

OSH

안전보건 연구동향 2012 가을 RESEARCH BRIEF

Vol.6 No.5(통권 57호)

시론(時論)

산업안전보건의 국제적인 흐름이 우리에게 주는 시사점

특집 I

실험실 종사자의 안전 확보를 위한 위험성 확인과 평가 방법
실험실 종사자들의 화학물질 노출 평가
연구실 안전환경 조성에 관한 법률과 연구실 안전

특집 II

소규모 건설업 재해의 저감 방안
소규모 건설 현장의 재해 저감을 위한 접근 패러다임의 전환
국내 소규모 건설재해 증가 원인에 대한 진단과 해법

연구동향

생물학적 인자 측정 평가방법 표준화 및 관리기준에 관한 연구
금속분체의 폭발 특성과 위험성 예측
노동 능력에 영향을 미치는 근골격계 통증과 우울증의 동시 발생
미국의 작업성 수근관증후군 예방 정책





건설강국 코리아(Korea) 기술력뿐만 아니라 안전에서도 세계 제일로!

세계지도를 바꾸고 하루가 다르게 세계 건설강국으로 도약하고 있는
대한민국의 건설산업!

지금 이 순간에도 세계 여러 나라에서는 수많은 대한민국의 건설업체가
‘1미터라도 더 높게’를 외치며 초고층 건축물 건설에 박차를 가하고 있다.
그러나 신의 영역에 도전해 재앙을 받은 바벨탑의 이야기처럼,
건설 현장에서 안전에 눈을 감은 인간은 산업재해라는
대형 재앙을 받을 수 있다.

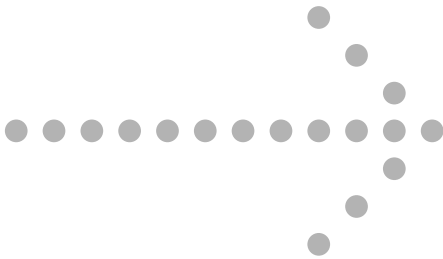
기술력과 안전! 두 마리 토끼를 모두 잡는 대한민국 건설의
밝은 미래를 기대해본다.

- ‘안전한 나날을 그리다’ 중에서



OSH 안전보건 연구동향 RESEARCH BRIEF

안전보건 연구동향 / 제6권 / 제5호(통권 57호) / 간별 계간 / 발행일
2012년 10월 1일 / 등록번호 ISSN 1976-345X / 발행처 산업안전보건
연구원 / 403-711 인천광역시 부평구 무네미로 478 (구산동) / 전화
032)5100-909 / oshri.kosha.or.kr / 편집위원장 박정선 / 편집위원
김태구, 김치년, 이근석, 정경숙, 정지연, 정진주, 구권호, 권혁면, 유기호,
김은아, 송세옥, 이경용, 김기식 / 편집·제작 (주)광고연합 / 전화
02)2264-7306



2012년 가을호
가을은 결실의 계절.
안전보건에서도 선진 한국의 결실을 거둘 수 있도록
다 함께 힘을 모아야 합니다.

CONTENTS

시론(時論)

- 04 산업안전보건의 국제적인 흐름이 우리에게 주는 시사점 김양호

특집 I · 실험실 종사자의 안전보건

- 06 실험실 종사자의 안전 확보를 위한 위험성 확인과 평가 방법 이근원
14 실험실 종사자들의 화학물질 노출 평가 박정임
20 연구실 안전환경 조성에 관한 법률과 연구실 안전 이익모

특집 II · 소규모 건설업 재해 예방, 그 문제와 대책

- 26 소규모 건설업 재해의 저감 방안 백신원
34 소규모 건설 현장의 재해 저감을 위한 접근 패러다임의 전환 심규범
40 국내 소규모 건설재해 증가 원인에 대한 진단과 해법 최돈홍

연구동향

- 48 생물학적 인자 측정 평가방법 표준화 및 관리기준에 관한 연구 박해동
54 금속분체의 폭발 특성과 위험성 예측 한우섭
60 노동 능력에 영향을 미치는 근골격계 통증과 우울증의 동시 발생 김대성
63 미국의 작업성 수근관증후군 예방 정책 유두희

산업안전보건의 국제적인 흐름이 우리에게 주는 시사점



김양호 교수
울산대 의대 직업환경의학교실
대한직업환경의학회 부회장
(자기회장)

산업안전보건의 국제적인 흐름

산업안전보건의 국제적 흐름은 사용자의 포괄책임, 근로자의 알 권리·참가할 권리를 기초로 한 복합적인 리스크 평가로 요약될 수 있다. 산업안전보건의 국제적인 흐름의 출발점에는 영국의 노동안전보건법 체제를 자주적 대응형으로 전환시킨 1972년의 로벤스 보고서가 있다. 법적 준거에만 의지하면 안전보건의 정체를 지각한 유명한 보고서로서, 이것을 받아들여 곧 1974년에 영국의 노동안전보건법이 제정되었고 유럽 각국의 노동안전보건법이 바뀌었다.

로벤스 보고서는 1981년의 ILO 제155호 산업안전보건협약, 1985년의 ILO 제161호 산업보건서비스협약의 두 가지 협약을 근간으로 사용자의 포괄책임, 근로자의 알 권리·참가할 권리를 기초로 한 복합적인 리스크 관리를 강조하게 되었다. 제155호 협약은 급박한 중대위험 시의 대피권으로 유명한 협약이지만 이제까지의 기준의 존재 양식을 크게 바꾼 기본 협약으로서 더 의미가 있으며, 오늘날의 안전보건경영시스템의 조류와 완전히 연결되어 있다. 그 후, 1984년에 세계 최대의 중대사고인 유니온 카바이드 사의 보팔 재해로 2,000여 명이 인도에서 사망한 것이 계기가 되어 중대재해가 Management적 사고라는 인식이 진전되었다. 1990년에 ILO 화학물질협약이 생기고, 1992년에 리우데자네이루의 환경정상회의에서 21세기로 향한 Agenda 21 채택과 지구환경의 새로운 움직임이 시작되어 1993년에 자주적 대응을 구체화한 중대산업사고예방협약이 생겼다. 이런 흐름은 2001년의 ILO Guidelines on OSH Management Systems로 연결되어 있다. 이러한 변화는 노사 중심의 자주적 관리방법이 산업사고와 직업병 예방의 주된 방향이라는 흐름을 잘 보여주고 있다.

국제적인 흐름에서 본 ‘사업주의 책임’이란?

사용자의 포괄책임, 근로자의 알 권리·참가할 권리를 기초로 한 복합적인 위험성 평가라는 국제적인 흐름이 산업 선진국에서 법으로서 구현되면 대체적으로 다음과 같이 단순명료하게 된다. 사업주가 사업장의 모든 유해요인에 대하여 위험성 평가를 하고 문제가 있으면 관리하라는 것이 골자이다. 사업주는 사업장의 모든 유해요인에 대하여 위험성 평가 및 관리의 책임을 진다.

다시 말해, 사업장에 어떤 유해요인이 있는지를 찾아내고, 그것이 근로자의 안전과 건강에 해를 끼칠 가능성을 평가하여 그 리스크가 허용 가능한 수준을 넘으면 그 리스크를 줄이는 것이다. 그러므로 외국에서는 사업주가 스스로 하건, 사업장에 산업의를 두어서 하건, 외부의 산업보건기관에 맡겨서 하건, 나름대로 열심히 사업장에 있는 유해요인을 찾아내도록 하여 그 리스크를 평가하고 허용 가능하지 않은 리스크를 개선해야 한다. 또한 그런 개선과정을 수월하고 효과적으로 하기 위하여 사업주 스스로가 근로자의 참여를 유도하게 된다. 이에 따라 사용자의 포괄책임, 근로자의 알 권리·참가할 권리를 기초로 한 복합적인 위험성 평가가 어렵지 않게 구현되는 것이며, 선순환적으로 작동하게 되는 것이다.

그렇다면 우리나라에서의 ‘사업주의 책임’은?

최근에 사회적으로 관심이 되었던 직업병 사건을 보면, 사업주가 현행 법령에서 정하는 산업보건상의 의무를 수행하였는데도 사회적으로 문제가 되는 직업병이 발생한 경우가 많다.

180여 개의 유해물질 가운데 당해 사업장에 있는 요인들에 대한 작업환경측정 및 특수건강진단을 작업환경

측정기관과 특수건강진단기관에 위탁했으며, 사업장의 보건관리에 대해서도 보건관리자를 선임하거나 대행기관에 맡김으로써 법을 다 지킨 것이 된다. 그렇기 때문에 실제로 근로자의 건강을 지키지 못한 경우에도 우리나라에서는 그에 대한 책임이 면제되는 경우가 비일비재하다.

법을 지키는 것은 그 기관들이 알아서 그 사업장에 법정 유해인자가 있는지 찾아서 측정하도록 하고, 특수건강진단을 수행하도록 하는 것으로 의무를 다하게 된다는 말이다. 결국 외부 산업보건전문기관이 법에 저촉되지 않게 다 해주므로 우리 사업장에 법정 유해인자 이외에 얼마나 많은 유해요인이 있으며, 이것들이 근로자의 안전과 건강에 어떤 해를 줄지, 어떻게 관리해야 할지, 좀 더 효율적인 관리를 위하여 근로자의 참여를 이끌어낼지 고민할 필요가 없다. 이런 과정 속에서 산업보건관리에서 주체적 역할을 해야 할 노·사는 점점 더 수동적으로 되어가고, 관심이 없어져 간다.

보건관리자의 의무는 산업안전보건법 시행령 제17조에 건강진단결과에 따른 근로자의 건강 보호 조치, 근로자의 건강 장애의 원인 조사와 재발 방지를 위한 의학적 조치, 응급처치, 근로자의 건강관리 및 보건교육, 작업장의 국소배기장치 점검과 작업 방법의 공학적 개선·지도, 기타 작업관리 및 작업환경관리에 관한 사항 등이 다양하게 나열되어 있다. 이것들은 모두 사업주의 책임이고, 사업주가 해야 할 의무를 보건관리자에게 위임해서 할 수 있도록 되어 있다. 그런데 지금까지는 사업주는 보건관리자를 선임만 하면 되는 것처럼 인식되어 있었다. 그것도 의사, 간호사, 위생기사, 환경기사 중 어느 한 직종만 선임하면 되었다. 보건관리자가 무엇을 해야 하고, 과연 원래 수행해야 할 그러한 기능을 할 수 있는가를 고민할 필요가 없었다. 보건관리자를 선임만 하면 되었기 때문이다. 그런 의미에서 근로자의 건강과 안전에 대하여 한국의 사업주는 책임을 상당 부분 면제받고 있었다고 볼 수 있다(다행히도 곧 산업안전보건법이 개정되어 보건관리 실시 의무가 사업주라는 것을 보다 명확히 규정하는 조항이 포함되게 된다).

소위 법은 지켰으나 근로자의 건강과 안전이 지켜지지 않았다면 그것은 누구의 책임인가? 상식적으로 보아도 그것은 사업주의 책임이다. 이런 상식적인 견해와 맥을 같이 하는 것이 '사용자의 포괄책임, 근로자의 알 권리·참가할 권리를 기초로 한 복합적인 리스크 관리'라는 개념이다. 따라서 사업주에게 근로자의 건강과 안전을 보호하기 위한 포괄적인 책임을 지워야 한다.

현행의 작업환경측정 제도 및 특수건강 제도에서 180여 개를 정한 것은 역사적으로 보면, 고도 산업성장기에 전형적인 화학적·물리적 유해인자를 우선 1차적으로 관리하자는 전략에서 나왔다. 이는 곧 선택과 집중을 하는 전략이었다. 고도 산업성장기에는 이러한 전략이 비용 대비 효과적이었으며, 소기의 성과를 거둘 수 있었다. 그러나 지금은 어떨까? 매우 다양한 화학물질이 사용되고 있고, 그 화학물질의 전입과 퇴출이 빠르다. 게다가 사업장마다 사용하는 화학물질이 서로

다르고, 매우 다양하다. 고도 산업성장기에 맞는 선택과 집중의 관리 방식으로는 도저히 화학물질의 관리가 불가능하다. 사업장마다 다르지만 필자가 조사한 바에 의하면, 사업장에 비치하고 있는 MSDS 개수의 0.1%에서 수 %만이 작업환경측정 및 특수건강진단으로 관리되고 있는 현실이다. 즉, 현장의 근로자들은 관리되지 않은 대다수의 화학물질에 그대로 노출되고 있는 실정이다. 또한 제조업의 비중이 줄어들고 기타 산업, 특히 서비스업이 늘면서, 화학적 인자 이외에도 물리적·사회심리적·생물학적 인자들이 늘어가고 있다. 이러한 유해인자들로부터 근로자의 건강과 안전을 지키는 것은 당연히 사업주가 해야 할 일이다. 사업주가 사업장에 있는 모든 유해인자로부터 근로자의 안전과 건강을 지키는 바로 그것이 사용자의 포괄책임을 기초로 한 복합적인 리스크 관리의 정신이다.

우리나라의 산업보건 방향 설정도 국제적인 흐름을 고려해야

최근 우리나라도 위험성 평가 제도를 도입하기 위해 법 개정작업이 이루어지는 등의 변화를 보여 고무적인 측면이 있다고 생각된다. 또한 사업주가 보건관리자를 선임만 하면 법적 책임을 다하는 것이 아니라, 실제로 보건관리자의 의무를 수행하게 하여 실제적인 산업보건 서비스를 제공하여야 사업주의 법적 책임을 다 한 것으로 간주하는 방향으로 가고 있다. 그러나 그동안의 산업안전보건법령 개정작업은 일관성 있고, 전체적인 전망 속에서 방향성을 갖고 이루어져왔다고 보기는 힘들다. 예를 들어, 안전보건경영시스템이 우리나라에 소개된 것은 10여 년이 되고, 산업안전보건법안에 모습을 드러낸 때도 2009년이다. 그러나 안전보건경영시스템은 안전 분야의 새로운 기법으로 정착했을 뿐, 보건 분야와는 거리가 먼 것으로 이해되었다. 또한 안전보건경영시스템이란 앞에서 언급한 위험성 평가를 체계적으로 하기 위한 시스템인데도 불구하고, 위험성 평가와는 그다지 관련이 없는 것으로 이해되어왔다. 그래도 늦게나마 위험성 평가의 중요성을 인식하고 사업주의 포괄적 책임 위에서의 위험성 평가를 강조하게 된 것은 다행이라고 생각한다. 법 개정도 그때그때 필요에 따라서 즉흥적으로 하는 것보다는 안전보건의 국제적 흐름에 대한 전망을 토대로 확실한 우리의 좌표 위에서 방향성을 가지고 하는 것이 필요하다.

맺는말

산업안전보건의 제자리를 찾아 방향 전환하게 하고, 정착하게 하도록 하는 것이 중요하다. 이를 위하여 노·사·정과 전문가가 머리를 맞대고 지혜를 짜내는 것이 무엇보다도 필요한 시점이다. 실제로 근로자의 건강과 안전이 확보되고, 건강한 노동 능력을 통하여 생산성이 올라가며, 아울러 산업보건전문가가 보람을 느끼면서 보다 많은 일을 할 수 있는 날을 기대해 본다. 🌈

실험실 종사자의 안전 확보를 위한 위험성 확인과 평가 방법



이근원 팀장
산업안전보건연구원
화학물질센터 위험성연구팀

들어가는 말

실험실에서 유해·위험요인(hazard)이란 사람, 재산, 환경에 해를 야기하는 잠재성을 가진 화학적·물리적 및 생물학적 상태를 말한다. 이들 요인은 장치나 물질의 위험 둘 다를 포함할 수 있다. 만일 잠재 위험이 예상하지 않은 상황, 신뢰할 수 없는 물리적 시스템, 혹은 무책임한 행위와 결합한다면 그것이 위험을 가져올 수 있다.

실험실의 안전보건 프로그램은 관리 책무(위임)의 복잡성 및 근로자의 안전 인식과 함께 실험실에 존재하는 위험성에 근거하여 수행되어야 한다. 실험실의 효율적인 관리를 위해서 유해·위험요인을 확인하고 위험성을 찾는 것이 실험실 안전보건 문제의 해결을 위해 필수 불가결하다.

실험작업의 특성과 취급하는 물질의 다양성 때문에 잠재 위험요인이 실험실마다 다양하다. 따라서 유해·위험요인의 확인과 분석, 평가 및 제어를 위해 다양한 공학적 접근이 필요하다. 효과적인 위험요인의 분석 없이는 실험실 종사자가 실험실 내에 어떤 위험이 존재하는지 알지 못한다. 또한 실험실 종사자의 유해·위험 노출을 최소화하기 위해 어떤 위험의 제어와 교육·훈련이 필요한지를 아는 것도 쉽지 않다.

본고에서 소개하는 유해·위험요인 분석 기법은 미국 산업안전보건청(OSHA)에서 제시한 '작업장 안전보건 프로그램 관리의 가이드라인(Guidelines on Workplace Safety and Health Program Management)'을 참고하여 실험실 내 유해·위험의 확인과 위험성 평가 방법에 대해서 기술하고자 한다.

유해·위험의 확인과 점검 방법

유해·위험을 확인하기 위해서는 기본(1차) 점검과 정기적인 점검이 기본이다. 기본 점검은 실험실에서 위험의 목록이나 잠재 위험을 확인하기 위해 사용된다. 부가적으로 정기적인 점검은 이전에 발견된 위험을 제어하거나 새로운 위험을 확인하기 위해 나중에 수행된다. 아울러 정기적인 점검은 새로운 것이나 분명하지 않은 위험에 대해 높은 잠재성을 가진 실험시설에서 더 깊은 분석이 수행된다. 이러한 점검은 위험을 분석하고 확인하기 위해 실험시설에서 위험요인을 발굴할 수 있는 경험이 있는 전문가가 수행한다. 위험요인을 찾기 위해서는 4단계로 나누어 조사하는데, 그 상세한 내용은 다음과 같다.

“

실험실환경의 다양한 유해·위험요인을 찾아내어 확인하고,
이러한 유해·위험요인이 실험실에서 심각한 부상이나 질병을 일으킬 수 있는
사고빈도와 사고의 가혹도를 고려하여 위험도를 결정하며,
그 결과에 따라 위험도가 큰 순서대로 안전보건대책을 수립하는 일련의 활동이
실험실 위험성 평가이다.

”

1단계 : 준비단계

충분한 준비는 위험요인의 확인을 위한 점검의 성공을 위해 필수적이다. 점검 시작 전에 점검·평가팀은 실험실의 기능(operation)에 대해 잘 알고 있어야 하고, 고위험이 있는 실험 조작이나 실험 공간을 확인하여 더 자세한 평가가 필요하다.

점검·평가팀은 다양한 법규의 요구 사항을 이해해야 하고, 점검에 앞서 기타 해당되는 요구 사항(내부 정책)과 함께 최근의 법규를 알아야 한다. 실험실 기능 등에 대해 확실히 이해를 한 후, 관련되는 모든 문서를 검토해야 하고, 관련 문서를 통해 실험실이 당면하고 있는 잠재적인 유해·위험을 평가해야 한다. 준비단계에서 확인 및 검토해야 할 사항을 요약하여 <표 1>에 나타내었다.

<표 1> 점검 준비 시 검토 사항

구분	확인 및 검토 사항
확인 사항	• 실험실의 총괄적인 기능 • 해당되는 모든 안전보건 법규 • 기타 모든 요구 사항(내부 정책, 가이드라인 등) • 고위험 조작, 화학약품 혹은 시약
검토	• 물질안전보건자료 및 안전보건정보 문서 • 사용량과 사용주기 등을 포함하는 화학적·물리적·생물학적 시약 혹은 약품의 목록 • 산업위생 모니터링 기록(공기 샘플링, 환기, 방사성 등) • 사고나 재해조사 기록 • 기존의 조사에서 밝혀진 사실
개발	• 조사전략(조사의 설계, 팀원의 구성, 조사형태 등)

2단계 : 예비조사

앞에서 언급한 점검 준비와 잠재 위험이 확인되었다면, 점검·평가팀은 다음과 같은 예비조사를 수행해야 한다.

- 준비단계에서 도출된 결론과 이행 정도를 비교 검토한다.
- 준비단계에서 예상하지 않았던 쉽게 인식할 수 있는 위험을 확인한다.
- 위험제어의 효율성을 평가한다.
- 현장측정(3단계)에 필요한 세부적인 검토 사항을 결정한다.

예비 점검 동안 점검·평가팀은 준비단계에서 수립되었던 원래의 설계에서부터 점검의 포인트나 방향이 변경될지 모르는 어떠한 새로운 정보를 받아들일 준비가 되어야 한다. 팀원은 실험 종사자가 수행하는 일상업무와 특별업무를 검토하고 관찰해야 하며, 장비나 환기 시스템을 포함한 시설을 검토하고, 화학물질 노출의 분명한 표시를 기록해야 한다. 노출 표시의 예는 공기 중의 분진, 연기, 미스트, 에어로졸; 분진, 액체, 오일의 표면 축적; 용제나 가스로부터의 냄새, 이상한 맛과, 화상, 코나 목의 자극 등을 포함한다.

점검자들이 예비조사를 수행함에 따라, 그들은 현장측정(3단계)에 관계되는 문서화된 다음의 사항을 확인해야 한다.

- 잠재적인 노출을 가진 실험업무나 조작 방법의 확인
- 실험업무나 조작 원리의 이해(즉, 화학의 열, 반복운동업무 등)
- 실험실작업과 실험 조작에 대한 제어 방법에 관계되는 사항
- 잠재적인 노출이 있는 실험조작 시간이나 주기
- 잠재적으로 노출된 실험 종사자의 수 등

비록 실험실의 점검이 짧은 시간에 이루어지지만, 실험실에서 기술, 관리, 작업실무 제어를 포함한 위험제어의 효율성은 실제업무의 관찰과 예비 점검에서 쉽게 평가될 수 있다.

평가되어야 하는 문제점은 제한된 것이 아니고, 환기 시스템, 호흡보호구, 보호의, 방사선차폐, 교육·훈련, 작업실무, 표준운전 절차, 그리고 문서화된 프로그램 및 기록 유지 등이 포함된다. 예비 점검에서 관찰 및 수행 사항은 <표 2>와 같다.

<표 2> 예비조사 단계에서의 관찰 및 수행 사항

구분	관찰 및 수행 사항
관찰	• 실험업무와 조작 • 수용하는 안전보건 관행의 이행 • 공학적인 제어 • 노출(분진, 냄새, 누출 등)의 분명한 표시
수행	• 기본적인 위험제어 평가(실험실 흡후도에 대한 면속도 측정)

3단계 : 현장측정

일단 예비 점검이 완료된 후, 공기 샘플링, 방사선 모니터링, 화학적 모니터링과 같은 평가를 따를지 결정하기 위해 충분한 정보를 얻어야 한다. 그 예로, 만일 점검·평가팀이 허용한계 이상으로 노출된 실험 종사자에 대해 잠재 위험성이 있다고 결론을 내린다면, 잠재적 노출을 더 정확하게 확인하기 위해서는 모니터링을 수행해야 한다. 현장측정에서 필요하다면 직무위험분석(Job Hazard Analysis)을 수행해야 한다.

4단계 : 분석

위험 확인 점검의 마지막 분석단계는 앞의 1~3단계에서 얻은 정보의 평가에 관련된다. 점검에서 당면한 위험에 관한 정성적인 것과 정량적인 발견은 기술적 혹은 관리적 제어, 관리 시스템의 개선과 함께 작업 관행(개인보호장비, 환기장치)의 필요한 목록을 개발하여 활용해야 한다. 점검으로부터 얻은 정보는 다른 위험기법과 함께 통합해서 사용할 수 있다. 예를 들어, 예비 점검에서 기록된 관찰은 일상 점검을 위한 체크리스트를 개발하기 위

해 사용할 수 있다. 분석단계에서 수행해야 할 내용을 요약하면 다음과 같다.

- 1~3단계로부터 얻은 자료를 검토하고 분석한다.
- 교육과 기술 혹은 관리적 제어를 위한 위험의 목록을 개발한다.
- 다른 위험요소와 사실을 통합한다.

분석이 수행된 후, 점검·평가팀은 실험실 종사자와 함께 실험실에서 확인된 안전보건 관심 사항을 검토해야 한다.

실험실의 위험성 평가

위험성 평가 방법

실험실 내에서 유해·위험의 확인과 위험성 평가는 실험을 위한 안전한 환경을 제공하고 실험 종사자의 안전을 확보하기 위해 필요하다. 또한 체계적이고 과학적인 실험실의 안전관리와 시설 투자를 위해 실험실에서 위험의 확인을 통한 위험성 평가를 실시하여야 한다. 그러나 국내 산업안전보건법에 실험실안전에 관한 법규가 구체적으로 명시되어 있지 않아 실험실 사고 시 실험실 종사자가 연구원(대학원생 등)인 경우는 책임의 소재가 명확하지 못하다. 이러한 이유로 인해 관련 기관이나 연구기관에 소속된 책임자의 판단 또는 자율관리에 맡기고 있는 실정이다.

실험실의 위험성 평가 절차를 나타낸 [그림]에서 보는 바와 같이 실험실에서 안전한 실험작업을 위해 실험실의 정책이나 규정 등을 통해 실험실을 선정하고, 해당 실험실에 과거의 사고 사례나 통계 및 점검을 통해 유해·위험의 조사와 확인을 해야 한다.

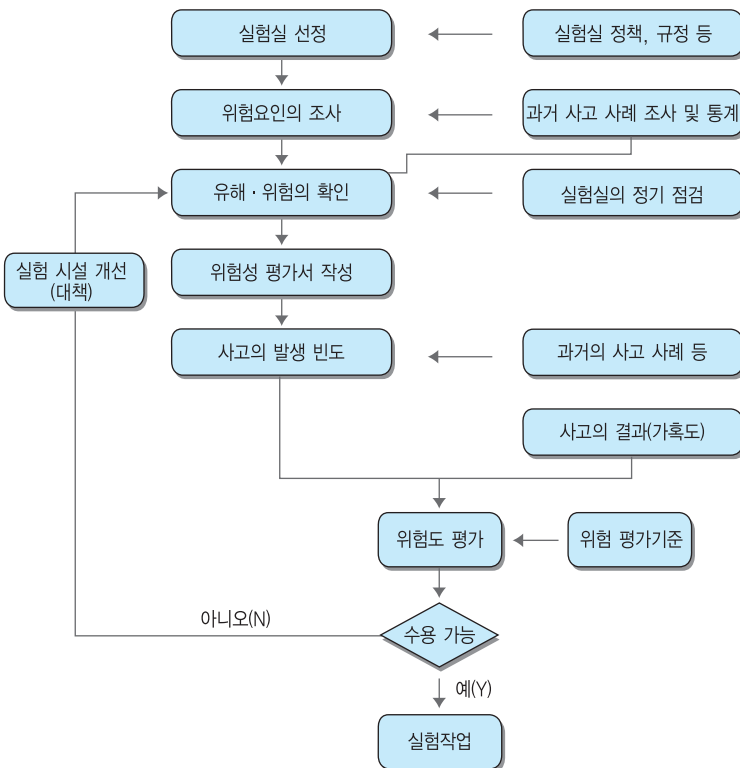
유해·위험의 확인 후에는 위험성 평가서를 작성해야 한다. 위험성 평가서의 작성은 실험실 내에 소속된 사람이 하도록 되어 있다. 보통 실험실 내의 위험성 평가를 수행하기 위하여 연구책임자가 실험실 종사자에게 지시할 수 있다. 연구책임자는 위험성 평가의 최종적인 책임을 지게 된다.

위험성 평가를 위한 점검표에 과거의 사고 사례나 인명, 재산 손실을 추정하여 사고의 발생 빈도와 사고의 결과(가혹도)를 기록하고 위험도를 평가한다.

위험 평가기준에 따라 위험도가 수용 가능한지의 여부를 확인하여 실험 시설을 개선하거나 실험작업을 행할 수 있다.

위험성 평가 수행을 위해 실험실의 위험 수준 평가가 선행되어야 한다.

여기서는 위험성 평가서에 포함되어야 할 내용과 위험성 평가기준을 제시하고 위험성 평가서를 중심으로 설명하고자 한다. 위험성 평가서는 세 가지로 나누었으며, 이들 내용을 기술하면 다음과 같다.



[그림] 실험실의 위험성 평가 절차

〈표 3〉 위험성 평가서의 포함 사항

구분	내용		
실험 구역 및 실험 종사자	• 실험실명		
	• 실험실의 책임자		
	• 실험실 내의 실험 종사자		
	• 평가 일자		
	• 평가서 작성자		
작업 설명	• 실험실명(유기실험실, 기기분석실, 반응공학실 등)		
	• 작업 설명(유기합성, 기-액평형 측정, 실험장치의 제작 등)		
	• 사용기술(증류, 원심분리, 그라인딩 등)		
	• 화합물의 분류(유기용제, 에어졸 등)		
실험실의 위험물질 요약	☐ 화학적 위험	☐ 생물학적 위험	☐ 기계적 위험
	☐ 물질의 물리적 특성	☐ 물리적 위험	☐ 분진 위험
수정 일자			

■ 위험성 평가서

위험성 평가서는 실험실의 작업 구역, 수행하는 작업형태, 관련된 공정과 화학물질, 유해·위험의 존재 여부, 안전관리 시설의 설치 여부나 설치 필요성 등의 일반적인 설명이 포함된다.

위험성 평가서에서 해당작업에 존재하는 다양한 위험들을 고려하는 것이 중요하다. 이 위험성 평가서에 확인되는 각 위험은 위험성 평가기준표에 표시되어야 하며, 이 평가서는 분기별로 수정 보완되거나 중요한 변경이 있을 때 작성이 필요하다.

위험성 평가서에는 〈표 3〉과 같은 일반 사항이 포함되어야 한다. 〈표 4〉는 위험성 평가를 위해 실험실 내 잠재 위험 점검표를 나타낸 것으로 해당되는 위험요소에 체크한다. 해당되는 위험요소가 무엇인지를 설명하고, 위험의 결과에 따른 위험 가혹도와 사고의 빈도를 기록하여 위험도를 평가한다.

〈표 4〉 위험성 평가를 위한 잠재 위험 점검표(예)

실험실명 :

화학적 위험	설명	위험의 가혹도	사고의 빈도	위험도
☒ 독성 ☐ 부식성 ☒ 고도 인화성 ☐ 고반응성 ☐ 대용량 ☐ 기타				
생물학적 위험 ☐ 조직, 혈액 혹은 분비액 ☐ 위험한 병원균 ☐ 실험동물 ☐ 유전자 조작 ☐ 기타				
분진 위험 ☐ 가연성 분진 ☐ 기타				
물질의 물리적 성질 ☐ 벌크 고체 혹은 비휘발성 액체 ☐ 분진성 고체 혹은 휘발성 액체 ☐ 고휘발성 액체 혹은 액화 가스 ☒ 증기, 가스, 에어로졸 ☐ 기타				

■ 위험성 평가내용

위험성 평가서에서 실험실 내의 해당 위험도를 평가한 후, 위험성 평가기준에 따라 수용할 수 없는 경우 위험 감소를 위한 안전보건대책 등을 기록한다. 〈표 5〉는 안전 보건대책을 포함한 위험성 평가서의 양식이다.

실험실 내에 안전보건대책을 수립한 후 다시 위험성 평가서를 작성해야 한다. 그리고 거기에 따른 위험도를 평가해야 한다. 그 세부내용을 요약하면 다음과 같다.

- 화학적 위험(독성, 부식성, 인화성, 반응성 등)
- 생물학적 위험(혈액 샘플, 실험동물, 유전자 조작 등)
- 기계적 위험(고속기계, 금속기계, 고압 및 진공 장치)
- 물질의 물리적 성질(벌크 고체, 비휘발성 혹은 휘발성 액체, 액화 가스, 증기, 에어로졸 등)
- 물리적 위험(소음 및 진동, 전기, 고온, 화재, 폭발 등)
- 분진 위험(가연성 분진, 기타)

■ 안전보건대책

위험성 평가를 통해서 실험시설에 안전보건대책(투자)이 필요한지를 평가하기 위해 실험실 내에 안전관리 시설이 설치되어 있거나 설치가 필요한 부분에 대해 해당 되는 안전관리 사항을 표시해야 한다.

여기서는 실험실의 안전보건관리를 위한 실험시설의 관리에 대해 〈표 6〉과 같이 1차, 2차 및 3차의 안전관보건 대책으로 구분하였다. 1차 관리는 주로 실험실의 안전시설이나 장비에 관한 사항, 2차 관리는 보호구에 관한 사항, 3차 관리는 물질의 저장·취급 및 응급 처치에 관한 사항으로 구성되어 있다.

실험실 안전보건관리대책에 포함내용은 실험실 사용에 관한 지시서와 1차, 2차 및 3차의 안전보건관리대책에서 필요성 여부를 기재해야 한다. 마지막으로 해당 실험실의 책임자가 확인하고 서명해야 한다. 그 중 실험실 사용에 관한 지시서는 다음 내용이 포함되어

〈표 5〉 안전보건대책을 포함한 위험성 평가서 양식

화학적 위험	안전보건대책	위험 가혹도	사고 빈도	위험도
☉ 독성 ○ 부식성 ☉ 고도 인화성 ○ 고반응성 ○ 대용량 ○ 기타				
생물학적 위험				
○ 조직, 혈액 혹은 분비액 ○ 위험한 병원균 ○ 실험동물 ○ 유전자 조작 ○ 기타				
분진 위험				
○ 일반 분진 ○ 기타				
물질의 물리적 성질				
○ 벌크 고체 혹은 비휘발성 액체 ○ 분진성 고체 혹은 휘발성 액체 ○ 고휘발성 액체 혹은 액화 가스 ☉ 증기, 가스, 에어로졸 ○ 기타				
물리적 위험	안전보건대책	위험 가혹도	사고 빈도	위험도
○ 소음 ○ 빛 ☉ 전기 ○ 극한 온도 ○ 화재·폭발 ○ 비전리 방사선 ☉ 작업장 설계 ○ 기타				
기계적 위험				
○ 금속, 목재작업 기계 ○ 고속 기계 ☉ 고압·진공 장치 ○ 기타				

야 한다.

- 관련 법규 혹은 실무규정
- 생산자 혹은 공급자 지시서
- 물질안전보건 자료(MSDS) 등

위험성 평가기준

실험실 종사자의 안전과 건강에 위배되는 잠재 위험이 발생하는 모든 조작, 운전 및 불충분한 관리 조치는 위험성 평가기준에 이용할 수 있다. 위험성 평가기준은 정상 상태에서 주어진 실험실 내에 실험 종사자의 위험

을 정량화하고 올바른 작업을 행하기 위한 우선 순위를 할당하는 데 사용된다. 위험도는 일어날 수 있는 사고 빈도와 위험 가혹도의 결합에 의해 계산할 수 있다. 일반적으로 위험도의 값이 클수록 위험성이 높다고 할 수 있다.

■ 위험 가혹도

실험실 내 확인된 위험의 결과로 인해 일어날 수 있는 상해도와 직업병이 기대되는 결과의 평가를 위험 가혹도로 부르고 있다. 여기서는 4단계로 나누었으며, 가혹도를

〈표 6〉 위험성 평가를 통한 실험실 안전보건관리 대책

구분	설치	설치 필요	안전 시설 혹은 장비	설명
1차 관리	○	○	그로버 상자	
	○	○	밀폐장치	
	○	○	fume cupboard	
	○	○	안전 캐비닛	
	○	○	화기작업 구역	
	○	○	추출후드(Extractor hood)	
	○	○	분진 집진	
2차 관리	⊙	○	기타	
	○	○	눈 보호	
	○	○	장갑	
	○	○	보호의	
	○	○	호흡보호구	
	○	○	건강 감시	
3차 관리	⊙	○	기타	
	○	○	특별한 저장	
	○	○	물질안전자료	
	○	○	누출 처리	
	○	○	소화기	
	○	○	폐기물 처리	
	○	○	안전 샤워	
	○	○	특별한 응급 처치	
	○	○	기타	

* 평가 시 실험실의 시설에 대해 안전보건시설 혹은 안전장비의 설치가 필요하거나 설치가 되어 있는지를 표시

분류하여 〈표 7〉에 나타내었다.

■ 사고빈도

실험실 내 사고를 일으킬 수 있는 위험에 대한 사고 가능성의 평가이다. 사고 가능성은 5단계로 구분하였으며,

이를 사고빈도로 분류하여 〈표 8〉에 나타내었다.

위험성 평가기준을 쉽게 확인하기 위해 〈표 7〉과 〈표 8〉의 위험 가중도와 사고빈도를 조합해서 위험도의 기준표를 작성하여 〈표 9〉에 나타내었다. 이 기준은 위험이 확인된 상황에서 반영되어야 한다.

실험실의 위험성 평가는 〈표 9〉 위험도의 기준표에 의해서 연구 관련 기관이나 기업 등의 사내 규정(가이드라인)에 따라 앞에서 언급한 세 가지의 위험성 평가서를 작성하여 실험실 내의 위험도를 결정해야 한다. 한 예로, 위

〈표 7〉 위험 가중도의 분류(예)

구분	내용
4	사망이나 영구 불구
3	부분적으로 불구이거나 3개월 이상의 불구
2	응급 조치나 경미한 의학적 치료
1	상해나 질병이 없는 경우

〈표 8〉 사고빈도의 분류(예)

구분	내용
5	항상 일어날 수 있는 경우
4	전에 사고가 일어 났던 경우
3	일어날 가능성이 강한 경우
2	과거에 사고가 일어났던 것을 알고 있을 경우
1	가능성이 없는 경우

〈표 9〉 위험도의 기준표 (예)

구분		위험 가중도			
		4	3	2	1
빈도	5	20	15	10	5
	4	16	12	8	4
	3	12	9	6	3
	2	8	6	4	2
	1	4	3	2	1

“

우리나라의 기업 내 연구소나 국책 연구기관 및 대학의 연구실 등에서 다량의 화학물질과 다양한 실험 연구가 진행되고 있기 때문에 항상 위험이 상존하고 있다.

따라서 실험실의 유해·위험 확인과 평가 방법에 의해 위험성 평가를 수행함으로써 실험실 종사자들의 안전을 확보하고 실험실에서 일어날 수 있는 사고 예방이 가능하다.

또한 관련 법규 등에 의한 엄격한 관리도 필요하겠지만 무엇보다 실험실을 소유한 관련 기관이나 연구소 등에서 스스로의 위험성 평가를 통해서 안전을 확보해야 하겠다.”

험도가 10 이상인 경우에는 실험실의 위험도기준에 따라 위험을 수용할 수 없을 때 <표 6>에서 언급한 바와 같이 실험실 내에 안전 시설이나 개인보호장비 등의 시설 개선을 위한 투자를 행하여야 한다.

이러한 실험실의 위험성 평가가 성공하기 위해서는 기관 내 안전보건관리 시스템 구축을 통해 지속적인 개선과 피드백(feedback)이 수행되어야 한다. 🌸

맺음말

실험실 환경의 다양한 유해·위험요인을 찾아내어 확인하고, 이러한 유해·위험요인이 실험실에서 심각한 부상이나 질병을 일으킬 수 있는 사고빈도(propability)와 사고의 가혹도(severity)를 고려하여 위험도(risk)를 결정하며, 그 결과에 따라 위험도가 큰 순서대로 안전 보건대책을 수립하는 일련의 활동이 실험실 위험성 평가이다.

특히 우리나라의 기업 내 연구소나 국책 연구기관 및 대학의 연구실 등에서는 다량의 화학물질과 다양한 실험 연구가 진행되고 있기 때문에 항상 위험이 상존하고 있다. 따라서 본고에서 제시한 실험실의 유해·위험 확인과 평가 방법에 따라 위험성 평가를 수행함으로써 실험실 종사자들의 안전성 확보와 함께 미연에 실험실 사고 예방이 가능할 것이다. 또한 무엇보다 실험실을 소유한 관련 기관이나 연구소 등에서 스스로의 위험성 평가를 통해서 안전을 확보해야 하겠다.

참고문헌

- 이근원, 실험실의 위험성 평가 기법 개발, 연구원 2002-15-15, 안전보건공단 산업안전보건연구원, 2001.
- Paul Mercier, Laboratory Safety Pocket Handbook, Genium Publishing Corporation, NY, 1996.
- R. Scott Stricoff and Douglas B. Walters, Handbook of Laboratory Health and Safety, 2nd ed., John Wiley & Sons, Inc., 1995.
- Robert J. Alaimo and W.H. Breazeale, Safety in Academic Chemistry laboratories, American Chemical Society, Washington, D.C., 1995.
- Ngoc B. Le et al., Laboratory Safety Design Criteria, Plant/Operation Progress, Vol.7, No.2, pp.87-94, 1988.
- Sharon L. Campbell, A Guide for Laboratory Safety Inspection, Professional Safety, pp.22-28, November, 1984.

실험실 종사자들의 화학물질 노출 평가



박정일 교수
순천향대학교 환경보건학과

서론

과학기술 분야 연구실험실의 업무환경과 관련 종사자들의 안전보건관리에 대한 관심이 커지고 있다. 2006년부터 대학과 연구기관 등에 적용되고 있는 연구실안전환경조성에관한법률(이하 연구실안전법)은 이공계 연구실의 안전관리를 독립적으로 다룬, 세계적으로도 유례를 찾기 어려운 법률이다. 그동안 대학과 연구기관에서 인명사고가 여러 차례 발생했음에도 불구하고 사각지대에 놓여 있던 연구활동 종사자, 특히 대학 연구실에서 일하는 학생 및 연구원에게 최소한의 안전을 보장하고, 발생한 사고에 대하여 보상할 수 있는 근거를 마련한 것으로 그 의의가 크다.

안전보건공단에서도 2006년 7월, '실험실 안전보건에 관한 기술지침(KOSHA Code G-7-2006)'을 공표하여 사업장의 부속 실험실에 취해야 하는 안전보건 조치를 규정하였다. 2012년 5월 31일, 식품의약품안전청은 '식품의약품안전청 실험실안전환경 조성 등의 관리 규정'을 예규로 제정하기도 하였다. 연구실험실의 위험성에 대한 높아진 관심과 의식을 반영하는 것으로 보여 반가운 일이다. 그러나 지침과 규정이 실제 연구실에 적용되는 정도와 해당 근로자들이 체감하는 안전관리 수준은 예전과 비교하여 별다른 차이가 없는 것 같다.

특히 연구실안전법의 경우 법의 이행 사항이 안전 점검과 안전진단에 집중되어 있고, 연구자가 체감할 수 있는 내용은 주로 안전·교육에 국한되어 있다. 물론 법에서 건강 검진을 실시하도록 하고 있으나 아직까지 실효를 거두고 있지는 못한 것으로 파악된다. 무엇보다 연구실험실환경의 노출을 평가하여 노출 수준에 적절한 조치를 취하는 것은 거의 전무한 실정이다.

본고에서는 우리나라 과학기술 분야 연구실험실 종사자의 안전보건관리 필요성을 설명하고, 실험실 종사자의 노출 실태에 관한 선행 연구를 소개할 것이다. 연구실험실은 여러 종류의 화학물질을 소량으로 일정한 패턴 없이 사용하고, 물질의 사용 기간도 연구과제 수행 기간에 따라 유동적이며, 연구자 개개인이 다른 일을 하므로 유사 노출 그룹을 가정하기 어렵기 때문에 안전보건관리에 있어 일반 산업장과는 다른 접근 방법이 필요하다. 따라서 향후 실험실 종사자 안전보건관리를 위한 노출 평가전략을 개발할 필요가 있음을 제안하고자 한다.

연구실험실의 안전보건관리 중요성

국가경제에서의 비중 증가, 그 가운데 3/4은 기업체가 차지

우리나라 과학기술 분야의 연구개발 예산은 산업 발전에 따라 지속적으로 증가하고 있다.

“

대학, 연구기관 및 기업체 부설연구소 등(학생, 연구원, 근로자 등) 기관의 유형에 상관없이 과학기술 분야 연구실험실 업무환경에 대한 인식의 제고가 필요하다. 대학 및 국공립 연구기관의 종사자를 대상으로 연구실안전법의 적용이 강화되고 있는 이 때, 산업안전보건법의 적용을 받는 연구기관 및 기업체 연구소의 종사자들에 대한 안전보건관리에 더욱 관심을 기울여야 할 것이다.”

”

조사에 따르면(2010 연구개발활동조사보고서, 한국과학기술기획평가원), 2009년도 우리나라의 총 연구개발비는 38조원에 달한다. 이는 미국, 일본, 독일, 중국, 프랑스, 영국 다음으로 세계 7위에 해당된다.

GDP 대비 연구개발비 비중은 3.57%였는데, 이는 세계 4위에 해당하고, OECD 국가 중 3위에 해당한다. 전체 연구비 중 인문사회 분야의 연구가 차지하는 비중은 4% 정도이므로, 조사된 연구비의 96%는 이학, 공학, 의학보건학 및 농림수산업 분야를 포함하는 과학기술 분야 연구개발비에 해당한다. <표 1>은 2007년부터 2009년까지 우리나라 연구 분야별 연구개발비 추이다.

전체 연구개발비 중 기업체가 사용한 연구개발비는 전체의 74%에 해당하는 28조 1,659억원을 차지하였다. 공공연구기관과 대학은 각각 5조 5,584억원, 4조 2,043억원의 연구개발비를 사용하였다.

기업체가 사용하는 연구개발비의 비중은 해마다 증가하는 추세이다[그림]. 산업안전보건법의 적용을 받는 기업

체 연구소는 당연히 산업안전보건법에 준하여 안전보건 관리가 되고 있다는 가정 아래 현행 연구실안전법의 적용 대상기관에서 대부분 제외되어 있다. 관련하여 1994년 산업안전보건법 질의회시(문서번호 산위68344-39)에 따르면 사업장 내 실험실의 경우 유기용제 및 특정 화학물질을 취급하는 경우 작업환경측정 및 특수건강진단을 실시하여야 함을 명시한 바 있다. 이는 적절한 법 해석이지만 기업체 연구소의 이행 수준과는 아직까지도 상당한 거리가 있는 것으로 파악되고 있다.

연구실험실의 다양한 위험과 그로 인한 건강 영향

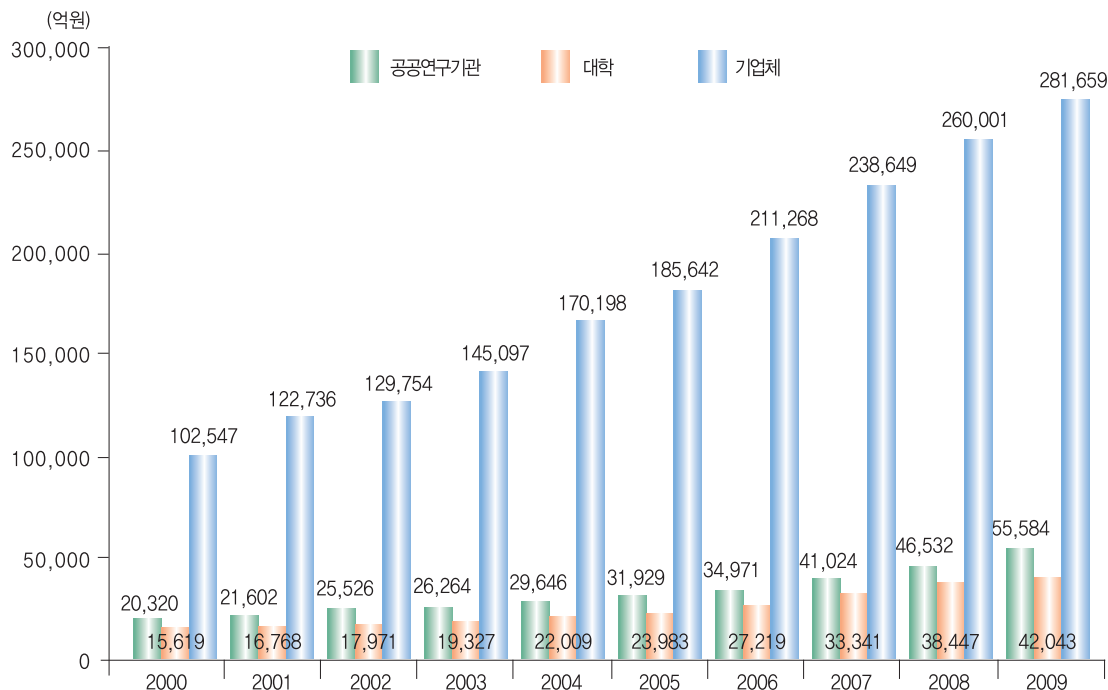
과학기술 분야의 연구실험실에는 다양한 종류의 위험이 존재한다. 화재나 폭발, 전기사고와 같은 물리적인 위험에서부터 화학물질이나 실험동물 등을 취급하는 활동으로 인한 건강상의 위험, 단순 반복작업 등에 의한 인간공학적인 위험에 이르기까지 그 유해성의 폭은 대단히 넓

<표 1> 우리나라 연구 분야별 연구개발비 추이

(단위 : 억원, %)

구분		2007년		2008년		2009년	
		연구비	비중	연구비	비중	연구비	비중
과학기술 분야	이학	35,897	11.5	40,846	11.8	47,598	12.5
	공학	230,694	73.7	247,241	71.7	266,711	70.3
	의학보건학	28,084	9.0	35,294	10.2	40,095	10.6
	농림수산업	8,052	2.6	7,478	2.2	9,201	2.4
	소계	302,727	96.7	330,859	95.9	363,604	95.9
인문사회 분야	인문학	3,178	1.0	4,708	1.4	5,147	1.4
	사회과학	7,109	2.3	9,414	2.7	10,534	2.8
	소계	10,287	3.3	14,122	4.1	15,681	4.1

* 2010 연구개발활동조사보고서



* 연구개발활동보고서, 2010, p.7.

[그림] 우리나라 주체별 연구개발비 추이

다. 그러나 연구개발업무와 관련된 위험에 대한 인지도가 낮고, 정해진 시간 안에 성과를 낼 수만 있다면 기꺼이 위험을 감수하려 하기 때문에 위험 가능성을 축소하거나 외면해온 경향이 있다.

연구실험실에서는 다양한 종류의 화학물질을 동시에 사용하는 경우가 많다. 화학물질의 노출이 당장 그 자리에서 피해를 남기보다는 오랜 세월을 두고 누적되어 질병으로 나타나기 때문에 화학물질 노출의 위험성을 직관적으로 알아차리기는 쉽지 않다. 그러나 연구실험실에서 주로 사용하는 화학물질에는 발암물질이나 생식독성물질, 돌연변이성 물질 등과 같은 실험실 근무자의 건강에 중장기적으로 치명적인 영향을 줄 수 있는 화학물질들이 포함되어 있다. 또한 방사선 등의 물리적 유해인자, 병원성 세균, 바이러스 등의 생물학적 유해인자들도 실험실 근무자들에게 암이나 각종 감염성질환을 일으키기도 한다.

실험실 근무자, 특히 화학실험실 근무자들의 암 사망

률이 일반 대중에 비해 높았다거나 실험실 근무 경험에 있는 여성의 선천성 기형아 출산율이 다른 직업의 여성들보다 높았다는 등의 연구결과들이 보고된 바 있다(『안전보건 연구동향』 2009년 2월호 ‘연구실험실 종사자의 건강 피해 사례와 관리방안’ 참조). 그러나 연구실험실에서 유해물질 노출과 관련 건강 위험에 대한 인식은 성과주의에 밀려 부각되지 못하고 있는 실정이다.

연구실험실에 대한 화학물질 노출 평가 동향¹⁾

연구실험실에 대한 노출을 평가하는 방법으로 최근의 경향은 크게 두 가지로 나뉜다. 하나는 실제 사용하는 화

1) 변혜정·박정임, 실험실 근무자의 화학물질 노출과 건강 위험, 한국환경보건학회지, 36(6), 2010, 441~455 중 일부를 발췌하고 보완하였음.

화학물질에 대한 실험실 근무자의 노출 패턴을 정량적으로 측정하여 이를 직무와 연관시켜 상관성을 보는 것이고, 또 하나는 컨트롤 밴딩(control banding)과 같이 사용하는 화학물질의 종류 및 성상, 사용량 등에 대한 기초적인 자료를 토대로 위험성을 추정하는 것이다.

정량적 노출 평가

정량적인 노출 평가를 위하여 기존의 산업보건적인 접근 방법에 따라 다양한 접근법들이 시도되어왔다. 연구실험실 전반의 노출 정도를 파악하기 위해 작업시간 동안 지역 시료를 채취하거나 개인의 하루 동안 노출 정도를 파악하기 위해 개인 시료를 채취하여 8시간 시간가중평균치를 구하는 것이 일반적이었다.

하지만 연구실험실의 특성상 실험실 근무자의 직무보다는 단위작업에 따라 특징적인 노출 패턴을 보일 가능성이 있다는 점에 착안하여, 8시간 시간가중평균치를 구하는 대신 개인이 단위작업을 수행할 때 개인 시료를 단시간 동안 채취하고 이에 영향을 주는 요인들을 분석하는 방법을 활용하려는 시도가 있다. 그러나 아직까지는 연구실험실에 적합한 노출 평가 방법을 모색하는 단계라고 할 수 있다.

Apostoli 등²⁾은 일부 생의학 연구실험실에 대해 전통적인 산업위생의 측정전략을 따라서 위험 인식, 분류, 주기적인 노출 평가 및 영향요인 분석 등을 수행하였다. 평가 결과 무기화합물(중금속)은 노출기준을 초과한 경우는 없었다. 유기용제의 경우는 가장 높은 곳이 준비실이었으며, 일부 기준을 초과하는 물질도 있었다고 보고하였다. 무엇보다 실험실 근무자의 건강 영향과 화학물질 노출 간의 상호관계를 밝히기 위해 적절한 노출 데이터가 필요하다고 강조하였다.

Julien 등³⁾은 미국 MIT의 연구실험실 12곳을 대상으로 개인 및 지역 샘플링을 한 결과 한 곳의 메틸렌클로라이드 농도가 노출기준을 초과하였다고 했다. Miller⁴⁾는 다섯 곳의 지질공학 연구실험실에서 호흡성분진과 호흡성석영을 57개의 단위작업별로 채취하였다. 그리고

이 중 7%는 OSHA-PEL(Permissible Exposure Limits)을, 18%가 NIOSH-REL(Recommended Exposure Limit)을, 12%가 ACGIH의 상한기준(excursion level)을 초과하였다고 밝혔다. 이 연구결과에서는 8시간 노출 평가 수행의 문제점을 지적하고, 특정 단위작업(task)의 노출 평가, 노출에 영향을 주는 작업 습관 및 환경 조건의 파악 등을 망라한 단위작업 중심의 노출 평가전략(task-based exposure assessment strategy)을 수행해야 한다고 강조하였다. Kretchman⁵⁾은 연구실험실의 작업을 자세히 관찰하면 일상적인 작업을 찾을 수 있으므로 이를 대상으로 유사 노출 그룹(SEGs; similar exposure group)에 대한 노출 평가를 실시하고 그 결과를 발전시켜 유사 연구실험실에 적용하는 것이 가능하다고 제시하였다. Henn 등⁶⁾은 미국 에너지부(DOE; Department of Energy) 내국의 연구소에서 1943년부터 1998년까지 근무한 6,157명에 대한 코호트 연구를 통해 기존의 공기 시료 분석결과에 근무시간과 직무내용에 따른 가중치를 주어 화학물질의 노출 정도를 추정하여 코호트 사망률과의 상관성을 분석하였다. 이는 노출 평가결과가 부족한 현실에서 역학조사를 실시하기 위한 방법이었다.

2) Apostoli, P., Lucchini, R., Alessio, L. : Proposal of a method for identifying exposure to hazardous chemicals in biomedical laboratories. *Clinica Chimica Acta*, 256, 75-86, 1996.

3) Julien, R., DiBerardinis, L., Herrick, R., Edwards, R. : Strategy to assess exposures of laboratory personnel to select OSHA-regulated chemicals at Massachusetts Institute of Technology. *Chemical Health & Safety*, July/August, 25-29, 2001.

4) Miller, S. K., Bigelow, P. L., Sharp-Geiger, R., Bucham, R. M. : Exposures of geotechnical laboratory workers to respirable crystalline silica. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 14, 39-44, 1999.

5) Kretchman, K. : Exposure assessment in a laboratory environment. *Chemical Health & Safety*, January/February, 2002.

6) Henn, S. A., Utterback, D. F., Waters, K. M., Markey, A. M., Tankersley, W. G. : Task- and time-dependent weighting factors in a retrospective exposure assessment of chemical laboratory workers. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 4, 71-79, 2007.

정성적 노출 평가

화학물질의 종류가 급증하고 취급 방법도 다양해지고 있기 때문에 전통적인 노출기준 초과 여부를 중심으로 한 정량적 노출 평가는 한계가 있다고 보고 좀 더 단순하고 효과적인 위험성 평가 방법으로 제시된 것이 컨트롤 밴딩(control banding) 전략⁷⁾이다. 이러한 개념은 영국 HSE(Health and Safety Executive)가 개발한 COSHH(Control of Substances Hazardous to Health)로부터 비롯되어 현재 유럽과 미국에서 점차 확대 적용되고 있는 추세이다. 다품종 소량의 화학물질을 간헐적으로 불규칙하게 사용하는 연구실험실의 경우에도 적용하기에 타당하다는 연구결과가 보고되고 있다.

최근 나노 물질을 취급하는 작업장에 컨트롤 밴딩 전략을 적용하는 사례가 보고되었다. Paik 등⁸⁾은 미국 에너지부 산하 연구소 두 곳에 있는 나노 기술 관련 연구실험실 다섯 곳에 대해서 컨트롤 밴딩 전략을 적용한 바 있다. 이 연구에서 나노 기술 관련 연구실험실에 대한 컨트롤 밴딩의 활용은 매우 긍정적이었고, 따라서 향후에도 지속적으로 확대 적용할 것을 제안하였다. 연구실험실에 대한 정성적 노출 평가 방법, 예를 들어 컨트롤 밴딩과 같은 방법은 이제 시작단계로 기존의 노출 평가 방법에 보완적으로 활용하면 연구실험실환경의 효율적인 관리에 도움이 될 것이다. 그러나 일반적인 노출기준에 대한 정

보가 매우 제한적인 상황에서는 정상적 평가 방법 적용에 매우 신중해야 할 것이다.

우리나라 연구실험실 노출 평가 연구 동향

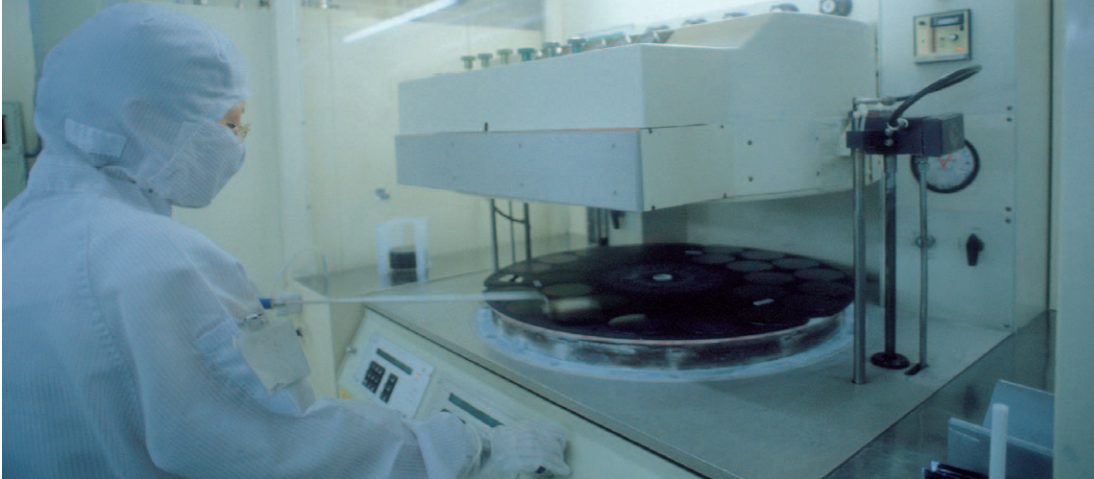
〈표 2〉에 현재까지 국내에서 수행된 연구실험실 대상 노출 평가 연구를 정리하였다.

노출 평가는 대부분 화학물질에 대해서 이루어졌고 접근 방법은 직독식 기기를 사용하거나 펌프와 활성탄관을 활용한 지역시료 채취 또는 실험실 근무자의 작업시간 동안 개인시료 채취가 대부분이었다. 측정결과 작업환경의 노출 허용기준을 초과하는 경우는 거의 없었다.⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾

- 7) Zalk, D. M., Nelson, D. I. : History and evolution of control banding: A review. Journal of Occupational and Environmental Health, 5, 330-346, 2008.
- 8) Paik, S. Y., Zalk, D. M., Swuste, P. : Application of a pilot control banding tool for risk level assessment and control of nanoparticle exposures. Annals of Occupational Hygiene, 52, 419-428, 2008.
- 9) Kim, M. S. : A study on organic solvent exposure in chemical laboratories of universities. Master's thesis in Public Health in Seoul National University, 1997.
- 10) Yoo, K. M., Roh, Y. M., Han, J. G., Won, J. I. : A survey and recommendation on safety and health for occupational health laboratories. Korean Industrial Hygiene Association Journal, 10(2), 150-164, 2000.
- 11) Ha, J. H., Shin, Y. C., Lee, H. S., Paik, S. Y., Yi, G. Y., Lee, B. K. : Evaluation of air contaminants concentrations and ventilation systems in governmental agency and university laboratories. Journal of Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene, 20(1), 63-69, 2010.

〈표 2〉 연구실험실 노출 평가 국내 연구 사례

구분	저자(연도)	연구내용
시간 가중치 측정	Kim et al. (1998)	- 서울지역에 위치한 두 개 종합대학의 유기용매를 사용하는 화학실험실 측정 - 개인 시료의 경우 대부분 단일물질별 노출기준을 초과하는 경우는 없었음
	Yoo et al. (2000)	- 일부 산업보건 관련 기관의 분석실험실에서 유기용제 측정 - 노출기준보다 훨씬 낮은 수치로 나왔지만 작업시간 동안의 평균농도를 측정하였기 때문에 실험실 업무를 가장 많이 수행하는 시간대의 단시간 농도를 파악하지 못한 것을 지적
	Ha et al. (2010)	- 정부출연 연구기관과 국립 및 사립대학교 측정 - 모든 실험실에서 노출기준보다 낮게 나타났으며, 정부출연 연구기관보다 대학실험실이 3배 이상 높게 나타남
직업별 측정	Byun et al. (2011)	- 6곳의 화학실험실에서 단위작업별, 8시간 시간가중치 측정법으로 개인시료 채취와 지역시료도 채취 - 지역시료가 실제 실험실 연구자의 노출을 과소 평가할 우려가 있으므로 단위작업별 개인 노출을 함께 적용하는 것을 제안



연구실험실 종사자의 안전보건관리는 인식 부족과 성과만능주의의 부작용으로 아직도 적절히 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

연구실험실의 특성을 고려하여 단위작업별로 단시간 개인시료 채취를 한 연구¹²⁾에서는 지역시료가 실제 실험실 근무자의 노출을 과소 평가할 우려가 있으므로 단위작업별 개인 노출을 함께 적용하는 것이 필요함을 제안하였다. 최근 이슈가 되고 있는 나노 물질을 취급하는 실험실을 측정한 연구¹³⁾에서는 직독식 기기를 활용하여 평가한 결과, 일부 공정의 실험실 근무자들이 나노 물질에 노출되고 있음을 발견하였고, 따라서 노출 저감 조치를 할 것을 권고하였다.

결론 및 과제

실험실 종사자의 노출을 평가하고 그에 해당하는 건강검진 실시는 산업안전보건법에도 명시된 당연히 행해야 하는 일이다. 그러나 과학기술 분야 연구실험실 종사자는 다양한 위험에 상시 노출되고 있다는 인식의 부족과 성과만능주의의 부작용으로 연구실험실 종사자의 안전보건관리는 아직도 적절히 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 과학기술 분야 연구 개발활동이 국가경제에 기여하는 바가 상당하고 또 그 추세가 증가하고 있는 바를 감안할 때 연구실험실 종사자의 건강 보호는 지금보다 더욱 중요하게 다루어져야 한다.

본고에서는 연구실험실의 노출 평가에 관한 선행 연구

를 제한적이거나 소개하였다. 실험실 근무자에 대한 노출 평가 방법은 크게 정량적 방법과 정성적 방법으로 나눌 수 있다. 정량적인 노출 평가는 공기 중 지역시료를 통해 연구실험실의 노출 현황에 대한 대표값을 찾거나 실험실 근무자의 하루 혹은 단위작업별 노출 정도를 파악하는 방법이다. 최근에는 유사 노출 그룹 전략을 비슷한 연구업무를 하는 실험실 노출 평가에 적용하는 연구가 있다.

한편, 연구실험실의 업무 특성상 정량적 노출 평가의 어려움이 있다고 보고 컨트롤 밴딩의 전략을 활용하여 정성적인 노출 평가를 시도하는 연구들이 수행되고 있다. 그러나 아직까지 연구실험실에 대한 적절한 노출 평가 전략은 수립되어 있지 않은 상태이고, 노출 평가 자체가 수행된 경우가 드물기 때문에 향후 좀 더 많은 연구를 통한 전략 모색이 필요하다. 🌸

12) Byun, H. J., Ryu, K. N., Yoon, C. S., Park, J. I. : Quantitative assessment strategy for determining the exposures to the volatile organic chemicals in chemistry laboratories, Journal of Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene, 21(1):11-24, 2011.

13) Ha, J. H., Shin, Y. C., Lee, S. C., Paik, S. Y., Kim, B. W., Choi, B. S., Kang, D. M., Paik, N. W. : Exposure of laboratory workers to airborne nanoparticles during acid treatments on engineered carbon nanotubes, Journal of Environmental Health Sciences, 36(5), 343-350, 2010.

연구실 안전환경 조성에 관한 법률과 연구실 안전



이익모 교수

인하대학교 화학과
(사)대학환경안전협회 회장

서론

2005년 3월 상당한 진통 끝에 연구실 안전환경 조성에 관한 법률(이하 연안법)이 제정되었다. 수천에 헤아릴 국내법과 비교할 때 숫자적으로 미미한 1개의 법이 추가된 것이 우리 사회에 어떤 의미를 가지고 있을까? 비록 약간의 편향된 시각이 존재할 위험성이 있기는 하지만 객관적 의미에서도 이것은 상당한 의미를 가지고 있다고 판단하며, 이제 이 법의 배경, 내용, 미래의 전망을 살펴보고자 한다.

사회적 배경

과거로부터 지금까지 우리는 '안전 불감증'이라는 용어에 너무 익숙하였다. 성수대교와 삼풍백화점의 붕괴, 대구 지하철 화재사고, 남대문 및 최근 국립박물관 화재사고 등 조금만 주의하고 제도적으로 점검이 확실히 시행되었다면 모두 일어날 수 없는 사고들이었다. 그런데도 매일 일간 신문의 사회면에서는 다양한 안전사고가 끊임없이 보도되고 있다.

대형 안전사고가 발생한 처음에는 후진국이어서 이러한 현상이 나타난 것으로 생각하였고, 우리가 선진국으로 진입하면 자연히 없어질 현상으로 생각하였다. 하지만 1996년 12월 세계에서 선진국으로 인정받은 OECD 가입 이후에도 위에 언급한 사고의 일부가 발생하고 있다. 오히려 그 발생 빈도가 더 많은 것처럼 보임에 따라 우리의 내부에서 원인을 찾을 수밖에 없게 되었다. 실제로 2007년 OECD Health Data에 의하면 인구 10만명 당 사고로 인한 사망자 수는 67.5명이며, 헝가리 다음으로 2위이다. 전체 사망 중 사고 사망이 차지하는 비율은 12.4%로 세계 1위이다. 이같은 사실은 사고가 실제로 많이 일어나고 있음을 증거하고 있다.

이러한 현상의 원인은 여러 가지를 들 수 있겠지만 1960년대 후반부터 시작된 경제개발 지상주의의 논리에 매몰된 데서 찾을 수 있다. 그동안 성과 위주로 모든 정책이 수행되었기에 안전 문제는 관심의 대상이 될 수 없었음이 너무도 당연한 이유라 할 것이다. '한강의 기적'으로 대변되는, 세계에 유례가 없는 압축 성장은 안전이 설 자리를 빼앗아 버렸다. 이 결과 사회적으로 안전 관련 인프라의 부족뿐만 아니라 안전의식의 결여와 무시가 만연하여 '사고 공화국'이라는 오명을 얻기에 충분한 환경이 만들어지게 되었다고 생각한다.

연구 고도화와 경제적 배경

과학기술이 한 국가의 경쟁력의 근간이 됨은 너무도 명확하다. 이제는 모든 분야에서 서구

“

안전에 관한 한 무방비 상태에 있었던 한국의 연구실은 2005년 3월 연구실 안전환경 조성에 관한 법률이 제정되어 2006년 4월 시행됨으로써 큰 전환의 계기를 맞게 되었다. 이 법안은 단순한 법안이 아니라 정부가 직접 연구실 안전을 책임지겠다는 결의와 마찬가지로, 이 법안을 계기로 정부 안에 연구실안전팀이 탄생하여 연구실안전의 정책을 주관하게 되었고 안전의식 향상과 안전 인프라 구축을 위한 다양한 체계적 시책을 시행하게 되었다.

”

선진국의 주요 경쟁국으로 발돋움한 현 시점에서 선진국으로부터 우리나라의 경쟁력을 더해줄 기술의 판매 또는 공여는 생각할 수 없는 처지이며, 삼성과 애플의 세기의 특허전쟁, 뒤이은 코오롱과 듀폰의 특허전쟁은 이 상황을 상징적으로 보여주고 있다.

따라서 최근 정부는 과학기술의 첨단화와 고도화를 위하여 엄청난 물적·인적 자원을 집중하고 있다. 그동안 변변한 자원이 없음에도 불구하고 수출에 온 힘을 다하여 전례가 없을 정도의 높은 성장률을 기록하며 1994년 수출액 1,000억 달러 정도에서 2011년에는 5,000억 달러를 넘어 교역액 1조 달러 시대를 열고 있다. 이러한 성과는 우연히 된 것이 아니라 이미 언급한 막대한 연구개발비의 집중 투자에 기인한 것임은 너무도 명확한 사실이다.

이 기간 중 총 연구개발비가 10조원에서 출발하여 2011년 정부 연구투자개발비는 약 15조원에 이른다. 민간 연구개발비를 포함할 경우 약 50조원이 넘을 것이 확실할 정도로 수출액의 증가가 연구개발비 투자에 비례하고 있다. 이 규모는 우리나라 국내총생산(GDP) 대비 총 R&D 투자 규모가 3.37%(2008년)로 OECD 평균(2.29%, 2007년)에 비하여 높으며, 정부 R&D 투자 규모는 최근 5년간 연평균 11.6% 증가(2004년 7.1조원, 2010년 13.7조원)하고 있음을 고려할 때 연구개발의 중요성을 충분히 반영되고 있다고 할 것이다(자료 : 기획재정부, 2010. 7. 7. 매일경제 보도).

이같은 연구개발비의 팽창과 아울러 연구인력의 증가는 비약적이지만 연구의 중추적 역할을 맡고 있는 대학의 안전관리비는 몇몇 대학을 제외하고 연 1억원이 채 되지 않는 실정은 그동안 연구실안전이 얼마나 소홀히 취급되었는지를 단적으로 보여 주고 있다. 또한 경쟁력을 확보하기 위하여 더 이상 'me-too' 연구전략을 채택할 수 없음은 당연하다. 첨단의 연구개발만이 지속적인 경제 발전을 보장할 수 있음은 그동안 철강, 조선, 반도체, 자동차, 모바일(mobile) 기기 등에서의 실적을 보면 확인이 가능하다. 그러나 첨단의 연구에는 미지의 물질과 기기가 필요하고, 이것을 사용하는 과정상의 위험에 대하여 알려진 사실이 없기에 위험을 감수하여야 한다. 게다가 연구실의 특성상 한 종류의 위해요인에 노출되는 것이 아니라 복합적인 위해요인에 노출되어 사고 발생의 가능성이 높아질 개연성 또한 존재하게 된다.

연구실의 사고와 연안법

따라서 이러한 연구 고도화에 따른 적절한 안전대책 마련을 소홀히 한 결과 참혹한 사고로 연결되었음은 주지의 사실이다. 1999년 S대학 원자핵공학과에서의 폭발사고로 시작하여 2003년 K대 항공우주공학과에서의 폭발사고, 2010년 H대학의 폭발사고 등으로 젊고 유능한 과학도들이 꿈을 펴지도 못하고 스러져 간 것은 매우 안타까운 일이다. 다만, S대학과 K대학의 사고는 소위 연안법의 제정의 촉매로 작용하였음은 불행 중 다행이라는 생각이다.

그러나 법만으로 모든 사고를 예방할 수는 없는 것은 자명한 사실이고, 이 법안이 만들어진 이후에도 끊임없이 사고가 이어져 오고 있으며, 많은 물적·인적 피해가 발생하고 있다. 이러한 상황은 인터넷과 스마트폰을 통해 순식간에 전파되고 있으며, 특히 안전보건공단이 제작한 앱인 '위기탈출 사고 포착'은 거의 실시간으로 하루가 멀다 하고 사고를 보고하고 있다.

연안법의 제정은 단순한 법안의 제정이 아니라 그동안 소홀하였던 안전에 대한 정부의 책임을 다하겠다는 다짐 이상의 의미를 가지고 있다고 생각한다. 그동안 연구실 안전 수준의 향상을 위하여 노력한 개인이 없었던 것은 아니지만 사회 전반에 팽배한 안전 불감증은 정부의 전폭적 지원 없이 개인의 노력만으로 퇴치하기에는 너무도 높은 장벽이었다. 그렇기에 연구실안전에 관심이 많았던 분들은 정부의 관심을 높이기 위해 많은 노력을 기울여 왔다.

한편으로, 우리 사회는 연구실의 열악한 환경, IMF 사태와 금융 위기, 국민소득 향상에 따른 어렵고 힘든 일을

마다하는 사회 풍조 등의 원인으로 이공계 기피 현상이 심화되어 국가 경쟁력의 미래를 장담할 수 없게 되었다. 이에 따라 지난 30여 년간 공들여 쌓아온 경제적 성장이 근본부터 무너질 위기에 처하게 되었다. 이러한 사태를 직시한 정부는 이 상황을 타개하기 위하여 사회의 의식 구조를 개선하려는 작업에 착수하였고, 그 시발점이 연안법 제정으로 표출된 것으로 생각한다.

이상의 판단을 근거로 세계에 유례가 없는 연안법이 우리나라에서 최초로 만들어졌다는 것이 연구실안전 선진화의 중요한 첫걸음이 되리라는 확신을 갖게 한다.

본론

연안법의 목적과 적용대상 및 연구실 특성

연안법은 분명히 모든 국민의 열망을 담아 만들어진 법은 아니지만 현 상황으로 오기까지 기울였던 그동안의 노력에 비하여 상대적으로 소외받았다고 생각하는 이공



연구실 안전환경 조성에 관한 법률의 제정을 통하여 얻어진 가장 중요한 진전 중의 하나는 사고 발생 시 보상의 규정이 명확화되었다는 사실이다.

게 연구자의 꿈을 일부나마 실현시키는 데 중요한 일조를 할 수 있는 법이 틀림없으며, 선진국을 이루는 또 다른 초석이 될 것을 확신한다.

비록 출발에 이러한 개념이 포함되지는 않았겠지만 이 법안이 추구하는 목표인 '이공계 연구실의 안전 확보와 유사 시 연구활동 종사자에 대한 적절한 보상'은 우리나라 과학기술 기본계획인 577 전략의 7대 중점 분야 중 다음 분야의 성과를 올리는 데 기여할 것이 확실하다. 즉, 국민의 건강한 삶을 보장하기 위한 risk science, 폐기물 안전 처리와 생활안전이라는 글로벌 이슈에 대응, 나노 기술의 환경 노출 평가 등을 통한 기초·기반 기술의 확보에 의한 국가 발전전략과도 부합할 것으로 전망된다. 그러나 무엇보다도 중요한 것은 연안법을 통하여 산업 현장 근로자의 안전을 보호하려는 산업안전보건법의 사각지대에 위치하는 대학교의 약 2만 7,000여 개 연구실에 근무하는 33만여 명의 연구인력을 포함하여 국공립연구소, 기업연구소 등의 연구자를 비롯한 총 약 38만여 명(2010년 기준)을 보호할 근거를 마련하였고 체계적인 연구실안전 정책의 수립 및 추진의 계기를 마련하게 되었다는 점이다. 정부는 연안법의 제정을 계기로 연구실안전을 책임질 정부 조직인 연구실안전팀(현재는 연구실안전과)을 신설하여 제1차 연구실안전환경 조성 및 기반 구축 종합계획(2008~2012)의 수립 등 체계적 정책을 수립, 집행하고 있다.

한편, 대부분의 선진국은 연구실의 연구자도 근로자로 취급하여 산업안전보건법으로 보호하고자 한다. 그러나 연구실의 특성은 사용물질이 소량 다품종이고, 연구인력 및 연구 주체의 회전이 매우 빠르며, 현장의 기기와는 달리 첨단화·고도화를 보장하기 위하여 위험 요소들이 검증되지 않은 물질과 기기 사용이 불가피하기에 산업 현장과 같은 잦대로 안전을 확보하는 것은 매우 어려운 일이다.

때문에 가까운 일본에서는 연안법의 탄생을 부러운 눈으로 보며 그 발전 추이를 예의 주시하고 있다. 이러한 상황은, 연안법이 잘만 운영된다면 연구실안전이라는 분

야에서 우리나라가 세계를 선도할 기회를 가질 수 있음을 조심스럽게 전망하게 한다.

연안법의 내용

연안법은 물리적으로 이공계 연구개발 기관이 안전 관련 내규와 조직을 정비할 것을 요구하고 있다. 단순한 규칙의 제정과 조직의 설정이 하루아침에 안전을 보장할 수는 없지만 구성원의 의식에 안전이라는 단어가 각인되는 계기가 될 것을 기대하고 있다. 특히 연구실안전관리 의무를 연구 주체의 장에게 부과하고 있는 것이 중요하다. 또한 안전관리비라는 항목 설정을 통하여 안전관리 분야에 예산을 집행하는 것이 의미 있는 일임을 천명하고 있다.

연안법은 연구실 안전의 확보를 위한 예방 조치로 일상 점검, 안전 점검(연 1회 실시), 정밀안전진단(2년에 1회 실시) 실시를 강제하고 있다. 일상 점검은 연구실 종사자로서 하여금 일상적 체크리스트에 따라 실시하지만 안전 점검은 전문가로서 하여금 실시하고 위험성이 높은 연구실은 기기를 동원하여 2년에 1회 실시함으로써 사고 발생의 가능성을 최소화할 것을 명문화하고 있다.

연안법 제정을 통하여 얻어진 가장 중요한 진전 중의 하나는 사고 발생 시 보상의 규정이 명문화되었다는 사실이다. 1999년 S대에서 사고 발생 시 이러한 전례가 없었던 관계로 사망자의 보상도 성급에 의존하였던 아픈 기억이 이제는 역사 속에서만 남게 되었다. 사망의 경우 최소 1억원, 부상의 경우 최소 1,000만원의 보상이 가능한 보험의 확보를 통하여 최소한의 보상 체계를 마련함으로써 연구활동 종사자의 손해를 최소한 보상 받을 수 있는 길을 열어 놓았다. 또한 치명적 위험물질 또는 바이러스 등을 다루는 연구활동 종사자의 건강을 담보하기 위하여 매년 건강 검진을 요청함으로써 직접적 신체적 상해뿐만 아니라 장기간에 걸쳐 서서히 나타날 수 있는 건강상의 문제도 최소화하려는 노력을 담고 있다.

이와 아울러 안전에 관련된 지식의 전파를 통한 연구할

동 종사자의 안전 관련 의식의 고양을 유도하고 있다. 적어도 1년에 12시간의 안전교육(월 1시간의 집체교육), 신규 연구활동 종사자의 경우 추가적인 8시간의 안전교육, 연구 주제의 변경이 있을 경우에는 추가적 2시간의 안전교육 실시를 명문화하여 안전 관련 무지에 의한 안전사고 발생 가능성을 최소화할 것을 요구하고 있다.

연안법 시행 성과 및 문제점

안전교육의 성공적 시행을 위해서는 충실한 안전교재 및 유능한 강사의 확보와 아울러 안전교육에 대한 기관의 책임자, 연구과제 책임자를 포함한 연구활동 종사자의 의식 변화가 선행되어야 한다. 이것은 보기와는 달리 가장 성과를 거두기가 어려운 분야이다.

그동안 안전의식 부재의 환경에 젖어 있었던 관계자들을 교육의 장에 끌어들이는 것은 성과에 연연하는 대부분의 연구 책임자와 연구활동 종사자의 무관심과 비협조를 넘어서야 가능하기에 연안법 시행 초기에는 상당한 성과를 거두기가 어려웠다. 그러나 2008년부터 연구개발인력교육원과 손을 잡은 (사)대학환경안전협회는 전문성을 바탕으로 전국 순회 안전교육을 수행한 결과, 상대적으로 안전의식이 높았던 수도권 대형 대학이나 열악한 환경의 지방 중소형 대학을 가리지 않고 많은 호응을 얻어낼 수 있었다.

(사)대학환경안전협회는 1998년 연구실 안전환경 개선에 관심이 많았던 10여 명의 대학교수 모임으로 출발하여 2004년 교육부 산하 사단법인 등록 이후 매년 1회의 안전 관련 심포지엄, 1회의 안전관리자를 위한 워크숍 등을 개최하여 많은 전문가들과 교육 관련 자료 및 노하우(know-how)를 축적할 수 있었으며, 그 경험을 바탕으로 성공적 지방 순회 안전교육을 수행할 수 있었다고 판단하고 있다. 이 순회교육은 매년 참여 연인원 2,000여 명, 참여 기관 수 50~60여 개에 이를 정도로 상당한 성과를 거두었으며, 특히 안전교육이 '받아야만 하는 교육, 받을 가치가 있는 교육'으로 자리 잡은 것은 커다란 성과라 할 것이다.

이러한 성공적 수행을 거두는 데는 각 기관 안전관리자들의 헌신적 노력을 언급하지 않을 수 없다. 연안법의 시행 이후 각 기관에서 안전관리업무를 수행하던 많은 담당자가 안전에 관련된 전문 지식이 많지 않았지만 의무와 헌신, 봉사의식이 철저하였기에 특별한 보상도 없이 초기의 많은 관계자의 무관심에 기인한 비협조라는 어려운 고비를 넘길 수가 있었다.

이들은 또한 절대적으로 부족한 안전 설비와 안전 관련 예산을 확충하기 위하여 행정 담당자와의 수많은 토론을 하였다. 비록 큰 성과를 한 번에 쟁취하지는 못하였지만 조그만 성과를 하나씩 축적하여 안전문화 확산을 통한 달콤한 과실을 구성원에게 나누어 주며 동참을 유도하는 중요한 역할을 담당하였음을 언급하지 않을 수 없다.

이같은 노력의 결과, 안전 점검 실시율은 2006년 44%에서 2010년 86%로, 보험 가입은 같은 기간 28%에서 91%로 증가하였다. 하지만 안전교육 참가율은 2006년 22%에서 한동안 40~50%대에 머무르는 결과를 보여 안전교육의 중요성과 많은 노력에도 불구하고 향상의 여지가 많이 있음을 알 수 있다.

이러한 성과에도 불구하고 안전관리자의 위상은 불안하였고 기관의 사정상 다양한 업무를 수행함에 따라 안전관리의 중요성에 걸맞은 전문성을 축적하기가 매우 어려운 실정임이 확인되었다. 또한 용어의 정의와 범위가 모호하며 안전교육의 경우 매월 1시간 집체교육은 현실적으로 너무 어려우며, 안전정보의 확산에 보다 많은 노력을 요구하게 되었다.

연안법의 개정 및 내용

현장의 수요와 현실을 반영하여 연안법의 개정 요구가 시행 초기부터 지적되었고, 이를 수용해서 2007년부터 개정안의 연구에 들어가 2008년 6월 개정안이 마련되어 동년 10월에 국회에 제출되었다. 그 후 적절한 절차를 거쳐 2011년 2월 국회를 통과하여 2011년 3월 9일 공고되고, 6개월의 공고 기간을 거쳐 2011년 9월에 개정안의 시행이 시작되었다. 개정안의 주요내용을 살펴보면 다음

과 같다.

우선 안전관리자의 선임 근거를 마련하여 연구자 수가 1,000인 이상인 경우 2인, 미만인 경우 1인을 반드시 선임하도록 하고, 상시 연구자 수가 500인 이상일 경우 전담관리자를 두도록 하였다. 그리고 전문성을 확보하기 위해 신규 지정 시 6개월 내에 18시간, 2년마다 12시간의 전문교육을 이수하도록 하여 안전관리자의 위상을 높이도록 하였다. 또한 2년마다 실태조사의 근거를 마련해서 대학 및 국공립 연구기관은 전수조사를 명시하여 실태조사를 위해 방문조사하는 경우 조사자와 방문기관의 다통을 근본적으로 방지하고자 하였다. 이밖에 개념이 모호하였던 중대사고를 1인 이상의 사망 또는 후유장애, 3개월 이상의 부상 2인 이상, 부상·질병 5인 이상 인적 피해사고로 규정하였다.

교육·훈련에서도 개선이 이루어져서 월별 1시간이 아니라 반기별 6시간 이상으로 하고, 사이버 교육을 인정하되 시험을 통해 일정 수준 이상의 성적 확보를 요구함으로써 형식적인 교육 이수를 지양하면서 기관의 특성에 따라 유연성 있게 안전교육을 실시할 수 있도록 하였다. 이와 더불어 현장 의견을 반영하여 안전관리비 계상 보고 의무 완화, 검진대상과 검진 항목 등 건강 검진의 세부 실시기준을 규정하는 등의 개정이 실시되었다. 또한 자율적 시행을 기조로 독려하였던 연안법의 시행을 보다 조속히 정착시키기 위해 일부 처벌 조항의 신설 등 안전을 최우선으로 이행하도록 유도할 강제 규정도 도입되었다.

결론 및 전망

이상과 같이 많은 개선이 이루어졌지만 이것이 마지막 개정은 되지 않을 것으로 보인다. 시간이 지남에 따라 우리 사회는 선진국에 더욱 깊숙이 진입하게 되어 사회의 요구 수준은 더 높아질 가능성이 있으며, 보다 정교한 기준과 정의가 도입될 필요가 있을 수도 있다. 실제로 새로이 건설되는 이공계 연구실과 실험실을 포함하는 건물은

새로운 안전의식을 바탕으로 선진국형 설비와 시설을 갖추고 있으며, 상해 및 사망 등 인적 피해에 대한 경제적 보상도 점차 상승 추세에 있다. 따라서 새로운 연안법은 그 추세를 잘 반영할 것으로 전망되며, 안전보건에 대한 의식이 높아짐에 따라 EHS 통합관리의 필요성이 대두되고 있어 이를 관장할 전문기관의 설립도 조심스럽게 전망되고 있다.

이러한 전망과 아울러 시급히 해결하여야 할 과제는 안전 관련 정부 예산의 대폭적인 증액과 관련 인원의 증가를 통한 안전 관련 사업의 활성화이다. 연간 30여 억원 정도의 예산과 서너 명에 불과한 전담인원은 보다 전문성 있고 책임 있는 정책 수립과 실행을 어렵게 하는 실정이며, 정부 당국의 안전에 대한 인식 전환이 시급히 요구되고 있다. 그러나 한 가지 변하지 않는 것은, 안전은 우리 모두가 추구하여야 할 공동 선이자 목표이며 모두가 적극적으로 참여할 때 이것에 가까이 갈 수 있다는 사실이다. 또한 안전 지식의 확충만으로 안전이 이루어지는 것이 아니라 배운 지식을 행할 때, 그리고 연구실의 연구 활동 종사자 모두가 여기에 동참할 때 얻어질 수 있음도 이해할 필요가 있다. 🌸

소규모 건설업 재해의 저감 방안



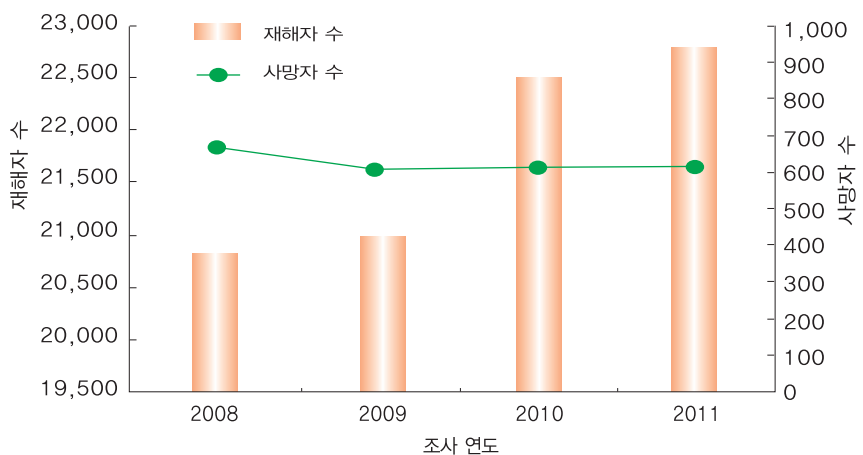
백신원 교수
국립 환경대학교 안전공학과

서론

최근 건설재해를 보면, 소규모 건설재해의 비중이 증가하고 있다. 소규모 건설 현장은 시공 능력이 부족하고, 규제 변화 등 외부요인에 매우 취약하며, 경영 능력도 부족한 특징을 보이며, 주요 결정을 사업주 혼자 하는 경우가 많을 뿐만 아니라 재정이 열악하다.

이같은 소규모 업체가 시공하고 있는 건설 현장이 대부분을 차지하고 있다. 또한 소규모 건설 현장의 사업주들은 행동 지향적이고 자기중심적으로 일이 진행, 즉 결과물에만 관심이 집중되어 있다. 공정관리와 안전관리 등에 대한 관심보다는 긴박한 공사 일정에 집착하면서 안전 등 모든 것은 불필요한 시간 낭비로 인식하는 경향이 있다. 그리고 대부분의 소규모 건설 현장은 외부 규제를 불필요하게 시행되는 행정업무로 판단하여 부정적인 태도를 보임으로써 안전보건 접근이 매우 힘든 경우가 많다.

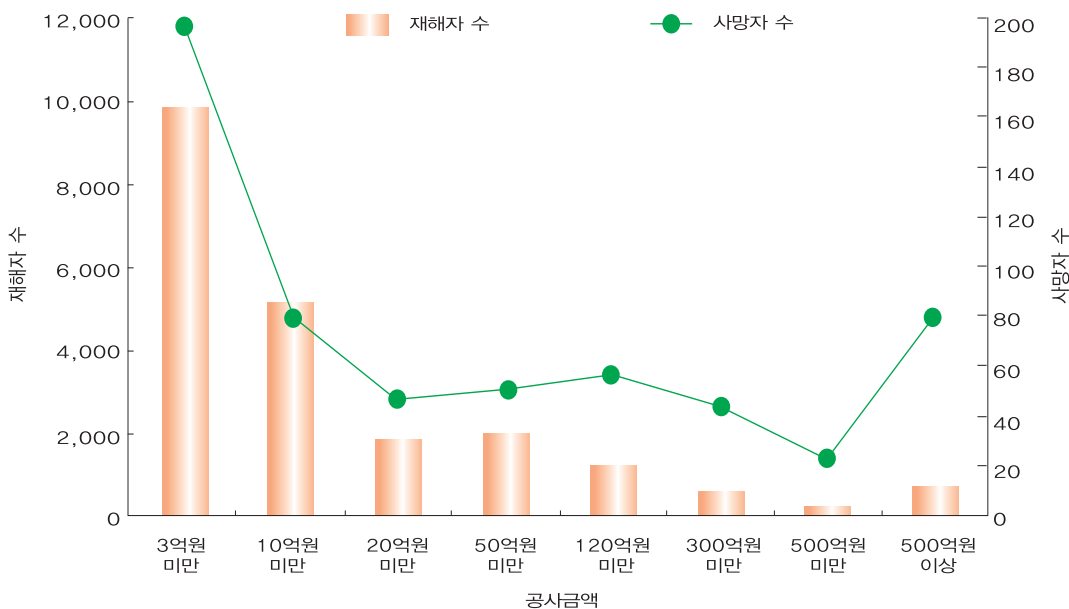
현실적으로 소규모 건설 현장의 특성이 이렇다보니 산업재해에서 큰 비중을 차지하고 있는 건설재해 추이를 보면, 재해 경감을 위한 다양한 사업 추진에도 불구하고 2005년 이후 재해자는 계속 증가 추세[그림 1]에 있고, 사망자 또한 연간 600여 명이 지속적으로 발생하고 있다. 특히 공사금액 20억원 미만 소규모 건설 현장의 2011년도 재해자는 전년 대비 4.9%, 사망자는 6.2%가 증가하여 건설업 평균 재해자 및 사망자 증가율보다 높게 나타나고 있다. 실질적인 재해 저감을 달성하기 위해서는 소규모 건설 현장의 재해 저감이 가장 중요한 문제로 대두되고 있다.



[그림 1] 최근 건설재해자 추이

“

그동안 법규를 기반으로 안전 시설과 안전장비 보급의 확대가 이루어진 결과, 중·대형 건설 현장의 재해가 어느 정도 저감될 수 있었다. 그런 것처럼 소규모 건설 현장에서도 성공적으로 재해 저감이 이루어지도록 하기 위해서는 소규모 건설 현장의 특성과 근로자들을 본질적으로 이해하는 것이 필요하다고 생각된다.”



[그림 2] 2011년 건설 현장의 재해 발생 현황

[그림 2]에서 보는 바와 같이 공사금액 20억원 미만 소규모 건설 현장의 2011년 재해자 수와 사망자 수는 각각 건설업 전체의 74.2%와 52.7%를 차지하고 있고, 공사금액 3억원 미만 영세 규모 건설 현장의 재해자 수와 사망자 수는 각각 건설업 전체의 43.3%와 31.6%를 차지하고 있다. 그러므로 실질적인 건설업 분야의 재해 저감을 위해서는 소규모 현장에 대한 강도 높은 재해 저감 방안의 시행이 필요한 시점임을 알 수 있다. 따라서 사업주가 직접 운영하거나 도급에 의해 소형 공사가 주로 소기업들 대상으로 발주되는 점과 소규모 현장의 경우 공사 기간이 짧고, 작업공정이 하도급 과정을 통하여 산발적으로 진행되는 현실에서도 사업주나 공사감독 주체들의 인식

을 전환시켜야 한다. 즉, '안전관리란 추가적인 공정'이라는 인식을 불식시키고, 소규모 현장의 근로자들 또한 근로환경이 계약 조건에 의하여 보장되어야 하는 근로자의 권리라는 인식을 확립시키는 것이 선행되어야 할 것으로 판단된다.

그동안 법규를 기반으로 안전 시설과 안전장비 보급의 확대가 이루어진 결과, 중·대형 건설 현장의 재해가 어느 정도 저감될 수 있었다. 그런 것처럼 소규모 건설 현장에서도 성공적으로 재해 저감이 이루어지도록 하기 위해서는 소규모 건설 현장의 특성과 근로자들을 본질적으로 이해하는 것이 필요하다고 생각된다. 먼저 사업 주체는 적극적으로 안전 시설물을 설치하고 개선하여 근로자

가 느끼고 있는 불안감을 줄여주어야 하고, 작업장에서는 근로자 스스로가 불안정한 행동을 하지 않도록 하는 방안이 무엇보다 필요할 것으로 판단된다.

소규모 건설 현장 안전 관련 법규 및 기존 연구

근로자가 실제 불안정한 근로 현장에 노출이 되는 최근

의 방식으로 인하여 소기업에 종사하고 있는 근로자일수록 그만큼 많이 재해 위험에 노출될 개연성을 내포하고 있다. 이러한 과정을 직접적으로 관리하면서 재해 저감을 추구하기 위하여 그동안 공공적인 차원에서 추진된 소규모 건설 현장의 안전 관련 주요 법규내용을 살펴보면 <표 1>, <표 2>, <표 3>과 같다.

[그림 2]에서 살펴본 바와 같이 건설재해를 획기적으로 줄이기 위해서는 공사금액 20억원 미만의 소규모 건설 현

<표 1> 소규모 건설 현장의 안전 관련 법규내용(건설산업기본법)

항목	소규모 건설 현장 관련 여부
• 건설업 등록 의무 (시행령 제8조)	일반 건설공사 5,000만원 이상, 전문공사 1,000만원 이상 도급계약의 경우 등록업체가 시공(일반 건설공사 5,000만원 이하, 전문공사 1,000만원 이하의 도급계약 및 사업주가 직접 시공하는 경우에는 해당되지 않음)
• 건축물 시공자의 제한 (법 제41조, 시행령 제37조)	주거용 건축물로서 연면적 661㎡(200평)를 초과하거나 주거용 외의 건축물로서 연면적이 495㎡(150평)를 초과하는 건축물과 연면적이 495㎡(150평) 이하임에도 불구하고 다중이 이용하는 건축물 중 대통령령이 정하는 건축물의 건축 또는 대수선 공사는 건설업 등록업체가 시공(다만, 농업용·축산업용 또는 조립식 건축물 등은 제외)(위 규정의 연면적 이하나 예외인 농업용·축산업용 또는 조립식 건물에는 해당되지 않음)

<표 2> 소규모 건설 현장의 안전 관련 법규(산업안전보건법)

항목	소규모 건설 현장 관련 여부
• 산업재해 발생 보고법 제10의 2, 법 제10조)	소규모 현장도 해당됨
• 안전보건관계자 선임(법 제13조 제1·2항, 법 제15조)	공사금액 20억원 이상인 공사에는 안전보건관리책임자, 공사금액 120억원(토목공사 150억원) 이상인 경우에는 전담 안전관리자 선임만 해당되어 소규모 현장은 무관함
• 안전보건협의체 운영(법 제29조 제1항)	하도급 공사에만 해당되며 건축주가 직접 시공하는 소규모 현장에는 해당되지 않음
• 작업장 순회 점검(법 제29조 제1항)	2일에 1회 이상 순회 점검하며, 소규모 현장에도 해당됨
• 합동 안전 점검(법 제29조 제3항)	2개월에 1회 이상, 하도급 공사에만 해당됨
• 산업안전보건관리비 사용(법 제30조 제1~3항)	공사금액 4,000만원 이상의 건설 현장에만 해당됨(4,000만원 이하의 영세 소규모 현장은 무관함)
• 건설 현장 기술지도(법 제30조 제4항)	공사금액 2억원 이상 120억원(토목공사 150억원) 미만인 건설공사와 1억원 이상 120억원 미만인 전기·정보통신공사는 매월 1회 기술지도(2억원 이하 건설공사 및 1억원 이하 전기·통신공사는 해당되지 않음)
• 안전보건교육(법 제30조 제4항)	소규모 현장에도 해당됨(소정의 안전·보건교육 실시)
• 가설기재자 점검(법 제31조)	소규모 현장에도 해당됨('안' 자가 부착된 제품 사용)
• 유해위험기계·기구 검사(법 제34조 제2항)	소규모 현장에도 해당됨(크레인, 리프트 등은 사용 전 안전검사 실시)
• 건강진단 실시(법 제43조)	소규모 현장에도 해당됨(채용 시 및 1년에 1회씩 일반건강 검진 실시)

<표 3> 소규모 건설 현장의 안전 관련 법규 내용(건설기술관리법)

항목	소규모 건설 현장 관련 여부
• 품질 및 안전에 관련된 내용	도급공사를 전제로 한 건설업 등록업체에만 해당되며, 건축주가 직접 시공하는 경우에는 해당되지 않음

장의 재해를 먼저 줄이는 것이 필수적이라고 할 수 있다.

산업안전보건법에 의하여 안전관리 책임을 강화하는 내용을 발표한 바 있으나 소규모 건설 현장에까지 산업안전감독관의 상시적인 손길이 미치지 못하고 있는 곳이 많은 현실이다. 이로 인해서 소규모 건설 현장에 대한 정확한 실태 파악을 기반으로 한 방안이 부족할 수밖에 없으며, 법적·제도적으로 체계적인 안전관리를 적용하는데 어려움이 따르고 있는 것으로 판단된다. 소규모 건설 현장은 조직 특성과 기능, 생산성 등이 대규모 건설 현장과 다르기 때문에 대규모 건설 현장의 일반화된 안전관리 시스템을 적용하는 것도 쉽지가 않다. 그러므로 소규모 건설 현장의 재해감소를 위한 전략을 수립하고 법규를 개선하기 위해서는 먼저 이러한 차이점을 인식하는 것이 무엇보다 중요하다 할 수 있다.

최근의 소규모 건설재해에 관한 연구는 2005년에 수행한 ‘소규모 건설 현장 재해 예방의 문제점 및 개선 방안’(산업안전보건연구원)이 있으며, 그 주된 연구내용은 소규모 건설 현장의 실태 파악 및 재해 현황조사, 외국의 관련 법규 분석, 설문조사 등을 통해 다각적인 문제점을 도출한 바 있다. ‘소규모 건설 현장의 추락재해 예방을 위한 안전 모델 연구(안전기준, 교육 및 사다리를 중심으로)’에서는 소규모 건설 현장에 맞는 안전교육 모델, 안전사다리 지원에 대한 안전 모델, 사다리 사용에 대한 안전 모델 등을 제시하여 근로자들의 작업환경 개선과 안전한 작업 방법을 제안하였다. 2011년 실시된 건설안전 기술 세미나에서는 소규모 건설 현장 기술지도에 관한 개선 방안 및 위험성 평가 방안 등을 발표한 바 있으며, 이를 통해서 안전보건경영시스템 활성화에 기반한 건설재해 저감 노력이 더욱 더 적극적일 필요가 있음을 요구한 바 있다.

해외의 소규모 건설 현장 안전관리 현황

해외의 소규모 건설 현장의 안전을 위한 제도와 법규,

건설재해 발생 추이를 토대로 살펴본 바로는 근로자, 감독자 등이 현장에서 느끼고 있는 안전에 대한 의식과 건설환경을 구축하는 시스템적 접근 방법의 차이를 알 수 있다. 국내의 경우에서는 실제 재해 예방과 안전 확보를 위해서 실시하고 있는 특성은 종래 주로 사용자 의무의 관점을 중심으로 논의되고 있으며, 근로자 권리와 의무의 관점에서는 다루지 않는 경향이 있다. 특히 산업안전보건에서 근로자의 관여권, 신고권, 알 권리 등 근로자 권리에 관한 법학 차원의 본격적인 연구는 사실상 거의 이루어지지 않았으며, 사용자의 계약상 의무 위반에 대한 사법적(私法的) 효과로서 부여되는 사법적 권리에 대해서도 민법학계를 중심으로 안전배려의무 위반에 대한 손해배상청구권 위주의 단편적 논의만 이루어졌을 뿐이다.

일본의 2010년도 재해 발생에 따른 사상자 분포를 보면 건설업 분야의 1만 6,143명 중에서 추락 5,408명, 전도 1,457명, 낙하물에 의한 사고 1,672명의 분포를 보였으며, 60% 이상이 건축공사에서 발생하였다. 일본도 우리나라와 마찬가지로 소규모 건설 현장에서 강도율 및 도수율, 법 위반율이 높게 나타나 이들 현장에 대한 다양한 재해 예방사업을 시행하였다.

(사진 1)에서 보는 바와 같이 일본에서는 소규모 현장이라 하더라도 감관비계가 아닌 시스템비계를 사용하는 것이 일반화되어 있다. (사진 2)를 보면, 위험요소가 많지 않은 보도블록 교체공사의 경우라 하더라도 바리케이드를 설치하고 상시 경비원이 상주하며 근로자들은 모두 안전모를 착용한 상태에서 공사를 하고 있다. 이를 통해 선진국다운 안전 의식을 보여주고 있는 것을 확인할 수 있다.

우리나라보다 인구가 약 2.5배 많은 일본의 2010년 건설업 사망자 통계를 보면, 전산업의 사망자 1,195명 중에서 365명에 불과하다. 우리나라의 건설업 사망자 611명의 약 60% 정도 밖에 되지 않으며, 우리나라와 다르게 매년 그 숫자가 감소하는 바람직한 경향을 보이고 있다. 이는 건설업노동재해방지협회에서 소규모 건설 현



a) 3층 철골 조립식 주택



b) 2층 목조 주택

(사진 1) 일본 조립식 주택 및 목조주택 비계선행공법 적용 시공 및 안전관리



(사진 2) 보도블록 작업(일본 우에노역사 앞)

특히 미국 OSHA는 소규모 사업장에 대해 30년 이상 다양한 재해 예방활동을 수행하고 있는데 현재 사망자는 50%, 산업재해와 직업병은 40% 감소한 성과를 보이고 있다. 사업장의 비밀이 보장되고 벌금 및 소환이 없는 On-site Consultation(현장에서의 상담)이 중점적으로 행해지고 있는데 많은 사업장이 자발적으로 이 지원 프로그램에 참여하는 등의 성과를 올리고 있다.

장을 위해 다양한 사업을 위탁받아 시행하고, 위탁사업 중 저층 주택 건축공사 안전대책으로 비계선행공법, 비계 조립작업 시 안전대책 등을 중점적으로 시행함으로써 사망자 수를 매년 낮출 수 있는 계기를 마련하였다고 판단된다.

영국의 경우에는 HSE에서 제정된 소규모 사업장의 안전보건 'Health and Safety in Small Firms' 규정에 의거하여 관리하고 있다. 상황에 따라서는 일회성 캠페인을 병행하면서 소규모 건설 현장에서 High 5 Campaign이나 10-things must 등의 행동실천을 강조하고 있다.

독일은 산업안전감독관이 소규모 건설 현장을 지도·감독하게 되는데 법 위반 시 작업 중지 명령이나 벌금 등을 내리는 방법으로 감독을 철저히 하고 있으며, 프랑스에서는 컨설팅을 통해 소규모 현장을 관리하고 있다. 1998년에 시작된 OPPBTP는 기술 조언자를 현장에 파견하여 사업장의 위험 평가에 도움을 주고 있으며, 목표는 각 사업장에 맞는 위험 평가 방법을 제안·보조하고 전체적인 예방 정책을 수립하는 것이다.

위의 내용은 <표 4>에 요약된 바와 같다. 일본과 프랑스는 각각 건설업노동재해방지협회와 OPPBTP에 의해 소규모 건설 현장에 재해 예방사업이 실행되고 있으며, 미

〈표 4〉 국가별 소규모 건설 현장 안전관리 제도

국가	소규모 건설 현장 제도
일본	• 전문 공사업자 안전관리활동 촉진사업과 저층 주택 건축공사 안전대책 추진 모델 사업 중점 추진 • 중소기업합공사업자 지도력 향상사업
영국	• HSE에서 제정된 소규모 사업장의 안전보건 'Health and Safety in Small Firms' 규정에 의거하여 관리 • High 5 Campaign, 10-things must의 행동실천 요령을 보급
미국	• 중소기업규제평등법, On-Site Consultation, 중소기업 지원국 운영, OSHA의 협동 프로그램과 규정 준수 지원 전문가(CAS), 트레이닝 및 교육, 수잔 하워드 교육 프로그램을 부여
독일	• 독일 산업안전감독관의 소규모 현장 안전감독
프랑스	• 수공업 및 소규모 사업장에 대한 지원 강화 • 건설 현장에서의 안전 협력(컨설팅 조언)

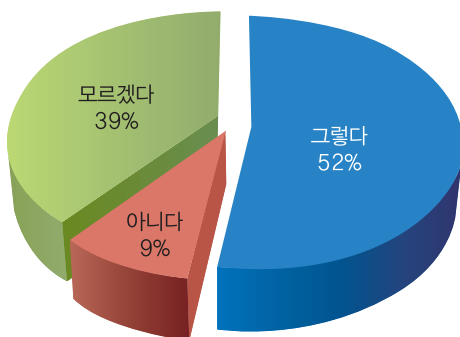
국과 독일에서는 강력한 법 집행으로 소규모 건설 현장에서의 재해발생률을 감소시키려 하고 있고, 영국에서는 상황에 따른 캠페인, 행동실천 제도 등을 통해 재해 예방을 실현하고자 노력하고 있음을 알 수 있다.

소규모 건설 현장의 의식 조사

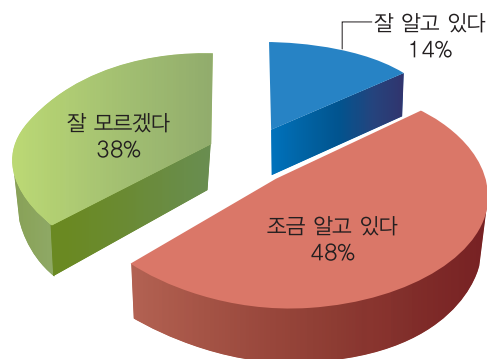
소규모 건설 현장의 감독자, 근로자를 대상으로 최근 보완되고 있는 법규의 적용실태와 의식의 변화를 살펴본 결과, 평소의 무재해 경험으로 인하여 52% 정도만 확실히 산재보험 가입 상태를 알고 있었으며, 심지어 9% 정도가 가입하지 않은 채로 근로에 참여하고 있다고 답하였다. 이 과정에서 근로자 등이 산업안전보건법에 대해서 인지하지 못하고 있는 점이 보험 미가입에 대한 적절한 보호를 받지 못하고 있는 원인이 되는 것

을 알 수 있었다[그림 3·4].

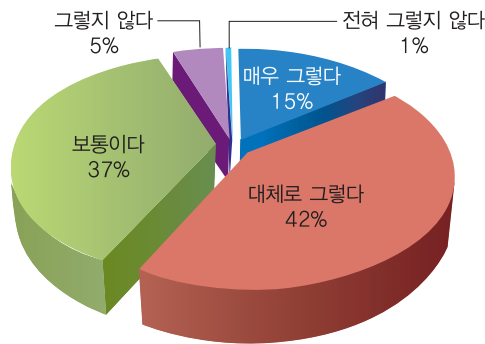
소규모 건설 현장에서 안전교육과 재해 방지기술교육 등을 받은 적이 없는 경우가 39~49%에 달하고 있는 것으로 나타나 소규모 현장에서 일하고 있는 근로자들의 상당수가 안전교육 등에서 소외된 근로자들임을 알 수 있다. 이는 [그림 5]에서 보는 것처럼 교육을 받은 근로자들의 79%가 재해 예방에 어느 정도 효과가 있다고 답하고 있기 때문에 교육내용 및 방법에 대한 효과적 방안 제시가 필요한 시점이며, 소규모 현장에서도 안전 및 재해 방지에 대하여 의무적으로 안전교육이 반드시 필요하다는 것을 확인할 수 있었다. 한편, 안전지도를 담당하고 있는 안전보건공단 건설안전팀장을 통하여 조사된 현장 방문 시의 문제점으로는 [그림 6]에서 보는 것처럼 현장 책임자의 부재로 인한 면담 곤란을 들 수 있다.



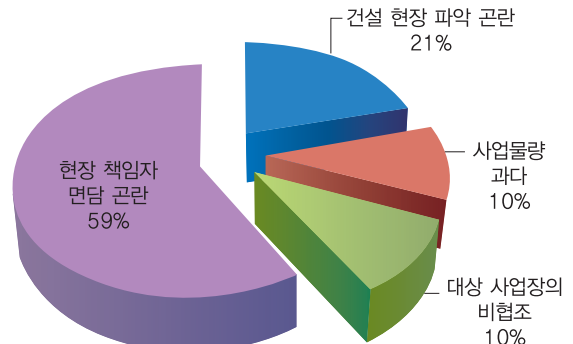
[그림 3] 귀 현장은 산재보험에 가입되어 있습니까?



[그림 4] 귀하는 산업안전보건법을 알고 있습니까?



[그림 5] 귀하가 받은 안전교육은 재해 예방에 효과가 있었다고 생각하십니까?



[그림 6] 소규모 건설 현장 기술 지원 시 가장 큰 애로 사항은 무엇입니까?

결론

건설 현장의 근로자들은 잦은 이직과 이동 등으로 안전 교육의 사각지대에 놓여 있다. 이에 따라 공단에서는 이들 건설 현장 근로자들을 대상으로 개별 현장 단위가 아닌 건설산업 차원에서 근로자들의 안전 의식을 향상시키고, 궁극적으로는 건설재해를 예방할 목적으로 2012년 6월부터 기초안전보건교육을 실시하고 있다. 이 교육이 효과를 거두기 위해서는 근로자들의 적극적인 교육 참여와 전문교육기관의 안전교육 능력이 우수해야 한다. 따라서 상시 교육기관들에 대한 교육 이수 실적과 교육 프로그램 충실도 등을 평가하여 체계적이고 효과적인 교육이 되도록 철저한 관리, 감독이 필요하다.

근로자의 안전 확보 노력의 제1순위는 무엇보다도 근로자의 안전 의식일 것이다. 소규모 건설 현장 근로자들의 작업환경 및 근로자 실태조사에서 확인한 바와 같이 소규모 건설 현장일수록 안전보호구 상시 착용률이 낮다. 현장에서 확인한 바로는 안전모 등의 보급률이 낮아서가 아니라 근로자 스스로 필요성을 인식하지 못하고 있고 감독자의 강력한 요구가 부족하기 때문으로 판단된다. 내 보호구는 스스로 구입하게 하거나 제공된 보호구 미착용 시 작업 현장 출입을 못하게 하여 불이익이 발생할 수 있음을 공지하고, 감독자는 현장에서 보호구 미착용 점검을 수시로 실시하여 반복 위반 시 벌금 부과를 통해 보호구 착용을 습관화하도록 유도해야 할 것이다.

산업재해의 상당 부분을 차지하고 있는 소규모 건설 현



국내 건설 현장의 대부분은 소규모 업체가 시공하고 있다.

장에서의 재해 저감을 위해서 정부 및 공단은 3억원 이상 120억원 미만 현장을 대상으로 한 기술지도사업, 3억원 미만의 현장을 대상으로 한 민간기관 국고지원사업, 20억원 미만 현장을 대상으로 한 건설안전 규정 준수 여부에 대한 패트를 개념을 도입한 안전보건지킴이사업 등을 의욕적으로 시행·추진하고 있다.

이 세 가지 사업이 효과적으로 시행될 경우 규모, 여건에 따라서 소규모 건설 현장이 안전관리교육과 감독의 사각지대가 되는 것을 막고 소규모 건설재해 감소에 큰 효과를 발휘할 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 일본의 경우에서 볼 수 있듯이 민간기관이지만 상호간에 안전관리와 재해 감소를 위해서 자치적인 패트룰에 의한 현장 점검을 통해 안전 개선 조치가 실질적으로 이루어질 수 있도록 하는 방안에 중점을 두어야 한다. 그리고 안전 조치 미준수 현장에 대한 사후조치 확인과 신고율을 상향시켜 소규모 건설 현장 근로자 개개인의 안전 의식을 제고시킬 필요가 있다. 또한 기술지도사업의 경우에는 지도기관과 사업주가 직접 계약관계로 맺어지는 것보다는 중립적인 기관을 두어, 지도기관 선정 및 집행을 하게 함으로써 업주와 지도기관의 직접적인 연결 고리를 차단하고, 안전관리에 미흡한 현장의 경우에도 실질적인 개선 조치가 이루어질 수 있도록 하는 방안에 중점을 두어야 할 것이다.

근로자가 산업재해를 대비해서 가입해야 하는 산재보험의 규정에서도 현행 과태료(과거 3년간 보험금과 재해자에게 지급한 총보험금의 50%)의 수준이 사업주가 근로자와의 합의로 해결할 수 있는 액수보다 적어 이익으로 여길 수 있으며, 사업주와 결탁하여 거짓 산재신고를 하는 생계형 산재신고를 유발할 수 있는 상황이 된다. 이를 개선하기 위해서는 먼저, 과태료를 과거 3년간 보험금과 재해자에게 지급된 총보험금의 100%를 납부토록 부과 규정을 개정할 필요가 있다. 이와 같이 개정을 하면 산재보험을 가입하지 않는 경우 손해라는 인식을 사업주에게 심어줄 수 있어 산재보험 미가입 현장이 줄어들 수 있다.

한편, 현재 산재보험 가입 후 무재해 현장을 유지한 사

업주에게 돌아가는 인센티브는 전무한 실정이다. 이에 따라 사업주가 시공 시 근로자들의 안전과 현장의 안전 시설에 전혀 관심을 기울이지 않고 있다. 때문에 무사고로 공사를 완료한 현장의 경우 납부보험료의 50%를 인센티브로 되돌려 주는 방법도 생각해 볼 수 있을 것이다.

이밖에 소규모 건설 현장의 시작단계부터 안전 의식을 고취하는 방안으로 유관기관과의 유기적인 협조 체계 구축을 시작할 필요가 있다. 가장 먼저 인·허가 관청인 지자체를 관할하고 있는 행안부와 협조를 통해 지자체에서 인·허가 및 착공 시 제출하는 서류에 선진국에서처럼 설계하는 순간부터 안전 시설도 고려할 수 있도록 하는 방향으로 절차를 개선하고, 산재 가입 사전의무화 조치 및 의무화된 현장 현황판에 안전보건관리책임자와 산재보험정보를 표시하여 누구나 안전 조치 미흡에 대해서 신고, 건의가 가능해질 수 있도록 지자체와의 협조 체계 구축이 필요하다.

이 과정에서 꼭 지켜져야 할 것들이 지켜질 수 있도록 불량 현장에 대한 신고 확대와 엄격한 법 집행이 따라야 한다. 즉시 사법 처리, 과태료 부과, 작업 중지 조치와 같은 실천이 뒤따를 때만이 소규모 건설재해를 저감시킬 수 있을 것이며 그 효과가 배가될 것이라고 생각된다. 

참고문헌

- 김준봉, 소규모 건설 현장의 재해 실태 및 예방대책에 관한 고찰, 건설기술연구소 논문집, 1993.
- 이복영, 소규모 건설 현장의 추락재해 예방대책에 관한 연구, 서울산업대학교 석사학위 논문, 1997.
- 이기태, 철골구조의 소규모 공장 건축물 안전작업 매뉴얼 개발, 산업안전보건연구원, 2003.
- 이기태, 소규모 건설 현장의 재해 예방의 문제점 및 개선 방안, 산업안전보건연구원, 2005.
- 가설공사 표준안전 작업지침, 고용노동부, 2006.
- 건설업 공종별 위험성 평가 모델, 산업안전보건연구원, 2006.
- 건설안전 기술 세미나, 소규모 건설 현장 재해 감소 및 안전 보건경영시스템 활성화 방안, 안전보건공단, 2011.

소규모 건설 현장의 재해 저감을 위한 접근 패러다임의 전환



심규범 연구위원
한국건설산업연구원

문제 제기 : 건설 재해 증가 지속

최근 정부의 다양한 재해 저감 노력으로 1987년에 2.66%이던 재해율이 2011년에는 0.65%로 낮아지는 등 가시적인 성과를 내고 있다. 하지만 건설업은 예외다. 2011년의 건설업 재해자는 22,782명으로 전년 동기 대비 1.2% 증가했고, 사망자 역시 621명으로 1.6% 증가했다. 전체 취업자 중 건설업이 차지하는 비중이 7.2%인데 비해 재해자 비중은 24.4%이고 사망자 비중은 29.4%이며 사고성 사망자 비중은 41.7%이다.

안타깝게도 건설 현장에서는 1년 내내 매일 1.7명, 매주 12명이 사망하고 있는 셈이다. 따라서 건설업의 재해 감소 없이는 전체 산업의 재해 감소는 불가능해졌다. 특히, 건설 현장 중에서도 소규모 현장에 주목해야 한다.

이제 소규모 건설 현장에 대한 지금까지의 접근 방법이 과연 효과적인 것이었는지에 대해 재고해 보아야 하고, 소규모 현장까지 산업안전보건 노력이 제대로 전달되고 있는지 살펴봐야 한다. 그러한 분석을 토대로 소규모 현장의 특성에 적합한 근본적인 해법을 모색해야 한다. 지금까지의 접근 방법이 효과적이지 못했다면 과감하게 새로운 패러다임으로 전환하는 방안도 검토해야 한다.

현황 및 문제점 : 소규모 현장에 산재 집중

〈표〉에서 건설 현장 규모별로 2011년의 재해 정도를 살펴보면 30인 미만 사업장의 근로자 수 비중이 26.0%인데 비해 재해자 수 비중은 92.7%를 차지하고 있다. 5인 미만 현장의 경우에는 재해자 수 비중이 68.0%로 근로자 수 비중인 6.9%의 약 10배에 달한다. 이것은 소규모 현장에서 발생하는 재해 다발의 심각성과 함께 소규모 현장의 재해를 줄이지 않고서는 건설업 재해를 줄일 수 없음을 보여준다.

이렇듯 소규모 현장에 재해가 집중되는 이유를 생각해 보아야 한다. 문제의 본질은 소규모 현장의 특성상 개별 현장과 개별 사업주 중심의 접근 방법으로는 한계가 있다는 것이다.

첫째, 소규모 건설 현장은 일일이 접근하기에는 그 수가 너무 많고 사업장 당 근로자 수 및 재해자 수는 적다. 재해율이 3.60에 달하는 5인 미만 사업장의 경우 그 수가 15만 611개 소로 전체 건설 현장 중 68.0%를 차지한다. 반면, 사업장 당 근로자 수는 1.5명이고 재해자 수는 0.05명으로 나타나 매우 적다.

“

최근 정부의 다양한 재해 저감 노력이 가시적인 성과를 내고 있지만 건설업은 예외이며, 특히 소규모 건설 현장에 재해가 집중되고 있다. 따라서 기업별 현장 단위의 접근에서 초기업 단위의 산업 차원 접근으로 패러다임을 전환하는 방안을 검토해야 한다. 이상적인 방안은 소규모 현장을 쫓아다니면서 기초안전요소를 공급하는 것이 아니라 산업 차원에서 기초안전요소를 공급받은 이동하는 근로자가 소규모 현장에서도 일하도록 유도하는 것이다.

”

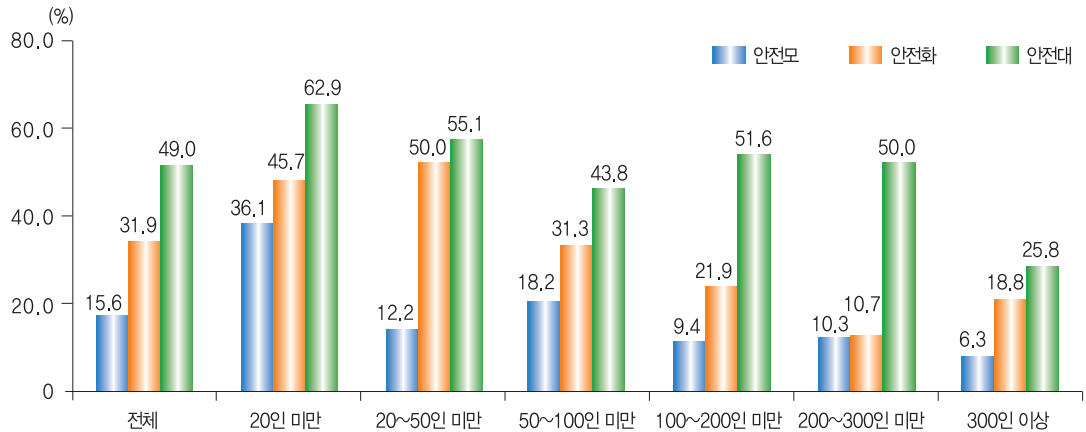
구분	총계	5인 미만	5~9인	10~29인	30~49인	50~99인	100~299인	300~499인	500~999인	1,000인 이상
사업장 수(개소)(A)	221,617	150,611	29,315	25,548	6,131	4,788	3,727	789	484	224
근로자 수(인)(B)	3,200,645	222,303	192,736	418,303	232,170	329,434	615,719	301,532	342,495	545,953
구성비(%)	100.0	6.9	6.0	13.1	7.3	10.3	19.2	9.4	10.7	17.1
누적 구성비(%)	100.0	6.9	12.9	26.0	33.2	43.5	62.8	72.2	82.9	100.0
재해자 수(인)(C)	22,504	7,998	4,151	4,975	1,716	1,584	1,328	347	231	174
구성비(%)	100.0	69.0	13.2	11.5	2.8	2.2	1.7	0.4	0.2	0.1
누적 구성비(%)	100.0	68.0	81.2	92.7	95.5	97.7	99.4	99.8	100.0	100.1
재해율(%) (C/B)	0.70	3.60	2.15	1.19	0.74	0.48	0.22	0.12	0.07	0.03
사업장 당 재해자 수(인)(C/A)	0.10	0.05	0.14	0.19	0.28	0.33	0.36	0.44	0.48	0.78
사업장 당 근로자 수(인)(B/A)	14.4	1.5	6.6	16.4	37.9	68.8	165.2	382.2	707.6	2,437.3

* 주 : 현재 근로자 수를 산정할 때 총공사 금액을 기준으로 환산하고 있는데 이 과정에서 대규모 현장의 근로자 수는 과대 평가되고, 소규모 현장의 근로자 수는 반대로 과소 평가될 가능성이 내재되어 있음.

* 자료 : 고용노동부, 산업재해 현황 분석 2010.

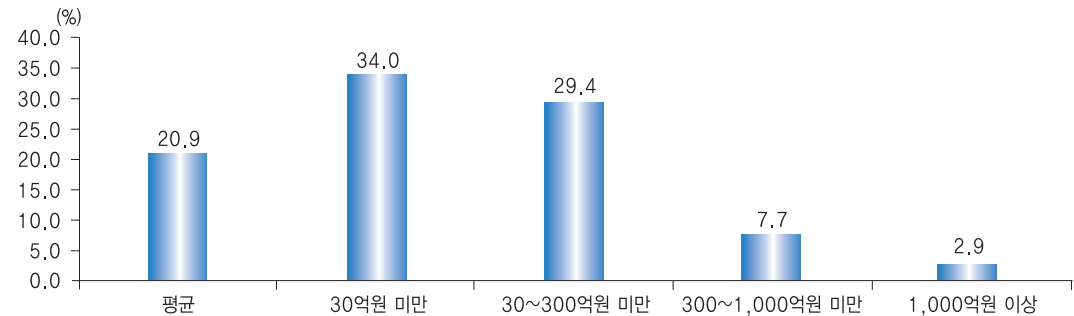
둘째, 기초산업안전요소(3대 안전보호구, 안전교육, 건강진단 등, 이하 기초안전요소)를 공급하기에 부적합하다. 소규모 현장일수록 근로자가 머무는 기간이 짧고, 사업주의 산업안전보건에 대한 인식도 부족하며, 산업안전보건관리비가 없거나 부족해 기초안전요소의 공급이 미흡해질 가능성이 높다. 이러한 특성들은 소규모 현장일수록 산업안전보건의 사각지대에 방치될 위험성이 높고, 개별 현장에 대한 재해 예방사업만으로는 투입한 노력에 비해 효과가 미미할 수밖에 없음을 의미한다.

실제로 기존의 연구에 나타난 기초안전요소에 대한 공급 현황은 이러한 우려가 사실일 수 있음을 보여준다. 첫째, [그림 1]에 의하면 20인 미만 현장의 3대 안전보호구(안전모, 안전화, 안전대)에 대한 공급이 상대적으로 미흡함을 알 수 있다. 둘째, [그림 2]에서 보듯이 30억원 미만 현장의 경우 상대적으로 산업안전보건교육을 받아 본 적 없다는 응답이 많다. 셋째, [그림 3]에 의하면 20인 미만 현장에서 응답한 근로자들의 건강진단을 받아 본 적 없다는 비율이 상대적으로 높다. 물론 건설 근로자들이 여러 현장을 이동하므로 규모별 편차를 정확히 알 수



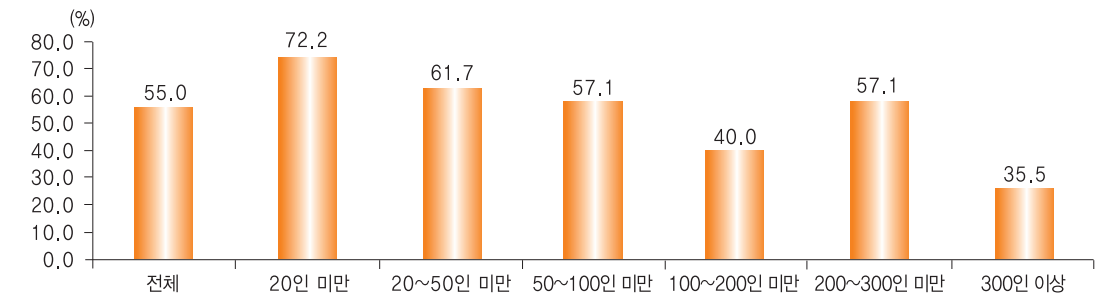
* 자료 : 한국건설산업연구원, 건설 현장 근로 실태조사, 2007. 5.

[그림 1] '안전모, 안전화, 안전대'에 대해 '받아 본 적 없다'고 응답한 건설 근로자의 비율(%)



* 자료 : 한국건설산업연구원, 건설 현장 근로 실태조사, 2007. 5.

[그림 2] '산업안전교육 참여 여부'에 대해 '받아 본 적 없다'고 응답한 건설 근로자의 비율(%)



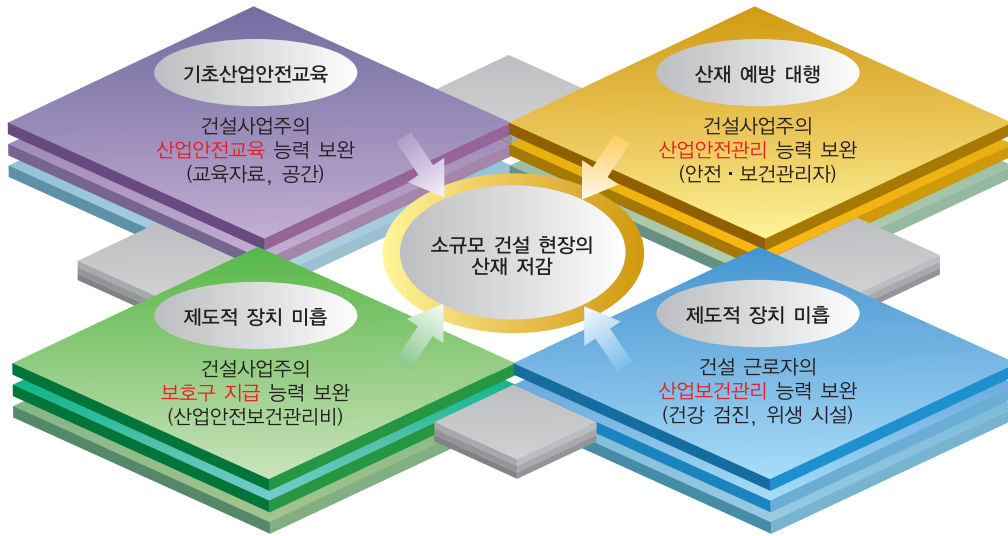
* 자료 : 한국건설산업연구원, 건설 현장 근로 실태조사, 2007. 5.

[그림 3] '건강진단'에 대해 '받아 본 적 없다'고 응답한 건설 근로자의 비율(%)

는 없다. 하지만 인맥에 의해 일자리를 구하는 근로자들의 경우 주로 일하는 현장의 규모가 어느 정도는 나뉘어 있어 규모별 차이를 짐작할 수는 있다. 그에 비해 유료 직업소개소를 통해 일자리를 구하는 근로자의 경우에는 일하는 현장의 규모별 구분이 더욱 불분명하다.

요컨대, 소규모 건설 현장은 근로자의 잦은 이동과 사

업주의 산업안전보건 역량 부족이라는 특성을 지니고 있는데 그로 인해 기초안전요소의 공급조차 제대로 이루어지지 못한 채 산재의 발생이 집중되고 있다. 하지만 일일이 현장별로 접근하기는 현장의 존속 기간이 짧고 그 수가 너무 많아 현행 현장별 접근 방식만으로 산재를 줄이기에는 한계가 있다.



[그림 4] 기초산업안전보건요소의 공급을 통한 소규모 건설 현장의 산재 저감

접근 패러다임의 전환 : 산업 차원의 접근 시도

소규모 건설 현장에 산업안전보건 정책의 효과가 나타나기 위해서는 [그림 4]와 같이 기초적인 산업안전보건 요소들이 효과적으로 공급되어야 한다. 효과적인 정책 시행의 전제 조건 중 하나는 정책 시행단위의 동질성이다. 동일한 대상에게 정책의 내용이 축적되어야 효과가 나타나기 때문이다. 그러나 건설 현장의 경우 근로자의 잦은 이동으로 현장단위의 동질성이 유지되기 어렵다.

소규모 건설 현장에서 근로자들의 이동은 더욱 잦다. 따라서 건설 현장에 대한 정책단위의 동질성을 회복하기 위해서는 관찰 범위를 확대해야 한다. 비정규적인 건설 근로자들의 이동 범위를 살펴 동질성이 유지되는 범위를 찾아 정책 시행단위로 삼아야 한다. 그것이 바로 건설업 전체이다. 현장 간 근로자의 이동은 잦되, 건설업과 타 산업을 오가는 경우는 많지 않기 때문이다. 기업별 현장단위의 접근에서 초기업단위의 산업 차원 접근으로 패러다임을 전환하는 것이다. 근로자의 이동성은 현장단위 접근에서 동질성을 훼손시키는 독이었지만 산업 차원의 접근에서는 전체 건설 근로자의 동질성을 유지시키는 약이

될 수 있다. 마치 양동이의 물을 가열하면 대류를 통해 전체가 고루 뜨거워지는 것과 같은 이치이다.

이미 이러한 특성에 착안하여 초기업 차원에서 접근하는 정책이 존재한다. 산재 예방 대책사업과 기초산업안전보건교육의 시행이 그것이다. 둘 다 중소 현장 건설사업주의 미약한 산업안전관리 능력을 보완하려는 시도이다. 하지만 위에서 언급했던 기초안전요소 중 3대 안전보호구와 건강진단 등에 대해서는 아직 체계적인 공급방안이 마련되어 있지 못하다. 또한 2012년 6월부터 의무화된 기초산업안전보건교육 역시 온전히 산업 차원에서 접근하지 못하고 있다.

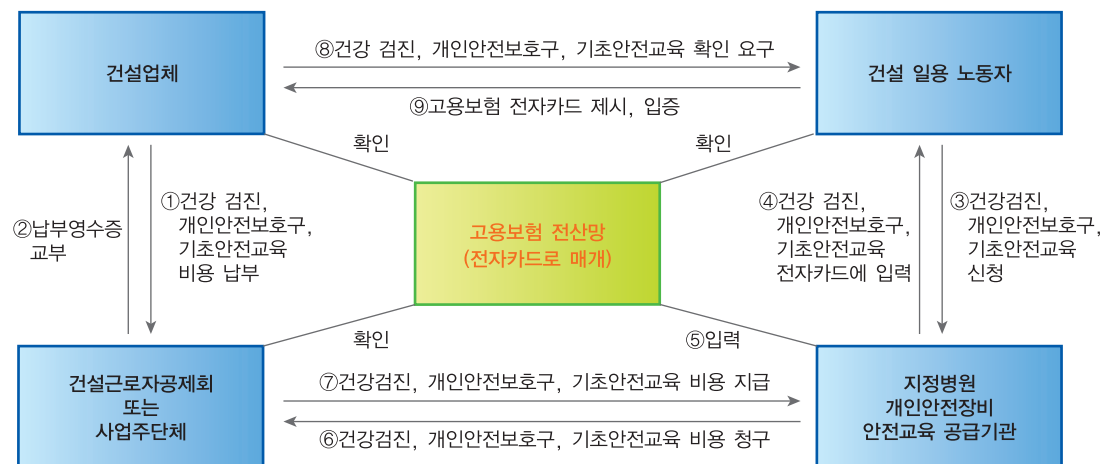
본고에서는 기초안전요소에 대한 산업 차원의 공급방안과 기초산업안전보건교육 시행의 효과성을 제고할 수 있는 방안에 대해 주로 서술하고자 한다. 가장 이상적인 방안은 근로자가 현장에 도달하기 전에 기초안전보건교육을 이수하고 이때 여타 기초안전요소를 함께 공급해 두 가지가 유기적으로 결합되는 것이다.

첫째, 기초안전요소에 대한 산업 차원의 공급 방안이다. 상대적으로 현장별 특수성이 낮은 기초안전보건교육, 정기 건강진단, 공통적인 보호구 등에 대해 산업 차원에서 공급하고, 각 현장에 독특한 안전 보호구, 특수

건강 검진, 심층안전보건교육 등은 현장에서 공급하는 이원화된 접근 방식이다. 이것은 대규모 현장에서의 중복 지급과 소규모 현장에서의 누락을 모두 막을 수 있는 방안이다.

[그림 5]는 산업 차원에서의 기초안전요소 전달 체계를 도시하였다. 정보를 매개한 수단을 별도로 고안할 수도 있으나 현재 사용중인 '건설고용보험카드'를 활용하는 것이 업무의 중복을 막고 효율성을 높일 수 있다. 물론 카드의 사용을 촉진하는 조치-합법 근로자 고용 여건 조성, 퇴직 공제 제도 및 4대 보험의 피보험자 관리 일원화, 재해율 산식 개선 등-가 병행된다면 정책의 정착을 더욱 앞당길 수 있다. ① 기초안전요소 공급에 소요되는 비용을 납부해 산업 차원의 기금을 마련한다. 건설업체가 건설근로자공제회(이하 공제회) 또는 사업주 단체에 일정 비용을 납부한다. 건설업체는 산업안전보건 관리비 중 기초안전요소에 배정되는 비용(향후 고용노동부에서 고시하도록 함)을 납부하는 것이다. 이것으로써 기초안전요소에 대한 개별 건설업체의 공급 의무를 면제한다. 하지만 건설 현장에 들어 올 때 기초안전요소의 지참 여부를 확인하거나 작업중 안전보호구를 착용하도록 독려하는 것은 여전히 개별 건설업체의 책임이다. ② 납부영수증을 교부한다. 공제회 또는 사업주 단체는 개

별 건설업체에게 기초안전요소에 대한 비용을 수납하고 그에 대한 영수증을 교부한다. ③ 기초안전요소를 신청한다. 건설 근로자는 쿠폰을 이용해 휴무일에 지정기관에 직접 방문하거나 전화 또는 인터넷으로 신청하는 등 다양한 경로를 통해 각각의 요소를 공급받는다. ④ 또는 ⑤ 기초안전요소의 공급 사실을 전자카드 전산망에 입력한다. 지정기관은 검진 또는 교육 이수 그리고 근로자에게 택배 등 편리한 방법으로 기초안전요소를 지급한 후 그 사실을 전산망에 입력한다. ⑥ 기초안전요소 공급에 소요된 비용을 청구한다. 지정기관은 기초안전요소를 공급했음을 증빙할 수 있는 자료를 첨부하여 공제회 또는 사업주 단체에 비용을 청구한다. ⑦ 기초안전요소의 비용을 지급한다. 공제회 또는 사업주 단체는 관련 자료의 진위 여부를 조회하고 지정기관에 비용을 지급한다. 조회 과정에서 무작위로 근로자를 뽑아 실제 공급 여부를 직접 확인하도록 한다. ⑧과 ⑨ 건설고용보험카드를 통해 기초안전요소의 공급을 확인한다. 건설업체는 근로자가 현장에 들어올 때 기초안전요소의 공급 여부를 확인한다. 이 과정에서 기초안전요소를 공급받지 않은 근로자가 현장에서 문제를 야기할 경우 그 책임은 건설 현장 진입을 허용한 사업주에게 있다. 상술한 기본 흐름 이외에 부정 수급의 방지, 분실 시 조치, 미 지참 시 대



* 자료 : 심규범(2007), 건설 현장의 산업안전 효과 제고 방안, 한국건설산업연구원 참조.

[그림 5] 건설산업 차원의 기초산업안전요소 공급 방안 : 산업안전보건관리비 활용 예시



* 자료 : 심규범 외(2009), 건설 근로자 안전교육사업의 실효성 연구 및 수탁교육기관 평가, 안전보건공단.

[그림 6] 기초산업안전보건교육에 대한 소규모 건설 현장으로의 전달 메커니즘

응 등에 대한 세부대책이 필요하다.

둘째, 기초산업안전보건교육의 효과를 제고하면서 소규모 건설 현장까지 전달되도록 촉진할 수 있는 방안이다. 2009년 시범사업에 대한 평가에서는 '현장에 도달하기 이전에 교육을 이수하도록 해야 하며, 이를 위해 산업 차원에서 기금을 마련해야 한다'는 제안이 있었다.

현행과 같이 건설 현장에 일하러 온 근로자를 대상으로 기초안전보건교육을 이수하도록 할 경우, 각 당사자가 모두 반발할 수 있어 사업의 추진 자체가 어려워질 수 있다. 즉, 근로자는 임금을 목적으로 왔는데 교육시간에 해당하는 4시간분의 임금을 사업주가 지불하지 않으려 해 반발했다. 전문건설업체는 근로자를 투입하지 못해 공기가 늦어지고 임금 지불에 대한 분쟁에 휘말렸다. 일반건설업체 역시 이를 반기지 않았는데 기초안전보건교육의 수준은 당해 현장의 안전교육 수준에 비해 낮으므로 실효성이 적었다. 따라서 개별 현장 진입 이전에 기초안전교육을 이수하도록 유도하고 산업 차원에서의 재원을 마련해 비용을 지불해야 한다. 그래야만 건설 현장에서 일하려는 근로자들이 미리 교육을 이수할 수 있고 단기간에 많은 근로자를 참여시킬 수 있다. 상술한 바와 같이 산업안전보건관리비를 각출하거나 산

재예방기금을 활용하여 산업 차원에서 재원을 마련하고 지원해야 한다.

기초안전교육을 이수하지 못한 근로자의 취업을 제한하는 등의 제도가 뒷받침된다면 건설 근로자들에게 기초안전보건교육 이수증은 건설 현장 취업을 위한 필수 요소이자 우선적 채용 자격이기 때문에 근로자들 스스로 교육에 참여하게 될 것이며, 이때 여타 기초안전요소를 공급하면 좋을 것이다. 이 과정에서 모든 현장의 근로자들이 교육에 참여하게 될 것이고, 기초안전요소로 무장된 근로자들이 산업안전보건의 사각지대에 놓여 있던 소규모 현장에서도 일하게 될 것이다. 요컨대, 소규모 현장을 쫓아다니면서 기초안전요소를 공급하는 것이 아니라 산업 차원에서 기초안전요소를 공급받는 이동하는 근로자가 소규모 현장에서도 일하도록 유도하는 방안이다. 여기에 지역 할당식 현장 접근 방법을 추가한다면 그 효과가 배가될 수 있을 것이다. ✚

국내 소규모 건설재해 증가 원인에 대한 진단과 해법



최돈홍 연구위원
산업안전보건연구원 안전연구실

서론

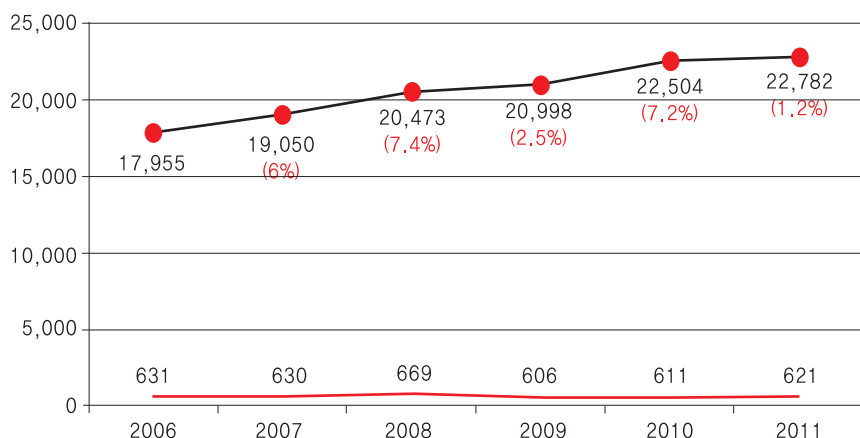
최근 국내 건설재해자 수는 매년 평균 5%의 비율로 지속적으로 증가하고 있다(그림 1). 질병에 걸린 환자를 치료하기 위해서는 정확한 진단이 우선이고, 밝혀진 질병에 대한 처방이 그 다음일 것이다. 마찬가지로 증가되는 국내 건설재해를 감소시키기 위해서는 증가 원인에 대한 정확한 분석이 무엇보다 중요하다.

국내 건설재해자 변화를 과거 및 일본 건설재해와 비교해 보면, [그림 2]와 같이 건설업 유해·위험방지계획서 등 건설재해 예방사업이 본격적으로 시행되었던 1990년도 초반부터 급격히 감소하다가 2000년도 초반부터는 건설 근로자의 증가 등으로 다시 증가하여 지금까지 지속적으로 증가하고 있다. 한편, 1980년대 초(1982년)에는 국내 건설재해자(2만 7,286명)보다 무려 3배 이상(8만 9,533명) 많이 발생하였던 일본 건설재해자는 해마다 지속적으로 감소해서 2008년도부터는 국내 건설재해자보다 적게 발생하여 지금까지 지속되고 있다.

국내 건설재해자는 해마다 증가·감소를 반복하며 그 기폭이 큰 반면에 일본 건설재해자는 해마다 지속적으로 꾸준히 감소하고 있는 것으로 나타나, 일본의 건설산업환경과 건설재해 예방사업 등을 분석하여 국내 건설재해 예방활동에 참조할 필요가 있다.

국내 건설재해의 특성은 다음과 같다.

첫째, 건설재해는 공사 종류별로 보면 중장비 등을 이용하는 토목공사보다는 인력 위주의 건축공사에서 주로 발생하고 있다.¹⁾

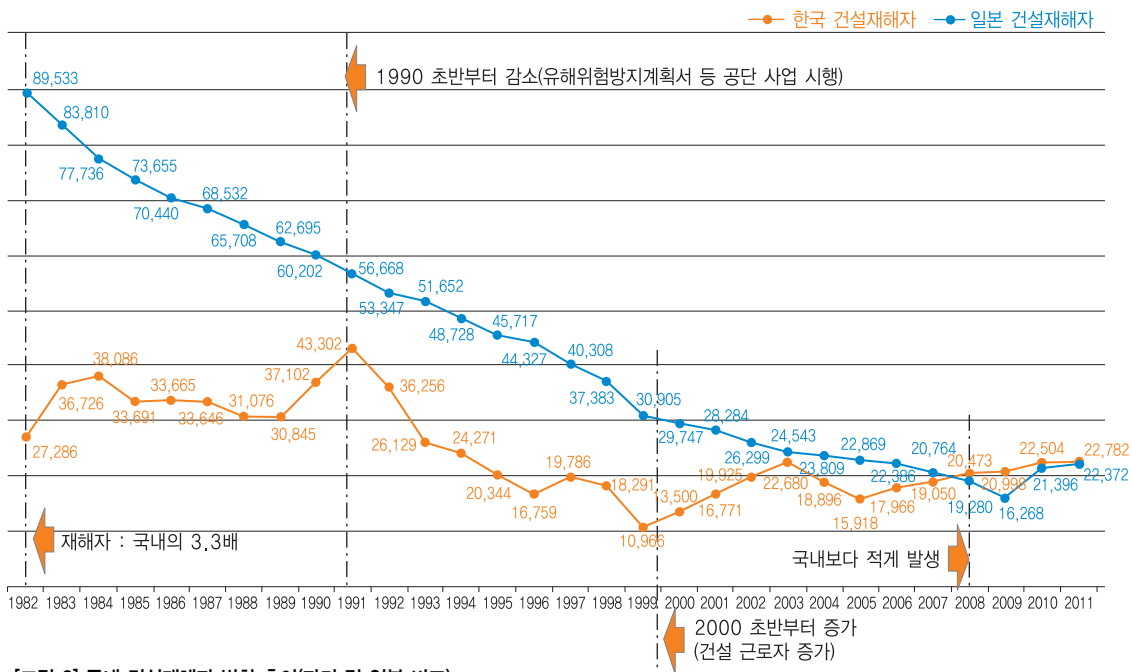


[그림 1] 국내 건설재해자 증가 추이

“

소규모 건설 현장의 재해를 줄이기 위해서는,
첫째 시설적 측면에서 보면 시스템 비계·발판 공법 적용을 하여
건설 현장의 환경을 개선하는 것이 우선 필요하고,
둘째 관리적 측면에서는 관리책임자 최소 1인이 건설 현장에 상주하여
안전관리를 수행하는 것이 무엇보다 중요하며,
셋째 교육적인 측면을 보면 건설 근로자 기초안전교육을 지속적으로 수행하여
소규모 건설 현장 근로자가 기초 안전지식을 습득토록 해야 한다.

”



[그림 2] 국내 건설재해자 변화 추이(과거 및 일본 비교)

[표 1] 20억원 미만 건설 현장 재해자 연도별 점유비율

구분	2009년	2010년	2011년
건설 재해자	20,998	22,504	22,782
20억원 미만 건설 현장 재해자	14,415	16,096	16,888
점유비율	68%	71%	74%

둘째, 건설재해는 공사 규모로 보면 20억원 미만의 소규모 건설공사 현장에서 집중적으로 발생되고 있으며, 20억원 미만 소규모 건설 현장에서 발생하는 비율은 해마다 증가하고 있다.²⁾

최근 건축공사 현장의 변화를 보면, [그림 3]과 같이 자율안전관리가 잘 이루어지고 있는 대형공사인 아파트 공

사는 점차 줄어들고 있다. 반면, 안전조직이 없는 등 안전관리가 열악한 단독·다가구 주택, 도시형 생활주택 등 중·소 규모 건축공사 현장이 증가하고 있는 실정이다.

1) 약 61% - 2011년 건설재해통계

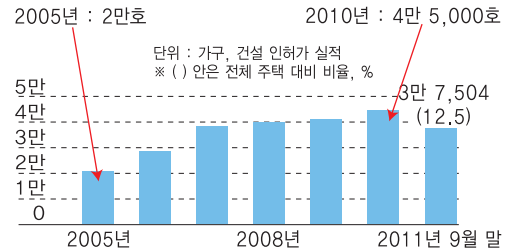
2) 약 74% - 2011년 건설재해통계

※ 자료 : 국토해양부

(단위 : 만호)

구분	2009	2010	2011
건설물량	38.1	34.7	33.5
APT	29.7	25.9	20.3
APT 외 주택	8.4	8.7	13.2
APT 비중	77.9%	74.6%	60.6%

[그림 3] 국내 건축공사 변화 추이



이러한 건설환경 변화로 향후 건설재해자의 지속적인 증가가 예상된다.

셋째, 발생형태로 보면 추락이 32%이다. 특히 사망재해 중에서는 50%를 점유하는 등 건설재해는 대부분 추락의 형태로 발생한다. 건설재해 추락점유율은 전 산업 추락점유율 14%와 전 산업 추락 사망점유율 21%와 비교하면 전 산업의 약 2.4배이다. 특히 건설 추락 사망자는 전 산업 추락 사망자의 68%를 점유하는 등 건설 사망재해의 추락점유율은 매우 높은 실정이다.

넷째, 건설 추락재해는 건설 추락재해 제5대 기인물 가운데 '발판 관련 기인물'에서 집중적으로 발생하고 있다. 건설 추락 제5대 기인물의 추락점유율은 <표 2>와 같이 건설 추락점유율인 32%에 비하여 약 2.5~3배에 달한다.

건설 추락재해는 '발판 관련 기인물'에서 대다수(건설 전체 추락재해의 50% 이상)가 발생³⁾하고 있는데 '발판 관련 기인물'은 작업발판, 비계, 사다리 등이다. 비계는 작업발판 설치를 위한 주요 가설재이다. 사다리는 작업장의 상부와 하부를 연결하는 가설통로 용도의 가설재로 사다리에서 작업을 하는 것은 부적당하며, 작업은 작업발판을 이용하여 수행하여야 한다. 사다리를 부득이 작업의 용도로 이용하려면 2인 1조 작업 등 여러 가지 안전 조치가 선행되어야 한다. 그러나 대부분의 근로자들은 이러한 안전 조치 없이 사다리를 작업의 용도로 불안정하게 이용하고 있다. 이러한 이유로 인하여 사다리재해 중 약 70%는 작업중에 발생한다.⁴⁾ 사다리를 이용하여 불안정

하게 실시되는 작업을 작업발판을 이용한 안전작업을 할 경우에 대다수의 사다리재해를 줄일 수 있을 것이다.

소규모 건설 현장의 재해를 줄이기 위해서는 건축공사 현장을 대상으로 발판, 비계, 사다리 등 '발판 관련 기인물'을 중심으로 추락재해 방지활동을 집중적으로 전개해야 한다. 건설 현장 작업발판은 다음과 같은 특성이 있다.

첫째, 건설작업은 대부분 고소작업으로 작업발판 사용은 필수적이며 대부분의 건설 현장에서 대다수의 건설 근로자가 작업발판을 사용하고 있다.

둘째, 건설 현장 작업발판은 작업 장소별로 한 장소에 적게는 수 개에서 많게는 수백 개가 날개로 설치되기 때문에 발판 한 개, 한 개의 안전성⁵⁾을 확인하기가 매우 곤란하다.

셋째, 작업발판을 설치하는 근로자와 그 발판을 이용하는 근로자가 서로 다른 경우가 많아 작업발판을 안전하게 설치하는 데 영향을 준다.

넷째, 설치된 발판의 안전성을 확인하려면 발판의 하부를 점검하여 발판이 수평재 위에 잘 걸쳐 있는지, 2점 이상 견고히 고정되어 있는지를 확인해야 하지만 발판 위에 위치한 작업자로서는 이렇게 발판의 안전 여부를 확인하기가 어렵다.

<표 2> 건설 추락 제5대 기인물의 추락점유율

구분	사다리	비계	작업발판	경사지붕	바닥개구부
추락점유율	91%	80%	77%	79%	90%

3) 최돈홍(2010), 건설 현장 작업발판의 사용 실태조사 연구, p.7.

4) 정세균(2008), 소규모 건설 현장의 추락재해 예방을 위한 안전 모델 연구, p.27.

5) 발판 재료 이상 여부 및 안전기준에 의한 설치 여부 등.

다섯째, 작업발판과 비계의 설치 상태에 따라 건설 현장의 작업환경에 큰 영향을 주기 때문에 작업발판은 재해 예방 측면에서 그 역할이 매우 중요하다.

이상과 같이 작업발판은 대부분의 건설 현장에서 보편적으로 사용되는 가설재이면서 동시에 건설재해를 일으키는 중요한 원인을 제공한다. 작업발판의 재해 분석과 사용·실태조사를 통하여 국내 소규모 건설 현장의 재해 감소 방안을 찾을 수 있다.

건설 작업발판 재해 분석결과

개요

재해 분석은 일반재해자와 추락재해자를 구분하여 실시하였다. 일반재해 발생기록은 그 내용이 확실치 않아 안전보건공단에서 수행한 최근 5년간 중대재해조사서에 기록된 사망자 108명을 대상으로 정밀 분석해서 발생 원인과 감소 방안에 대하여 알아보았다.

추락높이별 분석

추락높이별로 보면 일반재해는 3m 미만의 높이에서 69%로 대다수 발생한 반면에 사망재해는 3m 이상에서 88%로 대부분 발생하는 등 일반재해와 사망재해가 추락 높이별 특성에서 큰 차이가 있는 것으로 나타났다.⁶⁾ 근로자가 3m 미만의 낮은 높이에서 추락 시 사망재해보다는 일반재해로 발생되지만 3m 이상의 높이에서 추락 시 안전방망으로 떨어지지 않는 한 대부분 사망재해로 발생된다. 건설작업은 대부분 고소작업으로 이처럼 추락 사망재

해가 많이 발생하여 건설 추락사망자는 전산업 추락사망자의 68%를 차지하고 있다.

작업발판에서 작업 벽면 방향의 단부는 작업공간이다. 그런데 안전난간이 미설치되면, 건설 근로자는 이동하며 작업하기 때문에 안전대를 착용하지 않는다. 이와 같이 작업발판 작업장에서 안전대 착용과 작업 벽면 방향에 안전난간 설치 등의 안전 조치는 건설작업의 특성상 현실적으로 이행되기가 어렵다. 이러한 이유로 작업발판 작업장에서 추락사고가 빈번히 발생된다.

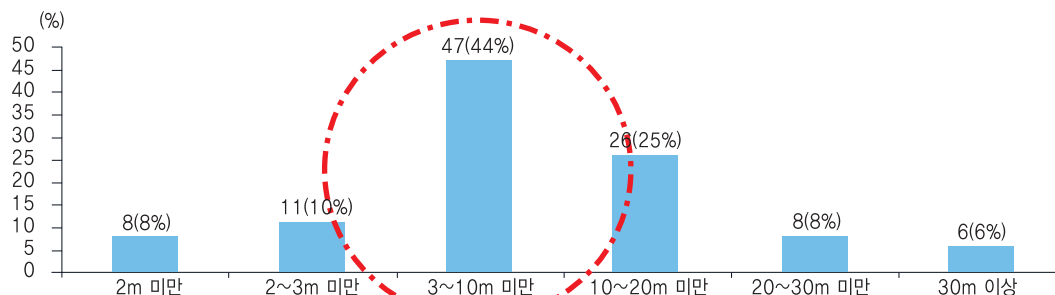
따라서 건설 현장에서 추락사고가 사망재해로 이어지는 것을 방지하기 위해서는 '안전방망을 적절한 위치에 설치하는 것'이 보다 더 실효성 있는 방안이라고 할 수 있다. 최근 5년간 사망재해자를 대상으로 분석한 결과에서도 [그림 4]와 같이 3m 이상에서 82%로 대부분을 차지하였고, 그 중 3~10m 구간에서 44%로 집중적으로 발생된 것으로 나타났다.

외부 비계에서부터 건축물 외벽 방향은 작업발판 작업자의 작업 공간으로 추락 위험 구간이며 외측 방향은 낙하 위험 구간이다. 안전방망의 설치 규정을 보면 낙하재해를 방지하기 위해서는 지상 높이 10m 이내의 간격으로 안전방망을 설치해야 하고,⁷⁾ 추락재해를 방지하기 위해서는 추락 위험 위치에서 10m 이내의 위치에 안전방망을 설치토록 규정⁸⁾ 되어 있다. 이러한 안전 규정으로 인

6) 최돈홍(2010), 건설 현장 작업발판의 사용 실태조사 연구, p.14.

7) 산업안전보건에 관한 규칙 제14조.

8) 산업안전보건에 관한 규칙 제42조.



[그림 4] 최근 5년간 사망자 추락높이별 분석

하여 고층건설 현장에서는 지상높이 7~10m 위치에 안전방망의 첫 단을 설치하고 있고, 지상높이 7~15m인 저층건설 현장에서는 안전방망을 설치하지 않고 있으나 건설 추락 사망자는 지상높이 3~10m 구간에서 집중적으로 발생하고 있다.

안전방망 설치에 대한 상기의 안전 규정은 건설 추락 사망재해를 방지하는 데 한계가 있다. 추락 사망재해를 방지하기 위한 안전방망을 지상 3~5m 높이에 설치토록 안전 규정을 개정할 필요가 있다.

동종 경력별 분석

동종 경력별로 보면 경력 10년 이상의 경력 근로자가 대부분을 차지(전체 사망자의 62%)하는 것으로 나타났다.⁹⁾ 경력자는 오랜 근로로 타성에 젖어 있고 안전의식 저하와 안전 불감증이 만연되어 있는 특성이 있다. 건설 현장 사내안전교육은 근로자의 특성을 고려치 않고 실시되고 있다. 안전의식이 낮은 10년 이상 경력자를 대상으로 안전의식 고치를 위한 교육 프로그램을 마련하여 별도 교육을 실시할 필요가 있다.

연령별 분석

연령별로 분석하면 50대 이상 고령 근로자가 대부분을 차지(일반재해 63~65%, 사망재해 71%)하는 것으로 나타났다.¹⁰⁾ 이와 같은 현상은 국내 사회의 고령화 영향과 건설작업을 3D¹¹⁾라는 인식으로 젊은 근로자가 건설작업

을 기피하여 건설 근로자의 고령화가 급속히 진행된 결과로 보인다. 최근 건설산업연구소는 '건설 근로자의 고령화 속도가 전산업 근로자의 고령화 속도보다 2배 이상 빠르게 진행된다'고 발표하였다.¹²⁾ 고령 근로자는 위험에 대한 인지 능력과 위기 대처 능력이 부족한 특성으로 재해 발생 확률이 높다. 건설 현장에서는 고령 근로자의 특성을 고려치 않고 안전교육과 안전관리를 일괄적으로 실시하고 있는 실정으로 향후 50대 이상 고령 근로자의 재해가 계속적으로 발생될 것으로 보인다. 고령 근로자의 특성을 고려한 교육 및 관리 프로그램을 마련하고 적합한 안전교육과 맞춤형 안전관리가 필요하다.

작업발판 사용 · 실태조사

개요

실태조사대상 현장은 발판 사용빈도가 높은 건축 현장과 현장 여건이 열악한 소규모 건설 현장 위주로 총 102개 현장이 선정되었다.¹³⁾

9) 최돈홍(2010), 건설 현장 작업발판의 사용 실태조사 연구, p.15.

10) 최돈홍(2010), 건설 현장 작업발판의 사용 실태조사 연구, p.20.

11) Danger, Difficult, Dirty.

12) 건설경제신문, 2012년 4월 3일.

13) 최돈홍(2010), 건설 현장 작업발판의 사용 실태조사 연구, p.55.



고층건설 현장과 저층건설 현장의 안전방망 설치 및 미설치 실태

작업발판 사용형태별 실태조사결과

발판 사용형태별로 부적합하게 사용하고 있는 현장의 분포를 보면 형틀재로 작업발판 용도로는 부적합한 유로 폼 사용이 62~76%, 폭이 9cm인 취약한 각재 사용이 38~59%, 발판 사용으로 금지되어 있는 불법 유공발판(PSP) 사용이 29~83%였다. 그리고 발판 없이 비계 파이프 위에서의 작업이 81~94%로 나타나 대다수 건설 현장에서 취약하고 위험한 발판을 사용하고 있는 것으로 나타났다.¹⁴⁾

작업발판 안전기준 준수도조사결과

설치된 발판에 대한 안전기준 준수도를 보면 전체 평균 64%가 준수하지 않고 있었고 안전기준을 준수한 비율은 36%에 불과하였다.¹⁵⁾

주요 항목별 미준수율을 보면 발판 사이 틈 미준수가 86%, 통행을 위한 폭 미확보가 43%, 벽면 이격거리 미준수가 75%로 나타났다. 또한 이동식비계에서 안전난간은 80%가 미설치되었고 모든 이동식비계의 발판에 폭 12cm 이상의 개구부가 발생하는 등 대다수의 건설 현장에서 안전기준을 준수하지 않고 있어 안전기준 준수를 위한 대책 마련이 시급한 것으로 나타났다.

작업발판 안전기준 숙지도조사결과

건설 현장 관계자 585명을 대상으로 안전기준 숙지도조

사결과, 관리자는 66%를 오답하였고 근로자는 79%를 오답하였다.¹⁶⁾ 설문 형식이 4~5지 선다 형식이므로 정답을 맞출 확률은 20~25%이나 숙지도 결과가 정답률 21~34%, 오답률 66~79%로 나타난 것을 보면 건설 현장 관계자가 안전기준을 거의 모르고 있는 것으로 판단된다.

더구나 대상 근로자에게 작업발판 안전교육 이수에 대한 질문에 안전교육을 최소 1회 이상은 받았으며 4회 이상 받았다고 응답한 경우도 47%¹⁷⁾인 것을 보면 건설 현장 사내 안전교육의 실효성에 문제가 있는 것으로 판단된다. 안전교육 실시 후 교육내용 숙지에 대한 간단한 확인 절차를 이행토록 사내 안전교육에 대한 안전 규정의 개정이 필요하다.

선진외국 사례 연구

시스템비계 · 발판 공법

국내에서는 주로 강관비계 · 발판 공법이 적용되고 있으나 유럽, 미국, 호주, 일본 등 외국에서는 대부분 설계 ·

14) 최돈홍(2010), 건설 현장 작업발판의 사용 실태조사 연구, p.58~65.

15) 최돈홍(2010), 건설 현장 작업발판의 사용 실태조사 연구, p.73.

16) 최돈홍(2010), 건설 현장 작업발판의 사용 실태조사 연구, p.98.

17) 최돈홍(2010), 건설 현장 작업발판의 사용 실태조사 연구, p.88.

〈표 3〉 강관비계와 시스템비계 공법 비교

구분	강관비계 · 발판 공법(국내)	시스템비계 · 발판 공법(외국)
공법 설명	비계파이프를 클램프와 연결판을 이용하여 수직재, 수평재 등 설치한 후 작업발판을 설치	건물형태에 따라 사전에 설계하여 규격화된 기성 제품을 맞춤, 끼움의 방법으로 설치
안전성	비계공의 경험과 기능도에 따라 부재 간격, 수직 · 수평도 등이 결정되어 부정확하고 변형이 많음	조립공의 기능도에 영향 없이 수직 · 수평도가 정확하고 품질 · 안전성 확보
설치 해체	48.6mm 비계파이프 위에서 작업으로 추락 위험이 매우 높음	발판이 순차적으로 설치되어 조립공이 작업발판 위에서 작업하므로 추락 위험이 적음
발판 설치	대체로 작업 장소에만 작업발판을 설치, 작업 후에 발판을 해체하여 이동 설치	전 층 · 전 구간에 발판이 설치됨
타 용도 전용성	가설공사에서 여러 가지 용도로 사용, 전용성이 높으나 안전성은 취약(형틀 고정용, 동바리 수평연결재, 안전난간용)	전용성 없고 오직 비계 용도로 사용 각 부재별로 고유 용도로만 사용되어 안전성이 매우 높음
경제성	저렴	강관비계 · 발판과 비교하여 약 1.3~2배
작업성	대체로 불량(발판 단차, 바닥 개구부 발생 등)	쾌적, 대체로 양호

구조 검토에 의하여 정형화·규격화된 부재를 사용하는 시스템비계·발판 공법이 적용되고 있다(표 3).

소규모 건설 현장 재해 감소 방안

건설재해 발생 주요 요인을 중심으로 집중적인 재해 예방활동 필요

실태조사결과에 나타난 다음과 같은 건설재해 발생 주요 요인을 중심으로 집중적인 건설재해 예방활동이 필요하다.

- 재해요인 1 : 발판 관련 기인물¹⁸⁾ → 집중적인 추락 방지활동(시스템비계 설치 등)
- 재해요인 2 : 높은 안전기준 미준수를 → 법 집행 등 감독 강화
- 재해요인 3 : 높은 안전기준 미숙지을 → 안전교육 내실화(교육 후 숙지도 확인 등)
- 재해요인 4 : 동종 경력 10년 이상 숙련 근로자(사망의 62%) → 안전의식 고취 등 감성교육
- 재해요인 5 : 50세 이상 고령 근로자(사망의 71%) → 고령 근로자 교육 프로그램 마련과 별도 교육
- 재해요인 6 : 지상 높이 3~10m 추락 집중 구간 → 추락방망 설치 위치 개선

시스템비계 설치 활성화

국내에 보편화되어 있는 강관비계·발판 공법은 근로자의 경험과 기능도에 전적으로 의존하게 되므로 안전 확보에 한계가 있다. 따라서 선진외국에서와 같이 시스템비계·발판 공법의 활성화가 필요하다. 추락재해가 다발하고 있으나 자금력이 부족하여 자체적으로 시스템비계 공법을 적용하기 어려운 소규모 건설 현장은 정부에서 임대자금의 일부를 지원하여 시스템비계를 설치하도록 유도하는 것이 필요하다.

비계 선행 공법 적용

국내 1~2층의 저층 주택 건설 현장은 발판을 설치하지 않고 이동식 사다리를 이용하거나 강관비계에 각재를 설치

하는 등 추락 위험이 매우 높다. 시스템비계 선행 공법은 발판을 먼저 확보하고 추락 위험을 제거하는 등 재해 감소 효과가 있으며, 쾌적하고 안전한 작업환경의 조성이 가능한 공법으로서 정부에서 소규모 단독·다가구 주택 현장에서 선행비계공법을 적용토록 임대자금을 지원할 필요가 있다.

‘기초안전활동’ 확립

실태조사에서 나타난 바와 같이 국내 대다수 비계·발판 작업장에서는 건설 관계자가 안전기준을 모르고 있으며 준수하고 있지 않은 실정이다.

국내 ○○발전소 비계 붕괴사고를 보면 작업 매뉴얼에는 비계타워 1개 당 최대 250kg 이하로 규정되어 있음에도 이를 확인 및 준수하지 않아 최대작업하중을 초과하여 과적재함으로써 결국은 근로자가 죽고 다치는 비계 붕괴 사고가 발생하였다. 이와 같이 국내 건설 현장에서는 작업 매뉴얼, 안전수칙 등 안전기준 확인 무(無), 작업 전 안전 점검 무, 작업자에게 안전기준 주지 무의 3무 증상이 만연되어 있는 등 ‘기초안전활동’이 무시되고 있는 실정이다. 이로 인하여 건설재해가 꾸준히 발생되고 있다.

운동선수에게는 기초체력이 중요하듯이 건설 현장에서는 이와 같은 ‘기초안전활동’이 매우 중요하다. ‘기초안전활동’이란 ① 각 작업장별로 작업 전에 작업 매뉴얼, 안전수칙 등 안전기준을 확인, ② 작업 전 안전 점검을 실시, ③ 안전수칙과 점검결과를 근로자에게 주지, ④ 안전 게시판에 안전수칙, 매뉴얼, 점검결과 등 부착과 게시의 안전활동을 말한다.

사업장 기술지원 및 감독 시 ‘기초안전활동’ 실시 여부에 대하여 우선 확인한다면 안전기준 숙지도 및 준수도가 향상되어 건설재해 감소에 기여할 것이다.

관리책임자 선임을 소규모 현장으로 확대

소규모 건설 현장에서는 관리자 1인이 수 개 작업장을

18) 작업발판, 비계, 사다리.

담당하고, 현장관리업무 외에 거래처 방문 등 타 업무를 수행한다. 그렇기 때문에 현장관리는 하루에 1~3시간 이내에 불과하여 대부분의 소규모 건설 현장에서는 관리자 없이 작업자 중심으로 작업이 진행되어 안전 점검·안전 교육·안전 조치 등 '기초안전활동'이 실시되지 않아 많은 재해 위험요인이 있으며 추락재해가 지속적으로 발생하고 있다. 따라서 최소 1인의 현장관리자가 작업장에 상주도록 관리책임자 선임기준을 공사금액 20억원 이상에서 안전관리비 편성대상 규모인 공사금액 4,000만원 이상으로 개선할 필요가 있다.

산재 취약 근로자 특별관리

건설작업장에서 오랜 근로로 인하여 타성에 젖어 안전 불감증이 만연되어 있는 동종 경력 10년 이상 근로자를 대상으로 안전 태도·안전의식 등에 대한 교육 프로그램을 마련하여 별도의 특별교육이 필요하다. 또한 위험에 대한 인지 능력과 대처 능력이 부족한 50세 이상의 고령 근로자를 대상으로 한 관리 및 교육 프로그램 마련과 실시가 필요하다.

요약·제언

비계·발판 작업장의 안전 확보

강관비계·발판 공법은 공법의 취약성과 건설 관계자의 안전기준 무지 및 미준수로 안전 확보가 어렵다. 따라서 시스템비계 공법과 비계 선행 공법을 활성화하고자 정부에서 임차자금 지원을 하고 '기초안전활동'의 확립을 위하여 기술 지원·감독을 효율적으로 수행한다면 추락재해의 50%를 점유하는 '발판 관련 기인물'의 재해가 감소는 물론 건설 현장 전체재해가 감소할 것이다.

소규모 건설 현장의 안전 확보

안전 조직이 없고 안전기준이 미준수되는 등 작업환경이 열악한 소규모 건설 현장에서 안전 확보는 매우 어렵다. 따라서 최소 1인의 관리자 현장 상주, 안전·보건 계시판

설치, 작업 중지·벌금 부과 등 법 집행을 강화한다면 증가하는 건설재해가 둔화, 감소에 이어 감소될 수 있다.

늘어나는 건설재해를 감소시키기 위해서는 입체적·종합적·다각적이며 중·장기적인 건설재해 예방활동을 지속적으로 전개해야 한다.

첫째, 건설환경 및 시설적 측면, 교육적 측면, 관리적 측면으로 제시한 '5. 소규모 건설 현장 재해 감소 방안'을 각 분야별 세부계획을 수립하여 단계별로 순차적인 시행을 해야 한다.

둘째, 현재 시공자 위주의 안전활동을 건설 참여자 전 영역으로 확대해야 한다. 즉, 발주자를 대상으로 산재율 공표, 설계자에게 비계·동바리 등 가시설 설계 의무 부여, 감리자에게 안전감독의 권한과 책임을 부여하고 시공자의 자율안전관리 정착과 개인보호구 미착용 근로자에 대한 과태료 부과 조치 등이 필요하다.

셋째, 건설 현장 지원·감독 측면에서 보면, 정부는 감독·법 집행을 강화하고 전국 지자체에게 교통재해를 순위를 공표하듯이 산재율 공표 순위를 발표하여 지자체별 산재활동을 하도록 동기를 부여하는 것이 필요하다.

끝으로 기초적 건설안전 연구의 투자 없이는 지속적인 건설재해 감소는 기대하기 어렵다. 국내 건설안전 연구에 대한 투자는 미국, 영국, 일본 등 선진외국에 비하여 턱없이 부족하다. 장기적·체계적 건설재해 예방을 위하여 건설안전 연구에 인력과 예산 등 과감한 투자가 이루어져야 한다. ✚

참고문헌

- 최돈홍, 건설 현장 작업발판 사용 실태조사 연구, 2010.
- 일본 건설업노동재해방지협회, 비계 선행 공법에 관한 가이dra인의 활용 방법.
- 정세균, 소규모 건설 현장의 추락재해 예방을 위한 안전 모델 연구, 2008.
- 고용노동부, 산업안전보건기준에 관한 규칙(작업발판에 관한 조항), 고용노동부령 제49호, 2012. 3. 5.

생물학적 인자 측정 평가방법 표준화 및 관리기준에 관한 연구

공중보건에서 감염성질환은 주요 이슈로 다루어지고 있으나, 작업환경에서 생물학적 인자는 아직 주요한 요소로 다루어지고 있지 않다. 생물학적 인자에 의한 직업병은 직업병 중 진폐증, 소음성난청에 이어 세 번째로 많이 발생하고 있으며, 이들 대부분은 인과관계가 명확한 감염성질환과 관련되어 있다. 생물학적 인자는 포괄적인 의미로 감염성질환 외에도 여러 가지 건강 영향을 미치는 것으로 알려지고 있으나, 이러한 생물학적 인자에 대한 평가방법은 아직 확립되어 있지 않다. 작업환경에서 생물학적 인자에 노출되는 근로자의 건강 보호를 위하여 유해 인자, 평가방법 및 건강 영향에 대한 연구가 더욱 활발히 이루어져야 할 것이다.



박해동 연구원
산업안전보건연구원
직업환경연구실

작업환경의 유해 인자는 크게 화학적 인자, 물리적 인자, 생물학적 인자 등으로 나누어볼 수 있고, 생물학적 인자는 바이러스(virus), 세균(bacteria), 곰팡이(fungi), 진드기(mites), 원형동물(protozoa) 등의 미생물과 유기체로부터 유래하는 내독소(endotoxin), 곰팡이독소(mycotoxins), 휘발성유기화합물(microbial volatile organic compounds), 죽거나 일부분이 떨어져 나온 유기체 등을 포함하는 포괄적인 의미이다. 생물학적 인자에 의한 건강 영향은 감기, 결핵, 레지오넬라병 등과 같은 감염성질환에서부터 과민성질환, 알레르기성질환, 암 등으로 다양하게 나타날 수 있다.

생물학적 인자의 연구동향

생물학적 인자의 측정 및 평가방법은 생물학적 인자가

전염성이 있는지 없는지의 여부, 살아 있는 미생물을 채취할 것인지 아니면 죽은 미생물을 채취할 것인지 여부, 미생물의 생체량(엔도톡신, 글루칸 등)을 측정할 것인지 등 대상에 따라 매우 다양하다.

어떠한 방법을 사용하느냐에 따라 인자 노출과 건강 영향의 연관성은 달라질 수 있으므로, 조사의 목적과 연구하고자 하는 질병의 종류에 따라 어떤 측정·분석방법을 사용할 것인지를 중요하게 고려하여야 한다. 그러나 현재까지 생물학적 인자에 대해서는 측정·평가방법의 표준화 및 노출량에 따른 건강 영향 연구가 충분히 이루어지지 못하였으며, 이로 인해 질병 발생의 원인을 분석하는 데 어려움이 있었다.

가장 보편적으로 쉽게 사용하는 생물학적 인자 분석방법은 살아 있는 미생물을 평가하는 배양에 근거한 것이다. 그렇지만 배양에 근거한 방법은 회수율이 저조하고

극히 적은 양만이 배지에서 자랄 수 있으며, 개인 시료 채취 및 15분 이상 채취가 불가능한 단점이 있다.

최근 많은 역학연구에서는 살아 있는 미생물과 죽은 미생물을 모두 측정하는 미생물 생체량 평가방법이 건강 영향과의 상관성을 더욱 잘 나타내고 있음을 보고하고 있다. 하지만 비배양방법은 실험실 간에 사용하는 분석방법이 서로 달라 연구논문들의 농도 비교가 어렵고, 농도에 영향을 줄 수 있는 여러 가지 환경 인자들이 있어 이러한 부분에 대한 실험 분석방법의 표준화가 필요하다.

따라서 이번 연구를 통해 생물학적 인자 중 엔도톡신 분석방법에 대한 세부적인 사항을 실험실에서 평가하고, 배양법을 이용한 현장측정결과를 비교 분석하며, 미생물 동정방법에 의한 정성 평가방법 및 국내·외 관리기준에 대하여 살펴보고자 하였다.

생물학적 인자 측정 평가 실험

엔도톡신 분석방법

관련 문헌 고찰결과, 농도 수준에 가장 많은 영향을 미치는 요소는 필터 종류와 추출액이었고, 농도를 알 수 없는 미지의 현장시료를 통해 고농도로 검출되는 분석방법을 권고하였다. 이번 연구에서는 표준엔도톡신을 이용하여 시료를 제작해서 다양한 시료 채취 필터 및 추출액을 사용·분석함으로써 가장 회수율이 좋은 측정방법을 알아보고자 하였다. 또한 보관방법(냉장(4℃), 냉동(-20℃)) 및 보관 기간(10일, 20일)에 따른 회수율을 평가하였고, 분석은 Kinetic chromogenic LAL(Limulus amoebocyte lysate) 방법으로 수행하였으며, 동일 시료에 대한 실험실 간 분석결과를 비교하였다.

배양법에 근거한 평가 방법

2009년과 2010년에 자체 수행한 '생물학적 인자에 대한 측정·평가 방안 연구(I, II)'의 현장실태 조사 결과를 재분석하여 평가방법을 비교하였다.

연구대상은 2009년에 목재가공업(5개소), 사료제조업(3개소), 금속가공유 취급사업장(3개소)으로 총 11개 사업장, 2010년에는 활용 선별장(3개소), 음식물 자원화 시설(2개소), 매립지와 소각장은 각 1개 사업장을 대상으로 하였다. 대표공정 3개 지점과 옥외 1개 지점에 대해 3회 반복, 1~2일간 측정을 실시하였다. 또한 재활용 선별장은 봄·여름 2계절에 측정을 실시하여 계절간 농도를 살펴보았다.

충돌법은 1단 앤더슨 샘플러(400 Hole; single-stage-viable particulate impactor, Model Quick take 30, SKC Inc, USA)를 사용하였고, 각 측정 장소에서 28.3L/min으로 2~5분씩 세균과 진균을 작업시간(10:00~16:00) 중 지역 시료형태로 채취하였다. 세균은 Trypticase Soy Agar(TSA; Komed, Korea) 배지에 포집하고, 곰팡이(진균류)는 Chloramphenicol 100mg이 첨가된 Sabouraud Dextrose Agar(SDAc; Komed, Korea) 배지를 사용하였다. 세균은 37℃에서 24~48시간, 곰팡이는 25℃에서 72시간 배양 후 집락을 계수하고 Positive hole correction 방법에 따라 보정을 실시한 후 채취 유량으로 나누어 농도를 환산하였다.

필터법은 젤라틴 필터(25mm, SKC, USA)를 이용하여 3L/min의 유속으로 약 6시간 동안 채취하였고, 젤라틴 필터의 특성을 고려하여 PC(Polycarbonate) 필터를 후면지지대(backing pad)로 사용하여 지역 시료형태로 채취하였다. 채취된 시료는 4℃ 이하로 보관, 실험실로 운송하여 48시간 내에 젤라틴 필터를 10mL의 식염수(Saline solution, 0.9% NaCl 용액)에 추출한 후 희석하여 희석액 100 μ L를 TSA, SDAc 배지에 도말하고 배양시킨 후 배양된 집락을 계수하였다.

미생물의 정성 평가

2009년 작업환경 일제조사 결과에서 작업시간, 작업자 수, 연간 사용량 등을 고려하여 수용성 금속가공유 취급 사업장 7개소를 대상으로 8~9월에 샘플링을 실시하였다. 공기 중 시료는 작업장 내 2~4지점, 외기 1

지점에서 측정하였다. 1단 앤더슨 샘플러(400 Hole; single-stage-viable particulate impactor, Quick take 30, SKC Inc., USA)를 이용하여 유량은 28.3L/min으로 하였다. TSA 배지를 이용하여 작업장 내에서는 2~5분간 시료를 채취하였고, 외기는 5분간 시료를 채취하여 냉장 보관하여 이동한 후 37℃에 48일 동안 배양한 후 계수를 실시하였다.

별크시료는 사용중인 금속가공유를 멸균된 20ml 갈색병에 채취하였으며, ORION 3 STAR pH Bench top(Thermo Scientific)을 이용하여 pH를 측정하였고, 단계적으로 희석·도말해서 37℃에서 48시간 동안 배양·계수하여 희석배수 및 분주량을 적용, 농도를 계산하였다.

세균의 동정을 위하여 세균을 순수 분리시킨 후, 배양된 콜로니를 Instant FAME(Sherlock 6.0, MIDI Inc. USA) 분석법을 이용하여 분석하였다. 분리 동정한 미생물의 안전성 등급을 '생물 산업-병원체의 목록 및 안전성 등급 분류'(지식경제부, 기술표준원)를 통해서 확인하였다. 또한 표준균주 3종(*Bacillus subtilis*(ATCC 6633), *Pseudomonas aeruginosa*(ATCC 27853), *Staphylococcus aureus*(ATCC 12600))을 다른 시료와 동일하게 전처리 및 분석하여 QA/QC를 실시하였고, 표준균주로 3종과 현장시료 중 세균 12종을 선정해서 전문 분석기관에 분석을 의뢰하여 결과를 비교하였다.

생물학적 인자의 관리기준

생물학적 인자와 관련되어 국내의 각 부처별로 설정되어 있는 기준을 검토하였으며, 국외에서 설정된 기준을 문헌조사 등을 통하여 조사하였다.

생물학적 인자 측정 평가 실험결과

엔도톡신 분석방법에 대한 실험

엔도톡신 분석에 사용되는 추출액으로 PFW(Pyrogen free water)와 Tween20을 0.05% 첨가한 PFW에서 엔도톡신이 검출되지는 않았으나, Tween20을 첨가하는

경우는 LAL 반응의 방해작용을 없애기 위하여 100배 정도의 희석이 필요하며 이에 따라서 검출한계가 높아지게 되었다.

엔도톡신을 사용하지 않은 공필터 분석 시, 폴리카보네이트(PC) 및 폴리비닐클로라이드 필터에서는 엔도톡신이 검출되지 않았으나, 유리섬유(G/F) 필터에서는 Lot에 따라서 엔도톡신이 0.52~24.4EU/Filter가 검출되었고, MCE 필터는 3개 중 1개 필터에서 0.035 EU/Filter 수준으로 검출되었다.

표준엔도톡신의 안정성을 시험해본 결과, 녹인 표준 엔도톡신 용액을 건조하거나 PFW를 다시 넣어서 초음파 처리를 하는 과정에서 안정적인 값을 보였으며, 상온에서 하루 동안 방치하여도 안정된 활성을 보였다. 필터를 사용하지 않은 경우 추출방법으로 초음파 처리와 교반(shaking) 모두 비슷한 농도를 보였으나, 필터를 주입하여 건조한 후에는 회수율이 50~70% 수준으로 떨어졌다.

추출방법에 따른 엔도톡신의 회수율을 비교해 본 결과, 초음파 처리의 유무에 관계없이 같은 회수율을 보였으며, 사용한 PC 필터의 Lot에 따라 회수율은 50~73%로 차이가 있었다. 필터 및 추출액에 따른 엔도톡신의 회수율을 비교해보면, G/F 필터가 PC 필터보다 높고, 추출액은 Tween20을 0.05% 첨가한 PFW로 추출하는 것이 PFW로만 추출하는 방법보다 높았다.

추출한 후 액체 상태로 저장한 경우에는 저장 기간이 길어질수록 농도가 높아졌으며, 냉동 보관한 경우는 10일 경과 시 농도가 낮았으나 20일 경과 시에는 같았다. 필터의 상태로 저장한 경우에는 냉장 보관 시 10일 경과 후 농도가 높았으나 20일 경과 시에는 같았다. 동일 시료에 대하여 두 개의 실험실에서 비교하여 분석값을 비교한 결과 유의한 차이는 없었다.

배양법에 근거한 평가 방법 비교 분석

2년간 7개 업종 21개 사업장의 평가결과를 분석하였으며, 업종 간에는 평가 시기의 차이가 있어 온도 및 습

도의 차이가 있었다. 세균농도는 충돌법에 의한 평가에서 음식폐기물처리업, 목재가공업, 매립지, 재활용선별장(여름) 순으로 높았으나, 필터법에 의한 평가에서는 매립지, 음식폐기물처리업, 사료제조업, 목재가공업의 순으로 높았다. 진균농도는 충돌법에 의한 평가에서 재활용선별장(여름), 소각장, 재활용선별장(봄), 음식폐기물처리업 순으로 높았으나, 필터법에 의한 평가에서는 재활용선별장(여름), 매립지, 소각장, 재활용선별장(봄) 순으로 높았다.

공정 간의 농도 변화가 컸던 소각장은 충돌법과 필터법 모두 변화가 컸으며, 일간 변화가 크게 나타났던 음식폐기물처리업은 필터법에서 특히 변화가 크게 나타났다. 작업장 내와 외기를 비교하면 온도와 습도에는 유의한 차이가 없었으나, 미생물 농도는 작업장이 외기에 비해서 유의하게 높게 평가되어 공정 내에 오염원이 있음을 알 수 있었다.

업종별로 평가방법(충돌법, 필터법)에 따른 평균농도 비교에서 세균은 금속가공유취업과 사료제조업에서 유의한 차이가 있었고 진균은 음식폐기물처리업을 제외한 모든 업종에서 유의한 차이가 있었다. 필터법과 충돌법에 의한 세균농도의 비율은 0.265~4.264로 업종 간 차이가 있었으며, 진균농도의 비율은 0.828~8.398로 업종 간 차이가 있었으나, 외기에서는 세균 및 진균의 농도비율에는 업종 간 차이는 없었다. 평가방법의 상관분석결과 세균은 4개 업종, 진균은 3개 업종에서 유의한 상관관계가 있었으며, 측정지점별 평균값을 이용한 분석에서는 대부분의 업종에서 상관계수가 증가하였으나

유의한 상관관계를 보이지는 않았다.

반복측정에 대한 변이계수의 평균은 업종 간에 유의한 차이가 없었으며, 평가방법 간에도 38~45%로 비슷하였으나, 업종 내 측정지점별 변이계수는 최소 10% 이하에서 최대 110% 이상까지 매우 큰 변이를 보였다.

미생물 정성 평가

작업장 공기 중 세균농도는 25.2~283.3CFU/m³였으며, 총 484개의 순수 분리 세균 중 162개(33%)가 동정되었다. 작업장 내 세균 중 동정된 127개 가운데 안전성 2등급이 9종(29개, 23%), 1등급이 7종(45개, 35%)이었으며, 외기에서는 35개 중에서 2등급 1종(1개, 3%), 1등급이 3종(9개, 26%)이었다.

작업장 내 세균의 농도(정량 평가결과)는 E > C > G > A > F > B > D 사업장 순으로 높았으나, 안전성 등급을 가진 세균의 비율(정성 평가결과)은 B > G > (A, C, D, E, F) 사업장 순으로 높았다. 안전성 등급 2등급 세균 중에서 *Acinetobacter calcoaceticus*가 15종(51.7%)으로 가장 많은 분포를 차지하였고, *Acinetobacter baumannii*가 4종(13.8%), *Brevundimonas diminutark* 3종(10.3%), *Staphylococcus aureus*가 2종(6.9%)의 순이었다.

사업장별로 사용중인 금속가공유 벌크를 2~4개를 채취하여 총 18개를 분석한 결과, 9개 시료에서 미검출(100CFU/ml 미만)되었으며, 나머지 시료는 450~2,200,000CFU/ml 수준에서 검출되었다. 동정결과, 116개 세균 중 47개만이 동정되었으며, 동일 작업장의 공기 중에서 검출된 세균의 종과는 모두 다르게 나타났고, 안전성 등급에 해당되는 세균은 없었다.

벌크 시료에서 Pearson 상관 분석을 해본 결과, 온도와 세균의 농도와는 유의한 상관관계가 없는 것으로 나타났으나, pH와 세균의 농도는 미검출 시료를 포함하는 경우에는 상관계수가 -0.489로 유의한 음의 상관성이 있는

〈표〉 사업장별 세균의 안전성등급별 우점시료 수 및 비율

구분		A	B	C	D	E	F	G	Total
n		4	8	8	8	8	8	16	
Conc.(CFU/m ³)		82.3	65.2	202.0	27.3	222.6	73.8	98.4	-
Safety Level	2등급	1 [14%]	12 [55%]	2 [10%]	0 [0%]	0 [0%]	1 [8%]	13 [30%]	29 [23%]
		1 [14%]	8 [36%]	6 [29%]	1 [50%]	9 [45%]	5 [42%]	15 [35%]	45 [35%]
	1등급	5 [71%]	2 [9%]	13 [62%]	1 [50%]	11 [55%]	6 [50%]	15 [35%]	53 [42%]
		7	22	21	2	20	12	43	127
	Total								

것으로 평가되었으며($p < 0.05$), 미검출 시료를 제외하는 경우에는 상관계수가 -0.878 로 유의한 매우 강한 음의 상관성이 있는 것으로 평가되었다($p < 0.01$). 분석기관 간의 분석결과를 비교해 보면, 표준 균주 3개 시료는 자체 분석 및 전문 분석기관의 분석결과가 모두 일치하였으나, 현장 시료 12종에 대해서는 각각 '속' 수준에서 9종(75%)과 '중' 수준에서 2종(17%)이 일치하였다.

국내외 생물학적 인자의 관리기준

고용노동부에서는 '사무실 공기관리지침'에서 총부유세균 $800\text{CFU}/\text{m}^3$ 이하로 설정되어 있고(고용노동부 고시 제2009-38호), 환경부에서는 일정 규모 이상인 의료기관, 보육시설 등에서 총부유세균의 유지기준으로 $800\text{CFU}/\text{m}^3$ 가 설정되어 있다(법률 제10789호, 2011. 6. 7, 다중이용시설 등의 실내공기질관리법, 환경부). 학교보건법에서는 모든 교실에서 총부유세균의

기준은 $800\text{CFU}/\text{m}^3$, 보건실과 식당의 낙하세균 기준은 $10\text{CFU}/\text{실}$, 보건실에서는 진드기의 기준은 $100\text{마리}/\text{m}^2$ (진드기알레르겐 $10\mu\text{g}/\text{m}^2$ 이하)로 설정하고 있다(교육과학기술부 고시 제2009-37호).

홍콩은 사무실 및 공공시설의 실내 공기에서 총 부유세균의 농도기준으로 $1,000\text{CFU}/\text{m}^3$ 를 적용하고 있으며, 싱가포르의 사무실 및 공공 시설의 실내 공기에서 총부유세균의 농도기준으로 $500\text{CFU}/\text{m}^3$ 를 적용하고 있다. ACGIH의 실내 공기 중 세균 및 곰팡이의 농도기준으로 $1,000\text{CFU}/\text{m}^3$ 를 권고하고 있으며, WHO에서는 실내 공기 중 곰팡이 농도기준으로 $150\text{CFU}/\text{m}^3$ 를 권고하고 있다. 북유럽의 국가들은 폐기물 수집 운반에 대한 연구결과에 따라서 총 배양 가능한 세균의 공기 중 허용 배경농도로 $10,000\text{CFU}/\text{m}^3$ 설정하고 있으며, 배양 가능 그람음성균은 $1,000\text{CFU}/\text{m}^3$ 로 설정하고 있다.

2010년 네덜란드 DECOS(Dutch Expert Committee on



환경부는 일정 규모 이상인 의료기관, 보육시설 등에서 총부유세균의 유지기준으로 $800\text{CFU}/\text{m}^3$ 를 설정하고 있다.

Occupational Safety)에서는 과학적 연구결과에 기초한 엔도톡신의 노출기준으로 90EU/m³를 제안하였다.

캐나다 IRSST(Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail)가 제시한 바이오에어로졸에 대한 호흡 보호를 위한 가이드에서는 바이오에어로졸을 감염성과 비감염성으로 구분하고 있으며, 호흡에 의한 감염이 가능한 결핵균(*Mycobacterium tuberculosis*)은 감염량으로 10개 개체, 탄저균(*Bacillus anthracis*)은 8,000~50,000개 개체 등으로 설정되어 있다. IICRC(Institute of Inspection, Cleaning and Restoration Certification)에서는 호흡보호구 착용을 필요로 하는 배경농도로 10,000spores/m³를 권고하고 있다.

ACGIH에서는 1999년 엔도톡신의 허용 배경농도를 상대한계값(Relative Limit Values)으로 제안하였으며, 건강한 개인은 배경농도(실내 또는 실외 참조지역에서의 공기 중 농도)의 30배, 관련 증상이 있는 사람은 배경농도의 10배로 제안하였다. NIOSH에서는 고온성 Actinomycetes가 70CFU/m³ 이상일 때는 추가적인 관리방법이 필요하다고 하였다.

미래 전망

표준엔도톡신을 이용한 실험에서 필터의 로트(lot)에 따라서 50~70%로 회수율의 차이가 있었고, 시료의 냉장 또는 냉동 저장 후 회수율은 저장 전 회수율과 비슷하게 평가되었다. 엔도톡신 분석시약 및 장비의 분석 매뉴얼에서 제시하는 PPC의 회수율 적정 범위 50~200%와 본 연구에서의 회수율의 변이를 고려해 볼 때 엔도톡신 분석방법은 자체적으로 상당한 변이를 인정하고 있으며, 이러한 변이로 인하여 분석결과에 영향을 미치는 것으로 해석된다. 여러 연구자가 서로 다른 방법으로 엔도톡신을 분석함으로써 서로 간의 농도 비교에 제한점이 있었는데, 이러한 변이를 줄이기 위해 세부적인 측정 분석방법이 확립되어야 할 것이다.

배양방법에 근거한 생물학적 인자의 평가는 간편하면

서도 실용적인 부분이 있는 반면, 건강 영향과 관련이 적은 점, 변이가 큰 점 등 여러 단점도 있다. 지난 2년간 평가한 충돌법과 필터법에 의한 평가방법을 비교 분석한 결과로는 업종, 미생물 및 평가방법 간에 다양한 변이가 존재하여 평가 목적과 작업환경의 특성을 고려해서 평가방법을 적용하여야 보다 유용한 정보를 얻을 수 있을 것으로 생각되나, 이 방법들 간의 상관성과 변이에 대해서는 더 많은 연구를 필요로 한다.

기존의 정량 평가와 더불어 미생물동정을 통한 정성 평가를 위하여 안전성등급을 적용해서 수용성 금속가공유 취급사업장 7개소를 평가하였는데, 사업장별로 분석해 보면 세균의 정량적 평가결과와 정성적 평가결과는 서로 달랐다. 안전성등급에 대한 적절한 계수를 고려하여 적용하고 정량 평가와 함께 계산된다면 종합적인 생물학적 인자의 평가가 가능할 것으로 생각된다. 🌸

참고문헌

- 고광표, 바이오에어로졸의 노출 및 인체 위해성 평가, 공기청정기술, 2007;20(1): 50-56.
- 기술표준원, 생물산업-병원체의 목록 및 안전성 등급 분류 - 제2부 세균, KS J 0050-2:2010.
- 김윤신 · 김기영, 바이오에어로졸의 특성 및 측정방법, 공기청정기술, 2007;20(1): 1-39.
- 박주형, 실내환경에서 생물학적 인자에 대한 노출 평가, 한국환경보건학회지, 2009;35(4): 239-248.
- Douwes J, Thorne P, Pearce N, et al. Bioaerosol Health Effects and Exposure Assessment: Progress and Prospects. Annals of Occupational Hygiene, 2003;47(3):187-200.
- Park HH, Park HD, Lee IS. Microbial Exposure Assessment in Sawmill, Livestock Feed Industry, and Metal Working Fluids Handling Industry. Safety and Health at Work, 2010;1(2):183-191.
- Suzanne, S., Dick, J.J.H., Peter, S.T., Inge, M.W. : Optimization of Airborne endotoxin exposure assessment : effects of filter type, transport conditions, extraction solutions, and storage of samples and extracts, AEM, Vol 73, No 19, 6134-6143, 2007.
- Thorne PS, Reynolds SJ, Milton DK, et al. Field Evaluation of Endotoxin Air Sampling Assay Methods, Am Ind Hyg Assoc J. 1997 Nov;58(11):792-9.

금속분체의 폭발 특성과 위험성 예측

최근 폭발사고 발생 빈도가 줄지 않고 있는 마그네슘-알루미늄(Mg-Al) 합금 분진에 대한 폭발 특성을 실험적으로 조사하였으며, 공기중에 부유한 상태에서의 Mg-Al 합금 분진의 폭발 위험성을 추정하기 위해 농도 변화에 따른 폭발 압력자료를 활용하여 화염전파속도를 계산하였다. 화염전파속도는 실제의 분진 폭발사고 시의 폭발 발생과정과 피해 상황을 예측하는 데 중요한 자료로서 활용될 수 있다. 본 연구에서는 금속분체의 폭발 특성을 종합적으로 평가하기 위해 폭발 압력자료를 사용하여 분진 폭발 시의 화염전파속도에 대한 계산방법을 제시하였으며, 퇴적 상태에서 분진이 부유되어 발생할 수 있는 폭발 위험성을 검토하였다. 본 연구결과는 금속분진에 의한 폭발사고의 원인 규명을 위한 기술자료로서 활용될 수 있으며, 분체 취급 사업장에서의 방폭대책에 필요한 안전정보를 제시하여 동종 금속분진의 폭발사고 방지에 기여하고자 한다.



한우섭 연구위원
산업안전보건연구원
화학물질센터 위험성연구팀

산업 현장에서 분체 형태의 원료를 사용하거나 공정작업중에 분진이 발생하는 사례는 매우 많다. 금속과 같이 비중이 큰 분진은 공기중에 분산되더라도 바닥에 쌓이고, 비중이 작아 쉽게 부유되는 분진은 시간이 지나면 점차로 바닥이나 설비 표면에 퇴적하게 된다. 이렇게 퇴적된 분진이 외부 열원에 의해 가열되면 발화하거나 자기 발열을 통하여 화재나 폭발로 이어질 수 있다. 퇴적 금속분체의 발화가 주변 부유 분체를 착화시켜 분진 폭발로 이어지는 상황을 고려하여 20L 구형 분진폭발시험장치를 사용하여 농도 변화에 따른 부유 분진의 폭발 특성을 측정하고 부유 금속분체의 폭발 특성을 검토하였다.

연구 배경

2008년 8월에 분쇄공정 설비에 퇴적된 마그네슘-알

루미늄(Mg-Al) 합금 분진에 의한 금속분체의 폭발로 4명의 부상자가 발생하였다. 2010년 6월에는 자동차 조향장치부품을 제조하고 있는 국내 사업장에서 알루미늄(Al) 퇴적 금속분진에 의한 폭발사고로 6명의 부상자가 발생하였고 집진기와 관련된 내부 시설이 파괴되었다.

〈표 1〉은 최근 국내에서 발생한 퇴적된 금속분체가 착화하여 화재 폭발사고를 일으킨 사례이다. 발생 설비별로 보면, 연마기, 분쇄기, 집진기와 그 주변에서 많이 발생하고 있고, 방전시험실과 같은 착화원이 직접적으로 존재하는 경우도 있다. 가연물질로는 마그네슘, 알루미늄이 많은 비율을 점하고 있으며 아연, 은분, 리튬 등이 화재 폭발사고의 원인물질로 밝혀지고 있다. 사고 원인 물질 중에서도 Mg-Al 합금에 의한 재해 건수가 4건이 발생하여 사고 빈도가 가장 높았으며, 평균적인 사고 피해도 사고 1건 당 평균 사망 1명, 부상 2명으로 인적 피

해가 가장 크게 나타나고 있다. 최근 금속분진 화재 폭발사고의 빈도와 강도를 보면 Mg-Al 합금에 의한 폭발 사고가 반복적으로 발생하고 있어 이에 대한 예방 대책이 요구되고 있다.

금속분체의 발화원으로는 부유 금속분진의 경우에는 충격, 마찰 또는 정전기 등에 의한 착화원이 있다. 퇴적 금속분체가 발화되는 경우에는 무연 연소나 화재만으로 끝나지 않고 금속분진운에 화염이 전파되어 폭발로 이어질 수 있으며, 반대로 금속분진운이 먼저 착화되어 분진 폭발이 발생하게 되면 퇴적된 금속분진을 부유시켜 폭발이 확대될 수 있다. 이러한 위험성은 최근의 Mg-Al 합금 폭발사고 및 Al 퇴적 금속분진 폭발사고 사례를 통하여 알려지고 있다. 그러므로 금속분체의 폭발과정 및 위험성을 조사하기 위해서는 화재 폭발 시의 폭발 압력과 화염전파속도 등에 대하여 검토할 필요가 있다.

대상 시료

본 연구에서 대상으로 하는 금속분진은 화재 폭발사고가 빈번히 발생한 Al 및 Mg-Al 합금을 선정하였다. 실제 공정에서는 서로 다른 성분비율을 갖는 Mg-Al 합금의 사용을 고려하여 Mg 및 Al의 성분비율이 각기 다른

Mg-Al(60 : 40wt%), Mg-Al(50 : 50wt%), Mg-Al(40 : 60wt%)에 대하여 조사하였다. 순도 99.0% 이상의 금속 시료를 사용하였으며, 습식 입도분석기(Beckman Coulter LS 13320)를 활용하여 시료의 입도 분포를 측정한 결과, Mg-Al(60 : 40wt%), Mg-Al (50 : 50wt%), Mg-Al(40 : 60wt%)의 평균입경은 각각 160 μ m, 151 μ m, 152 μ m를 얻었다. 또한 평균입경이 각각 15.1 μ m 및 34.8 μ m의 알루미늄 분진을 사용하여 입경 변화에 따른 폭발 특성의 차이를 검토하였다.

분진 폭발 특성시험

분진의 폭발 압력 특성치를 측정하기 위하여 [그림 1]과 같이 ASTM 표준시험규격에 적합한 Siwek 20L Chamber(Kuhner AG 사, 스위스)를 사용하였다. 분진 분사 압력은 20bar이며, 착화 지연시간(delay time of ignition)의 설정이 가능하고, 일정한 크기의 에너지 조건을 주기 위하여 화학점화기(chemical igniter)로 착화하도록 되어 있다. 착화 전후의 분체 유동과 난류가 폭발 압력, 압력상승속도, 폭발하한농도에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 압축공기로 분진을 분산시킨 후에 일정한 착화 지연시간(60ms)을 정해서 부유 분진운의

〈표 1〉 금속분진의 국내 화재 폭발사고 사례

연도	월	발생 설비	가연물질	사상자	물적 손실 및 기타
2007	1	용해로	마그네슘	사망1	용해로 장입중 폭발
2007	2	원료 아적장	마그네슘	-	휴대폰 부속 원료 전소
2007	9	집진기	마그네슘-알루미늄 합금	사망 3, 부상 2	공기청소기, 집진기 파괴
2007	12	연마기, 집진기	마그네슘	-	연마기 및 집진 설비 파손
2008	2	집진기, 배관	아연	부상 2	집진 설비, 배관 파괴
2008	3	집진기	알루미늄	부상 11	집진기실 화재
2008	6	Mg 용융, 합금 제조 실험	마그네슘	부상 1	전기로에서 화재로 실험실 화재 발생
2008	8	분쇄공정	마그네슘-알루미늄 합금	부상 4	분쇄 공정 설비 등에 퇴적된 금속분체의 화재 폭발
2008	9	은분 제조공정	은분	부상 2	교반기 전소
2009	4	호퍼, 배관	적인	-	호퍼, 배관, 혼합기 파손
2009	9	방진 시험실	리튬	부상 7	시험실 시설, 장비 파손
2009	12	약품 제조공정	알루미늄, 산화동, 수지 혼합물	사망 3, 부상 2	암반파쇄용 화공약품 제조 작업중에 폭발
2010	1	집진기	마그네슘-알루미늄 합금	-	집진기 파손 및 제품 전소
2010	3	집진기	알루미늄	사망 1	알루미늄 코일 산화피막 연마작업중 퇴적분진의 화재 폭발
2010	3	집진기	마그네슘-알루미늄 합금	사망 2, 부상 1	집진기 파손 및 건물 피해
2010	6	집진기 주변	알루미늄	부상 6	퇴적 알루미늄 분진의 착화에 따른 화재 폭발

유동성을 최대한 억제시키기 위한 착화 조작이 필요하다. 시험방법은 일정 농도의 분진을 6L의 분진 저장 컨테이너에 넣고 20bar의 공기를 유입시켜 분진 컨테이너의 밸브를 순간적으로 열어 분진-공기 혼합물을 구형 용기 내에 부유, 분산시키고 착화 지연시간(60ms) 경과 후에 두 전극 사이로 전압을 인가하여 5kJ의 착화 에너지를 갖는 화학점화기를 착화시킨다. 이 때 분진-공기 혼합물의 폭발에 따른 압력 파형을 관찰하고 폭발하한 농도, 폭발 압력, 최대압력상승속도를 측정하였다. 이러한 폭발 특성 평가는 상온, 상압의 동일 농도조건에서 실험을 3회 실시하여 평균값을 사용하였다.

분진 폭발 시의 화염전파속도 추정

분진 폭발이 발생하면 분진화염은 분진운이 존재하는 공간을 따라 전파하게 되는데 빠른 전파속도로 인하여 화염면 전방에는 공기압축에 따른 충격파가 발생하여 주변의 장치, 건물, 작업자에 심대한 피해를 일으킬 수 있다. 이러한 충격파로 인한 피해는 가스 폭발에서도 나타나는 현상이지만 금속분진의 폭발은 가스 폭발과는 달리 높은 화염온도로 인하여 장치의 소손이나 화상 등의 부상이 현저하게 나타나는 특징이 있다.

국내에서 발생한 금속분진 폭발사고의 피해 상황을 보면 폭발 지점에서 비교적 먼 거리에 떨어져 있는 작업자가 화상 등의 부상을 입었는데, 분진 폭발 시의 화염전파속도를 통하여 이러한 피해 발생이 가능한지를 검토하고자 하였다. 이를 위해 본 연구에서는 분진 폭발 시

의 화염전파속도를 계산하는 방법을 제시하였다.

밀폐 공간에서의 분진 폭발 시에 발생하는 폭발 압력 파형의 예를 [그림 2]에 나타냈다. 최대폭발압력(P_m ; Peak pressure)은 분진 폭발 시에 발생하는 압력의 최대 크기를 말하며, 폭발 압력의 측정 시에는 착화원만을 사용하였을 때의 압력 상승의 차이를 뺀 값으로 보정하게 되고, 최대압력상승속도($[dp/dt]_m$)는 폭발 압력에 따른 상승 곡선의 최대 기울기이다. 또한 P_m 및 $[dp/dt]_m$ 는 폭발강도를 표현하는 물리적 특성값으로서 분진농도에 따라 변화하며 특정 농도에서 최대로 나타난다.

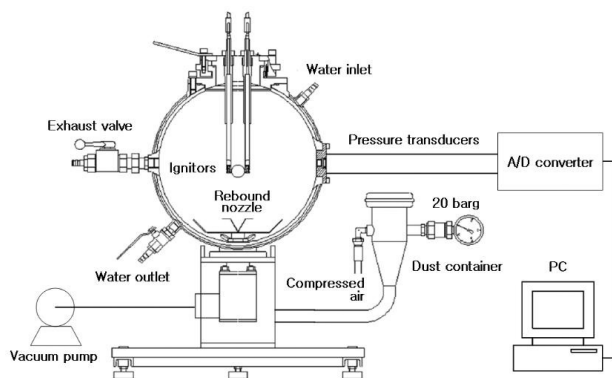
[그림 2]에서 t_c 는 분진의 연소시간으로서 착화와 함께 폭발 압력이 최대가 될 때까지의 시간(time to peak pressure)을 의미한다. 밀폐용기에서 분진이 착화되어 화염이 전파하면 폭발 압력이 발생하는데 최대폭발압력(P_m)은 화염이 용기의 벽면에 도달하는 지점에서 발생한다. 분진 화염면(Flame front)이 밀폐 용기의 벽면에 접하는데 소요되는 시간을 화염도달시간(Flame arrival time, t_w)이라고 하였을 때, t_c 는 t_w 와 거의 비례한다고 볼 수 있다(식 1).

$$\bullet t_c \approx t_w \text{ (식 1)}$$

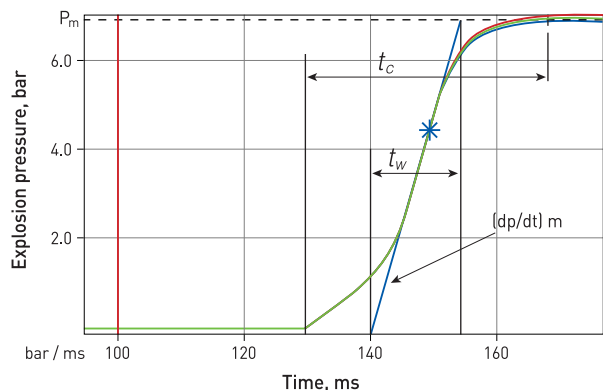
밀폐 공간 내에서 분진 폭발이 발생하면 화염이 전파되면서 폭발 압력이 발생하는데, 구형 폭발용기의 반경을 $r(m)$ 이라고 하면 분진 폭발로 인한 화염전파속도(Flame velocity, V_f)는 (식 2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\bullet V_f = r / t_w \text{ (식 2)}$$

용기의 반경(r)은 용기 체적(V)의 3제곱근($V^{1/3}$)에 비례



[그림 1] 20L 분진 폭발시험장치의 개략도



[그림 2] 분진 폭발에서의 폭발 압력과 분진의 연소시간

하며, 연소가 거의 종료되고 압력이 최대가 되는 시점에서 t_w 는 P_m 과 $(dP/dt)_m$ 의 비율에 근사하므로 (식 3)과 같이 표현할 수가 있다.

$$\bullet t_w = P_m / [(dP/dt)_m] \text{ (식 3)}$$

아울러 분진의 연소속도(S_u)는 분진농도에 관계없이 일정하며, 용기의 반경에 대한 분진화염 전파 시의 화염 두께(Flame thickness, δ)는 고려하지 않았다.

$$\bullet \delta = S_u \cdot \tau_c \text{ (식 4)}$$

이에 따라 (식 2) 및 (3)으로부터 V_f 는 식 (5)와 같이 표현된다.

$$\bullet V_f = V^{1/3} \cdot [(dP/dt)_m / P_m] \text{ (식 5)}$$

마그네슘합금 분진 폭발의 화염전파속도

금속 퇴적 분체가 착화 또는 발화되어 화재가 일어나고 주위 분진운으로 전이하여 폭발이 일어나면 분진화염이 배관이나 공간으로 전파하게 된다. 이렇게 분진화염이 주위로 전파되면 급격한 압력 팽창을 일으키고 고온의 분진화염이 설비나 작업자에게 피해를 줄 수 있다.

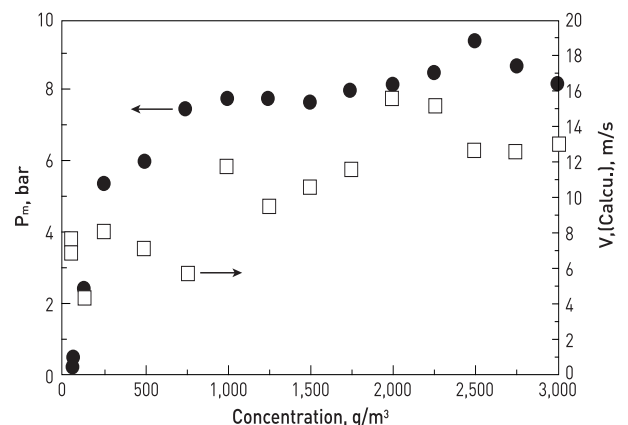
본 연구에서 제안한 추정식($V_f = V^{1/3} \cdot [(dP/dt)_m / P_m]$)을 사용하여 측정된 폭발 압력으로부터 화염전파속도(V_f)를 계산하였다. 혼합기 기류 속도가 같은 조건에서 화염전파속도가 큰 분진일수록 연소 속도가 빠르다고 할 수 있으며, 연소 속도가 빠를수록 폭발 위험성이 크다고 볼 수 있다. 또한 분진 폭발은 분진이 연소해서 화염으로 발전하고 화염전파를 통하여 압력이 급격하게 증가하므로 폭발 압력은 화염전파속도(V_f)와 밀접한 관련이 있다. 그러므로 부유분진의 화염전파속도를 추정함으로써 해당 분진의 위험성을 보다 상세히 알 수 있으므로 유용한 정보가 된다.

Mg-Al 합금에 대하여 농도를 변화시키면서 최대폭발 압력(P_m)을 측정하고 화염전파속도를 계산한 결과를 [그림 3]~[그림 5]에 제시하였다. 농도가 증가함에 따라 폭발 압력은 일정 농도 구간에서 최대가 되며 그 이후에는 감소 경향을 나타내고 있는데 Mg-Al(60 : 40wt%), Mg-Al(50 : 50wt%), Mg-Al(40 : 60wt%)의 최대폭발

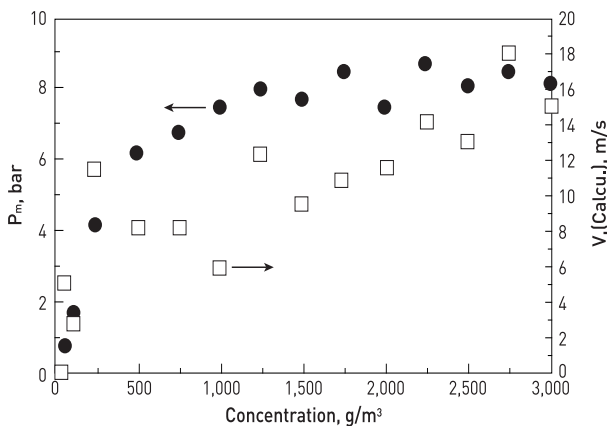
압력은 각각 19, 17.5, 16bar로 나타났으며, 최대화염속도는 각각 15.5, 18, 15.2m/s로 계산되었다.

Al 성분 비율이 증가할수록 전체적으로 최대폭발압력이 감소하며 최대화염전파속도도 감소하는 경향을 보이고 있다. 그러나 Mg-Al(60 : 40wt%) 및 Mg-Al(50 : 50wt%)의 특정 농도에서 최대화염전파속도는 Mg-Al(50 : 50wt%)에서보다 크게 나타나는 경우도 있었다. 밀폐 공간에서 난류상의 분진 폭발 시에는 기류 속도와 분진운의 분포가 일정하지 않기 때문에 Mg-Al(50 : 50wt%)의 경우라도 분진운 농도와 기류 속도가 최대가 되는 부분이 존재할 수 있다. 따라서 화염면이 일정하지 않고 매우 불규칙적으로 전파될 수 있으며, 이러한 공간에서의 화염전파는 보다 증가할 것으로 추정된다.

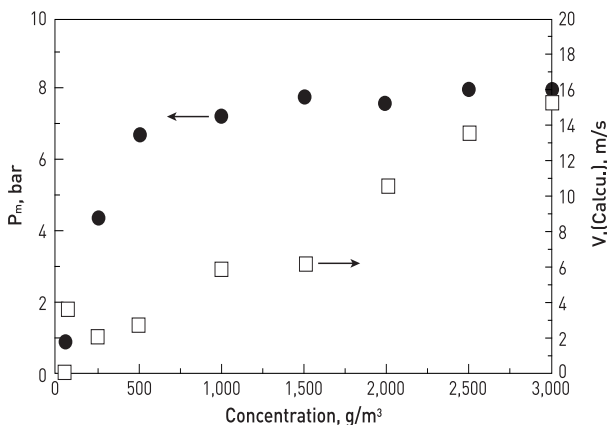
이상의 결과에서 알 수 있듯이 기류가 존재하는 밀폐 공간에서의 Mg-Al 합금분진 화염전파속도의 경향은 성분비율에 관계없이 농도 증가에 따라 증가 경향을 보이고 있지만 증가비율은 일정하지 않고 불규칙적으로 변화하고 있다. 실제 사업장의 공정이나 배관 내 분진운의 형태는 공간적인 분진운의 농도 기울기가 존재하며 시간과 함께 농도가 실시간으로 변화하기 때문에 화염전파속도는 가감속을 반복하면서 전파될 것으로 판단된다. 본 연구에서 살펴본 Mg-Al 합금 분진의 경우는, 최대폭발압력이 Al 성분의 증가와 함께 감소하는 경향을 보이더라도 실제 공정에서의 화염전파 거동은 기류 및 농도 조건에 따라 변화될 수 있다.



[그림 3] Mg-Al(60 : 40wt%)의 폭발 압력과 화염전파속도



[그림 4] Mg-Al(50 : 50wt%)의 폭발 압력과 화염전파속도



[그림 5] Mg-Al(40 : 60wt%)의 폭발 압력과 화염전파속도

입경 변화에 따른 알루미늄 분진의 폭발 특성

알루미늄 분진 폭발의 국내 사고 사례를 보면 알루미늄 분진 폭발 화염이 20m 거리에 떨어져 있던 작업자에게까지 화염전파로 인하여 사상자가 발생하였는데, 이러한 현상이 가능한지와 이때의 알루미늄 분진 폭발 시 화염전파속도(V_f)가 어느 정도인지를 조사하였다. 또한 폭발이 발생한 집진기에서 재해자가 발생한 쇼트기까지의 거리가 25m인데 분진화염의 도달시간이 어느 정도인지를 계산을 통하여 추정하였다. 분진화염의 도달시간에 대한 정보는 분진화염 억제장치 등의 안전장치를 설계 하거나 설치하는 경우에 중요한 자료가 될 수 있다.

알루미늄의 분진 폭발사고가 발생한 공정의 퇴적 알루미늄의 입경은 $20\mu\text{m}$ 이하로 추정되었는데, 본 연구에

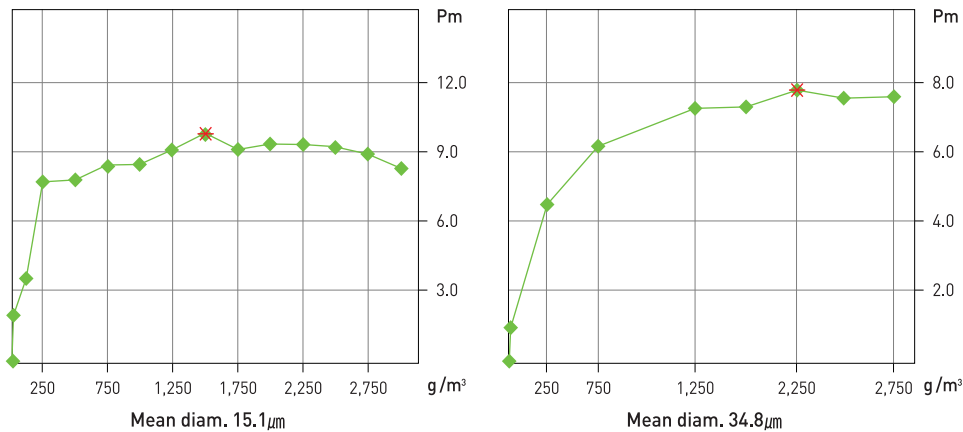
서는 화염전파속도의 입경에 의한 영향을 조사하기 위하여 평균입경이 각각 $15.1\mu\text{m}$ 및 $34.8\mu\text{m}$ 의 알루미늄 분진을 사용하였다. 사용된 $15.1\mu\text{m}$ 의 시료는 실제 사고 사례의 알루미늄 입경($20\mu\text{m}$)과 거의 동일하기 때문에 폭발사고 시의 폭발 압력과 유사할 것으로 판단된다.

입경이 서로 다른 알루미늄 분진의 농도 변화에 따른 폭발 압력을 조사한 결과를 [그림 6]에 나타냈다. 최대폭발압력은 $34.8\mu\text{m}$ 에서 7.9bar, $15.1\mu\text{m}$ 에서 9.8bar로 나타났는데, 실제 폭발사고가 발생한 집진기 내에서는 9.8bar의 폭발 압력이 발생한 것으로 추정된다.

$34.8\mu\text{m}$ 의 알루미늄 분진에서의 폭발 압력과 화염전파속도를 농도에 따른 결과를 [그림 7]에 제시하였다. 최대 화염전파속도는 농도 $1,500\text{g/m}^3$ 에서는 11m/s로 나타났다. 일반 유기물 분진 폭발에서 볼 수 있는 화염전파속도보다 2배 이상 큰 수치를 보이고 있다. 폭발사고가 발생한 집진기 내의 알루미늄 입경과 유사한 폭발 압력에서의 화염전파속도의 변화를 [그림 8]에 나타냈는데, 최대 화염전파속도는 농도 $2,500\text{g/m}^3$ 에서는 55m/s의 결과를 얻었다. 그러므로 알루미늄 분진 폭발사고 시에는 집진기 내부와 이송 배관을 분진화염이 55m/s의 속도로 전파한 것으로 추정된다. 이러한 전파속도는 유기물 분진인 석송자 분진 폭발보다 7배 이상의 크기로서 집진기의 파열로 인하여 분출된 화염이 장거리까지 날아갈 수 있었던 원인으로 판단된다. 또한 집진기에서 쇼트기까지 분진화염이 전파하는 데 소요된 시간은 0.45s인 것으로 계산되었다.

맺음말

본 연구에서는 폭발사고 발생 빈도가 높은 Mg-Al 합금 분진과 Al 등이 부유상태로 공기중에 부유되었을 경우의 폭발 압력 특성을 조사하였다. 또한 성분비에 따른 Mg-Al 합금분진과 Al 폭발사고의 현상을 설명하기 위하여 밀폐 공간 내 분진 폭발에서 화염전파속도 (Flame velocity, V_f)를 분진의 연소시간과 화염면의



[그림 6] 입경에 따른 Al의 폭발 압력 변화

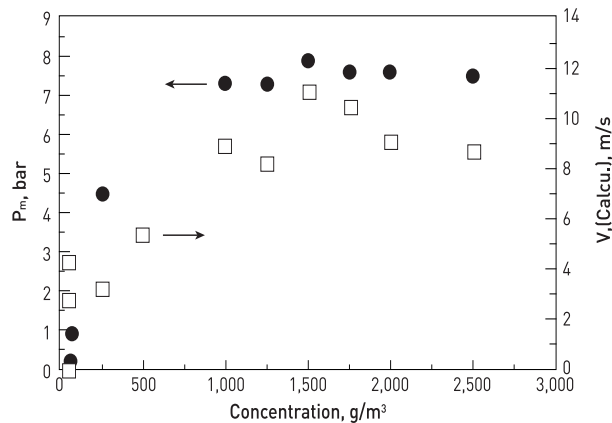
도달시간을 고려하여 폭발 압력으로부터 추정하는 방법($V_f = V^{1/3} \cdot [(dP/dt)_m / P_m]$)을 제시하였다. 그 결과 Mg-Al(60 : 40wt%), Mg-Al (50 : 50wt%), Mg-Al(40 : 60wt%)의 최대화염전파속도는 각각 15.5, 18,

15.2m/s로 계산되었으며 Al 성분비율이 증가할수록 최대화염속도는 감소하는 경향을 보였다.

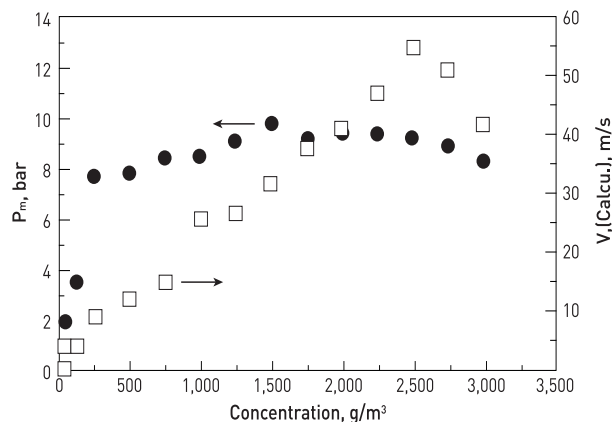
20μm 이하로 추정되는 알루미늄 분진 폭발사고를 설명하기 위하여 평균 입경 15.1μm의 알루미늄 분진을 대상으로 폭발 압력 실험 및 화염전파속도를 계산한 결과, 최대폭

발압력이 9.8bar, 최대화염전파속도는 농도 2500g/m³에서 55m/s의 결과를 얻었다. 이러한 결과를 통하여 집진기에서 쇼트기까지 25m 거리를 분진화염이 전파하는데 0.45s의 매우 짧은 시간이 걸린 것으로 추정된다. Mg-Al 합금 등의 금속분체 화재 폭발 동종재해 예방을 위해서는 순수한 Mg 및 Al 성분이 10% 함유된 Mg-Al(90 : 10wt%) 분진을 취급하는 경우에 퇴적 분진이 발생하지 않도록 하며 착화원 관리에 유의해야 한다.

Mg-Al 합금 분진이 폭발하면 분진화염이 약 15m/s로 전파되기 때문에 폐기 분진을 이송배관을 통하여 배출하는 시스템이나 공정에서는 폭발로 인한 피해를 최소화하기 위하여 Mg-Al 합금 분진의 폭발 특성을 고려한 안전 설비를 설치한다. Al은 비중이 2.7로 작아 공기 중에 부유하기 쉬우며, 입경 20μm 이하의 Al은 폭발 압력이 9.8bar, 최대화염전파속도가 55m/s로서 폭발 위험성이 매우 높으므로 폭발사고에 주의가 필요하다. Al은 Mg와 합금을 형성하는 경우, Al의 성분비율이 감소할수록 최대폭발압력은 증가하며 폭발하한농도는 감소하므로 이에 대한 충분한 예방대책이 요구된다. 🌸



[그림 7] Al(34.8μm)의 폭발 압력과 화염전파속도



[그림 8] Al(15.1μm)의 폭발 압력과 화염전파속도

노동 능력에 영향을 미치는 근골격계 통증과 우울증의 동시 발생

- FIOH, 근골격계 통증과 우울증 동시 발생 보고서 리뷰(review)

신체의 통증과 우울증이 동시에 발생하는 경우 삶의 질, 신체의 기능, 노동 능력의 저하가 생길 수 있으며, 이는 곧 치료, 병가, 노동 능력 상실, 조기 퇴직으로 연결될 수도 있다. 근골격계질환과 정신질환은 30세 이상 핀란드 국민의 23%가 갖고 있어 노동력 상실을 발생시키는 주요 원인이다. 1차 진료기관에 처음 방문하는 환자가 근골격계질환을 갖고 있다면 우울증 선별 진단의 실시가 필수적일 것이다.



김대성 교수
고려대 안산병원 직업환경의학과

근골격계 증상과 정신질환은 핀란드 경제활동 인구에서 가장 흔한 보건학적 문제이다.

2009년 핀란드 사회보장청의 질병수당자료에서 장기간 병가의 절반이 이 질환으로 인한 것으로 나타났다. 정신질환의 경우 핀란드에서 연간 400만 병가일수를 차지하였고, 근골격계 통증은 치료를 받는 가장 흔한 원인 중 하나이다. 지역보건센터를 방문하는 환자의 거의 절반이 통증으로 인한 것으로 보고되었다.

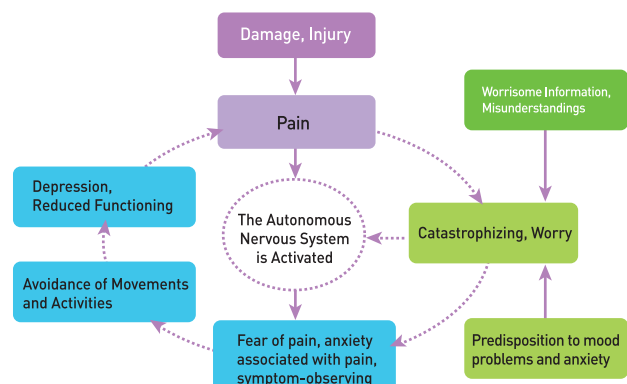
근골격계 증상 중 가장 흔한 것은 요통으로, 지난 한 달 동안 핀란드 인구의 1/3이 경험하는 것으로 보고되었다. 목 부위 통증은 30%, 어깨나 무릎 통증은 전체 인구의 20% 정도가 호소한다는 보고가 있다.

보고서의 배경

근골격계 통증은 특정 원인이 밝혀지는 경우는 10% 미

만으로 대부분 불특정 원인에 기인한다. 지난 수십 년간 핀란드 조사에서 근골격계 통증 보고가 증가되거나 감소된 바는 없었다. 하지만 근골격계와 관련한 장애는 1990년 이후 증가하는 경향을 보였고, 2008년 이후는 더 이상 증가하지 않고 있다.

근골격계 증상과 우울증의 선후 관계 연관성은 다양하



[그림 1] 통증과 우울증의 악화회로(the vicious circle) 모형

다. 계속되는 통증이 우울증을 이끈다는 보고가 있지만 우울증을 갖고 있는 사람이 통증 유발을 유지시킨다는 보고도 있다. 따라서 통증과 우울증은 원인-결과 연관성보다는 서로 강화시키는 악화회로(the vicious circle)로 알려져 있다(그림 1). 특히 태도, 습관, 관념 등 부정적 감정과 통증 경험이 혼합되어 통증과 우울증의 강도가 높아지는 경향을 보이는 특징이 있다.

보고서의 분석대상 및 방법

이 보고서는 핀란드 국민들에서 근골격계 통증과 우울증의 동시 발생에 대한 일반 정보를 제공하고자 하였고, 30세 이상 핀란드 국민을 대상으로 성, 연령, 고용 상태를 층화하여 지난 13년간(1997~2009년) 근골격계 통증과 우울증의 유병 추이를 기술하였다.

보고서의 분석대상은 핀란드 국민에 대한 자료로 ‘건강 2000 조사(the Health 2000 study)’ 자료, 사회보장청과 연금센터의 등록자료 그리고 매 3년마다 조사한 ‘일과 건강 면접(the Work and Health Interview)’ 자료인데, 총 1만 7,000명 이상이 조사대상에 포함되었다.

근골격계 통증은 ‘건강 2000 조사’ 자료와 ‘일과 건강 면접’ 자료를 활용하여 지난 30일간 근골격계 통증을 부위별로 조사하였고, 우울증은 21 문항의 Beck 우울증상척도(Beck Depression Inventory)를 활용하여 ‘일과 건강 면접’ 자료 중 지난 한 달간 우울증상을 경험했는지 여부로 증상등급을 분류하였다.

연구자들은 30세 이상 핀란드 전체 인구나 30~64세의 경제활동인구에서 근골격계 질환 통증과 우울증상이 동시에 발생하는 지를 분석하였다. 이 연구에서 근골격계 증상은 등, 목, 어깨, 팔목, 손목, 손, 엉덩이, 무릎, 발목, 발 부위에서 지난달에 발생한 통증이 조사되었다. 그리고 자세, 동작과 관련하여 통증이 유발되었는지도 조사되었다.

우울에 대한 조사를 위해서는 우울과 통증의 동시 발생을 가능한 한 측정할 수 있게 기획하였다. 이를 위해 우울증상은 ‘건강 2000 조사’에서 사용하였던 증상지표들 중에서 표준화된 21 문항의 Beck Depression Inventory를 Raitasalo 등의 제안에 따라 일부 응용하여 사용하였다. 우울증상은 ‘약간, 보통, 심한 증상’으로 구분하여 파악되었다.

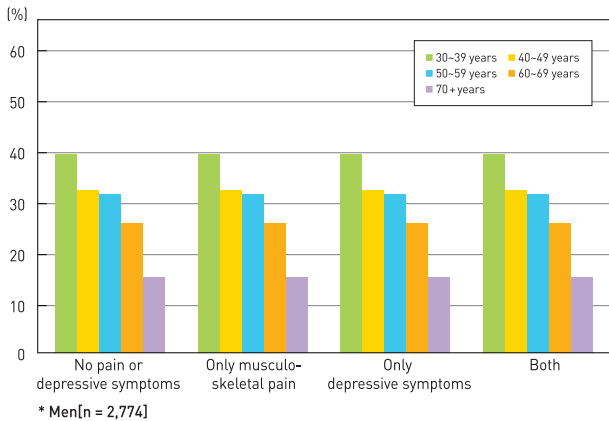
보고서의 분석결과

전체 인구의 23%와 경제활동인구의 15%가 근골격계 통증과 우울증상을 동시에 갖고 있는 것으로 나타났다. 통증을 갖고 있는 사람들 중에서 1/3이 우울증상을 호소하였다. 여성이 남성보다 더 많이 통증과 우울증상을 호소하였고, 통증과 우울증상의 동시 발생이 장애로 이어지는 경우는 남성에서 더 높게 나타났다. 여성은 27%가 통증과 우울증상이 동시에 발생했는데, 남성은 17%가 그러하였다.

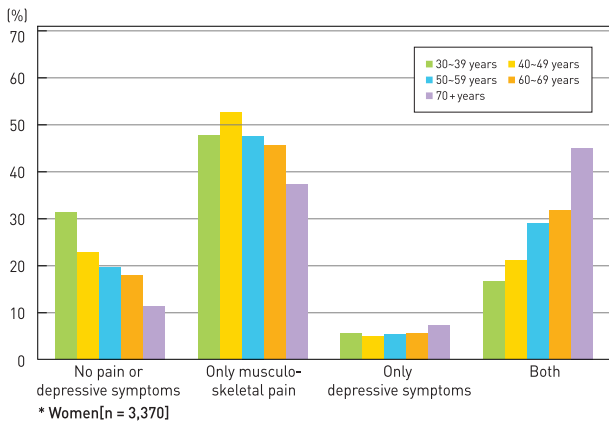
통증과 우울증상의 동시 발생은 연령과 통증 부위가 늘어나면서 급격하게 증가하였다. 근골격계 통증과 우울증상의 동시 발생이 가장 낮은 집단은 14%로 전임 근무(Full-time) 근로자군이었고, 동시 발생이 가장 높은



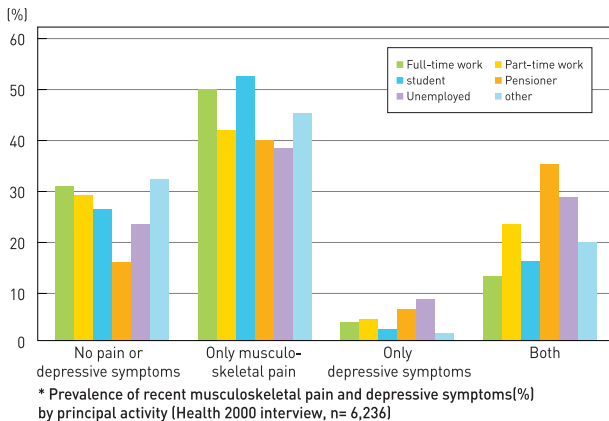
핀란드 경제활동인구 중 근골격계 통증은 우울증상을 갖고 있는 군에서 더 흔하게 호소하였고 통증의 유병률 또한 우울증상의 수준이 높아짐에 따라 단계적으로 증가하였다.



[그림 2] 연령군에 따른 최근 근골격계 통증과 우울증상의 동시 발생 비율-남성



[그림 3] 연령군에 따른 최근 근골격계 통증과 우울증상의 동시 발생 비율-여성



[그림 4] 경제활동 상태에 따른 최근 근골격계 통증과 우울증상의 동시 발생 비율

군은 29%로 연금수급자와 실업자군이였다.

경제활동인구 중 근골격계 통증은 우울증상을 갖고 있는 군에서 더 흔하게 호소하였고 통증의 유병률 또한 우울증상의 수준이 높아짐에 따라 단계적으로 증가하였

다. 1997년부터 2009년에 걸쳐 근골격계 통증과 우울증상의 동시 발생 경향은 크게 변화가 없이 유지되었다.

근골격계 통증과 우울증상을 호소하는 사람들은 자신들의 노동 능력이 평균보다 낮다는 점을 알고 있고, 의사를 더 자주 방문하였으며, 장애연금을 받는 퇴직자에서 두드러지게 나타났다.

보고서의 시사점

지난 13년간(1997~2009년) 조사한 '건강 2000 조사' 자료, 사회보장청과 연금센터의 등록자료와 매 3년마다 조사된 '일과 건강 면접' 자료를 이용하여 근골격계 통증과 우울증의 유병 추이를 기술하였다.

핀란드 인구 중 1/4이 근골격계 통증을 호소하는 것으로 나타났고 경제활동인구에서는 7명 중 1명이 호소한다고 보고되었다. 전체 인구의 5%가 우울증상을 호소하는 반면에 최근 한 달 이내에 인구의 절반이 근골격계 통증을 경험한 것으로 나타났다.

지난 한 달 이내에 근골격계 통증을 호소한 핀란드 성인의 1/3이 우울증상을 경험한 것으로 조사되었다. 따라서 경제활동인구에서 근골격계 증상을 호소하거나 치료받는 경우에 우울증의 동시 발생 가능성이 높으므로 이를 평가, 확인하는 과정이 필요하다는 점을 강조한다.

조사에서 나온 자료로 추산할 때 약 30만명의 30세 이상 경제활동인구가 근골격계 통증과 우울증을 경험하는 것으로 추정된다. 🌸

근골격계 통증 환자의 우울증상 확인을 위한 질문

1차진료기관에 근골격계 통증 환자가 처음 방문, 우울증상을 확인해야 할 필요가 있다면 다음 두 가지 질문으로 파악할 수 있다.

- 지난 한 달 동안 귀하는 기분이 가라앉거나 우울한 느낌으로 사는 것이 귀찮다고 생각한 적이 있습니까?
- 지난 한 달 동안 귀하는 하는 일에 흥미를 잃거나 즐거움이 거의 없어져서 사는 것이 귀찮다고 생각한 적이 있습니까?

미국의 작업성 수근관증후군 예방 정책

작업성 수근관증후군이란, 주로 극심한 작업환경에 노출된 노동자에게서 흔히 발생하는 손목의 말초관장해의 전형적인 증상이다. 미국 내에서도 수근관증후군은 작업 관련 상지 질환 중에서도 가장 빈번히 발생하는 질환으로 알려져 있으며, 그간 작업성 수근관증후군의 진단기준과 작업 관련성 여부를 판단하는 기준을 구체화하려는 연구의 필요성이 대두되어 체계적인 진단법과 위험인자의 노출 정도 측정법에 관한 연구가 진행되고 있다. 본 고에서는 미국에서의 수근관증후군 예방 관련 노력 및 정책적 측면과 함께, 한국의 수근관증후군 예방 정책에 관한 시사점을 기술하고자 한다.



유두희

University of California, Berkeley,
School of Public Health, Environmental
Health Science- Ergonomics Program

1713년 이탈리아의 Ramazzinni가 작업에 의한 근골격계질환에 관해 저술한 이래, 1950년 국제노동기구(ILO)에서 반복적 작업에 의한 손상을 직업성 근골격계질환으로 인정한 역사적 사실이 있다.

우리나라의 경우 일본에서 사용되는 업무상 재해 인정 기준을 인용하여 인체에 과도한 부담을 주는 작업으로 인한 질병을 직업병 인정요인으로 정의하였다. 대표적 사례로 1996년에 66명의 전화교환원들의 경견완 장애가 발생한 것과 더불어 1992년에 레이온공장의 근로자들에 게서 집단적 수근관증후군의 발생보고가 있었으며, 이는 손목을 반복적으로 사용하는 것이 중요한 위험 요인임을

보여주었다. 그러나 이것은 반복적 손목의 사용뿐만 아니라, 작업하중, 작업중 손목의 자세, 진동도구의 사용 여부, 그리고 작업자의 신체 크기나 질병의 상태 등과도 밀접히 관련되어 있다. 작업성 수근관증후군의 위험요인 및 작업 관련성의 진단은 병리학적 소견만으로는 진단에 한계가 있는 것으로, 정확한 작업 위험요인의 노출에 대한 인정기준이 갖추어져야 한다고 제시된 바 있다.

수근관증후군의 배경

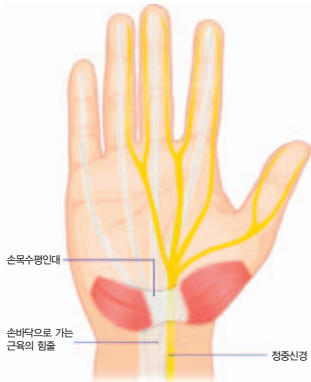
생리학적 정의

수근관증후군이란 5개의 수근골과 9개의 Flexor tendon(굴근건)으로 둘러싸인 수근관 내를 지나는 손 정중신경의 압박으로 인해 발생하는 질병이다. 비환자군 수근관의 압력은 해부학적 기준 자세에서 5mmHg

* 공동 집필 : 장은섭

University of California, Berkeley, Goldman school of Public policy

정도인 것으로 알려져 있으며, 손목의 신전이나 굴곡에 따라 30mmHg까지 증가하는 것으로 알려졌다. 그러나 손목의 굴곡 또는 신전은 수근관을 지나는 flexor tendon의 수근관 내에서의 움직임을 제한하게 되며, 특히 지나치게 빈번하거나 지속되는 손목의 굴곡·신전은 정중신경을 손상시킨다. 또한 지나친 손목의 사용은 수



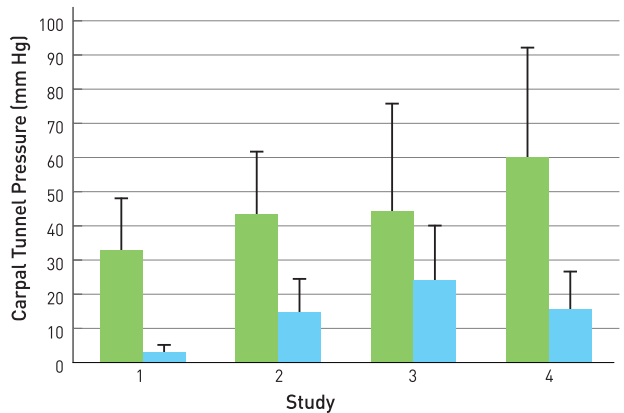
* 보건복지부 자료

[그림 1] 수근관의 위치 및 구조

인간공학적 정의

작업 관련 수근관증후군의 경우 그 노출-반응 모델(Exposure-Response model)이 정확히 알려져 있지 않다. 그 이유는 작업성 수근관증후군이 해당작업의 빈번성, 반복성, 하중, 진동 위험요인 등의 복합적 위험 인자들과 연계되어 있기 때문이다.

이에 미국 NIOSH(National Institute of Occupational Safety and Health)는 수근관증후군의 인간공학적 위험인자를 밝히고자 하는 연구를 진행하였다. 그 결과에 따르면, 반복주기가 10초 이하이거나 총 작업시간의 50% 이상이 동일한 작업으로 이행하는 경우를 작업성 수근관증후군을 일으키는 반복적 위험인자로 보고하고 있다. 또한 작업자가 다루어야 하는 작업도구의 무게나 대상 물체의 무게가 4kg 이상을 넘는 경우, 이것을 작업성 근골격계질환의 요인이 되는 고위험군의 무게로 제시하고 있다. 그러나 작업의 반복성 및 작업의 하중과 더불어 중요한 작업에 따른 손목의 각도가 가져오는 위험에 관한 연구는 아직 크게 이루어지지 않고 있는 실정



[그림 2] 수근관의 압력 상승 : (정상군 : 파랑색), 1(Gelberman, 1981), 2(Okutsu, 1989), 3(Serage, 1995), 4(Hamanaka, 1995), 각기 다른 작업 위험요인에 노출된 경우의 근로자군 (David, 2004)

이다. 다만, 몇몇 연구에서 손목의 각도 또한 작업성 수근관증후군의 위험인자로 보고 있으며, 역학 연구가 아닌 실험 연구의 결과로 손목각도와 작업성 수근관증후군의 인과관계를 보고하고 있다.

일부 연구는 임상실험을 통해 30° 이상의 손목 신전은 75% 이상의 작업인구에서 수근관증후군을 일으키는 임계치라 보고하고 있으며, NIOSH 역시 이러한 기준을 작업성 수근관증후군의 예방 권고기준으로 사용하고 있다.

이러한 연구보고들을 토대로 NIOSH는 다양한 직업군과 인구를 아우르는 작업성 수근관증후군의 예방 정책을 만들고자 하는 노력을 기울이고 있다.

역학적 연구

수근관증후군의 발병률은 일반 인구 내에서 1,000인년 당 1.7~2.3인 것으로 조사된 바 있으며, 노동집약적 산업의 경우 발병률은 100인년 당 7.3에서 10인 것으로 조사된바 있다. 또한 작업성 수근관증후군의 발병률은 사무직 근로자보다 노동집약적 업종의 근로자들에게서 유의하게 더 많이 보고되고 있다. Silverstein이 652명의 노동자들에 대해 추적조사를 한 결과 노동집약적 산업에서의 작업 관련성 수근관증후군의 유병률은 5.6%인 것으로 밝혀졌다. 이와 더불어 Nordstrom은 그의 case-control 디자인 연구에서 BMI가 1단위씩 증가할 때마다 직업성 수근관증후군의

위험도가 8%씩 증가한다고 보고하였으며, Burt는 477명의 노동자를 대상으로 한 연구에서 여성 근로자의 경우 남성 근로자의 경우보다 작업성 수근관증후군의 발병 위험률이 21% 증가한다고 보고한바 있다.

수근관증후군 관련 예산 및 경제적 효용

Luckhaupt(2012)에 의하면 미국에서만 수근관증후군 환자는 500만명에 이르는 것으로 보고되고 있으며, 연간 3만 7,804건의 작업 관련 수근관 발병건수와 연간 2억 달러의 예산이 12만 2,200명의 수근관증후군 환자 치료 및 보상에 소비되고 있다. 또한 수근관증후군의 치료를 위한 직접적인 비용뿐만 아니라, 그에 따르는 간접적인 생산성 손실에 대한 사회적 인식도 증대되고 있다. 미국 노동부의 집계에 따르면, 작업성 수근관증후군에 따라 휴가를 받은 평균일수가 연간 28일에 이르고, 이로 인해 사업주에게 커다란 인력 손실을 끼치게 된다.

이러한 측면에서 작업성 수근관증후군은 사업주와 공중보건에 실질적인 경제적 부담을 끼치는 질병으로 알려져 있다. 이같은 사회적·경제적 부담에 더불어 36%의 발병 환자군은 평생에 걸친 재활치료를 필요로 할 만큼 개인적으로도 수근관증후군은 커다란 부담이 되고 있다.

수근관증후군에 관련한 미국의 연구 동향 및 예방 프로그램

NIOSH에서는 상지에서 발생하는 작업성 누적손상질환에 대한 작업 평가지침, 작업기준이나 진단의 기준을 개발코자 2001년부터 대규모의 학제간 협업 연구를 진행하고 있으며, 이것은 지난 2001년부터 6개의 연구단체가 공동으로 각 연구 구역의 산업체에서 최장 7년간의 추적조사를 실시하고 있다. 그리고 이렇게 수집한 추적조사자료 및 위험인자 폭로의 연구법을 아우르는 통합 연구를 진행하고 있다.

최근 실시되고 있는 작업공정에 대한 작업안전 분석은 후향적 코호트 디자인의 연구로, 연구의 시작점에서 근로자들에게 기본적 인적 사항, 건강 상태와 요구되는 작



[그림 3] 작업위험요인 노출 평가를 위한 행동 관찰조사 소프트웨어 화면

업에 관한 설문(KARASEK)에 응답받고, 주기적으로 설문 및 현장조사를 통해 baseline에서 취득된 데이터를 재검하는 방법을 도입하였다. 아울러 후향적 연구 기간 동안에 신경전도 검사와 이학적 검사를 진행하여 수근관증후군의 발병률을 분석하는 방법을 채택하였다.

이와 함께 현장조사 기간 중에 근로자의 주요작업을 비디오 녹화하여, 후에 숙련된 인간공학기사가들이 동작 분석 프로그램을 통해 녹화된 영상자료로 근로자들의 작업 포즈를 측정하는 방법을 사용하고 있다. 수집된 작업 위험요인 노출 데이터는 후향적 연구를 통해 취득된 수근관증후군 유병률 및 발병률 데이터와 함께 상대적 위험도를 평가하는 방법으로 진행되고 있다.

이러한 대규모의 장기적 코호트 연구는 그간의 작업성 수근관증후군 연구에서 지적되어오던 작업의 다양성과 피험자의 인구 수 및 코호트 기간의 문제를 상당 부분 해소하는 방법이다.

한국의 수근관증후군 예방 동향 및 정책

1996년 한국통신공사 전화교환원들의 목·팔·어깨장해(경견완장해)가 직업병으로 인정되면서 근골격계질환이 이슈화되자, 그 다음해 노동부는 '영상표시단말기(VDT) 취급 근로자작업관리지침(1997. 5. 12)' 및 '단순 반복작업 근로자작업관리지침(1998. 2. 28)'을 제정하였다. 그러나 이는 법적 강제력이 아닌 사업주들의 자율 준수를 권고하는 것이었다.

따라서 후일 더욱 체계적이고 강제력이 부여된 정부

대책이 필요하다는 사회적 요구에 의해, 정부는 산업안전보건법(2002. 12. 30)과 '산업보건기준에 관한 규칙(2003. 7. 12)'을 개정하였다. 이는 사업주로 하여금 고용노동부 장관이 정한 열 한 가지의 근골격계 부담작업에 대해 매 3년마다 근골격계질환 발생 위험조사를 실시하고 조사결과에 따른 조치를 취하도록 하고 있다.

이러한 현 제도에 대해서, 열 한 가지 부담작업의 인정 범위 확대 및 부담작업 판정 근거의 확충 등 학계나 전문가로부터 여러 가지 개선 논의가 있어왔으며, 수근관증후군 등 질환별 분류와 그에 따르는 대책 마련도 앞으로 이루어져야 할 주요 정책과제이다.

이같은 의견을 일정 부분 반영하듯, 안전보건공단에서는 여러 직업군별 근골격계질환 예방지침을 개발해 발표해오고 있으며, 발표하는 각종 지침은 산업안전보건연구원의 기 발표된 연구결과나 연구 용역을 통해 만들고 관련 위원회의 의결을 거쳐 제정하게 되어 있다. 기 개발된 지침의 예로, 환경미화원, 요양보호사, 유통업 근로자, 차량정비원을 위한 근골격계 작업환경 관련지침 등을 들 수 있다. 물론 이 지침들도 강제력은 없으나, 산업안전보건법에 의한 유해·위험조사 시에 일정한 기준을 제시한다는 점에서 주요한 가치가 있다.

이상의 노력에도 불구하고, 우리나라에서 연간 발생하는 근골격계질환은 2000년대 초반 전체 산업재해 발생건수의 44.8%에서, 2000년대 후반에는 71.5%로 급격한 증가를 보여왔다(노동부, 2010). 또한 2000년대 당시 60억원 규모였던 직업성 근골격계질환 직접 보상비가 2000년대 후반에는 1,556억원으로 증가하였다. 근골격계질환은 근로자 개인의 삶의 질에도 큰 영향을 미칠 뿐만 아니라, 사업주에게는 보상에 따른 제반 비용의 부담을 발생시켜 노·사 간 갈등의 잠재적인 원인이 되기도 한다.

시사점

본고에서는 다수의 기존 연구에서 이루어진 국내외 근골격계질환 예방 정책에 대한 거시적 비교에서 벗어나, 작업성 수근관증후군에 초점을 두고, 미국의 정책 동향

및 우리나라 정책의 개선 방향에 관한 시사점을 도출한 점에서 그 의미를 찾을 수 있다.

여기서 제시하는 시사점으로는 첫째, 작업성 수근관증후군의 작업 관련성에 대한 진단기준을 꼽을 수 있다. 한국이나 일본의 작업성 수근관증후군의 작업 관련성에 대한 기준은 임상적인 환자의 증상에 의거하여 진단하는 경우가 많기 때문에 그 정확성에 대한 논의가 있어 왔다. 이것은 객관적인 작업 분석에 대한 방법의 부재로 인한 것으로 볼 수 있으며, 이에 대한 방법론의 개발에 관한 요구가 국내에서도 있어왔다. 미국의 경우 NIOSH의 연구 지원으로 방대한 양의 작업성질환 예방 체계 구축 노력이 이뤄지고 있으며, 그 일환으로 작업환경 평가법이 다양하게 시도되고 있다. 우리나라에서도 국내의 실정에 맞는 작업환경 평가법이 개발되어야 할 것으로 생각된다.

또 다른 시사점은 기존의 국외 정책을 도입함에 있어 수근관증후군 예방 프로그램의 국내 적합성에 관한 것이다.

근골격계질환에 따른 비용이 지속적으로 증가하는 여러 이유 중 하나는, 아직 관련 정책의 예방 효과가 충분히 발휘되지 못하고 있기 때문으로 볼 수 있다. 이는 신속한 제도 정립을 위해 미국 위싱턴 주의 모델을 수정, 도입하였기 때문에 우리나라 근로자의 신체 조건이나 작업형태 등을 충분히 반영하지 못한 이유가 크다고 할 수 있다.

다수의 연구에서도 제시되었듯이 작업 관련 수근관증후군의 위험요인은 작업성 요인보다는 작업자의 인구학적 위험요인이 크게 작용하는 것으로 알려져 있다. 밝혀진 바와 같이 성별과 체중, 인종 및 기존의 병력에 관한 요인이 이미 밝혀진 위험인자들이다. 다양한 인종과 서구인의 체형에 따라 정해진 수근관증후군 예방을 위한 작업하중의 규제는 국내의 실정과 맞지 않을 수 있다.

작업자의 인구학적 차이뿐만 아니라, 작업장의 환경 또한 유의한 위험요인으로 알려져 있다. 주 당 40시간의 작업 규제가 지켜지는 국외에 반해 산업의 빈도가 높은 국내의 경우 다른 기준의 수근관증후군 예방 프로그램이 실시되어야 할 것으로 본다. 이러한 노력이 결실을 맺어 제도의 내실화·토착화가 이루어질 때 정책의 예방 효과가 더욱 극대화할 것으로 기대한다. 🌸

참고문헌

- 박정일 · 조경환 · 이승한, 여성 국제전화 교환원들에 있어서의 경관장애, 1. 자각적 증상, 대한산업안전학회지 1989;1(2):141-150.
- 이원진 · 이은일 · 차철환, 모 사업장 포장부서 근로자들에서 발생한 수근터널증후군에 대한 조사 연구, 대한예방의학회지 1992;25(1):26-33.
- 이동경 · 김중호, 근골격계질환 예방을 위한 국내외 제도, 대한인간공학회지 Vol. 29, No. 4, 2010, 423-433.
- 최재욱 · 염용태 · 송동빈 · 박종태 · 장성훈 · 최정애, 반복작업 근로자들에서의 경관장애에 관한 연구, 대한산업의학회지 1996;8(2):301-319.
- Maeser R, Hayes J, Hyde A. An industrial causes of carpal tunnel syndrome. J Hand Surgery 1986;11A:222-227.
- Phalen, G.S. The carpal-tunnel syndrome 17 Years' experience in diagnosis and treatment of 654 hands. The Journal of Bone and Joint Surgery 48-A, 211-228 (1966).
- Rempel, D., Bach, J. M., Gordon, L. & So, Y. Effects of forearm pronation/supination on carpal tunnel pressure. The Journal of hand surgery 23, 38-42 (1998).
- NIOSH Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors: A critical review of epidemiologic evidence for work-related.
- R. H. Gelberman, P. T. Hergenroeder, A. R. Hargens, et al., The carpal tunnel syndrome—a study of carpal canal pressure, J Bone Joint Surg 63 (1981) 380 musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back. NIOSH97-141, (1997).
- I. Okutsu, S. Ninomiya, I. Hamanaka, N. Kuroshima, H. Inanami, Measurement of pressure in the carpal canal before and after endoscopic management of carpal tunnel syndrome, J Bone Joint Surg 71A (5) (1989) 679-683.
- H. Serage, Y. C. Jia, W. Owens, In vivo measurement of carpal tunnel pressure in the functioning hand, J Hand Surg 20A (1995) 855-859.

- I. Hamanaka, I. Okutsu, K. Shimizu, Y. Takatori, S. Ninomiya, Evaluation of carpal canal pressure in carpal tunnel syndrome, J Hand Surg, A 20 (1995) 848-854.
- Rempel, D. M. & Diao, E. Entrapment neuropathies: pathophysiology and pathogenesis. Journal of electromyography and kinesiology 14, 71-5 (2004).
- Keir, P. J., Bach, J. M. & Rempel, D. M. Effects of finger posture on carpal tunnel pressure during wrist motion. The Journal of handsurgery 23, 1004-9 (1998).
- Jeanne P Dieleman, JoostKerklaan, Frank J P M Huygen, Paul a D Bouma, and Miriam C J M Sturkenboom, Incidence rates and treatment of neuropathic pain conditions in the general population, Pain, 137(3):681-8, July 2008.
- Johansson, J. A. Work-related and non-work-related musculoskeletal symptoms. Applied Ergonomics 25, 248-251 (1994).
- Silverstein, B. a, Fine, L. J. & Armstrong, T.J. Occupational factors and carpal tunnel syndrome. American journal of industrial medicine 11, 343-58 (1987).
- Nordstrom, D. L., Vierkant, R. a, DeStefano, F. & Layde, P.M. Risk factors for carpal tunnel syndrome in a general population. Occupational and environmental medicine 54, 734-40 (1997).
- Burt, S. et al. Workplace and individual risk factors for carpal tunnel syndrome. Occupational and environmental medicine 68, 928-33 (2011).
- Luckhaupt, S. E. et al. Prevalence and Work-Relatedness of Carpal Tunnel Syndrome in the Working Population, United States, 2010 National Health Interview Survey. American journal of industrial medicine 1-10(2012).doi:10.1002/ajim.22048.
- Harris, C., Eisen, E. A., Goldberg, R., Krause, N. & Rempel, D. Workplace and individual factors in wrist tendinosis among blue-collar workers— the San Francisco study. Scandinavian journal of work environ mental health 37, 86-98 (2011).

국내 산업안전보건 학술지, 국제적 권위 인정

산업안전보건연구원 국제 학술지 『SH@W』,
세계 최대 생의학논문 인용색인 데이터베이스에 등재



산업안전보건연구원(원장 박정선)이 발행하는 산업 안전보건 영문 국제학술지 『SH@W』가 세계 최대 생의학 문헌정보 데이터베이스(D B)인 PubMed 및 PubMed Central(PMC)에 등재

되었습니다. PubMed 및 PMC는 미국 보건부 산하 국립의학도서관(NLM; US National Library of Medicine)이 운영하는 국제적 생의학 학술문헌 정보 DB로 전세계 2만 5,000여 종 이상의 학술지가 등재되어 있으며, 약

2,200만 편 이상의 학술정보가 제공되어 전세계 생의학 전문가들이 이를 활용하고 있습니다. 현재 국내에는 의학 분야 학술지들이 등재되어 있으나, 산업안전보건 분야의 학술지가 등재된 것은 이번이 처음입니다. 2010년 9월에 창간하여 연간 4회 발행하는 계간지인 『SH@W』는 지난 2011년 6월 등재 신청 후 올해 미국 국립의학도서관의 학술지의 과학 수준 평가와 웹 게재 기술 수준 평가 등을 통과해 등재가 결정되었습니다. 이로써 『SH@W』에 수록된 논문을 세계 어디에서나 손쉽게 접할 수 있게 되었으며, 국내 산업안전보건 분야 전문가의 국제적 논문 활용도를 높일 수 있게 되었습니다.

『SH@W』는 Safety and Health at Work를 의미하는데 산업의학, 산업안전, 직무스트레스 등에 관하여 회 당 10편 내외의 연구논문을 수록하고 있습니다. 『SH@W』에 게재된 논문은 현재까지 총 98편으로, 이 중 46편(47%)이 국내 저자이며, 53편(53.0%)의 해외 저자 논문이 소개되었습니다. 논문 투고는 무료이며, 투고된 논문은 국내외 안전보건 전문가 심사를 거쳐 별도의 게재료 없이 학술지에 게재됩니다. 게재된 논문은 홈페이지(www.e-shaw.org)를 통해 논문 전문을 검색해 볼 수 있습니다.

『안전보건 연구동향』 열람·구독 신청 방법(온라인 & 오프라인)

우리나라 안전보건 문화를 선도하는 『안전보건 연구동향』의 정기구독을 원하시는 분께서는 온라인 또는 오프라인으로 다음과 같이 신청해 주시면 감사하겠습니다.

■온라인 신청 인터넷 홈페이지에서 열람·구독신청

- 연구원 홈페이지 메인화면(<http://oshri.kosha.or.kr/main>)에서 『안전보건 연구동향』을 클릭하세요.(그림 원 안)



- 『안전보건 연구동향』을 PDF 파일로 보실 수 있습니다. (<http://oshri.kosha.or.kr/bridge?menuid=899>)



- 『안전보건 연구동향』을 e-book으로 보실 수 있습니다.



- 『안전보건 연구동향』의 구독신청(KOSHANET ID로 로그인 후) 및 의견을 게시하실 수 있습니다.



■오프라인 신청

개인정보보호법 시행에 따라 아래 개인정보 이용 동의 및 구독신청서 양식을 파일 문서나 용지로 복사하여 작성하신 후, e-mail : brief@kosha.net 또는 FAX. 032-518-6483로 전송하여 주십시오.

아래와 같이 『안전보건 연구동향』의 정기구독을 신청하며, 수집된 개인정보 이용에 동의합니다.

☐ (동의 시 체크 표시)

구독신청 ☐, 변경 ☐, 해지 ☐

구독자 성명	
구독자 주소	(☎)
e-mail 주소	

이번 호 필자 여러분께 감사드립니다



김양호 교수
울산대 의대
직업환경의학교실
대한직업환경의학회
부회장(차기회장)



이근원 팀장
산업안전보건연구원
화학물질센터
위험성연구팀



박정임 교수
순천향대학교
환경보건학과



이익모 교수
인하대학교 화학과
(사)대한환경안전협회
회장



백신원 교수
국립 한경대학교
안전공학과



심규범 연구위원
한국건설산업연구원



최도현 연구위원
산업안전보건연구원
안전연구실



박해동 연구위원
산업안전보건연구원
직업환경연구실



한우섭 연구위원
산업안전보건연구원
화학물질센터
위험성연구팀



김대성 교수
고려대 안산병원
직업환경의학과



유두희
University of California,
Berkeley, School
of Public Health,
Environmental Health
Science-Ergonomics
Program

독자 여러분의 원고를 모집합니다

안전보건 연구동향 OSH RESEARCH BRIEF

산업안전보건과 관련된 최신 국내·외 학술정보, 제도 및 정책 등의 다양한 내용과 흐름을 제공하고 있는 『안전보건 연구동향』에서 독자 여러분의 원고를 기다립니다. 우리나라 산업안전보건 발전을 선도하기 위해 여러 분야의 전문가들과 공유하고 싶은 내용이 있으시면 언제든지 원고를 보내주시시오. 게재된 원고에 대해서는 소정의 원고료를 드리며, 편집위원회의 심의를 거쳐 게재 여부가 확정됩니다. 원고를 보내주실 때는 소속 및 연락처를 꼭 기입해 주시기 바랍니다.

▶ 보내실 곳 ▶

인천광역시 부평구 무네미로 478(구산동) 안전보건공단 산업안전보건연구원 안전경영정책연구실
『안전보건 연구동향』 담당자 앞 • e-mail : brief@kosha.net

▶ 문의사항 ▶

원고 및 본문 내용과 관련한 문의사항은 안전보건공단 산업안전보건연구원 안전경영정책연구실로 연락하시면 됩니다.
• 담당자 : 임경택 연구위원 Tel. (032)5100-909

SH@W
Safety and Health at Work

안전보건 국제학술지

영문 계간 국제학술지 「SH@W」에
많은 관심과 함께 투고를 부탁드립니다.

▶ 웹사이트를 이용한 무료 투고 ▶

<http://www.e-shaw.org> (※현재 접수중)

▶ 문의사항 ▶

논문 투고와 관련한 문의사항은 안전보건공단 산업안전보건연구원
안전경영정책연구실로 연락하시면 됩니다.

• 담당자 : 안상현 과장 Tel. (032)5100-904, e-mail : shaw@e-shaw.org

산업재해예방

안전보건공단

산업안전보건연구원



스마트폰 애플리케이션 '위기탈출 앱 시리즈'로 안전과 건강을 지키세요



이렇게
다운받으세요

- ▶ 안드로이드 폰 : 안드로이드 마켓 접속 → 안전보건공단 검색 → 해당 앱 다운로드 및 설치
- ▶ 애플 아이폰 : 애플 앱스토어 접속 → 안전보건공단 검색 → 해당 앱 다운로드 및 설치