



MSDS 개선을 위한 석유계 물질 내 유해물질 분석 연구

OSHRI

산업재해예방

안전보건공단

산업안전보건연구원



연구보고서

MSDS 개선을 위한 석유계 물질 내 유해물질 분석 연구

한정희, 박나영, 이나루

산업재해예방

안전보건공단

산업안전보건연구원



요약문

- 연구기간 2021년 01월 ~ 2021년 11월
- 핵심단어 석유계 물질, GC-MS, UVCB, 물질안전보건자료, MSDS
- 연구과제명 MSDS 개선을 위한 석유계 물질 내 유해물질 분석 연구

1. 연구배경

물질안전보건자료 (Material Safety Data Sheet, 이하 MSDS)는 화학물질을 안전하게 관리하고 사용하기 위한 정보를 기재한 것이다. 산업안전보건법 (이하 산안법) 제104조와 제110조에 따라 물질이 근로자에게 건강장해를 일으키는 화학물질 및 물리적 인자 등 (이하 유해물질)이거나 유해물질을 일정 중량비율 이상 함유한다면 MSDS 상에 구성성분으로 기재하여야 한다.

석유계 물질은 원유를 증류 및 전환 등의 공정을 통해 정제하여 제조한 것으로, 구성성분의 조성을 기준으로 단일성분물질과 다성분물질, UVCB (Unknown or Variable composition, Complex reaction products or Biological materials) 물질로 구분할 수 있다. 단일성분과 다성분 물질은 구성 성분 및 함유량이 명확한 반면, UVCB 물질은 원유 분획과 최종정제공정, 탄소수 및 끓는점 범위 등 물리화학적 특성에 따라 제조 및 정의되기 때문에 다양한 성분을 함유하고 있으며 그 조성을 특정할 수 없다.

석유계 UVCB 물질은 탄소수와 끓는점이 유사한 물질이 다수 혼합되어 있으므로 모든 구성 성분을 일일이 규명하기 어려우며, 유해물질을 함유하고 있더라도 MSDS에 기재되지 않을 수 있다. 고도로 정제된 단일성분 물질과 정제 및 혼합된 다성분 물질의 경우에도 UVCB 물질로부터 유래한 것이기 때문

에 유해물질이 잔존할 수 있으나 MSDS에 반영되지 않을 수 있다. 실제로 2018~2020년 MSDS 적정성 평가를 위한 석유계 물질의 성분 분석 결과 MSDS 상에 유해물질이 누락된 수건의 사례가 있었다.

이에 본 연구에서는 다양한 석유계 물질의 성분 분석을 실시하여 석유계 물질의 산안법 상 유해인자 함유여부를 확인함으로써, MSDS의 구성성분 및 함유량의 표기 실태를 파악하고 개선방안을 제시하고자 한다.

2. 주요 연구내용

○ 석유계 물질 자료 조사

석유계 물질 및 UVCB 물질의 분류 및 확인방법을 조사한 결과 유럽, 미국 등 외국은 석유계 UVCB 물질에 대한 분류와 관리에 석유계 물질을 그룹화하고 적합한 분석방법을 제공하는 등 유해성·위험성 분류에 어떠한 영향을 줄 수 있는지 판단하는 근거를 제공하고 있으나, 국내는 아직까지 석유계 UVCB의 유해성 분류 및 표시에 대한 구체적인 가이드라인이 없었다.

○ 대상 유해물질 및 시료 선정

산안법 상 유해물질 중 석유계 물질에서 유래한 것으로 판단되는 탄화수소 화합물을 대상으로 GC-MS로 분석이 가능한 물질을 선정한 결과 노말헥산, 벤젠, 시클로헥산, 시클로헥센, 헵탄, 톨루엔, 에틸벤젠, 크실렌 (이성질체 포함) 등 10종이었다. 이 중 벤젠은 발암성 및 생식세포 변이원성 물질이며, 노말헥산과 톨루엔은 생식독성물질, 에틸벤젠은 발암성 물질로 분류되어 있었다. 분석 대상시료는 국내에서 유통되고 있는 석유계 물질 함유제품을 수거하여 상온·상압에서 액체상태이며, MSDS에 석유계 UVCB 물질을 함유하고 있는 시료를 선정한 결과 21종이었다.

○ 석유계 물질의 성분 분석방법 최적화

GC 또는 GC-MS를 이용한 석유계 물질의 분석방법과 이를 통한 분석사례 등을 조사하여 분석조건을 최적화하고 유효성을 확인한 결과 직선성, 정밀도 및 정확도, 검출한계 및 정량한계는 양호하게 나타났다.

○ 석유계 물질의 분석 및 유해물질 함유 여부 확인

GC-MS로 대상 시료 중 대상 유해물질을 각각 분석하여 제조사의 MSDS와 비교한 결과 UVCB 물질을 함유한 시료 21개 중 한계농도 이상의 유해물질을 함유한 제품은 14종으로 66.7%를 차지하였는데 모두 나프타 및 가솔린 계열 UVCB 물질을 함유하고 있는 제품이었다. 반면에 등유계 및 윤활기유계, 파라핀 및 왁스계 UVCB 물질을 함유한 시료는 모두 대상 유해물질이 검출되지 않았다. 또한, 유해물질의 성분별 함유비율과 MSDS 기재 일치율을 비교한 결과 대부분 구성성분을 누락하거나 함유량에서 많은 차이를 보였다.

○ 석유계 물질의 MSDS 작성법 제안

MSDS 작성시 구성성분의 명칭 및 함유량은 화학제품을 구성하는 성분정보를 성실히 기재하여야 한다. 특히 석유계 UVCB 물질을 함유한 경우 유해물질의 분석을 통하여 정확한 성분의 표기와 유해성·위험성 분류를 위한 노력이 필요하다. 또한, 함유량은 변화의 폭을 최소화하여 기재하고, 벤젠과 같은 발암성 물질은 0.1% 미만을 함유하고 있더라도 온도조건 등 작업환경에 따라 충분히 한계농도 이상 노출될 수 있으므로 한계농도를 초과하지 않더라도 기재하는 것을 권고한다. 구성성분의 독성자료를 이용하여 분류한 건강 및 환경 유해성은 각 성분에 대한 최고농도에서의 영향을 기재하여야 한다. 그리고, MSDS 적정성 평가 시 MSDS를 제출하지 않거나 성분을 기재하지 않으면 정확한 성분 및 함유량 평가가 불가능하다. 특히 UVCB 물질의 경우 본 연구결

과와 같이 충분히 다양한 유해물질을 함유하고 있을 가능성이 있으므로 유해성·위험성 분류에도 영향을 줄 수 있다

3. 연구 활용방안

본 연구결과는 석유계 물질에 함유되어 유해물질이 분류에 영향을 끼칠 만큼 함유되어 있는지 판단하는 데 도움이 될 수 있으며, 제조사 MSDS와 비교 검토 및 적정성을 확인을 통하여 MSDS 개선을 위한 지침이 될 수 있을 것이다. 따라서, MSDS의 구성성분에 UVCB 물질임을 기재하도록 권고하고 추후 자료보완을 통하여 고용노동부에 MSDS 개선방안을 제안하고 협의할 필요가 있으며 석유계 물질의 올바른 MSDS 작성을 통하여 사업장의 화학물질 관리에 기여할 수 있을 것이다.

4. 연락처

- 연구책임자 : 산업안전보건연구원 화학물질평가1부 연구위원 한정희
 - ☎ 042) 863-0353
 - E-mail : hanjh@kosha.or.kr

목 차

I. 서 론	1
1. 배경 및 필요성	3
2. 목적	7
II. 연구내용 및 방법	9
1. 석유계 UVCB 물질 조사	11
1) 석유계 UVCB 물질의 분류 및 확인	11
2) 석유계 물질의 분석방법	11
3) 석유계 물질의 분석사례	11
2. 대상 유해물질 및 시료 선정	11
1) 대상 유해물질 선정	11
2) 대상 시료 선정	12
3. 분석방법	12
1) 분석조건 및 방법	12

목 차

2) 분석데이터 처리	15
3) 분석방법의 유효성 확인	16
4. 석유계 물질의 성분 분석 및 유해물질 함유여부 확인	17
5. 석유계 물질의 분석방법 및 MSDS 작성방향 제안	17

Ⅲ. 결 과 19

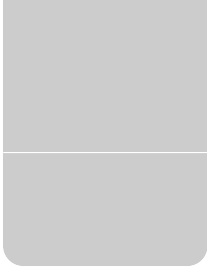
1. 석유계 UVCB 물질 조사	21
1) 석유계 UVCB 물질의 분류 및 확인	21
2) 석유계 물질의 분석방법	28
3) 석유계 물질의 분석사례	31
2. 대상 유해물질 및 시료 선정	34
1) 대상 유해물질 선정 및 유해성 조사	34
2) 대상 시료 선정	42
3. 분석결과	44
1) 분석결과 개요	44
2) 개별 시료 분석결과	46

4. 분석방법의 유효성 확인 결과	67
1) 직선성	67
2) 정밀도	68
3) 검출한계 및 정량한계	69
 IV. 고 찰	71
 V. 결 론	77
 참고문헌	83
 Abstract	
 부 록	95
1 석유계 UVCB 물질에 대한 표준 분석 방법	95

표 목차

〈표 I-1〉 법적 규제 대상 유해물질	3
〈표 I-2〉 혼합물에 대한 분류기준	4
〈표 II-1〉 GC-MS 분석조건	14
〈표 II-2〉 SIM 시간분획 (Time segment)	15
〈표 II-3〉 유해물질별 머무름시간 및 정성·정량 이온	16
〈표 III-1〉 CONCAWE 석유물질 분류	23
〈표 III-2〉 석유계 물질그룹과 특정 유해물질	24
〈표 III-3〉 산안법상 유해인자 중 탄화수소 화합물	34
〈표 III-4〉 유해물질의 구조 및 특성	35
〈표 III-5〉 유해물질의 물리적 특성	36
〈표 III-6〉 대상 유해물질의 노출기준 및 유해성·위험성 분류	37
〈표 III-7〉 대상 선정 시료 목록	42
〈표 III-8〉 시료 중 석유계 UVCB 물질의 분류 및 특성	43
〈표 III-9〉 유해물질 성분별 함유비율과 MSDS 기재 일치율	44
〈표 III-10〉 시료 분류별 대상 유해물질 함유 (비율)	45
〈표 III-11〉 MSDS에 기재된 구성성분 및 분석결과 (S1)	46
〈표 III-12〉 MSDS에 기재된 구성성분 및 분석결과 (S2)	47
〈표 III-13〉 MSDS에 기재된 구성성분 및 분석결과 (S3)	48
〈표 III-14〉 MSDS에 기재된 구성성분 및 분석결과 (S4)	49
〈표 III-15〉 MSDS에 기재된 구성성분 및 분석결과 (S5)	50
〈표 III-16〉 MSDS에 기재된 구성성분 및 분석결과 (S6)	51

〈표 III-17〉 MSDS에 기재된 구성성분 및 분석결과 (S7)	52
〈표 III-18〉 MSDS에 기재된 구성성분 및 분석결과 (S8)	53
〈표 III-19〉 MSDS에 기재된 구성성분 및 분석결과 (S9)	54
〈표 III-20〉 MSDS에 기재된 구성성분 및 분석결과 (S10)	55
〈표 III-21〉 MSDS에 기재된 구성성분 및 분석결과 (S11)	56
〈표 III-22〉 MSDS에 기재된 구성성분 및 분석결과 (S12)	57
〈표 III-23〉 MSDS에 기재된 구성성분 및 분석결과 (S13)	58
〈표 III-24〉 MSDS에 기재된 구성성분 및 분석결과 (S14)	59
〈표 III-25〉 MSDS에 기재된 구성성분 및 분석결과 (S15)	60
〈표 III-26〉 MSDS에 기재된 구성성분 및 분석결과 (S16)	61
〈표 III-27〉 MSDS에 기재된 구성성분 및 분석결과 (S17)	62
〈표 III-28〉 MSDS에 기재된 구성성분 및 분석결과 (S18)	63
〈표 III-29〉 MSDS에 기재된 구성성분 및 분석결과 (S19)	64
〈표 III-30〉 MSDS에 기재된 구성성분 및 분석결과 (S20)	65
〈표 III-31〉 MSDS에 기재된 구성성분 및 분석결과 (S21)	66
〈표 III-32〉 검정곡선의 결정계수와 기울기, γ 절편	67
〈표 III-33〉 각 농도에서 성분별 재현성	68
〈표 III-34〉 검정곡선의 검출한계 및 정량한계	69



그림목차

[그림 1-1] 석유 정제과정과 카테고리 (Charles RC et al., 2013)	5
[그림 1-2] ECHA 물질의 유형별 구분 (ECHA, 2017)	22
[그림 1-3] 석유계 물질의 분류 (EPA TSCA, 1986)	25
[그림 1-4] 화학물질의 유형 확인 (환경부, 2020)	27

I. 서론

.....

I. 서론

1. 배경 및 필요성

물질안전보건자료 (Material Safety Data Sheet; 이하 MSDS)는 화학물질을 안전하게 사용하고 관리하기 위하여 필요한 유해성·위험성, 응급조치요령, 취급방법 등의 정보를 기재한 자료이다. 산업안전보건법 (이하 산안법) 제104조 「유해인자의 분류기준」과 제110조 「물질안전보건자료의 작성 및 제출」에 따라 MSDS 대상물질을 제조하거나 수입하는 자는 사전에 MSDS를 작성하여 공단에 제출하고, 유해·위험한 것으로 분류되지 않는 화학물질의 명칭 및 함유량을 별도로 공단에 제출하도록 되어있다. 만약 물질이 근로자에게 건강장해를 일으키는 화학물질 (이하 유해물질)이거나 유해물질을 일정 함유량 이상 포함한다면 MSDS 상에 구성 성분으로 기재하여야 한다. 법적으로 규제하고 있는 유해물질 대상은 표 I-1과 같다.

〈표 I-1〉 법적 규제 대상 유해물질

- 법 제106조에 따른 노출기준 설정 대상 유해인자(화학물질 및 물리적 인자의 노출기준 고시)
- 법 제107호제1호에 따른 허용기준 설정 대상 유해인자(시행령 별표26)
- 법 제117조에 따른 제조 등 금지물질(시행령 제87조)
- 법 제118조에 따른 제조 등 허가물질(시행령 제88조)
- 시행규칙 제186조제1항에 따른 작업환경측정 대상 유해인자(별표21)
- 시행규칙 제201조에 따른 특수건강진단 대상 유해인자(별표22)
- 안전보건규칙 제420조제1호에 따른 관리대상 유해물질(별표12)

MSDS의 구성 성분의 명칭 및 함유량은 물질명, CAS 번호, 함유량으로 표기하며, 1% 이상 성분은 모두 작성하되 발암성물질, 생식세포변이원성물질은 0.1% 이상, 호흡기과민성물질 (가스인 경우에 한함)은 0.2% 이상, 생식독성물질은 0.3% 이상인 경우에 해당하는데 이를 한계농도로 규정하고 반드시 기재하도록 하고 있다 (표 I-2).

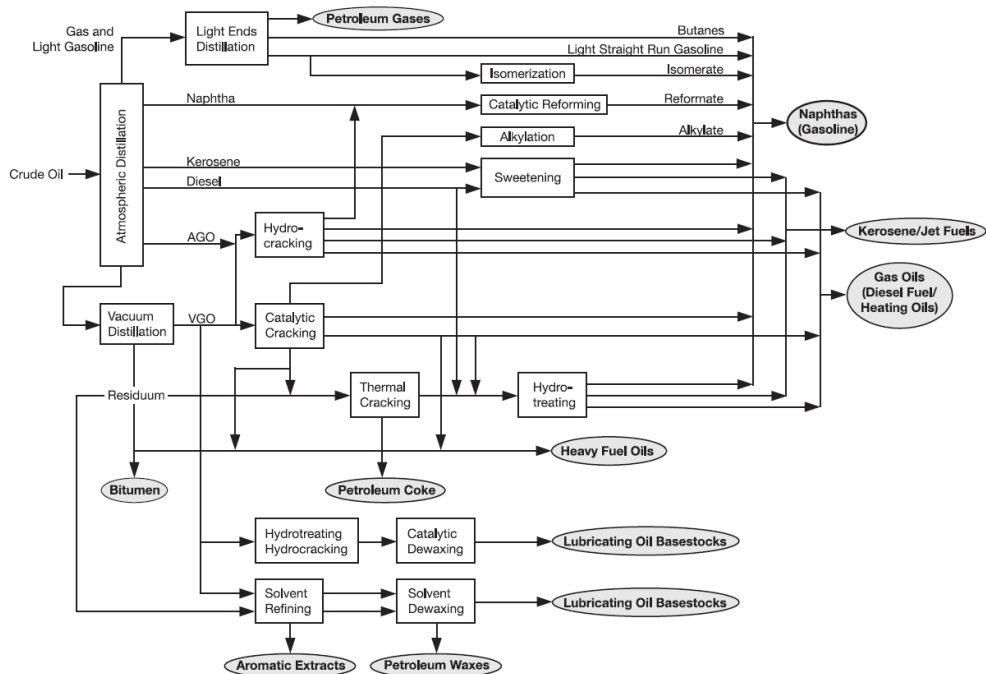
〈표 I-2〉 혼합물에 대한 분류기준

항목	구분	분류기준
발암성	1A	발암성(구분1A)인 성분의 함량이 0.1 % 이상인 혼합물
	1B	발암성(구분1B)인 성분의 함량이 0.1 % 이상인 혼합물
	2	발암성(구분2)인 성분의 함량이 1.0 % 이상인 혼합물
생식세포 변이원성	1A	생식세포 변이원성(구분1A)인 성분의 함량이 0.1 % 이상인 혼합물
	1B	생식세포 변이원성(구분1B)인 성분의 함량이 0.1 % 이상인 혼합물
	2	생식세포 변이원성(구분2)인 성분의 함량이 1.0 % 이상인 혼합물
생식독성	1A	생식독성(구분1A)인 성분의 함량이 0.3 % 이상인 혼합물
	1B	생식독성(구분1B)인 성분의 함량이 0.3 % 이상인 혼합물
	2	생식독성(구분2)인 성분의 함량이 3.0 % 이상인 혼합물
	수유독성	수유독성을 가지는 성분의 함량이 0.3 % 이상인 혼합물

화학물질 규정을 이행하는 데 있어 물질의 식별은 필수적이며 우선 화학물질의 유형을 확인하는 것이 필요하다. 환경부의 정의에 따르면 단일성분 물질은 일반적으로 하나의 주성분으로 구성된 물질로서 제조공정상 인위적으로 혼합하지 않은 불순물이 일부 포함된 경우를 말한다. 혼합물은 구성성분이 두 가지 이상인 물질 또는 용액으로서 주성분에 부형제, 용제, 안정제 등을 첨가하여 제조한 제품을 의미한다. 다성분물질은 두 가지 이상의 주성분으로 구성된 물질로서 화학물질의 조성을 명확히 파악할 수 있는 반면에 UVCB (Substances of Unknown or Variable composition, Complex reaction

products or Biological materials) 물질은 구조를 명확히 알 수 없거나 가변적인 조성의 물질, 복잡한 반응 생성물 또는 생물학적 물질 등 화학물질의 조성을 명확히 파악할 수 없는 물질로 정의하고 있다. 하지만, 고용노동부에서는 단순히 물질을 화학물질과 혼합물로 구분하고 있으며 다성분물질과 UVCB 물질에 대한 분류나 정보가 부족하다.

연료, 윤활유 및 기타 석유화학제품의 제조에 사용되는 석유스트림은 일반적으로 원유라고 불리는 자연 발생 탄화수소인 석유에서 파생된다. 정제과정에서 원유는 초기에 끓는점을 기준으로 다양한 석유스트림으로 분리되며 대부분은 제품으로 혼합되기 전에 화학반응을 포함하는 추가 처리단계를 거친다 (그림 1).



© Copyright 2013 - American Petroleum Institute (API). All rights reserved. Can use with attribution. Digital Media [DM 2013-048] [04.13] PDF

[그림 I-1] 석유 정제과정과 카테고리 (Charles RC et al., 2013)

석유계 물질은 원유를 기반으로 증류 (distillation) 및 전환 (conversion) 등의 공정을 통해 정제하여 제조한 것으로, 구성성분의 조성을 기준으로 단일 성분 물질과 다성분 물질, UVCB 물질로 구분할 수 있다. 단일성분물질과 다성분 물질은 구성 성분 및 함유량이 명확한 반면, UVCB 물질은 원유 분획과 최종 정제과정, 탄소수 및 끓는점 범위 등 물리화학적 특성에 따라 제조 및 정의되기 때문에 다양한 성분을 함유하고 있으며 그 조성을 특정할 수 없다. 단일성분 및 다성분 물질과 같이 잘 정의된 물질을 특성화하는 것은 간단하지만 UVCB 물질의 특성화는 복잡한 기원과 알려지지 않거나 가변적인 구성때문에 더 어렵기 때문이다 (캠토피아, 2020).

2018년도 환경부 화학물질 통계조사 결과 국내 화학물질의 유통량은 2016년 55,859만톤/년에 비하여 63,819만톤/년으로 14.2% 증가하였으며 물질 수는 16,874종에서 29,499종으로 74.8% 증가하였다. 이 중 석유 나프타나 기초 유분과 같은 석유제품은 76,205만톤/년으로 20% 가량 차지하고 있다. 2019년 톡스프리 (Toxfree)의 MSDS 정보 데이터베이스를 활용하여 15,301개 화학제품의 성분 정보를 분석한 결과 일반적으로 화학제품은 단일 성분이 아닌 여러 가지 성분들을 함유하고 있었으며, 화학제품 중 석유계 UVCB 물질을 함유한 제품비율은 29%, 화학제품의 성분 중 석유계 UVCB 물질의 비율은 3%로 나타났다. 따라서, 석유계 UVCB 물질을 함유한 제품이 다양하고 광범위하게 사용되고 있어 유해성 분류와 실제 유해물질 함유 여부 및 함유량에 대한 중요성이 강조되었다 (윤충식 등, 2019).

석유 가공 초기에는 현재 요구되는 다양한 석유제품의 특성과 구성에 대하여 자세히 분석할 필요가 없었지만 석유 산업에 대한 폭발적인 수요와 새로운 제품의 출현으로 석유의 물리화학적 특성 및 화학 반응성에 대한 정밀한 분석의 필요성이 증가하게 되었다.

2. 목적

MSDS는 우선 화학물질의 성분 및 함유량이 명확히 확인될 수 있어야 사용자들이 그 유해성을 미리 알고 대처할 수 있다. 그러나, 석유계 UVCB 물질은 1차 탄화수소 분획과 탄화수소 원천, 최종정제단계, 탄소수 범위, 끓는점 범위 등으로부터 정해진 명칭과 CAS 번호, 정의 등으로만 구분하고 있다. 이것은 석유계 UVCB 물질은 확인할 수 없는 성분이 있으며 조성도 가변적이기 때문에 구성 성분을 일일이 규명할 수 없기 때문이다.

문제는 석유제품 내에 포함되어 있는 구성성분 중 UVCB 물질이 포함되어 있으며, 성분이 불명확한 UVCB 물질의 특성상 유해물질을 포함할 수 있다는 점이다. 또한, 물질명이 같더라도 제조회사에 따라 성분비 (주성분 및 불순물)의 차이가 있어 화학분석을 통한 동질성 확인이 필요하다.

이런 특성 때문에 제조사마다 석유계 UVCB 물질의 MSDS를 작성하는 방식은 다양하며, 법적 유해물질을 함유하고 있더라도 MSDS에 기재되지 않을 수 있다. 심지어 고도로 정제된 단일성분 물질과 정제 및 혼합된 다성분 물질의 경우에도 UVCB 물질로부터 유래한 것이기 때문에 유해물질이 잔존할 수 있고 MSDS에 반영되지 않을 수 있다. 또한, 석유 및 석유 제품의 화학적 조성은 복잡하기 때문에 시료 분석에 사용되는 포괄적인 방법 및 기술 목록에서 가장 적절한 분석방법을 선택해야 한다.

실제로 산업안전보건연구원에서 수행한 MSDS 적정성 평가 결과 MSDS 구성성분의 일치율은 2018년 56.57%, 2019년 58.33%로 미흡하였는데, MSDS에 기재되지 않은 구성성분 또는 영업비밀 적용 제외물질이 검출되거나 유해물질의 함유량이 한계농도 이상 검출되어 부적정 판정을 받은 경우가 많았다. 특히 석유계 물질의 성분 분석 결과, MSDS 상에 유해물질이 누락된

수 건의 사례가 있었으며, 석유계 물질의 MSDS를 작성하는 방법에 대한 제조사들의 문의가 많았다.

따라서, 본 연구에서는 다양한 석유계 물질의 성분을 분석하여 산업법 상 유해물질 함유여부를 확인함으로써, MSDS의 구성성분 및 함유량의 표기 실태를 파악하고 개선방안을 제시하여 유해물질 관리 강화에 기여하고자 한다.

Ⅱ. 연구내용 및 방법

.....

II. 연구내용 및 방법

1. 석유계 UVCB 물질 조사

1) 석유계 UVCB 물질의 분류 및 확인

본 연구에서는 석유계 UVCB 물질의 분류와 확인을 위하여 국내외 화학물질관리제도에서 다루고 있는 석유계 UVCB 물질의 목록과 관리현황을 조사하였다.

2) 석유계 물질의 분석 방법

석유계 UVCB 물질의 확인을 위하여 국내외 석유계 물질의 표준 분석방법을 조사하였다.

3) 석유계 물질의 분석 사례

석유계 물질의 MSDS 작성현황을 파악하고 분석법의 최적화에 활용하고자 논문 및 자료 검색을 통하여 국내 석유계 물질 및 제품 내 성분 분석 및 분류평가를 중심으로 사례를 조사하였다.

2. 대상 유해물질 및 시료 선정

1) 대상 유해물질 선정

산안법 상 유해물질 중 석유계 물질에서 유래한 것으로 판단되는 탄화수소 화합물 성분을 선택하였다. 각 물질의 분자량, 끓는점, 밀도 등 물리적 특성을

조사하여 정성·정량 분석이 가능한지 확인하고, 대상 유해물질로 선정하였다. 선정된 유해물질은 노출기준 및 유해성 정보를 조사하여 유해성·위험성을 분류하고 한계농도를 표시하였다.

2) 대상 시료 선정

현재 유통되고 있는 다양한 종류의 석유계 물질 중 대상 유해물질이 포함되어 있을 수 있는 것을 임의로 선정하였다. 해당 제품의 MSDS를 검토하여 물리화학적 특성, 구성성분 및 함유량, 유해성·위험성 분류 등의 정보를 참고로 시료를 선정하였다. 만약 구성성분 중 UVCB 물질을 함유하고 있으면 분석에 참고하기 위한 자료를 추가로 조사하였다. 또한, 시료를 육안으로 관찰하여 액체상인지 점성을 가지고 있는지 관찰하여 분석이 불가능할 것 같은 시료는 제외하였다.

3. 분석방법

1) 분석 조건 및 방법

분자량이 낮고 휘발성이 높은 저분자 유기화합물의 성분 분석에 가장 적절한 장비는 가스크로마토그래프 (Gas Chromatograph)이다. 또한, 질량분석기로 검출을 하면 프로그램 내 질량 스펙트럼의 라이브러리 (library)와 비교하여 정성분석이 가능하다. 따라서, 특정 저분자 유기화합물을 혼합물로부터 분리하여 정성·정량분석하기 위하여 가스크로마토그래프-질량분석기 (Gas Chromatograph-Mass Spectrometer, 이하 GC-MS)를 사용하였다.

낮은 농도의 저분자 유기화합물을 GC-MS로 분석하기 위해서는 시료는 휘발성이 있어야 하고 열적으로 안정해야 한다. 대상 시료를 분석하기 위해 시료를 잘 용해하였으며 대상 유해물질 분석을 방해하지 않는 용매에 희석하였

다. 희석 용매는 이황화탄소로 하였으며 고체가 생성될 경우에는 필터로 여과하였다. 각 시료는 3개 동일 농도로 제조, 분석한 후 평균값을 구하였다.

분석장비는 자동주입기 (Autosampler, 7693A, Agilent, USA)가 장착된 가스크로마토그래프-질량분석기 (GC-MS, 7890/5977B, Agilent Technologies, USA)를 이용하였으며, 분석용 GC 컬럼은 길이 100 m, 내경 0.25 mm, 필름두께 0.5 μm 의 비극성 HP-1 MS (Agilent Technologies, USA)를 사용하였다. 이동상으로 사용한 운반기체 (carrier gas)는 고순도 헬륨 (99.999%)을 사용하였으며, 분당 3.3 mL의 속도로 주입하였다. 시료 주입구 (inlet) 온도는 275°C, 열전달통로 (transfer line)의 온도는 280°C로 설정하였다. 컬럼의 온도는 초기에 40°C에서 10분간 유지하다가, 0.5°C/min의 속도로 75°C까지 분당 올리고, 다시 10°C/min의 속도로 200°C까지 올린 다음 7분 30초간 유지하였다. 실행 후에는 250°C에서 10분간 유지하였다.

각 시료는 전처리 없이 1 μL 를 분할비율 (split ratio) 50:1로 주입한 후 스캔 (Scan) 모드와 선택이온모드 (Selected Ion Monitoring; SIM) 모드를 사용하여 분석하였다. 스캔범위는 40.00~550.00 m/z로 결정하였고, 용매에 해당하는 13.80~14.30 m/z 범위는 제외하였다.

전체 GC 조작과 데이터 수집 및 해석은 MassHunter (Agilent Technologies, USA) 소프트웨어를 이용하였으며 세부 분석조건은 표 II-1과 같았다.

〈표 II-1〉 GC-MS 분석조건

Parameter	Conditions
Instrument model	Agilent 7890B-5977B
Injector	Autosampler (Agilent 7693A)
Inlet temperature	275℃
Injector volume	1 μ L
Split ratio	50:1
Column	HP-1(100 m $\times$ 0.25 mm $\times$ 0.5 μ m), Agilent technologies
Carrier gas	Helium(Purity $\geq$ 99.999%), 1 mL/min
Column temperature	40℃, 10min $\rightarrow$ 0.5 $^{\circ}$ C/min to 75℃ $\rightarrow$ 10 $^{\circ}$ C/min to 200℃ (hold 7.5min) $\rightarrow$ post run : 250℃, 10min
Transfer line temperature	280℃
MS mode	Scan/SIM
Scan range	40.00~550.00 m/z
Detection off for solvent	13.70~15.20 min

Scan 모드에서는 선택한 범위 (40-550 m/z) 내의 모든 이온의 크로마토그램을 얻었다. 시료 내 많은 미지 물질들과 대상 유해물질이 겹칠 수 있기 때문에 유해물질의 정확한 정량 분석이 어려워 정량분석에는 사용하지 않았지만 대상 유해물질의 피크가 맞는지 확인하기 위하여 대조용으로 사용하였다.

SIM 모드에서는 설정된 머무름시간 범위에 따라 선택한 이온의 크로마토그램을 얻었다. 표준물질을 분석하여 대상 유해물질이 어떤 머무름시간에서 어떤 질량 스펙트럼으로 나타나는지 확인한 후, GC-MS 프로그램 내 라이브러리와 비교하여 물질별 선택이온을 선정하였다. 선택이온은 물질별 토막이온의 양 (abundance)이 큰 순서로 3개 이온을 선택하나, m/z 값이 40 미만인 경우 바탕값이 높아 농도 측정이 어려울 수 있어 제외하였다.

m-크실렌과 p-크실렌의 경우, 머무름시간이 매우 비슷하여 분리가 완벽히 되지 않아 질량 스펙트럼 또한 매우 유사하였다. 따라서 동일한 이온을 선택하고 머무름시간 영역을 나누지 않았다 (표 II-2).

〈표 II-2〉 SIM 시간분획 (Time segment)

머무름시간 (min)	목표 물질	선택 이온 (m/z)
0.00~	노말헥산	56, 57, 86
22.00~	벤젠	51, 77, 78
24.60~	시클로헥산	55, 56, 84
26.00~	시클로헥센	54, 67, 82
30.00~	헵탄	43, 57, 71
40.00~	톨루엔	65, 91, 92
60.00~	에틸벤젠	51, 91, 106
66.80~	m,p,o-크실렌	91, 105, 106

2) 분석 데이터 처리

GC-MS 프로그램 (Quantitative analysis, Agilent, USA)을 사용하여 데이터를 처리하였다. SIM 모드로 얻는 크로마토그램 및 질량스펙트럼 기준으로 입력하여, 고농도 표준물질의 데이터 1개를 기준으로 물질별 머무름시간과 정량이온 (quantitative ion)과 정성이온(qualitative ion or qualifier)의 비율을 계산하였다. 정량이온은 가장 양이 많은 이온, 정성이온은 2, 3번째로 양이 많은 이온으로 결정하여 해당 시료의 데이터에 적용하여 정성·정량 분석하였다 (표 II-3).

〈표 II-3〉 유해물질별 머무름시간 및 정성·정량 이온

물질명	분자량	머무름시간 (min)	정량이온 (m/z)	정성이온 1 (m/z)	정성이온 2 (m/z)
노말헥산	86.18	17.538	57	56	86
벤젠	78.11	23.435	78	77	51
시클로헥산	84.16	23.556	84	56	55
시클로헥센	82.15	25.525	67	54	82
헵탄	100.21	29.246	43	57	71
톨루엔	92.14	38.930	91	92	65
에틸벤젠	106.2	61.283	91	106	51
m-크실렌	106.16	63.602	91	106	105
p-크실렌	106.17	63.885	91	106	105
o-크실렌	106.16	69.696	91	106	105

3) 분석방법의 유효성 확인

분석 결과의 정확도를 확보하기 위해 직선성, 정밀도, 검출한계 등의 검증 기준을 정하고 그에 따르는지 유효성을 확인하였다. 또한, 수시 검정을 위해 매 50번의 측정마다 정량범위에 있는 표준용액 한 개 이상을 측정하고, 시료 분석 중에 오염을 확인하기 위해 동일 농도의 동일 시료 측정 후 공시료를 측정하였다. 시료의 분석은 동일한 종류, 농도의 시료로 3개를 조제하여 측정 후 평균을 계산하였다.

▪ 직선성 (Linearity)

직선성은 시료 내 유해물질의 한계농도 수준에서 정량을 위해 최소/최대 농도를 포함하는 표준물질을 조제하여 측정한 후 검정곡선의 상관계수를 이용하여 측정범위 내에서 직선성을 확인하였다. 각 성분별로 0.005~0.3 mg/mL 농도 수준으로 최대 농도가 최소 농도의 40배 정도 되도록 설정한

후 6개 농도에서 5번 반복 측정하고 평균을 계산하였다. 그리고, 검량선의 직선성에 대한 결정계수 (R Squared, R²)가 적합한지 평가하였다.

▪ 정밀도 (Precision)

얼마나 재현성 있는 분석을 했는지 확인하기 위하여 표준물질의 각 농도준위에서 5번 측정하여 상대표준편차 (Relative Standard Deviation, RSD)를 계산하여 정밀도를 측정하였다.

▪ 검출한계 (Limit Of Detection; LOD) 및 정량한계 (Limit of Quantification, LOQ)

검출한계는 검정곡선의 표준편차를 기울기로 나눈 값에 3을 곱하여 산출하였으며, 정량한계는 검정곡선의 표준편차를 기울기로 나눈 값에 10을 곱하여 산출하였다.

4. 석유계 물질의 성분 분석 및 유해물질 함유여부 확인

석유계 물질 시료의 성분을 분석하여 유해물질 함유여부를 확인하였다. 석유계 물질 시료의 MSDS에 누락되거나 잘못 기재된 사항이 있는 경우, 시료의 기재 구성 성분과 용도에 따른 경향을 파악하여 MSDS 적정성을 평가하였다.

5. 석유계 물질의 분석방법 및 MSDS 작성 방향 제안

최적화된 분석방법을 토대로 한 석유계 물질의 분석방법을 개선하고 석유계 물질의 특성과 유해·위험성을 고려한 올바른 MSDS 작성을 위한 개선점을 제시하였다.

Ⅲ. 결 과

.....

III. 결과

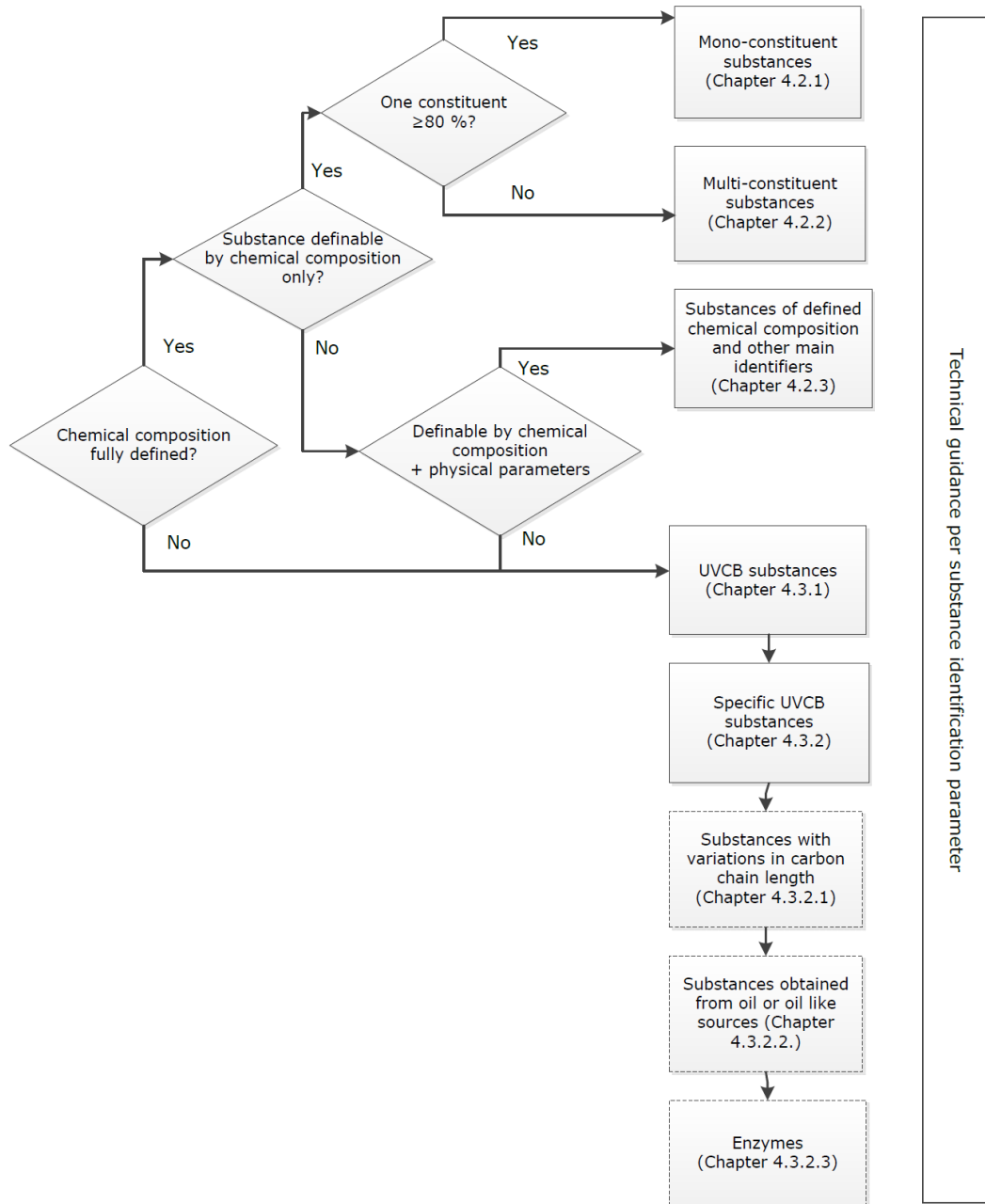
1. 석유계 UVCB 물질의 조사

1) 석유계 UVCB 물질의 분류 및 확인

- 유럽

유럽 (EU)에서는 화학물질의 안전한 사용을 위하여 유럽화학물질청 (European Chemicals Agency, ECHA)에서 화학물질관리제도인 REACH (Regulation concerning the. Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals) 규정이 시행 중이다.

ECHA에서는 물질 (substance)을 자연상태 또는 제조공정의 결과물인 화학원소 및 그 화합물로 정의하고 제조공정에서의 화학반응은 물질을 형성하는데 필요하다고 하였다. 즉, 혼합물 (mixture)은 두 개 이상의 물질의 혼합된 것으로 화학적으로 반응하지 않으므로 물질이 아니며, 제품 (article)은 화합물 간의 조합으로 물질이 아니라고 하였다. 물질의 종류는 3가지로 분류하여 단일성분물질 (mono-constituent substances)은 하나의 주성분이 물질의 80% 이상, 불순물은 20% 미만으로 구성된 물질로 주성분명으로 명명하고, 다성분물질 (multi-constituent substances)은 여러 개의 주성분이 10% 이상 80% 미만, 불순물은 10% 미만으로 주성분의 반응질량으로 명명하며, UVCB 물질은 여러 가지 미지성분 등이 100% 구성된 물질로 원료물질과 공정의 조합으로 명명하고 있다 (그림 2) (ECHA, 2021).



[그림 I -2] ECHA 물질의 유형별 구분 (ECHA, 2017)

ECHA에서는 석유계 물질의 특성화 및 식별을 위하여 물질명 및 식별번호, 분자 및 구조식, 구성 및 순도, 스펙트럼 데이터 및 기타 분석정보를 제공하여야 한다고 하였다. 석유계 물질의 경우 석유정제회사 컨소시엄인 CONCAWE를 구성하여 EU REACH 이행을 지원하고 있는데 2015년 석유계 물질 총 185종에 대한 분석을 완료하고 SIP (Substance Identify Profiles) 물질의 동질성을 확인하여 총 20개의 카테고리 분류하였다 (표 III-1). REACH에서는 UVCB 물질의 모든 구성성분에 대한 식별정보도 추가로 제출이 요구되었다. 즉, 10% 이상의 함량을 가지는 모든 성분들을 기재하고 분류표시에 영향을 주는 성분은 함량과 관계없이 제시하도록 하고 있다 (표 III-2) (CONCAWE, 2020).

〈표 III-1〉 CONCAWE 석유물질 분류

No.	Category
1	Low Boiling Point Naphthas
2	Kerosines
3	MK1 diesel fuel
4	Straight-run Gas Oils
5	Cracked Gas Oils
6	Vacuum Gas Oils, Hydrocracked Gas Oils & Distillate Fuels
7	Other Gas Oils
8	Heavy Fuel Oil components
9	Unrefined/Acid Treated Oils
10	Highly Refined Base oils
11	Other Lubricant Base oils
12	Untreated Distillate Aromatic Extracts
13	Treated Distillate Aromatic Extracted
14	Residual Aromatic Extracts
15	Slack Wax
16	Paraffin and Hydro carbon Waxes
17	Foot Oils
18	Petrolatum
19	Bitumen
20	Oxidised Asphalt

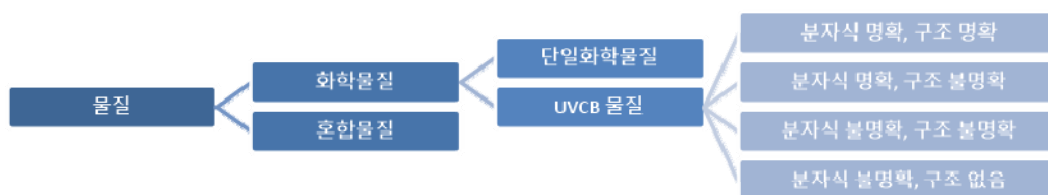
〈표 III-2〉 석유계 물질그룹과 특정 유해물질

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	-	-

■ 미국

미국 환경청 (Environmental Protection Agency, EPA)는 화학물질을 정의하기 위하여 ECHA와 유사한 접근 방식을 따른다. TSCA (Toxicological Substance Control Act, 독성물질관리법)에서는 인벤토리는 미국 내 제조, 가공, 수입된 모든 기존화학물질을 목록화한 것으로 2년마다 개정되어 고시 되는데 2020년 86,405종의 화학물질이 등록되어 있으며 41,587종이 사용되고 있다.

TSCA의 인벤토리 (inventory)는 물질을 2가지 유형으로 분류하여 화학물질 (chemical substance)과 하나는 혼합물질 (mixtures)로 식별한다. 화학물질만 나열하고 혼합물질은 나열하지 않는 대신 혼합물의 개별 성분은 별도로 나열한다. 단일물질은 다시 2가지 등급으로 나누어 특정 원자가 명확하고 알려진 화학구조를 가진 단일 화학물질과 UVCB 물질로 나뉜다. UVCB 물질은 명확한 분자식으로 나타낼 수 있지만 가변구조 다이어그램을 가진 물질, 명확한 분자식으로 나타낼 수 있지만 알려진 구조 다이어그램이 없는 물질, 명확한 분자식 표현이 없고 부분 구조 다이어그램 또는 구조 다이어그램이 없는 물질로 세분화하고 있다. 인벤토리에서는 UVCB 물질여부를 쉽게 확인할 수 있는데 약 16,000여종이 UVCB 물질이다.



[그림 I-3] 석유계 물질의 분류 (EPA TSCA, 1986)

EPA는 UVCB 물질에 대한 시험 전략에 대한 자세한 지침을 제공하지 않으나 혼합물과 관련된 혼합물질의 유해성 위험성 평가를 위한 지침과 부속 지침

의 2가지 건강위험평가 지침을 제공한다 (EPA, 1986, EPA, 2000).

또한, EPA의 HPV (High Production Volume) 프로그램에서는 HPV 석유계 물질 391종을 Aromatic Extracts, Asphalt, Crude Oil, Gas Oils, Gasoline, Grease Thickeners, Heavy Fuel Oils, Kerosene/Jet Fuel, Lubricating Oils, Petroleum Coke, Petroleum Gases, Reclaimed Substances, Waxes 13개 카테고리로 분류하여 관리하고 있다

▪ OECD

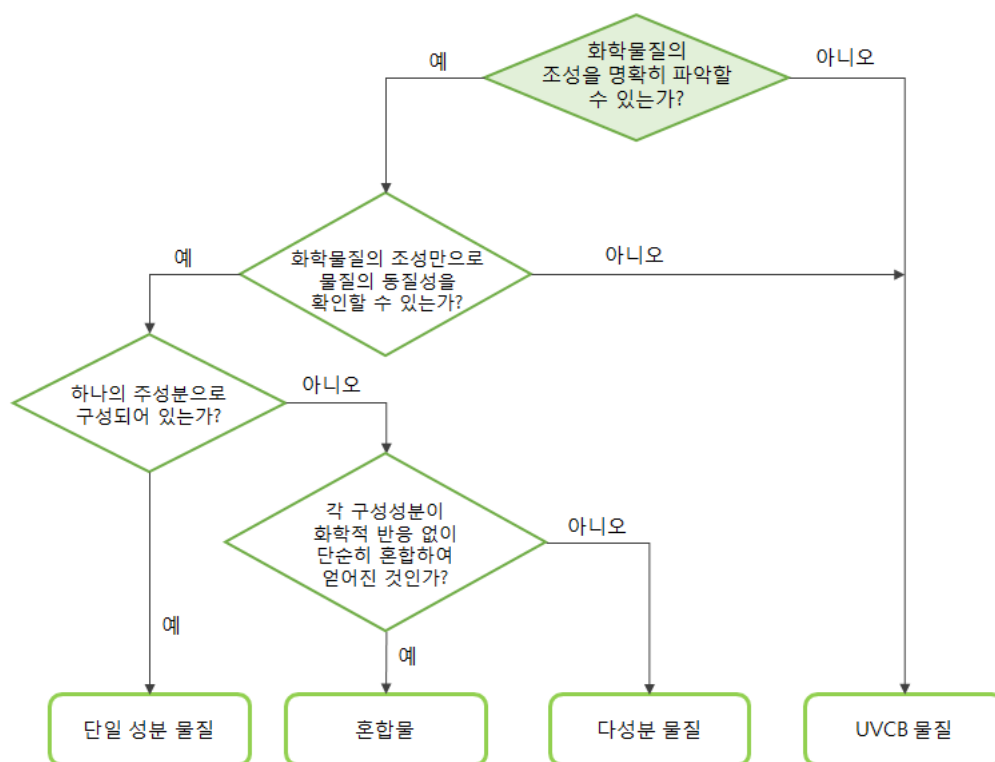
OECD는 UVCB 물질을 포함한 화학물질의 그룹화 지침에서 구성 데이터, 구성요소의 속성, read-across/QSAR을 사용한 데이터 갭 채우기, 시험을 통한 데이터 갭 채우기의 4단계로 수행하고 있는데 천연 복합 물질 및 복합 무기 UVCB 물질에 대한 지침이 나와 있다 (OECD, 2014). 또한, OECD는 위해성 평가에 유용한 olechemical 물질의 특성화에 대한 지침 (OECD, 2014)과 평가를 위한 탄화수소의 특성화 지침 (OECD, 2016)을 개발하여 제공하고 있다.

▪ 국내

유럽이나 미국에 비해 한국의 화학물질 규정 및 지침은 특히 위험 분류 영역에서 석유계 UVCB의 규제 관리에 대한 세부 사항이 부족하다. 위해성 분류는 물질명과 그 구성성분을 기반으로 하고 있으나, 석유계 UVCB 고유의 인벤토리 및 지원 가이드라인에 비해 국내 산업계에서 그 제조공정 및 실제 관리 절차에 대한 세부사항이 잘 알려져 있지 않고 체계적으로 존재하지 않아 석유계 UVCB를 식별하는데 한계가 있다.

환경부에서는 ECHA의 REACH를 기반으로 화학물질의 등록 및 평가 등의 관한 법률 (이하 화평법)에 따라 복합다성분 (UVCB)물질로 분류하며 단일 성분 물질, 다성분 물질, 혼합물, UVCB 물질의 4가지 유형으로 구분하여 하

나의 화학물질로 간주하여 함유된 개별성분이 아닌 화합물 자체로 등록을 위한 제도적 지원을 이행하고 있다.



[그림 I-4] 화학물질의 유형 확인 (환경부, 2020)

고용노동부에서는 고용노동부고시 제2020-130호에 따라 화학물질과 혼합물로 구별하고 있다. 화학물질은 원소와 원소와의 화학반응에 의하여 생성된 물질이며 혼합물은 두 가지 이상의 화학물질이 섞여있는 물질로 정의하고 있다. UVCB 물질에 대하여 따로 정하고 있지 않고 단일물질로 취급하고 있다.

2) 석유계 물질의 분석방법

탄화수소의 분석은 주로 가스크로마토그래피법이 사용되는데 GC, GC-MS, 2D-GC, TOF-MS 등을 이용한 다양한 분석법이 개발 발전되어 왔다. 본 연구에서는 분석에 참조하고자 GC와 GC-MS를 이용한 석유계 물질의 분석방법 등을 중심으로 문헌을 조사하였다.

Martines 등은 가솔린에서 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 크실렌 이성질체의 정량분석을 위하여 개선된 GC 방법을 제안하였다. 이 방법은 기존의 분할 인젝터를 통하여 GC 시스템에 가솔린을 직접 분사하는 방법의 미세한 분획의 증발로 인한 오류를 극복하기 위하여 부피 측정 대신 중량기반 시료 전처리를 적용한 결과 높은 정밀도와 정확성을 보여주었다 (Martines C et al., 1996).

Wang과 Fingas는 가솔린 중의 방향족을 정량 분석하기 위하여 시료를 첫 단계의 극성 컬럼으로 탄소수 10 이하의 포화분을 용출시킨 후 경로를 바꾸어 두 번째의 비극성 컬럼으로 방향족분을 분리시켜 각 방향족 성분을 정량 분석하였다 (Wang Z & Fingas M, 1997).

Mocsáry 등은 나프타 중의 탄화수소 이성질체의 식별을 개선하기 위하여 탄소수로 분리된 다른 파라핀 및 나프텐 성분을 하트컷 (heart-cut)하고 GC에 의해 오프라인으로 분석하는 방법을 활용하였다 (Mocsáry EN et al., 2000).

Punetha 등은 가솔린 중의 올레핀을 정량 분석하기 위하여 수소화 촉매로 완전히 수소화한 시료를 GC로 측정하고, 수소화하지 않은 시료의 크로마토그램과의 차이로부터 올레핀의 함량을 정량화하였다 (Punetha et al., 2002).

Shin은 헤드스페이스 GC-MS를 이용한 토양 중 MTBE, TBA, BTEX의 동시 측정방법을 개발하였는데 헤드스페이스의 온도를 80℃, 40분간 가열하고

보존 첨가제로 염화나트륨이 함유된 pH 3의 인산용액이 가장 효과적이라는 것을 발견하여 석유제품의 분석에도 적용할 수 있는 참고자료로 활용할 수 있었다 (Shin HS, 2012).

임영관 등은 제품 내 석유계 총 탄화수소 구간별 비율분석과 함께 BTEX (Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylene)의 함량 및 비율을 분석함으로써 보다 정확하게 유종을 구분할 수 있는 방법을 제안하였다 (임영관 등, 2017).

Grimm 등은 이온이동분광-질량분석기 (Ion mobility-MS; IMS-MS) 분석을 통하여 화학성분을 기반으로 석유계 UVCB 물질을 그룹화하였다. IMS-MS은 MS의 우수한 감도 및 구조분석 능력에 Ion Mobility의 새로운 분리 능력을 결합하여 동중원소 및 이성질체로 인한 간섭을 줄임으로써 분석시간을 단축하고 피크의 품질을 향상시킬 수 있었다 (Grimm FA et al., 2017).

단일 GC 시스템은 피크 가운데 동정 가능한 성분 개수에 제한이 있다. 이 문제를 극복하기 위하여 2D-GC (two dimensional-GC) 를 활용하여 보다 많은 성분을 동정하고 있는데 2D-GC법은 지방족, 방향족의 분석에 많이 활용되고 있다.

Prazen 등은 나프타 중의 방향족 및 나프텐 화합물의 정량 분석에 2D-GC를 적용하였는데 짧은 컬럼을 사용하고 운반기체의 속도를 높여 분석시간을 단축하였다 (Prazen BJ et al. 2001).

Beens 등은 두 번째 컬럼의 액상화, 첫 번째 컬럼의 온도프로그램 설정, 운반기체 유량을 조정하는 방법으로 2D-GC에 의한 측정조건을 최적화하였다 (Beens J & Brinkman AT, 2000).

2D-GC 분석법을 각종 석유 유분의 분석과 특정 성분 분석에 적용함으로

서 지금까지 단일컬럼으로는 얻을 수 없는 분리능으로 신속한 조성 해석에 있어 큰 진보를 가져왔다. 그러나 검출한계가 높은 제한점을 가지고 있으며 정량이 아직 확실하지 않은 단점이 있다.

Concawe는 현재 UVCB에 대한 물질별 접근 방식의 실질적 문제를 극복하기 위하여 전체 탄화수소 접근방식을 개발하고 있다. GC×GC FID는 블록을 수량화하는데 매우 효율적이지만 완전한 분석물 분리를 제공하지 않으며 GC×GC FID를 HR TOF MS (High Resolution Time of Flight Mass Spectrometry)에 결합하면, 특정 피크 및 블록 농도를 식별할 수 있어 유사성을 분석할 수 있다.

HR TOF MS는 기존 비행관 끝에 여러 개의 이온 반사경을 장착하여 전자 충격에 의해 생성된 이온들의 운동에너지 차이에 따라 비행거리를 다르게 하여 이온들의 분리능을 향상시켰다. MS는 EI (Electron ionization)은 이용하기가 매우 간단하고 용이하나 비선택적 이온화 과정에서 fragmentation되는 경향이 강하여, 휘발성이 높고 저분자 유기물질 (300 이하) 분석에 제한적이다. 휘발성이 낮고 고분자나 복합적인 성분의 석유계 유기물질은 TOF-MS로 분석하는 것이 효과적이다.

3) 석유계 물질의 분석사례

석유계 물질의 분석 및 MSDS 평가와 관련하여 보고된 국내 사례를 조사하였다.

백남원 등이 1995년 페인트 제조사 및 시너 사용 작업장의 시너 108종을 수집하여 GC 및 GC-MS로 분석한 결과 톨루엔, 크실렌, 에틸벤젠, 메틸이소부틸케톤, 셀루솔브아세테이트, 부틸셀로솔브, 부틸아세테이트, 아세톤, 노말헥산, 시클로헥산, 헵탄, 메틸사이클로헥산, 옥탄, 노난 등 다양한 구성성분을 함유하고 있었다. 시너는 적게는 한가지 성분에서 많게는 12가지 성분까지 평균 5~6종의 성분이 함유된 혼합물이었으며 8종에서는 벤젠이 검출되었다(백남원 등, 1998).

윤종국 등이 1998년 대구 및 울산 지방에서 복합 유기용제인 세정제 61종을 수거하여 GC-MS로 분석한 결과 대부분 탄화수소계가 이용되고 있었으며 트리클로로에틸렌 또는 트리클로로에탄 및 방향족 화학물질도 상당히 포함되어 있었다. 그러나, 발암물질인 벤젠, 트리클로로메탄, 사염화탄소를 0.1% 이상 함유하고 있는데도 MSDS에 기재하지 않는 경우가 5종이 있는 등 결과와 제조사 MSDS의 구성성분 및 함량과 상당한 차이가 있었다(윤종국 등, 1998).

송상환 등은 국내 주유소 내에서의 휘발성 유기화합물 노출에 관한 연구에서 가솔린 벌크 시료를 분석한 결과 MTBE (methyl-t-butyl ether)는 3~7.4%, 벤젠은 1.8~5%, 톨루엔은 3~12%, 에틸벤젠은 0.6~4%, 크실렌은 1.5~10% 정도 함유하고 있었으며 벤젠의 함유량이 증가할수록 공기 중 노출 농도가 증가한다고 보고하였다. (송상환 등, 2000)

이권섭 등은 국내 자동차제조업체의 도장공정에서 사용 중인 도료희석제 제품 70종과 MSDS를 수집하여 GC-MS로 분석한 결과와 비교한 결과 구성

성분의 일치율 및 함유량의 변화율을 확인한 결과 유해물질을 1% 이상 함유하고 있는 제품이 54종 (77.1%)이었으며 벤젠이 검출된 제품이 7종 (0.1%)이었다 (이권섭 등, 2003).

정지연 등은 우리나라 세탁소에서 사용하는 세탁용제 4종을 DHA-GC (Detailed hydrocarbon analyser)로 분석하여 180 여종의 탄화수소 물질을 분리하여 150 여종의 성분을 확인한 결과 탄화수소류 물질의 99.4% 이상이 C8~C12로 탄화수소 및 물리화학적 특성이 스토타드 솔벤트와 유사한 특성을 보여주었으며, 유해물질로 n-octane, xylene, n-nonane, trimethylbenzene, naphthalene 등을 함유하고 있었다고 보고하였다. (정지연 등 2003).

김유영 등은 2004년 부산·경남 지역에서 사용되고 있는 시너 41종을 수집하여 GC-MS로 분석한 결과 유해물질은 17종이었으며, 톨루엔, 크실렌, 아세톤, 헵탄, nonane, ethylene glycol monoethyl ether, cumene, MIBK, indene, trimethylbenzene 등이었다. 4개의 시너에서 벤젠이 0.25~1.18%, 27개의 시너에서 톨루엔이 5.35~64.16%, 22개의 시너에서 크실렌이 4.61~72.42% 함유되었다고 보고하였다. MSDS 작성실태 조사결과 29.27%만 비치하고 있었으며, 구성성분이 누락된 경우가 많이 있었으며 분석결과와 일치율은 평균 43.01%로 낮은 수준이었다 (김유영 등, 2006).

정경숙 등은 국내에서 사용되는 세척제의 취급실태를 조사한 연구에서 석유계 제품은 액화석유가스, 솔벤트나프타, 경질나프타, 수소처리된 경질나프타(석유), 중질나프타라고 보고하였다. 이 중 제조사의 MSDS에 벤젠이 함유되어 있지 않다고 표기한 세척제 5종을 분석한 결과 4종에서 벤젠이 검출되었으며 벤젠 함량은 각각 0.07, 0.17, 0.21, 0.93%로 한계농도를 초과하는 제품도 있었다 (정경숙 등, 2018).

최상준 등이 1974년에서 2012년까지 한국에서 사용된 석유제품의 벤젠 위험 가능성에 대하여 조사한 결과 벤젠 함량은 1997년 시너 56.7%, 2005년 인쇄제 30.1%, 2005년 자동차 유지보수 용제 8.96%, 2002년 휘발유 6.0% 순으로 높았다. 석유제품에 함유된 벤젠의 양은 감소하는 경향을 보였지만 벤젠의 함량이 0.1% 미만이라도 1 ppm 이상의 농도에 노출되는 것으로 나타나 MSDS에 벤젠의 존재를 명시할 것을 제안했다 (Choi S et al., 2019).

김동원 등은 윤활유 등 석유계 화학물질 함유제품의 헤드스페이스 분석 결과 30종 중 13종 (43.3%)에서 벤젠이 최대 11.82 ppm까지 검출되었으며 29종 (96.67%)에서 에틸벤젠이 최대 364.6 ppm까지 검출되었다고 보고하였다. 그리고 온도에 따른 석유 제품의 벤젠과 에틸벤젠 농도를 분석한 결과 온도가 상승할수록 검출되는 발암물질의 수 및 그 양이 증가함을 확인함으로써 석유계 화학물질을 사용하는 고온의 공정에서 발암물질 노출관리 방향을 제시하였다 (김동원, 2020).

2. 대상 유해물질 및 시료 선정

1) 대상 유해물질 선정 및 유해성 조사

산안법 상 유해물질 중 석유계 물질에서 유래한 것으로 판단되는 탄화수소 화합물은 1,3-부타디엔, 노말헥산, 벤젠, 시클로헥산, 시클로헥센, 헵탄, 톨루엔, 에틸벤젠, 크실렌, 스티렌, 브이엠 및 피 나프타, 스토다드 솔벤트 이었다. 모두 관리대상물질 및 노출기준 설정 대상물질이었으며 작업환경측정 대상 및 특수건강진단 대상 유해인자는 11종, 허용기준이하 유지대상 유해인자는 5종, 특별관리물질은 3종이었다 (표 III-3).

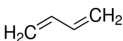
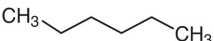
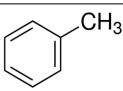
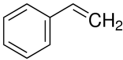
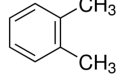
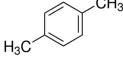
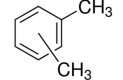
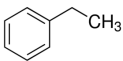
〈표 III-3〉 산안법상 유해인자 중 탄화수소 화합물

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

* 벤젠 0.1%이상 함유한 경우만 해당됨

각 유해물질의 분자량, 구조를 조사한 결과 모두 탄소와 수소로 이루어진 저분자 물질이었다 (표 III-4).

〈표 III-4〉 유해물질의 구조 및 특성

No.	물질명	CAS No.	화학식	구조식	분자량
1	1,3-부타디엔 (1,3-Butadiene)	106-99-0	$\text{CH}_2\text{CHCHCH}_2$		54.09
2	벤젠 (Benzene)	71-43-2	C_6H_6		78.11
3	시클로헥산 (Cyclohexane)	110-82-7	C_6H_{12}		84.16
4	시클로헥센 (Cyclohexene)	110-83-8	C_6H_{10}		82.15
5	노말헥산 (n-Hexane)	110-54-3	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$		86.18
6	톨루엔 (Toluene)	108-88-3	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$		92.14
7	헵탄 (n-Heptane)	142-82-5	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}_3$		100.21
8	스티렌 (Styrene)	100-42-5	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CHCH}_2$		104.14
9	o-크실렌 (o-Xylene)	95-47-6	$\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$		106.16
10	m-크실렌 (m-Xylene)	108-38-3	$\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$		106.16
11	p-크실렌 (p-Xylene)	106-42-3	$\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$		106.17
12	크실렌 (Xylene)	1330-20-7	$\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$		106.16
13	에틸벤젠 (Ethylbenzene)	100-41-4	$\text{C}_2\text{H}_5\text{C}_6\text{H}_5$		106.2
14	브이엠 및 피 나프타 (VM & P Naphtha)	8032-32-4	-	-	195.3
15	스토다드 솔벤트 (Stoddard solvent)	8052-41-3	-	-	144

각 유해물질의 물리적 특성을 조사한 결과 UVCB 물질인 브이엠 및 피 나프타와 스토다드 솔벤트를 제외한 단일성분물질은 모두 끓는점이 150℃ 미만이며 휘발성 기체 또는 액체이었다 (표 III-5).

〈표 III-5〉 유해물질의 물리적 특성

No.	물질명	CAS No.	증기압 (mmHg)	끓는점 (℃)	밀도
1	1,3-부타디엔	106-99-0	1,863 (21℃)	-4.4	0.65
2	벤젠	71-43-2	74.6 (20℃)	80.1	0.88
3	시클로헥산	110-82-7	168.8 (21℃)	80.7	0.78
4	시클로헥센	110-83-8	77 (25℃)	83	0.81
5	노말헥산	110-54-3	153 (25℃)	68.7	0.66
6	톨루엔	108-88-3	22 (20℃)	110.6	0.87
7	헵탄	142-82-5	46 (25℃)	98.4	0.68
8	에틸벤젠	100-41-4	9.6 (25℃)	136.1	0.87
9	o-크실렌	95-47-6	7 (20℃)	144.5	0.88
10	m-크실렌	108-38-3	7.6 (25℃)	139	0.86
11	p-크실렌	106-42-3	7.9 (25℃)	138	0.86
12	크실렌	1330-20-7	7.99 (25℃)	138	0.86
13	스티렌	100-42-5	6.2 (25℃)	145	0.91
14	브이엠 및 피 나프타	8032-32-4	100.9 (25℃)	25~80	0.73~0.76
15	스토다드 솔벤트	8052-41-3	1.5 (25℃)	130~230	0.78

이 중 1,3-부타디엔은 끓는점이 -4.4°C 로 상온, 상압에서 기체 상태로 존재하기 때문에 보통 액체상태로 유통되는 석유계 제품에 함유되어 있지 않을 것으로 판단되어 제외하였으며, 브이엠피 및 나프타와 스토타드 솔벤트는 UVCB 물질로 시료 내 함유 여부 및 함유량을 구할 수 없으므로 분석이 불가하여 대상에서 제외하였다. 또한, 스티렌은 문헌조사 결과, 고온에서 중합되어 고분자를 형성할 수 있으므로 정확한 분석을 위해 분석 대상에서 제외하였다 (Khuong KS et al., 2005). 크실렌의 경우 이성질체를 모두 포함하여 총 10종의 물질을 선정하였다. 화학물질의 분류·표시 및 물질안전보건자료에 관한 기준 제11조 9항에 따라 혼합물의 경우 함유된 화학물질 중 유해물질의 함유량이 한계농도 미만인 경우 정보를 기재하지 아니할 수 있다. 한계농도 기준은 사용한 표준물질의 MSDS에 기재된 유해성·위험성 분류를 토대로 기재하였다 (표 III-6).

〈표 III-6〉 대상 유해물질의 노출기준 및 유해성·위험성 분류

No.	물질명	CAS No.	노출기준 (ppm)		CMR	한계농도 (%)
			TWA	STEL		
1	벤젠	71-43-2	0.5	2.5	발암성 1A, 생식세포 변이원성 1B, Skin	0.1
2	시클로헥산	110-82-7	200	-	-	1.0
3	시클로헥센	110-83-8	300	-	-	1.0
4	노말헥산	110-54-3	50	-	생식독성 2, Skin	0.1
5	헵탄	142-82-5	400	500	-	1.0
6	톨루엔	108-88-3	50	150	생식독성 2	0.1
7	m-크실렌	108-38-3	100	150	-	1.0
8	p-크실렌	106-42-3	100	150	-	1.0
9	o-크실렌	95-47-6	100	150	-	1.0
10	에틸벤젠	100-41-4	100	125	발암성 2	0.1

※ TWA (Time Weighted Average concentration, 시간가중평균노출기준)

STEL (Shor-term Exposure Limit, 단시간노출기준)

분석대상으로 선정된 유해물질의 특성, 인체 유해성, 동물시험, 유해성·위험성 분류 등을 각종 MSDS 정보 사이트 및 독성 DB 사이트 (KOSHA MSDS, 환경부, 식약처, ECHA, NLM Pubchem 등)를 조사하였다.

벤젠 (Benzene)은 무색의 투명한 액체로 휘발유와 비슷한 냄새가 난다. 분자량은 78.11, 끓는점은 80.1℃, 밀도는 0.879로 공기 중으로 쉽게 증발되며 물에 잘 섞이지 않고 불에 잘 붙는 인화성 물질이다. 벤젠은 주로 고분자, 세제, 농약, 염료, 플라스틱, 수지 등 다른 종류의 새로운 화학물질을 합성하는데 사용되며, 왁스, 수지, 오일, 천연고무의 용제로도 많이 사용된다. 환경부의 2018년도 유통량 조사에 의하면 국내에서 연간 제조량 10,435만톤, 수입량 215만톤, 수출량 2,478만톤으로 나타났다. 벤젠이 호흡기를 통해 노출되면 졸음, 현기증, 빠른 심박수, 두통, 떨림, 혼란, 무의식 상태가 나타날 수 있다. 주요 표적장기는 조혈기능 골수에 유해한 영향을 끼치며, 적혈구가 감소하여 빈혈로 이어질 수 있다. 벤젠은 면역 체계에 영향을 주어 감염 기회를 증가시키고 장기간 노출되면 백혈병이 발생할 수 있다. 동물실험모델에서 토끼에 경피 투여 시 반수치사량 (Lethal Dose 50%, LD₅₀)은 >8,260 mg/kg이고, 랫드에 흡입노출 시 반수치사량 (Lethal Concentration 50%, LC₅₀)은 10,000 ppm (7시간)이었다. 특정표적장기 독성시험에서 1회 노출시 호흡기, 중추신경계, 조혈계에 영향을 주었으며, 반복노출시 혈관계에 유해한 영향을 관찰할 수 있었다. 벤젠의 유해성·위험성 분류는 고용노동부에서 발암성 구분 1A, 생식세포변이원성 구분 1B, 특정표적장기독성 구분 1로 분류되어 있으며 IARC Group 1로 인체에 발암성이 확인된 물질로 분류되어 있다.

시클로헥산 (Cyclohexane)은 무색의 액체로 클로로포름 또는 벤젠과 비슷한 냄새가 난다. 분자량은 84.16, 끓는점은 80.7℃, 밀도는 0.779로 휘발성이 높은 인화성 물질이다. 주로 나일론 제조 원료인 카프로락탐 제조에 사용되어지고 일부는 용제로도 쓰인다. 시클로헥산은 중추신경계 진정제로서

작용하며 두통, 현기증, 마취를 일으키고 높은 노출 수준에서는 죽음에 이르게 한다. 눈, 피부, 호흡기 계통의 자극이 일어난다. 시클로헥산이 경구 및 흡입 경로를 통해 인체에 노출될 수 있지만, 피부를 통한 노출의 증거는 충분치 않다. 동물실험모델에서 토끼에 경피 투여 시 LD_{50} 은 $>2,000$ mg/kg이고, 랫드에 흡입노출 시 LC_{50} 은 5,540 ppm (4시간)이었다. 시클로헥산은 IARC 발암물질 분류에는 포함되어 있지 않다.

시클로헥센 (Cyclohexene)은 달콤한 향이 나는 무색의 인화성 액체이다. 분자량은 82.15, 끓는점은 83°C , 밀도는 0.811로 휘발성이 높은 인화성 물질이다. 알킬화제, 용제 촉매, 옥탄가가 높은 휘발유에 대한 안정제, 시클로헥산올과 시클로헥센옥시드, 특정 용매의 생산의 중간체로 사용된다. 동물실험모델에서 기니아픽에 경피투여 시 LD_{50} 은 >20 mg/kg이었고 발암성, 생식독성, 생식세포변이원성은 확인되지 않았다.

노말헥산 (n-Hexane)은 무색의 투명한 액체로 가솔린과 비슷한 냄새를 가지고 있다. 분자량은 86.18, 끓는점은 68.7°C , 밀도는 0.659로 휘발성 높은 인화성 물질이다. 주로 석유화학계 기초 화합물 제조, 자동차, 금속, 가구, 신발 제조업 중 세척제, 의약품 및 의료용품, 인쇄, 섬유, 접착제 용매 등 다양한 용도로 사용되고 있다. 노말헥산은 점막, 피부, 눈으로 흡수되어 전신 영향을 일으킬 수 있으며 흡입할 경우 심장박동이 불규칙해지고 두통, 현기증, 폐부종이 발생할 수 있다. 동물실험모델에서 노말헥산을 경피투여했을 때 LD_{50} 은 토끼에서 $>3,350$ mg/kg이고, 흡입노출 시 LC_{50} 은 랫드에서 259.354 mg/L (4시간)으로 나타났다. 특정표적장기 독성시험에서 표적장기는 중추신경 및 신경계이다. IARC 발암물질 분류에는 포함되어 있지 않다.

톨루엔 (Toluene)은 달콤한 벤젠 향을 가지는 맑은 무색의 액체로 물에는 잘 녹지 않지만 유기용매에는 잘 녹는다. 분자량은 92.14, 끓는점은 110°C .

6℃, 밀도는 0.867로 공기 중에 쉽게 증발하며 불에도 잘 붙는 인화성 물질이다. 주로 여러 가지 기초 화학물질의 원료나 새로운 화학물질을 합성하는데 사용된다. 유성페인트, 인쇄용 잉크, 접착제, 자동차, 고무 및 플라스틱 제품을 제조할 때 공기 중으로 배출된다. 환경부의 2018년 유통량 조사에 의하면 톨루엔은 연간 제조량 5,303만톤, 수입량 909만톤, 수출량 855만톤으로 나타났다. 톨루엔은 호흡기 및 피부를 통해 흡수될 수 있으며, 일반적으로 쉽게 분해된다. 공기 중의 톨루엔 노출 후에 중추신경계 손상이 가장 의심되며 어지러움, 혼동, 기억력상실, 술에 취한 행동, 오심, 식욕부진 같은 증상이 나타난다. 고농도로 노출되었을 때는 의식 상실, 혼수, 영구적 뇌 손상과 사망까지 이를 수 있다. 동물실험모델에서 토끼에 경피 투여 시 LD₅₀은 >5,000 mg/kg이고, 랫드에 흡입노출 시 LC₅₀은 20 mg/L (4시간)로 나타났으며, 랫드를 이용한 생식독성시험 결과 2,000 ppm에서 정자수 및 부고환 감소가 관찰되었다. 톨루엔의 유해성·위험성 분류는 고용노동부에서 발암성 구분 2,로 분류되어 있으며 IARC Group 3으로 인체에 발암성을 일으키는 것으로 분류하기 어려운 물질로 분류되어 있다.

헵탄 (n-Heptane)은 무색의 액체로 휘발유와 같은 냄새가 난다. 분자량은 100.21, 끓는점은 98.4℃, 밀도는 0.684인 인화성 액체이다. 주로 옥탄 등급의 판정, 마취제, 용매, 유기 합성, 실험용 시약, 휘발유 엔진의 테스트 등에 사용된다. 헵탄 과다 노출의 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. 동물실험모델에서 토끼에 경피 투여 시 LD₅₀은 >2,000 mg/kg이고, 랫드에 흡입노출 시 LC₅₀은 103 mg/m³ (4시간)이었다. 랫드에 대한 반복 노출 실험을 시행한 결과 체중 감소가 관찰되었으나, 발암성, 생식독성, 생식세포변이원성은 확인되지 않았다.

에틸벤젠 (Ethylbenzene)은 무색의 액체로 방향족 냄새가 난다. 분자량은 106.2, 끓는점은 136.1℃, 밀도는 0.87이었다. 주로 스티렌 생산에서 중간체, 자동차 및 항공 연료용 부품, 수제 용제로 사용된다. 에틸벤젠은 환경부의 2018년도 유통량 조사에 의하면 연간 제조량 2,537만톤으로 나타났다. 동물실험모델에서 토끼에 경피 투여 시 LD₅₀은 >20,000 mg/kg이고, 랫드에 흡입노출 시 LC₅₀은 4,000 ppm (4시간)로 나타났으며, 생식 발생 독성, 눈/피부 자극성, 신경독성, 발암성이 관찰되었다. 에틸벤젠은 유해성·위험성 분류결과 고용노동부에서 발암성 구분 2로 분류되어 있으며 IARC 발암물질 분류에서 인체 발암 가능 물질로 분류되어 있다 (Group 2B).

크실렌 (Xylene)은 무색의 투명한 액체로 달콤한 냄새가 난다. 분자량은 106.16, 끓는점은 138℃, 밀도는 0.86이었다. 크실렌 혼합물은 석유 제품에서 용매로 사용되는 중요한 상업적 화학물질이며, 많은 페인트 제품에 존재한다. 크실렌은 환경부의 2018년도 유통량 조사에 의하면 연간 제조량 14,849만톤, 수입량 1,351만톤, 수출량 9,081만톤으로 나타났다. 크실렌은 피부, 눈, 코 및 인후부를 자극하며 높은 농도의 크실렌을 호흡하는 사람은 신경계에 영향이 있었다. 크실렌은 o-크실렌, m-크실렌, p-크실렌의 3종의 이성질체가 있는데 연구에 따르면 독성 위험은 o-, m-, p- 크실렌 또는 세 가지 화학 물질의 혼합물에 대해 동일하였다. 동물실험모델에서 랫드에 흡입노출 시 LC₅₀은 5,922 ppm (4시간)이었다. 고농도 노출 시 폐, 간, 신장 장애가 관찰되었다. IARC 발암물질 분류에서 인체발암 분류 불가 물질로 분류되어 있다 (Group 3).

2) 대상 시료 선정

대상 유해물질의 끓는점이 모두 150℃ 이하이므로, 대상시료는 국내에서 유통되고 있는 석유계 물질 함유제품을 수거하여 상온·상압에서 액체상태인 21종의 석유계 UVCB 물질 시료를 선정하였다. 시료는 용도별로 분류한 결과 신너류 12종, 용제 및 추출제 10종, 연료 및 첨가제 7종, 세정 및 세척제 5종, 윤활유 2종, 기타 방청유, 소포제 등이었다 (표 III-7).

〈표 III-7〉 대상 선정 시료 목록

시료 번호	제품명	용도	물질 분류
1	FCC Naphtha (LLCN)	가솔린 제품의 중간 제품	UVCB
2	C5/C6 Naphtha	석유화학 제품의 원료, 용제, 비료원료 등	UVCB
3	무연휘발유 (UG)	자동차 및 농업기계 등의 연료유, 고무 접착제용 용매, 세정제	UVCB
4	일반용제1호 (HD-250)	산업용 용제	UVCB
5	휘발유 (Regular gasoline)	엔진연료	UVCB
6	Gasoline	연료	UVCB
7	LSR naphtha	석유 화학 연료	UVCB
8	스타에코에나멜신나	도료 희석용 및 세척용	UVCB
9	T-9048 (우레토탕하절)	희석제	UVCB
10	라바	산업용 용제	UVCB
11	소부	산업용 용제	UVCB
12	NEOZOL HC-40	전자부품 세정(Metal Mask 세정)	UVCB
13	BN T-090 (PCM 공용신나)	PCM 도료용 공용 신나	UVCB
14	Superwash100TS	오팀인쇄용 세척제	UVCB
15	Thermo55	탈취제	UVCB
16	WD-40 (윤활방청제)	금속(철) 녹방지, 금속 마찰면 윤활성 부여	UVCB
17	PPC200	세척제	UVCB
18	HANSHIN NXL 3000	컴프레셔 오일	UVCB
19	TL-68 (BESTIND)	기계유, 다목적유	UVCB
20	Surfynol DF-220 deformer	소포제	UVCB
21	Stoddard solvent	시약	UVCB

ECHA 석유 카테고리 분류에 따른 UVCB 종류는 총 14종으로 저비점나프타류 9종, 등유류 2종, 윤활유류 2종, 파라핀 왁스류 1종이었다 (표 III-8).

〈표 III-8〉 시료 중 석유계 UVCB 물질의 분류 및 특성

No.	물질명	CAS 번호	카테고리 분류 (ECHA)	탄소수 범위	끓는점 범위
1	경질나프타	64741-46-4	Low Boiling Point Naphthas	C4~C10	-20~180
2	경질 알킬화 나프타	64741-66-8	Low Boiling Point Naphthas	C7~C10	90~160
3	수소처리된 중질 나프타	64742-48-9	Low Boiling Point Naphthas	C6~C13	65~230
4	중질나프타	64741-41-9	Low Boiling Point Naphthas	C6~C12	65~230
5	가솔린	8006-61-9	Low Boiling Point Naphthas	C4~C8	20~120
6	가솔린 (gasoline)	86290-81-5	Low Boiling Point Naphthas	≥C3	30~260
7	스토다드 용제	8052-41-3	Low Boiling Point Naphthas	-	148.8~204
8	솔벤트나프타(석유), 경질지방족화합물	64742-89-8	Low Boiling Point Naphthas	C5~C10	35~160
9	솔벤트나프타(석유), 경질 방향족화합물	64742-95-6	Low Boiling Point Naphthas	C8~C10	135~210
10	솔벤트나프타(석유), 중질 방향족화합물	64742-94-5	Kerosines	C9~C16	165~290
11	수소처리된 경질 정제유	64742-47-8	Kerosines	C9~C16	150~290
12	수소처리된 중질 파라핀 정제유	64742-54-7	Other Lubricant Base Oils	C20~C50	-
13	솔벤트-탈락스된 중질 파라핀 정제유	64742-65-0	Other Lubricant Base Oils	C20~C50	-
14	고형 파라핀 흙	8002-74-2	Paraffin and Hydrocarbon waxes	≥C20	-

3. 분석결과

1) 분석결과 개요

전체 21종의 석유계 UVCB 물질 함유 시료 중 MSDS 적정성 평가 결과 각 유해물질 성분별 함유 비율을 나타내고, 함유한 성분이 MSDS에 구성성분으로 기재되었는지와 함유량이 정확히 기재되었는지 비율로 나타내었다 (표 III-9).

〈표 III-9〉 유해물질 성분별 함유비율과 MSDS 기재 일치율

분석성분	성분 함유 (비율, %)	MSDS 성분기재 (일치율, %)	MSDS 함량기재 (일치율, %)
노말헥산 [110-54-3]	8 (38.1%)	1 (12.5%)	0 (0%)
벤젠 [71-43-2]	8 (38.1%)	6 (75.0%)	3 (37.5%)
시클로헥산 [110-82-7]	7 (33.3%)	0 (0%)	0 (0%)
시클로헥센 [110-83-8]	-	-	-
헵탄 [142-82-5]	9 (42.9%)	1 (11.1%)	0 (0%)
톨루엔 [108-88-3]	11 (52.4%)	7 (63.6%)	5 (45.5%)
에틸벤젠 [100-41-4]	8 (38.1%)	2 (62.0%)	2 (25.0%)
m-크실렌 [108-38-3]	8 (38.1%)	5 (12.5%)	5 (62.5%)
p-크실렌 [106-42-3]	8 (38.1%)	5 (0%)	5 (62.5%)
o-크실렌 [95-47-6]	8 (38.1%)	5 (0%)	5 (62.5%)

전체 21종의 UVCB 물질 함유 시료 중 산안법상 대상 유해물질을 함유하고 있는 시료는 14종이었으며, 모두 가솔린 및 나프타 계열의 UVCB 물질 함유 제품이었다. 나프타류는 15종 중 14종에서 대상 유해물질이 함유되었으며, 관리대상물질 함유 제품이 13종, 특별관리물질 함유제품이 13종이었다. 등유류, 윤활유류, 왁스류는 대상 유해물질을 함유하고 있지 않았다 (표 III-10).

〈표 III-10〉 시료 분류별 대상 유해물질 함유 (비율)

분류	시료수	측정대상물질 함유(비율)	관리대상물질 함유(비율)	특별관리물질 함유(비율)
전체	21	14 (66.7%)	13 (61.9%)	13 (61.9%)
Low Boiling Point Naphthas (나프타)	15	14 (93.3%)	13 (86.7%)	13 (86.7%)
Kerosines (등유)	4	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Other Lubricant Base Oils (윤활유)	2	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Paraffin and Hydrocarbon waxes (왁스)	1	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)

2) 개별 시료 분석결과

각 시료별 MSDS에 기재된 구성성분 및 분석결과는 다음과 같았다.

〈표 III-11〉 MSDS에 기재된 구성성분 및 분석결과 (S1)

1. MSDS 기재 구성성분

시료번호	용도	물질명	CAS 번호	함유량 (%)
S1	기솔린제품의 중간제품	가솔린(Gasoline)	86290-81-5	100.0 미만
		벤젠(Benzene)	71-43-2	0.1~1.2 이하

2. 분석결과

구성성분	원액농도 (mg/mL)	함유량 계산 (wt%)	최종 함유량 (wt%)	LOD (wt%)	
				회귀식	최저농도 RSD
노말헥산 [110-54-3]	14.05	2.372	2.372	0.1537	0.0104
벤젠 [71-43-2]	13.44	2.269	2.269	0.0717	0.0102
시클로헥산 [110-82-7]	0.55	0.093	N.D.	0.1512	0.0118
시클로헥센 [110-83-8]	0.69	0.116	N.D.	0.2001	0.0113
헵탄 [142-82-5]	-	-	-	0.2048	0.0093
톨루엔 [108-88-3]	-	-	-	0.1753	0.0111
에틸벤젠 [100-41-4]	-	-	-	0.2939	0.0086
m-크실렌 [108-38-3]	-	-	-	0.3148	0.0075
p-크실렌 [106-42-3]	-	-	-	0.1755	0.0086
o-크실렌 [95-47-6]	-	-	-	0.3199	0.0075

※ 밀도 (g/mL=mg/uL) : 0.59228, N.D. : None Detection

S1은 가솔린 중간제품으로서 UVCB 물질이다. MSDS에는 주성분이 가솔린 100% 미만이며 벤젠의 함유량이 0.1~1.2% 이었으나, 분석결과 벤젠이 2.269% 정도 함유되어 있어 차이를 보였으며, 기재되지 않은 성분인 노말헥산을 2.372% 함유하고 있었다 (표 III-11).

〈표 III-12〉 MSDS에 기재된 구성성분 및 분석결과 (S2)

1. MSDS 기재 구성성분

시료번호	용도	물질명	CAS 번호	함유량 (%)
S2	석유화학 제품의 원료, 용제, 비료원료 등	Light Naphtha	64741-46-4	58~65
		Benzene	71-43-2	0.5~1.5
		Toluene	108-88-3	0.1~1.2
		n-Hexane	110-54-3	35~40

2. 분석결과

구성성분	원액농도 (mg/mL)	함유량 계산 (wt%)	최종 함유량 (wt%)	LOD (wt%)	
				회귀식	최저농도 RSD
노말헥산 [110-54-3]	124.11	19.149	19.149	0.1405	0.0095
벤젠 [71-43-2]	14.72	2.271	2.271	0.0656	0.0093
시클로헥산 [110-82-7]	19.75	3.048	3.048	0.1382	0.0108
시클로헥센 [110-83-8]	0.69	0.107	N.D.	0.1829	0.0103
헵탄 [142-82-5]	32.06	4.946	4.946	0.1872	0.0085
톨루엔 [108-88-3]	4.91	0.757	0.757	0.1602	0.0101
에틸벤젠 [100-41-4]	-	-	-	0.2686	0.0078
m-크실렌 [108-38-3]	-	-	-	0.2877	0.0069
p-크실렌 [106-42-3]	-	-	-	0.1604	0.0079
o-크실렌 [95-47-6]	-	-	-	0.2923	0.0069

※ 밀도 (g/mL=mg/uL) : 0.64811, N.D. : None Detection

S2는 석유화학 제품의 원료, 용제, 비료원료 등으로 사용되는 나프타계 UVCB 물질이다. MSDS에는 주성분이 경질나프타 58~65%, 노말헥산 35~45%, 벤젠 0.5~1.5%, 톨루엔 0.1~1.2%로 기재되었으나, 분석결과 노말헥산 18.933%, 벤젠 2.195%, 시클로헥산 3.048%, 헵탄 4.946%, 톨루엔 0.757%를 함유하고 있었다 (표 III-12).

〈표 III-13〉 MSDS에 기재된 구성성분 및 분석결과 (S3)

1. MSDS 기재 구성성분

시료번호	용도	물질명	CAS 번호	함유량 (%)
S3	석유화학 제품의 원료, 용제, 비료원료 등	가솔린(Gasoline)	86290-81-5	90±3
		t-Butyl methyl ether	1634-04-4	10±3
		Xylene	1330-20-7	< 5
		Toluene	108-88-3	< 3
		Benzene	71-43-2	< 0.7

2. 분석결과

구성성분	원액농도 (mg/mL)	함유량 계산 (wt%)	최종 함유량 (wt%)	LOD (wt%)	
				회귀식	최저농도 RSD
노말헥산 [110-54-3]	17.13	2.550	2.550	0.1355	0.0091
벤젠 [71-43-2]	3.47	0.517	0.517	0.0633	0.0090
시클로헥산 [110-82-7]	4.45	0.662	0.662	0.1333	0.0104
시클로헥센 [110-83-8]	0.95	0.142	N.D.	0.1765	0.0100
헵탄 [142-82-5]	8.30	1.236	1.236	0.1806	0.0082
톨루엔 [108-88-3]	10.07	1.499	1.499	0.1546	0.0098
에틸벤젠 [100-41-4]	3.95	0.588	0.588	0.2592	0.0076
m-크실렌 [108-38-3]	24.26	3.612	3.612	0.2776	0.0066
p-크실렌 [106-42-3]	3.42	0.510	0.510	0.1548	0.0076
o-크실렌 [95-47-6]	3.97	0.592	0.592	0.2821	0.0066

※ 밀도 (g/mL=mg/uL) : 0.67163, N.D. : None Detection

S3은 자동차 및 농업기계 등의 연료유, 고무 접착제용 용매, 세정제 등으로 사용되는 UVCB 물질이다. MSDS에는 가솔린 90±3%, t-부틸메틸에테르 (t-Butyl methyl ether, CAS No. 1634-04-04) 10±3%, 크실렌 5% 미만, 톨루엔 3% 미만, 벤젠 0.7% 미만으로 기재되었으나, 분석결과 노말헥산 2.55%, 벤젠 0.517%, 시클로헥산 0.663%, 헵탄 1.236%, 톨루엔 1.499%, 에틸벤젠 0.587%, m-크실렌 1.065%, p-크실렌 0.511%, o-크실렌 0.592%를 함유하고 있었다 (표 III-13).

〈표 III-14〉 MSDS에 기재된 구성성분 및 분석결과 (S4)

1. MSDS 기재 구성성분

시료번호	용도	물질명	CAS 번호	함유량 (%)
S4	산업용 용제	Naphtha(petroleum), light straight-run	64741-46-4	≥ 92
		Toluene	108-88-3	< 5
		Xylene	1330-20-7	< 2
		Benzene	71-43-2	< 1

2. 분석결과

구성성분	원액농도 (mg/mL)	함유량 계산 (wt%)	최종 함유량 (wt%)	LOD (wt%)	
				회귀식	최저농도 RSD
노말헥산 [110-54-3]	94.76	14.479	14.479	0.1391	0.0094
벤젠 [71-43-2]	6.00	0.917	0.917	0.0649	0.0092
시클로헥산 [110-82-7]	12.90	1.971	1.971	0.1368	0.0107
시클로헥센 [110-83-8]	-	-	-	0.1811	0.0102
헵탄 [142-82-5]	55.90	8.540	8.540	0.1853	0.0084
톨루엔 [108-88-3]	10.82	1.653	1.653	0.1586	0.0100
에틸벤젠 [100-41-4]	1.79	0.273	0.273	0.2660	0.0078
m-크실렌 [108-38-3]	2.67	0.408	0.408	0.2849	0.0068
p-크실렌 [106-42-3]	1.39	0.212	0.212	0.1588	0.0078
o-크실렌 [95-47-6]	1.75	0.267	N.D.	0.2895	0.0068

※ 밀도 (g/mL=mg/uL) : 0.65449, N.D. : None Detection

S4는 산업용 용제로 사용되는 나프타계 UVCB 물질이다. MSDS에는 경질 나프타 92% 이상, 톨루엔 3% 미만, 크실렌 2% 미만, 벤젠 0.7% 미만으로 기재되었으나, 분석결과 노말헥산 14.663%, 벤젠 0.917%, 시클로헥산 1.971%, 헵탄 8.535%, 톨루엔 1.653%, 에틸벤젠 0.273%, m-크실렌 0.408%, p-크실렌 0.212%를 함유하고 있었다 (표 III-14).

〈표 III-15〉 MSDS에 기재된 구성성분 및 분석결과 (S5)

1. MSDS 기재 구성성분

시료번호	용도	물질명	CAS 번호	함유량 (%)
S5	엔진연료	Ethylbenzene	100-41-4	0.5~1.2
		2-Methylpentane	107-83-5	3.0~7.0
		Toluene	108-88-3	3.0~7.0
		Pentane	109-66-0	1.0~4.0
		n-Hexane	110-54-3	1.0~4.0
		Xylene	1330-20-7	2.0~6.0
		n-Heptane	142-82-5	1.0~3.0
		1,2,3-Trimethyl benzene	526-73-8	3.0~7.0
		2-Methylhexane	591-76-4	1.0~5.0
		Benzene	71-43-2	0.7이하
		Light Gasoline	8006-61-9	100

2. 분석결과

구성성분	원액농도 (mg/mL)	함유량 계산 (wt%)	최종 함유량 (wt%)	LOD (wt%)	
				회귀식	최저농도 RSD
노말헥산 [110-54-3]	0.51	0.063	N.D.	0.1134	0.0076
벤젠 [71-43-2]	0.18	0.022	N.D.	0.0529	0.0075
시클로헥산 [110-82-7]	0.53	0.066	N.D.	0.1115	0.0087
시클로헥센 [110-83-8]	-	-	-	0.1477	0.0083
헵탄 [142-82-5]	0.65	0.081	N.D.	0.1511	0.0068
톨루엔 [108-88-3]	0.61	0.076	N.D.	0.1293	0.0082
에틸벤젠 [100-41-4]	0.94	0.118	N.D.	0.2169	0.0063
m-크실렌 [108-38-3]	1.10	0.137	N.D.	0.2323	0.0055
p-크실렌 [106-42-3]	0.79	0.098	N.D.	0.1295	0.0064
o-크실렌 [95-47-6]	1.17	0.145	N.D.	0.2360	0.0056

※ 밀도 (g/mL=mg/uL) : 0.80278, N.D. : None Detection

S5는 엔진연료로 사용되는 UVCB 물질이다. MSDS에는 가솔린이 주성분이며 기타 성분을 소량 함유하고 있다고 기재되었으나, 분석결과 유해물질은 함유하고 있지 않았다 (표 III-15).

〈표 III-16〉 MSDS에 기재된 구성성분 및 분석결과 (S6)

1. MSDS 기재 구성성분

시료번호	용도	물질명	CAS 번호	함유량 (%)
S6	연료	Gasoline(휘발유)	86290-81-5	100
		Toluene	108-88-3	0~5
		Xylene	1330-20-7	0~5
		Pentane	109-66-0	0~4
		2-Methylpentane	107-83-5	0~2
		Ethylbenzene	100-41-4	0~2
		n-Heptane	142-82-5	0~1
		n-Hexane	110-54-3	0~1
		Benzene	71-43-2	0~0.4
		Hexahydrobenzene	110-82-7	0~0.2

2. 분석결과

구성성분	원액농도 (mg/mL)	함유량 계산 (wt%)	최종 함유량 (wt%)	LOD (wt%)	
				회귀식	최저농도 RSD
노말헥산 [110-54-3]	32.55	4.513	4.513	0.1262	0.0085
벤젠 [71-43-2]	3.97	0.551	0.551	0.0589	0.0083
시클로헥산 [110-82-7]	23.40	3.244	3.244	0.1242	0.0097
시클로헥센 [110-83-8]	0.89	0.124	N.D.	0.1643	0.0093
헵탄 [142-82-5]	12.39	1.718	1.718	0.1682	0.0076
톨루엔 [108-88-3]	11.55	1.601	1.601	0.1440	0.0091
에틸벤젠 [100-41-4]	2.14	0.296	0.296	0.2414	0.0070
m-크실렌 [108-38-3]	4.27	0.592	0.592	0.2585	0.0062
p-크실렌 [106-42-3]	2.29	0.317	0.317	0.1441	0.0071
o-크실렌 [95-47-6]	4.81	0.667	0.667	0.2627	0.0062

※ 밀도 (g/mL=mg/uL) : 0.72122, N.D. : None Detection

S6은 연료로 사용되는 UVCB 물질이다. MSDS에는 가솔린이 주성분이며 기타 성분을 소량 함유하고 있다고 기재되었으나, 분석결과 노말헥산 4.513%, 벤젠 0.551%, 시클로헥산 3.244%, 헵탄 1.718%, 톨루엔 1.601%, 에틸벤젠 0.296%, m-크실렌 0.592%, p-크실렌 0.317%, o-크실렌 0.667%를 함유하고 있었다 (표 III-16).

〈표 III-17〉 MSDS에 기재된 구성성분 및 분석결과 (S7)

1. MSDS 기재 구성성분

시료번호	용도	물질명	CAS 번호	함유량 (%)
S7	석유화학연료	경질 나프타 (Light straight-run naphtha)	64741-46-4	97~99.6
		벤젠	71-43-2	0.4~3

2. 분석결과

구성성분	원액농도 (mg/mL)	함유량 계산 (wt%)	최종 함유량 (wt%)	LOD (wt%)	
				회귀식	최저농도 RSD
노말헥산 [110-54-3]	140.04	20.117	20.117	0.1308	0.0088
벤젠 [71-43-2]	13.54	1.944	1.944	0.0610	0.0086
시클로헥산 [110-82-7]	31.40	4.511	4.511	0.1286	0.0100
시클로헥센 [110-83-8]	0.83	0.119	N.D.	0.1703	0.0096
헵탄 [142-82-5]	33.78	4.853	4.853	0.1743	0.0079
톨루엔 [108-88-3]	10.64	1.529	1.529	0.1492	0.0094
에틸벤젠 [100-41-4]	1.03	0.148	N.D.	0.2501	0.0073
m-크실렌 [108-38-3]	1.17	0.168	N.D.	0.2678	0.0064
p-크실렌 [106-42-3]	0.82	0.118	N.D.	0.1493	0.0074
o-크실렌 [95-47-6]	1.08	0.156	N.D.	0.2722	0.0064

※ 밀도 (g/mL=mg/uL) : 0.69611, N.D. : None Detection

S7은 석유화학연료로 사용되는 UVCB 물질이다. MSDS에는 경질나프타가 주성분이며 벤젠을 0.4~3% 함유하고 있다고 기재되었으나, 분석결과 노말헥산 20.117%, 벤젠 1.944%, 시클로헥산 4.511%, 헵탄 13.058%, 톨루엔 1.529%를 함유하고 있었다 (표 III-17).

〈표 III-18〉 MSDS에 기재된 구성성분 및 분석결과 (S8)

1. MSDS 기재 구성성분

시료번호	용도	물질명	CAS 번호	함유량 (%)
S8	도료희석용 및 세척용	중질 나프타(Heavy straight-run naphtha)	64741-41-9	85~95
		자일렌	1330-20-7	1~5

2. 분석결과

구성성분	원액농도 (mg/mL)	함유량 계산 (wt%)	최종 함유량 (wt%)	LOD (wt%)	
				회귀식	최저농도 RSD
노말헥산 [110-54-3]	3.86	0.554	0.554	0.1308	0.0088
벤젠 [71-43-2]	0.87	0.125	0.125	0.0610	0.0086
시클로헥산 [110-82-7]	4.97	0.715	0.715	0.1286	0.0100
시클로헥센 [110-83-8]	-	-	-	0.1703	0.0096
헵탄 [142-82-5]	64.85	9.316	9.316	0.1743	0.0079
톨루엔 [108-88-3]	16.04	2.304	2.304	0.1492	0.0094
에틸벤젠 [100-41-4]	15.72	2.259	2.259	0.2501	0.0073
m-크실렌 [108-38-3]	17.41	2.501	2.501	0.2678	0.0064
p-크실렌 [106-42-3]	6.30	0.905	0.905	0.1493	0.0074
o-크실렌 [95-47-6]	9.22	1.324	1.324	0.2722	0.0064

※ 밀도 (g/mL=mg/uL) : 0.69611, N.D. : None Detection

S8은 도료희석용 및 세척용으로 사용되는 UVCB 물질이다. MSDS에는 중질나프타가 주성분이며 크실렌 성분을 소량 함유하고 있다고 기재되었으나, 분석결과 노말헥산 0.554%, 벤젠 0.125%, 시클로헥산 0.715%, 헵탄 9.316%, 톨루엔 2.304%, 에틸벤젠 2.259%, m-크실렌 2.501%, p-크실렌 0.905%, o-크실렌 1.324%를 함유하고 있었다 (표 III-18).

〈표 III-19〉 MSDS에 기재된 구성성분 및 분석결과 (S9)

1. MSDS 기재 구성성분

시료번호	용도	물질명	CAS 번호	함유량 (%)
S9	희석제	Methyl ethyl ketone	78-93-3	0.1~3
		4-Methyl-2-pentanone	108-10-1	3~13
		n-butyl acetate	123-86-4	12~22
		Xylene	1330-20-7	40~50
		Solvent naphtha (petroleum), heavy arom.	64742-94-5	12~22
		Solvent naphtha (petroleum), light arom.	64742-95-6	3~13
		기타 불순물	-	1~3

2. 분석결과

구성성분	원액농도 (mg/mL)	함유량 계산 (wt%)	최종 함유량 (wt%)	LOD (wt%)	
				회귀식	최저농도 RSD
노말헥산 [110-54-3]	-	-	-	0.1058	0.0071
벤젠 [71-43-2]	0.18	0.021	N.D.	0.0494	0.0070
시클로헥산 [110-82-7]	0.53	0.061	N.D.	0.1040	0.0081
시클로헥센 [110-83-8]	-	-	-	0.1377	0.0078
헵탄 [142-82-5]	-	-	-	0.1409	0.0064
톨루엔 [108-88-3]	1.46	0.169	0.169	0.1206	0.0076
에틸벤젠 [100-41-4]	181.80	21.121	21.121	0.2023	0.0059
m-크실렌 [108-38-3]	37.76	4.386	4.386	0.2166	0.0052
p-크실렌 [106-42-3]	22.56	2.621	2.621	0.1208	0.0059
o-크실렌 [95-47-6]	23.28	2.705	2.705	0.2201	0.0052

※ 밀도 (g/mL=mg/uL) : 0.86075, N.D. : None Detection

S9는 희석제로 사용되는 UVCB 물질이다. MSDS에는 크실렌과 솔벤트 나프타 등을 함유하고 있다고 기재되었으나, 톨루엔 0.169%, 에틸벤젠 25.708%, m-크실렌 14.430%, p-크실렌 2.621%, o-크실렌 2.705%를 함유하고 있었다 (표 III-19).

〈표 III-20〉 MSDS에 기재된 구성성분 및 분석결과 (S10)

1. MSDS 기재 구성성분

시료번호	용도	물질명	CAS 번호	함유량 (%)
S10	산업용 용제	중질 나프타	64741-41-9	10
		톨루엔	108-88-3	80
		영업비밀	-	5~10

2. 분석결과

구성성분	원액농도 (mg/mL)	함유량 계산 (wt%)	최종 함유량 (wt%)	LOD (wt%)	
				회귀식	최저농도 RSD
노말헥산 [110-54-3]	0.70	0.079	N.D.	0.1035	0.0070
벤젠 [71-43-2]	0.18	0.020	N.D.	0.0483	0.0068
시클로헥산 [110-82-7]	0.54	0.062	N.D.	0.1018	0.0080
시클로헥센 [110-83-8]	-	-	-	0.1348	0.0076
헵탄 [142-82-5]	0.67	0.076	N.D.	0.1380	0.0062
톨루엔 [108-88-3]	686.42	78.072	78.072	0.1181	0.0075
에틸벤젠 [100-41-4]	1.07	0.121	N.D.	0.1980	0.0058
m-크실렌 [108-38-3]	1.15	0.131	N.D.	0.2121	0.0051
p-크실렌 [106-42-3]	0.82	0.093	N.D.	0.1182	0.0058
o-크실렌 [95-47-6]	1.11	0.126	N.D.	0.2155	0.0051

※ 밀도 (g/mL=mg/uL) : 0.87921, N.D. : None Detection

S10은 산업용 용제로 사용되는 UVCB 물질이다. MSDS에는 톨루엔이 주 성분이며 기타 중질나프타 성분 등을 함유하고 있다고 기재되었다. 분석결과 톨루엔 78.072%를 함유하고 있어 비교적 일치하였다 (표 III-20).

〈표 III-21〉 MSDS에 기재된 구성성분 및 분석결과 (S11)

1. MSDS 기재 구성성분

시료번호	용도	물질명	CAS 번호	함유량 (%)
S11	산업용 용제	중질 나프타	64741-41-9	10
		톨루엔	108-88-3	80
		영업비밀	-	5~10

2. 분석결과

구성성분	원액농도 (mg/mL)	함유량 계산 (wt%)	최종 함유량 (wt%)	LOD (wt%)	
				회귀식	최저농도 RSD
노말헥산 [110-54-3]	0.49	0.057	N.D.	0.1049	0.0071
벤젠 [71-43-2]	0.18	0.020	N.D.	0.0490	0.0069
시클로헥산 [110-82-7]	-	-	-	0.1032	0.0081
시클로헥센 [110-83-8]	-	-	-	0.1366	0.0077
헵탄 [142-82-5]	-	-	-	0.1398	0.0063
톨루엔 [108-88-3]	504.50	58.154	58.154	0.1197	0.0076
에틸벤젠 [100-41-4]	0.93	0.107	N.D.	0.2007	0.0059
m-크실렌 [108-38-3]	1.00	0.116	N.D.	0.2149	0.0051
p-크실렌 [106-42-3]	-	-	-	0.1198	0.0059
o-크실렌 [95-47-6]	1.01	0.117	N.D.	0.2184	0.0051

※ 밀도 (g/mL=mg/uL) : 0.86753, N.D. : None Detection

S11은 산업용 용제로 사용되는 UVCB 물질이다. MSDS에는 톨루엔이 주 성분이며 기타 중질나프타 성분 등을 함유하고 있다고 기재되었다. 분석결과 톨루엔 58.154%를 함유하고 있었다 (표 III-21).

〈표 Ⅲ-22〉 MSDS에 기재된 구성성분 및 분석결과 (S12)

1. MSDS 기재 구성성분

시료번호	용도	물질명	CAS 번호	함유량 (%)
S12	전자부품 세정(Metal Mask 세정)	수소처리된 중질 나프타(석유)	64742-48-9	> 60
		경질 알킬화 나프타	64741-66-8	< 30
		영업비밀	-	3

2. 분석결과

구성성분	원액농도 (mg/mL)	함유량 계산 (wt%)	최종 함유량 (wt%)	LOD (wt%)	
				회귀식	최저농도 RSD
노말헥산 [110-54-3]	0.49	0.068	N.D.	0.1254	0.0078
벤젠 [71-43-2]	0.18	0.024	N.D.	0.0585	0.0137
시클로헥산 [110-82-7]	-	-	-	0.1233	0.0072
시클로헥센 [110-83-8]	-	-	-	0.1632	0.0076
헵탄 [142-82-5]	2.02	0.278	0.278	0.1671	0.0057
톨루엔 [108-88-3]	-	-	-	0.1430	0.0076
에틸벤젠 [100-41-4]	-	-	-	0.2398	0.0049
m-크실렌 [108-38-3]	-	-	-	0.2568	0.0045
p-크실렌 [106-42-3]	-	-	-	0.1431	0.0048
o-크실렌 [95-47-6]	-	-	-	0.2609	0.0048

※ 밀도 (g/mL=mg/uL) : 0.72613, N.D. : None Detection

S12는 전자부품 세정제로 사용되는 UVCB 물질이다. MSDS에는 수소처리된 중질나프타와 경질 알킬화 나프타가 주성분이라고 기재되었다. 분석결과 헵탄을 0.278%를 함유하고 있었다 (표 Ⅲ-22).

〈표 III-23〉 MSDS에 기재된 구성성분 및 분석결과 (S13)

1. MSDS 기재 구성성분

시료번호	용도	물질명	CAS 번호	함유량 (%)
S13	PCM 도료용 공용 신나	Solvent naphtha (petroleum), light aromatic	64742-95-6	65~75
		cyclohexanone	108-94-1	10~20
		methyl glutarate	1119-40-0	5~10
		숙신산 다이메틸	106-65-0	5~10
		dimethyl adipate	627-93-0	5~10

2. 분석결과

구성성분	원액농도 (mg/mL)	함유량 계산 (wt%)	최종 함유량 (wt%)	LOD (wt%)	
				회귀식	최저농도 RSD
노말헥산 [110-54-3]	0.52	0.056	N.D.	0.0990	0.0067
벤젠 [71-43-2]	0.19	0.021	N.D.	0.0462	0.0065
시클로헥산 [110-82-7]	-	-	-	0.0973	0.0076
시클로헥센 [110-83-8]	-	-	-	0.1288	0.0073
헵탄 [142-82-5]	-	-	-	0.1319	0.0060
톨루엔 [108-88-3]	0.83	0.090	N.D.	0.1129	0.0071
에틸벤젠 [100-41-4]	6.25	0.680	0.680	0.1892	0.0055
m-크실렌 [108-38-3]	22.58	2.455	2.455	0.2027	0.0048
p-크실렌 [106-42-3]	11.77	1.280	1.280	0.1130	0.0056
o-크실렌 [95-47-6]	22.34	2.429	2.429	0.2059	0.0048

※ 밀도 (g/mL=mg/uL) : 0.91993, N.D. : None Detection

S13은 PCM 도료용 공용 시너로 사용되는 UVCB 물질이다. MSDS에는 솔베트나프타와 시클로헥산 등을 함유하고 있다고 기재되었으나, 에틸벤젠 0.680%, m-크실렌 2.455%, p-크실렌 1.280%, o-크실렌 2.429%를 함유하고 있었다 (표 III-23).

〈표 Ⅲ-24〉 MSDS에 기재된 구성성분 및 분석결과 (S14)

1. MSDS 기재 구성성분

시료번호	용도	물질명	CAS 번호	함유량 (%)
S14	오텍인쇄용 세척제	톨루엔	108-88-3	78~80
		지방족용제 나프타	64742-89-8	20~30

2. 분석결과

구성성분	원액농도 (mg/mL)	함유량 계산 (wt%)	최종 함유량 (wt%)	LOD (wt%)	
				회귀식	최저농도 RSD
노말헥산 [110-54-3]	0.70	0.084	N.D.	0.1092	0.0074
벤젠 [71-43-2]	0.18	0.021	N.D.	0.0510	0.0072
시클로헥산 [110-82-7]	2.80	0.336	0.336	0.1074	0.0084
시클로헥센 [110-83-8]	-	-	-	0.1422	0.0080
헵탄 [142-82-5]	1.84	0.220	0.220	0.1455	0.0066
톨루엔 [108-88-3]	617.73	74.090	74.090	0.1245	0.0079
에틸벤젠 [100-41-4]	0.94	0.112	N.D.	0.2088	0.0061
m-크실렌 [108-38-3]	1.03	0.123	N.D.	0.2236	0.0053
p-크실렌 [106-42-3]	0.79	0.094	N.D.	0.1247	0.0061
o-크실렌 [95-47-6]	-	-	-	0.2272	0.0053

※ 밀도 (g/mL=mg/uL) : 0.83377, N.D. : None Detection

S14는 오텍인쇄용 세척제로 사용되는 UVCB 물질이다. MSDS에는 톨루엔과 지방족용제 나프타가 주성분으로 기재되었다. 분석결과 톨루엔 74.090%와 기타 시클로헥산 0.336%, 헵탄 0.220%를 함유하고 있었다 (표 Ⅲ-24).

〈표 III-25〉 MSDS에 기재된 구성성분 및 분석결과 (S15)

1. MSDS 기재 구성성분

시료번호	용도	물질명	CAS 번호	함유량 (%)
S15	탈취제	Distillates, petroleum, hydrotreated light	64742-47-8	90~100
		Benzaldehyde	100-52-7	1~5
		Amyl acetate	628-63-7	1~5

2. 분석결과

구성성분	원액농도 (mg/mL)	함유량 계산 (wt%)	최종 함유량 (wt%)	LOD (wt%)	
				회귀식	최저농도 RSD
노말헥산 [110-54-3]	0.49	0.061	N.D.	0.1123	0.0076
벤젠 [71-43-2]	0.19	0.023	N.D.	0.0524	0.0074
시클로헥산 [110-82-7]	-	-	-	0.1105	0.0086
시클로헥센 [110-83-8]	-	-	-	0.1462	0.0083
헵탄 [142-82-5]	0.65	0.080	N.D.	0.1496	0.0068
톨루엔 [108-88-3]	0.61	0.075	N.D.	0.1281	0.0081
에틸벤젠 [100-41-4]	-	-	-	0.2148	0.0063
m-크실렌 [108-38-3]	-	-	-	0.2300	0.0055
p-크실렌 [106-42-3]	-	-	-	0.1282	0.0063
o-크실렌 [95-47-6]	-	-	-	0.2337	0.0055

※ 밀도 (g/mL=mg/uL) : 0.81064, N.D. : None Detection

S15는 탈취제로 사용되는 UVCB 물질이다. MSDS에는 수소처리된 경질 정제유 (석유)가 주성분으로 기재되었다. 분석결과 유해물질은 검출되지 않았다 (표 III-25).

〈표 III-26〉 MSDS에 기재된 구성성분 및 분석결과 (S16)

1. MSDS 기재 구성성분

시료번호	용도	물질명	CAS 번호	함유량 (%)
S16	금속(철) 녹방지, 금속 마찰면 윤활제	hydro treated light distillate	64742-47-8	50~70
		solvent-dewaxed heavy paraffinic distillate	64742-65-0	< 25
		영업비밀	-	< 12

2. 분석결과

구성성분	원액농도 (mg/mL)	함유량 계산 (wt%)	최종 함유량 (wt%)	LOD (wt%)	
				회귀식	최저농도 RSD
노말헥산 [110-54-3]	0.49	0.061	N.D.	0.1123	0.0076
벤젠 [71-43-2]	0.19	0.023	N.D.	0.0524	0.0074
시클로헥산 [110-82-7]	-	-	-	0.1105	0.0086
시클로헥센 [110-83-8]	-	-	-	0.1462	0.0083
헵탄 [142-82-5]	0.65	0.080	N.D.	0.1496	0.0068
톨루엔 [108-88-3]	0.61	0.075	N.D.	0.1281	0.0081
에틸벤젠 [100-41-4]	-	-	-	0.2148	0.0063
m-크실렌 [108-38-3]	-	-	-	0.2300	0.0055
p-크실렌 [106-42-3]	-	-	-	0.1282	0.0063
o-크실렌 [95-47-6]	-	-	-	0.2337	0.0055

※ 밀도 (g/mL=mg/uL) : 0.81064, N.D. : None Detection

S16은 금속(철) 녹방지, 금속 마찰면 윤활제로 사용되는 UVCB 물질이다. MSDS에는 수소처리된 경질 정제유 (석유)와 솔벤트-탈왁스된 중질 파라핀 정제유 (석유)가 주성분으로 기재되었다. 분석결과 유해물질은 검출되지 않았다 (표 III-26).

〈표 III-27〉 MSDS에 기재된 구성성분 및 분석결과 (S17)

1. MSDS 기재 구성성분

시료번호	용도	물질명	CAS 번호	함유량 (%)
S17	세척제	Petroleum distillates, hydrotreated light	64742-47-8	95~99
		영업비밀	-	1~5

2. 분석결과

구성성분	원액농도 (mg/mL)	함유량 계산 (wt%)	최종 함유량 (wt%)	LOD (wt%)	
				화귀식	최저농도 RSD
노말헥산 [110-54-3]	-	-	-	0.1189	0.0080
벤젠 [71-43-2]	0.18	0.023	N.D.	0.0555	0.0079
시클로헥산 [110-82-7]	-	-	-	0.1170	0.0091
시클로헥센 [110-83-8]	-	-	-	0.1549	0.0087
헵탄 [142-82-5]	-	-	-	0.1585	0.0072
톨루엔 [108-88-3]	-	-	-	0.1357	0.0086
에틸벤젠 [100-41-4]	-	-	-	0.2275	0.0066
m-크실렌 [108-38-3]	-	-	-	0.2436	0.0058
p-크실렌 [106-42-3]	-	-	-	0.1358	0.0067
o-크실렌 [95-47-6]	-	-	-	0.2475	0.0058

※ 밀도 (g/mL=mg/uL) : 0.76534, N.D. : None Detection

S17은 세척제로 사용되는 UVCB 물질이다. MSDS에는 수소처리된 경질 정제유 (석유)가 주성분으로 기재되었다. 분석결과 유해물질은 검출되지 않았다 (표 III-27).

〈표 Ⅲ-28〉 MSDS에 기재된 구성성분 및 분석결과 (S18)

1. MSDS 기재 구성성분

시료번호	용도	물질명	CAS 번호	함유량 (%)
S18	컴프레서 오일	증류액(석유), 고도로 수소화 중 파라피닉 기유	64742-54-7	90~100
		벤젠아민, N-페닐-2,4,4-트리펜 텐과 반응물	68411-46-1	1~3

2. 분석결과

구성성분	원액농도 (mg/mL)	함유량 계산 (wt%)	최종 함유량 (wt%)	LOD (wt%)	
				회귀식	최저농도 RSD
노말헥산 [110-54-3]	-	-	-	0.1071	0.0072
벤젠 [71-43-2]	0.19	0.022	N.D.	0.0500	0.0071
시클로헥산 [110-82-7]	-	-	-	0.1053	0.0082
시클로헥센 [110-83-8]	-	-	-	0.1394	0.0079
헵탄 [142-82-5]	-	-	-	0.1427	0.0065
톨루엔 [108-88-3]	-	-	-	0.1222	0.0077
에틸벤젠 [100-41-4]	-	-	-	0.2048	0.0060
m-크실렌 [108-38-3]	-	-	-	0.2193	0.0052
p-크실렌 [106-42-3]	-	-	-	0.1223	0.0060
o-크실렌 [95-47-6]	-	-	-	0.2229	0.0052

※ 밀도 (g/mL=mg/uL) : 0.76534, N.D. : None Detection

S18은 컴프레서 오일로 사용되는 UVCB 물질이다. MSDS에는 증류액(석유), 고도로 수소화 중 파라피닉 기유가 주성분으로 기재되었다. 분석결과 유해물질은 검출되지 않았다 (표 Ⅲ-28).

〈표 III-29〉 MSDS에 기재된 구성성분 및 분석결과 (S19)

1. MSDS 기재 구성성분

시료번호	용도	물질명	CAS 번호	함유량 (%)
S19	기계유, 다목적유	수소처리된 중질 파라핀 정제유(석유)	64742-54-7	90~100
		영업비밀	-	0.1~5

2. 분석결과

구성성분	원액농도 (mg/mL)	함유량 계산 (wt%)	최종 함유량 (wt%)	LOD (wt%)	
				회귀식	최저농도 RSD
노말헥산 [110-54-3]	-	-	-	0.1079	0.0073
벤젠 [71-43-2]	0.18	0.022	N.D.	0.0504	0.0071
시클로헥산 [110-82-7]	-	-	-	0.1061	0.0083
시클로헥센 [110-83-8]	-	-	-	0.1405	0.0079
헵탄 [142-82-5]	-	-	-	0.1438	0.0065
톨루엔 [108-88-3]	-	-	-	0.1231	0.0078
에틸벤젠 [100-41-4]	-	-	-	0.2064	0.0060
m-크실렌 [108-38-3]	-	-	-	0.2210	0.0053
p-크실렌 [106-42-3]	-	-	-	0.1232	0.0061
o-크실렌 [95-47-6]	-	-	-	0.2246	0.0053

※ 밀도 (g/mL=mg/uL) : 0.84361, N.D. : None Detection

S19는 기계유 및 다목적유로 사용되는 UVCB 물질이다. MSDS에는 수소 처리된 중질 파라핀 정제유 (석유)가 주성분으로 기재되었다. 분석결과 유해 물질은 검출되지 않았다 (표 III-29).

〈표 III-30〉 MSDS에 기재된 구성성분 및 분석결과 (S20)

1. MSDS 기재 구성성분

시료번호	용도	물질명	CAS 번호	함유량 (%)
S20	소포제	low odor paraffin solvent	64742-47-8	20~30
		paraffin waxes and hydrocarbon waxes	8002-74-2	< 10

2. 분석결과

구성성분	원액농도 (mg/mL)	함유량 계산 (wt%)	최종 함유량 (wt%)	LOD (wt%)	
				회귀식	최저농도 RSD
노말헥산 [110-54-3]	-	-	-	0.1045	0.0070
벤젠 [71-43-2]	0.18	0.021	N.D.	0.0488	0.0069
시클로헥산 [110-82-7]	-	-	-	0.1028	0.0080
시클로헥센 [110-83-8]	-	-	-	0.1361	0.0077
헵탄 [142-82-5]	-	-	-	0.1392	0.0063
톨루엔 [108-88-3]	0.63	0.072	N.D.	0.1192	0.0075
에틸벤젠 [100-41-4]	1.46	0.168	N.D.	0.1998	0.0058
m-크실렌 [108-38-3]	1.05	0.120	N.D.	0.2140	0.0051
p-크실렌 [106-42-3]	0.85	0.097	N.D.	0.1193	0.0059
o-크실렌 [95-47-6]	1.05	0.120	N.D.	0.2175	0.0051

※ 밀도 (g/mL=mg/uL) : 0.87121, N.D. : None Detection

S20은 소포제로 사용되는 UVCB 물질이다. MSDS에는 수소처리된 경질 정제유 (석유)와 고형파라핀이 주성분으로 기재되었다. 분석결과 유해물질은 검출되지 않았다 (표 III-30).

〈표 III-31〉 MSDS에 기재된 구성성분 및 분석결과 (S21)

1. MSDS 기재 구성성분

시료번호	용도	물질명	CAS 번호	함유량 (%)
S21	자동차용 크리어 도료	Xylene	1330-20-7	14~24
		Toluene	108-88-3	9~19
		Ethyl acetate	141-78-6	8~18
		Solvent naphtha (petroleum), light arom.	64742-95-6	3~13
		Propylene glycol methyl ether acetate	108-65-6	4~14
		Solvent naphtha (petroleum), heavy arom.	64742-94-5	1~10
		n-Butyl acetate	123-86-4	1~10
		Ethylbenzene	100-41-4	0.1~4
		Stoddard solvent	8052-41-3	0.1~4

2. 분석결과

구성성분	원액농도 (mg/mL)	함유량 계산 (wt%)	최종 함유량 (wt%)	LOD (wt%)	
				회귀식	최저농도 RSD
노말헥산 [110-54-3]	0.98	0.100	0.100	0.0935	0.0063
벤젠 [71-43-2]	0.43	0.044	0.044	0.0437	0.0062
시클로헥산 [110-82-7]	-	-	-	0.0920	0.0072
시클로헥센 [110-83-8]	-	-	-	0.1218	0.0069
헵탄 [142-82-5]	1.32	0.136	0.136	0.1246	0.0056
톨루엔 [108-88-3]	1.42	0.146	0.146	0.1067	0.0067
에틸벤젠 [100-41-4]	18.74	1.926	1.926	0.1789	0.0052
m-크실렌 [108-38-3]	60.84	6.252	6.252	0.1916	0.0046
p-크실렌 [106-42-3]	28.88	2.967	2.967	0.1068	0.0053
o-크실렌 [95-47-6]	35.13	3.610	3.610	0.1947	0.0046

※ 밀도 (g/mL=mg/uL) : 0.97315, N.D. : None Detection

S21은 자동차용 크리어 도료로 사용되는 UVCB 물질이다. MSDS에는 크실렌, 톨루엔, 에틸아세테이트, 솔벤트나프타 (석유), 경질방향족화합물 등을 함유하고 있다고 기재되었으나, 분석결과 노말헥산 0.100%, 벤젠 0.044%, 헵탄 0.136%, 톨루엔 0.146%, 에틸벤젠 1.926%, m-크실렌 6.252%, p-크실렌 2.967%, o-크실렌 3.610%를 함유하고 있었다 (표 III-31).

4. 분석방법의 유효성 확인 결과

1) 직선성

검정곡선의 상관계수를 이용하여 측정범위 내에서 검량선을 작성하고 결정계수를 확인한 결과 0.9977~0.9999로 양호하였다 (표 Ⅲ-32).

〈표 Ⅲ-32〉 검정곡선의 결정계수와 기울기, y 절편

No.	분석성분	결정계수 (R^2)	기울기	Y 절편
1	노말헥산	0.9991	1.51E+06	-7.33E+03
2	벤젠	0.9999	5.09E+06	-8.55E+03
3	시클로헥산	0.9994	2.06E+06	-1.08E+04
4	시클로헥센	0.9990	2.32E+06	-1.55E+04
5	헵탄	0.9985	1.23E+06	-7.79E+03
6	톨루엔	0.9993	6.08E+06	-3.64E+04
7	에틸벤젠	0.9981	6.65E+06	-6.08E+04
8	m-크실렌	0.9978	5.26E+06	-5.20E+04
9	p-크실렌	0.9993	5.73E+06	-4.34E+04
10	o-크실렌	0.9977	5.55E+06	-5.57E+04

2) 정밀도

표준시료를 6회 측정하여 상대표준편차를 계산한 결과 각각 노말헥산 0.68~2.01%, 벤젠 0.59~2.58%, 시클로헥산 0.51~2.28%, 시클로헥센 0.47~2.34%, 헵탄 0.79~2.30%, 톨루엔 0.33~2.96%, 에틸벤젠 0.52~2.66%, m-크실렌 0.50~2.96%, p-크실렌 0.33~3.18%, o-크실렌 0.35~2.66%로 재현성있는 결과를 나타내었다 (표 III-33).

〈표 III-33〉 각 농도에서 성분별 재현성

No.	분석성분	상대표준편차 (RSD, %)					
		표준시료 (1)	표준시료 (2)	표준시료 (3)	표준시료 (4)	표준시료 (5)	표준시료 (6)
1	노말헥산	2.01	0.99	1.80	1.37	1.83	0.68
2	벤젠	1.46	0.68	2.58	1.66	1.72	0.59
3	시클로헥산	1.71	0.51	2.28	1.69	2.02	0.63
4	시클로헥센	1.60	0.72	2.34	1.72	2.05	0.47
5	헵탄	1.62	0.79	1.89	1.43	2.30	0.83
6	톨루엔	1.28	0.33	2.96	1.59	2.33	0.63
7	에틸벤젠	1.05	0.52	2.57	1.53	2.66	0.53
8	m-크실렌	0.91	0.69	1.99	1.52	2.96	0.50
9	p-크실렌	1.22	0.33	3.18	1.49	2.02	0.47
10	o-크실렌	0.91	0.61	2.44	1.45	2.66	0.35

3) 검출한계 및 정량한계

표준물질 6개를 분석한 결과 각 성분의 검출한계는 0.00421~0.01876 mg/L이며, 정량한계는 0.01275~0.05684 mg/mL로 계산되어 MSDS에 기재된 한계농도보다 낮아 양호한 결과를 보였다 (표 III-34).

〈표 III-34〉 검정곡선의 검출한계 및 정량한계

No.	분석성분	검출한계 (mg/mL)	정량한계 (mg/mL)
1	노말헥산	0.00901	0.02731
2	벤젠	0.00421	0.01275
3	시클로헥산	0.00901	0.02730
4	시클로헥센	0.01207	0.03658
5	헵탄	0.01201	0.03639
6	톨루엔	0.01028	0.03115
7	에틸벤젠	0.01731	0.05245
8	m-크실렌	0.01846	0.05594
9	p-크실렌	0.01026	0.03110
10	o-크실렌	0.01876	0.05684

IV. 고 찰

.....

IV. 고찰

2021년 개정된 산안법 제104조에 따른 물질안전보건자료대상물질을 제조하거나 수입하는 자는 제조·수입 전에 MSDS를 작성하여 공단에 제출해야 하며 MSDS 기재 항목 중 구성성분은 유해·위험한 화학물질의 명칭 및 함유량을 기재하도록 개정되었다. 이전에는 많은 유해물질들이 영업비밀로 보호되어 MSDS에 기재되지 않았지만, 이제 별도로 대체자료 기재 승인 신청을 해야 한다 (고용노동부, 2021).

또한, 구성성분의 명칭 및 함유량은 화학제품을 구성하는 성분정보를 성실히 기재하여야 한다. 성분 및 함유량은 1% 이상 모두 작성하되, 발암성 물질, 생식독성 물질, 변이원성 물질은 0.1% 이상, 호흡기과민성물질은 가스상인 경우에 한하여 0.2% 이상, 생식독성 물질은 0.3% 이상일 경우 작성하여야 한다.

혼합물은 전체로서 시험된 자료가 있는 경우에는 그 시험결과에 따라 단일 물질의 분류기준을 적용한다. 혼합물 전체로서 유해성을 평가할 자료는 없지만, 유사혼합물의 분류자료 등 근거자료를 참고하거나 구성성분의 유해성 평가자료를 이용하여 분류한다. 그래서 혼합물에 유해물질이 전체의 1% 이상 중량비를 차지하고 있다면 유해물질과 동일한 건강장해를 나타내는 것으로 판단하고 있다 (고용노동부, 2020). 그러나, 혼합물 내에 UVCB 물질이 함유되어 있다면 더욱 복잡해진다. 석유계 UVCB 물질은 가변적인 성분 때문에 정확한 성분 및 함량을 분석하기가 어렵기 때문이다.

EU는 REACH 규정 (부록 VI)을 통해 조화된 화학물질 분류·표시에 따라 CMR 물질목록 (총 1,502종)을 공개하고, 이 중 447종의 석유계 화학물질은 벤젠 등 발암성·변이원성 등의 물질이 일정 함량 미만인 경우 CMR 물질에서

제외된다는 판단기준을 함께 제시하였다. 석유계 UVCB 물질에 대한 CMR 기준에 대해 환경부가 수행한 최근 공동 연구에서도 석유계 UVCB 물질 식별에 대한 우려가 제기되었다. 연구 결과 국내 석유계 UVCB의 목록을 작성하고 발암성, 변이원성 및 생식독성 여부를 판단하는 기준을 제안하였다. 이를 위해 특정물질의 함량 기준으로 판단하는 방법과 제조특성과 탄화수소의 유형, 탄소수 범위 등을 기준으로 범주에 따른 경향성을 통해 판단하는 방법을 제시하였지만 실제 유해성·위험성 분류를 위한 MSDS에 구성성분 정보를 적용하는 방법은 제안되지 않았다. (권민지 등, 2020, 남재연 등, 2021).

석유제품의 분석사례를 종합적으로 검토해 볼 때 대부분 연구는 발암물질인 벤젠의 함유 여부에 초점을 맞추고 있었다. 본 연구에서는 분석가능한 유해물질을 최대한 분석하고자 하였지만, 몇몇 물질은 분석방법의 한계 및 시료의 안정성 문제로 아쉽게도 제외하게 되었다. UVCB 물질인 브이엠 및 피 나프타와 스토다드솔벤트는 단일물질이 아니기 때문에 컬럼과 온도조건을 잘 설정하는 것이 필요하며, 발암성 물질인 1,3-부타디엔은 상온 상압에서 기체로 존재한다고 생각되어 대상 시료에서 제외하였는데 벌크시료의 물리적 특성에 따라 냉장보관 등 시료의 안정성을 확보하는 노력이 필요하다.

본 연구에서 선정된 시료는 대부분 복합 유기용제로 확인되었으며, 시료 분석결과와 제조사의 MSDS를 비교한 결과 비교적 정확하게 성분 및 함유량을 표기한 시료는 1종, 구성성분이 일치하는 시료는 2종으로 대부분 구성성분 및 함량과는 상당한 차이가 있었다. 결과에서 크실렌은 이성질체를 구분하여 분석하였지만 대부분 제조사들은 크실렌으로만 표기하고 있어 정확한 비교가 어려웠다. 또한, 영업비밀로 표기된 시료가 6종으로 결과에 미치는 영향을 감안해야 했다. CONCAWE에서 권장하는 분석방법 등을 참고하여 석유계 물질의 분류와 분석특성을 고려한 분석기법을 적용할 필요가 있다.

이번 연구에서는 유해물질 중 휘발성 유기화합물을 대상으로 GC-MS로 분석하였지만 향후 다양한 분석기기, 새로운 분석방법을 이용한 석유계 물질의 분석을 통하여 분석절차 및 지침을 개발하고, 석유계 물질 내 무기 UVCB 성분의 분석을 통한 유해물질 분석과 MSDS 적정성을 평가하는 후속 연구도 고려해 볼 필요가 있다고 판단된다.

V. 결 론

.....

V. 결론

화학물질의 MSDS 작성 및 제출 시 가장 우선해야 할 것은 올바른 물질확인이며 이를 위하여 정확한 기기분석이 뒷받침되어야 한다. 만약 화학물질이 한계농도 이상의 유해물질을 함유하고 있다면 화학물질의 유해성·위험성 분류에 영향을 미칠 수 있기 때문이다. 특히 석유계 물질은 대부분 UVCB 물질로서 성분을 알 수 없거나 불분명하여 정확한 구성성분 및 함유량을 알기 어렵고 유해물질을 함유하고 있을 수 있다.

본 연구에서는 다양한 석유계 물질의 성분 분석을 실시하여 석유계 물질의 산안법 상 유해인자 함유여부를 확인함으로써, MSDS의 구성성분 및 함유량의 표기 실태를 파악하고 개선방안을 제시하고자 하였다.

이를 위하여 우선 석유계 물질 및 UVCB 물질의 분류 및 확인방법을 조사한 결과 유럽, 미국 등 외국은 석유계 UVCB 물질에 대한 분류와 관리에 석유계 물질을 그룹화하고 적합한 분석방법을 제공하는 등 유해성·위험성 분류에 어떠한 영향을 줄 수 있는지 판단하는 근거를 제공하고 있으나, 국내에서는 아직까지 석유계 UVCB의 유해성 분류 및 표시에 대한 구체적인 가이드라인이 없어 석유계 물질의 분류를 위한 지침 마련이 필요할 것이다.

그리고, GC 또는 GC-MS를 이용한 석유계 물질의 분석방법과 이를 통한 분석사례 등을 조사하여 분석조건을 최적화하고 유효성을 확인한 결과 직선성, 정밀도 및 정확도, 검출한계 및 정량한계는 양호하게 나타났다.

산안법 상 유해물질 중 석유계 물질에서 유래한 것으로 판단되는 탄화수소 화합물을 대상으로 GC-MS로 분석이 가능한 물질을 선정한 결과 노말헥산,

벤젠, 시클로헥산, 시클로헥센, 헵탄, 톨루엔, 에틸벤젠, 크실렌 (이성질체 포함) 등 10종이었다. 이 중 벤젠은 발암성 및 생식세포 변이원성 물질이며, 노말헥산과 톨루엔은 생식독성물질, 에틸벤젠은 발암성 물질로 분류되어 있었다.

분석 대상시료는 국내에서 유통되고 있는 석유계 물질 함유 제품을 수거하여 상온·상압에서 액체상태이며, MSDS에 석유계 UVCB 물질이 기재되어 있으며, GC-MS로 분석이 가능한 시료를 선정한 결과 총 21종이었다. UVCB 종류는 나프타류 9종, 등유류 2종, 윤활유류 2종, 파라핀 왁스류 1종이었다.

GC-MS를 이용하여 대상 시료 중 대상 유해물질을 각각 분석하여 제조사의 MSDS와 비교한 결과 UVCB 물질을 함유한 시료 21개 중 한계농도 이상의 유해물질을 함유한 제품은 14종으로 66.7%를 차지하였는데 모두 나프타 및 가솔린 계열 UVCB 물질을 함유하고 있는 제품이었다. 반면에 등유계 및 윤활기유 계, 파라핀 및 왁스계 UVCB 물질을 함유한 시료는 모두 대상 유해물질이 검출되지 않았다. 또한, 유해물질의 성분별 함유비율과 MSDS 기재 일치율을 비교한 결과 대부분 구성성분을 누락하거나 함유량에서 많은 차이를 보였다.

MSDS 작성 시 구성성분의 명칭 및 함유량은 화학제품을 구성하는 성분정보를 성실히 기재하여야 한다. 특히 석유계 UVCB 물질을 함유한 경우 유해물질의 분석을 통하여 정확한 성분의 표기와 유해성·위험성 분류를 위한 노력이 필요하다. 또한, 함유량은 변화의 폭을 최소화하여 기재하고, 벤젠과 같은 발암성 물질은 0.1% 미만을 함유하고 있더라도 온도조건 등 작업환경에 따라 충분히 한계농도 이상 노출될 수 있으므로 한계농도를 초과하지 않더라도 기재하는 것을 권고한다. 구성성분의 독성자료를 이용하여 분류한 건강 및 환경 유해성은 각 성분에 대한 최고농도에서의 영향을 기재하여야 한다.

그리고, MSDS 적정성 평가 시 MSDS를 제출하지 않거나 성분을 기재하지 않으면 정확한 성분 및 함유량 평가가 불가능하다. 특히 UVCB 물질의 경우 본 연구결과와 같이 충분히 다양한 유해물질을 함유하고 있을 가능성이 있으므로 유해성·위험성 분류에도 영향을 줄 수 있다. 따라서, MSDS의 구성성분에 UVCB 물질임을 기재하도록 권고하고 추후 자료보완을 통하여 고용노동부에 MSDS 개선방안을 제안하고 협의할 필요가 있다.

본 연구결과는 석유계 물질에 함유되어 유해물질이 분류에 영향을 끼칠 만큼 함유되어 있는지 판단하는 데 도움이 될 수 있으며, 제조사 MSDS와 비교 검토 및 적정성을 확인을 통하여 MSDS 개선을 위한 지침이 될 수 있을 것이다. 따라서, 석유계 물질의 올바른 MSDS 작성을 통하여 사업장의 화학물질 관리에 기여할 수 있을 것이다.

참고문헌

- 고용노동부, 산업안전보건기준에 관한 규칙(고용노동부령 제321호). 2021
- 고용노동부, 산업안전보건법 시행령(대통령령 제32051호). 2021
- 고용노동부, 산업안전보건법 시행규칙(고용노동부령 제328호). 2021
- 고용노동부, 산업안전보건법(법률 제18039호). 2021
- 고용노동부, 화학물질 및 물리적 인자의 노출기준(고용노동부고시 제2020-48호). 2020
- 고용노동부, 화학물질의 분류표시 및 물질안전보건자료에 관한 기준(고용노동부고시 제2020-130호). 2020.
- 권민지, 강미진, 이근원, 정승호. 국내 석유계 UVCB 물질의 CMR 판단 기준에 관한 연구. 대한환경공학회지, 42(12):645-653; 2020
- 권현아, 박광서, 손승환, 최은경, 김상현. REACH 물질 등록 시 분류에 영향을 주는 미량 유해 무기물질의 스크리닝·정량·해석을 위한 체계도 연구. 분석과학회지, 32(6):233-242; 2019
- 김남이, 남금문, 김유나, 이동계, 박세연, 이경재, 이재용. GC/MS 분석과 베이지안 분류 모형을 이용한 새 윤활유와 사용 엔진 오일의 동일성 추적과 분류. 분석과학회지, 27(1):41-59; 2014
- 김동원, 석유계 화학물질 함유제품 중 발암성분 포함에 관한 연구, 벤젠과 에틸벤젠을 중심으로, 서울대학교 보건대학원; 2020
- 김유영, 양승혁, 이정실, 이형숙, 장공화, 진구원, 이용일, 주우홍, 백도현, 강대욱, 문자영, 조용권, 박동욱, 윤충식, 하권철. 부산·경남에서 판매되는 시너(Thinner)의 구성 성분 중 벤젠 등 일부 독성물질의 함량과 물질안전보건자료에 관한 연구. 한국산업위생학회지, 16(4):314-323; 2006

- 나진성, 박광서, 최은경, 김상현. EU REACH의 물질확인 방법론 고찰. 분 석과학회지, 34(3):99-114; 2021
- 남재연, 국내 석유계 UVCB 물질의 성분, 유해성 분류 및 국내 사례 연구, 서울대학교 보건대학원; 2021
- 백남원, 윤충식, 조경이, 정희명. 우리나라에서 사용되는 일부 신나의 구성 성분에 관한 연구. 한국산업위생학회지, 8(1):105-114; 1998
- 송상환, 백남원, 하권철. 국내 일부 주유소 내에서의 휘발성 유기화합물 노출에 관한 연구. 한국산업위생학회지, 10(1):58-73; 2000
- 윤종국, 정진갑, 신중규, 이상일, 박희련, 김철호, 이용묵, 유일재, 이준연. MSDS 신뢰성 조사 연구. 안전보건공단 산업안전보건연구원 보고서; 1998
- 윤충식, 박동욱, 정지연, 이경희, 김신범, 박지훈, 김선주, 정원건, 노수진, 김소연, 최영은. 산업안전보건법상 관리대상 유해물질의 분류체계 및 관리기준 개선방안 연구(I). 안전보건공단 산업안전보건연구원 보고서; 2017
- 윤충식, 정지연, 이경희, 박미진, 류승훈, 정원건, 오영석, 김동원, 조혜리, 송승환, 김민정. 관리대상 유해물질 제도 개선(안)에 따른 화학물질 제도 영향 분석 연구. 안전보건공단 산업안전보건연구원 보고서; 2019
- 윤충식, 정지연, 이경희, 박미진, 박지훈, 류승훈, 정원건, 오영석, 김동원, 황규진. 산업안전보건법상 관리대상 유해물질의 분류체계 및 관리기준 개선방안 연구(II). 안전보건공단 산업안전보건연구원 보고서; 2018
- 이권섭, 권현우, 한인수, 유일재, 이용묵. 도료희석제의 MSDS 신뢰성에 관한 연구. 한국산업위생학회지, 13(3):261-272; 2003
- 이혜진, 이나루, 이인섭. 물질안전보건자료 대상물질의 유해성 분류기준 적용 연구. 한국산업보건학회지, 30(3):280-291; 2020
- 임영관, 나용규, 김정민, 김종렬, 하종한. 오염토양 내 석유제품 판별을 위한 TPH 및 BTEX 분석, 윤활학회지, 33(6); 2017
- 정경숙, 안연순, 김현수, 주영수, 조성식, 정해동, 조명화, 송향미, 최시몬, 주시영, 김현국, 박유리, 이학준, 이정화, 김만명, 김봉규, 이현석, 엄강

- 현, 박충수. 세척제 취급실태 및 건강유해성 조사 - 작업환경측정, 특수 건강진단 비 대상 유해인자 중심으로. 안전보건공단 산업안전보건연구원 보고서; 2018
- 정지연, 이광용, 이나루, 전홍진, 김성진, 이인섭, 김광종. 노출기준 적용을 위한 세탁소용 석유계 솔벤트 특성 규명. 한국산업위생학회지, 13(1):74-81; 2003
- 주귀돈, 정종득, 이종성, 최성봉, 신재훈, 김명옥. 석유화학제조공정에서 발생하는 유해화학물질 노출실태평가-벤젠 및 1,3-부타디엔 중심으로-. 안전보건공단 산업안전보건연구원 보고서; 2004
- 켄토피아. 석유계물질 동질성 확인; 2020
- 환경부. 복합다성분물질(UVCB) 등록 등 실무가이드. 2020
- A.K. Punetha, U. Shanker, K. Narsimha, T.S.R. Prasada Rao. A Reactive Analytical Approach for the Estimation of Olefinic Content in Gasoline-Range Hydrocarbons by Gas Chromatography. Journal of Chromatographic Science, Vol. 40; 2002
- ASTM International, Standard Test Method for Detailed Analysis of Petroleum Naphthas through n-Nonane by Capillary Gas Chromatography, D5134-13; 2017
- ASTM International, Standard Test Method for Determination of Individual Components in Spark Ignition Engine Fuels by 100-Metre Capillary (with Precolumn) High-Resolution Gas Chromatography, D6730-21; 2021
- Aude Kienzler, Stephanie K. Bopp, Sander van der Linden, Elisabet Berggren, Andrew Worth. Regulatory assessment of chemical mixtures: Requirements, current approaches and future

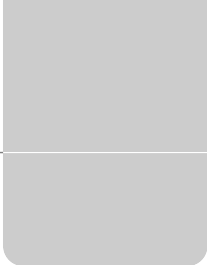
- perspectives. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 80: 321-334; 2016
- Charles R. Clark, Richard H. McKee, James J. Freeman, Derek Swick, Suneeta Mahagaokar, Glenda Pigram, Linda G. Roberts, Chantal J. Smulders, Patrick W. Beatty. A GHS-consistent approach to health hazard classification of petroleum substances, a class of UVCB substances. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 67:409-420; 2013
- CONCAWE, CONCAWE Substance Identification Group-Analytical Program Report (Abridged Version)-report 5/19. CONCAWE; 2019
- CONCAWE, Guidance on reporting analytical information for petroleum UVCB substances in REACH registration dossiers; 2014
- CONCAWE, Guidance to registrants on Methods for the characterisation of petroleum UVCB substances for REACH registration purposes. CONCAWE; 2020
- CONCAWE, Hazard classification and labelling of petroleum substances in the European Economic Area-report 22/20. CONCAWE; 2020
- CONCAWE, REACH-Analytical characterisation of petroleum UVCB substances-report 7/12. CONCAWE.; 2012
- CONCAWE. Inventory of petroleum substances, Version 16. CONCAWE; 2021
- Cristina Martines, Marco Longo, Donata Lerda, Giorgio Ceroni, and Aldo Cavallaro. A GC Method for the Quantitative

- Determination of BTEX in Gasoline. *Journal of Chromatographic Science*, Vol. 34; 1996
- Daniel Salvito, Marc Fernandez, Karen Jenner, Delina Y. Lyon, Joop de Knecht, Philipp Mayer, Matthew MacLeod, Karen Eisenreich, Pim Leonards, Romanas Cesnaitis, Miriam León-Paumen, Michelle Embry, Sandrine E. Déglin. Improving the Environmental Risk Assessment of Substances of Unknown or Variable Composition, Complex Reaction Products, or Biological Materials. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 39(11):2097-2108; 2020
- E. N. Mocsáry, K. Tolvaj, M. Juhász. Identification of Compounds in Gasoline Range Mixtures Using Combined Group-Type and Capillary GC Separations. *Chromatographia Supplement*, Vol. 51 ; 2000
- European Chemicals Agency(ECHA), Approach on how to prioritise and address petroleum and coal stream UVCB substances for further work under the Roadmap for SVHC identification and implementation of REACH Risk Management Measures. ECHA; 2017
- European Chemicals Agency(ECHA), Guidance for identification and naming of substances under REACH and CLP, Version 2.1. ECHA; 2017
- Fabian A. Grimm, William K. Russell, Yu-Syuan Luo, Yasuhiro Iwata, Weihsueh A. Chiu, Tim Roy, Peter J. Boogaard, Hans B. Ketelslegers, and Ivan Rusyn. Grouping of Petroleum Substances as Example UVCBs by Ion Mobility-Mass Spectrometry to Enable Chemical Composition-Based Read-Across. *Environ Sci Technol*. 51(12):7197-7207; 2017

- Ho-Sang Shin. Determination of MTBE, TBA and BTEX in Soil by Headspace Gas Chromatography-Mass Spectrometry. Bull. Korean Chem. Soc., Vol. 33, No. 5; 2012
- J. Blomberg, P.J. Schoenmakers, U.A.Th. Brinkman. Gas chromatographic methods for oil analysis. Journal of Chromatography A, 972:137-173 ;2002
- James G. Speight. Handbook of Petroleum Products Analysis. 2nd edition, Wiley; 2015
- Jan Beens, Udo A.Th. Brinkman. The role of gas chromatography in compositional analyses in the petroleum industry. trends in analytical chemistry, 19(4); 2000
- John S. House, Fabian A. Grimm, William D. Klaren, Abigail Dalzell, Srikeerthana Kuchi, Shu-Dong Zhang, Klaus Lenz, Peter J. Boogaard, Hans B. Ketelslegers, Timothy W. Gant, Fred A. Wright, Ivan Rusyn. Grouping of UVCB Substances with New Approach Methodologies (NAMs) Data. ALTEX, 38(1):123-137; 2020
- Kelli S. Khuong, Walter H. Jones, William A. Pryor, and K. N. Houk. The Mechanism of the Self-Initiated Thermal Polymerization of Styrene. Theoretical Solution of a Classic Problem. J. AM. CHEM. SOC. 127:1265-1277; 2005
- Melis Onel, Burcu Beykal, Kyle Ferguson, Weihsueh A. Chiu, Thomas J. McDonald, Lan Zhou, John S. House, Fred A. Wright, David A. Sheen, Ivan Rusyn, Efstratios N. Pistikopoulos. Grouping of complex substances using analytical chemistry data: A framework for quantitative evaluation and visualization. PLoS ONE 14(10); 2019

- Melvyn Kopstein. Potential uses of petrochemical products can result in significant benzene exposures: MSDSs must list benzene as an ingredient. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 3(1):1-8; 2006
- OECD No. 193 Guidance for characterising oleochemical substances for assessment purpose, OECD; 2014
- OECD No. 194 Guidance on grouping of chemicals, second edition, OECD; 2014
- OECD No. 230 Guidance for characterising hydrocarbon solvents for assessment purpose, OECD; 2016
- R.A. Kishore Nadkarni. Guide to ASTM Test Method for the Analysis of Petroleum Products, Liquid Fuels, and Lubricants. 3rd edition, ASTM International; 2020
- Richard H. McKee, M. David Adenuga, Juan-Carlos Carrillo. Characterization of the toxicological hazards of hydrocarbon solvents. *Critical Reviews in Toxicology*, 45(4),273-365; 2015
- Richard H. McKee, Russell White. The Mammalian Toxicological Hazards of Petroleum-Derived Substances: An Overview of the Petroleum Industry Response to the High Production Volume Challenge Program. *International Journal of Toxicology*, 33(1):4-16; 2014
- Ryan P. Rodgers, Amy M. McKenna. Petroleum Analysis. *Anal. Chem.*, 83:4665-4687; 2011
- Sabcho D. Dimitrov, Denitsa G. Geoggieva, Todors S. Pavlov, Yordan H. Karakolev, Panagiotis G. Karamertzanis, Mike Rasenberg, Ovanes G. Mekenyan. UVCB Substances: Methodology for Structural Description and Application to Fate and Hazard Assessement.

- Environmental Toxicology and Chemistry, 34(11):2450-2462; 2015
- Sangjun Choi, Sugyeong Kwak, Donguk Park, Jee Yeon Jeong. Potential Risk of Benzene in Petroleum-Derived Products Used from 1974 to 2012 in Korea. Aerosol and Air Quality Research, 19: 548-558; 2019
- Stela S. Kutsarova, Darina G. Yordanova, Yordan Karakolev, Stoyanka Stoeva, Mike Comber, Christopher B. Hughes, Eleni Vaiopoulou, Sabcho D. Dimitrov and Ovanes G. Mekenyan. UVCB substances II: Development of an endpoint non-specific procedure for selection of computationally generated representative constituents. Environ Toxicol Chem., 2018
- United States Environmental Protection Agency (US EPA). Method 8260d volatile organic compounds by gas chromatography/mass spectrometry. US EPA 2017
- USEPA, 1986. Guidelines for the Health Risk Assessment of Chemical Mixtures (EPA/630/R-98/002).
- USEPA, 2000. Supplementary Guidance for Conducting Health Risk Assessment of Chemical Mixtures (EPA/630/R-00/002 - August 2000).
- Zhendi Wang, Merv Fingas. Developments in the analysis of petroleum hydrocarbons in oils, petroleum products and oil-spill-related environmental samples by gas chromatography,v Journal of Chromatography A, 774:51-78; 1997



Abstract

Analysis of hazardous substances in petroleum-based substances to improvement of the MSDS

Jeong Hee Han, Na young Park, Na roo Lee

Occupational Safety and Health Research Institute, KOSHA
30, Expo-ro 339beon-gil, Yuseong-gu, Daejeon, 34122, Republic
of Korea

Objectives : In this study, it was attempted to identify the actual status of the labeling of the constituents and contents of the MSDS (Material Safety Data Sheet) and to suggest improvement by analyzing the components in various petroleum-based substances and checking whether petroleum-based substances contain harmful substances according to the Occupational Safety and Health Act.

Methods : For this, we investigated the classification and identification methods of petroleum-based substances and UVCB substances and the analysis method of petroleum-based substances using GC (gas chromatography or MS (mass spectrometry) and analysis case study and selected and analyzed 10 hazardous substances and 21 samples.

Results : Conclusion : It was analyzed 14 samples containing hazardous substances above the limit concentration among 21 samples containing UVCB substances accounted for 66.7% and samples containing naphtha and gasoline-based UVCB substances detected but samples containing kerosene-, lubricating oil-, paraffin-and wax-based UVCB substances did not detect. As a result of analyzing each target hazardous substance among samples using GC-MS and comparing it with the MSDS of manufacturer.

Conclusion : This results can be helpful in determining whether harmful substances contained in petroleum-based substances are contained enough to affect classification, and can be a guideline for MSDS improvement through comparative review and adequacy check with manufacturer's MSDS.

부록

1. CONCAWE 석유계 UVCB 물질에 대한 표준 분석 방법 (CONCAWE, 2014)

No	구분	석유계 UVCB 물질에 대한 표준 분석 방법					식별정보
		끓는점 및 탄소수 범위		탄화수소유형	점도	DMSO 추출물 (발암성 지표)	
		Physical distillation	Simulated distillation				
1	Low Boiling Point Naphthas	EN 3405 or ASTM D86	ASTM D3710 or ASTM D7096	[GC] Detailed Hydrocarbon Analysis DHA - ASTM D5134 or ASTM D6729 or ASTM D6730 [GC] Reformulyser PIONA - EN 22854 or ASTM D6839	-	-	1. 유해성 분류와 관련된 구성성분 2. ≥10%w/w 존재하는 구성성분 3. 확인된 각 탄화수소 유형의 % w/w(개별적으로 제출된 구성성분 의 net) • paraffins, iso-paraffins, olefins, naphthenics, aromatics
2	Kerosines	EN 3405 or ASTM D87	EN 3924 or IP 406 or ASTM D2887	[HPLC] IP 436 or ASTM D6379 [HPLC] EN 12916 or IP 391	-	-	1. 탄화수소 유형의 % w/w • IP436: mono-anddi-aromatic hydrocarbons, or • IP391: mono-,di- and tri + aromatic hydrocarbons
3	MK1 diesel fuel	EN 3405 or ASTM D88	EN 3924 or IP 406 or ASTM D2888	[HPLC] EN 12916 or IP 391 [HPLC] IP 548 or ASTM D6591 [LC] ASTM D2007	-	-	1. 탄화수소 유형의 % w/w • IP436: mono-and di- aromatic hydrocarbons, or • IP391/IP548: mono-, di- and tri + aromatic hydrocarbons, or • LC: saturated, aromatic and polar hydrocarbons

4	Straight-run Gas Oils	EN 3405 or ASTM D89	EN 3924 or IP 406 or ASTM D2889	[HPLC] EN 12916 or IP 391 [HPLC] IP 548 or ASTM D6591 [LC] ASTM D2007	-	-	1. 탄화수소 유형의 % w/w • HPLC: mono-, di- and tri + aromatic hydrocarbons, or • LC: saturated, aromatic and polar hydrocarbons
5	Cracked Gas Oils	EN 3405 or ASTM D90	EN 3924 or IP 406 or ASTM D2890	[HPLC] EN12916 or IP391 [HPLC] IP548 or ASTM D6591 [LC] ASTM D2007	-	-	1. 탄화수소 유형의 % w/w • HPLC: mono-, di- and tri + aromatic hydrocarbons, or • LC: saturated, aromatic and polar hydrocarbons
6	Vacuum Gas Oils, Hydrocracked Gas Oils & Distillate Fuels	EN 3405 or ASTM D91	EN 3924 or IP 406 or ASTM D2891	[HPLC] EN 12916 or IP 391 [HPLC] IP548 or ASTM D6591 [LC] ASTM D2007	EN 3104	-	1. 탄화수소 유형의 % w/w • HPLC: mono-, di- and tri + aromatic hydrocarbons, or • LC: saturated, aromatic and polar hydrocarbons
7	Other Gas Oils	EN 3405 or ASTM D92	EN 3924 or IP 406 or ASTM D2892	[HPLC] EN 12916 or IP 391 [HPLC] IP548 or ASTM D6591 [LC] ASTM D2007	EN 3104	-	1. 탄화수소 유형의 % w/w • HPLC: mono-, di- and tri + aromatic hydrocarbons, or • LC: saturated, aromatic and polar hydrocarbons
8	Heavy Fuel Oil components	-	EN 15199-1 or IP 480 or EN 15199-2 or IP 507	[HPLC] EN 12916 or IP 391 [LC] ASTM D2007 [NMR] IP392 or ASTM D 5292	EN 3104	-	1. 탄화수소 유형의 % w/w • HPLC: mono-, di- and tri + aromatic hydrocarbons, or • LC: saturated, aromatic and polar hydrocarbons • NMR: aromatic and non-aromatic carbon

9	Unrefined/ Acid Treated Oils	-	EN 15199-1 or IP 480 or EN15199-2 or IP 508	[LC] ASTM D2007 [NMR] IP392 or ASTM D5292	EN 3104	-	1. 탄화수소 유형의 % w/w • LC: saturated, aromatic and polar hydrocarbons • NMR: aromatic and non- aromatic carbon
10	Highly Refined Base oils	-	EN 15199-1 or IP 480 or EN 15199-2 or IP 509	[HPLC] IP 368 or ASTM D7419 [LC] ASTM D2007 [NMR] IP 392 or ASTM D5292	EN 3104	-	1. 탄화수소 유형의 % w/w • HPLC: saturated, aromatic hydrocarbons, or • LC: saturated, aromatic and polar hydrocarbons • NMR: aromatic and non- aromatic carbon
11	Other Lubricant Base oils	-	EN 15199-1 or IP 480 or EN 15199-2 or IP 510	[HPLC] IP 368 or ASTM D7419 [LC] ASTM D2007 [NMR] IP 392 or ASTM D5292	EN 3104	IP 346	1. 탄화수소 유형의 % w/w • HPLC: saturated, aromatic hydrocarbons, or • LC: saturated, aromatic and polar hydrocarbons • NMR: aromatic and non- aromatic carbon 2. DMSO 추출물 % w/w
12	Untreated Distillate Aromatic Extracts	-	EN 15199-1 or IP 480 or EN 15199-2 or IP 511	[LC] ASTM D2007 [NMR] IP 392 or ASTM D5292	EN 3104	-	1. 탄화수소 유형의 % w/w • LC: saturated, aromatic and polar hydrocarbons • NMR: aromatic and non- aromaticcarbon

13	Treated Distillate Aromatic Extracted	-	EN 15199-1 or IP 480 or EN 15199-2 or IP 512	[LC] ASTM D2007 [NMR] IP392 or ASTMD5292	EN 3104	IP 346	1. 탄화수소 유형의 % w/w • HPLC: saturated, aromatic hydrocarbons, or • LC: saturated, aromatic and polar hydrocarbons • NMR: aromatic and non-aromaticcarbon 2. DMSO 추출물 % w/w
14	Residual Aromatic Extracts	-	EN 15199-1 or IP 480 or EN 15199-2or IP 513	[LC] ASTM D2007 [NMR] IP392 or ASTM D5292	-	-	1. 탄화수소 유형의 % w/w • LC: saturated, aromatic and polar hydrocarbons • NMR: aromatic and non-aromatic carbon
15	Slack Wax	-	EN 15199-1 or IP 480 or EN 15199-2or IP 514	[LC] ASTM D2007 [NMR] IP392 or ASTM D5292	-	IP 346	1. 탄화수소 유형의 % w/w • LC: saturated, aromatic and polar hydrocarbons • NMR: aromatic and non-aromaticcarbon 2. DMSO 추출물 % w/w
16	Paraffin and Hydro carbon Waxes	-	EN 15199-1 or IP 480 or EN 15199-2 or IP 515	[LC] ASTM D2007 [NMR] IP392 or ASTMD5292	-	IP 346	1. 탄화수소 유형의 % w/w • LC: saturated, aromatic and polar hydrocarbons • NMR: aromatic and non-aromaticcarbon 2. DMSO 추출물 % w/w

17	Foot Oils	-	EN 15199-1 or IP 480 or EN 15199-2 or IP 516	[LC] ASTM D2007 [NMR] IP92 or ASTM5292	EN 3104	IP 346	1. 탄화수소 유형의 % w/w • LC: saturated, aromatic and polar hydrocarbons • NMR: aromatic and non-aromatic carbon 2. DMSO 추출물 % w/w
18	Petrolatum	-	EN 15199-1 or IP 480 or EN15199-2 or IP 517	[LC] ASTM D2007 [NMR] IP 392 or ASTM D5292	-	IP 346	1. 탄화수소 유형의 % w/w • LC: saturated, aromatic and polar hydrocarbons • NMR: aromatic and non-aromatic carbon 2. DMSO 추출물 % w/w
19	Bitumen	-	EN 15199-1 or IP 480 or EN15199-2 or IP 518	[LC] ASTM D2007 [TLC-FID] IP 469	-	-	1. 탄화수소 유형의 % w/w • LC: saturated, aromatic and polar hydrocarbons • TLC-FID: saturated, aromatic and polar hydrocarbons, asphaltens

연구진

연구기관 : 산업안전보건연구원

연구책임자 : 한정희 (연구위원, 화학물질평가1부)

연구원 : 박나영 (과장, 화학물질평가1부)

연구원 : 이나루 (소장, 화학물질연구센터)

연구기간

2021. 01. 01. ~ 2021. 11. 30.

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

산업안전보건연구원장

MSDS 개선을 위한 석유계 물질 내 유해물질 분석 연구
(2021-산업안전보건연구원-813)

발 행 일 : 2021년 11월 30일

발 행 인 : 산업안전보건연구원 원장 김은아

연구책임자 : 화학물질평가1부 연구위원 한정희

발 행 처 : 안전보건공단 산업안전보건연구원

주 소 : (44429) 울산광역시 중구 종가로 400

전 화 : 042-863-0353

팩 스 : 042-863-9001

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

I S B N : 979-11-92138-35-0