

우리나라의 해상유출물질 감식·분석기법 연구

이완섭 · 이상진 · 김차수 · 오현정 · 김한규*

해양경찰청 연구개발센터

Introduction of Korea Oil Identification System(KOIS)

Y.S.Lee · S.J.Lee · C.S.Kim · H.J.Oh · H.G.Kim*

R&D Center of Korea Coast Guard

요 약 : 모든 원유(crude oil)와 연료유(refined petroleum)는 서로 구별되는 개별 탄화수소 특성을 가지고 있다. 원유의 경우 산지별로 고유한 특성을 지니고 있으며, 연료유의 경우 같은 유종이라 할지라도 그 원료가 되는 원유의 특성, 또는 생산공정, 생산시기 등에서 차이점이 발생하고 생산시기가 동일한 동일유종의 기름이더라도 선박의 연료탱크 내에 남아있는 잔류물과의 혼합 등에 의해 구별될 수 있는 특징을 가지게 된다. 유지문기법(oil fingerprint method)은 이러한 특성을 이용하여 해상유출유의 오염원을 밝히기 위한 감식·분석기법을 말한다. 현재의 유용한 유지문기법으로는 기체크로마토그래피(GC)를 이용한 포화탄화수소류·방향족탄화수소류·황화합물 패턴분석방법과 적외선분광광도계(IR)를 이용한 적외선스펙트럼 측정방법 그리고 형광분광광도계(FL)를 이용한 방향족탄화수소류 스펙트럼분석방법 등이 있으며 GC/MS를 이용한 EICs(Extracted Ion Chromatograms) 패턴분석방법이 있다.

핵심용어 : 유지문기법, 원유, 기체크로마토그래피

ABSTRACT : Crude oil is complex mixture of thousands of different organic compound formed from a variety of organic materials that are chemically converted under differing geological conditions over long periods of time. Also oil composition varies according to crude source, refining, processing, handling and storage. The oil fingerprint method is application of specific knowledge of petrochemicals and use of sophisticated analytical equipment and techniques to identify the source(s) of oil pollution.

KCG currently utilizes four primary analytical techniques: Gas Chromatography (GC), Fluorescence Spectroscopy(FL), Infrared Spectroscopy(IR) and Gas Chromatograph mass spectrometer(GC/MS). Of all these techniques, GC technique are most widely used. Gas Chromatography is used as a primary analytical method because high reliableness, high separating efficiency and repeatability

KEY WORDS : oil fingerprint method, crude oil, gas chromatography

1. 서 론

우리나라 항만 및 주변해역의 해상교통량은 매년 증가하고, 고속화·대형화 하고 있어 연평균 약 400여건의 해양오염사고가 발생하고 있으며 발생위험성도 점점 증대되고 있는 실정이다. 우리나라는 대부분의 원유를 수입에 의존하고 있고 수입경로는 유조선에 이용한 해상수송로를 통해 이루어지고 있다.

수출·입 화물선 등과 연근해에서 활동하고 있는 선박 등의 폐유 불법배출과 해난사고로 인한 유류유출사고가 빈번하게 발생하고 있고 정유사와 산업시설이 밀집해 있는 서해와 남해에는 대형유조선 및 연안 유조선등의 빈번한 운항이 사고위험성을 가중시키고 있어 유출원(source of oil spill)의 신속한 적발과 오염지역 확인 등의 분석기법이 절실하게 요구되고 있다.

해상에 유출되는 기름으로는 원유(crude oil), 연료유(refined petroleum), 윤활유(lubrication) 및 유성혼합물인 선저폐수

(bilge), 폐기물, 위험·유해물질(HNS) 등으로 나눌 수 있다. 유출형태로는 고의적인 불법 배출, 밸브 오조작 및 기계적 결함으로 인한 유출, 그리고 충돌, 좌초, 침몰 등 해난사고에 의한 유출로 구분될 수 있다. [표 1]은 최근 5년간 발생한 전체적인 해양오염사고 현황을 나타내었다.

해상유출물질의 감식·분석업무는 선박의 국가간 항행 특성 때문에 국내는 물론이고 국제적인 업무 성격을 가지고 있어 분석능력 등이 이에 걸 맞는 수준을 유지해야만 하고 대형 오염사고시 방제방법의 결정, 오염지역의 확인 및 불명오염사고의 행위자 적발 등을 위해 정확하고 신속한 기법을 필요로 한다.

현재의 유용한 분석기법으로는 기체크로마토그래피(GC : Gas Chromatograph), 적외선분광광도계(IR : Infrared Spectroscopy), 형광분광광도계(FL : Fluorescence Spectroscopy)를 이용한 방법들이 있으며 GC/MS는 이용한 분석방법은 보완적으로 사용되는 감식기법이다. 이러한 기법들은 주시험법과 선택적·보완적 시험방법으로 시스템을 구성하고 있다.

* 김한규 : 정회원, khg50@kcg.go.kr 032)835-3233

[표 1] 최근 5년간 해양오염사고 건수 및 유출량

년 도		계	1kl미만	1~10kl	10~30kl	30~100kl	100kl이상
총계	건수	1,835	1,696	88	29	17	5
	유출량 (kl)	4,407.7	124.7	260.2	456.9	850.8	2,715.1
		-	92.4%	4.8%	1.6%	0.9%	0.3%
		-	2.8%	5.9%	10.4%	19.3%	61.6%
	2001	455	428	22	1	3	1
	2002	385	363	15	4	2	1
	2003	297	263	23	3	6	2
	2004	343	315	16	9	2	1
	2005	355	327	12	12	4	-

2. 해상유출물질의 종류별 특성

2.1 유출유의 구분

2.1.1 Light distillates

C3~C12의 탄화수소 구성을 가지고 있는 석유제품으로 나프타(naphtha), 휘발유(automotive gasoline) 등이 있다.

2.1.2 Mid-range distillates

C6~C26의 탄화수소 구성을 가지고 있는 석유제품으로 등유(kerosene), 제트유(jet fuel oil), 경유(gas oil) 등이 있다.

2.1.3 Heavy fuel types

중류잔사유(residual oils)를 주성분으로 하고 경유, 감압유출유 등과 혼합한 석유제품이다. 주로 디젤기관용 및 보일러연료로 사용되지만 품질과 점도에 의해 A중유, B중유, C중유로 구분할 수 있으며 차례로 점도가 높아진다. 선박에서는 경유와의 혼합에 따라 점도를 달리하여 선박의 크기와 엔진의 종류에 따라 MFO(marine fuel oil)로 불리는 다양한 점도를 가진 혼합연료를 사용한다.

2.1.4 Lubricating oils

C28~C40의 탄화수소 구성을 가지고 있으며 분리되는 alkane의 성분이 거의 존재하지 않으며 일반적으로 crankcase oil, hydraulic oil, cutting oil 등을 포함한다.

2.1.5 Bilge etc.

석유류 제품에 포함되지 않으나 해양오염방지법에서 규정하고 있는 기름의 종류에 포함된다. 빌지 혹은 선저폐수라 불리는 이 물질은 선박의 선저에 물과 연료유, 윤활유등이 혼합된 유성혼합물이다. 선박에서 발생하는 오염물질이며 불법해상배출이 이루어지는 대표적인 물질이다.

2.2 HNS(Hazardous and Noxious Substances)

OPRC-HNS의정서 제2조에 의하면 HNS란 해양환경에 유입되면 인간의 건강 및 해양생물에 해를 주거나 쾌적한 생활환경의 손상 또는 기타 해양이용을 저해하는 물질로써 독성, 인화성, 환경유해성, 부식성 및 화학반응성을 가지고 중독, 질식, 폭발, 화재, 해양오염사고 및 해양패적성을 손상시킬 수 있는 위험·유해 물질을 일컫는다. 광의의 의미로서 HNS는 해상인명 안전에 관한 협약(SOLAS)에서 규정하는 위험물질(포장위험물,

산적고체위험물, 산적액체위험물)과 해양오염방지협약(MARPOL 73/78)에서 규정하는 유해물질(기름, 산적유해액체물질, 포장유해물질)등을 모두 포함하는 개념이나 분류의 편의상 해양오염방지법상에서 정의하는 기름과 구분하기도 한다.

3. 해상유출물질 감식·분석방법

3.1 기체크로마토그래프(GC-FID)를 이용한 방법

기름 감식·분석의 목적은 채취한 해상유출유와 혐의대상 시료와의 동질여부를 밝혀 오염조사활동에 자료를 제공하여 유출원(source of oil spill) 즉, 배출선박이나 시설을 찾아내는 것이다. 해양에 인접한 대부분의 국가에서는 해상에 고의·부주의 또는 해난사고 등에 의해 유출된 기름에 대한 감식(정)·분석업무를 수행하고 있다. 국가별로 분석기법의 선택에 있어 다소 차이점은 발견할 수 있으나 분석절차와 목적은 동일하다.

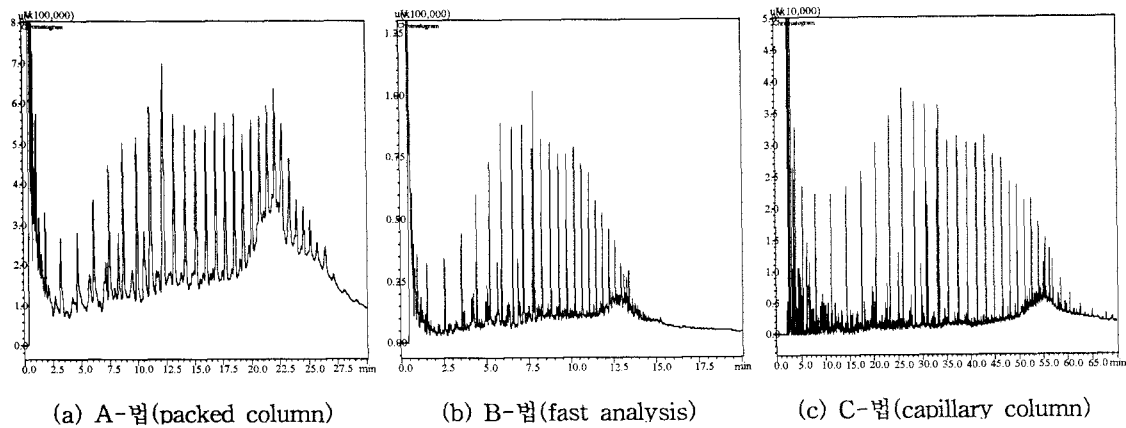
해상유출물질의 분석에 있어 기본적인 방법은 기체크로마토그래프를 이용한 방법이며 적외선분광광도계를 이용한 방법과 형광분광광도계를 이용하는 방법은 시료의 특성, 시료의 상태 및 시료의 수량에 따라 선택적으로 실시할 수 있다.

기체크로마토그래프법으로 분석한 경우 경시변화외에 비교대상 그래프가 서로 상이한 경우에는 추가적인 분석을 필요치 않는다. 분석단계가 높아 질수록 부분적이며 경시변화영향에 크게 받지 않는 다환방향족탄화수소류와 바이오마커(m/z 191, 217, 218)를 분석하게 된다.

기체크로마토그래프법(gas chromatography)은 기름중의 포화탄화수소류를 불꽃이온화검출기(flame ionization detector)가 부착된 기체크로마토그래프(gas chromatograph)로 분리·분석하여 얻어진 정보를 피크패턴에 의하여 유종의 식별과 동질여부를 판정하는 방법이다. 이 방법은 적외선분광광도계(IR)나 형광분광광도계(FL)로 분석하는 방법보다 선택성이 높고 분리능력이 뛰어나며 높은 재현성으로 유출유 분석의 주시험법으로 사용되고 있다. 탄화수소화합물은 비등점에 따라 분리관에서 분리되고 불꽃이온화검출기(FID)로 측정되어 기록계에 각기 고유의 chromatogram을 나타낸다. GC분석방법에서 피크패턴을 분석하는 방법은 A법(packed column), B법(fast capillary column), C법(capillary column)으로 구분된다. [표 2]는 방법에 따른 분석조건을 나타내었고 [그림 1]은 각각의 분석방법

[표 2] 기체크로마토그래프의 분석조건

구 분	A법	B법	C법
검 출 기	불꽃이온화검출기 (FID)	불꽃이온화 검출기 (FID)	불꽃이온화 검출기 (FID)
컬 럼	스테인리스 스틸 칼럼 (안지름 3.0mm, 길이 2m)	모세관 칼럼 (내경0.1mm, 필름두께0.1 μ m, 길이 15m)	모세관 칼럼 (내경0.25mm, 필름두께 0.25 μ m, 길이 30m)
충 진 제	기체크로마토그래프 실리콘 ov-1을 2% 침윤시킨 크로모솔브W (AW-DMCS) (60-80 메쉬)	100% dimethylsiloxane	100% dimethylsiloxane
운반기체 및 유속	질소 99.99% 이상의 질소(N ₂) 또는 헬륨(He) 50mL/분	질소 99.99% 이상의 질소(N ₂) 또는 헬륨(He) 1.2mL/분	질소 99.99% 이상의 질소(N ₂) 또는 헬륨(He) 1.2mL/분
보조기체유속	-	30mL/분	30mL/분
오븐 승온조건	80(2분)~300 $^{\circ}$ C	80(1분)~300 $^{\circ}$ C	60(0.5분)~300 $^{\circ}$ C
오븐온도 승온속도	9.5 $^{\circ}$ C/분	15 $^{\circ}$ C/분	6.0 $^{\circ}$ C/분
시료주입구 온도	300 $^{\circ}$ C	300 $^{\circ}$ C	300 $^{\circ}$ C
검출기 온도	320 $^{\circ}$ C	320 $^{\circ}$ C	320 $^{\circ}$ C



[그림 1] 중국산 승리(ShengLi)원유의 시험방법별 크로마토그램 비교

에 의한 분석결과를 나타낸 크로마토그램이다.

충진칼럼의 경우 비교적 빠른 분석시간과 고점도 시료 및 윤활유가 포함된 선저폐수 등의 시료의 분석에 효과적이며 경제적이다. 모세관칼럼은 판정요소를 보다 정밀하게 분석할 수 있는 방법이다. 패스트분석방법(fast column analysis)은 위의 두 가지 장점을 모은 것으로 충진칼럼에 비해 분석시간을 1/2 단축하여 하면서도 모세관칼럼의 정밀분석을 가능케 하는 새로운 분석기법이다.

모세관칼럼(capillary column)에서 분리되는 Pristane(C₁₉H₄₀, 2,6,10,14-Tetramethylpentadecane)과 Phytane(C₂₀H₄₂, 2,6,10,14-Tetramethylhexadecane)은 n-Heptadecane(C₁₇), n-Octadecane(C₁₈)과 함께 나타나는 커플피크(couple peak)이며 기름임을 나타내주는 바이오마커(biomarker)의 일종이다.

Pristane과 Phytane을 가지고 Pri/phy의 비와 C₁₇과의 높

이비(C₁₇/pr)와 C₁₈과의 높이비(C₁₈/phy)를 이용하여 감식하는 방법이 매우 유용하게 사용된다.

해양유출유와의 동질여부를 밝히기 위해서는 분석된 GC-FID의 크로마토그램 패턴의 유사성을 분석하여야 한다. 일반적으로 피크로 구성된 패턴은 a) 최초로 검출된 peak의 탄소수, b) 최후에 검출된 peak의 탄소수, c) 최대 peak 높이를 나타내는 탄소수 d) peak의 정점을 이루고 있는 선의 흐름, e) peak의 바탕선을 이루고 있는 선의 흐름, f) pristane, phytane과 C₁₇, C₁₈의 높이비, g) UCM(unresolved complex mixture)의 분포 등을 분석하여 동질·유사성의 판단을 내릴 수 있다.

3.2 적외선분광광도계를 이용한 분석방법

적외선분광광도계에 의한 분석방법은 적외선이 시료를 통과할 때 흡수되는 양을 각 파장에 대하여 적외흡수스펙트럼을 측

[표 3] GC/MS의 대표적인 타겟이온

	Compound Type	Ion	Abbrev.		Compound Type	Ion	Abbrev
1	alkanes	85		12	C1-phenanthrenes	192	C1PA
2	alkanes	113		13	C2-phenanthrenes	206	C2PA
3	alkanes and acyclic iosprenoid	183		14	C3-phenanthrenes	220	C3PA
4	C2-naphthalenes	156	C2N	15	mono-aromatic steranes	253	
5	C3-naphthalenes	170	C3N	16	norhopanes	177	
6	C4-naphthalenes	184	C4N	17	methyl hopanes	205	
7	C0-dibenzothiophene	184	CD	18	bicyclonaphthalenes	208	
8	C1-dibenzothiophenes	198	C1D	19	tri-aromatic steranes	231	
9	C2-dibenzothiophenes	212	C2D	20	Triterpanes(hopanes)	191	
10	C3-dibenzothiophenes	226	C3D	21	14 α (H) steranes	217	
11	phenanthrene/anthracene	178	P/A	22	14 β (H) steranes	218	

정하고 이 흡수대를 비교 분석하여 유종의 식별 및 경시변화 여부를 조사하는 방법이다. 해양유출물질 발견시 부유하고 있는 물질이 원유 또는 선박에서 사용하는 연료유인지 아니면 유해액체물질인지를 판단하는 최초의 방법으로 주로 사용하고 있으며 이 결과를 토대로 다음단계의 분석방법을 결정할 수 있다.

3.3 형광분광광도계를 이용한 분석방법

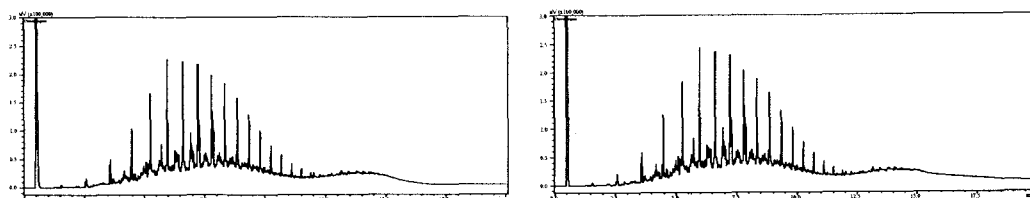
물질을 구성하는 원자 또는 분자는 외부에서 조사되는 자외/가시광을 흡수하면 흡수된 에너지에 비례하여 흥분상태로 변환된다. 즉, 기저상태(ground state)에서 여기상태(excited state)로 들떠지는 현상을 말한다. 이 흥분상태 에너지가 다시 기저상태로 돌아올 때 방출하는 광이 바로 형광이며 이런 원리를 가지고 있는 분석기기를 형광분광광도계(fluorescence spectroscopy)라 한다.

이시험방법은 유출유종에 포함되어 있는 다환방향족탄화수소

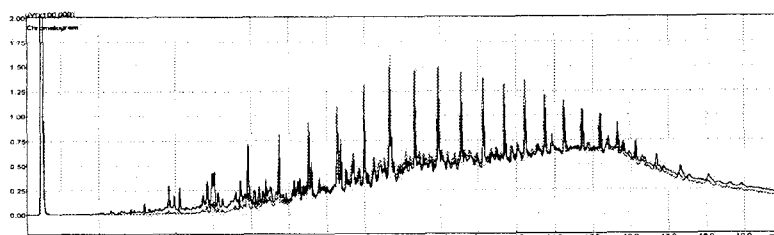
류가 나타내는 형광을 특성의 흥분파장(exciting wavelength)에서 일정범위의 형광스펙트럼을 측정하여 세기와 패턴을 비교하여 확인하는 방법이다. 석유류종에 존재하는 다환방향족화합물은 안정되어있어 난분해성 성질을 가지고 있다. 이러한 다환방향족 화합물의 특성 때문에 경시변화를 받은 기름이나 받지 않은 기름 모두에 적용될 수 있으며 분석에 필요한 시료의 양이 10ppm~100ppm 농도로 희석 사용되므로 충분한 양의 시료채취가 어려운 경우에도 적용될 수 있다. 그러나 다른 형광물질로부터 오염(contamination)이 되었을 경우에는 적합하지 않는 문제점이 있다.

3.4 기체크로마토그래프 질량분석기(GC/MS)를 이용한 분석방법

GC/MS를 이용한 해양유출유 감식·분석방법은 GC-FID에서 확인하기 곤란한 경우 또는 보완적인 방법으로 사용되는 방법이다. GC의 전체적인 패턴분석과 달리 개별적인 타겟이온의 패턴



[그림 2] 불명오염사고(왼쪽 : 해양유출유, 오른쪽 : 혐의유)(2004년 인천)



[그림 3] 해양유출유와 혐의유 시료 오버레이 결과 (2006년 여수)

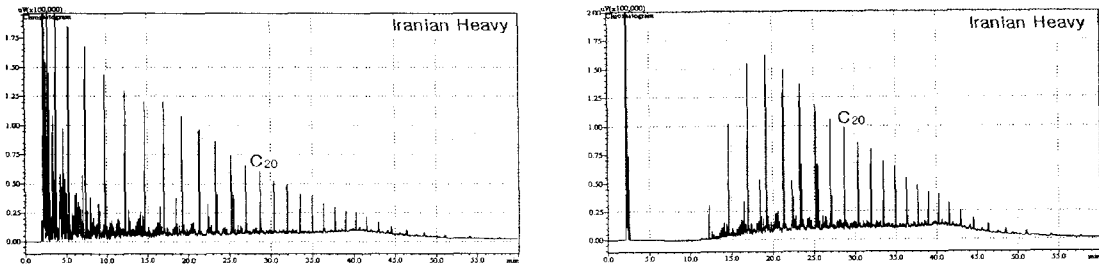
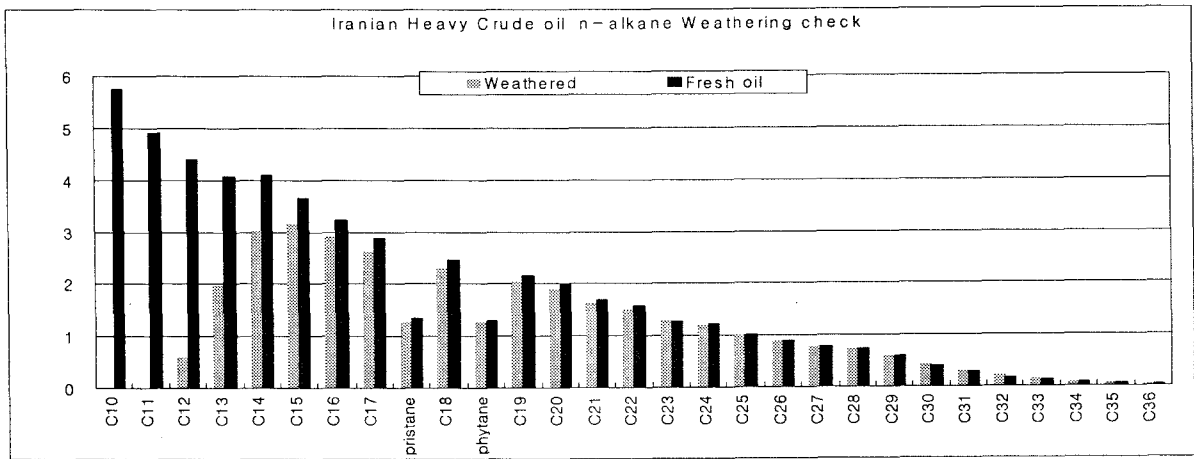


표 8 [그림 4] 이란헤비유의 경시변화 전후의 크로마토그램(왼쪽 : 경시변화전, 오른쪽 : 경시변화진행)



[그림 5] 경시변화 전후의 포화탄화수소류의 변화

분석이 가능하여 경시변화된 유출유와 혐의유 식별에 보완적으로 사용되는 기법이다.

이 분석방법은 [표 3]과 같이 22개의 대표적인 타겟이온을 선정하여 선택이온모니터링(selected ion monitoring)방식을 사용하여 분석한다. 주요 분석 대상물질은 크게 지방족(aliphatic)과 방향족(aromatic)계열로 구분할 수 있으며 세분하면 alkane(m/z 85, 113, 183), PAHs(C2N~C4N, P/A~C3PA etc), 황(sulfur)을 포함한 PAHs(D~C3D), 그리고 biomarker로 알려진 m/z 191, 217, 218 등이다. 필요한 경우 Fluorenes(COF~C3F) 또는 Chrysenes(C0C~C3C)등을 포함할 수 있다.

GC/MS 분석을 위해 F1, F2 분획은 별도로 하지 않고 n-Hexane으로 추출한 whole oil을 사용한다. 물론 불순물의 제거, 검출감도 향상을 위해 분획(F1, F2, 또는 F1+F2)의 필요성과 GC/MS의 분석조건 등을 변경할 수 있지만 감식·분석 시에는 동일한 조건을 유지하여야 한다.

4. 해양오염사고 감식·분석 사례

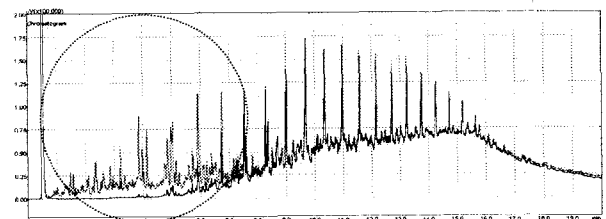
4.1 신속한 분석이 요구되는 경우

해양에서 발생하는 유류오염사고는 선박의 특성인 이동성 때문에 현장보존이 매우 어렵고 행위자 색출을 이유로 모든 혐의대상 선박에 대해 강제적 조사가 현실적으로 불가하다. 그러므로 신속한 분석결과를 필요로 하는 해상유출유 감식·분석의 경우 패스트 분석은 가장 필요한 기법이라 할 수 있다.

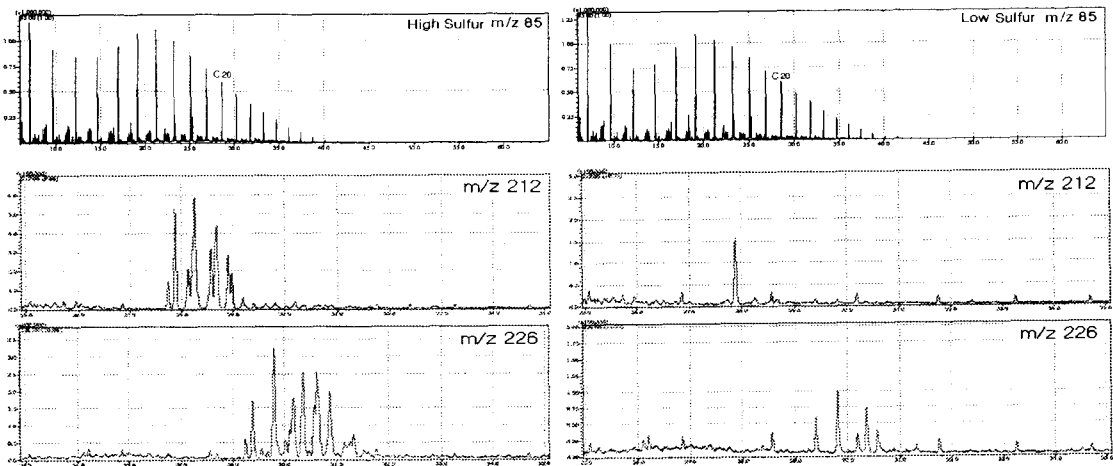
[그림 2]와 [그림 3]은 패스트 분석기법을 이용하여 불명오염사고 행위자를 적발한 사례를 나타내었다

4.2 시료의 경시변화

해상에 유출된 기름은 해면에서 확산되면서 경시변화를 받게 된다. 경시변화의 정도는 기름의 종류, 파고, 수온, 풍속 등의 해상과 대기의 기상상태에 따른 복합적인 요인에 의해 결정된다. 그러므로 감식·분석을 하는데 있어서 이러한 유종별 경시변화의 경향을 사전에 파악하고 있어야 한다. [그림 4]는 iranian heavy crude oil의 경시변화의 예를 나타내었고 [그림 5]는 n-alkane의 C25를 기준으로 하여 [그림 4]의 크로마토그램의 값을 막대그래프(bar-chart by Excell)로 표시한 것이다. 경시변화 전후의 n-alkane의 분포를 잘 나타내고 있음을 알 수 있다.



[그림 6] 해상유출유 시료간의 시간경과에 따른 저비점 탄화수소의 변화모습(2006년 여수)



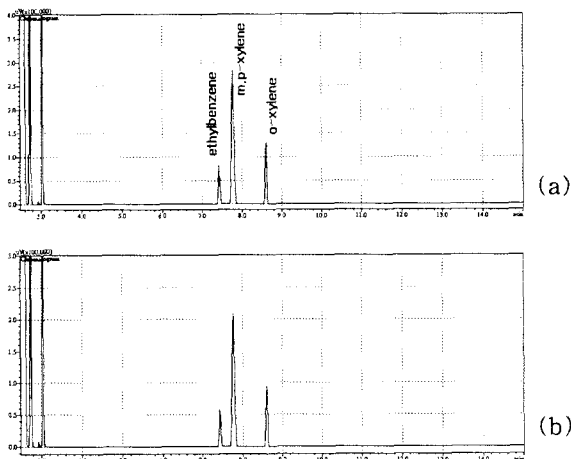
[그림 7] 경유의 GC-MS/SIM 크로마토그램 (왼쪽 : 선박용, 오른쪽 : 자동차용)

4.3 황분의 차이가 있을 경우

경유는 nC6~nC26까지의 비점범위의 가지고 있다. 해운분야에서의 경유는 소형기관의 연료유와 중대형기관의 보조기관의 연료유로 사용하고 있다. 선박용과 자동차용은 황분농도에서 차이점이 발생한다.

[그림 7]는 서로 다른 종류의 경유 피크패턴을 비교한 결과이다. GC/MS를 이용한 m/z 85의 피크패턴은 GC-FID의 분석결과와 유사한 크로마토그램 패턴을 나타낸다. 이렇게 전체적으로 유사한 피크패턴이 나올 때에는 GC-FID에서 isopreniod (pristane, phytane)과 n-alkane(C17, C18)의 관계비를 구하여 동질여부를 확인할 수도 있지만 이와 같이 GC-MSD를 이용한 피크패턴 분석에서도 구별되는 특징을 나타낼 수 있다.

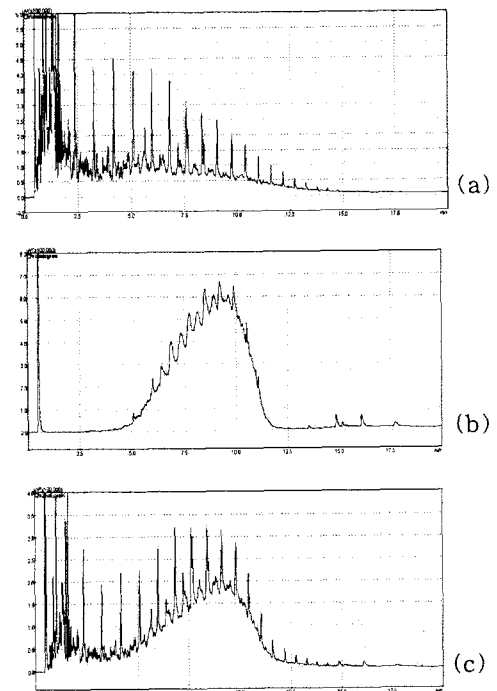
[그림 7]과 같은 저유황경유와 비교적 고유황인 경유인 경우, 다환방향족탄화수소와 황성분이 결합된 CO dibenzothiophene~C3dibenzothiophene의 피크패턴을 나타내는 m/z 184, 198, 212, 226의 분석이 유용하다.



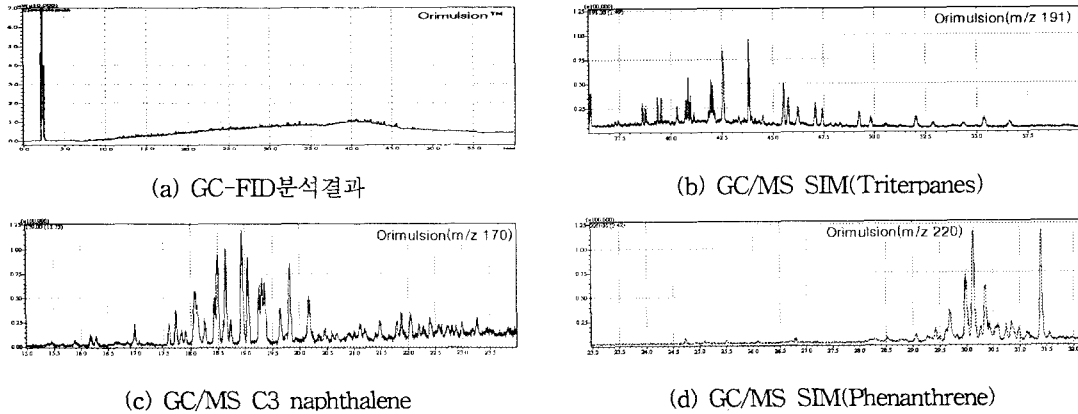
[그림 8] 자이렌의 기체크로마토그램[해상유출물질(a), 지하 매설관누출물질(b)]

4.4 위험·유해물질(HNS)의 감식·분석

기름과 달리 HNS와 같은 물질들은 각각의 분자량, 분자구조를 가지는 화합물의 형태로 구성되어 있다. 그러나 케미컬탱커나 원료로서 수송되는 물질들은 시약과 같이 순도가 높지 않고 다른 물질이 혼합되어 있는 경우가 많다. 최근의 HNS 유출사고로는 '04년 12월 24일 온산항에서 발생했던 자이렌(xylene : C8H10)혼합물 10kl 유출사고이다. [그림 8]은 해상에 유출된 물질과 오염발생원의 물질과 성분구성이 동일함을 알 수 있으며 유출물질의 구성은 ethylbenzene 13%, m, p-xylene 63%, o-xylene 22%의 성분임을 확인하였다.



[그림 9] 연료유와 유처리제의 크로마토그래프[경유(a), 유처리제(b), 경유와 유처리제혼합(c)]



[그림 10] 오리멸전의 GC(a) 및 GC/MS(b, c, d) 분석결과

4.5 유처리제 혼입의 경우

유처리제는 해상에 유출된 기름의 생물·화학적처리에 사용되는 방제약제이다. 소량 유출사고가 발생할 경우 행위자 측에서 사고의 은폐 또는 유출유 방제를 목적으로 선내에 보유중인 유처리제를 사용하는 경우가 있다. 이런과정에서 유출유시료를 분석할 경우 [그림 9]의 (c)와 같은 유출유에 대한 크로마토그래프 결과를 얻을 수 있다. 유처리제와 기름과의 혼합비에 따라 크로마토그래프 분석결과가 서로 상이해 질수 있다.

[그림 9]는 유처리제가 혼합되지 않은 경우(a), 유처리제(b), 경우와 유처리제가 혼합된 경우(c)를 나타낸 크로마토그래프이다.

4.6 신규도입물질의 사전 감식·분석자료 수집

오리멸전(Orimulsion : ORInoco+eMULSION)은 Venezuelar Orinoco 지역에서 채굴된 천연비투멘(natural bitumen)을 유화제(계면활성제, 안정제)를 사용하여 물과 에멀전 되어 있는 발전연료이며 Venezuela PDVSA(Petroleos de Venezuela S.A) -BITOR사에 의하여 생산 판매되고 있는 상품명이다.

Orimulsion은 중유와 유사한 연소특성을 가지고 있으나 연소 효율과 열량이 중유에 비해 높은 특성을 지니고 있기 때문에 영국, 일본, 캐나다 등 주요국가에서는 발전소 및 보일러에서 석탄 또는 중유의 대체연료로 사용되고 있다. 우리나라에서도 발전용 대체연료로 사용하기 위해 한국에너지기술연구소(KIER)를 중심으로 발전연료로의 사용 가능성에 대한 연구를 토대로 2003년도부터 남부발전(주) 영남화력발전소에서 연간 14만톤 사용을 시작으로 2005년에는 국내수요가 약 270만톤에 이르고 있다. 오리멸전의 주요한 해상유출사고가 현재까지 발생한 경우는 없으나 원유(Crude oil)와 마찬가지로 유조선에 의한 해상수송로를 통해 수입되기 때문에 유출사고에 의한 해양오염의 우려는 상존하고 있다. 더욱이 오리멸전이 해상에 유출되었을 경우 에멀전화되어 있는 물질의 특성상 기존의 기름들과는 다른 거동특성을 가지고 있어 새로운 유출물질에 대한 감식·분석방법과 방제방법이 요구된다.

4. 결 론

기름 감식·분석의 목적은 채취한 해상유출유와 혐의대상 시료와의 동질여부를 밝혀 오염조사활동에 자료를 제공하여 유출원 즉, 배출선박이나 시설을 찾아내는 것이다. 해상에 인접한 대부분의 국가에서는 해상에 고의·부주의 또는 해난사고 등에 의해 유출된 기름에 대한 감식·분석업무를 수행하고 있다. 국가별로 분석기법의 선택에 있어 다소 차이점은 발견할 수 있으나 분석절차와 목적은 동일하다.

충진칼럼의 경우 비교적 빠른 분석시간과 고점도 시료 및 윤활유가 포함된 선저폐수 등의 시료의 분석에 효과적이며 경제적이다. 모세관칼럼은 판정요소를 보다 정밀하게 분석할 수 있는 방법이다.

패스트분석방법은 위의 두 가지 장점을 모은 것으로 충진칼럼에 비해 분석시간을 1/2 단축하여 하면서도 모세관칼럼의 정밀분석을 가능케 하는 새로운 분석기법이다.

GC/MS를 이용한 해상유출유 감식·분석방법은 GC-FID에서 확인하기 곤란한 경우 또는 보완적인 방법으로 사용되는 방법이다. GC의 전체적인 패턴분석과 달리 개별적인 타겟이온의 패턴분석이 가능하여 경시변화된 유출유와 혐의유 식별에 보완적으로 사용되는 기법이다.

해상유출물질의 감식·분석방법은 물질의 종류, 구성화합물의 차이, 혼합물의 성상 등을 고려하여 적절한 분석기법을 선택하여 분석할 수 있다

참 고 문 헌

[1] 박용철외(1991), "해양유출유의 형광지문에 의한 식별연구", 한국해양학회지, pp295~303
 [2] 박용철외(2002). "3차원 형광지문을 이용한 해양유류오염 감식시스템 개발", pp.101
 [3] 정진원의(1985), "해상에서 원유 및 중질유의 경시변화 특

성

- 연구”, 한국해양학회지, pp74~82
- [4] 정진원의(1986), “해상유출유 식별방법에 관한 연구”, 한국 해양학회지 제21권 제2호, pp118~123
- [5] 정진원의(2001), “유지문기법을 이용한 해상유출유 감식방법에 관한 연구”, 2001 춘계 해양환경공학회지, pp.15~25
- [6] 정진원의(2003), “기름중의 PAHs 및 Biomarker패턴을 이용한 해상유출유 감식기법”, 2003 추계 해양환경공학회지, pp.161~172
- [7] 이완섭의(2004), “Fast GC를 이용한 해상유출유 감식·분석 기법 연구”, 해양환경공학회지 제7권 3호, pp.122~130
- [8] 이완섭의(2004), “에멀전연료유 오리멀전의 특성 및 감식기법연구”, 2004 춘계 해양환경공학회지, pp.236~243
- [9] 이완섭의(2004), “우리나라의 해상유출유 감식·분석시스템”, 2004 추계 해양환경공학회지, pp.29~41
- [10] 이완섭의(2005), “비지속성 해상유출물질의 감식·분석기법 연구”, 2005 춘계 해양환경공학회지
- [11] 이완섭의(2005), “해상유출물질의 감식·분석기법 연구”, 2005 추계 해양환경공학회지, pp 657~657.
- [12] 해양경찰청(2001), “시험연구보 제9권”, pp. 248
- [13] 해양경찰청(2004), “시험연구보 제10권”, pp. 267
- [14] 해양경찰청(2004), “제1회 「산·학(연)·관」 공동연구 심포지움”, pp.140
- [15] 해양경찰청(2005), “제2회 「산·학(연)·관」 공동연구 심포지움”, pp.115
- [16] 해양경찰청(2005), “제3회 「산·학(연)·관」 공동연구 심포지움”, pp.114