

연구보고서

탄화수소계 세척제 사용 세척작업의 유해물질 노출 평가

한정희·박진우·한슬기·신지욱·이나루

산업재해예방

안전보건공단

산업안전보건연구원



요약문

- 연구기간 2024년 1월 ~ 2024년 11월
- 핵심단어 가스크로마토그래프 질량분석기 (GC-MS), 나프타 (naphtha), 물질안전보건자료 (MSDS), 유해물질, 탄화수소계 세척제
- 연구과제명 탄화수소계 세척제 사용 세척작업의 유해물질 노출평가

1. 연구배경

2022년 할로젠화 세척제 사용 사업장에서 발생한 급성중독 사고를 계기로 세척제 사용 및 세척 작업의 위험성에 관한 관심이 확대되었다. 고용노동부 급성중독 사례에 따르면 삼염화에틸렌 (trichloroethylene), 이염화메탄 (dichloromethane) 세척제를 사용하던 사업장에서 규제 강화에 대응하여 세척제를 삼염화메탄 (trichloromethane)으로 변경하였고, 세척설비, 국소배기장치 등 물질 노출을 저감할 수 있는 시설이 갖춰지지 않은 환경에서 세척작업이 수행된 것이 사고발생의 원인으로 지목되었다.

할로젠계 세척제는 탄화수소 분자구조에 불소, 염소, 브롬과 같은 할로젠 원자가 결합하여 안정적이고 불연성이다. 또한 세척력이 뛰어나고 빠르게 증발하기 때문에 정밀가공 분야 세척 및 기타 여러 용도로 산업계에서 널리 사용되고 있다. 그러나 할로젠계 세척제의 건강 유해성 및 환경 유해성 문제로 인한 규제 강화로 다른 세척제로의 대체 필요성이 높아지고 있다. 탄화수소계 세척제는 유기 오염물에 대한 용해력, 세척력, 침투성이 우수하다는 장점으로 할로젠계 세척제의 대체제로 많이 고려되고 있지만 건조성이 부족하여 세척 후 공기건조 또는 열풍건조가 필요할 수 있으며 인화성이 높아 화재위험을 방지하기 위한

설비가 필요할 수 있다. 따라서, 이런 부분만 보완된다면 금속부품 세척에서 급성중독을 일으킬 수 있는 할로젠계 세척제를 탄화수소계 세척제로 대체하는 것은 충분히 가능하다.

그러나 석유계 탄화수소 세척제는 원료물질의 조성 변경에 따라 최종 생산물질의 화학적 조성이 달라지고, 성분 및 함량을 명확히 파악할 수 없는 복합다성분물질 (Substances of Unknown or Variable composition, Complex reaction products or Biological materials, UVCB)로 분류될 수 있다. 따라서 UVCB 물질에 해당하는 탄화수소계 세척제의 경우 물질안전보건자료 (Material Safety Data Sheet, MSDS)에 성분 물질의 종류 및 함량을 기재하기보다 경질 나프타, 수소처리된 나프타 등 정제 공정을 나타낸 명칭으로 기재되는 경우가 많고, 이로 인하여 유해물질의 함유 여부가 드러나지 않을 수 있다. 벤젠, 톨루엔, 노말헥산 등 유해물질을 함유한 제품에 노출 시 피부, 눈, 호흡기 자극과 중추신경계 영향 등 같은 급성 건강영향을 초래할 수 있으며 장기간 노출되면 심각한 건강장해를 일으킬 수 있다. 따라서 이와 같은 유해·위험성 정보의 누락은 사용자에게 위험을 초래할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 탄화수소계 세척제를 사용하는 작업장에서 취급하는 세척제의 종류 및 세척작업의 방식에 따른 유해물질 노출 농도를 측정하고 탄화수소 세척제 사용의 안전성(위험도)을 평가하고자 하였다. 또한 탄화수소 세척제의 종류 및 조성에 따른 노출농도를 바탕으로 안전성을 고려한 적절한 대체 세척제와 세척제 사용 및 관리 방안을 제시하고자 하였다.

2. 주요 연구내용

1) 탄화수소계 세척제 현황 및 자료 조사

탄화수소계 세척제의 특성과 분류 방법을 조사하고 유럽화학물질청 (European Chemicals Agency, ECHA)의 화학물질관리제도 (The regulation on the

registration, evaluation, authorisation and restriction of Chemicals, REACH)에서 석유계 물질에 포함된 유해물질의 현황을 파악하여 벤젠, 시클로헥센, 시클로헥산, 노말헥산, 톨루엔, 헵탄, 스티렌, 크실렌, 에틸벤젠을 대상 유해물질로 선정하였다. 그리고, 작업환경측정 보고서 및 국내외 학술논문 등 문헌조사를 통해 석유계 탄화수소 세척제 사용 사업장의 세척설비 등 세척작업의 특성을 조사하고 안전보건공단(이하 공단)의 작업환경측정 데이터베이스 (database, DB)와 제출 MSDS DB에서 석유계 탄화수소 세척제를 사용하고 있는 사업장을 대상으로 MSDS 작성 실태를 파악하였다.

2) 탄화수소계 세척제 사용 사업장 현장조사 및 노출 평가

공단 작업환경측정 데이터베이스에서 금속가공유를 사용하는 사업장이나 금속가공 공정이 있는 사업장을 대상으로 제품의 제조사와 제품명을 검색하여 439건의 MSDS를 확보하였다. 그리고 작업환경측정 보고서에 석유계 탄화수소 물질의 개별 구성성분 정보가 기재되어 있는 사업장 45개소 중 7개 사업장을 선정하고 현장방문하여 벌크시료 10종과 공기 중 시료 35종을 채취하고 가스크로마토그래프-질량분석기 (Gas Chromatograph-Mass Spectrometer, GC-MS)를 이용하여 분석하였다. 그 결과 벌크시료 및 공기 중 포집시료 모두 대상 유해물질을 함유하고 있지 않았다.

3) 탄화수소계 세척제 사용 및 관리 방안 제안

일반적으로 탄화수소계 세척제는 할로젠화 세척제보다 유해·위험성이 적은 것으로 알려져 있으나 탄화수소계 세척제의 구성성분 정보가 명확히 전달되지 않는다면 사용자에게 건강위험을 초래할 수 있어 정보전달 측면에서 보완이 필요한 부분이 있다. 또한 물질 자체의 유해·위험성이 작을 수 있으나 물리화학적 특성에 의해 화재 폭발의 위험성이 있으므로 이러한 특성을 주의해서 사용할

필요가 있다. 만약 가솔린 등 비교적 분자량이 작은 탄화수소 물질로 구성되어 있거나, 수소화 등의 처리를 거치지 않으면 방향족 탄화수소, 선형 탄화수소가 제거되지 않게 된다. 이러한 경우 유해물질의 함유량이 높은 탄화수소계 세척제가 유통될 수 있다. 반면 케로신계의 탄화수소나 탄소수 7개 (C7) 이상의 탄화수소를 수소화, 방향족 제거, 탈황, 이성질체화 등의 공정을 거치면 벤젠, 헥산, 크실렌 등 유해물질이 거의 검출되지 않아 비교적 안전한 대체 세척제로 사용이 가능할 것으로 보인다.

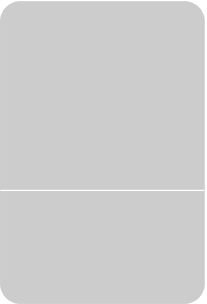
탄화수소계 세척제는 유성 오염물에 대한 세척력이 뛰어난 편이지만 부족한 건조성으로 반드시 세척 후 공기 또는 열풍건조기를 통한 건조과정이 필요하다. 또한 높은 인화성으로 인하여 화재방지 설비가 반드시 필요하므로 세척조를 밀폐형으로 하여 저압 증기건조나 진공건조를 사용한다면 동시에 방폭에 대한 대책도 될 것이다. 또한 화재방지를 위하여 산소를 차단하거나 질소를 주입하여 안전성을 확보하는 것이 필요하다. 또한 탄화수소계 세척제의 세척력을 더욱 향상시키기 위하여 저압 초음파세척이나 진공세척을 이용할 것을 권장한다. 저압 초음파세척은 감압하에서 초음파를 발생하여 기포를 생성하여 강력한 세척효과를 나타내며 화재발생의 위험을 감소시킬 수 있다. 진공세척 설비는 세척력을 더욱 향상시킬 뿐만 아니라 진공건조를 통하여 세척제의 끓는점을 낮추고 인화성의 위험을 방지할 수 있어 가장 좋은 대안이다.

3. 연구 활용방안

본 연구결과는 탄화수소계 세척제의 유해물질에 대한 유해성 확인 및 정보를 제공하고 이에 따른 노출 평가를 통하여 할로젠계 세척제의 대체 세척제로서의 탄화수소계 세척제 종류와 세척작업방식 개선 등 올바른 세척제의 관리방안을 제안함으로써 작업자의 안전보건향상에 기여할 것이다.

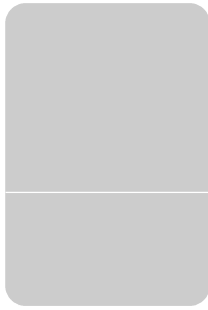
4. 연락처

- 연구책임자 : 산업안전보건연구원 산업화학연구실 연구위원 한정희
 - ☎ 042) 869. 0352
 - E-mail hanjh@kosha.or.kr



목 차

I. 서론	1
1. 연구배경	3
2. 목적	7
II. 연구내용 및 방법	9
1. 연구내용	11
1) 탄화수소계 세척제 현황 및 자료 조사	11
2) 탄화수소계 세척제 사용 사업장 현장조사 및 노출 평가	12
3) 탄화수소계 세척제 관리 방안 제안	13
2. 연구방법	13
1) 탄화수소계 세척제 현황 및 자료 조사	13
2) 탄화수소계 세척제 사용 사업장 현장조사 및 노출 평가	14
3) 탄화수소계 세척제 관리 방안 제안	16



목 차

Ⅲ. 결 과	17
1. 탄화수소계 세척제 현황 및 자료 조사	19
1) 탄화수소계 세척제 분류 및 현황 조사	19
2) 탄화수소계 세척제 사용 실태 및 현황 파악	28
3) 탄화수소계 세척제 사용 세척작업 특성 조사	35
4) 탄화수소계 세척제 MSDS 실태 파악	43
2. 탄화수소계 세척제 사용 사업장 현장조사 및 노출 평가	47
1) 탄화수소계 세척제 사용 대상 사업장	47
2) 현장 시료채취 및 노출농도 분석 및 결과 검토	48
3) 탄화수소계 세척제 사용 사업장의 유해물질 노출농도 평가	52
3. 탄화수소계 세척제 관리 방안 제안	54
1) 유해물질 함유 탄화수소계 세척제의 대체 방안 제시	54
2) 탄화수소계 세척제 사용 관리방안 제시	54
Ⅳ. 고 찰	55
Ⅴ. 결 론	63

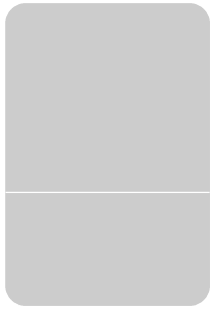
참고문헌	67
Abstract	69
부 록	73



표 목차

〈표 Ⅰ-1〉 할로겐계 세척제와 관련된 주요 유해성 (TURI, 2021)	4
〈표 Ⅰ-2〉 오염물질의 특성과 세척제 비교	5
〈표 Ⅱ-1〉 GC-MS 분석조건	15
〈표 Ⅲ-1〉 산업용 세척제의 분류 및 특성	20
〈표 Ⅲ-2〉 세척제 분류별 특성과 오염물 제거	21
〈표 Ⅲ-3〉 지방족 탄화수소 용제	24
〈표 Ⅲ-4〉 방향족 탄화수소 용제	26
〈표 Ⅲ-5〉 세척제용 나프타 등록자료 중 규제 유해물질 REACH 등록 건수 ..	27
〈표 Ⅲ-6〉 산안법상 유해인자 중 탄화수소 화합물	28
〈표 Ⅲ-7〉 석유계 물질그룹과 특정 유해물질	29
〈표 Ⅲ-8〉 대상 유해물질의 물리적 특성	30
〈표 Ⅲ-9〉 대상 유해물질의 노출기준 및 유해성 분류	34
〈표 Ⅲ-10〉 석유계 화학물질 목록 및 ECHA 유해성 분류	35
〈표 Ⅲ-11〉 제출 MSDS의 용도 및 석유계 물질 함유 여부	41
〈표 Ⅲ-12〉 제출 MSDS의 석유계 물질 함유	42
〈표 Ⅲ-13〉 사업장 취급 제품 MSDS의 석유계 물질 함유현황	43
〈표 Ⅲ-14〉 시료채취 사업장 목록	47
〈표 Ⅲ-15〉 취급 세척제 및 작업방식	48
〈표 Ⅲ-16〉 시료채취 공정 및 채취 정보	49

〈표 III-17〉 벌크시료 분석결과	50
〈표 III-18〉 공기중 시료 분석결과	51
〈표 III-19〉 세척제의 구성성분 및 함량	52
〈표 III-20〉 벌크시료 구성성분의 물질분류 및 정보 확인	53
〈부록 표-1〉 건강 및 환경 유해성 분류에 대한 한계농도 기준	75
〈부록 표-2〉 세척제관련 유해물질의 유해위험 문구 및 GHS 그림문자	76

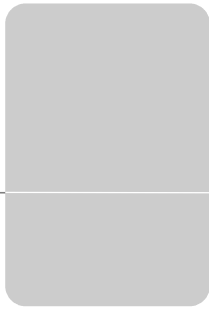


그림목차

[그림 Ⅲ-1] 탄화수소 종류별 분자구조	22
------------------------------	----

I. 서론





I. 서론

1. 연구배경

2022년 할로겐화 세척제 사용 사업장에서 발생한 급성중독 사고를 계기로 세척제 사용 및 세척 작업의 위험성에 관한 관심이 확대되었다.

고용노동부 급성중독 사례에 따르면 삼염화에틸렌 (trichloroethylene), 이염화메탄 (dichloromethane) 세척제를 사용하던 사업장에서 규제 강화에 대응하여 세척제를 삼염화메탄 (trichloromethane)으로 변경하였고, 세척설비, 국소배기장치 등 물질 노출을 저감할 수 있는 시설이 갖춰지지 않은 환경에서 세척작업이 수행된 것이 사고발생의 원인으로 지목되었다.

최영은 등은 유독물질 지정 확대, 함량기준 강화 등 법적 규제 변화 시점에 세척제 제품의 물질안전보건자료 (Material Safety Data Sheet, MSDS) 성분이 달라졌으며, 세척제 공급자와 사용자들의 유독물질 회피, 즉 규제회피 현상이 나타난다고 밝혔다. 위와 같은 사고를 예방하기 위해 고용노동부에서 공업용 세척제 취급 사업장 감독, 국소배기장치 비용 지원 등의 사업을 수행하고 있으나 사업장에선 더 안전한 물질을 사용하기 위함이 아닌 규제 회피성 목적으로 대체 세척제를 선택하게 된다 (최영은 등, 2022).

이혜진 등에 따르면 세척작업 사업장들은 세척제 대체와 관련한 의견으로 제거대상 물질이 정해져 있으므로 세척방식을 변경하는 것은 어려우며 정부에서 규제 강화만 하는 것이 아니라 대체 세척제를 지정해 주는 등 대안을 제시해 주길 원함 등이 있다고 밝혔다. 따라서 사업장에서 안전성을 고려한 적절한 대체 세척제를 선정할 수 있도록 세척제 시장의 동향을 파악하고 예상 대체 세척제의 유해물질 노출 여부를 살펴볼 필요가 있다 (이혜진 등, 2023).

〈표 I-1〉 할로겐계 세척제와 관련된 주요 유해성 (TURI, 2021)

제품 (CAS No.)	급성	만성	발암성 분류
트리클로로에틸렌 (79-01-6)	<ul style="list-style-type: none"> • 두통, 현기증, 졸음 • 혼수 상태 및 사망 • 피부 자극 • 신경계, 간, 호흡기, 신장, 혈액, 면역계, 및 체중 감소 	<ul style="list-style-type: none"> • 남성의 성욕, 정자의 질 및 생식 호르몬 수치 감소 • 간암, 신장암, 혈액암 • 변이원성 • 경피증 	<ul style="list-style-type: none"> • NTP: 인체발암물질 • IARC: 그룹 1 • EPA: 인체발암물질
메틸렌클로라이드 (75-09-2)	<ul style="list-style-type: none"> • 작열감과 발적 피부 • 눈 자극 • 의식 불명 및 사망 	<ul style="list-style-type: none"> • 중추 신경계 우울증 • 간 및 신장 손상 • 생식 및 발달효과 	<ul style="list-style-type: none"> • NTP: 인체발암물질 • IARC: 그룹 2A
퍼클로로에틸렌 (127-18-4)	<ul style="list-style-type: none"> • 피부, 눈에 자극적임, 및 호흡기 • 어지러움, 혼란, 두통, 메스꺼움 	<ul style="list-style-type: none"> • 신장 및 간 손상 • 생식 독소 • 중추 신경계 효과 	<ul style="list-style-type: none"> • IARC: 그룹 2A • ACGIH: A3
n-프로필브로마이드 (106-94-5)	<ul style="list-style-type: none"> • 두통, 메스꺼움 • 손가락과 발가락 감각 감소 • 취한 듯한 느낌 • 눈, 코, 목 또는 폐 자극 	<ul style="list-style-type: none"> • 쇠약, 감각 상실 • 신장, 간 손상 • 감염저항 능력 제한 • 임신 능력 손상 • 혈액학적인 영향 • 면역 억제 	<ul style="list-style-type: none"> • NTP: 인체발암물질 • IARC: 그룹 2B • ACGIH: A3
1-2 트랜스디클로로에틸렌 (156-60-5)	<ul style="list-style-type: none"> • 중추 신경계 우울증 	<ul style="list-style-type: none"> • 면역 독성 물질 • 신경독성 물질 	<ul style="list-style-type: none"> • 자료없음
하이드로플루오로에테르 (163702-05-4)	<ul style="list-style-type: none"> • 가벼운 피부 및 눈 자극 	<ul style="list-style-type: none"> • 자료없음 	<ul style="list-style-type: none"> • 자료없음
하이드로플루오로카본 (138495-42-8)	<ul style="list-style-type: none"> • 가벼운 피부 및 눈 자극 	<ul style="list-style-type: none"> • 자료없음 	<ul style="list-style-type: none"> • 자료없음

NTP, National Toxicology Program; IARC, International Agency for Research on Cancer; EPA, Environmental Protection Agency; ACGIH, American Conference of Governmental Industrial Hygienists

산업용 세척제는 대체로 금속 및 기타 표면에서 오일 (oil), 그리스 (grease) 및 기타 오염물질을 제거하기 위해 사용된다. 할로겐계 세척제는 탄화수소 분자구조에 불소, 염소, 브롬과 같은 할로젠 원자가 결합하여 안정적이고

불연성이다. 또한 세척력이 뛰어나고 빠르게 증발하기 때문에 정밀가공 분야 세척 및 기타 여러 용도로 산업계에서 널리 사용되고 있다. 그러나 할로젠계 세척제의 건강 유해성 및 환경 유해성 문제로 인한 규제 강화로 다른 세척제로의 대체 필요성이 높아지고 있다.

〈표 1-1〉에 나타난 것과 같이 극성인 수계, 준수계 세척제는 비극성인 오일, 그리스 등의 오염물을 제거하기에는 세척력이 우수하지 않으며, 금속 표면을 부식시킬 수 있어 선호되지 않는다. 하지만 탄화수소계 세척제는 할로젠계 세척제와 마찬가지로 비극성 유기오염물질을 제거하는데 매우 양호한 성능을 보이는 것을 알 수 있다 (TURI, 2021).

〈표 I-2〉 오염물질의 특성과 세척제 비교

물질 분류	할로젠계	탄화수소계	준수계 (알콜계)	수계
구성물질 (예)	트리클로로에틸렌, 퍼클로로에틸렌	이소파라핀, 나프타	에탄올, 이소프로필알콜	산성, 중성, 알칼리성
극성	비극성	비극성	약간 극성	극성
비극성 유기오염물 (오일, 그리스)	매우 양호	매우 양호	양호	보통
극성 유기오염물 (복합오염)	보통-양호	보통	매우 양호	보통
극성 무기오염물 (염)	보통	보통	보통-양호	매우 양호
고체 오염물 (칩, 입자, 분진)	세척설비의 조건에 따라 세척력이 달라짐			

탄화수소계 세척제는 유기 오염물에 대한 용해력, 세척력, 침투성이 우수하다는 장점으로 할로젠계 세척제의 대체제로 많이 고려되고 있지만 건조성이 부족하여 세척 후 공기건조 또는 열풍건조가 필요할 수 있으며 인화성이 높아 화재위험을 방지하기 위한 설비가 필요할 수 있다. 따라서, 이런 부분만 보완된다면 금속부품

세척에서 급성중독을 일으킬 수 있는 할로젠계 세척제를 탄화수소계 세척제로 대체하는 것은 충분히 가능하다.

탄화수소계 세척제는 석유 증류를 거쳐 방향족을 제거하고 황분 함량을 낮추는 정제 과정을 거쳐 제조된다. 가스상 물질이 제거된 원액이 증류를 거치면 탄소수에 따라 분리되며, 분리된 탄화수소는 황분, 불포화 결합, 방향족 등의 구조를 포함하고 있다. 수소화 등의 공정을 통해 황분, 불포화 결합, 방향족을 제거하며 이성질체화 (isomerization) 공정을 거쳐 옥탄가가 높은 휘발유, 나프타, 등유 등이 생산된다. 나프타, 등유 등의 물질은 탄화수소계 세척제로도 사용되기도 하는데, 정제 공정에 따라 불포화 결합이나 방향족 등이 남아있거나, 이성질체화가 이루어지지 않아 벤젠, 톨루엔, 크실렌, 노말헥산 등의 유해화학물질이 남아있을 수 있다 (배재흠, 2004)

또한 석유계 탄화수소 세척제는 원료물질의 조성 변경에 따라 최종 생산물질의 화학적 조성이 달라지고, 성분 및 함량을 명확히 파악할 수 없는 복합다성분물질 (Substances of Unknown or Variable composition, Complex reaction products or Biological materials, UVCB)로 분류될 수 있다. 따라서 UVCB 물질에 해당하는 탄화수소계 세척제의 경우 MSDS에 성분 물질의 종류 및 함량을 기재하기보다 경질 나프타, 수소처리된 나프타 등 정제 공정을 나타낸 명칭으로 기재되는 경우가 많고, 이로 인하여 유해물질의 함유 여부가 드러나지 않을 수 있다. 벤젠, 톨루엔, 노말헥산 등 유해물질을 함유한 제품에 노출 시 피부, 눈, 호흡기 자극과 중추신경계 영향 등 같은 급성 건강영향을 초래할 수 있으며 장기간 노출되면 심각한 건강장해를 일으킬 수 있다. 따라서 이와 같은 유해위험성 정보의 누락은 사용자에게 위험을 초래할 수 있다.

김기연 등은 석유계 제품 세척제 취급 근로자의 벤젠 노출 위험성 평가를 위해 나프타 50% 이상 함유 제품 등을 대상으로 벌크시료 및 개인시료를 채취하여 분석하였다. 그 결과 경질나프타를 함유한 제품 14종 중 4개에서 벤젠 함량이 0.1% 이상인 것을 확인했고, 최대 0.56%의 벤젠을 포함하고 있다고 밝혔다 (김기연 등, 2020). 따라서 석유계 탄화수소 세척제 사용자는 MSDS에 기재되어

있지 않은 유해화학물질에 노출될 위험이 있으므로, 이러한 유해위험성 정보 전달 및 관리 방안을 논의할 필요가 있다.

2. 목적

- 탄화수소계 세척제 내 유해물질에 대한 유해위험성을 확인하고 대체 세척제 제안, 작업방식 개선 등 세척작업 관리방안 수립을 통해 작업자의 안전보건 향상을 도모하고자 하였다.
- 탄화수소계 세척제를 사용하는 작업장에서 취급하는 세척제의 종류 및 세척작업의 방식에 따른 유해물질 노출 농도를 측정하고 탄화수소 세척제 사용의 안전성(위험도)을 평가하고자 하였다.
- 탄화수소 세척제의 종류 및 조성에 따른 노출농도를 바탕으로 안전성을 고려한 세척작업 관리방안을 제시하고자 하였다.

II. 연구내용 및 방법



II. 연구내용 및 방법

1. 연구내용

1) 탄화수소계 세척제 현황 및 자료 조사

(1) 탄화수소계 세척제 분류 및 현황 조사

탄화수소계 세척제의 특성과 분류 방법을 조사하고 유럽화학물질청 (European Chemicals Agency, ECHA)의 화학물질관리제도 (The regulation on the registration, evaluation, authorisation and restriction of Chemicals, REACH)에서 석유계 물질에 포함된 유해물질의 현황을 파악하였다.

(2) 탄화수소계 세척제 사용 세척작업 특성 조사

작업환경측정 보고서 및 국내외 학술논문 등 문헌 조사를 통하여 석유계 탄화수소 세척제 사용 사업장의 세척설비 등 세척작업의 특성을 조사하였다.

(3) 탄화수소계 세척제 MSDS 실태 파악

안전보건공단 (이하 공단)의 작업환경측정 데이터베이스 (database, DB)와 제출 MSDS DB에서 석유계 탄화수소 세척제를 사용하고 있는 사업장을 대상으로 MSDS 작성 실태를 파악하였다.

2) 탄화수소계 세척제 사용 사업장 현장조사 및 노출 평가

(1) 탄화수소계 세척제 사용 대상 사업장 선정

공단의 작업환경측정 DB에서 탄화수소계 세척제의 제조사와 제품명을 검색하여 MSDS를 확보하였으며, 작업환경측정 보고서에 석유계 탄화수소 물질의 개별 구성성분 정보가 기재되어 있는 사업장을 대상으로 선정하였다.

(2) 현장 방문 및 시료채취

선정된 사업장을 대상으로 현장을 방문하여 공기 중 시료를 포집하고 작업공정에 대하여 조사하였다. 또한 사용하고 있는 탄화수소계 세척제 벌크시료를 채취하고 해당 MSDS를 확보하였다.

(3) 노출농도 분석 및 결과 검토

GC-MS와 GC-FID를 사용하여 유량에 따른 시료의 유해물질 함유 여부와 함량 및 노출농도를 계산하였다.

(4) 탄화수소계 세척제 사용 사업장의 유해물질 노출농도 평가

탄화수소계 세척제 사용 사업장의 유해물질 노출농도를 평가하였다.

3) 탄화수소계 세척제 관리 방안 제안

(1) 유해물질 함유 탄화수소계 세척제의 대체 방안 제시

유해물질 함유 탄화수소계 세척제의 대체방안을 제시하였다.

(2) 탄화수소계 세척제 사용 세척작업방식 개선 등 세척제 관리방안 제시

탄화수소계 세척제 사용 세척작업장식 개선 등 세척제 관리방안을 제시하였다.

2. 연구방법

1) 탄화수소계 세척제 현황 및 자료 조사

(1) 탄화수소계 세척제 분류 및 현황 조사

국내의 학술논문 등 문헌을 통해 세척제 특성에 따른 분류를 조사하고 ECHA REACH, 국내 공단의 제출 MSDS DB를 활용하여 탄화수소 세척제 관리 현황과 탄화수소 세척제 내 유해화학물질 정보 기재 현황 파악하였다.

(2) 탄화수소계 세척제 사용 세척작업 특성 조사

석유계 물질을 함유하고 있는 제품을 대상으로 탄화수소계 세척제 사용실태를 조사하였다. 에 제출된 MSDS DB와 ECHA REACH의 DB를 활용하여 세척 용도의 석유계 물질을 선별하였다.

(3) 탄화수소계 세척제 MSDS 실태 파악

공단 작업환경측정 데이터베이스에서 금속가공유를 사용하는 사업장이나 금속가공 공정이 있는 사업장을 대상으로 제품의 제조사와 제품명을 검색하여 MSDS를 확보하였으며, 작업환경측정 보고서에 석유계 탄화수소 물질의 개별 구성성분 정보가 기재되어 있는 사업장을 대상으로 선정하였다.

2) 탄화수소계 세척제 사용 사업장 현장조사 및 노출 평가

(1) 탄화수소계 세척제 사용 대상 사업장 선정

안전보건공단(이하 공단) 작업환경측정 데이터베이스에서 금속가공유를 사용하는 사업장이나 금속가공 공정이 있는 사업장을 대상으로 제품의 제조사와 제품명을 검색하여 MSDS를 확보하였으며, 작업환경측정 보고서에 석유계 탄화수소 물질의 개별 구성성분 정보가 기재되어 있는 사업장을 대상으로 선정하였다.

(2) 현장 방문 및 시료 채취

공단의 KOSHA Guide의 작업환경 측정분석에 대한 일반 기술지침과 각 유해물질에 해당하는 기술지침을 참고로 측정하였다. 흡착관 (coconut shell charcoal, 100 mg/50 mg, SKC, USA)을 홀더에 장착한 후 개인시료채취기 (Personal air sampler, 220-1000TC, SKC, USA)의 80 mL/min의 유량으로 작업시간 동안 포집하였다. 시료 포집 완료 후 홀더에서 흡착관을 분리하여 밀봉하고 현장 공시료와 함께 냉장보관하였다. 개인시료채취기의 유량은 측정 전 유량보정계 (Flow Detective, 510-M, Mesalabs, USA)를 사용하여 보정한 후에 사용하였으며 측정 후 다시 유량보정계로 재확인하였다. 벌크시료는 20 mL 유리 바이알에 채취하여 밀봉한 후 냉장보관하였다.

(3) 채취 시료의 정성·정량 분석

가) 벌크시료 분석

세척제 원액을 이황화탄소에 100배 희석한 후 시료 1 μL 를 자동시료주입기 (Autosampler, 7693A, Agilent, USA)를 사용하여 가스크로마토그래프-질량분석기 (GC-MS, 7890/5977B, Agilent Technologies, USA)에 주입하여 분석하였다.

나) 공기 중 채취시료 분석

KOSHA guide에 따라 채취한 시료, 공시료, 회수율 측정 시료를 각각 2 mL 크기의 바이얼에 담아 1 mL의 이황화탄소 (CS_2)를 넣어 밀봉한 후 30분간 혼합하여 탈착하였다. 전처리된 시료는 GC-MS로 분석하였다.

〈표 II-1〉 GC-MS 분석조건

Parameter	Conditions
Instrument model	Agilent 7890B-5977B
Injector	Autosampler (Agilent 7693A)
Inlet temperature	275°C
Injector volume	1 μL
Split ratio	50:1
Column	HP-1(100 m \times 0.25 mm \times 0.5 μm), Agilent technologies
Carrier gas	Helium(Purity \geq 99.999%), 3.3 mL/min
Column temperature	40°C, 10min \rightarrow 0.5 °C/min to 75°C \rightarrow 10 °C/min to 200°C (hold 7.5min) \rightarrow post run : 250°C, 10min
Transfer line temperature	280°C
MS mode	Scan/SIM
Scan range	40.00~550.00 m/z
Detection off for solvent	13.80~14.30 m/z

(4) 노출농도 분석 및 결과 검토

유량에 따른 시료의 유해물질 함유 여부와 노출농도를 계산하였다.

(5) 탄화수소계 세척제 사용 사업장의 유해물질 노출농도 평가

탄화수소계 세척제 사용 사업장의 유해물질 노출농도를 평가하였다.

3) 탄화수소계 세척제 관리 방안 제안

(1) 유해물질 함유 탄화수소계 세척제의 대체 방안 제시

할로겐계 세척제의 대체 세척제로서 탄화수소계 세척제의 유해성을 확인하고 안전한 세척제 종류 대체 방안을 제시하였다.

(2) 탄화수소계 세척제 사용 세척작업방식 개선 등 세척제 관리방안 제시

탄화수소계 세척제를 사용하기 위한 세척작업방식 개선방안 및 세척설비 등 세척제 관리방안을 제시하였다.

Ⅲ. 결 과



III. 결과

1. 탄화수소계 세척제 현황 및 자료 조사

1) 탄화수소계 세척제 분류 및 현황 조사

산업용 세척제는 크게 수계, 준수계, 비수계로 나눌 수 있다. 수계 세척제는 물을 용매로 하여 계면활성제를 함유하고 산성 또는 알칼리성을 나타내는 세척제를 말한다. 산성 세척제는 pH가 6 이하의 액성이기 때문에 금속 표면의 녹 등을 세척하는 데 특화된 세척제이다. 사용 용도는 기초의 녹 제거, 도금 전 세척 등에 사용된다. 주의할 점은 사용하는 산과 세척하는 금속 공작물의 표면을 부식시킬 위험이 있으므로 적절한 세척제를 선택해야 한다. 알칼리성 세척제는 pH가 8 이상의 액성을 나타내는 세척제이다. 잘 지워지는 얼룩은 피지나 가공유 등의 유지 성분이다. 알칼리가 유지 성분과 반응하여 유지 성분을 수용성 화합물로 변화시켜 세척액에 용해시키는 경화 반응의 원리를 이용하여 세척한다. 주의할 점은 세척하는 금속에 따라 알칼리와 반응하여 부식을 일으키기 때문에 산성 세척제와 마찬가지로 적절한 세척제를 선택해야 한다. 준수계 세척제는 수계 세척제와 비수계 세척제의 중간에 위치한 세척제이다. 비교적 고도의 세척성이 요구되는 분야에 사용되며, 전자부품 납땜 후 플럭스 제거 등에 사용된다. 준수계 세척제는 글리콜에테르나 알코올 등의 분자 내에 에테르기나 수산기를 가지고 있고 극성을 가지고 있어 수용성을 가지고 있습니다. 이 때문에 유분 얼룩뿐만 아니라 수용성 얼룩에도 용해력이 높은 것이 특징이다. 단, 물을 사용하기 때문에 금속 표면이 녹슬 수 있으며 배수 비용이 높고 유지관리의 난이도가 높다는 단점이 있다. 표 III-1에 산업용 세척제를 분류하고 주요성분과 특성, 사용 시 유의점에 대하여 나타내었다 (배재흠, 2004).

〈표 III-1〉 산업용 세척제의 분류 및 특성

구분	주요성분	특성	유의점	
수계	<ul style="list-style-type: none"> - 알칼리성 - 중성(계면활성제) - 산성 	<ul style="list-style-type: none"> - 친수성/극성 오염물 제거 - 화재위험 없음 - 세척 후 표면이 친수성임 - 저가 	<ul style="list-style-type: none"> - 비수용성 오염물 세척 어려움 - 방청대책 필요 	
준수계	<ul style="list-style-type: none"> - 글리콜에테르계+물+계면활성제 - 탄화수소계+물+계면활성제 	<ul style="list-style-type: none"> - 플럭스, 왁스, 그리스 등 세척 - 침투력 우수 - 독성 적음 	<ul style="list-style-type: none"> - 방청대책 필요 - 방폭대책 필요 - 고가 	
비수계	알코올계	<ul style="list-style-type: none"> - 메탄올, 에탄올 - 알코올+용제 	<ul style="list-style-type: none"> - 다양한 오염물 세척 - 재질 호환성 우수 - 건조성 양호 	<ul style="list-style-type: none"> - 방화/방폭 설비 필요 - 증발손실 큼 - 고가
	에테르계	<ul style="list-style-type: none"> - 에틸렌글리콜 부틸 에테르 - 디에틸렌글리콜 부틸 에테르 - 프로필렌 글리콜계 	<ul style="list-style-type: none"> - 세척제 배합 시 유화 잘됨 - 세척액 회수 가능 	<ul style="list-style-type: none"> - VOC 물질 - 인화성 있음 - 독성 있음
	탄화수소계	<ul style="list-style-type: none"> - 광유 - 이소파라핀 - 노르말파라핀 - 나프타 - 케로신 - 헥산 	<ul style="list-style-type: none"> - 금속부품 탈지세척 사용 - 기계유 세척력 우수 - 증류손실 적음 - 재생가능 - 저가 - 오존층파괴 없음 	<ul style="list-style-type: none"> - 방화/방폭설비 필요 - 작업자 안전대책 필요 - 건조시간 비교적 김 - VOC 물질 - 증기세척 불가
	할로겐계	<ul style="list-style-type: none"> - 염화 메틸 - 트리클로로에틸렌 	<ul style="list-style-type: none"> - 세척력 우수 - 증기탈지가능 - 불연성 - 오존층파괴 없음 	<ul style="list-style-type: none"> - 독성 - 강력한 법적규제 (환경법, 산업안전법 등)
	실리콘계	<ul style="list-style-type: none"> - 휘발성 메틸실록산 	<ul style="list-style-type: none"> - 표면장력, 점도 낮아 습윤력 우수 - 비극성 오염물 세척에 적합 - 저독성 - VOC, 오존 파괴 비대상 물질 	<ul style="list-style-type: none"> - 고가 - 건조성 낮음 - 인화성

비수계 세척제는 주성분이 유기 용매로 구성된 세척제로 용제계 세척제라고도 하며 할로겐계, 알코올계, 에테르계, 탄화수소계, 실리콘계로 구분할 수 있다. 물을 포함하지 않고 산이나 알칼리 등의 액성을 갖지 않기 때문에 금속을 부식시키지 않는 장점이 있다. 또한 오일과 그리스에 대한 용해성이 우수한 것도 특징이다. 그러나 주의해야 할 점은 알코올계 세척제와 탄화수소계 세척제와 같이 인화성을 가진 세척제가 있다는 것이다. 둘 다 독성이 낮고 유분 용해도가 높아 우수한 세척제이지만 인화성을 가지고 있어 취급에 주의가 필요하다. 할로겐계인 염소계, 브롬계 세척제는 유분 용해성이 높고 증류 재생이 가능하기 때문에 유용하게 사용되어 온 세척제이지만, 독성 및 발암성이 있어 규제를 강화하는 움직임이 활발하다. 다만 같은 할로겐계라도 불소계 세척제는 독성이 낮고 환경친화적인 세척제이다. 표 III-2에는 세척제의 분류별특성에 대하여 나타내었다.

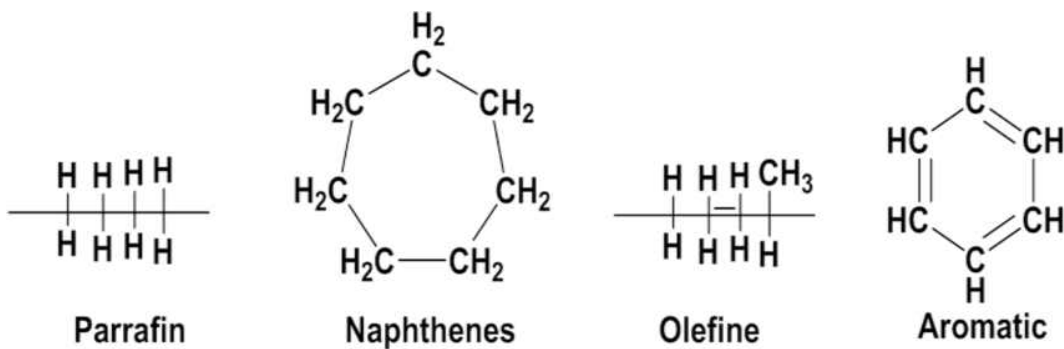
〈표 III-2〉 세척제 분류별 특성과 오염물 제거

구분	극성	비용*	휘발성	인화성	요구설비			비고	
					방청	방폭	방화		
수계	극성	2	낮음	없음	○	-	-	비극성 유기오염물 세척 어려움	
준수계	극성	4	중간	중간	△	△	△	비수계성분비율에 따라 세척성능 변화	
비수계	알코올계	비극성-극성	8	높음	높음	-	○	○	다양한 오염물제거에 사용 가능
	에테르계	비극성-약극성	15	매우 높음	매우 높음	-	○	○	혼합 시 유화 성능 향상
	탄화수소계	비극성	10	중간-높음	높음	-	○	○	기계유 등 세정력 우수
	할로겐계	비극성-약극성	25	매우 높음	낮음	△	-	△	기계유 등 세정력 우수
	실리콘계	비극성	45	높음	중간-높음	△	△	○	고비용, 비극성 오염 세정력 우수

a 예시 물질의 시장 단가를 단순 비교한 것으로 절대적 수치로 볼 수 없음

여기에서 탄화수소계 세척제는 금속가공유, 윤활유, 절삭유 등 탄화수소계 오염물에 대하여 같은 탄화수소계로서 할로젠계 세척제보다 잘 용해시키는 장점이 있다. 탄화수소 (Hydrocarbon)는 탄소 (C)와 수소 (H) 원소로 구성된 유기화합물이다. 대표적인 탄화수소로 석유와 천연가스가 있고, 가솔린, 등유, 항공유, 윤활유 등도 모두 탄화수소 혼합물 중 하나이다. 이러한 탄화수소는 크게 두 가지 유형이 있는데 지방족 (aliphatic) 탄화수소와 방향족 (aromatic) 탄화수소로 구분된다.

지방족 탄화수소는 주로 사슬형으로 탄소가 단일결합인 알케인 (alkane)과 시클로알케인 (cycloalkane), 이중결합인 알켄 (alkenes), 삼중결합인 알카인 (alkynes) 등의 구조를 가지고 있으며 방향족 탄화수소는 벤젠과 같은 안정된 고리구조를 가진 화합물이다. 지방족 탄화수소는 구조를 이루는 탄소의 결합 형태에 따라서 파라핀계 (paraffin), 나프텐계 (naphthen), 올레핀계 (olefin)로 다시 구분할 수 있으며, 방향족 탄화수소는 아로마틱계 (aromatic) 등으로 분류할 수 있다.



[그림 III-1] 탄화수소 종류별 분자구조

(1) 지방족 탄화수소

지방족 탄화수소는 탄소 원자가 단일, 이중 또는 삼중 결합에 의해 직선 또는 분지 사슬 또는 환상 고리 형태로 결합된 것을 말한다. 비환상 고리형태는 닫힌 사슬이다. 지방족고리화합물은 이중 결합을 가질 수 있다. 예를 들어 벤젠 고리와는 달리 방향족 화합물이 아니므로 지방족고리화합물은 지방족화합물과 유사하게 작용한다. 인화점에 따라 가연성 또는 가연성으로 분류됩니다. 증기압은 용제가 얼마나 빨리 증발하는지를 나타내는 수치이다. 증기압이 높아질수록 용제는 더 빨리 증발한다. 물의 증기압이 20°C에서 약 17.5 mmHg인데 증기압이 17.5 미만인 물질은 물보다 증발하는 데 시간이 더 오래 걸린다. 지방족 용제의 예는 표 III-3에 나와 있다 (Kanegsberg et al. 2011).

카우리-부탄올 (Kauri-Buranol, Kb) 값은 표준화된 용매력의 척도로서 일반적으로 탄화수소계 오염에 대한 용해도를 제공한다. Kb 값이 증가할수록 재료의 용해력이 높아진다. 용제의 Kb는 카우리 수지 용액에 혼탁을 일으키지 않고 첨가할 수 있는 탄화수소의 최대 양을 나타낸다. 강한 용제는 더 많은 양을 첨가할 수 있으므로 약한 용제보다 더 높은 값을 갖는다. 탄화수소 용제와 달리 수용성 세척제는 용액 내 수소 이온의 농도와 pH로 측정된다. 지방족 탄화수소는 물을 사용하지 않으므로 pH를 가질 수 없고 대신 Kb 값으로 분류된다. 이 비극성 용제는 오일과 그리스를 포함한 비극성 오염물질에 가장 효과적이다. 모두 소수성이며 수용성은 무시할 수 있는 수준이다.

〈표 III-3〉 지방족 탄화수소 용제

Chemical Name	Chemical Formula	Flash Point (°C)	VOC (g/L)	Vapor Pressure (mmHg at 20°C)	Kauri-Butanol (Kb) value
Mineral spirit	Mixture	21-54	770	2.0	33-37
Mineral seal oil	Mixture	52	847	<0.01	27.5
Kerosene	Mixture	65	810	0.4	34
Lacquer thinner	Mixture	7	758	38.0	46
Heptane	C ₇ H ₁₆	≤6	696	45.0	29
VM&P naphtha	Mixture	11.1	739	52.0	34
Hexane	C ₆ H ₁₄	≤6	676	137.0	30
Turpentine	C ₁₀ H ₁₆	34	862	13.4	64
Pine oil	C ₁₀ H ₁₆	46	853	1.3	62
D-limonene	C ₁₀ H ₁₆	43	841	<2.0	67

가) 파라핀 (Paraffin)계 탄화수소

탄소가 사슬 모양으로 연결된 탄화수소를 말하며, 다른 결합은 수소와 결합한 포화 결합으로 되어 있는 탄화수소를 말한다. 보통 C_nH_{2n+2}로 표현되며 그 중에서 가장 간단한 것으로 메탄 (CH₄)이 있다. 메탄은 천연가스의 주성분이며 유정에서 나오는 가스의 대부분이 메탄이다. 탄소수가 2개인 에탄 (C₂H₆), 탄소수가 3개인 프로판 (C₃H₈) 등이 있다. 프로판은 가정용 연료로써 널리 쓰이고 있으며, 유전의 천연가스로부터 분리, 냉각하여 액화한 뒤 탱크로리로 수송해 사용하거나 석유화학 공장에서 크래킹에 의해 생산하여 사용된다. 이러한 파라핀계의 탄화수소는 상온에서 탄소수가 4개인 부탄까지가 기체 상태이며, 탄소수가 5~15개인 것이 액체, 그 이상의 것은 고체로 존재한다. 이 밖에 탄화수소로

탄소가지가 갈라져 연결되어 있는 이소 (iso) 화합물이 있고, 탄소가 직선으로 결합되어 있는 노르말 (normal) 화합물이 있다. Iso와 normal 화합물은 같은 수의 탄소와 수소로 이루어져 있지만 그 결합 형태가 다르기 때문에 서로 다른 성질을 지니게 된다. 이러한 것들은 구조 이성질체 (structural isomer)라 부른다. 파라핀계 탄화수소의 특징은 냄새가 적고 점도가 낮아 정밀세척 분야에서 많이 사용되고 있다.

나) 나프텐 (Naphthene)계 탄화수소

파라핀계와 마찬가지로 결합수가 모두 탄소와 수소로 채워져 있는 포화 결합의 탄화수소이며, 탄소 원자가 고리 모양으로 결합되어 있는 것이 특징으로 시클로알케인 또는 시클로파라핀 (cycloparaffin)으로 부른다. 대표적으로 탄소수가 5개인 시클로펜탄 (C_5H_{10}), 탄소수가 6개인 시클로헥산 (C_6H_{12}) 등이 있다. 나프텐계 탄화수소는 일반적으로 파라핀계 탄화수소보다 녹는점이 낮으며 경제성이 뛰어나 다양한 세척 분야에 사용되고 있다.

다) 올레핀 (Oleffin)계 탄화수소

파라핀계와 마찬가지로 탄소가 사슬모양으로 결합되어 있으나 탄소끼리 이중결합이 들어 있는 것이 파라핀계와 다른 특징이다. 보통 C_nH_{2n} 으로 표시되며, 불포화결합이 있기 때문에 다른 물질과 결합하기 쉬운 성질이 있다. 가장 간단한 올레핀계로는 에틸렌 (C_2H_4)이 있으며, 에틸렌의 명칭에서 유래해 올레핀계를 에틸렌계 탄화수소라고도 부른다. 올레핀계 탄화수소는 석유화학 공업의 주원료로써 매우 중요하게 사용되며 세정력이 뛰어나 특수 용도에 적합하다.

(2) 방향족 탄화수소

방향족 탄화수소는 6개의 탄소 원자로 구성된 하나 이상의 평면 세트 (벤젠 고리)가 마치 단일 및 이중 공유 결합으로 교대로 구성된 것처럼 동일한 번호의 전자가 탈편위된 전자로 연결된 분자 구조이다. 표 III-2에는 침적 및 수작업 세척에 자주 사용되는 이러한 용제의 예가 나와 있다 (Kanegsberg et al. 2011). 방향족 탄화수소 용제는 석유와 콜타르에서 추출한 것이다. 인화점이 낮거나 중간 정도이며 잔류물을 남기지 않고 빠르게 건조된다. 이러한 비극성 소수성 용매는 오일, 그리스, 일부 수지 및 고무를 포함한 비극성 오염물질을 용해하는데 효과적이다. 지방족 및 방향족 탄화수소 세척제는 거의 모든 금속, 유리, 세라믹에 안전하게 사용할 수 있다. 또한 적절한 환기를 통해 침지 및 수동 세척 용도로 사용할 수 있으며 사용한 용액은 증류를 통해 회수할 수 있다.

〈표 III-4〉 방향족 탄화수소 용제

Chemical Name	Chemical Formula	Flash Point (°C)	VOC (g/L)	Vapor Pressure (mmHg at 20°C)	Kauri-Butanol (Kb) value
Toluene	C ₇ H ₈	7	872	22.0	105
Xylene	C ₈ H ₁₀	27	868	5.1	98
Heavy aromatic naphtha	Mixture	82	930	<10.0	112

가) 방향족 (Aromatic)계 탄화수소

방향족 탄화수소는 방향족 고리를 포함하고 있는 탄화수소로 벤젠, 톨루엔과 같은 벤젠 고리를 갖는 탄화수소를 말한다. 석유 중에서 2~3% 가 함유되어 있지만 방향족 탄화수소와 그 유도체는 석탄에서 나오는 타르 (tar)에 더 많이 들어있다. 경질의 벤젠, 톨루엔, 크실렌은 가솔린, 방향족 용제 중에 포함되고 석유화학 원료로서 중요하다. 벤젠은 육각형의 탄소원자 사이에 이중결합과 단일결합이 하나씩 걸려 있는 구조로 이중결합의 위치가 특정한 한 탄소에

고정되어 있지 않는 구조로 되어 있다. 벤젠의 수소원자 대신 다른 가지로 치환되면 다양한 벤젠 유도체 물질이 된다. 수소원자 1개가 메틸기로 치환될 경우 톨루엔이 되며, 수소 원자가 (OH)로 치환되면 페놀이 된다. 벤젠에서 치환된 두 작용기의 상대적인 위치에 따라 오르소 (ortho), 메타 (meta), 파라 (para)로 나눌 수 있다.

탄화수소를 지방족과 방향족으로 분류할 수 있지만 석유의 원산지, 정제공정 등 물리화학적 특성에 따라 다르게 제조되기 때문에 실제 사용되고 있는 세척제 제품 중에는 여러 종류가 혼합되어 있는 형태이거나 UVCB 물질을 함유하고 있는 형태가 많다. 탄화수소 세척제의 석유계 물질은 다양한 성분을 포함할 수 있으나 하나의 CAS 번호로 식별하고 있다. 따라서 현재 산업안전보건법 (이하 산안법) 상 유해물질에 해당되지 않아 규제대상물질에서 제외되어 있으므로 MSDS에 별도로 기재하지 않는다면 사용자는 유해성을 인식하지 못하게 된다.

실제 2022년 연구원에서 ECHA REACH에 세척제 용도로 등록된 나프타 56종, 총 1,067건의 자료를 검토한 결과 성분자료 중 벤젠, 노말헥센, 톨루엔 등의 유해물질 12종을 함유하고 있음이 확인되었다(표 III-5).

〈표 III-5〉 세척제용 나프타 등록자료 중 규제 유해물질 REACH 등록 건수

No.	물질명	CAS No.	등록건수 (건)
1	벤젠 (Benzene)	71-43-2	669
2	노말헥산 (n-Hexane)	110-54-3	653
3	톨루엔 (Toluene)	108-88-3	650
4	헵탄 (n-Heptane)	142-82-5	157
5	시클로헥산 (Cyclohexane)	110-82-7	59
6	m-크실렌 (m-Xylene)	108-38-3	60
7	에틸벤젠 (Ethylbenzene)	100-41-4	51
8	p-크실렌 (p-Xylene)	106-42-3	43
9	o-크실렌 (o-Xylene)	95-47-6	43
10	크실렌 (Xylene)	1330-20-7	24
11	스티렌 (Styrene)	100-42-5	5
12	1,3-부타디엔 (1,3-Butadiene)	106-99-0	1

2) 탄화수소계 세척제 사용 실태 및 현황 파악

(1) 탄화수소계 유기용제 선정

산안법 상 유해물질 중 석유계 물질에서 유래한 것으로 판단되는 탄화수소계 화합물과 석유계 물질그룹과 특정유해물질을 참고하여 탄화수소계 유기용제를 선정하였다 (표 III-6, 표III-7). 모두 관리대상물질이며 노출기준이 설정되어 있다. 브이엠 및 피 나프타 (VM & P Naphtha)를 제외하고 작업환경측정 대상 및 특수건강진단 대상 유해인자이며 브이엠 및 피 나프타는 관리대상물질에만 포함되어 있다. 특별관리물질은 1,3-부타디엔, 벤젠, 스토다드솔벤트 (벤젠 0.1% 이상 함유한 경우)의 3종이었다.

〈표 III-6〉 산안법상 유해인자 중 탄화수소 화합물

순번	물질명	CAS 번호	작업 환경 측정	특수 건강 진단	허용 기준 이하	관리 대상 물질	특별 관리 물질
1	1,3-부타디엔	106-99-0	○	○	○	○	○
2	벤젠	71-43-2	○	○	○	○	○
3	시클로헥산	110-82-7	○	○	-	○	-
4	시클로헥센	110-83-8	○	○	-	○	-
5	노말헥산	110-54-3	○	○	○	○	-
6	톨루엔	108-88-3	○	○	○	○	-
7	헵탄	142-82-5	○	○	-	○	-
8	스티렌	100-42-5	○	○	○	○	-
9	에틸벤젠	100-41-4	○	○	-	○	-
10	크실렌(이성질체 포함)	1330-20-7	○	○	-	○	-
11	브이엠 및 피 나프타	8032-32-4	-	-	-	○	-
12	스토다드 솔벤트	8052-41-3	○	○	-	○	○*

* 벤젠 0.1%이상 함유한 경우만 해당됨

〈표 III-7〉 석유계 물질그룹과 특정 유해물질

HPV 물질그룹	CONCAWE 물질그룹	유해성	유해물질
Aromatic extracts	Distillate aromatic extracts Treated distillate aromatic extracts Residual aromatic extracts	발암성, 생식독성	PAHs
Asphalt	Bitumen, Oxidized asphalt	-	H ₂ S
Crude oil	Not applicable	발암성, 변이원성, 특정표적장기독성, 급성독성	H ₂ S, benzene, PAHs, naphthalene
Gasoline blending streams	Low boiling point naphthas (gasolines)	발암성, 변이원성, 특정표적장기독성	Benzene
		특정표적장기독성	n-Hexane, toluene, benzene
		생식독성, 특정표적장기독성	n-Hexane, toluene
Gas oils	Straight run gas oils, Vacuum gas oils, hydrocracked gas oils and distillate fuels, Cracked gas oils, Other gas oils, MK-1 diesel fuels	발암성, 생식독성	PAHs, naphthalene
Heavy fuel oils	Heavy fuel oil components	발암성, 생식독성, 급성독성	PAHs, H ₂ S
Kerosene/ Jet fuel	Kerosenes	-	Naphthalene
Lubricating grease thickeners	Not applicable	-	-
Lubricating oil base stocks	Highly refined base oils, Unrefined/acid treated oils, Lubricant base oils, Foots oils	발암성, 생식독성	PAHsc
Petroleum coke	Not applicable	-	-
Petroleum gases	Petroleum gases, Other petroleum gases	발암성, 변이원성, 급성독성	1,3-butadiene, H ₂ S
Reclaimed substances	Not applicable	-	-
Waxes and related materials	Paraffin and hydrocarbon waxes, Slack waxes, Petrolatums	발암성, 생식독성	PAHs
Not applicable	Sulphur	-	-

(2) 대상 유해물질의 물리적 특성 및 유해성 조사

대상 유해물질의 물리적 특성을 조사한 결과 분자량이 78.11~106.2, 끓는점이 68.7~145℃로 분자량이 낮고 끓는점이 150℃ 미만인 휘발성 액체이었다 (표 III-8).

〈표 III-8〉 대상 유해물질의 물리적 특성

No.	물질명	CAS No.	분자량	증기압 (mmHg)	끓는점 (°C)
1	벤젠	71-43-2	78.11	74.6 (20°C)	80.1
2	시클로헥센	110-83-8	82.15	77 (25°C)	83
3	시클로헥산	110-82-7	84.16	168.8 (21°C)	80.7
4	노말헥산	110-54-3	86.18	153 (25°C)	68.7
5	톨루엔	108-88-3	92.14	22 (20°C)	110.6
6	헵탄	142-82-5	100.21	46 (25°C)	98.4
7	스티렌	100-42-5	104.14	9.6 (25°C)	136.1
9	크실렌	1330-20-7	106.16	7.99 (25°C)	138
10	에틸벤젠	100-41-4	106.2	6.2 (25°C)	145

가) 벤젠

벤젠 (Benzene, CAS No. 71-43-2)은 가솔린과 비슷한 냄새가 나는 무색의 투명한 액체로 분자량 78.11, 증기압 74.6 mmHg(@20°C), 끓는점 80.1°C, 밀도 0.879이다. 공기 중으로 쉽게 증발되며 물에 잘 섞이지 않고 불에 잘 붙는 인화성 물질이다. 벤젠이 호흡기를 통해 노출되면 신경계를 억제할 수 있어 졸음, 현기증, 빠른 심박수, 두통, 떨림, 혼란, 무의식 상태가 나타날 수 있으며 고농도로 흡입할 경우 의식상실이나 사망에 이를 수 있다. 조혈계에 유해한 영향을 미쳐 골수의 기능을 억제하여 빈혈, 백혈구 감소증, 혈소판 감소증 등으로 이어질 수 있다. 또한 면역 체계에 영향을 주어 감염이 쉽게 되며 장기간 노출되면 백혈병이 발생할 수 있다. 벤젠은 고용노동부에서 발암성 구분 1A, 생식세포변이원성 구분

1B, 특정표적장기독성 구분 1로 분류되어 있으며 IARC Group 1로 인체에 발암성이 확인된 물질로 분류되어 있다.

나) 시클로헥센

시클로헥센 (Cyclohexene, CAS No. 110-83-8)은 달콤한 향이 나는 무색의 투명한 액체로 분자량 82.15, 끓는점 83°C, 증기압 77 mmHg(@25°C), 밀도는 0.811인 휘발성이 높은 인화성 물질이다. 호흡기를 통해 노출되면 자극을 줄 수 있으며 고농도로 노출되면 기침, 인후통, 두통, 어지러움, 졸음 등의 유발할 수 있다. 피부나 눈에 접촉할 경우 심한 자극, 발적, 통증을 일으킬 수 있다. IARC 발암물질 분류에는 포함되어 있지 않다.

다) 시클로헥산

시클로헥산 (Cyclohexane, CAS No. 110-82-7)은 클로로포름 또는 벤젠과 비슷한 냄새가 나는 무색의 액체로 분자량 84.16, 증기압 168.8 mmHg(@21°C), 끓는점 80.7°C, 밀도 0.77인 휘발성이 높은 인화성 물질이다. 중추신경계 진정제로서 작용하며 두통, 현기증, 마취를 일으키고 높은 노출 수준에서는 죽음에 이르게 한다. 눈, 피부, 호흡기 계통의 자극이 일어난다. 경구 및 흡입 경로를 통해 인체에 노출될 수 있지만, 피부를 통한 노출의 증거는 충분치 않다. IARC 발암물질 분류에는 포함되어 있지 않다.

라) 노말헥산

노말헥산 (n-Hexane, CAS No. 110-83-8)은 가솔린과 비슷한 냄새를 가진 무색의 투명한 액체로 분자량 86.18, 증기압 153 mmHg(@25°C), 끓는점 68.7°C, 밀도 0.659인 휘발성 높은 인화성 물질이다. 노말헥산은 점막, 피부, 눈으로 흡수되어 전신 영향을 일으킬 수 있으며 흡입할 경우 심장박동이 불규칙해지고 두통, 현기증, 폐부종이 발생할 수 있다. 유해성·위험성 분류 결과 고용노동부에서

생식독성 구분 2로 분류되어 있으며 IARC 발암물질 분류에는 포함되어 있지 않다.

마) 톨루엔

톨루엔 (Toluene, CAS No. 108-88-3)은 달콤한 벤젠 향을 가지는 맑은 무색의 액체로 물에는 잘 녹지 않지만 유기용매에는 잘 녹는다. 분자량 92.14, 증기압 22 mmHg(@20℃), 끓는점 110.6℃, 밀도 0.867로 공기 중에 쉽게 증발하며 불에도 잘 붙는 인화성 물질이다. 톨루엔은 호흡기 및 피부를 통해 흡수될 수 있으며, 일반적으로 쉽게 분해된다. 공기 중의 톨루엔 노출 후에 중추신경계 손상이 가장 의심되며 어지러움, 혼동, 기억력 상실, 술에 취한 행동, 오심, 식욕부진 같은 증상이 나타난다. 고농도로 노출되었을 때는 의식 상실, 혼수, 영구적 뇌 손상과 사망까지 이를 수 있다. 유해성·위험성 분류 결과 고용노동부에서 생식독성 구분 2로 분류되어 있으며 IARC 발암물질 분류에서 Group 3으로 인체에 발암성을 일으키는 것으로 분류하기 어려운 물질로 분류되어 있다.

바) 헵탄

헵탄 (n-Heptane, CAS No. 142-82-5)은 휘발유와 같은 냄새가 나는 무색의 액체로 분자량 100.21, 증기압 46 mmHg(@25℃), 끓는점 98.4℃, 밀도 0.684인 인화성 액체이다. 흡입하면 호흡기에 자극을 줄 수 있어 기침, 인후통, 코 자극 등의 증상이 나타날 수 있다. 고농도로 흡입하면 두통, 어지러움, 졸음, 혼란 등 신경계 증상이 발생할 수 있으며, 장기 노출 시 신경계에 영향을 미칠 수 있다. 고농도로 노출되면 잠재적인 증상으로는 몽롱함, 현기증, 혼미, 현운, 조화운동불능, 식욕 감퇴, 오심, 의식불명이 있다. 직접적인 접촉은 피부염을 유발할 수 있으며, 액체 헵탄의 흡인은 화학적 폐렴을 일으킬 수 있다. IARC 발암물질 분류에는 포함되어 있지 않다.

사) 스티렌

스티렌 (Styrene, CAS No. 100-42-5)은 달콤하고 자극적인 냄새가 나는 무색 또는 황색의 액체로 분자량 104.14, 증기압 9.6 mmHg(@25℃), 끓는점 98.4℃, 밀도 0.684인 인화성 액체이다. 흡입하면 호흡기를 자극하여 인후 자극, 기침, 천명과 같은 증상을 유발할 수 있다. 고농도로 노출되면 두통, 현기증, 피로, 혼수상태와 같은 신경계 영향을 줄 수 있다. 유해성·위험성 분류 결과 고용노동부에서 발암성 구분 2와 생식독성 구분 2로 분류되어 있으며 IARC 발암물질 분류에서 Group 2B로 인체에 발암 추정 물질로 분류되어 있다.

아) 크실렌

크실렌 (Xylene, CAS No. 1330-20-7)은 달콤한 냄새가 나는 무색의 투명한 액체로 분자량 106.16, 증기압 7.99 mmHg(@25℃), 끓는점 138℃, 밀도 0.86이다. 크실렌은 피부, 눈, 코 및 인후부를 자극하며 고농도의 크실렌을 호흡하는 사람은 신경계에 영향이 있었다. 크실렌은 o-크실렌 (CAS No. 95-47-6), m-크실렌 (CAS No. 108-38-3), p-크실렌 (CAS No. 106-42-3)의 3종의 이성질체가 있는데 연구에 따르면 독성 위험은 o-크실렌, m-크실렌, p-크실렌 또는 세 가지 화학 물질의 혼합물에 대해 동일하였다. IARC 발암물질 분류에서 Group 3으로 인체발암 분류 불가 물질로 분류되어 있다.

자) 에틸벤젠

에틸벤젠 (Ethylbenzene, CAS No. 100-41-4)은 방향족 냄새가 나는 무색의 액체로 분자량 106.2, 증기압 6.2 mmHg(@25℃), 끓는점 136.1℃, 밀도 0.87이다. 흡입 시 호흡기를 자극하여 기침, 인후통, 비강 자극 등이 나타날 수 있으며, 고농도로 노출되면 두통, 어지러움, 졸음, 혼란 같은 신경계 증상이 발생할 수 있다. 눈과 피부에 접촉시 자극을 일으키며 장기간 노출될 경우 간과 신장에 영향을 미칠 수 있다. 유해성·위험성 분류 결과 고용노동부에서 발암성

구분 2로 분류되어 있으며 IARC 발암물질 분류에서 Group 2B로 인체발암 가능물질로 분류되어 있다.

(3) 대상 유해물질 선정

산안법 상 유해물질 중 브이엠 및 피 나프타와 스토다드 솔벤트는 석유계 UVCB 물질로서 분석이 불가하여 제외하였으며, 1,3-부타디엔은 상온, 상압에서 기체 상태로 존재하기 때문에 대상에서 제외하였다. 화학물질의 분류·표시 및 물질안전보건자료에 관한 기준에 따라 혼합물의 경우 함유된 화학물질 중 유해물질의 함유량이 한계농도 미만인 경우 해당 정보를 기재하지 아니할 수 있는데 한계농도 기준은 사용한 표준물질의 MSDS에 기재된 유해성·위험성 분류를 토대로 기재하였다 (표 III-9, 부록 표1).

〈표 III-9〉 대상 유해물질의 노출기준 및 유해성 분류

No.	물질명	CAS No.	노출기준 (ppm)		유해성	한계농도 (%)
			TWA	STEL		
1	벤젠	71-43-2	0.5	2.5	발암성 1A, 생식세포 변이원성 1B, Skin	0.1
2	시클로헥센	110-83-8	300	-	-	1.0
3	시클로헥산	110-82-7	200	-	-	1.0
4	노말헥산	110-54-3	50	-	생식독성 2, Skin	0.1
5	톨루엔	108-88-3	50	150	생식독성 2	0.1
6	헵탄	142-82-5	400	500	-	1.0
7	스티렌	100-42-5	20	40	발암성 2, 생식독성 2, Skin	0.1
8	크실렌	106-42-3	100	150	-	1.0
9	에틸벤젠	100-41-4	100	125	발암성 2	0.1

※ TWA (Time Weighted Average concentration, 시간가중평균노출기준)
 STEL (Shor-term Exposure Limit, 단시간노출기준)

3) 탄화수소계 세척제 사용 세척작업 특성 조사

(1) 탄화수소계 세척제 사용실태 조사

2021년~2023년 공단에 제출된 사업장 6,518개소의 MSDS 218,253건 중 세척제 용도로 파악되는 제품 중 석유계 물질이 함유된 제품을 대상으로 하였다. 우선 MSDS 제출 시 선택한 제품의 용도가 고용노동부고시 제2023-9호 화학물질의 분류·표시 및 물질안전보건자료에 관한 기준의 <별표 5> 용도분류체계에서 ‘금속 표면 처리제’, ‘비금속 표면 처리제’, ‘세정 및 세척제 중 어느 하나에 해당하는 제품을 선별한 결과 중복된 경우를 포함하여 총 9,588건이 해당되었다. 그 중 ECHA REACH에서 세정제 및 세척제 용도로 쓰이는 ‘naphtha’로 검색되는 물질 및 미국 환경청 (Environmental Protection Agency, EPA)에서 오일류 또는 유사 원료로부터 얻은 물질(petroleum, coke 및 coal 물질)로 검색하여 석유계 물질 55종을 선정하였다 (표 III-10).

〈표 III-10〉 석유계 화학물질 목록 및 ECHA 유해성 분류

연번	물질명	CAS 번호	ECHA CLP 조화 분류	Note*
1	Naphtha (petroleum), heavy straight-run	64741-41-9	흡인유해성 구분 1 생식세포변이원성 구분 1B 발암성 구분 1B	P
2	Naphtha (petroleum), full-range straight-run	64741-42-0	흡인유해성 구분 1 생식세포변이원성 구분 1B 발암성 구분 1B	P
3	Naphtha (petroleum), light straight-run	64741-46-4	흡인유해성 구분 1 생식세포 변이원성 구분 1B 발암성 구분 1B	P
4	Naphtha (petroleum), heavy alkylate	64741-65-7	흡인유해성 구분 1 생식세포변이원성 구분 1B 발암성 구분 1 B	P
5	Naphtha (petroleum), light alkylate	64741-66-8	흡인유해성 구분 1 생식세포변이원성 구분 1B 발암성 구분 1B	P

탄화수소계 세척제 사용 세척작업의 유해물질 노출평가

연번	물질명	CAS 번호	ECHA CLP 조화 분류	Note*
6	Naphtha (petroleum), isomerization	64741-70-4	흡인유해성 구분 1 생식세포변이원성 구분 1B 발암성 구분 1B	P
7	Naphtha (petroleum), solvent-refined light	64741-84-0	흡인유해성 구분 1 생식세포변이원성 구분 1B 발암성 구분 1B	P
8	Distillates (petroleum), solvent-refined heavy paraffinic	64741-88-4	발암성 구분 1B	L
9	Distillates (petroleum), solvent-refined light paraffinic	64741-89-5	발암성 구분 1B	L
10	Naphtha (petroleum), solvent-refined heavy	64741-92-0	흡인유해성 구분 1 생식세포변이원성 구분 1B 발암성 구분 1B	P
11	Naphtha (petroleum), isomerization	64741-70-4	흡인유해성 구분 1 생식세포변이원성 구분 1B 발암성 구분 1B	P
12	Naphtha (petroleum), solvent-refined light	64741-84-0	흡인유해성 구분 1 생식세포변이원성 구분 1B 발암성 구분 1B	P
13	Distillates (petroleum), solvent-refined heavy paraffinic	64741-88-4	발암성 구분 1B	L
14	Distillates (petroleum), solvent-refined light paraffinic	64741-89-5	발암성 구분 1B	L
15	Naphtha (petroleum), solvent-refined heavy	64741-92-0	흡인유해성 구분 1 생식세포변이원성 구분 1B 발암성 구분 1B	P
16	Distillates (petroleum), solvent-refined heavy naphthenic	64741-96-4	발암성 구분 1B	L

연번	물질명	CAS 번호	ECHA CLP 조화 분류	Note*
17	Extracts, petroleum, heavy naphtha solvent	64741-98-6	-	-
18	Extracts, petroleum, light naphtha solvent	64741-99-7	-	-
19	Hydrocarbon waxes (petroleum), clay-treated microcryst.	64742-42-3	-	-
20	Distillates (petroleum), hydrotreated middle	64742-46-7	발암성 구분 1B	N
21	Distillates (petroleum), hydrotreated light	64742-47-8	흡인유해성 구분 1	-
22	Naphtha (petroleum), hydrotreated heavy	64742-48-9	흡인유해성 구분 1 생식세포변이원성 구분 1B 발암성 구분 1B	P
23	Naphtha (petroleum), hydrotreated light	64742-49-0	흡인유해성 구분 1 생식세포변이원성 구분 1B 발암성 구분 1B	P
24	Distillates (petroleum), hydrotreated heavy naphthenic	64742-52-5	발암성 구분 1B	L
25	Distillates (petroleum), hydrotreated light naphthenic	64742-53-6	발암성 구분 1B	L
26	Distillates (petroleum), hydrotreated heavy paraffinic	64742-54-7	발암성 구분 1B	L
27	Distillates (petroleum), hydrotreated light paraffinic	64742-55-8	발암성 구분 1B	L
28	Distillates (petroleum), solvent-dewaxed light paraffinic	64742-56-9	발암성 구분 1B	L

탄화수소계 세척제 사용 세척작업의 유해물질 노출평가

연번	물질명	CAS 번호	ECHA CLP 조화 분류	Note*
29	Slack wax (petroleum)	64742-61-6	발암성 구분 1B	L
30	Distillates (petroleum), solvent-dewaxed heavy paraffinic	64742-65-0	발암성 구분 1B	L
31	Naphtha (petroleum), hydrodesulfurized light	64742-73-0	흡인유해성 구분 1 생식세포변이원성 구분 1B 발암성 구분 1B	P
32	Kerosine (petroleum), hydrodesulfurized	64742-81-0	흡인유해성 구분 1	-
33	Naphtha (petroleum), hydrodesulfurized heavy	64742-82-1	흡인유해성 구분 1 생식세포변이원성 구분 1B 발암성 구분 1B 특정표적장기독성(반복 노출) 구분 1	P
34	Solvent naphtha (petroleum), medium aliph.	64742-88-7	흡인유해성 구분 1 특정표적장기독성(반복 노출) 구분 1	-
35	Solvent naphtha (petroleum), light aliph.	64742-89-8	흡인유해성 구분 1 생식세포변이원성 구분 1B 발암성 구분 1B	P
36	Solvent naphtha (petroleum), heavy arom.	64742-94-5	흡인유해성 구분 1	-
37	Solvent naphtha (petroleum), light arom.	64742-95-6	흡인유해성 구분 1 생식세포변이원성 구분 1B 발암성 구분 1B	P
38	Solvent naphtha (petroleum), heavy aliph.	64742-96-7	흡인유해성 구분 1	-
39	Paraffins (petroleum), normal C5-20	64771-72-8	-	-
40	Aromatic hydrocarbons, C9-17	68333-88-0	-	-

연번	물질명	CAS 번호	ECHA CLP 조화 분류	Note*
41	Distillates (petroleum), light distillate hydrotreating process, low-boiling	68410-97-9	흡인유해성 구분 1 생식세포변이원성 구분 1B 발암성 구분 1B	P
42	Distillates (petroleum), hydrotreated heavy naphtha, deisohexanizer overheads	68410-98-0	흡인유해성 구분 1 생식세포변이원성 구분 1B 발암성 구분 1B	P
43	Petroleum gases, liquefied	68476-85-7	인화성가스 구분 1A 고압가스(압축가스) 생식세포변이원성 구분 1B 발암성 구분 1A	K, U, S
44	Petroleum gases, liquefied, sweetened	68476-86-8	인화성가스 구분 1A 고압가스(압축가스) 생식세포변이원성 구분 1B 발암성 구분 1A	K, U, S
45	Alkanes, C4	68513-65-5	-	-
46	Aromatic hydrocarbons, C12-20 ..540F 800F	70955-17-8	-	-
47	Lubricating oils (petroleum), C15-30, hydrotreated neutral oil-based	72623-86-0	발암성 구분 1B	L
48	Ethane	74-84-0	인화성가스 구분 1A 고압가스(압축가스)	U
49	Propane, liquefied C3H8	74-98-6	인화성가스 구분 1A 고압가스(압축가스)	U
50	Isobutane	75-28-5	인화성가스 구분 1A 고압가스(압축가스) 생식세포변이원성 구분 1B 발암성 구분 1A	C, U, S
51	Pentane	78-78-4	인화성 액체 구분 1 흡인유해성 구분 1 특정표적장기독성(1회 노출) 구분 3 수생환경유해성(만성) 구분 2	-

연번	물질명	CAS 번호	ECHA CLP 조화 분류	Note*
52	Paraffin waxes and Hydrocarbon waxes	8002-74-2	-	-
53	Kerosine (petroleum)	8008-20-6	흡인유해성 구분 1	-
54	White mineral oil (petroleum)	8042-47-5	-	-
55	Stoddard solvent	8052-41-3	흡인유해성 구분 1 생식세포변이원성 구분 1B 발암성 구분 1B 특정표적장기독성(반복 노출) 구분 1	P

*Note C : 일부 유기물질은 특정 이성질체 형태에 따라 이성질체의 혼합물로 판매될 수 있다. 이 경우 공급업체는 해당 물질이 특정 이성질체인지 이성질체의 혼합물인지 라벨에 명시해야 한다.

Note U : 시장에 출시될 때 가스는 압축가스, 액화가스, 냉동액화가스 또는 용해가스 중 하나로 분류되어야 한다. 해당 분류는 가스가 포장된 물리적 상태에 따라 다르게 지정되어야 한다.

Note S : 이 물질은 제17조(부속서1의 색션1.3참조)(표3)에 따라 라벨을 요구하지 않을 수도 있다.

Note P : 물질에 0.1% w/w 미만 벤젠이 함유되어 있는 것으로 확인되면, 발암성 물질 또는 생식세포 변이원성 물질로 분류할 필요가 없다. 물질이 발암물질로 또는 돌연변이 유발 물질로 분류되지 않는 경우 최소한 예방조치문구가 적용해야 한다. 이 참고사항은 Part3의 특정 복합 오일 유래 물질에만 적용된다.

Note L : IP346 "미사용 윤활유 기유 및 아스팔텐이 없는 석유 분획의 다환 방향족 물질 결정 - 디메틸설폭사이드"에 따라 측정 시 물질에 3% 미만의 DMSO 추출물이 포함된 것으로 확인된다면, 발암성 물질로 분류할 필요가 없다. 이 참고 사항은 Part3의 특정 복합 오일 유래 물질에만 적용된다.

Note N : 전체 정제 이력이 알려져 있고, 생산된 쉬크에서 나오는 물질이 발암물질이 아니라는 것이 입증될 수 있다면 발암성 물질로 분류할 필요가 없다. 이 참고 사항은 파트 3의 특정 복합 오일 유래 물질에만 적용된다.

Note K : 물질에 1,3-부타디엔이 0.1%(w/w) 미만 함유되어 있는 것으로 확인되면, 발암성 물질 또는 생식세포 변이원성 물질로 분류할 필요가 없다. 물질이 발암물질로 또는 돌연변이 유발 물질로 분류되지 않는 경우 최소한 예방조치문구가 적용해야 한다. 이 참고사항은 Part3의 특정 복합 오일 유래 물질에만 적용된다.

공단에 MSDS 제출 시 기재한 물질 정보를 기준으로 석유계 물질인 나프타를 함유한 제품을 선별한 결과 439건이었다 (표 III-11).

〈표 III-11〉 제출 MSDS의 용도 및 석유계 물질 함유 여부

No.	용도	MSDS 제출 (건)	석유계 물질 함유 (건)
	합계	9,588	439
1	금속표면처리제	4,669	77
2	비금속표면처리제	1,635	29
3	세정 및 세척제	5,042	372

용도별 석유계 물질 함유 여부 분석 결과 가장 많이 함유된 석유계 물질은 수소처리된 경질정제유 (CAS No. 64742-47-8), 수소처리된 중질나프타 (CAS No. 64742-48-9), 수소처리된 경질나프타 (CAS No. 64742-49-0) , 솔벤트나프타 경질 방향족화합물 (CAS No. 64742-95-6) , 솔벤트나프타 중질 방향족화합물 (CAS No. 64742-94-5) 등이었다 (표 III-12).

〈표 III-12〉 제출 MSDS의 석유계 물질 함유

No.	물질명	CAS No.	제품수 (건)
1	Distillates (petroleum), hydrotreated light	64742-47-8	158
2	Naphtha (petroleum), hydrotreated heavy	64742-48-9	107
3	Naphtha (petroleum), hydrotreated light	64742-49-0	58
4	Solvent naphtha (petroleum), light arom.	64742-95-6	34
5	Solvent naphtha (petroleum), heavy arom.	64742-94-5	28
6	Naphtha (petroleum), light straight-run	64741-46-4	10
7	Naphtha (petroleum), light alkylate	64741-66-8	10
8	Naphtha (petroleum), solvent-refined light	64741-84-0	10
9	Kerosine (petroleum), hydrodesulfurized	64742-81-0	6
10	Naphtha (petroleum), hydrodesulfurized heavy	64742-82-1	5
11	Solvent naphtha (petroleum), light aliph.	64742-89-8	3
12	Kerosine (petroleum)	8008-20-6	3
13	Solvent naphtha (petroleum), heavy aliph.	64742-96-7	3
14	Naphtha (petroleum), heavy straight-run	64741-41-9	3
15	Naphtha (petroleum), hydrodesulfurized light	64742-73-0	2
16	Naphtha (petroleum), full-range straight-run	64741-42-0	1
17	Naphtha (petroleum), isomerization	64741-70-4	1

4) 탄화수소계 세척제 MSDS 실태 파악

석유계 물질을 함유한 탄화수소계 세척제를 취급하고 있는 45개 사업장의 작업환경측정결과를 분석하여 사용 세척제와 함유된 석유계 물질을 조사하였다 (표 III-13).

〈표 III-13〉 사업장 취급 제품 MSDS의 석유계 물질 함유현황

사업장 번호	제품명	성분명	CAS No.	함유량 (%)
1	Cleaner Trisoh 101N	Light naphtha solvent extract (petroleum)	64741-99-7	10-20
2	V-3	수소처리된 경질 증류액 (석유)	64742-47-8	100
3	PT(페인트용)	Naphtha (petroleum), heavy straight-run	64741-41-9	45-55
		Naphtha (petroleum), solvent-refined heavy	64741-91-9	45-55
4	CLEAN 100N	Distillates (petroleum), hydrotreated light	64742-47-8	100
6	TECTYL RP 350	수소탈황된 중질 나프타 (석유)	64742-82-1	70-78
		수소처리된 경질 파라핀 증류액 (석유)	64742-55-8	12-16
		수소처리된 잔사유 (석유)	64742-57-0	5-14
7	Rustilo DWX 51	나프타 (석유) 수소처리된 물질	64742-48-9	77.1
		하이드로처리된 중 파라핀 석유계 중류기유	64742-54-7	10
		하이드로처리된 중 파라핀 석유계 중류기유	64742-54-7	1.75
		수소처리된 중질 나프텐 정제유 (석유)	64742-52-5	1
#8	NP-3-2/A100	수소처리된 경질 정제유 (석유)	64742-54-7	70-80
		hydrodesulfurized heavy naphtha	64742-82-1	15-20
#9	BW RUSTOP P-SV(A)	수소처리된 중질 나프타 (석유)	64742-48-9	80-90
		수소처리된 중질 파라핀 증류액 (석유)	64742-54-7	1-10

탄화수소계 세척제 사용 세척작업의 유해물질 노출평가

사업장 번호	제품명	성분명	CAS No.	함유량 (%)
#10	JH-SOL	수소탈황화된 경질 나프타 (석유)	64742-73-0	75-85
		수소처리된 경질 나프타 (석유)	64742-49-0	15-25
#11	세척제	수소처리된 경질 나프타 (석유)	64742-49-0	50
		T-Naphtha	64741-46-4	50
#12	ANTIRUST 220S	수소처리된 경질 증류액 (석유)	64742-47-8	70-80
		수소처리된 중질 파라핀 증류액 (석유)	64742-54-7	10-20
		수소처리된 잔사유 (석유)	64742-57-0	0-5
#12	ANTIRUST 210A	수소처리된 경질 증류액 (석유)	64742-47-8	92-98
#13	KD CLEAN 60	수소처리된 중질 나프타 (석유)	64742-48-9	100
#14	WD 707	수소처리된 중질 나프타 (석유)	64742-48-9	100
#15	세척제/신나	수소처리된 경질 나프타 (석유)	64742-49-0	100
#15	에나멜(신나)	경질나프타	64741-46-4	98
#16	ANTIRUST 303D	수소처리된 중질 나프타 (석유)	64742-47-8	75-85
		수소처리된 중질 파라핀 증류액 (석유)	64742-54-7	0-10
#17	CR-60	수소처리된 경질 나프타 (석유)	64742-49-0	50
		T-Naphtha	64741-46-4	50
#18	T 세척제	지방족 용제 나프타	64741-46-4	100
#19	SK-ISOL-H, TECTYL CLEAN 660M	수소처리된 중질 나프타 (석유)	64742-48-9	100
#20	BW RUSTOP P-260	수소처리된 중질 나프타 (석유)	64742-48-9	75-80
		수소처리된 중질 파라핀 증류액 (석유)	64742-54-7	5-10
#21	TECTYL CLEAN 650M	경질 알킬화 나프타	64741-66-8	100
#22	Topasol p-140	Naphtha (petroleum), light straight-run	64741-46-4	10-30
#23	TECTYL CLEAN 660M	수소처리된 중질 나프타 (석유)	64742-48-9	100

사업장 번호	제품명	성분명	CAS No.	함유량 (%)
#23	TECTYL CLEAN 630	수소처리된 경질 증류액 (석유)	64742-47-8	100
#23	TECTYL PRESS VP 181	수소처리된 중질 나프타 (석유)	64742-48-9	100
#23	TECTYL 101	수소처리된 중질 나프타 (석유)	64742-48-9	35-42
#24	Rustilo DWX 180X	C11-15, isoalkanes	90622-58-5	84.5
		증류물 (석유), 탈락스 솔베트 중파라핀	64742-65-0	3
		수소처리된 중질 파라핀 증류액 (석유)	64742-54-7	3
		수소처리된 경질 나프텐 증류액 (석유)	64742-53-6	1.8
#24	CR-100(K)	C8-10 (Isoalkanes, C8-10)	68551-15-5	100
#25	NEOZOL PCB	경질알킬화나프타	64741-66-8	20-50
#26	세척제-S	경지방족석유나프타	64741-46-4	100
#27	YUSOL BT2	수소처리된 경질 증류액 (석유)	64742-47-8	55-65
		Alkanes, (C=10-14)	93924-07-3	10-20
#27	YUSOL DW	수소처리된 경질 증류액 (석유)	64742-47-8	10-20
		C8-10 (Isoalkanes, C8-10)	68551-15-5	40-50
		C9-11 아이소알칸	68551-16-6	30-40
#27	RUSTOP P-203D	수소처리된 경질 정제유 (석유)	64742-47-8	35-45
		수소처리된 잔사유 (석유)	64742-57-0	20-30
		Petrolatum	8009-03-08	15-25
#27	RUSTOP P-GH	수소처리된 중질 파라핀 증류액 (석유)	64742-54-7	5-15
		C9-11 아이소알칸	68551-16-6	35-45
		C10-13 아이소알칸	68551-17-7	35-45
#28	HD-100K	수소처리된 중질 나프타 (석유)	64742-48-9	100
#28	Kerosene	Kerosene	8008-20-6	100
#28	DH CLEAN E	수소처리된 경질 증류액 (석유)	64742-47-8	75-85
#29	YUSOL NS80	수소처리된 경질 증류액 (석유)	64742-47-8	80-90
		C9-11 아이소알칸	68551-16-6	10-20
#29	CLEANET	C12-14 (아이소알칸)	68551-19-9	70-80
#30	DH CUT 540	수소처리된 경질 파라핀 증류액 (석유)	64742-55-8	35-45
#31	ANTIRUST 220C	수소처리된 경질 증류액 (석유)	64742-47-8	80-90
		수소처리된 잔사유 (석유)	64742-57-0	5-15
#31	DH CLEAN 60SA	수소처리된 중질 나프타 (석유)	64742-48-9	100

탄화수소계 세척제 사용 세척작업의 유해물질 노출평가

사업장 번호	제품명	성분명	CAS No.	함유량 (%)
#32	ANTIRUST 10, DH CLEAN 800H	수소처리된 경질 증류액 (석유)	64742-47-8	90-99
#32	TECTYL RP 361	수소처리된 경질 증류액 (석유)	64742-47-8	61-68
		수소처리된 경질 파라핀 증류액 (석유)	64742-55-8	4-10
		솔벤트-정제된 중질 파라핀 정제유 (석유)	64741-88-4	1-5
#33	RUSTOP P-325N	수소처리된 경질 증류액 (석유)	64742-47-8	60-70
		수소처리된 중질 파라핀 증류액 (석유)	64742-54-7	10-15
#34	ANTIRUST 303DA	수소처리된 중질 나프타 (석유)	64742-48-9	80-90
		수소처리된 잔사유 (석유)	64742-57-0	3-13
#35	SUPER COROBAN RZ	수소처리된 경질 정제유 (석유)	64742-47-8	85-90
		수소처리된 중질 파라핀 정제유 (석유)	64742-54-7	5-10
#36	RUSTOP P-DVAS	수소처리된 경질 증류액 (석유)	64742-47-8	75-80
		수소처리된 잔사유 (석유)	64742-57-0	15-20
#37	TECTYL RP 361	수소처리된 경질 증류액 (석유)	64742-47-8	61-68
		수소처리된 경질 파라핀 증류액 (석유)	64742-55-8	4-10
		솔벤트-정제된 중질 파라핀 정제유 (석유)	64741-88-4	1-5
#38	Rustilo DWX 30	나프타 (석유) 수소처리된 물질	64742-48-9	89
		수소처리된 중질 나프텐 정제유 (석유)	64742-52-5	1.6
#39	HD-60	수소처리된 중간 정제유 (석유)	64742-46-7	20-35
		수소처리된 경질 파라핀 정제유 (석유)	64742-55-8	20-25
#42	GC350, GC450	수소처리된 경질 정제유 (석유)	64742-47-8	90
#44	DaikaLub C-100	C13-14 Isoparaffin	64742-47-8	1-10
#45	퍼펙트 탭플러스 CL-4018	Solvent naphtha (petroleum), light aromatic	64742-95-6	10-25

2. 탄화수소계 세척제 사용 사업장 현장조사 및 노출 평가

1) 탄화수소계 세척제 사용 대상 사업장

탄화수소계 세척제를 사용하는 제조업종 7개 사업장을 선정하였다. 사업장은 주로 차량, 기계, 부품 등을 생산하고 있었다 (표 Ⅲ-14).

〈표 Ⅲ-14〉 시료채취 사업장 목록

사업장	업종	주생산품	근로자수 (명)	세척작업자수 (명)
A	차량 제조업	차량	650	5
B	공작기계 제조업	공작기계	1157	1
C	금속스프링 제조업	기계부품	79	5
D	베어링 제조업	볼베어링	370	1
E	자동차부품 제조업	자동차부품	74	1
F	자동차부품 제조업	자동차부품	148	5
G	공작기계 제조업	공작기계 자동차부품	230	0

2) 현장 시료채취 및 노출농도 분석 및 결과 검토

(1) 탄화수소계 세척제 사용 사업장 방문 및 시료 채취

가) 벌크시료 채취 정보

7개 사업장에서 총 10종의 벌크시료를 채취하고 해당 MSDS를 확보하였다 (표 III-15).

〈표 III-15〉 취급 세척제 및 작업방식

사업장	업종	벌크시료 번호	취급 세척제	작업방식
A	차량 제조	S1	LuFex Cleanet EU330	<ul style="list-style-type: none"> • 스프레이건 분사 후 건조 • 개방식, 보호구 착용
B	공작기계 제조	S2	Yusol-DW	<ul style="list-style-type: none"> • 스프레이 건 분사 후 건조 • 부스식, 송기마스크 착용
		S3	Yusol-BT2	
C	스프링 제조	S4	Tectyl Clean 650M	<ul style="list-style-type: none"> • 담금 및 분사 • 공기 건조
D	베어링 제조	S5	HD-100K	<ul style="list-style-type: none"> • 담금 • 공기건조
E	자동차부품 제조	S6	Tectyl Clean 660M	<ul style="list-style-type: none"> • 스프레이 건 분사 • 공기건조
F	자동차부품 제조	S7	Antirust 25	<ul style="list-style-type: none"> • 담금 • 국소배기장치
		S8	DH Clean 800H	
		S9	Tectyl RP361	
G	공작기계 제조	S10	Tectyl RP361	<ul style="list-style-type: none"> • 담금 및 분사 • 로봇 자동세척

나) 공기 중 시료 채취 정보

사업장마다 각각 개인 및 지역 시료 5건씩 총 35건의 시료를 채취하고 작업공정을 조사하였다 (표 Ⅲ-16).

〈표 Ⅲ-16〉 시료채취 공정 및 채취 정보

사업장	시료 번호	포집 형태	공정	채취유량 (L/min)	채취시간 (min)	총유량 (L)
A	A1	개인	세척	73.32	360	26.39
	A2	개인	세척	74.91	360	26.97
	A3	개인	세척	75.66	360	27.24
	A4	개인	세척	76.66	360	27.60
	A5	개인	세척	75.96	360	27.35
B	B1	개인	분무도장	73.69	360	26.53
	B2	지역	분무도장	45.59	360	16.41
	B3	지역	분무도장	76.50	360	27.54
	B4	지역	분무도장	76.64	360	27.59
	B5	지역	분무도장	76.47	360	27.53
C	C1	개인	조립	75.05	360	27.02
	C2	개인	조립	77.06	360	27.74
	C3	개인	조립	77.19	360	27.79
	C4	개인	조립	78.34	360	28.20
	C5	개인	조립	79.47	360	28.61
D	D1	개인	코팅	75.20	360	27.07
	D2	지역	코팅	77.32	360	27.83
	D3	지역	코팅	78.53	360	28.27
	D4	지역	코팅	78.01	360	28.08
	D5	지역	코팅	78.90	360	28.41
E	E1	개인	CNC 가공	75.38	360	27.14
	E2	지역	CNC 가공	76.57	360	27.57
	E3	지역	CNC 가공	77.89	360	28.04
	E4	지역	CNC 가공	77.64	360	27.95
	E5	지역	CNC 가공	76.86	360	27.67
F	F1	개인	CNC, MCT	73.71	350	25.80
	F2	개인	CNC, MCT	76.06	350	26.62
	F3	개인	치절	75.77	350	26.52
	F4	개인	연삭	77.42	350	27.10
	F5	개인	CNC, MCT	76.49	350	26.77
G	G1	지역	세척	75.30	270	20.33
	G2	지역	세척	70.73	270	19.10
	G3	지역	세척	75.97	270	20.51
	G4	지역	세척	76.96	270	20.78
	G5	지역	세척	75.96	270	20.51

(2) 채취시료 분석결과

가) 벌크시료 분석결과

벌크시료 10종 모두 벤젠 등의 대상 유해물질을 함유하고 있지 않았다 (표 III-17). 시료는 탄소수가 7개 이상으로 대부분 이성질체가 많은 비선형 (가지형) 지방족 탄화수소인 올레핀계가 주성분인 것으로 확인됐다. 또한 성분명에서 알 수 있듯이 이중, 삼중결합 등 불포화결합을 가지는 탄화수소는 확인되지 않았으며 고리형 지방족 탄화수소인 나프텐계는 비선형 지방족 탄화수소와 함께 검출되었다.

〈표 III-17〉 벌크시료 분석결과

시료 번호	벤젠	시클로 헥센	시클로 헥산	노말 헥산	톨루엔	헵탄	스티렌	크실렌	에틸 벤젠
S1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S7	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ND : Not Detected

나) 공기 중 시료 분석 결과

공기 중 시료 35종 모두 대상 유해물질을 함유하고 있지 않았다 (표 III-18).

〈표 III-18〉 공기중 시료 분석결과

시료 번호	벤젠	시클로 헥센	시클로 헥산	노말 헥산	톨루엔	헵탄	스티렌	크실렌	에틸 벤젠
A1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
A2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
A3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
A4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
A5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
B1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
B2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
B3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
B4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
B5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
D1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
D2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
D3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
D4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
D5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
E1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
E2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
E3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
E4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
E5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
F5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
G1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
G2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
G3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
G4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
G5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ND : Not Detected

3) 탄화수소계 세척제 사용 사업장의 유해물질 노출농도 평가

(1) 분석결과에 따른 노출농도 평가

별크시료와 공기 중 시료 모두에서 대상 유해물질이 검출되지 않았다. 사업장에서 확보한 세척제 MSDS의 구성성분 및 함량을 조사하였다 (표 III-19).

〈표 III-19〉 세척제의 구성성분 및 함량

제품명	물질명	CAS No.	함량 (%)
LuFex Cleanet EU330	Alkanes, (C=7-10)-iso-	90622-56-3	99-100
	(Z)-(9-Octadecen-1-ol, (Z)-)	143-28-2	0-0.5
Yusol-DW	아이소알칸, C8-C10	68551-15-5	40-50
	C9-C11 아이소알칸	68551-16-6	30-40
	수소처리된 경질 증류액 (석유)	64742-47-8	10-20
	3-메틸헥산	589-34-4	2-4
	2-메틸헥산	591-76-4	1-3
Yuso-BT2	수소처리된 경질 증류액 (석유)	64742-47-8	55-65
	에탄올	64-17-5	20-30
	Alkanes, (C=10-14)	93924-07-3	10-20
Tectyl Clean 650M	경질 알킬화 나프타	64741-66-8	100
HD-100K	수소처리된 중질 나프타 (석유)	64742-48-9	100
Tectyl Clean 660M	수소처리된 중질 나프타 (석유)	64742-48-9	100
Antirust 25	수소처리된 경질 증류액 (석유)	64742-47-8	85-95
	칼슘 석유 설펜산	61789-86-4	0-10
	수소처리된 잔사유 (석유)	64742-57-0	0-10
DH Clean 800H	수소처리된 중질 나프타 (석유)	64742-48-9	100
Tectyl RP361	수소처리된 경질 증류액 (석유)	64742-47-8	61-68
	수소처리된 경질 파라핀 증류액 (석유)	64742-55-8	4-10
	칼슘 석유 설펜산	61789-86-4	1-5
	솔벤트-정제된 중질 파라핀 정제유 (석유)	64741-88-4	1-5
	Benzensulfonic acid dialkyl (C=10-18) derivs, barium salts	93820-55-4	0.1-3
	2,6-다이-3차-뷰틸-파라-크레솔	128-37-0	0.1-3

나) 세척제 구성성분 정보 분석

벌크시료의 구성성분 중 탄화수소 성분을 조사한 결과를 표 III-20에 나타내었다. 석유계 물질을 ECHA의 석유 카테고리 분류에 따라 구분하였다. 구성성분으로는 주로 탄소수가 8개에서 12개까지인 탄화수소류와 석유계 UVCB 물질이었으며 기타 첨가제 등이 함유되어 있었다. UVCB 물질은 케로신 계열로 수소처리된 경질 증류액 (석유) (CAS 64742-47-8)가 있었으며 가솔린 계열은 수소처리된 중질 나프타 (석유) (CAS No. 64742-48-9)와 경질 알킬화 나프타 (석유) (CAS No. 64741-66-8)가 있었다. 나머지 UVCB 물질은 윤활유계 및 첨가제 성분이었다.

〈표 III-20〉 벌크시료 구성성분의 물질분류 및 정보 확인

물질명	CAS No.	물질 분류	구조식 또는 석유계 분류
Alkanes, (C=7-10)-iso-	90622-56-3	Mono	C ₈ H ₁₈
(Z)-(9-Octadecen-1-ol, (Z)-)	143-28-2	Mono	C ₁₈ H ₃₆ O
아이소알칸, C8-C10	68551-15-5	Mono	C ₉ H ₂₀
C9-C11 아이소알칸	68551-16-6	Mono	C ₁₀ H ₂₂
3-메틸헥산	589-34-4	Mono	C ₇ H ₁₆
2-메틸헥산	591-76-4	Mono	C ₇ H ₁₆
에탄올	64-17-5	Mono	C ₂ H ₆ O
Alkanes, (C=10-14)	93924-07-3	Mono	C ₁₂ H ₂₆
2,6-다이-3차-뷰틸-파라-크레솔	128-37-0	Mono	C ₁₅ H ₂₄ O
경질 알킬화 나프타	64741-66-8	UVCB	Gasolines
수소처리된 중질 나프타 (석유)	64742-48-9	UVCB	Gasolines
수소처리된 경질 증류액 (석유)	64742-47-8	UVCB	Kerosines
수소처리된 잔사유 (석유)	64742-57-0	UVCB	Lubricating oils
수소처리된 경질 파라핀 증류액 (석유)	64742-55-8	UVCB	Lubricating oils
솔벤트-정제된 중질 파라핀 정제유 (석유)	64741-88-4	UVCB	Lubricating oils
칼슘 석유 설펜산	61789-86-4	UVCB	윤활제, 첨가제
Benzensulfonic acid dialkyl (C=10-18) derivs, barium salts	93820-55-4	Mono	윤활제, 첨가제

3. 탄화수소계 세척제 관리 방안 제안

1) 유해물질 함유 탄화수소계 세척제의 대체 방안 제시

탄화수소계 세척제는 할로젠계 세척제와 비교해 환경 및 인체에 주는 영향이 적은 것이 최대 장점이다. 나프타라고 모두 유해물질을 함유하고 있지 않았다. 반드시 순도가 높고 케로신 계열의 석유계 물질을 사용하거나 가솔린계 나프타를 사용할 경우에도 수소처리, 알킬화, 이성질체화, 방향족 제거의 정제과정을 거치거나 탄소수가 7개 이상인 나프타를 사용할 것을 권장한다.

2) 탄화수소계 세척제 사용 관리방안 제시

탄화수소계 세척제는 유성 오염물에 대한 세척력이 뛰어난 편이지만 부족한 건조성으로 반드시 세척 후 공기 또는 열풍건조기를 통한 건조과정이 필요하지만 높은 인화성으로 인하여 화재방지 설비가 필수적이다. 따라서 저압 증기건조나 진공건조를 사용하고 화재방지를 위하여 산소를 차단하거나 질소를 주입하여 안전성을 확보하는 것이 필요하다. 추가적인 보완 대책으로 탄화수소계 세척제의 세척력을 더욱 향상시키기 위하여 저압 초음파 세척이나 진공세척을 이용한다. 진공세척 설비는 세척력을 더욱 향상시킬 뿐만 아니라 진공건조를 통하여 세척제의 끓는점을 낮추고 인화성의 위험을 방지할 수 있어 탄화수소계 세척제 사용 시 가장 좋은 대안이다.

IV. 고찰



IV. 고 찰

할로겐화 탄화수소 물질에 대한 국제적 규제가 강화되면서 할로겐화 세척제를 수계, 탄화수소계 세척제 등으로 전환하려는 변화가 활발해지고 있다. 대체로 탄화수소계 세척제의 구성성분은 할로겐계 세척제보다 유해성이 적다는 인식이 있으며, 국내외에서 적용받는 규제 역시 적은 현실이다. 국내에서는 산안법 제104조, 110조에 따라 근로자에게 건강장해를 일으키는 화학물질 및 유해인자를 물질안전보건자료대상물질로 지정하여 물질의 유해·위험성 등을 사용자에게 알리도록 하고 있다. 따라서 MSDS를 통해 물질 및 제품의 유해·위험성을 파악할 수 있다는 인식이 일반적이다.

이혜진 등 (2023)에 따르면 세척작업시 세척제의 대체 이유에 대하여 조사한 결과 우선 고려사항으로 세척력, 규제, 경제적인 이유가 많았으며 그 외 유해위험성, 주문자 또는 대표자 요구 순으로 확인되었다. 우선 세척력은 수계 세척제나 반수계 세척제는 비극성 오염물의 세척에는 적합하지 않다. 탄화수소계 세척제는 할로겐계 세척제와 비슷한 수준의 세척력을 가지고 있다. 규제적 측면에서 할로겐계 세척제는 대부분 관리대상물질이자 작업환경측정 대상으로 많은 규제를 받고 있다. 탄화수소계 세척제는 규제대상 유해물질의 함유 가능성이 낮다. 그리고, 할로겐계 세척제는 비용도 저렴한 편이고 세척시간 (건조시간)이 짧다. 탄화수소계 세척제 또한 비용도 싸고 충분한 설비 보완이 있다면 좋은 대안이 될 수 있다.

탄화수소계 세척제는 대체로 석유계 원료로부터 생산되는 제품으로 물질의 조성을 명확히 파악할 수 없는 경우 UVCB 물질로 분류된다. 이러한 석유계 UVCB 물질 제품은 MSDS 내 구성성분의 명칭 및 함유량 항목을 나프타, 케로신 등 석유물질 분류명으로 기재할 수 있다. 이로 인해 UVCB 물질로 이루어진 제품에 UVCB 물질 조성의 일부로 물질안전보건자료대상물질이 포함되어

있더라도 따라서 사용자는 MSDS에서 이러한 정보를 인지할 수 없는 한계를 가지고 있다.

그러나 석유계 탄화수소 세척제는 유해성이 많이 알려지지 않았으며 산안법상 규제를 받고 있지 않은 실정이다. 대부분의 국내 작업환경측정기관에서는 작업환경측정 대상물질을 측정 대상 사업장의 MSDS에 의존하여 판별하기 때문에 실제 함유되어 있는 유해화학물질이라도 MSDS 상에 표기되어 있지 않다는 이유로 작업환경측정 및 기타 안전보건관리가 진행되지 않고 있다. 특히 석유계 물질에 함유되어 있는 유해물질의 경우에는 불순물이나 반응물로 함유될 수 있으나 함유량이 기준치 미만이라는 이유로 관리가 미비한 실정이다.

이러한 탄화수소계 세척제의 유해화학물질 함유 여부를 알아보기 위해 ECHA REACH에 등록된 세척제용 나프타 56종의 등록자료 1,067건을 분석한 결과 (검색어 naphtha, 용도 P35 (washing and cleaning products)) 벤젠 669건, 노말헥산 653건, 톨루엔 650건, 헵탄 157건 포함되어 있는 것을 확인할 수 있었다. 상기 4개 물질들은 산안법의 노출기준설정물질, 작업환경측정대상물질, 특수건강진단 대상물질, 허용기준이하 유지대상물질 등 규제대상물질에 해당하나 한국의 MSDS 작성기준에 따라 작성할 시 이러한 유해화학물질의 정보가 전달되지 않을 수 있음을 확인할 수 있었다.

본 연구에서도 석유계 탄화수소계 세척제는 작업환경측정이나 특수건강진단 대상물질이 아니라 DB에서 취급사업장을 직접 검색하는 것은 불가능하였다. 따라서 탄화수소계 세척제를 많이 사용할 것으로 예상되는 공정 및 사업장을 대상으로 선정할 수 밖에 없었다. 벤젠 등 유해물질을 함유할 가능성이 있는 석유계 탄화수소 세척제를 이용하여 세척작업을 하고 있는 사업장을 선정하기 위해서는 CAS 번호 등 물질 식별정보가 있어야 한다. 따라서, 석유계 UVCB 물질을 함유하고 있는 제품을 사용하고 있는 경우 유해물질이 아니지만 함유가능성 여부를 추적할 수 있도록 MSDS와 별도로 작업환경측정 DB에 함유성분 및 함량을 기재하는 것도 좋은 방법이다.

대상 사업장을 선정하기 위하여 우선 EU REACH의 Registration C&L을 통해 세척용 석유물질 식별 데이터 (CAS No.)를 추출한 다음 공단 제출 MSDS DB에서 석유물질 식별 데이터와 일치하는 세척용 석유계 탄화수소 물질의 MSDS를 확보하여 제품명을 추출하였다. 그리고 공단의 작업환경측정 DB에서 취급용도 “세정 및 세척제”, “금속표면처리제”, “비금속표면처리제”를 키워드로 작업환경측정결과표의 취급물질 데이터를 추출한 다음 위의 제품명과 석유물질 식별 데이터를 활용하여 취급 사업장 데이터를 수동으로 추출하였다. 사업장은 주로 금속가공용, 방청유 등을 사용하는 사업장이나 금속가공 공정이 있는 사업장으로 제품의 제조사와 제품명을 검색하여 MSDS를 확보하여 구성성분을 확인하거나 작업환경측정결과에서 직접 성분이 기재되어 있는 경우 석유계 물질을 모두 추출하여 사업장을 우선 선정하였다.

단, 용도-물질-취급사업장 자료를 연결할 수 있는 정보는 물질 식별 데이터(CAS No.)뿐이나, 현재 작업환경측정결과표에는 석유계 물질의 식별 데이터가 없어 정확한 취급 사업장 자료를 확보할 수 없었다.

작업환경측정 대상물질에 스토타드솔벤트 등 일부 물질을 제외하고 현재 CAS No를 기준으로 작업환경측정대상물질 여부를 확인할 수 있는 물질은 없다. 다만 MSDS 기재 정보와 CAS 번호 검색 등을 통하여 ECHA 석유계 물질에 대한 명명법에 따른 정보를 수집하면 명칭과 정의에서 가스 (gas), 나프타 (naphtha), 증류액 (distillate), 잔류물 (residue) 등과 같은 석유계 물질의 분류, 석유계 (petroleum), 석탄계 (coal) 등과 같은 탄화수소의 원천, alkylation, isomerization, cracking 등의 정제과정 등을 구분할 수 있으며, 탄소수 범위, 끓는점 범위도 알 수 있어 사전에 유해물질 함유 가능 여부를 어느 정도 유추할 수 있었다.

2021년부터 고용노동부로 제출된 MSDS 중 석유계 물질을 함유한 제품 45종을 대상으로 표기 성분명과 UVCB 분류를 분석한 결과 수소처리된 경질 나프타, 지방족 용제 나프타, 이소알칸 (isoalkanes), C8-C10 등 석유계 물질 분류명과 유사한 방식으로 성분명을 기재하였으며, UVCB 분류가 가솔린에 해당하는 제품들도 벤젠, 헥산 등 개별 화학물질명을 기재한 사업장은 확인할 수 없었다.

또한 중복을 포함한 석유계 물질별 함유 제품수를 살펴본 결과 가솔린 계열이 30개, 케로신 계열이 22개 등으로 확인되어 ECHA REACH에서 살펴본 것과 같이 유해화학물질을 함유하고 있을 것으로 보이는 석유계 제품도 다수 확인되었다.

실제 석유계 탄화수소 내 유해화학물질 함유 여부를 살펴보기 위해 탄화수소계 세척제 18종을 선정하여 벌크시료를 분석을 진행해 살펴본 결과 가솔린, Light naphtha 등으로 성분명을 표기한 제품 8종에서는 MSDS에 기재되지 않은 노말헥산, 벤젠, 톨루엔 등이 주로 검출되었으며, 에틸벤젠, 크실렌, 시클로헥산이 검출된 제품도 일부 확인할 수 있었다. 또한 벌크시료 분석 결과 MSDS 구성성분에 기재하지 않은 성분명 중 노말헥산은 최대 14.5%, 헵탄은 8.5%, 9.3% 함유된 것으로 나타나 언급했던 MSDS에 개별 성분명을 기재하지 않은 것이 사용자로부터 유해화학물질 노출을 야기할 수 있는 위험이 있음을 알 수 있었다.

반면 탄소수가 7개 (C7) 이상, 수소처리된 중질 나프타, 경질 나프타 등의 성분명으로 기재된 물질들을 대상으로 벌크시료를 분석한 결과 대부분 이성질체가 많은 비선형 (가지형) 지방족 탄화수소인 올레핀계가 주성분인 것으로 확인됐다. 또한 성분명에서 알 수 있듯이 이중, 삼중결합 등 불포화결합을 가지는 탄화수소는 확인되지 않았으며 고리형 지방족 탄화수소인 나프텐계는 비선형 지방족 탄화수소와 함께 검출되었다. 비선형 탄화수소는 같은 탄소수를 가지는 선형 (직쇄형) 탄화수소보다 휘발성이 적고, 옥탄가가 높아 완전연소에 유리한 특징을 가지고 있다. 또한 탄소수가 적은 방향족 탄화수소의 경우 대부분 발암성을 가지고 특유의 냄새가 나지만, 비선형 탄화수소의 경우 유해성이 거의 확인되지 않아 법적 규제가 적고 냄새가 없는 특징을 가진다. 따라서 같은 석유 유래 탄화수소계 화학물질이지만 비선형 탄화수소의 경우 안전성과 사용 편의성에서 우수한 것을 알 수 있다. 또한 선형 탄화수소, 방향족 탄화수소와 마찬가지로 무극성 화합물이기 때문에 그리스, 오일 등의 오염물을 제거하기에 적합하고 대규모 생산공정을 통해 생산되는 석유화학물질의 일종이기 때문에 세척제 비용이 합리적이다.

위의 취급 사업장을 대상으로 한 석유물질 측정·분석 결과에서는 벤젠 등의

유해물질을 확인할 수 없었다. 그 원인을 정리하면 다음과 같다. 첫째, 석유물질을 취급하는 사업장 데이터가 부정확하다는 것이다. 둘째, 벤젠 등의 유해물질이 함유된 국내 석유물질 데이터 또한 부정확하다. 마지막으로 시료 채취 지역 및 개수의 한계가 있었다. 석유계 탄화수소를 주로 사용하는 사업장이 주로 규모가 큰 사업장이거나 기계나 정밀부품 제조 공정에서 제한적으로 사용하는 경우가 많았기 때문이다. 소규모 사업장은 사용량도 적고 세척작업 일정도 균일하지 않아 대상 사업장에서 제외하게 되었다.

현재 측정 및 분석 결과만으로는 국내 석유물질 세척제의 벤젠 등 함유 가능성과 이를 취급하는 사업장의 노출 정도를 일반화하기에는 어렵다. 다만 위의 원인 중 유해물질이 함유된 석유계 탄화수소 세척제에 대해서는 제출 MSDS를 통해 확인할 필요가 있다. MSDS 11번 (독성에 관한 정보) 발암성 항목에 ‘벤젠이 한계농도 (0.1%) 미만으로 발암성으로 분류하지 않음’ 등의 내용 검토가 가능하다. 물론 MSDS 내용 신뢰성에 오차가 발생할 수 있지만 MSDS 개수를 충분히 확보한다면 오차를 줄일 수 있을 것이다. 이 결과를 토대로 석유계 탄화수소 세척작업에 대한 노출평가 추가 이행 여부도 결정할 수 있을 것이다.

탄화수소계 세척제는 기존 증기탈지와 유사한 세척 특성을 갖고 있지만 현대 기술로 인해 환경친화적이고 사용자 친화적으로 제조된다. 탄화수소계 세척제는 수계 세척제에 비해 초기 투자 비용이 많이 들지만 운영 비용이 적게 들고 일관된 세척결과를 얻을 수 있다. 총 투자 및 운영 비용이 중요한 결정요소이지만 각 용도에 맞는 올바른 세척방식을 선택할 때 전체 제조공정을 고려할 필요가 있다 (DURR, 2016).

하지만 탄화수소계 세척제의 인화성으로 인해 화재 위험이 있고, 휘발성이 있지만 할로젠계 세척제보다 증기압이 작기 때문에 건조시간이 비교적 길게 소요된다. 이러한 탄화수소계 물질의 물리화학적 특성으로 인해 기존 할로젠계 세척제 세척설비를 사용할 수 없으며, 방폭 및 방화 설비가 필요하다. 대부분의 탄화수소계 세척제 전용 세척 설비는 감압 조건에서 세척이 진행되며, 증기탈지 등의 세척 공정을 위해 밀폐설비로 설계된다. 이로 인해 초기 설비 도입 비용은

할로젠화 세척제 세척설비에 비해 비싸지만 감압, 밀폐 설비의 사용으로 세척제 회수율이 높은 것으로 확인되었다. 따라서 할로젠계 세척제를 탄화수소계 세척제로 대체할 시 초기 시설 구축비용이 비교적 크게 소요될 수 있으나 장기 사용으로 세척제 비용을 저감할 수 있어 비용적 측면의 부담을 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

V. 결론



V. 결 론

본 연구에서는 금속부품 표면의 그리스, 기름 등 유기 오염물을 제거하기 위한 할로겐계 세척제를 대체 세척제로 탄화수소계 세척제의 유해성을 검토해 보았다. 이를 위하여 석유에서 유래한 탄화수소계 세척제를 사용하는 작업장의 세척제 종류 및 세척작업방식에 따른 유해물질 노출농도를 측정하였다. 탄화수소계 세척제의 사용 현황을 조사한 후 직접 현장을 방문하여 세척제 벌크시료와 공기 중 시료를 채취하여 분석하였다. 세척제 및 작업환경에서는 모두 벤젠, 톨루엔, 노말헥산 등 유해물질이 검출되지 않았다. 시료는 UVCB 물질인 나프타 등을 함유하고 있어 유해물질을 함유하고 있을 것으로 추정되었으나 가솔린계 석유물질 함유 시료에서도 유해물질이 검출되지 않았다.

일반적으로 탄화수소계 세척제는 할로겐화 세척제보다 유해·위험성이 적은 것으로 알려져 있으나 탄화수소계 세척제의 구성성분 정보가 명확히 전달되지 않는다면 사용자에게 건강위험을 초래할 수 있어 정보전달 측면에서 보완이 필요한 부분이 있다. 또한 물질 자체의 유해·위험성이 작을 수 있으나 물리화학적 특성에 의해 화재 폭발의 위험성이 있으므로 이러한 특성을 주의해서 사용할 필요가 있다. 만약 가솔린 등 비교적 분자량이 작은 탄화수소 물질로 구성되어 있거나, 수소화 등의 처리를 거치지 않으면 방향족 탄화수소, 선형 탄화수소가 제거되지 않게 된다. 이러한 경우 유해물질의 함유량이 높은 탄화수소계 세척제가 유통될 수 있다. 반면 케로신계의 탄화수소나 탄소수 7개 (C7) 이상의 탄화수소를 수소화, 방향족 제거, 탈황, 이성질체화 등의 공정을 거치면 벤젠, 헥산, 크실렌 등 유해물질이 거의 검출되지 않아 비교적 안전한 대체 세척제로 사용이 가능할 것으로 보인다.

탄화수소계 세척제는 유성 오염물에 대한 세척력이 뛰어난 편이지만 부족한 건조성으로 반드시 세척 후 공기 또는 열풍건조기를 통한 건조과정이 필요하다.

또한 높은 인화성으로 인하여 화재방지 설비가 반드시 필요하므로 세척조를 밀폐형으로 하여 저압 증기건조나 진공건조를 사용한다면 동시에 방폭에 대한 대책도 될 것이다. 또한 화재방지를 위하여 산소를 차단하거나 질소를 주입하여 안전성을 확보하는 것이 필요하다.

탄화수소계 세척제의 세척력을 더욱 향상시키기 위하여 저압 초음파세척이나 진공세척을 이용할 것을 권장한다. 저압 초음파세척은 감압하에서 초음파를 발생하여 기포가 생성함으로써 강력한 세척효과를 나타내며 화재발생의 위험을 감소시킬 수 있다. 진공세척 설비는 세척력을 더욱 향상시킬 뿐만 아니라 진공건조를 통하여 세척제의 끓는점을 낮추고 인화성의 위험을 방지할 수 있어 탄화수소계 세척제 사용 시 가장 좋은 대안이다.

결론적으로 본 연구결과는 탄화수소계 세척제의 유해물질에 대한 유해성 확인 및 정보를 제공하고 이에 따른 노출 평가를 통하여 할로젠계 세척제의 대체 세척제로서의 탄화수소계 세척제 종류와 세척작업방식 개선 등 올바른 세척제의 관리방안을 제안함으로써 작업자의 안전보건향상에 기여할 것이다.

참고문헌

- 고용노동부. 산업안전보건기준에 관한 규칙(고용노동부령 제417호). 2024
- 고용노동부. 산업안전보건법 시행규칙(고용노동부령 제419호). 2024
- 고용노동부. 산업안전보건법 시행령(대통령령 제34603호). 2024
- 고용노동부. 산업안전보건법. 제19591호. 2024
- 고용노동부. 화학물질 및 물리적 인자의 노출기준(고용노동부고시 제2020-48호). 2020
- 고용노동부. 화학물질의 분류표시 및 물질안전보건자료에 관한 기준(고용노동부고시 제2023-9호). 2023
- 김기연, 김현수, 임대성, 안연순. 석유계 제품 세척제 취급 근로자의 벤젠 노출 위험성 평가. 산업안전보건연구원. 2020
- 김두영. 석유계 세척제 사용 인쇄업 근로자의 벤젠 노출평가. 서울과학기술대학교. 2021
- 배재흠. 최근의 대체세정제와 대체세정기술. 공업화학 전망, 7(6); 2004
- 서회경, 이상길, 최지형, 최영화. 세척제 취급 작업의 유해요인 평가 - 석유계 제품 세척제의 벤젠 노출을 중심으로. 산업안전보건연구원. 2020
- 이소민, 이민혁, 강미진, 권순광, 나진성, 박백수. 국가 화학물질 유해성 정보 데이터베이스 구축 과정의 신뢰도 제고 방안에 관한 연구. 한국환경보건학회지, 46(4):410-422; 2020
- 이혜진, 이나루, 한정희, 이도희, 신아름, 한슬기. 세척작업의 안전한 관리를 위한 결정요인 분석 및 구조화. 산업안전보건연구원. 2023
- 이호준. 경기남부 일부 사업장에서 사용되는 산업용 세척제 구성성분과

MSDS 일치도 평가. 가톨릭대학교. 2023

정경숙, 안연순, 김현수, 주영수, 조성식, 정해동, 조명화, 송향미, 최시문, 주시영, 김현국, 박유리, 이학준, 이정화, 김만명, 김봉규, 이현석, 엄강현, 박충수. 세척제 취급실태 및 건강유해성 조사 - 작업환경측정, 특수건강진단 비대상 유해인자 중심으로. 산업안전보건연구원. 2018

최영은, 김신범, 김원, 조준희, 이근탁, 최혜영, 현재순. 금속제품 세척제 관련 화학물질 규제변화의 영향조사 및 개선방안 마련. 산업안전보건연구원. 2022

한정희, 박나영, 이나루. MSDS 개선을 위한 석유계 물질 내 유해물질 분석 연구. 산업안전보건연구원. 2021

한정희, 박나영, 이나루. 석유계 UVCB 물질의 산업안전보건법 규제 적용을 위한 일부 휘발성 유기화합물 분석. 한국산업보건학회지, 32(4):371-380; 2022

Barbara Kanegsberg, Edward Kanegsberg. Handbook for critical cleaning, Second Edition. CRC Press. 2011

Dana M. Hollins, Brent D. Kerger, Kenneth M. Unice, Jeffrey S. Knutsen, Amy K. Madl, Jennifer E. Sahmel, Dennis J. Paustenbach. Airborne benzene exposures from cleaning metal surfaces with small volumes of petroleum solvents. International Journal of Hygiene and Environmental Health, 216:324-332; 2013

G. Valavarasu, B. Sairam, Light Naphtha Isomerization Process: A review, 31:580-595; 2013

John B Durkee. Cleaning with solvents : Science and Technology. Elsevier. 2014

Toxics Use Reduction Institute (TURI). Guide to Safer Chemicals: Alternatives to Halogenated Solvents Used in Surface Cleaning. 2021



Abstract

Assessment of exposure to hazardous substances in cleaning operations using hydrocarbon-based cleaning agents

Objectives : Halogenated hydrocarbon cleaners are widely used in the industry for cleaning in the precision processing sector and for many other purposes because they have excellent cleaning power and evaporate quickly. However, due to the health and environmental hazards of halogenated hydrocarbon cleaning agents, there is a growing need to replace them with other cleaning agents. Hydrocarbon-based cleaning agents are often considered as a substitute for halogenated hydrocarbon cleaning agents due to their advantages of excellent solubility, cleaning power, and permeability for organic contaminants. However, petroleum hydrocarbon cleaning agents can be classified as substances of unknown or variable composition, complex reaction products or biological materials (UVCB) because the chemical composition of the final product varies depending on the composition of the raw material. Therefore, in the case of hydrocarbon-based cleaning agents that fall under UVCB substances, the Material Safety Data Sheet (MSDS) often lists the names of the refining processes,

such as light naphtha and hydrogenated naphtha, rather than the types and contents of the ingredients, and this may not reveal the presence of hazardous substances. This study aimed to measure the concentration of hazardous substances according to the type of cleaning agent used in workplaces that use hydrocarbon-based cleaning agents and the method of cleaning, and to evaluate the safety of using hydrocarbon cleaning agents. In addition, we aimed to suggest appropriate alternative cleaning agents and cleaning agent use and management plans that take into account safety based on exposure concentrations according to the type and composition of hydrocarbon-based cleaning agents.

Method : In the database of the Korea Occupational Safety and Health Agency's work environment measurement, 439 MSDSs were obtained by searching for the manufacturer and product name of the product for workplaces using metalworking fluids or workplaces with metal processing processes. Then, out of the 45 workplaces that had information on the individual components of petroleum-based hydrocarbon substances in their workplace environment measurement reports, seven workplaces were selected and visited to collect 10 bulk samples and 35 air samples, which were then analyzed using a gas chromatograph-mass spectrometer (GC-MS).

Results : Bulk samples and airborne samples did not contain any target hazardous substances. In general, hydrocarbon-based cleaning agents are known to be less harmful and hazardous than halogenated hydrocarbon cleaning agents, but if the composition of hydrocarbon-based cleaning agents is not clearly communicated, it may pose a health risk to users, so there is a need to improve the communication of information.

In addition, although the hazardous and dangerous properties of the substance itself may be small, there is a risk of fire and explosion due to its physical and chemical properties, so it is necessary to use it with caution. If it is composed of relatively small molecular weight hydrocarbon substances such as gasoline, or if it has not been treated with hydrogenation, aromatic hydrocarbons and linear hydrocarbons will not be removed. In such cases, hydrocarbon-based cleaning agents with a high content of hazardous substances may be distributed. In addition, although the hazard and risk of the substance itself may be small, there is a risk of fire or explosion due to its physical and chemical properties, so it is necessary to use it with caution. If it is composed of hydrocarbon substances with a relatively small molecular weight, such as gasoline, or if it has not been treated with hydrogenation, aromatic hydrocarbons and linear hydrocarbons will not be removed. On the other hand, hydrocarbon of the kerosene or hydrocarbon with more than seven carbons (C7) can be used as a relatively safe alternative cleaning agent because almost no harmful substances such as benzene, hexane, and xylene are detected after undergoing processes such as hydrogenation, aromatic removal, desulfurization, and isomerization. Hydrocarbon-based cleaning agents are excellent at cleaning oily contaminants, but due to their lack of drying properties, they must be dried after cleaning using air or a hot air dryer, and due to their high flammability, fire prevention equipment is essential. Therefore, it is necessary to use low-pressure steam drying or vacuum drying and to ensure safety by blocking oxygen or injecting nitrogen to prevent fire. As an additional supplementary measure, low-pressure ultrasonic cleaning or vacuum cleaning is used

to further improve the cleaning power of hydrocarbon-based cleaning agents. Vacuum cleaning equipment is the best alternative for using hydrocarbon-based cleaning agents because it not only improves cleaning power but also lowers the boiling point of the cleaning agent through vacuum drying and prevents the risk of flammability.

Conclusion : The results of this study will contribute to the improvement of the safety and health of workers by providing information on the hazards of harmful substances in hydrocarbon-based cleaning agents and exposure assessments based on this information, and by proposing proper cleaning agent management measures such as improving the types of hydrocarbon-based cleaning agents and cleaning work methods as an alternative to halogenated hydrocarbon cleaning agents.

Key words : GC-MS (Gas Chromatograph-Mass Spectrometer), Hazardous substances, Hydrocarbon-based cleaning agent, MSDS (Material Safety Data Sheet), Naphtha

부록














부록











〈부록 표-1〉 건강 및 환경 유해성 분류에 대한 한계농도 기준

구분	건강 및 환경 유해성 분류	1한계농도	
건강 유해성	1. 급성 독성	1%	
	2. 피부 부식성/피부 자극성	1%	
	3. 심한 눈 손상성/눈 자극성	1%	
	4. 호흡기 과민성	0.1%	
	5. 피부 과민성	0.1%	
	6. 생식세포 변이원성	1A 및 1B	0.1%
		2	1%
	7. 발암성	0.1%	
	8. 생식독성	0.1%	
	9. 특정표적장기독성 - 1회 노출	1%	
	10. 특정표적장기독성 - 반복 노출	1%	
11. 흡인 유해성	1%		
환경 유해성	12. 수생환경 유해성	1%	
	13. 오존층 유해성	0.1%	

〈부록 표-2〉 세척제관련 유해물질의 유해위험 문구 및 GHS 그림문자

물질명	H code	GHS
Trichloromethane [CAS# 67-66-3]	H302 : 삼키면 유해함 (급성 독성, 경구 4) H315 : 피부에 자극을 일으킴(피부 자극성 2) H319 : 눈에 심한 자극을 일으킴(눈 자극성 2A) H331 : 흡입하면 유독함(급성 독성, 흡입 3) H336 : 졸음 또는 현기증을 일으킬 수 있음 (특정표적장기 독성-1회노출, 마취영향 3) H351 : 암을 일으킬 것으로 의심됨(발암성 2) H361 : 태아 또는 생식능력에 손상을 일으킬 것으로 의심됨 (생식독성 2) H372 : 장기간 또는 반복노출 되면 장기에 손상을 일으킴 (특정표적장기 독성-반복노출, 1)	
Dichloromethane [CAS# 75-09-2]	H315 : 피부에 자극을 일으킴(피부 자극성 2) H319 : 눈에 심한 자극을 일으킴(눈 자극성 2A) H341 : 유전적인 결함을 일으킬 것으로 의심됨 (생식세포 변이원성 2) H350 : 암을 일으킬 수 있음(발암성 1A) H370 : 장기에 손상을 일으킴(특정표적장기 독성-1회노출, 1) H373 : 장기간 또는 반복노출 되면 장기에 손상을 일으킬 수 있음 (특정표적장기 독성-반복노출, 2)	
Trichloroethylene [CAS# 79-01-6]	H315 : 피부에 자극을 일으킴(피부 자극성 2) H317 : 알레르기성 피부 반응을 일으킬 수 있음 (피부 과민성 1) H319 : 눈에 심한 자극을 일으킴(눈 자극성 2A) H336 : 졸음 또는 현기증을 일으킬 수 있음 (특정표적장기 독성-1회노출, 마취영향 3) H341 : 유전적인 결함을 일으킬 것으로 의심됨 (생식세포 변이원성 2) H350 : 암을 일으킬 수 있음(발암성 1A) H412 : 장기적인 영향에 의해 수생생물에게 유해함 (수생환경 유해성, 만성 3)	
Toluene [CAS# 108-88-3]	H225 : 고인화성 액체 및 증기(인화성 액체 2) H304 : 삼켜서 기도로 유입되면 치명적일 수 있음 (흡인 유해성 1) H315 : 피부에 자극을 일으킴(피부 자극성 2) H336 : 졸음 또는 현기증을 일으킬 수 있음	

물질명	H code	GHS
	(특정표적장기 독성-1회노출, 마취영향 3) H361 : 태아 또는 생식능력에 손상을 일으킬 것으로 의심됨 (생식독성 2) H373 : 장기간 또는 반복노출 되면 장기에 손상을 일으킬 수 있음 (특정표적장기 독성-반복노출 2)	 
Xylene [CAS# 1330-20-7]	H226 : 인화성 액체 및 증기(피부 자극성 2) H304 : 삼켜서 기도로 유입되면 치명적일 수 있음 (흡인 유해성 1) H315 : 피부에 자극을 일으킴(피부 자극성 2) H319 : 눈에 심한 자극을 일으킴(눈 자극성 2A) H332 : 흡입하면 유해함(급성 독성-흡입 4) H335 : 호흡기 자극을 일으킬 수 있음 (특정표적장기 독성-1회노출, 호흡기 자극 3) H336 : 졸음 또는 현기증을 일으킬 수 있음 (특정표적장기 독성-1회노출, 마취영향 3) H361 : 태아 또는 생식능력에 손상을 일으킬 것으로 의심됨 (생식독성 2) H373 : 장기간 또는 반복노출 되면 장기에 손상을 일으킬 수 있음 (특정표적장기 독성-반복노출 2)	  
Benzene [CAS# 71-43-2]	H225 : 고인화성 액체 및 증기(인화성 액체 2) H304 : 삼켜서 기도로 유입되면 치명적일 수 있음 (흡인 유해성 1) H315 : 피부에 자극을 일으킴(피부 자극성 2) H319 : 눈에 심한 자극을 일으킴(눈 자극성 2A) H340 : 유전적인 결함을 일으킬 수 있음 (생식세포 변이원성 1) H350 : 암을 일으킬 수 있음(발암성 1) H372 : 장기간 또는 반복노출 되면 장기에 손상을 일으킴 (특정표적장기 독성-반복노출, 1) H411 : 장기적인 영향에 의해 수생생물에게 유독함 (수생환경 유해성, 만성 2)	   
Hexane [CAS# 110-54-3]	H225 : 고인화성 액체 및 증기(인화성 액체 2) H304 : 삼켜서 기도로 유입되면 치명적일 수 있음 (흡인 유해성 1) H336 : 졸음 또는 현기증을 일으킬 수 있음 (특정표적장기 독성-1회노출, 마취영향 3) H361 : 태아 또는 생식능력에 손상을 일으킬 것으로 의심됨	 

물질명	H code	GHS
	(생식독성 2) H373 : 장기간 또는 반복노출 되면 장기에 손상을 일으킬 수 있음 (특정표적장기 독성-반복노출 2) H411 : 장기적인 영향에 의해 수생생물에게 유독함 (수생환경 유해성, 만성 2)	 
Heptane [CAS# 142-82-5]	H225 : 고인화성 액체 및 증기(인화성 액체 2) H304 : 삼켜서 기도로 유입되면 치명적일 수 있음 (흡인 유해성 1) H315 : 피부에 자극을 일으킴(피부 자극성 2) H335 : 호흡기 자극을 일으킬 수 있음 (특정표적장기 독성-1회노출, 호흡기 자극 3) H336 : 졸음 또는 현기증을 일으킬 수 있음 (특정표적장기 독성-1회노출, 마취영향 3) H400 : 수생생물에 매우 유독함 (수생환경 유해성, 급성 1) H410 : 장기적인 영향에 의해 수생생물에게 매우 유독함 (수생환경 유해성, 만성 1)	   
Stoddard solvent [CAS# 8052-41-3]	H225 : 고인화성 액체 및 증기(인화성 액체 2) H304 : 삼켜서 기도로 유입되면 치명적일 수 있음 (흡인 유해성 1) H315 : 피부에 자극을 일으킴(피부 자극성 2) H335 : 호흡기 자극을 일으킬 수 있음 (특정표적장기 독성-1회노출, 호흡기 자극 3) H336 : 졸음 또는 현기증을 일으킬 수 있음 (특정표적장기 독성-1회노출, 마취영향 3) H340 : 유전적인 결함을 일으킬 수 있음 (생식세포 변이원성 1) H350 : 암을 일으킬 수 있음(발암성 1A) H372 : 장기간 또는 반복노출 되면 장기에 손상을 일으킴 (특정표적장기 독성-반복노출, 1) H400 : 수생생물에 매우 유독함 H410 : 장기적인 영향에 의해 수생생물에게 매우 유독함 (수생환경 유해성, 만성 1)	   

연구진

연구기관 : 산업안전보건연구원

연구책임자 : 한정희 (연구위원, 산업화학연구실)

연구원 : 박진우 (연구위원, 산업화학연구실)

연구원 : 한슬기 (대리, 산업화학연구실)

연구원 : 신지욱 (대리, 산업화학연구실)

연구원 : 이나루 (실장, 산업화학연구실)

연구기간

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

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

산업안전보건연구원장

탄화수소계 세척제 사용 세척작업의 유해물질 노출 평가
(2024-산업안전보건연구원-771)

발행일 : 2024년 12월 31일

발행인 : 산업안전보건연구원 원장 박승현

연구책임자 : 산업화학연구실 연구위원 한정희

발행처 : 안전보건공단 산업안전보건연구원

주소 : (44429) 울산광역시 중구 종가로 400

전화 : 042-869-0352

팩스 : 052-863-9001

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

I S B N : 979-11-94453-47-5

공공안심글꼴 : 무료글꼴, 한국출판인회의, Kopub바탕체/돋움체