

海洋の現在と将来

宇田道隆*

はじめに

海洋への各国の関心は最近20数年国際的に爆発的な高まりかたを見せて来た。伝統的でしかも将来人類の蛋白食糧供給源としての海洋の重大性は、食糧が武器代りにもなり、海洋法による海の新秩序時代に人類の生存を確保するための貴重な共有資源として認識されて来た。

さらに又海水自体の含む莫大な鉱物資源と、海底探査に基く鉱物資源の潜在量が想像外の重要金属、砂礫泥の資源を長い将来に亘って引き出せる約束を与えてくれた。もちろん、魚貝藻のような海洋生物資源は更新可能であり、乱獲とか海洋汚染のような人間活動の無謀な破壊力が及ばなければ永続的に保全でき、子々孫々その恩恵を享受できる性質のものである。これに対し鉱物資源は採掘すれば減って行き、魚のように卵を生まないから非更新資源であるが、その元素としての行方を人力で再循環利用の方向に調整することができ、これによって環境保全も得られる。海水の含む莫大な水量は人類の生活に必要なとする淡水量を海塩抽出と同時に獲得できる。

陸地の2倍半もある広大な海洋面積、その水深は世界平均約3,800m(太平洋4,000m)、最大深1万mを越え(世界最大深マリアナ海溝11,034m)、その広大な空間の立体的利用が大きな人類に与えられた将来の課題である。海上空港、アクワポリス、海中居住、潜水活動とその基地などに、観光、レクリエーションへの利用、伝統的な海運、交通、通信など雑多な利用面の開拓がある。特に

*東京水産大学名誉教授、前日本海洋学会長

沿岸地域の利用が最も盛んに行われている。

さらにほとんど未開拓といってもよいものに海洋エネルギーがある。この源はもちろん太陽エネルギーに在り、海上の太陽光熱を集める人工的方式のほか、海の表層に吸収された温熱による温度と、海面下200~400m深における温度の差を利用する発電方式、波力利用発電方式が最近特に開発されつつあり、有望視されて来た。さらに潮汐発電、海潮流発電方式も既に積極的に開発研究されつつある。海底石油資源の寿命あと20~30年、海底炭田を含む石炭は液化して200~300年使えるといわれる。海水中の重水素も核融合発電の原料として豊富にあり、光合成による海洋生物へのエネルギー転換による保有量も莫大である。このほか防衛軍事的利用もある。

海洋の現況

諸種の海洋開発、利用の進行に伴い、色々むづかしい問題が続出して来た。例えば、沿岸漁業、栽培漁業繁殖では内湾、内海、河口水域などがよく利用されているが、そこに鉱工業が盛んになり、都市が発達するにつれて汚染物質の廃棄投入混合が沿岸海洋環境を変えて、魚貝類の卵、稚仔などを滅ぼし、餌料生物が消滅し、あるいは赤潮が起って海水中の酸素が無くなるなどして、水産資源の破滅を到る所に生ずるようになった。又、農産に大功をたてた農薬が海中に入って水産に致命的な被害を与えるようになった。さらに工場からの廃水の水銀やPCBなどが魚貝中に濃縮されて人間を毒害する恐ろしいものになって来た。もはや「自浄作用」を遠く越えた負荷量で自然のバランスをすっかり崩すほどのもろもろの物理化学

的な廃棄汚染物質が海中の物理化学的環境だけでなく、生物的環境まで変改し、このままでは人間の食糧もなくなり、海水浴などの楽しみも失われる有様になった。国連人間環境会議が1972年ストックホルムで開かれて、「人間環境宣言」がなされ、有害廃棄物の海洋放出乃至投棄の禁止、海洋環境監視など積極的対策がとられている。

さて、海洋学上パチスカーフで1万800mをこえる超深海を探究して魚やエビを見たことは、宇宙船で月に着陸して宇宙飛行士が月の岩石を採取して来たことに匹敵する人間の偉業であろう。だが、その宇宙士は青く輝く水惑星である地球の美しさに感動し、無事帰還を心から神に感謝した。遺伝子の分子生物学の研究は人間にとって危険なものを産む方向のものを制御せねばというところまで来て、核兵器、生物兵器等々、科学技術の運用が人間破滅に導くおそれがあり、有限な地球と資源に見合う人口、エネルギー使用などが論ぜられる時代になった。しかし地球の大きさからみると皮一重を海水がおおい、その外に大気があるようなものである（地球を3mにちぢめると平均水深1mm、最深水深3mm以下）。約45億年前に地球が太陽の分身として生れ、海の誕生は約35億年前、海水は地殻の形成時に岩漿からしぼり出された塩水が主とされる。やがてその浅海に太陽からの放射を通じ生命の火が有機高分子、蛋白質、核酸に点ぜられ、進化の長い歩みは数百万年前の人類発祥に及び、それから古代文明の曙を迎え、中世、近代、現代と加速的な勢いで文明開化と共に、今や人口は爆発的に激増し、有限の地球の物資を急速に消費し去ろうとしている。それでMITなどの科学者によるローマ・クラブの「成長の限界」(1972)に続いて「転機に立つ人間社会」(1974)の2報告が出され、1974年に国連資源総会(ニューヨーク)、国際食糧会議(ローマ)、国際人口会議(ブカレスト)、国連海洋法会議(カラカス)と重要会議が続々開かれて、人類生存のための根本策を協議決定しようとしている。そして天物を大切に、再生循環利用生産工程の消費抑制型産業に再編し、備蓄して「価値ある静止」のバランスのとれた新時代に移ろうとしている。

このような時代に広大な海洋の研究の必要は益

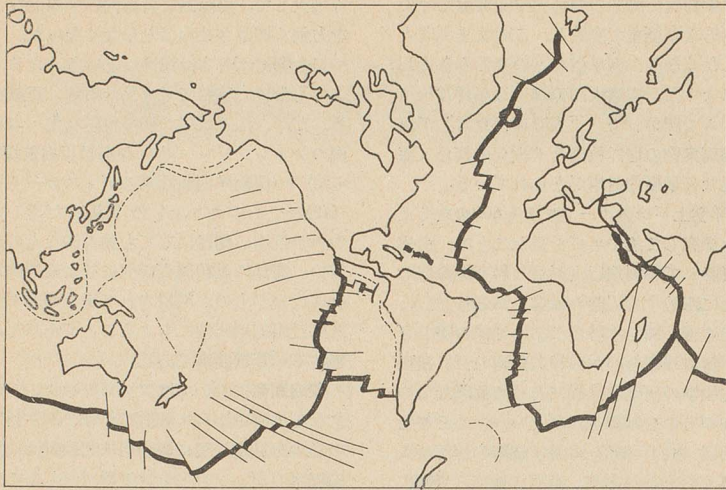
々増大して、国際的に各専門の学際的な共同研究を力強く推進させねばならなくなった。

口を開けば日本は海国だという。なるほど、漁業でも海運、造船でも大きな活躍、貢献をしている。だが、広く世界の海洋科学文化への貢献は英国のチャレンジャー号の深海世界周航探検(1872~76)や南極洋捕鯨漁場のディスカバリー号探検(1925~)のようなものは甚はだ乏しい。海洋の科学技術、測器にしても輸入的なものが甚はだ多い。海洋の試験調査研究にせよ長期的な施策方針に役立つものが軽視されて来た傾向がある。これは近眼的国民性にもよることであるが、将来改善すべき重要事である。

深海開発についてはアクワラング、パチスカーフなど大戦中から大戦后にかけて潜水科学の長足の進歩を見せ、遂に海中居住実験計画に発展、米海軍のジョージ・ボンド博士がこの着想を出し、J・N・クスター(フランス)大佐らがプレコンチナン計画、米国でシー・ラブ計画と発展した。日本では、「くろしお」、「よみうり」、「しんかい」とパチスフェアーから深海潜水船(数百m深)に発展、海中居住も「シートピア」で海洋科学技術研究センターが推進している。クスターらは、フランスで可動住所(基地港から数百マイル自走600m。深海底に1週間滞在、そこを足場に4人の潜水者が外へ出て1日数時間作業)を進めた。又クスターらは1962年液体薬品による特製膜を通じて血液を浄化し酸素を補給する「人工鰓」考案を示し、1980年までに完成するとした。未来の水陸両棲人間は少くも1,500m深でも遊泳し作業することが可能になるという。海底考古学も深海潜水進歩により著しく発展した。水中写真、水中テレビも技術的にこの間大進歩を示した。

海洋の成因と生長とか、海盆の起源と生長といった地球物理、地球化学、地質学の問題の研究は近年に画期的な進歩をみた。特にそれは最近15年間に目覚ましい。

海嶺あるいは海底火山脈の数万kmにわたり走る系列が大西洋では北極海のユーラシア海盆からアイスランドを経てアゾレス諸島からアッセンション島、トリスタン・ダ・クンハ島、ブーベット島(南大西洋)に及び、さらに東転してアフリカ南



第1図 深海盆内3大構造線と地形要素総括図
 ※ 中央海嶺頂部(太線)と横断裂帯(細横線), 縁海海溝(点線)

東を走ってインド洋に入り、第2の大きな系列をなす紅海—アデン湾—インド洋を横断して、オーストラリアの南方に至るものに連結し、その先は南太平洋から東太平洋へガラパゴス諸島—カリフォルニア湾にまで及ぶ。

西太平洋には沈下した海膨(ダーウィン・ライズ)がある。環礁がその沈下した証拠とビーグル号で航海した進化論で有名なチャールズ・ダーウィンが百年余の昔説いたのによる命名である。この中央海底山脈列に直交する幅狭い海嶺と谷の示す破碎帯が平行して見出された。さらに海盆縁辺の島弧や海溝の系列も見つかった。これら地殻構造帯が火山活動に関係し、海溝に沿う地震帯、重力偏倚、磁力偏倚も発見された。プレート・テクトニクスというブロック状の地殻構造、それがマントルのマグマ(岩漿)の対流運動に伴って動き、大洋底の中央海嶺からわき上るようになってから左右に拡大し、変形断層を示し大陸縁辺に近づいて沈降埋没するところに海溝を形成することを示した。50年前1912年ドイツのアルフレッド・ウエーゲナーが提唱した大陸移動説が支持される結果になった。これは実に革命的な地球観の変化であ

った。中央海嶺上の裂目に当る谷(リフト・ヴァレー)には**重金属など貴重な鉱床**が発見されており、紅海では「熱い孔」(ホット・ホール)に大鉱床が10年前国際インド洋調査の英米独船により報告されて、目下盛んに採鉱調査中であるから、実用上すこぶる重要である。ついでながら大戦中から大戦后にかけて米国へスウが発見したギョー(平頂海山)の頂部(径数km)にはマンガン団塊の鉱床が比較的浅く(2,000m内外の水深)存在する。ここはマグロ類やキンメダイ、クサカリツボダイなどの漁礁としても利用されている。前記の地殻構造の精査を米国のグロマー・チャレンジャー号(1万トン)が巨費を投じて数年前から3大洋で盛んにボーリングして6,000m、深海底の下方を1km以上も堆積物を貫いて岩石を採取し、年代を決定、年に数cmの速さでプレート岩板の移動を証明した。

石油田は現在北極海、ベルシア湾、メキシコ湾、黒海、カスピ海、ノース・シー(北海)など広域に探査せられ着業されている。石油は動植物遺骸が貯って沈泥、砂泥、粘土と一しょに沈積し、埋積の圧力、加熱などの働きで炭化水素の油や天然

ガスを含んだ不透水帽状部に海中から77年前井を掘った。それている。深いに及ぶ。世界沖17%に及び、沖21%と見積られ3倍とし、沖合いわれる。メキシコの底をボーリる。グロマー・海平原3,580mオム(塩田丘)の幅井の最大水深は下ならない。前225m深を相当期

更に将来自由ぐらいまでのばをとって450mうになるとい「室」をおろして

他の鉱物では、(錫, ウラン, 白一堆積物もある。タイ, インドネれ谷に多い。英鉱は距岸数十kmン, モナザイト, 鉱床(プレーサーm以浅に多い。かなり深い沈下る。ジルコン, ラリア, フロリジル, オースト金, クロム鉄鉱れらの全産類は

深海底面に多(sphorite nodule)的沈でん生成さ

ガスを含んだものになる油頁岩，多孔質砂岩層，不透水帽状部によくたまる。カリフォルニア沿岸海中から77年前発見，1946年ごろから盛んに油井を掘った。それ以来1万6,000井以上陸棚で掘られている。深い所では100m深を越え，距岸110kmに及ぶ。世界沖合生産は全生産油550万トン/日の17%に及び，沖合油存在量は世界の600億トンの21%と見積られている。1980年需要2倍，1990年3倍とし，沖合油生産が世界の石油の $\frac{1}{3}$ になるといわれる。メキシコ湾大陸斜面上部の水深1,500mの底をボーリングしてなおかつ油コアを得ている。グロマー・チャレンジャー号はメキシコ湾深海平原3,580m水深の底137m下からソルト・ドーム(塩丘岳)の帽状岩から油と硫黄を発見した。油井の最大水深は450mぐらいたから商業用には目下ならない。前記潜水技術の「海中居住」方式で225m深を相当期間作業できるといふ。

更に将来自由潜水能力を360m深から，600m深ぐらまでのぼせると見込まれている。まず中間をとって450m深まで採油能力を近い将来持つようになるという。一気圧に保った大きな「水中室」をおろして人間に作業させる方式が今検討されている。

他の鉱物では，石灰質，貝殻，砂礫や重金属(錫，ウラン，白金，金など)の近岸30km内プレーサー堆積物もある。磁鉄鉱は日本沿岸に多い。錫はタイ，インドネシア，マレーシアの旧河床谷の溺れ谷に多い。英国沿岸にもある。ジルコン，磁鉄鉱は距岸数十km内にある。錫，磁鉄鉱，ジルコン，モナザイト，イルミナイト，金紅石など沖積鉱床(プレーサー)にある。これらは近岸水深30m以浅に多い。ダイヤモンドも南西アフリカ沖のかなり深い沈下層の沖積層から生産されている。ジルコン，イルミナイト，金紅石はオーストラリア，フロリダの沿岸から，モナザイトはブラジル，オーストラリアの沿岸からが多い。金，白金，クォーツも将来有望とされる。今世界でこれらの全産額は4,600万ドル程度で，錫がその半ばを占める。

深海底面に多い鉱物資源にリン灰土団塊(Phosphorite nodule)，マンガン団塊があり，生化学的沈でん生成されたものと考えられている。リン

灰土は大陸棚縁外側の300m以浅に多い。豊リン酸塩水の湧昇の盛んな大陸西岸の陸棚縁に多い。陸岸は砂漠みたいで，雨が少い。有名なリン灰土産地は南カリフォルニア沖，南東米沿岸，西メキシコ，ペルー，チリー，南アフリカ連邦，北西アフリカ沖，西オーストラリア沖である。数百年間世界の需要を支え得る豊富な資源である。多く200哩の経済水域にはいるので，他国の採取はむづかしい。

マンガン団塊は深海床で4,000m以深が多い，しかし米南東部沖のブレイク海台では300m深にある。3大洋に豊富にあるが，太平洋で1,500兆トン，その濃密度は1平方kmに4万トンもある。マンガン含量平均約18%以外に銅，コバルト，ニッケルが0.2~1.0%ある。非常に有望な資源であるが経済的には色々精錬などの問題もある。米仏，西独など極めて開発に熱心で，太平洋に乗り出して調べている。前述の紅海の「熱孔」では細粉状堆積物に5%亜鉛，銅，鉛，銀，金が含まれ全潜在価値約20億ドルという。世界の中央海嶺上のRift Valleyには同様の豊富な鉱物資源が想定されている。

海底下基岩には，石炭，鉄，硫黄が経済的に価値あるものとされる。石炭，鉄は陸の方から海底へ掘り進み，2~3km沖へ出る。人工島を造ってもやる。石炭は，カナダ，英国，チリー，日本，台湾，トルコ，鉄はフィンランド，カナダ沖。硫黄はメキシコ湾沖の2~3kmの塩ドームの帽状岩の中にある。これら沖合鉱物は3億7,000万ドルにのぼるが，石炭が90%，鉄5%，硫黄5%になる。石炭と塩の堆積物に加里がたくさん大陸棚の下方にある。

海水中の塩類資源もぼう大である。海の水13億7,000km³あるが，その1km³中に10億ドル以上の価値を秘めている。約77の元素中，塩(塩化ナトリウム)，マグネシウム，臭素がある。全部で3億3,500万ドルになる。塩の $\frac{1}{2}$ ，マグネシウム金属の $\frac{1}{2}$ ，臭素の $\frac{1}{2}$ を海から得ている。世界全体での海水の淡水化量は100万m³/日に近く，その値は年6,000万ドルとされた。

海洋は深海になれば静寂の支配する死の海のように考えられたのは前世紀のことで，もはや超深

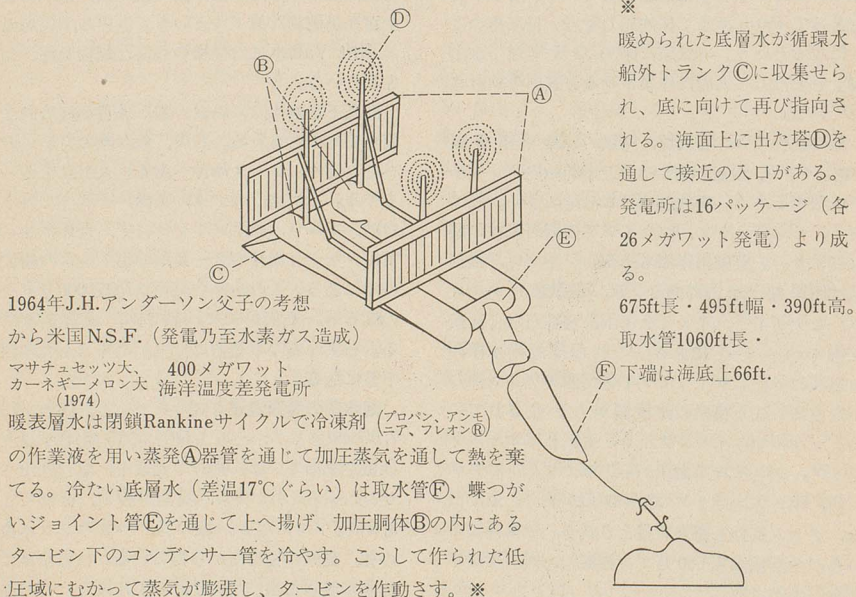
海まで水の流動のないところはほとんどなく、海底流速計や、スワローの「中立浮き」追跡などを通じて流速0.1~0.3ノットはあたりまえで、魚や底生生物、甲殻類などの生活圏でもあることが判明した。深海に放射能の半減期の長いいわゆる「死の灰」のような廃棄物を投棄すると、容器が外圧と腐蝕でこわれて、間もなく拡散した汚染物質が生物体内に濃縮せられて、その食餌関係で深海生物の日周鉛直移動から意外に速く人間の口にする水産食品の汚染となって脅威を加えられる。深海の数百m深には振幅の大きく潮汐周期の内部波が世界海洋に広く存在することも発見せられた。従来よく知られた南北の赤道海流、赤道反流、西風皮流、季節海流、西部境界流(黒潮、ガルフストリームなど)に東部境界流(湧昇性のカリフォルニア海流、ペルー海流など)、亜寒帯性寒流(親潮ラブラドル海流など)のほかに赤道潜流その他のかなり強い流速をもつ潜流が次々と発見せられた。

海流構造が複雑であるとともに、その変動が思いのほか大きいことも判った。そして海流などが気象に支配されると同時に海洋が大気に大きな作用をおよぼし気候を変化さすものになっていることも明らかにされた。波浪のスペクトルも現実に仲々複雑で、潮汐とともにその現象は深海にまで実測、解析されて、理論的に数値モデルを通じて盛んな数値予報にまで発展して来た。

一方人工衛星やロボットブイを通じて遠隔測定が盛んに行われ、赤外線やマイクロ波、レーザーなどを通じて写真撮影で海洋汚染の実態まで追究できるに到った。

海洋の未来

大陸棚を中心とする沿岸環境の多面的利用が盛んになるほど、学際的な研究調査の事前事後を通じて要求度が高くなり、建設工事に生物学的考察



第2図 温度差発電 (W. E. Heronemus 1974 Oceanus による)

効率的翼車(a)が列軸背深、(d)翼の鉛直安定板、

A. 鉛直断面翼車と角栓孔ポンプを通る)



B. (一背深と分岐管を示す) スプライン・ポンプの拡大断面

第3図 波力

ガルフ・スト WLVEC (Wa 海中風車 (G.E. Kaplan タービ



その変動が思い
て海流などが気
大気に大きな作用
なっていること
トルも現実に伸
象は深海にまで実
モデルを通じて盛
に。
を通じて遠隔測定
マイクロ波、レーザー
染の実態まで追究

の多面的利用が盛
益の事前事後を通
事に生物学的考察

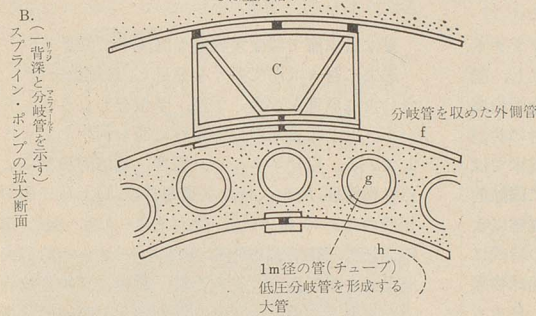
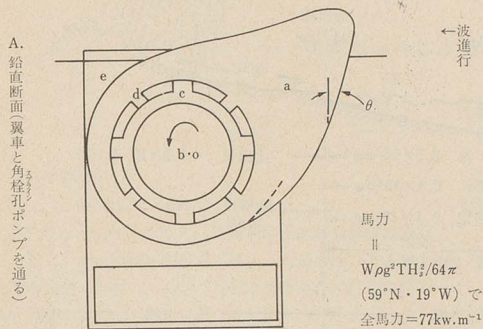
層水が循環水
Cに収集せら
て再び指向さ
に出た塔Dを
入口がある。
パッケージ(各
発電)より成

幅・390ft高。

長・

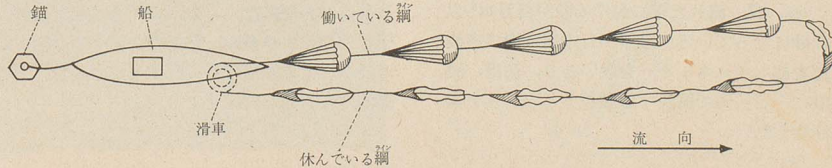
66ft。

効率的翼車(a)が0を軸に波力で回転(中空円筒bの中心)、(c)は並列軸背深、(d)翼車上の内向梁、(e)はこの翼車と次の翼車(vane)間の鉛直安定板、北大西洋で円筒部直径10~20m



第3図 波力発電 (S.H. Salter, Nature June, 1974)

カルフ・ストリームの一部、フロリダ海流中の運動エネルギーの利用継続2 5000メガワット (H.B. Stewart, 1974)
WLVEC (Water Low Velocity Energy Converter, 水低速エネルギー転換器)
海中風車 (G.E. Steelman 発明) パラシュートを連続ベルトにつけ作動。
Kaplan タービン、Savonius ローター、Voith Schneeder 型プロペラ。

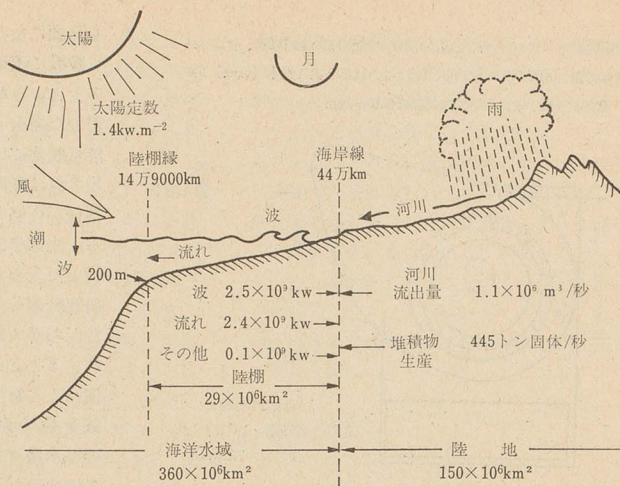


第4図 海流発電

も必要になる。海底油田やパイプライン敷設に英国海洋研で発明の「グローリア」という超音波曳航スキャンナーを用いた場合、水平魚探と同じ効果で魚群も映像に出現する。工事で爆薬を使用すれば産卵場、稚仔生育場では卵、稚仔が死滅し、水産食糧資源を破壊する。生態学的な環境保全の考えを充分持った人々が建設工事に当って事前に研究吟味して設計する必要がある。自分たちが人間という生物で、環境を破壊することが共通の人間生存の基盤を失うことを予めよく理解すべきで、利益を急ぐ余り結果的に大損を招いたのが水島タンク事故や水俣病事件等々ではないだろうか？ 河口水域を中心とする沿岸海域には人口激増と産業化の集中的衝撃が加わり、必需エネルギーの発電に石油や原子力を用い、汚染物質や温排水を流しこむから必然的に自然条件を破壊し、水産や住民の快適な生活環境を破壊する結果になる。前者の需要に応ずる建設は勇んで行うが、後者の汚染事故の予防処理対策は行っても最少限申しわけにするのが結果的に今日の内外での困った事態を招来したのである。人体に動脈だけでなく静脈があって血液の浄化が行われ、尿尿排泄がうまく処理され、再循環して肥料として食糧資源を育成して来たから今日まで個人の活動、社会と自然

の調和があった。それが農薬、洗剤、油、放射能水銀など従来ない自然の受けつけないものを一方交通的に投入してエンジン・ストップになろうとしている。資源は充分吾々の周りにあるのに使い方を知らない。無公害の天然にバランスのとれた太陽熱、風力、波力、海水温度差、海潮流、潮汐などのエネルギーを利用することに早く踏み切らねば日本の将来はない。(第2, 3, 4, 5図) 大海を前に水に渴して死ぬるようなものである。都市

下水を全国で資源化し、沿海処理場でプランクトン(植物、動物)から魚貝養殖の水産食糧にし、肥料を農産にも廻す。これらに建設作業が全国沿海と都市で水産、港湾、電力、水道等関係者の共同システム研究調査で行われねばならない。英米では既に1974年からとり上げられている。今に国際的の大事業としてとり上げられよう。海水の電解による水素エネルギーとしての運輸貯蔵供給の時代になるのは速くないだろう。上記の太陽-地球物理エネルギーが水素エネルギーに直結して、日本も海国として海から永続的(何百億年も)エネルギーを、資源を得、食糧を農産、水産から確保して1億数千万人の人口で安定した平和な生活を営むことができるようになるだろう。要は吾々に長期の真の利益が何かを見透す見識能力が、国内的、国際的に善処できるかどうか海洋の未来はかかっている。世界人口の80%は沿岸帯に生活している。波、風、流れで年に海岸で砂が百万 m^3 以上も漂砂になっている。護岸が日本海々岸で冬波力発電を起してエネルギーを吸いとる、漁港、漁場建設に一石三鳥で解決する働きをするシステム化を期待したい。



第5図 近岸水域、海陸のはたらきの衝合帯

夏は日本海で温度差発電が高効率でできる。過去に吾々は海で多くを発見し、新知識を得て、今日では原理を求め、予察、予報をしようとしている。そして将来の地球管理に海を利用しようとしている。沿岸エネルギー管理、栽培的漁業による食糧管理、海を入れた水資源管理、海上及び海中建設のための海洋研究(海洋産業-水産、鉱産、運輸、交通、通信、都市計画、レクリエーション等)が実地現場の観測調査、室内実験、数値モデル理論的予測を通じて盛んになり、諸問題が学際的に、国内および国際的協力によって正しく行われるよう期待する。今後は国際的な協力、2国間の協力による海洋建設が世界的に盛んになり、日本の技術協力の要望が海洋エネルギー、海水淡水化、海洋栽培場造成、海洋化学工場、海底探鉱と海上精錬工場等々、臨海と洋上に益々盛んになるであろう。そこで海洋科学と技術工学の緊密な連係と共通基盤が必要になる。海上の作業は陸上と異なり予想外の障害が多く、防災のため予め万全の配慮が要る。世界に雄飛し貢献する海洋建設技術の基礎的準備研究を希望する。

1. はじめに

1974年から75年にび大型タンカー祥和洋汚染事故が発生し、油所事故は流出油の後遺症がなお懸念味では、これらの事関係者以外の目につボールによる油濁事いわゆる「廃油」から50センチメートルであり、今やこれらし、国際的に推進さっているが、我が国漂流し、数年前から題視されてきた。



* 海上保安庁