

최종보고서

금속제품 세척제 관련 화학물질 규제변화의 영향조사 및 개선방안 마련

- 할로겐화 유기용제 세척제 중심으로 -

최영은·김신범·김원·조준희·이근탁·최혜영·현재순

산업재해예방

안전보건공단

산업안전보건연구원



제 출 문

산업안전보건연구원장 귀하

본 보고서를 “금속제품 세척제 관련 화학물질 규제변화의
영향조사 및 개선방안 마련”의 최종보고서로 제출합니다.

2022년 10월

연구진

연구기관 : (재)원진직업병관리재단

연구책임자 : 최영은 (팀장, 원진재단부설 노동환경건강연구소)

연구원 : 김신범 (부소장, 원진재단부설 노동환경건강연구소)

연구원 : 김 원 (실장, 원진재단부설 노동환경건강연구소)

연구원 : 조준희 (팀장, 원진재단부설 노동환경건강연구소)

연구보조원 : 이근탁 (연구원, 원진재단부설 노동환경건강연구소)

연구보조원 : 최혜영 (연구원, 원진재단부설 노동환경건강연구소)

연구보조원 : 현재순 (기획국장, (사)일과건강)

요약문

- 연구기간 2022년 5월 ~ 2022년 10월
- 핵심단어 할로겐세척제, 화학물질관리정책, 규제회피, 공급망관리
- 연구과제명 금속제품 세척제 관련 화학물질 규제변화의 영향조사 및 개선방안 마련

1. 연구 배경 및 목적

올해 2월 경남지역의 두 사업장에서 할로겐 세척제로 인한 급성중독 사고가 잇달아 발생하였다. 이번 사고는 「중대재해처벌법」이 시행되던 시기여서 사회적 관심을 크게 받았다. 그러나 산업보건 분야에서 이 사건이 심각하게 받아들여진 배경은 다른 곳에 있었다. 바로 중독사고를 일으킨 원인물질이 트리클로로메탄이었기 때문이다. 트리클로로메탄은 클로로포름으로 잘 알려진 물질로서 할로겐 화합물 중에서도 급성적으로 간손상을 발생시키는 독성물질이기 때문에, 실험용이나 연구용으로는 사용하지만 세척제로 사용하는 것은 유럽이나 우리나라에서 사례가 없는 일이었다. 트리클로로메탄을 사용하게 된 배경이 무엇이며, 얼마나 많은 사업장에서 트리클로로메탄을 세척제로 사용하고 있는지 등 정부는 큰 관심 속에 조사를 진행하였다. 이 과정에서 세척제 성분을 속이거나 함량을 조작하는 등의 문제가 드러났으며, 유독물질의 지정확대 및 혼합물 함량기준 강화가 배경으로 지적되기도 하였다. 따라서 본 연구는 우리나라 세척작업에서 이러한 문제들이 왜 발생하는지 진단하고, 대책을 마련할 목적으로 수행되었다. 특히, 다음과 같은 중요한 질문들에 대해 답을 찾고자 하였다.

첫째, 세척작업에서 사용할 세척제는 할로겐 세척제와 같은 위험한 물질밖에 없는가?

둘째, 사고가 발생한 사업장에서는 왜 트리클로로메탄을 사용하게 되었는가? 일각의 우려대로 유독물질 관련한 정부 규제의 강화가 중요한 원인인가?

셋째, 정부의 사고조사 결과 등을 종합할 때 이번 사건의 핵심적 원인은 무엇이며, 그에 대해 정부는 어떠한 대책을 마련해야 하겠는가?

2. 주요 연구내용

1) 대체세척제·세척기술 개발 및 적용에 대한 국내외 사례

이번 사고는 대체 세척제 및 세척기술의 부재와 같은 기술적 원인으로 발생된 것은 아니었다. 우리나라에서도 대체세척제와 기술에 대한 연구개발이 활발하게 이루어져 왔고, 국내외 사례를 통해 할로젠 세척제를 수계, 준수계, 알코올계 세척제 등으로 대체가 충분히 가능하다는 것이 확인되었다. 그러나, 완벽한 대체는 불가능하기 때문에, 디클로로메탄이나 트리클로로에틸렌 같은 할로젠 세척제는 미국이나 유럽 등에서도 아직까지 사용되고 있었다. 대신 할로젠 세척제를 사용하지 않아도 되는 작업에서는 알칼리세척제와 같이 보다 유해성이 낮고, 환경에 피해가 적은 물질이 사용되고 있었다. 국내외 세척제 시장에서는 디클로로메탄이나 트리클로로에틸렌이 계속 사용되고 있었다.

따라서 이번에 사고가 발생한 사업장에서 트리클로로메탄을 굳이 사용해야 할 이유는 없었다. 기존에 디클로로메탄 등을 이미 사용했었기 때문에, 국내 외에서 세척제로의 사용 이력이 거의 없는 트리클로로메탄을 사용한 것은 매우 특수한 상황이라고 볼 수 있다.

2) 트리클로로메탄을 세척제로 사용한 이유

트리클로로메탄을 주성분으로 한 세척제 원료 공급사 및 세척제 제조사와 인터뷰를 실시한 결과, 트리클로로메탄을 사용하게 된 이유는 환경부의 「화학

물질관리법」에 따른 유독물질에 해당되지 않는 세척제를 사용자 기업이 원했기 때문에 공급했다는 입장을 확인하였다. 공급자 기업은 트리클로로메탄이 가진 유해성을 알고 있었고, 사용자 기업에게 국소배기장치가 없어서는 안된다는 입장을 전달했다고 발언하였다. 하지만, 이들 기업의 홈페이지에는 트리클로로메탄이 유독물질이 아니면서 비용이 저렴한 친환경세척제(혹은 대체세척제)라는 홍보가 이루어지고 있어 인터뷰 결과와 다른 정황도 확인되었다.

또한 유독물질 지정이나 특별관리물질 지정 등의 규제가 세척제 원료 성분의 변화에 영향을 미칠 수 있다는 사실을 확인하기 위하여 독스프리 데이터베이스를 활용한 분석을 실시하였다. 유독물질의 지정 확대나 유독물질 함량기준 강화 시점에 MSDS상 세척제 성분이 바뀌는 것을 통계적으로 확인할 수 있었다. 그리고 인터뷰를 통해 2015년 이후 이러한 현상이 본격화되었다는 것을 알 수 있었다. 구미 불산 누출사고 때문에 전면개정된 「화학물질관리법」이 강력하게 이행력을 확보함에 따라, 세척제 공급자와 사용자들의 유독물질 회피 현상이 더 강화되었다는 것이다.

3) 사고 발생의 중요 원인

이번 사고는 국소배기시설 미비 등이 직접적 사고원인으로 볼 수 있으나, 급성 간손상의 측면에서는 디클로로메탄으로부터 트리클로로메탄으로 세척제를 변경한 것이 결정적인 사고 원인이었다고 할 수 있다. 즉, 작업환경 관리를 하지 않은 사업장 요인과 부실한 산업보건서비스의 문제, 그리고 유독물질 관리 기준을 회피하려다가 심각한 급성 독성물질을 사용하면서 발생한 사고라는 해석이 가능하다.

따라서 본 연구는 새로이 등장한 원인인 규제 회피행위에 대해 본격적인 조사를 수행하게 되었다.

4) 규제회피 행위와 관련된 시장 요인 분석

정상적 시장에서 위법적 규제회피 행위는 잘 드러나지 않는다. 그런데 본 연구의 인터뷰에서는 유독물질을 회피하려는 시도가 매우 광범위한 차원에서 진행되고 있다는 점을 알 수 있었다. 이것은 개별적인 나쁜 사업주의 문제가 아니라 시장 자체의 문제가 크게 작용할 가능성을 보여준 것이다. 인터뷰에 응한 세척제 공급자와 사용자들은 모두 하나의 원인을 지적하고 있었다. 공급망에서 부품단가가 너무 낮게 책정되고 있으며, 세척단가가 부품단가에 제대로 반영되지 못하고 있다는 점이었다. 그리고 또 하나의 요인은 이러한 회피 행위가 쉽게 적발되지 않을 것이라는 판단이 있었다. 유독물질을 회피하는 경우 환경부는 유독물질을 사용하지 않는 것으로 간주되기 때문에 사업장의 시설기준이나 취급기준을 감독하러 오지 않으며, 고용노동부는 노출기준을 초과하지 않는 한 화학물질에 관련한 별도의 감독이 오는 경우가 드물다고 보고 있었다. 즉, 낮은 부품단가에 적응하기 위하여 생산비용을 줄여야 하는데, 위법적 규제회피 행위를 하더라도 적발 가능성이 낮은 세척작업에서 생산비용을 줄이는 것이 관련 업계의 관행처럼 형성되었다고 평가할 수 있었다.

최근 ESG 정책이 강화되고 있으며 대기업에서는 공급망관리 정책도 강화되는 것으로 보였으나, 세척제 사용자 기업들은 형식적 서류관리일 뿐이라고 일축했다. 실제로 사고가 발생한 사업장 모두 대기업의 1차 협력사였으나, 이렇게 심각한 문제들이 공급망관리에서 발견되지 않았던 것으로 보인다. 정부의 규제 감독과 시장의 자발적관리 노력 모두 세척제 시장에서 벌어지는 위법적 회피행위를 발견하지 못하고 있었던 것이다.

3. 연구 활용방안

첫째, 고용노동부는 정책을 마련할 때 불공정한 시장 문제로 인해 기업들이 규제회피를 일상적으로 선택할 가능성이 높다는 것을 전제하고, 이러한 환경

에서 규제가 효과적으로 작동될 방안을 마련해야 한다. 본 연구에서는 특히 세척제와 같이 유독물질 원료를 많이 사용하는 제품에 대해 규제 강화로 인한 회피의 발생 여부를 국가가 감시하는 체계가 필요하다고 판단한다. 고용노동부의 MSDS 데이터베이스를 활용한다면, 시장 내 규제회피가 우려되는 제품군을 찾아내는 것은 가능할 것이기 때문이다. 이러한 예측에 기반하여 고용노동부의 감독행정이 달라질 필요가 있다. 사업장 방문조사 기준에 규제회피 우려 제품군을 사용하는 사업장이 들어가는 것이 타당하다.

둘째, 제품 공급자들에 대한 정책을 개발해야 한다. 공급자의 이익을 위하여 사용자의 규제회피를 조장하는 태도를 처벌할 수 있는 근거를 마련할 수 있는지 검토가 필요하다. 만약 법적 처벌이 불가능하다면 시장에서 이들의 행위를 국가가 관찰하고 있다는 메시지를 주는 정책을 도입해야 한다. 이들은 정부가 지켜보고 있는 상황에서 마케팅으로 불법적 메시지를 전달하지는 못할 것이기 때문이다.

셋째, 시장과 공조체계를 구축할 필요가 있다. 대기업의 ESG 정책이 부실하기는 하지만 향후 효과적으로 정부의 정책에 도움이 될 수 있는 도구라는 인식이 필요하다. 사고가 발생한 사업장에서 공급망관리가 실제로 집행되었다면 문제를 예방하는데 크게 기여했을 것이라는 점이 드러났다. 사고가 발생한 사업장 중 A사업장은 세척제 원료 변경을 원청에 보고하고 검토를 요청하였기 때문이다. 실제로 공급망관리 정책에서 유해한 원료들을 사용하는 것을 감시하는 자율관리체계가 작동된다면 정부는 이를 적극 응원하고 활용하는 것이 타당하다.

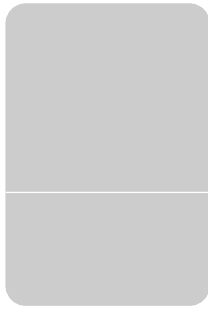
넷째, 해외사례를 볼 때 안전한 세척제를 개발하고 보급하는 것은 정부의 고유한 역할이다. 다만 비용의 문제나 시설의 문제 때문에 이러한 대체세척제에 대한 선호도가 저절로 높아지지는 않을 것이다. 정부가 금속가공 사업장이 밀집된 산업단지에서 실험적으로 대체세척제를 사용하는 시설을 운영하는 등의 공공성 있는 대안을 모색하는 것도 방법이 될 수 있다. 대체세척제 사용이 될 수 있는 시장 내 요인을 정부가 찾아내 더 많은 기업들이 안전한 선택을 하도록 유도할 수 있도록 중장기적 로드맵을 마련하는 것이 필요하다.

4. 연락처

- 연구책임자 : 원진직업병관리재단 노동환경건강연구소 팀장 최영은
- 연구상대역 : 산업안전보건연구원 화학물질평가1부 과장 이도희
 - ☎ 042) 869. 0358
 - E-mail iamdohee24@kosha.or.kr

목 차

I. 서 론	3
1. 연구 배경 및 필요성	3
2. 연구 목적	3
II. 연구 방법	7
1. 연구 범위	7
2. 연구 내용 및 방법	9
III. 연구결과	13
1. 산업용 세척제의 주요 성분인 할로겐화 유기용제 특징	13
2. 대체세척제·세척기술 개발 및 적용에 대한 국내외 사례	23
3. 트리클로로메탄을 세척제로 사용한 이유	37



목 차

4. 사건 발생의 중요 원인 분석 결과	53
5. 규제 회피행위에 대한 개념정의 및 본 연구에서의 관점	70
6. 규제 회피행위와 관련된 시장 요인	76
 VI. 결론 및 제언	89
1. 결론	89
2. 제언	92
 참고문헌	95
 Abstract	101
 부록	105

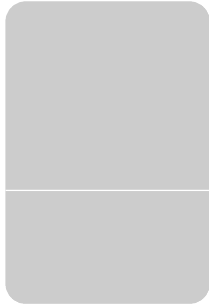


표 목차

〈표 Ⅲ-1〉 산업세정 기술의 적용 분야	24
〈표 Ⅲ-2〉 톡스프리 제품 현황	45
〈표 Ⅲ-3〉 톡스프리 세척제 중 트리클로로메탄이 발견된 제품	48
〈표 Ⅲ-4〉 유럽 REACH의 등록정보에서 확인된 트리클로로메탄의 유해성과 용도 ·	49
〈표 Ⅲ-5〉 솔벤트 세척제 중 중요물질 선정	50
〈표 Ⅲ-6〉 중요물질 함유 제품 현황	51
〈표 Ⅲ-7〉 세척제 급성중독 사고 발생 후 정부의 대응 조치	55
〈표 Ⅲ-8〉 금속제품 세척공정 보유 사업장 현황	63
〈표 Ⅲ-9〉 세척방식 유형에 따른 취급 세척제 성분 혼합 특징	64
〈표 Ⅲ-10〉 취급 세척제 현황	64
〈표 Ⅲ-11〉 사업장 규모별 세척공정 보건조치 현황	68

그림목차

[그림 Ⅲ-1] 할로겐화 유기용제의 인체 건강영향	18
[그림 Ⅲ-2] DCM과 TCE 노출로 인한 국내 재해사례	21
[그림 Ⅲ-3] 대체세척제의 분류	26
[그림 Ⅲ-4] DCM 세척제 공급업체에서 대체세척제를 추천하는 비수계 세척제 물성과 DCM 비교표	32
[그림 Ⅱ-5] TUIR CleanerSolutions Database	35
[그림 Ⅱ-6] TUIR P2OASys	35
[그림 Ⅲ-7] 미국 매사추세츠 기업의 안전한 대체 사례	36
[그림 Ⅲ-8] 디클로로메탄의 유독물질 영업허가 경과조치 만료에 따른 대체품 안내글 ..	40
[그림 Ⅲ-9] 대체품의 구성성분 비교	41
[그림 Ⅲ-8] 톡스프리 전체 제품의 MSDS 제·개정연도 분포	46
[그림 Ⅲ-9] 톡스프리 세척제 제품 유형 및 MSDS 제·개정연도 분포	47
[그림 Ⅲ-10] 규제 시점과 세척제 성분 변화	53
[그림 Ⅲ-11] 초음파세척(3조식) 작업장 모습	66
[그림 Ⅲ-12] 현장 내 보관 중인 세척제	67
[그림 Ⅲ-13] 담금세척 작업장 모습	67
[그림 Ⅲ-14] 중세독일에서 법률회피 개념	72
[그림 Ⅲ-15] 규제회피 행위의 성격	75
[그림 Ⅲ-18] 하도급 불공정거래 문제가 중소기업에게 중요하다는 것을 보여주는 기사 ..	84

I. 서론

.....

I. 서론

1. 연구 배경 및 필요성

올해 2월 경남지역의 두 사업장에서 할로젠 세척제로 인한 급성중독 사고가 잇달아 발생하였다. 이번 사고는 「중대재해처벌법」이 시행되던 시기여서 사회적 관심을 크게 받았다. 그러나 산업보건 분야에서 이 사건이 심각하게 받아들여진 배경은 다른 곳에 있었다. 바로 중독사고를 일으킨 원인물질이 트리클로로메탄이었기 때문이다. 트리클로로메탄은 클로로포름으로 잘 알려진 물질로서 할로젠 화합물 중에서도 급성적으로 간손상을 발생시키는 독성물질이기 때문에, 실험용이나 연구용으로는 사용하지만 세척제로 사용하는 것은 유럽이나 우리나라에서 사례가 없는 일이었다. 트리클로로메탄을 사용하게 된 배경이 무엇이며, 얼마나 많은 사업장에서 트리클로로메탄을 세척제로 사용하고 있는지 등 정부는 큰 관심 속에 조사를 진행하였다. 이 과정에서 세척제 성분을 속이거나 함량을 조작하는 등의 문제가 드러났으며, 유독물질의 지정확대 및 혼합물 함량기준 강화가 배경으로 지적되기도 하였다.

2. 연구 목적

따라서 본 연구는 우리나라 세척작업에서 이러한 문제들이 왜 발생하는지 진단하고 대책을 마련할 목적으로 수행되었다. 특히, 다음과 같은 중요한 질문들에 대해 답을 찾고자 하였고, 사업장 수준의 원인뿐만 아니라, 세척제 공급망과 제조업 부품 공급망 시장 수준의 원인까지 진단하고 대책을 마련하고자 하였다.

첫째, 세척작업에서 사용할 세척제는 할로젠 세척제와 같은 위험한 물질밖에 없는가?

둘째, 사고가 발생한 사업장에서는 왜 트리클로로메탄을 사용하게 되었는가? 일각의 우려대로 유독물질 관련한 정부 규제의 강화가 중요한 원인인가?

셋째, 정부의 사고조사 결과 등을 종합할 때 이번 사건의 핵심적 원인은 무엇이며, 그에 대해 정부는 어떠한 대책을 마련해야 하겠는가?

Ⅱ. 연구 방법

.....

II. 연구 방법

1. 연구 범위

본 연구의 제목에는 ‘규제변화’라는 단어가 등장한다. 따라서 ‘규제변화’를 정의하고 그 범위를 정하는 것은 매우 중요한 일이다. 또한 세척제 관련 규제의 제정 및 변화가 법을 준수해야 하는 사업주들의 위법 및 준법 행위에 어떤 영향을 미쳤는지 분석함으로써 효과적인 규제 이행방안을 마련하는 것을 목적으로 한다. 따라서 이에 적합한 방법론을 차용하거나 개발하여야 한다.

일반적으로 규제영향평가와 규제이행평가가 규제가 사업주들의 행위에 미치는 영향을 평가하는 방법론에 해당한다. 우선 규제영향평가는 정형화된 행정기법이며, 절차라 할 수 있다. 정부는 새로운 법률을 도입할 때 규제영향분석서를 작성하고 있다. 안전이나 환경 및 보건의 영역에서는 기술규제영향평가가 일반화되어 있다. 국가기술표준원에 따르면 기술규제영향평가는 ‘각 부처의 기술규제 도입으로 인해 기업의 경영이 위축되지 않도록 규제의 비용, 편익, 파급효과, 규제의 적합성 등을 고려하여 최선의 규제 대안을 제시하기 위한 것으로서, 각 부처 기술기준(기술규정)이나 시험·검사인증 등과 관련된 법령 등의 제·개정 시에 기존 및 유사 제도와의 중복성 여부 및 국가표준(KS, KCS 등), 국제기준과의 조화 여부 등을 파악하여 규제의 타당성을 평가하는 것’을 말한다.¹⁾ 다시 말해, 정부가 규제를 도입할 때 규제영향분석을 실시하는 것은 규제를 이행해야 하는 기업이 따라올 수 있도록 규제를 마련하기 위함이다. 따라서 규제영향평가는 사전적 평가에 해당한다. 그러나 본 연구에서 요구하는 규제변화의 영향은 사후적 평가에 해당한다. 규제가 도입되거나 변경된 이후에 사후적으로 발생한 영향을 분석하는 것이기 때문이다.

1) 국가기술표준원(<https://www.kats.go.kr/content.do?cmsid=81>)

따라서 본 연구가 요구하는 규제변화의 영향 평가란 규제이행평가와 유사한 측면이 있다고 할 수 있다. 규제이행평가는 규제가 이행되어 규제의 목적을 달성하는지에 대해 평가하는 것이기 때문이다. 그런데 규제이행평가의 경우 다양한 방법론이 존재하고 있고, 규제영향분석과 같이 법적으로 정해진 형식이 있지 않다. 일반적으로 규제이행평가는 이행점검과 이행평가로 다시 구분할 수 있다. 이행점검은 규제가 요구하는 사항의 이행 그 자체를 확인하는 것에 가깝고, 이행평가는 규제가 목적인 바가 달성되었는지 평가하는 것을 말한다. 위험한 세척제의 선택과 사용으로 인해 두 사업장에서 급성중독 사고가 발생하였다는 것은 규제가 목적인 바를 달성하지 못했다는 것을 의미하므로 이행평가는 큰 의미가 없다. 따라서 이행점검의 기법을 활용하여 사업주들이 규제의 강화 과정에서 왜 탈법행위 및 규제 회피행위를 하였는지 살펴보는 것이 필요할 것이다.

본 연구는 짧은 기간 동안 수행되어야 하기 때문에, 별도의 방법론을 마련하기 보다는 ‘규제변화’를 규제물질 목록의 확장 및 혼합물 함량기준의 강화로 놓고, 그 영향을 사업주의 탈법행위 및 규제 회피행위의 발생으로 놓고자 한다. 즉 유독물질이나 관리대상물질 및 특별관리물질의 지정과 같은 규제 강화의 영향으로서 세척제 공급자와 사용자 기업이 탈법 또는 규제 회피행위를 하게 된 이유를 살펴보고, 그에 대한 대책을 마련하였다. 이때 규제회피가 행정학이나 법학에서 어떠한 의미로 사용되는지 확인하였으며, 본 연구에서 사용하는 용어정의가 기존의 정의와 다르지 않다는 점을 확인하였다.

또한 본 연구는 할로젠화 유기용제 세척제를 대상으로 연구하도록 요구되었다. 많은 세척제와 세척작업이 존재하지만, 그 중에서도 할로젠화 유기용제를 사용한 세척제와 금속제품 세척공정에 국한하여 연구를 수행하였음을 밝힌다.

2. 연구 내용 및 방법

첫째, 할로겐 세척제를 대체할 수 있는 안전한 세척제가 있는지 확인하였다.

문헌조사를 통해 산업용 세척제로 주로 사용회는 할로겐 유기용제의 특징을 파악하고, 국내외 대체세척제 및 세척기술 개발 현황과 대체 사례를 파악하였다. 해외사례로는 미국의 매사추세츠주 사례를 검토하였다. 매사추세츠주 정부가 독성물질저감법(TURA)에 근거해 만든 독성물질저감연구소(TURI)는 미국 내에서 가장 적극적인 안전한 세척제 대체 및 관리 체계를 구축하고 있다고 평가할 수 있기 때문이다.

둘째, 사고가 발생한 사업장에서 트리클로로메탄을 사용한 이유와 일각의 우려대로 유독물질 관련 정부의 규제 강화가 중요한 원인인지 확인하였다.

사고가 발생하게 된 정황 내지 사실들을 파악하여 체계적인 원인분석을 시도하였다. 또한 규제변화에 따른 금속제품 세척공정 및 세척제 시장 변화에 대한 분석을 시도하였다.

셋째, 정부의 사고조사 결과 등을 종합할 때 이번 사건의 핵심적인 원인이 무엇인지 진단하고, 이에 대한 정부의 정책 방향을 제안하였다.

본 연구는 짧은 연구기간을 감안하여 최대한 기존의 자료들을 활용하고자 하였다. 특히, 이번 사고를 계기로 정부가 전국적으로 세척제 공급자와 사용자에 대해 조사한 정보를 활용하였다. 추가로 톡스프리 데이터베이스를 활용하였으며, 일부 금속제품 세척공정의 현장조사와 세척제 공급자 및 사용자 심층인터뷰를 진행하여 정보를 확보하였다.

Ⅲ. 연구 결과

.....

III. 연구결과

1. 산업용 세척제의 주요 성분인 할로겐화 유기용제 특징¹⁾²⁾

1) 할로겐화 유기용제의 용도와 건강영향

할로겐 유기용제 세척제는 탄화수소계에 할로젠족 염소, 브롬, 불소를 결합하여 세척력과 난연성을 높인 것으로 대부분의 오염물질을 용해할 수 있고, 다양한 기질(substrates, 基質: 결합 조직의 기본 물질)과 호환되기 때문에 표면 세척 작업에서 높은 성능을 발휘하는 것으로 알려져 있다. 이러한 용매는 건조가 빠르고 잔여물이 남지 않으므로 건조 또는 행굼 단계가 필요하지 않기 때문에 많은 산업들이 여전히 사용하고 있다. 이는 특히 완전히 건조하지 않으면 녹슬거나 부식될 수 있는 제품(접촉하기 어려운 안쪽의 구멍이나 갈라진 틈이 있는 제품 등)을 세척하는데 유용하다. 또한 대부분의 할로겐화 유기용제는 표면장력이 낮고, 가연성이 없으며 재사용이 가능하다.

주로 트리클로로에틸렌(TCE), 디클로로메탄(DCM), 퍼클로로에틸렌(PCE), 1-브로모프로판(nPB), 1,2-디클로로에틸렌(트랜스)(1,2-DCE(trans)), 하이드로플루오로에테르 화합물(HFE), 하이드로플루오로카본(HFC)가 사용된다.

트리클로로에틸렌(TCE)(CAS No. 79-01-6)는 1920년대부터 상업적으로 생산되어온 염소계 유기용제이다. 초기에는 마취제, 드라이클리닝의 얼룩 제거제, 금속 부품 탈지제, 접착제와 페인트의 성분으로 사용되었다. 최근에는 주로 다른 화학물질을 만드는 중간체의 용도로 사용되지만, 여전히 산업용 탈지제로도 사용된다. 트리클로로에틸렌(TCE)은 휘발성이 강해 세척작업 중에

1) TURI. Guide to Finding Safer Alternatives to Halogenated Solvents. 2021

2) TURI. Toxics Use Reduction Program Advisory for Trans-1-2-Dichloroethylene(Trans-DCE). 2019.4
https://www.turi.org/Our_Work/Toxic_Chemicals/Chemical_Information/Trans-1-2-Dichloroethylene

공기 중으로 빠르게 증발하며, 폐에 자극을 일으키는 포스젠으로 분해될 수 있다. 또한 토양과 지하수에서 최대 10개월의 반감기를 가질 수 있다. 트리클로로에틸렌(TCE)은 국제암연구소(IARC)에 의해 Group 1으로 분류되었으며, 그 외의 다른 많은 건강 위험과도 관련이 있다. 트리클로로에틸렌(TCE)에 노출되면 중추신경계, 간, 신장, 호흡기 및 생식계에 손상이 나타날 수 있으며, 유전독성 및 면역독성의 가능성을 가지고 있다. 2020년에 미국 환경보호청(EPA)는 트리클로로에틸렌(TCE)에 대한 최종 위해성 평가(EPA's 2020 Final Risk Evaluation for TCE) 결과를 발표하였는데, 54개의 사용 조건 중 52개 조건에 대해서 소비자, 비직업적인 사용자, 노동자에게 위험이 존재한다고 하였다.

디클로로메탄(DCM)(CAS No. 75-09-2)은 페인트 및 코팅제, 기타 표면 세척제에 널리 사용되는 물질이다. 디클로로메탄(DCM)은 휘발성이 강하며, 노출의 주요 경로는 흡입이며, 쉽게 증발하며, 공기 중에 방출되면 57~127일의 반감기를 가진다. 인체 노출 시 피부, 눈, 간, 중추신경계에 손상을 일으킬 수 있다. 페인트 박리 작업 중 발생한 수많은 노동자와 소비자의 사망은 디클로로메탄(DCM) 급성중독에 의한 것이었으며, 1980년 이후 56명의 노출 사망자가 디클로로메탄(DCM)과 관련이 있다고 보고되었다. IARC는 디클로로메탄(DCM)을 Group 2A로 분류하였다.

대부분의 유기물을 용해시킬 수 있는 퍼클로로에틸렌(PCE)(CAS No. 127-18-4)는 드라이클리닝제, 금속 탈지제, 화학 중간체 등으로 널리 사용되어왔다. 전국적으로 퍼클로로에틸렌(PCE)의 주요 용도는 냉매로 사용되는 하이드로플루오로카본(HFCs)과 같은 불소 가스 제조의 원료로 사용된다. 퍼클로로에틸렌(PCE)는 빠르게 증발하지만 약 100일의 반감기로 공기 중에서 서서히 분해된다. 또한 퍼클로로에틸렌(PCE)는 트리클로로에틸렌(TCE), 염화비닐, 디클로로에틸렌과 같은 위험한 화학물질로 분해될 수 있다. 퍼클로로에틸렌(PCE)에 노출되면 신경계, 신장, 간, 생식계에 손상이 나타날 수 있으며, 발달 중인 태아에 해로울 수도 있다. IARC는 퍼클로로에틸렌(PCE)를 Group

2A로 분류하고 있다.

nPB(CAS No. 106-94-5) 또는 1-브로모프로판은 강한 냄새를 가진 불연성의 유기용제이다. 전자 부품, 금속 및 기타 재료에서 납땜 플럭스, 왁스, 오일 및 그리스를 제거하는 데 사용된다. 또한 nPB는 접착제에서 용매로 사용된다. nPB는 공기 중에서 빠르게 증발하는 높은 증기압을 가진 휘발성 액체이며, 공기 중에서의 반감기는 약 2주이다. 2007년 EPA는 특정 조건에서 세척을 위해 오존층 파괴물질의 대체제로 nPB의 사용을 승인했지만, 그 이후의 연구를 통해 nPB가 인체 발암 가능성이 예상되며, 생식독성 및 신경독성과 같은 다른 만성적인 건강영향을 일으킬 수 있다는 것이 확인되었다. IARC는 nPB를 Group 2B로 분류하고 있다.

1,2-디클로로에틸렌(트랜스)(TDCE, CAS No. 156-60-5)는 무색 액체이며, 날카롭고 거친 냄새를 가지고 있으며, 인화성이 매우 높다. 1,2-디클로로에틸렌(트랜스)는 현재 트리클로로에틸렌(TCE), PCE, nPB의 대체 세척제에 널리 사용되고 있는데, 2019년 미국 TURI에서 1,2-디클로로에틸렌(트랜스)는 할로젠 유기용제의 대체제로 적절하지 않다고 발표하였다. 1,2-디클로로에틸렌(트랜스)는 증기압이 높아 공기 중으로 빠르게 증발하며, 반감기가 5~12일이다. 대부분의 1,2-디클로로에틸렌(트랜스)는 토양 표면이나 수역에서 공기 중으로 증발하며, 흙을 통과하거나 토양에 있는 물에 용해되어 지하수를 오염시킬 수 있다. 지하수에 있을 때, 분해되기까지는 약 13주에서 48주가 걸린다. 1,2-디클로로에틸렌(트랜스)는 다른 할로젠화 유기용제보다 인체 독성이 낮을 것으로 예상되지만, 중추신경계에 영향을 미치고 면역독성의 증거가 보고되었다. 급성적인 노출은 중추신경계 우울증을 유발할 수 있으며, 만성적인 노출은 간, 순환기, 면역계, 중추신경계의 손상을 일으킬 수 있다. 1,2-디클로로에틸렌(트랜스)의 주요 노출 경로는 흡입이며, 고농도에서 흡입할 경우 메스꺼움, 졸음, 심지어 사망까지 초래할 수 있다.

하이드로플루오로에테르 화합물(HFE)는 냄새가 거의 없는 투명한 무색의 액체이다. 이 물질들은 불연성이며 HFCs와 HCFCs보다 지구 온난화 잠재력

이 낮다. 그러나 HFE가 환경 내에 존재하는 유해물질 및 polyfluoroalkyl substances(PFAS)로 분해된다는 증거가 보고되고 있다. HFE는 유럽에서 환경잔류성 및 생물농축성에 대해 검토되고 있다. 현재 세척 용도로 가장 널리 사용되는 HFE로는 HFE-7100(CAS No. 163702-08-7, 163702-07-6), HFE-7200(CAS No. 163702-05-4, 163702-06-5), HFE-7500(CAS No. 297730-93-9) 등이 있다. 일부 HFE는 피부와 눈의 자극성이 있다고 알려졌지만, 발암성 등의 다른 유해성은 보고되지 않았다.

하이드로플루오로카본(HFC)은 주로 냉각 및 냉동에 사용되지만, 일부 세정 용제 혼합액에도 사용된다. 최근 HFC-4310mee(CAS No. 138495-42-8)는 정밀 세척기에 흔히 사용된다. HFC 중 특정 화학물질은 오존층 파괴물질인 CFCs, 1,1,1-TCE, 하이드로클로로플루오로카본(HCFCs)에 대한 대체제로 사용되고 있다. HFC는 염소를 포함하지 않기 때문에 성층권 오존에 직접적인 영향을 미치지 않는다. 하지만 HFC 화합물은 강력한 온실가스이고 높은 지구온난화의 가능성을 가지고 있어, HFC의 사용에 대한 많은 제한들이 시행되고 있고, 앞으로 더욱 엄격해질 것으로 보여진다.

Table 1: Primary Health Hazards Associated with Halogenated Solvents

Product	Acute Hazards	Chronic Hazards	Cancer Designations
Trichloroethylene CAS #79-01-6	- Headache, dizziness, and sleepiness - Coma and death - Skin irritation - Nervous system, liver, respiratory system, kidneys, blood, immune system, and body weight	- Decreased libido, sperm quality, and reproductive hormone levels in men - Kidney, liver, and blood cancer - Mutagen - Scleroderma	- NTP: Known to be a human carcinogen - IARC: Group 1 (carcinogenic to humans) - EPA: Carcinogenic to humans by all routes of exposure
Methylene Chloride CAS #75-09-2	- Burning and redness of the skin - Eye irritation - Unconsciousness and death	- Central nervous system depression - Liver and kidney damage - Reproductive and developmental effects	- NTP: reasonably anticipated to be a human carcinogen - IARC: Group 2A (probably carcinogenic to humans)
Perchloroethylene CAS #127-18-4	- Irritating to the skin, eyes, and respiratory system - Dizziness, confusion, headache, nausea	- Kidney and liver damage - Reproductive toxin - Central nervous system effects	- IARC: Group 2A (probably carcinogenic to humans) - ACGIH: A3 (confirmed animal carcinogen)
n-Propyl bromide CAS #106-94-5	- Headache, nausea - Decreased sensation in fingers and toes - Drunk like feeling - Eyes, nose, throat or lung irritation	- Weakness, loss of feeling - Damage to kidneys, liver - Limit ability to resist infection - Impair ability to get pregnant - Hematological effects - Immunosuppression	- NTP: Reasonably anticipated to be a human carcinogen - IARC: Group 2B (possibly carcinogenic to humans) - ACGIH: A3 (confirmed animal carcinogen) with unknown relevance to humans
1-2 Trans dichloroethylene CAS #156-60-5	Central nervous system depression	- Immunotoxicant - Neurotoxicant	No data
Hydrofluoroethers CAS #163702-05-4	Mild skin and eye irritation	No data	No data
Hydrofluorocarbons CAS #138495-42-8	Mild skin and eye irritation	No data	No data

[그림 III-1] 할로겐화 유기용제의 인체 건강영향(TURI, 2021).

2) 할로젠 유기용제 세척제로 인한 국내 중독사고 사례

국내에서도 오랜 기간 할로젠 유기용제 세척제를 사용해왔으며, 그로 인한 중독사고는 과거에도 지속적으로 발생되어 왔다. 세척 작업자에게서 발생한 독성간염 등의 중독사고는 주로 디메틸포름아미드, 디메틸아세트아미드, 디클로로메탄(DCM), 트리클로로에틸렌(TCE)에 의한 것이었다.

허봉구 등(2004)은 디클로로메탄(DCM)에 의한 독성간염을 보고하였다. 이 사례는 반도체 및 콘덴서용 리드프레임 제조 공장에서 동판 코일을 성형 가공한 후 디클로로메탄(DCM)을 초음파세척기에 넣어 세척 한 후 육안검사하는 과정에서 노출된 것으로 보고되었다. 탈지세척기가 대부분 증기를 발생시켜 오염을 제거하는 방식인데, 초음파세척기와 염소계 솔벤트가 동시에 사용된 경우도 있다는 것을 보여준 사례로 의미가 있다. 허봉구 등(2004)은 디클로로메탄(DCM)이 간손상의 원인이라는 결론을 내리기는 하였으나, 한편으로 디클로로메탄(DCM)을 재생하여 사용하는 과정에서 트리클로로메탄이나 사염화탄소가 불순물로 섞여 있었을 가능성도 배제하지는 않았다.³⁾

국내에서는 1980년 이후부터 벤젠, 납, 수은, 이황화탄소, 2-브로모프로판, 노말헥산 등 화학물질로 인한 중독사고가 보고되었는데, 할로젠 세척제로 인한 사고는 2006년 전기기구부품업체에서 트리클로로에틸렌(TCE)로 세척 작업을 하던 노동자의 스티븐슨증후군 및 급성간염으로 인한 1명 사망, 전자부품업체의 트리클로로에틸렌(TCE) 세척작업 노동자 2명 사망, 2명 급성중독이 보고되었다. 2010년 이후 할로젠 유기용제인 디클로로메탄(DCM), 트리클로로에틸렌(TCE)에 의한 급성중독 재해가 계속 보고되었는데, 화학물질의 유해·위험성 인지 부족, 정보 부족, 사업주 및 관리감독자의 관리 미흡, 화학물질 취급 노동자의 안일한 생각(화학물질 중독은 나와 상관없다는 생각), 특수건강진단 등을 통한 화학물질 개인감수성 등 특이성 파악 미흡, 원청 및 모기

3) 허봉구, 김진석, 유재용, 우극현, 함정오 등. 주성분이 염화메틸렌인 재생 세척제를 취급하는 근로자에서 발생한 독성간염 1예. 대한직업환경의학회지. 2004;16(2):210-219

업에서 협력업체 및 하청업체 관리·지원 부재, 호흡용보호구 등 개인보호구 미지급, 착용 및 관리감독 소홀 등이 원인으로 지적되었다. 김형아 등(2016)은 10종의 화학물질에 의한 국내 급성중독 사례를 분석하였다. 급성중독은 총 32건이었는데, 그 중 세척작업(청소 및 점검 포함)이 15건으로 가장 많았으며, 급성중독 화학물질은 디클로로메탄(DCM)과 트리클로로에틸렌(TCE)이 가장 많았고, 주요한 원인으로 국소배기장치 미설치 및 성능 불량, 환기 불충분, 유해성 미인지, 적정 보호구 미착용이 지적되었다(그림 III-2).⁴⁾

4) 김형아, 김수근, 어원석, 이채관, 김신범, 허용. 급성중독 발생 화학물질의 사업장 유통·관리 실태에 관한 조사 연구. 산업안전보건연구원. 2016

<표 8> 디클로로메탄(DCM, 메틸렌클로라이드, MC, 염화메틸, CAS 75-09-2) 직업병 발생 현황 및 특징

연번	업종	공정	특징	주요원인	재해형태	근로자수*
1	금속제품제조업	세척	탈지조 드레인 탱크에서 누출된 염화메틸렌 청소 중 중독 및 질식	-환기 불충분 -디클로로메탄 유해성 인지 미흡 -송기마스크 등 보호구 미착용	급성중독사망2명(외국인 1명)	12명
2	위생 및 유사서비스업	세척	염화메틸렌(120ℓ)이 들어있는 디펄세척조 내부의 슬러지 제거작업 중 중독	-환기 불충분 -디클로로메탄 유해성 미인지 -적정 보호구(송기마스크) 미착용	급성중독2명	6명
3	유기화학제품제조업	세척	콘루프탱크 내부에서 디클로로메탄(세척제)을 이용한 세척작업 중 중독	-환기 불충분 -디클로로메탄 유해성 미인지 -적정 보호구(송기마스크) 미착용	급성중독3명	320명 (하청 9명)
4	전자관 또는 반도체소재 제조업	세척	조음과세척기 내부에 밀어넣은 반도체 회수작업 중 급성중독	-환기 불충분 -디클로로메탄 유해성 미인지 -송기마스크 등 보호구 미착용	급성중독사망1명	48명
5	축전지용 원료제조업	코팅	코팅조 내부 점검 중 급성중독	-환기장치 미설치 -방독마스크 등 보호구 미착용	급성중독사망1명	40명

* 근로자수: 재해조사일 기준

<표 15> 트리클로로에틸렌(TCE, CAS 79-01-6) 직업병 발생 현황 및 특징

연번	업종	공정	특징	주요원인	재해형태	근로자수*
1	LCD 세정장비 제조업	세척	세척공정 작업자의 특성간염 및 피부염 발생	-트리클로로에틸렌 유해성 미인지 -국소배기장치 성능 불량 -배치전 건강진단 미실시	중독1명	38명
2	가구철제품제조업	세척	내국인 근로자가 스티븐스존슨증후군 및 급성간염 발생	-트리클로로에틸렌 유해성 미인지 -보호구 미착용 -국소배기장치 미설치	사망1명	6명
3	고무제품제조업	코팅	코팅공정 작업자의 스티븐스존슨증후군 발생	-트리클로로에틸렌 유해성 미인지 -국소배기장치 미설치 -보호구 미착용 -배치전 건강진단 미실시	중독2명 (산업기능요원)	40명
4	도장 및 피막처리업	청소	트리클로로에틸렌 세척조 내부의 증기조 청소작업 중 중독	-환기 불충분 -적정 보호구(송기마스크) 미착용 -트리클로로에틸렌 유해성 미인지 -특별관리물질(트리클로로에틸렌) 취급 부적절	중독사망2명	7명
5	전자부품제조업	세척	세척작업자의 트리클로로에틸렌 급성중독	-트리클로로에틸렌 유해성 미인지 -국소배기장치 미가동 -세척기 및 세정기 냉각장치 효율 저하	사망2명, 중독2명	280명
6	전자부품제조업	세척	외국인 근로자가 스티븐스존슨증후군 및 급성간염 발생	-트리클로로에틸렌 유해성 미인지 -보호구 미착용 -국소배기장치 미설치	사망1명 (외국인)	12명
7	핸드폰부품제조업	세척	세척공정 작업자의 특성간염 발생(작업 시작 후 10일 만에 배치전 건강진단에서 D1 판정, 3명)	-국소배기장치 성능불량 -수작업 세척으로 단시간 고농도 노출	중독1명	35명

* 근로자수: 재해조사일 기준

[그림 III-2] DCM과 TCE 노출로 인한 국내 재해사례(김형아 등, 2016).

김원 등(2020)은 지난 10여년 동안 국내에서 발생한 디클로로메탄(DCM) 관련 산업재해를 정리하였는데, 중독 혹은 사망사고는 대부분 세척제의 용도로 사용되는 작업환경에서 발생하고 있음을 확인하였다. 디클로로메탄(DCM)이 들어있는 설비나 탱크를 정비하거나 청소를 하다 중독된 사례들이 많았고, 페인트 제거제의 용도로 사용하다가 사고가 발생한 사례도 포함되어 있었다.⁵⁾ 김원 등(2020)은 유럽연합에서 제시한 REACH의 제한 규정에 따른 디

클로로메탄(DCM) 사용 조건(환기, 탱크 등에서 증발을 막을 수 있는 조치 등)을 준수했다면 충분히 예방 가능한 사고들이라고 보고 있었다.

2015년에는 경남 양산 소재의 페드럼통 재생 업체에서 디클로로메탄(DCM)에 의한 외국인노동자 3명에 대한 중독사고가 발생하였다. 해당 업체는 페드럼통을 수거해 이물질 제거한 뒤 재생하는 곳으로 디클로로메탄(DCM)을 세척용으로 사용하고 있었다. 노동자들이 복통과 가슴 통증을 호소하였고, 디클로로메탄(DCM)에 의한 급성중독 진단을 받게 된 사례이다. 이들은 세척과 도장 작업을 하는 과정에서 디클로로메탄(DCM)을 사용하였고, 일주일에 3~4회, 1회당 3~4시간 이상 동안 작업을 했다고 한다. 또한 작업장 내에 환기시설은 없었으며, 적절한 보호구는 지급되지 않은 것으로 확인되었다. 이 사고는 재해자들이 양산외국인노동자의집에 찾아가 상담을 하고 급속노조 경남지부와 함께 “양산지역 노동자 작업환경 개선대책 모임”을 꾸려 고용노동부 양산지청에 산안법 위반 혐의로 해당 업체를 고발하여 사회에 알려지게 되었다.⁶⁷⁾

2019년 6월에는 경기도 화성 소재 사업장(도장 및 피막처리)에서 방진마스크를 착용한 상태에서 세척조 내부에 들어가 청소를 하던 노동자가 트리클로로에틸렌(TCE) 증기에 중독되어 사망하였다. 세척조에는 냉각핀이 설치되어 세척조 외부로 유증기가 배출되지 않도록 가동되고 있었으나, 사전에 안전조치를 확인하지 않고 세척조 내부에 들어가 청소작업을 하다가 고농도의 트리클로로에틸렌(TCE)에 노출된 것이다.⁸⁾

2022년 3월에도 인천 소재 사업장(전자부품 분체도장)에서 세척조 청소작업 중이던 노동자가 세척조 내에 잔류하는 디클로로메탄(DCM) 증기에 급성

5) 김원, 김신범, 조준희, 최인자, 강태선 등. 산업안전보건법 내 유해물질 제한 제도화 방안 연구. 산업안전보건연구원. 2020

6) 양산신문. 스리랑카 근로자, 발암물질 중독 파문. 2015.6.16. 기사 (<http://www.yangsanilbo.com/news/articleView.html?idxno=54299>)

7) 연합뉴스. 보호장구도 없이 유독물질에 노출된 외국인노동자. 2015.7.7. 기사 (<https://www.yna.co.kr/view/AKR20150707163000052>)

8) 안전보건공단. 국내 재해사례(질식 중독). <https://www.kosha.or.kr/kosha/data/intoxication.do>

중독되어 사망하였다. 개인보호구를 착용하지 않았고 환기를 하지 않은 상태였지만, 무엇보다 1인 단독 작업으로 위험상황에서 대응을 하지 못한 사례였다.⁹⁾

기존에는 디클로로메탄(DCM)과 트리클로로에틸렌(TCE)에 의한 사고가 주종을 이루었고, 할로젠 세척제로 인한 중독사고가 과거에는 작업방식의 위험성을 간과하고 국소배기시설의 설치 없이 작업을 하는 등 기술적 요인들이 중요한 원인으로 지적되었다.

9) 고용노동부. 화학물질 급성중독 발생경보(제2022-2호, 디클로로메탄). 2022.3.30.

2. 대체세척제·세척기술 개발 및 적용 국내외 사례

산업현장에서 세척공정은 제품의 품질과 가치를 향상시키기 위한 목적으로 거의 모든 분야에서 적용되고 있다. 세척은 피세척물 표면에 남아있는 각종 이물질(기름, 그리스, 먼지 등)을 물리적 또는 화학적 기전을 이용하여 제거시킨다. 우리나라에서 세척공정은 금속·기계, 전기·전자, 정밀기기 및 가공품, 표면처리 및 도금 분야에서 중요한 공정으로 여겨지고 있다(표 III-1).¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾¹³⁾

〈표 III-1〉 산업세정 기술의 적용 분야(배재흠, 2004)

적용 산업 분야	대표적인 피세척물	세정 목적
금속·기계	• 금속 가공 부품 • 분말 야금 부품 • 수지 가공 부품	• 탈지 • Puff 연마 제거 • 이형제, 도장 전처리
전기·전자	• 인쇄 기판 • 반도체 재료 및 부품 • 전동기 부품 • 금속 가공 부품	• Flux 제거 • 탈지, 미립자 제거 • 탈지, 도장 전처리 • 탈지
자동차	• 금속 가공 부품 • 수지 가공 부품	• 탈지, 미립자 제거 • 탈지
정밀기기	• 시계, 사진기 부품 • 분말 야금 부품	• 탈지, 미립자 제거
유리 및 광학	• 광학렌즈 부품 • 광필터 부품 • LCD 유리 부품	• 탈지, 미립자 제거
표면처리 및 도금	• 금속 가공 부품 • 열처리, 분말 야금 부품	• 탈지, Puff 연마 제거 • 이형제 제거

10) 정경숙, 안연순, 김현수, 김치년, 김동현 등. 1,2-디클로로프로판 등 세척제 취급 실태 조사 및 건강모니터링 체계 구축. 산업안전보건연구원. 2017

11) 김한성, 배재흠. 수세세정제의 첨가제에 따른 세정성 평가연구. CLEAN TECHNOLOGY 2006;1(1):1-9

12) 신진호, 이재훈, 배재흠, 이민재, 황인국. 대체 세정제의 선정을 위한 생정성 평가방법 연구. CLEAN TECHNOLOGY 2009;15(2):81-90

13) 배재흠. 최근의 대체세정제와 대체세정기술. Prospectives of Industrial Chemistry. 2004;7(6)

기타(플라스틱, 고무, 화학, 인쇄, 화장품 등)	• 사출, 프레스 부품 • 제판, 오프셋 • 플랜트	• 탈지, 이형제 제거 • 페인트, 잉크 제거 • 각종 오일류 및 침적물 제거
-----------------------------	--	---

세척작업은 중요한 공정으로 여겨지고 있어 국내외에서 안전하고 효과적인 세척작업을 도입하기 위한 연구가 다수 진행되었다. 특히 할로젠 세척제는 「오존층 파괴물질에 관한 몬트리올 의정서」에 의해 선진국에서는 CFC-113, 사염화탄소(CTC), 1,1,1-TCE가 1995년 말부터 생산 및 사용이 금지되었고, 개발도상국에서도 일정 유예기간을 두어 사용이 규제되었다. 우리나라는 개발도상국에 포함되어 2004년 말부터 적용받았기 때문에 1990년대 후반부터 대체 세척제와 대체 세척기술에 대한 개발의 필요성이 요구되었으며, 연구개발이 활발히 이루어졌다. 당시 많은 국가에서도 대체세척제를 찾기 위한 연구개발이 활발하였고, CFC 보다 오존층파괴지수가 낮은 HCFC계열의 세척제를 개발 및 적용하였다. 우리나라에서도 대체기술로 무세정, 이산화탄소 등을 활용하는 건식세척과 대체세척제로 수계, 준수계, 탄화수소계 세척제로 충분히 대체가 가능하다는 연구 결과들이 있었다.

그러나 우리나라에서는 세척력과 건조성이 1,1,1-TCE와 유사하거나 우수한 염소계 세척제인 트리클로로에틸렌(TCE)이나 디클로로메탄(DCM) 계통으로 대체하였는데, 주로 중소기업들이 선호하였다고 한다. 그 이유는 기존의 세척장치를 그대로 활용할 수 있다는 장점과 대체세척제 및 장치를 도입할 때 신뢰성의 검증, 폐수처리 등의 기술개발이 아직 불충분하다는 것이었다. 또한 염소계 솔벤트에 대한 규제의 기본 방향이나 대응 가능성이 명확하지 않다는 것도 대체의 촉진을 늦추는 요인이라는 산업계의 지적이 있었다.¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁷⁾¹⁸⁾

14) 배재흠, 김정식. 환경친화적 수계/준수계 세정 기술. CLEAN TECHNOLOGY 1997;3(2):36-46

15) 명현국. 대체세정기술 및 대체세정제 개발현황. 공기청정기술 1994;7(2):33-47

16) 정찬교, 구회준. 금속세정공정의 청정기술 적용사례. CLEAN TECHNOLOGY 1997;3(2):57-73

17) 정덕채, 이기창, 공승대, 목갑영, 이석우. 1,1,1-TCE에 대한 비수계성 대체세정제의

1) 대체 세척제¹⁹⁾²⁰⁾²¹⁾

세척제는 구성성분에 따라 수계, 준수계, 비수계(용제계)로 구분되며, 용제계 세척제는 다시 가연성과 불연성으로 구분된다(그림 III-2).

<대체세정제의 분류>

대분류	중분류	세정제의 주요 조성
수계	수	순수, 수도, 탈산소수, 전해수
	일반수계	알칼리계 중성(계면활성제계) 산계
준수계		N-메틸피로리돈 + 첨가제 + 물 (비가연성) 글리콜에테르 + 계면활성제 + 물 (비가연성) 탄화수소 + 계면활성제 (가 연 성) 디에펜 + 계면활성제 (가 연 성)
비수계 (용제계)	가연성	탄화수소계 (이소파라핀) (노르말파라핀) (나프텐) 알코올계 (에탄올, IPA) 실리콘계 (SiO-폴리머) 글리콜에테르계 (글리콜에테르)
	불연성	불소계 (HCFC-225) 완전불소계 (퍼플로오르카본) 염소계 (염화메틸렌) (트리클로로에틸렌) (테트라클로로에틸렌)

[그림 III-3] 대체세척제의 분류(한국화학시험연구원, 2006).

- 최적 세정공정. J of Korean Oil Chemists' Soc. 1999;16(3):1-4
- 18) 바이켄(주). 생산기술사업화 지원사업(현장맞춤형 기술개발 부문) TCE, MC 대체 세정제 개발 및 그 제조기술 개발. 한국산업단지공단. 2013
- 19) 한국화학시험연구원. 국내외 대체세정기술 현황 및 1,1,1-TCE 대체세정기술 적용사례(수계/탄화수소계). 2006
- 20) 배재흠. 최근의 대체세정제와 대체세정기술. Prospectives of Industrial Chemistry. 2004;7(6)
- 21) 바이켄(주). 생산기술사업화 지원사업(현장맞춤형 기술개발 부문) TCE, MC 대체 세정제 개발 및 그 제조기술 개발. 한국산업단지공단. 2013

수계 세척제는 물성과 현장 적용성 등에 따라 분류할 수 있는데, 주로 세척제의 pH에 따라 산성, 중성, 알칼리성으로 구분한다. 그 중 알칼리 세척제는 수계 중 가장 보편적으로 사용되는데 주로 절삭유, 냉각제, 그리스, 왁스, 윤활유, 인발 및 연마 화합물의 세척에 사용되고 있다. 알칼리 세척제는 수산화나트륨, 탄산나트륨, 탄산수소나트륨과 같은 알칼리 첨가제에 의하여 알칼리성을 띠고 물리적 또는 화학적 작용에 의하여 오염물을 세척한다. 수계 세척제는 저렴한 가격, 안전성, 용이한 구입, 친수성 오염물질에 대한 우수한 세척력 등의 장점을 갖고 있으나, 별도의 건조공정과 폐수처리가 필요하여 대형규모의 설비와 공간 확보가 필요하다는 단점이 있다.

준수계 세척제는 N-메틸피롤리돈(NMP)나 글리콜에테르와 같은 유기용제에 계면활성제 등을 첨가하여 수계 세척제의 세정력을 보완한 것이다. 그러나 수계와 마찬가지로 별도의 건조공정과 폐수처리가 필요하며, 부식과 인화성의 문제가 있다. 또한 한 번 사용한 세척제는 회수하여 재사용할 수 있으나, 회수방법에 따라 계면활성제와 같은 첨가제들의 조성이 변해 세척효율이 저하되기도 하는 단점이 있다. 준수계 세척제 중 터어핀(Terpene)계는 오렌지나 소나무에서 추출된 d-리모넨이 주성분이며, 세척력이 우수하여 오일류, 그리스, 왁스, 플럭스, 먼지, 연마제, 잉크 등의 제거에 사용할 수 있으며, 미생물에 의해 분해되는 특징이 있다.

용제계 세척제 중 가연성은 탄화수소계, 알코올계, 실리콘계, 글리콜에테르계가 있으며, 불연성은 할로젠계(불소계, 염소계, 브롬계)가 있다. 탄화수소계 세척제는 석유정제산물에 세척력을 높이기 위해 습윤제와 같은 첨가제를 넣는다. 유기오염물에 대한 용해력, 세척력, 침투성이 우수하다는 장점이 있으나, 인화성과 건조성의 문제를 해결하기 위한 장비의 보완이 필요하다는 단점이 있다. 할로젠계 세척제 중에서는 염소계 세척제가 널리 사용되었으며, 세척력과 건조성이 1,1,1-TCE와 유사하거나 우수한 트리클로로에틸렌(TCE), 퍼클로로에틸렌(PCE), 디클로로메탄(DCM)을 사용하다가, 10년 전부터는 기존 세척설비를 그대로 사용하면서 트리클로로에틸렌(TCE)와 세정효율(Kauri

Butanol Value; KBV)이 유사한 디클로로프로판(DCP)과 nPB계 세척제가 사용되었다. 그리고 가장 최근에는 디브로모메탄, 다이메틸카보네이트가 할로젠 세척제에서 발견되고 있다.

2) 대체세척기술

대체세척기술은 습식세정이 보편적이지만, 고가의 초기 투자비용이 필요하지만 정밀세척이 가능하고 폐기물이 거의 발생하지 않아 환경친화적인 기술로 CO₂ 세척, 플라즈마 세척, 레이저 세척, UV 세척 등 건식세척기술이 개발 및 적용되었다.²²⁾²³⁾ 그 중 플라즈마를 활용한 건식세척은 플라즈마의 전자기적 특성을 활용하여 원하는 물질의 원자들을 기판 위에 적층(deposition)하여 코팅을 한다거나 기판 표피층을 플라즈마 식각법(etching)으로 제거한다. 플라즈마 세척기술은 친환경적이지만, 진공조 내에서 고전압 방전에 의해 플라즈마를 생성하는 비싼 장비가 필요하며, 대기압에 존재하는 플라즈마를 이용한다면 진공장비까지는 필요하지 않지만 고전압을 이용하는 것은 동일하기 때문에 장비운영에 전문인력을 필요로 하는 단점이 있다.²⁴⁾

3) 국내 대체 사례

할로젠(염소계) 유기용제 세척제 문제는 중소기업을 중심으로 문제가 형성되어 있을 가능성이 크다. 이미 1997년 한 매거진에 실린 기사를 보면 당시에도 대기업은 염소계 솔벤트의 사용을 줄여나가고 있었으며, 중소기업에서 염소계 세정제의 비중은 40%를 초과하는 것으로 확인되었다. 그리고 당시 염

22) 배재흠. 최근의 대체세정제와 대체세정기술. Prospectives of Industrial Chemistry. 2004;7(6)

23) 한국화학시험연구원. 국내외 대체세정기술 현황 및 1,1,1-TCE 대체세정기술 적용사례(수계/탄화수소계). 2006

24) 리의재. 상압 플라즈마 매개변수들이 산업용 전자부품의 세척공정(cleaning)에 미치는 효과. 한국표면공학회지. 2009;42(5):208-215

소계 솔벤트를 대체할 수 있는 세척제 개발 및 보급과 관련한 동향이 소개되고 있었는데, 이는 1990년대 중후반의 상황을 보여주는 정보로서 매우 가치가 있다고 할 수 있다. 중요한 정보라서 기업명을 제외하고 그대로 인용한다.

“국내 세정제 수요 및 공급업체 현황 97년 기준 국내 세정제 사용현황은 수계 30%, 탄화수소계 20%, 염소계 40%, 기타 용제가 10%가량으로 추정된다. 대기업의 대체세정에는 수계가 70% 이상, 탄화수소계가 20%, 염소계가 10% 정도 사용되고 있으나 중소기업은 경제적인 부담으로 기존의 염소계 세정제를 많이 사용하고 있는 것으로 나타났다. (중략) 대체세정제 생산업체별 현황을 보면, A화학이 일본의 기술협조로 수계, 염소계 대체세정제를 95년부터 양산했는데, 화학안정성이 큰 TOP-CLEAN 등의 세정제를 공급하고 있는 것으로 조사됐다. B석유공업은 자체기술로 탄화수소계를 생산하고 있으며, MICLEAN Series류의 분산력이 뛰어나며, 안정성을 가진 세정제를 공급하고 있다. 또한 C화학은 BW CLEANER Series의 탄화수소계를 생산하고 있으며, D정밀화학은 일본 TOKUYASODA와 기술제휴로 염소계 세정제 METHA CLEAN Series를 91년부터 개발해 92년부터 공급하고 있다. 이것은 95%이상 회수가 가능하며 작업단축의 장점을 가지고 있는데 E무역, F화학, G화학을 통해 판매하고 있다. H기업은 순식물성 액체 세정액을 91년 자체개발해 94년부터 수계 대체세정제를 생산하고 있다. I기업과 J화학은 국내 탄화수소계 원료인 베이스오일을 공급하고 있으며 폐수처리 해결, 가격저렴, 재생가능 등의 특징을 지닌 탄화수소계 세정제를 생산하고 있다. I기업은 94년 250억원을 투자해 울산공단에 연간 3만톤 생산규모의 플랜트를 가동했다. 국내 탄화수소계 세정제 시장은 연간 4000톤 미만으로 추정되며 J화학, I기업, B석유공업, C화학 등에서 생산공급하고 K종합상사, E무역 등에서 수입공급하고 있는데, 국내에는 대기업의 수요가 큰 편이다. J화학은 92년부터 연구개발에 착수해 94년 50억원규모를 투자, 연간 2만톤 생산체제를 갖추고 생산에 들어갔으나 수요업체 인식부족 등으로 공장가동률이 저조한 실정이다. L기업은 미국 모회사와 기술제휴로 소포성이 양호한 수계, 준수계, 탄화수소계, 염

소계 등을 공급하고 있다. 그외에 M환경산업, N산업, O기업 등에서 소량 생산하고 있다. 한편, 국제기력공업은 P기업이 제조한 수계 세정제를 수입해 Q기업, R기업, S기업 등에 공급하고 있으며, 동성물산은 일본 T기업의 염소계, 수계 세정제를 공급하고 있다. U기업은 V기업의 염소계·수계 세정제를, W종합화학은 X기업의 탄화수소계를, E무역은 Z기업의 탄화수소계를 수입·공급하고 있다. 또한 K종합상사는 일본의 5개 기업의 제품을 공급하고 있으며, AA엔터프라이즈는 BB화학기술사의 제품을 공급하고 있다. 그 밖에 CC화학, DD정밀화학, EE산업, FF기업, GG통상, HH환경산업 등 중소기업에서 수입하고 있는 것으로 조사됐다. 국내 공급업체는 많으나 안정된 기술과 세정력이 뛰어난 기술개발이 부족하며, 수요업체의 국산 세정제에 대한 신뢰성 및 인식 부족 등으로 대체 세정제의 보급이 활발하게 진행되지 못하고 있는 것으로 나타났다.”²⁵⁾

우리나라 일부 대기업에서 세척제 대체에 대한 노력이 있었는데, HCFC는 가격이 고가이며, 2020년까지 사용이 규제될 예정이었고, 트리클로로에틸렌(TCE)과 디클로로메탄(DCM)은 대체세척제로 많이 사용되고 있지만 유해성이 크고 작업환경 노출기준이 낮아 엄격한 관리가 요구되어 친환경적이면서 경제성도 갖춘 세척제를 도입하고자 하였다.

OO전기(주)는 1993년부터 디클로로메탄(DCM) 세정시스템을 갖추고 있었는데, 디클로로메탄(DCM)의 환경 및 안전성 문제로 인해 대체세척제를 모색하였다. OO전기(주)의 디클로로메탄(DCM) 세정시스템은 침지세정조(오일 및 이물의 1차 세정), 초음파세정조(2차 세정), 침지행굼조(행굼세정), 증기행굼조(증기세정), 건조조(제품건조)로 구성되어 있었다. 그리고 디클로로메탄(DCM) 세정시스템에서 오염된 디클로로메탄(DCM)을 월류(overflow)시켜 증류기로 보내 재생시켜 침지행굼조로 보내 재사용하고, 잔류 증류폐액은 주단위로 제거하여 손실된 양 만큼 디클로로메탄(DCM)을 보충해주는 설계였다. 또한 세정시스템에 설치된 냉각 배관부에 응축되어 발생할 수 있는 수분

25) 씨스캠닷컴. 대체 세정제 : 초미의 관심사. 케미칼리포트. 1997

은 세정 과정 중에 포함되어 피세정물에 부식과 같은 표면 손상을 끼칠 수 있어 제거해야 한다. 따라서 이러한 수분을 제거할 수 있도록 수분 분리조가 침지행굼조에 연결되어 있었다. 수분 분리조에서는 디클로로메탄(DCM)과의 비중 차이에 의해 수분이 분리·제거되고 디클로로메탄(DCM)은 행굼조로 재순환되도록 설계되어 있었다. OO전기(주)는 1993년부터 디클로로메탄(DCM) 세정시스템을 적용하였고, 발생하는 수분량은 약 40L/월, 작업시간은 24시간/일, 25일/월로 연속적이었다. 폐용액(디클로로메탄, DCM)은 위탁처리하였고, 작업장에 배출되는 증기는 활성탄 흡착탑에 의해 70%는 흡착·제거한 후 대기 중으로 배출시키고 있었으며, 흡착제는 6개월 주기로 교체하였다. OO전기(주)는 대체세척제로 디클로로메탄(DCM)만큼 세척력이 우수하고, 유해성이 낮아 환경·안전성면에서 규제 대상이 안되는 물질이며, 제품의 자동생산라인과 연계된 세정시스템에 사용되어야 함으로 건조를 포함한 전체 세정을 400초 안에 마칠 수 있는 경제적인 세정시스템을 원하였다. 배재흠 등(1999)은 OO전기(주)에게 단기적으로 디클로로메탄(DCM)과 같이 세척력이 우수하고, 환경안전 측면에서 디클로로메탄(DCM) 보다 안전하면서 경제적인 면에서 기존 세정시스템을 사용할 수 있는 세척제를 추천하였으며, 구성성분(디클로로프로판, DCP)이 인화성이 있고, 염소계 세척제이므로 점차 환경안전 규제가 강해지는 것에 대비하여 보다 친환경적인 수계 혹은 준수계 세정시스템의 도입을 중장기적으로 검토할 것을 제안하였다.

OO전자(주)는 1992년부터 10억원을 투자하여 2년 동안 대체세척제에 대한 연구개발을 하고, 1994년에는 20억원을 투자하여 콤프레셔 공장에 1,1,1-TCE를 탄화수소계로, CFC-131을 수계 알칼리 세척제로 전환하였다.²⁶⁾

26) 씨스캠닷컴. 대체 세정제 : 초미의 관심사. 케미칼리포트. 1997

Table 4. Composition of MC and Alternative Non-aqueous Cleaning Agents

세정제 특성	MC	Cleaner B1	Cleaner C	Cleaner D	Cleaner E
공급업체	A社	B社	C社	D社	E社
주성분 CAS No.	CH_2Cl_2 75-09-2	$\text{C}_3\text{H}_6\text{Cl}_2$ 26638-19-7	$\text{CH}_3\text{CCl}_2\text{F}$	탄화수소	탄화수소+알코올 64742-48-9, 1569-01-3
밀도, 25℃ (g/cm ³)	1.3244	1.15 (20℃)	1.259 (15℃)	0.82	0.82
표면장력 (dyne/cm)	28.12 (20℃)	34.95 (20℃)	21.8 (25℃)	-	-
비점 (℃)	40.8	45-68	32	209-235	151
증발잠열/ 증발속도	78.7cal/g	56cal/g	52.8cal/g	-	0.22 S (Butyl Acetate=1)
증기압 (mmHg)	348.9 (20℃)	40 (19.4℃)	502 (20℃)	0.1 (25℃)	5 (25℃)
점도 (cP)	0.425 (25℃)	0.895	0.43	-	1.940
인화점 (℃)	없음	없음	없음	86	44
KB값	136	120	58	-	-
물의 용해도	0.17% (25℃)	-	0.066g/100g물	1ppm 이하	7% (25℃)
Odor	Chloroform odor	알콜 냄새	약한 에테르향	석유 냄새	알콜 냄새
가연성 범위	불연성	불연성	불연성	가연성	가연성
허용범위 (TWA)	50ppm	470ppm	PAFT-II	670ppm 이상	300ppm
발암성	있음 (그룹B2)	없음	없음	-	없음
변이원성	음성	음성	음성	음성	-
ODP	0.007	0	0.07~0.11	0	0
가격 (원)	2,250원/kg	1,800원/kg	4000~5000원/kg	1,500kg/drum	4,000원/kg
기타	·마취성 있음 ·산업 안전 제1종 유기용제	·화재안전성 정보 (NFPA) 보건=1 반응성=0 가연성=1	·유해 화학물질 관리법 미규정 ·소방법 규제 없음 ·ODP, GWP 있음	·소방법 저축 ·폭발 방지시설 필요	·소방법 저축 ·폭발 방지시설 필요

[그림 III-4] DCM 세척제 공급업체에서 대체세척제를 추천하는 비수계 세척제 물성과 DCM 비교표(배재흠 등, 1999).

4) 해외 모범 사례

유럽에서 염소계 솔벤트 세척제는 꽤 이른 시기에 문제가 되었다. 스웨덴의 경우 1995년까지 염소계 세척제를 금지하는 법률이 통과하기도 하였다. 이러한 전통 때문에 2006년 REACH(화학물질의 등록, 평가, 허가 및 제한에 관한 법률)가 제정되기 전부터 유럽에서는 디클로로메탄(DCM)이나 트리클로로에틸렌(TCE)을 세척제로 사용하기 위해서는 노동자들이 노출되지 않는 밀폐형 조건을 요구해왔다. 미국에서도 염소계 세척제를 남용하지 않기 위한 노력은 진행되었다. 특히 매사추세츠주 정부가 독성물질저감법(TURA)에 근거해 만든 독성물질저감연구소(TURI)는 미국내에서 가장 적극적인 안전한 세척제 대체 및 관리 체계를 구축하고 있다고 평가할 수 있다.

미국 매사추세츠주는 독성물질저감법(Toxic Use Reduction Act, 이하 TURA)은 노동자를 보호함과 동시에 기업의 생산성을 저하시키지 않는 것을 목적으로 연방법 보다 강한 주법으로 제정되었으며, 기업이 스스로 독성물질을 저감하기 위한 계획과 목표를 수립하도록 하고 있다. TURA는 독성물질사용저감 행정협의회(TUR Administrative Council on Toxic Use Reductrion), 매사추세츠주 환경보호국(The Departement of Environmental Protection), 독성물질사용저감연구소(TURI), 기술지원연구소(Office of Techincal Assistant and Technology) 네 기관의 협력으로 이행된다. 매년 독성물질저감 행정협의회에서 독성물질목록(Toxic or Hazardous Substance List)을 작성하고, 유해물질과 고독성물질로 분류하여 한 시설당 각 25,000파운드/년, 1,000파운드/년의 기준량을 지정한다. 해당하는 기준량을 사용하는 기업은 시설크기와 물질 수에 따라 독성물질 사용료를 지불해야 한다. 사용료는 사업장의 규모에 따라 기본요금이 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, 이전 년도와 비교하여 독성물질 사용 및 배출량의 변화에 대한 내용을 포함하여 고위 경영진의 서명과 입증자료를 문서로 만들어 보관해야 한다. 독성물질저감계획서에는 저감 범위와 목적, 시설관리 정책, 배출 분석, 비용 예상, 시행일정 등을 포함해야 하며, 이 계획서는 인증된 플래너(Toxic Use Reduction Planner)의 참여 하에 작성하여야 한다. 그리고 이 보고서와 계획서는 TURI 홈페이지를 통해 일반시민에게 공개되며, 사업장 정보, 화학물질, 기타 정보를 입력하면 모든 사람이 자유롭게 열람할 수 있도록 하고 있다.²⁷⁾

독성물질저감연구소(TURI)는 독성물질의 정보 제공, 독성물질사용저감 플래너 양성, 성공기업 보조금 지급, 안전한 대체물질 개발 및 위험성평가 등을 하고 있다. TURI는 기업이 스스로 독성물질사용저감 계획을 세울 수 있도록 대체물질을 평가해주는 프로세스를 개발하여 지원한다. 특히 <CleanerSolution 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(그림 III-5). 또한 P2OASys(Pollution Prevention Options Analysis System) 프로그램을 통해 대체물질별로 기술과 공정, 비용, 환경 및 건강영향성 등의 지표로 분석하여 위험성점수를 저/중/고로 구분하여 보다 안전한 대체물질을 찾도록 지원해준다(그림 III-6).

27) 채자영, 이주연, 홍경표, 강태선. 독성물질 저감을 위한 TURA 도입방안에 대한 연구. 한국산업보건학회지, 2017;27(4):257-268



[그림 II-5] TUIR CleanerSolutions Database.



[그림 II-6] TUIR P2OASys.

아래 [그림 III-7]은 할로겐 세척제의 대체에 성공한 매사추세츠주 기업들의 사례를 정리한 것이다. Morgan은 세라믹 분쇄 후 왁스를 제거하는 등 여러 작업에 트리클로로에틸렌(TCE)을 사용했다. 공정에 사용된 왁스를 효과적으로 제거하기 위한 세척제를 찾고 있었고, 트리클로로에틸렌(TCE) 대신 분말 세제로 대체에 성공하였다. Umicore는 2000파운드의 PCE를 담을 수 있는 진공 탈지제를 사용해왔으며, PCE의 사용을 완전히 없애기를 원하였다. Umicore는 장비 및 세척제 공급업체와 협력하여 알코올계 세척제로 대체하는 것에 성공하였다. 장비를 함께 교체하며 세척제를 대체하였는데, 오히려 이전 장비를 사용하던 것 보다 연간 16,000달러의 비용을 절약했다고 한다.²⁸⁾

Table 8: Massachusetts Facilities That Successfully Switched to Safer Alternatives

Organization	Industry Sector	Toxic Replaced	Safer Alternative	Annual Reduction	More details
Morgan Advanced Materials, New Bedford	Porcelain electrical supplies	TCE	New equipment that uses Borax, baking soda and water	3,300 lbs.	Video and Case Study
Umicore Electrical Materials, Attleboro	Electrical materials	PCE	New vapor degreaser that uses a modified alcohol-based cleaner Metalnox M6386	2,000 lbs.	Case Study
Lytron, Inc., Woburn	Metals manufacturing	TCE	New vacuum cycling nucleation system that uses transDCE	6,000 lbs.	Video
CD Aero, New Bedford	Capacitor manufacturer	nPB	New equipment Alkaline aqueous cleaner Aquaease PL	5,600 lbs.	Video Case Study
Synventive, Peabody	Hot runner system manufacturer	nPB	Aqueous with ultrasonics Buckeye Immersion Cleaner	2,778 lbs.	Continuing Education Presentation
Bird Precision, Waltham	Precision glass jewels	TCE	Dimethyl glutarate with heat drying oven	2,468 lbs.	
Inner-Tite Corporation, Holden	Manufacture metal anti-left devices	TCE	New vacuum vapor degreaser with an alkaline aqueous cleaner	2,675 lbs.	Case Study
S.E. Shires, Holliston	Brass instruments	TCE DCM	Ultrasonic aqueous system and rinse tank; Alcohol lacquer strip and rinse	3,600 lbs. 300 lbs.	Case Study
Shawmut Corporation, West Bridgewater	Coated and laminated materials	TCE	Hot-melt adhesive process	15,500 lbs.	Case Study
V.H. Blackinton & Co. Incorporated, North Attleboro	Metal finishing	TCE	Aqueous cleaning system	30,000 lbs.	Case Study

[그림 III-7] 미국 매사추세츠 기업의 안전한 대체 사례(TURI, 2021).

28) TURI. Guide to Finding Safer Alternatives to Halogenated Solvents. 2021

5) 소결

세척작업은 제품의 품질과 가치를 향상시키는데 중요한 공정으로 여겨지고 있으며, 그에 따라 국내 뿐 아니라 해외에서도 안전하고 효과적인 세척작업을 도입하기 위한 연구가 다수 진행되었다. 특히 할로겐 계열의 세척제는 세척 효율 뿐 아니라 건조가 빠르기 때문에 선호되지만, 건강과 환경에 대한 피해를 줄 수 있는 유해성을 가지고 있어 오래전부터 대체 연구가 진행된 편이다.

미국 독성물질저감연구소(TURI)에서는 세척제 대체를 위한 연구에 앞장서고 있으며, 매사추세츠주 정부의 지원을 받아 사업장에서 할로겐 세척제 등 유해물질이 함유된 세척제를 보다 안전한 세척제로 대체해 나가는 것을 이끌고 있다. 물론 이러한 노력에도 불구하고 완벽한 대체는 불가능하기 때문에 디클로로메탄(DCM)이나 트리클로로에틸렌(TCE)과 같은 할로겐 세척제는 미국이나 유럽 등에서도 아직까지 사용되고 있다. 대신 할로겐 세척제를 사용하지 않아도 되는 작업에서는 알칼리세척제 등 보다 유해성이 낮고 환경에 피해가 적은 물질이 사용되고 있다.

우리나라에서도 1990년대 후반 대체 세척제와 대체 세척기술에 대한 연구 개발이 활성화되었으나, 일부 대기업에서 대체가 성공적으로 도입된 것을 제외하면 정부의 규제가 본격화되기 전까지는 기존 세척제를 사용하겠다는 사용자들의 입장이 강하여 할로겐 세척제가 시장에서 지속적으로 사용되는 상황이 유지되었다.

따라서 세척제 시장에는 디클로로메탄(DCM)이나 트리클로로에틸렌(TCE)이 계속 사용되고 있었다. 따라서 이번에 사고가 발생한 두 사업장에서 트리클로로메탄(TCM)을 굳이 사용해야 할 이유는 없었다. 기존에 디클로로메탄(DCM) 등을 이미 사용했었기 때문에, 국내외에서 세척제 사용 이력이 거의 없는 트리클로로메탄(TCM)을 사용한 것은 매우 특수한 상황이 발생한 것으로 볼 수 있다.

3. 트리클로로메탄(TCM)을 세척제로 사용한 이유

1) 세척제 공급자 및 사용자 인터뷰 결과

트리클로로메탄(TCM)을 주성분으로 한 세척제 원료 공급사 및 세척제 제조사와 인터뷰를 실시한 결과, 트리클로로메탄(TCM)을 사용하게 된 이유는 환경부 「화학물질관리법」에 따른 유독물질에 해당되지 않는 세척제를 사용자 기업이 원했기 때문에 공급했다는 입장을 확인했다. 공급자 기업은 트리클로로메탄(TCM)이 가진 유해성을 알고 있었고, 사용자 기업에게 국소배기장치가 없어서는 안된다는 입장을 전달했다고 발언했다. 하지만, 이들 기업의 홈페이지에는 트리클로로메탄(TCM)이 유독물질이 아니면서 비용이 저렴한 친환경세척제(혹은 대체세척제)라는 홍보가 이루어지고 있어 인터뷰 결과와 다른 정황도 확인되었다.

세척제 공급자들은 제조·수입과 유통으로 구분된다. 제조·수입사는 원료를 수입하거나 수입된 원료를 구매하여 세척제를 제조하는 곳이다. 유통사는 제조사의 공식 대리점(딜러, 도매업)과 소규모의 상사(소매업)로 구분되며, 최종 하위사용자에게 세척제를 판매하는 곳이다. 규제회피와 비용 절감 중심의 마케팅은 주로 제조·수입사와 유통 대리점에서 이루어지고 있었다. 소규모의 상사와 같은 소매업에서는 사용자가 필요로 하는 것을 가져다주거나 비슷한 제품들을 가격에 맞춰 공급하는 형태였다. 간혹 이것저것 섞어서 판매를 하는 업체들도 있다고 하는데, 일례로 세척이 잘 안된다고 하면 이것저것 섞어서 가져다 주거나, 드럼통이나 말통에서 작은용기로 소분하여 판매하고있어 MSDS 제공이나 제품용기의 경고표시 등은 제대로 이루어지지 못하고 있다고 한다.

세척제 제조·수입사는 화학물질의 유해성과 규제변화를 잘 알고있었다. 그러나 제조 시 유해성은 고려하지 않고, 세척력이 우수하고 규제에 해당되지 않는 물질을 찾는다고 하였다. 세척력을 위해서는 물리화학적특성(비중, 비

점, 인화점, KBV²⁹⁾, 제품 내 수분함량 등)을 중요하게 검토하였다. 이물질(오일)이 위로 올라와야 하기 때문에 비중을 고려하며, 온도를 높여 세척을 해야 하기 때문에 비점과 인화점을 확인한다. 이때 인화성을 잡아주기 위해 난연첨가제를 사용하기도 한다. KBV는 용해력으로 세척력을 나타내는 지표이며, 제품 내 수분함량은 부식 방지를 위한 것이다. 이러한 조건들은 세척조건을 맞추기 위한 필수 고려요소이며, 세척제를 재사용하기 위한 중요한 요소였다.

반면, 세척제 사용자들은 공급자들이 먼저 와서 규제에 해당되지 않는다면 마케팅을 한다는 입장이었다. 대부분의 사용자들은 세척제의 화학적 성능과 법적 규제를 잘 알지 못해 세척제 공급자들에게 정보를 의존하고 있으며, 규제회피는 세척제 공급자들이 유도하고 있다고 하였다. 일례로 납품업체 직원이 먼저 찾아와 규제물질이 들어있지 않고 몸에 덜 해롭다면 제품을 바꿔보라고 추천을 해주는 경우가 있었다고 한다. 한편, 공급자들의 입장처럼 사용자들이 규제에 해당하지 않는 세척제를 선호하는 것은 분명하게 확인되었다. 사용기업의 사업주들도 작업환경측정이나 특수건강진단 등 법적으로 지켜야 하는 사항들이 생기니 규제물질이 들어있지 않다고 하면 바꾸는 것을 적극적으로 검토하기도 하며, 원청의 요구로 인해 규제에 해당하지 않는 물질을 선호하고 있었다.

즉, 세척제 공급자(제조·수입사)는 규제변화를 지속적으로 모니터링하면서 유해성을 고려하지 않고, 규제에 해당되지 않으면서 기존 물질(트리클로로에틸렌, 디클로로메탄 등)과 물리화학적특성이 비슷한 세척제를 개발해오고 있었다. 동시에 규제회피를 마케팅에 활용하고 있었다.

한 세척제 제조업체 홈페이지에서 디클로로메탄(DCM)의 유독물질 경과조치가 만료됨에 따라 기존의 제품들의 대체품과 사양개정된 제품을 안내하는 글을 확인할 수 있었다. 이들은 디클로로메탄(DCM) 보다 상대적으로 유해성

29) Kauributanol value(카우리부탄올값): 석유계 용제의 품질을 평가하기 위한 시험값으로, 세척제의 세정력을 나타내는 수치로 이용됨. 카우리부탄올값이 클수록 세정력이 높다는 것을 의미함.

이 적은 제품으로 개선을 통한 조치를 하였다고 하였으나(그림 III-8), 대체품의 MSDS에서는 제조업체의 안내와는 다른 결과가 확인되었다. 대체품은 저가형과 고가형이 있었는데, 저가형은 트리클로로메탄(TCM)과 1,2-디클로로프로판(DCP), 고가형은 1,2-디클로로에틸렌(트랜스)(TDCE)이 주요 성분이었다(그림 III-9). 트리클로로메탄은 이번 사고를 발생시킨 물질이자 간독성물질이며, 1,2-디클로로프로판(DCP)은 발암물질로 국제암연구소(IARC)에서 인체 발암성물질인 Group 1으로 분류하는 물질이다. 고가형의 주요 성분인 1,2-디클로로에틸렌(트랜스)(TDCE)은 증기압이 높아 휘발성이 강하고, 면역독성 및 신경독성이 있어 할로젠 유기용제의 대체제로 적절하지 않다고 미국의 TURI에서 경고하고 있는 물질이다.

화학물질의 등록 및 평가 등에 관한 법률에 따른 해당 제품 변경내역 안내

작성자 관리자 등록일 2021-10-25 조회수 738

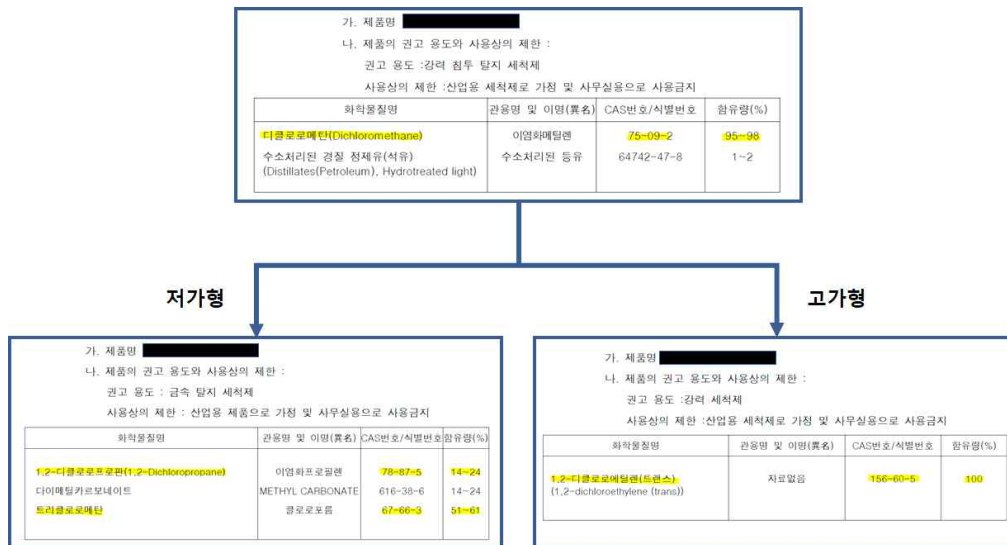
원료물질명 “염화메틸렌(Methylene Chloride)”이 “화학물질의 등록 및 평가 등에 관한 법률”에 따른 유독물질의 지정고시(국립환경과학원고시 제2019-42호 (2019.10.15.))에 따라 유독물질로 지정되었습니다.

염화메틸렌[Methylene Chloride; 75-09-2] 및 이를 0.1% 이상 함유한 혼합물

많은 산업현장에서 사용되고 있는 무색의 달콤한 냄새가 나는 염화메틸렌(MC)은 불연성이면서 세척력이 우수하지만 인체에 유해하여 [화학물질의 등록 및 평가 등에 관한 법률]에 따라 유해성 심사가 완료되어 신규 유독물질로 지정되었으며, 유해화학물질 영업허가에 관한 경과조치(2년)가 만료됨에 따라 제조, 판매를 할 수 없게 되었습니다.

당사는 신속하게 대체품 지정 및 유해성이 상대적으로 적은 제품으로 개선을 통한 조치를 하였습니다. 이에 아래와 같이 해당 제품에 대한 변경내역을 공지해 드리오니 저희 제품을 취급하시는 고객들께서는 제품 구입 시 착오 없으시기 바랍니다. 앞으로도 고객의 안전만 생각하는 더 나은 기업이 되도록 무단히 노력하겠습니다. 감사합니다.

[그림 III-8] 디클로로메탄의 유독물질 영업허가 경과조치 만료에 따른 대체품 안내글.



[그림 III-9] 대체품의 구성성분 비교.

세척제 시장에서 안전한 제품의 개발이 이루어지지 않고 있는 상황에서 트리클로로메탄 세척제가 시장에 등장하게 된 것으로 추정된다. 이는 세척제 제조·수입사의 사회적 책임이 없는 이윤추구 때문이라고도 볼 수 있지만, 잘못된 유해성에 대한 인식도 작용했을 가능성도 있었다. 이는 인터뷰에서 확인할 수 있었는데, ‘규제에 해당하는 물질만 진짜 유해성이 확실한 것’이라고 생각하여 규제에 해당하지 않으면 위험하지 않다고 인식하거나, ‘그동안 문제가 되지 않았으니 위험하지 않다’고 생각하고 있는 것을 확인할 수 있었다.

〈인터뷰 내용 중〉

주장1: 사용자가 규제에 해당되지 않는 것을 원한다.

“대체 세정제가 기본적으로 사용하는 사람이 규제 안걸리고 편하게 사용하고 싶은 기업이 있다보니 제조사 입장에서는 이러한 성분이 있다는 것

을 알려줄 수 밖에 없다.”

“사용자들은 규제 안걸리는 것과 성능 좋은 것을 찾는다. 안걸려야 편하기 때문이다. 규제 다음 성능인데, 성능은 애매한게 돈이랑 연관될 수 있는 부분이다. 어떤걸 더 선호한다고 말하기는 애매하다. 제품에 따라 다르기 때문에 또한 효율성이라고 하면 돈과 직결된다. 규제 대상 물질은 귀찮다. 규제 대상이 아닌 것 있냐고 물어본다. 이 제품을 쓴다고 등록을 하면 법규에 걸리는게 여러개가 있으면 불시로 오던 정기적으로 오면 사업 운영하는 사람으로서 귀찮다. 블랜딩해서 만드는 제조업체에서는 **규제에 저촉되지 않는걸 친환경이라고 마케팅하는 것이다.**”

“규제가 강화되고 안전성 측면에서 관리한다고 하면 더 안전한 제품이라는 표현을 쓸 수 있다. **현재는 규제에 안걸리기 위한 뉘를 계속 만드는 것이지, 인체에 덜 유해하다는 제품은 지금도 있다. 가격이 10배 이상이다.**”

“이번에 사고가 발생한 A사업장이 화관법을 피하고 싶어서 요구가 있었다고 한다. 언젠가 문제가 될 것이라고 생각했다. 오히려 이번에 밝혀진게 다행이라고 생각한다.”

“세척제 제조시 비중, 비점, 인화점, KBV(용해도), 제품 내 수분함량 등 물성을 고려하고, ODP(오존층파괴지수)와 GWP(지구온난화지수)도 고려한다. 비중에 따라 오일이 위로 뜰 것이고, 온도를 높여 세척하기 때문에 비점과 인화점을 확인하고, 인화성을 잡아주기 위해 난연첨가제를 첨가함. 증기 온도까지 올렸을 때 인화점보다 낮아야 불이 붙지 않는다.”

“세척제 제조 시 대부분 유해성은 고려하지 않고 규제에 해당하지 않는 것을 찾는다. 제조자들은 유해성에 대해 매우 잘 알고 있다. 딜러들도 어느정도 알고있지만 모르는 경우도 있다. 유해성을 잘 알고있지만, **규제에 저촉되지 않는 물질을 찾아 세척제를 제조한다.**”

“법에서 규정하고 있는 물질들(유독물질이나 특별관리물질 등)은 진짜

유해성이 확실하다고 나온 것들이라고 생각한다.”

“할로겐이 모두 유해한 것은 아니다. 불소계(HFE)가 유해성 측면에서는 훨씬 낮다. 각각의 고유한 물질에 따라 그 특성을 이해해야 한다. HFE의 경우 해외에서 유통된지 10년 정도 되었고, 그동안 문제가 없었기 때문이다. 만성에 대한 평가를 하는 것은 어렵다고 하며, 만성독성도 중요하지만 급성독성이 더 중요하다고 생각한다.”

주장2: 공급자들이 “친환경 세척제”라며 권한다.

“대부분 사용자들은 세척제의 화학적 성능과 법규제를 잘 모른다. 규제 회피는 세척제 공급업자들이 유도하고 있다. 따라서 공급업자에게 정보를 의지하고 있다.”

“세척제는 공급자가 먼저 규제에 들어간다고 바꾸라고 알려준다.”

“납품업체가 규제물질 안 들어있고 몸에 덜 해롭다고 하면서 추천해준다. 대체품이 있으면 바꾸고 싶다. TCE를 사용하는데 현장에서 컴플레인도 있고, 작측도하고 귀찮아지는 일이 있어서 사장님도 바꾸는 것을 적극적으로 검토/추진하고 있다.”

“현재 TCE를 사용하고 있는데, 세척제 납품업체에 문의하여 친환경세척제 알아보는 중이다. 유해한 사항도 문의하고, 금액은 당연히 고려(단가 3배 정도 차이)한다. 하지만 무엇보다 세척력이 우선이다. 제품이 작아서 세척력이 매우 중요하다. 절삭유가 남아있으면 다음 공정(도금)이 잘 되지 않기 때문이다.”

“사용자들이 규제에 적용되지 않는 세척제를 선호하는 이유는 원청의 요구 때문이기도 하다.”

2) 톡스프리 데이터베이스 활용한 분석 결과

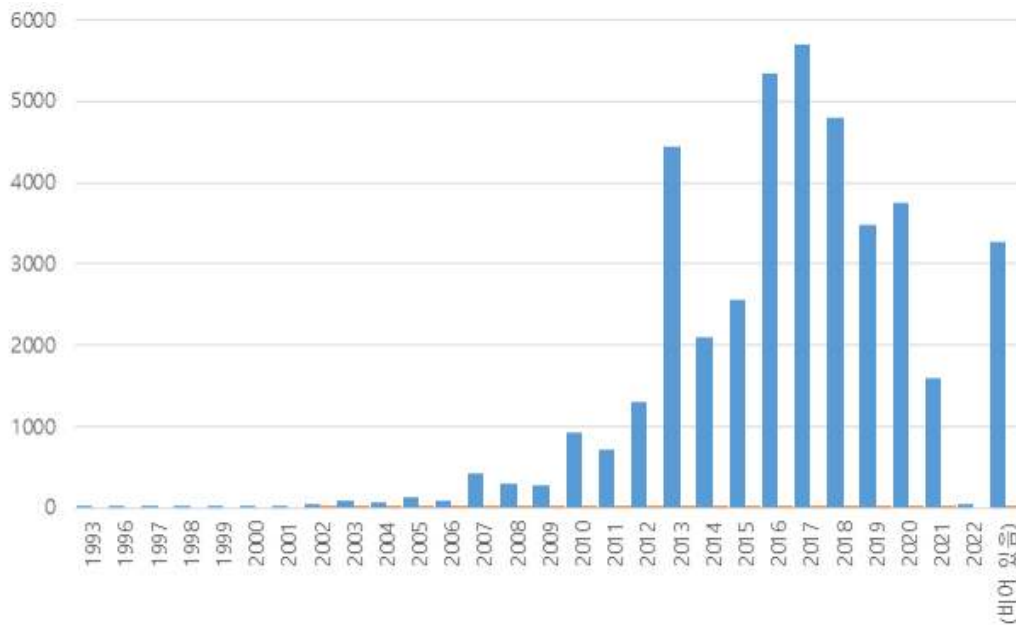
유독물질 지정이나 특별관리물질 지정 등의 규제가 세척제 원료 성분의 변화에 영향을 미칠 수 있다는 사실을 확인하기 위하여 톡스프리³⁰⁾ 데이터베이스를 활용한 분석을 실시하였다.

2022년 2월 기준 톡스프리에 등록된 전체 제품은 41,630개이며, 이 중 7.5% (3,140개)가 세척제/세정제였다(표 III-2). 전체 제품의 구성성분 중 영업비밀 등 식별이 불가능한 것을 제외하면, 카스번호가 있는 성분은 총 5,425개였다. 그리고 물질안전보건자료(이하 MSDS)의 제·개정연도는 미확인된 것도 있었지만, 2010년도 이후의 제품들이 대부분이었다(그림 III-10).

30) 톡스프리(Toxfree.kr)는 노동환경건강연구소, 사람과환경연구소, EHS프렌즈가 2016년에 공동개발한 웹기반 사업장 화학물질 관리 도구임.

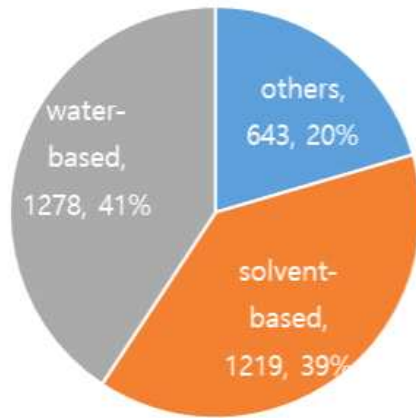
〈표 Ⅲ-2〉 특수프리 제품 현황(2022.2.23. 현재)

용도 구분	제품수(개)	비율
기타	10,442	25.1%
도료 및 안료(스프레이 제품 제외)	5,841	14.0%
시약	4,207	10.1%
세척제/세정제	3,140	7.5%
접착제/실러/실런트	2,571	6.2%
윤활유/그리스/작동유(스프레이제품 제외)	2,553	6.1%
금속가공유 및 방청유	2,209	5.3%
가스	2,132	5.1%
용접 및 납땜 재료	1,914	4.6%
원료(플라스틱 수지 등)	1,890	4.5%
스프레이 도료	1,195	2.9%
신너/희석제	1,003	2.4%
연료	612	1.5%
스프레이 윤활제/방청제	471	1.1%
잉크/마커	428	1.0%
광택제/연마제	347	0.8%
수처리제	300	0.7%
이형제	227	0.5%
침투탐상제	148	0.4%
계	41,630	100.0%



[그림 III-10] 톡스프리 전체 제품의 MSDS 제개정연도 분포.

총 3,140개의 세척제/세정제 제품에는 카스번호 확인이 가능한 성분 858개가 있었다. 톡스프리에서는 <표 III-2>과 같이 제품의 용도를 분류하기 때문에 용도의 세분화가 불가능하였지만, 물(7732-18-5) 함유 여부에 따라 수용성(water-based)과 비수용성 세척제로 구분하였고, 비수용성 세척제는 다시 솔벤트 함유 여부에 따라 솔벤트 세척제(solvent-based)와 기타(others)로 분류하였다. 그 결과 세척제/세정제 중 39%(1,219개)가 솔벤트 세척제로 확인되었다. 그리고 세척제/세정제의 MSDS는 2013년 이후에 작성된 것이 80% 이상을 차지하고 있었다(그림 III-11).



기간	제품수(개)	비율
미확인	233	7.4%
1993-1997	2	0.1%
1998-2002	10	0.3%
2003-2007	38	1.2%
2008-2012	302	9.6%
2013-2017	1556	49.6%
2018-2022	999	31.8%
계	3140	100.0%

[그림 III-11] 독스프리 세척제 제품 유형 및 MSDS 제개정연도 분포.

독스프리에 등록된 3천여 개의 세척제 중에서 트리클로로메탄이 발견된 제품은 3개에 불과하였다(표 III-3). 이 중 2개 제품(염화메틸렌)에는 트리클로로메탄이 1% 미만(0.08-0.095%) 함유되어 있었는데, 이는 염화메틸렌(디클로로메탄) 제조 과정에서의 생성된 불순물이라고 볼 수 있다. 결국 트리클로로메탄이 유효성분으로서 함유된 제품은 단 1개, KRC-85 세척제(트리클로로메탄 50-65% 함유)가 확인되었다. 이는 트리클로로메탄이 우리나라에서 세척 용도로 잘 사용되지 않거나, 영업비밀이나 첨가제 등으로 감춰져 있어서 일수도 있고, 독스프리에 제품을 등록한 사업장이 트리클로로메탄을 거의 사용하지 않기 때문일 수도 있다.

〈표 III-3〉 톡스프리 세척제 중 트리클로로메탄이 발견된 제품

제품명	제조업체	MSDS 제개정일	물질명	카스번호	함량(%)	
					최소	최대
염화메틸렌 (Methylene chloride)	AAA	2011-07-08	트리클로로메탄 (클로로포름)	67-66-3	0.08	0.095
			메틸 클로라이드	74-87-3	0.005	0.02
			디클로로메탄	75-09-2	>99.9	
염화메틸렌 (MCL)	AAA	확인불가	트리클로로메탄 (클로로포름)	67-66-3	0.08	0.095
			메틸 클로라이드	74-87-3	0.02	0.005
			디클로로메탄	75-09-2	99.9	100
KRC-85	BBB	2020-06-30	트리클로로메탄 (클로로포름)	67-66-3	50	65
			다이메틸 카르보네이트	616-38-6	35	50
			영업비밀	영업비밀	1	5
			영업비밀	영업비밀	1	2

이에 대해 사실 여부는 확인할 수 없지만, 트리클로로메탄이 세척 용도로 잘 사용되지 않는 물질인지 확인하고자 유럽 REACH의 등록정보에서 용도를 확인하였다(표 III-4). 유럽에서 트리클로로메탄은 세척제를 비롯해 일반적인 산업용 제품에는 잘 사용되지 않았으며, 주로 연구개발이나 실험용으로 사용되고 있었다. 또한 트리클로로메탄은 표적장기독성(간독성)이 있을 뿐만 아니라, 발암성과 생식독성도 있는 물질이어서 호흡기로 노출되면 안된다는 매우 엄격한 주의문구가 제공되고 있었다.³¹⁾

31) ECHA. REACH Registration Dossier - Chloroform (67-66-3).
<https://echa.europa.eu/registration-dossier/-/registered-dossier/14963/3/1/2>

〈표 Ⅲ-4〉 유럽 REACH 등록정보에서 확인된 트리클로로메탄의 유해성과 용도

물질명	카스 번호	성상	유통량 (톤)	유해성분류(CLP Harmonized)	산업적 용도	전문가 용도	소비자 용도	예방주의문구
트리클로 로메탄	67-66 -3	액체 (BP: 61℃)	100,000- 1,000,000	급성독성3(H331), 급성독성4(H302), 발암성2(H351), 피부자극성2(H315), 눈자극성2(H319), 생식독성2(H361d), 표적장기독성-반복(H372)	실험용, 타물질 제조 중간체 (intermediate)	실험용, pH조절제, 수처리제 등 연구 개발 및 보건의료 산업에서 사용	없음	먼지, 흙, 가스, 미스트, 증기 또는 스프레이를 마시지 말 것(호흡기로 노출되지 말 것)

솔벤트 세척제 성분 중 디클로로메탄, 트리클로로메탄 등이 함유된 제품과 유사한 제품에 함유된 물질들 중에서 유해성과 제품 수를 고려하여 총 23종의 중요물질을 선정하였다(표 III-5). 1,2-디클로로에틸렌(트랜스)(TDCE)는 현재 세척제 제품에서 많이 발견되는 물질인데, 미국 EPA 등에서 유해성을 검토하고 있으며, TURI는 증기압이 높아 휘발성이 강하고, 면역독성 및 신경독성이 있어 할로젠 유기용제의 대체제로 적절하지 않다고 보고하였다. 다이메틸 카르보네이트는 상대적으로 낮은 유해성을 갖고 있으며, 일부에서는 “Green chemical”이라고도 부른다.

〈표 III-5〉 솔벤트 세척제 중 중요물질 선정

연번	물질명	카스번호
1	1,3-디클로로프로판	142-28-9
2	1,3-디클로로-1,1,2,2,3-펜타플루오로프로판	507-55-1
3	1,2-디클로로프로판	78-87-5
4	1,2-디클로로에틸렌(트랜스)	156-60-5
5	1,2-디클로로에틸렌	540-59-0
6	1-브로모프로판	106-94-5
7	1-브로모-3-클로로프로판	109-70-6
8	디클로로메탄	75-09-2
9	트리클로로에틸렌	79-01-6
10	1,1,2-트리클로로-1,2,2-트리플루오로에탄	76-13-1
11	트리클로로메탄	67-66-3
12	1,1,2-트리클로로에탄	79-00-5
13	다이메틸 카르보네이트	616-38-6
14	디옥틸 프탈레이트	117-84-0
15	메틸알코올	67-56-1
16	브롬화메틸렌	74-95-3
17	3,3-디클로로-1,1,1,2,2-펜타플루오로프로판	422-56-0
18	1,1-디클로로-1-플루오로에탄	1717-00-6
19	1,1,1-트리클로로에탄	71-55-6
20	1,3-디옥소란	646-06-0
21	메틸사이클로헥산	108-87-2
22	테트라클로로에틸렌	127-18-4
23	N,N-디메틸포름아미드	68-12-2

독스프리 데이터베이스에서는 20년 전에 작성된 MSDS도 있었는데, 최근 10년 동안에 작성된 MSDS 중 나타난 중요물질은 디클로로메탄, 1,1-디클로로-1플루오로에탄, 1,2-디클로로에틸렌(트랜스), 메틸알코올, 메틸싸이클로헥산, 1,2-디클로로프로판, 다이메틸 카르보네이트였다(표 III-6).

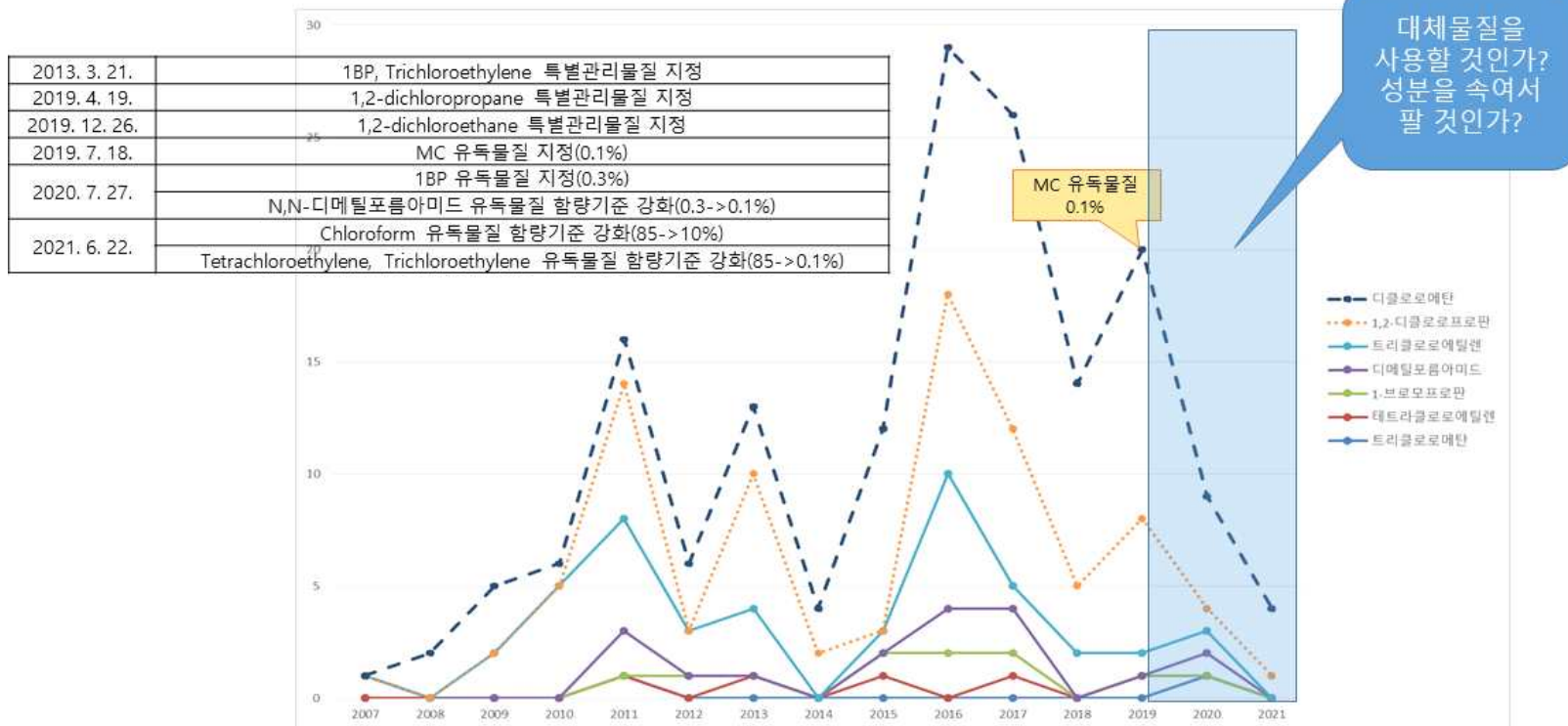
〈표 III-6〉 중요물질 함유 제품 현황

물질명	MSDS작성년도			계
	2002년 이전 및 미확인	2002년- 2011년	2012년- 2022년	
1,3-디클로로프로판	1		2	3
1,3-디클로로-1,1,2,2,3-펜타플루오로프로판			2	2
1,2-디클로로프로판	1	6	34	41
1,2-디클로로에틸렌(트랜스)	4		45	49
1-브로모프로판	1	1	5	7
1-브로모-3-클로로프로판			5	5
디클로로메탄	7	8	74	89
트리클로로에틸렌	2	12	19	33
1,1,2-트리클로로-1,2,2-트리플루오로에탄	2	3		5
트리클로로메탄	1	1	1	3
1,1,2-트리클로로에탄			1	1
다이메틸 카르보네이트	3		33	36
메틸알코올	2	6	38	46
브롬화메틸렌	2		7	9
3,3-디클로로-1,1,1,2,2-펜타플루오로프로판		1	2	3
1,1-디클로로-1-플루오로에탄	4	9	47	60
1,1,1-트리클로로에탄		3	2	5
1,3-디옥소란			3	3
메틸싸이클로헥산	2		37	39
테트라클로로에틸렌			4	4
디메틸포름아미드	1	2	5	8
계	33	52	366	451

실제로 규제가 세척제 시장에 영향을 주는 것인지 확인하고자 규제의 시점과 MSDS 작성연도별로 성분 변화를 분석하였다. 독스프리에 등록된 제품 MSDS 개수로 분석하여 이를 세척제 시장 규모라고 볼 수 없는 한계가 있지만, 「산업안전보건법」의 특별관리물질 지정과 「화학물질관리법」의 유독물질 혼합물 함량기준 변경이 영향을 미치는 것으로 나타났다(그림 III-12).

유독물질 지정 확대 또는 유독물질 함량기준 강화 시점에 MSDS 상 세척제의 주요 성분이 바뀌는 것을 통계적으로 확인할 수 있었다. 그리고 인터뷰에서 2015년 이후 이러한 현상이 본격화되었다는 것을 알 수 있었다. 구미 불산 누출사고 때문에 전면 개정된 「화학물질관리법」이 강력하게 이행력을 확보함에 따라, 세척제 공급자와 사용자들의 유독물질 회피 현상이 더 강화되었다는 것이다. 「유해화학물질관리법」 시절에 유독물질은 관할 지자체에게 영업신고만 하면 되었던 반면, 「화학물질관리법」 시행 이후 유독물질은 영업허가를 받아야 되는 것으로 규제가 강화되었다. 영업허가를 위해서는 시설기준과 취급기준 등을 갖춰야하며, 영업허가의 승인과 사업장 점검 등의 주체는 지자체에서 환경부로 이관되며 규제 이행력이 강화되었다. 유독물질에 대한 규제 이행력이 약했던 「유해화학물질관리법」 시절의 유독물질은 회피의 대상이 아니었던 것이다.

여기서 중요한 것은 규제가 강화되면서 세척제 시장이 규제되는 물질을 회피하는 경향을 보였는데, 주로 사용되는 솔벤트 세척제 성분은 이미 규제가 강화되었다는 것이다. 그렇다면, 2019년부터 세척제 제조업체들은 다른 물질로의 대체를 고민했을 것이다. 하지만 이번 사고를 일으킨 세척제 제조업체인 C제조업체 처럼 MSDS에 성분을 감추거나 속여서 영업한 제조업체들도 있을 것이다. 이번 사고가 사회에 드러나지 않았다면, 많은 세척제 제조업체들이 C제조업체와 같은 방식으로 영업할 가능성이 컸을 것이다.



[그림 III-12] 규제 시점과 세척제 성분 변화.

4. 사건 발생의 중요 원인 분석 결과

1) 사건 발생 경위와 정부의 대응과정

A사업장의 배관제작 공장등에서 스테인리스강 및 동 배관 세척작업에 사용된 세척제(UKLEEN T6 - C제조업체에 함유되어 있는 트리클로로메탄 노출로 인해 노동자 16명에게서 급성 독성간염이 발생하였다. B사업장은 전처리 공장등에서 자동차부품 세척작업에 사용되는 세척제(UKLEEN 900DX2- C제조업체)에 함유되어 있는 트리클로로메탄 노출로 인해 노동자 13명에게서 급성 독성간염이 발생하였다. 두 사업장에서 노동자들의 집단 급성중독을 일으킨 세척제의 제조업체인 C제조업체는 「화학물질관리법」상의 유해화학물질 영업허가를 받지 않은 상태로 트리클로로메탄 함유 세척제(독성간염 유발 성분을 함유한 세척제)를 제조·판매하였다. 또한 트리클로로메탄 함유 세척제를 디클로로에틸렌 함유 세척제로 MSDS를 허위로 기재하여 제조·판매하였다.

2022년 1월 말 A사업장의 노동자가 간 수치 이상으로 소화기내과에 내원하였고, 담당의사는 진료 중 직업성 질병이 의심되어 직업환경의학과로 의뢰하였다. 2월 10일 직업환경의학과에서 A사업장 노동자 1명의 직업병 의심 사례를 제보하였고, 고용노동부 창원지청은 당일 조사에 착수하였다. 2월 21일 경남 김해에 소재한 B사업장의 노동자 3명에게서 독성 간염과 유사한 증상을 보인다고 경남근로자건강센터에서 제보하여 양산지청이 당일 조사에 착수하였다. 집단 급성중독(독성간염)이라는 동일한 사고가 두 사업장에서 연달아 발생하였고, 사고가 「중대재해처벌법」 적용 대상에 해당하여 사회에 알려지게 되었다. 그 후 고용노동부는 환경부와 합동점검을 실시하는 등의 빠른 대응조치를 실시하였다(표 III-7).

〈표 Ⅲ-7〉 세척제 급성중독 사고 발생 후 정부의 대응 조치(출처: 고용노동부·환경부 보도자료, 관련 언론 기사)

구분	사고 발생 A, B사업장	C제조업체 & 해당 제품 유통업체	그 외 관련 사업장
사고 발생 전 상황	• ('21.11월~) A사업장 C제조업체의 트리클로로메탄 함유 세척제 사용(이전에는 디클로로메탄 세척제 사용) • ('22.1월 말) A사업장 노동자 간 손상으로 소화기내과 내원 • (2.10.) 직업환경의학과학에서 A사업장 노동자 1명 직업병 의심 사례 제보	• C제조업체 7개 판매업체는 트리클로로메탄의 유해화학물질 허가를 받지 않은 상태로 제조·판매 • ('21.11월~'22.2월) C제조업체는 트리클로로메탄 함유 세척제를 디클로로에틸렌으로 MSDS에 허위기재하여 제조·판매 • C제조업체는 5개 저장 탱크에 디클로로메탄(유독물질)을 보관한다고 신고했지만 이중 1개에는 트리클로로메탄을 보관	없음
고용 노동부	• (2.10.) A사업장 조사 착수(창원지청) • (2.18.~) A사업장 압수수색(부산지청) • (2.21.~) A사업장 대표이사 입건, C제조업체과 유통업체 등 관련 기업 압수수색 • (2.21.~22.) B사업장 노동자 3명 제보(경남근로자건강센터), 양산지청 당일 수사 착수(세척제 시료채취, MSD 확보, 작업환경측정, 국소배기장치 제어풍속 측정, 안전보건조치 이행실태 확인) • (2.22.) B사업장 세척작업 중지 권고, 94	• (2.21.~) C제조업체와 유통업체 등 관련 기업 압수수색	• (2.16.) 유사 세척제 사용 사업장 파악하여 작업환경 및 유사 증상 노동자 조사 • (2.21.~24.) C제조업체 세척제 사용 사업장 36개소 1차 조사 완료, 16개소 임시 건강진단 명령 • (2.22.) 유사 세척제 사용 사업장에 직업병 경보(KOSHA-Alert) 발령(한국산업안전보건공단) • (2.24.~) C제조업체 세척제 사용 사업장 89개소 추가 조사 착수

구분	사고 발생 A, B사업장	C제조업체 & 해당 제품 유통업체	그 외 관련 사업장
	명 임시건강진단 명령 • (3.2.) B사업장 노동자 13명 트리클로로 메탄에 의한 독성 간염으로 직업성 질병 진단, 세척작업 중지 명령		• (3.22.~4.30.) 기업의 자율 작업환경 개선기간 부여 - 세척공정 보유 사업장 약 2,800개소에 자율 개선기간 운영 안내, 기본수칙 및 재해사례 등 포함한 안내문·스티커 등 자료 배포 • (4.11.~6.30.) 화학물질 제조·수입 사업장 대상 MSDS 이행실태 자율점검 실시 - 자율점검 결과, 대상 사업장 8,300여개소 중 4,971개 사업장 MSDS 시스템 가입, 이 중 3,126개소 사업장만 MSDS 제출 이행 • (7.25.~9.2.) MSDS 이행실태 불시감독 시행 - 화학물질을 다량 제조·수입하는 사업장 등 200여개소에 대해 MSDS 제도와 노동자 안전보건조치 이행 여부 집중 확인 - 일부 시료의 채취·분석으로 화학물질의 명칭·함유량 등 MSDS 허위작성 여부 확인

구분	사고 발생 A, B사업장	C제조업체 & 해당 제품 유통업체	그 외 관련 사업장
환경부	(2.17.) 고용노동부로부터 유선 연락 받아 사고 발생 인지	(~3.27.) C제조업체와 트리클로로메탄 세척제를 납품받아 사용하거나 판매한 38개사 중 19개사 화관법 위반 고발 및 개선명령, 9개사 고발 및 개선명령 검토 중	C제조업체 제품을 판매·사용한 모든 업체의 조사를 경찰에 의뢰
고용노동부 & 환경부 합동	없음	없음	(3.28.~) 세척제 제조·수입·유통업체 전반에 대한 합동점검 실시 - 고용노동부: MSDS 제출·제공 및 적정성 여부, 비공개승인 이행여부, 경고표지 부착, 노동자 교육 실시여부 등 산안법 준수사항 집중 점검 - 환경부: 유해화학물질 영업허가 및 실적 보고, 취급시설 설치검사, 유해화학물질 표시사항, 관리자 선임 및 종사자 교육 이수 등 화관법 준수사항 집중 점검
지자체	없음	5개 저장 탱크에 디클로로메탄(유독물질) 보관한다고 신고했지만 이 중 1개에는 트리클로로메탄 보관 → 변경신고 미이행에 따른 대기환경보전법 위반 60만원 과태료 부과(김해시)	없음

2) 검찰의 중대재해처벌법위법 수사 경과

이번 사고가 발생한 두 사업장과 세척제 제조업체는 중대재해처벌법위반사범으로 최소 기소되었다. 검찰은 중대재해처벌법이 요구하는 안전보건관리체계를 마련하지 않은 사실이 인정되어 경영책임자인 대표이사를 중대재해처벌법위반죄 등으로 불구속기소하였다. A사업장 대표이사는 중대재해처벌법(산업재해치상) 위반, 산업안전보건법위반, 화학물질관리법위반, 대기환경보전법위반, 악취방지법위반, 물환경보전법위반 등 6개 혐의로 기소됐다. 그러나 피해 노동자 16명 중 10명은 A사업장 소속이고, 6명은 A사업장의 특수관계사인 D사업장 소속이었다. D사업장 노동자 6명의 피해에 대해서는 중대재해처벌법이 아닌 화학물질관리법 위반 혐의만 적용되었다. D사업장이 50인 미만 소규모사업장이라 현재 법 적용 대상이 아니기 때문이다. D사업장의 대표는 A사업장의 대표와 동일인물이며, A사업장과 같은 현장에서 재해가 발생했음에도 불구하고, 소규모 사업장이라는 이유로 중대재해처벌법 적용에서 제외된 것이다. 반면, B사업장은 안전보건에 관한 종사자 의견청취, 유해·위험요인 확인·개선 절차를 마련하고, 재해예방 필요 예산을 편성하는 등 법에서 정한 안전보건관리체계를 구축한 사실을 인정받아 중대재해처벌법위반 혐의는 불기로 처분되었다. 다만 작업장에 성능이 저하된 국소배기장치 방치 등 보건 조치를 이행하지 않은 점에 대해서는 산업안전보건법위반죄 등으로 불구속 기소되었다. C제조업체는 세척제의 MSDS를 허위 기재한 후 A사업장과 B사업장에 제공하여 화학물질관리법위반 등으로 구속 기소되었다. C제조업체 대표이사는 증거 인멸우려가 있다는 이유로 구속 기소되었다(‘22.10.5. 현재, 9월 말 C제조업체 대표이사가 법원에 보석을 신청한 것으로 알려진 상태로 조만간 보석 허가 여부가 결정될 예정).³²⁾³³⁾³⁴⁾

32) 창원지방검찰청. 중대재해처벌법위반사범 최초 기소. 2022.6.27. 보도자료

33) 매일경제. 같이 작업했는데...두성산업 피해자 16명중 10명만 중대재해법 적용. 2022.8.26. 기사(<https://www.mk.co.kr/news/society/view/2022/08/757385/>)

34) 매일노동뉴스. [대흥알엔티 불기소 이유서 보네] ‘독성간염’ 같은데 검찰은 ‘형식적 조치’만 하면 무혐의. 2022.7.8. 기사(<https://www.labortoday.co.kr/news/articleView.html?idxno=209857>)

3) 사건 발생 사업장의 세척공정 작업환경과 세척제 취급 실태³⁵⁾³⁶⁾

A사업장은 배관 표면의 금속가공유 등 이물질을 제거하기 위해 가공공정 후 세척공정에서 수작업으로 세척을 하고 있었다. 세척은 담금(dipping) 방식으로 작업자가 직접 손으로 부품을 세척조에 담겼다가 꺼내는 형태였다. 세척을 마친 후에는 에어건을 사용하여 배관 내부에 잔류하는 세척제를 제거하는 건조작업을 하였다. 그러나 세척공정에는 적절한 환기장치가 설치되어 있지 않았다. 세척조에서 취급하는 화학물질이 산안법상의 관리대상유해물질이기 때문에 밀폐하는 설비나 국소배기장치를 설치하여야 하나, 세척조 전면부 벽면에 환풍기(소형팬) 2대만 설치되어 있거나, 아무것도 설치되어 있지 않거나, 외부 식상방향 환기장치가 설치되어 있으나 배기능력이 부적정한 것으로 확인되었다. 또한 작업자들의 적절한 개인보호구 착용 관리는 미흡한 것으로 확인되었다. 사고 발생 이후 안전보건공단이 실시한 세척공정의 작업환경측정 결과, 작업시간을 보정한 노출기준의 3~6배 이상 초과하는 것으로 나타났다.

B사업장은 마운트와 댐퍼 등 자동차부품의 원자재 성형 전 소재에 묻은 금속가공유 등의 이물질을 제거하기 위해 전처리 공정 내에서 세척작업을 하고 있었다. 세척작업은 쇼트·피막의 전단계에서 수동과 자동으로 이루어지고 있었다. 수동세척은 작업자가 호이스트를 이용해 세척조에 원자재가 담긴 버킷을 담겼다가 빼는 담금(dipping) 방식이었다. 그 후 잔류하는 세척제를 제거하기 위해 가열·건조작업을 하였다. 건조작업이 완료된 제품은 기기에서 자동으로 세척과 쇼트·피막이 이루어진다. B사업장에는 국소배기장치가 설치되어 있었으나 성능이 부적합하였고, 작업자들의 개인보호구 착용 관리도 미흡한 것으로 확인되었다. 사고 발생 이후 안전보건공단이 실시한 작업환경측정 결과, 보정노출기준의 2~5배 이상 초과하는 것으로 나타났다.

35) 이나루. 중대재해처벌법 시대 세척제 급성중독 사건을 통해 본 사업장 화학물질 관리를 위한 산업위생전문가의 역할. 한국산업보건학회 2022년 하계학술대회 기초주제강연. 2022.8.25.

36) 하현철. 화학물질 관리 현황과 개선 방향 토론회 발표자료. 2022.4.25.

두 사업장 모두 구체적인 지침과 현장실사 등 원청의 공급망관리가 존재하였으나 잘 작동하지 않은 것으로 확인되었다.

4) 세척제 공급(제조·수입·유통) 실태³⁷⁾³⁸⁾³⁹⁾

(1) 정부 조사결과

고용노동부와 환경부가 3월 28일부터 4주간 산업용 세척제와 관련된 제조·수입·유통업체 등 세척제 시장 전반에 대한 합동점검을 실시하였다. 합동점검은 기준 이상의 유해화학물질을 함유한 세척제를 “친환경 대체 세척제”로 허위 유통한 사례가 확인됨에 따라, 부처 간 정보 공유와 전방위적인 점검을 통해 유사 사례를 방지하기 위해 추진되었다. 발생한 사고와 관련하여 실시 중이던 세척제 제조·취급 사업장에 대한 점검을 전국으로 확대한 것으로, 「산업안전보건법」 및 「화학물질관리법」 준수 여부 전반을 점검하였다. 고용노동부는 MSDS 제출·제공 및 적정성 여부, 비공개승인 이행여부, 경고표지 부착 및 노동자 교육 실시여부 등을 집중적으로 점검하였다. 환경부는 유해화학물질 영업허가 및 실적보고, 취급시설 설치검사, 유해화학물질 표시사항 관리자 선임 및 종사자 교육 이수 등을 점검하였다.

정부의 점검사항 중 MSDS 적정성 여부(신뢰성평가) 결과를 확인하였다. MSDS 신뢰성평가는 세척제 시료를 채취하여 성분 분석을 하였고, 그 결과와 MSDS에 기재되어있는 성분과 함량 정보를 비교한 것이다. 총 39건 중 MSDS 허위작성 5건, MSDS 허위작성 확인 필요 4건, 영업비밀 및 첨가제 확인이 필요 5건으로 나타났다. 앞서 예상한 바와 같이 사고를 발생시킨 세척제 제조사처럼 MSDS에 성분을 감추거나 속여서 영업한 제조사들이 있는 것

37) 고용노동부. 산업현장 “가짜 친환경 세척제” 주의보...고용노동부-환경부 합동 단속키로. 2022.3.27. 보도자료

38) 환경부. 가짜 친환경 세척제 주의보...산업현장 부처 합동 단속. 2022.3.27. 보도자료

39) 이나루. 중대재해처벌법 시대 세척제 급성중독 사건을 통해 본 사업장 화학물질 관리를 위한 산업위생전문가의 역할. 한국산업보건학회 2022년 하계학술대회 기초주제강연

으로 밝혀졌다.

또한 성분확인 결과 여섯 가지 특징이 발견되었다. 첫째, 트리클로로메탄을 함유한 세척제 상당수가 유통되고 있었다. 둘째, 여러 할로젠 유기용제 혼합된 세척제가 유통되고 있었다. 이는 세척제의 용해력이나 난연성 등의 조성을 맞추기 위한 것으로 추정할 수 있었다. 그러나, 단가를 낮추기 위해 혼합하였거나, 규제의 함량기준 미만으로 맞추기 위해 혼합하였을 가능성도 존재하였다. 셋째, MSDS상 디클로로메탄이나 디클로로프로판 단일물질로 기재된 경우 일부 다른 할로젠 유기용제가 검출되기도 하였다. 이는 성분의 허위기재일 가능성도 있지만, 재생 용매로 세척제를 제조하였을 가능성도 있었다. 넷째, MSDS상 다이메틸 카르보네이트는 분석결과 해당 성분이 없거나, 추가로 디클로로메탄 또는 트리클로로메탄이 함유되어 있었다. 이는 다이메틸 카르보네이트만으로는 세척력이 잘 나오지 않고, 단가를 낮추기 위해 혼합한 후 MSDS에 허위로 기재하였을 가능성이 있었다. 다섯째, 디브로모메탄이 트리클로로에틸렌이나 디클로로메탄의 대체 세척제로 유통되고 있었다. 디브로모메탄은 미국 EPA에서는 오존층 파괴지수가 높아 세척제로의 사용을 허용하지 않고 있었다. 유럽에서는 연간 제조·수입량이 10톤-100톤으로 많지 않아 독성자료는 제한적이었으나, 고농도로 흡입 노출 시 의식불명과 사망에 이를 수 있고, 반복적으로 노출될 경우 신경, 간, 중추신경계에 영향을 미치는 것으로 확인된 물질이었다. 여섯째, 인화성 액체가 세척제에 상당히 포함되어 있었다.

(2) 인터뷰 결과

정부의 조사 결과 MSDS 허위작성이 상당할 수 있다는 것이 드러났고, MSDS 허위작성 행위는 업계의 관행이라는 것을 언론기사와 인터뷰를 통해 확인할 수 있었다. 이번에 사고가 발생한 A사업장과 C제조업체는 「화학물질관리법」에서 요구하는 유독물질 영업허가 조건이 갖춰져 있지 않은 상태에서 둘의 이해관계가 맞아떨어지며 MSDS를 허위로 작성해서 거래한 것이라는

이야기를 들을 수 있었다. 또한 그간 세척제 시장에는 MSDS 허위작성이 비일비재했을 가능성이 확인되었는데, 아무도 감독을 하지 않으니 걸리지 않을 것이라는 믿음과 걸리더라도 과태료 금액이 적어 영업이익이 더 크기 때문에, 쉽게 허위로 작성한다는 것이었다. MSDS 허위작성 행위는 이번 사고처럼 규제를 회피하기 위한 것뿐만 아니라, 단순히 걸리지 않을 것이라는 믿음으로 MSDS 허위작성을 쉽게 생각하며, 고가물질 대신 저가물질을 사용해놓고 고가물질을 사용했다고 하는 등 영업이익을 위해서도 행해지고 있었다.

〈인터뷰 내용 中〉

“MSDS 허위기재로 500만원 밖에 안낸다. 판매 수익이 더 크다. MSDS를 거짓으로 제공한다는 것은 나쁜 짓이다. 그런 유혹을 많이 받는다. 사용자나 딜러들이 MSDS에 함량을 좀 낮춰달라고 한다. 허가 없이 만드는 애들은 MSDS 쉽게 준다. 우리 같이 시설투자 하는 데는 함부로 못한다. 사용자들도 회피할 방법은 있어야 하니... MSDS 허위기재를 요구한다. MSDS를 허위로 작성을 하면 화관법, 산안법위험물 피해갈 수 있고, 공급자 입장에서는 이익을 낼 수 있는 저가물질 사용해 놓고 고가물질 사용했다고 할 수도 있다. 세정제를 제조하려면 산안법, 화관법 영업허가, 위험물 안전관리법, 소방 제조허가 시설 안에서 관리 되어야 한다. 그걸 신규로 허가를 다 받고 시설을 갖추기 힘들다. 일반 작은 업체들은 사무실만 있고, 외곽에 창고 얻어서 ABC물질 뽑아서 섞어서 판다. 이번에 사고가 발생한 A사업장과 C제조업체는 그런 조건이 되어있지 않아 허가를 다시 받으려고 하니 쉽지 않은 상태였고, 둘의 이해관계가 맞아 MSDS를 허위작성해서 거래를 한 것이다.”

5) 금속제품 세척공정 작업환경 관리 및 세척제 취급 실태

(1) 정부 조사결과

이번 사고를 계기로 정부가 고독성물질 취급 사업장을 조사한 결과를 일부 받아 금속제품 세척공정의 작업환경 실태를 파악하였다. 대상 사업장은 고독성물질 10가지를 대량 사용하거나 최고노출이 예상되는 곳으로 선정되었다. 총 71개소 중 세척공정이나 세척작업을 보유하는 곳은 57개소로 확인되었다. 이 중 50인 미만 소규모사업장은 42개소, 50인 이상 사업장은 15개소였으며, 지역별로는 경상도가 24개소로 가장 많았고, 그다음으로 경기도, 충청도, 전라도 순이었다(표 III-8).

〈표 III-8〉 금속제품 세척공정 보유 사업장 현황(단위: 개소)

사업장 규모	경기도	경상도	전라도	충청도	총합계
5인 미만	2	2		2	6
5-10인 미만	1	5		2	8
10-20인 미만	2	5	1	2	10
20-30인 미만	3	2		1	6
30-50인 미만	3	4		5	12
50-100인 미만		5		1	6
100인-300인 미만	5	1	1	2	9
총합계	16	24	2	15	57

세척작업의 유형은 단일방식과 혼합방식이 있었는데, 대부분 단일 세척방식을 적용하고 있었다. 그 중 자동·반자동 형식의 초음파세척과 작업자가 수동으로 하는 담금(dipping)세척이 대부분을 차지하였으며(각 13개소, 11개소), 일부 분사와 닦기(wiping) 세척이 있었다. 후공정으로 air blowing, 가열건조, 열풍건조, 자연건조 등의 건조작업이 있었다. 세척방식 유형과 상관없이 세척제는 단일성분으로 구성된 것을 사용하는 사업장이 35개소로 더 많았고, 여러 성분으로 혼합된 세척제를 사용하는 곳은 20개소였다(표 III-9).

단일성분으로 구성되어 있는 세척제는 디클로로메탄(28개소), 트리클로로에틸렌(6개소), 에탄올(1개소)이 있었고, 혼합물로 구성되어 있는 세척제는 1,2-디클로로프로판, 디클로로메탄, 톨루엔, 트리클로로메탄이 있었다(표 III-10).

〈표 III-9〉 세척방식 유형에 따른 취급 세척제 성분 혼합 특징(단위: 개소)

세척방식 유형		성분 혼합 여부			총합계
		단일성분	혼합성분	확인불가	
단일	담금(dipping)	9	2		11
	분사(spraying)	1	4		5
	닦기(wiping)	2	2	1	5
	초음파(sonication)	11	2		13
	기타	7	4		11
혼합	담금, 분사	1			1
	담금, 초음파	1	1		2
	분사, 와이핑		1		1
확인불가		3	4	1	8
총합계		35	20	2	57

〈표 III-10〉 취급 세척제 현황

구분	주요 성분	함량범위(%)	사업장 수(개소)
단일성분	디클로로메탄	99.5~100	28
	트리클로로에틸렌	100	6
	에탄올	100	1
	소계		35
혼합성분	1,2-디클로로프로판	25~70	2
	디클로로메탄	25~95	7
	톨루엔	30~70	2
	트리클로로메탄	5~77	9
	소계		20
확인불가 (함량정보없음)	트리클로로에틸렌	-	1
	2-메틸펜탄	-	1
	소계		2
총합계			57

세척공정의 작업환경 관리 등 보건조치 현황은 <표 III-11>과 같다. 총 57개소의 세척공정 사업장은 규모와 상관없이 대부분 환기 상태가 불량한 것으로 나타났으며, 이 중 국소배기장치를 설치하지 않은 곳은 20개소, 국소배기장치가 설치되어 있으나 제어풍속 등 성능이 미흡한 곳은 23개소로 나타났다. 또한 환기 상태는 양호하지만, 공기정화장치의 미설치 등으로 인해 배기된 공기가 작업장 내로 재유입/재확산 될 가능성이 있는 곳은 5개소였다. 개인보호구 착용 상태는 대부분 적정 보호구가 지급되었지만 착용 등의 관리가 미흡하거나(30개소), 적절한 보호구가 지급되지 않았다(13개소). 화학물질의 위험성평가와, MSDS 및 관리대상유해물질 특별교육은 대부분 실시되지 않고 있는 것으로 확인되었다(각 31개소, 26개소).

<표 III-11> 사업장 규모별 세척공정 보건조치 현황(단위: 개소)

구분		사업장 규모		총합계
		50인 미만	50인 이상	
환기상태	국소배기장치 미설치	15	5	20
	국소배기장치 성능 미흡	18	5	23
	국소배기장치 성능 양호하지만 재유입/재확산 가능성 있음	4	1	5
	전반적으로 환기상태 양호	4	4	8
	확인불가	1		1
개인보호구	적정 보호구 지급 및 착용 관리 양호	1	1	2
	적정 보호구 지급하였으나 착용 등 관리 미흡	23	7	30
	적정 보호구 미지급	10	3	13
	확인불가	8	4	12
화학물질 위험성평가	실시	5	2	7
	미실시	26	5	31
	확인불가	11	8	19
MSDS 및 관리대상유해물질 특별교육	실시	12	1	13
	실시하였으나 보완 필요	1	4	5
	미실시	22	4	26
	확인불가	7	6	13

(2) 세척공정 현장조사 및 관계자 인터뷰 결과

세척방식은 대상의 재질, 모양, 가공방식 등에 따라 다르게 적용되고 있었다. 대부분 자동이나 반자동으로 가동되는 3~4조식 초음파 솔벤트 증기탈지기(초음파세척+초음파세척+헹굼+증기세척)가 사용되고 있었다. 이러한 초음파세척기에는 냉각코일, 유수분리기, 솔벤트 회수 증류기(증류 재생기)와 같은 부대시설이 장착되어 있었다. 초음파세척기의 온도조건은 세척조와 린스조 약 50~70℃, 증기조 약 90~110℃였다. 사용한 세척제는 회수 증류기와 같은 시설을 통해 직접 재사용을 하는 경우도 있었고, 공급자(제조·판매자)로부터 이물질 제거한 세척제를 다시 받는 형태로 재사용하고 있었다(그림 III-13, 14). 한편, 작업자가 직접 세척작업을 하는 경우는 담금(dipping), 분사(spraying), 닦기(wiping) 방식이 있었다. 그 중 담금세척은 세척제가 담긴 세척조에 제품을 일정 시간 동안 담가뒀다가 빼거나, 작업자가 여러 차례 넣었다 뺐다를 반복하는 방식으로 작업이 이루어졌다(그림 III-15).



[그림 III-13] 초음파세척(3조식; 초음파세척조-헹굼조-증기세척조 & 냉각코일) 작업장 모습.



[그림 Ⅲ-14] 현장 내 보관 중인 세척제.



[그림 Ⅲ-15] 담금세척 작업장 모습.

국소배기장치 등을 활용한 환기나 세척제 노출을 최소화하기 위한 작업환경 관리는 미흡한 상태였다. 세척작업이 이루어지는 공간에는 국소배기장치 등 환기장치가 일부 사업장에서만 존재하였다. 그러나 이마저도 환기장치가 가동 중이지 않거나, 설계의 오류가 있어 그 효과를 제대로 내지 못하고 있었다. 또한 초음파 솔벤트 증기탈지기와 같은 세척기를 사용하는 곳은 뚜껑을 닫지 않고 열어놓은 상태로 작업을 하거나, 작업중이지 않을 때에도 뚜껑을 열어놓고 있었다. 또한 다음공정으로 바로 연결되기 위해서 세척한 제품을 빠르게 건조시키는 것이 필요했는데, air blowing, 가열 및 자연건조의 건조작

업이 세척작업과 함께 배치되어 있었고, 노출을 최소화하기 위한 관리조치는 존재하지 않았다.

세척작업은 금속제품 가공 사업장(특히 표면처리업)에서는 불량을 줄이기 위해(후공정에 영향을 끼치지 않기 위해) 매우 중요한 작업으로 여겨지고 있었다. 그렇기 때문에 세척제 선택시 성능(세척력)을 가장 우선시하였고, 그 다음은 경제성(비용과 작업시간 절약)을 고려하고 있었다. 규제에 해당하지 않는 것을 가장 선호한다는 세척제 공급자의 응답과 상반되는 결과였다. 대부분의 중소기업의 세척제 사용자들은 공급자에게 정보(성능, 관련 규제, 유해성 등)를 의존하는 경향이 있었는데, 공급자들이 이를 규제회피와 비용 절감 마케팅에 활용하여 시장을 형성한 것으로 추정되었다.

할로젠 세척제의 건강 및 환경유해성에 대해서는 90년대 후반부터 알려져 왔다. 그로 인해 규제의 강화와 대체세척제와 세척기술에 대한 연구개발이 활발하였고, 대기업을 중심으로 대체가 이루어졌다. 그럼에도 불구하고 여전히 할로젠 세척제가 현장에서 많이 사용되고 있는 이유는 세척력과 경제성 때문인 것으로 확인되었다. 기존에 사용하던 세척설비로 빠른시간 내에 세척과 건조까지 쉽게 할 수 있으며, 세척제 구매비용과 각종 설비(세척기, 오염방지시설 등)의 설치·운영비용을 절감할 수 있기 때문이다.

〈인터뷰 내용 中〉

“금속제품의 표면처리(도장 및 도금) 전 단계까지의 가공과 표면처리까지 이어서하는 가공이 있다. 표면처리에서 세척은 매우 중요하다. 세척이 잘 되지 않으면 후공정(도장 및 도금)에서 불량이 난다.”

“표면처리업체에서 수익을 남기는 것은 불량을 줄이는 것이다. 원청에 1만개를 납품하기로 했다고 딱 1만개만 납품하는 것이 아니라 1만2천~1만3천개를 납품한다. 세척제를 소량 사용하는 곳은 월 20리터, 많이 사용하

는 곳은 월 200리터 정도 사용한다.”

“세척제 선택시 성능(세척력)을 가장 우선시하고, 그 다음 경제성(비용)을 고려한다. 후공정에서의 불량률 최소화해야 하기 때문에 세척제 선택시 세척력을 매우 중요하게 생각한다. 경제적이라고 하는 것은 가격뿐만 아니라 작업시간을 확보하는 것이다. 후공정으로 바로 넘어가려면 세척도 빨리 되어야 하고, 건조도 빨리 되어야 한다.”

“수동으로 작업할 때는 분사(스프레이), 침지, 걸레질을 하는데, 큰 제품이나 정밀세척이 필요하지 않은 경우에 수동으로 작업한다. 대부분 초음파+초음파+린스+증기(가열) 방식의 3~4조식 세척방식(초음파 솔벤트 증기 탈지기)을 활용한다. 이런 세척기에는 냉각코일, 유수분리기, 솔벤트 회수 증류기(증류 재생기)와 같은 부대시설을 장착하여 세척액을 재사용한다. 제품이 큰 경우나 세척을 더 하려는 경우에는 위에서 스프레이로 뿌려주기도 한다. 세척조나 린스조에서는 약 50-70℃ 증기조에서는 약 90-110℃의 온도조건으로 작업을 한다. 세척조 청소는 약 1달 주기로 한다.”

“세척제를 재사용하는 것은 불순물을 제거한 후 가능하다. 세척설비를 통해 직접 회수하여 사용하기도 하지만, 공급업체가 수거해가서 필터링 등을 통해 이물질 제거하고 다시 가져다 주기도 한다.”

“세척작업표준이나 세척조건 기준서 등이 존재한다. 온도와 작업시간 등의 내용이 있다. 원청에서 세척제를 지정해주지는 않지만, 세척력이 어느 정도 나와야하는지는 기준으로 제시한다. 우리는 그걸 맞추기 위해 세척제를 찾는다.”

“TCE는 달콤한 냄새가 나는데, MC 등 대체물질은 냄새가 역해 작업자들이 싫어한다. TCE는 가격이 리터당 1,500~2,000원이면 대체물질은 5,000~5,500원, 8,000~10,000원이고, 적게는 2~3배, 많게는 10배 이상 차이가 난다.”

6) 소결

이번 사고가 발생한 두 사업장 모두 「산업안전보건법」을 위반하고 있었다. 관리대상유해물질을 사용하면서도 국소배기시설을 설치하지 않거나 효과적으로 작동상태를 유지하지 않았기 때문이다. 따라서 책임은 사업주들의 법 위반에 있지만, 또 다른 원인도 존재한다. A사업장에서는 트리클로로메탄에 대한 작업환경측정이 이루어졌으나 불검출이었다. B사업장에서는 트리클로로메탄을 측정하지 않았다. 그 이유는 이전에 사용한 세척제 정보로 작업환경측정을 실시했기 때문으로 보인다. 어쨌든 제대로 된 작업환경측정이 이루어지지 않은 것도 중요한 원인이라 할 수 있다. 그나마 건강검진 과정에서 간손상이 발견된 것은 다행이었다. 이와 같이 사업장에서는 노동자의 간손상이 급성적으로 발생할 수밖에 없는 환경이 조성된 것은 확실하였다.

그러나 본 연구에서는 또 다른 원인을 주목하였다. 두 사업장 모두 사고 이전에는 디클로로메탄을 사용하였으나, 트리클로로메탄으로 변경한 이후 급성 중독이 발생한 것으로 확인되었다. 기존 세척제에 비해 간손상이라는 특이적 유해성을 가진 물질을 사용함으로써 노동자들의 고농도 노출실태가 드러난 것으로 볼 수 있다.

이번 사건은 국소배기장치 미비 등이 직접적 사고원인으로 볼 수 있으나, 급성 간손상의 측면에서 본다면 디클로로메탄으로부터 트리클로로메탄으로 세척제를 변경한 것이 결정적인 사고 원인이었다고 할 수 있다. 즉, 작업환경 관리를 하지 않은 사업장 요인과 부실한 산업보건서비스의 문제, 그리고 유독 물질 관리기준을 회피하려다가 심각한 급성 독성물질을 사용하면서 발생한 사고라는 해석이 가능하다.

따라서 본 연구는 새로이 등장한 원인인 규제회피 행위에 대해 본격적 조사를 수행하게 되었다.

5. 규제 회피행위에 대한 개념정의 및 본 연구에서의 관점

1) 개념 정의

법률이 금지하는 것을 행하는 것은 위법이라고 하고, 법률이 정한 것을 위반하지는 않았으나 법률의 목적에 위반하는 것을 탈법이라고 표현한다. 예를 들어 곽윤직 등(2003)은 탈법행위를 “직접적으로 강행법규에 위반하지는 않으나, 강행법규가 금지하고 있는 목적을 회피수단에 의하여 실질적으로 실현하는 행위”라고 설명하였다.⁴⁰⁾ 한편, 탈법행위는 유리한 규제와 불리한 규제에 대해 다르게 구분될 필요가 있다는 입장도 있다. 조승현(2011)은 탈법행위와 회피행위가 구분될 수 있으며, 규제를 지켜야하는 입장에서 자신에게 불리한 규제의 적용을 피하기 위한 행위는 법률회피로 보는 것이 타당하다고 제안한다.⁴¹⁾ 탈법행위는 법률을 악용하여 이익을 취하는 것에 국한해야 한다고 보기 때문이다. 본 연구는 조승현의 주장을 적극 활용하였다. 유독물질이 아닌 세척제를 찾는 과정에서 궁극적으로 노동자에게 위해를 가한 것은 탈법행위보다는 회피행위에 더 어울린다. 다만, 법학연구가 아닌 만큼 법률회피가 아닌 규제회피라는 용어를 사용하고자 한다.

하지만 탈법행위와 회피행위를 엄격하게 구분하는 것은 현실적으로 어려운 일이다. 예를 들어 세척제 공급자의 경우 유독물질 제도의 한계를 악용하여 시장 내에서 이익을 취하는 행위로 해석할 수 있으므로 탈법행위로 보는 것이 더 타당할 수 있다. 또한 세척제 사용자 기업도 위험한 줄 알면서 저가의 세척제를 선택해 이익을 얻으려는 목적이 있었다면 규제회피보다는 편법행위로 보는 것이 더 타당하다는 입장도 가능하다. 결론적으로 본 연구에서는 공급자의 경우 탈법행위로 보고 사용자의 경우 회피행위로 보는 입장을 택하였다.

40) 최병선. 규제수단과 방식의 유형 재분류. 행정논총. 2009;47(2):1-30.

41) 조승현. 법률회피. 재산법연구. 2011;28(1):157-94.

사용자는 유독물질에 부여된 시설기준과 취급기준을 회피할 목적이 저가의 세척제를 사용하는 것보다 우선한다고 보았기 때문이다. 다만, 탈법행위나 회피행위를 엄격히 구분한 것은 아니라는 점을 밝힌다.

2) 규제 이행과정에서 등장하는 탈법행위 또는 규제 회피행위에 대한 관점

첫째, 탈법행위나 회피행위는 규제의 형식과 내용에 따라 달라질 뿐 언제든 존재할 수 있다는 관점이 필요하다.

탈법이나 회피의 염려가 없는 완벽한 법률은 존재하지 않는다. “새로운 법이 나오면 새로운 사기가 생긴다”, “법을 만들자마자 사기가 궁리되어진다” 그리고 “법이 있는 곳에 기망이 있다”와 같은 오래된 지혜들이 괜히 만들어진 것은 아닐 것이다(그림 III-16).

로마법상 “agere in fraudem legis”에 해당하는 독일법개념은 Gesetzesumgehung(법률회피)이다. 중세독일에서 법률회피라는 관념은 다음과 같은 문장들에서 잘 드러난다. 즉, “Krumme Wege beschädigen Recht(굽은 길은 법을 훼손시킨다)”, „es ist kein Gesetz: es hat ein Loch, wer's finden kann(누군가 찾을 수 있는 구멍이 있다면, 그것은 법이 아니다)“, „neuen Gesetzen folgt auf der Ferse neuer Betrug(새로운 법이 나오면 새로운 사기가 생긴다)“, „sobald Gesetz ersponnen, wird Betrug gesonnen(법을 만들자마자 사기가 궁리되어진다)“와 „wo lex voran, da fraus gespannt(법이 있는 곳에 기망이 있다)“ 등이 그것이다.¹⁷⁾ 이러한 표현들은 로마법에서 고민되었던 부분과 맥락을 같이 한다. 즉, 법의 형식에는 어긋나지 않으나 법의 정신(목적)과 취지에 어긋나는 행위를 표현한다는 것이다.

[그림 III-16] 중세독일에서 법률회피 개념(조승현, 2011).

둘째, 법률의 내적 한계를 탐구함과 동시에 탈법행위나 회피행위를 조장하는 시장유인을 분석하는 것이 병행되어야 한다.

단지 법률이니까 벗어나고 싶다는 일차원적 욕구의 수준에서 탈법과 회피의 행위를 설명하는 것은 정책개선에 큰 도움이 되지 않는다. 즉, 시장의 어떤 요인들이 사업주들로 하여금 탈법과 회피행위를 유발하는지 찾아보고, 사업주들의 악의적 동기가 아닌 시장 구조적 문제를 찾아내는 것이 필요하다.

3) 세척제 관련 규제와 탈법 및 규제 회피행위의 연관성

일반적으로 규제의 목적을 회피하는 것은 위법이 되므로, 회피의 대상은 규제 수단이 될 때가 많다. 탈법행위는 규제수단을 악용하는 것이고, 회피행위는 규제수단을 피하는 것이다. 따라서 규제의 형식에 따라 탈법행위나 회피행위의 가능성은 크게 달라지게 된다.

규제를 형식에 따라 구분하자면 투입기준(input standard) 규제와 성과기준(performance standard) 규제로 구분할 수 있다. 투입기준 규제는 명령지시 규제(command and control regulation) 또는 처방적 기준(prescriptive standard)으로 불리기도 한다. 규제목표 달성을 위한 구체적 수단을 제시하고, 사업주가 이 기준에 부합하는 조치나 행동을 취하는지 확인 감시하는 방식으로 규제가 작동되기 때문이다.

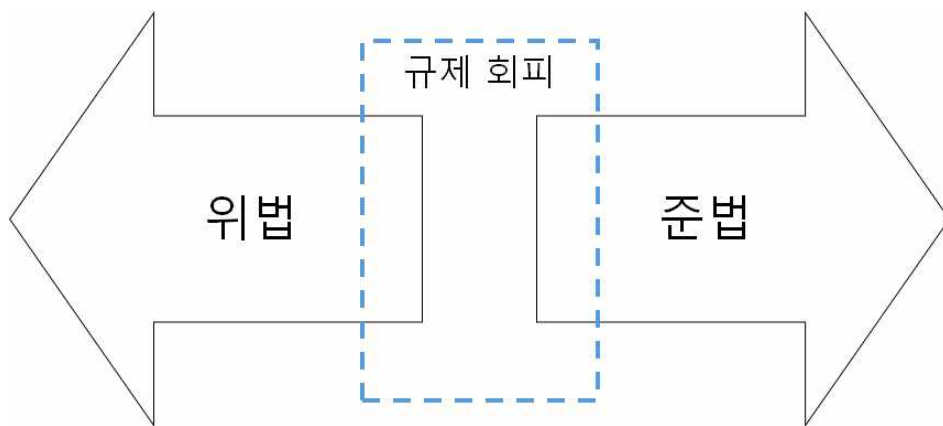
반면 성과기준 규제는 사업주가 달성해야 할 최소목표치를 제시하고 이 목표를 달성하기 위한 방법은 자율적인 선택에 맡긴다. 그래서 성과기준 규제보다 투입기준 규제가 탈법행위나 규제 회피행위를 더 많이 발생시키는 것으로 알려져 있다. 세척제 관련 규제들은 유독물질이나 관리대상물질 및 특별관리물질 지정과 같은 목록형 물질관리와 연계되며, 이 규제들은 모두 시설기준이나 취급기준을 요구하는 투입기준 규제에 해당한다.

즉, 세척제 관련 규제는 그 속성상 탈법행위나 회피행위의 유혹이 존재한다는 관점이 필요하다. 예를 들어 최병선(2009)이 투입기준 규제에 대하여 광범위한 규제회피(regulatory avoidance) 행동을 유발한다고 주장했다. “기준의 획일성과 집행의 경직성으로 인해 명령지시된 사항을 그대로 따르는 것이 불합리하다는 생각을 불러일으켜 피규제자는 뇌물 등의 제공을 통해 불법적으로 규제를 피해가려고 하거나, 제도의 허점과 맹점을 파고들어 합법적으로 규제를 회피하려고 들기 쉽다”고 지적한 것을 유념할 필요가 있다.

4) 법률의 내적 한계와 회피행위의 위법성 관계

탈법행위는 문제가 맞지만 회피행위는 그 자체로 문제는 아니다. 회피행위가 규제의 목적을 달성하는데 긍정적으로 작동할 수도 있고 부정적으로 작동할 수도 있다는 뜻이다(그림 III-17). 예를 들어 「화학물질관리법」에서 유독물질에 대해 시설기준이나 관리기준을 제시하는 것은 사업주로 하여금 기준을 준수하거나 유독물질 보다 덜 유해한 물질을 선택하는 것을 목적인 것이다. 법은 이미 유독물질을 회피하도록 요구하고 있다. 우리는 이미 이러한 행위들이 매우 정상적으로 발생하고 있으며, 때로 칭찬의 대상이었다는 점을 기억해야 한다. 「산업안전보건법」에 특별관리물질이 등장한 후 많은 사업장에서 특별관리물질이 함유된 제품의 사용을 꺼리게 된 것이 대표적이다. 그런데 법에서 요구하는 회피가 규제목적과 일치하려면 우리나라에 유통되는 모든 화학물질에 대하여 유독물질과 유독물질이 아닌 물질 구분이 되어 있어야 하고, 유독물질이 아닌 물질은 유독물질에 비해 덜 유해해야 한다. 아쉽게도 현실에서는 전체 화학물질 중 일부 물질만 유독물질 지정이 검토되어 유독물질이 아니지만 유독물질보다 더 유해한 물질이 존재한다. 따라서 유독물질이 아닌 물질을 선택하는 과정에서 법의 목적대로 더 안전한 물질을 선택할 수도 있지만 더 유해한 물질을 선택할 가능성을 배제하기 어렵다. 즉, 세척제 집단 급성중독사고의 원인이 된 규제회피는 모든 화학물질에 대해 유독물질 여부를 판단

하지 못하는 「화학물질관리법」의 법률적 한계로부터 기인한 것이라 할 수 있다. 사실 이러한 문제는 목록형 물질관리에 필연적으로 내재된 것이다. 「산업안전보건법」의 특별관리물질이나 「화학물질의등록및평가등에관한법률」의 중점관리물질 또한 유독물질과 동일한 문제가 있을 것이다.



[그림 Ⅲ-17] 규제 회피행위의 성격.

5) 소결 : 위법적 회피행위가 발생하는 이유

회피행위 그 자체가 문제가 아니라 회피행위가 위법적 성격을 갖는 것이 문제이다. 따라서 본 연구는 회피행위가 위법적 성격을 가지게 되는 이유를 확인하는 것을 조사분석하였다. 다시 말해 「산업안전보건법」이나 「화학물질 관리법」의 내적 한계를 확인함과 동시에 탈법이나 회피행위를 유발한 시장요인을 규명하였다. 그리고 이렇게 확인된 우리나라의 시장 조건 속에서 효과적으로 노동자의 건강과 안전을 보호하기 위한 화학물질 규제와 정책의 추진 방향을 제시하였다. 목록형 물질관리의 한계나 유독물질 관리체계의 한계가 문제의 중요한 원인이라는 점은 인정하지만, 그러한 제도의 문제점을 해결하는 대안을 제시하는 것이 목적이 아님을 명백하게 밝힌다. 본 연구는 이번에 발생한 사건과 유사한 사건들이 재발되는 것을 감시하고 막아내기 위한 실효성 있는 대안 제시에 집중하였다. 그리고 앞서 밝힌 바와 같이 세척제 공급자는 탈법행위에 해당하며, 사용자의 경우 회피행위로서 위법적 방향의 회피행위가 발생하였다고 보고 조사분석을 하였다.

6. 규제 회피행위와 관련된 시장 요인

회피행위 그 자체는 문제가 아니라 회피행위가 위법적 성격을 갖는 것이 문제이다. 따라서 본 연구는 탈법이나 회피행위를 유발한 시장요인을 규명할 필요가 있었다. 최근 ESG 정책이 강화되고 있으며 대기업에서는 공급망관리 정책도 강화되는 것으로 보였으나, 세척제 사용자 기업들은 형식적 서류관리 일 뿐이라고 이야기를 하고 있었다. 실제로 사고가 발생한 두 사업장은 대기업의 1차 협력사였으나, 이렇게 심각한 문제들이 공급망관리에서 발견되지 못하였다. 대기업을 중심으로 환경·사회·기업지배구조(Environmental, Social and Corporate Governance) 경영을 하며, 사회(S) 분야에서 공급망의 ESG 관리와 안전보건 정책을 포함하고 있다. 이때 협력사에게 행동규범을 계약 시 요구하며 여기에 안전보건관리 노력도 명시되어 있다.

이번 사고에서 규제회피가 중요한 원인이라고 할 경우, 규제회피가 단순히 규제의 문제로 인해 발생되었다기 보다는 규제환경인 시장의 문제점에 의해 기인되었을 가능성을 확인하였다. 특히, 규제회피와 기업의 윤리적 책임 방기는 동일한 원인을 갖거나 상호 연결되어 있을 가능성이 있어 세척제 중독사고 원인분석을 위해 공급망 정책 실패 원인을 확인하고자 하였다.

대기업은 일반적으로 협력사에게 행동규범(code of conduct)을 계약 시 요구하며, 여기에 안전보건 관리 노력이 명시되어 있다. 사고가 발생한 두 사업장은 대기업의 1차 협력사였지만, 세척제 중독사고가 발생하였고, 제품의 유해성 확인이나 국소배기시설 설치 및 점검 등의 의무를 이행하지 않은 것이 확인되었다. B사업장은 홈페이지를 통해 사회책임경영 중 하나로 안전/환경 경영을 소개하며, 협력사의 동반 성장을 도모한다고 밝히고 있었다. 그러나 B사업장은 노동조합의 요구에도 불구하고 작업환경 개선을 제대로 해오지 않았고, 비용 절감을 위해 저렴한 세척제를 사용해오다 사고를 발생시켰다는 주장이 제기되었다. 또한 사고 이후 전처리 공정의 작업중지 명령이 내려지자

해당 공정을 외주화해 생산을 지속하고 있다는 주장이 제기되었다.⁴²⁾⁴³⁾⁴⁴⁾

안전보건관리 노력을 이끌어내는 요인으로 규제가 중요하지만, 기업의 윤리적 책임의식이 중요하다는 점은 명확하다. 따라서 연구진은 두 사업장에서 발생한 세척제 중독사고의 배경으로 「산업안전보건법」 불이행과 「화학물질관리법」 회피의 문제점뿐만 아니라, 기업의 계약상 행동규범(윤리적 책임)의 무시를 함께 검토할 필요가 있다고 판단하였다. 특히 정부 규제와 기업의 자율적 노력이 완전히 독립된 것이 아니라 상호의존적으로 형성되고 발전되는 것이라면, 공급망의 기업 책임이 무시된 과정에서 규제의 미이행이나 회피가 발생된 공통의 원인은 찾아낼 수 있을지도 모른다는 기대가 있기 때문이다.

1) 대기업의 공급망관리 정책

사고가 발생한 A사업장의 정보를 인터넷에서 검색하면 인크루트 등에 OO전자의 1차 협력업체라는 정보를 어렵지 않게 확인할 수 있었다. 한편, B사업장은 명시적으로 OO자동차의 1차 협력업체라는 정보를 얻을 수는 없었으나, 한국자동차산업협동조합에 등록된 정보를 통해 OO자동차에 부품을 납품하는 사실이 확인되었고, OO자동차의 품질5스타를 2009년에 인증받은 것 또한 확인되었다. OO자동차의 품질5스타를 인증받으려면 OO자동차가 사업장 현장점검까지 실시하고 있으므로, B사업장은 OO자동차의 부품 공급망에서 중요한 기업으로 간주되었을 것으로 추정되었다. 따라서 본 연구에서는 우리나라의 전자산업과 자동차산업의 주요 대기업의 공급망관리 정책을 검토하고자 기업이 홈페이지에서 공개하고 있는 지속가능경영보고서, ESG보고서, 협력회사 행동규범 등의 자료를 분석하였다.

42) 경남신문. 대흥알앤티 ‘급성중독’ 핵심은 작업환경 개선 의지 부재. 2022.3.2. 기사(<http://www.knnews.co.kr/news/articleView.php?idxno=1371202>)

43) 매일노동뉴스. [노조 배기장치 개선 요구했는데] ‘급성중독’ 업체 사용자 1년간 ‘묵묵부답’. 2022.3.14. 기사(<https://www.labortoday.co.kr/news/articleView.html?idxno=207799>)

44) 매일노동뉴스. [노동부 대흥알앤티 압수수색] 독성 세척제 급성중독 사태 ‘일파만파’. 2022.3.24. 기사(<https://www.labortoday.co.kr/news/articleView.html?idxno=208000>)

전자산업과 자동차산업의 주요 대기업들은 지속가능경영보고서나 ESG보고서 등을 통해 ESG에 기반한 협력회사 상생 노력을 하고 있다고 홈페이지를 통해 소개하고 있었다.

전자산업 대기업의 경우 공개하고 있는 자료에 따르면, 2021년 1차 협력회사는 2,409개나 되고 있어 해당 대기업의 공급망 정책은 사회적 영향력이 매우 클 것으로 예상된다. 같은 자료에 협력회사 리스크 점검 내용과 결과가 제시되어 있었는데, 매년 1회 협력회사에서 자가점검을 실시하여 원청에 보고하는 것으로 보이며, 중요 협력회사에 대해서는 현장점검을 실시하기도 하였다. 해당 대기업에 따르면 이러한 점검에 따라 화학물질 관리(화학물질 관리 절차 및 기록, MSDS 게시 관리)가 부실하여 개선한 기업, 정기적인 위험성평가를 실시하지 않아서 개선한 기업이 2021년 국내에 각 1개씩 있었다고 한다. 그리고 해당 대기업은 협력회사와 상생하기 위하여 중대재해 예방을 위한 활동의 지원으로 제조공정 내 로봇에 대한 특별안전점검 실시, 유해화학물질 취급절차 및 개선 컨설팅, 협력회사의 자율적 이슈예방 활동 진행을 위한 가이드를 제공(안전관리 매뉴얼 및 우수사례 전파)한다고 소개하고 있었다.

이 뿐만 아니라 국제적인 공급망 행동규범 표준을 따르고 있었다. ELECTRONIC INDUSTRY CITIZENSHIP COALITION (EICC)의 전자산업 공급망 행동규범(Electronic Industry Code of Conduct)을 기반으로 자체적인 공급망 행동규범을 마련해 공개하고 있을 뿐 아니라, 가이드라인까지 마련하여 제공하고 있다.⁴⁵⁾ 이러한 행동규범은 우리나라의 대부분 대기업들이 정책적으로 도입하고 있으며, 기본적으로 정부의 규제를 준수하고 노동자를 화학물질로부터 보호하기 위한 조치를 취하라고 안내하고 있다.

행동규범에는 안전보건이 별도의 챕터로 다뤄지는 것이 일반적이다. 한 대기업의 ‘협력회사 행동규범 가이드라인’에도 “*작업환경측정을 통하여 근로자의 화학적, 생물학적, 물리적 인자에 대한 노출을 줄이거나 제거하기 위한 통*

45) Electronic Industry Citizenship Coalition. Electronic Industry Citizenship Coalition Code of Conduct v5.1. 2016.

제를 확립해야 합니다. 회사는 유해인자 노출을 감소시키도록 설계된 엔지니어링 통제(국소배기장 치 등)와 유해인자를 사업장 내에 적절히 표시(근로자 노출 시간 제한, 직무 순환 등)하는 등의 적절한 조치를 취해야 합니다”라고 요구하고 있었다.

자동차산업의 모 대기업은 협력사와의 동반성장을 강조하고 있었다. 특히 안전보건 분야에서 협력사의 중대재해 예방을 목적으로 안전교육 지원 및 휴무기간 공사 안전관리 우수 협력사 포상제도 등을 시행하고 있었다. 중대재해 발생 위험 공정에 대한 현장점검과 중대재해가 발생한 협력사에 안전진단 전문위원이 방문하여 위험요인 개선 우수사례 전파 등의 지원을 할 예정이라고 밝히고 있다. 또한 공급망관리 전략으로 협력사의 품질, 기술, 공급 안정성, 공정거래 준수, 친환경적 생산체계 구축을 우선순위로 하고 있는데, 지속가능한 공급망 구축을 위해 ESG 리스크를 평가하고 관리하고 있었다.

협력사 ESG 평가 프로세스를 운영하고 있으며, 평가 지표로 윤리, 환경, 노동·인권, 안전·보건, 경영시스템이 있었다. 이 중 환경에는 환경시스템, 에너지 사용, 온실가스 배출, 수자원 사용, 대기오염물질, 폐기물 관리, 화학물질 관리가 있었고, 안전·보건에는 안전보건시스템, 기계·설비 안전, 비상상황 대응, 사고 관리, 안전위험 진단, 보건 관리 등이 있었다. 협력사의 리스크 관리 는 1차, 핵심 1차, 핵심 2차 협력사를 대상으로 서면진단(자가진단)을 실시하며, 이 중 고위험 협력사를 대상으로 현장실사를 하고 있었고, 협력사의 상황에 맞는 개선방향을 제시하는 컨설팅을 제공한다고 소개하고 있었다.

특히, 화학물질 관리에 대해서는 제품 내 유해물질뿐만 아니라 생산공정에서 사용되는 유해물질도 국내 법규 또는 국제 기준에 준하여 엄격하게 관리하고 있다고 소개하고 있었다. 자체 유해물질 관리 프로세스를 두어 유해물질을 사용금지, 사용제한, 관리강화 3단계로 나누어 관리하고 있었는데, ‘사용금지’로 분류된 물질은 대체물질을 적용하고, ‘사용제한’은 사용을 금지하는 것을 원칙으로 하되 예외 조항에 포함된 용도에 한해서만 제한적으로 사용하도록 하고 있고, ‘관리강화’는 지속적으로 사용현황을 모니터링하여 관리하도록 하

고 있었다. 이 관리 기준은 공급망에도 동일하게 요구하고 있었다.

2) 하도급 불공정거래 문제와 위험의 외부화

우리나라에서 대기업의 공급망 관리 정책이 실효성을 거둘 수 있을지 우려하는 목소리도 있었다. 예를 들어 김승철 등(2008)의 연구에 따르면, 전자산업의 구매자(원청)와 공급자(협력회사)의 파트너십 형성 요인에 대해 원청과 협력회사의 관점이 매우 다르다고 한다. 원청은 이익공유, 지식·정보공유, 의사결정참여의 3가지 요인을 중요하게 여기고 있지만, 협력회사는 양자간의 관계가 평등하지 않기 때문에 정보공유나 의사결정이 비현실적이라고 판단하고 있으며 납품단가 결정이 이익공유 관점에서 이루어지지 않고 있다는 점을 중요하게 보고 있었다.⁴⁶⁾

즉, 납품단가를 적절히 반영하지 않고 협력회사의 목소리에 귀를 기울이지 않으면서 일방적으로 안전보건 책임 준수를 요구한다면, 우리는 이것을 위험의 외부화(externalization)라고 부를 수 있다. 위험의 외부화 환경에서는 협력회사는 규제를 미이행하거나 회피하는 것과 동일하게 공급망 정책을 미준수할 가능성이 있다.

이것은 거꾸로 정책입안에서 새로운 고민을 열어준다. 「산업안전보건법」 미준수나 「화학물질관리법」 회피가 위험의 외부화가 심각하게 진행된 시장 특성 때문에 발생한 것이라면, 규제정책의 조건으로서 시장의 공정성을 확보하기 위한 대책이 병행되어야 하기 때문이다.

하도급의 불공정거래 즉, “단가 후려치기”는 인터뷰를 통해 많은 이야기가 나왔다. 사용자들은 세척제 단가가 상승하는 것과 시설 등의 투자를 꺼리는 경향이 있었다. 그 이유는 안전보건을 등한시하는 대표자들의 인식 문제도 있었으나, 비용의 문제(단가가 맞지 않음)가 가장 큰 이유였다. 원청에서 납품단

46) 김승철, 김현용. 전자산업 구매업체와 협력업체간 파트너십 특성이 공급사슬관리(SCM) 성과에 미치는 영향. 한국scm학회지. 2008;8(1):1-14.

가 결정시 투자비용 등을 감안해주지 않아 단가가 맞지 않기 때문이었다. 공급망에서 납품단가가 너무 낮게 책정되고 있으며, 세척단가가 납품단가에 제대로 반영되지 못하고 있다는 점이었다.

우리나라에는 하도급법으로 불공정거래를 금지하는 규제들이 있다. 그러나 여전히 암묵적으로 불공정거래를 강요하는 등의 불법과 편법이 행해지고 있다고 한다. 제품의 납품단가는 저가경쟁이 심하며, 계약 후에도 납품단가를 인하하거나 대금을 제때 주지 않는 상황이 시장 내의 오래된 관행이며 공공연하게 발생하고 있었다.⁴⁷⁾⁴⁸⁾⁴⁹⁾⁵⁰⁾ 납품단가 등 하도급의 불공정거래 문제는 중소기업에게 너무 중요한 문제였다. 2022년 10월 한겨레신문 기사에 따르면, 중소기업이 중대재해처벌법 조차도 찬성하는 상황이었다(그림 III-18).

〈인터뷰 내용 中〉

“우리나라는 세척 비용을 쳐주지 않는다. 세척 작업의 단가가 낮다. 세척을 하청주는 원청이 저렴한 TCE를 사용하게 한다. 너 말고도 세척 줄 사업장 많다고 한다.”

“갑에 유리한 계약서를 작성하게 된다. 사실상 노예계약이나 다름없다. 제품의 납품단가의 영향요인은 가격이다. 저가경쟁이 심하다. 가단가로 저가경쟁을 통해 계약을 하고 제품을 납품하다가 확정단가를 정하면서 단가를 또 인하한다. 원하청 불공정거래는 오래된 문제이다. 납품단가를 인하하거나 대금을 제때 주지 않는 상황은 오래된 관행이며, 공공연하게 발생

47) 참여와혁신. 자동차부품제조업 불공정거래, 당사자는 어떻게 느낄까? 2021.1.6. 기사 (<http://www.laborplus.co.kr/news/articleView.html?idxno=26268>)

48) 중기이코노미. 현대차 1차 협력 갑질...직서열 생산방식 지목. 2019.4.25. 기사 (<https://www.junggi.co.kr/article/articleView.html?no=23220>)

49) 매일신문. 하도급 ‘대금 갑질’ 시정 50% 늘어나. 2016.6.12. 기사 (<https://news.imaeil.com/page/view/2016061220152329712>)

50) 중소기업중앙회. 대·중소기업 불공정거래 실태조사 보고서. 2020

한다. 계약시 가단가(임시단가; 정식단가 책정 전에 미리 제시하는 금액)만 책정하여 우선 납품을 받다가 확정단가를 결정하며 단가를 인하하고, 그 전에 가단가로 받은 것도 인화된 단가를 적용하여 돌려받는다. 대금도 어음으로 발행하여 제때 주지 않아 하청업체들은 운영 및 투자 비용을 감당하지 못한다. 원부자재가 오르는 것도 감안해주지 않는다. 하도급법(하도급거래 공정화에 관한 법률)상 불공정거래를 금지하는 조항들이 있으나, 서류상으로는 아닌 것처럼 보이게 하고 암묵적으로 불공정 거래를 강요하는 등 불법과 편법을 하고 있다.”

“세척제를 구매하는 쪽에 보면, 특히 금속가공쪽은 원료/부자재에 들어 가야하는데, 세척제는 잡자재나 부자재로 들어간다. 일반 소모품 개념으로 들어간다. 원가에서 차지하는 비중이 얼마 안된다.”

“대부분의 대표자들이 안전보건을 등한시한다. 대표자의 안전보건 인식에 따라 중소기업도 잘하는 경우가 있다. 할로젠 세척제를 사용하다가 플라즈마 세척으로 변경한 기업이 있다. 하지만 플라즈마 세척은 유지비용과 운영인력이 필요해서 경제성은 떨어진다.”

“환기설비 등 투자를 꺼리는 이유는 단가가 맞지 않기 때문이다. 원청에서 투자비용 등을 감안해주지 않아서 하청업체는 감당하지 못한다(중소기업의 평균 부채는 300%임). 설비를 투자하게 되면 운영비(전기 등)이 증가하는데, 표면처리업에서 제조원가의 17%가 전기요금이고, 이 중 10%가 오염방지시설의 전기요금이다.”

“세척제 공급자나 산업보건 서비스기관에서 세척제를 안전하게 사용하도록 조언을 해주더라도 사용자들이 잘 수용하지 않는다. 결국 돈이 들기 때문이다.”

“알칼리가 세척력이 좋지만 폐수처리가 곤란하다. 폐수비용이 크다. 큰 단지에서 폐수가 자동으로 처리하는 곳이 생각보다 많지 않다. 물차가 와서 뽑아가는 시스템이다. 폐수비용 감당이 어렵다.”

한겨레

2022년 10월 05일
17면 (경제)

재계 반대한다더니...중기 80% “중대재해법 찬성”

경청, 매출 1억 이상 1천곳 조사
91%가 반대한 경총 설문과 대조
원청 횡포 방지 기대 작용한 듯

중소기업 대상 설문 조사에서 응답 기업의 80%가량이 중대재해처벌법에 찬성하는 것으로 나타났다. 기업 쪽에 부담을 주는 법으로 일각에서 폄아왔다는 점에서 뜻밖의 조사 결과로 여겨진다. 경영자 단체 조사에서 90% 이상 기업이 반대하는 것으로 나타난 것과 대조적이다.

재단법인 경청(이사장 장대관)이 한국갤럽에 의뢰해 연 매출 1억원 이상 중소기업 1천곳을 대상으로 실시해 4일 내놓은 조사 결과를 보면, 응답 중소기업 가운데 79.4%가 중대재해처벌법에 '찬성한다'(매우 찬성 6.6%, 찬성하는 편 72.8%)고 밝혔다. '반대한다'는 의견은 20.3%(매우 반대 1.9%, 반대하는 편 18.4%)였다.

업종별로는 도매 및 소매업에서 86.2%

로 가장 높았고, 전문·과학·기술서비스업 79.2%, 정보통신업 79% 순이었다.

조사는 지난 6월2일~7월8일에 이뤄졌으며, 조사원을 활용한 사업체 방문조사(99.5%)를 원칙으로 삼았다. 표본 추출에선 업종, 매출, 직원 수 따위를 고려해 균등 할당하는 방식을 따랐다고 경청 측은 전했다. 재단법인 경청은 중소기업 권리 보호를 목적으로 법률과 행정 서비스를 무료로 지원하고 있다.

이번 조사는 기존 경제단체 조사 결과와 크게 다르다. 한국경영자총협회(경총)가 국내 기업 654곳(응답 기준)에 물어 지난 2020년 12월 내놓은 결과에선 중대재해기업처벌법 제정(안)에 대해 90.9%가 '반대'한다고 응답한 것으로 나타났다. 중대재해처벌법은 올해 1월 시행됐다.

박성수 경청 대표는 **다소 예상 밖인 이번 조사 결과가 하청 업체에 짐을 떠넘기는 불평등한 하도급 거래 관계와 무관치 않은 것으로 풀이했다.** 균등 할당 방식으로 표본을

추출한 이번 조사에서 대상 기업의 절반 이상이 연 매출 100억원 미만으로 영세한 수준이었다고 박 대표는 전했다.

이번 조사에서 찬성 뜻을 밝힌 기업들은 **'사업주 또는 경영책임자가 하도급 업체 등에 책임을 떠넘기는 행위를 방지하기 위해'(44.7%), '사업주가 실질 운영하는 사업장 내 안전의 엄격 관리 및 안전보건 분야 투자 촉진을 위해'(22.5%)** 등의 이유를 들었다. 반대 의견으로는 **'법 준수를 위한 예산·전문인력·전담조직 확보 어려움'(30.9%)**이 가장 많았고, **'고의나 과실이 없는 재해도 책임자 처벌이 과도함'(25.3%)**이 뒤를 이었다.

중대재해처벌법 개선 필요 사항을 묻은 질문에는 찬반 여부에 따라 답이 달랐다. 반대하는 입장은 '고의 중과실이 없는 중대 산업재해에 대해 경영책임자 처벌 면책 규정 마련'을 가장 높게 꼽았고, 찬성 쪽에선 '경영책임자 의무 및 원청의 책임 범위 구체화'가 가장 높게 나타났다.

김영배 선임기자 kimyb@hani.co.kr

(19.9*12.9cm)

[그림 III-18] 하도급 불공정거래 문제가 중소기업에게 중요하다는 것을 보여주는 기사.

그리고 또 하나의 요인은 이러한 회피행위가 쉽게 적발되지 않을 것이라는 판단이 있었다. 유독물질을 회피하는 경우 환경부는 유독물질을 사용하지 않는 것으로 간주되기 때문에 사업장의 시설기준이나 취급기준을 감독하러 오지 않으며, 고용노동부는 노출기준을 초과하지 않는 한 화학물질에 관련한 별도의 감독이 오는 경우가 드물다고 보고 있었다. 즉, 낮은 부품단가에 적응하기 위하여 생산비용을 줄여야 하는데, 위법적 규제회피 행위를 하더라도 적발 가능성이 낮은 세척작업에서 생산비용을 줄이는 것이 관련 업계의 관행처럼 형성되었다고 평가할 수 있었다.

〈인터뷰 내용 中〉

“검증은 아무도 안한다. 누가 신고한다면 나오겠지만... 이번에 전수조사하는 과정에서 세척제 시장에 음성적으로 허가 없이 영업하던 곳들 다 없어졌는데, 곧 다시 나올 것이다.”

“세척작업 단가를 안쳐준다. 숨어서 TCE 다 쓴다고 생각한다. 국가가 방조하니까. 단속을 안하니까...”

“TCE는 70만원, MC는 50만원, nPB 250만원, TDCE 150만원 정도 된다. TCE가 MC 보다 비싸지만 MC가 증기압이 3배 높기 때문에 TCE를 사용한다. 우리나라는 TCE 천국이다. 이주노동자들과 장애인(동남아시아, 중국, 장애인)와 같은 노동 약자들이 작업을 한다. 규제 물질이지만 단속을 하지 않으니 그냥 사용하는 것이다. TCE를 쓰는 애들이 다 숨어있다. 가짜 서류를 만들어서... 숨어있는 TCE를 찾아야한다.”

“MC를 안쓰려면 어떻게 해야하냐고 기업들이 연락한다. 시설 4년 유예. 다들 못쓰게 하는 것은 아니니 가격이 저렴한 가성비 좋은 MC를 계속 쓰기로 했다. 특정대기물질이고 걸리면 리스크가 큰데 단속을 안한다.”

3) 소결

A사업장이 국소배기장치를 설치하지 않아 노동자들이 과도한 세척제 증기에 노출되어 간손상에 이르게 되었으므로, A사업장은 원청인 OO전자의 협력회사 행동규범도 위반한 셈이다. 이러한 점은 이미 사회적으로 알려져 있으며, 투자자들의 관심도 일부 형성될 가능성이 보였다. OO전자의 협력회사 상생프로그램과 ESG 정책 노력에도 불구하고 A사업장에서 세척제 중독사고가 발생하였다는 점에 대해 민주노총 등 이해당사자들이 문제제기를 하였고, OO전자의 정책에 대해 한국증권신문 등이 기사로 다루었다는 점을 주목할 필요가 있다.⁵¹⁾ 특히 한국증권신문은 “이번 사고가 원청으로까지 번질 것인가. 사실 어렵다는 것이 일반적 견해이다. 다만 원청에 대한 사회적 책임을 요구하는 목소리가 커질 것으로 보인다”고 기사를 마무리하였다. 투자자를 위한 정보를 제공하는 증권언론의 관점이 우리에게 시사하는 바는 적지 않다.

만약, A사업장이나 B사업장이 「산업안전보건법」 위반과 「화학물질관리법」 회피뿐만 아니라 공급망 정책까지 이행하지 않은 것이 맞다면, 이는 동일한 목적과 배경 때문일 가능성을 검토해야 한다. 왜냐하면 우리나라의 시장 질서가 협력회사로 하여금 법적 책임이나 윤리적 책임을 이행할 환경을 제공하지 않는다는 기존 연구결과와 본 연구의 인터뷰가 있었기 때문이다.

사실 정상적 시장에서 위법적 규제회피 행위는 잘 드러나지 않는다. 그런데 본 연구의 인터뷰를 통해서 유독물질을 회피하려는 시도가 매우 광범위한 차원에서 진행되고 있다는 점을 알 수 있었다. 이것은 개별적인 나쁜 사업주의 문제가 아니라 시장 자체의 문제가 크게 작용할 가능성을 보여준 것이다. 인터뷰에 응한 세척제 공급자와 사용자들은 모두 하나의 원인을 지적하고 있었다. 공급망에서 부품단가가 너무 낮게 책정되고 있으며, 세척단가가 부품단가에 제대로 반영되지 못하고 있다는 점이었다.

51) 정연숙. LG전자 하청회사 노동자 발암물질 중독... 구광모 회장 ESG 경영에 찬물. 한국증권신문. 2022년 2월 22일.

최근 ESG 정책이 강화되고 있으며 대기업에서는 공급망관리 정책도 강화되는 것으로 보였으나, 세척제 사용자 기업들은 형식적 서류관리일 뿐이라고 일축했다. 실제로 사고가 발생한 두 사업장 모두 대기업의 1차 및 중요 협력사였으나, 이렇게 심각한 문제들이 공급망관리에서 발견되지 않았던 것으로 보인다. 정부의 규제 감독과 시장의 자발적관리 노력 모두 세척제 시장에서 벌어지는 위법적 회피행위를 발견하지 못하고 있었던 것이다.

IV. 결론 및 제언

.....

IV. 결론 및 제언

1. 결론

본 연구를 통해 얻은 소중한 결론들을 간략히 요약하면 다음과 같다.

첫째, 이번 사고는 대체 세척제 및 세척기술의 부재와 같은 기술적 원인으로 발생된 것은 아니었다. 우리나라에서도 대체세척제와 기술에 대한 연구개발이 활발하게 이루어져 왔고, 국내외 사례를 통해 할로젠 세척제를 수계, 준수계, 알코올계 세척제 등으로 대체가 충분히 가능하다는 것이 확인되었다. 그러나 완벽한 대체는 불가능하기 때문에, 디클로로메탄이나 트리클로로에틸렌 같은 할로젠 세척제는 미국이나 유럽 등에서도 아직까지 사용되고 있었다. 대신 할로젠 세척제를 사용하지 않아도 되는 작업에서는 알칼리세척제와 같이 보다 유해성이 낮고, 환경에 피해가 적은 물질이 사용되고 있었다. 국내외 세척제 시장에서는 디클로로메탄이나 트리클로로에틸렌이 계속 사용되고 있었다. 따라서 이번에 사고가 발생한 사업장에서 트리클로로메탄을 굳이 사용해야 할 이유는 없었다. 기존에 디클로로메탄 등을 이미 사용했었기 때문에, 국내외에서 세척제로의 사용 이력이 거의 없는 트리클로로메탄을 사용한 것은 매우 특수한 상황이라고 볼 수 있다.

둘째, 규제변화가 세척제 원료 변화에 직접적인 계기로 작용한 것으로 추정된다. 트리클로로메탄을 주성분으로 한 세척제 원료 공급사 및 세척제 제조사와 인터뷰를 실시한 결과, 트리클로로메탄을 사용하게 된 이유는 환경부의 「화학물질관리법」에 따른 유독물질에 해당되지 않는 세척제를 사용자 기업이 원했기 때문에 공급했다는 입장을 확인하였다. 공급자 기업은 트리클로로메탄이 가진 유해성을 알고 있었고, 사용자 기업에게 국소배기장치가 없어서는 안된다는 입장을 전달했다고 발언하였다. 하지만, 이들 기업의 홈페이지에는

트리클로로메탄이 유독물질이 아니면서 비용이 저렴한 친환경세척제(혹은 대체세척제)라는 홍보가 이루어지고 있어 인터뷰 결과와 다른 정황도 확인되었다. 또한 유독물질 지정이나 특별관리물질 지정 등의 규제가 세척제 원료 성분의 변화에 영향을 미칠 수 있다는 사실을 확인하기 위하여 톡스프리 데이터베이스를 활용한 분석을 실시하였다. 유독물질의 지정 확대나 유독물질 함량 기준 강화 시점에 MSDS상 세척제 성분이 바뀌는 것을 통계적으로 확인할 수 있었다. 그리고 인터뷰를 통해 2015년 이후 이러한 현상이 본격화되었다는 것을 알 수 있었다. 구미 불산 누출사고 때문에 전면개정된 「화학물질관리법」이 강력하게 이행력을 확보함에 따라, 세척제 공급자와 사용자들의 유독물질 회피 현상이 더 강화되었다는 것이다. 이는 세척제 제조자와 수입자가 규제의 변화를 감지하면서 규제를 회피할 수 있는 방법을 마련하고 이를 사용자에게 적극적으로 전파하는 역할을 수행했다는 의미이다. 물론 사용자들이 규제 회피를 위해 제조자와 수입자에게 요구하였을 수도 있고, 제조자와 수입자가 시장 내 경쟁력 확보를 위해 적극적 마케팅을 실시하였을 수도 있다. 다만, 여기에서 확인된 점은 이번 사고가 특정 사업장에만 국한된 문제는 아니라는 점이다. 우리나라 할로젠 세척제 시장과 사용자의 구조적 문제가 존재하고 있었다.

셋째, 이번 사고는 사업장의 작업환경 관리 부실, 산업보건서비스의 부실, 그리고 규제회피 행위가 연계된 사고이다. 그런데 사업장의 국소배기설치 미이행 등 책임 불이행이나 산업보건서비스의 미흡함은 이미 잘 알고 있는 문제였고, 디클로로메탄이나 트리클로로에틸렌 취급 사업장의 경우 이러한 문제 때문에 암발생이 크게 우려되고 있었다. 한편, 규제회피 행위라는 원인은 새롭게 인식된 것이다. 특히 화학물질 관리가 계속 강화될 것으로 예상되는 우리나라에서 규제회피 행위가 만연하게 이루어진다면 이것은 규제가 비효율적으로 작동될 것이므로 더더욱 중요한 문제라 할 수 있었다. 연구결과 규제회피는 비용 절감 차원에서 진행된 것으로 특정 사업장만의 문제는 아니었다. 한편, 규제를 회피하더라도 발견되기 어려울 것이라는 사업주들의 판단은 중요한 정책문제라고 할 수 있었다.

넷째, 우리나라는 시장 내에 위험을 외부화하는 정책과 문화가 지배적이어서 규제가 성공하기 매우 어려운 상황이다. 아쉽게도 시장의 자율적관리 노력이 보완을 해주면 좋겠지만, 본 연구에서는 시장의 노력도 부실한 것이 확인되었다. 사고가 발생한 두 사업장으로부터 부품을 공급받는 대기업들의 경우 협력회사 관리 정책도 있고 ESG 정책도 명확하게 존재했다. 그러나 두 사업장에서 발생하는 문제를 예방할 수 없었다.

다섯째, 세척제 사용자 기업만 관리하는 것으로는 충분하지 않다. 세척제 공급자들은 시장 내 위험의 외부화를 마케팅에 연결하고 있어, 규제회피를 적극적으로 조장하는 키플레이어로 역할하고 있다. 세척제 공급자는 적극적으로 규제회피를 유도하여 이익을 추구하는 탈법적 행위를 하고 있다. 따라서 세척제 공급자와 사용자에 대한 별도의 대책을 마련할 필요가 있다.

여섯째, 해외사례를 볼 때 세척제 산업의 안전성을 높이는 것은 가능하다. 미국이나 유럽이 세척제 관련하여 별도의 강력한 규제를 가지고 있는 것은 아니다. 그들이 사용하지 않는 세척제를 우리가 사용하려고 했던 이유가 중요하다. 즉, 우리나라의 규제가 잘못되었다기보다는 시장의 관행이 규제의 작동에 협력적이지 않았다는 시각이 필요하다. 우리나라의 화학안전 규제가 해외에 비해 미흡한 것이 아니라, 공정거래 관행이 미흡한 것이 문제일 뿐이다. 해외의 성공적인 세척제 대체 등을 우리나라에서도 벤치마킹하여 추진할 필요가 있는데, 이때 시장환경을 고려하여 실현 가능한 경로를 개발하는 것이 필요하다.

2. 제안

본 연구에서는 이러한 결론에 입각하여 다음과 같은 제안을 하는 바이다.

첫째, 고용노동부는 정책을 마련할 때 불공정한 시장 문제로 인해 기업들이 규제회피를 일상적으로 선택할 가능성이 높다는 것을 전제하고, 이러한 환경에서 규제가 효과적으로 작동될 방안을 마련해야 한다. 본 연구에서는 특히 세척제와 같이 유독물질 원료를 많이 사용하는 제품에 대해 규제 강화로 인한 회피의 발생여부를 국가가 감시하는 체계가 필요하다고 판단한다. 고용노동부의 MSDS 데이터베이스를 활용한다면, 시장 내 규제회피가 우려되는 제품군을 찾아내는 것은 가능할 것이기 때문이다. 이러한 예측에 기반하여 고용노동부의 감독행정이 달라질 필요가 있다. 사업장 방문조사 기준에 규제회피 우려 제품군을 사용하는 사업장이 들어가는 것이 타당하다.

둘째, 제품 공급자들에 대한 정책을 개발해야 한다. 공급자의 이익을 위하여 사용자의 규제회피를 조장하는 태도를 처벌할 수 있는 근거를 마련할 수 있는지 검토가 필요하다. 만약 법적 처벌이 불가능하다면 시장에서 이들의 행위를 국가가 관찰하고 있다는 메시지를 주는 정책을 도입해야 한다. 이들은 정부가 지켜보고 있는 상황에서 마케팅으로 불법적 메시지를 전달하지는 못할 것이기 때문이다.

셋째, 시장과 공조체계를 구축할 필요가 있다. 대기업의 ESG 정책은 부실하기는 하지만 향후 효과적으로 정부의 정책에 도움이 될 수 있는 도구라는 인식이 필요하다. A사업장의 경우 AA대기업의 공급망관리가 실제로 집행되었다면 문제를 예방하는데 크게 기여하였을 것이라는 점이 드러났다. A사업장에서 세척제 원료 변경을 AA대기업에 보고하고 검토를 요청하였기 때문이다. 실제로 공급망관리 정책에서 유해한 원료들을 사용하는 것을 감시하는 자율관리체계가 작동된다면 정부는 이를 적극 응원하고 활용하는 것이 타당하다.

넷째, 해외사례를 볼 때 안전한 세척제를 개발하고 보급하는 것은 정부의 고유한 역할이다. 다만, 비용의 문제나 시설의 문제 때문에 이러한 대체세척제에 대한 선호도가 저절로 높아지지는 않을 것이다. 정부가 금속가공 사업장이 밀집된 산업단지에서 실험적으로 대체세척제를 사용하는 시설을 운영하는 등의 공공성 있는 대안을 모색하는 것도 방법이 될 수 있다. 대체세척제 사용이 될 수 있는 시장 내 요인을 정부가 찾아내 더 많은 기업들이 안전한 선택을 하도록 유도할 수 있도록 중장기적 로드맵을 마련하는 것이 필요하다.

참고문헌

- 경남신문. 대홍알앤티 ‘급성중독’ 핵심은 작업환경 개선 의지 부재.
2022.3.2. 기사
(<http://www.knnews.co.kr/news/articleView.php?idxno=1371202>)
- 고용노동부. 산업현장 “가짜 친환경 세척제” 주의보...고용노동부-환경부 합동
단속키로. 2022.3.27. 보도자료
- 고용노동부. 화학물질 급성중독 발생경보(제2022-2호, 디클로로메탄).
2022.3.30.
- 김승철, 김현용. 전자산업 구매업체와 협력업체간 파트너십 특성이 공급사슬
관리(SCM) 성과에 미치는 영향. 한국scm학회지. 2008;8(1):1-14
- 김원, 김신범, 조준희, 최인자, 강태선 등. 산업안전보건법 내 유해물질 제한
제도화 방안 연구. 산업안전보건연구원. 2020
- 김한성, 배재흠. 수계세정제의 첨가제에 따른 세정성 평가연구. CLEAN
TECHNOLOGY 2006;1(1):1-9
- 김형아, 김수근, 어원석, 이채관, 김신범, 허용. 급성중독 발생 화학물질의 사
업장 유통·관리 실태에 관한 조사 연구. 산업안전보건연구원. 2016
- 리의재. 상압 플라즈마 매개변수들이 산업용 전자부품의 세척공정(cleaning)
에 미치는 효과. 한국표면공학학회지. 2009;42(5):208-215
- 매일경제. 같이 작업했는데...두성산업 피해자 16명中 10명만 증대재해법 적용.
2022.8.26. 기사
(<https://www.mk.co.kr/news/society/view/2022/08/757385/>)

매일노동뉴스. [노조 배기장치 개선 요구했는데] ‘급성중독’ 업체 사용자 1년간 ‘묵묵부답’. 2022.3.14. 기사

(<https://www.labortoday.co.kr/news/articleView.html?idxno=207799>)

매일노동뉴스. [노동부 대흥알엔티 압수수색] 독성 세척제 급성중독 사태 ‘일파만파’. 2022.3.24. 기사

(<https://www.labortoday.co.kr/news/articleView.html?idxno=208000>)

매일노동뉴스. [대흥알엔티 불기소 이유서 보니] ‘독성간염’ 같은데 검찰은 ‘형식적 조치’만 하면 무혐의. 2022.7.8. 기사

(<https://www.labortoday.co.kr/news/articleView.html?idxno=209857>)

매일신문. 하도급 ‘대금 갑질’ 시정 50% 늘어나. 2016.6.12. 기사

(<https://news.imaeil.com/page/view/2016061220152329712>)

명현국. 대체세정기술 및 대체세정제 개발현황. 공기청정기술 1994;7(2):33-47

바이켄(주). 생산기술사업화 지원사업(현장맞춤형 기술개발 부문) TCE, MC 대체 세정제 개발 및 그 제조기술 개발. 한국산업단지공단. 2013

배재흠, 김정식. 환경친화적 수제/준수제 세정 기술. CLEAN TECHNOLOGY 1997;3(2):36-46

배재흠, 신민철, 이통영, 조기수. Methylene Chloride의 대체세정제 적용 사례 연구. Journal of the Korean Institute of Surface Engineering. 1999;32(2):109-124

배재흠. 최근의 대체세정제와 대체세정기술. Prospectives of Industrial Chemistry. 2004;7(6)

신진호, 이재훈, 배재흠, 이민재, 황인국. 대체 세정제의 선정을 위한 생정성

- 평가방법 연구. *CLEAN TECHNOLOGY* 2009;5(2):81-90
- 씨스켄닷컴. 대체 세정제 : 초미의 관심사. *케미칼리포트*. 1997
- 안전보건공단. 국내 재해사례(질식 중독).
<https://www.kosha.or.kr/kosha/data/intoxication.do>
- 양산신문. 스리랑카 근로자, 발암물질 중독 파문. 2015.6.16. 기사
 (<http://www.yangsanilbo.com/news/articleView.html?idxno=54299>)
- 연합뉴스. 보호장구도 없이 유독물질에 노출된 외국인노동자. 2015.7.7. 기사
 (<https://www.yna.co.kr/view/AKR20150707163000052>)
- 이나루. 중대재해처벌법 시대 세척제 급성중독 사건을 통해 본 사업장 화학물질 관리를 위한 산업위생전문가의 역할. *한국산업보건학회 2022년 하계 학술대회 기초주제강연*. 2022.8.25.
- 정찬교, 구회준. 금속세정공정의 청정기술 적용사례. *CLEAN TECHNOLOGY* 1997;3(2):57-73
- 정덕채, 이기창, 공승대, 목갑영, 이석우. 1,1,1-TCE에 대한 비수계성 대체세정제의 최적 세정공정. *J of Korean Oil Chemists' Soc.* 1999;16(3):1-4
- 정정숙, 안연순, 김현수, 김치년, 김동현 등. 1,2-디클로로프로판 등 세척제 취급 실태조사 및 건강모니터링 체계 구축. *산업안전보건연구원*. 2017
- 정연숙. LG전자 하청회사 노동자 발암물질 중독... 구광모 회장 ESG 경영에 찬물. *한국증권신문*. 2022년 2월 22일
- 조승현. *법률회피. 재산법연구*. 2011;28(1):157-94.
- 증기이코노미. 현대차 1차 협력 갑질... 직서열 생산방식 지목. 2019.4.25. 기사

(<https://www.junggi.co.kr/article/articleView.html?no=23220>)

중소기업중앙회. 대·중소기업 불공정거래 실태조사 보고서. 2020

참여와혁신. 자동차부품제조업 불공정거래, 당사자는 어떻게 느낄까?
2021.1.6. 기사

(<http://www.laborplus.co.kr/news/articleView.html?idxno=26268>)

창원지방검찰청. 중대재해처벌법위반사범 최초 기소. 2022.6.27. 보도자료

채자영, 이주연, 홍경표, 강태선. 독성물질 저감을 위한 TURA 도입방안에 대
한 연구. 한국산업보건학회지, 2017;27(4):257-268

최병선. 규제수단과 방식의 유형 재분류. 행정논총. 2009;47(2):1-30.

하봉구, 김진석, 유재용, 우극현, 함정오 등. 주성분이 염화메틸렌인 재생 세
척제를 취급하는 근로자에서 발생한 독성간염 1예. 대한직업환경의학회
지. 2004;16(2):210-219

하현철. 화학물질 관리 현황과 개선 방향 토론회 발표자료. 2022.4.25.

한국화학시험연구원. 국내외 대체세정기술 현황 및 1,1,1-TCE 대체세정기술
적용사례(수계/탄화수소계). 2006

환경부. 가짜 친환경 세척제 주의보...산업현장 부처 합동 단속. 2022.3.27.
보도자료

ECHA. REACH Registration Dossier - Chloroform (67-66-3).

[https://echa.europa.eu/registration-dossier/-/registered-dossier/
14963/3/1/2](https://echa.europa.eu/registration-dossier/-/registered-dossier/14963/3/1/2)

Electronic Industry Citizenship Coalition. Electronic Industry
Citizenship Coalition Code of Conduct v5.1. 2016

TURI. Guide to Finding Safer Alternatives to Halogenated Solvents. 2021

*TURI. Toxics Use Reduction Program Advisory for Trans-1-2-Dichloroethylene(Trans-DCE). 2019.4.
https://www.turi.org/Our_Work/Toxic_Chemicals/Chemical_Information/Trans-1-2-Dichloroethylene*



Abstract

Impact Analysis and Improvement Plan Arrangement of Regulation Changes for Industrial Cleaning Substances: Focused on Halogenated Solvent Cleaners

Objectives : In February this year, acute poisoning caused by halogenated solvent cleaners occurred in two workplaces one after another in Gyeongsangnam-do, Korea. The incidents received great social attention as they occurred in the middle of the Serious accident Punishment Act enforcement. However, the background of this incident being taken seriously in the occupational health field lies elsewhere. It was because the chemical that caused the incident was Trichloromethane. Because Trichloromethane, also known as chloroform, is an acutely toxic chemical among the halogenated compound product that causes acute damage to the liver, it is widely used for experiment or investigation purposes but it was never used as a cleaner in Europe or South Korea. During the government investigation, it was revealed that the ingredients of the cleaner were deceived or the content was manipulated. It also was pointed out as the background of expanding the prescribed toxic substance in the Chemical Substances Control Act and strengthening the standards of mixture content. Therefore, this study was conducted to diagnose why

such problems occur in Korean cleaning work and to prepare countermeasures.

Method : The most important thing in this study was to obtain as much information of facts and circumstances as possible and to diagnose the real problem. To this end, data analysis, in-depth interviews, literature, and expert advice were utilized.

Results and Conclusion : The research is suggesting the following things. First, the Ministry of Employment and Labor must be aware that the companies may choose to avoid regulations routinely as a response to unjust problems in the market when preparing measures and must come up with a measure that will enforce the regulation effectively in such environments. Second, policies for product suppliers must be developed. A review of whether it is possible to prepare a basis for punishing evading regulations for the good of the supplier must be done. If legitimate punishment is impossible, a policy that gives a message that the state is observing their acts in the market must be implemented. Third, it is necessary to establish a cooperative system with the market. Although ESG policies of large companies are weak, recognizing them as a tool that can effectively help government policies is necessary. Fourth, in overseas cases, it is the government's intrinsic responsibility to develop and distribute a safe cleanser. However, the preference for such substituting cleaners will not increase by itself because of cost and facility problems. Searching for a public alternative such as operating a facility that experimentally uses alternative cleaners in industrial complexes which are concentrated with metalworking workplaces may be a way. The government must come up with a mid

to long term roadmap to find the factors that may lead to using alternative cleaners and encourage more companies to make safe choices.

Key words : Halogenated solvent cleaners, Chemical safety policy, Regulatory avoidance, Supply chain management



부록

세척제 공급자 및 사용자 인터뷰 결과

세척제 공급자 및 사용자 인터뷰 결과

구분	공급자	사용자
만난 사람들	세척제 원료 수입업체, 세척제 제조업체 대표 및 임원	소규모 사업장 대표 및 직원, 표면처리업 관계자
세척제 취급 방식	- 제조·수입자: 원료를 직접 수입하거나 수입된 원료를 구매하여 세척제를 제조(블렌딩)·판매 - 유통·판매자: 제조업체의 공식 대리점(딜러, 도매업)과 소규모의 상사(소매업)는 최종 사용자에게 세척제를 판매	- 가공방식: 금속제품의 표면처리(도장 및 도금) 전 단계까지 가공, 표면처리까지 이어서 가공. 표면처리에서 세척은 매우 중요하게 여겨짐. 세척이 잘되지 않으면 후공정(도장 및 도금)에서 불량률 남. - 세척 대상 제품: 반도체/전자재료, 정밀기계 부품, 광학 부품, 자동차 부품, 항공기 부품, 발전기 부품 - 세척작업표준, 세척조건 기준서 등이 존재함. 온도와 작업시간 등의 내용이 있음. - 수동: 분사(스프레이), 침지, 걸레질 – 큰 제품이나 정밀세척이 필요하지 않은 경우 적용 - 자동/반자동: 초음파 세척, 증기 세척, 가열 세척 – 대부분 초음파+초음파+린스+증기(가열) 방식의 3~4조식 세척방식(초음파 솔벤트 증기 탈지기) 적용, 냉각코일/유수분리기/솔벤트 회수

구분	공급자	사용자
		증류기(증류 재생기)와 같은 부대시설 장착하여 세척액을 재사용. 제품이 큰 경우나 세척을 더 하려는 경우 위에서 스프레이로 뿌려주기도 함. 세척조나 린스조에서는 약 50-70℃ 증기조에서는 약 90-110℃의 온도조건으로 세척함. - 세척조 청소는 약 1달 주기로 실시함. • 세척제의 재사용: 불순물을 제거한 후 재사용이 가능함. 세척설비를 통해 직접 회수하여 사용하기도 하지만, 공급업체가 수거해가서 필터링 등을 통해 이물질 제거하고 다시 가져다 줌(세척제를 재활용하는 것). • 표면처리업체에서 수익을 남기는 것은 불량을 줄이는 것임. 원청에 1만개를 납품하기로 했다고 딱 1만개만 납품하는 것이 아니라 1만2천~1만3천개를 납품함. 세척제를 소량 사용하는 곳은 월 20리터, 많이 사용하는 곳은 월 200리터 정도 사용함. • TCE는 달콤한 냄새가 나는데, MC 등 대체물질은 냄새가 역해 작업자들이 싫어한다고 함.
세척제 제조/구매 시 고려사항	• 물성(물리화학적특성): 비중, 비점, 인화점, KBV(용해도), 제품 내 수분함량 • 물성뿐만 아니라 ODP(오존층파괴지수)와 GWP(지구온난화지수)도 고려 • 비중에 따라 오일이 위로 뜰 것이고, 온도를 높여	• 성능(세척력)을 가장 우선시하고, 그 다음 경제성(비용)을 고려함. 후공정에서의 불량을 최소화해야 하기 때문에 세척제 선택 시 세척력을 매우 중요하게 생각함. 경제적이라고 하는 것은 가격뿐만 아니라 작업시간을 확보하는 것임. 후공정으로 바로 넘어가려면 세척도 빨리 되어야 하고, 건조도 빨리 되어야 함.

구분	공급자	사용자
	세척하기 때문에 비점과 인화점을 확인하고, 인화성을 잡아주기 위해 난연첨가제를 첨가함. 증기 온도까지 올렸을 때 인화점보다 낮아야 불이 붙지 않음. • 세척제 제조 시 대부분 유해성은 고려하지 않고 규제에 해당하지 않는 것을 고려함 • 고객들은 세척제 구매 시 “규제 > 성능 > 가격”을 고려함. 규제에 해당하지 않고 세척력(성능)이 좋은 것을 찾고 가격이 저렴한 것을 찾음. 성능은 가격과 연결될 수 있는 부분임. 세척 대상 제품에 따라 다르기 때문에 효율성/성능은 가격과 직결됨.	• TCE 가격이 리터당 1,500~2,000원이면 대체물질은 5,000~5,500원, 8,000~10,000원임. 적게는 2~3배, 많게는 10배 이상 차이가 남. • 공급자들이 규제물질이 안들어있고 몸에 덜 해롭다고 하면서 세척제를 추천하거나, 곧 규제에 들어가니 바꾸라고 추천해준다고 함.
세척제의 유해성에 대한 인식	• 제조자들은 유해성에 대해 매우 잘 알고 있음. 딜러들도 어느정도 알고있지만 모르는 경우도 있음. 유해성을 잘 알고있지만 규제에 저촉되지 않는 물질을 찾아 세척제를 제조함. • 할로겐이 모두 유해한 것은 아니라고 함. 불소계(HFE)가 유해성 측면에서는 훨씬 낫다고 함. 각각의 고유한 물질에 따라 그 특성을 이해해야 한다고 함. HFE의 경우 해외에서 유통된게 10년 정도 되었	• 만났던 사람들은 세척공정이 위험하다는 인식이 있었음(이유: 화학물질(유해물질)을 쓰니까). • 유해성, 규제, 세척력 등 공급자의 정보제공에 대한 의존도가 높음. • 안전보건에 대한 교육은 대부분 형식적인 수준에서 이루어짐. 하지만 언론 등을 통해 요즘은 노동자들(외국인 포함)이 TCE와 같이 잘 알려진 것들의 유해성은 어느정도 알고 있다고 함.

구분	공급자	사용자
	고 그동안 문제가 없었기 때문이라고 함. 만성에 대한 평가를 하는 것은 어렵다고 하며, 만성독성도 중요하지만 급성독성이 더 중요하다고 함. • 법에서 규정하고 있는 물질들(유독물질이나 특별관리물질 등)은 진짜 유해성이 확실하다고 나온 것들이라고 함. • 대부분 법에 저촉되지 않는 것을 “친환경 세척제”라고 함.	
세척제의 안전한 사용에 대한 인식 (대체 포함)	• 법을 지키고, 안전보건 기준에 맞춰서 사용하면 위험하지 않다고 생각함. 고객들에게 후드랑 시설기준 맞춰서 사용하라고 안내하며, 약 1년 주기로 MSDS를 개정하면서 세척제 사용 시 주의사항을 함께 전달함. • 항상 현장 조건(환기시설이나 세척설비가 어떤 형태 인지 등)을 물어본다고 함. 이번에 사고가 발생한 A사업장의 경우 처음에 ООО사 세척제가 샘플로 들어갔는데, A사업장은 큰 공장 내에 세척실이 환기 시설 없이 작은 창문만 하나 있다고 해서 그곳은 사용하면 안된다고 조언했다고 함. 그래서 딜러가	• 대부분의 대표자들이 안전보건을 등한시함. 대표자의 안전보건 인식에 따라 중소기업도 잘하는 경우가 있음. 할로겐 세척제를 사용하다가 플라즈마 세척으로 변경한 기업이 있음. 하지만 플라즈마 세척은 유지비용과 운영인력이 필요해서 경제성은 떨어짐. • 환기설비 등 투자를 꺼리는 이유는 단가가 맞지 않기 때문임. 원청에서 투자비용 등을 감안해주지 않아서 하청업체는 감당하지 못함(중소기업의 평균 부채는 300%임). 설비를 투자하게 되면 운영비(전기 등)이 증가하는데, 표면처리업에서 제조원가의 17%가 전기요금이고, 이 중 10%가 오염방지시설의 전기요금임. • 세척제 공급자나 산업보건 서비스기관에서 세척제를 안전하게 사용하도록 조언을 해주더라도 사용자들이 잘 수용하지 않음.

구분	공급자	사용자
	후드랑 시설기준 맞춰서 쓰게 하겠다고 했다는데. 그 후 A사업장이 C제조업체에 000사의 MSDS를 주며 똑같이 만들어오되, 20만원 저렴하게 달라고 했다고 함.	
관련 규제와 회피 경향	• 관련 규제: 산안법, 화관법(유해화학물질 제조업, 판매업, 보관/저장업 영업허가, 화학물질 배출량 조사 등), 오존층보호법(특정물질 사용합리화 기금 제조/수입자만 냄. 오존층파괴지수가 높은 것을 대체할 때 비용 지원을 해줌.) • 세척제 시장에 음성적으로 허가 없이 영업하던 곳들이 있었음. 이번 사건을 계기(정부의 전수조사)로 무허가 업체들이 없어졌는데 곧 다시 나올 것임. 세척제를 제조하려면 산안법, 화관법 영업허가, 위험물안전관리법, 소방 제조·허가 시설 안에서 관리되어야 하는데, 신규로 허가를 다 받고 시설을 갖추는 것은 어려움. 작은 업체들은 사무실만 있고, 외곽에 창고를 얻어 ABC물질 뿜아 섞어서 판매함. 세라텍이라는 곳은 판매허가만 받았는데, 제조허가도 받았다고 하다가 이번에 화관법 위반 걸림.	• 관련 규제: 산안법, 화관법(유해화학물질 사용업 영업허가 등, 화학물질 배출량 조사 등), 대기/물환경보전법(대기/수질오염물질, 특정대기/수질오염물질), 폐기물관리법, 위험물안전관리법, 오존층보호법 • 화관법을 제일 무서워 하는데, 양벌 규정과 벌금이 크고, 단속 주기도 짧기 때문. 위험물관리법이나 소방법은 재산피해가 발생하니 지키려고 함. 산안법을 무시하는 것은 아닌데, 환경 관련 법은 단속을 자주함. • 기본적으로 규제에 안 걸리고 편하게 사용하고 싶어함(불시로 오던 정기적으로 오던 사업장에 오는 것을 싫어함. 이것저것 할 것이 많고 시설투자 등 돈이 들어가기 때문, 투자 비용을 지원해줘도 받은 후 모니터링 대상이 되기 때문에 지원을 받기 싫어함). 과거 대기배출 조작 사건이 있었음. • 산안법을 무시하는 것은 아님. MSDS, 작촉 등 최소한으로 하고 있음. 비용이 과도하게 들어가는 설비투자는 하지 않는 경향이 있음. 하지만 작촉이고 뭐고 귀찮아지는 일이 있어서 규제에 해당하지 않는 것을 선호함.

구분	공급자	사용자
	- MSDS 허위기재 과태료가 고작 500만원 밖에 안되며, 공급자들은 판매수익이 더 크기 때문에 허위기재를 해서라도 영업을 함. MSDS를 거짓으로 제공하는 것은 나쁜 짓이지만, 그런 유혹을 많이 받음. 사용자나 딜러들이 MSDS에 함량을 좀 낮춰달라고 함. 허가 없이 영업하는 곳들은 허위기재하여 MSDS를 쉽게 전달함. - 트리클로로메탄의 유독물질 함량기준이 85% -> 10%로 바뀌었는데, OOO은 2018년에 화학물질안전원에 시범생산계획 등 다 제출하고 허가받고 제조/판매를 시작했다고 함(유예기간 동안 사용 가능한 상태였음). 하지만 두성과 유성은 그런 조건이 되어있지 않아 허가를 다시 받으려고 하니 쉽지 않은 상태였고 둘의 이해관계가 맞아 MSDS를 허위 작성해서 거래를 한 것이라고 함.	또한 규제에 적용되지 않는 세척제를 선호하는 이유는 원청의 요구 때문임.
공급망 내 안전보건	모름	원청에서 사용하지 말라고 하는 물질들이 있음. 특히 전자쪽은 까다로움. OO전기가 워낙 까다롭다보니 관련 협력회사들은 납품을 하려면 인증을 받아야 함. OO전기에서 수출을 해야하니까 사용하지 말라고 하는 물질들이 있음. 전자쪽은 TCE 대체 세척제를 사용하고 있음.

구분	공급자	사용자
		- 안전보건 관련 행동규범을 요구하지만 현장 실사는 품질 위주로 진행하고 있음. 반면, 안전보건 관련 행동규범과 현장 실사를 제대로 하더라도, 서류 위주로 확인하기 때문에, 사용하지 말라는 성분이 없거나 함량이 낮은 MSDS로 제출할 것임. - 원청에서 지정해주는 제품을 사용해야 하는 사업장이 있었는데, 세척제는 지정해주지 않고 세척력 기준만 지키라고 함.
공급망 내 계약관계	세척제 원료로 쓰이는 화학물질은 원료 업체에서 주요한 시장 고객으로 보고 있지 않음. 원료 제조사들이 세척제 시장을 작게 보기 때문에 가격을 낮추거나 유해성이 낮은 물질을 개발하지 않음. 단순히 한 요소로 생각할 수 없음. 시장가라는 것이 보이지 않게 형성됨. 원료물질 제조업체는 대부분 화학물질 합성용(중간체 등)으로 쓰이는 원료를 생산함.	- 갑에 유리한 계약서를 작성하게 됨. 사실상 노예계약이나 다름 없음. - 제품의 납품단가의 영향요인은 가격임. 저가경쟁이 심함. 가단가로 저가경쟁을 통해 계약을 하고 제품을 납품하다가 확정단가를 정하면서 단가를 또 인하함. - 원하청 불공정거래는 오래되었음. 납품단가를 인하하거나 대금을 제때 주지 않는 상황이 오래된 관행이며 공공연하게 발생한다고 함. 계약시 가단가(임시단가; 정식단가 책정 전에 미리 제시하는 금액)만 책정하여 우선 납품을 받다가 확정단가를 결정하며 단가를 인하하고, 그 전에 가단가로 받은 것도 인화된 단가를 적용하여 돌려받는다고 함. 대금도 어음으로 발행하여 제때 주지 않아 하청업체들은 운영 및 투자 비용을 감당하지 못한다고 함. - 원부자재가 오르는 것을 감안해주지도 않음. - 하도급법(하도급거래 공정화에 관한 법률)상 불공정거래를 금지하는

구분	공급자	사용자
		조항들이 있으나 서류상으로는 아닌 것처럼 보이게 하고 암묵적으로 불공정 거래를 강요하는 등 불법과 편법을 하고 있음. - 2019년, 2021년까지 관련 기사가 나왔고(가단가 이용해 대금 미지급, 금형 설계 변경하고 비용은 추후 단가인하율로 보전, 설비투자 유도 후 방치, 법망회피, 기술탈취에 갑질까지), 한국노총과 중기중앙회의 불공정거래 실태조사(2020년) 결과도 있음.
대안	- 안전한 물질 가이드라인 같은 것이 있으면 판매망이 있으니 파급력은 있을 것임. - TCE건 MC건 안전한 조건에서 사용하면 문제가 없을 것임.	- 정부에서 대체물질 사용에 필요한 비용을 지원해주는 것이 필요함. 약 3년 정도 대체물질이 현장에서 자리를 잡을 동안 비용의 50% 정도를 지원해달라고 산자부에 건의한 적이 있음. - 중소기업의 경우 공동인력을 활용하는 안전보건 관리가 필요함.

연구진

연구기관 : (재)원진직업병관리재단

연구책임자 : 최영은 (팀장, 노동환경건강연구소)

연구원 : 김신범 (부소장, 노동환경건강연구소)

연구원 : 김원 (실장, 노동환경건강연구소)

연구원 : 조준희 (팀장, 노동환경건강연구소)

연구보조원 : 이근탁 (연구원, 노동환경건강연구소)

연구보조원 : 최혜영 (연구원, 노동환경건강연구소)

연구보조원 : 현재순 (기획국장, (사)일과건강)

연구상대역 : 이도희 (과장, 화학물질평가1부)

연구기간

2022. 5. 11. ~ 2022. 10. 31.

본 연구는 산업안전보건연구원의 2022년도 위탁연구 용역사업에 의한 것임

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

산업안전보건연구원장

금속제품 세척제 관련 화학물질 규제변화의 영향조사 및 개선방안 마련
(2022-산업안전보건연구원-694)

발 행 일 : 2022년 10월 31일

발 행 인 : 산업안전보건연구원 원장 김은아

연구책임자 : 원진재단부설 노동환경건강연구소 팀장 최영은

발 행 처 : 안전보건공단 산업안전보건연구원

주 소 : (44429) 울산광역시 중구 종가로 400

전 화 : 042-869-0358

팩 스 : 042-863-9001

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

I S B N : 979-11-92782-14-0

공공안심글꼴 : 무료글꼴, 한국출판인회의, Kopub바탕체/돋움체