

OSH

안전보건 연구동향 2013 여름 RESEARCH BRIEF

Vol.7 No.3(통권 60호)

시론(時論)

유지관리 및 검사 업무의 중요성

특집 I · 사업장에서의 화학물질관리

고독성물질 저감의 성공 사례

특별관리물질에 대한 안전보건관리기준 개선 방향

특집 II · 특정 전문직 종사자의 안전보건 이슈

철도 디젤차량 정비 근로자의 디젤연소물질 노출평가 사례

문화예술인의 산업재해 관련 실태

네일미용산업 종사자들의 직업 관련 증상 및 화학물질 노출평가

연구동향

야간작업 종사자의 특수건강진단

정밀화학반응 공정에서 폭발반응 예방을 위한 공정조건 최적화 방법연구

화학설비의 휴먼에러 사고 방지를 위한 인적 요인관리

화학물질의 유해성 소통 활성화에 관한 연구

품질환경안전보건 통합관리시스템의 개요 및 시사점

업무관련성평가를 위한 과거노출재구성

부록

산업재해 발생 형태 관련 용어 개정 사항

산업재해예방

안전보건공단

산업안전보건연구원



春夏秋冬

안전보건

내 몸의 방어막을 지켜라!

우리는 피부가 왜 존재해야 하고,
또 내 몸을 위해 피부가 무엇을 하고 있는지에 대해
그 소중함을 미처 깨닫지 못한다.

피부는 우리 몸의 방어막 역할을 톡톡히 하고 있지만
외부와 바로 맞닿게 되는 조직인 만큼 외부로부터의 자극이나
여러 병원체에 직접 접촉될 위험 또한 많은 것이 사실이다.
직업성 피부질환의 증가는 사회의 급격한 변화와 맞물려
복합적이고 다발적인 화학물질을 사용하는 사업장이 많아진데서
그 원인을 찾아볼 수 있다.

피부가 내 몸의 방어막 구실을 제대로 할 수 있게 하기 위해서는
미리미리 지켜주고 보호해주는 노력과 주의를 기울여야 할 것이다.

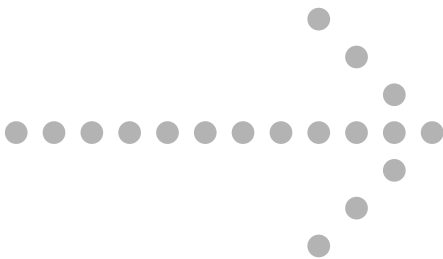
- '안전한 나날을 그리다' 중에서



OSH

안전보건 연구동향 RESEARCH BRIEF

안전보건 연구동향 / 제7권 / 제3호(통권 60호) / 발행주기 계간 / 발행일
2013년 7월 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 김태규,
김치년, 이명규, 정경숙, 정지연, 정진주, 하동명, 이경용, 신운철, 김은아,
송세욱, 김기식, 이관형 / 편집·제작 (주)광고연합 / 전화 02)2264-7306



2013년 여름호
무더위와 높아지는 불래지수 속에서
산업재해를 예방할 수 있도록
여름철에는 안전의식을 더욱 고취해야 한다.

CONTENTS

시론(時論)

- 04 유지관리 및 검사 업무의 중요성 박재학

특집 I · 사업장에서의 화학물질관리

- 06 고독성물질 저감의 성공 사례 김신범
10 특별관리물질에 대한 안전보건관리기준 개선 방향 최상준

특집 II · 특정 전문직 종사자의 안전보건 이슈

- 20 철도 디젤차량 정비 근로자의 디젤연소물질 노출평가 사례 객현석
26 문화예술인의 산업재해 관련 실태 조홍학
32 네일미용산업 종사자들의 직업 관련 증상 및 화학물질 노출평가 최상준

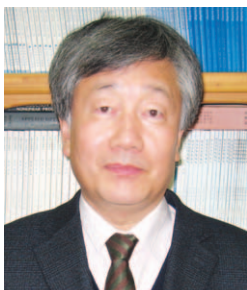
연구동향

- 38 야간작업 종사자의 특수건강진단 장태원
44 정밀화학반응 공정에서 폭발반응 예방을 위한 공정조건 최적화 방법연구 이근원
52 화학설비의 휴먼에러 사고 방지를 위한 인적 요인관리 박정철
56 화학물질의 유해성 소통 활성화에 관한 연구 최재욱
62 품질환경안전보건 통합관리시스템의 개요 및 시사점 변해정
68 업무관련성평가를 위한 과거노출재구성 김수근

부록

- 74 산업재해 발생 형태 관련 용어 개정 사항

유지관리 및 검사 업무의 중요성



박재학 회장
한국안전학회
충북대학교 안전공학과 교수

최근 불산 누출, 염산가스 누출, 용융로 폭발 등 산업재해가 연속적으로 발생하여 안전에 대한 국민의 관심이 어느 때보다 커지고 있고, 사고의 원인과 대책에 관한 논의도 활발히 진행되고 있다. 사고 원인으로 많은 점이 지적되고 있지만 국내 산업설비들 중에 30년 이상의 노후 설비가 많아진 것이 제일 큰 원인으로 꼽히고 있다.

이러한 노후 설비의 사고 방지를 위해서는 설비의 유지관리 및 검사 업무가 무엇보다 중요하다. 그러나 대부분의 회사에서 제품 개발이나 설계를 담당하는 부서는 중요하다고 인식되어 회사 고유 부서로 조직되어 있지만 유지관리 및 검사 업무의 경우는 전담 부서가 없이 협력업체나 하청업체 또는 외부 전문 검사업체에 맡겨지는 경우가 많다.

검사의 중요성

제품이나 설비를 설계할 때에 제품 수명 중 결함이 전혀 발생되지 않도록 하면 가장 바람직하겠지만 이렇게 설계할 경우 제품 단가가 너무 높아져 경제성이 없어지므로 손상허용설계(damage tolerant design) 개념으로 설계하는 경우가 많다. 손상허용설계란 '제품은 사용중에 결함이 발생할 수 있고, 결함은 검사에 의하여 발견되고 보수될 수 있다'는 개념이다. 이러한 개념에 의하여 설계된 제품이나 설비의 경우 유지관리활동을 통해 고장이나 사고를 일으키기 전에 부품을 교환하거나 검사에 의하여 결함을 찾아내어 보수하여야 한다.

검사에 의하여 결함을 찾아내기 위해서는 어떠한 손상기구가 있는지를 평가하고, 해당 손상기구를 찾을 수 있는 적절한 검사 방법을 사용하는 것이 중요하다. 경험이 많은 검사원이 행하는 육안검사로 충분한 경우도 있으나, 외부에서 보이지 않는 결함을 찾을 때에는 육안검사만으로는 부족하고 해당 결함에 적합한 비파괴검사 등의 검사 방법을 사용하여야 한다.

검사의 신뢰성

검사에는 검출확률이 있다. 보통 검출확률은 결함 크기의 함수로 주어지는데, 큰 결함의 경우는 검출확률이 높고 아주 작은 결함은 검출확률이 낮아진다. 이러한 검출확률로 인하여 어떤 설비에 대하여 검사가 행해졌다고 하더라도 결함이 모두 발견되지 않고 그대로 존재할 가능성이 있고, 그 같은 경우에도 안전이 확보될 수 있는 방안이 마련되어야 한다.

결함 검출확률은 검사원의 능력에 의해서도 좌우되므로 신뢰성 있는 검사결과를 얻기 위해

“

노후 설비의 사고 방지를 위해서는 설비의 유지관리 및 검사 업무가 무엇보다 중요하다. 검사의 중요성을 인식하고 그 신뢰성을 높일 수 있는 방안이 마련되어야 한다. 또한 유지관리 및 검사에서 비교적 앞선 분야가 원자력산업과 석유화학산업이므로 이러한 분야에서 사용되고 있는 유지관리 및 검사 시스템과 기법에 대하여 살펴볼 필요가 있다.”

서는 검사업체의 관리 능력과 소속된 검사원의 검사 능력에 대한 검증이 필요하다. 검사원에 대한 일정 기간의 교육과 시험 통과만으로 자격이 충분할 것인지 또는 해당 검사의 공인기관 자격증이 필요할 것인지와 아울러 검사대행업체의 검사 능력은 어느 기관에서 어떻게 검증할 것인지 등도 논의되어야 할 것이다. 또한 검사비용도 검사의 신뢰성을 확보하는 데 중요한 문제가 된다. 신뢰성 있는 검사가 되려면 최소한의 검사비용이 보장되어야 한다.

유지관리 및 검사 기술

유지관리 및 검사에서 비교적 앞선 분야가 원자력산업과 석유화학산업이므로 이러한 분야에서 사용되고 있는 유지관리 및 검사 시스템과 기법에 대하여 살펴볼 필요가 있다. 비용이 많이 들기는 하지만 원자력산업에서 사용하고 있는 시스템과 제도를 일반 산업에 도입한다면 검사 기술을 향상시키고 설비의 고장이나 손상으로 인한 사고를 방지하는 데 많은 도움을 줄 것이다. 이밖에 원자력산업에서는 원자력안전기술원이라는 기관이 있어 설비의 유지관리와 검사가 제대로 행해지고 있는지 감독을 하고 있지만 일반 산업체에 대해서는 그러한 역할을 하는 기관이 뚜렷하게 드러나지 않는데 안전보건공단이야 말야 하지 않을까 사료된다.

한편, 석유화학산업에서 도입 사용되는 기법으로 위험도기반검사(risk-based inspection)가 있다. 이는 위험도에 기초하여 검사의 우선순위를 정하여 검사를 행하는

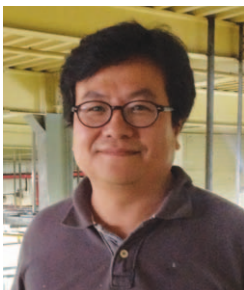
기법으로, 미국석유화학협회의 API-581 등의 코드에 기반을 둔 위험도기반검사 기법이 현대오일뱅크, LG화학, 한국가스안전공사, 한전전력연구원 등에서 화학 플랜트와 증기 터빈에 적용된 예가 있으며 안전보건공단에서도 K-RBI란 프로그램으로 개발하여 사용중이다. 이러한 기법을 그대로 다른 산업에 적용할 수는 없겠지만 기법의 장점을 도입한다면 검사 기술의 발전에 많은 도움을 줄 수 있을 것으로 본다. 이와 아울러 현재 위험성평가제도가 전체 산업에 도입되고 있으므로 위험성평가결과를 유지관리와 검사에 이용한다면 보다 큰 상승효과를 낼 수 있을 것이다.

맺음말

국내 산업설비의 노후화에 따른 산업재해를 방지하기 위하여 유지관리와 검사에 대하여 보다 많은 관심을 가져야 한다. 그리고 관련 기술 및 제도들을 발전시킬 필요가 있다. 이미 석유화학산업이나 원자력산업에서 사용되고 있는 시스템과 기법을 보다 발전시키고 응용하여 다른 산업에 도입한다면 재해 예방에 많은 기여를 할 수 있을 것이다. ✚

고독성물질 저감의 성공 사례

-발암물질국민행동, 금속노조, 제조기업 간의 유해물질가이드라인협약에 대하여



김신범 실장
노동환경건강연구소
화학물질센터

들어가며

노동환경건강연구소는 수년간의 준비기간을 거쳐서 2008년부터 본격적으로 발암물질 관련 사업을 추진하였다.

여러 전문가와 함께 발암물질목록작성위원회를 운영하여 2010년에 '발암물질목록1.0'을 공표하였고, 금속사업장을 중심으로 발암물질조사사업을 수행하여 발암물질 사용의 심각성을 사회에 알린 바 있다. 이 과정에서 발암물질의 저감이라는 숙제가 대두되었고, 사업장 차원의 대책 수립과 함께 산업별·지역별·제품별 대책 수립에 나서게 되었다.

그 결과 타타대우상용차에서 모범적인 관리 사례를 만들 수 있었고, 서울·군산·울산 등지에서 발암물질 없는 지역 만들기 사업을 추진하고 있다. 그리고 금속가공유, 도로 등을 중심으로 한 제품별 대책 수립도 추진하고 있다.

본고는 이 중에서 제품별 대책 수립의 사례를 간략히 정리한 것이다. 화학물질이라는 제품의 생산자와 사용자 간의 관계 속에서 덜 유해한 제품의 생산과 사용을 유도하는 것이 어떻게 가능했는지 공유하고자 한다.

화학물질의 생산과 소비에 개입해야 할 이유

어떤 사업장에서 사용중인 화학물질을 만날 때, 이 물질에 함유된 성분들이 기능상 꼭 필요하니까 들어간 것이라고 생각해서는 안 된다. 적어도 오늘의 한국사회에서는 더욱 그러하다.

노동환경건강연구소는 발암물질목록작성위원회와 함께 '발암물질목록1.0'을 공표하면서 일터에서 사용되는 발암물질의 실태조사에 나섰다. 2010년에는 금속노조와 87개 사업장의 물질안전보건자료(MSDS)를 수거하여 분석하였고, 2011년까지 이 중에서 약 50개 사업장을 방문하여 화학물질 사용 실태를 파악할 수 있었다. 그리고 2011년 말 1만 2,952 종의 제품 데이터베이스(DB)를 구축하여 분석한 결과, 매우 놀라운 사실들을 알게 되었다. 한마디로 요약하자면 '발암물질 등 고독성물질이 너무 많이 사용되고 있으며, 그 중 일부는 굳이 사용하지 않아도 될 것들'이었다.

〈표 1〉에서 볼 수 있듯, 구성성분 중 가장 독성이 큰 성분의 독성값을 대표로 부여하여 1만 2,952개의 제품을 분석하였는데 사람에게 암을 일으킬 수 있는 1A, 1B 제품이 총 12.3%나 되었으며, 발암성, 변이원성, 생식독성, 내분비계교란성, 잔류성·농축성 등 고독성으로 분류되는 성분을 함유한 제품은 총 55.0%에 이르렀다. 믿어지지 않는 수치였기 때문에 분석을 수

〈표 1〉 12,952개 제품의 독성별 분포

독성	제품(개)	비율(%)
발암성	1A	764
	1B	830
	2	4,584
	소계	6,178
기타 독성	950	7.3
성분 확인 필요	1,889	14.6
독성 해당 없음	1,947	15.0
CAS 번호 없음	1,073	8.3
영업비밀	871	6.7
자료 부실	44	0.3
계	12,952	100.0

차례 반복하였으나 결과는 같았다.

발견된 고독성물질 중 다수는 굳이 사용하지 않아도 되는 성분들이었다. 예를 들어, 가장 선도적으로 고독성물질 저감에 앞장서는 볼보그룹에서 발표한 금지물질 목록인 ‘블랙리스트(blacklist)’에 해당하는 물질이 함유된 제품이 999개였으며, 사용 제한 목록인 ‘그레이리스트(greylis)’에 해당하는 제품은 650개였다. 그뿐만 아니라 자동차산업에서는 폐차규제(ELV) 때문에 6가크롬, 카드뮴, 납, 수은 등 4대 중금속이 금지되었는데, 자동차산업에 사용할 목적이 아니라는 이유로 6가크롬이 함유된 도료가 남용되는 것도 확인할 수 있었다.

더 심각한 경우로는, 유럽에서 금지된 물질이 특정 기업에 의해 수입되고 있으며, 굳이 그 성분이 꼭 들어가지 않아도 될 제품들에 ‘끼워 팔기’ 되는 것도 확인하였다. 환경부에서 ‘화학물질 등록 및 평가 등에 관한 법률’의 도입을 추진하면서 ‘국외의 고독성물질이 유입되는 것을 막을 길이 없다’고 한 언급이 단순한 우려가 아니었던 것이다.

문제의 원인을 찾아보니, 화학물질 생산자들은 저가의 제품을 생산하는 것에만 관심이 있었고, 화학물질 사용자들은 저가의 제품을 사용하는 것에만 관심이 있었다. 한마디로 말하자면, 화학물질의 생산·유통·소비 과정에서 환경과 건강이라는 요인은 전혀 고려되고 있지 않았다. 이에 노동환경건강연구소는 기업과 노동조합이 화학물질의 소비자로서 정당한 인식과 권리를 행사해야 할 시점이라고 판단하였다.

불매운동 vs 안전제품협약

본 실태조사에서는 국외의 금지물질을 수입하여 사용하는 기업들도 있었다. 예를 들어, 유럽에서는 절삭유나 연삭유와 같은 금속가공유에 ‘짧은 사슬-염화파라핀’ 사용을 금지하고 있고, 더 나아가 덴마크에서는 프레스와 같이 큰 압력을 이겨내야 하는 경우에만 ‘중간 사슬-염화파라핀’이나 ‘왁스형-염화파라핀’을 사용하도록 안내하고 있다. 또한 공장 바닥 청소 등에 사용되는 세척제류에는 환경호르몬이며 수생생태계에 큰 위협을 주는 노닐페놀 계열물질이 금지되고 있었다. 래커페인트에 많이 첨가되는 프탈레이트의 일종인 DEHP(di(2-ethylhexyl) phthalate)의 경우에는 2015년부터 사용 제한이 결정되기도 하였으며, 이러한 물질들은 대체물질이 존재하는 것들이다. 그런데 굳이 이러한 물질들을 수입해서 제품 제조에 사용하는 기업들이 있었다.

처음에는 이 기업들의 명단을 공개하고 해당물질의 사용 중단을 요청하며, 따르지 않을 경우 불매운동을 펼치는 것이 의논되었다. ‘짧은 사슬-염화파라핀’을 사용하던 한 기업에게도 동일한 과정을 밟아나갔다. 해당 기업에서는 즉각적으로 사용 중단과 전량 폐기를 약속하고 나섰다. 또한 금속노조에서는 이 기업들 이외에도 다른 기업들이 같은 행위를 하고 있을 것이라 의심하였고, 이는 MSDS에 대한 신뢰도가 워낙 낮기 때문에 비롯된 일이었을 것이라고 판단했다. 노동조합은 금속가공유에 ‘짧은 사슬-염화파라핀’이 사용되지 않았다는 확인을 모든 기업에게 요구하기 시작했다. 기업들로서는 제품마다 분석시험성적서를 제출해야 하는 상황에 놓이게 되었다. 다른 기업들이 이런 문제 기업들 때문에 곤란을 겪는 일이 발생된 것이다.

노동환경건강연구소는 금속노조와 의논하여 방향을 수정하였다. 금속가공유 제조기업들과 금속노조 그리고 노동환경건강연구소가 공동의 유해물질가이드라인을 제정하여 협약을 체결함으로써 노동자들이 우려하는 성분이 함유되지 않은, 상대적으로 안전한 제품을 구매하여 사용하도록 하자는 것이 취지였다. 네거티브 방식이 아니라

포지티브한 방식으로 전술을 전환한 것이다.

금속가공유 유해물질가이드라인협약의 내용과 이행 상황

유해물질가이드라인 초안은 노동환경건강연구소가 작성하였고, 금속노조와 금속가공유 제조기업들이 간담회를 통하여 협약내용을 조율하였다. 그 결과, 2012년 4월에 8개 업체가 참여하는 협약조인식이 있었고, 2013년 5월 현재 총 16개 사업장으로 참여가 확대되었다.

가이드라인은 총 5개 그룹의 물질을 대상으로 작성되었다. 그것은 염화파라핀, 보린산, 알킬페놀, 에탄올아민, 윤활기유이다. 금속가공유에 첨가되는 방부제에 대해서는 2013년 가이드라인 개정 시에 다루기로 하였다.

이 가이드라인에서는 상호 노력에 대한 긍정적인 평가

를 사회적으로 이끌어내고 전 사회적으로 유해화학물질 저감 분위기 형성에 기여하자는 약속이 있었으며, 이 약속을 실행하기 위하여 연 1회 금속가공유의 유해물질사용저감보고서를 발간하기로 하였다. 2013년 3월, 노동환경건강연구소는 금속노조 및 협약 참여 기업들과 함께 중간 점검을 실시하였는데 그 결과 다수의 기업이 협약을 준수하기 위해 노력하고 있으며, 그로 인해 유해물질 저감이 이루어지는 것을 확인할 수 있었다.

물론, 아직 장벽은 남아 있다. 유해물질이 덜 함유된 제품을 개발하여 보급하는 데 테스트 과정에서 문제가 발생하는 경우도 있었고, 금속가공유 유해물질가이드라인을 잘 모르는 기업에서는 왜 제품을 바꿔야 하느냐며 저항하고 있다. 그러나 중장기적으로 이러한 방향이 옳기 때문에 함께 가야 한다는 생각은 협약 당사자 사이에 조금씩 더 커지고 있다.

〈표 2〉 금속가공유 유해물질 가이드라인

연번	물질군	물질명	CAS 번호	기준	적용일
1	염화파라핀	염화파라핀(짧은 사슬)	85535-84-8	모든 금속가공유 사용 금지	2012. 7. 17.
		염화파라핀	61788-76-9	포밍유만 최소량 사용 허용	2013. 1. 14.
		염화파라핀(중간 사슬)	85535-85-9		
		염화파라핀(왁스)	63449-39-8		
2	보린산	보린산	10043-35-3	5.5% 이하 최소 사용 허용	2013. 1. 14.
		보락스	1303-96-4		
		보린산(나트륨염)	13840-56-7		
3	알킬페놀	노닐페놀	25154-52-3	사용 금지	2013. 1. 14.
		4-노닐페놀	104-40-5		
		옥틸페놀	27193-28-8		
		노닐페놀에톡실레이트	9016-45-9		
		옥틸페놀에톡실레이트	9063-89-2		
		기타 알킬페놀류	(생략)		
4	에탄올아민	모노에탄올아민	141-43-5	사용 금지, 트리에탄올아민 사용	2013. 7. 15.
		디에탄올아민	111-42-2		2013. 1. 14.
5	윤활기유			고도정제기유 사용 또는 다핵방향족 탄화수소류(PAHs) DMSO 3% 미만	2013. 1. 14.

〈표 3〉 가이드라인 이행에 관한 중간 점검 결과

물질명	2012년			2013년		
	제조사(개소)	제품 수(개)	사용량(T/Y)	제조사(개소)	제품 수(개)	사용량(T/Y)
염화파라핀(짧은 사슬)	1	6	9.3	0	0	0.0
염화파라핀(중간 사슬)	11	295	1,112.0	11	158	899.8
염화파라핀(왁스)	2	26	33.5	2	15	19.3
보린산	12	180	344.4	11	145	297.4
노닐페놀류	12	64	47.7	3	12	14.2

가이드라인 합의와 이행의 의미 그리고 과제

금속가공유 유해물질가이드라인이 이행되는 과정에서 염화파라핀이나 노닐페놀의 사용을 저감시키는 효과가 확인된 것은 매우 기쁜 일이다. 이제 한국사회에서도 ‘고독성물질을 써야만 생산이 가능한가?’ 하는 매우 상식적인 질문을 던질 수 있게 되었고, 고독성물질의 생산과 수입을 파악하고 유통 과정을 추적하는 노력이 매우 소중한 것임을 시민단체와 노동조합이 깨닫게 되었다. 중앙정책 전략을 수립하여 화학물질로 인한 사회의 부담을 경감시키는 운동이 기획될 수 있는 조건이 형성된 것이다.

정부가 나서서 유해물질의 사용을 금지하거나 제한하는 것은 가장 좋은 길이지만 매우 더디다. 이 때문에 고독성물질을 저감시키는 노력이 민간 차원에서 적극적으로 추진되고 있다.

예를 들어, 유럽의 비정부기구인 국제화학물질사무국(ChemSec)에서는 자체적으로 SIN 리스트(Substitute It Now List)를 작성하여 공표함으로써 유럽연합(EU)이 사용 제한 후보물질을 확대하도록 압력을 넣고 있고, 기업과 관련해서는 SIN 리스트에 등재된 물질을 제조 수입하는 기업들을 공개하거나 자발적으로 유해물질 저감을 위해 노력하는 기업들과는 파트너십을 맺어 사회적으로 칭찬받을 수 있도록 유도하고 있다.

이러한 노력은 국제화학물질사무국이 전략적으로 기업을 두 가지로 구분하기에 가능했다. 석유화학산업이나 농약산업과 같은 화학물질 생산기업과 화학물질을 사용하여 자동차나 전자제품 등을 생산하는 기업을 구분한 것이다. 화학물질 사용자 기업에 대해서는 소비자로서의 자각을 요구하며 유해물질의 사회적 부담을 감소시키기 위한 협력적 관계 형성을 유도한다. 이러한 전술은 상당히 유효한 것으로 확인되고 있다.

한국사회에서도 이러한 흐름이 형성되어야 한다. 국내에 유통되는 화학물질에 대해 노동조합과 시민사회가 자체 통계를 구축하고 감시할 수 있어야 하며, 고독성물질의 유통을 줄이기 위해서는 화학물질 사용자 기업이 소

비자로서의 감수성을 획득하는 것이 필요하다. 현재 금속노조와 ‘발암물질 없는 사회 만들기 국민행동’이 이러한 취지에 동의하고 함께하고 있다. 그리고 금속가공유 제조기업의 참여가 있었고, 최근에는 도로 제조회사들도 이러한 흐름에 동참할 준비를 하고 있다.

이밖에 또 다른 긍정적인 신호들도 감지되고 있다. 군산의 타타대우상용차에서 노·사 공동으로 고독성물질저감 정책을 마련하여, ‘Toxic Free TATADAEWOO 만들기’ 선언을 한 것이다. 타타대우상용차 노·사는 직원들의 직업성암 예방뿐만 아니라 화학물질로 인한 해당 지방자치단체의 부담을 줄이는 것이 기업의 책임임을 분명히 하였다. 현재 타타대우상용차의 고독성물질관리 사례는 여러 기업의 벤치마킹 대상이 되고 있으며, 금속노조와 사용자 간의 중앙 교섭에서 발암물질조사를 2년에 1회 실시하기로 합의한 것도 고독성물질관리에 대한 기업의 관심을 높이는 데 기여하고 있다. 고용노동부가 발암성·생식독성·변이원성물질의 경우 노출기준고시에 표기하고 특별관리물질 지정을 확대하며 사업주의 관리 책임을 강화하려고 노력하는 것도 고독성물질에 대한 기업의 태도를 달리하도록 이끌고 있다.

다음 세대에게 물려 줄 더 좋은 사회를 꿈꾸며

한편으로는 아직 자동차산업이나 전자산업의 대기업들이 이러한 흐름을 주도하거나 공식적으로 동참하고 있지 않아 아쉬움도 크다. 대기업은 화학물질 시장에 개입하여 고독성물질의 유통이 줄어들도록 할 힘을 가지고 있기 때문이다. 물론, 그간의 경험에 비추어볼 때 이러한 흐름은 시민사회와 노동조합의 보다 본격적인 운동이 추진된 다음에나 가능할 것 같다.

한국사회에서 고독성물질을 줄여나가기 위한 시민운동과 노동운동은 이제 겨우 기지개를 펴고 있는 수준으로 아직 갈 길은 멀지만, 꿈꾸는 자에게 보다 나은 미래가 찾아올 것을 믿는다. 🌱

특별관리물질에 대한 안전보건관리기준 개선 방향



최상준 교수
대구가톨릭대학교
산업보건학과

들어가며

2010년 고용노동부에서는 암 발생의 지속적인 증가와 함께 산업 현장에서도 발암성물질에 의한 질병 발생 등으로 사회적 관심이 증대되고 있음을 감안하여 '발암성물질관리제도 개선 Task Force (TF) 운영계획'을 수립하고 운영하였다. 외부 위촉 위원 4명을 포함하여 2010년 3월부터 운영된 TF는 '발암성물질의 정의 및 분류 체계', '발암성물질의 분류기준 및 표시' 등 발암성물질의 관리 방안에 대한 논의를 위주로 시작되었다.

이 당시 산업안전보건법(이하 '산안법'이라 함)에서는 발암성물질에 대한 정의와 분류기준에 대해 유해인자 분류기준에서는 '암을 일으키거나 그 발생을 증가시키는 물질'로 정의하고 있고, 화학물질 및 물리적 인자의 노출기준에서는 '발암성물질로 확인된 물질(A1)'과 '발암성물질로 추정된 물질(A2)'로 분류하였다. 또한 산업안전보건기준에 관한 규칙에서 정하고 있는 168종의 관리대상물질 중 9가지 물질에 대해 '암을 유발하는 물질로 확인되었거나 의심되는 물질'로 분류하고 있었다. 최상준 등(2010)¹⁾은 산안법 내에서 규정하고 있는 노출기준과 관리대상물질에서 발암성물질로 지정된 목록을 비교해 본 결과, 관리대상물질에는 카드뮴을 발암물질로 규정하고 있는 반면 노출기준에서는 발암성으로 분류하고 있지 않고 있어 분류 체계의 일관성이 없음을 문제 제기한 바 있다.

이러한 문제 의식을 가지고 고용노동부에서는 TF의 논의결과를 바탕으로 2011년 3월 '화학물질 및 물리적 인자의 노출기준' 고시를 개정(고용노동부고시 제2011-13호)하였다. 개정된 고시의 핵심내용은 기존 A1, A2의 분류기준을 GHS(Globally Harmonized System) 체계에 따른 1A(사람에게 충분한 발암성 증거가 있는 물질), 1B(시험동물에서 발암성 증거가 충분히 있거나, 시험동물과 사람 모두에서 제한된 발암성 증거가 있는 물질), 2(사람이나 동물에서 제한된 증거가 있지만, 구분1로 분류하기에는 증거가 충분하지 않은 물질)로 재분류하여 발암성물질에 대한 정의와 분류기준을 명확히 하고, 기존 발암성물질을 58종에서 184종으로 확대 개정 제시하는 것이었다. 이후 2012년 3월에는 발암성물질뿐만 아니라 생식세포 변이원성과 생식독성물질에 대해서도 GHS에 따른 분류 표기로 제시함으로써(고용노동부고시 제2012-31호) CMR 물질(Carcinogenic, Mutagenic or Reprotoxic agents)에 대한 정보 제공을 강화하였다.

1) 최상준 · 임경채, 발암물질 분류 및 관리 체계 고찰, 대한안전경영과학회지 12(3) (2010), 107-119.

발암성물질에 대한 정의와 분류기준 통일화 노력은 화학물질관리 체계 논의로 이어졌으며, 고용노동부에서는 2011년 3월 고용노동부예규 제10호 ‘화학물질의 유해성·위험성 평가에 관한 규정’을 제정하여 발표하였다. 이 예규에는 화학물질평가실무위원회와 심의위원회의 조직적 틀을 토대로 화학물질의 유해성·위험성 평가결과에 따라 관리 수준을 결정할 수 있는 관리 틀을 제시하고 있다. 특히 CMR 물질에 대한 관리를 강화하기 위해 산업안전보건기준에 관한 규칙을 개정(2012년 3월, 고용노동부령 제49호)하여 발암성물질의 정의를 삭제하고 ‘특별관리물질’이라는 용어 정의를 신설하여 발암성·변이원성·생식독성물질 등을 포괄하여 규율할 수 있도록 근거를 마련하였다.

특별관리물질의 법적 정의와 위상

산업법 제39조와 산업안전보건법시행규칙 제81조에 따른 현재 우리나라의 화학물질관리 체계는 금지, 허가, 노출기준 설정 대상, 허용기준 설정 대상, 작업환경측정 대상, 그리고 관리대상물질로 분류하여 관리하도록 하고 있다.

산업안전보건기준에 관한 규칙 제3편 보건기준 - 제1장 관리대상유해물질에 의한 건강 장애 예방'에서 '관리대상

유해물질'이란 법 제24조의 보건조치 제1항 제1호에서 언급하고 있는 '원재료·가스·증기·분진·흠(fume)·미스트(mist)·산소 결핍·병원체 등에 의한 건강 장애' 중 유기화합물, 금속류, 산·알칼리류, 가스 상태 물질류 등 화학물질만을 대상으로 168종을 지정하고 있다.

특별관리물질은 관리대상유해물질로 지정된 물질 중 '발암성·생식세포 변이원성·생식독성물질 등 근로자에게 중대한 건강장애를 일으킬 우려가 있는 물질로서 특별관리물질로 표기된 물질'로 정의하고 있다. 따라서 특별관리물질은 개념상 관리대상물질 중 유해성이 큰 CMR 물질로서 근로자에게 중대한 건강 장애를 일으킬 우려가 있는 물질을 '특별' 관리 하도록 지정한다는 개념으로 해석할 수 있다.

현재 특별관리물질로 지정되어 있는 물질은 <표 1>과 같이 과거 발암성물질로 지정되었던 물질 9종이며, 2012년 유해성·위험성평가결과에 따라 고용노동부에서는 7종을 추가 지정하였다.²⁾

산업법에 의한 관리대상유해물질과 특별관리물질의 정의를 정리해 보면, 특별관리물질은 관리대상유해물질 범

2) 고용노동부, 산업안전보건전문위원회 회의자료-화학물질(9종) 평가결과에 따른 규제 수준 제안, 2012. 10. 23.

<표 1> 특별관리물질 지정 현황

물질명	현행 관리 수준	제안	특별관리물질 지정·제안 사유
벤젠	특별관리 / 허용기준	현행 유지	과거 발암성물질로 지정
1,3-부타디엔	특별관리	현행 유지	과거 발암성물질로 지정
사염화탄소	특별관리	현행 유지	과거 발암성물질로 지정
포름알데히드	특별관리 / 허용기준	현행 유지	과거 발암성물질로 지정
니켈 불용성 화합물	특별관리 / 허용기준	현행 유지	과거 발암성물질로 지정
삼산화안티몬	특별관리	현행 유지	과거 발암성물질로 지정
카드뮴 및 그 화합물	특별관리 / 허용기준	현행 유지	과거 발암성물질로 지정
6가크롬	특별관리 / 허용기준	현행 유지	과거 발암성물질로 지정
산화티렌	특별관리	현행 유지	과거 발암성물질로 지정
트리클로로에틸렌	관리대상 / 허용기준	특별관리	발암성에 대한 높은 유해성
에피클로로히드린	관리대상	특별관리	발암성, 생식독성에 대한 높은 유해성
연(무기분진 및 흠)	관리대상 / 허용기준	특별관리	생식독성에 대한 높은 유해성
황산	관리대상	특별관리	황산미스트에 의한 발암성에 대한 높은 유해성
페놀	관리대상	특별관리	생식독성에 대한 높은 유해성
1-브로모프로판	관리대상	특별관리	생식독성에 대한 높은 유해성
2-브로모프로판	관리대상 / 허용기준	특별관리	생식독성에 대한 높은 유해성(국내 집단 직업병 발생)

주 내에 포함되는 물질이라고 할 수 있으며, 관리대상유해물질은 화학적 유해요인만을 대상으로 하고 있다고 할 수 있다. 그렇다면 관리대상유해물질과 특별관리물질에 해당되는 물질은 어느 정도 수준의 관리를 요구하고 있는 것일까?

특별관리물질의 현행 관리 수준

특별관리물질을 포함한 관리대상유해물질에 대한 안전 보건관리기준은 산업안전보건기준에 관한 규칙 제3편 보건기준 - '제1장 관리대상유해물질에 의한 건강 장애 예

방' 편에 규정되어 있다. 현행 안전보건기준은 <표 2>와 같이 통칙, 설비기준, 국소배기장치의 성능, 작업 방법, 관리, 보호구 등 총 6개 절로 구분되어 32개 조문, 59개 세부 항, 55개 세부 호, 그리고 13개의 세부 목으로 구성되어 있다.

특별관리물질에 대한 별도의 규정은 제439조(특별관리 물질의 취급일지 작성),³⁾ 제440조(특별관리물질의 고지),⁴⁾ 제421조(적용 제외),⁵⁾ 제423조(임시 작업 설비 특례),⁶⁾ 제424조(단시간 작업 설비 특례)⁷⁾ 등 5개 조항으로 구성되어 있으며, 421조, 423조, 424조의 내용은 적용 제외에 대한 특례 규정이므로 사실상 특별관리물질에 대

<표 2> 관리대상유해물질에 의한 건강 장애 예방 규정 현황

절	조	내용	항	호	목
제1절 통칙	420	정의	1	9	10
	421	적용 제외	2		
제2절 설비기준	422	관리대상유해물질과 관계되는 설비	1		
	423	임시 작업인 경우의 설비 특례	3		
	424	단시간 작업인 경우의 설비 특례	3		
	425	국소배기장치의 설비 특례	1	2	
	426	다른 실내 작업장과 격리되어 있는 작업장에 대한 설비 특례	1		
	427	대체설비의 설치에 따른 특례	1		
	428	유기화합물의 설비 특례	1	4	
	429	국소배기장치의 성능	1		
제3절 국소배기장치의 성능	430	전체 환기장치의 성능 등	3		
	431	작업장의 바닥	1		
	432	부식의 방지조치	1		
	433	누출의 방지조치	1		
	434	경보설비 등	2		
	435	긴급 차단장치의 설치 등	3		
	436	작업수칙	1	9	
제4절 작업 방법 등	437	탱크 내 작업	2	7	3
	438	사고 시의 대피 등	3	2	
	439	특별관리물질의 취급일지 작성	1		
	440	특별관리물질의 고지	1		
	441	사용 전 점검 등	3	4	
제5절 관리 등	442	명칭 등의 게시	1	5	
	443	관리대상유해물질의 저장	2	2	
	444	빈 용기 등의 관리	1		
	445	청소	1		
	446	출입의 금지 등	3		
	447	흡연 등의 금지	1		
	448	세척시설 등	2		
	449	유해성 등의 주지	2	6	
	450	호흡용 보호구의 지급 등	5	5	
제6절 보호구 등	451	보호복 등의 비치 등	4		
총계	32		59	55	13

한 특별한 규정은 취급일지 작성과 고지에 대한 규정뿐이라고 할 수 있다.

현재 우리나라의 관리대상유해물질과 특별관리물질에 대한 관리기준의 특징을 살펴보면, 해당물질을 제조 또는 취급할 경우 설치해야 하는 설비, 국소배기장치의 성능 수준, 작업 방법, 보호구 착용 및 관리 등 제조와 취급을 전제로 한 관리기준들이 나열되어 있다고 볼 수 있다. 유해성이 높은 물질에 대한 제거와 대체(substitution)를 통한 사전 위험 발생 가능성을 예방하도록 하는 규정은 찾아볼 수 없으며, 제조 또는 취급 시 관리해야 하는 규정들도 나열식으로 조항이 열거되어 있을 뿐 일정한 관리의 원칙과 우선순위의 개념은 제시되어 있지 않다.

선진 외국의 CMR 관리기준 비교

유해 화학물질관리를 위한 모범적인 모델은 무엇일까? 화학물질관리의 궁극적인 목표는 어느 국가나 화학물질에 의해 근로자들에게 발생할 수 있는 건강 장애 위험을 제거하거나 최소화하고자 한다는 점에서 동일하지만 각 국가별 사회·경제·문화적 차이가 존재하기 때문에 단 하나의 관리 모델만이 존재할 수는 없다. 그럼에도 불구하고 각 국가별 제도의 변천 과정 속에서 최적의 제도를 마련하기 위해 진화하기 때문에 우리보다 앞서 관리제도를 개발해 온 선진 국가들의 현 제도를 비교 검토하는 것은 하나의 지향 모델을 파악하는 데 도움을 줄 것이다. 이에 필자는 유럽연합(EU)의 CMR에 대한 관리 규정과 독일, 영국의 관련 규정을 검토하였다. 또한 현재의 국내 규정을 만드는 데 많은 참고가 되었던 일본의 화학물질 관리 규정과 국내 규정을 비교하였다.

EU의 CMR 관리기준의 특징

EU는 1990년에 발암성물질에 대한 노출 위험으로부터 근로자들을 보호하기 위한 지침으로 Directive 90/394/EEC⁸⁾를 제정하였으며, 이후 수차례 개정하였

다. 2004년에는 발암물질 또는 변이원성 물질에 대한 노출 위험으로부터 근로자들을 보호하기 위한 지침으로 Directive 2004/37/EC⁹⁾를 발표하였다.

Directive 2004/37/EC에서는 지침의 목적(제1조)과 정의(제2조) 다음에 제3조 - 위험성 결정과 평가의 범위

3) 제439조(특별관리물질의 취급일지 작성) 사업주는 [별표 12]에 따른 특별관리물질을 취급하는 경우에 물질명·사용량 및 작업내용 등이 포함된 특별관리물질 취급일지를 작성하여 갖추어 두어야 한다.(개정 2012. 3. 5)(제목 개정 2012. 3. 5)

4) 제440조(특별관리물질의 고지) 사업주는 근로자가 [별표 12]에 따른 특별관리물질을 취급하는 경우에는 그 물질이 특별관리물질이라는 사실과 '산업안전보건법 시행규칙' [별표 11의2]에 따른 발암성물질·생식세포 변이원성물질 또는 생식독성물질 등 중 어느 것에 해당하는지에 관한 내용을 계사판 등을 통하여 근로자에게 알려야 한다.(전문 개정 2012. 3. 5)

5) 제421조(적용 제외) ① 사업주가 관리대상유해물질의 취급업무에 근로자를 종사하도록 하는 경우로서 작업시간 1시간 당 소비하는 관리대상유해물질의 양(그램)이 작업장 공기의 부피(세제곱미터)를 15로 나눈 양(이하 '허용소비량'이라 한다) 이하인 경우에는 이 장의 규정을 적용하지 아니한다. 다만, 유기화합물 취급 특별장소, 특별관리물질 취급장소, 지하실 내부, 그 밖에 환기가 불충분한 실내 작업장인 경우에는 그러하지 아니하다.(개정 2012. 3. 5)

6) 제423조(임시작업인 경우의 설비 특례) ① 사업주는 실내 작업장에서 관리대상유해물질 취급업무를 임시로 하는 경우에 제422조에 따른 밀폐설비나 국소배기장치를 설치하지 아니할 수 있다. ② 사업주는 유기화합물 취급 특별 장소에서 근로자가 유기화합물 취급업무를 임시로 하는 경우로서 전체 환기장치를 설치한 경우에는 제422조에 따른 밀폐설비나 국소배기장치를 설치하지 아니할 수 있다. ③ 제1항 및 제2항에도 불구하고 관리대상유해물질 중 [별표 12]에 따른 특별관리물질을 취급하는 작업장에는 제422조에 따른 밀폐설비나 국소배기장치를 설치하여야 한다.(개정 2012. 3. 5)

7) 제424조(단시간 작업인 경우의 설비 특례) ① 사업주는 근로자가 전체 환기장치가 설치되어 있는 실내 작업장에서 단시간 동안 관리대상유해물질을 취급하는 작업에 종사하는 경우에 제422조에 따른 밀폐설비나 국소배기장치를 설치하지 아니할 수 있다. ② 사업주는 유기화합물 취급 특별 장소에서 단시간 동안 유기화합물을 취급하는 작업에 종사하는 근로자에게 송기마스크를 지급하고 착용하도록 하는 경우에 제422조에 따른 밀폐설비나 국소배기장치를 설치하지 아니할 수 있다. ③ 제1항 및 제2항에도 불구하고 관리대상유해물질 중 [별표 12]에 따른 특별관리물질을 취급하는 작업장에는 제422조에 따른 밀폐설비나 국소배기장치를 설치하여야 한다.(개정 2012. 3. 5)

8) Council Directive 90/394/EEC of 28 June 1990 on the protection of workers from the risks related to exposure to carcinogens at work. OJ L 196, 26. 7. 1990.

9) Council Directive 2004/37/EC of the European Parliament and the Council of 29 April 2004 on the protection of workers from the risks related to exposure to carcinogens or mutagens at work. OJ L 158, 30. 4. 2004.

(Scope-determination and assessment of risks)에서 근로자가 발암성 혹은 변이원성물질에 노출될 가능성이 있는 모든 작업에 대해 위험성평가가 수행되어야 한다고 명시하고 있다. 제2장의 사업주 의무 편에서는 제일 먼저 제4조 - 감소와 대체(reduction and replacement)를 제시하고,¹⁰⁾ 다음으로 제5조 - 노출의 예방과 감소(prevention and reduction of exposure)¹¹⁾를 명시하고 있다.

이 규정에 따르면 사업주는 발암성 혹은 변이원성물질을 취급하면서 안전하게 관리하고자 하는 노력보다는 먼저 기술적으로 가능하다면 사용을 줄이거나 덜 유해한 물질이나 공정으로 대체하도록 해야 하고, 그 이후 어쩔 수 없이 사용해야 한다면 노출 위험을 최소화할 수 있는 방법(예 : 밀폐 시스템)을 활용해야 한다.

EU 지침의 가장 큰 특징은 발암성 혹은 변이원성과 같이 유해성이 높은 물질을 사업장에서 취급할 경우엔 사업주로 하여금 가장 먼저 취급 자체를 줄이거나 덜 유해한 것으로 대체함으로써 발생 가능한 위험을 사전에 예방(prevention)하도록 하고 있다는 점이다. 사전 예방의 노력이 기술적으로 불가능할 경우 사업주는 유해물질에 노출 가능한 모든 활동에 대한 위험성평가를 수행하고, 그 결과 위험성이 예상될 경우 위험성을 최소화할 수 있는 방법으로 관리(control)를 통해 취급해야 하는 것이다. 즉, 유해성이 높은 물질은 관리 이전에 예방이 먼저라는 철학을 토대로 하고 있다. 이러한 EU 지침의 유해물질 규정의 철학은 독일과 영국의 관련 법 규정에도 일관되게 나타나고 있다.

독일 · 영국 · 일본과 우리나라의 CMR 관리기준 비교

CMR을 포함한 유해 화학물질에 대해 규정하고 있는 독일의 '유해물질 시행령(Gefahrstoffverordnung-GefStoffv, Hazardous Substances Ordinance, 2011)',¹²⁾ 영국의 '건강유해물질관리 시행규칙(The Control of Substances Hazardous to Health

Regulations 2002 (as amended) 2005, COSHH Regulation)',¹³⁾ 그리고 일본의 '특정화학물질장해예방규칙, 2012(이하 특화칙)'¹⁴⁾과 '유기용제중독예방규칙, 2012(이하 용제칙)'을 비교 검토하였다. 우리나라 산업법 시행규칙에서 CMR 물질에 대하여 세부적인 사항을 규정하고 있는 내용과 비교 대상 국가의 규정 내용이 모두 포괄될 수 있는 17개의 항목(1) 명칭, 2) 정의·적용 대상, 3) 적용 제외, 4) 사업주의 일반적 책무, 5) 관리원칙·철학적 논리, 6) 예방 대책, 제거·대체, 7) 관리 대책, 밀폐·격리, 8) 관리 대책, 환기, 9) 관리 대책, 보호구, 10) 작업환경측정, 11) 건강진단, 12) 저장설비·용기·제한구역, 13) 폐기물 처리·청소, 14) 경고·라벨·고지, 15) 기록·보존, 16) 사고 대응, 17) 개인위생'을 중심으로 비교하였다. 총 17개의 항목별 검토결과를 우리나라의 규정과 가장 다른 특징을 보이는 항목을 중심으로 <표 3>에 정리하였다.

총 17개의 비교 항목 중 외국의 규정과 비교할 때 우리나라의 현재 기준안이 갖고 있는 가장 취약한 항목은

10) Article 4. 1. The employer shall reduce the use of a carcinogen or mutagen at the place of work, in particular by replacing it, in so far as is technically possible, by a substance, preparation or process which, under its conditions of use, is not dangerous or is less dangerous to workers' health or safety, as the case may be.

11) Article 5. 2. Where it is not technically possible to replace the carcinogen or mutagen by a substance, preparation or process which, under its conditions of use, is not dangerous or is less dangerous to health or safety, the employer shall ensure that the carcinogen or mutagen is, in so far as is technically possible, manufactured and used in a closed system.

12) Hazardous Substances Ordinance (Gefahrstoffverordnung - GefStoffV) of 26 November 2010 (BGBl. 1p. 1643) amended by Article 2 of the Act of 28 July 2011 (BGBl. 1p. 1622). Available at <http://www.baua.de/en/Topics-from-A-to-Z/Hazardous-Substances/Hazardous-Substances.html>

13) The Control of Substances Hazardous to Health Regulations 2002 (as amended) 2005, COSHH Regulation. Available at <http://www.hse.gov.uk/coshh/>

14) 중앙노동재해방지협회, 특정화학물질장해예방규칙 해설, 2012.

〈표 3〉 한국·독일·영국·일본의 유해화학물질 관리기준 비교

항목	한국	독일	영국	일본
규정	산업안전보건기준에 관한 규칙 - 제3편 제1장 관리 대상 유해물질에 의한 건강 장애의 예방, 2012	Gefahrstoffverordnung - GefStoffV (Hazardous Substances Ordinance), 2011	The Control of substances hazardous to health Regulations 2002 (as amended), 2005	특정화학물질장해예방규칙, 2012 유기용제중독예방규칙, 2012
상위법	산업안전보건법 제24조 보건조치	Chemicals Act (Chemikaliengesetz, ChemG)	Health and Safety at Work etc Act 1974	노동안전위생법 / 시행령
명칭	"관리대상 유해물질" "특별관리물질"	"유해물질 (Hazardous substances)"	"건강유해물질 (Substance hazardous to health)"	"특정화학물질 제1류" "특정화학물질 제2류" - 특정제2류물질 / 관리제2류 물질 "특정화학물질 제3류" "특별관리물질" "유기용제 제1종, 2종, 3종"
사업주의 일반적 책무 (General Duty Clause)	※ 없음	※ 제7조 1. 사업주는 유해물질 관련 작업을 수행하기 전에 반드시 6조에 따른 위험성평가를 수행하고, 제4장의 필요한 보호조치를 실시하도록 기본 책무를 규정하고 있음	※ Reg. 3, Guidance 34 1. 사업주는 자신이 지시한 작업에 의해 영향을 받을 수 있는 모든 사람들(작업 실시 여부와 상관없이)에 대해 "합리적으로 실행 가능한 수준까지(so far as is reasonably practicable, SFAIRP)" 본 규정을 준수해야 함 ※ Reg. 6 2. 사업주는 근로자가 건강유해물질에 노출 가능한 어떤 작업이든 수행하기 전에는 반드시 위험성평가를 수행해야 한다.	※ 특화칙 1조 1. '사업주는 화학물질에 의한 근로자의 건강장해를 예방하기 위해 사용하는 물질의 독성 확인, 대체물질 사용, 작업 방법 확립, 관련 시설 개선, 작업환경 정비, 건강관리 철저, 그 밖에 필요한 조치를 강구하고, 이에 근거하여 화학물질에 노출되는 근로자 수와 노출 기간 및 정도를 최소한으로 유지하도록 노력해야 한다'고 규정
관리원칙·철학 (논리)	※ 없음 / 세부 기준의 나열 (specific standard) 중심 1. 설비기준(2절), 국소배기장치의 성능(3절), 작업 방법 등(4절), 관리 등(5절), 보호구 등(6절)으로 구성되어 있는데, 구성 순서의 논리적 전개나 법 취지의 철학이나 원칙은 찾아보기 힘들	※ 있음 / 성과(performance) 중심 1. 사업주는 근로자에게 유해물질 관련 작업을 시킬 경우 사전에 사업주-근로자 간의 위험성평가와 협의 → 대체 가능성 검토 → 밀폐 혹은 공학적 대책 → 노출시간 축소와 같은 행정적 대책 → 개인보호구 착용 등 일정한 논리적 구성이 잘 갖추어져 있음 ※ 제7조 1. 예방(prevention; hazard 중심-대체 가능성 검토) → 관리(control; risk 중심)의 논리적 전개 2. 관리의 경우도 유해물질이 발생하지 않거나 적게 발생하는 작업 공정의 설계 → 발생원에 대한 대책(밀폐, 환기) → 개인보호구 등 일정한 적용 검토 순서가 있음	※ 있음 / 성과(performance) 중심 1. 위험을 제공한 사람(사업주)이 위험요소를 제거하거나 관리해야 할 책임이 있다는 철학에: 원-하청 사업주는 모두 하청 근로자에 대한 안전보건 배려의 의무가 있으나 좀 더 위험을 초래한 사업주가 책임을 더욱 많이 지도록 함 2. 작업 실시 전 위험성평가 필수 ※ Reg. 3, Guidance 34 1. SFAIRP 원칙 : 합리적으로 실행 가능한 수준에 대한 법원의 판단 근거는 사업주가 위험을 줄이고자 노력한 시간과 어려움(trouble), 경제적 투자 등을 고려하며, 예측되는 위험의 크기가 클수록 노력도 커야 한다고 판단함 ※ Reg. 7 1. 예방(prevention) 우선 원칙 : 위험은 제거되어야 한다는 원칙이며 예방을 위한 대체를 우선 검토하고 합리적으로 실행 가능하지 않을 경우 → 관리(유해물질이 발생하지 않거나 적게 발생하는 작업공정의 설계 → 발생원에 대한 대책(밀폐, 환기) → 개인보호구 등, 관리의 우선순위가 정해져 있음	※ 일부 있음 / 세부 기준의 나열 (specific standard) 중심 1. 특화칙의 경우 1조에 사업주의 일반적 책무를 규정하면서 유럽식의 원칙(위험성평가 → 예방조치(대체) → 관리(작업 방법 확립, 관련 시설 개선 등)도 제시함 2. 특화칙과 용제칙 모두 설비, 환기, 관리, 건강진단, 보호구 등 세부기준으로 나열되어 있음

항목	한국	독일	영국	일본
예방 대책: 제거 · 대체	ES⁺ 없음	ES⁺ 있음 - 제7조(3); 대체 우선 검토 - 제7조(4); 위험 제거를 우선 검토(shall preclude risks to the health and safety of workers) - 대체의 의미 : 물질, 작업공정, 기계 등을 위험 발생이 없거나 적게 교체	ES⁺ 있음 - Reg. 7(2); 대체 우선 검토 - ACOP 89~91 - Guidance 92 ※ Seven steps to successful substitution of hazardous substances - 어떤 물질 혹은 공정이 유해한지, 그리고 물질을 저장, 사용, 폐기하는 과정에서 중대한 위험성이 있는지 결정 - 대체 가능성을 찾음 - 대체할 경우 어떤 상황이 벌어질지 생각해 본다. - 대체 가능한 것들과 현재 사용하고 있는 물질이나 공정의 상황과 비교해 봄 - 어떻게 대체할 것인지 결정 - 대체 실시 - 대체가 잘 작동하는지 평가	ES⁺ 일부 있음 특화칙 1조 사업주의 일반적 책무에 예방을 위한 '대체'를 원칙적으로 제시
관리대책; 보호구	ES⁺ 있음 ● 제450~451조 - 호흡용 보호구의 지급(송기마스크 / 방독마스크) 상황에 대한 규정 - 피부 자극성 또는 부식성 물질 취급의 경우 보호복, 보호장갑, 보호장화 지급 규정 - 보안경, 세척시설 규정	ES⁺ 있음 ● 제7조 - 유해물질에 의한 위험성을 제거할 수 없을 경우 위험을 최소화하기 위한 규정 중 유해물질이 비산되지 않거나 최소로 비산되도록 설비를 갖추 수 없거나 환기장치의 설치가 불가능할 경우 개인보호구를 사용하도록 규정 ⇒ 개인보호구 사용에 대한 전제 조건 명시 - 제14조 - 근로자에 대한 정보 제공 내용 중 개인보호구의 착용과 사용에 대한 정보를 제공하도록 규정 - 발암성·변이원성 및 생식독성 1 또는 2등급 물질에 대해 근로자와 근로자 대표 조직이 개인보호구 선택의 적절성을 검증할 수 있도록 규정	ES⁺ 있음 ● Reg. 2 - 관리 방법(control measure)의 정의에서 근로자의 노출 위험성을 줄이도록 취해지는 방법으로 개인보호구의 사용도 관리 방법에 포함됨을 명시 ● Reg. 3 - 근로자의 의무사항으로 개인보호구를 포함한 적절한 관리 방법을 사용하도록 규정 ● Reg. 7, ACOP 71 - 개인보호구를 노출관리 방법으로 사용할 경우엔 합리적으로 실행 가능한(SFAIRP) 다른 모든 방법을 수행한 후 사용하도록 하거나, 다른 방법과 함께 2차적인 보호조치로 활용하도록 규정 ⇒ 개인보호구 사용에 대한 전제 조건 명시 ● 사업주가 개인보호구를 지급할 경우에는 개인보호구에 대한 별도의 시행규칙(Personal Protective Equipment Regulations 2002)을 준수해야 함 ● Reg. 9 - 관리 방법에 대한 보수, 검사 규정에 따라 개인보호구를 지급할 경우 주기적으로 성능 검정을 하도록 규정하고 있으며, 호흡보호구의 경우 최소 3개월에 한 번씩 검사하도록 규정	ES⁺ 있음 ● 특화칙 22조 - 특정화학물질이 체류할 우려가 있는 설비의 내부에 들어가는 작업을 실시하는 경우 개인보호구를 지급하도록 규정 ● 특화칙 28조 : 특정화학물질 작업 주임자는 보호구의 사용 상황을 감시하도록 규정 ● 특화칙 43조~45조: 사업주 비치해야 하는 호흡용 보호구, 보호의, 보호구의 구비 수 등에 대해 규정 ● 용제칙 19조 - 유기용제 작업 주임자는 보호구의 사용 상황을 감시하도록 규정 ● 용제칙 32조~34조: 유기용제 취급 작업장에 대해 송기마스크의 사용, 유기 가스용 방독마스크의 사용, 보호구의 비치 수, 근로자의 사용 의무 등을 규정

항목	한국	독일	영국	일본
기록·보존	● 있음 ● 제439조 - 특별관리물질을 취급하는 경우에 물질명·사용량 및 작업 내용 등이 포함된 특별관리물질 취급일지를 작성하여 갖추어 두도록 규정 ⇒ 일지의 보존 기간 규정 없음 ● 제441조 - 국소배기장치에 대한 점검 내용(점검 연월일, 점검 방법, 점검 구분, 결과, 점검자 성명, 결과에 따른 필요 조치사항)을 기록하고 5년간 보존하도록 규정 ● 산업법 시행규칙 제107조 - 건강진단결과표는 5년간 보존하고 고용노동부 장관이 고시하는 발암성 확인물질 취급 근로자에 대한 기록이 포함된 서류는 30년간 보존하도록 규정 ⇒ '발암성 확인물질'을 '특별관리물질'로 개정 필요 ● 산업법 시행규칙 제144조 - 작업환경측정결과는 5년간 보존하고 고용노동부 장관이 고시하는 발암성 확인물질에 대한 기록이 포함된 서류는 30년간 보존하도록 규정 ⇒ '발암성 확인물질'을 '특별관리물질'로 개정 필요	● 있음 ● 제6조 1. 사업주는 근로자의 수에 관계없이 최초 작업 실시 전에는 다음 사항을 포함한 위험성 평가결과를 문서화하도록 규정 ■ 작업장의 위험성 ■ 대체의 가능성 평가결과 ■ 제9조 - 추가적인 특별보호조치, 제10조 - CMR 물질에 대한 보호조치를 해야 하는 경우 기술적으로 가능한 대체 방법 여부에 대한 증거 자료 ■ 노출기준을 초과했을 때 실시된 보호조치 또는 향후 노출기준을 준수하기 위해 실시하고자 계획한 보호조치 ■ 노출기준 미만으로 관리되고 있음을 증명할 수 있는 결과 ● 제7조 1. 사업주는 기본책으로서 기술적인 보호 대책에 대해 최소한 3년마다 주기적으로 가능성과 효과성을 체크하고 그 결과를 기록하고 6조 (8)항에 따른 문서와 함께 보존하도록 규정 ● 제14조 2. 사업주는 CMR 1 또는 2등급 물질을 취급하는 근로자들에 대한 위험성평가결과 중 작업 수행 근로자들 목록, 노출 기간, 노출 수준을 갱신하여 작성해야 하고, 노출 종료 후 40년간 그 결과를 보존해야 하며, 해당 근로자와의 근로계약이 종결될 경우 근로자에게 결과를 넘겨주도록 규정	● 있음 ● Reg. 6 - 5인 이상 근로자를 고용하고 있는 사업주는 위험성평가결과 중 중요한 사실 (significant findings)을 기록하고 Reg. 7에 따라 필요한 조치를 수행하도록 규정하며, 지속적으로 갱신되도록 함 ● Reg. 9 - 공학적 관리 방법 (환기)과 호흡보호구는 주기적으로 성능검사를 하고 그 결과를 기록한 후 최소한 5년간 보존하도록 규정 ● Reg. 10 1. 작업환경측정에 대한 기록은 보존해야 하며, HSE의 요구가 있을 경우 제공해야 하고, 근로자가 볼 수 있도록 해야 함과 아울러 피폭정자의 동의가 있는 경우 근로자 대표에게도 볼 수 있도록 해야 함 2. 작업환경측정에 대한 기록은 대표적인 개인노출기록의 경우 최소 40년간 보존하고, 다른 경우엔 최소 5년간 보존 3. 사업장이 폐업될 경우 사업주는 즉시 HSE의 지역 사무소인 Employment Medical Advisory Service(EMAS)에 그동안 보존해 온 모든 측정 자료를 전달해야 함 ● Reg. 11 1. 건강진단에 대한 기록은 보존해야 하며, HSE의 요구가 있을 경우 제공해야 하고, 근로자가 자신의 기록을 볼 수 있도록 해야 함 2. 건강진단에 대한 기록은 최소 40년간 보존 3. 사업장이 폐업될 경우 사업주는 즉시 HSE의 지역 사무소인 Employment Medical Advisory Service(EMAS)에 그동안 보존해 온 모든 진단 자료를 전달해야 함	● 있음 ● 특화칙 32조 - 사업주는 국소배기장치, 무시불형 환기장치, 제진장치, 배기가스 처리장치 등에 대해 주기적으로 검사를 하고 검사 시기, 방법, 검사 부분, 결과, 실시자 성명, 결과에 근거한 조치 사항 등을 기록하여 3년간 보존하도록 규정 ● 특화칙 36조 - 작업환경측정 기록(일시, 방법, 부분, 조건, 결과, 실시자 성명, 측정결과에 따른 조치)을 3년간 보존하도록 규정 ● 특화칙 36조 / 36조의 2 - 일부 물질(베릴륨, 벤젠, 포름알데하이드, 크롬산 취급 등 주로 발암성 물질들)은 측정결과 및 평가 기록을 30년간 보존하도록 규정 ● 특화칙 38조의 4 - 특별관리 물질을 제조 또는 취급하는 작업장에 상시 작업하는 근로자에 대해 매월 작업을 기록(근로자 성명, 종사한 작업의 개요 및 종사기간, 특별관리물질에 의해 현저한 오염이 있는 경우 사업주가 강구한 응급조치 개요)하고 30년간 보존하도록 규정 ● 특화칙 38조의 17, 18, 19 - 1,3부타디엔, 황산디에틸, 1,3프로판술폰 등에 관계된 조치 1. 위 물질들의 제조 또는 취급 설비로부터 시료의 채취 또는 보수 점검을 수행하는 작업장소에 상시 작업하는 근로자에 대하여 매월 작업 기록을 하고 30년간 보존하도록 규정 2. 사업주가 사업을 폐지하려 할 경우 특별관리물질 등 관계 기록을 관할 노동기준 감독 서장에게 제출하도록 규정 ● 특화칙 40조 - 사업주는 건강진단 개인표를 작성하고 5년간 보존해야 하며, 특별관리물질 취급자의 경우 30년간 보존하도록 규정 ● 특화칙 53조 - 특별관리물질을 제조 또는 취급하는 사업주는 사업을 폐지하고자 할 때 작업환경측정 기록, 작업 기록, 특화화학물질 건강진단 개인표 사본을 관할 노동기준 감독 서장에게 제출하도록 규정

‘사업주의 일반적 책무’ 규정이 없다는 점과 관리기준의 원칙과 철학적 논리가 부족하다는 점이었다.

■ 사업주의 일반적 책무 규정을 통한 관리의 원칙 제시

독일과 영국, 일본 모두 유해물질관리와 관련된 사업주의 일반적 책무를 규정하고 있다. 독일과 영국은 EU의 지침에서 제시되었듯이 사업주가 유해물질 관련 작업에 근로자를 종사시킬 경우 반드시 위험성평가를 선행하도록 하고 있으며, 평가결과에 따라 예방 혹은 관리 대책을 준수하도록 하고 있다. 일본의 경우도 특화칙 제1조에 물질의 독성 확인 → 대체물질 사용 → 작업 방법 확립 → 관련 시설 개선 → 작업환경 정비 → 건강관리 철저와 그 밖에 필요한 조치를 강구하도록 하는 사업주의 일반적 책무 규정을 두고 있다.

이러한 일반적 책무 규정의 내용은 전체 규정들에 대한 일정한 철학적 논리로 제시된다. 독일과 영국은 일반적 책무 규정에서 제시한 원칙이 세부 규정에서 보다 구체화하여 관리의 우선순위를 명확히 제시하고 있다. 가장 먼저 사업주로 하여금 유해성(hazard)이 있다면 그 위험성(risk) 크기에 관계없이 해당물질을 사업장 내에서 완전 제거하거나 덜 유해한 물질 혹은 공정 등으로 대체할 수 있는지 검토하도록 하는데, 이를 ‘예방’이라고 명시하고 있다.

사업주는 예방에 대한 충분한 검토(영국에서는 이를 ‘합리적으로 실행 가능한 수준까지(SFAIRP; so far as is reasonably practicable)’라고 표현함)를 수행한 후에야 근로자의 노출 위험성에 대한 관리(control) 방법을 수행해야 한다. 관리 방법 또한 발생원에서의 관리(완전 밀폐 혹은 격리)부터 검토한 다음 노출시간의 축소, 노출 근로자 수의 최소화, 취급량의 최소화 등을 강구하도록 조직, 작업장을 설계하고 환기, 개인보호구 등의 관리 방법을 수행하게 하고 있다. 개인보호구를 이용한 관리를 수행하고자 할 경우에도 독일과 영국의 경우 근로자의 노출 위험성을 최소화하기 위해 유해물질이

비산되지 않도록 설비를 갖추 수 없거나 환기장치의 설치가 불가능할 경우에만 개인보호구를 사용하도록 사용 조건을 명시하고 있다.

■ 대체를 통한 예방 대책 강조

독일과 영국, 일본 모두 유해물질을 취급할 경우 사업주는 취급 전에 유해성이 낮은 물질, 설비, 공정 등으로 대체 가능성을 검토하도록 규정하고 있다. 일본의 경우 특화칙 제1조 사업주의 일반적 책무 규정에서만 선언적으로 ‘대체물질의 사용’을 명시하고 있는 반면에 독일과 영국은 구체적으로 대체의 규정을 명시하고 있다.

독일의 경우 유해물질 시행령 제6조에서 대체를 통한 예방적 조치가 실시되어야 하는 곳에 기술적으로 가능한 대체를 생략한 경우에는 그것을 합리적으로 설명할 수 있는 내용을 기록하도록 하고 있다. 또한 대체에 대한 유해물질에 대한 기술지침(TRGS; Technical Rules for Hazardous Substances) 600을 통해 사업주가 대체 노력을 구체화할 수 있는 방법들을 제시하고 있다. 영국 역시 COSHH regulation 제7조에 예방 대책으로 대체를 우선 검토하도록 하고 있으며, 성공적으로 유해물질을 대체할 수 있는 7단계 방법을 제시하고 있다(표 3).¹⁵⁾

■ 사후관리를 위한 기록 보존

독일과 영국, 일본의 규정이 우리나라와 다른 또 하나의 특징은 CMR과 같이 유해성이 높은 물질에 대한 예방 및 관리 대책을 수행한 경우 해당 내용을 기록하고 보존하도록 하고 있다는 점이다.

물론 우리나라의 경우도 특별관리물질에 대한 작업환경 측정결과와 건강진단 기록 등은 30년간 보존토록 하고 있다. 그러나 독일과 영국은 보존기간이 40년으로

15) HSE, Seven steps to successful substitution of hazardous substances (guidance booklets), 1994.

“

유해 화학물질관리를 위한 모범적인 모델은 무엇일까?
화학물질관리의 궁극적인 목표는 어느 국가나 화학물질에 의해 근로자들에게 발생할 수 있는 건강 장애 위험을 제거하거나 최소화하고자 한다는 점에서 동일하지만 각 국가별 사회·경제·문화적 차이가 존재하기 때문에 단 하나의 관리 모델만이 존재할 수는 없다. 그럼에도 불구하고 각 국가별 제도의 변천 과정 속에서 최적의 제도를 마련하기 위해 진화하기 때문에 우리보다 앞서 관리제도를 개발해 온 선진 국가들의 현 제도를 비교 검토하는 것은 하나의 지향 모델을 파악하는 데 도움을 줄 것이다.”

우리나라보다 더 길다. 또한 영국과 일본은 사업장이 폐쇄될 경우에도 지방 보건안전청(HSE; Health and Safety Executive) 관서(영국)나 지방 노동관서(일본)에 자료를 이관하도록 규정하고 있고, 독일과 영국은 근로자의 근로계약이 종결될 경우 근로자에게 보관하고 있던 자료를 넘겨줄 수 있도록 규정하고 있다. 우리나라의 경우 사업장이 폐쇄될 경우의 지속적인 보관 규정이거나 근로자와의 근로계약이 종결된 후 근로자에게 자료의 열람 혹은 제공에 대한 규정은 없다.

근로자가 CMR 물질에 노출된 후 장기간 잠복기를 거쳐 질병이 발생할 수 있기 때문에 사후관리를 위해서 기록의 보존 규정은 중요한 의미를 갖는다고 하겠다. 우리나라의 경우 건강관리수첩제도를 통한 사후관리 제도가 있지만 14종의 물질에 대해서만 규정하고 있기 때문에 향후 특별관리물질 전체에 대한 사후관리를 위한 기록 보존의 규정을 강화할 필요가 있다고 판단된다.

맺음말

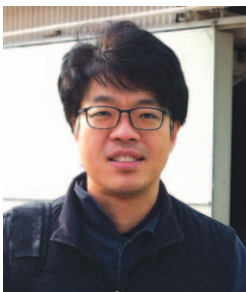
우리나라는 최근 2010년부터 2012년까지 발암성물질에 대한 정의와 분류기준의 논의로부터 시작해서 화학물질관리를 위한 평가 체계를 바로 잡는 제도 개선 노력이 있어 왔다. 특히 발암성물질의 분류기준이 정비되면서 기존에 관리대상물질 중 발암성으로 표기했던 내

용을 수정하여 발암성뿐만 아니라 변이원성·생식독성 물질까지 포함하여 유해성이 큰 CMR 물질을 특별관리 물질로 지정하였으며, 향후 그 대상물질 수는 지속적으로 확대될 전망이다. 이제 남은 과제는 지정된 특별관리물질에 대해 각 사업장에서 어떻게 관리함으로써 중대한 건강 장애를 발생하지 않도록 할 수 있을 것인가 하는 점이다.

이에 특별관리물질에 대한 최적의 관리기준을 찾기 위해 화학물질관리에 보다 앞선 경험과 노력을 기울였던 EU, 독일, 영국, 일본 등의 관련 규정을 비교 검토하였다. 그 검토결과 얻은 답은 무언가 새롭고 우리나라와는 전혀 다른 기술적 관리 방법이 있는 것이 아니라 화학물질관리의 기본 원칙을 충실히 이행하도록 최소한의 법적 규정을 만드는 것이었다. 즉, 위험성(risk)을 논하기 전에 유해성(hazard)이 높은 물질은 취급 자체를 하지 않거나 덜 유해한 것으로 대체할 수 있도록 먼저 노력해야 한다는 사실이다.

밀폐된 설비 안에서 작업을 하고, 환기 성능이 좋은 시설 속에서 작업을 하더라도 위험의 근원 자체는 없어지지 않기 때문에 그 어떠한 관리 방법보다도 대체를 통한 예방이 가장 효과적임을 선진국의 경험에서 확인할 수 있었으며, 이는 향후 우리나라의 제도 개선의 기본 방향이 되어야 할 것이다. 🌱

철도 디젤차량 정비 근로자의 디젤연소 물질 노출평가 사례



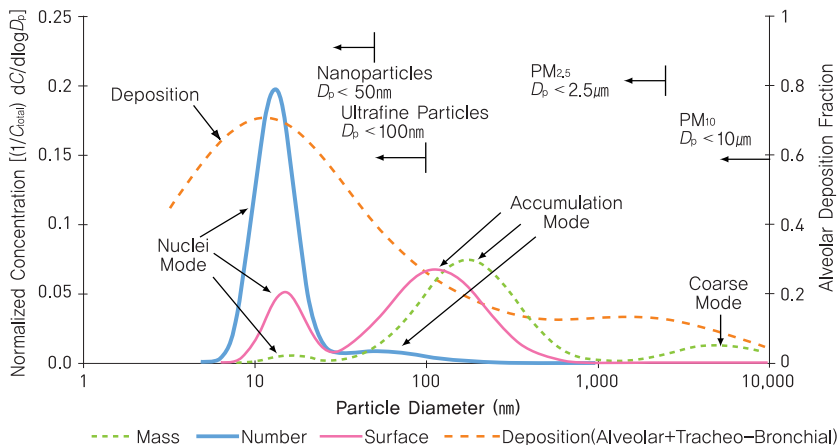
곽현석 책임연구원
근로복지공단
직업성폐질환연구소

디젤연소물질이란?

디젤엔진은 1930~1950년대 산업적으로 널리 확산되어 광산, 육상해상운송(철도, 자동차, 선박 등), 건설 등 다양한 산업 영역에서 사용되고 있다. 디젤엔진은 가솔린엔진에 비해서 연료 효율이 높은 반면, 일산화탄소 및 일부 탄화수소 배출량은 오히려 낮은 장점이 있어 산업적으로 활용도가 높다. 다만, 질소산화물의 배출이 많고 이로 인한 오존 생성의 문제, 입자상 물질 특히 PM_{2.5}(Particles less than 2.5 micro meters in diameter)와 같은 초미세먼지의 주요 발생원이기도 하다. 그에 따르는 급성·만성적인 건강 영향의 문제는 지난 수 십 년간 환경보건 분야에서 문제가 제기되어 되어 왔다.¹⁾

디젤엔진에서 배출되는 물질, 즉 디젤연소물질은 연료나 윤활유의 완전 또는 불완전 연소로 인해 발생한다. 비교적 저분자량의 가스상물질과 고분자량의 유기화합물이 흡수된 입자상물질의 혼합물질로서 주요 구성 성분으로는 일산화탄소, 이산화탄소, 이산화황, 질소산화물, 포름알데하이드, 아크로레인, 벤젠, 1,3-부타디엔, 다양한 알데하이드류, 다핵방향족탄화수소류(PAHs) 등이 알려져 있다.^{2~5)}

대부분의 입자상물질은 1 μ m(1,000nm) 이하이며, 불용성 원소탄소(EC; Elemental Carbon) 코어에 상대적으로 수용성 성질인 유기탄소(OC; Organic Carbon)와 황산화물 등이 흡착된 형태이다. 입자상물질의 총 질량에서 원소탄소는 33~90%, 유기탄소는 7~49% 정도를 차지한다. 1



Sidebar 1 Figure. Normalized mass-weighted and number-weighted particle-size distribution curve from typical diesel exhaust. C denotes the number or mass concentration as indicated; d denotes differential; and D_p is the mean particle diameter (Adapted from Kittelson et al, this volume.)

[그림 1] 디젤연소물질의 입자 크기 특성 및 호흡기 침착 분포 곡선⁶⁾

“

한국에 디젤기관차가 도입되는 것은 대략 1950년대 초중반이라고 한다. 산업적으로 이용된 역사만큼 디젤연소물질에 직업적으로 노출된 역사도 길다고 할 수 있다. 철도 근로자의 디젤연소물질 노출에 대한 다수의 해외 연구 사례에 비하면, 국내는 실태조차 파악되지 않고 있다. 본고에서는 디젤연소물질과 철도 근로자의 폐암 관련 주요 역학연구들을 살펴보고, 최근 철도 디젤차량 정비 근로자 폐암 관련 역학조사의 일환으로 진행된 노출평가 사례를 통해 노출 수준과 의미를 정리해 보았다.

”

μm 이하의 영역에서 질량가중(mass-weighted), 수농도가 중(number-weighted) 분포가 높은 특성 때문에 호흡기 침착에서도 가스 교환 영역까지 도달할 가능성이 높다.⁶⁾

와 폐암과의 노출-반응을 분석한 결과에서도 노출 근로자에서 폐암의 위험도가 높았고, 누적 노출량이 많아질수록 폐암의 위험도도 증가하였다.⁹⁾ 이와 같이 철도 및

디젤연소물질과 철도 근로자의 폐암 위험도

디젤연소물질은 눈, 기도, 기관지 자극, 기침, 가래, 천식 등 신경생리학적 증상과 호흡기질환을 일으킬 수 있으나 보건학적으로 주목되는 것은 폐암, 방광암 등의 발암성이다. 국제암연구소(IARC)에서는 2012년 6월 인간 발암성 확정물질(Group 1)로 등급을 상향 조정한 바 있다.

철도 근로자들의 디젤연소물질 노출과 관련된 역학연구들을 보면, 5만 4,973명의 미국 철도 근로자들을 38년간(1959~1996년) 추적 관찰한 결과, 디젤연소물질 노출군(기술자, 기관사)에서 폐암 사망 위험도는 비노출군과 비교해 1.4배 높았다.⁷⁾ 또한 디젤엔진이 도입된 1945년을 기준으로 비교 분석한 연구에서는 1945년 이후(1945~1949년)에 고용된 근로자들에서 폐암으로 인한 사망 위험도는 디젤연소물질에 노출되지 않는 근로자들에 비해 1.77배 높았고, 1945년 이전(1939~1944년)에 고용된 근로자들의 경우에도 1.30배로 역시 높았다.⁸⁾

1990년대 트럭·버스 운전수와 항만·철도 근로자와 같은 미국의 수송산업 근로자들을 대상으로 흡연과 석면 노출력을 보정하고 디젤연소물질의 노출지표인 원소탄소

1) HEI. A special report of the institute's diesel epidemiology working group. WA 754 R432, Boston, MA: Health Effects Institute; 2002. Research directions to improve estimates of human exposure and risk from diesel exhaust.

2) California Environmental Protection Agency: Part B: Health Risk Assessment for Diesel Exhaust, Sacramento, Calif.: Office of Environmental Health Hazard Assessment, Air Toxicology and Epidemiology Section, 1998.

3) Health Effects Institute: Diesel Exhaust: A Critical Analysis of Emissions, Exposure and Health Effects. A Special Report of the Institute's Diesel Working Group. Cambridge, Mass.: Health Effects Institute, 1995.

4) U.S. Environmental Protection Agency (EPA): Health Assessment Document for Diesel Exhaust (EPA/600/8-90/057E, SAB Review Draft). Washington, D.C.: EPA, 2000.

5) National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH): Current Intelligence Bulletin 50: Carcinogenic Effects of Diesel Exhaust(DHHS [NIOSH] Publication no. 88-116). Cincinnati, Ohio: NIOSH, 1988.

6) Kittelson D.B. Recent measurements of nanoparticle emissions from engines, presented at the meeting on Current research on diesel exhaust particles Japan Association of Aerosol Science and Technology, January 2001.

7) Garshick E. Lung cancer in railroad workers exposed to diesel exhaust. Environ Health Perspect. 2004 Nov;112(15):1539-43.

8) Laden F. Historical estimation of diesel exhaust exposure in a cohort study of U.S. railroad workers and lung cancer. Cancer Causes Control. 2006 Sep;17(7):911-9.

9) Steenland K. Diesel exhaust and lung cancer in the trucking industry: exposure-response analyses and risk assessment. Am J Ind Med. 1998;34(3):220-8.

운송산업 근로자들을 대상으로 한 일부 연구는 디젤연소 물질 노출과 발암성 연구에서 중요한 이슈가 되어왔다.

국내 철도 디젤기관차 정비 근로자의 디젤연소물질 노출평가 사례

배경

2012년 말 근로복지공단 직업성폐질환연구소에서는 철도 디젤차량 정비 작업자에게 발생한 폐암에 대한 역학조사를 진행하였다. 본고에서는 업무상질병 판단에 대해서는 논하지 않으며, 역학조사의 일환으로 진행한 디젤연소물질 노출평가에 대해서만 소개하고자 한다.

재해 근로자는 약 25년간 디젤기관차 정비업무를 담당

한 56세 근로자로서 차량검수 작업⁽¹⁰⁾과 승무검수 작업⁽¹¹⁾을 담당하였다(사진 1~4). 이 역학조사의 경우 폐암의 업무 연관성 판단을 위해서 노출평가가 요구되었으며, 특히 재해자가 정비했던 디젤기관차(새마을호 전후동력형 동차, 일명 PMC 차량)는 약 25~30년의 사용 연한을 마치고, 가까운 기간 내에 폐차·단종이 예정되어 있었기 때문에 과거 노출 수준을 추정할 수 있는 기초자료 확보의 마지막 기회이기도 했다.

측정평가 방법

디젤연소물질은 구성 성분이 복잡하기 때문에 평가가 어렵다. 초기 노출평가연구들에서는 호흡성입자상물질(PM₁₀), 이산화탄소, 일산화질소, 이산화질소 등을 노출의 지표물질



(사진 1) 차량검수 대기중인 디젤기관차



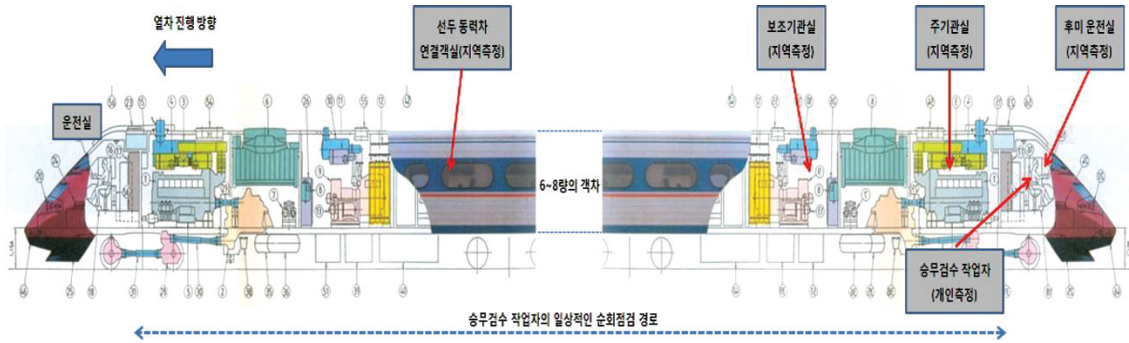
(사진 2) 디젤기관차 매연 배출 모습



(사진 3) 차량검수 : 기관실 작업



(사진 4) 승무검수 : 운행중 순회 점검



[그림 2] 승무검수 측정 위치

(surrogate)로 활용한 바 있으나 이러한 물질들은 특이도와 민감도가 낮은 단점이 있었다. 따라서 1990년대 이후로는 원소탄소를 지표물질로 많이 활용하는 추세이다. 이는 원소탄소가 디젤연소물질의 주요 구성요소이면서도 담배 연기, 오일미스트 등과 같은 유기탄소의 영향을 적게 받기 때문에 민감도와 정확도가 높다고 알려졌기 때문이다.^{12~14)}

산업보건 분야에서 원소탄소의 측정 분석은 미국국립산업안전보건연구원(NIOSH)에서 제시하는 NMAM #5040(Diesel Particulate Matter as Elemental Carbon) 방법을 주로 이용한다. 이는 디젤연소물질을 여과법으로 채취한 후 필터에 레이저 광선을 조사하고 투과도를 이용하여 탄소를 정량하는 원리이다(Thermal-optical transmittance analysis).

다만, 필자가 소속된 직업성폐질환연구소를 포함해서 대부분의 국내 전문기관들은 이 분석 장비를 보유한 경우가 거의 없었고, 보유한 기관의 경우에도 디젤연소물질에 대한 분석 경험이 적었다. 따라서 시료를 채취하여 미국의 전문 분석기관에 의뢰하여 그 분석결과를 활용하였다.

차량검수 작업은 서울 근교 철도 디젤차량 정비사업소의 작업자 4인을 대상으로 개인측정과 지역측정을 하였고, 승무검수 작업은 서울역~동대구역을 왕복하는 새마을호에 탑승하여 승무검수 작업자 1인에 대한 개인측정과 기관실,¹⁵⁾ 운전실, 객실 에서 지역측정을 실시하였다. 단, 승무검수 작업은 현재는 이루어지지 않는 작업이었기 때문에 일상적인 상황에서의 과거 작업을 재현하였다. 모

든 측정은 전 작업시간을 포함하여 최소 6시간에서 최대 12시간까지 진행되었다. [그림 2]는 승무검수 작업자의 작업 동선과 측정 위치를 표시한 것이다.

결과 해석

차량검수 기관실 점검 작업자의 8시간 평균 노출 수준은 $37\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 가장 높았고, 그 외 작업자들의 개인노출

10) 차량검수 작업은 열차가 출발하기 전에 동력, 발전, 제동, 급수, 냉난방, 전기 등의 장치와 객실 내 승객 편의 설비 등에 대한 이상 여부를 확인하고, 필요시 부품을 교체하거나 시험하는 작업이다. 대부분 정비차고 건물 내에서 기관차의 엔진을 켜 상태에서 작업을 하므로 기관차에서 배출되는 디젤연소물질에 지속적으로 노출될 수 있다.

11) 승무검수 작업은 차량검수를 마친 후 운행하는 열차에 탑승하여 열차 내 모든 지역을 주기적으로(근무시간 중 일반적으로 3~4회 정도) 순회 점검하고, 운행중 발생할 수 있는 각종 차량 이상 상황에 대처하는 업무이다. 운행중에 열차에 고장이 발생하면 현장에서 긴급히 수리하거나, 무선보고 또는 협조 요청 등 규정된 후속조치를 취한다. 따라서 고장 발생 여부, 수리를 요하는 업무의 내용 등에 따라 노출 양상이 크게 달라질 수 있다.

12) Zaebs, D.D. Quantitative determination of trucking industry workers' exposure to diesel exhaust particles. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 52:529-541 (1991).

13) Verma, D.K. A comparison of sampling and analytical methods for assessing occupational exposure to diesel exhaust in a railroad work environment. Appl. Occup. Environ. Hyg. 14:701-714 (1999).

14) Truex, T.J. Evaluation of Factors That Affect Diesel Exhaust Toxicity. Riverside, CA: California Air Resources Board, 1998.

15) 디젤엔진, 변속기 등 동력 계통 장치가 있는 공간으로 주 기관실, 보조기관실이 있다. 새마을호 전후동력형 동차의 경우 선두와 후미 쪽에 동일한 기관차가 배치되어 열차에 추진력을 제공한다.

〈표〉 원소탄소(EC) 측정결과

작업 공정	개인 또는 지역	EC 노출 수준 또는 농도, $\mu\text{g}/\text{m}^3$
차량검수	기관실 점검 작업자	37
	객실 및 기타 설비 점검 작업자	4
	정비창고(지역)	9~14
승무검수	승무검수 작업자	10
	선두 동력차 연결객실(지역)	31
	보조기관, 주기관, 후미 운전실(지역)	9~11

수준은 정비창고지역 농도보다 낮았다. 기관실 점검 작업자의 노출 수준이 상대적으로 높은 이유는 디젤엔진 점검, 각종 오일류 보충 등을 수행하면서 기관실 출입 빈도가 높고, 머무는 시간도 길었기 때문일 것으로 판단된다.

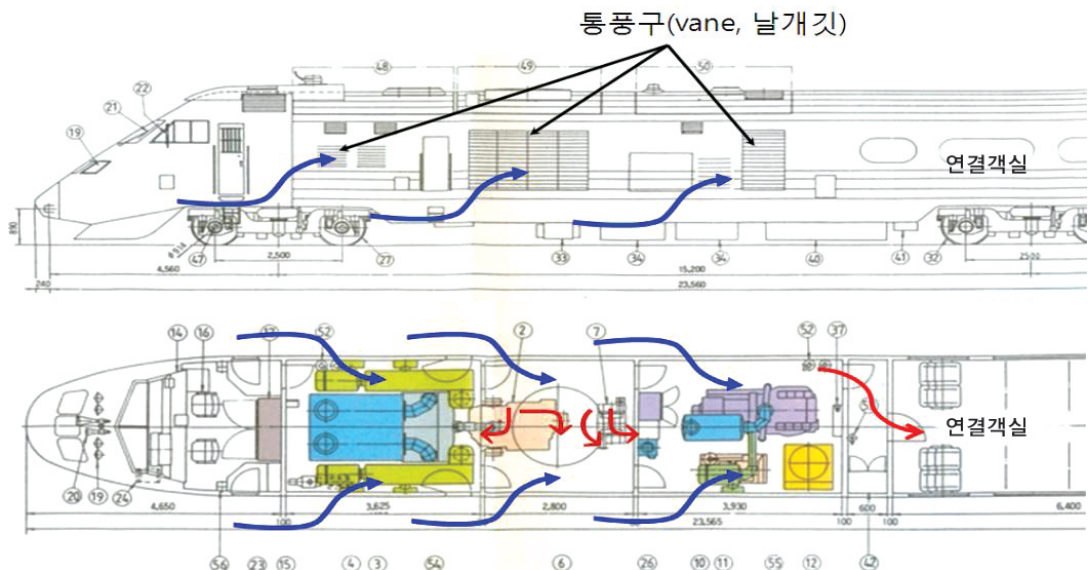
승무검수 작업자의 노출 수준은 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었다. 특이한 점은 선두 동력차 연결객실의 지역 농도 수준이 높은 것이다. 새마을호 전후동력형 동차는 기관실과 객실이 연결된 일체형 구조이기 때문에 열차 운행(운행속도 80~120km) 중 통풍구를 통해 외부의 공기가 들어오면 기관실에서 발생한 오염물질과 함께 객실로 유입될 가능성이 있었다. 디젤연소물질이 객실 등 타 공간으로 유입될 가능성은 작업자의 진술뿐만 아니라 외국의 연구 사례에서도 언급된 바 있다.^{16~17)} 따라서 기관실과 객실의 차폐에 문제가 발생한다면 일반 승객들에게도 영향을 미칠 우려

가 있었다.

2002년 미국정부산업위생전문가협회(ACGIH)에서는 디젤연소물질을 인간발암의심물질(A2 category)로 규정하고, 기준 설정의 검토단계(NIC: Noticed of Intended Changes)에서 원소탄소 농도 $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 제안하였으나,¹⁸⁾ 이후 이 제안기준은 철회된 바 있다. 한편, 2006년 미국의 광산안전보건청(MSHA)에서는 광산 작업장 기준 원소탄소와 유기탄소의 총량인 총 탄소(TC: Total Carbon) 농도로 $160\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 규제기준으로 정하고 있다.¹⁹⁾

국가별로 대기환경을 관리하기 위해 차량의 배출량기준을 정한 경우는 많다. 하지만 작업장기준을 정한 경우는 거의 없다. 이러한 경우 대기 중 배경 농도와 비교하는 것이 한 가지 대안이 될 수 있다. 다만, 디젤엔진의 사용 상태, 도심과 교외지역과 같은 측정 지점별 차이, 기타 배경 농도에 영향을 줄 수 있는 산업요인 등이 다양한 상황에서는 비교할 만한 배경 농도를 정하는 자체가 어려운 문제이기도 하다. 참고로 Liukonen는 미국 도시 28개 지점에서 측정한 탄소원자 배경 농도로 $2\sim 8\mu\text{g}/\text{m}^3$ 범위,¹⁷⁾ Birch와 Verma는 일반적인 외부환경에서 $1\sim 4\mu\text{g}/\text{m}^3$ 라고 보고한 바 있다.^{14, 20)}

따라서 일반적인 배경 농도를 최대 $1\sim 8\mu\text{g}/\text{m}^3$ 범위라고



[그림 3] 통풍구를 통한 외부공기 유입과 디젤연소물질의 객실 유입 가능성

가정한다면 차량검수 기관실 작업자의 노출 수준은 배경 농도에 비해 최소한 5배 정도 높고, 승무검수 작업자 및 정비차고의 농도는 배경 농도와 비슷하거나 다소 높은 수준이다. 다만, 차량검수 작업은 과거에 비해 정비하는 디젤차량의 수가 현저히 줄었다는 점을 고려하고, 승무검수 작업도 별다른 고장 상황이 없었던 순회 점검을 재현했을 때의 노출 수준이므로 전체적으로 과거 노출 수준은 현재보다는 높았을 것이다.

향후 보다 많은 디젤연소물질에 대한 조사와 연구 필요

미국산업안전보건연구원(NIOSH)은 1981~1983년 사이 디젤연소물질에 노출되는 미국 근로자의 규모를 140만명으로 추정한 바 있고,²¹⁾ Kauppinen은 1990~1993년 사이 유럽연합(EU) 15개국에서 디젤연소물질에 노출되는 근로자 수를 300만명으로 추정하면서 전체 4번째로 노출 규모가 큰 유해인자라고 보고한 바 있다(참고로 이 연구에서는 결정형실리카 노출 근로자를 320만명, 라돈 노출 근로자를 270만 명으로 추정하였다).²²⁾

2009년 Pronk는 1957년부터 2007년까지 전 세계에서 발표된 약 300여 편의 논문과 57건의 노출평가연구결과를 분석하면서 도로용 운송수단(on-road vehicles) 및 도로용 이외의 운송수단(off-road vehicles, 광산, 철도, 건설, 선박 등에서 사용되는 디젤엔진 등)에서의 노출 수준을 제시한 바 있다. 약 1만 건의 측정 데이터 중에서 도로용 운송수단 관련 데이터가 전체의 32%, 도로용 이외의 운송수단 관련 데이터가 68%라고 하였으며, 특히 30%가 광산, 15%가 철도, 22%가 그 외 건설, 터널, 지게차, 선박 등 나머지 분야에서 측정한 데이터라고 하였다.²³⁾ 특히 이 연구에서는 산업별 디젤연소물질 노출 수준, 디젤연소물질에 대한 시대적인 노출 수준과 변화 과정, 일부 산업에서는 직무별 노출 수준 및 고노출될 상황 정보를 제공하고 있어 역학연구를 위한 기초자료 및 향후 노출평가 가이드 라인을 제시할 수 있다는 점에서 의미가 있다.

앞서 본고의 많은 부분은 철도 디젤차량 정비 작업자의 디젤연소물질 노출평가 사례에 대해서 소개하였다. 하지만 디젤연소물질 노출은 철도 사업장뿐만 아니라 다양한 산업과 직종의 문제이다. 외국의 연구 사례로 볼 때는 직업적 노출의 규모가 크며, 광산, 건설, 지하 밀폐 공간 등의 노출이 심할 것으로 우려되고, 우선적으로 관리를 요하는 분야도 많다. 국제암연구소(IARC)의 디젤연소물질에 대한 발암성 확정 발표와 함께 앞으로 국내외 산업보건 분야에 이 물질이 중요한 이슈가 될 것임은 분명해 보인다.

노출평가와 작업장의 환경관리, 직업병 의심 사례의 판정·보상, 디젤연소물질 저감 기술 개발과 도입 등 여러 영역에서 다양한 요구들과 함께 산업보건을 하는 사람에게 더 많은 고민을 안겨줄지도 모른다. 따라서 이와 같은 변화와 요구들에 대처하기 위해서는 향후 국내에서도 디젤연소물질에 대한 보다 활발한 조사와 연구들이 이루어질 필요가 있다. ✿

16) Seshagiri B. Exposure to diesel exhaust emissions on board locomotives. *AIHAJ*. 2003; 64(5):678-683.

17) Liukonen, L.R. Diesel particulate matter exposure to railroad train crews. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 63:610-616 (2002).

18) American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH): Notice of Intended Change—Diesel Exhaust (Particulate and Particulate Adsorbed Components). Draft Documentation of the Proposed TLV for Diesel Exhaust. Cincinnati, Ohio: ACGIH, 2001.

19) "Diesel Particulate Matter Exposure of Underground Coal Miners," *Federal Register* 30:72(19 January 2001).

20) Birch, M.E. Elemental carbon-based method for monitoring occupational exposure to particulate diesel exhaust. *Aerosol. Sci. Technol.* 25:221-241 (1996).

21) NIOSH. National occupational exposure survey, 1981-1983; estimated total and female employees, actual observation and trade named exposure to products of combustion-diesel fuels. Cincinnati, OH: National Institute for Occupational Safety and Health; 1983.

22) Kauppinen T. Occupational exposure to carcinogens in the European Union. *Occup Environ Med.* 2000; 57(1):10-18. [PubMed: 10711264].

23) Pronk, A. Occupational exposure to diesel engine exhaust: A literature review. *J Expo Sci Environ Epidemiol.* 2009 July; 19(5): 443-457. doi:10.1038/jes.2009.21.

문화예술인의 산업재해 관련 실태¹⁾



조흠학 연구위원
산업안전보건연구원
안전경영정책연구실

들어가며

우리나라의 산업재해 현황을 살펴보면, 2004년 이후로 산업재해율이 지속적으로 감소해 왔다. 2010년 기준 재해율은 0.69%로 IMF 경제위기 이후 12년간 0.7%대에 정체되어 있던 상태에서 0.6%대로 낮아짐으로써 그동안의 산업재해 예방활동이 상당한 성과를 거둔 것으로 평가되고 있다. 업종별 재해 발생 건수의 분포에서도 제조업 35%(3만 4,065명), 서비스업 등 기타 산업 34%(3만 3,166명) 순으로 나타나, 직종이 다양한 서비스산업에서의 산업재해 예방 정책 마련이 점차 중요해지고 있다.

그 중에서도 커서비스, 대리운전, 택배, 간병(요양보호), 문화예술의 직무 특성이 일반 근로 종사자와 많이 다르다. 그러한 사실에 근거하여 이에 관한 연구가 필요하다고 보고 2012년 4월 30일부터 6월 15일까지 이들 5개 직종에 대한 산재 발생 실태를 조사하였다. 본고에서는 문화예술인 응답자 348명에 대한 부분을 정리해 보았다.

문화예술인 관련 현황

일반 현황

문화예술 종사자는 그 개념 및 범위가 모호하여 기존의 연구를 중심으로²⁾ 정리하였으나 명확한 통계자료를 찾아보기 어렵다. 2008년 문화관광부 문화산업통계자료에 따르면, 2007년 12월 기준으로 문화예술 분야에 속하는 기업 수는 12만 7,952개이며, 종사자는 45만 8,910명으로 집계되었다.³⁾ 이는 출판, 만화, 음악, 게임, 영화, 애니메이션, 방송, 광고, 캐릭터, 에듀산업 등을 기반으로 조사하였는데 이 중에서 영화산업과 방송산업 종사자는 각각 전체의 5.2%와 6.3%를 차지하였다.

방송산업실태조사보고서⁴⁾에 따르면 2010년 방송산업의 직종별 종사자 현황은 전체 2만 9,878명으로, 임원 및 관리 행정급을 제외한 방송직(기자, PD, 아나운서, 기술) 종사자는

1) 이 자료는 2012년 산업안전보건연구원이 발주한 용역과제로 '특수업무형태 근로 종사자 재해 예방 실태 조사,' 연구기관 (주)아이알씨, 연구책임자 서울대 보건대학원 이승욱 교수의 보고서를 정리한 것이다.

2) 문화예술진흥법 제2조 1항 '문화예술'이란 문학, 미술(응용미술을 포함한다), 음악, 무용, 연극, 영화, 연예(演藝), 국악, 사진, 건축, 어문(語文) 및 출판을 말한다.

3) 문화관광부, 2008년 문화산업통계자료.

4) 정용찬 외, 방송산업 실태조사보고서, 방송통신위원회, 2011.

〈표 1〉 영화, 연극, 방송 관련 분야 종사자 수

직업 세분류별	종사자 수(천명)
작가 및 관련 전문가	11.4
배우 및 모델	9.0
아나운서 및 리포터	2.4
촬영기사	6.6
음향 및 녹음기사	6.1
영상·녹화 및 편집기사	6.3
조명기사 및 영상기사	3.8
기타 연극·영화 및 영상 관련 종사자	5.0
메이크업아티스트 및 분장사	6.0
연예인 및 스포츠매니저	4.4

4,951명이라고 밝히고 있다. 그러나 방송, 영화, 연극 분야에서는 정규직과 비정규직에 관한 다양한 고용관계가 나타나고 있지만, 이번 조사에서는 정확한 분야별 종사자 수를 구하는 것은 어렵기 때문에 분야의 구분 없이 방송, 영화, 연극 분야에 관련하고 있는 직업별 종사자 규모를 통해 규모를 파악해 보고자 하였다. 〈표 1〉에서 분야를 구분하지 않고 관련 직업별 종사자 수를 추정한 결과로 볼 때 이는 약 6만여 명이 되는 것으로 나타나고 있다.⁵⁾

문화예술 종사자들에 대한 조사는 영화, 연극, 방송 등에서 연기를 하는 조·주연 연기자 및 보조출연자, 스타트 연기자와 분장·의상, 조명·무대·음악·음향, 연출·작가 등을 대상으로 진행하였다.

주로 하는 일은 연기자의 경우 대본으로 맡은 역할을 연습해서 연기를 하는 것이며, 연기자 외에 스태프는 무대 세트를 만들거나 연극 대본이나 시나리오를 작성하고 촬영하는 일들을 하고 있다.

특수업무 형태 근로 종사자의 산재 형태 및 예방 대책 관련 조사에 응답한 문화예술 종사자들의 인구통계학적 특성은 다음과 같다. 연령별 문화예술 종사자의 분포 현황을 살펴보면, 30대 이하가 71.0%로 가장 많았고, 40대 16.1%, 50대 이상이 12.4%였으며, 평균 나이는 35.7세로 청년층의 비율이 높았다. 학력별로는 대졸 이상 60.6%였고, 평균 근무 경력은 9.4년으로 조사되었다. 주 당 평균 49.5시간을 근무하고 있으며, 밤 10시부터 새벽 5시까지 최소 2시간 이상 근무하는 경우는 한 달 평균 약 5.8일이었다.

〈표 2〉 문화예술 관련 응답자 일반 사항 (단위 : 명, %)

	구분	응답자 수	비율
나이	전체	348	100.0
	30대 이하	247	71.0
	40대	56	16.1
	50대 이상	43	12.4
	모름 / 무응답	2	0.6
성별	남	241	69.3
	여	107	30.7
근무 경력	5년 미만	127	36.7
	10년 미만	96	27.7
	10년 이상	123	35.5
고용 형태	일반 근로 종사자	46	13.2
	특수 형태 근로 종사자	302	86.8
주근무시간	주 40시간 미만	111	31.9
	주 40~50시간 미만	81	23.3
	주 50~60시간 미만	32	9.2
	주 60시간 이상	116	33.3
	모름 / 무응답	8	2.3
야간근무 일수	월 10일 미만	247	71.0
	월 10~20일 미만	77	22.1
	월 20일 이상	13	3.7
	모름 / 무응답	11	3.2
분야	방송	115	33.0
	영화	106	30.5
	연극	127	36.5
직무	연기자	219	62.9
	스태프	129	37.1

근무시간

영화 스태프 근로실태조사결과에 따르면 정해진 출퇴근 시간은 주로 일정에 따라 변화하게 되는 것을 알 수 있다. 스태프들의 근로일 수는 보통 주 5.5일이며, 직급이 내려갈수록 많아진다.

일일 평균 근로시간은 13.5시간으로 대부분이 초과근무를 하고 있었다. 직무별로는 소품(15시간), 조명(15시간), 제작(14시간), 촬영(14시간) 분야에서 높게 나타나고, 시나리오(9.5시간), 기획(10시간) 분야가 근로시간이 적은 편이다. 영화 촬영을 위해 야간(22:00~익일 06:00)에 근무하는 시간도 평균 4.9시간으로 나타났으며, 특히 조명, 녹음, 촬영, 기획이 6시간으로 야간근무시간이 많은 편이

5) 2010년도 통계청 고용조사 자료.

었다. 정기휴일에 대한 질문에는 전체 응답자의 66%가 사용하지 않는 것으로 나타났다.⁶⁾

연극 분야의 경우 주 7일 근무하는 경우가 19.6%, 주 6일 근무하는 경우 44.4%, 주 5일 근무를 하는 곳이 16.9%로 조사되었다. 일일 근로시간은 전체의 67.2%가 정해진 근로시간이 없다고 응답하였으며, 주 당 근로시간은 54시간 이상 근로하는 경우가 23.3%, 37~54시간을 근무하는 경우가 28.6%, 36시간 이하로 근무하는 경우가 25.9%로 나타났다.⁷⁾

한 연구 자료에 따르면 연극의 경우 공연에 대한 배역이 캐스팅되면 공연 시작 1~1.5개월 전에 연습을 하게 되는데, 연습은 보통 오전 10시에 시작하여 오후 9시에 끝나게 된다. 공연 준비 기간 동안 연습에 의무적으로 참가해야 하지만 별도의 급여는 제공되지 않는다. 또 공연 연습 외에도 공연 홍보 포스터 부착 작업이나 다른 공연에 스태프로 참여하는 경우에도 별도의 보수를 지급하지 않는 것으로 조사되었다.⁸⁾

문화예술 종사자의 1일 평균 근로시간은 10.6시간, 주당 평균 49.5시간을 근무하고 있으며, 밤 10시부터 새벽 5시까지 최소 2시간 이상 근무하는 경우는 한 달 평균 약 5.8일이었다.

〈표 3〉 문화예술 종사자 일반 사항 (n=348)

일반 사항	평균치
평균 경력	8.3년
1일 평균 근로시간	10.6시간
1주 평균 근무일 수	4.7일
주 당 근무시간	49.5시간
한 달간 밤근무일 수	5.8일

문화예술인의 안전보건 현황

사업장 안전조치

이번 조사에서는 안전과 관련된 위험을 예측하고 필요한 안전조치를 취하고 있는 정도(5점 척도)에 대해 평균 2.78점으로 보통 수준으로 평가하였다. '보통이다(3점)'라는 응답이 45.4%로 나타났으며, '그렇지 않은 편이다'

라는 응답은 35.9%(전혀 그렇지 않다(1점) 8.0% + 그렇지 않은 편이다(2점) 27.9%)였고, '그런 편이다'라는 응답은 18.7%(그런 편이다(4점) 15.8% + 매우 그렇다(5점) 2.9%)로 조사되었다.

응답자 특성별로 살펴보면, 50대 이상에서 안전조치를 취하는 점수가 2.47점으로 다른 연령대에 비해 낮게 나타났다. 30대 이하(2.83점)에서 상대적으로 높게 조사되었다. 근무 경력이 5년 미만된 종사자들은 2.86점으로 상대적으로 높게 나타났다. 고용 형태별로 살펴보면, 일반 근로 종사자가 2.76점으로 특수 형태 근로 종사자의 2.78점과 비슷한 수준으로 조사되었다. 분야별로는 방송이 2.83점, 직무별로는 연기자가 2.79점으로 안전조치를 취하고 있지 않는 편이었다. 대체적으로 안전조치를 취하는 정도는 비슷한 수준으로 조사되었다.

사고(상해) 및 질병에 대한 교육

최근 1년 동안 일과 관련된 사고(상해)나 질병에 대한 교육(산업안전보건교육)을 받아본 적이 있는 비율은 4.0%에 불과하였다. 대부분의 문화예술 종사자들은 산업안전보건교육을 받지 않은 것으로 나타났다. 산업안전보건교육을 받은 응답자를 대상으로 교육시간에 대해 질문한 결과, 총 8.7번의 교육을 받았으며 시간은 15.1시간으로 조사되었다.

산업안전보건교육은 대체적으로 안전보건관리자(35.7%)와 외부 전문기관(28.6%)을 통해서 받았으며, 그 외에 담당부서장, 사업주, 보험사 관계자에게 받았다. 응답자 특성별로 살펴보면, 50대 이상에서 산업안전보건교육을 받은 경험이 11.6%로 상대적으로 높았으나, 교육 횟수 및 교육시간은 30대 이하에서 높게 나타났다.

근무 경력 10년 이상의 종사자는 4.9%가 교육을 받은

6) 이종수 외, 영화 스태프 근로환경 실태조사, 영화산업협력위원회, 2009.

7) 황준옥 외, 문화예술산업 근로실태조사 및 근로자 보호 방안, 고용노동부, 2009.

8) 박호환 외, 특수형태 업무 종사자 실태조사, 고용노동부, 2011.

〈표 4〉 사고(상해) 및 질병에 대한 교육 유무

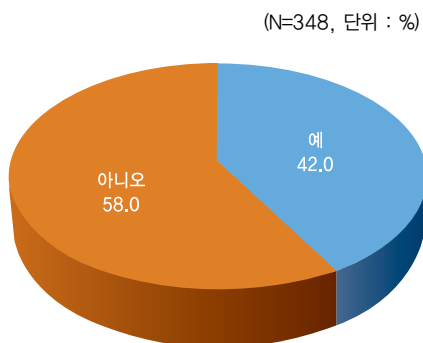
(단위 : %)

구분		사례 수	교육 여부		총 교육시간	
			예	아니오	회	시간
전체		348	4.0	96.0	8.7	15.1
나이	30대 이하	247	2.0	98.0	25.0	30.5
	40대	56	7.1	92.9	1.0	3.5
	50대 이상	43	11.6	88.4	1.8	12.0
	모름 / 무응답	2	0.0	100.0	0.0	0.0
성별	남성	241	5.8	94.2	8.7	15.1
	여성	107	0.0	100.0	0.0	0.0
근무 경력	5년 미만	127	4.7	95.3	20.6	26.8
	10년 미만	96	2.1	97.9	1.0	8.5
	10년 이상	123	4.9	95.1	1.3	7.5
고용 형태	일반 근로 종사자	46	0.0	100.0	0.0	0.0
	특수 형태 근로 종사자	302	4.6	95.4	8.7	15.1
분야 구분	방송	115	7.0	93.0	13.5	19.4
	영화	106	2.8	97.2	1.0	8.3
	연극	127	2.4	97.6	1.0	8.0
직무	연기자	219	5.9	94.1	9.3	15.1
	스태프	129	0.8	99.2	1.0	15.0

경험이 있으며, 총 1.3회와 7.5시간의 교육을 받았다고 응답하였다. 고용 형태별로 살펴보면, 특수 형태 근로 종사자(4.6%)만이 산업안전보건교육을 받은 경험이 있다고 응답하였다. 분야별로는 방송이 7.0%로 '교육을 받은 경험이 있다'는 응답이 상대적으로 가장 많았으며, 직무별로는 연기자(5.9%)가 스태프(0.8%)보다 교육 경험이 상대적으로 높은 것으로 조사되었다.

건강검진에 대한 유무

문화예술에 종사하면서 건강검진을 받은 경험은 42.0%



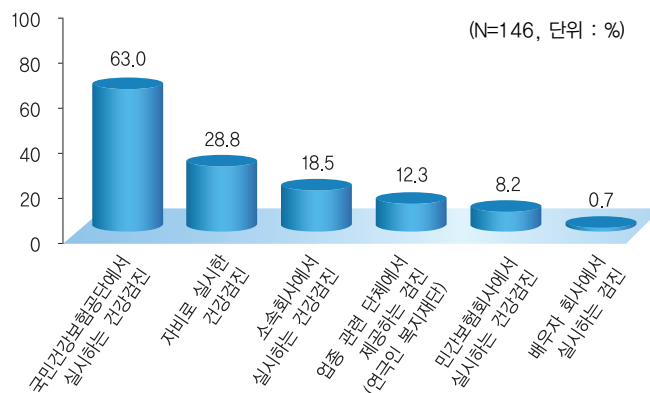
[그림 1] 건강검진 경험

로 조사되었으며, 건강검진의 종류는 '국민건강보험공단에서 실시하는 건강검진'이 63.0%로 대부분을 차지하였다. 그 외에 '자비로 실시한 건강검진'(28.8%), '소속회사에서 실시하는 건강검진'(18.5%) 등이 있었다.

문화예술인 종사자의 건강 상태

■ 문화예술인의 건강 이상 상태

현재 건강에 이상을 느끼는 부분에 대해서 모두 응답해 줄 것을 질문한 결과, '전신피로감을 느낀다'는 비율이



[그림 2] 건강검진 종류

14.1%, 통증 14.1%, 두통 7.7%, 위통, 복통 등 '속이 아픔' 7.0%, '안구건조증' 5.4% 등의 순으로 조사되었다. 현재 건강에 이상을 느끼는 부분의 증상의 심각도에 대해서 '전혀 심각하지 않다'(1점)에서 '매우 심하다'(5점) 사이에 어느 정도인지 물어본 결과 대체적으로 3점대로 조사되었으나, 석회질건염과 화상·열상, 눈꺼풀 감기는 증세의 경우 각각 5.0점으로 증상이 심각한 것으로 나타났다.

이러한 증상들이 문화예술 일과 연관이 있는지 질문한 결과, 염증, 호흡 곤란, 디스크, 석회질건염, 화상·열상, 눈꺼풀 감기는 증세, 염좌 모두 5.0점으로 조사되어 문화예술 일과 밀접한 관련이 있었다. 문화예술의 작업환경 역시 문화예술 종사자의 건강 상태를 악화시키고 있었는데 특히 호흡 곤란(4.6점)의 경우 지하에 있는 공연장이 환기가 안 되어 기관지염 및 천식 등으로 인해서 증상이 악화되고 있는 것으로 판단된다. 이러한 증상으로 인해서 아프거나 질병이 있는 신체 부위는 허리(12.8%), 전신(11.5%), 눈(10.9%), 정신적 상태·심리 상태(8.9%), 머리(8.6%), 어깨(7.3%), 무릎(7.0%) 등이었다.

■ 일과 관련한 사고나 질병 노출 현황

지난 1년간 일과 관련된 사고(상해)를 당하거나 일과 관련된 질병 증상에 노출된 경험에 대해서 사고(상해) 경험은 18.7%였으며, 일과 관련된 질병 증상 노출 경험은 15.5%였다.

응답자 특성별로 살펴보면, 40대에 사고(상해) 및 일과 관련된 질병 증상에 노출된 경험이 많았으며, 50대 이상에서는 상대적으로 낮게 나타났다. 근무 경력이 10년 이상인 경우 사고(상해) 경험이 27.6%로 가장 많았으며, 일과 관련된 질병 증상 노출 경험은 5년 이상~10년 미만에서 20.8%로 높게 나타났다. 고용 형태별로 살펴보면 특수 형태 근로 종사자가 일반 근로 종사자보다 사고(상해) 및 일과 관련된 질병 증상에 노출된 경험이 많은 것으로 나타났다. 또한 영화(28.3%) 분야와 연기자(23.7%)에서 사고(상해)에 노출된 경험이 많았으며, 연극(18.1%)과 스태프(17.1%)에서는 일과 관련된 질병 증상에 노출된 경험이 많은 것으로 조사되었다.

■ 일과 관련한 사고 현황

최근 1년간 경험한 업무상 사고(상해)의 내용은 '넘어짐

(표 5) 사고(상해) 경험

(단위 : %)

구분		사례 수	사고(상해) 경험		일과 관련된 질병 증상 노출 경험	
			예	아니오	있다	없다
전체		348	18.7	81.3	15.5	84.5
나이	30대 이하	247	17.8	82.2	15.4	84.6
	40대	56	25.0	75.0	16.1	83.9
	50대 이상	43	16.3	83.7	14.0	86.0
	모름 / 무응답	2	0.0	100.0	50.0	50.0
성별	남성	241	24.1	75.9	13.3	86.7
	여성	107	6.5	93.5	20.6	79.4
근무 경력	5년 미만	127	9.4	90.6	9.4	90.6
	10년 미만	96	19.8	80.2	20.8	79.2
	10년 이상	123	27.6	72.4	17.9	82.1
고용 형태	일반 근로 종사자	46	8.7	91.3	10.9	89.1
	특수 형태 근로 종사자	302	20.2	79.8	16.2	83.8
분야 구분	방송	115	16.5	83.5	13.0	87.0
	영화	106	28.3	71.7	15.1	84.9
	연극	127	12.6	87.4	18.1	81.9
직무	연기자	219	23.7	76.3	14.6	85.4
	스태프	129	10.1	89.9	17.1	82.9

사고'가 28.6%로 가장 많았으며, '부딪힘 사고'(23.8%), '떨어지는 사고'(20.2%), '신체반응, 과도한 힘 동작으로 인한 사고'(15.5%) 등으로 조사되었다. 주로 발생하는 사고·상해 종류로는 타박상(34.6%), 골절·부러짐(18.5%) 등이 높게 나타났다. 다치는 신체 부위는 어깨(17.3%), 다리(17.3%), 허리(11.1%) 등이었으며, 치료비를 지불하는 주체는 '본인 비용으로 해결'하는 경우가 58.0%였고 그 다음으로는 '소속회사에서 비용 지원'(23.5%), '건강보험 처리'(8.6%) 등의 순으로 나타났다.

■ 일과 관련한 질병 현황

일과 관련된 질병의 증상은 통증이 21.1%로 가장 많았고, 시력 저하(11.3%), 결림(11.3%), 두통(9.9%) 등으로 나타나고 있다. 아픈 신체 부위는 허리(21.1%), 어깨(19.7%), 머리(14.1%), 눈(12.7%) 등이며, 일과 관련된 질병 증상에 노출되어 아픈 경우에 응답자의 46.5%는 본인 비용으로 해결하고 있고, 치료받지 않는 경우는 26.8%로 나타났다.

개선 방안

근로환경에 따른 문제점

문화예술 종사자들이 느끼는 근로환경의 가장 큰 문제점은 '낮은 소득'(45.7%)으로 조사되었다. 다음이 '일의 안정성'(20.1%), '상해 및 부상의 위협'(12.4%) 등이다. 그 외에 '급여 체불' 8.0%, '장기간 근로' 5.7%, '개인의 발전 가능성' 4.9% 등이 근로환경의 문제점으로 나타나고 있다.

연령별로 살펴보면, 모든 연령대가 '낮은 소득'을 다른 근로환경의 문제점보다 가장 큰 문제점으로 나타냈고, 혼인 상태에 상관없이 질문한 결과 응답자 모두 '낮은 소득'이 근로환경 문제점이라고 응답하였다. 또한 고용형태와 분야별·직무별로 살펴본 결과에도 모두 '낮은 소득'이라고 응답하였으며, 특히 연극 분야에서 59.1%로 가장 높게 나타났다. 연기자의 경우 월 100만원 미만으로 급

여를 받는 비율이 44.3%로 나타나 근로환경에서는 낮은 소득이 가장 큰 문제점으로 꼽혔다.

산업재해 예방과 건강을 위해 개선되어야 할 사항

문화예술 종사자들의 사고(상해) 예방과 건강을 위해 앞으로 개선되어야 할 사항으로는 '소득 수준 개선'(61.2%)이 가장 많았고, 그 다음으로 '충분한 휴식 보장과 업무 시간 단축'(50.0%), '표준계약서 작성 개선'(35.9%), '정기적인 건강검진'(27.3%), '작업환경 개선'(24.7%), '안전 장비 및 보조도구 보급'(21.3%), '종사자 지원센터 설치'(19.0%) 등을 꼽았다.

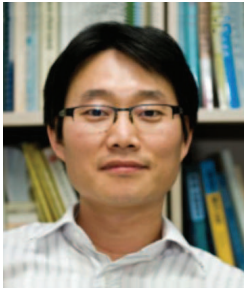
마치며

문화예술인의 안전보건 실태를 조사한 결과, 근로환경이 열악하여 재해에 노출되기 쉬운 작업환경의 특성이 있음을 알 수 있다. 특히 직종별 업무 특성이 일반 제조업과 달리 작업 장소가 수시로 변경되고, 상황에 따라 위험노출 상황이 달라지기 때문에 보다 적절한 안전보건기준이 마련되어야 한다고 본다.

이번 조사에서는 근로자들 스스로가 안전위험을 감지하고 있어 업무 상황 및 작업환경이 위험에 노출되어 있다는 사실을 인지하고 있지만, 제도적 안전조치 없이 본인의 주의 노력을 통해 위험요인에 대처하는 경향이 있는 것으로 나타나고 있어, 이에 따른 안전 의식 개선과 산업안전보건 예방교육 진행 및 강화가 필요하며, 동시에 재해예방 차원의 안전보건 가이드북을 개발·보급할 필요가 있다.

아울러 건강검진 등을 통하여 수시로 질병의 예방을 위한 방안과 함께 지속적인 관리가 필요하며, 근로자 건강과 재해를 예방할 수 있도록 쾌적한 작업환경 개선과 함께 특수업무 형태 근로자를 보호하는 현실적인 안전보건 예방 대책이 필요하다고 본다. 🌸

네일미용산업 종사자들의 직업 관련 증상 및 화학물질 노출평가



최상준 교수
대구가톨릭대학교
산업보건학과

서론

고객들의 다양한 요구에 의해 미용산업 분야도 전문화·세분화되고 있으며, 이에 따라 우리나라에서도 제도적 변화를 거쳐 2008년부터 공중위생관리법시행령 제4조에서 기존의 미용업을 일반·피부·종합 미용업으로 세분하고 있다.¹⁾

일반 미용업은 파마, 머리카락 자르기 및 모양내기 등 헤어 관련 미용 서비스와 손톱과 발톱의 손질 및 화장, 의료기기나 의약품을 사용하지 아니하는 눈썹 손질, 얼굴의 손질 및 화장을 행하는 영업으로 정의된다. 피부 미용업은 의료기기나 의약품을 사용하지 아니하는 피부 미용 서비스를 행하는 업종을 말하며, 종합 미용업은 일반 미용업과 피부 미용업의 업무를 모두 행하는 영업으로 정의되어 있다. 따라서 네일미용산업 종사자는 일반 미용업 혹은 종합 미용업으로 분류된 미용산업에 종사하며 손톱과 발톱의 손질 및 화장 서비스를 행하는 사람으로 정의할 수 있다.

우리나라의 네일미용산업은 1990년대 초 미군부대의 영향으로 시작되어 최근에는 빠르게 성장하고 있다. 네일미용 민간자격시험에 응시한 인원은 2002년 약 8,780명이었으나 2008년 약 1만 1,120명으로 증가하였고, 네일 관련 산업의 2008년 총 매출은 4,830억원으로 전체 미용시장의 약 7.0%를 차지하는 것으로 알려져 있다.²⁾

네일미용은 고객과 마주보고 있는 상태에서 손톱 혹은 발톱의 손질 및 화장 서비스를 시술하기 때문에 시술자와 고객과의 거리가 50cm 내외로 가까워 미용산업 중에서도 고객과의 접촉성이 가장 크다고 할 수 있다. 따라서 네일미용산업 종사자들은 좁은 실내 공간에서 다양한 화학물질을 호흡기와 근접하게 사용하기 때문에 잠재적인 건강위험성이 존재하지만 아직까지 국내에서 수행된 구체적인 직업 관련 증상이나 노출평가에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

이에 본 연구에서는 대구·경북 지역의 네일미용업 종사자들을 대상으로 일반 사무직 근로자와의 비교를 통한 직업 관련 증상 호소 규모와 유해 화학물질 노출 실태를 평가하고자 하였다.

연구방법

연구 대상

본 연구는 대구광역시 소재 네일숍 종사자를 대상으로 하였다. 지자체(구청)에 업태명이 일반 미용업 혹은 종합 미용업으로 등록되어 있는 네일숍 141개소와 화장품 도매업으로 등록

“

네일미용산업 종사자들은 좁은 실내 공간에서
다양한 화학물질을 호흡기와 근접하게 사용하기 때문에
잠재적인 건강위험성이 존재하지만 아직까지 국내에서 수행된
구체적인 직업 관련 증상이나 노출평가에 대한 연구는 미흡한 실정이다.
이제 우리나라도 네일미용산업 종사자들의 건강보호뿐만 아니라
네일미용 서비스를 이용하는 국민의 건강 보호 차원에서도
적절한 관리를 위한 제도 정비가 필요할 때이다.

”

되어 있지만 네일숍에서 네일 아트 기술을 이용하여 손
님들에게 서비스를 제공해주는 10개소를 추가하여 총
151개소를 대상으로 선정하였다.

직무 관련 특성 및 자각증상조사

네일숍 종사자들의 직무 특성과 자각증상을 조사하기
위해 일반적인 인구학적 특성, 작업환경 및 직무 특성, 호
흡기계, 눈, 피부 및 근골격계 자각증상을 조사할 수 있도
록 구조된 설문지를 개발하여 활용하였다. 조사는 네일
미용 서비스 이용자들이 비교적 가장 많은 계절인 여름
을 포함하여 2012년 8월부터 10월까지 실시하였다. 설문
조사는 조사 대상 네일숍에 사전 전화 통화로 연구내용
을 설명하고 직접 방문하여 동의를 얻은 후 면접조사하
였다. 설문조사를 실시한 총 네일숍 수는 151개였으며,
설문에 동의하여 응답한 종사자 수는 총 159명이었다.

네일숍 종사자의 직업 관련 증상 호소 수준을 비교하기
위해 대조군을 선정하였다. 대조군의 선정기준은 유기화합
물을 취급하지 않으면서 근무 형태가 네일숍 종사자와 유
사하게 주로 앉아서 근무하는 여성으로 하였다. 조사 대상
노출군(네일숍 종사자)과 지리적으로 가까운 경북 소재의
일반 사무직, 은행, 시청 또는 동사무소의 공무원을 대상
으로 사무직 종사자를 선정하였다. 선정된 사무직 종사자
는 총 105명이었으며, 조사 기간과 증상 설문내용은 네일
숍 종사자에 대한 조사 방법과 동일한 방법을 이용하였다.

네일숍 종사자와 대조군에 대한 건강증상 설문조사결과

평가는 다중 로지스틱 회귀 분석을 이용한 교차비(OR;
odds ratio)를 이용하여 실시하였다. 교차비는 자각증상
호소에 영향을 줄 수 있는 혼란 변수들(연령, 결혼 상태,
작업 경력, 평균 주 당 근무시간, 운동, 흡연, 음주)에 대
해 보정하여 계산하였다.

공기 중 화학물질 농도평가

설문조사를 실시한 151개소 159명의 대상자 중 화학물
질에 대한 개인 노출평가에 동의를 한 네일숍 30개소
50명을 대상으로 공기 중 화학물질 노출평가를 위한 개
인 시료를 채취하였다. 시료 채취는 네일숍의 작업이나
이동에 지장이 없도록 수동식 채취기(OVM-3520, 3M)
를 사용하였으며, 종사자의 호흡기 근처(breathing
zone)에 부착하여 1일 전체 근무시간 동안 평균 10.1시
간 채취하였다. 네일숍의 손님 예약이 많고, 사람들이 많
이 붐비는 주말에 주로 측정하였다.

수동식 채취기로 채취한 시료는 분석을 위해 냉동 보관
하였으며, 3M의 시료 채취 및 분석 가이드에 따라 이황
화탄소(CS_2) 1.5ml를 주입하여 조심스럽게 흔들어 주면
서 30분 이상 탈착하였다.³⁾ 추출된 유기화합물들은 가스

1) 보건복지부, 공중위생관리법시행령 제4조(숙박업 및 미용업
의 세분), 2013.

2) 황순숙 등, 네일 및 메이크업 관련 미용산업 선진화 방안
연구, 2009.

3) 3M, 3M Technical data bulletin 1028 - Organic
vapor monitor sampling and analysis guide.

크로마토그래피 질량 분석기(GC-MS, Perkin Elmer, Tubomass GOLD, UK)를 이용하여 정성·정량 분석하였다. 사용된 OVM-3520 시료 채취기는 2층의 흡착패드로 구성되어 있으며, 1차 패드와 2차 패드의 분석농도를 3M 분석 가이드에 따라 (식 1)에 의해 계산하여 평가하였다.

$$C(\text{mg}/\text{m}^3) = \frac{(W_p + 2.2 \times W_s) \times A}{r \times t(\text{minutes})} \quad \dots\dots (\text{식 } 1)$$

*W_p : 공시료 보정된 1차 패드에 흡착된 농도

*W_s : 공시료 보정된 2차 패드에 흡착된 농도

*r : recovery coefficient

*A : $\frac{1000}{\text{sampling rate}}$

*t : 시료 채취시간

결과 및 고찰

조사 대상 네일숍 종사자들의 기본 특성

조사 대상 네일숍 종사자들과 대조군으로 선정된 사무직 근로자들의 기본 특성을 비교하면 <표 1>과 같다.

네일숍 종사자들은 평균 연령이 31.3세, 미혼자가

61.6%로 대조군(평균 연령 34.4세, 미혼자 38.4%)보다 젊고 미혼자가 많았다. 작업 경력은 네일숍 종사자(평균 3.7년)가 대조군(평균 7.4년)보다 짧았으나, 평균 주 당 근무시간은 네일숍 종사자(평균 56.9시간)가 대조군(평균 48.9시간)보다 평균 8시간 정도 길었다. 평소 운동 여부와 음주 상태는 큰 차이가 없었으나 흡연의 경우 네일숍 종사자 중 흡연자 분포(20.1%)가 대조군(4.8%)보다 많은 것으로 나타났다.

직업 관련 증상 비교

네일숍 종사자 159명과 대조군인 사무직 근로자 105명에 대한 직업 관련 증상 호소결과를 비교하면 <표 2>와 같다.

네일숍 종사자들이 가장 많이 호소한 호흡기계 증상은 코 자극(88%)이었고, 다음으로 두통(82%), 목 자극(50%) 순이었다. 눈과 피부 부위는 응답자의 92%가 눈 자극을 호소하였다. 또한 작업 중 가장 많이 통증이나 불편함을 호소한 근골격계 부위는 어깨(96%)와 목(91%)이었다. 대조군인 사무직 근로자들이 근무 중 가장 많이 호소하는 증상은 눈 자극(56%)과 두통(37%)이었다.

<표 1> 네일숍 종사자와 사무직 근로자(대조군)의 기본 특성 비교

기본 특성		네일숍 종사자 (N=159)	사무직 근로자(대조군) (N=105)	P-value
연령(years)	Mean(SD)	31.3(7.1)	34.4(8.5)	0.002*
	Range	18~50	19~60	
성별	Male(%)	4(2.5)	4(3.8)	0.548**
	Female(%)	155(97.5)	101(96.2)	
결혼 상태	Single(%)	98(61.6)	37(35.2)	<0.001**
	Married(%)	61(38.4)	68(64.8)	
근무 경력(years)	Mean(SD)	3.7(3.3)	7.4(7.0)	<0.001*
	Range	0.1~16	0.1~28.8	
평균 주 당 근무시간(hours)	Mean(SD)	56.9(10.7)	48.9(10.6)	<0.001*
	Range	20~105	25~105	
운동 상태	Sometimes(%)	77(48.4)	57(54.3)	0.351**
	Never(%)	82(51.6)	48(45.7)	
흡연	Current(%)	32(20.1)	5(4.8)	<0.001**
	Never(%)	127(79.9)	100(95.2)	
음주	Current(%)	147(92.5)	91(86.7)	0.123**
	Never(%)	12(7.5)	14(13.3)	

*T-test for two independent samples, **Pearson chi-square (cross-tabulation)

〈표 2〉 네일숍 종사자와 사무직 근로자의 직무 관련 증상 비교

구분	증상	네일숍 종사자 (Total N = 159), N (%)	사무직 근로자 (Total N=105), N (%)	Adjusted Odds ratio†	95% CI
호흡기계	두통**	130 (82)	39 (37)	9.3	4.7~18.2
	현기증**	59 (37)	14 (13)	3.6	1.7~7.5
	코 자극**	140 (88)	17 (16)	54.0	21.6~134.8
	목 자극**	79 (50)	20 (19)	4.3	2.2~8.5
	쌔쌔거림	10 (6)	1 (1)	4.1	0.5~35.3
	기침**	54 (34)	10 (10)	5.0	2.2~11.8
	가래	16 (10)	5 (5)	2.0	0.6~7.2
	가슴 답답함	20 (13)	17 (16)	0.5	0.2~1.2
눈, 피부	눈 자극**	147 (92)	59 (56)	13.1	5.7~30.1
	피부 자극**	51 (32)	9 (9)	5.2	2.1~13.0
	가려움	29 (18)	11 (10)	1.5	0.6~3.6
	붉은 반점	4 (3)	2 (2)	4.2	0.3~62.6
	습진	17 (11)	4 (4)	3.7	1.0~13.8
	알러지	20 (13)	12 (11)	1.7	0.6~4.5
근골격계	목**	145 (91)	42 (40)	19.7	8.9~43.6
	어깨**	152 (96)	62 (59)	20.3	7.7~54.0
	등 상부**	50 (31)	6 (6)	12.5	3.8~41.0
	등 하부(허리)	71 (45)	38 (36)	1.3	0.7~2.3
	팔**	51 (32)	8 (8)	5.7	2.3~14.4
	손목 또는 손**	102 (64)	26 (25)	5.3	2.7~10.3
	엉덩이	19 (12)	3 (3)	3.0	0.8~12.0
	허벅지	7 (4)	3 (3)	0.9	0.2~4.5
	발목 또는 종아리*	9 (6)	15 (14)	0.2	0.1~0.6

† 연령, 결혼 상태, 근무 경력, 평균 주 당 근무시간, 운동 상태, 흡연, 음주에 대해 보정하여 로지스틱 회귀 분석 실시

*p<0.05, **p<0.01

네일숍 종사자들이 대조군보다 직업 관련 자각증상 호소율이 높게 나타나는지 평가하기 위해 자각증상 호소에 영향을 줄 수 있는 혼란 변수들(연령, 결혼 상태, 작업 경력, 평균 주 당 근무시간, 운동, 흡연, 음주)을 보정한 후 로지스틱 회귀 분석을 실시하였다.

분석결과, 호흡기 증상에서는 두통(OR=9.3, CI:4.7~18.2), 현기증(OR=3.6, CI:1.7~7.5), 코 자극(OR=54, CI:21.6~134.8), 목 자극(OR=4.3, CI:2.2~8.5), 기침(OR=5, CI:2.2~11.8)에 대해 네일숍 종사자가 대조군보다 통계적으로 유의하게(p<0.01) 높은 자각증상 교차비를 나타냈다. 눈·피부 증상은 눈 자극 OR=13.1, CI:5.7~30.1, 피부 자극 OR=5.2, CI:2.1~13으로 각각 나타나 사무직 종사자에 비해 증상 호소율이 높게 나타났다. 근골격계 통증은 목(OR=19.7, CI:8.9~43.6), 어깨

(OR=20.3, CI:7.7~54), 등 상부(OR=12.5, CI:3.8~41), 팔(OR=5.7, CI:2.3~14.4), 손목과 손(OR=5.3, CI:2.7~10.3) 부위에서 대조군보다 증상 호소율이 통계적으로 유의하게 높았다(p<0.01).

네일숍 종사자들의 근무조건

네일숍 종사자들의 근무조건을 조사한 결과를 요약하면 〈표 3〉과 같다. 최근 1개월간 네일숍 종사자 1인 당 평균 서비스한 고객 수는 5~10인(54.1%), 고객 1명 당 평균 서비스에 소요되는 시간은 1시간(45.9%)이라는 응답이 가장 많았다.

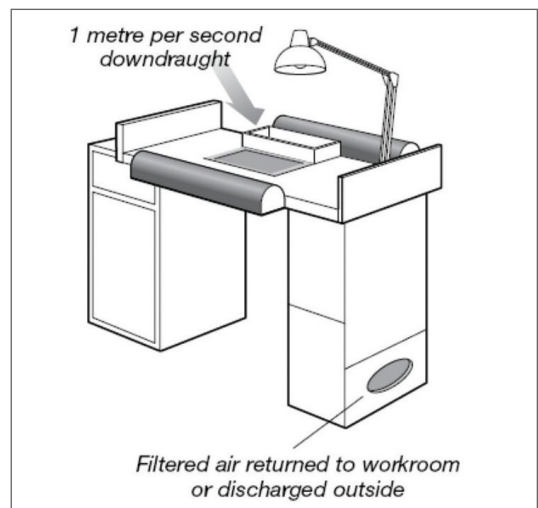
근무 중 환기조건을 조사한 결과 79.9%가 창문이 없거나 있어도 개방하지 않고 작업하고 있었다. 영국 보건안전청(HSE)에서는 네일숍 종사자들의 건강보호를 위해

〈표 3〉 네일숍 종사자들의 근무조건

항목		빈도(N)	%
최근 1개월간 직접 서비스한 1일 평균 고객 수	5인 미만	34	21.4
	5~10인	86	54.1
	10인 초과	39	24.5
고객 한 명 당 평균 서비스 시간	1시간 미만	53	33.3
	1시간	73	45.9
	1시간 초과	33	20.8
근무중 자연환기 상태	창문 개방	32	20.1
	창문 개방하지 않음	103	64.8
	창문 없음	24	15.1
국소배기 설비	가동	1	0.6
	있지만 가동하지 않음	2	1.3
	없음	156	98.1
취급 제품으로 인한 질병 및 사고 경험(복수응답)	피부염	16	10.1
	알러지 반응	20	12.6
	호흡장애	3	1.9
	화상	4	2.5
	비염	21	13.2
	손톱 감염	15	9.4
작업중 건강보호를 위해 활용하는 보호장치(복수응답)	실내 환기	44	27.7
	장갑	14	8.8
	마스크	25	15.7
	뚜껑 있는 제품 사용	27	17.0
작업환경측정 경험	위생관리 철저	39	24.5
	없음	159	100
건강진단 수진 경험	일반건강진단	39	76.5
	종합건강진단	12	23.5
	없음	108	67.9
총계		159	100.0

[그림]과 같이 개구면 속도가 1m/sec 정도의 국소배기 설비가 갖추어진 테이블을 사용하도록 권고하고 있다.⁴⁾ 그러나 본 조사결과 국소배기 설비는 대부분(98.1%)이 없는 것으로 나타났다.

네일미용 서비스를 위해 취급하는 제품으로 질병 또는 사고를 경험했는지에 대해 조사한 결과 비염(13.2%), 알러지 반응(12.6%), 피부염(10.1%), 그리고 손톱 감염(9.4%) 등이 있었으며, 작업 중 건강보호를 위해 활용하는 방법으로는 '개인 위생관리를 철저히 한다'는 응답(24.5%)이 가장 많았다. 비염에 대한 경험이 가장 많았음에도 마스크 착용 비율은 15.7%밖에 되지 않았다. 모든 응답자가 작업환경측정을 받아 본 경험은 없다고 답하였고, 건강진단 역시 67.9%가 받아 본 경



*HSE, SR13 COSHH essentials for services and retail.

〔그림〕 영국 보건안전청(HSE)에서 권고하는 네일숍 국소배기 설비가 설치된 테이블

〈표 4〉 네일숍 종사자들의 휘발성 유기화합물에 대한 개인 노출 농도 (unit : ppm)

Substances	N(%) ¹⁾	AM ²⁾	SD ³⁾	GM ⁴⁾	GSD ⁵⁾	Min ⁶⁾	Max ⁷⁾	KOEL ⁸⁾	N(%) ⁹⁾
Ethanol	50(100)	133.6	123.0	35.9	12.1	0.1	436.5	1000	0(0)
Acetone	50(100)	787.3	622.2	211.5	13.8	0.2	1986.8	500	32(64)
Isopropyl alcohol	50(100)	18.4	20.2	6.1	7.6	0.1	98.8	200	0(0)
Vinyl acetate	50(74)	0.2	0.2	0.2	2.6	0.0	0.5	10	0(0)
Methyl ethyl ketone	50(82)	3.0	3.5	2.3	2.8	0.0	14.3	200	0(0)
Ethyl acetate	50(100)	33.9	34.4	11.4	7.9	0.2	168.6	400	0(0)
n-Butyl alcohol	50(82)	4.9	5.1	3.7	3.2	0.0	19.8	150	0(0)
Benzene	50(32)	0.1	0.1	0.1	7.6	0.0	0.4	1	0(0)
Methyl methacrylate	50(98)	47.6	135.0	4.2	7.5	0.0	611.1	50	6(12)
Toluene	50(98)	95.4	119.7	19.6	12.8	0.0	490.6	50	25(50)
Ethyl methacrylate	50(72)	13.2	16.9	12.3	2.5	0.0	60.9	50	4(8)
Butyl acetate	50(100)	166.8	188.1	32.7	15.2	0.3	891.8	150	23(46)
Ethyl benzene	50(82)	3.7	6.5	1.3	5.0	0.0	26.8	100	0(0)
Xylene	50(76)	2.6	5.3	1.1	5.3	0.0	24.0	100	0(0)

1) 총 시료 수(검출률), 2) 산술평균, 3) 표준편차, 4) 기하평균, 5) 기하표준편차, 6) 최소값, 7) 최대값, 8) 노출기준, 9) 노출기준 초과율

험이 없는 것으로 조사되었다.

결론

유기화합물에 대한 노출 수준

네일숍 종사자에 대한 개인시료 측정결과 알코올류 3종(ethanol, isopropyl alcohol, n-butyl alcohol), 에스테르류 5종(ethyl acetate, butyl acetate, vinyl acetate, methyl methacrylate, ethyl methacrylate), 케톤류 2종(acetone, methyl ethyl ketone), 그리고 방향족 탄화수소류 4종(benzene, toluene, ethyl benzene, xylene) 등 총 14종의 물질이 검출되었다(표 4).

총 14종의 물질 중 acetone(787.3 ± 622.2 ppm)에 대한 고용노동부의 노출기준을 초과한 비율이 64%로 가장 높았으며, 다음으로 toluene(95.4 ± 119.7 ppm, >OEL:50%), butyl acetate(166.8 ± 188.1 ppm, >OEL:46%), methyl methacrylate(47.6 ± 135.0 ppm, >OEL:12%)에 대해서도 노출기준을 초과한 결과가 나타났다. 특히 미국 식품의약청(FDA)에서는 1999년부터 네일미용 제품에 methyl methacrylate의 사용을 금지하고 있다.⁵⁾ 그러나 우리나라에서는 사용에 대한 규제가 없으며 평균노출 농도가 47.6ppm(노출기준 50ppm)으로 노출기준에 근접한 수준으로 나타나고 있어 관리가 시급히 필요하다고 판단되었다.

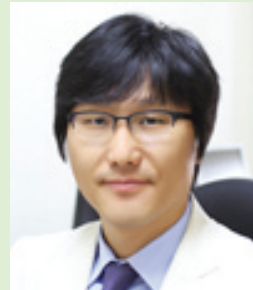
본 연구결과 네일숍 종사자들은 호흡기계, 눈, 피부, 근골격계에 대한 직업 관련 자각증상 호소율이 일반 사무직 근로자에 비해 유의하게 높게 나타났으며, acetone, methyl methacrylate, toluene, butyl acetate에 대한 공기 중 노출 수준은 노출기준을 초과하는 것으로 평가되었다. 그러나 조사된 대부분의 네일숍에서는 환기 설비를 갖추고 있지 못한 채 네일미용 서비스가 시술되고 있는 것으로 나타났다. 좁은 네일숍에서 환기가 잘 이루어지지 않은 채 미용 서비스가 시술될 경우, 시술을 하는 네일숍 종사자는 물론 고객들의 건강장해를 유발할 위험성이 있으므로 향후 네일숍 종사자들의 건강보호뿐만 아니라 국민 건강보호 차원에서도 적절한 관리를 위한 제도 정비가 필요하다고 판단된다. 🌱

4) Health and Safety Executive, COSHH essentials for service and retail SR13, 2010. Available at: <http://www.hse.gov.uk/coshh/essentials/>

5) U.S. FDA, Prohibited Ingredients and Related Safety Issues. Available at: <http://www.health-communications.com/fdaprohibitedingredients.html>

야간작업 종사자의 특수건강진단

고용노동부에서는 야간작업에 종사하는 근로자의 건강관리를 위한 방안의 하나로 특수건강진단을 실시하기로 결정하였다. 아직 법이 완전히 개정되지 않았으나, 순조롭게 진행된다면 올해 하반기 혹은 내년 상반기부터는 야간작업에 종사하는 근로자들을 대상으로 한 특수건강진단이 실시될 것으로 보인다. 야간작업 종사자 특수건강진단에 참여하는 의료 종사자의 노력과 함께 근로자, 사업주의 협력이 바탕이 되어 이의 시행이 잘 정착될 수 있기를 기대해 본다.



장태원 교수
가톨릭대학교 서울성모병원
직업환경의학과

머리말

인체는 아침에 잠에서 깨어 활동을 시작하면서 체온과 혈압이 상승하고, 저녁이 되어 잠자리에 들 시간이 되면 체온과 혈압이 낮아지며 수면을 취할 준비를 하게 된다. 체온과 혈압은 수면을 취하는 동안 낮게 유지되다가 아침이 되면 다시 올라가면서 활동을 시작할 준비를 한다. 이러한 일련의 리듬을 생체주기(circadian rhythm)라고 한다.

생체주기를 결정하는 인체 내부의 시계를 생체시계(bio-clock)라고 하는데 생체시계는 사람마다 달라서 24시간보다 짧은 사람도 있고 약 24시간인 사람도 있으며 24시간보다 긴 사람도 있다.

이처럼 사람마다 생체시계의 주기는 다르지만 사람의 생체주기는 24시간에 맞추어 순환한다. 이렇게 생체시계가 다름에도 불구하고 생체주기를 24시간에 맞추어

주는 요인 중 가장 강력한 것이 빛이다.

시차가 큰 나라에 여행을 갔을 때 시간이 걸리긴 하나 결국 시차에 적응하게 되는 것이 바로 이런 이유 때문이다.

생체주기의 패턴을 살펴보면 사람은 낮에 활동하고 밤에 수면을 통한 휴식을 취하게 되어 있다. 그러나 어쩔 수 없이 밤에 일을 해야 하는 경우가 있다. 택시 운전수들은 대개 1주일 단위로 교대로 낮근무와 밤근무를 하고, 지하철을 운행하는 근로자들도 새벽 1시까지 근무하기도 한다. 24시간 운영을 표방하는 많은 마트와 편의점에서 일하는 사람들이나 밤에도 전력을 공급해야 하는 기간산업에 근무하는 사람들 등 많은 사람은 다른 사람들이 활동하는 낮에 수면을 취하고, 다른 사람들이 잠에 든 시간인 밤에 일을 하고 있다.

자연적인 생체주기를 거역하면서 낮에 자고 밤에 일하게 되면 당연히 몸에 부담이 된다. 야간작업의 건강



생체주기의 패턴을 살펴보면 사람은 낮에 활동하고 밤에 수면을 통한 휴식을 취하게 되어 있다. 그러나 택시 운전수들은 대개 1주일 단위로 교대로 낮근무와 밤근무를 하고, 지하철을 운행하는 근로자들도 새벽 1시까지 근무하기도 한다.



영향에 대해 보고한 문헌들에 의하면, 야간작업은 사고의 위험을 증가시키고, 협심증이나 심근경색과 같은 관상동맥질환, 뇌졸중, 수면장애, 소화성궤양 등의 질환의 위험이 증가하며, 유방암이나 전립선암과 같은 암을 유발할 수도 있다.

국제암연구소(IARC; International Agency for Research on Cancer)에서는 2010년도에 생체주기를 파괴하는 교대작업(shiftwork that involves circadian disruption)을 group 2A(probably carcinogenic to humans)로 분류하기도 하였다.

고용노동부에서는 야간작업에 종사하는 근로자의 건강관리를 위한 방안의 하나로 특수건강진단을 실시하기로 결정하였다.

2012년도에 안전보건공단에서 발주한 연구용역 '야간작업 종사자 특수건강진단 항목 및 진단 방법 개발연구'를 직업환경의학회에서 수행하였고, 이 연구결과를 바탕으로 고용노동부에서 야간작업을 특수건강진단의 항목에 포함하는 법 개정안을 준비하였다.

아직 법이 완전히 개정되지 않았으나, 순조롭게 진행된다면 올해 하반기 혹은 내년 상반기부터는 야간작업에 종사하는 근로자들을 대상으로 한 특수건강진단이 실시될 것으로 보인다.

외국과의 비교

2004년 기준 유럽 국가의 야간작업 종사자는 적게는 1.9%에서 많게는 12.6%의 범위로, 대부분 10%를 넘지 않으며 평균 6.2% 수준이다<표 1>.

우리나라의 경우, 한국노동패널조사 11차년도와 국민건강영양조사 제4기 자료에 의하면 야간작업을 포함한 교대근무를 하는 근로자는 약 127~197만명으로 전체 임금 근로자의 10.2~14.5%에 해당한다. 조사 시기와 범위가 같지 않기 때문에 유럽 국가들과 우리나라의 야

<표 1> 유럽 국가들의 야간작업 종사자 비율

국가	비율(%)	국가	비율(%)
스위스	1.9	이탈리아	5.7
네덜란드 ¹⁾	2.2	폴란드	5.8
룩셈부르크	3.4	덴마크	6.9
벨기에	3.9	독일 ³⁾	6.9
체코	4.1	헝가리	7.8
그리스	4.4	스웨덴	7.4
스페인 ²⁾	4.3	포르투갈	8.5
노르웨이	4.7	오스트리아	9.1
프랑스	5.2	핀란드	9.4
아이슬랜드	5.4	영국	11.8
아일랜드	5.7	슬로바키아	12.6
평균			6.2

1) 1999년, 2) 1998년, 3) 1997년

* 출처 : European Labour Force Survey, 2004.

간작업 종사자 비율을 일률적으로 비교하기는 어려우나, 시간이 지날수록 교대근무가 점차 감소하는 추세라는 점을 감안한다면 우리나라는 유럽 국가들에 비해 야간작업 종사자는 훨씬 많은 것으로 생각된다.

유럽 국가들 중에서는 야간작업을 원칙적으로 금지하거나 인가를 받아야 허용하는 국가도 있다(표 2). 또한 독일을 비롯해 그리스, 아일랜드, 포르투갈, 스페인, 영국 등의 국가들은 야간작업을 최대 8~10시간으로 제한하고 있다.

우리나라는 연간 근로시간이 OECD 국가 중에서 2위일 정도로 장시간 근로를 하고 있으며, 특히 야간작업 종사자 중에서 택시 운전자 또는 일부 제조업 근로자들처럼 12시간 맞교대근무를 하거나, 경비원과 같이 24시간 교대근무를 하는 경우도 있다.

최근 법 개정이 결정된 산업재해보상보험법 중 뇌심혈관질환의 업무상질병 인정기준의 만성 과로기준이 1주

체온과 혈압은 수면을 취하는 동안 낮게 유지되다가 아침이 되면 다시 올라가면서 활동을 시작할 준비를 한다. 이러한 일련의 리듬을 생체주기(circadian rhythm)라고 한다. 생체주기를 결정하는 인체 내부의 시계를 생체시계(bio-clock)라고 하는데 생체시계는 사람마다 달라서 24시간보다 짧은 사람도 있고 약 24시간인 사람도 있으며 24시간보다 긴 사람도 있다. 이처럼 사람마다 생체시계의 주기는 다르지만 사람의 생체주기는 24시간에 맞추어 순환한다. 이렇게 생체시계가 다름에도 불구하고 생체주기를 24시간에 맞추어 주는 요인 중 가장 강력한 것이 빛이다.

평균 60시간으로 결정되었다. 이것은 낮근무인 경우에 적용되며 야간작업을 함께 수행하는 경우 60시간에 미치지 않더라도 다른 요인들을 감안하여 업무상질병으로 인정될 수 있을 것으로 예상된다. 야간작업에 종사하는 근로자들 중 장시간 근로를 하는 근로자에 대한 관리가 더 시급히 요구되고 있다.

외국의 경우 야간작업 종사자에 대한 건강진단을 실시하는 나라는 일본과 독일, 영국, 포르투갈 등이 있다. 일본에서 실시되고 있는 '심야업 건강검진'은 우리나라의 일반건강진단과 유사하나, 일본 내에서는 야간작업의 특성에 관한 조사와 중재가 심야업 건강검진에 포함되어 있지 않아 실효성이 부족하다는 비판이 있다. 독일의 경우 건강진단 항목을 법으로 규정하지는 않았으나, 야간작업 종사자의 건강진단은 배치 전에 1회, 배치 후 3

〈표 2〉 유럽 국가들의 야간작업 관련 법령

국가	최대 허용시간	내용
오스트리아	-	추가 휴식시간 : 10 분의 유급휴식 추가 추가 휴가 : 60회의 야간작업 시 2일, 5년간의 야간작업 시 4일, 15년간의 야간작업 시 6일
벨기에	8	야간작업은 원칙적으로 금지(예외적으로 허용)
핀란드	-	야간작업을 시키려면 인가서를 받아 신고해야 함
독일	8/10	야간작업시간은 8시간을 넘지 않아야 하며, 1개월 혹은 4주 동안의 평균 하루 작업시간이 8시간인 경우 10시간을 넘지 않아야 함 야간작업자는 배치 전 및 배치 후 3년마다 건강진단을 받아야 하며, 50세 이상은 매년 받아야 함
그리스	8	
아일랜드	9	
이탈리아	-	3세 미만의 아이가 있는 여성 혹은 미혼의 남성, 12세 미만의 돌봐야 하는 자, 장애인 돌봐야 하는 자는 야간작업 금지
포르투갈	8	야간작업은 24시간 이내에 8시간을 초과할 수 없음 고용주는 야간작업자에게 배치 전과 근무 중 무료 건강진단을 제공해야 함
스페인	8	야간작업은 8시간을 초과할 수 없으며, 야간작업을 상시적으로 시키는 사업주는 인가를 얻어야 함
스웨덴	-	야간작업자는 24시~05시 사이에 휴식시간을 가져야 함
영국	8	야간작업은 24시간 이내에 8시간을 초과할 수 없음 고용주는 야간작업자에게 배치 전 및 근무 중 무료 건강진단을 제공해야 함

〈표 3〉 독일 노동부의 야간작업 건강진단 권고안

항목	내용
일반 문진 및 진찰	만성 소화기질환, 만성 심혈관질환, 대사질환, 뇌전증(간질), 수면장애, 정신질환, 영양결핍, 아맹증, 만성 질환, 수면 패턴
업무 관련 문진 및 진찰	야간작업 관련 직업력조사
임상검사	소변검사, 혈당, 혈구검사, 심혈관기능검사(운동부하 검사 포함)
상담	야간작업의 건강장해, 교대근무 일정, 체중과 관련된 문제, 흡연, 음주, 약 복용, 직업 중의 긴장, 수면 부족, 영양

년마다(50세 이상은 매년) 실시하도록 법으로 규정되어 있고(german law regulating working hours of employees, “Arbeitszeitgesetz”), 독일 노동부에서는 건강진단의 기본 검사 항목에 대한 권고안을 <표 3>과 같이 마련하여 의사들이 이 권고안을 참고해서 건강진단을 진행하도록 하고 있다.

야간작업 특수건강진단의 내용

우리나라에서 매년 실시되고 있는 특수건강진단의 유해인자 중 하나로 야간작업을 포함하는 내용의 법 개정이 현재 진행중이며, 법 개정이 완료되면 법에서 정한 야간작업 종사자는 매년 특수건강진단을 받아야 한다.

개정될 산업안전보건법에 명시될 야간작업 종사자는 ‘오후 10시부터 다음날 오전 6시 사이의 야간작업을 1개월에 4회 이상(연 48회 이상) 혹은 1주일에 평균 15시간 이상(연 720시간 이상) 수행하는 근로자’로 정의된다. 야간작업에 종사할 근로자는 배치 전 건강진단을 실시해야 하며, 배치 후 첫 번째 특수건강진단은 6개월 이내에, 이후 매년 1회 특수건강진단을 실시해야 한다.

야간작업 종사자 특수건강진단의 검사 항목은 <표 4>와 같다.

<표 4> 야간작업 종사자 특수건강진단 검사 항목

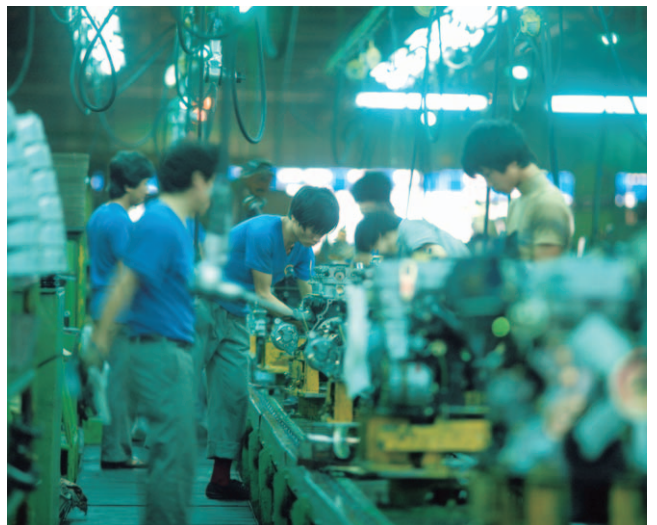
구분	검사 항목
제1차	(1) 직업력 및 노출력조사 (2) 주요 표적기관과 관련된 병력조사 (3) 임상검사 및 진찰 ① 심혈관계 : 복부 둘레, 혈압, 공복혈당, 총콜레스테롤, 트리글리세라이드, HDL 콜레스테롤 ② 신경계 : 관련 증상 문진 ③ 위장관계 : 관련 증상 문진 ④ 내분비계 : 관련 증상 문진
제2차	임상검사 및 진찰 ① 심혈관계 : 혈압, 공복혈당, 당화혈색소, 총콜레스테롤, 트리글리세라이드, HDL 콜레스테롤, LDL 콜레스테롤, 24시간 심전도, 24시간 혈압 ② 신경계 : 심층면담 및 문진 ③ 위장관계 : 문진, 위내시경 ④ 내분비계 : 유방촬영, 유방초음파

1차 건강진단은 일반건강진단의 검사 항목에 대부분 포함되며, 수면장애와 소화기장애, 유방암에 대한 문진과 진찰이 추가된다.

2차 검사 항목은 수면장애에 대하여 문진표를 활용한 면담, 당화혈색소, 24시간 심전도, 24시간 혈압, 위내시경, 유방촬영, 유방초음파가 추가된다.

각 검사 항목에 대한 의미와 검사 목적 등에 대해서는 안전보건공단에서 발행되는 근로자 건강진단 실무지침을 참조하기 바란다.

야간작업 종사자 특수건강진단의 판정은 기존 특수건강



야간작업은 사고의 위험을 증가시키고, 협심증이나 심근경색과 같은 관상동맥질환, 뇌졸중, 수면장애, 소화성궤양 등의 질환의 위험이 증가하며, 유방암이나 전립선암과 같은 암을 유발할 수도 있다.



순조롭게 법 개정이 이루어지면 내년 상반기부터는 야간작업 종사자 특수건강진단은 야간작업과 관련된 건강 장애를 예방하고 관리하기 위한 목적으로 실시될 예정이다.

건강진단과 같이 건강관리 구분, 업무 수행 적합 여부,¹⁾ 사후관리조치로 이루어진다.

야간작업과 관련된 건강장애는 야간작업을 포함한 작업요인들이 관여하나, 개인적 요인과 환경요인 및 사회심리학적 요인들이 함께 작용하는 작업 관련성 질환들이다. 따라서 소음성난청이나 진폐증 및 중독성질환과 같이 직업적 요인과의 인과관계가 비교적 명확한 직업병과 달리 야간작업과의 인과관계가 불명확하기 때문에 다른 특수건강진단처럼 직업성과 비직업성 구분을 하기가 쉽지 않다. 또한 야간작업 종사자 특수건강진단의 가장 큰 목적 중 하나가 야간작업과 관련된 건강 장애를

〈표 5〉 야간작업 종사자 특수건강진단 건강관리 구분

구분	내용
A	건강관리상 사후관리가 필요 없는 근로자(건강한 근로자)
C	야간작업 관련 질병으로 진전될 우려가 있어 추적검사 등 관찰이 필요한 근로자(야간작업 질병 요관찰자)
D	야간작업 관련 질병의 소견을 보여 사후관리가 필요한 자(야간작업 질병 유소견자)
R	건강진단 1차 검사결과 건강 수준의 평가가 곤란하거나 질병이 의심되는 근로자(제2차 건강진단 대상자)

1) 2012년도 연구에서는 과거 채용 시 건강진단처럼 근로자들의 취업에 장애가 될 수 있다는 우려로 야간작업 종사자 특수건강진단에서 업무 수행 적합 여부를 판단하지 않을 것을 권고하였으나, 연구 종료 후 고용노동부와 안전보건공단과의 회의에서 다른 특수건강진단처럼 업무 수행 적합 여부를 판단하는 것으로 결정되었음.

〈표 6〉 야간작업 종사자 특수건강진단 사후관리조치

구분	사후관리조치 내용
0	필요 없음
1	건강 상담
2	보호구 지급 및 착용지도
3	추적검사 : () 검사 항목에 대하여 20 년 월 일경에 추적검사
4	근무 중 ()에 대하여 치료
5	근로시간 단축
6	작업 전환
7	근로 제한 및 금지
8	산재요양신청서 작성 등 당해 근로자에 대한 직업병 확진 의뢰 안내 ¹⁾
9	기타 ²⁾ ()

1) 야간작업 특수건강진단의 경우에는 해당 없음.

2) 교대근무 일정 조정, 야간작업 중 수면시간 제공, 정밀 업무 적합성 평가 의뢰 및 기타 조치 선택 가능

예방하고 관리하는 것이므로 야간작업 종사자 특수건강진단의 건강관리 구분은 직업성과 비직업성의 구분을 하지 않고 A(건강한 근로자), C(야간작업 질병 요관찰자), D(야간작업 질병 유소견자)로 분류된다(표 5).

사후관리조치는 다른 특수건강진단과 같으나, 야간작업과 관련된 건강 장애는 업무와의 인과관계를 판단하기가 어려운 작업 관련성 질병이기 때문에 사후관리조치 중 8번인 '산재요양신청서 작성'은 야간작업 종사자 특수건강진단에서는 사용하지 않는 것으로 결정되었다. 다만, 해당 근로자가 산재요양신청을 원하거나, 특수건강진단을 담당하는 의사가 관련 건강 장애가 야간작업으로 인해 발생하였다고 판단한 경우 근로자는 산재요양신청을 할 수 있다.

우리나라에서 매년 실시되고 있는 특수건강진단의
유해인자 중 하나로 야간작업을 포함하는
내용의 법 개정이 현재 진행중이며,
법 개정이 완료되면 법에서 정한 야간작업 종사자는
매년 특수건강진단을 받아야 한다.
개정될 산업안전보건법에 명시될 야간작업 종사자는
'오후 10시부터 다음날 오전 6시 사이의
야간작업을 1개월에 4회 이상(연 48회 이상) 혹은
1주일에 평균 15시간 이상(연 720시간 이상) 수행하는
근로자'로 정의된다. 야간작업에 종사할 근로자는
배치 전 건강진단을 실시해야 하며,
배치 후 첫 번째 특수건강진단은 6개월 이내에,
이후 매년 1회 특수건강진단을 실시해야 한다.

맺으며

야간작업 종사자 특수건강진단은 야간작업과 관련된
건강 장애를 예방하고 관리하기 위한 목적으로 실시될
예정이다. 이를 위해서는 특수건강진단을 담당하게 될
직업환경의학 전문의의 역할이 중요하다. 야간작업과
관련된 여러 건강 장애에 대하여 근로자에게 설명을 하
고, 관련 증상이나 건강 장애가 발견된 근로자들의 관리
를 위한 중재 방안에 대하여 잘 알고 있어야 한다. 직업
환경의학 전문의들은 바람직한 교대근무 일정에 대하여
잘 알아야 하며, 근로자와 사업장 담당자에게 적절한 조



야간작업 종사자 특수건강진단이 제 기능을 발휘하기 위해서는 건강진단에 참여하는 의
료 종사자의 노력이 중요하다.

언을 할 수 있어야 하고, 발견된 건강 장애에 대하여 취
할 수 있는 조치들이 어떤 것이 있는지에 대하여 숙지해
야 한다.

개정될 산업안전보건법에 포함될 야간작업 종사자 특
수건강진단에 대하여 아쉬운 점이 몇 가지 있다.

첫째, 야간작업 종사자 특수건강진단에 포함된 검사
항목은 최소한의 항목만으로 구성되었고, 여기에 포함
되지 않은 검사 항목 중에서도 필요하거나 유용한 항목
들이 있기 때문에 이런 항목들은 향후 특수건강진단 검
사 항목 개정 시에 충분히 반영될 필요가 있다.

둘째, 1차 특수건강진단에서 근로자가 수행하고 있는
야간작업의 특성과 내용을 파악하기 위한 직업력조사와
수면장애, 위장관질환, 유방암 등 야간작업과 관련된 건
강 장애에 대해 문진표를 포함하여 많은 문진이 필요하
나 현실적으로 이러한 직업력조사와 문진에 대한 수가
는 제대로 책정되기 어려울 전망이다. 이 부분에 대해서
많은 전문가와 기관들이 문제 제기를 하고 있으며, 이
문제를 해결하기 위한 직업환경의학회와 고용노동부,
안전보건공단의 노력이 필요하다.

특수건강진단이나 보건관리 대행 등을 통해 근로자들
을 만나보면 자신의 업무와 작업환경 및 작업장 유해요
인이 유발할 수 있는 건강 장애에 대하여 제대로 알지
못하는 경우가 많다. 이런 경우 간단한 교육을 통하여
유해요인과 건강 장애에 대하여 근로자가 알게 하는 것
만으로도 상당히 큰 효과가 있다.

이와 같은 관점에서 야간작업 종사자들에 대하여 특
수건강진단을 실시하고, 건강진단 과정에서 근로자들
에 대하여 적절한 상담을 실시하는 것도 큰 의미가 있
다. 그러나 야간작업 종사자들이 유용한 정보를 인지하
게 하는 것만으로는 야간작업 종사자 특수건강진단은
기대되는 바를 실현하기가 어렵다. 야간작업 종사자 특
수건강진단이 제 기능을 발휘하기 위해서는 건강진단
에 참여하는 의료 종사자의 노력이 중요하다. 이러한
노력과 함께 근로자, 사업주의 협력이 바탕이 되어 야
간작업 종사자 특수건강진단이 잘 정착될 수 있기를 기
대해 본다. 🌸

정밀화학반응 공정에서 폭주반응 예방을 위한 공정조건 최적화 방법연구

의약품, 농약, 화장품, 도료와 잉크, 염료와 안료 등을 생산하는 정밀화학공업은 소규모 설비로 소량 다품종의 정밀도가 높은 화학제품을 생산하여 고부가가치를 창출할 수 있는 고도의 기술 집약적 산업이다. 정밀화학공업에서 사고의 원인은 대부분 원료물질의 투입량 부적절, 반응물의 공급 속도 부적절, 반응온도 또는 교반 등의 운전조건 제어 실패, 열매유 차단 실패 등으로 인한 냉각 실패에 따른 폭주반응이다. 폭주반응에 의한 화학사고는 열량계 등을 이용한 연구개발 단계에서 화학반응공정의 열적 위험성을 평가하여 생산성과 안전성을 고려한 공정조건 최적화를 통해 예방할 수 있다.



이근원 팀장
산업안전보건연구원 위험성연구팀

정밀화학반응 공정의 특성과 열적 위험성

의약품, 농약, 화장품, 도료와 잉크, 염료와 안료 등을 생산하는 정밀화학공업(fine chemical industry)은 소규모 설비를 이용하여 소량 다품종의 정밀도가 높은 화학제품을 생산함으로써 고부가가치를 창출하고 있는 고도의 기술 집약적 산업이다.

정밀화학 공정은 다양한 화학물질을 물리·화학적 조작(operation)을 거쳐 우리 생활에 유용한 제품이나 원료를 얻는다. 이 중 화학적 조작은 화학물질을 사용·취급하는 화학반응 공정으로, 크게 회분식(batch)과 반회분식(semi-batch) 그리고 연속식(continuous) 공정으로 구분된다. 특히 정밀화학공업에서는 주로 회분식 공정과 반회분식 공정에서 반응이 이루어진다.

회분식 공정은 모든 반응물을 상온에서 반응기 내에 투입한 후 반응 혼합물(reaction mixture)을 반응온도

(reaction temperature)까지 가열 또는 냉각한 후 반응온도를 일정 기간 동안 유지시켜줌으로써 반응이 진행되어 생성물(product)이 얻어지는 공정을 말한다. 반면, 반회분식 공정은 초기 반응물질(initial reaction mass)이 투입된 반응기가 반응온도에 도달한 상태에서 하나 또는 그 이상의 반응물(reactants)이 일정시간 동안 반응기 내로 투입됨으로써 반응이 이루어져 생성물을 얻어내는 공정을 말한다.

회분식이나 반회분식 공정은 동일한 설비(반응기 등)에서 다품종의 화학제품을 수요에 따라 제조하는 공정으로 생산계획, 제품의 변경, 취급물질, 작업내용 등의 변경이 수시로 발생한다. 이러한 공정에서 일어나는 대표적인 가장 위험한 화학사고는 반응에 의해 생성되는 열인 반응열(heat of reaction)을 제어하지 못하여 발생하는 냉각 실패에 의한 폭주반응(runaway reaction)이라 할 수 있다. 폭주반응에 의한 화학사고는

열량계 등을 이용한 적절한 방법으로 반응공정의 열적 위험성을 분석하여 얻은 데이터를 공정조건 등에 반영하면 예방할 수 있다.

반회분식 공정은 회분식 공정과 비교하여 반응중에 반응물이 공급되고 그에 의하여 반응이 진행되므로 그 만큼 운전조건의 영향을 많이 받아 사고의 개연성이 높다고 할 수 있다. 이들 사고의 원인은 대부분 원료물질의 투입량 부적절, 반응물의 공급 속도 부적절, 반응온도 또는 교반 등의 운전조건 제어 실패, 열매유 차단 실패 등으로 인한 냉각 실패에 따른 폭주반응이다. 반면에 반회분식 공정에서 투입되는 반응물의 공급시간은 회분식 공정에 비하여 반응 진행을 제어할 수 있는 추가적인 방법을 제공하여줌으로써 이는 폭주반응 등의 화학사고 예방을 위한 안전변수로 활용할 수 있을 뿐만 아니라 생성물의 수율 및 품질 향상을 도모할 수 있기 때문에 정밀화학공업 및 일반적인 화학반응 공정에서 광범위하게 사용되고 있다.

선행연구 및 목적

국내에서 수행된 화학반응 공정의 폭주반응 위험성평가연구는 주로 회분식 반응공정에서 열적 위험성평가와

안전 대책 제시 연구가 수행되어 왔다.

2007년에서 2009년에 이근원 등은 회분식 반응공정으로 이루어지는 다양한 반응을 연구 대상 공정으로 선정하여 공정물질의 열안정성과 반응 공정의 열적 위험성평가를 실시하여, 과학적인 사고 원인 규명 및 해당 공정의 폭주반응 예방을 위한 안전성 확보 방안을 제시하였다. 또한 2010년에는 화학 반응 공정의 위험 확인, 위험성평가 방법 및 절차, 임계 구분에 관한 이론 고찰을 통해 화학반응공정의 실험적 방법을 활용한 열적 위험성평가 기술 체계화를 시도하였다.

2011년 한인수 등은 반응성물질을 취급하는 반회분식 공정에서 위험성평가를 Methylthioisocyanate 합성반응공정을 중심으로 실시하여 반회분식 화학반응 공정에서의 열적 위험성평가에 대한 실험적 방법을 제시하였다.

국외에서는 회분식 반응공정뿐만 아니라, 반회분식 반응공정에 대한 열적 위험성평가연구가 수행되고 있으며, 이를 활용한 반응물의 공급 속도에 대한 최적화 및 Kinetic에 대한 연구가 시도되고 있다. 또한 열적 위험 특성 분석으로 얻어진 데이터로부터 폭주반응의 위험도(criticality classes)를 구분하여 화학사고 예방 대책 수립에 활용하는 등 국내의 연구보다 다양하게 이루어지고 있다. 최근에는 반응열량계(RC)를 이용한 공정의 안전성을 고려한 최적화 방법에 대한 연구가 시도되고 있으나 국내에서 열량계를 이용한 반응 공정의 열적 특성을 고려한 최적화 방법에 관한 연구 수행이 이루어지지 않고 있다.

본 연구는 반회분식 반응공정에서 열적 위험 특성 및 생산성을 고려한 공정운전 조건 최적화 방법을 제시하기 위해 n-Butyl propionate를 합성하는 반회분식 공정을 연구 대상 공정으로 선정하였다. n-Butyl propionate는 식품, 화장품 및 제약산업에 필요한 중간물질로 많이 사용되고 있다. 반응물질은 Propionic



정밀화학공업에서는 주로 회분식 공정과 반회분식 공정에서 반응이 이루어진다.

anhydride와 1-Butanol로서 열량계의 일종인 Multimax reactor system을 사용하여 반응온도, 공급 시간(feed time) 등 반응인자에 따른 최대 열방출 속도와 열 전환율 등의 열적 특성을 고찰하였다. 또한 반응 열량계(reaction calorimeter)와 가속속도열량계(accelerating rate calorimeter)를 이용하여 열적 특성의 확인과 반응 생성물에 대한 분해반응 위험성도 분석하였다. 이들 연구결과로부터 반회분식 공정에서 발열반응과 연계된 열적 위험성을 평가하여 공정의 안전성을 확보하기 위한 최적화 방법을 제시하고자 한다.

폭주반응(Runaway reaction)과 냉각 실패 시나리오

만약 냉각속도(cooling power)가 반응에 의한 열방출 속도보다 낮다면, 반응기 내의 온도는 상승할 것이다. 온도가 높을수록 반응 속도는 더 빨라지므로 열방출 속도는 증가할 것이다. 온도의 증가에 따라 반응에 의한 열방출 속도는 지수적으로 증가하지만 반응기의 냉각용량(cooling capacity)은 직선적으로 증가하기 때문에 냉각용량은 충분하지 않게 되어 반응기 내의 온도는 상승하게 된다. 따라서 폭주반응(runaway reaction) 또는

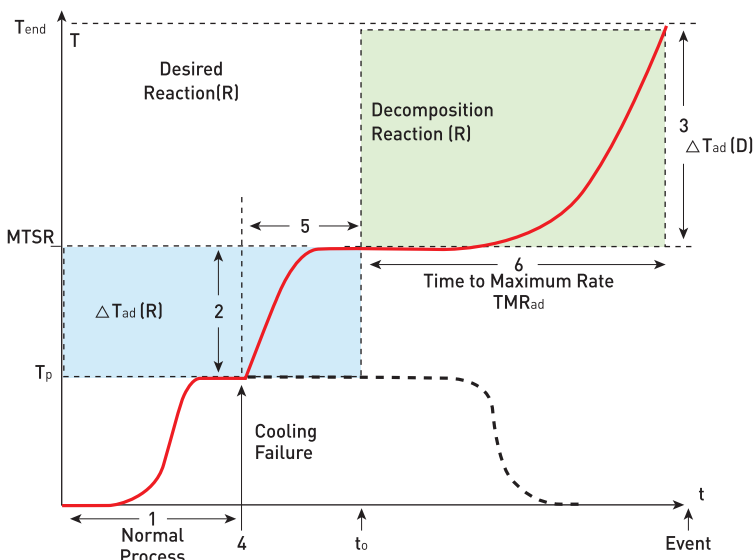
열적 폭발(thermal explosion)이 발생하게 된다. 다시 말하면, 발열반응이 일어나는 반응기에서 냉각 실패로 인해 반응 속도가 급격히 증대되어 용기 내부의 온도 및 압력이 비정상적으로 상승하는 이상반응을 말한다.

열적 위험성평가에서 최악의 시나리오는 반응기의 냉각 실패이고 반응물질이 단일 상태에 따르게 된다. 일반적인 절차는, 반응기에 반응물을 실온에서 충전하여 일정한 교반 속도 하에서 반응온도까지 가열하고 일정한 액위(liquid level)를 유지하면서 일정 반응시간 동안 반응시켜 반응물(제품)의 수율이 최적화되면 반응이 완료된 후 반응기를 냉각시키고 반응물을 빼낸다.

[그림 1]에서와 같이 반응기가 반응온도 T_p 에서 냉각 실패가 일어난다고 가정하자(Point 4). 만약 냉각 실패 순간에서 반응기 내에 미 반응물질이 존재한다면, 미 반응물질의 반응에 의하여 반응기 내의 온도는 상승하게 될 것이다. 냉각 실패에 따른 반응기 내의 온도 상승은 미 반응물질의 양에 의하여 결정되며, *MTSR*(Maximum Temperature of Synthesis Reaction)이라 불리는 온도 수준까지 상승하게 된다. 이 온도에서 2차 분해반응이 개시되고, 분해반응에 의해 생성된 열은 더 높은 온도 상승을 가져와 최종온도(T_{end})에 도달하게 된다.

화학반응 공정의 열적 위험성평가를 위해 필요한 데이터 결정을 위한 가이드를 제공하기 위한 폭주반응의 냉각 실패 시나리오를 전개하는 데 필요한 6가지 요소는 다음과 같다.

- 공정온도를 냉각시스템에 의해 제어할 수 있는가?
- 요구되는 반응의 폭주 후 몇 도까지 도달할 수 있는가?
- 2차 반응의 폭주 후 몇 도까지 도달할 수 있는가?
- 냉각 실패가 순간적으로 어떤 최악의 결과를 가지는가?
- 요구되는 반응의 폭주는 얼마나 빠른가?



[그림 1] 냉각 실패 시나리오의 경우 시간에 따른 온도의 변화

- MTSR에서 시작된 분해의 폭주가 얼마나 빠른가?

폭주반응의 피해 강도(Severity)와 가능성(Probability)

일반적으로 ‘위험(risk)은 사고의 피해강도(severity)와 가능성(probability)과의 곱으로 정의’되므로, 위험성평가(risk assessment)를 위해서는 가능성과 피해강도의 평가가 필요하다. 화학반응 공정에서 열적 위험은 공정조건 실패로 인한 폭주반응이다. 그러므로 해당 반응공정에 대한 폭주반응의 피해강도와 발생 가능성에 대한 이해가 필요하다.

폭주반응의 피해강도는 단열온도 상승(ΔT_{ad})을 활용하여 <표 1>과 같이 세 개 또는 네 개의 레벨로 구분된다. 단열온도 상승이 클수록 냉각 실패 시 반응기의 온도 상승 속도는 빨라진다. 특히 200K 이상의 단열온도 상승에서는 냉각 실패 시 반응기의 온도 상승은 매우 급격히 일어나며, 50K 이하의 단열온도 상승에서는 반응기 내에 열적 폭발(thermal explosion)은 발생하지 않아 압력 상승에 의한 위험이 존재하지 않는다면 사고의 피해강도는 낮다고 할 수 있다.

폭주반응의 가능성(probability)은 시간-스케일(time-scale)로 표현되는 TMR_{ad} (Time to Maximum rate under adiabatic conditions)의 개념을 활용하여 <

〈표 1〉 사고 피해강도에 대한 평가기준			
사고의 피해강도 정도		ΔT_{ad} (K)	Q'크기의 순서 (kJ/kg)
높음	매우 심각(완전 파괴)	> 400	> 800
	심각	200~400	400~800
중간	보통	50~100	100~400
낮음	무시	50<	> 100

〈표 2〉 사고의 가능성을 위한 평가기준		
단순화된 단계	확장된 단계	TMR_{ad} (h)
높음	자주	< 1
	있을 것 같은(probable)	1~8
중간	때때로	8~24
낮음	가끔	24~50
	희박함	50~100
	거의 가능성이 없음	> 100

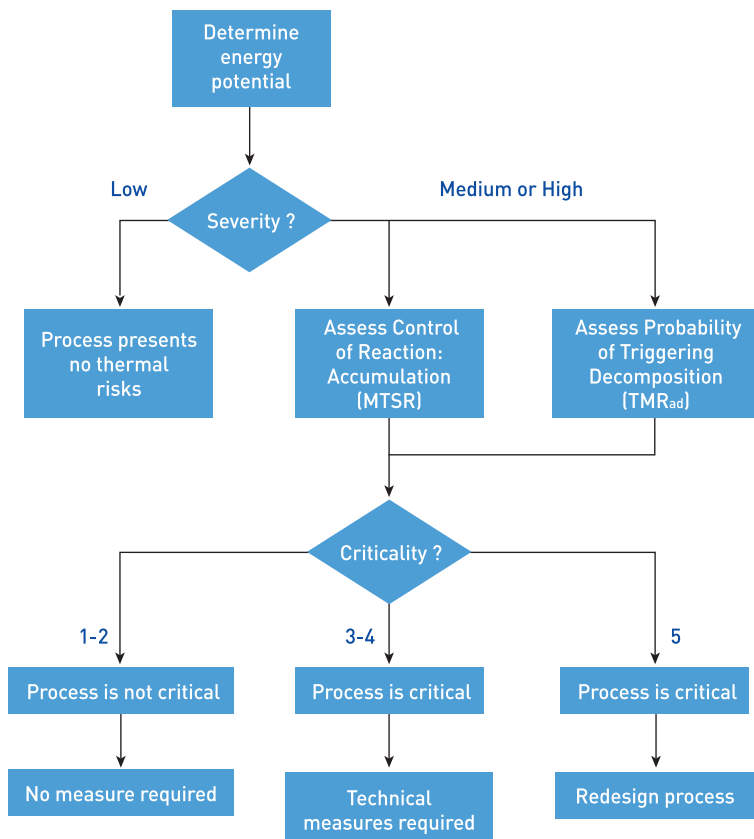
표 2>와 같이 세 개 또는 여섯 개의 레벨로 평가될 수 있다. 만약 반응기의 냉각 실패 후 2차 분해반응으로 인한 매우 빠른 폭주가 일어나기 전에 충분한 시간이 있어 비상조치를 취할 수 있다면 폭주반응의 가능성은 낮을 것이다. 일반적으로 상업적 규모(industrial scale)의 화학반응 공정에서 TMR_{ad} 가 24시간보다 길면 폭주반응의 가능성은 낮다고 할 수 있으며, 8시간보다 짧으면 폭주반응의 가능성은 높다고 할 수 있다.

열적 위험성평가 절차

반응기의 냉각 실패 시나리오에 대해 기술된 6개 요소에 대한 질문은 화학반응 공정의 열적 위험성평가와 확인을 도와준다. 그 첫 번째 단계는 평가의 기초로 활용되고 이해가 쉽게 되도록 냉각 실패 시나리오를 결정하는 것이다. [그림 2]에서 제안된 절차는 사고의 피해강도와 가능성을 분리하여 경제적인 측면을 고려해서 제안한 내용이다. 두 번째 단계는 위험을 감소시키기 위한 조치(measures)의 설계(design)와 선택에 도움을 줄 수 있도록 위험도 등급을 결정하는 것이다.

반응 공정물질의 열적 안정성평가는 반응 전후나 반응 중에 수행되는 반응물질에 대한 DSC 실험으로부터 얻을 수 있으며, 이 과정에서 반응물질의 양이 감소하게 된다. 만일 단열온도 상승이 50K보다 낮을 경우 에너지 퍼텐셜이 중요하지 않다면 과압의 영향은 없으나, 높은 에너지 퍼텐셜을 가진다면 1차 반응이나 2차 반응에서 얼마만큼의 과압이 발생하는지를 알아야 한다. 또한 에너지 퍼텐셜이 원하는 반응(1차 반응)에서 발생된다면 열의 방출 속도, 냉각용량, 축적량과 같은 MTSR에 관련된 모든 요소가 검토되어야 한다.

만일 에너지 퍼텐셜이 2차 반응에서 생긴다면 MTSR에서 TMR_{ad} 을 결정하기 위한 속도론에 대한 검토가 있어야 하며, 최악의 경우에 대한 평가결과를 수용할 수 없다면 1차 반응이 진행되는 동안 반응물의 축적량은 반응열량계에 의해서 계산하여 MTSR을 결정한다. 그리고 반응제어로부터 생기는 문제인 최대

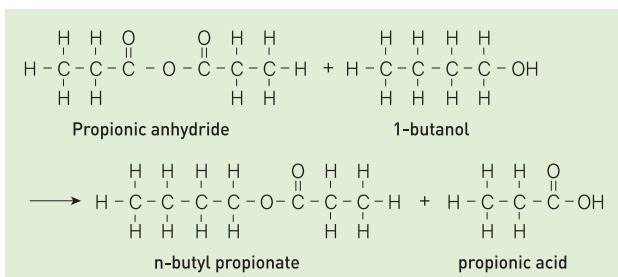


[그림 2] Criticality index를 사용한 열적 위험성평가 절차

열방출 속도는 반응기의 냉각용량과 비교해야 하며, TMR_{ad} 은 2차 반응의 속도론에서 온도의 함수로서 결정할 수 있다. 이는 TMR_{ad} 이 24시간(T_{D24})에서 온도의 결정에 해당된다.

사례연구

화학반응 공정의 열적 위험 특성을 고려한 공정안전조



[그림 3] n-butyl propionate 합성반응식

건 최적화 방법을 도출하기 위해 선정한 공정은 n-butyl propionate를 제조하기 위한 합성반응 공정이다. n-butyl propionate는 식품, 화장품 및 제약산업에서 광범위하게 사용되며, 이는 반회분식 공정에서 propionic anhydride와 1-butanol가 에스테르화 반응을 통하여 얻어진다. n-butyl propionate 합성반응식은 [그림 3]과 같다.

n-butyl propionate 제조 공정은 다음과 같은 방법으로 진행된다. 먼저, 상온에서 Propionic anhydride를 반응기에 일정량 투입한 후 일정 교반 속도를 유지하면서 반응온도 70~100℃까지 승온시킨다. 승온된 반응온도에서 1-Butanol을 원하는 공급시간 동안 반응기 내로 투입하면서 반응을 진행시킨다. 이후 반응이 완료될 때까지 반응온도를 유지시켜 준다.

실험

실험에서 사용된 반응원료 물질인 propionic anhydride와 1-butanol의 제조사는 Sigma-Aldrich이며, 순도 97% 이상의 시약을 사용하였다. 이들 반응물질의 물리화학적 특성을 <표 3>에 나타내었다.

반응인자에 따른 열적 특성실험은 스위스 Mettler Toledo사에서 제작한 소형 반응열량계의 일종인 MutiMax reactor system을 사용하였다. 반응기에 투입되는 총 질량이 40.8g(약 44mL)이 되도록 반응원료 물질인 propionic anhydride를 26g(약 26mL) 계량하여 유리 반응기에 투입하고, pitched paddle type 교반기로 600rpm의 속도로 교반을 실시하며, 반응온도 70, 80, 90, 100℃까지 승온을 실시하였다.

2차 분해반응 위험성평가실험에 사용된 가속속도열량계(ARC)는 단열열량계로 영국의 THT사에서 제작한

최대열방출 속도는 반응 공정의 냉각시스템이 반응열을 제어할 수 있는지의 여부를 확인할 수 있는 중요한 정보이며, 열축적률은 반응기의 냉각 실패 시 반응기 내에 존재하는 미 반응물질에 의하여 반응기의 온도가 얼마까지 상승할 수 있는지를 계산할 수 있는 정보이다. 따라서 반응온도, 반응물의 공급시간 등의 운전조건 변화에 따라 반응기의 열적 거동이 어떻게 변화하는지를 확인함으로써 비정상운전조건 상황에서 반응기에 어떠한 열적 위험성이 존재하는지 예측할 수 있으며, 이에 따른 화학반응공정에서의 열적 위험성을 고려한 최적화된 공정운전조건을 제시할 수 있다.

실험장치이며, 반응 생성물의 열안정성을 알아보기 위한 실험이다. Hastelloy 재질의 bomb에 5.51g의 시료를 투입한 후 90~400℃의 온도 범위, Heat-Wait-Seek의 운전 모드, 0.02℃/min의 발열 Detection sensitivity, 5℃의 Heat step temperature로 가속속도

열량계(ARC)를 설정하여 2차 분해반응 위험성평가를 실시하였다.

공정운전조건 최적화에 대한 Scale-up 영향을 살펴 보기 위해 실험에 사용된 반응열량계(RC)는 스위스 Mettler Tolloed 사에서 제작한 실험장치로 반응기에 투입되는 총 질량이 1,150g이 되도록 반응 원료물질인 propionic anhydride를 약 685g 계량하여 유리 반응기에 투입하고, anchor type 교반기로 150rpm의 속도로 교반을 실시하며, 반응온도 90℃까지 승온을 실시한다. 반응물인 1-butanol을 원료 투입시스템을 이용하여 반응기 내로 각각 120, 150, 180분 동안 투입하면서 반응을 진행시켰다. 1-butanol 투입이 완료되면 반응이 완료되어 반응기 내의 온도와 자켓의 온도 차인 ($T - T_j$)의 변화가 없을 때까지 waiting을 실시한 후 실험을 종료하였다.

화학반응 공정의 열적 특성을 고려한 공정 운전조건 검토

〈표 3〉 반응물질의 물리화학적 특성

구분	Cas No.	성상	끓는 점 (°C)	폭발한계 (%)	증기밀도	분자량
Propionic anhydride	71-36-3	액체	167	1.3-9.5	4.5	130
1-butanol	123-62-6	액체	117	1.4~11.3	2.6	74

화학반응 공정에서 반응인자에 따른 열적 특성은 공정의 운전조건인 반응온도(reaction temperature), 반응물의 공급시간(feed time), 교반 속도(agitation speed), 용매(solvent) 및 촉매(catalyst) 농도 등의 변화에 따라



정밀화학 공정은 다양한 화학물질을 물리·화학적 조작(operation)을 거쳐 우리 생활에 유용한 제품이나 원료를 얻는다.



화학반응에 의하여 생성되는 열(반응열)의 흐름(heat flow), 총 반응열(heat of reaction), 최대열방출 속도(maximum heat release rate), 최대열축적률(maximum thermal accumulation) 등을 측정하여 얻을 수 있다. 측정된 반응인자별 열적 특성은 반응기의 냉각용량 및 반응 생성물의 열 안정성 등과 비교함으로써 공정운전조건에 따른 열적 위험성평가에 활용할 수 있다.

특히, 열적 특성자료에서 고려되어야 할 항목은 최대 열방출 속도(maximum heat release rate)와 반응물의 공급시간 및 열적 전환율(thermal conversion)에서 계산되는 열축적률(thermal accumulation)이다. 최대열방출 속도는 반응 공정의 냉각시스템이 반응열을 제어할 수 있는지의 여부를 확인할 수 있는 중요한 정보이며, 열축적률은 반응기의 냉각 실패 시 반응기 내에 존재하는 미 반응물질에 의하여 반응기의 온도가 얼마까지 상승할 수 있는지를 계산할 수 있는 정보이다. 따라서 반응온도, 반응물의 공급시간 등의 운전조건 변화에 따라 반응기의 열적 거동이 어떻게 변화하는지를 확인함으로써 비정상운전조건 상황에서 반응기에 어떠한 열적 위험성이 존재하는지 예측할 수 있으며, 이에 따른 화학반응 공정에서의 열적 위험성을 고려한 최적화된

공정운전조건을 제시할 수 있다.

반회분식 화학반응 공정에서의 중요 반응인자는 반응온도와 반응물의 공급시간이며, 이 두 가지 반응인자의 변화에 따른 열적 특성을 이용하여 반회분식 화학반응 공정에서 냉각 실패 시 폭주반응을 배제하고 반응의 사이클 타임(cycle time)을 최소로 하는 최적의 공정운전조건을 제시할 수 있다.

본 연구에서는 반회분식 반응 공정으로 수행되는 n-butyl propionate 합성반응(propionic anhydride + 1-butanol)에 대한 반응인자인 반응온도와 반응물의 공급시간의 공정운전 조건 변화에 따른 열적 특성과 반응 생성물의 열 안정성을 조사하여 열적 위험성 및 반응 사이클 타임(cycle time)을 고려한 최적의 공정운전조건을 제시하고자 하였다.

공정운전조건 최적화 방법

반회분식 공정에서 n-butyl propionate 합성반응을 중심으로 앞에서 고찰한 내용을 토대로 열적 위험 특성과 생산성을 고려한 공정조건의 최적화 방법을 제시하면 다음과 같다.

- 반응열량계 등을 이용하여 main reaction에 대한



사고예방을 위해 국내에서 수행된 화학반응 공정의 폭주반응 위험성평가연구는 회분식 반응공정에서 열적 위험성평가와 안전 대책 제시 연구 위주였다.

potential energy인 반응열과 반응 혼합물의 비열을 측정한다.

- 측정된 반응열과 비열을 이용하여 단열온도 상승(ΔT_{ad})을 계산한다.

$$\Delta T_{ad, rx} = \frac{Q'}{C_P'}$$

- 가속속도열량계(ARC) 등의 단열열량계를 이용하여 반응 생성물에 대한 열안정성 측정으로 얻을 수 있는 온도(T)와 TMR_{ad}(time to maximum rate under adiabatic conditions)의 관계로부터 TD₈과 TD₂₄을 산출한다.
- 현장에서 사용되는 실제 반응기의 냉각용량과 당해 반응 공정에서 기술적으로 허용할 수 있는 온도 MTT(maximum temperature for technical reasons)를 산정한다.
- 반응열량계 등을 이용하여 합성반응이 진행될 수 있는 온도 범위의 각 반응온도에서 반응물의 공급시간(feed time)을 일정한 간격으로 변경하면서 합성반응실험을 수행한 후 각 실험조건에서의 반응열, 시간에 따른 열 흐름(heat flow), 최대열방출 속도, 최대열축적률 등의 열적 특성을 산출한다.
- 측정된 반응열 강도 또는 반응 생성물의 정량 분석을 통하여 원하는 반응이 진행되었는지 확인한다.
- 각 실험조건에서 측정된 열적 특성 중에서 최대열축적률을 이용하여 MTSR(maximum temperature of synthesis reaction)을 산출한다.

$$MTSR = T_p + X_{ac} \cdot \Delta T_{ad, rx}$$

- 반응온도(T_p), MTSR, TD, MTT의 온도 레벨에 따른 열적 위험성에 대한 임계성 등급(criticality class)을 평가하여 임계성 등급이 1·2등급이고 최대열방출 속도가 반응기의 냉각용량을 초과하지 않는 실험조건을 선정한다.
- 앞 항목에 의하여 선정된 실험조건 내에서 각 반응온도에서의 열적 위험성을 고려한 최적의 공정운전

조건을 선정한다.

- 각 반응온도에서의 열적 위험성을 고려한 최적의 공정운전조건으로 수행된 실험에서 얻은 열적 전환율 등을 이용하여 원하는 반응 전환율에 도달하는 시간이 가장 짧은 운전조건을 당해 반응 공정에서의 열적 위험성 및 생산성을 고려한 최적의 공정운전조건으로 결정한다.
- 선정된 최적의 공정운전조건에 대한 scale-up 영향을 검토한다. 🌸

참고문헌

- 이근원 등(2007), 화분식 반응공정의 반응인자 및 열 거동 평가-시멘트 혼화제 제조 시 에스테르화 반응 공정을 중심으로, 연구원 2007-87-995, 안전보건공단 산업안전보건연구원.
- 이근원 등(2008), 화분식 공정에서의 발열반응에 의한 열적·반응 안전성 평가-페놀수지 공정에 대하여, 연구원 2008-131-1458, 안전보건공단 산업안전보건연구원.
- 이근원 등(2009), 열량계를 이용한 화학제품 제조업의 폭주반응 위험성평가-비닐아세테이트 중합 공정을 중심으로, 연구원 2009-99-1309, 안전보건공단 산업안전보건연구원.
- 이근원 등(2010), 화학반응 공정에서 열적 위험성평가 기술 개발-아민화 반응 공정의 사례연구를 중심으로, 2010-연구원-1037, 안전보건공단 산업안전보건연구원.
- 이근원, 한인수(2011), 비닐아세테이트 중합 공정에서 폭주반응 위험성평가, 한국안전학회지, 제26권 5호, pp.46-53.
- 한인수, 이근원, 이주엽(2012), Methylothioisocyanate 합성반응 공정의 열적 위험 특성, 한국안전학회지, 제27권 5호, pp.77-87.
- Francis Stoessel(2008), Thermal safety of chemical processes, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
- David J. am Ende et al.(1998), "A calorimetric investigation to safety scale-up a Curtius rearrangement of acryloyl azide", Organic Process Research & Development, Vol. 2, No. 6, pp. 382-392.
- B.A.A. van Woezik et al.(2001), "Runaway behavior and thermally safe operation of multiple liquid-liquid reactions in the semi-batch reactor The nitric acid oxidation of 2-octanol", Chemical Engineering and Processing, Vol. 41, pp. 59-57.
- K.R. Westerterp et. al.(2006), "Safety and Runaway prevention in batch and semibatch reactors-A Review", Chemical Engineering and Design, Vol. 84(A7), pp. 543-552.
- Francis Stoessel (2009), "Planning protection measure against runaway reactions using criticality classes", Process Safety and Environmental Protection, Vol. 87, pp. 105-112.

화학설비의 휴먼에러 사고 방지를 위한 인적 요인관리

대다수의 산업재해는 휴먼에러, 즉 인간의 실수로부터 출발한다. 이는 화학산업에서의 중대산업사고에 대해서도 마찬가지다. 1996년부터 국내에서 시행중인 공정안전관리제도는 인적 요인에 대해 심도 있게 다루고 있지 않지만, 미국이나 영국처럼 인적 요인들에 대한 평가를 제도 내에 보다 구체적이고 체계적으로 반영할 필요가 있다. 본고에서는 화학설비의 휴먼에러 분류 체계와 중대산업사고에 대한 휴먼에러 분석결과를 소개한 뒤, 국내·외 공정안전관리이행상태평가제도상의 인적 요인 반영 실태를 비교하고, 휴먼에러 사고 방지를 위한 작업자, 설비, 관리, 환경 등 시스템 전반의 개선활동평가기준을 제시한다.



박정철 교수
한국교통대학교 안전공학과

여는 말

다수의 재해에 대한 근본 원인을 분석한 결과에 따르면, 적게는 50%에서 많게는 99%의 산업재해가 인간의 실수로부터 출발(Bridges and Tew, 2010)하며, 이는 화학설비산업에서도 예외가 아니다. 미국 화학공정안전센터(CCPS; Center for Chemical Process Safety)에 따르면 취약한 안전보건경영시스템으로부터 휴먼에러가 생기고, 휴먼에러는 곧 사고의 원인이 된다. 국내에서도 최근에 화학설비가 대규모화·복잡화하면서 작업자의 휴먼에러로 인한 사고 발생 위험성이 증가하고 있으며, 산업재해통계상으로도 화학설비에서의 화재폭발 등 중대산업사고의 원인은 휴먼에러가 큰 비중을 차지하고 있다.

1996년부터 시행중인 공정안전관리(PSM; Process

Safety Management)제도는 인적 요인에 대해서는 심도 있게 다루고 있지 않으며, 인간공학적 관점에서의 접근이 제대로 이루어지지 못하고 있다. 그러나 휴먼에러가 대부분의 중대산업사고의 근본적인 원인인 만큼 PSM제도의 궁극적 목적에 부합하기 위해서는 휴먼에러의 발생에 영향을 미치는 인적 요인들에 대한 평가를 제도 내에 보다 구체적이고 체계적으로 반영할 필요가 있다.

본고에서는 국내·외의 화학설비사고 중 휴먼에러로 인한 사고 분석을 통해 화학설비의 휴먼에러 특성과 발생 가능성을 분석하고, 화학설비의 휴먼에러에 영향을 미치는 인적 요인에 대해 살펴본다. 또한 휴먼에러 사고를 방지하기 위한 작업자, 설비, 관리, 환경 등 시스템 전반에 대한 개선활동을 평가할 수 있는 기준과 방법을 마련하여 공정안전보고서 이행상태평가에 인적 요인의 체계적 반영 방안을 제시하고자 한다.

화학설비의 휴먼에러 분류 체계

휴먼에러는 작업자의 행동 차원에서 분류할 수도 있으며, 인간의 정보 처리 과정에서 에러의 원인이 어느 단계에 있었는지, 시스템의 수명 주기 중 어느 단계에서 생긴 에러인지, 에러가 초래한 결과가 어떠한 것이었는지 등 다양한 기준에 따라 분류할 수 있다.

국내 화학설비를 위해 개발된 휴먼에러의 분류 체계를 요약하면 <표 1>과 같다. 이 분류 체계는 휴먼에러의 범위를 규정(직접적·간접적 분류)하며, 휴먼에러를 외재적인 측면(행태적 분류)과 내재적인 측면(원인적 분류)에서 설명할 수 있는 틀을 제공한다. 개발된 분류 체계를 사용해 화학설비에서 발생한 휴먼에러 산업사고를 분석함으로써 특정 분류의 휴먼에러가 얼마나 자주 발생하였는지 살펴볼 수 있으며, 이를 통해 화학설비에서 사고의 원인이 되는 휴먼에러의 특성을 파악할 수 있다.

〈표 1〉 휴먼에러 분류 체계		
분류기준	대분류	소분류
직접적·간접적 분류	직접적 휴먼에러 (active human error)	현장 수준(operational level)
	간접적 휴먼에러 (latent human error)	현장 수준(operational level) 관리 수준(management level)
행태적 분류	행동 (action)	불완전(incomplete) 부적절(inappropriate) 불이행(missed)
		불완전(incomplete) 부적절(inappropriate) 불이행(missed)
		불완전(incomplete) 부적절(inappropriate) 불이행(missed)
	확인 (checking)	행동 실수(slip) 기억 실수(lapse)
		규칙기반착오(rule-based mistake) 지식기반착오(knowledge-based mistake)
		일상적 위반(routine violation) 상황적 위반(situational violation) 예외적 위반(exceptional violation)
원인적 분류	실수 (slip and lapse)	
	착오 (mistake)	
	위반 (violation)	

국내 화학설비의 중대산업사고 휴먼에러 분석

국내의 PSM 대상 사업장은 2012년 현재 1,031개이며, 중대산업사고 사례 데이터베이스(DB)의 사고형태 분류에 따르면, 이들 사업체에서 발생한 중대산업사고는 화

재 37%, 누출 14%, 폭발 49%였다. 이런 형태의 사고들 중에서 휴먼에러에 의해 발생한 사고의 유무와 휴먼에러의 형태를 분석하였다. 1997년도부터 2001년도까지 국내에서 발생한 총 34건의 중대산업사고에 대해 안전보건공단에서 발행한 중대산업사고사례집을 통해 분석하였으며, 2002년도부터 2011년도까지 PSM 대상 사업장에서 발생한 51건의 중대산업사고에 대해 안전보건공단의 사고조사보고서를 통해 분석하였다.

중대산업사고에 대한 휴먼에러 분석은 앞에서 제시된 세 가지 분류 체계, 즉 직접적·간접적 휴먼에러 분류 체계, 행태적 분류 체계 그리고 원인적 분류 체계에 의해서 분석되었다. 각 사고별로 사고 발생의 주요 원인을 기술하고, 각각의 원인이 어떠한 휴먼에러인지 분석하였다. 하나의 사고는 반드시 단일한 휴먼에러에 의해 유발되지는 않는다. 즉, 하나의 사고에 여러 종류의 휴먼에러가 관련될 수 있다. 따라서 본 연구도 분석 대상사고 사례는 85건이었으나, 휴먼에러의 수는 총 177건이었다.

직접적·간접적 휴먼에러 분류 체계에 따라 분류된 휴먼에러는 관리 수준의 간접적 휴먼에러(100건), 즉 관리 감독 측면의 에러가 가장 높은 빈도를 보였다. 다음으로 빈도가 높은 에러는 작업장에서 작업자의 직접적인 실수를 뜻하는 현장 수준의 직접적 휴먼에러(63건)였으며, 그 다음이 현장 수준의 간접적 휴먼에러(14건)였다.

행태적 분류 체계에 따른 휴먼에러 분류결과는 작업자 행동 과정에서의 에러(78%)가 확인 과정에서의 에러(22%)보다 높게 나타났다. 행동 과정에서의 에러를 다시 분류하면, 부적절한 행동(33%, 행동은 했지만 규정에 맞지 않는 행동), 불완전한 행동(28%, 규정에 따라 행동은 했지만 불완전하게 행동), 행동 불이행(39%, 행동을 하지 않음)이 비슷한 빈도를 보였다. 확인 과정에서의 에러는 부적절한 확인(6%), 불완전한 확인(6%), 확인 불이행(88%) 중에서 확인 불이행이 현저하게 높게 나타났다.

원인적 분류 체계에 따른 분석 과정에서 사고조사보고서나 사례집에 기술된 내용만으로는 휴먼에러의 원인을 파악할 수 없는 에러가 69%에 달했다. 이는 일차적으로 국내의 사고분석보고서 작성자들이 아직 휴먼에러에 대

한 고려를 많이 하지 않고 있기 때문으로 판단된다. 또한 휴먼에러의 당사자들이 그들의 에러를 인정했을 때 받을 수 있는 불이익 때문에 시인하기를 꺼리는 경향이 있는 것도 사고조사보고서 상에 휴먼에러가 명확히 드러나기 어려운 이유의 하나인 것으로 추측된다.

분석된 휴먼에러의 원인은 착오(13%, 의도가 잘못되어서 행동이 잘못된 경우)와 실수(13%, 의도는 올바른 것이었지만 의도와 다르게 작업을 수행하게 된 경우)가 같은 빈도로 높게 나타났으며, 위반(6%, 방법이나 절차를 알고 있으면서도 이를 지키지 않는 행위)은 적게 나타났다. 한편, 소분류를 적용한 세부 분석에서 착오는 대부분 규칙 착오(90%), 즉 간단한 규칙(If-then 행동)을 잘못 알고 있거나 잘못 적용함으로써 생기는 오류였다. 위반은 일상적 위반, 상황적 위반, 예외적 위반이 골고루 나타났으나, 일상적 위반과 상황적 위반이 예외적 위반에 비해 많은 것으로 나타났다. 실수의 경우 행동 실수와 기억 실수가 비슷한 빈도로 나타났다.

휴먼에러 관련 인적 요인과 수행영향인자(PSF)

수행영향인자(PSF; Performance Shaping Factors)는 '작업을 수행하는 인간의 능력에 영향을 주는 모든 요소'로 정의될 수 있다. 어떤 요인이 '인간의 작업 수행 능력에 영향을 준다'는 것은, 다른 말로 '인간 오류를 유발시킬 수 있다'는 개념과 일치하기 때문에 인간 신뢰성 평가 기법에서 수행영향인자라는 용어를 그대로 차용하여 사용하고 있다. PSF는 Swain & Guttman(1983)에 의하여 처음으로 구체화하였으며 체계적으로 분류되었다. Gertman & Blackman(1994)은 작업 수행의 성공 여부에 영향을 주는 요인들과 그들의 적합성 여부를 평가할 수 있는 요인으로 구분하고, PSF가 인적 오류의 발생에 중요한 영향을 준다고 주장하였다.

인간의 행위는 일반적으로 많은 요인, 예를 들어 육체적·심리적·생리적·환경적 요인 등에 의하여 영향을 받기 때문에 수행영향인자는 일반적으로 다양한 요인을 포함하게 된다. 그러나 분석하는 방법에 따라 그리고 분

석하는 해당 시스템의 성격에 따라 다르게 설정될 수 있다. <표 2>는 화학설비와 관련된 작업을 위해 도출된 수행영향인자들이다. 여기에는 다양한 인간 신뢰성평가 방법의 인자들이 포함되어 있으며, 많은 인간 신뢰성평가 방법들에는 포함되지 않았던 조직(인간과 인간의 관계)과 관련된 요소인 의사소통과 작업감독 요소 또한 포함되어 있다. 이는 조직과 관련된 요소가 화학설비와 같은 공정산업에서 특히 중요한 요소이기 때문이다.

<표 2> 화학설비의 수행영향인자 및 설명

수행영향인자	설명
작업시간의 충분한 정도	현재 인원 및 업무량 대비 작업시간의 충분한 정도
작업결과에 대한 스트레스	정확한 작업 수행에 대해 느끼는 압박감의 정도
작업의 난이도	작업 자체가 복잡하고 수행하기 어려운 정도
훈련 및 경험 수준	작업자가 작업에 얼마나 익숙한지 정도
작업환경	소음, 진동, 조명, 분진, 온도, 습도 등이 작업에 적합한지 정도
작업 절차서의 완성도	실제 작업과의 일치 정도 및 상세한 정도
설비의 작업하기 편한 정도	디스플레이, 경보, 제어 장치, 도구 등이 작업에 적합하게 설계된 정도
작업자의 신체적·정신적 준비 정도	수면 부족, 음주, 과로, 질병 등으로 인한 작업자의 피로 정도 및 주의력 정도
관리감독의 적절함	작업에 대한 관리감독의 적절한 정도
의사소통의 원활함	부서 내 팀원 간, 타 부서 간, 교대조 간 의사소통의 원활한 정도

공정안전관리 이행상태평가제도상의 인적 요인 반영 실태

우리나라와 미국, 영국의 공정안전관리제도상 인적 요인 평가 수준을 비교 검토한 결과, 미국과 영국에서는 평가 수준에는 다소 차이가 있지만 인적 요인을 필수 항목으로 평가하고 있었다. 우리나라는 위험성평가 시 사업장의 판단에 따라 휴먼에러를 평가할 수 있지만 실질적으로 휴먼에러평가를 규정으로 요구하고 있지는 않고 있다.

미국은 1910.119(e)(3)에서 공정위험 분석 시 사용하는 위험성평가 기법들은 인터페이스, 업무량, 근무계획, 제어실 화면, 계기 및 표시와 관련된 인적 요인을 평가하여야 한다. 영국은 공정안전관리(COMAH)를 위한 일반 의무로서 인적 요인을 다루고 있다. 저위험 사업장의 경우, 미국과 유사한 수준으로 위험성평가 시 Human

HAZOP 등의 인적 요인 위험성평가를 실시하고, 이에 따라 적절한 인적 요인관리 방안을 시행하도록 요구하고 있다. 고위험 사업장은 공정안전보고서(Safety report)를 제출해야 하는데 특히 사전 위험성평가, 방침 및 안전관리시스템, 기술적인 측면 등에서 인적 요인을 평가하고 있다.

국내 화학설비를 위한 인적 요인 관련 개선 활동평가 방안

추후 공정안전보고서 이행상태평가제도에 인적 요인 관련 항목을 포함시켜 화학설비 보유 사업장의 인적 요인 관련 개선활동을 유도할 필요가 있다고 판단된다. 하지만 평가대상 사업장의 부담을 고려하여 객관적이고 기초적인 평가 항목들을 위주로 선별 도입하는 것이 바람직하다고 보인다.

〈표 3〉 휴먼에러 사고 방지활동 평가를 위한 공정안전보고서 이행상태평가의 세부평가 항목	
항목	세부평가 항목
안전경영과 근로자 참여	• 작업자의 피로를 최소화하도록 교대근무 및 연장근무 계획을 수립하였는가? • 현장 작업자가 자신의 실수로 인한 사고 발생 가능성과 그 영향에 대해 잘 알고 있는가? • 필요한 역량을 갖춘 근로자가 필요한 시기에 적절한 인원으 로 근무하고 있는가?
공정사고조사	• 사고조사 시 관리적 원인과 인적 원인에 대해서 파악하고 있 는가?
공정위험성평가	• 위험성평가가 작업자 실수에 관련된 인적 요인에 대한 확인 을 포함하는가? • 위험성평가 시 인적 요인과 관련된 사항들이 충분히 고려되 었는가? • 사고 발생 및 사고 대처 단계에서 생길 수 있는 작업자의 실 수에 대한 분석을 실시하는가? • 작업자의 행동이 어떻게 사고의 발생 및 결과에 영향을 미치 는지 파악하고 있는가? • 작업자의 실수를 파악하고 분석하기 위해 체계적인 절차와 방법을 사용하는가? • 위험성평가에 인적 요인을 검토할 수 있는 분석기법을 활용 하는가? • 위험성평가결과 개선 조치 사항이 인적 요인을 포함하고 있 는가?
안전운전 지침과 절차	• 근로자의 행동이 필요한 활동에 대해 지침과 절차를 보유하고 있는가?
설비의 점검 · 검사 · 보수계획, 유지계획 및 지침	• 설비의 설계 및 구매 시 인간-기계 인터페이스에 대해 고려하 는가?

선진공업국의 공정안전보고서 이행상태평가제도와 국 내 사업장 현황 및 수요조사결과를 바탕으로 개발된 평 가 항목들을 내용의 관련성에 따라 공정안전보고서 평 가 항목으로 분류하면 〈표 3〉과 같다.

맺음말

휴먼에러는 중대산업사고뿐만 아니라 일반 산업재해 에서도 매우 중요한 원인의 하나이다.

현재 국내 사업장들에서는 사고나 아차사고에 대해 휴 먼에러가 원인으로 지목될 경우, 휴먼에러를 범한 작업 자에게 책임이 있다고 생각하는 것이 일반적이다. 그러 나 실상 대부분의 휴먼에러는 작업자 개인의 문제보다는 시스템의 문제, 즉 작업 수행에 영향을 미치는 인자에 대 한 관리 부실이나 부재에 기인하는 것으로 실수를 저지 른 작업자가 아닌 다른 곳에서 해결책을 찾아야 한다. 다 시 말해, 휴먼에러는 사고의 최종적인 원인이 아니라 사 고의 근본적 원인을 밝히는 출발점이 되어야 한다.

휴먼에러의 책임을 작업자에 전가하는 현재의 문화는 사고나 아차사고의 원인으로 휴먼에러가 지목되는 것을 기피하게 하고, 근본 원인을 파악하기 어렵게 만들고 있 다. 이러한 문제의 해결을 위해서는 사업장의 인식을 개 선하기 위한 노력이 우선적으로 필요하다. 🌸

참고문헌

- 안전보건공단, 중대산업사고사례집, 각 연도.
- Bridges, W., Tew, R. Human Factors Elements Missing from Process Safety Management (PSM). American Institute of Chemical Engineers 2010 Spring Meeting, 2010.
- Center for Chemical Process Safety, American Institute for Chemical Engineers. Guidelines for Investigating Chemical Process Incidents, 2003.
- Gertman D.I., Blackman H.S. Human Reliability and Safety Analysis Data Handbook, New York: John Wiley & Sons, INC., 1994.
- OSHA. Process Safety Management, 2000.
- Swain, A.D., Guttman, H.E. Handbook of human-reliability analysis with emphasis on nuclear power plant applications. Final report. NUREG/CR-1278: SAND-80-0200, 1983.

화학물질의 유해성 소통 활성화에 관한 연구

직업병 예방을 위해서는 화학물질 취급 사업장의 유해·위험성 정보 전달이 매우 중요하다. 국외에서는 화학물질의 유해·위험성 정보가 보다 효과적으로 근로자에게 전달되도록 다양한 정보 전달 방법을 연구하고 제도화함으로써 근로자의 알 권리 확보 및 화학물질로 인한 직업병을 예방하고 있다. 반면, 국내에서는 화학물질 정보 구축이나 MSDS 제도 개선과 같이 제도적 신뢰성을 강조하는 연구가 대부분이고, 화학물질 취급에 대한 실행 수준평가와 안전보건교육 효과의 수준을 파악하는 연구가 부족하다. 따라서 국내 화학물질 취급 사업장의 정보 전달 실태를 조사하여 합리적인 화학물질 유해·위험성 정보 전달제도 개선 방안을 마련하는 것이 필요하다.



최재욱 교수
고려대학교 보건대학원
고려대학교 환경의학연구소 소장

서론

현재 4만종 이상의 화학물질이 국내에 유통되고 있고, 매년 400여 종 이상이 새로이 국내시장에 진입되는 등 화학물질의 사용이 꾸준히 증가하고 있다. 또한 화학산업은 다른 분야에 비해 빠르게 성장하여 국내 제조업 생산액의 14%, 고용의 9%를 차지하고 있다(환경부, 2011).

이러한 화학물질의 사용은 환경안전보건의 측면에서 부정적인 영향도 초래하고 있으며, 대표적으로 2011년 일본 후쿠시마 원전 사고에 따른 세슘, 요오드 등과 같은 방사성 물질 노출이나, 반도체 생산 작업장의 화학물질 노출로 인한 직업성질환 발생, 전자제품 제조업체 외국인 근로자에서의 노말렉산 노출 등을 들 수 있다. 이 같은 사례는 생산 공정의 작업자와 관리자, 기업 및 정부, 더 나아가서는 국민에게 있어 혼란과 의혹을 키우게

된 것이 사실이다.

화학물질 노출에 대한 불안감 억제 및 직업병 예방을 위해서는 화학물질의 유해·위험성의 알 권리가 확보되어야 하고 유해·위험성 정보 전달의 중요성을 인식해야 한다(양정선, 2007). 이에 국내에서는 물질안전보건자료(MSDS; Material Safety Data Sheets)제도 도입 이후 MSDS의 작성, 비치 등의 활동에 대한 사업장에서의 인식이 높아지고 있고 사업장에서 관련 규정의 교육은 잘 시행되고 있다. 그러나 화학물질 유해성 정보 전달의 질적 수준을 제고하고 정보 전달을 통한 작업자의 안전보건 실행 수준의 평가 등은 시행되지 않고 있다(김기웅 등, 2011).

화학물질 유해·위험성 정보 전달에 대한 국외 제도를 살펴보면, 미국의 OSHA는 HAZCOM(hazard communication)제도를 통해 유해 화학물질을 취급하는 근로자가 화학물질에 대해 충분히 이해하고 작업에



미국 국립산업안전보건연구원(NIOSH)의 연구에서는 작업장에서의 유해·위험성으로 인해 근로자는 잘못된 위험 인식을 가질 수 있고 불안정한 행동을 할 수 있으며, 이는 안전사고에 중대한 영향을 미치는 것으로 조사되었다.



착수할 수 있도록 제도화하고 있다. 영국의 경우, 컴퓨터 기반의 mmSDS(multimedia Safety Data Sheet)를 개발하여 멀티미디어형 정보 전달 도구를 착안해냈다(Creely, 2003). 이 도구는 단순히 MSDS를 전달하는데 그치지 않고 시각과 청각을 이용한 다양한 교육 프로그램 등을 통하여 최종 사용자의 눈높이에 맞게 개발된 정보 전달 도구로서의 의의를 갖는다.

2008년 미국 국립산업안전보건연구원(NIOSH)의 연구에서는 작업장에서의 유해·위험성으로 인해 근로자는 잘못된 위험 인식을 가질 수 있고 불안정한 행동을 할 수 있으며, 이는 안전사고에 중대한 영향을 미치는 것으로 조사되었다. 이 과정에서 유해성 소통은 유해·위험 인식을 중재하는 역할을 하며, 리스크커뮤니케이션 과정으로 정의하기도 한다(NIOSH, 2008).

이밖에 Fischhoff와 Slovic은 개인의 심리적 특성이 유해·위험 인식에 많은 영향을 주는 것으로 규명하였고, 이들 연구를 기반으로 국외에서는 여러 위해요인에 대한 소비자들의 위해인식연구(Covello, 2011; Finucane et al., 2000)가 진행되어 왔다. 국내에서도 식품의약품과 관련된 위해 위험요소에 대한 인식도조사 및 유해성 소통 전략을 제시하는 연구가 진행된 바 있다(심재철, 2011; 김경희, 2012).

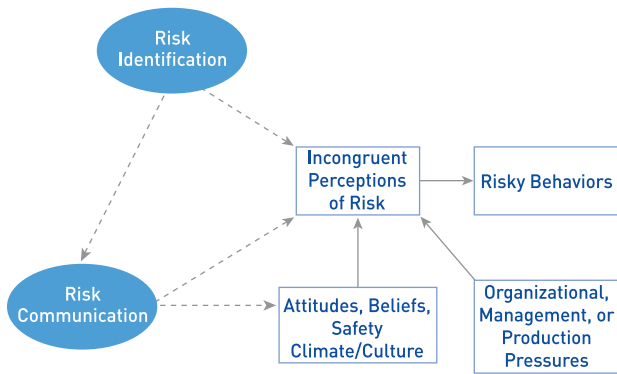
국외의 사례와 비교하였을 때 국내는 화학물질 취급

사업장 내에서의 제도에 대한 실행 수준이 어느 정도이고, 안전보건교육 효과의 수준이 어느 정도인지의 연구가 부족한 편이다. 화학물질 취급에서의 실행 수준과 해당물질에 대한 위험 인식을 고려하는 등의 리스크커뮤니케이션 연구도 미비하다.

따라서 본 연구에서는 국내외 사례를 비교 분석하여 국내 화학물질 유해성 소통에 대한 제도의 개선을 제안하였고, 화학물질 취급 근로자를 대상으로 화학물질의 위험 인식 수준과 안전보건 실행 수준에 영향을 미치는 변수들을 분석함으로써 리스크커뮤니케이션 전략을 제시하였다.

먼저, 국내 제도의 문제점을 파악하기 위하여 고용노동부에서 시행하고 있는 산업안전보건법상 화학물질의 정보 전달 구조가 될 수 있는 규정의 내용을 분석하였다. 그 비교 대상은 미국 OSHA의 HAZCOM, 영국의 HSE CHIP, 유럽의 EU CLP 규정 및 영국의 mmSDS 가이드 등이었다.

실태조사를 위한 본 연구의 모델은 2008년 미국 NIOSH에서 정의한 ‘리스크커뮤니케이션(Risk communication)’ 과정을 적용하였으며[그림 1], 화학물질을 취급하는 관리자 또는 근로자 690명을 대상으로 21가지 유해·위험요소에 대한 위험 인식 수준과 안전보건 실행 수준에 영향을 미치는 변수들을 분석하였다.



[그림 1] 유해성 소통조사를 위한 본 연구의 리스크커뮤니케이션 모델(NIOSH, 2008)

산업안전보건법상의 화학물질 유해성 소통제도의 현황 및 문제점

국외 화학물질 유해성 소통제도에는 참여형, 맞춤형 교육, 양방향 소통의 특징이 있다. 국내 산업안전보건법은 MSDS에 대한 교육내용, 시간, 방법 등을 법적으로 규정하고 있지만, 국외 제도와 비교하였을 때 교육 대상자에 대한 맞춤형 교육과 교육 프로그램 부분에서는 구체적으로 명시되어 있지 않다. 이렇듯 국외는 다양한 교육 프로그램을 제공하며 주기적으로 근로자들의 화학물질에 대한 교육 상황을 체크하고 부족한 부분을 업데이트하는 등 양방향적인 소통을 하고 있다는 점에서 국내의 실정과 다르다고 할 수 있겠다.

우리나라 화학물질 유해성 소통에 관한 실태조사

화학물질 유해성 소통에 관한 실태조사결과를 살펴보면, 21개의 유해·위험물질 중 석면, 황산, 납의 유해·위험 인식이 높았으며, 벤젠, 크롬과 화합물, 노말헥산은 다른 화학물질에 유해·위험 인식이 낮았다<표 2>. 이러한 각 물질별 유해·위험 인식의 차이는 화학물질에 대한 다음 세대 영향, 지식, 정부 규제에 대한 신뢰와 같은 개인의 심리적 특성에서 찾을 수 있었다. 특히 지식 및 정부 규제에 대한 신뢰도가 낮고, 다음 세대 영향도 낮은 화학물질은 벤젠, 자일렌, 크롬과 화합물, 노말헥산, 수산화나트륨이 있었다[그림 2]. 이들 물질은 향후 위험물질 관리에서 안전보건문제나 사회문제의 가능성이 있는 물질들이며, 리스크커뮤니케이션 측면에서 우선적으로 관리해야 할 필요성이 있다.

크롬과 화합물, 납, 노말헥산, 트리클로로에틸렌과 같은 직업병 발생 원인 화학물질에 대한 근로자의 안전보건 실행 수준과 관련 변수와의 경로 분석결과, 조직 내의 안전보건 활동이 작업자의 안전보건 행동에 많은 영향을 주었지만 유해·위험 인식과는 관련이 없었다. 리스크커뮤니케이션은 유해·위험 인식에 직접적인 영향은 없었지만 개인의 심리적 특성 변화를 통해 간접적인 영향을 주었다. 또한 리스크커뮤니케이션은 위험 식별

〈표 1〉 국내의 유해성 정보 전달제도 비교 분석

구분	CHIP	CLP	HAZCOM	mmSDS	국내 산업법
참여형 프로그램	-	-	사업장 내 MSDS 및 라벨의 주기적 업데이트	시청각적 멀티미디어형 교육	교육시간 및 교육내용 기재, 교육 방법 제시되어 있지 않음
맞춤형 프로그램	-	-	다양한 작업 환경을 고려한 현장별 교육지침	부서 맞춤형 프로그램	획일적 방식의 안전보건교육
양방향 커뮤니케이션	-	각각의 이해관계자에게 유해성 전달	HCP 프로그램	학습 경험을 중시하는 방식	사업주와 근로자 간 소통의 장벽 존재
단계적 프로그램	위험물질 분류 및 표지, 상세 라벨링, 입체적 경고 장치	CLP 해당목록물질 작성 위한 단계별 지침	총 4단계 ①유해물질 목록화 ②경고 라벨 신호 ③MSDS 작성 및 제공 ④근로자교육	계층적 구조 기반에 기본 정보를 선형적으로 덧붙인 단계적 방식	
포장 매체	CHIP 라벨링 및 포장 매체방법론	기존 포장지침(DSD)			

〈표 2〉 21가지 유해·위험요소에 대한 위험인식 수준

순위	유해·위험요소*	평균	표준편차
1	석면	6.02	1.29
2	황산	5.93	1.39
3	납	5.68	1.31
4	세슘	5.54	1.50
5	다이옥신	5.46	1.52
6	고열·한랭·다습, 방사선 취급 작업	5.24	1.81
7	톨루엔	5.00	1.39
8	트리클로로에틸렌(TCE)	5.00	1.43
9	밀폐 공간 작업	5.00	1.66
10	비스페놀A	4.94	1.38
11	자일렌	4.85	1.49
12	수산화나트륨	4.84	1.60
13	벤젠	4.78	1.55
14	작업장의 분진·흙	4.77	1.38
15	크롬과 화합물	4.73	1.59
16	살충제	4.71	1.72
17	노말렉산	4.59	1.43
18	담배 / 흡연(간접 흡연 포함)	4.31	1.56
19	생활 속 환경호르몬	4.23	1.52
20	작업장의 소음·진동	4.22	1.31
21	음주	4.02	1.59

* 1점 : 전혀 높지 않음, 7점 : 매우 높음

능력에 많은 영향이 있었으며, 개인의 심리적 특성 변화에도 영향을 주었다. 위험 식별 능력과 개인의 심리적 특성은 유해·위험 인식에 영향을 주었다(그림 3).

화학물질의 사용은 환경안전보건의 측면에서

부정적인 영향도 초래하고 있으며,

대표적으로 2011년 일본 후쿠시마 원전 사고에 따른

세슘, 요오드 등과 같은 방사성 물질 노출이나,

반도체 생산 작업장의 화학물질 노출로 인한

직업성질환 발생, 전자제품 제조업체 외국인 근로자에서의

노말렉산 노출 등을 들 수 있다.

이같은 사례는 생산 공정의 작업자와 관리자,

기업 및 정부, 더 나아가서는 국민에게 있어

혼란과 의혹을 키우게 된 것이 사실이다.

화학물질 노출에 대한 불안감 억제 및

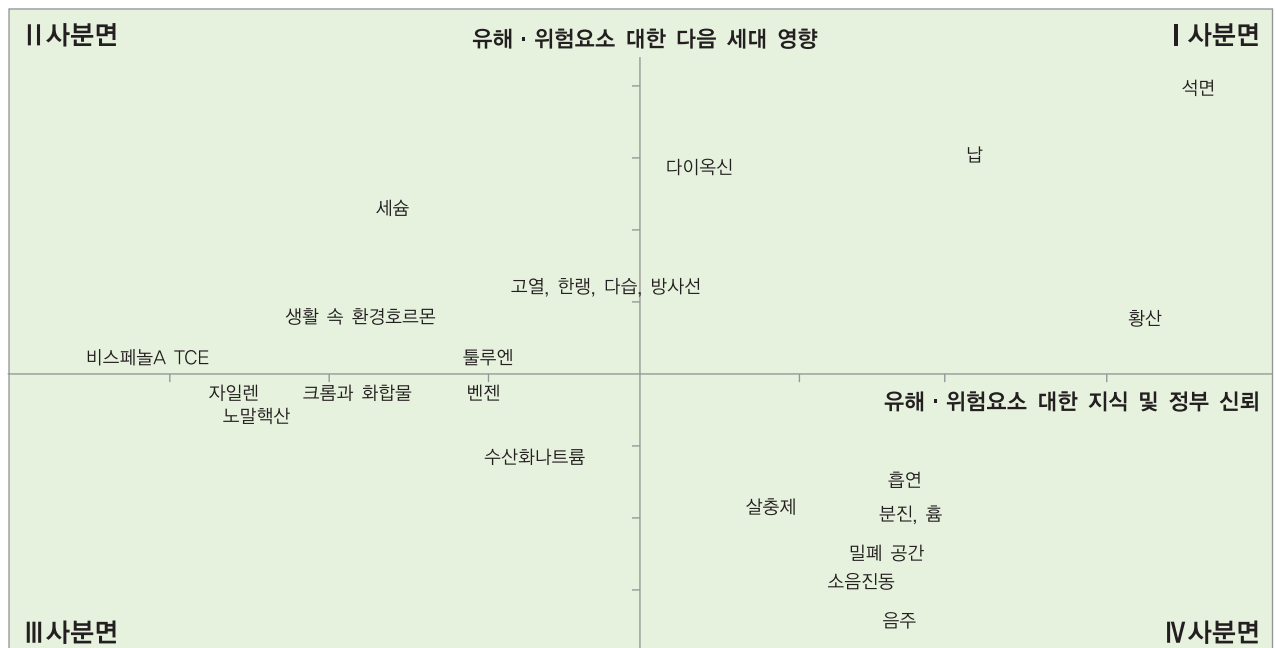
직업병 예방을 위해서는 화학물질의

유해·위험성의 알 권리가 확보되어야 하고

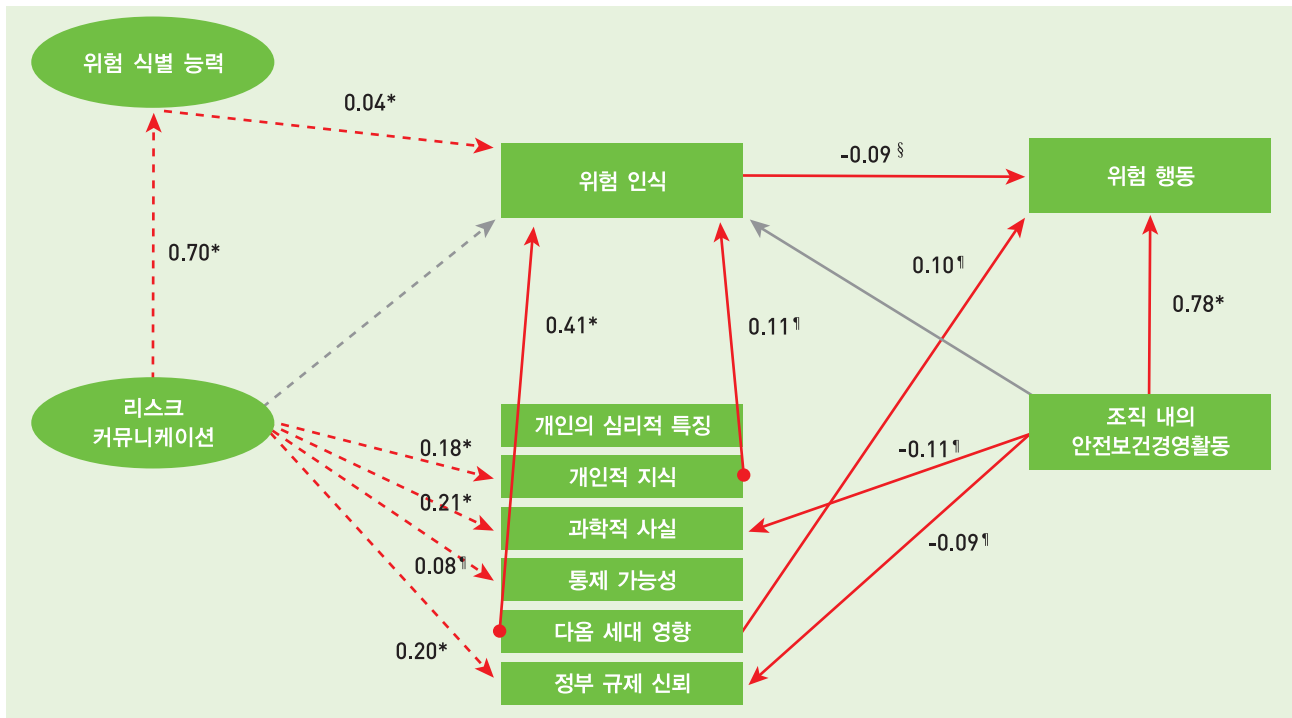
유해·위험성 정보 전달의 중요성을 인식해야 한다

우리나라에서의 화학물질 유해성 소통 활성화 방안 도출 및 마련

화학물질에 대한 국내의 개선이 필요한 사항으로는 첫 번째, 2차 용기의 경고표지 관리 기준에서 ‘위험’ 또는 ‘경고’ 표시 외에 작업자가 읽고 이해할 수 있는 문구나



[그림 2] 21가지 유해·위험요소에 대한 위험인지도 맵



§: $p \leq 0.10$, ¶: $p < 0.05$, *: $p < 0.01$

[그림 3] 안전보건 실행 수준과 관련 변수와의 경로 분석

정보 등의 추가 삽입이 필요하다. 두 번째, 사업장에서 자율적이고 효율적으로 활용할 수 있는 유해·위험 정보 전달 가이드라인의 개발 및 보급이 필요하다. 세 번째, 양방향 소통이 가능한 체험식 교육의 활성화나 시청각자료의 개발 및 보급이 필요하며, ‘유해 화학물질의

존재로 인한 누출 관찰교육’ 등과 같은 화학물질 취급에 특화된 교육내용이 필요하다. 그리고 안전보건교육의 성과를 측정할 수 있는 제도를 도입함으로써 교육 효과 및 신뢰성의 주기적인 판단이 필요하다.

화학물질 취급 시 실행 수준에서의 리스크커뮤니케이



현재 4만종 이상의 화학물질이 국내에 유통되고 있고, 매년 400여 종 이상이 새로이 국내시장에 진입되는 등 화학물질의 사용이 꾸준히 증가하고 있다. 또한 화학산업은 다른 분야에 비해 빠르게 성장하여 국내 제조업 생산액의 14%, 고용의 9%를 차지하고 있다(환경부, 2011).

국외 화학물질 유해성 소통제도에는 참여형, 맞춤형 교육, 양방향 소통의 특징이 있다. 국내 산업안전보건법은 MSDS에 대한 교육내용, 시간, 방법 등을 법적으로 규정하고 있지만, 국외 제도와 비교하였을 때 교육 대상자에 대한 맞춤형 교육과 교육 프로그램 부분에서는 구체적으로 명시되어 있지 않다. 이렇듯 국외는 다양한 교육 프로그램을 제공하며 주기적으로 근로자들의 화학물질에 대한 교육 상황을 체크하고 부족한 부분을 업데이트하는 등 양방향적인 소통을 하고 있다는 점에서 국내의 실정과 다르다고 할 수 있겠다.

선 전략으로는 사업장 내 안전보건경영활동 수준의 향상과 MSDS를 통해 정보를 찾는 능력, 픽토그램의 이해력을 향상시키는 교육이 우선해야 한다. 장기적으로 보면, 근로자들이 화학물질의 유해·위험 인식에 대해서 긍정적인 안전보건 행동으로 실행할 수 있도록 전략을 강구하며, 조직 내의 안전보건경영활동 범위 안에 화학물질에 대한 긍정적인 유해·위험 인식을 향상시키는 활동 내역이 포함될 필요성이 있다. 또한 국내 화학물질 취급 근로자들은 화학물질에 대해 유해·위험 인식이 높지만 안전보건행동의 실행 수준은 낮았다. 따라서 유해·위험 인식과 안전보건 행동의 역방향 관계를 선형적인 관계로 변화시키는 전략이 필요하다.

결론

본 연구에서는 화학물질에 대한 국내·외 제도 및 가이드라인을 비교하여 국내 제도 개선 방향을 제시하였고, 화학물질 취급 근로자들을 대상으로 화학물질 취급에 대한 실행 수준을 평가하였다.

위험 인식을 중재할 수 있는 위험 식별 능력과 리스크 커뮤니케이션 수준을 평가하여 화학물질에 대한 유해·위험 인식평가의 격차가 어떻게 발생하는지를 규명하였다. 그리고 화학물질에 대한 개인의 심리적 특성이 유해·위험 인식에 영향을 크게 미치는 것을 확인하였으

며, 개인의 심리적 특성에 따른 화학물질별 위해 인식 차이가 있음을 최초로 확인하였다. 안전보건 실행 수준에 영향을 미치는 요인을 직·간접적으로 확인하였으며, 이러한 결과는 유해·위험 인식을 중재하는 위험 식별 능력과 조직 내 의사소통 및 교육의 요인들을 초점으로 한 화학물질 유해성 소통 근로자교육, 홍보 등의 전략 도출에 기대된다.

최종적으로, 향후 국내 화학물질 취급 사업장의 리스크 커뮤니케이션 모델 개발과 조사 대상자를 확대한 추가연구에서 본 연구결과가 유용한 기초자료로 활용될 수 있다. ✿

참고문헌

- 고용노동부, 산업안전보건법, 2012.
- 고용노동부, 화학물질의 분류 표시 및 물질안전보건자료에 관한 기준, 2012.
- 김경희, 식품사고에 대한 위해 인식 및 리스크커뮤니케이션 연구, 고려대학교 박사학위 논문; 2012.
- 김기웅·정무수·박진우, 화학물질 유해성 정보 전달을 위한 상호 의사소통 프로그램에 관한 연구, 안전보건공단 연구과제; 2011.
- 심재철, 이해관계자 맞춤형 리스크커뮤니케이션 실행 방안연구, 식품의약품안전청 연구과제 2011.
- 양정선, 화학물질 유해·위험 정보 전달 체계 개선연구, 안전보건공단 연구과제; 2007.
- 환경부, 환경백서 2011;(226).
- Covello VT. Risk communication, radiation, and radiological emergencies: strategies, tools, and techniques. Health Phys 2011;101, 511-30.
- Creely KS, Leith S, Graham MK et al. Effective communication of chemical hazard and risk information using a multimedia safety data sheet. Health and Safety Executive; 2003.
- Finucane ML, Slovic P, Mertz CK et al. Gender, race, and perceived risk: The 'white male' effect. Health, risk & society 2000;2, 159.
- NIOSH. Recommendations for a Method of Risk Identification Risk Perception, and Risk Communication; 2008.
- Available from: URL: <http://www.osha.gov/dsg/hazcom/index.html>, OSHA, 2012.

품질환경안전보건 통합관리시스템의 개요 및 시사점

지속 가능한 생존과 발전을 위한 기업 경영 환경의 변화는 품질, 환경 및 안전보건 측면에서 위험관리의 중요성을 증대시키고 있다. 최근 기존에 기업 내에서 운영되고 있던 품질, 환경 및 안전보건의 세 가지 경영체제를 하나의 통합된 시스템으로 구축함으로써 관련 분야의 지속적 개선과 성과관리, 자원의 최적 활용 등을 도모하고자 하는 움직임이 있다. 통합관리시스템을 통해 품질, 환경 및 안전보건의 기업의 총체적인 경영전략의 한 분야로 굳건한 자리매김이 가능한 기회가 될 수 있으리라 예상된다.



변혜정 수석컨설턴트
삼성SDS(주)

통합관리시스템의 발전 배경

세계화(Globalization)와 지속 가능한 발전(SD; Sustainable Development)이 유독 강조되고 있는 요즘의 추세에서 효과적이고 효율적이면서 유연성 있는 기업의 경영관리시스템이 더욱 중요해지고 있다. 즉, 모든 이해 관계자들의 관심을 대변하고(효과적) 최소한의 자원을 사용하여 최대의 효과를 거둬와 동시에(효율적) 새로운 변화에 적극적으로 대응할 수 있는(유연성 있는) 시스템이 요구되고 있다.

대부분 기업의 지속 가능한 발전을 이야기할 때 순수하게 경제적 관점만이 견지되곤 하나, 지속 가능한 발전의 3대 축(TBL; Triple Bottom Line)은 알려진 바대로 기업의 이익(economy), 환경지속성(environment) 및 사회적 책임(social responsibility)으로 구성되어 있는 바, 이 중 어느 하나도 간과될 수 없음은 두말 할

나위가 없다.

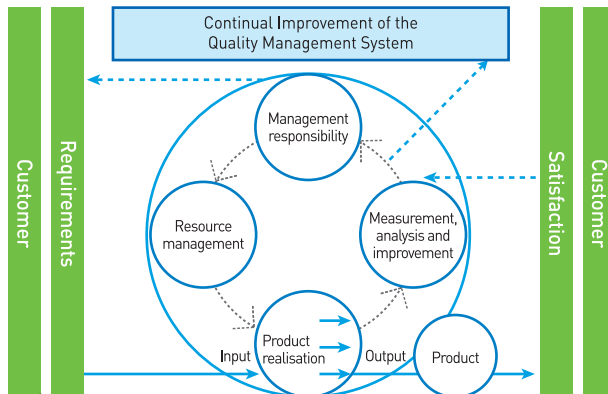
이러한 관점을 토대로, 여러 가지 기업 내 경영관리체제를 하나의 시스템으로 통합하는 것, 말하자면 통합관리시스템(IMS; Integrated Management System)을 구축하는 것이 일반화하고 있다.

통합관리시스템에 포함될 수 있는 시스템들은 대체로 국제표준화기구(ISO; International Organization for Standardization)에서 제시하고 있는 다음의 세 가지로 압축된다.

- ISO 9001:2008에 의한 품질경영체제(QMS; Quality Management System)
- ISO 14001:2004에 의한 환경경영체제(EMS; Environmental Management System)
- ISO 18001:2007에 의한 안전보건경영체제(OHSMS; Occupational Health & Safety Management System)

품질경영체제(ISO 9001:2008)

품질경영체제는 기업 성과의 효과성 및 효율성을 지속적으로 개선하기 위해 조직에 방향성을 제시하고 관리해 나가는 일련의 활동들을 의미한다. 궁극적으로 고객만족도를 증진시키는 데 그 목적이 있으며, 이는 PDCA(plan-do-check-act) 모델에 근거하여 이루어진다. 고객의 요구 사항이 생산 공정에 투입물로 작용하여, 결과적으로 고객만족도에 영향을 줄 수 있는 제품 혹은 서비스로서의 산출물을 얻도록 하는 체계로 구성된다. 기업은 고객만족도를 수시로 모니터링하고, 그 정보에 근거하여 공정 개선의 필요성을 도출하게 된다[그림 1].



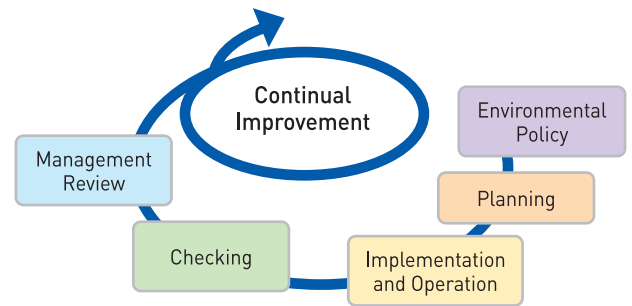
*자료 : Quality Management System, www.businessballs.com

[그림 1] 품질경영체제의 개념적 모식도

환경경영체제(ISO 14001:2004)

환경경영체제는 기업의 활동, 제품 생산 및 공정 운영 과정에서 발생할 수 있는 환경 요소들을 관리하고 최소화하기 위한 경영시스템이다. ISO 14001에서도 환경경영체제를, 환경방침의 개발·실행·달성·검토 및 유지관리를 위한 조직의 구조, 계획 수립, 책임, 관행, 절차, 과정 및 자원을 포함하는 전체 경영시스템의 일부분으로 정의하고 있다. 이 또한 PDCA 사이클을 기본으로 한다[그림 2].

최고 경영층은 환경 정책에 대해 조직이 따라야 할 비전을 제시하고, 환경경영체제는 그 정책을 지원하기 위해 구성된다. 절차를 만들기 위해서는 환경에 영향을 미치는 요인들을 파악하고, 관련 법규와 기타 필요 사항들



*자료 : ISO, ISO 14001: Environmental Management System - Specification with Guidance for Use (1996)

[그림 2] ISO 14001 환경경영체제의 개념적 모식도

을 정리한 후 지속적으로 경영시스템을 개선함과 동시에 오염을 방지할 수 있는 목적과 목표를 수립한다. 실무자들은 정보를 활용하여 그 활동과 제품, 혹은 서비스에 미치는 환경적인 영향을 관리하기 위한 공정들을 개발하고, 최고 경영층은 환경경영체제의 성과를 검토하여 조직의 환경 정책을 지원할 수 있는 시스템을 변화시킬 필요성을 결정하는 등의 피드백을 한다.

안전보건경영체제(ISO/OHSAS 18001:2007)

OHSAS 18001은 산업안전보건의 이슈를 관리하고자 하는 시장의 요구를 충족시키기 위해 만들어졌다. 이는 환경적 이슈와 유사한 점이 많기 때문에 기본적으로 ISO 14001과 동일한 체계로 구성되어 있고 그 내용도 거의 유사하다. 따라서 사업장에서 품질이나 환경시스템을 구축한 경우, 기존의 시스템에 충돌이 일어나지 않고 잘 부합된다. 즉, OHSAS 18001은 기존의 품질(ISO 9001) 및 환경(ISO 14001)경영체제의 표준과 매우 유사한 형태로 서로 양립될 수 있도록 발전되어왔다. 이러한 점이 품질·환경·안전보건체제의 통합을 촉진시킨 바탕이 되었다고 볼 수 있다.

왜 통합해야 하는가?

기업에게는 품질, 환경 및 산업안전보건경영체제의 유사성을 이용하는 것은 비용이나 시간 절감, 경영체제의 단순화라는 측면에서 매우 유리하다. 또한 고객이나 종업원의 만족도를 높인다는 측면도 강화된다. 이를 정리하면 다음의 몇 가지로 나누어 볼 수 있다.

■ 품질 · 환경 · 안전보건프로그램의 유사성

세 가지 프로그램은 각각 대상으로 하는 집단은 다르지만, 구조나 규제 대응에 대한 접근 방법이 매우 유사하다.

■ 시스템의 단순화

한 조직에서 일하는 종업원들은 복수의, 때로는 상충되기도 하는 각각 다른 경영체제를 위한 문서를 작성하기보다는 하나의 통합된 경영체제 내에서 단일한 작업지시를 따르는 편이 보다 효과적으로 업무를 수행할 수 있다. 즉, 종업원들이 어떤 상황에서 언제 각 문서를 활용해야 하는지 충분히 이해하고 있을 때 혼란이 최소화되고 각기 다른 시스템에서 필요한 문서를 작성하느라 생기는 충돌을 감소시킨다. 신규 직원에게 통일된 하나의 교육 과정을 부여하는 것도 혼선을 피할 수 있는 좋은 예이다.

■ 자원 활용의 최적화

세 가지 표준을 모두 만족시키는 하나의 시스템을 구성함으로써 개별적인 시스템을 개발, 수행 및 유지하는 데 드는 자원을 최소화할 수 있다. 종업원 훈련, 문서관리, 경영자 검토 및 예방 조치 등을 위한 하나의 과정을 유지하는 것이 비슷한 목적을 가진 다수의 과정을 유지하는 것보다 훨씬 적은 자원을 필요로 한다.

■ 조직 성과의 개선

조직의 잠재적인 문제들, 위험성(risk)이나 유해성(hazards)을 파악하는 데 도움을 주는 시스템을 갖추으로써 고객의 불만 사항, 제품의 질적 저하, 작업장에서 발생할 수 있는 사고나 질병, 환경사고 등을 감소시키거나 아예 제거할 수 있다. 품질 관련 리스크를 줄이는 것에 더하여 환경 정화, 작업장 안전사고 및 직업병, 이와 관련한 벌금 등에 드는 비용을 절감할 수도 있다.

■ 품질 · 환경 · 안전보건의 통합을 통한 전반적인 경영 전략 귀속

세 가지를 통합함으로써 품질 · 환경 · 안전보건의 경

영에서 분리되어 있다거나 중요하지 않은 부분이라는 인식 자체를 일소한다.

■ 품질 · 환경 · 안전보건시스템의 지속적인 개선을 위한 체계 구축

통합된 경영관리체제는 품질 · 환경 · 안전보건시스템을 위한 목적이나 목표를 세우는 것뿐만 아니라, 일정한 주기를 두고 그 과정이 제대로 작동하는지를 검토하는 기능을 가진다. 또한 개선 기회를 파악하여 공식적인 예방 및 개선 조치를 수행하고 모든 조치가 적절한가를 확인하는 절차를 취하므로 지속적인 피드백이 이루어진다.

통합관리시스템은 어떻게 구성되는가?

통합관리시스템의 개요 및 구성 요소

지금까지 논의된 바에 따르면, 품질 · 환경 · 안전보건 통합관리시스템(Integrated Management System for Quality, Health, Safety and Environment, 이하 QHSE IMS)은 기업 내 품질, 환경 및 안전보건의 지속적인 개선을 달성하기 위해 구조화된 체계라고 정의할 수 있다. QHSE IMS는 기존의 시스템 구성과 유사하게 '정책(Policy), 목적 및 목표(Goal and Objectives), 공정도 / 활동(Process Maps / Activities), 유해성 및 그



기업의 사회적 책임(social responsibility)이라는 최근 추세와도 맞물려 국내 · 외 여러 기업에서 품질, 환경 및 안전보건 통합체제의 구축이 실제로 추진되고 있다.

기업경영에서 위험(risk)이란 불확실성(uncertainty)을 의미하고, 위험관리 대응 능력은 이러한 불확실성을 얼마나 감소시킬 수 있는가를 말한다.

예전에는 재무적인 위험만을 중시하였으나 근래 들어서는 기업경영 모든 분야의 위험을 파악하고 관리함으로써 비용 지출을 최소화하는 데까지 관심을 기울이고 있다.

이러한 맥락에서 품질이나 환경, 안전보건 분야까지 그 관심의 영역이 증대되고 있으며, 관련 문제는 특히나 시스템적인 접근이 적합하다고 인지되고 있다.

영향 / 법적인 요구 조건(Hazards, Aspects and Impacts / Legal Requirements), 성과 지표(Performance Indicators), 지속적인 개선(Continuous Improvement)을 주요 구성 요소로 한다[그림 3].

이미 기술한 바와 같이 환경 및 안전보건시스템의 평가와 감사, 검토 절차는 조직의 활동, 방침, 과정을 정해진 품질 요구 사항에 부합하도록 관리하는 품질경영체제와 상당히 유사하다. 사용하는 용어들의 차별성과 각기 다른 대상(품질경영체제-고객, 환경경영체제-이해관계자들, 규제 기관, 안전보건경영체제-주로 종업원)을 지향한다는 점을 고려하는 것을 기본으로 각 시스템 간 구성 요소들을 서로 연관 지을 수 있다<표 1>.

국제표준화기구(ISO; International Organization

for Standardization)는 그 개략적인 구성 요소들의 예시를 <표 2>와 같이 개략적으로 제시하고 있다. ISO에서 제공하는 매뉴얼을 토대로 하여 각 사업장의 특성에 가공함으로써 적절한 통합관리시스템의 모습을 찾을 수 있다.

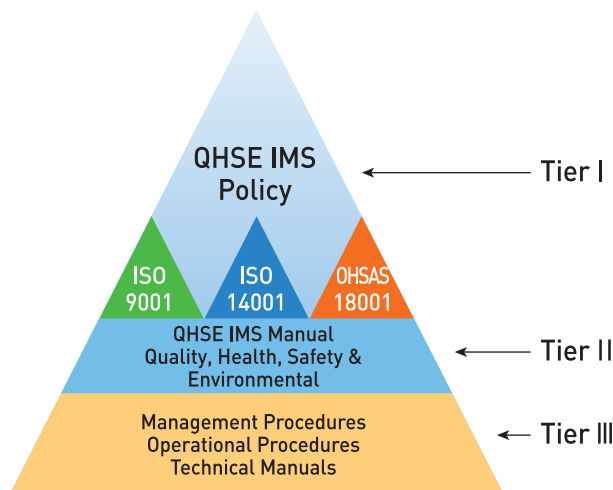
품질 · 환경 · 안전보건체제 통합의 이점

이러한 통합관리시스템이 조직 내에서 적절히 운영될 경우의 이점은 다음과 같다.

- 품질, 환경 및 안전보건 성과를 측정하여 그 영향을 지속적으로 감소
- 고객만족도 측정 가능
- 유해성을 파악하여 리스크 평가와 제어 가능
- 폐기물 절감과 에너지 · 물질 효율성을 증대시킴으로써 비용 절감 가능
- 대외적인 이미지 제고(품질, 환경 및 안전보건 분야의 선도적 기업)
- 운영 및 인증 비용 절감 및 내 · 외부 감사에 소요되는 시간 절약
- 하나의 매뉴얼로 세 개의 표준을 충족
- 고객들에게 제품과 서비스에서 품질, 환경 및 안전보건을 고려했음을 입증 가능
- 벌금이나 작업 손실로 인해 발생 가능한 잠재적인 비용에 대해 경영층 인지

품질 · 환경 · 안전보건체제 통합의 한계점

수많은 이점에도 불구하고 세 개의 표준을 하나의 체제로 통합하는 것에는 상당한 리스크가 따른다. 품질, 환경 및 안전보건체제의 효과적인 통합이란, 이를테면 모든 관련 이해 관계자의 요구를 충족하면서 모든 구성요소가 다 녹아들어난 수준이어야 함과 동시에 공급자로부터 마지막 고객에까지 이어지는 공급망 전부를 모니터링하여 위험 요소를 찾고 이에 대한 적절한 예방 혹은 개선 조치가 수행되어야 한다는 것을 의미한다. 이것은 각 시스템이 개별적으로 나누어져 있을 때보다 새로운 법규 등의 변화에 대한 대응력이 신속하지 못하다거



*자료 : Egypt Oil & Gas, 2009.

[그림 3] QHSE IMS 구조

나 모든 이해 관계자를 고려하다 보니 시스템의 변경이나 수정이 어려울 수도 있음을 내포한다.

아울러 환경이나 안전보건에 대한 충분한 공감과 이해를 얻지 못한 채 명목상으로만 통합할 경우 품질경영체

제에 환경과 안전보건을 추가한 형태로 존재하여 실제로는 제대로 된 기능을 발휘하지 못할 수도 있는 한계가 있다. 따라서 세 개의 표준이 동일한 자격으로 통합되어야 한다는 것과 효과성 및 효율성을 고려하여 가급적 단

〈표 1〉 품질경영체제와 환경 및 안전보건경영체제 구성 요소 간 관련성

ISO 9001:2008		ISO 14001:2004 / OHSAS 18001:2007		ISO 9001:2008		ISO 14001:2004 / OHSAS 18001:2007	
목차	번호	번호	목차	목차	번호	번호	목차
품질경영시스템(목차만)	4	4	환경 및 산업보건안전시스템 요구 사항	설계 및 개발(목차만)	7.3	-	-
일반 요구 사항	4.1	4.1	일반 요구 사항	설계 및 개발 기획	7.3.1	4.4.6	운영관리
문서화 요구 사항(목차만)	4.2	-	-	설계 및 개발 입력	7.3.2	4.4.6	운영관리
일반 사항	4.2.1	4.4.4	문서화	설계 및 개발 출력	7.3.3	4.4.6	운영관리
품질 매뉴얼	4.2.2	-	-	설계 및 개발 검토	7.3.4	4.4.6	운영관리
문서관리	4.2.3	4.4.5	문서관리	설계 및 개발 검증	7.3.5	4.4.6	운영관리
기록관리	4.2.4	4.5.4	기록관리	설계 및 개발 타당성 확인	7.3.6	4.4.6	운영관리
경영 책임(목차만)	5	-	-	설계 및 개발 변경관리	7.3.7	4.4.6	운영관리
경영 의지	5.1	4.2	환경 및 산업보건안전 방침	구매(목차만)	7.4	-	-
고객 중심	6.2	4.3.1	환경 측면, 위험성 파악, 위험성평가 및 요인관리	구매 프로세스	7.4.1	4.4.6	운영관리
		4.3.2	법규 및 그 밖의 요구 사항	구매 정보	7.4.2	4.4.6	운영관리
		4.6	경영 검토	구매제품 검증	7.4.3	4.4.6	운영관리
		4.2	환경 및 산업보건안전 방침	생산 및 서비스 운영(목차만)	7.5	-	-
품질 방침	5.3	4.2	환경 및 산업보건안전 방침	생산 및 서비스 제공관리	7.5.1	4.4.6	운영관리
기획(목차만)	5.4	4.3	기획	생산 및 서비스 제공	7.5.2	4.4.6	운영관리
품질 목표	5.4.1	4.3.3	목표, 세부 목표 및 추진계획	프로세스 타당성 확인	7.5.3	-	-
품질경영시스템 기획	5.4.2	4.3.3	목표, 세부 목표 및 추진계획	식별 및 추적성	7.5.4	-	-
책임, 권한 및 의사소통(목차만)	5.5	-	-	고객 자산	7.5.5	4.4.6	운영관리
책임 및 권한	5.5.1	4.4.1	자원, 역할, 책임 및 권한	제품의 보존	7.6	4.5.1	성과, 측정 및 모니터링
품질경영 대리인	5.5.2	4.4.1	자원, 역할, 책임 및 권한	모니터링 및 측정기기관리	8	4.5	조사
내부 의사소통	5.5.3	4.4.3	의사소통, 참여 및 협의	측정, 분석 및 개선(목차만)	8.1	4.5.1	성과, 측정 및 모니터링
경영 검토(목차만)	5.6	-	-	일반 사항	8.2	-	-
일반 사항	5.6.1	4.6	경영 검토	모니터링 및 측정(목차만)	8.2.1	-	-
검토 입력	5.6.2	4.6	경영 검토	고객 만족	8.2.2	4.5.5	내부 감사
검토 출력	5.6.3	4.6	경영 검토	내부 심사	8.2.3	4.5.1	성과, 측정 및 모니터링
자원 관리(목차만)	6	-	-	프로세스의 모니터링 및 측정	8.2.3	4.5.2	준수평가
자원 확보	6.1	4.4.1	자원, 역할, 책임 및 권한	제품의 모니터링 및 측정	8.2.4	4.5.1	성과, 측정 및 모니터링
인적 자원	6.2	-	-	부적합품의 관리	8.2.4	4.5.2	준수평가
일반 사항	6.2.1	4.4.2	적격성, 교육훈련 및 인식	데이터 분석	8.3	4.4.7	비상 사태 대비 및 대응
적격성, 교육훈련 및 인식	6.2.2	4.4.2	적격성, 교육훈련 및 인식	개선(목차만)	8.3	4.5.3	사고조사, 부적합, 시정 조치 및 예방 조치
기반 구조 / 시설	6.3	4.4.1	자원, 역할, 책임 및 권한	지속적 개선	8.4	4.5.1	성과, 측정 및 모니터링
작업환경	6.4	-	-	시정 조치	8.5	-	-
제품 실현(목차만)	7	4.4	수행 및 운영	예방 조치	8.5.1	4.2	환경 및 산업보건안전 방침
실현 프로세스 기획	7.1	4.4.6	운영 관리		8.5.1	4.3.3	목표, 세부 목표 및 세부계획
고객 관련 프로세스(목차만)	7.2	-	-		8.5.1	4.6	경영 검토
프로세스 관련 요구 사항 결정	7.2.1	4.3.1	환경 측면, 위험성 파악, 위험성평가 및 요인관리		8.5.2	4.5.3	사고조사, 부적합, 시정 조치 및 예방 조치
제품 관련 요구 사항 검토	7.2.2	4.3.1	환경 측면, 위험성 파악, 위험성평가 및 요인관리		8.5.3	4.5.3	사고조사, 부적합, 시정 조치 및 예방 조치
		4.4.6	운영관리				
고객 의사소통	7.2.3	4.4.3	의사소통, 참여 및 협의				

*자료 : AI QHSE Manual - Appendices A-1, 2012.

〈표 2〉 통합관리시스템(QHSE IMS)의 구성 요소(ISO 예시)

연번	목차	참고
1	목적 및 범위	- 제품 및 서비스의 품질을 고객이 기대하거나 조직이 요구할 수 있는 가장 최상의 표준으로 유지 - 제품, 공정 및 서비스가 환경적으로 책임을 지는, 안전한 방법으로 수행
2	참고문헌, 자료 및 양식	
3	용어 설명 및 정의	
4	통합관리시스템	IMS 정책 : 고객, 종업원 및 공급자를 대상으로 품질, 환경, 안전보건을 최상의 상태로 유지
5	경영 책임 및 검토	- 경영 의지 - 통합 시스템의 책임, 권한 및 의무 - 조직의 책임, 권한 및 의무 - 품질경영 대리인 - 내부 의사소통 - 경영 검토
6	기획 및 자원관리	
7	고객 관계	
8	제품 실현	
9	QMS (ISO 9001) 주요 항목	
10	EMS (ISO 14001) / OHS (OHSAS 18001) 주요 항목	
11	측정, 데이터 분석 및 감사	
12	지속적인 개선	
부록 A	ISO 9001:2008의 충족 요건	
부록 B	ISO 14001:2004의 충족 요건	
부록 C	OHSAS 18001:2007의 충족 요건	

*자료 : ISO helpline, IMS Manual, 2009.

순한 흐름도로 구성함으로써 내·외부적인 요구에 빠르게 대응할 수 있도록 하는 것이 필요하다.

맺음말

최근 기업의 경영 환경은 급격히 변화하고 있다. 따라서 지속적인 생존과 발전을 위한 경쟁력을 확보함과 동시에 적절한 위험관리 능력을 보유하는 것은 매우 중요한 이슈가 되고 있다.

기업경영에서 위험(risk)이란 불확실성(uncertainty)을 의미하고, 위험관리 대응 능력은 이러한 불확실성을 얼마나 감소시킬 수 있는가를 말한다. 예전에는 재무적인 위험만을 중시하였으나 근래 들어서는 기업경영 모든 분야의 위험을 파악하고 관리함으로써 비용 지출을 최소화하는 데까지 관심을 기울이고 있다. 이러한 맥락

에서 품질이나 환경, 안전보건 분야까지 그 관심의 영역이 증대되고 있으며, 관련 문제는 특히나 시스템적인 접근이 적합하다고 인지되고 있다. 즉, 전통적으로 경영관리대상이 조직의 활동, 제품, 서비스에 국한되었던 것에 비해 최근에는 품질과 환경, 안전보건의 대상인 내·외부 사회구성원들의 가치와 만족도 향상으로까지 확장되었고 그 중요성은 점차 커지고 있다.

따라서 품질·환경·안전보건관리를 위한 각각의 경영체제를 하나의 통합된 체제로 묶어 운영함으로써 불필요한 비용과 인력 등의 소모를 지양하고 기업경영의 당당한 한 분야로서 자리매김하고자 하는 시도는 매우 바람직한 것으로 생각된다. 이는 기업의 사회적 책임(social responsibility)이라는 최근 추세와도 맞물려 국내·외 여러 기업에서 품질, 환경 및 안전보건 통합체제의 구축이 실제로 추진되고 있다. 통합의 이점은 많으나, 통합관리시스템이 그 실효성을 거두기 위해서는 단순하면서도 효과적인 시스템을 구성해야 하고, 구체적인 실현성이라는 측면에서 앞으로 보다 많은 노력이 뒷받침되어야 할 것으로 생각된다. ✿

참고문헌

- S. Abrahamsson, J. Hansson, R. Isaksson, Integrated Management Syetms – advantages, problems and possibilities, 13th Toulon-Verona Conference, 2010.
- S. Zaffora-Reeder, D. Stoddart, Integrated Systems for Quality, Occupational Health Safety, and Environmental Management (One Company's Approach), American Society for Quality (ASQ) Syracuse Section, 2011.
- M. McDonald, T. A. Mors and A. Phillips, Management System Integration: Can It Be Done?, Quality Progress, October, 2003.
- International Organizations for Standardization (ISO), Quality Management Principles, 2012.
- 이병욱·황금주·김남규, 환경경영, pp295-364, 예코리브르, 2005.
- 박두용·이병욱, 환경보건경영시스템, pp17-45, 217-224, 한국방송통신대학교 출판부, 2002.
- International Organization for Standardization (ISO), Integrated Management System Manual, ISO 9001:2008, 14001:2004 AND OHSAS 18001:2007, 2009.
- Advanced Insulation, QHSE Manual for AI Integrated Management System ISO 9001:2008, ISO 14001:2004, BS OHSAS 18001:2007, 2012.

업무관련성평가를 위한 과거노출재구성

암에 대한 업무관련성평가는 대부분 잠복기가 길어 현재보다는 과거의 노출이 현재의 질병과 연관될 수 있다. 이처럼 과거의 노출과 현재의 질병 연관성을 규명하는 것이 업무관련성평가에서 해결해야 할 과제이다. 과거노출을 근거로 암 발병의 위해도평가를 하여 업무관련성을 결정하려면 과거의 기록이 충실해야 한다. 그러나 대부분 과거의 기록은 부실하고 기억은 정확하지 않다. 따라서 업무관련성평가에서 부정확성과 불확실성이 내포될 수밖에 없고, 이 때문에 산재 보상의 공공성과 적정성이 훼손될 수 있다. 그러므로 과거노출재구성에서의 타당성과 신뢰성을 확보하는 과정이 필요하다.



김수근 교수
성균관대학교 의과대학
직업환경의학교실

시작하는 글

근로자가 암에 걸려 직업성암 유무를 의심하게 되면, 업무관련성평가¹⁾가 필요하다. 업무관련성평가를 위해서는 먼저 기존 연구를 검토하여 진단된 암의 발암인자를 파악한다. 다음으로 과거에 종사한 업무 수행중에 이들 인자에 노출되었는지를 확인하고, 노출 시에는 암 발생에 영향을 줄 정도로 노출되었는지를 평가하게 된다. 따라서 업무관련성평가를 위해서는 과거의 노출 수준을 파악하는 것이 중요하다. 노출 정도에 따른 발암 위해도를 산출하여 업무관련성을 평가할 수 있기 때문이다. 이러한 접근 방식은 직업적으로 특정 발암인자에

노출되면 암 발생이 증가한다는 경험과 연구결과를 근거로 하는 것이다. 이렇게 과거 상황에 대한 기록 혹은 기억에 의존하여 과거노출량을 조사하는 것을 과거노출재구성(historical exposure reconstruction)이라고 한다.

암에 대한 업무관련성평가는 대부분 잠복기가 길어 현재보다는 과거의 노출이 현재의 질병과 연관될 수 있다. 이처럼 과거의 노출과 현재의 질병 연관성을 규명하는 것이 업무관련성평가에서 해결해야 할 과제이다. 과거노출재구성은 진단된 암의 인과관계를 규명하는 데 결정적인 역할을 한다. 과거노출의 정점과 생애 기간의 누적 노출, 연평균 노출 등의 함수로써 위해도를 제시할 수 있다. 노출원뿐만 아니라 시간의 함수로써 누적 노출을 산출하여 질병 발생의 기여위험도 계산에 유용하게 활용할 수 있다. 한편, 노출량과 질병 발생 간의 연관성을 이해하기 위해 노출집단의 대상인자에 대한 노출용

* 공동 집필 : 이석원(삼성전자 건강연구소)

1) 업무관련성평가는 노출환경에서의 유해물질과 질병 연관성을 규명하는데 그 목적이 있다.

량재구성(dose reconstruction)²⁾을 하는 것은 여러 가지 다양한 자료 및 정보를 동원하여 평가한 추론에 의존하는 경우가 흔하다.

노출 용량 재구성은 발병 이전 과거의 노출을 추정하여 노출평가를 수행하게 되며, 환자와 동료 근로자 인터뷰, 설문지조사, 사업장의 노출에 대한 기록에 주로 의존하게 된다. 현재의 노출자료를 활용할 경우, 시간 변화에 따른 노출 수준이 일정하고 작업환경의 변화가 없다는 전제 조건이 필요하다. 따라서 과거노출을 근거로 암 발병의 위해도평가를 하여 업무관련성을 결정하려면 과거의 기록이 충실해야 한다. 그러나 대부분 과거의 기록은 부실하고 기억은 정확하지 않다. 따라서 업무관련성평가에서 부정확성과 불확실성이 내포될 수밖에 없고, 이 때문에 산재 보상의 공공성과 적정성이 훼손될 수 있다. 그러므로 과거노출재구성에서의 타당성과 신뢰성을 확보하는 과정이 필요하지만 아직 업무관련성평가에서 과거노출재구성의 중요성에 대한 관심은 낮다. 이에 본고에서는 과거노출재구성 방법에 대해서 살펴보았다.

과거노출재구성의 역사

현재까지 과거노출재구성은 주로 직업역학연구에서 활용되어 왔지만, 높은 수준의 후향적 노출평가의 필요성은 수십 년 전부터 인식되어 왔다.³⁾ 초기 노출재구성은 Merewether와 Price가 처음으로 석면방직산업에서의 석면노출량을 추정하고 폐섬유화증 발병과 석면과 관련된 작업들 사이의 인과관계를 결정하였다.⁴⁾

동일 공정 중 다양한 작업활동들이 함께 수행되었고, 근로자들의 직무 변환이 빈번하게 발생되어 개인별 작업활동과 질병 발생 연관성 확인에 어려움이 많았다. 이를 해결하기 위하여 연구자들은 직무별 공기 중 석면 농도와 지역측정결과에 따라 석면방직 근로자를 여섯 가지 직무군으로 분류하여 이들 직무군과 폐섬유화증 발생 사이의 연관성을 조사했다. 그 결과, 특정 직무군에서의 섬유증 발생률이 낮은 경우에는 공기 중 분진 농도도 낮은 것을 확인하였다. 또 다른 연구로

Dreessen 등이 현재와 과거의 다양한 석면방직 작업 중에 공기 중 석면농도를 평가하기 위한 과거노출량을 재구성하였다.⁵⁾

1981년에 Rinsky 등은 오하이오 주에 있는 플리오필름(pliofilm) 제조시설에서 벤젠 노출재구성을 실시하였다. 이들은 직무별 단기노출자료와 기업에서 수집한 산업위생 관련 정보를 결합하여 다양한 작업 장소의 연평균 벤젠 농도를 추정하는 데 활용하였다.⁶⁾ 이후에 플리오필름 코호트(Cohort)는 수많은 연구가 지속적으로 실시되어 재검토되었다. 1984년 Crump와 Allen은 코호트의 노출량을 재구성하기 위해 근무 기간에 근거한 다양한 모델을 활용하여 누적노출 추정치를 산출하는 방법을 도입하였다.⁷⁾

그 후 Paustenbach 등은 플리오필름 코호트 분석을 통해 높은 급성 노출측정치, 잠재적인 피부노출량, 초과 근무시간, 시간에 따른 공정 변화, 시간에 따른 국소배기장치 특성 및 호흡보호구의 유효성 등을 고려하여 노출량을 추정하기 위한 평가를 시도하였다.⁸⁾ 또한 2003

2) 노출용량재구성은 궁극적으로 표적 정기에 도달하는 대상인자의 정량적인 양을 추정하는 것으로 정의되어 왔다. 일반적으로 화학물질의 경우에 호흡과 경피 및 경구를 통하여 흡수되는 정량적인 특성을 연구하여 흡수된 양을 추정하는 방법으로 표현된다. 용량재구성이 잘 수행된 연구결과는 용량-반응관계를 추론하기 위해 유효성과 사망률자료를 결합시켜서 대상물질에 대한 위해도를 결정한다.

3) Esmen N. (1979). Retrospective industrial hygiene surveys. Am Ind Hyg Assoc J 40:58-. 65.

4) Merewether ERA, Price CW. (1930). Report on Effects of Asbestos Dust on the Lungs and Dust Suppression in the Asbestos Industry, edited by His Majesty's Stationary Office, London.

5) Dreessen WC, Dallavalle JM, Edwards TI, Miller JW, Sayers RR. (1938). A Study of Asbestos in the Asbestos Textile Industry. United States Government Printing Office, ed. Washington, DC: US Treasury Department

6) Rinsky RA, Young RJ, Smith AB. (1981). Leukemia in benzene workers. Am J Ind Med 2:217-45.

7) Crump KS, Allen BC. (1984). Quantitative Estimates of Risk of Leukemia from Occupational Exposure to Benzene. Report prepared for the Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Ruston, LA: Science Research Systems, Inc.

8) Paustenbach DJ, Price PS, Ollison W, Blank C, Jernigan JD, Bass RD, Peterson HD. (1992). Reevaluation of benzene exposure for the pliofilm(rubberworker) cohort (1936-1976). J Toxicol Environ Health A 36:177-31.

년에 Williams와 Paustenbach는 플리오필름 코호트의 노출재구성에 대한 민감도 분석(sensitivity analysis)을 위해⁹⁾ 20개 이상 변수들을 이용한 몬테카를로 분석(Monte Carlo Analysis)을 실시하여 기존 10개 직무군의 누적노출량과 비교하였고, 노출 모델을 위해 시간에 따른 근로자 혈중농도의 변화를 비교하였다.

이처럼 과거노출재구성의 필요성이 점차 확대됨에 따라 연구결과 검증의 중요성도 함께 증가하였다. 1991년에는 직업역학연구를 위한 후향적 노출평가를 주제로 다루었다.¹⁰⁾ 최근에는 노출분류오류(exposure misclassification)로 인한 영향을 조명하면서 타당한 노출재구성 방법론 개발의 중요성이 강조되었다.¹¹⁾

그동안 다양한 과거노출재구성 방법들이 사용되었으나, 이에 대한 전문가 검토(peer review)가 심도 있고 충분하게 실시되지 못했다.¹²⁾ 아울러 노출재구성에 대한 불확실성 분석 등의 검증 기법들을 활용한 노출재구성

방법론이 국내외 연구기관 혹은 학계에서 승인된 적이 없었다.¹³⁾ 최근 미국산업위생협회(AIHA)에서 발표한 논문에서도 노출재구성평가에 필요한 가이드라인을 제공하였으나 과거노출재구성 표준방법론에 대한 제안은 없었다.¹⁴⁾

과거노출재구성의 과정

과거노출재구성은 결과가 어떻게 이용되는가에 따라서 다양한 형식의 방법과 기술들을 이용하여 실시한다. 과거노출재구성은 신체와 접촉하고 흡수되는 유해물질을 정량 및 정성적으로 최대한 측정 혹은 추정하는 방법으로 구성된다. Sahmel J 등은 다음의 7단계를 통한 노출재구성을 추천하고 있다.¹⁵⁾

- ① 노출재구성의 목적 설정
- ② 모든 활용 가능한 노출 정보의 정리와 순위 결정
- ③ 활용 가능한 정보에서 주요자료의 손실 및 차이(gap) 확인
- ④ 최적의 노출재구성 방법 선정
- ⑤ 재구성 과정에서 확률론적 방법의 적용
- ⑥ 재구성 결과에 대한 불확실성 분석 실시
- ⑦ 재구성된 산출치의 타당도 평가(검증)

과거노출재구성을 위한 해당 질환과 관련된 발병인자

9) Williams PR, Paustenbach DJ. (2003). Reconstruction of benzene exposure for the Pliofilm cohort (1936-976) using Monte Carlo techniques. J Toxicol Environ Health A 66:677-81.

10) American Conference of Governmental Industrial Hygienists. (1991). International Workshop on Retrospective Exposure Assessment for Occupational Epidemiology Studies. Appl Occup Environ Hyg 6(6).

11) Blair A, Stewart P, Lubin JH, Forastiere F. (2007). Methodological issues regarding confounding and exposure misclassification in epidemiological studies of occupational exposures. Am J Ind Med 50:199-207.

12) Esmen NA. (1991). Analysis of strategies for reconstructing exposures. Appl Occup Environ Hyg 6:488-494.

13) Sahmel J, Devlin K, Paustenbach D, Hollins D, Gaffney S. "The role of exposure reconstruction in occupational human health risk assessment: current methods and a recommended framework." Crit Rev Toxicol. 2010 Oct;40(9):799-843.

14) Armstrong TW, Boelter FW, Rasmuson JO. (2009). Exposure reconstruction. In: Keil C, Simmons C, Anthony TR eds. Mathematical Models for Estimating Occupational Exposure to Chemicals. Fairfax, VA: American Industrial Hygiene Association Press.

15) Sahmel J, Devlin K, Paustenbach D, Hollins D, Gaffney S. "The role of exposure reconstruction in occupational human health risk assessment: current methods and a recommended framework." Crit Rev Toxicol. 2010 Oct;40(9):799-843.



암에 대한 업무관련성평가는 대부분 잠복기가 길어 현재보다는 과거의 노출이 현재의 질병과 연관될 수 있다.

의 종류를 확인하는 것은 기존 연구결과를 최대한 활용하여 검색이 가능하고, 다양한 참고문헌을 통해 가능해졌다. 그러나 업무관련성평가에서 접하게 되는 장애요인으로는 과거 근무했던 근로자들의 면담 및 설문조사에 어려움이 많고, 시간에 따른 환경 변화를 파악하기가 쉽지 않으며, 신뢰할 만한 과거의 노출평가자료가 부족하다는 것 등이 있다. 따라서 노출결정인자를 이용한 수학적 모델을 활용해서 노출량을 산출하거나 노출 프로파일을 재구성하기 위하여 설문조사나 노출 시뮬레이션과 같은 다양한 방법을 동원하게 된다. 근로자 개인이 제공하는 정보에는 회상편견(recall bias) 혹은 불확실성이 높기 때문에 전문가의 적절한 판단과 경험에 근거한 평가가 필요하고, 반드시 통계적인 도구를 통해 불확실성을 최소화하여야 한다.

과거노출재구성의 목적

과거노출재구성의 목적은 건강에 영향을 줄 수 있는 화학적·물리적·생물학적 요인에 대한 과거의 노출을 확인하고 정량화하는 것이다. 따라서 근로자가 어떤 유해물질에 노출되는지, 노출원(exposure source)과 노출수준이 어느 정도인지를 알아내는 방법으로 설계된다. 즉, 재구성의 목적은 특정 요인 또는 요인들을 확인하고 해당 노출-반응 관계를 결정하는 것이다.¹⁶⁾ 만일 급성반응이라면 단기 또는 최고 노출량 산출이 재구성의 목적이 될 것이고, 암과 같은 만성적인 건강 악영향이라면 시간가중평균(TWA)농도와 같은 노출량 혹은 누적노출량(cumulative exposure)을 구하는 것이 목적이 될 수 있다.¹⁷⁾ 한편, 노출양상(exposure profile)은 단순히 평균 단일(single) 노출농도를 산출하는 것이 아니라 시간에 따른 노출 변화의 특성을 파악하는 것을 말한다. 즉, 평균노출량은 인체에 영향을 미치는 것으로 판단되는 수준보다 훨씬 낮은 경우임에도 불구하고 높은 농도의 단일노출(single exposure event)로 인한 영향이 있다면 평균보다 고농도노출량을 확인하는 것이 중요하다.¹⁸⁾

만일 급성 반응의 원인이 되는 인자를 찾기 위해서 일정 기간 중 단기 또는 최대 노출량을 재구성해야 하고,

암과 같은 만성적인 건강 장애를 일으킨 원인인자를 찾기 위해서는 보다 긴 시간의 시간-가중 평균노출량(time-weighted average exposures) 및 전생애누적노출량(lifetime cumulative exposures)을 재구성해야 한다. 그러므로 활용 가능한 정보를 종합하여 노출재구성에서 무엇을 할 수 있고, 무엇을 할 수 없는지를 결정하는 것이 핵심이다.

과거노출자료 정보 수집 및 우선순위 결정

과거노출량을 재구성하기 위해 필요한 정보가 확인되어야 하며, 잠재적으로 연관된 모든 정보를 수집해야 한다. 과거 자료의 우선순위 목록은 다음과 같다.¹⁹⁾

과거노출재구성에서 고려되어야 할 과거자료의 우선순위

- 노출 시나리오에 대한 정량적 개인노출 측정자료
- 동일 시기의 유사한 노출 시나리오에 대한 정량적 개인노출 측정자료
- 동일 시기의 유사한 노출 시나리오에 대한 생물학적 측정자료
- 다른 시기의 정량적 개인 및 지역노출 측정자료
- 정성적 정보
- 작업환경에 대한 정량적 정보(환기시설, 근무장소 등)
- 개인 근로자의 직무훈련 정보
- 사용 화학물질 정보
- 작업환경에 대한 반정량적(semiquantitative) 정보(환기시설, 공정 투입 등)
- 공학적 제어장치에 대한 정성적 정보
- 안전보건 전문가에 의한 잠재적 노출에 대한 기술적 평가
- 시대 흐름에 따른 주요 공정 변화
- 노출위험에 대해 기술한 근로자 안전보건보고서 및 관련 자료

16) Stewart PA, Lees PS, Francis M. (1996). Quantification of historical exposures in occupational cohort studies. *Scand J Work Environ Health* 22:405-14.

17) Viet SM, Stenzel M, Rennix C, Armstrong T, Couch J., eds. (2008). *Guideline on Occupational Exposure Reconstruction*. 1st ed. Fairfax, VA: American Industrial Hygiene Association Press.

18) US Environmental Protection Agency. (1997a). *Exposure Factors Handbook (Final Report)*. Washington, DC: US Environmental Protection Agency. EPA/600/P-95/002F a-c.

19) Sahmel J, Devlin K, Paustenbach D, Hollins D, Gaffney S. "The role of exposure reconstruction in occupational human health risk assessment: current methods and a recommended framework." *Crit Rev Toxicol*. 2010 Oct;40(9):799-843.

활용 가능한 자료는 가치가 높은 것부터 약한 순서로 배열되어 있다. 정량적 자료가 평가에 가장 중요하고 필요하며, 그 다음으로 반정량적 자료와 모의 추정치 그리고 마지막으로 정성적 자료와 전문가 판단이다. 과거에 수집된 자료는 노출재구성에 완벽하게 적절하지는 않으며, 재구성할 때에 무엇을 활용할 수 있고 무엇을 활용할 수 없는지를 주의 깊게 결정하여야 한다. 특히, 노출재구성으로 사용하기 위해 수집되지 않은 자료로부터 추론할 경우 주의가 필요하다. 수집된 과거자료가 유일할지라도 노출재구성의 목적을 달성할 수 있는지를 검토해야 하고, 자료가 불충분하면 차이를 최소화해야 한다.

과거노출자료의 손실과 차이 확인

재구성에 필요한 정보가 취합되면 누락된 자료나 자료의 차이(gap)를 파악한다. 정량적 노출자료를 어디에 활용할 수 있는지, 해당 측정값들을 이용하여 과거의 노출량을 산출하기 위해 어떤 방법들을 적용할 것인지를 결정해야 한다.

과거측정자료를 보완할 필요가 있는 경우는 불충분한 기존노출자료, 노출 시나리오를 구성하는 데 부적절한 정보, 불확실한 노출결정인자 및 노출 분류를 위한 확실성이 부족한 자료 등이며, 보완이 필요한 상황을 설명하여야 한다.

세계보건기구(WHO)에서 자료의 차이를 보완하는 방법으로 보수적으로 가정하는 것, 누락된 측정치를 대체할 수 있는 초기 값의 활용, 자료의 차이를 채울 새로운 자료의 수집(시

물레이션을 통한 노출량 이용), 대용자료(surrogate data)로 대체(유사한 화학물질에 대한 노출자료 이용), 수학적 모델링 및 외삽이나 내삽 기법들을 활용한 누락된 자료의 완성, 자료의 차이를 채우기 위한 전문가 판단의 활용, 수집한 자료로 노출량 산출이 가능한 범위로 조정하는 것 등을 제안하였다.²⁰⁾ 이러한 방법들이 노출재구성에 활용되어 왔다.

과거노출재구성에서 고려할 사항

노출 기간과 빈도

노출 기간과 빈도는 총 노출량을 추정할 때 중요한 요인이다. 병을 유발시키는 노출의 최소 기간은 대부분 알려져 있지 않다. 따라서 장기간과 단기간의 노출량을 모두 평가하는 것이 중요하다. 장기간의 노출(연, 월)로부터 건강위해영향을 평가할 때는 보통 관심 대상 기간 동안의 노출과 용량을 통합한다.

분, 시간, 일과 같은 단기간의 노출은 보통 특정 기간의 노출량을 평균하여 추정한다. 합산된 누적노출량은 노출시간과 농도에 의해 결정되는 그래프 아래의 면적으로 계산된다. 이러한 누적노출량은 업무관련성평가에서 노출지수로 사용되지만, 잠재적인 건강위해영향



병을 유발시키는 노출의 최소 기간은 대부분 알려져 있지 않다. 따라서 장기간과 단기간의 노출량을 모두 평가하는 것이 중요하다.

20) World Health Organization. (2008). Uncertainty and Data Quality in Exposure Assessment, International Programme on Chemical Safety (IPCS) Harmonization Project No. 6. Geneva, Switzerland: World Health Organization (WHO) Press.

21) Duan N (1982) Models for human exposure to air pollution. Environ Int;8:305-309.

과거노출재구성의 목적은 건강에 영향을 줄 수 있는

화학적·물리적·생물학적 요인에 대한

과거의 노출을 확인하고 정량화하는 것이다.

따라서 근로자가 어떤 유해물질에 노출되는지,

노출원과 노출 수준이 어느 정도인지를

알아내는 방법으로 설계된다.

즉, 재구성의 목적은 특정 요인 또는 요인들을 확인하고

해당 노출-반응 관계를 결정하는 것이다.

만일 급성 반응이라면 단기 또는 최고 노출량 산출이

재구성의 목적이 될 것이고,

암과 같은 만성적인 건강 악영향이라면

시간가중평균(TWA)농도와 같은 노출량 혹은

누적노출량을 구하는 것이 목적이 될 수 있다.

과 노출량에 대한 완벽한 과거 노출 수준을 대변하지는 못한다.

시간-활동과 노출환경

작업장 내의 유해물질에 대한 정확한 노출평가를 위해서는 노출평가 대상자들이 어디서 어떻게 시간을 보냈는지에 대한 자료, 즉 시간-활동자료가 필요하다. 유해물질의 농도는 일, 주, 계절 등의 시간 또는 노출되는 환경에 따라 다르게 측정된다. 근로자들이 시간을 보내는

방법과 장소 등에 대한 정보는 노출량에 상당한 영향을 줄 수 있다. 이들은 유해물질의 농도가 다른 다양한 노출환경에서 활동하고 있으며, 그 노출환경은 개별환경(microenvironment)이고, 유해물질의 농도는 균일한 것으로 간주한다.²¹⁾

시간-활동자료는 자기응답 설문지나 개인이력, 인터뷰, 과거의 기록 등을 통해서 수집할 수 있다. 시간-활동자료는 개별환경측정치(microenvironmental measurements)와 합쳐져서 일정 기간 동안 개인의 통합된 노출량을 추정하는 데 활용된다. 노출평가는 인구 집단이 시간을 보낸 특정한(또는 모든) 개별환경에서의 유해물질농도와 노출시간(농도 × 각 개별환경에서의 노출시간) 측정을 기본으로 한다.

결론

업무관련성평가에서 과거노출재구성은 핵심적인 사항이다. 과거노출재구성의 목적은 근로자가 작업 기간 중 노출된 환경에서의 대표적인 노출자료를 수집하고 그 수준을 정량적으로 평가하는 것이다. 타당한 업무관련성평가를 위해 직업역학 및 산업위생연구 분야에서 발전해온 후향적 과거노출평가 방법론을 개별적인 업무상 질병의 업무관련성평가에 적용하여 활용하여야 한다. 이러한 방법론의 채택을 통해서 보다 타당한 업무상질병에 대한 인과관계를 명확하게 확인할 수 있을 것으로 기대된다. 🌸

※ 다음 호에서 '최적의 과거노출재구성 방법 선정'에 대해 소개할 예정입니다.



유해물질의 농도는 일, 주, 계절 등의 시간 또는 노출되는 환경에 따라 다르게 측정된다.

산업재해 발생 형태 관련 용어 개정 사항

산업재해 현황통계 발생 형태 분류기준을 명확히 하고, 다양한 산업재해의 발생에 따른 예방 가능한 통계를 산출하기 위해 기존의 발생 형태 코드에 대해 체계적인 개편안을 마련하였다. 주요 개정사항은 다음과 같고, 용어 대비표에 변경 전·후의 용어를 정리하였다.

산업재해명칭(발생 형태 용어) 변경 배경

산업안전보건 용어 중 일반 국민이 가장 쉽게 접할 수 있는 산업재해 명칭을 보면 전도·협착·추락·낙하·비레·붕괴 등 대부분이 일본의 용어를 그대로 도입한 한자어가 상당 부분을 차지하고 있을 뿐만 아니라, 그 정의도 명확하지 않은 면이 있다. 이런 까닭에 비전문가인 일반인들은 이를 다른 뜻으로 잘못 이해하거나, 아니면 무슨 뜻인지 파악하기 어려운 측면이 있었다. 따라서 정부에서는 일반 국민도 쉽고 정확하게 이해할 수 있는 산업재해 명칭 변경의 필요성을 인식하여 기존의 한자어 중심에서 우리말 위주로 명칭을 변경하였다.

변경된 산업재해명칭의 특징과 효과

기존 한자 중심의 산업재해명칭에서 알기 쉬운 우리말 위주로 용어를 변경한 것이 가장 큰 특징 중의 하나라고 할 수 있다. 또한 이전의 '전도'는 사람이 넘어져 재해가 발생한 경우와 물체가 넘어져 재해가 발생한 경우를 모두 포함하고 있어 산업재해를 예방하기 위한 정확한 통계를 제공하지 못한 면이 있었다. 이번 변경된 명칭에서는 '전도'를 '넘어짐(사람이 미끄러지거나 넘어짐)'과 '갈림(물체의 쓰러짐이나 뒤집힘)'으로 명확하게 구분하여 산업재해 예방의 효율화를 꾀하였다.

산업재해명칭의 분류 체계 변경

변경되기 전에는 추락·전도·협착 등 대분류로만 되어 있어 어디에서 떨어졌는지, 어떻게 넘어졌는지 등을 상세히 알 수가 없었다. 개편된 산업재해명칭에서는 대분류 안에 중분류의 코드를 신설하여 재해가 구체적으로 어떻게 발생했는지 효과적으로 알 수 있도록 하였다. 예를 들어, '넘어짐'의 대분류 코드 안에 '계단에서 넘어짐' '바닥에서 미끄러짐' '바닥의 돌출물에 걸려 넘어짐' '운송수단·설비에서 넘어짐' 등 원인 분석이 가능한 코드를 신설하였다.

변경된 산업재해명칭의 활용계획

기존의 산업재해명칭으로는 다양하게 발생하는 산업재해에 대하여 효과적인 산재 예방 통계자료를 제공하는 데 한계가 있었다. 변경되는 산업재해명칭은 이런 다양한 산업재해를 효과적으로 분석하여 통계를 제공할 수 있도록 코드 체계가 마련되어 있으므로, 앞으로 정확한 산업재해 원인 분석을 통해 효과적인 산업재해통계를 생산하고 재해 예방자료로 제공할 예정이다.

[산업재해 발생 형태 용어 변경 전 · 후 대비표]

변경 전	변경 후	
코드명	대분류 코드명	중분류 코드명
추락	떨어짐 (높이가 있는 곳에서 사람이 떨어짐)	상세 정보 부족 떨어짐
		계단, 사다리에서 떨어짐
		개구부 등 지면에서 떨어짐
		재료더미 및 적재물에서 떨어짐
		지붕에서 떨어짐
		비계 등 가설구조물에서 떨어짐
		건물 대들보나 철골 등 기타 구조물에서 떨어짐
		운송 수단 또는 기계 등 설비에서 떨어짐
		기타 떨어짐
전도	넘어짐 (사람이 미끄러지거나 넘어짐)	상세 정보 부족 넘어짐
		계단에서 넘어짐
		바닥에서 미끄러져 넘어짐
		바닥의 돌출물 등에 걸려 넘어짐
		운송 수단, 설비에서 넘어짐
		기타 넘어짐
전도	깔림 (물체의 쓰러짐이나 뒤집힘)	상세 정보 부족 깔림 · 뒤집힘
		쓰러지는 물체에 깔림
		운송 수단 등 뒤집힘
		기타 깔림 · 뒤집힘
충돌	부딪힘 (물체에 부딪힘)	상세 정보 부족 부딪힘
		사람에 의한 부딪힘
		바닥에서 구르는 물체에 부딪힘
		흔들리는 물체 등에 부딪힘
		취급, 사용 물체에 부딪힘
		차량 등과의 부딪힘
		기타 부딪힘
낙하 · 비래	맞음 (날아오거나 떨어진 물체에 맞음)	상세 정보 부족 날아옴 · 떨어짐
		떨어진 물체에 맞음
		날아온 물체에 맞음
		기타 날아옴 · 떨어짐
붕괴 · 도괴	무너짐 (건축물이나 쌓여진 물체가 무너짐)	상세 정보 부족한 무너짐
		도랑의 굴착사면 무너짐
		적재물 등의 무너짐
		건축물 · 구조물의 무너짐
		가설구조물의 무너짐
		절취사면 등의 무너짐
		기타 무너짐
협착	끼임 (기계설비에 끼이거나 감김)	상세 정보 부족 끼임 · 감김
		직선운동중인 설비, 기계 사이에 끼임
		회전부와 고정체 사이의 끼임
		두 회전체의 물림점에 끼임
		회전체 및 돌기부에 감김
		인력 운반 · 취급중인 물체에 끼임
		기타 끼임 · 감김

변경 전	변경 후	
코드명	대분류 코드명	중분류 코드명
절단 · 베임 · 찰림	절단 · 베임 · 찰림	상세 정보 부족 절단 · 베임 · 찰림
		회전날 등에 의한 절단
		취급물체에 의한 절단
		회전날 등에 의한 베임
		취급물체에 의한 베임 · 찰림
		기타 절단 · 베임 · 찰림
감전	감전	상세 정보 부족 감전
		충전부에 감전
		누설전류에 감전
		아크 감전(접촉)
		기타 감전
폭발 · 파열	폭발 · 파열	상세 정보 부족 폭발
		기계 · 설비의 폭발
		캔 · 드럼 폭발
		파열
		기타 폭발
화재	화재	화재
무리한 동작	불균형 및 무리한 동작	상세 정보 부족 불균형 및 무리한 동작
		신체 불균형 동작
		과도한(무리한) 힘 · 동작
		기타 불균형 및 무리한 동작
이상온도 · 물체 접촉	이상온도 접촉	이상온도 · 물체 접촉
화학물질누출	화학물질누출 · 접촉	상세 정보 부족 화학물질 누출 · 접촉
		화학물질 누출
		화학물질 접촉
		기타 화학물질 누출 · 접촉
산소 결핍	산소 결핍	산소 결핍
빠짐 · 익사	빠짐 · 익사	빠짐 · 익사
사업장 내 교통사고	사업장 내 교통사고	사업장 내 교통사고
사업장 외 교통사고	사업장 외 교통사고	사업장 외 교통사고
해상항공 교통사고	해상항공 교통사고	해상항공 교통사고
광산사고	광산사고(삭제)	광산사고(삭제)
체육행사	체육행사 등의 사고	정보 부족 체육행사 등의 사고
		체육행사
		운동선수 등 체육활동
		워크숍
		화식
폭력행위	폭력행위	기타 체육행사 등의 사고
		작업 중(작업장 내) 폭력행위
		작업장 외 장소에서 폭력행위
동물상해	동물상해	정보 부족 동물상해
		평소 작업 중 동물상해
		평소 작업 외 동물상해
		기타 동물상해
기타	기타	기타
분류 불능	분류 불능	분류 불능

이번 호 필자 여러분께 감사드립니다



박재학 회장
한국안전학회
충북대학교
안전공학과 교수



김신범 실장
노동환경건강연구소
화학물질센터



최상준 교수
대구가톨릭대학교
산업보건학과



곽현석 책임연구원
근로복지공단
직업성별질환연구소



조흥학 연구위원
산업안전보건연구원
안전경영정책연구소



장대원 교수
가톨릭대학교
서울성모병원
직업환경의학과의



이근원 팀장
산업안전보건연구원
위험성연구팀



박정철 교수
한국교통대학교
안전공학과



최재욱 교수
고려대학교
보건대학원
고려대학교 환경의학
연구소 소장



변혜정 수석컨설턴트
삼성SDS(주)



김수원 교수
성균관대학교
의과대학
직업환경의학교실

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 안전경영정책연구소
『안전보건 연구동향』 담당자 앞 • e-mail : brief@kosha.net

! 문의사항 !

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

SH@W
Safety and Health at Work

안전보건 국제학술지

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

! 웹사이트를 이용한 무료 투고 !

<http://www.e-shaw.org> (※현재 접수중)

! 문의사항 !

논문 투고와 관련한 문의사항은 안전보건공단 산업안전보건연구원
안전경영정책연구소로 연락하시면 됩니다.

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

산업재해예방

안전보건공단

산업안전보건연구원



나를 지키는 안전보건 에너지 안전보건공단 '위기탈출 앱 시리즈'

하나) 위기탈출 다국어회화



이제 외국인과의 의사소통 힘들지 않아요~~

- 직장, 일상생활 등 다양한 상황별 회화 제공
- 10개 국가 원어민이 들려주는 정확한 음성 제공
- 해외 출장시 오프라인으로 사용 가능

둘) 위기탈출 사고포착



앗! 내 주변에서 이런 사고가 발생한다구요?

- 전국 실시간 사고(재해) 속보 제공
- 다양한 사고(재해) 상황별 대처 방안 제공
- 사고 현장 제보 기능

셋) 위기탈출 바이오리듬



바이오리듬으로 안전과 건강을 지키세요.

- 나의 바이오리듬에 따른 안전보건 포인트 제공
- 스코어보드, 위험신호 보내기 등 놀이 기능 제공

넷) 근골격계질환 예방 체조송



따라만 해도 샘솟는 건강 energy

- 걸스데이 민아 양과 함께 부르는 체조송과 스트레칭 동영상 제공
- 직장인과 학생들이 따라하면 좋은 바른자세송 제공

이렇게
다운받으세요

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