

전자산업에서 사용하는 일부 고독성 화학물질에 대한 유통 경로 조사 고찰

함승헌¹ · 황성호² · 김형렬³ · 류현철⁴ · 안진수⁵ · 윤진하⁶ · 윤충식⁷ ·
이나은⁸ · 이상만⁹ · 이재환¹⁰ · 권세영¹¹ · 장재필¹¹ · 하권철^{12*}

¹가천대학교 의과대학 길병원 직업환경의학과, ²용인대학교 보건환경안전학과, ³가톨릭대학교, ⁴일환환경건강센터,
⁵명지산업안전보건, ⁶연세대학교, ⁷서울대학교 보건대학원, ⁸순천제일대학교, ⁹IESH솔루션,
¹⁰양산부산대병원, ¹¹안전보건공단, ¹²창원대학교 생명보건학부

A Review of Distribution Channels for Some Highly Toxic Chemicals used in the Electronics Industry

Seung Hon Ham¹ · Sung Ho Hwang² · Hyungryul Kim³ · Hyunchul Ryu⁴ · Jinsoo Ahn⁵ · Jinha Yoon⁶ ·
Chungsik Yoon⁷ · Naeun Lee⁸ · Sangman Lee⁹ · Jaehwan Lee¹⁰ · Se Young Kwon¹¹ · Jaepil Chang¹¹ · Kwonchul Ha^{12*}

¹Gachon Gil Medical Center, School of Medicine, Gachon University,

²Yong In University, ³Catholic University,

⁴Center for Work Environment Health, ⁵Myung-ji Safety & Hygiene Lab. Inc.,

⁶Yonsei University, ⁷Graduate School of Public Health Seoul National University,

⁸SunchonJaeil University, ⁹IESH Solution, ¹⁰Yangsan Pusan National University Hospital,

¹¹KOSHA, ¹²Changwon National University

ABSTRACT


Objectives: This study examined the distribution channels and management systems for hazardous chemicals (dichloromethane, trichloromethane and tetramethylammonium hydroxide) within the electronics industry. The aim was to identify issues and suggest improvements by gaining an understanding of the perceptions of stakeholders.


Methods: A literature review was conducted, alongside interviews with 20 stakeholders across the chemical supply chain, using a semi-structured questionnaire.


Results: Significant gaps in safety management were identified during the distribution and use stages. Inadequate information transfer, a lack of safety awareness and limited management capacity were identified as major issues. Discrepancies in perception were observed between suppliers and users. SMEs encountered challenges when adopting alternative substances and improving facilities.


*Corresponding author: Kwonchul Ha, Tel: 055-213-3553, E-mail: kcha@changwon.ac.kr
Department of Biochemistry and Health Science, Changwon National University. 20 Changwondaehak-ro, Uichang-gu,
Changwon-si, Gyeongnam 51140


Received: April 22, 2024 Revised: September 19, 2025, Accepted: September 22, 2025


 Seung Hon Ham <https://orcid.org/0000-0002-5167-9661>


 Hyungryul Kim <https://orcid.org/0000-0001-7535-3140>


 Jinsoo Ahn <https://orcid.org/0000-0001-8906-346X>


 Chungsik Yoon <https://orcid.org/0000-0001-7822-0079>


 Sangman Lee <https://orcid.org/0000-0001-9498-540X>


 Se Young Kwon <https://orcid.org/0009-0005-8209-4171>


 Kwonchul Ha <https://orcid.org/0000-0001-7014-9466>


 Sung Ho Hwang <https://orcid.org/0000-0001-7891-5989>

 Hyunchul Ryu <https://orcid.org/0000-0002-1430-4027>

 Jinha Yoon <https://orcid.org/0000-0003-4198-2955>

 Naeun Lee <https://orcid.org/0009-0000-3095-2705>

 Jaehwan Lee <https://orcid.org/0000-0002-9126-556X>

 Jaepil Chang <https://orcid.org/0009-0003-3323-1382>

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Conclusions: A systematic approach that covers the entire lifecycle of chemicals is needed. It is crucial to establish a comprehensive management system for distribution and expand support for SMEs. The study recommends enhancing information sharing, strengthening education and technical support, and promoting collaboration among stakeholders. The study proposes a chemical substance passport system to enable transparent tracking and management of chemicals.

Key words: Chemical safety management, distribution channel, electronics industry, hazardous chemicals, substance passport system

I. 서 론

전자산업은 한국 경제의 중추적 역할을 담당하고 있다. 전자산업 중에서도 반도체 및 디스플레이 제조 공정에서 사용되는 화학물질과 그로 인한 건강 위험성에 대한 우려가 지속되고 있다(Park & Yoon, 2022). 과거 전자산업에서 일을 하던 근로자들은 급격한 기술 변화로 인해 신규 화학물질을 포함한 다양한 화학물질에 노출될 가능성이 있었고, 최근에는 무인화가 이루어지고 있어 노출 가능성은 줄어들었으나 여전히 유지보수나 정비를 하는 근로자는 노출 가능성이 있다. 또한 직업성 암이나 화학물질 중독 등의 사례가 보고되고 업무 관련성이 인정되고 있으나(Nakano et al., 2019; Ha et al., 2023) 아직 과학적 근거는 부족한 실정이다.

전자산업에서 사용되고 있는 고위험물질인 디클로로메탄(DCM, dichloromethane), 트리클로로메탄(TCM, trichloromethane), 수산화테트라메틸암모늄(TMAH, tetramethylammonium hydroxide) 등은 전자산업에서 널리 사용되면서, 이들 물질에 의한 중독 및 사망 사고가 반복적으로 발생하고 있다(Jeon et al., 2021). 이러한 고위험물질들은 관리에 있어 사용 또는 유통경로 과정에서 발생하는 안전 취약점 및 사각지대가 존재한다.

그간 전자산업에서 사용되는 화학물질의 유해성, 노출 수준, 건강 위험성 등을 다룬 연구들이 다수 수행되었다(Son et al., 2018; Yoon et al., 2020a; Yoon 2020b). 그러나 이들 연구는 주로 개별 물질이나 공정에 초점을 맞추고 있다. 유통단계에 초점을 맞춘 연구, 현장 기반 연구는 부족한 실정이며 화학물질 관리의 핵심 단계라 할 수 있는 유통 과정에 대한 연구나 현장 이해관계자의 경험에 기반한 연구는 제한적이다. 특히 디스플레이 제조공정의 경우 다양한 유해인자가 복합적으로 작용할 가능성이 크기도 불구하고 아직 체계적인 조사연구는 이루어지지 않았다(Kim et al., 2016).

고위험 화학물질의 유통 과정은 제조·수입 단계의 명확한 관리 주체와 최종 사용 단계의 안전보건 규제에 비해, 다단계의 복잡한 공급망 구조로 인해 정보의 비대칭성이 발생하고 규제 사각지대가 될 가능성이 높다. 이는 생산자와 사용자 간의 정보 단절, 특히 전문성과 자원이 부족한 소규모 유통업체의 관리 미흡 등 유통 단계의 구조적 문제에 기인한다. 이러한 상황은 고위험 화학물질의 안전한 관리를 위해서는 생산과 사용 뿐 아니라 유통 단계에서의 관리 방안 마련이 중요함을 보여준다(Kim & Song, 2025).

그동안 국내외에서 화학물질의 위험성 평가와 관리에 관한 다양한 연구가 진행되어 왔다. 그러나 대부분의 연구가 특정 물질의 유해성이나 인체 영향에 초점을 맞추고 있으며, 화학물질 관리의 핵심 단계라 할 수 있는 유통 경로에 대한 연구는 미비한 실정이다. 일부 연구에서 화학물질 공급망 관리나 운송 리스크에 대해 다루고 있으나, 실제 유통 현장에서의 경험과 인식을 바탕으로 관리상 문제점과 개선 방안을 도출한 연구는 제한적으로 이루어져 왔다.

따라서 이 연구에서는 전자산업에서 사용되는 대표적 고위험 물질(DCM, TCM, TMAH)의 유통경로 및 관리 실태 조사를 통하여 유통경로와 관리 실태를 심층적으로 파악하고, 주요 이해관계자의 인식을 파악함으로써 현행 관리체계의 문제점을 도출하고, 개선을 위한 정책적·기술적 대안을 모색하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 조사대상 물질 선정

화학물질의 유해성, 사용량, 노출 가능성 등을 종합적으로 고려하여 조사대상 물질을 선정하였다. 특히 전자산업에서 널리 사용되면서도 독성이 강하고 사고 사례가 빈번한 물질을 중점적으로 살펴보았다. 이러한 기준에 따라 다음의 세 가지 대표적 특성을 지닌 3종 물

질을 최종 선정하였다. 첫째, 디클로로메탄(DCM)과 트리클로로메탄(TCM)은 산업안전보건법상 관리대상유해물질로 지정되는 등 규제가 강화되었음에도, 과거 세척 공정 등에서 널리 사용된 이력으로 인해 대체가 더디거나 불법적인 유통 가능성이 제기되는 규제가 필요한 물질이다. 둘째, 수산화테트라메틸암모늄(TMAH)은 반도체 및 디스플레이 핵심 공정에 필수적이거나, 소량 노출로도 사망에 이를 수 있는 급성 독성이 매우 높아, 사용량 증가에 따른 유통 관리의 중요성이 시급한 '필수 고위험 대표 물질'이다.

2. 자료 수집

문헌 조사와 현장 면담을 병행하였다. 먼저 문헌 조사를 통해 대상 물질의 물성, 유해성, 관련 법규, 선행 연구 결과 등을 수집하고 검토하였다. 본 연구의 면담 대상은 화학물질 유통 생애주기 전반에 걸친 다양한 관점을 확보하기 위해 공급망의 핵심 주체인 공급 및 유통사, 사용자, 전문가 등 세 가지 주요 그룹의 총 20 명으로 구성되었다.

면담 참여자의 구체적인 분포는 다음과 같다. 공급 및 유통사 그룹(5 인): 화학물질 유통업 대표 1 인, 도소매업 종사자 1 인, 소규모 및 중규모 판매 종사자 각 1 인, 그리고 제조와 사용을 겸하는 기업 담당자 1 인을 포함하여 공급망의 중간 단계에 대한 현실적인 목소리를 담고자 하였다. 사용자 그룹(12 인): 전자산업 분야의 다양한 대·중소기업 소속 보건관리자 및 실무자 12 인으로 구성되었다. 특히 최종 사용 단계의 문제점과 정보 요구를 심층적으로 파악하기 위해 사용자 집단의 참여 비중을 가장 높게 설정하였다. 전문가 그룹(3 인): 화학물질 분야 전문가 2 인과 산업안전보건 컨설팅 전문가 1 인을 포함하여, 현장의 문제점을 정책적·기술적 관점에서 분석하고 객관적인 대안을 모색하기 위한 시각을 확보하고자 하였다. 이러한 참여자 구성은 제조·수입부터 유통, 사용에 이르는 각 단계의 현실적인 문제점을 균형 있게 반영하기 위함이다. 각 참여자의 세부 정보는 [Table 1]에 제시된 바와 같다. 1:1 대면 면담을 원칙으로 하였으며, 주요 면담 질문은 ① 주요 취급 물질 및 유통 현황, ② 유통 단계별 관리 문제점, ③ 물질안전보건자료

Table 1. Characteristics of interview participants

No.	Interviewee	Category
1	CEO of chemical distribution business	CEO
	Employee in chemical wholesale/retail	Seller
3	Health manager at SME	Health manager
4	Employee in small-scale chemical sales	Seller
5	Employee in medium-scale chemical sales	
6	Chemical expert 1	Expert
7	Chemical expert 2	
8	Chemical user, Company DW	Health manager
9	Chemical user, Company K	
10	Chemical user, Company T	
11	Chemical user, Company DS	
12	Chemical user, Company KS	
13	Chemical manufacturer and user, Company E	Manufacturer & user
14	Chemical user, Company W	Health manager
15	Chemical user, Company C	
16	Chemical user, Company S	
17	Chemical user, Company O	
18	Chemical user, Company CL	
19	Chemical user, Company H	
20	Occupational safety and health consulting expert	Expert

(MSDS) 등 정보 전달 실패, ④ 화학물질 관리 개선을 위한 요구사항 등으로 구성되었다.

이 연구는 화학물질 유통량과 같은 정량적 데이터 확보가 아닌, 복잡하고 폐쇄적인 유통 과정에서 발생하는 ‘관리의 취약점’과 ‘이해관계자의 인식’이라는 심층적·구조적 문제를 파악하는 것을 목적으로 한다.

III. 연구 결과

1. 조사대상 물질의 유통 및 사용 현황

문헌조사와 면담을 통해 조사대상 물질의 유통 및 사용 현황을 파악한 결과, 디클로로메탄(DCM)의 경우 과거 금속 세척제로 널리 사용되었으나, 최근 법적 규제 강화로 인해 사용량이 감소하는 추세에 있었다. 다만 여전히 일부 사업장에서는 DCM이 사용되고 있어 지속적인 모니터링이 필요하다. 트리클로로메탄(TCM)은 반도체 장비 세정 등에 일부 사용되고 있었다. 그러나 높은 독성을 가지며 중독사례가 알려지면서 기업들이 자발적으로 사용을 기피하는 분위기가 확산되고 있었다. 한편 수산화테트라메틸암모늄(TMAH)은 반도체 및 디스플레이 제조공정 전반에 걸쳐 광범위하게 활용되고 있었다. 특히 포토리소그래피, 식각, 세정 등 다수의 공정에서 필수적인 화학물질로 사용량이 많고, 이로 인한 사고 사례도 보고되고 있었다. 유통량의 경우 환경부에서 매년 화학물질 유통량 조사를 하지만 공개되지 않아 확보할 수 없었다.

2. 유통경로상의 관리 취약점

대상 물질의 유통경로를 따라 각 단계별 관리 실태를 조사한 결과, 관리 개선이 필요한 부분이 확인되었다. 대상 물질의 유통경로를 따라 각 단계별 관리 실태를 조사하기에 앞서, 문헌조사와 면담 결과를 종합하여 국내 전자산업에서 활용되는 고위험 화학물질의 대표적인 유통경로 유형을 도식화하면 [Figure 1]과 같다.

[Figure 1]에서 확인할 수 있듯이, 화학물질은 제조·수입사를 떠나 최종 사용자에게 전달되기까지 단일 경로가 아닌 다양한 경로를 거친다. 제조·수입사 영업 사원을 통해 사용자에게 직접 전달되는 비교적 단순한 경로도 존재하지만, 대부분은 1개 이상의 도매 및 소매 유통 단계를 거치는 다단계 유통구조를 특징으로 한다. 이처럼 복잡한 유통 과정은 각 단계별로 정보가 단절되거나 왜곡될 위험을 내포하고 있으며, 특히 본 연구의 면담 결과, 다음과 같은 관리상의 취약점들이 공통적으로 지적되었다.

물질 정보 전달 측면에서도 문제가 있었다. 상당수 기업들이 화학물질의 유해성 정보를 적극적으로 수집·공유하지 않고 있었고, 영업상 기밀을 이유로 정보 제공을 하지 않는 경우도 있었다. 물질안전보건자료(MSDS)도 형식적으로 작성·전달되는 경우가 많았다. 추적관리 측면에서도 관리가 필요한 부분이 있었다. 수입부터 사용에 이르는 전 과정에 걸쳐 물질의 흐름을 투명하게 파악하기 어려웠고, 이는 불법 유통의 가능성을 내포하고 있었다. 특히 도소매 과정인 중간유통 단계에서 관리가 취약한 것으로 나타났다. 전문성과 인력

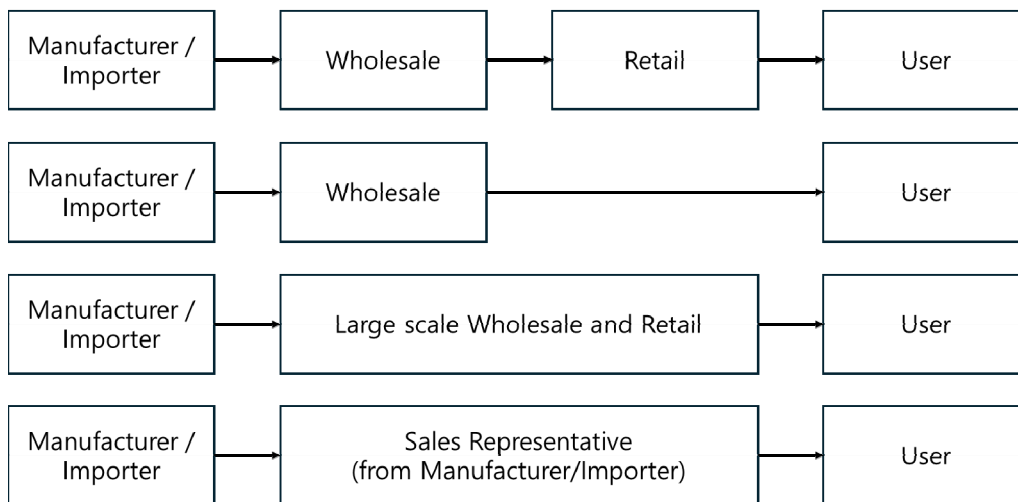


Figure. 1 고위험 화학물질의 주요 유통경로 유형

이 부족한 중소 규모 유통업체의 경우 관련 규정준수가 제대로 이뤄지지 않는 것으로 확인되었다.

이번 조사에서 가장 심각하게 지적된 문제는 MSDS 정보 전달 체계의 미흡함이며, 이는 참여 그룹을 막론하고 거의 모든 참여자가 공통적으로 지적한 사항이었다. 특히 대다수의 사용자 그룹 참여자들은 MSDS를 제때, 정확하게 제공받는 것 자체가 어렵다는 '정보 접근성'의 문제를 제기했다. "MSDS를 손쉽게 구하기 어렵고, 받을 때까지의 시간이 오래 걸리거나 잘 주지 않습니다." (화학물질 사용자 K사)

이러한 문제는 중소기업 사용자에게서 더욱 두드러지게 나타났다. 한 중소기업 보건관리자는 공급사로부터 MSDS를 받은 경험이 전무하여 직접 제조사에 요청해야 하는 현실을 토로했다. "구매를 하면서 업체로부터 한 번도 받아본 적이 없고 보건관리자가 직접 홈페이지, 제조사에 요청하여 받아서 보관 및 현장에 비치하고 있습니다." (중소기업 보건관리자)

나아가, 몇몇 사용자들은 정보 접근성을 넘어 수령한 MSDS의 '정보 신뢰성' 문제를 지적하는 심화된 의견을 제시했다.

"MSDS도 항목마다 정형화 되어 있긴 한데 업체마다 내용이 상이합니다. 특히 구성성분 빠진 것도 많고, 영업비밀이라고 되어 있는 경우 곤란한 경우가 있습니다." (화학물질 사용자 H사)

이처럼 MSDS 문제는 단순한 정보 미제공을 넘어, 중소기업의 정보 불균형, 그리고 정보의 질적 문제까지 포함하는 다층적인 문제임이 확인되었다.

3. 이해관계자의 인식 및 요구사항

면담을 통해 주요 이해관계자들의 인식과 요구사항을 조사하였다. 우선 공급자와 사용자 간 인식의 차이가 뚜렷이 존재함을 알 수 있었다. 공급 기업들은 규제 준수를 최우선시하며 정보공개에 소극적인 반면, 사용 기업들은 물질의 성능과 원활한 공급을 보다 중시하는 경향이 있었다. 중소기업의 경우에는 전담 인력과 예산, 기술력 부족 등으로 인해 화학물질관리에 어려움을 겪는 것으로 나타났다. 대체물질 개발이나 공정개선에 필요한 투자여력이 부족하고, 정부 지원제도의 혜택을 받기도 쉽지 않다는 의견이 있었다. 이에 따라 정보제공 강화, 기술·재정 지원 확대, 교육·점검 내실화 등 다양한 개선요구가 제기되었다. 특히 기업 규모·역량에

맞는 맞춤형 지원, 공급망 전반에 걸친 소통 활성화 등이 강조되었다.

4. 주요 이해관계자 면담 결과

화학물질 관리를 위한 이해관계자들의 현실적인 목소리를 담고자 제조사, 수입사, 유통사, 사용자 관계자 등을 대상으로 심층 면담을 실시한 결과 고위험물질의 국내 유입 경로와 관련해서, 수입과 제조를 통해 유통이 시작 되는 것으로 확인되었다. 유통 단계에서의 관리와 관련해서는, 중간 유통단계에서의 정보전달과 관리가 취약하다는 지적이 많았다. 이는 다단계 유통구조의 특성상 어쩔 수 없는 측면이 있으나, 제도적 개선을 통해 보완이 필요하다는 의견이 지배적이었다. 특히 MSDS 의무화, 수입-유통-사용 전 과정에 걸친 이력 추적 관리 시스템 구축 등이 제안되었다.

사고 사례가 지속적으로 발생하는 것에 대해서는, 정보 부족과 안전 불감증이 주된 원인으로 언급되었다. 유해성에 대한 정보가 현장까지 제대로 전달되지 않고, 사용자들의 인식 또한 낮은 편이라는 것이다. 이를 극복하기 위한 교육과 훈련, 캠페인 등이 필요하다는 의견이 있었다.

대체물질 개발 및 도입과 관련해서는, 중소기업들의 어려운 점이 드러났다. 기술력과 자금력이 부족한 중소기업으로서는 직접 나서기 어려운 만큼, 정부 차원의 지원이 필요하다는 의견이 있었다. 공동 연구개발, 기술 이전, 세제혜택 등 실질적인 지원책 마련이 필요하다.

마지막으로 고위험물질의 생애주기 전과정(Life-cycle) 관리를 위한 협력체계 구축이 강조되었다. 정부 부처 간 장벽을 낮추고, 기업-연구기관-시민사회 간 소통의 장을 마련하는 한편, 공급망 내 기업 간 협력도 활성화해야 한다는 것이다. 무엇보다 모든 이해관계자가 함께 참여하는 거버넌스 체계가 구축되어야 실효성 있는 대책이 마련될 수 있을 것으로 판단된다.

IV. 고찰

이 연구는 고위험 화학물질의 유통 경로와 관리 실태를 심층적으로 조사하여 화학물질 관리 체계의 사각지대를 파악하고 개선방안을 모색했다는 점에서 의의가 있다. 연구 결과를 통해 화학물질의 관리를 위해서는 수입, 생산에서 사용에 이르는 전 과정에 걸친 체계적

인 접근이 필수적이라는 점을 재확인할 수 있었다.

특히 제조 및 수입 단계에 비해 상대적으로 관리가 미흡했던 유통 및 사용 단계의 실태를 구체적으로 진단하고, 정보 전달 체계 미비, 인식부족, 관리 역량 제한 등의 문제점을 도출한 점에서 의미가 있다. 이는 향후 화학물질 안전관리 정책 수립 시 유통 및 사용 주체에 대한 보다 집중적인 관리 방안이 마련되어야 함을 의미한다.

현재 우리나라의 화학물질 유통 과정은 다단계로 이루어져 있어 복잡하고 관리가 어려운 실정이다. 각 단계에서 발생할 수 있는 위험을 최소화하기 위해서는 체계적인 관리와 교육이 필수적이다. 특히 제조 및 수입 단계에 비해 유통 및 사용 단계의 관리 기준과 감독이 상대적으로 미흡하기 때문에, 도소매와 같은 중간 유통망과 소규모 사업장을 중심으로 실질적인 관리 체계 구축이 시급하다. 이를 개선하기 위해 정부는 유통 과정 전반에 걸친 화학물질 관리 체계를 확립하고, 소규모 사업장에 대한 지원을 확대해야 한다. 본 연구의 면담 결과, 다단계 유통과정에서 MSDS 정보가 형식적으로 전달되거나 누락되는 등 심각한 정보 단절 문제가 확인되었다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 단순한 정보 제공 의무화를 넘어 정보의 '활용성'과 '접근성'을 높이는 방안이 필요하다. 물질정보 공유 시스템은 화학물질의 유해성, 취급 시 주의사항, 적절한 보호구 착용 등에 대한 정보를 포함해야 하며, 사용자가 쉽게 접근하고 이해할 수 있는 형태로 제공되어야 한다.

화학물질 취급 사업장에 대한 정기적인 점검과 기술 지원도 강화되어야 한다. 특히 중소 유통업체와 소규모 사업장의 경우 전문 화학물질을 관리하기 위한 자원이 부족한 경우가 많으므로, 이들을 대상으로 한 집중적인 관리가 필요하다. 고용노동부와 안전보건공단은 화학물질의 안전한 취급과 관리에 필요한 현실적이고 실용적인 교육 프로그램을 개발하여 보급해야 하며, 사업장의 여건을 고려한 맞춤형 컨설팅을 제공할 필요가 있다. 교육 내용에는 화학물질의 유해성, 사고 사례, 안전한 취급 및 보관 방법, 적절한 보호구 사용법 등이 포함되어야 한다. 아울러 사업장의 안전보건 관리 역량을 높이기 위한 기술 지원, 안전 설비 설치 및 개선을 위한 재정 지원 등 실질적인 지원책도 마련되어야 할 것이다.

이러한 노력은 정부와 기업의 협력을 통해 보다 효과적으로 이루어질 수 있다. 기업은 화학물질 유통망 전반에 걸쳐 화학물질관리를 최우선 가치로 삼고, 자율적

인 관리 역량 강화에 힘써야 한다. 이를 위해 기업 내 안전보건 전담 조직을 강화하고, 협력사 및 하청업체에 대한 안전관리 지원을 확대해야 한다. 또한 지속적인 대체물질 개발 및 도입, 설비 개선 등을 통해 화학물질의 위험성을 근본적으로 줄여나가는 노력도 병행되어야 한다. 정부는 이러한 기업의 자율적 안전관리 활동을 뒷받침하기 위한 제도적, 재정적 지원방안을 모색해야 한다. 노력을 하는 기업에게는 세제 혜택, 인센티브 제공 등을 통해 기업의 적극적인 참여를 유도할 필요가 있다.

이와 더불어 정부, 기업, 학계, 시민사회 등 다양한 이해관계자 간 소통과 협력을 활성화하는 것도 중요하다. 안전한 화학물질관리라는 공동의 목표를 달성하기 위해서는 각 주체 간 긴밀한 협조와 정보 공유가 필수적이기 때문이다. 특히 이번 연구에서 드러난 공급자(제조자, 수입자), 중소기업자, 최종 사용자 간의 인식 차이를 좁히기 위해, 화학물질의 유해성에 대한 정보를 사용자가 쉽게 이해하고 활용할 수 있도록 전달하는 교육이 강화되어야 한다.

이 연구에서 제안하는 화학물질 고유 식별번호 제도와 유통 이력 추적 관리 체계는 화학물질 여권제도(chemical passport)로 가는 첫걸음이 될 수 있다. 이와 관련하여 유럽연합(EU)이 시행 중인 UFI(unique formula identifier, 고유 조제 식별부호) 및 PCN(poison centres notification, 중독센터신고) 제도는 중요한 시사점을 제공한다. UFI는 유해 혼합물에 고유 코드를 부여하여 라벨에 표시하게 함으로써, 공급망 전 단계에서 제품의 식별과 추적을 용이하게 한다. 또한 제조·수입자는 제품 정보를 사전에 PCN 포털을 통해 회원국 중독센터에 의무적으로 제출해야 한다. 이는 사고 발생 시 의료진이 UFI 코드만으로 즉시 정확한 유해성 정보를 파악하여 신속하게 대응할 수 있도록 하는 강력한 추적 관리 및 사고 대응 시스템이다(ECHA, 2025). 2026년 유럽연합에서 실시 예정인 이차전지분야의 "배터리 여권"과 더불어, 이러한 UFI/PCN 제도의 원리를 국내 화학물질 관리 체계에 도입한다면, 본 연구에서 확인된 유통과정의 정보 단절 문제를 해결하고 최종 사용자의 안전을 확보하는 실효적인 수단이 될 것이다.

다만 본 연구는 몇 가지 제한점이 있다. 첫째, 연구대상 물질의 범위가 한정적이었다. 일부 고위험 물질에 초점을 맞추어 진행되었는데, 국내에는 수만 종에 이르

는 다양한 화학물질이 유통되고 있다. 따라서 향후에는 보다 광범위한 물질을 대상으로 포괄적이고 심층적인 실태 파악이 이루어질 필요가 있다. 특히 물질별 유해성, 위험 특성, 취급 현황 등을 종합적으로 고려하여 관리 우선순위를 설정하고, 맞춤형 전략을 수립하는 연구가 필요하다. 둘째, 연구방법의 한계이다. 주로 문헌조사와 인터뷰 등 정성적 접근에 기초하고 있다. 물질별 노출량, 배출량 등에 대한 정량적 분석이 병행된다면 연구의 실증성과 객관성을 높일 수 있을 것이라고 판단된다. 셋째, 인터뷰 대상자 선정에 있어 업종별, 규모별 분포의 균형성이 아쉬웠지만 문제점을 도출하고 화학물질 관리의 필요성을 대두시키는 역할을 하기에는 충분했다고 판단된다. 마지막으로, 화학물질의 유통과 관리라는 한정된 영역을 집중하여 생산과 폐기, 사고 대응 등 화학물질 관리의 다른 면들에 대해서는 심층적으로 다루지는 못하였지만 유통에 대한 전반적인 현황을 파악하는데 그 의의가 있다고 판단된다. 이러한 제한점들은 후속 연구를 통해 보완이 필요하다.

V. 결 론

전자산업에서 사용되는 고위험 화학물질인 DCM, TCM, TMAH를 대상으로, 이들 물질의 유통 경로와 관리 실태를 심층적으로 조사하고 분석하였다. 문헌조사와 이해관계자 인터뷰를 통해 유통 과정의 안전 관리 사각지대와 문제점을 파악하고 개선을 위한 제도적, 정책적, 기술적 대안을 다각도로 모색하였다. 특히 화학물질 공급자와 사용자 간의 인식 차이, 중소 사업장의 관리 역량 부족 등 현장 중심의 문제를 파악하였다.

화학물질 관리는 한 주체의 노력만으로 해결될 수 없다. 정부와 기업, 전문가, 근로자, 시민사회 등 모든 이해관계자들이 협력하여 사회적 인식을 높이고 자율적 안전관리 체계를 구축해 나가야 한다. 이 연구에서 제안한 화학물질 여권제도 등과 같이 화학물질에 대한 정보 공유, 기술 지원, 교육 강화, 위험 소통 등의 과제는 이러한 사회적 협력의 출발점이 될 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 2023년 스마트안전보건기술원의 위탁연구용역사업(2023-786)의 지원을 받아 연구되었다

References

- European Chemicals Agency (ECHA). Ensure correct UFI management [Internet]. Helsinki: ECHA; 2023 [cited 2025 Sep 18] Available from: <https://poisoncentres.echa.europa.eu/-/ensure-correct-ufi-management>
- Ha K, Kim H, Ryu H, Shim S, Ahn J, et al. Survey on safety and health of electronics industry and planning for establishment of strategic system. Ulsan: Korea Occupational Safety and Health Agency, Smart Occupational Safety and Health Technology Institute; 2023. Report No.: 2023-SOSHTI-786
- Jeon Y, Kwon H, Yang J, Yoon J, Kim J, et al. A study on the policy plan for the prevention of critical disasters. Ulsan: Korea Occupational Safety and Health Agency, Occupational Safety and Health Research Institute; 2021. Report No.: 2021-OSHRI-638
- Kim K, Jeong E, Park S, Kim G, Lee K, et al. Characteristics of hazardous factors in LCD manufacturing process III. Ulsan: Korea Occupational Safety and Health Agency, Occupational Safety and Health Research Institute; 2016. Report No.: 2016-OSHRI-770
- Kim K, Song C. A study on high-risk accident scenarios and response systems based on on-site reactivity of hazardous chemicals. *J Korea Saf Manag Sci.* 2024;27(2):1-6
- Nakano M, Omae K, Tanaka A, Hirata M. Possibility of lung cancer risk in indium-exposed workers: An 11-year multicenter cohort study. *J Occup Health.* 2019; 61(3):251-256
- Park D, Yoon C. Suggestions to improve occupational hygiene activities based on the health problems of semiconductor workers. *J Korean Soc Occup Environ Hyg* 2022;22(1):1-8
- Son M, Paek D, Park MJ, Lee WK, Lim YH, et al. Survey on the health management of electronics industry and preparation of measures to protect workers-centered semiconductor manufacturing. Ulsan: Korea Occupational Safety and Health Agency, Occupational Safety and Health Research Institute; 2018. Report No.: 2018-OSHRI-823
- Yoon C, Kim S, Park D, Choi Y, Jo J, et al. Chemical use and associated health concerns in the semiconductor manufacturing industry. *Saf Health Work* 2020;11(4):500-508
- Yoon C, Kim SW, Park D, Jung J, Choi S, et al. Hazards in the semiconductor industry. Seoul: Korea National Open University Press; 2020

<저자정보>

함승헌(교수), 황성호(교수), 김형렬(교수), 류현철(이사장),
안진수(박사), 윤진하(교수), 윤충식(교수), 이나은(교수),
이상만(대표), 이재환(팀장), 권세영(연구원), 장재필(박사),
하권철(교수)