

海洋環境をめぐる動向と 海洋環境技術小委員会の活動課題

A REPORT ON THE TRENDS CONCERNING THE MARINE ENVIRONMENT
AND THE SUBJECTS OF THE MARINE ENVIRONMENT SUBCOMMITTEE

古賀 尚宏*
Hisahiro KOGA*

ABSTRACT; Despite the important role of the ocean plays in the mechanism of global warming, a great deal remains unknown concerning its role, affecting the accuracy of the prediction. Because of this, oceanographic studies have become an important part of the activities for the prevention of global warming following the Earth Summit in Rio de Janeiro. While its pollution is a serious environmental problem, the sea is also an important stage for the preservation of the wildlife species. The report gives an outline of the policies behind the activities of the Marine Environment Subcommittee and the expected future trends. The spilling of oil from stranded tankers, several cases of which have occurred recently, will be taken as a topic and discussions are made on the actual cases of such outflow, together with the latest trends in the countermeasures, techniques for predicting the flow of oil and structural improvements of the tankers.

KEYWORDS; Marine Environment, Global Warming, Marine Pollution, Ocean Observation Projects

1. はじめに

地球の表面の70%は海洋である。海洋は地球環境問題の現に生じている広域の場であると同時に、気候変化のメカニズムとの関連で重要な役割を演じているのであるが、定量的に分らない面が多く、将来の状態の予測の難しさの一因となっている。土木学会の海洋開発委員会はこれまで主として海洋を安全、かつ合理的に利用する観点から土木工学的な問題を中心としつつ、専門的には海洋工学に関わるきわめて広い範囲の技術研究者を糾合して研究討議の場を設けて来た。さらに近年、海洋環境の監視、保全、回復、および好適環境の創造などの技術のウエイトが大きくなってきている。このような意味で当委員会が地球環境問題にもっとも近い立場に在ることを認識し、持続可能な開発のあり方を問い続けて行きたい。本文では昨年から発足した海洋環境技術小委員会の活動方針について述べるとともに、海洋の国際共同研究の動向およびトピックスとしてタンカー坐礁にともなう油流出事故をめぐる動向と技術の側面を中心に文献調査の成果を紹介する。

2. 海洋環境技術小委員会の活動課題

『地球環境』に対する『海洋』の果たす役割は非常に大きいとの認識のもとに、海洋環境研究小委員会は活動を始めた。また、海洋開発と環境との関わりについて本委員会で決定した理念を小委員会でも保持することとした。それは、『海洋の資質を活用しつつ、地球環境を保全しつつ、豊かな社会の形成を目指す。』

海洋開発委員会海洋環境技術小委員会委員

* 株式会社 ピー・エス 東京支店技術部 Tokyo branch, P. S. Corporation

である。当面の活動は、海洋の資質を良く知ること主眼を置き、各種の情報の収集につとめることとした。これは、海洋の利用状況、海洋についての研究調査の状況、国際的取決め、各国政策などに関する情報の収集である。また、その時々にかかるトピックスについても幅広く情報を集めることとしている。例えば、タンカーからの油流失事故や、旧ソ連の核廃棄物の海洋投棄の問題などである。

3. 海洋に関する国際共同研究の動向

1992年6月3日から12日間にわたってリオデジャネイロで国連環境開発会議が開かれた。100人以上の各国元首が一同に会し、地球環境問題に関して所信を述べるとともに、多くのNGOが参加し、183ヶ国から数万人が集う、かつてない規模と形式の会議であった。この成果として「環境と開発に関するリオ宣言」、「21世紀への環境行動指針、アジェンダ21」がまとめられ、「地球温暖化防止条約」および「生物的多様性保護条約」の枠組みが作られた。現段階での妥協の産物ではあるが、地球の再生に向けての国際的な貢献への大枠が作られた訳である。地球環境問題としては、温暖化、オゾン層破壊、海洋汚染、放射能汚染、酸性雨、砂漠化、熱帯林の喪失、野生生物種の絶滅が挙げられるが、これら8項目中で直接海洋が関与する項目は4項目である。海洋は温室効果ガスのひとつである二酸化炭素の大きな吸収源といわれているが、そのメカニズムは十分解明されているわけではない。また、気候変動のリスクを抑制する目的で燃焼後の廃ガスから二酸化炭素を回収する技術が検討されているが、回収される量は極めて大量であり、あらかじめ処分の方法を検討しておく必要がある。そのような大量の二酸化炭素の大気圏からの隔離場所の候補のひとつが海洋である。この海洋処分は十分な科学的知見に基づいて行われなければならないが、温暖化への多目的な取り組みのひとつに位置づけられよう。

海洋に関するアジェンダ21¹⁾は、海洋（すべての海洋を含む）、閉鎖性水域、半閉鎖性水域および沿岸域の海洋環境の保全と海洋生物資源の保護、並びに持続的開発を確保することを目的とし、次の7つの計画分野についての行動の目的、および行動の実施手段を明らかにしている。章は、7つの節に別れており次のような内容となっている。

- A) 沿岸域と海洋（200海里経済水域を含む）の総合的な管理と持続可能な開発
- B) 海洋環境保全
- C) 公海における海洋生物資源の持続可能な利用と保全
- D) 領海内における海洋生物資源の持続可能な利用と保全
- E) 海洋環境の管理と気候変動に対する危機の不確実性への対応
- F) 国際協力（地域的なものも含む）、国際協調の強化
- G) 島しょ国での持続可能な開発

世界の人口の50%以上が海岸から60kmの範囲に住んでおり、この割合は2020年までには75%以上に増加するであろうという予測から、海域の環境の保全、海洋資源の有効活用、および持続可能な開発は、非常に重要である。しかし、実際には海洋環境の保全と持続可能な開発に対する施策は十分なものではなく、逆に世界の多くの地点で海洋資源や海域環境の悪化を招いている現状である。

このような認識から、以上の7つの項目に対して、それぞれの概要と現状認識、目的、活動方針、データと情報の活用、国際協力と協調、国際組織の設立、実施方法、必要経費などがのべられており、沿岸諸国の採るべき施策が述べられている。また、どの節においても、生物資源と海洋環境の保全、生物種の保護とともに持続可能な開発のための方法、そのための研究開発、教育、データの利用、情報交換などにおける技術移転、国際協力、国際協調の必要性がのべられている。また、そのような活動を実行に移すための沿岸諸国の採るべき施策、行動計画、研究、教育、およびそれらを実行に移す場合に必要資金計画などについて述べられている。

英国の軍艦チャレンジャー号が持ち帰った深海の海水を分析し、全海洋で海水の化学的成分の相互比が一定であることが公表されたのは1880年であり、それまでは、深海の海水の比重は大きく、海に落下した

すべての重量物は深海中で宙ぶらりの状態になっていると思われていたそうである²⁾。ところで海洋中の渦の中で卓越したエネルギーを持つものの大きさは径100 km程度であって、大気の高気圧などの数千 km に比べて1桁以上小さい。そのため、このような海中の渦までを表現するようなシミュレーションは事実上現在では不可能であり、コンピュータの発達を2000年頃まで待たなくてはならないそうである³⁾。そのため全地球的な均質な入力データを整備しようという構想が進められつつある。現在気候変化の予測モデルでは、海洋についてはその働きを単純化したモデルとなっている。

1882～83年北極域および周辺の42点で11カ国の参加を得て気象、地磁気、極光等の観測が行われ、領土や利権を離れた国際協力による地球規模の科学的調査の最初の例となった。第2回国際極年は1932～33年に行われた。第3回は1957～58年に地球物理的全要素を全地球的に観測することとし、66カ国の参加を得て4000点で行われ、国際地球観測年と改称されている。ハワイのマウナロアの二酸化炭素濃度の観測はこのときから開始されている。60年代以降は各分野で国際共同観測が活発に行われている。

次に、現在進行中または、計画中の多国間協力プロジェクトについて示す。

表－1 最近の多国間協力について

プロジェクト名	期間	概要
TOGA：熱帯海洋及び全球的計画 Tropical Ocean Global Atmosphere Programme	1985-1995	大気－熱帯海洋系の予測を事業的に展開し、地球環境の年々変動の予測を目的。
WOCE：世界海洋循環実験 World Ocean Circulation Experiment	1990-1997	全海洋の表層から海底までの流れを解明し、10～100年の気候変動を予測する海洋モデルを開発し、海洋の循環の長期変動を明らかにする。
JGOF S：世界海洋フラックスの研究 Joint Global Ocean Flux Study	1990-1997	SCOR（海洋研究科学委員会）主導、IGBPの最初のコアプロジェクト、海洋におけるC、N、Pの物質循環サイクルの解明。
GLOSS：全球海水準観測システム Global Sea Level Observing System	1990～	全球的に海水準を測定するシステムやネットワークの構築。月・年単位の海面変動や気候変動の予測を目的。
IGOSS：全世界海洋情報サービスシステム Integratecl Global Ocean Service System	1976～	全世界の海洋に関する情報サービスシステム、IOCとWMOが合同で推進。
GOOS：世界海洋観測システム Global Ocean Observing System	1993～	海洋環境のデータや情報の系統的な採取、分析、整理の統合的なシステム構築。
LOICZ：沿岸における陸と海の相互作用の研究 Land and Ocean Interactions in the Coastal Zone	1993～	地球変化と陸－海間物質交換、沿岸域の海水準変化の影響、炭素フラックスなどからモデルを作り、沿岸域への地球変化の影響予測。
GLOBEC：地球変化に関する海洋生態系の動態 Global Ocean Ecosystem Dynamics	研究、計画を立案中	地球環境変化と海洋の生態系変動の関係を海洋生態系変動機構の解明から求める。

4. 海洋汚染

4. 1 海洋環境の現況

OECDの1991年にとりまとめた報告書（第3回OECD環境白書）⁴⁾では、地球環境の現状について

て触れ、大気、内陸水、土地、森林、野生生物、廃棄物、騒音と並んで海洋環境に約1.5%のスペースが割かれている。各海域の環境は次のようである。

(A) 北海

高度に開発されたこの海域は、河川からの汚染物質による栄養分の高さが一番の問題で大規模な赤潮による被害が続いている。この他、合成化合物や石油炭化水素の濃度は供給源に近い海域で検出されている。対策として、沿岸諸国は栄養分や物質の個別削減目標を設定し達成する努力をしている。

(B) バルト海

海洋環境に影響を及ぼす重要な要素は、栄養分・合成有機化合物・金属・石油の順である。栄養物は農業と河川からの投入が現在増加傾向にあり、赤潮・青潮の発生が懸念されている。合成有機化合物は減少しているが、生物に蓄積し悪影響を及ぼしている可能性がある。沖合の金属濃度は低いが沿岸域では高濃度で検出されている。沿岸諸国で課題物質の削減目標を設定している。

(C) 地中海

陸上汚染源は地中海の汚染負荷の85%を占める。多くの沿岸域では開発が進んでおり、富栄養化に類似した現象がみられる。またレクリエーションと観光目的により健康問題に対する関心が高く公衆健康問題が定期的に発生している。油の流出では不十分な油性廃液処理による慢性的な低レベルの油汚染が深刻である。また、アスワンダム建設に伴い下流海域の生物資源の生産性を低下させた。予測によれば、現在の対策では地中海の環境は非常に悪化し、さらに強力な政策の実行が必要となっている。

(D) 日本沿岸

海面埋立等による環境変革が著しい。富栄養化による赤潮やタンカー航路での石油汚染が脅威となっている。汚染は全般に減少しているが、沿岸域に人間活動が集中しており、慎重な海洋環境保持計画の立案と管理が必要である。

(E) 北米沿岸

農業や都市の表流水による面的汚染と都市排水・工業排水による点的汚染は全域にわたってみられる。この結果、漁業等に大きな被害をもたらしている。アメリカでは河口・沿岸域管理計画のようなより包括的地域単位の手段をとっているが厳しい実施が不可欠である。

4. 2 石油流出事故

近年、大量の石油流出事故が頻発している。表-2に代表的な石油流出事故例をしめす。湾岸戦争による原油流出は別として、大型タンカーの坐礁等に伴う大量の石油流出事故が多発している。幸いにもわが国周辺海域では大量の流出事故は発生していないが、年間2億トンの原油がタンカーによって輸入されている現状を考えると、大惨事に対しての対策を考えておく必要はあるであろう。

表-2 石油流出事故例

石油流出事故	影響範囲	事故発生年	流出量
Atlantic Express号	トリニダード・トバコ	1979年 7月	325 万k l
Amoco Cadis 号	フランス	1978年 3月	268 万k l
Torrey Canyon 号	イギリス・フランス	1967年 3月	135 万k l
Exxon Valdez号	アメリカ (アラスカ)	1989年 3月	43 万k l
湾岸戦争	ペルシャ湾岸諸国	1990年 8月	85 万k l
Braer 号	イギリス	1993年 1月	7 万k l
Maersk Navigator号	アマダン海	1993年 1月	2.5万k l
Juriana 号	新潟沖	1971年11月	0.7万k l
Gardenia号	経が崎 (京都府)	1990年 1月	0.1万k l
水島コンビナート	瀬戸内海	1974年12月	0.9万k l

石油流出事故に対する対策としては、事故を起こさないことが最も重要であるが、事故を起こした場合に対する対策も重要である。例えば、事故発生時に流出油量を少なくする方策として、IMO（国際海事機構）は今後建造されるタンカーの構造として二重船底構造を義務づけている。また、石油流出事故が起こった場合の対策として、迅速な回収・対策が必要となる。このために、精度のよい流出油の漂流・拡散予測が行われる。油流出のプロセスとして、①移送、②拡散、③風化に分類される。①の移送は、流出した油の塊がどの方向に移動されるかという問題である。油は一般に海水よりも比重が軽いので海面に漂流する。したがって、油塊の移送は潮流・海流による流れと共に風による吹送流・風圧流の影響を受ける。流出油の移送モデルとしては、一般的には潮流あるいは海流の流れに、風速（海上10m）の3～4%の速さで（北半球では）右方向に0～40°の偏りをもった吹送流を加えたものによって移送されるとしたものが多い。②の拡散に関しては、従来Fayの理論が最も広く用いられている。しかし、Fayの理論は静穏条件下での油の拡がり述べたものであり、流れや波があった場合には適合しない。そこで、Fayの理論に乱流拡散を組み合わせたモデルあるいは粒子の追跡にランダムウォークの拡散を考慮したモデルが一般に採り入れられている。次に、油特有の③風化作用がある。図-1にその概要を示す⁵⁾。

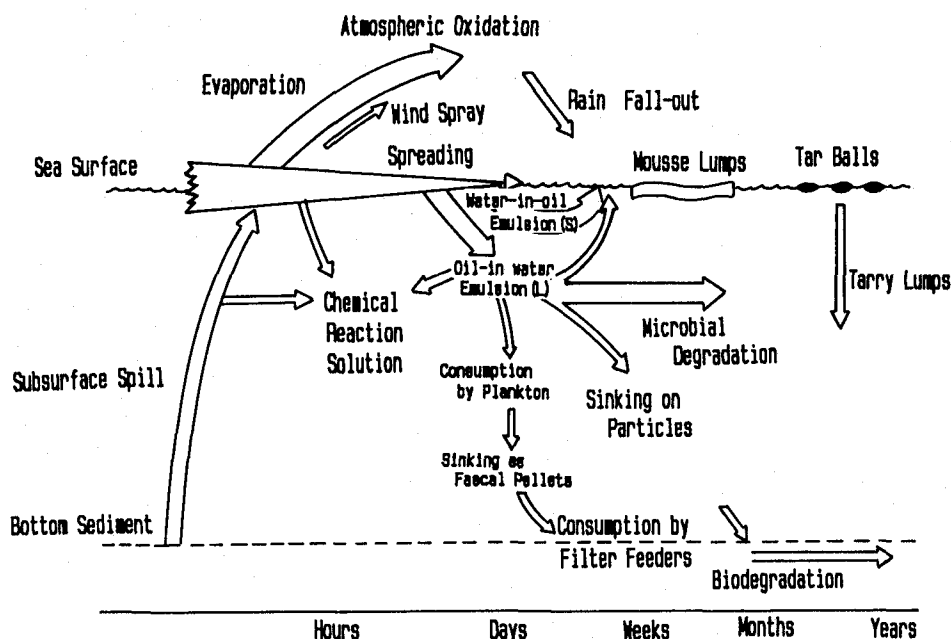


図-1 油の風化作用（Rasmussen, 1985）

風化作用は、実際の油量を変化させると共に、油の性質が時間の経過と共に変化するので②の拡散にも影響を及ぼす重要なファクターである。風化の要素としては、蒸発、乳化（エマルジョン化）、分散等がある。これらは、油性、気象・海象条件によって変化するものであり、Rasmussenによりモデル化されている。その他、海底に沈降した油の挙動、バクテリアによる分解等のメカニズムがあるが、これらに関しては現在研究段階であり、まだ予測モデルには組み込まれていない。

最近では、潮流の周期性や海流の特性を利用して計算機上に流れのタイムテーブルを作成し、油流出事故の発生海域および発生時刻等が与えられたならば、そのときの気象条件を入力することにより、計算機の画面上に流出油の拡散範囲をリアルタイムで予測するプログラムの開発が行われている。これによって、迅速な回収作業、あるいは周辺の被害を防止するための対策が採られる。このモデルには潮流・海流・吹送流による移送・拡散、および風化モデルが組み込まれている。しかし、広い海域での流況、風の分布等をリアルタイムで精度よく予測するにはまだデータ不足である。

また、事故が発生した場合の油回収システム、有効な資機材、無害な凝集材、油塊と一緒に漂流する追跡ブイの開発、航空機やリモートセンシングによる監視、油成分分解の生物的な方法等の研究が活発に行われている。特に、大量の油流出が起こった場合には周辺海域の生態系への影響が深刻になるものと思われ、事故防止、事故発生後の拡散予測、および有効な回収方法等の総合的な対策の研究が必要とされる。

流出油の拡散予測を含む研究計画の一つに『L A T E X計画』がある⁶⁾。この計画は、メキシコ湾に面した米国南部沿岸域（テキサス・ルイジアナ大陸棚海域）における海洋観測計画である。この計画は、上記の海域に多くの係留系を設置し、また、海洋石油プラットフォーム上にも各種の観測機器を設置して、同海域の流水および海洋構造による物質移動の解明を行うというものである。この計画の中に流出油の拡散予測に対する研究を一つのテーマとした研究があり、同海域に展開される海洋石油井からの石油流出を予測することを可能とすることを目指している。なお、本研究計画は、Mineral Management Service並びに内務省から資金を得ている。図-2に観測ステーションの配置図を示す。

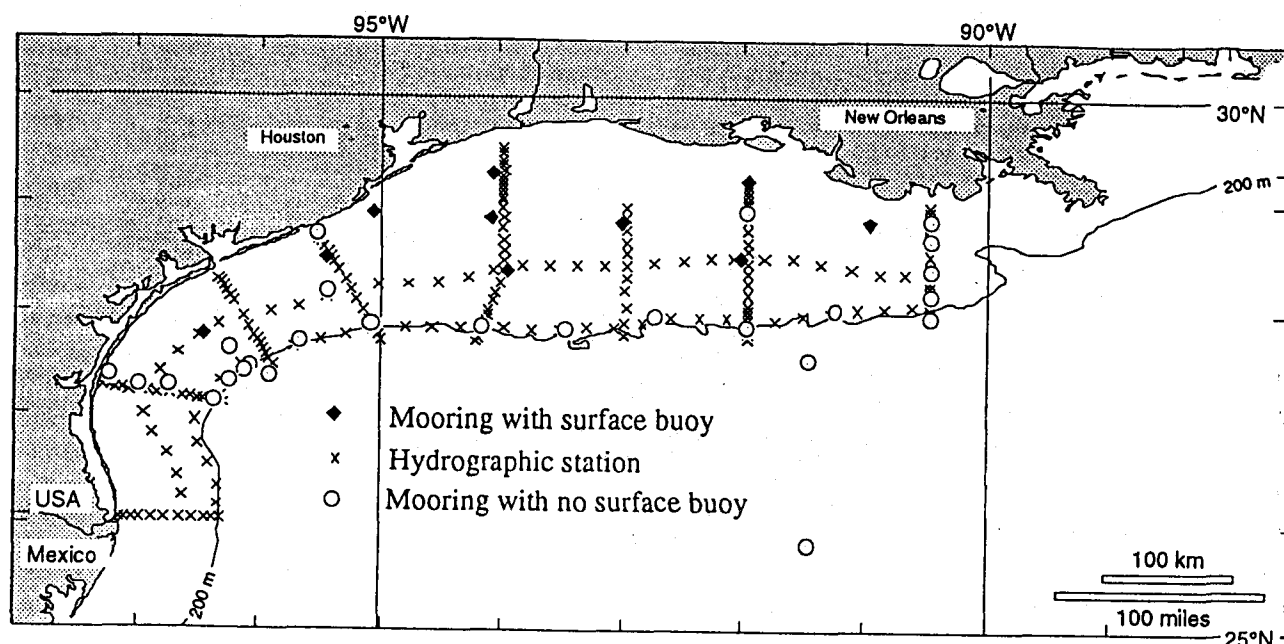


図-2 L A T E X計画観測ステーション配置図

5. 結び

海洋に関わる技術者ないし技術研究者の、地球環境問題に関して果たすべき役割として、まず未知の部分の多い海洋の現象を把握するための、音響トモグラフィや衛星リモートセンシングをはじめとする計測およびデータ収集システムの技術開発、ならびに観測データの共有化への努力が挙げられよう。さらに、海からの視点で持続可能な開発を常に自らに問い、具体的な選択をして行くことであろう。この選択の中には、海洋の未知の分野に自身が関わってゆくことをも含むのだと考えたい。

参考文献

- 1) 21世紀への環境行動指針、アジェンダ21；UNCED；1992
- 2) 宇田道隆；海洋研究発達史；東海大学出版会；1978
- 3) 永田 豊；住みよい地球を作り出す海水の大循環；寺本俊彦監修「海と人類の未来」；日本学術振興会 pp22-41，1990
- 4) OECD環境白書（1991年版）；OECD環境委員会編；環境庁地球環境部監訳；中央法規出版
- 5) Rasmussen, D. ; Oil spill modeling-A tool for cleanup operations ; Oil Spill Conference pp243-249，1985
- 6) FORTNIGHTLY ; LATEX Data Office ; 1992