

OSH

2009. 12

RESEARCH BRIEF

안전보건 연구동향 Vol. 28

2009년 12월 1일 발행 | 발행처 산업안전보건연구원 | 발행인 강성규 | ISSN 1976-345X | 032)5100-757 | oshri.kosha.or.kr

원장칼럼

'산재감소 1만명' 목표 실패인가?

기획특집

바이오에어로졸의 특성과 관리

미국 NIOSH의 생물학적 인자에 대한 연구동향

연구동향

병원체 취급 근로자의 작업환경 개선 방향

금속가공유(MWF)에서의 미생물 노출 위험과 관리방안

스티렌 노출 근로자의 생물학적 모니터링

정책·법

EU-OSHA 산업안전보건전략 2009~2013(1)

호주 건설업 안전교육 제도-건설업 그린카드 제도



산업안전보건연구원



일러스트 김혜수

남편과 아들을 백악관에 입성시킨 석은옥 여사

가난한 맹인 중학생과 대학생 자원봉사자로 만나 평생의 동반자로 살아온 강영우 · 석은옥 부부.

시각장애인 남편 강영우 박사의 지팡이가 되어 한국 최초로 미 연방정부 대통령 직속 국가장애위원회 정책차관보 자리에까지 오르게 한 것은 아내 석은옥 씨의 헌신적인 사랑이 있었기 때문입니다.

아버지의 눈을 고치고 싶다며 안과외사의 꿈을 이루어 듀크대학병원에 근무하는 큰아들과, 예일대 법대를 나와 오바마 정부의 입법관계특별보좌관에 선임돼 관심을 끈 둘째 아들, 두 아들 뒤에도 훌륭한 어머니 석은옥 씨의 큰사랑이 있었습니다.

남편과 두 아들을 이처럼 훌륭하게 뒷받침한 석은옥 씨는 이제 강영우 박사와의 운명적 만남에 고개를 저으며 반대했던 사람들에게서 이구동성으로 찬사를 받고 있고 「미국교육인명사전」, 「미국여성명사인명사전」에 올라 한국여성의 자긍심을 높여주었습니다.

석은옥 여사의 헌신적 사랑에 찬사를 보내며...

Contents

원장칼럼

04 '산재감소 1만명' 목표 실패인가? · 강성규

기획특집

06 바이오에어로졸의 특성과 관리 · 김윤신

12 미국 NIOSH의 생물학적 인자에 대한 연구동향 · 박주형

연구동향

16 병원체 취급 근로자의 작업환경 개선 방향 · 윤충식

24 금속가공유(MWF)에서의 미생물 노출 위험과 관리방안 · 박동욱

32 스티렌 노출 근로자의 생물학적 모니터링을 위한 프로테오믹스 분석과 결과 · 김기웅

38 작업환경측정의 실효성 확보를 위한 측정 시기 · 주기 · 측정방법 등의 개선에 관한 연구 · 안전경영정책연구실

40 산업화학물질의 급성경구/경피투여독성시험 및 급성안지극성/부식성시험 · 안전경영정책연구실

정책 · 법

42 EU-OSHA 산업안전보건전략 2009~2013(I) · 안전경영정책연구실

48 호주 건설업 안전교육 제도-NSW 주를 중심으로 본 건설업 그린카드 제도 · 강병조

통계 프리즘

54 도로교통사고의 사업장 및 재해자 특성 분석 · 정정자

58 생물학적 인자에 의한 재해 발생 현황 · 박해동

62 미국의 산업재해 및 직업병 통계 현황 · 조윤호

안전보건활동

63 직업병 역학조사-쯔쯔가무시병 · 김규상

67 산업안전보건 국내외 소식

68 산업안전보건연구원 활동 · 동정



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

‘산재감소 1만명’ 목표 실패인가?

연초에 우리는 산업 재해자수 1만명 감소를 목표로 잡았다. 그런데 10월말까지의 잠정 통계에 의하면 전년 동기 대비 재해자수는 65명이 증가하였다. 그렇다면 연말까지 두 달 남은 시점에서 봤을 때 금년 한 해의 재해 감소 노력은 실패한 것인가? 그러나 재해실태를 면밀히 분석해 보면 절대 재해자수는 감소하지 않았지만 부분적인 재해 예방 노력이 성공적이어서 조금만 전략을 바꾸면 더 좋은 효과가 날 수 있음을 알 수 있다.



강성규 원장
산업안전보건연구원

재해자수 증가에 영향을 미치는 요인

산재 예방사업의 효과에도 불구하고 절대 재해자수가 감소하지 않는 데에는 재해자수 증가에 영향을 미치는 다른 요인이 있을 것이고, 이러한 요인은 새로운 유형의 재해를 증가시켜 재해 예방사업의 효과에도 불구하고 전체 재해자수를 증가시키고 있다.

첫째는 근로자수의 변화이다. 근로자수가 많아지게 되면 자연히 산재 발생자도 증가하기 때문이다. 1인 이상 사업장으로 확대된 2000년 7월 이후부터는 보험 확대에 의한 근로자수 증가는 미미하나¹⁾ 경제활동인구 증가에 따른 근로자수가 지속적으로 증가하였다. 산재 적용대상자는 2000년에 945만명, 2001년에 1,058만명에서 2009년 10월 현재 1,390만명으로 40% 이상 증가되었고 절대 재해자수 또한 자연히 증가하게 되어 있다.²⁾

둘째는 사회복지적 차원의 산재보상자수 증가이다. 산업재해는 업무상 사고와 업무상 질병으로 구분할 수 있고 업무상 사고는 다시 외상성 사고와 비외상성 사고, 그리고 교통재해로 구분할 수 있다. 산업재해보상은 원칙적으로 직접적 업무에 기인하는 사고와 질병에 대해 보상하고 있다. 그러나 간접적으로 업무와 관련이 있을 것 같은 경우, 즉 직접적으로는 업무와 무관하더라도 사회복지적 차원에서 보상을 하고 있다. 통근 중에 발생하는 교통사고, 운동 중 사고 등이 이에 해당한다. 우리는 이들 모두를 업무상 사고로 포함하고 있으나 외국에서는 통상 이들을 업무상 사고 통계에 넣지 않는다. 설사 산재보상을 하는 경우라도 ‘통근 중 재해’는 업무상 사고나 질병과는 별도 항목으로 분류한다. 따라서 산재 예방사업과 직접적 관련이 있는 업무상 사고와 산재 예방사업에 영향을 받지 않는 사회복지적 차원의 사고는 분리해서 생각해야 한다. 사업장 내외의 교통사고는 2002년의 2,377건에 비해 2008년에 5,345건으로 두 배 정도 증가했고 2009년에도 전년에 비해 10% 이상 증가하고 있다. ‘체육행사 중 사고’는 별도 항목으로 분리된 2006년의 222건에 비해 2008년에는 1,885건으로 8.5배나 증가하였다.

셋째로 취약계층에 대한 사회적 일자리 창출에 의한 업무상 사고의 증가이다. 금년에는 하반기에 희망근로프로젝트를 시작하여 연인원 25여 만명이 도시환경 정비사업에 투입되고 있고 ‘숯가꾸기사업’에도 3만여 명이 투입되었다. 이들은 고령자, 여성 등 취약계층이어서 사고의 위험성이 높고 임업, 기타 서비스업에서의 넘어짐, 부딪힘 및 절단사고가 전년에 비해 크게 증가하고 있다.

넷째로는 업종별 산재보험제도에 대한 이해 수준의 차이이다. 업무상 재해가 무엇인가에 대해 잘 알려져 있는 제조업에서는 산재에 대해 잘 보고되고 있

으나 그렇지 않은 서비스산업에서는 업무상 재해가 잘 보고되지 않는다. 최근에 서비스산업에서 산재가 증가하고 있는 것은 산재가 새로 생겼다고보다는 기존에 그냥 넘어가던 경미한 사고를 산재로 처리하는 경향이 증가하였기 때문으로 생각된다. 전체 근로자의 제조업 분율은 27%이나 재해자수의 제조업 분율은 42%에 이르고 있다. 이는 당연히 제조업에서 업무상 사고가 많이 발생하는 결과일 것이다. 그러나 그간 산재 예방 노력이 제조업에 집중되어서 제조업 근로자가 산재보험에 대해 잘 이해하게 되었기 때문에 기타 서비스산업에 비해 산재보상을 적극적으로 신청하는 영향도 무시할 수 없다. 이러한 경향은 업무상 사고 사망자 대비 부상자 비율에서도 나타난다. 2007년 산재 통계에서 제조업의 업무상 사고 부상자 대비 사망자비를 1로 볼 때 건설업은 2.75, 전기가스업은 2.24, 금융보험업 2.03, 운수통신업 1.95, 농림어업 1.36, 기타 서비스산업 1.06으로 모두 제조업보다 높았다. 건설업의 사망사고가 제조업에 비해 상대적으로 높다고 할 수 있지만 3배 가까이 높다고 보기 어렵고, 심지어 기타 서비스산업의 사망사고비가 제조업보다 높다는 것은 이해하기 어렵다. 이는 제조업은 사고의 대부분이 보고되고 있는 반면, 제조업 이외의 산업에서는 사망 등 중대사고가 아니면 산재 처리를 잘 하지 않는 경향이 있는 것으로 추정할 수 있다. 따라서 기타 서비스산업에서 산재보험에 대한 이해가 높아지면서 산재 신청도 증가하고 부상자수도 증가하는 것으로 판단된다.

다섯째 업무상 사고 부상자수는 증가하고 있지만, 업무상 사고 사망자수는 지속적으로 감소하고 있다. 2004년의 업무상 사고 만인율은 1.47이었고 이후 점차 감소하여 2008년에는 1.07이었다. 이 중 교통사고와 비외상성사고를 제외한 외상성사고의 사망 만인율은 2004년 1.11에서 2008년에는 0.77로 감소하였다. 절대 숫자도 1,160명에서 1,038명으로 122명이 감소하였다.

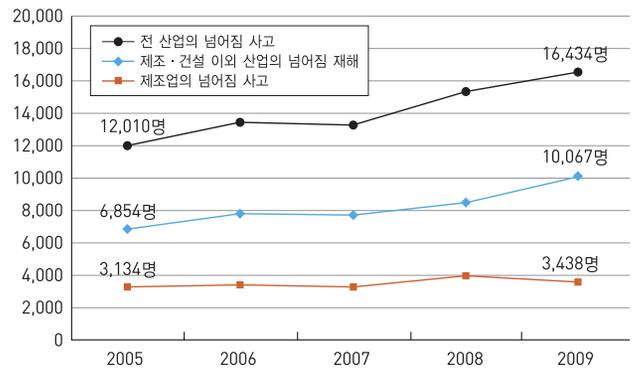
이상의 요인을 볼 때 최근의 업무상 사고에 의한 부상자수 증가를 산재 예방사업의 실패로 단정짓기보다는 산재 예방사업의 방향을 재정비하여 사업의 효과를 전체 부상자수 감소로 유도해 나가야 할 것이다.

업종별 사고 유형에 맞는 예방전략

재해의 대부분을 차지하는 업무상 사고는 절반 이상이 추락, 넘어짐, 감김과 끼임에 의한 사고이다. 2008년도 업무상 사고의 55.5%는 추락, 넘어짐, 감김·끼임 사고에 의한 부상이었다. 이들을 재래형 3대 다발재해라고 하여 노동부와 한국산업안전보건공단은 이를 감소시키기 위해 제조업과 건설업에 집중적인 예방사업을 실시하였다. 그러나 2007년의 업무상 사고 중에서 각 재해 유형별로 발생하는 업종을 보면 추락의 50%는 건설업에서 발생하고, 감김과 끼임의 67%는

제조업에서 발생하고 있다. 그런데 넘어짐 사고는 49%가 기타의 산업에서 발생하고 있다. 제조업이 넘어짐 사고에서 차지하는 분율은 23%인데, 이는 전체 사고의 제조업 분율 42%에 크게 미치지 못한다.

넘어짐 사고는 업무상 사고 중 가장 많은 유형이며 매년 계속 증가하고 있다. 10월말 기준 2005년 1만 2,010명에 비해 2009년에는 1만 6,434명으로 36.8%가 증가하였다. 반면에 동 기간 중 제조업의 넘어짐 사고는 3,134명에서 3,438명으로 9.7%밖에 증가하지 않았다. 제조업과 건설업을 제외한 기타 산업의 넘어짐 사고는 6,854명에서 1만 67명으로 46.9%나 증가하였다(그림 1).



[그림 1] 산업별 넘어짐 사고 부상자의 연도별 변화 추이

이상의 재해 발생 유형을 고려해 볼 때 업무상 사고 예방사업은 업종별로 구분하여 서로 다른 목표로 가야 할 것이다. 전 산업을 제조업, 건설업, 서비스산업으로 구분하고, 제조업에 대해서는 감김과 끼임 사고 예방을, 건설업에 대해서는 추락사고 예방을, 서비스산업에 대해서는 넘어짐 사고를 예방하는 전략으로 가야 한다. 공단은 본부에 서비스산업재해 예방실을 신설하고 그동안 제조업에 집중되었던 산재 예방인력을 일부 조정하여 서비스산업의 사고 예방사업에 투입하려 하고 있다. 현재의 통계적 분석 결과에 의하면 시의 적절한 예방전략이라고 생각한다.

업종별 예방전략은 새로 도입되는 위험성 평가에도 마찬가지로 적용되어야 한다. 위험성 평가는 우선 특정 지역을 지정하여 시범 사업을 추진하려고 하는데, 특정지역을 제조업 밀집지역으로 선정하는 것은 재해자수 감소에 크게 도움이 되지 않을 수도 있다. 따라서 업종별 사고 유형의 차이를 고려하여 제조업, 건설업, 서비스업이 중심이 되는 지역을 선정하여 해당 업종의 사고 유형에 맞는 예방전략을 세워야 할 것이다. ⑥

1) 2008년부터 확대된 보험설계사, 골프장 경기보조원, 학습지 교사, 레미콘트럭 운전자 등 특수고용직 근로자들의 산재 가입자수는 아직 4만 5,000명으로 매우 적고 재해자수도 200명 이내이다.

2) 물론 재해자수를 전체 근로자수로 나눈 재해율은 조금씩이나마 지속적으로 감소하고 있다.

바이오에어로졸의 특성과 관리

바이오에어로졸(bioaerosol)은 자연계 어디에서나 존재하며 사람의 생활환경과 활동에 의하여 발생 형태 및 농도가 달라질 수 있고, 행동 특성은 에어로졸 자체의 물리적 특성과 생물학적 특성에 달려 있다. 최근의 신종플루 바이러스, SARS, 조류독감 바이러스 등도 바이오에어로졸의 일종인데 이의 전염은 국제적인 위기상황을 가져올 수 있어 미생물성물질에 대한 관리대책이 요구된다. 그동안 실내환경에서의 바이오에어로졸 분포 파악 및 제어에 대한 연구는 간헐적으로 이루어져 왔지만 체계적이지 못하고 미생물 종의 동정에 대한 신뢰도도 높지 않은 것으로 평가되고 있어 향후 관련 연구가 활발히 진행되어야 할 것으로 본다.



김윤신 교수
한양대학교 산업의학교실

서언

최근 바이오에어로졸의 하나인 신종플루 바이러스, SARS, 조류독감 바이러스 등의 전염은 국제적으로 위기상황을 가져올 수 있어 미생물성물질에 대한 관리대책이 요구된다. 특히, 에너지 절감을 위한 건축물의 밀폐화로 인해 대기오염물질의 실내 축적률이 높아 집에 따라, 실내에서 장시간 활동하는 사람 중에 두통, 현기증, 안질, 후두염 등 빌딩증후군(SBS; Sick Building Syndrome)이나 복합화학물질민감증(MCS; Multiple Chemical Sensitivity) 등 실내오염으로 인한 건강 영향 증상의 발생 사례가 급격히 증가하고 있다.

이같은 실내오염으로 인한 건강 영향 증상의 주요 원인으로 미생물성 오염물질이 40% 이상 기여한다고 보고된 바 있고, 특히 민감한 집단인 어린이와 노약자는 면역력이 약한 상태에서 환경유해인자의 노출에 더욱 위험해지기 쉽다.

실내환경에서의 바이오에어로졸 분포 파악 및 제어에 대한 연구는 간헐적으로 이루어져 왔으나, 체계적이지 못하고 미생물 종의 동정에 대한 신뢰도도 높지 않은 것으로 평가되고 있어 향후 바이오에어로졸의 연구가 활발히 진행되어야 할 것으로 생각된다. 본고에서는 에어로졸 중에서 바이오에어로졸에 대해 이해하기 쉽게 정리를 하였다.

바이오에어로졸의 정의와 특성

■ 정의

일반적으로 공기 혹은 가스 중에 부유하는 고체나 액체상태의 작은 입자를 '에어로졸'이라 하는데 크기는 대략 0.002~100 μ m이다.

바이오에어로졸(생물학적 입자)은 bio와 aerosol이란 단어의 합성어로, 정의하자면 생물학적 입자들이 기체적 환경에 미세한 입자로 분산된 상태를 말한다. 다시 말하면, 생물체 자체나 혹은 생물체의 유기체가 생산해 내는 독소·분비물·배설물 또는 그 사체 등이 포함된 입자들이나, 배양은 되지 않고 인체에 민감한 반응을 주는 것 등이 공기 중에 부유한 상태에서 인체에 흡수 또는 침투하여 건강장해를 발생시킬 수 있는 모든 요인을 통칭한다.

기본적으로 바이오에어로졸은 에어로졸의 일부이기 때문에 행동 특성은 일반적인 물리적 특성, 즉 입자 크기, 브라운 운동, 중력침강, 전기적 특성, 확산 등의 영향을 받게 된다. 이러한 특성은 인체의 어느 특정 부위에 얼마만큼의 양과 형태에 따라 침착되고 있는

지에 따라 영향이 달라진다.

미국산업위생전문가협회(ACGIH)는 생물학적으로 파생되는 에어로졸, 기체, 증기의 형태를 이루는 물질들이 건물 내에서 질병을 일으키거나 사람에게 건강상 악영향을 끼치는 경우 이들을 생물학적 오염으로 간주하고 있다. 또한 외부에 존재하는 바이오에어로졸이라 할지라도 상대적으로 높은 농도일 때는 이를 생물학적 오염으로 간주한다. 아울러 미국환경보호청(EPA)에서는 공기를 통한 생물학적 유해인자 중에서 천식 유발, 감염성 질환 등의 유발 원인인자로 지목하고 있다.

생물학적 유해인자는 살아 있는 유기체로부터 나오는 것으로 세균, 곰팡이, 바이러스, 고양이 침액, 집먼지 진드기, 바퀴벌레, 꽃가루, 애완동물 등에서 나오는 털, 피질 등이 그 예이다. 따라서 바이오에어로졸은 자연계 어디에서나 존재하며 사람의 생활환경과 활동에 의하여 발생 형태 및 농도가 달라질 수 있고, 행동 특성은 에어로졸 자체의 물리적 특성과 생물학적 특성에 달려 있다.

■ 성상

성상에 따라 바이오에어로졸은 콜로이드 용액의 물성 바탕에 생물성 입자(viable state, 실험실에서 배양 가능한 것)와 비생물성 입자(nonviable, 배양은 되지 않고 인체에 민감한 반응을 주는 것)를 모두 포함한다.

■ 콜로이드 용액의 분류

콜로이드 용액이란 지름이 0.1~100nm 정도의 입자가 용액 속에 분산되어 있는 상태로 빛을 산란할 수 있을 정도의 크기를 말하며, 종류는 <표 1>과 같다.

에어로졸	공기를 분산매로 함. ex) 연기, 안개
졸(sol)	액체에 고체가 분산된 것. ex) 먹물, 잉크, 녹말
겔(gel)	진한 콜로이드 상태의 반고체 상태. ex) 실리카 겔, 젤리
이멸전(immersion)	액체에 액체가 분산된 것. ex) 우유, 크림
서스펜션(suspension)	통의 콜로이드 입자보다 큰 입자가 분산된 계로 넓은 의미의 콜로이드. ex) 흙탕물

■ 생물성 입자(Viable particle(living), 10 μ m 이하)

생물성 입자로서 분리되어 있거나 자연상태, 혹은 집적되어 있는 미생물로서 실험실에서 증식 가능한 미생물이다. 예를 들면, Virus, Fungi, Amebae, Mites, microbial Volatile organic, endotoxins, Antigen, autotrophic organism, biogenic

volatiles, microbial mycotoxin & β -(1 \rightarrow 3)-D-Glucagons), parasitic organisms, Yeasts, Bacteria(Facultative anaerobes, gram positive bacteria, gram negative bacteria, saprophytic organisms, Thermophillic bacteria 등이 있다.

■ 기본 단위(Viable Unit/Colony)

한 개의 세균 혹은 혼재된 여러 세균이 한천배지 등에서 정착되어 성장하고 분열할 때, 육안으로 쉽게 관찰할 수 있는 고유한 집락을 형성한 세균 집합체로, 이것은 1개의 균에서 1개의 집락이 생기며 집락을 형성하는 균은 동일한 성질을 가져야 한다. 이것이 한천배지 등의 고체배지에서 증식하여 단일 집락으로 형성될 때 세균집락이라고 한다.

■ 집락계수법(colony count method)

세균집락의 균집을 CFU(Colony Forming Units, 세균집락 형성 단위)라고 하며, 단위 플레이트 당 일반 세균수를 나타내는 단위로 일정기간의 표준화된 시간동안(24시간, 48시간 등) 배양 후 확인된 세균의 개체수를 말한다. 이런 생물성 생균계수를 세는 것을 집락계수법이라 한다.

■ 비생물성 입자(Non-Viable particle, 약 10~50 μ m)

비생물성 입자로 배양은 되지 않고 인체에 민감한 반응을 주는 것이다. 예를 들면, 꽃가루 등의 aeroallergen, insect body part, 곡 분진 등이며, 끝으로 중간상태의 물드(spores)를 꼽을 수 있다.

바이오에어로졸과 대기환경

대기환경은 에어로졸 상태의 미생물이 서식하기에 적합하지 않다. 왜냐하면 대류권에서 고도가 높아질수록 온도, 압력

<표 1> 콜로이드 용액의 종류

종류	분산매	분산질	예
에어로졸	기체	액체	구름, 안개, 스모그
		고체	연기, 공기 중의 먼지
졸	액체	기체	맥주거품, 기름거품
		액체	마요네즈, 크림, 우유, 혈액
		고체	비눗물, 페인트, 잉크
		기체	빵, 숯, 아이스크림
고체콜로이드	고체	액체	한천, 단백질, 치즈
		고체	루비유리, 적색유리

등이 미생물이 성장하기기에 나쁜 조건이기 때문이다. 비록 대기권이 미생물이 성장하는 데는 매우 열악한 환경이지만 대기권 하부에는 열적 경사(thermal gradient)가 있고, 공기가 빨리 혼합되기 때문에 상당수의 미생물이 존재한다. 이러한 미생물은 대기의 흐름에 따라 분산하면서 적응하는 방향으로 진화하였다.

대류권의 구름 등은 미생물에게 일시적인 서식지를 제공한다. 구름층에서의 적절한 빛의 강도, 이산화탄소의 농도 등이 광합성 미생물의 영양분이다. 특히 공업화 지역에서는 종속영양 세균이 성장할 수 있는 유기화합물이 존재한다. 그러나 이러한 사실은 실질적으로 입증된 바 없고 추론될 뿐이어서 향후 지속적인 연구가 진행되어야 할 것이다. 대기 중의 미생물은 수권이나 암석권에서 공중전파된 것으로 자생적인 대기 미생물은 아직까지 알려진 바가 없다.

따라서 대기 중의 미생물 균체 수는 토지의 성상, 동식물의 존재, 기후, 바람의 강도나 방향에 따라 크게 다르다.

바이오에어로졸과 실내환경

오염된 실내공기는 사람, 장비나 제품 등 모든 것과 접촉해서 생길 수 있는 잠정적으로 위험한 배양체이다. 실내환경 중의 바이오에어로졸은 흔히 공기 중의 미세먼지 등에 흡착되어 부유하고 있는 미생물과 실내환경 특유의 조건으로 인하여 일반 용기나 물품 등에 부착된 표면 미생물로 나눌 수 있다. 미생물은 실내환경의 산소, 온도, 영양 및 습도 등의 환경조건에 민감하기 때문에 적정 성장조건이 까다로우나, 대부분 미세먼지에 흡착되어 있어 주어진 공간과 시간의 개념으로는 정성 및 정량이 매우 어렵다. 실내 미생물들은 다습하고 환기가 불충분하며 공기질이 나쁠 경우 잘 증식하게 되기도 하며 이러한 미생물성 물질의 발생은 인간의 활동 및 일반가정에서 사용되는 각종 살포제, 공기정화기, 냉장고, 가습기, 애완동물 등으로부터 기인하며, 건물의 덕트 내에 쌓인 먼지는 실내먼지 및 미생물성 물질의 또 다른 발생원이 될 수 있다. 특히 호흡기관에 균주화되어 영향을 주고 세균수가 먼지의 농도에 정비례된다는 사실로 미루어 보아 공기 청정도와 밀접한 관계가 있는 것으로 조사되고 있다. 실내의 경우는 에어컨의 사용이나 살균제 살포 등으로 레지오넬라 같은 박테리아 등이 증식할 수 있고 또한 건물의 환기장치를 통해 결핵, 폐렴 등을 옮

겨 건물 내 질병 발생이 촉진될 수도 있다.

특히 실내에 곰팡이가 증식하면 우선 미관이 상하게 되고 곰팡이 냄새로 인하여 불쾌감이 생기게 된다. 또한 실내 공기 중에 부유하고 있는 진균포자의 흡입은 천식을 위시한 알레르기 성질환을 유발할 수 있으며, 성장 시 생산되는 증산성유기물(Volatile organic compounds)과 마이코톡신 등의 진균독은 sick building syndrome과 organic dust toxic syndrome을 일으킬 수 있다. 더욱이 최근 여러 가지 원인에 의하여 면역기능이 저하된 환자가 증가되고 있으며 이러한 환자에서는 실내환경 내의 진균, 특히 Aspergillus가 기회감염의 중요한 원인균이 되고 있다. 따라서 실내환경에서 진균을 비롯한 각종 미생물 증식은 단순히 미관을 해치고 건축물을 약화시키는 기능적·경제적인 문제뿐만 아니라 건강을 위협하는 요인이 되고 있다.

바이오에어로졸과 미생물

기체를 분산매로 하는 에어로졸은 분산질이 액체인 구름, 안개, 스모그와 분산질이 고체인 연기, 먼지 등의 다양한 형태이다. 이들 분산질에 미생물 또는 미생물의 대사물질이 포함되어 있는 경우, 바이오에어로졸이라 통칭하므로 미생물에 대해서 알아볼 필요가 있다.

미생물은 바이러스, 세균, 곰팡이, 효모, 조류 등으로 크게 나누어지며, 일반적으로 흙 1g 중 106~107, 공기 1m³ 중에 104정도 존재한다. 또한 부패, 전염병의 원인이나 생활환경 속에서는 발효에도 이용되며 병원성미생물은 식중독이나 각종 질병을 유발하는 병원성을 띤 미생물을 가리킨다.

많은 미생물은 단 한 개의 세포로 되어 있으며, 세포는 세포질 막에 의해 주위환경과 격리된다. 살아 있는 세포는 자신의 형태를 스스로 증식할 수 있는 능력을 갖고 있다. 다세포성 미생물의 경우 세포는 조직과 기관으로 좀 더 분화된 구조로 체계화된다.

■ 바이러스

바이러스(Virus)는 기본적인 유전정보와 이를 둘러싼 단백질로 구성된 비 세포적 구성체로 숙주세포의 존재 하에서만 생존 증식할 수 있는 절대적인 기생체이다. 바이러스는 생명체 중에서 아주 독특한 집단이다. 한때는 이것이 생명체인지 아닌지에

대한 논란이 있었을 정도로 특이한 생명체인 것이다. 그러나 지금은 모두 바이러스가 생명체이고, 그것도 우리와 매우 가까이 존재하며, 우리의 생활과 밀접한 관계를 맺고 있다고 인식하고 있다. 생물학을 전혀 모르는 사람들조차도 바이러스가 어떤 존재라는 것을 인식하고 있는 형편이기도 하다.

예를 들어, 곰팡이나 기생충은 진핵생물, 즉 일반 세포처럼 핵막으로 둘러싸인 핵과 여러 소기관을 가지고 있다. 결핵이나 식중독을 일으키는 세균(박테리아)은 원핵생물로, 핵막이 없고 소기관이 다소 부족해 진핵생물보다 여러모로 격이 떨어지지만 엄연히 생물이다

세균이나 진핵생물인 곰팡이, 효모 등의 미생물은 핵산물질인 DNA와 RNA 양쪽을 모두 소유하고 있으며, 모든 에너지 생산기구와 단백질합성기구를 자체 내에 가지고 있고, 세포의 형태를 가지는 미세한 생물이었다. 그러나 바이러스는 크기가 너무 작을 뿐만 아니라 핵산도 DNA나 RNA 중에 어느 한쪽만 가지고 있다. 또한 에너지 생산은 물론 단백질 생산까지도 독립적으로 할 수 없어 항상 다른 생물의 세포를 빌어 생활한다.

바이러스는 생물과 무생물의 중간적 존재이며, 세균보다 작아서 세균여과기로도 분리할 수 없고, 전자현미경을 사용하지 않으면 볼 수 없는 작은 입자인데 그 크기는 콜로이드 입자와 유사한 수십~수백nm이다.

바이러스에 의한 병의 종류는 많고, 감염의 방법이나 발병하기까지의 경위 등이 종류에 따라 다양하다. 동물 바이러스에 의한 병으로는 일본뇌염, 유행성출혈열, 간염, 광견병, 인플루엔자, 홍역, 풍진, 두창, 우두 등이 있다. 식물 바이러스에 의한 병으로는 감자·콩·사탕수수·사탕무와 과수작물 등에 모자이크병, 위축병, 괴사, 반점, 변색 등을 유발하는 대부분의 질병이 있다.

바이러스가 침범하는 대상에 따라 동물 바이러스, 식물 바이러스, 세균 바이러스로 나누어진다. 사람의 바이러스에 의한 병은 한 번 걸리면 재발하지 않으나(small pox) 몇 번이나 걸리는 인플루엔자 등 사람과의 복잡한 인자의 조합에 의하여 병에도 여러 가지 다른 유형이 나타난다. 이들 바이러스병 치료에는特效약이 없으므로 백신이나 항혈청에 의하여 예방접종에 중점을 두며, 발병 후는 대증요법과 합병증의 예방을 하는 것이 최선이다. 따라서 인터페론(interferon)과 같은 항바이러스제(antiviral agent)의 개발에 대한 연구는 바이러스병 치료를 위한 중요한 과제이다.

“

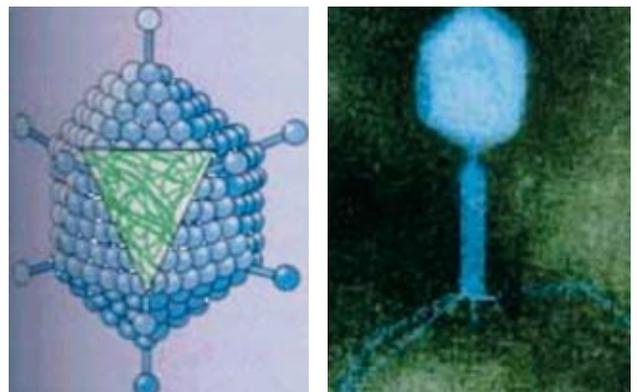
생물학적 유해인자는 살아 있는 유기체로부터 나오는 것으로 세균, 곰팡이, 바이러스, 고양이 침액, 집먼지 진드기, 바퀴벌레, 꽃가루, 애완동물 동물에서 나오는 털, 피질 등이 그 예이다. 따라서 바이오에어로졸은 자연계 어디에서나 존재하며, 사람의 생활환경과 활동에 의하여 발생 형태 및 농도가 달라 질 수 있으며, 행동 특성은 에어로졸의 자체의 물리적 특성과 생물학적 특성에 달려 있다. ”

■ 세균

생활환경과 작업환경 중 생물학적 인자 중에서 가장 많은 연구가 이루어지고 있는 종류가 세균(bacteria)으로, ‘미생물’ 하면 가장 먼저 세균을 연상하게 된다. 세균은 단일세포로 이루어진 원핵생물(procaryote)인데 1~10um정도 크기의 구형, 간형, 나사형 모양의 간단한 형태를 갖는다.

바이러스와 다르게 세균은 습기가 있으면, 건축자재 등에서 증식할 수 있다. 박테리아는 감염성질환의 주된 요인으로 알려져 있으며, 감염성질환뿐만이 아니라 exotoxin과 endotoxin 등을 배출하기도 한다.

그람 음성 박테리아는 환기가 잘 되지 않고, 청결하지 못한 건물 내에 많이 존재한다. 일반적으로 정체되어 있는 물이 그람 음성 박테리아에 오염되며 악취가 나고 에어로졸상태로 된다. 그람 음성 박테리아의 lipopolysacchaides(LPS)로 구성



[그림 1] 바이러스 촬영 모습

된 endotoxin은 세포의 성장기에 세포막을 파괴시키는 독성을 지니고 있다.

■ 곰팡이독소(Mycotoxin)

곰팡이독소는 소화기계, 호흡기계, 피부 접촉 등을 통해서 점막 자극, 피부 발진, 어지러움, 면역 억제, 기형 출산, 그리고 암 등을 유발하며, mycotoxin 관련 거의 모든 문헌에서 소화기계 흡수로 인한 건강장해를 언급하고 있다.

곰팡이독소는 수확 전·후 또는 수송이나 보관 중 농산물에서 자라는 여러 종류의 곰팡이에서 생산되는 2차 대사산물들이다. 퓨자리움 속(*Fusarium spp.*)과 같은 몇몇 곰팡이는 전형적으로 수확 전 곡물에 노출되며, 페니실리움 속(*Penicillium spp.*) 같은 다른 종들은 수확 후 곡물에 침입하고, 한편 아스퍼질루스 속(*Aspergillus spp.*)은 수확 전·후의 곡물에서 자랄 수 있다. 곰팡이가 존재한다고 해서 반드시 독소가 발견될 수 있음을 의미하지는 않는다는 것이 강조되어야 한다. 반대로 곰팡이가 존재하지 않는다고 반드시 독소가 없는 것을 의미하지도 않는다.

곰팡이독소는 옥수수, 수수, 보리, 밀, 쌀, 면실박, 땅콩, 기타 콩과식물 같은 사료 원료에서 정상적으로 발견된다. 대부분은 비교적 안정된 화합물이므로 사료의 가공공정을 통하여 파괴되지 않으며, 제분(분쇄하여 가루로 만들)을 통하여 더욱 농축되어질 수 있다.

세균형태	형의 호칭	세균의 종류(속)
	단간균	Escherichia(대장균) Brevibacterium
	장간균	Lactobacillus(불가리아 유산균)
	각형	Bacillus anthracis(탄저병균)
	방추형	Fusobacterium
	예과	Acelobacter(초산균)
	자상	Rhizobium(근류균)
	코리네형	Corynebacterium
	골마상	Vibrio(콜레타균)
	나선형	Spirillum

[그림 2] 바이러스와 세균

■ 다른 Indoor Allergen

Indoor allergen은 알레르기반응을 일으키는 생물학적·화학적 요인으로 50세 이하의 어른들에게 천식을 유발시키는 주 원인이다. Allergy는 allergen에 노출되어 면역학적으로 과민한 상태를 의미한다.

Allergen은 먼지진드기, 곰팡이, 애완동물 등이 있다. 먼지진드기는 사람이나 동물의 죽은 피부 조각으로 주로 침대나 거실의 카펫, 가구 등에서 많이 존재한다. 먼지진드기의 주된 allergen은 Der p I, Der f1 등으로 먼지 내에 10µg/g 이상이 있을 경우 진드기에 예민해질 수 있다.

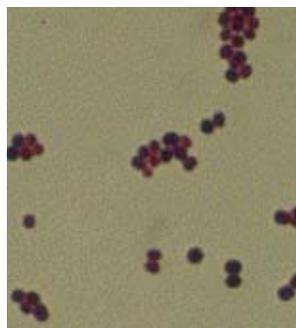
고양이의 주된 allergen은 Fel dI으로 모든 고양이에서 발견된다. 보통 Fel dI을 포함하고 있는 입자의 크기는 2.5µm보다 작기 때문에 공기 중에 오랫동안 바이오에어로졸의 상태로 존재하며 폐 내부까지 깊숙이 들어갈 수 있다.

개의 주된 allergen은 Can f1으로 고양이보다는 질병이 유행하지는 않으나 침에서 분비되며 개의 털을 빗으로 빗겨줄 때 발생한다. 이외에도 바퀴벌레 allergen은 벌레의 일부분으로 알레르기성 비염과 천식을 유발한다.

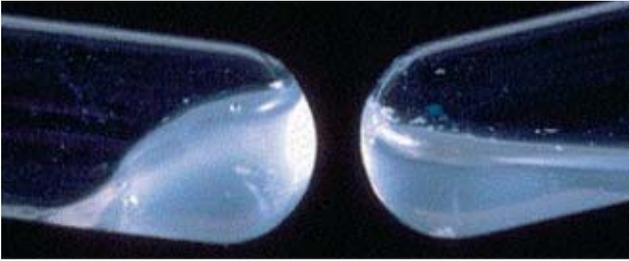
관리 및 대책

실내환경 중 바이오에어로졸은 흔히 공기 중의 미세먼지 등에 흡착되어 부유하고 있는 부유 미생물과 실내환경 특유의 조건으로 인하여 일반 용기나 물품 등에 부착된 표면 미생물로 분류된다. 이러한 미생물성물질의 발생은 인간의 활동 및 일반가정에서 사용되는 각종 살포제, 공기정화기, 냉장고, 가습기, 애완동물 등으로부터 기인하며, 또한 건물의 환기장치를 통해 결핵, 폐렴 등을 옮겨 질병 발생이 촉진될 수도 있다.

실내공기의 바이오에어로졸에 대한 관리 및 대책으로는 건



[그림 3] 포도상구균



[그림 4] coagulase tube법의 양성과 음성

물 내의 환기와 청소, 공기청정 시스템 이용, 생활 행동 양식의 변화 등을 들 수 있다.

■ 환기와 청소

주기적인 환기가 필요하며 환기에는 자연환기와 기계적 환기로 나뉜다. 자연환기의 경우 공기의 원활한 흐름을 위해 개방하는 창문과 반대편의 창문을 동시에 개방하는 것이 효과적이다. 기계적 환기의 경우 시스템의 운영에서 필터의 교체·청소 등의 관리가 필수적인데 부적절한 관리로 인한 미생물의 증식이 오히려 실내 바이오에어로졸 증가의 원인이 될 수 있기 때문이다. 또한 눈에 보이지 않는 구석 등에 먼지가 쌓이거나 결로 등의 현상도 바이오에어로졸의 원인이 되기 때문에 주기적인 청소가 필요하다. 미생물의 발생원이 될 수 있는 에어컨, 싱크대, 가스레인지, 화장실 등의 청소를 자주해주면 바이오에어로졸의 발생을 억제하는 효과를 기대할 수 있다.

■ 공기청정 시스템

공기청정 시스템을 이용하는 것도 하나의 방법이다. 최근에는 바이오에어로졸을 제거해주는 공기청정기 SPI 등이 출시되고 있는데 이러한 시스템을 이용할 때는 그 관리를 철저히 하는 것이 바람직하다.

■ 행동 양식의 변화

신발·의복 등의 경로를 통해 외부의 미세먼지, 바이오에어로졸 등의 유입을 배제하기 위해 실내 출입 전 옷가지 등을 털고 출입을 하며, 애완동물은 가급적 실외 공간에 두는 것이 좋다.

어항 등의 물은 주기적으로 교체해주어야 하며, 인형·카펫 등의 사용도 가능한 자제하거나 줄이는 것이 좋다.

결론 및 제안

본고에서는 바이오에어로졸에 대해 알아보고 이들의 관리 및 대책에 대해서도 간단히 정리를 하였다. 바이오에어로졸에 대한 올바른 이해를 통해, 건물 내 바이오에어로졸의 적절한 관리로 쾌적한 실내 공간 유지는 물론 실내 거주자의 건강 증진을 기대할 수 있을 것이다.

바이오에어로졸이 인체에 미치는 영향은 매우 심각하고, 오염원의 종류도 매우 다양하기 때문에 이러한 오염원에 대한 인식과 함께 바이오에어로졸을 관리하는 것이 필요하다.

습도는 미생물의 성장을 조절할 수 있는 가장 중요한 요인으로 실내에 물이 오랫동안 새고 있는 경우에 미생물이 성장하기 쉽다.

곰팡이의 경우 물 피해가 있는 후 24시간이 지나면 포자를 형성하며 성장한다. 그러므로 실내에서 물이 새는 일이 없도록 해야 하며 빠른 개선이 필요하다. 또한 Indoor allergen을 줄이기 위해서는 애완동물의 경우, 제한된 장소에서 키우고 침실에는 들어오지 못하도록 하는 것이 좋다.

건물의 공기정화장치는 건물 내에 미생물이 성장하지 못하도록 만들어져야 하며 공기정화장치의 필터는 바이오에어로졸로부터 거주자를 보호하는 중요한 요인이므로 50~70% 이상의 제거효율을 가져야 한다. 이상과 같이 바이오에어로졸에 대한 관리방법을 인식하고, 노출을 줄이도록 노력하는 것이 중요하다. ⑤

참고문헌

- 김윤신, 김기영, 2007, 바이오에어로졸의 특성 및 측정방법, 한국공기청정협회지, 20(1):1-39.
- 고광표, 2007, 바이오에어로졸의 노출 및 인체 위해성 평가, 한국공기청정협회지, 20(1):50-56.
- Linda, D., Stetzenbach, Amman, H., Johanning, E., King, G., Shaughnessy, R. J., 2004, 'Microorganism, mold, indoor air quality', The American society for Microbiology.
- Mante, 1996, 'Sick building syndrome and building-related illness'.
- Thorne, P. S., Kulhankova, K., Yin, M., Cohn, R., Samuel, J., Arbes, Jr., Zeldin, D. C., 2005, 'Endotoxin exposure is a risk factor for asthma', American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, vol 172, pp.1371-1377.
- <http://www.state.nj.us/eoh/peoshweb/bioaero.htm>

미국 NIOSH의 생물학적 인자에 대한 연구동향

현대인들은 평균 90% 이상의 시간을 실내에서 보낸다. 또한 산업화가 더욱 많이 이루어진 나라일수록 서비스 산업이 더 큰 비중을 차지하게 되는데, 이들 서비스 업종에 종사하는 근로자들의 대부분이 실내에서 근무하고 있다. 오염된 실내환경에는 여러 가지 노출인자가 있을 수 있지만 그중에서 실내의 과다 수분과 그로 인한 미생물 번식 및 미생물 유해인자에 대한 노출은 근래 들어 전 세계적으로 매우 중요한 문제의 하나이다. 따라서 본고에서는 미생물 유해인자 노출과 관련하여 현재 실내환경 연구 분야에서 어떠한 역학 연구들이 중요하게 고려되어 진행되고 있으며, 또 유해인자 노출 평가에 관해서는 어떤 점들이 중점적으로 연구되고 있는지를 검토하고, 미국 직업안전보건연구원(NIOSH)에서 관심을 갖고 있는 연구 분야와 진행하고 있는 연구과제들을 간단히 소개하고자 한다.

※ 본고의 내용은 미국 직업안전보건연구원의 견해가 아닌 필자 본인의 개인적 견해를 밝히며, 한국에서는 'National Institute of Occupational Health and Safety'가 산업안전보건연구원으로 번역되어 통용될지 모르나, 본고에서는 직업안전보건연구원으로 사용했다.



박주형 책임연구원
미국 직업안전보건연구원
호흡계질환과

서론

미국에 있는 총 근로자의 70% 이상이 실내환경에서 일하고 있다는 사실은, 작업환경 관련 연구에서 실내환경이 얼마나 중요한지를 잘 나타내 준다. 최근 미국 직업안전보건연구원(NIOSH)의 건강 유해성 조사 의뢰건수 중 50% 이상이 실내환경과 관련된 건수라는 자료 또한 실내환경의 중요성을 잘 뒷받침해 준다(NIOSH 내부자료).

실내환경을 오염시키는 인자들은 여러 가지가 있지만, 그중에서 생물학적 인자에 의한 오염은 실내환경에 대한 연구에서 매우 중요한 부분을 차지한다. 특히 미국에 있는 건물들의 평균 연령이 현재 30~40년으로 매우 높다는 사실^{1)~4)}은, 매우 세심한 건물관리가 이루어지지 않는 한 노후된 건물의 실내환경에 여러 가지 문제가 생길 수 있다는 점을 시사해 준다. 특히 수해나 건물의 누수와 관련된 문제는 실내의 생물학적 오염, 특히 미생물(곰팡이나 박테리아)에 의한 오염과 직접적으로 관련되어 있다. 왜냐하면 실내 과다 수분은 실내에서 미생물의 증식을 일으키는 가장 중요한 요인이기 때문이다.

기존의 연구방법

실내환경 역학 조사에서 미생물 인자, 즉 곰팡이나 박테리아에 대한 노출 평가와 관련하여 어떻게 하면 오류를 줄이고 가능한 한 정확하게 노출을 평가할 것인지에 대한 논의는 오랫동안 이루어져 왔다. 지난 10여 년 동안 정확한 노출 평가를 위해 새로운 측정인자들이 개발되어 왔으며, 아울러 시료 채취 및 분석방법과 관련된 기술적인 어려운 점들이 점차적으로 해결됨에 따라 노출 평가를 위한 여러 가지 새로운 시도가 많이 이루어져 왔다. 하지만 아직까지도 기존의 시료 채취 및 분석방법에만 의존하여 노출 평가를 하는 연구 조사가 많이 있다.

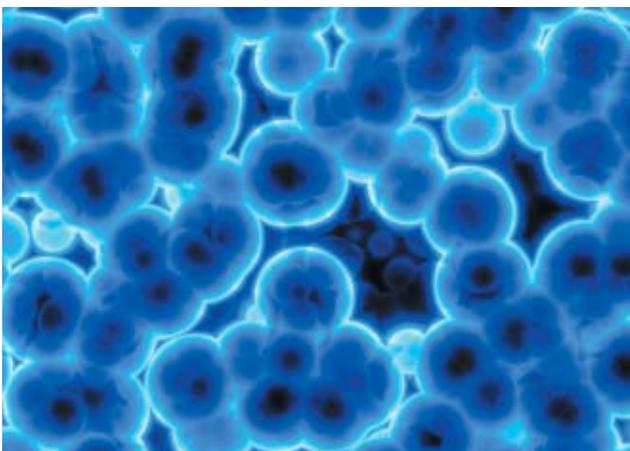
오랫동안 가장 보편적으로 사용되어 왔던 기존방법은 배양배지나 점착성 표면에 단기간 공기시료를 채취한 후 배지를 배양하여 미생물군을 동정하고 균체를 헤아리거나, 혹은 포자를 현미경으로 관찰하여 그 수를 세는 것이었다. 이러한 방법으로 분석된 결과를 역학 조사의 노출 평가치로 사용하게 되면 여러 가지 제한점이 생기게 된다.

특히 치명적인 단점 중의 하나는 포집된 시료 중에 존재하는 포자나 세포는 많이 있지만, 그 중의 아주 소수(최대 10% 미만)만이

배지에 배양된다는 점이다.⁵⁾ 따라서 이 방법으로 건강 장애를 일으키는 미생물인자들에 대한 노출측정을 할 경우 상당히 과소 평가(underestimation of exposure)될 수 있다. 왜냐하면 살아서 배양된 포자뿐만 아니라, 죽은 포자, 살아 있어도 배양이 안 된 포자, 혹은 더 나아가 포자 조각이나 세포 조각들도 건강 장애를 일으킬 수 있는 엘러전(allergen), 글루칸(glucan), 엔도톡신(endotoxin), 마이코톡신(mycotoxins) 등과 같은 유해인자들을 포함하고 있기 때문이다.

곰팡이에 오염된 실내환경에서는 손상되지 않은, 혹은 배지에 배양된 포자보다는 포자 조각이나 세포 조각의 수가 훨씬 더 많은 비중을 차지하고 있다고 알려져 있다.^{6,7)} 더욱이 이러한 세포 조각은 보통 크기가 1 μ 보다 작아서 흡입 노출에 의해 쉽게 호흡기 내의 하기도(lower respiratory track)나 폐(lung)에 다량 침적될 수 있다. 이런 소입자가 훨씬 더 큰 숫자농도(number concentration)로 호흡기 내에 침적될 경우, 그들의 총 표면적은 포자나 세포의 침적으로 인한 이들의 총 표면적보다 훨씬 더 클 것이며, 따라서 이러한 작은 미생물 입자의 표면에 있는 유해인자로 인한 건강 장애는 포자나 세포와 같은 큰 입자에 의한 건강 장애보다 더 클 수 있다.

실내가 곰팡이나 다른 미생물에 의해 오염되었을 경우 이들 미생물에서 분비된 공기 중의 미생물 유해인자의 농도는 시간과 장소에 따라 매우 크게 변화한다. 따라서 이와 관련하여 기존의 시료 채취 및 분석방법이 갖고 있는 또 하나의 중요한 단점이 있다. 즉, 역학 조사에서 연구하고자 하는 건강결과가 만성 질환일 경우에, 시료수를 매우 많이 늘리지 않는 한 단기간



현미경 관찰에 의해 세포 군체나 포자를 동정하고 이들을 세는 방법은 전문적으로 상당 기간 동안 훈련받아야 한다.

공기시료 채취결과를 가지고는 장기간 노출 평가를 하기가 매우 어렵다는 점이다.

아울러 배양, 혹은 현미경 관찰에 의해 세포 군체나 포자를 동정하고 이들을 세는 방법은 전문적으로 상당 기간 동안 훈련받지 않으면 하기가 매우 어렵다. 또한 이 분석방법은 훈련된 분석자들 간이나 실험실 간에도, 심지어는 같은 분석자의 반복 분석에서도 재현성이 현저하게 떨어질 수 있다. 더욱이 이 방법에 의한 분석결과가 알레르기 인자 분석이나 다른 세포벽 성분 분석결과와 비교해 볼 때 연관성이 대체적으로 낮거나 또는 일관성 있는 연관성을 보여주지 않는다는 사실 또한 배양법이나 현미경 관찰법이 불완전하다는 것을 잘 알려준다. 이러한 제한점으로 인해 기존의 방법을 이용하여 실내환경 역학 연구 조사에서 노출 평가를 실시할 경우에는 노출과 건강 장애 간의 연관성에 대한 일관성 있는 연구결과를 얻기가 어렵다.^{8,9)}

지난 2004년에 미국 의학연구소(Institute of Medicine)에서 '실내의 과다 수분과 건강'에 대한 보고서를 발간하였다.⁸⁾ 이 보고서는 2003년까지 과학문헌에 보고된 기존의 연구 조사결과를 모두 고찰하여 실내에서 과다 수분이나 곰팡이, 혹

- 1) U.S. Census Bureau, Current Housing Reports, Series HI50/01, 2002, U.S. Government Printing Office, 2001.
- 2) U.S. General Accounting Office, Major Management Challenges and Program Risks, U.S. Department of Energy, 2003.
- 3) U.S. Department of Education, National Center for Education Statistics, Washington D.C.: Office of Educational Research and Improvement, 1999.
- 4) U.S. General Accounting Office (GAO), School Facilities: Condition of America's Schools, Washington, D.C.: U.S. GAO, 1995.
- 5) Hung LL, Miller JD, Dillon HK, Planning and Conducting a Survey. In: Hung LL, Miller JD, Dillon HK, eds. Field Guide for the Determination of Biological Contaminants in Environmental Samples, Fairfax: American Industrial Hygiene Association, pp.47-91, 2005.
- 6) Gómy R. Filamentous Microorganisms and Their Fragments in Indoor Air-Review, Annals of Agricultural and Environmental Medicine, 11:185-197,2004.
- 7) Gómy RL, Reponen T, Willeke K, Schmechel D, Robine E, Boissier M, Grinshpun SA. Fungal Fragments as Indoor Air Biocontaminants, Applied Environmental Microbiology, 68:3522-3531,2002.
- 8) Institute of Medicine of the National Academies of Science, Damp Buildings. Damp indoor spaces and health. Washington D.C.: National Academies Press, pp.29-89, 2004.
- 9) Park J-H, Schleiff PL, Attfield MD, Cox-Ganser JM, KreissK. Building-related Respiratory Symptoms Can Be Predicted with Semi-quantitative Indices of Exposure to Dampness and Mold. Indoor Air, 14:425-433,2004.

은 다른 미생물인자에 노출되었을 때 어떤 건강 장애가 생길 수 있는지에 대한 결론을 내렸다. 그리고 이들 인자들에 대한 노출 평가의 문제점과 이에 대한 개선책 및 미래의 연구 필요 분야에 대한 많은 고찰과 토의를 실시하였다.

한편, 세계보건기구(WHO; World Health Organization)에서도 2007년까지 과학 문헌에 보고된 연구결과들을 검토하여 실내환경에서의 과다 수분 및 곰팡이에 대한 노출과 건강 장애에 대한 고찰결과 및 이에 근거한 지침서를 2009년에 발간하였다.¹⁰⁾ 두 보고서는 모두 실내환경에서의 과다 수분, 곰팡이 및 다른 미생물인자에 대한 노출과 여러 가지 호흡계질환과의 연관성을 뒷받침해 주는 충분한 증거들이 과학문헌에 보고되었다고 결론을 내리고 있다. 연관성에 대한 충분한 증거가 있다고 보고된 호흡계질환으로는 천식(current asthma), 천식 발생(development of asthma) 및 악화(aggravation of asthma), 과민성 폐렴(hypersensitivity pneumonitis), 기침, 천명(wheeze), 그리고 호흡 곤란(dyspnea) 증세, 호흡기 감염, 상기도 증세(nasal and throat symptoms) 등이 포함된다.

최근 연구동향

이상에서 언급한, 2004년과 2009년에 각각 발간된 미국의 학연구소의 보고서와 WHO의 지침서는 실내환경에서 미생물 인자들에 대한 노출과 건강장애 역학 연구 및 노출 평가 연구에 매우 큰 영향을 미쳤다. 특히 2004년 미국 의학연구소의 보고서가 발간되기 전에는 주로 미생물인자에 대한 노출과 건강장애 연관성을 증명하려는 연구가 대부분이었으나, 보고서가 발간된 이후에는 미생물 유해인자에 대한 노출과 질병 발생 간의 인과관계를 밝히려는 전망 연구(prospective study) 또는 개입 연구(intervention study)에 연구자들이 더 많은 관심을 갖게 되었다. 하지만 아직까지도 미생물인자의 노출과 각종 호흡계질환 건강장애와의 인과관계를 증명해주는 연구결과는 많지 않다. 또한 특정 미생물인자가 어떤 구체적 건강장애를 일으키는 지에 대한 연구도 미진한 상태이다. 이러한 제한점들로 인해 현재까지도 미생물인자에 대한 노출과 그로 인한 건강장애와의 정량적 관계를 알지 못하고 있으며, 따라서 건강장애에 근거를 둔 노출기준을 마련하지 못하고 있는 실정이다.

미국 의학연구소는 또한 현재까지는 주로 미생물인자에 대한

“

미생물 성분 분석 중에서 곰팡이독소(mycotoxins)는 최근 들어 많은 연구자의 관심을 끌고 있는 유해인자 중의 하나이다.

곰팡이 노출에 의한 호흡계질환 이외에도 앞에서 언급한 여러 가지 다른 건강 장애에 대한 관심이 높아짐에 따라 곰팡이 독소를 실내에서 채취한 시료 중에서 측정하려는 시도들이 점차적으로 생기고 있다.

미국 직업안전보건연구원에서도 곰팡이 독소 분석 및 이를 역학 연구의 노출 평가에 이용하여 여러 가지 건강장애와의 상관성 연구에 많은 관심을 갖고 있다. ”

노출과 호흡계질환과의 연관성 연구가 주축이었으나, 앞으로는 신경정신병학적 증세, 피부질환, 빌딩질환증후군, 암, 다른 면역계통질환, 그리고 소화계 및 생식계질환 등 다른 질병들과의 연관성 연구도 함께 이루어져야 할 것이라고 제안하였다.

노출 평가방법에 대한 연구로는 배양에 의존하지 않는 분석 방법 및 미생물 구성 성분을 이용한 노출 평가방법에 대한 더 많은 연구가 필요하다고 강조하고 있다. 폴리머라아제 연쇄반응 분석법(polymerase chain reaction)은 분석의 민감도와 특이도가 높다는 점과 분석하고자 하는 미생물에 대한 정량 분석시간이 상대적으로 매우 짧다는 장점이 있어 연구자들 간에 많은 관심을 끌고 있다. 미생물 구성 성분을 이용한 분석 방법은 살아 있는 포자나 세포뿐만 아니라 죽은 세포나, 세포 조각과 포자 조각에 있는 분석 성분도 다 측정된다는 장점이 있다. 특히 세포벽의 구성 성분을 분석하여 미생물의 생체량을 측정하는 방법들이 현재 개발되어 사용되고 있으며, 계속 더 나은 방법들이 연구보고되고 있다. 하지만 아직도 이런 분석 방법들은 모두 개발 초기단계에 있으므로 더 많은 연구자의 지속적인 관심과 더 많은 연구가 요구된다.

현재 생체량 측정을 이용한 노출 평가에 사용되고 있는 곰팡이 세포벽 성분으로는 글루칸(β -D-glucan), ergosterol, 세포벽 다당류(extracellular polysaccharide, EPS) 등이 있으며, 박테리아 세포벽 성분으로는 엔도톡신(endotoxin), 3-hydroxylated

fatty acid, peptidoglycan(muramic acid) 등이 있다.

미국 직업안전보건연구원에서는 지난 10여 년 동안 자체적으로 실시해 온 여러 가지 연구 및 분석결과를 토대로, 그리고 지금까지 언급한 보고서 및 지침서의 제안들을 감안하여 연구원에 의뢰되는 건강 유해성 조사뿐만 아니라 자체 연구에서도 공기시료 배양법에 의한 노출 평가는 지양하고 있다. 대신 건물 내의 과다 수분 및 곰팡이에 대한 세심한 관찰에 의거한 건물 / 노출 평가와 미생물의 생체량 측정을 통한 노출 평가에 많은 비중을 두고 있다.

관찰법에 의한 건물 / 노출 평가는 2009년 WHO의 지침서에서도 그 중요성을 강조하였으며, 특히 수해 건물에서의 생물학적 유해인자에 대한 노출을 줄이고, 나아가 노출에 의해 생길 수 있는 건강장해도 예방할 수 있는 효과적인 방법으로 인정하고 있다.

관찰에 의한 평가 항목들로는 건물의 수해 여부, 시각적으로 관찰되는 곰팡이의 서식, 누수와 관련된 얼룩의 정도, 곰팡이 냄새, 습한 건물 자재의 존재 등이 많이 사용된다. 따라서 이 방법을 사용하면 건물이 심각하게 수해를 입기 전의 초기단계에서 문제점 발견에 매우 유용하며, 발견 즉시 문제를 해결한다면 노출과 이로 인한 건강장해를 예방할 수 있다. 또한 이 방법은 현장 적용에서 전문성을 많이 요구하지 않기 때문에 건물 관리자나 거주자도 쉽게 사용할 수 있으며, 시료를 채취하거나 분석할 필요가 없기 때문에 불필요한 분석 비용을 대폭 절감할 수 있다.

미국 직업안전보건연구원에서는 자체 연구를 통해 개발된 '관찰에 의한 평가 체크리스트'⁹⁾를 건물 관리자가 현장에서 건물의 정기적인 평가·관리에 직접 사용할 수 있는, 간편하고 편리한 평가도구로 쓰일 수 있도록 개발하고 있다.

미생물의 성분을 분석하여 생체량을 측정하는 생체지표 분석은 기존의 배양법이 가지고 있는 각종 단점을 보완해 주는 좋은 노출 평가방법이다. 하지만 아직도 더 많은 연구결과가 축적되어야 하며, 또 더 개발되어야 한다. 미국 직업안전보건연구원에서도 생체량 분석을 통한 노출 평가 연구에 많은 관심을 갖고 있으며, 실내환경 역학 연구에서 노출을 평가하는 방법으로 사용하고자 시도하고 있다.¹⁰⁾

미생물 성분 분석 중에서 곰팡이독소(mycotoxins)는 최근 들어 많은 연구자의 관심을 끌고 있는 유해인자 중의 하나이다. 곰팡이 노출에 의한 호흡계질환 이외에도 앞에서 언급한

여러 가지 다른 건강장해에 대한 관심이 높아짐에 따라 곰팡이 독소를 실내에서 채취한 시료 중에서 측정하려는 시도들이 점차적으로 생기고 있다.^{12)~17)} 미국 직업안전보건연구원에서도 곰팡이 독소 분석 및 이를 역학 연구의 노출 평가에 이용하여 여러 가지 건강장해와의 상관성 연구에 많은 관심을 갖고 있다.

실내에서의 미생물 유해인자 노출 및 건강장해에 대한 역학 연구와 관련하여, 미국 직업안전보건연구원은 수해를 입은 학교 건물이나 사무실 건물에 대한 개입 연구 조사를 실시하고 있다. 수해를 입은 학교 건물이나 사무실 건물이 보수가 이루어진 후이나, 혹은 건물 거주자들(교직원과 학생 또는 사무실 근로자들)이 수해가 없는 다른 건물로 이주한 후에 건물환경에서의 미생물 유해인자 농도 변화와 거주자들의 건강상태 변화를 추적 조사함으로써 수해와 관련된 건물 보수가 효과가 있는지를 평가하는 연구들이다. 이러한 개입 연구 조사결과는 수해를 입은 건물에서 미생물 유해인자에 대한 노출이 건강장해와 인과적으로 연관되어 있는지 등의 중요한 정보를 제공해 줄 것이다. ☺

- 10) World Health Organization. WHO Guidelines for Indoor Air Quality: Dampness and Mould, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark, 2009.
- 11) Park J-H., Cox-Ganser JM, Kreiss K, White SK, Rao CY. Hydrophilic Fungi and Ergosterol Associated with Respiratory Illness in a Water-damaged Building. *Environmental Health Perspectives*, 116:45-50, 2008.
- 12) Brasel TL, Martin JM, Carriker CG, Wilson SC, Straus DC. Detection of Airborne *Stachybotrys chartarum* Macrocytic Trichothecene Mycotoxins in the Indoor Environment. *Applied Environmental Microbiology*. pp.7376-7388, 2005.
- 13) Brasel TL, Douglas DR, Wilson SC, Straus DC. Detection of Airborne *Stachybotrys chartarum* Macrocytic Trichothecene Mycotoxin on Particulates Smaller than *Conidia*. *Applied Environmental Microbiology* pp.114-122, 2005.
- 14) Slack GJ, Puniani E, Frisvad JC, Samson RA, Miller JD. Secondary Metabolites from Eurotium Species, *Aspergillus calidoustus* and *A. insuetus* Common in Canadian Homes with a view of Their Chemistry and Biological Activities. *Mycological research*. 113:480-490, 2009.
- 15) Bloom E, Grimsley LF, Pehrson C, Lewis J, Larsson L. Molds and Mycotoxins in Dust from Water-damaged Homes in New Orleans after Hurricane Katrina. *Indoor Air* 19:153-158, 2009.
- 16) de la Campa R, Seifert K, Miller JD. Toxins from Stains of *Penicillium chrysogenum* Isolated from Building and Other Sources. *Mycopathologia* 163:161-168, 2007.
- 17) Larsson L. Use of Mass Spectrometry for Determining Microbial Toxins in Indoor Environments. *Indoor Air* 10:301-304, 2008.

병원체 취급 근로자의 작업환경 개선 방향

우리나라에서 병원체 취급 근로자의 작업환경 평가 및 관리에 대한 연구는 비교적 최근에 관심을 갖게 되었다. 보건인력의 직업적 노출은 선진국에서는 많이 연구되었으나 국내에서는 의사와 간호사에 대한 감염실태의 일부 연구가 진행되었고, 본 연구¹⁾에서는 병원시설, 대학시설과 민간시설에서 병원체를 취급하는 근로자의 건강을 보호하기 위한 시설 평가와 관리의 필요성을 제기하였다. 병원체 취급시설 중 생물안전작업대(BSC)의 적절한 운영 및 관리가 필요하고, 생물안전 등급에 맞는 실험을 수행하며, 이에 대한 인식이 필요하다. 안전보건의 확보는 시설의 적절한 물리적 밀폐, 체계적인 위해도 평가, 적절한 운영방안 확보를 통해 이루어질 수 있다.

개요

우리나라의 산업보건 분야에서 생물학적 유해요인에 대한 평가 및 관리는 화학적 유해요인이나 물리적 유해요인에 비해 늦게 관심을 갖게 되었으나 산업재해 통계를 보면 직업병 중 감염성질환도 상당하다. 예를 들어, 2008년 산업재해 통계에서 감염성질환(세균, 바이러스)이 전체 직업병 종류에서 8%로 진폐증과 소음성난청 다음으로 발병률이 높은 직업성재해로 나타났다. 「산업안전보건법」의 하위규정인 산업보건기준에 관한 규칙 중 보건규칙 제10장에 ‘병원체에 의한 건강장해의 예방’이 있다(노동부, 2007). 이 규칙에는 혈액 매개 감염병, 공기 매개 감염병, 혈액 노출 등에 대한 조치기준을 제시하고 있으나 구체적 관리방법이나 병원체 취급시설의 작업환경관리 등에 대한 세부 지침은 없고 일반적 사항이 광범위하게 규정되어 있어 병원체 취급 종사자의 노출위험을 평가 관리하기에는 한계가 있다.

감염성질환이 주로 의사나 간호사에게서 보고되었으나 병원성 미생물을 직접 취급하는 생물 관련 실험 종사자의 감염 위험도 높다. 정부에서는 LMO(Living Modified Organisms)를 취급하는 실험실에 대하여 생물안전실험실로 명칭하고, 그 등급을 4등급으로 구분하여 3·4등급은 질병관리본부에서 허가를 받도록 하였으며, 1·2등급은 교육과학기술부에 자율 등록하도록 하였다. 그러나 의료기관, 대학, 민간 연구소 등 다



윤충식 교수
서울대학교 보건대학원

수의 생물 관련 실험실에서는 LMO가 아니라도 병원성미생물을 직접 취급하고 있어, 노출 위험성에 놓여 있다(한국노동조합총연맹, 2007).

본고에서는 병원성 미생물을 직접 취급하는 미생물 관련 실험실의 작업환경을 평가하고, 개선 방향을 제시하고자 하였다(윤충식 등, 2008; 윤충식 등, 2009).

생물안전 연구시설의 기준

생물체를 취급하는 실험실은 모두 생물안전실험실로 구분 가능한데 그 위험성에 따라 <표 1>과 같이 국제적으로 4개의 등급으로 구분하고 있고, 우리나라의 생물안전지침에서도 이 등급을 준용하고 있다(질병관리본부, 2006). 생물안전 수준 1등급(BSL 1)은 노출되었을 때 개인이나 지역사회에 특별한 위험을 가져오지 않는 미생물을 취급하는 실험실이고, 2등급은 실험자에게는 중간 정도의 위험이 있으나 지역사회는 위험성이 낮은 경우, 3등급은 실험자에게는 고위험이 있으나 지역사회는 위험성이 낮은 경우이다. 4등급인 경우 실험자, 지역사회에 모두 위험성이 높다. 따라서 생물안전 등급에 따라 취급하는 미생물의 종류가 정해져 있다. <표 2>는 생물안전 등급에 따른 작업지침 안전장비를 요약한 것이다(NSF, 2004; WHO, 2004).

우리나라는 2009년 5월 현재 BSL 1 수준은 903개이고, 2등급은 396개로 교육과학기술부에 등록되어 있으며, BSL 3등급은 9개 기관이 질병관리본부에서 인증을 받았다. 그러나 교육과학기술부에 등록된 기관은 LMO 취급 관련 시설로 병원체

<표 1> 생물안전시설의 위험 수준별 리스크

Level	Risk
BSL(BL) 1	Agents not known to cause disease 건강한 성인에게 질병을 일으키지 않는 것으로 알려진 생물체를 개발하거나 이를 이용하는 실험을 실시하는 시설
BSL(BL) 2	Agents associated with a human disease 인체에 대한 위험성이 경미한 병원체(LMO 포함)를 개발하거나 이를 이용한 실험을 실시하는 시설
BSL(BL) 3	Indigenous/exotic agents assoc. with human disease and with the potential for aerosol transmission 인체에 대한 위험성이 상당한 병원체(LMO 포함)를 개발하거나 이를 이용한 실험을 실시하는 시설
BSL(BL) 4	Dangerous/exotic agents of life threatening nature 인체에 대한 위험성이 명백하거나 높은 병원체(LMO 포함)를 개발하거나 이를 이용한 실험을 실시하는 시설

취급 실험실이 모두 포함되지 못하고, 또 자율 등록으로 상당히 누락되어 있다고 판단된다.

병원체 취급 근로자 감염성질환 발생과 생물실험실 종사자의 건강 증상

보건의료기관 종사자 및 병원성 미생물을 취급하는 실험실 종사자에서 발생하는 감염성 질환은 국가별로 보고 체계가 다르고 통계 산출방법도 달라 정확한 발생실태를 파악하기 쉽지 않다. 그 중 보건의료 종사자에게서 발생하는 직업성질환 중 감염성질환의 비율은 스웨덴이 약 10%, 독일이 약 33%, 프랑스가 40% 정도로 보고되고 있으나, 정확한 통계가 잡히지 않는 나라도 많고 그 산출방법도 각기 달라 우리나라와 단순 비교하기는 어렵다.

우리나라의 경우 세균이나 바이러스에 의한 업무상 질병이 노동부 산업재해 통계로 별도 계수되기 시작한 것은 2000년 이후이다(안연순, 2001; 김은아 등, 2005). 그 이전에도 세균, 바이러스에 의한 감염성질환이 간헐적으로 업무상 질병으로 인정되기는 하였지만 그 수는 상대적으로 적었을 것으로 추정된다. [그림 1]을 보면, 2000년에서 2008년까지 「산업재해보상법」에 의해 보상된 업무상 질병 중 세균, 바이러스에 의한 감염성질환은 증가하는 추세를 알 수 있다.

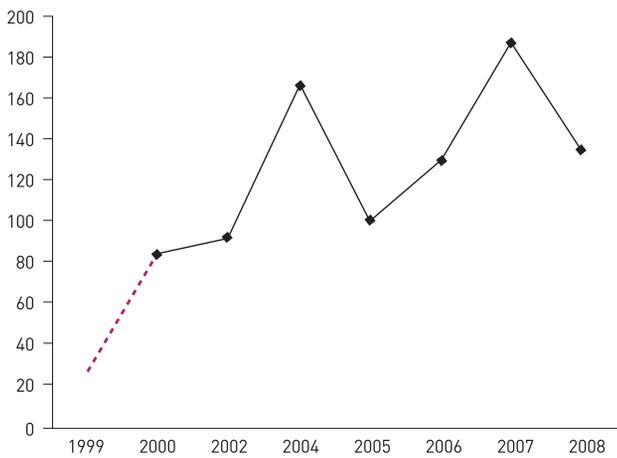
국내 병원체 취급 근로자들의 건강 보호를 위한 점검 체계가 없어 병원체 취급 근로자들이 적절한 환경에서 작업을 하는지를 알아보고자 병원체 취급시설의 성능 평가를 실시하며, 각 시설별로 등급에 맞는 생물안전시설과 미생물을 취급하고 있는지에 대한 미생물 위해성 평가와 미생물 농도 평가를 실시하여 전반적인 병원체 취급시설의 작업환경 노출 평가가 필요하다.

전체 감염성질환 중 병원성 미생물을 직접 취급하거나 감염병에 이환된 환자를 치료하는 중에 감염된 사례를 구분해내기 위하여 2006년에서 2008년 동안 발생한 감염성질환의 구체적 사례를 건별로 분석하였다. 그 결과, 2008년 감염성질환

1) 이 원고는 2008년도, 2009년도 윤충식 등이 산업안전보건연구원 의 용역으로 실시한 생물안전실험실의 병원체 취급 근로자에 관한 연구에서 발췌한 것으로 자세한 사항은 참고문헌에 나와 있음. 당시 연구에 참여한 모든 연구원이 공저자이며, 협조해준 기관에 감사 표함.

〈표 2〉 생물안전 등급에 따라 추천되는 작업지침, 안전장비 요약

BSL	인자	작업지침	1차 차폐물 및 안전장비	시설(2차 차폐물)
1	<ul style="list-style-type: none"> 건강한 성인에게 질병을 일으킨다고 알려지지 않은 인자 	<ul style="list-style-type: none"> 표준 미생물학적 작업방법 	<ul style="list-style-type: none"> 필요하지 않음 	<ul style="list-style-type: none"> 실험실 벤치와 싱크대 필요함
2	<ul style="list-style-type: none"> 인체 질병과 연관성 있는 인자 전파경로는 피부 상처, 섭취, 점막 노출을 포함함 	BSL-1 작업지침 + : <ul style="list-style-type: none"> 접근 제한 바이오 위험성 경고 사인 예리한 것의 찔림(Sharps) 주의 감염 폐기물 소독 및 의학 검진 정책을 정의한 생물안전 매뉴얼 구비 	1차 차폐물 <ul style="list-style-type: none"> Class I or II BSCs, 또는 옆지름이나 에어로졸 가능성이 있는 인자 조작에 사용되는 모든 물리적 밀폐 기구 개인보호구 : <ul style="list-style-type: none"> 실험실 코트; 장갑; 안면보호구 	BSL-1 + : <ul style="list-style-type: none"> 멸균장치
3	<ul style="list-style-type: none"> 에어로졸 전파 가능성이 있는 토착 또는 외래 인자 질병은 심각하거나 치명적인 결과 초래 	BSL-2 작업지침 + : <ul style="list-style-type: none"> 접근 통제 모든 폐기물의 소독 세탁 전 실험복의 소독 실험 전 혈청 확보(Baseline serum) 	1차 차폐물 : <ul style="list-style-type: none"> Class I or II BSCs 또는 유해인자에 대한 개방 조작 시 물리적 밀폐장치 개인보호구 : <ul style="list-style-type: none"> 실험실 보호의; 장갑, 호흡기보호구 	BSL-2 + : <ul style="list-style-type: none"> 접근 통로와 물리적 격리 자동 닫힘, 이중문으로 된 접근 장치 배출공기는 재순환 안됨 실험실은 음압공기
4	<ul style="list-style-type: none"> 생명을 위협하는 질병의 위해도가 큰 위험한 외래적 인자 공기 전파 실험실 감염이 발생, 또는 전파 경로를 모르는 관련 인자 	BSL-3 작업지침 + : <ul style="list-style-type: none"> 입실 전에 의복 교체 출구 시 샤워 시설로부터 나가는 모든 물질의 소독 	1차 차폐물 <ul style="list-style-type: none"> 전신, 공기 공급의 양압의 개인 복장을 입고 Class III BSCs 또는 Class I 또는 II BSCs에서 행해지는 모든 절차 	BSL-3 + : <ul style="list-style-type: none"> 별도의 건물이나 격리된 지역 전용 공급, 배출, 진공 및 소독 체계 기타 기술된 요구사항



〈그림 1〉 감염성질환의 업무상 질병 인정건수

134건 중 62건, 2007년 188건 중 60건, 2006년 131건 중 51건이 병원체 취급 근로자에 의한 감염성질환으로 판단됐으며, 이는 전체 감염성질환의 38%를 차지하였다. 이는 우리나라 의료 종사자수가 약 30만명이라 추정하면, 의료기관 종사자의 감염성질환 발생률은 1,000명 당 0.6명으로 추산된다. 한편, 미국의 Wilson과 Reller 등은 임상 미생물학자와 의료기관 종사자들의 실험실 내 감염성질환이 약 1,000명 당 1~5명 정도로 추산하였다. 이와 비교하면 우리나라의 경우 아직도 공식 보고되지 않는 감염 사례가 많을 것으로 추정된다.

〈표 3〉은 최근 3년 동안의 병원체 감염질환을 일으킨 노출 경로를 분석한 결과이다. 결핵에 이환된 종사자의 경우 결핵병동, 응급실, 중환자실, 미생물 배양 및 검사실 등에 근무하면서 체액, 호흡기 분비물 및 공기를 통한 복합적인 노출이 이루어진 것으로 판단돼 복합 노출에 의한 감염으로 구분하였고, 이들이 전체의 74%로 가장 많은 부분을 차지했다. 혈액매개 질환자의 채혈이나 처치 중 주사침에 찔려 감염된 사례가 12%, 수술이나 처치 시 날카로운 칼날에 베어 감염된 경우가 2%로 나타났다. 그 외 혈액 또는 혈액용기를 통한 감염이 1%, 공기를 통한 감염이 5%, 기타(원인 불분명 등)가 9%로 나타났다. 특히 C형 간염에 이환된 환자 전원이 간염환자의 주사침에 찔려 감염된 것으로 나타나 주사바늘에 의한 상해가 혈행성 감염질환의 주요 원인임을 알 수 있다.

병원이 아닌 대학실험실에서 근무하는 592명의 석사 이상 생물학 관련 실험실 종사자에 대한 설문결과 실험이 건강에 영향을 미친다고 대답한 사람이 305명(51.5%)에 해당하였으며, 이들의 주요 경험 부위는 호흡기계질환이 146명(47.9%), 피부 75명(24.6%), 중추신경계 50명(16.4%), 생식기계 8명(2.6%) 등이었다. 다중회귀분석을 한 결과 〈표 4〉와 같이 남자보다 여자가, 흡연자가, 근무연도가 길수록, 안전보건교육을 받지 않았을 때, 실험 공간과 책상이 같은 공간에 있을 때, 전체 환기가 안 이루어질 때 유의하게 건강 영향이 많다고 응답하였다.

〈표 3〉 병원체 취급 근로자의 감염성질환 감염 경로

구분	2008	2007	2006	합계
체액, 호흡기 분비물 및 공기	39	46	43	128 (74%)
주사침 찔림	8	7	6	21 (12%)
칼날에 베임	0	2	0	2 (1%)
혈액 또는 혈액응고	2	0	0	2 (1%)
호흡하는 공기	4	0	1	5 (3%)
기타(불분명, 모름)	9	5	1	15 (9%)

〈표 4〉 전국 대학 실험실 석사 이상 연구원의 건강 증상 호소 관련 요인

변수	카테고리	Odds ratio	95% CI
성별	1. 남자†		
	2. 여자	2. 82**	1.36-5.84
흡연	1. 비흡연†		
	2. 흡연	2. 77*	1.16-6.58
근무년수	1. 6개월 미만†		
	2. 6개월 이상 1년 미만	2. 80	0.66-11.86
	3. 1년 이상 3년 미만	1. 85	0.55-6.22
	4. 3년 이상 6년 미만	1. 58	0.47-5.27
	5. 6년 이상	3. 72*	1.04-13.32
교육	1. 예†		
	2. 아니오	2. 23*	1.03-4.85
공간 분리	1. 완벽히 분리†		
	2. 중간 분리	3. 16**	1.33-7.5
	3. 한 공간	2. 97**	1.47-6.01
전체 환기	1. 예†		
	2. 아니오	1. 62	0.73-3.59
후드 점검	1. 6개월에 한 번†		
	2. 1년에 한 번	0. 79	0.37-1.69
	3. 2년에 한 번	1. 28	0.32-5.16
	4. 점검하지 않음	1. 49	0.6 -3.68
유해물질 보관상태	1. 양호†		
	2. 불량	35. 54**	2.87-439.75

† Reference *P < 0.05 **P < 0.01

또한 생물학 실험실에도 다양한 화학물질을 사용하게 되는데 보관상태가 불량할수록 건강 영향이 많다고 호소하였다. 그러나 거주시간이나 실험시간은 유의한 영향이 없었다.

생물안전실험실의 시설 평가

병원체 취급시설의 성능 평가에서는 10개 기관(14개 시설)에서 총 27대의 생물안전작업대(BSC; Biosafety Cabinet) 성능 측정결과 중 6대의 BSC만 성능이 적합(22%)하였고, 나머지 20대의 BSC는 성능 부적합(78%)으로 판명되었다. 적합 판정

을 받은 6대중 5대는 최근 1~2년 사이에 설치된 장비로, 국내의 생물안전 등급에 대한 인지를 하고 실험실관리자가 이에 맞는 장비를 선택하여 설치한 경우이다.

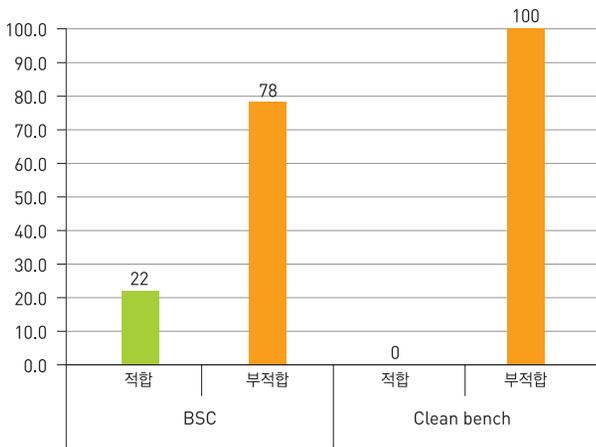
인증을 받은 BSC는 공장 출고 시 성능검사에 합격한 것으로, 주기적으로 성능검사를 실시하여, 풍속 보정과 헤파필터 등의 교체가 필요하다. 이러한 유지보수가 시행되지 않는다면, 인증을 받은 BSC도 교차오염의 위험에 노출이 될 수 있다. 그러므로 BSC를 사용하는 기관은 반드시 제조사가 권장하는 주기마다 성능검사를 실시하여야 한다. NSF 또는 KS의 인증을 받지 않은 9대의 BSC는 모두 부적합으로 판명되었다. 인증을 받지 않은 BSC는 성능을 측정할 수 있는 제조사의 기준이 마련되어 있지 않으며, 유지보수와 BSC의 성능검사를 할 수 없도록 제작된 경우가 많았다. 따라서 인증을 받지 않은 BSC는 제조사와 제조국에 관계없이 BSC의 성능을 신뢰할 수 없으므로, 인증된 BSC로 교체 또는 부적합된 기능에 대해서 수리를 해야 한다.

무균작업대(Clean bench)는 총 6대의 성능검사를 실시하였으며, 성능검사결과 6대 모두 성능 부적합으로 판명되었다. 주 부적합 요인은 유입풍속의 부적절(65%), 헤파필터의 완전성 결핍(65%), BSC의 인증을 받지 못한 제품의 사용(46%), 기류 흐름도 부적합(46%)이었다(윤충식 등 2009).

BSL 3등급 시설인 경우 시설 평가를 해본 결과로는 공조 시스템과의 부적절한 연결, 일부 BSC의 고장, BSC 내부작업 공간의 기류가 작업자 방향으로 유출되어 기류 흐름도의 교정이 필요한 상태, 헤파필터의 누출검사를 하기에 부적절한 시설 설치, 제독(Decontamination)을 위한 매뉴얼 및 인식 부족이 나타났다. 그리고 BSC를 외국에서 들여오는 경우, 제조회사의 시험성적서는 만족하더라도 운송과정 또는 설치과정 중에 발생하는 오작동 관련(설비의 뒤틀림, 헤파필터 누출 등) 사항을 재점검하는 것이 종사자 보호에 필수적임이 발견되었다(윤충식 등, 2008).

생물안전실험실에서의 취급 미생물과 위해성 평가

생물안전 등급에 따라 취급 미생물이 정해져 있음은 위에서 이미 설명하였다. 10개 기관을 대상으로 생물안전 등급에 따른 취급 미생물을 알아본 결과, 5개 기관에서 신고한 생물안전 등급과 질병관리본부의 위해성에 따른 감염성 분류(2006)에 의



[그림 2] 조사대상 BSC와 Clean bench의 적합률

한 생물안전 등급에서 실제 신고한 등급보다 1등급씩 높게 나타났다. 미생물을 조사해본 결과, 10개 기관 중 5개 기관에서 신고된 생물안전 등급보다 더 높은 등급에서 취급해야 하는 병원체를 취급하고 있었다. 예를 들어, *Brevibacillus brevis*, *Actinobacillus actinomycetemcomitans*, *Rickettsia conorii*, *Rickettsia japonica*, *Rickettsia prowazekii* 등은 3등급에서 취급되어야 하는데 2등급 시설에서 취급되고 있었다. 그러나 병원의 특성상 단기간 2등급 시설을 3등급으로 올리거나 미지의 검체로 인해 3등급 시설의 필요성에 대해서는

추가 연구나 정책적 결정이 필요하다. 1등급 시설로 신고하였지만 취급하고 있는 미생물이 2등급인 균주로는 *Escherichia*, *Vibrio vulnificus* 등이었다.

〈표 5〉는 각 기관별 총 박테리아, 그람 음성 박테리아, 총 곰팡이, 엔도톡신의 공기 중 농도를 표시한 것이다. 총 박테리아, 그람 음성 박테리아, 총 곰팡이, 엔도톡신에 대한 전체 평균농도는 각각 382cfu/m³, 17cfu/m³, 474cfu/m³, 1.43EU/m³으로 D, F 기관의 총 박테리아와 곰팡이의 농도를 제외하고는 참고할 수준이었다. D기관(총 박테리아 1,474cfu/m³, 그람 음성 박테리아 126cfu/m³, 총 곰팡이 1,386cfu/m³)과 F기관은 박테리아와 곰팡이의 농도가 국내 환경부 실내공기 중 미생물 허용기준치인 800cfu/m³을 초과하였다. D기관의 경우 어류를 취급하는 바닥에 어항에서 쏟아진 물이나 고인 물로 인해 바닥이 젖어 어항의 물과 바닥의 물기가 미생물의 성장에 영향을 미치는 것으로 사료되었다. F기관은 실험폐기물들을 한 곳에 모아 두었다가 일정량이 차면 비우는 실험폐기물 장소로, 실험폐기물을 비우기 전 약 2주 동안 특별한 환기시설도 없이 모아두고 있었기 때문에 공기 중 미생물의 농도가 높게 나타난 것으로 사료되었다. D·F기관을 제외한 나머지 기관들의 농도는 오염 여부를 판단하거나 측정결과를 비교할 수 있는 허용기준에 미치지 못하는 수준이었다.

〈표 5〉 기관 종류별 미생물 및 엔도톡신의 평균농도

기관	총 박테리아		그람 음성 박테리아		총 곰팡이		엔도톡신		기관 종류
	시료수 내부/외부	농도 ± 표준편차 (cfu/m ³)	시료수 내부/외부	농도 ± 표준편차 (cfu/m ³)	시료수 내부/외부	농도 ± 표준편차 (cfu/m ³)	시료수 내부/외부	농도 ± 표준편차 (EU/m ³)	
A	9/1	109 ± 49	9/1	ND 0	9/1	18 ± 16	9/1	0.66 ± 0.1	병원
G	10/0	115 ± 66	10/0	3 ± 5	10/0	24 ± 51	7/1	7.05 ± 70	미생물
평균		112		1.5		21		3.86	검사실
C	10/0	347 ± 122	10/1	17 ± 8	10/1	347 ± 122	5/1	0.91 ± 0.5	
D	10/1	1474 ± 872	10/1	126 ± 133	10/1	804 ± 503	4/1	2.88 ± 1.6	
E	10/1	193 ± 116	10/1	2 ± 3	10/1	56 ± 46	5/1	0.66 ± 0.4	
H	10/1	38 ± 25	10/1	4 ± 6	10/1	13 ± 13	5	ND 0	
O	10/0	128 ± 50	10/1	ND 0	10/1	36 ± 27	5/1	0.75 ± 1.4	
J	10/1	4 ± 7	10/1	ND 0	10/1	11 ± 17	5/1	ND ± 1.8	
K	10/1	209 ± 36	10/1	15 ± 9	10/1	49 ± 39	5/1	ND 0	
B	10/0	197 ± 76	10/0	5 ± 9	10/0	122 ± 100	5/0	1.16 ± 1.1	
평균		324		28		180		0.8	
F	10/1	1386 ± 1111	10/1	16 ± 10	10/1	3729 ± 1766	6/0	1.63 ± 0.8	실험폐기물 처리장
전체 평균	409.1		23.5			473.5		1.96	

기관별 평균농도는 병원미생물 검사실이 112cfu/m³, 1.5cfu/m³, 21cfu/m³, 3.86cfu/m³였고, 대학교 미생물실험실 324cfu/m³, 28cfu/m³, 180cfu/m³, 0.80cfu/m³, 실험폐기물 처리장 1,386cfu/m³, 16cfu/m³, 3,729cfu/m³, 1.43EU/m³으로 총 박테리아와 곰팡이의 농도는 실험폐기물 처리장이 가장 높게 나타났고, 다음으로 대학교 미생물실험실, 병원 미생물검사실 순이었으며, 그람 음성 박테리아는 대학, 병원, 실험폐기물 순이었다. 공기 중에서 채취한 미생물을 동정해본 결과, 박테리아는 주로 Micrococcus species, Staphylococcus capitis, Rhodococcus species, Bacillus species, Corynebacterium species 등이 동정되었고, 곰팡이는 Aspergillus species, Penicillium species가 동정되었다. 실제로 취급하는 병원체 중에서 많은 종은 공기 중에서 동정되지 아니하여 특별한 경우가 아니면 병원성 세균의 공기 중 농도를 평가하기 위하여 병

원시설에서 일반 박테리아, 그람 음성 박테리아, 엔도톡신 등을 측정할 필요는 없다고 판단된다. 그러나 병원의 실내 공기 질을 평가하기 위한 미생물 평가나 특별한 균에 의한 집단 감염 등의 우려가 있을 때는 해당 균을 잘 배양할 수 있는 방법으로 평가하여야 한다.

병원 실험실 공기 중에서 검출된 미생물과 병원에서 사용하는 미생물의 일치율을 보이는 미생물은 병원 취급(가검물에서 검출되는) 13종의 미생물 중 공기 중에서는 3종만이 검출되어 공기 중 미생물과 취급 미생물과의 관련성은 적은 것으로 조사되었다.

따라서 병원체 취급 실험실에서 공기 중 미생물을 측정하는 것이 취급 미생물을 대표한다고는 할 수 없다. 그 이유는 취급 병원성 미생물을 BSC 안에서 취급하므로 일반 공기 중으로 비산되지 않을 가능성, 취급 미생물의 주요 전파 경로가 공기가

(표 6) 생물안전실험실에서 위험성을 줄 수 있는 작업과 장비

장비	위험	위험요소 감소 또는 제거
피하주사바늘	바늘에 찔림, 에어로졸 또는 쏟음	사용한 바늘은 재사용하지 않는다. 바늘마개가 있는 바늘 사용, 또는 일회용 바늘 사용 숙련된 실험실에서의 기술, 예 : - 공기방울을 최소화하기 위해 실린지에 액을 조심스럽게 채운다. - 전염성이 있는 액을 섞을 때는 실린지 사용을 피한다. - 병에서 바늘을 꺼내기 전에 살균력이 있는 젖은 코튼거즈로 바늘을 감싼다. - 소독력이 있는 거즈로 바늘을 감쌀 때 바늘 속의 액이나 공기방울이 밖으로 나오지 않도록 한다. 전염성물질을 취급할 때는 생물안전작업대(BSC)를 사용한다. 바늘 사용 후에는 모두 오토크레이브에 넣어 처리한다.
원심분리기	에어로졸, 비산과 용기 손상	잘 밀봉된 용기를 사용하거나 이중 밀봉 로터를 사용한다. 용기를 열 때는 BSC에서 열거나 에어로졸이 안정화된 상태 이후 충분한 시간(약 30분) 후에 연다. 원심분리기와 진공펌프 사이에 헤파필터를 장착한다.
초원심분리기	에어로졸, 비산과 용기 손상	각 로터에 대한 시간대별 업무일지 관리와 기계적인 실수로 인한 위험을 줄이기 위해 예방관리 프로그램을 실시한다. BSC에서 용기에 담긴 내용물을 담거나 꺼낸다. BSC 안에서 실험한다.
균질화기, 조직 그라인더	에어로졸, leakage와 container 파손	로터의 베어링과 오일링 개스킷은 새지 않는 특수 제작된 모델을 사용하거나 무균분쇄기(stomacher)를 사용한다. 혼합물용기를 열기 전 에어로졸이 충분히 안정화될 수 있도록 30분을 기다린다. 응축된 에어로졸은 냉동 보관한다. 만약 수동 조직분쇄기가 사용된다면, 흡수 패드가 있는 용기에 고정시킨다.
초음파기, 초음파 세척기	에어로졸, 청력 손실, 피부염	BSC나 특수 제작된 용기에서 실험을 한다. 튼튼한 스크루 뚜껑으로 밀봉된 배양플라스크를 사용하고, 잘 보관한다.
동결건조기	에어로졸과 직접적으로 노출된 감염	전체적으로 밀봉하기 위해 오일링 커넥터를 사용한다. 진공라인을 보호하기 위해 공기여과기를 사용한다. 확실한 방법으로 오염을 막는다. 예 : 화학적 방법 금속재질의 수분 트랩과 증기 응축기를 사용한다. 모든 유리진공용기는 표면에 흠이 나지 않았는지 반드시 확인한다.
수조	미생물의 성장 금속물이 섞인 폭발 가능한 혼합물인 아지드화 나트륨	정기적으로 청소와 소독을 확실히 한다. 유기물의 성장을 막기 위해 아지드화 나트륨을 사용하지 않는다.

아닐 가능성, 공기 중 미생물 채취 미디어가 병원성 미생물을 잘 배양시키지 못할 가능성 등이 있다.

생물안전실험실에서의 작업관리방안

생물안전실험실에서 사용하는 기구나 장비에 의해 발생할 수 있는 위험 및 제거 또는 감소요소를 요약하면 <표 6>과 같다 (CDC, 2007; WHO, 2005; Health Canada, 2003). 생물안전 실험실에서 감염성 인자의 노출과 이에 따른 대책은 <표 7>에 요약하였다.

병원체를 취급하는 생물안전실험실에서 건강을 보호하기 위한 관리방안은 크게 세 가지 방향으로 접근할 수 있는데 첫 번째는 적절한 물리적 밀폐, 둘째는 체계적인 위험도 평가 능력 확보, 셋째는 적절한 운영방안 확보이다. 세부사항은 질병관리 본부의 생물안전지침에 생물안전실험실의 등급별 일반 준수사

<표 7> 생물안전실험실에서 감염성 인자의 노출 경로와 대책

노출 경로	보호 수단
점막 : 물질이 튀김으로써 점막, 눈, 코 또는 입에 노출	안면 보호 : - 보안경과 마스크를 착용하거나 전면 마스크를 착용 - BSC에서 실험 - 규정 절차에 따른 실험
흡입 : 센트리피지에 새어나 오거나, 바닥에 쏟은 호흡성 에어로졸(5um)을 공기 중으로 마시으로써 노출	에어로졸에 의한 노출을 피함 : - BSC에서 실험 - 원심분리를 할 때 밀봉된 로터나 흡수통을 사용 - 규정 절차에 따른 실험
섭취 : 실험실 내에서 먹거나, 마시거나, 입으로 피펫팅을 함으로써 노출	섭취에 의한 사고 예방 : - 실험실 내에서는 절대 무언가를 먹거나 마시지 않음 - 항상 피펫에이드 기구를 사용 - 규정 절차에 따른 실험
피부 : 바늘이나 오염물질과 접촉된 날카로운 날에 찔림 으로써 노출	피로상처 발생 예방 : - 유리기구를 플라스틱기구로 대체 - 날카로운 것은 주의할 수 있도록 라벨을 붙임 - 날카로운 기구를 사용 후에는 이것을 담은 단단한 용기에 바로 버림 - 찔림에 견딜 수 있는 보호장갑을 착용함 - 손을 움직이기에 편한, 방수가 되는 보호장갑을 이중으로 착용
접촉(간접 노출) : 핸드폰이나 컴퓨터 등과 같은 오염된 표면에 닿은 손이나 실험 후에 씻지 않은 손으로 점막에 접촉된 경우	간접 노출 예방 : - 작업을 하는 표면을 소독 - 실험 후에는 항상 손을 씻음 - 보호장갑 착용 여부에 관계없이 손으로 얼굴을 만지면 안됨 - 실험실 내에서 화장을 하면 안됨



국내 병원체 취급 근로자들의 건강 보호를 위한 점검 체계가 없어 병원체 취급 근로자들이 적절한 환경에서 작업을 하는지를 알아보고자 병원체 취급시설의 성능 평가를 실시하며, 각 시설별로 등급에 맞는 생물안전시설과 미생물을 취급하고 있는지에 대한 미생물 위해성 평가와 미생물 농도 평가를 실시하여 전반적인 병원체 취급시설의 작업환경 노출 평가가 필요하다. ”

향과 특수 준수사항이 나와 있다. 이외에도 본고에서 강조하는 싶은 것은 다음과 같다.

- 소속기관 자체 생물안전 등급을 명확히 인식하여야 한다.
- 기관 자체 생물안전관리규정을 작성 운영하여야 한다.
- 병원체 취급시설 내의 하드웨어와 소프트웨어의 정기적인 관리 스케줄과 절차에 대해 문서가 있는지 점검한다.
- 병원체 취급 실험실의 공조 시스템에 대한 관리규정이 있어야 한다.
- 2등급 시설 이상은 장기적으로 공조 시스템을 별도로 운영하는 것에 대한 계획을 수립하여야 한다.
- 병원시설의 경우 결핵실과 바이러스실에 대한 향후 적정 관리방안이 다시 수립되어야 한다.
- 병원에서의 감염 사실에 대한 적극적인 기록 유지관리가 필요하다.
- 병원체 취급시설에 있는 각종 장비의 매뉴얼을 잘 보관한다. 특히 BSC 및 무균작업대, 원심분리기의 매뉴얼을 잘 보관하는 것이 필요하다.
- 병원체 취급시설의 장비 유지관리계획을 수립한다. 또한 보유 장비 및 설비의 자체 취급시설검사보고서를 유지관리하여야 한다.
- BSC를 잘 유지관리하여야 한다.
- 헤파필터를 교체할 때 잘 밀착되도록 한다. 헤파필터 교체 시 교체작업자와 인근작업자가 노출이 안되도록 한다.
- 다음과 같은 일반적 보건 관련 준수사항을 지킨다.
 - 손을 자주 깨끗이 닦는다. 작업자는 검체를 취급하고 난 뒤 바로 손을 철저히 닦는 습관이 필요하다.
 - 실험실 안에서 음식물 섭취, 흡연은 물론 화장도 금한다.

- 주사침과 다른 뾰족한 물건은 오랫동안 실험실 작업대나 후드 안에 방치하지 말고, 사용 후 바로 불침투성 백에 넣어 폐기한다.
- 감염폐기물은 환경부의 「특수폐기물처리법」에 따라 신속하고도 적절히 폐기한다.
- 큰 조각으로 깨진 유리기구는 빗질로 제거하여 별도 용기에 담아 폐기 처리한다. 작은 조각으로 깨진 유리기구는 집게나 핀셋으로 제거하고, 손으로 직접 제거하지 않는다.
- 일반적인 개인위생수칙을 잘 지킨다.
- 실험실 내부 및 장비(예 : BSC)의 바닥, 벽, 천장을 깨끗이 유지관리한다.
- 병원체 취급 근로자에 대한 교육이 필요하다.
- 백신 접종이 필요한 경우 반드시 실시하도록 한다. B형 간염, C형 간염, HIV 바이러스에 대한 백신 접종이 필요하다.
- 병원의 경우 가검물을 채취, 운반하는 인력의 노출 가능성을 최소화한다. 병원의 경우, 채취된 가검물을 진단검사의학과에서 받으면 실험자의 노출이 최소화할 수 있도록 작업방법 및 작업순서를 잘 배열할 필요가 있다.
- 모든 이동통로는 안전하게 확보되어야 한다. 실내의 온습도가 계절에 상관없이 적절히 유지되게 한다.

결론

본고에서는 감염성질환이 많이 보고된 의사나 간호사보다는 병원체를 직접 취급하는 미생물 취급 실험실의 실태 조사를 하였다. 감염성질환으로 인한 직업병은 이들 작업자만의 통계자료가 없어 보건지료를 전체적으로 파악하였다.

우리나라는 바이오안정성의정서 2000년 9월 의정서에 서명한 후 2008년에 「유전자변형생물체의 국가 간 이동 등에 관한 법률」이 시행되면서 보건복지부와 교육과학기술부를 중심으로 BSC에 대한 관리를 하고 있다. 그러나 산업보건기준에 관한 규칙 중 보건규칙 제10장 ‘병원체에 의한 건강장해의 예방’에서 병원체 취급자의 작업환경관리는 제대로 되고 있지 못하다. BSC는 4개의 등급으로 구분하여 관리하고 있으며 1·2 등급은 교육과학기술부에 등록제로, 3·4등급은 질병관리본부에 허가제로 신고하도록 하고 있다.

생물안전실험실의 BSC에 대한 시설 평가를 해본 결과, 무균 작업대와 BSC가 대부분 부적합 제품을 사용하고 있었는데 시설물 평가에 필수적인 매뉴얼의 손실, 헤파필터의 완전성 결핍, 평가 공간 미확보, 기류 흐름도의 부적합 등이 나타

났다. 공기 중 미생물을 평가해본 결과로는 미생물 수준은 높지 않았다.

생물안전실험실의 공기 중 미생물은 실제로 취급하는 병원성 미생물을 반영하지 못하는 단점이 있음을 확인하였다. 또한 실험종사자 50% 이상이 실험 수행내용이 건강에 영향을 미친다고 응답하였으나 소속 실험실이 어떤 생물안전 등급에 속하는지, 그리고 BSC의 성능에 대해서는 잘 모르고 있었다. 생물안전실험실에서 병원체 취급 근로자의 건강 보호를 위한 안전보건지침은 병원성 미생물 등에 의한 위험성을 방지하기 위하여 크게 세 가지 측면으로 접근할 수 있다. 첫 번째는 적절한 밀폐, 둘째는 체계적인 위해도 평가 능력 확보, 셋째는 적절한 운영방안 확보이다. ㉠

참고문헌

- 김은아 등, 의료업 종사 근로자들의 감염성 질환 실태조사, 2005.
- 노동부, 산업보건기준에 관한 규칙, 노동부, 2007.
- 안연순, 우리나라에서 생물학적 인자에 의한 업무상 질병실태, 2001.
- 윤종식, 하권철, 박정임, 백승우, 조기홍, 변혜정, 황성호, 이동원, 양혁승, 이경희, 박지영, 신민아, 장경조, 함승헌, 병원체 취급 근로자의 작업환경 기준 및 작업환경 관리방안에 관한 연구(Ⅱ)-생물안전실험실 작업환경을 중심으로-, 산업안전보건연구원(연구원2008-89-1152), 2008.
- 윤종식, 박동욱, 하권철, 박정임, 백승우, 조기홍, 양혁승, 이동원, 황성호, 이경희, 조현우, 이의승, 이우진, 류승훈, 황규진, 병원체 취급 근로자의 작업환경 실태조사 및 안전보건지침 작성 연구-생물안전실험실 작업환경을 중심으로-산업안전보건연구원(연구원2009-51-1202), 2009.
- 질병관리본부, 생물안전지침, 질병관리본부, 2006.
- 한국노동조합총연맹, 의료 종사자의 감염관리를 위한 생물안전작업대(BSC) 성능 실태조사 보고서, 한국노동조합총연맹, 2007.
- CDC(National Institutes of Health/Centers for Disease Control and Prevention). Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories(5th), U.S. Department of Health and Human Services, 2007.
- Health Canada, The Laboratory Biosafety Guideline 3rd edition, 2003.
- NSF. International Standard/American National Standard for Class II, III (Biosafety cabinet), NSF/ANSI 49-2004.
- WHO. Laboratory Biosafety Manual(3rd), World Health Organization(WHO), 2004.
- WHO. Enhancement of laboratory biosafety. World Health Assembly resolution WHA58.29, May 2005.

금속가공유(MWF)에서의 미생물 노출 위험과 관리방안

금속가공유(MWF)는 기계를 가공할 때 냉각과 윤활, 그리고 발생하는 금속 칩을 제거하는 기능을 한다. 수용성 MWF에서 미생물 오염을 관리하는 것은 매우 어렵다. MWF에서 번식한 미생물은 쉽게 공기 중으로 분산되고, 이에 노출되면 폐렴, 천식, 비염 등 각종 호흡기계질환 발생 위험이 있다. MWF에서의 미생물 오염을 근본적으로 차단할 기술적인 방법은 없고 다만 미생물 성장을 억제하기 위해 여러 가지 기술과 행정적인 관리가 결합된 시스템식 접근이 필요하다. 적절한 시기에 적절한 양의 방부제 사용, 공정 부산물을 적절하게 처리하는 장치 설치, 작동유 유입 방지, 주기적인 MWF 벌크와 공기 중 노출 모니터링, 표준 MWF 교체 및 청소방법 준수 등을 모두 효과적으로 활용해야 한다. 본고에서는 MWF 관리방안과 미생물의 노출 위험에 대해 살펴 보았다.

서론

금속가공유(MWF; metalworking fluids)는 금속(metal)인 기계공구를 이용하여 또 다른 금속 기계제품을 다듬거나, 자르거나, 깎거나, 파내는 등의 공정(working)을 부드럽게(lubricating) 하는 것은 물론, 공정에서 발생하는 열을 식히며(냉각, cooling) 떨어져 나온 금속 칩의 제거에도 사용되는 화학물질이다. 이들은 기계금속이 원료로 사용되는 자동차, 농기구, 항공기, 기차, 자전거, 전자제품 등을 생산하는 공정에서 광범위하게 쓰인다. 또한 사업장 공무부서에서도 공정 기계를 수리하고 정비할 때 사용된다.

MWF는 들어 있는 주요 성분에 따라 네 가지로 구분된다. MWF 종류와 사용되는 공정 특성에 따라 유해성이 차이가 있을 뿐만 아니라 측정해야 하는 유해인자 항목과 노출 평가방법 등이 달라진다.

본고에서는 MWF에 대한 기본적인 내용(기능, 종류, 독성 등)을 설명하였고, 이를 바탕으로 MWF에서 미생물이 번식하는 원리, 이들이 공정과 근로자 건강에 미치는 영향, 그리고 미생물 오염을 억제하기 위한 대책들을 요약하였다.



박동욱 교수
한국방송통신대학교
환경보건학과

대상 및 방법

기능

MWF는 원유(crude oil)를 정제한 기유(base oil)에다 수많은 첨가제들을 혼합한 화학물질이다. 오일은 MWF 성분 중 가장 많이 들어 있고 기본이 된다는 뜻에서 기유라고 한다. MWF 첨가제는 금속의 녹과 산화를 방지하고, 미생물 오염과 거품이 나는 것을 막으며, 수소이온 농도 조절 및 높은 압력으로 오르는 것을 억제하는 등의 효과를 달성하기 위해서 들어가는 또 다른 화학물질들이다.

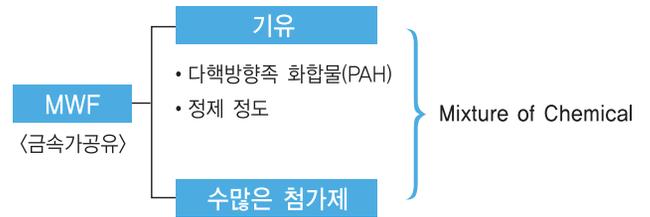
첨가제의 종류와 성분은 MWF 종류에 따라 다르다. 산업장에서 사용되는 단일 화학물질로 MWF만큼 많은 화학성분이 들어 있는 것은 드물 것이다. 한 마디로 MWF는 화학물질 덩어리(mixture of chemical)라고 할 수 있다(그림 1).

주요 유해성

MWF 노출로 인한 건강상의 위험은 MWF 종류, 이들이 사용되는 공정 특성과 금속 기계 재질, 첨가제 성분, 오염 특성 등에 따라 달라진다. MWF의 일반적인 유해성은 피부질환, 호흡기질환, 자극, 중추신경계 억제, 피부암 등이다. 1975년대 이전에는 원유로부터 다핵방향족화합물(PAH) 등 유기용제가 충분히 정제되지 않은 기유를 사용했기 때문에 피부암이 많이 보고되었다.



금속가공유(MWF)는 기계금속이 원료로 사용되는 자동차, 농기구, 항공기, 기차, 자전거, 전자제품 등을 생산하는 공정에서 광범위하게 쓰인다.



[그림 1] 금속가공유의 주요 성분 구분

<표 1> 금속가공유 종류별 압 위험

금속가공유 (MWF) 종류	유익하다고 보고된 압 종류	참고문헌
비수용성	위장관계/ 직장/ 식도/ 후두/ 전립선	Tolbert et al., 1992 Eisen et al., 2001 Zeka et al., 2004
수용성	유방/ 피부/ 뇌/ 위/ 결장/ 췌장/ 후두/ 폐	Eisen et al., 2001 Thompson et al., 2005
합성	식도 / 간 / 췌장	Schroeder et al., 1997 Sullivan et al., 1998 Eisen et al., 2001

※ 노출군 I, 노출 수준(TLV); 노출군 II, TLV<노출 수준≤50 ppm; 노출군 III, 노출 수준<50 ppm. MA: mandelic acid, PGA: phenylglyoxylic acid

미국산업위생전문가협회(ACGIH; American Conference of Governmental Industrial Hygienists), 국제암연구소(IARC; International Agency for Research on Cancer)는 고도로 정제되지 않은 기유를 암을 초래하는 확정된 물질로 규정하고 있다. 현재 사용되는 기유는 원유에서 고도로 정제되어 PAH 등을 포함한 유기용제 함유율이 매우 낮은 '3% 이하'의 것으로 알려져 있다. 그러나 기유의 정제 여부와 관계없이 MWF 노출은 소화기(식도, 결장, 췌장, 위, 방광, 담낭 등)와 호흡기계(후두, 폐 등), 기타 부위에서 암을 일으킬 수 있다는 연구결과들이 꾸준히 보고되고 있다. <표 1>은 MWF 종류별로 유의하다고 보고된 압 종류를 정리한 것이다. 준합성 MWF의 사용은 다른 MWF에 비해(비수용성 : 1910년대 이전, 수용성 : 1910년 무렵, 합성 : 1950년대 후반) 최근이어서 노출에 따른 위험 사례가 상대적으로 많지 않다.

기계가공 공정이 보다 더 정밀해지고 MWF에 대한 기능 요구가 다양해짐에 따라 첨가제 종류는 더욱 많아지고 있지만 이들에 대한 독성정보는 알려진 것이 거의 없다. MWF 노출로 인한 건강상의 위험은 첨가제의 혼합작용은 물론이고, 가공되는 공정과 기계 성분까지도 함께 고려해서 평가해야 하므로 매우 어렵다.

종류별 특성

MWF는 기유의 함량, 첨가제의 성분 등에 따라 비수용성(straight), 수용성(soluble), 합성(synthetic), 그리고 준합성(semi-synthetic)으로 구분된다. 비수용성은 100%에 가까운 천연기유(petroleum oil)에다 여러 첨가제(유성제, 극압 첨가제, 방청제, 산화방지제 등)를 혼합한 것으로 기계 가공 회전속도가 느려 윤활기능이 더 요구되는 공정에서 사용된다. 이들은 냉각보다 윤활기능이 더 필요한 공정에 쓰이기 때문에 오일(기유)의 함량이 매우 높고 물이 들어가지 않는다. 비수용성 MWF의 건강상의 장해는 기유의 정제 정도와 첨가제의 성분 등에 따라 영향을 받는다. 수용성(soluble), 합성, 준합성 MWF는 기유를 50~85% 정도의 물로 희석한 것으로 모두 수용성이다.

물은 비열과 증발잠열이 크고 열전도율도 좋아 냉각기능이 탁월해서 물이 들어가는 MWF는 고속 금속가공과 표면가공에서 많이 쓰인다. 그러나 물로 인해 기계가 녹슬고 습윤성이나 윤활성은 비수용성 MWF에 비해 훨씬 떨어진다. 이러한 결점을 보완하기 위해 방청첨가제나 계면활성제(surfactants)를 사용하여 윤활성을 높이기도 한다.

합성 MWF(synthetic)의 기유는 인위적으로 만든 오일로 PAH 등 유기용제 함유 가능성이 없다. 준합성 MWF는 수용성과 합성유의 장점을 조합한 것이기 때문에 오늘날 공장에서 선호되고 있다.

물이 들어가는 MWF는 미생물 오염이 가장 골치 아픈 문제이다. 미생물의 지나친 성장을 억제하는 것이 매우 중요하다. MWF 종류별로 개략적인 기유 함량, 냉각과 윤활 능력을 비교하였다(그림 2).

현장에서 MWF 종류를 확인하는 요령

공정에서 사용되는 MWF 종류를 파악하는 것이 무엇보다 필요하다. 측정해야 할 유해인자, 노출 평가방법, 관리방법, 유해성의 정도 등이 MWF 종류에 따라 달라지기 때문이다. 미생물의 오염도 물이 들어가는 MWF에서만 해결해야 할 문제다.

MWF에 대한 기본 개념이 없으면 현장에서 MWF 종류를 구분하는 것이 쉽지 않다. 심지어 사업장에서도 사용하고 있는 MWF 종류를 모르는 경우가 많다. MSDS에서도 MWF 종류, 첨가제 성분 등이 대체로 자세하게 구분되어 있지 않아서 그림

“

MWF는 원유(crude oil)를 정제한 기유(base oil)에다 수많은 첨가제들을 혼합한 화학물질이다. 오일은 MWF 성분 중 가장 많이 들어 있고 기본이 된다는 뜻에서 기유라고 한다. MWF 첨가제는 금속의 녹과 산화를 방지하고, 미생물 오염과 거품이 나는 것을 막으며, 수소이온 농도 조절 및 높은 압력으로 오르는 것을 억제하는 등의 효과를 달성하기 위해서 들어가는 또 다른 화학물질들이다. ”

다. 비수용성과 수용성 구분은 쉽다. 비수용성은 90% 이상이 기유이고 물이 들어가지 않기 때문에 끈적끈적하며, 색은 황색인 경우가 대부분이어서 눈으로 확인할 수 있다. 추가로 가공속도가 느리고 금속 깊숙한 부분을 가공하는 공정이면, 사용하는 MWF는 틀림없이 비수용성이다.

한편, 물이 들어가는 수용성·합성유·준합성유 MWF를 명확히 서로 구분해 내는 것은 어렵다. 수용성 MWF는 우윳빛으로 보통 물에 분산된 형태이다. 합성유나 준합성유는 인공기유를 첨가하기 때문에 짙은 청색을 띠는 경우가 많다. 물이 들어가는 MWF는 기계를 연삭하거나, 기계 표면을 빠른 속도로 가공하는 공정에서 사용되는 것이 일반적이다. 따라서 현장에서 MWF 종류를 추정할 때는 기계 가공 속도, 가공 부분, 색깔, 냄새, MSDS 성분, 담당자와 면담 등을 조합해서 해야 한다. 비수용성과 수용성의 구분은 꼭 필요하다.

미생물 오염으로 인한 영향

비수용성 외에 물이 들어가는 MWF들(수용성·합성·준합성)은 미생물로 오염될 수밖에 없다. MWF 성분과 가공되어 떨어져 나온 금속 칩 등이 미생물의 주요 영양원이고 공정조건(온도 등)은 미생물이 성장하기에 완벽한 환경이기 때문이다. 여기에도 각종 기계에서 사용되는 기름(tramp oil) 등이 MWF에 오염되면 미생물 오염은 더욱 가속화된다. 박테리아가 먼저 자라고 오염상태가 계속되면 곰팡이가 번식하는데 이때 MWF

는 거의 썩은 상태가 되어 폐기해야 한다. 수용성 MWF에서 번식하는 미생물은 공정에 지장을 주는 것은 물론 건강상의 위험도 초래한다.

공정에 미치는 영향

MWF에서 미생물이 지나치게 번식하면 여러 가지 공정상의 손실이 일어난다.

첫째, 미생물 성장으로 인해 발생하는 유기산으로 MWF는 산성화되고(pH가 낮아지기 때문), 기계제품과 가공기계가 부식된다. 이에 따라 제품의 질은 떨어지고 정비작업이 늘어나 공정손실이 생긴다.

둘째, MWF에 들어있는 성분이 미생물에 의해 분해되어 MWF 유회기능 등이 떨어진다. 미생물이 변창함에 따라 MWF 성분이 분해되거나 손실되어 본래 기능을 유지할 수 없기 때문



※ 기유 함량은 문헌에 따라 다름, 합성은 천연기유 대신 인공으로 합성한 기유가 들어감

[그림 2] 금속가공유의 천연기유 함량, 유회 능력, 냉각 능력에 대한 비교

에 MWF 사용기간이 단축되어 경제적 손실이 일어난다.

셋째, 오염된 미생물 덩어리로 인해 공정 라인, 필터, 밸브 등이 막히게 되어 교체 및 정비로 인한 공정 손실이 발생한다.

넷째, 미생물이 번식하면 냄새가 심해 근로자가 불만을 제기



기계류에서 MWF에 들어있는 성분이 미생물에 의해 분해되어 MWF 유회기능 등이 떨어진다. 이로 인해 MWF 사용기간이 단축되어 경제적 손실이 일어난다.

하고, 이에 따라 MWF를 교체할 수밖에 없다. 불필요한 교체로 인해 MWF 구입에 다른 비용손실이 발생한다. 유기물(MWF 등)이 분해될 때 발생하는 황화수소, 유기산에 의해 달걀 썩는 고약한 냄새로 인한 불쾌감 때문에 근로자의 작업효율성이 떨어질 수 있다.

건강에 미치는 영향

MWF액(벌크)에서 지나치게 번식한 박테리아나 곰팡이가 기계 가공공정을 통해 공기 중으로 분산된 후 근로자의 호흡기로 흡수된다. 공기 중 MWF 입자에 들어있는 미생물과 이들의 독소가 일으키는 건강상의 장애는 폐렴, 천식, 비염 등 주로 과민성 호흡기질환 등이다. 그람음성박테리아의 외벽에 원래 존재하는(intrinsic) 내독소(endotoxin)는 폐렴은 물론 천식을 일으키는 것으로 잘 알려져 있다. 호흡기자극(코, 눈, 목 자극), 비염(rhinitis), 부비동염(sinusitis) 등에 대한 영향도 보고된 바 있다.

필자가 자동차 피스톤링을 만드는 국내 사업장에서 만성기관지염, 비염, 부비동염 등 과민성질환의 발생위험을 보고했다(Park et al., 2008). 2006년 자동차 피스톤링을 제조하는 전체 근로자(389명) 중 총 86명(22.1%)이 코질환(비염, 알레르기성 비염, 비알레르기성 비염, 만성 비부동염(chronic sinusitis), 통년성 알레르기성비염(perennial allergic rhinitis), 비중격만곡(nasal septum deviation), 비후성비염(hypertrophic rhinitis), 후각저하(hyposmia), 계절성 알레르기비염(seasonal allergic rhinitis), 비용종(nasal polyp), 비특이적 증상 등이 있다고 보고하였다. 이 중 MWF를 취급한 적이 있었던 근로자수는 38명(유병률 40.9%)으로 MWF 노출과 관련이 있는 것으로 파악했다.

외국에서는 자동차산업, 기계가공산업 등에서 MWF 노출로 인한 압, 피부질환, 호흡기계질환 등이 계속 보고되고 있지만 우리나라에서는 위에서 보고한 사례가 전부이다.

미생물 오염 억제방법

MWF에서 미생물 오염을 억제하는 방법은 여러 가지가 있다. 한두 가지 기술과 방법으로 미생물 번식을 근본적으로 차단할 수는 없다. 미생물 오염을 가능한 지체시키는 관리전략이

“

MWF 노출로 인한 건강상의 위험은 MWF 종류, 이들이 사용되는 공정 특성과 금속 기계 재질, 첨가제 성분, 오염 특성 등에 따라 달라진다. MWF의 일반적인 유해성은 피부질환, 호흡기질환, 자극, 중추신경계 억제, 피부암 등이다. 1975년대 이전에는 원유로부터 다핵방향족화합물(PAH) 등 유기용제가 충분히 정제되지 않은 기유를 사용했기 때문에 피부암이 많이 보고되었다. ”

필요하다. 기본적으로 MWF에서 미생물 번식환경을 억제하는 기술적인 장치 설치와 함께 MWF 상태를 관리하기 위한 시스템 전략을 수립해야 한다.

공학적 장치

MWF에서 미생물, 공정부산물(칩 등), 오염물질(작동유 등)을 제거하는 기술은 자외선, 오존, 초음파 방사, 멸균, 초여과장치(ultra-filtration), 원심장치, 산소공급, 생물학적으로 안정한 미생물 성장, 방부제 사용 등 여러 가지가 있지만 미생물 번식을 근원적으로 억제하지는 못 한다.

에너지(자외선, 멸균, 초음파 등)나 화학물질(오존, 방부제)을 이용해서 미생물을 죽이는 방법들은 그 효과가 떨어지거나 또 다른 건강상의 장애를 초래할 수 있기 때문에 적극적으로 추천할 수 없는 방법들이다.

여과나 원심장치는 미생물 영양원이 되는 작동유, 금속 칩, 미생물 등을 걸러내서 미생물 성장 억제를 위한 보조장치로 광범위하게 사용되고 있다. 기계 가공공정에서 MWF 순환경로나 탱크(일정 규모로 MWF가 정제되는 통으로 '섬프'라고 함)에 설치된 것을 쉽게 볼 수 있다.

산소 공급은 혐기성박테리아(산소가 없는 조건에서 성장하는 미생물)의 성장을 막을 수 있지만 MWF에서 거품 생성의 또 다른 문제가 발생한다. 혐기성박테리아는 공정이 운영되지 않고 MWF가 순환되지 않은 기간(주로 주말)에 급격히 번식해서 월요일에 고약한 냄새가 나는 원인이 된다.

생물학적으로 안정하고 건강상의 해가 되지 않은 미생물을 먼저 인위적으로 우점종으로 키워서 해로운 미생물이 자라지 못하도록 하는 방법도 제안되고 있지만 실용화되었다는 보고는 아직 없다.

방부제

방부제(biocide)는 미생물 중 주로 박테리아를 죽이는 물질이다. 수용성 MWF에 일정량을 방부제로 첨가하는 경우가 많다. MWF에서 미생물로 오염되면 pH가 낮아지고 이에 따라 방부제가 방출되어(작용해서) 미생물의 성장을 억제한다는 원리이다.

방부제로 가장 많이 사용하는 것은 포름알데하이드 방출제(formaldehyde releasing agent)인데 일정 수준의 pH가 되면 포름알데하이드가 방출되어 미생물을 죽이는 원리이다. 방부제는 미생물이 과다하게 번식하기 전에는 효과가 있지만, 미생물 수가 일정 수준 이상으로 번식한 후에는 효과가 거의 없다.

만약, 미생물이 이미 지나치게 성장한 환경에서 추가로 많은 양의 방부제를 투여하는 것은 오히려 위험하다. 방부제는 미생물을 죽이는 화학물질이기 때문에 사람에게 노출되어도 큰 손상을 준다. MWF 미스트에 들어 있는 방부제의 노출로 인해 폐렴이 걸리는 사례가 자주 보고되고 있다. 따라서 공정 중에 추가로 방부제를 사용할 때는 사용농도와 방법 등에 세심한 주의를 기울여야 한다.

MWF 벌크관리

MWF에서 미생물을 관리하는 가장 좋은 방법은 이들이 지나치게 번식하는 조건을 만들지 않도록 환경을 적정하게 유지하는 것이다. 이를 위해서는 MWF에 대한 지속적인 시스템적인 관리를 해야 한다.

첫째, MWF 순환시스템에 오염물질(작동유, 형질, 휴지 등)이 들어가지 않도록 해야 한다. 기계는 사용기간이 늘어남에 따라 개스킷(gasket), 접합 부위, 와이퍼 등은 닳아지게 된다. 이에 따라 기계 작동에 사용된 각종 기름들이 틈으로 빠져 나와 바닥이나 기계 등에 떨어지게 된다. 순환시스템으로 떨어진(들어간) 기름은 MWF를 급격하게 오염시킨다. 작동유는 수용성 MWF에서 미생물 번식을 급격하게 초래하는 가장 큰 오염물

질이다. 따라서 기계로부터 작동유가 흘러나오지 않도록 하고, 액에 오염되고 누적되는 것을 방지하는 조치가 필수적이다.

둘째, 표준지침에 따라 MWF를 교체하고 보충해야 한다. 사용하고 있는 MWF를 먼저 적절한 절차에 따라 폐기한 후 공정 기계와 순환시스템 주변(기계, 파이프라인, 튜 등) MWF가 오염되었던(사용되었던) 장소들을 철저히 청소하고 소독해야 한다. 만약, 작은 양의 미생물 흔적이라도 제거되지 않고 남아 있는 경우 급속하게 다시 번식하기 때문이다. MWF를 교체한 후에는 적절한 양의 방부제를 처리하고 주기적으로 미생물의 성장 정도를 모니터링해야 한다. MWF를 교체하는 방법이 MWF 사용기간을 결정하는 가장 중요한 요인이다. MWF를 교체하고 처음 1개월을 어떻게 사용하느냐가 MWF의 성능, 사용기간에 대한 수준을 결정한다. 자세한 표준 MWF 교체방법과 관리 방법은 한국산업위생학회에 보고되었다(박동욱 등, 2008).

셋째, MWF를 희석할 물은 탈이온 또는 증류수(distilled or deionized water)를 사용하는 것이 좋다. 지하수에서 광물질들(Minerals)이 제거되지 않는 물을 MWF에 사용하면 물에 들어 있는 칼슘, 마그네슘 이온 등은 순환라인이나 필터를 막히게 하는 불용성 거품(insoluble soaps)을 생기게 하고 기계기구를 손상(plate out)시킨다. 물의 경도가 높을수록 MWF에서 고체성분은 보다 빠르게 생긴다. 또한 경이온(hard ions)은 MWF 첨가제인 계면활성제 및 습식제(wetting agents)와 반응하여 그 기능을 방해한다. 증류수를 사용할 수 없다면 수도물을 사용하는 것이 좋다.

넷째, MWF 순환시스템의 탱크(ump) 재질로 시멘트를 사용하지 말아야 한다. 박테리아가 시멘트 구멍 등에서 번식하고, 이는 청소할 때 쉽게 제거되지 않는다. 시멘트 셉트를 교체하거나 구멍이 없는 금속성 재료로 교체하지 않고서는 미생물 번식을 억제하는 것이 매우 어렵다.

다섯째, 미생물이 번식할 수 있는 환경이나 오염 여부를 판단할 수 있는 항목들을 정기적으로 모니터링하고, 그 결과에 따라 관리한다. 예를 들면, 박테리아와 곰팡이 농도가 105CFU/ml 이상을 초과하면 MWF가 미생물로 심하게 오염되어 있으므로 사용하고 있는 MWF를 모두 교체해야 한다. 미생물 키트인 '딤-슬라이드(dip slide, 미생물의 농도를 확인할 수 있는 키트)'를 이용해서 미생물 오염정도를 모니터링한다. 딤-슬라이드는 미생물의 영양물질이 직사각형 아이스크림 막

대처럼 되어 있어서 이것을 몇 초 동안 MWF액에 담갔다 꺼내어 상온에서 그대로 두면 일정기간 후에 미생물에 대한 개략적인 오염 정도를 읽을 수 있다.

MWF를 사용하는 동안 지속적으로 MWF에서 화학적·물리적인 상태를 모니터링하고 평가함으로써 MWF를 적정하게 관리하며 적절한 때에 예방조치를 취해야 한다. MWF 상태에 대한 모니터링은 MWF 사용기간을 연장하고 공정 성능 향상을 위해 매우 중요한 요소이다.

MWF 상태를 알 수 있는 항목은 여러 가지이다. 각 항목과 기준은 절대적이지 않기 때문에 조합해서 액의 상태를 판단하는 것이 좋다. 모니터링 빈도는 항목마다 다양하다. 보통 측정이 쉬운 온도, pH, MWF 농도는 매일 측정하고 기록하는 것이 좋다. 그리고 액의 물리적인 변화나 냄새 등도 함께 관찰하는 것이 좋다.

- 부식 정도 : 15 %
- MWF 농도 : 공정에서 제안한 농도(회사에서 알고 있음)
- 작동유 농도(tramp oil) : 3% 이하
- pH : 8.0~10.0(최적 8.8~9.2)
- 물리적인 외관 : 거품, 색깔, 공정 부산물(칩 등) 오염

MWF를 사용하는 근로자가 직접 MWF의 물리적인 외관과 pH, MWF 농도 및 미생물 성장을 체계적으로 모니터링하며 관리한 결과, MWF 사용기간을 연장하여 기계공구 수명을 300% 증가시켰다는 사례도 보고되었다.

공기 중 금속가공유 측정 및 분석

MWF 노출은 피부와 호흡기를 통해서 일어난다. MWF 벌크를 교체하거나 보충할 때, MWF가 묻어 있는 제품을 검사하고 취급할 때 손, 팔, 얼굴, 다리 등 피부에 노출될 수 있다. MWF가 기계 가공공정에 적용될 때(뿌려질 때) 공기 중으로 분산되어 호흡할 경우에는 호흡기 노출이 일어난다.

평가해야 할 유해인자는 MWF 종류에 따라 결정해야 한다. 수용성 MWF를 사용하는 공정에서는 미생물 노출은 우선적으로 평가해야 한다.

일반적으로 공기 중 박테리아, 곰팡이, 엔도톡신에 대한 정량적인 노출을 평가해야 한다. 레지오넬라균이나 다른 미생물을 동정(identification)하기도 한다. 다음은 공기 중 박테리아, 곰



공기 중 MWF 입자에 들어있는 미생물과 이들의 독소가 일으키는 건강상의 장애는 폐렴, 천식, 비염 등 주로 과민성 호흡기질환 등이다.

팡이, 엔도톡신을 채취하고 분석하는 개략적인 방법을 설명하였다.

박테리아와 곰팡이

공기 중 박테리아와 곰팡이는 입자상물질처럼 필터(MCE)로 채취된다. 채취된 미생물을 추출하여 배지로 키우는 방법과 염색해서 현미경으로 미생물 수를 세는 방법이 있다. 전자(배지법)는 미생물이 공기와 계속 접촉되어 죽거나 활성이 떨어지기 때문에 배지에서 잘 자라지 않아 과소 평가되는 문제점이 있다. 또한 채취되었다더라도 다양한 종들이 자랄 수 있는 배지를 제공할 수 없다. 따라서 배지법은 과소 평가된다. 후자(현미경법)는 필터에 채취된 죽어 있거나 살아 있는 미생물체가 모두 염색되어 분석(counting)되는 장점이 있다. 자세한 채취 및 분석방법은 미국산업위생학회에서 발간한 지침을 참조하는 것이 좋다(AIHA, 1996).

이들에 대한 환경기준이나 직업 노출기준은 아직 정해지지 않았다. 보통 1,000CFU/m³를 넘으면 오염이 되었다고 평가한다. 그러나 이러한 기준 아래에서도 미생물로 인한 냄새, 불쾌감 등은 있다. MWF 사업장에서는 박테리아 농도가 103CFU/m³, 그리고 곰팡이 농도는 100CFU/m³를 넘는 경우가 많다.

엔도톡신

공기 중 엔도톡신도 필터(MCE)로 채취한 후 추출하여 정량적으로 분석한다. 분석은 생물학적 kinetic 반응으로 엔도톡신과 말발굽계 혈액의 응집 반응에 의한 탁도 농도로 표현된다. 미국표준과학원(ASTM; American Society for Testing and Materials, 2001) E2144-01 방법에 자세히 설명되어 있다. 엔도톡신의 노출기준은 아직 확정되지 않았지만 유럽을 중심으로 50EU/m³가 제안되고 있다.

MWF를 취급하는 공정에서 노출되는 내독소 수준은 공정에 따라 다르지만 국제적으로 제안된 노출기준 50EU/m³를 초과하는 경우가 많다.

결론

MWF는 기계를 가공할 때 냉각과 윤활, 그리고 발생하는 금속 칩을 제거하는 기능을 한다. 기계 가공공정에서 MWF 벌크는 오염될 수밖에 없다. 동력 기계에서 흘러나오는 각종 기름(유압유, 스핀들유, 축유, 기어윤활유, 그리스 등)인 작동유(tramp oil), 기계를 가공하는 과정에서 발생하는 부산물이 주요 오염물질이다. 오염요인들을 적절하게 관리하지 못하면 시간이 지나면서 오염은 누적되고 공정 성능은 떨어지며 폐기물은 늘어난다.

이러한 오염으로 인해 물이 들어가는 MWF(수용성, 합성, 준합성)는 미생물이 오염되어 MWF를 부패시킨다. 수용성 MWF에서 미생물 오염을 관리하는 것은 매우 어렵다.

MWF에서 번식한 미생물은 쉽게 공기 중으로 분산되고, 이에 노출되면 폐렴, 천식, 비염 등 각종 호흡기질환 발생 위험이 있다. MWF에서 미생물 오염을 근본적으로 차단할 기술적인 방법은 없다.

미생물의 성장을 억제하여 MWF를 가능하면 오래 사용하고 미생물에 대한 노출을 줄이는 방법이 최선이다. MWF에서 미생물 성장을 억제하기 위해서는 여러 가지 기술과 행정적인 관리가 결합된 시스템식 접근이어야 한다. 적절한 시기에 적절한 양의 방부제 사용, 공정 부산물을 적절하게 처리하는 장치 설치, 작동유 유입 방지, 주기적인 MWF 벌크와 공기 중 노출 모니터링, 표준 MWF 교체 및 청소방법 준수 등을 모두 효과적으로 활용해야 한다. ③

참고문헌

- 박동욱, 윤충식, 류경남, 하권철, 최상준 : 금속가공유 관리 표준지침 3: 오염된 수용성금속가공유 교체, 한국산업위생학회지, Vol. 18(2):T1-T5, 2008.
- 박동욱, 류경남, 윤충식, 하권철, 최상준, 이광용 : 금속가공유 관리 표준지침 2: 관리-수용성 금속가공유를 중심으로-, 한국산업위생학회지, Vol. 18(1):T1-T7, 2008.
- American Industrial Hygiene Association (AIHA) : Field guide for the determination of biological contaminants in environmental samples, AIHA Biosafety service, ISBN 0-932627-76-5, 1996.
- American Society for Testing and Materials(ASTM) : Standard Practice for Personal Sampling and Analysis of Endotoxin in Metal Removal Fluid Aerosols in Workplace Atmospheres. Designation: E2144-01, American Society for Testing and Materials(ASTM) 100 Barr Harr Dr., West Conshohocken, PA 19428 Reprinted form Annual Book of ASTM Standards. Copyright ASTM (2001).
- Eisen EA, Bardin J, Gore R. Exposure-response models based on extended follow-up of a cohort mortality study in the automobile industry. Scan J Work Environ Health 2001;27(4):240-249.
- Park Donguk, Kuwon Jin, Donghee Koh, Byungkyu Kim, Kyusang Kim, Dooyong Park : A survey for rhinitis in anautomotivering manufacturing plant, Industrial Health, Vol.46:397-403, 2008.
- Park Donguk, Kuwon Jin, Donghee Koh, Byungkyu Kim, Kyusang Kim, Dooyong Park : Association between Use of Synthetic Metalworking Fluid and Risk of Developing Rhinitis-related Symptoms in an Automotive Ring Manufacturing, J Occup Health, Vol. 50:212-220, 2008.
- Schroeder JC, Tolbert PE, Eisen EA, Monson RR, Hallock MF, Smith TJ, Woskie SR, Hammond SK, Milton DK. Mortality studies of machining fluid exposure in the automobile industry IV; a case-control study of lung cancer., Am J Ind Med 1997;31:525-533.
- Sullivan PA, Eisen EA, Woskie SR, Kriebel D, Wegman DH, Hallock MF, Hammond SK, Tolbert PE, Smith TJ, Monson RR. Mortality studies of MWFs exposure in the automobile industry V: A case-control study of esophageal cancer. Am JInd Med 1998;34:36-48.
- Thompson D, Kriebel D, Quinn MM, Wegman DH, Eisen EA, Occupational exposure to MWFs and risk of breast cancer among female autoworkers. Am J Ind Med 2005;47:153-160.
- Tolbert PE, Eisen EA, Pothier LJ, Monson RR, Hallock MF, Smith TJ. Mortality studies of machining-fluid exposure in the automobile industry. II. Risks associated with specific fluid types. Scan J Work Environ Health 1992;18:351-360.
- Zeka A, Eisen EA, Kriebel D, Gore R, Wegman DH. Risk of upper aerodigestive tract cancers in a case-cohort study of autoworkers exposed to metalworking fluids. Occup Environ Med 2004;61:426-443.

스티렌 노출 근로자의 생물학적 모니터링을 위한 프로테오믹스 분석과 결과

유해화학물질 노출 근로자의 건강 보호를 위한 생물학적 모니터링은 노출과 체내 흡수, 건강 영향 등을 정확히 평가할 수 있는 중복성이 적고 특이성과 선택성이 큰 생물학적 지표를 개발하여 사용해야 한다. 이를 위해 화학, 생화학, 분자생물학, 산업의학 및 산업위생 등 여러 분야에서 활발한 연구를 시도하고 있다. 이에 우리는 신경독성 유발물질인 스티렌(styrene)에 노출되는 근로자를 대상으로 스티렌 노출에 의해 발현(expression)되는 특이 단백질이나 양적인 변화를 보이는 단백질을 파악하여 스티렌 노출 근로자의 건강장해를 평가할 수 있는 생물학적 지표물질로 활용할 목적으로 수행한 연구결과와 일부를 소개하고자 한다.

[공동 연구] 산업안전보건연구원 직업병연구센터 허경화·원용림·고경선 연구원

서론

스티렌(Styrene)은 플라스틱 제조산업에서 널리 사용되는 화학물질 중의 하나로, 배기가스 및 담배연기 등에 포함되어 있는 환경 오염물질이기도 하다. 사람을 대상으로 한 약물역동학(pharmacokinetics) 연구에서 스티렌의 대사는 cytochrome P-450(CYP)의 촉매작용에 의해서 스티렌이 styrene-7,8-oxide(7,8-SO)로 대사변형되고, 7,8-SO는 (R)7,8-SO와 (S)7,8-SO 2개의 거울상이성질체(enantiomers)로 존재하며, 유전독성을 유발시킨다고 보고되었다(Laffon 등, 2002).

7,8-SO의 대사는 microsomal epoxide hydrolase(mEH)의 작용에 의해서 epoxid의 링(ring)이 열리면서 styrene glycol(SG)로 변형된 후 NAD(P)H 의존성 탈수소효소(dehydrogenase)에 의해서 mandelic acid(MA)와 phenylglyoxylic acid(PGA)로 배설된다(Ohtsuji와 Ikeda, 1971). 그 이외에도 소량이지만 7,8-SO가 glutathione S-transferase(GST)와 포함반응(conjugation)에 의하여 생성되는 phenylhydroxyethyl mercapturic acids(PHEMAs)와 styrene-3,4-oxide로부터 생성되는 4-vinylphenol(4-VP) 등이 소변으로 배설된다.

이와 같이 스티렌뿐만 아니라 여러 가지 화학물질의 대사와 관련하여 약물역동학적 연구가 활발히 진행되는 것은 체내 흡수물질에 대하여 특이성과 선택성이 큰 생물학적 모



김기웅 연구위원

산업안전보건연구원
직업병연구센터

니터링을 위한 지표물질을 찾기 위함과 유해화학물질의 노출에 의하여 발생하는 질병의 발생기전을 파악하고자 함이다.

현재 스티렌 노출 근로자에 대한 생물학적 모니터링은 소변으로 배설되는 스티렌의 대사산물 농도를 측정하여 평가하고 있다(ACGIH, 2002). 그러나 이러한 방법은 다소의 문제점을 가지고 있는데, 그 중의 하나가 짧은 체내 반감기이다. Wigaeus 등(1984)은 스티렌 293mg/m³(68ppm)을 2시간 동안 노출시킨 사람에서 스티렌의 혈중 반감기는 약 40분, 소변에서 MA와 PGA의 반감기는 각각 4시간과 9시간 정도라고 보고하였으며, 지방조직에서는 혈액이나 소변에서보다 긴 반감기를 가지고 있는 것으로 보고되었다(IPCS, 1983). 이러한 짧은 반감기는 스티렌 노출 근로자의 소변을 이용하여 생물학적 모니터링을 실시할 경우, 작업시간과 강도, 소변 채취시간 등에 따라 과대 혹은 과소 평가될 소지가 많다. 또한 스티렌 대사산물의 배설량은 흡연 습관에 따라 차이를 보이며, 이러한 차이는 스티렌의 대사에 관여하는 효소의 활성도와 이들 효소의 유전자 아형과 관련이 있는 것으로 보고되고 있다(Ma 등, 2005).

스티렌뿐만 아니라 산업 현장에서 노출되는 유해화학물질의 체내 독성 유발 기전과 정확한 생물학적 모니터링 방법을 개발하기 위하여 분석방법을 개발하고, 흡수된 물질의 생물학적 변형(biotransformation)과 관련된 효소학적 연구 및 개인의 대사 능력 차이를 규명하기 위한 유전자다양성 연구 등 여러 분야에서 활발한 연구를 수행하고 있다.

이외에도 체내 독성과 질병을 진단하고 발병 기전을 이해하기 위하여 국내·외적으로 활발히 연구되고 있는 분야가 프로테오믹스(proteomics) 연구이다. 프로테오믹스는 유전자 다음 세대(post genomic era)의 연구로 각광을 받고 있는 분야인데 생명체의 전체 유전자인 게놈(genome)에 의해서 발현(expression)되는 모든 단백질의 총합인 프로테오믹스(proteomes)를 다루는 분야의 학문(Anderson과 Anderson, 1998)이며, 생명과학과 의학 및 약학, 농업, 기타의 많은 분야에서 연구되고 있다. 프로테오믹스의 가장 큰 특징은 정상과 비정상상태에서 변화되는 단백질의 구조와 기능 비교, 세포의 생리상태 변화 및 번역 후 변형(post translational modification)의 해석, 단백질끼리의 결합상태 등을 파악하여 생물학적 동요(perturbation)를 이해할 수 있다는 것이다.

LoPachin 등(2003)은 신경독성 연구에서 단백질의 기능과

활성에 대한 연구의 접근은 화학물질의 노출에 의하여 생성되는 adducts와 생체 내 물질에 의해 중재되는 phosphorylation과 glycosylation 반응을 통한 번역 후 변형의 영향으로 인하여 단백질의 기능과 활성 이해에 어려움이 있다고 하였다. 이러한 연구에서 많이 사용되고 있는 물질 중의 하나가 n-hexane의 대사중간체인 2,5-hexanedione(2,5-HD)이다. DeCaprio 등(1997)은 2,5-HD가 생체 내 신경섬유 단백질의 아민기와 반응하여 2,5-dimethylpyrrole adducts를 생성하고, 이 adducts가 신경섬유 단백질의 세린(serine)과 위치선택(regioselectivity) 결합을 함으로써 phosphorylation 반응을 일으킨다고 보고하였다.

앞에서 언급한 생체 내 물질에 의한 중재 반응, 독성, 약물의 대사 기전 및 질병의 진단 등의 목적으로 많은 연구자에 의하여 프로테오믹스에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는데, 국내의 산업보건 분야에서는 이 분야에 관한 연구가 거의 이루어지고 있지 않다. 이에, 우리는 신경독성 유발물질인 스티렌에 노출되는 근로자를 대상으로 스티렌 노출에 의하여 발현되거나 양적인 변화를 보이는 특이 단백질을 파악하여 스티렌에 의해 유발되는 질병의 발생 기전을 파악하고 근로자의 건강장해를 평가할 수 있는 생물학적 지표물질에 활용할 목적으로 연구를 진행하였다.

대상 및 방법

연구대상

이 연구의 노출군 대상자는 한국산업안전보건공단 포털정보시스템의 작업환경실태 조사결과를 이용하여 스티렌 단일물질에 노출되는 사업장을 1차적으로 선정하였다. 선정된 사업장을 방문하여 예비 조사를 실시하고 사업장의 관리자와 근로자에게 연구목적 및 방법, 개인정보 보호방법 등 기타의 사항을 자세히 설명한 다음, 자발적인 참여를 희망하는 근로자를 최종 연구대상자로 하였다.

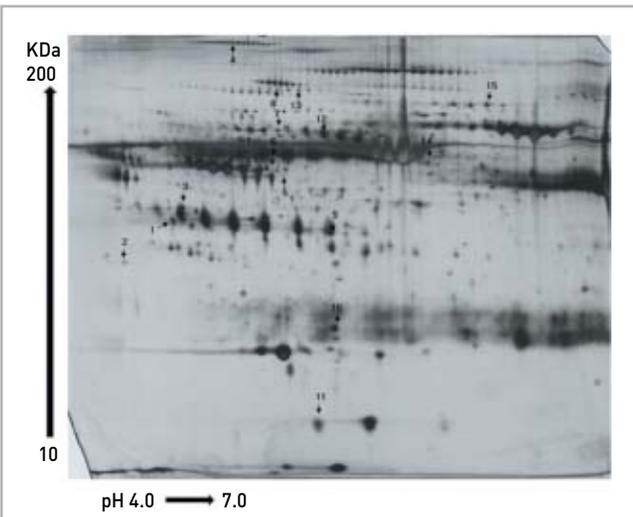
선정된 사업장은 합성수지선박제조업 사업장이었고, 대상자는 적층 작업공정에서 1년 이상 스티렌 단일물질에 노출되는 근로자 52명과 스티렌뿐만 아니라 기타의 유해화학물질에 노출된 적이 없는 사무직 근로자 82명을 대조군 대상으로 하였다. 노출군 대상자는 스티렌의 노출 수준에 따라 노출군 I(노출 수준 < TLV), 노출군 II(TLV < 노출 수준 ≤ 50ppm), 노출군

Ⅲ(노출 수준 <50ppm)으로 각각 구분하였다. 그리고 대조군과 이들 각각의 노출군 대상자 중 직접 면담과 설문지를 통하여 얻은 정보를 바탕으로 연령과 생활 습관 등을 고려하여 동일한 조건을 가진 대상자를 대조군과 각각의 노출군별로 6명씩 선정하여 연구를 진행하였다. 노출군과 대조군 대상자의 평균 연령은 48.0 ± 3.25세, 근무력은 평균 12 ± 9.38년이였다.

연구방법

이 연구의 방법은 이미 발표된 논문(김기웅 등, 2007)에 자세히 설명되어 있다. 작업장 내 공기중 스티렌의 채취와 분석은 미국국립산업안전보건연구소(NIOSH)에서 추천하는 공정시험법(NIOSH, 1996)에 의하여 실시하였다.

소변으로 배설되는 스티렌의 대사산물인 mandelic acid(MA), phenylglyoxylic acid(PGA)는 가스크로마토그래피(CP-3800 GC/FID, Varian Ltd., USA)를 이용하여 Ogata와 Taguchi(1988) 방법에 따라 분석한 후, creatinine으로 보정하여 배설량을 산출하였다. 대상자의 혈청단백질 분석은 김기웅 등(2007)의 방법에 따라 혈청단백질을 농축시키고, 2차원



※ 1. Complement C3 precursor; 2. alpha-1-antitrypsin; 3. serum paraxonase; 4. inter-alpha-trypsin inhibitor C terminal; 5. vitamin D binding protein precursor; 6. chain A antithrombin Iii; 7. alpha-1-B-glycoprotein; 8. ITI heavy chain-related protein; 9. heptoglobin alpha 1 chain; 10. pre-serum amyloid P component; 11. heptoglobin alpha 1 chain; 12. hypothetical protein isoform 3; 13. ITI heavy chain-related protein; 14. cytochrome b and 15. complement factor B isoform 3.

[그림 1] 스티렌(Styrene)의 노출에 의하여 양적인 변화를 보인 혈청단백질에 대한 2차원 전기영동 분석결과

“

스티렌의 노출에 의하여 양적인 증가를 보인 단백질은 보체전구체(complement C3 precursor)와 AAT였으며, 이들 단백질의 intensity는 노출농도 증가와 더불어 증가되었다.

반면, 스티렌의 노출에 의하여 감소된 단백질은 DBP, A1BG 및 ITI-P이었다.

이들 단백질은 주로 혈청단백질의 분해, 면역 및 근육과 관련된 물질에 대한

항상성(homeostasis) 유지와 내인성 물질의 운반체로서 역할을 수행하는 단백질들이다. ”

전기영동을 실시하여 각각의 단백질을 분리하였다.

2차원 전기영동에 의하여 분리된 단백질은 delayed-extraction reflectron time-of-flight mass spectrometer(MALDI-R Micromass, Manchester, UK)를 사용하여 단백질을 동정하였고, ElectroSpray Ionization Mass/Mass(ESI-MS/MS, Q-TOF)(Micromass, Manchester, UK)를 사용하여 단백질 서열을 분석하였다. 분석된 단백질은 MASCOT 프로그램(www.matrixscience.com)을 이용하여 NCBI database에 저장된 단백질과 비교하여 확인하였다.

모든 실험자료의 분석은 SPSS(Window version 12.0)를 이용하여 노출군과 대조군 간의 결과 차이를 t-검정하였고, χ^2 -test와 상관분석(Pearson correlation)을 실시하였다.

결과

간기능 지표인 ALT, AST 및 GGT는 대상자 모두에서 참고치 범위의 측정치를 보였으며, 실험군 간에 통계적인 유의차는 없었으나 대조군보다 노출군에서 약간 높은 것으로 측정되었다. 노출군 대상자의 공기 중 스티렌의 노출농도와 대사산물의 배설량을 측정하여 <표 1>에 나타내었다.

노출군 I 대상자들은 평균 11.0 ± 11.3ppm의 스티렌에 노출되고 있었으며, 이들 대상자의 뇨중 MA와 PGA는 각각 0.17 ± 0.21과 0.13 ± 0.11g/g creatinine이었고, 노출군 II의 스티렌 평균 노출농도는 47.5 ± 22.4ppm, 뇨중 MA와 PGA는

0.65 ± 0.28과 0.29 ± 0.10g/g creatinine이었다. 노출군 III 대상자들은 평균 65.3 ± 33.4ppm의 스티렌에 노출되고 있었으며, 이들 대상자의 뇨중 MA와 PGA는 각각 0.79 ± 0.52와 0.34 ± 0.19g/g creatinine으로 측정되었고, 기중 스티렌의 농도와 뇨중 MA는 r=0.784(p=0.001), PGA와는 r=0.626 (p=0.001)의 상관관계를 보였다(표 1).

혈청에는 알부민, transferrin 및 immunoglobulin G(IgG) 등이 다량 존재하여 전기영동에 의한 혈청단백질의 분리와 분리된 단백질의 양적인 평가에 많은 영향을 초래하므로, 이들 물질을 제거시키기 위하여 항체가 coupling된 CNBr activated sepharose 4B column을 이용하여 항체 결합, 세척, 분리 및 농축 등의 과정을 거쳐서 이들 물질을 제거시켰다. 제거된 혈청시료를 2차 전기영동을 실시하여 gel상에서 육안으로 확인 가능한 100여 개의 단백질 spots을 얻었고, 이들 spots을 MALD-TOF를 이용하여 동정한 결과 최종적으로 15개의 단백질 spots을 얻었으나 스티렌의 노출에 의하여 발현된 특이 단백질은 확인되지 않았다(그림 1). 확인된 15개의 단백질 spots 중에 스티렌의 노출농도와 관련되어 양적인 변화를 보인 단백질은 5개였다(표 2).

이들 5개의 혈청단백질 중에 complement C3 precursor(CC3P)와 alpha-1-antitrypsin(AAT)의 intensity는 노출군에서 높았으며, 노출농도 의존적인 변화를 보였다. 반면, vitamin D binding protein precursor(DBP), alpha-1-B-glycoprotein(A1BG) 및 inter alpha trypsin inhibitor(ITI) heavy chain-related protein(ITI-P)의 intensity는 노출군에서 감소된 결과를 보였다. 따라서 [그림 1]에서 제시한 스티렌의 노출과 관련이 있는 이들 5개의 단백질을 확인하기 위하여 ESI-MS/MS를 사용하여 단백질 서열을 분석한 다음, MASCOT 프로그램(www.matrixscience.com)을 이용하여 NCBI database에 저장된 단백질 염기서열과 비교하여 동일한 단백질을 확인하였다(표 3).

논의

이 연구에서 우리는 스티렌의 노출로 인하여 발현되는 특이 단백질은 확인하지 못하였으나, 양적인 변화와 변화의 정도가 노출농도에 의존하여 유의한 변화를 보이는 다섯 종의 혈청 단

〈표 1〉 스티렌(Styrene) 노출농도와 대사산물의 배설량 및 상관관계

실험군	대사산물(g/g creatinine)		
	노출농도 Styrene(ppm)	MA	PGA
대조군			
노출군 I	11.0 ± 11.3	0.17 ± 0.21	0.13 ± 0.11
노출군 II	45.5 ± 22.4	0.65 ± 0.28	0.29 ± 0.10
노출군 III	65.3 ± 33.4	0.79 ± 0.52	0.34 ± 0.19
상관관계	Styrene & MA: r=0.784(p=0.001) Styrene & PGA: r=0.626(p=0.001)		

※ 노출군 I, 노출 수준(TLV); 노출군 II, TLV<노출 수준≤50 ppm; 노출군 III, 노출 수준<50 ppm, MA, mandelic acid; PGA, phenylglyoxylic acid

〈표 2〉 스티렌 노출에 의하여 변화된 혈청단백질

실험군	2D gel spot(Norm Quant.)				
	CC3P	AAT	DBP	A1BG	ITI-P
대조군	1,292 ± 501	78 ± 56	4,131 ± 968	1,517 ± 123	426 ± 457
노출군 I	2,970 ± 1,402	89 ± 88	1,236 ± 1,888	1,269 ± 336	36 ± 85
노출군 II	1,844 ± 1,240	91 ± 98	1,318 ± 1,401	1,030 ± 346	138 ± 201
노출군 III	3,159 ± 880	256 ± 1,642	1,043 ± 968	1,517 ± 123	426 ± 457
p-value	0.041	0.013	0.037	0.088	0.042

※ 노출군 I, 노출 수준(TLV); 노출군 II, TLV<노출 수준≤50 ppm; 노출군 III, 노출 수준<50 ppm, CC3P, Complement C3 precursor; AAT, alpha-1-antitrypsin; DBP, vitamin D binding protein precursor; A1BG, alpha-1-B-glycoprotein; ITI-P, inter-alpha-trypsin inhibitor heavy chain-related protein.

백질을 관찰하였다.

스티렌의 노출에 의하여 양적인 증가를 보인 단백질은 보체 전구체(complement C3 precursor)와 AAT였으며, 이들 단백질의 intensity는 노출농도 증가와 더불어 증가되었다. 반면, 스티렌의 노출에 의하여 감소된 단백질은 DBP, A1BG 및 ITI-P이었다. 이들 단백질은 주로 혈청단백질의 분해, 면역 및 근육과 관련된 물질에 대한 항상성(homeostasis) 유지와 내인성 물질의 운반체로서 역할을 수행하는 단백질들이다. 서론에서도 언급하였듯이 스티렌의 대사는 간(liver)에서 이루어지며, 체내 독성은 스티렌보다 활성과 반응성이 큰 7,8-SO와 같은 대사중간체에 의하여 발생되는데 주 표적기관은 중추신경계로 알려져 있으나 조혈 및 면역계, 신장, 뇌심혈관계, 호흡기계 및 생식계 등 인체 전반에 걸쳐서 독성을 유발시킨다고 보고되었다(IPCS, 1983; 허경화 등, 2009).

이번 연구에서 양적인 변화를 보인 몇 종의 단백질은 간에서 합성되어 혈장으로 이동한 다음 스티렌의 표적기관에서 항상성 유지기능을 수행하는 단백질들인데 이는 스티렌의 노출에 의한 영향으로 생각된다. 보체전구체는 생물학적 인자(바이러

〈표 3〉 Q-TOP-MS/MS를 이용한 CC3P, AAT, DBP, A1BG와 ITI-P에 대한 동정

CC3P
1551 KVQLSNDPDEYIMAEIQTIKSGSDEVQVGG QRTFISPIKC REALKLEEKK 1601 HYLMMWGLSSD FWGEKPNLSY IIGKDTWVEH WPEEDECQDE ENQKQCQDLG 1651 AFTESMWWFG CPN
AAT
101 EGLNFNLTET PEAQIHGEGFQ ELLRRLNQPDP SQLQLTTGNG LFLSEGLKLV 151 DKFLEDVKKL YHSEAFVNF GDHEEAKKQI NDYVEKGTQG KIVDLVKELD
DBP
101 PFPVHPGTAE CCTKEGLERK LCMAALKHQP QEFPTYVEPT NDEICEAFRK 151 DPKEYANQFMWEYSTNYGQA PLSLLVSYTKSYLSMVGSCC TSASPTVCFL 201 KERLQKHLHS LLTTLNRVC SQYAAYGEKK SRLSNLIKLA QKVPTADLED 151 VLPLAEDITN ILSKCCESAS EDCMAKELPE HTVKLCDNLS TKNSKFEDCC 301 QEKTAMDVFV CTYFMPAAQL PELPDVELPT NKDVCDPGNT KVMDKYTFEL
A1BG
1 AIFYETQPSL WAESSELLKP LANVTLCQA RLETPDFQLF KNGVAQEPVH 51 LDSPAIAKHQF LLTGDQTGRY RCRSGLSTGW TQLSKLLELT GPKSLPAPWL 101 SMPVSWITP GLKTTAVCRG VLRGVTFLLR REGDHEFLEV PEAQEDVEAT 151 FPVHQPGNYS CSYRTDGEQA LSEPSATVTI EELAAPPPPV LMHHGESSQV 201 LHPGNKVTLT CVAPLSGVDF QLRERGEKELL VPRSSTSPDR IFFHLNAVAL 251 GDGGHYTCRY RLHDNQNGWS GDSAPVELIL SDETLPAPEF SPEPESGRAL 301 RLRCLAPLEG ARFALVREDR GRRVRHRFQS PAGTEALFEL HNISVADSAN 351 YSCVYDLKP PFGGSAPSER LELHVDGPPP RPQLRATWSG AVLAGRDAVL 401 RCEGPIPDVT FELLREGETK AVKTVRTPGA AANLELIFVG PQHAGNYRCR 451 YRSWVPHTFE SELSDPVVELL VAES
ITI-P
1 SPEQQTVELD GNLIIRYDV

※ CC3P, Complement C3 precursor; AAT, alpha-1-antitrypsin; DBP, vitamin D binding protein precursor; A1BG, alpha-1-B-glycoprotein; ITI-P, inter-alpha-trypsin inhibitor heavy chain-related protein. 진한 글씨는 MASCOT program으로 NCBI database에 저장된 단백질과 비교하여 확인된 단백질 서열

스, 세균 등)를 포함한 이물질에 대하여 반응함으로써 효소계를 구성하는 물질이라 볼 수 있으며, 항원-항체결합 및 체내 흡수된 이물질에 직접 작용하여 면역 반응을 하는 체액성(humoral immune system)과 세포성 면역(cellular immune system) 반응에 보조적인 역할을 하기 때문에 면역계 구성물질이라고 볼 수 있다(DiScipio, 1982). 김기웅 등(2005)은 신경독성을 유발하는 n-hexane에 노출되는 사람의 혈청에서 보체전구체의 발현이 증가되었으며, 이는 n-hexane의 노출이 보체전구체의 면역 응답에 영향을 준 결과라 보고하였다. 이번 연구에서도 스티렌 노출 근로자의 혈청에서 보체전구체가 증가된 것은 면역계가 흡수된 스티렌을 이물질로 인식하여 반응을 보인 결과라 생각된다.

AAT도 스티렌의 노출에 의하여 증가되었는데, AAT는 chromosome 14에 encode되고 아미노산 394개(분자량, 52,000kDa)로 구성되어 있는 serine proteinase

inhibitor(SERPIN) 중의 하나이다. AAT는 proteolytic 효소의 활성 조절, 조직의 손상 및 항염증 작용에 관여하며(Ikari 등, 2001), plasma에서 AAT 농도는 연령과 성별, 활성산소종(Ueda 등, 2002)을 포함한 독성물질(Ucar 등, 2005)의 노출로 인하여 양적인 변화를 보이고, 유전적인 영향도 있는 것으로 보고되었다(Stoller와 Aboussouan, 2005). Plasma에서 AAT의 농도 변화는 폐, 간, 신장, 심혈관계 및 당뇨병 등과 관련 질병의 발생에 영향을 미치며(Lisowska-Myjak, 2005), 특히 염증 반응과 혈압에 많은 영향을 주는 것으로 알려져 있다(Engstrom 등, 2002). 조직의 손상과 염증은 proteinase (elastase 등)와 AAT와 같은 antiproteinase(anti-elastase)의 불균형에 의해서 일어나며, 이러한 불균형은 흡연, 활성산소종 및 환경 독성물질의 노출에 의하여 유발되는 것으로 알려져 있다(Ueda 등, 2002).

이 연구에서 노출군대상자를 〈표 1〉에서 제시한 바와 같이 스티렌 노출 수준별로 구분하여 AAT의 농도를 비교한 결과, 스티렌의 노출농도가 증가함에 따라 AAT의 농도도 증가되었다(표 2). 노출군대상자의 AAT 농도에 영향을 줄 수 있는 인자는 연령과 성별, 생활 습관(흡연 및 음주 습관) 및 건강상태(습관성 약물복용) 등을 들 수 있다. 이 연구에서는 각 인자들의 영향을 배제시키기 위하여 실험군별로 비슷한 조건을 가진 대상자를 선정하였기 때문에 AAT의 농도 변화는 스티렌의 노출에 의한 영향이라 판단된다. 반면, DBP, A1BG 및 ITI-P의 농도는 스티렌의 노출로 인하여 감소되었다(표 2). DBP의 주요한 역할은 vitamin D와 그것의 대사산물을 운반하는 것이지만 이외에도 중요한 생물학적 기능은 근육단백질인 actin의 분해, macrophage의 활성화 및 지방산의 운반 등이다(Speeckaert 등, 2006). Vitamin D는 T-cell의 분열과 분화를 조절하는 역할을 수행하는 환경 비타민으로 생체의 자기면역 체계에서 매우 중요한 물질이다. 이번 연구에서 vitamin D 운반체 역할을 하는 DBP가 스티렌의 노출에 의하여 감소된 것은 스티렌이 면역계에 영향을 미치고 있음을 단적으로 보여준 결과라 생각된다.

이 연구에서 면역에 대한 연구를 직접적으로 진행하지 않았기 때문에 단언할 수는 없으나 일부 연구자에 의하여 제시된 연구 결과를 토대로 판단해보면, DBP의 감소는 vitamin D의 운반을 저하시켜 macrophage의 활성 감소, Th1/Th2 cytokine의 불균형과 IgE의 생성 증가(Matheu 등, 2003)의 원인으로 작용

하여 면역계에 영향을 미치는 것으로 생각된다. 또한 생물학적 기능이 정확히 규명되어 있지는 않지만 당단백질의 일종으로 알려져 있는 A1BG가 스티렌의 노출로 인하여 감소된 것도 면역계와 신호전달계에 영향이 있음을 암시한 결과라 생각된다. 간에서 생성되어 세포의 간질(extracellular matrix) 안정화에 관여하는 plasma proteinase 중의 하나인 ITI-P도 스티렌의 노출로 인하여 감소되었다. 이러한 결과는 proteinase와 antiproteinase의 불균형을 초래하는 원인으로 작용하여 조직의 손상과 염증반응 유발에 관여할 것으로 생각된다.

이상의 연구결과는 스티렌 노출이 혈청에 존재하는 proteinase (SERPIN)의 농도를 변화시킴으로써 proteinase와 antiproteinase의 불균형을 초래하여 조직의 손상과 결합조직의 염증을 유발하는 것으로 생각된다. 또한 DBP, A1BG 및 ITI-P의 발현을 감소시켜 면역계와 내인성 물질 운반체의 기능 저하 및 신호전달(signal transduction)에 영향을 미치는 것으로 판단된다. 따라서 이번 프로테오믹스 연구는 유해화학물질 노출 근로자에 대한 독성기전을 규명하고, 노출에 대한 생물학적 지표물질의 활용 가능성을 보임에 따라 향후 프로테오믹스 관련하여 지속적인 연구가 필요할 것으로 판단된다. 

참고문헌

- 김기웅 · 최병순 · 이미영 · 원용림, 유기용제 만성 노출에 의한 건강장해 평가지표 개발에 관한 연구, 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원, 2005.
- 김기웅 · 허경화 · 원용림 · 정진욱 · 김태균 · 박인정, Strene 노출에 반응을 보이는 혈청 단백질에 대한 프로테오믹스 분석, 대한산업위생학회, 2007;17:235-244.
- 허경화 · 구정완 · 원용림 · 김민기 · 고경선 · 이미영 · 김태균 · 김기웅, 만성적인 스티렌 노출 근로자에 있어서 대사중후군 유발에 관여하는 위험 요인의 생리적 수준 변화, 한국산업위생학회지, 2009;19:30-38.
- ACGIH. Documentation of the threshold limit values and biological exposure indices, Cincinnati, Ohio, ACGIH, 2002.
- Andeson NL, and Anderson NG. Proteom and proteomics: new technologies, new concepts, and new words, Electrophoresis, 1998;19:1853-1861.
- DeCaprio AP, Kinney EA, and Fowke JH. Regioselective binding of 2, 5-hexanedione to high-molecular-weight rat neurofilament proteins in vitro, Toxicol Appl Pharmacol, 1997;145:211-217.
- DiScipio RG. The activation of the alternative pathway C3 convertase by human plasma kallikrein, Immunology, 1982;45:587-595.

- Engstrom G, Janzon L, Berglund G, Lind P, Stavenow L, Hedblad B. Blood pressure increase and incidence of hypertension in relation to inflammation-sensitive plasma proteins, Arterioscler Thromb Vasc Biol, 2002;22:2054-2058.
- Ikari Y, Mulvihill E, and Schwartz SM. Slpha 1-proteinase inhibitor, alpha 1-antichymotrypsin, and alpha 2-marcroglobulin are the antiapoptotic factors of vascular smooth muscle cells, J Biol Chem, 2001;276:11798-11803.
- IPCS, Environmental Health Criteria 26, Styrene, World Health Organization: Geneva, 1983.
- Laffon B, Pasaro E, Mendez J. DNA damage and repair in human leukocytes exposed to styrene-7,8-oxide measured by the comet assay, Toxicol Lett, 2002;126:61-68.
- Lisowska-Myjak B. AAT as a diagnostic tool, Clinica Chimica Acta, 2005;352:1-13.
- LoPachin RM, Jones RC, Patterson TA, Slikker WJr, Barber DS. Application of proteomics to the study of molecular mechanisms in neurotoxicology, Neurotoxicology, 2003;24(6):761-775.
- Ma M, Umemura T, Mori Y, Gong Y, Saijo Y, Sata F, Kawai T, Kishi R. Influence of genetic polymorphisms of styrene-metabolizing enzymes and smoking habits on levels of urinary metabolites after occupational exposure to styrene, Toxicol Lett, 2005;160:84-91.
- Matheu V, Back O, Mondoc E, Issazadeh-Navikas S. Dual effects of vitamin D-induced alteration of Th1/Th2 cytokine expression: Enhancing IgE production and decreasing airway eosinophilia in murine allergic airway disease, J Allergy Clin Immunol, 2003;112:585-592.
- NIOSH, NIOSH manual of analytical methods, 4th ed., Method 1051, U.S. Department of Health and Human Services, Cincinnati, 1996.
- Ogata M, Taguchi T. Simultaneous determination of urinary creatinine and metabolites of toluene, xylene, ethylbenzene and phenol by automated high performance liquid chromatography, Int Arch Occup Environ, 1988;61:131-140.
- Ohtsuiji H, Ikeda M. The metabolism of styrene in rat and the stimulatory effect of phenobarbital, Toxicol Appl Pharmacol, 1971;18:321-328.
- Speeckaert M, Huang G, Delanghe JR, Taes YEC. Biological and clinical aspects of the vitamin D binding protein (Gc-globulin) and its polymorphism, Clinica Chimica Acta, 2006;372:33-42.
- Stoller JK, Aboussouan LS. α 1-antitrypsin deficiency, Lancet, 2005;365:2225-2236.
- Ucar G, Tas C, Tumer A. Monoamine oxidase inhibitory activities of the scorpion Mesobuthus gibbosus (Buthidae) venom peptides, Txico, 2005;45:43-52.
- Ueda M, Mashiba S, Uchida K. Evaluation of oxidized alpha-1-antitrypsin in blood as an oxidative stress marker using anti-oxidative α 1-AT monoclonal antibody, Clinica Chimica Acta, 2002;317:125-131.
- Wigaeus E, Lof A, Nordqvist MB. Uptake, distribution, metabolism, and elimination of styrene in man, A comparison between single exposure and co-exposure acetone, Br J Ind Med, 1984;41(4):539-546.

작업환경측정의 실효성 확보를 위한 측정 시기·주기·측정방법 등의 개선에 관한 연구

작업환경측정의 결과는 측정 시기·주기·방법 등에 따라 그 결과가 달라질 수 있다는 것이 늘 논란이 되어왔다. 이에 본 연구에서는 작업환경측정의 신뢰성을 확보하기 위한 방안을 마련하고자 하였다. 특히 고열 작업장에서 건강장해 측면에서 문제가 되었던 측정 시기 위주로 연구하였다.

[출처] 변상훈 등, 작업환경측정의 실효성 확보를 위한 측정 시기·주기·측정방법 등의 개선에 관한 연구, 산업안전보건연구원, 2008

연구 필요성 및 목적

2007년 OO타이어 사건 관련 조사 시 고열 작업장이 여름에 측정하지 아니하여 측정 결과에 대한 신뢰성 문제가 발생되었다. 작업환경측정의 결과는 측정 시기·방법 등에 따라 그 결과가 달라질 수 있으므로 신뢰성 있는 측정을 위해서는 작업환경측정의 결과에 영향을 미칠 수 있는 외적 요인에 대하여 파악하고 이를 보정할 기준이 필요하였다.

작업환경측정의 결과는 측정 시기·방법 등에 따라 그 결과가 달라질 수 있다는 것이 논란의 대상이 되어왔다. 따라서 신뢰성 있는 측정을 위해서는 작업환경측정의 결과에 영향을 미칠 수 있는 외적 요인에 대하여 파악하고 이를 보정할 기준이 필요한 실정이다. 이에 따라 유해인자별로 측정 시기·방법 등 외적 요인을 어떻게 규율하는 것이 신뢰성 있는 측정결과를 얻는데 기여하는지에 대한 연구가 필요하게 되었다.

연구내용 및 방법

- 작업환경측정에 영향을 주는 외적 요인(측정 시기·주기·방법 등) 조사
- 외적 인자가 유해인자별로 미치는 영향 분석
- 작업환경측정의 신뢰성 확보 마련

- 유해물질별 작업환경측정 시기·주기·방법의 규율방법(제도의 개선 포함)
- 측정결과에 영향을 미치는 외적 요인의 통제방법
- 장기간 노출기준 미만인 경우 현행 횡수조정 제도의 개선방안

- 국내외 문헌 및 자료조사
- 과거의 작업환경측정 데이터 조사 및 통계 처리
- 전문가 회의 개최

연구결과

본 연구에서는 작업환경측정의 실효성 확보를 위한 측정 시기·주기·방법 등의 개선에 관한 연구로서 주로 고열 사업장에서 문제가 되었던 측정 시기 위주로 연구가 되었다.

고열에 의한 건강장해 예방을 위한 외국의 제도를 조사한 결과, 대부분의 국가는 법적 의무를 부여하여 적절한 관리를 요구하지만 WBGT의 기준, 관리방안 등의 상세한 내용은 지침 수준으로 권고하고 있고, 고열에 대한 측정 시기는 별도로 명시하지 않았다. 이는 고열 발생 사업장은 외부 요인(기온, 기류 등)을 고려하지 않고, 상시 고열이 발생하여 근로자에게 건강장해를 일으키는 작업장을 대상으로 하기 때문이다. 측정 시기에 관한 연구는 고열로 인한 WBGT 측정 및 과거 작업환경측정 자료 조사, 유기용제의 측정 시기에 따른 농도 조사, 그리고 가스상 물질의 측정 시기에 대한 농도 조사 등을 진행하였다.

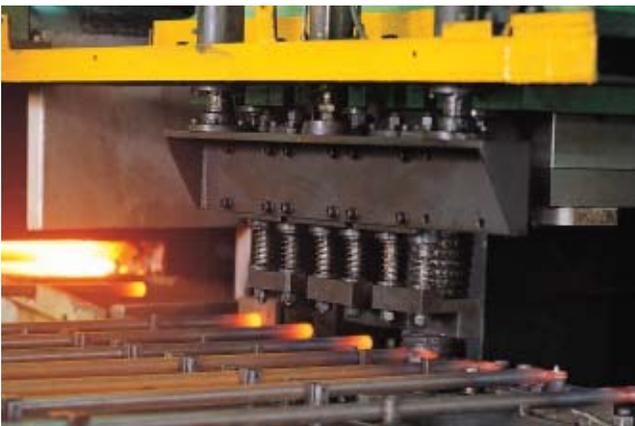
자료조사결과, 여름과 겨울에서의 고열을 통계적으로 돌려보자 15개 사업장 중 11개 사업장은 여름과 겨울에서 고열 온도의 차이가 유의하지 않게 나타났으며($p>0.05$), 나머지 4개 사업장은 통계적으로 유의하게 다르게 나타났다($p<0.05$). 그러나

실제 고열사업장 다섯 군대를 측정하여 본 결과, 실제 작업환경측정 사업장 중 여름과 겨울 평균 WBGT를 정리했을 때 여름에 측정된 온도는 24.2~30.6°C로 겨울의 6.3~10.3°C에 비해 모두 유의하게 높게 나타났다. 이것은 측정된 사업장의 대부분이 주물사업장으로 문이 열려 있어서 외부의 영향을 많이 받으며, 특히 겨울에 외부온도가 낮을 경우 그 영향을 많이 받아서 WBGT가 낮게 나타난 것으로 보인다. 만일 사업장이 밀폐되어 있을 경우에는 상황이 다를 것으로 사료된다.

실제로 측정된 바, 비록 측정대상 사업장의 한계는 있을지언정 측정 시기에 따라 WBGT의 측정이 차이가 있는 것으로 나타났다. 그러나 실제 측정된 사업장 다섯 군데 중에서 작업강도와 작업시간을 고려하여 노출기준을 초과하는 사업장은 한 군데 정도인 것으로 나타났다.

이 측정자료를 통하여 볼 때도 역시 고열작업의 WBGT를 측정하기 위해서 특별히 시기를 정하여 여름에 측정해야 한다는 점은 없는 것으로 사료된다. 그러나 겨울에 비해서는 여름에 외부기온이 높아서 이에 따른 영향은 배제할 수 없기 때문에 1년에 한 번 정도는 고온의 경우 여름에 측정하게 한다든가, 아니면 사업장에서 자체적으로 주기적인 측정과 관리를 하게 하고 산업위생 전문가 혹은 노동부 근로감독관이 방문할 때 확인하여 관리가 제대로 되고 있는지 점검하는 것도 하나의 방법으로 생각된다. 또한 유기용제의 경우 조사한 사업장 모두 겨울에 톨루엔과 이소프로필알코올의 농도가 여름보다 높게 나타난 것을 알 수 있었다. 겨울은 추워서 창문을 닫아놓고 작업하기 때문에 유기용제의 농도가 여름보다 높게 나타난 것으로 파악된다.

11가지 종류의 가스가 발생하는 사업장들에서 가스의 농도가 여름과 겨울에 통계적으로 유의하게 차이가 나는 경우는 특별히 나타나지 않았다. 따라서 유기용제, 가스 등의 측정결과를 조사하여 본 결과, 시기에 따라 측정 항목을 정할 필요는 없는 것으로 사료된다. 본 연구에서는 '화학물질 및 물리적 인자의 노출기준에 단시간 노출기준(STEL)이 설정되어 있는 대상물질로서 단시간 고농도에 노출되는 공정이 있는 경우에는 15분간씩 대상물질을 측정한다'로 제안한다. 그리고 '천장값(C: Ceiling)이 설정되어 있는 경우에는 순간농도측정을 위한 기기를 이용하거나 천장치값 이상의 노출을 충분히 검출 가능하나 최소한의 시간 동안 대상물질을 측정한다'로 제안한다. ④



고열작업의 측정에는 여름에 측정해야 한다는 필요는 없는 것으로 생각된다.

산업화학물질의 급성경구/경피투여독성시험 및 급성안자극성/부식성시험

국외의 경우는 1차적 단계의 독성 평가 이외에도 시간과 비용을 들여 환경독성, 만성 독성, 발암성, 생식독성시험 등을 통하여 대상물질의 유해성을 광범위하게 평가하고 있으며, 이를 토대로 환경규제에 대한 객관적인 기초자료를 생산하여 활용하고 있다. 이에 본 연구에서는 독성자료가 없는 화학물질인 Isoprene(CAS No.: 78-79-5)에 대한 유해성 평가를 실시하여 물질안전보건자료 등을 포함한 관련자료를 생산하고 근로자 건강장해 발생 관련성 규명자료로도 활용하기 위해 수행하였다.

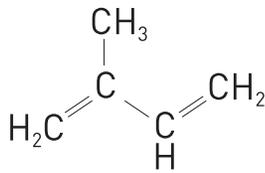
[출처] 김수현 등, 산업화학물질의 급성경구투여독성시험, 급성경피투여독성시험 및 급성안자극성/부식성 시험, 산업안전보건연구원, 2008

연구 필요성 및 목적

본 연구에서 평가하고자 하는 화학물질인 Isoprene(CAS No.: 78-79-5)은 생산량이 많고 대량으로 유통되는 화학물질임에도 불구하고 인체에 대한 유해·위험성이 밝혀지지 않아 작업장 및 일상환경에서 인체 노출기준이 확립되어 있지 않다.

유럽에서는 이미 유해·위험성에 대한 「산업안전보건법」 및 화학물질 분류와 표시의 세계조화시스템(GHS) 분류기준에 의한 유해·위험성 분류 근거자료를 제공하는 화학물질의 유해·위험성의 정도를 평가하는 작업이 진행되고 있다. 또한 친환경 정책에 의하여 유통되는 화학물질에 대한 규제가 까다롭게 이루어지고 있으며, 생산자나 유통업자는 「제조자책임법」에 의해 화학물질에 대한 유해·위험성 분류자료를 스스로 확보하게 하고 있다.

이와는 달리 국내에서는 여건상 민간책임으로 그 평가작업의 수행이 어려운 현실이므로, 환경부 국립환경과학원에서는 기존 화학물질 데이터 평가 및 SIDS 사업을 수년째 시행해오고 있으며, 본 연구와 같은 한국산업안전보건공단의 연구용역사업도 근로자의 건강장해를 예방하기 위한 정부기관 주도의 적극적인 대책으로 판단된다. 아울러 본 연구는 독성자료가 없는 법적 관리 대상물질의 유해·위험성 자료를 확보하여 화학물질의 관리 체계 확립에 반드시 필요하다고 본다.



[그림 1] Structural formula of Isoprene used in this study

본 연구에서는 유해·위험성 미확인 화학물질인 Isoprene[그림 1]에 대한 유해·위험성 시험을 수행하여 생체에 미치는 영향과 유해·위험성을 나타내는 농도 등의 자료를 확보하며, 본 화학물질의 물리화학적 특성 및 독성정보를 중심으로 한 MSDS 유해성 자료를 생산하여 유해·위험성 예측을 통한 화학물질의 관리 체계 확립을 위한 기초자료로 제공하고자 한다. 동시에 화학물질의 유해·위험성의 정도를 평가하여 「산업안전보건법」 및 화학물질 분류와 표지의 세계조화시스템(GHS) 분류기준에 의한 유해·위험성 분류 근거자료를 제공함에 목적을 둔다.

연구내용 및 방법

유해·위험성 미확인 화학물질인 Isoprene(CAS No.: 78-79-5)에 대한 급성경구투여독성시험, 급성경피투여독성시험 및 급성안자극성/부식성시험을 실시하였다.

시험의 수행에서 결과의 신뢰성을 확보하기 위해 국내외의 GLP(Good Laboratory Practice) 규정과 국립환경과학원



독성 자료가 없는 법적 관리 대상물질의 유해·위험성 자료를 확보하여 화학물질의 관리체계를 확립해야 한다

(National Institute of Environmental Research, 1998) 및 노동부의 독성시험기준에 준하여 수행하였다.

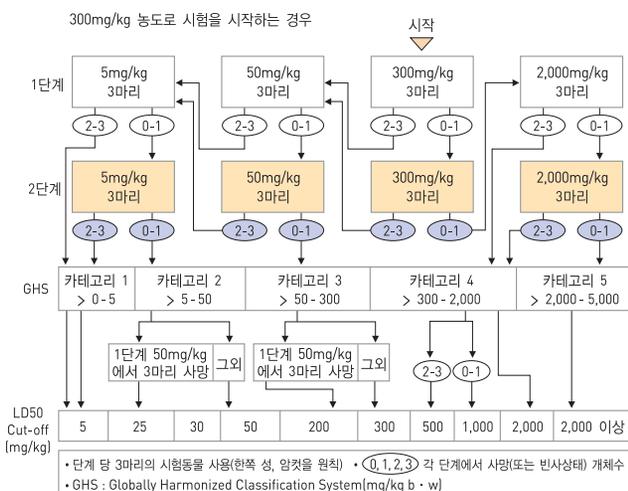
급성경구투여독성시험은 다량의 화학물질이 우발적으로 경구로 노출되었을 때 위해성을 평가할 수 있는 결과를 제시하고, 급성경피투여독성시험은 1차 노출 경로인 피부에 대한 위해성을 평가할 수 있는 시험이며, 급성안자극성/부식성시험은 1차 노출 경로인 안점막에 대한 영향을 평가할 수 있는 시험이다.

연구결과

〈표 1〉 Summary of GHS classifications for Isoprene

Chemicals	Isoprene
Test items	GHS classification
Acute oral (rats)	Category 4
Acute dermal (rats)	Category 5
Eye irritation (rabbits)	Not classified

본 시험조건에서 시험물질 Isoprene(CAS No.: 78-79-5)은 랫트에 대한 급성경구투여한 결과, 2,000mg/kg에서 시험물질 투여에 의한 사망례가 관찰되어, Globally Harmonized Classification System(GHS)의 'Category 4'로 분류된다. 그리고 랫트에 단회 급성경피투여한 결과, 시험물질에 의한 사망례가 관찰되지 않아 GHS의 'Category 5'로 분류된다. 토끼의 안점막에 대해서 Kay and Calandra의 기준에 따라 '경도의 자극성 있음'으로 분류되었으나 이 자극의 정도를 GHS의 분류기준에 따라 평가한 결과, 분류기준에 속하지 않았다(표 1).



[그림 2] Flow of the experiment

EU-OSHA 산업안전보건전략 2009~2013(I)



유럽위원회(EC)는 지난 2007년 2월 ‘근로의 질과 생산성 향상’을 모토로 한 새로운 EU 산업안전보건전략 2007~2012를 발표했고, 이를 유럽연합(EU) 회원국이 채택하여 국가전략으로 활용하도록 권고하였다. 동 전략의 목표는 직장 내 사고율을 25%까지 낮추고, 근로자의 안전과 건강 보호를 향상시켜 기업 성장과 고용환경을 개선하는 것이다. EU-OSHA는 이에 발맞춰 EU-OSHA 산업안전보건전략 2009~2013을 마련했는데 본고에서는 그 내용을 2회로 나누어 알아본다.

※ 이번 호에서는 EU-OSHA 산업안전보건전략 2009~2013의 수립배경, 목표와 가치, 포괄적인 주요 계획에 대해 소개했다. 다음 호에서는 5개 분과별 주요 활동 프로그램(Working Program)에 대한 세부적인 내용을 게재할 예정이다.

전략 수립배경

산업안전보건문제는 지난 수년 동안 유럽위원회(EC; European Commission) 안전에 상정되어 긍정적인 방향으로 발전해왔다. 하지만 국제노동기구(ILO) 추청치에 따르면 연간 업무상 사고 7,500건, 업무상 질병 15만 9,500건의 사망건수를 기록하는 등 여전히 받아들일 수 없는 높은 수준이다.

이러한 상황이 미치는 사회적·경제적 파급력은 크다. 업무상 사고나 업무상 질병을 앓고 있는 개인들은 건강상의 문제를 겪을 수 있을 뿐만 아니라 고용문제도 겪고 있을 수 있다. 또한 노동력의 감소, 기업 내 생산성의 감소, 공공 지출 증대 등과 같은 국가적 차원의 사회문제를 야기한다. 이러한 상황을 초래하는 원인은 다양하지만, 가장 중요한 원인 중의 하나는 예방 문화의 결여이다. 예방 문화의 결여는 두 가지 측면을 동시에 지니고 있는데, 하나는 근로에서 위험에 대한 충분한 지식이 부족하다는 것과 다른 하나는 그러한 위험을 어떻게 예방할 것인지에 대해 충분한 지식이 부족하다는 점이다.

오늘날에는 근무환경, 사회 변화로 인해 생긴 새로운 위험들도 출현하고 있다. 또한 세계화와 일시적이고 가변적인 노동시장은 근로자의 안전보건에 영향을 미치고 있으며, 직무스트레스와 같은 사회심리적 위험요인이 새로운 위험요인으로 부상하고 있다. 하청업자, 이주근로자, 고령근로자, 장애근로자, 임시직 근로자, 자영업자의 안전보건

과 삶의 질 향상을 위해 새로운 전략이 필요하다.

이를 위해 유럽위원회(EC)는 지난 2007년 2월 '근로의 질과 생산성 향상'을 모토로 한 새로운 EU 산업안전보건전략 2007~2012를 발표했고, 이를 유럽연합(EU) 회원국이 채택하여 국가 전략으로 활용하도록 권고하였다. 동 전략의 목표는 직장 내 사고율을 25%까지 낮추고, 근로자의 안전과 건강 보호를 향상시켜 기업 성장과 고용환경을 개선하는 것이다. 이에 발맞춰 EU-OSHA는 EU 산업안전보건전략 2007~2012의 효과적인 달성에 긴밀하게 협조하고, EU-OSHA의 사명¹⁾을 완수하며, 비전²⁾을 달성하기 위해 EU-OSHA 산업안전보건전략 2009~2013을 마련하였다.

EU-OSHA 산업안전보건전략 2009~2013의 목표와 가치

EU-OSHA의 사명과 비전에 기초하고 활용 가능한 자원과 기관의 특성 등을 고려하여 6개의 전략적 목표를 설정하였다.

마지막 목표를 제외한 5개의 목표는 EU-OSHA와 관련 이해당사자(기관)가 함께해 나가야 할 것이며, 이를 위해 다음의 가치를 지향할 것이다. 먼저, 범 유럽 차원에서 산업안전보건문제에 접근할 수 있는 방법을 마련하여 사용자에게 필요하고 즉

각적인 대응 능력을 고취시킨다. 또한 정확하면서도 편향되지 않은 정보를 제공함으로써 신뢰와 투명성을 확보해 나간다. 사업주, 근로자, 정부 모두가 함께 협력적으로 활동할 수 있는 기반을 지속적으로 확립해 나갈 계획이다.

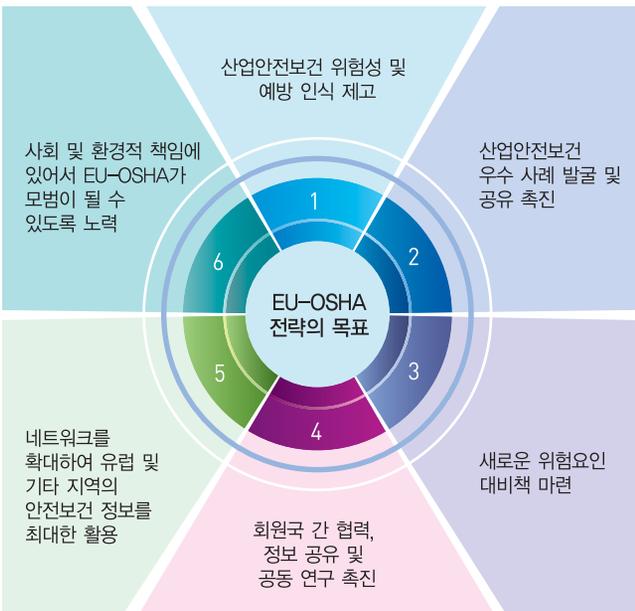
EU-OSHA의 목표는 5개의 별개 영역으로 나누어볼 수 있다. 이들 5개 영역은 EU-OSHA 5개 분과의 역할과 부합한다. 우선 4개의 사명 관련 분과는 유럽위험성예상(ERO; European Risk Observatory) 분과,³⁾ 근로환경정보(WEI; Working Environment Information) 분과,⁴⁾ 커뮤니케이션, 촉진 및 캠페인(Communication, Campaign and Promotion) 분과,⁵⁾ 네트워크와 외부협력(Networking and Coordination) 분과⁶⁾ 등이며, 이와 별개로 지원 분과인 행정 분과를 두고 있다.

이들은 서로 밀접한 관련을 맺고 있다. 예를 들면, ERO 분과의 활동은 WEI 분과에 다룰 우선 과제 선정에서 매우 중요한 역할을 한다. 또한 EU-OSHA는 비단 정보수집과 분석뿐만 아니라 이 정보를 전파하는 역할을 담당하고 있다. 이러한 정보 전파 활동은 주로 커뮤니케이션, 촉진, 캠페인 분과를 이루어지고 있다. 이 분과의 활동은 WEI와 ERO 분과에서 산출된 지식에 크게 의존한다. 마지막으로 자료의 수집, 분석 및 전파 활동은 주로 네트워크와 외부협력 분과에서 관련 인프라를 구축하고 있다. 그리고 이들 사명과 관련된 4개 분과 모두 행정 분과의 지원을 받고 있다.

향후 5개년 분과별 주요 활동계획

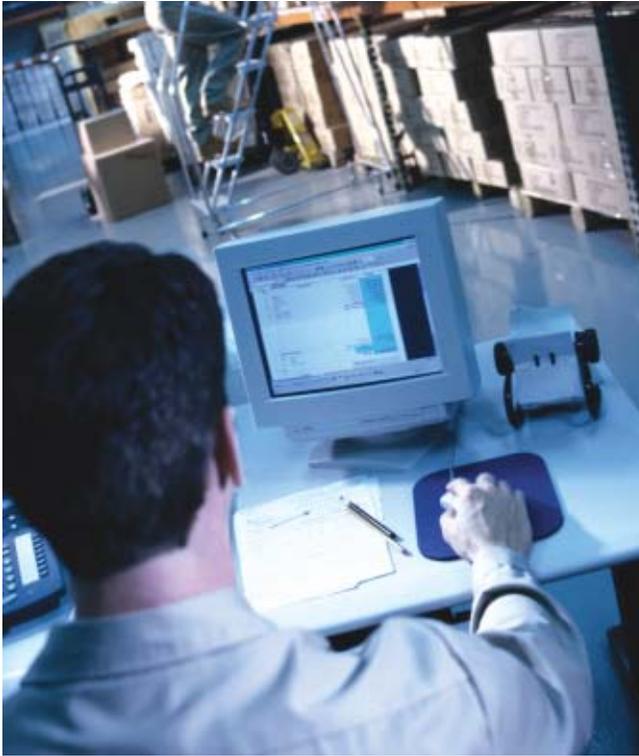
유럽위험성예상 분과

2009~2013년 동안 유럽위험성예상 분과에서는 향후 10년 정도에 걸쳐 새롭게 부각할 수 있는 위험성에 관한 선행 연구



[그림 1] EU-OSHA 전략 2009~2013 목표

- 1) 유럽연합(EU) 조직으로서 산업안전보건 관련 정보를 수집·분석·전파
- 2) 유럽의 현재, 그리고 미래의 직장을 보다 안전하고, 건강하며, 생산적으로 만들기 위한 산업안전보건 정보에 관한 유럽 최고기관
- 3) 캠페인 활동의 주제와 관련하여 해당 이슈가 무엇인지를 명확히 하는 역할 수행
- 4) 안전보건 각 분야에서의 최선의 실천방안이 무엇인지를 규명·분석
- 5) 파트너들을 캠페인에 참여시키는 역할 수행
- 6) 전 유럽에 걸친 광범위한 캠페인을 주요 과제로서 조직화해내는 역할 수행



오늘날에는 근무환경, 사회 변화로 인해 생긴 새로운 위험들도 출현하고 있다.

를 대규모로 실시할 예정이다. 기존에 발표된 연구 및 사례 연구결과들에 대한 분석을 포함해 새롭게 부각되고 있는 위험요인에 대한 요약 보고서, 종합 보고서 등을 비롯해 동 연구결과에 대한 보고서도 작성할 계획이다. ERO는 EU 내 산업구조의 발전이나 위험 물질에 대한 노출에서의 변화, 나이 어린 근로자나 이민 근로자와 같은 산재 취약 집단, 질병에서 근로와 관련된 요소에 대한 평가를 위해 사용되는 방법론 등과 관련하여 새롭게 부각되고 있는 위험요인의 트렌드와 그 기저에 작용하고 있는 요인들이 무엇인지를 분석할 것이다. ERO가 발견해낸 연구결과들은 관련 이해당사자들과 토론하고, 주요 보고서나

〈표 1〉 유럽위험성예상 분과 주요 활동 프로그램 2009~2013

No.	Multi-annual work program 2009~2013
1	Forecasting methodology for new and emerging risks
2	Review and analysis of research
3	Identification and analysis of trends - 'OSH in Figures'
4	Sharing knowledge and stimulating debate
5	European survey of enterprises on new and emerging risks
6	Fostering research on new and emerging risks at EU level

워크숍 형태로 의사 소통할 예정이다. 새롭게 부각되고 있는 위험요인들과 이에 대한 연구, 정책 및 실행방안 수립 등을 위해 필요한 활동 등에 초점을 둔 컨퍼런스도 스페인 빌바오(Bilbao)에서 정기적으로 개최할 예정이다.

기업들이 산업안전보건문제에 대처하는 방식, 특히 심리사회적 위험요인에 대처하는 방식에 대한 통찰력을 제공해줄 수 있는 기업 조사도 실시할 예정으로 있다. ERO는 또한 산업안전보건에 관한 연구 제안을 위해 인터넷 기반의 조기 경보 시스템을 만들 계획이며, 산업안전보건에 관한 연구와 연구기금 마련에서 어떤 발전이 있는 지에 대한 백서를 매년 출판할 예정이다. 또한 각국의 산업안전보건 연구소들이 다국적 연구를 실행하는 것을 격려할 계획이다.

ERO는 여러 학문 분야의 공동 참여가 필요한 분야에도 관심을 가지고 지속적으로 연구 포럼을 개최할 계획도 세웠다. 생물학적 위험에 대해서는 새로운 연구 포럼을 창설할 예정이다. 마지막으로 ERO는 EU가 연구비를 지원하고 있는 컨소시엄인 NEW OSH ERA와의 파트너십을 지속적으로 유지해서, 유럽 차원에서 새롭게 부각되고 있는 위험요인에 대한 산업안전보건 연구에서 보다 나은 협력 체계가 구축될 수 있도록 할 것이다.

근무환경정보 분과

2009년 WEI는 2010~2011 유지관리 캠페인(Campaign on Maintenance)을 위한 기술 자료의 출간과 최상의 실천방안에 관한 정보를 출간하기 위해 자료를 수집하고, 이를 검증하는 작업을 할 것이다. 캠페인이 실시되는 해에는 이러한 정보를 네트워크와 관련 당사자 및 증재인 등을 통해 홍보하는 활동에 주력하게 된다.

2010년에는 광범위한 분야로부터 자문을 받아 2012~2013 캠페인에 필요한 내용을 구체화하는 작업을 실시할 예정이다. 최상의 실행방안에 관련된 데이터 수집을 시작해서, 캠페인이 진행되는 동안 전파될 수 있도록 준비할 것이다.

전략기간 동안에는 육상운송에 대한 정보 프로젝트가 개시된다. 2008년에 수집, 검증된 최상의 실행방안에 관한 정보는 컨퍼런스나 워크숍, 토론회, 교육·훈련 등과 같은 다양한 경로를 통해 전파할 예정이다.

산업안전보건을 증진시키는 것이 지니는 경제적 가치에 관한 정보를 금융기관에 제공하고, 이와 관련된 이해당사자들 간의



업무상 사고나 업무상 질병을 앓고 있는 개인들은 건강상의 문제를 겪을 수 있을 뿐만 아니라 고용문제도 겪고 있을 수 있다.

네트워크(self-help network)를 구성하는 것을 돕기 위한 프로젝트도 실행할 예정으로 있다.

지역사회전략(Community Strategy)을 지원하기 위해, 2009년 관련 당사자들로부터의 광범위한 자문을 통해 산업안전보건 증진 프로젝트를 실시해서 다음 해에 필요한 사항 및 정보 상품이 무엇인지를 밝혀내고 이를 구체화하는 작업을 할 것이다. 또한 지역사회전략에 호응하기 위해, 2006 나이 어린 근로자를 위한 유럽 주간(European Week 2006 on Young Worker)의 일환으로 시작되어 2007~2008 마이너 프로젝트

로 지속되고 있는 산업안전보건교육 프로젝트를 2009년과 그 이후의 프로젝트 기간 동안에 주요 프로젝트 수준으로 끌어 올릴 것이다.

이에 더해, 사회적 변화 및 인구학적 변화와 관련된 이슈들에 대한 대응 작업도 진행된다. 그 첫 번째 단계로 우선해서 다루어야 할 이슈들이 무엇인지를 규명해내는 작업을 진행할 것이며, 이러한 작업은 ERO와 기타 EUROFUND와 같은 주요 정보 소스 및 관련 당사자들 간의 긴밀한 협력을 바탕으로 하게 된다. 이 과정에서 밝혀진 주요 대상자들의 필요를 충족시킬 수 있는 정보 상품도 개발할 계획이다.

(표 2) 근무환경정보 분과 주요 활동 프로그램 2009~2013

No.	Multi-annual work program 2009~2013
1	Preparation of technical material for European campaigns New themes and activities other than European campaigns - Road transport
2	- Economic incentives for prevention activities - Occupational health promotion - Measuring OSH into education - Dealing with social and demographic change
3	Sharing knowledge and stimulating debate
4	Themes to be revisited and updated

커뮤니케이션, 캠페인 및 촉진 분과

2008~2009 캠페인은 위험성 평가 인식에 중점을 주어 추진하였다면, 2010~2011 캠페인에서는 이에 대한 인식의 증진·관리에 초점을 맞추게 된다. 2012~2013 캠페인의 주제는 2009년 초에 합의하였는데, 향후 5년 동안 EU-OSHA는 하나의 포괄적 주제인 '건강한 직장: 당신을 위해, 유럽을 위한 길 (Healthy Workplace: Good for you, Good for Europe)' 하에

수행해야 할 활동들을 정하게 될 것이다.

2008년에 실시된 새로운 캠페인을 가능케 한 모델(ECPA: European Campaign Assistance Package) 하에, EU-OSHA는 직장 내 산업안전보건관리를 촉진하고 캠페인 활동을 EU 27개 회원국 각각에 맞게 전개해나감으로써 최상의 실행방안을 공유하도록 장려할 예정이다.

EU-OSHA는 캠페인 활동에서 앞으로도 계속 네트워크의 지원에 상당 부분을 의존할 것이며, 특히 EU Council Presidencies와의 파트너십을 강화해 나갈 것이다. 또한 더 많은 중소기업에 더 가까이 다가갈 수 있도록 EU 및 각 국가 차원에서 보다 광범위한 파트너(EU 기구, 전문단체, 사회적 파트너, NGO 및 다국적 기업 등)들과의 협력관계를 지속적으로 구축해 나갈 것이다.

기업과의 활발한 커뮤니케이션을 유지하기 위해 EU-OSHA에서는 직장 내 산업안전보건에 관한 양질의 검증된 정보를 제공하는 최우선 기관으로서의 위치를 유지해 나갈 것이다. EU-OSHA는 번역센터(Centre for Translations)와 협력해서 보유 정보를 다른 언어로도 이용할 수 있는 가장 효율적인 방안을 모색할 계획이다. 아울러 EU-OSHA는 애니메이션 캐릭터로 된 'Napo'와 같은 효과적인 비언어적 의사소통 도구를 개발하고 향상시키는데 매진할 것이다.

이와 함께 양질의 출판물을 발간하고, EU-OSHA 웹 사이트에 실린 정보의 양과 질을 높이는 일과 웹 사이트 사용자수를 늘리는 일을 지속적으로 해 나갈 것이다. 또한 검색 기능의 최적화, Enterprise Europe Network와 같은 기존 네트워크와의 파트너십 구축, 이벤트나 전시회 및 컨퍼런스 등을 통해 미디어와 홍보 매체를 강화해 나갈 것이다.

네트워킹 및 외부협력 분과

EU-OSHA의 실행 능력을 높이기 위해 예산과 연간 프로그램의 결정에 이사회와 사무국 간 긴밀한 협조 체제를 구축할 것이다. 그리고 프로그램 준비와 정보상품의 전파와 같은 EU-OSHA의 활동에서 네트워크의 주요 거점을 적극적으로 활용할 수 있게 할 것이다. 뿐만 아니라 EU-OSHA와 각국의 사회단체와 기타 산업안전보건 관련 기관 및 네트워크 간의 보다 직접적인 접촉을 통해 정보 수집과 전파에서 보완적인 의사소통 통로를 확보할 수 있도록 할 것이다.

“

EU-OSHA는 유럽의 현재 및 미래의 직장을 보다 안전하고 건강하며 생산적으로 만든다는 목표를 가지고 있다. 이를 위한 예방 문화를 촉진하는 산업안전보건에 관련된 정보에서 유럽의 최고 센터가 되고자 하는 것이 바로 EU-OSHA의 비전이다.

이러한 비전은 EU-OSHA가 다른 입법기관이나 집행기관의 활동을 보완하는 정보기관이라는 점을 분명히 하고 있다. EU-OSHA는 직장 내 안전 및 보건을 담당자에게 유용하게 활용될 수 있도록 정보를 수집 · 분석 · 전파하여 예방 문화를 촉진할 것이다. ”

〈표 3〉 커뮤니케이션, 캠페인 및 촉진 분과 주요 활동 프로그램 2009~2013

No.	Multi-annual work program 2009-2013
1	Campaigning - Sustainable campaigning - 'Healthy Workplaces: Good For you. Good for Europe' - 2008-2009 Healthy Workplace. Good for you. Good for business (risk assessment). - 2010-2011 Healthy Workplace (safe maintenance) - 2008-2009 Healthy Workplace. Good for you. Good for business (risk assessment). - Adapting to a new two-year campaign cycle - Targeted campaigning - Network-based campaigning - Council presidency engagement
2	Communication: Corporate communications; website development and; publishing activities; monitoring and evaluation
3	Promotion: promotion, public affairs and media relations and; events exhibitions and conferences

〈표 4〉 네트워킹 및 외부협력 분과 주요 활동 프로그램 2009~2013

No.	Multi-annual work program 2009-2013
1	Agency governance
2	Focal point networking
3	European networking
4	International networking
5	Preparing for enlargement
6	Strategy, planning, monitoring and evaluation



유럽의 업무상 사고와 사망 질병 상황을 초래하는 예방 문화의 결여는 근로에서 위험에 대한 충분한 지식이 부족하다는 것과 그러한 위험을 어떻게 예방할 것인지에 대해 충분한 지식이 부족하다는 점에서 비롯된다.

유럽 네트워크의 측면에서는 EU 및 EU 소속 각국의 국가적 차원에서 산업안전보건문제를 보다 중요한 정치적 안전으로 격상시키는 일이 앞으로도 계속 최우선 과제가 되리라고 본다. 여기에는 EU 정상을 대상으로 한 활동이나 EU-OSHA와 EU 기구들 간의 커뮤니케이션 강화 활동 등이 포함될 것이다. 국제적으로는 ILO 및 국제보건기구(WHO)와의 공조 체제를 강화하고자 한다. 한편, 주요 거점 네트워크(Focal Point Network)의 후보국가 선정 준비를 돕는 일에도 계속 매진할 것이다.

행정 분과

EU-OSHA는 연간 수행 보고서를 포함해서 자체적인 '기업의 사회적 책임(Corporate Social Responsibility)'에 관한 정책을 개발할 것이다. 또한 자체 감사 기능을 발휘할 수 있는 조직을 만들고자 노력할 것이다. 전략서는 전체적인 방향을 제시하고 있으며, 연간 프로그램은 매년 실시해야 할 구체적인 목

표를 제시하고 있다.

수행 실적은 연간 경영계획서(Annual Management Plan)와 함께 연간 활동 보고서(Annual Activity Report)를 통해 매년 보고될 것이며, 전략 수행 후반부에서는 외부의 평가도 받을 것이다.

맺음말

유럽의 현재 및 미래의 직장을 보다 안전하고 건강하며 생산적으로 만들기 위해 산업안전보건에 관련된 정보에서 유럽의 최고 센터가 되고자 하는 것이 EU-OSHA의 비전이다. 이러한 비전은 과거와 단절된 것이 아니라 EU-OSHA가 설립된 이후 쌓아온 실적과 자산에 기반을 두고 있다. 이 비전은 EU-OSHA가 다른 입법기관이나 집행기관의 활동을 보완하는 정보기관이라는 점을 분명히 하고 있다.

유럽의 직장을 보다 안전하고 건강하며 생산적으로 만드는 일에 EU-OSHA가 기여하고 있는 점은 바로 예방 문화의 촉진이다. EU-OSHA는 직장 내 안전보건을 담당자에게 유용하게 활용될 수 있도록 정보를 수집·분석·전파하여 예방 문화를 촉진할 것이다. ☺

〈표 5〉 행정 분과 주요 활동 프로그램 2009~2013

No.	Multi-annual work program 2009~2013
1	Corporate Social Responsibility(CSR)
2	Internal Control

호주 건설업 안전교육 제도

- NSW 주를 중심으로 본 건설업 그린카드 제도



글을 시작하기 전에 먼저 밝혀두어야 할 것은, 여기서 소개하는 내용은 호주(Australia)의 전국적인 건설업 안전교육을 언급하는 것이 아니라는 것이다. 호주는 19세기 초부터 주정부가 발달하여 20세기 초에 연방정부가 탄생한다. 따라서 각 주마다 성격이 독특하며, 여기서 언급하는 직업건강안전(Occupational Health & Safety)은 주정부 소관이다. 따라서 건설업 안전교육 제도(그린카드 제도)는 각 주마다 약간의 차이가 있다. 여기서는 필자의 활동 경험이 있는 New South Wales(NSW) 주를 중심으로 소개하겠다. 또 하나 한국에서 사용하는 산업안전보건이란 용어가 영어의 Occupational Health & Safety의 번역인지는 모르겠으나 이 글에서는 직업건강안전이란 용어를 같은 의미로 사용하겠다.

NSW 주의 그린카드 교육

어느 나라에서나 기업의 궁극적인 목적은 이윤 창출이겠지만 사람을 고용하는 상황에서 고용인들의 직업상 건강과 안전이라는 개념은 기업 이윤 창출의 전제조건이 되어야 한다고 본다. NSW 주를 포함한 호주에서 직업건강안전(OHS)을 기업의 이윤 창출과 동등하게 중요하다고 자신 있게 말하는 기업인들이 있는가 하면, 고용인들은 어떤 경우 임금 인상보다 더 중요한 대상으로 여기기도 한다. 거의 모든 직업교육과정에는 반드시 직업건강안전 관련 과목이 포함되어 있으며, 취업과 동시에 이루어지는 직장 소개 프로그램에도 직업건강안전 내용은 포함된다.

2000년에 NSW 주에서는 「직업건강안전법령(NSW OHS Act 2000)」이 17년 만에 개정되었다. 모든 건설업 종사자에게 적용되는 일반 안전교육(그린카드) 제도는 법령이 개정된 다음, 관련 규약이 1년 후에 개정되었는데 직업건강안전규약(NSW OHS Regulation 2001)에서 특별히 정하고 있는 것이다. 그린카드 제도는 건설업에서 일하는 모든 작업자가 건설 현장에서 일하기 전에 의무적으로 1회의 교육을 받도록 정해져 있으며, 현행법으로는 재교육이 정해져 있지 않다.

이외에 NSW 주에서는 건설업의 경우 현장에서 일을 하려면 취업 전에 종사자 모두에게 요구되는 '건설업 일반 직업건강안전교육(OHS General Induction Training



강병조 강사
호주 건설안전교육

for Construction Work)’ 과 현장에서 건설사 주관으로 진행되는 ‘현장안전교육(Site Specific OHS Induction Training)’, 그리고 고용된 회사에서 진행되는 ‘안전교육(Work Activity OHS Training)’ 과 같이 세 가지 교육을 받도록 규정하고 있다.

그린카드 교육 적용 이전인 2001년 전에도 NSW 주 건설 현장에서는 현장을 주관하는 건설사를 중심으로 현장안전교육이 진행되어 왔다. 예를 들자면, 한때 A라는 건설회사 현장에서 일하려면 A건설사에서 실시하는 안전교육을 받은 건설노동자들만 현장에서 일할 수 있었다. A건설사는 안전교육 확인을 위해 이수자 개인에게 카드를 발부했으며, 카드 소지자는 다른 지역 현장이라도 A건설사가 주관하는 현장이라면 발급받은 카드를 사용할 수 있었다. 그러나 2001년 이후 그린카드 제도가 입법화되면서 건설사는 당사가 주관하는 현장별 안전교육(Site Specific OHS Induction Training)만을 담당하게 되었다.

그린카드 교육은 NSW 주의 경우 직업건강안전 담당 부서인 WorkCover NSW에서 주관하게 된다. WorkCover NSW의 기능을 간단하게 소개하면 OHS 교육·홍보, 작업 현장 안전 상태 조사, 신고 접수 및 조사, 재해 사전 조사, 법적 규정을 어겼을 때 벌금 부여와 재해 사전 관련자 고소, 산재보험 관장 등을 들 수 있다. 건설업종에 적용되는 그린카드 교육 주관은 WorkCover에서 하게 되며 교육내용(교안), 시험지, 평가서, 교육 이수자 신분 증명 서류, 카드 신청서, 수수료증 등을 교육기관이나 강사에게 전달한다.

매번 실시하는 교육시간과 장소는 교육 1~2주 전 WorkCover에 통보되어야 한다. 교육내용을 전달하는 강사는 WorkCover에 고용되는 형식은 아니나 일정한 건설 현장 경험과 직업건강안전교육과정을 수료하고 소규모 그룹 훈련 자격증(Certificate IV)을 가지고 있으며 WorkCover에 등록되어 있어야 한다. 교육내용 전달방법은 강사의 재량에 따라 변경할 수 있고, 참석자들에게 교육내용이 전달된 것을 확인하는 방법은 그룹 토의, 개인에게 질문, 시험지 등이 병행된다. 교육 이수자들에게는 당일 수수료증이 발부되는데 수수료증은 임시 그린카드 형식으로 건설 현장에서 발행일로부터 30일 동안 유효하다. 이후에는 WorkCover에서 개인에게 발행한 교육확인카드를 제출하여야 한다. 그린카드를 분실했을 경우에는 발행기관인 WorkCover를 통해 분실신고를 한 후 재발급 받을 수 있다.

NSW 주에서 그린카드를 취득하려면 먼저 가까운 교육기관



NSW 주의 경우 직업건강안전 담당 부서인 WorkCover NSW에서 그린카드 교육을 주관한다.

이나 강사에게 연락해서 교육시간을 확인하고 교육을 예약해야 된다. 여기에 필요한 것이 물론 교육비이며, NSW 주의 경우 시 본인 확인 신분증(여권은 70점, 호주에서 발행받은 운전면허증은 40점 등)을 지참하여 신분 확인 점수 100점을 넘어야 한다. 호주 체류 6주 미만, 고등학교 재학생, 형무소 출감자 등의 경우에만 신분 확인 점수 100점 예외의 경우가 적용되는데 참고로 참석자들의 비자 확인 절차는 없다. 그린카드 교육은 영어가 아닌 한국어를 포함한 다른 언어로 전달되는 것이 인정된다. 또한 영어 이해에 어려움이 있는 경우, 영어로 진행되는 교육에 참여하려면 통역관을 동행하면 가능하다.

5시간 이상으로 정해져 있는 교육내용을 보면 네 가지로 구분할 수 있다. 첫째, 직업건강안전을 구성하고 있는 법령, 규정과 관련자들의 책임(Duty of Care)이다. 둘째는 건설 현장에서의 위험관리방법(위험 요소 확인, 평가 통제방법 적용)이다. 셋째는 작업 현장 내에서 직업건강안전 논의방법 관련 정보이고, 넷째는 긴급 상황 발생 시 대처방법으로 구분된다.

법령, 규정과 관련자들의 책임 (Duty of Care)

직업건강안전법령 2000(Occupational Health & Safety Act 2000)

NSW 주에서 직업건강안전 적용에 기본이 되는 것은 「직업건강안전법령 2000(Occupational Health & Safety Act



호주에서는 건설 현장에서 건설회사별로 또 한번의 안전교육을 실시해 작업 현장에서 직업건강안전의 중요성을 재확인하는 절차를 거친다.

2000)»(이하「OH&S Act 2000.」)이다. 호주에서 직업건강안전은 주정부의 관련 법에 따라 규정된다. 각 주의「직업건강안전 법령」은 그 내용이 조금씩 다르다. 「OH&S Act 2000.」은 1983년의「직업건강안전법령」을 대폭 개정했다. 숫자 '2000'은 개정한 해(2000년)를 의미한다.

1983년 이후 NSW 주의 노동시장은 큰 변화를 맞게 되는데, 생산업종이 감소되고 회사 규모가 축소되는 경향이 나타났다. 반면에 서비스 업종과 중소기업수는 늘어났으며, 파트타임 임시직, 하청업 노동자수는 증가했다. 1996년 NSW 주 재집권에 성공한 밥 카 노동당 정부는 곧 바로 위원회를 구성해 관련 법령 수정 작업에 착수했다. 그 결과, 「OH&S Act 2000.」이 탄생하게 되었다.

「OH&S Act 2000.」의 큰 특징은 직업건강안전문제에 책임 범위를 확대한 것이다. 예전에는 고용주와 고용인에게 책임을 묻던 것을 노동시장의 변화에 따라 자영업자, 원청회사, 하청회사, 작업장 책임자, 장비업자, 디자이너, 생산자, 공급자까지 직업건강안전에 책임을 지게 했다. 또 고용주에게 고용인들과 직업건강안전문제에 대해 반드시 논의(Consultation)하도록 명시했다.

「OH&S Act 2000.」는 일하는 사람들의 건강, 안전 및 복지 증진, 일과 관련된 위험에서 인명 보호, 고용주와 고용인 협력 제공, 직업건강안전에 관한 지역사회 의식 증진, 기준 향상

등을 목표로 하고 있다. 전체가 8장 142절로 이루어져 있는데, 1장 법령 전문, 2장 작업장 건강안전 및 복지에 관한 책임, 3장 관련 규약 제정, 4장 실행 규칙(Code of Practice), 5장 조사 권한, 6장 조사/개선/금지 통지, 7장 범죄 조치, 8장 이외의 일반 사항이다.

또한 직업건강안전에 관한 고용주의 책임을 명확하게 규정하고 있는데 그 내용을 보면,

- 고용주가 관장하는 구역 내에서 건강·안전 위험이 없도록 보장할 것
- 사용 장비나 물질을 올바르게 사용했을 때 위험이 없도록 보장할 것
- 안전시스템과 안전한 작업환경을 제공할 것
- 고용인들의 건강안전을 보장하기 위해 관련 정보지침 훈련 관리를 제공할 것
- 고용인 복지를 위한 적당한 시설을 제공할 것

등을 명시하고 있다. 고용주의 범주에는 관련 회사 이사, 매니저, 관리책임자(Supervisor) 등이 포함된다.

고용인의 책임은 '적당한 주의, 고용주와 협력, 장비의 올바른 사용, 작업공정 준수, 부상당한 다른 노동자 도움에 방해 금지, 건강안전에 위험을 미치는 상황 유발 금지' 등을 들고 있다.

법령에서는 작업장 내 직업건강안전상태에 대한 조사기능을 크게 노동조합과 WorkCover 감독관(Inspector)에게 주고 있다. 이들의 작업장 출입을 법으로 보장하고 있으며, 의심이 된다면 고용주에게 사전 연락 없이 작업장을 방문하여 조사할 수 있는 권한이 주어진다. WorkCover 감독관에게는 작업장 조사권 외에 조사(investigation), 개선(improvement), 금지(prohibition) 통지 권한이 주어진다.

「개선」 통지 이상을 받으면 일반적으로 벌금이 주어지는데 고용인에게는 최저 1,650달러에서 최고 4,950달러까지 가능하다. 고용주와 회사에게는 최저 2만 7,500달러에서 최고 16만 5,000달러까지 부과할 수 있다. 또한 작업장 내에서 개인보호 장비를 착용하지 않거나 안전 사인을 지키지 않은 고용인들 또는 안전작업공정을 지시하지 않은 관리책임자 등에게는 현장에서 교통 위반과 같은 벌금 통지를 발부할 수 있다.

고소 권한은 WorkCover와 관련 업종 노동조합에게 주고 있다. 일단 고소되면 지역 법정이나 노사관계 법정에서 처리되며 최고 벌금 55만 달러나 실형이 선고될 수 있다.

직업건강안전규약(OHS Regulation 2001)

총 12장 360절로 이루어진 직업건강안전규약(OHS Regulation 2001)은 관련 법령보다 구체적인 내용을 규정하고 있다. 작업장에서 고용주의 위험관리, 고용인들과의 건강안전문제 논의, 작업 환경, 장비, 위험물질 관리, 건설업, 자격증, 작업허가 등에 관한 규정들이다. 특히 8장 전체는 건설업에 관한 안전 문제를 다루고 있는데 건설 현장에서 일하는 모든 사람에게 안전교육(그린카드)을 받도록 하는 내용이다. 또 건설업 특성상 현장을 전체적으로 관장하는 원청(principal contractor)사에게 고용주와 유사한 전체 현장의 건강안전을 책임지도록 명시하고 있다. 건설업 하청사들에게는 법령에서 정한 고용주로서의 책임 이외에 원청사에게 작업안전 공정문건(Safe Work Method Statement)을 제출하도록 되어 있다.

「직업건강안전법령」과 규약은 법적 구속력을 가지며, 내용을 위반했을 경우 그에 상응하는 처벌을 받게 된다. 법령에 비해 보다 구체적인 내용을 담고 있는 규약은 실제 처벌이나 고소, 고발 과정에서 자주 인용되고 있다.

실행규칙(Code of Practice)

실행규칙은 WorkCover가 주관하여 담당 부분 이해관계기관(사용자단체 노동조합), 관련 전문가(학계)가 참여하여 실제적인 적용기준을 정하는 것이다. 법규는 아니지만 법령에 따라 노동부 장관이 허가하는 형식으로 만들어져, 작업장의 건강안전을 보장하지 못한 개인이나 회사들의 고소·고발과정에서 증거 자료로도 활용된다. 현재 시행되는 실행규칙은 그 수가 매우 많고 분야도 넓어 모두 소개하기는 불가능하다.

작업장 건강안전 논의, 건강안전 훈련, 소음관리, 위험물질관리 등 실질적인 건강안전문제 적용에 매우 유용한 정보들을 전하고 있다. 개인이 종사하는 업종이나 관심 있는 분야들을 찾아보려면 NSW 주 WorkCover 웹사이트(www.workcover.nsw.gov.au)나 연방정부 직업건강안전기관 웹사이트(www.ascc.gov.au)를 참고하면 된다.

호주기준(Australian Standards)

호주에서 사용 또는 수입되는 모든 건설 장비 및 물품들은 호주기준을 준수해야 한다. 이는 품질, 성능, 디자인, 내구성 등 다양한 기준을 제시하고 있다. 호주기준은 일반적으로 뉴질랜드

드와 '기준규정'을 같이 사용하고 있어 관련 기준들이 'AS/NZS 0000:0000' 형식으로 표기되어 있다. 관련 정보는 웹사이트(www.standards.org.au)에서 찾아볼 수 있으나 구체적인 호주기준 책자는 기관을 통해 구입해야 한다.

건설 현장에서의 위험관리방법

호주에서 말하는 직업건강안전의 기본 개념은 위험을 관리할 수 있다는 것이다. 작업자 신체에 직접적인 어떤 위험이든지 그것을 유발하는 원인이 있고, 그 원인을 제어 또는 통제하면 작업자를 위험에서 보호할 수 있다는 지극히 당연한 논리이다.

호주의 직업건강안전에서 위험관리(risk management)의 첫 단계는 위험요소(hazard)를 발견하는 것으로 시작된다. 여기서 위험요소란 어떤 것이라도 사람의 건강과 안전을 해칠 수 있는 가능성이 있는 것을 말한다. 예를 들면, 사무실 내에 널려 있는 전기선 등이나 작업장 소음/먼지/진동, 작업자가 사용하는 기구/장비, 작업장 내 감염 가능한 박테리아/바이러스, 또는 정신적 스트레스 등을 들 수 있다.

작업 당사자나 작업을 지시하는 관리자가 위험요소를 발견하거나 인식하는 것은 매우 중요하다. 인간은 누구나 위험에서 자신의 신체를 보호하려는 본능이 있어 위험 가능한 요소들을 인식한다는 것은 대책을 세우는 첫 단계가 된다. 그러므로 작업장 주변에서 도사리고 있는 위험요소가 무엇인지를 인식하지 못한 채 작업을 진행한다면 자신을 산재에 방치하는 꼴이 된다.

호주에서 말하는 위험관리에 관한 이론을 조금 더 소개하자면 위험관리 순위를 언급해야 한다. 위험관리 순위의 맨 처음은 위험요소를 제거하는 방법이 그 첫 번째이고, 위험요소를 대체하는 것을 그 두 번째 순위에 둔다.

필자가 건설업에 종사하기 시작한 1995년만 해도 시멘트 한 포대 무게는 40kg이었다. 그런데 현재 건설 현장에서 사용하는 시멘트 한 포대 무게는 20kg이다. 이렇게 손으로 들 수 있는 시멘트 포대 무게를 반으로 줄임으로써 위험요소를 가능한 덜 위험하도록 대체하는 것이다.

세 번째 순위는 위험요소를 고립시키는 것이다. 소음이나 먼지를 많이 발생하는 기계를 작업장에서 한쪽으로 고립시킴으로써 작업장 전체 인원에게 해를 주지 않게 하는 방법이다. 그

다음은 공학적·행정적 통제를 가하는 방법인데 위험요소를 발생하는 장비를 안전하게 수리하는 경우나 작업장 구조를 개선하는 방식, 작업자에게 안전교육을 시키는 것들이 그 예가 될 수 있다.

맨 마지막 순위는 개인보호 장비(PPE; Personal Protective Equipment)를 사용하는 것이다. 건설업을 예로 들자면, 안전모, 안전화, 보호안경, 귀마개, 마스크, 장갑, 안전띠 등을 들 수 있다.

우리가 주위에서 자주 볼 수 있는 개인보호 장비는 위에서 소개한 것과 같이 위험 통제 순위의 마지막 단계이다. 그 이상의 통제 장치를 사용한 후의 마지막 방법으로, 사용주가 고용인들에게 개인보호 장비만을 제공했다고 직업안전건강의무를 다했다고 볼 수 없다. 따라서 고용주는 반드시 작업장 내 위험 정도를 사전에 측정하여야 하며, 가능한 모든 조치를 취해야 할 의무가 있다. 호주 「직업안전법」에서 강조하는 것은 안전 시스템을 구축하라는 것이다.

작업 현장 내의 직업건강안전 논의 방법과 관련 정보

NSW 주 「직업건강안전법령」은 고용주에게 고용인들과 직업건강안전에 대해 반드시 논의할 것(Duty of Consultation)을 요구하고 있다. 법령에서는 작업장 위험을 확인하는 과정, 작업장 환경이 바뀌는 과정, 또는 위험관리방법을 정하는 과정 등에 대해 고용주와 고용인이 서로 논의과정을 거치도록 요구한다.

논의방법은 여러 가지인데 작업장 내에서의 노동조합 회의, 작업안전공정문건(safety work method statement)을 만드는 과정에서의 논의, 현장에서의 간단한 작업내용 전달(Tool Box Talk)과 함께 가장 많이 볼 수 있는 직업건강안전위원회(OHS Committee) 등이다. 법령에 따르면, 20명 이상의 고용인이 일하는 작업장에서는 고용인들이 요구하거나 WorkCover에서 요구할 경우 고용주가 작업장 내에 직업건강안전위원회를 구성하도록 되어 있다. 따라서 어느 정도 규모의 중소사업장 내에 일반적으로 위원회가 구성되어 있는 것을 볼 수 있다.

작업장 내 직업건강안전위원회의 역할은 주로 고용주와 고용



호주에서 말하는 직업건강안전의 기본 개념은 위험을 관리할 수 있다는 것이다.

작업자 신체에 직접적인 어떤 위험이든지

그것을 유발하는 원인이 있고,

그 원인을 제어 또는 통제하면

작업자를 위험에서 보호할 수 있다는

지극히 당연한 논리이다.

호주의 직업건강안전에서

위험관리(risk management)의 첫 단계는

위험요소(hazard)를 발견하는 것으로 시작된다.

여기서 위험요소란 어떤 것이라도

사람의 건강과 안전을 해칠 수 있는

가능성이 있는 것을 말한다. ”

인이 함께 논의하는 회의이다. 논의하는 내용은 작업장 내 위험요소 확인, 위험상황 통제방법, 재해 통계 분석, 적당한 훈련 제공 등이다. 물론 위원회는 강제 집행기관이 아니며 직업건강안전에 관한 자문기관 성격이다. 따라서 작업장에서 발생한 재해 책임은 고용주나 관리자들이 많은 부분을 지게 된다.

건설업의 경우는 복잡한 하청구조 하에서도 직업건강안전위원회의 활동이 이뤄지는데 원청사 측은 현장 성격에 따라 대표적인 하청사 고용인들과 위원회를 구성한다. 일반적으로 참여하는 하청 고용인들은 조적, 콘크리트, 철근, 전기, 배관, 비계업 등이며, 각 하청 고용인들은 규정에 따라 현장별로 위원회에 참석할 동료를 선출하고, 이들이 위원회를 구성하는데 대략 5~10명 정도이다. 물론 원청사 측의 안전관리자가 위원회에 포함되지만 NSW 주 「직업건강안전법령」과 규정에 따라 위원회 회장은 고용인이 맡는다.

일반적으로 건설 현장에서 찾아볼 수 있는 유해물질 안전사용설명서(MSDS; Material Safety Data Sheet), 작업안전공정 문건(SWMS; Safety Work Method Statement) 소개와 이런 자료 등을 통해 얻을 수 있는 안전 관련 정보내용 등이 전달된다. 또한 기본적인 안전 관련 표지판 소개와 구분방법이 소개된다.

또한 현장 화재, 붕괴, 부상 등 상황에서의 대처 요령, 신고방

(표 1) NSW 주 그린카드 교육 실행 이후 작업장 재해(Workplace Injuries) 통계

회계년도	전체작업장 부상자/비율*	건설작업장 부상자/비율	산재 사망자/비율**	건설산재 사망자/비율	비용 달러(Million)
2002~2003	37,422 / 13.6	4,528 / 27.6	136 / 4.9	20 / 12.2	739
2003~2004	37,330 / 13.6	4,605 / 27.7	132 / 4.8	19 / 10.4	706
2004~2005	36,150 / 13.4	4,146* / 21.8	125 / 4.6	14 / 7.2	685
2005~2006	31,613 / 11.0	3,656* / 20.3	146 / 5.1	21 / 11.4	568
2006~2007	29,326 / 10.0	3,500* / -	137 / 4.7	24 / 12.0	525
2007~2008	30,077 / 10.0	3,343* / 16.0	124 / 4.1	21 / 10.3	548

* 자료 : WorkCover NSW Annual Statistical Bulletins

* 5일 이상 진료가 필요한 부상자 기준

* 작업장 산업재해 부상자 비율기준 1,000명 / ** 작업장 산업재해 사망자 비율기준 10만명

* 2004~2005, 2005~2006, 2006~2007, 2007~2008 건설 산재 남자 부상자

* 2006년 인구 조사결과 New South Wales(NSW) 주 인구는 650만

법 또는 보고 절차, 그리고 구급약품 비치, 구급요원 명시방법 등이 소개되고 화재 시 진압 가능한 관련 소화기 구분 사용에 대한 요령 등도 포함된다.

제도 도입 이후의 성과와 문제점, 그리고 향후 방향

2001년 NSW 주의 건설 현장 그린카드 제도 도입 이후 건설 현장의 재해율이 줄어들고 있는 것은 사실이다.

〈표 1〉에서 보면 작업장 재해율은 2002~2003 회계년도 이후 계속해서 줄어들고 있는 추세이다. 전체 재해율이 2002~2003년 13.6에서 2007~2008년 10.0으로 그 수치가 3.6 줄어든 반면, 건설업의 경우 같은 해 27.6에서 16.0으로 재해율은 11.6이 줄어든 것을 확인할 수 있다. 그린카드 제도 도입 이후 통계 자료는 전체 건설노동자를 대상으로 한 안전교육의 일정한 성과를 나타내고 있다고 볼 수 있다. 전체 건설업 종사자들에게 요구되는 그린카드 교육 자체만으로 건설 현장의 재해율이 줄고 있다고 간단하게 결론을 내리는 것에는 문제가 있다.

건설업의 경우 이민자 계층이 거의 70%를 상회하는 NSW 주에서 건설업에 일하기를 원하는 초기 이민자, 체류자에게 일반 안전교육(그린카드) 수료를 의무화함으로써 현장에서의 안전문제의 중요성을 각인시킨다. 또한 이들이 일하러 가는 건설 현장에서도 건설회사별로 또 한 번의 안전교육과정을 시행해 작업 현장에서 직업건강안전의 중요성을 재확인하는 절차를 거친다. 그리고 각 건설 현장별로 운영되는 직업건강위원회의 활동을 통해 건설노동자들이 참여하는 직업건강안전 시스템을

경험하게 된다. 건설회사들도 운영과정에서 회사의 이윤과 직업건강안전이 서로 상충하는 요인이 아닌, 안전한 환경조건이 생산성을 높인다는 인식이 보편화되고 있다. 거기에다가 건설 현장 산재를 줄이고자 하는 정부의 지속적인 관리 노력이 일정한 효과를 내고 있다고 볼 수 있다.

그린카드 초기 시행과정에서 나타난 문제점을 들자면, 첫째 초기 그린카드 발행을 교육기관이나 등록된 개인 강사들이 담당함에 따라 소지자가 그린카드를 분실했을 때 재발급의 어려움이 있었다. 이를 극복하기 위해 2005년 개인 소지 그린카드를 정부기관인 WorkCover에서 발행하는 카드로 교체하는 과정을 거쳤다. 둘째는, 호주의 정치 구조상 나타나는 각주별 자체 관리 제도에 따른 문제이다. 즉, 거주하는 주에서 받은 안전교육이 일하려는 다른 주에서는 인정되지 않는 경우이다.

2009년 9월 이후의 변화

위에서 언급한 문제들을 해결하기 위해 2009년 9월 1일부터는 전국에서 통용되는 안전교육 제도를 시행하고 있다. 카드 이름도 그린/레드/블루카드(각주에서 불리던 건설업 안전교육 카드 명칭)에서 화이트카드로 통일시켰다. 기관에 등록된 개인 강사는 인정하지 않고, 직업교육관리 정부기관에 등록된 교육기관(Registered Training Organization)을 통한 교육만을 인정하게 된다. 교육기관은 주별 WorkCover는 물론 또 다른 직업교육관리 정부기관에 등록을 마쳐야 하며, 두 기관의 일정한 감사를 정기적으로 받아야 한다. 화이트카드는 주별 WorkCover에서 전과 같이 발행한다. 

도로교통사고의 사업장 및 재해자 특성 분석



우리나라의 「도로교통법」에 의한 교통사고는 1990년대 이후 감소하는 경향에 반해 산업 현장에서의 도로교통사고로 인한 재해는 최근에 급증 현상을 보이고 있다. 따라서 이에 대한 적극적인 예방전략이 필요한 실정이다. 본고에서는 산업 현장에서 발생하는 교통사고에 대한 위험인구 집단의 특성을 사업장과 재해자로 나누어 분석해 보았다.

연구목적

우리나라 도로교통사고는 교통안전 분야에서 관리되고 있으며, 1991년을 정점으로 매년 교통사고 사망자수는 감소하는 추세에 있는 반면(1991년 1만 3,249명 → 2008년 5,870명), 산업재해에서 도로교통사고로 인한 재해는 급증하는 현상을 보이고 있어 이에 대한 적극적인 예방전략이 필요한 실정이다. 본고에서는 도로교통사고로 인한 업무상 사고 재해자의 위험인구 집단의 특성을 사업장과 재해자 및 주요 기인물을 중심으로 알아보려고 한다.

연구방법

2001년부터 2008년까지 공식 발표된 산업재해자 중 도로교통사고에 의한 업무상 사고 재해자를 연도별 · 사업장별 · 재해자별 · 주요 기인물별 특성 분포를 통해 위험인구 집단을 분석하였다. 사업장 특성으로는 업종과 규모 등을 기준으로 분석하였으며, 재해자 특성으로는 근속년수와 직종을 분석하였고, 도로교통사고의 기인물에 대해서는 2008년에 한정하여 분석하였다.



정정자 과장
산업안전보건연구원
재해통계분석팀

연구결과

도로교통사고로 인한 산업재해자는 2001년 2,974명, 2002년 2,066명, 2003년 2,582명, 2004년 2,450명, 2005년 2,303명, 2006년 2,939명 등으로 2,000명대의 수준에서 발생하였으나, 2007년에는 3,111명, 2008년 4,856명 등으로 최근 급증하고 있다. 이 중 사망사고가 차지하는 비율은 연도별로 5.7~7.8%로 평균 6.5%였다.

산업별 구성비율을 보면 2000년대 초반에는 운수창고통신업, 기타의 사업이 유사한 비중으로 차지하였으나 최근 들어 기타의 사업이 전체의 절반 이상의 비율을 보이고 있으며, 기타의 사업이 차지하는 비중은 매년 뚜렷한 증가 현상을 보이고 있다<표 2>. 산업 대분류인 기타의 사업을 세분하여 업종 소분류로 구분하여 분석한 결과, 음식 및 숙박업이 63.6%, 도소매 및 소비자용품 수리업이 22%, 임대 및 사업서비스업이 8.1% 등으로 큰 비중을 차지하고 있었으며, 대부분의 산업에서 연도별로 증감을 반복하고 있으나 음식 및 숙박업의 발생비율은 연도별로 급격한 증가를 보이고 있다<표 3>. 운수창고 및 통신업의 경우에 중분류 업종별 도로교통사고 규모 변화를 살펴본 결과, 자동차여객운수업이 71.1%로 가장 높은 비중을 차지하고 있으며, 통신업이 두 번째로 많은 10.8%, 그리고 화물자동차운수업은 8.4%로 세 번째로 높았다<표 4>.

도로교통사고의 사업장 규모별 분포를 알아본 결과로는 10인 미만 사업장에서 발생한 도로교통사고가 2005년까지 전체 도



도로교통사고 위험은 배달, 운반 및 검침 관련자에게 가장 큰 편이다.

로교통사고의 40%대를 차지하다가 2006년부터는 50%를 넘는 비중을 보이고 있으며, 특히 5인 미만의 사업장에서 발생한

<표 1> 도로교통사고에 의한 업무상 사고 재해자 중 부상자와 사망자의 연도별 분포

구분	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001
업무상 사고 부상자	94.8	94.1	94.3	92.7	92.2	93.3	93.2	92.7
업무상 사고 사망자	5.2	5.9	5.7	7.3	7.8	6.7	6.8	7.3

<표 2> 연도별 산업별 도로교통사고에 의한 업무상 사고 재해자 분포

구분	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001
금융 및 보험업	0.9	1.0	0.9	1.1	1.1	1.3	1.1	1.4
광업	0.2	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4
제조업	13.4	14.5	14.5	16.2	17.6	17.7	18.0	17.0
전기·가스 및 상수도업	0.1	0.1	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3
건설업	5.3	5.2	6.1	6.6	5.6	5.2	5.6	6.4
운수창고 및 통신업	19.9	23.2	27.6	29.6	31.8	37.1	34.8	39.1
임업	1.2	1.4	0.7	0.6	0.7	0.4	0.3	0.5
어업	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.2
농업	0.4	0.6	0.2	0.6	0.7	0.0	0.6	0.5
기타의 사업	58.5	53.9	49.6	44.8	41.9	37.7	39.1	34.2

<표 3> 기타의 사업의 소업종별 연도별 도로교통사고에 의한 업무상 사고 재해자 분포

구분	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001
음식 및 숙박업	63.6	59.5	52.7	45.5	41.8	39.9	35.8	35.5
임대 및 사업서비스업	8.1	8.1	9.8	12.9	10.7	0.0	16.0	10.9
오락·문화 및 운동 관련 사업	1.1	0.7	1.9	1.4	4.1	1.3	3.0	2.0
개인 및 가사서비스업	0.7	0.7	0.7	0.4	0.2	1.3	0.3	0.6
도·소매 및 소비자용품수리업	22.0	25.0	26.9	31.7	32.4	39.1	33.7	36.1
부동산업	0.3	0.3	0.7	0.1	0.2	0.1	0.3	0.1
각급 사무소	3.3	5.2	6.5	7.8	10.1	16.0	10.7	13.9
각항에 해당하지 않은 사업	0.9	0.6	0.7	0.2	0.4	2.2	0.2	0.9

<표 4> 운수창고 및 통신업 중 업종별 연도별 도로교통사고에 의한 업무상 사고 재해자 분포

구분	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001
철도, 궤도 및 석도운수업	0.8	0.6	0.7	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0
자동차여객운수업	71.1	74.7	72.1	76.9	73.7	73.2	70.8	73.4
화물자동차운수업	8.4	9.7	11.1	10.1	9.2	11.1	10.9	10.1
수상운수업, 항만하역 및 화물취급사업	4.4	4.7	5.3	4.4	3.2	5.0	7.2	6.3
항공운수업	0.7	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.2
운수 관련 서비스업	3.6	2.9	3.6	2.6	3.0	2.4	1.8	2.9
창고업	0.1	0.4	0.1	0.9	1.2	0.4	0.3	0.0
통신업	10.8	7.1	7.0	4.8	9.0	7.9	9.1	7.2

〈표 5〉 사업장 규모별 연도별 분포

구분	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001
5인 미만	48.8	46.9	42.2	35.0	29.7	29.0	29.6	26.2
5~29인	23.0	24.7	22.4	24.4	28.6	29.3	28.1	27.5
30~49인	5.6	5.0	5.1	6.3	6.3	5.9	8.8	6.9
50~99인	6.9	6.8	8.4	9.0	8.4	7.6	8.2	9.1
100~199인	7.2	8.5	11.0	12.5	12.7	13.2	11.5	14.2
200~299인	2.3	3.2	4.1	4.3	5.6	5.2	5.3	6.3
300인 이상	6.3	5.0	6.8	8.5	8.8	9.9	8.6	9.8

〈표 6〉 재해자의 근속기간별 연도별 분포

구분	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001
6개월 미만	55.2	54.3	49.9	46.2	45.7	42.6	44.9	43.3
6개월~1년 미만	10.4	11.6	13.0	12.7	11.5	14.7	13.9	14.2
1~2년 미만	10.1	10.1	10.7	12.5	12.4	13.2	12.6	13.1
2~3년 미만	4.9	5.4	5.5	6.8	6.9	7.7	8.5	6.9
3~4년 미만	3.3	3.6	3.6	4.8	4.9	4.9	3.8	4.1
4~5년 미만	2.4	2.6	2.3	3.4	4.0	3.3	2.7	3.1
5~10년 미만	6.2	5.8	7.2	8.1	7.6	7.6	7.2	9.1
10~20년 미만	6.1	5.2	6.2	4.8	5.3	5.2	5.1	5.1
20년 이상	1.4	1.2	1.5	0.7	1.8	0.8	1.3	1.0
분류 불능	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1

〈표 7〉 재해자 직업별 연도별 분포

구분	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001
의회의원, 고위 임직원 및 관리자	2.8	3.7	3.1	3.3	3.4	3.1	3.5	0.0
전문가	2.0	2.6	3.2	3.3	3.3	2.6	4.2	0.0
기술공 및 준전문가	2.0	2.9	2.2	2.7	2.8	2.8	2.8	0.0
사무 종사자	2.6	2.5	2.3	2.2	2.7	2.1	3.0	0.0
서비스 종사자	2.7	3.1	1.8	2.2	1.6	1.4	1.1	0.1
판매 종사자	0.5	0.5	0.4	0.2	0.6	0.4	0.6	0.1
농업, 임업 및 어업 숙련 종사자	0.2	0.6	0.3	0.2	0.3	0.2	0.0	0.0
기능원 및 관련 기능 종사자	2.8	2.2	2.9	2.8	2.7	2.7	2.7	1.2
장차, 기계조작 및 조립 종사자	18.9	21.7	25.1	27.2	28.4	31.4	29.9	0.0
단순노무 종사자	35.8	29.8	26.4	21.5	19.9	17.7	19.7	0.3
군인	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
분류 불능	29.8	30.4	32.3	34.5	34.4	35.7	32.6	98.2

도로교통사고가 절대 규모와 함께 구성비율도 증가하는 경향을 보였다.

재해자의 근속년수별 분포를 보면 6개월 미만의 신입직원의



도로교통사고에 의한 업무상 사고재해를 예방하기 위해서는 도로교통안전교육 등 적극적인 예방사업이 추진될 필요가 있다.

“

최근 들어 산업 현장에서 급증하고 있는 도로교통사고에 의한 업무상 사고는 주로 기타의 각종 사업에서 많이 발생하는 것으로 나타났으며, 두 번째로 많이 발생하는 업종은 운수창고통신업이었다. 업종을 세분화하여 분석한 결과, 기타의 각종 사업에서는 음식 및 숙박업이 위험 업종으로 나타났으며, 운수창고통신업에서는 자동차여객운수업이 위험 업종이었다.”

도로교통사고가 전체 도로교통사고의 40%대를 차지하다가 2007년 이후에는 50%를 넘고 있으며, 특히 2년 미만의 근무 경력을 가지고 있는 재해자가 전체의 70%대를 차지하는 것으로 나타났다.

재해자의 직업별 도로교통사고 분포를 보면 장치기계 조작원과 단순노무 종사자가 2005년까지는 40%를 차지하고 있었으나, 2006년부터 전체의 50%를 초과하고 있는 것으로 분석되었다(표 7).

단순노무종사자의 직종 중분류별 분포를 알아본 결과, 서비스 관련 단순노무 종사자가 전체 단순노무 종사자의 90% 이상을 차지하는 것으로 나타났다(표 8).

서비스 관련 단순노무 종사자의 소분류별 분포를 알아본 결과로는 80% 이상이 배달, 운반 및 검침 관련 종사자인 것으로 나타났다(표 9).

특히 배달, 운반 및 검침 관련 종사자의 재해를 유발한 기인물을 분석한 결과는 이륜차가 전체의 88.3%로 나타났으며, 음식 및 숙박업의 이륜차에 의한 재해자는 75.5%로 큰 비중을 차지하고 있다(표 10).

고찰

최근 들어 산업 현장에서 급증하고 있는 도로교통사고에 의한 업무상 사고재해는 주로 기타의 각종 사업에서 많이 발생하

〈표 8〉 단순노무 종사자의 중분류 직업별·연도별 분포

구분	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001
서비스 관련 단순노무 종사자	94.8	92.8	92.6	92.1	91.4	95.0	88.4	100.0
농림어업 관련 단순노무 종사자	1.7	2.3	1.7	2.2	3.3	0.2	3.2	0.0
제조 관련 단순노무 종사자	2.3	2.7	3.6	2.4	3.1	2.2	5.9	0.0
광업, 건설 및 운송 관련 단순노무	1.3	2.3	2.1	3.2	2.3	2.6	2.5	0.0

〈표 9〉 서비스 관련 단순 종사자의 소분류 직업별·연도별 분포

구분	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001
가사 및 관련 보조원, 청소 및 세탁 종사자	1.3	1.2	1.5	2.4	3.1	2.5	1.4	100.0
건물관리, 경비 및 관련 종사자	2.7	1.3	3.2	2.9	4.0	4.1	4.2	0.0
배달, 운반 및 검침 관련 종사자	86.5	86.5	81.3	82.2	75.7	80.2	76.6	0.0
환경미화 및 관련 종사자	7.5	8.1	11.3	10.8	14.2	11.7	15.6	0.0
기타 서비스 관련 단순노무 종사자	2.0	2.9	2.6	1.8	2.9	1.4	2.2	0.0

〈표 10〉 기타의 각종 사업에서 배달, 운반 및 검침 관련 종사자의 도로교통사고에 의한 업무상사고 재해자의 중분류 산업별 기인물 분포

구분	계	개인 및 가사 서비스업	도·소매 및 소비자용품 수리업	음식 및 숙박업	임대 및 사업 서비스업
계	100	0.2	16.7	81.0	2.1
이륜차	88.3	0.2	10.8	75.5	1.8
기타 육상일반차량	3.8	0.0	1.4	2.0	0.4
기타 교통 수단	6.2	0.0	4.1	2.1	0.0
기타, 분류 불능	1.8	0.0	0.4	1.4	0.0

는 것으로 나타났으며, 두 번째로 많이 발생하는 업종은 운수창고 및 통신업이었다.

업종을 세분화하여 분석한 결과, 기타의 각종 사업에서는 음식 및 숙박업이 위험 업종으로 나타났으며, 운수창고 및 통신업에서는 자동차여객운수업이 위험 업종이었다.

직종별 분포를 통해 확인한 결과로는 배달, 운반 및 검침 관련 종사자가 가장 위험한 직종이었으며, 이들의 사고 기인물은 주로 이륜차로 나타났다. 또한 근로자의 근속기간이 6개월 미만인 경우가 50% 이상으로 나타났다.

따라서 도로교통사고에 의한 업무상 사고재해를 예방하기 위해서는 음식숙박업의 이륜차 배달업무에서 특히 근속기간 6개월 미만의 신규 채용자에 대한 도로교통안전교육 등 적극적인 예방사업이 추진될 필요가 있다고 보인다. ㉠

생물학적 인자에 의한 재해 발생 현황



생물학적 인자에 의한 직업병은 2000년 이후 꾸준히 증가하여 직업병 중 진폐증, 소음성 난청에 이어 많이 발생하는 직업병이며, 질병 범위 또한 감염성질환에서부터 과민성질환, 알레르기성질환으로 다양화되고 있는 상황이다. 이에 생물학적 인자에 의한 직업병의 발생 형태와 특성을 분석함으로써 산업재해 예방을 위한 방향 설정과 연구 기초자료를 제공하고자 한다.

생물학적 인자에 의한 재해의 특성

진폐, 소음성 난청과 같은 재해는 이미 국내외적으로 많은 연구가 이루어졌으나 생물학적 인자에 의한 직업병은 연구가 거의 진행되지 않았다. 감염성 질환의 업무상 질병 여부 판정에 있어 가장 중요한 기준은 작업환경 중 감염원의 존재 여부 및 임상결과 또는 검사결과 등에서 감염성 질환임이 증명되어야 한다. 그러나 감염성 질환의 역학 조사를 수행할 수 있는 기술 및 시설, 장비, 인력이 부족하며, 생물학적 인자에 대한 노출 기준 및 표준화된 측정 분석방법이 규정되어 있지 않다.

현재까지의 생물학적 인자에 의한 업무상 질병은 감염원을 취급하거나 감염자와 직업적으로 접촉하는 사람에 대하여 포괄적으로 인정한 것이며, 역학적 방법론을 도입하여 조사를 수행하고 이에 따라 판정된 것은 아니다(안연순, 2003). 작업 관련 여부 판단에 있어 과학적 평가론을 적용하기에 어려움이 많으므로 생물학적 인자에 의한 직업병의 규모가 과소 평가되고 있을 가능성이 높다.



박해동 과장

산업안전보건연구원
직업환경연구실

재해 통계 현황

연도별 발생 현황

연도별 재해자수는 2000년 이후 꾸준히 증가하는 추세로 나타나고 있으며, 연평균



생물학적 인자에 의한 업무상 질병에서 질환별로는 결핵이 많이 발생하였다.

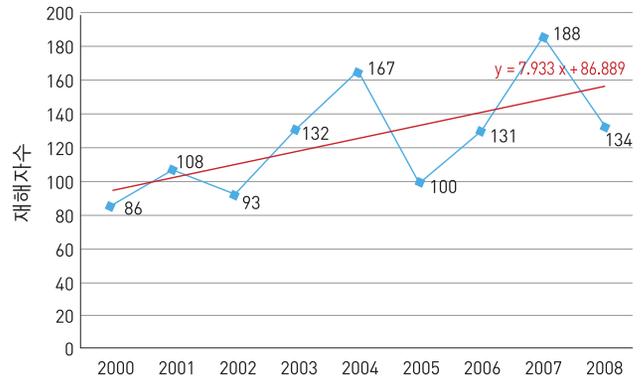
업무상 질병자 8,041명 중에서 생물학적 인자에 의한 재해자는 연평균 126명(1.6%)으로 나타났다.

질환별 발생 현황

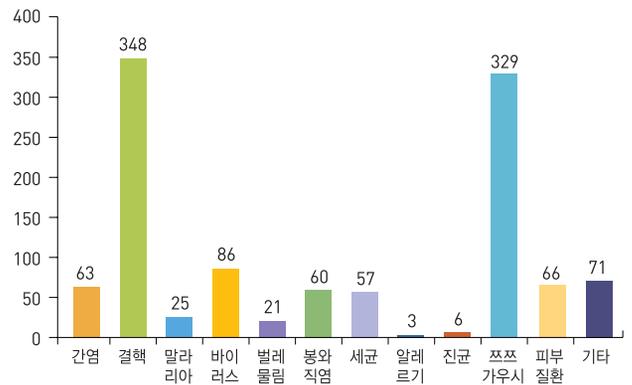
결핵과 찌르가무시가 각각 348명(31%), 329명(29%)으로 대다수를 차지하였으며, 바이러스성, 피부질환, 간염 등의 순으로 발생하였다. 결핵은 8명(2%)을 제외한 340명(98%)이, 간염은 전체 63명 중 55명(87%)이 보건 및 사회복지사업에서 발생한 것으로 나타났다. 찌르가무시는 대부분 기타의 사업 142명, 임업 117명, 농업 30명, 건설업 26명 등의 순으로 발생하였다. 피부질환의 경우 알레르기성 또는 자극성 접촉 피부염으로 간병인과 배관공, 위생 및 서비스업 종사자 등에서 발생하였으며, 봉와직염은 작업 중 찢림이나 창상에 의해 세균에 감염된 후 염증을 일으키는 질환으로 기타의 각종 사업에서 다양하게 발생하였다.

업종별 재해자 발생 현황

대분류 업종별 재해자수는 기타의 사업에서 789명(70%)으로 가장 많이 발생하였으며, 임업 127명(11%), 제조업 95명(8%), 건설업 56명(5%), 농업 39명(3%) 순으로 나타났다[그림 3]. 대분류 기타의 사업 중분류에서는 보건 및 사회복지사업이 479

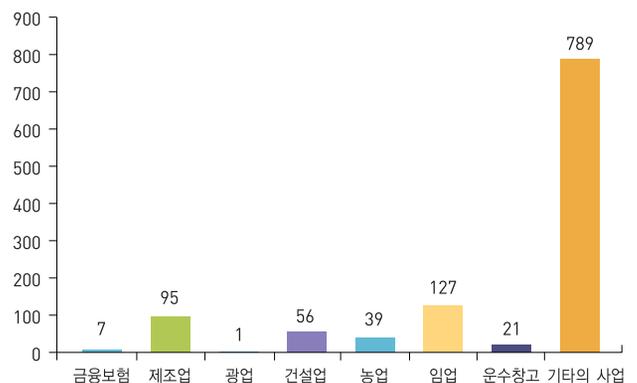


[그림 1] 생물학적 인자 연도별 발생 현황(2000~2008년)



* 바이러스성질환 : 유행성출혈열, 수두, 홍역, HIV 바이러스 감염 등
세균성질환 : 브루셀라증, 살모넬라증, 세균성 이질 등

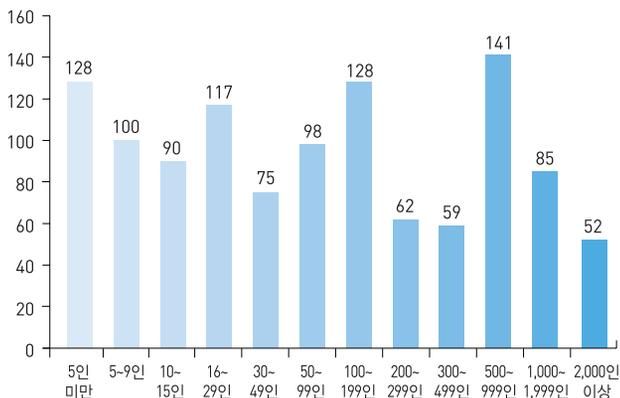
[그림 2] 상병 구분별 재해자수(2000~2008년)



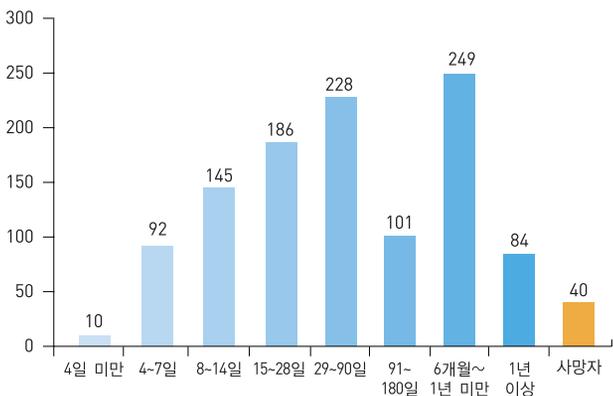
[그림 3] 대분류 업종별 재해자수(2000~2008년)

명(60%)으로 가장 많았으며, 이중 340명(71%)은 결핵에 의한 재해자였다. 보건 및 사회복지사업의 연평균 업무상 질병자수는 231명이며, 이중에서 세균·바이러스에 의한 재해자가 연

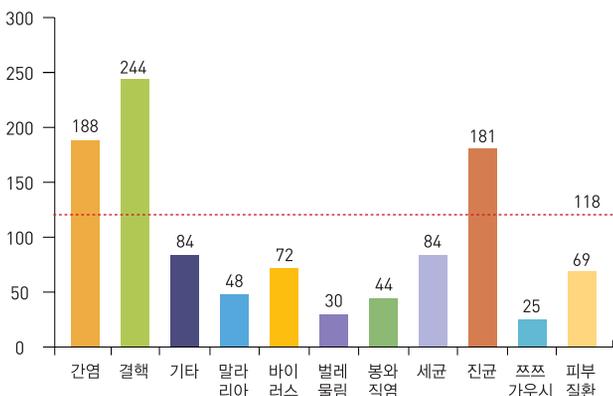
평균 53명(23%)으로 나타났다. 찌꺼가무시 질환자는 위생 및 유사서비스업의 재해자 95명 중 60명(63%)과 건물등중합관리업의 재해자 68명 중 39명(57%)으로 해당 업종에서 가장 많았



[그림 4] 사업장 규모별 재해자수(2000~2008년)



[그림 5] 요양기간별 재해자수(2000~2008년)



[그림 6] 사망자를 제외한 상병 구분별 진료일수(2000~2008년)

“ 최근 연구에서는 바이오에어로졸(생물체 자체 또는 생물체에서 나온 오염물질)이 과민성질환, 독성효과, 감염성질환 등 건강장해와 연관성이 높은 것으로 보고되고 있어, 다양한 작업환경에서 생물학적 인자에 대한 노출 평가 및 건강 영향에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다. ”

다. 연평균 업무상 질병에서 생물학적 인자에 의한 재해의 비율은 전체 업종이 1.6%(126명 / 8,041명)이나 기타의 사업은 4.2%(88명 / 2,076명)로 2.6배 높은 것으로 나타났다.

규모별 재해자 발생 현황

사업장 규모별 재해자수는 5인 미만 사업장이 128명(11%), 5~50인 미만 사업장 382명(34%), 50~300인 미만 사업장 288명(25%), 300인 이상 사업장 337명(30%)으로 나타났다. 5인 미만 사업장 재해자에서 대분류 업종으로 살펴보면, 기타의 사업 66명(52%), 건설업 19명(15%), 임업 18명(14%), 제조업 14명(11%), 농업 8명(6%), 운수창고 및 통신업 2명(2%), 금융 및 보험업 1명(1%) 순이었다. 5~50인 미만 사업장 재해자에서 대분류 업종으로 살펴보면, 기타의 사업 198명(52%), 임업 71명(19%), 제조업 44명(12%), 건설업 32명(8%), 농업 25명(7%), 운수창고 및 통신업 7명(2%), 금융 및 보험업 5명(1%) 순이었다. 300인 이상 사업장 재해자에서 대분류 업종으로 살펴보면, 기타의 사업 306명(91%), 제조업 23명(7%), 운수 및 창고업 4명(1%), 건설업 3명(1%), 임업 1명(0.3%) 순이었다. 특히, 300인 이상 대규모 사업장 재해자 337명 중에서 보건 및 사회복지사업에 해당하는 재해자수가 284명(84%)으로 대부분을 차지하였다.

요양기간별 재해자 발생 현황

6개월 미만의 요양을 필요로 한 재해자가 762명(67%)으로 대부분을 차지하였으며, 6개월~1년 미만의 요양을 요하는 경우는 249명(22%)으로 나타났다. 평균 요양일수는 118일이었으며, 평균 요양일수보다 긴 질병은 결핵 244일, 간염 188일, 진균성 181일로 나타났다. 사망자는 40명(3.5%)이었으며, 사망

자의 분포는 패혈증(12명), 결핵(3명), 벌레물림(3명), 폐렴(3명), 찰싹가무시(3명), 간염(2명), 말라리아(2명), 출혈열(2명) 등의 순으로 나타났다.

근속기간별 재해자 발생 현황

재해자의 근속기간을 살펴보면 6개월 미만이 339명(30%), 3년 미만이 750명(66%)으로 다수였으나, 5년 이상의 장기근속자에서도 248명(22%)이 발생하였다. 근속기간이 6개월 미만인 재해자의 비율이 높은 질병은 피부질환 59%(39명 / 66명), 찰싹가무시 59%(194명 / 329명), 벌레물림 52%(11명 / 21명), 봉와직염 40%(24명 / 60명)으로 나타났다. 5년 이상의 장기근속자 비율이 높은 질병은 알레르기성 67%(2명 / 3명), 진균성 67%(4명 / 6명), 말라리아 40%(10명 / 25명), 결핵 31%(107명 / 348명), 세균성 26%(15명 / 57명), 바이러스성 22%(19명 / 86명)의 순으로 나타났다.

발생요일별 재해자 발생 현황

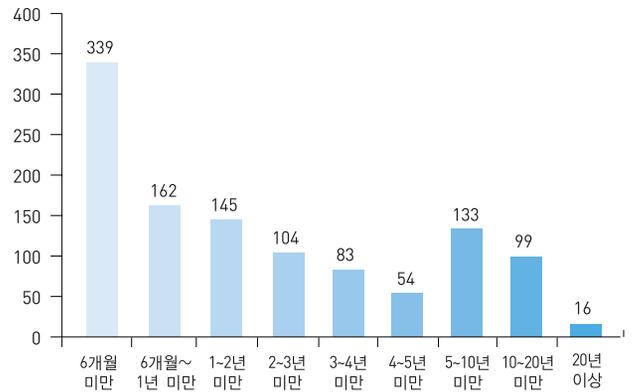
재해 발생요일은 대부분이 월요일에서 금요일 사이의 주중이었으나, 토요일과 일요일인 주말에 발생한 경우도 175명(15%)으로 나타났다. 주말재해는 전체 산업재해자에서 20%이나 업무상 질병에서 15%로 나타나 업무상 질병과 유사한 비율로 발생하고 있었다.

발생시간별 재해자 발생 현황

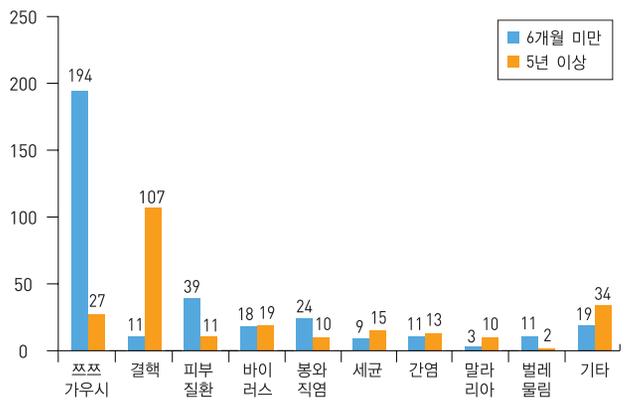
오전 근무시간대인 09~12시 전에 가장 많은 574명(51%)의 재해자가 있었고, 이른 아침인 05~08시 전에 발생한 경우 213명(19%)이 있었으며, 오후 근무시간대인 13~20시 전의 재해자는 195명(17%)으로 오전 근무시간대(09~12시 전)보다 34% 적은 것으로 나타났다. 전체 업무상 질병의 발생 현황과 비교하여 보면, 09~12시 전에 발생한 생물학적 인자에 의한 재해는 51%로 전체 업무상 질병이 40% 발생하는 것에 비하여 11% 높았다. 특히, 05~06시 전 144명의 재해자 중에서 대부분류 기타의 사업 종사자가 116명(81%)으로 나타났다.

결론 및 제언

산재 통계에 집계된 생물학적 인자에 의한 직업병을 분석한



[그림 7] 근속기간별 재해자수(2000~2008년)



[그림 8] 장·단기 근속기간에 따른 질환별 재해자수

결과, 결핵과 찰싹가무시에 의한 재해자가 677명(60%)으로 가장 많았으며, 기타의 사업에서 789명(70%)이 발생하였고, 특히 보건 및 사회복지사업에서 479명(42%)으로 가장 많이 발생하였다.

대부분이 병원으로 구성된 보건 및 사회복지사업에서 발생하는 결핵에 의한 재해자와 임업 및 기타의 사업 공공근로 작업자 등에서 주로 발생하는 찰싹가무시에 의한 재해를 예방하기 위해서 업종과 질환에 적합한 교육과 작업관리가 필요한 것으로 판단된다.

최근 연구에서는 바이오에어로졸(생물체 자체 또는 생물체에서 나온 오염물질)이 과민성질환, 독성효과, 감염성질환 등 건강장해와 연관성이 높은 것으로 보고되고 있어, 다양한 작업환경에서 생물학적 인자에 대한 노출 평가 및 건강 영향에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

미국의 산업재해 및 직업병 통계 현황 2007~2008



미국의 산업재해 통계는 노동통계국(BLS; Bureau of Labor Statistic)에서 생산·공포한다. 사망재해는 CFOI(Census of Fatal Occupational Injuries)에 의해 질병을 제외한 사고사망에 대해 전수 조사되며, 연방·주 및 지방정부 등 각 기관에서 자료를 수집한 것으로 사망증명서, 근로자보상보고서, 경찰보고서 등 여러 경로의 자료를 수집하여 산출한다. 그 외 일반재해는 SOII(Survey of Occupational Injuries and Illnesses)에 의해 모든 민간 사업장에 대해 표본 조사하여 산출한다. 사망자는 공무원, 자영업자, 자원봉사자 등을 포함한 1인 이상 전 업종이며, 부상자는 10인 이하 농장근로자, 공무원 및 자영업자를 제외한 1인 이상 전체 사업장의 근로자를 대상으로 한다. 재해자라 함은 밴드 또는 안대 사용, 피부 상해부 세척 등 응급 처치 이상의 재해를 말한다. 또한 업무 수행 중 교통사고는 포함하나 그 외 통근재해 등은 포함하고 있지 않다.

2008년에 보고된 업무상 사고 발생건수는 350만 8,700명으로 전년에 비해 7.6% 감소하였으며, 업무상 질병은 20만 6,300명으로 전년에 비해 9.2% 감소하였다. 또한 2008년 사망재해는 563명(11.0%) 감소한 4,549명이었다. ⑤

〈표 1〉 산업별·연도별 업무상 사고 및 업무상 질병 발생 현황

구분	업무상 사고				업무상 질병				사망재해	
	2007년		2008년		2007년		2008년		2007년	2008년**
	Num	Rate	Num	Rate	Num	Rate	Num	Rate		
계	3,796.4	4.0	3,508.7	3.7	206.3	21.8	187.4	19.7	5,112	4,549
자연자원 및 광업	68.6	4.2	67.4	3.9	3.8	23.1	3.5	20.2	768	826
건설업	371.7	5.2	314.2	4.6	8.9	12.5	8.4	12.2	1,204	969
제조업	711.9	5.1	630.6	4.6	71.1	50.5	59.1	43.2	400	404
도소매·운수창고업	1,076.8	4.7	983.2	4.3	34.9	15.4	29.5	12.9	1,499	1,263
정보산업	51.0	1.9	48.7	1.9	3.7	14.0	3.6	14.0	79	45
금융업	100.6	1.3	101.6	1.4	7.6	10.0	6.6	8.9	119	103
전문 및 사업서비스업	266.7	2.0	249.1	1.8	17.8	13.1	15.9	11.3	476	389
교육 및 보건서비스업	667.9	4.9	653.6	4.7	42.2	31.2	45.7	32.9	149	137
레저 및 음식숙박업	388.1	4.4	368.4	4.1	12.8	14.4	12.1	13.4	260	233
기타서비스업	93.1	3.0	91.9	3.0	3.5	11.4	3.1	9.8	180	178

※ Num : 재해자수(단위 : 1,000명) / 2008년 사망자수(단위 : 명)는 잠정치임
 ※ 업무상 사고 Rate : 상시근로자 100명 당 재해율 = (업무상 사고자수 / 한 해 전체 근로자의 근로시간) × 200,000
 • 200,000 = 100명 × 2,000시간(40시간 / 1주 × 50주 / 1년)
 ※ 업무상 질병 Rate : 상시근로자 10,000명 당 재해율 = (업무상 질병자수 / 한 해 전체 근로자의 근로시간) × 20,000,000
 • 20,000,000 = 10,000명 × 2,000시간(40시간 / 1주 × 50주 / 1년)



조윤호 과장

산업안전보건연구원
재해분석통계팀

직업병 역학조사

- 쯤쯤가무시병



쯤쯤가무시병은 scrub typhus균의 *Orientia tsutsugamushi*에 의해 발생하는 풍토병으로 발열, 발진, 두통 등의 증상이 나타나며 가피(eschar)가 특징적이다. 환자들의 감염원을 분석한 결과 밭, 논, 산, 시골 여행, 사찰 방문, 과수원, 정원에 앉아 있었던 경우, 낚시, 어업, 축산업, 농촌 봉사, 농산물과 관계된 전파, 야산, 제방 등 다양하였으며 개집 청소 후 감염된 예도 있다. 가장 중요한 예방대책은 특히 9~11월 사이에 야산 등 수풀이 있는 지역에서 일을 하거나 쉬 때 맨살이 노출되지 않도록 하는 것이다.

쯤쯤가무시병이란?

역학적으로 쯤쯤가무시병은 한국, 일본, 중국, 인도, 파키스탄, 필리핀, 인도네시아, 말레이시아, 태국 및 호주를 포함하는 아시아 지역에서 광범위하게 발생되고 있다. 우리나라에서는 1951년 주한 유엔군의 환자 6명 발생 보고가 있었고 균도 분리되었으나, 1986년 경남 진해에서 발생한 예를 혈청학적으로 증명한 것이 처음이었으며 1987년에는 환자로부터 균을 분리하였다.

최근까지 알려진 역학적 연구결과를 종합하면 이 감염병은 제주도를 포함하는 전국에서 발생되며, 계절적으로는 9~11월 사이에 가장 많이 발생한다. 전체 환자의 90%가 10월과 11월에 발생하는데 매년 최소한 수백 명 이상의 환자가 발생하는 것으로 밝혀져 있다.

전파경로는 *Leptotrombidium*에 속하는 절지동물인 털진드기에 의해 전파된다. 털진드기는 알 → 유충 → 번데기 → 성충의 네 단계로 생활환을 거치는데 유충이 번데기로 탈바꿈할 때 동물의 조직액을 필요로 하므로 야생동물(야생 설치류, 특히 등줄쥐)을 물게 된다.

인체 감염은 이 시기에 우연히 유충에 물려서 병원체가 침입되어 발생하는 것으로 사 랫은 우연숙주(accidental host)가 된다. 그 이외의 생활단계는 지표면 땅속에 있게 된



김규상 연구위원
산업안전보건연구원
직업병연구센터

다. 따라서 찌르가무시병의 발생 시기는 유충이 출현하는 시기와 밀접한 관계가 있다. 유충은 보통 9월에 나타나기 시작하여 10월과 11월에 절정을 이룬다. 송 등의 연구에 의하면 1993년 가을 전라도 지역에서 채집된 등줄쥐의 24%가 찌르가무시 항체 양성이었다.

임상 경과는 진드기에 물린 후 1~3주 후(잠복기가 7~30일, 보통 9~12일)에 갑자기 발열, 오한, 두통, 근육통, 전신쇠약감, 식욕 부진, 그리고 때로는 복통, 오심, 구토 등의 증세가 나타난다.

발병 1주일 전후에 발진이 나타나며 진드기의 유충이 물린 자리에는 수포가 생기고 농포로 되어 지름 0.6~0.8cm의 궤양이 생기고 이것이 흑색가피(eschar)로 덮이게 된다. 가피가 형성되는 기간은 털진드기 유충에 물린 후 약 10일이 걸리므로 발병할 무렵에는 가피로 덮여 있게 된다. 또한 가피는 혈청학적으로 진단되지 않은 발병 초기에도 발견할 수 있어 찌르가무시병의 조기 진단에 중요한 소견이라고 할 수 있다. 가피는 거의 모든 찌르가무시병에서 나타나며, 이 가피를 확인하면 진단을 붙일 수 있을 정도로 특징적이다. 또한 대부분의 환자에서 림프절 종창을 관찰할 수 있으며, 특히 가피 주변에서 현저하다. 기타 찌르가무시병의 증상이나 증후로 자반, 결막하출혈, 비출혈이 나타날 수 있고, 호흡기 증상으로는 기관지염이나 간질성 폐렴으로 인하여 기침이 나오거나 수포음이 들릴 수 있다. 대부분 감기몸살과 같은 경미한 경과를 밟으나 당뇨병을 앓고 있거나 기타 면역 억제된 환자의 경우 폐부종 혹은 급성 호흡 부전 등 치명적인 전신 증상이 나타나 사망할 수 있다.



찌르가무시병의 일부 환자에서는 뇌수막염, 급성호흡부전, 급성신부전 등 중한 합병증이 발생하기도 한다.

“

대부분의 환자에서 림프절 종창을 관찰할 수 있으며, 특히 가피 주변에서 현저하다. 기타 찌르가무시병의 증상이나 증후로 자반, 결막하출혈, 비출혈이 나타날 수 있고, 호흡기 증상으로는 기관지염이나 간질성 폐렴으로 인하여 기침이 나오거나 수포음이 들릴 수 있다. 대부분 감기몸살과 같은 경미한 경과를 밟으나 당뇨병을 앓고 있거나 기타 면역 억제된 환자의 경우 폐부종 혹은 급성 호흡 부전 등 치명적인 전신 증상이 나타나 사망할 수 있다. ”

O. tsutsugamushi는 전신혈관의 내피세포를 침범하므로 다른 여러 장기의 기능 이상을 보일 수 있고, 일부 환자에서는 뇌수막염, 급성호흡부전, 급성신부전 등 중한 합병증이 발생하기도 한다.

진단은 균의 분리와 혈청학적 진단방법에 의한다. 혈청학적 검사방법은 Weil-Felix 비특이적 방법과 보체결합시험, 간접형광항체검사(IFA), ELISA, IIP(indirect immune peroxidase) 등 특이적 방법이 사용되고 있는데 가장 널리 사용되는 방법이 IFA이다. 찌르가무시병과 감별해야 할 가을철 급성열성질환은 Hantavirus에 의한 신증후출혈열, Rickettsia typhi에 의한 발진열, Leptospira에 의한 렙토스피라증 등이 있다.

증례

(망)근로자 L(남, 63세)은 1998년 1월 24일 W사에 입사하여 건강에 특별한 문제가 없는 상태에서 C시 소재 B아파트 경비직으로 근무하던 중 1998년 10월 3일 사업주 지시에 의거, 아파트 주변 제초작업(잡풀, 잡목 제거)을 실시한 후 같은 달 중순부터 오한이 나기 시작하였다. 약국에서 약을 구입하여 복용하였으나 호전되지 않고 기침, 인후통이 발생하여 1998년 11월 19일, 20일, 21일에 이비인후과를 내원하여 치료받았다. 그런데 22일 오전 5시 출근준비를 하는 중 갑자기 피를 토하면서



쫄쫄가무시병은 전체 환자의 90%가 10월과 11월에 발생하는데 매년 최소한 수백 명 이상의 환자가 발생하는 것으로 밝혀져 있다.

쓰러져 S병원으로 후송하여 응급 위내시경 검사를 실시한 결과, 궤양 출혈이 있었고 가피와 혈청학적 검사상 쫄쫄가무시로 진단되었다. 환자는 곧 간질성폐렴과 함께 성인성 호흡곤란증후군(ARDS; Adult Respiratory Distress Syndrome)에 빠져 인공호흡기를 부착하고 항생제 치료를 하였으나 호전되지 않고 급성신부전 등이 합병되고 계속 증상이 악화되어 1999년 1월 8일 사망하였다(선행 사인-호흡부전, 폐혈증, 위장관 출혈, 당뇨병, 쫄쫄가무시병; 중간 사인-급성신부전, 호흡부전 악화; 직접 사인-급성신부전 악화, 대사성산증).

1999년 9월 유족들이 근로복지공단에 유족급여를 신청하였고 근로복지공단에서 부지급 처분을 내리자 2000년 2월 재심사를 청구하였다. 그리고 다음 달 산업재해보상보험심사위원회에 의해 산업안전보건연구원에 업무상 질병 심의를 위해 의뢰되었다. 본 연구원에서는 2000년 4월 문헌고찰을 실시하고 담당의사와 유가족을 대상으로 부족한 정보를 수집하였다.

(망)L이 1998년 1월 24일부터 근무한 B아파트 9동은 1989년

에 준공하였다. 아파트 뒤쪽은 수풀이 우거진 야산이 있으며 아파트 동과 동 사이에 잔디와 나무가 있다. 망인은 24시간(당일 오전 7시~익일 오전 7시) 교대근무를 하였다. 평소의 근무내용은 경비수칙에 의거 출입자 감시, 아파트 안내, 아파트 주변 순찰, 주변환경 정리(주 1회 쓰레기 분리작업, 아파트 주변 수시 청소 등) 등이다. 발병 전 실시한 제조작업은 아파트 주변 잔디의 잡풀 및 잡목을 제거하는 작업으로 제조 작업일인 10월 3일에 날씨가 더워서 상의는 내의만 입고 작업을 하였다.

(망)L이 아파트 이외에 집 주변에서도 쫄쫄가무시에 감염될 우려가 있으므로 주거환경을 조사하였다. 근로복지공단 C지사에서 조사한 망인의 주거지는 2층 단독주택으로 주변에 녹지가 없어 유행성출혈열(C지사 직원이 쫄쫄가무시병을 오인)을 일으킬만한 요인은 없었다.

(망)L이 잡초 제거작업을 한 1998년 10월 3일은 추석 4일 연휴가 시작되는 날로 이 날을 전후하여 망인이 성묘나 나들이를 하였을 가능성도 있어 조사한 결과 망인의 부친은 화장하였고



쯔쯔가무시병은 반드시 수풀이 우거진 지역에서만 발생한 것은 아니라 논과 밭에서도 발생한다.

모친은 망인보다 늦게 사망한 관계로 추석이라고 하여도 달리 성묘할 곳이 없었다. 또, 망인의 유족들은 망인이 24시간 격일제로 경비업무를 하여 낮에 잠을 자므로 야외로 나들이를 할 시간적 여유가 없다고 하였다.

(망)근로자 L은 사망하기 15년 전부터 당뇨병을 앓고 있었으나 일상생활과 직업에 별지장 없이 건강하게 지내왔다. 흡연량은 1일 20개비, 음주는 1회에 소주 1병정도 주 1~2회하였다. 망인은 경비원으로 입사하기 전에는 경찰공무원으로 재직하다 정년이 되어 퇴직하였다.

업무 관련성 평가

부산·경남지역에서 1990년 10월부터 1992년 12월까지 혈청학적으로 쯔쯔가무시병으로 진단되어 1개 대학병원에 입원한 환자 35명의 의심 감염원은 발일, 논일이 각각 9명으로 52%이었고 등산, 시골 여행이 각각 3명으로 16%이었으며, 기타 사찰 방문, 낚시, 수산업, 낙농, 농촌 봉사, 개집 청소, 정원에 앉아 있음 등이 각각 1명이었다. 즉, 반드시 수풀이 우거진 지역에서만 발생한 것은 아니었다. 또한 충남 연기지역에서

1992년 10월 20일부터 11월 7일 사이에 발생한 30개의 사례를 분석하였을 때도 2개의 사례에서 단순히 정원에 앉아 있다가 감염된 것으로 보고하였다¹⁾.

(망)근로자는 C시에 위치한 아파트의 경비로 근무하던 중 1998년 10월 3일 내의만 입은 채 제초작업을 하었는데 이 아파트가 뒤편에 야산이 있고 수풀이 있는 것을 고려할 때 제초작업 중 쯔쯔가무시에 감염되었을 가능성이 높다.

특히 (망)근로자가 입원하였던 병원의 주치의에 의하면 10월과 11월에는 내과 외래에 매일 10여 명 이상의 쯔쯔가무시병 환자가 내원하고, 이들의 직업이나 여가 선용이 매우 다양하다고 하며, 이 지역 어디에서나 쯔쯔가무시가 발생할 가능성이 있으므로 망인이 제초작업 중 감염되었을 가능성은 높다고 판단된다.

아울러 (망)근로자는 당뇨병으로 일반인에 비하여 면역이 억제된 상태에서 제초작업 중에 진드기에 물려 O. tsutsugamushi에 감염되어 쯔쯔가무시병이 발생하여 사망한 것으로 판단된다. 이러한 판단은 쯔쯔가무시병의 역학적 임상적 경과를 고려할 때 일치한다. 그러나 쯔쯔가무시의 감염원을 과학적으로 정확히 밝히는 것은 현재로서는 불가능하다.

이상을 종합하여 볼 때 (망)근로자는 먼저, 특징적인 가피와 혈청학적 진단에 의해 쯔쯔가무시병으로 확인되었다. 그리고 근무지 환경이 쯔쯔가무시에 감염될 수 있는 수풀이 많은 정원과 야산이 있는 것이 확인된데다가 지역적으로도 이 지역에 쯔쯔가무시병이 많이 발생하고 있음이 (망)근로자의 주치의에 의해 확인되었다. 또한 근로자가 제초작업을 하였던 10월이 계절적으로 털진드기가 유행하는 시기와 일치하고, 상의로 내의만 입고 작업하였으므로 진드기에 물렸을 가능성이 높다는 것이 논리적으로 인정된다.

이밖에 오한, 피로 등이 쯔쯔가무시병의 초기 증상과 일치하며, 발생한 시기도 평균 잠복기 9~12일과 일치하였다. 그뿐만 아니라 발병 전 잠복기로 고려되는 시기에 근로자가 주거환경이나 야외 활동 등을 통하여 쯔쯔가무시에 감염될 기회가 없었다는 것이 인정된다.

따라서 (망)근로자 L은 제초작업 중 감염된 쯔쯔가무시에 의해 발생한 업무상 질병으로 판단되며, 사망까지 이른 것은 당뇨병으로 면역이 약화된 상태에서 성인성 호흡부전증후군 등이 속발되었기 때문으로 판단된다. ㉔

1) 이종화 등, 충남 연기지역에서 발생한 쯔쯔가무시병 30예의 임상적 고찰, 충남의대잡지 1993;20(2):741-747.

산업안전보건 국내외 소식

국외 안전보건 단신

일본 중앙노동재해방지협회, 위험성 평가의 실시 현황 및 촉진에 관한 연구 조사보고서 발표

일본 내에서 위험성 평가는 산재 예방에서 대단히 유용한 것으로 인식되고 있으나 실제 사업장 도입 시에 인적 자원의 확보, 실시기법에 관한 지식 부족 등 여러 가지 문제점이 발생하고 있다. 이에 일본 중앙노동재해방지협회(JISHA)에서는 실시 노력의 의무화된 위험성 평가 제도의 시행실태에 대해 조사하고, 향후 보급·촉진방안을 검토한 보고서를 발표하였다.

조사는 설문 조사와 청취 조사를 통해 이루어졌다. 설문 조사는 중앙노동재해방지협회가 주최한 위험성 평가 워크숍에 참가한 250개 사업장 등 총 450개 사업장을 대상으로 실시되었다(우편 조사, 회수율 60.2%). 청취 조사는 설문에 응답한 사업장 중 19개 사업장을 방문하여 안전보건 담당자와 인터뷰 조사를 실시했다.

조사결과, '아직 위험성 평가 실시 체제가 충분하지 않다'고 생각하고 있는 사업장이 80.6%였으며, 도입에서 가장 필요하다고 생각하는 부분은 '작업자의 이해를 얻는 것'으로 나타났다. 작업장 내 협력회사와 함께 위험성 평가를 실시하고 있는 비율은 50.9%였다.

위험성 평가 도입·실시에서 어려웠던 점은 대다수 사업장이 위험성 평가 실시를 위한 시간 확보가 가장 어렵다고 응답했으며, 도

입단계와 실시단계를 비교하면 도입단계가 약간 더 어려웠고, 위험성 평가 실시 요령의 수립이 가장 어려웠던 것으로 파악되었다. 현장에서는 기존 업무에 추가되는 업무로 인식하고 있었으며, 위험성은 감소했지만 매너리즘에 빠져 대책 제시가 저조한 것으로 나타났다. 하지만 사업장에서 위험성 평가결과와 활용도를 보면 절반 정도의 기업에서 실시결과를 근거로 안전보건 방침·목표·계획을 수립하고 있었으며, 게시 등을 통해 근로자에게 공지하고 있었다. 또한 사내의 동종 설비 및 기업 내 다른 사업장에서 하드웨어의 개선에도 활용하였다.

〈출처 : <http://www.jisha.or.jp/research/choken/report/new.html>〉

독일 산업의학연구소, 다습작업환경이 피부에 미치는 영향에 대한 연구 실시

독일 산업의학연구소(BGFA)는 독일 재해보험조합중앙회(DGUV)가 실시하는 직업성 피부질환 예방 캠페인의 일환으로 다습작업이 근로자 피부에 미치는 영향에 관한 연구를 실시했다. 다습작업이 피부에 미치는 영향을 다룬 것은 독일 내에서 본 연구가 최초이며, 향후 추가 연구 및 예방대책 수립 시 활용도가 높을 것으로 예상된다. 본 연구결과를 바탕으로 유럽 내에서 다습노출 관련 직업에 관한 추가적인 연구가 실시될 것으로 예상되며, 연구결과는 예방대책 수립에 활용될 예정이다.

〈출처 : <http://www.bgfa.ruhr-unibochum.de/forschung/med30.php>〉

영국 안전보건청, 호흡기 보호구의 산업위생 측면 적합성에 관한 보고서 발표

영국 안전보건청(HSE)에서는 호흡기 보호구의 사례 검토와 사용자의 행동 패턴, 기존 연구결과 등을 종합적으로 분석한 연구 보고서를 발간했다. 동 보고서에서는 작업장에서 보호구 사용 효과와 보호구 착용 프로그램의 우수 사례를 실제 사례에 근거하여 작성했다.

도입부에서는 호흡기 보호구를 중심으로 접근하고 있으나, 중반부에서는 개인보호구 전반에 걸쳐 검토했다.

보호구 사용에서 가장 중요한 사항으로는 관리자의 역할을 들고 있으며, 이를 위해 관리자가 보호구의 필요성과 근로자 참여의 중요성 인식, 적절한 보호구 선택 및 지급, 교육·훈련 제공, 우수 사례 제공으로 착용을 유도하고 감독을 실시할 것 등을 제안했다.

〈출처 : <http://www.hse.gov.uk/research/rrhtm/rr746.htm>〉

국내 안전보건 단신

2009 한국안전학회 추계학술대회

한국안전학회는 12월 3일부터 4일까지 강원도 용평리조트에서 2009년 추계학술대회를 개최한다. 이번 학술대회에서는 전기안전, 화공안전, 건설안전, 인간 / 시스템안전, 교통·재난·보안·안전 정책 등 다양한 분야에서 100여 편 이상의 논문이 발표·토론될 예정이다.

산업안전보건연구원 활동 · 동정

● 산업안전보건 국제학술지(3차) 창간위원회

일 자 : 11월 9일(월)
장 소 : 서울역 4층 회의실

● 대한산업의학회 추계학술대회

일 정 : 11월 12일(목)~13일(금)
장 소 : 제주 KAL호텔
발표자 : 김은아 소장 등 8명
내 용 : 특수건강진단에서 검진기관의 교체와 D1, C1 판정의 관계 등 8건

● 한국분석과학회 추계학술대회

일 정 : 11월 12일(목)~13일(금)
장 소 : 제주 라마다호텔
발표자 : 양정선 소장
내 용 : Ammonia(NH3) 분석을 위한 IC 및 UV/VIS 방법의 비교

● 한국독성 / 한국환경독성학회 추계학술대회

일 정 : 11월 12일(목)~13일(금)
장 소 : 고려대 보건대학원

● 산재용어순화 개선방안 정책토론회

일 자 : 11월 16일(월)
장 소 : 한국산업안전보건공단 5층 회의실

● 5차 석면 분석 전문가 양성교육

일 정 : 11월 16일(월)~20일(금)
장 소 : 산업안전보건연구원 3층 석면분석실

● S마크 안전인증 간담회

일 자 : 11월 18일(수)
장 소 : 안전인증평가센터 회의실

● 제3차 KOSHA Code 총괄제정 위원회

일 자 : 11월 25일(수)
장 소 : 한국산업안전보건공단 5층 회의실

● 연구실 안전환경 워크숍

일 자 : 11월 24일(화)
장 소 : 국립과천과학관

● 특수검진기관 정도관리위원회

일 자 : 11월 24일(화)
장 소 : 한국산업안전보건공단 1층 회의실

● 제22회 역학조사평가위원회

일 자 : 11월 25일(수)
장 소 : 한국산업안전보건공단 5층 회의실

● SAICM 추진협의회

일 자 : 11월 27일(금)
장 소 : 과천 그레이스호텔

● 2009년 노동부 위탁 연구과제 최종 심의

심의일	연구과제명
11/9(월)	직업병 발생 화학물질 취급업종 표준산업환경기 방안 연구(Ⅲ) 등 4건
11/10(화)	GHS 화학물질 분류 및 MSDS 신규 작성(Ⅰ) 등 7건
11/11(수)	산재 예방 통합정보시스템 정보화전략계획 수립 방안 등 5건
11/13(금)	프레스 재해 예방을 위한 실태 조사 연구 등 7건
11/19(목)	직무스트레스 고위험군 특성에 따른 매뉴얼 및 지원프로그램 개발 연구 등 3건

● 2009년 산업안전보건연구원 자체 연구과제 최종 심의

심의일	연구과제명
11/24(화)	반도체 제조 사업장에 종사하는 근로자의 직업환경 및 유해요인 노출 특성 연구(Ⅰ)
11/25(수)	컨베이어에서의 협착재해 예방을 위한 최적 방호시스템 개발 등 7건
11/26(목)	열량계를 이용한 화학제품 제조업의 폭주 반응 위험성 평가 등 7건
11/27(금)	세계 각국의 「산업안전보건법」 형사처벌 제도와 처벌사례 연구(Ⅰ) 등 9건

국제 안전보건 행사

● 2010 안전 심포지엄

기 간 : 2010. 2. 8~9(2일)
장 소 : 싱가포르 국립대학
주 관 : 싱가포르 SIM 대학
웹주소 : <http://sst.unisim.edu.sg/sites/HFS/SafetySymposium2010.php>

● 1st International Health, Safety and Environment Exhibition

기 간 : 2010. 3. 2~5(3일)
장 소 : 이란 키시섬
주 관 : 안전보건환경장비(HSEQ)
웹주소 : <http://www.hseqexpo.com>

● The 9th conference of the European Academy of Occupational Health Psychology

기 간 : 2009. 3. 29~31(3일)
장 소 : 이탈리아 로마
주 관 : 유럽 산업보건심리학회, 이탈리아 산업안전보건예방원
웹주소 : <http://eaohp.org/conference.aspx>



클릭하면 안전보건자료가

이젠 안전도 쇼핑하세요



판매자료

- 출판자료(전문 분야별 자료, 일반교재, 기술교재)
- 멀티미디어자료(CD, VTR)
- 포스터(일반포스터, 산재패널)

이용방법

- www.kosha.or.kr →  안전보건자료 쇼핑물 클릭
- 결제 → 신용카드 및 계좌이체(인터넷뱅킹 / 무통장입금)
- 주문시 5,000원 이상 무료배송(5,000원 미만 착불배송)

신간자료



궁금하신 점은공단 안전보건미디어개발실(032-5100-686)로 문의하세요.



헉...!

허리는 무쇠가 아닙니다
무게중심 잘 잡고 다리 힘으로 드세요

요통 재해, 이렇게 예방하세요!



다리 힘으로 들기



스트레칭



2인 1조 운반