

OSH

안전보건 연구동향 2014 신년 RESEARCH BRIEF

Vol.8 No.1 (통권 62호)

시론(時論)

한국도 산업안전보건 리스크 전망 기능의 체계화가 필요하다

정책(政策)

2014년 산업안전보건 정책 방향

특집 · 기후변화와 재해

기후변화로 인한 자연재해로부터 안전하려면?

기후변화에 따른 기업의 대응, 기상경영

기상과 연계한 교통사고 감소 대책

기상예보를 활용한 산업재해예방

연구동향

이소프로필알코올(IPA)의 안전한 취급을 위한 연소 특성치의 연구

업무상 정신질환 인정 및 예방 대책 관련 국내·외 제도 고찰

산업재해 근로자의 직업 복귀 유형과 관련 요인

재해 분석을 통한 정전기로 인한 화재·폭발재해 특성 및 제언

산업안전보건법 특별관리물질의 추가 지정 방법 및 후보물질의 권고

포름알데히드를 함유한 화학제품의 물질안전보건자료 신뢰성평가



春夏秋冬

안전보건

김연아의 넘어짐은 세계 최고를 만들었지만?

김연아 선수야 자신의 실력 향상을 위해 빙판 위에서
미끄러지고 넘어졌다는 반복했다지만,
운동선수가 아닌 일반인들도 평상시 넘어지거나 미끄러지는 일로
크게 다치는 경우가 많다는 것을 알고 있는가?

일반적으로 많은 이들이 미끄러져 넘어지는 일은
그다지 위험하지 않다고 생각하는 경향이 있다.

미끄러짐은 김연아 선수에겐 최고의 피겨선수가 되기 위한 과정일 수 있고,
많은 개그맨들에겐 시청자들을 웃겨야 하는 개그 소재일 수도 있다.
하지만 위험 요소가 가득한 산업 현장의 근로자들에겐
생명을 앗아갈 수 있는 아주 무서운 재해라는 사실을 명심해야 할 것이다.

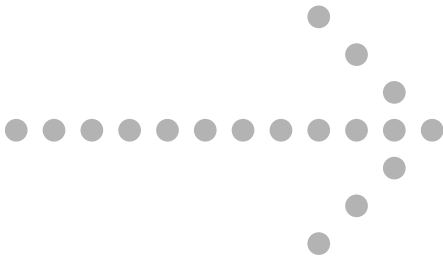
- '안전한 나날을 그리다' 중에서



OSH

안전보건 연구동향 RESEARCH BRIEF

안전보건 연구동향 / 제8권 / 제1호(통권 62호) / 발행주기 계간 / 발행일
2014년 1월 1일 / 등록번호 ISSN 1976-345X / 발행처 산업안전보건
연구원 / 403-711 인천광역시 부평구 무네미로 478 (구산동) / 전화
032)5100-903 / oshri.kosha.or.kr / 편집위원장 박정선 / 편집위원 김태구,
김치년, 이명구, 정경숙, 정지연, 정진주, 하동명, 이경용, 신운철, 김은아,
송세욱, 김기식, 이관형 / 편집·제작 (주)광고연합 / 전화 02)2264-7306



2014년 신년호
희망의 새해는 어김없이 밝았습니다.
선진 안전보건의 토대를 더욱 굳건히 하여
우리의 산업 역군들이 재해로부터 안전하기를 기원합니다.

CONTENTS

시론(時論)

- 04 한국도 산업안전보건 리스크 전망 기능의 체계화가 필요하다 박정선

정책(政策)

- 06 2014년 산업안전보건 정책 방향 박종길

특집·기후변화와 재해

- 10 기후변화로 인한 자연재해로부터 안전하려면? 박종길
16 기후변화에 따른 기업의 대응, 기상경영 이종우
24 기상과 연계한 교통사고 감소 대책 조준한
28 기상예보를 활용한 산업재해예방 김영선

연구동향

- 32 이소프로필알코올(IPA)의 안전한 취급을 위한 연소 특성치의 연구 하동명
38 업무상 정신질환 인정 및 예방 대책 관련 국내·외 제도 고찰 임화영
48 산업재해 근로자의 직업 복귀 유형과 관련 요인 박수경
54 재해 분석을 통한 정전기로 인한 화재·폭발재해 특성 및 제언 최상원
58 산업안전보건법 특별관리물질의 추가 지정 방법 및 후보물질의 권고 이권섭
66 포름알데히드를 함유한 화학제품의 물질안전보건자료 신뢰성평가 홍문기

한국도 산업안전보건 리스크 전망 기능의 체계화가 필요하다



박정선 원장
산업안전보건연구원

위험으로 인한 사회경제적 부담 증대

한국도 선진적인 산재예방 국가가 되기 위해서는 이미 발생한 산재통계를 바탕으로 정책을 입안하고 결정하는 의사결정 프로세스의 혁신이 필요하며 미래 예측에 기반한 국가적 리스크 관리전략이 요청된다. 급변하는 현재 사회 환경을 고려할 때 시대 흐름의 변화를 잘 읽고 미리미리 대비하지 않으면 자칫 위험으로 인한 사회경제적 부담이 엄청날 수 있기 때문이다.

유럽산업안전보건청에서는 2005년에 유럽 사회의 직업안전보건 측면에서의 '새로운 위험과 증가하고 있는 위험(new and emerging risk)'을 찾아내고 전망하기 위해 'ERO(European Risk Observatory)'라는 조직을 만들었다. 이 조직은 아직 현실화하지 않은 재해 발생의 잠재적 위험을 적시성 있게 그리고 효과적으로 예방 조치하기 위해 만들어진 것인데, ERO는 이 목적을 달성하고자 유럽의 직업안전보건 실태 전체를 크게 살펴보고, 그 변화 추이와 바탕에 깔려 있는 요인들을 기술하며, 직업의 변화와 그 변화가 직업안전보건에 미칠 영향을 예측한다. 여기서 'emerging risk'란 숫자상으로 늘어나고 있는 위험을 말하고, 'new risk'란 이전에는 없었으며 새로운 공정, 새로운 기술, 새로운 형태의 직장 또는 사회 및 회사 조직의 변화에 의해 초래된 위험을 말한다.

현대 사회는 새로운 산업기술과 이동하는 경제사회보건의 영향 아래 진화해감에 따라 직장 과 작업 관례 및 절차 또한 끊임없이 변하고 있다. 이런 새로운 상황은 근로자들과 사업주들에게 새로운 위험과 도전을 가져다주며, 높은 직업안전보건 수준을 보장하기 위해 정책적·관리적·기술적 접근을 요구하고 있다.

새로운 위험과 증가하고 있는 위험 예측은 필수

유럽안전보건청은 '2002~2006 직업안전보건 Community Strategy'에서 이러한 새로운 상황을 준비해야 할 필요성을 지적하면서, '새로운 위험과 증가하고 있는 위험은 기술 혁신 또는 사회 변화와 연계되어 있어 통제 하에 둘 수만 있다면 그러한 위험을 예측하는 것은 필수적이며, 이렇게 하기 위해서는 위험 자체를 체계적인 정보 수집과 과학적 견해를 바탕으로 제일 먼저 그리고 가장 중요하게 지속적으로 관찰(first and foremost, ongoing observation)할 것이 요구된다.'는 점을 강조하였다. ERO는 이러한 임무를 수행하기 위해 만들어진 조직이며, '2007~2012 직업안전보건 Community Strategy'에서는 위험 예측의

“

급변하는 사회 환경을 고려할 때 시대 흐름의 변화를 잘 읽고 미리미리
대비하지 않으면 자칫 위험으로 인한 사회경제적 부담이 엄청날 수 있다.
현재 한국에는 직업안전보건에 대해 전망하고 예측하는
기능이 없다고 해도 과언이 아니다.
산업안전보건연구나 조사를 통해 얻어낸 귀중한 정보의
재해예방 정책 및 기술자료화 촉진이 요구된다”

”

중요성을 되풀이하여 강조하면서, ERO에 주도권을 갖고 이러한 기능을 다하도록 주문하였다.

ERO는 정보를 수집하고 분석하며 변화를 예측하기 위해 동향을 파악하여, 목표 청중(target audience)인 정책입안자와 연구자들에게 효과적으로 핵심 이슈를 전달함으로써 존재 가치를 올린다. ERO는 유럽산업안전보건청의 이해관계자 간에 논쟁과 반향을 일으키도록 자극하며, 다양한 레벨에서 전문가와 정책입안자들 간의 논쟁의 장을 제공한다. ERO 활동의 궁극적 목적은 정책입안자들로 하여금 직업안전보건의 더 나은 미래를 위해 어떤 결정을 할 때 더 나은 판단을 할 수 있도록 돕는 것이다.

‘새로운 위험과 증가하고 있는 위험’을 찾기 위해 ERO가 필요로 하는 정보는 공식등록자료, 연구문헌, 전문가 예측 또는 서베이 자료 등 다양한 자료원으로부터 나올 수 있다. 이러한 잠재적인 정보원을 모두 망라하기 위해 ERO는 다음 네 가지, 즉 새로운 위험과 증가하고 있는 위험의 예측, 기업 서베이(ESENER), 숫자로 보는 직업안전보건: 동향 파악 및 분석, 유럽의 직업안전보건연구 협력 등의 영역으로 나누어 활동하고 있다.

조사정보의 재해예방 정책 및 기술 자료화 촉진 도모

현재 한국에는 직업안전보건에 대해 전망하고 예측하는 기능이 없다고 해도 과언이 아니다. 산업안전보건연구원

우여곡절 끝에 2014년에 제4차 조사를 실시할 예정이므로, 일하는 사람들이 그들의 건강에 영향을 미칠 가능성이 있는 다양한 요인에 대해 어떻게 노출되고 있는지 실태를 파악할 수 있을 것이다. 또 같은 연구원에서 2002년부터 5차에 걸쳐 매년 조사하다가 2006년 이후부터 3년 주기 조사로 정착하여 2009년과 2012년에 제6차 및 제7차 조사를 마친 ‘산업안전보건 동향조사’도 우리나라 기업들의 산업안전보건 수준에 대해 파악할 수 있는 좋은 자료원이며, 2015년에 제8차 조사를 실시하게 될 것이다.

한국은 이렇게 근로자와 사업주 측면에서 직업안전보건의 현황을 파악할 수 있는 자료 수집까지는 주기적으로 하고 있으나, 이 자료를 시계열적으로 그리고 다른 사회경제적 데이터와 연결하여 심층 분석하는 등 조사 이후의 분석 및 해석 과정이 부족한 편이며, 그 결과물을 토대로 끌어낸 핵심 이슈가 정책입안자 및 의사결정권자에게 적절하게 전달되는 것도 충분치 못한 편이다. 새해에는 산업안전보건연구나 조사를 통해 얻어낸 귀중한 정보의 재해예방 정책 및 기술자료화를 촉진하고, 정부 및 안전보건공단 간에 더 체계화된 소통을 꾀하고자 한다. ✚

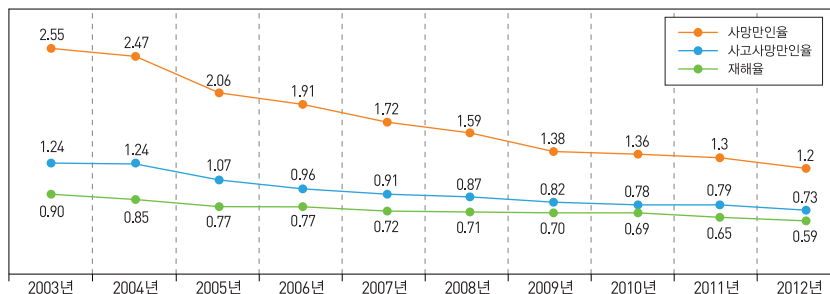
2014년 산업안전보건 정책 방향

산업재해 발생 현황 및 특징



박종길 국장
고용노동부
산재예방보상정책국

산업안전보건 측면에서 2013년을 한마디로 정의한다면 위기와 기회의 해라고 하겠다. 최근 산업재해를 살펴보면 그간 꾸준한 지도·감독, 재해예방 기술·재정 지원 등 다양한 재해예방 노력으로 인해 재해율, 사망만인율, 사고사망만인율 등 주요 산업재해가 지속적인 감소 추세를 보인 것이 사실이었다. 하지만, 2013년에는 지금까지 경험하지 못한 많은 대형 사고가 집중적으로 발생했다.



[그림 1] 최근 10년간 산업재해 추이

동일한 장소에서 두 번에 걸쳐 발생한 ○○전자의 불산 누출 사고, 사망 6명과 부상 12명의 큰 피해를 낸 여수의 폭발사고 등 화학물질의 누출·폭발사고도 많았다. 7월에는 노량진 배수지 수몰(7명 사망), ○○엔지니어링 물탱크 파열(사망 3명, 부상 12명), 방화대교 상판 붕괴(사망 2명, 부상 1명) 등 대형 건설재해가 연속하여 발생했다. 특히 ○○제철의 경우 동일 단지 내에서 질식, 추락, 협착 등의 재해가 연달아 발생하여 2013년에만 사망 10명, 부상 8명의 피해를 내고 큰 사회적 파장을 일으켰다.

종합하면, 일반적으로 안전보건 조치가 잘 될 것이라고 생각되는 대규모 공장, 대형 건설 현장에서 연속해서 발생하는 산업재해로 인해 위기의 해였다. 그러나 '위기는 곧 기회'라는 말이 있듯이 각종 사고에 대한 우리의 대응도 기민했던 한해였다.

2013년 5월 화학물질 누출·폭발 등에 대비하기 위한 '중대 화학사고 등 예방 대책'을 마련하여 시행하였으며, 7월에는 관계부처 합동 '화학물질안전관리 종합 대책'을 수립하여 화학사고예방의 기틀을 마련했다. 또한 사고 원인을 분석하는 과정에서 위험 작업의 하도급 확산에 의해 안전관리 책임이 협력업체로 기중되어 결과적으로 대형사고로 이어지는 문제를 발견하였고, 이에 대한 집중적 검토를 거쳐 '중대재해예방 종합 대책'을 발표(9. 13)했다. 연속적으로 발생하는 건설재해의 이면에 있는 발주·설계·시공 단계의 문제점을 개선하기 위해 기재부, 국토부, 안행부 등 관계부처 합동 TF를 구성하여 '건설재해예방 종합 대책'을 마련하고 안전정책

조정회의에 상정(12. 26)하기까지 했다. 많은 사고가 있었지만, 안전보건 정책도 계속 발전해 나간 해라 하겠다.

대형재해가 많이 발생한 원인은 무엇보다 금융위기를 거치면서 비용 절감 등을 위해 위험 작업의 하도급이 확산되면서 안전관리의 책임까지 협력업체 부담으로 전가된 것에 있다고 하겠다. 건설업뿐만 아니라 조선, 철강, 자동차 등 주요 업종에서 작업장 내 위험 작업의 아웃소싱이 증가하고 있다. 하도급 받은 작업에 대한 유해·위험성을 바로 인식하지 못한 상태에서 작업을 하다가 발생하는 재해는 우리가 시급히 해결해야 할 과제 가운데 하나이다. 또한 여전히 낮은 안전 의식도 문제이다. 사망 사고의 원인을 분석해 보면 안전 지식의 부족, 작업 방법에 대한 교육 불충분, 작업 준비 불충분, 작업 수칙 미제정 등 기본적인 안전 수칙을 지키지 않아 발생하는 재해가 전체의 60%에 이른다.

이러한 최근 산업재해 발생 경향에 대해 노·사, 학계 등의 여러 의견이 제시되고 있다. 먼저, 원청업체에 대한 하청업체의 안전보건 책임을 강화하자는 지적과 함께 안전 조치와 관련 법 위반 시 강력한 처벌을 통해 노·사의 안전불감증을 불식할 수 있도록 할 필요가 있다는 의견이 많다. 중대재해 발생 사업주에 대해서는 벌칙성 교육 실시 등을 통해 사업주와 근로자의 안전 의식 제고를 하도록 할 필요성이 높다는 의견도 많았다.

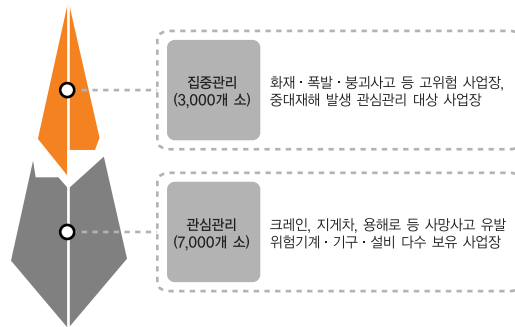
이에 2014년에는 2013년 수립한 각종 대책을 착실히 이행하면서, 사업장의 현장안전관리 시스템 정착과 안전 수칙 준수 분위기를 확산하고 고위험 사업장에 대한 선제적 예방관리감독을 강화하여 보다 안전하고 쾌적한 일터를 만들기 위해 최선을 다할 것이다.

2014년 산재예방 정책 방향

선제적 예방관리감독 강화

고위험 사업장을 중심으로 사전·예방적 관리감독을 강화하여 사고가 발생하기 전 선제적 관리를 강화한다. PSM 사업장, 대규모 건설 현장 등 화재·폭발·붕괴 등 대형사고 위험성이 높거나 중대재해에 취약한 중·대형

사업장 약 1만개 소에 대해 전담감독관을 지정하여 집중 관리한다. 이와 관련해 지방고용노동관서에서는 대상 사업장의 동향 파악, 안전 수칙 준수 여부 등을 유선 또는 현지 출장 등을 통해 확인하고 총괄관리한다. 안전공단에서는 해당 사업장에 대해 기술지도를 실시하여 필요시 지방관서감독관에게 작업 중지, 진단명령 등의 조치를 건의한다. 한편, 민간재해예방기관은 안전관리대행, 안전검사, 국고지원사업 등을 사업장 특성에 맞게 수행하면서 담당감독관과 긴밀히 협업하도록 역할 분담을 실시하여 입체적인 산재예방관리가 되도록 추진한다.



[그림 2] 감독관 전담관리 대상별 차등관리

건설 현장 재해는 발주·설계·시공의 전과정에 걸쳐 발주자, 설계자, 시공자, 감리원 등이 관계된 복합적 원인으로 발생하는 것이 특징이다. 따라서 고용노동부뿐만 아니라 기획재정부, 국토교통부, 안전행정부 등 관련 부처에서 관장하는 제도를 동시에 검토하여 개선하여야만 보다 근원적인 재해예방이 가능하다.

이에 지난 9월부터 관계 부처 공동 TF를 구성하여 건설 현장 재해예방 종합 대책을 마련하였다. 우선, 발주기관에 대한 안전관리 의무 및 사고 발생 시 책임을 부과하는 등 발주자에 대한 안전관리 책임을 강화할 예정이다. 최저가 낙찰제로 인한 저가 하도급, 무리한 공기 단축, 부실 공사 등의 문제점 해소를 위해 가격 외에도 시공 능력, 사회적 책무 이행 등도 함께 평가하는 '종합심사낙찰제'로 변경한다. 또한 설계 시 안전 관련 세부 내용을 설계도면에 기재하도록 하고, 공사중 가설구조물 붕괴 등 재해 발생 위험이 높다고 판단되는 경우 시공자가 발주자에게 설계 변

경을 요청할 수 있도록 근거를 마련할 계획이다.

사고사망자의 약 70%를 차지하는 건설·제조업의 사망재해 10대 위험 작업(거꾸집동바리 설치·해체 작업, 지붕 설치·해체 작업, 철골 설치·해체 작업, 지게차 운전 작업, 기계·기구·설비의 청소·세척 등), 화학공장 사고의 대부분을 차지하는 정비·보수 작업 등에 대해 작업별 안전 수칙, 매뉴얼 등을 제작·보급하고, 신규 근로자, 장년 근로자, 외국인 근로자 등 재해 발생 가능성이 높은 취약 계층에 대한 관리도 강화할 예정이다.

법 위반에 대한 엄정한 처벌

그간 중대재해가 발생하더라도 솜방망이 처벌에 그쳐 사업장에서 법을 준수하고자 하는 의지가 약화된다는 지적이 있어 왔다. 이에 법 위반 중대재해 발생 사업장은 일벌백계하여 사업장 스스로 재해예방 활동을 할 수 있도록 유도할 계획이다.

우선 법 위반 중대재해 발생 사업장에 대해서는 작업중 지명령을 내릴 것이다. 특히 최근 1년 이내에 중대재해가 3회 이상 발생한 경우에는 전면작업중지명령을 내려 사업장의 안전관리시스템 전반을 개선토록 유도하려 한다. 아울러 작업중지명령의 내용을 다수인이 쉽게 볼 수 있도록 사업장 외벽에 게시토록 할 계획이다. 사망재해 등 중대재해 발생 사업장에 대해 수사감독 및 형사 처벌을 엄정하게 집행하고 반복적 법 위반에 대해서는 과태료 부과기준을 강화하여 불이익을 가중하게 된다.

법 위반 사업장에 대한 행·사법 조치뿐만 아니라 사회적·경제적 제재도 병행하여 조치한다. 우선 법 위반 중대재해 또는 재해 다발 사업장의 경우 사업주 및 관리감독자 대상 벌칙성 교육을 신설하고 산재예방 불량사업장 명단 공표도 강화할 것이다. 산재보험 개별실적요율 적용 사업장 규모를 확대하고 산재 다발 사업장에 대한 요율의 할증 범위를 확대하는 등 경제적 제재 방안도 검토하여 법 위반 사업장에 대한 제재의 실효성을 높이도록 하겠다.

원청의 안전관리 책임 강화

도급인(원청)의 협력업체에 대한 산재예방 책임이 강화된다. 지난해 도급인의 안전보건 책임 강화를 위해 많은 노력

을 기울여 왔다. 도급 사업 시 도급인에게 수급인에 대한 유해성·위험성, 취급상의 사항, 긴급조치 사항 등의 정보를 제공하는 의무를 부과하였다. 또한 도급인을 대상으로 수급인에 대한 법령 준수 지도 및 위반 사항 시정 의무를 도입하는 등 산업안전보건법 개정을 추진하였다.

2014년에는 도급인의 안전관리 책임에 대해 보다 구체적으로 규정할 예정이다. 도급인이 산재예방 조치를 하여야 할 위험 장소에 화학설비의 정비·보수 작업 장소, 방사선 노출 작업 장소 등을 추가하고, 안전보건 총괄책임자를 지정해야 할 업종을 현행 제조업, 건설업에서 전업종으로 확대하여 도급인의 협력업체에 대한 산재예방 책임을 확대하였다. 도급사업 시 도급인의 수급인 근로자에 대한 산재예방 조치 의무 위반에 대한 벌칙 수준을 최대 5년 이하의 징역 또는 5,000만원 이하 벌금으로 상향하고, 안전·보건 조치 위반으로 수급인의 근로자가 사망한 경우 도급 사업주도 가중 처벌하도록 법령 개정을 추진할 것이다.

책임지는 자율 예방 활성화

실효성 있는 재해예방을 위해서는 현장 근로자들의 시각에서 노·사가 자율적으로 위험요인을 찾아 개선할 수 있는 기반을 마련할 필요가 있다. 이를 위해 사업장 자율 재해예방 활동 활성화를 위한 기반을 강화하고 근로자의 산재예방 활동 참여를 확대하는 한편, 사업장 안전관리시스템 강화를 위해 다양한 정책을 추진한다.

2014년은 산재예방요율제가 시행되는 첫해이다. 산재예방요율제란, 우수 재해예방 활동 수행 사업장에 대해 산재보험요율을 할인해 주는 제도로 위험성평가나 사업주교육을 실시한 50명 미만 제조업 사업장에 대해 적용한다. 이를 통해 사업장의 자체 재해예방 활동을 유도할 예정이다.

건설업, 조선업 등에서 추진중인 다양한 자율예방사업은 보다 내실 있게 운영될 수 있도록 사후관리를 강화한다. 일정 수준 이상인 사업장이 자율예방사업에 참여하도록 하고 중대재해 발생, 예방활동 미흡 등 결격 사유가 있을 때 승인을 취소하는 등 관리를 강화한다.

중대재해 발생 사업장, 재해율이 높은 사업장은 현행 최대 두 명인 안전관리자를 증원하도록 유도하며 안전보건관리를 대행기관에 위탁하지 않고 소속 근로자를 직접

안전·보건관리자로 선임하도록 하는 등 안전관리자 선임 방법을 개선할 것이다. 아울러 안전·보건관리자 선임 여력이 부족한 50명 미만 사업장의 경우에는 직·반장 등을 안전보건담당자로 지정하여 안전보건 활동을 수행하도록 유도하여 사업장 안전관리체제를 대폭 강화할 계획이다. 안전관계자 선임, 산업안전보건위원회 운영 등 안전관리시스템의 구축·운영에 대한 매뉴얼을 개발·보급하여 사업주의 안전관리를 측면에서 지원하는 한편, 사업장 지도·감독 시 사업장에서 안전관리시스템이 실제로 작동하고 있는지를 중점적으로 점검하여 사업장 안전관리시스템의 실질적인 변화를 유도할 계획이다.

CEO부터 현장까지 안전수칙 지키기

최근에 발생한 여러 사고들은 일반적으로 안전보건 수준이 높을 것이라고 생각되었던 대형 사업장에 발생하여 국민에게 충격을 안겼다. 하지만, 더 충격적인 것은 기본적인 안전 수칙을 준수하지 않아 발생한 사고가 많았다는 점이다. CEO부터 관리감독자, 현장 근로자까지 각자의 사고 예방 노력을 수시로 점검하고 안전을 다시 한 번 확인하는 안전 수칙 준수문화가 우리 기업에 정착되어야 할 것이다.

먼저, CEO의 안전의식이 무엇보다도 중요하다는 점에서 업종별 CEO 회의, 지역별 공장장 회의 등을 정기적으로 개최하여 CEO의 안전 수칙 준수문화 정착 노력을 촉구할 계획이다. 중대재해 발생 사업주에 대해서는 벌칙성 교육제도를 도입하고, 안전보건관리 책임자 교육 방식을 다양화하는 등 사업주에 대한 안전보건교육을 강화할 방침이다. 사업장안전관리의 실행에서 관리감독자의 역할도 매우 중요하다. 따라서 고위험 업종의 관리감독자가 보다 쉽게 사업장 안전관리를 할 수 있도록 교육 교재를 제작하여 배포하고 집중적인 교육을 실시하게 된다.

안전교육의 현장 적용성 제고를 위해 교육제도를 전면적으로 개편한다. 이론 위주의 교육 방식을 탈피, 실무형 교육 방식을 도입하고 위험 작업에 대한 동영상 제작하

여 교육에 활용하는 등 교육 방법을 다양화한다. 또한 교육 대상별 직무에 적합한 교육목표를 설정하고 교육 과정·교재 등을 업종·직종별로 세분화하여 보다 맞춤형 교육이 가능해지도록 업무 연관성을 강화하는 한편, Tool Box Meeting, 위험예지(豫知)훈련 등 현장에서 실시하는 단시간 교육을 법정교육으로 인정하여 실무형 현장 중심 교육이 확산되도록 제도적 기반을 마련할 계획이다.

안전 수칙 준수 분위기 확산을 위한 범국민 캠페인도 병행한다. 산업재해예방 필수 안전수칙인 '이크(IECR)!~ 안전 수칙'¹⁾을 개발·보급하는 한편, 안전행정부의 '안전 문화운동추진협의회'와 함께 공동 캠페인, TV, 라디오, 인터넷, 생활매체, 일간지, SNS 등 다양한 매체를 활용한 집중 홍보 등을 통해 사회적으로 안전 수칙 준수 풍토가 확산되고 정착하도록 노력할 것이다.

산업안전보건 선진국의 꿈, 사업장 자율적 재해예방 활동의 활성화

2013년은 산업안전보건 측면에서 그 어떤 해보다도 다사다난했던 해로 기록될 것이다. 그 만큼 산업안전보건에 대한 관심도 많았다. 발생한 산재에 대해 신속히 대응하는 한편, 관련 대책을 마련하여 시행하였다. 그 결과, 2013년 초 가파르게 상승하던 산업재해도 하반기에 접어들면서 감소세로 전환하는 성과를 거두기도 하였다. 하지만, 선진국에 비하면 우리나라 안전보건 수준은 아직 갈 길이 먼 것이 사실이다.

산재의 80%가 180만개에 이르는 50인 미만 소규모 사업장에서 발생하고 있고, 이는 정부의 재해예방 노력만으로는 한계가 있을 수밖에 없다. 노와 사는 물론이고 업종별 직능단체, 안전보건 관련 기관과 시민사회단체 등 노·사·민·정이 함께 힘을 모아 안전하고 쾌적한 사업장을 만들기 위해 노력해야 할 것이다. 특히, 사업장의 자율적 재해예방 활동의 활성화가 반드시 필요하다.

올해는 산재예방요율제 등 자율 재해예방 활동 활성화를 위한 등 각종 제도가 시행되는 첫해이다. '사업장의 자율적인 안전보건관리체제'가 정착되어 산업재해가 근본적으로 예방되는 원년이 되기를 기대해 본다. 🌱

1) '이크(IECR)!란, 4대 추진과제 즉, 위험 발굴(Identify), 위험 제거(Eliminate), 위험 통제(Control), 신속 대응(Response)의 영문 이니셜(IECR)을 한글화한 것으로 갑작스런 위험 상황에 직면했을 때 본능적으로 나타내는 방어적 표현이고, 위험 상황을 벗어나려는 의도를 포함.

기후변화로 인한 자연재해로부터 안전하려면?



박종길 교수

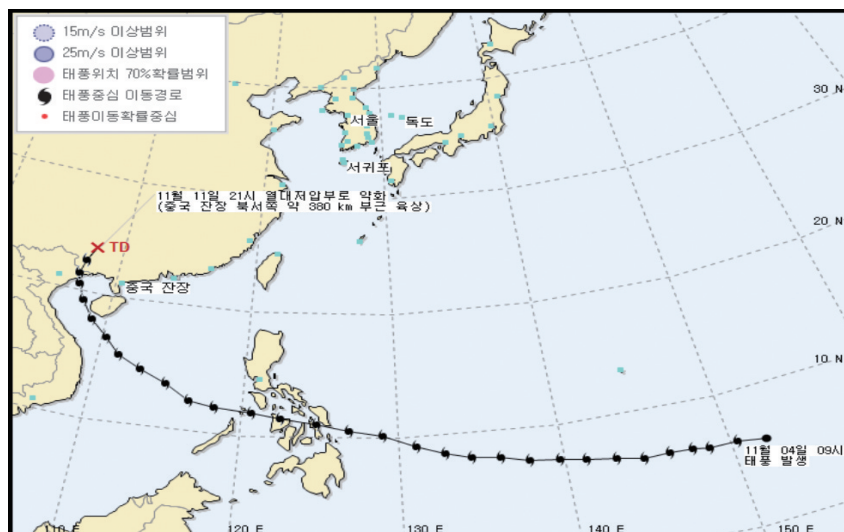
인제대학교 환경공학과
대기환경정보연구센터장

서론

2013년 11월 슈퍼 태풍 ‘하이옌’이 강타한 필리핀은 예전부터 많은 태풍이 발생하여 최성기에 지나가는 길목에 놓여 끊임없이 피해를 입고 있지만, 이번처럼 태풍에 의해 발생 가능한 모든 피해를 다 입은 경우는 드물었다. 태풍이란 강풍과 폭우가 동시에 발생하는 것으로 큰 바람이 부는 기상 현상이다. 태풍에 의해 발생하는 피해로는 강풍에 의한 피해와 호우에 의한 홍수 피해, 그리고 해일에 의한 피해를 들 수 있다.

태풍 하이옌(태풍번호 1330, 국제명 : HAIYAN, 필리핀 기상청(PAGASA: Philippine Atmospheric Geophysical & Astronomical Service Administration) 지정 이름 : Yolanda)은 중국에서 제안한 이름으로 ‘바다제비’란 의미를 갖고 있는데, 2013년에 북서태평양에서 발생한 30번째 태풍이자, 4번째 5등급의 슈퍼 태풍이다.

[그림 1]에서 알 수 있듯이 태풍 하이옌은 2013년 11월 4일 필리핀 동쪽 해상에서 발생하여 11월 7일 21시 중심기압 890hPa까지 하강한 후, 중국 잔장 북서쪽 380km 부근 육상에 상륙한 뒤 열대성 저기압으로 일생을 마쳤다. 2013년 11월 7일, 최성기를 맞아 1분 최대풍속이 미국 합동태풍경보센터 기준으로 시속 315km를 기록하였고, 그 세력을 그대로 유지한 채 필리핀 동사마르 주에 상륙하면서 비공식적으로나마 전세계에서 발생한 열대성 저기압 중 상륙할 때의



*출처 : 국립태풍센터

[그림 1] 태풍 ‘하이옌(Haiyan)’의 진로

“

기후변화에 따라 늘어나고 있는 자연재해의 피해는
해저드(hazard)의 강도가 크고, 해당지역의 취약성이 높을 때 발생하므로
총 피해액을 줄이기 위해서는 각 지자체의 피해 항목에 대한
구체적인 검토를 통해 그 지역의 취약성을 줄여야 한다.
특히 공공시설의 피해는 하계에 높으며, 주로 태풍과 호우가 집중적으로
발생하는 시기로 소프트웨어 방식의 사전 방재계획을 수립하여
실천할 경우 현재보다는 훨씬 많은 피해를 줄일 수 있다.”

최대풍속 1위 기록을 세웠다. 순간최대풍속은 380km/h였는데, 이는 1969년 허리케인 카밀의 305km/h를 훨씬 넘는 기록이다. 하이옌의 10분 최대풍속은 시속 231.5km/h로 관측되어 1979년의 태풍 팁이 기록한 259.3km/h 다음으로 강한 풍속이었다. 이 기록은 1984년의 태풍 바네사, 2010년의 태풍 메기와 동일한 값이다.

이번 태풍 하이옌으로 인한 인명 피해가 크게 나타난 것은 강풍과 호우 이외에 해일이 발생하였기 때문이다. 특히 폭풍해일은 태풍의 중심기압이 낮을 경우 기압차에 의한 해수면의 상승으로 나타나는데, 중심기압 1hPa 하강에 따라 해수면은 1cm나 상승하게 된다. 태풍 하이옌의 경우 가장 중심기압이 낮았던 시기에 890hPa로 나타나, 주변 기압에 비해 110hPa 이상 차이가 났다. 이는 1m 이상의 해수면 상승은 기본이며, 여기에 강한 바람으로 인한 파도가 겹칠 경우 3~4m 이상의 해일이 이론적으로 가능하고, 지역에 따라 더 높을 수도 있다. 이처럼 폭풍해일은 날씨와 지형에 따라 달라질 수 있는데, 필리핀의 경우처럼 많은 인명 피해를 동반하게 된다.

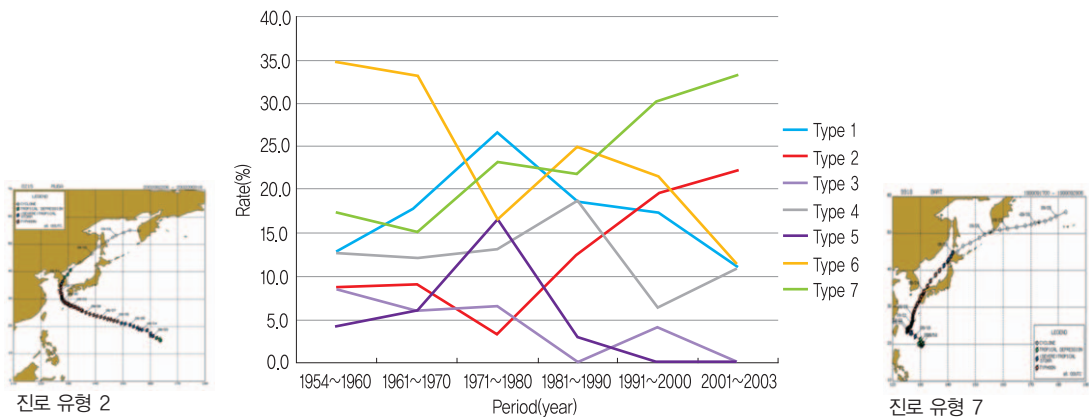
이러한 피해에 대해 일부 언론에서는 ‘쓰나미’ 예보를 하였다면 막을 수 있었을 것이라 하지만 쓰나미는 지진에 의해 발생하는 지진해일로 태풍에 의해 발생하는 폭풍해일과는 크게 다르다. 물론 쓰나미로 예보할 경우 시민들의 경각심은 달랐을 것이나, 큰 피해는 기후변화로 인한 극한 기상 현상의 발생과 그로 인한 피해 규모에 대해 적극적인 피해예방과 안전을 위해 노력하지 않은 탓이다.

최근 배포된 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change) 제5차 보고서(AR5)에 의하면, 지구온난화로 인한 기후변화에 따라 태풍이 발생하는 해상의 수온이 상승하여 열용량이 증가하였으며, 고온 영역이 넓어짐에 따라 이번 하이옌 태풍과 같은 슈퍼 태풍의 발생은 예상을 뛰어넘고 있다. 또한 이번 경우는 태양이 이미 남반구로 이동하여 북반구에 강한 태풍의 발생이 어려운 상황에서 슈퍼 태풍이 발생하였다는 점에서 더욱 놀라운 일이다.

따라서 많은 나라에서는 하이옌과 같은 슈퍼 태풍이 자기 나라에 상륙할 경우의 대비책 마련에 여념이 없게 되었다. IPCC에서는 이미 AR4에서 극한 기상 현상의 발생 빈도가 증가할 것이라고 예견하였으며, 기후변화 적응이 매우 중요함을 역설하였으나, 우리나라를 포함한 여러 나라들이 경제적인 어려움을 이유로 애써 무시하였고, 기후변화 대응이라는 슬로건 하에 온실가스 감축보다는 지속 가능한 성장에 관심을 쏟았다.

기후변화로 인해 규모를 예상할 수 없는 재해가 발생한다 하더라도 재해 규모 예측 및 위험도평가와 같은 위기관리 시스템을 구축하는 등 정부는 물론 각 지자체별로 능동적으로 대처하고, 시민들에게 기후변화 적응 및 안전에 관한 홍보와 교육을 실시한다면 피해를 최소화하는 데 크게 기여할 것이다. 이를 통해 국민의 생명과 재산을 보호하는 정부의 기본 역할을 수행할 수 있으리라고 본다.

이에 따라 본고에서는 재해의 특성과 기후변화로 인해



진로 유형 2

*출처 : 박종길 외, 2006

[그림 2] 한반도에 영향을 주는 태풍의 진로 유형별 발생빈도

점증하게 될 자연재해에 대해 소개하고, 위험도를 최소화 할 수 있도록 적응 및 안전에 대한 제언을 하고자 한다.

한반도에 발생하는 재해의 특성

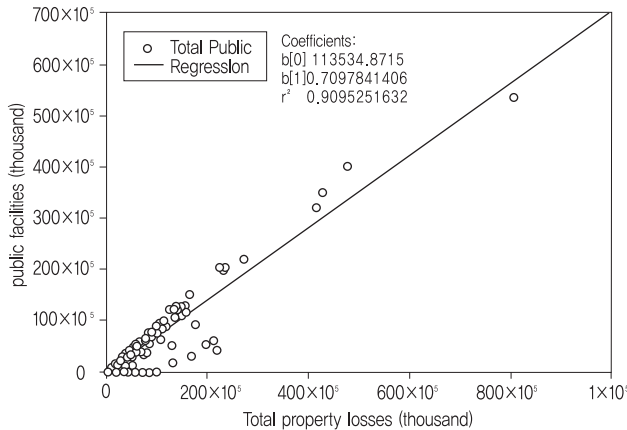
우리나라에서 발생하는 자연재해 원인을 발생 빈도와 피해 내역을 근거로 분류한 결과, 기상재해를 일으키는 주요 원인은 '호우, 호우·태풍, 태풍, 폭풍, 폭풍설(대설 포함), 낙뢰, 우박, 해일, 기타의 9가지로 구분하였는데(박종길 외, 2005), 1995년 이후부터는 이들에 의해 매년 1조원 이상의 피해가 나타나고 있다. 그리고 피해의 60% 이상이 태풍에 의한 것으로 나타나 전체 자연재해 가운데 태풍에 의한 피해가 가장 크므로(Lee와 Chang, 2009), 그 피해를 최소화할 수 있는 위험도 예측 방법과 이들이 기후변화와 어떠한 관련이 있는지를 알아보겠다.

세계기상기구(WMO; World Meteorological Organization)는 열대성 저기압 가운데 중심 부근의 최대풍속이 34m/s 이상이면 태풍(TY; Typhoon)으로 분류하고, 25~33m/s인 것을 격렬한 열대성 폭풍(STS; Severe Tropical Storm), 17~24m/s인 것을 열대성 폭풍(TS; Tropical Storm), 그리고 17m/s 미만인 것을 열대 저기압(TD; Tropical Depression)으로 구분하는데, 우리나라에서는 TS 이상인 'TS, STS, TY'를 태풍으로 분류하여 예보하고 있다. 최근 연구에 의하면 25°N 이상

의 해상에서 TY로 존재하는 비율이 증가하였으며, 제주도 남단의 수온이 1°C 이상 상승한 것과 무관하지 않다고 한다. 또한 한반도에 영향을 주는 7가지 태풍의 진로 가운데 한반도 남해안에 상륙하여 동해안으로 빠져나가는 진로 유형 2와 일본 큐슈 등을 거치면서 한반도에 영향을 주는 진로 유형 7이 기후변화와 함께 점차 증가하고 있다고 한다(박종길 외, 2006). 태풍이 이러한 진로를 가질 경우 한반도 동남부지역은 태풍의 위험반원에 포함되어 큰 피해를 입게 되므로 매우 주의해야 한다. 우리에게 아직도 엄청난 피해로 기억되고 있는 태풍 루사(2002년), 매미(2003년), 셀마(1987년)는 모두 진로 유형 2였으며 [그림 2], 태풍 사라(1959년)는 남해상을 통과하며 남해안 및 남동부 내륙지역에 많은 피해를 야기한 유사한 진로 유형을 나타내었다.

방재기상 데이터베이스(박종길 외, 2007)에 의하면, 재해 발생빈도는 감소하고 있으나, 피해 규모는 증가하는 경향을 나타내고 있다. 여러 피해 항목 가운데서는 공공시설이 총 피해액의 66%를 차지할 만큼 가장 많은 피해를 입는 것으로 나타나 공공시설의 피해 감소가 시급하다(그림 3).

기후변화에 따른 자연재해로 발생하는 피해는 일반적으로 해저드(hazard)의 강도가 크고, 해당지역의 취약성이 높을 때 발생하는 것으로 총 피해액을 줄이기 위해서는 그 지역의 취약성을 줄여야 하므로 각 지자체별 피해 항목에 대한 구체적인 검토가 필요하다. 특히 공공시설의



[그림 3] 총 피해액과 공공시설의 피해액 사이의 산포도

피해비율이 높은 하계는 주로 태풍과 호우가 집중적으로 발생하는 시기로 기존의 하드웨어적 방재 체계에 의존하는 것이 아니라, 소프트웨어 방식의 사전 방재계획을 수립하여 실천할 경우 현재보다는 훨씬 많은 피해를 줄일 수 있을 것이다.

자연재해저감계획이 비교적 잘 구축되어 있는 미국 McClain County(2003)에서는 각종 재해 영향을 경감시키기 위해 재해의 발생빈도, 잠재적 손실, 취약성에 대한 조치 비용 등을 고려하여 재해에 순응, 변형, 피하거나 비켜갈 수 있는 구체적이며 보다 실질적인 방법을 제시하고 있다. 특히 해당지역의 취약성은 그 지역의 기후, 강, 토양, 광물 등 지형적 요소와 인구통계학적 분석, 토지 개발 및 산업, 수송 방식 등을 구분하여 분석하고 있다. 그러나 우리의 풍수해저감종합계획은 이러한 기상 기후를 포함한 자연 현상과 사회과학적 요인을 포함하고 있지 못하다. 한반도 16개 시도에 대한 피해 현황을 해당 지역의 인구와 면적으로 분석한 결과로는 가장 피해 밀도가 높은 지역은 강원도와 경상남도로 나타났으며, 특히 서울은 단위면적당 피해밀도가 네 번째로 높게 나타났다(박종길 외, 2008a).

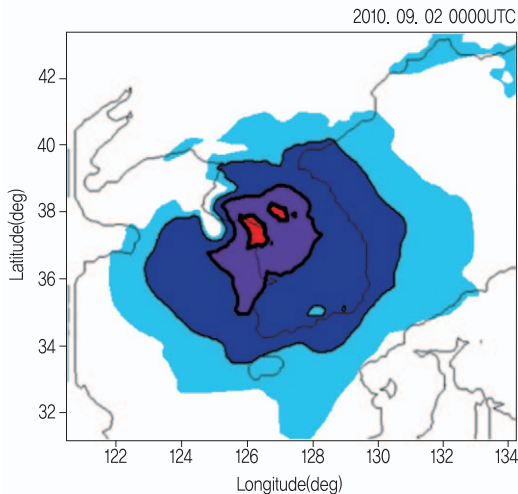
이상과 같이 우리나라는 각 지역별로 공공시설의 피해가 크게 나타나 공공시설에 대한 피해액을 추정하여 방재대책을 수립할 수 있다면 기후변화로 늘어나는 자연재해로부터 피해액을 상당히 저감시킬 수 있을 것으로 생각된다.

태풍에 의한 피해액 산정을 위한 지상풍 산정

최근 우리나라의 방재 정책은 예방 위주의 기조로 전환되었음에도 불구하고 실제로는 대응을 위한 사전 예비단계에 더 많은 비중을 두는 성과 위주로 되어 있으며, 태풍에 의한 피해 규모를 예측하고 대비할 수 있는 시스템은 구축되어 있지 않다. 대부분의 모형이 태풍의 발생에서부터 이동 시의 강풍

예측을 통계적 모형을 이용하여 사용하고 있으나, 대기물리 현상을 잘 정리하여 예측하고 있는 기상청 수치 모델이 훨씬 정확하므로 이에 대한 검토가 반드시 필요하다. 그 이유는 태풍에 의한 피해는 정확한 강풍을 어떻게 예측하고 실측에 가까운 3초 거스트(gust)를 생산하느냐에 달려 있으며, 토양 속의 수분량과 예측 강수량에 따라 침수 정도가 달라지기 때문이다. 미국 FEMA(Federal Emergency Management Agency)에서도 최근 이러한 점을 보완하기 위해 기상전문가를 영입하거나 연구진에 대거 포함시켜 통계 모형의 한계점을 극복하려고 하고 있다.

현재 한국에 적용되고 있는 피해 예측 모형은 미국 FEMA(와 미국 플로리다주에서 개발한 PHRLM(The Public Hurricane Risk and Loss Model)을 기초하여 국내 실정에 맞게 변형한 모형을 사용하고 있다(기상청, 2012). 그런데 통계적인 한계점을 극복하기 위해 기상청의 수치예보자료를 활용하여 지상 10m 고도의 개활지 풍속을 산정하고, 이를 다시 지형의 지표면 거칠기(roughness length)를 고려하여 실제 지형 10m 고도에서의 풍속을 추정하는 다음 중위도 지방에 있는 한반도에 잘 적용되는 거스트 영향계수(gust factor)를 이용해서 3초 거스트(gust)를 산정하고 있다(박종길 외, 2008b). 그 과정이 다소 복잡하고 어려운 과정이라 자세한 것은 해당 연구 논문을 참조해 주기 바란다.



[그림 4] 태풍 피해 예측 모형에 의해 예측된 2010년 9월 2일 0000UTC의 3초 gust 분포

2010년 9월 1일 한반도 중부지방을 관통한 태풍 콘파스는 한반도 서해를 북상하여 서해안에 상륙 후 동해상으로 이동한 진로 유형 1에 해당하며, 서해안과 수도권에 강풍과 집중호우를 동반하였으며, 실제로 바람이 더 큰 피해를 야기하였다. 피해 예측 모형을 적용하여 3초 거스트(gust) 분포를 살펴보면, 9월 2일 0000UTC(한국시간 09:00)에 태풍의 중심이 한반도에 상륙하였고, 한반도 전체와 그 근해에 강풍 영역(풍속 15m/s 이상)이 형성되었으며, 경기도 및 충청남도, 전라북도 일부 지역이 폭풍 영역(풍속 25m/s 이상)에 포함되었다. 특히 강화도 인근 해상과 한반도의 중심부에서는 풍속이 35m/s 이상으로 나타났다.

정확한 강풍의 예상으로 주택이나 산업구조물의 피해액을 사전에 예상할 수 있으므로 지금과 같이 피해를 입은 이후 복구에 전념하는 방재 체제에 변화를 줄 수 있을 것이다.

태풍의 3초 gust를 이용한 피해액 산정

오재호(2007)는 미래 기후변화에 대한 기온 상승과 관련하여 2003년 한반도에 상륙한 태풍 매미의 해수면 기압의 공간 분포를 연구하여 태풍 매미가 2010년 이후 다시 온다면 부산을 포함한 동해 남부 근해에 2003년보다

강풍은 10m/s 이상 상회할 것이라고 예측하여 우리나라도 대형 태풍에 의한 피해 규모가 커질 수 있음을 분석한 바 있다. 실제 2013년 11월에 발생한 태풍 하이옌의 경우 이러한 점들을 뒷받침해주고 있어 더욱 더 피해 예측을 통한 사전예방에 힘써야 할 것이다.

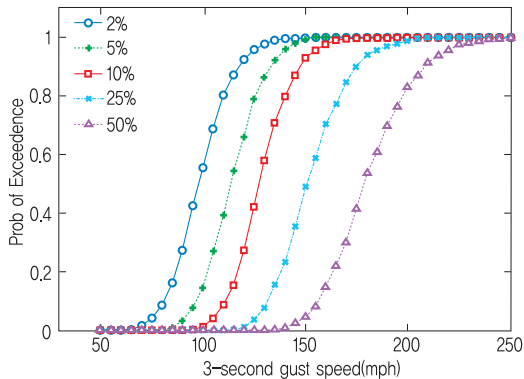
강풍에 의한 주택의 피해액 산정에는 FDFS(Florida Public Hurricane Loss Model, 2005)에서의 취약성 곡선(Fragility Curve)을 통하여 주택에 대한 요소별 피해확률을 도출한 정우식 등(2010)의 연구에서 제시한 주택 요소별 Damage State를 이용하여 풍속 범위에 따른 피해확률을 도출하였다. 피해확률에 따른 피해액을 산정하기 위해서는 <식 1>을 사용하였다.

$$\bullet \text{ Damage type } m(v_i) = \sum_{\text{damage_state}_i} P(\text{damage_state}_i | v_i) \times c(\text{damage}_i) \quad \langle \text{식 } 1 \rangle$$

여기서, $P(\text{damage_state}_i | v_i)$ 는 Roof Sheathing, Roof Cover, Exterior Walls, Windows에 피해가 발생할 확률이며, $c(\text{damage}_i)$ 는 주택의 요소별 복구비 비율 자료이다. 주택 한 채에 대한 피해확률은 앞 과정에서 산정된 주택 각 요소별 피해확률의 합으로 구할 수 있다.

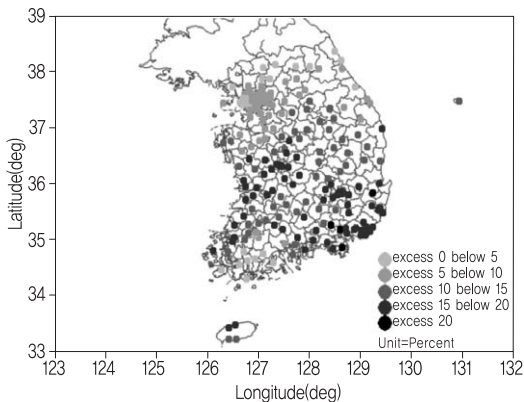
[그림 6]은 2002년 한반도를 내습한 태풍 루사의 경우로 한반도에 태풍이 상륙한 시점에 3초 거스트(gust)를 예측하여 주택과 같은 구조물에 나타날 수 있는 피해액을 예측하였다. 이는 태풍의 수치예보와 함께 실시간 예측이 가능하므로 이러한 정보를 방재 유관 기관에 알려 사전 방재 활동을 실시할 경우에는 예상 피해액을 최소화할 수 있다. 실제 2012년 4개의 태풍이 한반도를 방문했을 때 정부와 지자체의 사전 방재 활동으로 피해액을 상당히 줄인 예가 있다.

따라서 방재 측면에서 태풍정보를 빠르게 생성하고, 이를 신속하게 방재 유관 기관에 알려 '예방, 대비, 대응, 복구'의 4단계 방재 활동에 활용하는 것은 매우 중요하다. '예방' 단계는 여름철 방재 기간 이전에 이루어져야 할 단계이며, '대비' 단계는 태풍이 예측되었을 때 행할 수 있는 방안이다. 태풍이 한반도에 내습할 것으로 예상



*출처 : FDFS, 2005

[그림 5] 3초 gust에 의한 피해확률을 나타내는 취약성 곡선 (Fragility Curve)



[그림 6] 태풍 루사의 예측된 피해액 분포

될 경우, 어느 지역이 어떤 강도의 최대 피해가 나타날 것을 예측하고 방재 유관 기관과 시민들에게 정보를 신속히 전달하여 준비할 수 있다면 '대비' 단계에서 많은 인명과 재산 피해 감소가 가능할 것이다. 안전 시스템은 이와 같이 위험도를 줄여서 안전도를 높이는 것이 중요하다고 생각된다.

결론

최근 발간 배포된 IPCC 제5차 보고서에는 지구 대기와 해양의 온도는 상승하였으며, 해수의 열용량이 늘어나 전 지구의 지표면 온도가 상승하고 있다. 이로 인해 폭염, 폭우와 같은 극한 기상 현상이 더욱 빈번할 것이라고 예고하고 있으므로 고온에 의한 인간의 생명에 대한 안전은 물론

식량 수급에도 큰 변화가 야기되리라 보이며, 태풍과 같은 극한 기상 현상은 더욱 기승을 부릴 것으로 예상된다.

기후변화에 따라 늘어나고 있는 자연재해의 피해는 해저드(hazard)의 강도가 크고, 해당 지역의 취약성이 높을 때 발생하므로 총 피해액을 줄이기 위해서는 각 지자체의 피해 항목에 대한 구체적인 검토를 통해 그 지역의 취약성을 줄여야 한다.

특히 공공시설의 피해는 하계에 높으며, 주로 태풍과 호우가 집중적으로 발생하는 시기로 기존의 하드웨어적 방재 체계에 의존하는 것이 아니라, 앞서 제시한 태풍에 의한 위험도평가와 피해액 예측을 통해 그 기준을 융통성 있게 조절하여 예방의 단계를 높여야 한다. 아울러 기후변화에 따른 재난 재해 커뮤니케이션을 활성화하여 사전재해예방을 시도하는 소프트웨어 방식의 사전 방재계획을 수립해서 실천할 경우 현재보다는 훨씬 많은 피해를 줄일 수 있으며, 우리 국민의 생명과 재산을 보호함과 동시에 안전도 향상을 기할 수 있을 것이다. 🌸

참고문헌

- 박종길 · 장은숙 · 최효진, 한반도에 발생하는 기상재해 분석, 한국환경과학회지, 14(6), pp.613-619, 2005.
- Lee, S. S., Chang, E. M., Application of GIS to typhoon risk assessment, Journal of GIS association of Korea, 17(2), pp.243-249(In Korean), 2009.
- 박종길 · 김병수 · 정우식 · 김은별 · 이대근, 한반도에 영향을 주는 태풍의 통계적 특성 변화, Atmosphere, 16(1), pp.1-17, 2006.
- 박종길 · 정우식 · 최효진, 자연재해 평가를 위한 방재기상 DB 정보, 한국방재학회논문집, 7(3), pp.41-49, 2007.
- 박종길 · 정우식 · 최효진, 자연재해 저감을 위한 한반도 피해 취약성 분석: 공공시설 피해를 중심으로, 한국환경과학회지, 17(4), pp.413-422, 2008a.
- 박종길 · 정우식 · 최효진, 태풍 시기의 강풍 피해 예측을 위한 지상풍 산정에 관한 연구(I), 한국환경과학회지, 17(2), pp.195-201, 2008b.
- 정우식 · 박종길 · 최효진, 태풍 내습 시 3-second gust를 이용한 피해액 산정, 한국환경과학회지, 19(3), pp.353-363, 2010.
- 오재호, 지구온난화, 태풍 강도 변화에 큰 영향, Disaster Focus, 5, pp.104-107, 2007.

기후변화에 따른 기업의 대응, 기상경영



이중우 교수
인제대학교 경영학부
산업경영연구원

기업에게 기후변화와 기상정보가 주는 중요성

최근 전세계적으로 가장 이슈가 되고 있는 것은 바로 지구온난화에 따른 기후변화이다. 이로 인해 악기상 현상, 즉 태풍, 토네이도, 집중호우, 가뭄, 황사, 이상 고온 등의 자연재해 발생 횟수가 급증하며 피해 규모 역시 대폭 확대되고 있다. 지난 10년간 전세계의 기상재해 피해액은 1,400조원에 이르고 있다.

우리나라에서도 기후변화로 인한 4대 악기상 현상인 황사, 태풍, 집중호우, 폭설이 빈번히 발생하고 있다. 중국으로부터 발생하는 황사는 1980년대 연평균 3.9일에서 2000년 이후 연평균 12.8일로 빈도수가 3배로 높아졌으며, 농도 또한 짙어졌다. 하루 80mm 이상의 강수량이 기록된 집중호우의 경우에는 1954~1963년 동안 연평균 23.5일에서 1996~2006년 동안 36.7일로 많아졌다. 그리고 초대형 태풍도 2002년 루사, 2003년 매미, 2006년 에위니아, 2010년 곤파스 등과 같이 발생이 잦아졌다. 특히 기후변화는 1920년대에는 하루 평균기온 5℃ 이하인 겨울이 연평균 135일이었지만 1990년대 들어 107일에 불과하여 겨울이 한 달 정도 짧아지면서 한반도가 아열대로 변하고 있다는 예측도 나오고 있다.

이러한 기후변화에 대해 국민이 접할 수 있는 것이 바로 기상정보이다. 기후변화는 오랜 기간에 걸쳐 진행되는 기상 분포의 변화를 의미한다. 즉, 기후는 기상이라는 사건으로 이루어진 분포로 평균과 분산을 가지고 나타나는 것이다. 이러한 기후변화는 인간과 자연의 시스템에 막대한 영향을 미치고, 인간이 살아가는 사회적·경제적 활동에까지 변화와 파급효과를 주게 된다. 그러므로 사회적·경제적 발전과 안정을 위해 기후변화로 인한 피해에 대비하고자 지구온난화를 가속화하는 활동을 억제하고 현재의 기후를 유지하려는 활동들도 강화하고 있다. 이들은 순환적으로 맞물려 하나의 프레임을 형성하고 있다. 따라서 기상정보는 기후변화를 국민에게 인식시켜 주고 대비할 수 있도록 하는 원초적인 정보가 된다. 앞으로 기후변화는 국민에게 더욱 더 심각한 문제로 대두될 것이며, 국민 생활과 경제에 막대한 영향을 미칠 것이다. 이에 따라 기상정보의 중요성은 점차적으로 증대되고 그 영향력도 확대될 것으로 예상된다.

최근 빈번한 기상이변 발생과 그 피해 규모의 대형화는 국가적인 측면에서는 국가 안보와 연관되어 중요한 요소로까지 인식하고 있다. 1995~2005년의 지난 10년간 우리나라의 태풍, 호우, 폭설, 폭풍 등에 의한 자연재해 피해액은 연평균 1조 9,000억원으로 교통사고 피해액의 5배, 화재 피해액의 12배에 이른다. 특히 2010~2012년의 최근 3년간 피해액이 1990년대

“

과거에는 기상정보가 단순한 정보였지만

이제는 지식으로까지 그 의미가 확대되고 있다.

현재 기상정보는 의료, 보건 분야의 생명기상과 유통, 전력, 보험, 레저·관광, 교통, 수자원관리, 건설, 조선 등의 산업기상 분야에서 다양하게 활용되고 산업 현장의 안전에 영향을 미치고 있다.

”

에 비해 2배 증가하였다.

기상 현상과 자연재해에 대한 기상정보가 중요한 이유는 그것이 인류의 건강과 삶에 필수불가결한 자원의 원천과 직결되어 있기 때문이다. 기상 현상은 인간에게 필요한 물과 식량 공급 체계에 막대한 영향을 미쳐 국민의 생존을 위협한다. 그뿐만 아니라 기상 현상에 대한 기상 정보는 경제적인 측면에서 기업의 원재료 확보와 관련된 생산과 판매의 전략적 수량 조절, 제품 개발과 품질 유지, 소비자 행위 등과 같은 민간경제는 물론 에너지 공급 계획 및 수자원관리 등의 국가 경제에도 아주 중요한 영향을 미친다.

과거에는 기상정보가 단순한 정보였지만 이제는 지식으로까지 그 의미가 확대되고 있다. 현재 기상정보는 의료, 보건 분야의 생명기상과 유통, 전력, 보험, 레저·관광, 교통, 수자원관리, 건설, 조선 등의 산업기상 분야에서 다양하게 활용되고 산업 현장의 안전에 영향을 미치고 있다. 이렇게 기상정보는 국민의 사회 생활 및 다양한 분야의 산업에서 관심과 수요가 증가함에 따라 기상정보의 사회적·경제적 활용도 및 파급효과도 증대하여 날씨가 세계 경제의 80%를 좌우한다는 주장이 나오고 있다(배인섭, 2006).

국내 기상정보 활용의 경제적 영향은 1조원으로 추정되며, 이의 활용으로 인한 매출액상의 이익은 3~7배로 추정하고 있다. 그리고 세계기상기구(WMO, 1994) 보고서에 의하면, 기상 부문에 대한 투자 대비 편익은 국가별로 다소 차이는 있으나 약 5~10배 정도라는 분석 발표가 있었다. 예를 들어, 2002년의 기상재해 피해액은 6조

1,000억원이었으므로 총 기상의 사회적·경제적 영향은 약 7조 1,000억원으로 총 GDP의 약 1% 이상을 차지하였다(양영민 외, 2004).

이에 본고에서는 기상정보가 기업에게 미치는 영향과 중요성을 인지시키며, 기상정보를 기업의 경영 활동에 전략적으로 활용한 기상경영 체제 구축과 실제 사례들을 소개하고자 한다. 이를 통해 기업이 기상 현상으로 인한 위험을 최소화하고, 새로운 기회로 부가가치를 창출할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

기상정보를 활용한 기업의 전략적 의사 결정

우리나라 전체 산업 중 52%는 기상에 의해 영향을 받고 있다. 기상이 기업의 경영 활동에 미치는 경제적 파급 효과가 점차 커짐에 따라 기업은 이제 기상정보를 전략적 의사 결정에 활용하여 피해와 손실을 감소시키고, 비용을 최소화하며, 이익을 극대화할 수 있는 전략적 의사 결정을 내려야 한다.

일반적으로 기업의 경영자는 기상청, TV, 신문, 핸드폰 및 인터넷, 기상사업자를 통해 기상정보를 쉽게 접할 수 있다. 이 중 우리나라에서 가장 빈번히 발생하는 황사, 태풍, 집중호우, 폭설 등과 같은 악기상 현상에 경영자는 어떻게 대처할까? 그런 경우 경영자는 ‘날씨를 어떻게 활용하면 매출이 올라갈까? 날씨에 따라 고객들이 어떻게 달라질까? 어떤 품목이 판매가 잘될까? 작업 공정계획을 어떻게 할까? 재고관리 및 운송계획은 어떻게 해야 할

까?’ 등과 같은 의사 결정 문제에 직면할 것이다. 그리고 기업은 경영자나 경영전략실에서 기상정보를 접하여 원재료 구매, 생산, 판매에 이르는 가치사슬과 구매부서, 인사관리, 생산관리, 마케팅, 물류관리, 재고관리 등에서 기상정보에 따라 어떻게 행동할 것인가에 대한 전략적 의사 결정을 하고 있다.

이러한 기업의 전략적 의사 결정에 영향을 미치는 기상요소와 그 파급효과가 큰 산업별로 정리하여 보면, 다음의 <표>와 같다. 예를 들어, 건설업은 산업 특성상 강수, 폭설 등에 따라 안전사고나 공정 지연 등의 리스크에 노출되어 있다. 악기상이 발생하면 작업 중단에 따른 인건비 상승, 콘크리트 타설 비용 증가, 공사 일정 연기 등이

발생하고, 그 비용과 리스크는 건설업체가 감수해야 한다. 그러나 이러한 비용 증가는 건설업체가 국민과 발주기업에게 부담하도록 하는 경우가 대부분이다. 대우건설의 경우, 기상정보를 활용해 연간 30억원의 공정별 원가를 절감했다.

교통 및 물류업 중 항공사의 경우 폭설, 안개, 황사 등이 발생하면 회항이나 연착, 결항을 하게 된다. 이는 유류비의 증가를 가져온다. 황사 발생의 경우 터빈이나 정밀 부품의 손상에 따른 사고위험까지 높게 된다. 운송업체의 경우는 악기상으로 인한 배송 지연으로 유류비 증가 및 안전사고의 위험이 높아진다. 대한항공의 경우, 기상정보를 활용해 연간 7억원의 비용을 절감하였다.

<표> 산업별 핵심 기상 요인과 파급효과

업종 분류	기상 요소	해당 기업	파급효과
농·수산업	기온, 강수, 바람	농촌진흥청	- 파종 시기, 농약 살포 시기, 출하 시기, 농작물 피해 대비
패션업	기온, 강수	LG패션	- 생산기획, 재고관리, 판매 등에 큰 영향 - 날씨에 따라 판매되는 아이템의 변화
전자산업	기온, 황사	삼성전자, LG전자	- 반도체 생산 공정의 불량률 - 청정 환경 유지를 위한 생산비용 증가 - 냉장고, 에어컨 같은 계절상품의 판매
교통 및 물류업	폭설, 안개, 황사, 강수	대한항공	- 회항이나 연착, 결항, 배송 지연으로 인한 유류비 상승 - 항공기, 선박 운항 스케줄 - 연간 7억원의 비용 절감
레저업	기온, 강수, 폭설, 습도	한솔오크밸리	- 야외행사 진행 여부 - 방문 고객의 수와 원가 절감(스키장) - 연간 매출액 50억원 증대
건설업	강수, 폭설, 기온	(주)대우건설	- 안전사고나 공정 지연 등의 리스크 - 야외작업 및 건설자재의 효율적인 관리 - 공정별 원가 30억원 절감
유통업	기온, 강수	보광훼미리마트, 이마트 등	- 백화점 : 매장 방문 고객의 수 - 편의점, 대형할인점 : 판매물품의 아이템 - 홈쇼핑, 인터넷 쇼핑몰 : 강수가 매출에 영향
에너지업	기온	한국전력	- 에너지 공급계획(전력 생산 및 보급량) - 기온변화와 사용량 간의 상관관계가 큼
조선업, 중공업	기온, 강수	STX조선, 현대중공업	- 야외 작업(도색, 용접 등)계획 - STX조선 : 47억원의 원가 절감 - 현대중공업 : 공정 및 품질관리로 140억원의 원가 절감
보험업	기상정보 전체	(주)메리츠화재	- 기상변화에 따른 리스크 대책 - 사회적 비용 51억원 절감

*출처 : 기상청 날씨 활용 사례집 1, 2, 3, 4의 내용을 편집

전자산업에서는 반도체와 TFT-LCD 생산시설 등은 청정 생산 및 환경의 유지가 필수적이다. 그런데 황사의 발생은 불량 제품 생산율을 높이고 청정 환경 유지를 위한 에어필터 사용량이 4배 증가하여 생산비용을 급격히 증대시킨다.

패션업은 계절상품이 많아서 기상이변이 생산기획, 재고관리, 판매 등에 큰 영향을 미친다. 기상 예측이 틀릴 경우에 내부적으로는 재고가 발생하고 물류관리비가 증가한다. 시장 전체적인 측면에서는 경쟁사에게 시장을 빼앗기는 경우가 발생한다. 또한 패션업계에서는 단기 기상정보보다는 6개월 이상 장기 예보의 중요성이 더욱 더 크게 작용된다.

유통업체는 온도, 강수, 강설의 영향이 크다. 백화점의 경우는 비나 눈이 오면 매장 방문 고객 수가 급감한다. 기상의 영향력은 백화점이 판매 촉진을 위해 세일에 들어갔을 때도 끼친다. 악기상이 발생하면 세일의 효과를 누릴 수 없게 되는 것이다. 편의점이나 대형할인점에서는 날씨 개황에 따라 판매되는 물품의 아이템이 차별적이다. 그러므로 기상에 따라 적정 공급 물량을 확보하는 것이 문제이다. 그리고 새로운 유통업체로 성장한 홈쇼핑이나 인터넷 쇼핑몰은 강우 여부가 매출액과 직결된다고 할 수 있다. 특히 기상정보의 유용성과 전략적 활

용은 제품 생산과 판매를 위한 적정 재고의 확보 면에서 아주 중요하게 작용하여 기업의 수익 창출과 손실에 밀접한 관계로 나타난다.

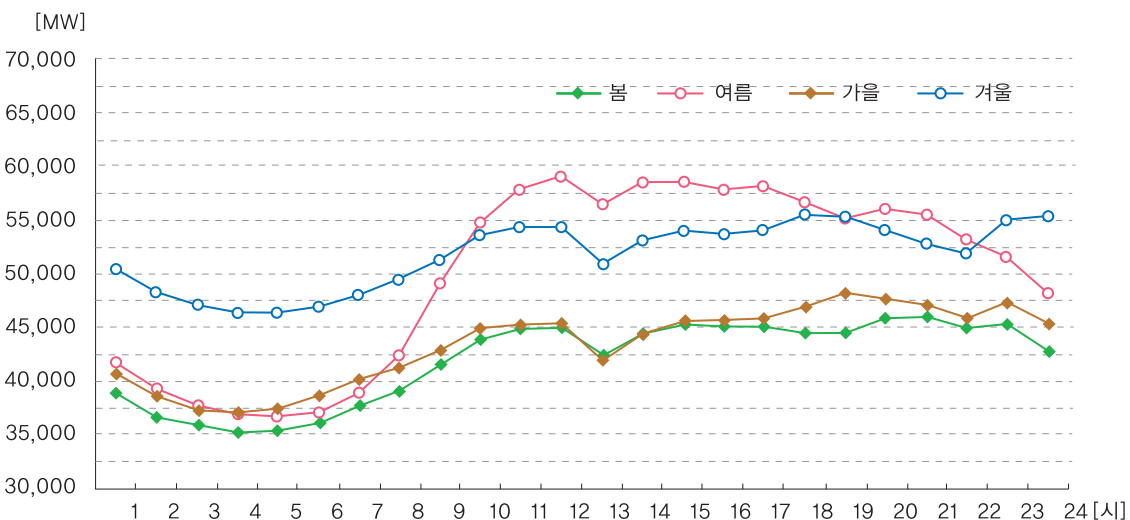
레저산업은 기온과 강우에 따라 입장객과 매출액이 변동을 한다. 즉, 기상 현상과 입장객 수, 시설 이용량, 지출 금액 간의 상관관계를 분석해 보면 기상의 중요성을 알 수 있다.

가스, 전력과 같은 에너지업의 경우, 기온변화와 사용량 간의 상관관계가 크다. 겨울철 이상고온으로 가스회사들의 매출은 크게 감소하며, 여름철 무더위는 전력 사용량을 급증하게 한다. 이에 따라 에너지업체들은 기상에 따른 수요 변동을 예측하고 과잉이나 부족을 야기하지 않는 최적의 공급 시스템을 구축, 가동해야 한다.

산업별 기상정보의 활용과 경제적 가치

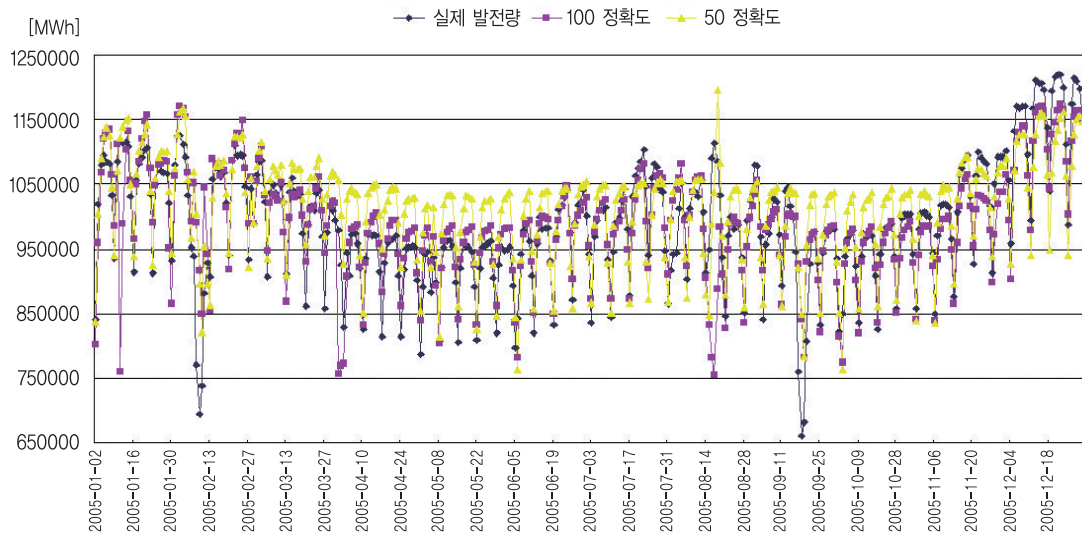
전력산업

우리나라는 석유 소비량과 에너지 소비량이 각각 세계 7위, 10위를 기록할 만큼 에너지 수입의존도가 높은 나라이다. 현재 우리나라의 에너지 수입액은 945억 달러로 GDP의 10%에 해당된다. 따라서 에너지 사용의 효율을



*출처 : 한국전력거래소

[그림 1] 계절별 전력 수요량



*출처 : 전력 수요 예측 관련 의사결정에 있어서 기온예보의 정보가치 분석, 한창희 외, 2009

[그림 2] Neural Network를 활용한 기온정보 가상 시뮬레이션(전력 발전량 예측모형, 2005년)

높이고 기후변화산업을 육성할 경우, 매년 GDP 3% 안팎의 성장효과를 거둘 수 있을 것으로 전망하고 있다. 그러므로 정부의 기후변화 대응 종합기본계획은 저탄소 경제·사회 시스템의 구축을 위해 노력하고 있다.

전력은 저장과 보관이 불가능해 생산과 동시에 소비가 발생하는 동시성을 가지고 있다. 전력에서는 전력소비를 예측해 전력 공급에 차질이 없도록 하는 것이 가장 중요하다. 또한 '경쟁급전의 원칙'에 따라 가장 원가가 저렴한 가격에 전력을 공급하기 위해 노력하고 있다. 현재 전력을 생산하기 위해 사용하는 발전기의 원료는 원자력, 석탄, 국내 탄, 유류, LNG, 복합, 수력, 양수 등이 있다. 이들 원재료 중 원자력과 수력을 제외한 나머지는 대부분 수입에 의존하고 있는 현실이다. 이에 전력의 정확한 수요 예측은 매우 중요하다. 전력 수요 예측은 경제성장률, 생활 수준, 기상정보를 기반으로 실시하고 있다. 우리나라 전력 생산의 계절적 특징을 살펴보면, 여름철에는 최대전력 수요인 피크타임이 자주 발생되며, 일일 최대 1억 5,000만MW 이상의 편차가 발생한다. 그리고 겨울철에는 여름철보다 전체 전력소비량이 많은 특징을 나타내고 있다[그림 1].

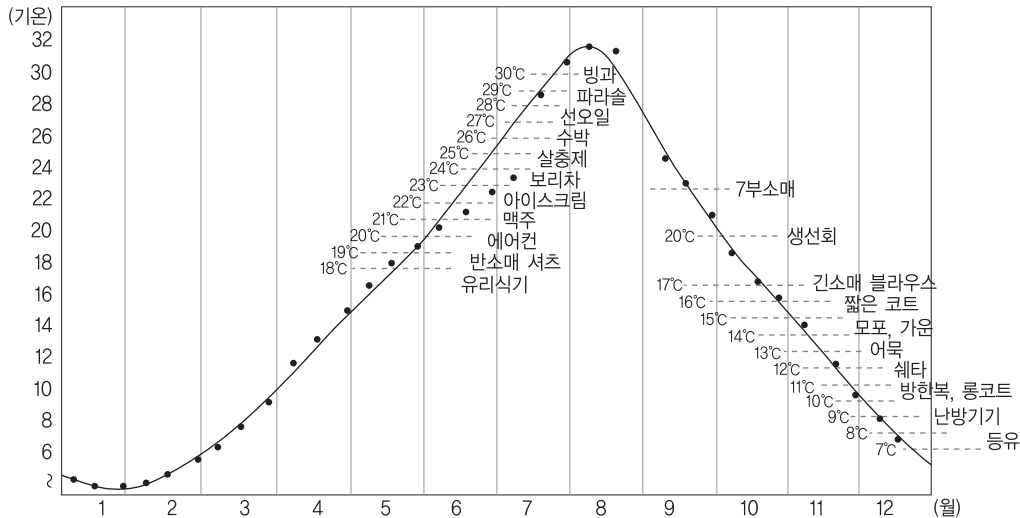
따라서 본 연구진은 기상정보와 관련된 계절별 전력수요량을 2005년도 24시간 리드타임의 기온 예보, 실제

기온 및 실제 전력 발전량을 기본 데이터로 하여, Neural Network를 학습시켜서 100% 정확도를 가정한 전력 발전량을 추가 산출하여 실제 전력 발전량과의 관계를 비교 분석하였다[그림 2].

그 결과, 2005년도 실제 전력 발전량은 3억 5,958만 2,138MWh였지만 100% 정확한 기온 예보를 가정한 전력 발전량은 3억 5,890만 6,571MWh로 67만 5,566MWh의 전력 발전량 절감 가능성이 존재함을 알 수 있다. 이는 1MWh에 평균 20달러의 생산비용이 소요되는 것을 감안한다면, 2005년 한 해 동안 약 1,351만 달러의 생산비용을 절감할 수 있다고 분석된다. 이는 1달러 당 원화 환율을 1,300원으로 가정하였을 경우 약 17억 5,600만원에 달한다. 이로써 100% 정확도가 아니더라도 단순히 현재 수준보다 정확한 기온 예보를 제공한다면 상당한 비용을 절감할 수 있는 결론에 도달하였다.

유통산업

유통산업에서는 '경기 3할, 날씨 7할'이라는 말이 있을 정도로 날씨가 영업에 매우 중요하다. 즉, 유통산업의 경영 성과는 기상정보에 민감하다. 일반적으로 기상정보가 유통산업 전체 매출에 미치는 영향은 5% 가량이지만, 아



*자료 : 일본기상협회

[그림 3] 제품별 임계온도

이스크림, 에어컨, 방한의류, 맥주 등과 같은 계절상품은 기상정보에 따라 매출이 20%씩 차이가 나기도 한다. 이러한 유통산업에서는 미래의 기상변화에 더욱 민감할 수밖에 없다. 기상변화는 곧 소비자의 라이프스타일을 변화 시키며, 소비자의 구매물품 변화로 이어지기 때문에 향후 유통산업에서 기상정보가 미치는 영향력은 더욱 더 커질 것으로 예상된다.

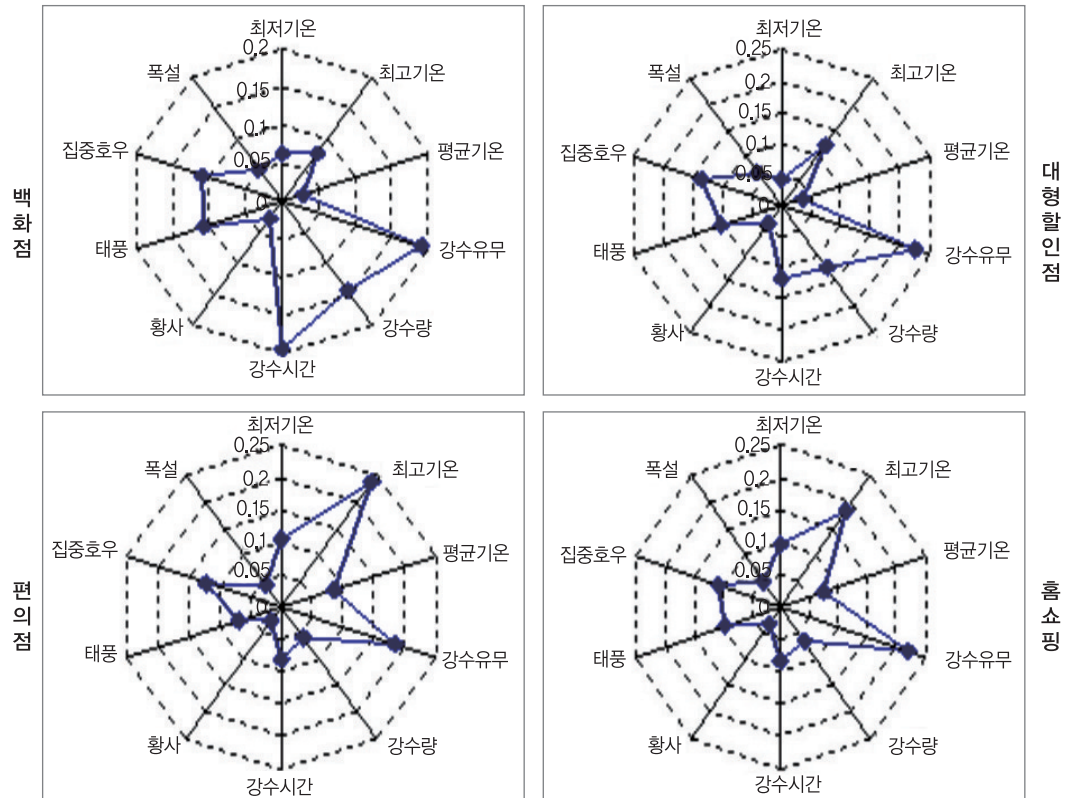
일본의 '세븐일레븐 저팬' 편의점의 경우는 효율적인 상품 발주를 위해 제품별 임계온도를 고안해서 사용하고 있다[그림 3]. 이 시스템은 각 편의점에 일정 시간 간격으로 날씨 개황, 기온의 변화뿐만 아니라 체감 온도 등을 문자나 그래프로 제공하여 점포 내의 단말기를 통하여 간편하게 볼 수 있게 한다. 또한 상권을 세분해 산이나 골짜기 등 지역적인 특성을 고려하여 분석한 결과까지 함께 제공하는 판매시점관리 시스템을 구축함으로써 과거에 분석되었던 기상변화에 따른 매출의 변화를 수시로 체크하여 매출과 재고정보를 동시에 파악해 실시간 예측이 가능한 수요 및 재고관리를 효율적으로 실행하고 있다.

2010년 기상청 학술용역사업으로 실시된 '기상정보 경제가치 제고를 위한 전략개발연구(II)'를 통해 유통산업의 4개 업체인 백화점, 대형할인점, 편의점, 홈쇼핑 중사

자 103명을 대상으로 경영 활동에서 가장 중요하게 생각하는 기상 요인에 대한 설문조사를 하였다. 그 결과, 백화점의 경우 '강수시간 > 강수 유무 > 강수량' 순으로 나타났으며, 대형할인점의 경우 '강수 유무 > 집중호우 > 강수량', 편의점의 경우 '최고기온 > 강수 유무 > 집중호우', 그리고 홈쇼핑의 경우 '강수 유무 > 최고기온 > 집중호우' 순으로 응답하였다. 이는 유통업으로 분류되어 기상정보 서비스를 제공하는 것보다 각각의 업체별로 경영 활동에 중요한 기상 요인을 조사하여 맞춤형 기상정보 서비스를 제공하는 것이 활용도와 효율성 측면에서 더 낫다는 점을 시사한다.

한편, 기상정보가 유통기업의 경영 활동에 미치는 영향이 어느 정도인가에 대한 질문에 대해서는 103명 중 96명인 93.2%가 '경영 활동을 하는 데 기상정보가 영향을 미친다'고 인식하고 있었다.

매출액에 기상정보가 미치는 영향은 '20% 이상'이라는 응답이 32%로 가장 높았으며, 기상정보가 방문 고객 수에 미치는 비율은 '20% 이상'이라는 응답이 54.4%로 가장 높았다. 2009년 유통산업의 4개 업체 매출액이 60조원임을 감안한다면, 기상정보의 영향력이 매우 크다고 볼 수 있다.



[그림 4] 유통산업의 업체별 핵심 기상 요인

레저산업

경기도 원주시에 위치한 종합 레저업체인 한솔오코밸리는 골프장(45홀), 스키장, 야외 업장을 운영하고 있다. 레저업의 특성상 야외에서 대부분의 활동이 이루어지므로 강수 유무가 매출액에 직접적인 영향을 미치고 있으며, 강수 유무 이외에도 강수 시작시점과 종료시점의 기상정보도 중요하다. 이를 위해 한솔오코밸리는 여의도의 6배 규모인 450만평의 지역에 자동기상관측기(AWS) 등을 설치하고, 원주기상대와 제휴하여 영업지역 내의 특화된 기상정보를 제공받고 있다.

아울러 매출액과 강수량의 상관관계 분석을 실시하여 데이터베이스(DB)화함으로써 상관관계를 도출할 뿐만 아니라 TWSS(Target Weather System Service)를 구축하여 기상정보를 고객에게 미리 알려주고 있다. 이 기업은 2007년부터 2013년 현재까지 악기상시 실내 골프레

스 프로그램을 준비하는 등 날씨정보를 활용해 예약 활성화와 취소 방지, 결혼식, 공연 등 야외 부문 사업 활성화로 연간 매출액 50억원의 증가를 이루었다.

황사정보와 TFT/LCD산업

황사정보가 우리나라 기업들에게 미치는 영향에 대한 연구에서는, 한국증권거래소에 상장된 695개 기업 중 황사에 직·간접적인 영향을 받는 기업은 20.3%인 141개에 달했다. 이들 기업의 2011년 매출액은 총 365조 5,608억원으로 그 비중은 46.8%로 나타났다. 그리고 141개 기업을 대상으로 공장 및 매출액을 반영한 황사지도를 작성하였다. 그 결과, 반도체산업이 위치한 수원, 용인, 평택, 성남지역인 경기도지역이 황사에 가장 많은 영향을 받는 것으로 나타났다. 한편, 서울지역의 TFT/LCD 기업 가운데 황사예보를 활용하지 않은 경우와 황사예보

를 활용하여 대비 활동을 실시한 경우를 비교했을 때는 후자가 40%의 피해비용을 감소시킬 수 있다는 연구결과를 도출하였다.

기업의 전략적 기상정보 활용을 위한 제안

기상정보를 활용한 기업의 기상경영 체제 구축을 위해서는 우선 기상청의 역량 및 R&D 강화가 중요하다. 이를 위해 기상예보 정확도 향상을 위한 기술 개발과 기상사업자 역량 강화를 위한 인큐베이팅 프로그램 개발, 기상정보의 경제적 가치 및 활용 방안 홍보, 그리고 '기상선진화를 위한 10대 우선과제' 추진 예산 지원 확대가 필요하다.

이와 함께 기업들은 경영 활동에서의 기상정보 활용가치를 분석해야 한다. 이를 통해 산업별 기상정보 활용 사례와 가치평가연구를 실시하고, 기상정보의 부가가치 극대화를 위한 경영의사 결정 모형 개발을 비롯해 사내 기상 리스크관리 전담부서를 조직하고, 기상정보 유료화 홍보, 유도 및 새로운 사업 기회로 활용해야 한다.

이러한 기업들의 기상경영 체제 구축과 동시에 정부의 녹색성장 정책과 부합하는 기업의 신사업 분야 진출을 모색할 필요가 있다. 그 대표적인 사업이 신재생에너지 분야일 것이다. 작년 국립기상연구소에서는 풍력 및 태양광 기상자원지도를 제작하여 발표하였다. 이를 활용하여 1km × 1km의 풍력자원지도 및 10m 단위의 상세지도에 의한 기존 풍력설비의 재배치 내지 리파우어링이 필요하다. 태양광의 경우, 4km × 4km의 태양광 자원지도에 의하면 우리나라에서 일사량이 제일 많은 곳은 경남 통영-진주-대구로 이어지는 선벨트(sunbelt) 지역이다. 향후 새로운 태양광 발전설비 배치를 선벨트 지역으로 유도함으로써 풍력 및 태양광 설비의 재위치 및 생산효율성 향상을 도모할 수 있다.

다른 한편으로, 국민 생활과 관련된 기상정보 적용의 대표적인 사업은 유통기업의 전략경영이다. 현재 유통기

업은 기상청이나 신문 및 뉴스를 통해 기상정보를 제공받기보다는 기업의 경영 활동에 바로 활용할 수 있는 맞춤형 기상정보를 제공해주는 기상사업자를 이용하거나 기상사업자로부터 기상 컨설팅과 같은 특화된 서비스를 제공받아 이용하는 것도 좋은 방안이 되리라고 본다.

특히 패션·의류업계에 중요한 기상정보는 중장기 기상예보인데 이의 정확도는 매우 낮은 편이다. 따라서 패션·의류업체의 경우에는 기상정보를 전략적으로 활용하여 수요계획을 수립하기가 다소 미흡하다. 그러므로 기상사업자를 통해 보다 정확한 중장기 기상예보를 제공받음으로써 제품의 소재나 트렌드를 정확히 예측함에 따라 부가가치를 창출할 수 있다.

이런 경우 매장의 디스플레이나 구성 아이템을 기상정보에 따라 적극적으로 대응함으로써 수량 매입과 상품을 전시·판매하는 데 비주얼 머천다이즈(visual merchandising) 목표와 상품의 표현을 차별적 특성과 조화시켜 고객의 수요와 만족도를 향상시킬 수 있다. 또한 사내에 기상대응팀이나 클라이언트 머천트와 같은 기상학을 전공한 전문인력을 확보함으로써 기상정보의 불확실성으로 인한 위험과 경제적 손실을 감소시키며, 기상정보를 전략적으로 활용해 고부가가치를 창출할 수 있는 창의적이고 새로운 경영기법을 적용함으로써 현재의 불황 위기를 기회로 전환시킬 수 있다. 🌸

참고문헌

- 배인섭(울김), 2006, 날씨가 지배한다, 플래닛미디어 (Freidheim Schwarz, 2005).
- 양영민·강인식·유진호·안경희, 2004, 기상정보가 사회경제에 미치는 영향과 효과 분석, 한국기상학회지, 제40권 2호, 159-175.
- 한창희·이중우·이기광, 2009, 전력 수요 예측 관련 의사결정에 있어서 기온예보의 정보가치 분석, 경영과학, 제26권 제1호, 77-91.
- WMO, 1994, Conference on the Economic Benefits of Meteorological and Hydrological Services, Geneva, 19-23 September 1994, WMO/TD No. 630.

기상과 연계한 교통사고 감소 대책

- 일기예보와 같은 교통안전예보서비스 시행



조준한 선임연구원
교통안전공단

배경

교통사고는 질병, 자연재해와 더불어 심각한 사회적 문제로 인식하고 있으며, 매년 막대한 인적·물적 손실을 야기하고 있다. 국내의 교통안전 수준은 점차 개선되고 있기는 하나, OECD 가입국가 중에는 여전히 하위권에 머물고 있다. OECD 교통안전 통계에 따르면, 우리나라의 인구 10만명 당 교통사고 사망자 수는 10.5명으로 OECD 평균인 8.0명보다 1.3배 이상 많은 것으로 보고되었다(Road Safety Annual Report, 2013). 또한 2012년 교통사고 사망자 수가 5,363명으로, 전년도 대비 2.6% 증가하면서 기존 교통사고 감소 대책에 대한 점검과 새로운 접근 방법의 교통안전관리전략 수립이 필요한 시점이다.

정부는 국내의 교통사고 발생을 감소시키기 위해 다각적인 교통안전 정책을 마련하고 있으며, 이러한 흐름에서 교통안전공단은 경찰청 교통사고, 기상청의 자료 등 빅데이터를 활용한 과학적인 교통사고 감소 대책을 수립하였다. 즉, 일기예보와 같이 매일 교통사고 위험도를 미리 알려주는 교통안전예보지수를 개발하여 대 국민 서비스를 시행하였다.

교통안전예보지수의 개념

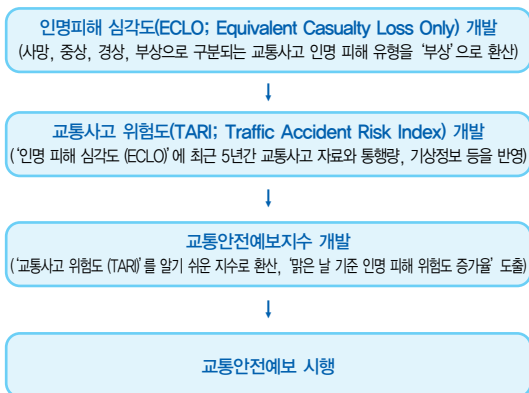
교통안전예보지수는 교통사고자료와 기상정보를 연계 분석하여 산출한 '교통사고 위험도(TARI; Traffic Accident Risk Index)'를 뜻한다. '교통사고 위험도(TARI)'는 사고 1건 당 인적 피해 수준(사망, 중상, 경상, 부상)을 고려한 '인명피해 심각도(ECLO; Equivalent Casualty Loss Only)'와 교통사고 발생빈도를 함께 표현한 지표이다. 여기서 '인명피해 심각도'는 교통사고 시 발생하는 인적 피해는 사망, 중상, 경상, 부상으로 구분되는데, 이를 비교하기 쉽도록 '부상' 기준으로 환산한 값을 말한다. ECLO는 사고 1건 당 인적 피해 수준(사망, 중상, 경상, 부상)을 고려한 수치로서, 부상자를 1로 두고 경상에 3, 중상에 5, 사망에 10을 부과하여 부상자 수로 모두 환산하여 산출한다. 따라서 교통안전예보지수는 TARI를 지수화하여 일반인들이 쉽게 이해할 수 있도록 수치로 표현한 것이다.

교통안전예보지수는 수치와 그래픽(픽토그램)으로 제공된다. 지수는 수치로 표현된 '교통사고 위험도 증가율'과 '안전운전(보통)-주의-위험'의 3단계 도식화 정보로 제공한다. <표 1>을 토대로 예를 들면, 강우가 오는 날에는 '교통사고 위험도 12% 증가'와 '주의' 예보가 나가게 되는데, 이는 맑은 날을 기준으로 인명 피해 발생 위험이 12% 증가한다는 것을 의미한다.

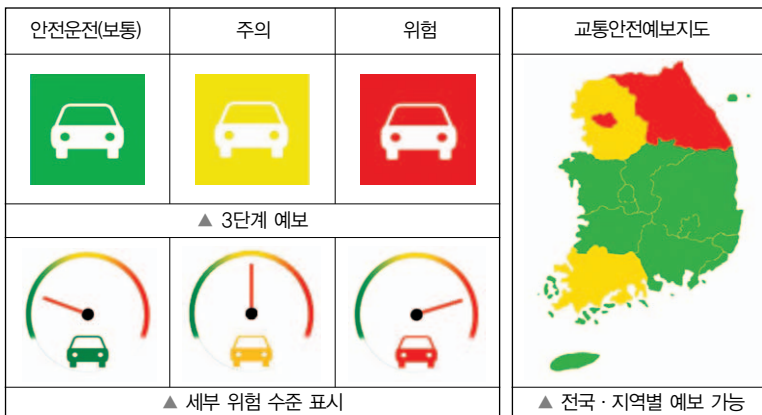
“

교통안전공단은 일기예보와 같이 매일 교통사고 위험도를 미리 알려주는
교통안전예보서비스를 시행하고 있다. 교통안전예보는 교통사고자료와
기상정보를 연계 분석하여 ‘교통사고 위험도(TARI)’를 독자적으로 개발하였고,
이를 활용해 그 날의 기상 상황에 따른 교통안전예보지수와 함께
교통사고 특성, 안전운전 수칙을 제공하고 있다.”

”



[그림 1] 교통안전예보 도출 과정



[그림 2] 교통안전예보의 다양한 그래픽 정보

[표 1] 기상 상황에 따른 교통안전예보지수 예시

기상 유형	TARI	교통안전예보지수	도식화
맑음	보통 423.92	-	안전운전
	폭염 432.40	교통사고 위험도 2% 증가	주의
흐림	보통 445.12	교통사고 위험도 5% 증가	주의
	보통 457.83	교통사고 위험도 8% 증가	주의
비	보통 474.79	교통사고 위험도 12% 증가	위험
	강우 474.79	교통사고 위험도 12% 증가	위험

*안전운전(위험도 5% 이내), 주의(위험도 5~10%), 위험(위험도 10% 이상)

교통안전예보서비스 시행

분석자료는 최근 5년간 경찰청 교통사고, 기상청자료 등의 빅데이터를 활용하였다. 교통사고자료는 교통안전공단의 교통안전정보관리시스템(TMACS)의 자료를 이용하였다.¹⁾ TMACS는 교통안전법령에 의거하여 구축·운영되는 시스템으로서, 교통 시설, 교통 수단 및 교통 체계의 안전과 관련된 제반정보와 교통사고 관련자료 등을 통합적으로 유지·관리하고, 교통사고 원인 분석 정보 및

맞춤형 교통안전 콘텐츠를 제공한다. 또한 기상자료는 교통안전공단과 기상청 MOU 체결(2010년 5월 31일)에 의거하여 공식 요청에 의해 제공 받을 수 있다. 이렇게 성격이 상이한 교통사고자료와 기상자료를 날짜별·사고 건수별 개별적으로 1:1 매칭(matching) 작업을 거쳐서 최종 분석자료 셋(dataset)을 완성하였다.

교통안전예보서비스는 교통안전예보지수와 함께 교통사고 특

1) 교통안전공단의 교통안전정보관리시스템(TMACS; Traffic Safety Information Management Complex System)의 교통사고자료는 매년 도로교통공단의 교통사고분석시스템(TAAS)의 자료를 제공받아 운영하고 있음.

성, 안전운전 수칙 등을 제공한다. 지역별(광역시·도) 교통사고 특성은 과학적인 통계 분석을 통해 월별·요일별·시간대별·교통 수단별·운전자별·도로 형태별 등 유형별 맞춤형 교통안전예보에 활용한다. 예를 들어, 보행자의 행태 분석을 통해 '65세 이상 운전자 교통사고 20% 증가', '횡단중 보행사고 30% 증가'와 같은 문구를 도출할 수 있다. 또한 기상 유형(맑음, 흐림, 눈, 비, 안개 등)에 따른 안전운전 수칙을 함께 제공한다. 예를 들어, 겨울철 눈이 오는 경우에는 '빙판길 의심구간 50% 감속 운전' 문구를 제공하여 안전운전을 유도하도록 한다. 교통안전예보서비스는 2013년 6월 1일부터 교통안전공단 홈페이지(www.ts2020.kr)를 통해 [그림 3]과 같은 콘텐츠로 시행하고 있다.

교통안전공단 홈페이지의 교통안전예보서비스를 살펴 보면, 정보 제공의 시간적 범위는 '오늘'과 '내일'의 교통안전예보를 제공하고 있다. 또한 일기예보처럼 지도상에 16개 광역시·도를 표현하였으며, 해당지역을 클릭하면 그에 따른 교통안전예보지수와 함께 교통사고 특성, 안전운전 수칙을 제공하고 있다. 추가적으로, 교통안전예

보의 개념과 세부 내용을 소개하는 부분도 함께 수록하였다. 특히, 교통안전예보지수의 핵심 내용인 '교통사고 위험도(TARI)'는 국내·외적으로 처음 제시한 개념으로 수치 산정 방법 및 의미, 심각도 수준 등을 제시하였다.

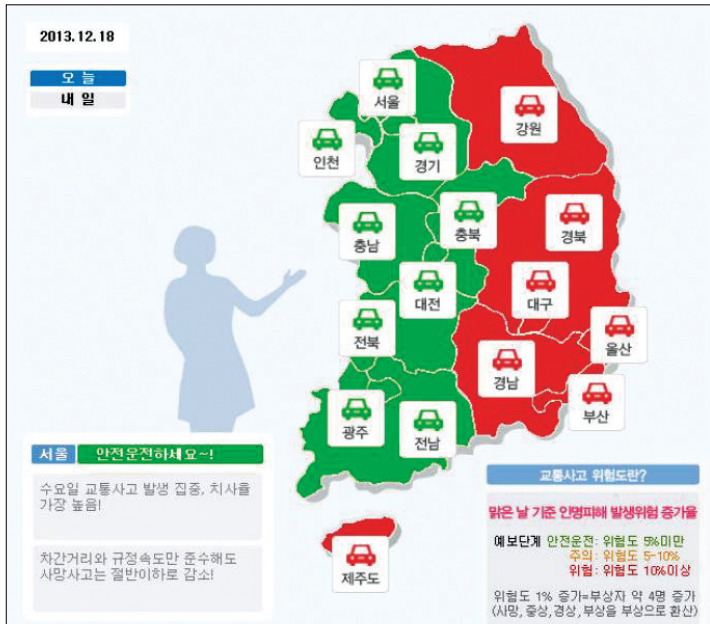
시행 성과(효과)

교통안전공단이 자체 개발한 교통안전예보지수는 언론 보도, 대외 활동(미래교통포럼, 학술대회) 등을 통해 홍보하였다. 특히, 각종 자동차 민원, 운수회사 관계자 등 매일 1만명 정도 방문하는 교통안전공단 홈페이지를 통해 대 국민 예보서비스를 시행함에 따라 교통안전에 대한 국민적 관심을 높이고 사고를 줄이는 데 기여하였다.

교통안전공단은 사업용 자동차 교통안전을 중점적으로 관리하고 있는데 2013년 9월 기준으로 전년 동기 대비 사망자 수가 116명 감소하였다. 사업용 자동차의 전년 동기 대비 사망자 수 감소율은 15.3%로, 사업용과 비사업용 자동차를 합한 전체 사망자 수 감소율(8.4%)보다 훨씬 높았으며, 비사업용 사망자 수 감소율(6.9%)보다 두



[그림 3] 교통안전공단 홈페이지의 교통안전예보서비스 화면



[그림 4] 오늘의 전국 교통안전예보 세부 콘텐츠

〈표 2〉 교통사고 사망자 수 분포 (단위 : 명)

전년 동기 대비(2013년 9월 25일 기준)				
구분	2013년	2012년	증감	증감률(%)
전체 사망자 수	3,846	4,200	▽354	▽8.4
사업용 사망자 수	640	756	▽116	▽15.3
비사업용 사망자 수	3,206	3,444	▽238	▽6.9

*2012년, 2013년 교통사고 사망자 수는 2013년 9월 25일까지 집계된 자료(교통안전공단 내부자료)

배 이상 높게 나타났다. 교통사고 증감은 교통안전 유관 기관(국토교통부, 경찰청, 도로교통공단, 한국도로공사)의 노력도 작용하였기 때문에 순수하게 교통안전공단의 교통사고 감소 기여도는 비사업용과 사업용 사망자 수의 차이로 해석할 수 있다. 그런 의미에서라면, 교통안전공단은 다양한 교통안전관리를 통한 사업용 자동차 교통사고 줄이기에 큰 결실을 맺었으며, 교통안전예보서비스가 사망자 수 감소에 일정 부분 공헌한 것으로 분석된다.

교통안전예보 고도화 방안(향후계획)

2014년에는 현재의 교통안전예보서비스를 한 단계 고도화시키는 작업을 계획하고 있다. 현재 서비스중인 지역별 교통안전예보지수를 개선하여 고속도로, 국도, 지방도 등 도로 형태별 예보서비스를 추진하고 있으며, 우선적으로

내년에는 고속도로를 중심으로 교통안전예보지수를 제공할 계획이다. 또한 교통안전공단 홈페이지뿐만 아니라, 신문, 방송 등 다양한 언론매체와 연계하는 방안도 계획하고 있다. 신문사에서 제공하는 생활지수(빨래지수, 불쾌지수, 운동지수 등)와 같은 콘텐츠를 개발하고, 방송사의 일기예보 및 도로 소통정보와 연계하는 방안도 검토할 계획이다.

이처럼 다양한 정보 제공 매체에서 동참해 준다면 새 정부 국정 목표인 교통안전 선진화를 조기에 달성할 수 있을 것으로 기대된다. 교통안전공단은 국민 중심의 서비스 즉, 수요자 중심의 맞춤형 서비스를 지향하는 정부 3.0에 발맞추어 '교통안전 정부 3.0'을 지속적으로 추진하고자 한다. 🌸

참고문헌

- 교통사고통계, 경찰청, 2013.
- 교통안전공단 홈페이지 <http://www.ts2020.kr>
- 도철웅, 교통공학원론, 청문각.
- FHWA(Federal Highway Administration) Safety 사이트 <http://safety.fhwa.dot.gov/hsip/resources/fhwasa09029/sec2.cfm>
- Oh, Jutae, Simon Washington, Dongmin Lee, Property Damage Crash Equivalency Factors for Solving the Crash Frequency-Severity Dilemma:
- Road Safety Annual Report 2013, International Transport Forum, OECD, 2013.
- Case Study on South Korean Rural Roads, Transport Research Board, 2010.
- Tamburri, T.N. and Smith, R. N. The Safety Index: Method of Evaluating and Rating Safety Benefits, Highway Research Record 332, 1970.

기상예보를 활용한 산업재해예방



김영선 연구위원
산업안전보건연구원
재해통계분석팀

기상예보

우리나라는 뚜렷한 사계절로 인해 풍부한 자연의 혜택 속에서 삶의 방식이 다양하게 발달할 수 있었다. 반면 한파, 폭설, 폭염, 폭우, 풍랑을 비롯하여 최근 들어 나타나는 오존, 황사 현상, 산성 안개와 같은 이상기상 현상은 역시 우리 삶에 많은 영향을 미치고 있다.

매년 반복되어 나타나는 태풍이나 호우를 예방하기 위해 과거부터 댐 등으로 치수를 하였으며, 대설, 난동, 냉해 등을 예방하기 위해 관천망기(觀天望氣)¹⁾를 하여 왔다. 기상 예측은 기원전 7세기 영국에서 점성술사나 마술사들이 했던 기록이 있으며, 우리나라에서는 환단고기(桓檀古記)²⁾에서 최초의 기록이 남아 있다. 근대화한 일기예보는 1854년 크림전쟁에 참가한 프랑스 군함들이 태풍에 의해 침몰한 것을 계기로 파리 천문대 대장 르베리에에 의해 시작되었다.

일기예보는 과학기술의 발전과 사회적인 요구의 부응에 따라 세분되었으며, 최근 들어서는 생활기상지수, 산업기상지수, 보건기상지수 등을 예보하고 있다. 또한 각 산업에서의 기상정보를 활용한 기상경영 사례가 증가하고 있는 추세이다. 기상경영이란 정보기술을 활용한 서비스 마케팅으로, 사전에 예측된 기상변화정보를 제공받아 이를 사업계획에 반영하는 것이다. 이는 위성사진 기상 데이터 등 자료를 건네받고 가공·분석한 기상정보를 이용해 손실에 대비하거나 재고량·판매량 조절 등 여러 가지 경영계획을 결정하는 것을 의미한다.

이와 같이 기상 현상은 일상생활이나 근무 환경과 밀접한 연관성을 가지고 있으며 산업재해 발생에도 영향력을 미치고 있다. 물론 기상 현상의 변화가 산업재해 발생 전부를 설명하기는 어려우며 일부 유의적인 변화를 설명하고 있을 뿐이다. 이에 따라 다양한 기상 요소가 산업재해와 연관성이 있는지를 분석하여 산업재해 감소를 위한 전략의 일환으로써 산재발생위험예보시스템을 구축하고, 기상 요소의 다양한 조합에 의해 실시간 산업재해 위험을 예보하는 어플리케이션 개발에 대한 소개를 하고자 한다.

1) 동·서양을 막론하고 기구를 이용한 기상관측이 시작되기 전에 흔히 쓰던 방법이다. 대부분의 방법이 과학적인 근거는 없지만, 구름이나 하늘의 상태를 보고 경험적으로 판단하는 방법 중에는 기상학적으로 뜻을 지닌 것도 있다. 이 방법은 현재도 농부나 어부들이 쓰고 있으며, 여러 법칙이 전해지고 있다.[출처 : 두산백과 사전]

2) 환단고기(桓檀古記)에 “환웅(桓雄)이 3,000명의 무리와 풍백(風伯)·우사(雨師)·운사(雲師)를 거느리고 곡식·수명·질병·형벌·선악을 주관하고 세상을 다스렸다.”는 기록이 있다. 바람·비·구름은 일기의 변화와 직결되므로, 이것을 관장한다는 것은 비록 주술적인 것이라고 할지라도 일기 예측을 하고 있었음을 뜻하는 것이다.[출처 : 한국민족문화대백과, 한국학중앙연구원]

기상정보를 이용한 산업재해경보 시스템 개발

세계적으로 기업경영에서 기상정보는 매우 중요한 요인으로 등장하고 있다. 생산기술 및 생산 영역이 고도화하고 있는 무한 경쟁 시대에 기업의 경영자와 정책입안자에게 기상정보의 효과적인 이용은 반드시 필요하다.

산업재해의 발생 유무는 환경에 대한 민감도가 높기 때문에 환경을 구성하는 다양한 인자의 심층 분석을 통해 산재 예방의 지표를 구성해 나갈 수 있다. 기상 현상이라는 인자는 근로자에게 공간과 시간에 따라 매우 다양한 형태로 영향을 미치고 있기 때문에 이를 과학적으로 분석하고 근로자와 사업주, 재해예방 기관에서 활용성과 접근성 높은 매체를 통해 배포하도록 산재경보시스템을 개발하였다.

즉, 기상 조건에 따른 산업재해 위험도에 대한 정보를 제공하는 시스템을 구축하여 기상정보가 재해 발생에 미치는 위험을 알려 줄 수 있는 것을 목표로 하였다. 또한 산재경보시스템의 비즈니스 용도와 목표, 요구된 기능, 위험, 역할과 책임 등을 정의함으로써 성공적인 비즈니스 모델을 도출하고자 하였다. 이를 위해 다양한 사례와 모델의 벤치마킹을 연구하여 본 시스템 운영에 성공적 솔루션을 구축하고 불필요한 기능과 많은 제약점을 극복하고자 하였다.

데이터 통합

기상정보를 이용한 산업재해경보시스템 개발을 위해서 사용된 산업재해 현황자료는 2001년 1월 1일~2012년 12월 31일 사이에 발생한 112만 3,156명의 재해정보를 대상으로 하였다.

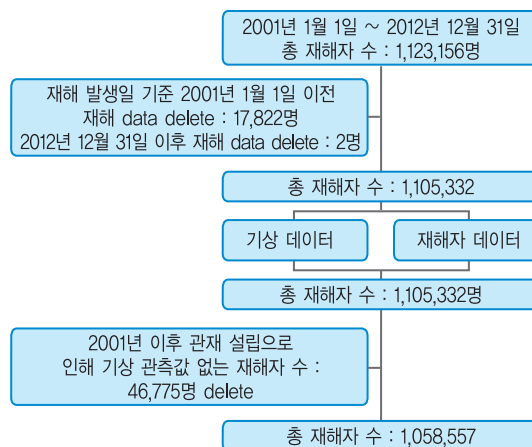
기상청 데이터베이스(DB)는 2001년 1월부터 2012년 12월까지의 우리나라 기상 전 요소이다. 전국에 관서용(92개 지점)과 방재용(484개 지점, 북한지역 2개 제외) DB를 사용하였다. 방재용 DB에는 매 시간 당 기온, 풍속, 풍향, 강수량만 측정값이 존재하며, 실제 산업재해에 더 영향을 미칠 것이라 예상되는 적설량, 습도 등과 같은 기상 요소의 정보가 없기 때문에 본 연구에서는 92개 관

서용 DB 정보만 사용하였다. 관서용 DB엔 관측 시일에 따른 시간 당 23가지의 기상 요소 측정값이 존재하지만(신적설만 3시간마다 측정), 본 사업에서는 실시간 인터넷, 스마트폰, 전화 등을 통해 기상예보를 알 수 있는 요소들만 사용하였으며, 그 변수는 <표 1>과 같다.

<표 1> 기상 요소 측정의 변수와 의미

No.	변수	의미
1	지점번호	관측한 지점 고유번호
2	관측일	관측한 시각
3	풍속(m/s)	단위시간 당 이동하는 공기의 속도
4	기온(℃)	대기의 온도
5	습도(%)	공기 중에 수증기가 포함된 정도
6	현상 번호(국내식)	기상 현상 번호(하위 표 참고)
7	강수량(mm)	지표면에 떨어진 강수의 양으로서 비, 눈, 우박 등을 포함한 양
8	3시간 신적설(cm)	3시간 동안 관측한 새로 내려 쌓여 있는 눈의 높이
9	적설(cm)	시간에 관계없이 관측 시 쌓여 있는 눈의 높이

산업재해 현황자료의 재해 발생일과 사업장 주소를 토대로 기상청 기상 관측일과 기상 관측 지점을 기준으로 통합자료를 생성하였다. 통합자료에는 재해일(기상 관측 일)과 관서 코드(지역), 사고 발생 형태, 재해 구분, 기상 현상 코드가 포함되어 있다.



[그림 1] 통합 데이터

기상자료와 연계 분석

통합된 자료의 관측 지점별로 평균 재해자 수를 산출하였고, 각 재해 발생일(관측일)별로 평균재해자 수 대비 재

해 발생의 증감률을 계산하였다. 예를 들어, 인천 관측소 관할지역에서 발생한 12년간의 일평균 재해자 수는 15명이며, 만약 2005년 1월 1일 30명의 재해자가 발생하였으면 2.0의 값을 갖게 된다.

동절기 온도 변화에 따른 재해 위험도의 분포를 살펴보면, 일 최저 온도가 -20°C 이하인 경우에 감김·끼임사고는 평상시에 비해 1.373배 높게 발생하고 있었다. 그리고 무너짐 1.985배, 산소 결핍 1.824배, 폭발 2.488배, 화재 2.477배, 화학물질 누출 3.397배 높게 나타나고 있었다. 그 외에도 습도, 강수량, 적설량, 3시간 신적설 등 역시 산업재해와 연관성이 있는 것으로 나타나고 있었다.〈표 2〉

재해 예측 모형

기상변화에 따른 재해 위험도 예측 모형 생성을 위한 1단계에서는 실시간으로 기상청에서 생성되는 기상 요소 API

정보를 설명변수로 하여 기상 요소별, 지역, 시간 Lag 변수 생성 및 파생변수를 생성하게 하였고, 2단계에서는 생성된 변수를 토대로 odds ratio, risk analysis 후에 Poisson Model, Neural Network 모형을 통해 Prediction 값을 산출하게 하였다. 3단계에서는 Prediction에 따라 위험 등급을 산출하여 서비스하는 방식이다.

다만, 이들 모형 구축 과정에서 발생한 문제점으로는 23개의 기상 요소 중 실시간 제공되는 기상 요소는 온도와 습도, 풍속, 강수량 등에 한정되었고 기상 현상에 따른 Lag 생성이 어렵다는 점, 신경망 모형처럼 복잡한 산식을 모바일 앱에 탑재할 경우 프로그램 사이즈가 방대하여 사용이 어렵다는 점 등을 꼽을 수 있다. 또한 기상 현상과 산업재해의 연관성 및 모형 관계식이 지역별 차이가 발생하고 있지만 이를 모바일 실시간 앱으로 개발하는 데는 아직 많은 한계점이 따르고 있다. 따라서 제한된

조건 아래에서 예측 모형을 산출하였으며, 모형의 타당성 결과 재해자 수 및 재해 발생 형태별로 모형을 통한 예측력이 0.3 정도의 설명력을 가지고 있다. 재해 발생 여부에 대해 기상 요소가 전부를 설명하기는 어렵지만 개별 기상 요소들은 유의적인 영향을 미치고 있었다.

위기탈출 안전 날씨 앱

기상예보를 활용하여 산업재해에 방을 위한 다양한 연구결과물을 바탕으로 개발된 '위기탈출 안전 날씨 앱'은 2013년 12월 12일부터 서비스를 개시하고 있다.

'위기탈출 안전 날씨 앱'에서는 자신이 위치한 지역이나 선택한 지역의 각종 날씨정보와 그에 따른 건강 및 위험지수를 안내하고 있다. 감전, 화재, 교통사고, 산소 결핍 등 9가지

〈표 2〉 일 최저 온도에 따른 지역별 재해 발생 형태별 발생 평균

구분	0°C 이하	-5°C 이하	-10°C 이하	-15°C 이하	-20°C 이하
감김·끼임	1.007	1.005	0.991	0.826	1.373
감전	1.029	0.879	1.231	0.759	0.897
광산사고	0.736	1.490	0.161	2.966	0.000
기타	0.939	1.167	0.924	0.885	0.262
기타 무리한 동작	1.043	1.085	0.716	0.810	0.165
낙하·비레	1.011	1.044	0.911	0.816	0.983
도로교통 사고	0.985	1.083	0.883	0.992	0.807
동물 상해	1.032	0.904	0.790	1.506	2.467
무리한 동작(요통 제외)	1.009	1.063	0.860	0.914	0.737
분류 불능	1.041	1.003	0.828	0.798	2.091
무너짐	1.042	0.961	0.935	0.838	1.985
산소 결핍	0.916	1.050	1.418	0.000	1.824
작업 관련 질병(뇌심)	1.053	0.976	0.922	0.837	0.531
넘어짐	0.963	1.050	1.039	0.897	1.428
절단·베임·찢림	1.054	0.933	0.993	0.906	0.541
직업병(진폐)	1.014	0.952	0.957	1.287	1.245
진폐	1.031	0.930	1.121	0.881	0.321
체육행사 등의 사고	0.942	1.052	1.074	1.198	0.851
떨어짐	1.016	1.023	0.910	0.925	0.926
부딪힘	1.033	0.982	0.954	0.842	1.165
파열	1.073	1.058	0.626	0.872	0.589
폭력행위	1.071	0.992	0.725	1.299	0.248
폭발	0.990	1.044	0.831	1.078	2.488
해상·항공교통사고	1.048	1.321	0.000	0.000	0.000
화재	0.945	1.092	0.984	0.856	2.477
화학물질 누출	1.111	0.849	0.952	0.441	3.392

의 위험지수와 자외선, 식중독, 불쾌지수 등 8가지의 건강 지수가 그 시간의 날씨에 따라 실시간으로 전달되며, 그에 연계한 산업안전 상식정보가 같이 제공되고 있다.

기상변화와 기상경영

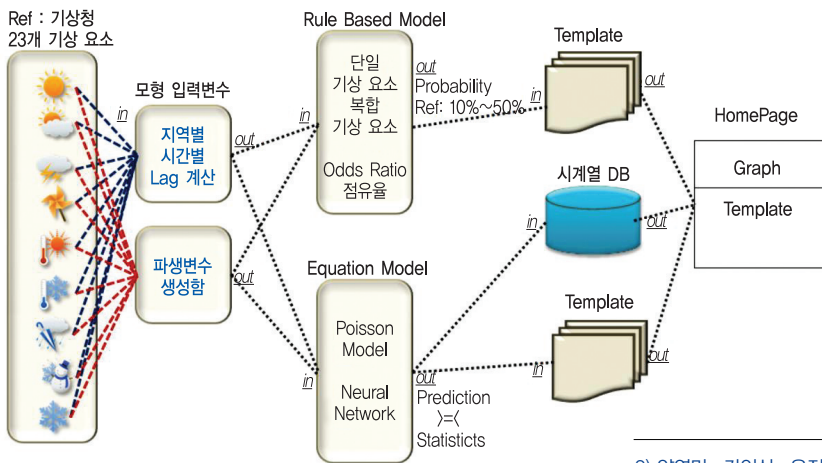
전 세계적으로 온난화 등으로 인해 지구의 기후변화가 빠르게 진행되고 있다. 지구의 실제 관측자료에 의하면, 지구의 평균 온도가 지속적으로 증가하고 있으며, 이에 따라서 극지방의 빙하가 손실되고 있다. 또한 온실가스의 증가로 인해 지구의 에너지 밸런스가 변화되며 지구의 표면과 대기 사이에 에너지 교환이 많이 증가한 상태를 나타내고 있다. 이로 인해 대기의 수직 구조도 바뀌고 있고, 대기 순환의 변화에 따라 지역적으로 기상 이변 현상이 국지적

으로 발생하여 인간의 삶에 많은 영향을 미치고 있다.

우리나라에 최근 들어 폭염과 한파, 폭설, 폭우와 같은 이상 기상 현상이 자주 발생하고 있는데 기후변화로 인하여 순환장과 대기의 구조가 바뀌면서 많은 경우 자연 변동의 폭이 커진 것으로 추정된다. IPCC 미래 기후변화 시나리오 중 A1B라는 시나리오를 살펴보면, 우리가 앞으로 100년 동안 지속적으로 온실가스를 배출할 때 지구의 온도는 계속 증가하며 대기의 구조는 점점 더 불안정해지고 한파나 폭염 등 이상기후 횡수도 증가할 것으로 예측하고 있다.

변화된 기상은 우리의 삶의 방식뿐만 아니라 산업재해 발생에도 지금과는 다른 영향을 미칠 가능성이 높다. 우리나라 전제 산업 중 52%가 기상에 의해 영향을 받으며, 그 사회경제적 영향은 약 7조 1,000억원으로 총 GDP의 약 1% 이상을 차지하고 있는 것으로 조사되고 있다.³⁾ 따

라서 기상 현상의 변화에 따른 재해예방을 위해서는 기상과 산업재해에 대한 심층적인 연구가 지속되어야 할 것이고, 기상현상과 밀접한 연관성을 가지고 있는 산업 분야에서는 기상경영을 도입하여야 할 것이다. 🌱



[그림 2] 기상정보 분석 모델을 이용한 프로그램 구성도

3) 양영민 · 강인식 · 유진호 · 안경희, 기상정보가 사회경제에 미치는 영향과 효과 분석, 한국기상학회지 제40권 제2호, 2004. 4, pp.159~175.



[그림 3] 위기탈출 안전 날씨 앱

이소프로필알코올(IPA)의 안전한 취급을 위한 연소 특성치의 연구

화재 및 폭발사고는 다른 산업재해와 달리 발생빈도는 작지만 일단 사고가 발생되면 중대 사고로 전이되는 경우가 많다. 본 연구¹⁾에서는 반도체 공정 등의 다양한 분야에서 다용되고 있는 이소프로필알코올(IPA)에 대한 연소특성을 고찰하고자 한다. 이를 위해서 IPA의 폭발한계를 조사하고, 실험장치를 이용하여 하부인화점, 상부인화점, 연소점 그리고 발화 지연시간에 의한 발화온도를 측정하였다. 그 결과, 공정의 안전을 위한 이소프로필알코올의 폭발한계는 2.0Vol%이고, 상한계는 12.0Vol%로 문헌을 통해 판단되었다. 하부인화점은 밀폐식 장치에서는 12~14°C와 개방식에서 18~19°C였고, 상부인화점은 38°C로 측정되었다. ASTM E659 장치를 사용하여 측정된 최소자연발화온도는 463°C였다.



하동명 교수
세명대학교 보건안전공학과

들어가며

지난해 산업재해 통계를 보면 화재와 폭발사고의 재해자는 각각 449명과 471명으로 모두 820명 정도로 집계되었다. 이는 2011년 739명보다 10% 이상 증가한 수치이다. 화재 및 폭발사고는 다른 산업재해와 달리 발생빈도는 작지만 일단 사고가 발생되면 중대사고로 전이되어 사업장 내 다수의 사상자뿐만 아니라 인근지역의 피해도 크기 때문에 안전관리가 무엇보다 중요하다. 따라서 사업장에서 취급하고 있는 위험물질의 화재 및 폭발 방지를 위해서는 연소 특성치의 연구가 반드시 필요하다.

사업장에서 사용되고 있는 위험물질의 안전한 취급을

위해서 알아야 할 화재 및 폭발의 파라미터(parameters)로는 폭발하한계(LEL; Lower Explosion Limit)와 폭발상한계(UEL; Upper Explosion Limit), 인화점, 연소점, 최소발화온도, 연소열 등이 있다.

인화점은 하부인화점과 상부인화점으로 나누고 있으며, 일반적으로 하부인화점을 인화점이라 한다. 인화점은 가연성액체의 화재 위험성을 나타내는 지표로, 가연성액체의 액면 가까에서 인화할 때 필요한 증기를 발산하는 액체의 최저온도로 정의한다. 폭발한계는 가연성 물질(가스 및 증기)을 다루는 공정 설계 시 고려해야 할 중요한 변수로, 발화원이 존재할 때 가연성가스와 공기가 혼합하여 일정 농도범위 내에서만 연소가 이루어지는 혼합 범위를 말한다. 특히, 폭발한계는 초기온도, 초기압력, 불활성 가스의 농도, 화염 전파 방향, 장치의 표준 상태, 물리적 상태, 실험자의 숙련도 등에 따라 다른 값을 가지므로, 문헌자료 역시 다양하게 제시되고 있다.

1) 본 논문은 한국가스학회지 Vol. 16, No. 3에 게재된 논문을 근거로 작성된 원고임.

자연발화(autoignition 혹은 spontaneous ignition)는 가연성혼합기체에 열 등의 형태로 에너지가 주어졌을 때 스스로 타기 시작하는 산화 현상이다. 주위로부터 충분한 에너지를 받아서 스스로 점화할 수 있는 최저온도를 최소 자연 발화 온도(AIT; autoignition temperature)라고 한다. AIT는 증기의 농도, 증기의 부피, 계의 압력, 실험 개시온도, 촉매, 발화지연시간 등에 영향을 받는다.

산업 현장에서 취급하고 있는 물질들의 연소 특성치들은 MSDS(Material Safety Data Sheet)를 통해 얻을 수 있고, 잘 알려진 데이터베이스(DB)인 미국화학공학회(DIPPR(Design Institute for Physical Property Data))를 비롯해 안전 관련 핸드북(handbook) 등에서도 확보할 수 있다.

본 연구에서는 이소프로필알코올(IPA)을 취급하는 공정에서 보다 정확한 자료를 사용하여 재해를 예방하는데 도움을 주기 위해 화재 및 폭발 특성치인 인화점, 연소점 그리고 자연발화온도를 측정하여 기존의 자료들과 비교·고찰하였다. 그리고 폭발한계는 여러 문헌에 제시된 자료를 고찰하여 공정안전에 타당한 자료를 제시하고, 폭발한계의 온도 의존성에 대해서는 새로운 예측식을 제시하였다.

IPA의 화재 및 폭발 특성치 분석

IPA의 연소 위험성

IPA는 물, 알코올, 에테르, 클로로포름과 잘 혼합되는 가연성 액체이며, 동결 방지제, 여러 가지 용매, 알칼로이드의 추출이나 화장수 성분으로 사용할 뿐만 아니라 방부제, 살균제 등 의약용으로도 사용한다.

IPA는 위험물안전관리법에서는 제4류 위험물의 알코올류, 산업안전보건법에서는 작업환경측정물질, 관리대상유해물질, 노출기준설정물질 등으로 규정되어 있으며, 유럽연합(EU)에서는 고인화성물질로 규정하고 있다.

IPA의 증기는 공기보다 무거우며, 증기는 원거리의 발화원으로부터 점화되어 순식간에 확산될 수 있다. 따라



IPA의 증기가 피해야 할 조건으로는 열, 화염, 스파크 및 기타 점화원 등이 있다.

서 피해야 할 조건으로 열, 화염, 스파크 및 기타 점화원을 들 수 있고, 용기가 열에 노출되면 파열되거나 폭발할 수도 있다. 혼합금지물질로는 산, 금속, 산화제, 가연성 물질, 할로젠, 과산화물, 염기, 금속염 등이 있다.

일반적인 소화제로는 알코올 방지 거품, 이산화탄소, 입자상 분말 소화약제, 물, 알코올 방지 거품 등이 있으며, 대형 화재의 경우는 내알코올성 포말을 사용하거나 미세한 물 분무로 다량 살수할 수 있다.

IPA의 폭발한계

폭발한계는 점화원의 위치에 따라 값이 달라지는데, 일반적으로 폭발 범위는 점화 시 화염이 위쪽으로 올라가는 상향 전파에서 폭발하한계는 낮아지고, 폭발상한계는 높아져서 폭발 범위는 넓어진다. <표 1>에는 NFPA Handbook과 KOSHA MSDS를 비롯하여 여러 문헌 등에서 제시되고 있는 폭발한계를 정리하여 나타내었다.

<표 1> Comparison of explosion limits of IPA in air by several references

References	Explosion limits [vol%]	
	Lower	Upper
NFPA	2.0	12.7[93°C]
SFPE	2.0	11.8
Babrauskas	2.2	12
Sigma	2.5	12
SAX	2.5	-
KOSHA MSDS	2.0	12.0

IPA의 인화점

인화점을 결정하는 데 사용되는 측정 방법은 몇 가지 있으며, 각 방법은 서로 다른 값을 나타낸다. 가장 일반적으로 사용되는 측정법은 밀폐식(C.C.; Closed-cup)과 개방식(O.C.; Open cup)이 있다. 밀폐식으로는 Pensky-Martens 방식과 Setaflash 방식이 있으며, 개방식은 Tag 방식과 Cleveland 방식 등을 들 수 있다. <표 2>에는 KOSHA MSDS를 비롯해 문헌들에 제시된 하부인화점을 정리하여 나타내었다.

IPA의 최소자연발화온도

자연발화온도는 연료의 구조, 개시온도, 화학양론비, 용기의 크기, 촉매, 유속, 가연속도, 가열원의 종류 그리고 지연시간 등 많은 인자에 의존한다. IPA에 대해 NFPA Handbook과 KOSHA MSDS를 비롯하여 여러

문헌 등에서 제시되고 있는 최소자연발화온도를 정리하여 <표 3>에 나타내었다.

연소 특성 실험

실험재료

본 연구에서 사용한 IPA는 Acro 사(UAS, 99.5%)의 시약을 별도의 정제과정을 거치지 않고 사용하였다.

실험 장치 및 방법

■ 인화점 측정 장치

본 연구에서 사용된 장치인 Pensky-Martens와 Setaflash 밀폐식 그리고 Tag와 Cleveland 개방식의 구성 요소를 간략히 정리하면 다음과 같다.

<표 2> The flash points of several reported data for IPA

Compound	Flash points [°C]					
	NFPA	SFPE	Babrauska	Sigma	SAX	Kirk-Othmer
Isopropyl alcohol	12	12	12	15.6	11.7	12(C.C.), 17.2(O.C)

<표 3> The autoignition temperature of several reported data for IPA

Compound	AITs [°C]						
	NFPA	SFPE	Babrauskas	Sigma	SAX	Hilado	Scott
Isopropyl alcohol	399	399	471	399	456	399	456



사업장에서 취급하고 있는 위험물질의 화재 및 폭발 방지를 위해서는 연소 특성치의 연구가 반드시 필요하다.

Pensky-Martens 밀폐식 장치는 몸체부, Test Cup 장치부, 교반부, 화염 공급부로 나눌 수 있다.

Test Cup 장치부 Cup의 재질은 열전도도가 높은 구리로 되어 있고, Test Cup Handle, 온도계 삽입구, Test Cup 상부 개폐기 손잡이로 구성되어 있다.

Setaflash 밀폐식 장치는 몸체부, 시료컵 장치부, 화염 공급부로 크게 나눌 수 있다. 몸체부는 가열공기조, 전원 개폐기, 전원 조절기 등으로 구성되어 있다. 시료 장치부는 시료컵, 온도계 삽입구, 시료컵 상부 개폐기 손잡이로 구성되어 있다.

Tag 개방식 장치는 가연성 액체의 인화점 및 연소점 측정이 가능한 장치로, 시료컵, 승온 다이얼, 수조, 시험 염 발생 장치 등으로 구성되어 있으며, 부가 장치로는 시료컵의 시료 수위를 조절할 수 있는 레벨 수준 유지 장치가 있다.

Cleveland 개방식 장치는 인화점 및 연소점을 측정하는 장치로, 몸체부, 시료컵 장치부, 화염 공급부로 크게 나눌 수 있다. 시료 장치부는 시료컵, 시료컵 조절기, 온도계 삽입구, 시료컵 상부 개폐기 손잡이로 구성되어 있다. 화염 공급부는 화염 접근 장치, 연료통, 화염 조절기, 가스관, 가스 안전밸브 등으로 구성되어 있다.

각 인화점 측정 장치들의 용기 특성 및 시험 방법을 요약하여 <표 4>에 나타내었다.

IPA는 물, 알코올, 에테르, 클로로포름과 잘 혼합되는 가연성 액체이며, 동결 방지제, 여러 가지 용매, 알칼로이드의 추출이나 화장수 성분으로 사용할 뿐만 아니라 방부제, 살균제 등의 약용으로도 사용한다.

IPA는 위험물안전관리법에서는 제4류 위험물의 알코올류, 산업안전보건법에서는 작업환경측정물질, 관리대상유해물질, 노출기준설정물질 등으로 규정되어 있으며, 유럽연합(EU)에서는 고인화성물질로 규정하고 있다.

■ 자연발화온도 측정 장치(ASTM E659) 및 방법

본 실험에서는 액체 화학물질의 자연발화점 측정 장치로서 ASTM E659 장치를 사용하여 자연발화온도를 측정하였으며, 장치는 로(furnace), 온도조절기(temperature controller), 열전대(thermocouple), 측정용 플라스크(test flask), 피하주사기(hypodermic syringe), 거울, 에어건으로 구성되어 있다.

실험 방법은 기준온도를 설정하고, 실험 장치를 가열하여 설정온도에 도달하면 플라스크 내부에 주사기로 시료 0.1ml를 넣는다. 그리고 10분 동안 관찰한 후 발화가 일어나지 않으면 다시 온도를 설정한 후 10분 전에 발화가 일어날 경우 설정온도보다 30℃ 낮게 설정하고 3~5℃ 혹은 10℃씩 증가시키면서, 발화가 일어났을 때 시간과 온도를 기록하였다.

<표 4> Comparison of several flash point test methods

Test methods	Test vessel diameter(cm)	Test vessel depth(cm)	Test vessel volume(ml)	Heating method
ASTM D93 Pensky-Martens closed-cup	5.085	5.6	100	For ordinary liquids, the temperature of the specimen is increased at 5-6°C/min
ASTM D3278 Setaflash closed-cup	5.0	1.0	2 or 4	Sample cup is electrically heated or chilled and sample temperature is kept constant
ASTM D1310 Tag open cup	5.3	5.0	70	The temperature of the specimen is increased at 1° ±0.25°C/min
ASTM D92 Cleveland open cup	6.4	3.4	80	The temperature of the specimen is increased at 5-6°C/min

결과 및 고찰

측정된 인화점에 의한 폭발한계 비교

<표 1>에 제시된 IPA의 폭발한계자료를 검토한 결과, 공정에서 안전을 위해 폭발 하한계는 2.0Vol.%와 상한계는 12.0Vol.%를 사용하는 것이 타당하다고 본다.

IPA의 폭발한계의 자료를 검증하기 위해 Antoine 식을 사용하여 폭발하한계를 산출하였는데, 사용된 Antoine 식은 다음과 같다.

〈표 5〉 Comparison of estimated lower and upper explosion limits(LEL, UEL) with experimental lower and upper flash points for IPA

Testers	Experimental flash points (°C)		Explosion limits [vol%]	
	Lower	Upper	Lower	Upper
Setaflash	12	38	2.52	12.03
Pensky-Martens	14	-	2.87	-
Tag	18	-	3.71	-
Cleveland	19	-	3.95	-

$$\bullet \log P^f = 8.87829 - \frac{2010.33}{(t + 252.636)} \quad \langle \text{식 1} \rangle$$

여기서, P^f 는 증기압(mmHg)이고, t 는 온도(°C)이다. $\langle \text{식 1} \rangle$ 을 이용하여 폭발한계를 예측할 수 있는데, Pensky-Martens와 Setaflash 밀폐식, Tag와 Cleveland 개방식에 의해 얻어진 인화점을 이용하여 폭발한계 측정 결과를 〈표 5〉에 나타내었다.

IPA의 하부인화점을 측정한 값은 밀폐식인 Setaflash에서는 12°C, Pensky-Martens에서는 14°C, 개방식인 Tag에서는 18°C, Cleveland에서는 19°C로 측정되었다. 기존의 자료는 밀폐식의 경우 12~15°C, 개방식은 17~21°C로서 본 실험에서는 측정된 값들과 비슷한 경향을 보이고 있다. 기존의 문헌값들과 약간의 차이는 제조사의 차이에서 기인한 것으로 본다. 또한 IPA의 연소점은 개방식 측정 장치에서 얻은 하부인화점과 동일한 온도에서 측정되었다.

본 실험에서 얻은 하부인화점을 적용하는 경우 폭발하한계를 예측한 결과, 밀폐식에서 얻은 실험값 12°C는 약 2.52Vol%로 계산되었고, 개방식에서 얻은 19°C는 3.95Vol%로 예측되었다. 계산된 폭발하한계 2.52Vol%는 SAX의 문헌값과 일치하고 있다. 또한 상부인화점인 38°C를 적용하여 계산된 폭발상한계는 12Vol%로, 기존의 문헌값과 일치하였다.

IPA의 자연발화온도 고찰

많은 문헌에서 자연발화온도가 제시되고 있으나, 공정 안전을 위해 널리 사용되고 있는 대표적인 문헌을 이용하여 본 실험결과와 비교하였다. IPA의 최소자연발화온

본 연구에서는 이소프로필알코올(IPA)을 취급하는 공정에서 보다 정확한 자료를 사용하여 재해를 예방하는 데 도움을 주기 위해 화재 및 폭발 특성치인 인화점, 연소점 그리고 자연발화온도를 측정하여 기존의 자료들과 비교·고찰하였다. IPA의 증기는 공기보다 무거우며, 증기는 원거리의 발화원으로부터 점화되어 순식간에 확산될 수 있다. 따라서 혼합금지물질로는 산, 금속, 산화제, 가연성 물질, 할로젠, 과산화물, 염기, 금속염 등이 있다. 일반적인 소화제로는 알코올 방지 거품, 이산화탄소, 입자상 분말 소화약제, 물, 알코올 방지 거품 등이 있으며, 대형 화재의 경우는 내알코올성 포말을 사용하거나 미세한 물 분무로 다량 살수할 수 있다.

도에 대해 NFPA, SFPE 등에서는 399°C를 제시하고 있으며, SAX와 Scott는 456°C 그리고 Sigma에서는 471°C로 문헌에 따라 약 70°C 정도의 차이를 보이고 있다.

하지만 본 실험이 기존자료를 근거로 420°C에서 실험한 결과, 발화가 일어나지 않았다. 그래서 30°C를 올렸으나 450°C에서도 발화가 일어나지 않았고, 여기에서 20°C를 올린 470°C에서 실험한 결과, 8.46초에서 발화가 일어났다. 470°C를 근거로 1~2°C 낮게 설정하여 실험한 결과, 463°C에서 9.34초에 최소발화온도를 찾을 수 있었다. 최소발화온도를 기준으로 활성화 에너지를 계산하기 위해 5°C 혹은 10°C씩 상승시켜 발화지연시간을 측정한 결과, 510°C에서 1.98sec에 발화하였다. 이는 〈표 6〉에서 알 수 있다.

〈표 6〉 Comparison of experimental and calculated ignition delay time by the AIT for IPA

No.	T[K]	τ_{exp} [s]	$\ln \tau_{exp}$	Eqn.(2)
1	736.15	9.34	2.23430	10.03
2	743.15	8.46	2.13534	7.91
3	753.15	5.29	1.66581	5.67
4	763.15	4.18	1.43031	4.11
5	768.15	3.79	1.33236	3.51
6	773.15	3.56	1.26976	3.00
7	778.15	2.36	0.85866	2.57
8	783.15	1.98	0.68309	2.21
A.A.D.	-	-	-	0.37

제시한 실험자료에 대해 회귀 분석한 결과, 다음과 같은 최적화된 식을 얻었다.

$$\bullet \log \tau = -9.95 + 8063 \left(\frac{1}{T} \right) \quad \langle \text{식 2} \rangle$$

〈식 2〉에 의한 예측된 발화지연시간들을 실험값과 비교하여 〈표 6〉에 나타내었다. 추산값과 문헌값의 차이의 정도를 알기 위해 A.A.D.를 사용하였다.

$$\bullet A.A.D. = \sum \frac{|\tau_{est.} - \tau_{exp.}|}{N} \quad \langle \text{식 3} \rangle$$

여기서 $\tau_{est.}$ 는 추산식에 의해 추산된 발화지연시간이고, $\tau_{exp.}$ 는 실험값이며, 그리고 N은 자료수이다.

〈식 2〉에 의한 예측값과 실험값 사이의 절대오차는 0.37초로 모사성이 크게 나타났다.

한편, 기존의 문헌에 제시된 자료들과 비교하였을 때 약간의 차이를 나타내는 것은 실험 장치에서 오는 차이로 볼 수 있다. 과거는 ASTM D-2155 장치는 250ml의 삼각 플라스크 용기에서 측정하였거나, ASTM crucible-type 장치를 사용하였다. 그러나 최근 널리 사용되고 있는 ASTM E659 장치는 500ml의 둥근 플라스크로서 과거 장치보다 용기의 용량이 크다. 특히, 과거 ASTM 장치에 의한 발화온도는 5분(300초)의 발화지연시간을 기준으로 제시하였다.

결론

본 연구에서는 이소프로필알코올(IPA)의 화재 및 폭발 특성치 가운데 인화점, 연소점 그리고 최소자연발화온도(AIT)를 측정하였고, 폭발한계는 여러 문헌들을 고찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 문헌에 제시된 IPA의 폭발한계를 고찰한 결과, 폭발하한계는 2.0Vol%, 상한계는 약 12Vol%를 사용하는 것이 바람직하였다.
- 밀폐식에 의한 하부인화점은 12℃, 개방식에 의한 인화점은 19℃로 측정되었으며, Setaflash 장치에 의한 상부인화점은 38℃로 측정되었다. 또한 IPA의 연소점은 개방식 측정 장치에서 얻은 하부인화점과

동일한 온도에서 측정되었다.

- 측정된 하부 및 상부 인화점인 12℃와 38℃를 증기압 식에 적용한 결과, 폭발하한계는 2.52Vol%이고, 폭발상한계는 12.03Vol%로 계산되었다.
- IPA의 최소자연발화온도는 463℃로 측정되었다. ✿

참고문헌

- A.A. Kline, C.R. Szydluk, T.N. Rogers and M.E. Mullins, "An Overview of Compiling, Critically Evaluating, and Delivering Reliable property Data AIChE DIPPR Project 911 and 912", Fluid Phase Equilibria, Vol. 150-151, pp. 421-428(1998).
- NFPA, "Fire Hazard Properties of Flammable Liquid, Gases, and Volatile Solids, NFPA 325M", National Fire Protection Association(1991).
- SFPE, "SFPE Handbook of Fire Protection Engineering", 2nd ed., Society of Fire Protection Engineers(1995).
- V. Babrauskas, "Ignition Handbook", Fire Science Publishers, Society of Fire Protection Engineers(2003).
- R.E. Lenga and K.L. Votoupal, "The Sigma Aldrich Library of Regulatory and Safety Data, Volume I~III", Sigma Chemical Company and Aldrich Chemical Company Inc.(1993).
- R.J. Lewis, "SAX's Dangerous Properties of Industrial Materials", 11th ed., John Wiley & Son, Inc., N.J.(2004).
- G.M. Zabetakis, "Flammability Characteristics of Combustible Gases and Vapors", US Bureau of Mines, Bulletin(1965).
- Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed., John Wiley and Sons Inc.(1978).
- E.W. Flick, "Industrial Solvent Handbook", 3rd. ed., Noyes, Data Corp., Park Ridge, N.J.(1985).
- C.J. Hilado and S.W. Clark, "Autoignition Temperature of Organic Chemicals", Chemica Engineering, Vol. 4, pp. 75-80(1972).
- G.S. Scott, G.W. Jones and F.E. Scott, "Determination of Ignition Temperature of Combustible Liquids and Gases", Analytical Chemistry, Vol. 20, No.3, pp. 238-241 (1948)
- D.M. Ha, "Risk Assessment by means of Measurement of Combustible Characteristics for n-Noanol", J. of the Korean Institute of Fire Sci. & Eng., Vol. 26, No. 2, pp. 84-89(2012).
- J. Gmehing, U. Onken and W. Art, "Vapor-Liquid Equilibrium Data Collection", Deutsche Gesellschaft fur Chemisches Apparatewesen, (1980)
- <http://www.kosha.or.kr/msds/msdsMain.do?menuId=69>

업무상 정신질병 인정 및 예방 대책 관련 국내·외 제도 고찰

2013년 7월 업무상질병 목록에 '외상후스트레스장애(posttraumatic Stress Disorder)'가 포함되었으나 업무상질병으로 인정되기 위해서는 모든 사람이 외상으로 경험될 만큼 심한 업무 관련 신체적·정신적 스트레스가 있어야 된다. 이를 판단하기 위한 세부적 방침이 필요하며, 이외 업무 관련 스트레스 등으로 인한 정신 관련 상병은 기타 업무와의 상당인과관계가 인정되어야 하므로 그 인과성 판단의 문제가 남아 있다. 본 연구에서는 업무상 정신장애 관련 국내·외의 제도 및 상황을 살펴보고 그 시사점을 도출하고자 한다.



임화영 박사 / 부장
근로복지공단
산재보험연구센터 정책연구부

서론

보건복지부 발표에 의하면, 니코틴 사용 장애를 제외한 정신장애 유병율은 2006년 12.3%, 2011년 14.4%이고, 정신 및 행동장애 사망자가 2009년 4,953명에서 2011년 5,141명(10만명 당 10.3명)으로 증가하고 있으며,¹⁾ 또한 산재보험 업무상 정신질환 때문에 2007~2009년까지 치료받고 요양을 종결한 근로자가 3,130명(추가상병 승인자 포함)으로 1년에 1,000여 명의 정신질환 상병 근로자가 요양을 종결하여 왔다.²⁾

정신장애의 유발요인 중 하나인 스트레스에 대한 최초

의 연구는 의학 분야에서 이루어졌다. 1920년 캐논은 정신적 스트레스 연구에서 스트레스를 생존과 적응에 위협을 가하는 반응이라고 규정하고 생체 균형 파괴와 생리적 항상성의 붕괴가 스트레스 위험 수준을 의미하는 것이라고 하였다.³⁾

정신장애의 원인은 개인적 유전 또는 환경과의 복합적 관계에서 발생된다. 통상 유전이나 체질에 의하여 소인이 있는 자에게 특정 수준 이상의 사회적 및 심리적 요인, 스트레스 인자 등이 더하여질 경우 발생되므로, 구분하여 업무상질병으로 인정하기 위한 인과관계를 판단하기에 어려움이 있다. 또한 정신장애 발병 이후 사회생활 영위에 지장이 커서 타 상병보다 직장 복귀가 더 어렵고, 정신장애자의 가족들 삶에도 큰 영향을 미치게 되어 그 어떤 업무상질병보다 사업장에서의 예방 조치가 더욱 중요하다고 보인다.

1) 2012 보건복지통계연보.

2) 근로복지공단 내부자료(산재보험연구센터).

3) J. M. Ivancevich and M. T. Matteson, op. cit., p.5.

국내·외 정신장애 인정 및 예방 대책

국내·외 직업병과 정신장애

■ 각국의 업무 관련 정신장애

업무상질병의 인정 방식에는 일반적 정의 방식인 포괄주의 방식, 지정열거 방식인 제한열거 방식, 혼합 방식인 열거주의 방식이 있다.

일반적 정의 방식은 업무상질병이 무엇인지 일반적 정의를 기술하고 발생한 질병의 해당 여부를 판단하는 방식으로, 그 범위가 한정되지 않고 새로운 직업병에도 대응할 수 있으나 입증 부담이 근로자에게 있어 전문적 진단이 필요하다. 이러한 방식은 뉴질랜드, 미국 대부분의 주, 오스트레일리아 등이다. 지정열거 방식은 직업병을 열거하고 그 대상만을 보상하는 것으로 근로자들의 입증책임이 수월한 제도로써 영국, 프랑스의 직업병 방식이다. 또한 혼합 방식은 일반적 정의 규정이 있고 지정열거된 질병 리스트가 있어 근로자의 입증 부담을 낮추고 새로운 질병도 신중 직업병으로 범위를 신속하게 대응할 수 있는 방식으로써 독일, 브라질, 멕시코, 스웨덴, 일본, 한국 등이 있다.

업무상 정신장애 관련 주요 상병명은 <표 1>과 같으며, 정신장애 주요 상병의 성격과 이 중 한국에서 2013년 7월 업무상질병 목록에 새롭게 올린 '외상후스트레스장애' 상병에 대하여 살펴본다.

<표 1> ICD-10*에 의한 정신장애 대상 상병

F0	증상을 포함 기질성 정신장애
F1	정신 작용물질 사용에 의한 정신 및 행동장애
F2	정신분열증, 통합실조형(統合失調型)장애 및 망상장애
F3	기분(감정)장애
F4	신경장애, 스트레스 관련 장애 및 신체 표현 장애
F5	생리적 장애 및 신체적 요인과 연관된 행동증후군
F6	성인의 인격 및 행동장애
F7	정신지체(지적 장애)
F8	심리적 발달장애
F9	아동기와 청소년기에 일반적으로 발병하는 행동 및 정서장애, 특정 불능의 정신장애

*ICD-10 : 10th revision of the International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems

정신장애는 어떤 개체가, 현재의 고통이나 능력부전을 가지고 있거나, 죽음 또는 자유의 중대한 상실 등의 고통을 겪을 위험이 현저히 증가된, 임상적으로 유의한 행태적 또는 심리적 증후군이나 패턴이다. 그러나 이러한 증후군이나 패턴이 어떤 특정한 사건과 관련되어 있거나 문화적으로 허용되는 반응에 불과한 것일 때는 정신장애의 범주에 넣지 않는다. 이러한 증후군이나 패턴은 그것의 본래 원인이 무엇이든지 간에, 그 개체가 보이는 행태적·심리적 또는 생물학적 기능장애의 징후로 간주되어야 한다.

편향된 행태나 또는 주로 개체와 사회 간에 일어나는 갈등은 그것들이 그 개체에서 기술한 것과 같은 기능장애의 증상을 일으키지 않는 한 정신장애가 아니다.⁴⁾

■ 외상후스트레스장애(Posttraumatic Stress Disorder)

외상후스트레스장애는 1980년 앞서 본 미국 정신의학회의 DSM-Ⅲ에서 처음 등장한 새로운 병명이다. 하지만 역사적으로 오래 전부터 이와 유사한 증후군들이 등장하였으며 전쟁과 관련이 깊다. 제1차 세계대전 무렵에는 전쟁터에서 병사들이 보이는 극도의 피로감, 우울감 등에 대하여 병사들의 심장(soldier's heart), 분투증후군, 혹은 포탄쇼크(shell shock) 등으로 불렸으며, 제2차 세계대전 이후에 전쟁피로(battle fatigue)라 불렸다. 이와 같은 이름이 붙은 이유는 당시에 외상후스트레스장애의 발생 원인으로 포탄이 떨어지면 주위의 공기밀도가 낮아지고 일산화탄소가 증가한다고 생각하였던 때문이라 한다. 한편, 이러한 증상을 호소하며 돌아온 병사들을 전쟁터로 되돌려 보내기 위하여 전쟁터보다 더 심한 고통을 주자는 의미에서 전기쇼크를 준 다음 전쟁터로 돌려보냈다고 한다.⁵⁾

1941년 미국의 정신의학자인 카디너(A. Kardiner)는 제1차 세계대전에 참전한 군인들의 정신장애를 연구하

4) 대한신경정신의학회 편, 신경정신과학, 1997, 하나의학사, p.196.

5) 김순진·김환, 외상후스트레스장애, 학지사, 2000, p.20.

여 『전쟁에 의한 외상신경증(Traumatic Neuroses of War)』이라는 책을 발표하였으며, 그 성과가 DSM-Ⅲ 및 DSM-Ⅳ의 외상후스트레스장애 진단기준 형성의 기초가 되었다. 외상후스트레스장애의 필수 증상은 극심한 외상성스트레스 사건에 노출된 후 뒤따라 특징적 증상이 나타나는 것, 이러한 외상성 사건들은 실제적이거나 위협적 죽음이나 심각한 상해, 또는 개인의 신체적 안녕을 위협하는 사건에 대한 개인의 직접적 경험(타인의 죽음, 상해), 신체 건강을 위협하는 사건의 목격(가족이나 친지의 예기치 못한 무자비한 죽음이나 심각한 상해 및 이들이 경험한 죽음이나 상해 위협을 알게 됨, 이런 사건에 대한 반응으로 극심한 공포, 무력감, 두려움 발생, 이러한 양상이 1개월 이상 나타나야 하고 사회적·직업적, 기타 중요한 기능 영역에서 임상적으로 심각한 고통이나 장애를 초래해야 한다. 급성은 기간이 3개월 이내, 만성은 기간이 3개월 이상, 지연성은 사건 발생 후 증상 발생까지 적어도 6개월이 걸릴 때로 증가된 각성 상태가 맥박 수, 근전도, 땀샘활성도 등 자율신경 기능에 대한 조사로 측정된다.

우리나라의 경우에는 외상후스트레스장애로 진단되더라도 약 30%는 회복되며, 40%는 경한 증상을, 20%가 중증도 증상을, 10%가 변하지 않고 악화된다고 한다. 급성 발병일 때, 증상 기간이 짧을수록, 병전 기능이 좋을 때, 사회적 지지가 강할 때, 다른 정신과적 내과적 장애가 없을 때 등은 치료경과가 좋다고 하며, 외상후스트레스장애는 발병 후 치료할 경우 1년에서 2년 후에는 약 95% 정도가 회복된다고 한다. 증상 회복이 불완전해지는 경우는 극히 예외적이라는 견해도 있다.⁶⁾ 지역사회연구에 의하면 외상후스트레스장애 평생 유병률은 대략 1~14% 정도이다. 참전 용사, 화산폭발이나 범죄사고 피해자 등 위험도가 높은 개인들의 경우는 3~58%이다.⁷⁾

6) 한국배상의학회, 법원자문의뢰 회신사례집, 1999, p.111-112, 김광일, 정신과영역의 장애감정 개요, 한국배상의학회 논문집 제2집, 1994, pp.84-85.

7) 정신장애의 진단 및 통계편람 1988, 하나의학사, pp.553-557.

각국의 업무상 정신장애 인정 관련 제도

■ 한국

한국의 업무상 인정기준에 관하여는 산재보험법 제37조 업무상재해 인정기준에 의거, 업무상사고와 업무상 질병으로 구분된다.

업무상질병은 업무 수행과정에서 물리적 인자, 화학물질, 분진, 병원체, 신체 부담을 주는 업무 등 근로자의 건강에 장애를 일으킬 수 있는 요인의 취급, 노출 등에 의해 발생하는 경우, 또는 업무상부상이 원인이 되어 발생한 질병 등이 있고 그 외 과로 및 스트레스 관련 뇌·심혈관 인정기준이 있다.

한국은 근로기준법시행령 제4조 제1항 [별표 5]에 업무상질병 범위를 정하고 있으며, 산재보험법시행령 제34조 제1항에서 근로기준법 시행령에 규정된 질병 중 일정 요건을 충족하면 업무상질병으로 인정된다. 근로기준법시행령 제44조 제1항 [별표 5]의 업무상질병 범위는 업무상부상으로 인한 질병, 물리적·화학적·생물학적 요인으로 인한 질병, 직업성암, 근골격계질병, 뇌혈관 및 심장질병, 외상후스트레스장애, 산재보험 및 예방심의위원회의 심의를 거쳐 고용노동부장관이 지정하는 질병, 그 밖에 업무로 인한 것이 명확한 질병들이다. 이들 중 2013년 7월 근로기준법 시행령을 개정하여 직업성암과 외상후스트레스장애 등이 추가되었다.

산재보험법 시행령 제34조에서 업무 수행과정에서 유해 위험요인을 취급하거나 노출된 경력이 있거나 질병을 유발할 수 있다고 인정된 경우, 질병 발생이 의학적으로 인정될 때 업무상질병으로 인정된다. 그 구체적 인정 질병은 뇌혈관 및 심장질병, 근골격계질병, 호흡기계질병, 신경정신계질병, 림프조혈기계질병, 피부질병, 눈 또는 귀질병, 간질병, 감염성질병, 직업성암, 급성 중독 등 화학적 요인에 의한 질병, 물리적 요인에 의한 질병이며, 그 밖에 근로자의 질병과 업무와의 상당인과관계가 인정되는 경우에는 해당 질병을 업무상질병으로 본다.

상기 질병 중 신경정신계질병의 세부적 내용을 살펴보면 ① 톨루엔·크실렌·스티렌·시클로헥산·노말헥

산·트리클로로에틸렌 등 유기용제에 노출되어 발생한 중추신경계장해 ② 유기용제, 아크릴아미드, 비소 등에 노출되어 발생한 말초신경병증, 트리클로로에틸렌에 노출되어 발생한 삼차신경마비, 카드뮴 또는 그 화합물에 2년 이상 노출되어 발생한 후각신경마비 ③ 납 또는 그 화합물에 노출되어 발생한 중추신경계장해 및 말초신경병증, 신근마비 ④ 수은, 그 화합물에 노출되어 발생한 중추신경장해 및 말초신경병증 ⑤ 망간 또는 그 화합물에 2개월 이상 노출되어 발생한 파킨슨증, 근육긴장이상 또는 망간정신병 ⑥ 업무와 관련하여 정신적 충격을 유발할 수 있는 사건에 의해 발생한 외상후스트레스장애 등이다.

■ 일본

일본은 최근 업무 스트레스(업무의 심리적 부하)로 인해 정신장애가 되거나 혹은 자살을 하는 산재 청구 사례가 늘고 있어서 후생노동성에서는 정신장애의 산재청구 사안의 업무상·외 원인을 확인하기 위해 '심리적 부하에 의한 정신장애에 관한 업무상·외 판단지침'(이하 '판단지침')을 작성하였다.⁸⁾

근로자에게 발생할 수 있는 정신장애는 첫째, 사고나 재해의 경험, 일의 실패, 과중한 책임 발생 등 업무에 의한 심리적 부하, 둘째, 자신에게 발생한 사건 등 업무 이외의 심리적 부하, 셋째, 정신장애의 병력과 같은 개별 요인 등이 복잡하게 연관되어 있다. 업무상·외 판단은, 정신장애의 발병 유무, 발병 시기 및 질환명 확인, 업무에 의한 심리적 부하의 강도평가, 업무 이외의 심리적 부하의 강도평가, 개인적인 요인평가 등에 대하여 구체적으로 검토한 후 종합적으로 판단한다.

판단지침의 대상이 되는 정신장애는 대상 질병 발병 전에 대략 6개월 동안 객관적으로 정신장애를 발병시킬 우려가 있는 업무를 한 적이 있으며 그 업무로 인한 강한 심리적 부하가 인정되고 충족되면 정신질환을 업무상질병으로 인정하나 업무 이외의 심리적 부하 및 개인적 요인으로 인한 것은 업무상 정신장애로 인정하지 않는다. 일련의 판단과정에서 판단지침의 대상이 되는 상병은 원칙적으로 국제 질병 분류 제10회(수정 ICD-10)

제V장 '정신 및 행동장애'로 분류되는 정신장애로서 주로 업무와 관련 있는 정신장애는 우울증, 기분(감정)장애, 심한 스트레스 반응 등 스트레스 관련 장애이다.

■ 독일

독일의 직업병(Berufskrankheit)은 원칙적으로 직업병시행령(BK-VO)의 직업병 리스트에 의한 열거주의를 채용한다. 현재 화학적 인자 30종, 물리적 영향 16종, 병원체감염·기생충·열대병 4종, 기도·폐·흉막·복부 질병 20종, 피부질환 2종, 광부들의 안구진탕 1종 등 73종의 직업병이 규정되어 있다. 그러나 사회보장법 제7장 제9조 제2항에 의거, 직업병 리스트에 게재되어 있지 않은 질병이라도 새로운 의학 지식에 따라 업무 관련성이 인정되는 등 일정한 요건을 충족하는 것은 보상이 가능하다. 이와 관련하여 많은 소송이 진행중인데 특히 스트레스가 원인이 되는 정신병 등 심적 요인에 의한 질병이 두드러지게 많다.⁹⁾

독일에서는 먼저 '해당 정신질환이 국제적으로 인정된 진단 및 분류체계(ICD-10, DSMIV) 내에서 객관적으로 진단 및 분류되어야 하고, 건강 손상을 수반한다는 사실이 객관적으로 규명될 수 있는 질환'일 것을 요구하고 있다. 그리고 신뢰 가능한 진단이 내려진 후에는 기능적 손상(functional impairment)도 결정되어야 하고, 아울러 각 사례별로 구체적으로 지속되는 건강 손상의 형태, 강도 및 심각성이 입증되어야 할 것을 요구하고 있다. 아울러, 진단이 내려진 정신질환이 주로 특정 재해(외상성정신장애)에 의해 초래되었거나 해당 외상성정신장애가 문제의 정신질환 원인 중의 하나라는 것에 대한 입증이 충분하게 이뤄져야 한다.

■ 프랑스

프랑스는 업무상질병에 대하여 열거주의를 채택하고

8) 후생노동성 노동기준국, 심리적 부하에 의한 정신장애의 업무상·외 판단지침.

9) 독일 공공산재보험연맹(DGUV).

있다. 일반사회보장제도에서 업무상질병 리스트는 98개, 농업제도 업무상질병 리스트는 57개 항목이 있다.

프랑스에서는 직업병 목록 덕분에 재해 노출과 질병 간의 관계를 밝히기가 수월해졌다. 직업병목록에 나열되어 있는 질환으로서 이 목록상에서 규정하고 있는 조건에 부합하는 모든 질환은 업무와 관련하여 발생한 것으로 간주한다(사회보장법, L461-1조). 정신질환을 야기하는 돌발적인 사건은 발생 일시 및 장소의 측면에서 '비정상적(abnormal)'인 것으로 정의될 수 있는 갑작스러운 사건일 것을 요구하고 있다. 관례상 정신질환을 초래하는 돌발적인 사건들의 특성을 보면, 정상적인 과정의 근본적인 변화, 사건의 돌발적 발생, 비(非) 예측성, 예외성 등을 들 수 있다.

직업병 목록에서는 질환의 특수성에 따라 다음과 같은 네 가지 원칙에 따라 해당 질환의 업무 관련성을 인정하고 있다.

첫째, 직업병 목록에 명시된 증상 및 장애가 외적으로 발현되어야 한다. 둘째, 업무 중 재해 관련 위험에 규칙적으로 노출되어야 한다. 셋째, 최초 증상은 해당 재해에 노출되는 과정에서 혹은 그 이후에 발현되어야 한다. 그러나 해당 질환과 업무 간의 관련성이 입증되는 경우, 직업병 목록에서 나열하고 있지 않은 질환도 직업병으로 간주하고 있다. 또한 직업병 목록에 포함되어 있지는 않지만 해당 질환과 재해 근로자의 통상적인 업무 간에 직접적이고 절대적인 관련성이 있고, 재해 근로자의 사망 혹은 재해 근로자에게 발생한 부분연구장애의 최소 25% 이상을 초래하였다고 의료 전문가가 인정하는 경우에 한해서 당해 질환의 업무 관련성을 인정한다(사회보장법 L 461-1조, 4항, '목록 외(外) 직업병'). 그럼에도 불구하고 추가목록을 통해 직업병으로 인정받고 있는 사례는 많지 않다.¹⁰⁾

■ 호주

호주의 업무상재해는 사고와 업무와의 관련성을 먼저 판단하고 질병의 경우 업무기인성이 요구된다. 업무와 사고 간에 어느 정도 관련성이 있는지 업무 기여도를 고려한다. 그러나 정신장애의 경우에는 상당한 원인을 제공하여야 인과성이 인정된다.

재활보상법 제30절에 의거, 질병과 업무 간에 관련성이 있는 경우나 업무 수행 도중 질병이 발생하고 업무가 장애 발생에 기여한 경우에는 업무상질병으로 인정된다. 업무 수행중이 아니더라도 발병 원인이 업무와 관련이 있는 경우이거나 업무와 질병 간에 관련성이 인정되면 보험급여가 가능하다.

업무상질병 목록에는 화학물질로 인한 중독, 방사선물질로 인한 질병, 동물에 의한 감염, 건초염, 상피종 등이 있다. 재활보상법 제31절에서 관상동맥성심장질환, 소음성난청, 이명, 정신장애에 대하여 특정장애의 보상 가능 여부 결정에 관하여 규정되어 있다. 이 중 정신장애는 마음의 질환으로 규정하고 심리적 재해를 입은 근로자의 질병이 해고, 긴축 정책, 전근, 업무평가 강등, 징계, 배치 전환 등 사업주에 의해 행하여진 합당한 조치와 관련이 없었음이 증명되어야만 인정이 가능하다.¹¹⁾

■ 미국

미국은 직업병을 산재보상제도에 편입하여 보상하기 위한 제도적 방법으로 캘리포니아 주와 매사추세츠 주에서 직업병을 재해의 일반적 개념에 포함시켰다.

현재 미국의 50개 주와 푸에르토리코, 괌, 워싱턴 D.C. 및 연방 근로자 보상법, 부두 및 항만 근로자 보상법에서 직업병과 관련하여 재해의 개념을 확대 적용하거나 질병의 적용을 포함시키거나 보상 가능한 직업병 목록과 포괄규정을 두고 있는 경우가 있다. 그 외 직업병에 대한 일반적 정의 규정을 두거나 직업병에 별도 입법을 두고 있는 경우도 있다.

콜로라도 주는 재해, 장애 및 직업병의 개념을 정의함에서 정신적 또는 정서적 스트레스가 오로지 업무에 수반된 위험에 의하여 초래된 경우에는 그로 인한 장애,

10) 프랑스 건강 및 산재보험중앙공단, Rapport de gestion de l'Assurance Maladie Risques Professionnels 2009(사회보장청 2009년 산재보험사업연보).

11) WORK COVER SA(<http://www.abs.gov.au/ausstats/>).

사망이 위 개념에 포함될 수 있도록 하여 직업병에 고유 위험의 원칙(Peculiar risk doctrine)을 도입하였다.

미국 각 주는 정신적 자극에 의해 발생된 장애는 점진적으로 진행되고 스트레스가 일상생활이나 업무와 비교해서 이례적이라 할 수 없는 경우도 보상을 받을 수 있다. 여기에는 스트레스가 장애에 기여하였느냐만 따지는 알래스카 주 등 8개 주(캘리포니아, 하와이, 켄터키, 미시간, 뉴저지, 오리건, 펜실베이니아)가 있으며, 정신적 장애가 점진적으로 진행되었더라도 일상생활에서의 스트레스보다 중대하거나 일상적 근로에서 스트레스보다 중대한 이례적인 경우에 보상을 받을 수 있는 12개 주가 있다. 또한 자극이 급작스러운 경우 보상이 가능하다는 경우는 일리노이 주 등 7개 주(루이지애나, 메릴랜드, 미시시피, 테네시, 텍사스, 버지니아)가 있으나 정신적 장애에 대하여 자극이 점진적이었는지 급작스러웠는지 구분 없이 신체적 요소가 결부되지 않는 한 보상을 거부하게 된다.

피재 근로자의 주관적 기준과 합리적인 보통 사람의 객관적 기준을 따라야 한다는 두 가지 입장이 있다. 미시건 주 의회는 1982년 법 개정을 통해 정신적 장애는 업무상의 실제 사건에 기인하여 발생되었을 경우에 한하여 보상되고, 업무 관련성을 인정한 것만으로 보상이 되지 않는다는 규정을 두었다.¹²⁾ 대다수 주들이 스트레스 업무 관련성 인정에서 객관적 기준을 채택하고 있다.¹³⁾

■ 그 외 유럽 각국¹⁴⁾

스페인의 경우, 정신질환의 업무 중 재해 인정에서 그 특성에 따라 돌발 재해로 인해 초래된 외상성정신장애의 사례에 대해서는 업무 중 재해로 인정하는 방안(다른 유럽국가와 유사)과 정서장애, 공포 및 신경증장애, 신체적 결함에 의한 행동장애, 인격장애 등과 같은 정신질환의 경우에는 업무 중 재해의 특별한 범주로서 '업무로 인해 초래된 비(非) 외상성질환(non-traumatic disease caused by work)'으로 인정하는 방안 등 두 가지 방안을 도입하고 있다. 정신질환이 업무 중 재해 및

직업병으로 인정될 수 있는 국가(벨기에, 덴마크, 프랑스, 이탈리아, 스웨덴 등)에서 이 두 범주 간의 경계는 별다른 문제가 되지 않는다. 즉, 조사 방법 간의 차이는 인과적 사건의 시간적 측면 및 단기간의 갑작스럽고 유일한 특성을 구분할 수 있는 가능성에만 있을 뿐이며, 국가간의 차이점이라면 '단기간(short duration)'에 대한 개념에만 있을 뿐이다.

돌발 재해로 인해 초래된 외상성정신장애의 대표적인 질병은 외상후스트레스장애이다. 이에 대하여 일반적으로 사업장에서의 폭력행위 또는 교통사고나 동료의 재해와 관련된 외상성정신장애 등도 업무상 정신질환으로 인정된다.

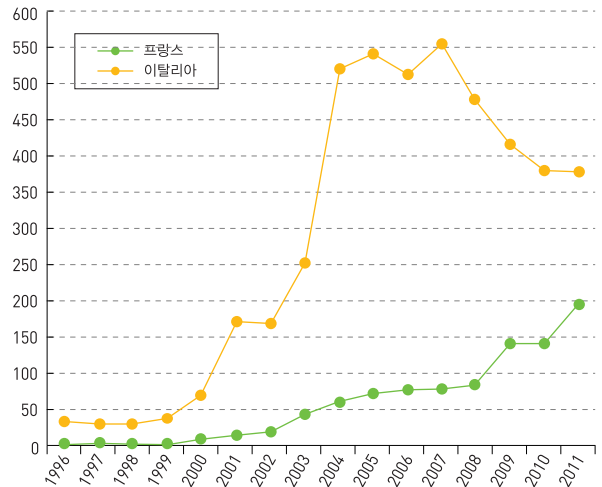
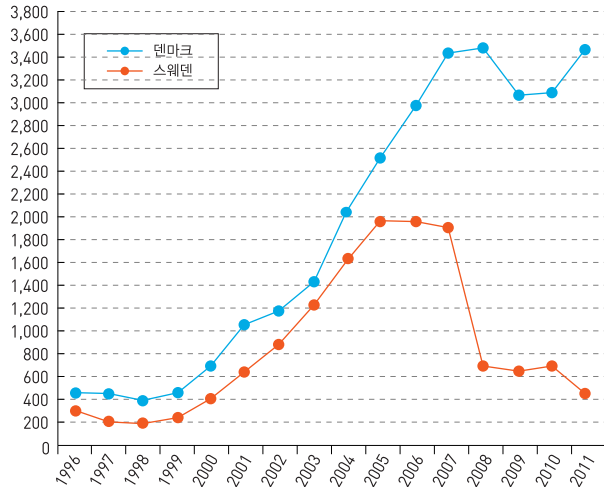
이러한 상황에서 가장 일반적으로 처하게 되는 정신질환은 외상후스트레스장애이다. 벨기에는 '사업장 내에서 혹은 출퇴근 시 근로계약에 따른 업무 수행으로 인한 갑작스러운 사건(정신적 피해)일 것'을 요구하고 있다. 그리고 위험에 대한 노출은 24시간 이하로 지속되어야 한다고 요구하고 있다. 덴마크의 경우, 정신질환을 인정받기 위해서는 이 정신질환이 갑작스럽게 발생한 사건 이후 혹은 최대 5일에 걸쳐 발생한 사건 이후에 발병되어야 한다고 요구하고 있다. 핀란드에서는 이례적으로 위협적이거나 재난적인 스트레스성 사건이나 상황에 이어서 발생하는 외상후스트레스장애가 ICD-10의 진단 기준을 충족시키는 경우에 한하여 업무 중 재해로 인정하고 있다. 또한 스웨덴은 피해자의 외상성정신장애를 초래한 예기치 못한 재해의 결과인 정신질환(통상적으로, 외상후스트레스 사례)을 업무 중 재해로 인정하고 있다. 이와 관련해서 업무 수행 중 폭력, 폭력적 위협 또는 기타 정신적인 충격을 초래하는 경험 등도 문제가 될 수 있다(사회복지사, 간호사, 상점·은행 직원 등에게 흔히 발생). 스위스의 경우, 연방법원에서는 '갑자기 공

12) Mich. comp. Laws Ann. Sec418.301(2).

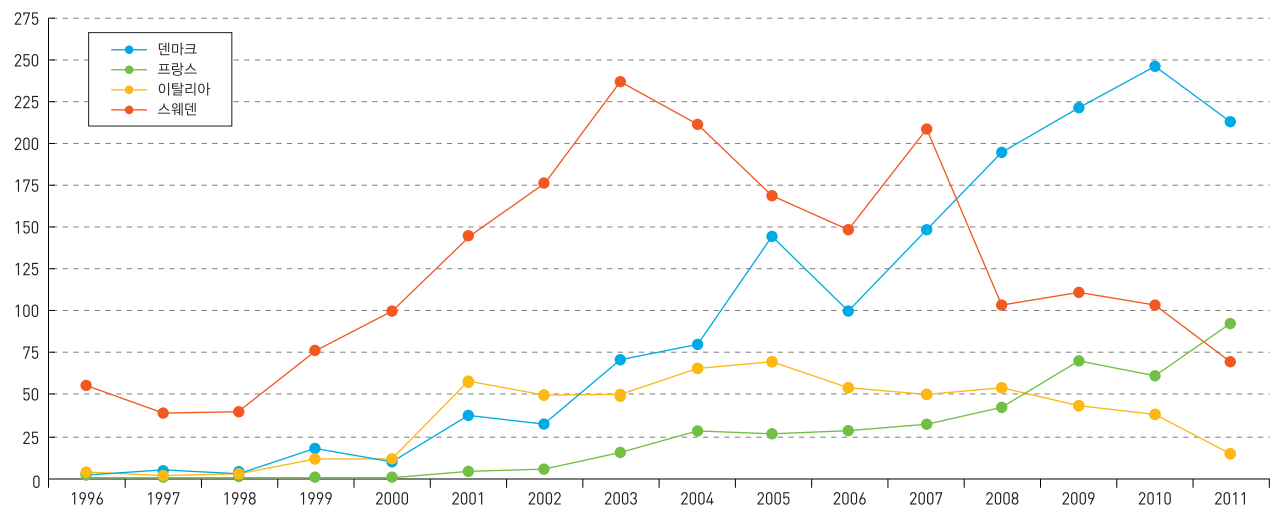
13) 미국 사회보장청(SSA)의 Social Security Throughout the world 2002, www.ssa.gov

14) www.eurogip.fr, www.europeanforum.org

인정 청구 건수



인정 사례 건수



*출처 : Report Eurogip-81/E

[그림] 정신질환 : 인정 청구건수 및 인정 사례건수(1996~2011년)

포를 느끼고 정신적 균형이 흔들리는 성향이 있거나 특 정의 병적 소인으로 인해 정신적 충격에 대한 저항력이 떨어지거나 또는 정상적인 성격을 가진 피보험자의 면전에서 발생한 대규모의 극적 폭력 사건에 노출된 결과에 해당하는 재해'를 온전한 정신적인 피해('심리적 외상성정신장애(psychological traumatism)')로 규정하고 있다.¹⁵⁾

15) <http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/indexshingi.html>

16) 후생노동성 노동기준국, 직장의 정신건강대책 검토회 보고서, 2010. 9. 7.

일본의 업무상 정신장애 예방 대책

■ 직장의 정신건강 관련 상황¹⁶⁾

일본의 자살을 둘러싼 상황을 보면 자살자 수는 1998년부터 12년 연속 3만명을 넘는 수준으로 추이하고 있으며, 인구 10만명 당 자살 사망률도 구미 선진국에 비해 높은 수준이어서 매우 심각한 사태가 되고 있다. 후생노동성은 2010년 1월 '자살·우울증 등 대책 프로젝트 팀'을 설치하고, 향후 후생노동성의 자살 대책에 관한 지침을 정리하였다. 이는 '직장의 정신건강 대책·직장복귀 지원의 충

실험'이 중점 대책의 하나이며, 향후 직장에서의 정신 관련 질병의 파악과 적절한 대응을 하는 것이 포함되었다.

구체적으로는, ① 노동안전위생법에 근거한 정기 건강 진단에서 근로자가 불이익을 입지 않도록 배려하면서 효과적으로 정신 관련 질병들을 파악하는 방법을 검토한다. ② 정신 관련 질병의 파악 후 사업주에 의한 노동시간의 단축, 작업 전환, 휴직, 복직 등의 대응이 적절하게 이루어지도록 정신건강 전문가와 산업의를 가진 외부기관의 활용 및 산업의사의 선임 의무가 없는 중소 규모 사업장의 의사 확보에 관한 제도 등에 대해 검토한다.

• 사업장의 대처 상황 : 근로자 건강상황조사 보고에 따르면, 정신건강 대책에 참여하고 있는 사업장의 비율은 2002년 약 24%에서 2007년 약 34%로 증가하고 있다. 하지만 약 70%의 사업장이 정신건강 대책에 참여하지 않는 상황이다. 이러한 상황 속에서 정신장애 등에 의한 산재 청구 건수는 2005년도 656건에서 2009년도 1,136건, 산재 지급 결정 건수는 2005년도 127건에서 2009년도 234건으로 증가되었다. 직장의 정신건강 대책을 더욱 촉진시키기 위해서는 산업보건 스태프 보유 및 정신건강 대책에 대한 지원체제의 강화뿐만 아니라 근로자 자신이 스트레스에 적절하게 대처해 나가는 것과 동시에 사업자가 직장 환경 개선을 실시해, 직장 스트레스 등 유해요인을 감소시킴으로써 정신 관련 질병의 발생이나 악화를 방지해 나가는 것이 중요하다.

• 정신 관련 질병의 대응 : 근로자의 정신 건강 부진은 직장 요인, 직장 이외의 요인에 의한 것 등 다양하며 또한 이러한 요인에 대한 반응이 개인의 차이에도 영향을 준다. 또한 장시간 근로, 심야 근로 등은 정신건강을 악화시킨다. 장시간 근로자에 대한 의사의 면접지도와 같이 직업성 요인이 있는 것, 직업성 요인은 아니지만 악

화·촉진의 원인이 되는 것을 대상으로 건강장애 방지 조치를 강구하고, 직장에서 근로자의 정신건강에 대해서도 기본적으로 작업 관련 질환과 마찬가지로 대응해야 할 측면이 있다.

• 향후 방향 : 이러한 점에서 기존 실시해 온 다양한 노력 이외에, 정신 관련 질병들을 포함하여 근로자가 작업 환경에서 받는 다양한 스트레스 등의 요인에 대해 조기에 적절한 대응이 실시되도록 건강관리 에 새로운 프레임 워크를 도입함으로써 직장의 정신 건강 대책을 촉진한다.

■ 일반 정기 건강진단 실시 후 대응

• 취업상의 조치 : 노동안전위생법에서 건강진단 항목에 이상 소견이 있는 근로자의 건강 유지를 위해 사업주가 의사의 의견을 청취하고 필요할 때는, 근로자의 형편을 고려하여 취업 장소의 변경, 작업의 전환, 근로시간 단축 등의 조치가 강구되고 있다. 또한 '건강진단 결과에 따라서 사업주가 취해야 할 조치에 관한 지침'(1996년 10월 1일 건강진단 결과조치 지침 공시 제1호)에서 사업주는 의사의 의견을 청취하고 근로자에게 의사 면접 기회를 제공하여야 한

〈표 2〉 정신질환 : 유럽 4개국의 인정 청구 건수 및 직업병 인정 사례 건수(1996~2011년)

연도	덴마크		프랑스		이탈리아		스웨덴	
	인정 청구	인정 사례	인정 청구	인정 사례	인정 청구	인정 사례	인정 청구	인정 사례
1996	434	3	1	0	30	7	313	55
1997	449	9	4	1	26	4	185	39
1998	359	8	2	0	26	6	184	39
1999	483	19	3	2	37	11	235	77
2000	690	11	5	1	62	14	387	99
2001	1,052	36	12	4	169	57	640	146
2002	1,167	32	17	7	167	49	903	177
2003	1,397	71	41	18	254	49	1,260	238
2004	2,010	79	59	30	522	65	1,639	213
2005	2,534	146	72	26	543	70	1,987	168
2006	2,990	99	73	28	511	53	1,985	149
2007	3,445	148	78	33	554	51	1,914	209
2008	3,521	196	86	44	476	55	700	104
2009	3,089	223	142	72	415	42	648	111
2010	3,106	246	136	63	380	37	710	103
2011	3,486	212	196	94	378	13	451	70

* 출처 : Report Eurogip-81/E

다. 또한 산업의 선임 의무가 있는 사업장은 산업의
가 개인별 건강 상태나 작업 환경을 파악할 수 있기
때문에 사업주는 산업의 의견을 들어야 한다.

- 보건지도 : 노동안전위생법에서 사업주는 건강진단
결과, 특히 건강 유지에 노력할 필요가 있는 근로자
에 대하여 의사 또는 보건사에 의한 보건지도를 실
시하도록 노력하여야 한다고 되어 있다. 또한 사업
장 소속 보건간호사의 대부분이 정신건강교육을 실
시하고 정신건강에 대한 업무에도 관여하고 있다.
- 외부 지원기관
 - 정신건강대책지원센터 : 정신건강대책지원센터는
지역에서 직장 정신건강 대책을 지원하는 핵심기
관으로 전국 47개소에 설치되어 있다. 동 센터는
근로자의 정신 관련 질병을 조기 발견, 조기 대응,
휴직자의 직장 복귀에 이르기까지 직장 정신건강
대책 관련 사업주에 대하여 종합적인 지원을 실시
하고 있다.
 - 지역산업보건센터 : 노동안전위생법에는 산업의
선임 의무가 없는 50인 미만 사업장의 사업주는 근
로자의 건강관리를 실시하도록 노력하여야 한다고
되어 있다. 이런 경우 기업에서 은퇴한 베테랑 보
건사, 간호사 등으로 구성된 팀에 의한 정신건강에
관한 상담 실시, 공업단지, 상공회의소, 건강진단
기관 등의 협력을 통한 정신건강 세미나 개최 등 지
역의 특색을 감안한 노력이 이루어지고 있다. 그러
나 서비스 대상이 되는 사업장에 비해 서비스를 이
용하고 있는 사업장의 수가 20% 정도에 머물고 있
으며, 또한 상담원 수가 부족한 지역도 있다.

[정신건강에 대한 조사표]

정신건강에 관한 조사표에는 후생노동성이 작성한 '직업성 스트레스 간
이 조사표'가 있는데, 우울증 등의 조기 발견을 목적으로 한 것이 아니
라, 자각 증상으로 조기 주의해야 할 직장 환경을 포함한 스트레스 요인
을 종합적으로 파악하여 정신 관련 질병의 발생 방지(일차 예방)에 활용
하는 것을 목적으로 작성되었다. 이밖에 '우울증 대책 추진 방안 매뉴얼
조사표', '세스디(CES-D)', 일반건강조사표(GHQ-12) 등은 정신건강
관련 확인에 어느 정도 정밀하지만, 조사표에서 양성이나 음성도 질병

자가 아닌 경우가 많이 포함되어 있다. 또한 적절한 대응을 하지 않는
경우에는 충분한 효과를 기대할 수 없다는 점에 유의해야 한다. 아울러
'근로자의 심신건강 유지 증진을 위한 지침서'(2006년 3월 31일 건강
유지 증진을 위한 지침서 공시 제3호)에서는 산업의사가 근로자의 개인
정보를 사업주들에게 제공하는 경우에는 제공하는 정보의 범위와 대
상을 최소화하고 적절하게 가공하는 것 등이 요구된다.

■ 정신건강 대책 추진 기본 방향

- 기본적인 방침 : 일반 정기건강진단에서 ① 근로자
의 건강진단 결과는 사업주에게 통지되고, ② 사업
주가 근로자의 정신 관련 질병에 대한 이해가 충분
하지 않은 경우에 근로자들에게 불이익이 발생될 수
있다. ③ 조사표를 활용하여 정신 관련 질병을 파악
하는 경우에는 전문가의 참여가 필요하고 막대한 비
용이 소요되므로, 현 시점에서 모든 직장을 대상으
로 조사표를 이용하여 정신질환을 조기에 발견하는
방법을 취하는 것은 어려움을 수반한다. 따라서 정
신 관련 질병에 영향을 미치는 직장에서의 스트레스
등 요인에 대해 산업보건 스태프에 의해 적절한 조
치가 실시되기 위해서는 근로자들에게 스트레스 관
련 주의를 촉구함과 동시에 직장 환경 개선을 실시
하여 일반 정기건강진단과 다른 새로운 프레임워크
도입이 필요하다. 그 때에는 다음과 같은 방침에 따
라 대응하는 것이 필요하다.
- 구체적인 틀 : 스트레스 관련 증상·질병을 확인한
다. 일반정기건강진단에서 '자각 증상 및 타각 증상
의 유무 점검'(문진표의 사용도 포함)을 실시한다.
예컨대, 식욕이 없고 수면을 취할 수 없는 등의 신체
적 증상·질병과 우울, 좌절하는 등의 심리적 증
상·질병 등 스트레스 관련 증상·질병(직장뿐만 아
니라 가정 등에 의한 것도 포함)을 확인한다.
- 새로운 프레임워크에 대한 대응 : 자각·타각 증상의
점검에서 스트레스 관련 증상·질병이 의심되면 스
트레스 관련 증상·질병으로 인식하는 것이 적당하
지 산업의사, 정신과의사 등에 의한 확인이 필요하
다. 근로자가 정신건강 관련 질병이라는 이유만으로

사업주가 근로자를 해고하는 등의 불이익을 취해서는 안 된다. 사업주는 의사의 의견을 감안하여 근무상의 조치를 취할 경우에는 건강관리의 관점에서 적절한 절차·내용을 근거로 실시될 수 있도록 한다.

- 소규모 사업장의 대응 : 근로자 수 50명 미만의 사업장에서는 취업상의 조치 등에 관하여 진술의사의 확보 및 해당 의사가 사업장의 상황을 충분히 파악할 수 있도록 하는 것이 필요하다. 그리고 근로자의 건강관리 등을 담당하는 의사가 있는 지역산업보건센터 이용 등에 노력하여야 한다. 소규모 사업장에서 독자적으로 의사를 확보하고 근로자에게 산업보건서비스를 제공하는 것이 곤란한 사업장에서는 지역산업보건센터에 사업장을 등록하도록 권장할 필요가 있다. 또한 지역산업보건센터가 소규모 사업장에 우량한 산업보건서비스를 제공할 수 있도록 그 기능의 확충·강화를 도모하기 위해 산업의사, 보건사 등의 등록을 추진함과 동시에 그 자질 향상 및 업무를 조정하는 코디네이터 활동을 도모할 필요가 있다.
- 사업장 외 조직(외부 전문기관)의 육성 : 산업전문 의는 정기건강진단 유소견자에 대하여 의견 청취 및 작업장 순찰 등을 통해 직장 환경을 살펴보는 등 중요한 역할을 담당하고 있다. 그러나 정신건강에 대응할 수 있는 산업의 수는 충분하지 않아 해당 분야에 정통한 사람의 확보 및 활용이 과제가 되고 있다. 또한 산업의 정신건강 대책의 대응에 대해서, ① 연수 등으로 필요한 지식을 습득하여 직무를 수행할 필요가 있지만, 촉탁 산업전문의는 독점적으로 산업의 업무를 수행하지 않으므로 충분한 대응이 곤란한 경우도 있다. ② 정신보건 분야 및 다양한 분야의 여러 산업의를 선임한 경우 각 산업의가 월 1회 이상 사업장 순시가 필요할 수 있으며, 또한 그 경우에는 많은 비용을 요하는 등 현실에 맞지 않는 상황도 있다. 따라서 정신건강에 대응할 수 있는 산업의 등으로 구성된 사업장 외 조직(외부 전문기관)을 정비·육성하고 정신건강질환에 대한 대응

등에 관한 산업의 업무를 효율적이고 적절하게 실행하는 것이 필요하다. 대기업에서는 근로자의 동의 하에 스트레스 조사를 실시하고 근로자 개인에게는 결과 통지 및 위험도가 높은 근로자의 면접을 실시하여 개인의 건강관리에 보다 안전하게 스트레스 상황을 파악해서 작업 환경을 개선하는 사례가 있으며, 정신건강대책지원센터 등을 통해 선진적인 사례 보급을 도모함과 동시에 그 효과에 대한 점검을 필요로 한다.

결론

2013년 7월 우리나라 업무상질환 목록에 '외상후스트레스장애(posttraumatic Stress Disorder)'가 포함되어 있다. 이와 관련하여 유럽국가 중 덴마크에서 유일하게 외상후스트레스장애가 직업병 목록에 포함되어 있고, 관련 직업병지침에서 '이례적으로(exceptionally) 위협적이거나(threatening) 재난적인(catastrophic) 특성의 장단기 외상성 사건이나 상황에 노출'되어야 상병을 인정할 수 있고 업무상질환으로 충족해야 할 진단기준이 설정되어 있다.

업무 관련 스트레스 등으로 발생한 정신질환에 대한 관련성 판단은 일본에서 세부적 방침이 마련되어 있다. 일본의 업무상·외 판단 시, 정신장애의 발병 유무, 발병 시기 및 질환명 확인, 업무에 의한 심리적 부하의 강도평가, 업무 이외의 심리적 부하의 강도평가, 개인적인 요인평가 등에 대하여 구체적으로 검토한 후 종합적으로 판단하게 된다. 또한 무엇보다 업무 관련 정신장애가 발생되기 이전에 예방하기 위한 대책 마련이 더욱 필요하다. 이와 관련하여 일본의 정신건강 대책에는 정기건강진단에서 정신 관련 질병들을 파악하고 그 이후 사업주가 노동시간 단축, 작업 전환, 휴직, 복직 등의 대응이 적절하게 이루어지도록 정신건강 전문가 확보 및 산업의를 가진 외부기관을 활용하는 등 근로자의 정신건강 예방을 위한 세부적 방침이 마련되어 있어 우리에게 주는 시사점이 큰 것으로 보인다. 🌸

산업재해 근로자의 직업 복귀 유형과 관련 요인¹⁾

산업재해로 장애가 발생하면 개인적으로나 사회적으로 막대한 부담을 주게 된다. 따라서 이들을 사회로 신속하게 복귀시키는 것이 그러한 부담을 덜 수 있는 가장 효과적인 방법이다. 직업이 있던 산재 근로자에게는 직업에 복귀하는 것이 가장 중요한 재활의 목표가 될 것이다. 따라서 산재 근로자들의 직업 복귀 실태에 대한 정보는 재활 프로그램을 개발하는 데 우선적으로 필요하다. 이에 따라 본 연구는 장애가 있는 산재 근로자들의 직업 복귀 유형을 살펴보고 인구학적 특성과 재해 관련 특성에 따라 어떤 공통점과 차이점이 있는지 파악하여 이를 토대로 재활 과정에 필요한 함의를 제공하였다.



박수경 교수
대진대학교 사회복지학과

서론

산업재해로 장애가 발생하면 개인에게는 경제적으로나 사회적·심리적으로 부정적인 영향을 미칠 뿐만 아니라 사회에도 막대한 경제적인 부담을 주게 된다. 이런 이유로 직업 복귀는 다른 나라에서처럼 한국에서도 중요한 이슈가 되고 있다. 2012년 국내 산업재해 장애인(이하 산재 장애인²⁾)의 직업 복귀율은 52.6%로, 2008년 45.8%에 비해 꾸준히 증가하고 있다. 그러나 이러한 직

업 복귀율은 미국 캘리포니아의 70%나 캐나다의 85%에 비하면 여전히 낮은 편이다.

산재보험이 1964년 도입된 이래 오랫동안 주된 관심은 여전히 산재 장애인의 직업 복귀보다는 현금 보상에 집중되어 왔다. 그렇지만 2001년부터는 정부에서 재활사업 5개년계획을 통해 산재 장애인에게 재활 상담과 의료, 직업, 심리사회재활서비스를 제공해 왔다. 특히 2008년부터는 직업재활급여를 법정급여로 전환하여 산재 장애인을 위한 직업 복귀 서비스 체계를 강화하였다. 그러나 이러한 노력에도 불구하고 직업 복귀의 성과는 의도만큼 성공적이지 못하였다.

산재 근로자들의 성공적인 직업 복귀를 위해 직업 복귀의 성과를 다양한 차원에서 평가하고 관련 요인들을 파악하는 것은 매우 중요하다. 많은 해외 선행연구를 보면, 인구학적 특성과 재해 관련 특성들은 산업재해 이후 직업 복귀 성과를 결정하는 데 중요한 역할을 하고 있음

1) 본 논문은 Park, S.K. (2012). Associations of demographic and injury-related factors with return to work among job-injured workers with disabilities in South Korea. Journal of Medicine and Rehabilitation, 44:473-476.을 수정, 보완한 것임.

2) 산재 장애인은 산재로 인해 발생한 부상을 치료한 후 산업재해보상보험법에 의해 장애등급을 받은 근로자를 의미한다. 산업재해보상보험법에서는 장애라는 표현을 사용하지만 장애라는 용어가 일반적이므로 본 논문에서는 산재 장애인으로 사용하기로 한다.

을 밝히고 있다. 또한 많은 연구자가 산재 근로자들의 직업 복귀 결과를 측정하기 위해 다양한 평가도구들을 사용하고 있다. 예를 들어, 일부 연구자들은 직업 복귀까지의 시간, 종결까지의 시간, 보상비용 등과 같이 시간과 비용을 측정하는 데 초점을 두는 반면, 다른 연구자들은 완전한 또는 부분적인 직업 복귀의 여부, 동일한 일로의 복귀 여부, 새로운 일로의 복귀 여부, 직업훈련 여부 등을 통해 직업 복귀 결과를 측정하기도 하였다. 이에 비해 국내에서는 직업 복귀의 성과를 주로 다시 일을 하는지의 여부를 통해 평가하였을 뿐 직업 복귀 유형에 따른 관련 요인들을 분석한 연구들은 부족하였다. 더욱이 국내에서 산재 장애인이 노동시장에 재진입하는 것이 어렵고 직업 복귀에 대한 정보가 부족하다는 점을 감안할 때, 직업 복귀 유형에 따른 분석은 효과적인 재활 프로그램 개발에 유용한 정보를 제공할 것으로 기대된다. 따라서 본 연구에서는 직업 복귀 유형을 원 직장 복귀, 자영업, 타 직장 복귀로 구분하여 직업 복귀율을 살펴보고, 인구학적 특성 및 재해 관련 특성과의 관계를 분석해보고자 한다.

연구 방법

자료 수집

본 연구에서는 근로복지공단에서 실시한 2005년도 장해판정자의 실태조사자료를 활용하였다. 이 자료는 근로복지공단의 행정자료, 고용보험자료, 근로복지공단 재활상담원들의 전화조사 결과를 취합한 것이다. 본 연구의 분석 대상자는 1만 3,078명의 20~55세의 근로자로서 요양치료 후, 2005년에 장해판정을 받은 근로자 3만 7,119명 중 20~55세의 근로 시기에 해당되지 않는 근로자 1만 5,827명과 직업 복귀 여부, 또는 전화번호 등 정보가 부족한 8,214명이 제외된 산재 근로자들이다. 근로복지공단의 행정자료에는 인구학적 특성(성별, 연령, 교육)과 재해 관련 특성(장해등급, 요양 기간, 재요양 여부) 등이 포함되었다. 직업 복귀자료는 한국고용정보원의 고용보험자료를 통해서, 자영업자에 대한 조

사는 4대 사회보험시스템의 사업자 등록증을 조회하여 확인하였다. 고용보험자료가 없는 경우에는 2006년 3월 동안 전국에 있는 근로복지공단 지사의 재활상담원들이 전화조사를 통해 복귀 여부를 확인하였다. 이렇게 이중으로 조사한 결과, 전화를 받지 않거나 대답을 거절하여 직업 복귀 유형이 파악되지 않은 근로자는 2,269명이었다.

측정 도구

종속변수는 직업 복귀 유형으로서 원 직장 복귀, 자영업, 타 직장 복귀, 그리고 실업으로 구분된다. 장해등급은 산재보험법에 따라 정해진 14등급으로 구성되며, 1등급이 가장 중증이고 14등급이 경미한 장애를 의미한다. 보통 산재장해등급의 경우 1~3급은 중증장애, 4~7급은 중간장애, 8~14급은 경증장애로 구분한다. 요양 기간은 산재 이후 산재보험으로부터 승인을 받아 요양급여를 제공받는 기간으로 4일 이상 치료를 받는 경우를 말한다. 재요양은 산재나 질병이 재발하여 추가적인 요양치료가 필요한 경우로서 재요양이 승인된 경우를 의미한다.

통계 분석 방법

분석에 사용된 변수들의 기술 분석(descriptive analysis)을 위해 빈도와 백분율, 평균, 표준편차 등이 사용되었다. 직업 복귀 유형을 예측하는 요인들을 분석하기 위해서 다항 로지스틱 회귀 분석(Multinomial multivariate logistic regression)이 사용되었다. 통계 분석은 SPSS 18.0 버전을 사용하여 이루어졌고 실업집단이 기준집단으로 사용되었다.

결과 분석

본 연구 대상자의 인구학적 특성을 살펴보면, 90.1%가 남성이고 평균연령은 40.87세(표준편차 = 8.33세)였다. 연령대별 분포를 보면, 40대가 40.5%, 30대는 31.1%, 50대 이상 17.4%, 29세 이하는 11%로 60% 정

도가 40대 이상으로 나타났다. 교육 수준을 보면, 연구 대상자 3명 중 2명이 고등학교 졸업자(67.2%)로 나타났고, 대학교 이상 졸업자가 14.2%, 중학교 졸업자 14.3%, 초등학교 졸업자가 4.3%를 차지하였다. 장애등급별 분포를 보면, 8~14급이 85.5%로 대부분이었고 4~7급이 12.3%, 1~3급은 1.9%에 불과하였다. 평균 요양 기간은 12.83개월(표준편차 = 12.76개월)로 1년을 약간 넘었으며 재요양을 승인받은 경우는 4.6%였다. 요양 기간별 분포를 보면, 6개월 이하가 32.7%, 7~12개월이 31.5%, 13~36개월이 30.8%였고, 37개월 이상은 5%에 불과하였다.

본 연구 대상자 1만 3,078명 중 직업 복귀 여부가 확인된 1만 809명의 직업 복귀 결과를 살펴보면, 47.7%가 원직에 복귀하였고, 타 직장으로 복귀한 비율은 18.0%, 자영업에 종사하게 된 경우는 2.1%, 직장에 복귀하지 못한 비율은 32.2%를 차지하였다. 한편, 1만 809명의 인구학적 특성과 재해 관련 특성의 빈도 분석 결과를 보면, 1만 3,078명의 인구학적 특성과 재해 관련 특성이 매우 유사한 분포를 보였다.

〈표 2〉는 인구학적 특성과 재해 관련 특성이 직업 복귀 유형과 관계가 있는지 분석한 결과이다. 분석은 모든 정

산재보험이 1964년 도입된 이래 오랫동안 주된 관심은 여전히 산재 장애인의 직업 복귀보다는 현금 보상에 집중되어 왔다. 그렇지만 2001년부터는 정부에서 재활사업5개년계획을 통해 산재 장애인에게 재활 상담과 의료, 직업, 심리사회재활서비스를 제공해 왔다. 특히 2008년부터는 직업재활급여를 법정급여로 전환하여 산재 장애인을 위한 직업 복귀 서비스 체계를 강화하였다. 그러나 이러한 노력에도 불구하고 직업 복귀의 성과는 의도만큼 성공적이지 못하였다.

보가 있는 1만 809명을 대상으로 이루어졌다. 분석결과를 보면, 남성은 여성에 비해 원 직장이나 타 직장에 복귀할 가능성이 높았으며 자영업에도 종사할 확률이 높은 것으로 나타났다(OR 2.83, 95% CI 1.52~5.27). 연령과의 관계를 보면, 30대 산재 근로자는 50대 집단에 비해 원 직장이나(OR 1.64, 95% CI 1.42~1.89) 타 직장에 복귀할 가능성이 높은 것으로 나타났다(OR 1.59, 95% CI 1.32~1.92). 한편, 30세 이하 산재 근로자는 50대에 비해 원 직장에 복귀하거나 자영업에 종사할 가능성이

〈표 1〉 조사 대상자의 인구학적 특성 및 재해 관련 특성, 직업 복귀 유형

변수	n[%]		변수	n[%]	
	n=13,078	n=10,809		n=13,078	n=10,809
성별			요양 기간		
남자	11,778(90.1)	9,800(90.7)	≤6개월	4,279(32.7)	3,567(33.0)
여자	1,300(9.9)	1,009(9.3)	7~12개월	4,125(31.5)	3,461(32.0)
연령			13~36개월	4,022(30.8)	3,281(30.4)
≤ 29세	1,445(11.0)	1,152(10.7)	≥37개월	652(5.0)	500(4.6)
30~39세	4,064(31.1)	3,493(32.3)	재요양 여부		
40~49세	5,294(40.5)	4,339(40.1)	예	606(4.6)	493(4.6)
≥ 50세	2,275(17.4)	1,825(16.9)	아니오	12,472(95.4)	10,316(95.4)
교육 정도			직업 복귀 유형		
초등학교 졸업	568(4.3)	427(4.0)	원 직장 복귀	5,154(39.4)	5,154(47.7)
중학교 졸업	1,874(14.3)	1,475(13.6)	자영업	225(1.7)	225(2.1)
고등학교 졸업	8,784(67.2)	7,316(67.7)	타 직장 복귀	1,946(14.9)	1,946(18.0)
전문대학 이상	1,852(14.2)	1,591(14.7)	실업	3,484(26.6)	3,484(32.2)
장애등급			확인 불가	2,269(17.3)	
중증(1~3급)	251(1.9)	196(1.8)			
중간(4~7급)	1,614(12.3)	1,326(12.3)			
경증(8~14급)	11,213(85.7)	9,287(85.9)			

낮은 반면 타 직장에 복귀할 확률은 높게 나타났다. 교육과 직업 복귀 유형과의 관계를 보면, 원 직장에 복귀한 경우는 중학교 이상 교육을 받은 산재 근로자들이 가능성이 높았지만 자영업에 종사하는 경우는 적어도 고등학교 이상(OR 2.66, 95% CI 1.06-6.67; OR 3.47, 95% CI 0.78-5.40), 타 직장에 복귀한 산재 근로자들은 전문대 이상 교육을 받았을 가능성이 높은 것으로 나타났다(OR 1.38, 95% CI 0.87-1.61). 장애등급과 직업 복귀 유형과의 관계를 보면, 중증장애집단에 비해 경증장애를 갖은 집단은 원 직장(OR 13.55, 95% CI 3.97-10.90) 이나 타 직장(OR 16.22, 95% CI 3.77-23.12), 자영업에(OR 12.27, 95% CI 1.50-81.17) 복귀할 확률이 모두 높았으며 중간 정도의 장애집단도 이러한 경향은 비슷하게 나타났다. 요양 기간별로 직업복귀 가능성을 보면, 요양 기간이 7~12개월인 집단은 37개월 이상

인 집단에 비해 원 직장에 복귀할 가능성(OR 1.36, 95% CI 1.09-1.71)이 높았던 반면, 6개월 이하 집단은 타 직장에 복귀할 가능성(OR 2.27, 95% CI 1.65-3.14)이 높은 것으로 나타났다. 한편, 자영업에 종사하는 경우는 요양 기간과 관련이 없었으며 재요양 여부는 직업 복귀 유형과는 아무 관련이 없는 것으로 나타났다.

논의 및 제언

본 연구결과, 산재 장애인의 인구학적 특성 및 재해 관련 특성에 따라 직업 복귀 유형별 가능성이 다른 것으로 나타났다. 우선, 남자가 여자에 비해 원 직장이든 타 직장이든 직장에 복귀할 가능성이 높았으며, 이러한 결과는 선행연구 결과와도 일치한다. 특히 자영업의 경우, 남자가 여자에 비해 거의 2.83배 정도 높아 여자들은 원

〈표 2〉 직업 복귀 결과와 관련 있는 인구학적 특성과 재해 관련 특성들에 대한 다항 로지스틱 회귀 분석

구분	원 직장 복귀		자영업		타 직장 복귀	
	OR	95% CI	OR	95% CI	OR	95% CI
성별						
남자	1.93 ^a	1.66-2.24	2.83 ^b	1.52-5.27	1.98 ^a	1.62-2.43
여자(reference)	1.00	-	1.00	-	1.00	-
연령						
≤29세	0.74 ^b	0.62-0.89	0.41 ^b	0.23-0.77	1.34 ^b	1.08-1.67
30~39세	1.64 ^a	1.42-1.89	1.04	0.69-1.56	1.59 ^a	1.32-1.92
40~49세	1.38 ^a	1.21-1.57	0.88	0.60-1.29	1.19 ^c	1.07-1.42
≥50(reference)	1.00	-	1.00	-	1.00	-
교육						
초등학교 졸업(reference)	1.00	-	1.00	-	1.00	-
중학교 졸업	1.71 ^a	1.75-2.98	2.05	1.31-9.17	1.19	1.02-1.90
고등학교 졸업	2.08 ^a	1.64-2.64	2.66 ^c	1.06-6.67	1.19	0.89-1.58
전문대 이상 졸업	2.29 ^a	1.32-2.20	3.47 ^c	0.78-5.40	1.38 ^b	0.87-1.61
장애등급						
중증(1~3급)(reference)	1.00	-	1.00	-	1.00	-
중간(4~7급)	6.58 ^a	8.25-22.25	11.02 ^c	1.69-89.18	9.33 ^a	6.60-39.80
경증(8~14급)	13.55 ^a	3.97-10.90	12.27 ^c	1.50-81.17	16.22 ^a	3.77-23.12
요양 기간						
≤6개월	1.19 ^a	1.52-2.42	1.40	0.71-2.75	2.27 ^a	1.65-3.14
7~12개월	1.36 ^b	1.09-1.71	1.20	0.62-2.32	1.60 ^b	0.89-1.58
13~36개월	1.09	0.87-1.36	1.19	0.63-2.25	1.19	0.86-1.63
≥37개월(reference)	1.00	-	1.00	-	1.00	-
재요양 여부						
아니오	1.08	0.88-1.34	0.62	0.37-1.05	1.22	0.92-1.63
예(reference)	1.00	-	1.00	-	1.00	-

*n =10,809, 모든 정보가 있는 대상자

^a: p<.001, ^b: p<.01, ^c: p<.05.



직업 복귀 유형에 따른 분석은 효과적인 재활 프로그램 개발에 유용한 정보를 제공할 것으로 기대된다.

직장 복귀나 타 직장 복귀에 비해 자영업으로 복귀할 가능성이 상대적으로 낮은 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 우리 사회에서 여전히 가사를 여성의 역할로 여기고 있는 것과 관련이 있어 보인다. 다른 측면으로는 많은 여성이 안정적인 일자리에 종사했을 가능성이 낮기 때문에 직업에 복귀할 가능성도 낮은 것으로 예측된다.

한편, 예상대로 고령 근로자가 직업에 복귀할 가능성이 낮게 나타났는데, 이 또한 선행연구 결과와 일치한다. 사실 고령 재해 근로자의 경우 재해 이후 회복되기 어렵고, 일부 고령 근로자들의 경우에는 질병과 재해 때문에 더 일찍 은퇴를 결심하는 경향이 있어서 직업 복귀가 상대적으로 어려울 수 있다. 흥미로운 결과는 30대 미만 근로자들이 상대적으로 원 직장으로 복귀할 가능성이 낮은 것으로 나타났는데, 이는 젊은 근로자들은 재해를 입은 당시의 지위에서 일한 시간이 상대적으로 짧기 때문으로 보인다. 선행연구 결과와 마찬가지로, 본 연구에서도 교육 수준이 높을수록 직장에 복귀할 가능성이 높은 것으로 나타났다. 일반적으로 교육을 덜 받은 산재 근로자는 산재 이후 직업을 변경하는 것이 원 직장으로 복귀하거나 자영업에 종사하는 것보다 더 어려울 수 있다. 사실, 한국 노동시장 내에서 경쟁이 치열하고

대졸자들이 과잉으로 배출되는 현실을 고려할 때 이러한 결과는 충분히 짐작할 만하다. 이러한 분석 결과들은 재활과정에서 산재 장애인의 인구학적 특성을 충분히 반영할 필요가 있음을 보여준다.

다음으로 재해 관련 요인과 직업 복귀 유형 간의 관계를 보면, 직업 복귀 유형별로 유사점과 차이점이 모두 나타난다. 기존 연구 결과와 마찬가지로, 장애 정도가 경미한 산재 근로자의 경우 모든 유형의 직업 복귀 가능성이 높게 나타났다. 자영업의 경우 중증집단에 비해 중간장애가 있는 집단이나 경증장애집단 모두 종사할 가능성이 비슷하게 나타난 반면 원 직장 복귀나 타 직장 복귀는 중증집단에 비해 중간집단과 경증집단 간에 복귀 가능성의 차이를 보여 중증장애집단은 물론 중간 정도의 장애를 가진 집단을 위한 차별화된 직업재활 프로그램을 개발할 필요성도 확인할 수 있었다. 한편, 원직 복귀 가능성은 7~12개월 요양치료를 받은 집단에서 가장 높았던 반면, 타직 복귀 가능성은 요양기간이 6개월 이하인 경우 가장 높게 나타났다. 이같은 결과는 직업 복귀에 대한 개입이 가능한 빠른 시기에 시작될 필요가 있으며, 특히 타 직장 복귀는 이러한 개입전략이 더 주효함을 알 수 있다.

본 연구결과는 대규모의 자료를 분석하여 직업 복귀 유형별로 인구학적 특성과 재해 관련 특성이 어떤 영향을 미치는지 분석하였다는 점에서 의미를 찾을 수 있다. 그러나 몇 가지 제한점이 있는데, 우선 행정적인 자료를 활용하여 분석하였기 때문에 직업 복귀와 관련이 있을 수 있는 다양한 잠재 변인을 포함하지 못하였다. 프로그램 개발에 필요한 자료를 제공하기 위해서는 후속연구를 통해 직업 복귀와 관련이 있는 사업장 관련 요인들과 심리사회적인 요인들을 추가로 분석할 필요가 있다. 또한 본 연구에서 행정자료와 전화조사를 통해 직업 복귀 결과를 파악했다 해도 상당수 산재 장애인의 직업 복귀 결과가 누락되었다. 그러나 본 연구는 이러한 제한점에도 불구하고 산재장애판정을 받은 산재 근로자의 방대한 자료를 분석함으로써 연구결과를 일반화할 수 있는 가능성을 높였다는 점에서 의미를 찾을 수 있다. 🌸

참고문헌

- Weil D. Valuing the economic consequences of work injury and illness: a comparison of methods and findings. *Am J Ind Med*. 2001;40(4): 418-437.
- Dembe AE. The social consequences of occupational injuries and illness. *Am J Ind Med*. 2001;40(4):403-417.
- Stice DC, Moore CL. A study of the relationship of the characteristics of injured workers receiving vocational rehabilitation services and their depression levels. *J Rehab*. 2005;71:12-22.
- Korea Workers' Compensation & Welfare Service. 2014-2018 management planning. 2013.
- California Department of relational Industrial Relation. Return-to-Work Rates for Injured Workers with Permanent Disability [cited 2011 Mar 8]. Available from: <http://www.dir.ca.gov/dwc/returntoworkrates/returntoworkrates.htm>
- Burtler R, Johnson W, Baldwin M. Managing work disability: why first return to work is not a measure of success. *Indust Lab Rel Rev*. 1995;48: 452-469.
- Krause N, Frank JW, Dasinger LK, Sullivan TJ, Sinclair SJ. Determinants of duration of disability and return-to-work after work-related injury and illness: Challenges for future research. *Am J Ind Med*. 2001;40:464-484.
- Crook J, Milner R, Schultz IZ, Stringer B. Determinants of occupational disability following a low back injury: A critical review of the literature. *J Occup Rehab*. 2002;12(4):277-295.
- Fenn P, Vlachonikolis IG. Male labour force participation following illness or injury. *Economica*. 1986;53:379-391.
- Cheadle A, Franklin G, Wolfhagen C, Savarino J, Liu PY, Salley C et al. Factors influencing the duration of work related disability a population-based study of Washington State Workers' Compensation. *Am J Pub Health*. 1994;84:190-196.
- Oleinick A, Gluck JV, Guire K. Factors affecting first return to work following a compensable occupational back injury. *Am J Ind Med*. 1996;30:540-555.
- Park SK. A study on factors affecting reemployment of disabled workers owing to industrial injury in Korea. *Korean J Soc Welfare*. 1999;37:67-88.
- Galizzi M, Boden LI. The return to work of injured workers: evidence from matched unemployment insurance and workers' compensation data. *Lab Economics*. 2003;10:311-337.
- Lee SY. A study on labor mobility among injured workers. Seoul: Korea Labor Institute; 2005.
- Park SK, Ahn CM. Predictors of job retention among workers' compensation clients in South Korea. *Soc Welfare Policy*. 2006;26:177-194.
- Seland K, Cherry N, Beach J. A study of factors influencing return to work after wrist or ankle fractures. *Am J Ind Med*. 2006;49:197-203.
- Lee SW, Kim JK, Kim, TY. A study on return to work among job injured workers with disabilities. Seoul: Korea Workers' Compensation & Welfare Service Research Center; 2008.
- Young AE, Wasiak R, Webster BS, Shayne RGF. Urban-rural differences in work disability after an occupational injury. *Scand J Work Environ Health*. 2008;34(2):158-164.
- Alavinia SM, Berg TIJ, Duivenbooden C, Elders LAM, Burdorf A. Impact of work-related factors, life style, and work ability on sickness absence among Dutch construction workers. *Scand J Work Environ Health*. 2009;35(5): 325-333.
- He Y, Hu J, Yu ITS, Gu W, Liang Y. Determinants of return to work after occupational injury. *J Occup Rehabil*. 2010;20:378-386.
- Fan JK, McLeod CB, Koehoorn M. Sociodemographic, clinical, and work characteristics associated with returning-to-work outcomes following surgery for work-related knee injury. *Scand J Work Environ Health*. 2010;36(4):332-338.
- Lee IS, Park SK. Employment status and predictors among people with visual impairments in South Korea: Results of a national survey. *J Visual Impair Blind*. 2008;102:147-159.
- Seland K, Cherry N, Beach J. A study factors influencing return to work after ankle fractures. *Am J Ind Med*. 2006;49:197-203.
- Hou WH, Tsauo JY, Lin CH, Liang HW, Du CL. Worker's compensation and return-to-work following orthopaedic injury to extremities. *J Rehabil Med*. 2008; 40:440-445.
- Elfving B, Åsell M, Ropponen A, Alexanderson K. What factors predict full or partial return to work among sickness absentees with spinal participating in rehabilitation?. *Disabil and Rehabil*. 2009;31(16):1318-1327.
- Post, M, Krol B, Groothoff JW. Work-related determinants of return to work of employees on long-term sickness absence. *Disabil and Rehabil*. 2005;15(4):543-556.
- De Rijk, Janssen N, Alexanderson K, Nikhuis F. Gender differences in return to work patterns among sickness absentees and their associations with health: a prospective cohort study in the Netherlands. *Int J Rehabil Res*. 2008;31(4):327-336.
- Braathen TN, Veiersted KB, Hegggenes J. Improved work ability and return to work following vocational multidisciplinary rehabilitation of subjects on long-term sick leave. *J Rehabil Med* 2007; 39:493-499.

재해 분석을 통한 정전기로 인한 화재·폭발재해 특성 및 제언

전 세계의 정전기 관련 산업은 장애·재해의 단순 예방에서 탈피하여 관련 기술을 적극적으로 활용 및 응용하고 있으며(예 : 복사기, 제전기, 분진 제거 장치 등), 산업 규모도 급격히 확대되어 가고 있는 실정이다. 한편, 산업 현장에서는 제조 공정상 발생하는 정전기 방전으로 인한 장·재해(제품 불량, 설비의 오동작, 화재·폭발 등)에 따르는 경제적·인적 피해를 막기 위하여 부단한 노력을 하고 있다. 특히, 정전기에 의한 화재·폭발의 특성상 중대재해·중대산업사고로 이어지는 손실을 방지하려면 무엇보다도 정전기에 대한 정확한 인식과 근원적인 대책 수립이 필요하지만, 국내에서는 아직도 생산 능력을 위한 보조 수단으로 도외시되는 경우가 있다.



최상원 연구위원
산업안전보건연구원 안전연구실
IEC TC 101 국내간사

머리말

정전기 방전(Electrostatic Discharge)으로 인한 장애로는 설비의 오동작에 의한 생산 손실, 반도체 소자의 불량 등이 있으며, 재해로는 정전기 방전에너지가 점화원으로 되어 화재·폭발을 발생시키는 경우가 있다. 국내에서도 장애 분야에 대해서는 생산 손실 등 직접적인 경제 손실을 낮추기 위하여 적극적으로 대처하고 있다. 그러나 재해 분야는 산업 발전을 주도하는 주력산업의 측면이 아닌 작업안전 등 보조산업의 측면으로 도외시되어 왔다. 특히, 정전기 분야가 차지하는 재해 비중(건수)이 낮다는 이유로 이 분야의 통계 생산이 중단되는 등 아직도 정전기 재해 분야에 대한 인식은 겉핥기 수준에 머물러 있다.

정전기에 의한 화재·폭발의 특성상 중대재해·중대산업사고로 이어지는 물적·인적 손실을 방지하기 위해

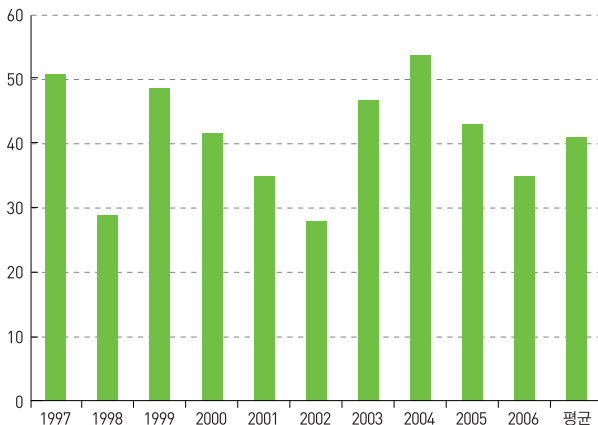
서는 무엇보다도 정전기에 대한 정확한 인식과 근원적인 대책을 수립할 필요가 있다. 본고에서는 정전기에 대한 국내·외의 재해통계를 바탕으로 분석한 재해 특성과 아울러 국내·외 연구동향과 함께 정전기에 의한 화재·폭발을 예방하기 위하여 몇 가지 접근 방안을 소개하고자 한다.

정전기 재해의 발생 현황과 특성

2012년 8월 ○○화학에서 발생한 화재·폭발사고는 물적 피해는 물론 8명 사망, 3명 부상이라는 엄청난 인적 피해를 가져온 중대산업사고였다. 과거 10년간의 중대산업사고에서 사망한 재해자의 절반에 육박하는 큰 인적 재해였다. 해당 인화성 물질의 점화원으로 추정되는 최소점화에너지는 약 0.2mJ이다. 1mJ의 아주 작은 정전기 방전에너지가 단 한 번에 화재·폭발로 수십억

내지 수백억원의 물적 피해를 일으킨다는 것이 정전기 재해의 특징이다.

[그림 1]은 1997년부터 2006년까지의 우리나라의 전 국민을 대상으로 한 조사에서 전기로 인한 화재 원인의 기인물 중 정전기로 인한 발생 건수를 나타낸 것이다.¹⁾ 연간 약 40여 건(전체 재해의 약 0.4%)의 화재·폭발이 발생하고 있으며, 불행하게도 2007년부터는 화재 원인 조사 시 화재 원인 분류에서조차도 정전기를 제외하고 있기 때문에 통계자료를 더 이상 볼 수 없다.



[그림 1] 한국의 연도별 정전기에 의한 화재·폭발 발생 건수¹⁾

[그림 2]는 2000년부터 2009년까지 일본의 전 국민을 대상으로 한 조사에서 나타난 정전기에 의한 화재·폭발의 발생 건수이다. 연간 평균 약 94건 정도 발생되고 있으며,²⁾ 우리나라의 전 국민 대상 조사의 발생 건수보

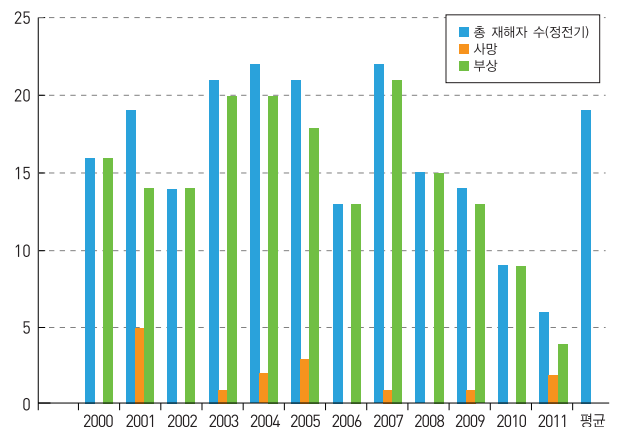


[그림 2] 일본의 연도별 정전기에 의한 화재·폭발 발생 건수²⁾

다 약 2배를 초과하고 있다. 이를 산업 규모와 재해조사·분류의 두 가지 관점에서 보면, 정전기 분야에 대한 연구·시설·인력 면은 일본이 우리보다 역사가 훨씬 오래 되었고, 규모 면은 크기 때문에 재해 원인을 정전기로 찾아내어 분류하는 능력이 우수하기 때문이라고 판단된다.

[그림 3]은 2000년부터 2011년까지의 우리 산업 현장에서의 정전기로 인한 화재·폭발의 발생 건수를 나타낸 것이다.³⁾ 연간 약 16건의 화재·폭발이 발생하고 있는데, 다행히 최근 2년간은 10건 미만으로 발생되었다. 그러나 불행하게도 2012년에 발생한 재해를 포함한다면 다시 크게 증가할 것으로 보인다.

[그림 4]는 2000년부터 2011년까지 정전기에 의해 발생된 화재·폭발로 인한 산업재해 192건에 대하여 장치별로 분류한 것을 나타내었다. 혼합기, 분류기 등을 포함하는 반응 장치류에서 많은 재해가 발생되고 있으며, 구체적인 대상 설비를 알 수 없는 소분, 코팅 작업 중에도 정전기에 의한 화재·폭발이 많이 발생되고 있다는 것을 알 수 있다.

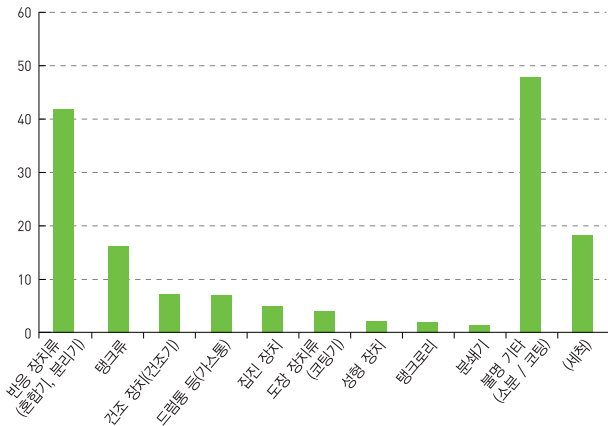


[그림 3] 한국 산업 현장에서의 연도별 정전기에 의한 화재·폭발 발생 건수³⁾

1) 전기재해통계분석(1998년~2007년), 지식경제부(한국전기안전공사 발행).

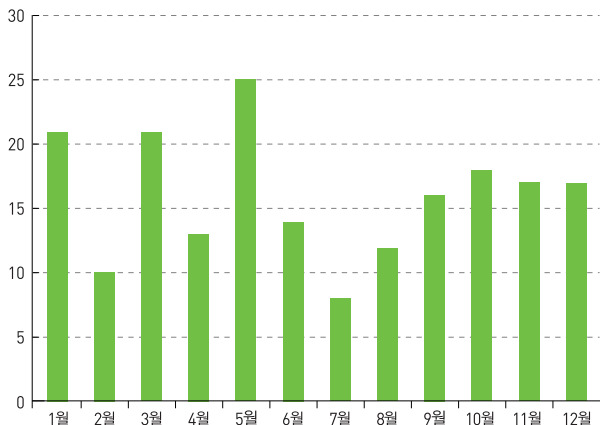
2) 火災年報(2000年~2009年), 總務省消防廳編纂(財)日本防火研究普及協會發行).

3) 산업재해 현황(2000년~2011년), 안전보건공단.



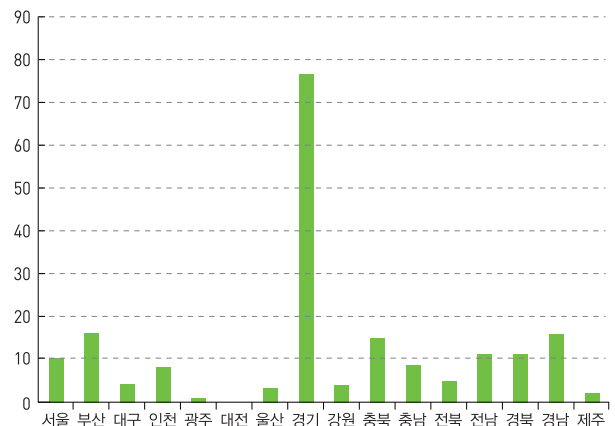
[그림 4] 장치별 정전기에 의한 화재·폭발 건수

[그림 5]는 2000년부터 2011년까지 정전기에 의해 발생한 화재·폭발로 인한 산업재해 192건에 대하여 월별로 분류한 내용이다. 정전기 발생 억제 요인인 습도가 높아 감전재해가 다수 발생하는 여름철에는 역으로 정전기에 의한 화재·폭발이 감소되고 있다는 것을 알 수 있으나, 흔히 회자되고 있는 건조한 겨울철에 정전기에 의한 화재·폭발이 많이 발생된다는 것을 명료하게 입증하는 것은 곤란하다. 이는 산업 현장의 제품 제조·성능 특성상 건조 공정을 필요로 하기 때문으로 판단된다.



[그림 5] 월별 정전기에 의한 화재·폭발 건수

[그림 6]은 2000년부터 2011년까지 정전기에 의해 발생한 화재·폭발로 인한 산업재해 192건에 대한 지역별 분류이다. 경기도가 가장 많은 77건이 발생하여 40%를 점유하는 것으로 나타났다. 이와 같은 요인에 대해서는



[그림 6] 지역별 정전기에 의한 화재·폭발 건수

사업장의 규모, 공정, 업종 등의 다각적인 분석이 필요하다.

정전기 관련 연구·기술 개발

정전기 발생을 원초적으로 제거한다는 것은 공정상·기술상으로 한계가 있기 때문에 국제전기기술위원회 IEC TC 101(정전기학)에서도 ‘정전기 제거’라는 용어를 탈피하여 장·재해를 일으키지 않는 범위 내로 ‘정전기 제어’라는 용어를 사용하고 있는 실정이다.

정전기 관련 산업은 크게 확대되어감에도 장·재해, 특히 재해예방을 위한 기술 개발에 대한 연구·교육은 아직도 우리나라에서는 걸음마 수준이라는 것을 해외 사례를 통하여 알아보고자 한다. 정전기 관련 연구·기술 개발을 주도하는 선진 여러 나라의 기관이 있으나 필자가 직접 방문한 기관에 대해서만 살펴보았다.

노동안전총합연구소(일본)



(사진 1) 분체 대전 연구 설비

사일로에서의 대전분체의 거동, 방전 위험요인 및 안전성 평가기술, 제전기술의 개발에 관한 연구를 하고자 약 20억원 규모의 분체 대전을 위한

파일럿 시설(사진 1)을 갖춰 산·학·연 공동연구 및 공동 이용을 하고 있다. 정전기 관련 연구인력만도 4명이다. 아울러 1976년부터 정전기학회가 설립되어 미국과 교대로 학술대회를 개최하고 있다.

물리기술연구소(독일)

역사나 명칭에 걸맞게 정전기에 관련된 기초 물성의 측정부터 산업 현장의 설비(사진 2)에 이르기까지 정전기에 의한 장·재해와 화재·폭발을 방지하기 위한 과학적 분석뿐만 아니라, 이들과 관련된 많은 국제기준을 제안한다. 특히 소속연구원은 국제전기기술위원회 IEC TC 101(정전기학)의 간사와 프로젝트 책임자로서 왕성한 연구활동을 하고 있다.



(사진 2) 정전기에 의한 화재·폭발 방지기술 연구 및 시설

맺음말

본고에서는 정전기재해의 발생 현황과 특성, 정전기 안전에 관한 국외 연구 분야 및 시설 등에 대하여 고찰해 보았다. 정전기 화재·폭발을 방지하기 위한 연구·시험·분석의 수행은 국내에서는 산업안전보건연구원이 유일하다. 산업안전보건연구원만의 블루오션이라고 할 수 있다. 동전기를 연구하는 전기안전연구원이나 전력연구원에서는 정전기 분야에 대하여 소극적인 수밖에 없다.

아주 작은 정전기 방전에너지에 의한 화재·폭발로 발생하는 중대재해·중대산업사고의 물적·인적 손실을 방지하기 위해서는 무엇보다도 정전기에 대한 정확한 인식이 필요하다. 그 근원적인 대책을 수립하기 위하여 다음과 같이 몇 가지를 제안하고자 한다.

- 정전기의 대전·방전 현상은 동전기에 비해 재현성이 현저하게 떨어지므로 이들 현상을 사고 발생 후에 재현한다는 것은 어렵다. 그러므로 정전기에 관련된 물성 측정을 위한 계측 장비의 구비·사용이 우선적이어야 한다.
- 정전기에 의한 화재·폭발의 발생 건수에서 일본이 우리보다 두 배 이상 높게 나타난 현상은 일본이 많은 화재·폭발재해에 대한 과학적인 정밀조사, 재현실험을 통하여 정전기가 점화원으로 작용하였다는 것을 찾아내어 분류하였기 때문이라고 판단된다. 그러므로 우리도 정전기분야의 재해조사 시 많은 ‘추정’에서 탈피하여 과학적인 ‘근거’로 제시하여야 한다.
- 다양한 산업 설비로부터 동종재해를 방지하려면 재해조사의 과학적인 규명을 위한 대용량·고가의 분체대전설비 등을 구비함과 동시에 산·학·연이 공동 사용토록 함으로써 경제성·효율성을 감안한 정전기 관련 기술을 촉진시켜야 한다.
- 국내에서는 정전기 제거 장치, 대전 방지 의류 등 정전기 관련 용품에 대한 성능을 확인할 수 없다. 이들 또한 안전보건연구원에서 수행할 수밖에 없기 때문에 검정기준·장비를 구축하기 위한 기술적·제도적 장치를 마련하여야 한다. 🌸

참고문헌

- 최상원, 정전기재해 방지에 관한 국제규격과의 부합화, 한국안전학회 춘계학술대회 초록집, p.10, 2011.
- 최상원, 정전기재해 방지를 위한 IEC TC 101(정전기학)의 기술적 기준, 한국안전학회 세이프티월드, pp.33-37, 2011. 12.
- 최상원, 1 Millijoule 방전에너지와 IEC TC 101(정전기학)의 현황과 발전 방향, 안전보건연구동향, 산업안전보건연구원, pp.46-51, 2012. 1.
- 최상원·박희철, 한·일 정전기재해에 대한 비교 분석, 한국안전학회 춘계학술대회 초록집, p. 8, 2012.
- 산업 현장의 불청객 ‘정전기’, 안전보건, 안전보건공단, pp.36-39, 2011. 11.

산업안전보건법 특별관리물질의 추가 지정 방법 및 후보물질의 권고

산업안전보건법에서는 산업화에 따라 유해·위험한 화학물질의 대량 사용에 의한 직업병 발생 등에 효율적으로 대처하는 데 필요한 기준을 확립하기 위한 목적으로 건강장해의 위험이 특히 높은 고유해 화학물질에 대하여 그 위험성을 평가하여 관리 수준을 분류·관리하도록 규정하고 있다. 국가 차원의 화학물질관리에 필요한 과학적이고 합리적인 근거를 마련하기 위한 화학물질유해성·위험성평가 사업과 사회성·경제성평가 사업은 지속적으로 실시되어야 하며, 이를 근거로 산업안전보건법에 의한 관리물질의 규제 또는 관리 수준이 결정되어야 한다. 국제적인 CMR 물질의 관리 강화 추세에 따라 고용노동부에서는 특별관리물질의 지정을 지속적으로 확대할 예정이다. 정부적 관점에서 특별관리 후보물질을 사전에 선정하여 발표하는 예고제의 실시가 필요하며 산업체에서는 특별관리물질 추가 지정에 대비한 사전관리시스템을 구축하여 준비하는 조치가 필요하다.



이권섭 연구위원
산업안전보건연구원 화학물질센터

들어가며

산업안전보건법에서는 산업화에 따라 유해·위험한 화학물질의 대량 사용에 의한 직업병 발생 등에 효율적으로 대처하는 데 필요한 기준을 확립하기 위한 목적으로 건강장해의 위험이 특히 높은 고유해 화학물질(Substances of very high hazardous)에 대하여 제조 등의 금지(Prohibition of manufacturing, etc.), 제조 등의 허가(Permission of manufacturing, etc.), 특별관

리물질(SMM; Special Management Materials) 또는 관리 대상 유해물질(HSRM; Hazardous substances requiring management) 등으로 관리 수준을 정하여 분류·관리하고 있다. 동법 제39조(유해인자의 관리 등)에서는 특별히 근로자의 건강장해를 유발하는 유해인자에 대하여 그 위험성을 평가하여 관리 수준을 분류·관리하도록 규정하고 있다.

최근 유럽연합(EU)과 일본을 중심으로 독성시험자료 등을 이용하여 화학물질 분류와 표지에 대한 세계적인 조화시스템(GHS; Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals)의 분류기준에 의한 유해성평가(Hazard evaluation)를 실시하고, 근로자 노출을 반영한 과학적인 위험성평가(Risk assessment) 결과에 근거하여 국가관리 화학물질에 대한 규제 수준을 재검토하는 연구와 제도 개선이 다양하게 진행되고 있다.¹⁾²⁾ 고용노동부에서도 산업안전보건법

1) European Commission(EC), Commission Regulation(EC) No. 790/2009 of 10 august 2009 amending, for the purposes of its adaptation to technical and scientific progress, Regulation(EC) No 1272/2008 of the European Parliament and of the Council on classification, labelling and packaging of substances and mixtures(CLP), 2009.

2) Japan Industrial Safety & Health Association(JISHA), Handbook of Ordinance on Preventive of Hazards Due to Specified Chemical Substances, 2012.

상 금지·허가·관리대상, 작업 환경 측정 대상 및 노출 기준 설정 등 국가 차원의 화학물질관리를 위한 근거를 제공하고자 화학물질의 유해성·위험성평가 사업을 추진하고 있다.³⁾ 고용노동부의 화학물질의 유해성·위험성평가에 관한 규정(고용노동부예규 제10호, 2011년 3월 2일)에서는 화학물질의 유해성·위험성평가에 필요한 사항을 규정하고 있으며, 화학물질의 독성에 대한 연구자료, 국내 산업계의 취급 현황, 근로자 노출 수준 및 그 위험성 등을 조사·분석하여 인체에 미치는 유해한 영향을 추정하는 유해성·위험성의 평가를 실시한 후 과학적이고 합리적인 방법으로 산업안전보건법에 의한 관리물질을 지정하도록 하고 있다.⁴⁾ 또한 유해성·위험성이 평가 결과에 따라, 법적인 관리가 필요하다고 판단되는 화학물질은 규제에 따른 사회적·경제적 비용과 편익의 타당성과 적합성을 조사하여 분석하는 사회적·경제성평가를 실시하여 산업안전보건법상 관리 화학물질에 대한 규제 또는 관리 수준을 결정하도록 하고 있다.

산업안전보건기준에 관한 규칙에 의한 특별관리물질은 '발암성, 생식독성, 생식세포 변이원성물질 등 근로자에게 중대한 건강장해를 일으킬 우려가 있는 물질'로서 [별표 12]에서 특별관리물질로 표기된 물질로 정의하고 있다. 고용노동부에서는 2012년 3월 산업안전보건기준에 관한 규칙을 개정하여 기존의 관리 대상 유해물질 내 발암성물질(Benzene(71-43-2) 등 9종)을 특별관리물질로 변경하여 규정하였으며, 2013년에는 UN GHS 건강 유해성 분류 결과 발암성, 생식세포 변이원성 및 생식독성물질(CMR; Carcinogens, Mutagens or Reproductive toxicants)이 구분 1A(사람에게 충분한 발암성, 생식독성, 생식세포 변이원성의 증거가 있는 물질) 또는 1B(시험동물에서 발암성, 생식독성, 생식세포 변이원성의 증거가 충분히 있거나, 시험동물과 사람 모두에서 제한된 발암성, 생식독성, 생식세포 변이원성의 증거가 있는 물질)에 해당되는 유해화학물질을 특별관리물질로 추가 지정(Trichloroethylene(79-01-6) 등 7종)하였다.⁵⁾ 이와 관련하여 고용노동부에서는 국제적인 CMR 물질의 관리 강화 추세¹²⁾에 따라 특별관리물질의 지정을 확대할 예정이다.

산업안전보건법령에 의한 화학물질의 법적 관리 현황조사

산업안전보건법령에서 관리되고 있는 제조 또는 사용 허가를 받아야 하는 유해물질, 작업 환경 측정 대상 유해인자, 특수건강진단 대상 유해인자, 관리대상 유해물질 등의 최근 3년간 화학물질 규제 또는 관리 내용의 변경 현황을 <표 1>에 정리하였다.

현재 산업안전보건법령에 의거 규제 또는 관리되고 있는 화학물질은 산업안전보건법 시행령 제29조 규정에 의한 제조 등이 금지되는 유해물질 108종, 산업안전보건법 시행령 제30조 규정에 의한 제조 또는 사용허가를 받아야 하는 유해물질 13종, 산업안전보건법 시행규칙 제93조에 의한 작업 환경 측정 대상 유해인자 183종, 산업안전보건기준에 관한 규칙에 의거 관리되고 있는 관리 대상 유해물질 167종(특별관리물질 16종), 노출기준 설정 화학물질 645종 등이다.

최근 3년간 산업안전보건법령에서 규제 또는 관리하고

<표 1> 산업안전보건법령에서 관리되고 있는 유해물질의 최근 3년간 화학물질 규제 또는 관리 내용의 변경 현황

법규관리 내용	산업안전보건법 규제 화학물질의 연도별 변경 현황		
	2011	2012	2013
제조 등이 금지되는 유해물질	108	108	108
제조 또는 사용허가 대상 유해물질	13	13	13
작업 환경 측정 대상 유해인자	183	183	183
특수건강진단 대상 유해인자	163	163	163
허용기준 설정 유해인자	13	13	13
관리 대상 유해물질	168	168	167 [†]
(특별관리물질*)	(9)	(9)	(16)
노출기준 설정 화학물질	649	649	645 [‡]

* GHS 기준에 의한 CMR 물질의 분류기준 구분 1A 또는 구분 1B에 해당하는 화학물질.

† 관리 대상 제외물질 : Pentachlorophenol(87-86-5)

‡ 노출기준 설정 화학물질의 명칭 등의 통합(4종)

- Cadmium oxide(product) and Cadmium oxide(fume) → Cadmium and its compounds

- Magnesium oxide(fume) → Magnesium oxide

- Arsenic trioxide (Product) → Arsenic and its inorganic compounds

- Natural graphite and Synthetic graphite → Graphite(natural and synthetic, Graphite fibers except)

3) 양정선·임철홍·박상용, 산업안전보건법 상 관리 수준 검토를 위한 화학물질 유해성·위험성평가 대상 후보물질 선정에 관한 연구, 한국 산업위생학회지, 2012;22(1):73-81.

4) 고용노동부, 화학물질의 유해성·위험성평가에 관한 규정, 고용노동부예규 제10호, 2011.

5) 고용노동부, 산업안전보건기준에 관한 규칙, 2013.

있던 화학물질 수가 변화된 것은, 산업안전보건법 시행령의 제28조의 금지물질과 산업안전보건기준에 관한 규칙의 관리 대상 유해물질로 중복관리되고 있던 Pentachlorophenol(87-86-5)을 2013년 3월 관리 대상 유해물질에서 제외된 것과 산업안전보건기준에 관한 규칙의 특별관리물질로 Trichloroethylene(79-01-6) 등 7종의 화학물질을 2013년 3월 추가 지정한 것이다. 또한 노출기준 설정 화학물질 중에서 Cadmium oxide(product)와 Cadmium oxide(fume), Magnesium oxide(fume), Arsenic trioxide (Product), Natural graphite and Synthetic graphite를 각각 Cadmium and its compounds(7440-43-9), Magnesium oxide(1309-48-4), Arsenic and its inorganic compounds(7440-38-2), Graphite(natural and synthetic, Graphite fibers except)(7782-42-5) 등으로 화학물질의 명칭을 통합한 것이 변화된 내용이다.

특별관리물질 지정 현황 및 혼합물질 관리 범위

특별관리물질은 산업안전보건법 시행규칙 제81조(유해인자의 분류·관리)에 따른 건강 및 환경 유해성 분류기준의 CMR(발암성, 변이원성, 생식독성) 물질이며, 근로자에게 중대한 건강장해를 일으킬 우려가 있는 물질로서 고용노동부장관이 관리 대상 유해물질 중에서 특별관리물질로 표기하여 지정한 물질을 말한다.

산업안전보건기준에 관한 규칙에서 관리되고 있는 특별관리물질의 지정 현황 및 혼합물질 관리 범위는 <표 2>에 정리하였다.

6) 최상준 · 피영규 · 김신범 · 김원, 우리나라 산업안전보건법상 특별관리물질 규정에 대한 독일, 영국 및 일본과의 비교법적 고찰, 한국산업위생학회지, 2013;23(2): 137-147.

특별관리물질은 모두 16종으로 2012년 3월 지정(과거 발암성물질로 지정되었던 물질)된 Antimony trioxide(1309-64-4), Benzene(71-43-2), 1,3-Butadiene(106-99-0), Carbon tetrachloride(56-23-5), Cadmium and its compound(7440-43-9), Ethylene oxide(75-21-8), Formaldehyde(50-00-0), Hexavalent chromium(18540-29-9), Insoluble nickel compound(7440-02-0) 등 9종과 2013년 3월 신규로 추가 지정된 1-Bromopropane(106-94-5), 2-Bromopropane(75-26-3), Epichlorohydrin(106-89-8), Phenol(108-95-2), Lead and inorganic compound(7439-92-1), Sulfuric acid(pH 2.0≤Strong mist)(7664-93-9), Trichloroethylene(79-01-6) 등 7종이다.⁵⁾⁶⁾

이 중에서 1-Bromopropane(106-94-5), 2-Bromopropane(75-26-3), Phenol(108-95-2), Lead and inorganic compound(7439-92-1) 등 4종은 생식독성 구분 1A 및 구분 1B로 분류되어 특별관리물질로 지

<표 2> 특별관리물질 지정 현황 및 혼합물질관리 범위(한계값)

특별 관리물질 지정 연도	물질명 (CAS No.)	GHS 기준의 CMR 물질 분류 결과			혼합물질 관리 범위 한계값
		발암성	생식세포 변이원성	생식독성	
2012	Benzene(71-43-2)	1A	1B	2*	≥ 0.1%
	1,3-Butadiene(106-99-0)	1A	1B	-	≥ 0.1%
	Carbon tetrachloride(56-23-5)	1B	-	-	≥ 0.1%
	Formaldehyde(50-00-0)	1A	-	-	≥ 0.1%
	Insoluble nickel compound (7440-02-0)	1A	-	-	≥ 0.1%
	Antimony trioxide(1309-64-4)	1B	-	-	≥ 0.1%
	Cadmium and its compound (7440-43-9)	1A	2	2	≥ 0.1%
	Hexavalent chromium (18540-29-9)	1A	-	-	≥ 0.1%
	Ethylene oxide(75-21-8)	1A	1B	1B*	≥ 0.1%
2013	Epichlorohydrin(106-89-8)	1B	2*	2*	≥ 0.1%
	Trichloroethylene(79-01-6)	1A	2	1B*	≥ 0.1%
	Sulfuric acid(pH 2.0 ≤ Strong mist)(7664-93-9)	1A(mist)	-	-	≥ 0.1%
	Phenol(108-95-2)	-	2*	1B*	≥ 0.3%
	Lead and inorganic compound (7439-92-1)	1B	2*	1A*	≥ 0.3%
	1-Bromopropane(106-94-5)	-	-	1B	≥ 0.3%
	2-Bromopropane(75-26-3)	-	-	1A	≥ 0.3%

* 일본 제품평가기술기반기구(NITE ; National Institute of Technology and Evaluation) GHS 분류 결과임.

정되었으며, 그 물질을 용량(중량) 비율 0.3% 이상 함유한 혼합물질 제제는 특별관리물질로 관리하도록 하고 있다. 그리고 Benzene 등 나머지 12종의 화학물질은 발암성 구분 1A 및 구분 1B로 분류되어 특별관리물질로 지정되었으며, 그 물질을 용량(중량) 비율 0.1% 이상 함유한 혼합물질 제제는 특별관리물질로 관리하도록 하고 있다.

특별관리물질 지정을 위한 CMR 분류 정보의 활용 범위

특별관리물질에 대한 GHS 기준[고용노동부고시 제 2013-37호(화학물질의 분류·표시 및 물질안전보건자료에 관한 기준)]⁷⁾에 의한 CMR 물질 분류는 고용노동부고시 제2013-38호(화학물질 및 물리적 인자의 노출기준) 제5조 제2항의 규정에 따르도록 하고 있다.⁸⁾ 즉, 발암성물질의 분류는 국제암연구소(IARC; International Agency for Research on Cancer),⁹⁾ 미국산업위생전문가 협회 (ACGIH; American Conference of Governmental Industrial Hygienists),¹⁰⁾ 미국독성프로

그램(NTP; National Toxicology Program),¹¹⁾ EU의 분류·표시에 관한 규칙(EU CLP; European Regulation on the Classification, Labelling and Packaging of substances and mixtures)¹²⁾ 또는 미국산업안전보건청 (OSHA; American Occupational Safety & Health Administration)¹²⁾의 분류결과가 판단의 기준이며, 생식세포 변이원성 및 생식독성물질의 분류는 EU CLP의 분류 결과¹³⁾가 판단의 기준이다. 또한 일본 제품평가기술기반기구(NITE; National Institute of Technology and Evaluation)의 GHS 분류 결과(NITE, 2013)¹³⁾는 CMR 물질 분류를 위한 참조자료로 이용하여 특별관리물질 지정에 활용되고 있다.

특별관리물질 추가 지정을 위한 후보물질의 선정 절차와 방법

고용노동부예규 제10호 '화학물질의 유해성·위험성 평가에 관한 규정'³⁾⁴⁾에 준하여 특별관리물질을 지정하는 데 필요한 화학물질의 유해성·위험성평가 및 경제성·사회성평가 등의 절차와 방법을 7단계의 과정으로 구분하여 [그림]과 같이 정리하였다.

특별관리물질에 대한 유해성·위험성평가체계는 관리

6) 최상준·피영규·김신범·김원, 우리나라 산업안전보건법상 특별관리 물질 규정에 대한 독일, 영국 및 일본과의 비교법적 고찰, 한국산업위생학회지, 2013;23(2):137-147.

7) 고용노동부, 화학물질의 분류·표시 및 물질안전보건자료에 관한 기준, 고용노동부고시 제2013-37호, 2013.

8) 고용노동부, 화학물질 및 물리적 인자의 노출기준, 고용노동부고시 제 2013-38호, 2013.

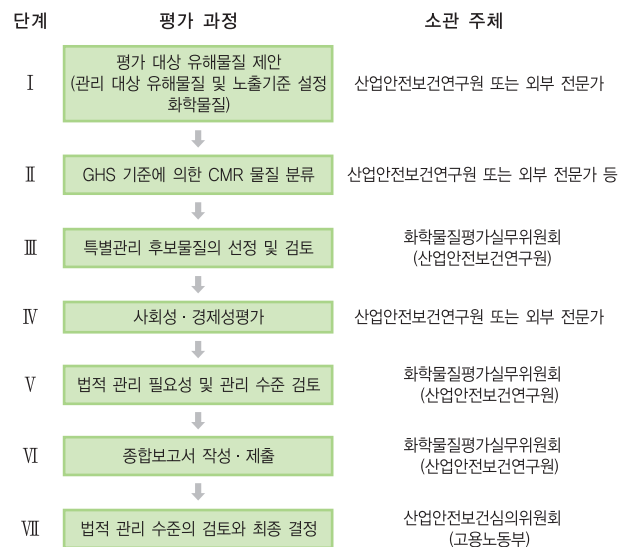
9) International Agency Research Center(IARC). IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemical to Humans. 2013.11. Available from: URL:http://monographs.iarc.fr/index.php.

10) American Conference of Governmental Industrial Hygienist(ACGIH). Threshold Limit Values for Chemical and Physical Agents, and Biological Exposure Indices. ACGIH, Cincinnati, Ohio; 2013.

11) National Toxicology Program(NTP). Public health-Report on Carcinogens (RoC) 12th. 2013. 11. Available from: URL:http://ntp.niehs.nih.gov/

12) Occupational Safety and Health Administration(OSHA). Occupational Safety and Health Standards(1910 Subpart Z)-Toxic and Hazardous Substances. 2008.

13) National Institute of Technology and Evaluation(NITE). Chemicals Management Information. 2013. 11. Available from: URL:http://www.safe.nite.go.jp/ghs/list.html



[그림] 특별관리물질 추가 지정을 위한 후보물질의 선정 절차와 방법

대상 유해물질 또는 노출기준 설정 화학물질을 중심으로 한 평가 대상 화학물질 제안, GHS 분류기준⁷⁾에 의한 CMR 물질 분류와 평가를 통한 특별관리 후보물질의 제안과 선정, 사회성·경제성평가, 법적 관리 수준의 검토와 심의 단계로 이루어지며, 각 단계별 이행 주체가 정해져 있다. 이러한 특별관리물질 지정을 위한 절차와 방법은 개별 화학물질의 유해성·위험성평가에 따른 많은 시간과 비용의 소모를 줄이고, 산업체에서 사용되는 고유해 화학물질의 관리 범위를 신속하게 결정할 수 있도록 설정되었다.

산업의학·산업위생·산업독성·사회경제 분야의 전문가와 정부 및 노사 대표기관 관계자 등으로 구성된 화학물질평가실무위원회의 2013년 제2차 정기회의(2013년 11월 1일)에서는 특별관리 후보물질의 선정 방법과 관련하여 산업안전보건법에서 정하고 있는 특별관리물질은 GHS 분류 결과 발암성 또는 생식독성으로 분류되는 물질 중 발암성 또는 생식독성이 구분 1A 또는 구분 1B로 분류되는 물질에 대하여 특별관리 후보물질로 선정하여 평가하도록 하였다. 생식세포변이원성의 경우는 발암성 발생 초기 단계의 세포변이에 의한 돌연변이와 연관성이 많이 있으므로 우선적인 특별관리물질 선정 기준에서 제외하여 관리하기로 하였다. 또한 GHS 분류기준⁷⁾에 의한 CMR 물질 분류는 앞에서 설명한 바와 같이 발암성의 경우 IARC, ACGIH, NTP, EU CLP, OSHA의 분류 결과를 활용하고, 생식독성 및 생식세포변이원성의 경우는 EU CLP의 분류 결과를 활용함으로써 CMR 물질 판단의 일관성 및 신뢰성을 유지하도록 하였으며, 일본 NITE의 GHS 분류 결과는 CMR 물질 판단의 참조자료로 활용하도록 제한하였다.

특별관리물질 후보물질의 권고

현재 특별관리물질로 지정된 16종의 화학물질을 제외한 관리 대상 유해물질 중에서 GHS 분류 결과 발암성 또는 생식독성이 구분 1A 또는 구분 1B에 해당되는 화학물질 및 관리 대상 유해물질에서 제외된 노출기준 설

정 화학물질 중에서 GHS 분류 결과 발암성 또는 생식독성 구분 1A에 해당하는 물질을 특별관리물질 후보물질의 선정 절차와 방법에 따라 49개 CMR 분류 조합표(Combination table)로 정리한 결과는 <표 3>과 같다.

특별관리물질로 지정된 16종의 화학물질을 제외한 관리 대상 유해물질 중에서 GHS 분류 결과 발암성 또는 생식독성이 있다고 분류된 물질은 모두 58종이다. 이 중에서 발암성 또는 생식독성 구분 1A 또는 구분 1B에 해당되는 화학물질은 2,3-Epoxy-1-propanol(556-52-5) 등 21종이며, 모두 발암성 또는 생식독성이 구분 1B에 해당되는 화학물질이다. 관리대상 유해물질에서 제외된 노출기준 설정 화학물질 중에서 GHS 분류 결과 발암성 또는 생식독성 구분 1A 또는 구분 1B에 해당되는 화학물질은 모두 37종이다. 이 중에서 발암성 또는 생식독성 구분 1A에 해당되는 화학물질은 Benzopyrene(50-32-8), Chromyl chloride(14977-61-8) 등 7종이며, 발암성 또는 생식독성이 구분 1B에 해당되는 화학물질은 Nitrotoluene(o, m, p-Isomers)(88-72-2) 등 30종이다.

따라서 관리 대상 유해물질 가운데 발암성 또는 생식독성이 구분 1B에 해당되는 화학물질 18종과 관리대상 유해물질에서 제외된 노출기준 설정 화학물질 중에서 발암성 또는 생식독성 구분 1A 또는 구분 1B에 해당되는 화학물질 37종을 향후 특별관리물질 추가 지정을 위한 우선적인 후보물질로 권고한다.

관리 대상 유해물질 중에서 발암성 또는 생식독성이 구분 1B에 해당되는 화학물질 21종은 국가 화학물질관리전략에 의한 정부적인 관점과 산업계의 수용 가능성을 고려하여 단계적인 방법으로 특별관리물질로 지정되었으면 한다. 관리 대상 유해물질에 포함되지 않은 노출기준 설정 화학물질 중에서 발암성 또는 생식독성 구분 1A 또는 구분 1B에 해당되는 37종의 화학물질은 고용노동부 예규 제10호 '화학물질의 유해성·위험성평가에 관한 규정'⁴⁾과 [그림]의 특별관리물질 선정 절차와 방법에 준한 추가적인 유해성·위험성평가(산업체 노출 수준평가 포함) 및 사회성·경제성평가를 실시한 후 관리

〈표 3〉 특별관리 후보물질의 권고 결과

순위	CMR* 물질의 분류	특별관리 후보물질	
		관리 대상 유해물질†	노출기준 설정물질†
1	Carc. 1A + Rep. 1A + Muta. 1A	-	-
2	Carc. 1A + Rep. 1A + Muta. 1B	-	-
3	Carc. 1A + Rep. 1A + Muta. 2	-	-
4	Carc. 1A + Rep. 1A	-	-
5	Carc. 1A + Rep. 1B + Muta. 1A	-	-
6	Carc. 1A + Rep. 1B + Muta. 1B	-	Benzo pyrene
7	Carc. 1A + Rep. 1B + Muta. 2	-	-
8	Carc. 1A + Rep. 1B	-	-
9	Carc. 1A + Rep. 2 + Muta. 1A	-	-
10	Carc. 1A + Rep. 2 + Muta. 1B	-	-
11	Carc. 1A + Rep. 2 + Muta. 2	-	-
12	Carc. 1A + Rep. 2	-	-
13	Carc. 1A + Muta. 1A	-	-
14	Carc. 1A + Muta. 1B	-	Chromyl chloride
15	Carc. 1A + Muta. 2	-	-
16	Carc. 1A	-	4-Aminodiphenyl Chloromethyl methylether 4,4'-Methylenebis (2-Chloroaniline) Silica(Crystalline) o-Toluidine
17	Carc. 1B + Rep. 1A + Muta. 1A	-	-
18	Carc. 1B + Rep. 1A + Muta. 1B	-	-
19	Carc. 1B + Rep. 1A + Muta. 2	-	-
20	Carc. 1B + Rep. 1A	-	-
21	Carc. 1B + Rep. 1B + Muta. 1A	-	-
22	Carc. 1B + Rep. 1B + Muta. 1B	-	-
23	Carc. 1B + Rep. 1B + Muta. 2	2,3-Epoxy-1-propanol	-
24	Carc. 1B + Rep. 1B	1,2,3-Trichloropropane	-
25	Carc. 1B + Rep. 2 + Muta. 1A	-	-
26	Carc. 1B + Rep. 2 + Muta. 1B	Acrylamide	Nitrotoluene(o, m, p-Isomers)
27	Carc. 1B + Rep. 2 + Muta. 2	Dinitrotoluene	-
28	Carc. 1B + Rep. 2	-	-
29	Carc. 1B + Muta. 1A	-	-
30	Carc. 1B + Muta. 1B	Ethylenimine 1,2-Epoxypropane Stoddard solvent	Gasoline Hexamethyl phosphoramide Rubber solvent(Naphtha) VM & P Naphtha
31	Carc. 1B + Muta. 2	Dimethyl sulfate	Chrysene 4,4'-Methylenedianiline Phenyl glycidyl ether(PGE) Phenyl hydrazine
32	Carc. 1B	Acrylonitrile Ethylene dichloride Hydrazine Perchloroethylene Propylene imine	Benzoyl chloride Benzyl chloride 2-Chloro-1,3-butadiene Dianisidine Diazomethane 1,2-Dibromoethane Dimethyl carbamoylchloride

〈표 3〉 특별관리 후보물질의 권고 결과

순위	CMR* 물질의 분류	특별관리 후보물질 관리 대상 유해물질†	노출기준설정물질‡
32	Carc. 1B		1,1-Dimethylhydrazine Dimethylnitrosoamine 2-Nitropropane β -Propiolactone Propane sultone Silicon carbide Vinyl bromide
33	Rep. 1A + Carc. 2 + Muta. 1A	-	-
34	Rep. 1A + Carc. 2 + Muta. 1B	-	-
35	Rep. 1A + Carc. 2 + Muta. 2	-	-
36	Rep. 1A + Carc. 2	-	-
37	Rep. 1A + Muta. 1A	-	-
38	Rep. 1A + Muta. 1B	-	-
39	Rep. 1A + Muta. 2	-	-
40	Rep. 1A	Carbon monoxide	Warfarin
41	Rep. 1B + Carc. 2 + Muta. 1A	-	-
42	Rep. 1B + Carc. 2 + Muta. 1B	-	Benomyl
43	Rep. 1B + Carc. 2 + Muta. 2	-	-
44	Rep. 1B + Carc. 2	-	Di(2-ethylhexyl)phthalate
45	Rep. 1B + Muta. 1A	-	-
46	Rep. 1B + Muta. 1B	-	-
47	Rep. 1B + Muta. 2	-	-
48	Rep. 1B	Dimethylformamide 2-Ethoxyethanol 2-Ethoxyethyl acetate Mercury(All forms except aryl & alkyl compounds) 2-Methoxyethanol 2-Methoxyethyl acetate N,N-Dimethyl acetamide	Boron oxide Dibutyl phthalate Formamide 2-Methoxyethyl acetate
49	Not applicable	Nitrobenzene etc. : 37 Chemicals	-

* Carcinogenic, Mutagenic or Reproductive toxic agents

† Category 1A or category 1B of GHS classification for carcinogenic or reproductive toxicity : 21 Chemicals

‡ Category 1A or category 1B of GHS classification for carcinogenic or reproductive toxicity : 37 Chemicals

§ Carcinogenicity

|| Reproductive toxicity

¶ Mutagenicity

대상 유해물질 및 특별관리물질의 추가 지정 여부를 판단하여 결정할 것을 권고한다.

맺음말

산업안전보건법 제39조(유해인자의 관리 등)에서는 근로자에게 건강장해를 유발하는 화학물질 및 물리적 인자 등의 유해인자를 화학물질의 분류기준에 따라 분류하고 관리하도록 규정하고 있다. 그동안 고용노동부에

서는 산업안전보건법령에 의한 화학물질관리 수준의 개선과 화학물질관리 정책의 강화를 위하여 수차례의 법 개정을 실시하였으나 여전히 전문가 및 시민단체에 의해 그 부족함이 지적되고 있다. 또한 화학물질의 유해성·위험성평가 결과를 검토·반영할 수 있는 표준화된 분류기준이 없어 법적 관리 수준의 변경 및 추가에 어려움이 있어 최근 3년간 산업안전보건법에서 규제하고 있는 화학물질 수의 변화가 특별관리물질을 제외하고는 거의 없는 상태이다.

산업안전보건법 제39조(유해인자의 관리 등)에서는 근로자에게 건강장해를 유발하는 화학물질 및 물리적 인자 등의 유해인자를 화학물질의 분류기준에 따라 분류하고 관리하도록 규정하고 있다.

그동안 고용노동부에서는 산업안전보건법령에 의한 화학물질관리 수준의 개선과 화학물질관리 정책의 강화를 위하여 수차례의 법 개정을 실시하였으나 여전히 전문가 및 시민단체에 의해 그 부족함이 지적되고 있다.

또한 화학물질의 유해성·위험성평가 결과를 검토·반영할 수 있는 표준화된 분류기준이 없어 법적 관리 수준의 변경 및 추가에 어려움이 있어 최근 3년간 산업안전보건법에서 규제하고 있는 화학물질 수의 변화가 특별관리물질을 제외하고는 거의 없는 상태이다.

정부적 관점에서 특별관리 후보물질을 사전에 선정하여 발표하는 예고제를 실시하고, 산업체에서는 이와 관련된 준비관리시스템을 조기에 구축하여 산업안전보건법 관리물질 변경에 따른 규제에 대응할 수 있도록 한 후 특별관리물질로 지정하여 시행하는 조치가 요구된다

산업안전보건법에 규정된 유해성·위험성평가는 개별 화학물질에 대한 유해성·위험성평가와 사회성·경제성평가에 소요되는 많은 시간과 비용의 소모를 줄이기 위하여 산업보건 측면에서 작업장에서 많이 사용되는 화학물질에 대한 유해성, 직업병 발생 실태, 노출 가능성 등을 종합적으로 분석하여 등급화하는 방법으로 스크리닝한 후 우선평가 대상물질을 선정하고, 법 관리물질을 추가적으로 지정할 수 있도록 권고하는 과정이다.³⁾ 그러므로써 유해성·위험성평가 및 사회성·경제성평가가 필요한 우선평가 대상 화학물질을 선정하고, 법관리물질을 추가적으로 지정하기 위한 화학물질의 평가연구는 지속적으로 실시되어야 하며, 그 평가의 과정을 표준화하는 노력이 필요하다.

현행 산업안전보건기준에 관한 규칙 의한 특별관리물질에 대한 별도 규정은 제4절 작업방법의 특별관리물질의 취급일지의 작성(제439조)과 특별관리물질의 고지(제440조)에 대한 내용이다.⁵⁾ 사업주는 특별관리물질을 취급하는 경우에는 물질명과 사용량 및 작업 내용 등이 포함된 특별관리물질 취급일지를 작성하여 갖추어 두어야 하며, 취급하는 물질이 특별관리물질이라는 사실과 발암성물질, 생식세포 변이원성물질 또는 생식독성물질 등 중 어느 것에 해당하는지에 관한 내용을 게시판 등을 통하여 근로자에게 알리도록 하고 있다. 또한 산업안전보건법 제42조(작업 환경 측정) 규정에 의한 작업 환경 측정과 산업안전보건법 제43조(건강진단) 규정에 의한 건강진단을 실시한 경우 고용노동부 장관이 고시하는 특별관리물질의 경우 작업 환경 측정 결과를 기록한 서류와 근로자에 대한 건강진단 결과의 서류 및 전산입력 자료를 30년간 보존하도록 산업안전보건법 시행규칙 제107조 및 제144조에 규정하고 있다.

산업보건 영역에서의 유해화학물질관리의 궁극적인 목표는 화학물질에 의해 근로자들에게 발생할 수 있는 건강 장애 위험을 제거하거나 최소화하고자 한다는 점이다.⁶⁾ 2011년부터 2013년까지 국내에서 실시된 발암성물질을 포함한 CMR 물질에 대한 연구는 이들 화학물질에 대한 정의와 분류기준의 논의로부터 시작해서 CMR 물질관리를 위한 평가 체계를 바로 잡는 제도의 개선연구가 많았다.⁶⁾⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾ 특히 발암성물질의 분류기준이 정비되면서 기존에 관리 대상물질 중 발암성으로 표기했던 내용을 수정하여 발암성뿐만 아니라 변이원성, 생식독성물질까지 포함하여 유해성이 큰 CMR 물질을 특별관리물질로 지정하였으며, 향후 그 대상 화학물질 수는 지속적으로 확대될 예정이다. 따라서 정부적 관점에서 특별관리 후보물질을 사전에 선정하여 발표하는 예고제를 실시하고, 산업체에서는 이와 관련된 준비관리시스템을 조기에 구축하여 산업안전보건법 관리물질 변경에 따른 규제에 대응할 수 있도록 한 후 특별관리물질로 지정하여 시행하는 조치가 요구된다. ✚

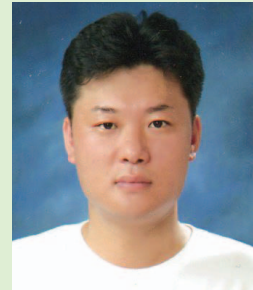
14) 이권섭·이중한·이혜진, 국내외 발암성물질의 관리기준과 정보 제공 현황에 관한 연구, 한국산업위생학회지, 2011;21(1):40-48.

15) 이권섭·이혜진·이중한, 노출기준 설정 화학물질의 CMR 물질정보 제공에 관한 연구, 한국산업위생학회지, 2012;22(1):82-90.

16) 피영규, 우리나라 노출기준 초과 발암성물질의 특성, 한국산업위생학회지, 2011;21(4):227-235.

포름알데히드를 함유한 화학제품의 물질안전보건자료 신뢰성평가

물질안전보건자료는 화학물질을 취급하는 근로자의 건강과 안전을 위하여 근로자가 반드시 알아야 할 안전·보건정보를 전달해주는 중요한 자료이다. 물질안전보건자료는 16가지 기재 사항을 작성하도록 되어 있고, 2013년 7월 1일부터 작성대상 화학물질은 GHS 분류기준을 적용하여 유해성·위험성을 분류하도록 정하고 있다. 이에 사업장에 유통되는 물질안전보건자료 중 포름알데히드를 함유하고 있는 화학제품을 대상으로 물질안전보건자료 작성 내용에 대한 신뢰성평가를 통하여 보다 정확한 물질안전보건자료의 작성에 기여하고자 한다.



홍문기 과장
산업안전보건연구원
화학물질센터

연구 배경

물질안전보건자료(MSDS; Material Safety Data Sheet)는 근로자에게 화학물질의 유해성·위험성 정보를 제공함으로써 산업 현장에서의 사고와 직업병의 발생을 줄이는 데 목적이 있다. 국내에서의 MSDS 제도는 1997년 7월 1일부터 도입되어 시행되고 있으며, 화학물질의 분류 및 표지에 관한 세계조화시스템(GHS; Globally Harmonized System)이 적용된 화학물질의 유해성·위험성 분류가 단일물질은 2010년 7월 1일부터, 혼합물질은 2013년 7월 1일부터 시행되고 있다.

MSDS는 물리화학적 특성, 건강 유해성 및 환경 유해성 정보 소스(source)의 결정, 자료 수집, 수집된 자료의 평가, GHS에 따른 유해성·위험성 분류, MSDS 및 경고표지 작성 등의 순서로 이루어진다. 그러나 MSDS의 작성 의무가 있는 사업장에서 해당 화학물질의 자료 수

집, GHS 분류, MSDS 작성 등에 대한 전문 지식이 부족하여 어려움이 예상되며, 그 결과 작성된 MSDS의 신뢰성이 낮을 것으로 예상된다.

산업안전보건법에서는 화학물질을 취급하는 근로자의 안전보건을 위하여 사업주로 하여금 근로자에게 MSDS에 대한 내용을 교육하도록 정하고 있다. 하지만 신뢰도가 낮은 MSDS는 근로자의 안전보건을 담보할 수 없고, 잘못된 정보의 전달로 더 큰 사고로 이어질 우려가 있으므로 정확한 정보를 담은 MSDS의 작성은 매우 중요하다.

산업 현장에서 사용하는 화학물질 중에서 대표적인 인체발암성 물질로 분류되는 포름알데히드는 하드보드, 합판, 절연체 고무, 염료, 방부제 등의 원료로 사용된다. 국제발암성연구소(IARC; International Agency for Research on Cancer)에서는 인체에 대한 발암성 화학물질(Group 1)로 분류하였으며, 미국국립독성프로그램(NTP; National Toxicology Program)에서는 발암성으

로 알려진 화학물질(K)로 분류하고 있고, 국내 고용노동부에서는 발암성 구분 1A로 분류하고 있다. 또한 포름알데히드를 포함하고 있는 화학제품은 암을 유발할 뿐만 아니라 피부염, 만성기관지염, 천식, 후두부종 등을 발생시킬 수도 있다.

직업적으로 포름알데히드에 노출되는 근로자에게 정확하고 신뢰성 있는 MSDS의 정보가 전달되어 작업 환경관리 및 건강관리에 만전을 기함으로써 질병과 사고를 미연에 방지하는 조치가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 GHS 분류를 적용한 MSDS가 전면적으로 시행되는 시기에 맞추어 국내에서 유통되는 포름알데히드를 함유하는 화학제품에 대한 MSDS 내용을 검토하여 신뢰도를 평가함으로써 보다 정확한 MSDS의 작성을 유도하고자 하였다.

연구 대상

본 연구에서는 MSDS의 작성 항목 및 기재 사항의 정확성 등 신뢰도를 평가하기 위한 대상으로 포름알데히드를 함유한 화학제품을 선정하였다.

포름알데히드는 산업안전보건법에서 허용기준 설정 대상 유해인자, 작업 환경 측정 및 특수건강진단 대상 유해인자, 관리 대상 유해물질 및 특별관리물질로 지정되어 있으며, 유해화학물질관리법에서는 유독물 및 취급 제한물질로 지정되어 있다.

이와 같이 법적 관리 수준이 상당히 엄격하게 되어 있는 것으로 보아 포름알데히드는 건강 유해성 및 환경 유해성이 매우 높다고 할 수 있다. 이에 포름알데히드를 취급하는 사업장 및 근로자에게 중요한 정보 전달 역할을 하는 MSDS의 정확성과 신뢰도를 평가하고자 하였다.

시료채취 및 MSDS 수집

작업 환경 측정 실태조사와 작업 환경 측정 결과, 포름알데히드를 함유한 화학제품의 사용 및 근로자에게 노

출된 것으로 확인된 전국의 14개 화학공장을 방문하여 14종의 원액시료 10~50mL를 채취하였으며, 해당 화학제품의 MSDS를 수집하였다. 채취된 시료는 정밀 분석 실험을 통해 MSDS에 기재된 포름알데히드의 함량과 정량 분석된 결과와의 일치율 평가에 사용하였다.

포름알데히드 함유량 분석

표준용액 37% Formalin solution 2.7mL를 증류수 500mL로 희석한 후 Micropipet을 사용하여 6개의 vial에 1mL씩 담은 시료를 HPLC(Agilent 1100 Series, USA)로 분석하여 검량선을 작성하였다. HPLC 조건하에서 검량곡선은 $r^2=0.9984$ 였고, 검출한계는 0.8~1.1 μ m 시료로 나타났다.

수집된 벌크(bulk) 시료에 포함된 포름알데히드 함유량을 분석하기 위해 표준물질의 검량선 범위 내에 위치할 수 있는 양을 PTFE 0.2 μ m Syringe filter를 사용하여 오염물질을 제거한 후 증류수로 희석하고 1mL를 채취해서 vial에 담은 시료를 HPLC로 정량 분석하였다. 분석 조건은 <표 1>과 같으며, 평균정확도는 15% 이내(LOQ 농도에서는 20% 이내), 정밀도는 CV값이 15% 이내(LOQ 농도에서는 20% 이내)를 유지하는지 확인하였다.

<표 1> Comparison of formaldehyde content between in MSDSs and in results of HPLC analysis

Samples	Content in MSDSs(%)	Result of HPLC analysis(%)
A	3.5~3.8	3.4
B	0.8	0.7
C	0.8	0.3
D	0.8	0.6
E	0	1.14
F	37	36.5
G	35~40	1.1
H	35~40	1.5
I	41.5	10.4
J	35~40	35
K	37	36.5
L	0.1~0.2	0.12
M	37	4.6
N	35	8.3

MSDS 분석 방법

MSDS는 16개의 항목과 91개의 세부 항목으로 구성되어 있다. MSDS의 각 작성 항목은 빠짐없이 작성하여야 하며, 부득이 어느 항목에 대해 관련 정보를 얻을 수 없는 경우에는 작성란에 '기재 없음'이라고 기재하고, 적용이 불가능하거나 대상이 되지 않는 경우에는 작성란에 '해당 없음'으로 기재하도록 정하고 있다.

이에 따라 본 연구에서는 91개의 세부 항목별 기재 사항의 적정성을 검토하였다. 검토 방법은 항목별 MSDS의 작성 내용이 모두 적합한 경우에는 평가계수를 '1'로 표시하고, 일부만 적합할 경우에는 '1/2', 모두 부적합할 경우에는 '0'으로 표시하였다. 평가계수의 합을 전체 평가 대상 MSDS 항목 개수로 나누어 일치율이 100에 가까울수록 신뢰도가 높은 항목으로 평가하였고, 항목별 일치율을 평균하여 MSDS 전체 일치율로 평가하였다.

$$\bullet \text{MSDS 항목별 일치율}(\%) = \frac{\text{MSDS 항목별 평가계수 합}}{\text{MSDS 평가항목 수}} \times 100$$

MSDS 작성 항목 중 제2항 유해성·위험성은 화학물질의 GHS 분류기준이 도입되면서 그림문자, 신호어, 유해·위험 문구, 예방 조치 문구 등 새로이 적용되는 항목이므로 작성 내용에 대한 적정 여부에 대하여 중점적으로 검토하였다.

검토 방법은 MSDS의 제9항 물리화학적 특성, 제11항 독성에 관한 정보 및 제12항 환경에 미치는 영향에 기재된 세부 항목별 작성 결과가 유해성·위험성 구분 기준에 적합하게 적용되었는지 확인하여 적합할 경우 '1'로 근거자료 부족 또는 적용 오류 등의 사유로 부적합 경우에는 '0'으로 표시하였고, 제품별 유해성·위험성 분류 총 항목 수 대비 분류 적정 항목 수로 분류 결과의 적합률을 평가하였다. 또한 포름알데히드가 IARC, NTP, 고용노동부고시, 유독물 등의 분류기준 및 표시 방법에 관한 규정 등에서 발암성 물질로 분류되고 있으므로 발암성 분류의 적정성에 대해서도 함께 평가하였다.

$$\bullet \text{GHS 분류 결과의 적합률}(\%) = \frac{\text{유해성·위험성 분류 적정 항목 수}}{\text{유해성·위험성 분류 총 항목 수}} \times 100$$

MSDS에 기재된 포름알데히드 함유량과 시료 분석 결과와의 비교

현장에서 수집된 MSDS의 제3항 구성 성분의 명칭과 함유량에 기재된 포름알데히드 양 및 채취한 시료에 함유된 포름알데히드의 정량 분석 결과는 <표 1>과 같다. 구성 성분의 함유량을 범위로 기재하는 경우 함유량의 $\pm 5\%$ 범위에서 함유량을 대신하여 표시할 수 있다.

분석 대상 14종 중 9종은 포름알데히드의 함유량을 단일 값으로 표시하였고, 5종은 함유량의 범위(하한값~상한값)로 표시하였다. MSDS에 기재된 포름알데히드의 함유량과 시료 분석 결과와의 차이가 0.1% 이하인 제품이 6종, 0.1% 초과 1.0% 이하인 제품이 2종, 20% 이상 차이가 있는 제품이 5종으로 분석되었다. 특히 MSDS에는 포름알데히드의 함유량이 기재되어 있지는 않았지만, 분석 결과 포름알데히드가 1.14% 함유된 제품이 1종으로 조사되었다.

MSDS 항목별 작성 내용에 관한 신뢰성 평가 결과

수집된 14종의 MSDS에 대한 항목별 일치율의 전체 평균값은 76.29%이었으며, 주요 작성 항목에 대한 항목별 일치율은 <표 2>와 같다.

항목별 평가 결과 일치율이 90% 이상 비교적 높게 평가된 항목은 제6항 누출사고 시 대처 방법(100%), 제10항 안정성 및 반응성, 제1항 화학제품과 회사에 관한 정보(97.6%), 제5항 폭발 화재 시 대처 방법(97.6%), 제4항 응급 처치 요령(96.4%), 제7항 취급 및 저장 방법(92.9%)이었다. 반면 일치율이 낮게 평가된 항목은 제11항 독성에 관한 정보(44.6%), 제15항 법적 규제 현황(46.4%), 제2항 유해성·위험성(53.9%), 제14항 운송에 필요한 정보(61.3%), 제16항 기타 참고 사항(64.3%)으로 조사되었다.

〈표 2〉 Result of review for hazard · risk classification

Sample	Physical hazards Health hazards Environmental hazards	Result of review	Number of suitable classification/Number of classification(appropriate rate)
A	Flammable liquids	0	1/8 (12.5%)
	Serious eye damage/eye irritation	0	
	Skin sensitization	0	
	Carcinogenicity	1	
	Germ cell mutagenicity	0	
	Reproductive toxicity	0	
	Specific target organ toxicity(single exposure)	0	
	Specific target organ toxicity(repeated exposure)	0	
B	-	-	9/11 (81.8%)
	Flammable liquids	0	
	Acute toxicity(oral/dermal/inhalation)	0	
	Skin corrosion/irritation	1	
	Serious eye damage/eye irritation	1	
	Respiratory sensitization	1	
	Skin sensitization	1	
	Carcinogenicity	1	
	Germ cell mutagenicity	1	
	Reproductive toxicity	1	
	Specific target organ toxicity(single exposure)	1	
	Specific target organ toxicity(repeated exposure)	1	
C	-	-	9/11 (72.7%)
	Flammable liquids	0	
	Acute toxicity(oral/dermal/inhalation)	0	
	Skin corrosion/irritation	1	
	Serious eye damage/eye irritation	1	
	Respiratory sensitization	1	
	Skin sensitization	1	
	Carcinogenicity	1	
	Germ cell mutagenicity	1	
	Specific target organ toxicity(single exposure)	1	
	Specific target organ toxicity(repeated exposure)	1	
D	Acute(short-term) aquatic hazard	0	9/12 (75.0%)
	Flammable liquids	0	
	Acute toxicity(oral/dermal/inhalation)	0	
	Skin corrosion/irritation	1	
	Serious eye damage/eye irritation	1	
	Respiratory sensitization	1	
	Skin sensitization	1	
	Carcinogenicity	1	
	Germ cell mutagenicity	1	
	Reproductive toxicity	1	
	Specific target organ toxicity(single exposure)	1	
	Specific target organ toxicity(repeated exposure)	1	
E	Acute(short-term) aquatic hazard	0	1/3 (33.3%)
	-	-	
	Acute toxicity(oral/dermal/inhalation)	0	
	Carcinogenicity	1	
F	Acute(short-term) aquatic hazard	0	1/3 (33.3%)
	-	-	
	Acute toxicity(oral/dermal/inhalation)	0	
	Carcinogenicity	1	
	Acute(short-term) aquatic hazard	0	
	-	-	

〈표 2〉 Result of review for hazard · risk classification

Sample	Physical hazards Health hazards Environmental hazards	Result of review	Number of suitable classification/Number of classification(appropriate rate)
G	Flammable liquids	0	2/8 (25.0%)
	Serious eye damage/eye irritation	1	
	Skin sensitization	0	
	Carcinogenicity	1	
	Germ cell mutagenicity	0	
	Reproductive toxicity	0	
	Specific target organ toxicity(single exposure)	0	
	Specific target organ toxicity(repeated exposure)	0	
H	-	-	4/4 (100%)
	Flammable liquids	1	
	Skin corrosion/irritation	1	
	Serious eye damage/eye irritation	1	
	Respiratory sensitization	1	
I	-	-	3/4 (75.0%)
	Flammable liquids	1	
	Skin corrosion/irritation	1	
	Serious eye damage/eye irritation	1	
	Respiratory sensitization	0	
J	-	-	4/4 (100%)
	Flammable liquids	1	
	Skin corrosion/irritation	1	
	Serious eye damage/eye irritation	1	
	Respiratory sensitization	1	
K	-	-	1/6 (16.7%)
	-	-	
	Skin corrosion/irritation	0	
	Serious eye damage/eye irritation	0	
	Skin sensitization	1	
	Specific target organ toxicity(repeated exposure)	0	
	Aspiration hazard	0	
L	Acute(short-term) aquatic hazard	0	1/8 (12.5%)
	-	-	
	Acute toxicity(oral/dermal/inhalation)	0	
	Skin corrosion/irritation	0	
	Serious eye damage/eye irritation	0	
	Carcinogenicity	1	
	Reproductive toxicity	0	
	Specific target organ toxicity(single exposure)	0	
M	Specific target organ toxicity(repeated exposure)	0	5/7 (71.4%)
	Acute(short-term) aquatic hazard	0	
	-	-	
	Acute toxicity(oral/dermal/inhalation)	0	
	Skin corrosion/irritation	1	
	Serious eye damage/eye irritation	1	
	Carcinogenicity	1	
	Specific target organ toxicity(single exposure)	1	
N	Specific target organ toxicity(repeated exposure)	1	-/- (-)
	Acute(short-term) aquatic hazard	0	
	-	-	
	-	-	

유해성·위험성 분류에 대한 적합성평가

수집된 MSDS의 유해성·위험성 분류의 적합률평가 결과는 <표 3>과 같다. 유해성·위험성 분류는 해당 화학제품 MSDS의 물리화학적 특성, 독성에 관한 정보 및 환경에 미치는 영향에 대한 평가 시험자료, 사람에서의

역학 또는 경험자료를 이용하거나 또는 구성 성분의 유해성평가자료를 이용하여 해당 화학제품에 대한 유해성별 혼합물의 분류 방법을 따르도록 정하고 있다.

평가 대상 14종의 유해성·위험성 분류에 관한 근거자료를 MSDS에서 확인한 결과, 물리적 위험성에 대해서는 제품에 대한 시험자료가 이용되었고, 건강 유해성 및

〈표 3〉 Concordance rate in 14 MSDSs contents

Checked items		Result of checked subjects(14)		Contents concordance [%]**
		Score*	Details Concordance[%]**	
Product and company identification	Product name	14	100.0	97.6
	Recommended use of the chemical and restrictions on use	13	92.9	
	Manufacturer/supplier/distributor information	14	100.0	
Hazards identification	Hazard · risk classification	7.5	53.5	58.3
	Label elements including precautionary statements	6	42.9	
	Other hazard · risk which are not included in the classification criteria	11	78.6	
Composition/ Information on ingredients	Chemical name	12.5	89.3	73.2
	Other name	6.5	46.4	
	CAS number or other identification number	11	78.6	
	Content[%]	11	78.6	
First aid measures	Eye contact	14	100.0	96.4
	Skin contact	14	100.0	
	Inhalation	13.5	96.4	
	Ingestion	14	100.0	
	Indication of immediate medical attention and notes for physician	12	85.7	
Fire-fighting measures	Suitable (and unsuitable) extinguishing media	13.5	96.4	97.6
	Specific hazards arising from the chemical (e.g. nature of any hazardous combustion products)	13.5	96.4	
	Special protective equipment and precautions for fire-fighters	14	100.0	
Accidental release measures	Personal precautions, protective equipment and emergency procedures	14	100.0	100.0
	Environmental precautions and protective procedures	14	100.0	
	Methods and materials for containment and cleaning up	14	100.0	
Handling and storage	Precautions for safe handling unsuitable	13	92.9	92.9
	Conditions for safe storage (including any incompatibilities)	13	92.9	
Exposure controls & personal protection	Control parameters (e.g. occupational exposure limit values, biological limit values)	6	42.9	70.2
	Appropriate engineering controls Omission of engineering method	9.5	67.9	
	Personal protective equipment	14	100.0	
Physical and chemical properties	Appearance(physical state, color etc)	12.5	89.3	75.4
	Odour	13	92.9	
	Odour threshold:	9.5	67.9	
	pH	10	71.4	
	Meting point/freezing point	10	71.4	
	Initial boiling point and boiling range	12	85.7	
	Flash point	13	92.9	
	Evaporation rate	9.5	67.9	
	Flammability (solid, gas)	7.5	53.6	
	Upper/lower flammability or explosive limits	11	78.6	
	Vapor pressure	12	85.7	
	Solubility	11.5	82.1	
	Vapor density	9.5	67.9	
	Relative density	13	92.9	

〈표 3〉 Concordance rate in 14 MSDSs contents

Checked items	Result of checked subjects(14)		Contents concordance [%]**
	Score*	Details Concordance(%)**	
Physical and chemical properties	Partition coefficient: n-octanol/water	7.5	53.6
	Auto-ignition temperature	12	85.7
	Decomposition temperature	6.5	46.4
	Viscosity	10.5	75.0
	Molecular mass	10	71.4
Stability and reactivity	Chemical stability and possibility of hazardous reactions	13	92.9
	Conditions to avoid (e.g. static discharge, shock or vibration, etc)	14	100.0
	Incompatible materials	14	100.0
	Hazardous decomposition products	14	100.0
Toxicological information	Information on the likely routes of exposure	8.5	60.7
	Health hazards information	4	28.6
Ecological information	Aquatic and terrestrial ecotoxicity	9	64.3
	Persistence and degradability	12	85.7
	Bioaccumulative potential	11.5	82.1
	Mobility in soil	12	85.7
	Other adverse effects	12	85.7
Disposal considerations	Disposal method:	10.5	75.0
	Disposal precaution	14	100.0
Transport information	UN number	9.5	67.9
	UN proper shipping name	10.5	75.0
	Transport hazard class	10	71.4
	Packing group (if applicable)	10.5	75.0
	Marine pollution (yes/no)	5.5	39.3
	Special precaution which a user to be aware of or needs to comply with in connection with transport or conveyance either within or outside their premises	5.5	39.3
Regulatory information	Industrial Safety and Health Act	7	50.0
	Toxic Chemical Control Act	7	50.0
	Dangerous Material Safety Control Act	8.5	60.7
	Wastes Management Act	5.5	39.3
	Other requirements in domestic and other countries	4.5	32.1
Other information	Information source and references	10.5	75.0
	Issuing date	9	64.3
	Revision number and date	7.5	53.6
Total			76.29

* Sum of points (Suitable '1', part suitable '0.5', not suitable '0')

** Score / 14 (total MSDSs) × 100

*** Sum of Details Concordance(%) / Number of Details

환경 유해성에 대해서는 구성 성분의 유해성평가자료를 이용하여 혼합물 유해성 분류기준을 적용하였다.

물리적 위험성 항목 중 인화성 액체로 분류된 제품 8종의 인화점 및 끓는점 확인 결과, 분류 근거가 적합하게 적용된 제품은 3종이었고, 인화성액체로 분류되지 않는 제품이 4종, 끓는점 및 인화점 자료가 없는 제품이 1종이었다. 건강 유해성에 대한 분류는 제품별로 큰 차이를 보였는데 주로 급성독성(경구·경피·흡입), 피부 부식

성·자극성, 피부 과민성, 발암성 등으로 분류된 것을 확인하였다. 분류 결과에 대한 근거를 제11항 독성에 관한 정보에서 확인하였다. 건강 유해성이 적절하게 분류된 제품은 3종으로 확인되었고, 나머지 11종은 건강 유해성 분류 결과에 대한 근거자료가 정확하게 제시되지 않은 것을 확인하였다. 특히 급성독성(경구·경피·흡입)으로 분류된 제품은 모두 분류 근거가 부적합하게 확인되었는데, 그 이유는 혼합물의 경우 각 구성 성분의 LD50 또는

LC50을 이용한 계산식이 적용되어야 하지만 한 가지 구성 성분의 LD50 또는 LC50을 이용하여 급성독성(경구·경피·흡입)의 구분기준을 적용한 것으로 파악되었다. 수생환경유해성(급성)으로 분류된 제품은 6종이었고, 분류근거에 대한 내용을 제12항 환경에 미치는 영향에서 확인하였다. 확인 결과, 수생 환경 유해성으로 분류된 6종 모두 부적합하였다. 그 이유는 6종 모두 두 가지 이상의 구성 성분으로 이루어진 혼합물로서 제품 전체에 대한 시험된 자료가 없는 경우 각 구성 성분의 LC50 또는 EC50을 이용하여 수생 환경 유해성 분류를 적용하여야 하나, 6종 모두 한 가지 구성 성분의 LC50 또는 EC50을 적용하여 분류된 것으로 확인되었다.

포름알데히드는 발암성 구분 1A로 분류되는 물질로 혼합물에 0.1% 이상 함유되었을 경우 그 혼합물은 발암성 물질로 분류되어야 한다. 그러나 포름알데히드를 0.1% 이상 함유하고 있는 것으로 확인된 연구 대상 14종 중 5종은 발암성 물질로 분류하고 있지 않았다.

맺음말

화학물질로 인한 사고와 질병의 사전 예방이라는 MSDS의 본연의 목적과 근로자의 '알 권리' 충족을 위한 최우선 과제는 신뢰성 있는 MSDS의 작성이다.

근로자의 건강과 안전에 기여하는 MSDS의 정확성과 완전성을 평가하기 위하여 많은 연구가 국내외에서 진행되었다. 국외에서 수행한 MSDS 신뢰성 검토에 대한 연구는 크게 두 가지로 분류되는데 MSDS 작성 내용에 대한 분석과 구성 성분에 대한 분석이다.

MSDS 작성 내용에 대한 신뢰성 검토 결과, 건강 유해성에 대한 자료가 조사 대상 MSDS에서 50~60% 정도 누락되어 있는 것이 확인되었으며, 많은 MSDS에서 개인보호구와 노출기준의 작성이 부족한 것이 확인되었다. 또한 구성 성분에 대한 신뢰성 검토 결과, 분석 대상 화학제품의 30~100%에서 MSDS에 표기되지 않은 화학물질이 분석되었으며, MSDS에 표기된 함량보다 높은 함량으로 분석된 화학제품도 다수 있는 것으로

산업 현장에서 사용하는 화학물질 중에서 대표적인 인체발암성 물질로 분류되는 포름알데히드는 하드보드, 합판, 절연체 고무, 염료, 방부제 등의 원료로 사용된다. 국제발암성연구소(IARC; International Agency for Research on Cancer)에서는 인체에 대한 발암성 화학물질(Group 1)로 분류하였으며, 미국국립독성프로그램(NTP; National Toxicology Program)에서는 발암성으로 알려진 화학물질(K)로 분류하고 있고, 국내 고용노동부에서는 발암성 구분 1A로 분류하고 있다. 또한 포름알데히드를 포함하고 있는 화학제품은 암을 유발할 뿐만 아니라 피부염, 만성기관지염, 천식, 후두부종 등을 발생시킬 수도 있다.

확인되었다. 국내에서 수행된 연구 결과에서도 화학물질의 종류, 사용량 등과 상관없이 MSDS 정보에 대한 신뢰성 검토 결과는 전반적으로 낮은 것으로 보고하고 있다.

국내에서는 2013년 7월 1일부터 혼합물질을 포함한 모든 화학물질의 유해성·위험성을 GHS 분류기준을 적용하여 시행되고 있다. GHS는 화학물질에 노출되는 근로자에게 화학물질의 유해성·위험성 정보를 명확하고 일관성 있게 제공함으로써 건강보호를 강화시키는 데



화학물질로 인한 사고와 질병의 사전 예방이라는 MSDS의 최우선 과제는 신뢰성 있는 작성이다.

그 목적이 있다. 그러나 화학물질의 유해성·위험성 분류를 적용하기 위한 자료 수집과 GHS를 적용한 MSDS 작성은 전문적인 지식이 부족한 사업장에서 직접 수행하기에는 어려움이 예상된다.

본 연구에서는 포름알데히드를 포함하는 제품 14종에 대하여 제품 내 포름알데히드의 정량적 분석 결과 MSDS에 기재된 함유량을 비교 분석하였으며, MSDS의 항목별 작성 내용과 유해성·위험성 분류 결과의 적정성에 대하여 살펴보았다. MSDS에 기재된 항목별 평균 일치율은 76.29%로 평가되었는데, 이는 최근 방향족 탄화수소 화학물질에 대한 MSDS의 평균 일치율이 약 89%로 평가된 결과와 비교하였을 때 10% 이상 낮은 일치율을 보이고 있다. 그 이유로는 본 연구 대상 MSDS의 제11항 독성에 관한 정보(44.6%), 제15항 법적 규제 현황(46.4%), 제2항 유해성·위험성(50.0%) 등의 일치율이 매우 낮게 평가된 결과로 보인다. 특히 제2항과 제11항은 GHS가 도입되면서 크게 영향을 받은 항목으로, MSDS 작성자가 GHS의 내용을 제대로 이해하지 못하고 MSDS를 작성한 결과로 판단된다. 실제로 14종의 제품의 유해성·위험성 분류 결과와 분류 근거가 정확하게 일치하는 제품은 3종에 불과하였고, 10종은 12.5~81.8%의 일치율을 나타내고 있었으며, 1종은 유해성·위험성 분류정보를 전혀 표시하지 않은 것으로 확인하였다. 또한 제품마다 유해성 분류 결과가 상이하게 분류된 것을 확인하였는데, 이는 제품을 구성하는 구성 성분이 다양하여 유해성 분류 결과가 다르게 분류된 부분도 있지만, 동일한 화학물질에 대해서도 서로 다른 유해성 평가자료를 사용하였기 때문이다. 특히 포름알데히드는 인체에 대한 발암성 물질로 알려져 있지만, 검토 대상 14종 중 5종의 MSDS에서는 발암성으로 구분되어 있지 않았다.

MSDS의 작성 항목과 화학물질의 유해성·위험성을 표현하는 문구가 너무 어렵고 복잡하기 때문에 산업 현장의 근로자들이 이해하는 데 어려움이 많고, 이 때문에 MSDS의 효용성이 떨어지는 것이 사실이다. 더욱이 신뢰성이 낮은 MSDS는 화학물질로 인한 사고와 질병의

예방이라는 본연의 목적을 달성하는 것이 어려울 것이다. 따라서 신뢰성 있는 MSDS를 생산하기 위해서는 MSDS 작성자에 대한 체계적인 교육과 인증 제도의 도입, 유통되는 MSDS에 대한 신뢰성 평가 제도의 도입, MSDS 유통 시스템의 개편, 감독관청에서 유통되는 MSDS의 작성 내용에 대한 철저한 지도·점검 등이 요구된다. 또한, 정부에서는 통일된 GHS 분류 결과를 사업장에 제공하여 MSDS 작성 시 화학물질의 분류 결과가 동일하게 적용됨으로써 일관성 있는 유해성 정보를 제공하는 것이 필요하다. 🌸

참고문헌

- 고용노동부, 산업안전보건법, 2013.
- 고용노동부, 화학물질의 분류·표시 및 물질안전보건자료에 관한 기준, 고용노동부고시 제2013-37호.
- 환경부, 유해화학물질관리법, 2013.
- Anne-Marie Nicol, A. Christie Hurrell, Desy Wahyuni, William McDowall, Winnie Chu. Accuracy, Comprehensibility, and Use of Material Safety Data Sheets: A Review. American Journal of Industrial Medicine 2008;51:861-876.
- Anonymous. Hazardous materials information review commission. Annual Report for the Fiscal Year Ended, March 31, 1998.
- Ignatowski AJ, Weider ED. Managing material safety data sheets world-wide. American Industrial Hygiene Association Journal 1995;56:698-705.
- Kolp P, Sattler B, Blayney M, Sherwood T. Comprehensibility of material safety data sheets. American Journal of Industrial Medicine 1993;23:135-141.
- Lee KS, Yoon SJ, Choi JW, Kim HO, Lee JH et al. A study on the supply status of chemical substance information including MSDS and a way of improving Database management in Korea. J Korean Soc Occup Environ Hyg 2007;17(1):63-70.
- Lee SH. Q & A for the Industrial Hygienist : Formaldehyde. Industrial Hygiene. 1996;No.93:45-46.
- Takeshi MORITA and Kaoru MORIKAWA. Expert Review for GHS Classification of Chemicals on Health Effects. Industrial Health 2011;49:559-565.
- Luc Seguin. Optimizing your company's GHS deployment. Journal of Chemical Health and Safety 2009;16(4):5-9.

이번 호 필자 여러분께 감사드립니다



박정선 원장
산업안전보건연구원



박종길 국장
고용노동부
산업예방정책국



박종길 교수
인제대학교 환경공학과
대기환경보안연구센터장



이종우 교수
인제대학교 경영학부
산업경영연구원



조준한 선임연구원
교통안전공단



김영선 연구위원
산업안전보건연구원
재해통계분석팀



허동명 교수
세명대학교
보건안전공학과



임화영 박사/부장
근로복지공단
신재보합연구센터
정책연구부



박수경 교수
대전대학교
사회복지학과



최상원 연구위원
산업안전보건연구원
안전연구실
IEC TC 101 국내간사



이권섭 연구위원
산업안전보건연구원
화학물질센터



홍문기 과장
산업안전보건연구원
화학물질센터

독자 여러분의 원고를 모집합니다

안전보건 연구동향 OSH RESEARCH BRIEF

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

▶ 보내실 곳 ▶

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

▶ 문의사항 ▶

원고 및 본문 내용과 관련한 문의사항은 안전보건공단 산업안전보건연구원 안전경영정책연구실로 연락하시면 됩니다.
• 담당자 : 서동현 과장 Tel. (032)5100-903

『안전보건 연구동향』 편집위원

구분	위원	소속	직책	분야
위원장	박정선	산업안전보건연구원	원장	총괄
외부 (7명) (가나다 순)	김태구	인제대학교 보건안전공학과	교수	안전
	김치년	연세대학교 산업보건연구소	교수	산업보건
	이명구	울지대학교 보건환경안전학과	교수	건설안전
	정경숙	동국대학교 일산병원	교수	의학
	정지연	용인대학교 산업환경보건학과	교수	보건환경
	정진주	사회건강연구소	소장	사회학
	허동명	세명대학교 보건안전공학과	교수	화공안전
공단 내부 (6명)	이경용	산업안전보건연구원 안전경영정책연구실	실장	정책
	신운철	산업안전보건연구원 안전연구실	실장	안전
	김은아	산업안전보건연구원 직업건강연구센터	소장	직업환경/직업병
	송세욱	산업안전보건연구원 화학물질센터	소장	화학물질
	김기식	산업안전보건연구원 정책연구팀	팀장	정책
	이관형	산업안전보건연구원 재해통계분석팀	팀장	통계

행복한
대한민국을 여는

정부 3.0

[개방 · 공유 · 소통 · 협력]

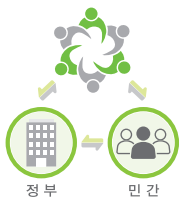
국민의 기대와 희망을 모아 새로운 변화를 시작합니다.
국민 한 분 한 분을 위해 특별한 내일을 준비합니다.
개인의 행복이 커질수록 함께 강해지는 새로운 대한민국
그 희망의 새 시대를 정부3.0이 함께 열어하겠습니다.



국민 모두가 행복해지는 정부3.0



공공정보 공개확대로
「국민의 알권리」 충족



국민의
정부정책 참여확대



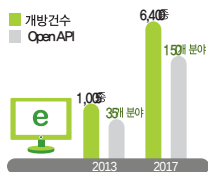
정부 내 칸막이 제거로
통합적 행정서비스 제공



개인맞춤형 서비스 제공



정보 취약계층
서비스 접근 제고



공공데이터 민간활용으로
새로운 일자리창출



정보공유와 디지털협업으로
더 나은 행정서비스 제공



데이터에 기반한
과학적 행정구현



창업과 기업활동
지원 강화



새로운 정보기술을 활용한
맞춤형 서비스 제공