

## ■ 展 望 ■

## 海洋資源開発の現状と展望

Development of Marine Resources, and Its Situation at Present and in Future

久良知 章 悟\*

Shogo Kurachi



## 第1章 海洋資源開発の始り

## 1.1 海洋資源開発とは

海洋資源開発とは海を人間の生活に役立たせることであると解するとその歴史は古い。恐らく人類の歴史と共に始ったと云い得よう。具体的には漁と舟と塩である。この古代人の海での人間活動は現在では水産業、海運業、製塩業として立派な近代産業に発展している。しかしながら、我々が普通に海洋資源開発、縮めて海洋開発と云うことが多いが、これにはこの古典的3部門は含まれない。近々20年来発展して来た新しい海洋部門での人間活動を指すのである。

この新しい部門での海洋資源開発には

- 1) 海底石油、マンガン団塊など海洋鉱物資源の開発
- 2) 温度差発電、波力発電など海洋エネルギー資源の開発
- 3) 海水の淡水化、あるいは海水中に溶存しているウランなどを採取する海水資源の開発
- 4) 海上都市、海上空港、リクリエーション基地の建設など海洋スペース資源の開発
- 5) 南極の沖アミなど未利用生物資源の活用、海洋牧場での増殖など新しい技術による海洋生物資源の開発

などがある。この他海洋開発は発展中の若い産業であるから、海洋開発に関連する技術開発、例えば深海潜水調査船の建造等も海洋開発活動の一部として世の中では受取られている。

## 1.2 海洋資源開発の発端

新しい産業として海洋開発が本格化したのは1960年代であり、その歴史は長いものではない。米国のケネディ大統領は1961年の演説において海洋は人類に残された最後のフロンティアであり、人類の将来は海洋開

発の成否にかかっている。米国は今後海洋開発に本格的に取り組んで行くと言った。この演説は歴史のものであるがその背後には複雑な事情があったのである。

当時、日米を始め先進工業国の多くは高度の経済成長を遂げつつあり、このままの成長率で進めば陸上の石油、鉱物資源等は早いものは20世紀中に、大部分は21世紀初めには枯渇することが予想された。この問題の解決のためには膨大な賦存量を誇る海洋資源の開発以外にはないと信ぜられたのである。

また1960年にケネディ大統領が提唱したアポロ計画は1969年に人類を月に送り込み大成功裏にその終幕を迎えたのであるが、その舞台裏では計画に従事し、これを成功させた数千人の優秀な科学者、技術者のために新しい活動の場を創り出す必要に迫られていた。

さらにもう一つは戦略上の必要性である。第1号の原子力潜水艦は1952年に初めて竣工したが、その後の艦の改良、大型化とミサイル兵器の進歩発達により1960年には原子力潜水艦からミサイルを発射することが可能となって来た。信頼性の高い第2撃用の戦略兵器としての地位が確立されて来たのである。しかしながら当時の海洋についての知識と技術では味方の原子力潜水艦を性能に応じて有効に使用し、あるいは敵の潜水艦の所在を明らかにしてこれを撃破する作戦には全く不十分であることが明らかになった。この問題を解決するため海軍は海洋調査技術の開発とそれらの技術を使つての海洋構造の解明に膨大な人的、物的資源を投入せざるを得なくなったのである。

このような情勢の下に海洋資源の調査開発、特にそのための技術開発は米国、ソ連だけでなくヨーロッパ諸国、日本を巻き込んで世界的ブームとなり、各国政府は国の事業として本格的に取り組むと共に、民間でも多数の海洋開発専門会社が設立された。日本におい

\* 新技術開発事業団理事長

〒100 東京都千代田区永田町2-5-2 (サイエンスビル)

(註) 昭和60年4月24日(水) 学士会館にて  
開催の第6回定時総会で特別講演

ても各財閥系、商社系、金融機関系の40数社におよぶ多数の会社が設立されるに至ったのである。

この当時においては海洋資源開発の前途はまことに洋々たるものであると信じられたのである。

### 1.3 海洋資源開発の現状

このバラ色の海に船出した海洋開発関連会社の現状は如何なるものであろうか、一言で言えば惨憺たるものである。

世界経済の高度成長が長期に続くと考えたのは幻想であった。1972年のローマクラブの成長限界論が説くように公害の増大、資源の枯渇による制約が現実の問題となり始めた時、1973年に第1次オイルショックが勃発、爾来世界経済は1978年の第2次のオイルショックを経て更に混乱、混迷の度を加え、その後やや回復したけれども現在の低成長時代に至っている。この渦中で海洋資源開発のように限界的性格のものは最も強い打撃を受け、永年に亘る停滞を余儀なくされているのである。

我国で当初設立された40数社中、現在黒字で経営を続け得ているのは大手造船会社等系列の限られた数社に過ぎないであろう。これとても海洋開発そのものによるのではなく、海洋石油開発用リグ等の販売を収益源としているのが現状である。

海洋資源開発が産業として確立して行くには、その生産物に対して真の社会的ニーズに基づく需要があり、コストの面で陸上の生産物と充分競争可能でなければならない。現状でこの2条件を満たせるものは殆どない。海洋鉱物資源開発の分野で見ると賦存条件の良い石油と天然ガスにこの条件が満たされるに過ぎない。海底のマンガン団塊からのニッケル、コバルト、銅等の金属の回収については有望であるが、技術面では研究開発のための大型プロジェクトが進行中の段階である。最近発見された海底下の熱水鉱床、海山中腹のコバルトリッチの鉱床の開発の方が条件が良いと言われ近い将来の開発に希望が持てるが、産業として確立するためにはまだまだ解決しなければならない技術上の問題が山積している。海洋エネルギーの利用、海水中に溶存しているウランなどの回収については可能性があり、実験プラントの建設が進められてはいるが産業として確立するのは来世紀に持ち越されよう。

海洋開発の将来は容易なものではないと見ざるを得ないのが現状である。

### 1.4 海洋資源開発の特質

海洋資源開発には陸上の資源開発には見られない特

徴と技術上の問題が内包されているので、以下にその主なものを述べよう。

第1は、かつて海洋開発の将来をバラ色に染め上げる主因となったのであるが海洋資源の賦存量が膨大な量に達することである。例えば海水の量は140京トンである。京と云う単位は現実離れしていて実感が湧かないが、海水の容積は1,100キロメートル（東京から福岡まで）を一辺とする立方体の器の容積に相当する。海水中のウランの濃度は3ppbすなわち10億分の3と極端に低いのであるが、海水の総量が多いので賦存量は40億トン以上に達すると云われている。

第2は、第1と裏腹であるが濃度が稀薄のためにそれを取り出すのに技術上の困難を伴うことである。海水中の金の濃度は最大で0.4ppbすなわち100億分の4と云われている。1グラムの金を得るためには恐らく1万トン近くの海水を処理しなければならないであろう。また海洋温度差発電による10万キロワットの発電所を造ると、この発電所は1時間に100万トンの水を深海から汲み揚げ、その中の熱エネルギーを取り出さなければならないのである。

第3は、圧力の問題である。海中では深度が10メートル加わるごとに圧力が1気圧づつ増加する。海面下6,000メートルの深度に潜航する潜水調査船は1平方センチメートルにつき600キログラムの大きな圧力を受ける。乗員が塔乗する耐圧殻の製造には最良質の特殊鋼か、チタンなどの強度の優れた材料の使用と真球に近い形に仕上げるため最高の工作精度が要求される。

第4は、海水は含有する塩分のため電気の良い良導体であり、そのため電磁波を吸収するので海中の作業には、電波が使用できないことである。現在の我々の文明は電気の使用によって支えられていると云っても過言ではない。これは我々の周囲の空気が幸にも電気の良い絶縁体であるから可能なのである。電気の良い良導体である海中での電気の使用には陸上では考えられない程度の困難を伴う。また不具合、故障が多い。宇宙では遠く離れた土星から映像を電波に乗せて地球まで送ることが可能であるが、海洋の場合には電波が使えないので通信には超音波を使用する。その伝播速度は電波が1秒間30万キロメートルであるのに対し、超音波は1.5キロメートルで電波の20万分の1に過ぎない。6,000メートルの海底から潜水調査船が、海面上の母船に信号を送ると片道の伝達に4秒以上を要し、電話の応答は地上の場合と著しく異った様相を呈する。

第5は、低温、暗黒、腐蝕、生物附着の問題である。

海面附近の温度は緯度、季節によって異なるが、熱帯、夏季の温帯では30度近くに達する。海水の温度は深度が深くなると急激に低下し、1,000メートル以下の深海では何処でも2度近くの低温である。深々度の潜水作業は常に高圧、低温環境下での作業となる。また、海面から深海に機器を降すとこの間の温度変化が機器の機能に影響し、時に不具合の原因になることがある。

また、海面からの深度が300メートル以上になると太陽の光が届かないので海底は暗黒の世界である。ライトで照しても普通目視できるのは5～6メートル程度、条件の良い場合で高感度の写真機、テレビを使用しても20メートル程度迄である。

その他海水の腐蝕性によって海洋構造物の耐用年数が短縮され、また生物の附着によって例えば海洋温度差発電の成否を左右する熱交換器の効率が短期間に著しく低下するなど厄介な問題が多い。

最後に海洋開発は海の仕事であるから、暴風雨、波浪、海水、海流など作業を困難にする海象上、気象上の数々の困難を克服しなければならないのは勿論である。海はそれ自体技術上の難問の種を抱えている。

上述したこれらの問題点には技術的に解決不可能のものはない。何れも適当な対策を採ることによって解決可能である。しかしながら経済的には何れの問題も少なからぬコストの上昇要因となって海洋資源開発の産業としての成立を妨げているのが実状である。

## 第2章 共通技術の進歩

### 2.1 重要な共通技術

海洋資源開発の対象は鉱物、エネルギー、スペース、生物など多種多様であるが、これらの資源を開発する場合に共通して用いられる例えば潜水であるとか、海中での位置決めや超音波機器の使用など海洋開発に特有な共通技術の確立が必要である。またこれらの技術の開発、必要な機器の製作、使用等は一般に海洋開発活動の一部であると見做されている。

その主なものは調査、計測、情報処理、潜水、潜水調査船などの特殊船舶、位置決定、自動位置保持、海洋構造物、係留、海中動力源等々に関する技術である。その他にこれらの技術を支える潜水調査船に使用される浮力材や生命維持装置であるとかピンガー、トランスポンダーなどの超音波機器、あるいは深々度用海中テレビカメラなど多くの周辺技術がある。

これらの技術には軍用技術の移転も含め最近著しい進歩があり、マスコミに派手に取り上げられることも

多いので部外の人には海洋開発そのものが目覚ましく進展しているように錯覚される原因となっている。特に我国の場合、最終生産物を伴う真の意味の海洋資源開発には未だ見るべきものはないが、共通技術の分野では活発に活動しており、例えば海底石油の開発に使用されるリグの建造については大手造船会社が実力を発揮し、量、質の両面で世界をリードしている。

以下に共通技術の中で最も海洋開発で最近進歩の著しい潜水、潜水調査船、調査用機器の概要を述べよう。

### 2.2 潜水

ロボットや電算機が如何に高度のものになっても、海中、海底の作業では機械はあくまで補助である。調査し、判断し、作業する主体は人間である。それ故人間を深々度まで潜水させ仕事をさせる技術は海洋開発の中で重要な地位を占めている。

人間は海中何メートルまで潜れるか？生命は海で誕生し、進化してきた故か人間の圧力に対する耐性は意外に強い。圧力室の中の環境シミュレーションでは水深700メートル相当の高圧下の実験に成功している。実海域では短時間ではあるが500メートルの記録がある。先年バレンツ海に沈没していた英巡洋艦エンジンバラ号からの金塊引揚げに成功したが、これは水深250メートルの長期に亘る深々度潜水作業の成果であった。また、最近海底石油の開発は水深300メートル以上の海域に移行しようとしている。このためには坑口装置の取り付けなど深々度の海底下における作業が必要であるが、ダイビング請負会社はこの難作業の需要を充分にこなしている。

潜水には高圧の呼吸ガスをボンベに詰めてダイバーが携行する自給気潜水と呼吸ガスをホースで供給する他給気潜水がある。これらはダイバーに水深に相当する高圧の呼吸ガスを供給し、肺の中の呼吸ガスの圧力と胸の外の海水の圧力をバランスさせているので環境圧潜水と呼ばれている。潜水にはこの他後述するソリ

表1 潜水深度

(1) 素もぐり			
人 間	100メートル		
まっこう鯨	2,250メートル		
(2) 高圧シミュレーション			
人 間	686メートル	81年	米
動 物	1,200メートル	83年	独, 日, 仏
(3) 実海域実験	501メートル	77年	仏
(4) コマーシャル			
ダイビング	350メートル		
(5) 常圧潜水	1,000メートル		

ッドタイプの潜水器を使用する常圧潜水がある。

空気は21%の酸素と78%の窒素を主成分としている。我々は分圧で0.2気圧の酸素と0.8気圧の窒素を呼吸しているのである。水深30メートルまでは圧縮空気を呼吸ガスとして使用して何等の障害はないが、これ以上の深度では酸素と窒素の分圧が大きくなり過ぎて生理的障害が起る。過剰の酸素は酸素中毒、窒素は窒素麻酔の原因となる。また空気を圧縮すると密度が大きくなり呼吸抵抗が増大して楽な呼吸が出来なくなる。これらの障害を避けるため50メートル以深ではヘリウムを呼吸ガスに混入し、酸素と窒素の分圧を下げると同時に混合ガスの密度を下げる。最近仏国では高価なヘリウムの代りに水素を使用する実験に成功している。

呼吸ガスの一部は血液の中に溶け込む。ダイバーが浮上して圧力が下がると血液中に溶け込んでいたガスが血管の中で気泡となり、血管を閉塞して所謂潜水病の原因となる。これを避けるため浮上すなわち圧力の低下速度を極端に小さくする必要がある。

血液中に溶け込むガスは一定時間経過すると飽和し、一定濃度に停る性質がある。これを利用して船上の高圧タンクの中でダイバーを生活させ、高圧の水中エレベーターで海底の作業箇所へ往復させる所謂飽和潜水システムが水深100メートル以深の潜水作業の場合に用いられている。また海底石油の開発現場では水中エレベーターの代りにライロス(LILOS)と呼ばれる特殊の潜水船が使用され始めている。他方ではダイバーが生活する高圧タンクを船内に設け潜水作業の母船として使用できる大型の特殊潜水船の試作も仏国で進められている。何れにしても深々度の潜水作業には莫大な経費がかかるのである。

環境圧潜水によって300メートル深度での潜水作業もコマーシャルに行えるようになってはいるが、余りにも高価につくので、ソリッドタイプの潜水器を造り、船上から海底に吊り降ろし、ダイバーには1気圧の空気を呼吸させる常圧潜水が行われるようになってきている。

使用する潜水器には手足が関節構造になっているJIM、水中での移動用に推進機を着けたWASP、これから発達したMANTIS、HORNETなどがあり、作業深度も1,000メートル内外に達している。

### 2.3 潜水調査船

海洋底の最深部はマリアナ海溝のピチアス海淵の11,034メートルと云うことになっている。米海軍のバチスカーフ型の潜水船トリエステ号は1960年にチャレ

ンジャー海淵で10,912メートルの潜航に成功している。海洋最深部までの潜航は記録的には達成されたと申して良からう。一方大洋の海底は水深5,000~6,000メートル以浅の海底が全海底の97~98パーセントを占めている。海底鉱物資源として重要なマンガン団塊はこの5,000メートルから6,000メートルの平坦な海底の一部に賦存しているのである。

人間の潜水の限度は将来潜水技術が進歩しても1,000メートル内外であろう。従ってそれより深い海底の状況を人間の目で確認するためには潜水船の潜航調査によらなければならない。海洋資源の開発の目的のためには最大6,000メートルまで潜航できれば充分である。このため海洋開発に熱心な日米仏ソの4ヶ国が6,000メートル級潜水調査船の建造を競い合っている。

仏はノーチラス号を84年に完成、目下試験潜航中で、今年中に実施される日仏共同の日本海溝調査に使用されることになっている。米は3,000メートル級潜水船シークリフ号を1980年から6,000メートル級へ改装中であつたが、84年に終了、試験を終了すれば本年から本格調査に就役するものと思われる。この他ソ連ではアカデミック号の建造が進められているらしい。日本は残念ながら数歩遅れて、1981年に2,000メートル級潜水調査船「しんかい2,000」と母船「なつしま」を完成、次の6,000メートル級の設計に着手したところである。

これらの新しい深海用潜水調査船は最新の技術を採用入れた近代型のもので次のような特徴を持っている。

潜水調査船は専用の母船に搭載され調査海域に運ばれ、母船から海面に降して発進させるので母船が到達できる世界中の海洋の調査が可能である。

母船と潜水調査船は協力し合うトータルシステムとして機能を発揮するよう設計されており、後で述べる

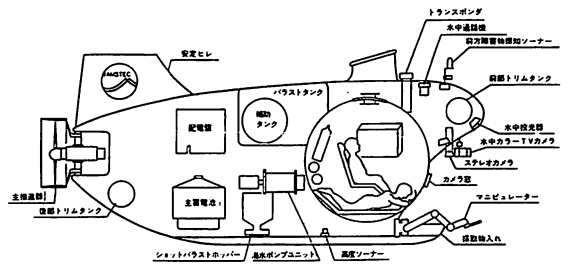


図-1 6,000m潜水調査船

#### 主要目

全長	10m	水中速力	最大2.5ノット
幅	3m	乗員	3名
高さ	3m	操縦者	2名
最大潜航深度	6000m	研究者	1名
空中重量	約25トン		

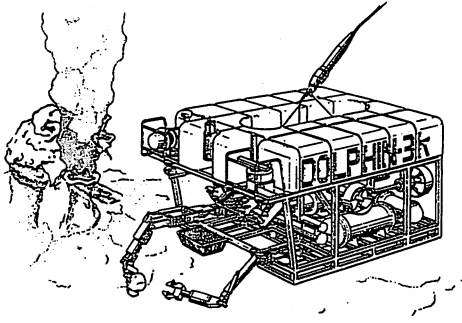


図-2 無人探査機

超音波調査器機、通信機などにより調査能力が格段に向上している。

乗員の塔乗する耐压殻はチタン合金に変わる傾向にあり、生命維持装置の持続時間は100時間以上に延長され、障害物探知用ソナーの高性能化等により安全性が高まっている。

これらの改良により潜水調査船の能力は可成り向上したのであるが、これを使用する海底調査は海面から海底までの往復に時間をとられること、調査中は人が歩く位のスロースピードで船を動かさなければならぬこと、船からの視程がせいぜい5～6メートルに限られることなどから一回の潜航で調査できる範囲はせいぜい数ヘクタール程度の広さである。それ故潜水調査船の調査には無人の探査機などによる徹底した予備調査との組合せが必要である。

#### 2.4 調査測定用機器

海洋で調査観測に使用される機器類は最近急速に改善され、その能力、精度が高まっている。その主なものをかいつまんで述べよう。

先ず、位置決定関係である。大洋中での船位の測定精度は天測によると1海里内外であったが人工衛星によるNNSSシステムにより200メートル内外に向上した。更に24個の衛星によるGPSシステムが完成すれば数メートル以内になろうとしている。更に後述するトランスポンダーを使用すれば海底と結びつけて位置を確定することが出来、大洋中のボーリング作業で嵐のため一度放棄したボーリング孔にドリルパイプを正確に再挿入することも可能となった。また船を大洋の一点に固定するDPSシステムも実用されている。

次は超音波関係の機器である。トランスポンダーを海底に設置し、海面の船からの信号に瞬間的に応答させると、音波が往復する時間から両者間の正確な距離を計算することが出来る。3点以上トランスポンダーを設置すれば三角測量をしたことになって船の位置を

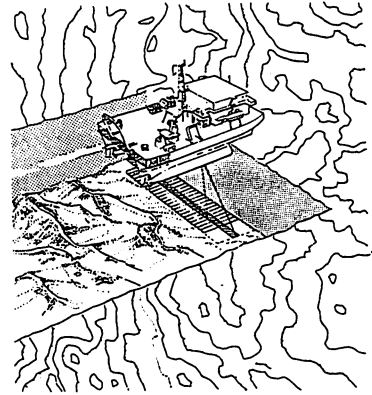


図-3 マルチナロービーム海底地形測量機

立体的にも正確に決めることが出来るのである。潜水調査船にトランスポンダーを装着することにより潜航中の船の位置を母船から常時正確に追尾することが可能である。

海中で視認できる距離に限界があるので超音波を用い物体の形を調べる技術が開発されている。測深儀はその最も簡単なものであるが、船底から超音波のシャープなビームを扇形多方面に出し、各チャンネルの反射波を電算機で処理し、船の進行の方向の左右の地形をリアルタイムで海底地形図として出力させるマルチナロービーム海底地形測量機が実用期に入っている。

また海底直上を曳航する測定器から扇形の超音波ビームのパルスを出し、その反射波の時間的変化を電気的に処理してピントの甘い写真位の解像度の海底像が描けるようになってきた。墜落して海底に横たわる中型の航空機などははっきりと視認することが出来る。これはサイドスキャンソナーと呼ばれる。またドップラー効果を応用して海中任意の深さの水の運動方向、速度を航行中の船から測定できるようにもなっている。

### 第3章 海洋資源開発の現状と展望

#### 3.1 海底石油資源の開発

1973年以降の2回に亘るオイルショックに起因する経済の停滞が海洋開発の発展に手痛いブレーキを掛けたことは第1章で述べた通りであるが、石油については消費の伸びが停滞しているマイナス要因と原油価格が第1次オイルショック前のバーレル当たり約3ドルから最高34ドルへと高騰したことによるプラス要因とを受けたのである。

1980年の石油の生産量は約30億トンでそのうち海底油田の生産は6億トン、20パーセントであった。90年

には海底油田からの生産は11億トンに達するであろうと言われている。陸上油田の生産は減退傾向であるのに対し海底油田はなお開発の余地があるので今世紀の終りには石油の生産の過半は海底油田に移行するであろう。

1980年における海底油田からの産油のうち海深100メートル以浅から86パーセント、100乃至200メートルから13.8パーセントで200メートル以深は0.2パーセントに過ぎないのであるが、新規に開発が進められている海底油田の稼行区域の深度は順次深くなりつつあり、200メートル区域から250メートル、試掘の舞台は300メートル以上の海域に移っている。当初は人工島または海底に固定したプラットフォームを建造し、その上からボーリングをして生産井を完成し原油はパイプラインで陸地に送っていたのであるが、生産区域の沖合移行に伴い、半没水型の浮遊構造物をプラットフォームとして原油の生産井を掘さくし、産出した原油は浮遊タンクに貯油し、これを直接タンカーに移して運び出す海底油田開発の新しい技術が集大成されつつある。

我国の周辺海域においても海底油田発見のための努力が払われ成果も挙っているが、残念ながら未だ大型の油田は発見されていない。中国大陸周辺の大陸棚には大型の海底油田が賦存する確率が高く一部ではその探鉱開発が進められている。我国としても独自の海底油田開発技術を完成させ保有して置く必要があるので、通産省の工業技術院は、大型プロジェクト海底石油生産システムの研究開発として1971年から調査研究を始め、78年には基本設計、79年に要素技術の実験、81年から海洋総合実験用システムの製作を始め、83年に海洋総合実験をし、目下総合評価を行っている。この技術が我国周辺の海底油田の開発に大きく貢献することが望まれる。

### 3.2 海洋鉱物資源の開発

海洋鉱物資源の主なものには現在各国が鉱区の獲得と採鉱のための技術開発に熾烈な競争を展開しているマンガン団塊と1978年に発見され、米仏を中心に調査が進められている海底熱水鉱床と極く最近存在が明らかにされ、将来に大きな期待が持たれる海山の中腹に賦存するコバルトリッチの鉱床などがある。

マンガン団塊は5,000メートル内外の平坦な海底の軟質の堆積物上に玉砂利を敷きつめたように分布している金属の酸化物の塊で、マンガン、銅、ニッケル、コバルト等有用金属を含んでいる。大太平洋ではハワイ

の南東部にマンガン銀座と呼ばれる程高品位の団塊が高密度に分布する有望区域が存在している。これらの区域に賦存するマンガン団塊の賦存量と品位については多くのデータがあるが、1979年に発表された控え目のデータでも、鉱量で230億トン、ニッケル2.9億トン、銅2.3億トン、コバルト6千万トンの膨大な量に達している。

我国のマンガン団塊の調査は1969年の地質調査所の調査により始められ、金属鉱業事業団は74年に地質調査船“白嶺丸”を完成、75年からハワイ南西海域でマンガン団塊賦存状況の本格調査を開始した。80年にはマンガン団塊探査専用の“等2白嶺丸”が完成し、有望地域の精密調査を年間250日程度実施できるようになった。同船には海底面上一定高度を曳航されつつテレビカメラでマンガン団塊の賦存量を自動計測記録するシステム、超音波を利用し海底の地形の状況、マンガン団塊賦存量等のデータを広範囲に効率よく収集する高速度広域探査システムが試験装備されて活動している。

1973年から審議が続けられてきた第三次国連海洋法会議は82年条約および先行投資保護決議を採択した。我国は83年に署名したが、現在米、英、西独が未署名

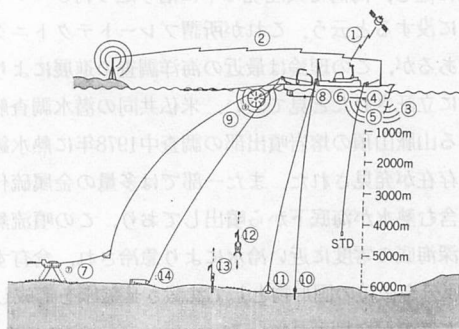


図-4 第2白嶺丸によるマンガン団塊探査の方法

- |        |                        |
|--------|------------------------|
| 航法     | ① NNSS (人工衛星航法システム)    |
|        | ② ロランC                 |
| 探査     | ③ PDR (深海用精密音響測深機)     |
|        | ④ SBP (サブボトムプロファイラ)    |
|        | ⑤ NBS (ナロービームサウンド)     |
|        | ⑥ MFES (多周波数超音波探査システム) |
|        | ⑦ DTV (深海用高速度テレビシステム)  |
|        | ⑧ データ処理システム            |
|        | ⑨ エアガン                 |
| サンプル採取 | ⑩ ピストンコア               |
|        | ⑪ スペードコア               |
|        | ⑫ フリーフォールサンブラ          |
|        | ⑬ フリーフォールコア            |
|        | ⑭ ドレッジバケット             |

であるなど同条約の円滑な実施には未だ問題なしとしないが、世界のマンガン団塊開発体制は大きく前進しているのである。我国では将来の開発を一元的に担当する深海資源開発株式会社が82年に設立された。同社は目下有望海域の精密調査を行うと共に鉱区の獲得のための交渉を精力的に行っている。

更に採鉱技術の確立については通産省の大型プロジェクト制度のもと官民合同で1981年から9年計画で集鉱システム、揚収システム等の設計製作、実海域での実験を行う計画が進行中である。

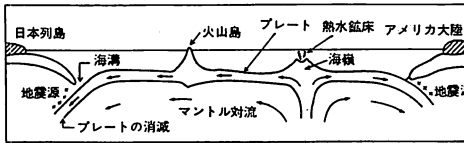


図-5 海洋底の動き(プレートテクトニクス理論)

次に海底熱水鉱床については、大太平洋、大西洋など大洋の中央部に海底大山脈が存在し、この山脈の山頂部ではマンテルからの熔岩が噴出、大洋の海底はこの山脈を中心にして左右に人間の爪の成長速度位の微速度で移動しており、1億年内外の年月後には大陸の縁辺部に達し、海溝で大陸塊の下に潜り込み再びマンテル中に没すると云う。これが所謂プレートテクトニクスであるが、この理論は最近の海洋調査の進展により完全に立証されたと見てよい。米仏共同の潜水調査船による山脈山頂の熔岩噴出部の調査中1978年に熱水鉱床の存在が発見された。また一部では多量の金属硫化物を含む熱水が海底下から噴出しており、この噴流熱水が深海底の零度に近い冷水により急冷され、含有する金属分を微粒の固形物として沈澱させ鉱床を形成しつつあるのが発見されている。

更にこの噴流の周辺には硫化水素を栄養源とする特殊な生物の集落が存在することも明らかになった。大太平洋東部の海底山脈に沿い赤道の南北にわたり7箇所

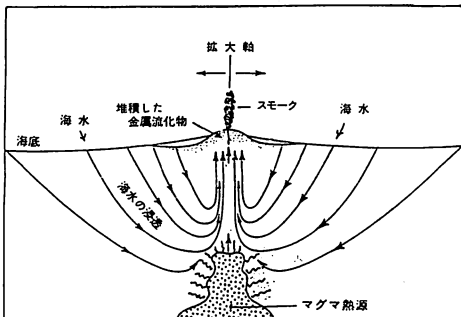


図-6 海底熱水鉱床の形成

で鉱床の発見が伝えられている。鉱床の中には55パーセントの亜鉛鉱、あるいは10パーセントの銅鉱石を含むものがあり、鉱量も推定で800万トンに達するものがあるなど将来調査が進展すれば更に有望な鉱床の発見が期待されるのである。

表2 200海里水域の面積

順位	国名	200海里水域の面積 (単位万km <sup>2</sup> )	陸地面積との比
1	米 国	762	0.8
2	オーストラリア	701	0.9
3	インドネシア	541	2.9
4	ニュージーランド	483	17.9
5	カナダ	470	0.5
6	日 本	451	11.9
7	ソ 連	449	0.2

次に1981年に西独の調査船が海山の中腹にニッケルコバルトを含む新型の鉱床を発見したと発表した。米国は早速大太平洋に存在する多数の海山について組織的な調査を行い、1,500メートル内外の深度でコバルト等高品位の有用金属を含む有望な鉱床を発見しているらしい。同鉱床はまとまった鉱量があれば既知の海底金属鉱床と比較しても有利な開発条件を備えていると考えられるので開発時期は案外早いかも知れない。日本の200海里海域は451万平方キロメートルに達しその中には多数の海山が存在するので日本の調査船によるこの種の鉱床の徹底した調査が望まれる。また大洋の海底に横たわる大山脈の総延長は地球の周囲4万キロメートルよりも長いと言われている。その中で人間が目視によって確かめたのはせいぜい100分の1以下に過ぎない。今後調査の進展と共に新しい資源の発見が大いに期待されるのである。

### 3.3 海洋エネルギー資源の開発

海洋エネルギーは自然エネルギーである。石油、石炭、ウラン等と異り無公害の再生エネルギーである点に特色がある。海洋温度差、塩分濃度差、波力、海流、潮流、潮汐、海洋生物とエネルギーの種類は多いが、開発に成功し、実用規模で営業運転に入っているのは仏国ランスの24万キロワットの潮汐発電所のみである。その他に港湾用の浮標照明電源に波力発電による小電力を利用しているものが世界中に1,000基以上ある。これは日本で開発され、輸出されたものであるがエネルギー量としては大したものではない。

海洋エネルギーの源は潮汐の一部を除き全部太陽エネルギーである。太陽から降りそぐエネルギーは173

表3 海洋エネルギー資源(フロー)

エネルギーの種類	エネルギー量(kw)	%	海洋エネルギー資源として利用可能(億kw)
太陽から届く全量	173兆	100	
そのまま宇宙へ再反射熱(長波長, 宇宙へ)	52兆	30	
蒸発, 降雨	81兆	47	海洋温度差発電20
	40兆	23	塩分濃度差発電26
風波, 対流	3,700億	0.2	波力発電 27 海流発電 0.5
潮 汐	30億	0.0017	潮汐発電 0.3
光合成	400億	0.02	

兆キロワットに相当すると云われている。その30パーセントは反射によりそのまま宇宙に再放射されている。また47パーセントに相当する81兆キロワットのエネルギーは熱エネルギーとして大気や海水等を温めているのであるが、最終的には長波長の熱線となって宇宙に再放射されている。海洋エネルギーとして見れば表層水の加熱源であり温度差発電20億キロワットの源となるのである。23パーセントに相当する40兆キロワット相当分は海流、風、波力、降水など主として大気、海水の運動エネルギーとして海水濃度差発電26億キロワット、海流発電 5,000万キロワット等を可能にするエネルギーの源となっているのである。要するに海洋エネルギーは多種多様であるけれども海水濃度差発電、温度差発電、波力発電による発電可能量が大きいのであって、その他は大したものではない。温度差発電のためには温、冷両海水の間に少なくとも20度以上の温度差が必要である。海洋の表面の温度は緯度、季節、海流等によって異なるが温帯の夏季または熱帯では30度近くにも達する。一方海中の温度は深度が増すと急激に低下し500メートル以下で7,8度, 1,000

メートル以下で4,5度まで低下するので低緯度地域の大部分で温度差発電は一応可能である。しかしながら温度差発電では毎時数百万トンの冷海水を深海から汲み揚げる必要があり、浮遊型として建造するにしても臨海型として海岸に建造するにしても解決しなければならぬ技術上の多くの問題がある。また冷海水の汲み揚げにかかる環境上の問題も見逃すことはできないのである。

波力発電の研究開発では我国は世界をリードしている。海洋科学技術センターは1978年から2回にわたり浮体型式による大型波力発電装置“かいめい”により最大600キロワットの発電に成功、実用化の可能性を実証したが、更に発電単価キロワット当たり50円程度を目標にする等2期の海上試験に挑もうとしている。

波力エネルギーの大きさは波高と波の周期の大小により、これは更に吹く風の強さと吹く距離による。アイルランド、スコットランドからノルウェイの大西洋の北西に面した海岸は冬期北大西洋の長い距離を吹き抜ける季節風により大波の襲来を受ける。例えば冬期の波エネルギーはメートル当たり日本海々岸では15キロワット程度であるのに対し50キロワット以上にも達すると云われており、これらの国々は将来の波力発電の発展に大きな関心を寄せている。

人工衛星に搭載される合成開口レーダーにより大洋中の波の大きさ、波力エネルギーの大きさが観測可能になりつつある。南極大陸の周囲には大暴風帯があるが、この地帯の波力エネルギーは1メートル当たり100キロワット以上であろう。これが人工衛星によって確かめられれば遊弋型の波力発電船を建造出動させ、発電電力により海水中のウランや重水の抽出を行わせる

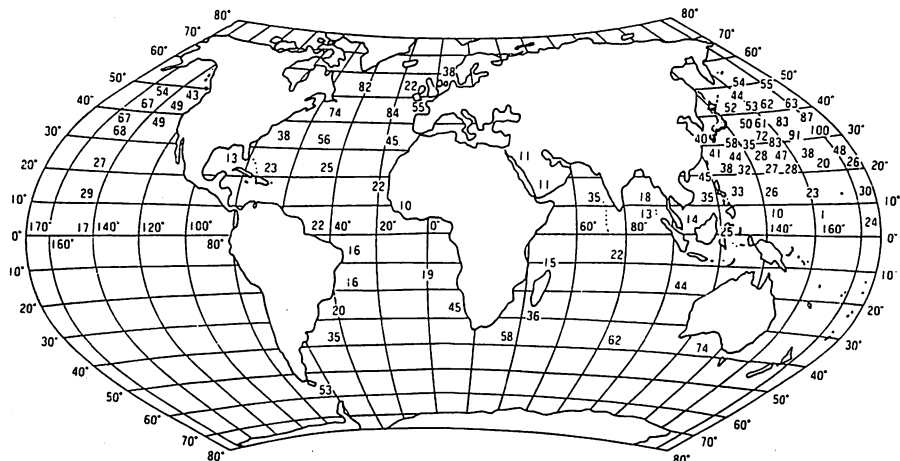


図-7 平均波力エネルギー分布



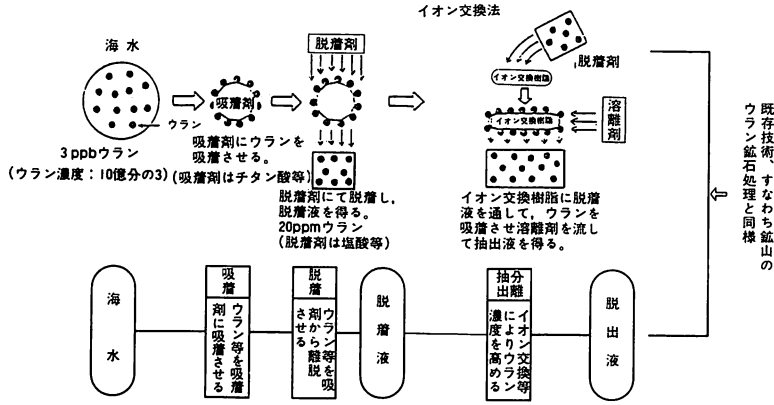


図-8 海水ウラン回収原理

表 4 海水中の微量成分

稀の資源名	海水中の含有率 ppb(10億分の1)
金 (Au)	0.015~ 0.4
ウラン (U)	3
チタン (Ti)	1
コバルト (Co)	0.1
銅 (Cu)	1.5 ~ 24.8
鉄 (Fe)	3.4 ~ 4.5

重水 1 l 中に 0.15 g

ことが期待されるのである。

塩分濃度差発電は我々には最も馴染の薄いエネルギーを利用する発電方式である。河川の水は河口において海に流入すると海水と混合し、塩分ゼロの淡水から約 3.5パーセントの塩分を含有する海水に変わって行くその過程で水頭 250メートルに相当するエネルギーを分散しているのである。普通これは熱エネルギーの形であり、大量の海水に吸収されるので我々が目視できる形では現れない。このエネルギーを有効に利用しようと色々な方式が提案されている。中で最も可能性のあるのは、半透膜を使用する渗透圧法と濃淡電池を形成させる方法であるが何れも現状では実験室の段階であり、これを大規模に実施するためには解決しなければならぬ技術上の問題が可成り多い。

### 3.4 海水資源の開発

海水の淡水化により水資源として利用する技術は既に確立しており、サウジアラビア等水資源がなくエネルギーコストの安い国にプラントが輸出されている。日本の得意とする分野である。

一方海水の中には金を始め多くの有用金属が微量ではあるが溶け込んでいる。原子力発電の燃料として貴重なウランについて言えばその濃度は 3 ppbと云われているが海水中に賦存するウランの総量は40億トン以

上に達するのである。

金属鉱業事業団では1975年から海水中のウランを吸着、脱着、濃縮する技術の研究を進めており、81年から香川県仁尾町にモデルプラントを建設中で、86年から運転に入る予定である。同プラントは最終抽出液中のウラン濃度 2,800ppm、抽出量ウラン年10キログラムを目標としている。

この事業の成否を左右するのは吸着剤の性能である。最近高分子化合物に関する技術の進展により必要な機能を持つ化合物を或程度見当をつけて合成できるようになりつつある。原子力研究所も参加した或る研究グループは低品位ウラン鉱石と略同じ 0.2パーセントの濃度まで吸着、濃縮させて抽出することに実験的に成功したと報ぜられている。将来はウランに限らず海水中の金も選択的に吸着させる高分子化合物の合成に成功するかも知れない。

### 3.5 海洋資源開発の展望

前節までに海洋資源の主な分野について開発の現状と今後の発展の方向について述べた。

海洋資源開発を全体として見ると1960年初頭の発足時の華々しさと較べれば現状は期待外れであるが、これをもってその将来を悲観視する必要は全くない。現状を一言で言えば「夜明け前」と云うことである。それでは夜は何時明けるか？難しい設問であるが、今世紀末には海底石油の生産が全体の過半を占める見通しであり、マンガン団塊、波力発電、海水からのウランの回収などの開発がテストプラントの段階ではあるが活発に進められており、更に海洋調査を始め海洋資源開発に役立つ科学技術の研究開発の成果が着々と挙りつつあることなどを考え合わせると海洋開発の朝は早ければ今世紀の終末、遅ければ来世紀の初頭には来ると期待して良いのではあるまいか。