 때문에 농도측정을 위한 정확도(accuracy)가 떨어질 것이라는 견해가 있었다. 또한 각 근로자들의 노동 강도를 고려한 시료 채취방법이 개발되어야 한다는 논의도 이루어졌다.^{1)~4)}

예를 들면, 격심한 노동을 해야 하는 근로자는 앉아서 일하는 근로자에 비해 호흡량이 더 클 것이고 그 결과 잠정적으로 들이마시는 휘발성 유해물질의 양도 늘어나게 된다. 이러한 경우 화학물질 노출에 따른 폐나 기도에 대한 피해는 노동이 작은 근로자에 비해 훨씬 클 것으로 예상할 수 있다.^{5)~6)} 하지만 근로자의 유해물질에 대한 노출 정도와 호흡량 간의 상관관계가 클 것이라는 가정에도 불구하고 기존 시료 채취방법은 이러한 요소

를 전혀 고려하고 있지 않다. 사실 과거에 이를 고려한 연구가 진행되기는 하였지만 여러 가지 기술적인 면에서 성공적인 결과물은 나오지 않았다. Kucharski¹⁾가 개발한 펌프는 공기 중 입자 크기에 따라 아주 상이한 결과가 나왔으며, Satoh 등²⁾이 제안한 인체의 분당 환기량(minute ventilation)을 계산하기 위한 공식은 실제 값에 비해 $\pm 30\%$ 이상의 차이가 나는 것으로 보고되었다.

이러한 기존 연구결과의 단점을 극복함과 동시에 근로자의 호흡 환기량을 고려한 새로운 펌프(PSP; Physiologic Sampling Pump)를 개발하려는 취지 아래 본 연구가 진행되었다. 본 연구는 작업환경에서의 기체나 증기상태의 유해 화학물질을 대상으로 시행되었으며, 입자 샘플링은 해당되지 않는다. 본 연구는 다음과 같은 세 개의 범주(category)로 분리되어 시행되었다.

- 1) 호흡유도맥파계(RIP; Respiratory Inductive Plethysmograph)를 이용한 호흡 환기량 계산식 개발
- 2) 새로운 펌프(PSP) 개발
- 3) 실험실에서의 PSP 평가

호흡 환기량을 고려한 펌프(PSP)는 NIOSH에서 개발되었으며, 호흡 환기량 계산식과 실험실에서의 펌프 검증 테스트는 Pennsylvania State University와의 공동 협력으로 실행되었다.

방법

호흡유도맥파계(RIP)를 이용한 호흡 환기량 계산식

기존의 방법 중 호흡 환기량을 간편하게 알 수 있는 방법이 없기 때문에 주로 심장 박동수(heart rate)와 나이, 몸무게, 키 등의 다른 인자를 포함하여 유도된 계산식을 이용하였다. 그러나 기존 연구결과에 의하면, 더 정확한 값을 구하기 위해서는 앞에 언급된 인자 외에도 다른 인자를 고려해야 하는 것으로 알려져 있다.^{7)~14)}

현 연구에서는 운반 가능한 호흡유도맥파계(RIP)를 활용해서 만들어진 LifeShirt®(VivoMetrics, Inc., Ventura, CA)*를 이용하였다. 이 LifeShirt®시스템은 호흡유도맥파계 센서가 끼워져 있는 탄력 조끼와 센서에서 전달되는 자료를 매 초마다 실시간으로 기록 가능한 기록계로 구성되어 있다(사진 참조). 기록계에는 호흡과 심전도(ECG; Electrocardiogram) 파형 외에도 다른 여섯 가지의 인자(순간 호흡량, 평균 호흡량, 순간 심장박동수, 평균 심장박동수, 움직임에 따른 지수(index), 그리고 포지션(position)에 따른 지수)가 매 초마다 기록된다.



LifeShirt 시스템 구성요소들(탄력조끼, 기록계, 호흡유량계(pneumotachograph)용한 참가자¹⁵⁾ 마스크, 밸브¹⁵⁾

이 실험을 위하여 19세부터 44세에 이르는 건강한 9명(여자 3명, 남자 6명)이 고용되었으며, 각 개인은 3일에

- 1) Kucharski R: A personal dust sampler simulating variable human lung function, British Journal of Industrial Medicine, 37:194-196 (1980)
- 2) Satoh T, Higashi T, Sakurai H, Omae K: Development of a new exposure monitoring system considering pulmonary ventilation (DEM 1), Keio Journal of Medicine, 38(4):432-442 (1989)
- 3) Levin MS: A respiration-modulated personal air sampling pump, Applied Occupational Environmental Hygiene, 9(12):994-1005 (1994)
- 4) Yost MG: Final Report: Physiologic sampler for airborne health hazards, NIOSH Grant R01-OH03134, University of Washington, Seattle, WA (1998)
- 5) McCool FD, Paek D: Measurements of ventilation in freely ranging subjects, Health Effects Institute Research Report Number 59:1-17 (1993)
- 6) Horvath SM: Impact of air quality in exercise performance, Exerc Sport Sci Rev, 9:265-296 (1981)

* 현재 Lifeshirt® 시스템은 생산이 중단되었으며, 이를 대체할 수 있는 시스템을 다른 회사에서 구매할 수 있음.

걸쳐 실험에 참석하였다. 각 참석자는 Lifeshirt 시스템과 호흡유량계에 연결되어 있는 호흡마스크를 착용하고 본 기관에서 작성한 지침서에 따라 운동(step-test session)을 실시하였다. 그리고 호흡유량계 측정자료를 기준으로 Lifeshirt에 기록된 자료를 분석하였다.

먼저 운동 프로그램을 시작하기 전에 각 참석자의 심장박동수를 측정하였으며, LifeShirt 시스템 보정을 실시하였다. 운동 프로그램은 10분 운동 후 10분 휴식하는 방법으로 총 80분간에 걸쳐 이루어졌다. 처음에는 5steps/min을 시작으로 점차 5steps씩 증가하는 방법(최고 20steps/min)으로 실시되었다. 운동 시 참석자는 페인팅 일을 하는 것으로 가정하여 페인팅 롤러(roller)를 들었다 내렸다 하면서 32.5cm의 상자 위를 오르내리게 하였다. 각 참석자의 몸무게와 운동량에 따라 계산된 실제 작업량은 평균 20W(5steps/min)에서 80W(20steps/min)에 달하는 것으로 나타났다. 호흡유량계에는 순간유량(instantaneous flow)(L/min)과 축적 양(cumulative volume)(L)이 기록되었으며, Lifeshirt 기록계에는 순간 심장박동수와 평균 심장박동수(beats/min), 순간 호흡량과 평균 호흡량(breathing rate, breaths/min), 움직임(motion)에 따른 지수(0부터 255까지), 그리고 자세에 따른 지수(0~146 ; 앉거나 구부렸을 때, > 146 ; 서 있을 때)가 기록된다. 다음으로 참석자들의 운동 프로그램이 끝난 후 기록된 모든 자료와 참석자들의 인구학적 특성(demographic characteristics)정보를 통합하여 호흡 환기량을 계산하기 위한 통계 분석을 실시하였다.

PSP 개발

새로이 개발된 펌프는 기존의 펌프와 마찬가지로 여러 가지 사양을 가지고 있다. 새로운 펌프의 기본 원리를 간단히 요약하자면, 펌프의 모터(motor)는 표준 온도와 압력상태(standard temperature and pressure)에서 항상 200ml/min로 유지되고 있으며, 펌프에 입력되어 있는 호흡 환기량 계산결과에 따라 2개의 시료 채취 때

근로자의 휘발성 유기 화학물질에 대한 노출 농도를 파악하기 위한 가장 일반적인 방법 중의 하나는 능동채취방법(active sampling)으로도 알려진 샘플링 펌프와 시료 채취 매체를 이용한 농도측정이다. 근로자의 시간 가중 평균(TWA; Time-weighted Average) 농도를 파악하기 위해 펌프를 일정시간 동안 같은 유량으로 공기 중의 유해물질을 채취하여 분석하는 방법을 이용하고 있다. 특히 기술이 발전함에 따라 작은 크기의 펌프가 개발되고 무게도 가벼워져 근로자들은 많은 부담 없이 착용을 하게 되었다. 하지만 기존 연구에서는 이러한 펌프방식은 같은 유량으로 일정시간 동안 공기 중 유해물질을 샘플링하기 때문에 농도측정을 위한 정확도(accuracy)가 떨어질 것이라는 견해가 있었다. 또한 각 근로자들의 노동 강도를 고려한 시료 채취방법이 개발되어야 한다는 논의도 이루어졌다.

체 사이에 위치한 밸브(valve)가 열림과 닫힘을 매 초마다 반복하면서 시료를 채취한다.

펌프 유량은 mass air flow 센서에 의해 매 1ms마다 체크되며, 사용자는 목적에 따라 'PSP mode' (시료 채취 매체에 들어오는 유량은 펌프 착용자의 호흡량에 의해 변하는데 이때 비례율(scaling factor)을 사용함)나 'TSP mode' (항상 일정 유량으로 샘플함)를 선택할 수 있다. 그리고 각 선택에 따른 보정방법은 다르게 되어 있다.

〈표 1〉은 각 선택 모드에 따라 사용자가 시료를 채취하고 난 뒤 확인할 수 있는 자료를 나타낸 것이다. 새 펌프는 격판(diaphragm)을 이용한 펌프이며, 이에 따른 펌프 파동(pump pulsation)을 최소화시키기 위하여 공동

〈표 1〉 선택 모드에 따라 사용자가 얻을 수 있는 자료

TSP 와 PSP 모드	PSP 모드
전체 샘플링 시간	비례율(Scaling factor)
전체 샘플 축적량	평균 심장박동수(beats/min)
설정(정지, 작동 중)	휴식 시 심장박동수(beats/min)
펌프상태(고장상태)	성별
온도(°C)	나이
압력(H ₂ O)	키(inches)
배터리 전압	몸무게(pounds)

기(air cavity)가 부착되어 있다.

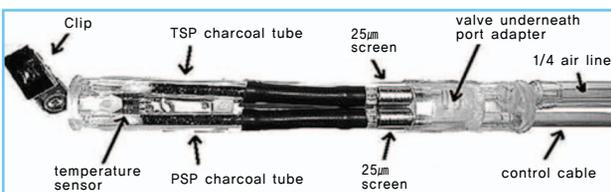
사용자가 'PSP mode'를 선택하면 근로자가 착용한 LifeShirt 시스템으로부터 근로자의 심장박동수와 움직임의 상태에 따른 지수(motion index)가 펌프로 전달되어 펌프에 이미 내장되어 있는 계산식에 의해 근로자의 호흡 환기량을 계산한다. 앞서도 언급하였듯이 펌프는 항상 200ml/min로 작동하고 있으며, 밸브가 열림상태일 때는 샘플된 시료는 PSP 매체로 포집되고 밸브가 닫힘상태일 때는 TSP 매체로 포집된다. 예를 들어, 근로자의 분당 호흡 환기량이 40L/min이고 비례율(scaling factor)이 350(본 연구에서 사용한 비례율)이라고 가정하였을 경우에는 약 114.28ml/min의 양은 PSP 매체로 채취되고 나머지 85.72ml/min(=200-114.28)은 TSP 매체로 채취된다. 이러한 경우 PSP 매체에 포집된 샘플만 분석하게 되고 TSP 매체에 포집된 샘플은 분석결과에 포함할 필요가 없다.

당초 밸브를 펌프 안에 설치하였으나 시료 채취 매체로부터 펌프까지의 거리 때문에 밸브의 반응 속도가 빠르지 않아서 밸브를 시료 채취 매체가 부착된 매개물로

옮겨 설치하였다. 만약 사용자가 'TSP mode' 선택 시 모든 샘플된 양은 TSP 매체로 포집된다. 다른 기존 펌프처럼 PSP도 만약 예상치 않은 경우가 발생하여 펌프 작동이 늦어지는 경우 자동적으로 멈



새로이 개발된 펌프(PSP)와 시료 채취 매체가 부착된 매개물(sampling head)¹⁶⁾



시료 채취 매개물을 복개했을 때의 사진¹⁶⁾

추게 되어 있으며, 몇 초 뒤 다시 작동하여 같은 문제점이 발생하면 시료 채취를 끝내게 되어 있다.

새로운 펌프를 개발한 후 세 가지 방법(펌프 시료 채취 매체, 참여자의 호흡 환기량, 통계결과 유추된 계산식)을 이용하여 샘플된 순간 유량(instantaneous flow)과 축적량(cumulative volume)을 비교하였다. 참여자의 호흡 환기량은 호흡유량계 (pneumotachometer)를 이용하였으며, 펌프 시료 채취 매체를 통한 순간 유량과 축적량은 mass flow meter를 PSP 시료 채취 매체 앞에 설치하여 획득하였다. 그리고 실험 참여자로부터 얻은 같은 자료

- 7) Samet JM, Lambert WE, James DS, Mermier CM, Chick TW: Assessment of heart rate as a predictor of ventilation, Research report, Health Eff. Inst., 59:19-55 (1993)
- 8) Bakker HK, Struikenkamp RS, DE Vries GA: Dynamics of ventilation, heart rate, and gas exchange: sinusoidal and impulse workloads in man, J. Appl. Physiol., 48(2):289-301 (1980)
- 9) Berndtsson G, Howie R: Peak inhalation air flow during an agility test performed by the US Marine Corps, Chemical and Biological Incident Response Force, Sydney, Australia (2003)
- 10) Kroemer KHE, Grandjean E: Fitting the task to the human: A textbook of occupational ergonomics, CRC Press LLC, Boca Raton, FL, 5th edition (1997)
- 11) Miyamoto Y, Tamura T, Takahashi T, Mikami T: Transient changes in ventilation and cardiac output at the start and end of exercise, Japanese Journal of Physiology, 31: 153-168 (1981)
- 12) Paulev PE, Honda Y, Sakakibara Y, Morikawa T, Tanaka Y, Nakamura W, Nakazono Y, Miyamoto Y: Respiratory and cardiac responses to dynamic exercise in man, Japanese Journal of Physiology, 38: 375-386 (1988)
- 13) Treese N, MacCarter D, Akbulut O, Coutinho M, Baez M, Liebrich A, Meyer J: Ventilation and heart rate response during exercise in normals: Relevance for rate variable pacing, Pacing and clinical electrophysiology, 16(8): 1693-1700 (1993)
- 14) Åstrand P, Rodahl K: Textbook of work physiology: physiological bases of exercise (third edition), McGraw-Hill, Inc. (1986)
- 15) Lin M, Groves WA, Freivalds A, Lee E, Harper M, Slaven JE, Lee L: Exposure Assessment by Physiological Sampling Pump-Prediction of Minute Ventilation using a Portable Respiratory Inductive Plethysmograph (RIP) System, Journal of Environmental Monitoring, 10:1179-1186 (2008)
- 16) Lee L, Flemmer MM, Lee E, Harper M, Lin M, Groves WA, Freivalds A, Slaven JE: A novel physiologic sampling pump capable of rapid response to breathing, Journal of Environmental Monitoring, 11:1020-1027 (2009)

를 각각 세 번 모의실험(simulation)하여 그 결과 얻어진 전체 측정량이 얼마나 상이한지(precision)도 비교하여 보았다.

PSP 평가

새로이 개발된 펌프와 기존의 펌프방식을 비교하기 위하여 Pennsylvania State University에서는 최소한 1~2명이 들어가 운동할 수 있는 방(chamber)을 만든 후 m-xylene을 이용해서 실험을 실시하였다.

본 실험에는 19살부터 36살에 이르는 15명(여자 4명, 남자 11명)을 고용하여 호흡유도맥파계(RIP)로 호흡환기 계산식을 유도하기 위해 시행했던 것과 같은 운동을 실시하였다.

이 실험에서 두 가지 경우의 노출 시나리오가 테스트 되었는데 첫 번째는 참석자의 운동량과 m-xylene 노출 농도의 상관계수가 큰 경우이고(high correlation), 또 다른 하나는 운동량과 m-xylene 노출 농도가 전혀 상관없음(no correlation)을 가정한 경우이다. 본 실험에 참여한 각 개인은 기존 펌프, 새로이 개발된 펌프(PSP), 그리고 LifeShirt 시스템을 착용한 후 실험에 임하였으며, 4일에 걸쳐 두 가지 노출 시나리오에 대하여 모두 테스트를 하였다.

각 시나리오에 대한 실제 실험시간은 81분이며, 첫 1분은 모든 기기를 동시에 작동시키기 위해 주어졌다. 각 실험 후 모아진 샘플(charcoal tubes)은 NIOSH Method 1501에 따라 분석되었다.¹⁷⁾

두 펌프방식을 비교하고자 통계 분석을 실시하였으며, 또한 네 가지 다른 인자(성별, 인종, 나이, 체지방)에 대해서도 결과에 영향을 끼치는지(confounding factor)의

여부를 알기 위해 통계 분석을 실시하였다(본 실험의 자세한 내용 참고¹⁸⁾).

결과

호흡유도맥파계(RIP)를 이용한 호흡 환기량 계산식

LifeShirt 시스템에서 전달된 자료와 본 실험 참여자의 인구학적 특성을 바탕으로 통계 분석한 결과 다음과 같은 공식이 유추되었다.

[공식 1]에 의하여 계산된 호흡 환기량을 표준방식

[공식 1]

$$\dot{V}_E = 8.60 + 0.331(I \times H) + 12.9(I \times G) + 0.000975(MI \times W)$$

* \dot{V}_E = 분 당 호흡환기량(minute ventilation)(l/min), I = 강도(Intensity) = $[(HR - HR_{rest}) / (HR_{max} - HR_{rest})]$, HR = 호흡유도맥파계(RIP)에서 전달된 심장박동수(heart rate), HR_{rest} = 휴식 시 심장박동수(resting heart rate), $HR_{max} = 205.8 - (0.685 \times \text{나이})$, H = 키(inches), G = 성별(남자 = 1, 여자 = 0), MI = 움직임에 따른 지수(motion index, 1 - 255), W = 몸무게(pounds)

(pneumotachometer method)에 의해 구한 값과 비교하였을 때 상당히 높은 상관관계($R^2 = 0.80 - 0.88$)를 나타내었으며, 전체 측정된 양의 비교에서도 위의 계산식과 표준방식에 의해 산출된 평균 오차값은 10%보다 작은 것으로 조사되었다. 비록 본 연구가 제한된 샘플 사이즈에 의한 결과라는 단점이 있으나 기존의 호흡 환기량 산출방식에 의한 것보다 발생 오차가 작기 때문에 위의 공식을 채택 가능하다고 판단하였다.

PSP 개발

위의 실험방법에 언급된 세 가지 방법(펌프 시료 채취 매체, 참여자의 호흡 환기량, 통계결과 유추된 계산식)을 이용, 순간 유량과 측정량을 비교 분석한 결과 서로 근소한 차이를 보였다. 예를 들면, PSP와 [공식 1]에서 계산된 순간 유량의 상관관계(R^2) 및 PSP와 호흡 유량계(pneumotachometer)에서 순간 유량의 상관관계(R^2)는

17) U.S. Department of Health and Human Services Publication: Method 1501-Hydrocarbons, Aromatic, NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM) 4th edition, Cincinnati, OH, PublicationNo.94-113 (1996)

18) Lin M, Groves WA, Freivalds A, Lee L, Lee E, Slaven JE, Harper M: Laboratory evaluation of a physiologic sampling pump (PSP), Journal of Environmental Monitoring, 12:1415-1421 (2010)



격심한 노동을 해야 하는 근로자는 앉아서 일하는 근로자에 비해 호흡량이 더 클 것이고 그 결과 잠정적으로 들어마시는 휘발성 유해물질의 양도 늘어나게 된다.

각각 0.985와 0.954를 나타내었다. 전체 측정량 비교 시에도 아주 근소한 차이를 나타내었는데 PSP와 thermal mass flowmeter 비교, PSP와 [공식 1] 비교, 그리고 PSP와 호흡유량계 비교 시 오차는 각각 0.99%, -2.5%, 1.5%였다. 또한 LifeShirt에서 전달된 같은 자료를 이용하여 펌프를 각각 세 번 돌려 [공식 1]에 의한 계산 값과 비교하였을 때 그 오차는 1%보다 작았다. 이외에도 새로이 개발된 펌프의 반응 속도 등을 감안하였을 때 만약 기존 Lifeshirt 시스템에서의 자료 전송 속도보다 빠른 시스템이 있을 경우 이를 반영할 수 있으며, 호흡 환기량 계산식도 쉽게 수정될 수 있는 장점이 있다.

PSP 평가

작업 강도와 유해물질에 대한 노출 농도가 높은 상관관계($\rho = 0.93$)가 있다는 가정하에 실험한 결과, PSP 시간 가중 평균(TWA) 농도가 기존 방식에 의해 조사된 농도보다 약 19% 정도 높은 것으로 나타났으며, 통계학적

으로 두 방법이 서로 다른 것으로 나타났다. 반면에 작업 강도와 노출 농도가 전혀 상관관계($\rho = 0.02$)가 없다는 가정 하에 실험한 결과로는 두 농도 차이는 거의 없는 것으로 나타났으며, 통계학적으로도 두 방법이 상이하지 않은 것으로 조사되었다<표 2>. 또한 PSP는 실험 대상의 인종, 성별, 나이, 그리고 체지방의 양에 전혀 영향을 받지 않는 것으로 조사되었다. 비록 본 실험 역시 샘플 크기가 제한되어 있지만 연구결과 새로이 개발된 펌프가 기존의 펌프 방식에 비하여 더 정확한 결과가 산출될 것으로 고려되며, 이는 특히 근로자의 노동량이 아주 클 경우 더 유용하게 사용되리라고 사료된다.

결론

NIOSH에 의해 개발된 근로자의 작업 강도에 따라 시료 채취 유량이 달라지는 펌프(PSP)는 기존의 같은 유량으로 시료를 채취하는 방식보다 시료 채취과정에서 발생할 수 있는 오차를 줄일 것이라고 사료된다. 이는 특히 근로자의 노동량이 증가함에 따라 발생할 수 있는 노출 농도가 커질 경우에 더 유용하게 사용되리라고 본다. 아울러 기존 샘플 방식에 의존하여 위험성 평가(risk assessment)를 실시하는 경우에 비해 내재되어 있는 불확실성(uncertainty)을 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구결과는 실험실에서의 결과에 따른 것이므로 새로이 개발된 펌프를 여러 작업환경을 고려한 실제 작업장에서의 시료 채취를 통해 비교 검증할 것을 필요로 한다. 

※ Disclaimer : 본 연구에서 사용된 사업장이나 특정 상품은 미국 국립산업안전보건연구원(NIOSH) 혹은 미국 질병관리본부(CDC; Centers for Disease Control)가 추천하거나 또한 다른 특정 상품으로 대체될 수 없음을 뜻하는 것이 아님을 알려 드립니다. 아울러 본 연구의 결론은 특정 개인의 연구결과이지 NIOSH나 CDC의 입장을 대변하는 것이 아님을 알려드립니다.

<표 2> PSP와 기존방식에 의한 노출 농도비(PSP / 기존방식)

노출 시나리오*	농도비(PSP / 기존방식)	95% 신뢰구간
높은 상관계수($\rho = 0.93$)	1.18 ± 0.02	1.15 - 1.21
낮은 상관계수($\rho = 0.02$)	0.94 ± 0.02	0.90 - 0.97
차이	0.24 ± 0.02	0.20 - 0.28

* 호흡 환기량(minute ventilation)과 m-xylene 노출 농도의 상관관계

서비스업 사업장에 적합한 보호구의 기준 마련



김진현 차장
산업안전보건연구원
안전시스템연구실

우리나라 산업 현장의 근로자들을 산업재해로부터 보호하고자 산업안전보건에 대한 법규정을 둔 이래 대체로 예방대책은 제조업과 건설업을 중심으로 이루어졌다. 두 업종이 전 산업에서 차지하는 비중도 컸지만 재해자가 많이 발생하는 업종이기 때문이었다. 그런데 산업구조가 변화되면서 서비스업의 사업장수와 근로자수의 비중과 더불어 재해자수도 크게 늘고 있다. 서비스업은 기존의 제조업, 건설업과는 다른 부분이 많다. 서비스업에 대해 효과적인 산재 예방대책을 적용하기 위해서는 서비스업에 대한 특성을 면밀히 분석하고 다양성을 감안한 새로운 접근법이 필요하다. 본고에서는 우선 산업 현장에서 최후의 보호수단으로 인식되고 있는 보호구를 서비스업의 관점에서 살펴보고, 서비스업에 적합한 보호구의 기준 마련을 위해 검토 가능한 국내·외 기준을 간단히 언급하고자 한다.

산업구조 선진화에 따른 서비스업의 발전과 산업재해

산재보험업종 분류와 관련하여 서비스업은 제조업, 건설업, 광업, 농림어업을 제외한 나머지 사업을 묶어 일컫는 개념으로 인식되고 있다. 그런데 이 서비스업이 최근 수 년 사이 빠르게 증가하는 산업 현장의 재해자수로 인해 관심의 대상으로 부각되었다.

우리나라 서비스업의 명목 부가가치 비중은 1980년대 이후 지속적으로 상승하는 추세를 보이고 있다. 2007년을 기준으로 보면, 제조업은 27.6%(중국 36.5%, 일본 20.3%), 서비스업은 59.7%(중국 38.5%, 일본 69.3%)이다. 또한 제조업의 고용 비중이 하락하고, 서비스업의 고용 비중이 상승하는 탈공업화 현상을 경험 중이다. 특히 그 변화는 일본보다 더욱 급격하게 이루어지고 있다(오영석, 한·중·일 산업구조의 비교와 시사점, 산업연구원;2010).

한편, 우리나라의 2001~2010년 중 업종별 재해자수 추이를 간단히 살펴보면 <표 1>과 같다.

서비스업 사업장수는 지속적으로 늘어나고, 이에 종사하는 근로자수 또한 늘어나고 있다. 산재보험 가입 서비스업 사업장수는 2001년 56만 8,000개 소, 2005년 77만 1,000개 소, 2010년 110만 2,000개 소로 늘어나고 있다. 근로자수는 2001년 508만명, 2005년 575만명, 2010년 766만명이다. 2010년도 말 현재 우리나라 산재보험 가입 전체 사업장수의 69%, 근로자수의 54%에 달하고 있다.

서비스업, 제조업, 건설업으로 나누어 재해율을 비교하면, 2001년 재해율은 서비스업 0.51%, 제조업 1.22%, 건설업 0.70%였다. 2005년은 서비스업 0.53%, 제조업 1.18%, 건설업 0.75%였고, 2010년에는 서비스업 0.50%, 제조업 1.07%, 건설업 0.70%로 나타났다.

재해자수로 보면, 건설업에서는 2010년에 2001년 대비 31% 증가하였다. 그런데 서비스업 중 '기타의 사업' 부분에서는 71%(2001년 기준) 증가하였다. '기타의 사

〈표 1〉 업종별 재해자수 추이

(단위 : 명)

구분	계(명)	서비스업				
		기타의 사업	전기가스상수도업, 운수창고통신업, 금융보험업	제조업	건설업	광업, 농림어업
2010년	98,645	33,170	4,939	34,071	22,504	3,961
2005년	85,411	24,033	5,375	36,038	16,248	3,717
2001년	81,434	19,342	6,558	35,527	17,127	2,880

* 2010년도 통계자료는 잠정

〈표 2〉 '기타의 사업' 재해자수 추이

(단위 : 명)

연도	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
재해자 수	19,342	18,564	22,008	22,589	24,033	26,349	27,802	30,160	33,961	33,170

업' 이 문제가 되는 것은 거의 대부분 기간에서 지속적으로 재해자수가 증가하고 있다는 점이다.

이하 보고에서는 우리가 흔히 통칭하는 서비스업 중 2010년 말 현재 산재보험 가입 사업장수로는 전 사업장수의 63%, 근로자수로는 44%, 재해자수로는 34%를 차지하게 된 '기타의 사업' 을 한정해서 지칭하는 것으로 하고 '서비스업' 이라는 용어를 사용하고자 한다.

서비스업은 아직 전 산업에서 사업장수나 근로자수의 비중만큼 재해자수 비중이 높지 않다. 하지만 제조업과 건설업 이상으로 사업의 종류, 작업의 형태가 다양하고, 특히 제조업, 건설업에 비해 청소년, 고령자, 여성 등의 취약계층으로 분류되는 근로자가 상대적으로 많이 종사하는 것으로 알려져 있다. 그리고 5인 미만 영세사업장의 비율은 제조업, 건설업에 비해 높고, 비정규직 근로자의 비율과 휴·폐업의 비율도 높아 근로자들의 이직도 상대적으로 많은 편이다. 따라서 산업재해라는 측면에서는 특히 취약요인이 많다고 판단되므로 우리나라 산업 현장에서의 '산재 예방과 재해자 감소' 라는 큰 목표를 달성하기 위해서는 서비스업을 주요대상으로 하지 않으면 안 된다.

서비스업 주요 업종에서 발생하는 재해

최근의 서비스업 재해 분석(2009년 재해 분석, 고용노동부)

동부)에 따르면, 재해가 상대적으로 많이 발생하는 주요 작업 분야는 청소·폐기물 처리, 음식 조리, 건물 경비, 요양 간병, 시설·조경, 건물 관리로 나타났다. 재해 발생 형태는 '전도' 라고 일컫는 '넘어짐' 이 1/3 정도를 차지하는 것으로 나타났다. 전체 산업에서는 넘어짐재해가 1/5 정도이므로 서비스업에

서의 넘어짐재해는 서비스업을 대표하는 재해형태라 할 수 있다.

산재보험업종의 기준으로 서비스업에서 사업장수, 근로자수, 재해자수가 많아 특히 관심의 대상이 된 7개 소분류 업종은 '음식 및 숙박업, 도·소매 및 소비자용품수리업, 위생 및 유사서비스업, 건물 등의 종합관리사업, 임대 및 사업서비스업, 보건 및 사회복지사업, 교육 서비스업' 이다.

'음식 및 숙박업' 에서는 조리과정에서의 베임·찔림재해, 오토바이 교통재해 등 다양한 재해가 발생하고 있고, 도·소매업은 제품의 취급에 따른 재해, 반복작업에 의한 근골격계질환이 많이 발생되었다.

'위생 및 유사서비스업·건물 등의 종합관리사업·임대 및 사업서비스업' 에서는 높은 곳에서 떨어지는 추락재해가 각 소분류업종 재해의 10% 이상을 점유하였고, '건물 등의 종합관리사업·임대 및 사업서비스업' 에서는 넘어짐재해가 각 소분류업종 관련재해의 약 1/2, 1/3 을 차지할 정도로 다발하였다. 한편, '위생 및 유사서비스업' 에서는 베임·찔림재해가 해당 소분류업종 재해의 1/3 이상을 차지하였다.

'보건 및 사회복지사업' 은 환자의 이동 보호와 관련된 넘어짐·근골격계질환이 많이 발생되고, '교육서비스업' 에서는 학교 급식과 관련된 재해가 다발하고 있는 것으로 나타났다.

서비스업 안전보건관리의 취약요인

그간 우리나라의 제조업과 건설업을 중심으로 전개된 산업안전보건관리활동 영역에서 안전관리자와 보건관리자가 주축이 된 안전보건관리조직의 역할은 아주 중요하였고, 우리나라 산업안전보건관리 체계를 한 단계 끌어 올리는 데 큰 공헌을 하였다. 산업 현장에 구축된 안전보건관리조직은 정부의 산업안전보건 정책과 그것을 산업 현장에 전달하는 공공기관 및 민간대행기관의 사업이 효과적으로 수행되도록 하였다. 사실 2000년대 이후 부각된 자율안전보건환경의 구축 노력 또한 이러한 조직이 없었다면 시도될 수도 없었을 것이다.

서비스업에서는 이러한 조직의 구축이 미흡한 실정이다. 조직 체계에서 중심 역할을 하는 안전관리자와 보건관리자의 선임의무가 법상 부여되어 있지 않기 때문이다. 또한 안전관리자와 보건관리자의 역할이 크게 효력을 발휘할 수 있는 중요한 조건으로 안전보건교육의 의무가 있는데, 서비스업 사업장에서는 산업재해를 예방하는 데 긴요한 안전보건정보를 근로자에게 전달하는 안전보건교육의무 또한 부여되어 있지 않다.

제조업과 건설업은 산재 예방이라는 측면에서 서비스업보다 상대적으로 명확한 목표 설정이 가능한 영역이라고 생각할 수도 있다. 제조업과 건설업은 제조설비와 건설시설물에 대해 서비스업보다 상대적으로 용이하게 안전보건관리대책을 강구하고 적용할 수 있다. 산업안전보건관리의 원칙상 우선적으로 근로자가 접촉하는 물적 대상과 작업환경을 안전하게 조치하는 방안의 수립이 대부분 가능한 것이다. 하지만 서비스업은 제조설비와 건설시설물을 주대상으로 하지 않는 경우가 많아 근로자의 의식과 행동이 재해의 유발에 큰 요인으로 작용하는 것으로 알려져 있다.

제조업과 건설업에서는 불안정한 행동보다는 불안정한 상태가 우선적으로 안전관리의 대상이 되겠지만, 서비스업에서는 불안정한 행동을 안전관리의 주대상으로 해야 하는 경우가 상대적으로 더 많을 수 있다.

이와 같이 사업장 안전보건관리의 구심점 역할을 하는 안전관리자와 보건관리자의 부재, 중요한 안전보건정보의 전달 통로가 되는 안전보건교육 여건의 미흡, 근로자의 의식과 행동을 직접 통제하여야 하는 서비스업 작업 환경에서는 마지막 보호수단인 보호구가 의외로 효과를 발휘할 수 있는 좋은 산재 예방대책이 될 수 있지 않을까 조심스럽게 제안하고자 한다.

서비스업 재해와 보호구의 필요성

산업재해의 예방 측면에서 재해를 예방하거나 재해의 정도를 경감시킬 수 있는 최후의 안전관리대책은 보호구이다.

보호구의 착용 없이 산업 현장에서 작업을 수행하는 것이 궁극적으로는 분명 아름다운 일이고, 목표로 해야 하는 관리방침임에는 틀림이 없다. 그러나 현실은 그러하지 못하다. 보호구가 필요한 경우라면, 근로자가 수행하는 작업에 가급적 지장을 주지 않고 몸에도 잘 맞아 불편함이 없도록 하되 예상되는 재해로부터 효과적으로 보호할 수 있는 보호구가 당연히 이상적인 보호구이다.

서비스업 사업장 중 급식과 조리가 이루어지는 주방을 중심으로 한 작업환경에서는 미끄러운 바닥이 문제가 된다. 사실 이러한 환경에서는 물기와 습기의 침투를 막고, 바닥이 미끄러워도 신발의 겹창이 미끄러지지 않도록 해준다면 신발 그 자체로 재해를 예방하는 훌륭한 보호구가 된다.

흔히 미끄러짐을 유발하는 바닥은 바닥 자체의 문제일 수도 있고, 바닥에 떨어지거나 바닥에 잔류하여 오염시킨 세제, 기름, 취급하는 재료 등이 주요인이 될 수 있다. 이러한 환경에는 주로 물을 취급하는 경우가 흔하다.

강원도 강릉의 어느 아파트에서 수년 전 실제로 있었던 사례이다. 계단이 있는 곳이면 대부분 측면에 경사로가 마련되어 있다. 이 아파트의 각 동 입구 계단 옆으로 난 경사로는 처음에는 그냥 콘크리트 바닥 그대로였다.

그런데 이 경사로 모두에 어느 날 타일을 까는 공사를 했다. 아주 아름다운 문양이 있는 밝은 색 타일이었다. 한동안 아파트 주민 모두 보기 좋다고 칭찬이 자자했다. 그런데 비가 한 번 오고난 후 문제가 터졌다.

타일을 깬 경사로는 애들이 미끄럼틀로 이용할 정도로 아주 미끄러웠다. 노인이 이 경사로를 통해 걷다가 미끄러져 허리를 다쳤다는 얘기도 들었다. 문제를 해결하려고 각 종 세제로 닦고, 문지르고 했다. 하지만 아무리 해도 물기가 있는 상태에서는 타일에서 미끄러지는 문제를 해결할 수 없었다. 논란이 한동안 지속되다가 결국 네 줄로 시공한 경사로 타일 중 중앙 두 줄을 벗겨내어 다시 콘크리트 바닥이 되었다. 건조한 상태에서는 아무 문제없고 보기 좋은 멋진 타일인데 물기만 묻으면 미끄럼틀이 될 정도로 잘못 시공되어 결국 경사로에서 양 끝단만 남기고 중앙 부분은 뜯겨져 나감으로써 이상한 상태가 된 사례를 보았다.

주민 모두에게 미끄러짐을 방지하는 성능이 있는 신발을 신으라고 할 수는 없으니 이런 경우 재시공 외에는 방법이 없다. 작업장 바닥을 개선할 수 있다면 바닥을 개선함이 옳다. 그러나 그렇게 할 수 없다면 미끄러짐을 방지하는 성능의 신발을 보호구로 사용해야 할 것이다.

다음으로 물체를 주로 다루는 손에 대한 베임과 찢림 재해이다. 우리나라에서 흔히 목장갑으로 일컬어지는 장갑은 거의 모든 작업상황에서 애용된다. 심지어 회전하는 날로 이루어진 기계에서도 이 목장갑이 사용된다. 장갑을 착용하지 않았더라면 가볍게 끝날 재해가 엄청난 재해로 걷잡을 수 없이 커지는 경우도 많다. 장갑이 회전하는 날에 말리기 때문이다. 현재로서는 이러한 작업에서는 장갑을 끼지 않는 것이 최선이다.

회전하는 날과 같은 경우가 아니라 날카로운 모서리가 있는 물체나 칼과 같은 도구를 사용할 때는 베임이나 찢림을 방지하도록 적절한 장갑을 착용하는 방법이 있다. 이러한 목적으로 사용할 수 있는 제품은 이미 다양하게 유통되고 있다. 이는 날카로운 모서리나 칼의 날 부분이 손, 팔과 같은 부위에 손상을 주지 않도록 보호하는 기능을 하는데, 아직 우리는 이같은 작업에서도 목장갑을 이용하는 경우를 흔하게 볼 수 있다.

사실 이러한 장갑은 목장갑보다 비싸다. 하지만 목장갑은 1회용이라는 인식이 크기에 도리어 낭비되는 부분이 있다. 그런데 안전 장갑을 근로자에게 지급하여 사용하게 한 사업장 중에는 비싼 제품이라는 것을 근로자들도 알기에 스스로 아끼는 마음으로 잘 관리하여 의외로

오래 사용함으로써 사업주가 그다지 부담을 느끼지 않았다는 얘기도 있다. 이 장갑이 발생할 수 있는 재해를 예방하였다면 사업주와 근로자 자신에게는 큰 도움이 되었을 것이다. 다만, 발생하지 않은 일이라 손실로 계산되지 못했을 뿐이다.

다음으로 머리 부분에 대한 충돌재해이다. 법규에 의하면, 머리 부분에 대하여 잠재적인 위험이 예상되면 안전모를 착용하여야 한다. 낙



서비스업은 최근 수 년 사이 빠르게 증가하는 산업 현장의 재해자수로 인해 관심의 대상으로 부각되었다.

하·비래의 경우에는 A형을, 추락의 경우 B형을, 감전에는 E형을 사용하여야 한다. 그런데 서비스업 사업장에서 많은 곳에서는 그 정도는 아니고, 보다 가벼운 머리충돌이 예상되는 경우가 적지 않다. 물체에 머리를 부딪치면서 충격을 받거나 찢어지는 경우이다. 충격을 받을 때 한 점에 집중되는 충격 에너지를 어느 정도만 분산시켜도 재해로는 이어지지 않는데, 이러한 작업환경에 적절히 사용될 수 있는 안전모가 필요하다.

마지막으로 야광보호구이다. 직접적인 생산설비나 시설물을 작업의 대상으로 하지 않는 서비스업에서는 조명명이 부족한 장소에서 근로자가 활동할 때 여러 가지 이유로 충분한 조도를 확보할 수 없어 어두컴컴한 곳에서 작업이 이루어져야 한다. 그러므로 충돌 등으로부터 근로자를 보호할 수 있는 대책이 강구되어야 할 필요성이 높아진다. 당연히 차량, 기계, 물체 등을 조작하거나 움직이는 쪽에서 경계를 철저히 하여야겠지만 근로자 스스로도 자신에 대한 현시성을 높일 수 있다면 예상치 못한 재해를 예방하는 데 큰 도움이 된다. 야간에 어두운 도로를 청소하는 환경미화원, 어두컴컴한 골목길 등을 오토바이로 달리는 배달원, 충분한 조도가 확보되지 않은 장소를 순찰하는 경비원 등이 현시성 높은 야광보호구를 필요로 하는 대상이 될 수 있다.

검토 가능한 국내·외 보호구기준

제조 현장이나 건설 현장에서 근로자의 머리를 보호하는 전통적인 안전모 외에 상대적으로 위험하지 않은 작업환경에서 사용될 수 있는, 편안하고 가벼움을 그 이점으로 하는 경량 안전모가 외국에서 사용되기도 한다.

미국의 경우 OSHA 3151:1997, 중소기업 사업주를 위한 가이드에 의하면 등급 A와 B 외에 등급 C형을 제시하고 있다. C형은 전통적인 안전모의 성능이 보장되지 않는다. 근로자들이 고정 물체와 부딪히는 정도는 보호되지만 비래 물체나 감전으로부터는 보호되지 못하는 형태이다.

그간 우리나라의 제조업과 건설업을 중심으로 전개된 산업안전보건관리활동 영역에서 안전관리자와 보건관리자가 주축이 된 안전보건관리조직의 역할은 아주 중요하였고, 우리나라 산업안전보건관리 체계를 한 단계 끌어 올리는 데 큰 공헌을 하였다. 산업 현장에 구축된 안전보건관리조직은 정부의 산업안전보건 정책과 그것을 산업 현장에 전달하는 공공기관 및 민간대행기관의 사업이 효과적으로 수행되도록 하였다. 사실 2000년대 이후 부각된 자율안전보건환경의 구축 노력 또한 이러한 조직이 없었다면 시도될 수도 없었을 것이다. 서비스업에서는 이러한 조직의 구축이 미흡한 실정이다. 조직 체계에서 구심 역할을 하는 안전관리자와 보건관리자의 선임의무가 법상 부여되어 있지 않기 때문이다. 또한 안전관리자와 보건관리자의 역할이 크게 효력을 발휘할 수 있는 중요한 조건으로 안전보건교육의 의무가 있는데, 서비스업 사업장에서는 산업재해를 예방하는 데 긴요한 안전보건정보를 근로자에게 전달하는 안전보건교육의무 또한 부여되어 있지 않다.

유럽의 EN 812:1997, Industrial bump caps는 이러한 경량 안전모에 대한 표준이다. 안전모의 성능 수준을 비교할 수 있도록 한 항목을 예시하면, 고용노동부고시의 안전모 충격흡수성 요구기준은 안전모를 씌운 시험 장치의 머리모형에 전달되는 충격력이 4,450 N 이하일 것을 요구한다. 유럽의 Industrial safety helmet에 해당하는 표준 EN 397에서도 그 값이 5,000 N 이하를 요구한다. 하지만 EN 812는 그 값이 15,000 N 이하일 것을 요구한다. 머리모형에 전달되는 충격력이 크다는 것은 안전모 자체가 흡수하는 충격력이 그만큼 적다는 뜻이다. 이 충격흡수 성능만 보더라도 bump cap은 전통적인 안전모보다는 감당할 수 있는 충격이 훨씬 적은 환경에서만 사용될 수 있다는 것이 된다. 물론 가볍고 편안함을 줄 수 있으므로 그만큼 근로자가 느끼는 착용에 따른 부담도 낮아질 것이다.

유럽이나 미국에서는 칼을 사용하는 작업환경, 날카로운 모서리를 가진 물체를 취급할 때 사용하도록 안전장갑에 대한 기준을 마련하고 있다. 옛날 중세 기사들이 갑



서비스업 현장의 실정에 맞는 보호구가 생산·유통되어 재해 감소에 기여할 수 있어야 한다.

옷의 일종으로 사용한 쇠사슬(chain mail)형태의 장갑 제품과 쇠사슬 외의 재료를 사용한 장갑 제품으로 크게 나뉜다. 이러한 제품에 대해서는 국제표준(ISO)이 이미 마련되어 KS로도 부합되었다. KS K ISO 13999-1:2007, KS K ISO 13999-2:2007, KS K ISO 13999-3:2007이 우리나라 표준으로 부합된 안전장갑에 대한 표준이다.

이 장갑의 종류에는 손목 정도를 보호하는 장갑, 손목 윗부분까지 보호하는 장갑, 팔꿈치 근처까지 보호하는 장갑, 팔 보호대, 어깨까지 보호하는 보호대가 있고 그 외에 앞치마, 바지, 조끼에 대한 표준도 마련되어 있다. 유럽이나 미국 등의 인증을 받은 다양한 제품들이 국내 시장에 유통되고 있다. 쇠사슬형태의 장갑 등 보호복은 사용에는 당연히 불편하지만 베임이나 찢림에 대한 보호 성능은 상대적으로 높다. 쇠사슬형태 외의 제품은 사용성은 좋지만 상대적으로 그 보호 성능은 뒤떨어진다.

서비스업 사업장 중에는 안전화의 주요 기능인 발가락 끝을 보호하는 선심, 발바닥의 찢림을 막을 수 있는 내딴판 기능보다 흔히 미끄러짐이 발생하지 않도록 미끄러짐 방지 성능이 더욱 필수적인 안전요소로 생각되는 경우도

많다. 보통의 가죽제 안전화라면 훨씬 가볍고 서비스업 특성에 맞도록 활동성을 감안한 경안전화가 요구되고, 물기가 있는 작업장에서는 물기의 침투를 막으면서 미끄러짐이 없는 장화가 요구되는 상황이 된 것이다.

신발 중 국제표준(ISO)을 KS로 부합한 우리나라 표준으로 KS M ISO TR 18690:2008, KS M ISO 20345:2010, KS M ISO 20346:2010, KS M ISO 20347:2010이 있다. KS는 국제표준에 따라 산업 현장의 신발을 크게 안전화, 보호화, 작업화로 대별하고 있다. 작업화에서는 전통 안전화의 필수기능인 선심을 요구하지 않는다.

우리가 보통 야광조끼로 부르는 보호복에 대한 기준으로는 유럽표준 EN 471:2003이 있다. 이 표준은 형광 재료와 재귀 반사 재료(야광)에 대해서 성능기준과 성능시험방법을 제시하고 있다. 이러한 보호복은 착용하는 근로자의 현시성을 높이고자 하였다. 야광조끼라 하더라도 반사 재료의 부착 위치, 면적, 재료 자체의 반사 특성의 표준이 없으면 착용자의 안전이 충분히 확보되지 않을 수 있다. 그래서 외국에서는 이미 그 기준을 마련하고 있고, 유통을 위해서는 기준대로 제조할 것을 요구하고 있다.

맺음말

서비스업에서 이루어지는 작업은 분명히 제조업, 건설업과는 다른 부분이 많고, 작업의 강도와 재해가 유발되는 방향성이 다르게 나타나는 부분이 있다. 서비스업 재해의 감소를 위해서는 보호구에 대한 우리나라의 표준과 외국의 표준 등을 참고로 서비스업의 작업과 재해의 특성을 고려한 산업 현장의 보호구기준이 마련되어야 한다. 서비스업 현장의 실정에 맞는 보호구가 생산·유통되어 근로자들이 다소나마 보호구 착용에 따른 불편함을 줄이고 작업에 따른 위험을 경감시킴으로써 서비스업 사업장의 재해 감소에 기여할 수 있어야 할 것이다. ☺

카본블랙의 심혈관계 유해성 고찰



이무열 교수
동국대학교 약학대학

카본블랙은 일반적인 입자상 물질(PM)보다 입경이 작고 비중이 낮으므로 비산성이 높다. 따라서 작업장에서 제조, 사용될 경우 작업환경 중에 분포하기 쉬우며, 호흡을 통해 쉽게 노출될 수 있다. 비산성이 높은 카본블랙의 물성과 국내 작업장에서의 사용량, 취급 근로자의 수 등을 고려할 때, 카본블랙은 우리나라 근로자에게 노출 잠재성이 매우 높은 산업물질이라 사료된다. 카본블랙의 유해성에 대해서는 오랫동안 여러 연구가 진행되어왔다. 산업안전보건연구원에서도 2009년부터 자체적으로, 그리고 2010년부터 연구용역사업과 자체 연구를 통하여 카본블랙의 독성을 연구해오고 있다. 본고에서는 카본블랙에 대한 이해와 함께 유해성 여부, 연구 필요성 등을 언급해 보고자 한다.

카본블랙이란 무엇인가?

카본블랙(carbon black, CAS No. 1333-86-4)은 탄화수소(hydrocarbon)를 불완전 연소시키거나 열 분해하여 얻을 수 있는 탄소입자이다. 탄소원자가 포도송이 모양(aciniform)으로 배열된 분자구조를 갖고 있으며, 검은 색조와 미세입자 형태의 성상을 나타낸다. 천연가스, 타르 등을 1,400~2,000℃의 고온에서 불완전 연소시켜 생긴 그을음을 모으거나 열 분해하여 제조하는 것이 일반적이며, 제조방식에 따라 크게 furnace black, thermal black 등으로 불리기도 한다

〈표 1〉. 세계적으로 연간 약 810만 톤이 생산되어, 생산량 기준으로 상위 50위에 속하는, 매우 중요한 산업 물질이다(International Carbon Black Association, 2011).

카본블랙은 입자경, 구조, pH 및 휘발성 등과 같은 물리·화학적 성질의 차이에 따라 상이한 물성을 나타낸다. 입자경은 5~500nm의 넓은 범위에 걸쳐 분포하므로 미세입자(>100nm) 또는 초미세입자(<100nm)상으로 존재할 수 있다. 크기가 작을수록, 비표면적이 클수록 다른 재질과의 접촉 면적이 넓어 보강성이 크고, 검은 색조가 짙어진다. 또한 물질구조와 표면의 화학적 관

능기가 발달할수록 다른 물질과의 응집력과 반응성이 커져 높은 보강성을 나타낼 수 있다. 표면상태는 혼용되는 다른 물질과의 친화성, 유동성, 안정성 등에 큰 영향을 미친다(Baan 등, 2007).

카본블랙은 타이어, 벨트, 튜브, 방진

〈표 1〉 카본블랙의 명칭

Chemical Name	carbon black
Synonyms	acetylene black, channel black, furnace black, gas black, lampblack, thermal black
CAS name	carbon black
CAS registry number	1333-86-4
Chemical (Molecular) formula	C

고무 등의 제조에서 고무 보강제로, 플라스틱, 잉크, 페인트 등의 생산에서 흑색 착색제로, 그리고 도전성 고무나 도전성 플라스틱 등의 제조에서 전도성 소재로 널리 활용되고 있다. 현재 생산량의 약 9%가 안료로, 1% 정도가 도전성 소재로 이용되고 있으며, 90% 이상이 고무 제품의 보강제로 사용되고 있다. 고무 보강제로 사용되는 카본블랙의 약 2/3는 자동차 타이어 제조에 소비되고 있으며, 실제로 자동차 타이어는 전체 부피의 약 1/3이 카본블랙으로 구성되어 있다(Morfeld와 McCunney, 2010).

우리나라 카본블랙 제조 및 취급 현황

2009년 한국산업안전보건공단 작업환경실태 조사에 따르면, 우리나라에서 카본블랙을 제조하는 사업장은 모두 10곳이며, 연간 약 28만 톤을 생산하고 있다. 또한 국내의 329개 작업장에서 카본블랙을 사용하고 있으며, 연간 취급량은 약 180만 톤, 취급 근로자수는 2,100여 명이다.

1,000톤 이상 제조, 사용하는 사업장은 16개 소로 약 600명의 근로자가 종사하고 있으며 전체 카본블랙의 약 99%를 취급한다(한국산업안전보건공단, 2009). 카본블랙을 1,000톤 이상 제조하거나 사용하는 업종 중 취급 근로자가 많은 업종은 타이어 및 튜브 제조업, 포장 및 충전업, 전기용 탄소제품 및 절연체 제조업, 기타 기초 무기 화합물 제조업 순이다(한국산업안전보건공단, 2009).

카본블랙은 일반적인 입자상 물질(PM; Particulate Matters)보다 입경이 작고 비중이 낮으므로 비산성이 높다. 따라서 작업장에서 제조, 사용될 경우 작업환경 중에 분포하기 쉬우며, 호흡을 통해 쉽게 노출될 수 있다. 비산성이 높은 카본블랙의 물성과 국내 작업장에서의 사용량, 취급 근로자의 수 등을 고려할 때, 카본블랙은 우리나라 근로자에게 노출 잠재성이 매우 높은 산업 물질이라 사료된다.

카본블랙은 유해한가?

오랫동안 여러 연구를 통해 카본블랙의 유해성이 연구된 바 있다. 주된 노출 경로가 흡입임을 고려하여 주로 호흡기계 유해성과 폐암을 대상으로 한 연구가 진행되어 왔다. 현재 IARC(International Agency for Research on Cancer)는 랫드(rat)에서의 실험결과를 근거로 하여 카본블랙을 group 2B(possibly carcinogenic to humans)로 분류하고 있다(Baan 등, 2007). 그러나 이후의 연구들을 통해, 랫드에서 나타나는 발암성이 마우스나 햄스터 등 다른 동물 중에서는 관찰되지 않는 것으로 확인됨에 따라 카본블랙은 종 특이적 발암성을 나타낼 것으로 추정된다.

사람을 대상으로 하는 역학 조사에서도 카본블랙 노출과 폐암에 의한 사망 간의 상관성이 명확하지 않다. 현재까지는 랫드가 유일하게 카본블랙의 노출에 의해 암이 발생하는 동물종으로 알려져 있다. 독일의 Commission for the Investigation of Health Hazards of Chemical Compounds in the Work Area(MAK Commission)은 카본블랙을 '발암물질'이 아니라, '발암성이 의심되는 물질'인 3B로 분류하고 있으며, ACGIH(American Conference of Governmental Industrial Hygienists), NTP(National Toxicology Program), OSHA(Occupational Safety and Health Administration) 등은 비발암물질로 분류하고 있다.

학계에서도 대체로 1990년대 후반부터 카본블랙을 비발암성 물질로 인정하는 추세이다(Valberg 등, 2006). 발암성 이외에, 카본블랙의 노출은 호흡기 염증을 유발하는 것으로 알려져 있다. 폐에서의 염증은 폐섬유화(lung fibrosis)를 유발하며 호흡능을 크게 감소시키고, 종양 발생 가능성을 높일 수 있다(Niwa 등, 2008; Brown 등, 2000). 이러한 카본블랙의 유해성을 근거로 하여 세계 여러 나라에서 작업환경에서의 카본블랙 규제치를 설정한 바 있다. 많은 국가에서 TWA(Time Weighted Average)로 규제치를 규정하고 있는 반면,

우리나라는 MAC(Maximal Allowable Concentration)으로 규정하고 있는 점이 특징이다(표 2).

카본블랙은 순수한 탄소물질이기 때문에 화학적 반응성이 높지 않고 급성 독성이 강하지 않다. 따라서 카본블랙의 유해성은 사회적으로 큰 주목을 받아본 적이 없다. 실제로 OECD의 WPMN(The Working Party on Manufactured Nanomaterials)은 제조나노물질의 유해성 평가에서 우선 순위 연구대상물질 16개 중의 하나로 카본블랙을 선정한 바 있다(OECD Chemicals Committee, 2010). 그러나 금년, 2011 OECD 정책에는 카본블랙이 리스트에서 누락되었으며, 이러한 사실은

카본블랙의 유해성이 심각하게 인지되지 않음을 나타낸다(OECD, 2011).

카본블랙은 안전한가?

카본블랙은 주로 화석연료의 사용에 기인하는 대기오염물질의 독성 연구에서 model compound로 널리 연구되어왔다. 화석연료의 연소에 따라 발생하는 공해물질이 탄소를 근간으로 하기 때문이다. 그러나 카본블랙의 물성과 작업장의 노출을 고려한 산업물질로서의 유해성 연구는 그리 많지 않다.

카본블랙은 물리화학적 물성, 노출 경로, 체내 동태 등에서 일반적인 입자상 물질과 유사한 점이 많으므로, 카본블랙의 직업적 노출에 따른 유해성을 예측하기 위해 일반적인 입자상 물질들(PM)의 유해성을 참고할 필요가 있다. 공기 중 입자상 물질에 의한 유해성으로 가장 잘 알려진 것은 역시나 호흡기 염증에 기인한 폐기능 저하이다. 그런데 미국이나 유럽 등의 최근 역학 조사결과들에서, 호흡기계 독성 이외에도 입자상 물질의 노출과 심혈관질환의 이환(morbidity)이나 사망(mortality) 간의 상관성이 밝혀지고 있다(Brook 등, 2004). 특히 다양한 입자상 물질 노출에 의한 사망률을 분석한 결과, 호흡기질환보다 오히려 순환기질환으로 인한 사망 사례가 더 많았다(Dockery 등, 2001). 이러한 사실은 입자상 물질의 1차 노출 장기는 호흡기이나, 입자상 물질의 노출에 따른 심각한 건강 장애는 순환기 독성에 기인함을 의미한다. 이는 카본블랙의 경우에도 유사할 것이라 예측된다. 즉, 지금까지 알려진 대부분의 흡입물질과 유사하게, 호흡

〈표 2〉 카본블랙의 직업적 노출 허용치

Country	Concentration mg/m ³ (date of last known exposure limit)
Australia	3.0 TWA (1993)
Brazil	3.5 TWA (1995)
Canada	3.5 TWA (1991)
China	4.0 TWA (2002) 8.0 TWA STEL (15min)
Germany	MAK: 1.0 respirable, 4.0 inhalable, as annual average (1997) TRGS 900: 6.0 respirable, 10 inhalable; as 8-hr TWA; effective April 2004, exemptions apply, consult regulatory agency
Italy	3.5 TWA (1995)
Mexico	3.5 TWA (1991)
Republic of Korea	3.5 MAC (1995)
Russia	4.0 TWA (1993)
United Kingdom	3.5 TWA OES (1995) 7.0 TWA STEL (10 min)
United States	ACGIH-TLV 3.5 TWA (1995) NIOSH-REL 3.5 TWA (1978) OSHA-PEL 3.5 TWA (1971)

* ACGIH : American Conference of Governmental Industrial Hygienists
 * MAC/MAK : Maximal Allowable Concentration
 * mg/m³ : milligrams per cubic meter
 * NIOSH : National Institute for Occupational Safety and Health
 * OES : Occupational Exposure Standard
 * OSHA : Occupational Safety and Health Administration
 * PEL : Permissible Exposure Limit
 * REL : Recommended Exposure Limit
 * STEL : Short-Term Exposure Limit
 * TLV : Threshold Limit Value
 * TRGS : Technische Regeln für Gefahrstoffe (Technical Rules for Hazardous Substances)
 * TWA : Time Weighted Average, eight (8) hours unless otherwise specified
 (International Carbon Black Association, http://www.carbon-black.org/user_guide.html에서 인용)

카본블랙은 용도나 양적인 측면에서 산업적으로 매우 중요한 물질이며, 이를 다루는 작업장이나 근로자의 수 등에서 안전성 관리에 많은 주의가 필요한 물질이다. 흡입을 통해 노출될 경우에 호흡기계 유해성을 유발하는 것으로 알려져 있는데, 최근 심혈관계 독성이 관심의 대상이 되고 있다. 궁극적인 질문은 카본블랙의 노출, 특히 직업적인 카본블랙의 노출이 심혈관질환의 발병을 유도하거나 발병 가능성을 높이는가 하는 것이다. 이에 대한 가장 사실에 근접한 답은 카본블랙 노출이 많은 특수한 인구(population)와 적절한 대조군의 심혈관질환 발병률을 비교하는 역학 조사에 의해 얻어질 수 있다. 그러나 많은 경우에 그러하듯, 이러한 연구는 많은 노력과 비용, 시간 등을 필요로 하며, 카본블랙 노출인구를 적절히 규정할 수 없을 때에는 연구 자체가 불가능하다. 따라서 이러한 질문에 대한 답을 얻기 위해 우리가 비교적 용이하게 할 수 있는 노력은 동물 실험이나 *in vitro* 실험을 활용한 연구를 수행하는 것이다.

기의 기능 저하를 유도할 뿐만 아니라, 심각한 순환기계 독성을 나타낼 가능성이 있다.

입자상 물질(PM)의 심혈관계 독성

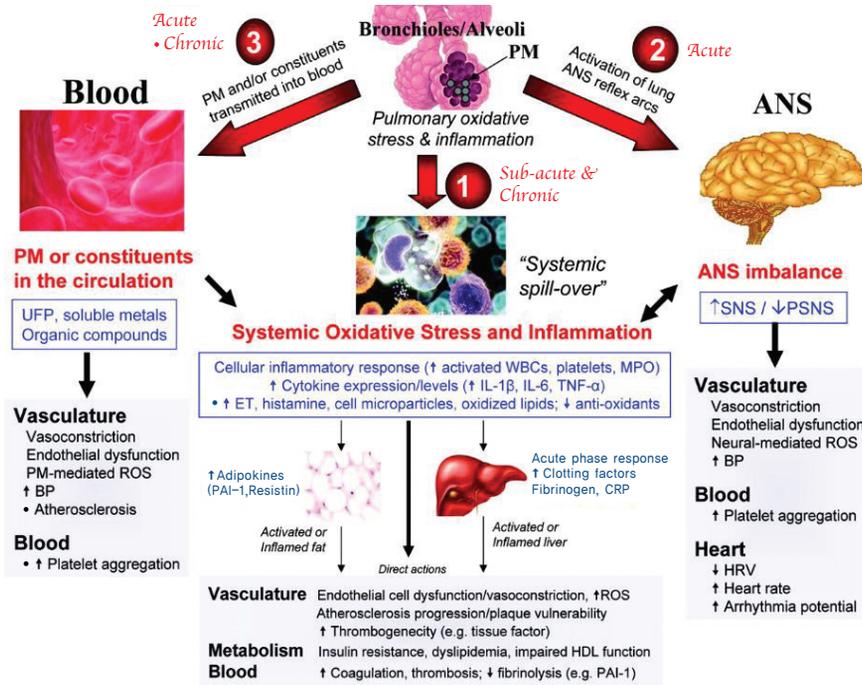
입자상 물질에 의한 대기 오염은 혈압과 심박수를 높이고 심전도(electrocardiogram)상의 변화를 유발하는 등 심장기능에 변화를 초래함이 잘 알려져 있다. 또한 직업적으로 입자상 물질에 노출되는 근로자에서는 대조군에 비해 동맥 intima-media 층의 비후(thickening)가 더욱 빈번히 관찰된다(Hwang 등, 2005; Urch 등, 2005). 동물 실험에서도 입자상 물질의 노출은 동맥경화 발생률을 높이고 혈장의 응집능, 혈소판 활성화 등에 영향을 미침으로써 혈전성 혈관질환을 쉽게 유발할 수 있음이 입증된 바 있다(Suwa 등, 2002; Sun 등, 2005; Nemmar 등, 2004; Niwa 등, 2007). 이러한 사실은 혈장, 혈소판, 혈관, 심장 등의 심혈관계가 입자상 물질의

주요 표적임을 제시한다.

입자상 물질의 흡입에 의한 심혈관계질환 유발 기전에 관해서는 다양한 연구결과들이 제시되고 있으나, 최근의 리뷰에 따르면 다음과 같이 크게 세 가지로 정리될 수 있다(Brook 등, 2010; [그림]).

- 1) 흡입을 통한 입자상 물질의 노출은 호흡기계의 염증과 산화적 스트레스(oxidative stress)를 유발한다. 이러한 병변이 만성적으로 지속될 경우에는 다양한 가용성(soluble) 염증인자들이 전신 순환계로 이행함으로써 전신성 염증(systemic inflammation)을 유발한다. 전신성 염증에 수반되는 다양한 염증인자들의 발현은 혈관, 혈액 및 대사기능에 이상을 유발함으로써 심혈관질환을 초래할 수 있다. 즉, 전신성 염증은 혈관의 장력 조절능 교란, 산화적 스트레스를 통한 혈관조직 손상, 동맥경화 등을 유발할 수 있으며, 혈액 중의 혈장 응고능 및 혈소판 응집능을 증가시킴으로써 순환기질환을 유발한다.
- 2) 폐에 침착된 입자상 물질은 자율신경계 반사궁(autonomic nervous system reflex arc)을 자극하여 교감신경계를 흥분시키고 부교감신경계 활성을 저하시킴으로써 자율신경계를 교란한다. 이는 자율신경계에 의해 조절되는 심장기능, 혈관 장력 조절능, 혈액의 전단력(shear force) 등에 이상을 초래함으로써 순환기계의 전반적인 문제를 야기한다.
- 3) 일반적으로, 입경 100nm 이하의 초미세입자는 폐포의 기저막(basement membrane)을 투과하여 직접 순환기로 이행할 수 있다. 혈액으로 이행한 초미세입자는 혈액 및 혈관 구성 세포들과 직접 반응함으로써 생리기능을 교란하거나 조직을 손상시킨다 [그림].

생체 내에서 카본블랙의 활성이 여타의 입자상 물질들과 크게 다르지 않다면, 이상에서 제시된 입자상 물질에 의한 순환기질환 유발 기전은 카본블랙의 경우에도 유사하게 나타날 수 있다. 또한 초미세 입자의 일반적인 특성으로부터 예측할 수 있는 바와 같이, 초미세 입자상



[그림] 입자상 물질의 노출이 심혈관질환을 유발하는 기전(Brook 등, 2010)

의 카본블랙은 호흡기로부터 순환기로 이행할 수도 있다(Nemmar 등, 2004; Shimada 등, 2006). 이러한 경우에는 흡입을 통한 노출의 경우에도 심혈관계가 직접적인 노출 장기가 될 수 있으며, 심혈관계조직의 직접적인 손상이 유도될 수 있다.

이러한 가정 하에 수행된 in vitro 연구에서 카본블랙 초미세 입자는 혈관 내피세포의 세포막을 교란하고, 정상적인 성장을 저해하며, endothelial nitric oxide synthase(eNOS)의 발현을 억제하여 nitric oxide(NO) 생성을 감소시켰다(Yamawaki와 Iwai, 2006). In vivo 연구에서 입증된 바는 아직 없으나, 이상과 같은 효과가 실제로 동물이나 인체 내에서 발생한다면 동맥경화 및 허혈성 심질환의 발생이 촉진될 것이라 예상된다.

이외에도 호흡기를 통한 카본블랙의 노출은 콜레스테롤 식이를 공급한 저밀도 지질단백(LDL; Low Density Lipoprotein) 수용체 결손 마우스의 동맥경화 발병을 촉진하였으며(Niwa 등, 2007), 카본블랙의 흡입 노출은 심박동에 변화를 유발할 수 있었다(Niwa 등, 2008;

Chang 등, 2007).

이상과 같은 연구결과들을 종합하면, 카본블랙의 만성적인 노출은 심혈관질환을 유발할 수 있으며, 그 원인은 전신성 염증 유발, 자율신경계 교란, 직접적인 심혈관계 조직 손상 등에 기인할 것이라 예측된다.

실증을 위한 연구의 필요성

카본블랙은 용도나 양적인 측면에서 산업적으로 매우 중요한 물질이며, 이를 다루는 작업장이나 근로자의 수

등에서 안전성 관리에 많은 주의가 필요한 물질이다. 흡입을 통해 노출될 경우에 호흡기계 유해성을 유발하는 것으로 알려져 있는데, 최근 심혈관계 독성이 관심의 대상이 되고 있다.

궁극적인 질문은 카본블랙의 노출, 특히 직업적인 카본블랙의 노출이 심혈관질환의 발병을 유도하거나 발병 가능성을 높이는가 하는 것이다. 이에 대한 가장 사실에 근접한 답은 카본블랙 노출이 많은 특수한 인구(population)와 적절한 대조군의 심혈관질환 발병률을 비교하는 역학 조사에 의해 얻어질 수 있다. 그러나 많은 경우에 그러하듯, 이러한 연구는 많은 노력과 비용, 시간 등을 필요로 하며, 카본블랙 노출인구를 적절히 규정할 수 없을 때에는 연구 자체가 불가능하다. 따라서 이러한 질문에 대한 답을 얻기 위해 우리가 비교적 용이하게 할 수 있는 노력은 동물 실험이나 in vitro 실험을 활용한 연구를 수행하는 것이다.

한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원에서는 2009년부터 자체적으로, 그리고 2010년부터 연구용역

사업과 자체 연구를 통하여 카본블랙의 독성을 연구해 오고 있다. 역시나 현실적인 문제점을 고려하여, 동물을 이용한 연구에 초점을 맞추고 있다. 산업안전보건연구원의 연구진은 카본블랙을 직접 발생시키거나, 카본블랙을 비산시키는 기법 등을 차용함으로써 실험 동물의 흡입을 통해 카본블랙을 성공적으로 노출시킨 바 있다.

이러한 흡입 노출 시험계를 이용하여 카본블랙이 호흡기나 심혈관계에 미치는 영향에 대한 연구를 지속하고 있다. 아직은 연구의 초기단계라 연구성과에 대해 언급하기는 어려우나 공공의 성격이 강하며 개인이 수행하기 까다로운, 난이도 높은 연구를 시도하고 있다는 점에서 매우 긍정적이다. 현재로서는 카본블랙의 심혈관 독성을 일반적인 입자상 물질의 유해성 자료를 참고하여 예측하고 있을 뿐이지만, 머지않아 카본블랙의 순환기계 유해성에 관한 보다 구체적인 연구결과가 도출될 수 있을 것으로 기대된다. 🌱

참고문헌

- 한국산업안전보건공단(2009), 2009년 작업환경실태 조사통계 14 화학물질별 취급 구분별 사용 현황.
- Baan, R. A. (2007). Carcinogenic hazards from inhaled carbon black, titanium dioxide, and talc not containing asbestos or asbestiform fibers: recent evaluations by an IARC Monographs Working Group. *Inhal Toxicol*, 19 Suppl 1, 213-228.
- Brook, R. D., Franklin, B., Cascio, W., Hong, Y., Howard, G., Lipsett, M., et al. (2004). Air pollution and cardiovascular disease: a statement for healthcare professionals from the Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association. *Circulation*, 109(21), 2655-2671.
- Brook, R. D., Rajagopalan, S., Pope, C. A., 3rd, Brook, J. R., Bhatnagar, A., Diez-Roux, A. V., et al. (2010). Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: An update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 121(21), 2331-2378.
- Brown, D. M., Stone, V., Findlay, P., MacNee, W., & Donaldson, K. (2000). Increased inflammation and intracellular calcium caused by ultrafine carbon black is independent of transition metals or other soluble components. *Occup Environ Med*, 57(10), 685-691.

- Chang, C. C., Hwang, J. S., Chan, C. C., & Cheng, T. J. (2007). Interaction effects of ultrafine carbon black with iron and nickel on heart rate variability in spontaneously hypertensive rats. *Environ Health Perspect*, 115(7), 1012-1017.
- Dockery, D. W. (2001). Epidemiologic evidence of cardiovascular effects of particulate air pollution. *Environ Health Perspect*, 109 Suppl 4, 483-486.
- Hwang, J. S., Nadziejko, C., & Chen, L. C. (2005). Effects of subchronic exposures to concentrated ambient particles (CAPs) in mice. III. Acute and chronic effects of CAPs on heart rate, heart-rate fluctuation, and body temperature. *Inhal Toxicol*, 17(4-5), 199-207.
- International Carbon Black Association, 2011, http://www.carbon-black.org/what_is.html
- Morfeld, P., & McCunney, R. J. (2010). Bayesian bias adjustments of the lung cancer SMR in a cohort of German carbon black production workers. *J Occup Med Toxicol*, 5, 23.
- Nemmar, A., Hoylaerts, M. F., Hoet, P. H., & Nemery, B. (2004). Possible mechanisms of the cardiovascular effects of inhaled particles: systemic translocation and prothrombotic effects. *Toxicol Lett*, 149(1-3), 243-253.
- Niwa, Y., Hiura, Y., Murayama, T., Yokode, M., & Iwai, N. (2007). Nano-sized carbon black exposure exacerbates atherosclerosis in LDL-receptor knockout mice. *Circ J*, 71(7), 1157-1161.
- Niwa, Y., Hiura, Y., Sawamura, H., & Iwai, N. (2008). Inhalation exposure to carbon black induces inflammatory response in rats. *Circ J*, 72(1), 144-149.
- OECD (2001) Nanosafety at the OECD: The First Five Years 2006-2010, downloadable at <http://www.oecd.org/dataoecd/6/25/47104296.pdf>
- OECD Chemicals Committee (2010) Guidance manual for the testing of manufactured nanomaterials: OECD's sponsorship programme; first revision, downloadable at www.oecd.org/ehs.
- Sun, Q., Wang, A., Jin, X., Natanzon, A., Duquaine, D., Brook, R. D., et al. (2005). Long-term air pollution exposure and acceleration of atherosclerosis and vascular inflammation in an animal model. *JAMA*, 294(23), 3003-3010.
- Suwa, T., Hogg, J. C., Quinlan, K. B., Ohgami, A., Vincent, R., & van Eeden, S. F. (2002). Particulate air pollution induces progression of atherosclerosis. *J Am Coll Cardiol*, 39(6), 935-942.
- Urch, B., Silverman, F., Corey, P., Brook, J. R., Lukic, K. Z., Rajagopalan, S., et al. (2005). Acute blood pressure responses in healthy adults during controlled air pollution exposures. *Environ Health Perspect*, 113(8), 1052-1055.
- Valberg, P. A., Long, C. M., & Sax, S. N. (2006). Integrating studies on carcinogenic risk of carbon black: epidemiology, animal exposures, and mechanism of action. *J Occup Environ Med*, 48(12), 1291-1307.
- Yamawaki, H., & Iwai, N. (2006). Mechanisms underlying nano-sized air-pollution-mediated progression of atherosclerosis: carbon black causes cytotoxic injury/inflammation and inhibits cell growth in vascular endothelial cells. *Circ J*, 70(1), 129-140.

암면 유해성 평가



정용현 연구위원
산업안전보건연구원
화학물질안전보건센터
독성연구팀

암면(rock wool)은 천장재나 내화용 뿔칠재로 사용되는 대표적인 인조유리섬유이다. 지금까지의 연구에서는 암면 폭로와 폐암이나 위암과의 관련성은 찾을 수 없는 등 인체 발암성 물질은 아니며, 암면에 폭로된 사람에서 호흡기질환에 이환된 뚜렷한 증거는 없다고 나타났다. 이에 본 연구에서는 사람의 피부, 눈, 상부 호흡기 자극물질로 알려져 있는 암면에 대한 물리화학적 특성을 분석한 후, 시험동물의 기도 내로 주입하여 시험동물의 폐조직을 관찰하여 암면이 시험동물의 호흡기에 미치는 영향과 생체 내 구성을 평가하고자 하였다.

서론

암면(rock wool)은 천장재나 내화용 뿔칠재로 사용되는 대표적인 인조유리섬유이다(Foa 등, 1999).

Plato(1990) 등이 1년 이상 암면 제조업에 종사했던 근로자들에 대한 추적 조사결과에 의하면 암면 폭로와 폐암이나 위암과의 관련성은 찾을 수 없었으며, De Vuyst(1995) 등도 암면에 폭로된 사람에서 호흡기질환에 이환된 뚜렷한 증거는 없다고 하였다. IARC(2002)는 암면을 인체 발암성이 없는 group 3(not classifiable as to carcinogenicity to humans)으로 분류하고 있다.

IARC(2002)에 의하면 암면을 장기간 흡입시킨 시험과 암면을 기도 내로 주입한 시험에서는 폐종양이나 중피종을 발견할 수 없었으나 암면을 복막 내로 고농도(약

10^9 fibers)로 주입한 시험에서는 유의한 중피종이 발견된 바 있다. Hesterberg 등(1995)이 흡입시험한 결과로는 암면(MMVF22)에 폭로된 랫드에서는 염증 반응은 나타났으나 폐종양, 중피종 등은 나타나지 않았으며, 암면(MMVF21)에 폭로된 랫드에서도 미세한 폐 섬유화는 나타났으나 폐종양, 중피종 등은 나타나지 않았다. 호흡기로 흡입된 섬유는 상부 호흡기계에서의 점액섬모운동과 폐포 영역에서의 대식세포의 탐식에 의하여 제거되지만, 섬유의 길이 $20\mu\text{m}$ 이상은 대식세포의 탐식작용이 완전하지 않는 것으로 알려져 있다(IARC, 2002). Topinka 등(2006)이 암면(RW1)이나 유리면(MMVF10)을 랫드의 기도 내로 주입한 후 시험동물의 기관지폐포액(BAL, broncho-alveolar lavage fluid) 속의 호중구를 측정된 결과에 의하면 폐 염증은 유리면보다 암면에서 심하게 나타났다.

본 연구는 사람의 피부, 눈, 상부 호흡기 자극물질로 알려져 있는 암면에 대한 물리화학적 특성을 분석한

*공동 집필 : 한정희 차장(산업안전보건연구원 화학물질안전보건센터 독성연구팀)

후, 시험동물의 기도 내로 주입하여 시험동물의 폐조직을 관찰하여 암면이 시험동물의 호흡기에 미치는 영향과 생체 내 구성을 평가하고자 하였다.

연구결과

시험물질 특성 분석

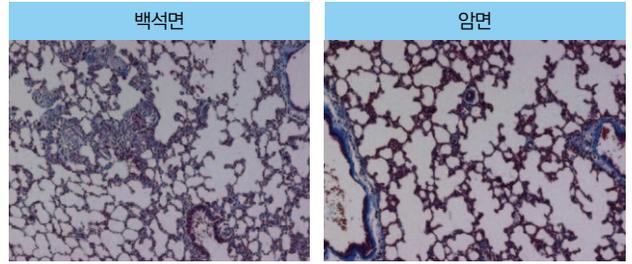
투과전자현미경과 EDS를 이용하여 시험물질의 형태를 살펴보고 원소 구성비를 측정하였다. 암면(직경 2.6 μm)은 백석면(직경 0.03μm)에 비하여 직경이 약 100배 정도 굵은 모양을 보였으며, 구성 원소는 Mg 5.21%, Al 16.26%, Si 41.77%, Ca 22.20%, Fe 9.63%, Na 3.00%, K 1.71%, Ti 0.79% 등으로 나타났다(표 1).

〈표 1〉 시험물질의 물리화학적 특성

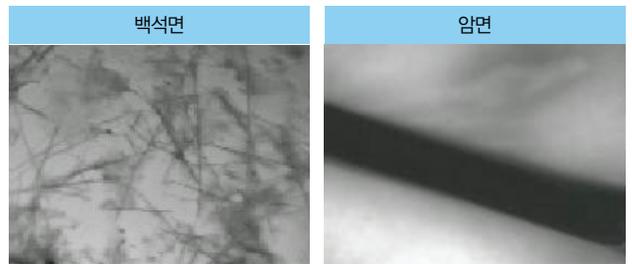
구분	전자현미경 이미지	구성 원소(Atomic %) 크기
백석면 (× 10,000)		Mg 58.07 ± 0.823
		Si 40.50 ± 0.915
		Fe 1.43 ± 0.126
		D = 0.03 ± 0.023 μm L = 5.5 ± 5.26 μm
암면 (× 5,000)		Mg 5.21 ± 1.108
		Al 16.26 ± 1.452
		Si 41.77 ± 2.959
		Ca 22.20 ± 3.826
		Fe 9.63 ± 1.973
		Na 3.00 ± 1.105
		K 1.71 ± 0.451
		Ti 0.79 ± 0.158
D = 2.60 ± 2.191 μm L = 25.93 ± 15.295 μm		

병리검사

광학현미경으로 폐조직을 관찰한 결과, 백석면 투여군은 투여 후 3일차에 염증 반응이 나타나서 28일차에도 염증 반응은 줄어들지 않았다. 암면 투여군에서는 투여 후 3일차에서 염증 반응이 나타났으나 시간이 경과할수록 염증 반응은 줄어들어 28일차에는 모든 시험동물에서 염증 반응이 나타나지 않았다. 폐조직의 섬유화를 감별하기 위하여 Masson's trichrome 염색을 하여 광학현미경으로 관찰한 결과에서는 백석면 투여 후 28일차



광학현미경 사진



투과전자현미경 사진

〔그림〕 백석면과 암면 투여 후 28일차의 랫드 폐조직

의 시험동물 여섯 마리 모두에서 가벼운 섬유증(slight fibrosis)을 관찰할 수 있었으나, 암면 투여군에서는 섬유증을 관찰할 수 없었다〔그림〕.

폐조직 섬유상 검사

■ Fiber 농도 및 형태 분석

백석면(평균 직경 0.03μm, 평균 길이 5.5μm)과 암면(평균 직경 2.6μm, 평균 길이 25.93μm)을 한 마리 당 2mg/0.3ml in saline 농도로 시험동물의 기도 내로 주입하고 폐 내의 섬유를 투과전자현미경으로 관찰한 결과, 시험동물 폐 1g 당 시험물질 농도는 암면 투여 후 3일차에 0.059272 × 10⁶ fibers, 7일차에 0.056558 × 10⁶ fibers, 14일차에 0.046249 × 10⁶ fibers로 감소하는 경향을 보였으며, 28일차에는 0.020444 × 10⁶ fibers로 50% 이상의 감소를 보였다(표 2).

폐조직 내의 암면의 직경은 1μm 이하에서부터 5μm 이상까지 다양하게 분포하고 있었으며, 폐조직 내 암면의 길이도 10μm 이하에서부터 50μm 이상까지 다양하게 분포하고 있었다(표 2). 시험동물에 투여된 백석면은 농

〈표 2〉 시간 경과별 암면이 투여된 랫드의 폐 내 암면의 농도 및 크기 분포

Concentration (× 10 ⁶ fibers /g of dry lung)	diameter (μm)			length (μm)		
	< 1.0	1.0~5.0	≥ 5.0	< 10	10~50	≥ 50
3 days 0.059272	3%	64%	33%	3%	61%	36%
7 days 0.056558		28%	72%		44%	56%
14 days 0.046249	9%	50%	41%	5%	64%	31%
28 days 0.020444	10%	80%	10%		70%	30%

〈표 3〉 시간 경과별 암면이 투여된 랫드의 폐 내 구성 원소 변화(Si, %)

시간 경과	백석면(Si %)	암면(Si %)
Before	40.50 ± 0.915	41.77 ± 2.959
3 days	42.47 ± 2.207	70.59 ± 19.561*
7 days	49.21 ± 3.710*	62.34 ± 21.517*
14 days	46.32 ± 2.776*	65.17 ± 21.307*
28 days	47.82 ± 3.150*	78.96 ± 22.596*

- All values are expressed as mean ± SD
 - Significant differences as compared with control : *p < 0.05

도 분석을 할 수 없을 정도로 폐 내에 숫자가 많았으며, 시험동물 폐 내의 백석면의 직경과 길이는 백석면을 시험동물의 폐 내로 투여한 후 시간이 경과하여도 뚜렷한 차이를 보이지는 않았다[그림].

■ 폐 fiber 원소 분석

시험물질의 시간 경과별 생체 내 구성을 비교하기 위하여 폐 내에서의 섬유상물질의 변화를 전자현미경과 EDS를 이용하여 분석한 결과(표 3), 백석면의 구성 원소 변화(Si 성분 기준)는 백석면 투여 후 7일차부터 백석면 투여 전에 비하여 유의한 증가를 보였으며(p < 0.05), 암면의 구성 원소 변화(Si 성분 기준)는 암면 투여 후 3일차부터 암면 투여 전에 비하여 유의한 증가(p < 0.05)를 보여 암면의 생체 내 구성 원소는 백석면보다 시간적으로 빠른 변화를 보였다(p < 0.05).

결론 및 고찰

Warheit 등(2001)에 의하면 인조유리섬유가 폐에 미치는 영향은 폐 내에 축적된 섬유량과 직접적으로 관련이 있으며, 가는 섬유는 폐에 축적되기 쉽고 폐 내의 생체 내 구성은 섬유의 길이와 용해도, 그리고 섬유의 절단율

과 관련이 있다고 하였다.

Kamstrup 등(2004)이 암면을 랫드에 150 long fibres/ml(length > 20μm) 농도로 3개월 동안 흡입으로 폭로시키고 1.5개월 후 시험군의 폐 무게는 유의한 증가를 보였으나 폭로 3개월 후 시험군의 폐 무게에서는 유의한 증가가 없었고, 폭로 3개월 후 시험군의 폐 내의 긴 섬유 농도(length > 20μm)는 1~7% 감소하였다.

3개월 폭로 종료 직후, 폭로 중지 1.5개월 후, 폭로 중지 3개월 후에 시험동물의 폐 조직에 대한 형태학적인 관찰에서는 일부 시험동물에서 폐포 대식세포 집적이나 미세한 육아종이 세기관지 폐포 접합부에 나타났으나 섬유조직은 나타나지 않았다.

Porter 등(2004)은 이물질이 폐조직에 유입되면 폐조직 내에 염증세포의 유입과 부종, collagen 축적 등으로 폐 무게가 증가된다고 하였다. 본 연구에서는 시험물질 투여 후 28일차에 백석면 투여군의 상대 폐 무게에서는 대조군에 비하여 유의한 증가를 보였으나 암면 투여군에서는 상대 폐 무게(체중 %)의 유의한 변화가 없었다. 이러한 폐 무게의 변화는 백석면 투여군에서는 백석면 투여 후 3일차에 염증 반응을 보이기 시작하여 28일차까지 시간이 경과하여도 염증 반응은 줄어들지 않았다. 그러나 암면 투여군의 경우는 투여 3일차에서는 시험동물 여섯 마리 중 세 마리에서 염증 반응이 나타났으나 시간이 경과할수록 염증 반응은 줄어들어 암면 투여 28일차에서는 시험동물 여섯 마리 모두 염증 반응이 나타나지 않은 결과와 일치하였다.

인조유리섬유의 반감기는 설치류에서는 약 70일 정도로 알려져 있으며(IARC, 2002), 유리섬유를 1개월간 랫드에 폭로시킨 후 3개월간 랫드의 폐 내에서의 생물학

Warheit 등(2001)에 의하면 인조유리섬유가 폐에 미치는 영향은 폐 내에 축적된 섬유량과 직접적으로 관련이 있으며, 가는 섬유는 폐에 축적되기 쉽고 폐 내의 생체 내 구성은 섬유의 길이와 용해도, 그리고 섬유의 절단율과 관련이 있다고 하였다. Porter 등(2004)은 이물질이 폐조직에 유입되면 폐조직 내에 염증세포의 유입과 부종, collagen 축적 등으로 폐 무게가 증가된다고 하였다. 인조유리섬유의 반감기는 설치류에서는 약 70일 정도로 알려져 있으며(IARC, 2002), 유리섬유를 1개월간 랫드에 폭로시킨 후 3개월간 랫드의 폐 내에서의 생물학적 반감기를 조사한 결과에서는 20 μ m 이상의 유리섬유는 1.4개월이었으나 크기 분포는 변화가 없었다(Ishimatsu 등, 1998). kamstrup 등(1998)의 연구결과에 의하면 상대적으로 긴 섬유를 기관 내로 투여한 시험에서는 흡입으로 폭로시킨 것보다 제거 반감기가 길었다.

적 반감기를 조사한 결과에서는 20 μ m 이상의 유리섬유는 1.4개월이었으나 크기 분포는 변화가 없었다 (Ishimatsu 등, 1998).

kamstrup 등(1998)의 연구결과에 의하면 상대적으로 긴 섬유를 기관 내로 투여한 시험에서는 흡입으로 폭로시킨 것보다 제거 반감기가 길었다. 본 연구에서 암면의 생체 내 구성을 평가하기 위하여 암면을 기도 내로 투여한 시험동물의 폐 내 암면의 농도 변화를 측정된 결과 시험동물 폐 1g 당 시험물질 농도는 암면 투여 후 3일차에는 0.059272×10^6 fibers를 보였으나 28일차에는 0.020444×10^6 fibers로 50% 이상의 감소를 하여 암면의 생체 내 반감기는 28일로 판단되었다.

본 연구에서 시험물질을 시험동물의 기도 내로 투여한 후 시간 경과별로 시험물질의 구성 원소 변화율을 비교하기 위하여 시험동물의 폐 내 시험물질의 Si 원소 변화를 분석한 결과에서는 백석면은 투여 후 7일차부터 투여 전에 비하여 Si 원소 구성비가 유의한 증가를 보였으나, 암면은 투여 후 3일차부터 투여 전에 비하여 Si 원소 구성비가 유의한 증가를 보여 암면의 생체 내 구성 원소 변화는 백석면보다 빠른 진행을 보였다.

이상의 시험결과로 암면은 폐조직에 염증 반응을 일으키는 물질로 판단되었다. 아울러 시험동물의 생체 내에서 반감기는 28일 정도로 나타났으며 시험동물 폐 내에서의 구성 원소 변화도 백석면에 비하여 빠른 것으로 판단되었지만, 암면 투여 28일 이후에는 시험동물의 폐조직에서 염증 반응이 소실되는 것으로 판단되었다. ㉔

참고문헌

- De Vuyst P, Dumortier P, Swaen GM, Pairon JC, Brochard P. Respiratory health effects of man-made vitreous (mineral) fibres. Eur Respir J 1995 Dec;8(12):2149-73.
- Foa V, Basiliaco S. Chemical and physical characteristics and toxicology of man-made mineral fibers. Med Lav 1999 Jan-Feb;90(1):10-52.
- Hesterberg TW, Miller WC, Thevenaz P, Anderson R. Chronic inhalation studies of man-made vitreous fibres: characterization of fibres in the exposure aerosol and lungs. Ann Occup Hyg 1995 Oct;39(5):637-53.
- IARC (international agency for research on cancer). Volume 81, man-made vitreous fibers, 2002.
- Ishimatsu S, Oyabu T, Hori H, Yamato H, Morimoto Y, Tsuda T, Higashi T, Tanaka I. Biopersistence of inhaled glass fibers in rat lungs. In: Advances in the prevention of occupational respiratory diseases. eds, by Chiyotani K, Hosoda Y, Aizawa Y. Amsterdam: Elsevier science; 1998. p.69-86.
- Kamstrup O, Davis JM, Ellehaug A, Guldberg M. The biopersistence and pathogenicity of man-made vitreous fibres after short- and long-term inhalation. Ann Occup Hyg 1998 Apr;42(3):191-9.
- Kamstrup O, Ellehaug A, Bellmann B, Chevalier J, Davis JM. Subchronic inhalation study of stone wool fibres in rats. Ann Occup Hyg 2004 Mar;48(2):91-104.
- Plato N, Westerholm P, Gustavsson P, Hemmingsson T, Hogstedt C, Krantz S. Cancer incidence, mortality and exposure-response among Swedish man-made vitreous fiber production workers. Scand J Work Environ Health 1995 Oct; 21(5):353-61.
- Porter D, Hubbs AF, Mercer R, Robinson VA, Ramsey D, McLaurin J, Khan A, Battelli L, Brumbaugh K, Teass A and Castranova V. Progression of lung inflammation and damage in rats after cessation of silica inhalation. Toxicological science 2004;79:370-380.
- Topinka J, Loli P, Dusinska M, Hurbankova M, Kovacicova Z, et al. Mutagenesis by man-made mineral fibres in the lung of rats. Mutat Res 2006 Mar;595 (1-2):174-83.
- Warheit DB, Hart GA, Hesterberg TW, Collins JJ, Dyer WM et al. Potential pulmonary effects of man-made organic fiber (MMOF) dusts. Crit Rev Toxicol 2001 Nov;31(6):697-736.

주요 국가의 VDT 가이드라인 동향



김대성 연구원
산업안전보건연구원
직업병연구센터

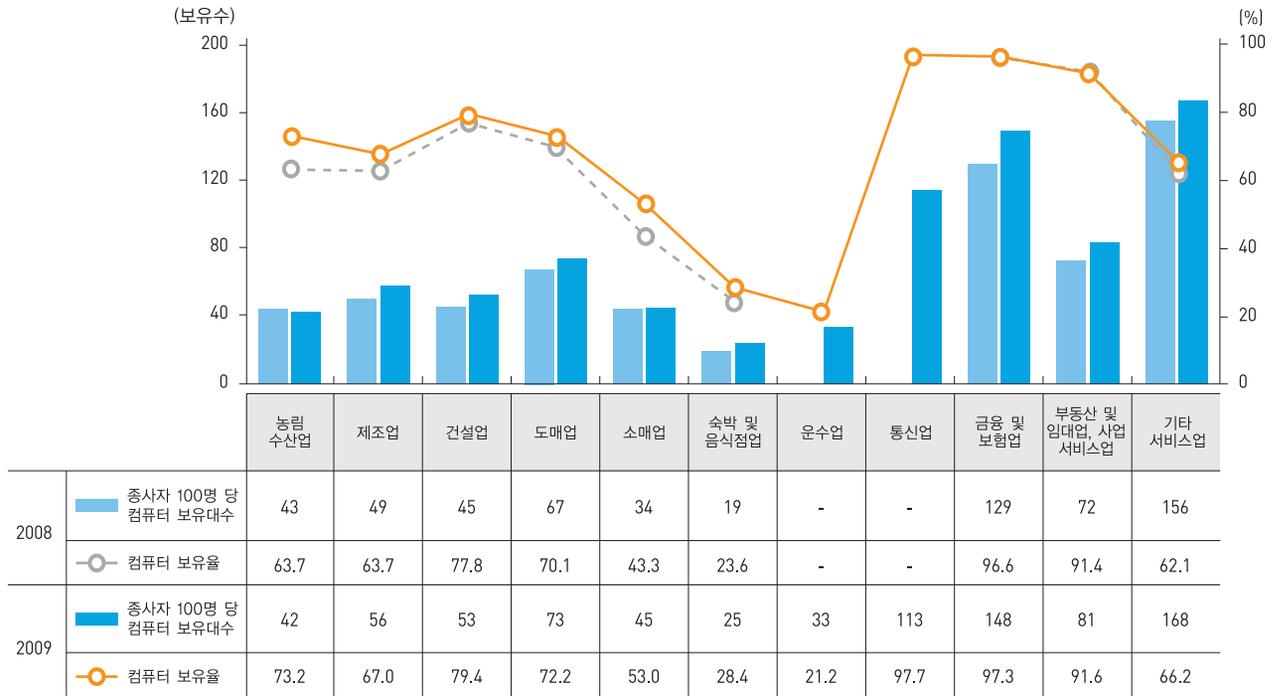
사무작업을 하는 여성 직장인들은 매일 컴퓨터가 놓여 있는 고정된 책상에서 다리가 들린 상태로 의자에 앉아 업무를 한다. 오랫동안 앉아 있으면 목 / 어깨, 허리, 손목의 통증을 느낀다. 근골격계질환 발생 현황을 살펴보면, 2008년부터는 제조업에 비해 비제조업에서 더 많이 발생하고 있다. 동 질환을 예방하기 위해 사업주는 좋은 책상과 의자를 구매하려 한다. '좋은 책상과 의자는 고용노동부의 관리기준에 부합하는 것일까? 이런 책상과 의자는 작업자들의 신체 조건에 맞는 것일까?' 제작기준인 한국산업규격(KS)과 관리기준인 고용노동부고시 모두, 신장이 작은 여성들에게 맞는 기준을 갖고 있지 않다. 따라서 본고에서는 주요 국가의 VDT 가이드라인의 동향을 살펴보고, 우리나라의 VDT 사무작업환경을 관리하기 위한 발전적 방향을 제시하고자 한다.

들어가며

산업화·자동화 등으로 부자연스런 자세, 반복작업, 과도한 힘의 사용으로 인해 근골격계질환(MSD; Musculoskeletal Disorders)의 발생이 늘고 있다. 무엇보다, 2006년 근골격계질환자는 제조업에서 54.6%인데 반해 2008년에는 48.3%, 2010년에는 44.7%로 발생 비율이 점점 감소하고 있다. 이는 작업의 유연화, 사무작업의 자동화, IT 기술의 발달 등으로 작업의 형태가 제조업(2차 산업)에서 서비스업(3차 산업)으로 다양하게 변화하고 있기 때문으로 인식되고 있다. 특히 영상표시단말기(VDT; Visual Display Terminal)를 이용하는 은행, 일반 사무, 설계, 정밀 검사 등의 기존 사무작업이 그대로 존치하고 있고, 홈쇼핑, 증권 및 카드회사, 통신회사 등 콜센터 상담업무의 급속한 증가, 컴퓨터 게임, 프로그램 개발 등 새로운 형태의 VDT 사무업무가 새롭게 발생하고 있다.

영상표시단말기 사용작업 즉, 오피스작업(office work)은 ISO 9241-2¹⁾에 정의되어 있다. 적절한 우리말이 없어 '오피스'란 용어가 일반적으로 통용된다. 오피스작업이란 사무작업이 아니라 오피스에서 이루어지는 작업을 말하며, VDT 워크스테이션(workstation)을 포함하고 있다. 일반적으로 키보드(keyboard), 마우스(mouse), 표시화면(monitor), 컴퓨터 본체(CPU; Central Processing Unit), 작업대 및 작업의자 등으로 구성되어 있다. 이러한 오피스작업을 수행하는 비율은 어느 정도일까?

1984년 미국의 컴퓨터 이용률은 25%였던 것이 1993년에 45%로 증가하였고, 2001년에는 53.3%, 2003년에는 55.5%, 2007년에는 62.4%로 점점 증가하여, 2009년도 인구센서스 조사에서는 68.4%에 해당하는 것으로 발표되었다. 연령별로는 18~34세가 79.9%로 가장 높았고, 35~44세가 78.5%, 45~64세가 72.5%, 3~17세가 61.6% 순으로 나타났다.²⁾ 컴퓨터 사용의 증가로 VDT

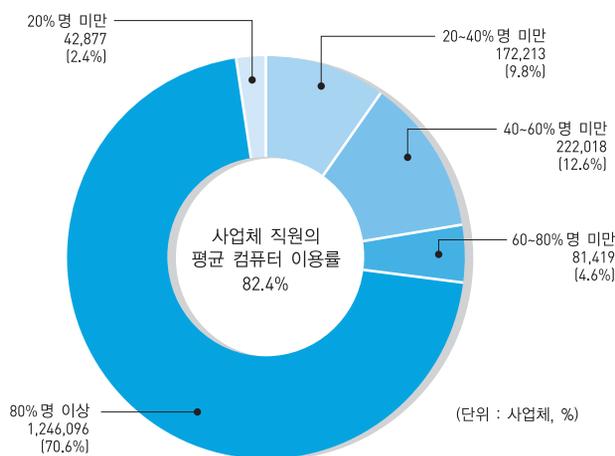


[그림 1] 업종별 컴퓨터 보유 현황⁴⁾

작업자에게서 근골격계질환의 유병률은 20~40%로 조사되어 있으며, 이는 고정된 자세와 반복적인 상지의 동작으로 인하여 발생하게 된다. 이러한 상지부 근골격계 질환은 1984년에는 28%, 1992년 52%, 2000년 70%로 더욱 확산되어 이미 직업병의 상당 부분을 차지하고 있다. 이를 예방하기 위해 연방 정부(OSHA; Occupational

Safety and Health Administration)에서는 'Computer Workstation' 이라는 eTools 사이트를 개설하여 다양한 자료를 제공하고 있다.³⁾

우리나라의 오피스작업에 종사하는 인력은 전국의 종사자수 1명 이상 사업체 322만 8,000개를 대상으로 조사한 결과, 2009년말 현재 전체 사업체의 54.7%가 컴퓨터를 보유하고 있다. 이 중에서 통신업이 97.7%, 금융 및 보험업은 97.3%, 부동산 및 임대업, 사업 서비스업은 91.5%, 기타 서비스업은 66.2%로 제조업(67%)에 비해 높은 비율을 점유하고 있다. 컴퓨터를 보유한 사업체를 대상으로 직원의 평균 컴퓨터 이용률을 조사한 결과, 1



[그림 2] 사업체 직원의 평균컴퓨터 이용률⁴⁾

1) 한국산업규격 KS A ISO 9241-2, 인간공학-시간표시장치를 이용하는 오피스 작업-업무의 요구사항에 대한 지침, 기술표준원, 2007
 2) U.S. Census Bureau, Computer and internet use in the United States, <http://www.census.gov/hhes/computer/publications/index.html>, 2011
 3) Occupational Safety and Health Administration(OSHA), Computer Workstation, <http://www.osha.gov/SLTC/etools/computerworkstations/index.html>, 2011

주일에 적어도 한 번 이상 컴퓨터를 이용하여 업무를 수행하는 비율이 전체 82.4%이며, 업무의 80% 이상을 사용하는 경우도 70.6%로 가장 높은 것으로 나타났다. 업종별로는 금융 및 보험업이 94.7%로 가장 높고, 기타 서비스업도 87.6%로 제조업(63.4%)에 비해 월등히 높은 것으로 나타났다.⁴⁾

이러한 오피스작업으로 인해 발생하는 근골격계질환에 영향을 주는 요인들은 다양하나, 그 중 의자와 책상의 인간공학적 조건들이 핵심적인 요소라고 할 수 있다. 작업대의 위치가 의자로부터 너무 높으면 상완의 외전이 커져서 삼각근에 부담을 주거나 어깨가 너무 올라가게 되어 쉽게 피로해지며, 작업면이 좁아 팔을 지지할 수 없

으면 요추에 걸리는 힘이 커져 불편을 초래한다.⁵⁾ 이러한 문제들로 인해 이미 선진국에서는 오래 전부터 책상 및 의자를 중심으로 한 오피스작업(VDT 작업)의 인간공학적 작업조건을 국가규정으로 만들어 관리해오고 있다.⁶⁾⁷⁾⁸⁾ 따라서 본고에서는 주요 국가의 VDT 가이드라인에 대한 동향을 소개하고, 우리나라 VDT 사무작업환경을 관리하기 위한 발전적 방향을 제시하고자 한다.

각 국가별 동향

국제적으로 VDT 작업자에 대한 관리지침이 최초로 정부 차원에서 제정된 것은 1978년 스웨덴 정부에 의해 이루어졌

〈표 1〉 주요 국가(기관)의 VDT 작업환경관리를 위한 가이드라인 현황

국가 (기관)	가이드라인 명칭	제안 기관
ILO	Visual Display Units : Radiation Protection Guidance	ILO(International Labour Organization)
WHO	Visual Display Terminals and Workers' Health	WHO(World Health Organization)
미국	Working Safety with Video Display Terminals	OSHA 3092(1997)
	Ergonomics Guideline	BIFMA(The Business and Institutional Furniture Manufacturer's Association)
	Human Factors Engineering of Computer Workstations	ANSI/HFES 100-2007
	Ergonomics Guideline 2001	Minnesota Department of Employee Relations
	MDES PPM209-Ergonomics	Minnesota Department of Economic Security
	Video Display Terminal Guidelines	New Jersey State Department of Health and Senior Services
	Workstation Adjustments for comfort and safety	Texas Department of Insurance
	DOSH Ergonomics Proposal 1994	California Department of Industrial Relations
	ISO 9241:1-410	ISO
EU	Work with Display Screen Equipment(Directive 90/270/EEC)	EU
	Office Ergonomics	EU(E-Facts)
영국	Working with VDUS-DSE(Display Screen Equipment) Regulations 1992	Health and Safety Executive
	Approved Code of Practice for the Use of VDU in the place of work	Department of Labour
뉴질랜드	Guidelines for using computers-preventing and managing discomfort, pain and injury	Department of Labour
	The Pocket Ergonomist-keyboard/clerical version	Department of Labour
호주	Guidance note for the prevention of occupational overuse syndrome in keyboard employment[NOHSC: 3005(1996)]	National Occupational Health and Safety Commission
	Health and safety in the office Guidelines	WorkCover NSW
	Health and safety guidelines for call centers in NSW	WorkCover NSW
	Office ergonomics safety guide(5th edition)	CCOHS(Canadian Centre for Occupational Health and Safety)
캐나다	Computer Ergonomics : Workstation Layout and Lighting	Ontario Health and safety guidelines
	Office Ergonomics(CSA-Z412-M00)	Canadian Standards Association(CSA)
스웨덴	Work with display screen equipment(AFS 1998:5)	Swedish Work Environment Authority
	Computer work	Swedish Work Environment Authority
일본	VDT作業における労働衛生管理のためのガイドライン	후생노동성
	(Guidelines for Industrial Health Controls of VDT Operations)	(Ministry of Health, Labour and Welfare)
한국	영상표시단말기(VDT) 취급 근로자의 작업관리지침	고용노동부

으며, 그 내용은 시각적 부담을 덜어주기 위한 것이었다. 그 이후 독일과 영국을 중심으로 한 유럽 국가와 캐나다, 미국, 호주, 일본 등 주로 선진국을 중심으로 관련 규정들을 정부 지침 혹은 가이드라인 수준 정도로 규정해왔다.⁹⁾ 미국의 NIOSH(National Institute for Occupational Safety and Health) Publication on VDT,¹⁰⁾ ISO(International Organization for Standardization) 9241,⁷⁾ ANSI/HFES 100-2007,¹¹⁾ 유럽연합(EU)의 Work with Display Screen Equipment,⁶⁾ 일본의 Guidelines for Industrial Health Controls of VDT Operations¹²⁾ 등이 대표적인 가이드라인 들이라 할 수 있다. <표 1>은 주요 국가(기관)의 VDT 작업환경관리를 위한 가이드라인 현황이다.

일본

일본에서는 1984년에 일본산업위생학회의 ‘VDT 작업에 관한 검토위원회’에서 ‘VDT 작업에 관한 권고’에 반영되어야 할 항목이 결정되면서 1985년에 최종적인 권고기준이 발표되었다. 이후 2002년 4월에는 최근의 연구결과들을 반영하여 ‘VDT 작업의 노동위

생관리를 위한 가이드라인(VDT作業における労働衛生管理のためのガイドライン)을 개정하여 현재에 이르고 있다. 해당 가이드라인은 법적 구속력은 없다.¹⁰⁾ 본 가이드라인은 규제적 요소와 관계없는 학회에서 제정한 가이드라인을 준용하고 있으며, 적용대상을 작업특성 및 작업시간을 고려하여 구체적으로 제시하고 있는 것이 특징이다. 또한 작업환경(특히 시각적 조건) 및 작업조건(특히 작업시간)과 관계된 가이드라인을 강조하고 있으며, 무엇보다 책상 및 의자와 관계된 구체적인 제원을 제시하지 않고 있다. 다만, 해설서를 통해 참고기준만을 제시하고 있고, 좀 더 자세한 기준은 일본산업표준(JIS)을 참고할 것을 권고하고 있다. 마지막으로 건강관리와 관련하여 건강진단 항목과 기준 등을 작업대상별로 자세하게 제시하고 있다. 해당 가이드라인을 적용하기 위해 VDT 작업을 <표 2>와 같이 세 가지로 구분하여 각각 적용내용을 달리하고 있다. <표 3>은 일본의 VDT 가이드라인 주요내용을 요약한 것이다.

<표 2> 일본의 VDT 작업 구분

작업 종류	작업 개요	작업시간 (1일)	작업 구분
단순 입력형	- 자료, 문장 등을 입력하는 작업 (CAD 등에서 주로 기계적으로 입력하는 작업 포함)	4시간 이상	A
		2~4시간	B
		2시간 미만	C
구속형	- 콜센터 등에서 수주, 예약, 조회 등의 업무를 수행하는 작업	4시간 이상	A
		2~4시간	B
		2시간 미만	C
대화형	- 작업자 자신의 생각에 의해 문장을 작성하거나 편집, 수정하는 작업 - 데이터를 검색, 조합, 추가, 수정하는 작업 - 전자메일의 수신 및 송신하는 작업 - 금전 출납 작업	4시간 이상	B
		4시간 미만	C
기술형	- 컴퓨터 프로그램의 작성, 수정 등을 하는 작업 - CAD를 이용한 설계 작업(단순 입력작업은 제외)	4시간 이상	B
		4시간 미만	C
감시형	- 교통 등의 감시업무와 같이 항상 모니터를 통하여 감시하는 작업	4시간 이상	B
		4시간 미만	C
기타	- 휴대정보 단말의 조작, 화상진단 검사 등과 같이 모니터가 갖춰진 기기의 조작이 필요한 작업	4시간 이상	B
		4시간 미만	C

*A 작업 : VDT에 노출되는 시간과 키보드를 조작하는 시간을 가능한 짧게 하는 것이 바람직하고, 다른 작업과 순환하여 수행하도록 지도

*B 작업 : VDT 작업이 지나치게 오랜 기간 동안 수행하지 않도록 지도

*C 작업 : 현행유지

4) 한국정보화진흥원, 2010 정보화통계집, 행정안전부, 한국정보화진흥원, 2010

5) Hagberg M. Eletrnomyographic signs of shoulder muscular fatigue in two elevated arm position. Am. J. Phy. Med., 60(3):111-121, 1981

6) European Union, Council Directive on the minimum safety and health requirements for work with display screen equipment(fifth individual Directive within the meaning of Article 16 (1) of Directive 87/391/EEC) (90/270/EEC):1990

7) International Standards Organization, ISO 9241-5:1998, Ergonomic requirements for office work with visual display terminals(VDTs) - Part 5: Workstation layout and postural requirements. ISO: 1998

8) Occupational Safety and Health Service, Guidelines for Using VDUs. New Zealand:1989

9) 이윤근·박희석·임상혁·윤간우·정한범, 근로자의 인체 특성을 고려한 테이블 및 의자 설계에 관한 인간공학적 연구-사무환경을 중심으로, 산업안전보건연구원, 2008

10) National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH Publications on Video Display Terminals(Third Edition), NIOSH, 1999

11) ANSI/HFES 100-2007, Human Factors Engineering of Computer Workstations, Human Factors and Ergonomics Society, 2007

12) National Institute of Occupational Safety and Health, Japan, VDT作業における労働衛生管理のためのガイドライン(Guidelines for Industrial Health Controls of VDT Operations), <http://www.jniosh.org.jp>, 2011

〈표 3〉 일본의 VDT 작업 가이드라인 주요내용 요약

구분		주요관리기준
작업 환경	조명	- 화면 : 500Lux 이하, 서류 및 키보드면 : 300Lux 이상 유지 - 태양광이 입사될 때는 블라인드나 커튼을 설치
	눈부심	- 눈부심 방지를 위해 위치 조정이 가능한 디스플레이 사용, 반사 방지 및 눈부심 방지용 간접 조명기구 이용
	기타	- 환기, 온·습도 조정, 정전기 제거, 공기조화, 휴식시설 등에 대해서는 관련 법규를 따름
작업 및 휴식시간		- 단순 입력 및 구속형 작업 : 연속작업시간이 1시간을 초과하지 않도록 하고 다음 작업 시까지 10~15분의 휴식시간을 보장하고 계속 작업시간 동안에 1~2회 정도 짧은 작업 단절을 보장
화면조건		- 적절한 화면의 크기, 명암 조절 가능, 눈부심 등을 고려하여 선택 - 눈 피로도를 최소화할 수 있도록 화질, 휘도비, 배경색, 문자색 등을 유지
키보드 / 마우스 조건		- 키보드는 화면과 분리 가능하고, 위치 조정이 가능하며, 적당한 크기일 것 - 마우스는 모양과 크기가 사용하기에 적당 - 키보드 및 마우스 버튼은 손가락 누르기에 부담되지 않도록 적당한 압력을 유지할 것
의자조건		- 안정적이고 이동이 가능할 것 - 작업자 체형에 맞추어 높이 조정이 가능하고 조정이 쉬운 것(참고기준 : 37~43cm) - 각도 조정이 가능한 등받이를 갖춘 것 - 적당한 길이의 팔걸이를 갖춘 것
책상조건		- 키보드, 서류, 마우스 등을 올려놓을 수 있도록 충분한 넓이를 갖춘 것 - 책상 밑은 다리를 움직일 수 있는 충분한 공간을 갖춘 것 - 높이 조정이 불가능한 책상을 사용할 때는 작업자의 신체 사이즈를 고려하여 적당한 높이의 책상을 선택할 것(참고 : 65~70cm) - 높이 조정이 가능한 책상을 사용할 때도 작업자 신체 크기를 고려하여 높이를 조정할 것(참고 범위 : 60~72cm) * 기타 의자 및 책상의 조건은 JIS Z8515 참조
작업 자세		- 등받이에 허리를 기대고 발뒤꿈치가 바닥에 닿을 수 있어야 하고, 그렇지 않을 때는 발받침대를 제공 - 화면과의 거리는 40cm 이상 유지 - 화면 상단 높이는 눈높이는 비슷하거나 약간 아래
기타		- 건강진단을 위한 항목과 대상 등 세부내용이 자세하게 포함되어 있음 - 육체적·정신적 부담이 가중되지 않도록 작업시간과 작업량을 배려하고, 장애자를 위한 환경조건을 고려할 것

미국

미국의 경우에는 1981년 국립산업안전보건연구소(NIOSH)의 ‘VDT 작업에 관한 권고’ 기준이 나오면서 미국 내 일부 주 정부의 법제화에 영향을 주었고, 이후 Maine 주에서는 ‘VDT 작업자의 노동안전방호법’을 제정하는 등 몇몇 주 정부에서 VDT 작업에 관한 법안이 제정되었는데, 대부분 OSHA 3092와 ANSI / HFES를 기준으로 작성되었다.

예를 들어, Minnesota 주(MDES PPM209-Ergonomics, 1999), New Jersey 주(Video Display Terminal Guidelines, 1996), Texas 주(Workstation Adjustments for comfort and safety, 2010) 등이다.

연방 정부(OSHA) 차원에서는 VDT 작업을 취급하는 근로자와 고용주들을 대상으로 Working Safety with Video Display Terminals(OSHA 3092)를 1997년에 제정하였다. 이는 미국의 산업안전보건법(The Occupational Safety and

Health Act, 1970)에 의거 법적 구속력을 갖고 있다.¹³⁾ 또한 2001년(OSHA Regulation(Standard-29 CFR)-VDT Workstation Checklist-1910.900 App D-2)에 작업표준을 만든 바 있다.³⁾ 아울러 BIFMA(The Business and Institutional Furniture Manufacturer's Association)에서도 ISO 9241-3, 5를 기준으로 별도의 가이드라인(Ergonomics Guideline, G1-2002)을 갖고 회원사들을 관리하고 있다.

미국 표준제정협회(ANSI; American National Standards Institute)와 인간공학회(HFES; Human Factors and Ergonomics Society)에서는 1988년에 최초 제정한 컴퓨터 작업대의 인간공학적 조건(ANSI / HFES, Human Factors Engineering of Computer Workstations)을 2002년 개정하였고, 이를 다시 개정하여 2007년에 최종 지침으로 출판하였다. 그 내용을 보면, 작업장 전반(installed systems)에 관한 설계지침, 입력장치(input devices), 디스플레이 장치(visual displays), 사무용

〈표 4〉 미국 OSHA의 가이드라인 주요내용 요약

구분		주요관리기준
조명	형광등	- 눈부심이 낮은 조명이나 자연광을 이용할 것
	벽, 바닥 등	- 반사가 안 되는 재질로 할 것
	블라인드	- 건물이 동향 or 서향인 경우 : 수직형 블라인드 권장 - 건물이 남향인 경우 : 수평형 블라인드 권장
	조도 수준	- 28~50 foot-candle이 주로 안전함
	대비	- VDT 화면과 주위환경과의 조도차가 최소화되어야 함
	눈부심	- 눈부심 방지를 위해 벽, 작업면 등은 무광택인 재질로 칠해야 하며, 워크스테이션과 조명도 작업면이나 주위 표면에 반사되지 않는 것으로 할 것 - 창문에서 6m(20ft) 이내에 워크스테이션(또는 작업면)이 있을 경우 커튼, 블라인드 등으로 채광을 제한할 것 - 눈부심 조절 / 차폐장치가 있는 창문, 베니션 블라인드, 두꺼운 커튼, 차양, 필터가 권장됨 - Screen glare filter는 VDT 스크린에 직접 부착함
의자	높이	- 의자 설계의 기준 높이는 오금 높이 * 오금 높이는 바닥면에서 무릎 뒤까지의 높이
	좌면 설계	- 좌면은 약간 오목하고 부드러운 패드와 가장자리가 원형 또는 'waterfall' 형이 되도록 해야 함 - 좌면의 각도를 조절할 수 있는 것이 좋음
	팔걸이	- 팔걸이는 작업면 아래로 들어갈 정도로 낮고 짧아야 하며, 높낮이를 조절할 수 있어야 함.
	등받이	- 등받이는 요추를 포함한 등을 넉넉하게 지지할 수 있어야 함 - 등받이 각도는 의자 높이와 함께 쉽게 조절할 수 있어야 함
VDT 디자인	스크린	- 화면의 밝기는 작업자가 조절할 수 있도록 해야 함 - 화면은 회전 및 각도 조절이 가능해야 함 - 화면의 가장 윗부분은 시선보다 높이 있어서는 안 됨 - 화면과 문서 지지대는 눈으로부터 같은 거리에 있어야 하며 작업자의 목이나 등에 무리가 가지 않도록 작업자로부터 가까운 거리에 있어야 함 - 이중 초점 안경을 쓰는 작업자도 VDT 작업 시에는 단일 초점 렌즈를 사용해야 함 - VDT와의 시거리는 45.72~60.96cm(18~24인치)가 적합함 - 시거리 확보를 위해 작업대 깊이를 늘리는 것 보다 키보드트레이나 익스텐더를 이용할 것을 권장함 - 화면의 가독성도 고려할 것(심볼의 크기, 디자인, 대비, 사프니스 등을 같이 고려할 것)
	키보드	- 분리 가능하고 조정 가능할 것 - 키보드 익스텐더나 트레이를 권장 - 키보드의 두께나 경사가 키보드 높이 결정에서 중요 - 손목이 전완과 같은 선상에 있도록 할 것 - 손목받침대가 작업에 도움을 줄 수 있음
	마우스	- 전완과 손이 일렬을 유지하며 작업자 근처에 위치할 수 있도록 할 것 - 팔의 상완부에 부담을 주지 않도록 할 것 - 손목이 닿는 부분은 평평해야 함 - 마우스 패드가 도움이 될 수 있음

가구에 관하여 수치적 설계기준을 포함한 포괄적인 내용을 제시하고 있다. 해당지침은 비록 법적인 구속력은 없지만 관련 산업계와 학계가 비중 있게 참조하는 정보이다.¹¹⁾

뉴질랜드

뉴질랜드는 1984년에 처음 관련 규정을 제정하여 세 번의 개정과정을 거쳐 오늘에 이르고 있다. 산업안전보건법에 근거한 시행령 형태로 법적인 규제로 작용하고 있으며, 책상 및 의자의 세세한 조건들이 구체적인 수치로 제시되

고 있다. 해당 가이드라인은 'Approved Code of Practice for the Use of Visual Display Units(VDU) in the Place of Work'로 1984년 VDU 작업자의 안전보건을 위해 필요한 최소한의 조건을 실무지침형태로 처음 기준을 만들었고 1988년에 개정되었다. 1993년 산업안전보건법 제20조(1992년)에 근거하여 시행령(code of practice)으로 개정되었고, 마지막으로 1995년 9월에 개정되었다.¹⁴⁾ 2010년에는 'Guidelines for Using Computer' 를 제정하였다.¹⁵⁾

해당 가이드라인에서 사업주는 산업안전보건법에 의해 작업자를 위한 안전하고 건강한 작업조건을 유지해야 할

책임이 있고, 만약 작업조건에 유의한 위험(significant hazard)이 있을 때는 이를 평가하고 개선해야 하는 의무

가 발생하게 된다. 따라서 본 시행령은 산업안전보건법에서 정한 VDU 작업과 관계된 위험요인을 최소화하고

〈표 5〉 뉴질랜드 VDT 작업 관련 시행령의 주요내용 요약

구분		주요관리기준
작업 환경	조명	- 서류작업 : 500lux, 화면 : 200~350lux
	눈부심	- 눈부심이 없을 것
	온습도	- 17~22℃, 45~75%
작업 및 휴식시간		- 매시간 10분 휴식, 3~5분 정도의 짧은 휴식을 자주 가질 것
화면조건		- 높이 조절과 회전, 각도 조절이 가능하고 햇빛과 다른 광원으로부터 빛이 반사되지 않도록 적절한 위치에 둘 것
키보드 조건		- 키보드는 화면과 분리 가능하고, 높이 조절이 가능할 것 - 키보드 두께는 중앙점이 30mm 이하일 것 - 경사각은 0~15° 사이에서 조정 가능할 것 - 손가락 누르기에 부담되지 않도록 적당한 압력을 유지할 것
마우스 조건		- 손에 쥘 때 손목이 꺾여지지 않도록 적당한 크기와 모양을 갖출 것 - 키보드와 동일한 높이에 둘 것 - 손가락 누르기에 부담되지 않도록 적당한 압력을 유지할 것
서류받침대		- 화면과 키보드 사이에 30° 정도의 각도를 유지할 수 있고 위치 조절이 가능한 서류받침대를 둘 것
의자조건 (권고기준)		- 높이 조절이 가능하고 조정이 쉬울 것 - 높이와 각도 조절이 가능한 등받이가 있을 것 - 5개의 바퀴가 달려 안정적이고 이동이 가능하고 360° 회전이 가능할 것 - 좌면은 안정적이고 정전기를 방지하는 재질을 갖출 것
책상조건 (권고기준)		- 책상 밑은 다리를 움직일 수 있는 충분한 공간을 갖출 것

〈표 6〉 VDT workstations 권고기준(뉴질랜드 시행령)

구분	평가 항목	제원(단위 : mm)
의자 특성	좌면 높이(seat height)	370~520(조절 범위 150mm)
	좌면 각도(seat tilt)	±5°, 고정일 때 : 5°
	좌면 길이(seat depth)	360~480
	좌면 폭(seat width)	450
	등받이 요추지지대 높이(back rest height)	170~250
	등받이 크기(back rest width)	280~400
	등받이 각도(back rest slope)	85~115°
	팔걸이 간격(arm rest separation)	450
책상 특성	의자의 안전성(seat stability)	바퀴 수 5개
	작업면 높이(work surface height), 하단기준	580~730(고정 : 670~700)
	작업면 폭(work surface width)	컴퓨터 작업만 할 때 : 1,200 사무작업을 겸할 때 : 1,500
	작업면 길이(work surface depth)	800~900
	작업면 두께(work space thickness)	30mm 이하(가능하면 26mm)
	손목 지지 공간(arm rest space)	100
	책상 밑 높이(leg space height, top-to-bottom)	작업면 높이와 동일
	책상 밑 좌우 폭(leg space width, side-to-side)	최대 800
	책상 밑 깊이(leg space depth, front-to-back)	600 이상, 화면 밑 : 450 이상
	발가락 공간(toe space)	120
발받침대	책상 선단(edges)	둥글게 처리
	경사 각도(slope)	0~10°
	높이(height)	50~185
	폭(width)	450
	길이(depth)	350

개선하기 위해 사업주가 해야 할 가이드라인을 제공하는 데 목적이 있다. 즉, 사업주는 VDT 작업자의 안전하고 건강한 작업조건을 제공해야 할 의무가 있기 때문에 법정에서 산안법 위반 여부를 판단할 때 이러한 시행령에서 정한 작업조건을 사업주가 제공했는지를 평가하는 기준으로 활용하게 된다.

호주

1996년 제정된 근골격계질환 예방과 관리를 위한 시행령 (Code of Practice the Prevention and Management of Occupational Overuse Syndrome)을 근거로 1996년 국가 산업안전보건위원회(NOHS; The National Occupational Health and Safety Commission)에서 가이드라인으로 ‘키보드 작업에서의 근골격계질환 예방을 위한 가이드라인 (Guidance Note for the Prevention of Occupational Overuse Syndrome in Keyboard Employment)’을 만들었다. 이 가이드라인은 키보드 작업에 의해 나타나는 근골격계질환을 최소화하기 위한 일반적인 가이드라인을 제공하는 목적으로 하며 인간공학적인 구체적인 기준은 별도로 정하지 않고 호주국가표준(AS 3590;Screen-based workstation; Parts 1-4)을 따르고 있다.¹⁶⁾

본 가이드라인은 사업주가 근골격계질환 예방을 위해 제공해야 할 최소한의 가이드라인을 담고 있으며, 사업주가 반드시 지켜야 할 의무사항은 아니다. 그러나 산업

우리나라의 오피스작업에 종사하는 인력은 전국의 종사자수 1명 이상 사업체 322만 8,000개를 대상으로 조사한 결과, 2009년말 현재 전체 사업체의 54.7%가 컴퓨터를 보유하고 있다. 이 중에서 통신업이 97.7%, 금융 및 보험업은 97.3%, 부동산 및 임대업, 사업 서비스업은 91.5%, 기타 서비스업은 66.2%로 제조업(67%)에 비해 높은 비율을 점유하고 있다. 컴퓨터를 보유한 사업체를 대상으로 직원의 평균 컴퓨터 이용률을 조사한 결과, 1주일에 적어도 한 번 이상 컴퓨터를 이용하여 업무를 수행하는 비율이 전체 82.4%이며, 업무의 80% 이상을 사용하는 경우도 70.6%로 가장 높은 것으로 나타났다. 업종별로는 금융 및 보험업이 94.7%로 가장 높고, 기타 서비스업도 87.6%로 제조업(63.4%)에 비해 월등히 높은 것으로 나타났다.

- 13) Occupational Safety and Health Administration, Working Safety with Video Display Terminals, U.S. Department of Labor, 1997
- 14) Occupational Safety & Health Service, Approved Code of Practice for the use of Visual Display Units in the place of work, Department of Labour, 1988
- 15) Department of Labour, Guidelines for Using Computer-preventing and managing discomfort, pain and injury, Department of Labour, 2010
- 16) National Occupational Health and safety Commission, Guidance note for the Prevention of Occupational Overuse Syndrome in Keyboard Employment, Australian Government publishing service, canberra, 1996

〈표 7〉 호주 NSW 주 정부의 VDT workstations에 대한 가이드라인

구분	평가 항목	제한(단위 : mm)
의자 특성	좌면 높이(seat height)	380~510(조정 범위 130mm)
	좌면 길이(seat depth)	330~430
책상 특성	작업면 높이(work surface height), 상단기준	580~730(고정 : 680~720)
	작업면 폭(work surface width)	1,500
	작업면 길이(work surface depth)	900
	작업면 두께(work space thickness)	25mm 이하
	책상 밑 높이(leg space height, top-to-bottom)	580 이상
	책상 밑 좌우 폭(leg space width, side-to-side)	800 이상
	책상 밑 깊이(leg space depth, front-to-back)	550 이상
발받침대	폭(width)	375
	길이(depth)	300

안전보건법(1983)과 작업자 보상 및 재활법(1987)과 관련된 사업주 의무사항 이행 여부를 판단할 때 본 가이드 라인을 일반적인 기준으로 참고하고 있다. 따라서 여기에서는 가장 많이 이용되고 있는 NSW(New South Wales) 주 정부의 가이드라인을 중심으로 정리하였다.

한국

우리나라의 경우에는 작업자관리지침으로 1990년 산업안전보건법이 개정(시행 1990. 7. 14)되면서 동법 시행규칙 제24조(보건상의 조치)에 ‘계측감시·컴퓨터 단말기 조작·정밀공작 등의 작업에 의한 건강장해’에 대한 보건상의 조치를 하도록 규정하고, 산업보건기준에 관한 규칙(시행 1990. 7. 23)이 새롭게 신설되면서 제9

조에 ‘컴퓨터 단말기 조작업무에 대한 조치’가 처음으로 만들어졌다.

이후 2003년 산업보건기준에 관한 규칙이 전부 개정(시행 2003. 7. 12)되면서 제258조로 관련 규정이 개정되었고, 2011년 산업안전보건기준에 관한 규칙으로 전부 개정(2011. 7. 6)되어 관련 규정이 제667조로 변경되었으나 규정내용은 거의 유사한 형태를 유지하고 있다(국가법령정보센터, 2011). 상세한 규정은 1997년에 고용노동부고시 ‘영상표시단말기(VDT) 취급 근로자의 작업관리지침’이 제정(제정 1997. 5. 12, 고시 제1997-8호)되면서, VDT 취급 근로자에 대한 상세한 관리규정이 만들어지게 되었고, 2004년에 개정(개정 2001. 11. 1, 고시 제2004-50호)되어 사업주의 의무사항을 규정하고

〈표 8〉 우리나라 VDT 작업과 관련된 산업안전보건 법규

관련 법규	주요내용	제·개정	법적 효력
산업안전보건법	- 보건상의 조치에 대한 사업주의 의무 (계측감시, 컴퓨터 단말기 조작, 정밀공작 등의 작업에 의한 건강장해)	제24조(1990. 7. 23~)	법규명령
산업안전보건기준에 관한 규칙	- 컴퓨터 단말기 조작업무에 대한 사업주의 보건상 조치사항 - 근골격계 부담작업으로 인한 건강장해의 예방	제667조(2011. 7. 6) 제656~666조(2011. 7. 6)	-
고용노동부고시	- 영상표시 단말기(VDT) 취급 근로자의 작업관리지침 - 근골격계 부담작업 범위	제2004-50호(2004. 11. 1) 제2003-24호(2003. 7. 12)	행정명령

〈표 9〉 영상표시단말기(VDT) 취급작업자의 작업관리지침

관리 항목	주요지침내용
작업 및 휴식시간	- 복합작업 권장, 적정 휴식시간 및 휴식 장소 부여
화면 조건	- 회전 및 경사 조절이 가능 - 눈 피로도를 최소화할 수 있도록 화질, 휘도비, 배경색, 문자색 등을 유지
키보드 / 마우스 조건	- 키보드의 위치 조절이 가능하도록 - 키보드의 경사 5~15°, 두께는 3cm 이하 - 아래 팔 지지 공간 15cm 이상 확보 - 마우스는 쥐었을 때 작업자의 손이 자연스러운 상태를 유지할 수 있도록
작업대 조건	- 작업대는 충분한 넓이를 갖추고, 다리를 위한 공간을 확보할 것 - 책상 높이 : 60~70cm, 작업대의 앞쪽 가장자리는 동글게 처리
의자 조건	- 높이 : 35~45cm의 범위 내에서 조절이 가능하고 안정감이 있어야 하며 이동과 회전이 자유롭고 미끄러지지 않을 것 - 충분한 넓이의 등받이가 있어야 하며 높이 및 각도 조절이 가능 - 작업자의 필요에 따라 팔걸이(elbow rest)가 있는 것을 사용할 것 - 의자 좌면의 길이는 38~42cm, 좌면의 폭은 40~45cm 범위로 할 것
작업자세 조건	- 작업자의 시선은 화면 상단과 눈높이가 일치 혹은 아래 10~15° 밑에 오도록 하며 화면의 거리는 적어도 40cm 이상 확보 - 위팔은 자연스럽게 늘어뜨리고, 작업자의 어깨가 들리지 않아야 하며, 팔꿈치의 내각은 90° 이상, 그리고 손목을 신전시키지 않도록 할 것 - 의자에 앉을 때는 의자등받이에 작업자의 허리가 충분히 지지되도록 할 것 - 다리가 뚫 경우 받침대를 조건에 맞는 높이와 각도로 설치할 것 - 무릎의 내각(knee angle)은 90° 전후가 되도록 할 것 - 자료 입력 시 손목을 외전시켜 장시간 작업하지 않도록 할 것



이미 선진국에서는 오래 전부터 책상 및 의자를 중심으로 한 오피스작업(VDT 작업)의 인간공학적 작업조건을 국가규정으로 만들어 관리해오고 있다

있다. 다만, 판매되고 있는 제품에 대한 제작기준인 한국산업규격(KS)은 ISO 기준을 그대로 준용하고 있다.

맺는말

우리나라의 VDT 사용과 관련된 규정은 1990년 이래 20여 년 동안 우리나라 국민의 신체조건(신장, 체중 등)에 맞지 않음에도 그대로 유지되어 오고 있다. IT 기술의 발달과 더불어 CRT 모니터에서 LCD / LED 모니터로 변경되면서 VDT 사무작업환경과 기술적 수준도 상당히 큰 변화를 겪었음에도 불구하고 직업군의 성별·연령별 특성을 충분히 고려하지 못하고 있다.

주요 국가의 VDT 가이드라인을 살펴본 결과로는, 각 나라의 산업규모 특성, 작업형태 등을 고려하여 작성하되, 해당 국가의 산업규격(ISO, ANSI, KS, JIS, AS 등)과 관리기준을 동일하게 규정하거나 참고하도록 권고하고 있다. 우리나라 역시 한국산업규격은 국제 표준인 ISO 기준을 그대로 준용하고 있는데, 문제는 ISO를 준용하고 있는 한국산업규격과 작업자의 작업환경을 관리하는 고용노동부고시 간에 몇몇 차이가 발생하고 있음을 확인하였다.¹⁷⁾ 특히 우리나라 국민의 신체조건을 고

려한 의자의 경우 좌면 높이, 요추 지지대 높이, 좌면각도 및 팔걸이 높이에서 고용노동부고시는 물론 한국산업규격 모두를 만족하지 못하는 것으로 나타났다.¹⁸⁾ 작업관리지침에 대한 법적 준수 여부 조사결과, 의자 높이의 조절 범위 및 좌면의 크기(길이 및 폭), 책상 높이 항목에서 대부분이 가이드라인의 기준을 충족하지 못하고 있는 것으로 조사되었다.⁹⁾

따라서 현 VDT 관련 가이드라인(규칙 및 고시)이 다양한 사무환경의 변화에 적절하게 대처하지 못하고 있으므로, 사무작업환경에 대한 특성, 작업자 신체조건 등에 대한 다양한 연구를 통해 근원적인 문제를 해결할 수 있는 방안을 마련하는 것이 무엇보다 필요한 시점이다. 또한 장기적인 측면에서 제작기준인 한국산업규격과 작업자의 작업을 관리하는 고용노동부고시의 통합 여부도 검토하는 것이 필요하다. ⑤

17) 이윤근·박희석·김대성, 고용노동부고시와 KS 규격에 의거한 사무용 의자와 책상의 인간공학적 분석, 한국산업위생학회지, 19(1), pp.16-24, 2009

18) 박희석·이윤근·옥동민, VDT 취급작업관리를 위한 고용노동부고시와 KS A/ISO 9241의 비교 연구, 대한인간공학회지, 28(4), pp.109-115, 2009

항공방제작업에서 발생한 만기발병 소뇌성운동실조



장승희 연구원
산업안전보건연구원
직업병연구센터

항공방제작업 종사자들의 경우 1년 중 특정 단기간에 집중적으로 이뤄지는 방제작업을 통하여 농약에 노출되고 있다. 그런데 일반 농약 사용인구 집단들에 비하여 단기간 작업한다는 이유 등으로 농약 관련 건강장해 예방대상에는 제외되고 있다. 그러나 실제로 일반 농약 사용인구 집단들에 비하여 고도의 농약 노출이 단기간에 집중적으로 이뤄지고 있음이 확인되었으며, 이들은 농약 노출 방지와 관련해 적절한 보호구 제공 및 착용방법에 대한 교육, 건강 영향에 대한 교육, 정기적 건강관리 등에서 제도적 사각지대에 놓여 있을 가능성이 크다고 판단된다. 따라서 이들에게 적절한 보호구 제공 및 착용방법에 대한 교육, 건강 영향에 대한 교육, 정기적 건강관리 등을 제공하여 추가적인 직업병 발생을 예방하여야 할 필요성이 있다. 항공방제작업에서 만기발병 소뇌성운동실조는 단기간의 집중적 농약 노출에 의해 발병하기 때문에 업무상으로 관련이 있음을 보여주는 사례이다.

사례 소개

정기사업은 산불 진화작업, 항공방제사업, 항공사진 촬영, 화물 운송, 한전 고압선 순시 등이며, 부정기사업으로는 기업체 요청에 따른 승객 운송, 외국인·연예인 이송업 등을 하는 헬기를 보유한 항공기 사용 업체에서 정비를 담당했던 근로자가 ‘만기발병 소뇌성운동실조’로 진단받았다.

이 근로자는 주치의로부터 만기발병 소뇌성운동실조의 원인이 농약과 탄화수소, 트리클로로에틸렌의 노출에 의한 가능성이 있다는 얘기를 듣고 업무상 질병 여부를 심의 요청하였다.

근로자는 1954년생으로 공군기술고등학교를 졸업한 후 군대에서 헬기 정비를 배웠으며, 1999년에 정비팀에 입사하여 2010년까지 헬기 임무 현장 또는 공항 정비기지에서 담당 기종 정비업무를 수행하였다. 그리고 7, 8월 방제작업이 있을 때는 헬기가 이·착륙할 때 안내 역

할을 해주는 작업을 하였다.

발병한 질병과 관련하여, 농약에 노출된 작업은 헬기 착륙 후 농약을 헬기의 농약 탱크로 옮기는 일, 일이 익숙하지 않은 신입 근로자가 왔을 때 지자체에서 준비한 농약을 혼합하는 일, 방제할 지역의 정찰 비행 시 동승하여 헬기 조종사에게 방제지역을 알려주는 작업 등이었다. 근로자는 헬기가 이·착륙할 때와 농약을 옮길 때, 노즐을 청소하거나 교환할 때, 그리고 농약을 섞을 때 주로 농약에 노출되었다.

헬기 이·착륙 시 근로자는 이·착륙지역에서 약 7m 가량 떨어져 있는데, 불가피하게 헬기가 진동하면 노즐에 묻어 있던 농약이 근로자에게 직접적으로 노출되었다. 또한 농약을 옮겨 담을 때 헬기 프로펠러가 돌아가면 땅 바닥에 흘러 있던 농약이 바람에 날려 근로자에게 노출되었다고 한다.

농약을 헬기 농약 탱크에 옮길 때는 헬기가 착륙 후 바로 이륙해야 하기 때문에 시간이 촉박한 가운데 업무가

진행된다. 그런데 농약을 옮겨 담을 때 옆으로 흘리는 양이 있는데, 이것이 나중에 근로자에게 직접적으로 노출될 수 있다고 한다. 한편, 농약을 섞는 농수로의 물이 청결하지 못해 노즐이 막히거나 농약이 가루분제일 경우는 3회 출격 후에 제대로 분사되지 않는 상황이 발생할 수 있다. 그러면 노즐을 청소하거나 교환해야 하는 작업 횟수는 대략 10회 정도가 되며, 이때 보호 장비를 착용할 시간이 부족하여 농약이 피부에 직접적으로 노출될 수 있다고 한다.

항공방제업무

항공방제업무는 지자체와의 계약으로 1년 중 7, 8월에만 수행하는 일로 1회 출격 시에 약 10ha를 방제한다. 하루 10회에서 40회 출격하며, 평균적으로는 25회 정도 출격한다.



항공방제 이·착륙 시의 모습

항공방제 시의 모습

항공방제 시 취급 농약

2004년과 2006년의 병·해충 방제계획서에 따른 농약의 종류를 검토하면 <표 1>과 같으며, 자료를 통하여 대부분의 농약은 organophosphate와 carbamate 계열인 것을 확인할 수 있었다.

<표 1> 항공방제 시 사용한 농약의 종류

방제지역	농약 분류	농약 종류
2004년 포항시	살균제	후치왕 유제(isoprothiolane 40%), 히노산 유제(edifenphos 30%) (Organophosphate)
	살충제	렌달 유제(chlorpyrifos-methyl 25%), 시니나 유제(diazinon 34%) (Organophosphate)
2006년 포항시	살균제	명성 액상 수화제
	살충제	뱃사 유제(buprofezin, fenobucarb) (Carbamate)

농약 노출 평가 - 작업환경 분석

■ 항공방제작업 시의 직무 분석 및 노출 특성

<표 2> 비행일지를 근거로 한 근로자의 항공방제작업 특성 및 농약 노출 특성

방제작업 참여 기간	연간 평균 방제 일수	1일 평균 방제 횟수(출격 횟수)	1일 평균 방제시간
7년	25일	30.7회	467분

<표 3> 근로자의 직무 분석결과 요약

시간	작업명	작업내용	농약 노출 가능성
04:30	출근	항공기가 대기하고 있는 공공 장소로 이동	×
04:30 ~05:30	방제기 및 항공기 작동 점검	- 방제기의 노즐, 파이프, 호스, 농약 탱크 등의 이상 유·무 확인 및 작동 점검(약 20분) - 항공기 기체, 엔진, 전기, 계기판, 유압기 등의 점검 및 정비(40분)	○
05:30 ~06:00	농약 살포 지역으로 이동	- 항공기 탑승 후 농약 살포지역에 있는 착륙 장소로 이동(약 5분 소요)	×
06:00 ~06:15	농약 혼합작업	항공기 시동이 걸린 상태에서 농약과 물을 일정 비율로 혼합(약 15분)	○
~15:00	살포 및 착륙 유도작업	1일 평균 약 10~40회 방제작업과 착륙 유도, 농약 혼합작업, 노즐 수리작업 등을 반복함	○
15:00 ~15:05	계류지로 이동	항공기에 탑승하여 계류지로 이동	×
15:05 ~16:00	방제기 및 항공기 정비	출근 후 점검 내용과 동일함	○
16:00~	퇴근	인근 여관으로 퇴근 후 목욕과 세탁작업을 함	○

<표 4> 농약 노출 가능시간 요약

작업내용	노출 가능시간/1일	비고
방제기 및 항공기 점검	120분	작업 전 후 각 1시간
농약 혼합작업, 이륙 준비, 기타	300분	방제 1회 당 10분 기준(착륙 후 혼합 보조 → 탱크 확인 후 이륙 직전까지의 시간), 1일 30회 방제기준
착륙 유도작업	15분	착륙 1회 당 30초 기준, 1일 평균 30회 출격
기타 비특이적 작업	69분	1일 기준으로 노즐 수리작업(50분), 펌프 수리작업(19분) 기준
계	504분	

* 만약 작업 특성을 고려하지 않고 오전 6시에 이루어지는 처음 혼합작업 후 오후 4시 퇴근 직전까지 켜진 작업복을 계속 입고 있는 것을 기준으로 하면 농약 노출 가능시간은 최대 10시간으로 계산할 수 있음

• 방제기 및 항공기 점검(농약 노출시간-약 120분 추정)
항공기가 시동이 걸린 상태에서 작업이 이루어지기 때문에 방제기 노즐이나 탱크 등을 점검할 때 전날 살포작업

업 후의 농약 잔재물이 재비산되어 피부를 통해 노출될 가능성이 있다. 이러한 작업은 방제작업 전과 후에 각각 1시간씩 총 2시간 정도 이루어진다.

• **농약 혼합작업 및 이륙 준비(농약 노출시간-약 300분)**

역시 시동이 걸린 상태에서 농약 혼합작업이 이루어진다. 시에서 파견된 4명의 보조 작업자가 주로 혼합작업을 실시하나 간혹 도와주는 경우가 있으며, 특히 탱크에 채워지는 용량을 정확하게 확인하기 위해 탱크에 근접해 있는 관계로 비산되는 농약에 직접 노출될 가능성이 높다. 이러한 작업은 1회 살포 당 약 10분 정도 이루어지며, 퇴근할 때까지 농약으로부터 젖은 작업복을 계속 입고 있는 것과 1일 평균 30회 정도 살포작업이 이루어지는 것을 감안하면 총 노출시간은 약 300분으로 추정할 수 있다.

• **착륙 유도작업(농약 노출시간-1일 총 15분)**

비산되는 농약이 가장 많은 시기로 1회 착륙 유도에 걸리는 시간은 약 30초이며, 1일 약 30회 살포 횟수를 기준으로 할 때 총 15분의 노출시간을 추정할 수 있다.

• **기타 비특이적 작업**

- 노즐 수리작업(농약 노출시간-약 50분) : 3회 출격 당 1회 정도 노즐을 수리하는 작업을 하며, 1회 작업 당 1~10분 정도 소요된다. 노즐을 수리할 때는 장갑을 벗은 상태에서 작업이 이루어지고, 노즐에 남아 있는 농약은 원액에 가깝기 때문에 피부 노출 가능성이 매우 높을 것으로 추정된다. 총 노출시간은 1일 평균 수리 횟수를 10회로 가정하고(1일 30회 출격을 기준으로 할 때) 1회 수리 당 5분을 기준으로 하면 약 50분을 추정할 수 있다.
- 펌프 수리작업(농약 노출시간-1년에 최소 480분 정도 추정, 연간 25회를 기준으로 하면 1회 당 19분 정도) : 매우 드문 작업으로 1년에 2~3회 정도 발생하는 경우가 있다. 펌프에 이상이 생기면 방제작업을 중단하고 헬기 하체에 들어가서 작업을 하는데 펌프 분리 시 탱크에 남아 있는 농약이 한꺼번에 쏟아져 작업복이 흠뻑 젖을 때도 있다.

■ **보호장구 착용 특성**

〈표 5〉 근로자의 농약 보호장구 착용 특성

보호구 종류	착용 여부	비고
방제복 상의	×	면티 착용
방제복 하의	×	면바지 착용
보호 장갑	×	면장갑 혹은 맨손
보호 장화	×	운동화 착용
고글	×	
마스크	×	바람에 날려 면마스크도 착용할 수 없음
모자	×	바람에 날려 모자를 쓸 수 없음

■ **농약 노출지수 계산**

농약 노출지수는 비행일지를 근거로 적용하였고, 최종적으로 농약 노출 수준을 평가하면 다음과 같다.

- **농약 노출지수(Lifetime hours)**
= 농약 살포년수 × 살포 빈도 × 살포시간
- **1,458(Lifetime hours)**
= 7년 × 25일/년 × 500분/1일

■ **농약 노출 수준 비교**

최종 계산된 농약 노출지수인 1,458시간에 대해 일반적인 농업인들의 노출 수준과 비교해본 결과, 최근 국내 농업인 5,034명을 대상으로 연구된 국내 남자 농업인들의 평균 살포년수(36.4년), 연간 살포 횟수(8.9회), 1일 살포시간(2.4시간) 등〈표 6〉을 참고하면 근로자는 농약 살포년수(7년)는 많지 않으나 살포 횟수 및 노출시간이 매우 높은 것으로 나타났다.¹⁾

농약 노출지수를 보면 국내 농업인의 평생 평균 노출지수는 891시간이며, 근로자의 노출시간은 그보다 1.6배 높은 1,458시간으로 계산되었다. 따라서 농업인에 비해 상대적으로 높은 농약 노출 수준을 보여주고 있는데 평생 농약 노출지수가 아닌 연간 농약 노출지수로 비교했을 때 근로자의 농약 노출지수가 매우 높다는 것을 알 수 있다.

결론

항공방제작업에 종사했던 근로자의 농약 노출 수준을 평가한 결과, 농약 노출의 대부분은 피부를 통해 흡수되기 때문에 방제복 등 보호장구 착용이 노출 수준을 결정

〈표 6〉 우리나라 농업인의 농약 살포작업 특성(이윤근 등, 2010) Mean (SD)

Characteristics	Male	Female	Total	p-values
Subjects, n(%)	2,162(42.9)	2,872(57.1)	5,034(100.0)	
Age (years)	63.8 [9.4]	62.7 [8.9]	63.2 [9.1]	<0.001
Pesticide exposure years	36.4(16.1)	36.3(14.8)	36.4(15.4)	0.895
Pesticide exposure days (/year)	8.9 (6.5)	7.4 [5.3]	8.4 (6.1)	<0.001
Pesticide exposure hours (/day)	2.4 (1.5)	1.8 (1.2)	2.2 (1.4)	<0.001
Farming area (hectares)	-	-	1.3 (1.9)	

하는 가장 중요한 변수이다. 만약 방제복을 모두 착용했을 때는 농약의 피부 방어율을 90%로, 전혀 착용하지 않을 때는 0%로 계산한다. 그런데 근로자의 경우는 보호장구를 전혀 착용하지 않은 점과 바람에 의해 비산되는 농약으로 인해 항상 작업복이 젖어 있었던 점을 고려할 때 피부 흡수 가능성이 매우 높은 경우로 평가할 수 있다.

이러한 선행 연구들을 참고하여 근로자의 농약 노출 수준을 정량적으로 평가한 결과, 총 농약 노출시간은 국내 농업인 평생 평균 노출시간(891시간)보다 1.6배 높은 1,458시간으로 평가되었다. 연평균 노출시간으로 비교했을 때도 208시간으로 국내 농업인(21.3~52시간)에 비해서는 9.8~4.0배 높고, 중국(71시간), 인도(91시간) 등 외국 농업인들과의 비교에서도 2.2~2.9배 정도 높은 수준으로 평가되었다. 이와 같은 노출시간 동안 근로자의 상태를 보면 다음과 같다.

- 농약 방제작업 시 보호장구를 전혀 착용하지 않았음
- 항공방제작업 특성 상 작업복이 농약에 젖을 가능성 (강한 바람에 의한 비산)이 매우 높음
- 1일 평균 30회 정도 반복되는 착륙 유도작업으로 인해 농약이 누적 노출될 가능성이 높음
- 처음에 한 번 젖은 작업복은 작업이 종료되어 숙소에 도착할 때까지 장시간 동안 착용하고 있는 점을 고려할 때 피부를 통한 농약 흡수 가능성이 매우 높음

따라서 이러한 점들을 고려할 때 결론적으로는 근로자의 농약 노출 수준이 국내·외의 일반적인 농업인보다 상대적으로 높을 것이라고 추정된다.

만기발병 소뇌성운동실조증

근로자에게 발병한 만기발병 소뇌성운동실조증은 보행 장애를 특징으로 하는 신경퇴행성질환으로 올리브교 소뇌위축증(Olivopontocerebellar ataxia), 다계통위축증(MSA-C; Multiple Systemic Atrophy-Cerebellar type)을 이르는 말이다.

올리브교소뇌위축증은 보행 장애와 구음 장애를 특징으로 하는 신경퇴행성질환이다.²⁾ 이 질환은 1900년에 보행 장애가 특징적인 환자들의 뇌 병리학적 소견을 근거로 처음 기술되었으며³⁾ 1969년 다계통위축증(MSA; Multiple Systemic Atrophy)이라는 용어를 처음 사용하면서 하나의 다른 특징을 갖는 질병으로 분류하였다. 다계통위축증은 그 전에 명명되던 기립성저혈압(Orthostatic hypotension, 1925), Shy-Drager syndrome(SDS, 1960), Striatonigral degeneration (SND, 1960)을 하나의 특징을 갖는 질병으로 정의한 것이다.

기립성저혈압은 자율신경계 이상으로 혈압이 떨어지는 것이고, Shy-Drager syndrome은 진행성 자율신경계 이상으로 심박수와 호흡, 비노기계, 성기능 장애 등이 발생하여 어지러움증과 요실금 등의 증상을 보인다. Striatonigral degeneration은 파킨슨증후군과 자율신경계 이상, 소뇌기능 장애의 발생이다. 결국, 이 질환들을 다계통위축증으로 새로 정의하게 되었다.

다계통위축증의 임상적 진단은 성인기에 발병하고, 비유전적이며, 진행성의 신경성 질병으로 파킨슨증후군의 다양한 특징(소뇌형, 자율신경계형, 비노기계기능 장애, 피질척수(Corticospinal disorder) 장애)을 보이는 경우에 진단될 수 있다. 그 병리적 진단은 선조체혹질

1) 김원·이윤근·최인자, 작목별 농약 살포방식에 따른 농약 노출량 추정, 2010 한국산업위생학회 하계학술대회 논문집

2) Berciano J, Boesch S, Pérez-Ramos JM, Wenning GK. Olivopontocerebellar atrophy: toward a better nosological definition. *Mov Disord.* 2006 Oct;21(10):1607-13

3) Dejerine J, Thomas A. L'atrophie olivo-ponto-cerebelleuse. *Nouv Icon de la Salpet.* 1900;13:330-70

(Striatonigral degeneration)과 올리브교소뇌의 변성이 동반되고 glia cytoplasmic inclusions과 alpha-synuclein protein이 보이는 경우에 진단이 내려진다.

다계통위축증은 크게 파킨슨형(MSA-P)과 소뇌형(MSA-C)으로 구분할 수 있으나 이 구분에 의해 두 형태가 완전히 구분되는 것은 아니다. 파킨슨형의 41%에서 소뇌형의 특징을 나타내며, 소뇌형의 61%에서 파킨슨형의 특징을 나타낸다. 파킨슨형의 특징은 강직, 자세 불안, 자세 떨림이나 안정 시 떨림 등이고, 소뇌형의 특징은 보행 장애와 팔운동 장애, 구음 장애 등이다.⁴⁾

근로자의 주 증상은 보행 장애로 빈뇨와 기립성저혈압을 호소하고 있는데, 이는 다계통위축증 소뇌형에 합당한 소견이다. 또한 이는 올리브교소뇌위축증의 특징에도 해당한다.

실제로 근로자의 주치의는 MSA-C와 SCA (Spinocerebellar Atrophy, OPCA의 다른 이름)를 진단명으로 쓰고 있으며, 신경과 자문의도 OPCA의 진단명을 사용하고 있다. 그리고 근로자는 다계통위축증 파킨슨형의 주 증상인 강직과 자세 떨림 등의 증상이 보이지 않아 다계통위축증 파킨슨형, 파킨슨증후군으로 보기는 어렵다.

아울러 MRI 결과에서도 소뇌와 뇌간에 위축이 보이고, 의학유전학 검사에서도 SCA와 관련된 유전자의 비정상적 증폭이 보이지 않고 있어 근로자의 질병이 비유전적인 것을 확인할 수 있다. 이를 종합해 보면, 만기발병 소뇌성운동실조는 다계통위축증 소뇌형으로 볼 수 있다.

업무 관련성 평가

본 역학 조사결과, 근로자는 농업 종사자들과 비교하여 농약 노출 수준이 높은 것으로 나타났다. 또한 다계통위축증의 위험요인으로 농약 취급자와 농부에게서 유의한 차이를 확인할 수 있는 연구가 있어 이를 종합하여

고려할 때 근로자의 만기발병 소뇌성운동실조는 업무와 관련 가능성이 높은 것으로 판단된다.

권고사항

현재 항공방제업 종사자들의 경우 1년 중 특정 기간에 이뤄지는 방제작업을 통하여 일반 농약 사용인구 집단들에 비하여 고도의 농약 노출이 단기간에 집중되고 있음이 확인되었다. 이들은 농약 노출 방지와 관련해 적절한 보호구 제공 및 착용방법에 대한 교육, 건강 영향에 대한 교육, 정기적 건강관리 등에서 제도적 사각지대에 놓여 있을 가능성이 크다고 판단된다.

사업장에서는 이들에게 적절한 보호구 제공 및 착용방법에 대한 교육, 건강 영향에 대한 교육, 정기적 건강관리 등을 제공하여 추가적인 직업병 발생을 예방하여야 한다. 해당 종사자들의 건강 영향이 향후 발생할 가능성이 높은 만큼 고용노동부는 이들을 취약 집단으로 보고 집중적인 관리를 시급히 할 필요가 있다. 우선적으로 2011년에 전국의 항공방제작업장에 대한 노출 및 건강 실태 조사를 수행하고, 2011년 7, 8월에는 역학조사팀을 구성하여 실제 노출 수준에 대한 측정을 통하여 제도 개선을 위한 기초 자료를 수집해야 한다.

본 근로자가 항공방제 종사자 1세대로서 최초로 산재 요양 승인을 신청한 만큼 동료 근로자 중 유사한 질병을 앓는 자가 없는지 확인하고, 장기적으로 2세대 노출 근로자의 건강 영향을 모니터링하는 프로그램을 마련할 필요가 있다. 또한 고용노동부는 농약 관련 건강 장애 예방을 위한 제도 개선을 검토하고, 관련 부처와의 협조를 거칠 필요가 있다고 판단된다. 

4) Stefanova N, Bücke P, Duerr S, Wenning GK. Multiple system atrophy: an update. Lancet Neurol. 2009 Dec;8(12):1172-8.

산업안전보건 소식 · 산업안전보건연구원 활동



국제 안전보건 단신

WHO 서태평양지역사무소, 2011~2015년 산업보건 행동계획 발표

글로벌 행동계획(GPA)의 5대 목표를 바탕으로 '2011~2015 산업보건 행동계획'을 발표함.
 <출처 : http://www.wpro.who.int/health_topics/occupational_health/>

영국 IOSH, 청년사업가를 위한 안전보건 교육 지원

영국 산업보건협회(IOSH)는 청년사업가 및 신규 채용 근로자의 안전보건 분야 지원을 위하여 '청년사업가 및 신규 채용자 지원을 위한 협약'에 지지를 선언함.
 <출처 : http://www.iosh.co.uk/news_and_events/news/latest_member_news/iosh_signs_charter.aspx>

싱가포르, 유해 화학물질관리 프로그램 개시

주요내용은 정책 및 전략, 화학물질안전 정보 기록, 경고문구 표기, 위험성 평가, PPE, 교육, 폐기물 처리 등임.
 <출처 : <https://www.wshc.sg/wps/portal/bulletinview?action=viewBulletin&bulletinID=BU2011071215348>>

미국 NSC, 소규모 기업을 위한 안전진단 체크리스트 제공

미국 안전협회(NSC)는 홈페이지상에서

소규모 기업(Small Business)을 위한 자가 안전진단 체크리스트를 제공. 제공 체크리스트는 일반 분야 6개, 제조 분야 5개, 운수창고업 분야 3개, 음식업 분야 4개 등임.
 <출처 : http://www.nsc.org/members_get_more/memberresources/pages/checklists.aspx>

EU-OSHA, 신입 청장에 Dr. Sedlatschek 임명

유럽산업안전보건청(EU-OSHA)의 신입 청장으로 독일 산업안전보건연구원(BAuA)의 Dr. Christa Sedlatschek이 임명되었으며, 9월 16일 공식 취임할 예정임.
 <출처 : http://osha.europa.eu/en/press/press-releases/dr_christa_sedlatschek_appointed_lead_euosha>

건설업근로자, 피부암에 특히 취약

산업의학학술저널(Scientific Journal of Occupational Medicine)에 따르면 건설업 근로자들은 타 업종 근로자에 비하여 피부암 발병 가능성이 9배나 높은 것으로 나타남.
 <출처 : <http://www.thecourier.co.uk/Community/Health/article/15829/construction-workers-run-much-greater-risk-of-getting-skin-cancer-according-to-researchers.html>>

영국 HSE, 2011/2012년 건설업 사업계획 발표

영국 안전보건청(HSE)은 건설업 산재 예방을 위한 2011/2012년 사업계획을 발

표하고, 앞으로 집중하게 될 중점 분야 및 사업을 제시함.
 <출처 : www.hse.gov.uk/construction/work-plan-2011-12.pdf>

미국 건강보험개혁법, 건강한 직장만들기에 자금 지원

미국 보건복지부는 근로자 및 가족의 건강 증진을 위한 산업보건 증진 프로그램을 신설 및 평가할 수 있도록 1,000만 달러의 자금을 투입하기로 결정함.
 <출처 : <http://www.hhs.gov/news/press/2011press/06/20110623a.html>>

미국 국립산업안전보건연구원(NIOSH)의 사망산재조사프로그램(FACE) 소개

미국 국립산업안전보건연구원(NIOSH)과 주(州)차원으로 진행중인 FACE(Fatality Assessment and Control Evaluation Program)는 사망산재 조사 프로그램으로서 사망산재의 원인 규명과 분석을 통해 향후 유사한 재해발생 방지를 위한 전략 마련에 기여하고 있음.
 <출처 : <http://www.cdc.gov/niosh/face/brochure.html>>

EC, 유해 전자기장(전자파)로부터 노동자 보호를 위한 규칙 개정안 발표

유럽위원회(EC; European Community)는 전자기장에 관한 현재의 2004/40/EC 지침의 개정안을 발표함.

연구원 활동 · 동정

한국산업위생학회 하계학술대회

일 정 : 8월 25일(목)~8월 26일(금)
 장 소 : 순천향대학교(충남 아산)
 내 용 : 구연발표 8건, 포스터 12건

MSDS 영업비밀 제도 개선 TF 회의

일 자 : 8월 23일(화)
 장 소 : 고용노동부 산재예방보상정책관실 회의실
 안 건 : 산업안전보건법 MSDS 영업비밀 제도 개선 등

나노 정부 부처 전문가협의회

일 자 : 8월 23일(화)
 장 소 : 국립환경과학원(인천 서구)
 내 용 : 나노물질 취급 작업장 안전관리 등

해외 연구실 안전관리실태 조사

일 정 : 8월 27일(토)~9월 4일(일)
 장 소 : 미국의 대학 및 연구기관
 조사 참가 : 이근원 팀장

안전보건 관련 발간물 · 자료

미국 ASSE, 안전 전문가 고용에 대한 안내서 발간

미국 안전기술사회(ASSE)에서 발간한 '안전 전문가 고용에 대한 안내서(Employer's Guide to Hiring a Safety Professional)'는 사업주 및 인사 담당자의 안전 전문가 고용을 돕기 위한 길잡이이다.
 <출처 : http://www.asse.org/docs/Employer_Handbook_version_5_6.pdf>

산업안전보건 멀티미디어 자료 소개 - NAPO

Napo story는 EU-OSHA에서 제작하는 산업안전보건 멀티미디어 자료이다. 주인공 Napo는 산업 현장에서 일하는 근로자이며, 다양한 산업 현장의 위험상황에 노출된다.
 <출처 : <http://www.napofilm.net/en/napos-films/napoepisode?filmid=napo-015-safe-moves>>

EU-OSHA, 배달원 안전보건지침 선진 사례 모음집 발표

유럽산업안전보건청(EU-OSHA)은 오토바이 및 자전거를 이용한 배달업에 종사하는 근로자를 위한 권고사항 모음집을 발표하였다.
 <출처 : http://osha.europa.eu/en/press/press-releases/dr_christa_sedlatschek_appointed_lead_euosha>

ILO, World of Work magazine 제72호 발간

국제노동기구(ILO)가 발간한 World of Work 제72호의 주제는 '일터에서의 차별'이다. (EU)의 인구의 64%는 경제 위기가 산업 현장에서의 연령 차별을 심화시킬 것이라 대답하였다.
 <출처 : <http://www.ilo.org/global/publications/magazines-and-journals/lang-en/index.htm>>



International Symposium on Safety

Programs

Day 1 October 24th, 2011 (Mon.)

Time	Program
12:30 ~ 13:30	Registration
13:30 ~ 14:00	Opening Ceremony <ul style="list-style-type: none"> ○ Hun Ki Baek (President, KOSHA, Korea) ○ Ki-Seop Moon (Director General, Bureau of Prevention and Compensation, MOEL, Korea) ○ Kazutaka Kogi (President, ICOH)
14:00 ~ 16:00	Global Aspects of Occupational Safety and Health (Moderator: Seong-Kyu Kang, OSHRI, Korea) <ul style="list-style-type: none"> ○ Suvi Lehtinen (Chief, Office of Information & International Affairs, FIOH, Finland) <ul style="list-style-type: none"> Information Systems in Occupational Health and/or Networking Occupational Health ○ Sergio Iavicoli (Director, Department of Research, INAIL, Italy) <ul style="list-style-type: none"> Safe and Sustainable Development of Nanotechnologies ○ Bonnie Rogers (Professor, School of Public Health, University of North Carolina, U.S.A) <ul style="list-style-type: none"> Respiratory Protection with PPE of Health Care Workers ○ Nguyen Duy Bao (Director General, NIOEH, Vietnam) <ul style="list-style-type: none"> Programme of Prevention and Combating of Occupational Disease in Vietnam ○ Dae-Yul Choi (Executive Director, KOSHA, Korea) <ul style="list-style-type: none"> The Seoul Declaration and its Implications
16:00 ~ 16:20	Break
16:20 ~ 17:50	Corporate Social Responsibility and OSH (Moderator: Koji Mori, UOEH, Japan) <ul style="list-style-type: none"> ○ Takashi Muto (Professor, Dokkyo Medical University School of Medicine, Japan) <ul style="list-style-type: none"> How is Occupational Safety and Health Considered as an Element of Corporate Social Responsibility? ○ Timo Leino (Senior Researcher, Pension Fennia, Finland) <ul style="list-style-type: none"> Occupational Health Services and CSR in Europe ○ Takashi Maruyama (Professor, UOEH, Japan) <ul style="list-style-type: none"> Occupational Safety and Health from CSR Aspect in Japan ○ Hyuck-Myun Kwon (Director, KOSHA, Korea) <ul style="list-style-type: none"> CSR in OSH for Contractors by Large Enterprises
18:00 ~ 20:00	Welcome Reception

and Health at Work 2011



Programs

Day 2 October 25th, 2011 (Tue.)

Time	Program
09:00 ~ 10:30	<p>Update of Protecting Workers with Appropriate Personal Protective Equipment</p> <ul style="list-style-type: none"> Nicole Vars McCullough (Manager, 3M Company, U.S.A) End of Service Life Indicator Technology for Organic Vapors Claude Michels (Manager, DuPont, Luxembourg) Chemical Protective Clothing Technologies Don-Hee Han (Professor, Inje University, Korea) Current Status of PPE, Technology and Development Strategies for its Future Extensions Hyeck-Joong Choi (President, Hanseong Safety, Korea) A Research of Wearing Safety Hat for Working at a Hot Environment Kyung-Hun Kim (Manager, OSHRI, KOSHA, Korea) Past, Present & Future of the Ways of Protecting Workers
10:30 ~ 10:50	<p>Break</p>
10:50 ~ 12:20	<p>Accident Investigation and Injury Prevention</p> <ul style="list-style-type: none"> David Koh (Professor, National University of Singapore, Singapore) How has the Legislation Change Made Occupational Injury Fatality be Dropped to a Half? Andrew Curran (Director of Science, Health and Safety Laboratory, UK) Advance in Accident Investigation Methods through UK Experience Sang-Do Shin (Professor, Emergency Dept., Seoul National University Hospital, Korea) Approaching the Causal Aspects of Occupational Injuries through Emergency Care Units Un-Chul Shin (Director of Safety Research, OSHRI, KOSHA, Korea) Practical Ways of Preventing Injuries in Small Business
12:20 ~ 14:00	<p>Lunch & Poster Session</p>
14:00 ~ 15:30	<p>How Can We Reach "Real Harmonization"? - Updating Issues on GHS</p> <ul style="list-style-type: none"> Jonathan Krueger (Senior Specialist, United Nations Institute for Training and Research, U.N.) Activities of the UNITAR/ILO Global GHS Capacity Building Programme and UNITAR/ILO/OECD WSSD GHS Partnership Liu Gang (Director, Shanghai Research Institute of Chemical Industry Testing Center, China) GHS Implementation Status and Future Prospects in China Hiroshi Jonai (Professor, Graduate School of Science & Technology, Nihon University, Japan) Ongoing Discussion on a Chemical List at UNSCGHS Jong-Han Lee (Deputy Director of Chemical Information Dept., OSHRI, KOSHA, Korea) How Research Institutes Help GHS to be Settled down at Workplace
15:30 ~ 15:50	<p>Break</p>
15:50 ~ 17:20	<p>Stepwise Approaching Strategy for Eliminating Asbestos Related Diseases</p> <ul style="list-style-type: none"> Ken Takahashi (Professor, UOEH, Japan) Global Magnitude of Reported and Unreported Mesothelioma Somkiat Siriruttanapruk (Director, Ministry of Public Health, Thailand) How to Change the Society for Banning Asbestos in Developing Countries Soon-Hee Jung (Professor, Yonsei University, Korea) 10 Years Experience of Malignant Mesothelioma Surveillance by Pathologists Jiwoon Kwon (Researcher, OSHRI, KOSHA, Korea) Pitfalls of Analysing Asbestos in Air and Bulk Samples

International Symposium on Safety and Health at Work 2011

Sharing Experience for Tomorrow

Korea Occupational Safety and Health Agency



Date

October 24th ~ 25th, 2011

Venue

Songdo Convensia, Incheon, Korea



Occupational Safety and Health Research Institute

Hosted by

OSHRI



Sponsored by

ICOH SC-HSREOH

International Commission on Occupational Health
Scientific Committee on Health Service Research and Education in Occupational Health