

전자산업 폐수처리 설비의 정비 작업 안전보건 가이드

이경희^{1*} · 김승원^{2*} · 조경이^{3,4} · 이승희⁵ · 김소연⁶ · 권세영⁷ · 박동욱^{5†}

¹주한미군, ²계명대학교 공중보건학과, ³서울대학교 보건대학원 환경보건학과, ⁴국립암센터 암예방사업부,
⁵한국방송대학교 보건환경학과, ⁶창원파티마병원, ⁷한국산업안전공단

Occupational Safety and Health Guide for Maintenance Work on Wastewater Treatment Facilities in the Electronics Industry

Kyong-Hui Lee^{1*} · Seung Won Kim^{2*} · Kyung Ehi Zoh^{3,4} · Seunghee Lee⁵ ·
Soyeon Kim⁶ · Seyoung Kwon⁷ · Dong-Uk Park^{5†}

¹US Army 65th Medical Brigade, Force Health Protection and Preventive Medicine Unit

²Department of Public Health, Keimyung University

³Department of Environmental Health, Graduate School of Public Health, Seoul National University

⁴National Cancer Control Institute, National Cancer Center

⁵Department of Environmental Health, Korea National Open University

⁶Changwon Fatima Hospital, Changwon, Republic of Korea

⁷Korea Occupational Safety and Health Agency

ABSTRACT

Objectives: This study aims to develop an Occupational Safety and Health (OSH) guide for maintenance work(MW) in wastewater treatment(WWT) facilities supporting microelectronics manufacturing.

Methods: The guide was developed through a literature review, field investigations, and consultations with industry experts and OSH professionals. It focuses on high-risk maintenance operations within wastewater treatment facilities.


Results: This guide provides a framework for managing OSH risks throughout each phase of MW: pre-, during-, and post-MW. Before MW begins, a risk assessment should be conducted to identify potential hazards and prepare mitigation measures. Key controls include securing a pre-MW permit, electrically isolating and locking out equipment, establishing safe work zones, conducting worker training, and verifying the availability of PPE, ventilation systems, and emergency eyewash/shower stations. During MW, workers should wear appropriate PPE and ensure that work conditions remain safe. After MW, areas should be cleaned, the facilities should be safely restarted, and MW including any incident recorded to inform future safety measures and prevent accidents. This guide can serve as a general OSH reference for MW in WWT facilities. Each facility is encouraged


*KL and SK contributed equally to this work.


†Corresponding author: Dong-Uk Park, Tel: +82-2-3668-4707, E-mail: pdw545@gmail.com


Department of Environmental Health, Korea National Open University, 86 Daehak-ro, Jongnogu, Seoul, 03087, Republic of Korea


Received: November 28, 2024 Revised: March 2, 2025, Accepted: May 11, 2025


 Kyong-Hui Lee <https://orcid.org/0000-0001-6709-0280>


 Seung Won Kim <https://orcid.org/0000-0003-2960-5866>

 Kyung Ehi Zoh <https://orcid.org/0000-0002-2821-070X>

 Seunghee Lee <https://orcid.org/0000-0003-4693-811X>

 Soyeon Kim <https://orcid.org/0000-0001-8080-3126>

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

 Dong-Uk Park <https://orcid.org/0000-0003-3847-7392>

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.

to customize these guidelines based on specific WWT methods, processes, chemicals, equipment, and environmental conditions.

Conclusion: Implementing these OSH guidelines will help protect workers from hazardous MW in the WWT facilities and support compliance with safety and health regulations.

Key words: semiconductor wastewater, wastewater treatment facilities, maintenance works, Occupational Safety and Health(OSH) guide

I. 서 론

반도체 등의 전자 산업에서는 웨이퍼 가공과 조립 과정에서 원재료와 함께 다양한 화학물질이 사용되며, 이로 인해 대량의 화학 폐수가 발생한다(US EPA, 2018; KOSHA, 2020). 특히 반도체, LCD, OLED 등의 제조 공정(이하 반도체 공정)에서 배출되는 폐수에는 유기 및 무기 물질과 중금속이 다량 들어 있어, 다른 산업의 폐수와는 상당히 다른 특성을 보인다(Noman et al., 2024). 이러한 폐수를 처리하는 시설은 폐수처리 방법(물리적처리, 화학적처리, 생물학적처리, 재사용 등)에 따라 다양한 설비와 장비들로 조합되어 운영된다. 폐수처리시설의 정비 작업도 여러 형태로 이루어지며, 작업자들은 화학물질 노출, 미끄러짐, 추락, 말림과 끼임, 질식, 감전, 소음 등 복합적인 유해·위험 요인에 지속적으로 노출될 수 있다. 이러한 유해·위험 요인들을 효과적으로 관리하기 위해서는 필수적으로 정비 작업에 대한 안전보건 절차를 규정해야 하며, 이는 폐수처리시설의 안전하고 효율적인 운영을 위한 핵심 요소이다.

대부분의 제조공정에서는 공정의 품질과 성능을 균일하게 유지하기 위해 표준작업절차서(standard operating procedures, SOP)를 제정하여 사용한다(Britannica, 2023). 한편, 작업자의 안전을 최우선으로 고려하는 안전작업절차서는 위험 요소를 줄이고 작업 품질과 생산성을 높이기 위해 유해·위험 작업을 중심으로 작성되며, SOP와 동일한 수준으로 회사가 준수해야 할 필수 지침서로 관리된다(ISC, 2023). 그러나 많은 사업장에서는 공정 SOP와 안전작업절차서가 별도로 개발되거나, 서로 다른 부서에서 관리되는 경우가 많다. 안전작업절차서나 안전 및 보건 프로토콜(이하 안전보건 가이드 또는 가이드)을 공정 SOP에 통합하여 관리하면 공정의 품질을 유지함과 동시에 작업자 안전을 더욱 효율적으로 보장할 수 있다. 이러한 통합 접근법은 폐수처리시설의 정비 작업에도 동일하게 적용될 수 있다.

본 연구의 목적은 반도체 공정의 폐수처리시설 정비

작업에 적용할 수 있는 안전보건 가이드를 개발하는 것이다. 본 가이드는 전자산업뿐 아니라 다른 산업의 폐수처리시설에서도 활용할 수 있도록, 주요 위험 작업에 대한 안전작업절차를 포함한 일반적인 안전보건 가이드로 설계되었다. 각 사업장은 본 연구에서 제시한 가이드를 참고하여 폐수처리시설의 특성, 공정의 특성, 사용되는 폐수처리 약품, 설비의 종류, 작업환경 등을 반영하여 자체적인 안전보건 가이드를 개발해 사용할 것을 권장한다.

II. 연구 방법

1. 연구 방법

본 연구와 관련된 연구 방법은 “전자산업 공정 설비 작업 안전보건 가이드 개발” 논문에서 설명했다(Lee et al., 2023). 핵심 연구 방법을 다시 설명하면, 먼저 문헌 고찰을 통해 반도체 공정 폐수처리시설의 정비 작업에서 발생하는 일반적인 안전보건 유해·위험 요인을 정리하고, 이를 관리하기 위한 구체적인 방안들을 포함한 안전보건 가이드 초안을 만들었다. 문헌 고찰 시 PubMed(<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>), bing.com(<https://www.bing.com/>), MS Copilot 프로그램을 통해 관련 질문을 제시하고, 검색된 문헌 중 본 연구와 연관된 결과를 정리했다. 이후 사업장 방문과 현장 관계자 토론, 안전보건 전문가 자문을 통해 안전보건 가이드 초안을 반복적으로 수정했다. 그리고 언어 전문가의 교정을 통해 안전보건 가이드 전문을 완성했다. 전자산업 폐수처리설비의 정비 작업 안전보건 가이드 전문은 부록에 첨부했으며, 여기서는 반도체 공정 폐수의 특징과 폐수처리시설 정비 가이드의 목적과 절차 등 주요 내용만 제시했다.

2. 연구 범위

본 연구의 범위는 반도체, LCD, OLED 등 공정의 폐수처리설비 정비 작업 전반을 포함한다. 특히 고농도

화학물질 취급 작업, 밀폐공간 작업, 고소 작업, 화기 작업 등 고위험 작업을 포함한 정비 작업의 작업 전, 작업 중, 작업 후의 안전보건 조치 사항을 가이드 개발 범위에 포함했다.

III. 결 과

1. 반도체 산업 폐수의 특징

반도체 공정에서는 유기용제, 산, 알칼리, 산화제, 유독가스 등 다양한 종류의 화학물질이 사용되기 때문에 일반 산업 폐수와 특성이 크게 다르다. 이들 폐수는 다량의 유기 및 무기 물질과 중금속을 함유하고 있다. 흔하게 배출되는 유기물질로는 유기용제, TMAH(tetramethylammonium hydroxide), 퍼플루오로옥탄산(PFOA), 글리세롤, 피라졸, 아세톤, 페놀, 아세트산 등이 있다. 무기물질로는 암모늄, 불소, 과산화수소, 황산염, 인산염, 불화칼슘, 수산화칼륨 등이 있다. 중금속으로는 납, 크롬, 카드뮴, 아연, 니켈, 망간, 비소, 코발트, 알루미늄 등이 있다(Sim et al., 2023).

반도체 공정에서는 산화, 포토, 식각, 연마, 세정, 이온주입, 증착, 금속 배선, 조립(packaging) 등의 공정별로 다양한 성분을 함유한 여러 종류의 폐수가 발생한다. 이들 폐수는 원수의 화학적 특성이나 처리 방법에 의해 산 폐수, 알칼리 폐수, 불소 폐수, 구리 폐수, 질소 폐수, TMAH 폐수, 유기폐수 등으로 구분한 후, 폐수처리 시설로 이송해 정화 처리를 한다. 폐수의 구분은 공정별 발생 폐수의 특성, 폐수처리 방법, 처리시설의 처리능력 등에 따라 공장별로 달라진다.

2. 폐수처리 설비 정비 작업 중 주요 유해·위험 요인

반도체 공정의 폐수처리시설은 수조나 탱크(개방식 vs. 밀폐식, 집수조, 침전조, 반응조, 저장조 등), 챔버, 필터 시설, 펌프, 배관, 밸브, 교반기, 원심분리기, 송풍기, 컨베이어벨트 등의 다양한 기계나 설비로 구성된다. 주요 정비 대상 설비별로 작업자가 노출될 우려가 있는 유해·위험 요인 또한 다양하다(Table 1). 폐수처리 설비 정비 작업 중 노출될 수 있는 주요 안전보건 위험은 다음과 같다.

(1) 화학물질 노출 위험: 폐수처리 설비 정비 작업자는 배관, 밸브, 펌프 등의 수리 과정에서 폐수에 포함된 다양한 화학물질뿐만 아니라 폐수처리에 사용되는 고농도의 화학약품(예: 황산, 수산화나트륨, 황산알루미늄, 과산화수소 등)에 직접적으로 노출될 수 있는 위험이 있다. 이로 인해 피부 화상과 피부 자극, 급성중독, 만성 호흡기질환, 눈 손상 등의 건강 문제가 발생할 수 있다. 또한, 정비 대상 설비의 내부와 외부 부품을 세정할 때 사용하는 다양한 세정제(산, 알칼리, 유기용제 등)는 급성 및 만성 질환의 원인이 될 수 있어 특별한 주의가 필요하다.

(2) 안전사고 위험: 폐수처리 공간은 습하고 미끄러운 환경이 많아 항시 미끄러짐, 넘어짐, 낙상의 위험이 높다(Powell, 2013). 특히 개방형 수조를 점검할 때, 탱크나 수조에 들어가기 위해 사다리를 사용할 때, 고소 정비 작업을 해야 할 때 추락 위험이 상시 존재한다. 또한 펌프, 송풍기, 교반기, 원심분리기, 컨베이어벨트 등

Table 1. Major maintenance tasks and associated hazards in wastewater treatment facilities

Major maintenance tasks	Potential hazards
Piping repair: Risk levels vary based on welding type and chemicals being transferred (e.g. PVC pipe welding, TIG* welding on stainless steel piping).	Exposure to various chemicals (e.g. acid, alkali, organic solvents, etc.), welding fumes and gases, fire hazard, ergonomic hazard
Valves and gaskets repair or replacement	Chemical exposure, ergonomic hazard
Pumps repair and parts replacement	Exposure to various chemicals, ergonomic issue, electric shock
Blowers repair and parts replacement	Pinching and entanglement when replacing belts, ergonomic hazard, noise
Cleaning and/or repair of various tank systems such as water collection tanks, settling tanks, reaction tanks, storage tanks, filter chambers, etc.	Oxygen deficiency, chemical intoxication, fall hazard
Maintenance of heavy equipment (mixers, reducers, filter systems, etc.) involving crane or hoist work	Pinching, crushing, ergonomic hazard

*TIG: Tungsten inert gas

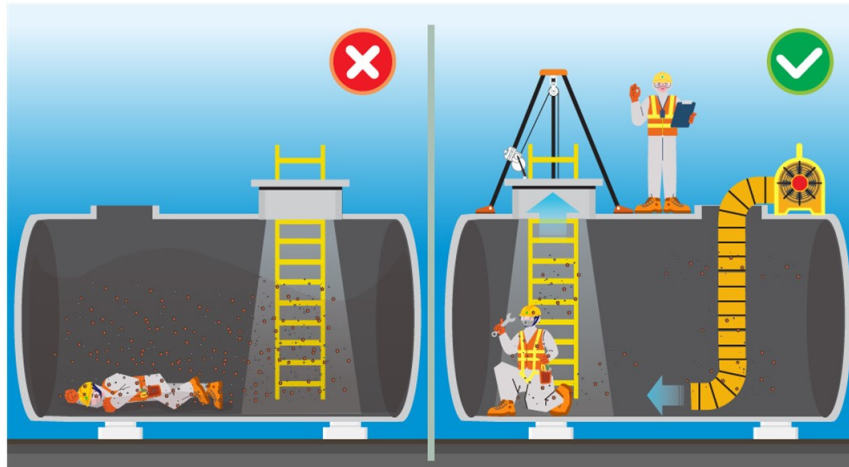


Figure 1. Safety measures for confined space work: PPE usage, continuous ventilation, and placement of confined space attendant outside

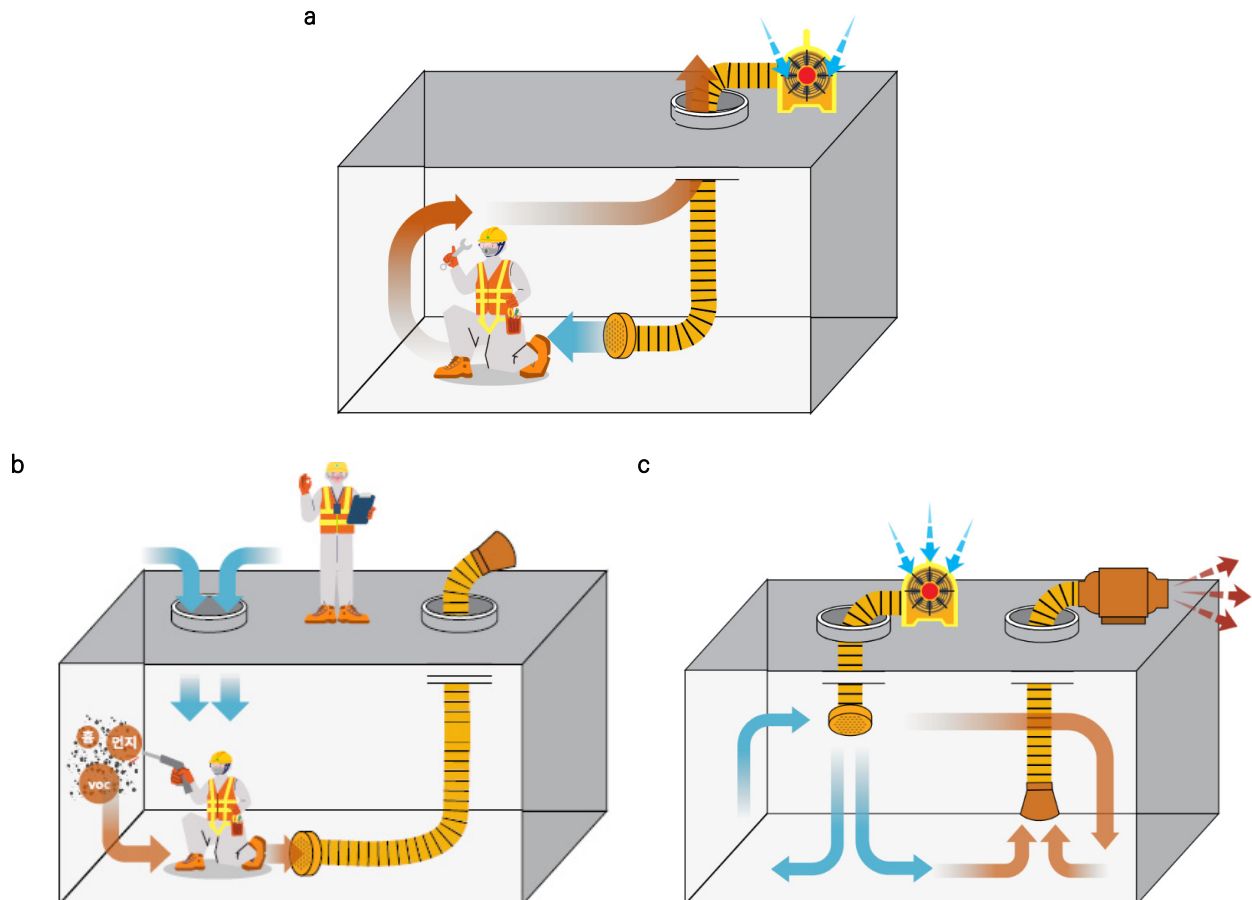


Figure 2. Ventilation methods for confined spaces: a. Supplying fresh air without additional sources of contamination, b. In the presence of a contamination source (e.g. welding work), place the exhaust duct as close to the source as possible to facilitate effective ventilation. c. A ventilation structure with both supply and exhaust capabilities. This method is especially effective when hazardous substances in the confined space are heavier than air (e.g., chlorine gas).

움직이는 기계를 수리·점검할 때는 회전체에 끼이거나
말릴 위험이 있으며, 전기장치로 인한 감전의 위험도
있다.

(3) 밀폐공간 위험: 폐수처리시설은 필수적으로 대형
탱크나 수조를 다수 포함하고 있으며, 이들은 대부분
밀폐공간 또는 반밀폐공간이다. 폐수처리 용량, 폐수처
리기술, 설비 규모, 정비 작업의 종류 등에 따라 공간의
크기와 밀폐 정도는 달라질 수 있다. 이들의 정비를 위
해 작업자들이 시설에 들어가 청소, 기계 수리, 페인팅,
용접 등의 화기 작업을 해야 하는 경우 산소부족이나
화학물질 중독, 간헐, 매물, 추락, 화재, 폭발 등의 위험
에 노출될 수 있다(Figure 1).

(4) 인간공학적 위험: 정비 대상 설비 뚜껑, 커버, 샤
프트 등 무거운 부품이나 장비를 손으로 들어 올리거나
옮기는 작업, 좁은 챔버나 탱크 안, 위, 주변에서 불편
한 자세로 설비 표면을 세정하고 정비하는 작업 등을
하다가 근골격계질환이나 부상을 당할 위험이 상시 존
재한다.

(5) 용접과 화기 작업 위험: 폐수처리 기계, 부품 등
을 보수하기 위한 용접 작업 시 작업자는 용접 흠이나

가스에 노출될 수 있으며, 화재의 위험도 존재한다. 특
히 밀폐공간 내에서 화기 작업을 해야 하는 경우 적절
한 환기 시설 가동 등 밀폐공간 안전작업절차를 준수하
지 않으면 화학물질 중독, 질식, 화재, 폭발의 위험이
더욱 커진다(Figure 2).

3. 폐수처리시설 정비 작업 안전보건 가이드 종합

앞서 논의한 바와 같이 반도체 공정 폐수처리시설 정
비 작업 중에는 화학물질 노출 및 중독, 화학물질 유출,
추락, 말림, 끼임, 질식, 화재 등의 잠재적 사고 위험이
있다. 본 가이드는 이러한 위험을 관리하기 위해 정비
작업 전, 정비 작업 중, 정비 작업 후의 단계별로 취해
야 할 안전보건 조치를 세분화해서 설명했다(Table
2~4). 특히 밀폐공간 작업 시 취해야 할 안전작업절차,
적절한 환기 시설의 가동 형태, 크레인·호이스트 등의
위험 기계·기구 사용 시 필요한 구체적인 안전작업절
차 등을 가이드에 포함했다.

작업 전에는 작업에 대한 위험성평가를 통해 유해·
위험 요인을 확인하고, 예측된 위험을 줄이기 위한 관
리 사항들을 준비한다. 여기에는 사전 안전 작업 허가

Table 2. Major occupational safety and health(OSH) items taken before performing MW

Items	Application
Obtain permits for MW* in accordance with company regulations.	Always required
Communicate with related teams such as manufacturing process, utility, and WWT† operation teams.	Always required
Electrically lock out and tag out WWT equipment, chemical piping, etc.	Always required
Isolate the MW area from the surrounding area and mark the safe work zone to restrict access.	Always required
Confined space work - Check the gas monitor for functionality and calibration due. - Designate a confined space attendant. - Prepare an exhaust fan, ladder, rope, harness, rescue equipment, SCBA‡ or supplied air respirator, etc.	Take action if needed
Hazardous lifting equipment(e. g. crane, hoist, lift) operations - Designate an operator and signaling personnel - Set communication way	Take action if needed
Work at height - Prepare scaffolding, safety guardrails, ladders, harness, etc.	Take action if needed
Verify the availability and functionality of PPE§, ventilation systems, and emergency eyewash/showers	Always required
Workers training on safe work procedures, hazardous material, emergency responses	Always required

*MW: Maintenance work,

†WWT: Wastewater treatment

‡SCBA: Self-contained breathing apparatus

§PPE: personal protective equipment

Table 3. Major occupational safety and health(OSH) items taken during performing MW

Items	Application
Perform MW [*] following safe work procedures.	Always required
Ensure that the workers properly wear PPE [†] .	Always required
Continuously ventilate the work area when using chemical products.	Take action if needed
Confined space work - Sufficiently and continuously ventilate the confined space. - Measure hazardous gas levels inside the confined space by certified personnel before entry and monitor regularly. - The confined space attendant should monitor the number of workers entering the space.	Take action if needed
Hazardous lifting equipment(e. g. crane, hoist, lift) operations - Follow safe work procedure - Post an operator and signaling personnel and restrict unauthorized personnel access	Take action if needed

*MW: Maintenance work

†PPE: personal protective equipment

Table 4. Major occupational safety and health(OSH) items taken after performing MW

Items	Application
After MW [*] : thoroughly clean the work area while wearing PPE [†]	Always required
Waste and hazardous waste disposal: categorize waste generated from the MW based on its characteristics	Always required
Upon completing the MW, conduct safety checks with the relevant departments to ensure that the maintained process/equipment is in optimal condition before finalizing the MW.	Always required
Document key OSH-related details of each MW task.	Always required
Regular exposure assessment for maintenance workers. [‡]	Always required
Specialized medical exams for maintenance workers. [‡]	Always required

*MW: Maintenance work;

†PPE: Personal protective equipment

‡In accordance with the provisions of the Occupational Safety and Health Act

와 장비의 전기적 차단 및 격리, 안전 구역 설정, 작업자 교육, 개인보호장비 · 환기 시설 · 응급 세안 시설 등의 성능 확인 등이 포함된다. 정비 작업 중에는 개인보호장비 착용과 안전한 작업을 유지하기 위한 작업환경 모니터링이 중요하다. 정비 작업 후에는 정비구역 청소, 안전한 시설 재가동, 정비 이력과 필요한 경우 사고 이력 등을 기록하여 작업의 효율성을 높이고 사고를 예방하도록 한다. 폐수처리설비 정비 작업자는 화학물질 노출 가능성이나 노출 수준을 고려해 작업별 상황에 맞는 호흡보호구, 보안경, 고글, 안전모, 귀마개, 보호의 등의 개인보호장비를 착용한다. 자세한 폐수처리시설 정비 작업의 안전보건 유해 · 위험과 관리 방법은 부록에 있는 안전보건 가이드 전문을 참고한다.

IV. 고찰 및 결론

본 연구에서는 반도체 공정에서 배출되는 폐수를 처리하기 위한 폐수처리시설의 정비 작업 중 발생할 수 있는 유해 · 위험 요인을 고찰하고, 이들을 효과적으로 통제하고 관리하기 위한 안전보건 작업 절차에 관한 가이드를 개발했다. 이는 반도체 공정의 폐수처리시설뿐만 아니라 화학 폐수를 처리하는 폐수처리장의 전반적인 정비 작업에도 적용할 수 있는 지침서이다. 기업은 각자의 폐수처리 방식, 기계와 설비의 종류, 폐수처리 약품의 종류와 투입 방식, 정비 작업의 규모와 범위 등을 고려해 본 가이드를 수정, 발췌, 변형하여 자체 개발해서 활용할 것을 권장한다. 제조공정과 달리 폐수처리

시설 정비 작업은 다른 특성들을 가지고 있어 본 가이드를 활용할 때 참고해야 할 주요 내용을 다음과 같이 고찰했다.

첫째, 반도체 공정의 폐수는 원재료, 제조공정에서 투입된 화학물질, 반응 산물, 가공물 등의 다양한 폐화학물질을 함유한 폐수이다(Sim et al., 2023). TSMC는 폐수를 38가지로 분류해 각기 다른 방식으로 처리하고 있다고 보고했다(TSMC, 2021). 하지만 반도체 공정의 특성상 공정별, 제품별로 지속적으로 새로운 화학물질이 소개되고 사용되기 때문에 폐수에 함유된 정확한 성분을 모두 알기는 쉽지 않다. 본 가이드를 만들면서 방문한 사업장들도 처리하는 폐수의 구분이나 종류가 조금씩 달랐으며, 폐수처리시설 운영팀이나 정비팀은 대부분 세부적인 화학물질의 종류를 정확하게 몰랐다. 따라서 폐수처리시설의 작업자들은 알려지거나 알려지지 않은 다양한 화학물질에 잠재적으로 노출될 가능성이 상당히 높다. 이에 작업자들은 화학물질 노출에 대한 위험성을 잘 알고 있어야 하며, 반드시 엄격한 예방조치를 해야 한다. 또한 이를 위해서는 지속적이고 반복적인 유해화학물질 취급자 교육과 훈련이 매우 중요하다.

둘째, 폐수처리시설 정비 작업자는 화학적 특성이나 유해성이 다른 화학물질들에 복합적으로 노출될 수 있고, 그 노출 수준도 상당히 달라질 수 있다. 따라서 작업별로 적절한 개인보호장비를 지정하여 착용한다. 작업별로 착용해야 할 개인보호장비를 공정 SOP에 포함하는 것도 좋은 방안이다. 본 가이드의 전문에 수록된 '유해화학물질 취급 설비 정비 시 개인보호장비 착용 가이드'를 참조하여 필요한 개인보호장비를 지정한다. 작업자들이 현실에서 부딪치는 모든 작업 상황을 가이드에서 모두 포함하기 힘들기 때문에 개인보호장비를 선택할 때는 반드시 안전보건 전문가의 리뷰를 받는다. 또한 노출수준이나 노출시나리오가 잘 알려지지 않은 작업 상황인 경우에는 더 높은 단계의 개인보호장비를 선택하거나 최악의 상황을 고려해서 선택한다(OSHA, 2024).

셋째, 폐수처리시설에는 각종 수조나 탱크, 챔버로 이루어진 다양한 밀폐공간이 있으며, 허가가 필요한 밀폐공간 작업을 수행해야 하는 경우가 있다. 연구 기간 중 방문한 기업들에서는 해당 작업을 없애거나 전문업체에 맡겨 자체 작업을 줄이는 모습을 보이고 있

었지만, 밀폐공간 작업을 직접 수행하는 업체들도 있었다. 밀폐공간 작업의 경우 위험성이 높고 중대 사고의 위험이 있으므로 별도의 안전작업절차서를 개발하여 사용할 것을 권장한다. 또한 밀폐공간 작업을 위탁하더라도 하청업체가 원청의 밀폐공간 안전작업절차를 준수하도록 요구하고, 안전한 작업을 수행하도록 감독한다.

넷째, 반도체 공정의 폐수처리시설의 운영이나 관리는 공장별로 형태가 다양하다. 폐수처리시설이 공장 내에 있어 제조공정과 긴밀히 소통하며 직접 운영되는 경우도 있지만, 폐수처리시설 운영이 하청으로 분리되거나 산업단지의 폐수처리시설에서 별도로 처리되는 경우도 있었다. 이렇게 폐수처리시설이 제조공정과 분리되어 운영되는 경우, 앞서 언급한 바와 같이 폐수처리 작업자들은 원수의 화학성분과 그 유해성에 대한 정보를 얻기 힘들어 예상치 못한 위험에 처할 수 있다. 그러므로 제조부서나 원청은 폐수 라인으로 배출되는 화학물질에 대한 정보를 적극적으로 폐수처리 작업자들과 공유해야 한다. 나아가 이들 정보를 원천적으로 공유할 수 있도록 신규 화학물질 도입, 사용, 폐기, 폐수 배출의 전 과정을 하나의 시스템에서 관리하는 화학물질 통합 관리 시스템을 사용하는 것도 좋은 방안이 될 수 있다.

다섯째, 폐수처리 작업자와 정비 작업자들은 작업별 안전작업절차를 준수하고 지정된 개인보호장비를 착용한 후 안전하게 작업에 임할 수 있도록 정기적인 교육과 훈련이 반드시 필요하다. 또한, 작업자가 폐수처리시설 내의 화재, 약품 사고, 밀폐공간 내 사고, 화학물질 유출과 같은 비상 상황에 신속하게 대응할 수 있도록 반드시 실질적이고 반복적으로 훈련한다.

마지막으로 반도체 공정의 폐수처리시설 정비 작업자는 작업장 특성상 미끄러운 환경, 협소한 공간, 밀폐공간 내의 작업으로 인한 안전사고의 위험에 상시 노출돼 있다. 이 다양한 기계와 설비의 정비 작업을 안전하게 관리하기 위해서는 시스템적으로 작업의 전 과정을 안전하게 관리하기 위해 종합적인 절차를 수립하고 수행해야 한다. 또한 폐수처리시설의 특성상 정비 작업자는 제조공정 작업자와 달리 다양한 작업을 수행해야 하므로 밀폐공간 작업, 고농도 화학물질 취급 작업, 화학물질 누출 시 대처 등의 주요 위험 작업에 대한 별도의 안전작업절차를 마련할 것을 적극 권장한다.

References

- Britannica. Standard operating procedure. [Accessed 2024 Nov 5] Available from: URL:<https://www.britannica.com/topic/standard-operating-procedure>
- ISC. Safe operating procedure (SOP). [Accessed Nov 5, 2024] Available from URL:<https://www.international-safetyconsultants.com/safe-operating-procedure-sop/>
- KOSHA. The Safety and Health Model for the Semiconductor and Display Industry Workers (Hazardous and Risks in Process). Korea Occupational Safety and Health Agency, 2020
- Lee S, Kim S, Zoh KE, Whang Y, Lee KH et al. Development of an occupational safety and health (OSH) guide for safely cleaning contaminated machinery, equipment, and parts used in the electronics manufacturing process. *Journal of Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene*. 2023;33(4):419-26 (<https://doi.org/10.15269/JKSOEH.2023.33.4.419>)
- Noman E, Al-Gheethi A, Al-Sahari M et al. An insight into microelectronics industry wastewater treatment, current challenges, and future perspectives: A critical review, *Applied Water Science* 2024;14:64 (<https://doi.org/10.1007/s13201-024-02104-7>)
- OSHA. Hazardous waste operations and emergency response. OSHA 29 CFR 1910.120. [Accessed Nov 5, 2024] Available from URL: <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.120>
- Powell J. Wastewater plant injuries plummet with proactive safety. *Treatment Plant Operator*. 2013. [Accessed 2024 Nov 5] Available from ULR: http://www.tpomag.com/online_exclusives/2013/10/wastewater_plant_injuries_plummet_with_proactive_safety
- Sim J, Lee J, Roh H et al. A review of semiconductor wastewater treatment processes: Current status, challenges, and future trends. *Journal of Cleaner Production* 2023;429:139570 (<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139570>)
- TSMC. Sustainability Report. 2021. [Accessed Jun 20, 2025] Available from URL: https://investor.tsmc.com/static/annualReports/2024/english/pdf/2024_tsmc_ar_e_ch7.pdf
- US EPA. Electrical and Electronic Components Point Source Category. 2018. [Accessed Jun 20, 2025] Available from URL: https://investor.tsmc.com/static/annualReports/2024/english/pdf/2024_tsmc_ar_e_ch7.pdf

<저자정보>

이경희(박사), 김승원(교수), 조경이(박사수료), 이승희(석사수료), 김소연(석사), 권세영(차장), 박동욱(교수)