

石油海洋汚染計測をめぐる諸問題

Problems around the Oil Pollution Measurements of Marine Environments

早野茂夫*
Shigeo HAYANO

石油による海洋汚染は世界的な問題であり、これに對処するために1972年には「廃棄物その他の物の海洋投入による海洋汚染を防止する条約」が締結され、さらに1973年には「船舶による海洋汚染の防止のための国際条約」がとりまとめられている。わが国は周囲は海によってかこまれており、年間約3億トンに及ぶ大量の石油を消費しているので、もっとも汚染事故が発生し易い地域のひとつとなっている。海洋汚染防止のためには大きい努力が払われているが、問題の性質上、従来の知識では予測し得ない規模の事故が発生する危険がつねに存在している。石油汚染によって海洋の生態系がどのように変化するかについては、これまでほとんど知られていないかったが、この2-3年の間に研究班がいくつか組織され、科学的な検討が加えられている。本稿では、計測法の観点から現況を考察し、問題を整理して見たい。

I. 石油は水に混ざる

古くから水と油とは相混り合わないものたとえに挙げられて来たが、たしかにこれらは無限に溶け合うというものではなく、きわめて溶け合いにくいものといえる。近年、紫外分光分析計あるいはガスクロマトグラフィーの発達に伴って、水中への炭化水素類の溶解度のかなり精密な測定が可能となった。P. L. BohonとW. F. Clausen¹⁾ならびにD. M. Alexander²⁾が芳香族炭化水素について測定したデータをppmに換算したものを見ると、これから分るように单環芳香族炭化水素であるベンゼン、トルエン、キシレンは、常温で水に対し数百から2,000ppmの溶解度を持っている。二環式芳香族炭化水素になると値は大巾に下がり、常温でナフタレンは約30ppm、図には示さなかったがビフェニルの溶解度は8ppmになる。芳香族炭化水素が想像以上に水に溶解するのは、芳香環を取り巻くπ電子雲が水分子に相互作用を及ぼしているためである。

これに反し脂肪族炭化水素の溶解度はかなり低くなる。簡単に話を進めるために常温(25°C)で液体である炭素数5(ペンタン)より大きい分子を考えることにする。McAuliffe³⁾によるとペンタン(C₅H₁₂)

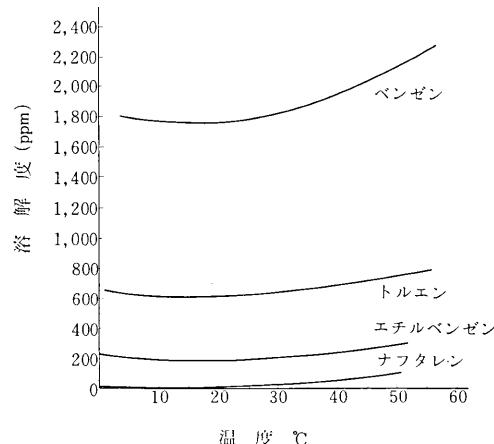


図1 芳香族炭化水素の溶解度

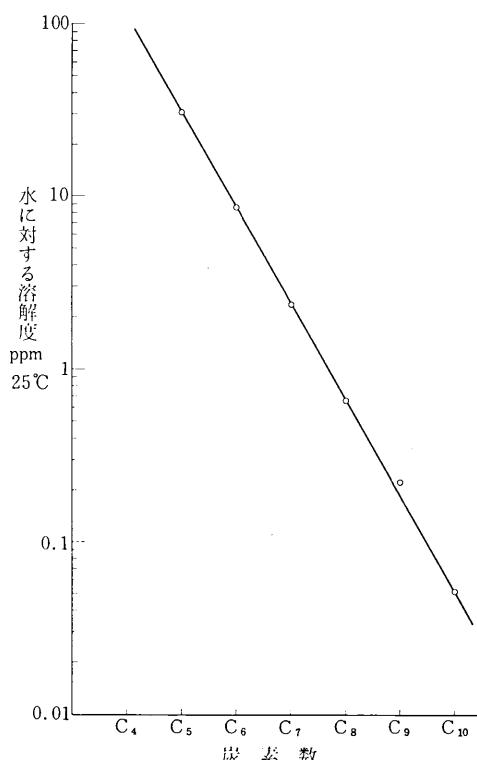


図2 低級アルカン炭化水素の溶解度

* 東京大学生産技術研究所 計測技術開発センター

は31ppm、ヘキサン(C_6H_{14})は8.7ppm、ヘプタン(C_7H_{16})は2.4ppm、オクタン(C_8H_{18})は0.66ppm、ノナン(C_9H_{20})は0.22ppmとなっている。これらの溶解度を縦軸に対数目盛で表わし、横軸に炭素数を取ると図2のように直線関係が得られる。この直線にのるものは炭素数10までである。これ以上炭素数が大きくなると実験がし難くなりデータの再現性が悪くなつてくるが、傾向を論じるには十分の精度は得られる。E. Pfakeら⁴⁾によれば、炭素数20以上の炭化水素の溶解の状態は一種の凝集分散に近いもので水中にかなり大きい粒子として存在する。溶液を孔径の異なるフィルターで沪過すると、図3に示すように水中の溶解度が減少する。

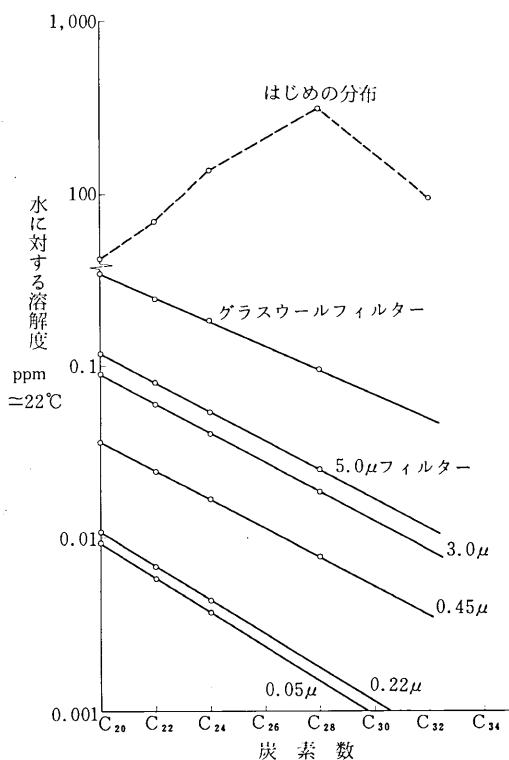


図3 アルカン炭化水素の水への分散

以上の事実は、同じ脂肪族炭化水素であっても、炭素数10までの物質と、それ以上の物質の溶解の仕方は異なるものであることを示している。McAuliffeeは炭素数10までの直鎖脂肪族炭化水素は、水に溶解する場合に分子状に分散し、いわば真の溶解が起こると考えた。ところが、炭素数がこれより大きい炭化水素は単分子としては水に入り込むことはできず、複数の分子が凝集して水の中に分散する。この系は一種の不安定な系であって、その状況は空気中に浮遊している粉塵に類似しているものと考えられる。十分に長時間が

経過すれば、このような状態で分散している炭化水素は水から分離するであろう。ただし凝集分散粒子を安定化させる原因（たええば界面活性剤あるいはアラビアゴムのような親水性の保護コロイド物質）が存在すればその限りではない。

炭素数の低い炭化水素の水に対する溶解度に関する McAuliffee の研究は、溶液論の観点から興味ある対象として注目された。蛋白質、アミノ酸、各種の染料あるいは界面活性剤の水への溶解状態に関する最近の知見によれば、これらの物質を構成する原子団のうち、疎水性の炭化水素基の周囲には、水は氷構造の殻（アイスベルグ）を生成しており、親水性基は水の自由分子と水素結合により結合している。もっとも氷構造の殻は、固定化されたものでなく、非常に早い時間で生成消滅を繰り返すものである。このように考えると、古い考え方では説明困難であった現象がかなり統一的に理解されるようになる。この詳細には、本題からそれる事になるのでこれ以上立ち入らない。要は炭化水素基の周囲にアイスベルグが形成されるという点に着目することで良い。もし溶解しようとする物質が炭化水素だけであって、親水性基をまったく持たないものとすれば、この周囲はくまなくアイスベルグで蔽われるであろう。図4は炭素原子数が3個の脂肪族炭

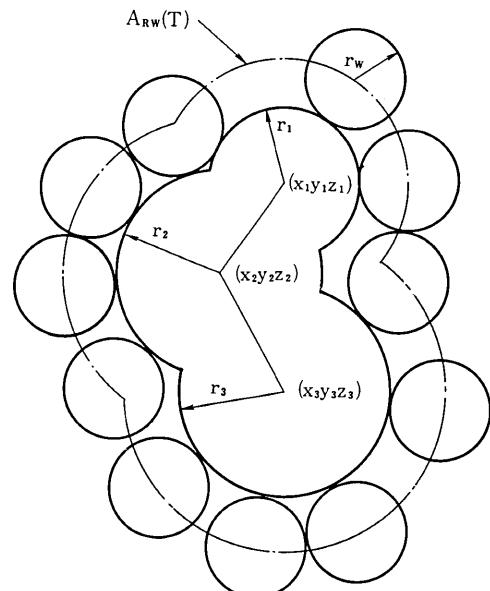


図4 プロパンをかこむ水分子がつくるcavity surface (内表面積 $A_{rw}(T)$)

化水素であるプロパンの周囲にアイスベルグ構造を形式した水が配位している状況を図示したものである。

Uhlig⁵⁾によると、ある物質の分子が溶媒中に入り込むときの自由エネルギー変化は近似的に次のように表わされる。

$$\Delta G = 4\pi r^2 \sigma - \epsilon \quad (1)$$

ここで r は溶質分子が球形であると仮定したときの半径であり、 $4\pi r^2$ はそれが溶媒に入り込む場合の表面積になる。 σ は溶媒の表面張力、 ϵ は溶質と溶媒の相互作用エネルギーである。つぎに気相中の溶質分子に対する溶媒中の溶質分子の比はボルツマン分布則で与えられる。

$$C/C' = e^{-\Delta G/kT} \quad (2)$$

(1), (2)より溶液の表面張力と気体の溶解度の対数との間の直線関係が成立することが理解される。

R. B. Hermann⁶ は炭化水素が水に溶解するモデルを図 4 のように考え、炭化水素の飽和水溶液の溶質 1 分子当りの自由エネルギー μ_{satd} を次のように考えた。

$$\mu_{satd} = \mu_w + kT \ln s \quad (3)$$

ここで s は炭化水素の分子溶解度、 μ_w は与えられた温度、1 気圧での仮想的な標準 1 M 水溶液中での溶質 1 分子当りの標準自由エネルギーである。このように飽和溶液と平衡にある純粋液状炭化水素に対しては、ふたつの相の化学ポテンシャルは次のように関係づけられる。

$$\mu_R = \mu_w + kT \ln s \quad (4)$$

ここで μ_R は純粋液状炭化水素 1 分子当りの自由エネルギーである。さて、炭化水素が純粋の液状炭化水素から水中に移行するときの自由エネルギー $\mu_w - \mu_R$ が、一系列の炭化水素群に対して、それぞれの炭化水素をとり囲むアイスペルグの内表面積 (*cavity surface*) に直線的に関係づけられるものとすれば、その内表面積 $A_{RW}(T)$ は溶解度との間に次のような関係があるはずである。

$$b_o(T) A_{RW}(T) = -kT \ln s - C_o(T) \quad (5)$$

ここで $b_o(T)$, $C_o(T)$ は与えられた温度で一定である。Hermann は、(5)式の関係が、アルカン炭化水素およびシクロアルカン炭化水素に対して成立することを示した。この状況を図 5 に示す。またアルキルベンゼン類に対しては、上とは別の系列の関係 (図 6) が存在することを見出した。

2. 石油成因説とのかかわり

現在われわれが恩恵を直接に蒙っているエネルギーのもっとも重要な供給源はいうまでもなく石油である。この石油が、どのようにして地球上に生成したかについては、古くからいろいろな説が唱られてきた。たとえば、鯨類のような巨大動物の死骸が蓄積し、炭化水素に変化したとか、あるいは地殻内部の金属炭化物と反応することにより炭化水素が生成したとか、それぞれの時代の関心を反映した説が提出されてきた。後者は 1910 年代に人造石油の合成方法を発見したハンス・フィッシャーの仮説である。時代は繰り返すというが、最近は生物起源説に再び関心が持たれるようになった。

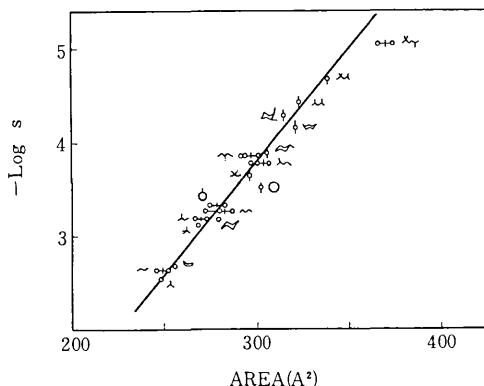


図 5 アルカン炭化水素の cavity surface と溶解度

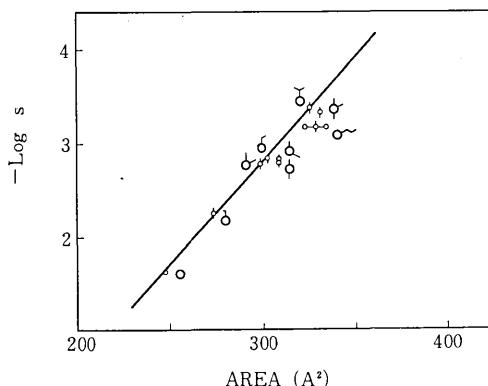


図 6 アルキルベンゼンの cavity surface と溶解度

P. V. Smith⁷ は、1952年に沿岸の沈積物中に含まれる炭化水素の年代測定を行った。それによると炭化水素は 1 万 5000 年より新しい時期に生成したものであり、沈積物の年代は古いものでなく、また炭化水素は沈積物中に広く分布するものである。このことは他の研究者によっても確証された。炭化水素は沈積物中ばかりでなく、火成岩中にも見出されたが、これはおそらく水に溶解分散した炭化水素が水によって火成岩まで運ばれたものであろう。

もし炭化水素が微生物からあれ、動植物からあれ地上なり海中なりでの生物活動の結果生じたものとして、これが現在地球上の各所に存在する油田に発展するためには、炭化水素が何らかの仕方で地表上を移動し、特定地域の岩床に蓄積しなければならないだろう。石油鉱床の構造に関しては、古い地質学が考えていたように、石油は特殊な岩石に含まれるものでなく一般の岩石が石油鉱床になり得ることも確かめられているという。

前章に述べたように、炭化水素が水に溶解する仕組みはふたつある。分子量の低い炭化水素は、水中のアイスペルグの鞘あるいは殻に入り込む仕方で分子溶解

し、分子量の高いものは、たとえば界面活性剤のような第三物質が介在することによって凝集分散する。とすれば地表上の不特定の場所で、生物起源によって生成した炭化水素はふたつの仕方で海中に溶け込み、水の運動に従って移動し、海中の沈積物あるいは岩石が存在する場所に捕獲され、蓄積し、油田に成長したるものにちがいない。

いずれにしても、炭化水素が長い距離を移動する唯一の可能性は、広大な連続性のある海水をなかだちとするものでなければならず、もし岩石構造が適当なものであれば、海中の炭化水素はこれに捕集されて油田を生成してもおかしくはない。

まず、石油が生物起源であるとすれば、生物によってつくり出される脂肪酸から炭化水素が導かれると考えるのが妥当であろう。天然に生じる脂肪酸は、偶数個の炭素原子から成るものが圧倒的に多い。たとえば動植物油脂のもっとも主要な構成成分であるステアリン酸、オレイン酸、リノール酸はいずれも炭素数が18であり、同様に重要な成分であるパルミチン酸、ミリスチン酸、ラウリン酸はそれぞれ炭素数が16, 14, 12となっている。脂肪酸から炭化水素が生成する機構は、末端のカルボキシル基（脂肪酸基）が分解し、二酸化炭素1分子が放出されるものであろう。その結果炭化水素としては母親の脂肪酸より炭素数が1個少ないもの、つまり炭素数は奇数個でなければならない。実際に、海水中に見出される炭化水素は奇数個のものが優勢であることが知られている。しかしながら、油田より採取された原油の成分を占める炭化水素の炭素数は、必ずしも奇数個が優勢を占めるとは限らない。また、原油中の炭化水素の構造は、油田によって、直鎖状の炭化水素ばかりではなく、枝分れした炭化水素や、環状炭化水素を含むものがあって单一とは云えない。現在の知識ではこれらの関係を明らかにすることはできない。

また、海水中にppm程度の微量で分散している炭化水素が、油田の核とみなされる場所に集められる際に、油と水との分散のなかだちをしていると考えられる界面活性剤の機能が失なわれるものと推定されるが、これらの考え方には科学的なうらづけが欠けており、未だスペキュレーションの域を出ない。

3. 石油汚染の計測

石油は化学的には多数の化合物の混合物であるが、主成分は飽和炭化水素である。これはさらに直鎖（パラフィン系）、分枝状（イソパラフィン系）、環状（シクロパラフィン系あるいはナフテン系）炭化水素に分類することができる。このほかに芳香族炭化水素が含まれており、これにも単環あるいは多環式のもの、またはそれから誘導されたものが多数あっていちいち化合

物を挙げることはできないほどである。これらの炭化水素の分子量もさまざまであり、常温で揮散するものから、高温、減圧では蒸留不可能なアスファルト分にまで及んでいる。

原油中の炭化水素の種類と割合、あるいはその分子量のひろがり方は、同一の場所から採取されたものであっても、油層の深さによって変化するものといわれている。したがって産地が異なれば全組成は大巾に変動することは当然であると云える。

石油の成分ではあるが、炭化水素以外のものとしては、カルボキシル基を主として含む酸性化合物、窒素原子を含む塩基性あるいは中性化合物、硫黄化合物などがある。金属成分としてはバナジウム、ニッケル、コバルトなどが良く知られている。重金属の含有比は油田の特性を示すものと考えられており、たとえばバナジウム／ニッケルの割合によって原油を同定したり、原油の高沸点留分に残留濃縮されたコバルトの含有量により識別するという⁸。

3.1 海水中の炭化水素の分析

石油による海洋汚染を評価する場合に、まず第一になすべきことは、海水中に溶解あるいは分散している炭化水素の量を決定することである。これには大別してふたつの方法が現在用いられている。ひとつはクロマトグラフによる分離分析法であり、もうひとつは溶解している全体の炭化水素が示す特定の性質に着目して、量的に表示する方法である。前者はガスクロマトグラフ法および液体クロマトグラフ法に分類される。後者に属する方法としては、けい光分光分析法ならびに赤外分光分析法がある。これらのことによって測定された最近の例をGordonら⁹がまとめたものを表1に示す。

海水中に含まれる炭化水素はいずれも微量であるから分析機器を最大感度で操作しなければならず、採取される海水も操作中に外部から汚染を受け易く、少量の有機成分の混入によって大きく影響される。このような次第で分析には高度の注意・熟練を要するという。Gordonは、採水に当り、テフロン製の採水壺を用いているが、その内表面はあらかじめ乾燥しておかなければならず、採水後、試料海水を壺から取り出した後は、塩化メチレンのような有機溶媒でよく洗浄し、内壁に吸着した物質を十分に除去しなければならないと述べている。通常はこの溶媒を使用して試料海水中の炭化水素を濃縮したのちにガスクロマトグラフ分析にかける。表1の測定は、ヨーロッパ海域、メキシコ湾北大西洋ならびにカナダ東海岸の海水を対象としたものであるが、石油汚染地域の炭化水素の濃度は非汚染地域のそれよりも2桁高いことがわかる。問題となるのは、これらのデータの再現性あるいは信頼性であるが、現在は桁数が比較できれば満足しなければならぬ

表1 海水中の炭化水素の分析

分析法	研究者	測定地域	分析対象	濃度範囲*(μg/l)
ガスクロマトグラフィー	Swinnerton, Linnenbom(1967)	北大西洋, メキシコ湾	メタンーブタン	<1
	Barbierら(1973)	ヨーロッパ海岸, 西アフリカ海面	全炭化水素	10—137
	Brooks, Sackett(1973)	メキシコ湾, スコットランド沿岸	メタンーベンタン パラフィン類	<1 0.3—1.5
液体クロマトグラフィー	Zsolnay (1973)	バルチック海	飽和炭化水素	—
	Zsolnay (1973)	西アフリカ海面	飽和炭化水素	—
	Zsolnay (1973)	バルチック海	飽和炭化水素 芳香族炭化水素	0—46.5 0—2.1
けい光分光分析	Gordon, Michalik(1971)	ノバスコチア沿岸	芳香族炭化水素	0—4.0**
	Levy (1972)	東カナダ	芳香族炭化水素	1—1.5**
	Levy (1972)	スコチア陸棚	芳香族炭化水素	0.2—3.2**
	Levy, Walton(1972)	セントローレンス湾	芳香族炭化水素	1—15**
	Keizer, Gordon(1973)	ベッドフォード海盆, 北大西洋	芳香族炭化水素	1—100**
赤外分光分析	Carlberg, Skarstedt(1972)	バルチック海, カッテガット	(非極性)全炭化水素	<50—120
	Brownら(1973)	西北大西洋, メキシコ湾, カリブ海	全炭化水素 芳香族炭化水素	1—50 1—3

* 一般的には平均より上方の濃度の試料はほとんどなく、平均すると最小濃度よりもわずかに高い試料が大部分である。

** 芳香族炭化水素だけが検知されているが、対照試料としては原油(あるいはBunker C)を用いている。

い状態にあると著者は考えている。というのは、このような値の標準偏差は平均値を上回る場合があるからである。換言すれば信頼性の高い分析法の確立が急務と云える。

蛇足ではあるが、海水表面から下方に垂直方向に向うての水柱(ウォーター・カラム)内で、炭化水素がどのように減少して行くかということに関しては、信頼できる実測値は欠除しており、今後の研究にまたなければならない。

3.2 石油汚染の諸形態

石油による海岸汚染の排出源に関してはいろいろな推定が行われている。表2は汚染源別に集計した数年前の統計であるが、世界の年間汚染量約500万トンのうち、それぞれ1/4づつをタンカーならびに陸上からの自動車潤滑油が占めていると考えられている。後者の量の根據は明らかでないが、いささか多いような気がする。

わが国の石油汚染の排出源別の統計に関するものとして、瀬戸内海に1年間排出される油分(ノルマルヘキサン抽出物)の推定量があり、これを表3に示す。これによるとタンカー海難事故ならびに潤滑油廃油に

基づくものが、それぞれ1万トンに及ぶものと考えられ、いずれも1974年12月に発生した三菱石油水島製油所の事故に優に匹敵するもので、恒常的な石油汚染へ

表2 年間海洋汚染推定量(単位:メートルトン)
(出所:川崎健編「海洋の油汚染」(1975))

海運	タンカー	1,387,000
	バージ	70,000
	その他の船舶	950,000
陸上	製油所、石油化学工場	300,000
	工場機械	750,000
	自動車潤滑油	1,440,000
総計		4,897,000

表3 瀬戸内海へ排出される石油分の推定量

西村肇(出所:川崎健編「海洋の油汚染」(1975))

排出源	油分排出量 トン/年
タンカー海難事故	500—10,000
石油荷役	600
石油精製業	2,000
石油化学工業	1,200—2,000
船舶ビルジ水	3,000
潤滑油廃油	3,000—9,000

の対策の重要性を示している。

このように、量的に見ると、タンカーと潤滑油は石油海洋汚染の二大原因であるが、両者が排出源から海洋にもたらされ、海洋を汚染する形態は異なるものである。タンカーからの汚染は、主としてタンク洗浄時に放出されるもので、とくに内壁のスラッジが投棄される場合に廃油ボールが生成し易いものと考えられている。¹⁰⁾ 廃油ボールはわが国周辺の海域にもくまなく見出されており、その原因は、中東に回航されるタンカーが西南太平洋上で洗浄物を投棄することにあると見做されている。しかしながら、タンカーより投棄される石油分に関しては、国際的な取りきめが強化され、各の国内規制が厳しくなるにつれて、漸次減少して行くであろう。

陸上よりの自動車潤滑油に関しては、わが国では水質汚濁防止法あるいは下水道法の取締りの対象となるものであるが、原因者が不特定多数のため、規制の実効を上げることは困難と思われる。下水道施設のない地域で河川に放流された潤滑油はそのまま海に流れ込む。下水道施設が完備している地域では、潤滑油のかなりの部分は処理場において汚泥に吸着濃縮される。このような汚泥をかりに海岸にそのまま投棄すると、結果的には異なる形で石油汚染を引き起こす可能性がある。この実態を明らかにするために現在科学的な調査が進められており、下水汚泥中に含有される鉱物油に総量規制を設け、海洋投棄を制限しようとの動きが進展している。このような方策は自治体である都市が実施を担当するものであるが、潤滑油の海洋への流入を低減させるためのより根本的な考え方として、潤滑油は投棄しないルールを確立することは一層大切のように思われる。このようにして、廃油回収システムが整備されれば、海洋への潤滑油流入量は大巾に低下することになるだろう。これは一方では資源の節約にもなり、他方では下水処理場の負荷量を軽減するという二重の効果を副次的に持っている。

石油が海面上に拡散すると油膜が生成する。原理的には油膜の厚さが可視光の波長、すなわち0.3~0.7ミクロン以上であれば肉眼で識別できるはずであるが、明瞭に区別できる厚さはこれよりも厚いといふ。静かな水面上での油膜の拡散に関しては実験式¹¹⁾が提案されているが、現実の海面では風や海流あるいは複雑な沿岸の地形などのような擾乱の原因が加わるので現象は複雑となる。いずれにしても海面の一点に投棄された油は時間の経過とともに広い範囲に拡がる。このように広範囲に拡散した油膜の測定には、新しく開発されたマルチスペクトル法による写真撮影が有効である。油膜の測定の場合には、油膜が吸収する波長の光を撮影すれば、その拡がりが黒いパターンとして捉えられる。実際には人工衛星、航空機に写真機を搭載するか、

あるいは固定観測点に設置し、経常的に撮影することにより汚染事故を科学的に追跡できる。

海水の内部に溶解あるいは分散した石油は、とくに海面近くに存在する生物に影響を及ぼす。たとえば、表層近くを回遊する魚類や、潮間帯に棲息する藻類、貝類、甲殻類などの表面に石油が接触すると、石油が表面組織に吸着するか、あるいは内部に吸収されて一部は蓄積される可能性がある。これらの生物中の石油を分析するには、場合によっては試料をすりつぶし、凍結乾燥を行って水分を除去した後、適当な溶媒で抽出し、溶媒を留去し適当な分析法にかけるということになる。

沈積物（底質）中に含まれる石油も、必要に応じて水分を除いた後、溶媒抽出を行い、溶媒を留去してから分析を行う。

これまで述べたように、石油による海岸汚染といつても、いろいろの形態があって、測定法は知ろうとする目的に応じて選ばれる。これらの関係をまとめると表4のようになる。この中で、BOD（生物学的酸素要

表4 石油汚染の形態と計測

汚染範囲	汚 染 形 態	計 測 法
港湾、内海	浮遊	捕集（重量）
	分散	溶媒抽出 重量
	溶解	赤外スペクトル 紫外スペクトル ガスクロマトグラフ 液体クロマトグラフ
外 洋	浮遊（油膜、廃油ボール）	
	分散	汚染指標測定
	溶解	BOD, TOD COD, TOC
広 域	沈積	
	浮遊	リモートセンシング（マイクロ波、紫外、赤外）

求量）、TOC（全有機炭素量）、TOD（全酸素要求量）あるいはCOD（化学的酸素要求量）などの測定指標は、水中の汚染質の量を特定の約束に従って表現しようとするものである。これらの指標は、石油以外の海水中の有機物の総量が既知の場合には、石油汚染指標として有効となる。

3.3 流出油の同定法

流出油の排出源を確認するには、事故が発生した場合に石油の特徴的な性質を測定するか、あるいはあらかじめ石油になんらかの方法で標識を施しておき、い

わば登録を行い、事故の際に標識を照合するというふたつの方法が考えられる。

前者は石油自身が本来備えている性質のある部分に着目するもので、さきに述べたように、流出油が原油あるいは重油であれば、その中に含まれているバナジウムとニッケルとの比率、あるいはコバルトの含有量を測定し、その産地を推定する方法はこのひとつである。これによって排出源の対象が大巾に狭められるので、同定のためのかなり有力な情報となる。梶川氏によれば⁸⁾このほか、毛管ガスクロマトグラフを用い、短時間に-40°Cから540°Cまでの昇温を行い、クロマトグラフのパターンを比較する方法や、ガスクロマトグラフの検出部に水素焰検出器(FID)と、フレーム光度検出器(FPD)との両者を併用し、両者の相関をひとつの目安として比較する方法が提案されている。

いずれにしても、石油汚染源の同定が簡単でない理由は、はじめに述べたように、石油がきわめて多数の化合物の混合物であるために、分析法が進歩するにつれて、得られる情報量が膨大なものとなり、情報のふりわけが適切でない場合には結果が平均化されて、却つて確認が困難になるということにある。液体クロマトグラフや質量分析法のような新しい分析法は石油の個々の成分化合物を知る上ではすこぶる有用であるが、産地の特長的な構成があらかじめ知られていれば、同定の手順は大巾に簡易化されるであろう。

石油を標識する第2の方法に属するものとして、たとえば次のようなものが提案されている。ひとつは、あらかじめ特定の信号を記憶させたフェライトを石油に混和して置き、事故の場合に試料を測定し、キューリー点の組合せによるコードを読みとり同定を行う方法である。これは、東北金属(株)ならびに船舶技術研究所の共同研究によって開発が進められている。もうひとつは、特定の有機塩素化合物をマイクロカプセルに封入したものを石油に混和して置き、事故の際には試料中のマイクロカプセルを溶媒に溶解し、その中に含まれている有機塩素化合物の種類を、高感度の電子捕獲型検出器(ECD)を備えたガスクロマトグラフで同定するものである。有機塩素化合物は多数のものが存在するから、このひとつひとつが標識として使用

できるであろう。これは1973年にMitchellによって提案された方法である。これらは、いずれもまだアイディアの段階に止まっており、価格の点、有機塩素化合物の場合には環境汚染の点から問題が残されている。とはいものの、これらは標識化による石油の同定の可能性を示すものとして示唆に富んでいる。

4. おわりに

以上で石油による海岸汚染計測をめぐる問題のいくつかの概観を行った。最近では、流出油の同定を行うための新しい試みとして、測定可能な量を網羅的にとり上げ、これを事前に登録して置き、事故が発生した場合の資料にしようという案が真剣に論じられている。わが国でもこのための共同研究がようやく緒についたばかりである。この問題は、海洋中の微量石油の分析法、リモートセンシングによる油膜の常時監視体制の確立とならん、当面のもっとも重要な問題である。

本稿を執筆するに当り、有用な文献を御教示下さった東京大学農学部徳田廣氏、海上保安庁海上保安試験研究センター吉村広三氏に深謝の意を表する次第である。

(1976年1月7日受理)

参考文献

- 1) R. L. Bohon, W. F. Clausen, *J. Am. Chem. Soc.*, **73**, 1571 (1951)
- 2) D. M. Alexander, *J. Phys. Chem.*, **63**, 1021 (1959)
- 3) C. McAuliffe, *Nature*, **200**, 1092 (1963); *J. Phys. Chem.*, **70**, 1267 (1966), *Science*, **163**, 478 (1969)
- 4) E. Pfake, G. W. Hodgson, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **43**, 215 (1966)
- 5) H. H. Uhlig, *J. Phys. Chem.*, **41**, 1215 (1937)
- 6) R. H. Hermann, *J. Phys. Chem.*, **76**, 2754 (1972)
- 7) P. V. Smith, Jr., *Science*, **116**, 437 (1952)
- 8) 梶川正雄, ぶんせき, **1975**, **6**, 372
- 9) D. C. Gordon, Jr., P. D. Keizer, J. Dale, *Marine Chem.*, **2**, 251 (1974)
- 10) J. N. バトラー, サイエンス, **1975**, No. 8, 82
- 11) 日本海難防止協会編, "IMCOによる海洋油濁防除指針" P. 83 (1974), 海文堂

