2015년 12월 30일 발행 | 발행처 산업안전보건연구원 | 발행인 권혁면 | ISSN 1976-345X | 전화 052-703-0815 | oshri.kosha.or.kr

OSH 안전보건 이슈리포트 ISSUE REPORT

[안전보건 연구동향 Vol.9 No.4 통권69호]

- 녹색 신기술 발전에 따른 산업안전보건의 새로운 위험 전망
- 화학사고 예방을 위한 정량적 위험성평가의 접근 방안
- 네일미용사의 작업환경 화학물질 노출로 인한 건강장해 예방대책
- 인듐 및 인듐화합물의 근로자 노출실태 및 관리방안
- 효과적인 방사능 안전관리를 위한 전리방사선 안전보건 프로그램 구축

산업재해예방
안전보건공단
산업안전보건연구원

머리말

산업안전보건연구원은 설립 이후 산업현장 사고 예방과 직업병 예방 연구를 수행하는 공공 연구기관으로서의 역할을 충실히 수행했을 뿐만 아니라, 근로자의 삶의 질을 향상시키고 양질의 노동력을 보존하여 사회경제적 이익을 창출하기 위해 노력해왔습니다.

비록 지난 10년간 정체되어 있던 0.7%대 재해율이 2012년 이후 0.5%대로 진입하는 큰 성과를 거두었지만 산업현장의 고도화, 다양화로 인해 위험요소는 크게 증가하고 있으며, 새로운 유해화학물질로 인한 지속적인 직업병 발생, 선진국에 비해 높은 사망 만인율 등 아직도 안전보건 확보를 위해 해결해야 할 문제가 산적해 있습니다.

이에 우리 연구원에서는 산업안전보건과 관련된 시급하고 중요한 국내·외의 다양한 정보와 동향을 선제적으로 파악하여 정부, 학계 등의 안전보건정책 의사 결정자에게 알려드리고, 안전보건정책을 선도할 수 있는 선제적 연구과제를 발굴하여 단기 및 중·장기 안전보건 연구과제에 반영하기 위한 목적으로 이슈리포트를 발간합니다.

산업안전보건연구원장 **권 혁 면**

OSHRI

CONTENTS

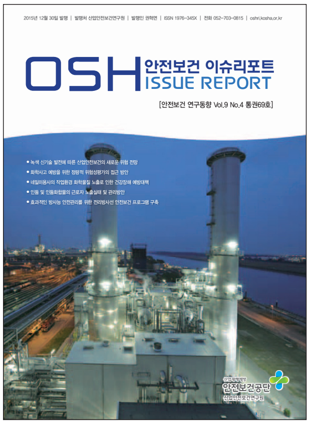
녹색 신기술 발전에 따른 산업안전보건의
새로운 위험 전망 4

화학사고 예방을 위한
정량적 위험성평가의 접근 방안 16

네일미용사의 작업환경 화학물질 노출로 인한
건강장해 예방대책 22

인듐 및 인듐화합물의
근로자 노출실태 및 관리방안 36

효과적인 방사능 안전관리를 위한 전리방사선
안전보건 프로그램 구축 46



2015. 12 Vol.9 No.4

발행일 | 2015년 12월 30일
발행처 | 산업안전보건연구원
발행인 | 권혁면
ISSN 1976-345X
052-703-0815
oshri.kosha.or.kr

※ 게재된 내용은 필자의 개인적 견해이며, 우리 연구원의 공식 견해와 다를 수 있습니다.

본고는 http://oshri.kosha.or.kr에서 다운받아 보실 수 있습니다.

녹색 신기술 발전에 따른 산업안전보건의 새로운 위험 전망

안전보건정책연구실 김기식 실장
안전보건정책연구실 이경용 팀장

요약문

| 배경 및 문제점 |

국제사회는 성장 우선논리로 인하여 지금까지 경제성장에 따르는 환경오염 증가문제에 소극적으로 대처해 왔으나 지속적으로 천연자원 고갈, 기온상승, 자연재해 등의 문제가 대두됨에 따라 적극적으로 환경문제를 해결해야할 필요성이 제기되고 있다. 이에 국내외적으로 인류가 직면한 기후변화와 같은 환경문제를 적극적으로 해결하면서 지속가능한 경제성장을 할 수 있는 녹색성장(Green growth)에 관한 논의가 이루어지면서 녹색성장을 위한 새로운 산업으로 녹색산업(Green job)이 주목을 받기 시작하였다. 이에 미래의 새로운 성장동력으로 신기술을 중심으로 하는 녹색산업의 역할이 기대되면서 과거에는 존재하지 않았던 산업안전보건 분야의 새로운 유해위험이 증가할 것으로 전망됨에 따라 발생가능한 유해위험 요소를 선제적으로 살펴봄으로써 재해예방이 필요한 분야를 확인해야할 필요성이 대두되었다.

| 목적 |

본 보고서는 EU-OSHA(2013)가 전망한 녹색성장을 촉진할 핵심 변화 요인과 향후 녹색산업을 주도할 신기술 및 신기술 발전에 따른 산업안전보건 분야의 새로운 유해위험을 소개하고, 이에 따른 정책제언을 통해 국내에서도 녹색산업 성장에 따른 미래의 산업안전보건 유해위험을 선제적으로 탐색하여 재해예방이 필요한 분야를 확인하는 것을 목적으로 한다.

| 조사 및 분석내용 |

EU-OSHA(2013)는 25명의 전문가 면담과 인터넷 설문조사를 통하여 향후 2020년까지 유럽에서 녹색성장을 촉진할 핵심 변화 요인으로 정부 통제, 정부 유인 정책, 환경, 신재생 에너지 기술, 경제 성장, 에너지 효율 개선, 여론, 쓰레기 재활용, 다른 기술, 에너지 보안 이슈, 전기배급, 저장, 사용, 공공 행동, 국제적인 이슈, 인구통계와 노동력의 변화, 화석연료 기술, 핵 에너지 등 16개 항목을 제시하였다. 녹색산업에 적용될 신기술로 풍력발전, 녹색 건설 기술, 생명 공학의 바이오 에너지, 폐기물 처리, 녹색 교통, 녹색 제조 기술, 소규모 신재생 에너지, 배터리 및 에너지 저장 장치, 에너지 전송 및 유통 등으로 전망하였다. 산업안전보건의 새로운 위험은 성장과 녹색가치 동시 달성 시나리오, 경제성장 우선 시나리오, 녹색가치 우선 시나리오 등 3가지의 시나리오에 따라서 차별적인 전망을 하였다.

Ⅰ. 배경 및 문제점

국제사회는 성장 우선논리로 인하여 지금까지 경제성장에 따르는 환경오염 증가문제에 소극적으로 대처해 왔으나 지속적으로 천연자원 고갈, 기온상승, 자연재해 등의 문제가 대두됨에 따라 적극적으로 환경문제를 해결해야할 필요성이 제기되고 있다. 이에 국내외적으로 인류가 직면한 기후변화와 같은 환경문제를 적극적으로 해결하면서 지속가능한 경제성장을 할 수 있는 녹색성장(Green growth)[1)]에 관한 논의가 시작되면서 녹색성장을 위한 새로운 산업으로 녹색산업(Green job)이 주목을 받기 시작하였다(녹색기술센터, 2013; 조창현 등, 2009).

미래의 새로운 성장동력으로 신기술을 중심으로 하는 녹색산업의 역할이 기대됨에 따라 과거에는 존재하지 않았던 산업안전보건 분야의 새로운 유해위험이 증가할 것으로 전망되고 있다. EU-OSHA(2013)은 2020년까지 유럽에서 새롭게 생겨날 녹색산업과 신기술에 대해 설명하였고, 이에 따른 산업안전보건 분야의 새로운 유해위험에 대해 전망하였다. 국내에서도 2005년 환경부와 UNESCAP이 공동 주최한 "아시아 태평양 환경과 개발에 관한 장관회의"에서 환경을 지키며 지속적으로 성장(Environmentally Sustainable Growth)을 할 수 있는 녹색산업의 필요성 제기 이후 녹색산업에 대한 관심이 지속적으로 증가하였지만, 녹색산업 성장에 따른 새로운 유해위험에 대한 전망이 전무한 상황이다.

Ⅱ. 목적

본 보고서는 EU-OSHA(2013)가 전망한 녹색성장을 촉진할 핵심 변화 요인과 향후 녹색산업을 주도할 신기술 및 신기술 발전에 따른 산업안전보건 분야의 새로운 유해위험을 소개하고, 이에 따른 정책제

| 정책제언 |

녹색산업에 적용될 신기술은 매우 다양한 분야에서 제시되고 있어 신기술에 따른 유해위험을 잘 감지하기 위해서는 국가적인 차원에서 유해위험을 모니터링 할 수 있는 체계를 갖출 필요성이 있다. 국내 적용 가능한 미래의 유해위험을 전망하기 위해서는 EU-OSHA(2013)과 같이 국내 전문가의 의견을 구하여 한국 사정에 맞는 미래 녹색산업에 적용 가능한 신기술과 미래의 산업안전보건의 유해위험을 전망하는 연구가 수행되어야 하며, 개별 신기술에 대한 사례 연구를 통하여 구체적으로 발생 가능한 유해위험을 살펴볼 필요성이 있다. 다양한 신기술 분야에서 발생할 유해위험을 모니터링하기 위하여 국내 적용 가능하면서 실효성이 있는 모니터링 체계에 관한 연구가 필요하다.

언을 통해 국내에서도 녹색산업 성장에 따른 미래의 산업안전보건 유해위험을 선제적으로 탐색하여 재해예방이 필요한 분야를 확인하는 것을 목적으로 한다.

III. 조사 및 분석 내용

1. 주요 변화 요인

EU-OSHA(2013)는 25명의 전문가 면담과 인터넷 설문조사를 통하여 향후 2020년까지 유럽에서 녹색성장을 촉진할 핵심 변화 요인으로 정부 통제, 정부 유인 정책, 환경, 신재생 에너지 기술, 경제 성장, 에너지 효율 개선, 여론, 쓰레기 재활용, 다른 기술, 에너지 보안 이슈, 전기배급, 저장, 사용, 공공 행동, 국제적인 이슈, 인구통계와 노동력의 변화, 화석연료 기술, 핵 에너지 등 16개 항목을 제시하였다. 이 핵심 변화 요인에 대하여 변화의 중요성이 높을 것으로 기대되는 항목에 대한 전문가 투표결과, 세금, 탄소 배출에 대한 과세 등 정부 통제와 녹색 산업을 활성화시키기 위한 정부 정책이나 보조금 등의 정부 유인 정책이 가장 중요한 요소로 조사되었고, 인구통계학적인 요소, 화석연료 기술, 핵 에너지 등은 녹색성장을 촉진시킬 주요 요인에서 상대적으로 중요도가 낮은 것으로 조사되었다.

2. 주요 신기술 전망

EU-OSHA(2013)는 경제에 파급효과가 클 것으로 기대되는 녹색산업의 신기술로 풍력, 녹색 건설 기술, 생명 공학의 바이오 에너지, 폐기물 처리 기술, 녹색 교통, 자동기계장치와 자동화를 포함한 녹색 제조 기술, 전기 전송, 배포 및 저장 기술 및 소규모 신재생 에너지, 나노 기술 및 나노 물질 등 8가지를 제시하고 있다.

3. 시나리오 분석

EU-OSHA(2013)은 기술전문가, 산업안전보건전문가 25명을 대상으로 7차례의 워크숍을 통하여 녹색성장을 촉진할 변화 요인을 이용하여 각 요소들을 경제성장과 녹색가치 실현, 그리고 녹색기술의 혁신으로 포괄적인 분류를 하고, 시나리오를 경제성장과 녹색가치를 동시에 달성하는 시나리오(Win-

1) 녹색성장이란 지구 환경에 부담을 주지않기 위해서 기존의 시장 비용 효율성을 근간으로 하는 패러다임에서 환경자원 효율성이 기준이 되는 성장 패턴으로의 전환을 의미한다고 할 수 있다. 이러한 패러다임 변화는 시장 비용 효율성(market cost efficiency)을 기반으로 환경보다 성장을 우선시하는 양적인 성장기조에서 환경자원 효율성(eco-efficiency) 증대를 기본으로 하는 질적인 성장으로의 전환과 기존의 성장을 위해 환경을 파괴하는 패턴에서 성장과 환경의 조화를 통해 공존하는 모드로의 전환 등을 의미한다고 할 수 있다(장철순, 2009).

[표 1] 녹색성장을 촉진할 핵심 변화 요인

요인	설명	전문가 투표	
		순위	점수
정부 통제	세금, 탄소 배출에 대한 과세, 관세, 입법	1	5.81
정부 유인 정책	녹색 활동을 위한 정책, 보조금, 융자, 장려금	1	5.81
환경	탄소배출, (기온상승, 자연재해 등) 환경변화의 영향, (화석연료나 물 등) 천연자원의 고갈	3	5.62
신재생 에너지 기술	신재생 에너지 기술의 발전과 가용성	4	5.54
경제 성장	유럽 경제 상태와 환경 문제를 해결하기 위한 자원의 가용성	5	5.27
에너지 효율 개선	에너지 효율적인 새로운 건물, 오래된 건물의 재건축, 에너지 효율적인 대중교통 촉진, 에너지 절약 제조 등	6	5.21
여론	기후 변화와 그 원인에 대한 대중의 견해	6	5.21
쓰레기 재활용	쓰레기 증가와 자원고갈, 여론, 법률에 의한 재활용 증가	8	5.03
다른 기술	나노기술과 생명공학과 같은 비에너지 기술의 가용성	9	4.81
에너지 보안 이슈*	에너지 보안의 필요성, 에너지 수입 의존도 인하를 위한 욕구	10	4.7
전기배급, 저장, 사용	증가하는 신재생 전기발전을 허용하기 위한 기술의 발전	11	4.62
공공 행동	녹색 제품에 대한 수요, 재활용에 대한 지원	12	4.51
국제적인 이슈*	유럽 연합국가와 다른 국가들의 세계화 영향, 부족한 천연 자원 확보를 위한 경쟁에 따른 영향, 녹색 활동에 대한 필요성 논의	13	4.35
인구통계와 노동력의 변화*	인구증가, 고령화, 도시화 등으로 에너지와 천연자원 사용의 지속적인 증가, 이에 따른 에너지 효율 증대 필요성 제기	14	4.15
화석연료 기술	탄소 포집 및 저장 기술과 청정 석탄 기술 등과 같은 화석연료의 계속적인 사용을 허용하기 위한 기술의 발전	15	3.97
핵 에너지*	핵 에너지 사용의 범위와 '녹색'으로 간주 여부	16	3.59

* 시나리오 분석에서 사용한 포괄적 분류인 경제성장, 녹색가치, 녹색기술의 혁신에 포함하지 않는 요소

Win Scenario), 경제성장을 우선시하는 시나리오(Bonus World Scenario), 녹색가치를 우선시하는 시나리오(Deep Green Scenario)로 구분하여 이 시나리오들에 따라서 포괄적인 변화 요인의 영향력을 분석하였고, 이에 따라 각 시나리오별로 나타날 수 있는 새로운 유해위험을 전망하였다.

EU-OSHA(2013)은 녹색성장을 촉진할 주요 변화 요인을 포괄적으로 경제성장, 녹색가치, 녹색기술

[표 2] 녹색산업에 적용될 신기술 전망

연번	기술	세부 내용
1	풍력 발전	· 육상과 해양에 발전 시설을 건설하여 2020년까지 유럽 전력 수요의 20% 이상을 공급할 계획
2	녹색 건설 기술	· 절연, 보온창, 열 회수 기능이 탑재된 환기장치, 에너지 효율적인 조명장치 등 에너지 효율을 높일 수 있는 기술 · 태양열 및 냉각, 지열 냉난방, 고급 모니터링 시스템, 태양광, 풍력 에너지, 열병합 발전 등의 신재생 에너지 · 조립식 건축과 조립식 가옥의 부분품 제조를 위한 신기술 · 저탄소 시멘트, 나노물질 등의 신물질 · 정보통신기술(ICT)과 로봇공학과 자동화 기술
3	생명 공학의 바이오 에너지	· 디젤, 에탄올 등 바이오 연료, 바이오매스[2] 연소 및 혼소[3] 기술, 바이오가스 생산 등 혐기성 소화 기술, 매립가스 활용 기술, 바이오매스 가스화 기술 · 생체 촉매[4], 엔지니어드 세포 공장[5], 바이오팩토리[6] 등 · 대규모 및 중규모의 바이오 정제 기술 및 생물 공정 기술 · 농업 기술, 합성 생물학, 유전자 변형 기술
4	폐기물 처리	· 폐기물의 수집, 분류 및 재활용 또는 에너지 생산을 처리 기술 · 재료 및 부품의 재활용 기술
5	녹색 교통	· 전기, 하이브리드 및 바이오 연료 차량 개발 기술 · 수소 및 연료 전지 등 배터리 기술 · 항공기용 바이오 연료, 내부 연소 엔진의 효율성 개선 · 지능형 교통 시스템 · 급유 및 충전 인프라
6	녹색 제조 기술	· 3D 인쇄, 신속한 시제품 개발이 가능한 고급 제조 기술, 분산 제조 기술, 생명 공학, 녹색 화학, 나노 물질을 이용한 제조 기술
7	전기 전송, 배포 및 저장 기술 및 소규모 신재생 에너지	· 스마트 그리드, 스마트 미터링, 분산 발전, 열병합 발전, 스마트 가전 · 배터리, 슈퍼캐패시터[7], 초전도 자기 에너지 저장 장치, 압축공기에너지 저장기술, 액화질소와 액화산소 에너지 저장기술 등 · 납 축전지, 리튬이온 전지, 소듐설퍼 전지, 염화니켈전지 등의 배터리 기술 · 풍력, 태양열, 태양광, 바이오 에너지, 지열 에너지, 열병합 발전, 연료 전지 등의 분산형 에너지 생산 기술
8	나노 기술 및 나노 물질	· 향상된 성능의 배터리를 포함한 다양한 잠재적 물질, 엔진 첨가제, 새로운 복합 재료 · 건설자재(포장, 벽돌, 환경오염 저감용 아스팔트, 나노코팅, 태양력을 전기로 전환하는 나노페인트, 오염방지 나노코팅 등)

2) 바이오매스는 생물체를 열분해시키거나 발효시켜 만들어지는 메테인, 에탄올, 수소 등과 같은 에너지로 지구상에서 1년간 생산되는 바이오매스는 석유의 전체 매장량과 비슷하여 화석에너지를 대체할 수 있는 고갈되지 않는 에너지원으로 평가된다

3) 바이오매스 혼소(Biomass Co-firing)는 석탄 화력발전소에서 석탄과 바이오매스를 함께 연소하는 것으로 현존 화력발전소 성능개선(retrofit) 및 신규 발전소 건설에 필요한 증분비용(incremental cost)이 상대적으로 낮기 때문에 혼소는 전력 생산에 있어 바이오매스 사용 증가와 온실가스 배출량 저감에 중요한 역할을 할 수 있고, 100% 바이오매스 연소 발전소와 비교하여 낮은 자본 비용 및 고효율, 규모의 경제 실현, 대규모로 인한 저렴한 전력생산비용, 현대식 화력발전소의 우수한 성능 등 여러 가지 이점이 있다.

의 혁신율로 분류하였다. 경제성장 요인은 녹색기술에 대한 자금투입의 규모를 결정짓는 요소로 국내 경기상황뿐만 아니라 유럽 경기, 세계 경기 등의 요소에 의해 영향을 받게 된다. 높은 경제성장을 하는 상황에서는 기업이 녹색기술에 대한 자본 투입 여력이 높을 수 있기 때문에 매우 중요한 요소라고 판단할 수 있다. 녹색가치 요인은 녹색성장을 성취하기 위해 경제주체들이 자신의 행위를 바꾸고자 하는 의지, 녹색성장을 촉진하기 위한 규제정책나 재정정책 등을 시행하고자하는 정부의 의지 등을 의미한다. 녹색기술의 혁신은 보다 적은 천연자원 사용, 저공해, 환경오염을 최소화하는 녹색기술의 발전을 의미한다.

[표3]은 시나리오에 따른 각 요소들의 영향력을 나타내고 있다. 경제성장은 각 시나리오의 특성에 따라 성장과 녹색가치를 동시에 달성하는 시나리오와 경제성장을 우선하는 시나리오에서는 경제성장이 높을 것으로 전망한 반면, 녹색가치를 우선하는 시나리오에서는 경제성장이 낮을 것으로 전망하였다. 녹색가치의 경우는 성장과 녹색가치를 동시에 달성하는 시나리오와 녹색가치를 우선하는 시나리오에서 강할 것으로 전망한 반면, 경제성장을 우선하는 시나리오에서는 약할 것으로 전망하였다. 녹색기술 혁신율은 경제성장과 녹색가치의 수준에 의해 결정될 수 있다. 이는 경제가 성장하면 녹색기술 혁신을 위한 자본 투입 여력 수준이 높아질 수 있고, 경제성장 수준이 높지 않더라도 개인, 기업, 정부 등 경제주체가 녹색가치 추구의지가 높다면 녹색기술의 혁신은 높아질 수 있기 때문이다. 이에 따라 성장과 녹색가치를 동시에 달성하는 시나리오에서는 충분한 자금 투입 여력과 함께 경제주체의 높은 녹색가치 실현 의지로 인하여 녹색기술의 혁신율은 높을 것으로 예상할 수 있다. 경제성장 우선 시나리오에서는 높은 성장을 통한 충분한 자금 투입 여력을 갖춰서 녹색기술에 대한 혁신율이 낮지는 않을 것으로 예상되지만, 낮은 경제성장에 따라서 자금 투입 여력이 부족할 수 있음에도 불구하고 녹색가치 실현을 목

[표 3] 시나리오별 효과

구분	성장과 녹색가치 동시 달성 시나리오 (Win-Win Scenario)	경제성장 우선 시나리오 (Bonus World Scenario)	녹색가치 우선 시나리오 (Deep Green Scenario)
경제성장	높음	높음	낮음
녹색가치	강함	약함	강함
녹색기술의 혁신	높음	중간-	중간+

4) 생체 내에서 생명 현상에 관여하는 화학 반응의 촉매가 되는 물질로 효소, 미생물 균체, 식물 세포, 동물 세포, 세포 내 소기관(오르가넬라) 등 효소 활성이 있는 것을 총괄한 용어
5) 세포 공장(cell factories)은 세포공장이란 미생물로 의학과 산업용으로 사용할 이로운 물질들을 만들어내는 것을 의미한다.
6) 바이오팩토리는 유용하게 사용할 수 있는 생물학적 화합물을 만들어내는 기술을 의미함
7) 에너지 저장장치의 한 종류

적으로 하는 시나리오의 특성으로 인해 녹색가치 우선 시나리오에서는 상대적으로 더 높은 녹색기술 혁신을 기대할 수 있을 것으로 판단하였다. 이에 따라 녹색기술의 혁신율은 경제성장 우선 시나리오에서는 중간에 다소 미치지 않는 “중간-”, 녹색가치 우선 시나리오에서는 중간보다 조금 더 높은 수준으로 설정하였다.

시나리오에 따라서 구체적으로 산업안전보건의 새로운 유해위험에 대한 전망을 살펴보도록 한다. 먼저 성장과 녹색가치 동시 달성 시나리오를 살펴보면, 이 시나리오에서는 높은 경제성장을 목표로 하고 있고, 개인, 기업, 정부 등 모든 경제주체들이 적극적으로 녹색가치 실현을 위해 노력을 함에 따라, 사회 전반적으로 기술혁신을 위한 상당한 투자가 있을 것으로 기대된다. 기술혁신에 따른 지속적인 신기술 개발은 새로운 일자리를 창출하고 새로운 제품 출시 빈도를 높이는 등의 긍정적인 효과를 기대할 수 있지만, 근로자는 새로운 기술을 습득해야하고, 새로운 제품을 생산해야하기 때문에 새로운 위험에 노출될 수 있다.

[표 4] 성장과 녹색가치 동시 달성 시나리오에서의 산업안전보건 위험 전망

기술	세부 내용
풍력 발전	· 녹색가치를 달성하기 발전시설을 해양에 건설하는 시나리오로 충분한 에너지를 수급하기 위해서는 폭넓은 지역에 분산하여 발전 시설을 건설해야함에 따라 산업안전보건 투자에 따른 이윤 기대가 낮아 투자가 충분히 이루어지지 않을 가능성 존재 · 다량의 대규모 터빈 설치를 위한 인력 및 기술 부족으로 건설 시 사고 발생 가능성 · 유지 보수를 위하여 발전시설에 파견한 근로자의 거주 문제, 심리, 사회적 문제 발생 가능성 · 풍력 터빈 제조에 사용된 신물질과 나노 물질로 인하여 새로운 질환 발생 가능성
녹색 건설 기술	· 근로자가 형상 변화 물질, 축열 화학 물질, 표면 코팅 신물질, 나노물질 및 섬유 복합 재료를 이용하여 건설자재를 제조함에 따라 새로운 질환 발생 가능성 존재 · 스마트 미터링, 스마트 그리드 등 스마트 기기의 설치에 따른 전기로 인한 위험 존재 · 상당한 양의 케이블을 정리하기 위해 지하실 등의 공간 활용에 따른 위험성 증가 · 태양전지, 지열, 바이오매스 등의 새로운 에너지 기술 설치에 따른 예기치 못한 위험(지붕 작업 증가에 따른 낙상 등) · 기존 건물 철거나 개보수 시 석면 등 유해한 건축 재료의 위험에 노출될 가능성
생명 공학의 바이오 에너지	· 바이오매스의 저장 및 처리에 따른 물리적, 화학적 및 생물학적 위험과 화재 및 폭발 위험의 근로자 노출 가능성 · 높은 온도와 높은 압력 및 가스화 등으로 발생할 물리적 위험 가능성 · 바이오매스에서 파생된 기체의 증가에 따른 잠재적인 문제 · 중금속을 포함한 강알칼리성 바이오매스 폐기물로 인한 문제
폐기물 처리	· 폐기물의 출처와 구성 식별 어려움에 따른 폐기물 증가와 이에 따른 근로자의 유해위험 노출 가능성 · 유해한 폐기물, 일반 쓰레기 등을 모두 처리함으로써 발생가능한 위험 · 새로운 폐기물로 나노물질의 등장에 따른 위험

[표 4] 성장과 녹색가치 동시 달성 시나리오에서의 산업안전보건 위험 전망

기술	세부 내용
녹색 교통	· 전기자동차 사용에 따라서 충전 시 감전의 위험 가능성 · 사고 시 증가할 수 있는 화재나 폭발의 위험성
녹색 제조 기술	· 복잡하고 고도화된 로봇의 고장을 인식하기 어려움에 따른 위험 발생 가능성 · 빠르고 유연한 새로운 제조 시스템으로 근로자의 심리학적 위험 발생 가능성 · 저탄소의 신 녹색물질과 나노물질이 장기적으로 건강에 미치는 영향이 알려져 있지 않은 문제
소규모 신재생 에너지	· 급속히 발전하고 있는 기술로 인하여 기존의 산업안전보건 지식으로 예측하기 어렵고 또한 적용불가능한 잠재 위험의 가능성 · 어느 위험 발생시 지붕에 설치한 태양광 시설로 전원이 차단되지 않아 발생할 수 있는 위험의 가능성
배터리 및 에너지 저장 장치	· 높은 전압으로 인한 감전, 화재, 폭발, 유해 화학 물질 노출의 가능성 · 설치 및 유지, 보수 작업의 복잡함으로 위험 발생 가능성
에너지 전송 및 유통	· 감전, 화상, 화재 및 폭발 등의 위험

경제성장 우선 시나리오에서는 높은 경제성장만을 목표로 하고 있기 때문에 천연자원과 에너지는 모두 높은 가격에 거래된다. 따라서 녹색가치를 추구하기에는 너무 많은 비용부담이 있기 때문에 투자 동기가 강하지 않을 수 밖에 없다. 이 시나리오에서는 소비자와 기업 등 경제주체들은 가격이 저렴한 경우에 녹색 제품과 서비스를 선택하게 된다. 다만, 새로운 제품과 공정에 사용되는 기술은 지속적으로 발전되고, 높은 자본 투자와 자본 집약적인 기술 혁신을 통하여 기업의 수익성이 높아짐에 따라 사회 전반적인 소득 수준은 개선되며, 이에 따른 정부의 세금수익 증가는 지속가능한 복지 프로그램에 대한 투자 증가로 이어질 수 있다. 그러나 경제성장이 우선적으로 고려되고 있는 사회에서는 정부의 관심이 낮을 수 밖에 없고, 기업은 이익에 도움이 되지 않는다면 산업안전보건에 투자를 하지 않을 것이다. 이와 같은 배경에서 발생할 새로운 산업안전보건의 위험을 살펴보면 다음과 같다.

[표 5] 경제성장 우선 시나리오에서의 산업안전보건 위험 전망

기술	세부 내용
풍력 발전	· 경제성장을 우선으로 추구하기 위해 위험이 큰 해양 건설보다는 육상에 발전시설을 건설하여 다른 두 시나리오에 비해 위험이 작은 편임 · 그러나 발전시설 근접지역 인구에 잠재적인 위험이 될 가능성 존재 · 비용상승 압박(cost pressure)에 따른 발생가능한 위험감수적(risk-taking) 태도 발생 가능성 · 근로자의 상당수가 기술 수준이 낮고, 산업안전보건에 대한 이해 수준이 낮은 이민자 출신이 될 가능성 · 안전한 해체가 가능하도록 설계되지 않은 구형 풍력발전 시설 해체 시 발생할 수 있는 위험 · 풍력 터빈 제조 시 사용되는 신복합물질 및 나노물질의 제조, 유지 및 보수, 폐기 및 재활용에서 건강을 위협할 수 있는 새로운 위험

[표 5] 경제성장 우선 시나리오에서의 산업안전보건 위험 전망

기술	세부 내용
녹색 건설 기술	· 신기술을 이용하여 건물의 일부를 공장에서 생산함에 따라 공장근로자의 건강을 위협할 새로운 유해위험 발생 가능성 · 공장에서 제작되는 건물의 일부를 건설현장에서 조립할 때 발생할 수 있는 위험 · 스마트 미터링, 스마트 그리드 등 스마트 기기의 설치에 따른 전기로 인한 위험 존재 · 상당한 양의 케이블을 정리하기 위해 지하실 등의 공간 활용에 따른 위험성 증가 · 태양전지, 지열, 바이오매스 등의 새로운 에너지 기술 설치에 따른 예기치 못한 위험(지붕 작업 증가에 따른 낙상 등) · 성장과 녹색가치 동시 달성 시나리오에 비해서 새 건물들의 더 많은 철거, 그리고 폐기물은 재활용하지 않고 매립함으로써 발생할 수 있는 위험 · 기존 건물 철거나 개보수 시 석면 등 유해한 건축 재료의 위험에 노출될 가능성
생명 공학의 바이오 에너지	· 바이오매스의 저장 및 처리에 따른 물리적, 화학적 및 생물학적 위험과 화재 및 폭발 위험의 근로자 노출 가능성 · 높은 온도와 높은 압력 및 가스화 등으로 발생할 물리적 위험 가능성 · 바이오매스에서 파생된 기체의 증가에 따른 잠재적인 문제 · 중금속을 포함한 강알칼리성 바이오매스 폐기물로 인한 문제
폐기물 처리	· 폐기물의 재활용에 대한 사회적인 관심의 결여 · 빠른 기술 혁신에 따라 신상품이 금방 버려지고 보다 새로운 상품을 소비하게 됨으로써 발생하게 되는 많은 폐기물의 문제 · 폐기물 처리에 드는 높은 비용으로 인해 폐기물을 처리할 수 있는 생산자가 폐기물을 처리하지 않고 영세한 폐기물 처리업자가 처리함으로써 발생할 수 있는 위험
녹색 교통	· 전기자동차 사용에 따라서 충전 시 감전의 위험 가능성 · 수명이 끝난 자동차 배터리의 재사용 문제 · 사고 시 증가할 수 있는 화재나 폭발의 위험성
녹색 제조 기술	· 복잡하고 고도화된 로봇의 고장을 인식하기 어려움에 따른 위험 발생 가능성 · 3D 프린팅, 급속 제조와 같은 기술 발전에 따른 유해먼지, 화학물질, 레이저광에 의한 위험 발생 가능성 · 신물질에 의해 발생한 질병의 추적 어려움
소규모 신재생 에너지	· 태양광 발전이 그리드 패리티[8]에 도달하기 전에 설치에 따른 보조금 지원 축소 및 취소 가능성. 이에 따른 기한 내의 설치 마감을 위해 과도한 업무 발생으로 인한 위험 발생 가능성 등 · 저렴한 제품 사용으로 위험 발생 가능성 상승 문제
배터리 및 에너지 저장 장치	· 새로운 배터리 기술에서 사용되는 화학물질, 발암성 금속, 먼지, 섬유, 나노물질에 의한 잠재적인 위험 가능성 · 배터리 폐기물의 재활용, 분해 및 화재로 인한 위험성 · 배터리 과충전에 따른 위험 취급이 어렵고, 화재와 폭발의 위험이 있는 수소 에너지
에너지 전송 및 유통	· 비용 상승 압박에 따른 정전으로 발생가능한 실내 암전, 기계 전력 소실, 그 외 안전이 중요한 상황에서의 위험 발생 가능성 · 구리 가격 상승에 따른 구리 케이블을 알루미늄으로 교체로 화재 위험과 접촉 불량 발생 증가 가능성

녹색가치 우선 시나리오에서는 낮은 경제성장에도 불구하고 녹색가치 추구가 매우 강력한 것으로 설정하고 있다. 이 시나리오에서는 저탄소 혹은 제로탄소를 목표로 녹색기술에 대한 투자를 하고자 하지만 낮은 성장에 따른 지불능력 부족으로 자본투자가 제한될 수 있다. 또한, 우선순위가 성장이 아닌 녹색가치에 있기 때문에 녹색산업에서의 일자리가 늘어날 수 있지만 사회 전반적으로 높은 실업률이 예상되며 기업의 이익 수준은 낮을 수 밖에 없다. 이에 따른 낮은 정부의 세수입은 사회에서 요구하는 복지수요를 충분히 반영하기 어려울 수 있다.

[표 6] 녹색가치 우선 시나리오에서의 산업안전보건 위험 전망

기술	세부 내용
풍력 발전	· 녹색가치가 높지만 경제성장률이 낮은 상황에서는 설비에 대한 투자금의 부족으로 인하여 풍력 발전 설비의 수명 종료와 유지 및 보수 등을 적시에 하지 못함으로 발생 가능한 위험 · 고비용으로 인한 리프트의 안전 설비 설치나 인체공학적 기능으로 업그레이드 등을 하지 못함으로써 위험 발생 가능성
녹색 건설 기술	· 건물 보수와 신재생 에너지기술 보강에 따른 신물질 노출, 폐기물 처리에 따른 위험 발생 가능성 · 건물 개조에 따라 발생하는 먼지와 유해화학 물질에 의한 위험 · 적절한 환기장치 부족으로 인한 문제
생명 공학의 바이오 에너지	· 바이오매스의 저장 및 처리에 따른 물리적, 화학적 및 생물학적 위험과 화재 및 폭발 위험의 근로자 노출 가능성
폐기물 처리	· 고비용에 따른 매립 증가로 건강을 위협할 수 있는 알려져 있거나 잠재적인 위험 요소 증가 · 바이오매스 사용 증가로 먼지, 알레르기 및 기타 독성 물질에 대한 노출 증가 · 납을 포함하여 재활용 금속으로 만들어진 금속 사용으로 발생할 수 있는 산업안전보건 상의 위험
녹색 교통	· 전기자동차 사용에 따라서 충전 시 감전의 위험 가능성 · 이륜차 사용 증가에 따른 사고 위험 증가 · 노동법에 보호를 받지 못하는 자영업자의 낮은 산업안전보건 의식에 따른 위험 발생 가능성
녹색 제조 기술	· 다른 시나리오에 비해 자동화 채택률이 낮은 환경으로, 기계 설비의 노후에 따른 산업안전보건 상의 위험 발생 가능성 · 보수 서비스의 아웃소싱 증가로 인한 위험 발생 가능성 증가 · 신재생에너지 사용 증가에 따른 위험 발생 가능성 · 3D 프린팅과 같은 분산 제조의 발달에 따라서 더 많은 근로자에게 노출된 위험 · 제조와 재활용과 같이 기존에 다른 위치에서 수행되는 산업 공정을 하나로 통합함으로써 발생하게 되는 새로운 위험

8) 신재생에너지 발전단가와 기존 화석에너지 발전단가가 같아지는 균형점

[표 6] 녹색가치 우선 시나리오에서의 산업안전보건 위험 전망

기술	세부 내용
소규모 신재생 에너지	· 분배 시스템과 비표준 설비의 다양화로 유지보수업자의 위험 발생 가능성 증가 · 기술 통합에 따른 위험 발생 증가 · 소규모 바이오 에너지 생산으로 발생 가능한 화재 및 폭발과 독성물질에 대한 노출
배터리 및 에너지 저장 장치	· 독성 화학 물질과 화재로 인한 위험 · 환경 규제로 인한 위험 증가 · 화재와 폭발의 위험이 있는 수소 에너지
에너지 전송 및 유통	· 에너지 생산원의 증가에 따른 그리드의 하향식 제어 유지 어려움 · 바이오가스 유통에 따른 중독, 질식, 폭발, 품질 문제 등의 위험 발생 가능성

IV. 정책제언

본 보고서에서는 EU-OSHA(2013)이 전망한 녹색성장을 이끌 신기술과 시나리오 분석을 통한 산업안전보건의 새로운 유해위험의 발생가능성을 소개하였다. 과도한 화석연료 사용으로 기온상승과 자연재해 증가 등의 환경변화에 적극적으로 대처하여 지속가능한 경제성장을 이루기 위해서는 어느 경제이든 녹색산업을 발전시켜야 하며 이를 위해서 녹색기술 개발에 힘써야할 것이다. 그리고 이 과정에서 산업안전보건의 새로운 위험이 발생할 수 있음에 주목할 필요가 있다.

EU-OSHA(2013)은 녹색산업에 적용될 신기술의 빠르고 지속적인 기술 혁신, 소규모 생산 등의 특징이 작업자가 신기술에 대해 충분한 이해와 적절한 교육에 제한을 줄 수 있어 신기술 발전에 따른 산업안전보건의 새로운 유해위험을 잘 통제하기 위해서는 신기술과 잠재적인 위험성에 대해 지속적인 모니터링이 필요함을 강조하고 있다. 녹색산업에 적용될 신기술은 매우 다양한 분야에서 제시되고 있어 신기술에 따른 유해위험을 잘 감지하기 위해서는 국가적인 차원에서 유해위험을 모니터링 할 수 있는 체계를 갖출 필요성이 있다.

또한, 미래의 유해위험을 지속적으로 전망하기 위해서는 다양한 분야에서 신기술과 관련한 유해위험에 관한 연구가 수행되어야 하며, 연구의 지속성을 위하여 국가차원에서의 정책지원이 필요할 것으로 판단한다. 향후 국내에서 적용할 신기술에 따른 유해위험은 EU-OSHA(2013)의 전망과는 차이가 있을 수 있으므로 다음과 같이 3가지의 연구과제를 제안하고자 한다. 첫째, EU-OSHA의 접근방식과 유사하게 국내 전문가의 의견을 구하여 한국 사정에 맞는 미래 녹색산업에 적용 가능한 신기술과 미래의 산

업안전보건의 유해위험 전망에 관련한 연구가 수행될 필요성이 있다. 둘째, 개별 신기술에 대한 사례 연구를 통하여 구체적으로 발생가능한 유해위험을 살펴볼 필요성이 있다. 셋째, 다양한 신기술 분야에서 발생할 유해위험을 모니터링하기 위하여 국내 적용 가능하면서 실효성이 있는 모니터링 체계에 관한 연구가 필요할 것으로 판단한다.

| 참고문헌 |

1. 녹색기술센터, "2013년도 녹색기술 심층분석" , 녹색기술센터, 2013
2. 조창현, 곽대종, 최현경, "녹색산업 발전방안 연구" , 산업연구원, 2009
3. 외교통상부, "기후변화협상 바로알기" , 외교통상부, 2008
4. 장철순, "지역경제 활성화를 위한 녹색산업 육성방안" , 계간지역경제, 제16호, Vol.5, No.2, 산업연구원, 2009
5. EU-OSHA, "Green jobs and occupational safety and health: Foresight on new and emerging with new technologies by 2020" , European Agency for Sagety and Health at Work, 2013

화학사고 예방을 위한 정량적 위험성평가의 접근 방안

안전연구실 장창봉 연구원

요약문

| 배경 및 문제점 |

화학공장의 화학사고를 예방하기 위해 미국이나 유럽 선진국에서는 최선의 방안으로 정량적 위험성평가를 강도 높게 수행할 것을 요구하고 있으며, 정량적 위험성평가의 수행충실도 정도에 따라 사고예방 효과가 크게 다르게 나타나고 있음을 강조하고 있다. 정량적 위험성평가에 있어서 가장 중요하게 지목되는 부분이 화학공장을 구성하고 있는 장치 및 기기의 신뢰도 데이터로 여기에는 기술적인 부분 보다는 시간적으로 많은 노력과 예산이 요구되는데 이러한 요인으로 인해 우리나라의 경우, 수많은 화학공장의 신뢰도 데이터가 데이터베이스화 되어 있지 않고 있는 실정이다.

| 목적 |

국내 실정에 적합한 신뢰도 데이터베이스를 구축하는데 있어서 기본적으로 화학공장의 엔지니어와 컨설팅 전문가들이 정량적 위험성평가에 대해 어떤 인식을 소유하고 있으며 실효적인 신뢰도 데이터 베이스의 구축을 위해 어떤 것을 요구하고 있는지 조사 분석하는 것을 목적으로 하였다.

| 조사 및 분석내용 |

설문조사에서 나타난 주요 내용은 화학사고 예방을 위해서는 정량적 위험성 평가가 매우 필요하나, 국내에서 이루어지고 있는 정량적 위험성 평가의 기술적 내실과 수준은 아직까지 낮으므로 향상이 필요하다. 그리고 정량적 위험성 평가를 활성화하기 위해서는 국내 실정에 맞고 객관성이 확보된 신뢰도 데이터베이스의 보급이 필요한 것으로 조사 및 분석 되었다.

| 정책제언 |

정량적 위험성평가의 성공적인 활성화를 위해서는 신뢰도 데이터베이스의 필요성이 가장 중요한 사항으로 분석되었으며, 이를 위해 장기적 안목에서 신뢰도 데이터베이스 구축을 위한 계획과 투자가 필요한 시점으로 지속적인 연구를 통해 국내 실정에 적합한 신뢰도 데이터베이스를 구축하여야 한다.

Ⅰ. 배경 및 문제점

위험물질을 생산하거나 취급, 저장하는 과정에서 화재, 폭발, 독성물질 누출사고가 발생할 경우 이를 "화학사고"라 명칭 하는데 최근 들어 국내에서는 사회적으로 이슈가 된 많은 화학사고가 발생하였다. 특히, 구미에 소재한 휴브글로벌(주)에서 발생한 불화수소(HF) 누출사고는 화학물질에 대한 사회적·경제적 경각심을 강하게 자극하는 주요한 계기가 되었으며 이 사고를 통해 우리는 화학물질의 많은 장점들 즉, 인류의 생활을 편리하게 하는 동시에 첨단기술을 더욱더 발전시키는 중요한 필수요소로 활용되는 이로운 점들이 화학물질이 내재하고 있는 하나의 단점인 리스크에 의해 모두 훼손될 만큼 치명적이라는 사실을 경험적으로 강도 높게 인지하였다.

화학사고는 주로 화학산업 분야에서 발생하는데 화학산업은 우리나라 경제를 지탱하는 없어서는 안 될 핵심 국가 기반산업 중의 하나이다. 그러나 우리에게 중요한 화학산업은 많은 인명과 재산 그리고 환경피해를 가져올 수 있는 리스크가 확률적으로 타 산업보다 높은 것이 모두가 공감하고 있는 현실이다.

화학공장의 화학사고를 예방하기 위해 미국이나 유럽 선진국에서는 최선의 방안으로 정량적 위험성 평가를 강도 높게 수행할 것을 요구하고 있으며, 정량적 위험성평가의 수행충실도 정도에 따라 사고예방 효과가 크게 다르게 나타나고 있음을 강조하고 있다.

정량적 위험성평가란 일반적으로 화학사고를 예방하기 위해 발생 가능한 리스크를 정량적으로 분석하고 분석과정에서 발굴된 잠재위험들에 대해 안전조치를 탑재함으로써 리스크를 제어하고 개선하는 안전활동이라 할 수 있다. 그러나 이러한 정량적 위험성평가를 수행하기 위해서는 복잡한 수학적 기술과 난해한 공학적 평가가 필수적으로 이루어져야 하는데 이로 인해 화학공장에서 직접적으로 수행하는데 많은 어려움을 겪고 있다. 특히, 정량적 위험성평가에 있어서 가장 중요하게 지목되는 부분이 화학공장을 구성하고 있는 장치 및 기기의 신뢰도 데이터로 여기에는 기술적인 부분 보다는 시간적으로 많은 노력과 예산이 요구되는데 이러한 요인으로 인해 우리나라의 경우 수많은 화학공장의 신뢰도 데이터가 데이터베이스화되어 있지 않고 있는 실정이다.

세계적인 화학산업을 운영하고 있는 우리나라는 화학사고 예방을 위한 정량적 위험성 평가가 화학

| 향후과제 |

국외 신뢰도 데이터를 수집하여 국내실정에 맞게 변형하는 Algorithm을 개발하는 동시에 화학공장과 협업하여 장시간 장치 및 기기의 신뢰도 데이터를 수집할 수 있는 데이터베이스 Bed를 구축하고 수집된 데이터의 실증단계를 거쳐 신뢰도 데이터베이스 플랫폼을 개발하고 최종적으로는 화학공장에 신뢰도 데이터를 제공할 수 있는 서비스를 운영해야 할 것이다.

공장에서 내실 있게 수행될 수 있도록 하기 위해서는 국내 실정에 적합한 신뢰도 데이터베이스의 구축이 절실히 요구된다. 또한 국내 화학공장의 정량적 위험성평가에 활용된 신뢰도 데이터는 국내 화학공장의 신뢰도 데이터가 아닌 국외 데이터(CCPS, OGP, OREDA)로써 여기에는 서로 다른 공정과 운전환경으로 인해 데이터의 신뢰성에 큰 차이가 있다.

Ⅱ. 목적

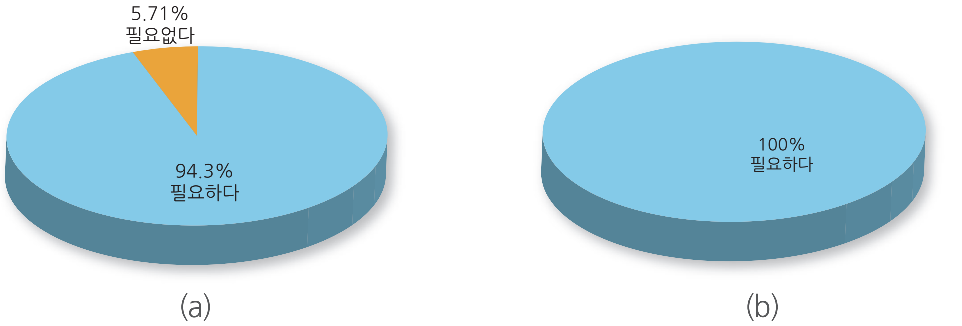
본 보고서는 국내 실정에 적합한 신뢰도 데이터베이스를 구축하는데 있어서 기본적으로 화학공장의 엔지니어와 컨설팅 전문가들이 정량적 위험성평가에 대해 어떤 인식을 소유하고 있으며 실효적인 신뢰도 데이터 베이스의 구축을 위해 어떤 것을 요구하고 있는지 조사 분석하는 것을 목적으로 하였다.

Ⅲ. 조사 및 분석내용

산업안전보건연구원에서는 정량적 위험성평가가 화학공장에서 자연스럽게 이루어져야 한다는 대명제를 설정하고 실행방안으로써 현재 가장 큰 문제로 지목되고 있는 신뢰도 데이터베이스를 구축하기 위해 2015년부터 연구를 수행하고 있으며, 본 연구는 향후 10년 이후 우리나라의 정량적 위험성평가 내실을 향상시키는 것을 목표로 진행되고 있다. 이에 우리나라의 정량적 위험성평가 현실을 자세히 들여다보고 인지하기 위해 화학공장 엔지니어와 관련 컨설팅 전문가들로부터 정량적 위험성 평가의 기본적인 문제에서부터 수정되어야 할 문제들을 수집하기 위해 설문조사를 실시하였다.

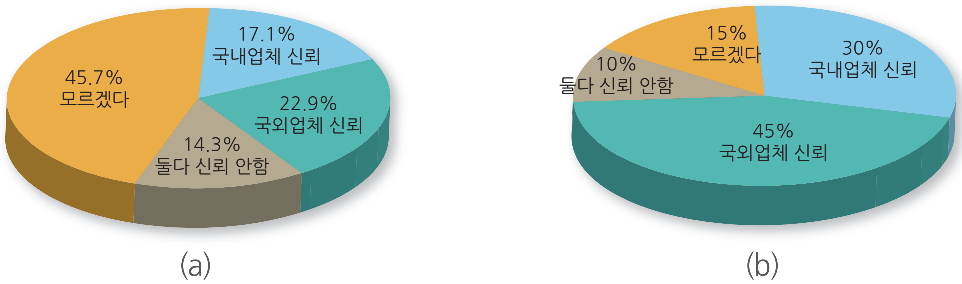
조사 대상은 정량적 위험성평가를 수행하고 있는 화학공장의 전문가와 컨설팅 전문가로 구분하였으며 대상군은 화학공장의 경우, 공정안전관리(PSM) 대상 사업장 중 근로자 200인 이상의 대규모 사업장 142개 업체를 선정하였다. 컨설팅의 경우는 공정안전관리(PSM)와 환경부의 장외영향평가 컨설팅을 수행하는 42개 전문기관을 선정하였다. 조사결과, 응답비율은 화학공장 142개 사업장 중 35개 사업장인 25%가 응답하였고, 컨설팅 기관은 42개소 중 20개 기관인 48%가 응답하였다.

조사내용 중 주요 내용으로는 그림1과 같이 『국내 화학공장의 사고예방을 위한 정량적 위험성평가의 필요성』에 대해 화학공장은 "필요하다"가 94.3%, "필요없다"는 5.71%, "모르겠다"는 0%로 조사되었으며, 컨설팅 전문가는 "필요하다"가 100%로 조사 되었었다. 화학공장과 컨설팅 전문가 모두 정량적 위험성평가가 화학사고를 예방하기 위해 필요하다는데 인식을 같이 하고 있다는 것을 나타내고 있다.



[그림 1] 정량적 위험성평가 필요성에 대한 인식 (a) 화학공장, (b) 컨설팅

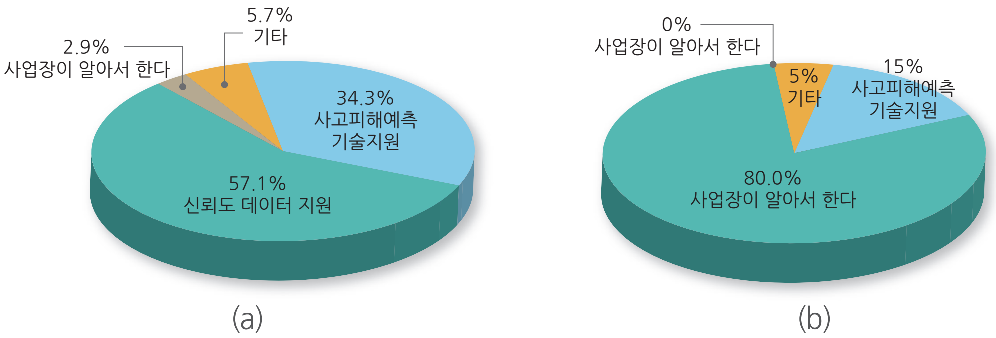
그리고 화학공장을 대상으로 『정량적 위험성평가를 현재 수행하고 있는지』에 대한 조사에서는 80%가 “수행하고 있다”라고 조사되었으나, 그림2와 같이 『수행된 정량적 위험성 평가의 결과에 대해 국외업체에서 수행한 결과와 국내업체에서 수행한 결과 중 어느 것을 더 신뢰하는지』에 대한 조사에서는 화학공장의 경우 22.9%, 컨설팅 기관은 45.0%가 “국외업체를 더욱더 신뢰한다”라고 조사 되었다.



[그림 2] 정량적 위험성평가 결과물에 대한 신뢰 인식 (a) 화학공장, (b) 컨설팅

이러한 이유에 대해서는 화학공장의 경우 71.4%, 컨설팅 기관은 44.4%가 결과물에서 차이가 나기 때문으로 조사 되었다. 본 항목의 조사결과를 통해 정량적 위험성평가가 아직까지 국내에 정착되어 자연스럽게 운영되고 있지 않고 있음을 확인 할 수 있으며, 앞으로 국내에 전문인력을 더욱더 양성할 필요성이 있음을 말해 주고 있다.

또한, 그림3과 같이 『정량적 위험성평가의 활성화를 위한 조사』에서 화학공장의 65.7%, 컨설팅 기관 40%가 “기술적 지원이 있어야 한다”라고 조사되었으며 『필요한 기술적 지원』에 대해서는 화학공장 57.1%, 컨설팅 기관 80%가 “국내실정에 맞는 신뢰도 데이터를 지원해주기 바란다”라고 조사되었다. 본 항목의 결과를 통해 화학공장과 컨설팅 기관 모두 정부차원의 지원으로는 정량적 위험성평가를 위한 국내실정에 적합한 신뢰도 데이터를 필요로 하고 있음을 알 수 있다.



[그림 3] 정량적 위험성평가 활성화를 위한 기술적 지원 분야 (a) 화학공장, (b) 컨설팅

결론적으로 산업안전보건연구원의 이번 설문조사에서 나타난 주요 내용을 요약하면 “화학사고 예방을 위해서는 정량적 위험성 평가가 매우 필요하나, 국내에서 이루어지고 있는 정량적 위험성 평가의 기술적 내실과 수준은 아직까지 낮으므로 향상이 필요하다. 그리고 정량적 위험성 평가를 활성화하기 위해서는 국내 실정에 맞고 객관성이 확보된 신뢰도 데이터베이스의 보급이 필요하다’로 요약된다.

Ⅳ. 정책제언

국내 화학사고를 예방하고 사고발생시 피해를 최소화하기 위한 정량적 위험성평가의 활성화를 위해 그동안 여러 관련 전문가들로부터 최우선적으로 제시되었던 신뢰도 데이터베이스의 필요성에 대해 화학공장과 컨설팅 관련 전문가 또한 공감하고 있음을 설문조사를 통해 확인하였다. 또한, 이는 정량적 위험성평가의 성공적인 활성화를 위해 가장 중요한 사항으로 분석되었으며 이를 위해 장기적 안목에서 신뢰도 데이터베이스 구축을 위한 계획과 투자가 필요한 시점으로 지속적인 연구를 통해 국내 실정에 적합한 신뢰도 데이터베이스를 구축하여야 한다.

Ⅴ. 향후과제

국내 화학공장에 적합한 신뢰도 데이터베이스를 구축하기 위해서는 우선적으로 국외 신뢰도 데이터를 수집하여 국내실정에 맞게 변형하는 Algorithm을 개발하는 동시에 화학공장과 협업하여 장시간 장치 및 기기의 신뢰도를 수집할 수 있는 데이터베이스 Bed를 구축하여야 한다. 또한, 이러한 연구를 통해 수집된 데이터가 국내 실정에 적합한지 실증단계를 거쳐 영구적으로 고도화 할 수 있는 신뢰도 데이

터베이스 플랫폼을 개발하고 최종적으로 Online을 통해 화학공장에 신뢰도 데이터를 제공할 수 있는 서비스를 운영해야 할 것이다.

| 참고문헌 |

1. CCPS/ AIChE, “Guidelines for chemical process quantitative risk analysis” , Willy, New York , 2000
2. 민경란, “시범 화학공장에 대한 신뢰도기반 위험관리체제 구축“, 2003
3. OREDA-92, DNV Technica, “Offshore Reliability Data Handbook, 5nd Edition, 2009
4. CCPS, “Guidelines for Process Equipment Reliability Data” , 1989
5. CCPS/ AIChE, “Guidelines for Process Equipment Reliability Data” , 1989

네일미용사의 작업환경 화학물질 노출로 인한 건강장해 예방대책

화학물질센터 임경택 연구위원

요약문

| 배경 및 문제점 |

우리나라에서 미용업에 종사하는 근로자는 약 10만여 명으로 여성근로자의 비율이 높은 대표적인 서비스 산업이다. 또한 미용업은 다양한 화학적·물리적·생물학적 인자에 노출될 가능성이 있는 것으로 알려져 있는데 국내는 대부분 5인 미만의 소규모 사업장이어서 안전보건에 대한 관심이 미흡하고 관련 국내 연구 역시 매우 부족한 현실이다. 특히 네일 관리업에 종사하는 근로자들은 복합적인 휘발성 유기화합물(VOC: Volatile Organic Compounds)에 노출될 가능성이 높은데 이는 주로 접착제, 광택제, 아크릴류, 네일 에나멜, 아세톤류의 사용과 관련이 있다.

| 목적 |

본 보고에서는 네일미용사들의 유해요인 노출, 건강영향 및 사고·손상위험에 대한 실태를 조사한 과거 연구보고서의 내용과 미국의 사례를 바탕으로 우리나라의 네일미용업 작업환경에서 사용 가능한 안전보건관리지침 등의 안전보건관리 방안을 제시하고자 하였다.

| 조사 및 분석내용 |

2012년에 산업안전보건연구원에서 연구용역 발주하여 김인아 등이 연구한 보고서에 의한 네일관리 미용업 사업장의 노출 유해인자 및 건강영향, 직업보건 관리, 초점집단면접 결과에 따르면 네일 미용은 반복적인 손동작이나 팔 동작에 의한 경우가 98%로 가장 많았으며, 화학제품을 취급하거나 접촉한다고 응답한 사람도 약 87%로 많았다. 미용업 종사 이후 의사에게 피부염을 진단 받은 경우는 응답자의 34.5%였으며, 위염은 41.8%였다. 보호구 착용 법제화, 안전교육, 물질안전보건자료의 필요성에 대하여 약 70~80% 응답자가 긍정적인 응답으로 높은 요구도를 보였으나, 다수의 화학물질에 노출됨에도 불구하고 보호구를 착용하는 비율은 38% 정도에 불과하였다. 또한 미국의 사례들을 추가 조사한 결과에 따르면 매니큐어에 들어있는 화학물질들 중 세 가지인 프탈산 디부틸(DBP), 톨루엔과 포름알데히드가 가장 심각한 건강문제를 일으키는 것으로, 업계에서는 이들 화학물질을 “유독성 트리오”로 부른다. DBP는 호주에서 생식독성물질로 분류하여 ‘배속 태아에게 유해한 제품’ 또

Ⅰ. 배경 및 문제점

우리나라에서 미용업에 종사하는 근로자는 약 10만여 명으로 여성근로자의 비율이 높은 대표적인 서비스 산업이다. 또한 미용업은 다양한 화학적·물리적·생물학적 인자에 노출될 가능성이 있는 것으로 알려져 있으며, 국내는 대부분 5인 미만의 소규모 사업장으로 안전보건에 대한 관심이 미흡하고 관련 국내 연구 역시 매우 부족한 현실이다. 특히 네일 관리업에 종사하는 근로자들은 복합적인 휘발성 유기화합물(VOC: Volatile Organic Compounds)에 노출될 가능성이 높은데 이는 주로 접착제, 광택제, 아크릴류, 네일 에나멜, 아세톤류의 사용과 관련이 있다.

지난 5월 뉴욕타임지는 "The Price of Nice Nails"라는 기사를 통해 네일미용사들의 열악한 노동환경과 건강영향 등 실태를 보도하였고, 뉴욕시 네일샵의 70~80%가 한국인 소유인 점을 감안해 한국어버전 기사도 제공하였다.

네일 관리업에서 사용되는 화학물질들은 대부분 휘발성이 높아 작업장 공기 중에서 비교적 고농도로 존재할 수 있고, 작업 시 호흡에 의한 흡수가 용이한 물질이다(조영민 등, 2001). 또한 용해성과 휘발성이 높은 지질친화성 등으로 인해 체내에 흡수된 후 표적장기에 대한 특정 건강영향을 보일 수 있으며, 모든 유기화합물에서 공통적으로 발생하는 비특이적 건강영향도 발생 가능하다. 네일 관리 업무를 하는 근로자 역시 근골격계질환의 발생 가능성이 높고, 고객으로부터의 감염의 위험이 있다(Harris-Robert 등, 2008).

는 '생식력 손상 가능성이 높음' 등의 경고문구를 반드시 새겨야 하며, 미용 제품에 DBP 사용을 금지했다. 유럽연합에서도 DBP는 미용제품에 금지된 1,300여개의 화학물질 중 하나이다. 하지만 미국에서는 미용제품에 사용 금지된 화학물질이 12개도 채 되지 않으며 DBP 사용에 대한 규제는 없다. 톨루엔은 인지력손상과 신장기능 저하를 유발할 수 있다고 미국환경청(EPA)이 기록했으며, 임신 중 지속적인 노출은 태아 발달에 나쁜 영향을 미칠 수 있다고 밝혔다. 포름알데히드는 미국보건복지부 산하기구인 NTP(National Toxicology Program)에서 2011년 포름알데히드를 인간발암물질로 규정하였고, 유럽연합은 2016년부터 포름알데히드의 사용을 금지할 예정이다.

| 정책제언 |

네일미용업 근로자의 안전보건관리를 위한 다양한 검토와 추가 연구를 진행하여 지속적으로 제도를 보완하고, 정기적인 근로자 교육과 캠페인, 미국산업안전보건청(OSHA)의 '네일미용업 화학적 인자 관련 지침'을 통해 작업환경 및 작업방법의 개선을 이끌어낼 수 있는 구체적 방안을 우선적으로 마련하여야 한다. 또한 본 보고에서 확인된 주요한 유해요인과 건강 문제에 대하여 현행의 법제도 적용 가능성을 판단하여 근로자의 건강을 보호하기 위한 대책 마련 및 네일미용업 종사자에서의 건강장해 예방을 위한 기초자료 확보, 다양한 유해요인에 대한 현장 조사와 작업환경측정을 실시하는 등 산업위생학적 대응 방안을 마련하여야 한다.

II. 목적

본 보고에서는 네일미용사들의 유해요인 노출, 건강영향 및 사고·손상위험에 대한 실태를 조사한 과거 연구보고서의 내용과 미국의 사례를 바탕으로 우리나라의 네일미용업 작업환경에서 사용 가능한 안전보건관리지침 등의 안전보건관리 방안을 제시하고자 하였다

III. 조사 및 분석내용

1. 2012년 연구(김인아 등, 2012)에서의 주요 연구내용

2012년에 산업안전보건연구원에서 연구용역 발주하여 김인아 등이 연구한 보고서에 의하면 네일 미용분야 응답자들의 미용업 형태 분포는 전체 응답자 565명 중 개인운영이 415명(73.5%), 프랜차이즈 소속이 150명(26.6%)으로 나타났다. 응답자들의 직위별 분포는 전체 응답자 562명 중 원장이 139명(24.7%), 디자이너 및 실장이 154명(27.4%), 스탭이 207명(36.8%)으로 가장 많았고, 디자이너인 경우 고용형태를 묻는 설문에 응답자 102명 중 91명(89.2%)이 임금 근로자, 별도 사업자등록증이 있는 경우가 11명(10.8%)으로 나타났다. 네일 미용분야 응답자들의 수행하는 업무에 대한 분포는 중복 응답을 포함하여 기본케어가 552명(33.5%)으로 가장 많았고, 컬러링이 526명(31.9%), 발관리가 333명(20.2%)으로 그 뒤를 이었다.

네일미용사들이 근무 중 노출 되는 유해환경을 묻는 설문에 반복적인 손동작이나 팔 동작 557명(98.1%), 피로하거나 통증을 주는 자세가 504명(89.2%), 화학제품/물질을 취급하거나 피부와의 접촉이 494명(87.1%)으로 가장 많았다. 네일미용사를 대상으로 각 질환에 대하여 미용업 종사 이후에 지금까지 한번이라도 앓은 적이 있는 질환을 묻는 설문에 대해 위염이라고 응답한 사람이 228명(43.9%)으로 가장 많았고, 안구건조증이 217명(43.1%), 피부염 및 습진 192명(37.9%)으로 그 뒤를 이었다. 이 중 미용업 종사 이후에 지난 1년간 석 달 이상 앓았거나, 현재 앓고 있는 질병을 묻는 설문에 대한 결과는 안구건조증이 126명(35.3%), 위염이 123명(35.2%), 피부염 및 습진이 104명(28.6%)으로 많았다. 네일미용업 종사 이후에 의사 진단을 받은 질환의 종류를 묻는 설문에 대한 결과는 위염 132명(41.8%)과 피부염, 습진이 115명(34.5%)으로 많았다. 현재 앓고 있는 질병에 대하여 치료를 받고 있는지를 묻는 설문에 위염의 경우 42명(18.6%), 안구건조증이 37명(16.1%), 피부염 및 습진의 경우 36명(15.0%)으로 상대적으로 높게 나타났다. 지난 12개월 간 건강문제로 인한 결근 일수를 묻는 설문에 응답자 총 533명중 335명(62.9%)이 0일이라고 응답해 다수를 차지했고, 162명(30.4%)이 1일에서 5일이라고 응답해 그 뒤

를 이었다. 지난 1년 간 몸이 아픈데도 나와서 일을 한 적이 있는지 묻는 설문에 네일 분야 응답자 총 549명 중 349명(63.6%)이 있다고 대답하였으며, 200명(36.4%)이 없다고 대답하였다. 또한 지난 1년 간 몸이 아픈데도 나와서 일을 수행한 일수를 묻는 설문에 응답자 총 318명 중 146명(45.9%)이 1일에서 5일 사이라고 응답해 다수를 차지했고, 11일에서 30일 사이라고 응답한 사람이 132명(41.5%)으로 그 뒤를 이었다.

네일 미용분야 응답자들이 최근 3년간 건강검진을 받았는지의 여부에 대해서 살펴본 결과 응답자 총 554명 중 341명(61.6%)이 받지 않은 것으로, 213명(38.4%)이 받은 것으로 나타났다. 최근 3년간 건강검진을 받은 경우 검진비용의 납부 주체를 묻는 설문에 대한 결과로 중복응답을 포함한 네일 분야 응답자 총 211명 중 123명(58.3%)이 본인이라고 답해 가장 많았고, 건강보험공단 70명(33.2%)이 그 뒤를 이었다. 반면 사업주라고 답한 경우는 6명(2.8%)에 그쳤다. 근로자의 주관적 건강 상태에 대한 설문에 네일 분야 응답자 총 567명 중 306명(54.0%)이 보통이다고 답하였고, 179명(31.6%)이 좋은 편이다고 답하였다.

지난 1년간 경험한 피부질환 증상의 종류를 묻는 질문에서 피부가 붉어지고 붓는다, 피부가 붉고 갈라진다, 피부에 작은 물집이 생긴다, 피부가 붉어지고 가렵다는 물음에 대해 한 가지라도 증상이 있다고 대답한 사람은 응답자 총 565명 중 249명(44.1%)이었고, 상세 증상별로는 피부가 붉고 가려운 적이 있었다고 응답한 사람이 195명(35.3%)으로 가장 많았다. 피부질환 증상을 경험한 적이 있다고 응답한 사람 중 해당 증상이 3주 이상 지속되었는지를 묻는 질문에 대하여 560명 중 460명(82.1%)이 아니라고 대답했고, 100명(17.9%)이 그렇다고 대답했다. 지난 1년 간 두 번 이상 경험한 피부질환 증상에 대해 네일 분야 총 응답자 317명 중 그러한 증상이 있다고 응답한 사람이 177명(55.8%), 없다고 응답한 사람이 140명(44.2%)으로 나타났다. 피부질환 증상을 경험한 적이 있다고 응답한 사람 중 증상이 주로 나타난 부위를 묻는 설문에 응답자 총 299명 중 175명(58.5%)이 전완부, 손, 손가락이라고 응답해 가장 많았고, 얼굴 및 목이 78명(26.1%)으로 그 뒤를 이었다. 앓고 있는 피부질환이 있다고 응답한 사람 중 현재까지 해당 증상이 지속중인지를 묻는 설문에 응답자 총 309명 중 194명(62.6%) 아니다 라고 응답했고, 115명(37.1%)이 그렇다고 응답했다. 앓고 있는 피부질환의 증상이 휴일에 나아지는지를 묻는 설문에 응답자 총 285명 중 164명(57.5%)이 나아진다고 응답했고, 121명(42.5%)이 나아지지 않는다고 응답하였다. 지난 1년간 해당 피부 질환으로 인하여 병원을 방문한 적이 있느냐는 설문에 응답자 총 311명 중 197명(63.3%)이 없다고 응답했고, 114명(36.7%)이 있다고 응답했다. 네일 분야 종사 이후 피부질환 증상이 발생했다고 응답한 사람들을 대상으로 해당 증상의 종류를 묻는 설문에 습진 비슷한 염증이 생김이라고 응답한 사람이 139명(45.9%)으로 가장 많았고, 여드름 발생이라고 응답한 사람이 64명(23.0%)으로 그 뒤를 이었다.

네일미용사들 중 호흡기 증상을 경험한 적이 있다고 응답한 사람 중 해당 증상으로 인해 병원을 방

문 하였는지를 묻는 설문에 대하여 응답자 총 496명 중 438명(88.3%)은 방문하지 않았다고 대답했고, 58명(11.7%)은 방문했다고 대답했다. 네일 분야 종사 이후 발생한 호흡기 증상의 종류를 묻는 설문의 결과, 근무 시 콧물, 재채기 증상이 244명(43.9%)으로 가장 많았고, 기침 증상이 173명(31.2%), 가래가 121명(22.1%)으로 그 뒤를 이었다. 여성건강 관련 증상의 경험과 관련하여 월경주기 이상을 경험한 사람이 423명(77.2%)로 가장 많았고, 생리통을 경험한 사람이 382명(69.5%)로 그 뒤를 이었다.

보호구 착용 여부에 대해 네일 분야 총 응답자 568명 중 349명(61.4%)이 보호구를 착용하는 것으로 나타났고, 219명(38.6%)은 착용하지 않는 것으로 나타났다. 보호구를 착용한다고 응답 한 사람 중 착용 빈도가 높은 순서대로 세 가지의 보호구 종류를 제시하도록 한 결과 네일 분야 종사자들에서 착용 빈도가 높은 보호구는 앞치마가 413명(37.3%), 마스크 365명(33.0%), 장갑 248명(22.4%)이었다. 보호구 착용 법제화에 대한 입장 차이에 따른 네일 분야 응답자 총 565명 중 찬성이 418명(74.0%), 반대가 147명(26.0%)으로 나타나 다수가 찬성했다. 물질안전보건자료의 필요성에 대해서는 입장 차이에 따른 네일 분야 종사자들의 분포는 총 응답자 569명 중 찬성이 505명(88.8%), 반대가 64명(11.3%)으로 나타났다.

2. 2012년 연구(김인아 등, 2012)에서의 초점집단면접 결과

네일미용업 종사들은 공통적으로 건강관리와 작업환경개선에 대해 기본적인 법적 기준이 마련되기를 바라고 있었으며, 주된 건강 문제로는 불규칙한 식생활에서 나타나는 소화기계 증상, 장시간 근무와 고객을 상대하는 것이 원인이 되어 나타나는 스트레스, 서서 일하고 동일한 동작을 반복하는 근무특성과 관련되어 나타나는 근골격계 증상 등을 주로 호소하였다. 다양한 화학물질을 취급하는 네일 미용분야는 반복적인 손동작이나 팔 동작에 의한 경우가 98%였고, 화학제품이나 물질을 취급하거나 피부에 접촉한다고 응답한 사람도 약 87%로 많았다. 미용업 종사 이후 의사에게 피부염을 진단 받은 경우는 응답자의 34.5%였으며 위염은 41.8%였다. 반면 최근 1년간 네일 분야 종사자의 건강검진 수검율은 약 38%에 불과하고 검진 비용 역시 본인이 납부하는 경우가 반 수 이상인 58% 정도를 차지하였다. 보호구 착용 법제화, 안전교육, 물질안전보건자료의 필요성에 대하여 약 70~80% 응답자가 긍정적인 응답으로 높은 요구도를 보였으나, 다수의 화학물질에 노출됨에도 불구하고 보호구를 착용하는 비율은 38% 정도에 불과하였다.

네일미용업 종사 이후 의사 진단 경험이 많은 질환이 피부염이었던 점을 감안하여 피부증상과 근무환경의 관련성을 분석한 결과 주당 근무시간이 52시간을 초과하는 경우에 피부 증상을 3주 이상 경험할 가능성이 1.82(95%CI=1.07~3.11)배 증가하였다. 또한 2주간의 우울증상과 관련이 있는 요인에 대한 분석을 실시한 결과, 감정노동과 최근 1달간의 폭력경험이 있는 경우 우울증상의 위험이 각각 3.25(95%CI=1.81~5.83)배와 2.72(95%CI=1.43~5.16)배 증가하였다.

3. 미국의 사례

미국 캘리포니아주의 수 천 개 네일미용업 중 55개만 건강 친화적인 네일 미용업인 것으로 알려지고 있다. 출산 지연, '선천적 질병'을 가진 아이들, 유산, 암 발생, 기침, 피부 질환 등 네일미용업 근로자들이 겪는 각종 질병과 비극적인 사례는 미국 전역에서 나타났다. 나이 많은 선배 근로자들은 출산이 가까운 후배 미용사들에게 매일 자극적인 매니큐어와, 관련 제품들, 촉진제와 접착제에 노출되니 네일미용실에서 일하는 것을 피하라고 충고할 정도로 각종 질병 사례가 흔하다. 네일 및 미용 제품 성능을 향상시켜주는 화학물질에 대한 여러 의학적 연구 발표는 이미 나와 있다. 제품 속 화학성분은 매니큐어 긁힘 방지와 유연성, 신속한 건조 및 광택 촉진의 효과가 있는 동시에 심각한 건강문제를 유발한다.

미국의 미용사 인권단체는 하루 종일 화학물질을 접촉하고 유해한 가루를 흡입하는 미용사들에게 가해지는 위협은 매우 심각하다고 주장한다. 네일 제품 속 일부 화학물질은 암을 유발하는 것으로 나타났으며, 일부는 비정상적 태아 발달을 초래하고 심각한 경우 유산 및 기타 생식기관에 해로운 영향을 미치는 것으로 나타났다. 연구에 따르면 네일미용사, 헤어디자이너 및 메이크업 아티스트 등이 속해있는 미용사 집단의 호지킨병, 저체중 출산, 다발성 골수종 및 각종 암으로 인한 사망률이 타 직종보다 높은 것으로 나타났다. 하지만 연구의 한계로 아직 확증 단계까지 이르지는 않았다. 네일미용실을 집중적으로 연구한 사례는 거의 없으며, 유해물질에 노출되어 있는 정도, 시간이 지나며 나타나는 질병의 심각성과 실제 건강과의 연관성을 제대로 파악하기 어렵다.

화장품 안전을 규제하는 연방법이 75년 전 제정되었지만 기업들이 미국FDA에 안전보건정보를 공유할 의무는 없다. 사람에게 해로운 물질의 사용은 금지되어 있지만 제품을 진열대에 올리기 전 어떤 유해성을 가지고 있는지 확인할 법적 의무는 없다. 업계에서는 '제품에 최소한의 화학성분만 첨가하며 유해 가능성이 높은 물질로 확인된 것이 없으며, 전혀 위협이 되지 않는다' 라고 주장하고 있으나, 제시된 증거에 대한 보건추진 단체와 업계 관계자들의 주장이 엇갈린다.

작업장 안전보건을 감시하는 미국산업안전보건청(Occupational Safety and Health Administration) 차관보 데이비드 마이클스는 "많은 화학물질이 유해하다는 사실을 알고 있다"며 "네일미용실에서 일하는 근로자들의 상태를 보지 않더라도 위험에 노출되어 있다는 점은 알고 있다"라고 밝혔다. 캘리포니아 오클랜드에서는 건강 문제를 호소하는 베트남 근로자가 증가해 10여년 전 지역 공동체 기관인 '아시아 보건 서비스'가 직접 나서 조사에 착수한 바 있다.

'캘리포니아 건강한 네일샵 공동 기관'은 캘리포니아주의 가게에서 화학물질 사용 금지 추진 연합회를 결성하는데 핵심 역할을 했다. 하지만 업계에서 반대하여 금지법이 통과되지 못했다. 최근 증가하고 있는 건강유해 문제로 몇몇 매니큐어 제조업자들은 제품 속 논란이 되고 있는 특정 화학물질을 제거했다. 하지만 정부기관의 무작위 검사에 따르면 유해 · 위험 가능성이 높은 화학물질이 여전히 제품 속에 포함되어 있다고 밝혀졌다. 주와 지방자치단체에서는 미용사들의 건강보호를 위해 장갑을 착용하라고

권고하지만 대부분의 사업주들은 직원들이 보호장갑을 착용하는 것을 허용하지 않는다. 또한 작업장의 안전을 감시하는 정부 관료들이 근로자들의 화학물질 노출에 대한 연방법 기준을 검토할 필요성을 알고 있으나 손을 놓고 있는 실정이다. 계속해서 손톱을 칠하고, 매니큐어를 지우며, 인공 손톱을 다듬을 때마다 건강에 해로울 수 있는 화학물질에 노출되고 있는 것이다.

'직업 및 환경의학 저널'의 2006년 출판물에서 보고한 설문에 의하면 500명의 콜로라도 미용사 중 약 20%가 기침이 멎지 않아 매일 시달리는 것으로 나타났다. 동일한 설문에서 인공손톱 제조 작업을 하는 사람이 일반인들보다 천식에 걸릴 확률이 3배 높은 것으로 나타났다. 네일미용사들 사이에 피부질환 발생이 편재하며, 네일미용실에서 사용하는 제품 속 화학물질은 심각한 통증을 유발하는 것으로 알려졌다. 붉은색과 같은 특정 색상첨가제가 피부 변색을 유발하는 원인이라는 연구 결과가 있다.

과학계에서는 매니큐어에 들어있는 화학물질들 중 세 가지인 프탈산 디부틸, 톨루엔과 포름알데히드가 가장 심각한 건강문제를 일으키는 것으로, 업계에서는 이들 화학물질을 "유독성 트리오"라고 부른다. 프탈산 디부틸(DBP)는 매니큐어와 타 제품에 유연성을 더하는 성분이다. 호주는 생식독성물질로 분류하여 '배속 태아에게 유해한 제품' 또는 '생식력 손상의 가능성이 높음' 등의 경고문구를 반드시 새겨야 하며, 미용 제품에 DBP 사용을 금지했다. 유럽연합에서도 DBP는 미용제품에 금지된 1,300여개의 화학물질 중 하나이다. 하지만 미국에서는 미용제품에 사용금지된 화학물질이 12개도 채 되지 않으며 DBP 사용에 대한 규제는 없다. 톨루엔은 유기용제로 매니큐어가 부드럽게 발라지도록 돕는다. 미국환경청(EPA)은 톨루엔이 인지력 손상과 신장기능 저하를 유발할 수 있다고 기록했으며, 또한 임신 중 지속적인 노출은 태아 발달에 나쁜 영향을 미칠 수 있다고 밝혔다. 포름알데히드는 주로 방부처리제로 사용되며 네일 제품을 단단하게 해주는 화학물질이다. 미국보건복지부 산하기구인 NTP(National Toxicology Program)은 2011년 포름알데히드를 인간발암물질로 규정하였고, 유럽연합은 2016년부터 포름알데히드의 사용을 금지할 예정이다.

2006년에 유명한 매니큐어 브랜드들은 자사제품에 이들 세 가지 화학물질이 다시는 들어가지 않을 것을 선언했다. '3free' 또는 '5free' 라고 적혀진 제품들은 표면상으로 제외된 화학물질의 가짓수를 뜻했다. 그러나 FDA가 실시한 2010년 조사와 캘리포니아의 환경보건국이 2012년도에 실행한 무작위로 성분 검사에서는 아직도 유해물질을 포함한 제품이 발견되었고, 심지어 '3free' 와 '5free' 제품에서 제외물질이 포함되어 있는 것이 밝혀졌다. 네일제품의 화학성분에 대한 규제는 1938년 제정된 연방 식료품, 의약품 및 화장품 조례에 명시되어 있으나 화장품에 관련된 조항은 591단어에 불과했다.

미국 식약청은 웹사이트를 통해 "화장품 제품과 재료는 색소 첨가물과는 달리 FDA의 시판 전 승인을 거칠 의무가 없다. 개별 제품과 원료의 안전성을 증명할 실험을 요구하는 법이나 식약청 규제가 존재하지 않는다. 또한 화장품 제조사들이 FDA에 안전성에 관한 정보를 공유할 의무도 없다"라고 밝히며 화장품 성분 규제에 대한 제약 사항들을 설명했다. 화장품 업계는 1976년 직접 화장품원료 안전성

위원회(Cosmetic Ingredient Review, CIR)를 설립하여 "화장품에 쓰이는 원료의 안전성을 개방적이고 편견 없이 전문적으로 검토 및 분석하는" 목적을 갖는다고 밝혔다. 하지만 위원회는 전적으로 로비 단체인 화장품협회(Personal Care Products Council)의 재정적 지원을 받아 운영된다. 심지어 위원회의 워싱턴 사무실은 화장품협회 사무실과 같은 건물에 입주해 있다. 화장품원료 안전성위원회는 설립 이후 화장품에 사용되는 원료의 극소수만을 검토했다. 소수의 검토 대상 중 프탈산디부틸과 톨루엔은 네일 제품에 포함되어 손톱에(피부가 아닌) 발라도 안전하다는 위원회의 승인을 받았다. 최근 1938년 제정된 법안을 개정하고 화장품에 사용되는 화학원료를 더욱 엄격히 규제하고자 하는 움직임이 여러 번 있었으나 업계의 반발로 별다른 진전은 없었다.

미국산업안전보건청(OSHA)은 노동부 산하기구로 작업환경에서의 화학성분 노출을 규제한다. 네일 미용사들의 화학물질 노출수준은 안전당국 기준보다 낮은 수치로 나타났다. 보건단체들에 의하면 안전당국의 기준치는 구시대적이며 결함투성이라고 지적했다. 화학물질 노출 기준치가 넘어가면 보호장갑과 환기는 물론이고 추가적인 안전 조치들이 필수이지만 현실적으로 노출 기준치가 너무 높게 책정되어 있어서 이러한 조치들을 취할 의무가 없다. 주정부 차원에서도 화학물질의 규제에 대한 논의가 펼쳐지고 있다. 2005년 캘리포니아 상하원 의원들은 캘리포니아주에서 판매되거나 제조되는 화장품 제품에 DBP 물질의 사용을 금지하는 법안을 발의하자 (립스틱과 매니큐어 선물을 동반한) 업계 로비단체들은 50만 달러의 예산을 투입하며 DBP 금지법안에 반발했다. E사, M사, O사 등 미국의 저명한 화장품 회사들은 DBP 금지 법안을 반대했다. 법안은 끝내 통과하지 못했지만 업계의 반발에도 불구하고 캘리포니아 보건당국에 유해화학물질을 통보할 의무를 부과하는 다소 제한적인 법안은 통과했다.

IV. 정책제언

네일미용업 근로자는 물리적, 화학적, 인간공학적 유해요인에 노출되고 있으면서도 그 발생빈도나 발생량, 노출유발 물질 등에 대한 구체적 근거가 부족하고, 대부분이 5인 미만 사업장으로 산업안전보건법을 단기간에 적용하는 것은 어렵다. 그러므로 네일미용업 근로자의 안전보건관리를 위한 다양한 검토와 추가 연구를 진행하여 지속적으로 제도를 보완하고, 정기적인 근로자 교육과 캠페인, 미국산업안전보건청(OSHA)의 '네일미용업 화학적 인자 관련 지침(참고1)'을 통해 작업환경 및 작업방법의 개선을 이끌어낼 수 있는 구체적 방안을 우선적으로 마련하여야 한다.

참고 1의 네일미용업의 화학적 인자 관련 미국산업안전보건청(OSHA) 지침은 네일미용업에서 자주 발생하는 재해 및 질병에 대한 인식을 강화하고 네일미용업에서의 안전보건 수칙을 이해하고 준수하는 데에 초점을 맞추어 발간된 것으로, 이를 활용하여 5인 미만 소규모 사업장의 사업주 및 근로자들에게

네일미용업에서 시행되어야 할 작업기준을 알려준다면 해당 업종에 종사하고 있는 근로자들에게 작업환경 유해인자와 노출, 건강영향 등에 대한 경각심을 일깨우고 자발적인 관리를 할 수 있는 계기를 제공할 수 있을 것이다.

또한, 본 보고에서 확인된 주요한 유해요인과 건강 문제에 대하여 현행의 법제도 적용 가능성을 판단하여 근로자의 건강을 보호하기 위한 대책 마련 및 네일미용업 종사자에서의 건강장해 예방을 위한 기초자료를 확보하고, 유해인자에 대한 관리와 조기대응이 부족한 상황에서 다양한 유해요인에 대한 현장 조사와 작업환경측정을 실시하는 등 산업위생학적 대응 방안을 마련하여야 한다.

| 참고문헌 |

1. 김인아, 김치년, 조기홍, 김현수, 황정호, 최순영, 김대호, 이진옥, 유숙희, 임정미. 미용업 근로자의 작업환경 유해요인과 건강영향 연구. 산업안전보건연구원 연구용역과제 최종보고서. 2012-연구원-1297
2. 조영민, 강상완, 오종민. 작업장에서의 유기용제 폭로에 관한 연구. 환경영향평가. 20019(1)75-86
3. Harris-Roberts J, Bowen J, Foxlow J, Sumner J. Occupational asthma, respiratory issues and dermatitis in hairdressers and nail bars. HSE Books. Lomdon. 2008
4. The New York Times Company. 완벽한 손톱을 위해 죽어가는 근로자들. 2015
5. OSHA. 매니큐어(손톱 미용) 및 페디큐어(발톱 미용) 작업을 위한 보건과 안전, 네일미용업 근로자를 위한 지침. OSHA 3559-12 2012 KOREAN

참고자료

네일미용업의 화학적 인자 관련 지침

미국산업안전보건청(OSHA)

화학적 유해물질

네일미용업에서 사용하는 제품은 근로자의 건강을 해치는 화학물질을 포함하고 있을 수 있다. 다음의 경우에 인체 안으로 화학물질이 들어올 수 있다.

- 제품에서 나오는 증기, 먼지 또는 안개 같은 물질을 들이마신다.
- 제품을 피부나 눈에 갖다 댄다.
- 덮어두지 않은 음식, 음료, 또는 담배에 묻은 제품을 삼킨다.

화학물질은 사람에 따라 다른 방식으로 영향을 미친다.
화학물질이 어떻게 자신에게 영향을 미치는가는 자신이 그 화학물질에 어떻게 노출되었는가에 따라 달라진다. 즉시 아프거나, 또는 시간이 지난 후에 아플 수 있다. 특별히 여러 가지 제품들을 동시에 사용하거나, 매일같이 사용하거나, 또는 미용실 실내의 환기가 좋지 않을 때에 노출에 따른 유해성은 “축적” 될 수 있다. 화학물질을 하루종일, 매일 사용하면, 같은 화학물질을 가끔 사용하는 사람보다 질병에 걸릴 가능성이 더 크다. 자신의 건강을 보호하도록 이 지침에 수록된 방법을 따라야 할 것이다.

네일미용업의 사용 제품에서 발견되는 유해 화학물질

광택제, 강화제, 제거제, 및 인공 네일 용액과 같은 네일 제품들은 여러 가지 화학물질을 포함할 수 있다. 이들 화학물질 중 몇 가지는 다른 것들보다 더 유해하다. 장기적으로 반복하여 사용하거나 고농도 용액에 노출되면 이러한 화학물질은 신체에 해를 주거나 알레르기 반응을 일으킬 수 있다. 모든 사람이 다 다르므로 이러한 화학물질을 흡입하거나 피부에 접촉한 모든 사람이 즉시, 또는 시간이 지난 후에 이러한 해로운 증상을 겪는다는 것은 아니다.

몇 가지 유해성·위험성을 지닌 화학물질과 유해 성분을 포함한 제품의 종류, 또한 그러한 제품이 인체에 주는 영향은 다음과 같다.

- 아세톤(네일 착색 제거제): 두통; 어지럼증; 눈, 피부 및 목구멍의 따가움
- 아세토나이트릴(손톱 접착 제거제): 코와 목구멍이 따끔거림, 호흡곤란, 메스꺼움, 구토, 힘 빠짐, 피로
- 아세트산 부틸(네일 착색제, 네일 착색 제거제): 두통 및 눈, 피부, 코, 입, 목구멍의 따끔거림
- 프탈산 디부틸(DBP)(네일 착색제): 메스꺼움 및 눈, 피부, 코, 입, 목구멍의 따끔거림, 고농도에 장기간 노출될 경우 다른 심각한 증상을 일으킴
- 초산에틸(네일 착색제, 네일 착색 제거제, 손톱 접착제): 눈, 위, 피부, 코, 입, 목구멍이 따끔거림, 고농도에 노출될 경우 졸도할 수 있음
- 메타크릴산 에틸(EMA) (인공 네일 용액): 천식; 눈, 피부, 코, 입이 따끔거림, 집중력 곤란, 임신 기간에 노출될 경우 태아에 영향을 줄 수 있음
- 포르말린(네일 착색제, 네일 강화제): 기침, 천식, 숨을 헐떡이는 것 등을 포함한 호흡곤란 증세, 알레르기 반응, 눈, 피부, 목구멍의 따끔거림, 포르말린은 암을 일으킬 수 있음
- 아이소프로필 초산(네일 착색제, 네일 착색 제거제): 졸음 및 눈, 코, 목구멍의 따끔거림
- 메타크릴산(네일 착색 바탕제): 피부가 화끈거림 및 눈, 피부, 코, 입, 목구멍이 따끔거림, 고농도에 노출 시 호흡곤란을

일으킬 수 있음

- 메타크릴산 메틸(MMA) (많은 주에서 사용금지된 인공 네일 제품): 천식, 눈, 피부, 코, 입의 따끔거림, 집중력 곤란, 후각 상실
- 제4급 암모늄화합물(살균제): 피부와 코가 따끔거림, 천식을 일으킬 수 있음
- 톨루엔(네일 착색제, 손톱 접착제): 피부가 건조해지고 갈라짐, 두통, 어지럼, 무감각, 눈, 코, 목구멍, 폐가 따끔거림, 간과 신장에 손상을 줌, 임신 기간에 태아에 유해

작업 중에 사용한 제품으로부터 발생한 건강 관련 문제라고 생각한다면 고용주나 의사에게 보고하여야 한다. 고용주는 근로자가 보고한 건강 관련 문제를 지속적으로 관리해야 한다.

네일미용업 사용 제품에서 발견되는 화학물질에 대한 정보를 알 수 있는 곳

제품포장이나 제품과 함께 입수된 물질안전보건자료와 같은 인쇄물

| 제품 라벨 |

최소한 네일미용업에서 전문적으로 사용하는 유해 화학물질을 함유한 제품은 다음 정보를 제공해야 한다,

- 제품 제조업체 또는 공급업체의 이름과 주소
- 제품의 종류와 사용법에 대한 안내, 예를 들어 이름, 설명, 또는 그림
- 제품관련 사실, 예를 들어 제품을 부정확하게 사용한다면 제품이 안전하지 않다는 것을 알려주는 안전한 사용법 및 모든 필요한 경고와 주의사항

| 물질안전보건자료 (흔히"MSDSs"라고 일컫는 것) |

산업안전보건청은 제품 제조업자가 유해 화학물질을 함유한 제품을 구입하는 네일미용업 업주에게 물질안전보건자료(MSDSs)[1)]를 제공하도록 요구하고 있다. 고용주는 이 물질안전보건자료를 근로자가 사용할 수 있도록 하여야 한다. 고용주는 또한 근로자에게 화학물질의 유해 가능성과 제품의 안전한 사용법을 이해하도록 교육하여야만 한다.

일반적으로, 물질안전보건자료는 다음 정보들을 제공하여야 한다.

- 제품이 함유한 유해 성분
- 유해 성분에 노출되는 경로
- 제품 사용 중에 일어나는 건강과 안전상의 위험
- 비상시 응급조치를 포함하여 제품을 안전하게 사용하고 보관하는 방법

  산업안전보건청은 최근 물질안전보건자료의 규정을 개정하였다. 물질안전보건자료는 이제 "안전보건자료"(SDSs)라고 지칭한다. 안전보건자료는 일반적으로 물질안전보건자료와 같은 정보를 수록하지만, 모든 내용은 현재 제품에 상관없이 통일된 양식으로 제시된다. 이렇게 함으로써 제품 간의 유해성의 차이를 비교하도록 도움을 줄 수 있을 것이다.

물질안전보건자료는 근로자의 보호에 필요한 모든 내용을 포함하지 않을 수 있다는 것을 유의해야 한다. 예를 들어, 제조업자는 사용자가 보호용으로 "비투과성 장갑"을 착용하도록 설명하지만, 구체적으로 어떤 형태의 장갑인지는 설명하지 않을 수 있다.

---

1) 산업안전보건청의 유해물 안내규칙, 29 CFR 1910.1200.

근로자의 건강을 보호하는 방법

| 더욱 안전한 제품을 선택 |

- 가능하면 언제나 유해 화학물질이 가장 적게 함유한 제품을 사용한다.
  - 3무(3free): 어떤 제품들은 이제 "3가지 독성물질" 없이 만든다고 주장한다. (톨루엔, 포르말린, 프탈산 디부틸) 이러한 제품들을 "3무" 제품이라고 한다.[2)]
  - 무산(acid free): 어떤 착색 바탕제는 메타크릴산과 같은 화학물질 없이 만든다고 주장한다. 이런 제품은 "무산"이라고 라벨에 표시한다.
- 유해화학물질이 "무(free)"라고 라벨에 적힌 제품을 포함하여 모든 네일미용업 제품의 사용 시에 제품의 라벨과 물질안전보건자료 및 제조업자의 지시사항을 항상 주지해야 한다.

| 실내 환기하고 신선한 공기 유입 |

미용실내에서 화학물질의 수치를 낮추는 가장 좋은 방법은 환기이다. 다음의 방법으로 건강을 더욱 좋게 지킬 수 있다.

- 신선한 공기가 들어올 수 있도록 가능하면 문이나 창문을 연다. 살롱 실내의 천장에 환기 장치가 있으면, 이를 켜서 작동시킨다.
- 네일미용실 내의 배기장치를 항상 작동한다.
- 미용실 내에 배기장치가 없을 경우, 작업시간 중에는 항상 난방, 환기 및 냉방(HVAC)장치를 작동한다. 냉난방 환기장치의 자동온도조절기의 팬 스위치는 항상 "작동" 위치("자동"이 아님)에 고정해 두고 난방이나 냉방이 꺼져 있다하더라도 팬이 돌아가도록 한다. 미용실의 사업주는 냉난방 환기 전문업자가 적어도 1년에 한 번은 냉난방 환기 장치를 청소하고 필터를 교체하도록 한다.
- 팬은 문이나 창문 가까이에 설치하도록 한다. 팬은 미용실 내의 한쪽 끝에서 공기를 유입하고 맞은 쪽 끝에서 배출하도록 한다.
- 미용실 내에 환기장치가 있는 경우
  - 작동이 확실히 되도록 한다.
  - 탄소 필터를 적어도 한 달에 한 번 교체한다.
  - 찌꺼기받이를 최소 일 주일에 한 번 청소한다.
- 미용실 내에 이동식 환기장치가 있을 경우, 이를 이용하여 작업 공간에서 근로자와 고객에게서 나오는 해로운 증기를 빨아들이도록 한다.

나쁜 환기: 열린 창문에서 들어온 바깥 공기가 화학물질을 근로자의 얼굴로 향하도록 한 후 살롱 실내 바깥으로 빠지게 하는 환기

좋은 환기: 열린 창문에서 들어온 바깥 공기가 근로자의 얼굴로부터 떨어져서 화학물질을 바람으로 불어낸 후 미용실 바깥으로 빠지게 하는 환기

---

2) 2010년 4월 10일, 캘리포니아 주 유해물질관리국(DTSC)은 발표하기를 비독성으로 판매되고 있음에도 불구하고 네일미용업 근로자나 일반인에게 피해를 줄 수 있는 특정 네일 미용제품들을 발견하였다고 하였다. 2011년 5월, 캘리포니아 주 유해물질관리국은 캘리포니아 공급업체가 판매하는 25가지 네일 제품들을 검사하였다. "무독성"이라고 주장한 12가지 제품 중, 10가지가 톨루엔을, 4가지가 프탈산 디부틸(DBP)을 함유하고 있었다.

| 일상적이거나 갑작스러운 사고 위험을 피하도록 안전한 작업방법을 사용 |

- 화학물질을 작은 뚜껑이 있는 병에 담고 제조업체의 라벨 내용을 그 병에 부착한다.
- 사용하지 않을 때에는 병을 완전히 닫아서 내용물이 쏟아지거나 공기 중에 퍼지지 않도록 한다.
- 자동으로 완전히 닫히는 뚜껑 있는 금속제 쓰레기통을 사용하여 솜뭉치나 기타 쓰레기에 습기찬 네일 사용제품이 증발하여 미용실 내의 공기 중에 퍼지지 않도록 한다.
  - 솜뭉치와 기타 습기찬 것들은 즉시 쓰레기통에 넣는다.
  - 자동으로 닫히는 금속제 쓰레기통이 없으면, 솜뭉치와 습기찬 것들을 밀폐된 주머니에 넣은 다음, 쓰레기통에 넣고 뚜껑을 덮는다.
  - 쓰레기통을 자주 비우고 하루의 작업이 끝나면 작업장 쓰레기를 실내에 두지 않고 외부 쓰레기 보관통에 둔다.
- 사용제품은 작업에 필요한 분량만 사용한다. 가능하면 작업대에 여분으로 남아 있는 용품을 두지 않도록 한다.
- 사용한 화학물질의 안전한 폐기 수clr을 따른다. 이러한 폐기물을 싱크대에 붓거나 땅에 버리거나, 외부 하수도로 버리거나 솜뭉치에 붓는 등의 행위는 절대로 해서는 안 된다.
  - 일부 화학물질은 특별한 방법으로 폐기되어야 한다. 예를 들면, 사용 후의 아세톤 용액은 소방서가 승인한 금속 용기에 보관하였다가 유해폐기물로 처리되어야 한다.
- 먹거나, 마시거나, 화장하거나, 담배를 피우기 전에는 손을 씻는다.
- 휴식을 취할 때에는 바깥으로 나가 신선한 공기를 마시는 등 미용실 내 공기에 있는 화학물질에서 벗어나는 기회를 갖도록 한다.
- 미용실 내에 있는 음식물들은 항상 음식물과 마실 것은 덮어두도록 하며, 미용실 내에서 음식을 먹지 않도록 한다.

| 피부와 눈에 제품과 접촉을 금지 |

- 아크릴성 네일 제품 및 기타 분진으로부터 팔을 보호하기 위해서는 긴 팔 셔츠를 입고 또한 무릎을 보호하기 위해서는 최소한 무릎까지 내려오는 바지나 치마를 입는다.
- 고객에게 서비스하기 전후, 먹거나, 마시거나, 화장하거나, 담배를 피우기 전, 그리고 제품을 취급하거나 다른 데로 이동한 후에는 손을 씻는다.
- 제품을 취급하거나 이동할 때에는 보안경과 적절한 형태의 일회용 장갑을 착용한다. 예를 들면, 니트릴 소재 장갑(보통 푸른 혹은 보라색)은 네일미용업 제품에 함유된 많은 화학물질에 대해 보호를 한다. 그러나 라텍스나 비닐장갑은 아세톤을 취급할 경우에 적절하다.
- 장갑이 베이거나, 찢어지거나, 구멍이 나면 즉시 교체한다.
- 피부가 베이거나 찢어질 경우에는 상처 부분을 덮어서 보호한다. 상처 난 피부는 화학물질의 흡수를 많이 하여 위험에 대한 노출을 더 높이게 한다.
- 피부가 따끔거리는 증상을 느끼면 제품 사용을 중지한다.
  - 손이 붉어지고 따끔거리면, 사용하고 있는 제품에 맞는 장갑인지 확인하도록 한다.

| 유해성의 평가 |

사업주는 미용실 내의 분진 및/또는 화학물질의 발생수준이 근로자에게 위험을 주는지와 보호구가 필요한지를 결정할 필요가 있으며, 소규모 사업주는 노동부 및 산업안전보건청(우리나라의 경우 고용노동부 및 안전보건공단)의 현장지도 프로그램을 통하여 산업위생 서비스를 이용할 수 있다. 그 외에도 고용주의 민간 보험회사나 민간업체인 산업위생 자문회사들을 통해 도움을 받을 수 있다.

화학물질은 낮은 수준에서도 영향을 미칠 수 있으므로, 화학물질을 이동시키거나 네일을 광택하거나 연마할 때에 근로자 자신을 보호하도록 스스로 마스크를 착용해야 한다.

| 마스크의 종류 |

많은 네일미용업 근로자가 종이 또는 천으로 된 의료용 마스크를 착용하고 있다. 이런 것들은 분진 마스크(필터가 달린 안면 마스크)와는 다른 것이며, 화장지를 넣고 사용하더라도 의료용 마스크는 유해한 가스, 증기 또는 분진 흡입으로 부터 자신을 보호하지 못한다.

네일미용업에서 사용할 수 있는 몇가지 종류의 마스크를 소개하면 다음과 같다.

- 필터가 달린 안면마스크(분진 마스크)
  - 미국산업안전보건연구원이 승인한 안면 마스크만을 사용할 수 있다.(N95s"가 유일)
  - 이 종류의 마스크가 하는 기능 : 분진, 바이러스 및 병균으로부터 보호.
  - 이 종류의 마스크가 못하는 기능 : 증기나 가스로부터의 보호, N95s 중 어떤 것들은 화학물질의 냄새를 경감시키는 필터를 갖고 있으나, 유해 화학물질에 대한 노출로부터는 보호하지 못한다.
- 필터가 달린 안면 마스크는 다음의 경우에 도움이 된다.
  - 손톱을 광택 내거나 연마 할 때; 또는 아크릴성 분말을 사용할 때
  - 항상 마스크를 착용할 필요는 없으며, 고객을 위해서 일할 때만 사용한다. 이 마스크를 착용하는 동안에는 피부가 따끔거리지 않도록 손을 청결하게 해야 한다.

사업주가 근로자로 하여금 자발적으로 이러한 종류의 마스크를 착용하도록 허용할 때 그 사업주는 산업안전보건청 호흡기 보호 표준서의 부록서 D를 주어야 한다. 이 별지는 마스크를 안전하고 효과적으로 사용하는 방법에 대한 중요한 몇 가지 정보를 제공하고 있다.

- 방독정화통이 달린 반면형 마스크
  - 방독정화통이 달린 반면형 마스크는 화학 증기를 들이마시는 것에서 보호한다.
  - 이러한 종류의 마스크가 하는 기능: 화학 가스와 증기 (포르말린 등)에서 보호

- 다음의 경우, 고용주가 근로자로 하여금 이러한 종류의 마스크를 착용하도록 요구할 수 있다:
  - 큰 병에서 작은 병으로 화학물질을 옮길 때 또는
  - 대량으로 쏟아진 것을 청소할 때

- 이러한 종류의 마스크를 사용할 때에는 다음과 같이 한다.
  - 사업주는 호흡기관 보호 프로그램을 마련하여야 한다.
  - 근로자는 호흡기를 적절히 착용하도록 실습 훈련을 받아야 한다.
  - 사업주는 방독정화통이 작업에 알 맞는지를 평가해서 적절한 방독정화통을 근로자에게 제공하여야 한다.
  - 근로자는 방독정화통을 어떻게 언제 교환하는지 알아야 하며, 사업주는 근로자에게 방독정화통 교환 시간표를 주어야 한다.

인듐 및 인듐화합물의 근로자 노출실태 및 관리방안

직업환경연구실 송세욱 실 장
직업환경연구실 이광용 연구원

요약문

| 배경 및 문제점 |

인듐은 LCD, LED, OLED 등을 이용한 패널 TV, 터치스크린이나 터치 패널이 들어가는 컴퓨터나 태블릿 컴퓨터 그리고 스마트폰 등에 사용되는 금속이다. 우리나라의 디스플레이 산업의 시장점유율은 세계 1위를 유지하고 있으며, 박막태양전지 산업은 신규 산업으로 역량을 넓혀가고 있다. 디스플레이 산업의 지속적인 발전으로 인듐 및 인듐화합물의 사용량 및 취급사업장이 증가하고 있어 인듐에 의한 직업성 폐질환 발생이 우려됨에도 불구하고 법적인 관리대상 물질이 아니기 때문에 인듐 및 인듐원소 화합물 취급사업장에 대한 객관적인 정보, 근로자 노출평가 자료 및 검진 자료가 없는 실정이다. 또한 인듐 및 인듐화합물 취급산업에서 인듐에 의한 건강장애 예방을 위한 인듐 노출평가와 관련한 연구결과는 매우 제한적으로 보고되고 있다.

| 목적 |

본 연구에서는 인듐 및 인듐화합물의 국내 유통현황 조사, 인듐 취급 산업별 공기 중 인듐 및 호흡성 인듐의 노출평가를 실시하여 직업성질환 예방을 위한 자료를 제공하고 인듐 및 인듐화합물의 노출기준을 제시하고자 한다.

| 조사 및 분석내용 |

인듐과 관련한 최초의 직업성 질환 사례는 일본에서 2001년 폐질환으로 사망한 사례이며, 그 이후 일본에서는 6건의 추가사례, 미국은 2건의 사례, 중국에서는 1건의 사례가 조사되었다. 국내 인듐 유통현황 조사를 실시하여 인듐의 생산량, 사용량 등을 조사한 결과, 국내에서는 ITO, IZO 타겟 및 산화인듐, 그리고 타겟 생산과정에서 발생되는 폐수 및 슬러지 등을 합하여 약 500톤 정도의 원료로부터 인듐금속을 재생하고 있는 것으로 추정되고 있다. 또한, 우리나라 고용노동부에서의 인듐 및 인듐화합물의 직업적 노출기준은 0.1 ㎎/㎥으로 제정되어 있으나, 인듐 취급으로 인한 폐질환이 최초로 보고된 일본은 2010년 제정된 후생노동성 가이드라인에 따라 호흡성 인듐의 노출기준을 0.01 ㎎/㎥으로 제시하고 있다. 인듐 및 인듐화합물의 취급하는 산업 중 ITO, IZO 타겟 제조업, 디스플레이 제조업 그리고 인듐재생업을 대상으로 공기 중 인듐, 호흡성 인듐의 근로자 노출 및 혈청인듐

Ⅰ. 배경 및 문제점

최근 일본, 미국 및 중국에서 인듐 관련 사업장에서 일하던 근로자가 사망하는 사례와 폐질환에 이환된 사례가 연이어 보고되면서 인듐에 의한 건강장해가 새롭게 주목을 받고 있다. 호흡기를 통해 폐에 침착한 인듐 및 인듐화합물은 장기간 폐에 존재하며 체외로 배설되는 비율은 매우 낮고 급성 독성보다는 만성 독성에 의한 영향이 크며, 혈액, 혈청 중 인듐 농도는 인듐화합물의 용해성에 따라 달라지는 것으로 보고되고 있다.

인듐은 LCD, LED, OLED 등을 이용한 패널 TV, 터치스크린이나 터치 패널이 들어가는 컴퓨터나 태블릿 컴퓨터 그리고 스마트폰 등에 사용되는 금속이다. 우리나라의 디스플레이 산업의 생산량은 질적, 양적 확대로 세계 1위의 시장점유율을 유지하고 있으며, 박막태양전지 산업은 신규 산업으로 역량을 넓혀가고 있다. 디스플레이 산업에는 예외 없이 투명 전도성 산화막 소재를 사용하고 있다. 따라서 투명 전도성 산화막 소재의 제조 및 재활용 등과 관련된 사업장도 증가하고 있다. 투명 전도성 산화막 소재를 제조하거나 재활용하는 산업은 물론, 이러한 소재를 사용하는 각종 디스플레이 산업에 종사하는 근로자들은 직·간접적으로 인듐에 노출될 가능성이 있다.

우리나라는 평판 디스플레이 산업이 세계 1위의 국가임에도 불구하고 인듐에 대한 위험성, 유통현황, 근로자의 노출특성 및 인듐산업의 현황 등을 정확히 알지 못하고 있으며, 법적 기준의 미비로 인듐 및 인듐화합물에 대한 작업환경측정과 특수건강검진이 이루어지지 않고 있다.

또한 인듐 및 인듐화합물 취급산업에서 인듐에 의한 건강장애 예방을 위한 인듐 노출평가와 관련한 연구결과는 매우 제한적으로 보고되고 있다. 제한적인 원인은 인듐 취급산업이 최근에 급속도로 발달한 산업이란 특징과 디스플레이 제조업 등 인듐관련 산업이 매우 폐쇄적이기 때문으로 판단된다.

을 평가한 결과 ITO, IZO 타겟 제조업 인듐 취급근로자 194명 중 64명(33.0%), 평판 디스플레이 제조업 인듐 취급근로자 121명 중 29명(23.9%), 인듐 재생업 인듐 취급근로자 69명 중 36명(52.1%)의 근로자가 일본의 호흡성인듐 노출기준을 초과하였다.

| 정책제언 |

인듐과 관련하여 최우선 선행되어야 하는 부분은 법 개정을 통해 인듐 취급자를 대상으로 작업환경측정 및 건강검진을 실시해야한다. 인듐 취급으로 인한 폐질환이 최초로 보고된 일본은 2010년 제정된 후생노동성 가이드라인에 따라 호흡성 인듐의 노출기준을 0.01 ㎎/㎥으로 제시하고 있다. 이에 우리나라도 인듐의 노출기준을 호흡성 인듐 0.01 ㎎/㎥으로 개정되어야 하며, 인듐 취급 근로자에 대한 공기 중 인듐농도수준에 따른 보호구 관련 가이드라인 등의 관리방안이 마련되어야 한다.

II. 목적

본 연구에서는 인듐 및 인듐화합물의 국내 유통현황 조사, 인듐 취급 산업별 공기 중 인듐 및 호흡성 인듐의 노출평가를 실시하여 직업성질환 예방을 위한 자료를 제공하고 인듐 및 인듐화합물의 노출기준을 제시하고자 한다.

III. 조사 및 분석내용

1. 인듐관련 직업병 사례

가. 최초의 사례

인듐관련 최초의 직업병 사례가 보고된 것은 일본에서 2001년 간질성 폐렴으로 인한 양측성 기흉으로 사망한 사례로 그 원인이 인듐인 것으로 추정되었다. 이 환자는 이 근로자는 1994년부터 1997년까지 ITO 타겟 제조업체의 연마공정에서 일했고, 흡연량은 1일 10개피 정도였다. 1997년(당시 27살) 마른기침과 숨이 차는 증상을 호소했다. 흉부방사선과 흉부 CT 검사결과, 흉막하 벌집모양의 폐와 폐의 전영역에 간유리 음영이 나타났고, 청진기상으로 Fine crackle음과 High-pitched squeaks가 나타났고, 곤봉지(Clubbed finger)가 있었다. 비디오흉강경생검에서 미세입자 함유의 확장된 세포질과 함께 적혈구, 피브린, 콜레스테롤 cleft, 대식세포 등으로 채워진 폐포가 발견되었다. 림포구(Lymphocytes)와 형질세포(Plasma cell)는 세포간극(Interstitial spaces)에 스며들어 있었고, 수많은 미세입자들이 발견되었다. 입자 크기는 대개 1 ㎛ 이하였고, 성분분석에서 인듐과 주석이 검출되었다. 이 환자는 ITO 분진 노출로 인한 간질성 폐렴으로 진단되었다. 사망 1년 전의 혈청인듐(In-S)은 290 ng/ml이었다. 대조군의 혈청인듐(In-S)은 평균 0.1 ng/ml라고 한다.

나. 일본에서의 6건 추가사례

두 번째 사례도 첫 번째와 같은 공장에서 일했던 30살의 남자로 1994년부터 1998년까지 ITO에 노출되었으며, 1997년 마른기침과 운동 중 호흡장애가 나타났다. 흡연경력은 3년간 하루 10개피 이었다. 흉부 X선과 CT 검사결과, 간유리 음영(GGA) 등 폐에 몇 가지 증상이 나타났다. VATS검사결과, 세기관지에 섬유화 및 폐포내 대식세포가 축적되는 확산성 폐포렴과 함께 수많은 콜레스테롤 cleft와 이물질형의 거대세포가 발견되었다. 거대세포와 대식세포에서 갈색 미립자가 발견되었는데 성분은 인듐과 주석

으로 밝혀졌다. 혈청인듐(In-S)은 51 ng/ml(정상치는 〈3 ng/ml)이었다. KL-6(간질성 폐질환의 지표)는 799 U/ml였다(정상치는 〈500 U/ml). 이 환자는 다른 부서로 재배치된 후 폐질환 진행이 멈췄다.

위의 공장에서는 2002년 공장 산업보건의가 검진을 실시하였고, 그 결과 3건의 인듐에 의한 폐질환이 발견됨으로써 3번째, 4번째 및 5번째의 사례가 보고되었다. 이들 3명은 이 공장에서 각각 12년, 12년 그리고 8년 동안 근무해 왔다. 3번째 환자와 5번째 환자는 비흡연자였고 5번째 환자는 1년에 18갑 정도의 담배를 피우는 흡연자였다. 인듐에 의한 폐질환으로 판정을 받았을 때 혈중 인듐을 나타내는 혈청인듐(In-S)는 각각 40, 127 및 90 ng/ml이었고, KL-6은 1,930, 3,570 및 1,190 U/ml이었다.

6번째 사례는 같은 공장에서 2005년 2월 인듐관련 건강검진 결과로 드러났다. 이 환자는 44세의 비흡연자로 2000년부터 인듐작업을 해왔으며, 2002년에 기침과 가래 증상을 느끼기 시작했고, 2004년 근처 병원에서 만성기관지염 진단을 받았다. 이후 기침이 지속되었고 운동 시 호흡곤란 증세가 나타났다. 정밀진단결과 폐쇄성호흡기질환으로 나타났고, 세포간극사이에 약한 섬유화비대증 등의 증상이 나타났으며, 혈청인듐(In-S)은 64.7 ng/ml, KL-6는 3,450 U/ml, 그리고 폐계면활성제 단백질 D(Lung surfactant protein D; SP-D)는 346 ng/ml로 나타났다.

7번째 사례는 2006년 20년간 ITO 타겟 작업에 종사한 47세 남자로 41세에 기침증세가 시작되었다. 이 근로자는 약 20년 동안 박막제조 공정에 사용되는 ITO 타겟을 제조하는 공정에서 일해 오면서 주로 산화인듐에 노출된 것으로 추정되었다. 흉부 X선과 CT 촬영결과 여러 가지 폐장애가 발견되었고, 폐안에서 수많은 갈색 미립자가 발견되었고 이 먼지에서 인듐이 검출되었다. 혈청인듐(In-S)은 92 ng/ml, KL-6는 6,395 U/ml로 나타났다.

다. 미국에서의 2건 사례

8번째 사례는 2010년 미국에서 보고되었다. 8번째 인듐 직업병 사례는 49세의 비흡연 남성에게서 발생된 건으로 1999년부터 수소로(Hydrogen furnace)작업을 시작한지 9개월 만에 운동 시 호흡곤란 증세가 나타났다. 고해상도 흉부 전산화 단층 촬영(HRCT) 결과, 여러 가지 폐질환 증상이 나타났고, 특히 폐포단백증(Pulmonary alveolar proteinosis, PAP)이 발견되었다. 2005년 초, 이 작업자가 근무하던 작업장의 인듐분쇄공정에서 측정한 지역시료의 공기 중 인듐농도는 NIOSH의 권고기준인 0.1 mg/m3를 초과하였다. 이 환자는 2006년 10월 PAP로 인한 호흡곤란으로 사망하였다.

9번째 사례는 ITO공정에서 2004년 1월부터 일하기 시작한 39세 흡연자로 HRCT 검사결과 양측 폐포와 간질의 이상이 발견되었고, 폐기능검사에서 제한성 폐질환증상이 나타났다. 이 작업자가 ITO를 연마하는 작업장의 공기 중 인듐농도는 NIOSH 기준, 0.1 mg/m3를 초과하였다. 환자의 혈중 인듐농도는 검출한계 미만이었고, 혈중 호흡기질환 생체지표검사는 이루어지지 않았다. 6-9개월이 지나면서 간헐적으로 마른기침, 흉부압박, 숨이 가쁨 등의 증상이 나타났다. 비디오흉강경검사에서 폐포단백증과

일치하는 병리학적 소견이 발견되었다.

라. 중국에서의 1건 사례

10번째 인듐관련 직업병 사례는 중국에서 핸드폰 제조공장의 LCD 표면의 ITO 스프레이 및 샌드블라스팅 작업에 근무해 왔던 29세의 남성 근로자에게서 나타난 폐포단백증이다. 이 작업에 근무한지 22개월 후, 흉부압박, 운동 시 호흡곤란, 간헐적인 기침과 가래가 나타났으며, 폐기능검사결과 제한성 호흡기질환 유형이 나타났다. HRCT 검사결과 역시 간유리 음영(GGA) 등 여러 가지 폐장애 소견이 나타났다. 최종적으로 그는 2차 폐포단백증으로 진단되었다. 한편, 이 작업자가 작업하던 공정의 샌드블라스팅 물질에 대한 EDX 분석결과, 인듐이 2.72%, 인듐산화물이 2.84% 함유된 것으로 나타났고, 인듐산화물의 입자크기는 0.1-6 ㎛인 것으로 나타났다. 혈청인듐(In-S) 검사결과는 151.8 ㎍/ l 이었다.

2. 인듐 산업의 구조

인듐관련 산업은 '인듐 제련업', 'ITO, IZO 타겟 제조업', 'LCD 및 OLED 디스플레이 또는 모바일기기의 디스플레이 등 전자제품 제조업' 그리고 '사용 후 인듐제품 및 디스플레이 등으로부터 인듐을 회수하는 재생업' 등으로 구분할 수 있다. 인듐산업 구조의 흐름은 아연광석에 불순물로 함유되어 있는 인듐을 제련하고 고순도의 인듐금속으로 정련하여 ITO, IZO 타겟 등을 생산하는 산업에 공급한다. 인듐금속은 국내 인듐 제련업체와 중국, 일본 등에서 수입하여 공급되고 있으며, 타겟 제조업체에 공급된 인듐금속은 산화인듐으로 만들어져 산화주석 또는 산화아연과 혼합하여 금속세라믹 제품인 ITO, IZO 타겟을 생산된다. 타겟은 디스플레이 제조 산업에 공급되어 투명전도성 산화막 제품을 생산하는데 사용된다. 디스플레이 산업에서 사용하는 ITO, IZO 타겟 등은 슬러지 등과 함께 타겟 제조사로 회수하여 인듐재생업체에서 인듐금속으로 재생된다.

3. 국내유통조사

최근 국내의 인듐 수요가 급증하여 타겟 제조업체 및 소규모 수입업자에 의해 일본, 중국 등으로부터 인듐 금속이 수입되고 있으며, 수입된 인듐의 대부분은 ITO 또는 IZO 타겟을 생산하는데 사용된다. 인듐의 수출 · 입 관련 상품 품목별 분류코드인 HS Code(The Harmonized Commodity Description and Coding System)는 2002년부터 인듐, 갈륨 등 타 관련 품목들과 혼합된 5개의 HS Code로 분류되어 사용되고 있기 때문에 인듐 수입량을 별도로 파악하는 것도 불가능하다. 국내 인듐의 생산량은 HS Code 분류체계의 문제점으로 보고된 자료는 없으나 인듐금속 생산과 관련하여 제조업체의 담당자와 면담을 통해 조사한 생산량은 매월 약 12톤씩 연간 140톤이 생산되고 있다.

국내에서 ITO, IZO 타겟을 생산하는 제조업체는 5개소이다. 국내 제조업체가 3개소, 타겟 수입 후 가공하여 판매하는 제조업체는 2개소이다. 국내 ITO, IZO 타겟 제조업체의 생산량은 연간 약 700톤 정도로 추정되며, 타겟 수입량은 약 300톤으로 추정된다.

평판 디스플레이 생산 등에 사용되고 있는 ITO, IZO 타겟은 연간 약 1,000톤 정도로 추정된다. 이 중 실제 작업 중 소요되는 타겟의 양은 전체 중량의 약 30%정도이므로 ITO의 소비량은 약 300톤 내외로 추정되고, 나머지 70%(700톤)은 재생을 위해 타겟 제조회사 등에서 회수하고 있다.

국내에서는 ITO, IZO 타겟 및 산화인듐, 그리고 타겟 생산과정에서 발생되는 폐수 및 슬러지 등을 합하여 약 500톤 정도의 원료로부터 인듐금속을 재생하고 있는 것으로 추정되고 있다. 재생사업장은 제품 수요나 가격에 따라 재생하는 금속의 종류가 수시로 바뀔 수도 있기 때문에 인듐 재생 전문업체를 제외하고는 인듐재생 규모를 정확하기 어려운 실정이다.

4. 직업적 노출기준(Occupational Exposure Limits, OELs)

인듐 및 인듐화합물의 직업적 노출기준을 보면 미국 국립안전보건연구원(NIOSH)의 RELs, 미국정부산업위생전문가협회(ACGIH)의 TLVs 그리고 우리나라 고용노동부에서의 노출기준은 인듐 및 인듐화합물 0.1 ㎎/㎥으로 제정되어 있다. ACGIH TLVs는 동물에서 관찰된 폐질환을 근거로 제정되었다. 미국 산업안전보건청(OSHA)의 PELs에서는 인듐에 대한 노출기준이 설정되지 않았으며, 미국과 한국 이외의 대부분 나라에서는 인듐의 직업적 노출기준이 0.1 ㎎/㎥으로 제정되어 있다. 인듐 취급으로 인한 폐질환이 최초로 보고된 일본은 2010년 제정된 후생노동성 가이드라인에 따라 호흡성 인듐의 노출기준을 0.01 ㎎/㎥으로 제시하고 있다.

5. 공기 중 노출평가

가. ITO, IZO 타겟 제조업

ITO, IZO 타겟 제조업 인듐 취급근로자의 공기 중 인듐 노출수준은 0.9 ~ 609.3 ㎍/㎥으로 기하평균(33.3 ㎍/㎥)과 산술평균(73.2 ㎍/㎥)은 노출기준 미만이었으며, ITO, IZO 타겟 제조업 인듐 취급근로자 182명 중 42명의 근로자가 노출기준을 초과하여 노출기준 초과비율은 23.1%이었다. 호흡성 인듐의 노출수준은 0.02 ~ 448.6 ㎍/㎥이며, 기하평균은 5.2 ㎍/㎥으로 일본의 노출기준(10 ㎍/㎥) 미만이었으나 산술평균은 14.3 ㎍/㎥으로 노출기준을 초과하였다. ITO, IZO 타겟 제조업 인듐 취급근로자 194명 중 64명의 근로자가 일본의 호흡성인듐 노출기준을 초과하여 초과비율은 33.0%이었다.

ITO, IZO 타겟 제조업 산업 7개 공정의 공기 중 인듐 노출기준 초과비율(%)은 분말공정 15.0%, 혼합공정 30.8%, 성형공정 40.0%, 소결공정 0%, 기공연마공정 37.8%, 접합공정 2.6%, 마무리공정 37.9%이

었으며, 호흡성 인듐은 분말공정 39.1%, 혼합공정 50.0%, 성형공정 27.8%, 소결공정 17.3%, 기공연마공정 40.7%, 접합공정 13.9% 그리고 마무리공정 45.9%이었다.

[표 1] ITO, IZO 타겟 산업의 공기 중 인듐 노출평가

Process	n	Airborne Indium Concentration, ㎍/㎥					
		AM	SD	GM	GSD	Min.	Max.
Powder	20	61.1	84.3	32.3	3.2	2.7	366.9
Mixing	13	113.0	144.0	58.6	3.3	13.1	502.1
Molding	15	107.0	111.0	45.8	5.8	1.4	376.0
Sintering	21	19.4	21.0	12.9	2.4	4.5	92.4
Polishing	45	107.0	121.0	56.0	3.7	3.1	609.3
Bonding	39	31.9	45.6	18.5	2.8	0.9	239.4
Finishing	29	87.9	101.0	43.3	3.9	4.0	438.2
Total	182	73.3	99.7	33.3	3.8	0.9	609.3

[표 2] ITO, IZO 타겟 산업의 호흡성 인듐 노출평가

Process	n	Airborne Indium Concentration, ㎍/㎥					
		AM	SD	GM	GSD	Min.	Max.
Powder	23	18.2	24.7	7.1	5.8	0.02	98.2
Mixing	16	44.6	43.0	10.2	4.5	1.1	448.6
Molding	19	10.6	16.9	5.9	2.8	1.0	74.9
Sintering	23	8.3	14.5	3.0	3.9	0.5	58.3
Polishing	54	11.1	12.1	5.5	4.0	0.2	61.1
Bonding	36	7.7	19.6	3.2	3.1	0.8	118.9
Finishing	24	16.4	19.2	6.9	4.6	0.2	68.6
Total	194	14.3	36.9	5.2	4.1	0.02	448.6

나. 디스플레이 산업

평판 디스플레이 제조업 인듐 취급근로자의 공기 중 인듐 노출수준은 0.2 ~ 2782.0 ㎍/㎥으로 기하평균(11.7 ㎍/㎥)과 산술평균(85.6 ㎍/㎥)은 노출기준 미만이었으나 평판 디스플레이 제조업 인듐 취급근로자 119명 중 14명의 근로자가 노출기준을 초과하여 공기 중 인듐 노출기준 초과비율은 11.7%이었다. 호흡성 인듐의 노출수준은 0.01 ~ 419.5 ㎍/㎥으로 기하평균은 2.9 ㎍/㎥으로 노출기준 미만이었으나, 산술평균은 13.6 ㎍/㎥으로 노출기준을 초과하였다. 평판 디스플레이 제조업 인듐 취급근로자 121명 중 29명의 근로자가 호흡성인듐 노출기준을 초과하여 초과비율은 23.9%이었다.

평판 디스플레이 산업 3개 공정의 공기 중 인듐 노출기준 초과비율(%)은 타겟 교환공정 1.8%, sputter 부품세척 공정 26.1%, 타겟 세척공정 6.3%이었으며, 호흡성 인듐은 타겟 교환공정 13.6%, sputter 부품세척 공정 36.9% 그리고 타겟 세척공정 25.0%이었다.

[표 3] 디스플레이 산업의 공기 중 인듐 노출평가

Process	n	Airborne Indium Concentration, ㎍/㎥					
		AM	SD	GM	GSD	Min.	Max.
Target Exchange	57	13.1	29.7	4.4	4.3	0.2	206.8
Shield, Mask & Carrier Cleaning	46	195.0	500	47.3	4.7	3.5	2782.0
Target Cleaning	16	29.1	56.7	6.7	8.7	0.2	235.0
Total	119	85.6	322.3	11.7	7.0	0.2	2782.0

[표 4] 디스플레이 산업의 호흡성 인듐 노출평가

Process	n	Airborne Indium Concentration, ㎍/㎥					
		AM	SD	GM	GSD	Min.	Max.
Target Exchange	59	4.7	8.1	1.2	7.9	0.01	34.2
Shield, Mask & Carrier Cleaning	46	23.7	63.8	8.6	3.4	1.1	419.4
Target Cleaning	16	12.5	27.8	2.3	6.2	0.1	113.8
Total	121	13.6	41.6	2.9	7.1	0.01	419.5

다. 인듐 재생업

인듐 재생업 인듐 취급근로자의 공기 중 인듐 노출수준은 0.5 ~ 2089.9 ㎍/㎥으로 기하평균은 54.7 ㎍/㎥으로 노출기준 미만이었으나 산술평균 225.8 ㎍/㎥으로 노출기준을 초과하였다. 인듐 재생업 인듐 취급근로자 68명 중 26명의 근로자가 노출기준을 초과하여 공기 중 인듐 노출기준 초과비율은 38.3%이었다. 호흡성 인듐의 노출수준은 15.4 ~ 436.3 ㎍/㎥으로 기하평균(15.4 ㎍/㎥)과 산술평균(63.8 ㎍/㎥)은 노출기준을 초과하였다. 인듐 재생업 인듐 취급근로자 69명 중 36명의 근로자가 호흡성 인듐 노출기준을 초과하여 초과비율은 52.1%이었다.

[표 5] 인듐 재생산업의 공기 중 인듐 노출평가

Process	n	Airborne Indium Concentration, ㎍/㎥					
		AM	SD	GM	GSD	Min.	Max.
Pulverization	11	901.5	776.1	583.6	2.9	81.0	2089.9
Dissolution	4	153.8	118.6	105.7	3.3	19.7	308.2
Substitution	24	94.0	205.4	34.0	3.6	5.9	1003.5
Electrolysis	13	124.6	187.3	32.4	8.1	0.5	643.4
Casting	16	59.3	97.4	28.4	3.1	5.6	343.9
Total	68	225.8	451.1	54.7	5.7	0.5	2089.9

[표 6] 인듐 재생산업의 호흡성 인듐 노출평가

Process	n	Airborne Indium Concentration, ㎍/㎥					
		AM	SD	GM	GSD	Min.	Max.
Pulverization	14	113.4	63.8	70.1	5.3	0.5	253.7
Dissolution	3	101.1	141.3	45.9	4.6	15.4	264.2
Substitution	24	26.3	65.3	8.4	3.7	1.8	317.9
Electrolysis	13	106.1	155.5	22.4	7.8	1.9	436.3
Casting	15	19.3	38.6	5.9	3.9	1.3	128.8
Total	69	63.8	103.1	15.4	6.0	15.4	436.3

6. 혈청인듐 노출평가

ITO, IZO 타겟 제조업 근로자 176명 중 99명 근로자의 혈청에서 인듐이 검출되었으며 노출수준은 ND ~ 49.8 ㎍/L이었으며 기하평균은 1.9 ㎍/L로 생물학적 노출기준(3 ㎍/L) 미만이었으나 산술평균은 4.6 ㎍/L로 노출기준을 초과하였다. ITO, IZO 타겟 제조업 근로자의 혈청인듐 초과비율은 22.7%이다. 평판 디스플레이 제조업 196명의 근로자 중 31명에게서 혈청인듐이 검출되었으며 3.1%의 근로자가 생물학적 노출기준을 초과하였다. 인듐 재생업 근로자 66명 중 37명에게서 혈청인듐이 검출되었으며 30.3%의 근로자가 생물학적 노출기준을 초과하였다.

Ⅳ. 정책제언

인듐과 관련하여 최우선 선행되어야 하는 부분은 법 개정을 통해 인듐 취급자를 대상으로 작업환경측정 및 건강검진을 실시해야한다. 인듐 취급으로 인한 폐질환이 최초로 보고된 일본은 2010년 제정된 후생노동성 가이드라인에 따라 호흡성 인듐의 노출기준을 0.01 ㎎/㎥으로 제시하고 있다. 이에 우리나라도 인듐의 노출기준을 호흡성 인듐 0.01 ㎎/㎥으로 개정되어야 하며, 인듐 취급 근로자에 대한 공기중 인듐농도수준에 따른 보호구 관련 가이드라인 등의 관리방안이 마련되어야 한다.

| 참고문헌 |

1. 이광용, 박두용. (2013). 인듐 관련 직업병 사례 및 국내 사업장 현황. 한국산업위생학회지. 23(3), 299-306.
2. Yi GY, Lee NR and Shin JA. (2011). Research on exposure and management of insoluble indium compound. Occupational Safety & Health Research Institute, KOSHA.
3. American Conference of Governmental Industrial Hygienists(ACGIH), (2014) TLVs and BELs Baseed on the Documentation of the Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents & Biological Exposure Indices. Cincinnati Ohio, ACGIH.
4. Japan Ministry of Health, Labour and Welfare(MHLW). (2010). The Technical Guideline for Preventing Health Impairment of Workers Engaged in the Indium Tin Oxide Handling Processes. Ministry of Health, Labour and Welfare.
5. Yi GY, Lee NR and You KH. (2012) Exposure and management of insoluble indium compound Ⅱ, Occupational Safety & Health Research Institute, KOSHA.
6. Cummings KJ, Nakano M, Omae, K, Takeuchi K, Chonan T et al.. (2012). Indium Lung Disease. Occup Env Lung Dis. 141, 1512-1521.
7. National Institute of Occupational Safety and Health(NIOSH). (2009). Chemical information profile for Indium tin oxide. NIOSH. http://ntp.niehs.nih.gov/

효과적인 방사능 안전관리를 위한 전리방사선 안전보건 프로그램 구축

직업환경연구실 정은교 연구위원

요약문

| 배경 및 문제점 |

방사선 인체피폭선량은 가급적 제한된 범위에서 가능한 낮게 하는 것이 원칙(ALARA, As Low As Reasonably Achievable)으로 시료의 취급 부주의로 인한 방사능 오염과 연구소 분석실에서 오염은 규정농도 이하 수준으로 관리되어야 한다. 공기 중에서 방사성물질의 시료를 포집하거나 방사능을 다루는 연구소의 분석자들은 측정장비에서 낮은 환경방사선량률을 유지하기 위해 분석실험실의 오염관리를 엄격히 강조하고 있다. 이에 방사선량의 인체피폭을 줄이고 방사능 오염물질을 관리하고 제거함으로써 선원관리를 철저히 유지하기 위해 방사선 안전보건 프로그램 구축 가이드를 마련할 필요가 있다.

| 목적 |

본 보고서에서는 방사선 안전보건관리자, 보건물리학자 등 관련 전문가들이 실험실에서 방사선 안전보건 프로그램을 안정적으로 운영하기 위한 가이드라인을 제시함으로써 방사선량의 인체피폭을 줄이고 방사능 오염물질을 안전하게 관리하는데 도움이 되고자 한다.

| 조사 및 분석내용 |

효과적인 방사선 안전보건 프로그램을 구축하기 위해 규제성의 방사선 안전보건 프로그램에 기본적으로 포함되어야 할 내용과 최소한 이수하여야 할 방사선 안전보건 교육 과목, 방사능 작업구역과 시료분석 실험실에서의 장비의 교정 및 관리방법, 환기장치, 밀폐된 글로브박스 안에서 방사성동위원소 취급 방법, 시료포집 도구들의 취급방법, 서베이미터 검교정 등의 오염관리 방법 및 선량측정, 라돈의 포집 및 취급 방법들을 제시하였다.

| 정책제언 |

방사선 안전보건프로그램을 안정적으로 운영하기 위해서는 관리수준 및 작업근로자에 대한 안전보건을 위한 조치사항을 정리·문서화하여 방사능을 취급하는 작업장에서 채취한 시료뿐만 아니라 실험실내에서 사용하는

Ⅰ. 배경 및 문제점

공기 중 방사성물질을 포집하기 위한 효과적인 방사선 안전보건 프로그램을 수행하기 위해 시료를 포집하고 분석하는 작업근로자들에 대한 훈련과정 등이 포함된 규정들, 표지 등 인지해야 하는 규격들에 대한 설명과 개개인이 지켜야 할 작업절차서 등이 포함된 규제가 기본요소이다. 그 다음에는 오염관리로써 방사능 표준, 발생원 및 시료관리에 대한 환기장치, 그리고 공학적 및 행정적 대책이 불충분할 때 근로자를 보호하기 위한 개인보호장구, 방사선 측정절차 및 방법, 방사성물질의 포집 및 취급과 관련된 특이성에 대한 주의가 필요하다.

이러한 요소들에 대한 주의 및 관심은 선원으로부터 방사능과 규제기관의 교정선원에 대한 관리를 확실히 하는데 도움을 준다. 방사선 인체피폭선량은 가급적 제한된 범위에서 가능한 낮게 하는 것이 원칙이다(ALARA, As Low As Reasonably Achievable). 그리고 시료의 취급 부주의로 인한 방사능 오염과 연구소 분석실에서 오염은 규정농도 이하 수준으로 관리되어야 한다.

공기 중에서 방사성물질의 시료를 포집하거나 방사능을 다루는 연구소의 분석자들은 측정장비에서 낮은 환경방사선량률을 유지하기 위해 분석실험실의 오염관리를 엄격히 강조하고 있다. 이에 방사선량의 인체피폭을 줄이고 방사능 오염물질을 관리하고 제거함으로써 선원관리를 철저히 유지하기 위해 방사선 안전보건 프로그램 구축 가이드를 마련할 필요가 있다.

Ⅱ. 목적

본 보고서에서는 방사선 안전보건관리자, 보건물리학자 등 관련 전문가들이 실험실에서 방사선 안전보건 프로그램을 안정적으로 운영하기 위한 가이드라인을 제시함으로써 방사선량의 인체피폭을 줄이고 방사능 오염물질을 안전하게 관리하는데 도움이 되고자 한다.

교정선원 또한 잘 관리되어야 한다. 작업자 개인에 대한 방사선 피폭은 법에서 정한 한도 및 ALARA내에서 다루어지도록 해야 하며, 부주의로 인한 시료오염 및 분석실내에서의 오염으로 측정값에 오차를 가져오지 않도록 해야 할 것이다. 또한 분석실험실 등의 방사능 오염장소에서의 방사능 오염 확인 및 제거에 대한 제도적인 규제를 강화하여 준수해야한다.

III. 조사 및 분석내용

1. 규제 및 교육

방사성물질 이용에 대한 규제기관들은 법이 규정하는 등록된 시설에서 방사선 안전보건을 감독하고 있다. 미국 내 방사선 안전보건 프로그램에 대한 대부분의 규정들은 미국 NRC(Nuclear Regulatory Commission)에 의해서 공표되었다.(CFR, 2006). 미국 NRC는 방사성물질에 대한 규제를 주에 위임하고 있으며 각 주에서는 NRC 기준에 부합해서 추진하거나 독자적으로 초월적인 관리기준으로 규제하는 경우도 있다. 밀봉선원 및 방사선발생장치 또는 방사성물질 취급면허, 방사성물질 사용변경 및 수정요구 등과 같은 사용시설과 규제기관 사이의 공적인 합의에 의해서 수행되고 있다. 모든 면에서 규제성의 방사선 안전보건 프로그램은 보통 방사성물질 취급면허와 함께 제출하는「방사선 안전보건매뉴얼」에 표현되어 있어야 한다.

가장 중요한 사항은 사용시설에 대해 규제기관의 장에 의해서 주기적으로 검사가 이루어져야 한다는 것이다. 따라서 방사선 안전보건 프로그램은 최소한 다음과 같은 기본적인 내용이 포함되어야 한다.

- 방사선안전관리자의 자격
- 문서화된 방사선안전보건 매뉴얼
- 개방선원의 목록 및 관리방법
- 밀봉선원의 2년 주기 누설검사 및 방사능 이용허가자에 대한 연간 교육 절차서
- 오염 및 인체노출 관리 절차서(ALARA 원칙 준수)
- 사용시설에서 방사선 및 방사능을 측정하기위한 절차
- 방사능 폐기물 관리 및 처리 절차서
- 조사장비, 공기 중 측정치, 누출검사치, 근로자의 생체분석자료 등 기록 서류

최초 방사선 안전교육 및 주기적인 보수교육은 보통 규제기관에 의해서 실시된다. 미국을 예로 들면, 뉴욕시나 NRC는 매년 보수교육을 받도록 명기하고 있다. 최초 및 보수교육은 이수증에 사인을 하거나 관련기록을 전자매체로 보존함으로써 문서화하고 있다. 방사선 안전보건교육은 최소 다음 과목을 이수하도록 하고 있다.

- 방사선의 특성 및 생물학적 효과
- 노출로부터 발생하는 위험 및 노출 저감
- 방사능의 측정 및 평가

- 오염관리 및 방사성 폐기물처리
- 방사선 안전프로그램 내용(방사능 목록, 조사자료, 교육기록 등)

2. 오염관리

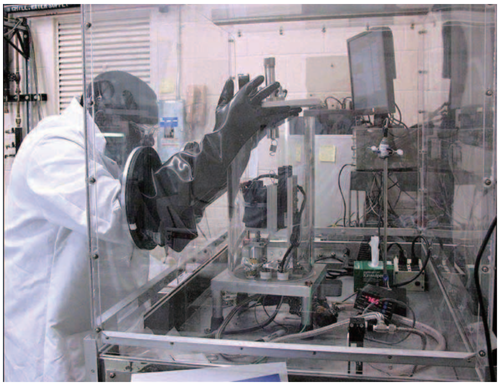
일반적인 방사능 작업구역과 시료분석 실험실 및 장비는 안전성을 확보하고 방사능 선원 및 시료의 포집, 취급, 분석, 폐기 등 절차에 맞게 설계 및 운영되어야만 한다. 모든 구역은 가능한 범위 안에서 오염이 없도록 유지해야 하며, 청결유지는 작업 및 실험실 표면의 오염, 공기 중 시료의 교차오염 가능성 및 인체피폭에 대한 가능성을 줄일 수 있다.

장비의 교정 또는 질관리 측면에서 모든 방사능 표준 및 선원은 사용치 않을 때 시건장치가 된 시설 내에서 관리되어야 한다. 특히, 라듐 표준선원 및 깨지기 쉬운 구조물의 라듐선원은 매 6개월마다 선원에 손상이 가지 않았는지 누설 체크를 해야 하며 라듐선원이 과거보다 지금 덜 사용되고 있는 편이지만, 라듐의 방사능 붕괴로 알파입자 방출체인 라돈가스가 증가하기 때문에 주의가 필요하다.

표준선원이나 기타 다른 선원들은 그들의 물리적 무결성(Integrity)을 보존하기 위해 주의깊게 다루어야 하고 도금한 선원들 위에 표면 흠집이나 자국이 없도록 해야 한다. 왜냐하면 방사선원의 손상 또는 개조는 방사성물질의 손실을 초래할 수 있기 때문이다. 그리고 방사성 표준용액에 장착된 공기필터 매체나 포집매체를 포함하는 정화통과 같은 다른 방사선원들은 손상이 가지 않게 조심히 다루어야 한다.

환기장치는 방사능 공기시료를 개방하는 동안 또는 오염된 측정장비 또는 표준선원을 만들기 위해 사용된 용액을 조제하는 동안 오염관리를 위해 필수적인 시설이다. 부분적으로 개방된 흄후드는 작업구역 내에서 작업자의 호흡영역을 보호하는 역할을 제공한다. 흄후드의 개구면 속도는 0.3~0.64 m/s를 유지하도록 하고 후드 앞 유속은 과도한 층류를 발생시키지 않는 것이 좋다(Stewart, 1981; Saunders, 1993). 방사성물질을 취급하는 환기후드에서의 이행지침은 ANSI/AIHA Z9.5(2003) 및 OSHA 29 CFR 1910.145(2003)에 의해 설정되었다. 환기장치의 후드 개구면 속도는 풍속계나 속도계를 사용하여 주기적으로(매월, 매분기별, 반년에 한번) 검사하고 기록하여야 한다.

밀폐된 글로브박스(Glovebox) 안에서 방사성동위원소를 취급할 때 자외선에 강한 하이파론(Hypalon) 같은 재질의 장갑을 사용하거나 [그림]과 같이 글로브박스에 연결형으로 디자인된 장갑을 사용하면 오염의 확산을 최소화할 수 있다(Hoover et al., 1999).



[그림 1] 글로브박스(Glovebox)

필터 카세트나 방사능 작업공정에서 에어로졸을

채취하는데 사용된 이동식 에어로졸 포집장치들은 오염제어를 위해 국소배기장치 또는 여과집진설비가 필요하다(Hoover et al., 1983). 잠재적인 오염으로부터 출입자를 보호하기 위해서는『방사능 관리구역』임을 알려주는 경고라벨 및 표지를 하여야 한다. 좋은 실험실 설계와 공학적 대책, 적절한 라벨 및 표지판, 작업자 교육 및 바람직한 작업수행을 위한 규칙준수는 방사능 오염관리를 효과적으로 관리하는데 필수적인 요소이다.

공기 중 시료(필터 카세트, 필터 카트리지, 버블러, 챠콜 캐니스터 등)들이 고농도 방사능 피폭환경으로부터 포집된 것이라면 방사능 오염물질이 측정기기 속으로 들어올 수 있다. 이와 같은 시료포집도구들은 측정하기 전에 제염이 필요하다. 제염은 상업적으로 유용한 스프레이나 액정 클리너 및 일회용 물티슈를 사용하여 수행할 수 있다. 깨끗이 오염을 제거할 수 없는 오염된 장비는 정부 또는 규제기관의 규정에 따라 지정된 방사성 폐기용기에 처리하여야 한다. 필터 홀더, 포집튜브, 유량계, 펌프, 링스탠드, 이동카트, 기타 보조장비 등과 같이 공기 중 시료를 포집하는 장비들은 그들의 놓인 위치에 따라 오염의 정도가 달라질 수 있다. 이들 장비의 표면에 오염이 의심되면 지체 없이 또는 주기적으로 와이프 테스트(Wipe test)를 해야만 한다. 또 다른 방법은 이동식 검출기들을 사용해 방사능 관리구역 내 오염을 관리하는 것이다. 종종 이것은 와이프 검사와 병행 실시된다. 미국 NRC에서 권고하는 표면오염 허용농도는 [표 1]과 같다.

[표 1] U.S. NRC에서 채택된 표면오염 허용농도

핵종	평균오염농도 (dpm 100 cm-2)	최대오염농도 (dpm 100 cm-2)	제거한도 (dpm 100 cm-2)
초우라늄원소 U-nat, U-235, U-238 및 붕괴산물	5,000α	15,000α	1,000α
초우라늄원소, Ra-226, Ra-226, Th-230, Th-228, Pa-231, Ac-227, I-125 및 I-129	100	300	20
Th-nat, Th-232, Sr-90, Ra-223, Ra-224, U-232, I-126, I-131 및 I-133	1,000	3,000	200
β/γ-emitters(α입자방출 또는 자연 핵분열과 다른 붕괴방식을 가진 핵종)	5,000βγ	15,000βγ	1,000βγ

* 출처 : 미국 원자력위원회(Termination of Operating Licenses for Nuclear Reactors)

서베이미터(Survey meter)는 규제기관에 의해서 매년 검교정이 필요하다. 검교정은 주로 교정시설 내에서 수행된다. 우리나라의 검교정기관은 한국표준과학연구원, 한국원자력연구원 등 정부기관과 정부로부터 허가를 받은 세안기술(주) 등 민간단체들이 있다. 서베이미터를 사용하기 전에 측정자는 어떤 서베이미터를 사용할 것인지 기기의 기능점검을 실시해야 한다. 이러한 기능점검 결과는 실험실 오염보고서에 기록해야 하며, 서베이미터의 검출성능이 적정범위 밖으로 떨어지면 수리하거나 재교정해야 한다.

이와 같이 근로자 보호를 위한 가장 효과적 접근방법은 방사선 장해의 존재 또는 크기의 제거, 덜 유해한 물질 또는 공정으로 대체, 피폭을 예방하기 위한 공학적 대책, 행정적 및 작업 절차를 이용하는 방법이 있으며, 마지막으로 피폭을 줄이기 위한 최종 수단으로는 개인보호구를 착용하는 것이다. 공기중 시료를 포집하는 장소나 실험실에서 사용하는 기본적인 개인보호장비는 호흡용 보호구외에 보안경, 글로브, 실험복이 있다.

3. 선량측정

일반적으로 개인선량계는 미국의 경우 근로자의 매년 유효선량이 50 mrem 또는 기타 선량한계를 초과할 가능성이 있으면 지정하여 착용하도록 하고 있으나, 우리나라는 방사선 작업자가 의무적으로 착용하도록 규정하고 있다(CFR, 2006). 선량측정 결과는 판독기관에서 선량계 사용기관에 주기적으로 제공되며 선량계 측정 및 판독주기는 매월 또는 매분기별 반복된다. 선량값이 설정된 값을 초과하면, 미국의 경우 선량한도(5,000 mrem)의 25%, 1,250 mrem 초과하면 즉시 초기대응을 하도록 방사선 안전관리자에게 "긴급전문(Emergency Message)"이 발송된다. 방사선 안전관리자는 정확한 선량측정결과가 정확한지 재측정하고 규제기관의 감사를 위해 기록을 저장하고 있다.

4. 라돈의 포집 및 취급

라돈을 알려면 모핵종인 우라늄에 대해 알 필요가 있다. 우라늄의 원자번호는 92이고 중요한 우라늄 동위원소로는 238U(99.3%), 235U(0.7%)와 234U(0.0057%)가 있다(표 2). 우라늄은 토륨으로 붕괴하고 토륨은 다시 라듐으로 붕괴하며 라듐은 라돈 및 라돈 붕괴산물로 붕괴한다.

[표 2] 중요한 우라늄 붕괴 및 붕괴산물의 특징

방사성 핵종	U-238	Th-230	Ra-226	Rn-222	Po-218	Pb-214	Bi-214
방사성 핵종	U-238	Th-230	Ra-226	Rn-222	Po-218	Pb-214	Bi-214
반감기	45억 y	7.5만 y	1,620y	3.82d	3.05m	26.8m	19.7m
붕괴방식	α	α	α	α	α	β/γ	β/γ
붕괴에너지(MeV)	4.27	4.77	4.87	5.49	6.0	0.65/0.35	1.51/0.61

라돈을 포함한 라돈의 모핵종은 모두 α-입자를 방출한다. 그러나 라돈의 딸핵종들은 α-입자 뿐만 아니라 β-입자와 γ-선 등 다양하다.

X-선과 γ-선을 방출하는 방사성원소를 검출하기 위해서는 NaI 신틸레이션 검출기(Scintillation detector)가 좋다. α-입자 검출기는 고정형과 이동형이 있다. 필터 등에서의 α-입자는 감광형 광전자증배관을 이용하여 검출할 수 있고, 가스를 이용한 비례계수기나 신틸레이션 검출기도 가능하다. β-입자는 액체 신틸레이션 검출기나 광감각이 낮은 이동식 플라스틱 신틸레이터(Portable plastic scintillators)를 이용하여 측정할 수 있다.

IV. 정책제언

관리수준 및 작업근로자에 대한 안전보건을 위한 조치사항은 잘 정리되고 문서화된 방사선 안전보건 프로그램의 기반 위에서 시작된다고 할 수 있다. 이와 같은 프로그램을 안정적으로 운영하기 위해서는 방사능을 취급하는 작업장에서 채취한 시료뿐만 아니라 실험실내에서 사용하는 교정선원 또한 잘 관리되어야 한다. 작업자 개인에 대한 방사선 피폭은 법에서 정한 한도 및 ALARA(As Low As Reasonably Achievable)내에서 다루어지도록 해야 하며, 부주의로 인한 시료오염 및 분석실내에서의 오염으로 측정값에 오차를 가져오지 않도록 해야 할 것이다.

또한 분석실험실의 방사능 오염 확인 및 제거에 대한 제도적인 규제를 다음과 같이 강화하여 준수해야한다. 즉 방사선 계측기로 측정한 표면오염도가 [표1]의 허용농도를 초과하였을 경우 실험실에 비치된 제염제를 흡수지에 묻혀 여러 차례 닦아낸 후 계측기로 측정하여 방사능 오염이 제거되었는지 확인하고 그 측정치를 기록하도록 해야 한다. 또한 수차례 반복하여 환기 등을 실시하여 오염을 제거하여도 허용오염도 기준값 이하로 떨어지지 않는 경우에는 그 오염된 장비나 도구를 격리하고 오염핵종의 측정일시 및 측정값을 기록한 표지를 부착하도록 하며, 오염된 물질을 저장 및 폐기시설에 보관 시에는 주요시설로부터 2 m이상 이격시키도록 해야 한다.

| 참고문헌 |

1. CFR(Code of Federal Regulations, Title 10-Energy, Chaper I-Nuclear Regulatory Commission, Part 20, Standards for Protection against Radiation, Revised, January 1, 2006.

2. L' Annunziata M.F., Handbook of Radioactivity Analysis, Academic Press, San Diego, 1998.

3. Stewart D.C., Handling Radioactivity, John Wiley & Sons, New York, 1981.

4. Saunders G.T., Laboratory Fume Hoods, John Wiley & Sons Inc., New York, 1993.

5. ANSI/AIHA, American National Standard for Laboratory Ventilation, ANSI/AIHA Z9.5, American National Standards Institute, New York, 2003.

6. CFR(Code of Federal Regulations, Title 29-Labor, Chaper XVII-Occupational Safety and Health Administration, Department of Labor, Standard, Part 1910, Occupational Safety and Health Standards, Revised, January 1, 2003.

7. Hoover M.D., Mewhinney C.J., Newton G.J., Modular glovebox connector and associated good practices for control of radioactive and chemically toxic materials, Health Phys. 76:66-72, 1999.

8. Hoover M.D., Newton G.J., Yeh H.C., Eidson A.F., Characterization of aerosols from industrial fabrication of mixed-oxide nuclear reactor fuels, in Aerosols in the Mining and Industrial Workenvironments, Marple V.A. and Liu B.Y.H., Eds., Ann Arbor Science, Ann Arbor, MI, 1983.

작업 전 안전점검
당신의 생명을 지킵니다

조심조심 코리아

일터안전을 위한 첫 단추,
작업 전 안전점검 으로 채우세요

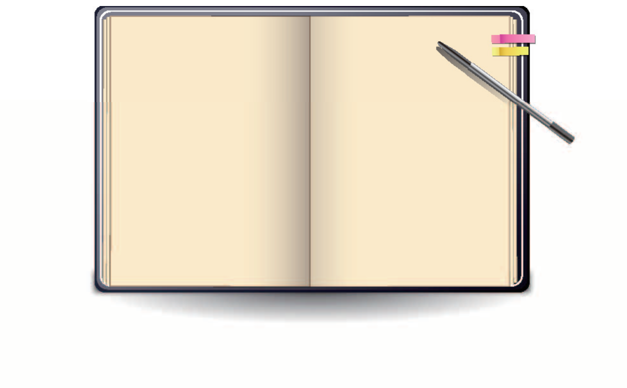
한 해 산업재해 사망자 약 2천명, 재해자 9만여 명

일터에서 매일 5명이 목숨을 잃고 250명이 다치는 셈입니다.
산업재해는 기본적인 안전수칙만 준수한다면 충분히 예방할 수 있습니다.

일하기 전 보호구는 제대로 착용했는지? 위험장소에 안전보건표지는 부착되어 있는지?
안전교육은 실시했는지? 위험요소가 있는 공정에 안전작업절차는 마련되어 있는지?
꼼꼼한 확인이 필요합니다.

작업 전 안전점검이 안전한 일터, 건강한 근로자, 행복한 대한민국의 시작입니다.

고용노동부 산업재해예방 안전보건공단



OSH 안전보건 이슈리포트 ISSUE REPORT

[안전보건 연구동향 Vol.9 No.3 통권68호] 내용 안내

- 근로자의 알권리와 충돌하는 MSDS 영업비밀의 적용실태 및 개선방안
- 발암성 논란의 이슈에 놓여있는 CNT(탄소나노튜브)의 유해성과 외국의 관리동향
- 직장 이동 경험이 근로환경 만족도와 주관적 건강상태에 미치는 영향
- 건설현장 도장공의 취급화학물질 종류 및 솔벤트 노출 농도 수준
- 유행성 전염병 확산에 대비한 전염성질환 BCP(업무연속성계획) 작성의 원칙
- 근로자 건강진단 체계 개편 예상에 따른 문제점 및 개선방안
- 여성의 근로환경과 유해·위험인자의 변화에 대응한 임산부의 건강보호 방안

청렴韓세상

부패 'ZERO' 청렴 'OSHRI'

국민행복시대를 열어갑니다!

투명한 정부! 유능한 정부! 서비스 정부!

공공정보를 공개하여 국민과 소통하겠습니다.

기관간 칸막이를 없애고 서로 협업하여

국민 한 분 한 분에게 맞춤형 서비스를 제공하겠습니다.

행복한 대한민국을 여는 정부3.0

안전행정부

www.gov30.go.kr