

# OSH

Vol. 5 No. 10 (통권 50호) 2011. **10**

## 안전보건 연구동향 RESEARCH BRIEF

기획  
특집

**선진 외국기관들의 발암물질 분류 현황과  
우리의 역할**

논단  
코너

**공정안전관리(PSM),  
어떻게 운영되나?**

### 원장칼럼

산업안전보건연구원(I)

### 연구동향

소음 노출 사업장의 소음 노출 수준과 기준 초과율 현황 및 요인  
서비스업종의 안전한 청소방법  
음향 도구 착용 근로자의 소음 노출상태에 관한 연구  
유럽근로환경조사(EWCS)의 이해(I)

### 안전보건 연구활동

제19회 세계산업안전보건대회를 다녀와서

### 안전경영 사례

자발적 위험성 평가를 통한 안전경영 성공 사례(III)

### 화학사고 조사 사례

아연의 분진 폭발 위험성과 안전대책



**산업안전보건연구원**



## 현대에는 석유화학시대!

알람시계, 샤워기, 헤어드라이어기, 지하철 의자, 휴대전화,  
신용카드, 옷, 신발, 엘리베이터, PC.....  
아침에 눈을 떠서부터 회사에 도착하기까지  
접하게 되는 것들 중 어느 것 하나  
석유화학과 연관되지 않은 것이 없다.  
그만큼 석유화학은 우리 생활 깊숙이 스며들어 있는 것이다.  
석유화학산업은 그 어느 산업보다도  
각종 제품 생산에 따른 산업안전과  
환경안전문제의 예방·관리를 필요로 한다.  
복잡한 공정 특성상 사고 발생 시 대형사고로 전이되어  
막대한 인적·물적 손실을 초래할 가능성이 높아  
체계적인 제도를 통해 사전에 사고를 방지해야 하는 것이다.



Vol. 5 No. 10 (통권 50호)  
**OSH RESEARCH BRIEF**  
2011. 10

**원장칼럼** 04 산업안전보건연구기관(I) · 강성규

**기획특집**

08 선진 외국기관들의 발암물질 분류 현황과 우리의 역할 · 임경택

**논단코너**

**공정안전관리(PSM), 어떻게 운영되나?**

- 14 공정안전관리(PSM)에 대한 이해 · 안병준
- 22 외국의 중대산업사고 예방 제도 · 강미진
- 28 국내 공정안전관리(PSM) 제도 운영 현황 및 발전방안 · 이재열

**연구동향**

- 34 소음 노출 사업장의 소음 노출 수준과 기준 초과율 현황 및 요인 · 김규상
- 42 서비스업종의 안전한 청소방법 · 김정수
- 48 음향 도구 착용 근로자의 소음 노출실태에 관한 연구 · 김갑배
- 54 유럽근로환경조사(EWCS)의 이해(I) · 권오준

**안전보건 연구활동  
안전경영 사례  
화학사고 조사 사례**

- 62 제19회 세계산업안전보건대회를 다녀와서 · 강성규
- 64 자발적 위험성 평가를 통한 안전경영 성공 사례(Ⅲ) · 이관형
- 66 아연의 분진 폭발 위험성과 안전대책 · 한우섭

산업안전보건 소식 · 산업안전보건연구원 활동 73

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

제5권 10호(통권 50호) 간별 월간 발행일 2011년 10월 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 조홍학, 윤영식 편집·제작 (주)광고연합 Tel. 02)2264-7306

# 산업안전보건연구기관( I )

산업안전보건에 대한 연구기관은 해당 국가의 고용부나 노동부 또는 보건부에 속해 있기도 하고, 독립적인 기관으로 있기도 하다. 안전 연구와 보건 연구는 한 기관에 통합되어 하는 경우가 대부분이다. 출발은 안전 연구로 시작한 경우도 있고 산업의학 또는 산업위생실험실로 시작한 경우도 있는데, 대부분 현재의 연구 방향은 근로자의 건강에 관한 분야가 더 활발하다. 이번호에서는 독립형 연구기관인 영국의 보건안전연구원(HSL)과 보건부 산하 연구기관에 속하는 미국의 국립산업안전보건연구원(NIOSH), 그리고 핀란드 산업보건연구원(FIOH) 등을 소개하고 다음호에 노동부 산하 연구기관을 소개한다.



강성규 원장  
산업안전보건연구원

대부분의 국가에는 산업안전보건에 대한 감독기관이나 연구기관이 있다. 감독기관은 고용부, 인력부 또는 노동부에서 속해 있다. 연구기관은 고용부나 노동부 또는 보건부에 속해 있기도 하고, 독립적인 기관으로 있기도 하다. 독립기관으로서 대표적인 기관은 영국의 보건안전연구원(HSL)이다. 미국의 국립산업안전보건연구원(NIOSH)은 보건부에 속해 있고, 독일의 연방산업안전보건연구원(BAuA)은 노동부 산하이다. 프랑스의 국립안전연구원(INRS)은 산재보험기금에 속해 있다.

보건부에 속한 연구기관은 대개는 정부의 일반회계 예산을 사용한다. 고용·노동부에 속한 연구기관은 일반회계 예산을 사용하는 경우도 있지만 산재예방기금 등의 특별회계 예산을 사용하는 경우도 있다. 특별회계 예산을 사용하는 경우에는 근로자건강보험기금(또는 산재보험기금)에 속한 경우가 많다.

안전 연구와 보건 연구는 한 기관에 통합되어 하는 경우가 대부분이다. 출발은 안전 연구로 시작한 경우도 있고 산업의학 또는 산업위생실험실로 시작한 경우도 있는데, 대부분 현재의 연구 방향은 근로자의 건강에 관한 분야가 더 활발하다. 인도와 같은 일부 국가에서는 안전연구원과 보건연구원이 별도로 있기도 하다.

## 독립형 연구기관

### 영국의 보건안전연구원(HSL; Health and Safety Laboratory)

영국의 HSL은 산업안전보건 분야에서 전 세계 연구기관 중 가장 오래된 곳이다.

1911년에 광산 폭발사고를 계기로 윈스턴 처칠 장관



세계에서 가장 오래된 산업안전보건 연구기관으로 자리잡은 영국 보건안전연구원(HSL) 전경. HSL은 영국 산업안전보건청(HSE) 산하기관이다.

의 서명으로 광산안전에 대한 광산안전연구실험실이 설립되었다. 이후 산업의학실험실, 산업위생실험실이 설립되었다. 1975년에 보건안전청(HSE; Health and Safety Executive) 신설을 계기로 산업의학 및 위생연구소, 안전공학연구소, 화재폭발연구소를 통합하여 HSE의 연구부로 재출발하였다. 1995년에는 이 세 연구소를 보건안전연구원(HSL)으로 통합하고 HSE의 산하기관으로 변경하였다. 2004년에는 각지에 흩어진 연구 실험실을 중부의 Buxton 지역으로 통합하여 현재에 이르고 있다.

HSE의 모기관인 HSE는 행정적으로는 고용부, 통상부 등에 속하지만, 예산과 인력을 독립적으로 운영하는 차관급의 외청이다. HSE는 북해유전 폭발사고를 계기로 1975년에 각 부서에 흩어져 있던 안전 관련 업무를 하나로 모아 총괄하기 위해 설립된 행정감독기관이다.

HSL은 360명의 조직으로 2011년도 예산은 약 4,000만 파운드(약 680억원)이며 80%가 정부의 일반회계로 지원받고 20%는 자체 수입에 의존한다. HSL은 기존의 직능 중심의 단선조직에서 과제 중심의 다원조직으로 변경하여 운영하고 있다. 작업장 건강, 나노, 정도관리, 폭발인증 분야로 연구센터를 운영하고 분석 서비스를 제공하며 교통안전, 원자력안전, 우주항공안전을 포함한 8개 업종에 대한 조사와 연구를 하고 있다.

HSL의 강점은 중대사고 조사 능력이다. 산업안전에서 중대사고가 발생하면 HSE는 HSL에 조사를 의뢰한다. HSL에서 사업주 책임이 있다고 조사한 사고의 95% 이상이 법원에서 사법 처리되고 있다. 영국은 영미법의 기본대로 예방조치에는 자율성을 부과하되, 사고가 발생한 경우 강력한 행정조치를 하여 재해를 크게 감소시키고 있다. 1910년대에 5,000명 수준이던 사고사망자수는 2011년 현재 150명 수준으로 크게 감소하였다.

현재 영국은 여러 정부기관을 민영화하고 있다. HSL은 초기에는 HSE의 한 부서로 운영되었지만 점차 독립성을 강화하여 현재는 별도의 이사회를 구성하고 예산과 인력을 독립적으로 운영한다. 2010년에는 아예 HSL을 민영화시키려고 검토하였으나, 중대재해 조사업무의 공공성 및 공정성 때문에 HSE 산하기관으로 유지하기로 결정하였다.

## 보건부 산하 연구기관

### 미국의 국립산업안전보건연구원(NIOSH; National Institute for Occupational Safety and Health)

미국의 NIOSH는 보건부 산하의 연구기관으로 올해에 설립 40주년이 되었다. 1971년에 산업안전보건법을 제정하면서 규제와 감독은 노동부의 산업안전보건청(OSHA)이, 연구와 기술 지원은 보건부의 NIOSH가 맡도록 하여 견제와 균형을 이루게 하였다. 명칭에 통상적인 of 대신에 for를 사용한 이유는 근로자의 건강을 위한 연구기관이 되라는 뜻이다.

NIOSH 본부는 워싱턴과 애틀랜타에 있지만 연구부서는 신시내티, 물간타운 등 여러 곳에 소재하고 있다. 물간타운은 1969년에 설립된 Appalachian Laboratory for Occupational Safety and Health(ALOSH)를 이어 받아 주로 진폐증 등 호흡기계 직업병과 안전사고에 대한 연구를 수행하고 있고, 신시내티에서는 호흡기 이외의 직업병 연구와 분석, 교육 및 홍보를 담당하고 있다.

2011년 현재 NIOSH의 인원은 1,237명이며, 예산은 미화 3억 달러(약 3,300억원)로 정부의 일반회계 예산을 사용하고 있다. NIOSH 예산의 40%는 위탁 연구, 보건대학원 교육 지원, 산업의학 전공의 수련 지원 등 외부 지원에 사용하고 있다. 세계무역센터 폭파 때 소방관 등 많은 사람이 직업적 위험에 노출되었는데, 이들을 대상으로 추적건강관리 프로그램을 운영하고 있다. 이 프로그램에는 6만 명이 등록되어 있고, 예산은 약 7,000만 달러이다.

NIOSH는 1980년대에 10대 우선과제를 선정하여 연구를 수행하였다. 이 우선과제는 다른 여러 나라의 연구 방향 설정에도 영향을 미쳤다. 그런데 1995년 민주당의 클린턴 대통령 시절에 공화당이 40여 년 만에 하원의 다수당이 되는 여소야대가 되면서 NIOSH와 OSHA의 활동에 대하여 의회가 견제하는 상황이 발생하였다.

초기에 NIOSH에 불리하던 상황은 그 뒤 오히려 반전되어 1997년에는 몰간타운에 건강영향연구실험실을 신설하고, 광산안전 관련 연구기관까지 통폐합하여 NIOSH의 인력과 연구실험실은 더 확대되었다. 그러나 NIOSH는 이를 계기로 새로운 우선 연구 방향을 설정하게 되었다. 지방정부, 학계, 노·사 등이 참여하는 지역별 미팅을 통해 1996년에 산업안전보건 국가연구과제



미국 국립산업안전보건연구원(NIOSH)의 연구소는 미국 전역에 전략적으로 배치되어 있다. 사진은 NIOSH Morgantown 연구실 전경.

**미국 국립산업안전보건연구원(NIOSH)은 중대재해 조사, 역학 조사, 연구, 감시 체계 운용은 물론 각종 기술지침, 매뉴얼 등을 개발하여 미국을 비롯한 전 세계의 산업안전보건 전문가들이 활용하게 하고 있다. 특히 작업장에서 사용하는 화학물질의 분석방법에 대한 매뉴얼을 집대성하여 세계의 화학물질 분석 전문가들이 활용하도록 제공하고 있다.**

**NIOSH의 역학 조사(HHE; Health Hazard Evaluation)는 예방적 조사기능임에도 불구하고 산재보상 제도가 취약한 미국에서 근로자들에게 질병의 직업적 인과관계를 규명해 주는 매우 중요한 역할을 하고 있다.**

(NORA; National Occupational Research Agenda)를 선정하게 되었다.

NORA는 기존의 단순과제에서 벗어나서 3개 분야(질병과 손상, 작업환경과 노동력, 연구방법 및 도구)의 21개 연구주제를 우선과제로 선정하였다. 2006년에는 NORA 10주년을 맞이하여 우선 연구과제를 유해요인별 접근에서 업종별 접근으로 변경하였다. 2006~2016년 기간의 우선 연구과제로는 10개의 업종별 프로그램과 24개의 업종간 프로그램을 선정하였다. 동시에 연구의 현장 활용성을 강조하기 위하여 R2P(Research to Practice)를 강조하였다. 2011년부터는 재해를 근원적으로 예방하기 위해 사업계획 단계부터 안전보건을 고려하도록 PtD(Prevention through Design) 캠페인을 전개하고 있다. 또한 PtD에 대한 연구는 물론 공학교육 과정에 PtD를 개설하도록 권고하고 있다.

NIOSH는 중대재해 조사, 역학 조사, 연구, 감시 체계 운용은 물론 각종 기술지침, 매뉴얼 등을 개발하여 미국을 비롯한 전 세계의 산업안전보건 전문가들이 활용하게 하고 있다. 특히 작업장에서 사용하는 화학물질의 분석방법에 대한 매뉴얼을 집대성하여 세계의 화학물질 분석 전문가들이 활용하도록 제공하고 있다. NIOSH의 역학 조사(HHE; Health Hazard Evaluation)는 예방적 조사기능임에도 불구하고 산재보상 제도가 취약한



영국 HSL Eddie Morland 원장(두 번째 줄 우측 두 번째), 핀란드 FIOH Harri Vainio 원장(두 번째 줄 좌측 두 번째)

미국에서 근로자들에게 질병의 직업적 인과관계를 규명해 주는 매우 중요한 역할을 하고 있다.

### 핀란드 산업보건연구원(FIOH; Finnish Institute of Occupational Health)

핀란드 산업보건연구원(FIOH)<sup>1)</sup>은 1945년 보건사회부 산하에서 법률에 의해 독립된 기관이다. FIOH는 핀란드 근로자를 위한 조사와 연구뿐만 아니라 아시아, 아프리카 지역의 산업안전보건 발달을 위해 지원을 많이 한다. 2011년에 직원은 약 760명이며, 예산은 6,800만 유로(한화 약 1,020억원)인데 60%는 정부의 일반회계 예산지원이고 나머지는 자체 수입(검진 등 서비스 수입)이다.

핀란드는 사회보장 제도가 잘 되어 있어 근로자의 질병에 기인한 휴업으로 인한 손실이 매우 큰 나라이다. 근로자는 직업병이건 비직업병이건 일단 질병이 발생하면 치료를 위한 휴업을 할 수 있고, 노동 능력을 상실하면 조기 은퇴를 할 수 있다. 가장 많은 원인은 탈진증후군(Burn-Out Syndrome) 같은 정신질환인데 전체 사회적 비용의 50%에 이른다. 2008년에 탈진증후군으로 인한 생산손실이 84억 유로에 이르는 것으로 추정된다. 이 때문에 직무스트레스 또는 노동시간에 대한 연구를

많이 하고 있다. FIOH의 연구에 의하면 하루 11시간 이상 일하는 근로자는 8시간 일하는 근로자보다 심혈관계 질환 발생 확률이 60% 증가한다고 한다.

FIOH도 2006년 이전에는 직능 중심의 조직이었다. 지역연구소는 산업안전보건 서비스나 교육을 담당하였고, 본부의 부서는 연구나 교육과 정보를 담당하였다. 최근에 조직을 직능 중심에서 업무 분야 중심으로 개편하였다. 2006년도부터 이를 통합하여 분야별로 최고전문가센터를 구성하여 다원적인 협력 연구가 가능하게 하였고, 2011년부터는 이를 바탕으로 연구, 전문사업, 정책 지원 분야로 구분하였다.

### 기타 국가의 연구원

중국의 산업보건 및 중독통제소(NIOHPC; National Institute of Occupational Health and Poison Control)<sup>2)</sup>는 보건부 산하 질병관리본부에 속한 연구기관이다. 1954년에 산업보건연구원으로 설립되었고, 2002년에 화학물질에 의한 중독질환 예방 관리기능을 추가하여 현재의 명칭으로 변경되었다. 약 150여 명의 직원이 있고, 정부 일반회계 예산을 사용한다. 산업보건 정책 지원, 안전보건 연구, 정도관리업무를 수행한다.

베트남 산업환경보건연구원(NIOEH; National Institute of Occupational and Environmental Health)도 보건부 산하 연구원이다. 직업병에 대한 정책 지원, 연구, 조사를 수행한다. 베트남에는 국립노동보호연구원(NILP; National Institute for Labor Protection)이라는 연구기관도 있는데, 이는 공산당 산하의 연구원으로 연구, 작업환경측정, 검진 등을 수행한다. 안전 분야는 별도의 연구원이 있지 않고 노동부의 산업안전국에서 담당한다.

중국과 베트남, 그리고 동유럽 국가 일부에서는 감독 조차도 산업보건은 보건부에서 담당하고, 산업안전은 노동부에서 담당하였으나, 점차 노동부로 일원화 되는 추세이다. 

1) 홈페이지 <http://www.ttl.fi>

2) 기관 영문 소개 <http://www.niohpc.net.cn/zuzhijigou/yingwenjianjie.htm>

# 선진 외국기관들의 발암물질 분류 현황과 우리의 역할



**임경택** 연구위원  
 산업안전보건연구원  
 화학물질안전보건센터 독성연구팀

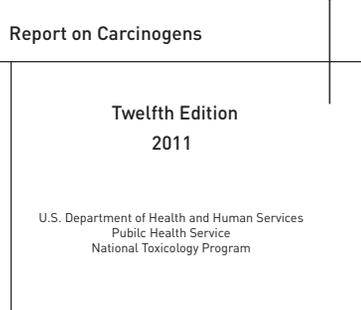
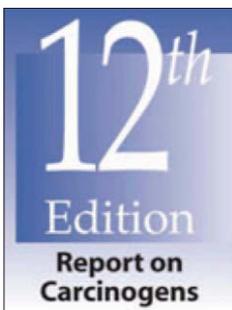
주요 선진국들은 발암성물질 목록을 작성·유지하고, 이를 통해 발암성물질을 체계적으로 관리하고 있다. 최근 발행된 국립독성프로그램(NTP)의 발암물질에 대한 보고서 12판에서는 8종의 화학물질이 새롭게 검토되었고, 포름알데히드와 아리스토토크산(aristolochic acids)이라는 식물성분은 ‘사람에서 발암원으로 알려진 것(K)’의 분류에 새롭게 추가되었다. Captafol, cobalt-tungsten carbide(파우더 및 중금속), 일부 유리섬유(호흡성), o-nitrotoluene, riddelliine 및 styrene 등 6종의 화학물질은 ‘사람에서 발암물질이라고 합리적으로 예상되는 것(R)’의 분류에 새롭게 포함되었다. 우리나라는 아직까지 암을 일으키는 물질에 대한 관리·규제가 체계적이지 않은 실정이며, 발암성물질을 다루는 통합 체계가 없이 산업안전보건법과 유해화학물질관리법에서 따로 다루고 있다. 이에 우리나라도 발암성물질에 대한 과학적 근거에 바탕을 둔 정확한 분류 및 해당 발암성물질의 관리가 시급히 필요하다.

## NTP 발암물질 보고서 12판에 대하여

국립독성프로그램(NTP; National Toxicology Program) 발암물질 보고서는 잠재적 암 위험성을 초래할 수 있는 일부 화학물질 및 생물학적 인자 등의 환경물질을 규정한다. 인자, 화학물질, 혼합물 또는 노출 등을 한꺼번에 화학물질로 묶어 발암물질 보고서에 사람에서 발암물질이라고 알려진 것과 합리적으로 발암

물질로 예상되는 것을 나열한다(<http://ntp.niehs.nih.gov/go/15209>의 구체적인 목록기준 참조).

이는 암 위험을 보유하는 물질을 확인하는 과학적인 공중보건에 대한 자료로서 사람에 발암성이라고 알려지거나 합리적으로 예상되는 물질 목록 및 여덟 개의 새로운 검토 목록을 포함한 240종의 물질에 대한 정보를 다루고 있으며, 미국 보건복지부 산하 NTP에서 작성하였다.



[그림 1] NTP 발암물질 보고서 제12판(2011)

### NTP 발암성물질 분류기준

- 사람에게 발암물질로 알려진 것(Known to be human carcinogens) : 이 분류는 사람에 대한 화학물질 노출 및 발암과의 원인-효과관계를 보여주는 사람에서의 연구에서 발암의 충분한 증거가 있을 때 주로 사용된다. 때로 화학물질이 암 발생을 유도하는, 알려진 생물학적 효과를 일으키는 것으로 보이는 사람에서의 연구에 근거하여 이 분류에 해당된다.
- 사람에게 발암물질이라고 합리적으로 예상되는 것(R) (Reasonably anticipated to be a human carcinogen) :

이 분류는 사람에서 발암의 제한적인 증거가 있거나, 실험동물에서 화학물질 노출과 암 발생 간의 원인-효과관계를 보이는 충분한 증거가 있는 물질을 포함한다. 예외적으로 이미 발암물질 보고서에 이 분류로 되어 있거나 암 발생을 유도하는 것으로 알려진 생물학적 효과를 유발하는 증거가 있는 경우 이 분류에 해당될 수 있다. 전문가 및 과학적 판단을 고려하여 제공되는 모든 관련정보는 모든 암 연구를 검토하여 결론에 도달하는 데 사용된다.

발암물질에 대한 보고서 12판에서는 8종의 화학물질이 목록 구분을 위해 새로이 검토되었다. 산업화학물질인 포름알데히드와 아리스토토크산(aristolochic acids)으로 알려진 식물성분은 사람에서 발암원으로 알려진 것(K)으로의 분류에 새롭게 추가된 두 가지 화학물질이다. captafol, cobalt-tungsten carbide: 파우더 및 중금속, 일부 유리섬유(호흡성), o-nitrotoluene, riddelliine 및 styrene 등 다른 6종의 화학물질들은 사람에서 발암물질이라고 합리적으로 예상되는 것(R)으로의 분류에 새롭게 포함되었다.

누구든지 목록에 대한 고려 또는 발암물질 보고서에서 제외하는 것을 제안할 수 있으며, 제안된 화학물질에 대한 정식 평가를 수행하고, 과학적 검토과정을 거쳐 후보물질이 선정된다. 한 번 후보물질이 선택되면 공적인 의견을 위한 여러 기회와 함께 광범위한 과학적 검토가 시작된다. 또한 이 검토과정에는 연방보건 관련 기관들로부터 외부 과학자들 및 정부기관 과학자들의 의견이 포함된다. 모든 문서는 공개 토론에서 외부 과

학자들이 공동 검토하고 NTP의 공동 검토 의견에 근거하여 종결된다(검토과정에 대한 자세한 정보는 <http://ntp.niehs.nih.gov/go/29353>을 참고).

이번 NTP 발암물질 보고서 12판에는 화학물질과 관련된 일부 부류를 포함하는 240종의 정보가 담겨 있다. 여기에는 사람에게 발암물질로 알려진 54종의 화학물질 및 사람에게 발암물질이라고 합리적으로 예견되는 186종의 화학물질이 포함되어 있다. 이것은 그동안 내용이 누적되어온 보고서이며, 이전 판의 내용에 있는 모든 물질목록에 대한 정보뿐만 아니라 새롭게 검토된 화학물질 관련정보도 포함하고 있다(전체 보고서의 내용은 NTP 웹사이트 <http://ntp.niehs.nih.gov/go/roc12>에서 찾아 다운로드 가능).

NTP는 1978년 설립된 부처간 프로그램이다. 이는 연방정부 내의 독극물 시험 프로그램 조정, 독극물에 대한 과학 기반 강화, 개발 및 개선된 시험법의 유효성 검증을 비롯해 보건, 법규 및 연구기관, 과학 및 의료 단체와 일반 대중에게 잠재적 독성물질 관련정보를 제공하고 자 하는 공동의 노력으로 만들어졌다. NTP는 국립환경보건과학원(NIEHS)에 본부를 두고 있다. NTP에 대한 자세한 내용을 보려면 <http://ntp.niehs.nih.gov>를 방문하면 된다. NIEHS는 인간의 건강에 대한 환경의 영향을 이해하기 위한 연구를 지원하는 국립보건원(NIH)의 산하기관이다(환경보건 분야에 대한 자세한 내용은 해당 홈페이지 <http://www.niehs.nih.gov>를 참고).

NTP 보고서에는 다음과 같은 부록이 제공된다.

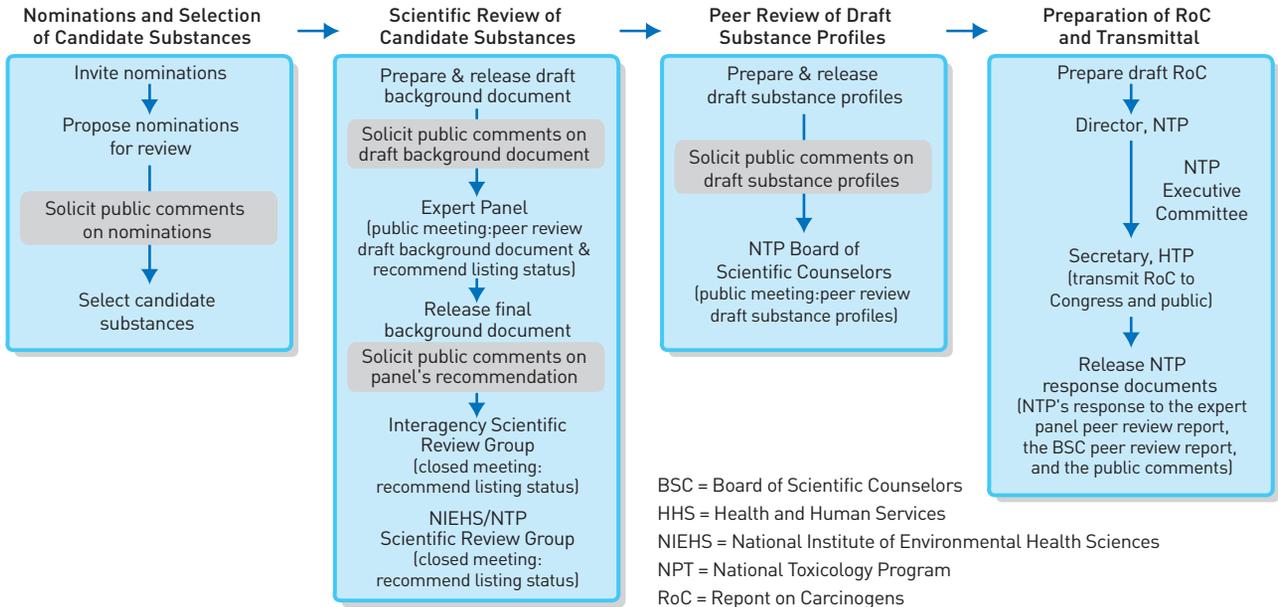
- 부록 A는 인간에게 발암성 등 IARC 분류 제조과정, 직종 및 노출상황의 목록을 제공한다.
- 부록 B는 RoC에서 제외된 인자, 화학물질, 혼합물 또는 노출상황을 나열한다.
- 부록 C는 검토했지만 RoC의 목록 추천되지 않은 인자, 물질, 혼합물, 또는 노출상황을 나열한다.

〈표 1〉 새로 검토된 화학물질의 요약

화학물질	분류	화학물질의 성상
Aristolochic Acids	K	Botanical
Formaldehyde	K	Industrial Chemical
Captafol	R	Fungicide
Cobalt-Tungsten Carbide: Powders & Hard Metals	R	Metal
Certain* GlassWool Fibers(Inhalable)	R	Synthetic Fiber
o-Nitrotoluene	R	Industrial Chemical
Riddelliine	R	Botanical
Styrene	R	Industrial Chemical

240종의 화학물질을 포함하는 전체 보고서는 <http://ntp.niehs.nih.gov/go/roc12>에서 찾아볼 수 있음

\*모든 유리섬유가 발암원은 아니다. 일부 호흡기에 들어갈 수 있는 섬유들은 더 내구성 있고, 오랜 기간 동안 폐에 남아 있게 된다.



[그림 2] NTP 발암물질 보고서의 검토과정

- 부록 D는 12편 보고서의 준비에 공동 참여자를 나 타낸다.
- 부록 E는 2004년부터 독성학 및 발암성 시험의 후 보였던 화학물질들의 <표>이다.
- 부록 F는 화학물질과 화학물질의 일반적인 동의어 또는 약어의 교차 참조 목록이다.
- 부록 G는 RoC에 포함된 CAS 번호가 확인된 목록 이다.

**선진 외국(국제기구들)의 발암성물질 분류에 대하여**

직업성 암의 원인은 발암성물질이며 발암성물질의 사 전적 정의는 ‘암종(癌腫) 또는 다른 악성 종양의 발육을 자극하는 물질’로 되어 있다(Webster, 2011). 산업안전 보건법에서는 발암성물질에 대한 정의를 시행규칙 [별 표 11]의 2에 ‘암을 일으키거나 그 발생을 증가시키는 물질’로 규정하고 있다.

산업안전보건법상 발암성물질이 포함된 화학물질은 총 9개의 시스템에 걸쳐 관리되고 있으며, 각 개별 제 도에서 정의, 기준, 종류, 관리방법은 모두 다르게 체계 화되어 있다. 가장 많은 발암성물질을 관리하는 제도는

GHS(Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals) 기준에 의한 물질안전 보건자료로서 약 595종으로 추측할 수 있다. 이후 발암 성물질이 포함된 제조 등의 금지물질, 제조 등의 허가 대상물질, 건강관리수첩 대상물질, 허용기준 대상물질, 관리대상 유해물질, 작업환경측정대상, 특수건강진단 대상 및 노출기준 설정 유해물질은 서로 중복되는 물질 이 있고 규제의 수준이 유사함에도 불구하고 물질이 달 리 설정되는 등 복잡·다원화된 체계로 관리되고 있다 (피영규 등, 2008).

발암성물질에 대한 분류정보와 발암성물질에 해당되는 물질의 목록정보를 제공하고 있는 국제적인 전문기관은 IARC,<sup>1)</sup> NTP,<sup>2)</sup> ACGIH,<sup>3)</sup> 미국 EPA<sup>4)</sup> 및 OSHA,<sup>5)</sup> EU ECHA<sup>6)</sup> 등이 있다. 이들 기관이 제공하고 있는 발암성

1) IARC : International Agency for Research on Cancer - 국제암 연구소  
 2) NTP : National Toxicology Program - 미국 국립독성프로그램  
 3) ACGIH : American Conference of Governmental Industrial Hygienists - 미국산업위생전문가협의회  
 4) EPA : U.S. Environmental Protection Agency - 미국환경청  
 5) OSHA : Occupational Safety and Health Administration - 미국 산업안전보건청  
 6) EU ECHA : European Union European Chemicals Agency - 유럽화학물질청

〈표 2〉 국제기구들의 발암성물질 분류

IARC	GHS	NTP	ACGIH	EU
Group 1	Cat. 1A	Known	A1	Cat. 1
Group 2A	Cat. 1B	Reasonably suspected	A2	Cat. 2
Group 2B			A3	
Group 3	Cat. 2		A4	Cat. 3
Group 4			A5	

〈표 3〉 IARC 발암성물질 분류기준

구분	발암성물질 분류기준
Group 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>인체 발암성물질(carcinogenic to humans), 혼합물, 노출환경</li> <li>인간 발암성에 대해 충분한 증거(sufficient evidence)가 있는 물질</li> <li>예외적으로 인간 발암성에 대한 증거는 불충분(less than sufficient evidence)하나 동물실험에서는 충분한 증거(sufficient evidence)가 있고 노출된 사람에게는 발암기전을 일으킨다는 유력한 증거가 있는 물질</li> </ul>
Group 2A	<ul style="list-style-type: none"> <li>인체 발암 추정물질(probably carcinogenic to humans), 혼합물, 노출환경</li> <li>인간 발암성에 대한 제한된 증거(limited evidence)와 동물실험에서 충분한 증거(sufficient evidence)가 있는 물질</li> <li>또는 인간 발암성에 대해서는 증거가 부적당(inadequate evidence)하나 동물실험에서는 충분한 증거(sufficient evidence)가 있고 동물에서 암을 일으키는 기전이 사람에게도 작용한다는 유력한 증거가 있는 물질</li> <li>예외적으로 인간 발암성에 대해 제한된 증거(limited evidence)만 있는 물질을 포함</li> </ul>
Group 2B	<ul style="list-style-type: none"> <li>인체 발암 가능물질(possibly carcinogenic to humans), 혼합물, 노출환경</li> <li>인간 발암성에 대한 증거가 제한적(limited evidence)이고 동물실험에서는 불충분한 증거(less than sufficient evidence)가 있는 물질</li> <li>또는 인간 발암성에 대해서는 증거가 부적당(inadequate evidence)하나 동물실험에서는 충분한 증거(sufficient evidence)가 있는 물질</li> </ul>
Group 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>인체 발암성 비분류물질(not classifiable as to carcinogenicity to humans)</li> <li>인간 발암성에 대해서는 증거가 부적당(inadequate evidence)하고 동물 실험에서는 부적당하거나 제한된 증거(inadequate or limited evidence)가 있는 물질</li> <li>예외적으로 인간 발암성에 대해서는 증거가 부적당(inadequate evidence)하나 동물실험에서는 충분한 증거(sufficient evidence)가 있고, 동물에서 암을 일으키는 기전이 사람에게도 작용하지 않는다는 유력한 증거가 있는 물질을 포함</li> <li>기타 Group 1, 2A, 2B, 4에 속하지 않는 물질도 Group 3으로 분류함</li> <li>발암성이 없거나 종합적인 안전을 확정하는 것이 아니고 더 연구가 필요함을 의미함</li> </ul>
Group 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>인체 비발암성 추정물질(probably not carcinogenic to humans)</li> <li>인간과 실험동물에서 발암성이 없다는 증거(evidence suggesting lack of carcinogenicity)가 있는 물질</li> </ul>

〈표 4〉 IARC 발암성물질 분류기준별 해당인자수

구분	발암성물질 분류기준		인자, 혼합물 또는 노출환경의 수	
	구분	발암성물질 분류기준	인자	혼합물 또는 노출환경의 수
발암성인자	Group 1	인체 발암성물질	107	433
	Group 2A	인체 발암 추정물질	59	
	Group 2B	인체 발암 가능물질	267	
비발암성인자	Group 3	인체 발암성 비분류물질	508	509
	Group 4	인체 비발암성 추정물질	1	
합계			942	

물질의 정보내용과 분류 체계는 해당기관의 운영 목적과 정보 제공의 특성에 따라 많은 차이를 보인다.

이와 같은 유해·위험한 화학물질을 분류 체계에 의한 정보 제공 내용의 차이라는 국제적인 문제점을 해결하기 위하여 화학물질의 분류 체계를 국제적인 기준으로 통일화하고자 도입된 제도가 UNECE<sup>7)</sup>의 UN GHS<sup>8)</sup> 기준이다. 우리나라 고용노동부에서는 UN GHS 기준을 근거로 ‘화학물질의 분류 표시 및 물질안전보건자료에 관한 기준(고용노동부고시 제2009-68호)’을 개정하여 발암성물질을 ‘구분 1A,<sup>9)</sup> 구분 1B,<sup>10)</sup> 구분 2<sup>11)</sup>로 구분’하여 분류하고 있다. 그리고 2011년 3월 ‘화학물질 및 물리적 인자의 노출기준(고용노동부고시 제2011-13호)’을 개정하여 183종의 노출기준 설정 화학물질에 대한 발암성물질정보를 UN GHS 기준에 맞추어 제공하고 있다.

### 국제암연구소의 발암성물질 분류

국제암연구소(IARC)는 세계보건기구(WHO)의 산하 기구로서 가장 널리 통용되는 발암성물질 분류 시스템을 개발하였다. 여기서는 주로 역학 연구와 동물실험에 기초하면서 전문가의 의견을 반영하여 발암성의 정도에 따라 다섯 가지로 분류하고 있다.

IARC 발암성물질 목록에는 CAS 번호<sup>12)</sup>가 부여된 물질과 CAS 번호가 부여되지 않은 인자, 혼합물, 노출환경 등이 함께 수록되어 있으며,<sup>13)</sup> 발암성물질 목록에서

7) UNECE : United Nations Economic Commission for Europe - 유엔유럽경제위원회

8) UN GHS : Globally Harmonization System of classification and Labeling of chemicals - 화학물질의 분류 및 표지에 관한 세계조화시스템

9) 구분 1A : 사람에게 충분한 발암성 증거가 있는 물질

10) 구분 1B : 시험동물에서 발암성 증거가 충분히 있거나, 시험동물과 사람 모두에서 제한된 발암성 증거가 있는 물질

11) 구분 2 : 사람이나 동물에서 제한된 증거가 있지만, 구분 1로 분류하기에는 증거가 충분하지 않는 물질

12) Chemical Abstracts Service, 화학물질 데이터베이스(DB)

13) 일례로, CAS 번호가 71-43-2인 Benzene 등과 같은 화학물질뿐만 아니라 CAS 번호가 미부여된 Alcoholic Beverages(알코올 음료), Neutrons(중성자), Solar Radiation(태양광), Tobacco(담배) 등도 포함하고 있음

Group 1(1급), Group 2A(2A급), Group 2B(2B급)로 평가된 물질을 발암성물질이라고 볼 수 있다. 발암성물질 목록에서 발암성인자수는 총 419개이다.

### EU의 발암성물질 분류

유럽연합(EU)은 유럽공동체 시장 내에서 유통되는 유해물질의 분류, 포장, 라벨링에 대한 각국의 법령, 기준을 통일시키기 위해 1967년 화학물질을 15가지<sup>14)</sup>로 분류하였고, 각 물질별로 유해내용, 주의사항 등을 기호로 표기한 목록을 만든 바 있다.<sup>15)</sup> EU 발암성물질 목록은 발암성물질을 3개 그룹으로 분류하며, 발암성물질 목록에서 발암성물질수는 총 1,178개이다.

〈표 5〉 EU 발암성물질 분류기준 및 해당물질수

구분	발암성물질 분류기준	해당물질수	
발암성물질	Car. Cat. 1 (1군)	인간 발암성이 알려진 물질	330
	Car. Cat. 2 (2군)	인간 발암성이 있다고 간주되는 물질	677
	Car. Cat. 3 (3군)	인간에 대한 발암 관련성 정보가 충분하지는 않지만 발암성이 있다고 우려되는 물질	171
	합계	1,178	

### 미국산업위생전문가협의회(ACGIH)의 발암성물질 분류

미국산업위생전문가협의회(ACGIH; American Conference of Governmental Industrial Hygienists)는 근로자들에게 발암성 위험을 갖는 물질 또는 공정에 많은 관심을 기울여 왔고, 발암성물질을 A 1~A 5까지 5단계로 분류하였다. 미국산업위생전문가협의회는 분류기준은 국제암연구소의 분류기준과 유사하다.

〈표 6〉 ACGIH 발암성물질 분류기준

구분	발암성물질 분류기준
발암성물질	A1 사람에게 대한 발암성 확인물질(confirmed human carcinogen)
	A2 사람에게 대한 발암성 의심물질(suspected human carcinogen)
	A3 동물에 대한 발암성물질(animal carcinogen)
비발암성물질	A4 발암성물질로 분류되지 않는 물질 (not classifiable as a carcinogen)
	A5 사람에게 대해 발암성으로 의심되지 않는 물질 (not suspected as a human carcinogen)

### 화학물질의 분류 및 표지에 관한 국제조화시스템에 의한 발암성물질 분류

화학물질의 분류 및 표지에 관한 국제조화시스템(GHS; Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals)은 화학물질의 체계적 분류와 유해위험성 정보 전달을 세계적으로 통일하기 위해 UN이 1992년 UN환경개발회의에서 채택한 실천과제이다.

GHS에 따르는 화학물질 분류 체계는 크게 물리적 위험성에 따른 분류(16가지),<sup>16)</sup> 건강·환경 유해성에 따른 분류(10가지)<sup>17)</sup>로 나뉘며, 그 중 건강·환경 유해성 분류군에 발암성물질이 포함된다. 이 분류시스템에서는 발암성물질을 1급, 2급으로 분류하고, 1급은 다시 1A급, 1B급으로 세분한다.

〈표 7〉 GHS 발암성물질 분류기준

구분	발암성물질 분류기준	
발암성물질	1급	인체 발암성물질 또는 발암성 추정물질
	1A급	사람에게 발암성이 있다고 알려져 있음 (주로 사람에서의 증거에 의함)
	1B급	사람에게 발암성이 있다고 추정됨 (주로 동물에서의 증거에 의함)
	2급	인체 발암성 의심물질

### 미국환경청의 발암성물질 분류

미국환경청(U.S. EPA; Environmental Protection Agency)은 자체기준에 의해 발암성물질 분류를 진행

14) 폭발성물질(explosive: E), 산화성물질(oxidising: O), 극인화성물질(extremely flammable: F+), 고인화성물질(highly flammable: F), 인화성물질(flammable: R10), 고독성물질(very toxic: T+), 유독성물질(toxic: T), 유해성물질(harmful: Xn), 부식성물질(corrosive: C), 자극성물질(irritant: Xi), 과민성물질(sensitising: R42 and/or R43), 발암성물질(carcinogenic: Carc. Cat.(1)), 유전 독성물질(mutagenic: Muta. Cat.(1)), 생식 독성물질(toxic for reproduction: Repr. Cat.(1)), 환경 유해성물질(dangerous for the environment: N or/and R52, R53, R59)

15) EU, Annex I of Council Directive 67/548/EEC, 1967, Directive 2001/59/EC

16) 폭발성물질, 가연성물질, 가연성 에어로졸, 산화성 기체, 고압 가스, 가연성 액체, 가연성 고체, 자가 반응성물질, 자연 발화성 액체, 자연 발화성 고체, 자가 발열성물질, 물반응-가연성 기체 생성물질, 산화성 액체, 산화성 고체, 과산화 유기물질, 금속 부식성물질

17) 급성독성, 피부 부식성 / 자극성, 눈손상 / 눈자극성, 호흡기 또는 피부 감각성, 생식세포 변이원성, 발암성, 생식독성, 표적기관독성-1회 노출, 표적기관독성-반복 노출, 수생환경 유해성

〈표 8〉 EPA 발암성물질 분류기준

구분	발암성물질 분류기준	
Group A	사람에 대한 발암물질(human carcinogen)	
Group B	사람에 대한 발암 가능성이 높은 물질(probable human carcinogen)	
발암성 물질	B1	사람에 대해 제한적인 역학적 증거가 있는 물질(limited evidence)
	B2	동물실험에서의 충분한 증거(sufficient evidence)는 있지만, 인체에서의 부적절한 증거 또는 증거가 없는 물질
Group C	사람에 대한 발암 가능성이 있는 물질(possible human carcinogen)	
Group D	사람에 대한 발암성물질로 분류할 수 없는 물질(not classifiable as to human carcinogenicity)	
비발암성 물질	Group E	사람에 대한 비발암성물질(evidence of noncarcinogenicity for humans)

해 왔으며, 대체적으로 IARC, EU, GHS 등과 유사한 분류 체계를 보이고 있다.

### 호주 국립산업안전보건위원회의 발암성물질 분류

호주 국립산업안전보건위원회(NOHS; National Occupational Health and Safety Commission)의 발암성물질 분류기준은 〈표 9〉와 같다.

〈표 9〉 NOHSC 발암성물질 분류기준

구분	발암성물질 분류기준
Group 1	사람에 대한 발암물질로 알려진 물질(substances known to be carcinogenic to humans)
Group 2	사람에 발암성이 있을 것으로 간주되는 물질(substances that should be regarded as if they were carcinogenic to humans)
Group 3	인간 가능한 발암성 효과를 가지고 있지만 불충분한 평가 자료를 가지고 있는 물질(substances that have possible carcinogenic effects in humans but about which there is insufficient information to make an assessment)

### 나오는 글

지금까지 서술한 바와 같이 주요 선진국들은 발암성물질 목록을 작성·유지하고 있으며, 이를 통해 발암성물질을 체계적으로 관리·규제하고 있다. 그러나 우리나라는 2003년 암관리 사업 수행의 근거 마련을 위해 따로 암관리법을 제정하여 국민건강 증진 노력을 기울이고 있지만, 현재 암을 일으키는 물질을 관리하는 사전

예방에 대한 관리·규제는 체계적이지 않은 실정이다.

우리나라는 아직까지 발암성물질을 다루는 통합관리 체계가 없이, 고용노동부 소관의 산업안전보건법과 환경부 소관의 유해화학물질관리법에서 따로따로 다루고 있다. 발암성물질은 고유의 특성이 있기 때문에 관리 체계를 별도로 수립하는 것이 바람직하는데, 우리나라는 발암성물질 관리를 일반 화학물질관리 체계에 포함시키고 있다.

특히 직업적 노출로 인한 암 발생은 발암요인에 대한 적극적인 관리를 통해 사전 예방이 가능하므로 발암성물질의 관리가 필요하다. 또한 발암성물질은 매우 장기간 영향을 미치기 때문에 당장 눈에 보이지 않는다고 간과할 것이 아니라, 발암성물질에 대한 과학적 근거에 바탕을 둔 정확한 분류 및 해당 발암성물질의 관리·규제를 강화하는 것이 시급히 필요하다. ☺

#### 참고문헌

- ©Merriam-Webster, Incorporated. 2011. <http://www.merriam-webster.com/medical/carcinogenic?show=0&t=1314261120>.
- 고용노동부, 산업안전보건법 시행규칙 별표.
- 고용노동부, 고시 제2011-13호.
- EU, Annex I of Council Directive 67/548/EEC, 1967.
- EU, Directive 2001/59/EC, 2001.
- Kraut A, 'Estimates of the extent of morbidity and mortality due to occupational diseases in Canada', American Journal of Industrial Medicine, vol. 25, 1994, pp.267-278.
- IARC, Agents reviewed by the IARC monographs, volumes 1-100A, 2009.
- National Toxicology Program, Report on Carcinogens, eleventh edition, U.S. Department of Health and Human Services, 2005.
- National Toxicology Program, Report on Carcinogens, twelfth edition, U.S. Department of Health and Human Services, 2011.
- Safe Work Australia, NOHSC. (1999). Approved criteria for classifying hazardous substances [NOHSC:1008(1999)] \$4.76. Accessed 21/05/2011.
- 김경민·이동영, 발암성물질관리 체계 개선방안, 현안보고서 Vol. 90, 2010. 8. 6. 국회입법조사처.
- 원종욱, 산업안전보건법상 발암성물질관리 및 개선방안 연구, 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 연구용역과제 최종보고서, 2006.
- 피영규, 발암성, 생식독성, 변이원성물질에 대한 관리 체계 연구, 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 연구용역과제 최종보고서, 2008.
- 피영규, 발암성물질 관리기준 및 적용방안 연구, 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 연구용역과제 최종보고서, 2009.
- 손미아, 우리나라의 직업성 암 부담 연구, 보건복지부 암정보추진 연구개발사업 최종보고서, 2010.

# 공정안전관리(PSM)에 대한 이해



**안병준** 국장  
한국산업안전보건공단  
산업안전실

화학공장에서 위험물의 누출 또는 화재·폭발과 같은 사고가 발생할 경우에는 공장 내의 근로자뿐만 아니라, 공장 인근의 주민 및 환경에까지 막대한 영향을 끼치게 된다. 이와 같은 위험 설비 보유 사업장을 절대적으로 안전하게 운영하는 경영 차원의 종합적인 안전관리 시스템을 공정안전관리(PSM; Process Safety Management) 제도라 할 수 있다. 국내의 PSM 제도는 1995년 1월 5일 산업안전보건법에 도입되어 1년간 유예 기간을 두고 1996년 1월 1일부터 시행되었다. 본고에서는 PSM의 개요 및 제도 도입 배경, 제도의 내용, 공정안전보고서 심사 및 확인 현황, 제도의 이행 등 PSM 전반에 대한 이해를 높이고자 한다.

## PSM의 개요

화학공장은 고도의 기술 집약적 장치산업으로서 여러 종류의 화학물질을 원료·중간제·첨가제·용제 및 제품의 형태로 사용·취급 및 저장하고 있다. 그런데 그 보유량이 많고 시스템이 복잡하기 때문에 위험물의 누출 또는 화재·폭발과 같은 사고가 발생할 경우에는 공장 내의 근로자뿐만 아니라, 공장 인근의 주민 및 환경에까지 막대한 영향을 끼치게 된다.

이에 따라 국제노동기구(ILO)에서는 화재·폭발·누출과 같은 형태의 사고를 일반 산업재해와 구분하여 '산업활동을 하는 과정에서 비정상적인 상태의 결과로 인한 화재·폭발·위험물질의 누출 등으로 인해 사업장 내의 근로자뿐만 아니라 인근 지역주민이나 환경에까지 중대하게 미치는 사고'라 규정하고 있다.

즉, 공정안전관리(PSM; Process Safety Management) 제도란 이와 같이 중대산업사고를 야기할 가능성이 큰

유해·위험 설비를 보유한 사업장에 대한 공정안전자료의 관리, 유해·위험 설비에 대한 공정 위험성 평가, 안전운전계획 및 비상조치계획 수립 등에 관한 사항을 기록한 공정안전보고서를 작성하고, 이를 이행토록 함으로써 중대산업사고를 예방함은 물론 사업장의 자율적인 사고 예방을 구축하기 위한 제도이다.

한편, PSM 제도의 이행 절차는 먼저 제조공정 관련 기술자료 및 도면을 체계화하여 그것을 바탕으로 위험성 평가를 실시해서 필요한 조치를 하고, 안전 운전 절차·하도급관리기준 설정으로 작업 실수를 최소화하게 된다. 그리고 각종 설비의 안전성을 완벽히 유지토록 설계·설치·운전 및 정비기준을 제도화하여 실행에 옮기고, 사고 발생 시를 대비하여 피해를 최소화하기 위한 비상조치계획을 수립·실천하는 것이다. 이외에도 각종 절차와 기준을 철저히 지킬 수 있도록 전 종업원을 대상으로 정기적인 교육·훈련을 실시하고, PSM이 계획대로 추진되고 있는지의 여부를 정기적인 자체 감사를 실

시하여 개선하는 것 등이 포함된다.

이처럼 공정 안의 모든 잠재위험요소를 찾아 제거함으로써 사고를 예방하기 위해서는 단편적인 안전활동을 전개하는 것으로는 소기의 목적을 달성하기 어려우므로 보다 합리적이고 체계적이며 총체적인 종합 안전관리가 필요하다. 따라서 공정안전을 유지하기 위해서는 모든 구성원이 공정 중의 위험을 찾아 그것이 어떤 경로에 의해 사고로 이어지며, 또한 어떤 방법으로 위험을 제거하고 관리할 수 있을 것인가에 관한 지식을 갖춰야 한다.

아울러 안전운전 및 작업 절차를 철저히 준수하는 기본 자세가 되어 있으며, 모든 설비나 장치가 안전한 구조, 안전한 성능을 갖도록 하는 설계 및 시공의 기술이 있고, 이러한 지식·기술·능력이 구성원의 직무와 조화롭게 연결되게 하는 관리 시스템이 있어야 한다.

한편, 구성원 모두가 아무리 기술과 능력이 있다 해도 실행하지 않으면 아무런 소용이 없다. 따라서 구성원 모두 안전을 실행하겠다는 의지가 확고해야 한다. 더불어 경영 차원에서도 사업장의 안전을 확보하겠다는 의지가 아주 중요한 요소이다. 이와 같이 위험 설비 보유 사업장을 절대적으로 안전하게 운영하는 경영 차원의 종합적인 안전관리 시스템을 PSM 제도라 할 수 있을 것이다.

## PSM 제도의 도입 배경

1960년대 이후 우리나라의 산업은 중화학공업을 중심으로 크게 발전하였다. 이는 각종 공장 설비를 대형화시키고 복잡하게 함은 물론, 사용하는 화학물질도 다양해져 인체에 더 유해한 화학물질의 사용량을 크게 증가시킴으로써 화재·폭발 및 유해·위험물질 누출사고 등의 발생 가능성 즉, 잠재적 사고 위험성이 크게 증대되었다.

실제로 1989년 10월 전남 여천석유화학공단 사업장에서 작업관리 잘못으로 압출기가 폭발하여 23명 사망,

20여 명 중상과 주위 2km 반경 내 유리창이 깨어지는 등의 큰 피해를 초래한 바 있다. 또한 군산시로부터 1.5km 떨어진 화학공장에서 1991년 3월에 발생한 독성물질 누출사고는 커다란 민원을 야기하였고, 1994년 7월에는 농약 원료 제조업체인 인천의 화학공장에서 폭발사고가 발생하여 60여 명이 사상하였다. 1994년 9월에도 여천석유화학공단 사업장에서 포스겐 등 유독 가스 누출사고가 확산되어 3명이 사망하고 40여 명이 중독되는 등 화학공장에서의 대형사고는 계속 이어져 근로자 및 인근 주민의 안전을 위협하였으며, 회사 경영에도 치명적인 타격을 주었다.

우리나라는 1992년 10월 ILO와 공동 개최한 '중대 산업사고 예방 워크숍'을 계기로 1993년부터 화학공장이 밀집되어 있는 울산, 여천, 대산, 인천지역 화학공장 안전관리협의회 대상의 'PSM 제도 도입의 필요성 및 제도내용, 향후 도입방안 및 시행령(안) 등에 대한 설명'을 하였다. 그 뒤 사업장에서 준비할 수 있도록 유예 기간을 두고 1995년 산업안전보건법을 개정하여 1996년 1월부터 시행하였고, 사업장의 부담을 경감시키기 위해 기존의 설비에 대하여는 4년간에 걸쳐서 분할하여 공정안전보고서를 작성 제출토록 제도화 하였다.

1995년 제도 도입 당시 국내의 화학공장은 680여 개소로, 그 중에 정유·석유화학공장 등 대형재해의 위험성이 있는 사업장 280여 개 소가 대체로 울산·여천·경인·대산의 4개 지역에 밀집되어 있었다. 이들은 특히 10년 이상 노후화된 설비를 60% 정도 점유하고 있고, 울산 및 여천석유화학단지의 경우는 조성된 지 약 20년이 경과된 노후 대형 설비가 많이 집중되어 있어 그 위험성이 더욱 높았다.

더구나 대형 화학 설비는 유해·위험물질을 다량으로 취급할 뿐만 아니라, 복잡하고 정밀한 장치나 설비가 자동 제어되는 연속 공정 시스템화가 특징이다. 이와 같은 설비는 여러 분야의 전문가에 의하여 설계·제작·운전·정비되는 등 설계자와 제작자·운전자·정

비자가 모두 다르다. 이렇게 복잡·정밀하고 정교한 여러 분야의 기술이 집합되어 제작·운영되고 있는 화학 설비는 내재되어 있는 잠재위험요소를 어느 한 분야의 기술자에 의하여 확인·평가하여 그 위험을 제거하거나 통제하기가 거의 불가능하다. 그러므로 여러 분야의 기술을 종합하여 그 위험성을 찾아 대처할 수 있는 체계적인 안전관리방법이 필요하게 된 것이다.

즉, 여러 분야의 기술자들이 함께 위험을 찾아 대처한다는 공동 목표를 가지고 한 자리에 모여서 적절한 방법 및 도구를 이용하여 위험을 평가함으로써 무엇이 얼마나 위험하고, 어느 것이 잘못되면 어떤 사고로 발전되며, 사고 시에는 얼마나 큰 피해가 있을 것인가를 예측하여 대책을 세우는 종합안전관리 체제가 요구되었다.

이와 같이 안전 전문가와 관련 기술자와의 협력은 물론, 경영층의 적극적인 지원과 근로자의 자발적인 참여가 이루어지도록 체계적·논리적·구체적으로 구현한 종합안전관리 체제가 PSM 제도이며, 우리나라의 생산

현장에서도 이를 도입·시행하여 스스로 중대산업사고를 예방하게 되었다.

외국의 경우를 보면, 1974년 영국의 플릭스보로에서 사이클로헥산이 누출·폭발하여 28명이 사망하고 89명이 부상을 당한 사고가 있었다. 1976년에는 이탈리아 세베소에 위치한 농약공장에서 다이옥신이 누출되어 주민 수만명과 동·식물에 막대한 피해를 준 사고가 발생하였다. 또한 1979년 멕시코에서는 LPG가 폭발하여 약 650명이 사망하였고, 1984년 인도 보팔에서는 금세기 최대의 산업사고라 불리는 메틸이소시아네이트(MIC) 가스 누출로 약 2,500명이 사망하고 10만여 명이 부상하는 등 전 세계적으로도 중대산업사고가 끊임없이 발생하였다. 이러한 중대산업사고를 예방하기 위해 ILO, 경제협력개발기구(OECD), 유럽연합(EU), 유엔환경계획(UNEP) 등에서는 해당지침에 따른 활동을 하고 있었다.

EU 국가들은 1976년 이탈리아 세베소에서 발생한 독성물질 누출사고를 계기로 중대산업사고 예방과 피해



그동안 국내 화학공장에서의 대형사고는 계속 이어져 근로자 및 인근 주민의 안전을 위협하였으며, 회사 경영에도 치명적인 타격을 주었다.

감소를 위해 회원국들이 준수해야 할 최소한의 법적 기준인 '세베소 지침'을 채택하여 회원국을 대상으로 시행하였다. 미국의 경우는 1985년 환경보호청(EPA)에서 독성물질 누출사고 예방을 위한 법안을 마련한 후, 1989년 10월 휴스턴 소재 필립스 사 반응기 폭발사고를 계기로 1992년 2월에 산업안전보건청(OSHA)이 위험물질 취급공장의 안전관리에 관한 내용을 산업안전보건법에 추가시켜 시행하고 있다. 그리고 유엔의 산하기구인 UNEP에서는 화학물질과 관련된 사고로부터 공공의 안전과 환경 오염을 예방하기 위하여 '지역사회에서의 비상조치계획'이라는 안전 프로그램을 개발하여 회원국을 대상으로 보급하고 있다.

이밖에 OECD는 여러 가지 가이드라인과 지침을 제정하여 회원국 및 비회원국에 지침의 요구사항들을 준수할 것을 촉구하고 있으며, ILO도 국제협약 등을 통하여 자국의 이익을 추구하는 시점에서 위험물질의 누출·화재·폭발 등의 중대산업사고 예방을 위한 대책의 일환으로 1993년 6월 ILO 협약 제174호 '중대산업사고 예방에 관한 협약'을 채택한 바 있다.

## PSM 제도의 내용

국내의 PSM 제도는 1995년 1월 5일 산업안전보건법에 도입되어 1년간 유예 기간을 두고 1996년 1월 1일부터 시행되었다. 산업안전보건법 제49조의 2 동법 시행령 제133조의 5에서 유해·위험 설비를 정의하고 있는데 당초에는 원유정제처리업 등 7개 업종과 21종의 화학물질을 규정 수량 이상으로 제조·취급·사용·저장하는 설비 및 당해 설비의 운영에 관련된 일체의 설비로 규정되었고, 1997년에 합성수지 제조업을 업종에 추가하였다.

2000년에는 사업장의 자율안전 체제가 어느 정도 정립되어감에 따라 정기적으로 재작성하여 보고서를 제출하도록 되어 있던 사항을 제출하거나 재작성·비치도록 법률을 개정함으로써 사업장의 자율적인 PSM 이

행을 유도하였다. 이에 따라 시행령에서도 5년마다 공정안전보고서를 재작성 제출하도록 한 내용을 보고서의 내용 중 변경 사항이 발생한 경우에만 이를 보완·비치도록 개정하였다. 또한 시행규칙에서는 '심사 후 6개월 후에 확인'하도록 되어 있던 규정을 '중대산업사고 또는 결함이 발생한 경우에만 1월 이내 확인'하도록 하여 전반적으로 제도를 완화하였다.

다음으로 PSM 제도의 내용을 살펴보면, 공정안전보고서의 제출대상은 크게 두 가지로 대별할 수 있다.

첫째는 원유정제처리업, 달리 분류되지 아니한 석유정제분해물제처리업, 석유화학계 기초유기화학물질제조업 또는 합성수지제조업, 질소질비료제조업, 복합비료제조업, 원제 제조하는 농약제조업, 화약 및 불꽃제품제조업 등의 유해·위험 업종에 해당하는 사업장의 모든 설비이다. 다만, 합성수지제조업은 가연성 가스 및 인화성 물질을 규정 수량 이상 취급하는 경우에 한한다.

둘째는 선진 외국과 비교할 때 우선적으로 국내 적용이 시급하고, 중대산업사고 위험성이 높은 포스겐 등 21종의 위험물질을 규정량 이상 제조·취급·사용·저장하는 설비와 관련 설비로 규정하고 있다.

한편, 주요 부분을 변경하는 경우에도 보고서를 작성토록 하고 있다. 이에 제품 생산량의 증가나 원료, 제품 또는 공정의 변경을 위하여 반응기 혹은 플레어 스택 용량을 증가하거나 추가로 설치하는 경우와 설비 교체 등을 하고자 변경되는 생산 설비 및 부대 설비의 당해 전기 용량의 합이 300kW 이상인 경우가 포함되었다. 그리고 이중 규제 방지 또는 보안상 이유로 인해 다음의 경우는 공정안전보고서 적용 제외대상으로 구분하였다.

먼저 원자력 설비는 원자력법에서 이미 위험성 평가 등을 실시하고 있기 때문에 제외하였다. 군사 시설은 국가 보안상의 이유로 제외되었으나 방위산업체는 보고서 제출 범주에 포함시켰다. 액화 가스나 도시 가스 설비는 관련 법령에서 유사한 PSM 제도를 도입함에 따라 배제하였다. 난방용 스팀보일러에 사용되는 난방용 연

료 저장 설비의 경우에는 사고 위험성이 상대적으로 낮아 제외되었다.

공정안전보고서의 구성요소는 12가지이며, ILO 기준이나 미국의 PSM 제도와 다른 점은 '토지이용계획'과 '무역 시 비밀 준수', '지역 주민과의 의사 전달' 등의 내용이 적극적으로 반영되지 못했다는 것이다. 제도의 주요내용은 다음과 같다.

### 공정안전자료

공정안전자료는 화학공정 업체에서 사용되는 주요공정, 재료 및 기기 등을 결정하기 위하여 활용되는 기초자료이다. 이는 공정 위험성 평가를 수행하기 위하여 사용되며, 공정기술, 기기, 원료, 제품 및 화학물질의 위험성에 대한 모든 문서를 말한다. 이외에도 주요사업 검토자료와 설계기준에 관련된 기술자료도 포함된다.

### 위험성 평가

공정안전자료가 준비되면 공정위험을 확인, 평가하고 이를 관리하기 위하여 공정의 복잡성 정도에 따라 철저하고 체계적인 공정 위험성 평가를 실시하여야 한다. 공정 위험성 평가를 실시하는 사람들은 관련 공정에 대한 충분한 지식과 경험이 있어야 하며, 아울러 설계와 운전 경험도 필요하다. 위험성을 평가하는 과정은 위험의 규명, 사고 발생 빈도 추정과 사고결과의 예측 등 크게 3 단계로 구분할 수 있으며, 위험성 평가기법은 위험의 특성에 따라 선택할 수가 있다.

### 안전운전계획

공정안전보고서에는 화학공장의 안전운전에 대한 다음의 절차를 수립하여 이의 내용을 근로자가 숙지한 뒤 운전하게 함으로써 중대산업사고를 예방코자 하였다.

#### ■ 안전 운전지침

화학 설비의 운전을 위해서는 작업자에게 운전지침과 상세한 절차를 제공하여야 하며, 운전지침은 정기적으로

로 변경사항을 검토하여 수정하여야 한다. 또한 운전 절차는 운전자, 검사자, 정비자가 항상 쉽게 볼 수 있는 장소에 비치하여야 하며, 관리 책임자는 매년 현재의 운전 절차가 설비와 일치되도록 작성하여 안전 운전을 할 수 있는 절차를 확인하고, 그 결과를 서면으로 기록 보관토록 하고 있다.

#### ■ 설비 점검·검사 및 보수계획, 유지계획지침서

PSM 제도의 구성요소 중 중요한 하나는 위험 설비의 품질과 안전성을 완벽하게 유지하는 것이다. 즉, 공정 설비에 대하여 설계와 설치 및 운전의 각 단계에서 안전성이 확보되어야 함을 의미한다. 아울러 각 사업장에서는 설비제조자의 기준지침, 각종 코드 및 기술기준을 참고하여 공정 특성에 맞는 안전관리기준을 자체적으로 규정화하여 관리해야 한다. 물론, 사업장에서는 신설되는 공정 설비에 대하여 제작사 또는 공급자로부터 해당공정에 적합하고 안전한 설비임을 확인하여야 한다. 또한 사업장에서는 위험 설비 작업자들에게 제조공정과 잠재 위험성, 그리고 안전관리규정에 대해 구체적으로 교육을 실시해야 하며, 작업자들이 이를 숙지하여 안전한 방법으로 작업하는지 확인토록 하고 있다.

#### ■ 안전작업 허가

공정지역 등 위험지역 내에서나 공정 인접지역에서의 화기작업 등을 할 경우에는 작업 허가제를 실시토록 하고 있다. 이는 사업장에서 정한 절차에 따라 위험성 여부를 확인하고 필요한 안전조치를 하여야 하며, 이에 대한 이행 여부를 작업 시행 부서의 책임자가 확인한 후 화기작업 등을 실시할 수 있도록 하는 등 안전작업 허가 절차를 규정하여야 한다. 특히 화기작업 시작 전에 작업 내용을 당해지역 및 인접지역의 운전자, 정비자, 하도급업체 등 화기작업으로 인해 영향을 받을 수 있는 작업자에게 알려주도록 규정하여 안전작업을 수행토록 하고 있다.

### ■ 하도급업체 안전관리계획

화학 설비에는 종종 하도급을 주는 경우가 있다. 사업장에서는 정비, 보수, 연차보수, 대수선이나 특별한 일을 하는 하도급업체의 작업자들이 작업지역 안에 있는 위험성, 공정, 취급물질, 운전 및 안전 절차들을 확실하게 알 수 있도록 절차를 수립하여야 한다. 사업장의 사업주는 하도급업체 작업자들의 훈련과 숙련 여부, 안전 법규와 절차를 따르고 있는지 등을 확인하기 위하여 정기적으로 평가토록 하고 있다. 또한 하도급업체의 사업주도 작업자들이 안전하게 작업을 수행할 수 있도록 교육 및 훈련이 충분히 실시되었는지를 확인토록 하며, 작업자들이 화재·폭발·독성물질 누출 위험과 예방에 관한 사항을 비롯해 비상조치의 내용을 충분히 숙지하고 있는지 여부를 확인해서 이를 기록·유지토록 의무화하였다.

### ■ 근로자 교육계획

설비의 안전성을 완벽하게 유지하기 위해서는 각종 지침을 사업장 특성과 실정에 맞게 제정하여 실천하는 것이 기본적인 요구사항이다. 그러나 실행에서는 종업원의 자질에 따라 차이가 날 수 있으므로 사업장 설비의 완벽한 안전성을 유지하기 위해서는 이와 관련된 종업원 즉, 설비운전원, 검사원, 정비원들에 대한 교육이 필수적이다. 이에 대해 사업장 관리 책임자는 공정 운전자가 충분한 교육과 훈련을 통하여 공정 운전과 관련한 지식과 기술 및 충분한 안전 운전 능력을 갖추었음을 확인하고 해당 공정 운전 자격을 부여토록 하고 있다. 아울러 공정 운전자, 정비자, 하도급업자에 대한 교육·훈련 실시내용과 공정 운전 자격 부여 현황을 기록 보존하도록 하고 있다.

### ■ 가동 전 점검지침

사업장에서 새로운 설비를 설치했거나 공정 또는 설비를 변경했을 때는 시운전 전에 다음 사항의 안전점검을 실시해야 한다.

공정 안의 모든 잠재위험요소를 찾아 제거함으로써 사고를 예방하기 위해서는 단편적인 안전활동을 전개하는 것으로는 소기의 목적을 달성하기 어려우므로 보다 합리적이고 체계적이며 총체적인 종합 안전관리가 필요하다. 따라서 공정안전을 유지하기 위해서는 모든 구성원이 공정 중의 위험을 찾아 그것이 어떤 경로에 의해 사고로 이어지며, 또한 어떤 방법으로 위험을 제거하고 관리할 수 있을 것인가에 관한 지식을 갖춰야 한다. 아울러 안전운전 및 작업 절차를 철저히 준수하는 기본 자세가 되어 있으며, 모든 설비나 장치가 안전한 구조, 안전한 성능을 갖도록 하는 설계 및 시공의 기술이 있고, 이러한 지식·기술·능력이 구성원의 직무와 조화롭게 연결되게 하는 관리 시스템이 있어야 한다.

우선 추가 또는 변경된 설비가 설계기준에 맞게 설계되었는지, 제작기준대로 제작되었는지, 설치기준 또는 사양대로 설치되었는지를 확인해야 한다. 다음으로, 안전 운전 절차 및 지침, 정비기준 및 비상시 운전 절차가 준비되었는지와 그 내용이 적절한지를 확인해야 한다. 특히 신설되는 설비에 대해서는 위험성 평가를 시행하여야 하며, 평가 시 제시된 개선사항이 이행되었는지를 확인하여야 하고, 변경된 설비의 경우에는 규정된 변경관리 절차에 따라 변경되었는지를 확인하도록 하고 있다.

### ■ 변경요소 관리계획

사업장에서는 제조공정, 장치 및 설비 등에 대한 개선 노력을 계속하기 때문에 변경이 지속적으로 이루어진다. 이와 같은 변경업무를 수행하면서 안전에 관한 내용을 소홀히 하게 되면 위험성이 오히려 증가하게 되고, 변경 잘못으로 인해 사고를 유발한 사례도 많다. 따라서 원료의 변경, 공정의 변경, 장치의 변경, 각종 운전 절차

및 기준의 변경, 제조공정에 영향을 줄 수 있는 각종 설비를 변경할 경우 등에는 이와 같은 변경을 관리하기 위한 절차를 제정하여 실행하여야 한다. 공정안전 기술자료 역시 변경되는 경우에는 이들 자료의 보완도 즉시 이행될 수 있도록 규정하고 있다.

■ 자체 감사

자체 감사는 사업장 스스로가 PSM 제도의 실행실태와 효과를 측정·평가하는 일이므로 대단히 중요한 기능을 갖고 있다고 볼 수 있다. 또한 PSM 제도는, 제도 그 자체가 중요한 것이 아니고 실질적으로 실천하여 그 효과를 거두는 데 목적이 있으므로 자체 감사는 철저히 이행되어야 한다. 자체 감사 시에는 사용 중인 안전작업지침 및 절차 등 각종기준과 절차가 현재의 공정 및 설비에 적합한지 여부를 확인하여야 하며, 자체 감사 시 제시된 평가·분석결과에 따라 조사연구가 필요하거나 정밀 검토가 필요한 사항에 대해서는 지속적으로 조사연구가 되어야 한다. 또한 자체 감사에서 도출된 문제점에 대해서는 필요한 조치가 반드시 이행되어야 하며, 그 내용을 문서로 기록 관리토록 하고 있다.

■ 사고 조사계획

사업장을 운영하다 보면 크고 작은 사고가 발생할 수 있다. 사고가 발생할 경우에는 그 원인을 조사하고 재발 방지를 위한 대책을 수립하여 개선하는 노력이 끊임 없이 이루어져야 할 것이다. 특히 화재·폭발·위험물 누출사고를 포함하여 이런 사고가 발생할 뻔했던 사례와 이상 운전상태가 되었던 사고에 대하여 사업장에서는 신속한 조사를 통해 원인을 파악하고 이를 설비나 표준 또는 절차에 반영하여야 한다. 사업장에서는 이와

같은 사고 발생을 은폐할 수 있기 때문에 별도로 사고 조사 담당자 또는 전담 부서를 지정하는 것이 좋다. 그리고 전 부서는 사고 발생 시 사고 조사 담당자에게 자동적으로 보고토록 하고, 사고 조사 후에는 개선사항 실행 여부를 지도 감독할 수 있도록 자체적인 제도화를 유도하고 있다.

비상조치계획

위험성 평가를 철저히 하고, 각종 안전기준 및 절차를 제도화하여 실행하며, 설비에 대한 안전성을 완벽히 유지하게 되면 사고 발생 가능성은 현저히 줄어들고 안전조업은 실현될 수 있다. 그러나 위험물을 취급하는 공정에서의 사고는 화재·폭발·위험물 누출 등 대형사고로 이어질 수 있고, 이로 인한 인적·물적 피해가 막대할 수 있기 때문에 더욱더 비상조치계획 수립이 필요하다. 사업장에서는 사업장 특성에 맞는 비상조치계획을 수립하고, 이를 실천할 수 있도록 자체적으로 정기적인 훈련을 실시토록 하고 있다. 특히 비상조치계획을 실행할 수 있는 조직과 인력, 그리고 장비가 확보되어 있는지를 검토하도록 하고 있다.

공정안전보고서 심사 및 확인 현황

PSM 제도는 공정안전보고서의 심사와 확인으로 대별하여 실시하고 있다. 사업장은 공정안전보고서를 작성하여 한국산업안전보건공단의 부산·광주·경인·대전 등 4개 지역본부에서 심사 및 확인 업무를 실시하고, 고용노동부의 부산·광주·대전·경기지방청의 중대산업사고예방센터에서 이행 평가를 실시하고 있다.

2010년 기준 전국의 932개 사업장에서 작성하여 제출한 공정안전보고서의 접수 및 확인을 실시한 실적은

〈표 1〉 공정안전보고서 심사 및 확인 현황

(단위: 건)

구분	누계	2006	2007	2008	2009	2010
심사	1,464	285	281	289	301	308
확인	2,290	476	448	486	396	484

〈표 2〉 공정안전보고서 제출 현황

(단위 : 개 소)

연도	계	업종	규정 수량	신·증설	변경(기존)
계	1,464	566	898	723	741
2006	285	110	175	141	144
2007	281	109	172	139	142
2008	289	112	177	143	146
2009	301	116	185	148	153
2010	308	119	189	152	156

〈표 3〉 PSM 대상 사업장 업종·규모별 분포 현황

(단위 : 개 소)

구분	계	업종대상 사업장수										규정 수량 사업장수
		소계	원유정제	석유정제	기초유기	합성수지	질소비료	복합비료	농약제조	화약 불꽃		
계	932	149	25	10	48	45	0	2	7	12	783	
50인 미만	365	47	7	9	7	14			4	6	318	
50~99인	146	25	1		11	11			1	1	121	
100~299인	226	40	2		18	15		1	2	2	186	
300~499인	53	9	1		6	1		1			44	
500인 이상	142	28	14	1	6	4				3	114	

〈표 1〉과 같다.

공정안전보고서의 제출 현황을 좀더 세분화하여 살펴 보면 신·증설 49.4%, 기존 또는 변경 설비가 50.6%이며, 업종대상에서는 38.6%, 규정 수량대상에서는 61.4%로 나타나고 있다.

한편, 2010년 말 현재까지 공정안전보고서를 작성·제출한 932개의 사업장에 대한 업종별·규모별 분포는 〈표 3〉에서 알 수 있듯이 규정 수량 이상 사업장수가 업종 해당 사업장보다 5.2배 가까이 더 많이 차지하고 있으며, 100인 미만의 중소 규모 사업장이 54.8%를 나타내고 있다.

제도적인 발전으로는 1995년 도입 당시 원유 정제 등 7개 업종과 규정 수량으로 그 대상을 정하였으나 1997년에 합성수지제조업을 추가하여 8개 업종으로 확대하였다. 또한 고압가스안전관리법에 PSM과 같은 제도가 도입되어 공동 심사를 실시하게 됨으로써 1997년 5월부터 복합 심사로 운영하고 있다. 그리고 자율적인 PSM 체제를 도입하기 위하여 1998년부터는 대학교수나 산업안전지도사 등 PSM 전문가가 PSM 제도의 중요 요소인 자체 감사에 참여하여 실시한 경우에는 공단의 확인을 면제하도록 하고 있다.

## PSM 제도의 이행

공정안전보고서의 심사 및 확인은 PSM 제도의 끝이 아니라 실제적인 시작이다. PSM 보고서의 현장 확인이 끝나면 사업장이 자율적으로 안전관리를 이행할 수 있는 툴(Tool)이 만들어진다고 볼 수가 있다.

그 이후부터 더욱 중요한 것은 PSM 보고서상의 각종 절차 및 기준에 맞추어 사업장이 PSM 이행을 얼마나 철저히 하느냐이다. 바로 여기에 PSM의 성패가 달려 있다. 사업장에서는 자체 감사팀 또는 외부 감사팀을 활용하여 매년 1회 PSM 이행을 자체 감사한 후 개선토록 하고 있다. 그러나 제도적인 장치의 미흡에 의해 자체 감사의 이행이 잘 이루어지지 못하거나 형식적인 이행에 머물러 있어 PSM 전체의 실질 이행에서 문제점으로 제기되고 있다. ⑥

# 외국의 중대산업사고 예방 제도



강미진 연구위원  
매경안전환경연구원

우리나라는 1996년부터 PSM 제도가 시행되었지만, 유럽이나 미국은 그보다 앞서 1982년과 1992년부터 각각 중대산업사고를 예방하기 위한 제도를 운영하고 있다. 따라서 향후 우리나라 PSM 제도의 지속적 발전을 위해서는 해외의 중대산업사고 예방 제도가 언제 도입되어 어떻게 개정되고 운영되는지를 살펴볼 필요가 있다. 본고에서는 국제기구인 ILO에서 중대산업사고 예방 협약을 발간한 배경과 유럽연합(EU) 및 EU 회원국인 영국에서 각각 SEVESO Directive와 COMAH Regulations를 제정한 배경 및 운영 현황, 그리고 미국에서 29 CFR 1910.119 및 40 CFR 68을 제정한 배경과 유사한 두 법률을 어떻게 운영하고 있는가를 살펴보도록 한다.

## 배경

1995년 산업안전보건법 제49조의 2가 신설된 후 1996년부터 시행된 ‘공정안전보고서의 작성 및 제출’에 관련된 제도를 우리나라에서는 공정안전관리(PSM) 제도라고 한다. PSM 제도, 즉 공정안전보고서를 작성, 제출하여 심사받은 후 그 내용을 준수하라는 법적 요구사항은 해외의 경우 ‘중대산업사고 예방 제도’ 혹은 ‘화학물질로 인한 중대사고 예방 제도’라는 이름으로 불린다. 1992년에 열린 한-국제노동기구(ILO) 국제워크숍을 계기로 ILO의 중대산업사고 예방 협약(Convention No. 174)을 비준하면서 국내에 PSM 제도가 도입되었다.

ILO의 협약에 따른 중대산업사고란, ‘주요 유해위험 설비에서 작업하는 과정 중 하나 이상의 위험물질이 관여된 대규모의 누출·화재·폭발과 같은 갑작스런 사고로 작업자, 주민 또는 환경에 즉시 혹은 얼마의 시간

이 지난 후 심각한 해를 끼치는 사고’를 의미한다. 그러나 국내 PSM 제도에서 정의한 중대산업사고는 ‘유해위험 설비로부터 위험물질의 누출·화재·폭발 등으로 인하여 사업장 내의 근로자에게 즉시 피해를 주거나 사업장 인근지역에 피해를 줄 수 있는 사고’이다. 즉, ILO가 정의한 중대산업사고의 범위에서 환경에 미치는 영향만 있는 경우 혹은 사고의 영향이 즉시 나타나지 않는 경우는 제외된 것이다. 어떻게 정의하든지 중대산업사고는 유해한 화학물질을 취급하는 설비에서 발생하는 누출·화재·폭발사고로 인한 인적·물적 피해가 큰 사고를 말한다.

이와 같은 중대산업사고는 근로자뿐만 아니라 인근 주민과 환경에 미치는 영향이 크기 때문에 이를 예방하기 위한 수준 높은 안전관리가 요구된다. 우리나라는 1996년부터 PSM 제도가 시행되었지만, 유럽이나 미국은 그보다 앞서 1982년과 1992년부터 각각 중대산업사고를 예방하기 위한 제도를 운영하고 있

다. 따라서 향후 우리나라 PSM 제도의 지속적 발전을 위해서는 해외의 중대산업사고 예방 제도가 언제 도입되어 어떻게 개정되고 운영되는지를 살펴볼 필요가 있다.

국제기구인 ILO에서 중대산업사고 예방 협약을 발간한 배경과 유럽연합(EU) 및 EU 회원국인 영국에서 각각 SEVESO Directive와 COMAH Regulations를 제정한 배경 및 운영 현황, 그리고 미국에서 29 CFR 1910.119 및 40 CFR 68을 제정한 배경과 유사한 두 법률을 어떻게 운영하고 있는가를 살펴보자.

## ILO의 중대산업사고 예방 협약

1984년 인도 보팔의 농약제조회사에서 메틸이소시아네이트(MIC) 저장탱크 벤트를 통해 대기로 유독물이 방출되어 수천명의 사상자와 환경 오염이 발생하였다. 사고 원인은 설비의 유지관리 미흡, 안전장치 미흡, 운전 절차의 무시 등 안전관리 시스템 전체적인 문제였다.

이 사고를 계기로 ILO는 1988년 중대사고관리 매뉴얼(Manual on major hazard control)을 발간하고, 1990년 중대사고관리 실행지침(Code of practice on the prevention of major industrial accidents)을 제정하였다(Machida, 2003). 실행지침은 위험 설비를 파악하고, 위험성 평가와 관리대책을 수립하며, 비상계획 수립과 안전보고서를 작성할 것 등을 포함하고 있다.

ILO는 이러한 일반사항과 더불어 화학물질 안전에 대한 전체적인 프로그램을 병행하여야 효과적으로 위험관리가 이루어질 것으로 판단하였다.

1990년에 수립된 화학물질 협약(Convention No. 170)과 권고사항(Recommendation No. 177)은 중대사고 예방에 중요한 역할을 하게 되었다. 3년 뒤인 1993년 중대사고관리 협약(C #174)과 권고사항(R

#181)을 발간하였는데, 이 협약은 국가 또는 공인기관이 중대사고를 예방하고 중대사고로 인한 피해를 최소화하기 위하여 다음과 같은 노력을 하도록 요구하고 있다.

위험물질을 규정 수량 이상 생산, 처리, 취급, 이용 및 저장하는 설비를 주요 위험 설비로 간주하며, 이들 설비를 운영하는 사업주로 하여금 이들 설비를 파악하고 관리하는 시스템을 구축하여 지속적으로 관리하도록 법률이나 제도로 요구하여야 한다(ILO, 1991). 협약에서 요구하는 시스템을 문서화한 것이 안전보고서이며, 안전보고서는 위험 설비로 인한 중대사고를 예방하고 피해를 최소화하기 위해 필요한 기술적·관리적·운영적 대책 및 필요한 정보를 포함하여야 한다.

우리나라의 경우, ILO의 협약(#174)을 비준함에 따라 산업안전보건법 제49조의 2를 신설하였다. 그리고 이 법률에 따라 위험 설비를 보유한 사업장은 공정안전보고서를 작성할 의무가 부과되었다.

## EU의 SEVESO Directive 제·개정 및 운영

1984년 인도 보팔사고가 1993년 ILO 협약을 수립시키는 직접적인 계기가 된 반면, 1976년 이탈리아 세베소에서 발생한 사고는 EU 회원국이 중대사고 예방 제도를 수립하는 계기가 되었다. 유럽의 국가들은 지리적으로 가까이 위치하여 경제적 및 규제적 측면에서 공통 기준을 수립 운영할 필요가 발생함으로써 유럽공동체를 시작하였다. 이후 초국가적 기구로 발전하게 되어 위원회, 이사회 및 유럽의회 등을 구성하여 운영하고 있다. 특히 이사회(Council)는 의사 결정 기구로서 입법권을 가지고 있으며, 이사회에서 결정된 지침(Directive)은 모든 회원국이 자국의 법령에 반영하여 준수하도록 하고 있다. 여러 종류의 이사회 지침(Council directive) 중 ‘근로자, 소비자 및 대중 보호

에 관련된 규칙'의 하나로 1982년 82/501/EEC가 제정되었다.

1976년 이탈리아의 세베소에서 발생한 TCDD 누출사고는 중대사고에 대한 유럽공동체적인 대책 마련이 필요하다라는 공감대를 형성하게 하였고, 1979년 초안을 마련한 후 1982년 제정되었다. 세베소 지역에서 발생한 사고가 직접적인 계기가 되어, 일명 SEVESO Directive라고 불리는 중대산업사고 예방 제도가 유럽에서 시작된 것이다.

이후 세계 각지에서 발생한 중대산업사고를 계기로 SEVESO Directive는 개정을 거듭하였다. 인도 보팔에서 발생한 사고는 규정 수량을 강화하고 적용 범위를 확대하는 등의 1차 개정(87/201/EEC)을 불러왔다. 그 뒤, 스위스 바셀 지역의 창고에서 일어난 화재사고는 저장 설비를 적용 범위에 포함하고 규제 대상물질을 물질 그룹으로 묶어서 규제하는 내용을 담은 2차 개정(88/610/EEC)을 유도하였다. 다음으

로, EU 의회의 검토를 통해 도미노 효과, 토지이용 계획 등의 내용을 담은 전면 개정(96/82/EC)이 이루어졌는데, 이때 개정된 지침을 SEVESO II Directive라고 한다. 이후에도 중대사고가 발생하면, 그 원인을 파악하여 위험물질을 추가하거나 규정 수량을 조정하는 등 지침의 내용을 지속적으로 개정하고 있다.

EU 회원국은 SEVESO Directive에서 제시하는 규제 내용을 그대로 자국법에 수용하거나, 규제내용을 강화하여 운영할 수 있다. SEVESO Directive의 특징은 사업장에게 요구하는 중대산업사고 예방 수준을 이원화하여 운영한다는 것이다. 즉, 취급하는 위험물질의 양이 많은 경우와 중간 정도인 경우를 구분하여 고위험(UT; Upper Tier) 사업장에게는 우리나라와 같이 안전 보고서의 작성과 제출을 요구하고 안전보고서를 심사하는 등의 수준 높은 감독을 실시한다. 반면, 저위험(LT; Lower Tier) 사업장은 중대산업사고 예방 시스템



EU는 중대사고가 발생하면, 그 원인을 파악하여 위험물질을 추가하거나 규정 수량을 조정하는 등 지침의 내용을 지속적으로 개정하고 있다.

을 구축 운영하여야 하지만, 안전보고서를 심사받을 의무는 없다.

## 영국의 COMAH Regulations

영국은 1972년에 발간된 로벤스위원회 보고서를 계기로 산업안전보건 전반에 걸친 대대적인 법률의 정비를 진행하였다. 이에 따라 1974년 산업안전보건법(HSW Act; Health and Safety at Work etc Act)을 제정하였으며, 1978년 위험 설비에 대한 자문의견서를 발간하였다(Hailwood, 2008).

EU에서 SEVESO Directive가 제정된 1982년, 영국은 위험물질을 취급하는 설비의 보고의무를 담은 NIHHS Regulations(the Notification of Installations Handling Hazardous Substances Regulations)를 제정한 후, SEVESO Directive를 반영한 CIMAH Regulations(Control of Industrial Major Accident Hazards Regulations)를 1985년 제정하였다. EU 이사회지침이 개정될 때마다 영국의 CIMAH Regulations도 개정을 거듭하였으며, SEVESO II Directive로 전면 개정된 내용을 반영하여 1999년 명칭을 COMAH Regulations(Control of Major Accident Hazards Regulations)로 바꾸어 현재까지 운영하고 있다.

## 미국의 29 CFR 1910.119와 40 CFR 68

미국은 1970년 근로자에게 안전하고 건강한 근로조건을 보장하기 위하여 산업안전보건법(OSH Act; Occupational Safety and Health Act)을 제정하였고, 이 법에 근거하여 모든 사업주가 지켜야 할 사항을 담은 산업안전보건표준(29 CFR 1910)을 1974년 연방규칙으로 제정하였다. 1992년 무렵, 위험물질로 인한 세계 각지에서의 많은 사고를 계기로 유럽과 ILO 등에서 중대산업사고 예방을 위한 노력이 계속되자 1992년 산업안

전보건표준의 하나로 29 CFR 1910.119(Process Safety Management of Highly Hazardous Chemicals)를 제정하였다.

산업안전보건표준으로 PSM을 도입하기 이전에, 위험물질에 대한 안전보건지침(29 CFR 1910.1200) 등 일반적인 산업안전보건표준이 이미 운영되고 있었다. 그러나 1984년 인도의 보팔사고와 1989년 미국 파사데나에서 발생한 사고는 미국의 산업안전보건부서(OSHA; Occupational Safety and Health Administration)가 기존에 운영하는 일반적인 산업안전보건표준이 화학공정 위험요인이나 위험물질의 대규모 누출로부터 근로자를 보호하는 데 미흡하다는 것을 보여주었다.

한편, 미국 환경청(EPA; Environmental Protection Agency)은 잠재적인 심각한 누출사고에 대응하기 위한 다양한 법률을 제정하였다.

1986년 위험한 물질의 누출로부터 지역사회를 보호하기 위한 프로그램을 가동하기 위해 ‘비상대응 및 지역사회의 알 권리에 관한 법률(EPCRA Act: Emergency Planning and Community Right-to-know Act)’을 제정하였다. 이에 따라 EPA는 고위험물질 목록과 규정 수량을 제시하여 관련 법률에 의한 사업주의 의무를 부과하였고, 개별 주나 여러 단체에서 중대사고 예방을 위한 가이드선나 프로그램, 법률을 제정 운영하고 있었다.

그러자 OSHA는 화학제조업에 국한되지 않으며, 위험물질을 규정 수량 이상 취급하는 모든 사업장에 대해 공장의 물리적 조건과 관리 시스템을 포함하는 위험관리 시스템이 필요하다고 결정하였다. 이에 따라 1990년 연방규칙(안)을 발간하여 두 번의 공청회를 통해 사업장 및 전문가의 다양한 의견을 수렴한 후 최종 연방규칙을 공포하기에 이르렀다.

이 연방규칙을 제정하는 동안인 1990년에 공기청정법이 개정되었는데, 개정내용에 따라 OSHA는 근로자를 위협하는 고위험물질의 갑작스런 누출로 인한

사고를 방지하기 위한 요구사항을 받아들여지게 되었다. 이에 따라 새로 제정되는 연방규칙(29 CFR 1910.119)에 독성, 인화성, 고반응성 및 폭발성 위험 물질의 목록이 포함되게 되었다. 이로써 29 CFR 1910.119는 고위험물질이 관여된 공정의 위험관리 연방규칙으로서 파국적 위험으로부터 근로자를 보호하기 위한 제도가 되었다.

한편, 위험물질의 누출로부터 주민과 환경을 보호하기 위한 연방규칙(40 CFR 68)이 공기청정법에 근거하여 제정되었다. 40 CFR 68에 따라 사업장은 위험관리 계획(RMP; Risk Management Program)을 수립하여 운영하여야 하는데, RMP의 구성요소는 29 CFR 1910.119에서 요구하는 PSM의 구성요소와 거의 동일하다.

RMP는 사업장의 위험성에 따라 3단계로 구분하며, 사업장에서 구축한 RMP는 문서로 작성되어 EPA의 심사를 받아야 한다. 그러므로 OSHA는 29 CFR 1910.119에 따라 사업장이 구축하고 문서화한 서류를 심사하지 않고, EPA의 심사결과를 공유하여 사업장을 감독하게 된다.

미국의 경우에는 다양한 법률과 연방규칙에 의해 각종 위험물질의 취급량을 신고하도록 하고 있으며, 이러한 모든 정보를 정부기관이 서로 공유하기 때문에 29 CFR 1910.119에서 규제하는 위험물질은 인화성 가스와 액체를 제외한 모든 물질이 단일물질 목록으로 제시되고 있다.

### 해외 제도와 국내 PSM 제도의 차이점

국제기구, EU 및 미국 등 해외에서의 중대사고 예방 제도의 도입 배경과 개정 현황을 살펴보면, 세계 각지에서 화학물질로 인한 중대사고가 빈번하게 발생하자 이러한 중대사고를 예방하고 그로 인한 피해를 최소화하려는 국가적인 노력이 현실화된 것이 중대사고 예방 제도임을 알 수 있다. 따라서 중대사고

PSM 제도의 발전방안을 고려할 때는 공정안전보고서의 주기적인 재검토 혹은 갱신(update)을 도입하는 방안을 고려하여야 하며, 규제대상물질의 목록과 규정 수량을 개정할 때 국내 유통량 현황 등을 고려하여야 현실적이고 합리적인 발전방안이 도출될 수 있으리라고 본다. 아울러 이러한 발전방안을 도출할 때는 현재 해외의 중대사고 예방 제도 현황만을 비교할 것이 아니라, 반드시 각 국가의 중대사고 예방 제도 도입 배경과 개정 현황을 참조하여야 한다. 왜냐하면 국내 PSM 제도와 유사한 제도를 운영하고 있다고 할지라도 각 국가마다 법률 체계와 법사회적인 환경이 다르므로 어느 한 분야만을 비교하여 검토하기보다는 제도의 운영과 관련된 제반사항을 모두 고려하여야 하기 때문이다.

예방 제도는 기존에 운영되고 있던 다른 법률과의 조화를 고려하고, 새로운 사고가 발생할 때마다 개정의 필요성을 검토하는 등 각 국가의 법률 체계와 감독 체계 등에 따라 다른 형태로 운영되고 있음을 알 수 있다.

예를 들어, EU 회원국인 영국은 우리나라와 같이 안전보고서를 심사하지만 미국의 OSHA는 PSM 문서를 심사하지 않는다. 그런데 ‘안전보고서를 심사하느냐, 하지 않느냐’는 현상만을 비교하는 것은 바람직하지 않다. 미국의 OSHA는 유사한 문서를 EPA라는 기관에서 이미 심사하고 있으며, 그 결과를 OSHA에서 공유할 수 있기 때문에 PSM 문서(공정안전보고서)를 심사하지 않는 것이다. 또한 중대사고 예방 제도 적용대상 사업장에 대한 감독 체계를 비교할 때에도 미국이나 영국이 우리나라와 다른 사법 체계를 가지고 있어 중대사고 발생 시 사업주의 책임을 판단하고 벌칙을 부과하는 기준이 다르다는 점을 고려하여야 한다.

마찬가지로 이 제도의 적용대상을 선정하는 기준에서 위험물질의 규정 수량이 각 국가마다 다르다는 현상만 보고 다른 국가의 규제가 더 엄격하다고 판단하는 것

은 피하여야 한다.

한 예로, 영국과 미국에서 공통적으로 위험물질로 규제하는 포스젠의 경우는 영국의 규정 수량(UT)이 750 kg이고, 미국(29 CFR 1910.119)의 규정 수량은 45kg이며, 우리나라의 규정 수량은 750kg이다. 이 숫자만을 보고 미국의 규정 수량보다 우리나라나 영국의 규정 수량이 크기 때문에 미국에 비해 규제가 약하다고 판단할 수 없다. 왜냐하면 미국은 규정 수량에 미달하는지 부합하는지를 판단할 때, 합산법칙을 사용하지 않기 때문이다.

따라서 우리나라의 PSM 제도를 해외의 중대사고 예방 제도와 비교할 때는 보고서의 심사 여부, 적용대상의 선정기준, 감독 체계 등에 대한 현상만을 단순하게 비교하는 것은 바람직하지 않다.

## 국내 PSM 제도 발전방안 고려사항

국내 PSM 제도는 1995년 제정된 이후, 이행상태 평가가 도입된 것 외에 적용대상의 선정기준, 보고서의 작성이나 심사 등에 대한 개정이 이루어지지 않았다. 또한 ILO의 협약에서 요구하는 사항을 PSM 제도에 모두 반영하고 있지 못하다.

예를 들면, 중대사항이 변경될 때 이외에도 주기적으로(그 주기가 얼마인가에 상관없이) 공정안전보고서를 갱신하여야 한다는 ILO 협약의 요구사항은 국내 PSM 제도에 포함되어 있지 않다(ILO, 1999). 또한 해외에서 중대사고 위험물질(단일물질) 목록으로 분류된 화학물질 중 국내에서 유통량이 많은 메탄올이나 산소, 포르말린 등은 국내 PSM 제도의 규제대상 단일물질에 포함되어 있지 않다(강미진, 2008).

EU에서 SEVESO Directive가 각종 중대사고를 계기로 지속적으로 개정되는데 반해, 우리나라의 PSM 제도는 많은 관련 연구가 수행되었음에도 불구하고 아직까지 큰 변화가 없었다.

해외 유사 제도와의 비교를 통해 국내 PSM 제도에

대한 발전방안을 제시하는 많은 연구가 수행되었기 때문에 PSM 제도의 개정에 대한 공감대는 형성된 것으로 판단된다.

PSM 제도의 발전방안을 고려할 때는 앞서 언급한 바와 같이 공정안전보고서의 주기적인 재검토 혹은 갱신(update)을 도입하는 방안을 고려하여야 하며, 규제대상물질의 목록과 규정 수량을 개정할 때 국내 유통량 현황 등을 고려하여야 현실적이고 합리적인 발전방안이 도출될 수 있으리라고 본다.

아울러 이러한 발전방안을 도출할 때는 현재 해외의 중대사고 예방 제도 현황만을 비교할 것이 아니라, 반드시 각 국가의 중대사고 예방 제도 도입 배경과 개정 현황을 참조하여야 한다. 왜냐하면 국내 PSM 제도와 유사한 제도를 운영하고 있다고 할지라도 각 국가마다 법률 체계와 법사회적인 환경이 다르므로 어느 한 분야만을 비교하여 검토하기보다는 제도의 운영과 관련된 제반사항을 모두 고려하여야 하기 때문이다.

이와 같이 기존의 다른 산업안전보건 관련 법률과의 조화 등을 포함한 큰 테두리에서 서로 연계된 여러 사항이 고려되어야 우리나라의 PSM 제도가 더욱 발전할 수 있다고 생각한다. 🌐

### 참고문헌

- ILO, Code of Practice – Prevention of major industrial accident, 1999.
- Seiji Machida, ILO Programme on the prevention of major industrial accidents, 2003.
- Mark Hailwood, European and British regulations of process safety since 1974, Loss Prevention Bulletin 200, IChemE, 2008.
- OSHA, Preambles to Final rule: 29 CFR 1910.119, 1992.
- 강미진, 화학물질에 의한 중대사고 예방 제도 효율화 방안, 2009.

# 국내 공정안전관리(PSM) 제도 운영 현황 및 발전방안



**이재열** 부장  
한국산업안전보건공단  
산업안전실

최근 매스컴에도 보도된 연이은 몇 건의 폭발사고는 아까운 인명 피해는 물론, 많은 재산 피해를 유발한다는 것을 실감토록 하였다. 이러한 엄청난 피해를 유발하는 중대산업사고를 예방하기 위해 공정안전관리(PSM) 제도를 도입하여 시행하고 있는 우리나라는 현재 PSM 제도가 비교적 성공적으로 잘 정착되어가고 있다. 하지만 동 제도가 시행된 지도 벌써 15년이 경과한 시점이므로 다시 한 번 운영 현황을 검토하고 선진 외국 제도와의 비교를 통해 국내 제도에 개선점을 반영함으로써 중대산업사고 발생 위험 사각지대를 제거하여 중대산업사고 제로(zero)화 실현에 힘써야 할 때이다.

## 들어가기

가연성물질, 독성 가스 등 유해·위험물질을 다량 취급하는 시설을 보유한 사업장은 그렇지 않은 사업장에 비하여 상대적으로 화재·폭발·독성물질 누출 등 중대산업사고 발생의 잠재위험성이 매우 높은 특성이 있다. 이들 사업장 대부분의 생산공정 시스템은 고도의 기술이 집약된 복잡한 공정 등이 상호 연속되어 움직이는 장치산업형태로 구성되어 있으므로 화재·폭발·독성물질 누출과 같은 중대산업사고가 발생하는 경우에는 한 번의 사고만으로도 막대한 인적·물적 손실을 초래할 뿐만 아니라 환경을 오염시키거나 지역 주민들에게 피해를 주는 경우가 많다.

실제로 최근 발생한 연이은 폭발사고는 다시 한 번 우리에게 화학물질에 의한 폭발 사고가 많은 인명과 막대한 재산 피해를 안겨준다는 사실을 통감하게 하였다. 이와 같이 화학물질에 의한 화재·폭발 등 중대산업사

고 예방을 위하여 우리나라는 1996년부터 산업안전보건법에 공정안전관리(PSM) 제도를 도입하여 시행하고 있으며, 현재 국내 약 962개의 단위 사업장에서 공정안전보고서를 작성하여 한국산업안전보건공단으로부터 심사 및 확인을 받고 동 제도를 이행하고 있다.

앞에 설명이 있었지만 PSM 제도를 간단히 설명하면 화재·폭발·독성물질 누출과 같은 중대산업사고 예방을 위한 제도이며, 다음과 같은 네 가지 큰 축으로 구성되어 있다.

- 공정안전자료
- 위험성 평가
- 안전 운전계획
- 비상조치계획

다음은 이 네 가지 주요 요소를 연결하여 PSM 제도를 간단히 정의해본 내용이다.

- PSM 제도는 공장 내 취급되는 모든 위험물질의 물성 및 관련 설비의 주요 명세, 도면 등을 문서화하

여 그 자료를 항상 현장과 일치되도록 관리하여야 하며,

- 현장과 일치하는 기술자료 및 현장 운전 경험 등을 바탕으로 위험성 평가를 실시하여 공장 내에 잠재해 있는 위험성을 찾아내고 그 위험도의 크기에 따라 우선 순위를 정해서 개선조치를 취함으로써 사전에 안전을 확보하고,
- 설비적으로 안전하게 설치 및 개선되었다 하여도 운전자들이 안전하게 운전 및 유지관리를 하지 못할 경우 중대산업사고가 발생될 수 있으므로 각종 안전 운전 절차의 반복적인 교육 및 훈련을 통한 안전 운전 습관화로 인적 오류에 의한 중대산업사고를 예방하는 활동을 병행하여야 한다.

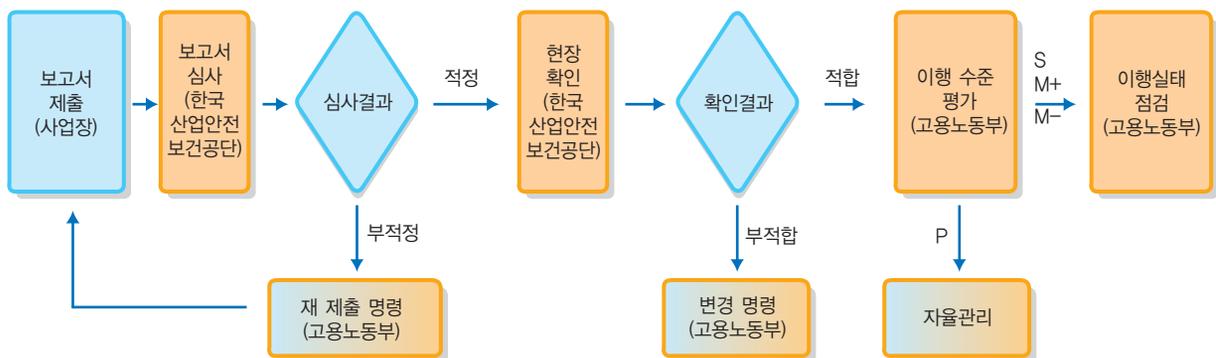
이렇게 공장 내에서 할 수 있는 최선의 노력을 기울인다 하여도 인근 공장의 화재, 폭발의 영향이나 예기치 못한 태풍과 같은 천재지변에 의해서도 중대산업사고가 발생할 수 있는데 PSM 제도는 이러한 경우를 대비하여 최악의 상황을 고려한 평상시 주기적인 비상조치 훈련을 실시하여 실제 상황 발생 시 신속·정확하게 대응함으로써 정상 운전 시의 중대산업사고 예방은 물론 이상 사태 발생 시 피해 최소화를 위한 종합적이고 체계적인 공정안전관리활동을 말한다.

따라서 이같은 PSM 제도가 국내에 잘 실행되도록 하고자 산업안전보건법 제 49조의 2에서는 유해위험 설비를 보유한 사업주로 하여금 위험 설비 설치·이전·

변경 30일 전에 PSM 제도의 사업장별 특성에 맞는 실행을 위한 계획서인 공정안전보고서를 작성하여 공단에 제출토록 하고 있다. 그리고 공정안전보고서를 제출 받은 공단에서는 보고서 심사 및 확인을 실시하여 위험설비가 설치되기 이전에 설계적으로 안전하게 설치되도록 하고 있으며, 그 이후에는 고용노동부 주관 하에 계속해서 안전 운전을 할 수 있도록 이행 수준 평가 및 평가결과에 따른 이행실태 확인을 지속적으로 실시하고 있다.

1996년 PSM 제도가 국내에 도입된 이래 공단에서는 현재까지 약 15년간 4,800건의 공정안전보고서 심사와 6,700건의 확인을 실시하였다. 또한 2005년 이후 5,700건의 이행 수준 평가 및 실태 확인 기술 지원을 통하여 국내 사업장의 PSM 제도 정착을 위하여 노력하고 있다. 약 15년이 경과한 현 시점에서 동 제도 시행의 성과를 간단히 평가해 볼 때, 시행 초기에는 연간 약 20건 정도 발생하던 국내 중대산업사고가 최근 3년간에는 연간 약 4~5건 발생하는 수준으로 현격히 감소하였다. 이는 최근 유럽연합(EU) 국가의 중대산업사고 발생 수준(3건 / 1,000개 소)과 비교할 때 그렇게 높지 않은 수준이라 할 수 있다.

중대산업사고는 1건만 발생되더라도 막대한 피해를 초래하기 때문에 선진국 수준에 비교할 것이 아니라 궁극적으로는 단 1건도 발생되지 않도록 관리하는 것이 중요하다. 그러므로 현재 국내 PSM 제도가 성공적으로 잘 정착되어가고 있지만 중대산업사고 제로(zero)화를 위해서 15



[그림] 국내 PSM 제도 실행 흐름도

〈표 1〉 공정안전보고서 관련 사업 실적 현황

(단위 : 건)

연도 구분	계	1996~ 1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011. 8월
심사	4,802	1,651	162	241	241	193	266	310	285	281	289	301	308	274
확인	6,725	1,824	423	297	300	373	362	476	460	448	486	396	484	396
평가/점검	5,778	-	-	-	-	-	-	879	769	786	901	906	941	596

〈표 2〉 국내 중대산업사고 발생 현황

(단위 : 건)

연도	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011.8월
건수	20	20	11	8	10	6	8	18	11	5	3	4	6	4	5	3
사망	15	16	4	1	9	6	7	7	9	3	2	4	3	1	4	9
부상	32	39	5	10	41	6	22	57	12	77	2	10	22	51	9	7

년이 경과한 시점에서 다시 한 번 시행상의 일부 문제점을 검토하고, 선진 외국 제도와 비교하여 국내 제도에 그 개선점을 반영함으로써 중대산업사고 발생위험 사각지대를 제거하는 것이 중요하다. 이에 본고에서는 궁극적 목표인 중대산업사고 발생 제로화를 위하여 몇 가지 발전방안을 제안하고자 한다.

## 국내 PSM 제도 운영실태 및 발전방안

### 공정안전보고서 적용대상의 합리적 조정

산업안전보건법 제49조의 2에 의한 공정안전보고서 제출대상은 크게 2개의 그룹으로 나눌 수 있는데 첫 번째가 동법 시행령 제33조의 6에 의하여 다음 7개 사업을 하는 사업장의 보유 설비이며, 두 번째는 시행령 [별표 10]에 따른 유해·위험물질 중 하나 이상을 규정량 이상 제조·취급·사용·저장하는 설비 및 그 설비 운영과 관련 설비로 되어 있다.

#### 산업안전보건법 시행령 제33조의 6(공정안전보고서의 제출대상)

- ① 법 제49조의 2 제1항에서 '대통령령으로 정하는 유해·위험설비'란 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 사업을 하는 사업장의 경우에는 그 보유 설비를 말하고, 그 외의 사업을 하는 사업장의 경우에는 별표 10에 따른 유해·위험물질 중 하나 이상을 같은 표에 따른 규정량 이상 제조·취급·사용·

저장하는 설비 및 그 설비의 운영과 관련된 모든 공정 설비를 말한다.

1. 원유정제처리업
2. 기타 석유정제물재처리업
3. 석유화학계 기초화학물제조업 또는 합성수지 및 기타 플라스틱물질제조업. 다만, 합성수지 및 기타 플라스틱물질제조업은 별표 10의 제1호 또는 제2호에 해당하는 경우로 한정한다.
4. 질소, 인산 및 칼리질 비료제조업(인산 및 칼리질 비료제조업에 해당하는 경우는 제외한다)
5. 복합비료제조업(단순 혼합 또는 배합에 의한 경우는 제외한다)
6. 농약제조업(원제제조만 해당한다)
7. 화약 및 불꽃제품제조업

첫 번째 그룹에 해당하는 7개 업종 중 업종 분류상 불꽃제품제조업은 대부분 화약류를 수입하여 저장·판매하는 영세 사업장으로서 상대적으로 중대산업사고 발생 위험성이 낮아 PSM 제도 적용이 비현실적이다. 또한 총포화약류단속법 등에 의거 총포화약협회, 경찰청 등에서 대상 시설에 대한 안전검사 등을 실시하고 있다. 따라서 소량의 화약류 저장·판매 등 PSM 제도 적용 실익이 없는 업종을 대상에서 제외하고 동 업종에서 사용하는 위험물질을 규정 수량으로 적용하는 것이 바람직하다.

이와 아울러 인산 및 칼리질 비료제조업은 이미 업종 적용에서 제외하고 있고, 질소비료업에 해당되는 사업

장은 국내에 없으며, 복합비료제조업종은 이산화질소 등 폭발성물질의 사용으로 업종대상에 포함되어 있으나 국내 2개 소뿐이다. 그리고 이들 사업장도 종자·약품·반도체 등 복합적인 사업을 하고 있기 때문에 업종으로 관리하는 것은 합리적이지 못한 실정이다.

한편, 2011년 8월 현재 국내 공정안전보고서 제출 대상 사업장은 총 962개 소이며, 이 중 811개 소(84%)가 유해·화학물질 규정 수량 초과대상 사업장이고, 업종대상 사업장은 962개 소 중 151개 소(16%)에 불과하다. 그런데 업종대상 사업장도 유해·화학물질 규정 수량 초과대상으로 적용이 가능하므로 PSM 제도를 우리나라보다 먼저 도입하여 수행하고 있는 미국 및 EU의 여러 국가에서 유해·화학물질을 규정량 이상 취급하는 사업장을 적용대상으로 통일해서 적용 중인 사례와 같이 화재·폭발·독성물질 누출 등의 중대산업사고 예방 및 피해 최소화의 근본 목적 달성을 위한 조치를 취하는 것이 바람직하다. 즉, 중대산업사고 위험이 있으나 대상 업종이 아닐 경우 PSM 제도 적용대상에서 벗어나는 것을 방지하고 대상 업종 중 중대산업사고의 가능성이 낮은 사업장은 대상에서 제외될 수 있도록 우리나라의 경우에도 업종 자체를 제출대상으로 적용하기 보다는 중대산업사고 발생 잠재 위험성이 높은 유해·위험물질을 규정량 이상 취급하는 설비를 보유한 사업장만 공정안전보고서 제출대상으로 규정하는 것이 합리적이라고 판단된다.

이밖에 공정안전보고서 제출대상에 난방용 연료의 저장 설비는 제외되어 있으나 상대적으로 위험도가

PSM 제도가 국내 사업장에 어느 정도 정착되어 중대산업사고가 시행 초기보다 현격하게 감소하는 등 그 효과 면에서 매우 긍정적이라고 평가할 수 있다. 그러나 현 제도를 법적으로 적용함에 따라 일부 중대산업사고 발생위험이 적은 영역까지 확대 적용되거나 급속한 산업 변화 및 발달로 생성되는 중대산업사고 발생위험이 높은 새로운 영역을 법 제도권에 포함시키는 발 빠르고 유연한 대응이 어려움에 따라 중대산업사고 사각지대 발생 등 시행상 일부 미흡한 면도 없지 않은 것이 사실이다. 따라서 현실성이 떨어지는 공정안전보고서 제출대상 업종을 폐지하고, 보일러 등의 난방용 사용 설비를 제출 제외대상에 추가하여 중대산업사고 예방의 근본 취지에 최대한 부합될 수 있도록 효율적으로 운영하여야 한다. 또한 중대산업사고 발생 위험이 높은 새로운 영역을 법 제도권에 포함시키도록 기존 적용대상 유해·화학물질 21종을 EU 등 선진국 적용 수준으로 확대하고 규정량을 합리적 수준으로 개정하여 중대산업사고 사각지대를 최소화하기 위한 선택과 집중이 필요하다.

낮은 사용·취급 설비는 적용대상으로 규정하고 있다. 그래서 단순 난방용 설비로 인하여 PSM 제도를 적용받는 사업장에서는 사용·취급 설비에 대해서도 제외시켜 줄 것을 요구하는 민원을 지속적으로 제기하고 있는 실정이다. 이같은 상황에서 도시 가스 등의 연료를 사용하여 단순 난방을 목적으로 온수나 스팀을 생산하는 설비는 상대적으로 화재·폭발 등의 위험성이 적으므로 공정안전보고서 제출대상에서 제외하고, 제조공정 내에서 도시 가스 등을 연료로 사용하

〈표 3〉 공정안전보고서 제출대상 사업장 현황

(2011년 8월 현재, 단위 : 개 소)

적용 구분 센터별	총계	7개 화학업종								비화학업종 (규정량 이상)
		소계	원유정제	석유정제	석유기초	합성수지	비료	농약제조	화약 불꽃	
계	962	151	21	8	47	56	2	6	11	811
수도권센터	250	14	2	0	0	5	0	3	4	236
중부권센터	204	26	1	3	8	11	0	0	3	178
영남권센터	341	70	14	1	30	19	1	2	3	271
호남권센터	167	41	4	4	9	21	1	1	1	126

여 직접 건조·가열하는 생산공정 설비 등은 공정안전보고서 제출대상으로 적용하는 것이 바람직하다고 판단된다.

### 공정안전보고서 적용대상 유해·화학물질 목록 및 규정량 개정

현재 산업안전보건법 시행령 [별표 10]에서 규정하고 있는 21종의 공정안전보고서 제출대상 유해·화학물질은 주로 화재·폭발 등의 사고 발생 위험성이 있는 물질 중심으로 되어 있다. 반면, EU 국가 등 선진국에서 적용하고 있는 자연발화성, 독성, 반응성물질이 일부 적용대상에서 제외되어 있다. 그 결과, 최근 의약품 제조공장의 반응 설비 등 일부 화학 반응 설비에서 폭발 사고가 발생하는 등 공정안전보고서 제출대상에서 제외되어 있는 사각지대에서 사고가 종종 발생되고 있는 실정이다.

#### [산업안전보건법 시행령 별표 10(개정 2009. 7. 30)]

유해·위험물질 규정량(제33조의 6 제1항 관련)

번호	유해·위험물질명	규정량(kg)
1	인화성 가스	취급 : 5,000 / 저장 : 200,000
2	인화성 액체	취급 : 5,000 / 저장 : 200,000
3	메틸이소시아네이트	150
4	포스겐	750
5	아크릴로니트릴	20,000
6	암모니아	200,000
7	염소	20,000
8	이산화황	250,000
9	삼산화황	75,000
10	이황화탄소	5,000
11	시아나수소	1,000
12	불화수소	1,000
13	염화수소	20,000
14	황화수소	1,000
15	질산암모늄	500,000
16	니트로글리세린	10,000
17	트리니트로톨루엔	50,000
18	수소	50,000
19	산화에틸렌	10,000
20	포스핀	50
21	실란(Silane)	50

이와 함께 산업 및 공정의 빠른 발달과 변화과정에 맞춰 취급 유해·화학물질의 종류와 제조공정도 다양해짐에 따라 새로운 위험요인이 발견되는 등 다양한 신규 개발공정 조건에 따른 사전 안전 확보를 위하여 PSM 대상 유해·화학물질 목록 및 규정량은 지속적으로 검토되고 보완되어야 한다. 따라서 국내·외 사고 사례 및 선진국들의 적용 사례 등을 토대로 산업안전보건법 시행령 [별표 10]에서 규정하고 있는 21종의 공정안전보고서 제출대상 유해·화학물질 목록에 새로운 유해·화학물질을 추가하거나 규정량을 변경하여야 한다. 또한 유통량이 없어지거나 금지물질로 선정되어 더 이상 국내에 존재하지 않는 유해·화학물질을 삭제하는 등 유해·화학물질 목록 및 규정량 개정이 산업 변화에 따라 신속하게 이루어져야 한다.

### 저위험군 밀집지역에 대한 PSM 제도 적용방안 마련

우리나라 공정안전보고서 제출대상 유해·화학물질의 규정량은 EU 국가의 고위험군(UT; Upper Tier) 사업장의 규정량과 유사하다. 즉, EU에서 적용하고 있는 고위험군 사업장보다 위험성은 적으나 중대산업사고의 위험이 있다고 예측되는 저위험군(LT; Lower Tier) 사업장에 대한 관리가 우리나라에서는 이루어지지 않고 있다는 것이다. 그러나 우리나라의 경우에는 중소 규모 사업장이 밀집된 산업단지가 많이 운영되고 있어, 이들 사업장에서 발생한 사고는 2차 사고를 유발하거나 인근 사업장으로 확산되어 결국은 도미노 효과에 의한 중대산업사고로 발전될 가능성이 높다.

결국 이러한 밀집지역에 위치한 사업장 중 서로 사고의 영향을 끼치거나 받을 수 있는 사업장들을 하나의 구역(위험구역)으로 묶어 최소한의 안전관리가 확보되도록 하여야 한다. 그런데 최소한의 안전관리는 중대산업사고 예방 및 피해 최소화를 위한 상호 공조 체계 구축과 비상조치계획 수립 등 구역 내 다른 사업장과 주요한 정보 공유 등을 포함하여야 한다. 그리고 장



우리나라의 경우에는 중소 규모 사업장이 밀집된 산업단지가 많이 운영되고 있어, 이들 사업장에서 발생한 사고는 2차 사고를 유발하거나 인근 사업장으로 확산되어 결국은 도미노 효과에 의한 중대산업사고로 발전될 가능성이 높다.

기적으로는 EU 국가들과 같이 2개의 위험군 관리 체계를 각각 차별화시켜 관리하는 방안이 마련되어야 할 것이다.

### 맺음말

PSM 제도가 국내에 도입되어 시행된 지 약 15년이 경과한 시점에서 볼 때 동 제도가 국내 사업장에 어느 정도 정착되어 중대산업사고가 시행 초기보다 현격하게 감소하는 등 그 효과 면에서 매우 긍정적이라고 평가할 수 있다. 그러나 현 제도를 법적으로 적용함에 따라 일부 중대산업사고 발생위험이 적은 영역까지 확대 적용 되거나 급속한 산업 변화 및 발달로 생성되는 중대산업사고 발생위험이 높은 새로운 영역을 법 제도권에 포함시키는 발 빠르고 유연한 대응이 어려움에 따라 중대산업사고 사각지대 발생 등 시행상 일부 미흡한 면도 없지 않은 것이 사실이다.

따라서 현실성이 떨어지는 공정안전보고서 제출대

상 업종을 폐지하고, 보일러 등의 난방용 사용 설비를 제출 제외대상에 추가하여 중대산업사고 예방의 근본 취지에 최대한 부합될 수 있도록 효율적으로 운영하여야 한다. 또한 중대산업사고 발생위험이 높은 새로운 영역을 법 제도권에 포함시키도록 기존 적용대상 유해·화학물질 21종을 EU 등 선진국 적용 수준으로 확대하고 규정량을 합리적 수준으로 개정하여 중대산업사고 사각지대를 최소화하기 위한 선택과 집중이 필요하다. 그리고 대상 선정의 합리적 조정을 통하여 필요한 영역에 최대한 기술 지원 역량을 투입함으로써 효율적인 관리를 해야 한다. 이와 아울러 사고 발생 시 도미노 효과에 의한 중대산업사고 발생위험이 있는 저위험군 사업장의 집단 시설에 대해 장기적인 PSM 방안을 마련하여 궁극적으로 중대산업사고 발생 제로화를 실현하기 위한 다각적인 노력이 필요한 상황이다. ☺

# 소음 노출 사업장의 소음 노출 수준과 기준 초과율 현황 및 요인



김규상 연구위원  
산업안전보건연구원  
직업병연구센터

소음은 우리나라 사업장 근로자의 주요한 노출 유해요인이다. 업종별 평균 소음 수준은 연구자 별로 차이를 보이나 우리나라 사업장의 업종별 소음공정의 전 주파수역 음압 수준은 과거에 비해 개선되고 있다. 그러나 소음환경은 여전히 10~20% 수준의 노출기준 초과율과 과반의 근로자가 85dB(A) 이상의 소음에 노출되고 있음을 보여주고 있다. 소음 노출 수준은 근로자의 연령 및 근무 기간과 함께 청력역치와 난청 발생에 가장 크게 영향을 미치는 요인인데, 청력에 영향을 미치는 80dB(A) 이상의 소음에 대다수의 작업자가 노출되고 있어 소음성 난청 예방을 위한 효과적이고도 지속적인 소음 저감대책이 마련되어야 할 것이다.

## 서론

소음은 우리나라 사업장 근로자의 주요한 노출 유해요인이다. 소음이 현대 사회에서 중요한 문제로 대두됨에 따라 소음 노출로 인한 건강 위해로부터 보호와 소음 저감을 위한 대책이 중요하다고 볼 수 있다.

사업장의 소음은 여러 작업공정에서 필연적으로 발생하여 소음성 난청의 원인으로 작용한다. 또한 소음성 난청뿐만 아니라 재해의 발생이나 작업 능률의 저하 등 직접적인 각종 피해를 야기한다. 그리고 이러한 청각 장애 이외에도 심혈관계질환과 고혈압의 발생에 영향을 미치고, 심한 소음 수준은 급격한 스트레스와 정신 장애를 유발시키는 요인으로 작용하며, 수행 행동 능력 장애, 수면 장애, 대화 방해 등 건강과 일상생활에 영향을 준다. 이와 같은 소음으로 인한 청력 장애는 신체적·정서적·행동학적·사회적 기능에 영향을 미친다.

작업환경 유해인자인 소음에 대한 노출기준 초과 사업

장은 기준 초과 전체 사업장의 90% 이상을 차지하고 있다. 소음성 난청은 현재 우리나라에서 특수건강진단결과 유소견자(D1 판정) 중 가장 많으며, 소음 특수건강진단 피검사자의 10% 이상이 소음성 난청 요관찰자(C1)로 판정을 받고 있다.

이 연구는 작업환경측정결과 소음 노출 수준을 사업장의 산업·지역·규모로 구분하여 노출 평균 소음 수준, 소음 노출기준 초과율, 노출기준 초과 사업장 및 초과 빈도와 노출 수준의 범위를 제시하고, 이러한 소음의 노출 수준에 영향을 미치는 요인을 파악하고자 한다.

## 연구방법

작업환경측정자료는 2008년 상·하반기 작업환경측정결과로, 6만 885개 사업장 중 소음을 측정된 사업장 상·하반기 총 5만 37개 사업장을 대상으로 작업하였다. 그리고 소음측정 사업장의 자료를 특수건강진단 사

업장의 자료와 매치하려고 중복을 제거하여 3만 8,339 개 사업장으로 줄였다. 아울러 상·하반기 각각 측정을 하여 2번 카운트되는 경우, 동일 노동관서 내에 1공장과 2공장 등 같은 사업자등록번호를 사용하는 사업장이 존재하여 중복 카운트되는 경우 등을 하나의 사업장으로 줄였다. 사업자등록번호와 노동관서 코드가 동일한 사업장은 하나의 단위 사업장으로 만들었다.

그 중 특수건강진단자료와 비교 가능한 작업환경측정 자료는 2만 446개 사업장이었다. 특수건강진단자료와 비교 가능한 작업환경측정자료의 2만 446개 사업장에 대한 정확한 사업장정보를 얻기 위해 산재보험 가입 사업장과 링크하여 중복되지 않는 사업장을 다시 추출한 후, 금융업 2개 사업장을 제외한 1만 7,978개 사업장을 대상으로 하였다.

작업환경측정결과에서 지역 소음측정의 proxy로 사업장의 산업·지역·규모를 나누어 노출 평균 소음 수준과 소음 노출기준 초과율로 살펴보았다. 측정수는 각 개별 사업장의 측정 포인트 수의 총합이며, 초과 측정수는 금회 8시간 작업환산치값이 90dB(A)를 초과하는 측정 포인트 수이다. 금회 8시간 최소값은 사업장별 금회 8시간 작업환산치값 중 가장 작은 값이며, 금회 8시간 최대

값은 사업장별 금회 8시간 작업환산치값 중 가장 큰 값이다. 금회 8시간 평균값은 사업장별 금회 8시간 작업환산치값들을 다음의 식에 의해 소수점 3자리에서 반올림한 값이다.

$$10\log\left(\frac{10^{\frac{\text{측정값1}}{10}} + 10^{\frac{\text{측정값2}}{10}} + \dots + 10^{\frac{\text{측정값n}}{10}}}{n}\right)$$

금회 8시간 평균값과 중앙값은 SAS 프로그램을 이용하여 작업하였다.

사업장의 지역은 서울·강원·부산·경남·경북·경인·호남·충청지역의 광역별로 구분하였으며, 업종은 광업(10001~10508), 제조업(20001~23701), 전기가스수도업(30001~30003), 건설업(40001~40010), 운수창고업(50001~51001), 농어업(70101~80005), 기타산업(90001~90901)으로 대분류하였다. 그리고 제조업종은 식료품제조업(20001~20010), 담배제조업(20101), 섬유제조업(20202~20205), 제재업(20301~20303), 목제품제조업(20401~20404), 펄프지류제조업(20501~20506), 신문화폐발행업(20601~20605), 인쇄업(20701), 화학제품제조업(20901~20912), 의약품제조업(21001), 화장품제조업(21002), 고무제품제조업(21201), 도자기제품제조업(21301~21302), 유리제조업(21401~21405), 요업(21501~21504), 시멘트제조업(21601), 비금속광물제품제조업(21801~21816), 금속제련업(21901~21902), 금속재료제품제조업(22001~22007), 도금업(22201~22205), 기계기구제조업(22301~22313), 전기기계기구제품제조업(22401~22404), 전자제품제조업(22501~22504), 선박건조수리업(22601~22603), 수송용기계기구제조업(22702~22704), 계량기광학기계제조업(22801~22809), 수제품제조업(22901~22906), 섬유제품제조업



사업장의 소음은 여러 작업공정에서 필연적으로 발생하여 소음성 난청의 원인으로 작용한다.

(23201~23204), 수송용기계기구제조업(23401~23404), 자동차 및 모터사이클수리업(23501), 연탄 및 응고고체연료제조업(23701)으로 중분류 구분하였다. 사업장 규모는 1~4, 5~9, 10~49, 50~299, 300~499, 500~999, 1000인 이상으로 구분하였다.

## 연구결과 및 고찰

조사대상 사업장 전체의 소음 노출기준 초과율(소음 작업환경측정 건수 대비 소음 노출기준인 8시간 90dB(A) 초과 건수 비율)은 12.19%, 소음 노출 수준은 8시간 가중 노출 평균값으로 84.68dBA, 중앙값으로는 83.91dBA, 초과 사업장(사업장별 소음 작업환경측정결과 8시간 노출량(TWA)이 측정 건수 중 하나 이상이라도 초과한 사업장수)은 4,723개 사업장(26.3%), 측정 건수 중 초과한 건수가 50% 이상의 초과율을 보인 사업장은 2,045개

(11.4%), 1/4~3/4 분위수값인 25~75% 범위값의 소음 수준은 81.51~87.90dB(A)였다. 소음 노출기준 초과율은 영남지역(경북·부산·경남지역)이 다른 지역에 비해 높았으며, 광업, 제조업, 기타산업의 업종 순이었고, 사업장 규모는 작을수록 높게 나타났다<표 1>.

제조업의 업종별(중분류)로 소음 노출기준 초과율을 보면, 제재업이 70.01%로 가장 높았다. 다음으로 섬유제조업 61.48%, 비금속광물제품제조업 24.38%, 선박건조수리업 23.67%, 금속재료제품제조업 20.38% 등이 20%를 초과하고 있었으며, 수송용기계기구제조업 19.12%, 섬유제품제조업 16.94%, 기타제조업 11.31%, 연탄 및 응고고체연료제조업 11.25%, 요업 10.52%, 펄프지류제조업 10.42% 등이 10%를 초과하고 있었다.

제조업 사업장의 전체측정 건수에 따른 소음 노출기준 초과율은 12.44%였다. 소음 노출 수준 평균값으로 보면, 섬유제조업이 92.66dB(A)로 가장 높았고, 다음으로

〈표 1〉 조사대상 사업장의 소음측정 초과율

	구분	사업장수	측정 건수	초과측정 건수	초과율(%)	평균값(dBA)	≥50% 초과율 사업장수(%)	노출기준 초과 사업장수(%)
지역	서울	855	4.25(6.95)	0.24(1.49)	2.18(10.77)	80.57(5.79)	16(1.9)	50(5.8)
	강원	233	7.82(12.69)	0.78(3.09)	5.63(16.76)	81.89(6.52)	10(4.3)	39(16.7)
	부산	602	9.98(27.44)	2.24(8.18)	15.26(27.10)	86.07(4.45)	87(14.5)	195(32.4)
	경남	3,363	9.73(35.05)	2.11(12.64)	13.25(25.30)	85.53(4.97)	406(12.1)	1,004(29.9)지역
	경북	2,232	10.89(27.45)	2.68(5.22)	22.26(33.62)	86.12(6.59)	501(22.4)	898(40.2)
	경인	6,088	6.66(17.10)	0.98(3.16)	10.13(23.40)	84.29(5.29)	588(9.7)	1345(22.1)
	호남	2,066	11.80(34.82)	2.20(10.56)	12.45(24.78)	84.75(4.81)	213(10.3)	588(28.5)
	충청	2,541	11.24(20.42)	1.56(4.75)	9.88(22.62)	83.55(6.05)	224(8.8)	604(23.8)
업종	광업	57	7.40(5.78)	1.47(2.35)	15.46(26.94)	85.90(8.72)	7(12.3)	23(40.4)
	제조업	17,242	8.86(23.77)	1.63(6.27)	12.44(25.58)	84.68(5.51)	2,000(11.6)	4,607(26.7)
	전기·가스·수도업	44	25.68(48.02)	0.86(2.93)	4.50(13.51)	81.72(5.71)	2(4.5)	8(18.2)
	건설업	11	5.82(4.71)	0.36(0.81)	4.85(11.19)	80.84(9.16)	0(0.0)	2(18.2)
	운수·창고업	72	6.28(9.03)	0.14(0.76)	1.00(6.16)	80.34(4.85)	1(1.4)	3(4.2)
	농어업	6	3.67(2.58)	1.00(1.67)	16.67(25.82)	79.23(10.70)	2(33.3)	2(33.3)
	기타산업	546	13.01(59.20)	1.94(24.26)	6.09(18.27)	81.25(7.38)	33(6.0)	78(14.3)
규모	1-4	1,602	3.22(5.37)	0.61(2.19)	10.59(27.81)	83.35(6.23)	192(12.0)	241(15.0)
	5-9	2,449	3.64(4.77)	0.74(2.20)	11.86(27.80)	83.91(6.11)	310(12.7)	262(18.9)
	10-49	9,882	6.61(12.49)	1.43(6.43)	13.37(26.42)	84.92(5.47)	1,285(13.0)	2,718(27.5)
	50-299	3,707	16.18(21.65)	2.68(7.42)	10.56(19.60)	84.75(5.16)	249(6.7)	1,218(32.9)
	300-499	159	37.95(46.66)	4.11(11.22)	5.71(13.37)	81.98(6.40)	5(3.1)	40(25.2)
	500-999	123	62.33(126.98)	6.52(35.37)	5.21(14.17)	81.77(6.66)	4(3.3)	30(24.4)
	≥1,000	58	153.76(265.46)	17.47(54.34)	4.07(9.66)	81.64(6.19)	0(0.0)	14(24.1)
	전체	17,978	9.01(25.60)	1.63(7.45)	12.19(25.35)	84.55(5.63)	2,045(11.4)	4,723(26.3)

\* 측정 건수, 초과측정 건수, 초과율, 평균값은 사업장 당 평균(표준편차)을 제시한 값임

제재업 91.87dB(A)로 노출기준인 90dB(A)를 초과하고 있으며, 선박건조수리업 88.82dB(A), 금속재료품제조업 87.54dB(A), 비금속광물제품제조업 87.36dB(A), 수송용기계기구제조업 86.70dB(A), 섬유제품제조업 86.06dB(A), 연탄 및 응고고체연료제조업 85.72dB(A), 펄프지류제조업 85.39dB(A), 목제품제조업 85.29dB(A), 담배제조업 85.17dB(A)로 85dB(A)를 초과하고 있었다.

초과 사업장수와 비율로 보면, 제재업이 150개 사업장

(83.8%)으로 가장 높았으며, 다음으로 섬유제조업 348개 사업장(77.5%), 선박건조수리업 55개 사업장(67.1%), 금속재료품제조업 331개 사업장(53.4%)이 제조업 업종별로 50% 이상의 사업장에서 노출기준을 초과하였다. 그리고 수송용기계기구제조업 658개 사업장(48.2%), 비금속광물제품제조업 1,119개 사업장(47.1%), 섬유제품제조업 213개 사업장(32.6%), 연탄 및 응고고체연료제조업 9개 사업장(31.0%), 펄프지류제조업 111개 사업장(29.8%), 기타제조업 179개 사업장(23.1%), 식료품 제조

〈표 2〉 조사대상 사업장(제조업)의 소음측정 초과율

구분	사업장수	측정 건수	초과측정 건수	초과율(%)	평균값(dBA)	≥50% 초과율 사업장수(%)	노출기준 초과 사업장수(%)
식료품제조업	622	15.28(21.00)	1.59(5.32)	6.12(14.56)	84.38(4.44)	18(2.9)	139(22.3)
담배제조업	6	25.50(26.62)	0.33(0.82)	2.22(5.44)	85.17(1.37)	0(0.0)	1(16.7)
섬유제조업	449	12.07(14.20)	7.61(9.24)	61.48(39.26)	92.66(6.10)	310(69.0)	348(77.5)
제재업	179	6.58(6.07)	4.88(4.82)	70.01(37.99)	91.87(3.82)	135(75.4)	150(83.8)
목제품제조업	407	5.07(6.03)	0.66(1.75)	8.66(20.48)	85.29(4.16)	37(9.1)	86(21.1)
펄프지류제조업	373	12.51(22.89)	1.70(3.59)	10.42(20.00)	85.39(4.26)	27(7.2)	111(29.8)
신문화폐발행업	118	5.47(10.31)	0.64(1.73)	8.79(24.08)	82.46(5.88)	12(10.2)	17(14.4)
인쇄업	537	5.26(6.00)	0.38(1.55)	4.37(17.31)	82.83(4.92)	19(3.5)	52(9.7)
화학제품제조업	1,887	7.50(11.79)	0.46(1.79)	4.38(14.29)	83.06(4.88)	64(3.4)	247(13.1)
의약품제조업	102	8.49(10.67)	0.64(3.41)	2.23(8.35)	81.58(4.15)	0(0.0)	8(7.8)
화장품제조업	31	5.26(4.87)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	77.96(7.41)	0(0.0)	0(0.0)
고무제품제조업	255	11.82(34.25)	0.48(1.45)	3.42(11.95)	83.94(3.47)	5(2.0)	30(11.8)
도자기제품제조업	59	11.59(13.66)	0.98(2.76)	4.47(11.80)	83.56(4.37)	1(1.7)	11(18.6)
유리제조업	111	11.41(14.50)	0.81(2.28)	5.04(15.38)	84.05(4.80)	4(3.6)	18(16.2)
요업	301	5.20(7.53)	0.74(2.07)	10.52(26.03)	82.93(6.37)	32(10.6)	56(18.6)
시멘트제조업	29	9.21(18.97)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	81.42(3.29)	0(0.0)	0(0.0)
비금속광물제품제조업	2,375	7.90(8.56)	2.57(4.66)	24.38(32.52)	87.36(4.87)	584(24.6)	1,119(47.1)
금속제련업	42	31.74(136.95)	0.12(0.40)	1.99(8.22)	83.33(3.71)	1(2.4)	4(9.5)
금속재료품제조업	620	12.46(22.73)	3.28(6.93)	20.38(24.85)	87.54(3.94)	101(16.3)	331(53.4)
도금업	445	6.15(10.85)	0.58(1.77)	6.88(19.34)	84.11(4.57)	27(6.1)	73(16.4)
기계기구제조업	2,571	6.92(18.13)	0.89(3.84)	6.40(16.99)	83.60(4.91)	135(5.3)	457(17.8)
전기기계기구제조업	551	9.58(19.10)	1.12(3.51)	8.00(19.12)	84.22(4.87)	35(6.4)	119(21.6)
전자제품제조업	612	7.83(21.18)	0.29(1.23)	3.02(12.08)	81.71(5.59)	16(2.6)	50(8.2)
선박건조수리업	82	55.74(156.99)	16.38(45.64)	23.67(21.56)	88.82(4.26)	10(12.2)	55(67.1)
수송용기계기구제조업	98	23.62(114.75)	1.26(5.70)	2.48(7.29)	81.96(5.14)	0(0.0)	16(16.3)
계량기광학기계	335	7.35(18.81)	0.31(1.12)	3.40(11.78)	82.04(5.10)	10(3.0)	36(10.7)
수제품제조업	84	6.63(7.33)	0.48(1.65)	3.10(12.09)	81.90(6.13)	2(2.4)	8(9.5)
기타제조업	775	5.91(7.57)	0.97(2.65)	11.31(25.30)	84.47(5.19)	87(11.2)	179(23.1)
섬유제품제조업	654	14.55(50.42)	3.93(17.88)	16.94(28.99)	86.06(4.99)	109(16.7)	213(32.6)
수송용기계기구제조업	1,365	13.44(15.63)	2.73(4.48)	19.12(26.52)	86.70(4.66)	215(15.8)	658(48.2)
자동차 및 모터사이클수리업	1,137	3.01(3.39)	0.02(0.42)	0.12(1.70)	80.34(4.81)	0(0.0)	6(0.5)
연탄 및 응고고체연료제조업	29	4.66(2.88)	0.72(1.25)	11.25(19.94)	85.72(4.21)	4(13.8)	9(31.0)
전체	17,241	8.86(23.77)	1.63(6.27)	12.44(25.58)	84.68(5.51)	2,000(11.6)	4,607(26.7)

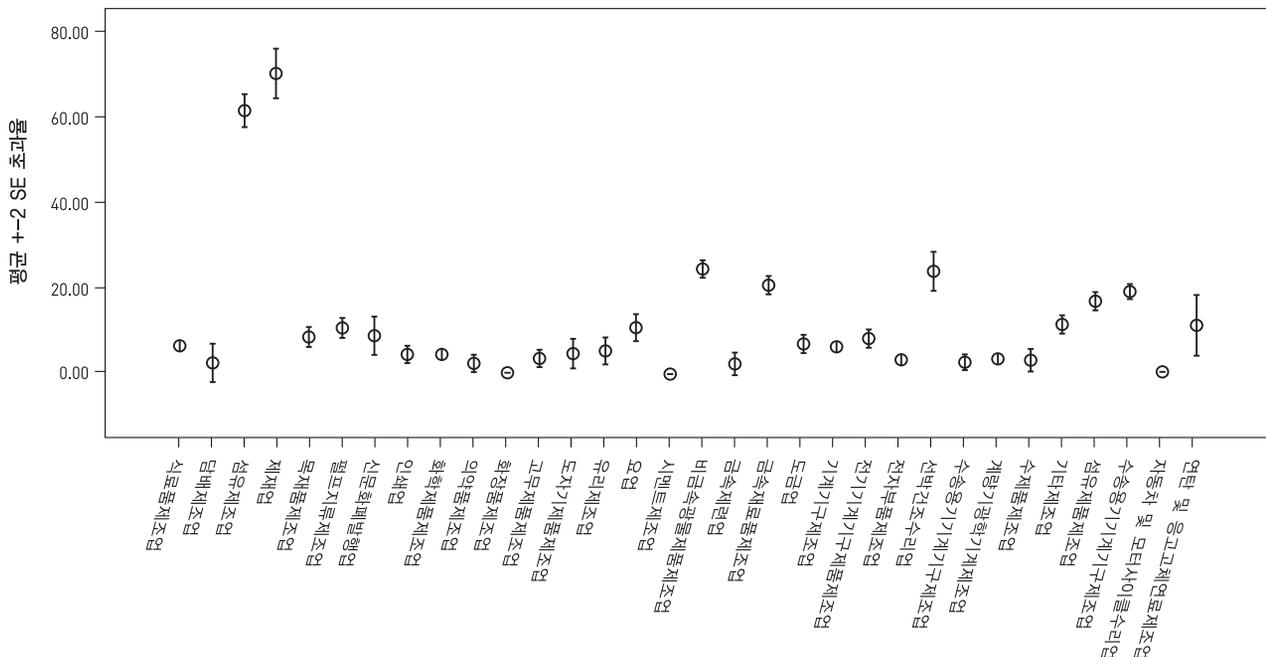
\* 측정 건수, 초과측정 건수, 초과율, 평균값은 사업장 당 평균(표준편차)을 제시한 값임

업 139개 사업장(22.3%), 전기기계기구제품제조업 119개 사업장(21.6%), 목제품제조업 86개 사업장(21.1%)이 20% 이상의 사업장에서 노출기준을 초과하였다.

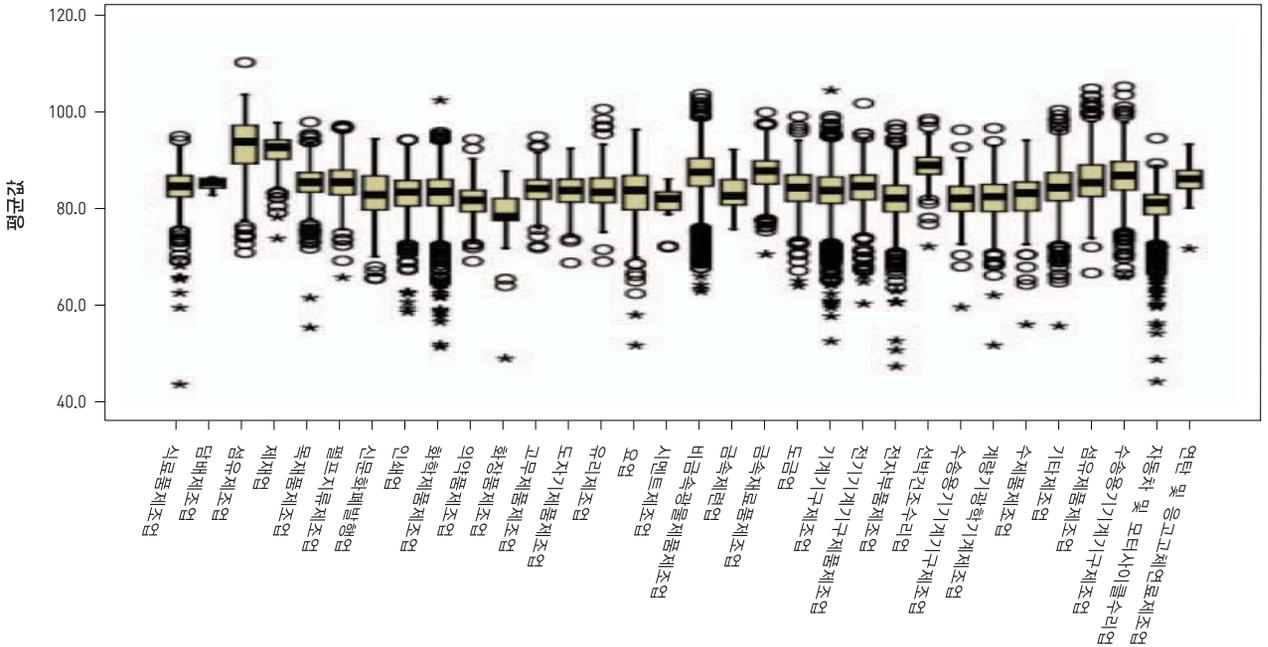
제조업 조사대상 사업장 전체의 소음 노출기준을 초과한 경우는 4,607개 사업장(26.7%)으로, 측정 건수 중 초과한 건수가 50% 이상의 초과율을 보인 사업장도 2,000개(11.6%)였다. 소음 노출 수준의 정도를 1/4~3/4 분위수값인 25~75% 범위값으로 보면, 섬유제조업이 89.40~97.32dB(A), 제재업이 90.28~94.31dB(A), 선박건조수리업이 87.20~90.72dB(A), 비금속광물제품제조업이 84.73~90.49dB(A)로 75%값으로서 90dB(A)를 초과하고 있었으며, 금속재료제품제조업이 85.17~89.97dB(A), 수송용기계기구제조업이 82.59~89.13dB(A), 섬유제품제조업이 82.59~89.13dB(A), 펄프지류제조업이 82.91~88.06dB(A), 연탄 및 응고고체연료제조업이 84.25~87.98dB(A), 목제품제조업이 83.50~87.55dB(A), 기타 제조업이 81.70~87.55dB(A), 전기기계기구제품제조업이 81.88~87.05dB(A), 도금업이 81.59~87.05dB(A), 요업이 79.83~86.93dB(A), 식료품제조업이 82.49~

86.91dB(A), 신문화폐발행제조업이 79.80~86.87dB(A), 기계기구제조업이 81.14~86.63dB(A), 유리제조업이 81.32~86.45dB(A), 담배제조업이 84.35~86.33dB(A), 도자기제품제조업이 81.27~86.19dB(A), 고무제품제조업이 82.02~86.10dB(A), 화학제품제조업이 80.68~86.10dB(A), 금속제련업이 80.83~86.08dB(A), 인쇄업이 80.63~85.91dB(A), 수제품제조업이 79.63~85.58dB(A), 계량기광학기계제조업이 79.35~85.11dB(A)로 85dB(A)를 초과하고 있었다. 75%값으로서 85dB(A)를 초과하지 않은 제조업종의 약품제조업이 79.44~83.86dB(A), 화장품제조업이 77.58~82.75dB(A), 시멘트제조업이 79.75~83.54dB(A), 전자제품제조업이 79.42~84.86dB(A), 자동차 및 모터사이클수리업이 78.82~82.97dB(A)였다(표 2), [그림 1~3].

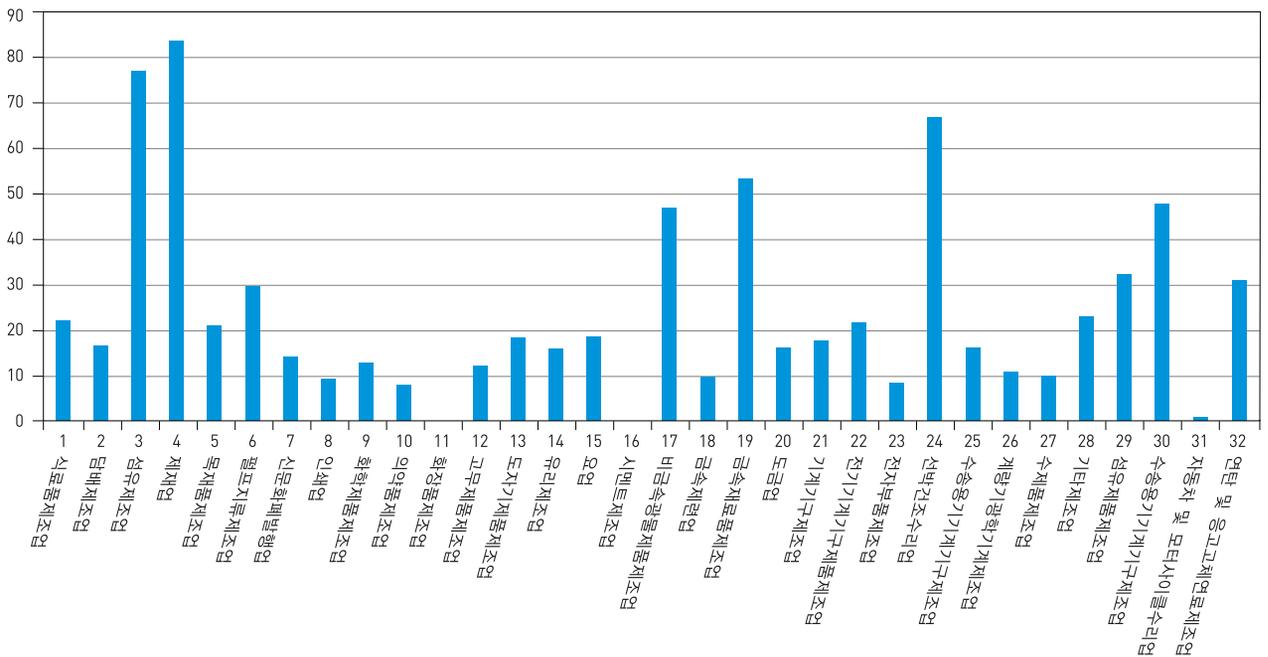
우리나라의 소음 노출기준은 소음강도 90dB(A)의 8시간 노출로 규정하고 있으며, 8시간 기준으로 하여 5dB(A) 증가할 때 노출시간은 1/2로 감소되는 소위 '5dB(A) 교환율(exchange rate) 법칙'이 적용되고 있다. 또한 소음 노출기준이 115dB(A)를 초과해서는 안된



[그림 1] 제조업의 종분류에 따른 소음 노출기준 초과율



[그림 2] 제조업의 장비류에 따른 소음 노출 수준(평균, dB(A))

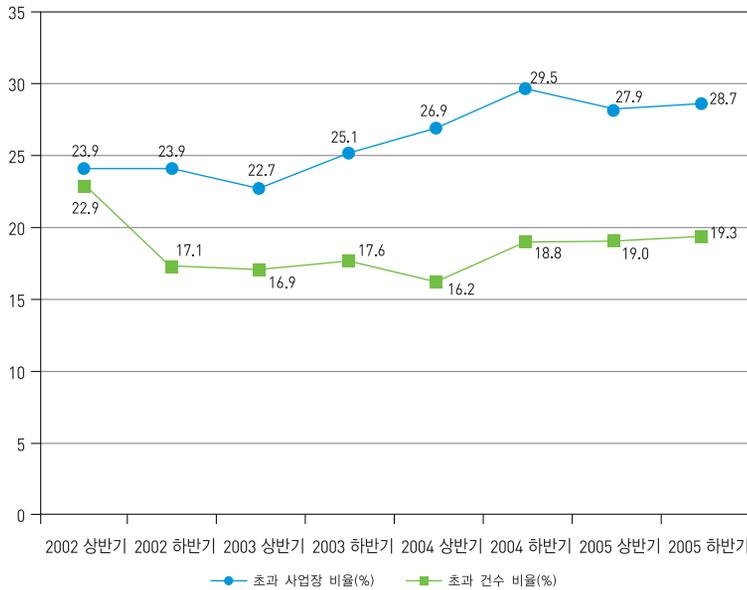


[그림 3] 제조업의 장비류에 따른 소음 노출기준 초과 사업장 비율

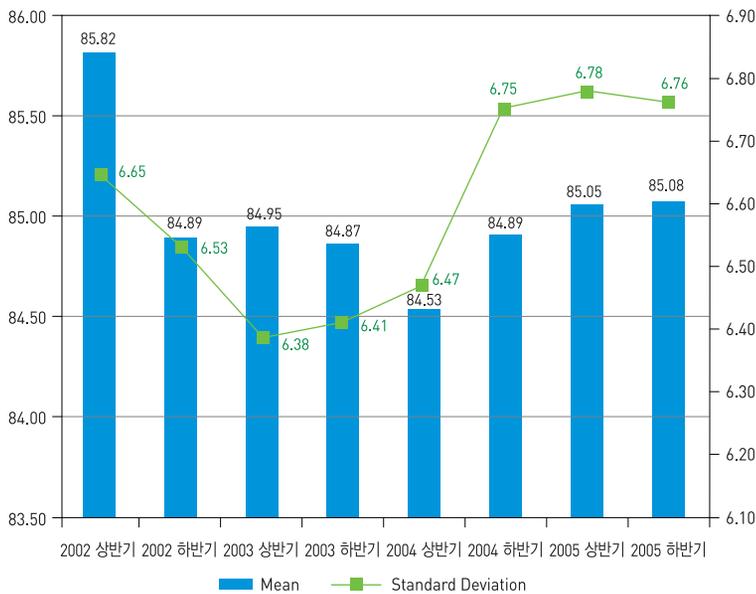
다고 규정하고 있다.

작업환경측정대상 유해인자 중 전체 노출기준 초과 사업장에 대해 소음이 차지하는 비율은 2006년 하반기를 기준으로 약 92.5%에 해당한다(고용노동부, 2007). 이

처럼 작업환경 유해인자인 소음에 대한 노출기준 초과 사업장은 기준 초과 전체 사업장의 90% 이상을 차지하고 있다. 1999년 제조업체를 대상으로 한 작업환경실태 조사에서 전체 조사대상 사업장 5만 2,070개 소 가운데



[그림 4] 연도별 소음 노출기준 초과 사업장 및 측정 건수 비율의 추이



[그림 5] 연도별 소음측정결과치의 추이

53.3%에서 소음 발생 작업공정을 보유하고 근로자수로는 12.1%가 해당공정에 근무하고 있는 것으로 나타났다(한국산업안전보건공단, 1999).

작업환경 중 소음은 2002~2005년 최근의 작업환경 측정결과에서도 소음의 노출기준 초과율이 2002년 상반기의 초과 사업장 비율 23.9%, 초과 건수 비율 22.9%

에서 2005년도 하반기에는 각각 28.7%, 19.3%로 큰 변화를 보이지 않고 있다(그림 4). 4개년의 소음측정결과를 보면 평균 소음이 84~86dB(A)를 보이며(그림 5), 80~90dB(A) 사이의 소음이 64.6%로 전체의 약 2/3를 차지하고, 100dB(A)를 초과하는 건수도 1.3% 존재한다. 80dB(A) 미만의 소음은 11.1%를 차지하고 있다(장재길 등, 2007).

업종별 평균 소음 수준은 연구자별로 차이를 보이거나 우리나라 산업장의 업종별 소음공정의 전 주파수역 음압 수준은 과거에 비해 낮아 소음환경이 개선되고 있음을 보여준다.

1985년 부산지역의 제조업종을 대상으로 소음 수준을 측정한 결과, 선박건조업, 철강압연업, 자동차제조업, 섬유제품제조업 등의 제조업종에서 90dB(A)를 초과하고, 주조업, 금속제품제조업, 수산물처리가공업, 고무제품제조업 등은 85dB(A) 이상으로 허용기준에 근접하고 있음을 보여주고 있다. 조사대상의 42%가 소음공정에서 노출기준을 초과하였다(김준연 등, 1986).

2001년 하반기 작업환경측정이 수행된 2만 2,384개 사업장 중 소음 노출기준인 90dB(A)를 초과한 사업장(5,785개)의 소음 강도, 사업장 규모, 지역, 초과 공정수 등을 업종별로 파악할 때 노출기준 초과

가 가장 많은 업종은 섬유제품제조업과 조립금속제품제조업이었으며, 사업장 규모로는 50인 미만에서, 지역으로는 경상도 지역이, 한 사업장에 초과공정이 다발되는 업종으로는 섬유제품제조업과 제1차 금속산업을 꼽을 수 있다(노영만과 피영규, 2003).

사업장 단위에서도 노출 소음 수준이 개선되고 있음을

작업장의 소음은 업종별 평균 소음 수준으로 연구자별 차이를 보이나 소음공정의 전 주파수역 음압 수준은 과거에 비해 소음환경이 개선되고 있음을 보여준다. 그러나 여전히 청력에 영향을 미치는 80dB(A) 이상의 소음에 대다수의 작업자가 노출되고 있어 소음성 난청 예방을 위한 효과적이고도 지속적인 대책이 마련되지 않는 한 소음성 난청은 우리나라에서 가장 심각한 직업병문제로 지속될 것이다. 실제 소음 수준은 근로자의 연령 및 근무 기간과 함께 청력역치와 난청 발생에 가장 크게 영향을 미치는 요인으로 나타났다. 이 연구에서는 사업장 규모가 작을수록, 기타 산업보다 제조업이, 제조업보다 광업이, 여성보다 남성에서, 연령이 많을수록, 소음 노출 수준이 높을수록, 근무 기간이 길수록 소음 특수건강진단에서의 청력역치는 높고 난청자수는 많았다.

보여주고 있으나 85~90dB(A)에 근접하여 노출되고 있다. 오도석과 이용학의 연구(2004)에서 A 자동차산업 전체공정의 소음 노출기준 초과 비율은 1995~1997년 평균 24.9%에서 2000~2001년 평균 19.7%로 낮아졌으나, 2001년 전국 철강주조업의 소음 조사결과는 평균 87.4dB(A)로 거의 노출 수준에 근접하고 있었다(피영규와 김현욱, 2003).

자동차 프레스 공정 생산직 근로자를 대상으로 하여 NIOSH 측정방법에 의해 직무별 누적 소음을 평가한 결과에서는 조장(leader), 지게차 운전자(forklift driver)는 권고기준인 85dB(A)를 측정된 전원에서 초과하였으며, 프레스 운전자(press operator), 팔레트맨(pallette man), 크레인 운전자(crane operator)는 83.3%, 97.4%, 91.7%가 각각 권고기준인 85dB(A)를 초과하였다(정지연 등, 2001).

작업장의 소음은 업종별 평균 소음 수준으로 연구자별 차이를 보이나 소음공정의 전 주파수역 음압 수준은 과거에 비해 소음환경이 개선되고 있음을 보여준다. 그러나 여전히 청력에 영향을 미치는 80dB(A) 이상의 소음

에 대다수의 작업자가 노출되고 있어 소음성 난청 예방을 위한 효과적이고도 지속적인 대책이 마련되지 않는 한 소음성 난청은 우리나라에서 가장 심각한 직업병문제로 지속될 것이다.

실제 소음 수준은 근로자의 연령 및 근무 기간과 함께 청력역치와 난청 발생에 가장 크게 영향을 미치는 요인으로 나타났다. 이 연구에서는 사업장 규모가 작을수록, 기타 산업보다 제조업이, 제조업보다 광업이, 여성보다 남성에서, 연령이 많을수록, 소음 노출 수준이 높을수록, 근무 기간이 길수록 소음 특수건강진단에서의 청력역치는 높고 난청자수는 많았다. 난청자수의 비율을 기준으로는 사업장 규모별 약 2.5배 이상의 차이를 보였다. 그리고 광업은 기타산업과 제조업에 비해 2배, 여성이 남성에 비해 약간 높았고, 50대 이상은 20대에 비해 4~5배, 80dB(A) 미만 사업장에 비해 90dB(A) 이상 사업장은 약 1.5배, 20년 이상 근무기간 근로자에서 그 미만 근로자에 비해 약 2배 이상의 난청자수 비율을 보였다. ⑤

**참고문헌**

- 김규상 · 김은아 · 김건형 · 김대성, 특수건강진단대상자의 유해인자 노출과 질병과의 관련성 연구(I) - 소음 작업환경측정과 특수건강진단결과를 중심으로, 산업안전보건연구원, 2010.
- 김준연 · 김병수 · 이채연 · 전진호 · 이종태 · 김진옥, 제조업 산업장의 소음 작업환경실태에 관한 조사 연구, 예방의학회지 1986;19(1):16-30.
- 노영만 · 피영규, 우리나라 소음 노출기준 초과업종의 특성, 한국산업위생학회지 2003;13(1):53-61.
- 오도석 · 이용학, 자동차산업의 작업환경측정결과 분석 연구, 한국산업위생학회지 2004;14(3):233-242.
- 장재길 · 정광재, 소음 노출 저감을 위한 작업환경관리 및 측정방안, 산업안전보건연구원, 2007.
- 정지연 · 박승현 · 이광용 · 이나루 · 유기호 · 박정선 · 정호근, 자동차 프레스 공정에 있어서 직무 및 누적소음기 설정치 차이에 따른 작업자의 소음 노출 평가, 한국산업위생학회지 2001;11(3):190-197.
- 피영규 · 김현욱, 우리나라 철강주조업의 공정별 유해인자 노출 현황, 한국산업위생학회지 2003;13(2):99-106.
- 피영규 · 노영만, 우리나라 소음 노출기준 초과업종의 특성, 한국산업위생학회지 2002;13(1):53-61.

# 서비스업종의 안전한 청소방법

-음식료업종을 중심으로



김정수

산업안전보건연구원  
안전시스템연구실

서비스업종, 특히 음식료와 관련된 서비스업종은 다른 업종들에 비해 작업장 바닥에 다양한 오염물질이 존재할 수 있다. 현장에 존재하는 다양한 인자의 예로는 기름기, 세제, 음식물찌꺼기, 분진, 신발걸창에 끼어 있는 흙, 모래 등이 있다. 주방과 같은 구역에서는 근로자들의 이동과 작업조건들이 수시로 바뀌고 있으며, 점심시간과 같이 짧은 시간에 많은 일이 몰린 경우도 허다하여 발생한 오염물질의 처리가 곤란한 실정이다. 또한 매장의 경우 근로자가 아닌 소비자들이 수시로 출입하고 있어 이들의 신발에 묻어 들어오는 오염물질도 통제하기 매우 어려운 실정이다. 따라서 이러한 조건들을 고려할 때 음식료 서비스업종에서 미끄러짐을 유발시킬 수 있는 인자들을 어떻게 통제하느냐가 미끄러짐재해 예방의 관건이 아닐 수 없다.

## 들어가기

2004년 이후 3대 다발재해 중 유일하게 지속적으로 증가하고 있는 것이 전도(넘어짐)재해이다. 특히 2007년 이후 급격히 증가하여 2009년도에는 2만 184명이 전도(넘어짐)로 인하여 재해를 입었다. 이러한 증가의 원인은 다양할 것으로 생각되지만 2009년도 전체 전도(넘어짐)재해 중 서비스업종에서 발생한 재해가 50% 이상을 점유하고 있어 산업 전반의 서비스업종 증가 추세와 무관하지 않을 것으로 추정된다. 최근 10년간 우리나라의 산업구조 변화를 살펴보면, 제조 및 건설업 중심에서 3차 산업인 서비스업종으로 천이하고 있으며 연평균 7.9%의 증가 추세에 있다. 이러한 산업구조 변화 속에 전도(넘어짐)재해는 앞으로도 지속적으로 증가할 가능성이 높다.

서비스업종, 특히 음식료와 관련된 서비스업종은 다른 업종들에 비해 작업장 바닥에 다양한 오염물질이 존재

할 수 있다. 이와 관련된 현장측정 연구들에서 가장 많이 나타나고 있는 오염물질이 물로 지적되고 있지만 실상 현장의 작업상태와 작업장 바닥의 상태를 고려할 때 단순히 물로 인한 것으로 판단하기에는 많은 문제점이 있다. 현장에 존재하는 다양한 인자의 예로는 기름기, 세제, 음식물찌꺼기, 분진, 신발걸창에 끼어 있는 흙, 모래 등이 있다.

주방과 같은 구역에서는 근로자들의 이동과 작업조건들이 수시로 바뀌고 있으며, 점심시간과 같이 짧은 시간에 많은 일이 몰린 경우도 허다하여 발생한 오염물질의 처리가 곤란한 실정이다. 또한 매장의 경우 근로자가 아닌 소비자들이 수시로 출입하고 있어 이들의 신발에 묻어 들어오는 오염물질도 통제하기 매우 어려운 실정이다. 따라서 이러한 조건들을 고려할 때 음식료 서비스업종에서 미끄러짐을 유발시킬 수 있는 인자들을 어떻게 통제하느냐가 미끄러짐재해 예방의 관건이 아닐 수 없다.



음식로 서비스업종 작업장 바닥 및 작업형태

이러한 전도(넘어짐)재해에 영향을 주는 요소는 많지만 그 중 하나로 지적되는 것이 부적절한 청소에 대한 내용이다. 적절한 청소과정이 현장에서 제대로 이루어지기 위해서는 공식화된 청소 프로그램이 확립되어야 한다.

## 청소 프로그램

프로그램은 바닥 청소가 정기적으로 이루어질 수 있도록 시행되어야 한다. 청소 프로그램은 청소 일정을 정확하게 세워야 하고 최소한 다음과 같은 요소를 포함하여야 한다.

- 청소 일정은 최고 혼잡한 시간, 통행형태 및 날씨 등을 고려하여 결정되어야 한다.
- 청소 일정을 잡을 때는 청소된 지역의 건조시간이 고려되어야 한다.
- 청소 동안 보행자의 출입을 통제하기 위한 적절한 제한조치가 있어야 한다.
- 모든 청소는 서류로 보고되어야 하고 적절한 점검이 이루어져야 한다.
- 프로그램의 일부분으로, 바닥 청소와 관한 기록된 순서가 규정될 필요가 있고 주기적인 개정이 필요하다(즉, 새로운 바닥이 설치될 때, 새로운 청소 제품이 사용될 때, 만일 작업환경이 변경되었을 경우, 또

는 새로운 노출물질이 나타날 때 등).

- 기록된 청소 순서는 이러한 순서가 제대로 이루어지고 있는지 또는 효과적인지를 알기 위해 주기적으로 평가되어야 한다.

이와 함께 적절한 MSDS 자료가 있어야 하고, 근로자는 개인보호장구의 사용에 관하여 적절한 훈련을 받아야 한다. 이러한 훈련에 대한 최소 요구조건은 KOSHA Code 또는 KOSHA Guide에서 찾을 수 있다.

## 청소방법 훈련

청소 프로그램을 시행할 때, 청소 방침과 과정에 관하여 근로자를 교육하는 것은 프로그램의 성공을 위해 매우 필수적이다. 근로자들은 매우 높은 위험성을 나타내는 지역에 대한 특별한 청소과정뿐만 아니라 전반적인 정리·정돈과정도 알아야 한다. 즉, 청소뿐만 아니라 청소 용구의 세척, 비치, 교체 주기 등에 관하여 알아야 한다. 그리고 훈련이 이루어질 때는 다음과 같은 요소들이 고려되어야 한다.

- 현장에서 배수가 적절하게 이루어지는지 확인하기 위해 모든 구역이 점검되어야 한다.
- 모든 구역은 한눈에 확인되어야 한다.
- 모든 구역은 어떠한 누락 없이 완전히 청소되어야 한다.
- 모든 청소장비는 깨끗하고 건전한 상태에 있음을 확인하기 위해 점검되어야 한다.
- 모든 청소장비는 청소되는 바닥에 적합한지를 확인하기 위해 점검되어야 한다.

## 청소 제품

청소에 사용되는 세제 등과 같은 제품은 사용 전에 청소하는 바닥에 적합한지 확인하기 위해 작업장 구석의 조그만 표면에 시험되고 평가되어야 한다. [그림 1]은 다양한 세제를 사용하여 작업장 바닥을 청소하였을 때 세제의 사

용에 따른 미끄러짐 저항의 기간별 변화를 보여주는 자료의 일부이다(<http://www.nfsi.org/testedproducts.php>).

이러한 결과는 민간기관이기는 하지만 제품별로 성능을 소비자 또는 근로자가 바로 확인할 수 있도록 한 것 이어서 국내 실정을 고려한다면 매우 부러울 따름이다. 만일 이러한 조치가 국내에서 이루어진다면 청소용품 생산업체나 청소용 세제 생산업체로부터 큰 저항에 부딪히게 될 것이다. 국내에서는 이러한 공지에 대해서 사회적인 합의가 이루어지지 않고 있으며 객관적인 평가도 미흡한 것으로 판단된다.

외국의 경우에는 바닥 청소 제품 공급업자나 생산자들이 특정한 바닥재에 대해 적절한 제품을 선택할 수 있도록 기술적인 지원을 하고 있으므로 이를 이용하면 바닥재에 따른 적합한 제품의 선택이 가능하다.

한편, 청소용 제품은 구매 전 품질을 확인하기 위하여 시험되어야 한다. 이렇게 함으로써 제대로 청소도 되지 않는 고가의 제품 구매로 발생할 수 있는 낭비를 막을 수 있다. 구매된 제품에 포함된 안전과 적용방법에 관한 제조자의 설명서를 참조하여 작업하여야 한다. 청소용 제품이 호환되지 않거나 예상했던 것과 다르게 작용할 수 있기 때문에 여타 판매업체에서 구매한 제품들은 서로 섞이지 않도록 하여야 한다.

이밖에 모든 청소 장비가 깨끗하게 유지되도록 할 뿐



[그림 1] 바닥 청소용 세제의 성능 변화

만 아니라 청소용 제품의 사용, 혼합 및 적용에 관한 훈련을 실시하여야 한다. 외국에서는 청소용 제품의 생산 및 판매업체가 제품의 선택이나 기술적 훈련 등을 제공하고 있는 경우가 많다. 음식로

올바른 청소방법에 따라 청소를 할 경우 모든 형태의 바닥에서 미끄러짐 위험성이 현저히 감소할 것으로 예상되며, 추가적으로 청소용 물의 온도는 대략 24°C~50°C로 사용하는 것이 적절할 것으로 예상된다.

왜냐하면 고온의 물이나 스팀을 이용하면 기름기가 쉽게 제거될 수 있는 반면, 바닥이 쉽게 손상되므로 시간에 따라 미끄러질 위험성이 증가할 수 있기 때문이다. 많은 경우에 미끄러짐이 발생하는 원인을 물에 두고 이를 제거하면 모든 문제 해결이 가능할 것으로 판단하고 있지만, 실제로 미끄러짐이 발생하는 메커니즘은 매우 복잡하다. 그러나 이러한 문제를 해결하는 방법은 오히려 매우 단순할 수 있다.

기존의 연구들을 조사해보면, 바닥재가 새 것인 경우와 노후된 것 사이에 청소방법이 달라지고, 청소용 세제의 선택에서도 매우 달라지며, 청소에 사용하는 물의 온도에 따라 결과가 달라지고 있음을 보여주었다. 즉, 현장의 특성을 고려한 자체 청소 프로그램을 만들어야 하며, 이를 주기적으로 평가함으로써 보다 우수한 청소방법이 될 수 있다.

서비스업종의 특성상 청소 중 발생하는 액체 미립자에 의한 음식물 오염이 발생할 수 있다. 이를 방지하기 위해 천연재료로 된 세제를 사용하든가, 아니면 청소 전 전체 작업장 내의 식재료 및 음식물의 보관함을 밀봉하여야 한다.

## 청소용 도구

모든 시설은 작업에 의해 발생할 수 있는 오염물질을 즉시 청소할 수 있도록 적절한 청소 기구를 갖추고 있어야 한다. 전체 작업장에 동일한 대걸레를 사용하는 대신 작업장 내의 상이한 구역(준비실, 조리실, 매장 등)에 구분된 장비를 비치하여 청소하는 것이 오히려 적합하다. 또한 이러한 구역별 청소 도구의 구분을 위해 청소 도구에 식별표나 식별을 위한 색을 칠하여 두면 쉽게 근로자가 사용할 수 있다.

만일 청소를 위해 특정 구역을 통제할 필요가 있다면



[그림 2] 청소 도구의 사용

근로자들이 표식(안전콘 등)이나 바리케이드를 적절하게 사용하는 법을 알아야 한다. 표식이 사용된다면 눈에 띄기 쉽게 설치하여야 하며, 이러한 표식으로 인해

전도(넘어짐)재해가 발생하지 않도록 하여야 할 것이다. 표식은 오염물질의 누출이나 찌꺼기 등을 청소하기 위해 사용되어야 하고, 단지 출입을 통제하기 위한 수단으로 사용되어서는 안 된다.

모든 청소 도구는 사용 전에 미리 세척하고 주기적으로 점검 및 유지 보수하여야 한다. 그리고 근로자들이 오염물질, 청소용 세제 등에 노출될 가능성이 있으므로 적절한 개인보호구를 보급하고 청소작업 시 착용토록 하여야 한다.

## 청소 순서

걸레질, 솔질, 박리 및 바닥 마감 등을 하기 적절한 청소 순서가 지켜져야 한다. 청소 순서에는 일반적인 원리가 있다. 청소에서 각 단계 이전에 청소 도구가 적절하게 세척되어 있는지 확인하고, 청소 구역의 출입 통제를 실시하여야 한다. 또한 청소가 완료되면 즉시 청소 도구를 세척하여야 한다. 청소 도구는 완전히 세척 건조되어 적절한 장소에 비치되어야 한다. 구역별 청소 도구는 뒤섞이지 않도록 주의하여 보관하여야 한다. 만일 이렇게 하지 않는다면 한 구역의 오염물질이 다른 구역으로 전파될 수 있다.

주방의 경우, 만일 바닥에 기름기가 있다면 이를 가장 안전하고 적절하게 제거하기 위해서는 우선 청소작업자 외에 다른 사람의 출입을 통제한다. 둘째, 적절한 세제를 선택하고 제품에 명기된 용량으로 물에 희석한다. 셋

째, 세제 수용액으로 마대를 충분히 적셔 깨끗한 곳에서부터 더러운 쪽으로 바닥에 세제 수용액을 도포한다. 넷째, 기름기가 세제 수용액에 녹아 나올 수 있도록 10~20분가량 세제 수용액이 도포된 상태로 기다린다. 다섯째, 충분히 기름기가 녹아 나온 것이 확인되면 물에 세척한 마대로 깨끗한 쪽에서부터 오염된 쪽으로 닦아낸다. 그리고 호스나 기타 분무기를 이용하여 바닥을 깨끗이 물청소한다. 마지막으로 바닥이 충분히 건조될 때까지 근로자의 출입을 통제한다(이때 바닥이 젖었음을 나타내는 표지판이나 게시물로 모든 근로자에게 출입이 통제되었음을 알려야 한다).

## 기본적인 청소 순서

효과적으로 대걸레질을 하기 위해서 작업자는 다음과 같이 하여야 한다.

- 모든 잔해물이 바닥에서 제거되도록 한다.
- 대걸레를 45°로 경사지게 잡고 바로 앞으로만 민다. 대걸레를 뒤로 당기지 말아야 하며, 들어 올리지도 말아야 한다.
- 사무실과 같이 방해물이 많은 공간에는 작은 대걸레를 사용하는 것이 유리하다.
- 마른 걸레질을 할 때에는 입구에서 시작하고, 공간의 외곽부에서 중심부로 하는 것이 보편적이다. 다만, 젖은 걸레질은 오염물질의 전파를 막기 위해 오염되지 않은 구역에서 시작하여 오염된 구역으로 청소하는 것이 기본이다.
- 만일 가구나 조리기구 등이 쉽게 움직이면 옮긴 후 그 자리를 청소한다.
- 음식물 찌꺼기 등은 젖어 있는 경우가 대부분이므로 비질이나 밀대로 제거하는 것이 적합하다.
- 일단 바닥 청소가 끝나면 마른 걸레는 짧고 단단한 빗자루로 먼지를 제거하고, 젖은 걸레는 플라스틱 물통 등



청소용 밀대

에 넣어 세차게 흔들어준 뒤 물기를 제거한다. 단, 세제를 사용하는 대걸레와 물로 세척하는 대걸레는 구분하여 따로 세척한다.

- 대걸레의 머리(걸레)가 오염되어 더 이상 세척할 수 없을 때는 교체하여야 한다.
- 마른 대걸레는 걸레 부분이 밖을 향하게 해서 벽에 걸어 두어야 한다.

바닥 솔질은 다음과 같이 수행하는 것이 편리하다.

- 솔질은 스크러버를 이용하여 한쪽 벽면에서 출발하여 다른 쪽 벽면 방향으로 이동하며 수행한다.
- 전체 바닥면에 솔질이 되기 위해 각각의 경로가 중첩되게 한다.
- 굽도리판자<sup>1)</sup>나 다른 고정된 물체와 충돌하지 않도록 주의해야 한다.
- 구석이나 스크러버가 들어갈 수 없는 장소에는 수공구와 솔을 이용하면 된다.

더러운 액체 오염물질 제거는 다음과 같이 하면 된다.

- 습식 진공청소기를 사용하거나 첫 대걸레질로 제거한다.
- 젖은 대걸레를 자주 짜준다.
- 전체 바닥의 모든 액체 오염물질이 제거되면 앞의 방식에 따라 청소를 수행한다.
- 다 마르기 전에 굽도리판자의 물기를 제거한다.

바닥이 마르고 난 후에 청소작업자는 위험 표식을 제거하고 가구나 기타 조리 기구 등을 제자리에 배치시킨다.

### 바닥의 코팅 처리

- 코팅액을 버킷에 담고 깨끗한 대걸레를 담근다.
- 대걸레에서 코팅액이 떨어지지 않도록 충분히 짠다.
- 바닥에 코팅을 하기 위해 얇게 문지른다.
- 바닥 코팅 전용기계를 이용할 경우 굽도리판과 평행하게 코팅을 시작한다.
- 굽도리판이나 벽면의 수직인 부분에는 코팅하지 말

아야 한다.

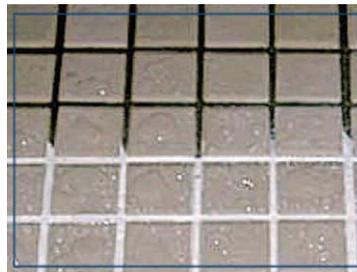
- 코팅액이 튀지 않도록 주의하여야 한다.
- 두 번째 코팅을 하기 전에 충분히 바닥을 건조시켜야 한다.

### 타일 및 그라우트(타일과 타일 사이의 회반죽) 청소 순서

- 알칼리성 탈지액을 도포한다.
- 탈지액이 충분히 반응하도록 약 20분간 기다린다. 이러한 과정으로 타일과 그라우트에 붙어 있는 먼지, 기름기, 기타 오염물질이 쉽게 분리되도록 한다.
- 타일과 그라우트 선을 따라 청소용 솔로 문지른다.
- 가압된 물을 이용하여 표면을 세척한다.
- 중화시키기 위한 액체를 분무하고 앞의 과정을 반복한다.
- 얼룩, 변색, 그라우트의 탈락 및 비누거품 등을 최대한 제거한다.
- 청소된 표면을 습식 진공청소기나 에어컨 등으로 최대한 빨리 건조시킨다.

대한 빨리 건조시킨다.

- 건조된 표면을 검사하고 탈락된 그라우트는 회반죽 등으로 보완한다.



[그림 3] 타일 및 그라우트 청소

### 맺음말

영국의 경우 현장 조사를 통해 10개의 레스토랑을 조사한 결과, 청소 시 단순히 중성세제를 사용하는 레스토랑이 7개이고 탈지 성분이 포함된 세제를 사용하는 곳은 단지 3곳뿐이었다. 탈지 성분이 포함된 세제를 사용하는 곳에서도 설명서에 표시된 용량을 사용하는 곳은 하나도 없었다. 이들 레스토랑의 바닥을 측정했더니 모든 경우에서 바닥의 미끄러짐 위험성이 높게 나타났다.

1) 벽이 마루와 접하는 부분에 설치하는 횡목 또는 횡관



플개 사용

솔질

비질

바닥 청소 준비

[그림 4] 청소 도구 사용방법

그리고 이들이 세척에 사용한 물의 온도도 다양하여 약 10℃~72℃ 범위였다. 이러한 작업장에 대해 새로운 타일의 경우, 탈지 성분이 포함된 세제를 설명서에 나타난 방법으로 대걸레질을 하고 따뜻하거나 약간 뜨거운 물(24℃~50℃)로 청소를 할 경우 바닥의 위험성이 현저하게 낮아졌다. 또한 낡은 타일의 경우 2단계에 걸쳐 탈지 성분 포함 세제를 이용하여 대걸레질을 하고 따뜻한 물(24℃)로 청소를 할 경우 바닥의 위험성이 낮아진 것으로 나타났다.

이상의 연구결과를 통해서도 앞서 설명한 청소방법에 따라 청소를 할 경우 모든 형태의 바닥에서 미끄러짐 위험성이 현저히 감소할 것으로 예상되며, 추가적으로 청소용 물의 온도는 대략 24℃~50℃로 사용하는 것이 적절할 것으로 예상된다. 왜냐하면 고온의 물이나 스팀을 이용하면 기름기가 쉽게 제거될 수 있는 반면, 바닥이 쉽게 손상되므로 시간에 따라 미끄러질 위험성이 증가할 수 있기 때문이다.

많은 경우에 미끄러짐이 발생하는 원인을 물에 두고 이를 제거하면 모든 문제 해결이 가능할 것으로 판단하고 있지만, 실제로 미끄러짐이 발생하는 메커니즘은 매우 복잡하다. 그러나 이러한 문제를 해결하는 방법은 오히려 매우 단순할 수 있다.

기존의 연구들을 조사해보면, 바닥재가 새 것인 경우

와 노후된 것 사이에 청소방법이 달라지고, 청소용 세제의 선택에서도 매우 달라지며, 청소에 사용하는 물의 온도에 따라 결과가 달

라지고 있음을 보여주었다. 즉, 현장의 특성을 고려한 자체 청소 프로그램을 만들어야 하며, 이를 주기적으로 평가함으로써 보다 우수한 청소방법이 될 수 있다.

예를 들면, 육류 해체작업장 바닥에는 육류 해체에 의해 발생하는 동물성 기름이 쉽게 누적될 수 있다. 이러한 작업장의 청소방법과 양식당의 주방 청소방법이 동일할 수 없다. 따라서 각 작업장에 적합한 청소 프로그램을 개발하는 것이 미끄러짐 예방의 가장 저렴하고 강력한 방법이 될 수 있다. ⑤

#### 참고문헌

- Beware! slippery floor, Good cleaning practice-IRSSST.
- Quirion, F., Poirier, P., Lehane, P., Improving the cleaning procedure to make kitchen floors less slippery, Ergonomics, Vol. 51, No. 12, pp. 2013-2029, 2008.
- 김정수 · 박재석, 작업장 바닥에 대한 미끄러짐 위험성 측정 사례집, 연구원 2010-97-941, 2010.

# 음향 도구 착용 근로자의 소음 노출실태에 관한 연구



**김갑배** 연구원  
산업안전보건연구원  
직업환경연구실

헤드셋에서 발생하는 소음으로 인한 근로자 청력손실 예방에 대해서 선진국에서는 많은 관심을 가지고 활발한 연구를 진행하였다. 외국의 연구 사례에 따르면, 콜센터에서 품질이 좋지 않은 헤드셋 착용 시 외이도에서 소음 수준이 85dB(A)를 초과할 수 있다고 보고되고 있다. 그러나 국내에서는 이에 대한 관련 연구가 미미한 수준으로 진행되었다. 본 연구에서는 음향 도구 착용 근로자에게 노출되는 소음을 측정 및 평가하여 음향 도구 착용 근로자의 청력 보호관 리대책을 마련하고자 하였다.

## 서론

국내에서는 수만명(통계청 전국사업체 조사) 내지 수십만명(한국컨택센터협회 추산)의 콜센터 근로자가 텔레마케팅, 고객 상담 등의 업무를 위하여 헤드셋과 같은 음향 도구(acoustic device)를 착용하고 근무한다.<sup>1)</sup> 콜센터로 대표되는 이러한 사업장에서 근로자들은 근무시간 내내 음향 도구를 착용한 상태에서 매일 수십명 이상의 고객과 통화하면서 고객의 음성을 듣게 되는데 이때 음향 도구의 스피커로부터 출력되는 소음에 노출된다.

프랑스에서는 헤드셋에서 발생하는 소음을 평가하기 위해 외이도에 의한 음의 증폭 현상을 고려한 ISO 11904 Standard에 근거하여 소음 노출실태를 평가하였다. 총 24개의 콜센터에서 측정을 하였는데 노출 평가결과 27%의 근로자는 하루에 85dB(A) 이상의 소음에 노출되었으며, 25%의 근로자는 80~85dB(A) 사이의 소음에 노출되었다.<sup>2)</sup>

캐나다의 항공 교통 통제사, 전화 교환수, 예약부 상담원, 전화 케이블 유지 보수 근로자, 공항 지상직 근로자 등이 근무하는 8개 현장에 대해 마네킹을 이용하여 통신 헤드셋에서 발생하는 소음 수준을 측정하였다. 소음 노출 수준  $Leq,8$ (8시간 등가 소음 수준  $Leq$ )은 조용한 사무실에서는 64~81dB(A)였고, 시끄러운 환경에서는 77~88dB(A)였다. 그리고 비전문가에 의해 청력보호구를 헤드셋으로 개조해서 사용한 경우에는 95dB(A)가 발생되었으나 이런 비정상적인 경우를 제외하면 최고 소음 노출 수준은 88dB(A)였다.<sup>3)</sup>

1) Korean statistical Information Service., 2008, By province, industry, definition of establishment, <http://kosis.kr/nsportal/index/index.jsp>

2) Planeau V., 2005, Noise hazards associated with the call centre industry, INRS

3) Dajani Hilmi, and Kunov Hans., 1996, Real-Time Method for Measurement of Noise Exposure from Communication Headsets, Applied Acoustics, Vol. 49, No. 3, pp.209~224

영국에서도 마네킹을 이용하여 은행, 외주 콜센터, 홈쇼핑, 텔레커뮤니케이션 서비스 등 총 15개의 각각 다른 종류의 콜센터에 대하여 150명의 근로자에 대해 노출되는 소음 수준을 측정하였다. 근로자가 실제적으로 통화하는 시간을 고려하여 평가한 평균 소음 수준은 67~84 dB(A)[평균  $\pm$  표준편차(SD), 74  $\pm$  5dB(A)]이고, 최대 소음 수준은 67~87dB(A)[평균  $\pm$  표준편차(SD), 79  $\pm$  5dB(A)]로 나타났다.<sup>4)</sup>

국내에서는 단측 헤드셋을 사용하는 통신 근로자를 대상으로 소음노출량측정기를 이용하여 세 군데 작업실을 1일 작업시간 중 6시간 이상씩 각 10회 측정하였다. 볼륨 강도별 헤드셋 개인 노출 소음은 약·중·대에 따라 평균 90.8dB(A), 94.6dB(A), 97.8dB(A)였고, 헤드셋에서의 최대 음압 수준은 109.1~128.6dB(A)로 나타났다.

헤드셋에서의 소음측정방법으로는 실제 고무나 플라스틱으로 귀 모양을 복제하여 측정하는 방법, 마네킹을 이용한 방법, 실제 귀에 이용하는 방법 등이 있는데 본 연구에서는 실제 개인 노출 소음을 측정하기 위해 실리콘으로 만든 마개를 씌워 연결관을 이용해서 헤드셋 소음을 측정했으므로 과대 평가의 가능성이 있음을 제한점으로 기술하였다.<sup>5)</sup>

위와 같이 헤드셋에서 발생하는 소음으로 인한 근로자 청력손실 예방에 대해서 선진국에서는 많은 관심과 활발한 연구가 진행되고 있으나 국내에서는 미미한 수준이며, 진행된 연구들도 ISO 규격 등에 의한 소음 노출 평가가 아닌 자체 제작한 시스템에 의해서였다.

본 연구에서는 음향 도구 착용 근로자에게 노출되는 소음을 측정하여 음향 도구 착용 근로자의 청력 보호관리대책을 마련하고자 하였다.

## 연구대상 및 방법

본 연구에서는 서울시 소재 사업장 5개 소와 대전광역시 및 전북지역 소재 사업장 각 1개 등 7개 소의 콜센터를 연구대상으로 선정하였다. 연구대상으로 선정된 콜

〈표 1〉 연구대상 사업장 일반 현황

연번	상당원수	측정 근로자수	수행업무
A	210	2	케이블 방송, 인터넷 만원, 불특정 다수에게 상품 판촉
B	18	3	신용카드 결제 보증, 카드 고객에게 상품 판촉
C	100	3	신용카드 부대 서비스 판촉
D	500	3	외식 주문 접수
E	180	1	일간지 대표번호 상담, 출판물 세일즈
F	380	2	인터넷, 인터넷 전화, 인터넷 TV
G	300	3	이동통신 가입, 해지, 요금 조회 등, 이동통신 부가 서비스 유지

센터 사업장별로 헤드셋 착용 근로자 1~3명을 선정하여 음향 도구로부터 노출되는 소음을 측정하였으며, 사업장 일반 현황은 〈표 1〉과 같다.

일반적인 소음 측정방법은 누적소음노출량측정기, 적분형소음계 또는 지시소음계를 사용하여 측정대상이 되는 근로자의 근접된 위치의 귀 높이에서 실시하도록 규정하고 있다. 그러나 헤드셋을 착용하고 작업하는 근로자의 경우에는 기존의 측정방법으로는 헤드셋에서 근로자에게 직접적으로 노출되는 소음의 측정이 불가능하다. 따라서 본 연구에서는 귀에 마이크로폰이 내장된 인체 모형(HATS; Head and Torso Simulator)에 근로자가 착용한 헤드셋을 병렬 연결하여 근로자 귀에 노출되는 소음을 측정하였다.

본 연구에서는 ISO 11904 Standard part 2<sup>6)</sup>의 Manikin technique에 의한 방식으로 헤드셋 소음을 측정하였는데 HATS는 Brüel & Kjær 사의 Type 4128을 사용하였다. HATS에는 B&K 4253형의 인조 귀가 내장되어 있고, 인조 귀 내에는 1/2인치 B&K 4134형 마이

4) Patel A. Jacqueline. and Broughton Keith., 2002, Assessment of the Noise Exposure of Call Centre Operators, Occup. Hygiene, Vol. 46, No. 8 pp.653~661

5) Cho, J. A., Kwon, Y. J., Song, J. C., Choi, S. J., Kim, K. R. and Kim, H. W., 2000, Hearing Threshold Shifts Among Female Communication Workers Wearing Monaural Headset, The KJAsEM, Vol. 12, No. 2, pp.120~128

6) ISO 11904-2., 2002, Acoustics—Determination of sound immission from sound sources placed close to the ear—Part 2: Technique using a manikin, ISO, Switzerland



(사진) HATS를 사용한 측정 모습

크로폰이 내장되어 음향을 측정할 수 있도록 되어 있다. HATS의 마이크론을 통하여 입력된 신호는 B&K 사의 소음 분석 시스템에 전달되어 측정

및 분석되었다. 헤드셋 소음이 측정되는 상담원의 인접 위치에 삼각대와 추가 마이크론을 설치하여 작업장의 배경 소음도 소음 분석 시스템에 입력되도록 하여 동시에 측정하였다. 근로자에게는 '작업환경측정 및 정도관리규정'에 따른 측정을 위하여 누적소음노출량측정기를 착용시켰다(사진).

1일 작업시간 동안의 소음 노출 수준을 파악하기 위하여 사업장 내 대표적인 업무를 수행하는 근로자 1인을 선정하여 근무시간 동안 연속 측정하였다. HATS의 인조 귀에 착용시키는 헤드셋은 사업장 것을 실제 사용하였으며, 현장 전화통화음과 동일하게 음에 대해 노출 평가를 하고자 Y자형 어댑터(adapter)를 이용하여 근로자들에게 들리는 동일한 음을 HATS에 노출시켰다.

아울러 콜센터에서 사용하는 일반 헤드셋 착용 근무시와 능동 소음 제어 헤드셋 착용 근무시 근로자에게 노출되는 음압 수준 및 주파수 특성이 어떻게 다른지 파악하고자 시중에 판매되는 4개 사의 능동 소음 제어 헤드셋을 HATS에 착용시켜 소음을 측정함으로써 일반 헤드셋과의 노출 음압을 비교하였다. 동 실험의 경우는 콜센터에서 사용하는 시스템과 헤드셋의 연결 잭이 일반 시중에서 판매되는 헤드셋 연결잭과 호환되지 않아 실제 콜센터가 아닌 연구원 실험실에서 실험화음을 재생하여 실시하였다.

## 헤드셋에서 발생하는 소음

헤드셋에서 발생하는 소음을 측정하기 위하여 인체 모형인 HATS를 사용하였는데 사람의 귓바퀴에서 모아진 음은 외이도를 거치면서 공명에 의해 3,000~5,000Hz 대역의 음압 상승을 가져오게 된다. 따라서 HATS를 이용하여 측정할 경우, 외이도 안 고막 위치에 설치된 마이크론으로 측정된 음압 레벨은 외이도에 의해 음이 증폭되기 때문에 이에 대한 값을 빼주게 되는데 공명주파수의 영향이 큰 3,000~5,000Hz 대역에서 큰 값을 빼준다.<sup>7)~8)</sup>

현행 소음 노출기준은 귀 안이 아닌 귀의 바깥에 존재하는 소음 수준에 적용되는 기준이므로 고막 위치의 마이크론에서 측정된 소음 수준을 노출기준 등 현행 소음기준과 비교하고자 HATS 제조사인 B&K 사의 diffuse-field frequency response 자료를 이용하여 헤드셋을 통해 노출되는 소음 수준을 구하였다. Diffuse-field frequency response 자료란 외이도에 의해 음이 증폭되는 수준을 주파수별로 나타낸 값으로 측정값에서 이 증폭된 값을 빼주게 된다.

〈표 2〉는 측정대상 근로자 각각에 대한 헤드셋 사용 볼륨을 나타내었고, 별도의 마이크론을 설치하여 측정한 배경 소음 레벨, 누적소음노출량측정기를 사용하여 근로자의 귀 높이에서 측정한 등가 소음 레벨, 그리고 HATS를 이용하여 측정한 등가 소음 레벨은 작업시간 헤드셋 음압 레벨로 나타내었다.

주파수 분석을 통한 통화음의 주파수 특성 및 외이도에 의해 증폭된 값을 고려한 소음 수준을 파악하기 위해서는 각 측정 근로자별로 통화대기시간을 제외한 5회의 실제 통화시간 동안 측정된 데이터를 산술 평균한 값을 이용하여 분석하였다. 주파수 분석에 사용된 1통화 당 시간은 최소 1분에서 최대 8분 정도였다.

〈표 2〉에서 보정 전 실험화시간 헤드셋 음압 레벨은 HATS를 이용하여 측정 데이터를 주파수 분석한 음압 레벨이며, 보정 후 실험화시간 헤드셋 음압 레벨은 외이

7) Vergara F. Erasmo., Steffani Jovani., Gerges N. Samir. and Pedrosa A. Marcos., 2006, Uncertainties Assessment of Noise Dose for Telemarketing Operators(Headphone Users), XVIII IMEKO WORLD CONGRESS, 17-22, Rio de Janeiro, Brazil

8) Peretti A., Pedrielli F., Baimonte M., Mauli F. and Farina A., 2003, Headphone Noise: Occupational Noise Exposure Assessment for Communication Personnel, Euronoise, Naples, paper ID: 365-IP

〈표 2〉 배경 소음 및 헤드셋 소음 종합결과

사업장 및 근로자	헤드셋 볼륨 (1~9)	배경 소음 레벨 (dB(A))	귀 높이 증가 소음 레벨 (dB(A))	작업시간 헤드셋 음압 레벨(dB(A))	실통화시간 헤드셋 음압 레벨 (dB(A))	
					보정 전	보정 후
A-1	6.5	57.3	69.2	83.5	85.8	73.9
A-2	4.5	56.6	64.2	77.0	81.1	76.1
B-1	7	55.8	72.5	83.0	89.7	79.8
B-2	-	56.4	60.8	77.6	82.2	74.5
B-3	-	57.2	66.2	76.2	79.9	75.7
C-1	8	56.8	62.8	82.8	89.8	82.2
C-2	7	56.8	61.9	81.8	85.6	78.1
C-3	5.5	61.4	71.2	81.8	84.8	75.6
D-1	-	62.4	75.2	81.3	86.2	76.0
D-2	-	61.9	71.6	85.0	89.4	79.9
D-3	-	64.7	71.4	84.7	87.1	78.5
E-1	6	58.3	65.5	74.1	80.9	73.2
F-1	5.5	61.1	72.5	81.1	83.0	78.0
F-2	9	66.6	77.9	91.6	93.9	86.0
G-1	5.5	55.9	65.9	83.7	85.9	76.1
G-2	9	56.7	67.4	89.5	88.8	78.3
G-3	5	57.5	65.8	78.2	81.9	77.9

도에 의해 증폭된 값을 주파수별로 보정하여 계산한 소음 수준이다.

17명의 상담원에 대한 측정결과, 콜센터 근로자의 헤드셋에서 출력되는 작업시간 헤드셋 음압 레벨은 74.1~91.6dB(A) 범위에 있었다. 최대값을 기록한 근로자는 F 사업장 소속이었는데 17명의 측정 근로자 중 유일한 남성 상담원이었으며, 헤드셋 볼륨 또한 최대치인 9에 놓고 사용하였다. 또한 상담원 헤드셋 소음측정과 동시에 실시한 콜센터 사무실의 배경 소음은 55.8~66.6dB(A) 범위에 분포하였으며, 최대값인 66.6 dB(A) 역시 F 사업장의 남성 근로자와 인접한 장소의 배경 소음이었다.

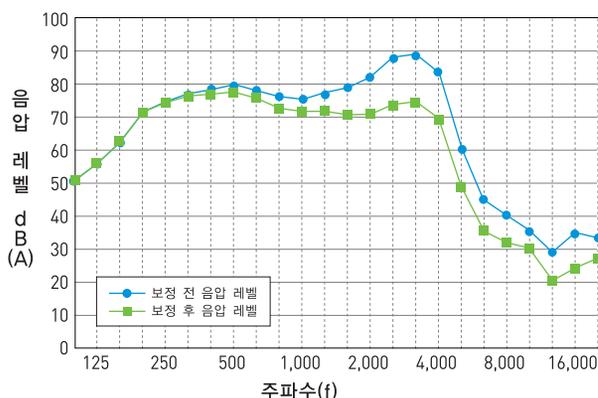
고막에 마이크로폰이 위치한 때의 음압 레벨인 보정 전 실통화시간 헤드셋 음압 레벨의 경우는 측정된 음압 레벨이 79.9~93.9dB(A) 범위에 있었으며, 외이도에 의한 증폭 현상에 대하여 보정을 한 후의 음압 레벨인 보정 후 실통화시간 헤드셋 음압 레벨은 73.2~86dB(A)였다.

[그림 1]은 가장 높은 소음에 노출되고 있는 F 사업장 근로자의 보정 전 음압 레벨과 보정 후 음압 레벨을 비교한 그래프이다. 이 그래프를 보면, 보정 후에는

2,000~4,000Hz 대역에서 음압 레벨이 많이 감소하였고 Leq값은 보정 전에 93.9 dB(A)였으나 보정 후에는 86.0dB(A)로 7.9dB(A)가 감소되었다.

헤드셋 볼륨을 확인할 수 있는 12명의 근로자에 대하여 볼륨 레벨을 조사한 결과, 조절 범위가 1~9인 볼륨 스위치를 4.5~9 범위에 놓고 사용하고 있었으며 중앙값은 6.25였다. 볼륨의 크기와 헤드셋 소음의 강도에 대하여 피어슨 상관 분석을 실시한

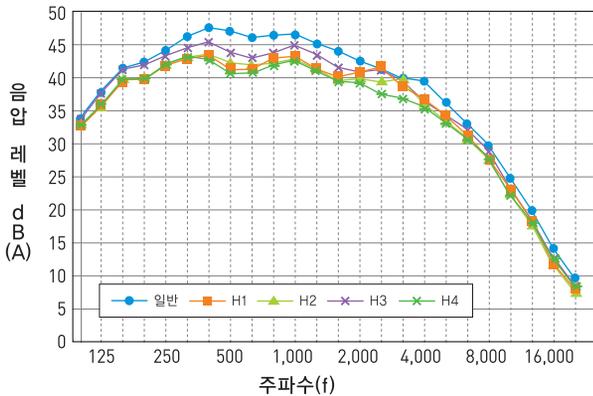
결과, 상관계수가 0.672로 높은 상관성이 있는 것으로 나타났다( $p < 0.05$ ).



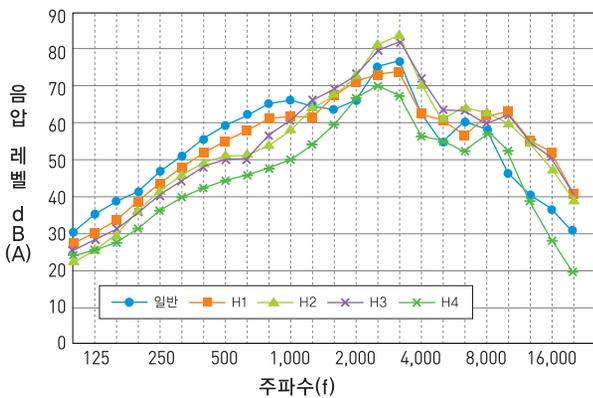
〔그림 1〕 Diffuse-field frequency response 값으로 보정하기 전과 후의 주파수별 음압 레벨

### 능동 소음 제어(ANC) 헤드셋

헤드셋을 통한 소음에 노출되는 근로자의 청력 보호를 위해 능동 소음 제어 헤드셋의 콜센터 적용 가능성을 확인하고자 시중에 판매되는 능동 소음 제어 헤드셋을 이용하여 동일한 사무실 배경 소음 및 대화음의 측정을 실



[그림 2] 능동 소음 제어용 헤드셋 제조사별 동일 배경음의 측정결과



[그림 3] 능동 소음 제어용 헤드셋 제조사별 동일 대화음의 측정결과

시하였다.

이때 발생하는 소음의 음압 레벨은 50~60dB(A)였다. 저주파대역인 사무실 배경 소음에 대한 실험결과는 [그림 2]에서 보는 것과 같이 시중에 판매되는 4개 사(H-1~H-4)의 헤드셋 모두가 일반 헤드셋에 비하여 낮은 음압 레벨이 측정되어 능동 소음 제어기술은 500Hz 이하의 저주파대역의 소음 저감에 효과가 있다고 알려진 것과 같은 결과를 보여주었다.<sup>9)</sup>

한편, 일반 헤드셋을 통하여 평가된 음압 레벨은 56.8 dB(A)였다. 능동 소음 제어 헤드셋을 이용하여 측정 및

평가한 결과는 H-1 사의 제품은 53.7dB(A), H-2 사의 제품은 53.3dB(A), H-3 사의 제품은 55.2dB(A), 그리고 H-4 사의 제품은 53.0dB(A)로 H-3 사 제품의 음압 레벨 수준은 일반 헤드셋에 비해 1.6dB(A) 낮게 평가되었다. 또한 나머지 3개 사의 제품은 약 3dB(A) 가량 낮게 평가되었다.

음압 레벨 범위가 70~90dB(A)이고 고주파대역에서 음압 레벨이 높은 대화음에 대한 능동 소음 제어 헤드셋 실험결과, 4개 사의 제품 중 H-4 사 제품을 제외한 나머지 3개 사의 제품은 대화음 청취 시 일반 헤드셋보다 오히려 높은 음압 수준을 보여주었다. 일반 헤드셋을 통하여 평가된 음압 레벨은 81.2dB(A)였으며, 능동 소음 제어 헤드셋을 이용하여 측정 및 평가한 결과는 H-1 사의 제품은 82.3dB(A), H-2 사의 제품은 87.2dB(A), H-3 사의 제품은 85.9dB(A), 그리고 H-4 사의 제품은 75.0dB(A)였다.

[그림 3]을 보면 능동 소음 제어기술이 잘 적용된다고 알려진 500Hz 부근 및 그 이하의 저주파대역에서는 능동 소음 제어기술이 적용된 4개 사의 모든 제품을 통하여 측정된 음압 레벨 수준이 일반 헤드셋에 노출된 소음 수준보다 낮게 평가되었다. 그러나 2,000~4,000Hz 대역에서는 H-2 사와 H-3 사의 능동 소음 제어 헤드셋에 노출된 소음 수준은 일반 헤드셋에 노출된 소음보다 높은 음압 레벨을 보이고 있으며, H-1 사의 제품은 일반 헤드셋을 통한 평가결과와 유사한 수준을 보이는 반면, H-4 사의 제품은 동 주파수대역에서 일반 헤드셋을 통한 소음 수준보다 낮은 음압 레벨을 보여주고 있다.

## 고찰 및 결론

연구결과를 종합하면, 콜센터 상담원들은 직업 관련 소음성 난청을 걱정할 만큼 과도한 소음에 노출되지 않는 것으로 판단된다.

현행 산업안전보건법에서는 1일 8시간 작업을 기준으로 80dB(A) 이상의 소음에 대해서는 작업환경측정을 실

9) Kwon, O. C., Lee, G. T., Park, S. G., Lee, J. Y. and Oh, J. E., 2008, Performance Improvement of Active Noise Control Using Co-FXLMs Algorithm, The Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 18, No. 3, pp.284~292

10) Health and Safety Executive., 2006, Advice regarding call centre working practices

시도록 규정하고 있다. 이 노출기준과 측정치를 비교하기 위하여 외이도의 공명 현상에 의한 증폭량을 주파수 별로 보정한 결과, 측정대상 17명의 근로자 중 2명의 근로자는 80dB(A) 이상의 소음에 노출되는 것으로 나타났다. 그러나 근로자의 휴식 및 대기시간, 수화시간 등을 종합 고려하면 상담원의 1일 시간 가중 소음 노출 수준은 80dB(A)를 넘지 않을 것으로 예상된다. 그러나 노출 평가결과에서 보듯이 헤드셋을 통해 발생하는 소음은 근로자가 사용하는 볼륨이 높을수록 높은 음압 수준을 보이고 있다(피어슨 상관계수 0.672).

영국의 경우에는 헤드셋에서 발생하는 예기치 않은 높은 수준의 소음에 노출되는 것을 제한하기 위해 1991년부터 Department of Trade and Industry Specification 85/013에 의해 헤드셋을 통해 118dB(A) 이상의 소음이 전달되지 않도록 제한을 두고 있다. 또한 유럽연합(EU) 집행위원회에서도 MP3의 초기상태 최대 음압을 85dB(A)로 제한한 후 사용자들이 100dB(A)까지 세팅을 조절할 수 있게 하는 기준의 제정을 검토 중에 있다. 따라서 콜센터 종사 근로자의 8시간 근무시간 중 휴식시간, 통화 대기시간 등을 제외한 실제 통화시간은 4시간 내외임을 감안하여 국내에서도 헤드셋을 통해 노출기준 85dB(A) 이상의 소음이 전달되지 않도록 정책적으로 콜센터 헤드셋 앰프의 볼륨에 제한치를 둔다면 콜센터 종사 근로자 청력 보호에 가장 효과적인 대책이 될 것으로 판단된다.

실통화시간 보정 후의 음압 수준이 86.0dB(A)로 가장 높았던 F 사업장의 조○○ 근로자의 경우는 헤드셋 음압측정 근로자 중 유일한 남성이었는데 증폭기의 볼륨을 9에 조절하여 사용하였다. 또한 통화 시의 목소리가 타 근로자에 비해 상당히 컸다. 해당 근로자와 면담결과, 그는 자기 목소리가 크고 습관적으로 볼륨을 높게 하여 사용한다고 하였다. 근로자의 청력 보호를 위해서는 증폭기의 볼륨과 목소리 크기를 적정 수준으로 유지토록 교육하여야 함을 보여주고 있는 대목이다.

그 외의 대책으로는 헤드셋 송화기의 음성 튜브에 음식

찌꺼기나 화장품 및 먼지 등이 끼면 상담원의 음성이 잘 전달되지 않아서 민원인이 목소리를 크게 하여 소음 수준이 높아질 수 있으므로 헤드셋을 잘 관리하여야 한다. 또한 과도한 음성 재유입으로 인한 음의 증폭을 방지하기 위하여 헤드셋의 마이크로폰은 상담원의 입 정면에 위치하도록 하여야 한다. 그리고 배경 소음이 높은 곳에서는 일정 반경 내의 음만 마이크로폰으로 유입되는 소음 제어 마이크로폰(noise-cancelling microphone)을 사용하면 상담원과 인접한 주위의 소음으로 인한 배경 소음의 차단에 효과적이다.<sup>10)</sup>

한편, 헤드셋을 통해 소음에 노출되는 근로자의 청력 보호를 위한 또 다른 방법이 될 수 있는 능동 소음 제어 헤드셋의 콜센터 적용 가능성을 확인하고자 능동 소음 제어 헤드셋을 이용하여 동일한 사무실 배경음 및 대화음의 측정을 실시하였다.

평가결과, 저주파수대역에서는 능동 소음 제어 헤드셋의 음압 레벨 감소효과가 있는 것으로 나타났다. 그러나 음압 레벨 범위가 70~90dB(A)이고, 고주파수대역에서 음압 레벨이 높은 대화음에 대한 실험결과는 4개 사의 제품 중 1개 사의 제품을 제외한 나머지 3개 제품은 대화음 청취 시 일반 헤드셋보다 오히려 높은 음압 수준을 보여주었다. 이는 일반 시중에 판매되는 능동 소음 제어 헤드셋의 주목적이 청력손실에 영향을 줄 수 있는 주파수대역의 음을 감소시켜주는 것이 아니라 배경 소음이 시끄러운 장소에서 깨끗한 음질의 음악을 듣기 위해, 즉 명료도 향상을 위함이기 때문으로 판단된다.

대화음 음압 수준이 감소한 1개 사의 제품의 경우에는 명료도에 영향을 줄 수 있는 2,000~4,000Hz의 음압 레벨이 감소하여 실제 콜센터에서 상담원이 능동 소음 제어 헤드셋을 착용하고 근무할 경우에는 평소보다 볼륨을 높여서 사용할 가능성도 배제할 수 없었다. 그러나 콜센터 시스템과 시중 헤드셋의 호환문제로 현장에서의 추가적인 실험은 하지 못하였는데, 시스템 호환문제가 해결되어 추가적인 실험을 한다면 더 의미 있는 결과를 도출할 수 있을 것으로 사료된다. 

# 유럽근로환경조사(EWCS; European Working Conditions Survey)의 이해(I)



권오준 과장  
산업안전보건연구원  
재해통계분석팀

고용을 촉진하고 삶과 근로환경을 향상시키는 것은 유럽연합(EU)과 각 유럽 국가의 주요한 목적 중에 하나이며, 이는 로마조약 136조항에 명기되어 있다. 이러한 목적을 달성하기 위해 고용, 삶, 근로환경 영역에 대한 조사와 평가가 필요하다. 근로환경을 파악하기 위해서는 직무 특성, 고용조건, 건강과 안전, 조직 체계, 교육과 발전의 기회, 일과 삶의 균형에 관련된 다양한 측면을 고려하는 것이 중요하다. 유럽에서는 노동의 질을 향상시키기 위한 목적을 달성할 수 있는 체계적인 조사가 진행되지 못했으나, 1990년에 12개 국가를 대상으로 근로환경에 대한 첫 번째 조사가 진행되었다. 본고에서는 지난 2005년 실시된 제4차 유럽근로환경조사(EWCS)의 주요결과를 바탕으로 조사 배경 및 목적, 그리고 주요 조사결과를 소개하여 유럽근로환경조사의 이해를 돕고자 한다.

## 서론

유럽에서는 노동의 질을 향상시키기 위한 목적을 달성할 수 있는 체계적인 조사가 진행되지 못했으나, 1990년에 12개 국가를 대상으로 근로환경에 대한 첫 번째 조사가 진행되었다. 그 후로 1995 / 1996년에 유럽연합(EU) 15개 국가를 대상으로 반복되었고, 2000년에는 노르웨이를 포함하여 조사가 진행되었다. 2000년의 조사는 2001년에 가입한 새로운 10개 국가를 대상으로 추가 진행되었고, 조사를 신청한 불가리아, 루마니아, 터키도 조사에 포함되었다.

2005년에는 네 번째 유럽근로환경조사(EWCS; European Working Conditions Survey)가 총 31개국을 대상으로 시행되었다. 31개국 중 25개는 EU 국가이며, 2개는 EU 가입 예정국(불가리아, 루마니아), 2개는 EU 가입 후보국(크로아티아, 터키), 그리고 노르웨이와 스위스는 자국의 재정을 투입하여 조사에 참여하였다.

한편, 최근 실시된 제5차 유럽근로환경조사(EWCS)는 EU 회원국 27개국과 회원 후보국 3개국, 지원국 3개국을 포함하여 33개국에서 진행되었다. 각 나라별 조사대상은 인구와 경제 규모 등을 고려하여 약 1,000~4,000여 명의 근로자를 선정하는데, 유럽 국가에서 모두 4만 2,765명을 추출하여 설문 조사를 시행하였다.

본고에서는 지난 2005년 실시된 제4차 유럽근로환경조사의 주요결과를 바탕으로 조사 배경 및 목적, 그리고 주요 조사결과를 소개하여 유럽근로환경조사의 이해를 돕고자 한다.

## 본론

### 조사 배경

고용을 촉진하고 삶과 근로환경을 향상시키는 것은 EU와 각 유럽 국가의 주요한 목적 중에 하나이며, 이는 로마조약 136조항에 명기되어 있다. 이러한 목적을 달

성하기 위해 고용, 삶, 근로환경 영역에 대한 조사와 평가가 필요하다. 근로환경을 파악하기 위해서는 직무 특성, 고용조건, 건강과 안전, 조직 체계, 교육과 발전의 기회, 일과 삶의 균형에 관련된 다양한 측면을 고려하는 것이 중요하다.

유럽에서는 노동의 질과 관련된 요소들을 평가하기 위해 다양한 방법들이 시도되고 있다. 유럽노동력조사(ELFS; Eurostat Labour Force Survey)는 유럽의 노동 시장에 대한 정기적인 자료를 제공하고 있다. 하지만 일부 특정 목적을 위해 마련된 것을 제외하고는 노동조건에 대한 매우 적은 정보만을 제공할 뿐이다. 업무 관련 질병과 사고 데이터는 수집되어 유럽 단위의 통계로 생산되고 있다. 이들 통계는 각국 정부자료를 합쳐서 만들어진 것이다. 그 외에 여러 국가에서는 아직 통합되지 못한 각국의 노동의 질에 대한 조사 데이터가 생산되고 있는 게 현실이다.

유럽근로환경조사의 초기 목적은 보다 중요한 것을 명확히 하고 조사결과를 수치화하는 데 있다. 또한 연도별 변화와 트렌드를 파악하여 정책 결정에 조사가 기여할 수 있도록 주요한 사항을 드러내는 것을 꼽을 수 있다. 이 조사를 통해 지난 15년간 거대한 유럽의 복잡하고 다양한 노동과 근로환경의 모습을 제공해왔다. 이러한 조사자료를 이해하고, 해석하며, 개념화할 수 있는 다른 새로운 조사도 추가적으로 진행되고 있다.

제4차 유럽근로환경조사는 유럽 각국의 근로환경과 조사에 대한 전문가의 수차례에 걸친 설문 문항 검토 미팅을 통해 마련되어 그 의미가 더욱 크다. 동시에 데이터 수집의 질을 향상시키기 위한 데이터 생산과 관련된 심층적인 토론도 진행되었다. 게다가 질적 사후 조사가 5개 국가를 대상으로 시행되었다. 이는 각국의 문화와 제도 체계에 따른 결과에 미치는 영향을 더욱더 잘 이해하기 위해 수행된 것이다.

### 조사대상 국가 그룹 구성

제4차 유럽근로환경조사는 Esping-Andersen

Typology(에스핑-앤더슨 분류 체계)를 기초로 조사대상 국가를 그룹화하였다. 많은 수의 국가에서 얻어진 데이터의 분석과 보고를 국가별로 수행하는 것이 어렵기 때문에 각 국가들을 그룹화하여 비교 분석하기 위함이었다. 이러한 분류 체계를 선택한 것은 그룹 내의 국가들이 EU 정책에 서로 동질적이기 때문이다. 또한 그룹 내 각 국가들의 근로환경에 대한 표면적인 특성이 서로 일치되고 있다. 유럽근로환경조사에 참여한 31개국은 8개의 국가 그룹으로 구분된다.

#### 제4차 유럽근로환경조사 참여 국가 그룹 분류 및 표기

- **대륙 국가** : 오스트리아(AT), 벨기에(BE), 독일(DE), 프랑스(FR), 룩셈부르크(LU)
- **아일랜드(IE)와 영국(UK)**
- **동부 유럽 국가** : 체코(CZ), 에스토니아(EE), 헝가리(HU), 리투아니아(LT), 폴란드(PL), 라트비아(LV), 슬로베니아(SI), 슬로바키아(SK), 키프로스(CY)
- **남부 유럽 국가** : 그리스(EL), 스페인(ES), 이탈리아(IT), 몰타(MT), 포르투갈(PT)
- **스칸디나비아 국가와 네덜란드** : 덴마크(DK), 핀란드(FI), 네덜란드(NL), 스웨덴(SE)
- **가입 예정국** : 불가리아(BG), 루마니아(RO)
- **가입 후보국** : 크로아티아(HR), 터키(TR)
- **유럽자유무역연합(EFTA; European Free Trade Association)** : 스위스(CH), 노르웨이(NO)

#### 국가 표기

- **EU 15** : 2004년 이전의 EU 회원국 15개국
- **NMS** : 2004년 가입한 새로운 회원국 10개국
- **EU 25** : 기존의 15개국과 새로 가입한 10개국
- **EU 27** : 25개 EU 회원국에 가입 예정인 2개국
- **AC2** : 2007년 EU에 가입한 2개국 - 불가리아, 루마니아
- **CC2** : 가입후보국 - 터키, 크로아티아

### 주요 조사결과

#### 고용형태

조사가 진행된 시점에서 31개국의 약 2억 3,500만의 인구가 고용되어 있다. <표>는 각 국가의 주요 노동 시장 지표이다. 국가별로 조사된 주요 고용 지표 분석결과

의 내용을 요약하면 다음과 같다.

- 일부 국가에 편중된 모습이 관찰됨 : EU 27개국에서 취업인구의 50%가 5개국에 집중. 독일(17%), 영국(14%), 프랑스(12%), 이탈리아(11%), 스페인(9%)
- 취업률과 실업률이 국가별로 다양하게 나타남 : 예를 들어, 취업률의 경우 덴마크는 75%이고, 폴란드는 52%로 20% 이상의 차이를 보임. 조사대상이 되는 9개 국가의 실업률은 10% 이상인데 반해 다른 9개 국가의 실업률은 6% 미만
- 여성의 취업률이 국가별로 상이함 : 8개국에서는 성별 취업 차이 점수가 10% 미만인 반면에 다른 7개국

은 20% 이상

- 기간제 계약 비율이 국가별로 상이함
- 파트타임 계약 비율이 국가별로 상이함 : 조사대상 국가 가운데 7개국은 취업자 5명 중 1명이 파트타임 근무를 하고 있으며, 다른 13개국은 10명 중 1명 미만이 파트타임 근무를 함. 12개국은 여성 취업자의 3명 중 1명이 파트타임 근무를 하는 반면에 다른 7개국은 10명 중 1명 미만

이러한 노동 시장 지표의 차이는 근로환경에도 영향을 미칠 수 있으며 분석결과를 활용하는 데는 반드시 법적·사회적·경제적·문화적 차이를 고려해야 한다.

〈표〉 유럽 국가별 노동시장 주요 지표

국가	취업자 (1,000명)	취업률 %	실업률 %	남성 취업률 %	여성 취업률 %	성별 취업률 차이	기간제 계약 비율	파트타임 비율	여성에서 파트타임 비율
벨기에	4,134	60.6	8.4	67.9	53.3	14.6	8.6	21.5	40.5
독일	35,811	65.9	10.1	71.6	60.1	11.5	12.4	22.3	41.6
프랑스	24,048	62.9	9.5	68.5	57.3	11.2	12.6	16.9	30.3
룩셈부르크	186	61.6	4.8	72.4	50.6	21.8	4.9	17.8	40.2
오스트리아	3,745	68.1	5	75.2	61	14.2	8.7	19.7	38
그리스	4,250	59.6	10.5	73.8	45.5	28.3	11.7	4.6	8.5
스페인	18,181	61.8	10.6	74.2	49.2	25	32.9	8.7	17.7
이탈리아	22,286	58	8.3	70.2	45.9	24.3	12	12.8	25.2
키프로스	332	68.8	5.2	79.8	58.6	21.2	12.6	8.5	13.4
몰타	147	54.0	7	74.3	33.5	40.8	5.1	8.9	20.6
포르투갈	4,821	67.8	7.5	73.8	62	11.8	19.4	11.5	16.5
덴마크	2,691	75.6	5.1	79.4	71.6	7.8	8.8	22.1	33.2
네덜란드	8,022	73.1	4.6	80	66.1	13.9	15.1	45.8	74.6
핀란드	2,327	67.1	8	69	65.1	3.9	14.7	14.4	19.7
스웨덴	4,195	71.5	6.2	73.1	69.9	3.2	15.2	24	36.7
아일랜드	1,859	66.7	4.5	76	57.2	18.8	3.6	16.7	31.4
영국	27,614	71.8	4.7	78	65.7	12.3	6	25.3	42.9
체코	4,672	64.5	8.2	72.8	56.1	16.7	9.1	4.8	8.3
에스토니아	577	63.4	8.7	67.9	59.4	8.5	2.4	7.7	9.4
리투아니아	1,423	61.4	10.7	64.9	58.1	6.8	5.8	8	10.1
라트비아	987	62.2	10.3	65.9	58.7	7.2	8.9	11.1	14.1
헝가리	3,884	57	6.3	63.3	51	12.3	7.1	4.7	6.4
폴란드	13,731	52.4	18.3	58.4	46.5	11.9	24	11.1	14.5
슬로베니아	911	64.9	6.6	70.1	59.5	10.6	17.7	8.8	10.3
슬로바키아	2,189	57.5	17.3	64	51.1	12.9	5.7	2.6	4.2
불가리아	2,871	54.1	12	58	50.3	7.7	6.9	1.9	2.2
루마니아	8,592	57.4	8.5	63.2	51.6	11.6	2	9.2	9.5
크로아티아	1,333	54.9	14.1	62.3	47.8	14.5	12.4	8.7	11.1
터키	21,791	43.7	10.3	73.5	26.5	47	No data	16.6	30.8
노르웨이	2,226	75.3	3.9	78.1	72.5	5.6	10.1	29.4	45.7
스위스	3,959	67.3	4.3	76	59.1	16.9	No data	31.7	56.9

### 업종 분포

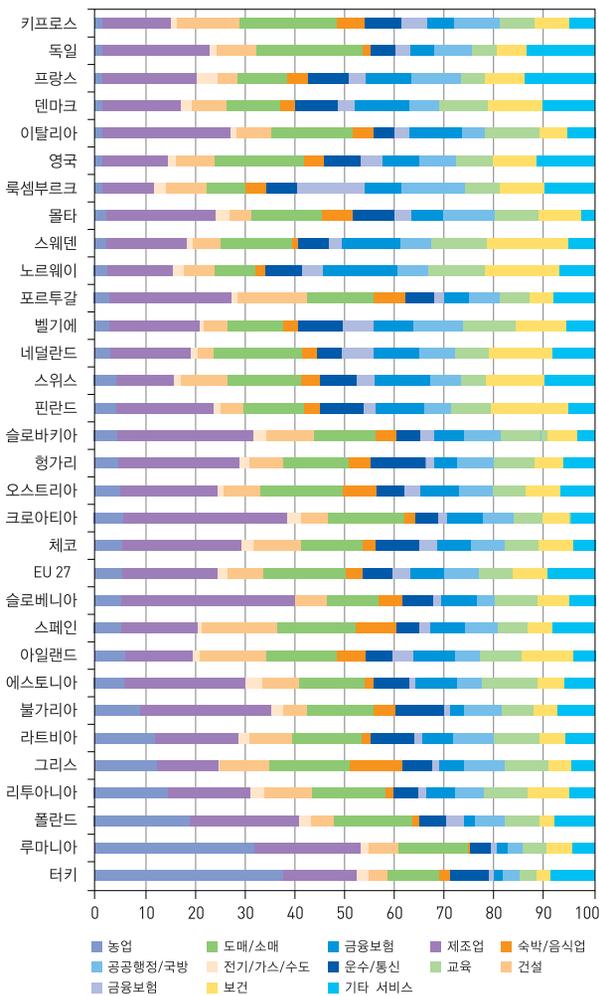
EU 27개국에서 노동인구의 66% 이상이 서비스 업종에 종사하고 있다. 29%는 제조업에 종사하고, 5%는 농업에 종사하고 있다. EU 27개국의 자영업자 중 19%가 제조업이며, 도매 및 소매업은 16%, 보건업은 10%, 교육서비스업이 7%이다.

1991년부터 농업과 제조업 종사자가 감소하는 경향을 보이며, 반대로 서비스업 종사자는 증가하는 경향을 보이고 있다. 특히 보건 및 사회복지업종에서 두드러진다. 하지만 이러한 경향은 2004년 EU에 10개국 이 가입한 이후부터 관찰되지 않았다.

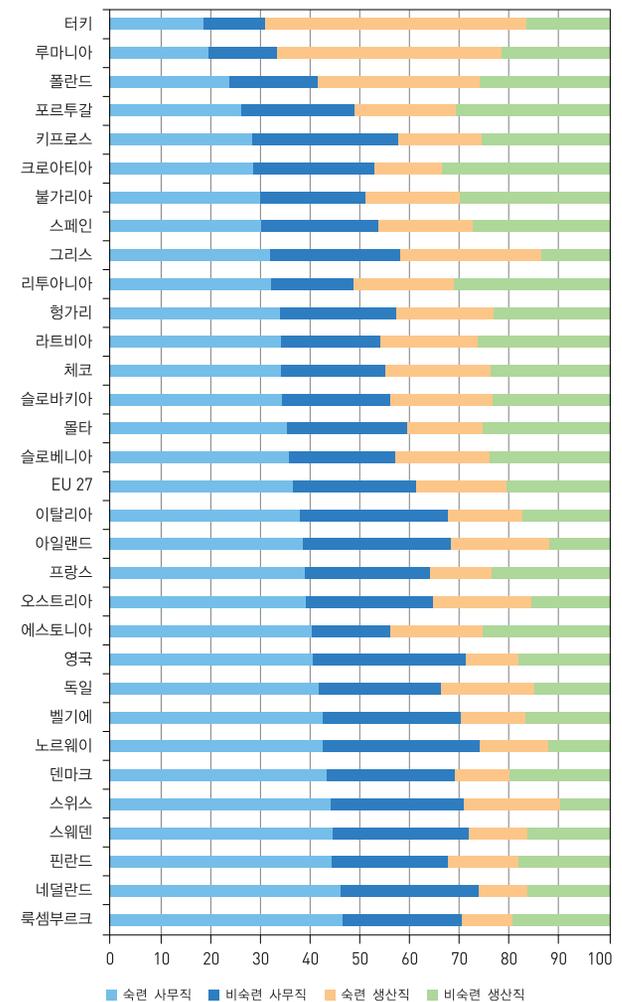
취업자의 업종별 분포가 국가별로 차이를 보이는 것은

중요한 문제이다. 특히 자영 농업인의 분포가 국가마다 상이한 것은 매우 중요하다고 할 수 있다. 키프로스의 경우는 농업 종사자가 단지 1%인 것에 반해 그리스, 라트비아, 폴란드의 경우는 10%를 넘고, 루마니아와 터키의 경우에는 30%를 넘는다.

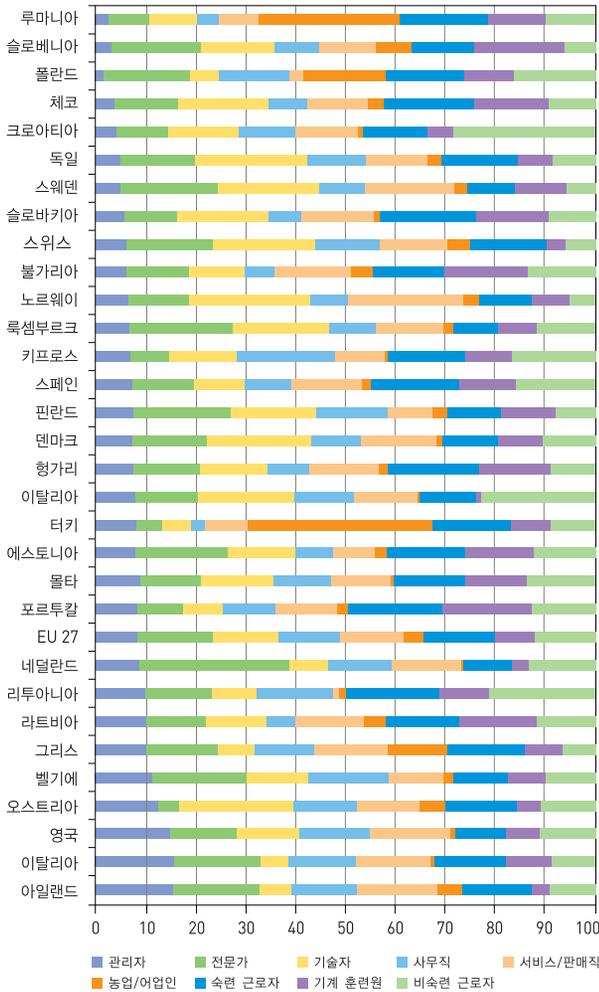
농업에서의 특수한 근로환경은 국가의 일반적인 근로환경 현황에 영향을 미친다. 다른 업종과 비교하여 농업 종사자는 물리적 위험요인에 더 많이 노출되고, 장시간의 노동시간을 가진다. 즉, 농업 종사자가 많은 국가일수록 국가 전체의 일반적인 근로환경은 나쁘게 나타날 수 있으며, 의사 결정에도 영향을 미치게 된다. 이와 유사하게 제조업 종사자의 분포가 높은 동유럽 국가의 경



[그림 1] 국가별 업종 분포(단위 : %)



[그림 2] 국가별 직종 분포(단위 : %)

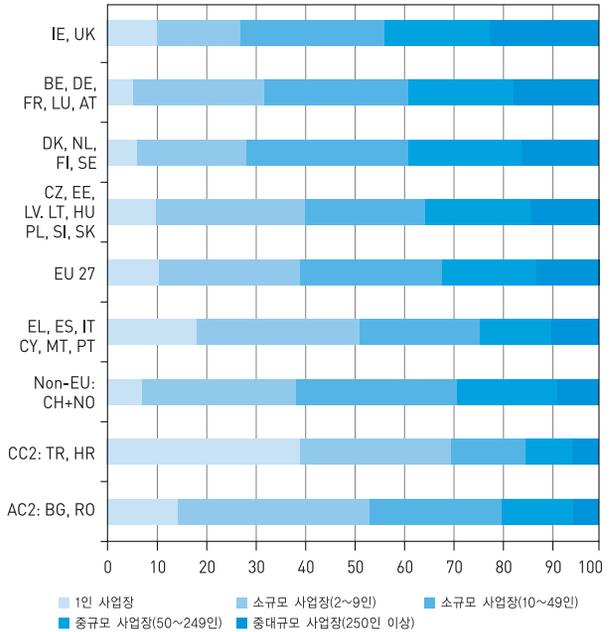


[그림 3] 국가별 근로자의 직종별 분포(단위 : %)

우에는 제조업형태에 따라 국가 전체의 일반적인 근로 환경이 다르게 나타날 수 있다.

### 직종 분포

EU 27개국 취업인구의 직종 분류는 숙련 사무직 37%, 비숙련 사무직 25%, 숙련 생산직 18%, 비숙련 생산직 20%로 파악된다. 이 중 9개국의 숙련 사무직은 40% 이상으로 나타났다. [그림 2]는 조사가 진행된 31개국의 직종 분포이다. 그리고 [그림 3]은 취업자의 직종별 세부 분포로, EU 27개국을 통틀어 50% 이상의 종사자가 4개의 직종에 해당된다. 전문직 15%, 숙련 근로자 14%, 기술자 13%, 서비스 및 판매 종사자 13%로 나타났다.



\* 국가명 : AT(오스트리아), BE(벨기에), BG(불가리아), CY(키프로스), CI(체코), DK(덴마크), EE(에스토니아), FI(핀란드), FR(프랑스), DE(독일), EL(그리스), HU(헝가리), IE(아일랜드), IT(이탈리아), LV(라트비아), LT(리투아니아), LU(룩셈부르크), MT(몰타), NL(네덜란드), PL(폴란드), PT(포르투갈), RO(루마니아), SK(슬로바키아), SI(슬로베니아), ES(스페인), SE(스웨덴), UK(영국), HR(크로아티아), NO(노르웨이), CH(스위스), TR(터키)

[그림 4] 국가 그룹별 · 사업장 크기별 근로자 분포(단위 : %)

### 사업장의 규모와 형태

대부분의 유럽 노동자들은 소규모 사업장에 종사하고 있는 것으로 나타났다. 10%는 1인 사업장에 종사하고, 28%는 10인 미만 사업장에 종사하며, 19%는 50~250인 미만 사업장에 종사하는 것으로 확인되었다. 그 중에서 15%가 250인 이상 사업장에 종사하는 것으로 나타났다. 10명 중 7명의 노동자는 민간 부문에, 20%는 공공 부문에 종사하며, 약 6%는 민간-공공 협력 부문에 종사하고 있다. EU 가입 예정국과 후보국, 그리고 남부 유럽국가와 대륙국가의 경우 공공 부문에 종사하는 근로자의 분포가 상대적으로 가장 낮은 수준이었다.

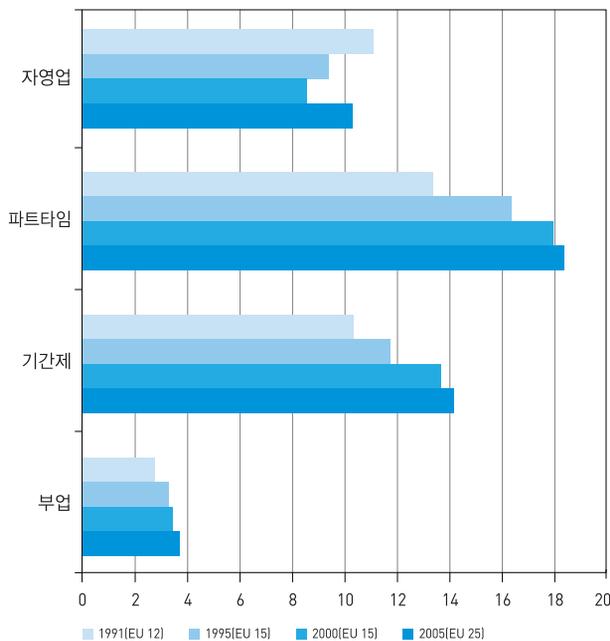
### 고용상태

유럽에서는 최근 노동유연성이 증가함에 따라 고용상



유럽에서는 1991년부터 농업과 제조업 종사자가 감소하는 경향을 보이며, 반대로 서비스업 종사자는 증가하는 경향을 보이고 있다.

태에도 큰 변화가 일어나기 시작하였다. 이러한 변화의 중심은 기간제 및 파트타임 증가에 있다고 할 수 있다 [그림 5].



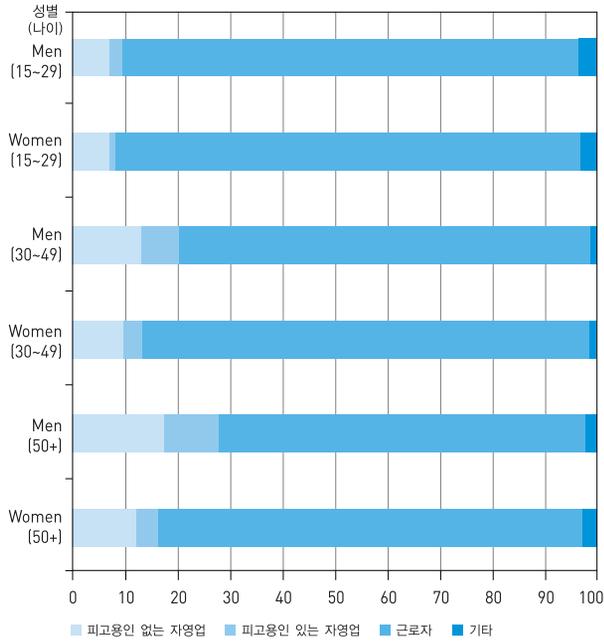
[그림 5] 1991~2005 비표준적 고용 분포(단위 : %)

### 자영업

유럽근로환경조사에서는 유럽 전역에 걸쳐 자영업의 규모를 조사하였다. 그 결과 자영업자 중 피고용인이 없는 자영업자는 11%에 달하였고, 피고용인이 있는 자영업자는 5%였다. 여성보다는 남성에게서 자영업자의 비율이 높았는데 63%가 남성이었고, 37%가 여성이었다. 비슷한 수준으로 피고용인이 있는 자영업자 중 남성은 73%, 여성은 28%로 나타났다.

한편, EU 가입 후보국에서 자영업자의 비율(피고용인이 없는 자영업자는 44%, 피고용인이 있는 자영업자는 8%)이 가장 높았으며, 다음으로 남부 유럽에서 자영업자의 비율(피고용인이 없는 자영업자는 20%, 피고용인이 있는 자영업자는 3%)이 높았다. 스칸디나비아와 네덜란드에서 자영업자의 비율(피고용인이 없는 자영업자는 7%, 피고용인이 있는 자영업자는 3%)이 가장 낮았다.

EU 27개국에서 자영업자가 가장 많은 업종은 농업이었다. 농업 종사자의 48%가 피고용인이 없는 자영업자



[그림 6] EU 27 성별·연령별 고용 분포(단위: %)

이며, 7%가 피고용인이 있는 자영업자인 것으로 확인되었다. 또한 건설업, 숙박 및 음식점업, 도소매업, 부동산/임대업에서도 자영업자의 비율이 높다. 피고용인이 없는 자영업자의 비율은 14%, 피고용인이 있는 자영업자의 비율은 5~10% 수준이었다.

피고용인이 없는 자영업자 중 26%는 농업 및 어업에



사업장의 규모와 형태를 보면, 대부분의 유럽 노동자들은 소규모 사업장에 종사하고 있는 것으로 나타났다.

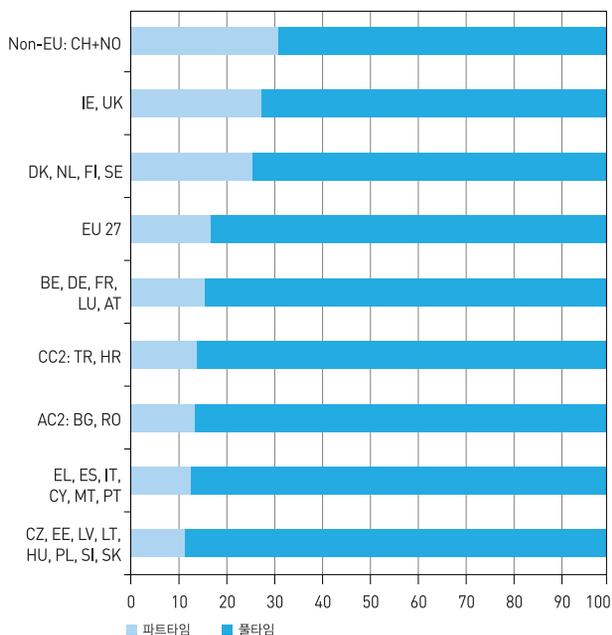
유럽근로환경조사의 초기 목적은 보다 중요한 것을 명확히 하고 조사결과를 수치화하는 데 있다. 또한 연도별 변화와 트렌드를 파악하여 정책 결정에 조사가 기여할 수 있도록 주요한 사항을 드러내는 것을 꼽을 수 있다. 이 조사를 통해 지난 15년간 거대한 유럽의 복잡하고 다양한 노동과 근로환경의 모습을 제공해왔다. 이러한 조사자료를 이해하고, 해석하며, 개념화할 수 있는 다른 새로운 조사도 추가적으로 진행되고 있다. 제4차 유럽근로환경조사는 유럽 각국의 근로환경과 조사에 대한 전문가의 수차례에 걸친 설문 문항 검토 미팅을 통해 마련되어 그 의미가 더욱 크다. 동시에 데이터 수집의 질을 향상시키기 위한 데이터 생산과 관련된 심층적인 토론회도 진행되었다.

종사한다. 전형적인 자영업자는 상대적으로 연령이 높고, 남성이며 비숙련이라는 특성을 가진다. 그러나 농업 및 어업에 종사하는 자영업자는 다른 업종의 자영업자와는 매우 다른 특성을 가진다고 할 수 있다.

### 파트타임

EU 27개국에서 모든 직업의 17%는 파트타임이고, 성별은 대부분이 여성에 편중되어 있는 것으로 나타났다. 여성의 29%가 파트타임이며, 이는 남성의 7%보다 매우 높은 수준인 것으로 확인되었다. 파트타임이 가장 많은 국가는 아일랜드와 영국(28%)이며, 다음으로 스칸디나비아와 네덜란드(26%)이다. 가장 적은 곳은 동유럽 국가(11%)와 남부 유럽 국가(13%)이다.

국가별로 파트타임 근무형태가 가장 많은 곳은 네덜란드(34%)이며, 다음으로 영국(29%)이다. 유럽 평균에 비해 높은 국가는 9개국이다(벨기에, 덴마크, 룩셈부르크, 네덜란드, 스웨덴, 영국 등). 낮은 국가는 키프로스, 라트비

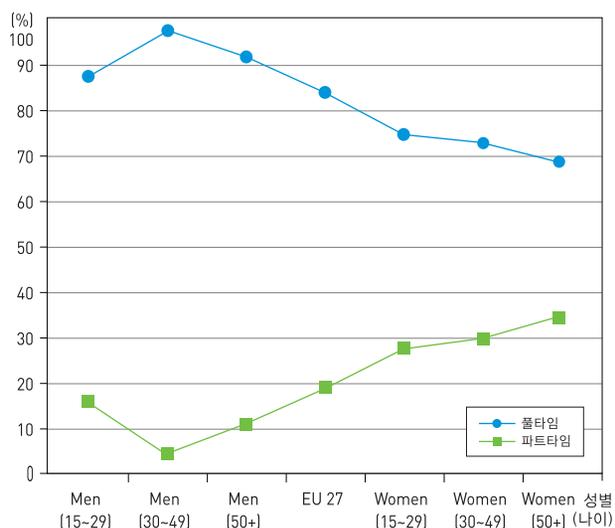


\* 국가 표기는 [그림 4] 참고

[그림 7] 국가 그룹별 파트타임과 풀타임의 비율(단위 : %)

아, 슬로바키아, 슬로베니아, 포르투갈로 나타났다(7% 미만).

이 조사에서 모든 파트타임 종사자의 반 이상(57%)이 그들의 노동시간에 만족한다고 답변하였으며, 22%가 풀타임으로 일하기를 원한다고 답변했고(특히 EU 가입 예정국과 동유럽 국가에서 높음), 15%는 더 장시간 노동



[그림 8] EU 27 성별·연령별 파트타임 비율(단위 : %)

하기를 원하는 것으로 확인되었다.

유럽에서는 파트타임이 피고용인과 피고용인이 없는 자영업자에게 흔하다. 특히 피고용인이 있는 자영업자에게서 파트타임은 8%인데 반해 피고용인이 없는 자영업자의 경우는 17%가 파트타임으로 확인되었다.

파트타임은 기간제 고용형태에서 더 흔하게 볼 수 있다. 고용기간이 정해지지 않은 노동자의 14%가 파트타임 고용형태를 가지는 것에 반해 고용기간이 정해진 노동자의 25%, 기간제 용역회사와 계약한 노동자의 37%가 파트타임의 근무형태를 보이고 있다.

업종별로 보면, 파트타임이 가장 많은 업종은 기타 서비스업종(30%)이며, 보건(28%), 숙박 및 음식점업(27%), 교육(24%), 도소매업(23%) 순이다. 비숙련 근로자에서 파트타임이 가장 많았고(29%), 서비스 판매 노동자가 28%, 사무직 노동자는 24%였다. 반대로 숙련 노동자는 5%, 기계운전공은 6%, 관리직은 7%만이 파트타임을 하고 있는 것으로 파악되었다.

한편, [그림 8]처럼 여성의 경우는 연령이 증가함에 따라 파트타임이 많아지는 반면, 남성의 경우에는 젊은 연령과 노년층에서 파트타임이 많은 것으로 확인되었다.

본고에서는 지면관계로 고용형태, 업종 및 직종을 중심으로 주요결과를 살펴보았다. 다음호에서는 고용계약형태, 교육 수준, 가구 특성, 직종 및 성차별, 근로시간 등 주요 조사결과를 계속 소개할 예정이다. ⑤

### 참고문헌

- European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions, 5th European Working Conditions Survey, 2010-Technical Report, Fourth European Working Conditions Survey, 2011.
- European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions, Fourth European Working Conditions Survey, 2005.
- European working condition survey. Available: <http://www.eurofound.europa.eu/ewco/surveys/index.htm> [cited 26 April 2011].

# 제19회 세계산업안전보건대회를 다녀와서



강성규 원장  
산업안전보건연구원

제19회 세계산업안전보건대회가 9월 11일부터 15일까지 터키의 이스탄불에서 개최되었다. 매 3년마다 개최되는 이번 대회에는 140개 국에서 5,400명이 참가하였다. 외국인 참가자는 1,800여 명으로 서울대회보다 300여 명이 많고, 자국민 참가자 규모도 3,000명을 상회하여 규모면에서는 역대 가장 큰 대회가 되었다. 대회를 주관한 터키정부는 이번 대회 기간 중에 자국의 산업안전보건 관련 학회나 대회를 병행해서 개최하도록 하여 자국민의 참가 기회를 크게 늘렸다. 세계 저명인사들이 참석하여 기조연설을 하고, 30여 개의 수준 높은 심포지엄에서는 안전보건에 관한 최신 동향을 발표하였으며, 200여 편의 다양한 형태의 안전보건 관련 필름 및 동영상을 발표하는 자리에 자국의 전문가를 많이 참여하게 하여 안전보건 수준을 한 단계 발전시킬 수 있는 계기를 마련한 것이다. 터키의 산업의학회도 같이 개최되어 필자가 아는 여러 명의 터키의 산업의학 전문의도 만날 수 있었다.

## ‘서울선언’ 지지 선언

제19회 세계산업안전보건대회(이하 세계대회) 직전에 28개 국의 노동부 장관이 모여 ‘이스탄불선언’을 채택하였다. ‘이스탄불선언’은 산업안전보건 분야에서 노·사·정 등 각 주체별 책임을 강조한 ‘서울선언’을 지지하는 것이다. ILO, ISSA, 터키와 더불어 ‘서울선언’의 주관국가 자격으로 우리나라 이체필 고용노동부 장관이 증인으로서 선언서에 배서하였다.

세계대회는 2008년 서울대회에서 재정립한 구성대로 진행되었다. 전시회 개막식을 일요일 오후에 하고, 이어 대회 개막식을 가졌다. 월요일부터 수요일까지는 기조연설, 기술 세션, 심포지엄, 지역별 회의, 발표자 코너, 포스터 발표 등으로 구성하였다. 수요일 오후와 목요일에는 기타 관련 회의를 열게 하고, 참가자에게 사업장 방문 프로그램을 제공하였다. 심포지엄은 주제별로 전문가를 초청하여 참가자들이 관련 지식을 넓히는 기회로 활용하게 하고, 연구나 우수 사례 발표는 발표자 코너를 마련하여 젊은 참가자들에게도 많은 교류의 기회를 제공하였다.

일요일 저녁 개최식에는 터키의 노동부 장관, ILO의 디오 사회보호본부장, ISSA의 스투베 회장, 국제노동연맹과 국제경영자기구의 대표도 축사를 하였다. 마지막으로 터키의 에르도한 총리가 참석하여 축사를 했다.

대회 첫 날에는 터키의 노동부 차관, ILO의 마찌다 산업안전보건국장, ISSA의 콘콜레브스키 사무총장이 대회 개막연설을 했다. 그 후 핀란드의 리스코 보건사회부 장관, 싱가포르의 다이피 선임의회 장관, 영국의 하킷 HSE 청장, EU 산업안전보건청 타칼라 청장의 기조연설로 매일 대회를 시작하였다. 기조연설자들은 각국의 재해율 감소나 사고사망자 감소에 대한 전략을 발표하였다. EU-OSHA는 2007~2012에 사고사망재해 25% 감소를 추진하고 있고, 싱가포르는 2004~2010에 사망재해를 50% 감축한 성과를 보고하였다. 영국 HSE는 새로운 전략으로 2009년부터 ‘대안과 함께(Be part of the solution)’를 전개하고 있다. 이를 통해 2012년 런던올림픽 공사 현장에서 6,600만 노동시간에 사망재해 없이 109건의 경미한 손상만을 기록하고 있다고 하였다.

기술 세션은 동시에 3개가 진행되었고, 심포지엄은 동시에 10개씩 진행되었다. 발표자 코너는 중식시간을 이용하여 동시

에 11개 세션이 진행되었다. 서울대회와 마찬가지로 시간을 절약하기 위해 발표자 코너 시간에는 도시락을 제공하였다.

## 논의 주제

이번에 논의된 주제는 석면, 성별에 의한 차이, 소규모 사업장, 산업보건 서비스, 산업안전보건에서 노조의 참여문제, 경제 분석, 노동감독, 나노기술, 건설재해, 광산재해, 농업재해, 교육, 평가, 사고 예방, 산업안전보건에 경영을 접목하는 방안 등이었다. 주제에서 보여주듯이 이번 세계대회에서는 산업안전보건 문제에 대해 다양한 방향의 접근 방법에 대한 논의가 있었다.

구체적 예방활동전략으로 캠페인, 연구, 교육과 훈련, 감독(조정과 방향 제시), 산업보건 서비스를 활성화하는 방안이 제시되었다. 그리고 각 업종별로 특수유해요인의 발굴과 관리, 산업안전보건 수단을 계획하고 적용할 때 성별 차이에 대한 고려가 필요하다는 점, 소규모 사업장 특히 자영업자에 대한 지원과 지도가 필요한 점, 우수 사례에 대한 정보 교환이 더 필요하다는 점 등이 제시되었다. 향후의 산업안전보건 방향은 지엽적인 것에서 좀 더 포괄적으로 접근하는 것이 필요하다는 점, 세계적인 예방문화의 확산을 위해 국제간 네트워크가 강화되어야 한다는 점이 강조되었다. 새롭게 제기되는 산업안전보건문제는 신기술(나노나 생명공학), 경제적인 측면에서 효과 및 편익 분석, 기후 변화 대비, 세계화의 영향 즉 이주 근로자 및 비정형근로의 확산 등이었다. 이를 위해서는 사전적·예방적 접근 노력이 필요하고, IT를 이용한 해결방법 모색도 필요하다고 하였다.



한국산업안전보건공단이 주관한 '석면관련질환 제거에 대한 전망' 심포지엄 발표 모습

## 한국의 주도적 역할

대회기간 중에 열린 ISSA의 이사회에서는 한국산업안전보건공단을 의장국으로 하는 예방문화분과가 정식으로 발족하였다. 부의장국으로는 FIOH(핀란드 산업보건연구원), ASEE(미국 안전기술자협회), 일본의 중재방, 독일의 DGUV(산재보험조합) 등이 선출되었고, 60여 개 기관과 조직이 회원으로 참여하였다.

이번 대회에서 공단은 '서울선언의 실행과 확산', '석면 관련질환 제거에 대한 전망'이라는 주제로 두 개의 심포지엄을 주관하였다.

석면 심포지엄에는 러시아 석면회사에서 후원한 노조대표들이 대거 참가하여 백석면 사용 중단에 대한 국제 공조에 강한 반대 의사를 표시하였다. 반면, 퀘벡의 노조대표는 아직 석면 사용을 정당화하고 있는 퀘벡정부의 입장과는 달리 노조에서는 석면 사용 중단 캠페인에 공조하기로 하였음을 선언하였다.

다른 심포지엄에서는 대한산업보건협회 이명숙 이사, 순천향대 우극현 교수가 초대되어 소규모 사업장 보건관리와 집단보건관리 사례 발표를 하였다. 한국방송통신대 박동욱 교수, 서울대 보건대학원 윤충식 교수, 인제대 신용철 교수도 참가하여 구연과 포스터 발표를 하였다. 건설 분야에서는 안전관리자들이 참석하였고, 경총과 노총, 민간 관련 단체 및 사업장의 안전보건 전문가들이 참여하여 새로운 지식을 공유하고 정보를 교환하였다.

서울대회를 계기로 이번 대회에서 한국은 아시아 국가 중 단연 주도적 역할을 하였다. 통상 국제대회에 참가해 보면 일본의 참석자가 한국의 참석자보다 십 수배가 되는데, 이번 대회에서는 한국이 심포지엄 주관, 발표자, 참가자, 분과위원회 활동 등 모든 면에서 압도적이었다. 특히 폐막식에서는 공단의 백헌기 이사장이 기조연설을 하였다. 대회 공식언어로는 영어, 불어, 스페인어, 독일어, 터키어를 사용하였는데, 폐막 연설에서는 한국어도 공식 언어로 추가되어 난생 처음으로 외국 개최 국제대회에서 한국말로 발표를 들을 수 있었다. 

# 자발적 위험성 평가를 통한 안전경영 성공 사례(Ⅲ)

- 위험성 평가를 통한 안전보건문제 해결



**이관형** 연구위원  
산업안전보건연구원  
안전경영정책연구실

루마니아 Mihail Sturdza Secondary 중등학교는 위험을 평가하여 보다 안전하고 건강한 학교환경을 만들고자 위험 평가 소프트웨어 프로그램을 도입하였다. 이를 통해 학생과 교사와 학교 행정 직원 사이의 보건 및 안전의식을 개선하였으며, 학교 구성원 모두가 위험 예방문화를 고양할 수 있었다. 한편, 공공 철도 운송업체인 스페인의 Eusko Tren은 직원들이 직면한 심리·사회적 위험을 적절히 평가하여 외부적 폭력 예방 정책을 시행하였다. 그 결과, 각 업무 범주에 영향을 주는 위험요소에 관한 더 나은 지식과 예방활동에 대한 직원 참여가 증가하였으며, 기록된 사고 횟수가 감소됨으로써 근무환경이 상당히 개선되었다.

## 사례 7

### 루마니아 Mihail Sturdza Secondary 중등학교 - 위험 평가 소프트웨어 프로그램 도입으로 위험 예방문화 고양

루마니아 Mihail Sturdza Secondary 중등학교에서는 학생과 교사 모두 다양한 위험에 노출되어 있었고, 포괄적 위험 평가에 사용할 수 있는 표준 도구가 없었다.

이에 따라 위험을 평가하여 보다 안전하고 건강한 학교환경을 만들고자 Gheorghe Asachi Technical University 직업안전건강학과(Occupational Safety and Health Department)와 Mihail Sturdza Secondary 중등학교 간에 파트너십이 구축되었다. 직업안전건강학과에서 파견한 전문가팀은 학교에서의 위험 평가를 위해 제공된 소프트웨어 프로그램을 가지고 '어떻게 데이터를 수집, 집중 및 정량화할 것인가에 관한 지침'을 비롯한 7개 부분으로 구성된 지침서를

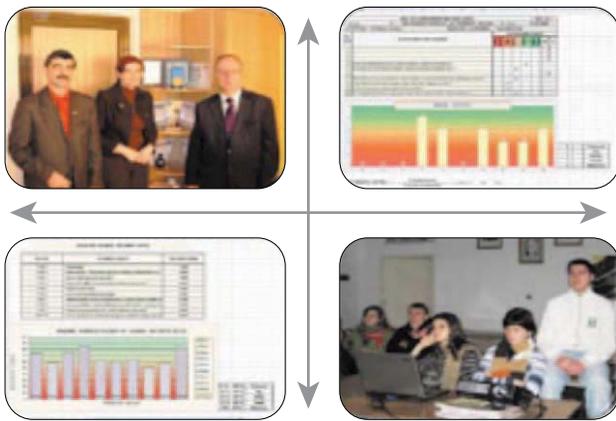
개발했다.

프로그램은 관련 정보가 반드시 채워져야 하는 미리 정의된 양식으로 작동된다. 그리고 지침서는 학교에서의 안전 및 위험 수준을 그래픽으로 표시하여 위험에 대한 명확한 개요를 제공함으로써 적절한 예방 조치를 개발하는 데 도움을 준다. 또한 지침서는 특정 위험에 대해 채택해야 하는 예방 조치에 관한 일련의 권고사항도 포함하고 있다.

Mihail Sturdza Secondary 중등학교 내에는 위험을 식별하고 분석하기 위하여 학교 관리자, 안전 담당자, 산업의학 의사, 학교 행정 대표자 및 학생 대표로 구성된 팀이 만들어졌다. 이 팀은 지침서의 올바른 사용에 관해 전문가로부터 훈련을 받았다. 위험 수준 및 설정된 우선 순위를 근거로 하는 교정조치가 제안되었는데 학생들의 참여도 적극적이었고, 학생들은 자신들에게 해당되는 위험을 식별했으며, 혁신적이고 창조적인 제안을 내놓았다. 그들은 타 학교의 학생들

과 함께 정보를 교환하기 시작했다. 교사와 학생과 부모 간의 모임에서는 위험 평가결과 및 예방계획이 제시되었다.

추천된 교정조치의 이행결과, 학생과 교사와 학교 행정 직원 사이의 보건 및 안전의식을 개선할 수 있었다. 위험 평가에 대한 향후의 개정도 구상되었다. 이 활동은 학생과 교사 모두에 대해 위험 예방문화를 고양시켰으며, 학부모들은 자녀의 안전이 향상된 것에 대해 학교 측에 감사의 뜻을 전했다.



루마니아 Mihail Sturdza Secondary 중등학교의 위험평가팀과 소프트웨어 프로그램

## 사례 8

### 스페인 공공 철도 운송업체 Eusko Tren-승객으로부터의 폭력 예방 정책 통해 근무환경 개선 및 사고 감소

Eusko Tren은 스페인의 공공 철도 운송업체로서 직원들은 승객과 끊임없는 접촉을 하면서 외부적 폭력 즉, 언어 폭력, 모욕, 위협이나 협박 등에 자주 노출되고 있었다. 이 회사는 직원들이 직면한 심리·사회적 위험을 적절히 평가하여 외부적 폭력 예방 정책을 시행하였다.

Eusko Tren은 기술 고문과 협력하여 직원들이 직면한 심리·사회적 위험을 파악 및 평가하는 프로젝트를 수행해 나갔다.

그 과정은 우선, 필요한 정보를 얻기 위해 프로젝트 수

행과 직원 참여 격려를 위한 조정팀을 구성하게 되었다. 그리고 책임자급 직원들과의 개별 인터뷰를 통해 해당 부서 직원들에 대한 정보를 얻었다.

문제에 대해 보다 많은 사항을 알아내기 위해서는 자발적으로 참가한 직원들로 Focus Group을 구성하였다. 이를 통해 최근 질병으로 인한 결근에 대한 역학적 분석을 수행하였다.

직원들에게는 스트레스, 심리적 건강, 직업 만족도, 자발성 및 사회 후원 등과 같은 주제별로 65개의 질문이 들어 있는 질문서가 배포되었다. 이와 함께 위험인자의 발현을 감소시키고, 이들이 보건에 미치는 부정적 영향을 최소화할 수 있는 교정 및 예방조치에 대한 분석도 이루어졌다.

일단 문제 영역이 설정된 후, 근무 중 외부적 폭력을 저지하기 위한 조치계획을 다음과 같이 시행하였다.

첫 번째, 외부적 폭력에 대한 조치계획을 조정하기 위한 다부문적 개선(Multidisciplinary Improvement) 팀과 제로 폭력(Zero Violence) 팀이라는 2개의 팀을 구성하여 직원들의 예방활동 참여를 독려했다.

두 번째, Eusko Tren은 이 두 팀을 통해 회사의 모든 서비스(버스, 기차, 궤도열차, 강삭 철도 운송 및 고객 서비스)에서 발견되었던 문제들에 대한 해결책을 찾고자 했다. 그러한 해결책의 예를 몇 가지 들어보면, 민감한 지역에서 경찰과의 협조, 버스 내에 영상 감시 장비 설치, 특정상황에서 어떤 반응을 할 것인지에 대한 직원 교육 등을 실시하였다.

세 번째, 근무 중 외부적 폭력 예방을 위한 지침서를 준비하고 이를 이행토록 하였다.

그 결과, 각 업무 범주에 영향을 주는 위험요소에 관한 더 나은 지식과 예방활동에 대한 직원 참여가 증가하였으며, 기록된 사고 횟수가 감소됨으로써 근무환경이 상당히 개선되었다. ⑤

# 아연의 분진 폭발 위험성과 안전대책



**한우섭** 연구위원  
산업안전보건연구원  
화학물질안전보건센터  
위험성연구팀

아연을 아크 용사하여 소재에 도포하는 공정에서 아연 분진이 발생된다. 그런데 이를 포집하기 위해 설치한 집진기에서 분진 폭발이 발생하여 집진기가 파괴되고 분진 폭발 화염이 배관을 통하여 작업장 내부로 전파, 분출되어 용사상태를 관찰 중이던 근로자 2명이 부상을 당하였다. 아연은 공기 중에서 일정 크기의 착화원이 존재하면 산화 발열 반응이 일어나는데, 관련 사업장에서는 아연 분진에 의한 폭발 위험성에 대한 인식이 매우 낮아 동종사고 발생 방지를 위한 안전대책이 요구되고 있다. 본고는 국내에서 발생한 아연 분진의 폭발사고를 계기로 산업안전보건연구원 화학물질안전보건센터 위험성연구팀에서 수행한 위험성 평가 보고서를 정리한 내용으로, 아연의 폭발 특성을 파악하고 재해 예방을 위한 안전대책을 제시하고자 한다.

## 서론

2008년 2월, 아연을 아크 용사하여 소재에 도포하는 공정에서 비산된 아연 분진을 집진기로 포집하는 과정 중 집진기 Bag Filter 내부에 분진 폭발이 발생하였다. 폭발로 인하여 집진기가 파손되고, 덕트 내를 통하여 분진 폭발 화염이 전파 분출되어 용사상태를 관찰 중이던 근로자 2명이 부상을 당하였다. 이 사고의 분진 폭발 착화 지점과 원인에 대하여는 조사가 이루어졌지만 상세 내용은 명확하게 밝혀지지 않았다.

미분체 공정의 발달과 다양한 취급형태로 인해 금속 분체의 사용량은 증가 추세에 있으며, 연삭이나 절삭에 따른 공정의 부산물만이 아니고 특정 가공 처리 후의 폐기물형태로도 많은 양의 금속 분진이 발생하고 있다. 금속 분진의 발생 빈도가 증가함에 따라 금속 분진이 화재 폭발사고의 원인물질로 작용한 분진 폭발, 축열 화재, 접촉 발화에 의한 사고가 발생하고 있다.

현재 금속류는 나트륨 등의 일부 금속만이 관련법상의 가연성 고체나 자연발화성 물질로 분류되고 있다. 예를 들면, 화염을 접촉시켜 위험성을 판정하는 소방법상의 시험방법으로는 대부분의 금속 분체가 위험물로 판정되지 않는다. 또한 금속 분진은 한 번에 대량으로 취급하지 않는 한 그와 같은 공정은 위험물 시설로서 분류되지 않고 있다. 그러므로 과거에 발생한 금속 분진 폭발이나 분체 화재 등이 위험물질에 의한 사고로 인식되지 않고 있으며, 위험성 평가나 사고대책도 불충분한 상황이다.

본고에서는 폭발사고가 발생한 아연 분진을 채취하여 폭발 특성 조사를 통한 안전자료를 제공하고자 하며, 이러한 폭발 특성치의 정보는 아연 분진 폭발로 인한 폭발 압력의 예측, 시설물 또는 인명 피해의 최소화, 사전 폭발재해 방지대책 구축 등에 효과적인 자료로서 활용할 수 있다. 아울러 아연 분진 폭발의 예방 및 피해 최소화를 위한 안전대책을 제시함으로써 사업장의 동종사고 예방에 기여하고자 한다.

## 위험성 평가 및 시험방법

### 시험 평가물질

본 위험성 평가에서 사용된 아연은 사업장의 집진기 내부에서 채취한 것을 사용하였다. 채취한 아연 분진은 고온의 아크 용사에 의해 구리선에 도포하는 과정에서 발생된 것이며, 또한 집진기 내에 장시간 퇴적되어 있는 과정에서 공기 중의 수분 및 산소와의 접촉에 의해 부분적으로 산화되었을 가능성이 있다.

본 평가를 위하여 제공된 아연 분체는 표면 색상이 짙은 갈색을 띠고 있는데 이는 표면 산화 반응에 따른 것으로 판단되었다. 한편, 제공된 시료에는 입자 응집으로 인하여 입경이 수 mm의 크기를 갖는 미분체가 섞여 있었다. 분진의 입경 및 입도 분포는 분진 폭발 특성에 영향을 주는 인자로서 사용한 시료에 대하여 응집 입자의 분쇄 등의 가공을 하지 않은 상태에서 측정하였다. 습식 입도분석기(Beckman Coulter LSI3320)를 사용하여 아연 분진의 체적 입도 분포측정결과를 [그림 1]에 나타냈는데 평균 체적 입경은 13.0 $\mu$ m의 값이 얻어졌다. [그림 1]에서 알 수 있듯이 아연 분진의 입도 분포는 1~40 $\mu$ m의 범위를 가지고 있는 것을 알 수 있다.

본 평가에서는 채취 시료의 산화에 따른 연소성 저하

를 고려하여 산화되지 않은 아연 시료를 별도로 준비하여 비교 시료로서 사용하였다.

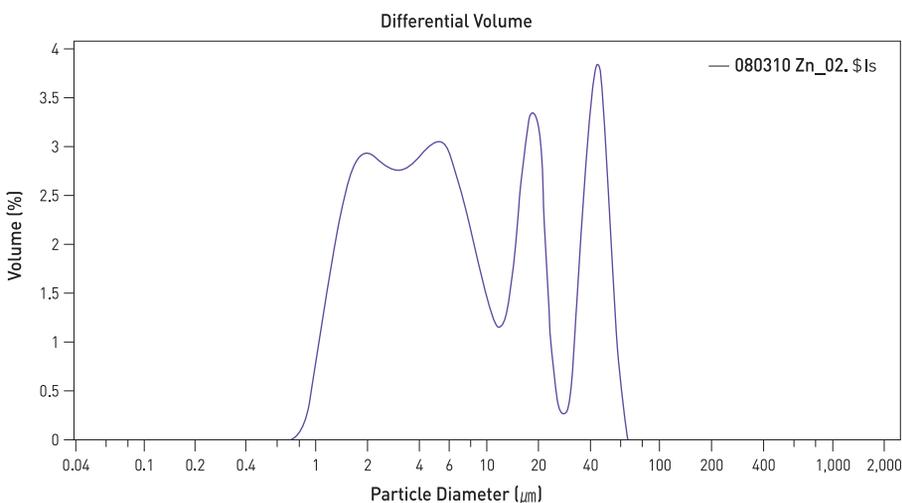
### 분진 폭발 특성시험

ASTM의 표준시험 규격인 Siwek 20L Chamber로 불리는 폭발시험장치를 사용하여 아연 분진의 폭발강도 특성치를 조사하였다. 본 장치는 스위스의 Kuhner 사가 제작, 판매하고 있는 시험장치로서 분진 분사압력은 20bar, 착화 지연시간은 0.06s로 설정되어 있으며, 5 또는 10kJ의 화약 점화기를 사용하여 일정한 크기의 착화 에너지를 가하여 착화되도록 함으로써 각 시험의 착화원 조건을 균일하게 하여 시험되도록 하고 있다.

폭발압력, 압력 상승 속도, 폭발하한계에 미치는 착화 전후의 분체 유동과 난류의 영향이 크기 때문에, 압축 공기로 분진을 분산하는 방법을 사용하고 있는 폭발시험에서는 분산 후에 다소의 시간 지연을 두어 부유 분진운의 유동성을 최대한 억제하여 착화 조작을 할 필요가 있다.

시험방법은 먼저 일정 농도의 분진을 6L의 분진 저장 컨테이너에 넣고 20bar의 공기를 불어 넣어 분진 컨테이너에서 혼합시킨다. 그리고 밸브를 순간적으로 열어 분진-공기 혼합물을 20L의 구형 용기 내에 부유, 분산시킨 후에 두 전극 사이로 전압을 인가하여 화학점화기(Cheical Igniters)에 의한 분진-공기 혼합물의 폭발 여부와 폭발 시의 압력을 관찰하고 분진 폭발에 따른 최대압력상승률과 최대 압력을 측정한다.

분진 폭발측정장치에서의 사용압력 범위는 0~30bar이며, 본 평가에서는 10kJ의 에너지를 갖는 화약점화기를 사용하였다. 분진의 폭



[그림 1] 아연 분진의 체적 입도 분포

발감도는 20L 구형 폭발시험장치를 사용한 폭발한계측정을 통한 시험방법으로 평가하였다. 폭발한계는 착화 에너지의 크기, 환경 온도, 습도 및 분진운의 분산성에 따라서 변화할 수 있다. 폭발한계측정에서 착화 에너지는 10kJ의 에너지를 갖는 화약점화기를 사용하였으며, 환경 온도 및 상대 습도는 각각 20℃, 44%의 조건에서 실시하였다. 20L 구형 폭발시험장치의 분산방법 자체가 난류성 기류에 의한 분진 부유방법이기 때문에 그에 따른 폭발 특성의 영향을 최소화시키기 위해서는 분진 분산 후의 착화 지연(0.06s)을 설정하였다.

### 최소 착화 에너지

최소 점화 에너지 측정시험장비(MIKE 3)는 분진 폭발에 필요한 최소의 에너지를 측정하는 장비이다. 폭발용기는 1.2L 용기의 강화유리 재질인 Hartman식 튜브를 사용하고 있다. 튜브에서의 분진 분사 시스템은 분진 시료가 공기 중에 부유, 분산되도록 고안되어 있으며, 7bar의 압축공기로 분산된 분진을 폭발용기 튜브의 두 전극 사이 스파크를 사용하여 착화시켜 유리관 실린더 내부에서의 화염 전파 모습을 통해 폭발 여부를 판정할 수가 있다.

분진-공기 혼합기는 분진조건에 따라서는 10mJ보다 낮은 값에서도 MIE값을 갖는데, MIKE 3의 측정 범위는 더 낮은 에너지 값에서도 측정 가능하도록 되어 있다. MIKE 3에서는 Hartman 튜브와 캐패시터 방전기구를 바로 연결할 수 있게 되어 있으며, 고압 유니트와 폭발용기는 같은 장치 내에 구성되어 있는 장치 일체형이다.

### 열안전성

아연 분진의 열적 거동을 알기 위하여 열 분석시험을 실시하였는데, 자연 발화가 일어나기까지 유도과정의 정보를 통하여 자연 발화 위험성을 추정하는 데 유용한 자료가 된다. 이를 위하여 미국 TA Instruments Inc.(Model 2910) 사의 시차주사열량계(DSC)를 사용하였다.

미분체 공정의 발달과 다양한 취급형태로 인해 금속 분체의 사용량은 증가 추세에 있으며, 연삭이나 절삭에 따른 공정의 부산물만이 아니고 특정 가공 처리 후의 폐기물형태로도 많은 양의 금속 분진이 발생하고 있다. 금속 분진의 발생 빈도가 증가함에 따라 금속 분진이 화재 폭발사고의 원인물질로 작용한 분진 폭발, 축열 화재, 접촉 발화에 의한 사고가 발생하고 있다.

현재 금속류는 나트륨 등의 일부 금속만이 관련법상의 가연성 고체나 자연발화성 물질로 분류되고 있다. 예를 들면, 화염을 접촉시켜 위험성을 판정하는 소방법상의 시험방법으로는 대부분의 금속 분체가 위험물로 판정되지 않는다. 또한 금속 분진은 한 번에 대량으로 취급하지 않는 한 그와 같은 공정은 위험물 시설로서 분류되지 않고 있다. 그러므로 과거에 발생한 금속 분진 폭발이나 분체 화재 등이 위험물질에 의한 사고로 인식되지 않고 있으며, 위험성 평가나 사고대책도 불충분한 상황이다.

표준물질과 시료(아연 분말)를 동일 가열로에서 가열하여 각각 설치된 온도 센서에 의해 두 시료 간의 온도차를 측정하게 되며, 이 온도차 신호로부터 열량 변화 데이터를 환산하여 얻게 된다. 시차주사열량계의 시료용기는 내산, 내알칼리성 재질로 코팅된 알루미늄 재질(Co-Al, 내압 2~3기압)의 Hermetic pan을 이용하였다. 시료물질은 1.0~3.0mg 정도 분취하여 시료용기에 넣고 성형기(Encapsulating press)로 용기를 밀봉해서 사용하였으며, 공기 분위기(유량 50~60ml/min)에서 승온 속도를 5℃/min로 하고, 50~500℃의 온도 범위에서 측정하였다.

### 결과 및 고찰

#### 아연 분진의 폭발 특성

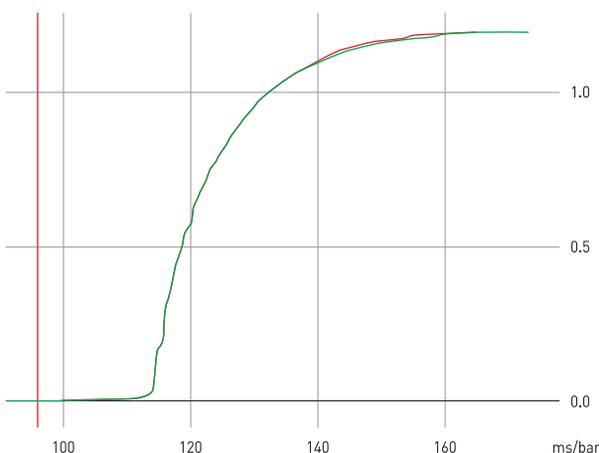
제공된 아연 시료의 평균 체적 입경은 13.0 $\mu$ m으로 입도 범위는 40 $\mu$ m 전후의 비교적 좁은 입경 분포를 나타

내고 있으나, 아연 분체 시료 중에는 직경 약 수 mm 크기의 응집상태 분진을 다수 포함하고 있다. 또한 산화되기 전의 아연 분진은 짙은 회색이지만, 제공된 아연 시료는 짙은 갈색을 띄고 있었다. 이러한 원인 때문에 공기 중의 수분과 산화 반응을 통하여 아연 입자 표면에 산화 반응이 진행되었고, 입자 간의 흡착으로 응집 현상이 발생하여 실제의 입경보다 증가되었을 것으로 추정된다.

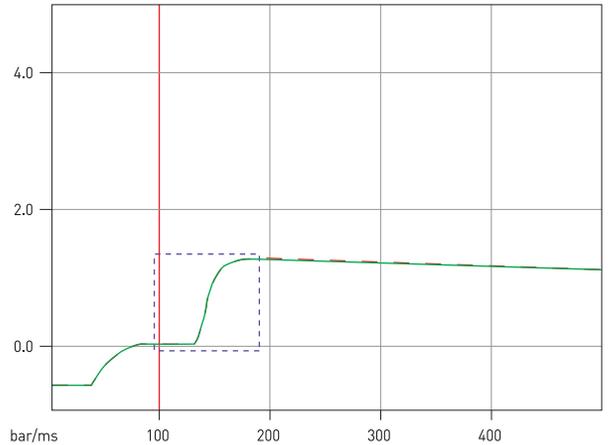
본 폭발압력 특성치 실험에서는 제공된 아연 시료를 그대로 사용하였으나, 최소 점화 에너지 시험에서는 300 mesh Sieve를 통과시킨 100 $\mu$ m 이하의 입경만을 사용해서 실제의 응집 전 평균 입경 및 분포에 가까운 조건에서의 시험기준을 적용하여 시험을 실시하였다.

아연 분진을 사용하지 않고 점화기만에 의한 Blank 폭발압력( $P_{ex}$ ) 파형 예는 [그림 2]에 나타냈다. 약 1.2bar에 해당하는 폭발압력을 나타내고 있으며, 아연 분진을 사용하여 발생된 폭발압력( $P_m$ )이 1.2bar보다 큰 경우에는 폭발한 것으로 판정이 가능하다. 폭발압력( $P_m$ )은 Blank 폭발압력( $P_{ex}$ )을 보정한 순수 시료의 연소에 의해 발생한 폭발과압이 되기 때문에 비폭발인 경우 폭발압력( $P_m$ )은 제로(zero)가 된다.

[그림 3]은 농도 500g/m<sup>3</sup>에서 실시한 폭발압력 파형 데이터이다. [그림 3]은 점화기만에 의한 Blank 폭발압



[그림 2] 화약 점화기(10kJ)만에 의한 폭발압력 파형 예



[그림 3] 500g/m<sup>3</sup>의 아연 분진에서의 폭발압력 파형 예

력과 동일한 압력 파형을 나타내고 있는데 폭발하지 않은 것으로 판정되며, 이때의 폭발압력( $P_m$ )은 0bar가 된다. 이와 같이 분급하지 않은 아연 분진에 대하여 농도를 변화시키면서 폭발압력시험을 실시한 결과, 아연 분진 시료의 폭발은 관찰되지 않았다. 이는 제공된 아연 분진의 표면 대부분에 산화막이 형성되어 연소 반응이 이루어지지 않은 결과로 판단이 된다.

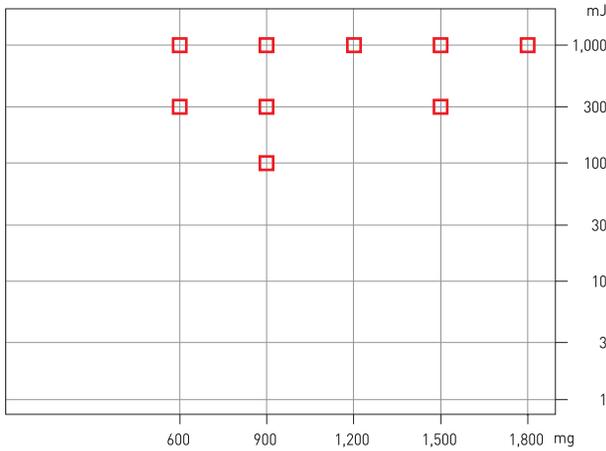
### 최소 착화 에너지

아연 분진 농도와 점화 에너지를 변화시키면서 착화 유·무를 조사하였다. 각각의 동일한 분진 농도 및 점화 에너지 조건에서 10회 반복하여 1회 이상 폭발(화염 전파)이 관찰된 경우를 그 조건에서 착화한 것으로 판정하고 있다.

[그림 4]에서와 같이 일정 농도에서 점화 에너지를 최대 1,000mJ까지 증가시켜도 폭발이 발생하지 않았다. 이러한 결과는 폭발압력실험과 동일하며, 제공된 아연 분진 시료 자체의 연소성이 인정되지 않는 것으로 판단된다.

### 열안정성(DSC)시험

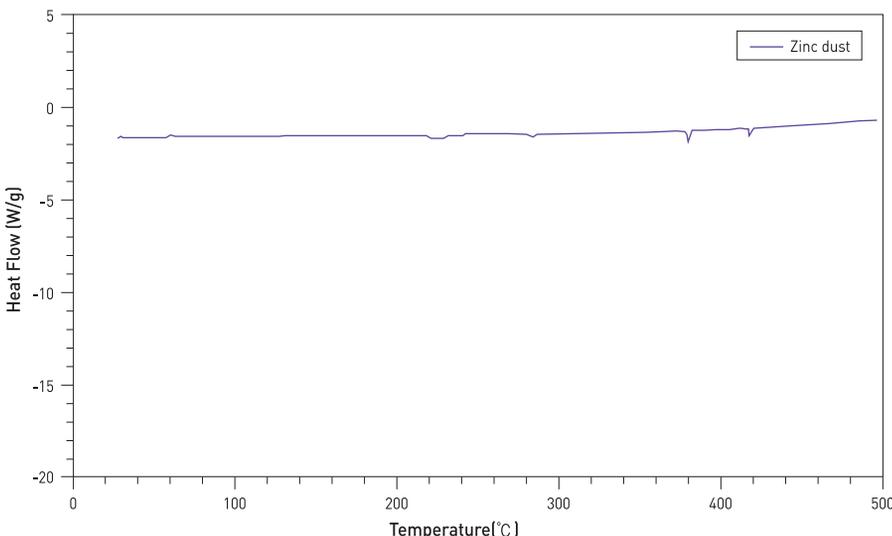
아연 분진에 대한 DSC(Differential Scanning Calorimetry) 실험은 TA2000(TA Instruments 사, 미국)를 사용하여, 투입 시료량 4.4mg, Scanning 범위



[그림 4] 아연 분진의 농도 및 점화 에너지 변화에 따른 착화시험결과

30~500℃, 승온 속도 5℃/min, 측정 분위기 Air purge(purge rate = 50mL/min)의 시험조건으로 실시하였다. 또한 아연 분진 시료와 불활성 기준물질이 제어된 온도 프로그램 하에서 통제되는 동안 온도와 시간의 함수로 측정된 시료와 기준물질의 열 유량 차이를 측정함으로써 온도에 따른 해당 시료의 변화(분해, 반응, 상 변화 등) 유·무 등을 평가하였다.

[그림 5]는 아연 분진의 DSC 곡선으로, DSC 측정 온도 범위(Amb. ~500℃)에서 흡열이나 발열로 보이는 Peak는 관찰되지 않았다. 그리고 아연 분진의 연소성



[그림 5] 아연의 DSC 곡선

관찰을 위해 Gas Flame 및 니크롬 열선(1,000℃ 이상)의 점화 소스를 사용하여 실험을 실시하였는데 아연 분진과 외부 점화원의 접촉 시에는 접촉면에서 약간 연소가 발생하였으나, 접촉 후 외부 점화원의 이탈 시 화염 전파는 관찰되지 않았다. 따라서 아연 분진의 자연 발화는 보유 장비의 최대 측정 가능온도인 400℃를 초과할 것으로 판단되어 계속적인 실험을 실시하지 않았다.

### 순수 아연 분진의 폭발 특성

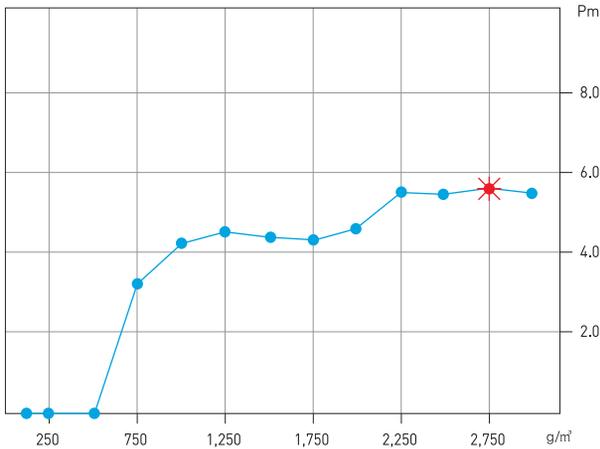
제공된 아연 시료는 비폭발성으로 나타났다. 그런데 산화 반응이 진행되어 입자 표면의 산화막 형성에 의해 연소성이 급격히 저하된 것으로 판단된다. 순수 아연 분진의 폭발 위험성을 알기 위하여 산화되지 않은 평균 입경 127μm를 갖는 아연 분진을 대상으로 농도 변화에 따른 폭발압력을 조사하였다.

[그림 6]에서와 같이 평균 입경 127μm 아연의 최대폭발압력(P<sub>m</sub>)은 5.5bar로 나타났다. 제공된 아연 시료의 평균 체적 입경은 13.0μm인데 만일 산화 반응이 일어나지 않은 경우였다면 최대폭발압력(P<sub>m</sub>)은 5.5bar 이상으로 나타났을 것이며, 실제 사업장의 집진기 내에서 폭발이 발생한 경우에는 커다란 피해가 예상된다.

### 아연 분진의 안전대책

#### 아연의 화재 폭발 위험성

아연(Zn) 분은 은백색 분말로서 비중 7.14, 용점 419℃, 비점 930℃인 가연성 고체이다. 공기 중에 부유되어 에너지가 가해진 경우에 분진 폭발을 일으킬 수 있으며, 알칼리와 반응하여 수소를 발생시킨다. 또한 밀폐 공간에서는 드물게 공기 중의 수분과 접촉하



[그림 6] 순수 아연 분진의 농도 변화에 따른 폭발압력

여 자연 발화 위험성도 가지고 있으므로 습기에 주의하여 완전 밀봉한 용기에 저장하는 것을 검토할 필요가 있다.

아연 분진의 폭발성은 아연 금속 성분과 그 산화물의 휘발성 크기에 의해 반응 형식이 결정된다. 아연 분체가 공기 중에 부유하여 발화 가능한 에너지가 존재하면 착화하게 되는데, 아연의 증발온도(비점)보다 낮은 온도에서는  $2Zn + O_2 \rightarrow 2ZnO$ 를 주된 반응으로 하는 용융 아연의 산화 반응이 일어나며, 대부분의 용융 아연이 ZnO(비점 1,725°C) 등 고 비점의 아연산화물로 고정된다. 화염온도가 700~800°C에서는 반응하지 않고 남은 소량의 아연이 증발할 수 있다. 또한 아연 분은 수분만이 아니고 산성 용액에서 반응하여 수소 가스를 발생시킨다. 수소 발생량은 산성 용액의 pH 이외에도 환경 온도가 높거나 입자경이 작을수록 증가하게 된다. 따라서 화재 폭발 예방을 위하여 아연 분진의 취급 및 폐기 시에는 산, 알칼리성 물질과의 혼합 또는 접촉에 주의하도록 하고, 화기 등의 가열원에 노출되지 않도록 한다. 만일 아연 분진이 발화된 경우에서의 소화방법으로서는 건조 모래, 금속 화재용 분말소화제 등을 사용하고 주수에 의한 소화는 사용하지 않도록 한다.

### 집진장치의 안전대책

사업장의 폐기 아연 분진을 흡인하는 집진장치의 시스

템 구성을 아크 용사공정의 작업자로부터 본다면, 후드, 접속 배관, 아연 분진포집장치(Bag Filter), 배기 배관의 순으로 되어 있다. 이들 각 장치에 대해서는 접지하는 것이 안전대책의 기본이다.

사고가 발생한 사업장의 경우에는 접지 설비가 되어 있는 것으로 조사되었으나 정전기대책은 미흡한 것으로 나타났다. 정전기대책을 위해서는 접지 저항이 1,000Ω 이하로 되어 있는지 확인이 요구된다. 또한 대전 방지를 위한 전용의 접지극은 100Ω 이하에 준하여 시공하도록 해야 한다. 접지선의 경우에는 부식이 일어나는 재료를 사용하면 정전 또는 재전 방지기능이 저하되는 문제점이 발생하므로 부식이 되지 않는 재료인지 확인이 필요하며 쉽게 단선되지 않도록 기계적 강도가 충분히 큰 절연 피복전선을 사용하도록 한다.

### 후드 및 접속 배관

일반적으로 사업장 내에서 사용되고 있는 집진용 배관의 모습을 아래 사진에 나타냈다. 배관의 형상은 원통형으로 되어 있으며, 배관이 90°로 꺾인 상태로 연결되어 있다.

가공 설비에서부터 외부 집진기로 통하는 작업장 실내 벽까지의 배관 거리가 길게 구성되어 있는 경우에는 집진 효율을 높이기 위한 강한 집진 성능이 요구되므로 분진운의 난류성이 증가하여 폭발 시의 피해가 확대될 가능성이 있다. 그러므로 가공 설비에서부터 작업장 실내 벽까지의 배관 거리를 가급적 짧게 하고, 배관의 굴곡



사업장 내 집진용 배관의 모습(화살표 부위)

부분을 적게 하며, 굴곡부의 곡률 반경을 크게 하는 것이 필요하다. 예를 들면, 가공 설비에서부터 직결하여 작업장 벽면을 거쳐 외부에서 집진장치로 연결하면 배관 길이, 굴곡조건 등의 개선을 기할 수 있다.

배관이 길면 길수록 배관 내의 분체 퇴적량을 증가시키고, 만일의 폭발 시 화염의 가속을 촉진시켜 폭발강도를 키움으로써 결과적으로 피해가 커지는 위험성을 초래할 수 있다. 한편, 배관의 플랜지부 접속은 절연 방지를 위하여 각 연결배관 간의 본딩을 통해 충분한 전기적 접속을 확보하도록 해야 한다. 아울러 재질이 주로 금속으로 되어 있는 배관은 설비와 접속해야 할 필요가 있는데 작업자 측과 배관 측의 양방에서 접지선을 접지한다.

### Bag Filter

집진기 Bag Filter의 경우에는 범용성, 기계적 강도, 내열성, 내약품성 등에 우수한 화학섬유(수지)를 사용하고 있는 경우가 있다. 아연 분진이 Bag Filter에 포집된 경우, 강제적인 제거나 자연 낙하에 의해 Bag Filter로부터 분리되는 과정에서 대전되거나 Bag Filter에 대전된 정전기 방전에 의하여 착화, 폭발할 위험성이 있다. 따라서 Bag Filter의 대전 방지와 함께 아연 분진의 대전을 안전하게 제거하는 것이 중요하며, 사용 Bag Filter가 다음의 구조에 적합한지를 검토하는 것이 필요하다.

- Bag Filter는 도전성 섬유를 가공한 것을 사용한다. 이때 Bag Filter의 대전 전하 밀도는 가급적  $4\mu\text{C}/\text{m}^2$  이하가 되는 것을 사용하도록 한다.
- Bag Filter를 여러 장 연결할 필요가 있는 경우, 봉합부에 도전성 부재를 사이에 넣고 각 필터 간의 도전성을 확보하도록 할 필요가 있다.
- 일반적으로 Bag Filter는 금속성 링 및 금속 치구를 사용하여 Bag Filter를 감싸는 구조로 되어 있다. 이때 Bag Filter와 금속 간의 도전성 확보가 요구되는데, Bag Filter의 표면과 금속 간을 연결하여 측정하

는 것을 기준으로 하는 경우(측정 전극 간 거리 50cm, 인가 전압 1.0kV를 기준으로 하여 측정하는 경우)에는 전기 저항은  $106\Omega$  이하가 되도록 한다.

- Bag Filter에 부착한 아연 분진을 제거하기 위해서 전기 기계장치를 사용하는 경우에는 구동원의 전기 기계장치는 집진장치의 외부에 설치하도록 한다.

### 맺음말

#### 아연의 화재 폭발 위험성

본 위험성 평가는 아연 분진의 폭발사고 예방을 목적으로 아연 분진의 폭발 특성, 최소 점화 에너지, 열안정성 등의 위험 특성을 실험적으로 조사하였다.

제공된 아연 시료를 사용한 폭발압력, 최대폭발압력, 압력 상승 속도 및 폭발지수( $K_{st}$ ) 시험에서는, 아연 시료의 농도에 관계없이 폭발성이 관찰되지 않았다. 이러한 원인은, 제공된 아연 분진 시료가 공기 중 수분과의 산화 반응을 통하여 아연 입자 표면에 산화 반응이 진행되었고, 입자 간의 흡착으로 응집 현상이 발생하여 실제의 입경보다 증가되어 실제 폭발 시의 분진에 비해 연소성이 현저히 저하되었기 때문으로 추정되었다.

이상과 같이 집진기에서 채취하여 제공된 아연 분진 시료의 폭발 현상이 실험적으로 확인되지 못하였으나, 비교 시료로서 사용한 산화되지 않은 아연(평균 입경  $127\mu\text{m}$ )의 최대폭발압력( $P_m$ )은 5.5bar로 나타났다. 또한 실제로 폭발사고가 발생한 사업장에서 제공된 시료의 평균 입경( $13.0\mu\text{m}$ )에서의 조건을 고려하며, 5.5bar 이상의 높은 폭발압력이 발생하였을 것으로 추정되어 이에 따른 폭발 피해가 증가하였으리라고 판단된다. 그러므로 아연 분진의 폭발 위험성을 항상 인식하는 것이 필요하며, 아연 분진에 의한 동종사고 방지를 위하여 본고에서 제시한 안전대책을 활용하고 사업장 특성을 고려한 폭발 방지 예방대책이 요구된다. 

## 산업안전보건 소식 · 산업안전보건연구원 활동

### 국제 안전보건 단신

#### BLS, 2010년 업무상사고 사망자수 통계 발표(잠정 발표자료)

미국 노동통계국(BLS)은 2010년 업무상 사고 사망자수에 대한 잠정 통계치를 발표하였다. 이 통계치에 의하면, 지난 2010년 한 해 동안 미국에서는 총 4,547명의 업무상사고 사망자가 발생했는데 이는 2009년의 수치인 4,551명과 비슷한 수준이다.

〈출처 : <http://www.bls.gov/news.release/osh01.htm>〉

#### OSHA, 사업주 및 근로자 호흡기 보호를 위한 정보 제공

미국 산업안전보건청(OSHA)은 호흡용 보호구를 처음 사용하는 근로자와 사업주에게 기초정보를 제공하기 위해 OSHA Bulletin을 발표하였다. 그 주요내용은 호흡용 보호구의 정의, 원리, 올바른 착용법, 사용 유효 기간 등이다.

〈출처 : [http://www.osha.gov/dts/shib/respiratory\\_protection\\_bulletin\\_2011.html](http://www.osha.gov/dts/shib/respiratory_protection_bulletin_2011.html)〉

#### ISSA, '재해 예방'의 경제적 효과에 대한 연구 조사결과 발표

지난 9월 터키 이스탄불에서 개최된 제 19회 세계산업안전보건대회는 여러 사회 보장기구가 산재 예방에 대한 논의를 본격적으로 시작하는 계기를 마련하였다. 특히 국제사회보장협회(ISSA)는 재해 예방을 위한 투자가 기업의 경제적 성과를 향상시킬 뿐만 아니라 사회 보장 체제의 건전성을 유지시켜준다는 보고서 및 연구결과를 발표하였다.

〈출처 : <http://www.issa.int/News-Events/News2/Investment-in-safety-and-health-is-key-contribution-to-economic-performance-ISSA-study-confirms>〉

#### 아프리카 가나, 93개 산업안전보건 정책 및 지침 발표

2011년 8월 24일, 가나의 보건부는 93개 산업안전보건 정책 및 지침을 발표하였다. 이에 따라 주요 산업 분야에 걸쳐 국가 경제 발전을 위한 가이드라인을 제시할 것으로 기대되며, 근로자 및 사업주를 위한 안전보건에 더 많은 투자를 이룰 수 있을 것으로 예상된다.

〈출처 : <http://www.ghanaweb.com/GhanaHomePage/health/artikel.php?ID=217126>〉

#### 국제 청소년의 날(International Youth Day)과 산업안전보건

유럽연합(EU)의 통계자료에 따르면, 청소년 근로자층은 다른 연령대 근로자에 비하여 비사망 재해가 50% 이상 더 많이 발생하는 것으로 알려져 있다. 청소년 근로자의 안전보건을 위한 금년도의 전 세계적 움직임으로는 1월 24일 세계보건기구(WHO)의 아동재해 예방을 위한 결의안 비준, 6월 17일 헝가리 부다페스트에서 개최된 Eurosafe 논의, 6월 30일 유럽 산업안전보건청(EU-OSHA)과 유럽의회가 공동 개최한 '청소년 고용을 위한 협력' 세미나 등이 있다.

〈출처 : <http://osha.europa.eu/en/blog/youth-occupational-safety-high-on-the-agenda>〉

#### HSE, 석면의 위험성에 대한 온·오프라인 교육 실시

영국 안전보건청(HSE)은 석면교육기관의 자발적인 참여를 통한 무료교육 실시 목표를 설정하고, 1,500명의 근로자에게 총 5,439시간의 무료 석면교육을 제공할 예정이다.

〈출처 : <http://www.hse.gov.uk/asbestos/training-pledge/index.htm>〉

#### 재해 현장 구조대원의 안전보건

지난 해 미 의회에서는 인명 구조 현장에서 목숨을 잃거나 질병을 얻는 경우가 많은 구조대원들이 사고 시 충분한 치료를 받을 수 있도록 하는 법안(S. 1334)을 통과시켰다. 이 법안에 따라 미국은 각종 재해 현장 구조작업에 투입되었던 구조대원에게 세계무역센터보건프로그램을 통해 5년간 15억 달러를 지원할 예정이다. 현재까지 동 프로그램에는 모두 5만 5,000명의 구조대원이 등록되어 있다.

〈출처 : <http://www.nsc.org/safetyhealth/Pages/911RescuingTheRescuers.aspx>〉

### 연구원 활동 · 동정

#### 제6회 아시아 태평양 화학반응공학 심포지엄

일 정 : 9월 17일(토)~9월 22일(목)

장 소 : 베이징(중국)

내 용 : An evaluation of thermal risk in an amination process(이근원 팀장)

#### 대한직업·환경의학회와의 2011년 추계 워크숍

일 자 : 9월 24일(토)

장 소 : 서울성모병원

내 용 : 교대직업자 보건관리자참(김대성·강종원 연구위원)

#### 2011년 직업성 암 예방과 감시 심포지엄

일 자 : 9월 28일(수)

장 소 : 세브란스빌딩 24층 국제회의실

내 용 : 폐암 및 조혈기암 조기 발견과 예방을 위한 건강 모니터링과 감시전략

### 국내 안전보건 행사

#### 환경보건독성학회 추계학술대회

일 정 : 2011. 10. 13~10. 14(2일)

장 소 : 보광힐닉스파크(강원도 평창)

#### Asia Pacific Symposium on Safety 2011

일 정 : 2011. 10. 19~10. 21(3일)

장 소 : 서귀포KAL호텔(제주)

#### 한국화학공학회 가을학술대회

일 정 : 2011. 10. 26~10. 28(3일)

장 소 : 송도컨벤시아(인천)



# International Symposium on Safety

## Programs

Day 1 October 24<sup>th</sup>, 2011 (Mon.)

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

# and Health at Work 2011



## Programs

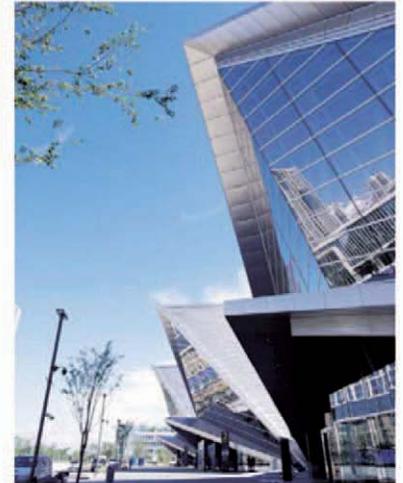
Day 2 October 25<sup>th</sup>, 2011 (Tue.)

Time	Program
09:00 ~ 10:30	<p><b>Update of Protecting Workers with Appropriate Personal Protective Equipment</b>  <b>(Moderator: Hyunwook Kim, Catholic University of Korea, Korea)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Nicole Vars McCullough (Manager, 3M Company, U.S.A)  <a href="#">Determining Change Schedules for Gas/Vapor Respirator Cartridges and End of Service Life Indicators(ESLI)</a></li> <li>○ Claude Michels (Manager, DuPont, Luxembourg)  <a href="#">Chemical Protective Clothing Technologies</a></li> <li>○ Don-Hee Han (Professor, Inje University, Korea)  <a href="#">Current Status of PPE, Technology and Development Strategies for its Future Extensions</a></li> <li>○ Hyeck-Joong Choi (President, Hanseong Safety, Korea)  <a href="#">A Research of Wearing Safety Hat for Working at a Hot Environment</a></li> <li>○ Kyung-Hun Kim (Manager, OSHRI, KOSHA, Korea)  <a href="#">Past, Present &amp; Future of the Ways of Protecting Workers</a></li> </ul>
10:30 ~ 10:50	<p><b>Break</b></p>
10:50 ~ 12:20	<p><b>Accident Investigation and Injury Prevention</b>  <b>(Moderator: Gi Heung Choi, Hansung University, Korea)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ David Koh (Professor, National University of Singapore, Singapore)  <a href="#">Can We Reduce Workplace Fatalities by Half?</a></li> <li>○ Andrew Curran (Director of Science, Health and Safety Laboratory, UK)  <a href="#">Advance in Accident Investigation Methods through UK Experience</a></li> <li>○ Sang-Do Shin (Professor, Emergency Dept., Seoul National University Hospital, Korea)  <a href="#">Approaching the Causal Aspects of Occupational Injuries through Emergency Care Units</a></li> <li>○ Un-Chul Shin (Director of Safety Research, OSHRI, KOSHA, Korea)  <a href="#">Practical Ways of Preventing Injuries in Small Business</a></li> </ul>
12:20 ~ 14:00	<p><b>Lunch &amp; Poster Session</b></p>
14:00 ~ 15:30	<p><b>How Can We Reach "Real Harmonization"? - Updating Issues on GHS</b>  <b>(Moderator: Hyeon Suk Kim, Shinheung College University, Korea)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Hiroshi Jonai (Professor, Graduate School of Science &amp; Technology, Nihon University, Japan)  <a href="#">Ongoing Discussion on a Chemical List at UNSCGHS</a></li> <li>○ Goh Choo Ta (Senior Lecturer, National University of Malaysia, Malaysia)  <a href="#">GHS Implementation: From Voluntary to Mandatory</a></li> <li>○ Il Je Yu (Professor, Hoseo Toxicological Research Center, Korea)  <a href="#">How to Harmonize CLP Among Chemical Management Relevant Ministries and Countries?</a></li> <li>○ Jong-Han Lee (Deputy Director of Chemical Information Dept., OSHRI, KOSHA, Korea)  <a href="#">How Research Institutes Help GHS to be Settled down at Workplace</a></li> </ul>
15:30 ~ 15:50	<p><b>Break</b></p>
15:50 ~ 17:20	<p><b>Stepwise Approaching Strategy for Eliminating Asbestos Related Diseases</b>  <b>(Moderator: Chung Sik Yoon, Seoul National University, Korea)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ken Takahashi (Professor, UOEH, Japan)  <a href="#">Global Magnitude of Reported and Unreported Mesothelioma</a></li> <li>○ Somkiat Siriruttanaprak (Director, Ministry of Public Health, Thailand)  <a href="#">How to Change the Society for Banning Asbestos in Developing Countries</a></li> <li>○ Soon-Hee Jung (Professor, Yonsei University, Korea)  <a href="#">Epidemiologic and Clinicopathologic Analysis of Malignant Mesothelioma for Last 10 Years in Korea</a></li> <li>○ Jiwoon Kwon (Researcher, OSHRI, KOSHA, Korea)  <a href="#">Pitfalls of Analysing Asbestos in Air and Bulk Samples</a></li> </ul>

# International Symposium on Safety and Health at Work 2011

## Sharing Experience for Tomorrow

Korea Occupational Safety and Health Agency



Date

October 24<sup>th</sup> ~ 25<sup>th</sup>, 2011

Venue

Songdo Convensia, Incheon, Korea



Occupational Safety and Health Research Institute

Hosted by

**OSHRI**



Sponsored by

**ICOH SCHSREOH**

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