J. of Korean Oil Chemists' Soc.,
Vol. 19, No. 4. December, 2002. 302~310

유처리제의 방향족 탄화수소 정량방법에 대한 표준화

조종희† · 임윤택 · 김우석 · 윤영자* · 김신종**

산업자원부 기술표준원 정밀화학과 · *숭실대학교 화학과 · **명지대학교 화학과

(2002년 8월 8일 접수 ; 2002년 9월 12일 채택)

Standardization for Quantitative Analysis of Aromatic Hydrocarbon in Oil Spill Dispersant

Jong-Hoi Cho† · Yoon-Taek Lim · Woo-Seok Kim · Young-Ja Yun* · Shin-Jong Kim**

Agency for Technology and Standards, MOCIE, Kwacheon 427-010, Korea
**Department of Analytical chemistry, Soong-sil University, Seoul 156-743, Korea*
***Department of Organic Chemistry, Myongji University, Yongin 449-728, Korea*

†e-mail: jonghoi@ats.go.kr

(Received August 8, 2002 ; Accepted September 12, 2002)

Abstract : Demand for organic analysis increase as industries are growing and many products are spreaded in the daily life. One of many products is oil spill dispersant. It was used for oil accident in the ocean. When oil spill dispersant spread at the ocean, the petroleum in the ocean is dispersed. The oil spill dispersant is made of nonionic surfactant and petroleum oil. The nonionic surfactant disperse petroleum from oil accident. The other part is petroleum oil which has aromatic hydrocarbon. Because the aromatic hydrocarbon is cancerogenic material, it directly injure animals in the ocean. This cause the second pollution in the human body. Many oil accidents still are controlled by oil spill dispersant. Therefore quality control of the oil spill dispersant become important and this also demand for the exact quantitative analysis of aromatic hydrocarbon. Hereupon the first we develop separate petroleum oil from surfactant. The second standardize analytical method of aromatic hydrocarbon in the separated petroleum oil.

Keywords : oil spill dispersant, petroleum, aromatic hydrocarbon, quantitative analytical method.

1. 서 론

1970년대 초부터 해양에 대한 유류 오염이 전 세계적인 관심으로 대두됨에 따라 해양 유류 오염방지를 위한 노력이 지속되어 왔으며 해양에 유입되는 유류의 양을 파악하기 위해 많은 연구기관에서 총량에 대한 산출평가를 해왔다. 이러한 노력의 결과에도 불구하고 현재 세계적으로

해양에 유출되는 유류의 양은 년간 620만톤 정도로 추정되고 있으며, 이러한 막대한 양은 미래 식량 및 자원의 보고인 해양환경의 황폐화와 생태계의 파괴를 불러 일으켜 매우 심각한 문제를 만든다. 해양 선진국들은 자국의 해양환경과 오염방지를 위하여 장기적인 계획을 가지고 연구를 지속하고 있으며, 특히 해양 유류오염의 주원인인 유류운반탱커들의 사고시 비상조치 방법 및 방제시스템에 대하여 체계적인 연구를 계속하여 초등방제계획과 환경 친화적 유류오염 방제 자재·약제에 대하여 많은 기술적 진보를 이룩하였다. 그러나 유출된 유류를 처리하기 위해서 수많은 첨단 방제장비들이 소비된다 하여도 그 처리비용 및 시간이 매우 오래 걸리고 이로 인해 파생되는 사회, 경제 및 생태학적 문제는 매우 심각하며, 특히 방제장비가 열악한 우리 나라의 경우에는 해양오염 사고에 대해서는 무방비 상태라 아니할 수 없다. 해양오염사고시에는 유출된 기름을 조속한 시간에 효과적으로 처리하기 위해서 일반적으로 유처리제라고 하는 화학적 분산처리제가 사용된다. 이 유처리제는 유출된 기름을 분산시키는 역할을 하는 계면활성제와 유출된 기름과 유처리제의 반응성을 높여주는 역할을 하는 광유로 나뉘어진다. 문제는 이 광유에 다량의 방향족 탄화수소가 함유되어 있어서 방제 방법에 따라 2차 오염을 발생시킬 우려가 있으며, 유처리제의 과다사용 및 방제시 작업자들의 유처리제에 대한 장시간 노출로 인하여 인체에 여러 가지 악영향이 보고되고 있고 다량의 유처리제 사용으로 인한 생물독성이 증가되고 있는 실정이다. 따라서 해양 선진국들은 생물독성을 일으킬 수 있는 유처리제내의 방향족 탄화수소성분 총량을 규제하고 있다. 예를 들어 영국에서는 유처리제의 성능시험을 실시하고 있으며 기준에 만족하게 되면 생산면허를 받아 제조하여 판매할 수 있도록 하고 있으며 평상시나 비상시에도 허가있는 제품만 유통되도록 하고 있다. 가까운 일본에서는 현재까지도 판매시에 검정품에 한해 유통시키고 있으며 싱가포르에서는 국가 규격으로 규제하고 있다. 특히 미국에서는 유처리제에 대하여 연방이나 주 공인시험 기관들에서 시험을 하고 안전성 및 효율이 입증되면 성적서를 EPA에 제출하여 해양에 사용할 수 있는 약제로 등록시키고 있으며 연안경비대의 감독하에 사용하고 있다. 이렇듯이 해양 선진국에서도 유처리제내의 방향족 탄화수소 독성의 심각성을 인식하여 규제를 하고 있으나 우리 나라에서는 심각한 독성을 일으키는 방향족 탄화수소에 대한 규제가 전혀 없을 뿐만 아니라 분석방법조차도 제대로 명시되어 있지 않다. 이런 국내상황에 볼 때, 국내 실정에 맞는 방향족 탄화수소의 함량 기준치가 필요하고, 또 이 함량기준치를 계산하는 방법의 표준화가 절실하다고 판단되는 바 본 연구에서는 국산 3종과 외산 3종의 유처리제를 가지고 먼저 유처리제의 2가지 주성분 중에서 계면활성제를 제거하는 방법을 연구하였다. 그 다음 계면활성제가 제거된 광유를 가지고 여러가지 시험 방법을 통하여 광유내에 함유되어 있는 방향족 탄화수소의 총량을 계산할 수 있는 방법을 개발하여 표준화하고, 마지막으로 국산 및 외산 유처리제의 방향족 탄화수소의 총량을 계산하고 이 결과를 비교하므로써 방향족 탄화수소의 함량기준치를 설정하여 국산 유처리제의 품질개선에 이바지하고자 한다.

2. 실 험

2.1. 시료 및 사용기기

국내 3사 및 국외 3사 완제품상태의 유처리제, cyclohexane (순도 99%이상), n-heptane (HPLC 등급), n-hexane (HPLC 등급), o-xylene (순도 98%이상), 1-methylnaphthalene (순도 97%이상), phenanthrene (순도 98%이상), dibenzothiophene (순도 95%이상), 9-methylan-thracene (순도 95%이상) 등의 시약을 Aldrich에서 구입하여 그대로 사용하였으며, Buichr-124 evaporator, HP 1090 high performance liquid chromatogaphy (HPLC), HP 6890 gas chromatography (GC) 등의 장치를 사용하여 측정하였다.

2.2. 유처리제내의 계면활성제와 광유의 분리

먼저 유처리제 10ml를 취한 후, 500㎖ 분별깔대기에 넣고, 35% 진한 염산 10㎖를 첨가한 후 유처리제와 여러번 흔들어 잘 섞는다. 이에 dichloromethane 100㎖와 증류수 100㎖를 첨가한다. 분별깔대기를 세게 3분 정도 흔들어 섞은 후 10시간 정도 정치 후 기름층과 물 층을 완전히 분리 시켜 물층(위층)을 제거한다. 그 후 100㎖씩 2회이상 기름 층을 증류수로 씻어 기름 층

에 남아있는 염산과 계면활성제를 씻어낸다. 만약 기름 층과 물 층이 잘 분리되지 않을 경우 알콜 또는 포화된 Brine solution을 첨가하여 분리시킨다. 물층을 분리하고 남은 기름층은 dichloromethane과 광유가 남아 있는데, 이를 분별증류기로 dichloromethane을 증발시켜 광유를 얻는다.

2.3. Gas Chromatography 분석방법

표준 시료인 벤젠, 톨루엔, 자일렌을 각각 dichloromethane에 5%로 희석액을 만든다. 준비된 표준 시료를 측정조건(Table 1)에 맞추어진 G.C에 주입하여 benzene, toluene, xylene의 지연 시간을 측정한다. 벤젠, 톨루엔, 자일렌을 각각 1%씩 함유하고 있는 3% 혼합용액을 제조하여 G.C에 주입하여 벤젠, 톨루엔, 자일렌의 면적비로 calibration 한다. 광유의 측정은 원액을 dichloromethane에 5%로 희석하여 GC에 주입하고 벤젠, 톨루엔, 자일렌의 피크를 확인하여 물질의 성분과 함량을 확인한다. 유처리제의 경우 계면활성제를 분리한 광유를 G.C에 주입하여 광유의 성분과 함량을 분석한다.

Table 1. Condition of GC Method

Column	HP Innowax column, Length : 60m, i.d : 0.32㎜, Adsoptive thickness : 0.5㎛
Detector	FID(Flame Ionization Detector)
Oven temperature	Initiation : 70℃ (5min), Rate : 10℃/min, Final: 250℃ (25min)
Injection temperature	250℃
Detector temperature	260℃
Flow rate	1.74 ㎖/min
Split ratio	30 : 1
Carrier gas	He
Injection	10㎕

2.4. High performance liquid chromatography 분석방법

2.4.1. 시스템 검량표준용액(SCS)의 제조 및 측정

1.0±0.1g cyclohexane, 0.5±0.05g o-xylene, 0.05±0.005g dibenzothiophene 및 0.05±0.005g 9-methylanthracene을 정확히 무게를 재서 100㎖ 플라스크에 넣은 다음, n-heptane으로 표시선까지 채워서 system calibration standards (SCS)을 준비한다. dibenzothiophene과 9-methylanthracene은 n-heptane을 첨가하기 전에(초음파 세척기를 사용하여) o-xylene과 cyclohexane 혼합물에 녹이도록 한다. Table 2와 같은 조건인 HPLC 기기의 이동상 유속을 1㎖/min으로 유지하고, RI 검출기의 표준셀을 이동상으로 가득 채운다. 컬럼온도를(온도조절장치가 갖추어 있다면 RI 검출기와) 안정화시킨다. 작동조건이 안정화되었을 때, SCS 10㎕를 주입한다. 액체크로마토그래피 분석주기 동안 기준선의 흔들림은 cyclohexane에 대한 피크높이의 0.5 %보다 작다. 기준선 분리가 SCS의 모든 4가지 원소에 대해 얻어짐을 확인한다. 데이터시스템을 사용하여 dibenzothiophene과 9-methylanthracene 피크들의 머무름 시간을 측정한다.

Table 2. Condition of HPLC Method

Column	Waters spherisorb. NH_2 250mm×4.6mm×5㎛×2ea
Detector	RI (Refractive Index)
Column temperature	35℃
Detector temperature	30℃
Flow rate	1.0ml/min
Mobile phase	n-Heptane (HPLC grade)
Injecction	10㎕

2.4.2. 검량표준용액(SMS)의 제조 및 측정

Table 3에 주어진 농도에 따라 4가지 standard material solution (이하 SMS) (A,B,C,D)을 0.0001g까지 무게를 재서 100㎖ 플라스크에 넣고 n-heptane으로 표시선까지 채워서 조제한다. 저온의 암실에서 잘 밀봉된 병(100㎖ 플라스크)에 SMS를 보관한다.

작동조건이 안정화되었을 때, (SMS) A의 10㎕를 HPLC에 주입한다. PAHs 표준이 하나의 뚜렷한 피크로 분리되도록 미리 정해진 시간에 백플러쉬 밸브를 작동한다. 각 방향족 표준용액에 대한 피크면적을 측정하고 크로마토그램을

Table 3. Concentration of Calibration Standard Components

SMS	cyclohexane g/100mℓ	o-xylene g/100mℓ	1-methylnaphthalene g/100mℓ	phenanthrene g/100mℓ
A	5.0	4.0	4.0	0.4
B	2.0	1.0	1.0	0.2
C	0.5	0.25	0.25	0.05
D	0.1	0.05	0.02	0.01

기록한다. (SMS) B, C와 D를 사용하여 위의 과정을 반복한다. (SMS) D에서 phenanthrene의 면적이 너무 작아 정확히 측정할 수 없다면 더 큰 농도의 phenanthrene (0.02g/100mℓ)을 함유한 새로운 (SMS) D를 제조하여 측정한다. 각 방향족 표준용액 (o-xylene, 1-methylnaphthalene과 phenanthrene)에 대해 면적값에 따른 농도(g/mℓ)를 입력한다. 검량선 그래프는 ±0.01g/100mℓ 사이의 절편과 0.999 이상인 상관계수를 가진 선형일 것이다.

2.4.3. 분리된 광유의 측정

10mℓ 플라스크에 국산 3종과 외산 3종의 시료 각각 0.9~1.1g를 0.001g까지 정확히 무게를 재서 넣은 다음, 표시선까지 n-heptane으로 채운다. 그리고 충분히 혼합되도록 흔든다. 용액을 10분간 방치한 다음 필요하다면 난용성물질을 제거하기 위하여 필터링한다. 하나 또는 다수의 방향족 탄화수소 유형들의 농도가 보정범위 밖에 떨어져 있는 시료들에 대해서는 좀 더 고농도(2g/10mℓ) 또는 저농도(0.5g/10mℓ) 시료용액을 준비한다. 검량 데이터를 얻는데 사용된 것들과 일치하고 작동조건들이 준비되었을 때 시료용액 10μℓ를 주입하고 데이터 수집을 시작한다. PAHs가 하나의 뚜렷한 피크로 분리되도록, 미리 정해진 시간에 백플러쉬 밸브를 작동한다. 분석이 끝났을 때, 이동상의 흐름 방향을 바꾸고 정상흐름으로 되돌린다. 그런 다음 시료를 주입하기 전에 기준선을 다시 안정화시킨다. 크로마토그래피 데이터가 자동적으로 진행된다면, 적분변수들이 정확히 각각의 피크를 인식하고 적분하였는지 확인한다.

적분값을 확인하였으면, 앞서 작성한 각각의 mono, di, poly 형태의 검량선에 적분값을 대입하여 방향족 탄화수소의 총량을 계산한다.

3. 결과 및 고찰

3.1. Gas Chromatography 분석방법 결과

Table 4는 국산 3종의 광유와 유처리제를 분석한 결과이다. 벤젠의 지연 시간은 7.67분에 피크가 검출되었으며, 톨루엔은 9.65분, 자일렌은 11.82분에서 피크가 검출되었다. 광유의 경우 D사는 12~34 분대 완만한 피크가 측정이 되었으며, K사와 G사는 14~34 분대 완만한 피크가 측정되었다. 유처리제의 경우 전처리하여 용매를 모두 증발시킨 후 G.C에 주입하여 측정하였으며 D사 유처리제는 7.62분과 13~42분대에서 피크를 측정하였다. K사 유처리제는 7.48분과 11.03분 그리고 13~44분대에서 피크를 측정하였으며, G사 유처리제는 7.54분과 13~44분대에서 피크를 측정할 수 있었다. 전체적인 결과를 살펴보면, 유처리제를 G.C로 분석하여 방향족 탄화수소를 검출하는 방법은 적합한 방법으로 보기에는 무리가 있었다. 왜냐하면, 검출되는 피크가 너무 넓고 완만하여 데이터로서의 가치도 없고, 또 피크가 나오는 위치를 정확하게 알 수 없었기 때문이다.

3.2. HPLC 분석방법 결과

3.2.1. 시스템 검량표준용액(SCS) 결과

실험에 사용할 HPLC기기 자체가 올바르게 작동하고 있는지를 확인하기 위하여 방향족 탄화수소표준시약을 벤젠링의 개수에 따른 형태인 mono, di, poly 형태를 각각 구매하여 시약의 피크가 검출되는 시간대를 알아보았다. 그리고 벤젠고리를 가지고 있지 않은 포화탄화수소 계통에는 cyclohexane을 사용하였고, mono 형태는 o-xylene, di 형태는 1-methylnaphthalene, poly 형태는 phenanthrene을 사용하여 측정하였다. 이 실험는 단순히 피크가 나오는 지연 시간

Table 4. Result of Gas Chromatography Method

Sample name	G.C Time (min)	
Benzene[1)]	7.2	7.67
Toluene[1)]	7.2	9.65
p-Xylene[1)]	7.2	11.82
Petroleum of Company D[1)]	7.2	12~34 broad
Petroleum of Company K[1)]	7.2	14~34 broad
Petroleum of Company G[1)]	7.2	14~34 broad
Oil spill dispersant of Company D[2)]	7.62	13~42 broad
Oil spill dispersant of Company K[2)]	7.48 13~44 broad	11.03(trace)
Oil spill dispersant of Company G[2)]	7.54	13~44 broad

[1)] 5% in Dichloromethane, 10$\mu\ell$ injection [2)] 5% in Dichloromethane, 2$\mu\ell$ injection

대를 알아보기 위해서 실시하는 실험이며, HPLC의 측정조건은 Table 2에서 설명한 조건으로 실험하였고 결과는 Fig. 1과 같다.

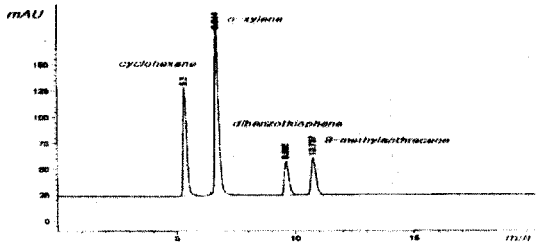
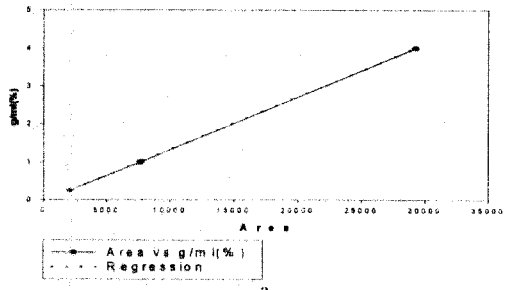


Fig. 1. Result of system calibration standard solution(SCS).

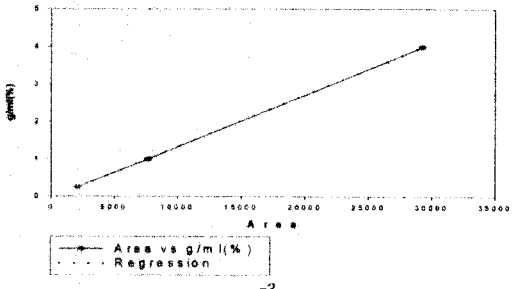
3.2.1. 검량표준용액(SMS)을 이용한 검량선 작성

2.4.2의 과정을 거쳐서 제조한 검량표준용액(SMS)(A,B,C,D)은 각각 포화탄화수소, mono 형태의 방향족 탄화수소, di 형태의 방향족 탄화수소, poly 형태의 방향족 탄화수소를 나타내는 피크를 포함하고 있다. 이들 A,B,C,D 용액들을 HPLC로 측정하여 나온 결과를 검량선으로 작성하여 Fig. 2에 나타내었다.



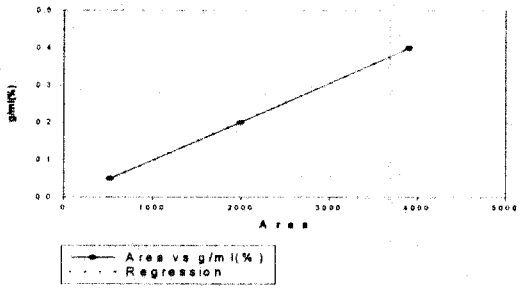
$Y=2.31\times10^{-3}$ X -0.012

(a) Calibration curve of o-xylene.



$Y=1.47\times10^{-3}$ X -0.047

(b) Calibration curve of 1-methylnaphthalene.

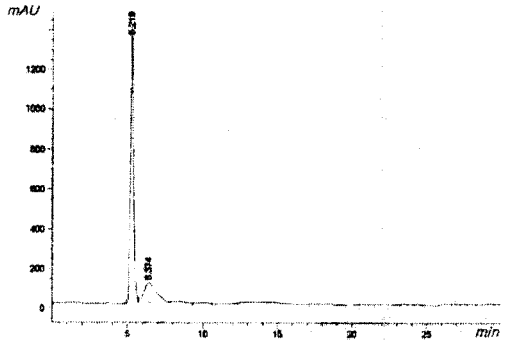


$Y=1.07\times10^{-3}\ X\ -4.49\times10-3$

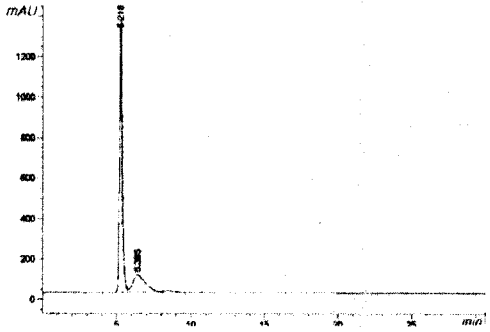
(c) Calibration curve of phenanthrene

Fig. 2. Calibration curve of standard solution.

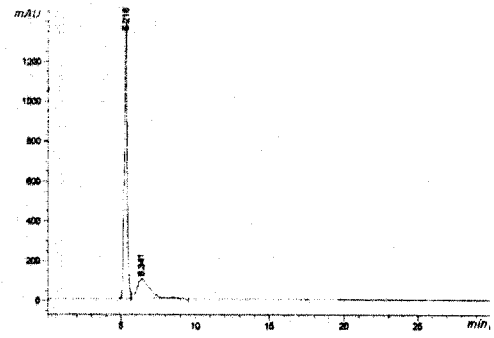
3.2.2. 유처리제 방향족 탄화수소의 총함량 결과



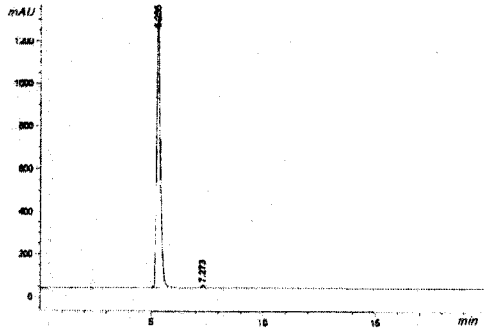
(a) Result of company K petroleum



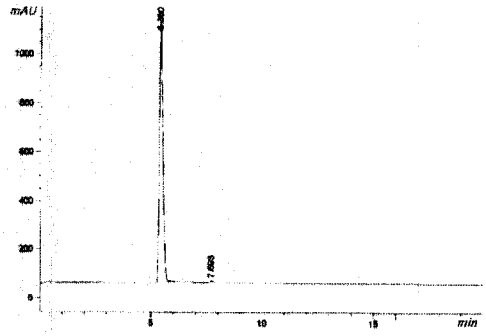
(b) Result of company G petroleum



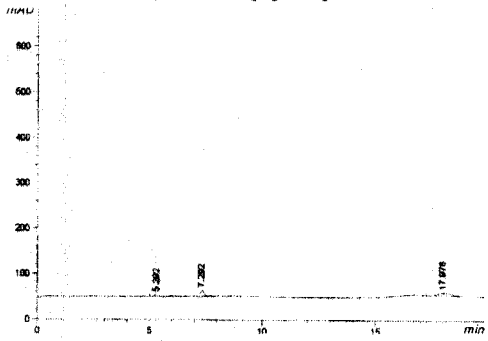
(c) Result of company D petroleum



(d) Result of american petroleum



(e) Result of japan petroleum



(f) Result of france petroleum

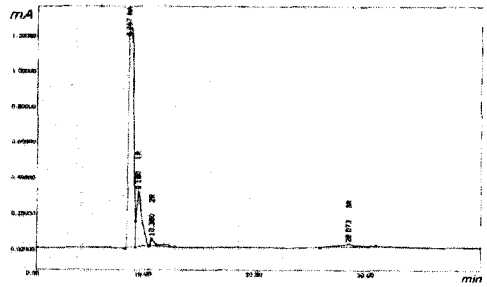
Fig. 3. Results of Samples.

Fig. 3을 살펴보면, 국산 3종과 외산 3종 중에서 미국과 일본의 경우는 공통적으로 5분대에서 포화탄화수소의 피크를 관찰할 수 있었다. 그 다음 나타나는 피크의 경우는 방향족 탄화수소의 형태 중 mono의 피크가 나와야 하는데 국산 3종의 경우는 6분~7분대를 거쳐서 완만한 형태의 피크가 나타났다. 이 형태는 피크가 걸쳐져 있는 시간대가 다소 애매하기 때문에 정확하게 결정하기에 무리가 있다. 다만 2가지로 예상해 볼 수 있는데, mono와 di 둘 중에 한가지 형태의 방향족탄화수소 피크를 나타내는 경우일 수도 있고, 아니면 그 둘의 형태가 같이 존재하면서 완전히 분리되지 않은 형태의 피크일 경우도 있다. 외산 시료 중에서 일본과 미국의 경우는 7분대에 작은 형태의 피크가 나타났다. 시스템 표준검량 피크(SCS)와 비교해 보면 mono 형태보다는 di 형태일 가능성이 더 크다. 포화탄화수소 피크 다음에 나타나는 이 피크는 국산 3종의 경우가 외산에 비해서 크기가 훨씬 큰데, 이 경우는 국산의 유처리제에 mono나 di 형태의 방향족 탄화수소가 더 많이 함유되어 있다는 것을 말한다. 가장 특이한 형태의 피크를 나타내는 시료는 프랑스의 경우인데, 5분대, 7분대, 17분대에 작은 형태의 피크가 나타났다. 다른 시료들과 크게 차이가 나는 점은 5분대에 나타나는 포화탄화수소의 피크의 크기가 굉장히 작다는 것과 17분대에 poly 형태의 피크가 나타난다는 것이다. 17분대의 poly 형태 피크는 상당히 늘어진 형태로 나타나는데, 이 점은 poly 형태가 워낙 소량이고 피크가 나타나는 지연시간이 너무 길기 때문에 HPLC 자체의 base line에 묻혀져서 이런 결과가 나타났다고 생각된다. 이런 점으로 볼 때 다른 시료들도 poly의 형태가 존재하지만, 이와 같은 이유로 poly 형태의 피크가 나타나지 않는 것일 수도 있다고 생각된다. 따라서 이에 대한 보완 실험이 필요하며, 다른 조건을 찾아 실험해야 할 필요성이 있다.

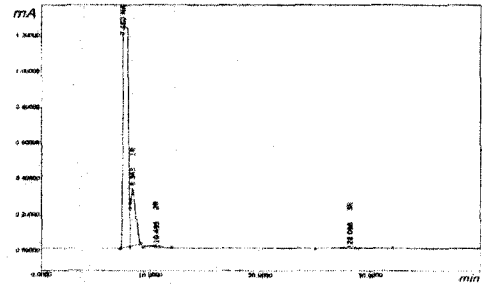
새로운 HPLC 조건을 가지고 실험한 결과는 Fig. 4와 Table 6에 명시되어 있고, 새로운 실험조건은 Table 5와 같고, 실험과정은 2.4.3과 같다.

Table 5. Condition of HPLC Method

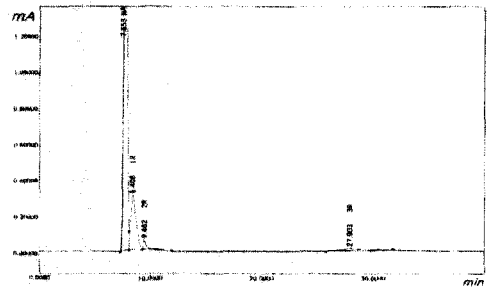
Column	Hypersil APS 5㎛ 200mm×4.6mm
Detector	RI (Refractive Index)
Injection temperature	Room temperature
Detector temperature	Room temperature
Flow rate	0.45ml/min
Mobile phase	n-Hexane (HPLC grade)
Injection	20㎕



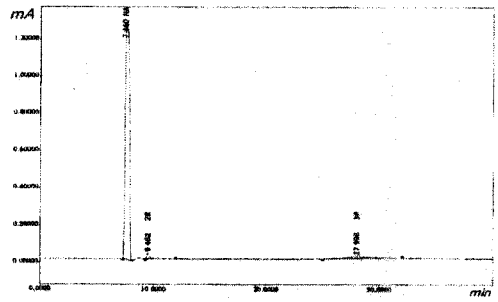
(a) Result of company K petroleum



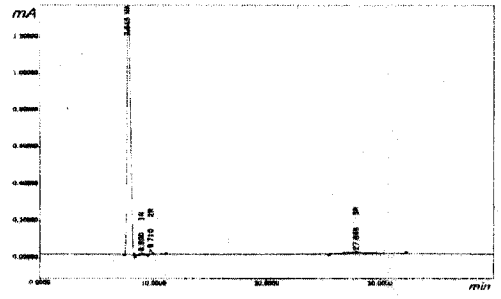
(b) Result of company G petroleum



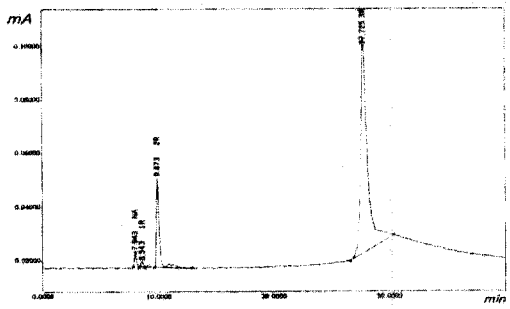
(c) Result of company D petroleum



(d) Result of american petroleum



(e) Result of japan petroleum



(f) Result of france petroleum

Fig. 4. Another results of samples.

Table 6은 국산 3종과 외산 3종의 유처리제의 방향족 탄화수소 피크 검출시간과 그에 따른 면적 적분값을 표로 정리한 것이다. 전체적으로 mono는 8분대에, di는 9분대에, poly는 27분대에 피크가 나타났다. 이번에 측정한 실험결과에서 주목할 만한 점은 첫 번째 측정조건에서 분리해내지 못했던 mono와 di 형태를 분리해냈다는 것이다. 이 결과로 K사, D사, G사, 일본, 프랑스의 유처리제는 모두 mono, di, poly 형태의 방향족 탄화수소를 포함하고 있음이 밝혀졌다. 다만, 미국 유처리제의 경우 특이하게 mono 형태의 방향족 탄화수소는 함유되어 있지 않았다. Table 2와 Table 5의 조건에 따른 실험결과를 전체적으로 살펴보면, 첫째로 mono와 di 형태의 분리가 가능한 이유는 처음 실험했던 HPLC RI 측정조건과 다른 column을 사용한 데에 있다고 생각된다. 두번째로는 분명하게 검출해내지 못했던 poly 형태의 피크를 검출해 냈다는 것이다. 이 점은 백플래쉬 장치를 사용한 것에 가장 중요한 차이점이 있다고 생각된다. 이제 Table 5의 조건으로 측정한 결과를 3.2.1에서 측정한 각각의 검량선에 대입하여 방향족 탄화수소의 총량을 계산한 결과가 Table 7에 나타나 있다.

Table 6. Retention Time and Area of Oil Spill Dispersant

Type / Sample	Mono (min) (area)	Di (min) (area)	Poly (min) (area)
Company K	8 (5588.96)	9 (648.96)	27 (724.48)
Company D	7 (4956.71)	9 (498.78)	28 (503.80)
Company G	8 (6197.08)	10 (328.26)	27 (269.64)
American	-	9 (330.63)	28 (281.29)
Japan	8 (14.77)	9 (152.26)	27 (314.49)
France	8 (27.45)	9 (582.13)	27 (3331.67)

Table 7. Aromatic Hydrocarbon Total Content of Oil Spill Dispersant

Type / Sample	Mono (%)	Di (%)	Poly (%)	Total (%)
Company K	12.89	0.91	0.77	14.57
Company D	11.76	0.68	0.67	13.10
Company G	13.09	0.38	0.43	13.89
American	-	0.35	0.55	0.90
Japan	0.22	0.23	0.54	0.99
France	0.09	1.23	2.60	3.91

4. 결 론

국내 K사, D사, G사의 방향족 탄화수소의 함량은 13.10~14.57 %이고, 외산 3종의 함량은 0.90~3.91 %로서 외산 제품보다 국산 제품의 유처리제의 방향족 탄화수소가 더 많이 함유되어 있다는 것을 알 수 있다. 이는 국산 유처리제로 해양방제작업시에 이를 다루는 인체나 해양생물에게 치명적인 해를 입힐 수 있다는 것을 의미하며, 더 나아가 자연 생태계를 파괴할 수 있다는 것을 시사하고 있다. 이에 비해 외산 제품은 미국과 일본 제품의 경우는 1 %를 넘지 않았으며, 프랑스 제품도 4 %로 다른 외산 제품보다 다소 높은 편이기는 하지만, 국내의 제품들과 비교해서는 현저하게 낮았다. 또한 공통적으로 국내 3사의 제품의 결과를 확인해보면, 거의 같은 형태를 나타내었다. 이 점은 국내 3사의 유처리제 제조시에 사용하는 base oil을 한 회사에서 공급받는 것에 기인된다. 이런 유처리제의 방향족 탄화수소 함량을 낮추기 위해서는 생물독성 실험평가와 아울러 인체에 유해한 함량 기준치를 설정하고 base oil 공급업체와 협의하여 생산시에 함량을 낮추는 것이 시급하다.

참고문헌

1. S. O. Baek, K. N. Kim, and J. S. Choi, *J. Kor. Soc. Environ Engr.*, **17**, 85 (1995).
2. W. Lee, J. E. Hong, S. J. Park, and H. S. Pyo, *Anal. Scie. & Tech.*, **10**, 315 (1997).
3. S. J. Kim and D. H. Kim, *J. Kor. Ind. Eng. Chemistry*, **5**, 573 (1994).
4. N. Varotsis, N. Pasadakis, and V. Gaganis, *Fuel*, **77**, 1495 (1998).
5. L. Zoccolillo, D. Babi, and M. Felli, *Chromatographia*, **52**, 373 (2000).
6. R. M. Smith and Boca. Raton, *Chromatographic Integration Method*, **6**, 372 (1990).
7. N. Pasadakis and N. Varotsis, *Fuel*, **79**, 1455 (2000).
8. C. W. Sink and D. R. Hardy, *Anal. Chem.*, **66**, 1334 (1994).
9. R. S. Min and O. A. Beiko, *Russian Jor. Physical Chem*, **65**, 1478 (1991).
10. S. C. Kim, T. K. Kim, S. Y. Lee, and S. H. Roh, *J. Kor. Ind. Eng. Chemistry*, **5**, 573 (1994).
11. Y. J. Cho, Y. C. Lee, and K. P. Lee, *Aanl. Scie. & Tech.*, **11**, 292 (1998).