

전자산업 유해폐기물 작업 안전보건 가이드

요 약

전자산업 공정에서 사용하고 폐기된 화학물질이나 화학물질로 오염된 각종 유해폐기물 등을 수거, 보관, 운반, 저장, 폐기할 때 화학물질 노출, 화재, 폭발 등 잠재적 안전보건 유해 위험이 있다. 이러한 유해폐기물을 안전하게 관리하려면 아래와 같은 주요 관리 절차를 따른다. 본 안전보건 가이드를 바탕으로 유해폐기물 종류(산, 알칼리, 유기용제 등)와 관리 방법을 위한 구체적인 가이드를 개발하여 사용할 것을 권장한다.

1. 공정에서 발생한 유해폐기물 수거, 보관, 운반 시 안전보건 조치 사항

- 회사의 규정에 따라 공정별로 발생한 유해폐기물을 안전하게 수거하고 분류하여 보관하고, 관련 법에서 규정한 절차에 따라 가능한 한 빨리 처리한다. 적절한 시기에 중앙 저장소로 운반한다.
- 폭발, 반응, 화재가 일어나지 않도록 유해폐기물을 성상에 따라 적정한 용기에 부식성 물질, 인화성 물질, 산화성 물질 등으로 분리하여 보관한다.
- 공정별로 유해폐기물을 보관하는 장소는 비산먼지, 악취, 휘발성물질, 대기오염물질 등이 배출되어 작업환경에 위해를 주지 않도록 주변과 격리한다. 또한 빗물이 스며들지 않도록 지붕이 설치된 장소에 보관하며, 해당 장소를 표시한다. 필요한 경우 출입을 제한한다.
- 유해폐기물을 수거, 분류, 보관할 때 발생할 수 있는 유해·위험 요인을 확인하고, 이를 통제할 수 있는 안전보건 조치를 취한다.
- 유해폐기물 수거, 분류, 운반 시 필요한 안전보건 시설(세척·세안 설비, 배기 장치 등)과 개인보호장비의 성능을 점검한다.
- 유해폐기물 취급 작업을 안전하게 수행하기 위한 내용을 훈련받고, 사고 발생 시 취해야 할 비상조치 사항을 확인하고 이해한다.
- 유해폐기물 수거, 분류, 보관, 운반 시 적절한 개인보호장비를 착용한다.
- 공정에서 보관한 액체 유해폐기물이 작업장 바닥으로 누출되지 않도록 보관 용기를 고정한다. 만약 누출되더라도 작업장으로 확산하지 않도록 용기 규모에 맞는 방유제, 확산 방지턱, 2차 봉쇄 용기나 트레이 등을 설치한다.

2. 공정에서 발생한 유해폐기물 저장, 폐기 시 안전보건 조치 사항

- 폭발, 반응, 화재가 일어나지 않도록 유해폐기물을 성상에 따라 적정한 용기에 분리하여 저장한다. 저장 용기는 넘어지지 않도록 견고하게 고정한다.
- 유해폐기물 저장소는 환기가 잘 되고 주변과 격리되는 장소에 마련한다. 저장소는 출입을 제한한다.
- 유해폐기물 저장소에 유해폐기물을 저장한 후 폐기할 때 필요한 안전보건 시설(세척·세안 설비, 배기 장치, 2차 봉쇄 장치 등)의 위치와 성능을 점검한다.
- 유해폐기물 취급 작업자는 유해폐기물을 안전하게 저장하고 폐기하는 작업을 수행하기 위한 내용을 훈련받고, 사고 발생 시 취해야 할 비상조치 사항을 확인하고 이해한다.
- 유해폐기물 저장, 폐기 시 안전 고글, 보호 장갑, 내화학복 등의 개인보호장비를 착용한다.

- 저장한 유해폐기물은 가능한 한 이른 시일 내에 지역, 정부 관련 법 규정에 따라 폐기한다.
- 저장한 유해폐기물을 위탁하여 폐기할 때는 관련 법에 따라 허가된 유해 폐기물 처리 업체를 통해 적절하게 폐기한다. 유해폐기물을 공장 밖 폐기 장소로 운반할 때는 유해폐기물에 대한 안전보건 위험 라벨을 부착하고, 유출이나 누출을 막기 위해 안전하게 포장하여 허가된 폐기물 처리 시설로 운반하며, 절차를 철저히 준수하여 폐기한다.

3. 공정에서 발생한 유해폐기물 수거, 보관, 운반, 저장, 폐기 후 안전보건 조치 사항

- 공정에서 발생한 유해폐기물을 외부로 폐기한 후 폐기물의 종류에 따라 안전 고글, 보호 장갑, 내화학 보호복 등의 보호구를 착용하고, 저장 공간을 깨끗하게 정리한다.
- 회사가 정한 규정에 따라 유해폐기물 수거, 보관, 운반, 저장, 폐기 후 안전보건 위험과 관련된 필요한 내용(유해폐기물 발생량, 종류, 보관, 저장, 폐기 방법, 문제점, 주의 사항 등)을 추적할 수 있도록 적절한 문서를 작성하고 보관한다.

4. 공정에서 발생한 유해폐기물 수거, 보관, 운반, 저장, 폐기 시 주요 안전보건 점검 리스트

1) 공정에서 발생한 유해폐기물 수거, 보관, 운반 시 안전보건 점검 사항

점검 항목	예	아니오	해당 없음
회사의 규정에 따라 공정별로 발생한 유해폐기물을 안전하게 수거하고 분류하여 보관했는가?			
유해폐기물을 저장하는 장소에는 물질안전보건자료를 요약한 내용을 게시했는가?			
폭발, 반응, 화재가 일어나지 않도록 유해폐기물을 성상에 따라 적절한 용기에 분리하여 보관했는가?			
유해폐기물은 지붕이 설치된 안전한 장소에 격리하여 보관하고, 적절한 위험 경고 표지를 했는가?			
유해폐기물 수거, 보관, 운반 시 발생하는 핵심 안전보건 유해·위험 요인을 확인했으며, 사고 영향 범위를 알고 있는가(주요 유해·위험 물질 위험성평가 실시)?			
유해폐기물 수거, 보관 시 필요한 안전보건 시설(배기 장치, 세척·세안 설비, 누출 방지 장치 등)의 작동 성능을 확인했는가?			
작업자는 유해폐기물 수거, 분류, 보관, 운반 시 안전하게 작업을 수행하기 위한 내용을 훈련받고, 사고 발생 시 취해야 할 비상조치 사항을 숙지하고 이해했는가?			
공정에서 보관 중인 액체 유해폐기물이 용기에서 작업장 바닥으로 누출되지 않도록 적절한 방유제, 확산 방지턱, 2차 봉쇄 용기/트레이 등을 설치했는가?			
유해폐기물 수거, 분류, 보관, 운반 시 적절한 개인보호장비를 착용했는가?			
화재 위험이 있는 곳에 소화기 등을 비치했는가?			

추가적인 유해위험 요인이 있다면 여기에 기록해 주세요.

추가적인 유해위험 요인은 제거되었는가?

2) 공정에서 발생한 유해폐기물 저장, 폐기 시 안전보건 점검 사항

점검 항목	예	아니오	해당없음
폭발, 반응, 화재가 일어나지 않도록 유해폐기물을 성상에 따라 적절한 용기에 분리하여 저장하고, 저장 용기는 견고하게 고정했는가?			
유해폐기물을 저장하는 장소는 적절한 환기, 격리, 온도 등 안전 저장 기준을 준수하고 있는가?			
유해폐기물 저장소는 주변과 격리하고, 출입 제한 조치를 취하고 있는가?			
유해폐기물을 외부로 폐기할 때 발생할 수 있는 유해·위험 요인을 확인하고 통제·관리할 수 있는 안전보건 조치를 취했는가?			
저장 중인 액체 유해폐기물이 용기에서 작업장 바닥으로 누출되지 않도록 용기 손상, 안전성 등을 점검했는가? 만약 누출되더라도 추가 확산을 방지하기 위해 용기 규모에 맞는 방유제, 확산 방지턱, 2차 봉쇄 용기 설치 등의 조치를 취했는가?			
저장된 유해폐기물은 가능한 한 이른 시일 내에 지역, 정부 관련 법 규정에 따라 적절하게 폐기하는가?			
유해폐기물 저장, 폐기 시 적절한 개인보호장비를 착용했는가?			
공정에서 발생한 유해폐기물을 수거, 보관, 운반, 저장, 폐기할 때 안전보건 위험과 관련된 필요한 내용(유해폐기물 발생량, 종류, 보관, 저장, 폐기 방법, 문제점, 주의 사항 등)을 추적할 수 있도록 관련 법에 따라 적절한 문서를 작성하여 보관하고 있는가?			

유해폐기물 저장, 폐기 시 기록해야 할 안전보건 사항이 있다면 써 주세요.

1 목 적

- (1) 반도체, LCD, OLED 제조 등 전자산업 공정에서 사용한 후 폐기한 화학물질 또는 화학물질로 오염된 폐기물을 안전하게 취급, 보관, 폐기해서 폐기물을 취급하는 작업자의 안전보건을 보장하고, 환경오염과 이로 인한 피해를 방지하는 것을 목적으로 한다.

2 적용 범위

- (1) 이 가이드는 반도체, LCD, OLED 제조 등 전자산업 공정에서 사용한 후 폐기한 액체 화학물질과 화학물질로 오염된 폐기물(이하 유해폐기물)을 안전하게 취급, 보관, 폐기하는 지침이다.
- (2) 이 가이드는 반도체, LCD, OLED 제조 등 전자산업 공정에서 사용된 각종 화학물질 회수(recovery), 화학물질 폐수처리, 폐가스 실린더·용기·처리설비 등에서 발생하는 유해폐기물 처리 등에서 발생하는 위험을 관리하기 위한 지침에는 적용하지 않는다.
- (3) 이 가이드는 다른 산업의 공정에서 사용 후 폐기한 액체 화학물질과 화학물질로 오염된 폐기물을 관리할 때, 안전보건 위험을 식별하고 평가하며 효과적으로 관리하는 데 응용할 수 있다.

3 용어의 정의

- (1) 이 가이드에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

- 반도체 팹 공정(fabrication): 실리콘 웨이퍼에 재료를 층층이 쌓고 전기적 특성을 부여하여 집적회로(integrated circuit, IC)와 같은 반도체 저장장치를 만들어 다양한 전자기기에 사용하는 반도체 제조공정을 통틀어서 말한다.
- 반도체 팹 공정 화학물질: 반도체 제조공정에서 공정 운영과 각종 정비 등에서 사용하는 화학물질을 말한다.
- 유해폐기물(hazardous waste): 독성, 반응성, 부식성, 인화성 등이 있어 인체 손상과 환경 피해를 일으킬 수 있는 폐기물을 말한다. 구체적인 폐기물의 종류와 처리 여부는 폐기물관리법에 따른다. 반도체 공정에서 발생하는 유해폐기물로는 폐산, 폐알칼리, 폐유기용제, 폐유, 폐유독물질, 유해 물질 함유 폐기물 등이 있다.
- 유해폐기물 관리 작업: 반도체와 OLED 공정 등 전자산업 공정에서 발생하여 회수, 정제한 후 폐기해야 하는 화학물질이나 화학물질로 오염된 폐기물을 수거, 저장, 폐기하는 작업을 말한다.
- 포토리저스트(photoresist, PR): 반도체 재료에 패턴을 전사하기 위한 마스크 재료로, 포토리소그래피에서 사용되는 화학물질이다.
- 산(acid): 반응에서 양성자(수소이온)를 내놓거나 전자쌍을 받아들일 수 있으며, 일반적으로 pH가 7 미만인 화학물질을 말한다. 반도체 재료의 일부를 제거하는 세척과 식각에 사용되는 불산, 황산, 질산, 염산 등이 있다. 피부나 눈에 닿으면 심각한 화학 화상을 입을 수 있으며, 미스트나 증기를 흡입하면 호흡기가 손상될 수 있다. 또한 다른 물질과 격렬하게 반응하여 폭발하거나 유독가스를 방출할 수 있다.
- 알칼리(alkali): 물에 녹아 수산화이온(OH-)을 생성하는 염기로, 일반적으로 pH가 7보다 높은 물질을 말한다. 빨간색 리트머스 종이를 파란색으로 변하게 하는 특징이 있다. 반도체 재료의 일부를 제거하는 세척과 식각에 사용되는 수산화암모늄, 수산화칼륨, 수산화나트륨, 수산화테트라메틸암모늄 등이 있다. 접촉하면 화상과 눈 손상을 유발할 수 있으며, 미스트나 증기를 흡입하면 호흡기 자극과 폐 손상을 일으킬 수 있다. 또한 물과 발열반응을 일으켜 열 화상 위험이 있다.
- 유기용제(organic solvent): 원유(crude oil)에서 만드는 탄소 기반 화학물질로, 다른 물질을 용해하거나 분산시키고, 휘발성이 있으며, 비극성화합물을 용해하는 능력이 있는 화학물질을 말한다. 반도체 표면에 남은 포토레지스트 등을 세척, 제거하는 데 사용되는 아세톤, 아이소프로필알코올 등이 있다. 가연성이 높은 경우가 많으며, 특히 환기가 잘되지 않는 공간에서 화재와 폭발을 초래할 수 있다. 흡입이나 피부 접촉을 통한 노출로 중추

신경계 저하, 현기증, 두통이 생기며, 간과 신장 손상을 일으킨다.

- 독성 폐기물(toxic waste): 섭취, 흡입하거나 피부에 흡수될 경우 유해하거나 치명적인 폐기물을 말한다. 금속(납, 수은, 비소 등), 특정 유기용제 등이 있다. 반도체 제조 과정을 구성하는 공정마다 여러 독성 화학물질을 사용하여 독성 폐기물이 생기는 경우가 많다.
- 반응성 폐기물(reactive waste): 가열, 압축하거나 물과 혼합하면 폭발하거나 유독성 연기, 가스, 증기를 내는 등 반응성이 있는 폐기물을 말한다. 정상적인 조건에서 불안정한 물질이다. 반도체 제조에 사용되는 특정 화학물질(예: 식각 또는 세정 공정에 사용되는 화학물질)은 반응성이 있는 경우가 많아, 반응성 폐기물이 생긴다.
- 부식성 폐기물(corrosive waste): 금속 용기를 부식시킬 수 있는 산 또는 알칼리를 말한다. 불산, 염산 등을 사용하는 많은 반도체 제조 공정에서 생긴다.
- 인화성 폐기물(flammable waste): 특정 조건에서 불이 붙을 수 있는 폐기물로, 인화점(증기에 불이 붙는 최저 온도)이 60℃ 이하인 액체가 포함된다. 반도체 제조 과정에 사용되는 특정 용제는 인화성이 있으며, 반도체 공정에서 폐기되는 화학물질에는 인화성 가스 또는 증기가 생길 수 있다.
- 유해·위험 요인(hazard): 사람의 부상, 질병을 일으키거나 재산이나 환경에 손상(damage)을 입힐 만한 잠재적인 유해 요소 또는 손상의 원인이 되는 모든 것을 말한다. 건설물, 기계·기구·설비, 원재료, 가스, 증기, 분진, 작업자의 작업 행동 등이 있다.
- 위험성(risk): 유해·위험 요인에 노출되어 해(harm)를 입거나 손상을 입을 가능성(likelihood) 또는 확률(probability)을 말한다. 피해 또는 손상의 심각도와 유해·위험 요인에 노출될 가능성 또는 빈도로 설명한다.
- 인화성 가스(flammable gas): 정상 대기조건(1기압, 20℃) 하에서 공기와 혼합하여 인화되는 범위에 있는 가스로서, 인화 한계농도의 최저한도가 13% 이하 또는 최고한도와 최저한도의 차가 12% 이상인 물질을 말한다. 반도체 공정에서 직접 사용하기도 하고, 부산물로 발생할 수도 있다.
- 폭발성 한계: 특정 조건에서 스파크, 불꽃, 뜨거운 표면과 같은 점화원이 있을 때 빠르게 연소하거나 폭발하는 가스를 만들 수 있는 공기 중 가스나 증기의 농도 범위를 말한다. 폭발하한(lower explosive limit, LEL)과 폭발상한(upper explosive limit, UEL)의 두 가지 한계로 구성된다. 폭발하한은 공기 중 폭발성가스나 증기의 최저 농도를 나타내며, 그 이하에서는 폭발이 일어나지 않는다. 폭발상한은 공기 중 폭발성가스나 증기의 최고 농도를 나타내며, 그 이상에서는 연소가 일어나지 않는다.
- 질식(asphyxiation): 산소가 인체 조직에 제대로 전달되지 않아 의식을 잃거나 사망에 이를 수 있는 상태를 말한다. 반도체, LCD, OLED 제조와 같은 전자산업 공정의 챔버 등 밀폐된 공간에서 정비 작업을 할 때 질소, 아르곤, 헬륨 등 불활성가스의 누출로 산소결핍이 일어나고, 질식이 발생할 우려가 있다.
- 송기 마스크(air-line respirator): 오염되지 않은 공기 공급원에 연결된 긴 호스를 통해 깨끗한 공기를 공급하는 호흡보호구를 말한다. 밀폐된 공간이나 유독 물질의 다량 누출과 같은 최고 수준의 호흡 보호가 필요할 때 깨끗한 공기를 지속적으로 공급하기 위해 필수적이다. 사용자가 많이 움직여야 하는 상황이나 호스의 테더링으로 인해 물리적 장애물이 많은 환경에는 적합하지 않다.
- 자가 공기호흡 장치(self-contained breathing apparatus, SCBA): 일반적으로 사용자가 고압 탱크를 메는 형태의 자체 공기공급 장치를 말한다. 유독 물질의 다량 누출과 같은 최고 수준의 호흡 보호가 필요할 때 필수적이다. 사용자는 호스에 묶여 있지 않기 때문에 이동성이 뛰어나고, 다양한 환경에서 자유롭게 움직일 수 있다. 그러나 공기 공급량은 30분 정도로 한정되며, 탱크의 무게로 인해 거동이 불편할 수 있다.

(2) 기타 이 가이드에서 사용하는 용어의 정의는 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 동법시행령, 동법시행규칙 및 안전 규칙에서 정하는 바에 의한다.

4 관련 근거(법규와 표준)

- 산업안전보건법령, 위험 요인, 안전 조건 및 방호 장치 특성
- 폐기물 관리법 및 같은 법 시행령, 시행규칙

- 전기 안전 관련 EMC, EMI, EMS, 화재, 방폭 관리 방법
- 가스 안전 관련 연소, 화재, 폭발, 폭굉, 가스 기구, 안전 장구 특성
- 화학물질 관련 누출, 유해성, GHS, MSDS, 노출 기준 특성
- KOSHA Guide P-9-2021, “안전작업허가지침”
- KOSHA Guide W-15-2020, “물질안전보건자료 작성 지침”
- KOSHA Guide H-158-2021, “물질안전보건자료 교육 실시에 관한 지침”
- KOSHA Guide G-12-2013, “개인보호구의 사용 및 관리에 관한 기술지침”
- KOSHA Guide “시료채취 및 분석지침(A)”
- KOSHA Guide “건강진단 및 관리지침(H)”

5 유해폐기물 처리 작업 전 조치 사항

5.1 유해폐기물 처리 작업 허가

- (1) 유해폐기물 수거, 저장, 폐기 작업을 위한 안전 작업 허가 여부, 허가 범위, 허가 방법, 기록 등은 회사가 정한 규칙(표준)과 관련 법을 따른다.
- (2) 유해폐기물 처리 작업 부서 책임자는 해당 조직으로부터 대면 또는 서면으로 작업 허락을 받는다.
- (3) 유해폐기물 처리 작업 부서 책임자는 안전작업허가서에 기록된 안전조치 사항들을 확인하고, 필요한 사항들을 기록하여 보관하며, 안전하게 작업을 마치도록 한다.

5.2 유해·위험 요인 식별과 확인(identification)

- (1) 유해폐기물 수거 작업자는 관련 직무에서 발생할 수 있는 잠재적 안전보건 요인을 모두 숙지한다. 수거 작업을 시작하기 전에 위험성평가를 실시하여 작업과 관련된 잠재적 위험을 파악하고, 이를 완화하기 위한 조치를 취한다.
- (2) 유해폐기물과 관련된 물질안전보건자료를 확보하여 관련자에게 교육, 제공하여 폐기물 저장소 등에 보관하도록 한다.
- (3) 반도체, OLED 제조공정 등 전자산업 공정에서 발생할 수 있는 유해폐기물은 공정에서 사용한 화학물질, 행금 액, 잔류물, 유해화학물질을 함유한 폐기물(걸레, 폐흡착재 등)이다. 이러한 유해폐기물은 환경과 사람의 안전을 보장하기 위해 적절하게 취급하고 폐기한다.
- (4) 유해폐기물을 수거할 때 발생할 수 있는 잠재적 안전사고와 건강위험 요인은 다음과 같다. 공정과 설비 규모, 사용 화학물질의 종류와 양, 관리 방식 등의 특성에 따라 유해·위험 요인의 발생 정도와 특성은 다를 수 있다.

(가) 공존할 수 없는 화학물질(incompatible chemical) 혼합으로 인한 화재와 폭발 위험: 공존할 수 없는 화학물질을 같이 취급하거나 보관, 저장할 경우에는 폭발이나 화재 위험이 있다. 주요 위험 사례는 다음과 같다.

- ① 산과 알칼리: 전자산업의 세정과 식각 공정에 일반적으로 사용되는 산(불산, 황산, 질산 등)과 알칼리(수산화암모늄, 수산화테트라메틸암모늄 등)는 혼합하면 격렬한 발열반응이 일어난다. 혼합물이 격렬하게 끓거나 튀어 폭발이 일어나거나 화학 화상을 입을 수 있다.
- ② 산과 금속: 산은 금속과 반응하여 수소를 생성할 수 있다. 예를 들어 불산은 제조공정에 사용되는 금속 또는 금속 용기나 도구와 반응할 수 있다. 생성된 수소는 인화성이 강하여 외부 점화원에 의한 화재·폭발의 위험이 있다.
- ③ 산화제와 인화성 물질: 과산화수소 등의 산화제는 전자산업 공정 중 세정과 산화 공정에 사용된다. 이러한 산화제는 유기용제와 같은 인화성 물질이나 가연성물질과 격렬하게 반응하여 화재와 폭발을 일

으킬 수 있고, 일부 금속을 부식시킬 수 있다.

- ④ 물과 특정 금속화합물: 전자산업 증착 공정에 사용되는 유기 금속 전구체와 같은 특정 금속화합물은 물이나 습기와 격렬하게 반응할 수 있다. 예를 들어 원자층증착(ALD)에 일반적으로 쓰이는 전구체인 트라이메틸알루미늄(trimethylaluminium, TMA) 등의 금속성 물질은 공기나 물과 접촉하면 인화성 가스가 발생하여 화재 위험이 있다.

- ⑤ 산과 시안화물: 시안화물이 함유된 폐기물이 산성 폐기물과 혼합되면 독성이 강한 시안화수소 가스가 생길 수 있다.

(나) 화학물질 노출 위험: 공정에서 사용하고 남은 화학물질이나 화학물질로 오염된 걸레, 보호구 등 폐기물을 수거하고 보관할 때 해당 물질(산, 알칼리, 유기용제 등)에 노출될 수 있다. 이러한 화학물질을 흡입하거나 직접 접촉하면 호흡기질환, 피부 화상, 눈 손상의 위험이 있다.

(다) 기타 위험: 유해폐기물로 인한 미끄러짐, 작업장 오염으로 인한 추가 안전보건 위험이 발생할 수 있다.

5.3 유해폐기물 관리에 필요한 정보 수집

(1) 공정에서 폐기된 화학물질과 화학물질로 오염된 폐기물을 안전하게 수거, 보관, 폐기하기 위해 물질안전보건자료 등의 정보를 확인한다. 이 정보는 해당 폐기물을 안전하게 관리하는 방법을 결정하는 데 필요하다.

(2) 유해폐기물을 안전하게 관리하기 위한 안전보건 지침 등을 확보하여 작업 전에 관련자에게 충분히 교육·훈련하고, 관련 기록을 보존한다.

5.4 물질안전보건자료(MSDS) 확보

(1) 폐기된 화학물질 성분에 대한 물질안전보건자료(material safety data sheets, MSDS)를 확보하여 화학물질의 유해성, 권장되는 개인보호장비, 취급 시 주의 사항, 비상 대응 절차 등 중요한 안전 정보를 확인한다.

(2) 공정 작업자는 물론 유해폐기물을 수거하고 관리하는 담당자는 MSDS의 내용을 숙지하고 활용하여 안전한 작업이 되도록 한다. 기타 자세한 사항은 KOSHA Guide W-15-2020, “물질안전보건자료 작성 지침”, H-158-2021, “물질안전보건자료 교육 실시에 관한 지침” 등을 참조한다.

5.5 위험성평가 실행과 심각도(Severity) 확인

(1) 유해폐기물을 취급하는 작업에서 일반적으로 발생할 수 있는 유해·위험 요인은 다음과 같다.

(가) 유해폐기물 누출에 따른 위험: 유해폐기물 저장탱크와 저장 용기 파손, 작업자의 취급 부주의, 배관과 밸브 누수, 탱크 레벨 센서 오류, 누출 감지기나 자동 차단 시스템 등의 안전장치 부족으로 인한 화학물질 누출 위험이 있다.

(나) 화학물질 인체 노출 위험: 폐기된 화학물질을 보관, 운반, 저장, 폐기할 때 산, 알칼리, 유기용제 등의 미스트나 가스상 물질에 노출될 수 있다. 화학물질의 종류에 따라 유해·위험 요인과 발생 특성은 다르다.

(다) 화재와 폭발 위험

① 폐기된 인화성 물질을 환기가 충분하지 않은 공간에서 보관, 저장할 때 폭발과 화재 위험이 있다. 유기용제 증기가 폭발성 한계까지 축적된 후, 여기에 스파크, 정전기, 전기 장비 발화로 인해 치명적인 폭발로 이어질 수 있다.

② 유기용제로 오염된 폐기물 등은 일반적으로 인화성 물질로, 공기 중에 증기가 축적되어 폭발성 한계에 도달할 수 있다.

③ 산과 알칼리 유해폐기물의 폭발과 발화 위험은 일반적으로 유기용제보다 덜하다. 하지만 호환되지 않는 유기물, 금속, 표백제 등과 접촉할 경우 격렬하게 반응하여 높은 열이 발생하고, 심한 경우 폭발로 이어질 수 있다.

(2) 전자산업 유해폐기물의 종류와 관리 방법 등에 따라 발생하는 안전보건 유해·위험 요인과 환경 위해 요인에 대한 위험성, 유해성, 노출 위험 등을 평가하고 위험성 평가 결과에 맞게 적절한 안전조치 방안을 결정한다.

5.6 안전보건 시설 설치 및 성능 확인

- (1) 국소 배기 장치와 전체환기장치 정상 작동과 성능
- (2) 세척·세안 설비 위치와 작동 여부
- (3) 2차 봉쇄 장비: 유해폐기물 보관소에 방유제, 확산 방지턱, 누출 방지 트레이와 같은 2차 차단막 설치 여부
- (4) 비상 장비: 유해폐기물 보관소에 화학물질 유출 방지 키트, 중화제, 눈 세척제 등의 비상 장비 비치 여부
- (5) 개인보호장비의 규격과 성능

5.7 적절한 개인보호장비 착용

- (1) 유해폐기물 취급 작업자는 화학물질로부터 자신을 보호하기 위해 화학물질의 종류에 따라 적절한 보안경(고글 형), 내화학 장갑, 보호의 등의 개인보호장비를 착용한다. 유기용제나 고농도 산, 알칼리를 직접 취급하는 경우, 적절한 호흡보호구(방독마스크, 송기 마스크 등)를 지급·착용한다.
- (2) 유해·위험 요인에 따라 사용할 구체적인 보호구는 KOSHA Guide G-12-2013, “개인보호구의 사용 및 관리에 관한 기술지침”을 참조하여 선택한다. 또한, 작업의 종류와 특성에 따라 표 1의 개인보호장비 착용 가이드를 참조하여 착용할 장비를 선정한다.
- (3) 유해 물질 대량 누출 등의 사고로 유해 물질 농도가 매우 높거나 노출되는 가스, 증기 등의 농도를 알 수 없는 경우에는 공기호흡기 또는 송기 마스크를 착용한다. 송기 마스크는 공급되는 공기질이 “D”(대기 산소와 같은 수준)를 유지하도록 한다(그림 1 참조).

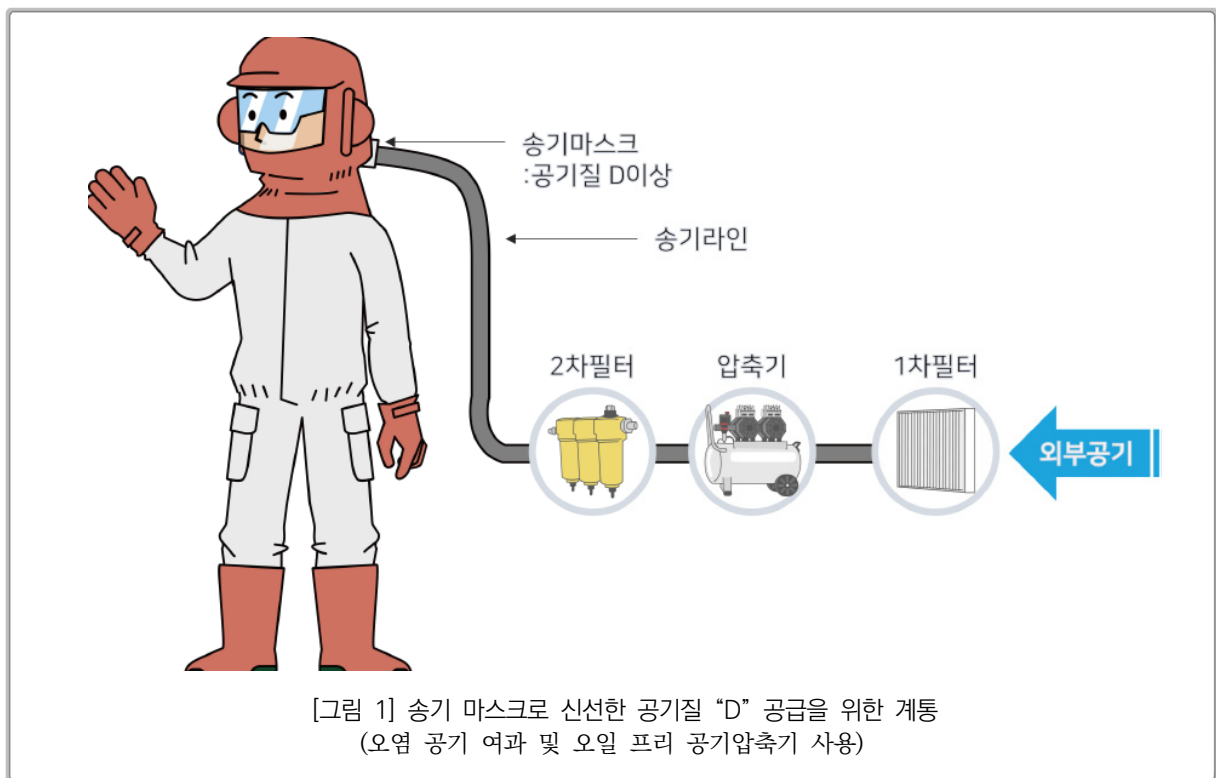


표 1. 유해화학물질 취급 설비 정비 시 개인보호장비 착용 가이드

구분	일반 기계 정비	화학물질 접촉 가능 작업	고농도 화학물질 접촉 가능 작업	화학물질 누출 시	
해당 작업	- 화학물질을 사용하지 않는 일반 기계나 설비	- 희석된 화학물질(산, 알칼리, 용제, 산화제 등)의 수송, 공급, 사용, 저장 관련 설비 - 제조 설비, 저장소, 저장 탱크, 배관, 밸브, 개스킷, 센서, 다이어프램 펌프 등 수리	- 고농도 원액(황산, 불산, 수산화나트륨, 암모니아, 용제 등)의 수송, 공급, 사용, 저장 관련 설비 - 제조 설비, 저장소, 저장 탱크, 배관, 밸브, 개스킷, 센서, 다이어프램 펌프 등 수리	- 희석된 화학물질이나 화학 폐수 다량 누출 시 - 화학물질이 알려져 있고, 주요 위험 요인이 증기가 아닌 액상일 경우	- 고농도 강산, 강알칼리 원액이나 폐액, 고휘발성 용제 대량 누출 시 - 최고 등급의 피부, 눈, 호흡기 보호가 필요한 경우 ¹⁾ - 위험이 알려지지 않은 환경이나 밀폐공간 작업 ¹⁾
보호복	해당없음	내화학 앞치마 또는 내화학복(4형식)	내화학복(3형식)	내화학복(3/4형식)	내화학복(3/4형식) 내화학복 LEVEL A (캡슐형) ¹⁾
호흡보호구	해당없음	해당없음	전면형 방독마스크	전면형 방독마스크	송기 마스크 또는 공기호흡기(SCBA)
내화학장갑	해당없음	○	○	○	○
눈보호구	해당없음	안전 고글+보안면	해당없음	해당없음	해당없음
안전화	안전화	안전화 또는 내화학 장화	내화학 장화	내화학 장화	내화학 장화
안전모	○	○	○	○	해당없음
선택사항	보안경, 청력 보호구, 방진 마스크, 장갑	반면형/전면형 방독마스크 ²⁾ , 청력 보호구	송기 마스크 ³⁾ , 청력 보호구	송기 마스크 ²⁾ , 청력 보호구	보호복, 쿨링 장치, 안전모
기타				양방향 통신 장비	양방향 통신 장비

1) 화학물질의 위험이 알려지지 않고 최고 등급의 보호가 필요한 경우

2) 작업자 노출농도가 작업환경기준에 근접하거나 초과하는 경우

3) 작업자 노출농도가 작업환경 기준을 크게(25배 이상) 초과하는 경우

5.8 격리 조치

- (1) 유해폐기물 저장소는 주변과 격리하고, 비관계자들의 출입을 제한하기 위한 조치를 취한다. 저장된 폐기물의 종류, 보관 용량, 기간, 책임자 등을 알리는 표지와 '관계자 외 출입 금지' 등의 안전표지를 입구 등에 부착한다.
- (2) 폐기물에서 발생한 증기나 미스트가 서로 반응하여 유해가스를 생성하지 않도록 산, 알칼리, 인화성 물질, 산화성 물질 등의 폐기물 저장소는 서로 격리한다. 특히 화학물질 대량 누출 시 화재, 폭발 등의 대규모 사고로 이어지지 않도록 사전 주의가 필요하다(그림 2 참조).



5.9 안전보건 교육

- (1) 유해폐기물을 취급하는 모든 작업자에게 폐기물 식별, 취급, 수거, 저장, 폐기, 유출이나 응급 상황 발생 시 대처 방법 등 적절한 폐기물 처리 절차에 대해 관련 법규에서 규정한 안전보건 교육을 사전에 실시하여, 위험을 정확히 인식하고 안전하게 작업하도록 한다.
- (2) 폐기물 처리부터 폐기까지 직무 수행 시 긴급 사고가 발생할 때를 대비하여 다음과 같은 응급조치를 취한다.
 - (가) 화학물질 폐기물 유출 등의 비상 상황이 발생하면 작업자는 신속하고 안전하게 대피한다.
 - (나) 유해 물질이 눈, 피부 등에 접촉했을 때는 즉시 흐르는 물이나 세척 설비로 15분 이상 세척하고, 의사의 처치를 받는다.
 - (다) 폐기물 유출, 누출 또는 기타 유해폐기물 사고에 대비한 비상 계획을 수립한다. 이 계획에는 폐기물 봉쇄, 청소, 방제 절차뿐만 아니라 당국과 응급 구조대원에게 알리는 적절한 비상 연락망과 전화번호 등을 포함한다.
 - (라) 유해폐기물 취급자는 비상 상황에 대비하도록 사전에 다음과 같은 교육·훈련을 받는다.
 - 비상사태 발생 시 보고 절차
 - 비상 연락망 유지
 - 비상 대피 절차, 비상 대피로, 대피 장소
 - 비상 대피 전 안전조치를 취해야 할 주요 절차
 - 비상 대피 후 수행해야 하는 행동과 절차
 - 구조 또는 의료 업무를 맡은 작업자의 지시에 따라야 하는 절차
 - 유해 물질이 눈, 피부 등에 닿았을 때는 즉시 세척 설비로 세척하고, 의사의 처치를 받는다.
- (3) 유해폐기물을 관리하는 감독자는 사고가 발생할 경우 적절한 호흡보호구(표 1 참조)를 착용하고 구조 작업을 하며, 비상 연락망을 가동하여 화학물질관리법에 따라 15분 이내에 신속하게 119 구조대에 신고한다.

6.1 유해폐기물 수거와 분류

- (1) 안전 장갑, 보안경(고글형), 호흡보호구 등 적절한 개인보호장비를 착용하고, 공정에서 발생한 유해폐기물을 수거, 보관, 분류한다.
- (2) 유해폐기물의 성상, 규모, 장소 등에 따라 아래와 같이 적절한 개인보호장비를 착용한다.
 - (가) 보안경(고글형): 화학물질이 눈에 튀지 않도록 눈 주변을 완전히 감싸고, 김 서림 방지 기능이 있어 선명한 시야를 유지할 수 있는 것을 사용한다.
 - (나) 안면 보호대: 보안경과 함께 착용하여 화학물질이 튀는 것을 방지한다.
 - (다) 방독마스크: 유해폐기물을 수거, 운반, 저장할 때 환기가 불량하거나 공기 중 유해 물질의 농도가 높을 것으로 예측되는 경우 착용한다. 또는 이에 준하는 장비를 사용한다.
 - (라) 보호복: 공업용 긴팔 셔츠, 긴바지 또는 작업복, 안전화나 안전 부츠를 착용한다. 산과 알칼리와 같이 부식성이 강한 폐기물을 다룰 때는 내화학성 앞치마나 내화학복(3형식이나 4형식)을 착용할 것을 권장한다.
 - (마) 장갑: 내화학성이 있으며, 취급하는 화학물질의 종류에 적합한 것을 선택한다. 재질(예: 라텍스, 니트릴, 네오프렌)은 내화학성 가이드에 따라 선택한다. 작업자의 손에 잘 맞는 것을 착용하며, 마모나 손상 징후가 있는지 정기적으로 점검한다.
- (3) 화학물질로 오염된 개인보호장비는 정해진 절차에 따라 적절히 제거하고 폐기한다.
- (4) 폐기할 화학물질 등 폐기물의 종류를 파악하고, 물리·화학적 특성이 비슷한 것끼리 분류한다. 위험성 또는 비위험성, 산성 또는 알칼리성, 가연성 또는 불연성 등 유형에 따라 분류한다. 또한 화재, 폭발, 유독가스 방출이 일어날 만한 화학반응을 막기 위해 공존할 수 없는 화학물질은 따로 보관한다. 예를 들어 산은 알칼리와 분리하고, 유기용제는 산, 알칼리, 산화제와 분리한다.
- (5) 유해폐기물 수거 용기가 넘어지거나 손상되지 않도록 주의한다. 공정에서 일시 보관할 때는 가능한 한 밀폐하고, 적절한 국소 배기 장치나 전체환기장치를 통해 유해폐기물에서 발생하는 가스, 증기, 미스트 등을 제어하고 최소화한다.

6.2 유해폐기물 특성에 따른 보관과 적절한 보관 용기 사용

- (1) 공정에서 발생한 폐기물의 유형에 따라 폐기물에 반응하지 않는 플라스틱, 스테인리스스틸, 유리 등으로 만든 적절한 용기에 수거한 폐기물을 보관한다. 이때 뚜껑이 꼭 맞도록 하여 유출이나 누출이 일어나지 않도록 한다.
- (2) 산과 알칼리 폐기물은 부식되지 않는 용기에 담는다. 고밀도폴리에틸렌(high-density polyethylene, HDPE)이나 폴리프로필렌 용기를 흔히 사용하는데, 다양한 화학물질을 담아도 손상되지 않기 때문이다. 산과 알칼리 폐기물이 들어 있는 용기에 취급자가 즉시 알 수 있도록 경고 표지나 라벨을 붙이고, 별도로 보관한다.
- (3) 인화성 유기용제는 스테인리스스틸 등으로 만든 내화성 안전용기에 보관한다. 소량의 유기용제를 보관하는 용기는 스프링이 장착된 자동 닫힘 뚜껑과 압력 완화 장치가 있는 안전 캔을 사용하여 용기 내 증기압이 높아지지 않도록 한다. 인화성 물질 저장소는 불에서 멀리 떨어진 곳에 설치하고, 통풍이 잘 되도록 하며, 필요한 경우 별도의 환기 시설을 설치한다.
- (4) 산화제는 산화에 강한 재질로 만들어진 용기에 보관한다. 고밀도폴리에틸렌이 좋은 사례이다. 특히 산, 알칼리, 폭발성 물질, 금속성 물질, 인화성 또는 가연성 물질 등과 분리하여 보관한다.
- (5) 중금속이 포함된 폐기물은 부식되지 않는 용기에 보관한다. 폴리에틸렌 용기가 흔히 사용된다. 중금속은 심각한 환경오염을 유발할 수 있으므로, 누출되지 않도록 주의한다.
- (6) 포도테지스트와 현상액은 폴리프로필렌, 고밀도폴리에틸렌, 테플론 등으로 만든 용기에 보관한다. 이 화학물질은 일반적으로 알칼리이므로, 산과 분리하여 보관한다.

- (7) 화학적-기계적 평탄화 연마(chemical mechanical planarization, CMP) 공정에서 발생하는 폐기물은 연마 입자의 슬러리이다. 고밀도폴리에틸렌이나 폴리프로필렌 용기에 보관한다.

6.3 액체 폐기물 등 2차 격리(secondary containment)

- (1) 공정에서 나온 액체 폐기물이 보관 용기에서 흐르거나 넘쳐 유출되지 않도록 조치하고, 유출되더라도 주변으로 확산하지 않도록 적절한 격리 시설을 설치하며, 정기적으로 그 성능을 체크한다. 1차 보관 용기를 더 큰 용기에 담을 수도 있고, 관련 법에 따라 방유제 또는 확산 방지턱이 있는 특수 설계 시스템으로 누출된 폐기물을 모을 수도 있다. 현장에서 해당하는 경우에 적용한다.
- (2) 유해폐기물을 보관, 저장하는 용기 등에 부식, 손상, 부품 마모 등이 있는지 정기적으로 확인하고 조치한다.
- (3) 화학물질 유출, 누출 등의 비상 상황과 수준에 따른 조치를 취하기 위해 화학물질 유출 방지(오염 방지) 키트, 중화제, 세안 설비 등의 비상 대응 장비를 저장소에 비치하고, 필요시 사용할 수 있도록 한다.

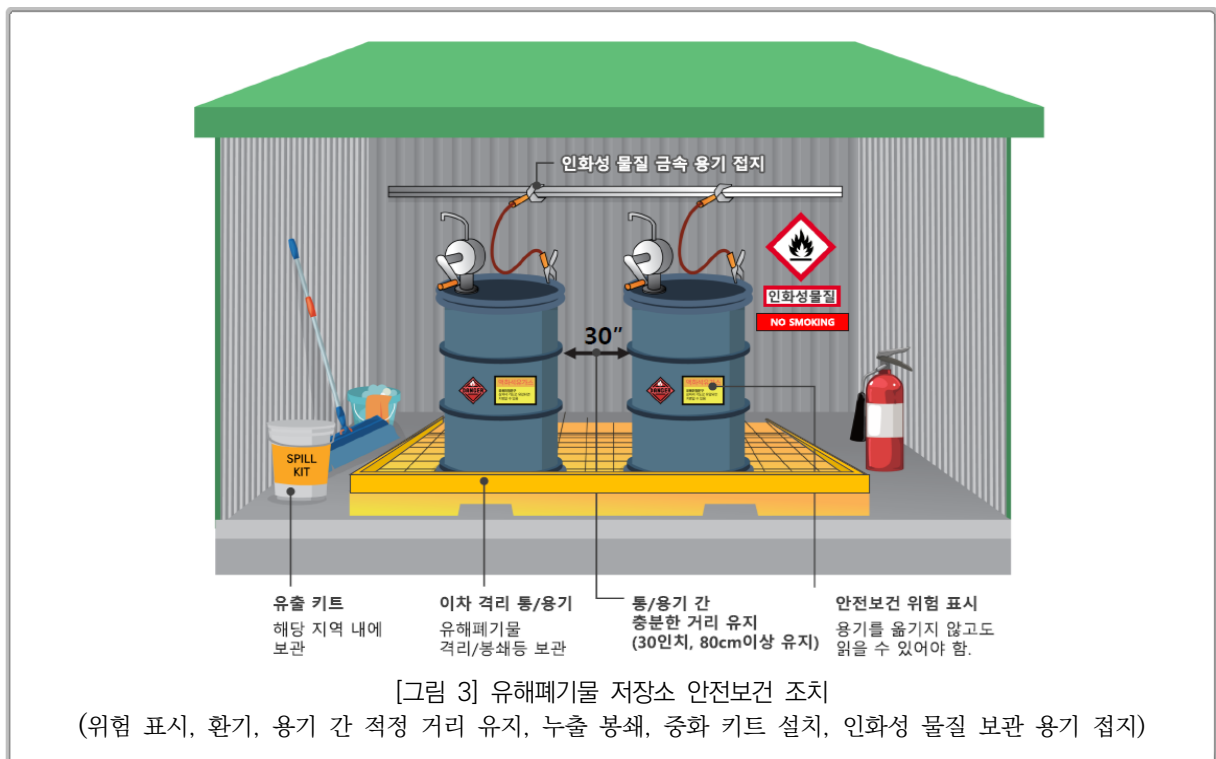
6.4 유해폐기물 보관 용기 라벨 부착

- (1) 모든 유해폐기물 용기에는 필요한 항목이 명확하게 표시된 라벨을 붙인다.
- (2) 라벨에 쓸 항목은 폐기물 종류, 폐기물 위험 경고, 적절한 기호, 폐기물을 처음 추가한 날짜, 포함된 화학물질과 농도 등이다.

7 유해폐기물 저장, 폐기 작업 중 일반적인 안전보건 조치

7.1 유해폐기물 저장

- (1) 폐기물 저장 용기는 건조하고 서늘하며 환기가 잘 되는 장소에 화재, 폭발, 반응 등이 발생하지 않도록 적절한 화학물질 성상 분류 원칙에 따라 분리하여 안전하게 보관한다(그림 3 참조). 또한 인화성 물질을 보관하는 드럼과 같은 금속 용기는 저장소에 있는 동안 접지(grounding)한다.



- (2) 누출되어 섞이면 반응하여 화재·폭발을 일으키거나 독성이 있는 가스 또는 증기가 발생할 우려가 있는 물질은 격리하여 별도 장소에 저장한다. 유해폐기물이 누출될 경우에는 추가 확산을 방지하기 위해 차단막을 설치하고, 중화 키트 등으로 신속하게 제거한다(그림 4 참조).



- (3) 유해폐기물 보관 용기는 손상되거나 녹슬지 않도록 관리하고, 적절한 높이로 정돈하여 쌓아 둔다.
- (4) 유해폐기물을 저장하는 공간, 시설, 건물에서 액체 폐기물이 밖으로 유출되지 않도록 저장소 주위에는 배수로를 설치하고, 방유제 또는 확산 방지턱 등의 시설을 설치하며, 정기적으로 성능을 점검한다.
- (5) 방유제 또는 확산 방지턱은 평상시 배수밸브를 닫아두고, 비가 올 때만 열어서 빗물을 내보낸다.
- (6) 위험물관리법에서 정한 규정 수량 이상의 화학물질을 저장할 경우에는 별도의 허가를 받는다.
- (7) 유해폐기물 저장 장소는 안전보건 위험, 비상시 조치 사항 등을 나타내는 물질안전보건자료의 주요 내용을 게시하고, 권한이 없는 사람의 접근을 제한한다.
- (8) 유해폐기물 저장소 안이나 가까운 곳에서 용접 작업이나 흡연을 하지 않는다.
- (9) 저장소 근처 또는 내에서 용접 작업 등의 화기 작업을 수행할 경우, 사내 화기 작업 허가 지침을 준수한다. 기타 자세한 사항은 KOSHA Guide P-94-2021, “안전작업허가지침”을 참조한다.
- (10) 유해폐기물 저장소에는 화재를 대비하여 출입이 쉬운 곳에 소화기나 소화전을 비치한다.

7.2 유해폐기물 운송과 폐기

- (1) 공장 내에서 발생한 유해폐기물은 회사 내규와 관련 법에 따라 모든 관련 규정과 지침을 준수하여 적절하게 폐기한다.
- (2) 유해폐기물을 위탁하여 폐기할 때는 관련 법과 회사 내규에 따라 허가된 유해폐기물 처리 업체를 통해 적절하게 폐기한다.
- (3) 유해폐기물을 공장 밖 폐기 장소까지 운반할 때는 유해폐기물에 적절한 안전보건 위험 라벨을 붙이고, 유출이나 누출을 막기 위해 2차 봉쇄 틀이나 용기를 이용하여 안전하게 이동한다. 또한 허가된 폐기물 처리 시설로 운반하여 적법한 폐기 절차를 준수한다(그림 5 참조).



- (4) 증발하거나 흩어질 우려가 있는 화학물질을 용기에 담아 이송할 때는 뚜껑이나 마개를 완전히 닫아 밀봉한다.
- (5) 운반하는 유해폐기물과 차량에는 관련 법에 따라 화학물질의 이름과 경고 표지를 붙이고, 안전속도를 준수한다.
- (6) 운반할 때 용기는 바로 세우고, 움직이지 않도록 고정한다.
- (7) 운송하는 차량의 기사 또는 운반 작업자는 해당 화학물질의 성질, 취급 시 주의 사항, 누설 등 위급 상황 발생 시 조치에 대한 교육을 받는다.

8 작업환경측정 및 특수건강진단 실시

- (1) 사업주(보건관리자)는 공정에서 발생한 유해폐기물 수거, 보관, 운반, 저장, 폐기 등의 과정에서 작업자가 노출될 수 있는 유해 인자를 정기적으로 측정하고 모니터링한다.
- (2) 자세한 유해 인자 측정 지침은 KOSHA Guide “시료채취 및 분석지침(A)”을 참조하여 작업자가 노출되는 유해 인자 노출수준을 평가한다.
- (3) 국내외에서 인정하는 공인된 시료 채취와 분석 방법을 활용하여 노출수준을 측정하고 평가한다. 노출 결과는 공정, 작업 종류 등에 따라 평가하고, 그 결과에 따라 적절한 노출 저감 대책을 수립한다.
- (4) 사업주(보건관리자)는 공정에서 발생한 유해폐기물 수거, 보관, 운반, 저장, 폐기 등의 작업에 참여하는 작업자가 산업안전보건법령에서 정한 규정에 따라 특수건강진단을 받을 수 있도록 조치하고, 그 결과에 따라 질병 예방을 위한 건강 보호 조치를 취한다.
- (5) 자세한 건강진단과 관리 지침은 KOSHA Guide “건강진단 및 관리지침(H)”을 참조하여 작업자의 질병 예방을 위한 지침으로 활용한다.
- (6) 유해폐기물 수거, 보관, 운반, 저장, 폐기에 참여한 작업자는 작업 중이나 후에 특이적 증상, 불편 등 질병 위험이 있다고 의심되는 경우 보건관리자나 의사에게 상담한다.

9 기록 유지 서류 작성 및 보존

- (1) 회사가 정한 규정에 따라 유해폐기물 수거, 보관, 운반, 저장, 폐기 후 안전보건 위험과 관련된 필요한 내용을 기록한다.
- (2) 유해폐기물의 발생부터 폐기까지 추적할 수 있도록 아래와 같은 내용을 포함한 적절한 문서를 작성하고 보관한다.

- 유해폐기물의 발생량, 종류 등
- 유해폐기물 수거, 보관, 운반 등 방법
- 유해폐기물 저장 방법 등
- 유해폐기물 폐기 방법 등
- 유해폐기물의 발생부터 폐기까지 안전보건 위험과 관련된 문제, 주의 사항 등

(3) 전자산업 공정에서 발생한 유해폐기물 등을 수거, 운반, 저장, 폐기할 때 발생하는 안전보건 유해 요인 위험성 평가와 조치 등에 대해 아래와 같은 내용을 포함하도록 양식을 만들어 기록하고 보관한다.

- 회사명
- 유해폐기물 작업 종류
- 위험성평가 수행자
- 다음 검토 날짜
- 위험성평가가 수행된 날짜
- 위험 피해를 볼 수 있는 대상
- 어떻게 위험 피해를 주는지 요약
- 위험을 통제하기 위해 이미 수행 중인 작업
- 위험을 통제하기 위해 추가로 취해야 할 조치
- 조치를 수행해야 하는 사람
- 조치가 필요한 시기
- 완료 여부