

연구보고서

할로겐화 세척작업의 제어기술 상향전환을 위한 사회적 인프라 조사

이나루·정수진·신아롬·권수현

산업재해예방

안전보건공단

산업안전보건연구원



요약문

- 연구기간 2024년 1월 ~ 2024년 11월
- 핵심단어 세척, 탈지, 트리클로로에틸렌, 할로겐계 세척제
- 연구과제명 할로겐화 세척작업의 제어기술 상향전환을 위한 사회적 인프라 조사

1. 연구 배경

국내 화학물질 규제의 구조를 살펴보면, 정부 당국은 산업안전보건법 등 각 법에서 규제 대상 화학물질 목록을 제시하고 각 규제에 따른 사업장의 의무를 정하고 있다. 그동안 할로겐계 세척제와 관련된 국내 규제의 의도는 사업장에서 기존 사용 세척제를 유해성이 더 낮은 비할로겐계 세척제로 대체하거나 노출이 더 적은 형태의 세척 설비를 사용하도록 하는 것이었다. 그러나 2022년 2월경 국내에서 발생한 할로겐계 세척제로 인한 화학물질 중독사고 사례 등을 보면 현재 국내 정책 대상 집단이 규제에 잘 순응하고 있지 않는 것으로 보인다. 유해한 물질을 규제함으로써 세척 사업장이 덜 유해한 물질로 세척제를 대체하도록 유도하려 했던 세척제 규제의 본래 의도와 달리, 시장은 기존의 설비를 그대로 사용하되 정부의 감독과 점검을 피하는 방법—정부 당국에서 미처 규제하지 못한 할로겐계 화학물질로의 세척제 대체—을 선택하는 방향으로 작동하고 있었다. 그러나 세척 설비 개선을 동반하지 않는, 지금의 시장 실태와 같은 ‘기존 사용 제품과 동일 계열인 할로겐계 화학물질로의 세척제 대체’는 정부가 본래 의도였던 ‘저독성, 저노출의 안전한 세척 작업 환경 조성’과는 거리가 멀다. 할로겐계 물질들끼리는 유해성이 서로 유사하기 때문이다.

정부 당국의 역할은 정책 목표가 달성될 수 있도록 정책 대상 집단의 규제 순응을 유도하는 것이다. 그러기 위해서는 정부가 정책 대상 집단의 규제 불응

요인을 살펴보고 불응 요인을 제거하여야 한다. 본 연구에서는 정책 대상 집단의 불응 요인을 파악하기 위해 국내 ‘세척제 사용사업장’의 할로겐계 세척제 규제에 대한 인식과 규제 이행 경험을 조사하였다. 이와 더불어 세척 사업장의 세척제와 세척 설비 선정에 영향을 미치는 주체인 ‘세척제 제조 및 수입업체’와 ‘세척 설비 제조업체’의 인식 및 경험과 함께, 현행 규제의 합리성과 문제점을 파악하기 위해 ‘정부 및 규제 전문가’의 인식 및 경험을 조사하였다. 그리고 불응 요인을 제거하기 위한 사회적 인프라 구축 방안을 제시하였다.

2. 주요 연구 내용

1) 할로겐계 세척제 관련 규제

할로겐계 세척제를 사용할 때 사업장에서 세척제와 관련하여 적용받는 규제는 산업안전보건법, 화학물질관리법, 대기환경보전법이다. 현재 국내에서 세척제로 사용하는 것으로 확인된 물질 12종 중에서 산업안전보건법상 관리대상유해물질은 10종, 화학물질관리법상 유독물질은 7종, 대기환경보전법상 특정대기유해물질은 5종이다. 세척제의 구성성분으로 사용되는 화학물질에 적용되는 규제는 물질별로 다소 차이가 있다. 아직 규제되지 못한 물질도 있고, 규제되고 있는 물질들은 규제 시작 시점이 서로 다르다. 화학물질관리법 규제 대상 물질들은 함량 기준이 서로 다르다. 이처럼 같은 용도로 사용하는 물질에 대한 규제 적용 여부, 규제 적용 시점, 규제 적용 함량 기준의 차이는 물질 사용자에게 규제를 회피할 기회를 준다. 실제로 현재 국내 세척제 시장에 정부가 미처 규제 못 한 ‘비규제물질’이 대체 세척제로 판매되고 사용되고 있다. 다르게 말해, 각 물질에 적용되는 규제 내용의 공정성, 일관성, 실현 가능성의 차이는 국내 세척 시장에 공급자와 사용자에게 규제 회피 동기를 제공하고 있다.

2) 세척 작업 이해당사자 경험 및 사회적 인프라 구축

세척 설비 제조업체에 의하면 대기업 혹은 젊은 직원이 세척 작업을 수행하는 사업장에서는 수계 세척 설비를 도입하는 경향이 높다고 한다. 세척 작업 수행 직원들이 할로젠계 세척제의 냄새, 유해성 등으로 인해 세척 작업을 꺼리기 때문에 덜 유해한 비할로젠계 세척 방식으로 공정을 개선하기 때문이다. 이처럼 할로젠계 세척을 수행하고 있는 사업장 중 일부는 대체 세척에 대한 동기 부여만 충분하면 수계 세척 등의 설비를 도입할 수 있다.

비할로젠계 세척으로 세척 방식을 바꾸기 위해서는 자본과 기술이 필요하다. 그러나 현재는 국내에 세척 대체와 관련해 조언해 줄 수 있는 전문기관이 거의 없을 뿐 아니라, 간신히 컨설팅 기관을 찾더라도 높은 비용이 부담으로 작용하여 기술 지원 서비스를 이용하기 어려운 실정이다. 그래서 세척 사업장에서는 세척 방식 개선과 관련해서 정부의 기술적, 경제적 지원을 간절히 원하고 있다.

현재 할로젠계 세척제를 사용하고 있으면서 정부 지원을 원하는 세척 사업장은 소규모 사업장인 경우가 많았고, 세척에 필요한 비용이 고객사의 납품단가에 제대로 반영되지 않는다고 말한다. 그래서 경쟁사보다 저렴한 가격으로 고객사에서 원하는 수준의 세척을 ‘해내는’ 것이 핵심이다. 한 도급 전문 사업장은 가장 가격이 저렴한 세척제인 디클로로메탄의 비용조차도 부담되어 재사용 디클로로메탄을 사용하고 있기도 했다.

현재 할로젠계 세척제로 금속 부품을 세척 중인 많은 사업장이 자사의 세척 공정에 비할로젠계인 수계나 탄화수소계 세척제를 사용해도 괜찮은지 여부를 잘 모르는 상태에서 세척제 대체를 고민하고 있다. 세척 설비 대체란 선택지는 생각조차 못 하는 경우가 많다. 그저 기존에 사용하던 할로젠계 세척제 범주 안에서 물질 변경만을 고민할 뿐이다. 이러한 소극적인 할로젠계 세척제 내에서의 대체는 건강 유해성 등의 문제를 크게 개선할 수 없음에도 세척 사업장들은 비용 부족과 전문지식의 한계 등으로 인해 이런 경향을 보인다. 그리고 이러한 요소는 모두 비할로젠계 세척 시장의 활성화를 저해하는 요인이 된다.

수계 세척이나 탄화수소계 세척 시장 비율을 확대하기 위해서는 사업장이 자사의 세척 공정에 비할로겐계 세척 방식을 적용할 수 있다는 확신을 가질 기회를 사업주에게 제공하여야 한다. 정부의 기술적, 경제적 지원이 사업장의 비할로겐계 세척제 도입을 돕는 하나의 주요 수단이 될 수 있을 것이다.

규제의 역할도 중요하다. 할로겐계 세척제는 인체에 건강장해를 일으킬 뿐 아니라 대기오염을 유발하여 주민의 건강을 악화시키는 치명적인 유해성이 있음에도 불구하고 그동안 규제의 일관성이 확보되지 않았다. 현재 국내 규제를 살펴보면 한 법률 내에서 각 할로겐계인 물질에 대한 규제가 다를 뿐 아니라, 동일 물질에 적용되는 각 법률 간의 규제 내용이 서로 다르다. 그로 인해 기존 물질과 유해성은 비슷하되 규제는 적용받지 않는 물질로 세척제를 대체하는 행동 패턴이 피규제자에게서 관측되었고 덜 유해한 물질로 대체해보려 했던 규제 목적이 달성되지 못했다. 이러한 현상을 완화하기 위해서는 규제 내, 규제 간 일관성을 확보하여야 한다. 그럼에도 공기 중 노출이 없는 밀폐 세척 시스템을 사용할 경우 법률 이행을 면제받을 수 있는 등의 합리적인 규제 조정이 필요하다.

규제가 강화되면 규제의 부작용으로 세척 공정의 외부화가 일어난다. 그러나 만약 외부화로 인해 세척 공정이 안전보전에 더욱 취약한 사업장에 넘겨지면, 결국 해당 사업장의 근로자는 세척제로 인한 재해를 마주하게 될 가능성이 커진다. 안타깝게도 이러한 사업장 밖으로의 외부화는 현재의 법률로는 막을 수 없다. 따라서 세척 공정이 외부화되지 않고 사업장에 그대로 남아서 잘 개선되도록 유도할 수 있는 사회적 인프라가 구축되어야 한다.

첫째, ‘유해한 물질을 사용하지 않은 세척의 가치’를 우리 사회가 인정해 주도록 하여야 한다. 이 가치를 인정해 주는 주체는 세척 작업 수행 업체인 협력업체에 발주를 내는 ‘모기업’이 되어야 할 것이다. 둘째, 세척 사업장이 자사의 금속 부품 세척에 가장 적합하면서 위험은 최소화된 세척 방식이 무엇인지 찾을 수 있도록 사회가 도와주어야 한다. 예를 들면, 당국이 경제적 지원을 통해서 세척 사업장에 기술적 도움을 줄 수 있는 세척 전문 컨설팅 기관 등의 기관을 직접 설립하거나 이러한 기관의 성장을 지원해 주어야 한다. 마지막으로, 비할로겐계

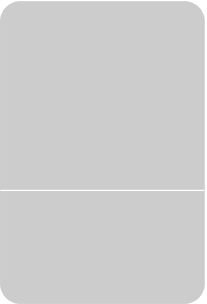
세척제를 사용하는 수계 세척 설비나 탄화수소계 설비가 국내에 널리 보급될 수 있도록 협력업체가 설비 개선에 활용할 수 있는 경제적 지원을 정부 또는 모기업에서 제공해 주어야 한다.

3. 연구 활용 방안

세척제로 사용되는 화학물질 규제 정비 및 할로젠계 세척제 사업장이 세척 방법을 개선할 수 있는 경제적·사회적 지원책 마련에 활용

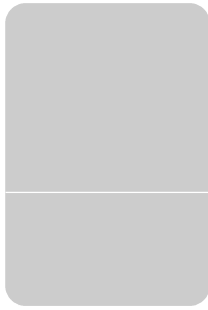
4. 연락처

- 연구책임자 : 산업안전보건연구원 산업화학연구실 실장 이나루
 - ☎ 042) 869. 0301
 - naroolee@kosha.or.kr



목 차

I. 서 론	1
1. 연구 배경	3
2. 연구 목표	5
II. 연구내용 및 방법	7
1. 연구 내용	9
1) 금속 부품 세척 작업 고찰	9
2) 할로겐계 세척제 관련 규제	9
3) 금속 부품 세척 이해당사자 경험	10
4) 안전한 세척 작업을 위한 사회 인프라 구축 방향	10
2. 연구 방법	11
1) 문헌 고찰	11
2) 세척 작업 및 규제 이해당사자 면담	11
3) 자료 분석	14



목 차

Ⅲ. 연구 결과	15
1. 금속 부품 세척 작업 고찰	17
1) 금속 부품 세척 작업 특징	17
2) 할로겐계 화학물질의 유해성	20
3) 미국의 할로겐계 물질에 대한 TSCA 규제 동향	36
4) 해외 할로겐계 세척 설비	38
2. 할로겐계 세척제 관련 규제	52
1) 산업안전보건법 안전보건기준에 관한 규칙 중 관리대상 유해물질	52
2) 화학물질 등록 및 평가 등에 관한 법률 및 화학물질관리법	54
3) 대기환경보전법상 특정대기유해물질	57
4) 규제 순응 모형	70
5) 기업의 조직화된 무책임성	82
6) 기업의 ESG 경영과 공급망 실사법	85
3. 금속 부품 세척 이해당사자 경험	94
1) 할로겐계 세척 사업장	97
2) 수계 또는 탄화수소계 세척 사업장	111
3) 세척제 제조·수입업체	118
4) 세척 설비 제조업체	127

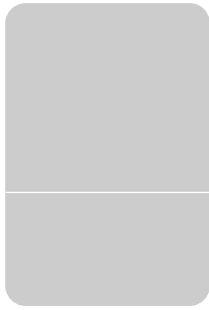
5) 규제 전문가	135
4. 안전한 세척 작업을 위한 사회 인프라 구축 방향	150
IV. 결 론	157
참고문헌	163
Abstract	167
부 록	171
부록 1. 유기용제를 사용한 표면처리에 관한 BAT 지침서	173
부록 2. 할로겐화 용제 세척에 대한 국가 배출 기준	207



표 목차

〈표 Ⅲ-1〉 국내에서 세척제 용도로 유통되는 주요 할로겐계 화학물질 12종	21
〈표 Ⅲ-2〉 유럽의 세척 설비 유형별 주요 특징	40
〈표 Ⅲ-3〉 오염물 유형에 따른 세척 기법	46
〈표 Ⅲ-4〉 국내 유통 할로겐계 세척제의 관리대상 유해물질 관련 규제	52
〈표 Ⅲ-5〉 국내 유통 할로겐계 세척제의 유독물질 지정 현황	56
〈표 Ⅲ-6〉 특정대기유해물질 배출시설 관련 법적 규제	59
〈표 Ⅲ-7〉 설치허가 대상 특정대기유해물질(5종) 배출시설의 적용 기준	61
〈표 Ⅲ-8〉 대기오염물질발생량에 따른 사업장 분류기준	62
〈표 Ⅲ-9〉 사업장 업종별 설치신고·허가 대기오염물질 배출시설 현황	63
〈표 Ⅲ-10〉 사업장 분류별 설치신고·허가 대기오염물질 배출시설 현황	64
〈표 Ⅲ-11〉 특정대기유해물질 5종의 사업장 분류별 설치신고·허가 사업장 현황	64
〈표 Ⅲ-12〉 Ⅲ업종 세정시설(탈지시설 포함)의 비산배출시설 관리기준	66
〈표 Ⅲ-13〉 특정대기유해물질 5종의 배출허용기준	67
〈표 Ⅲ-14〉 탈지시설이 포함된 대기오염물질 배출시설의 방지시설 현황	68
〈표 Ⅲ-15〉 규제 순응 영향 요인	71
〈표 Ⅲ-16〉 세척 작업 보유 사업장에서 활용 가능한 정부지원사업	72
〈표 Ⅲ-17〉 건강ilter 조성지원 사업 지원 품목	73
〈표 Ⅲ-18〉 스마트 생태공장 구축사업 지원분야	75
〈표 Ⅲ-19〉 화학안전 사업장 조성 지원사업의 지원대상 시설 및 항목	76
〈표 Ⅲ-20〉 뿌리기업 경쟁력 강화 지원 사업 지원 내용	78
〈표 Ⅲ-21〉 중소기업 혁신바우처 유형 및 서비스	79

〈표 Ⅲ-22〉 중소기업 혁신바우처 사업 지원 분야	79
〈표 Ⅲ-23〉 피면담자 기본 정보	94
〈표 부록-1〉 BAT 기법에 관한 정보 분류의 표준 구조	173
〈표 부록-2〉 STS 부문에서 사용되는 다양한 용제 대체제	187
〈표 부록-3〉 용매/공기 인터페이스 면적이 1.21제곱미터(13제곱피트) 이하인 배치형 증기 용매 세척 설비를 위한 제어 조합	215
〈표 부록-4〉 용매/공기 인터페이스 면적이 1.21제곱미터(13제곱피트) 초과하는 배치형 증기 용매 세척 설비를 위한 제어 조합	216
〈표 부록-5〉 기존 인라인 용제 세척 설비의 제어 조합	217
〈표 부록-6〉 신규 인라인 용제 세척 설비의 제어 조합	217

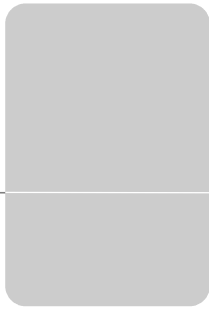


그림목차

[그림 Ⅲ-1] 대기환경보전법의 구조	57
[그림 Ⅲ-2] 대기오염물질 배출시설 관리체계	58
[그림 Ⅲ-3] EU 공급망 실사지침상 인권 및 환경 실사항목	87
[그림 Ⅲ-4] OECD 가이드라인 기반의 실사 체계	88
[그림 Ⅲ-5] 부정적 영향의 우선순위 평가를 위한 기준	90

I. 서론





I. 서론

1. 연구 배경

금속 부품 세척 작업을 하는 근로자의 세척제 중독이 지속적으로 발생하고 있다. 최근 세척제 중독 원인이 된 물질은 트리클로로메탄이고, 중독 건강장해는 독성 간염이었다. 트리클로로메탄이 아닌 디클로로메탄을 세척제로 사용하다가 사망한 사례도 있었다. 세척제 중독 사건이 발생한 후, 정부 당국은 세척공정보유 사업장에 대한 화학물질 관리실태 감독을 추진하였으나 세척제로 인한 화학물질 중독은 연이어 발생하고 있다. 할로겐계 세척제 물질은 대부분 발암성 혹은 생식독성 물질이어서 단기간 노출로 인한 사망과 독성간염으로 나타날 수도 있지만, 당장은 표면적인 증상이 없다가 오랜 시간이 지난 뒤 암 등의 질병으로 나타날 수 있어 더욱 우려스럽다.

트리클로로에틸렌은 오랜 기간동안 금속 부품 세척제로 사용되어 온 물질이다. 그러나 발암성, 생식계 손상 등 물질의 유해성이 밝혀지면서 각국 당국은 이 물질을 다양한 방식으로 규제하기 시작했다. 미국에서는 트리클로로에틸렌의 세척제 사용을 금지하는 법률이 제정되었으며, 유럽연합에서는 트리클로로에틸렌을 허가대상물질로 지정하여 사용을 엄격히 관리하고 있다.

한편, 국내에서 트리클로로에틸렌은 대기환경보전법상 특정대기오염물질, 화학물질관리법상 유독물질, 산업안전보건법상 특별관리대상 물질이다. 유독물질의 함량 기준은 2021년에 '85% 이상'에서 '0.1% 이상'으로 개정되었다.

한편, 국제적으로 트리클로로에틸렌의 유독성이 밝혀진 이후에 금속 부품 세척에 사용되기 시작한 물질은 1,1,1-트리클로로에탄이다. 1,1,1-트리클로로에탄은 건강에 유해하기는 하나, 트리클로로에틸렌처럼 발암성이 있지 않고 직업적 노출기준(Occupational Exposure Limit, OEL)도 트리클로로에틸렌보다 훨씬

높아서, 세척제로 널리 사용되었다. 그러나 1,1,1-트리클로로에탄은 오존층 고갈 물질이어서 몬트리올 의정서에 따라 국제적으로 1996년부터 생산이 금지되기 시작하였다. 이후에 정부 당국과 산업계는 트리클로로에틸렌을 대체할 세척제를 찾았으나, 할로겐계 세척제 중에서 건강에 무해하고 비인화성인 대체 세척제를 아직까지는 찾지 못했다.

한편, 국내에서는 여전히 세척제로 트리클로로에틸렌을 많이 사용하지만, 대체 세척제로 디클로로메탄과 1,2-디클로로에틸렌(트랜스)도 광범위하게 사용되고 있다. 놀라운 것은 2022년에 발생했던 두 건의 세척제 급성중독사고에서 사고 원인물질이 트리클로로메탄이라는 점이다. 트리클로로메탄을 세척제로 사용하는 것은 전례가 없는 일이었다. 당시 트리클로로메탄 중독 발생으로 드러난 세 가지 사실은 그동안 혼합물 세척제의 구성성분으로 트리클로로메탄이 사용되고 있었다는 점, 트리클로로메탄 외에도 다양한 할로겐계 화학물질이 혼합물 세척제의 구성성분으로 사용된다는 점, 물질안전보건자료에 일부 세척제 제품의 구성성분이 허위로 기재되어 유통되고 있었다는 점이다.

세척제로 다양한 할로겐계 화학물질이 무분별하게 사용되고 있는 국내 시장의 현 실태를 비롯하여 이러한 시장 상황이 트리클로로메탄 중독사고로 이어지게 된 근본 원인에 대해서, 최영은 등(2022)은 세척제 시장에서 세척제 공급자와 사용자들의 유독물질 회피 현상이 강하게 나타나는 점, 공급망에서 세척 대상 부품의 단가가 너무 낮게 책정이 되다 보니 해당 부품의 세척 단가 역시 덩달아 제대로 반영되지 못하는 점, 세척제 공급자와 사용자 모두 세척 관련 위법적 규제 회피 행위가 정부 당국에 쉽게 적발되지 않을 거라 판단하고 전체 공정 중 세척 작업에서 생산 비용을 줄이려 하는 것이 관련 업계의 관행이 되어버린 점을 원인으로 지적하였다.

유해한 화학물질을 안전하게 사용하기 위해 정부 당국은 세척 시장을 규제하기 위한 법률을 제정하고 있으나 단순 법률 제정만으로는 본래 의도한 법률의 목적을 달성하지 못할 수 있다. 정책 대상 집단이 정부가 의도한 대로 법을 이행하지 않을 수도 있기 때문이다.

정책 대상 집단은 정책의 성패에 핵심적인 요인이며, 정책이 가져오는 현상 변화가 크지 않고 목표에 대한 합의 수준이 높으면 정책 집행은 성공한다고 본다(김홍주 등, 2015). 정책 대상 집단의 규제 순응이나 정책 불응 상태는 특정 상황 속에서 정책 대상 집단이 내린 의도적 선택의 결과이다. 규제가 실패하는 이유는 결정보다는 집행 과정에서 기인하는 경우가 많고, 정책 대상 집단의 규제 순응이 확보되지 않는 상태에서 규제를 집행하는 것은 비효과적이고 전혀 가치 없게 되는 경우가 많다(유민수 등, 2016 재인용). 규제 순응 혹은 불응 요인을 살펴보면, 규제의 타당성, 환경적 조건의 적절성, 집행기관의 역량과 대상 집단의 특성에 따라 해당 정책이나 규제의 정책 집행의 성공이 결정된다고 이해된다(유민수 등, 2016).

할로젠계 세척제로 인한 화학물질 중독 사례에서 드러났듯 국내 정책 대상 집단은 할로젠계 세척제 규제에 잘 순응하고 있지 않다. 따라서 규제 불응 요인을 조사하고 제거하여 할로젠계 세척제 규제에 대한 정책 대상 집단의 순응도를 높일 필요가 있다.

본 연구에서는 정책 대상 집단의 불응 요인을 파악하기 위해 국내 ‘세척제 사용사업장’의 할로젠계 세척제 규제에 대한 인식과 규제 이행 경험을 조사하고자 한다. 또한 세척 사업장의 세척제와 세척 설비 선정에 영향을 미치는 주체인 ‘세척제 제조 및 수입업체’와 ‘세척 설비 제조업체’의 인식 및 경험과 함께, 현행 규제의 합리성과 문제점을 파악하기 위해 ‘정부 및 규제 전문가’의 인식 및 경험을 조사하고자 한다. 이 조사를 통해서 금속 부품 세척 작업이 사업장에서 안전하게 이뤄지도록 유도할 수 있는 규제 개선 방향은 무엇인지, 사회적 인프라 구축에 있어 각 이해당사자의 역할이 무엇인지 알아볼 것이다.

2. 연구 목표

할로젠계 세척제 규제에 대한 사업장의 대응 경험 조사 및 대안적 규제 모색

II. 연구내용 및 방법



II. 연구 내용 및 방법

1. 연구 내용

1) 금속 부품 세척 작업 고찰

- (1) 금속 부품 세척 작업 특징
- (2) 할로겐계 화학물질의 유해성
- (3) 할로겐계 세척 설비

2) 할로겐계 세척제 관련 규제

- (1) 산업안전보건법 안전보건기준에 관한 규칙 중 관리대상 유해물질
- (2) 화학물질 등록 및 평가 등에 관한 법률과 화학물질관리법
- (3) 대기환경보전법상 특정대기유해물질
- (4) 규제순응 모형
- (5) 기업의 조직화된 무책임성
- (6) 기업의 ESG 경영과 공급망 실사법

3) 금속 부품 세척 이해당사자 경험

- (1) 할로겐계 세척 사업장
- (2) 수계 또는 탄화수소계 세척 사업장
- (3) 세척제 제조·수입업체
- (4) 세척 설비 제조업체
- (5) 규제 전문가

4) 안전한 세척 작업을 위한 사회 인프라 구축 방향

2. 연구 방법

1) 문헌 고찰

- 중심어1 : 산업안전보건법 관리대상 유해물질, 특정대기 유해물질, 유독물질, 규제 준수, 위험의 외주화
- 중심어2 : 탈지(degreasing), 세척 설비, 최적가용기법(Best Available Technology)

2) 세척 작업 및 규제 이해당사자 면담

※ 본 연구는 산업안전보건연구원 기관생명윤리위원회의 심의에서 승인받은 계획서에 따라 수행됨.
(승인일 : 2024.3.19. / 승인 번호 : OSHRI-202402-HR-007)

(1) 면담 대상자

본 연구는 세척제 사용사업장의 할로겐계 세척제 규제에 대한 인식 및 규제 이행에 대한 경험을 조사하기 위해 심층 면담을 통해 당사자의 경험과 인식을 분석하는 질적 연구 방법을 채택했다. 이를 위해 세척 작업의 이해당사자를 면담 대상으로 선정하였으며, 면담 대상자는 관련 업계에서 경험과 지식이 있어야 하므로 표본 수집은 눈덩이 표집(Snowball sampling)을 통해 의도적으로 표집했다. 눈덩이 표집은 모집단의 가시성이 낮아 확률적 표집이 어려울 때 사용하는 비확률적 표집 방식으로, 연구 참여자 등에게 연구자가 관심이 있는 특성을 공유하는 다른 연구자를 추천받는 방식을 반복해 연구 대상을 모집한다(Biernacka & Waldorf, 1981).

면담 대상자는 세척 공정 관리자, 세척제 제조 및 수입업체, 세척 설비 제조업체,

규제 전문가로 구분하였다. 세척 공정 관리자는 ‘할로겐계 세척 공정 관리자’와 ‘수계 세척 또는 탄화수소계 세척 공정 관리자’로 다시 세분화하였다. 전체 면담자 수는 총 30명으로, 면담자 유형별로 각각 할로겐계 세척 공정 관리자 7명, 수계 세척 또는 탄화수소계 세척 공정 관리자 5명, 세척제 제조업체 및 세척 설비 제조업체 종사자 10명, 규제 전문가 8명에 대해 대면 방식의 심층 면담을 실시하였다. 면담은 1회당 1~3시간에 걸쳐 이루어졌다. 면담 내용은 면담 대상자의 동의를 받아 녹취한 후 전사하였으며, 전사본을 구조화하였다.

(2) 면담 내용

면담 내용은 면담 대상자에 따라 달라지므로, 질문지를 조금씩 다르게 구성하였다. 아래는 질문지에 포함된 주요 내용에 대한 주제만 제시한 것이다. 실제 면담에서는 조금 더 구체적으로 질문하였고, 면담 대상자의 답변 내용에 따라 질문을 유연하게 추가·변경·삭제하였다.

가) 세척 공정 관리자

- 사업장의 세척 공정 현황
 - 세척 공정 : 전체 공정 흐름, 세척 목적, 피세척물 재질·크기·균일성·용도, 오염물·오염 수준
 - 세척제 : 종류, 구성성분, 구매처, 구매단가, 월 사용량, 재사용 여부 및 회수율
 - 세척 설비 : 세척 방식, 개폐 여부, 자동 여부, 규격, 제작비용, 유지비용, 단계별 구동 방식, 청소 주기
- 현행 세척 방식을 선택한 이유
- 과거 세척 방식의 대체 경험과 만족도

- 세척 작업 관련 애로사항
- 증기 세척(증기 탈지) 경험 유무
- 세척 관련 정보 수집원
- 세척제 결정에 있어 고객사(또는 모기업)의 영향력
- 관련 규제에 대한 인식 수준과 준수 의지
- 세척 공정 개선에 대한 의견
- 정부에 희망 사항
- 세척제 관련 산업 재해 인지 여부

나) 세척제 제조·수입업체

- 사업 및 판매 상품 소개
- 세척제 제조·개발 기준
- 고객사에 세척 관련 안내 여부
- 규제 인식 수준
- 세척 시장 경험 및 전망
- 화학물질 성분별 장단점 등 세척 관련 지식
- 제도 이행 경험 및 애로사항
- 세척 관련 정보 수집원
- 정부에 희망사항

다) 세척 설비 제조업체

- 사업 및 판매 상품 소개
- 세척 설비 제조 방식

- 세척 설비의 변천사
- 고객사에 세척 관련 안내 여부
- 세척 시장 경험 및 전망
- 세척 기술 등 세척 관련 지식
- 제도 이행 경험 및 애로사항
- 세척 관련 정보 수집원
- 정부에 희망 사항

라) 정부 및 규제 전문가

- 국내 사업장의 산업안전보건법 인식 수준 및 준수 의지
- 규제 준수와 미준수의 원인과 국내 현황의 문제점, 개선 방향
- 중대재해처벌법 시행으로 인한 사업장의 변화
- 정부의 바람직한 감독과 지도 방향
- 제도 및 지원 개선 의견
- (감독관 한정) 사업장 현장 감독과 지도 시 주요 검토 사항, 경험담
- (감독관 한정) 세척 공정 실태

3) 자료 분석

주제 분석법(Thematic analysis)의 절차를 준용하여 체계적으로 자료를 분석한다. 먼저 데이터에 익숙해지기 위해 전체 데이터를 반복해서 읽은 후 내용 분류에 필요한 초기 코드를 생성하고, 주제와 관련된 내용을 추출해 각각의 추출물에 코드를 각각 부여한다. 이후 코딩을 통해 연구 참여자의 진술 간에 공통적이고 반복적으로 나타나는 내용을 취합하고 이를 정의하는 주제를 부여한다.

Ⅲ. 연구 결과



Ⅲ. 연구 결과

1. 금속 부품 세척 작업 고찰

1) 금속 부품 세척 작업 특징

(1) 금속 부품 세척 작업 특징

가) 세척 목적

세척(Cleaning)은 피세척물의 표면에 있는 원하지 않는 오염물을 제거하기 위한 작업을 뜻한다. 피세척물 중에서도 금속 부품 표면의 기름 오염물을 제거하기 위한 세척은 탈지(Degreasing)라고 불리는 경우가 많다. 금속 부품의 오염물을 제거하기 위한 세척은 독립적인 작업 공정이 아닌 다른 전처리, 후처리 작업에 부수적인 작업으로 여겨진다. 예를 들면 금속 가공 후 금속 가공유를 제거하기 위한 목적으로 세척하거나, 도금이나 도장 등 표면 처리를 위한 전처리로서 세척을 수행한다. 따라서 최종 제품이 각종 금속 부품과 전자제품으로 이뤄진 자동차나 전자 기기 등은 제조 과정에서 여러 번의 세척 공정을 거치게 된다.

나) 세척 종류

피세척물의 손상 없이 표면에 있는 오염물만을 효율적으로 제거하기 위해서는 세척제 선택이 중요하다. 피세척물의 손상 없이 표면에 있는 오염물만을 효율적으로 제거하기 위해서는 세척제 선택이 중요하다. 세척제의 종류는 수계와 비수계로 크게 구분된다.

수계 세척제는 물을 용매로 하여 계면활성제나 조제, 방청제가 포함되어 있다. 산성도에 따라 산성, 알칼리성, 중성 3종류로 분류된다. 그 중에서 알칼리 세척제가 세척력이 강해서 폭넓게 사용되고 있으며, 중성 세척제도 안전성, 계면활성제의

합성 기술과 배합 기술의 진보로 많이 사용되고 있다. 산성 세척제는 안전성이나 금속 부식 등의 관점에서 도금 전 세척 등 일부 한정적인 용도로 사용되고 있다(일본산업세정협회, 2017).

수계 세척은 할로젠계 세척의 대안으로 선택될 수 있다. 할로젠계와 비교했을 때, 수계는 세척 후 건조 공정이 추가되어야 하고 세척 작업 중 생긴 배수나 행굼수를 처리하기 위한 폐수 처리 과정이 필요하다는 점에서 할로젠계 세척보다 더 많은 공간이 필요하며 폐수 처리 비용이 추가된다는 단점이 있다. 그러나 세척제 비용이 적게 소요되고, 유해한 유기용제를 사용하지 않기 때문에 작업자의 건강과 환경에 이롭고, 규제 조치로부터 비교적 자유로울 수 있다.

한편, 비수계 세척제는 염소나 브롬을 포함한 할로젠계 세척제, 석유 물질을 사용하는 탄화수소계, 기타로 나뉜다. 세척제로 쓰이는 할로젠계 화학물질 중 가장 널리 사용된 것은 트리클로로에틸렌이다. 트리클로로에틸렌은 탈지력이 뛰어나고 불연성이며 가격이 저렴하기 때문이다. 그러나 트리클로로에틸렌의 유해성이 알려지고 정부 당국의 규제가 강화되자, 일부 사업장에서는 다른 염소계 물질 혹은 브롬계 세척제를 쓰거나 탄화수소계 세척제를 사용하고 있다. 기타는 불소계나 산소계 용매가 있으며, 현재도 새로운 세척제 개발이 계속되고 있다.

다) 세척 방법

본 연구에서 수작업 세척은 다루지 않는다. 본 연구는 금속 부품을 할로젠계 세척제를 사용하여 세척조에서 이뤄지는 작업을 대상으로 한다. 수작업은 주로 할로젠계 세척제인 트리클로로에틸렌, 디클로로메탄 등을 형겅(모루)에 묻혀서 작업자가 직접 형겅으로 금속 부품이나 기계의 오염물을 닦는 세척 작업을 하는 경우다. 그러나 이 방식은 근로자가 휘발된 할로젠계 세척제의 증기를 흡입해서 건강 장애가 일어날 가능성이 높으며 트리클로로에틸렌, 디클로로메탄의 제조자들도 추천하지 않는 세척 방법이다.

세척 설비를 사용한 국내 세척 역사를 살펴보면 1940년대 이후, 국내 금속

가공 산업에서는 증기 탈지가 주축이었다. 증기 탈지는 한 단계의 세척만으로도 오일, 그리스, 윤활유 색소 및 레진을 빨리 제거할 수 있기 때문이다. 세척효과를 높이기 위해서 증기 탈지의 전(前) 단계에 담금 단계를 추가하기도 한다. 이때 세척의 주요 기능을 하는 단계는 증기 탈지조이기 때문에 담금 단계에서는 초음파는 선택 사항이다. 다만, 담금조 유무와 관계없이 부품이 세척조 밖으로 나오는 공간은 부품의 용매가 증발될 수 있는 프리보드(Freeboard)가 있는 증기 탈지조여야 한다. 국내에는 3조식(담금조-행금조-증기 세척조) 형태의 세척 설비가 많이 보급되어 있는데 ‘수동식’ 3조식 세척 설비는 다음 단계의 세척조로 부품이 이동하는 과정에서 피세척물에 묻은 세척제가 그대로 공기 중에 휘발된다. 그러면 공기 중 할로젠계 물질의 농도가 높아지게 되고 유해 물질에 대한 작업자의 노출 위험 또한 커진다.

증기 탈지조 없이 담금만으로 하는 세척은 세척 품질에도 문제가 있을 뿐 아니라 화학물질 노출도 심각하게 우려된다. 담금 세척의 경우 피세척물에서 떨어져 나와 세척조에 남아 있던 금속 가공유 등의 찌꺼기가, 다음 피세척물을 세척조에 담갔을 때 그 세척물 표면에 다시 달라붙을 수 있는데 이는 세척 불량으로 이어진다. 생산품의 품질을 관리하기 위해 세척 사업장은 세척제를 자주 교체해 주어야 하는데, 그렇게 되면 세척제 구매 비용과 폐액 처리비용이 많이 들 수밖에 없다. 또한 담금 세척 후에는 제품에 묻은 세척제를 완전히 건조하는 과정이 별도로 필요하다. 만약 건조 과정이 세척조 내부에서 증기가 응축되는 과정 없이 이루어지면 증기는 공기 중으로 이동하여 작업장의 공기 중 유해 물질 농도가 증가하게 되고, 작업 환경은 유해해진다.

라) 세척제 특징

증기 탈지는 단일물질 세척제를 사용하는 것이 일반적이다. 용매를 끓여서 증기로 만드는 것이어서 끓는 점이 여러 물질이 혼합되어 있으면 여러 문제가 생길 수 있다. 그럼에도 현재 국내에 사용되는 할로젠계 용매 세척제의 경우 혼합물 형태가 많이 발견된다.

증기 탈지는 용매를 끓여서 사용하는 것이어서 인화성 액체를 사용하지 않는데, 국내 유통 중인 할로겐계 용매 중에는 인화성 액체도 있다. 이 경우 인화점에 유의하여야 하며, 만약 제품이 혼합물이면 실험을 통해 실제 인화점을 확인하여야 한다.

개방형 증기 탈지조나 담금조에 설치된 국소 배기장치의 제어 속도를 높이면, 세척제가 더 빨리 휘발된다. 사업장에서 국소 배기장치의 제어 속도를 높이지 않는 이유이기도 하다.

세척제가 국소 배기장치를 통해 손실되거나 담금 세척을 하면 세척제를 매일 교체해야 해서 사업장에서는 세척제 구매 비용이 증가한다. 사업장에서는 세척제 구매 비용을 낮추기 위해 사업장 내에 증기 탈지조를 별도로 설치하여 세척제를 재사용하기도 하고, 성능은 낮으나 가격이 저렴한 재사용 세척제를 구매하기도 한다. 여러 할로겐계 세척제의 제조 단가가 다르므로 시장에서 세척제 구매단가는 구성성분 물질에 따라 달라진다.

2) 할로겐계 화학물질의 유해성

세척제로 사용되는 주요 할로겐계 화학물질 12종의 유해성은 다음과 같다. 각 물질별로 노출 및 건강 영향(단기 노출, 장기간 또는 반복적 노출), 유해성 분류(국내외 주요 기관의 분류, 유독물질), 국내 재해 사례를 조사하였다.

유해성 정보의 출처로는, ‘노출 및 건강 영향’은 국제노동기구(International Labour Organization, ILO)의 국제화학물질안전카드(International Chemical Safety Cards, ICSCs)를, ‘ECHA 조화 분류’는 유럽화학물질청(European Chemicals Agency, ECHA)의 조화분류(Harmonised Classification & Labelling)를, ‘NITE 분류’는 일본 국립기술평가원(National Institute of Technology and Evaluation, NITE)의 GHS 분류를, ‘환경부 분류’는 환경부의 화학물질정보처리시스템에 게시된 정보를 인용하였다.

〈표 III-1〉 국내에서 세척제 용도로 유통되는 주요 할로겐계 화학물질 12종

#	할로겐계 세척제	
	화학물질명	CAS No.
1	트리클로로에틸렌 (TCE)	79-01-6
2	디클로로메탄 (MC)	75-09-2
3	테트라클로로에틸렌 (PERC/PCE)	127-18-4
4	사염화탄소 (CTC)	56-23-5
5	1,1,1-트리클로로에탄 (1,1,1-TCA)	71-55-6
6	트리클로로메탄 (TCM)	67-66-3
7	1-브로모프로판 (1-BP)	106-94-5
8	1,2-디클로로프로판 (1,2-DCP)	78-87-5
9	트랜스-1,2-디클로로에틸렌 (trans-DCE)	156-60-5
10	디브로모메탄 (DBM)	74-95-3
11	디메틸카보네이트 (DMC)	616-38-6
12	1,2-디클로로에틸렌 (1,2-DCE)	540-59-0

(1) 트리클로로에틸렌(Trichloroethylene, TCE) [CAS No. 79-01-6]

가) 노출 및 건강 영향(ILO ICSC)

구분	노출에 따른 건강 영향
단기 노출	<ul style="list-style-type: none"> • 눈, 피부, 기도에 자극성이 있음 • 삼키면 구토를 유발하고, 흡인성 폐렴을 발생시킬 수 있음 • 중추신경계, 간, 신장에 영향을 줄 수 있음 • 기능 장애를 유발할 수 있음 • 고농도에 노출되면 무의식을 일으킬 수 있음
장기간 또는 반복적 노출	<ul style="list-style-type: none"> • 피부에 반복적으로 또는 장기간 접촉할 경우 피부염 유발할 수 있음 • 중추신경계에 영향을 줄 수 있음 • 피로, 과민성, 정신 및 기억력 장애를 유발할 수 있음 • 간, 신장, 면역체계에 영향을 줄 수 있음 • 사람에게 발암성이 있음 • 사람에게 생식 또는 발달 독성을 가짐

나) 유해성 분류

구분	유해성 분류	유해·위험문구
ECHA 조화 분류	발암성 구분1B	H350
	생식세포변이원성 구분2	H341
	피부부식성/자극성 구분2	H315
	심한눈손상/눈자극성 구분2	H319
	특정표적장기독성(1회노출) 구분3(마취 영향)	H336
	수생환경유해성(만성) 구분3	H412
NITE 분류	급성독성(흡입:증기) 구분4	H332
	피부부식성/자극성 구분2	H315
	심한눈손상/눈자극성 구분2A	H319
	피부과민성 구분1	H317
	생식세포변이원성 구분2	H341
	발암성 구분1A	H350
	생식독성 구분2	H361
	특정표적장기독성(1회노출) 구분1(중추신경계)	H370
	특정표적장기독성(1회노출) 구분3(호흡기계 자극, 마취영향)	H336
특정표적장기독성(반복노출) 구분1(중추신경계, 간)	H372	
환경부 분류	발암성 구분1A	H350
	생식세포변이원성 구분2	H341
	피부부식성/자극성 구분2	H315
	피부과민성 구분1	H317
	심한눈손상/눈자극성 구분2	H319
	특정표적장기독성(1회노출) 구분3	H336
	수생환경유해성(만성) 구분3	H412
유독물질	0.1% 이상 (고유번호 : 97-1-309) [2021년] 유독물질 함량기준 강화 (85%→0.1%)	

다) 국내 재해 사례

- [1991.5.] 인천 소재 철제 가공물 도장 업체에서 초음파세척기의 통 내부 청소를 위해 근로자 1명이 세척통 안으로 들어가 작업도중 질식, 동료 근로자 들이 구조하러 갔다가 연쇄 중독, 질식 4명이 사망하고 5명이 중상

- [2002.10.] 1개월간 세척 업무를 하며 독성 간염, 피부질환으로 입원 치료 후 다시 증상이 악화되어 입원하였으며 TCE 민감성 증후군 및 괴사성 폐렴으로 사망 (작업 내용: 약 1개월간 보호구 미착용 상태로 TCE 세척조에 절단된 스테인레스 강판을 담금식 세척)
- [2015.6.2.] 7:39경 안산 소재 도장 및 피막처리 사업장에서 근로자 2명이 TCE 세척조에 들어가 증기조 청소 작업 중, 세척조 잔류 증기에 의해 중독되어 쓰러져 병원으로 이송하였으나 2명 모두 사망
- [2019.6.19.] 10:10경 화성 소재 사업장에서 방진 마스크를 착용한 상태에서 세척조 내부에 들어가 청소 작업 중 TCE 증기에 중독되어 사망

(2) 디클로로메탄(Methylene Chloride, MC) [CAS No. 75-09-2]

가) 노출 및 건강 영향(ILO ICSC)

구분	노출에 따른 건강 영향
단기 노출	<ul style="list-style-type: none"> • 눈, 피부, 기도에 자극성이 있음 • 삼키면 구토를 유발하고, 흡인성 폐렴을 발생시킬 수 있음 • 중추신경계, 혈액, 간, 심장, 폐에 영향을 줄 수 있음 • 노출되면 일산화탄소 중독을 일으킬 수 있음 • 기능 장애를 유발할 수 있음 • 고농도에 노출되면 의식 저하, 사망을 일으킬 수 있음 • 영향이 지연되어 나타날 수 있음
장기간 또는 반복적 노출	<ul style="list-style-type: none"> • 중추신경계에 영향을 줄 수 있음 • 사람에게 발암성이 있는 것으로 보임

나) 유해성 분류

구분	유해성 분류	유해·위험문구
ECHA 조화 분류	발암성 구분1A	H350
NITE 분류	발암성 구분1A 급성독성(흡입:증기) 구분4 피부부식성/자극성 구분2 심한눈손상/눈자극성 구분2A 생식독성 구분2 특정표적장기독성(1회노출) 구분1(중추신경계, 호흡기계) 특정표적장기독성(1회노출) 구분3(마취영향) 특정표적장기독성(반복노출) 구분1(중추신경계, 간, 남성생식기계)	H350 H332 H315 H319 H361 H370 H336 H372
환경부 분류	피부부식성/자극성 구분2 심한눈손상/눈자극성 구분2 생식세포변이원성 구분2 발암성 구분1(1B) 특정표적장기독성(1회노출) 구분3 특정표적장기독성(반복노출) 구분2	H315 H319 H341 H350 H336 H373
유독물질	0.1% 이상 (고유번호 : 2019-1-93)	

다) 국내 재해 사례

- [2010.10.] 금속제품제조업에서 탈지조 드레인 밸브에서 누출된 MC 청소 중 중독, 질식하여 근로자 1명 급성중독 사망(노출 기간 1일)
- [2014.2.11.] 울산 소재 금속제품(도장공정에서 사용하는 지그)에 묻은 페인트를 제거하는 사업장에서 담금 세척조 내부의 슬러지 제거 작업을 하던 중 세척조 내부에 누출돼 있던 MC에 중독
- [2014.5.] 협력업체 소속 근로자 2명이 탱크 내부에서 유분 제거를 위해 MC로 분사 세척 중 급성중독 발생, 구조자 1명도 중독
- [2022.3.] 9:30경 인천 소재 사업장에서 MC를 사용하는 세척조 내부 청소를 위해 세척조에 남은 MC를 바가지로 퍼내는 중 쓰러져 사망

(3) 테트라클로로에틸렌(Perchloroethylene, PERC/PCE) [CAS No. 127-18-4]

가) 노출 및 건강 영향(ILO ICSC)

구분	노출에 따른 건강 영향
단기 노출	<ul style="list-style-type: none"> • 눈, 피부, 기도에 자극성이 있음 • 삼키면 구토를 유발하고 흡입성 폐렴을 발생시킬 수 있음 • 중추신경계에 영향을 줄 수 있음 • 높은 수준으로 노출되면 무의식을 일으킬 수 있음
장기간 또는 반복적 노출	<ul style="list-style-type: none"> • 피부염을 유발할 수 있음 • 간, 신장, 중추신경계에 영향을 줄 수 있음 • 사람에게 발암성이 있는 것으로 보임

나) 유해성 분류

구분	유해성 분류	유해·위험문구
ECHA 조화 분류	발암성 구분2	H351
	수생환경유해성 만성 구분2	H411
NITE 분류	급성독성(흡입:증기) 구분4	H332
	피부부식성/자극성 구분2	H315
	심한눈손상/눈자극성 구분2B	H320
	발암성 구분1B	H350
	생식독성 구분2	H361
	특정표적장기독성(1회노출) 구분1(중추신경계, 호흡기계, 간)	H370
	특정표적장기독성(1회노출) 구분3(마취영향)	H336
	특정표적장기독성(반복노출) 구분1(신경계, 간, 호흡기계)	H372
	특정표적장기독성(반복노출) 구분2(신장)	H373
수생환경유해성 급성 구분1	H400	
수생환경유해성 만성 구분1	H410	
환경부 분류	피부부식성/자극성 구분2	H315
	심한눈손상/눈자극성 구분2	H319
	피부과민성 구분1	H317
	발암성 구분1(1B)	H350
	특정표적장기독성(1회노출) 구분3	H336
수생환경유해성 만성 구분2	H411	
유독물질	0.1% 이상 (고유번호 : 97-1-297)	

(4) 사염화탄소(Carbon tetrachloride, CTC) [CAS No. 56-23-5]

가) 노출 및 건강 영향(ILO ICSC)

구분	노출에 따른 건강 영향
단기 노출	<ul style="list-style-type: none"> • 눈에 자극성이 있음 • 간, 신장, 중추신경계에 영향을 줄 수 있음 • 무의식을 유발할 수 있음 • 의료적 관찰이 필요함
장기간 또는 반복적 노출	<ul style="list-style-type: none"> • 피부염을 유발할 수 있음 • 간, 신장, 중추신경계에 영향을 줄 수 있음 • 장기 기능 손상, 경화증을 유발할 수 있음 • 사람에게 발암성이 있을 수 있음

나) 유해성 분류

구분	유해성 분류	유해·위험문구
ECHA 조화 분류	급성독성(경구) 구분3	H301
	급성독성(경피) 구분3	H311
	급성독성(흡입) 구분3	H331
	발암성 구분2	H351
	특정표적장기독성(반복노출) 구분1	H372
	수생환경유해성 만성 구분3	H412
	오존층유해성 구분1	H420
NITE 분류	급성독성(흡입:증기) 구분4	H332
	피부부식성/자극성 구분2	H315
	심한눈손상/눈자극성 구분2	H319
	발암성 구분1B	H350
	생식독성 구분2	H361
	특정표적장기독성(1회노출) 구분1(중추신경계, 간, 신장)	H370
	특정표적장기독성(반복노출) 구분1(간, 신장)	H372
	특정표적장기독성(반복노출) 구분2(호흡기)	H373
	수생환경유해성 급성 구분1	H400
	수생환경유해성 만성 구분1	H410
오존층유해성 구분1	H420	

구분	유해성 분류	유해·위험문구
환경부 분류	급성독성(경구) 구분3	H301
	급성독성(경피) 구분3	H311
	급성독성(흡입) 구분3	H331
	발암성 구분2	H351
	특정표적장기독성(반복노출) 구분1	H372
	수생환경유해성 급성 구분1	H400
	수생환경유해성 만성 구분1	H410
	오존층유해성 구분1	H420
유독물질	1% 이상 (고유번호 : 97-1-126)	

(5) 1,1,1-트리클로로에탄(1,1,1-Trichloroethane, 1,1,1-TCA) [CAS No. 71-55-6]

가) 노출 및 건강 영향(ILO ICSC)

구분	노출에 따른 건강 영향
단기 노출	<ul style="list-style-type: none"> • 눈, 기도, 피부에 경미한 자극성이 있음 • 중추신경계에 영향을 줄 수 있음 • 의식 저하를 유발할 수 있음 • 높은 수준으로 노출되면 심장 부정맥을 일으킬 수 있음
장기간 또는 반복적 노출	<ul style="list-style-type: none"> • 피부를 탈지하여 피부 건조 또는 갈라짐을 유발할 수 있음

나) 유해성 분류

구분	유해성 분류	유해·위험문구
ECHA 조화 분류	급성독성(흡입) 구분4 오존층유해성 구분1	H332 H420
NITE 분류	피부부식성/자극성 구분2 심한눈손상/눈자극성 구분2 발암성 구분1B 생식독성 구분2 특정표적장기독성(1회노출) 구분1(중추신경계, 심장) 특정표적장기독성(1회노출) 구분3(마취영향, 호흡기자극) 특정표적장기독성(반복노출) 구분1(중추신경계, 간, 심장) 특정표적장기독성(반복노출) 구분2(폐) 수생환경유해성 급성 구분1 수생환경유해성 만성 구분1 오존층유해성 구분1	H315 H319 H350 H361 H370 H335, H336 H372 H373 H400 H410 H420
환경부 분류	-	-
유독물질	-	-

(6) 트리클로로메탄(Trichloromethane(Chloroform), TCM) [CAS No. 67-66-3]

가) 노출 및 건강 영향(ILO ICSC)

구분	노출에 따른 건강 영향
단기 노출	<ul style="list-style-type: none"> • 눈에 자극성이 있음 • 중추신경계, 간, 신장에 영향을 줄 수 있음 • 영향이 지연되어 나타날 수 있음 • 의료적 관찰이 필요함
장기간 또는 반복적 노출	<ul style="list-style-type: none"> • 피부를 탈지하여 피부 건조 또는 갈라짐을 유발할 수 있음 • 간, 신장에 영향을 줄 수 있음 • 사람에게 발암성이 있을 수 있음

나) 유해성 분류

구분	유해성 분류	유해·위험문구
ECHA 조화 분류	발암성 구분2	H351
	피부부식성/자극성 구분2	H315
	급성독성(경구) 구분4	H302
	급성독성(흡입) 구분3	H331
	심한눈손상성/눈자극성 구분2	H319
	생식독성 구분2	H361
	특정표적장기독성(반복노출) 구분1	H372
NITE 분류	급성독성(경구) 구분4	H302
	급성독성(흡입:증기) 구분3	H331
	피부부식성/자극성 구분2	H315
	심한눈손상/눈자극성 구분1	H318
	생식세포변이원성 구분2	H341
	발암성 구분2	H351
	생식독성 구분2	H361
	특정표적장기독성(1회노출) 구분1(호흡기, 심혈관계, 간, 신장)	H370
	특정표적장기독성(1회노출) 구분3(마취영향)	H336
	특정표적장기독성(반복노출) 구분1(중추신경계, 호흡기, 간, 신장)	H372
수생환경유해성 만성 구분1	H410	
환경부 분류	급성독성(경구) 구분4	H302
	급성독성(흡입) 구분3	H331
	피부부식성/자극성 구분2	H315
	심한눈손상/눈자극성 구분2	H319
	발암성 구분2	H351
	생식독성 구분2	H361
	특정표적장기독성(1회노출) 구분3	H336
	특정표적장기독성(반복노출) 구분1	H372
유독물질	10% 이상 (고유번호 : 97-1-281)	

다) 국내 재해 사례

- [2010.5.] 의료기계기구제조업에서 독성간염 3명(노출기간 40일가량)
- [2022.2.] 창원 소재 에어컨 부속자재 제조업체에서 부품 세척과정에서 노출기준 초과 농도의 TCM에 노출된 근로자들의 집단 급성 간중독 16명 발생(중대재해법 기소 1호)
- [2022.2.] 김해 소재 자동차부품 제조업체에서 집단 급성 간중독 13명 발생

(7) 1-브로모프로판(1-Bromopropane, 1-BP) [CAS No. 106-94-5]

가) 노출 및 건강 영향(ILO ICSC)

구분	노출에 따른 건강 영향
단기 노출	<ul style="list-style-type: none"> • 눈, 피부, 기도에 자극성이 있음 • 중추신경계에 영향을 줄 수 있음 • 의식 저하를 유발할 수 있음
장기간 또는 반복적 노출	<ul style="list-style-type: none"> • 중추신경계, 말초신경계에 영향을 줄 수 있음 • 기능 손상을 유발할 수 있음 • 사람에게 발암성이 있을 수 있음 • 사람에게 생식 또는 발달독성을 가질 수 있음

나) 유해성 분류

구분	유해성 분류	유해·위험문구
ECHA 조화 분류	인화성액체 구분2	H225
	생식독성 구분1B	H360
	심한눈손상성/눈자극성 구분2	H319
	피부부식성/자극성 구분2	H315
	특정표적장기독성(1회노출) 구분3(호흡기자극, 마취영향) 특정표적장기독성(반복노출) 구분2	H335, H336 H373
NITE 분류	인화성액체 구분2	H225
	급성독성(흡입:증기) 구분4	H332
	심한눈손상성/눈자극성 구분2	H319
	발암성 구분2	H351
	생식독성 구분1B	H360
	특정표적장기독성(1회노출) 구분3(호흡기자극, 마취영향)	H335, H336
	특정표적장기독성(반복노출) 구분1(신경계)	H372
특정표적장기독성(반복노출) 구분2(간, 호흡기)	H373	
수생환경유해성 만성 구분3	H412	
환경부 분류	심한눈손상/눈자극성 구분2	H319
	발암성 구분2	H351
	생식독성 구분1(1B)	H360
	특정표적장기독성(1회노출) 구분3	H335
	특정표적장기독성(반복노출) 구분2	H373
수생환경유해성 만성 구분3	H412	
유독물질	0.3% 이상 (고유번호 : 2020-1-997)	

(8) 1,2-디클로로프로판(1,2-Dichloropropane, 1,2-DCP) [CAS No. 78-87-5]

가) 노출 및 건강 영향(ILO ICSC)

구분	노출에 따른 건강 영향
단기 노출	<ul style="list-style-type: none"> • 눈, 피부, 기도에 자극성이 있음 • 중추신경계에 영향을 줄 수 있음
장기간 또는 반복적 노출	<ul style="list-style-type: none"> • 피부 감작을 유발할 수 있음 • 피부를 탈지하여 피부 건조 또는 갈라짐을 유발할 수 있음 • 간, 신장에 영향을 줄 수 있음 • 사람에게 발암성이 있음

나) 유해성 분류

구분	유해성 분류	유해·위험문구
ECHA 조화 분류	인화성액체 구분2	H225
	급성독성(경구) 구분4	H302
	급성독성(흡입) 구분4	H332
	발암성 1B	H350
NITE 분류	인화성액체 구분2	H225
	급성독성(경구) 구분4	H302
	급성독성(흡입:중기) 구분3	H331
	심한눈손상성/눈자극성 구분2	H319
	피부과민성 구분1A	H317
	생식세포변이원성 구분2	H341
	발암성 구분1A	H350
	생식독성 구분2	H361
	특정표적장기독성(1회노출) 구분1(혈액계, 간, 신장)	H370
	특정표적장기독성(1회노출) 구분3(마취영향)	H336
	특정표적장기독성(반복노출) 구분1(혈액계, 간, 신장)	H372
특정표적장기독성(반복노출) 구분2(호흡기)	H373	
수생환경유해성 만성 구분3	H412	
환경부 분류	인화성액체 구분2	H225
	급성독성(흡입) 구분3	H331
	심한눈손상/눈자극성 구분2	H319
	발암성 구분1	H350
	수생환경유해성 만성 구분3	H412
유독물질	0.1% 이상 (고유번호 : 2017-1-763)	

(9) 트랜스-1,2-디클로로에틸렌(trans-1,2-Dichloroethylene, trans-DCE) [CAS No. 156-60-5]

가) 유해성 분류

구분	유해성 분류	유해·위험문구
ECHA 조화 분류	인화성액체 구분2	H225
	급성독성(흡입) 구분4	H332
	수생환경유해성 만성 구분3	H412
NITE 분류	인화성액체 구분2	H225
	급성독성(경구) 구분4	H302
	피부부식성/자극성 구분2	H315
	심한눈손상성/눈자극성 구분2A	H319
	특정표적장기독성(1회노출) 구분1(호흡기, 간)	H370
	특정표적장기독성(1회노출) 구분2(심장)	H371
특정표적장기독성(1회노출) 구분3(마취영향)	H336	
환경부 분류	-	-
유독물질	-	-

(10) 디브로모메탄(Dibromomethane, DBM) [CAS No. 74-95-3]

가) 노출 및 건강 영향(ILO ICSC)

구분	노출에 따른 건강 영향
단기 노출	<ul style="list-style-type: none"> • 눈, 피부, 기도에 경미한 자극성이 있음 • 삼키면 구토를 유발하고, 흡인성 폐렴을 발생시킬 수 있음 • 중추신경계, 혈액, 심장에 영향을 줄 수 있음 • 노출되면 일산화탄소 중독을 일으킬 수 있음 • 기능 장애를 유발할 수 있음 • 영향이 지연되어 나타날 수 있음 • 고농도에 노출되면 의식 불명 또는 사망을 일으킬 수 있음
장기간 또는 반복적 노출	<ul style="list-style-type: none"> • 피부염을 유발할 수 있음 • 중추신경계, 간, 신장, 폐에 영향을 줄 수 있음

나) 유해성 분류

구분	유해성 분류	유해·위험문구
ECHA 조화 분류	급성독성(흡입) 구분4 수생환경유해성 만성 구분3	H332 H412
NITE 분류	급성독성(흡입:증기) 구분4 피부부식성/자극성 구분2 심한눈손상성/눈자극성 구분2 생식독성 구분2 특정표적장기독성(1회노출) 구분3(마취영향)	H332 H315 H319 H361 H336
환경부 분류	-	-
유독물질	-	-

(11) 디메틸카보네이트(Dimethylcarbonate, DMC) [CAS No. 616-38-6]

가) 노출 및 건강 영향(ILO ICSC)

구분	노출에 따른 건강 영향
단기 노출	• 증기는 눈에 경미한 자극성이 있음
장기간 또는 반복적 노출	-

나) 유해성 분류

구분	유해성 분류	유해·위험문구
ECHA 조화 분류	인화성액체 구분2	H225
NITE 분류	인화성액체 구분2 생식독성 구분2	H225 H361
환경부 분류	-	-
유독물질	-	-

(12) 1,2-디클로로에틸렌(1,2-Dichloroethylene, 1,2-DCE) [CAS No. 540-59-0]

가) 노출 및 건강 영향(ILO ICSC)

구분	노출에 따른 건강 영향
단기 노출	<ul style="list-style-type: none"> • 눈, 기도에 자극성이 있음 • 정도가 높을 시 중추신경계에 영향을 줄 수 있음 • 의식 저하를 유발할 수 있음
장기간 또는 반복적 노출	<ul style="list-style-type: none"> • 피부를 탈지하여 피부 건조 또는 갈라짐을 유발할 수 있음 • 간에 영향을 줄 수 있음

나) 유해성 분류

구분	유해성 분류	유해·위험문구
ECHA 조화 분류	인화성액체 구분2 급성독성(흡입) 구분4 수생환경유해성 만성 구분3	H225 H332 H412
NITE 분류	인화성액체 구분2 급성독성(경구) 구분4 심한눈손상성/눈자극성 구분2A 특정표적장기독성(1회노출) 구분1(호흡기, 간) 특정표적장기독성(1회노출) 구분3(마취영향) 수생환경유해성 만성 구분2	H225 H302 H319 H370 H336 H411
환경부 분류	-	-
유독물질	-	-

3) 미국의 할로젠계 물질에 대한 TSCA 규제 동향

(1) 트리클로로에틸렌(TCE) 대상 TSCA 규제

2024년 12월, EPA는 간암, 신장암, 비-호치킨 림프종 등의 건강 위험으로부터 사람들을 보호하기 위해 독성물질관리법(Toxic Substances Control Act, 이하 “TSCA”)에 따라 TCE를 규제하는 최종 규정(final rule)을 발표하였다. 이에 따라 트리클로로에틸렌(TCE, CAS No. 79-01-6) 또는 트리클로로에틸렌이 포함된 제품을 제조(수입 포함), 가공, 유통, 사용, 폐기하는 모든 사람은 미국환경청(EPA)의 화학물질 규제 영향을 받을 수 있다.

앞으로 미국에서 중량 기준 0.1%를 초과하는 트리클로로에틸렌을 함유한 제품의 사용은 단계적으로 금지된다. 소비자 용도와 관련해서, 2025년 3월 17일 이후로 제조가 금지되고 2025년 6월 16일 이후로 가공(process)과 유통(distribution)이 금지된다. 그리고 산업 및 상업적 용도(industrial and commercial uses)와 관련해서는, 2025년 3월 17일 이후로 제조가 금지되고 2025년 6월 16일 이후로 가공이 금지되며, 2025년 9월 15일 이후로 사용(use)이 금지된다. 다만, 일부 사용은 TSCA 섹션 6(g) Exemption에 따라 일시적으로 가능할 수 있다.

단계적 폐지 기간 TCE를 사용하려면 작업장 화학물질 보호 프로그램(Workplace Chemical Protection Program, 이하 “WCPP”)을 실시하여야 한다.

WCPP에서는 시설 소유자(owners of facilities)와 시설 운영자(operators of facilities)에게 새로운 흡입 노출기준을 준수하도록 요구한다. 예를 들어 interim ECEL(Existing Chemical Exposure Limits)이 8시간 가중 평균 노출기준 0.2ppm이다. ECEL은 EPA에서 TSCA에서의 위험 관리 절차의 일환으로 WCPP에 포함되는 노출기준이며, TCE 등 화학물질의 흡입 노출로 인한 심각한 건강 위험으로부터 작업장 내 근로자 및 기타 잠재적 노출자로 지칭되는 사람들을 보호하기 위한 목적으로 설정된다.

상세한 내용은 40 CFR Part 751, subpart D에 제시되어 있다.

(2) 디클로로메탄(MC) 대상 TSCA 규제

2024년 4월, EPA는 흡입 또는 피부 노출로 인한 신경독성 영향 및 암과 같은 건강 위험으로부터 사람들을 보호하기 위해 TSCA에 따라 디클로로메탄을 규제하는 최종 규정을 발표하였다. 이에 따라 디클로로메탄(MC, CAS No. 75-09-2) 또는 디클로로메탄이 포함된 제품을 제조(수입 포함), 가공, 유통, 사용, 폐기하는 모든 사람은 미국환경청(EPA)의 화학물질 규제 영향을 받을 수 있다.

앞으로 미국에서 디클로로메탄을 함유한 제품의 사용은 단계적으로 금지된다. 소비자 용도와 관련해서는 2025년 5월 5일 이후로 유통(distribution)이 금지되며, 대부분의 상업적 용도(commercial uses)와 관련해서는 2026년 4월 28일부터 사용(use)이 금지된다. 그리고 작업장 내 사용 관련해서는 상업용 가구 재도장(commercial furniture refinishing)에 한해 2029년 5월 8일까지 사용할 수 있다.

다만 자국 내 제조(domestic manufacturing), 수입(import), 반응물로 가공(processing as a reactant) 등을 포함한 13가지의 특정한 사용 조건에서 디클로로메탄을 계속 사용하고자 하는 경우 WCPP를 실시하여야 한다. 그리고 WCPP에 따라 시설 소유자와 시설 운영자는 새로운 흡입 노출기준인 8시간 가중 평균 노출기준 2ppm 등을 준수할 수 있도록 적절한 조치를 하여야 하며, 지정된 기한을 준수하여 노출 저감 계획을 발전시키고 이행해 가야 한다.

상세한 내용은 40 CFR Part 751, subpart B에 제시되어 있다.

4) 해외 할로겐계 세척 설비

(1) 일본 세척설비

일본의 한 세척 자문 업체에 따르면, 일본 내 산업세척 수행 사업장의 비율은 수계 세척 사업장이 60%, 비수계 세척 사업장이 30%, 기타 10% 정도이다. 일본도 국내와 마찬가지로 대기업은 비할로겐계 물질로 세척제 전환이 이뤄졌으나 중소기업은 여전히 할로겐계 세척제를 사용하고 있다. 그리고 할로겐계 세척제를 사용할 때 밀폐형 설비를 사용하는 경우는 많지 않다고 한다(일본○○○건설팀, personal communication, July 25, 2024).

일본의 세척 설비 기술에 관해서는 일본 산업 세척 협의회 세척 기술 위원회에서 발간한 ‘오늘부터 아는 것 시리즈 「토코톤 친절한 세척액(제2판)」 도서를 참고하였다.

3조식 세척 설비는 불소(F)계 세척제, 염소(Cl)계 세척제 등 비수계 불연성 세척제 취급 시 널리 사용되고 있으며 시간이나 에너지 절약, 유지력이 높은 이상적인 세척 시스템이다. 3조식 세척기는 세척조, 행굼조, 증기탈지조로 이루어진 3개의 조로 구성되어 있으며, 다음과 같은 순서로 반복 순환된다.

- 1단계 : 오염된 세척제는 증기탈지조(3조)로 보내진다.
- 2단계 : 증기탈지조(3조)에서 세척제는 히터로 가열되고 기화되며 오염물은 증기탈지조(3조)에 쌓인다.
- 3단계 : 기화된 세척제 증기는 세척조 상부 냉각관에서 냉각, 회수되어 수(水)분리기에 모인다.
- 4단계 : 수분리기에서 수분을 비중 분리하여 세척제가 행굼조(2조)로 보내진다.
- 5단계 : 행굼조(2조)에서 넘쳐흐른 세척제가 세척조(1조)로 보내진다.

3조식 세척기는 위와 같이 세척제를 항상 증류 재생하면서 세척하기 때문에 각 조의 세척제 오염도를 일정하게 유지할 수 있다. 한편, 증기조에서는 행굼조에서 식힌 피세척물이 세척제의 증기에 놓이기 때문에 피세척물 표면에서 세척제가 결로되어 피세척물 표면으로부터 흘러내리는 것으로 마무리 세척을 한다. 피세척물의 표면 온도가 세척제의 증기 온도와 같아지면 비로소 건조가 끝난다.

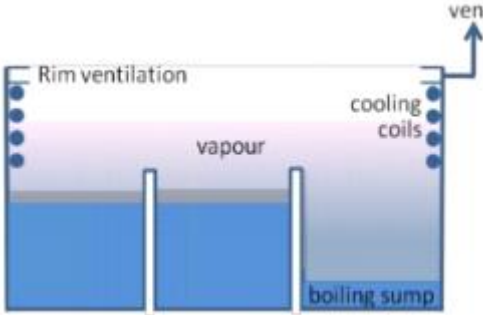
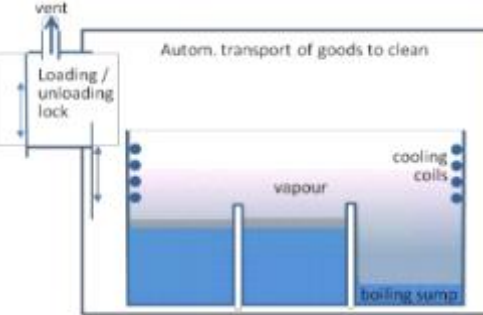
3조식 세척기는 3개 조의 각 단계에서의 정체시간(머무름시간)을 잘 설정해 두면 연속적인 작업이 가능해서 고효율로 세척할 수 있다. 그러나 세척조의 개구면적이 커질수록 세척제의 손실량도 많아지기 때문에 피세척물을 가로가 아닌 세로로 움직이게 함으로써 세척조의 개구면적을 줄인 세로형 세척기나, 피세척물 대신 세척제를 움직이는 밀폐형 세척기 등이 개발되고 있다.

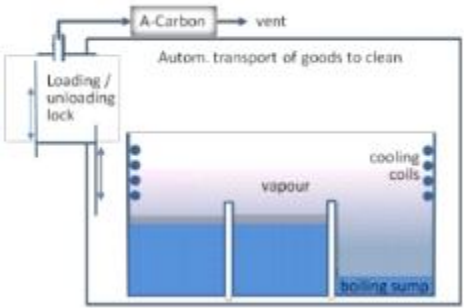
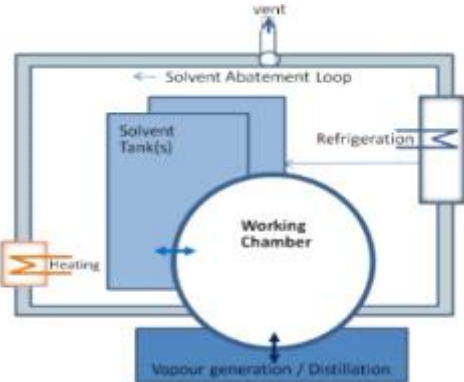
(2) 유럽 세척 설비

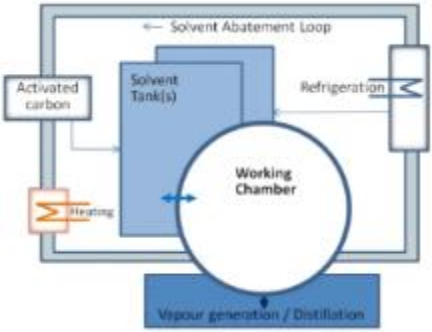
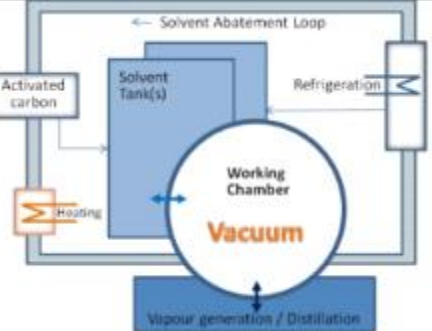
유럽의 세척 설비는 1980년대 이후로 단순하고 기본적인 형태에서부터 오늘날 상용화된 밀폐형 장비로 크게 발전하면서, 내부 밀폐형 장비, 용매 재활용, 진공 기술 등 혁신적인 기술들이 세척 설비에 도입되었다. 유럽의 세척 설비 권장 사항을 확인하기 위하여 유럽 염소계 용제 협회(European Chlorinated Solvent Association, 이하 “ECSA”)에서 유통업자 및 사용자의 안전한 염소계 용제 취급·사용을 돕기 위해 발간한 ‘염소계 용제의 저장 및 취급 지침(원제: Guidance on Storage and Handling of Chlorinated Solvents)’을 검토하였다.

ECSA는 최적 가용 기법(Best Available Techniques economically achievable, 이하 “BAT”)의 최신 밀폐형 장비를 사용하고, 특히 표면 세척에서 최소 <표 III-2>의 유형Ⅲ 이상에 해당하는 장비를 사용할 것을 강력히 권장하고 있다. 표면 세척에 사용되는 세척 설비 유형을 정리하면 다음 표와 같다.

〈표 III-2〉 유럽의 세척 설비 유형별 주요 특징

구분	회로도	주요 특징 (주요 개선 사항은 밑줄 표시)	법률 준수
<p>유형 I 개방형 (Open Top)</p>		<ul style="list-style-type: none"> • 개방형 • 세척기 가장자리에서 환기 • 냉각수 또는 냉각 쿨링(2℃) • 일반적인 대기 배출량 : 평균 1~16 kg/h, 평균 4.7 kg/h 	-
<p>유형 IIa 밀폐형 -대기 직접환기</p>		<ul style="list-style-type: none"> • <u>모든 면이 닫힘</u> • <u>투입/반출용 공기차단장치(에어락)</u> • <u>피세척물 자동 이송</u> • 일반적인 대기 배출량 : 2.0kg/h 	-

구분	회로도	주요 특징 (주요 개선 사항은 밑줄 표시)	법률 준수
<p>유형 II b 밀폐형 & 저감 -외부 활성탄 필터를 통한 환기</p>		<ul style="list-style-type: none"> • II a 유형과 동일하지만, 추가 외부 활성탄필터(용제 배출량 저감용) • 일반적인 대기 배출량 : 1.0kg/h 	<ul style="list-style-type: none"> • 독일 배출기준 충족 • US-SED 지침의 한계농도 충족 가능
<p>유형 III 개방 전 내부 공기정화를 포함하는 밀폐형</p>		<ul style="list-style-type: none"> • 폐쇄형 단일 챔버 또는 수집 챔버 사용(용제가 담긴 수조의 밀봉용 공기차단장치 (에어락)) • 냉각(<-20℃)기능이 있는 용매 저감 회로 - 개방 전 공기를 정화(<2g/m³) • 일반적인 대기 배출량 : 155g/h 	<ul style="list-style-type: none"> • 독일 배출기준 충족 • US-SED 지침의 한계농도 충족 가능

구분	회로도	주요 특징 (주요 개선 사항은 밑줄 표시)	법률 준수
<p>유형Ⅳ 배기 없이 폐쇄형 에어컨조를 포함한 밀폐형</p>		<ul style="list-style-type: none"> • 배기 공기 없음(완전히 밀폐된 회로) • 장비 내 <u>활성탄</u> 및 <u>냉각기능</u> 추가 • 세척이 어려운 모양의 제품도 잘 건조됨 • 일반적인 대기 배출량 : 1~10g/h, 평균 38g/h 	<ul style="list-style-type: none"> • 독일 배출기준 충족 • US-SED 지침의 한계농도 충족 가능
<p>유형Ⅴ 통풍구 없이 진공상태의 밀폐형</p>		<ul style="list-style-type: none"> • 유형Ⅳ와 동일하지만, <u>진공기술이 적용됨</u> : 감압 조건에서 증류와 챔버 작동이 유지 • 건조기능 개선 • 배출량 감소 • 폐기물 감소 • 용매 수명 증가(낮은 온도로 인해) 	<ul style="list-style-type: none"> • 독일 배출기준 충족 • US-SED 지침의 한계농도 충족 가능

유럽연합은 2010년 산업배출지침(Industry Emissions Directive, 이하 “IED”)을 제정하면서 각 회원국에 최적 가용 기법(BAT)의 개발 및 적용을 의무화하였다. 현 시점을 기준으로 오염 물질 배출을 최소한으로 저감할 수 있는 가장 효율적인 기술이 무엇인지, 배출 현황은 어떻게 되는지, 자원 및 에너지 소비 수준은 어떤지 등 내용을 담은 BAT 기준서를 보급하고, 업종별로 사업장 여건에 따라 가능한 범위 내에서 BAT를 적용하게 함으로써 환경 관리를 최적화하는 것이다.

‘BAT’의 정의를 살펴보면 ‘가장 효과적이고 앞선 단계의 산업 활동 및 관련 배출시설의 운영방식’으로 정의되어 있으며, 배출한계값을 설정하거나 그 근거를 제시하는 데 실질적으로 적합한 특정 기법을 의미한다. 즉, 사업장 내 시설이나 공정에 적용되어 오염을 저감시키는 효과도 있으면서 경제적인 최적의 환경 관리 기법인 것이다. 유럽연합의 기준서는 기준서마다 약 70~100개 정도의 BAT가 제시되어 있는데, 기술의 진보에 따라 내용이 업데이트 되면서 BAT 수준이 높아지고 배출한계값 역시 강화된다.

유럽 세척 시설·공정에서는 가장 효율적인 기술로 어떤 것을 채택하는지 확인하기 위하여, ‘유기용제를 사용한 표면처리에 관한 최적가용기법 지침서’(원제 : Reference Document on Best Available Techniques on Surface Treatment of Using Organic Solvents)를 검토하였다.

〈유기용제를 사용한 표면처리에 관한 최적가용기법 지침서〉

해당 지침서는 ‘물질, 물체, 제품 등의 표면처리, 특히 드레싱(dressing), 인쇄, 코팅, 탈지(degreasing), 방수처리, 사이징(sizing), 도색(painting), 세정(cleaning), 함침(impregnating) 등을 처리하는 데 시간당 150kg 이상 또는 연간 20톤 이상의 유기용제를 사용하는 시설’을 중심으로 BAT를 제시한다.

해당 지침에 제시된 BAT 중 특히 ‘세척’ 및 ‘유해성이 낮은 물질(대체물질) 사용’에 관한 내용을 주로 살펴보았다. 세부적인 설명은 (부록1)에서 확인

가능하며, 목차는 다음과 같다.

〈섹션 20.9〉 세척 기법

- (섹션 20.9.1) 세척의 일반 원리
- (섹션 20.9.2) 최소 세척
- (섹션 20.9.3) 용제 또는 기타 유형의 세척제 사용 전 준비
- (섹션 20.9.4) 전통적인 용제를 사용한 세척
- (섹션 20.9.5) 증발 속도가 느린 용제를 사용한 세척
- (섹션 20.9.6) 강력 용제를 사용한 세척
- (섹션 20.9.7) 오존생성지수가 낮은 용제를 사용한 세척
- (섹션 20.9.8) 수성 세척
- (섹션 20.9.9) 수동 세척
- (섹션 20.9.10) 용제를 사용하는 기계 세척
- (섹션 20.9.11) 용제 회수를 통한 세척
- (섹션 20.9.12) 고압수 분사를 통한 세척
- (섹션 20.9.13) 초음파세척
- (섹션 20.9.14) 드라이아이스(CO₂) 세척

〈섹션 20.10〉 대체 : 유해성이 낮은 물질 사용- 일반 원리

- (섹션 20.10.1) 세척제의 대체(대용)
 - (섹션 20.10.1.1) 인화점이 >41°C인 세척제
 - (섹션 20.10.1.2) 인화점이 >55°C인 세척제
 - (섹션 20.10.1.3) 인화점이 >100°C인 세척제
 - (섹션 20.10.1.4) 식물성 세척제(VCA)
 - (섹션 20.10.1.5) 강력한 비휘발성 용제
 - (섹션 20.10.1.6) 수성 세척
- (섹션 20.10.2) 오존생성지수가 낮은 용제의 사용
- (섹션 20.10.3) 할로겐화 용제의 대체
- (섹션 20.10.4) 용제 및 기타 CMR 물질의 대체
- (섹션 20.10.5) 수성 세척제

□ 세척(Cleaning)의 BAT

■ 세척 시스템

- 다음에 제시된 하나 이상의 기법들을 적용하여 세척을 최소화하고 원료물질 절감과 용제 배출을 감소시키는 것

<ul style="list-style-type: none"> • 자동 배합 시스템 • 프로그램 조절식 저울 • 전산식 팬톤 색상 배합 시스템 • 반송된 잉크 또는 코팅제 재사용 • 회수된 잉크 또는 코팅제 재사용 	<ul style="list-style-type: none"> • 저장소로부터 잉크 또는 코팅제 직접 배관 • 저장소로부터 용제 직접 배관 • 회분식 도장/컬러 그루핑 • 안료 클리어링 시스템
--	---

■ 세척 기법

- 분무기(spray gun)를 이용한 세척의 경우 충전 용제(purge solvent)를 회수·재사용하여 용제 배출량을 최소화하는 것 : 80~90% 용제 재사용 가능(섹션 20.9.3 참조)

<p>* <섹션 20.9.3> 용제 또는 기타 유형의 세척제 사용 전 준비</p> <ul style="list-style-type: none"> - 설명 : 공정 시설에서 코팅제, 도료 또는 잉크를 최대한 농축시켜 제거하면 용제 그리고/또는 물을 사용하여 제거하는 오염물의 양이 줄어들게 된다.(원료 절감 기법을 적용할 수있음) - 성취한 환경편익 : 배출 전 전처리가 필요할 수도 있는 용제, 세척제, 물 사용량을 줄일 수 있다. 원료 사용을 절감할 수 있다. - 매체 통합적 환경영향: 제출된 데이터 없음. - 운영 데이터: 정지 시간이 늘어날 수 있다. 작업자의 유해물질 노출도가 높아질 가능성 있다. - 적용 가능성: 작업장 건강 및 안전상의 이유로 이 기법의 적용은 제한적일 수 있다. - 경제성: 소요 비용은 절감되나 정비 시간이 늘어날 수 있다. - 시행 동력: 제출된 데이터 없음.
--

- 해당 공정 및 장비, 오염의 잔류성, 장비나 물질(substate)의 세척 여부에 따라 하나 또는 그 이상의 기법을 선택하여 휘발성유기화합물 배출량 최소화하는 것(〈표 III-3〉 참조)

〈표 III-3〉 오염물 유형에 따른 세척 기법

관련 섹션	세척기법 기법	공정장비		기재 또는 가공물
		비지속성 오염물	지속성 오염물	
20.9.2	최소 세척	○	○	○
20.9.3	용제 또는 기타 유형의 세척제 사용 전 처리	○		
20.9.4	전통적인 용제를 사용한 세척*	○	○	
20.9.5	증발 속도가 느린 용제를 사용한 세척	○		
20.9.6	강력 용제를 사용한 세척		○	
20.9.7	오존생성지수가 낮은 용제를 사용한 세척**	○	○	
20.9.8	수성 세척	○	○	○
20.9.9	수동 세척	○		○
20.9.10	용제를 사용하는 기계 세척	○	○	
20.9.11	용제 회수를 통한 세척	○		
20.9.12	고압수 분사를 통한 세척		○	
20.9.13	초음파세척		○	○
20.9.14	드라이아이스 세척		○	○

* 전통적인 용제는 폐가스 처리장치와 연결된 밀폐형 세척기 등 배출량을 최소화하기 위한 기법들과 함께 사용해야 함

** 대류권(저층) 오존 생성 최소화해야 함

□ 유해성이 낮은 물질(대체물질) 이용의 BAT

- 일반적인 세척 작업 또는 특정 산업의 생산 활동 시 용제를 사용하지 않거나 적게 사용하는 기법(무용제/저용제 기법)을 적용하는 것(섹션 20.10.1 참조)

- R45(발암성1B), R46(생식세포 변이원성 1A/1B), R49(발암성1A), R60(생식독성 1A/1B), R61(생식독성 1A/1B) 등의 위해성 표시(risk phrase)가 붙어있는 물질은 다른 것으로 대체하여 물리적·사회적 영향 최소화하는 것(섹션 20.9 및 20.10 참조)
- 환경에 오염물질을 배출할 위험이 있지만 대안이 존재할 경우, R58(환경유해성), R50/53(수생환경 유해성) 등이 표시된 물질을 다른 것(유해성이 낮은 대체제)으로 대체하여 생태독성의 영향 최소화하는 것(섹션 20.10 참조)
- 다음 방식을 통해 대류권(저층) 오존 생성을 최소화하는 것

- BAT 연계 배출 수준에 부합하기 위한 비산 또는 비저감 용제 배출량 저감 조치를 시행할 수 없거나 기술적으로 적용할 수 없을 경우(부정적인 매체통합적 환경영향 등), 오존 생성 반응성이 낮은 휘발성유기화합물 또는 혼합물을 사용한다.
- 용제 변경 시, 대체제는 낮은 오존 생성 반응성을 달성해야 한다. 대류권에 배출된 오존생성지수 부하 (OFP × 증발된 용제 중량)를 기준으로 대체 전후의 비교가 이루어져야 한다. 반응성이 높은 방향족 용제를 반응성이 낮은 물질로 대체할 경우, 반응성 휘발성유기화합물 배출량을 20 ~ 40% 가량 낮출 수 있다. 그러나 이 기법을 적용할 수 없는 경우는 다음과 같다.
 - 자동차 도료 및 잉크와 같은 복잡한 배합물
 - 출판 그라비어 인쇄 등 대체 기술이 현존하지 않는 상황에서의 용제 시스템 대체
 대체가 전반적인 오존생성지수를 높이지 않는 것으로 판단되면 인화점이 >55℃인 용제를 사용하여 대체할 수 있다.

(3) 미국 설비 개요 : 유해대기오염물질 국가배출기준(NESHAP) 법률

1994년 12월 2일, 미국 환경보호국(Environment Protection Agency, EPA)에서는 청정 대기법(Clean Air Act, CAA)의 규칙 제정 조치 중 하나로 '할로겐화 용제 세척에 대한 유해 대기 오염물질 국가 배출 기준(Halogenated Solvent Cleaning : National Emission Standards for Hazardous Air Pollution, 이하 "NESHAP")'의 최종 규칙(59 FR 61805)을 공포하였다.

해당 규칙에서는 현재 운영중인 사업장 관리 기술을 기반으로 배출 허용기준, 운전조건 제한, 작업표준 준수 등 MACT(Maximum Achievable Control Technology) 기준을 설정하고 있다. 적용 범위는 6개의 할로겐화 용매(염화 메틸렌(CAS No. 75-09-2), 퍼클로로에틸렌(CAS No.127-18-4), 트리클로로에틸렌(CAS No.79-01-6), 1,1,1-트리클로로에탄(CAS No. 71-55-6), 사염화 탄소(CAS No. 56-23-5), 클로로포름(CAS No. 67-66-3)), 또는 이러한 할로겐화 용매를 중량 5% 이상 함유한 세척제를 사용하는 경우이다.

NESHAPs 할로겐화 용제 세척 설비의 관리 기준('배치형 증기 용제 세척 설비'와 '인라인 용제세척 설비')을 요약하면 다음과 같다.(상세 내용은 부록 2 참고)

- 배치형 증기 및 인라인 용제 세척 설비의 경우 소유자/운영자는 다음 설계 요건을 준수해야 한다.
 - ① 각 세척 설비는 다음 요건을 충족해야 한다.
 - 쉽게 열거나 닫을 수 있고, 제자리에 있을 때 세척설비 개구부를 완전히 덮으며 균열, 구멍 및 기타 결함이 없는 공회전 및 가동 중지 모드가 있는 덮개가 있어야 한다.
 - 실내 통풍을 줄인다.
 - ② 각 세척 설비의 프리보드 비율은 0.75 이상이어야 한다.
 - ③ 각 세척 설비에는 부품을 처음 적재할 때부터 세척이 완료된 부품을 제거할 때까지 분당 3.4미터(분당 11피트) 이하의 속도로 부품 또는 부품 바구니를 이동할 수 있는 자동화 시스템을 갖추어야 한다.

- ④ 각 증기 세척 설비에는 섬프 용제가 섬프 히터 코일로 떨어지면 섬프 열을 차단하는 장치가 장착되어 있어야 한다. 이는 증기를 사용하여 용매를 가열하는 증기 세척 설비에는 적용되지 않는다.
- ⑤ 각 증기 세척 설비에는 증기 레벨이 1차 응축기 높이 이상으로 상승하면 섬프 열을 차단하는 증기 레벨 제어 장치가 있어야 한다.
- ⑥ 각 증기 세척 설비에는 1차 응축기가 있어야 한다.
- ⑦ 립 배기를 사용하는 각 세척 설비는 수집된 용제 증기가 탄소 흡착기를 통과하도록 설계 및 운영되어야 한다.

가) 배치형 증기 세척 설비

배치형 증기 세척 설비의 경우 용기/공기 인터페이스 면적에 따라 세척 설비 설계 요건을 다음과 같이 제시하고 있다.

- 용제/공기 인터페이스 면적이 1.21제곱미터(13제곱피트) 이하인 경우, ① 또는 ② 요건을 충족해야 한다.
 - ① 다음의 제어 조합 중 하나 또는 기타 동등한 제어 방법 사용한다.

옵션	제어 조합
1	작업 모드 덮개, 프리보드 비율 1.0, 과열 증기
2	프리보드 냉장 장치, 과열 증기
3	작업 모드덮개, 프리보드 냉장 장치
4	실내 통풍 감소, 프리보드 비율 1.0, 과열 증기
5	프리보드 냉장 장치, 실내 통풍 감소
6	프리보드 냉장 장치, 프리보드 비율 1.0
7	프리보드 냉장 장치, 드웰
8	실내 통풍 감소, 드웰, 프리보드 비율 1.0
9	프리보드 냉장 장치, 탄소 흡착기
10	프리보드 비율 1.0, 과열 증기, 탄소 흡착기

② 해당 용제세척 설비가 용제/공기 인터페이스 면적당 0.22kg/시간의 공회전 배출 한도를 달성하고 유지 가능함을 입증해야 한다.

■ 용제/공기 인터페이스 면적이 1.21제곱미터(13제곱피트)를 초과하는 경우,

① 또는 ② 요건을 충족해야 한다.

① 다음의 제어 조합 중 하나 또는 기타 동등한 제어 방법 사용한다.

옵션	제어 조합
1	프리보드 냉장 장치, 프리보드 비율 1.0, 과열 증기
2	드웰, 프리보드 냉장 장치, 실내 통풍 감소
3	작업 모드덮개, 프리보드 냉장 장치, 과열 증기
4	프리보드 비율 1.0, 실내 통풍 감소, 과열 증기
5	프리보드 냉장 장치, 실내 통풍 감소, 과열 증기
6	프리보드 냉장 장치, 실내 통풍 감소, 프리보드 비율 1.0
7	프리보드 냉장 장치, 과열 증기, 탄소 흡착기

② 해당 용제 세척 설비가 용제/공기 인터페이스 면적당 0.22kg/시간의 공회전 배출 한도를 달성하고 유지가능함을 입증해야 한다.

나) 인라인 세척 설비

■ 기존 인라인 세척 설비의 각 소유자/운영자는 ① 또는 ② 요건을 충족해야 한다.

① 다음의 제어 조합 중 하나 또는 기타 동등한 제어 방법 사용한다.

옵션	제어 조합
1	과열 증기, 프리보드 비율 1.0
2	프리보드 냉장 장치, 프리보드 비율 1.0
3	드웰, 프리보드 냉장 장치
4	드웰, 탄소 흡착기

- ② 해당 용제세척 설비가 용제/공기 인터페이스 면적당 0.10kg/시간의 공회전 배출 한도를 달성하고 유지 가능함을 입증해야 한다.
- 신규 인라인 세척 설비의 각 소유자/운영자는 ① 또는 ② 요건을 충족해야 한다.
- ① 다음의 제어 조합 중 하나 또는 기타 동등한 제어 방법을 사용한다.

옵션	제어 조합
1	과열 증기, 프리보드 냉장 장치
2	프리보드 냉장 장치, 탄소 흡착기
3	과열 증기, 탄소 흡착기

- ② 해당 용제세척 설비가 용제/공기 인터페이스 면적당 0.10kg/시간의 공회전 배출 한도를 달성하고 유지 가능함을 입증해야 한다.

2. 할로겐계 세척제 관련 규제

1) 산업안전보건법 안전보건기준에 관한 규칙 중 관리대상 유해물질

〈표 III-4〉 국내 유통 할로겐계 세척제의 관리대상 유해물질 관련 규제

#	할로겐계 세척제 구성성분		해당 여부 (지정일자)	
	화학물질명	CAS No.	관리대상 유해물질	특별관리물질
1	트리클로로에틸렌 (TCE)	79-01-6	○ (2003.7.12.)	○ (2013.3.21.)
2	디클로로메탄 (MC)	75-09-2	○ (2003.7.12.)	X
3	테트라클로로에틸렌 (PERC/PCE)	127-18-4	○ (2003.7.12.)	○ (2017.3.3.)
4	사염화탄소 (CTC)	56-23-5	○ (2003.7.12.)	○ (2003.7.12.)
5	1,1,1-트리클로로에탄 (1,1,1-TCA)	71-55-6	○ (2003.7.12.)	X
6	트리클로로메탄 (TCM)	67-66-3	○ (2003.7.12.)	X
7	1-브로모프로판 (1-BP)	106-94-5	○ (2003.7.12.)	○ (2013.3.21.)
8	1,2-디클로로프로판 (1,2-DCP)	78-87-5	○ (2019.4.19.)	○ (2019.4.19.)
9	트랜스-1,2-디클로로에틸렌 (trans-DCE)	156-60-5	○ (2003.7.12.)	X
10	디브로모메탄 (DBM)	74-95-3	X	X
11	디메틸카보네이트 (DMC)	616-38-6	X	X
12	1,2-디클로로에틸렌 (1,2-DCE)	540-59-0	○ (2003.7.12.)	X

관리대상 유해물질은 근로자에게 상당한 건강 장애를 일으킬 우려가 있어 건강 장애를 예방하기 위한 보건상의 조치가 필요한 원재료·가스·증기·분진·흙·미스트로서 유기화합물, 금속류, 산·알칼리류, 가스 상태 물질류를 말하며, 특별관리 물질은 관리대상 유해물질 중 발암성, 생식세포 변이원성, 생식독성 등 근로자에게 중대한 건강 장애를 일으킬 우려가 있는 물질을 말한다.

2003년 산업안전보건법 개정을 통해 관리대상 유해물질 168종이 지정되었으며, 물질 수가 확대되어 2024년 현재는 181종이다. 산업안전보건기준에 관한 규칙 제420조(정의)에서는 관리대상 유해물질의 종류를 명시하고 있고, 제422조(관리대상 유해물질과 관계되는 설비) 등 이후 조항에서 관리대상 유해물질을 취급할 경우 사업주가 지켜야 할 시설·설비 기준과 작업관리 기준 등을 정하고 있다.

위 표는 국내에서 유통되고 있는 주요 할로젠계 세척제 물질에 대하여 관리대상 유해물질 및 특별관리물질 해당 여부와 지정된 일자를 정리한 표이다. 국내 유통 할로젠계 세척제 물질 12종 중에서 관리대상 유해물질로 지정된 물질은 10종, 특별관리물질로 지정된 물질은 5종이다. 상기 물질 중 디브로모메탄(DBM)과 디메틸카보네이트(DMC)는 관리대상 유해물질에 해당하지 않으며, 나머지 10종의 물질 중 1,2-디클로로프로판을 제외한 모든 물질들이 관리대상유해물질이 처음으로 규정되었던 2003년에 지정되었다.

특별관리물질에 관해서는 트리클로로에틸렌과 1-브로모프로판이 2013년에, 테트라클로로에틸렌과 N,N-디메틸포름아미드가 2017년에 특별관리물질로 추가 지정되었다. 1,2-디클로로프로판은 담관암 발생 원인물질로 확인되어, 2019년에 특별관리물질로 지정되었다.

2) 화학물질 등록 및 평가 등에 관한 법률 및 화학물질관리법

화학물질에 관한 주요 법령은 화학물질의 등록 및 평가 등에 관한 법률(이하 “화학물질등록평가법”)과 화학물질관리법(이하 “화관법”)이다. 화학물질등록평가법은 2013년5월22일 제정된 법령으로, 화학물질의 등록·신고를 비롯하여 유해성·위험성에 관한 심사평가와 유해위험 화학물질 지정 등에 관한 사항을 규정하고 화학물질에 대한 정보를 생산·활용하도록 하는 법이다. 화학물질등록평가법에 의해 연간 100킬로그램 이상의 신규화학물질 또는 연간 1톤 이상의 기존화학물질을 제조·수입하는 자는 해당 화학물질을 제조 또는 수입하기 전에 해당 화학물질을 화학물질정보처리시스템(kreach.me.go.kr)에 등록하여야 한다. 환경부는 등록·신고된 화학물질에 대해 유해성을 심사한다. 한편, 등록·신고된 화학물질 등은 양도할 때 유해성 등에 관한 정보가 제공되어야 한다. 등록된 화학물질에 대해 유해성을 심사한 결과 화학물질이 유독물질의 지정기준에 해당되면 해당 화학물질은 ‘유독물질’로 지정·고시된다. 이는 신규 유독물질 지정이 급증하는 시발점이 되었고, 화학물질등록평가법이 시행되고 6년 만에 유독물질 수는 1,008종으로 그 전에 비해 285종이 증가하였다. 이는 화학물질등록평가법 시행 전 17년에 걸쳐 유독물질 수가 249종 증가한 것을 생각해보면 매우 빠른 속도다. 해당 물질이 유독물질로 지정되면 해당 유독물질을 취급하는 모든 사업장은 신규로 화관법 적용대상이 되어 관련 의무가 부과되는 것이므로, 법을 적용받는 대상 사업장 수도 더불어 큰 폭으로 늘어났다고 볼 수 있다.

그리고 화관법은 기존에 ‘유해화학물질관리법’이었던 것이 2013년6월4일 전부 개정된 것으로, 현장에서 사용되는 화학물질뿐 아니라 관련 시설, 무형의 관리 규정까지 포함하고 있다. 유독물질을 취급하는 사업장에는 화관법상 각종 의무가 부과되는데 화학물질 확인, 유해화학물질 표시, 유독물질 수입신고, 화학사고예방관리계획서 작성·제출, 유해화학물질 영업허가, 유해화학물질 취급 기준 등이 적용된다. 법 위반 시에는 위반한 조항에 따라 10년 이하의 금고, 5년 이하의 징역, 2억 원 이하의 벌금에 처해지거나 1천만 원 이하의 과태료가

부과될 수 있다. 한 예로 제한물질을 제한된 용도로 취급한 경우 5년 이하의 징역 또는 1억 원 이하의 벌금에 처해질 수 있다.

최근, 화학물질등록평가법과 화관법 모두 2024년 2월 6일자로 일부개정이 이뤄졌다. 일부 조항은 2025년 8월 7일부터 시행될 예정인데 이 시기를 기점으로 많은 내용이 바뀐다. 변경 내용 중 첫 번째로, 기존의 '유독물질' 정의가 삭제되고 새로운 기준이 도입된다. 물질 분류는 크게 '인체급성유해성물질', '인체만성유해성물질', '생태유해성물질'로 세 가지로 나뉘며 물질이 셋 중 어느 규제 물질로 지정되느냐에 따라 관리 수준이 달라지게 될 것이다. 예를 들어 인체만성유해성물질의 경우 정기 검사를 면제받을 수 있다. 그 밖에 세부 구분기준 등은 추후 마련될 예정이다.

더불어, 유해화학물질 취급시설의 검사와 진단 의무도 화학물질의 취급량이나 사고 발생 위험도 등을 감안해서 차등화될 것이다. [화관법 제24조 취급시설의 배치·설치 및 관리기준 등]

그리고 기존에 허가 대상이었던 화학물질에 대해서 취급량이 매우 적거나 위험도가 낮은 경우에는 허가 없이 신고만으로도 해당 화학물질을 취급할 수 있도록 제도를 완화하여 제도의 실효성을 제고할 수 있게끔 개선하였다. [화관법 제18조 금지물질의 취급금지 및 제한물질의 취급제한]

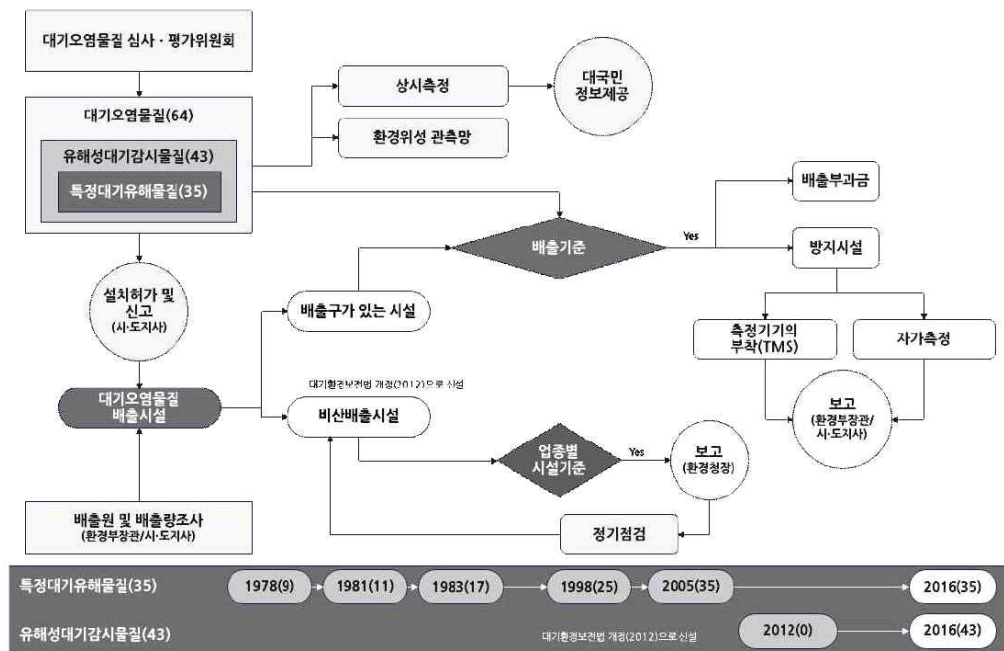
현재 세척제로 사용되는 주요 할로젠계 화학물질 중에서 7종이 환경부에서 유독물질로 지정되어 있다. 물질별로 함량 기준은 서로 다르지만 일단 유독물질로 지정되면 모두 동일한 수준의 관리가 필요하다. 그러나 2025년 8월 7일부터는 인체급성유해성물질, 인체만성유해성물질, 생태유해성물질 중 어느 하나에 해당될 수 있고, 그렇다면 화학물질 간 법적관리 수준에도 차이가 생길 것이다. 따라서 해당 물질에 새롭게 적용될 규제가 무엇인지에 따라 세척제 제조·수입 사업장과 사용사업장에서 취급하게 될 세척제가 그에 맞춰 변할 것이라 예상된다.

〈표 III-5〉 국내 유통 할로겐계 세척제의 유독물질 지정 현황

#	할로겐계 물질		지정 현황	
	화학물질명	CAS No.	대상 여부 (함량 기준)	유독물질 고유번호
1	트리클로로에틸렌 (TCE)	79-01-6	대상 (0.1%)	97-1-309
2	디클로로메탄 (MC)	75-09-2	대상 (0.1%)	2019-1-93
3	테트라클로로에틸렌 (PERC/PCE)	127-18-4	대상 (0.1%)	97-1-297
4	사염화탄소 (CTC)	56-23-5	대상 (1%)	97-1-126
5	1,1,1-트리클로로에탄 (1,1,1-TCA)	71-55-6	비대상	-
6	트리클로로메탄 (TCM)	67-66-3	대상 (10%)	97-1-281
7	1-브로모프로판 (1-BP)	106-94-5	대상 (0.3%)	2020-1-997
8	1,2-디클로로프로판 (1,2-DCP)	78-87-5	대상 (0.1%)	2017-1-763
9	트랜스-1,2-디클로로에틸렌 (trans-DCE)	156-60-5	비대상	-
10	디브로모메탄 (DBM)	74-95-3	비대상	-
11	디메틸카보네이트 (DMC)	616-38-6	비대상	-
12	1,2-디클로로에틸렌 (1,2-DCE)	540-59-0	비대상	-

3) 대기환경보전법상 특정대기유해물질

대기환경보전법(이하 “대기법”)은 대기오염으로 인한 국민건강이나 환경에 관한 위해를 예방하고 대기환경을 적정하고 지속 가능하게 관리·보전하도록 하는 법으로서, 아래 그림과 같은 구조로 구성되어 있다.



자료. 노동환경건강연구소. (2024). 배출량관리제도개선포럼 토론참고자료, p.90

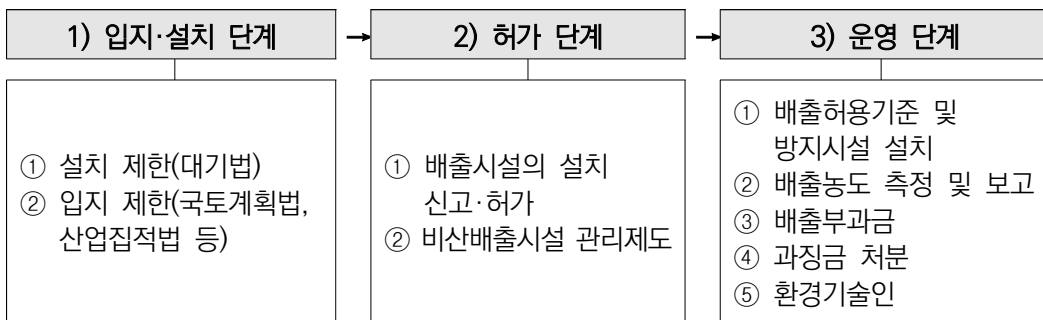
[그림 III-1] 대기환경보전법의 구조

대기법에서는 대기오염물질의 분류체계를 대기오염물질(현재 64종), 유해성대기감시물질(현재 43종), 특정대기유해물질(현재 35종)로 규정하고 있다. 이 중 특정대기유해물질은 물질 자체의 유해·위험성으로 인해 일반 대기오염물질에 비해서 더욱 엄격한 관리가 필요한 물질이다. 대기오염물질 중 세척제 용매로 사용되고 있는 할로젠계 물질은 사염화탄소(CAS No. 56-23-5), 클로로포름(CAS No. 67-66-3), 디클로로메탄(CAS No. 75-09-2), 테트라클로로에틸렌(CAS No. 127-18-4), 트리클로로에틸렌(CAS No. 79-01-6) 5개 물질이며, 모두 특정대기

유해물질에 해당한다. 참고로 1,2-디클로로에탄(CAS No. 107-06-2)도 특정대기유해물질에 속하는 할로겐계 물질이지만, 국내에서 세척제 용도의 유통 여부가 확인되지 않아 위 목록에서 제외하였다.

대기오염물질 배출시설이란 대기법 제2조제11호에 따라, 대기오염물질을 대기에 배출하는 시설물, 기계, 기구, 그 밖의 물체로서 환경부령으로 정하는 것을 말한다. 배출시설의 종류는 총 37개로, 이 중 탈지(degreasing)시설이 포함된 배출시설은 여러 종류가 있으나, 본 보고서에서는 대기법 시행규칙 [별표 3]에 탈지시설이 포함된 것으로 명확히 기재되어 있는 1차 금속(철강, 비철금속), 금속가공제품·기계·기기·장비·운송장비·가구(이하 “금속가공제품 등”), 자동차 부품, 전자부품·컴퓨터·영상·음향·통신장비·전기장비(이하 “전자부품 등”) 제조시설을 중심으로 현황을 살펴보고자 한다. 대기법 상 탈지시설이란, 피도금물의 표면에 부착되어 있는 유지, 산화물, 금속염 또는 기타오염물을 유기용제 등으로 용해하여 제거하는 시설을 말하며, 탈지 방법에 따라 용액탈지, 전해탈지, 초음파탈지 등으로 구분된다.

이러한 대기오염물질의 배출시설에 대한 관리제도는 크게 세 가지 단계(입지·설치 단계, 허가 단계, 운영 단계)로 나눌 수 있다.



[그림 III-3] 대기오염물질 배출시설 관리체계

다음 표는 사업장에서 세척제로 특정대기유해물질을 사용하는 경우 대기오염물질 배출시설 관리체계에 따라 해당되는 법적 규제를 간략히 정리한 것이며, 자세한 내용은 표 아래에 각 단계별로 기술하였다.

〈표 Ⅲ-6〉 특정대기유해물질 배출시설 관련 법적 규제

대기오염물질 배출시설 관리제도 구분		특정대기유해물질 배출시설	사업장 분류				
			1종	2종	3종	4종	5종
1) 입지·설치 단계	① 설치 제한	배출시설 설치 지점으로부터 반경 1km 안의 상주 인구가 2만명 이상인 지역으로서 한 가지 물질을 연간 10톤 이상 배출하거나 두 가지 이상의 물질을 연간 25톤 이상 배출하는 경우 : 설치 불가			-		
	② 입지 제한	-	전용주거지역, 유통상업지역, 보전녹지지역, 보전관리지역, 농림지역, 자연환경보전지역 : 입지 불가	일반·준주거지역, 중심·일반·근린상업지역		-	
2) 신고·허가 단계	① 배출시설의 설치신고·허가	기준농도 이상으로 배출되는 경우 or 특별대책지역에 설치하는 경우 : 설치허가 대상 기준농도 미만으로 배출되면서 특별대책지역에 설치하지 않는 경우 : 설치신고 대상 기준농도 미만으로 배출되면서 특별대책지역에 설치하나, 5종 사업장에 설치하는 경우 : 설치신고 대상			-		
	② 비산배출시설 관리제도	비산배출 저감대상 업종에서 비산배출시설을 설치·운영하는 경우 : 비산배출시설 설치·운영 신고 대상 , 공통기준 및 업종별 시설관리기준 이행			-		
3) 운영 단계	① 배출허용기준 준수	물질이 배출허용기준 이하로 나오도록 방지시설 설치			-		
	② 자가측정 빈도		주1회↑	월2회↑	2개월1회↑	6개월1회↑	6개월1회↑
	③ 굴뚝자동측정기기 부착대상	-	0	0	0	X	X
	④ 과징금 부과 계수		2.0	1.5	1.0	0.7	0.4
	⑤ 환경기술인 자격		기사↑	산업기사↑	산업기사↓	특별한 자격조건 無	

가) 입지·설치 단계

입지·설치 단계는 배출시설이 해당 지역에 입지 및 설치가 가능한지를 판단하여 그 여부를 결정하는 단계이며, 이는 가장 강력한 관리수단이라고 볼 수 있다.

① 설치 제한 (대기법 시행령 제12조)

특정대기유해물질 배출시설의 경우, 배출시설 설치 지점으로부터 반경 1km 안의 상주 인구가 2만명 이상인 지역으로서 특정대기유해물질 중 한 가지 종류의 물질을 연간 10톤 이상 배출하거나 두 가지 이상의 물질을 연간 25톤 이상 배출하는 시설을 설치하는 경우에 한하여 배출시설의 설치가 제한될 수 있다.

덧붙여, 일반 대기오염물질 중 먼지, 황산화물 및 질소산화물의 발생량 합계가 연간 10톤 이상인 배출시설을 특별대책지역(대기법 제22조에 따라 총량규제구역으로 지정된 특별대책지역은 제외)에 설치하는 경우에 한하여 일반 대기오염물질 배출시설의 설치가 제한될 수 있다.

② 입지 제한

대기오염물질 배출시설의 입지 제한은 대기법뿐 아니라 타법(국토의 계획 및 이용에 관한 법률(이하 “국토계획법”) 등)에 따라 규제되고 있다.

국토계획법 시행령 [별표 2]~[별표 22]에는 각 용도지역별로 건축이 가능·불가능한 건축물이 규정되어 있다. 이에 따르면, 공업지역 외 지역 중 일반주거지역, 준주거지역, 중심상업지역, 일반상업지역, 근린상업지역, 생산녹지지역, 자연녹지지역, 생산관리지역, 계획관리지역은 특정대기유해물질이 기준농도 이상으로 배출되거나 대기오염물질 배출시설 중 1~3종 또는 1~4종 사업장에 해당하는 경우 배출시설의 입지를 제한하고 있었다.

나) 허가 단계

① 대기오염물질 배출시설 설치신고·허가 (대기법 시행령 제11조)

먼저 특정대기유해물질이 환경부령으로 정하는 기준농도 이상으로 발생하는 배출시설이라면 설치허가를 받아야 한다. 또한, 환경정책기본법 제38조에 따른 특별대책지역에 설치하는 배출시설의 경우에도 허가 대상에 해당한다.

상기 사항 외의 배출시설, 즉 특정대기유해물질이 기준농도 미만으로 발생하면서 특별대책지역에 설치하지 않는 배출시설이라면 설치허가가 아닌 신고 대상이 된다. 다만, 설치신고 및 허가의 구분이 모호하여 대부분의 사업장이 설치신고보다 강한 규제인 설치허가로 신청하고 있는 것으로 추측된다.

〈표 III-7〉 설치허가 대상 특정대기유해물질(5종) 배출시설의 적용 기준

연번	물질명	기준농도
1	사염화탄소	0.1ppm
2	클로로포름	0.1ppm
3	디클로로메탄	0.5ppm
4	트리클로로에틸렌	0.3ppm
5	총 VOCs (아닐린, 스틸렌, 테트라클로로에틸렌, 1,2-디클로로에탄, 에틸벤젠, 아크릴로니트릴)	0.4mg/m ³

자료. 대기환경보전법 시행규칙 [별표 8의2]

〈표 III-8〉 대기오염물질발생량에 따른 사업장 분류기준

종별	대기오염물질발생량* 구분
1종 사업장	대기오염물질발생량의 합계가 연간 80톤 이상인 사업장
2종 사업장	대기오염물질발생량의 합계가 연간 20톤 이상 80톤 미만인 사업장
3종 사업장	대기오염물질발생량의 합계가 연간 10톤 이상 20톤 미만인 사업장
4종 사업장	대기오염물질발생량의 합계가 연간 2톤 이상 10톤 미만인 사업장
5종 사업장	대기오염물질발생량의 합계가 연간 2톤 미만인 사업장

* 방지시설을 통과하기 전의 먼지, 황산화물 및 질소산화물의 발생량 자료. 대기환경보전법 시행령 [별표 1의3]

만일 설치허가를 받은 자가 허가받은 배출시설에 대해 50% 이상(특정대기유해 물질 배출시설은 30% 이상) 증설하거나 배출시설의 용도를 추가하는 경우에는 변경허가를 받아야 하고, 그 밖의 사항을 변경하려면 변경신고를 해야 한다.

다음은 설치신고 및 허가를 받은 탈지시설이 포함된 대기오염물질 배출시설 수를 업종별로 정리한 것이다. 설치신고 또는 허가를 받은 배출시설은 총 12,524개였고, 25가지 업종에 해당하는 것으로 나타났다. 4가지 배출시설 중에서는 금속가공제품 등 제조시설이 7,515개로 가장 많았고, 다음으로는 전자부품 등 제조시설, 1차 금속 제조시설, 자동차 부품 제조시설 순이었다. 업종을 살펴보면 기타 금속 가공제품 제조업에 해당하는 배출시설이 5,276개로 가장 많았다.

〈표 III-9〉 사업장 업종별 설치신고·허가 대기오염물질 배출시설 현황

(단위: 개)

#	업종	탈지시설이 포함된 대기오염물질 배출시설				합계
		1차 금속 제조시설	금속가공제품 등 제조시설	자동차 부품 제조시설	전자부품 등 제조시설	
1	1차 비철금속 제조업	90	50	0	0	140
2	1차 철강 제조업	479	152	0	4	635
3	가구 제조업	0	24	0	0	24
4	가정용 기기 제조업	5	24	0	17	46
5	구조용 금속제품 등 제조업	5	324	0	8	337
6	그 외 기타 제품 제조업	4	21	0	4	29
7	금속 주조업	8	10	0	0	18
8	기타 금속 가공제품 제조업	406	4,745	6	119	5,276
9	기타 비금속 광물제품 제조업	1	0	0	2	3
10	기타 전기장비 제조업	2	6	0	0	8
11	무기 및 총포탄 제조업	18	28	0	8	54
12	반도체 제조업	13	24	0	454	491
13	선박 및 보트 건조업	1	36	0	0	37
14	외무 및 국방행정	7	34	0	2	43
15	일반 목적용 기계 제조업	23	499	10	21	553
16	일차전지 및 축전지 제조업	5	22	0	93	120
17	자동차 신품 부품 제조업	351	841	244	34	1,470
18	자동차용 엔진 및 자동차 제조업	124	18	616	0	758
19	자연과학 및 공학 연구개발업	2	3	0	16	21
20	전동기, 발전기 등 제조업	8	29	0	70	107
21	전자 부품 제조업	180	228	0	1,198	1,606
22	통신 및 방송장비 제조업	6	30	0	241	277
23	특수 목적용 기계 제조업	26	302	1	57	386
24	플라스틱 제품 제조업	15	16	0	1	32
25	항공기, 우주선 및 부품 제조업	4	49	0	0	53
합계		1,783	7,515	877	2,349	12,524

자료. 환경부 국가미세먼지정보센터, 내용 재구성

주. 사업장 수는 대기오염물질발생량에 따른 사업장 분류(1~5종) 각각에 대해 파악하여 합한 것으로, 1~3종 사업장은 2023년, 4~5종 사업장은 2022년을 기준으로 파악하였음

다음 표는 설치신고 및 허가를 받은 탈지시설이 포함된 대기오염물질 배출시설 수를 대기오염물질발생량에 따른 사업장 분류별로 정리한 것으로, 4종 사업장이 가장 많은 비중을 차지하였다. 배출시설별로 자세히 살펴보면 1차 금속 제조시설 및

자동차 부품 제조시설에서는 1종 사업장이, 금속가공제품 등 제조시설 및 전자부품 등 제조시설에서는 4종 사업장이 가장 많았다.

〈표 III-10〉 사업장 분류별 설치신고·허가 대기오염물질 배출시설 현황

(단위: 개)

배출시설 구분	사업장 분류					합계
	1종	2종	3종	4종	5종	
1차 금속 제조시설	783	324	349	182	145	1,783
금속가공제품 등 제조시설	146	364	317	4,156	2,532	7,515
자동차 부품 제조시설	711	39	127	0	0	877
전자부품 등 제조시설	307	314	429	774	525	2,349
합계	1,947	1,041	1,222	5,112	3,202	12,524

자료. 환경부 국가미세먼지정보센터, 내용 재구성

주. 1~3종 사업장은 2023년, 4~5종 사업장은 2022년을 기준으로 파악하였음

특정대기유해물질 5종에 대한 사업장 분류별 설치신고·허가 사업장 수는 아래 표와 같다. 해당 물질들에 대해 가장 많이 설치신고 또는 허가를 받은 사업장은 1종 사업장이었으며, 특정대기유해물질 5종 중에서 디클로로메탄에 대한 설치신고 또는 허가가 비교적 많이 진행되었다.

〈표 III-11〉 특정대기유해물질 5종의 사업장 분류별 설치신고·허가 사업장 현황

(단위: 개소)

특정대기유해물질		사업장 분류					합계
물질명	CAS No.	1종	2종	3종	4종	5종	
사염화탄소	56-23-5	205	9	7	13	7	241
클로로포름	67-66-3	324	51	32	52	39	498
디클로로메탄	75-09-2	461	90	62	140	102	855
트리클로로에틸렌	79-01-6	316	26	11	81	74	508
테트라클로로에틸렌	127-18-4	248	22	8	21	17	316
합계		1,554	198	120	307	239	2,418

자료. 환경부 국가미세먼지정보센터, 내용 재구성

주. 1~3종 사업장은 2023년, 4~5종 사업장은 2022년을 기준으로 파악하였음

② 대기오염물질 비산배출시설 관리제도 (대기법 제38조의2)

국내에서는 대기법을 통해 굴뚝 농도관리를 중심으로 규제하고 있었으나, 2014년 화학물질 배출량 조사에서 대기 중으로 배출되는 유해대기오염물질의 61%가 굴뚝을 제외한 시설·공정 등에서 방지사설을 거치지 않고 비산배출되는 것으로 파악되면서 2015년부터 비산배출원의 배출량을 줄이기 위한 ‘대기오염물질 비산배출시설 관리제도’가 시행되었다. 이와 관련하여 대기법 시행규칙 [별표 10의2] 「비산배출의 저감을 위한 시설관리기준」이 마련되었으며, 해당 기준은 공통기준, 업종별 시설관리기준, 업종별 관리대상물질을 주요 골자로 한다. 여기서 관리대상물질이란 인체에 직·간접적인 영향을 미칠 수 있고, 대기 중에서 오존, 미세먼지를 발생시킬 수 있어 비산배출 관리가 필요한 물질로서 공통 적용물질(특정대기유해물질 35종)과 업종별 적용물질(업종별로 취급·배출량이 월등히 많고 위해성이 높은 대기오염물질 11종)로 구분된다.

먼저, 비산배출의 저감대상 업종에서 비산배출시설을 설치 및 운영하려는 자는 가동개시 이전에 비산배출시설 설치·운영 신고서를 작성하여 관할 환경청장에게 신고해야 한다. 다만, 환경오염시설의 통합관리에 관한 법률을 적용받는 경우에는 해당 법률에 따라 허가를 받아야 한다. 신고 후에는 다음 기준에 따라 시설을 관리하여야 한다. 시설관리기준의 적용 대상은 비산배출의 저감대상 업종 시설 중 각 적용요건을 충족하는 비산배출시설이다. 이 중 탈지시설은 III업종의 세정시설에 포함되며, 관리대상물질 농도합이 5wt% 이상인 유체를 포함/접촉하는 경우에 한하여 시설관리기준을 이행하여야 한다. III업종 세정시설의 시설관리기준은 아래 표와 같다.

〈표 III-12〉 III업종 세정시설(탈지시설 포함)의 비산배출시설 관리기준

구분	내용
<p>※ III업종</p>	<p>접착제 및 젤라틴 제조업, 그외 기타 고무제품 제조업, 플라스틱 필름, 시트 및 판 제조업, 벽 및 바닥 피복용 플라스틱제품 제조업, 플라스틱 포대, 봉투 및 유사제품 제조업, 플라스틱 적층, 도포 및 기타 표면처리 제품 제조업, 그외 기타 플라스틱 제품 제조업, 적층, 합성 및 특수표면처리 종이 제조업, 벽지 및 장판지 제조업, 축전지 제조업, 기타 절연선 및 케이블 제조업, 직물 및 편조 원단 염색 가공업, 그외 기타 전자부품 제조업, 냉간 압연 및 압출 제품 제조업, 알루미늄 압연, 압출 및 연신제품제조업, 강관 제조업, 도장 및 기타 피막처리업, 그 외 기타 분류안된 금속가공제품 제조업, 그외 기타 자동차 부품 제조업, 자동차용 동력전달장치 제조업</p>
<p>공통기준</p>	<p>1) 일반기준 : 관리담당자 지정, 사업장 내외 관리대상물질 대기환경농도 파악 2) 기록기준 : 운영기록부 작성 및 보관 3) 보고기준 : 최초 및 연간 점검보고서 작성 및 관할 환경청 제출</p>
<p>업종별 시설관리기준</p>	<p>가) 이 관리기준은 관리대상물질 농도의 합이 5wt% 이상* 되는 유체를 포함 하거나 접촉하게 되는 세정시설(탈지시설을 포함한다)을 대상으로 한다. * 관리대상물질 중 유기물질을 5wt% 이상 취급하는 시설에 대해 적용하고, 무기물질로 세정하는 시설은 공정배출시설의 시설관리기준 적용 나) 세정시설은 관리대상물질이 대기 중으로 확산 배출되지 않도록 폐쇄형 구조*로 설치하여야 한다. * 외기의 노출이 없고, 내부의 관리대상물질이 외부로 누출되지 않는 구조 다) 세정시설에서 발생하는 배출가스를 1)나)에 따른 공정배출시설의 시설관리 기준에 따라 처리해야 한다.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>※ 공정배출시설 - 시설관리기준(배출가스 처리시설)</p> <p>(2) (1)에 따라 포집된 모든 배출가스는 다음 (가) 또는 (나)의 기준 중 1개의 기준을 선택하여 처리하여야 한다. 다만, 비산되는 배출가스가 완전히 밀폐된 상태로 포집되고, 대기오염방지시설의 처리용량이 충분한 경우에는 포집된 배출가스를 대기오염방지시설에 연결하여 처리할 수 있다.</p> <p>(가) 연소실 내부의 온도를 연속으로 측정하여 기록할 수 있는 모니터링 장비가 설치된 보일러나 가열기 또는 소각시설을 설치한다. 온도 모니터링 장비가 설치된 보일러, 가열기 또는 소각시설의 경우 처리되는 배출가스는 최소 800℃ 이상의 온도에서 0.5초 이상의 체류시간으로 운전되어야 하며, 각 연소실의 최소 1시간 당 평균온도를 모니터링하여 운영기록부에 기록한다.</p> <p>(나) 직접연소에 의한 시설, 화수에 의한 시설 또는 그 밖의 방지시설을 설치하여 배출가스의 총탄화수소 농도를 80% 이상 저감하거나 100ppm 이하로 관리하여야 한다. 다만, 총탄화수소 농도의 측정이 불가능한 관리대상물질의 경우에는 별표8에 따른 배출허용기준을 적용하고, 배출허용기준이 정해지지 않은 경우에는 관리대상물질의 농도를 80% 이상 저감하여야 한다.</p> <p>(다) (나)에 따른 총탄화수소 또는 관리대상물질의 농도는 대기오염공정시험기준에 따라 측정한다.</p> <p>(라) (나)의 기준의 준수 여부를 반기마다 1회 점검하여 운영기록부에 기록한다.</p> </div>

자료. 환경부, 한국환경공단. (2023). 비산배출 저감을 위한 시설관리기준 세부이행지침. 내용 재구성

다) 운영 단계

대기오염물질 배출시설을 운영 및 가동할 때는 배출허용기준의 준수 및 대기오염방지시설 설치, 배출농도 측정 및 보고, 배출부과금, 과징금 처분, 환경기술인 자격 등의 여러 관리 수단이 적용된다.

① 배출허용기준 준수 및 대기오염방지시설 설치 (대기법 제16조, 제26조)

대기오염물질 배출허용기준은 환경오염 현황 및 방지기술 수준 등을 고려하여 통상적으로 5년마다 개정되고 있으며, 배출허용기준의 적용은 배출원 관리의 핵심이라고 할 수 있다. 위 표는 대기법 시행규칙 [별표 8] 대기오염물질의 배출허용기준 중에서 세척제로 많이 사용되는 특정대기유해물질 5종에 대한 배출허용기준을 정리한 것이다.

〈표 III-13〉 특정대기유해물질 5종의 배출허용기준

#	물질명	배출시설 종류	배출허용기준		단위
			연간 10톤 이하 배출	연간 10톤 이상 배출	
1	사염화탄소	모든 배출시설	3 이하	2 이하	ppm
2	클로로포름	모든 배출시설	5 이하	3 이하	ppm
3	디클로로메탄	모든 배출시설	50 이하	25 이하	ppm
4	테트라클로로에틸렌	모든 배출시설	10 이하	5 이하	ppm
5	트리클로로에틸렌	모든 배출시설	50 이하	25 이하	ppm

자료. 대기환경보전법 시행규칙 [별표 8]

배출시설의 설치허가·변경허가 및 신고·변경신고를 완료한 사업자는 해당 배출시설로부터 나오는 오염물질이 배출허용기준 이하로 나오도록 대기오염 방지시설을 설치해야 한다. 탈지시설이 포함된 대기오염물질 배출시설의 대기오염 방지시설 현황을 다음 표와 같이 정리하였으며, 방지시설 중 흡수에 의한 시설이 6,682개, 흡착에 의한 시설이 1,905개로 가장 높은 비중을 차지하고 있었다.

〈표 III-14〉 탈지시설이 포함된 대기오염물질 배출시설의 방지시설 현황

(단위: 개)

연번	방지시설	탈지시설이 포함된 대기오염물질 배출시설				합계
		1차 금속 제조시설	금속가공제품 등 제조시설	자동차 부품 제조시설	전자부품 등 제조시설	
1	관성력집진시설	6	4	2	2	14
2	세정집진시설	410	192	51	101	754
3	습식	32	666	0	44	742
4	여과집진시설	31	169	48	1	249
5	원심력집진시설	3	1	1	1	6
6	응축에 의한 시설	3	3	0	1	7
7	저녹스 버너	0	0	0	0	0
8	전기집진시설	5	6	0	0	11
9	직접연소에 의한 시설	7	2	1	98	108
10	흡수에 의한 시설	800	4,550	60	1,272	6,682
11	흡착에 의한 시설	157	1,031	153	564	1,905
12	기타	7	33	76	17	133
13	방지시설 면제	357	773	487	35	1,652
합계		1,818	7,430	879	2,136	12,263

자료. 환경부 국가미세먼지정보센터, 내용 재구성

주. 방지시설 수는 대기오염물질발생량에 따른 사업장 분류(1~5종) 각각에 대해 파악하여 합한 것으로, 1~3종 사업장은 2023년, 4~5종 사업장은 2022년을 기준으로 파악하였음

② 배출농도 측정 및 보고 (대기법 제32조, 제39조)

배출구를 통해 배출되는 경우, 사업자는 배출시설에서 나오는 오염물질이 배출허용기준에 맞는지를 확인하기 위하여 측정기기를 부착하는 등의 조치를 하여 배출시설과 방지시설을 적정하게 운영해야 하고, 배출되는 오염물질을 자가측정하거나 대행업자에게 측정하게 하여 그 결과를 사실대로 기록 및 보존하고 제출해야 한다.

③ 배출부과금 (대기법 제35조, 제35조의2)

대기오염물질로 인한 대기환경상의 피해를 방지하거나 줄이기 위하여

대기오염물질을 배출하는 사업자, 허가·변경허가 및 신고·변경신고를 하지 않고 배출시설을 설치 또는 변경한 자에게 배출부과금(기본부과금, 초과부과금)을 부과 및 징수하고 있다.

④ 과징금 처분 (대기법 제37조)

환경부장관 또는 시·도지사가 배출시설을 설치 및 운영하는 사업자에 대해 조업정지를 명해야 하는데 그 조업정지가 주민의 생활, 국민경제, 그 밖에 공익에 현저한 지장을 줄 우려가 인정되는 경우에는 조업정지처분을 갈음하여 매출액에 0.05를 곱한 금액을 초과하지 않는 범위에서 과징금을 부과할 수 있다.

⑤ 환경기술인 (대기법 제40조)

사업자는 배출시설과 방지시설의 정상적인 운영과 관리를 위하여 환경기술인을 임명해야 한다. 환경기술인은 해당 시설에 종사하는 자가 법에 따른 명령을 위반하지 않도록 지도 및 감독하고, 운영결과를 기록 및 보관하는 등의 역할을 한다. 사업장 규모가 클수록 대기환경기사, 대기환경산업기사 등 환경기술인의 자격기준이 엄격하고 4·5종 사업장의 경우에는 기준농도 이상의 특정대기유해물질이 포함된 오염물질을 배출하지 않는 이상 특별한 자격을 요하지 않는다.

라) 소결

대기법은 이행해야 하는 규제 종류 및 미이행 시 부과되는 벌칙·과태료·행정처분의 규모 측면에서, 세척 사업장이 세척제 제품을 선택할 때 산업안전보건법보다 영향력이 크다고 볼 수 있다. 앞에서 설명하였듯이 세척제로 특정대기유해물질을 선택하는 경우 해당 물질의 배출시설에 대하여 입지·설치, 허가, 운영 각 단계에 따른 여러 복잡한 법적 규제를 이행하여야 한다. 대기오염물질 배출시설은 크게 배출구가 있는 시설과 비산배출시설로 구분할 수 있는데, 배출구가 있는 시설의 경우 배출허용기준을 준수하기 위해 방지시설을 설치하고 주기적으로 배출농도를

측정 및 보고해야 한다. 특정대기유해물질을 비산배출하는 탈지시설의 경우, 비산배출시설 관리제도에 따라 폐쇄형 구조로 설치하고 배출가스를 적절한 방법으로 처리하는 등 시설관리기준을 이행해야 한다. 다만, 현재 환경오염시설의 통합관리에 관한 법률(통합환경관리법)에 따라 20개 업종의 1, 2종 사업장에 대해서는 대기법보다 통합환경관리법을 우선 적용하고 있으므로, 추후 타법과의 관계를 파악하는 등 법적 규제에 대한 지속적인 업데이트가 필요할 것으로 사료된다.

4) 규제 순응 모형

정책대상집단의 규제 순응이나 불응의 상태는 특정 상황 속에서 내린 의도적 선택의 결과이다. 규제정책의 집행 측면에서 볼 때, 피규제자라 할 수 있는 정책대상집단의 규제순응도가 높을수록 해당 규제의 정책 집행이 성공적이라고 볼 수 있다. 규제가 실패하는 이유는 결정보다는 집행 과정에서 기인하는 경우가 많고, 정책대상집단의 규제 순응이 확보되지 않은 상태에서의 규제 집행은 효과가 없으며 전혀 가치가 없게 되어버리는 경우가 많다. (Nakamura & Smallwood, 1980)

그렇기에 규제정책을 시행하기 전에 이해관계자 간의 충분한 합의가 동반되는 것이 바람직하다. 그러나 그간의 국내 정책들은 이미 외국에서 성공했다고 여겨지는 것들이 국내 이해관계자들의 특성 파악이 충분히 이뤄지지 않은 상태에서 국내로 ‘이식’되는 경향이 강했고, 이는 규제 불응을 초래하는 원인이 되었다. 규제불응의 이유는 크게 세 가지가 있는데, ①규제에 대한 지식과 이해가 부족하거나 ②규제에 순응할 의지가 없거나 ③규제에 순응할 능력이나 역량이 부족할 경우로 나뉜다고 알려져 있다.(OECD, 2000)

한편, 규제 순응과 불응에 영향을 미치는 요인은 크게 규제 타당성, 집행기관 역량, 대상 집단의 특성, 환경적 조건으로 네 가지 차원으로 나뉜다. 첫 번째 차원인 규제 타당성은 규제 내용의 당위성, 합리성, 명확성, 일관성 등이

포함된다. 집행기관 역량으로는 집행자의 자질, 집행구조, 신뢰성, 전문성 등이 포함되며, 대상 집단의 특성으로는 심리, 능력, 태도, 관습 등이 포함된다. 마지막 차원인 환경적 조건에는 사회적 압력, 정치·경제·사회적 여건, 환경 등이 포함될 수 있다. 규제 순응 요인별 측정변수는 아래 표와 같다.

〈표 III-15〉 규제 순응 영향 요인

차원	요인	측정변수
규제내용	규제내용의 당위성	규제내용의 정당성
	규제내용의 합리성	규제내용의 명확성 규제내용의 공정성 규제내용의 일관성 규제내용의 실현가능성
규제집행기관	규제집행자의 자질	전문성 신뢰성
	보유자원	인적자원 예산
	집행구조	의사전달기능의 용이성 중앙부처간 중복집행 중앙과 일선기관간 중복집행 규제내용의 왜곡집행
	규제수단	사전적 규제수단 사후적 규제수단 경제적 유인수단 자율규제(자발적 협조, 파트너십 등)
규제집행 환경	정치적인 여건	정치권의 관심
	경제적 여건	경기의 호·불황
	사회적인 여건	시민단체(NGO), 언론
규제대상 집단	대상집단의 능력	인력, 시설, 자금
	대상집단의 행태	집행기관에 대한 신뢰도 정책집행수단에 대한 만족도 자발적 순응의지 정도

자료. 차용진. (2005). 규제순응에 관한 연구. 내용 재인용

규제 정책의 집행의 적정성을 사전에 예측 혹은 평가하기 위해서는 피규제자인 정책대상집단이 각 카테고리에서 어떤 특성을 보이는지와 규제에 순응하고 불응하는 요인이 무엇인지를 상세하게 파악할 필요가 있다. 제도나 정책의 집행과 관련한 이해당사자들의 태도와 반응을 판단하기 위해서는 설문 등의 양적 연구보다는 질적연구가 적합하다. 따라서 연구 방법으로 통계적 수치를 얻기 위한 조사와 구별되는 조사방법인 면담(interview)방식 등이 도구로 사용될 수 있다.

(1) 국내 세척 산업 지원 사업 현황

정책대상집단이 규제를 준수하기 위한, 즉 규제에 순응하기 위한 비용이 많이 요구된다면 ‘정부의 비용 지원사업’ 등과 같은 ‘경제적 유인 수단’이 주요한 규제 순응 요인이 될 수 있을 것이다. 이에 따라 국내 세척 산업에서 정부로부터 지원받을 수 있는 사업 현황을 조사하였으며, 현재 국내에서 ‘세척설비 개선’이라는 규제 순응을 유도하기 위해서 세척 작업 보유 사업장(정책대상집단)이 활용할 수 있는 정부의 비용 지원사업은 기관별로 다음과 같다.

〈표 III-16〉 세척 작업 보유 사업장에서 활용 가능한 정부지원사업

기관명	정부의 비용 지원사업	시작연도
한국산업안전보건공단 [www.kosha.or.kr]	건강일터 조성지원(환기장치 설치비용) 사업	2024년
한국환경공단 [www.keco.or.kr]	스마트 생태공장 구축사업	2023년
	화학안전 사업장 조성 지원 사업	2022년
국가부리산업진흥센터 [www.kpic.re.kr]	제조기반기업 공정자동화 지원 사업(중기부 소관)	2024년
	지능형 부리공정 시스템 구축사업(산업부 소관)	2021년
	부리기업 경쟁력 강화 지원사업(경기도경제과학진흥원 소관)	2022년
중소벤처기업진흥공단 [www.mssmiv.com]	중소기업 혁신바우처 사업(중기부 소관)	2020년

가) 한국산업안전보건공단의 건강일터 조성지원(환기장치 설치비용) 사업

한국산업안전보건공단에서는 2024년부터 급성중독 등 직업성 질병 예방을 위한 국소배기장치 지원 등 근로자 건강증진을 위한 ‘건강일터 조성지원 사업’을 신규 추진하고 있다. 이 사업은 고용노동부고시 「산업재해예방시설 용자금 지원사업 및 보조금 지급사업 운영규정」에 의해 신설되었으며, 한국산업안전보건공단에서 고용노동부로부터 사업을 위탁받아 운영한다. 지원대상은 가스, 증기, 미스트, 흠 또는 분진 등이 발생하는 실내 작업장에서 가스 등의 발산 억제 조치가 필요한 산재보험 가입 사업장이며, 지원 금액 한도는 동일 사업주당 최대 5천만 원(단, 조리흠은 최대 2천5백만 원)이다. 보조 비율은 상시근로자 수가 50인 미만인 사업장은 공단 판단 금액의 70%, 50인 이상 사업장은 공단 판단 금액의 50%로 지정되어 있다. 지원 품목은 아래 표와 같다.

〈표 III-17〉 건강일터 조성지원 사업 지원 품목

연번	지원 품목	품목 조건
1	관리대상유해물질, 허가대상유해물질, 작업환경측정대상물질(금속 가공유 포함), 분진작업, 고열작업을 하는 실내작업장에 노출 저감을 위하여 설치하는 국소배기장치 또는 밀폐설비	- 신규 설치, 교체 설치(설비전체 또는 일부분)에 한하여 지원 가능 - 이동식 국소배기장치 지원불가
2	기름을 고온으로 조리 시 발생하는 조리 부산물 등에 노출되는 실내작업장에서 노출 저감을 위하여 설치하는 국소배기장치 또는 밀폐설비	
3	국소배기장치의 설비 특례*에 해당하여 설치하는 급기·배기환기장치 * 산업안전보건기준에 관한 규칙 제425조(국소배기장치의 설비 특례) 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우	- 설비전체를 신규·교체 설치하는 경우에 한하여 지원 가능 - 강제급기 및 강제배기 방식에 한하여 지원 가능
4	고열작업을 하는 실내작업장에서 고열을 감소시키기 위한 전체환기장치	- 신규 설치, 교체 설치(설비전체 또는 일부분)에 한하여 지원 가능

다만 건강일터 조성지원 사업의 지원 대상이 관리대상유해물질, 허가대상유해물질, 작업환경측정대상물질을 취급하거나 분진작업, 고열작업, 조리흠 노출이 있는

실내작업장으로 한정되어 있어서 이에 해당되지 않는 유해인자를 취급하는 경우에는 국소배기장치 및 밀폐설비의 설치할 때 이 사업을 통해 비용 지원을 받기 어렵다. 또한 지원 대상 선정이 상시 이뤄지는 것이 아니라 지역별로 매년 1회 일괄적으로 이뤄지기 때문에 만약 공단의 잔여예산이 없다면 고용노동부의 시정지시 등에 의해 신속한 시설 개선이 필요한 사업장에서 제때 비용 지원을 받기는 어려울 수 있다.

나) 한국환경공단의 지원 사업

한국환경공단은 한국환경공단법에 의거하여 환경오염방지, 환경개선, 자원순환 촉진 및 기후위기 대응을 위한 온실가스 감축사업 등 탄소중립 사회로의 이행을 효과적으로 추진함으로써 환경 친화적 국가발전에 이바지하기 위해 설립된 기관이다. 이 기관은 중소·중견기업 지원 사업의 일환으로 ‘스마트 생태공장 구축사업’과 ‘화학안전 사업장 조성 지원사업’을 운영 중이다.

① 스마트 생태공장 구축사업

스마트 생태공장 구축사업은 오염배출 비중이 높은 제조공장을 소유한 중소·중견기업을 대상으로 하여 해당 사업장이 온실가스 저감, 오염물질 최소화, 에너지·자원 효율 제고 등을 고려한 친환경 공장으로 전환할 수 있도록 설비 개선·설치 비용을 지원하는 사업이다. 여기서 ‘스마트 생태공장’이란 폐기물 및 오염물질을 적게 배출하고 배출 폐기물을 재활용하는 시설, 물 사용을 절약 또는 재이용하여 중수도 및 공업용수를 활용하는 시설, 화석연료 사용을 절감하기 위한 신재생에너지 생산 등 온실가스 저감을 위한 시설 등을 뜻한다.

이 사업에서는 스마트 생태공장 구축에 필요한 컨설팅과 온실가스 저감 및 종합환경관리 설비에 대한 개선·설치 비용을 지원하고 있으며, 스마트 생태공장 구축비용의 최대 60%(중소기업 60%, 중견기업 50%), 기업별로 최대 10억원 한도로 지원받을 수 있다. 사업 지원 범위는 총 8개 분야가 있으며 신청 시에는 3개 이상 분야를 필수로 선택해야 한다.

〈표 III-18〉 스마트 생태공장 구축사업 지원분야

연번	지원분야	시설
1	온실가스 저감(필수)	열·원료 전환시설, 신재생에너지 시설, 에너지 회수·절감, 탄소 포집·저장·활용시설, 건축물에너지 절감, 오염방지시설 에너지 절감
2	ICT(필수)	오염방지시설 모니터링, 오염방지시설 제어
3	대기오염저감	대기오염방지
4	수질오염저감	수질오염방지, 비점오염 저감
5	폐기물 배출저감	폐기물 저감, 유해원료 사용절감
6	자원순환	빗물의 재이용, 폐기물 재활용
7	환경보건	약취저감, 소음·진동 저감, 환경안전
8	기타 시설	

② 화학안전 사업장 조성 지원 사업

화학안전 사업장 조성 지원사업은 「화학물질관리법」 제 44조와 「중대재해 처벌 등에 관한 법률」 제16조에 근거하여, 기술적·재정적 능력이 취약한 중소기업의 노후화된 유해화학물질 취급시설 개선 및 장비 도입 등을 위한 보조금을 지원하는 사업이다. 신청 자격은 노후된 유해화학물질 취급시설을 보유하고 있는 중소기업이며, 여기서 중소기업이란 중소기업기본법 제2조제1항 및 동법 시행령 제3조에 따른 기업을 말한다. 취급설비 개선을 위한 총 사업비의 70% 이내를 지원하고 지원 금액 한도는 업체별로 최대 4,200만원이다. 지원 대상 설비는 유해화학물질 취급설비로 시설구분과 지원항목 적용 범위는 아래 표와 같다.

〈표 III-19〉 화학안전 사업장 조성 지원사업의 지원대상 시설 및 항목

시설 구분		지원항목 적용 범위
A	제조·사용시설	1~7, 10~12, 14, 18, 20
B	실내 저장시설	1~9, 11~16, 18
C	실내 보관시설	1, 3~7, 9~11, 17, 18
D	실외 저장시설	1, 2, 4, 6~9, 11~16, 18
E	실외 보관시설	1, 4, 6, 7, 9, 10, 17, 18
F	지하 저장시설	1, 2, 4, 6, 7, 9, 11~16, 18
G	차량 운송시설	13, 18
H	차량 운반시설	19
I	사외배관 이송시설	12, 14, 18

1) 누출경보시스템 및 비상전력설비	11) 취급시설 바닥 관련
2) 배관 및 관련설비	12) 추가안전관리 측정장비
3) 환기, 배출설비 개선	13) 저장탱크
4) 잠금·보안설비	14) 펌프 등 유체 이송장치
5) 국소배기장치(후드, 덕트)	15) 통기밸브 및 화염방지기
6) 긴급세척시설	16) 주입구 및 관련 설비
7) 정전기 제거설비	17) 보관시설 구분 및 구획 보관
8) 방류벽	18) 계측장치 및 긴급 차단장치
9) 적재하역장소 방지턱/트렌치	19) 운반차량 적재함
10) 외부유출방지설비	20) 유해화학물질 취급설비

다) 국가뿌리산업진흥센터의 지원 사업

2021년 6월 개정된 「뿌리산업 진흥과 첨단화에 관한 법률」에 따르면 ‘뿌리산업’은 기존의 금속 소재 중심의 주조, 금형, 소성가공, 용접, 표면처리, 열처리와 같은 6개 기반공정과 더불어 차세대 공정기술 8개 분야인 사출·프레스, 정밀가공, 적층제조, 산업용 필름·지류 공정, 로봇, 센서, 산업지능형 SW, 엔지니어링 설계를 포함한 총 14개의 뿌리기술과 산업 범위를 뜻한다. 국가뿌리산업진흥센터에서는 2011년부터 오랫동안 3D업종으로 인식되어 온 뿌리산업을 자동화하고, 깨끗하고 편안한 ACE산업으로 전환하기 위해 뿌리산업법에 명시된 다양한 정책과 사업을 기획·추진해오고 있다. 해당 사업 중 세척 설비를 설치·개선할 때 비용을 지원받을 수 있는 사업은 다음과 같다.

① 제조기반기업 공정자동화 지원사업 (중소벤처기업부 소관)

주조, 표면처리, 정밀가공 등 제조 기반 기업의 생산성 제고를 위해 재해유발공정, 고노동 부하 공정 등의 수작업공정을 대상으로 공정자동화를 지원하는 사업이다. 중소기업기본법 제2조에 따른 중소기업 중 표준산업분류코드에 따른 제조기업(주조, 금형, 소성가공, 용접, 표면처리, 열처리, 사출·프레스, 정밀가공, 적층제조, 산업용 필름 및 제지, 의료기기제조, 기계제조, 전기·전자 등)에 해당하는 경우 해당 사업에 신청할 수 있다. 정부보조금 최대 9천5백만원 한도(총 사업비의 50%) 내에서 지원하며, 제조기업에서 보유한 공정 중 자동화구축 희망 공정을 대상으로 지원하나 단순 범용 공정장비·설비 구입 및 교체는 지원 대상에서 제외된다.

② 지능형 뿌리공정 시스템 구축사업 (산업통상자원부 소관)

지능형 뿌리공정 시스템 구축사업은 뿌리산업의 디지털화를 위해 뿌리공정설비의 지능형 제어를 기반으로 한 뿌리업종별 맞춤형 공정시스템 선도모델을 개발하고 실증을 구축하기 위한 사업이다. 지원 대상은 지능형 뿌리공정 시스템을 구축하고자 하는 주관기관과 공정 설비 및 솔루션을 공급하는 공급기관으로 구성된 컨소시엄이다. 여기서 주관기관이란 ‘뿌리산업 진흥과 첨단화에 관한 법률’ 제2조에 따른 뿌리기업(중소기업, 중견기업) 중에서 주조, 금형, 용접·접합, 소성가공, 표면 처리, 열처리, 사출·프레스, 정밀가공, 적층 제조, 산업용 필름 및 지류 제조 업종에 해당하는 기업에 해당한다. 뿌리업종별 공정 문제(생산성/품질, 환경/에너지, 안전 등)를 해결하는 것을 목적으로 공정 설비 구입 및 개량, 솔루션 개발 및 구축, 인건비 등을 지원하며, 정부출연금 지원 비율은 총사업비의 50% 이하이다. 단, 지능형 뿌리공정시스템에 반드시 필요한 핵심 설비가 아닌 양산 목적 설비 또는 단순 자동화 설비 구입 비용은 지원하지 않는다.

③ 뿌리기업 경쟁력 강화 지원 사업 (경기도경제과학진흥원 소관)

뿌리기업 경쟁력 강화 지원 사업은 뿌리산업의 경쟁력 강화를 위해 경기도 내 뿌리기업을 대상으로 추진하는 사업으로서, 경기도경제과학진흥원에서 전담하고 있다. 경기도 내 대상 시군에 소재한 뿌리기술 기업이 해당 사업의 지원 대상이 되며, 기업당 1백만 원부터 5천만 원까지 총소요 비용의 80% 이내로 지원하고 있다. 뿌리산업 경쟁력 강화에 필요한 디지털 공정혁신, 기술 품질, 기업애로 등 3개 분야의 9개 단위 사업에 대해 맞춤형 지원을 시행하고 있고, 관련 내용은 아래 표에서 확인할 수 있다.

〈표 Ⅲ-20〉 뿌리기업 경쟁력 강화 지원 사업 지원 내용

구분	단위사업명	지원 내용	
디지털 공정혁신	① 디지털 제조혁신	현장 맞춤형 제조공정로봇 도입 지원	
	② 노후 생산설비 장비 개선·교체	노후된 설비 및 장비 등 개선·교체비 지원	
	③ 유해화학물질취급시설 개선	유해화학물질 취급 시설 개선비용 지원	
기술품질	① 시제품(금형) 제작	시제품 제작 및 금형 제작지원	
	② 시험분석	공급자품질인증	IATF16949 자동차 품질경영 시스템 등
		시스템인증	ISO4500(안전), ISO14001(환경) 등
	③ 인증획득	혁신형인증	기업부설연구소, 연구개발전담부서 등
기업애로	① 기업애로컨설팅	뿌리기술, 인사/노무 등 컨설팅 지원	
	② 국내외 전시회	국내외 온오프라인 전시회 참가비 지원	
	③ 마케팅	홈페이지, CI제작, 동영상 제작지원	

라) 중소벤처기업진흥공단의 중소기업 혁신바우처 사업(중소벤처기업부 소관)

중소벤처기업진흥공단은 중소기업진흥법 제62조와 국가재정법 제5조에 따라 중소벤처기업의 경쟁력을 강화하고 경영기반을 확충하여 국민경제의 균형 있는 발전에 기여하기 위해 설립되었다. 이 기관에서 추진하고 있는 사업 중 세척

설비를 설치·개선할 때 비용 지원을 받을 수 있는 사업으로는 ‘중소기업 혁신바우처 사업’이 있다. 이 사업은 성장 가능성이 높은 중소기업을 대상으로 기업 특성별 맞춤형 지원을 통해 중소기업의 경쟁력을 강화하는 사업이다. 지원 대상은 최근 3년간의 평균 매출액이 120억원 이하인 제조 중소기업이며, 컨설팅, 기술 지원, 마케팅 분야의 지원을 서비스 수행기관으로부터 제공받을 수 있도록 바우처 형태로 지원한다. 기업당 5천만 원의 한도로 지원되고, 매출액에 따라 40~85%로 차등 지원된다. 중소기업 혁신바우처 종류는 5가지가 있고, 지원 분야는 크게 컨설팅, 기술 지원, 마케팅 등 3개 분야 및 13개 세부 프로그램으로 이루어져 있다.

〈표 III-21〉 중소기업 혁신바우처 유형 및 서비스

바우처 유형	주요 내용	해당 서비스
일반	성장 가능성이 높은 제조 소기업을 대상으로 전문가 진단을 통해 기업별 맞춤형 서비스 제공	컨설팅, 기술지원, 마케팅
탄소중립	탄소저감 가능성이 큰 제조 중소기업을 대상으로 탄소중립 경영혁신 등의 서비스 제공	컨설팅(필수), 기술지원(선택)
중대재해예방	제조 중소기업의 중대재해예방을 위한 서비스 제공	컨설팅(필수), 기술지원(선택)
재기컨설팅	경영위기 중소기업의 원활한 회생 및 재기를 위해 구조개선, 회생, 재창업 및 사업정리 등의 서비스 제공	별도 서비스
지역성장형	지역 주축산업 등을 육성하기 위해 지방정부 및 지방중기청이 기획·설계한 과제에 대해 서비스 제공	컨설팅, 기술지원, 마케팅

〈표 III-22〉 중소기업 혁신바우처 사업 지원 분야

지원 분야	세부 지원 내용
컨설팅(4개)	경영기술전략, 중대재해예방, 탄소중립경영혁신, 재기컨설팅
기술지원(5개)	시제품 제작, 시스템 및 시설구축, IP기반 기술사업화, 제품시험·인증·연구장비활용, AX·DX 추진전략
마케팅(4개)	디자인 개선, 브랜드 지원, 홍보물 제작, 광고 지원

(2) 해외 사례 : 세척제 대체 기술지원 체계

국가에서 사업장의 세척제 대체를 지원한 해외 사례로 미국 매사추세츠주의 독성물질사용저감법(TURA)과 독성물질저감연구소(TURI)를 살펴보았다.

최영은 등(2022)이 검토한 바에 따르면 미국에서도 염소계 세척제 남용을 방지하지 위한 노력을 진행하고 있고 그중에서도 매사추세츠주 정부가 독성물질사용저감법(Toxics Use Reduction Act, 이하 “TURA”)에 근거해서 만든 독성물질사용저감연구소(Toxics Use Reduction Institute, 이하 “TURI”)가 미국 내에서 가장 적극적인 안전한 세척제 대체 및 관리체계를 구축하고 있다.

2022년 매사추세츠 주정부에서 발간한 독성물질 사용량의 통계자료를 보면, TURA 시행 이후 독성물질 사용을 40%, 독성물질 부산물을 71%, 독성물질 배출을 91% 줄임으로써 성공적인 정책 효과를 나타내고 있다(노동환경건강연구소, 재인용). TURA의 독특한 점은 기업의 독성물질 사용 저감에 대한 ‘계획’ 수립만이 법적 의무사항에 해당하고, 현장에서의 실제 ‘이행’은 강제하지 않는다는 점이다. 이것은 독성화학물질 사용 기업이 직접 자사의 공정과 비용 등 제반 여건을 확인하고 이에 맞는 독성화학물질 저감 방법을 생각해볼 기회를 갖도록 유도하는 것에 제도의 목적을 두고 있기 때문이다(노동환경건강연구소). TURA의 이행 내용과 TURI의 세척제 대체를 위한 기업 지원 내용은 최영은(2022) 등에 자세히 서술되어 있다.

매년 독성물질사용저감 행정협의회에서 독성물질목록(Toxic or Hazardous Substance List)을 작성하고, 유해물질과 고독성물질로 분류하여 한 시설당 각 25,000파운드/년, 1,000파운드/년의 기준량을 지정한다. 해당 기준량을 사용하는 기업은 시설 크기와 물질 수에 따라 독성물질 사용료를 지불해야 한다. 사용료는 사업장의 규모에 따라 기본요금에 책정되어 있으며, 독성물질 사용에 따라 인상한다. 또한 기준량 이상의 독성물질을 사용하는 기업은 매년 독성물질 보고서(Annual Toxic or Hazardous Substance Report)를 작성해야 하는데, 해당 시설에서 사용하는 독성물질의 제조, 처리, 사용, 부산물, 배출량 등에 대해 질량을 보고하고,

이전년도와 비교하여 독성물질 사용 및 배출량의 변화에 관한 내용을 포함하여 고위 경영진의 서명과 입증자료를 문서로 만들어 보관해야 한다. 독성물질사용저감 계획서에는 저감 범위와 목적, 시설관리 정책, 배출 분석, 비용 예상, 시행일정 등을 포함해야 하며, 이 계획서는 인증된 플래너(Toxic Use Reduction Planner)의 참여하에 작성하여야 한다. 그리고 이 보고서와 계획서는 TURI 홈페이지를 통해 일반 시민에게 공개되며, 사업장 정보, 화학물질, 기타 정보를 입력하면 모든 사람이 자유롭게 열람할 수 있도록 하고 있다. 독성물질사용저감연구소(TURI)는 독성물질의 정보 제공, 독성물질사용저감 플래너 양성, 성공기업 보조금 지급, 안전한 대체물질 개발 및 위험성 평가 등을 하고 있다. TURI는 기업이 스스로 독성물질사용저감 계획을 세울 수 있도록 대체물질을 평가해 주는 프로세스를 개발하여 지원한다. 특히 'Cleaner Solution Database'를 구축·운영하여 세척제 사용자들이 자신이 세척하고자 하는 대상의 재질과 세척조건 등을 입력하면, 시장의 제품 중 건강과 환경에 유해하지 않은 제품들을 선택할 수 있도록 돕는다. 또한 P2OASys(Pollution Prevention Options Analysis System) 프로그램을 통해 대체물질별로 기술과 공정, 비용, 환경 및 건강영향성 등의 지표로 분석하여 위험성 점수를 저·중·고로 구분하여 보다 안전한 대체물질을 찾도록 지원해준다(최영은 등, 2022 재인용).

TURA의 성공 요인이 무엇인지도 살펴볼 필요가 있다. 노동환경건강연구소에서는 TURA의 성공 요인을 다음 두 가지로 분석하고 있다.

매사추세츠 주에서 독성물질의 사용과 배출이 성공적으로 줄어들 수 있었다는 점은 기업에게 독성물질의 사용을 줄이도록 동기 부여에 성공하였다는 점을 의미한다. 여기에는 매사추세츠 주의 독성물질사용저감법의 성공 요인이 있다. 첫 번째는 기업에게 독성물질의 사용저감을 위한 계획 수립 의무를 부여한 점이고, 두 번째는 기업이 계획을 적절하게 수립할 수 있는 TUR 플래너와 공적 지원기관을 포함하는 체계적인 지원 시스템을 마련한 것이다. 이를 통해 기업은 독성화학물질이 사용되는 공정과 비용 등을 더 잘 이해할 수 있었고, 효과적인 계획 수립을 위한 컨설팅과 연구 지원 등을 통해서 독성물질 사용을 줄이기 위한 사회적 분위기에 동참할 수 있었던 것이다(노동환경건강연구소, 재인용).

정부의 이러한 세척제 대체 지원 체계가 가지는 의의는 할로겐 세척제를 사용하지 않아도 되는 작업에서만이라도 인간과 환경에 덜 유해한 세척제를 사용하도록 긍정적인 변화를 끌어내는 것에 있다(최영은 등, 2022).

(3) 규제 내용의 실현 가능성 : 공정 자체의 한계

유럽 염소계 용제 협회(European Chlorinated Solvent Association, 이하 “ECSA”)에서는 표면 세척에서 유형Ⅲ(개방 전 내부 공기정화를 포함하는 밀폐형) 혹은 그 이상에 해당하는 세척 설비를 사용할 것을 강력하게 권장하고 있다(ECSA, 2021). 유형 I(개방형, Open-top)과 유형Ⅱ(밀폐형-대기직접환기 또는 밀폐형&저감-외부 활성탄 필터를 통한 환기)는 안전한 표면 세척 작업을 달성할 수 없다는 의미이기도 하다. 특히 유형 I의 경우, 국내 많은 사업장에서 금속 부품 세척 시 사용 중인 형태인데, 국소 배기장치가 설치돼 있더라도 위험도가 1을 초과하므로 표면 세척 작업을 안전하게 수행할 수 없다. 즉, 유형 I 또는 유형Ⅱ에 해당하는 세척 설비를 사용하여 세척 작업을 수행 중인 사업장은 국소 배기장치를 가동하더라도 규제 목표를 실현하기 어렵다는 한계를 갖고 있는 것이나 다름없다. 세척 설비의 유형별 주요 특징은 <표Ⅲ-2>에 상세하게 나타내었다.

5) 기업의 조직화된 무책임성

국내 산업계에서 산업안전보건 규제를 이야기할 때면 ‘위험의 외주화’라는 키워드가 꾸준히 언급된다. ‘위험의 외주화’란 ‘기업의 비용 절감 및 책임회피를 위해 위험하고 힘든 업무를 외부로 넘겨 위험을 전가, 전이하는 것’을 가리키는 것으로서 하청 노동자의 산재 사망사고 문제를 제기하기 위해 노동계에서 주로 사용해온 용어다. (박상은, 2019) 쉽게 풀어 이야기하자면 외주, 용역, 도급, 파견 아웃소싱 등 고용사업주와 사실상의 사용사업주가 불일치한 고용 형태인

간접 고용을 사업에 적용함으로써 본래라면 모기업의 위험이라고 할 수 있는 것들을 외주화의 형태로 하청업체 등에게 전가하여 책임을 회피하는 것이다. (조성재, 2006)

물론 간접 고용의 긍정적인 측면도 있겠으나 안전보건의 관점에서는 부정적인 측면이 더 크다. ‘...외주화된 노동은 ... 유해한 작업을 회피하거나 이 과정에서 나타날 수 있는 기업의 법적 책임을 면하기 위한 일종의 유연화 전략...’이기 때문이다. 다시 말해 간접 고용은 안전보건에 대한 책임과 사업 운영을 분리시키기 때문에 모기업의 안전보건 관리에 심각한 공백을 초래한다. 이는 작업장 적응도와 숙련도가 낮은 노동자들을 양산하는 구조적 배경이 되며, 위험하고 열악한 작업장에서 간접고용형태의 근로자들이 죽거나 다치게 되는 산업재해의 양극화가 나타날 수 있다. (정재요, 2022)

도입부에서 언급한 ‘위험하고 열악한’ 작업장 중 하나의 예시가 될 수 있는 공정이 ‘세척공정’이라 할 수 있을 것이다. 아직까지 국내에서는 유기용제 세척제가 보편적으로 사용되고 있다. 이와 같은 세척제는 시큼달콤한 냄새가 특징이기에 산업세척은 ‘냄새나는 작업’으로 흔히 불리우는, 근로자들이 기피하는 대표적인 작업 중 하나다. 이처럼 세척 작업에 사용되는 세척제는 인체에 유해한 화학물질이기에 환경부의 화학물질 규제는 점점 강화되는 추세다. 그러다보니 산업현장에서는 점점 까다로워지는 세척제에 관한 규제를 맞추는 대신, 세척공정만을 따로 떼어 외부업체에 맡기는 경우도 있다. 따라서 세척공정에서 발생하는 재해를 예방하기 위해서는 기업의 조직화된 무책임성에서 초래된 위험의 외주화에 관해 고찰해볼 필요가 있다.

이와 관련하여, 조직의 위계적 질서에서 최고위에 위치한 사업주의 책임을 일차적 책임으로 바라보고, 다른 분업관계 참여자의 책임은 이차적으로 볼 필요가 있다. 이러한 관점으로 서술된 임철희(2022)의 「산업안전형법에서 조직화된 무책임성과 조직화책임」에서 기술한 내용은 다음과 같다.

조직화된 무책임성이란, 기업의 이윤 취득과 위험의 초래에 일정한 기여를

한 내부자들이 사업의 구조적 복잡성을 이유로 책임을 지지 않아 발생하는 조직을 통해 조직된 무책임을 의미하며, 이는 결국 위험과 책임의 외부화를 의미한다.

그러나 사업 활동을 통해 이윤을 취하는 기업이 사업 활동으로부터 파생되는 산업재해에 대한 책임을 져야 한다고 본다면, 산업안전보건법에서 목표한 산업재해 예방을 달성하기 위해서 기업은 산업재해가 발생하지 않도록 그 사업의 활동을 조직화해야 할 것이고 이러한 조직화책임은 기업을 경영할 권한과 책임을 지는 경영자의 고유한 의무 가운데 하나라고 볼 수 있다.

한편, 산업안전보건법에서는 ‘근로자’를 피해자로 상정하지만, 도급 등을 통해 사업주의 사업이 다른 사업주와의 분업을 통해 영위될 가능성을 염두에 둔 조항이 산업안전보건법에 있음을 감안하면(산업안전보건법 제15조) 사업주가 자신이 직접 고용한 근로자 이외의 자를 자신의 분업적 사업 활동에 편입시킬 가능성은 이미 입법 시점부터 의식되었음을 알 수 있다.

따라서 사업주의 사업이 도급을 통해 분업적으로 수행되면, 사업주의 산업재해에 관련된 조직화책임이 수급 사업주에게 이전되는 것이 아니라 그 내용이 변화될 뿐이다. 사업주 간(도급인 사업주와 수급인 사업주)에 사업공동체를 형성하면 도급인의 책임영역은 피해자의 범위와 관련해서는 확장된다고 볼 수 있고, 피해자 ‘근로자’에는 도급인 사업주와 근로계약관계에 있는 근로자뿐만 아니라 수급인의 근로자도 포함된다고 볼 수 있다.

다르게 말하자면 분업으로 인해 도급인의 안전조치에 대한 의무가 자신과 거래관계에 있는 다른 사람에게 이전된다고 보기보다는, 이익실현의 과정에 다른 사람도 참여시킨 때에는 자신이 지배하는 위험원이 그 다른 사람에게 파생될 위험과 이 분업적 사업 수행에 의해 새롭게 생겨나는 위험까지 추가로 통제해야 할 의무가 있다고 보아야 할 것이다.

산업안전법령을 적용할 때 예를 들어 형법 제18조(부작위범)나 제30조(공동점범)의 이론을 염두에 두면, 책임의 외주화는 사실상 거의 불가능하다. 위험원에 대한

지배를 책임귀속의 거점으로 삼으면, ‘도급’이라는 민사법적·노동법적 관계가 피해자 보호와 아무런 관련이 없다는 점이 분명해지고, 공동점범의 이론은 수평적 분업관계에서 부분실행-전부책임의 책임귀속을 가능하게 하기 때문이다.

한편, 내부적 분업 측면을 살펴보면 산업안전보건법이 규정한 산업안전보건의무를 이행할 책임은 사법(계약)과 사실적 행위(지시)를 통해 이전될 수 없다. 이는 조직화책임은 사업주의 사업 내부의 분업관계에서 상급자가 하급자에게 업무를 분장하여 수행하도록 하더라도 최소한 그 업무수행자의 업무수행을 통제할 가능성을 확보해야 한다는 근거가 된다. 사업의 규모가 커서 개별 사업장마다 안전보건 업무의 처리를 위해 관리자를 별도로 두고 있는 법인 사업주의 경우에, 개별 사업장을 넘어서서 사업주 자체의 이해관계에 영향을 미치는 경우에는 단지 그 해당 사업장의 관리자를 넘어서서 그 법인사업주의 (최고위)경영자도 조직화책임을 부담해야 하고, 이 때 조직화책임의 내용은 이런 사안을 적절히 감독할 수 있는 체계를 마련하는 것도 포함한다. 이러한 관점에서 볼 때 안전보건관리체제와 그 조직에 편입되어 있는 내부자들이 안전보건의무를 위반하였다는 것은, 사업주의 안전보건조직이 제대로 작동하지 않은 것으로서 사업주가 조직화책임을 이행하지 않은 것으로 평가될 수 있다.

6) 기업의 ESG 경영과 공급망 실사법

최근, 국제적으로 환경·사회·지배구조(Environment, Society, Governance, 이하 “ESG”) 정책을 기업의 전략과 운영에 반영하는 것이 기업의 지속가능성 제고와 장기적 가치 실현을 위해 중요하다는 인식이 증가하고 있다. 기업의 사회 기여와 지속가능성 달성을 위한 비재무적 성과지표를 경영에 도입하려는 국제적 움직임이 대폭 늘어난 것이다. 대표적인 움직임으로, EU에서는 기업 공급망 내의 인권환경 실사에 대한 의무화법, 이른바 ‘공급망 실사법’의 법제화를 앞두고 있다.

(1) EU 공급망 실사법의 도입 배경 및 주요 내용

일반적으로 공급망 실사법¹⁾이라고 불리는 지침의 공식 명칭은 기업지속가능성 실사지침(Corporate Sustainability Due Diligence Directive, 이하 “CSDDD” 또는 “CS3D”)이다. 이 지침은 UN의 기업과 인권에 관한 이행 원칙 (UN Guiding Principles on Business and Human Rights)에 근거를 두고 있다. 이 UN 원칙은 기업의 이윤 추구 과정에서 발생할 수 있는 인권 침해에 대해 국가에 의한 조치와 별개로 기업으로 하여금 예방과 피해회복을 위한 대책을 수립하도록 하는 것이 핵심이다. 이러한 일련의 과정을 인권 실사라고 하는데, 그간 외주화되는 경향을 보여온 인권침해로 인한 부정적 영향을 기업으로 하여금 다시 내재화하도록 하는 장치라고 할 수 있다. 즉, 유럽의 CS3D는 법적 구속력이 없는 권고사항 수준의 기존 지침만으로는 글로벌 기업들의 분업화, 외주화와 같은 운영 행태가 해소되지 않은 탓에, EU에서 공급망 실사와 관련된 유럽의 공통된 기준을 제시하기 위한 지침(Directive)을 마련하여 EU의 역내·외 기업 모두에게 동일한 실사 지침을 적용하기로 한 것이다.

2024년 5월 EU 이사회의 최종 승인을 받아 7월에 발효된 지침이며, 2년내 EU 각 회원국의 법제화 과정을 거쳐 2027년부터 규정(Regulation)으로써 본격 적용될 예정이다. 적용 시점은 기업의 역외, 역내 기업 여부와 순매출액 등에 따라 다르다. CS3D 내용에 따르면, 규정을 직접 적용받는 모기업(Ultimate parent company)에서는 ‘부정적 영향의 심각성 및 발생 가능성’이 가장 높은 협력사를 식별하여 우선적으로 실사하여야 한다. 즉, 실사 대상에는 1차 협력사뿐 아니라, 가치사슬(Value chain)에 있는 후방산업과 전방산업이 포함된다. 모기업은 공급망 내 모든 협력업체의 인권, 환경, 기후변화와 관련된 잠재적 부정적 리스크를 식별하고 예방, 완화, 제거 조치를 점진 관리하여야 한다. 성과는 주요 근거를 문서로 증명해야 하고 이는 공시로 연결된다.

1) 기업의 경영활동으로 파생된 부정적인 영향(인권 및 환경 등)을 관리하는 시스템을 의미하며, 영어로는 Due Diligence라고 한다

[참고] EU 공급망 실사 지침에서 다루는 인권 및 환경 리스크(실사 항목)

부속서 Part 1 에서 제시하고 있는 인권 실사 항목	부속서 Part 2 에서 제시하고 있는 환경 실사 항목
생명과 안전에 대한 권리	생물다양성 보호
차별 및 괴롭힘 금지	멸종위기에 처한 야생 동식물의 국제거래 제한
근로조건	수은 첨가제품 사용 및 수출입 제한
적절한 근로 공간 제공	잔류성 유기오염물질의 생산 및 사용 제한
아동노동 금지	유해화학물질의 수출입 제한
강제노동 금지	오존층 보호
결사 및 단체교섭의 자유 보장	폐기물 수출입 제한
개인정보 침해 금지	세계문화유산 및 자연유산 보호
환경 악화를 초래하는 행위 금지	국제적으로 중요한 습지 보호
토지 및 자원이용에 대한 지역사회 권리 보장	선박 운영에 따른 해양 오염 방지

자료. 대한상공회의소 등. (2024). EU 수출기업을 위한 공급망 실사지침, p.29

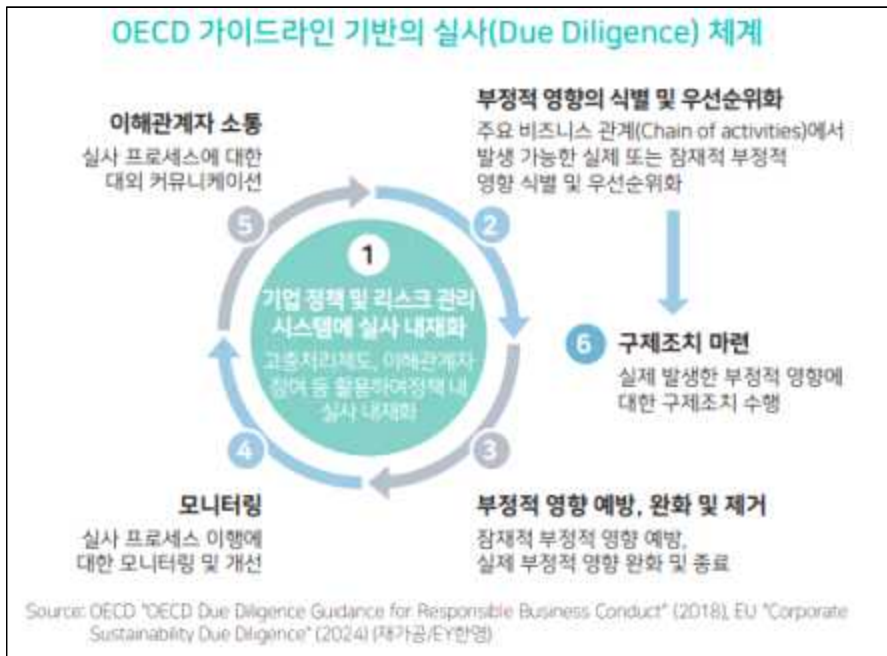
[그림 III-4] EU 공급망 실사지침상 인권 및 환경 실사항목

만약 지표별 활동에 대한 성과를 증명하지 못하면 법적 위반으로 손해가 발생할 수 있고 무엇보다도 ‘글로벌 공급망 시장에서의 퇴출’이라는 강력한 패널티까지 받을 수 있으므로, 지금부터라도 공급망 실사 대응 체계 구축에 대한 국내 기업의 관심이 필요한 실정이다.

(2) 실사 프로세스

공급망 실사법 적용 대상이 되는 기업에서는 OECD 가이드라인을 기반으로 실사 체계를 구축하고 지침에서 요구하는 실사 이행 의무를 수행하여야 한다.

OECD 가이드에서 제시하는 실사체계는 ‘기업 정책 및 리스크 관리 시스템에 실사 내재화’, ‘부정적 영향의 식별 및 우선 순위화’, ‘부정적 영향 예방, 완화 및 제거’, ‘모니터링’, ‘이해관계자 소통’, ‘구제 조치 마련’이 순환적으로 이행되는 구조로 구성되어 있다.



자료. 대한상공회의소 등. (2024). EU 수출기업을 위한 공급망 실사지침, p.22

[그림 III-5] OECD 가이드라인 기반의 실사 체계

가) 기업 정책 및 리스크 관리 시스템에 실사 내재화

먼저 기업에서는 자체 활동뿐 아니라 자회사 및 협력사를 포함한 공급망 관련 정책 및 위험 관리 시스템에 실사 의무를 통합하고 실사 정책을 수립해야 한다.

나) 부정적 영향의 식별 및 우선순위화

실사 범위를 설정하고 주요 비즈니스 관계 내에서 발생할 수 있는 모든 인권 및 환경 리스크에 대한 풀(Pool)을 구축하여야 한다. 개별 기업에 실제로 발생할 수 있는 위험과 이에 따른 부정적 영향이 식별되고 나면 해당 영향의 우선순위를 설정해야 한다.

우선순위를 판단할 때는 심각성(Severity)와 발생가능성(likelihood)가 종합적으로 고려되며, 이 중 심각성은 영향의 규모(Scale), 영향의 범위(Scope), 회복불가능성(Irremediable character)으로 구분하여 평가된다. 이러한 접근을 통해 기업은 가장 중대한 부정적 영향부터 순차적으로 해결할 수 있으며 이를 합리적인 시간 안에 실행할 수 있게 된다.

다) 부정적 영향 예방, 완화 및 제거

기업은 부정적 영향을 발생시킨 주체를 정확히 식별하고 이를 완화 또는 제거하기 위해 적절한 조치를 취해야 한다. 적절한 조치란 부정적 영향을 완화하기 위해 협력사에게 개선 계획 수립과 이행을 요구하는 것을 의미하며, 정량적·정성적 요소에 대한 점검과 함께 금융·비금융 지원 활동이 포함될 수 있다. 조치 방법으로는 공급망을 대상으로 계약상 보증을 체결하여 기업의 행동강령과 예방 조치계획을 준수하도록 요청하는 방법 등이 있다. 만약 협력사를 위한 적절한 조치가 시행된 이후에도 부정적 영향을 예방 또는 완화할 수 없는 경우에, EU는 부정적 영향을 최소화하기 위한 최후의 수단으로 해당 협력사와 거래관계를 중단하거나 기존 계약 연장을 자제할 것을 권고하고 있다.

부정적 영향의 우선순위 평가를 위한 기준

구분		설명
심각성 (Severity)	영향의 규모 (Scale)	인권 및 환경에 미치는 부정적 영향의 크기
	영향의 범위 (Scope)	부정적인 영향을 받거나 받을 수 있는 이해관계자의 수, 지역 범위 등
	회복불가능성 (Irremediable Character)	부정적 영향을 받기 전과 동일한 상황으로 되돌아가는 데 투입되는 자원, 시간 등
발생가능성 (Likelihood)		부정적 영향의 발생 빈도

Source: OECD "OECD Due Diligence Guidance for Responsible Business Conduct" (2018)

자료. 대한상공회의소 등. (2024). EU 수출기업을 위한 공급망 실사지침, p.30

[그림 III-6] 부정적 영향의 우선순위 평가를 위한 기준

라) 모니터링, 이해관계자 소통, 구제 조치 마련

이러한 일련의 계획과 조치 후에는 적절한 평가 지표를 통해 실사 이행 여부와 시행된 개선 조치의 적절성 및 효과성에 대해 최소 12개월마다 정기적으로 모니터링하여야 한다. 또한 연 1회 자사의 웹사이트에 실사 연례 보고서를 작성하여 공시하여야 한다. 만약 기업의 자체 운영 과정 또는 협력사와 공동으로 사업을 수행하는 과정에서 부정적 영향을 발생시킨 경우, 구제 조치를 제공해야 한다.

(3) 책임 및 제재

EU 공급망 실사 지침 이행 의무를 지닌 기업이 의무를 위반할 경우, 전 세계 순매출액 기준 최소 5% 이상의 벌금이 부과될 수 있다. 만약 기업이 주어진 기한 내에 벌금을 납부하지 않는 경우, 기업명과 위반 내용을 담은 공개 성명서가

발표되어 기업의 평판 리스크를 초래할 수 있다. 더불어, 기업이 EU 공급망 실사 지침 의무를 준수하지 않아 특정 주체에게 피해를 입힌 경우, 피해를 입은 주체가 해당 기업을 대상으로 민사상 손해배상을 청구할 수 있다. 협력사의 단독 귀책 사유로 인해 피해가 발생한 경우 손해에 대한 책임 의무가 발생하지는 않지만, 해당 손해에 협력사와 공동 인과관계가 있는 것으로 판단되면 연대하에 배상 책임 의무가 따르게 된다. 그러나 이는 민사상의 책임에만 국한되는 사항으로 손해에 대한 직접적인 책임이 발생하지 않더라도, EU 공급망 실사 지침 의무 위반에 따른 벌금은 부과될 수 있으므로 기업은 주요 비즈니스 관계 전반에 걸쳐 실사 의무를 이행할 필요가 있다.

(4) 공급망 실사법에 대한 국내 대응

국내에서도 국제적 추세에 적극 대응하기 위하여 2023년 9월 1일 「기업의 지속가능경영을 위한 인권환경보호에 관한 법률(안)」(이하 “공급망 실사 법률안”)이 발의되는 등 공급망 실사 의무화 관련 논의가 본격적으로 시작되었다. 해당 법안은 인권과 환경을 존중하고 기업활동을 장려·지원하고 기업에 의한 인권 또는 환경침해를 예방하여 인간으로서의 존엄과 가치를 실현하고 환경보호에 기여할 수 있는 기반을 마련하기 위해 기업의 인권환경실사에 대한 사항을 규정한 것이다.

발의된 인권환경실사법에 따르면 기업은 사업 과정에서 발생했거나 발생할 가능성이 높은 부정적 영향을 식별하고 대응할 책임이 있는데, 부정적 영향의 범위에는 대한민국이 가입, 비준한 국제인권조약과 국제관습법과 국제환경협약, 그리고 기후 위기가 포함되어 있다. 인권환경실사 의무는 중소기업을 제외한 기업 중에서 상시 500명 이상의 근로자를 사용하거나, 직전 사업연도의 매출액이 2,000억 원 이상인 기업으로 국내 기업에게만 부여된다. 이 기준에 해당하는 기업의 수는 국내 활동 기업 중 0.1% 미만이다. 법의 적용 대상 기업은 자신의 기업활동과 공급망 내에서 다른 기업의 기업활동에 대해 인권환경위험을

식별해야 하는데, 자회사 및 종속회사의 활동은 자신의 기업활동으로 간주된다.

한편 공급망의 범위는 직접적 계약 관계에 있는 협력업체로 한정되는 것이 아니라 원자재 획득부터 최종 소비에 이르는 모든 단계를 포함하며 금융 거래 등의 재무적 관계도 포함이 된다. 다만 공급망 내에서 식별된 인권환경위험에 대책을 수립할 때 직접 공급자인 경우에는 직접 인권환경위험 대책 수립 및 실행할 것을 요청하도록 하고 있으나 간접공급자인 경우에는 상위 공급자를 통해 대책 수립 및 실행을 요청하도록 하고 있다. 만약 기업이 이 법에 위반된 행위를 하거나 의무를 이행하지 않는 경우, 입찰 참가 제한과 과태료 부과 등의 행정적 제재를 받는다. 중대한 의무 위반에 대해서는 벌금 등의 형사적 제재를 받는다. 또한 의무 위반으로 피해입은 사람의 효과적인 구제를 위한 민사상 손해배상 책임도 부과된다.

그러나 이 법률안은 제21대 국회가 2024년 5월말 만료되면서 회기 내 의결되지 못한 다른 법안들과 함께 폐기되었으며, 이에 따라 국내에는 아직 기업 ESG 성과 평가를 위한 명확한 기준이 없는 실정이다. 다만, 국내 기업에서 자율적으로 ESG 정보 공개를 할 수 있는 온라인 홈페이지가 있다. ESG 포털(esg.krx.co.kr)은 한국거래소에서 국내에 산재된 ESG 정보를 원스톱으로 제공하고 기업간 ESG 정보를 비교할 수 있게 하여 기업들이 스스로 대응하게 하기 위한 목적으로 구축되었다. 2024년 기준 코스피 상장사 846개소 중 795개소에서 ESG 등급을 부여받았다.²⁾

(5) 소결

지금까지는 공급망 상위에 있는 사업장이 당사에 필요한 세척 작업을 다른 사업장에 외부화함으로써 해당 작업에서 초래되는 위험을 외면할 수 있었을지 모른다. 그러나 모기업을 중심으로 한 공급망의 ESG 관리가 법제화되고 있는

2) 자료 출처 : KRX ESG포털(esg.krx.co.kr) - ESG 통계 - 국내 ESG 현황 - ESG 종합 등급 부여 현황(2024년)

현재의 세계적 흐름을 볼 때 할로젠계 세척제를 사용하고 있는 국내 사업장의 위험 개선은 더 이상 선택 사항이 아니다. 할로젠계 세척제는 인적, 환경적 위험 요소를 모두 내재하고 있어 이러한 세척제를 사용하는 사업장은 언제나 중독과 사고의 위험이 존재할 수 있기에 앞서 언급된 ‘부정적 영향의 심각성 및 발생 가능성’이 높은 협력사로 분류되고 ESG 실사 우선순위에 해당할 가능성이 높기 때문이다. 따라서 세척이 필요한 금속 부품 제조를 공급망에 포함되는 자동차 제조 업계 등에서는 세척 작업의 위험을 반드시 개선해야만 당사의 지속 가능한 사업을 영위할 수 있을 것이다.

3. 금속 부품 세척 이해당사자 경험

본 연구에서는 금속 부품 세척과 관련된 이해당사자의 경험을 조사하기 위해 이해당사자와 일대일 대면방식의 심층 면담을 수행하였다. 면담 대상자(피면담자)는 세척 공정 관리자, 세척제 제조 및 수입업체, 세척 설비 제조업체, 규제 전문가로 구분하였다. 세척 공정 관리자는 ‘할로겐계 세척 공정 관리자’와 ‘수계 세척 또는 탄화수소계 세척 공정 관리자’로 다시 세분화하였다. 전체 피면담자 수는 총 30명으로, 피면담자 유형별로 각각 할로겐계 세척 공정 관리자 7명, 수계 세척 또는 탄화수소계 세척 공정 관리자 5명, 세척제 제조업체 및 세척 설비 제조업체 종사자 10명, 규제 전문가 8명이다. 면담은 1명당 1회씩 실시하였으며 회당 소요 시간은 상황에 따라 1~3시간에 걸쳐 이루어졌다. 면담 내용은 피면담자의 동의를 받아 녹취한 것을 전사하고, 전사본을 구조화하였다. 다음 표는 피면담자 30명의 기본 정보를 표시한 것이다.

〈표 III-23〉 피면담자 기본 정보

소속 유형	ID	기본 정보
세척제 사용 사업장 (12명)	피면담자1	[세척 목적] 도장 틀을 재사용하기 위해 도장 틀에 묻은 도장제 제거 [세척 방식] 반자동 포위형 설비로 세척 [사용 세척제] 할로겐계(디클로로메탄) → 수계
	피면담자2	[세척 목적] 자동차 부품에 묻은 금속 가공유 제거 [세척 방식] 반자동 포위형 설비로 세척 [사용 세척제] 할로겐계(트리클로로에틸렌) → 할로겐계(1-브로모프로판)
	피면담자3	[세척 목적] 자동차 부품에 묻은 프레스 이형유 제거 [세척 방식] 4조식 포위형 설비를 사용하여 담금식 세척 [사용 세척제] 할로겐계(트리클로로에틸렌) → 할로겐계(1-브로모프로판) → 할로겐계(2-브로모프로판)
	피면담자4	[세척 목적] 도장작업 수행 전 피세척물의 이물질 제거 [세척 방식] 3조식 반자동 담금 → 1조식 설비로 수동 담금식 세척 [사용 세척제] 할로겐계(트리클로로에틸렌) → 할로겐계(디클로로메탄)

소속 유형	ID	기본 정보	
	피면담자5	[세척 목적] 도장작업 전 이물질 제거 [세척 방식] 1조식 증기탈지로 세척 [사용 세척제] 할로겐계(트리클로로메탄)	
	피면담자6	[세척 목적] 자동차 부품품에 묻은 금속 가공유 제거 [세척 방식] 3조식 수동 담금식 세척 [사용 세척제] 할로겐계(디메틸카보네이트 및 2-브로모프로판)	
	피면담자7	[세척 목적] 도장작업 전 이물질 제거 [세척 방식] 5조식 반자동 포위형 설비로 세척 [사용 세척제] 할로겐계(트리클로로에틸렌) [특이사항] 다른 할로겐계 세척제로 대체 시도했으나 실패	
	피면담자8	[세척 목적] 자동차 부품품에 묻은 금속 가공유 제거 [세척 방식] 1조식 수동 담금 → 4조식 탄화수소계(밀폐, 자동) 설비로 세척 [사용 세척제] 탄화수소계 [특이사항] 정부의 비용지원을 받아 할로겐계에서 탄화수소계로 전환	
	피면담자9	[세척 목적] 자동차 부품품에 묻은 금속 가공유 제거 [세척 방식] 4조식 초음파 설비로 세척 [사용 세척제] 할로겐계(디클로로메탄) → 할로겐계(트리클로로메탄 및 1,2-디클로로프로판) [특이사항] 탄화수소계 세척제 사용을 희망하나 비용 문제로 인해 현재 할로겐계 사용 중, 과거에는 수계도 사용했으나 현재는 미사용	
	피면담자10	[세척 목적] 자동차 부품품에 묻은 금속 가공유 제거 [세척 방식] 1조식 반자동 진공 밀폐형 설비로 세척 [사용 세척제] 탄화수소계	
	피면담자11	[세척 목적] 자동차 부품품에 묻은 금속 가공유 제거 [세척 방식] 단조식, 다조식 포위형 설비로 세척 [사용 세척제] 수계	
	피면담자12	[세척 목적] 자동차 부품품에 묻은 금속 가공유 제거 [세척 방식] 3~4조식 반자동 포위형 및 개방형 설비로 세척 [사용 세척제] 수계	
	세척제 제조수입 사업장 (6명)	피면담자13	[제조/수입] 제조/수입한 원료를 단일물질 또는 혼합물로 판매 [상품] 할로겐계/수계 세척제 [업력] 20년 이상
		피면담자14	[제조/수입 여부] 원료 수입 [상품] 할로겐계 세척제 [업력] 10년 미만
		피면담자15	[제조/수입 여부] 제조/수입한 원료를 혼합하여 세척제 제조 판매 [상품] 할로겐계 세척제 [업력] 10년 이상

할로겐화 세척작업의 제어기술 상향전환을 위한 사회적 인프라 조사

소속 유형	ID	기본 정보
	피면담자16	[제조/수입 여부] 제조/수입한 원료를 혼합하여 판매 [상품] 할로겐계/탄화수소계 세척제 [업력] 20년 이상
	피면담자17	[제조/수입 여부] 제조/수입한 원료를 혼합하여 판매 [상품] 탄화수소계 세척제 [업력] 30년 이상
	피면담자18	[제조/수입 여부] 수입한 원료를 단일물질 세척제 형태로 판매 [상품] 할로겐계 세척제 [업력] 10년 이상
세척설비 제조판매 사업장 (4명)	피면담자19	[상품] 할로겐계 세척 설비를 주력으로 판매(매출의 30~40%) [경력] 10년 이상
	피면담자20	[상품] 할로겐계 및 수계 세척 설비 판매 [경력] 10년 이상
	피면담자21	[상품] 과거, 국내에서 수계 세척 설비 등을 판매했으나 지금은 수출에 주력 [경력] 20년 이상
	피면담자22	[제품] 수계 세척 설비를 주력으로 판매 [경력] 20년 이상
전문가 (8명)	피면담자23	[경력] 10년 이상의 사업장 지원 경력을 보유한 산업안전보건법 규제 및 컨설팅에 전문성을 갖춘 전문가
	피면담자24	
	피면담자25	
	피면담자26	[경력] 사업장 감독·점검 업무를 10년 이상 수행한 고용노동부 소속 감독관
	피면담자27	
	피면담자28	
	피면담자29	
	피면담자30	

1) 할로젠계 세척 사업장

(1) 사업장은 “규제 물질” 사용을 피하고 싶어 한다

금속 부품을 세척하는 사업장의 업종과 세척의 목적은 다양하다. 자동차부품 제조업(21846), 기타전기기계기구제조업(22404) 등에서는 주로 기계 가공할 때 금속 부품에 묻은 금속 가공유를 제거하기 위해 세척한다. 그리고 코팅사업(21841)과 전기도금업(21838)에서는 각각 도장과 도금을 하기 위한 준비 작업으로 금속 부품에 묻어있는 이물질을 제거하기 위해 세척한다.

금속 부품을 가공, 세척하여 고객사에 납품하는 사업장이 있다고 가정한다면, 이 사업장에서 주요 취급 화학물질이라고 할만한 물질은 금속 가공유와 할로젠계 세척제가 전부일 것이다. 그럼에도 이 사업장에서 할로젠계 세척제를 사용하고 있다면 당국의 감독이나 점검 대상 사업장 목록에 포함될 가능성이 다른 사업장보다 높다. 반대로 말하면, 할로젠계 세척제 사용을 중단하는 것만으로도 당국의 감독이나 점검 풀에서 제외될 수 있다. 이러한 이유로 금속 부품 가공 사업장에서는 ‘규제 물질을 포함하지 않은’, 즉 ‘규제받지 않는’ 세척제를 사용하길 원한다. 사업장이 정부의 감독이나 점검 대상으로 선정된 배경과는 관계 없이, 일단 감독 또는 점검이 시작되면 해당 사업장에서는 세척 공정뿐 아니라 사업장 내 모든 공정에 대한 안전보건 조치의 적정 여부를 점검받게 되는데 통상 한 건 이상의 법 위반을 지적받고 과태료도 부과되는 편이다.

작업환경측정결과 때문에 괜히 우리 사업장에 ○○부가 와가지고 벌금 맞았는데, 작업환경측정결과 관련이 아니고 현장에서 다른 거 보고 뭐 안 돼 있다 이러면서 그냥 벌금 때리고 갔어요(피면담자7).

싫은 거죠. 규제 물질 쓰는 업체에서도 싫은 거죠. 자기 사업장 이름이 정부에서 감독하러 나올 가능성이 있는 그런 사업장 리스트에 들어가 있는 거잖아요. 그거 자체가 업체에선 싫은 거예요(피면담자16).

규제가 생기면 신경이 쓰입니다. 사용하면 감독 나오고 안전사고 발생했을 때 치명적인 부분도 있을 거기 때문에 세척제 물질 검토를 많이 했습니다(피면담자9).

이렇다 보니 금속가공 사업장에서는 자사에서 사용하는 세척제가 ‘규제물질’인지 여부가 세척제 선택에 있어 매우 중요한 요소가 된다. 만약 지금 사용 중인 세척제가 규제물질이라면 정부의 감독이나 점검을 피하고자 ‘비규제물질’로 세척제 대체를 고려하게 된다. 사업장에서 세척제 대체의 목적을 달성하려면 대체 세척제는 반드시 ‘비규제물질’이어야 한다. 그리고 가능하면 지금 보유한 세척 설비를 불용 없이 그대로 사용하기를 원한다. 그래서 세척 공정 개선을 고민하는 많은 세척 사업장의 유일한 관심사가 “할로겐계 세척제 중 어떤 물질”을 사용할지다. 많은 경우에 세척 설비 대체 여부에 대한 검토는 배제되는 것은 물론이고, 세척 설비 변경이 동반되어야 하는 수계와 탄화수소계 세척제도 대체 세척제 후보로 고려되지 못한다. 이러한 현상을 ‘드롭인 대체(drop-in replacement)’라고 하는데, 생산설비나 공정 변경 없이 사용 화학물질만을 변경하는 것을 뜻한다. 그러나 안타깝게도 할로겐계 세척제 범주 안에서 낮은 유해성을 가진 동일한 성능의 물질을 찾기는 어렵다. 다만 세척 사업장은 비규제물질인 세척제만을 찾을 수 있을 뿐이다. 그러나 비규제물질인 할로겐 세척제는 유해성이 낮거나 없어서 비규제물질인 것이 아니라, 세척제 용도로 사용될 거라고 예상하기 어려워서 정부가 미처 규제하지 못한 물질일 수 있어서 사업장의 ‘비규제물질인 할로겐계 세척제’로의 대체는 근로자 보호 측면에서 결코 바람직한 결과라고 보기 힘들다.

세척제 검토를 할 때 여러 가지 다 보지만 제일 일차적인 것은 법적 규제 대상이냐 아니냐입니다. 세척제 판매업체에서 어떤 법적 규제에 해당하는지 다 찾아주고 설명 해주니까(피면담자9).

예전에는 TCE를 썼었는데, 제가 알기로는 한 2016년쯤에 정부에서 규제를 해서 이게 금지물질로 바뀌면서 우리 회사가 TCE랑 같은 효과를 내면서 규제는 안받는 제품을 찾으려 한 거죠.. 그러니까 제 말은 지금 TCE에 대한 규제가 많으니까 물질을 바꾼 거예요. 그때 당시에는 지금 우리가 사용하는 세척제에 들어가 있는 1-브로 모프로판이 특별관리물질이 아니었거든요. (세척제 대체 동기로는) 규제가 제일 크죠. 발암물질이 포함된다고 규제하고 뭐 그런 것들 때문에 어쩔 수 없이 바꾼 게

제일 큼니다. 그리고 지금도 1-브로모프로판이 올해 특별관리물질로 지정되어서 다른 물질로 대체하려고 검토 중이에요(피면담자2).

반면에 도금 사업장에서는 세척제의 규제 물질 해당 여부가 중요 요소가 아니다. 이미 세척제 외에도 많은 유해화학물질을 사용하고 있어서 세척제의 규제 여부와 관계 없이 화학물질관리법 등에 따른 유해화학물질사용업으로 영업 허가를 받아야 하기 때문이다. 그래서 도금 사업장은 할로젠계 세척제의 규제 물질 해당 여부에는 큰 관심이 없고 가격이나 성능을 더욱 중요시한다.

(2) 규제에 대한 인식

세척제 사용사업장은 규제에 대해서 잘 모르는 경우가 많았다. 세척제 판매업체에서 규제에 대한 정보를 받기도 하나, 대개는 해당 세척제의 규제 대상 여부만을 알 수 있을 뿐이다. 세척제 판매업체나 중간 유통업체도 규제에 대해 정확히 알고 있는 것은 아니어서 이야기가 전달되는 과정에서 규제 내용이 왜곡되기도 한다.

사업장에서는 정부 기관이 사업장에 감독이나 점검차 방문했을 때 어느 기관에서, 어느 법률에 따라서 방문한 것인지 모른 채 대응하기도 한다. 이와 마찬가지로 소규모 사업장에 전문 서비스 기관이 기술지원을 위해 방문했을 때도 해당 기관의 방문 취지를 이해하기 어려워했다.

○○부에서 나온 건 뭐 때문에 우리 사업장에 나온 건지는 모르고 그냥 불시에 나왔어요. 지금 사용하는 물질 때문에 나온 거죠(피면담자9).

안전보건공단은 아니고요. 용역업체나 그런 데서 와서 잠깐 서류 뭐 이렇게 하고 갔었어요. 어디서 왔는지나, 뭐 때문에 온 건지는 모르겠어요. 손으로 이런 서류 써서 주고.. (서류 보여주면서) 이런 거 짚끔하고 가고.. 1년에 한 번 오나? 형식상 와서 이런 거 1년에 한 번 이렇게 해 주는 것밖에 없어요. 이렇게 오는 거 보면은 용역업체 같기도 하고. 정부에서 나오면 거의 다 이렇게 와서 잠깐 뭐하고 그냥 가는 실정이지(피면담자4).

한편, 2024년 1월 27일부터 상시근로자 수 5인 이상의 모든 기업에 적용되고 있는 중대재해처벌법은 사업주에게 강한 인상을 남겼다. 그러나 사업주는 중대재해처벌법을 사업주가 처벌받게 하는 법이라고만 인식할 뿐, 사업주가 근로자를 보호하기 위해 어떤 조치를 해야 하는지에 대한 인식은 여전히 부족하다. 한편, 법률 간 준수 의지에 차이도 있었다. 사업장은 세척제 제품 사용과 관련해서 환경부 소관 규제를 다른 부처의 규제보다 더 중요하게 여겼다. 한 사업장은 그 이유가 업계 특성 및 인허가제도와 관련 있다고 설명하기도 했다.

사업할 때 유독물질 규제가 좀 신경 쓰여요. 허가도 그렇고(피면담자5).

세척제 대체를 검토할 때 우리 사업장에서는 제일 먼저 환경부 규제 담당 부서에서 제품에 적용되는 규제부터 검토합니다. 모든 회사가 아마 이렇게 진행할 거예요. 환경 규제가 제일 우선이기 때문에. 그 다음으로는 대체 세척제로 유분기가 잘 제거됐나 품질 테스트하고, 구매부서에서 단가를 확인하고. 이렇게 세 단계 정도 되겠네요. 환경부 규제가 제일 신경 쓰이는 이유는, 아직까진 환경에 대한 규제가 더 심하다고 느껴지고요. 왜냐하면 자동차업계에서는 결국 친환경으로 가는게 주 목표니까요. 그래서 더 신경을 쓰고. 과태료 차이도 있어요. 환경은 바로 인허가랑 관련되는 부분이다 보니 물질 바꿀 때 더 까다로운 부분이 있고(피면담자2).

사업주가 법을 준수하기 위해 혹은 작업 환경을 개선하기 위해 관련 전문가에게 컨설팅을 의뢰했을 때 소요되는 높은 비용이 부담스럽다고 호소하기도 한다.

저희가 보건 진단 등에 대비해서 컨설팅을 좀 해보려고 했는데, 저희 계열사의 본사 쪽에서 컨설팅을 해봤었는데 비용이 한 2천만 원이 넘더라고요(피면담자1).

(3) 세척 기술에 대한 지식수준

세척제 사용사업장은 전반적으로 세척 기술에 대한 지식이 부족하였다. 사용하는 세척 방법 외의 세척 방법에 대해 잘 모르거나, 수계 세척에 관한

사실을 오해하고 있기도 하였다.

새로운 세척제 선택 등은 주로 세척제 판매 및 유통업체에 의뢰해서 이루어지고 있었다. 유해위험방지계획서 업무 대행업체에서 대체 세척제의 유해성을 검토해서 비규제 제품을 추천한 경우나, 세척 사업장이 보건대행업체에 연락하여 자문 구하는 예도 있었다. 그러나 동종업계 사업장이나 관련 협회를 통해 정보를 제공받는 경우는 그다지 없다. 또한, 정부 관련 기관에서 세척에 대한 정보를 제공받거나 세척제 선택에 도움을 받은 예도 없었다.

증기세척 방식은 한번도 시도해보지 않았습니니다. 동종업계의 다른 업체에서도 우리처럼 담금세척 방식을 사용하고 있어서.. 우리도 계속 이렇게만 해오기도 했고.. 증기세척방식으로 세척하는 건 고려해 본적이 없습니다. 저희 지금 세척장비가 하나 뿐이고 세척할 부품 양도 줄어드는 상황이라 세척 관련해서 컨설팅은 받아본 적도 없고 세척은 지금 하고 있는 방식으로 충분하다고 생각해요(피면담자3).

산안법, 화관법에서 규제되기 때문에 이 물질은 아예 사용하지 않는 편이 좋다는 식으로 관리를 하긴 하지만 이걸 아주 규모가 큰 사업장들 경우고, 소규모 사업장들은 그냥 납품업체에다 '세척제 한 통 갖다주세요' 하면 그걸 갖다주는 중간 대리점에서 '이 물질은 요즘에 이제 ○○부에서 점검을 많이 한다. 그러니 이거 말고 다른 걸로 써라'라고 하던가 '계속 문제가 되고 있으면 세척을 아예 다른 공장으로 넘겨' 이런 식으로 하는 경우가 좀 많거든요. 그러니까 사업장에서 산안법을 알아서 산업 안전보건법을 지킨다고 하기보다는 공급하는 업체에서 정보를 주면서 '이건 제재가 많으니까 다른 걸 써라'라고 하는 경우가 많은 것 같아요(피면담자29).

세척 관련 조언은 세척제 판매업체한테서 듣습니다. 세척제를 제조하는 회사라든지 아니면 그걸 취급하는 사람들이 불법 세척제를 판매할 수도 없으니까.. 요즘은 유통하는 업체들이 인아웃에 대한 것도 관리를 하고 있기 때문에 그런 업체들이 정보를 많이 알고 있는 거 같아서요(피면담자9).

세척 관련 조언은 보통 주변 지인한테서 들어요. 곧 공장 이전할 건데 그때 우리도 세척 공정을 수계로 바꿀 거예요. 우리 공장이야 오래되어서 지금 트리클로로메탄 사용 중이긴 한데 저희처럼 도장하는 지인 사업장들은 다 수계 쓰고 있어서. 설비 업체도 다 추천 받았고 지금 견적받고 있는 단계예요(피면담자5).

공장 이전하면서 유해위험방지계획서 제출할 때 세척제 포함해서 다른 물질들을 다 친환경 쪽으로 바꿔버렸어요. 위험한 물질이 있어서. 혹시나 세척제 때문에 유해 위험방지계획서 통과가 안 될 수도 있으니 세척제를 바꾸는 게 낫겠다는 유해위험방지계획서 대행업체의 의견이 있어서 그 참에 세척제도 바꿨어요. 듣기로는, 화학물질 자체가 아직 안전하다고 완전하게 밝혀진 게 아니라 유해성이 있을 수도 있는데 아직 밝혀지지 않은 거라 일단은 이런 (산업안전보건법상) 평가들이나 작업환경측정제도 이런 것들에서 제외가 된 거라고 얘기를 하더라고요(피면담자6).

한 사업장은 기존에 증기 탈지로 세척했으나 이 방식이 더 세척력이 우수하다는 사실을 모른 채 단순히 작업하기가 번거롭다는 이유로 세척 방식을 바꿔서 현재는 담금식으로 작업하고 있기도 했다.

맞아요. 저희도 3조식으로 된 증기 탈지 포함된 세척조가 있었어요. 그런데 번거로워서 거의 안 썼어요. 전에는 있었는데 지금은 그냥 치워버렸어요(피면담자4).

(4) 불량률과 세척

금속 부품 가공 사업장에서 세척은 매우 중요한 공정이다. 세척 결과가 제품 불량과 관련이 크기 때문이다. 미흡한 세척은 다음 공정의 불량을 유발한다. 예를 들면 세척이 제대로 되지 않아 잔여 오염물 등이 그대로 남으면 그 다음 공정인 도금이나 조립 등의 공정에서 품질 문제가 발생할 수 있다. 불량률은 재계약 여부를 결정하는 매우 중요한 요소이므로, 원청에 제품을 납품하는 협력업체서는 세척 공정에 신경을 많이 쓸 수밖에 없다.

우리한테 제품 도장해서 달라고 맡긴 업체에서는 저희가 어떤 물질 쓰는지는 전혀 신경 안 써요. 세척 잘 되고 도장 품질만 잘 나와주면 됩니다(피면담자5).

이전에 다른 물질로 대체하려고 시도한 적이 있긴 합니다. 그런데 아시다시피 여기는 도장을 하는 곳이잖아요. 그러니까 세척하는 제품이 저희가 만든 저희 제품

이 아니에요. 우리한테 오기 전에 엄청 여러 단계로 가공해서 들어온 제품도 있고 프레스, 단조, 주물도 있고 이렇게 정말 다양하거든요. 그러니까 피세척물이 우리 회사로 들어오기 전에 어떤 공정을 거쳐서 들어온 건지, 오염물이 뭔지 저희는 모르기 때문에 새로운 세척제를 사용하는 건 좀 염려가 되죠. 만약 저희가 세척을 제대로 잘 못해서 제품에 유분이 남아 있거나 해버리면 여기에 문제가 있다는 걸 우리가 세척 직후에 확인할 수 있는 게 아니라 도장을 다 끝내고 나서 마지막에 부풀어 오르는 걸 보고 그제서야 알 수 있거든요. 그러니까 세척제를 함부로 바꾸기가 사실 좀 조심스럽고. 만약 제품에 문제가 생겼다? 그때 이걸 다시 쇼트하거나 해서 벗겨내고 다시 도장할 수 있으면 다행인데 그게 안되면 제품을 폐기해야 하는 경우가 생기는 거죠. 비용도 우리가 물어줘야 하고요. 그래서 검증된 세척제를 쓰는 거죠(피면담자7).

도금, 도장 전문 사업장에서도 세척을 매우 중요한 공정으로 여긴다. 도금, 도장 전문 사업장은 목적 작업인 도금, 도장을 수행하기 전에 우선 피세척물을 세척해야 한다. 세척이 잘되어야 도금, 도장 품질이 만족스럽게 나오기 때문에 세척은 매우 중요하다. 세척을 잘하기 위해서는 오염물에 대한 충분한 정보가 필요하다. 그리고 이 정보는 세척 전(前) 공정을 실시한, 즉 피세척물에 묻은 오염을 유발한 물질 혹은 제품을 직접 사용했던 고객사가 가장 잘 안다. 따라서 이 정보는 고객사가 도금, 도장 전문 사업장에 피세척물의 오염물에 대한 정보를 주어야 하지만 그런 경우는 거의 없다고 한다. 그러면 도금, 도장 전문 사업장은 오염물에 대한 정보가 부재한 상태에서 세척을 '해내야만' 한다. 결국 세척 사업장에서는 불량을 유발할 수 있는 세척 잔여 오염물을 최소화하기 위해 어떤 오염물이든 만족스럽게 제거할 수 있는 세척제를 선호하게 된다. 물론 세척제로 인해 피세척물이 손상되어서는 안 된다. 예를 들어 트리클로로에틸렌과 같이 금속 부품의 모든 오염을 피세척물의 손상 없이 제거할 수 있다고 알려진 강력한 세척 성능을 가진 세척제를 사용하고 싶어 한다.

가공업체가 저희한테 주면 저희는 이제 도금해서 납품하는데 세척을 해서 도금 맡기는 경우도 있지만 세척 안하는 곳도 많아요. 기름이 엄청 묻어있는 상태에서

가져오는 경우도 있어요. 그렇지만 제품을 가려받으면서 사업할 수 없으니 받아야죠. 그게 힘들죠. ... '세척은 너네가 할 일이지, 내가 할 일이 아니야' 이렇게 하지. 거의 대부분은 '야, 이거 못 하나?'하고 그냥 다른 데 주죠. 당연히 '실력도 안 되는데 너네가 뭘 세척해' 그런 식이죠. ... 오염물이 어떤 것인지 정보를 얘기해 주는 데가 업체가 그렇게 많지 않아요. 안 알려주는 곳이 많죠. '세척은 니네가 알아서 해야지, 왜 그런 걸 나한테 물어봐?' 이러는 데도 있고. 뭐 대답해 주는 데도 있고. 그러니까 우선은 우리는 세척이 잘 돼서 제품이 잘 나와야 좋을 거 아니에요? 불량 안 나고. 근데 그런 걸 이해해주는 데도 있지만 그냥 그건 니네 몫이지 내 몫은 아니야 이렇게 하면...세척에 대한 고민이 제일 많죠. 세척만 잘 되면 저희 수월하거든요. 불량률도 적을 거고. 세척이 잘 안돼서 불량률이 나는 경우가 거의 30~40%라고 봐야 해요(피면답자4).

오염은 뭐 특별할 거 없어요. 철판 자를 때 기름 쓰니까 기름이나 먼지 같은거고 대부분.. 소재는 다양한데 아연판, 일반철, EGI.. 별 게 다 있어요. 그런데 세척제 뭐 쓰냐에 따라 도금이 벗겨지거나 할 수도 있으니까 그거 때문에 트리클로로메탄 쓰는거예요. 아연판은 다른 세척제 쓰니까 도금이 다 벗겨지더라고. 도금할 것들이 철판만 들어오면 규제 안되는 세척제 써도 되는데 도금해야 할 것들 소재가 다양하게 들어오니까. 그 바람에 트리클로로메탄 쓰는 거예요(피면답자5).

(5) 세척제 가격에 대한 민감도

사업장은 일반적으로 재료비에 민감하다. 더구나 세척제는 최종 제품에 남지 않기 때문에 사업장에서 제품을 선택할 때 다른 용도의 제품에 비해서 가격이 중요한 요소로 작용하기 더욱 쉽다.

만약 할로겐 용매 세척제가 다 비슷한 규제가 적용되고 안정성도 비슷하다면 저희는 그중에서 가장 저렴하면서 효과가 괜찮은 세척제를 선택하게 되겠죠. 저도 어차피 회사에 있기 때문에 가격이 중요합니다(피면답자3).

세척 공정이 큰 공정은 아니고 부수적인 공정인데 세척제 선택에 영향력이 가장 센 건 사업주인데 뭐 이런 것들 세척제에 들어가는 비용이 어떻게 보면 사업주한테

‘이건 쓸데없이 돈 들어간다’는 인식이 좀 강할 수도 있어요(피면담자6).

세척은 어떤 공정이나면, 우리가 제품을 하나 만드는 라인이 여기서부터 여기까지 있으면 여기 스타팅해서 완제품 포장까지 있는데 세척은 여기에서 서브 공정이라고 보시면 돼요. 세척은 가공비용 단가에 포함돼 있습니다. 만약 세척맡기면서 고객사에서 ‘이거 10원에 납품해, 대신 세척할지 말지는 너네가 알아서해’라고 말한다면 다들 세척 안 할지도 모르겠지만, 이거 10원 주고 맡긴 사람들은 다들 이걸 세척해와 주기를 바랄 거기 때문에 세척 비용이 이 단가 안에 다 포함돼 있다고 판단하는 거죠(피면담자12).

할로젠계 세척제 중 가장 가격이 낮은 세척제는 디클로로메탄이다. 200 리터 용량의 드럼 1개 가격이 약 38만 원 선에서 거래된다. 그러나 사업장에서는 이 가격조차도 부담스러워서 재사용 디클로로메탄을 구매해 사용하기도 하는데, 재사용 제품 특성상 제품의 물질안전보건자료도 제대로 작성, 비치되어 있지 않다.

지금 저희도 디클로로메탄 가격이 너무 비싸서 재처리된, 재사용 디클로로메탄을 구매해서 써요. 재사용된 세척제라서 무슨 성분이 들어가 있는지 잘 모르지만 저희 입장에서는 세척만 잘되면 그냥 쓰죠. 지금 비치해둔 MSDS는 디클로로메탄 100%에 대한 MSDS입니다. 재사용 디클로로메탄 판매업체에서 준 것도 아니고요. 재사용 디클로로메탄에 대한 MSDS는 없어요(피면담자4).

사업장에서 세척제 가격에 민감한 데에는 나름의 이유가 있다. 고객사에서 세척제 비용을 ‘생산 원가’로 인정하지 않기 때문에 납품 단가에 세척제 가격이 반영되지 않는다. 이런 상황에서는 사업장이 저가의 세척제를 사용하면 이윤을 많이 남길 수 있지만, 고가의 세척제를 사용하면 이윤이 인건비에도 못 미칠 수도 있게 된다.

저희도 고객사에 요구해요. ‘우리 지금 MC 값도 너무 비싼데 피세척물 오염이 이렇게 심하면 약품비가 너무 들어서 우리 납품가를 올려야 되겠다’ 그렇게 얘기는

해요. 근데 그걸 고객사에서 반영 안 해줘서 그렇죠...단가도 안 맞죠 단가도 안 맞고 지금 이제 인건비도 높아서, 작업 다 하려면 일을 52시간 해야 하는데.. 직원한테 인건비를 못 주니까 제가 직접 작업해요. 제가 집사람하고 애들을 공장에 데리고 와서 제가 야간작업해요. 지금은 그 방법밖에는 없어요(피면담자4).

우리가 지금 쓰는 세척제 말고 다른 걸로 바꾼다면 세척제 비용으로 드럼 당한 180만 원에서 200만 원짜리 제품을 써야 해요. 지금 쓰는 세척제도 원가가 2배가 올랐는데, 이거 쓰면 4배 증가하는 건데. 세척력은 떨어지고 비용은 올라가고. 여러 가지로 안좋죠. 우리가 덜 유해한 거 쓴다고 모기업이 우리 비용 증가한 만큼 원가를 올릴 수는 없는거잖아요. 세척제 비용이 원재료 가격에 들어가면 가격이 상승했을 때 모기업에서 비용을 소급해서 주는데 세척제는 부대비용 같은 거라서 원재료와는 달리 잘 반영이 안돼요. 법은 계속 강화되는데 우리 같은 영세업체는 쫓아갈 수 없어요(피면담자9).

그러나 항상 가격만이 세척제 선택에 있어 최우선 요소인 것은 아니다. 근로자 건강이나 환경에 덜 유해하다고 하면 가격이 좀 더 높은 세척제를 선택하기도 한다. 또한 한 도금업체는 세척력이 기대만큼 나오지 않아 다음 공정에서 불량 발생하면 다시 세척부터 진행해야 해서 그 수고로움, 시간, 비용을 생각하면 가격이 더 높아도 세척력이 뛰어난 세척제로 바꾸고 싶다고 말했다.

이 세척제 MSDS를 보면 친환경 세제라고 표현이 돼 있으니깐. 비싸기는 하지만 여기 MSDS 상에는 발암성이라던가 유해성 분류가 다 빠져있으니 안전하겠구나하고 저희가 판단한거죠. 작업환경측정 해 주는 병원에 MSDS 주고 검토도 받아서 원래 쓰던 세척제보다는 이 제품이 더 안전하겠다는 판단했죠(피면담자3).

MC가 싼데 세척력은 TCE가 좋은 거지. 우리 입장에서는 도장이 불량 나서 다시 박리하고 도금하면 시간 낭비니까 TCE가 세척제 비용이 더 들어도 낫다고 봐야죠. TCE가 허가대상이 아니면 다시 TCE로 돌아가고 싶습니다. 아무래도 그것보다 더 좋은 세척제가 없으니까. 저희같이 사업하는 입장에서는 가격이 MC보다 더 비싸도 TCE를 쓰는 게 더 낫다고 봐야겠죠(피면담자4).

한편, ‘비규제 물질’인 세척제는 가격이 더 비쌌음에도 세척 성능은 트리클로로에틸렌만큼 나오지 않는다.

세척력이 TCE, MC 같은 기존의 유기용제로 했을 때는 세척이 전혀 문제없었는데 수계 세척제라던가 다른 세제로 바꾸면 그 세척력이 확보가 안 되는 거예요. 투자금은 둘째 치고서라도. 그러면 업체에서는 세척력을 확보하기 위한 방법을 찾아야 하다 보니까 세척 설비도 복잡해지고 비용도 많이 들고 고민 안 했던 부분을 고민해야 하는 상황이 자주 발생하는 거죠(피면담자19).

(6) 세척 공정 환기 장치

세척조가 밀폐되지 않고 개방형으로 된 세척설비에는 외부식 국소 배기를 설치해야 한다. 외부식 국소 배기는 기본적으로 밀폐식이나 포위식에 비해 많은 송풍량을 필요로 한다. 더욱이 세척조가 3조식이면 후드의 단면적이 커서 더욱 많은 송풍량이 필요하다. 예를 들어 1조식 세척 설비와 3조식 세척 설비의 필요 송풍량을 단순 비교하면, 두 세척조의 국소 배기장치가 동일 수준의 제어속도 성능을 내기 위한 필요 송풍량은 후드 단면적 크기와 유사하게 약 3배 차이 난다(두 세척 설비 모두 외부식 장방형 후드가 달린 국소 배기장치가 설치된 세척 설비이며, 두 세척 설비의 후드 크기가 가로 길이 기준으로 3배 차이 난다고 가정하였다). 하지만 송풍량을 높이는 것은 소비 에너지 증가, 소음 발생 등 여러 이유로 인해 전혀 쉽지 않다.

한편, 많은 사업장에서 당국의 감독 또는 점검이 있을 때만 국소 배기장치의 제어 속도를 일시적으로 높인다. 제어 속도가 빨라질수록 세척조에 담긴 세척제가 더 빨리 증발하다 보니, 세척제를 아끼기 위해 평소에는 제어속도를 낮춰서 사용하는 것이다.

국소 배기장치를 설치해 놨다고 다들 말씀은 하시는데 막상 사업장 가보면 물질

빨리는 게 희미해요. 아주 약하게 작동되고 있어요. 풍량을 다 줄여서 쓰고 계세요. 제가 작업자한테 '이러면 냄새가 계속 나잖아요. 작업할 때 머리 안 아프세요?'라고 물었더니, 작업자가 저한테 '이거 세계 틀어 놓으면 용제 날아간다고 사장님이 세계 못 틀게 한다'라고 말했어요(피면담자28).

(7) 세척 공정 외부화

세척 공정은 다른 공정과 연계된 경우가 많다. 도장 전 세척, 도금 전 세척, 가공 후 세척과 같이 한 공정처럼 묶여 있다. 녹이 금방 발생하는 금속 부품의 특성상 부품이 녹슬기 전에, 즉 발청하기 전에 전공정이나 후공정이 신속히 이뤄져야 한다.

세척 공정만 외부 주는 걸 생각 안 해본 건 아니에요. 근데 문제는 공정의 대부분이 흐름이 중요한데 제품이 밖에 나갔다 오면 물류 시간이 안 맞는다거나 흐름이 깨질 수 있거든요. 게다가 세척하고 나서 시간이 조금 지나면 녹이 발생해요. 그럼 저희는 이것 다 폐기해야 하거든요. 그러다 보니 이것 밖(외부 업체)으로 뺄 수가 없는 거예요. 우기에는 습도가 높아서 일주일도 안 되어 녹이 발생하고, 장마철에는 하루도 안 되어서도 녹이 생기고. 습도가 낮을 때는 한두달 괜찮기도 하고. 수계도 그래요. 세척할 때 방청제를 넣는다 하더라도 시간이 지나면 녹이 생겨요(피면담자9).

그런데도 세척 공정에서 화학물질 중독사고가 발생하여 사업장이 당국의 감독을 받게 되면, 해당 사업장은 공정 개선보다는 세척 공정의 외부화를 고려한다. 실제로 중독 사건이 발생한 사업장에서 세척 공정이 사라진 경우가 있다.

올해 상반기에 사업장들 몇 군데를 방문해서 화학물질 취급 사업장 점검을 했었는데 대부분 세척 공정을 없앴더라고요. 그럼 이 세척 공정은 어떻게 했느냐 하니까 '하도급 줬다'고 하기도 하고 직접 세척하지 않고 따로 자기네들이 알아서 하기로 했다고 하기도 했어요. 사업장에서는 '세척하면 작업환경측정도 해야 하고, 국소 배기장치도 설치해야 하고 여러 가지 해야 할 것들이 많으니까 우리는 이 정도

금액(피세척물의 납품단가)으로는 못한다고 해서 아예 세척 공정을 안 받는 그런 곳도 꽤 있더라고. 그 공정은 어느 다른 누군가가 또 하겠죠. 기존의 작업환경측정 데이터에서 조회됐던 사업장들이 더 이상 측정을 하지 않아서 점검 대상에서 제외되는 경우가 조금 많더라고요(피면담자29).

할로겐 용제 쓰면서 환경청이나 노동청에 이름이 안 올라갈 수가 없는 건 맞아요. 그런데 지금도 할로겐 용제를 쓰면서 허가 없이 쓰는 업체들 많아요. 그냥 비밀비재하게 많아요. 왜냐하면 행정력이 사업장을 일일이 다 못 찾아가요. 아까 OO사업장(중대재해 발생 사업장) 얘기하셨잖아요? 그 사업장은 지금 세척 공정을 다 뺐어요. 다 들어내 버렸어요. 그러면 이제 그 세척 공정이 어디로 갔는지 모르게 되는 거죠. 그러면 관리가 더 안 돼요. 옛날에는 OO사업장에서 세척하니까 최소한 노동감독관이 가서 국소 배기장치가 잘됐나 안됐나 확인할 수 있었잖아요. 그런데 이제 빼버렸어요. 외부로, 외주로 빼버리고 이제 OO사업장에서는 세척 공정을 없애버렸어요. 아예 그냥 들어내 버렸어요. (규제가 강화되면) 다 외주 줘버린단 말입니다. 그러면 어디로 가서 뭘 하는지를 아무도 몰라요. 이제 더 이제 모르게 돼. 그러면 이제 깜깜이(사각지대)로 가는 거예요(피면담자16).

세척 공정만 단독으로 외부화하는 것은 쉽지 않다. 그래서 다른 공정과 함께 세척을 외부화한다. 대표적으로 도금 혹은 도장 공정이 있을 것이다. 도금 혹은 도장 공정은 아주 여러 곳에서 제품을 받아 세척과 도금, 세척과 도장을 한 후 다시 원래 업체로 보낸다. 이러한 사업장들은 매우 영세하고, 설비도 낙후된 경우가 많다. 사업장의 공간이 협소한 경우 세척 작업에 쓸 공간을 더이상 확보할 수 없기 때문에 신규 증기탈지 세척조를 설치하기도 어렵다.

솔직히 말씀드리면 제 목표 중 하나는 세척공정을 외주 줘버리는 것입니다. 그러면 저는 이제 리스크가 다 사라지는 거죠. 외주를 주면 문제가 해결되는 것은 아니겠으나, 저희 쪽에서는, 저는 회피한 거죠. 왜? 중대재해처벌법상 처벌대상에서 저는 이제 사라지니까. 외람된 말씀이지만 담당자들은 다 그렇게 생각했을 겁니다. 아무튼 다른 사업장에 세척 공정만 떼서 주는 건 물량이 적어서 직원 고용 문제 때문에 안 될 것 같고 프레스 공정을 함께 주면 그럼 이제 받아가겠죠(피면담자3).

(8) 세척 설비에 대한 투자 의지

일부 사업장에서는 세척제뿐 아니라 세척 설비도 함께 개선해야만 세척 공정을 덜 유해한 수계나 탄화수소계로 전환할 수 있다는 점을 알고 있었다. 그러나 세척 사업장은 대부분 소규모 사업장이어서 세척 설비 개선을 위한 투자에 매우 큰 부담을 느꼈다. 사업장에서는 세척 물량의 큰 변동과 불균일한 피세척물 크기와 모양, 작업 공간이 협소한 점을 이유로 꼽는다.

(세척제 바꾸려고 하던 당시) 처음에 수계 세척도 알아봤었어요. 우리 사업장에서 폐수 처리장까지 가는 비용이 10억 건적 나왔거든요. 파이프 묻어서 가는 거 말이에요. 세척 공정에서 폐수가 발생하면 우리는 이거 감당 못하니까 폐수 처리장에 무조건 가야 하거든요. 그런데 비용이 너무 비싸서 할 수가 없었어요(피면답자3).

반자동, 자동 설비까지 도입하는 건 아직 고려 안 해보기는 했는데. 저희 제품이 그렇게 많지 않아서요. 만약 물량이 굉장히 많이 있어서 24시간 동안 세척 공정이 돌아가는 정도라면 모르겠지만 지금 저희는 세척해야 될 물건이 쌓이면 그때 한번 만나질 잠깐 하던가, 1시간 정도만 하는 식으로 세척 작업이 진행되어서요. 매일도 아니고 일주일에 한 번 기계를 돌릴까 말까 하거든요. 우리한테 세척 공정이 연속 공정으로 해야 하는 공정이면 설비를 자동이나 반자동으로 하겠는데, 이 공정이 그런 공정이 아니라서 지금은 작업자가 세척할 것들을 모아서 그때마다 수동으로 작업하고 있어요(피면답자6).

실제로 세척 설비는 내부 청소 작업 등이 까다로워서 새 제품 구입을 선호하나, 할로겐계 세척 수행 사업장 대부분이 소규모이다 보니 새 제품 가격에 부담을 느껴 부득이하게 중고 제품을 구매하는 사례도 있다. 그리고 당연하게도 이러한 사업장은 세척 설비 변경을 동반하는 세척 공정 개선에 많은 부담을 느낀다.

원래 쓰던 세척 설비도 3조식이었는데 오랜 기간 사용했더니 설비에 부식이 생기고 많이 낡아서 최근에 공장 이전하면서 그 설비는 폐기해 버리고, 비슷한 종류의 세척 설비를 중고로 400만 원 정도 금액에 구매했어요. 비슷한 스펙의 새 제품은

견적가가 1,200만 원 정도 됐어요. 그러던 와중에 다른 공장에 놓고 있는 세척 설비가 있다는 이야기를 우리 현장 공장장님이 어디서 듣고 와서 그 제품을 중고로 구매했습니다. 이전 사업장의 그 세척 설비에서 사용하고 있던 세척제가 뭔지는 잘 모르겠습니다. 세척 설비를 바꾸는 것 자체가 저희한테 마이너스예요. 만약 설비를 더 비싼 가격에 구매해야 했다면 그냥 설비는 그대로 갖고 있고 다른 사용 가능한 세척제 중에 그나마 좀 괜찮은 걸 추천받아서 사용하겠죠. 설비 자체를 바꾸는 건 좀 쉽지 않을 것 같아요(피면담자6).

2) 수계 또는 탄화수소계 세척 사업장

(1) 수계 및 탄화수소 세척 방식 선택 동기와 만족도

수계 세척 방식 자체가 신기술인 것은 아니다. 그 예로 한 금속 부품 제조사업장은 수계 세척을 20여 년 전부터 하고 있었다. 생산품은 자동차부품인데, 사업을 처음 시작할 당시 모기업에서는 기술 이전을 해 줄 때 세척 방식을 수계 세척으로 지정하였고 세척 설비도 제공해 주었다. 다른 한 곳 역시 유사하게 모기업으로부터 수계 세척 방식으로 세척하도록 요구받았다. 이렇듯 작업 방법에 대한 모기업의 명확한 요구는 세척 사업장이 수계 세척 방식을 채택하는 강력한 동기가 되었다. 두 사업장 모두 현재까지도 제조 방법과 시설에 대해 모기업의 주기적인 점검을 받으며 수계 세척 방식으로 세척하고 있으며, 현재도 수계 세척 방식에 만족하며 사용 중이다.

저희는 회사 설립 때부터 수계 세척을 해왔어요. 모기업에서 처음 OEM 맡길 때 세척 설비나 세척 방법을 모두 지원해 줬어요. 설비를 제공해 준 대신 단가를 좀 더 낮추는 식으로. 현재 (생산에 있어서) 아무 문제 없이 세척하고 있습니다. 저희 같은 소기업이 자체적으로 알아서 생산 컨셉을 잡는 것보다 저희 사례처럼 대기업에서 컨셉 잡아서 지원해 주고 기술 지원해 주는 게 가장 현명한 방법인 것 같아요. (피면담자11).

처음에는 저희 원청에서 (세척 방식에 대한) 아이디어를 줬어요. 그래서 수계를

사용하게 됐죠. 처음 수계 시작한 이후로 계속 일이 늘어나면서 설비 증설도 해왔고요. 저희도 처음에 시작할 때 독한 것도 써보고 뭐 여러 가지를 써봤을 것 아니에요. 그런데 아무래도 직원들의 건강 관리나, 작업환경측정 같은 걸 우리도 다 하고 있기 때문에 독한 제품들은 최대한 피해서 사용해도 건강 상에 문제가 없는 제품 쪽으로 고르고 골라서 하다 보니 지금처럼 사용하게 된 거죠. 독한 성분 쓰면 세척력이 우월하니까 당연히 그거 쓰면 세척이 더 잘 되겠죠. 그런데 그렇게 되면 직원 건강관리나 물질 관리하는 측면에서 더 어려워지기 때문에 저희는 최대한 독한 성분의 함유량이 적으면서 세척력은 좋은 걸로 처음에 많이 고르고 골라서 지금에 이른 거고. 지금 사용중인 제품은 꽤 오래 됐어요. 한 10년 정도 같은 제품을 사용하고 있습니다(피면담자12).

모기업에서 협력업체에 수계세척방식을 요구한 시기는 대략 2000년 전후였다. 이 시기는 「오존층 파괴물질에 관한 몬트리올 의정서」 국제협약에 의해 국내에서도 1,1,1-트리클로로에탄을 감축하던 시기인데, 우리나라는 이 협약에서 개발도상국의 지위를 인정받아 2003년에 사용을 동결하기 시작하여 2005년 30% 감축, 2010년 70% 감축, 2015년부터는 전폐하도록 되어 있었다. 국내 산업세척에서 할로겐계 세척제가 널리 쓰이고 있었기에 몬트리올 의정서는 금속 부품 세척에서 중요한 의미를 갖는다.

금속 부품 증기 세척에 트리클로로에틸렌을 사용하던 사업장들은 이 물질에 대한 규제가 강화됨에 따라 대체 세척제로 1,1,1-트리클로로에탄을 사용하고 있었으나, 몬트리올 의정서에 의해 1,1,1-트리클로로에탄을 사용할 수 없게 되자 1990년 중반부터 대체 세척제에 대한 국내 연구가 활발해졌으며 대체 세척제로서 수계 세척이 제안되었다(정찬교 등, 1997).

한편, 기존에 할로겐계 용매를 세척제로 사용하다가 최근에서야 수계 세척으로 대체한 사업장의 대체 동기는 노출 초과 문제점에 대한 보건관리자의 인식과 중대재해처벌법 신설이 계기가 됐다고 볼 수 있다. 피면담자1은 부임한 지 얼마 되지 않은 사업장 보건관리자인데, 중대재해처벌법 기소 1호가 할로겐계 용매 세척제 사용으로 독성 간염을 일으킨 사례라는 사실을 알고 사내 세척 공정을

유심히 관찰했다. 할로겐계 용매 세척제를 사용하는 자사의 세척 공정에서 세척제 물질의 공기 중 농도를 측정해 본 결과 작업자의 물질에의 노출 수준이 노출 기준을 초과하였다. 이후 국소 배기 시설을 개선한 후에 재측정하였을 때도 역시 노출 기준을 초과하자 피면담자1은 생산팀과 경영진을 설득하여 자사 세척공정에 수계 세척 설비를 도입하게 되었다.

설비 대체 후 냄새, 알리지 문제가 해소되면서 작업자의 만족도가 높아지고 생산성도 증가하였으나, 세척 관련 지식의 부족과 신규 설비 도입에 따른 비용 등으로 보건관리자가 화학물질의 유해성과 노출 초과를 근거로 공정 관리자와 경영자를 설득하는 것은 매우 어렵고 힘든 과정이었다고 피면담자1은 회고했다.

세척제 대체 추진하면서 회의도 진짜 많이 했는데 제가 경험이 없다 보니까 진행하면서도 이게 맞는건지 자신이 없었고 그런데 대체하긴 해야 되겠고... 아마 다시 이런 걸 하라고 하면 그냥 과태료 맞게 내버려 둘 것 같아요. 너무 힘들었어요. 왜냐하면 너무 외로웠고 너무 힘들었고 그리고 또 제가 그냥 일반 사원들하고 상대를 하는 게 아니라 윗사람들을 상대해야 하니까 말 한마디도 되게 조심스럽고 그래서 나중에 이런 문제가 또 생기면 그냥 나는 그냥 모른 척하고 있을 것 같다. 제가 뭇모르고 땀뻐었으니까 이게 됐지(피면담자1).

한편, 탄화수소계를 세척제로 사용하는 피면담자10은 ‘국토계획법’에 따라 대기환경보전법의 특정대기오염물질을 사용할 수 없는 지역에 위치해 있었다. 금속 부품 세척제로 사용되는 트리클로로에틸렌 등이 특정대기오염물질이기 때문에 사업장은 법을 준수하기 위해서 공장을 지을 때부터 할로겐계 세척제가 아닌 탄화수소계 세척제를 선택하였다. 세척 설비의 경우, 사업주가 외부 지원 없이 고가의 진공세척설비(밀폐형)를 주문 제작 방식으로 구매하였다. 결과적으로 이 선택은 생산품의 품질 향상에 도움이 되었으며, 10여 년의 시간이 지난 지금까지도 현재의 세척 방식에 상당히 만족하고 있다.

세척 설비는 특수업체를 불러서 개발 제작한 것인데 자리도 적게 차지하고, 청결

도, 청정도가 아주 좋아요 ... 지금 세척하는 사람이 한 명 있는데 특별히 문제가 있었으면 바꿔달라고 했을텐데, 지금은 자기 업무를 다른 업무로 바꿔 달라거나 요구하지 않아요 ... 세척제 냄새는 아예 안나요. 부품 상자를 들고 옮길 때 무게가 좀 나가긴 하는데, 대차에 부품 상자를 실어서 세척 설비에 밀어 넣기만 하면 그 후부터는 알아서 세척 설비 안에서 다 해결되는 거죠... 본전 뺐죠. 인건비도, 공간도...(피면담자10).

피면담자8 역시 탄화수소계 세척제를 사용하고 있는데, 기존에 할로겐계 세척제를 사용하다가 세척 물량이 늘면서 작업자 안전 확보의 필요성을 느껴 정부에서 비용지원을 받아서 설비를 개선하였다. 탄화수소계 설비를 사용하고부터는 세척제로 인한 비용도 줄고 작업자의 업무 만족도도 높아졌다.

설비는 국책 사업에서 비용을 지원받았어요. 설비 교체 비용이 한 3~5억 원가량 들었는데 전체 비용의 70퍼센트를 그 사업에서 지원받았습니다. 대신 향후 5년간 설비 사용과 관련해서 보고해야 하고요. 세척제 단가 자체도 낮아졌지만 설비에서 세척제의 회수율이 70~80% 정도로 높아져서 세척제 사용량이 10톤에서 3톤 정도로 많이 줄었어요. 경제적이라서 만족합니다. 작업자 만족도 면에서도 이전보다 훨씬 낫습니다. 예전에 할로겐계 세척제를 사용할 당시에는 어떤 세척제를 쓰든지 간에 항상 시큼한 냄새가 나거나 달콤한 냄새가 둘 중 하나였어요. 그런데 지금 쓰는 탄화수소계 세척제는 아예 무향이라서 작업자가 냄새 안 난다고 하니 관리자로서는 안심이 되죠. 세척으로 인한 불량률도 초반에는 좀 높았지만, 지금은 그렇지 않고 다만 서브로 사용 중이라 아직은 불량률이 정확히 어떤지 모르겠네요(피면담자8).

(2) 수계 및 탄화수소계 세척 방법 확립 시 애로사항

피면담자11은 20여 년 전 도입한 수계 세척 설비를 현재도 가동 중이다. 사업장 관계자는 세척 설비업체가 당시 미국에서 판매되던 세척 설비와 유사한 것을 사업장에 납품한 것으로 기억한다. 그동안 세척 설비의 사용에 있어 특별히 어려운 점은 없었으며, 세척 후 금속 부품에 녹이 생기는 것을 방지(방청)하기

위해 세척수로 수돗물이 아닌 증류수를 사용한다.

우리가 녹에 굉장히 민감하거든요. 녹 때문에 지하수는 안 돼. 수돗물은 그나마 나아. 근데 수돗물은 아무리 필터링하고 약품처리를 했다고 하더라도 여전히 광물질이 물에 남아 있던 말이에요. 그래서 초순수를 만들어서 이것을 다 만들어줘야지 수계를 쓸 수 있다는 얘기에요 ... 지하수는 녹이 발생할 소지가 크고 초순수 같은 경우는 덜 슬죠. 늦죠. 여기에 말 그대로 그냥 오로지 물만 남고 다 제거해 버렸으니까 수계를 쓰려면 이 초순수 장치 제조 장치가 있어야 해요(피면담자11).

수계 세척 설비는 크기가 매우 커서 공간이 협소한 소규모 사업장에서 채택하기에 다소 어려움이 있다.

세척기틀요, 수계 컨베이어식으로 만들려면 그거 놓을 공간 길이가 한 10여 미터가 필요해요. 너비도 한 5미터 필요하고요. 그러니까 자리 차지하는 것도 그렇고. 우리가 지금 세척 작업할 때 쓸 수 있는 공간이 가로 세로 한 4미터, 3미터 가량 되니까 그럼 우리랑은 조건이 안 맞지(피면담자10).

수계 세척 설비 운영 중 가장 어려운 점은 폐수 관리이다. 폐수 관리를 위한 인력을 별도로 배치해 두고 있다. 사업장은 폐수 처리 비용이 많이 들고 관리가 어려워 탄화수소계로의 전환을 고려한 적이 있으나, 탄화수소계 세척제가 현재 사용 중인 수계 세척제보다 근로자 건강에 더 유해할 수 있고 폭발의 우려도 있어 좋은 선택지가 아니라고 판단하고 세척 방식을 그대로 유지하였다.

피면담자12는 수계 세척 설비를 자체 설계하여 업체에 의뢰하였다. 수계 세척에서 건조과정이 중요하다고 판단하여 건조 설비를 자체 제작하여 금속 부품의 수분이 완전히 제거되도록 노력하였다.

건조를 바짝 시켜서 물기를 완전히 없애줘야 녹이 발생 안 하는데, 쇠 성분을 물에다 담갔다가 하루 놔둬 보세요. 그냥 빨개지는 거예요. 바로 녹납니다. 그런데

그건 건조를 안 해서 그런 거예요. 그런데 저희는 열풍 건조를 해서 바짝 말려버려서 녹날 수 있는 성분을 아예 없애버리는 거죠 ... 저희는 열풍 건조를 합니다. 세척기의 마지막 공정 끝에 달려 있습니다. 세척이 모두 다 끝나면 건조기에 딱 들어가서 완전히 열풍 건조해서 바짝 말려서 나오는 거죠(피면담자12).

피면담자10은 탄화수소계 세척제를 진공 세척 설비에 넣어서 사용하는데, 설비 납품업체가 수리를 제때 해 주지 않아 여러 어려움을 겪었다. 진공 세척 설비가 국내에서 많이 사용되지 않다 보니 설비 제조업체조차도 설비 사용 중 나타나는 문제점에 대해 잘 몰랐다. 결국 설비에 문제가 발생할 때마다 내부 직원들이 고군분투하면서 자체적으로 설비를 수리해가며 고비를 넘겨 왔고, 그 과정에서 직원들이 많은 경험을 통해 수리 노하우가 생겨서 지금은 진공 세척 설비를 큰 문제 없이 잘 사용하고 있다.

세척 설비업체를 찾고 찾아서 우리 사업장에 맞는 세척 설비를 같이 개발한 거지. 같이 했는데 처음 한 1년간은 설비를 못 쓰기도 하고 뭐가 잘 안 맞아서 고생을 많이 했지. 그렇게 조금씩 만들어 나가다가 완성품이 된 거죠, 지금은. 그런데 이게 고장도 잘나고 A/S가 안되어서 애 먹는 거야. 발 동동 구르는 거지. 제품 생산해서 출고시켜야 하는데 설비는 안 돌아가지. 근데 직원들이 그때마다 설비에 매달려서 계속 노력하다 보니 이제 직원들이 A/S 방법 터득 다 했어(피면담자10).

탄화수소계 세척 사업장에서도 수계와 마찬가지로 큰 설비 크기를 단점으로 언급하였다.

탄화수소계 세척 설비 크기가 예전 설비에 비해 많이 커요. 그래서 차지 하는 공간이 큼니다. 옛날에 비해서 공장 안에서 설비가 자리를 많이 차지하는 것은 어쩔 수 없는 것 같아요. 탄화수소계 단점이라기보다는 자동화 설비로 바뀌어서 그런 것 같아요(피면담자8).

(3) 정부에 바라는 사항

사용사업장에서는 세척제 대체를 위한 지식, 정보를 교육 등을 통해 정부에서 제공해 주길 원했다.

제가 세척제 대체하려고 알아보는데, 예전에 교육이었나 간담회 때도 한번 말씀드렸는데 이거 관련해서 도움을 요청할 데가 없어요. 제가 이용할 수 있는 최선책이 바로 국민신문고에 질의하는 거예요. 그런데 답변을 받기까지 한 달 두 달 걸리더라고요. 계속 연장되고.. 자꾸 기다려야 해요. 답변하시는 분들 고충도 이해하지만 나는 이 문제를 가지고 당장에 일을 해야 하는데 답변이 멈춰버리면... 제가 공단에도 질의해 봤지만 물어봐도 잘 모르세요. ○○부에 전화하면 공단에다 물어보라고 하고, 공단에서는 ○○부에 물어보라고 하고. 양 쪽에서 서로에게 핑퐁을 하고 있는데 그 부분이 좀 답답하고. 이런 식으로 보건관리자들이 업무하면서 이런저런 애로 사항 같은 것들을 물어보거나 도움받을 실질적인 창구가 없는 것 같아요. 인터넷 커뮤니티가 있기는 하지만 정보가 자세하지 않아요. ○○부에서 올려준 자료 같은 것만 떠돌아요. 세척제 대체할 때 도움받을 수 있는 컨설팅을 제공해 주거나 참고할 수 있는 자료가 있으면 좋겠어요(피면담자1).

세척제 중독 사고가 이슈가 되고 나서, 공부를 좀 해보려고 하니까 교육이 그렇게 나 없더라고요. 하나도 없었던 것 같아요. 세척제 관련해서는 없습니다. 안전보건 일반적인 내용에 아주 적은 부분 서술이 되어있기는 한데, 세척제가 중대재해 측면에서 중요도도 높은 친구니까 그 자체를 타겟으로 교육해도 되지 않을까 싶습니다. 중대재해 발생했을 때 어떻게 조치하라는 것 말고 사전 예방에 관한 내용을 알려줘서 우리가 준비할 수 있게 해줬으면 좋겠어요. 우리 회사는 직원 역량 키우는 것에 긍정적이어서 교육받으러 가는 거 시간은 얼마든지 낼 수 있거든요. 그런 교육 있으면 제 후임들 보내서 저를 대체할 수 있게끔 키우고 싶어요. 지금 저 혼자 하기 너무 벅잡니다(피면담자8).

더불어 세척 설비를 직접 지원해 주거나 세척 작업을 영위하기 위한 유지비용(세척제 구입 비용, 폐수처리시설 설치 비용, 폐수 처리비용 등)을 정부에서 지원해 주기를 바랐다. 자비 부담 비율은 정부에서 저리로 용자해 주기를 희망했다.

세척 공정 개선 알아볼 때 보건 진단이나 컨설팅을 받아보려고 견적만 받아봤었는데 비용이 2천만 원이 넘더라고요? 금액이 비싸서 거기서 도움을 받을 수 없었어요 (피면담자1).

결국 다 돈이죠. 설비에 대한 비용지원이 필요합니다. 우리 회사 근처에 도금단지도 있는데 제가 몇 군데 가보니 다 영세업자이시더라고요. 도금은 아시다시피 허가가 더 이상 안나와요. 그러니까 기존에 그 자리에서 계속 사업해나가는 사람들 밖에 없는데 설비 개선에 투자하기는 좀 힘들지 않을까 하는 것이 제 개인적인 의견입니다. 마스크 쓰는 분도 거의 없고요(피면담자2).

국소 배기장치 설치비용 지원이 제일 필요합니다. 제일 좋은건 인체에 무해하면서 세척 성능이 좋은 그런 세척제가 나오는 거죠. 그런데 지금은 그런 게 없으니까 국소 배기장치 설치를 해야 하는데, 설치 비용이 1억, 1억 5천만원.. 이렇게 하나씩. 그런 비용이 너무 크거든요. 그리고 저희 지금 현장에 세척 작업하시는 분 나이가 60세 정도 돼요. 자동화 설비 설치비용이 지원되어서 그걸 설치할 수 있으면.. 그 설비 쓰면 작업하기가 그나마 낫죠(피면담자6).

세척 설비를 바꾸려고 하면 7~8억에서 10억까지는 투자해야 하나.. 역력이 있으면 벌써 바꿨겠죠. 4년 전 세척 공정 개선 검토했을 때요. 정부에서 제재만 하지 말고 비용지원을 해줬으면 좋겠어요. 그럼 단계적으로 바뀌어 나갈거예요. 저희 같은 소기업이 정부 정책 방향에 맞춰가지고 조금씩 바뀔 수 있는 방안이 마련돼 있어야 하는데, 지금은 그게 없거든요. 오롯이 사업장 부담이에요. 고객사(모기업)에서 지원해주고 그런건 없거든요. 정부에서 100%까지는 어렵더라도 70%까지는 지원을 좀 해줬으면 좋겠습니다. 사업장 부담 30%는 저금리로 대출해 주었으면 하고요. 저희처럼 작은 회사는 일시에 목돈 쓰기가 정말 힘들어요(피면담자9).

3) 세척제 제조·수입업체

(1) 어떤 세척제를 개발하는가?

새로운 세척제에 대한 수요는 당국의 ‘비규제 물질’이면서 사용 조건에서 ‘인화성’이 없는 물질에 대해 형성된다. 새로운 세척제의 성공 여부는 이 두 가지 조건을 모두 만족하면서 가장 저렴한 세척제를 제조하는 것에 달려 있다.

그러다 보니 세척제 제조업체에서는 혼합물 세척제를 제조하게 되는 것이다.

세척제가 다들 유독물질이거나 유독물질이 아니면 비싸거나 한데, 그럼 사용자들은 뭘 선택해야 하나요? 그러니까 그 중간을 달리게 해주는 역할을 하는 게 사실 저희들이에요. 세척제 원료를 혼합해서 가격을 낮춰주고 예를 들어서 탈지력이 100% 만족스럽지는 않더라도, 자기들이 공정 시간을 조금 더 보강을 하더라도 가격을 200만 원 들 것을 100만 원만 들게 하면서 유독물질이 아닌 걸로 하고 그렇게 지금 많이 하고 있죠. 세척제 판매업체에서는요(피면담자16).

최근 몇 년 간의 국내 세척제 시장에 변화의 계기 두 가지는 ‘1,2-디클로로프로판(1,2-DCP)이 규제 물질이 된 것’과 ‘디클로로메탄(MC)이 유독물질로 지정된 것’이다.

1,2-DCP은 MC나 트리클로로에틸렌(TCE)보다는 가격이 높지만 전체 세척물질 중에서는 가격이 낮은 편이어서 가격 면에서 장점이 있다. 게다가 세척제로 쓰이기 시작하던 당시에만 해도 1,2-DCP가 유독물질도, 관리대상 유해물질도 아닌데다 특별대기오염물질도 아니어서 정부의 어떤 규제도 받지 않았다. 그러나 점차 관리대상 유해물질과 유독물질로 지정됨에 따라 비규제 물질이라는 장점이 사라지면서, 기존에 1,2-DCP를 수입하던 업체 중 일부는 더 이상 1,2-DCP를 수입하지 않게 되었다.

TCE는 유독물질 지정된 지 오래됐고, 대안이 없는 상황에서 MC가 유독물질로 지정되면서 세척제 매출이 많이 빠졌죠. 이렇게 규제가 강화되면서 혼합 세척제들이 시장에 나오기 시작한거고. 우리는 1,2-DCP를 많이 판매했었는데 이게 처음에는 유독물질이 아니어서 저희가 TCE랑 MC를 1,2-DCP로 대체해보겠다고 홍보를 많이 했었죠. 1,2-DCP가 유독물질 함량 기준이 원래 25%였다가 올해 0.1%로 바뀌었어요³⁾. 그래서 이제 애가 대체 세척제라는 제품의 원료로 쓰였던 게 이제는 무의미해졌고. 그래서 이제 수출용 외에 국내 유통 물량에서는 1,2-DCP는 이제 끝났다고 봅니다(피면담자18).

3) 국립환경과학원고시 제2024-3호 「유독물질의 지정고시」 일부개정 (고유번호 2017-1-763)

디클로로메탄(MC)은 오래 전부터 관리대상 유해물질이면서 특정대기유해질이였다. 그러나 유독물질 지정은 TCE에 비해 약 20년가량 늦은 2019년에 이뤄져서, 유독물질로 지정되기 전까지는 TCE의 대체 세척제로 많이 선택되었다. MC의 무엇보다 큰 장점은 할로젠계 용매 중 가장 가격이 낮다는 것이다. TCE보다는 못하지만 세척 성능도 사용자가 만족할 만한 수준이다. 그러나 MC는 증기압이 높아서 공기 중으로 휘발이 잘 되어 세척제 사용량이 많아지고, 흡입으로 인한 건강 위험성이 높다.

최근에는 디브로모메탄을 함유한 혼합 세척제가 개발되어 세척제 시장에 유통되고 있다. 현재 디브로모메탄은 관리대상 유해물질에도 유독물에도 해당되지 않는다. 가격도 디브로모메탄이 할로젠계 세척제 중 가장 비싸다. 하지만 비규제물질이다보니 세척제 시장에서 대체 세척제로 사용하고자 하는 수요가 있다. 사용자는 디브로모메탄이 함유된 혼합 세척제를 ‘친환경’ 제품으로 여겨서 비싼 가격을 감수하고 사용하고 있는 것이다. 그러나 디브로모메탄은 비록 국내에서는 아직 규제되고 있지 않지만 해외에서는 급성독성물질, 생식독성물질 등으로 분류되고 있는 유해한 물질이다. 한편, 디브로모메탄이 혼합된 세척제는 다른 구성성분의 인화성 문제 해결에 도움이 되어 소량 첨가되는 경우도 있다.

디브로모메탄의 가격이 디클로로메탄의 가격 5배 이상이에요(피면담자16).

브롬계 세척제도 결코 건강에 좋지 않아요. 안 좋아요. 그런데도 규제가 없으니 어쩔 수 없이 비싼 돈을 들여서라도 브롬계 세척제를 써요(피면담자16).

이 비할로젠물질에다 디브로모메탄을 지정 비율로 혼합하면 비할로젠물질에 있던 인화성이 없어지게 됩니다(피면담자15).

세척제 제조업체가 혼합 세척제를 만드는 이유는 함유량 기준이 있는 규제를 피하기 위해서이다. 주로 규제 함량 미만의 유독물질을 다른 물질과 혼합해서 비규제물질 제품(세척제)을 만들어 유통한다. 혼합 세척제의 경우 구성성분 간에 끓는점이 서로 다를 수 있어서 세척제 재사용이나 증기탈지 설비에 생길 수

있는 문제를 잘 파악하여야 한다.

네 맞아요. 단일물질이 아니라 혼합물질인 세척제로 증기탈지를 하게 되면 문제가 생길 수 있어요. 증기탈지가 되기는 됩니다. 그런데 나중에는 세척 설비 표면에 부식을 일으킬 수 있어요. 정상적인 단일물질이 아니다보니 이런 현상이 일어나는 거예요. 세척력도 예전만 못하게 바뀌고 계속 세척제가 액화와 기화를 반복하면서 형질이 변경되기도 하고요. 단일물질에 비해서 세척제를 오래 못 써요. (피면담자19).

(2) 세척제 가격은 시장에서 비도덕적 행동을 유발한다

세척제 사용자들은 세척 성능이 좋고 규제 대상이 아니면서 가격이 낮은 세척제를 원한다. 많은 사업장에서 세척제 가격은 중요한 요소다. 세척제는 최종 제품에 영향을 주지 않으면서 오염 제거 기능만 잘하면 되는 ‘세척 공정에서만 쓰이고 없어질’ 소모품이기 때문이다. 만약 세척 설비가 증기 탈지 단계와 세척제를 회수 냉각 설비가 갖춰져 있는 밀폐 시스템이면 세척제 회수율이 높아서 그나마 경제성이 있는데, 그렇지 않은 개방형 시스템이면 세척제의 휘발량이나 일회성 사용으로 인해 세척제 사용량이 늘어날 수밖에 없다. 세척제 사용자가 세척제 가격에 민감해지는 이유이다.

이번 연구에서 면담 조사에 응한 세척제 제조업체들은 자사에서는 물질안전보건자료(MSDS)를 허위로 작성하지 않는다고 대답하였다. 다만, MSDS가 허위로 작성된 것처럼 보이는 네 가지 상황을 설명하였다. 첫째는 사용자가 사용 제품과 다른 제품의 MSDS를 비치하는 경우다. 세척제 사용자가 처음에는 ‘비규제 물질’로 만든 세척제를 구입해서 해당 세척제의 MSDS를 비치한다. 그러나 세척제 가격이 높다 보니, 이후에는 가격이 낮은 세척제를 구입해서 사용한다. 그러나 MSDS는 이전의 MSDS를 그대로 비치한다. 결국, 감독이나 점검 때 수거된 세척제의 구성성분과 사업장에 비치된 MSDS에 적힌 구성성분이 서로 달라 해당 MSDS가 허위로 작성된 것처럼 보이는 것이다. 둘째는 중간 유통업체가

MSDS를 허위로 작성하는 경우다. 셋째는 세척제에 사업장 사용 물질이 섞여 들어가서 세척제의 조성비가 바뀌면서 인화점 등 제품의 특성이 바뀌는 경우다. 네 번째는 사용사업장에서 현재 제품과는 조성이 다른 리뉴얼 전 제품을 갖고 있으면서 MSDS는 당시 구매한 제품이 아닌 현재 판매되고 있는 제품의 MSDS를 가지고 있는 경우다.

예를 들면 사업장에다가 ‘어떤 세척제를 사용하고 계신지 세척제 MSDS 좀 보내주세요’ 그러면은 그 분들은 알아요. 법적으로 우리가 문제없는 걸 보내야 된다는 걸. 보내온 MSDS랑은 다르게 실제로 이 분은 MC를 쓰고 있을 수도 있어요(피면담자13).

예를 들어서 저희가 세척제를 만들 때는 인화점이 60도 이상 나와요. 근데 실제로 업체에서 세척제를 쓰다가 거기에 타유가 들어가고 방청유가 들어가고 막 이렇게 되면 그걸로 인화점 재어보면 원래의 인화점이 안 나와요(피면담자16).

세척제 가격에 민감한 사용자들은 가장 가격이 낮으면서 세척 성능이 우수한 MC, TCE, 클로로포름 사용에 대한 유혹을 언제나 받는다.

예를 들어 한 달에 세척제를 다섯 드림 가량 사용한다고 한다면 디브로모메탄 들어간 세척제의 경우 세척제 가격이 천만 원이라고 칩시다. 그런데 MC를 쓴다면 얼마려나? 한 백만 원 되려나? 그러면 디브로모메탄 쓰는 현장에서는 MC로 세척하는 사업장보다 2명의 인건비만큼 더 지출하고 있는 거예요. MC나 TCE처럼 이만큼 효율적인 게 없어요. 이걸 제일 오랫동안 써왔었고(피면담자13).

(3) 세척제 사용 설비 및 사용 방법 안내

세척제 제조업체들은 당국으로부터 점검이나 조사를 받은 경험이 있었다. 세척제 중독 사건은 빈번하게 일어나고 있으므로 세척제 제조를 오랫동안 해 온 업체들은 당국의 점검·조사를 여러 번 경험하기도 했다. 세척제 제조업체

중 일부는 ‘친환경 세척제’란 용어가 적절하지 않으며 영업 시에도 사용하지 않았다. 그 대신 ‘비규제 세척제’가 올바른 용어임을 제대로 인식하고 있었다.

세척제 팔 때 친환경이라는 말을 쓰면 검찰 조사받아요. 저는 그렇게 생각합니다. 저는 업체들한테도 그렇게 얘기하고 제품 관련된 문서에도 친환경이라는 문구는 절대 안 써요. 저독성이라는 말도 안 써요. 영업사원들한테도요. 몇 년 전에 그런 용어 사용해서 검찰 조사 받은 세척제 판매업체가 있는 걸로 알고 있어요(피면담자13).

규제 비대상 물질이라고 말하는 게 정확한 거거든요(피면담자14).

세척제는 제조업체가 직접 판매하기도 하지만, 여러 차례의 중간 단계, 소위 대리점이라 불리는 유통업체를 거쳐서 소비자에게 도달하는 경우도 많은데, 세척제 제조업체가 유통업체에 올바른 내용을 전달할 수는 있어도 유통업체의 영업방식까지 통제하기는 어려워서 유통업체가 사용자에게 세척제를 ‘친환경 제품’이라고 홍보하는 것을 완전히 막을 수는 없다고 한다.

친환경 용어 우리는 쓰지 않아요. 그런데 세척제 판매 대리점(유통업체)에서 우리 제품을 친환경 제품으로 홍보하는 곳이 더러 있습니다. 그러면 저희가 계속 대리점에 다가 친환경 제품 아니라고, 무독성 아니라고 말해주고요. ‘친환경’이라는 용어는 쓰면 안 되고 ‘저독성’이라고 얘기해야 한다고 꾸준히 말해주고 있습니다(피면담자15).

일부 세척제 제조업체는 자사의 세척제를 판매할 때 사용자에게 사용 가능한 세척 설비와 올바른 사용 방법에 대해 조언하고 있기는 하나, 이를 강력하게 이야기하기는 어려워한다. 왜냐하면 자사의 세척제를 사용할 때 추가적인 세척 설비를 갖추도록 사용자에게 요구한다면, 사용자가 자사의 세척제를 구매하지 않을 수도 있어서다. 그러나 세척제 제조업자 대표로서는 자사 세척제의 사용량이 줄어드는 한이 있더라도 사용자가 밀폐식 세척 설비를 사용하는 편이 근로자 건강이나 환경 측면에서 더욱 바람직하다고 생각하였다. 또한 밀폐식 세척 설비를 사용하나 제품을 설비 내부에서 충분히 건조하지 않고 꺼내는

사업장에는 제품을 설비 내에서 조금 더 지체한 후 반출하도록 조언하기도 한다.

저희가 세척제를 팔 때 세척제 사용사업장에다 규제라던가, ‘이 세척제 물질을 사용할 때는 밀폐된 설비에서 사용하세요’라던가 세척제 안전 관련된 자료를 함께 보내주면서 팔았더니깐요? 세척제 사용할 때, 근로자 노출을 최소화하고 밀폐된 공간에서는 사용하지 말 것 등등 얘기해 줍니다. 하지만 우리가 그들에게 공정 자체를 밀폐를 하라던가 그렇게는 말할 수가 없죠. 저희가 강제할 수 없어요. 그렇게 해 버리면은 고객사(세척제 사용사업장)에서 ‘너희 제품 쓰려면 꼭 이 세척 설비를 사용해야 하는 거야?’하고 물어 볼거란 말이에요. 우리가 그렇다고 대답하면, 거기선 우리 제품을 구매하지 않겠죠. 도덕적 의무를 다한 사람은 물건을 못팔겠죠(피면답자13).

한편, 세척제 규제 강화에 대해서는 ‘세척제 자체에 대한 규제는 세척제의 낮은 가격과 높은 성능에 대한 사용자의 수요가 오히려 시장의 왜곡을 초래할 수 있을 것’이라는 우려를 제시하였다.

(4) 규제와 당국의 감독

세척제 제조업체들은 당국의 규제가 너무 어렵고 복잡하며 규제에 대한 정보 제공이 부족하다고 느낀다. 당사자들이 해당 당국 홈페이지에 가서 적극적으로 찾아봐야지만 관련 정보를 비로소 알 수 있기 때문이다. 실제로 세척제 제조업체는 규제 내용을 자세히 알고 있지는 못하였다.

중점관리물질제도가 가습기 살균제 때문에 급하게 만든 법 조항이거든요. 그런데 지금 ○○부에서 단속을 한다네요. 제도 홍보를 예전에 반짝 한 번 정도 해놓고서는 몇 년 동안 아무 말 없다가 갑자기 찾아와서 했나 안했나 보고 안되면 벌금이라고 하니까 우리는 황당하죠(피면답자16).

세척제 제조업체들은 전국 사업체를 대상으로 세척제를 판매하고 있다. 이들은

당국의 정부 기관의 감독 내용이 지역에 따라 다르다고 느낀다. 현재 할로젠계 세척제를 사용하는 사업장은 다양한 당국 주체들이 감독하고 있는데 일부 기관의 감독 내용이 지역에 따른 차이가 있다고 느끼고 있다.

저는 A청 쪽이 좀 문제가 있다고 봐요. B청도 그렇고요. 지금 C부에서 A청이 제일 크죠? 이 쪽은 나름 교육이라던가 내부 시스템이 좀 돼 있어요. 근데 아래쪽 지역에 서는 그게 잘 안되어 있는 것 같아요. 교육도 떨어지고 직원들 역량도 규제에 대해서 저희가 물어봐도 공무원들이 잘 몰라요. C부의 규제 감독의 강도가 지역별로 다른 것은 C부도 다 알고 계시지 않나요? 아마 C부는 이미 알고 있을 거예요(피면담자13).

또한, 유독물질의 경우 영업 허가를 받아야만 사용할 수 있는데, 정부에서는 영업 허가를 받은 사업장만 감독 대상 사업장으로 간주하고 관리할 뿐, 허가 없이 유독물질을 사용하는 사업장은 행정력 부족으로 인해 적극적으로 찾아내려 하지 않는다고 한다. 이러한 사실을 알고 있는 유독물질 사용사업장에서는 무허가 사용에 대한 유혹을 받기 쉽다.

사업장에서는 A부든 B부든 내 사업장 이름이 감독이나 관리 대상 목록에 들어가 있는 것 자체를 싫어해요. 할로젠이면 그렇게 안 될 수가 없는 데도요. 지금도 할로젠계 세척제 쓰면서, 그러니까 MC나 TCE 쓰면서 허가 안받고 쓰는 업체들 많아요. 비밀비재해요. 왜냐면 행정력이 이거 다 못 찾아가거든요(피면담자16).

(5) 세척제 시장 전망

세척제 제조업체들은 디브로모메탄도 유해성이 없지 않고, 이 물질도 가까운 시일 내에 당국의 규제 대상이 될 것이라고 예상한다. 세척제 제조업체들은 대체 세척제를 개발하기 위해 세척 성능이 현재의 할로젠계 세척제와 동등한 수준이면서 ‘비규제 물질’이자 ‘인화성이 없는’ 물질을 찾고 있으나, 이러한

조건을 모두 만족하는 물질을 찾기는 쉽지 않다고 한다.

대체 세척제에 대한 고민이 많습니다. 세척제 사용자 입장에서는 세척제에 불이 안 붙어야 하는데 불이 안 붙는 물질을 아무리 찾아봐도 할로겐이 아닌 물질이 없거든요. 그렇다고 사용자에게 ‘세척 설비를 바꾸세요’라고 할 수도 없는 노릇이고요. 사용자에게 ‘이러이러한 방폭 설비여야 하고, 진공이어야 하고, 불이 안 붙는 인화점 이하의 사용환경을 유지할 수 있는 설비를 갖춰 주세요’라고 할 수 없기 때문에 고민이 많아요. 독성이 기존 제품보다 적고 환경적으로도 위험성이 없는 것을 계속 찾고는 있는데 쉽지는 않습니다(피면담자15).

새로운 세척제 개발이 어려운 이유 중 하나로는 중소기업의 영세한 사업체가 대다수이기 때문에 연구개발에 인력과 자본을 투자하기가 어렵다는 점을 들 수 있을 것이다. 대부분의 세척제 제조업체는 한 곳이라도 더 많은 곳에 영업하려 다니기 바쁘다. 게다가, 새로운 물질을 찾아낸 후에도 화학물질의 등록 및 평가 등에 관한 법률에 따른 등록 제도를 이행해야 하다 보니 새로운 물질을 시도에 한계가 있다고 한다. 이처럼 세척제 제조업체들은 새로운 세척제 개발에 어려움을 겪고 있다.

저희도 어려움이 많습니다. 우리 제품을 쓰는 고객들(세척제 사용사업장)은 엄청난 세척 성능을 요구해요. 그런데 우리가 할 수 있는 것들, 제조나 혼합 같은 것들이 다 법적으로 손발이 묶여 있다보니까 고객사의 요구를 잘 충족해 주지 못한단 말입니다. 그럴 때가 많아요. 그러니까 저희는 새로운 세척제 물질도 찾아야 하고, 새로운 물질을 찾으면 등록도 해야 하고, 그 과정에서 비용이 발생하면 그 비용 부담도 해야 하고. 그런 것들이 있다보니 쉽게 제품 개발하기도 어려운 상태예요(피면담자 16).

(6) 정부에 바라는 사항

세척제 제조수입업체에서는 업체들은 정부에서 세척 설비 설치 및 개선에 적극적으로 비용적인 지원을 해주길 바랐다.

저는 탄화수소계 세척제와 진공 세척 설비 조합 방향으로 가는 것이 궁극적으로 좋은 방향이라고 생각합니다. 정부에서 매년 산업 재해 예방을 위해서 사용하는 돈 1조 원 중에서 1,000억 원 정도만이라도 세척 설비를 개선하는 데에 지원해 주었으면 좋겠다는 이야기를 예전에 대정부 회의 때 한 적이 있어요(피면담자13).

지금 우리나라 산업 세척이 탄화수소계나 수계 쪽으로 넘어가야 하는데 세척하는 사업장들이 설비 구입 같은 것들이 부담되어서 그 쪽으로 못 넘어가고 있어요. 이런 설비 구입비용을 정부에서 지원을 많이 해주면 좋겠습니다. 염소계를 불가피하게 써야만 해서 강력한 설비가 필요한 경우에는 그 설비에 대해 지원을 해주고요. 안 그러면 사용자 분들이 설비 투자 비용을 과연 감당하실 수 있을까, 게다가 요즘 경기가 안좋아졌잖아요(피면담자18).

4) 세척 설비 제조업체

(1) 할로겐계 용매 세척 설비 현황

할로겐계 용매 세척 설비의 가장 보편화된 형태는 3조식(세척→행균→증기 탈지)이다. 1조(세척조)는 세척제가 끓지 않는 온도로 설정되어 있으며 여기서 초음파세척이 이뤄진다. 2조(행균조)는 온도를 별도로 설정하지 않으며, 3조(증기 탈지조)는 세척제가 끓는 온도로 설정하여 증기를 발생시킨다. 3조식의 가격이 증기탈지조인 단조식 세척 설비와 가격 차이가 크지 않아서 많은 사업장에서 3조식 세척 설비를 사용하고 있다.

3조식에서는 금속 부품 세척 시 1조와 3조에서 각각 다른 방식으로 두 번의 세척을 거친다. 이러한 세척 형태는 세척력 측면에서는 그 기능이 강화된다고

볼 수 있지만 사업장 내 공기 중 세척제 물질의 농도 관리를 어렵게 한다는 단점이 있다. 또한 세척조의 길이가 길어져 환기장치의 필요 송풍량이 늘어난다. 그뿐 아니라, 다음 조로 이동할 때마다 냉각 코일의 기류가 흩어져 세척 설비의 냉각 성능이 떨어지면서 세척제가 공기 중으로 휘발하게 되고 결과적으로 세척제 회수율이 낮아지게 된다.

증기 탈지 단계에서 사용되고 남은 세척제를 세척에 재사용하기 위해서는 냉각기가 있어야 한다. 냉각기는 증기를 빠르게 냉각시켜서 증기를 다시 액체로 바꾼다. 설비 제조업체에서는 냉각기가 없는 세척조도 판매하는데, 3조식 세척 설비라도 냉각기가 없다면 세척제 재사용이 어려울 수 있다.

세척 설비는 기본적으로는 주문자 생산 방식이고 가격도 고가인 편이다. 그래서 중고 제품이 거래되기도 한다. 하지만 3조식 세척 설비처럼 규격화된 설비는 중국의 공장에서 만들어진 기성품을 저렴하게 구매할 수도 있다.

중국산은 대부분 기성품이 많습니다. 표준화된 제품은 중국산 가격을 이길 수가 없습니다(피면담자22).

(2) 세척 설비업체 관점에서 보는 세척제 사용사업장

설비업체는 ‘세척제 사용사업장에서 자사에 어떤 세척 방식이 적합한지를 명확히 모르는 경우도 있다’고 말한다. 세척제 사용사업장에서는 세척설비 주문 제작 과정에서 수계 세척 설비를 주문했다가 도중에 탄화수소계 세척 설비로 주문을 바꾸기도, 또는 그 반대로 하기도 한다. 또, 탄화수소계 설비를 주문 제작해 놓고서는 그것을 사용하지 않고, 할로겐계 세척 설비를 다시 주문하기도 한다.

탄화수소계 세척설비의 불 붙는 문제 때문에 우리나라도 기업체 CEO 분들이 수계로 하기도 하고, 그런데 물론 수계도 단점이 있거든요. 이런 경우도 있어요.

수계 세척 설비 제작하는 걸로 계약서를 쓰고 수계 세척 설비를 한 절반 정도 만들었는데 갑자기 고객사에서 탄화수소계로 바꿔 제작해 달라고 요구하는 경우도 있었어요. 요구 한대로 탄화수소계로 만들고 있으니까 다시 또 수계로 만들어 달라고 하고. 이렇게 왔다갔다 혼동이 있어서... 저희가 결정권이 없으니까, 사용자의 권한이다 보니까... 이런 예도 있습니다(피면담자22).

고객 사업장의 대표님이 일본의 탄화수소계 세척 설비를 보고 그거에 꽂히셨는지 저희 쪽에 발주를 주시겠다고 해서 계속 고객 사업장과 설비 개발을 하고 있었는데, 실질적으로 비용과 시간 때문에 중국업체에서 탄화수소계 세척 설비를 제작하게 되셨어요. 근데 세척력이 기대만큼 나오지 않아서 지금 사용이 어렵게 되어서 저희 쪽에 다시 제작 의뢰를 하셨고 최근에 유기용제 자동 세척기를 거기에 설치해 두었어요(피면담자19).

한편, 역사적으로 15년 전쯤 자동차 업계의 모기업(원청)에서 친환경을 강조하던 시기에 협력업체(하청)에 자동차 부품품 제조 시 할로겐계 세척제를 사용한 세척을 금지하면서, 당시 협력업체에서는 세척 방식을 수계 세척으로 많이 변경하였다. 그러나 수계 세척에는 페수 등 기존 할로겐계 세척에는 없던 단점이 있었다. 그리고 성능도 기존 수준에 미치지 못했다. 그래서 일부 세척제 사용사업장에서는 기존에 사용하던 세척제를 몰래 사용하기도 했던 것으로 보인다.

현실적으로 싸우⁴⁾친 걸 어떻게 수계 세척제로 세척을 해? 페수는 어떻게 감당할 거며, 세척조가 1~3조 쓰던 게 10조로 늘어나면 그 비용은 누가 대 줄거야? 나름 수용도가 있긴 했지만요. 저도 당시에 세척제 사용사업장에다 뭐라고 했냐면 “어차피 트리클로로에틸렌 아니면 세척 안되잖아. 그냥 보이는 데서는 수용성 세척 설비 놔두고 안보이는 곳에다가 트리클로로에틸렌 세척 설비 설치해놓고 작업해”라고 말했었어요. 이게 현실이잖아요(피면담자20).

4) 싸우 : 금속 표면을 연마하여 광내는 작업을 의미하며 ‘표면을 연마하다’는 뜻을 가진 영단어 buff에서 유래한 일본식 표현으로, 흔히 ‘싸우치다’는 형태로 사용됨

그러다 점차 모기업의 할로겐계 세척에 관한 관심이 적어지자, 일부 협력업체는 슬그머니 할로겐계 세척으로 돌아왔다.

사실은 우리나라가 예전에 한 번 수계로 갔다 왔어요. 이걸 자동차 역사하고 같이 가. 오존층 파괴니, 뭐니 이런 얘기들이 국제적으로 나오다 보니까, 자동차 회사에서도 협력업체에 간 거죠. ‘야, 너희들 지금 어떻게 세척하고 있는 거야. 우리 지금 오존층 파괴물질 배출 줄여야 해. 내 제품에는 유기용제로 세척 하지 마. 수용성으로 세척해갖고 와.’ 이런 시절이 한때 있었어요. 그러다 보니 난리가 난 거죠, 이제. ‘수용성으로 세척을 해? 그럼 폐수는 어떻게 감당할 거며, 세척기 1조 2조 3조 쓰던 게 10조로 늘어나는데 이 비용 누가 줄 거야, 이거 어떻게 할 거야?’하고요. 나름대로는 수용하는 곳도 있었죠. 그러다 이제 좀 잠잠해진 거야. 그래서 다시 조용하게 다시 TCE로 온 거죠(피면담자20).

오랫동안 세척 설비 제조업체에 종사한 분들은 세척이 필요한 정도는 산업의 발전과 함께 보아야 한다고 주장하였다. 과거에 우리나라는 당시 선진국에서 꺼려서 국내 산업계로 넘어온 금속 부품 생산을 도맡아 했고 덩달아 세척 작업 또한 많이 이뤄졌는데, 이러한 금속 부품은 오염물의 제거가 어려워서 세척 성능이 강력한 할로겐계 세척제를 사용할 수밖에 없었다고 주장했다. 현재는 이러한 부품 생산이 다른 국가로 많이 이동하였지만 여전히 국내 산업계에는 세척제로 할로겐계 세척제를 사용하고 있다.

(국내 사업장이 강력한 세척제를 선호하게 된 건) 세척의 역사랑 관련이 깊어요. 처음에 독일과 일본에서 산업 세척이 먼저 시작이 됐죠. 그때만 해도 세척 부품이 단순하고 양도 많지 않았어요. 그러던 와중에 대한민국이 나타나서 제조업에 있어 세계적인 강국이 되지요. 세척에도 여러 종류가 있는데, 그중 가장 힘든 게 싸우, 스테아린산 세척하는 거예요. 이런 부분들 누가 세척했을까요? 일본은 안 합니다. 독일에서도 안하죠. 그러다 보니까 전부 한국으로 온 거죠. 우리는 배워야 했으니까. 외국에서 그 나라 사람들이 하기 싫고 안하는 것들 그것들부터 우리한테 준 거죠. 그러면서 우리가 강력한 세척제를 사용하게 된 거예요. 지금은 이런 걸 다 중국에서

하고 있죠. 지금 중국의 상황은 우리나라에 비하면 상상도 못 할 정도로 심각합니다 (피면담자20).

세척 설비 제조업체의 전체적인 의견에 따르면, 세척 작업 보유 사업장은 세척 기술에 대해 잘 모르고, 자사 생산품의 충분한 세척 수준이 어느 정도인지 정확히 알고 있지 못하다. 그러다 보니, 무조건 강력한 성능의 세척제-주로 할로겐계 세척제-를 선호하는 경향이 나타나는 것이다.

(3) 세척 설비 자동화

세척 작업 보유 사업장의 자동화 세척 설비의 설치 동기는 크게 두 가지다. 근로자들이 냄새나는 세척 작업을 기피함에 따라 세척 작업에 필요한 인력 확보가 어렵고, 세척 작업에 필요한 인건비를 줄이기 위한 이유가 있다. 자동화 정도는 피세척물의 투입과 반출은 작업자가 수동으로 실시하고 그 외의 작업은 설비 안에서 자동으로 이뤄지는 이른바 ‘반자동’ 형태의 설비가 가장 많았다. 한편,

요즘에는 사업장에서 자동, 반자동 이야기를 많이 해요. 사용자 입장을 이야기 들어보면 지난 정부가 인건비를 많이 올렸어요. 그러다 보니 사용자는 인건비 계산을 하는 겁니다. ... 지금은 그만큼 인건비가 많이 오른 거야. 계산해 보니까 무시무시하지. 그럼 어떻게 해? 원래 세척 3명이 하던 거지만 이제 1명 빼야지. 그리고 설비는 반자동으로 가야 하지 않겠어요?(피면담자20)

(4) 수계 세척 설비 및 진공 세척 설비 제작 기술

국내에는 세척 설비를 제조하는 업체는 대부분 규모가 작다. 그러나 20년 이상의 오랜 업력을 가진 업체나, 선진국에 수출하는 기술력 있는 업체들도 몇 있다. 그들은 국내에 세척 설비를 많이 납품하지 않는다. 그 이유는 국내

시장에 고급 세척 설비에 대한 수요가 없었기 때문이다. 단순한 형태의 세척 설비는 저렴한 중국산을 위주로 수요가 형성되어 있어서 국내 세척 설비업체들은 고부가가치가 발생하는 금속 부품의 정밀 세정 용도의 세척 설비 제작에 주력하고 있다고 한다.

저희가 국내 시장에서 도망쳐서 해외로 영업하러 간 이유가 뭐냐면, 우리나라 사장님들은 설비에 투자를 잘 안 하세요. 사장님들이 원래 사용하던 기계를 20년 썼으면 이제 바꾸셔야 하는데 바꾸실 생각 안 하시고, 제가 ‘이 기계는 이제 처분해야 하고 더이상 못 쓴다’ 말하면 사장님들은 ‘그냥 나도 사업 접으려나’ 이런 식으로 얘기하시니까 저도 기계 바꾸시라고 영업하러 들어갔다가 거기서 더 이상 ... 국내에서 사업할 재미가 없더라고요 ... 결국은 우리 생태계도 고부가가치 상품 쪽으로 가지 않는 이상 규제 비용하고 이거를 맞출 수가 없다는... (피면담자21)

국내 세척 설비업체들은 요즘에 최대한 고부가가치 발생하는 쪽으로, 중국에서 못하는 거 하려고 합니다. 단순한 세척기는 이미 중국산이 넘치고 넘쳐서 국내 세척 설비업체들은 관심이 없는 시장이 됐죠. 세척 사업장에서 설비를 진짜 필요하니 만들어달라고 해서 우리가 설비 견적 내어드리고 설계해 드리면 사업장에서 예상보다 비용이 많이 들어서 감당을 못하세요(피면담자21).

국내 세척 설비 제조업체의 기술 수준은 수계 세척 설비는 물론 진공 세척 설비도 제작할 수 있는 수준이나, 시장에서 이런 설비에 대한 수요가 적다. 수계 세척 설비는 고가 제품이다 보니, 대기업을 중심으로 반도체 업종 등에서나 수요가 있다고 한다.

국내 시장은 수요가 없어서 진공 세척 설비 같은 세척 설비 기술 개발에 전념할 수가 없어요. 당장 영업하고 사업장 운영하고 하다보면요. 앞으로 이차 전지라던가 정밀 세정이 필요한 부품 생산업계에서는 세척이 계속 발전하겠죠. 시장이 자꾸 요구하면 세척 설비업체에서 계속 연구하고 고민할 수밖에 없겠죠(피면담자22).

한편, 일본은 탄화수소계 세척제를 사용하는 진공 세척 설비에 대한 정부 지원 덕에 진공 세척 설비 기술이 발달해 있다.

진공 설비를 일본이 하도 잘 만들어서 우리나라 기술이 일본 기술을 따라가기가 쉽지 않다? 그건 그렇지 않다고 봅니다. 일본은 한 20여 년 전부터 탄화수소계 세척 설비를 국가 차원에서 지원했어요. 지원 제도가 엄청 좋았어요. 그러니까 일본의 세척 설비업체가 다들 설비 제작을 시도했었죠. 그리고 사용자에게도 탄화수소계 사용을 권고해서 염소계 같은 할로젠계 세척제를 탄화수소계로 많이 바꿨어요. 지금 일본에는 탄화수소계 세척 설비 제조하는 업체가 상당히 많습니다. 우리나라보다 한 10배는 많을 거예요. 그런데 우리나라는 그런 지원 제도가 없었기 때문에 어려우니까 시도를 잘 못 하죠. 일본은 시장 수요가 이렇게 많다 보니까 계속 개선하면서 설비가 안정화되어 있고. 그렇지만 탄화수소계 진공 세척 설비에 대한 노하우는 저희가 나름대로 다 쌓아두었기 때문에 얼마든지 주문 수요에 대처할 수 있습니다 (피면담자22).

(5) 정부에 바라는 사항

세척 설비 제조업체 또한 설비 개선 비용 지원을 원했다. 그 외에 전체적인 작업 환경 개선을 위한 세척실 구축 비용 지원도 희망하였다.

저는 절대적으로 정부가 설비업체하고 같이 가야 한다는 의견이에요. 정부에서 제조업에 지원해 줄 수 있는 부분이 지금 굉장히 많습니다. 세척이 계속 이슈가 되고 있다면 사업장에서 규제를 안 지켰다고만 그러지 말고 실제로 지원을 해줬으면 좋겠어요. 하나 더 말씀드리고 싶은 것은, 세척실을 별도로 만들어 주었으면 하는 거예요(피면담자20).

세척 설비 제조업체로 구성된 협회가 없어서 정부 차원에서 적극적인 세척과 관련된 이슈나 안전 정보 홍보가 필요하다는 점도 지적하였다.

지식적인 부분이든, 지원 제도든 정부에서 조금 더 홍보가 필요한 것 같습니다. 아직은 세척제 사용사업장에서 비할로겐계로 전환해야 한다는 생각 자체를 못하는 경우도 있어요. 그리고 세척방식을 바꿀 때 수반되어야 하는 시설이 있다는 것을 모르고 세척 설비를 구매하려고 하기도 하고요. 예를 들면, 수계 세척기를 사고 싶다면서 폐수 처리 시설이 필요하다는 걸 모른다던지.. 반대로 폐수 처리 시설이 필요하니까 수계는 아예 고려를 안하는 경우도 있고. 이런 부분들은 정부에서 비용 지원이 되면 해결이 될 겁니다. 수계 세척을 안 할 이유가 없거든요. 한번 고민해볼 직 하잖아요? 고민해 보는 데 돈 드는 건 아니니까. 그리고 저희 같은 세척 설비업체도 사업장에다 수계로 바꿔 보라도 이야기하는데 부담이 덜해요. 지금은 부담이 많이 돼요. 모든 세척 설비가 1억이고, 10억이고 하면은 수계 세척 설비도 사업장이랑 함께 고민해 드리겠는데, 선택지 중에 50만 원짜리, 100만 원짜리 설비도 있는데 수계도 고민해 보라고 얘기하기는...(피면담자19)

정부에서 추진하는 제도 개선이나 정부 지원책 마련과 관련된 회의에 적극적으로 참석할 의사도 내비치기도 했다.

정부에서 비용지원을 해 주면 저희한테도 무척 도움 되죠. 산업용 세척 설비 시장이 확 바뀔 거예요. 정부에서 수계로 가겠다, 설비를 개발하겠다고 한다면 비할로겐계 세척 설비 연구하고 개발에 동참할 의지가 있습니다. 정부에다 이야기하면 정부에서 지원책을 마련해줄 수도 있다는 것을 세척 설비업체들이 알기가 힘듭니다. 왜냐하면 세척 설비업체들이 영세하고 재정도 넉넉하지 않아서 당장 일하는 게 급하지 어디 가서 제도 연구하고 정부 기관들 찾아다니면서 호소하고 그럴 여유가 없어요. 그렇게 하면 당장 직원들 월급도 못 주고 힘들어지기 때문에 항상 일에 쫓기다시피 해요. 정부 담당자한테 가서 이런 것들을 토론하고 의논할 여유가 없어요. 하지만 저희는 제도 개선이나 정부 지원 관련해서 회의가 열린다고 한다면 앞으로 거기 쫓아가서 어필하고 적극 나설 용의는 있습니다(피면담자22).

5) 규제 전문가

(1) 산업안전보건법 준수 의지 및 사업장 지원

‘사업주에게 산업안전보건법을 이해하고 준수하려는 의지가 있는가’에 대해 많은 규제 전문가는 사업장 규모에 따라 사업주의 인식 수준과 의지에 차이가 있다고 답했다. 안전관리자나 보건관리자를 직접 선임할 법적 의무가 있는 사업장이나, 안전관리나 보건관리 업무를 위탁 계약하여 선임할 법적 의무가 있는 사업장은 그나마 산업안전보건법을 인지하고 있다고 답했다. 그러나 안전관리자나 보건관리자가 없는 사업장은 낮은 관심도와 학습 기회의 부재 등으로 인해 산업안전보건법을 잘 알지 못하는 것 같다고 답했다.

(경영진을 기준으로 말씀드리면) 지금은 이제 대기업 군에서는 인식이 상당히 좋아졌습니다마는 중소기업에서는 여전히 산업안전보건법을 준수해야 한다는 인식 자체가 낮은 편입니다. 중소기업에서 법준수 인식이 낮은 이유는 기업 경영에 있어서 준수 필요성을 못 느끼는 부분도 있고 또 내부적인 보고 체계나 외부 기관의 자문이라든지 이런 것들을 통해서 규제 인식 수준이 높아질 가능성이 있는데, 그런 것들이 중소기업은 아직도 적절하게 이행이 되지 않는다는 걸 느끼고 있고요(피면담자24).

규모에 따라 좀 다른 것 같아요. 안전보건조직이 제대로 갖춰져 있는 대기업들은 그나마 산안법에 대해 인식하고 있다고 봐야될 것 같고요. 경영자의 이해도나 그런 건 별도로 해야 할 것 같고.. 근로자수 50인 미만의 작은 사업장들은 사실 우리나라에서 사업하기가 녹록치 않잖아요. 너무 많은 다양한 법들이 적용되니까. 그러다보니 사업장에서는 단순히 저게 위험하다는 식으로 인식은 하겠지만, 이게 법상 지켜야 하는 의무 사항이라고 명확히 인지하고 있는 경우는 드물다고 생각합니다. 그리고 대기업의 경우 산안법 위반 시 경영이나 대외 이미지에 리스크가 있어서 비용을 들여서라도 산안법을 준수하려고 하는 것 같은데, 작은 사업장들은 당장 경기가 안 좋아서 직원한테 월급도 못 주고 있는 상황에서 산안법을 과연 지킬 수 있겠는가... 법을 지키는 것이 먹고 사는 걱정이 해결되어야 더 높은 차원에서 좀 더 안전하게 개선할 수 있는 건데. 작은 사업장 가면 감독관이나 공단 입장에서 차마 눈뜨고

지켜볼 수 없을 위험한 행위들이 아직까지는 이뤄지고 있다고 생각하거든요(피면담자27).

대기업은 준수 의지가 있죠. 중대재해법 제정 이후로는 준수 의지가 올라가는 게 분명해 보여요. 중소기업은 준수 의지조차 없다고 보는 게 맞는 것 같아요. 건설업의 경우 대기업은 준수 의지가 있고 중요시하고, 중소기업이라도 관급 공사면 준수 의지가 있죠. 대관 업무가 특히 중요한 공사. 그렇지만 그 속내까지는 우리가 모르죠. 산업안전보건법 존재도 알고 안전관리자 채용할지 말지 고민하는 수준이지, 안전보건규칙을 지켜야 한다고 생각하는지는 모르겠어. 건설 현장 시방서 받아보면 화학물질의 유해위험성에 관련된 내용은 거의 없어요. 공사 금액 800억이 넘어가야 보건관리자가 있거든요. 그러다 보니 그보다 작은 규모에서는 보전이 고려되기 어렵다고 봐야할 것 같아요(피면담자25).

산안법이 무엇인지 모르고 있다가 ○○부 점점 같은 외부의 자극에 의해서 하나씩 하나씩 해나가는 거 같아요. 뭘 해야 하나 하고 하나씩 알아보고. 중소기업도 사업장들은 산안법의 이해가 확실히 되어 있지는 않은 것 같아요 ... 중소기업 사업장에서도 검사받아야 하는 설비가 있어서 검사받기는 하는데, 무슨 법에 의해서 검사받는 것인지 이해하고 있는지는 사실 정확히 모르겠어요. 그냥 해야 한다고 하니까 하는 것 같아요. 그래서 산안법과 환경법을 구별하지 못하는 것 같아요. 사업장 가면 '대기 이거 대기 뭐 하고 있는데' 이런 식으로 말씀하시거든요. 외부 기관에 의해 규제에 걸리거나 했을 때 그때 그때 부분 부분 개선해 나가는 영세업체들이 대부분 그런 것 같아요. 세척 사업장 대부분 50인 미만인데 담당자만 있고 전문기관 대행 없이 하는 경우 업무를 물어물어서 한다(피면담자26).

다만, 중대재해처벌법이 시행되면서 이전에 비해 법준수 의지가 더 높아진 것으로 보인다.

예전보다는 법을 조금 준수하고 있는 게 보이고 특히 중대재해처벌법 시행되면서 사업장에서 조금 더 챙기려고 하는 움직임들이 보이는 것 같아요. 그래서 예전보다는 준수하고 있는 편이긴 한데 준수 방식은 아직 미흡해서 조금 더 들여다볼 필요는 있을 것 같아요(피면담자29).

그럼에도 소규모 사업장의 사업주는 ‘앞으로도 사업을 계속할 수 있는지’가 가장 큰 관심사이며, 안전보건에 신경 쓸 겨를이 없다.

대기업이나 중소기업이나 개선해야 한다고 권고나 명령을 하면 결국 사업장에서 제일 먼저 고려하는 게 그거더라고요. ‘그래서 그거 하는데 돈 얼마나 들어?’ 하지요. 같은 고민을 하지만 대기업은 지불 능력이 되니까 개선을 하는 거고, 영세업체는 지불할 수 없는 경우에 해당하는 거라고 전 생각이 들거든요. 실제로 감독할 때 법 위반이니 고쳐오라고 했는데 사업장에서 당장 내일이 원청 납품일이라 기계를 세우지 못해서 고쳐오지 못 할 수도 있잖아요. 납품 못 하면 원청과 관계에서 영원히 발주가 단절돼 버릴 수 있는 부분이고.. 그들만의 내재된 고민이 있더라고요. ‘당장 돈 벌어야 먹고 사는데 길바닥에 나앉는 거랑 죽는 거랑 뭐가 다르냐’ 이런 얘기를 많이 들었어요(피면담자27).

사업장 현장을 직접 방문해 보면, 사업주의 산업안전보건법 준수 의지가 타법의 유사 규제에 대한 준수 의지보다 더 약한 경향이 있다. 여기에는 여러 원인이 있겠으나 주된 원인 중 하나가 산업안전보건법의 독특한 체계에 있다고 볼 수 있다. 산업안전보건법상 화학물질 관련된 조항은 ‘산업안전보건법(법, 시행령, 시행규칙)’ 자체와 ‘산업안전보건기준에 관한 규칙(이하 “기준규칙”)’으로 크게 나뉘어 있다. 위반 시, 법에서는 과태료가 부과되는 반면 기준규칙에서는 징역형 또는 벌금형이 부과된다. 행정처분인 과태료와 달리, 징역형이나 벌금형은 형사처벌이어서 검찰이 구형하고 법원이 확정판결한다.

이런 차이로 인해 사업장 감독 시 기준규칙보다는 과태료를 부과하는 법상 위반사항 지적이 더 많이 이뤄지는 편이다. 과태료는 절차가 단순하고 위반 행위별로 부과 기준 금액이 이미 정해져 있어서 감독관에게 부담이 적다. 반면, 징역형이나 벌금형과 관련된 조항은 위반 지적 후 절차가 복잡하고 감독관에게도 부담이 된다.

사법 조치를 하는 것이 고용노동부 입장에서도, 감독관도 되게 부담스럽죠. 소위

말해서 기소 의견으로 검찰로 넘겨야 되고, 이 기소 유지를 위해서 어떤 법 위반 사실을 명확하게 밝혀야 하는 그런 부분들이 감독관들이 적극적으로 하기에는 지금은 상당히 어려움이 있고, 감독관분들 입장에서 당장 사업장에 어떤 사고나 직업병이 생기지 않은 상태인데다 경험상 사업장에 위험성이 많이 크지 않은 상태에서 이런 사후 조치를 통해서 안전보건관리책임자 등 이런 사람들을 전과자를 만드는 게 그렇게 마음 편히 진행할 수 있는, 하고 싶은 업무가 아닐 거라고 봐요(피면담자24).

하지만 이러한 감독 경향은 의도치 않게 사업장의 산업안전보건법 준수 의지를 약케하도록 만들었다. 과태료는 사업주 신상에 타격이 없다 보니 사업주는 산업안전보건법에 관해서 법 위반은 곧 ‘과태료’, 법 준수는 곧 ‘안전보건 개선 비용 투자’라고 이분화해서 생각하기 쉽다. 법을 이렇게 인식하게 되면 법을 위반해서 얻는 이익이 과태료보다 더 크다고 사업주가 인식했을 때 사업주의 법 위반 동기가 안전보건 개선 동기보다 더욱 클 수 있고, 이는 법 위반으로 이어지기 쉽다.

벌금은 굉장히 부담이 크죠. 산업안전보건법에도 벌칙은 사법 조치죠. 벌금을 내더라도 전과가 남기 때문에 이런 신상 벌에 대해서는 누구나 다 회피하고자 하는 인식이 되게 강합니다. 그런데 거기에 반해서 과태료는 말 그대로 행정질서 위반죄라서, 그냥 교통법규 위반하고 아주 유사한 수준으로만 생각하고 그냥 과태료 내는 걸로 때워요. 어떻게 보면 개선 비용보다 과태료가 경제적으로 비용이 더 낮은 경우가 많다 보니까 그걸로 때우면 된다는 인식이 법 위반의 유인책이 많이 되는 거죠(피면담자24).

반면, 벌금은 개인 신상에 전과기록이 남기 때문에 사업주의 거부감이 크다. 그래서 과태료가 아닌 과징금을 부과하는 화학물질관리법에 대한 사업주의 규제 준수 의지가 산안법에 대한 의지보다 더 강하다.

당국은 사업주-특히 소규모 사업장의 사업주-가 산업안전보건법을 잘 이해하고 준수하도록 유도하기 위해서 오랜 기간 소규모 사업장에 재정 지원과 기술 지원을 해 왔다. 그럼에도 불구하고 여전히 소규모 사업장에서는 산업안전보건법에

대한 이해와 준수 의지가 약한 현 상황에 대해서, 한 규제 전문가는 안전보건에 대한 기술 지원 대상을 경영진으로 설정하지 않으면 산재예방 효과는 미미할 것이라고 지적하였다. 사업장의 실무진에게 안전보건이나 규제 등의 정보를 단순 전달하는 방식으로는 경영진의 의사결정에 영향을 줄 수 없으며 사업주의 법 준수 의지 또한 높일 수 없기 때문이다.

사업주가 ‘규정이니까 지켜야 한다’는 의사 판단을 할 때 법이나 정부가 기업에 영향을 못하고 있습니다. 개인적으로는 정부의 영향력이 상당히 기대 수준 이하라고 보고 있습니다. 지금 ○○부나 ○○공단에서 안전보건 다방면에서 산재예방사업을 하고 있는데 실제 효과가 기대치보다 낮게 나타나는 이유에는 여러 가지 이유가 있을 거예요. 이에 관한 여러 연구나 검토를 제가 해본 적은 없지만 개인적인 경험으로 말씀드리자면, ‘사업장의 의사결정권자와의 접촉이 굉장히 제한적이다’라고 할 수 있겠네요. 예를 들어서 급성독성, 간독성을 일으킬 수 있는 세척제를 사용하는 세척 공정을 보유한 금속부품제조업체나 기계장치제조업체를 공단이 방문했다고 가정하면, 그 사업장에서 화학물질 취급 관련 시설 개선을 결정할 수 있는 사람 내지는 화학물질 대체를 결정할 수 있는 사람 내지는 그걸 의사결정권자에게 강력하게 권고할 수 있는 사람과 접촉이나 개입이 이뤄져야 사업장에 변화 가능성이 생기는 거거든요. 아니면 50인 미만 사업장에 가서 CEO를 만나서 강평을 해주면서 ‘대표이사님, 이거 문제 있습니다. 국소 배기장치 설치안하면 법 위반이고 이거 관련해서 문제 발생하면 경영상 문제가 생길 수 있습니다’ 같은 메시지 전달 자체가 지금은 거의 안 되고 있어요. 공장장이라도 만나고 왔다면 가능성은 높아져요. 그런데 보통 안전부서장 내지는 보건관리자만 만나서 얘기를 하고 오면은, 이 얘기를 전달받은 사람이 경영진에 생산라인의 이러한 위험성에 대해 보고하고 회사 내부의 생산라인이나 경영진의 인식 변화를 이끌어 낼 수 있는 어떤 활동을 해주어야 하는 건데, 그게 잘 안되죠. 그러다보니 정부에서 뭔가를 열심히 하기는 하는데 긍정적 효과는 기대치 이하로 계속 나올 수 밖에 없다는 게.. 기업의 의사결정권자를 만나서 안전보건에 대한 커뮤니케이션을 하고 그게 기업의 산재예방활동에 있어서 효과가 나타나고 선순환되는 걸 보면서 정부에서 하는 것은 이런 사이클이 제대로 돌아가지 않아서 결과물이 상당히 기대치 이사로 나올 수 밖에 없는 것 같다는 생각을 많이 하고 있습니다(피면담자24).

(2) 화학물질 취급 사업장 감독 경험

산업안전보건법 감독에서 화학물질 취급 사업장 감독 비율은 방문 사업장 수를 기준으로 봤을 때 매우 적은 부분을 차지한다. 2022년도 및 2023년도의 계획을 살펴보면 전체 점검 및 감독계획이 각각 19,000개소와 20,000개소인데 비해서 ‘일반감독’ 중 ‘고독성 화학물질 취급 사업장 점검’ 목표 물량은 각각 500개소, 450개소에 지나지 않는다(강태선, 2023). 사고 사망 감축이 당국의 목표이고, 실제로 전체 산업재해 발생 건수로 봤을 때도 화학물질 중독 사례가 많지 않은 편이기 때문이다. 또한 급성 중독이 아닌 화학물질 중독은 질병과 사망 사이에 시간적 지연이 있어서 화학물질 중독으로 인한 사망인지 알 수 없는 경우가 많아서 더욱 그러하다. 이처럼 화학물질 감독에 투입되는 행정력이 많지 않은 실정이다 보니, 화학물질 중독 사건이 발생했을 때 동종업계나 공정을 대상으로 한 일회성의 일제 점검만 이뤄지는 경우가 많다. 그러나 이러한 일시적인 점검만으로는 사업장에서 화학물질 규제 준수를 끌어내기 어렵다. 실제로, 지금의 화학물질 취급 사업장들은 화학물질 규제를 준수하지 않아도 당국의 처벌을 받지 않을 것으로 생각한다.

사업장에서의 사망은 사회에서 별로 민감하지 않은 게 직업병이라는 특수성 때문일 수도 있을 것 같아요. 노출되었어도 나중에 발생한다던가, 아니면 즉시 사망하지 않는다던가 그런 문제도 조금 있는 것 같은데(피면담자29).

보건직 감독관 필요해요. 감독관님들이 제일 같이 일하고 싶은 감독관 직렬이에요. 어떻게 보면 전문 직렬이라고도 생각하시고. 하지만 (요즘은) 안 찾으세요. 요새는 찾을 일이 없어졌어요. 그만큼 ○○부에서도 보건에 대한 관심도가 많이 떨어져 있기 때문에 무조건 체계 구축, 안전, 떨어짐 이것만 지금 거의 거기에만 매달려 있고 거기에 또 집중해야 사고가 건수가 줄어든다고 생각해서 모든 정책과 모든 행정력이 그쪽으로 향하고 있거든요. 그러다가 이슈되는거 따라서 이것저것하고는 있는데 결국에는 다 골고루 분산해서 관리하면 좋은데 어쨌든 제일 많이 사고 나는데 위주로 할 수밖에 없어서(피면담자28).

화학물질과 관련한 법 조항으로 물질안전보건자료 비치 및 교육, 작업환경측정 및 특수건강검진, 관리대상 유해물질 취급 시 준수해야 할 사항 등이 있다. 감독관들은 사업장의 법 위반 여부를 판단할 때 현장에서 바로 확인할 수 있는 물질안전보건자료 교육 내역, 작업환경측정 결과, 특수건강진단 실시 이력 등과 같은 실시 여부를 간단하게 확인할 수 있는 안전보건 관련 서류를 우선적으로 확인한다. 서류를 검토해서 사업장에서 빠트린 것이 있다고 판단되면 법을 위반한 것으로 판단하는데, 문제는 단 하나의 누락도 없이 법을 이행하기는 쉽지 않기에 사업장 대부분이 법 위반으로 지적을 받는다는 점이다.

산업안전보건법을 준수하는 게 정말 쉽지가 않아요. 화학물질 관련해서 본다면, 뭐 대표적인 감독 사항이 MSDS, 작업환경측정, 특수건강진단인데요. 사업장에서 나름 챙긴다고 챙겼고 보건관리자가 있거나 보건관리대행도 했는데도 감독관이나 공단에서 와서 보면 측정이나 특검에 누락이 있다거나 해서 과태료가 발생한다던지. 국소배기장치도 설치해 놓고 열심히 가동하고 있는데 법에서 정한 제어풍속이 안나 온다거나, 어떻게 하든지 산업안전보건법은 감독 나오면 걸린다는 인식이 상당히 많이 있죠(피면담자24).

현재 산업안전보건법 감독은 고의성이 있는 위반에 대한 처벌 위주로 작동하는 것이 아니라 사후 조치하기 쉬운 사항에 대한 지적 위주로 작동하고 있다. 이에 따라 사업주에게 생기는 ‘법을 지키려고 열심히 노력해도 위반, 노력안해도 위반’이라는 법 인식은 사업주의 법 준수 의지를 약하게 만든다.

산업안전보건법은 고의범에 대한 벌칙을 적용 처벌하는 것이기 때문에 과태료든 사법 조치든 관계없이 해야 하는데, 예를 들어 사업장에서 갖고 있는 MSDS를 살펴 보니 작업환경측정을 유해인자 25가지를 대상으로 실시했어야 하는데 23개만 했고 2개를 놓쳤으면 2개를 일부러 빼먹었다고 보잖아요. 정부에서 그렇게 인식하는 것이 때로는 이해가 안되죠. 23개는 챙겼는데 2개는 실수로 놓쳤다고 생각하는 게 아니라 2개를 일부러 안 했다고 보는. 그런데 그 2개만 빼먹을 하등의 이유가 없거든요. 그런데도 이걸 고의성이 있다고 일방적으로 봐 버리는 게, 산업안전보건

법을 더 열심히 하라는 어떤 메시지를 주는 면도 있겠지만 반면에는 ‘이렇게 하나 저렇게 하나 걸린다’는 인식을 줄 수 있고, ‘그냥 할 수 있는 데까지만 하고 그냥 나머지는 하지 마’ 싶게 만들어 버리는 거지요. 그리고 보건관리자처럼 실무를 하는 입장에서 대표한테 ‘과태료 발생됐습니다’ 이렇게 보고하면 ‘당신 뭐했어?’ 하는 질책을 받기 때문에 부담도 많이 커지고. 그런 상황이 되죠(피면담자24).

제가 감독관 후배들한테 이렇게 말해요. ‘사업장 가서 MSDS 보는 건 좋아. 법에 있으니까. 그런데 제발 GHS 규격에 좀 안 맞다고, 이걸 MSDS 만든 사업장에서 잘 못한 건데 사용사업장에 가서 문구 좀 제대로 작성 안 했다고, 공단에서 만든 MSDS 베껴서 만드느라 잘못된 걸 가지고 사업주한테 과태료를 매기냐. 과태료를 매기려면 제대로 매겨라.’ 라고요. 그리고 ‘MSDS든 뭐든 걸려 있으면 칭찬해 줘야지. 작은 사업장 가서 거기에서 GHS 규격에 안 맞는, 아니면 2012년 이전에 작성된 걸 걸어놨다고 해서 그게 정말 사업주가 죽을 죄를 지은 거냐. 과태료를 매겨야 할 만큼. 그 사업장 입장에서는 어찌보면 최선을 다한 거 아니냐’ 이런 이야기도 좀 했었고요(피면담자27).

정부보다 모기업의 정책이 사업주의 법 준수 동기가 되기도 한다. 한 감독관은 협력업체의 화학물질 대체는 모기업의 정책이 현장 감독보다 더 효과가 좋다고 말한다.

대기업에서 하청업체랑 상생 협력하도록 사회적으로 요구되고 있는데 이런 게 소규모 사업장 화학물질 노출 관리에 엄청 도움이 돼요. 화학물질은 안 쓰는 게 제일 좋지만 그게 어렵다면 그 다음으로는 덜 유해한 물질로 대체하는 것이 중요한데, 대기업이 하청업체 참석한 회의에서 물질 대체 그런 걸 언급해 달라, 하청업체에서 유해한 물질을 쓰고 있는지 확인해 달라 이런 얘기도 대기업에 가서 한 적이 있어요. 실제로 원청에서 상생협력 체결하고 나서 나중에 협력업체에서 저유해성 물질로 바꿨다고 얘기하시더라고요(피면담자26).

원청에서 지시해서 대체물질로 바꿨다는 이야기는 그동안 사업장에 가서 많이 들었어요. 그런 얘기는 많이 들었어요. ‘이 물질 쓰지 말라는 얘기를 원청한테서 들어서 이 물질은 공정에서 뺐어요’ 라든지, 다른 물질로 대체할 예정이라는 얘기를 듣기는 했었어요. 그런 가이드가 있는 국내 대기업에다 자기들 제품 납품하려고

하는 사업장에서는 ‘최소한 이런 물질들은 쓰면 안 된다’는 가이드를 원청에서 주면 거기다 납품해야 하는 입장에서는 이걸 지켜야 되니까. 그러면 이제 이 가이드가 오히려 우리보다 더 무섭죠. 모기업이 시설까지 개선해 준다는 이야기는 못 들어 봤지만, ‘원청에서 규제하니까 우리는 거기에 계속 납품하려면 이걸 지켜야 해요. 그래서 물질 가격이 좀 비싸도 이런 물질로 대체해 보려고 지금 계속 실험해 보는 중이에요. 우리한테 납품하는 업체한테 a, b, c, d 물질 갖고 오라고 말해서 계속 테스트해 보고 있어요.’ 이런 얘기는 들었어. A 지역 쪽에 제가 한번 사업장 갔을 때도 그런 얘기하는 건 들었어요. 요즘 대기업들 되게 많이 관리하잖아요. 그래서 저희 관할 사업장도 예전보다 좋아졌어요. 옛날에 비해 유독물질을 많이 안 써요. 사업장에서는 자기네가 납품하는 메이저급 회사에서 쓰지 말라고 하니까 말을 잘 들어요. 우리가 쓰지 말라고 말하는 것보다 훨씬 효과는 좋은 것 같아요(피면담자 28).

경력이 오래된 감독관들은 현재의 작업환경측정, 특수건강진단, 교육의 이행 여부를 단순히 확인하는 정도 수준의 감독을 통해서는 사업장의 실질적인 화학물질 노출 저감을 이뤄내기 어렵다고 지적한다.

예전에 제 상사께서 이런 말씀을 저한테 하신 적이 있어요. ‘이거 너무 행정편의주의 아니야? 너희 감독관들 편하게 일하고 싶어서 사업장에 감독 가서 교육, 측정, 특검 이런 것만 잡아 오는 거 아니야?’ 하고요. 저연차 때는 그 말씀을 이해하지 못했었는데 나중에 3년 차쯤부터 그때쯤 이제 연차가 좀 쌓이니까 무슨 말인지 알겠더라고요. 어쨌든 근로감독관이라는 사람은 현장에 가서 노동자의 어떤 건강상의 장애나 부상을 예방해야 하는 사람이잖아요. 물론 단속이나 사법경찰 역할도 하지만 일차적으로는 그 사람들의 생명 보호에 목적이 있다고 보면 과연 지금 같은 교육, 측정, 특검 위주의 감독 방식이 맞는 건가 싶은 생각이 굉장히 많이 들었어요(피면담자27).

(3) 화학물질 노출 감소를 위한 공학적 대책 관련 시정 조치의 어려운 점

국소 배기장치의 설치 및 개선은 단순 기성품 설치가 아닌 '설계'와 '공사'가 요구될 수 있는 개선 조치다. 설치나 변경에 필요한 금액도 상당하다. 이런 이유로 다른 개선 대책에 비해 감독관이 지적하기에 부담이 큰 영역에 해당한다. 감독관이 소규모 사업장에 국소 배기 시설을 설치하라고 시정 조치를 요구하기 전에 해당 공정에 국소 배기장치가 꼭 필요한지 다시 한번 신중히 생각해 보게 된다. 감독관은 사업장의 상황에 따라 시정 조치를 하지 않기도 한다. 이유는 크게 두 가지가 있다. 첫째, 국소 배기장치 설치 의무와 관련해서 적용 예외에 해당한다고 볼 수 있을 때이다. 둘째, '개선 완료'로 이어지기 어려운 사업장이라고 판단될 때이다.

첫 번째 이유는 복잡한 산업안전보건법 조항과 관련이 있다. 국소 배기장치와 관련한 산업안전보건법은 상당히 복잡하다. 산업안전보건기준에 관한 규칙 제422조에 따라 관리대상 유해물질 취급 시 국소 배기장치 등을 설치하여야 하나, 해당 업무가 임시작업이나 단시간작업이면 예외적으로 국소 배기장치 없이 작업할 수 있도록 허용하고 있다. 이 외에도 국소 배기장치 설치 의무를 면제하는 특례 조항이 몇 가지 더 있다. 감독관은 사업장의 작업 시간, 빈도까지 모두 종합적으로 고려해서 국소 배기장치의 설치 필요성을 판단하여야 한다. 그러나 이러한 판단은 보건직이 아닌 감독관에게는 복잡하고 어렵게 느껴질 수 있다.

'증기 탈지라는 방법이 있다는 걸 어떤 감독관이 알까'라는 생각이 저는 들어요. 법에 규정은 없어도 권고는 해 줄 수 있겠다 싶기도 한데, 개선하는 데 드는 금액이 터무니없이 비싸면 그건 안내해 줄 수가 없을 것 같아요(피면담자26).

법 적용이 어려워요. 법 적용이. 그게 제일 어려워요. 분명히 냄새 많이 나고 MSDS 보면 대상이 된다고 판단이 되거든요. 그런데 과연 이 사업장에서 세척 작업을 하루 8시간 내내 작업하는지, 아니면 단시간이나 임시작업은 아닌지 사용량은 얼마나 되는지, 제품이 너무 커서 국소 배기장치 설치를 못하는 상황은 아닌지...

이런 모든 걸 다 따져야 하고, 일반 감독관이 하기는 어려워요. 저 같은 보건직 감독관이고 사업장 보건대행 쪽을 알고 있으면 조금 들여다볼 수는 있을지 몰라도 일반 감독관에게는 어려워요(피면담자29).

두 번째 이유는 감독관 업무의 부하와 개선 조치에 대한 책임을 담당 감독관이 오롯이 부담해야 하는 고용노동부의 내부 시스템과 관련 있다. 감독관은 하루에도 몇 개씩의 사업장을 감독 혹은 점검 나가야 한다. 담당 사업장이 계속 신규 배정되기 때문에, 기존에 배정받은 사업장을 제때 ‘종결’시켜서 본인이 보유한 담당 사업장 수를 적절하게 유지하는 것이 관건이다. 그러나 만약 사업장에 시정 지시한 사항이 제대로 개선되지 않으면 감독관은 그 건이 ‘개선 완료’될 때까지 담당 사업장으로 갖고 있어야 한다. 게다가 사업장의 민원 제기 소지도 있어서 과정 중에 업무 부담도 상당하다. 이러한 이유로, 순탄하게 개선될 것 같지 않은 사업장의 국소 배기장치 설치에 사업장만큼이나 감독관도 반기지 않는 개선 방법이다.

저랑 다른 감독관이 같이 감독을 나갔을 때의 일이에요. 다른 감독관이 메인이었던 사업장에서, 저한테 “이거 지적해야 될까요, 말아야 될까요?” 하고 물어봐요. 제가 보기엔 지적해야 할 것 같은데, “본인이 감당할 수 있으면 지적해”라고 밖에 말 못해요. 제가 대신 해줄 수 있는 게 아니기 때문에. 이 사람이 끝까지 전산을 책임지고 마무리될 때까지 관리를 할 수 있어야 하는 거고. 사업주 불러서 사법처리 하는 것도 이 사람의 몫인 거지, 제가 내용을 안다고 해서 이 감독관한테 이래라 저래라 할 수는 없거든요. 그래서 지적을 안해요. 잘 안해요. 보통은 지적을 잘 안하게 되고, 지적하는 감독관만 계속 지적해요. 열 명 중 한 두명은 늘 사법처리해요. 그건 다 자기 소신껏 하는거예요. 그런데 그렇다고 해서 그렇게 하는 사람을 더 일 잘한다고 칭찬해주는 분위기도 아니에요. 요즘 ○○부 내부 분위기는 사업장 다녀와서 문제만 없으면 돼요. 사업장에서 클레임 없고 사고 안나고 시간 지나서도 문제 없는 감독관이 오히려 일 잘하는 감독관인거예요. 근데 사업장 다녀왔는데 맨날 과장님한테 전화가 와, 클레임 걸어, 사업장에서 찾아와서 과장님 만나겠다고 해, 면담해달라고 해... 그러면 감독관들은 이런 게 더 부담되고 그런거죠. 그래서

본인이 감당할 수 있는 범위 내에서 오롯이 그 감독관이 다 책임을 질 수 밖에 없어요. 제가 봤을 때 사업장을 하루 두 군데 갔다, 그런데 둘다 지적할만한 사업장이다? 근데 두 군데 다 시정명령을 할 수 있을까? 제 생각에 90~100%는 아무도 시정명령 안 할거라고 봐요. 그저 지도만 하고 올거예요. “사장님, 여기 작은 사업장이고 돈도 많이 드니까 제가 말한 이런 시설들을 다 설치하긴 어려우실테고, 최소한 보호구라도 잘 쓰워주세요. 좀 해주세요” 말하고 시정명령 해봐야 보호구 정도 하는 거고요. 그조차도 싫은 감독관은 구두로만 얘기하는 거지요(피면담자28).

특히, 소규모 사업장에 국소 배기 시설 설치를 요구했는데, 해당 사업장이 결국 설비 개선이 아닌 폐업을 선택하는 사례를 경험하고 나면, 감독관에게 트라우마가 생기기도 한다. 한국산업안전보건공단에서 운영하는 국소 배기 시설 설치에 대한 비용 지원 사업이 있기는 하나, 사업장 부담금이 있어서 사업장에 여전히 경제적 부담이 되고 사업의 진행 절차 특성상 사업을 통해서 고용노동부 감독에서 요구되는 기한 내에 사업장을 개선하기에는 어려움이 있다.

지금에 와서 조금 후회하고 있는 일 중 하나인데, 특수건강진단 결과 유소견자가 발생해서 감독을 나가게 된 사업장이 있어요. 현장은 당연히 엉망이었죠. 그냥 눈에 보이는 건 전부다 위반이었어요. 유해위험방지계획서도 제출 안했고 국소 배기장치도 설치 안 되어 있고... 특수건강진단을 왜 받으셨을까 싶을 만큼 다 산업안전보건법 위반이었거든요. 그래서 제가 국소 배기장치 설치 등 많은 부분을 지적했는데 결국 그 사업장이 폐업했어요. 저는 노동자를 보호하기 위해 했던 조치인데 결국 저로 인해 노동자가 일자리를 잃은 게 돼 버려서 마음이 안 좋았어요(피면담자27).

사업장에서 ‘예전에 클린사업 이용해서 국소 배기장치 개선해봤는데 별로 개선된 것도 아니었고. 공단에서 돈을 100% 지원해주는 거 아니니까 우리 돈 또 들어가야 되고. 내가 뭘 어떻게 더 노력해야 될지 모르겠다’ 하시더라고요(피면담자28).

공단의 클린사업과 연계해서 사업장에서 비용 지원을 받게 하는 것은 상당히 어렵습니다. 제때 자기가 원할 때 개선이 필요할 때 돈을 지원받을 수 있어야 하는데 그 돈 받으려고 알아보면 이미 예산이 다 소진돼서 없는 경우도 하고, 그럼 내년에 한다? 이거 시정지시받은거 조치해야 하는데 그건 안되잖아요. 그럼 이 비용을 사업

장이 다 부담해야 하는데 소규모 사업장에서 상황에 따라 역 단위가 되기도 하는 돈을 부담할 여력이 있는 경우는 많지 않기 때문에 지금처럼 공단에서 서포트해주는 것이 원활하지 않으면 감독관들이 공단의 지원 사업가지고 사업장을 개선한다는 것은 상당히 어렵다고 봐야죠(피면담자30).

감독관이 공학적 대책과 관련한 개선을 지시하여도 사업장에서 공학적 개선을 하기 어려운 점도 있다. 작업환경이 확연히 개선될 수 있도록 전문적인 조언을 해 줄 수 있는 양질의 컨설팅 및 시공업체가 국내 시장에 아직 많이 없기 때문이다.

그 다음으로 안전보건기준에관한규칙에서 정하는 관리대상 유해물질부터 해서 제조 금지나 허가는 이제 워낙 제한적으로 사용되니까 넘어가고, 그다음에 분진 같은 것들이 화학물질 감독에서 주로 적용되는 건데, 그런 것들은 대부분 국소배기 장치라던가 전체환기시설 같은 작업 환경 개선 시설에 대한 것이예요. 사업장에서 그런 걸 설치해야 된다는 인식은 많이 하고 있는데, 사실 어떻게 설치해야 하느냐 하는 거죠. 아직까지도 근로자의 호흡기 영역을 지나가게끔 설치했다거나 제대로 설치가 안된 경우가 간혹 눈에 보여요. 정확하게는 이제 우리 산업 보건 인프라 내에서 그런 것들을 이제 양질의 어떤 컨설팅이라든지 시공업체 이런 것들이 아직 그렇게 많이 육성되어 있지 않다고 봅니다(피면담자24).

(4) 정부에 바라는 사항

감독관들은 당국에서 화학물질 감독 사업을 꾸준히 유지해 나가야 한다고 생각한다. 비록 행정력의 한계로 인해 대상 사업장을 많이 선정하진 못하겠지만 감독 자체는 ‘꾸준하게’ 이어 나가는 것이 중요하다고 강조했다. 감독관의 화학물질 감독 능력을 기르고, 사업장에서 화학물질 관리에 지속적인 관심을 가지도록 유도하기 위해서다. 감독관들은 지금까지 고용노동부가 화학물질로 인한 중독 등과 같은 산업재해가 발생하거나 이러한 산업재해가 사회적 이슈가 되는 때만 일시적으로 화학물질 감독을 수행해 왔기에 유사한 재해가 반복되고 있는 것일 수도 있다고 지적했다.

지금 보면 우리 정부는 사망재해를 줄이는 것에 모든 포커스가 맞춰져 있잖아요. 물론 그것도 사실 대단히 중요한 부분이죠. 사망사고 중에서 화학물질로 인한 중독 사망 사고는 1년에 몇 건 안 될 거예요. 그래서 이 큰 흐름을 바꿀 수는 없을 것 같긴 해요. 하지만 주기적으로 화학물질 사용을 감독해서 사업장의 화학물질에 대한 관심이 쭉 지속되기만 해도 산재 예방 효과가 있을 거라고 생각합니다. 지금은 화학물질 점검으로는 허용기준 준수 여부 확인 그 정도일 겁니다. 그런데 많은 수는 아니더라도 감독관이 지속적으로 계속 해야지 보건직이 아니더라도 현장의 화학물질을 볼 수 있는 능력이나 노하우가 축적될 텐데 지금은 감독이 없으니 그런 노하우가 축적이 안 되겠죠. 그래서 지속적인 관심을 얘기하고 싶습니다(피면담자30).

또한 규제 전문가들은 사업장의 세척 공정 개선을 위한 정부의 경제적 지원이 필요하다고 입을 모아 말했다. 현재 사용 중인 세척제를 사용 금지하거나 제한하는 것과 같은 규제 강화만으로는 세척제에 의한 근로자 건강장해 예방이라는 목표를 달성하기 어려울 것이라고 예상했다. 왜냐하면 세척 작업은 주로 소규모 사업장에서 많이 이뤄지고 있어서 규제 강화 조치가 사업장이 세척 작업을 안전하게 개선하도록 유도하기보다는 세척 공정의 외부화나 폐업을 유도할 수 있기 때문이다. 규제 전문가들은 값비싼 대체 세척제를 사용하거나 세척 시설을 새로 설치하는 방안 모두 소규모 사업장인 세척제 사용사업장에서 채택하기에 경제적 부담이 큰 선택지라고 여긴다.

법상에서 어떤 방식으로 세척해야 한다는 것을 정해 두지는 않았더라도 정부 지원 제도가 있으면, 지원 사업이 있다면 사업장에 적극적으로 얘기해 줄 수 있죠. 총 금액의 몇 프로나 지원될지는 모르겠지만 사업주들은 지원 사업이 있다는 얘기를 들으면 거기에 대해서 굉장히 호의적으로 의지를 갖거든요(피면담자26).

한 규제 전문가는 전문 세척업이 성장할 수 있는 시장을 정부가 조성해 주거나, 사업장에서 의뢰한 세척을 대행하는 공공시설을 구축하는 방법을 솔루션으로 제안하였다. 다만, 이 방법을 이용하면 세척 작업 시간이 늘어날 뿐 아니라 자사의 세척 공정이 노출된다고 여겨서, 세척 사업장에서 이용을 꺼릴 수 있다고

다른 규제 전문가는 우려했다.

소규모 사업장에다 좋은 세척 설비를 사용하라고 말하는 것이 전혀 안 통하지는 않습니다. 어쨌든 간에 일을 받아보려는 사람들이 불법을 저지르면서 돈을 남겨보려고 하는 게 있으니 법 위반을 막을 수는 없어요. 하지만 할로젠 화합물을 세척제로 쓸 때 엄격한 시설 관리 의무를 부여하는 등의 정책 방향을 통해서 전문 세척업이 성장할 수 있도록, 그러니까 다른 말로는 제대로 된 시설을 구축하기 위한 투자를 할 수 있으면서 상시 고용된 정규직 직원을 데리고 일하는, 큰 규모의 세척 전문 업체들이 만들어지도록 환경을 조성해 주는 거죠. 다른 방법으로는 세탁물을 세탁소에 맡기는 것처럼 산업계에서도 특정 산업단지를 중심으로 해서 세척 전문기업을 정부가 투자해서 육성해 본다거나 혹은 공공 기업형태로 만들어 볼 수 있을 것 같아요. 산업단지관리공단에서 필수적으로 공단마다 세척 시설을 직접 만들어서 운영하게 한다거나 하는 거죠. 세탁처럼 세척도 대상 제품의 크기나 모양이 다르고 오염물이 뭐냐에 따라 세척 방법이 다 달라져야 해서 표준화하기 쉽지 않다는 문제는 있겠지만 뭐 이것도 하려면 못하겠어요? 저는 가능하다는 생각이 들어요. 거꾸로 생각했을 때, 정말 독한 물질을 써서 세척 해야만 하는 피세척물이라면, 밀폐되고 물질이 완전히 처리되어 대기로도 배출되지 않는 특정 시설에서 전문적으로 세척이 이뤄질 수 있게끔 해줘야 하지 않나? 그런 생각을 국가가 해볼 수도 있겠죠. 그러니까 지금 기업을 지원하기 위한 투자 영역에 이런 걸 넣어야 하지 않을까요? 상생 정책으로 만들 수도 있고. 사업장에 실질적으로 도움이 되는 지원을 해야 해요(피면답자23).

국가에서 운영하는 세척 전문공장이 있더라도 가까이 위치해 있는 사업장에야 그게 도움이 되겠지만 저 멀리까지 갖다줘야 한다면 사업장에서 잘 이용하지 않을 것 같아요. 잠깐 10분이면 할 것을 일주일 걸려 해야 하는 상황이 발생할 수도 있잖아요? 그리고 국가에서 운영하면 내 사업장이 노출되기도 하고. 제도권 안에 들어가야 하게 되는 거니까 별로 안좋아할 것 같아요. 세척 단가도 비싸질 테고. 장단점이 있을 것 같아요(피면답자29).

4. 안전한 세척 작업을 위한 사회 인프라 구축 방향

(1) 배경

우리 사회가 금속 부품 세척 방법에 관심을 가지고 세척 작업을 보유한 사업장에 사회적 지원을 해 주어야 할까? 국내 산업에서 금속 부품이 맡은 역할을 보면, 금속 부품은 산업의 근간이다. 그리고 금속 부품을 생산할 때 정도의 차이가 있을 뿐 세척 공정이 필수적으로 동반된다. 금속 부품은 완성품이 되기까지 여러 사업장을 전전하며 여러 방식의 세척 공정을 거치지만, 세척의 흔적이 완성품에 남지는 않는다. 다만, 불안정한 세척이 후공정에서 불량을 유발할 수 있을 뿐이다. 그래서 부품을 납품하는 사업장은 고객사의 불량 발생률을 줄이기 위한 목적으로, 부품을 납품받는 사업장은 자사의 불량 발생률을 줄이기 위한 목적으로 후공정의 불량 발생 요인이 되는 ‘피세척물 표면에 있는 오염물 제거’에 전력을 다한다.

금속 부품 세척 방식은 세척 공정에서 사용하는 세척제의 종류에 따라 할로겐계, 탄화수소계, 수계 세척으로 분류된다. 그리고 세척 설비의 형태는 개방형부터 진공 밀폐된 시스템까지 다양하게 적용할 수 있다. 그렇다면 대중적인 금속 부품 세척 방식은 무엇일까? 이는 사회와 시대에 따라 달라진다. 과거 증기 탈지 세척이 개발된 후부터 1,1,1-트리클로로에탄의 생산이 국제적으로 중단되기 전까지는 할로겐계 세척이 대중적이었다. 그러나 지금 유럽연합과 일본에서는 수계 시스템을 대중적인 금속 부품 세척 방식으로 인식하고 있는 것으로 보인다. 국내의 경우 세척 작업을 보유한 사업장의 세척 방식 현황이나 통계를 정확히 알 수는 없지만, 수계나 탄화수소계 세척 방식을 채택한 사업장을 찾기 어려운 점을 생각해 보면 국내에서는 아직 할로겐계 세척 방식이 대중적인 것으로 보인다.

한편, 국내에서도 한때는 수계 세척 및 탄화수소계 세척을 주요 세척 방식으로

여겼었다. 몬트리올 의정서에 따라 1,1,1-트리클로로에탄을 국내에서도 사용할 수 없게 되었던 당시, 자동차 부품 제조업계에서는 대체 세척 방식으로 수계 세척을 채택하였다. 그러다 점차 시간이 지남에 따라 1,1,1-트리클로로에탄의 대체 세척에 대한 당국의 관심이 적어지자, 사업장 대부분은 다시 할로겐계 세척 방식으로 돌아갔다. 일부 사업장은 지금까지도 계속 수계 세척 방식으로 세척하고 있기는 하나 그 수는 많지 않아 보인다.

최근 할로겐계 세척 시장은 화학물질 중독 사건과 대체 세척제 선정으로 혼란스럽다. 2022년, 국내 2개 사업장에서 세척제에 함유된 트리클로로메탄으로 인한 급성중독 재해가 발생하였다. 여기서 주목할 점은 세척 공정에서는 비슷한 특성을 가진 물질에서 기인한 유사한 형태의 재해가 오랜 기간 반복적으로 발생하고 있다는 점이다. 따라서 왜 세척제로 인한 유사 재해가 반복적으로 발생하는지, 안전한 세척제 사용과 물질 대체 유도가 목적이었던 세척제 관련 규제가 제대로 작동하지 못하는 이유가 무엇인지 알아볼 필요가 있다.

(2) 규제 내용

할로겐계 세척제로 사용되고 있는 물질 대부분은 건강 유해성, 특히 발암성 혹은 생식독성으로 인해 당국의 강력한 규제 대상에 해당한다. 과거에 증기 탈지 세척제로 처음 사용되었던 트리클로로에틸렌의 경우, 당국의 규제를 받게 되자 세척제 사용자들은 규제를 피하기 위해 트리클로로에틸렌과 유사한 구조의 화학물질인 1,2-디클로로프로판 등을 대체 세척제로 사용하였다. 그러나 시장에서 사용량이 늘어나면서 이전에는 몰랐던 유해성이 뒤늦게 밝혀짐에 따라 이 대체물질 또한 당국의 규제 대상이 되었다.

할로겐계 세척제 사용에 따라 사업장에서 적용받는 규제 법률로는 산업안전보건법, 화학물질관리법, 대기환경보전법이 있다. 현재 국내에서 세척제로 사용한다고 확인된 물질 12종에 대하여 산업안전보건법상 관리대상 유해물질은 10종, 화학물질관리법상 유독물질은 7종, 대기환경보전법상 특정대기유해물질은

5종이다. 이처럼 세척제로 사용되고 있는 할로겐계 물질들은 동일한 할로겐계임에도 규제 적용 여부가 각각 달라서 물질에 따라 어느 법에서도 규제받지 않는 물질도 있고, 규제 대상이라 하더라도 물질 간 규제 시행 시점이 서로 다르다. 또한, 화학물질관리법 규제 대상 물질들은 함량 기준도 물질별로 서로 다르다.

동일 용도의 물질에 대한 이러한 규제 적용 여부, 규제 적용 시점, 규제 적용 함량 기준의 차이는 물질 사용자에게 규제를 회피할 기회를 준다. 규제의 본래 취지는 ‘이러한 유해성을 가진 제품을 사용하지 말라’는 것이었을 테지만, 세척 성능과 유해성이 유사함에도 미처 정부에서 규제하지 못했거나 규제 강도가 약하게 적용되는 물질이 존재한다면 세척제 사용사업장에서는 그 뛰어난 세척 성능을 가지고 있는 데다 규제도 받지 않는 물질을 대체 세척제로 선택할 기회가 생기는 것이다. 실제로 세척제 시장에서는 비슷한 유해성의 ‘비규제 물질’이 대체 세척제로 판매되고 선택되고 있다. 이러한 현상은 근로자 보호나 작업 환경 개선에 긍정적인 변화를 불러오지 못하며, 이는 규제의 목적이 제대로 달성되지 못했음을 의미한다고 볼 수 있을 것이다.

규제 내용의 실현 가능성도 상당히 차이가 난다. 규제의 실현 가능성에는 행정력을 포함하여 소요 비용과 전문 인력의 필요성도 관련이 있다.

법률에 따른 규제 내용의 공정성, 일관성 및 실현 가능성의 차이는 규제 회피에 대한 동기를 제공하고 있다.

(3) 규제 집행기관

산업안전보건법, 화학물질관리법 및 대기환경보전법을 집행하는 당국은 고용노동부, 유역환경청, 지역자치단체다. 사업장은 자사가 규제 집행기관의 감독이나 점검 대상이 된 이유는 자사에서 당국에 허가나 신고제도를 이행했기 때문이라고 여긴다. 그래서 사업장이 법을 준수하고자 당국에 허가나 신고하는 것은 회사가 손해 보는 일이라고 생각한다.

산업안전보건법, 화학물질관리법 및 대기환경보전법 할로젠계 세척제로 사용하는 화학물질 규제 도구에 규제 내용에 상당한 차이가 있다.

산업안전보건법에서는 주로 사업주의 이행 의무만 있고, 화학물질관리법에는 영업허가와 사업주의 이행 의무가 있고, 대기환경보전법에는 입지 제한, 배출 허가 또는 신고, 사업주의 이행 의무가 있다.

작업환경측정이나 배출 농도 신고처럼 변동성 있는 농도에 근거한 규제 수단은 원래 의도한 목적을 달성하기 어렵다. 다만, 실제적인 노출의 문제점을 파악하고자 할 때는 작업환경측정 제도가 대체의 동기를 제공한다.

현재 국내에서 할로젠계 세척제 사용을 금지하고 있지 않는데도 사용사업장에서는 '규제 물질'이 되면 당국에서 해당 물질의 사용을 금지하고 있다고 생각한다.

부품 제조업체에 있어서, 제품을 발주하는 모기업의 감사나 요구가 당국의 규제 감독보다 더 강력하게 작용한다. 모기업은 협력업체의 작업 방식 및 사용 물질까지도 관리할 수 있다.

(4) 규제 집행 환경

할로젠계 세척제 중독 사례가 지속적으로 보고되고 있다. 보고되는 중독 사례는 주로 단기간 노출에 의한 급성 중독이며, 시간적 지연이 발생하는 직업성 암 등은 보고되지 않고 있다. 고농도 노출에 의한 급성 중독이 발생하는 것은 노출 농도가 높다는 것을 의미한다. 사회적으로 할로젠계 세척 작업에 관심이 높다.

수요가 있으면 공급도 있다. 세척제 사용사업장의 비규제 물질 세척제에 대한 수요가 있기에, 비규제 물질로 세척제를 제조해서 유통하는 세척제 제조업체도 있다. 그러나 세척제 사용사업장들은 세척제 가격에 민감해서 비규제 물질 세척제를 사용하는 양 비규제 물질로 구성된 세척제 제품의 MSDS를 비치해 놓고, 실제 세척 작업은 디클로로메탄 등 가격이 저렴한 세척제를 사용하는

행위를 하기도 한다.

국내에는 수계 세척 설비를 비롯해 다양한 세척 설비를 제작하는 설비업체가 있으나, 대개는 영세한 규모이다. 저렴한 할로겐계 세척 설비에 대한 수요가 많고, 상대적으로 고가인 수계 세척 설비에 대한 수요가 적었다. 그러나 설비 제작 기술은 다양한 세척 설비를 국제적인 수준으로 제작할 수 있다.

(5) 규제 대상 집단

금속 부품 세척 작업을 수행하는 국내 사업장의 규모나 세척 방식의 현황을 정확하게 파악하는 것은 현재로서는 파악하기 힘들다. 그러나 규제 대상 집단이 되는 금속 부품 세척 사업장 중 상당수가 자동차 업계 등 모기업에 금속 부품을 납품하는 중소규모 사업장으로 파악된다.

세척 설비 제조업체에 의하면 세척 방식 개선 의지와 개선 능력을 모두 갖춘 업체도 일부 있기는 하다. 대기업이거나 젊은 직원이 세척 작업을 수행하는 사업장에서는 수계 세척 설비를 도입하는 경향이 높다고 한다. 세척 작업 수행 직원들이 할로겐계 세척제의 냄새, 유해성 등으로 인해 세척 작업을 꺼리기 때문에 덜 유해한 비할로겐계 세척 방식으로 공정을 개선하는 것이다.

그러나 사업장 대부분은 세척 공정 개선 의지가 있더라도 실천하기 쉽지 않아 보인다. 할로겐계에서 비할로겐계 세척으로 세척 방식을 바꾸고 작업 환경을 개선하기 위해서는 자본과 기술이 있어야 하는데, 현재는 국내에 세척 대체와 관련해 조언해 줄 수 있는 전문기관이 없을뿐더러 컨설팅업체가 있어도 기술 지원 비용이 상당해서 소규모 사업장에서는 업체의 서비스를 선뜻 이용하기 쉽지 않다. 그래서 세척 사업장에서는 세척 방식 개선과 관련해서 정부의 기술적, 경제적 지원을 간절히 원하고 있다.

가장 저렴한 세척제 물질인 디클로로메탄을 사용 중인 한 도금 전문 사업장은 디클로로메탄의 가격조차도 부담스러워서 새제품이 아닌 재사용 제품을 사용하기도

했다. 재사용 디클로로메탄은 비록 세척 성능은 새 제품보다 떨어지지만 가격이 더욱 저렴하기 때문이다.

(6) 사회적 인프라 구축

기대 이하의 세척 결과는 고객사에 제품 납품 시 문제가 될 수 있다. 세척 불량으로 인해 제품을 못 쓰게 되어버리면 이로 인한 금전적인 손실을 세척 사업장이 오롯이 떠안게 된다. 그뿐만 아니라 자사 제품 품질에 대한 고객사의 신용도도 낮아진다. 세척제 사용사업장에서 기존 세척제를 새로운 세척제로 과감하게 대체할 수 없는 이유가 바로 여기에 있다. 익숙한 할로젠계가 아닌 수계나 탄화수소계로 세척제를 대체하려면 제품 생산에 차질이 없음을 증명할 수 있는 충분한 시험과 검증이 필요하다. 그러나 현재 할로젠계 세척제를 사용 중인 금속 부품 세척 사업장 대부분이 시간 부족, 비용 부족, 전문가 부족 등의 문제로 충분한 검토 과정을 경험하지 못하는 실정이다.

따라서 비할로젠계 세척제가 주류인 현재의 국내 세척 시장에서 수계나 탄화수소계 같은 비할로젠계 세척제의 점유율을 확대하려면 비할로젠계 세척제가 좋은 선택지가 될 수 있음을 세척제 사용사업장의 사업주가 인지하고 확신할 기회가 충분히 주어져야 한다.

할로젠계 세척제는 인체에 건강 장애를 일으킬 뿐 아니라 대기 오염을 유발하여 주민의 건강 역시 악화시킬 수 있다. 그러므로 할로젠계 물질의 공기 중 배출량을 실질적으로 최소화할 수 있는 통합적 법률이 구축되어야 한다. 더불어 노출 가능성을 최소화하는 밀폐 세척 시스템을 사용한다면 유사한 다른 법률 조항의 이행을 면제해 주는 등 합리적인 방향으로 규제를 조정할 필요가 있다.

한편, 규제 강화는 세척 공정의 외부화를 유도할 수 있다. 규제 준수에 대한 사업장의 부담이 커지면 세척제 사용사업장에서는 세척 공정을 다른 사업장에 넘겨버리는 ‘외부화’를 하나의 선택지로 고려할 수 있는데, 외부화된 공정은 일반적으로 더 근무 환경이 열악한 사업장에서 수행하게 되는 경우 많아서

사회적으로 결코 좋은 방법이 아니다. 그럼에도 세척 공정 외부화는 현재의 법률로 금지할 방법이 없기에 정부는 규제 불순응의 한 반응으로 ‘외부화’가 나타나지 않도록 각별하게 신경 써야 한다.

하나의 방안으로, 소규모 사업장에서 필요로 하는 대체 세척 설비 구매 비용을 당국이 적극적으로 지원하는 방안이 있다. 정부의 비용 지원은 규제 순응 의지가 있는 사업장에 실행력을 뒷받침해 줄 수 있을 뿐 아니라, 세척 설비 시장에서 수계 세척 설비의 비중을 높이고 설비 단가를 낮춰서 세척 사업장에서 안전한 수계 세척 설비를 지금보다 더 저렴한 가격에 구매할 수 있도록 도와줄 수 있다.

IV. 결 론



IV. 결 론

본 연구에서는 금속 부품 세척을 할로겐계 세척제로 세척하는 사업장(할로겐계 세척 사업장), 수계 세척 사업장, 탄화수소계 세척 사업장 등 각자의 방식으로 세척 작업을 실시하고 있는 사업장 관계자를 비롯하여, 세척제 제조·수입업체, 세척 설비 제조업체, 규제 전문가를 대상으로 일대일 대면 방식의 심층 면담을 통해 세척 작업과 관련된 시장과 사업장의 현장 실태 전반과 이해관계자의 경험과 의견 등을 조사하였다.

‘화학물질 등록 및 평가 등에 관한 법률’ 등에 의해 할로겐계 화학물질의 유해성이 점차 밝혀짐에 따라 당국의 규제가 여러 방식으로 강화되고 있는 현시점에, 할로겐계 세척제를 계속 사용 중인 사업장에서 이러한 규제의 목적을 이해하고 있는지와 규제 순응하려고 하지 않는 이유가 무엇인지를 알기 위해 해당 이해관계자의 인식과 경험을 조사하였다.

당국의 규제를 살펴보니, 동일한 할로겐계 물질임에도 물질 각각에 적용되는 규제의 도입 시기, 규제 방법, 규제 내용이 서로 달랐다. 규제에 순응해야 하는 할로겐계 화학물질 사용자들은 규제 물질이라는 사실 자체에 부담을 느껴서 규제 물질을 포함한 세척제라면 규제 내용을 잘 모름에도 해당 세척제를 사용하기 꺼린다. 그러면서도 동시에 기존에 사용하던 규제 물질과 동등한 성능을 갖추고 가격도 유사한 대체물질을 찾고 싶어 한다. 이 과정에서 이해관계자들에게 규제 회피와 부적절한 행동이 발생할 여지가 생겼다. 지금 국내 세척제 시장에서는 ‘유사한 구조를 가진 화학물질은 유사한 유해성을 가진다’는 사실이 간과된 채, 세척제 제조수입업체와 사용업체는 대체 세척제로 규제 물질과 유사한 물질 중 미처 정부에서 규제하지 못한 물질을 사용하기 위해서 새로운 물질 찾기에 고군분투하고 있다.

금속 부품 세척에 있어 할로겐계 세척 방식 대신 선택할 수 있는 세척 방식의 조합은 꽤 다양하다. 세척제 유형에 따라 수계 세척, 탄화수소계 세척이 있고, 세척 설비의 유형도 밀폐, 진공, 고압력 등 다양한 선택지가 존재한다. 국내 세척 설비 제조업체들의 기술력은 이러한 세척 설비를 제작하기에 충분하다.

그러나 아직 우리 사회는 ‘이 물질이 유해한 화학물질이기에 당국이 규제하는 것이며, 당국의 규제를 준수하기 위해서 내가 어느 정도의 시간과 비용을 투자해야겠다’라는 인식이 매우 부족하다. 과거 몬트리올 의정서의 영향으로 자동차 부품 제조업체의 한 모기업에서 세척작업을 수행하는 협력업체에 비할로겐계 세척, 즉 수계 세척이나 탄화수소계 세척 방식으로 작업하도록 요구했던 당시에 잠깐이나마 국내 세척제 시장에 비할로겐계 세척 방식이 자연스럽게 받아들여지기도 했다. 그러나 이러한 변화는 일시적이었고 세척제에 대한 모기업의 관심이 적어지자, 국내 세척 사업장들은 다시 할로겐계 세척 방식으로 되돌아갔다.

세척 사업장의 상당수가 소규모 사업장이면서, 세척 사업장에서 할로겐계가 아닌 수계나 탄화수소계 세척 방식을 사용하게 하는 법적 근거가 부재한 지금의 상황에서는 감독관의 감독이나 점검만으로 세척 사업장의 세척 방식을 바꾸기 어렵다. 왜냐하면 감독관이 할 수 있는 것이라고는 할로겐계 세척 사업장을 자주 방문하고 근로자의 화학물질 노출수준을 측정해서 기준 초과 시 사업장에 과태료를 부과하고, 세척 설비에 설치된 국소 배기 성능을 점검하고 성능 미달 시 지적하는 것이 전부일 것이기 때문이다. 그러나 이런 점검은 자칫하면 세척 작업의 외부화를 촉진하여 근로자가 더 큰 위험에 노출될 수 있다.

공정별, 부품별 전문업체의 상당수는 모기업의 발주를 받아 제품을 생산하는 협력업체 위치에 있다. 따라서 모기업이 협력업체의 ‘유해한 화학물질을 사용하지 않은 세척의 가치’를 인정해 주지 않으면, 낮은 가격이 강력한 경쟁력인 이 치열한 발주 경쟁에서 화학물질의 안전한 사용을 추구하는 협력업체가 우위를 점하기는 힘들다.

안전한 세척 작업을 위한 사회적 인프라 구축을 위해 해야 할 일은 크게 세 가지다.

첫째는 ‘유해한 물질을 사용하지 않은 세척의 가치’를 우리 사회가 인정해 주도록 하는 것이다. 이 가치를 인정해 주는 주체는 세척 작업을 수행하는 협력업체에 발주를 내는 ‘모기업’이 되어야 할 것이다.

둘째는 세척 사업장에서 여러 선택지 중에서 자사의 금속 부품 세척에 가장 적합한 세척 방식이 무엇인지 찾을 수 있도록 사회가 도와주는 것이다. 예를 들면, 당국이 경제적 지원을 통해서 세척 사업장에 기술적 도움을 줄 수 있는 세척 전문 컨설팅 기관 등의 기관을 직접 설립하거나 이러한 기관의 성장을 지원해 주어야 한다.

셋째는 비할로젠계 세척제를 사용하는 수계 세척 설비나 탄화수소계 설비가 세척제 시장에 실질적으로 보급될 수 있도록 정부나 모기업이 협력업체에 경제적 지원을 하는 것이다.

참고문헌

- 강태선, 박미진, 전형배, 한인임, 김원, 최영은. 화학물질관리제도 중장기 개선 및 지식 구축 방향 설정(I). 안전보건공단 산업안전보건연구원; 2023.
- 고용노동부. 산업안전보건법(법률 제19591호). 2023.
- 고용노동부. 산업안전보건기준에 관한 규칙(고용노동부령 제417호). 2024.
- 공성용, 이민주. 특정대기유해물질 관리체계 정비방안. 한국환경정책평가연구원; 2011.
- 공성용. 특정대기유해물질 관리체계 개선의 주요 쟁점사항. 환경포럼, 14(17). 2010.
- 국립환경과학원. EU 통합환경관리(IPPC) BAT 기준서- 유기용제를 사용한 표면처리(Surface Treatment Using Organic Solvents) 번역자료. 국립환경과학원 통합환경관리체계 추진 TF; 2013.
- 김규혜, 이승윤, 박성준. '취업'과 '실업'의 사이에서: 청년이직에 대한 질적연구. 한국사회정책, 27(4), pp.49-85. 2020.
- 김동균. 통합환경관리법상 허가제도의 한계와 개선 방안. 환경법연구, 42(3), pp.57-87. 2020.
- 김종호, 이정주. 우리나라 유해대기오염 물질 관리제도. 공업화학 전망, 19(1), pp.12-18. 2016.
- 김홍주, 이은국, 이강래. 자치단체 흡연규제정책 대상 집단의 불응에 관한 연구: 서울시의 길거리 흡연규제를 중심으로, 지방정부연구, 19(2), pp.83-111, 2015

- 김홍주, 이은국. 산업안전규제 정책대상 집단의 불응 요인에 관한 연구: 건설 산업 근로자를 중심으로. 한국행정연구, 18(2), pp.197-264. 2009.
- 노동환경건강연구소. 배출량관리제도개선포럼-토론참고자료-. 환경부 화학물 질안전원; 2024.
- 대한상공회의소, EY한영. EU 수출기업을 위한 공급망 실사 지침 GUIDE BOOK. 2024.
- 박미진, 최서영, 이혜진. 소규모 사업장 산업보건 분야 정부 지원사업 평가와 개선 방향. 한국산업보건학회지, 34(2), pp.139-147. 2024.
- 유민수, 홍의표, 신형섭. 정책대상집단의 규제 인식 및 입장에 대한 질적연구: 유전자재조합실험 승인정책을 중심으로. 한국공공관리학보 30(2), pp.59-80, 2016.
- 이나루, 이혜진, 정수진, 이도희, 신아름. 세척제 용매 중독 사례와 국내·외 규제 검토를 통한 할로겐계 용매 세척제 사용의 문제점 고찰. 한국산업보건 학회지, 33(4), pp.517-527. 2024.
- 일본 산업 세정 협의회 세척 기술 위원회. 오늘부터 아는 것 시리즈 「토코톤 친절한 세척액(제2판)」. 일간공업신문사; 2006.
- 정찬교, 구희준. 금속세정공정의 청정기술 적용사례. 청정기술, 3(2), pp.57-73. 1997.
- 차용진. 규제순응에 관한 연구: 환경규제를 중심으로. 한국정책과학학회보, 9(4), pp.113-132. 2005.
- 최영은, 김신범, 김원, 조준희, 이근탁, 최혜영, 현재순. 금속제품 세척제 관련 화학물질 규제변화의 영향조사 및 개선방안 마련-할로겐화 유기용제 세척 제 중심으로-. 안전보건공단 산업안전보건연구원; 2022.
- 한국환경공단. 비산배출 저감을 위한 시설관리기준 세부이행지침. 환경부; 2023.

- 환경부. 대기환경보전법(법률 제20114호). 2024.
- 환경부. 화학물질관리법(법률 제20231호). 2024.
- 환경부. 화학물질의 등록 및 평가 등에 관한 법률(법률 제20232호). 2024.
- Barbara K, Edward K. Handbook for critical cleaning. CRC Press; 2017.
- Biernacka, Waldorf. Snowball Sampling: Problems and Techniques of Chain Referral Sampling, Sociological Methods & Research, 1981.
- European Chlorinated Solvents Association(ECSA), Recommendations for Cleaning Machines for the Use of Chlorinated Solvents in Dry Cleaning and Surface Cleaning. 2021.
- Environmental Protection Agency(EPA). 40 CFR Part 751 - Methylene Chloride(MC);Regulation Under the Toxic Substances Control Act(TSCA); 2024.
- Environmental Protection Agency(EPA). 40 CFR Part 751 - Trichloroethylene(TCE);Regulation Under the Toxic Substances Control Act(TSCA); 2024.
- Environmental Protection Agency(EPA). Halogenated Solvent Cleaning(40 CFR Part 63 Subpart T): National Emission Standards for Hazardous Air Pollution(NESHAP).
- European Chlorinated Solvent Association(ECSA). Guidance on Storage and Handling of Chlorinated Solvents. 2011.
- European Commission. Best Available Techniques(BAT) Reference Document on Surface Treatment Using Organic Solvents.



Abstract

Investigation of social infrastructure for the transition to advanced control technology for halogenated solvent cleaning

Objectives

This study aims to investigate the awareness of halogenated cleaning agents and the experience of implementing regulations related to halogenated cleaning agents in “businesses that use cleaning agents.” Along with this, we intend to investigate the perceptions and experiences of 'cleaner manufacturers and importers' and 'cleaner equipment manufacturers' regarding halogen-based cleaner regulations that affect the selection of cleaners and cleaning equipment at businesses that use cleaners. In addition, we intend to investigate the perceptions and experiences of 'relevant government authorities and experts' to identify the rationality and problems of the regulation of halogen-based cleaning agents. Ultimately, we will look into the regulatory improvements necessary for safe metal parts cleaning work and the roles of each stakeholder in building the social infrastructure necessary for safe metal parts cleaning work.

Method

This study adopted a qualitative research method that analyzes the experiences and perceptions of the parties through in-depth interviews to investigate the perceptions of halogen-based cleaning agents and the experiences of implementing regulations on halogen-based cleaning agents in businesses that use cleaning agents. To this end, the stakeholders of the cleaning process were selected as interviewees, and since the interviewees should have experience and knowledge in the relevant industry, the sample was collected intentionally through snowball sampling. The interviewees were divided into cleaning process managers, cleaning agent manufacturers and importers, cleaning equipment manufacturers, and regulatory experts. A total of 30 interviewees were interviewed in-person, including seven halogen-based cleaning process managers, five water-based or hydrocarbon-based cleaning process managers, 10 employees of cleaning agent manufacturers and cleaning equipment manufacturers, and eight regulatory experts.

Results :

At workplaces that use halogen-based cleaning agents, the need to replace cleaning agents was recognized, but there were difficulties due to the high price of the replacement products, insufficient cleaning performance, and lack of relevant knowledge. In this regard, he hoped for government funding. In workplaces that were already using water-based or hydrocarbon-based cleaning agents, the cleaning power was satisfactory, but some workplaces were feeling the burden of wastewater treatment costs.

In the cleaning agent manufacturing and sales business, the proportion of non-halogenated products is increasing in the cleaning agent market, but small-scale businesses still prefer inexpensive halogenated products.

The business sites that manufacture and sell cleaning equipment have suggested that it may take a considerable amount of time and money to build the optimal non-halogen cleaning equipment because the cleaning materials and contaminants differ from business site to business site, but that it is technically possible.

Experts have suggested that, in addition to the ongoing chemical substance supervision by government authorities, the parent company should take the lead in managing the safety and health of the cleaning process of its partner companies.

Conclusion

Many of the specialized companies by process and by part are in the position of subcontractors that produce products on orders from the parent company. Therefore, if the parent company does not recognize the value of suppliers' "cleaning without the use of hazardous chemicals," it will be difficult for suppliers seeking safe use of chemicals to gain an advantage in this fierce competition for orders, where low prices are a strong competitive advantage.

There are three main things that need to be done to build a social infrastructure for safe cleaning.

The first is to get our society to recognize the value of cleaning

without the use of harmful substances. The entity that recognizes this value should be the “parent company” that places an order with the subcontractor that performs the cleaning work.

Second, society should help the cleaning business find the most suitable cleaning method for its metal parts among the many options. For example, authorities should directly establish or support the growth of organizations such as cleaning consulting agencies that can provide technical assistance to cleaning businesses through economic support.

Third, the government or parent company should provide financial support to suppliers so that water-based cleaning equipment using non-halogen cleaning agents or hydrocarbon-based equipment can be practically distributed in the cleaning agent market.

Key words : metal degreasing, alternatives to halogenated solvents, water-based cleaning, immersion cleaning, hydrocarbon-based cleaning

부록



부록

1. 유기용제를 사용한 표면처리에 관한 BAT 지침서

유기용제를 이용한 표면처리에 관한 BAT 지침서는 2013년 12월 국립환경과학원에서 발간(발간등록번호 : 11-1480523-001801-01)한 자료로, 유럽 IPPC지침에 근거하여 작성된 "Reference Document on Best available Techniques for the Surface Treatment Using Organic Solvents(2007, 8, European Commission)"의 원문을 한글 번역하였다.

지침서 내용은 총 24장으로 구성되어 있으며 제2장 ~ 19장까지는 '유기용제를 사용한 표면처리' 부문에 해당하는 각각 하나의 산업을 다루고 있으며, 제20장에서는 모든 산업에 적용 가능한 일반적인 BAT 후보 기법과 허가 조건의 결정에 있어 가장 연관성이 높은 기법을 자세히 설명하고 있다. 제21장에서는 전문가 회의를 통해 적절한 수준으로 판단된 유럽 BAT로 간주되는 기법 및 배출 수준을 확인할 수 있다.

BAT 기법에는 관리 시스템, 공정, 사후관리가 포함되며 예방, 제어, 최소화 및 재활용 절차, 원료 및 에너지 재사용도 검토되어 반영되어 있다. 일반적으로 각 기법을 설명하기 위해서는 다음과 같은 표준 구조가 사용된다.

〈표 부록-1〉 BAT 기법에 관한 정보 분류의 표준 구조

정보 유형	포함되는 내용
설명	기법에 관한 기술적 설명
달성된 환경 편익	달성된 배출치와 효율에 관한 실적 등을 포함, 기법(공정 및 저감)이 다뤄야 할 주요한 환경 영향. 타 기법과 비교 시의 환경 편익
매체 통합적 환경영향	기법의 시행으로 인해 발생하는 부작용 및 단점. 타 기법과 비교 시 환경 문제에 관한 세부 내용

정보 유형	포함되는 내용
운영 관련 데이터	배출물질/폐기물 및 자원 투입(원료, 물 및 전력)에 대한 실적 자료, 안전성, 기법의 가동 제약 요인, 생산 품질 등을 포함한 기법의 가동, 유지관리 및 제어에 관한 기타 유용한 정보
적용 분야	기법의 적용 및 보완과 관련된 요인(예: 적용 공간, 공정별 특이 사항)에 대한 고려
경제적 측면	기법의 용량과 관련된 비용(투자 및 운영) 및 절감 요인(예: 원료 사용 감소, 폐기물 처리 비용 절감)에 관한 정보
시행 동력	기법을 시행하는 이유(예: 타 법률, 생산 품질 개선)
사례 사실	기법을 사용하는 것으로 보고된 사실
참고 문헌	기법의 자세한 정보에 관한 문헌

유기용제를 사용한 표면처리(STS) 관련 부문의 모든 산업에 적용 가능한 ‘[20.9] 세척’ 및 ‘[20.10] 대체:유해성이 낮은 물질 사용-일반원리’의 기법들을 다음과 같이 확인할 수 있었다.

[20.9] 세척 기법

[20.9.1] 세척의 일반 원리

설명 : 다음의 사항을 고려하여 적용할 세척 기법을 선택한다.

<p>1. 세척 유형</p> <ul style="list-style-type: none"> • 장비 세척 : 모든 활동에서 공정 장비를 세척해야 한다. 이는 두 가지 유형으로 나뉜다. <ol style="list-style-type: none"> 1) 가동 중 또는 중간 세척. 도포 시스템의 세척은 정기적으로 이루어져야 한다. <ul style="list-style-type: none"> ✓ 색상 변경 및 품질상의 이유. 차량 5~10대 분무 후 세척 또는 매 색상 변경 시 세척 ✓ 분무부스 (spray both) 세척은 정기적으로 이루어져야 한다. ✓ 도장 작업 사이 2) 유지보수 및 정기 또는 집중 세척. 도장 장비는 쌓여 있는 침전물 제거를 위해 정기적으로 철저히 세척해야 하며, 빠른 세척이 어려운 장비의 부품 세척도 정기적으로 이루어져야 한다. 이러한 세척 작업에서는 장비 분해가 필요한 경우도 있다. 적용되

는 세척 기법 유형은 현 상태 그대로 세척해야 하는 장비인지, 일부 또는 전체 분해가 필요한 장비인지에 따라 달라진다.

- 기재 또는 제품 세척 : 도장 및 바니싱 등 일부 작업에서는 기재 또는 제품 세척을 통해 코팅 전 그리스 및 분진을 제거해야 한다. 인쇄처럼 이 작업이 필요하지 않은 공정도 있다.

2. 오염물 유형

• 공정 장비

- 비지속성 오염물 : 습한 상태의 오염물을 말한다. 다시 말해 건조되지 않았거나, 유기 용제가 여전히 남아 있거나 코팅 반응이 완료되지 않은 상태를 말한다. 이 상태의 오염 물질은 제거가 용이하다. 손으로 직접 제거하거나(20.9.3 참조), 코팅제에 사용된 유기용제 또는 유사 용제를 사용하거나, 점도가 낮은 용제를 사용하거나(구성 성분 건조 필요 여부에 따라 다름. 20.10.1.1 ~ 20.10.1.4 참조), 세척 장치 (20.9.10 참조) 등을 사용하여 제거할 수 있다.

- 지속성 오염물. 건조된 용제상 제품, UV 또는 복사선 경화 제품, 수성 또는 반응성 (2액형) 제품 등에서 유래된 오염 물질인 경우가 많다. 휘발성 용제를 사용한 수동 세척은 효과적이지 않다. 부품 세척은 다음의 방법들을 적용하여 수행할 수 있다.

- ✓ 기계 세척(필요하다면 반복 세척)(섹션 20.9.10 참조)
- ✓ 세척력이 강한 저휘발성 용제(섹션 20.9.6 참조)
- ✓ 세척력이 강한 용제 사용 후 고압수 분사 또는 연마제 추가 사용(섹션 20.9.12 참조)
- ✓ 초음파세척(섹션 20.9.13 참조)
- ✓ 드라이 아이스 분사 세척(섹션 20.9.14 참조)
- ✓ 기재 및 작업물의 경우, 오염물은 이전 공정에 따라 다르며, 저장 과정에서 생성된 부식물, 공장기계 오일, 먼지, 절단 및 성형, 연마 공정에서 생성된 찌꺼기(폐기물), 취급 중 생긴 지문 등 그종류가 다양하다. 오염물 및 그에 따른 세척 방법의 선택은 STM BREF에서 다루고 있다. 기재나 제품의 경우, 부속품들은 보통 세척포나 천을 사용하여 수동 세척하거나(섹션 20.9.9 참조) 수성 세제 시스템에 넣어 다량으로 세척한다(섹션 20.9.8 참조). 용제는 작은 부품을 기계 세척할 때 사용할 수 있다(섹션 20.9.10 참조). 초음파 또는 드라이아이스 세척도 적용할 수 있다(섹션 20.9.13과 20.9.10 참조).

- 3. 세척 기법 그리고/또는 용제의 선택. 사용할 세척 기법 그리고/또는 용제의 조건은 다음과 같다.

- 공정상 요구되는 청결 수준을 달성할 수 있어야 한다.
- 세척 대상물(기재, 제품 또는 장비 부품)의 특성과 부합해야 한다.
- 공정 및 표면처리법에 따라 달라져야 한다. 일례로 유연포장 인쇄의 경우, 새 잉크를 추가하기 전에 시설에서 모든 용제가 건조되어야 한다. 또한 세척 시스템이 공정에 따라 달라질 수 있고, 건조가 불필요할 수 있다.
- 용제 배출량 감소 그리고/또는 대류권 오존 생성을 최소화해야 한다(섹션 20.10.2 참조).
- 사용 가능한 시간을 고려해야 한다. 세척 시간은 제한적인 경우가 있는가 하면, 시간이 보다 많이 소모되는 세척 시스템을 사용할 수 있는 경우도 있다.
- 일부 공정에서는 장치 분해 및 수동 세척이 유지보수를 위해 필수적이다.
- 가동 중 세척을 위해 자동화 시스템을 사용할 수 있다

- 성취한 환경편익 : 적절한 세척 시스템의 선별은 용제 배출량 그리고/또는 대류권 오존의 생성을 억제할 수 있다.
- 매체통합적 환경영향 : 새로운 세척 기법들을 도입하게 되면 에너지 사용 증가, 폐수 처리량 증가, 폐기물 생성 증가 등 여러 부작용이 나타날 수 있다.
- 운영 관련 데이터 : 상기 설명 및 섹션 20.9.2와 20.9.12에서 설명한 개별 기법 참조. 특정 산업에서 사용하는 개별 세척 기법들은 산업별 섹션에서도 다루고 있다.
- 적용분야 : 상기 설명 및 섹션 20.9.2와 20.9.12에서 설명한 개별 기법 참조. 특정 산업에서의 세척 기법 적용 가능성은 산업별 섹션에서도 다루고 있다.
- 경제적 측면 : 작업장 및 적용 기법에 따라 다름.
- 시행동력 : 작업장 건강 및 안전 품질 및 고객 요구
- 사례 시설 : 모든 시설에서 세척이 이루어진다.
- 참고문헌 : [4, Intergraf and EGF, 1999, 154, Tempany, 2006]

[20.9.2] 최소 세척

- 설명: 다음은 최소 세척에 기여하는 작업 관행들이다.
 - 1) 청결 유지 관행
 - 2) 누출 및 유출 제어
 - 작업장 및 저장소 정기 점검
 - 유출량 규모에 관계없이 신속하게 유출물을 처리할 수 있도록 계획 수립
 - 공정 중 물질 누출 차단 등 신속한 유지보수
 - 3) 금속성 제작품 등 원료의 저장 및 취급 시 부식과 오염을 방지 (STM BREF에 제시된 수성 처리와 연계하여 논의)
- 성취한 환경편익 : 세척제, 특히 용제 사용을 최소화할 수 있다.
- 매체 통합적 환경영향 : 없음.
- 운영 관련 데이터 : 제출된 데이터 없음.
- 적용분야 : 모든 시설.
- 경제적 측면 : 저비용
- 시행동력 : 건강과 안전. 원료 및 세척제에 대한 불필요한 노출 감소. 누출 위험 감소.
- 사례 시설: 많은 시설에서 널리 적용된다.
- 참고문헌: [4, Intergraf and EGF, 1999] [63, Vito, 2003]

[20.9.3] 용제 또는 기타 유형의 세척제 사용 전 준비

- 설명 : 공정 시설에서 코팅제, 도료 또는 잉크를 최대한 농축시켜 제거 하면 용제 그리고/또는 물을 사용하여 제거하는 오염물의 양이 줄어 들

게 된다. 섹션 20.6.3에서 언급한 원료 절감 기법을 적용할 수 있다

- 성취한 환경편익 : 배출 전 전처리가 필요할 수도 있는 용제, 세척제, 물 사용량을 줄일 수 있다. 원료사용을 절감할 수 있다.
- 매체 통합적 환경영향 : 제출된 데이터 없음
- 운영 관련 데이터 : 정지 시간이 늘어날 수 있다. 작업자의 유해물질 노출도가 높아질 가능성 있다.
- 적용분야 : 작업장 건강 및 안전상의 이유로 이 기법의 적용은 제한적일 수 있다.
- 경제적 측면 : 소요 비용은 절감되나 정비 시간이 늘어날 수 있다.
- 시행동력 : 제출된 데이터 없음.
- 사례 시설 : 제출된 데이터 없음.
- 참고문헌 : [4, Intergraf and EGF, 1999] [13, DFIU and IFARE, 2002] [63, Vito, 2003]

[20.9.4] 전통적인 용제를 사용한 세척

- 설명 : 용제를 사용한 세척은 실온에서 또는 가열을 통해 이루어질 수 있다. 실온 세척은 저독성 용제를 사용하여 개방형 수조 또는 폐쇄형 시스템에서 수동으로 진행할 수 있다(예: 세척용 천, 브러시, 분무기 또는 '통' 사용).

가열된 용제를 사용한 세척은 폐쇄형 또는 반폐쇄형 용기 (섹션 20.9.7 및 20.9.8 참조)를 사용한다. 인화점 이하 또는 불활성 대기 하에서 작업을 수행하는 등 발화 위험성을 제어할 수 있는 충분한 조치를 취해야 한다.

- 성취한 환경편익 : 없음.

- 매체 통합적 환경영향 : 용제 사용, 휘발성유기화합물 배출 및 용제/도료 폐기물 발생.
- 운영 관련 데이터 : 유기용제를 사용한 세척 공정은 도색작업장에서 발생하는 휘발성유기화합물 총 배출량의 20%를 차지한다. 분무건(spray gun) 등 도장 장비 세척 시 폐쇄형 시스템을 적용할 경우 세척 공정 중 발생하는 용제 배출량의 80%를 저감할 수 있다. 시스템은 150 ~ 3,000유로의 비용이 소요된다.
- 적용분야 : 세척 공정은 각 도색작업장에서 필수적이다.
- 경제적 측면 : 상기 '운영 데이터' 참조.
- 시행동력 : 품질 및 고객의 요구
- 사례 시설 : 많은 시설에서 널리 적용된다.
- 참고문헌 : [13, DFIU and IFARE, 2002] [76, TWG, 2004]

[20.9.5] 증발 속도가 느린 용제를 사용한 세척

- 인화점이 높은 물질을 증발 속도가 느린 용제의 대체제로 제시한 섹션 20.10.1.1과 20.10.1.4의 상세 설명을 참조한다.

[20.9.6] 강력 용제를 사용한 세척

- 섹션 20.10.3의 상세 설명을 참조한다. 증발 속도가 느린 강력 용제는 지속성 오염물 제거에 사용할 수 있다.

[20.9.7] 오존생성지수가 낮은 용제를 사용한 세척

- 섹션 20.10.2의 상세 설명을 참조한다. 오존생성지수가 낮은 용제를

사용하면 대류권 오존 생성 등 용제 배출로 인한 부정적 영향을 줄일 수 있다. 단일 용제 또는 단순 혼합물을 사용하는 경우에는 세척 용제의 선택이 하나의 옵션이 될 수 있지만, 증발된 용제를 저감장치로 보내는 경우에는 용제의 선택이 중요하지 않다

[20.9.8] 수성 세척

- 설명 : 각종 장비 부품은 세제 시스템을 기반으로 한 수성 또는 탈지 세척 기법을 적용하여 대형 수조에서 세척이 이루어진다. 이러한 세척 시스템은 또한 수성(표면) 처리 기법(섹션 20.7.1.1 참조)을 위한 기재 또는 제작품 세척에 적용된다. 기재 및 제거해야 할 오염물 유형에 따라 세제와 알칼리 성분 또는 기타 물질을 결합한 다양한 화합물이 사용된다. 화합물 구성 및 유지보수 옵션 관련 정보는 STM BREF에 자세히 기술되어 있다.
- 성취한 환경편익 : 용제 배출 없음.
- 매체 통합적 환경영향 : 세척 중 가열과 세척 후 폐수 처리가 필요할 수 있다.
- 운영 관련 데이터 : 용제 기반 세척 기법에 비해 부품 세척에 더 많은 시간이 소요될 수 있다.
- 적용분야 : 제출된 데이터 없음.
- 경제적 측면 : 제출된 데이터 없음.
- 시행동력 : 섹션 20.10의 시행 동력 참조
- 사례 시설 : 수성 표면처리의 전처리로 널리 적용되고 있다.
- 참고문헌 : [59, EIPPCB, 2005]

[20.9.9] 수동 세척

- 설명 : 각종 장비 및 부품은 용제 또는 수성 세제를 사용하여 세척할 수 있다. 오염물의 지속성 여부에 따라 브러시, 천, 연마 패드, 수공구를 사용하여 문지르거나 긁어내거나 닦아서 오염물을 제거할 수 있다. 소규모 용기(jug), 탭(tap), 분무기(통), 또는 개방형 수조에 용제를 넣고 천이나 브러시에 묻혀 사용한다. 용제에 사전 침윤시킨 천을 사용할 수도 있다(섹션 14.4.4.2, 16.2.1 및 20.2.2.1 참조).
- 성취한 환경편익 : 제출된 데이터 없음.
- 매체 통합적 환경영향 : 섹션 20.9.4의 전통적인 용제 세척 관련 내용 참조.
- 운영 관련 데이터 : 제출된 데이터 없음.
- 적용분야 : 작업장 건강 및 안전상의 이유로 제한적이기는 하지만 어느 정도의 수동 세척은 불가피하다. 용제 배출량은 다음과 같은 조치를 통해 제어할 수 있다
 - 용제 사용량 제한(사용할 용제의 양을 정확히 측정하여 용기에 넣거나 용제 함침 세척포를 사용한다).
 - 휘발성 용제를 사용하고, 사용된 용제를 즉시 폐쇄형 저장소로 보낸다. 액상 용제는 밀폐시켜 작업장 내에서 세척 대상물과 인접하여 노출되지 않도록 한다. 이렇게 하면 작업장 노출량도 함께 저감할 수 있다. 필요할 경우 탭을 통해 용제를 퍼 올릴 수 있는 펌프 장치나 국소적으로 폐쇄된 작업 공간(드럼통 부근)에서 세척 대상물에 용제를 분사할 수 있는 장치가 달린 밀폐형 드럼통이 장착된 장비를 사용할 수 있다. 세척 후 남은 용제는(거친 필터를 통해) 다시 드럼통으로 회수된다. 용제는 용제 표면에서 퍼 올리며, 용제 내 오염물은 가라앉는다. 더 이상 사용할 수 없는 용제는 재생 처리한다.

- 고인화점, 고비점 또는 오존생성지수가 낮은 저독성 용제를 사용한다 (섹션 20.10.2 참조).
- 경제적 측면 : 저비용.
- 시행동력 : 자동 세척 방식은 충분히 세척이 이루어지지 않거나 세척 대상이 되는 부품에 손상을 입힐 수 있다
- 사례 시설 : 많은 시설에서 널리 적용된다.
- 참고문헌 : [13, DFIU and IFARE, 2002] [76, TWG, 2004] [160, ESVOCG, 2006]

[20.9.10] 용제를 사용하는 기계 세척

- 설명 : 차폐된 세척기에 회분(batch) 단위로 세척 대상물을 적재하여 사용한다. 세척 대상물은 코팅이 필요한 제품이나 유지보수 중 세척이 필요한 부품이 될 수 있다. 세척기는 용제 침액(immersion) 또는 분무를 통해 부품을 세척하거나, 증기 상태의 저비점 용제를 부품 표면에서 응결시켜 깨끗한 용제가 오염된 부품의 표면에 달라붙어 세척이 이루어질 수 있도록 한다. 용제는 배출이 억제되고 재활용을 위해 회수된다. 용제는 보통 가열하여 사용한다.
- 성취한 환경편익 : 용제 배출 억제가 이루어지지 않는 세척 공정에 비해 용제 배출량이 현격히 감소한다.
- 매체 통합적 환경영향 : 세척 대상물(부품)이 담긴 세척기 용기에서 내용물을 꺼내기 전에 용제 증기를 배출해야 한다. 증기는 대기 중으로 배출되기도 한다. 용제를 퍼 올릴 때 에너지가 사용된다. 흡착 실린더로 회수할 경우 활성탄이 사용되며, 활성탄은 재생되거나 폐기물로 처리해야 한다.
- 운영 관련 데이터 : 세척 시 발생한 용제 증기를 시설 내 폐가스 처리 시스템 또는 활성탄이 포함된 전용 흡착 실린더로 배출할 경우 환기시

설에서의 용제 증기 배출량을 큰 폭으로 낮출 수 있다.

- 적용분야 : 상기 '설명' 참조. 지속성 오염물과 같이 세척이 용이하지 않은 물질은 할로겐계 용제를 사용하여 제거해야 한다. 할로겐계 용제는 용제 증기를 처리장치가 장착된 완전 차폐 시스템에서 사용해야 한다.
- 경제적 측면 : 제출된 데이터 없음.
- 시행동력 : 작업장의 건강 및 안전. SED는 일부 할로겐계 용제의 배출 값 (ELV)을 구체적으로 명시하고 있다.
- 사례 시설 : 여러 산업에서 널리 적용되고 있다.
- 참고문헌 : [160, ESVOCG, 2006]

[20.9.11] 용제 회수를 통한 세척

- 설명 : 퍼지용제(purge solvent)는 교차 오염을 방지하기 위해 분무건을 비롯한 도장 장비 및 색상 변경 사이 공정라인을 세척하는데 사용된다. 세척 용제는 장비 및 부스(both) 세척에 사용된다. 퍼지(purge) 및 세척 용제는 회수, 저장 및 용제 피드백을 통한 재사용 또는 폐 처리할 수 있다. 일부 현대식 도색작업장은 세척 용제의 재활용을 위해 회수 시설을 갖추고 있다.
- 성취한 환경편익 : 세척 및 퍼지 용제의 80 ~ 90 %는 회수되어 재활용된다.
- 매체 통합적 환경영향 : 제출된 데이터 없음.
- 운영 관련 데이터 : 2액형 투명 코팅제의 경우, 회수탱크의 배관을 자주 막히게 한다는 문제점이 보고된 바 있다.
- 적용분야 : 이 시스템은 용제상 도료의 도포 및 용제를 사용한 부스 세척 공정에 적용된다. 회수된 용제는 공정 내에서 재활용을 위해 처리하거나

작업장에서 반출한 뒤 원작업자 또는 제3자가 재활용 처리할 수 있다.

- 경제적 측면 : 자동차 업계의 경우, 분무 부스 당 용제회수시스템 설치 비용이 40만유로에 달했다(2004년 기준).
- 시행동력 : 용제 재활용 및 휘발성유기화합물 배출 저감.
- 사례 시설 : 자동차 업계의 표준 관행이다.
- 참고문헌 : [76, TWG, 2004]

[20.9.12] 고압수 분사를 통한 세척

- 설명 : 인쇄기 부품 및 독터 블레이드는 유기용제를 사용하기보다는 중탄산나트륨이 함유된 고압수 분사 또는 유사한 세척 시스템을 적용하여 세척한다.
- 성취한 환경편익 : 용제 배출량을 저감할 수 있다.
- 매체 통합적 환경영향 : 물 사용량이 증가하고 폐수가 발생한다.
- 운영 관련 데이터 : 보편적으로 적용되고 있다.
- 적용분야 : 이 기법은 유연포장 인쇄에 사용되는 실린더 및 애니록스 롤러의 집중 세척에 적용된다. 고압수에 탄산나트륨이 첨가된다.
- 경제적 측면 : 제출된 데이터 없음.
- 시행동력 : 작업장 건강 및 안전.
- 사례 시설 : 제출된 데이터 없음.
- 참고문헌 : [4, Intergraf and EGF, 1999, 76, TWG, 2004]

[20.9.13] 초음파세척

- 설명 : 초음파세척기는 액상의 물질(보통 수성 세제)을 통해 초당 20,000 ~ 100,000회 정도의 고주파 진동을 발생시킨다. 이 진동은 액상 물질에 극소 기포를 형성한 다음 이 물질에 담긴 세척 대상물에 부착되어 세척 작용을 일으킨다.
- 성취한 환경편익: 용제상 세척제를 사용하지 않아 휘발성유기화합물 배출을 제거할 수 있다.
- 매체 통합적 환경영향 : 소음이 발생할 수 있다.
- 운영 관련 데이터 : 제출된 데이터 없음.
- 적용분야 : 유연포장 인쇄에 사용되는 실린더 및 애니록스 롤러의 집중 세척에 적용된다.
- 경제적 측면 : 제출된 데이터 없음.
- 시행동력 : 작업장 건강 및 안전.
- 사례 시설 : 제출된 데이터 없음.
- 참고문헌 : [21, Nordic Council of Ministers, 1998] [76, TWG, 2004] [59, EIPPCB, 2005]

[20.9.14] 드라이아이스(CO2) 세척

- 설명 : 건조된 도료나 잉크는 드라이아이스 입자를 분사하여 세척할 수 있다.
- 성취한 환경편익 : 용제가 전혀 배출되지 않는다.
- 매체 통합적 환경영향 : 분사(장치)는 에너지를 필요로 하며, 작업장 내 소음 및 페인트 또는 잉크 제거 시 분진을 발생시킨다.

- 운영 관련 데이터 : 다른 부분에 손상이 가지 않도록 세척 대상 부품을 완전히 분리해야 하기 때문에 오랜 준비 시간이 소요된다.
- 적용분야 : 부품 해체가 수반되기 때문에 일상적인 세척보다는 유지보수 세척 시 널리 적용된다. 인쇄업계의 경우, 인쇄기의 부품에 묻은 지속성 오염물을 제거하기 위해 이 기법을 적용한다. 출판 그라비아 및 열건조형 인쇄시설들은 이 기술을 적용하여 몇 개월마다 정기적으로 집중 세척을 시행하며, 보통 톨루엔 또는 특수 용제 혼합물을 세척 용제로 사용한다.
- 경제적 측면 : 비용 면에서 전통적인 세척 기법과 비슷하다.
- 시행동력 : 작업장 건강 및 안전.
- 사례 시설 : 유럽 전반의 출판 그라비아 및 열건조형 인쇄 시설에서 사용.
- 참고문헌 : [18, UBA Germany, 2003] [4, Intergraf and EGF, 1999] [76, TWG, 204] [59, EIPPCB, 2005]

[20.10.] 대체 : 유해성이 낮은 물질 사용 - 일반 원리

- 설명 : 용제를 사용한 표면처리는 다양한 공정에서 광범위한 화학물질이 사용한다. IPC 지침 부록 4의 2조에 따르면 유해성이 낮은 물질 사용을 권고하고 있다.

유해성이 낮은 물질의 사용(대체)은 다음의 세 방법 중 한 가지를 통해 이루어질 수 있다.

1. 유해성이 높은 물질을 다른 낮은 물질로 직접 대체. 비교적 단순한 세척 공정에 적용할 수 있는 방식이다. 예를 들어 인화점이 낮은 세척제를 인화점이 높은 세척제로 대체하여 사용한다(섹션 20.10.1 참조).
2. 공정에 사용되는 다양한 화학물질 및 기법을 유해성이 낮은 물질로

대체. 직접 대체할 물질이 없을 경우 사용하는 방식이다. 예를 들어 같은 물질이라도 도포 공정마다 화학적 특성이 다르면 처리 방식도 달라진다(〈표 부록-2〉 참조). 이는 STS 부문에서 유해 물질을 대체하는 기본 원칙이며, 해당 활동 및 산업을 다른 부분에서 자세히 언급하고 있다.

3. 시설에서 표면처리 공정을 제외시키거나 생산 공정(백색 가전 또는 건축용 패널)에서 사전에 코팅된 물질을 사용. 이러한 유형의 대체는 환경에 이롭다고 볼 수 있으며(생명주기 연구의 시각에서), 시설 운전자가 휘발성유기화합물 배출량 저감을 포함한 다양한 목표를 달성하기 위해 고려해 볼 수 있는 방식이다. 그러나 IPC 지침은 적용된 시설 및 활동을 언급하고 있다. 따라서 이러한 유형의 대체(사실상 시설 내 공정 중단)는 BAT 결정 과정에서 고려할 기법이 아니며, IPC 지침에서도 더 이상 논의되지 않는다.

〈표 부록-2〉 STS 부문에서 사용되는 다양한 용제 대체제

저용제 코팅제	하이솔리드
	2액형(화학적 상호 반응)
	수성
	분말 슬러리
무용제 코팅제	핫멜트
	분말 코팅제
	분말 폴리에스터 코팅제
	복사 양생 코팅제

- 성취한 환경편익 : 용제를 포함한 유해 물질의 사용을 줄일 수 있다. 이에 따라 예상된 배출(폐가스)이나 예상치 못한 배출(비산 배출, 누출, 취급 사고 등)로 인한 환경 영향 역시 낮출 수 있다. 공정 또는 폐가스 처리 시 에너지 사용 절감, 공정 또는 폐수 처리 시 원료 사용 절감, 물 사용 절감, 폐기물 발생 절감, 소음 및 분진 발생 절감 등 다양한 부분에서 환경성과의 개선이 이루어질 수 있다.

- 매체 통합적 환경영향 : 개별 대안 기법에 따라 달라질 수 있다. 일부 기술은 에너지 사용량 증가, 폐기물 생성 증가, 물 또는 원료 사용 증가 등 부정적 영향을 미칠 수 있다. 또한 일부 대체제들은 건강 및 안전 위험성이 높거나, 광화학적 반응성이 높거나(섹션 20.10.2 참조), 환경 위해성이 높을 수 있다. 건강 안전성을 평가하는 한 가지 간단한 방법은 증기위험비(VHR)를 적용하는 것이다(아래 ‘적용 가능성’ 참조). 자세한 정보는 ECM REF에 제시되어 있다.
- 운영 관련 데이터 : 섹션 2.4.1.2, 2.4.2.2, 2.4.3.2, 3.4.5, 4.4.2, 5.4.2, 6.4.3, 7.4.2, 8.4.2, 9.4.2, 10.4.2, 1.4.7, 12.4.2, 14.4.3, 15.4.2, 16.4.4, 17.4.3 참조.
- 적용분야 : 대체 기술의 결정은 사례별로 이루어져야 한다. 또한 대체 기술은 고객이 요구하는 최종 성능 특성을 충분히 달성해야 한다(다시 말해 적절한 기능성을 갖춰야 한다). 모든 경우, 대체제를 선택하기 전 변경 사항에 대해 고객과 논의를 충분히 거쳐야 한다. (고객이)요구하는 최종 성능 특성에 대한 충분한 이해 없이 변경하는 것은 바람직한 관행이 아니다. 그러한 특성을 충족시키지 못할 위험성이 있기 때문에 시설 운전자(operator)와 고객은 원하는 사양에 맞는 품질과 성능 달성 여부를 모니터 하고 지속적으로 정보를 교환하는 것이 좋다. 단일 물질을 사용하는 공정, 예를 들어 출판 그라비아 공정의 경우 톨루엔을 대체할 수 있는 물질이 현재 존재하지 않는다. 표면처리 부문에서 사용되는 광범위한 화학물질을 감안할 때, 환경에 유해한 영향을 미칠 가능성이 있는 모든 화학물질을 안전한 물질로 대체하기란 불가능하다. 일부 공정은 적절한 대체제가 없거나 매체통합적 환경영향(상기 해당 부분 참조)이 이점을 넘어서는 경우 유해한 물질을 그대로 사용하고 있다. 가능성 있는 대체제를 비교 하는데 도움이 되도록 증기위험비(VHR)를 산출할 수 있다. 예를 들어 생리적 영향을 비교하기 위해 다음과 같이 제품 증발률을 작업장 노출 한도(OEL)로 나누어 증기위험비를 산출한다.

$$VHR = \frac{\text{평형증기농도}(20^{\circ}\text{C})}{OEL}$$

- 결과
 - 증발율이 OEL에 육박하는 제품의 경우, 저휘발성 제품을 선택한다.
 - 비슷한 휘발성을 보이는 제품의 경우, OEL이 높은 제품을 선택한다.
 - 데이터 해석이 용이하지 않으면 비율 계산이 필요할 수 있다. 독성 및 생태독성과 같은 기타 요인들은 단순한 방식으로 평가할 수 있다. 위험도가 낮은 물질과 비교하면 된다. 다른 기준(예: 오존생성지수, 섹션 20.10.2 참조)을 적용할 수도 있다. 경우에 따라 오존생성 지수를 통해 VHR과 유사한 측정 기준을 개발할 수 있다.
- 경제적 측면 : 대체는 비용편익이 높을 수 있다. 그러나 이는 사례별로 판단해야 한다. 대체 기술을 적용한 시설은 여러 법적 요구사항을 충족할 수도 있다(아래 '시행 동력(施行 動力)' 참조). 다음은 대체 기술의 이점을 나열한 것이다.
 - 에너지, 물, 원료 사용량 감소
 - 폐가스 및 폐수 처리량 감소
 - 작업장 건강 및 안전 규정 준수 향상
 - 품질 및 공정의 신뢰도 개선
- 시행동력 : 유해성이 덜한 물질을 사용하는 가장 큰 이유는 종업원의 건강 및 안전을 위해서이다. (주: 작업장 건강을 이유로 대체제를 선택할 때에는 주의를 기울인다. 모든 입수 가능한 증거에 의거하여 대체제의 유해성이 실제로 낮은 것을 확인해야 한다.) 기타 환경 관련 법적 규정으로는 SED와 수계배출물질에 대한 PARCOM 권고안이 있다. 경우에 따라 용제 저감을 달성하면 통합환경관리 또는 기타 규정이 권고한 수준 이하로 용제 사용량을 낮출 수 있다.

- 사례 시설 : 섹션 2.4.1.2, 2.4.2.2, 2.4.3.2, 3.4.5, 4.4.2, 5.4.2, 6.4.3, 7.4.2, 8.4.2, 9.4.2, 10.4.2, 1.4.4.2, 12.4.2, 14.4.3, 15.4.2, 16.4.4, 17.4.3 참조
- 참고문헌 : [59, EIPCB, 2005] [89, Envirowise, 2003, 97, EIPCB, 2005, 123, EC, 1999, 128, TWG, 2005, 168, ESIG, 2005]

[20.10.1] 세척제의 대체(대용)

용제 증발속도에 따라 세척 활동에 기인한 용제 증발량이 결정되며, 세척 후 오염된 세척포 저장량을 가늠할 수 있다(표준 시험이 적용됨: DIN 53170). 기존 용제들(인쇄의 경우, 톨루엔과 초산에틸)은 인화점이 중간 정도이거나 높은 용제에 비해 증발속도가 빠르다. 따라서 세척 중 증발량을 낮추려면 인화점이 높은 용제를 사용하면 된다. 용제 사용업체는 용제 공급업체로부터 용제별 증발속도 데이터를 제공받을 수 있다. 관련 정보를 얻을 수 없을 경우, 용제의 인화점을 참고하여 증발속도를 가늠하면 된다. 인화점이 낮은 용제들은 반드시 제품의 포장면에 명시해야 한다.

인화점이 비교적 높은 세척제를 사용하면 작업자가 증발된 용제에 덜 노출되기 때문에 건강 및 안전상의 위험을 낮출 수 있다. 그러나 작업장 노출한도(OEL)가 매우 낮을 수도 있기 때문에(예: 초산에틸은 작업장에 따라 노출한도가 1~2ppm 또는 150 ppm으로 크게 차이가 난다), 건강 및 안전상의 이점을 얻기 위해서는 대체 세척제가 다음의 기준에 부합해야 한다.

- 최저 수준의 작업장 노출한도
- 용제 변경 시 가열 불필요
- 고압 공기로 강제 증발 건조되지 않는 용제 사용

코팅제는 보통 가용성이거나 용제 속에 현탁된 상태이기 때문에 어려운 세척 작업을 용이하게 만들기 위해 인화점이 낮은 기존 세척제를 사용할 필요가

있다. 소량의 저인화점 세척제(세척제 총량의 약 5%)를 구비할 필요가 있다. 예를 들어 HBS 또는 기타 저휘발성 용제는 모든 인쇄시설에 적용할 수 없다. 휘발성 용제 기반 잉크는 건조되면 잉크에 포함된 용제와 같은 용제에 쉽게 용해된다. 원래 사용된 용제와 다른 용제를 사용하여 세척하게 되면 역효과를 낳는 경우가 많다. HBS로 대체할 경우, 자체 증류 및 재활용을 위해 기존 장비(기계)를 사용하는 것이 불가능하기 때문이다. HBS를 위한 자체 여과 시스템이 개발 중에 있다. 다음은 휘발성 세척제의 사용이 불가피한 경우를 나열한 것이다.

- 축임 롤러 세척
- 유지보수
- UV 큐어링 잉크 세척
- 까다로운 색상 변경

저휘발성/고인화점 대체 용제를 바닥 세척 시 사용할 경우, 이들 용제의 증발속도가 빠르지 않기 때문에 바닥이 미끄러울 수밖에 없다. 따라서 경우에 따라 소량의 휘발성 용제를 사용하여 바닥을 건조시킬 필요가 있다 [148, TWG, 2006].

[20.10.1.1] 인화점이 >40℃ 인 세척제

- 설명 : 전통적인 용제는 인화점이 >40 ℃인 용제에 비해 증발속도가 빠르다. 따라서 중간 정도의 인화점을 가진 용제를 사용하면 세척 중 증발량을 줄일 수 있다. 이들 용제는 휘발성 세척제에서 저휘발성 세척제로 넘어가는 중간 단계에서 사용하면 유용할 것이다.
- 성취한 환경편익 : 고인화점 용제에 비해 대기 중 휘발성유기화합물 배출량을 40% 가량 저감할 수 있는 것으로 보고되었다(섹션 20.10.1.2 참조). 토양 오염의 위험도 감소하는 것으로 나타났다. 용제 증발량의

감소로 용제 사용량도 감소한다.

- 매체 통합적 환경영향 : 제출된 데이터 없음.
- 운영 관련 데이터 : 중간 정도의 인화점을 가진 용제는 기존 용제보다 세척 효과 및 효율이 떨어질 뿐만 아니라 세척 시간이 더 많이 소요될 수 있다.
- 적용분야 : 모든 업종에 적용 가능하지 않다(섹션 20.10.1.2 참조).
- 경제적 측면 : 세척 시간이 길고 인쇄시간 비용이 매우 높은 인쇄 공정의 경우, 인쇄 시간이 손실되면 저휘발성 용제 사용으로 인한 비용 손실이 크게 증가한다. 예를 들어 더딘 용제 증발속도로 인한 생산 시간의 손실은 열건조형 인쇄 공정에서 시간당 1,000유로 이상의 비용을 야기할 수 있다.
- 시행동력 : 제출된 데이터 없음.
- 사례 시설 : 제출된 데이터 없음.
- 참고문헌 : [4, Intergraf and EGF, 1999] [35, Aminal, et al., 2002] [76, TWG, 2004] [54, BMLFUW Austria, 2003]

[20.10.1.2] 인화점이 >55℃ 인 세척제

- 설명 : 전통적인 용제는 인화점이 >55℃인 용제보다 증발속도가 100배 가량 빠르다. 따라서 고인화점 용제를 사용하면 세척 중 발생하는 용제 증발량을 크게 낮출 수 있다.
- 성취한 환경편익 : 대기 중 휘발성유기화합물 배출 저감은 최초 상황(기존에 사용하던 용제의 인화점)에 따라 다르다. 인화점이 <21℃인 용제를 대체할 경우, 90% 정도의 저감 효과를 달성할 수 있다. 인화점이 21 ~ 55℃인 용제를 대체할 경우, 50% 정도의 저감 효과를 보인다. 토양 오염

위험이 낮다는 이점도 있다. 용제 증발량의 감소로 용제 사용량도 감소한다.

- 매체 통합적 환경영향 : 중간 세척 후 세척제 증발에 더 많은 시간이 소요되기 때문에 종이 손실이 증가할 수 있다. 이는 웹의 고장을 유발할 수 있다
- 운영 관련 데이터 : 고인화점 용제는 기존 용제에 비해 세척 효과 및 효율이 떨어질 수 있다. 그러나 경험상 그러한 결과는 용납할 수 있다. 고인화점 용제를 사용한 세척은 더 많은 시간이 소요되지만, 훈련과 경험 축적으로 시간 손실을 용납 가능한 수준으로 낮출 수 있다. 독일에서는 건강 및 안전 규제기관과 열건조형 오프셋 인쇄업체 사이의 합의로 방향족 용제 함유량이 1%이며 인화점이 $>55^{\circ}\text{C}$ 인 세척제만이 사용되고 있다. 이러한 합의는 작업장 건강 문제가 발단이 되어 이루어진 것이지만, 고휘발성 그리고/또는 오존생성지수가 높은 용제 사용은 전통적인 '백등유 (white spirit)'계 용제를 대체하면서 크게 감소했다.
- 적용분야 : 인화점이 $>55^{\circ}\text{C}$ 인 용제는 수동 및 자동 세척에 모두 사용된다. 이들 용제는 적절한 건조속도를 이루기 위해 식물성 세척제와 고인화점 용제($55 \sim 100^{\circ}\text{C}$)의 혼합물을 사용하는 열건조형 공정에 주로 적용된다. 유연포장 인쇄 공정에서는 지속성이 대단히 높은 오염물 제거를 위해 소량의 고인화점 용제가 사용된다. 그러나 고인화점 용제는 세척기를 통한 일상적인 세척에는 사용되지 않는다. 고인화점 용제를 사용한 세척을 시험 가동했으나 결과가 성공적이지 못했다.
- 경제적 측면 : 세척 시간이 길고 인쇄 시간에 많은 비용이 소요되는 인쇄 공정의 경우, 인쇄 시간이 손실되면 저휘발성 용제의 사용으로 인한 비용 손실이 크게 증가한다. 예를 들어 더딘 용제 증발 속도로 인한 생산 시간의 손실은 열건조형 인쇄 공정에서 시간당 1,000유로 이상의 비용을 야기할 수 있다.

- 시행동력 : 제출된 데이터 없음.
- 사례 시설 : 제출된 데이터 없음.
- 참고문헌 : [4, Intergraf and EGF, 1999] [29, Netherland, 1996] [76, TWG, 2004] [168, ESIG, 2005]

[20.10.1.3] 인화점이 >100℃ 인 세척제

- 설명 : 인화점이 >100℃인 세척제는 고비점 용제(HBS)라고도 불린다. 인화점이 >55℃인 용제보다 증발량이 현격히 적다(증발량이 0에 가깝다).
- 성취한 환경편익 : 사용한 용제와 오염 세척포 저장 시 저인화점 용제를 사용한 경우보다 발생하는 증발량이 적다는 것이 가장 큰 이점이다. 용제가 가득한 대기로 인한 토양 오염 위험 역시 줄어든다. 또 다른 이점은 작업장 노출이 최소한도로 감소된다는 것이다.
- 매체 통합적 환경영향 : 증발량이 적을수록 처리하거나 폐기해야 할 용제의 양이 줄어든다. HBS를 사용하는 세척은 물을 사용하는 사후 세척이 필요하다. HBS는 보통 물로 희석해서 사용해야 하기 때문에 물 사용량과 폐수 방출량이 증가하게 된다. 물과 HBS 혼합물은 여과 처리가 가능하며, 처리 후 HBS는 재활용되고 잔류수는 하수 시스템으로 방출된다.
- 운영 관련 데이터 : 열건조형 오프셋 공정에서 HBS를 적용할 경우, 전통적인 용제와는 다른 작업 방식이 필요하다. HBS 적용 효과는 경우에 따라 다르지만 대체로 긍정적이다. 특히 인쇄기를 수동 세척할 때 효과가 크다. 자동 세척 시스템을 사용할 경우, HBS가 시스템에 손상을 줄 수 있으므로 HBS 사용에 대한 제조 업체들의 반대가 없어야 한다. 1996년 이전에 제조된 자동 시스템은 주입 및 분사 장치 조정이 필요한 경우가 있다.

- 적용분야 :
 - 열건조형 오프셋 인쇄시설에 적용 가능
 - HBS는 수동 및 자동 세척 모두 적용 가능하다.
- 경제적 측면 : 일반적으로 이 기법은 비용과 효과가 일치한다. 그러나 다음과 같이 고려해야 할 조건이 있다.
 - 시설개량 비용이 높은 구식 시설에 설치된 자동 세척 시스템은 예외이다.
 - 여전히 고휘발성 용제를 사용하는 현대식 자동 세척 장치의 경우, 세척 주기당 소량(몇 mL)만 사용해야 한다.
 - 세척 주기당 생산 시간이 조금이라도 손실되면 이 기법으로 인해 발생하는 비용이 크게 증가한다.(배출되지 않은 용제량 (kg)을 비용 (EUR)으로 환산했을 경우)
- 시행동력 : 제출된 데이터 없음.
- 사례 시설 : 제출된 데이터 없음.
- 참고문헌 : [4, Intergraf and EGF, 1999] [18, UBA Germany, 2003] [21, Nordic Council of Ministers, 1998] [29, Netherland, 1996] [76, TWG, 2004] [54, BMLFUW Austria, 2003] [128, TWG, 2005]

[20.10.1.4] 식물성 세척제(VCA)

- 설명 : 식물성 세척제 (VCA)는 인화점이 >100℃인 세척제군에 포함된다(섹션 20.10.1.3 참조). 1세대 식물성 세척제는 단순히 정제된 식물 유로서, 점도가 높고 취급이 어려웠다. 현 세대 식물성 세척제는 포화도가 다른 다양한 지방산으로 이루어진 모노 에스테르(요오드가) 및 지

방산 함유물(산가)이다. 식물성 세척제를 전용 세척제로 사용하는 자동 세척 시스템이 출시되어 있다.

- 성취한 환경편익 : 식물성 세척제는 재생 가능한 원료로 만들기 때문에 온실가스의 배출량을 증가시키지 않는다. 기타 이점으로는 사용된 용제 및 용제로 오염된 세척포를 저장할 때 저인화점 용제 사용 시 보다 증발량이 줄어든다는 것이다. 토양 오염 위험 역시 낮아진다. 작업장 노출을 최소화시킬 수 있다는 장점도 있다.
- 매체 통합적 환경영향 : 식물성 세척제를 사용한 세척은 물만 사용하는 후세척이 필요하다. 따라서 폐수 발생량이 늘어난다. 물과 식물성 세척제 혼합물은 여과를 통해 처리하며, 식물성 세척제는 재활용되고 잔류수는 보통 하수 처리 시스템으로 배출된다. 일부 식물성 세척제는 인체에 독성이 있다. 일부 식물성 세척제는 15% 정도의 용제 또는 독성 물질을 함유하고 있을 것으로 보인다(세부 정보는 알려지지 않음). 이러한 식물성 세척제는 환경, 건강 및 안전상 어떠한 이점도 제공하지 못할 수도 있다. 본 섹션에서 언급하는 식물성 세척제 사용은 용제와 독성 물질이 없는 식물성 세척제를 기반으로 한다.
- 운영 관련 데이터 : 식물성 세척제 사용은 전통적인 용제와는 다른 작업 방식을 요구한다. 사용 효과는 상황에 따라 다르지만 대체로 결과는 긍정적이다. 특히 인쇄기를 수동으로 세척할 경우 효과가 큰 것으로 나타났다. 식물성 세척제를 사용하는 세척에 대한 교육 및 경험 축적이 도움이 될 것이다.
- 적용분야 : 오프셋 매엽 시설에 적용 가능하다. 자연건조형과 열건조형 오프셋 윤전 공정에서는 인쇄기의 최종 세척 단계에서만 사용된다. 인쇄 중 행굼수가 두루마리 종이를 끊어지게 만들 수 있기 때문이다. 덴마크에서 진행된 조사에 따르면, 오프셋 매엽 인쇄업체의 약 65%가 식물성 세척제를 정기적으로 사용하고, 건조된 잉크를 제거할 필요가 있

을 때에만 휘발성 용제를 사용하는 것으로 나타났다. 이들 시설의 식물성 세척제 사용량은 전체 용제 사용량의 2 %를 차지한다. 네덜란드에서 진행된 조사 결과에 따르면, 식물성 세척제는 열건조형 시설에 적용되지 않으며 매엽식 시설에도 항상 적용되는 것은 아니라는 결과가 나타났다. 또한 열건조형 시설에서는 HBS와 식물성 세척제의 배출량 차이가 추가 비용 및 시간 손실의 사유가 되지 않는 것으로 나타났다. 식물성 세척제의 사용은 독성 및 기타 매체통합적 환경영향이 알려진 식물성 세척제에 국한되어야 한다.

- 경제적 측면 : 식물성 세척제는 보통 전통적인 세척제보다 4배 이상 비싸다. 그러나 블랭킷 표면을 상시 세척하는데 필요한 식물성 세척제 용량은 전통적인 세척제 용량의 절반 정도이다. 일반적으로 이 기법은 비용과 효과가 일치한다. 그러나 다음과 같이 고려해야 할 조건이 있다.
 - 시설개량 비용이 높은 구식 시설에 설치된 자동 세척 시스템은 예외이다.
 - 여전히 고휘발성 용제를 사용하는 현대식 자동 세척 장치의 경우, 세척 주기당 소량(몇 mL)만 사용해야 한다.
 - 세척 주기당 생산 시간이 조금이라도 손실되면 이 기법으로 인해 발생하는 비용이 크게 증가한다(배출되지 않은 용제량 (kg)을 비용 (EUR)으로 환산했을 경우)
- 시행동력 : 제출된 데이터 없음.
- 사례 시설 : 제출된 데이터 없음.
- 참고문헌 : [4, Intergraf and EGF, 1999] [18, UBA Germany, 2003] [21, Nordic Council of Ministers, 1998] [1, IMPEL, 2000] [76, TWG, 2004]

[20.10.1.5] 강력한 비휘발성 용제

- 설명 : n-메틸-2-피로리돈(끓는점: 202 °C, 인화점: 95 °C) 및 에탄올 아민(끓는점: 170 °C, 인화점: 85 °C, 증기압: 0.2 mm Hg)과 같은 강력한 용제는 세척 등의 강력한 용제 작용이 필요한 작업에서 사용 가능하다. 이들 용제는 할로겐계 용제를 대체할 수 있다(섹션 20.10.3 참조).
- 성취한 환경편익 : 대기 중 배출량 저감 및 유해 폐기물 발생 감소.
- 매체 통합적 환경영향 : 실온에서 사용할 경우, 강력한 저휘발성 용제에서는 배출물이 전혀 나오지 않으므로 최소한의 건강 및 안전 장비를 구비하면 된다. 그러나 효과를 높이기 위해 고온에서 사용할 경우 이러한 이점은 사라지게 된다. 2006년 말 n-메틸-2피로리돈은 규제 대상 물질이 되었으며 CMR 물질로 분류될 수 있다.
- 운영 관련 데이터 : 제출된 데이터 없음.
- 적용분야 : 적용 가능성은 개별 용도에 따라 다르다(섹션 20.9 참조). 대체 기술의 효과가 큰 업종은 인쇄(법규 및 EU 차원에서 업계 합의) 및 마찰 라이닝 (friction lining) 제조업이며, 모든 산업 부문에서 대체 기술이 상용되고 있다.
- 경제적 측면 : 기존 용제에 비해 비용이 높다.
- 시행동력 : 작업장 건강 및 안전.
- 사례 시설 : 상기 '적용 가능성' 참조.
- 참고문헌 : [4, Intergraf and EGF, 1999] [12, UBA Germany, 2002] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005] [148, TWG, 2006]

[20.10.1.6] 수성 세척

섹션 20.9.8 참조.

[20.10.2] 오존생성지수가 낮은 용제의 사용

- 설명 : 대기 중 배출된 각종 휘발성유기화합물은 각기 다른 반응을 보인다. 이를 일컬어 오존생성 반응성 또는 오존생성지수라고 한다. 휘발성유기화합물의 반응성은 화합물의 정적 기능(static function)이 아니라 주변 조건에 따라 변한다. 온도, 태양광량, NO_x농도, 대기 중 기타 휘발성유기화합물 화합물 등이 특정 화합물의 오존 생성 능력에 영향을 미칠 수 있다. 기상 역시 중요한 역할을 한다. 따라서 휘발성유기화합물에 반응성 값(reactivity value)을 부여하는 것은 상당히 복잡한 작업이다. 다양한 휘발성유기화합물의 반응성을 비교하기 위해 가장 많이 사용되는 척도는 다음과 같다.

- 광화학 오존생성지수(POCP), 세부 내용은 ECM REF 참조.
- MIR(Maximum Incremental Reactivity), 미국 캘리포니아 주 규제 적용

통합 풍하측 오존생성량 (IDOP)이라고 하는 대안 척도는 영국에서 개발된 것이다. IDOP는 휘발성유기화합물 배출량 1톤당 오존 농도 (pb)를 시간당 측정하는 것이다. 그러나 지금까지 개별 물질에 대해 IDOP 값을 산출한 회수는 약 10번에 불과하므로 IDOP를 정기적으로 적용하기 전에 더 많은 측정을 진행할 것을 권고한다. 그러나 앞으로 연구해 볼만한 분야인 것으로 생각된다. MIR은 캘리포니아 지역의 기후 조건하에서 산출되기 때문에 현재 적용하기 가장 적합한 척도는 POCP라고 할 수 있다.

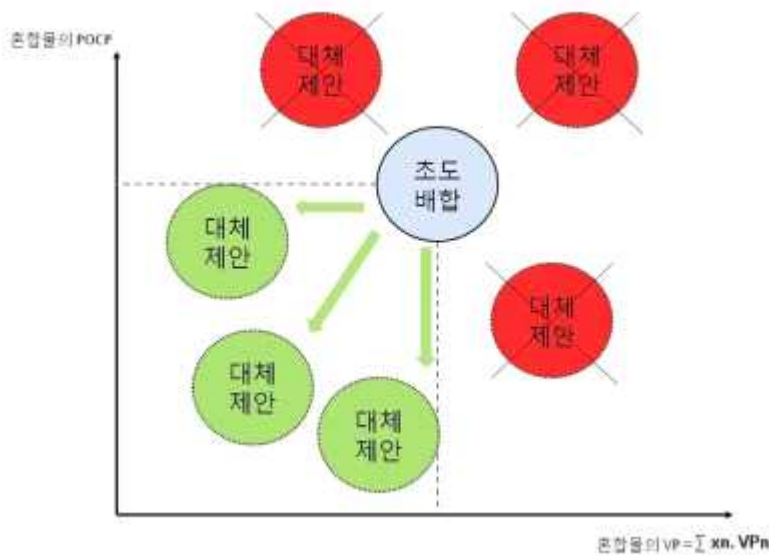
오존생성지수를 측정 척도로 사용하면 휘발성유기화합물 혼합물의 합을 구할 수 있다(ECM REF 참조). 그러나 오존생성지수는 모델링 식에서처럼 이미(분무부스나 건조기에서) 휘발되고 방출된 물질의 영향을 측정하는데 사용된다. 자동적으로 휘발되지 않는 물질(일부 세척제)인 경우 그 점을 고려해야 한다. 스완 에코 라벨(Swan Eco-label)은 오존 생성 능력 측정에 효과적인 POCP_(effective)라는 척도를 사용한다. POCP_(effective)는 POCP에 상대증발속도를 곱한 값이다.

증기압과 POCP를 곱한 값도 거의 근사치에 가깝다. 용제 혼합물이 물질의 오존 생성 능력에 미치는 영향은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$POCP_{(effective)} = \sum_1^n x_1(POCP_{effective})_1 + x_2(POCP_{effective})_2 + \dots x_n(POCP_{effective})_n$$

여기에서: x_1 은 혼합물 내 물질 1의 농도, $(POCP_{effective})_1$ 은 실질적인 오존생성지수(이 값은 공정에서 모든 용제가 휘발될 경우 POCP와 같다.) 이와 유사한 공식(농도 대신 휘산량 적용)이 다양한 혼합물에 함유된 각기 다른 용제가 증발량에 따라 미치는 영향을 비교하는데 사용될 수 있다.

[그림 부록-1]은 대체 제안의 성취한 환경편의 달성 여부를 평가할 때 공식이 어떻게 작용하는지를 도식화하여 보여준다. VP_n 은 n번째 성분의 증기압이다(첫 번째 근사치로서: 이 합계 방식은 서로 다른 성분 사이에 물리-화학적 반응이 없다고 가정한다. 이는 ‘최악의 상황’에 대한 접근법이 될 가능성이 있다.



[그림 부록-1] POCP를 통한 대체제 잠재성 평가

- 성취한 환경편익 : 톨루엔, 자일렌, 솔벤트 나프타(C9 방향족 혼합물)와 같은 고반응성 경질 방향족 용제를 저반응성 물질로 직접 대체하면 20 ~ 40% 정도의 휘발성유기화합물 관련 POCP 저감이 이루어질 수 있다(아래 '적용 가능성' 참조). 일부 방향족 용제는 환경에 유해한 것으로 분류된다.(R51/53: 톨루엔, 자일렌 및 에틸 벤젠 제외) 따라서 이들의 대체는 선택된 대체 제품에 따라 수생 환경에도 이로울 수 있다.
- 매체 통합적 환경영향 : 염소 처리된 휘발성유기화합물은 오존 생성 반응성이 비교적 낮다. 그러나 성층권 오존을 파괴할 가능성과 독성 영향이 높을 가능성이 있다.
- 운영 관련 데이터 : 아래 '적용 가능성' 참조.
- 적용분야 : 오존생성지수는 휘발성유기화합물 배출량 저감의 필요성에 따른 과학적 추론의 결과이지만, 오존생성지수는 적용 초기 단계이며 SED(작업자 대상) 및 국가별 배출상한지침(National Emissions Ceilings, 회원국 대상)과 같은 기존 지침에 부합되는 용도로 사용할 수 없다. 이 기법은 폐가스 처리 등을 통해 용제 증발량이 충분히 저감 또는 억제되는 시설에서는 적용할 수 없다(섹션 20.1 참조).

휘발성유기화합물 반응성 산출 결과, 개별 휘발성유기화합물의 상대적 순위는 일부 변동이 있지만 경질 방향족 용제가 오존 생성 능력 측면에서 세 가지 척도를 모두 적용했을 때 가장 반응성이 큰 물질로 측정됐다(미국에서 다른 척도로 측정한 결과 역시 같은 것으로 나타났다). 일반적으로 표면처리용 혼합물에서 경질 방향족 물질을 대체할 경우, POCP 값(또는 기타 반응성 측정값)과 관련하여 불확실성이 있지만 최종 제품의 오존생성지수가 현격히 감소되는 효과를 얻을 수 있다. 그러나 여기서 주의해야 할 점이 있다. 일반적으로 염소 처리된 휘발성유기화합물은 낮은 오존 생성 반응성을 보이지만 ODP 수치가 높기 때문에(섹션 20.10.3 참조) 건강 및 안전 상의 이유로 염소 처리

되지 않은 휘발성유기화합물을 대체하여 사용하지 않도록 해야 한다 (섹션 20.10.3 참조).

자동차 도료와 일부 인쇄용 잉크 등 복잡한 시스템은 최대 30여 종류의 용제를 함유할 수 있다. 이러한 복잡한 용제 혼합물은 색, 건조, 내구성 등 특정 사양을 충족하기 위해 사용된다. 품질 요구사항을 만족시키면서 POFPtotal를 줄이기 위해 이들 용제를 대체하는 것은 업계 차원에서 대규모 투자가 필요할 뿐만 아니라, 하나의 자동차 제조업체 또는 시설 단독으로 수행할 수 없는 일이다. 그러나 장기간에 걸쳐 현재 진행 중인 도료 배합 공정의 대안으로서 실행해 볼 수도 있을 것이다 (REACH를 통해. 아래 ‘시행 동력(施行 動力)’ 참고). 이는 미래 연구 분야로 적합하다고 볼 수 있다(결론 부분의 섹션 23.4 참조).

오존생성지수가 높은 용제를 사용하는 일부 공정에서는 기술적 이유로 이러한 용제들을 대체할 수 없다. 또한 출판 그라비아 인쇄에 사용되는 톨루엔처럼 공정에 추가 되는 단일 용제를 대체할 수 없는 경우도 있다.

(본 섹션에서 언급한 한계 내에서) 오존생성지수 값을 기준으로 삼아 기타 유해 물질(섹션 20.10에 설명)을 대체하는 방향으로 나가게 되면 전반적인 오존생성지수가 감소되는 결과를 얻을 수 있을 것이다(적어도 오존생성지수가 증가하지는 않을 것이다). 대체를 통해 배출량 목표치를 달성하고자 할 경우, 오존생성지수의 적용을 고려하는 것이 무엇보다 중요하다. 다른 조치들을 통해 배출량 목표치를 달성하지 못하거나 기술적으로 이들 조치의 적용이 불가능할 경우(부정적인 매체통합적 환경영향 등) 오존생성지수를 적용할 수 있다. 세척제(섹션 20.9와 20.10.3 참조) 또는 목재 방부용 용제 매개체 (18장 참조)와 같은 단순 시스템에는 즉시 적용 가능하다.

- 경제적 측면 : 자동차 업계는 자동차 도료에 대한 실행 비용을 1 ~ 35 억유로, 시간은 대략 10년이 소요될 것으로 추산하고 있다. 뿐만 아니

라 새로운 용제 시스템이 같은 특성을 가지고 있지 않을 경우, 제품에 이러한 유형의 변화를 실행하는데 소요되는 숨은 비용이 있을 것으로 보인다.

- 시행동력 : 지표면 오존 형성 저감의 정책 및 규제. UNECE 예테보리 의정서 및 EU 국가별 배출상한지침 (201/81/EC), CAFÉ(유럽 청정대 기계회), REACH 등. 경질 방향족 용제는 비교적 낮은 작업장 노출한도를 보인다. 따라서 작업장의 건강 향상 면에서 볼 때 이들 용제를 대체하는 것은 매우 효과적이다. 산업용 자일렌의 한 성분인 에틸벤젠은 기존물질규제 (Existing Substances Regulation 793/93/EC)에 의거하여 EU 위험성 평가 대상 물질로 선정되었다. 에틸벤젠의 실험 쥐 독성 테스트 결과 발암 반응이 나타났다. 이에 따라 국제암연구소(IARC)는 에틸벤젠을 Group 2B 발암물질(인체 발암 가능 물질)로 규정했다.
- 사례 시설 : 미국의 대기오염방지 지역당국에서 적용하고 있다. 특히 MIR은 캘리포니아 지역 규제당국과 업계에서 적용하고 있다.
- 참고문헌 : [4, Intergraf and EGF, 1999] [76, TWG, 2004] [96, European Solvents Industry Group, 2005] [97, EIPCB, 2005] Swan Eco-label [www.Svanen.nu] [148, TWG, 2006, 169, Lemoine, 2006, 170, Tempamy and Lemoine, 2006, 172, May, 2006]

[20.10.3] 할로젠계 용제의 대체

- 설명 : 세척 시 강력한 용제 작용이 필요한 경우, 할로젠계 용제는 유해성이 낮은 용제로 대체할 수 있다. ‘n-메틸-2-피로리돈’과 ‘에탄올아민’과 같은 강력 용제를 사용할 수 있다.
- 성취한 환경편익: 취급 시 또는 대기 중으로 배출되는 유해 물질을 저

감할 수 있으며, 유해 폐기물 발생량 역시 감소된다.

- 매체 통합적 환경영향: 제출된 데이터 없음.
- 운영 데이터: 염소 처리된 탄화수소는 마찰 라이닝 (friction lining) 생산 시 표면 탈지 작업을 위해 사용되거나 농업 및 건설용 차량 도장에 사용되는 도료에 용제로서 첨가된다. 유연포장 인쇄 공정에서는 염화메틸렌과 같은 할로겐계 용제가 지속성 오염물 제거를 위해 사용되었다. 그러나 'n-메틸-2-피롤리돈' 및 '에탄올아민'과 같은 비휘발성 용제로 대체되었다.
- 적용 가능성: 적용 가능성은 개별 기법과 그 용도에 따라 다르다. 대체 기법의 효과가 큰 업종은 인쇄(법규 및 EU 차원에서 업계 합의) 및 마찰 라이닝(friction lining) 제조업이며, 모든 산업 부문에서 대체 기술이 상용되고 있다. 현재 할로겐계 용제 기반의 도료를 대체할 수 있는 도료 시스템이 출시되어 사용되고 있다.
- 경제성: 제출된 데이터 없음.
- 시행 동력: 작업장 건강 및 안전. SED는 위험문구 R40에 해당되는 할로겐계 휘발성유기 화합물의 질량유량이 10g/h 이상일 경우 배출값을 20 mg/Nm³로 제한하고 있다. 독일에서는 할로겐계 용제가 더 이상 사용되지 않는 추세이다.
- 사례 시설: 할로겐계 용제가 대폭 대체되었다(독일의 경우).
- 참고문헌 : [4, Intergraf and EGF, 1999] [12, UBA Germany, 2002] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

[20.10.4] 용제 및 기타 CMR 물질의 대체

- 설명 : 용제배출지침(67/548/EC)에 따라 CMR로 분류되거나 위험문구 (R45, R46, R49, R60, R61)에 해당되는 휘발성유기화합물을 함유한 물질 또는 처리 방법을 대체하기 위해 다양한 물질 그리고/또는 기

법을 사용할 수 있다.

- 성취한 환경편익 : 제출된 데이터 없음.
- 매체 통합적 환경영향 : 제출된 데이터 없음.
- 운영 관련 데이터 : 제출된 데이터 없음.
- 적용분야 : 인쇄업계는 대체 기술의 적용이 효과적으로 이루어지고 있다. 용제에 CMR 물질이 함유되어 있지 않은 경우에도 용제상 탈지제를 무용제 세척제로 대체했다(섹션 20.10.1.6 참조).
- 경제적 측면 : 제출된 데이터 없음.
- 시행동력 : 작업장 안전 및 건강. SED, 마케팅 및 사용 지침
- 사례 시설 : 독일 내 대부분의 도색작업장 및 유사 기재를 취급하는 유럽의 전기도금 시설
- 참고문헌 : [98, EC, 1976, 123, EC, 1999] [128, TWG, 2005]

[20.10.5] 수성 세척제

- 설명 : 수성 도료를 사용하는 도색작업장에서는 알코올 또는 글리콜/물 혼합물(부틸글리콜/물)을 순수 유기용제 대신 사용한다.
- 성취한 환경편익 : 용제 사용량 감소.
- 매체 통합적 환경영향 : 용제 함유량이 큰 쪽으로 감소할 수 있지만, 수성 세척제 역시 최대 15% 정도의 용제를 함유하고 있다. 세척과 이후 공정 사이에 추가 건조 공정이 필요할 경우 에너지 사용량이 증가할 수 있다.
- 운영 관련 데이터 : 수성 세척제의 사용은 생물학적 처리를 동반할 수 있다.

- 적용분야 : 수성 세척제는 수성 페인트를 사용하는 자동차 업계에서 사용된다. 수성 세척제는 오프셋 인쇄에서는 사용할 수 없다. 또한 용제 상 잉크, 페인트, 접착제를 사용할 경우 출판 그라비아 또는 유연포장 인쇄에서도 사용할 수 없다. 세척 후 공정에서 용제를 사용할 경우, 수성 세척제 사용에 문제가 있을 수 있다. 세척과 이후 공정 사이에 추가 건조를 수반할 수도 있다.
- 경제적 측면 : 제출된 데이터 없음.
- 시행동력 : 제출된 데이터 없음.
- 사례 시설 : 유럽의 자동차 및 코일 코팅 시설. 유럽 내 다수의 전기도금 시설(도장 시설과 유사한 기재 취급)
- 참고문헌 : [4, Intergraf and EGF, 1999] [76, TWG, 2004] [128, TWG, 2005]

2. 할로겐화 용제 세척에 대한 국가 배출 기준

미국에서는 1990년 청정 대기법(Clean Air Act. CAA)을 개정하면서 유해 대기오염물질(Hazardous Air Pollutants : HAPs)을 188종으로 확대 지정하고, 환경보호청(U.S. Environmental Protection Agency, EPA)에 공기 중 유해대기오염물질에 대한 배출기준을 수립할 것을 요구했다.

실용적인 HAPs 관리를 위하여, EPA는 현재 운영중인 사업장의 HAPs 관리 기술을 기반으로 배출 허용기준, 운전조건 제한, 작업표준 준수 등 MACT(Maximum Achievable Control Technology) 기준을 설정하고, 주요 배출원별로 관리기준을 개발하여 업종별 관리를 하고 있다.

1994년 12월 2일, EPA에서 청정 대기법(CAA)의 규칙 제정 조치 중 하나로 '할로겐화 용제 세척에 대한 유해 대기 오염물질 국가 배출 기준'(Halogenated Solvent Cleaning : National Emission Standards for Hazardous Air Pollution, 이하 "NESHAP")의 최종 규칙(59 FR 61805)을 공포하였다.

'할로겐화 용제 세척에 대한 유해 대기 오염물질 국가 배출 기준'은 6개의 할로겐화 용매(염화 메틸렌(CAS No. 75-09-2), 퍼클로로에틸렌(CAS No.127-18-4), 트리클로로에틸렌(CAS No.79-01-6), 1,1,1-트리클로로에탄(CAS No. 71-55-6), 사염화탄소(CAS No. 56-23-5), 클로로포름(CAS No. 67-66-3)), 또는 이러한 할로겐화 용매를 중량 5% 이상 함유한 세척제를 사용하는 경우에 적용된다. 해당 기준에서는 추가로 배치 냉각 세척기, 배치 증기 세척기 및 인라인 세척기의 표준을 정하고 있는데 본 부록에서 사용한 용어의 정의와 자세한 내용은 다음과 같다. [40 CFR Part 63 Subpart T_§63.462 ~§63.463 참고하여 원문을 한글 번역하였음]

용어 정의

- **가동 중지 모드(downtime mode)** : 용제 세척 설비가 부품을 세척하지 않고 선프 가열 코일(있는 경우)이 꺼져 있는 시간을 의미함
- **과열 부품 기술(Superheated part technology)** : 연속 웹 공정의 일부로 연속 웹 부품을 세척 용제의 끓는점 이상의 온도로 직접 또는 간접적으로 가열하는 시스템을 의미함. 여기에는 부품이 세척 설비를 통해 과열된 상태로 유지되는 한, 부품이 가공될 때 부품을 가열하는 툴링 다이와 같은 공정 단계가 포함될 수 있음.
- **과열 증기 시스템(Superheated vapor system)** : 수동 또는 능동 방식으로 용제 증기를 용제의 끓는점보다 높은 온도까지 가열하는 시스템을 의미함. 부품은 과열된 증기 속에 있다가 기계에서 빠져나오기 전에 액체 용제를 증발시킴. 고온 증기 재활용은 과열 증기 시스템의 한 예시임.
- **기존 설비(Existing)** : 1933년 11월 29일 또는 그 이전에 제작된 모든 용제 세척 설비를 의미함. 인접한 시설 내 또는 동일한 소유권 하에 있는 다른 시설로 이동한 용제 세척 설비는 기존 설비로 간주함.
- **냉각 세척 설비(Cold cleaning machine)** : 부품 표면의 오염물 제거, 부품 건조를 위해 액체 용제를 포함하거나 사용하는 모든 장치, 장비를 의미함. 가열되지 않는 용제를 포함/사용하여 부품을 세척하는 세척 설비는 냉각 세척 설비로 분류됨.
- **누수 방지 커플링(Leak-proof coupling)** : 용제 세척 설비에 용제를 채우거나 배출하는 동안 용제가 새는 것을 방지하는 나사산 또는 기타 유형의 커플링을 의미함.
- **드웰(Dwell)** : 프리보드 영역 내에 있지만 용제 세척 설비의 증기 영역에 부품을 고정(유지)하는 기술을 의미함. 세척 후 용제가 부품 또는 부품 바구니에서 용제 세척 설비로 다시 배출되도록 하기 위함.
- **립 배기(Lip exhaust)** : 용제 세척 설비 입구 상단에 설치되어 프리보드 영역에서 공기와 용제 증기를 흡입하고 용제 세척 영역에서 공기와 증기를 덕트로 배출하는 장치를 의미함.
- **배출량(Emissions)** : 소비된 할로겐화 유해 대기오염물질 용제(즉, 기계에 투입된 할로겐화 유해 대기오염물질 용제)에서 기계에서 제거된 액체 할로겐화 유해 대기오염물질 용제와 고체 폐기물에서 기계에서 제거된 할로겐화 유해 대기오염물질 용제를 뺀 양을 의미함.

- **배치형 세척 설비(Batch cleaning machine)** : 용제 세척설비에 새 부품이 투입되기 전에 개별 부품 또는 부품세트가 전체 세척 사이클을 거치는 용제 세척 설비를 의미함.(오픈탑 증기 세척설비 등이 여기에 해당함) ferris wheel 또는 cross-rod 탈지제와 같이 동시에 세척하거나, 수동으로 하는 경우 용제 배치형 세척 설비에 해당함.
- **섬프 히터 코일(Sump heater coils)** : 증기, 전기 또는 온수를 사용하여 액체 용제를 가열하거나 끓이는 세척 설비의 가열 시스템을 의미함.
- **섬프(Sump)** : 액체 용제가 있는 용제 세척 설비의 부품을 의미함.
- **스퀴지 시스템(Squeegee system)** : 일련의 유연한 표면을 사용하여 연속 웹 파트의 표면에서 용제 필름을 제거하는 시스템을 의미함. 스퀴지라고 하는 유연한 표면은 일반적으로 고무 또는 플라스틱 매체로 만들어지며, 적절한 기능을 계속 유지하기 위해 주기적으로 교체해야 함.
- **신규 설비(New)** : 1993sus 11월 29일 이후에 건설 또는 재건축이 시작된 모든 용제 세척 설비를 의미함.
- **실내 통풍 감소(Reduced room draft)** : 용제 세척 설비의 프리보드 영역 상단에 걸쳐 공기 흐름 또는 이동을 감소시키는 것을 의미함. 실내 통풍을 줄이는 방법에는 세척 설비를 가로질러 바람이 불지 않도록 팬 및 환풍구의 방향을 바꾸거나, 세척 설비를 실내 통풍이 적은 구석으로 이동하거나, 세척 설비 주변에 부분 또는 전체 인클로저를 설치하는 것이 포함되지만 이에 국한되지 않음.
- **에어 나이프 시스템(Air knife system)** : 연속 웹 부품 표면에 있는 작은 구멍을 통해 고압, 고부피 또는 고압과 고부피의 조합으로 강제 공기를 직접 분사하는 장치를 의미함. 이 시스템의 목적은 연속 웹 파트의 표면에서 용제 필름을 제거하는 것임.
- **에어 블랭킷(Air blanket)** : 용제/공기 인터페이스 위에 위치한 세척 설비 프리보드 내부 공기층을 의미함. 에어 블랭킷 중심선은 기계 측면 사이 등거리에 있음.
- **연속 웹 세척 설비(Continuous web cleaning machine)** : 필름, 코일, 와이어 및 금속 스트립과 같은 부품을 일반적으로 분당 11피트 초과하는 속도로 세척하는 용제 세척 설비를 의미함. 일반적으로 부품 코일을 풀고, 세척제 도포 영역에 투입/반출되고, 부품 리코일 또는 절단됨. 모든 연속 웹 세척 설비는 인라인 용제 세척 설비의 하위 범주로 간주됨.
- **오염물(Soils)** : 세척할 부품에서 제거되는 오염 물질을 의미함. 그리스, 오일, 왁스, 금속 조각, 플렉스, 타르 등이 포함되며 이에 국한하지 않음.

- **오픈탑 증기 세척 설비(Open-top vapor cleaning machine)** : 윗면이 공기에 개방되어 있고, 용제를 끓여 부품 세척 및 또는 건조에 사용되는 용제 증기를 생성하는 용제 세척 설비를 의미함.
- **용매/공기 인터페이스 영역(Solvent/air interface area)** : 증기 세척 설비의 경우 공기에 노출되는 용제 증기 영역의 표면적, 인라인 세척 설비의 경우 모든 섀프의 총 표면적, 냉각 세척 설비의 경우 공기에 노출되는 액체 용제의 표면적을 의미함.
- **용매/공기 인터페이스(Solvent/air interface)** : 증기 세척 설비의 경우 농축 용제 증기층과 공기 사이의 접촉 위치를 의미함. 이 접촉 위치는 1차 콘덴서 코일의 중간 라인 높이로 정의됨. 냉각 세척 설비의 경우 액체 용매와 공기가 접촉하는 위치임.
- **용제 세척 설비(Solvent cleaning machine)** : 할로겐화 HAP 용제 액체 또는 증기를 사용하여 부품 표면에서 오염물을 제거하는 모든 장치 또는 장비를 의미함. 용제 세척 설비의 유형에는 배치 증기, 인라인 증기, 인라인 냉각 및 배치 냉각 용제 세척 설비가 포함되지만 이에 국한되지 않음. 용량이 7.6리터(2갤런) 이하인 버킷, 통, 비커는 용제 세척 설비로 간주되지 않음.
- **용제 증기 영역(Solvent vapor zone)** : 액체 용제 표면에서 용제 증기가 응축되는 수준까지 확장되는 면적을 의미함. 이 응축 수준은 1차 콘덴서 코일의 중간선 높이로 정의됨
- **원격 저수조 냉각 세척 설비(Remote reservoir cold cleaning machine)** : 액체 용제를 싱크대 같은 작업 공간으로 펌핑하여 부품을 세척하는 동안 용제를 밀폐된 용기로 다시 배출하여 작업 공간에 용제가 고이지 않도록 하는 장치를 의미함.
- **원격 저수조 연속 웹 세척 설비(Remote reservoir continuous web cleaning machine)** : 노출된 용제 섀프가 없는 연속 웹 세척 설비를 의미함. 이러한 장치에서 용제는 밀폐된 챔버에서 펌핑되며 일반적으로 노즐 또는 일련의 노즐을 통해 연속 웹 부품에 도포됨. 그런 다음 용제는 부품에서 배출되고 기계를 통해 수집 및 재활용되므로 작업 또는 세척 영역에 용제가 고이지 않음.
- **유휴 모드 커버(Idle mode cover)** : 유휴 모드에서 세척 설비 개구부를 커버로 차폐할 수 있는 모든 커버 또는 용제 세척 설비의 디자인을 의미함. 작업 모드 커버로도 사용 가능함.
- **유휴 모드(Idle mode)** : 용제 세척 설비가 부품을 적극적으로 세척하지 않고, 섀프 가열 코일(있는 경우)이 켜져 있는 시간을 의미함

- **인라인 세척 설비 또는 연속 세척 설비(In-line cleaning machine or continuous cleaning machine)** : 자동 부품 처리 시스템(일반적으로 컨베이어)을 사용하여 세척할 부품을 자동적으로 지속 공급하는 용제 세척 설비를 의미함. 이러한 장치는 컨베이어 입구와 출구를 제외하고 완전히 밀폐됨. 인라인 세척 설비는 저온 또는 증기 세척 설비임.
- **자동화된 부품 처리 시스템(Automated parts handling system)** : 오염되거나 젖은 부품을 처음 적재할 때부터 세척/건조된 부품을 제거할 때까지 모든 부품과 부품 바구니를 제어된 속도로 운반하는 기계 장치를 의미함. 자동화된 부품 처리 시스템에는 호이스트와 컨베이어를 포함되지만 이에 국한되지는 않음.
- **작업 모드 커버(Working mode cover)** : 부품이 세척 설비에서 세척되는 동안 세척 설비 개구부를 외부 공기 방해로부터 보호할 수 있는 커버 또는 용제 세척 설비의 설계를 의미함. 작업 모드에서 사용되는 커버는 부품을 넣고 뺄 때만 열림. 이 정의를 충족하는 커버는 유틸 모드 커버로도 사용할 수 있음.
- **작업 모드(Working mode)** : 용제 세척 설비가 부품을 적극적으로 세척하는 시간을 의미함.
- **증기 세척 설비** : 세척 또는 건조 사이클의 일부로 사용되는 용제 증기를 생성하는 액체 용제를 끓이는 배치 또는 인라인 용제 세척 설비를 의미함.
- **침지식 냉각 세척 설비(Immersion cold cleaning machine)** : 세척 시 부품을 용매에 담그는 냉각 세척기를 의미함. 원격 저수조 냉각 세척 설비는 침지식 냉각 세척 설비로 간주됨.
- **커버(Cover)** : 제자리에 있을 때 용제 세척 설비 개구부를 공기 교환으로부터 보호하고 증기 영역을 방해하지 않고 쉽게 열고 닫을 수 있도록 설계된 뚜껑, 상단 또는 커버를 의미함. 공기 교환에는 립 배기, 환기 팬, 일반 실내 통풍 등이 포함되며 이에 국한되지 않음. 커버의 유형에는 슬라이딩, 양분형, 롤탑 커버 등이 있으며 이에 국한되지 않음.
- **크로스 로드 용제 세척 설비(Cross-rod solvent cleaning machine)** : 부품 바스켓이 기계를 통과할 때 “크로스 로드”에 매달려 있는 배치 용제 세척 설비를 의미함. 크로스 로드 세척 설비에서는 부품이 반 연속적으로 적재되며 단일 포털을 통해 들어오고 나간다.
- **탄소 흡착기(Carbon adsorber)** : 공기 - 용제 가스 - 증기 스트림을 통과하고 탄소에 용제가 흡착되는 활성탄 층을 의미함.
- **프리보드 냉각 장치(Freeboard refrigeration device(=냉각기, chiller))** : 용제

증기 위에 냉기 블랭킷을 제공하기 위해 냉매 또는 기타 냉각 물질을 운반하는 프리보드 영역에 장착된 보조 코일 세트를 의미함.

- **프리보드 높이(Freeboard height)** : 배치형 세척 설비의 경우 공회전 모드에서 측정된 용제/공기 인터페이스에서 세척 설비 상단까지의 거리, 인라인 세척 설비의 경우 공회전 모드에서 측정된 용제/공기 인터페이스에서 입구 또는 출구 개구부의 하단까지의 거리 중 더 낮은 거리를 의미함.
- **프리보드 비율(Freeboard ratio)** : 용제 세척 설비 프리보드 높이와 용제 세척 설비의 작은 내부 치수(길이, 너비 또는 직경)의 비율을 의미함.
- **프리보드 영역(Freeboard area)** : 배치형 세척 설비의 경우 용제/공기 인터페이스에서 용제 세척 설비 상단까지 연장되는 용제 세척 설비 내 영역, 인라인 세척 설비의 경우 용제/공기 인터페이스에서 입구 또는 출구 개구부의 하단까지 연장되는 용제 세척 설비 내 영역 중 더 낮은 쪽을 의미함.
- **호이스트(Hoist)** : 부품 바구니와 세척 부품을 적재 구역에서 용제 세척 설비로, 그리고 제어 속도로 하역 구역으로 운반하는 기계 장치를 의미함. 호이스트는 제어 장치로 작동하거나 세척 사이클을 통해 부품을 자동 순환하도록 프로그래밍 가능함.

□ 배치형 냉각 세척 설비 기준(Batch cold cleaning machine standards)

(1) 침지식 배치형 냉각 용제 세척 설비의 경우

- ① 제품을 넣고 빨 때를 제외하고는 항상 닫혀있는 단단히 밀착된 덮개를 사용하고, 세척기 내 용제 표면에 최소 2.5cm(1.0인치) 두께의 물층을 뒤야 한다.
- ② 제품을 넣고 빨 때를 제외하고는 항상 닫혀있고 단단히 밀착되는 덮개를 사용하고, 프리보드(freeboard) 비율을 0.75 이상 해야 한다.

(2) 원격 저수조 배치형 냉각 용제 세척 설비의 경우

- 제품을 넣고 빨 때를 제외하고는 항상 닫혀있고 단단히 밀착되는 덮개를 사용해야 한다.

(3) (1)-② 또는 (2)에 해당하는 배치형 냉각 용제 세척 설비의 경우, 다음

작업 및 운영 요건을 준수해야 한다.

- ① 모든 폐용제는 수거하여 밀폐용기에 보관해야 한다. (밀폐용기는 감압기능이 포함되어 있고, 액체 용제가 배출되지 않도록 하는 장치가 포함될 수 있다.)
- ② 플렉시블 호스 또는 플러싱 장치를 사용하는 경우, 용제 세척기의 프리보드 영역 내에서만 플러싱을 수행해야 한다.
- ③ 사업주/작업자는 용제로 세척한 부품을 15초동안 또는 용제 물방울이 떨어지는 것이 멈출 때까지 긴 시간동안 물기를 빼야 한다. 구멍이 있거나 막힌 구멍이 있는 부품은 기울이거나 회전해야 한다.
- ④ 사업주/작업자는 용제최대량을 초과하지 않도록 답아야 한다.
- ⑤ 용제 이송 중 유출된 용제는 즉시 닦아내야 한다. 닦은 걸레는 덮개가 있는 용기에 보관해야 한다.
- ⑥ 공기- 또는 펌프- 용매 교반기를 사용하는 경우, 사업주/작업자는 용매 회전 동작을 생성하도록 교반기를 작동시키고, 탱크 벽이나 세척 부품에 용매가 튀지 않도록 해야 한다.
- ⑦ 사업주/작업자는 덮개가 열려있을 때, 저온 세척기가 분당 40미터(분당 132피트) 이상의 외풍에 노출되지 않도록 해야 한다.(탱크 립과 동일한 높이에서 바람 방향으로 1~2미터 사이에서 측정)
- ⑧ (3)-⑨ 의 경우를 제외하고 스펀지, 천, 목재 및 종이 제품은 세척하면 안 된다.
- ⑨ (3)-⑧의 금지 조항은 폴리염화비페닐(PCB)가 함유된 변압기 일부인 다공성 물질을 세척하는 과정에서 해당 변압기를 취급하고 독성물질관리법에 따라 승인된 PCB를 폐기 허가 조건을 준수하여 폐기하는 경우에는 적용되지 않는다.

(4) 배치형 냉각 세척 설비의 사업주는 최초 신고 보고서 및 준수 보고서를

제출해야 한다.

- (5) (3)-① ~ (3)-⑧의 요건을 적용받는 사업주는 설명된 조치 이외의 다른 조치를 사용하도록 요청할 수 있다. 사업주/운영자/관리자에게 대체 조치가 (3)-① ~ (3)-⑧의 요건과 비교하여 동등하거나 더 나은 배출 감소 효과를 가져오는 것을 입증해야 한다.

□ 배치형 증기 및 인라인 세척 설비 기준(Batch vapor and in-line cleaning machine standards)

- (1) 모든 세척 설비에 대해 '대체 표준'에 규정된 경우를 제외하고, 기존 또는 신규 배치형 증기 및 인라인 용제 세척 설비의 경우 소유자/운영자는 ① ~ ⑦의 설계 요건을 준수하는지 확인해야 한다.
- ① 각 세척 설비는 (i) 또는 (ii) 제어 장비 또는 기술 요건을 충족하도록 설계 또는 운영되어야 한다.
 - (i) 쉽게 열거나 닫을 수 있고, 제자리에 있을 때 세척설비 개구부를 완전히 덮으며 균열, 구멍 및 기타 결함이 없는 공회전 및 가동 중지 모드가 있는 덮개가 있어야 한다.((4)-①-(i) 설명 참조)
 - (ii) 실내 통풍을 줄인다. ((5)-②-(ii) 설명 참조)
 - ② 각 세척 설비의 프리보드 비율은 0.75 이상이어야 한다.
 - ③ 각 세척 설비에는 부품을 처음 적재할 때부터 세척이 완료된 부품을 제거할 때까지 분당 3.4미터(분당 11피트) 이하의 속도로 부품 또는 부품 바구니를 이동할 수 있는 자동화 시스템을 갖추어야 한다.
 - ④ 각 증기 세척 설비에는 썬프 용제가 썬프 히터 코일로 떨어지면 썬프 열을 차단하는 장치가 장착되어 있어야 한다. 이는 증기를 사용하여 용매를 가열하는 증기 세척 설비에는 적용되지 않는다.
 - ⑤ 각 증기 세척 설비에는 증기 레벨이 1차 응축기 높이 이상으로 상승하면

섬프 열을 차단하는 증기 레벨 제어 장치가 있어야 한다.

- ⑥ 각 증기 세척 설비에는 1차 응축기가 있어야 한다.
- ⑦ 립 배기를 사용하는 각 세척 설비는 수집된 용제 증기가 탄소 흡착기를 통과하도록 설계 및 운영되어야 한다.(탄소흡착기는 (5)-②-(vii) 요건을 충족하면서 적절하게 작동하고 유지·관리되어야 한다.)

(2) '대체 표준'에 규정된 경우를 제외하고, 기존 또는 신규 배치형 증기 세척 설비의 경우 소유자/운영자는 ① ~ ②의 설계 요건을 준수하는지 확인해야 한다.

- ① 용제/공기 인터페이스 면적이 1.21제곱미터(13제곱피트) 이하인 배치형 증기 세척 설비의 각 소유자/운영자는 (i) 또는 (ii) 요건을 충족해야 한다.

(i) 다음의 제어 조합 중 하나 또는 기타 동등한 제어 방법 사용한다.

〈표 부록-3〉 용매/공기 인터페이스 면적이 1.21제곱미터(13제곱피트) 이하인 배치형 증기 용매 세척 설비를 위한 제어 조합

옵션	제어 조합
1	작업 모드 덮개, 프리보드 비율 1.0, 과열 증기
2	프리보드 냉장 장치, 과열 증기
3	작업 모드덮개, 프리보드 냉장 장치
4	실내 통풍 감소, 프리보드 비율 1.0, 과열 증기
5	프리보드 냉장 장치, 실내 통풍 감소
6	프리보드 냉장 장치, 프리보드 비율 1.0
7	프리보드 냉장 장치, 드웰
8	실내 통풍 감소, 드웰, 프리보드 비율 1.0
9	프리보드 냉장 장치, 탄소 흡착기
10	프리보드 비율 1.0, 과열 증기, 탄소 흡착기

(ii) 해당 용제 세척 설비가 용제/공기 인터페이스 면적당 0.22kg/시간의 공회전 배출 한도를 달성하고 유지가능함을 입증해야 한다.

② 용제/공기 인터페이스 면적이 1.21제곱미터(13제곱피트)를 초과하는 배치형 증기 세척 설비의 각 소유자/운영자는 (i) 또는 (ii) 요건을 충족해야 한다.

(i) 다음의 제어 조합 중 하나 또는 기타 동등한 제어 방법 사용한다.

〈표 부록-4〉 용매/공기 인터페이스 면적이 1.21제곱미터(13제곱피트) 초과하는 배치형 증기 용매 세척 설비를 위한 제어 조합

옵션	제어 조합
1	프리보드 냉장 장치, 프리보드 비율 1.0, 과열 증기
2	드웰, 프리보드 냉장 장치, 실내 통풍 감소
3	작업 모드덮개, 프리보드 냉장 장치, 과열 증기
4	프리보드 비율 1.0, 실내 통풍 감소, 과열 증기
5	프리보드 냉장 장치, 실내 통풍 감소, 과열 증기
6	프리보드 냉장 장치, 실내 통풍 감소, 프리보드 비율 1.0
7	프리보드 냉장 장치, 과열 증기, 탄소 흡착기

(ii) 해당 용제 세척 설비가 용제/공기 인터페이스 면적당 0.22kg/시간의 공회전 배출 한도를 달성하고 유지가능함을 입증해야 한다.

(3) '대체 표준'에 규정된 경우를 제외하고, 인라인 세척 설비의 각 소유자/운영자는 ① ~ ②의 설계 요건을 준수하는지 확인해야 한다. 연속 웹 세척 설비의 소유자/운영자는 (3)의 내용을 준수하는 대신, (7),(8) 요건을 준수해야 한다.

① 기존 인라인 세척 설비의 각 소유자/운영자는 (i) 또는 (ii) 요건을 충족해야 한다.

(i) 다음의 제어 조합 중 하나 또는 기타 동등한 제어 방법 사용한다.

〈표 부록-5〉 기존 인라인 용제 세척 설비의 제어 조합

옵션	제어 조합
1	과열 증기, 프리보드 비율 1.0
2	프리보드 냉장 장치, 프리보드 비율 1.0
3	드웰, 프리보드 냉장 장치
4	드웰, 탄소 흡착기

(ii) 해당 용제 세척 설비가 용제/공기 인터페이스 면적당 0.10kg/시간의 공회전 배출 한도를 달성하고 유지가능함을 입증해야 한다.

① 신규 인라인 세척 설비의 각 소유자/운영자는 (i) 또는 (ii) 요건을 충족해야 한다.

(i) 다음의 제어 조합 중 하나 또는 기타 동등한 제어 방법 사용한다.

〈표 부록-6〉 신규 인라인 용제 세척 설비의 제어 조합

옵션	제어 조합
1	과열 증기, 프리보드 냉장 장치
2	프리보드 냉장 장치, 탄소 흡착기
3	과열 증기, 탄소 흡착기

(ii) 해당 용제 세척 설비가 용제/공기 인터페이스 면적당 0.10kg/시간의 공회전 배출 한도를 달성하고 유지가능함을 입증해야 한다.

(4) 모든 세척 기계에 대해 '대체 표준'에 규정된 경우를 제외하고, 기존 또는 신규 배치 증기 또는 인라인 용제 세척 설비의 각 소유자/운영자는 ① ~ ⑫의 필수 작업 및 운영 요건을 모두 만족해야 한다. 연속 웹 세척 설비의 소유자/운영자는 (4)의 내용을 준수하는 대신, (7),(8) 요건을 준수해야 한다.

- ① 각 세척 설비는 (i) 또는 (ii) 제어 장비 또는 기술 요건을 통합하여 세척 설비 개구부의 공기 흐름 방해를 제어해야 한다.
 - (i) 각 용제 세척 설비의 덮개는 기계에서 용제를 제거하거나, 덮개를 덮지 않아도 되는 유지보수 또는 모니터링이 수행되는 경우를 제외하고는 공회전 및 가동 중지 모드 동안 제자리에 있어야 한다.
 - (ii) 실내 통풍을 줄인다. ((5)-②-(ii) 설명 참조)
- ② 오픈탑 배치 증기 세척 설비에서 세척되는 부품 바스켓 또는 부품은 분당 0.9미터 이하의 속도로 투입되지 않는 한 용매/공기 인터페이스 영역의 50% 이상을 차지하면 안된다.
- ③ 모든 분사 작업은 증기 구역 내 또는 용제 세척 설비의 주변 공기에 직접 노출되지 않은 부분(용제 세척 설비의 정류 또는 밀폐 공간)에서 수행해야 한다.
- ④ 부품의 방향은 용제가 자유롭게 배출되도록 해야 한다. 구멍 또는 막힌 구멍이 있는 부품은 용제 세척 설비에서 제거하기 전에 기울이거나 회전시켜야 한다.
- ⑤ 용제 물방울이 떨어지지 않을 때까지 부품 바구니나 부품이 용제 세척 설비에서 제거되서는 안된다.
- ⑥ 증기 세척 설비를 키는 동안 1차 응축기는 섀프 히터보다 먼저 켜져 있어야 한다.
- ⑦ 증기 세척 설비를 종료하는 동안 섀프 히터를 끄고 용매 증기층이 붕괴될 때까지 기다렸다가 1차 응축기를 꺼야 한다.
- ⑧ 용제 세척 설비에서 용제를 추가하거나 배출할 때, 스톱드 파이프 또는 기타 누출 방지 커플링을 사용하여 용제를 이송해야 하며, 용제 섀프의 파이프 끝은 용제 표면 아래에 위치해야 한다.
- ⑨ 각 용제 세척 설비 및 관련 제어장치는 세척 설비 제조업체에서 권장하는

방법으로 유지·관리하거나 입증된 대체 유지·관리 방법을 사용해야 한다.

- ⑩ 용제 세척 설비의 각 운영자는 관리자가 검사를 요청하는 경우, 용제 세척 절차 테스트를 완료하고 통과해야 한다.
- ⑪ 폐용제, 스틸 바닥, 셉프 바닥은 수거하여 밀폐 용기에 보관해야 한다.(밀폐용기는 감압기능이 포함되어 있고, 액체 용제가 배출되지 않도록 하는 장치가 포함될 수 있다.)
- ⑫ 스펀지, 천, 목재 및 종이 제품은 세척하면 안 된다.

(5) 소유자/운영자((2), (3), (7) 또는 (8)을 준수하는 용제 세척 설비를 보유한 경우에 한함)는 ① ~ ④항에 명시된 요건을 준수해야 한다.

- ① 배치 증기 및 인라인 세척 설비에 사용되는 각 제어 장치에 대한 모니터링을 해야 한다.
- ② 각 모니터링 기간 동안, 표준 제어장치가 (i) ~ (xi) 조건을 충족하는지 여부를 결정한다.
 - (i) 표준을 준수하기 위해 프리보드 냉장 장치를 사용하는 경우, 소유자/운영자는 에어 블랭킷 중앙에서 측정한 냉장 에어 블랭킷 온도가 용제 끓는점의 30%를 넘지 않도록 해야한다.
 - (ii) 이러한 기준을 준수하기 위해 감소된 실내 통풍을 사용하는 경우, 소유자/운영자는 다음 요건을 준수해야 한다.
 - 가. 모니터링 절차에 따라 측정한 결과, 용제 세척 설비의 프리보드 영역 상단 또는 용제 세척 설비의 인클로저 내에서 공기의 흐름 또는 이동이 분당 15.2m를 초과하지 않는지 확인한다.
 - 나. 모니터링 절차에 따라 풍속이 분당 15.2m 이하인 것으로 입증된 운영 조건을 설정·유지한다.

- (iii) 이러한 기준을 준수하기 위해 작업 모드 덮개를 사용하는 경우, 소유자/운영자는 다음 요건을 준수해야 한다.
 - 가. 덮개는 부품을 넣고 뺄 때만 열고, 닫힐 때는 세척 설비 개구부를 완전히 덮어야 한다.
 - 나. 작업 모드 덮개에 균열, 구멍 및 기타 결함이 없는지 확인해야 한다.
- (iv) 이러한 기준을 준수하기 위해 공회전 모드 덮개를 사용하는 경우, 소유자/운영자는 다음 요건을 준수해야 한다.
 - 가. 용제 세척 설비에 부품이 없을 때는 항상 덮개가 제자리에 있는지 확인하고, 제자리에 있을 때는 세척 설비 개구부를 완전히 덮어야 한다.
 - 나. 공회전 모드 덮개에 균열, 구멍 및 기타 결함이 없는지 확인해야 한다.
- (v) 이러한 기준을 준수하기 위해 드웰을 사용하는 경우, 소유자/운영자는 다음 요건을 준수해야 한다.
 - 가. 각 부품 유형 또는 부품 바구니에 대해 적절한 체류 시간을 결정하거나 가장 복잡한 부품 유형 또는 부품 바구니를 사용하여 최대 체류 시간을 결정한다.
 - 나. 세척 후 각 부품이 적절한 체류 시간 또는 가장 복잡한 부품 유형 또는 부품 바구니를 사용하여 결정된 최대 체류 시간 동안 증기 영역 상단의 용제 세척 설비 프리보드 영역에 유지되는지 확인한다.
- (vi) 이러한 기준을 준수하기 위해 과열 증기 시스템을 사용하는 경우, 소유자/운영자는 다음 요건을 준수해야 한다.
 - 가. 과열된 증기 영역 중앙의 용제 증기 온도가 용제의 끓는점보다 최소 10°F 이상 높은지 확인한다.
 - 나. 과열 증기 시스템 내에서 최소 적정 체류 시간을 결정하기 위한 세척 설비 제조 업체의 사양을 준수한다.
 - 다. 부품이 최소 적정 체류 시간 동안 과열된 증기 내에 머물러 있는지 확인한다.

- (vii) 이러한 기준을 준수하기 위해 세척설비 내부 립 배기 또는 탄소 흡착기를 사용하는 경우, 소유자/운영자는 다음 요건을 준수해야 한다.
- 가. 이 장치에서 배출되는 배기가스의 유기 용매 농도가 할로젠화 HAP 화합물의 100ppm을 초과하지 않는지 확인해야 한다.
 - 나. 탈착하는 동안 탄소 흡착층이 우회되지 않도록 해야 한다.
 - 다. 립 배기구가 용제 세척 설비 덮개 위에 위치하도록 하여 덮개가 립 배기구 아래로 닫히도록 해야 한다.
- (viii) (7)의 연속 웹 세척 설비 표준을 준수하기 위해 과열 증기 시스템을 사용하는 경우, 소유자/운영자는 부품이 세척 설비를 통과하는 동안 연속 웹 부품의 온도가 용매 비점보다 화씨 10도 이상 높도록 해야 한다.
- (ix) (7)-③-(iii) 또는 (8)-②-(i) 연속 웹 세척 조건을 준수하기 위해 스퀴지 시스템을 사용하는 경우, 소유자/운영자는 다음 요건을 준수해야 한다.
- 가. 스퀴지 시스템에 사용되는 스퀴지에 대한 적절한 최대 제품 처리량을 결정해야 한다.
 - 나. 주간 모니터링을 수행하고, 결과를 기록한다.
 - 다. 스퀴지가 교체된 이후 처리된 연속 웹 제품의 총량을 계산하고 스퀴지의 최대 제품 처리량과 비교한다.
 - 라. 스퀴지는 최대 제품 처리량에 도달하거나 그 전에 교체해야 한다.
 - 마. 스퀴지가 세척설비에서 나온 직후 연속 웹 부품에 용제 필름이 보이면 스퀴지의 최대 제품 처리량을 다시 결정한다.
- (x) (7)-③-(iii) 또는 (8)-②-(i) 연속 웹 세척 조건을 준수하기 위해 에어 나이프 시스템을 사용하는 경우, 소유자/운영자는 다음 요건을 준수해야 한다.
- 가. 에어 나이프가 제대로 작동하는 매개변수 및 매개변수 값을 결정해야 한다.
 - 나. 에어 나이프 매개변수 값을 (1)항에서 결정한 수준으로 유지한다.

다. (1)-③에서 요구하는 주간 모니터링을 수행한다.

라. 세척 설비에서 나온 직후 연속 웹 부품에 솔벤트 필름이 보이면 적절한 에어 나이프 매개변수 값을 다시 결정한다.

(xi) (7)-③-(iii) 또는 (8)-②-(i) 연속 웹 세척 조건을 준수하기 위해 스퀴지 및 에어 나이프 시스템을 함께 사용하는 경우, 소유자/운영자는 다음 요건을 준수해야 한다.

가. 시스템이 제대로 작동하는 매개변수 및 매개변수 값을 결정해야 한다.

나. 매개변수 값을 (1)항에서 결정한 수준으로 유지한다.

다. (1)-③에서 요구하는 주간 모니터링을 수행한다.

라. 세척 설비에서 나온 직후 연속 웹 부품에 솔벤트 필름이 보이면 적절한 매개변수 값을 다시 결정한다.

③ (5)-②의 요건 중 어느 하나라도 충족되지 않은 경우, (i) 및 (ii)의 기준을 사용하여 초과 여부를 판단한다.

(i) (5)-②-(ii)-나, (5)-②-(iii)-가, (5)-②-(iv)-가, (5)-②-(v), (5)-②-(vi)-나, (5)-②-(vi)-다, (5)-②-(vii)-나, (5)-②-(vii)-다의 요건이 충족되지 않으면 초과가 발생한 것으로 간주한다.

(ii) (5)-②-(i), (5)-②-(ii)-가, (5)-②-(iii)-나, (5)-②-(iv)-나, (5)-②-(vi)-가, (5)-②-(vii)-가의 요건이 충족되지 않고, 발견 후 15일 이내 시정되지 않으면 초과가 발생한 것으로 간주한다. 용제 세척 시스템 또는 제어 장치를 조정하거나 수리하여 필요한 요건 수준으로 다시 설정하고, 조정하거나 수리 후 즉시 재측정하여 필요한 요건 수준 내에 있음을 입증해야 한다.

④ 소유자/운영자는 (8)에 명시된 대로 모든 초과 사항과 수정, 조치 사항을 보고해야 한다.

(6) (2)-①-(ii), (2)-②-(ii), (3)-①-(ii), (3)-②-(ii)의 공회전 배출 제한 기준을 준수하는 배치 증기 또는 인라인 용제 세척 설비를 보유한 소유자/운영자의 경우, ① ~ ⑤항에 명시된 요건을 준수해야 한다.

① (i), (ii)에 명시된 요구 사항을 준수하기 위해 초기 성능 테스트를 수행한다.

(i) 해당 공회전 배출 제한을 준수한다는 것을 입증해야 한다.

(ii) 규정 준수를 입증하기 위해 모니터링할 매개변수를 설정한다. (5)-②항에 나열된 제어 장치를 사용하는 경우, 소유자/운영자가 만족하는 효과적인 대체 전략임을 입증할 수 없는 한 (5)-②에 나열된 제어 장치에 대한 요구 사항을 준수해야 한다.

② 규정 준수 입증하는 데 사용되는 매개 변수를 주기적으로 모니터링한다.

③ 초기 성능 테스트에서 확인된 매개변수 내에서 용제 세척 설비를 작동한다.

④ (6)-①부터 (6)-③까지의 요건 중 어느 하나라도 충족되지 않은 경우, (i) 및 (ii)의 기준을 사용하여 초과 여부를 판단한다.

(i) (5)에 나열된 제어 조치를 사용하는 경우, (5)-②의 적절한 매개변수 값과 (5)-③-(i), (5)-③-(ii)에 명시된 초과 기준을 준수해야 한다.

(ii) (5)에 나열되지 않은 제어 조치를 사용하는 경우, 소유자/운영자는 이 제어 조치가 적절한지 판단하기 위해 모니터링되는 매개변수 초과가 즉각적인지 또는 15일의 수리 기간이 허용될지 확인해야 한다. 이 정보는 승인을 위해 관리자에게 제출되어야 한다.

⑤ 소유자/운영자는 모든 초과사항과 수정 및 조치 사항을 보고해야 한다.

(7) 연속 웹 세척 설비를 보유한 소유자/운영자의 경우, ① ~ ④항에 명시된 요건을 준수해야 한다.

① 각 연속 웹 세척 설비는 다음 제어 조치 중 하나를 설치, 유지 및 작동시켜야 한다. (②항에 규정된 경우는 제외)

(i) 기존 연속 웹 세척 설비에 대해 다음과 같은 제어 조치가 허용된다.

가. 과열 증기 또는 과열 부품 기술 및 1.0 이상의 프리보드 비율

나. 프리보드 냉장 장치 및 1.0 이상의 프리보드 비율

다. (5)-②-(vii)의 요건을 충족하는 탄소 흡착 시스템

(ii) 신규 연속 웹 세척 설비에 대해 다음과 같은 제어 조치가 허용된다.

가. 과열 증기 또는 과열 부품 기술, 프리보드 냉장 장치

나. 프리보드 냉장 장치 및 (5)-②-(vii)의 요건을 충족하는 탄소 흡착 시스템

다. 과열 증기 또는 과열 부품 기 및 (5)-②-(vii)의 요건을 충족하는 탄소 흡착 시스템

② 탄소 흡착기 시스템이 전체 용매 제어 효율(포집 효율, 제거 효율)이 70% 이상임을 입증할 수 있는 경우, 이 시스템은 (7)의 옵션과 동일한 것으로 본다.

③ 연속 웹 세척 설비의 소유자/운영자는 (1)의 규정을 준수하는 대신 다음 규정을 준수해야 한다.

(i) 각 세척 설비는 다음 제어 조치 중 하나를 충족해야 한다.

가. 쉽게 열거나 닫을 수 있고, 제자리에 있을 때 세척설비 개구부를 완전히 덮으며 균열, 구멍 및 기타 결함이 없는 공회전 및 가동 중지 모드가 있는 덮개가 있어야 한다. 공회전 모드에서 입구 또는 출구를 완전히 덮는 연속 웹 부품의 경우 해당 요건을 충족하는 것으로 간주한다.

나. 실내 통풍을 줄인다.

다. 덮개를 점검한 경우, 연속 웹 부품 피드 릴과 테이크업 릴을 실내

- 대기로부터 분리하는 개스킷 또는 누출 방지 장치가 있어야 한다.
- 라. 공회전 및 가동 중지 모드 동안 음압 상태임을 입증하고, (5)-②-(vii) 또는 (7)-②의 요건을 충족하는 탄소 흡착 시스템으로 배출되어야 한다.
- (ii) 연속 웹 세척 설비는 해당 세척 설비가 원격 저수조 연속 웹 세척 설비가 아닌 한 프리보드 비율이 0.75 이상이어야 한다.
- (iii) 스퀴지 시스템 또는 에어 나이프 시스템이 설치, 유지 및 작동하는 연속 웹 세척 설비가 아닌 경우, 연속 웹 세척 설비는 부품을 처음 적재할 때부터 세척이 완료된 부품을 제거할 때까지 분당 3.4미터(분당 11피트) 이하의 속도로 부품 또는 부품 바구니를 이동할 수 있는 자동화 시스템을 갖추어야 한다.
- (iv) 세척 설비에는 섬프 용제가 섬프 히터 코일로 떨어지면 섬프 열을 차단하는 장치가 장착되어 있어야 한다. 이는 증기를 사용하여 용매를 가열하는 증기 세척 설비에는 적용되지 않는다.
- (v) 각 증기 세척 설비에는 증기 레벨이 1차 응축기 높이 이상으로 상승하면 섬프 열을 차단하는 증기 레벨 제어 장치가 있어야 한다.
- (vi) 각 증기 세척 설비에는 1차 응축기가 있어야 한다.
- (vii) 립 배기 또는 기타 배기를 사용하는 용제 세척 설비는 포집된 용제 증기가 (5)-②-(vii) 또는 (7)-② 요건을 충족하는 탄소 흡착기를 통과하도록 설계·운영되어야 한다.
- ④ 연속 웹 세척 설비의 소유자/운영자는 (4)의 규정을 준수하는 대신 다음 규정을 준수해야 한다.
- (i) 다음 제어 장비 또는 기술 요건을 통합하여 세척 설비 개구부의 공기 흐름 방해를 제어해야 한다.
- 가. 각 용제 세척 설비의 덮개는 기계에서 용제를 제거하거나, 덮개를 덮지 않아도 되는 유지보수 또는 모니터링이 수행되는 경우를 제외하고는 공회전 및 가동 중지 모드 동안 제자리에 있어야 한다.
- 나. 실내 통풍을 줄인다.

- 다. 덮개를 점검한 경우, 연속 웹 부품 피드 릴과 테이크업 릴을 실내 대기로부터 분리하는 개스킷 또는 누출 방지 장치가 있어야 한다.
- 라. 공회전 및 가동 중지 모드 동안 음압 상태임을 입증하고, (5)-②-(vii) 또는 (7)-②의 요건을 충족하는 탄소 흡착 시스템으로 배출되어야 한다.
- (ii) 모든 분사 작업은 용제 세척 설비의 주변 공기에 직접 노출되지 않은 부분(용제 세척 설비의 정류 또는 밀폐 공간) 또는 문 또는 덮개가 있는 세척 설비 내에서 수행해야 한다.
- (iii) 증기 세척 설비를 켜는 동안 1차 응축기는 섀프 히터보다 먼저 켜져 있어야 한다.
- (iv) 증기 세척 설비를 종료하는 동안 섀프 히터를 끄고 용매 증기층이 붕괴될 때까지 기다렸다가 1차 응축기를 꺼야 한다.
- (v) 용제 세척 설비에서 용제를 추가하거나 배출할 때, 스프레드 파이프 또는 기타 누출 방지 커플링을 사용하여 용제를 이송해야 하며, 용제 섀프의 파이프 끝은 용제 표면 아래에 위치해야 한다.
- (vi) 각 용제 세척 설비 및 관련 제어장치는 세척 설비 제조업체에서 권장하는 방법으로 유지·관리하거나 입증된 대체 유지·관리 방법을 사용해야 한다.
- (vii) 폐용제, 스틸 바닥, 섀프 바닥은 수거하여 밀폐 용기에 보관해야 한다.(밀폐용기는 감압기능이 포함되어 있고, 액체 용제가 배출되지 않도록 하는 장치가 포함될 수 있다.)
- (viii) 스펀지, 천, 목재 및 종이 제품은 세척하면 안 된다.
- (ix) (7)-④-(vii)의 금지사항은 롤러 및 롤러 커버를 포함하는 연속 웹 세척 설비의 세척 과정에 일부 사용되는 흡습성 재료에는 적용되지 않는다.
- (8) 원격 저수조 연속 웹 세척 설비의 소유자/운영자는 ① ~ ④항에 명시된 요건을 준수해야 한다.
- ① 신규 원격 저수조 연속 웹 세척 설비에 대하여 다음 제어 조치 중

하나를 설치, 유지 및 작동시켜야 한다.(②항에 규정된 경우는 제외)

- (i) 과열 증기 또는 과열 부품 기술
- (ii) (5)-②-(vii)의 요건을 충족하는 탄소 흡착기
- (iii) 탄소 흡착기 시스템이 전체 용매 제어 효율(포집 효율)이 70% 이상임을 입증할 수 있는 경우, (i), (ii)와 동일한 것으로 본다.

② 원격 저장소 연속 웹 세척 설비의 소유자/운영자는 (1)의 규정을 준수하는 대신 다음 규정을 준수해야 한다.

- (i) 스퀴지 시스템 또는 에어 나이프 시스템이 설치, 유지 및 작동하는 연속 웹 세척 설비가 아닌 경우, 연속 웹 세척 설비는 부품을 처음 적재할 때부터 세척이 완료된 부품을 제거할 때까지 분당 3.4미터(분당 11피트) 이하의 속도로 부품 또는 부품 바구니를 이동할 수 있는 자동화 시스템을 갖추어야 한다.
- (ii) 증기 세척 설비에는 섬프 용제가 섬프 히터 코일로 떨어지면 섬프 열을 차단하는 장치가 장착되어 있어야 한다.
- (iii) 증기 세척 설비에는 증기 레벨이 1차 응축기 높이 이상으로 상승하면 섬프 열을 차단하는 증기 레벨 제어 장치가 있어야 한다.
- (iv) 증기 세척 설비에는 1차 응축기가 있어야 한다.
- (v) 립 배기 또는 기타 배기를 사용하는 각 세척 설비는 포집된 용제 증기가 (5)-②-(vii) 또는 (7)-② 요건을 충족하는 탄소 흡착기를 통과하도록 설계·운영되어야 한다.

③ 원격 저장소 연속 웹 세척 설비의 소유자/운영자는 (4)의 규정을 준수하는 대신 다음 규정을 준수해야 한다.

- (i) 모든 분사 작업은 용제 세척 설비의 주변 공기에 직접 노출되지 않은 부분(용제 세척 설비의 정류 또는 밀폐 공간) 또는 문 또는 덮개가 있는 세척 설비 내에서 수행해야 한다.
- (ii) 증기 세척 설비를 켜는 동안 1차 응축기는 섬프 히터보다 먼저 켜져 있어야 한다.

- (iii) 증기 세척 설비를 종료하는 동안 섉프 히터를 끄고 용매 증기층이 붕괴될 때까지 기다렸다가 1차 응축기를 꺼야 한다.
- (iv) 용제 세척 설비에서 용제를 추가하거나 배출할 때, 스투드 파이프 또는 기타 누출 방지 커플링을 사용하여 용제를 이송해야 하며, 용제 섉프의 파이프 끝은 용제 표면 아래에 위치해야 한다.
- (v) 각 용제 세척 설비 및 관련 제어장치는 세척 설비 제조업체에서 권장하는 방법으로 유지·관리하거나 입증된 대체 유지·관리 방법을 사용해야 한다.
- (vi) 폐용제, 스투일 바닥, 섉프 바닥은 수거하여 밀폐 용기에 보관해야 한다.(밀폐용기는 감압기능이 포함되어 있고, 액체 용제가 배출되지 않도록 하는 장치가 포함될 수 있다.)
- (vii) 스퉀지, 천, 목재 및 종이 제품은 세척하면 안 된다.
- (viii) (8)-③-(vii)의 금지사항은 롤러 및 롤러 커버를 포함하는 연속 웹 세척 설비의 세척 과정에 일부 사용되는 흡습성 재료에는 적용되지 않는다.

연구진

연구기관 : 산업안전보건연구원

연구책임자 : 이나루 (실장, 산업화학연구실)

연구원 : 정수진 (과장, 산업화학연구실)

연구원 : 신아롬 (과장, 산업화학연구실)

연구원 : 권수현 (대리, 산업화학연구실)

연구기간

2024. 01. 01. ~ 2024. 11. 30.

본 연구보고서의 내용은 연구책임자의 개인적 견해이며,
우리 연구원의 공식견해와 다를 수도 있음을 알려드립니다.

산업안전보건연구원장

**할로겐화 세척작업의 제어기술 상향전환을 위한 사회적 인프라 조사
(2024-산업안전보건연구원-770)**

발행일 : 2024년 12월 31일

발행인 : 산업안전보건연구원 원장 박승현

연구책임자 : 산업화학연구실 실장 이나루

발행처 : 안전보건공단 산업안전보건연구원

주소 : (44429) 울산광역시 중구 종가로 400

전화 : 042-869-0301

팩스 : 042-863-9001

Homepage : <http://oshri.kosha.or.kr>

I S B N : 979-11-94453-46-8

공공안심글꼴 : 무료글꼴, 한국출판인회의, Kopub바탕체/돋움체