

JAMSTEC

1990年 第2巻 第1号 (通巻第5号)



海洋科学技術センター

目 次

年頭所感 海洋科学技術センターの益々の御発展を願って	奈須紀幸……………1
我が国の深海ベントス研究の系譜	奥谷喬司……………3
ターミネーター型波力エネルギー利用装置	海洋開発研究部 鷺尾幸久……………6
深海底微生物を捕える	
—保圧型深海底微生物採集器の開発—	深海開発技術部 許 正憲……………15
世界の海洋底	
—海底名所めぐり— (その5)	小林和男……………22
海に魅せられて半世紀 (V)	奈須紀幸……………31
深海底に地球の謎を探る 2	
海底が割れる	深海研究部 堀田 宏……………37
海外出張・海外調査団報告	
スクリップス海洋研究所における深海掘削孔利用計画	深海研究部 門馬大和……………42
OCEANS'89 調査団見聞録	OCEANS'89 調査団員 海洋開発研究部 安田哲也……………45
当センター各部紹介	
潜水技術部の紹介	潜水技術部……………49
当センター研修・施設・機器等の紹介	
超音波水槽	深海開発技術部 新井嘉人……………55
材料・器具・装置紹介	
アルゴ・ジェイソンシステム	深海開発技術部 服部陸男……………58
当センターで開発された機器	
大循環式潜水呼吸装置について	潜水技術部 岡本峰雄……………62
研究機関・学協会等の紹介	
カナダ国立海洋科学研究所を訪ねて	深海研究部 溝澤巨彦……………65
用語解説	
深海底微生物	深海研究部 長沼 毅……………67
GPS	深海研究部 松本 剛……………68
海洋科学技術センター新理事長に内田勇夫氏就任	総務部総務課……………70
「しんかい 6500」最大潜航深度試験記録	深海開発技術部 中西俊之……………71
潜水調査船「しんかい 6500」センターに引渡される	
—「しんかい 6500」及び「よこすか」の動静—	深海開発技術部……………74
第15回研究発表会を開催	企画室計画管理課……………76
第6回「しんかい 2000」研究シンポジウムを開催	深海研究部……………79
海外一流研究者による講演	
英国海洋研究所 フレミング博士との懇談	潜水技術部 沼田光政……………81
宇宙マイクロ波ラジオメトリー研究者を招へい	海洋開発研究部 佐々木保徳……………83
ポルトガル・波力エネルギー研究者による講演	海洋開発研究部 宮崎武晃……………84
カナダ国立海洋科学研究所研究者による研究紹介	深海研究部 溝澤巨彦……………86
深海開発技術部中西俊之氏大臣表彰される	情報室……………87
情報室からの案内	
編集後記	
潜水調査船「しんかい 6500」	
1989年8月11日に深度6,527mという現存する有人潜水調査船としては世界一の潜航記録を達成した。写真は海上試運転における揚取水切り時のもの。海底で外皮のなかに巻き込んだ泥が滝のように流れ落ちている。	

年頭所感

放送大学教授
東京大学名誉教授
海洋科学技術センター評議員
海洋開発審議会会長

奈須 紀幸

Noriyuki Nasu

海洋科学技術 センターの益々の 御発展を願って



いよいよ1990年となりました。あと10年で21世紀となります。この平成2年の年頭に当たり一言所感を申し述べさせていただきます。

海洋科学技術センターも、その設立以来はや18年余りの歳月が過ぎました。その設立当初から、センターのいろいろな委員会などに参画させて頂きました私にとりましては、センターのすぐかたわらに立ちまして、センターの目覚ましい御発展ぶりを目のあたりにさせて頂いた18年余りでありました。

心からのお祝いを申し上げます。その御発展は、なによりも、センターの優れたスタッフの方々のなみなみならぬ日常の御努力の結実であると存じます。加えて、所管の官庁である科学技術庁の絶えることない御援助と、センターの構成員とも申すべき官民の諸機構の強力な御支援が、かくも急速な発展をみた大きな原動力であったかと存じます。

今日では、世界中に、日本の海洋開発の中心は海洋科学技術センター、すなわちJAMSTECであるということが知れわたっております。

上り坂の気運にある機構というものは、そばで拝見しておられます、何か熱気のようなものが、こちらにひしひしと伝わって来るものであります。海洋科学技術センターはまさにそうした機構の一つであります。

そうしたセンターの強運というものは、センター内外の御努力と、日本は申すまでもなく、汎世界的な海洋開発へのニーズの急速な高まりとが共振した結果でありましょう。

私は、これからの10年、さらにそれに続く21世紀にかけて、海洋科学技術センターが益々御発展されることを確信するものであります。その理由は、人類がこれから、従来に何層倍もする海洋開発へのニーズを意識し、それにかかわる科学技術の進展をより強く求めるようになるものと予想しているからであります。

現在、地球上には50億の人々が生活しております。陸上で平均しますと、1km²当たり36人の人口密度となります。海ですとその7分の3倍の人口密度となります。一人当たりの面積は、あの広い海ですら0.07km²程度にしか過ぎません。

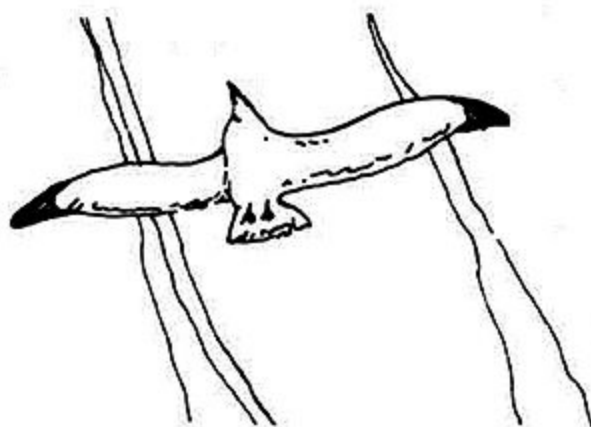
この数字は、よく眺めておられますと、由々しき大事を物語っているように思われます。

世界の人口は21世紀に向けてさらに増え続けることでしょう。そういたしますと、好むと好まざるとにかかわらず、人類は生存のために、陸上と海洋の、開発と有効利用と環境保全とに、より真剣な努力を傾倒するであろうことは、火を見るよりも明らかであります。

海洋科学技術センターへの要望が、これから、いろいろな面において、より高まることは、容易に予想されます。そうした要望にセンターがこれからも引き続き迅速に対応されますことを、心からお願い申し上げたいと存じます。

さらに付言いたしますと、日本の人口密度は、世界の平均値の約9倍であります。この数値を眺めるだけで、日本に根をおく海洋科学技術センターへの国民の要望と期待が、これからどうなっ
てゆくのか、目に見えるような気がいたします。

海洋科学技術センターにおかれましては、従来にも増して、これからさらに、積極的に事業の
発展を計られますことをお願い申し上げまして年頭の御挨拶とさせていただきます。



我が国の 深海ベントス研究の系譜



東京水産大学教授・理学博士 奥谷 喬司
Takashi Okutani

略 歴

昭和6年 門司に生れる
昭和29年 東京水産大学卒
昭和29年 東海区水産研究所
昭和54年 国立科学博物館
昭和59年 東京水産大学教授 現在に至る。
海洋科学技術センター客員研究員

1. はじめに

「しんかい2000」に次いで「しんかい6500」の完成は、日本の潜水艇造船技術の水準の高さを示すだけではなく、四面海に囲まれた海洋国日本の深海開発の意欲の高さを示すものであろう。我々生物屋が、深い海の底にすむ生物の実態を知りたいとの願いのもとに、様々な手段で、それらを採集しその姿や分布状態の情報を得たとしても、これらの“生活”に接するには程遠いものであった。これが、このような大深海に潜航し、自由に思う場所を見回すことのできる日が実際に来たことを思えば、はるばるきた道を振り返ってみたいくなるのも人情というものであろう。

世界の深海開発の歴史はもう幾多の本で繰り返され、アレキサンダー大王の潜水球から、アルビン、ノチールに至るヒストリーも人口に膾炙しすぎているぐらいだが、我が国の辿った道については、堀越教授の書いたものによって一部が伝えられているぐらいで、めまぐるしい日々の進歩に眼

を奪われ、先達、先輩の苦心した所も、記録が失われる以前に少し書き残しておくのも意義のないことではないであろう。

2. 「日本近海に於ける大陸棚(沿海漁場)調査」

我が国近海の深海底棲生物を最初に採集したのは英国のチャレンジャー号で、それは1875年(明治8年)で、その当時の装備を考えると相模湾で1,410m、本州東方で3,412mという驚くべき深度まで網をおろした。次に日本近海の深海生物の採集を行ったのは、米国水産局魚類委員会の調査船アルバトロス号で、それは1906年(明治39年)の話である。アルバトロス号の採集点の航跡を辿ってみると、この調査は明らかに漁場探索の色彩が濃く、相模湾とか、駿河湾などに集中して多くの採集地点がある。

恐らくこのアルバトロス号の調査を踏襲したと思われる我が国として最初に行われた日本沿海の陸棚ないし、陸棚斜面の漁場開発調査は、1922年(大正11年)から1930年(昭和5年)にかけ

て、水産講習所（現中央水産研究所の前身）によって実施された「日本近海に於ける大陸棚（沿海漁場）調査」である。本調査は初め、天鷗丸（1919年竣工、161トン）で行われていたが、1925年（大正14年）蒼鷹丸（202トン）が進水して引き継ぎ、総計658地点においてドレッジ採集を行った。しかし、本調査は、漁場開発という観点から、最深でも水深600mをわずかに超す程度の採集が大部分で、深海域の生物調査は後に残された。

しかし、この調査は、日本の沿海といっても、明治以来、ヨーロッパの学者や日本の研究者が、時折行っていた臨海実験所規模の標本採集とは異なり、国家予算によって外洋型の大型調査船を用いた日本人の手による最初の組織的なベントス調査として意義が深い。ひとつ残念なことは、この調査による採集標本は動物群をおよそ20に分け、当時の一流の分類学者21名に研究を委託したにもかかわらず、その成果の刊行ははかばかしくなく、戦前にはわずか2群のモノグラフが刊行されたにすぎず、戦後さらに2、3報のものが追加されたに過ぎない。

その調査とは全く系列を異にするが、それからおよそ50年後の1977年（昭和52年）から3か年にわたり、水産庁は6隻の349トン型のスタントロール漁船（北転船）を備船し、「大陸棚未利用資源調査」を行った。この時は6つの海区水産研究所と多くの県水試・大学も協力し、日本沿岸の主要底曳網漁場を重点的にトロールによる採集を行った。この時も、漁場開発の見地から最深でも1,000mをわずかに超える程度のサンプリングが行われた。この調査は前述の天鷗丸・蒼鷹丸による先駆的調査とは全く異質であるにもかかわらず、期せずして、主旨の共通性からプロジェクト名に類似性がある。この成果は幸いにして、既に魚類で4冊、甲殻類1冊、軟体動物3冊のモノグラフとして刊行されている。

3. 蒼鷹丸Ⅱ世・Ⅲ世の調査

蒼鷹丸は1955年（昭和30年）代船が建造され、257.8トンとなり、船体に似合わず、大型ウインチが装備された。当時東海区水産研究所（現中央水産研究所）の資源部長であった故中井甚二郎博士は新船の試験航海中に熊野灘で2,000mを超す採集に成功した。現在の大型調査船・研究船の時代にはこの深度における採集はさして困難を認めないが、戦後の深海生物採集の第1歩がこの曳網に始まった。次いで同年11月に相模湾の深海採集が試みられ、700～750mの採集が行われた。ちなみに、この時の採集品の中に、現在海洋科学技術センターや海洋研究所そのほかの研究者に、関心の高いシロウリガイの死殻片があり、これを1957年（昭和32年）新種として記載発表する機会を得た。

新蒼鷹丸は1957年以来、科学技術庁の企画による海洋生物・海底沈積物の天然放射能（フォールアウト）の調査を行うことになり、これからおよそ18年間、水深10m足らずのところから、水深約4,000mの定点採集を行う。この調査は1970年（昭和45年）新造された蒼鷹丸Ⅲ世に受け継がれ、この間に到達した最大深度は、伊豆小笠原海溝沿いの8,175mであった。

いっぽう、1977年（昭和52年）以来開始された「低レベル放射性固型廃棄物の海中投棄に伴う生物等の調査」においては、投棄候補地点が、北西太平洋海盆中にあり、その付近におけるベントス採集が、蒼鷹丸Ⅲ世のみならず、水産庁所属の大型調査船開洋丸（1967年建造、3,210トン）でも行われ、水深4,000～6,000m付近のビームトロール、スレッド、グラブによる採集を行った。

上述の2つの調査において得られた多数の生物標本は、貝類を中心とした軟体動物を筆者が主に研究を行っているほか、生物群ごとに現役の分類

学者に研究分担をして頂いている。

4. 凌風丸による JEDS 研究

1959年(昭和34年)ロックフェラー財団の援助によって気象庁の観測船凌風丸に、深海用ウインチとワイアが取り付けられ、日本学術振興会内に、深海研究委員会(JEDS)が組織された。

JEDSの本格的深海トロールは第2次航海(1959年9月)に初めて行われ、三陸沖の水深2,230~2,350mのビームトロールによるサンプリングを行った。全10次にわたる研究航海のうち、さらに第4次~第6次において日本海溝沿いに水深7,000mまでの採集を行ったが、いずれもクルーズレポートに近い概要が報告されているのみで詳細な分類学的研究は公表されたものはない。

5. 淡青丸・白鳳丸の時代

蒼鷹丸が調査航海に専念している頃、東京大学海洋研究所に1963年(昭和38年)淡青丸(258トン)次いで1967年(昭和42年)白鳳丸(3,226トン)が建造され、前者は主として日本沿海の、後者は海外における研究航海を協同利用の形式で行い、当時海洋研究所教授堀越増興博士らによって相模湾、駿河湾、東シナ海等のほか、東南アジアから南西太平洋に至る広汎な地域で深海ベントス採集を行うようになった。生物採集はグラブによる定量採集のほか、2mあるいは3mのビームトロール採集を主に行い、1983年に公刊された1966年から1982年にわたる両船によるベントス採集記録のうち、2,000mを超えるものだけでも50地点にも達し、日本における深海生物採集は量・質ともに非常に水準の高いものとなった。これらの採集と同時に、太田秀教授による深海カメラを用いたベントスの定量調査は非常な成功を

収め、静的画像の蓄積から、動的な生物生態の解析にも役立つことが、多くの成果から明らかである。

6. 他機関による深海生物研究

上記のように、戦後から、現代の潜水艇による深海生物の直接観察、あるいは採集・定量が可能となるまで、深海生物の調査、採集・研究の主流は水産庁の水産研究所と東大海洋研究所であった。しかし、近代多くの研究・教育機関が中・大型の調査船・研究船を持ち独自の活動を行っている。その中で海上保安庁の昭洋をはじめ大型船は、上記の「低レベル放射性固型廃棄物の海中投棄に伴う生物等の調査」をはじめとする調査においては海流、地形、海象等の調査にあたる際、いくばくかの生物的副産物があるが、同庁の本来の研究の線に乗らず情報が得られてない。また、地質調査所の白嶺丸等は、海底地質の探索の際、副産物として生物標本、また、海底写真等において生物情報をかなり得ると聞いているが、特に著しい生物学的成果は公表されていない。

7. おわりに

これまでの深海の底棲生物研究は以上のような系譜から明らかなように、触れ得るものはデッキに引き揚げられた標本、またその情報はスチール(まれにビデオ)画像であった。これからの深海生物研究は冒頭に書いたとおり、その生物の環境に直接立ち入り、その生活や動きを眼のあたりに見ることによる解析を可能とした。またこの手段があってこそ熱水鉱床にかかわるセル内外の生物現象を現場の状況を変える事なしに観察分析ができる。深海研究はデッキから長いワイアをのばして及び腰に深海底の生物過程をかい間見ていた時代から脱皮したといえるであろう。

ターミネーター型波力エネルギー利用装置

海洋開発研究部 鷲尾 幸久 Yukihisa Washio

1. はじめに

近海の海洋を巡る顕著な動きの一つとして、海洋空間の総合的利用の推進が挙げられる。我が国は、総延長約5,200 kmにも及ぶ海岸線を有し、また沿岸海域のうち水深50 m以浅の総面積は、約8万km²で、これは、国土面積の約22%に相当している。このような海域には、水産資源はもちろんのこと、有効利用が可能な空間ならびに海洋エネルギーは豊富に存在している。そこで、このようなごく身近にあり豊かで、しかも開発がほとんど行われていない沿岸海域の自然環境を変えずに効果的に開発することが、今後とも我が国が安定した発展を続けるために重要な課題の一つとされている。

沿岸域の開発・活性化のためには、エネルギーの供給ならびに有効利用可能な静穏海域が不可欠である。現在、未利用の沿岸域においては、波が高いゆえに利用されずにおかれている場所が少ない。そこで従来、沿岸開発において最大の障害とされ、防波堤等に代表される防波施設により極力抑えることに主眼が置かれていた波浪を、積極的に有効利用し、開発に必要とされるエネルギーを供給するとともに静穏海域をも創成できる波力エネルギー利用装置が開発されるならば、その恩恵は多大である。ここでは、現在、海洋科学

技術センターで実施されている波力エネルギー利用装置の開発について説明する。

2. 波力エネルギー利用装置開発の現状

波力エネルギー利用装置の研究開発は現在、日本、英国、ノルウェーをはじめ諸外国で進められている。これらは波力発電装置としての研究開発が主である。波力エネルギー利用技術については、18世紀後半フランス人による特許が最初とされている。しかし、波力発電という形で実用化されたのは、航路標識灯標ブイの電源として、1965年世界に先駆けて日本においてであり、小出力ではあるが、信頼性も高いことから、国内のみならず国外にも多数輸出されている。

波力エネルギー利用装置の研究開発が本格的になったのは、1973年の第一次石油危機以降のこ



写真-1 波力発電装置を搭載した航路標識灯標ブイ

とであり、数多くの装置の提案とともに、日本、英国、ノルウェーにより基礎理論の確立が成された。現在は、基礎的な研究から、実用段階への開発が進められている。これらの開発は、その規模の観点からは大規模集中型エネルギーとして利用する立場ならびに小規模分散型エネルギーとして利用する立場の二つに大別できる。さらに、エネルギー安全保証の観点からは、自国のエネルギーとして利用する立場ならびに他国へのエネルギー輸出技術と見なす立場の二つに大別できる。日本における開発は、小規模分散型エネルギーとしてとらえ、自国用のみならず他国へも輸出できる技術開発が目的とされている。

このような背景のもと、我が国において現在までに実機レベルでの実海域実験が実施されたものとしては、当センターの波力発電装置「海明」、新技術開発事業団の委託による三井造船（株）及び富士電機（株）の沿岸固定式波力発電システム「三瀬式」、室蘭工業大学の「振り子式波浪エネルギー吸収装置」、日本造船振興財団の浮体式波



写真-2 波力発電装置「海明」

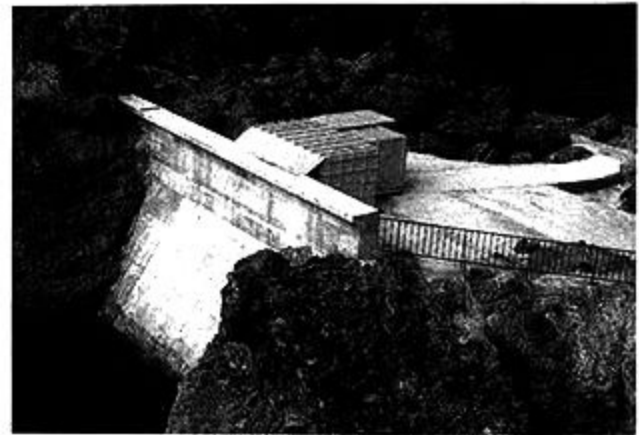


写真-3 沿岸固定式波力発電システム「三瀬式」

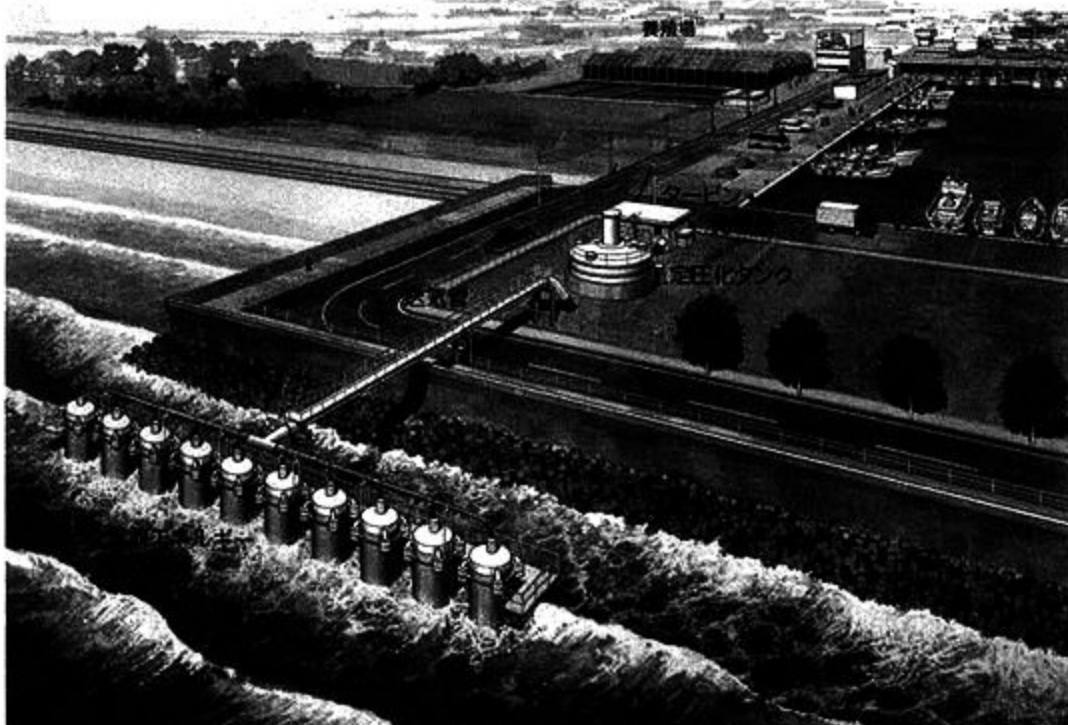


図-1 消波工型定圧タンク式

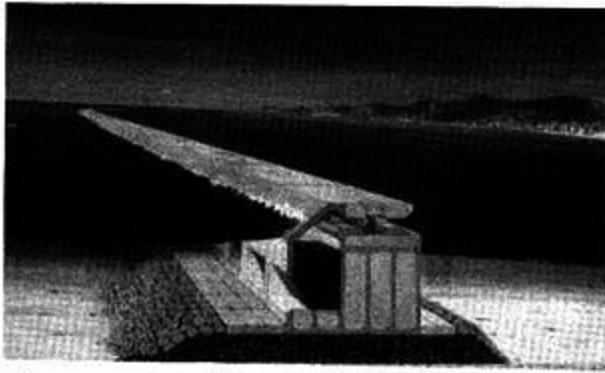


図-2 波発電ケーソン

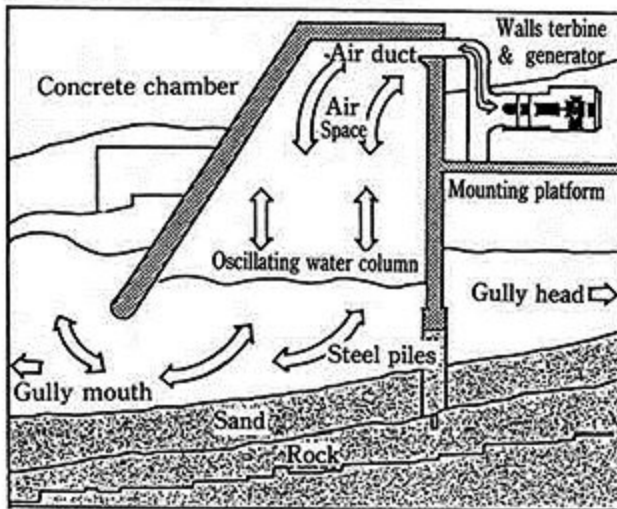


図-3 Islay 島沿岸固定式波力発電装置

力発電装置「海陽」、通産省の補助を受けた大成建設の「波力利用熱回収システム」等がある。また、現在実験中のものには、エンジニアリング振興協会の委託により竹中工務店が開発を担当している「消波工型定圧タンク式」、関西電力の「下部支持型振り子板式」、運輸省港湾技術研究所と沿岸開発技術センターが研究・開発を担当し、第一港湾建設局が実施している「波力発電ケーソン」などがある。

英国においては、エネルギー省からの費用により、Hebridesに近いIslay島に、自然地形を利用した定格出力40kWの沿岸固定式波力発電装置の実験が進行中である。

さらに、ノルウェーにおいては、北海に面した断崖を削り設置されたKVARNER社の定格出力



写真-4 多重共振型波力発電装置 (MOWC)

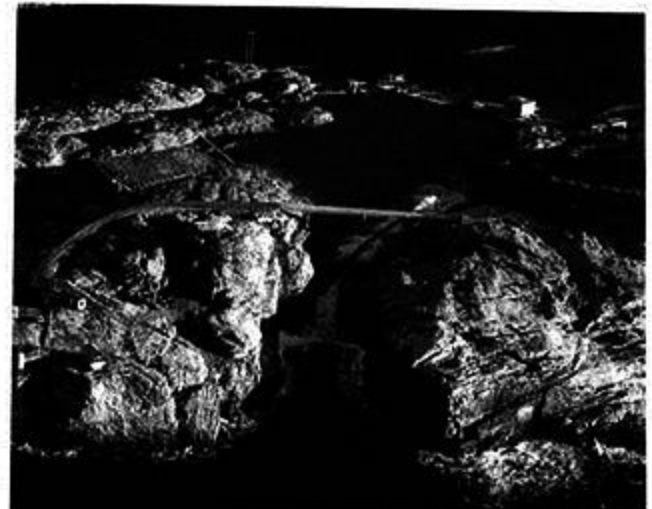


写真-5 越波貯水式発電装置 (TAPCHAN)

500kWの多重共振型波力発電装置 (MOWC)、NORWAVE社の定格出力350kWの越波貯水式発電装置 (TAPCHAN) プロトタイプモデルによる海域実験が実施されている。これらの装置は、トンガ及びインドネシアとすでに輸出契約が結ばれており、トンガでは出力2,000kW (建設費約9億3千万円) の多重共振型波力発電装置、インドネシアのバリ島には出力1,000kW (建設費約6億7千万円) の越波貯水式発電装置が建設される。完成は1990年が予定されている。

3. 波力エネルギー利用装置の形式

波力エネルギー利用装置の構成は、一次変換装置と二次変換装置に別れる。一次変換装置とは、波エネルギーを他の有効な力学的エネルギーに変換する装置であり、前項でも示したように多数の方式が考案されており、波により動揺する可動物体、振動水柱、受圧面等を含む概念である。表-1には、その分類を示す。

一次変換装置で力学的エネルギーに変換された波力エネルギーは、そのままでは利用し難い。二次変換装置は、こうしたエネルギーを我々の利用しやすいエネルギー形態に変換するものであり、またそれとともに、波力エネルギーの短期的、長期的変動に対応するための平滑化や貯蔵の機能も含まれる。一次変換装置で流体的エネルギーに変換した場合の二次変換装置としては、通常空気タービンや水流タービンが用いられ、機械的エネルギーに変換した場合には、油圧ピストンと油圧モーターの組み合わせが一般的である。

一次変換装置により変換された力学的エネルギーの形態は、一般に往復運動をしており、これを一方向の運動へ整流するための整流装置が二次変換装置の一部として必要となる。しかし、中には図-4に示すウェルズタービンに代表されるよ

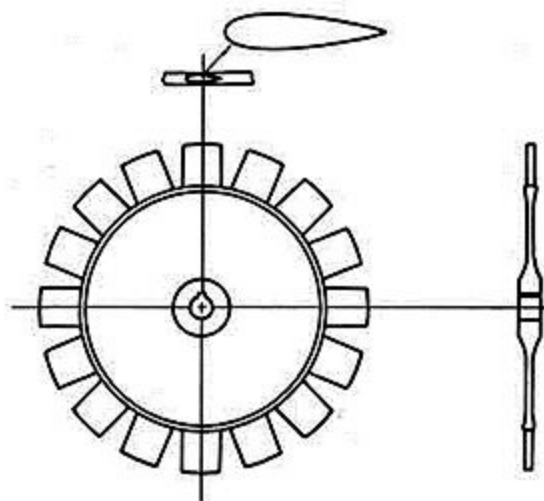


図-4 ウェルズタービン

うに、往復空気流中でも常に一方向に回転する性質を持つ波力装置に適した二次変換装置もあり、空気タービン方式においては、その主流となっている。

空気タービン、水流タービン、油圧モーターに発電機を結べば電力を、発熱機を結べば熱エネルギーを、またコンプレッサーを結べば圧縮空気をというように、出力形態の選択が可能なのは、波力エネルギー利用装置の大きな特徴である。

4. センターにおける研究開発経緯

海洋科学技術センターにおける波力エネルギー利用の研究開発は、波力発電という形で1974年から開始されたが、これは、研究者の海洋エネルギー利用の関心と国内エネルギー自給率向上の必要性から生じたものであった。研究は、海洋エネルギーのうち、日本の海洋環境、エネルギーの質、技術開発の見通し等の調査研究の後、日本で最も利用が容易かつ役立つと考えられる波力エネルギーに着目し、大規模波力発電の可能性に関する基礎研究から開始された。

波力発電方式は数多くの方式が提案されているが、当センターでは図-5に示すように深さの浅い数多くの空気室を連結し、波浪に対し装置の動

表-1 一次変換装置の分類



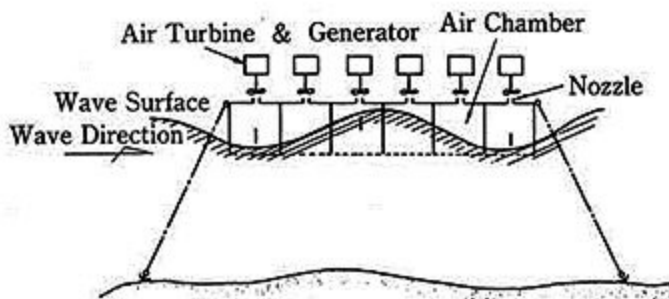


図-5 浮体式振動水柱型波力発電装置の原理図

揺を軽減することにより空気室内の水面を入射する波浪と共振させ、空気室内容積を変化させ、この変化で空気室上部に開放されたノズルより出入する空気流により空気タービン発電機を起動させる、いわゆる浮体式振動水柱型空気タービン方式について研究することにした。この方式は一次変換装置部分に可動部がないため、故障等の面で優れているとされている。

これに基づき1976年からは、大型波力発電装置「海明」の研究開発プロジェクト研究として開始され、山形県鶴岡市由良沖において実海域実験が実施された。1978年～1980年の第一期海域実験では、基本的な特性が明らかとなったが、実際の発電単価は約340円/kWhと高価であり実用化のためには、単価の低減が必要となった。発電単価の低減方法としては、波力から発電までのエネルギー変換効率の向上ならびに発電装置の小型化、簡素化および出力の集約化である。

1985年～1986年における第二期海域実験では、“波力発電を実用化する最大の問題点は発電単価にある”とし発電単価目標を離島で使用されている小規模ディーゼル発電のそれと競合できる50円/kWhに設定し、第一期の技術的問題点の解決と合わせて研究が実施された。その結果、日本沿岸の平均波エネルギーが約10kW/m存在する海域であれば、発電単価50円/kWhをほぼ満足できる海明型最適波力発電装置の設計手法を確立することができた。

このように、海明型波力発電装置の最適設計手

法の確立と各種装置の実海域データを取得したことから海明型以外の発電単価の低い装置についての検討も十分に可能となり、波力エネルギー利用装置の効率的な研究開発が遂行できる基盤が確立した。

5. ターミネーター型波力エネルギー利用装置

「海明」は、複数の空気室を波の進行方向に連ね船型とし、三次元的に、すなわち装置の側方からも波エネルギーを効率的に吸収しようとする図-6に示すアテニューエーター型と呼ばれる装置で、係留力が小さいという特徴を有している。しかし、前項で延べた実海域実験のほか、模型実験ならびに理論検討の結果、波エネルギー吸収効率に関しては低く、アテニューエーターであることの影響が見いだされず、発電単価低減のための障害となっていた。

これに対し、図-7に示すように、装置の長手方向を波の進行方向に直角に、すなわち波峰方向に向けた装置をターミネーター型と称する。この例として、固定されたものが防波堤であり、また浮遊しているのが浮消波堤などである。これを振動水柱型の浮体式波力発電装置に応用すると、「海明」の方位を90°回転させて長手方向が波峰方向になるように設置した状態となる。「海明」の有する空気室は、断面形状が図-8に示すように軸対称であるが、このような空気室の二次元状態における理論的な波エネルギー吸収効率は最大50%にとどまる。しかし、これに図-9に示すような“底板”を取付け振動水柱の運動を非対称にして、さらに“プロジェクティングウォール”と称する突堤を取付け振動水柱の多重共振を利用することにより、二次元状態における理論的な波エネルギー吸収効率は100%に達するとともに、波エネルギー吸収バンド幅、すなわち利用できる波周期幅が拡大される。図-10には基本的なター

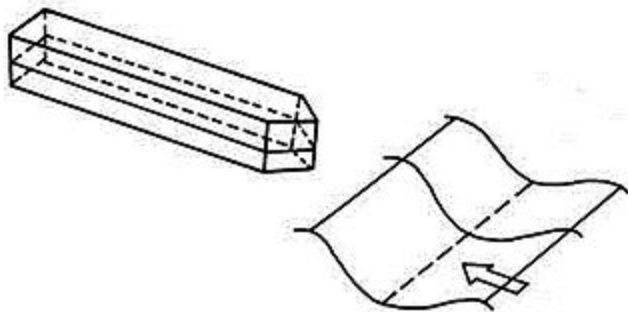


図-6 アテニュエーター型装置

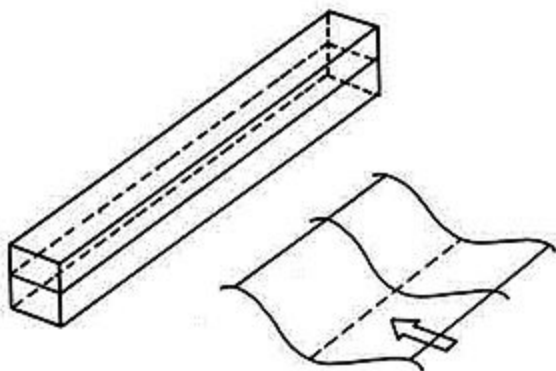


図-7 ターミネーター型装置

ミネーター装置の一例と、図-11に二次元水槽における実験結果の一例を示す。

このような装置を外洋に面した沿岸域に係留すれば、装置の斜め方向から入射する波エネルギーの吸収性能にも依存するが、ほぼ正面から入射するとすれば当然、波エネルギー吸収量も大きく、したがって消波性能も良いことが推測される。また、浮体式であるため海水の交換を妨げず、水質、生態系に悪影響を及ぼさない。

このため、アテニュエーター型装置の欠点を補い発電単価の低減を可能とし、海水の交換を妨げることなく、かつ高い消波性能により沿岸開発に不可欠な静穏海域も創成する多機能型波力エネルギー利用装置とし、ターミネーター型装置の研究開発が1985年から開始され、装置の基本的性能や、効果的な基本構造が明らかにされた。

現在は、実海域波浪を想定した多方向不規則波中における諸特性を水槽実験ならびに理論解析が

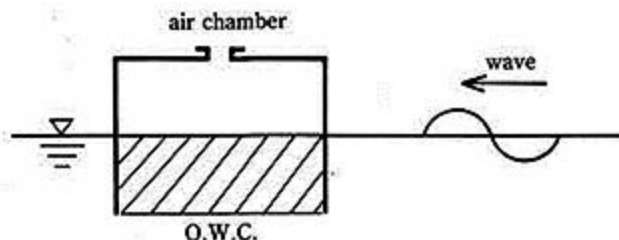


図-8 基本空気室

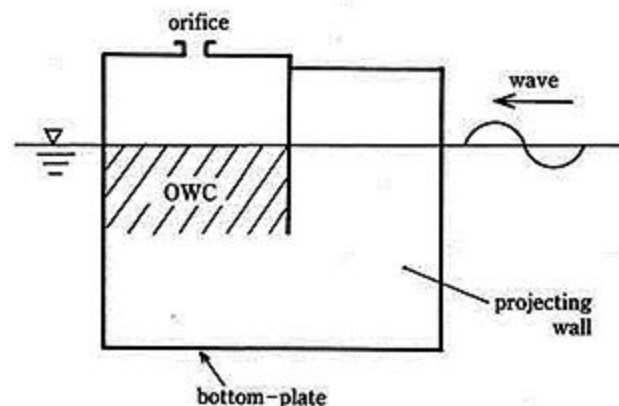


図-9 底板・プロジェクティングウォール付空気室

ら求めるとともに、利用面についての検討が進められている。最近実施された、実海域の波浪を再現した多方向不規則波中における水槽実験においても、「海明」に代表されるアテニュエーター型装置に比べ、波エネルギー吸収効率が向上し、波エネルギー吸収バンド幅が、多重共振効果により広がることが確認された。

6. ターミネーター型装置の規模

波力エネルギー利用装置は、設置される海域の平均波エネルギー量、二次変換装置の最適規模、建設・設置及び保守・点検の容易さ等を考慮すると装置一基あたりの規模はコンパクトなものとして、これを需要規模に合わせて適宜複数基を配列する方式が適している。

ターミネーター型装置は、空気室を波峰方向つまり、波の進行方向に直角に複数個並べ、これを1ユニットとする。この1ユニットを需要規模に

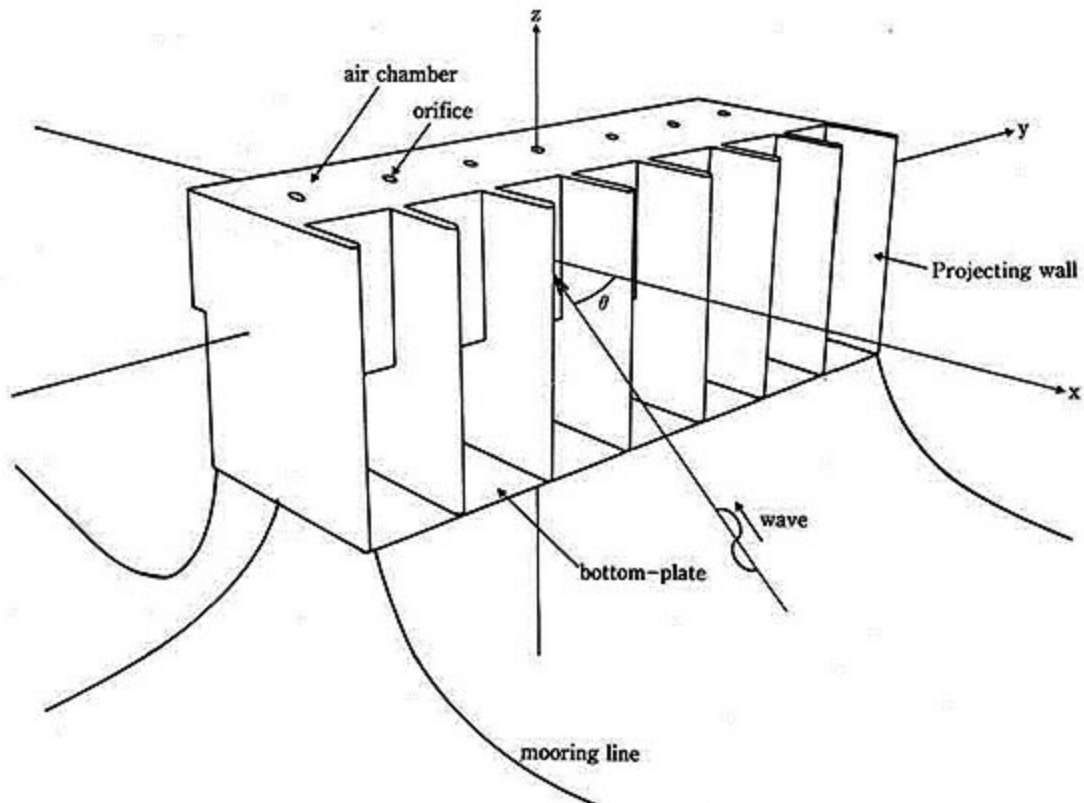


図-10 基本的なターミネーター装置

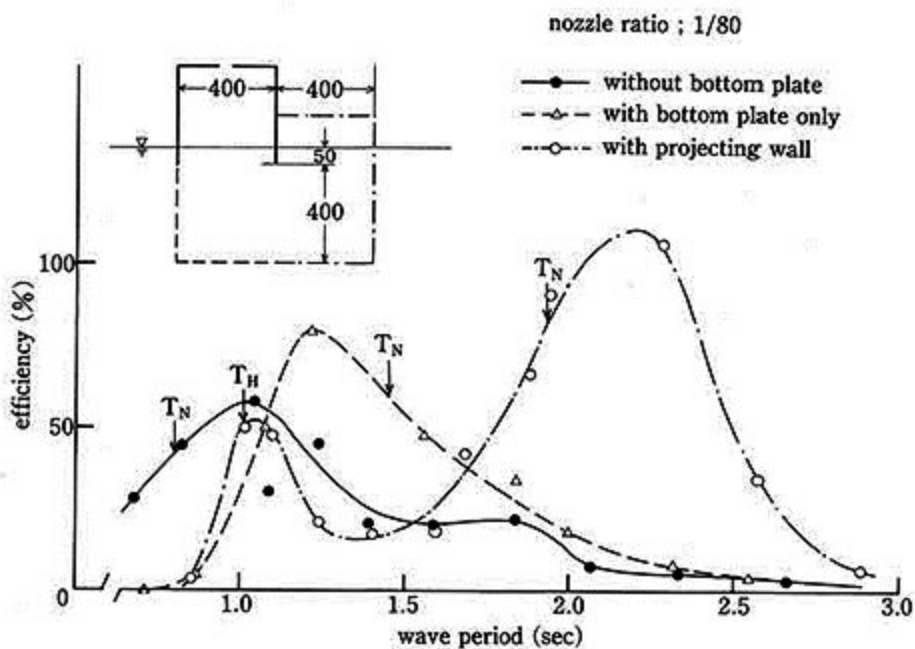


図-11 二次元水槽におけるターミネーター型装置の波エネルギー吸収特性

合わせ適宜設置するが、1ユニットの規模は、建造、設置、保守、点検に加え、出力特性等を考慮すると最適値が存在する。

装置を建造する場合、波浪中で装置が受ける力は小さくない。したがって、現在までの造船技術の実績から浮体の材質については、鋼構造とする

ことが一般的と考えられ、さらにその建造には、既存の船舶建造用ドックが適している。しかし、この場合には、ドックの規模から装置寸法の最大値が設定される。ただし、コンクリート構造もしくは、複数の鋼構造物を洋上で接合する技術が適用できるような場合には、この限りではない。

建造場所から設置地点までの装置の運搬ならびに設置・係留作業の難易度、安全性および経済性の観点からも装置の規模の制約が加えられる。また、設置された装置を20~30年間にわたって稼働させようとするには、その期間中において幾度かの点検・保守作業が必要である。その作業内容により、装置本体を係留システムから外しドックまで運搬し、実施する場合、設置海域における簡便な作業で十分な場合などがあり、これらも装置の規模を決定する重要な要素となる。

さらには、他の船舶等の航行や漁業活動の障害とならないよう配慮することは不可欠であり、周囲の景観との調和、自然環境への影響も考慮することも必要である。

このような諸条件を満たす装置の規模は、ほぼ排水量2,000~3,000トン程度の船舶と同程度とすることが推定され、それに搭載される二次変換装置は、設置される海域の平均波エネルギーを10 kW/mとした時、発電機に換算し、定格100~150 kWの発電機が5~6台程度と考えられる。

7. 自然との調和

以上述べてきたように、ターミネーター型装置は、外洋に面した沿岸域に設置することにより、海水交換を妨げることなくエネルギーを得るとともに、装置後方に静穏海域を造り出すことが可能である。しかし、周囲の景観との調和という点については、さらに検討の余地が残されている。

これに対する一つの提案として図-12に示すターミネーター型装置の発展型である「マイティーホエール」(愛称)が提案されている。

本装置は、その形状を愛称が示すように、鯨にたとえ、沿岸に設置された場合、あたかも鯨が沖

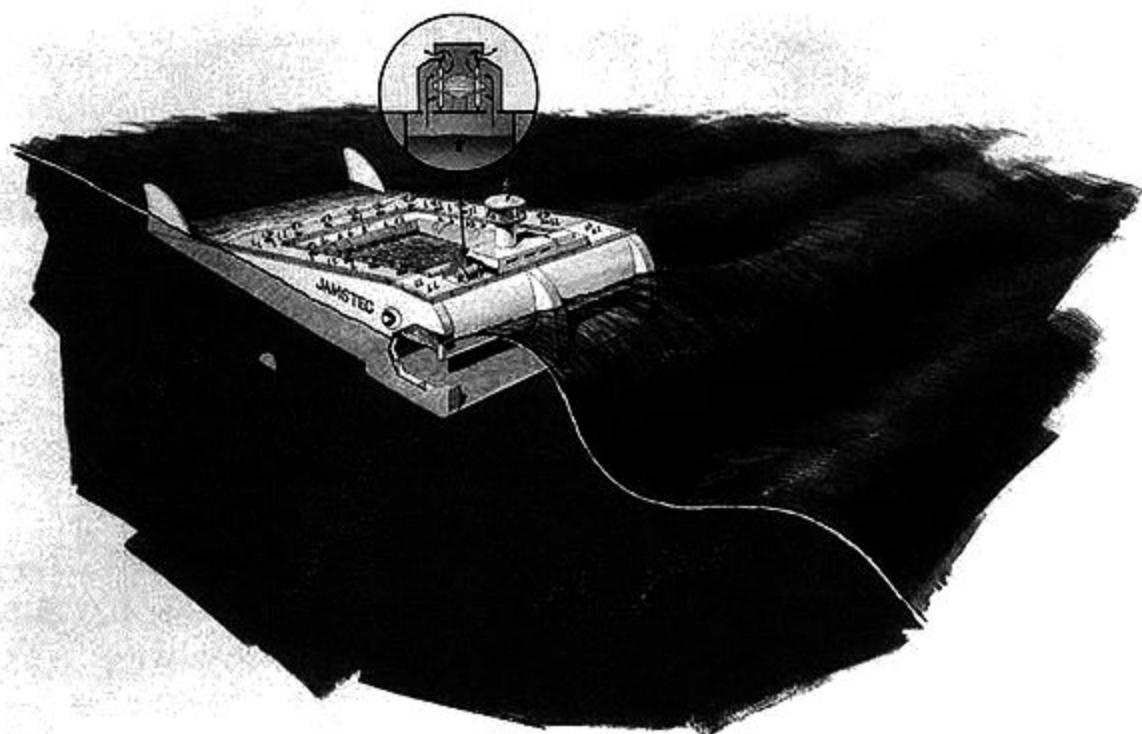


図-12 マイティーホエール

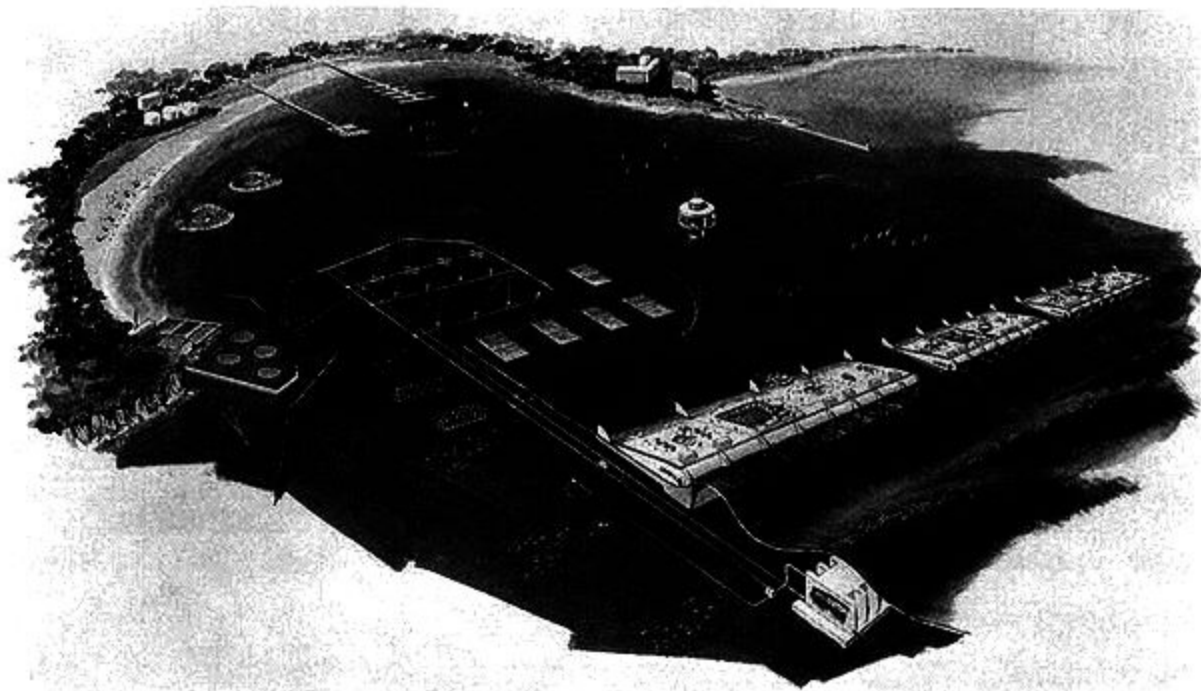


図-13 将来構想図

に向かって悠然と泳ぐ姿を人々に連想してもらえればという観点からデザインされたものである。さらに機能的には、ターミネーター装置の基本性能に加えて、その特殊な形状から装置本体が波により押し流される力が小さいため係留が容易であるとともに、装置本体の背面スロープをレジャー等の多目的スペースとしての利用が可能な装置である。なお、図-13には、将来構想図を示す。

8. おわりに

経済の高度成長時代がそろそろ終りを告げようとしている今、人々の余暇時間、所得の増大等に伴ってウォーターフロントブーム、海洋レクリエーションブーム等に象徴されるように水辺の価値に対する評価、すなわち親水性の評価が高まりつつある。そして各方面でさまざまな沿岸域の開発が打ち出されている。

しかしながら、その開発の多くは、残念なことに多大な資本の投資と、その回収構想と思えるものが多いようである。

本来、人々が求めている開発とは、決して高級で複雑な施設を造ることではなく、できるだけ自然の景観を保ち、気持ち良く過ごせる場所を造ることではないのだろうか。

研究開発を進める波力エネルギー利用装置が、このような自然を尊重した開発の一助となるなら、これは研究者の幸福と信ずる。

参考文献

- 1) 前田久明：波浪エネルギー利用技術，第1回波浪エネルギーシンポジウムテキスト，海洋科学技術センター，pp.49-62. (1984)
- 2) 土木学会 エネルギー土木委員会 新エネルギー技術小委員会：波エネルギー利用技術の現状と将来展望，(1989)
- 3) 海洋科学技術センター：波力発電装置「海明」第Ⅱ期計画研究報告書，(1987)
- 4) 鷺尾幸久，堀田 平，宮崎武晃：ターミネーター型波浪エネルギー利用装置に関する研究，海洋科学技術センター試験研究報告，第20号，(1988)
- 5) 堀田 平，鷺尾幸久，宮崎武晃：沖合浮体式波力装置の多方向波浪中特性について，海洋科学技術センター試験研究報告，第21号，(1989)
- 6) 日本沿岸域会議：沿岸域，vol.2 No.1，(1989)

深海底微生物を捕える

—保圧型深海底微生物採集器の開発—

深海開発技術部 許 正憲 Masanori Kyo

1. 深海底微生物を研究する意義

暗黒の宇宙にひととき青く輝く星……地球。いうまでもなく、これは地球に満々とたたえる海があるからだ。

海はただ美観として我々の気持ちを和ませてくれているだけでなく、我々に多大な恩恵を与えてくれる。最大の恵みはなんといっても生命を生み出したことであろう。現在、バイオスフェア（生物圏）の99%が海水であることがわかっている。

ここで、地球上に存在する無限ともいえる生命体の中から、最も原始的な形態をもつ微生物、特に海に住む微生物に目を向けてみよう。

海は、大気よりも栄養分に富み、また、紫外線の進入を防いでくれることから、微生物にとってはさながら楽園であり、海水中に存在する微生物の数は大気中に比べて、10万倍から1,000万倍ともいわれている¹⁾。

一口で海といっても、地表の約70.8%を占め、その平均の深さは約3,800mにも及ぶ。この広大な海の世界は、水平方向をみれば、川の水が流れ出す内湾の汽水域から、沿岸水域、人工の外乱が少ない外洋水域まで、また、垂直方向をみれば、干潮時には顔を出す磯から、光がぎりぎり届く数10mの水深、さらに高圧冷暗な世界である10,000m級の海溝部と、全く異なる様相を示す。

そして、海洋微生物もその生息環境に応じて多種に及ぶことが想像つくであろう。

微生物の研究は化学工業や医薬品産業等多くの分野で実際に生かされているが、これに加え、近年、遺伝子工学への応用が注目され、これらの急速な発展に伴い、新種の微生物の発見が急がれている²⁾。

さて、発見というのは概して簡単な場所から行われるものであり、残された場所はそれだけ難易度が高いということになる。海洋についていえば、これが深海にあたる。まさに高圧・低温という特殊環境が新発見への道を閉ざしているのだ。故 J. F. Kennedy 大統領の残した「海洋は地球に残された唯一のフロンティア」という言葉をかりれば、まさしく「深海は微生物研究に残された唯一のフロンティア」といえるだろう。

2. 深海底微生物の研究手法

深海底微生物の研究を行うには、幾つかの方法が考えられるが、深海底微生物を、その生息する現場環境を保持した状態で培養・分析等を行うことは必要不可欠である³⁾。なぜなら、環境の変化により、ある種の微生物が死滅したり、活性が落ちるのではないかとの疑いがもたれるからだ。

深海環境を保持した状態での研究手法としては大きく分けて次の二つが挙げられる。

①深海の現場において、微生物の培養・分析等を行う。

②深海より、現場環境を保持したまま試料を持ち帰り、陸上（または船上）の施設にて微生物の培養・分析等を行う。

前者は、微生物の生息環境を全く変えることなく、研究できるという利点があるが、すべての研究者が、頻りに深海へ行くことは不可能であり、また、潜水船の狭小な空間に十分な実験機材を持ち込むことはできず、さらに、限られた潜航時間内では満足いく研究はできないであろう。この実際例としては、Woods Hole 海洋研究所が有人潜水調査船 Alvin を用いて行った現場培養法がある。これは、Alvin によって、試料を採水・採泥後、そのままこれを海底上に放置して培養を続け、次の潜航の機会に回収し、分析を行うものである⁴⁾。現場培養法は当時、画期的ではあったものの、採集と回収時の2回のみしか計測できず、培養期間中の代謝活性を経時的に計測し、もっとも重要な代謝速度を知ることができなかった。

これに対して、後者のごとく、深海環境を保持したまま、試料を陸上（または船上）へ持ち帰り、培養・分析を行えるのなら、研究者は実験室の十分な設備を利用でき、好きなだけ微生物とにらみ合っているのである。

このように深海微生物の研究を始めるには、まず生息環境を保持した状態で試料を採集・回収・分配するべく装置及びシステムの開発が重要になってくる。

3. 深海底微生物をサンプリングする

深海の微生物といっても、実に広範であり、我々の採集器では、特に深海底の微生物をターゲットにおいた。つまり、海底直上の懸濁した水を採集し、これに含まれる微生物を研究するのである。深海底は海水に比べ肥沃であり、高濃度・多品種

の微生物採集が期待できる。また、熱水鉱床域等地球物理学的に興味のある場所を多く抱える深海底の微生物を研究することは生命誕生の機構を解き明かす重要な鍵につながるからである。

採水器としては一般にワイヤーに吊り下げられ、重錘のメッセンジャーで作動するタイプが使用されているが、これでは海底の直上ぎりぎりまで操作し、懸濁水をサンプリングすることは無理である。そこで、近年、急激に進歩した潜水調査船の登場となる。つまり、潜水調査船にマニピュレータで操作可能な保圧型採集器を装備し、潜航する。潜水船は海底を自由に動けるから、採集したい場所で正確に採集することができる。また、操作は潜水船内部から行える。

さて、最大の問題は深海底の現場環境を保持するということになるが、これは厳密には不可能だ。のっけから夢も希望もないことをいうようであるが、海には流れもあれば、熱勾配もあり、複雑な物理因子が重なり合って、成り立っている。このような現場環境を厳密に保持するという事は、まぎれもなく海、海底そのものを持ち帰ることを意味するからである。そこで、深海底環境要因として、最も支配的である水圧及び水温に限定して、本ハードウェアの開発を行うこととした。

4. 動作原理⁵⁾

今回開発された装置は潜水船装備部と陸上（または船上）装備部とに大別される。

潜水船装備部は、保圧容器、ポンプ、採集口（写真-1）と保温断熱容器から構成され、これらを潜水船のサンプルバスケット置台に固定した状態（写真-2）で試料の採集を行う。

陸上（または船上）装備部は、回収された保圧容器、連結装置及び分配器から構成され（写真-3）、保圧採集された試料水の分配を行う。

図-1, 2 にオペレーションの手順を示す。

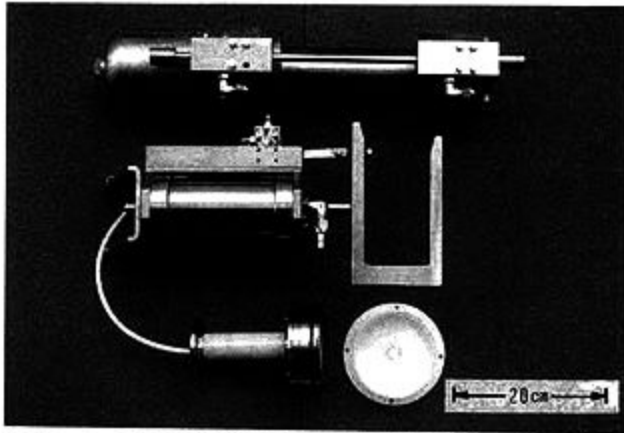


写真-1 潜水船装備部（上から保圧容器，ポンプ，採集口）

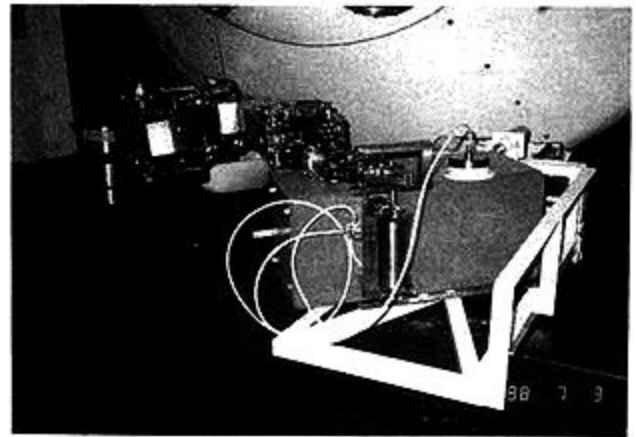


写真-2 「しんかい2000」への取付状態

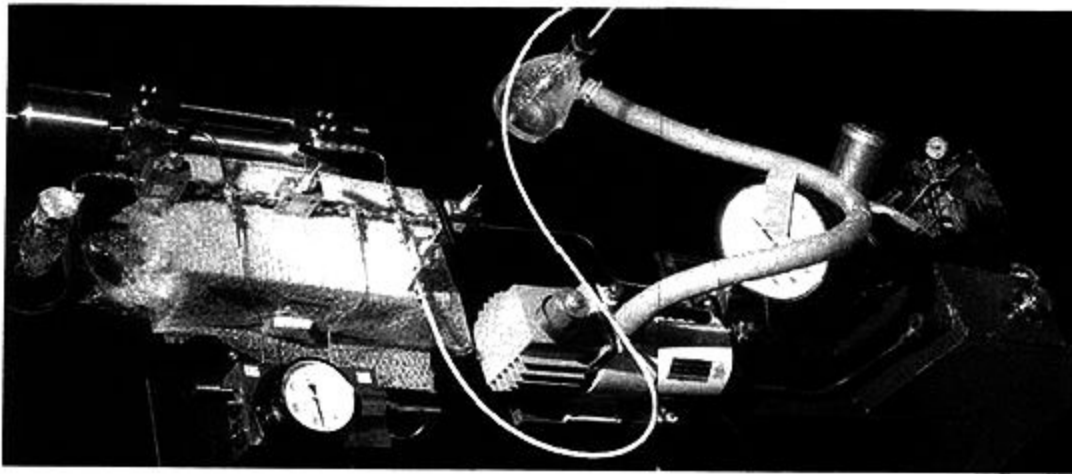


写真-3 陸上装備部（左上から保圧容器，連結装置，分配器）

まず、潜航前準備として滅菌処理された保圧容器、ポンプ、採集口をそれぞれテフロンチューブで連結し、系内を滅菌水で充填する。お互いに接続された装置は、シタクチックフォーム製の断熱容器に収められ、この状態で潜水船のサンプルバスケットに固定され、潜航する。装置系は外部に対して閉じているので、下降中に系内が周囲海水に汚染される心配はない。

着底後、潜水船のマニピュレータにより、採集口を蓋からはずし、海底に設置する（図-1・①）。さらに、マニピュレータの上下運動を用いてポンプを作動させることにより、懸濁させた海底直上の試料水を内部の滅菌水と置換する（図-1②～⑤）。採集作業が完了したら、マニピュレータで

連動切り替え弁を押し、保圧容器を閉じ、回収する（図-1・⑥）。

回収後、他と切り離された保圧容器を連結装置及び分配器と結合し（図-2・①）、連結装置のバルブ、ポンプ操作により、系内に滅菌水を充填し、系内圧力を試料水の現場圧力まで加圧する（図-2・②～④）。保圧容器の試料水を保圧状態で少量ずつこの分配器に移す（図-2・⑤、⑥）。試料水の入った分配器は冷蔵庫で保温される。

5. システムの特徴

(1) 滅菌する

系内で試料水が接触する部分はあらかじめ他の

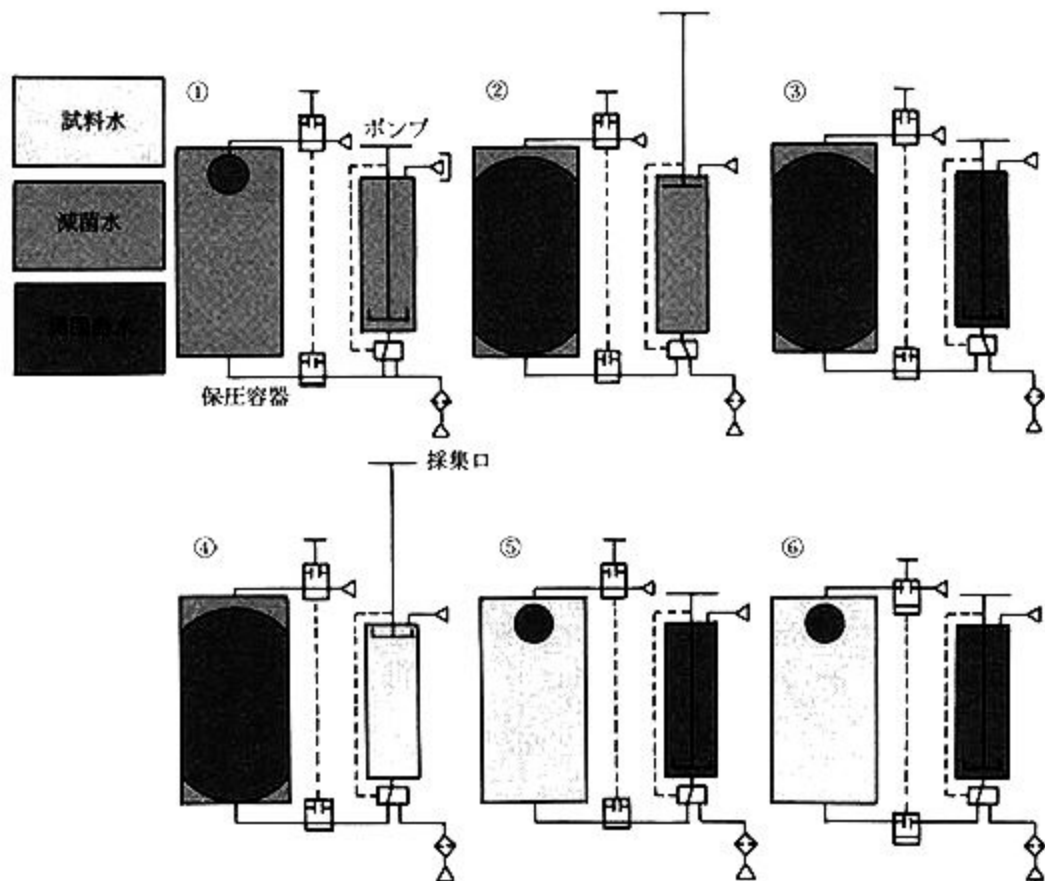


図-1 採集手順

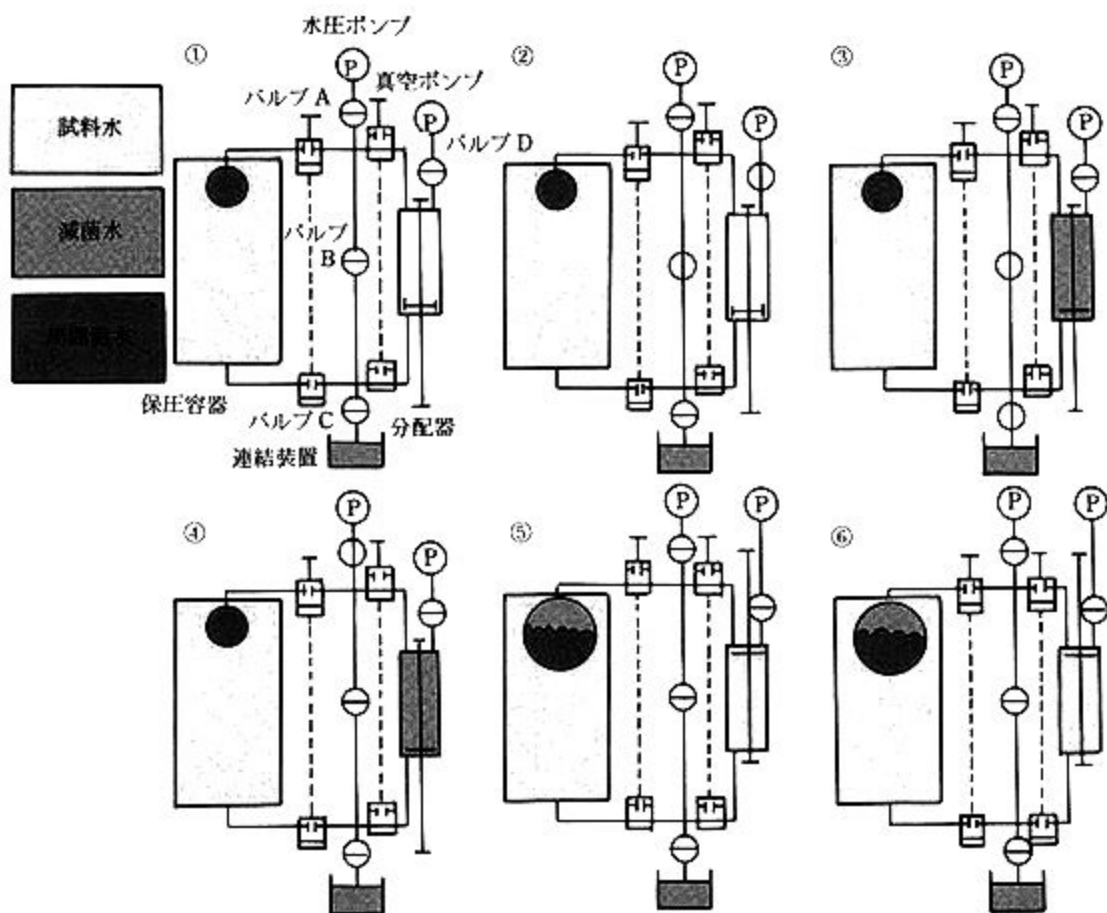


図-2 分配手順

微生物を滅菌し、クリーンな状態にする必要がある。もともと色、形、大きさのある汚れしか清浄したことの無い我々にとって、当初、この滅菌作業は非常に感覚的なものであった。しかし、現在では経験ある微生物学者達の助言により、各機器をオートクレーブで高圧滅菌した後、紫外線ボックスで保管する方法を採用している。また、各機器を連結する瞬間にどうしても、連結ポートが空気に触れてしまうので、連結直前に再度、各ポートを火炎滅菌している。

(2) 保圧する

保圧容器と分配器は内部に試料水を収めた状態で現場環境圧力を保たねばならない。この性能が本システムの目玉といえる。本装置は「しんかい6500」での使用が可能のように設計最大深度を6,500 mとした。

保圧容器の主寸法は外形形状約 $\phi 100 \times 500$

mm、採集容量約 250 cc、空中重量約 11 kg である。保圧容器の断面図を図-3に示す。分配器は外形形状約 $100 \times 170 \times 40$ mm と約 $110 \times 190 \times 50$ mm の2種類があり、それぞれ 20 cc と 40 cc の試料水を分配できる。

さて、この二つの容器は内圧に耐えられる構造でなければならないわけだが、ただ単に静圧に耐えられる耐圧容器を設計するだけならば、これはそれほど難しいことではない。また、耐圧性が保たれたとしても、潜水船で運搬できないような大型なものであっては話にならないが、これも設計での多少の工夫と比強度(どれだけ軽くて強い)の高い材料を使用することで解消できる。実際、これらの材料としては、「しんかい6500」の耐圧殻として実績のある Ti-6 Al-4 V 材を主に使用した。

Ti-6 Al-4 V 材は高価で、機械加工性があまり良くないが、重量軽減のために必要であった。

では、このような耐圧容器を設計する上で、何が問題になるのか？ おおまかに次の二つが挙げられる。

第一の問題は、深海底で採集作業を終了し、船上に回収された保圧容器は、その深度相当の内圧により容器が膨張し、このため、試料水圧力が低下してしまうことである。本システムではこの容器膨張に伴う圧力変動を補正するために保圧装置を設けた。

保圧装置は、高圧空気が充填された高圧空気室と、試料水圧力と空気圧力をバランスする保圧ピストンにより構成されている。機構は次のとおりである。保圧室容積が膨張し、内部の試料水圧力が低下するとピストン両端の圧力バランスが崩れる。試料水が高圧空気よりも低圧になるため、ピストンが試料水側に移動する。ピストンの移動により、膨張した保圧室内容積の変動分を補正する。ピストンの安定する位置、つまり圧力変動率は、高圧空気室容積及び保圧ピストン両端面積比によ

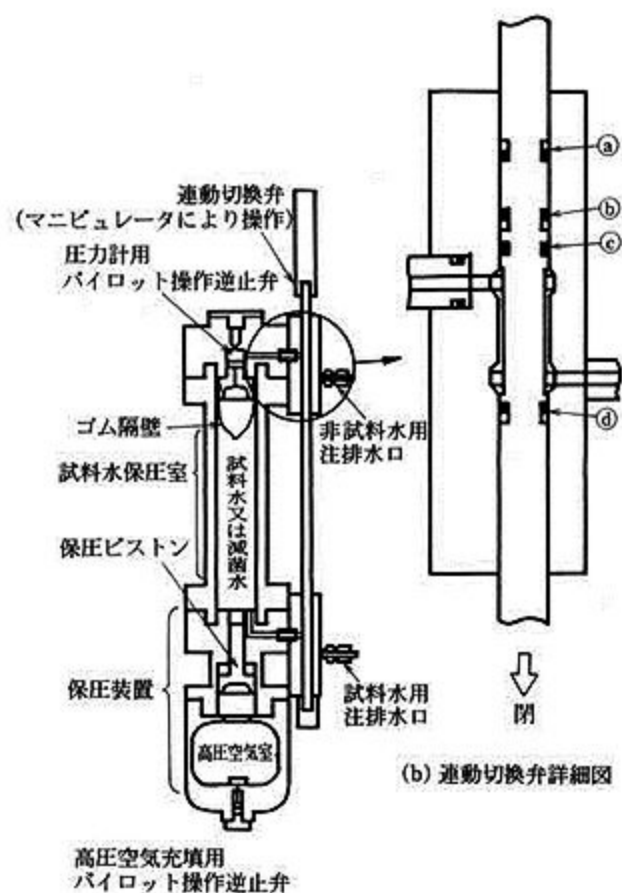


図-3 保圧容器断面図

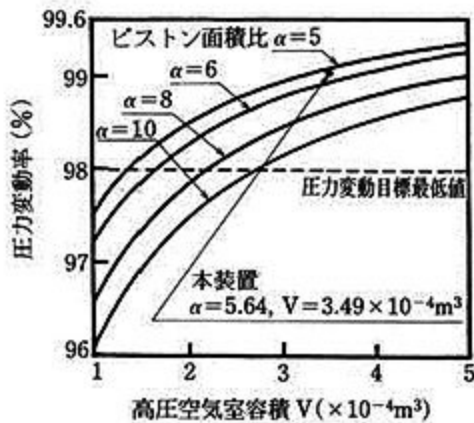


図-4 保圧性能シミュレーション結果

り決定する。図-4はこれらの関係をシミュレーションした結果であり、点は本装置の値を示す。図-4より本装置は圧力変動が2%以下に押さえられていることがわかる。

第二に、注排水口を開閉するための弁が必要になるわけだが、この弁の閉状態でのシール性能が問題になる。

本装置は、海底泥表面の泥を含む懸濁水を採取しなければならない。採集口に設けられたフィルタにより、濾過されるものの試料水には、細粒砂が含まれるであろう。シール方式としては、メタルタッチによるニードル弁なども考えられるが、砂粒等がかじった場合、著しくシール性能が低下するので、本装置では、Oリングによるシール方式を採用した。フッ素ゴムの弾性に期待したわけである。図-3・(b)は注排水口を開閉する連動切替弁の詳細であるが、特徴としては、㉔のOリングでまず内壁についた砂粒等を排除した後に、㉕、㉖のOリングで最終的にシールする機構にしたことである。

(3) 保温する

保圧容器は試料採集中、断熱保温容器内に格納され、保温されている。断熱保温容器の外形寸法は、約300×300×670mmであり、空中重量は約32.5kgf、水中重量は約-19kgf(正浮量)である。材質は、シタクチックフォームを用い、外面を

ガラスクロスで巻き、表面の強度を持たせた。シタクチックフォームは、ガラスマイクロバルーンをエポキシ樹脂で固めたものであり、「しんかい6500」の浮力材として用いられている。シタクチックフォームの物性は、圧壊圧力が1,200kgf/cm²以上で、熱伝導率は0.1kcal/mhr°Cと大変圧壊強度が高く、保温性に優れている。

(4) マニピュレータで操作する

人間が手を使って簡単に作業していることが、実は複雑な制御の上に成り立っている。現在のマニピュレータにこの真似はできない。だから、マニピュレータによる作業はなるべく単純化する必要がある。

本システムでマニピュレータの行う作業はわずかに3点だけである。まず、採集口をあらかじめ固定されている蓋から引き抜き、これを海底に置く。つぎは保圧容器内の滅菌水を試料水と置換する際のポンプ操作であり、ポンプハンドルを垂直方向に8回押引する。最後に連動切替弁を押し、注排水口を閉じる。

(5) 分配する

保圧容器に採取された試料水は、連結装置を通して分配器に少量ずつ移される。

分配器で特に特徴的なことは、各部を連結するのに管を用いず、一つのブロックに複数の穴を開け、各部をブロック内に納めるサブプレート方式を採用したことである。このため機械加工は多少難しくなるが、形状を非常にコンパクトにすることができた。

分配作業で注意しなければならないことは連結装置での圧力低下と陸上微生物による汚染である。滅菌については上述の手法を採用しているが、分配中の圧力保持は意外に厄介であった。分配手順は図-2に示すとおりである。当初、このシステムには真空ポンプが装備されていなかった。水圧ポンプにより水を注入し、系内の空気抜きを行おうとしたからである。しかし、この方法はうま

くいかなかった。微量ではあるが、系内に空気が残り、この残存空気の圧縮により系内圧力が落ちてしまったのである。そこで、真空ポンプを設け、あらかじめ十分な真空引き（ 10^{-4} torr 程度）をした上で系内を滅菌水で満たした。これにより、作業性等多少の改良は残されているものの、格段の保圧性向上を示した。

6. 現在までの結果

保圧型微生物採集器は陸上での耐圧試験（ 700 kgf/cm^2 ）及び結合作動確認を終え、1987年7月に「しんかい2000」南西諸島潜航調査で初実海域試験が行われた。写真-4は潜航前の「しんかい2000」である。

試験結果として、まず、水中でのポンプの作動は、ほぼ良好であり、試料水の採集・保圧回収に成功した。

つぎに船上にて20cc用分配器を5個使用して、分配作業を行ったが、これは完全にはうまくいかなかった。分配後圧力が低下したのである。分配器によりそれぞればらつきがあるが、圧力低下が大きなもの分配後、すぐに約10%低下し、4時間放置後さらに約10%低下した。この理由は上述のようにこの時点では真空ポンプの手配が間に合わず、真空引きをしなかったために残存空気があったことと、分配時と保管時の環境温度差がこの残存空気の熱収縮に大きく影響したことが考えられる。

以後、特に作業性・確実性の向上を計り、小規模な装置及びシステムの改良を行い、現在では採集・回収・分配の一連のオペレーションがほぼうまく行えるようになった。

今後、深海微生物の研究をさらに進めていく上で、より厳密に、より多因子にわたって、現場環

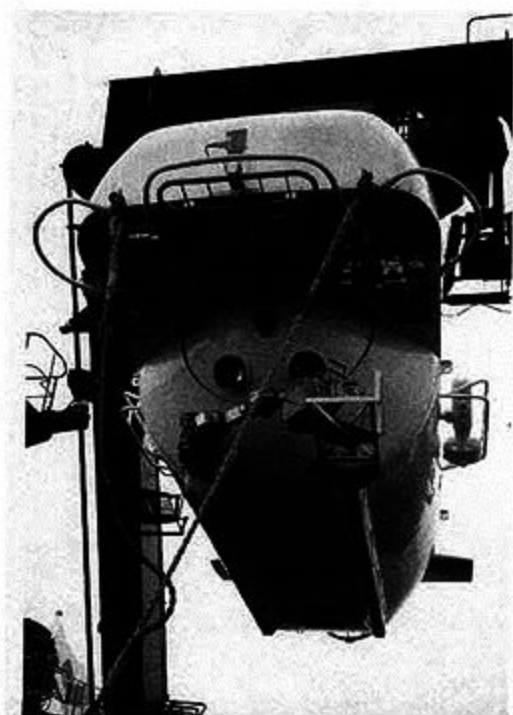


写真-4 本装置作動試験のために潜航する「しんかい2000」

境を保持する複雑なハードウェアが必要になるだろう。今回の保圧型深海微生物採集器はその第一段階といえる。

これからのハードウェアを意義あるものにしていくためにも、本装置を使ってより多くのサンプリングを行い、そして、その研究成果に大いなる期待をしたい。

参考文献

- 1) 清水 潮, 海洋の微生物とその研究の展望, Vol. 20, No. 1, 1988, 月刊 海洋科学
- 2) 多賀信夫, 海洋微生物, 1974年3月, 東京大学出版会
- 3) 門田 元・多賀信夫, 海洋微生物研究法, 1985年5月, 学会出版センター
- 4) H. W. Jannasch, C. O. Wirsen, 深海の微生物, 1988年8月, サイエンス
- 5) 許 正憲・高川真一・橋本 惇・松沢誠二, 保圧型深海微生物採集器の開発, 1988年, JAMSTECTR 20

世界の海洋底

日本列島の中庭ともいわれる日本海と、西南日本の前面に広がり伊豆小笠原海溝で太平洋との間を仕切られている四国海盆とはいずれも今から1,500万年前には拡大を続けていた背弧海盆である。本州は日本海の拡大によってアジア大陸から分離し、伊豆七島・小笠原の島弧は四国海盆の拡大によって沖ノ鳥島の属する九州パラオ海嶺から分かれて現在の位置へ移動した。その歴史は深海掘削によってベールをぬがされつつある。



略歴

昭和8年 東京に生れる
昭和36年 東京大学大学院地球物理学課程卒
昭和46年 東京大学海洋研究所教授 現在に至る

東京大学
海洋研究所 小林 和男
Kazuo Kobayashi

1. 寺田寅彦の日本海拡大説

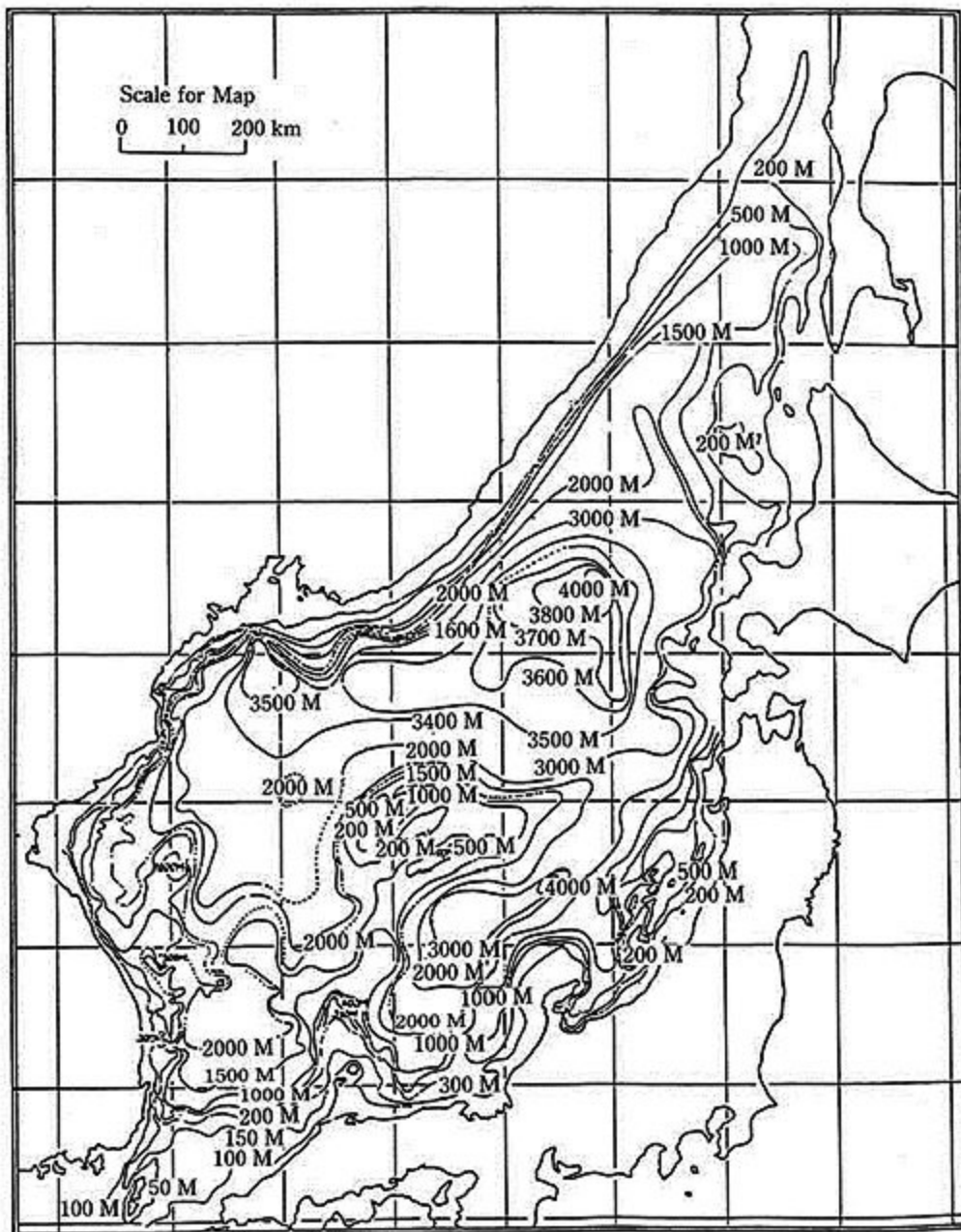
1989年度の海底研究のハイライトの一つは掘削船 JOIDES RESOLUTION の来日と、日本周辺海域における数多くの掘削調査であろう。その中でも、6月から9月にかけてほぼ4カ月にわたる日本海での掘削と地震計測は日本はおろか、世界の地球科学に対して激しい衝撃を与えたといえよう。その成果は試料とデータの詳しい解析が進むにつれて次第にさらに大きな影響を各方面に及ぼすにちがいない。

日本海は北と西はアジア大陸、南と東は本州・北海道に囲まれた海で、地理上ばかりか経済上、政治上さまざまな歴史の大事件の舞台となってきた。その海底の研究はかなり古くから水路部の手で行われ、1924年(大正13年)7月には測量艦大和(明治20年竣工の1,330排水トン、全長60.3mの鉄骨木殻艦で明治35年から昭和9年まで海洋測量に従事)が大和堆を発見している。

図-1は寺田寅彦が1934年6月に「日本海海底の形態」と題して発表した論文(震研彙報12号650-656, 1934年に印刷)の中に使われている海底地形図で、現在最先端の研究に使用しても何ら見劣りしないほど重要な地形はほとんど網羅していることは驚くばかりである。

この論文では日本海が日本列島弧の大陸からの分裂によって生じたものであることを海底地形断面の比較や沿岸の地形の解析から推論している。東北日本の日本海側に第三紀層が多いことから拡大が起こったのは第三紀かそれ以後だろうとさえ示唆している。日本海深部の地殻構造が海洋性なのに対し、大和堆の地殻は大陸性であろうと明言され、日本列島が移動したあとのギャップは深部の高温部から上昇したシマによって満たされたとも書かれている。さらに、陥没説は日本海海底の形態を説明するのに根本的な困難があると結論されている。

寺田先生の日本海拡大説は1927年の「日本海沿岸の島列に就いて」(震研彙報3号, 67-85)に



図一 寺田寅彦が当時までの水産試験所と水路部の資料をもとに宇田、猪俣両氏の助力でまとめた日本海海底地形図 (1934)。寺田が解析のために記入した線を除いて復元した。

既にはっきりと記されている。そのモデル実験として、水飴（粘流動性物質）の上に各種の砂を播いたものについて大陸縁に張力が働いた場合の割れ方を調べた結果は1928年に発表されている。1934年には「大陸地殻の安定度に就いて」の論文で重力による水平移動力の発生を論じている（全集科学編に入っている）。

ウェゲナーの「大陸と海洋の起源」第1版が出

たのは1915年、第3版が1922年で、日本にもいち早く紹介されている。寺田自身1923年（大正12年）7月に「ウェゲナーの大陸移動説」と題する講演を日本天文学会で行っている（全集第18巻に掲載）。

ウェゲナーもアジア大陸東北縁の島弧の形状には興味を引かれたらしく、第4版（1928）には藤原暎平の論文（1927）を引用しながらその成因を

論じている。寺田・藤原の2人でどのような議論が展開されたか？ ウェゲナーとの間にはどのような接点があったのか？ 想像するだけで楽しくなるではないか。

私が最も感心しているのは日本海の拡大を単に地図の解析や机上の空論としてだけではなく、直ちに現場で検証しようとした点である。寺田先生は1922年から委員となっていた測地学委員会に日本海沿いの飛島と酒田との間の距離を長期にわたって精密測量することを提案し、1928年3月21～24日に自身で現地を訪れ、基点を確認している。

この測量は(1)日本海拡大が現在でも続いている、(2)飛島など小島列の移動は本州より遅い…との仮説に基づくので、現在では両方とも否定され、国土院の測定でも飛島と酒田の距離は過去50年間ほとんど変わっていないことがわかった。しかし、重要なのは細かい末節ではなく、基本的な着想とそれを実証しようとした意図である。

戦中戦後の荒廃があったとはいえ、どうしてこれだけの種子が日本でもっと早く育たなかったのか惜まれるのである。

2. 日本海の掘削

時代は飛んで1989年。国際深海掘削計画(ODP)の第127次と第128次の2航海において合計6地点(No. 794～799)の掘削が行われた。日本海は大和海嶺(大和堆、北大和堆、拓洋堆の総称)によって北及び北西の日本海盆と南東の大和海盆に分かれている。さらに山陰の隠岐島から北へ張り出している隠岐堆の西を対島海盆と呼ぶが、差し当たり日本海盆と大和海盆を詳しく調べれば日本海の地史の大要はつかめると思われる。

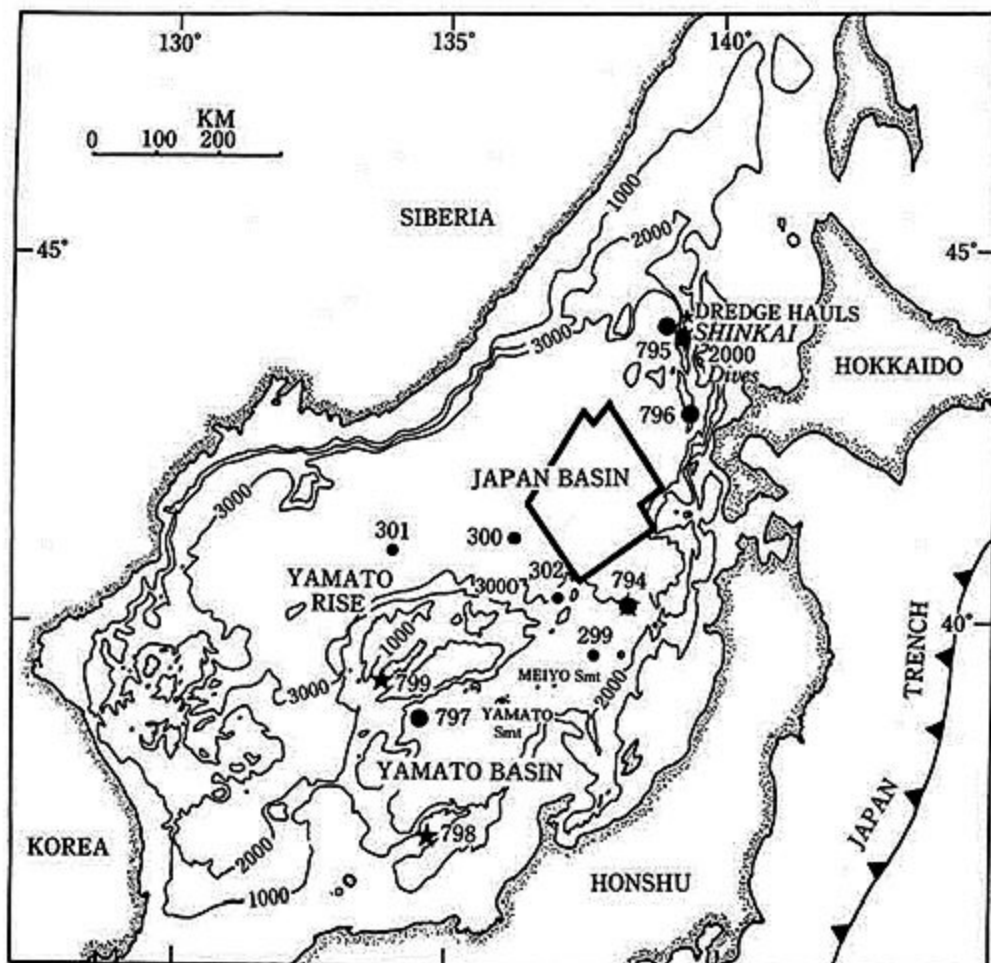
掘削はどこでも掘りさえすればよいわけではない。限られた掘削時間内に最大の成果をあげるに

はまずできるだけ調査が行き届いている場所で、1地点の孔の縦の情報を音波探査のデータによって横に延ばせることが望ましい。最近の掘削能力は向上したといってもあまりにも厚い堆積物に蔽われていてはその下の基盤岩まで達する見込みが薄く海底の生成年代や構成(岩石の性質)を知るのが難しくなる。特殊な断層や褶曲に近いと海盆全体の特性を代表させられない。

掘削が石油・天然ガスを大量に含む層に遭遇すると現在の設備では危険なのでその徴候が見られた深さで掘り止めにせねばならない。1973年に昔の掘削船グローマー・チャレンジャーが第31次航海の帰りがけに日本海に立ち寄った時は掘りかけた孔はすべてこのような事情で途中で止められて満足すべきデータが得られなかった。

今回は東大海洋研究の白鳳丸KH 86-2、淡青丸KT 87-6、KT 88-9航海などで詳しい事前調査を行うとともに、日本のリソスフェア計画(DELPE 85)による若潮丸データを取り込み、地質調査所白嶺丸や石油公団資料を閲覧させて頂いて徹底的な検討を加え、国際的な汚染防止安全部会の厳重な審査を経て図-2の地点が選ばれた。地点794は大和海盆中央部、797は同北西縁、795と796は日本海盆の北東部に位置する。地点798は隠岐堆の上の水深914mにあるために炭酸カルシウムが溶失する深さ(日本海では1,000m余り)より浅いので有孔虫など炭酸塩化石を用いた古海洋環境研究を主目的とする。地点799は北大和トラフ(大和堆と北大和堆の間の割れ目)にある。

地点794は1983年の日本海中部地震震源域に近いので、その孔底に高性能の広帯域地震計を設置し、計録部は海底にケーブルで取り出すことで数カ月後に回収、再設置ができるようにした。この孔では掘削船が滞在中に淡青丸が周囲でエアガンの発信を行い孔内で受信し掘削船上で記録する地震探査をした。また、孔内に電極を入れ、数十



図一 日本海掘削点（数字は地点番号，大黒丸は第127次，星印は第128次航海の掘削，302以下は第31次航海による）とその他の調査地点。枠で囲ったのは磁気異常精査海域。

km離れた船（第5海工丸）から海底に電流を流す電磁探査を行った。最新の技術により各種の孔内ロギングを実施して周囲の地層の物理・化学的性質を詳しく計測しているから，この孔は海底の長期精密実験室に相当する。掘削は海底下約550mで十分固いドレライト（玄武岩の貫入岩）層に達し，その中を100m近く貫いていて，近くの微小地震や遠い地震を検知する広帯域高感度地震計の設置には最適であった。

掘削の結果は本誌とほぼ時を同じくしてNatureとGeotimesに公表されるので，ここでは科学59巻11号，p.706-707と口頭発表（AGU秋季大会等）の範囲で要点を指摘するにとどめよう。

(1) 大和海盆の生成過程：約20Maにアジ

ア大陸の東縁部に Rifting（裂け目）が生じた。その初期の段階では裂け目はごく浅くかつ狭く，当然ながら陸に近かったので植物片を含む多量の砂が積った。Riftingがある程度進んだ段階で急激な沈降が起こり，19Ma頃までにかんりの水深に達した。海底は沈降を続けながら拡大を開始し，14Ma頃までに現在の海盆の形を完成した。その間，拡大軸から離れた海盆内にもマグマ移動が繰り返して起こり，海洋底としては異常に厚い厚さ12kmの地殻をつくった。海底拡大後のOff-Ridge火成活動は大西洋のレイキャネス海嶺（掘削49次）や四国海盆（58次）で発見されているが，日本海東部ほど拡大開始期から終了直後まで拡大軸から離れた海盆内にも長期間繰り返し

噴出が起こった（掘削では地点797で21枚の貫入岩層を確認している）のはほかに例がない。

（2）日本海盆は奥尻海嶺の麓（796）で玄武岩まで掘り抜けなかったことと、地点795で貫いた玄武岩層は100 m 足らずでその下にもっと古い溶岩層が存在する可能性を捨て切れないことのため、今後の ^{39}Ar - ^{40}Ar 年代測定や堆積物の詳しい研究が必要であるが、船上データから推定した限り大和海盆と同時代としてよいと思われる。

（3）連続した不攪乱試料が掘削パイプ先端に装備したAPC（高性能ピストンコアラー）により採取されたので、日本海形成以来の古気候、古海流を含む古環境変動が詳しく復元できる。堆積物中の火山灰層の研究から火山活動史も調べられるだろう。日本海は氷期に両極地方の氷床の増大によって海面が100 m 程度低下すると、海峡がほとんど閉じて濃んだ還元的な海となり海底の生物攪乱（Bioturbation）も弱まる。対島暖流の流入が止まって表面水温が下がるとプランクトンの種類も変わるので古生物学的にも検知される。氷山が運ぶ特殊な堆積物も見いだされる。こうして、日本付近の氷河時代は通説より50万年早い250万年前から始まり、数回の氷期・間氷期を繰り返していたことがわかった。日本海の緯度は地球（少なくとも北半球）の古気候を復元するには最適なので、今後の精密な研究から驚くほど多くの成果が得られるであろう。かつてヨーロッパやアメリカのヴルム、リス、ウィスコンシンなどで確認された氷期を含み、あるいはそれに代わって幾つもの寒暖のサイクルが描けると思われる。世界の気候学者の目は今や日本海に注がれている（詳しい結果は次回以後にもう一度ふれたい）。

3. 日本海の磁気異常

磁気縞模様の解析から大西洋や太平洋の拡大史が明らかになったように、日本海で磁気異常を測

ればその地史がわかるのではないかと安井ら（1967）の舞鶴海洋気象台清風丸による測定以来、上田、伊勢崎その他の人々によって提案され実行されてきた。しかし、20年後の1986年に至っても縞模様の決定版は描くことができなかった。原因は次のとおりであった。

（1）日本海磁気異常の振幅が小さい（300 nT 以下）ので、地形の起伏の効果に隠されがちである。

（2）縞模様の波長が短い（波長10 km 以下の異常も多い）ので、それ以下の間隙で平行測線をとらないと縞模様がたとえあってもつながらない。

（3）日本海のロランCは大陸側により発信局がないために精度が悪かった。位置精度が悪い限り短波長の縞模様は正確には描けない。

（4）国際情勢の影響で1975年以降日本海北東側の精密調査が困難になった。

ようやく1986年に白鳳丸KH 86-2航海で松前海台西方の日本海盆東部で間隙約7 km、長さ約200 kmのN 30° W 向き平行測線20本に沿って全磁力及び3成分を連続測定することができた。その結果、この海域にはN 70° E 方向の磁気異常縞模様が存在することが確かめられた。その縞模様は長距離連続してつながらず、途中で斜めにずれていることもわかった。これは本解説その2（1巻2号p. 17, 22）で東太平洋海膨やファンデフーカ海嶺について述べた拡大軸伝播によって生じた擬似断層であると考えられる。

日本海の拡大は単一の軸から長期間一様に起こったというよりも、拡大軸自身が次第に位置と向きを変えながら日本列島の移動に無理が起らないような拡大を進めたのであろう。

陸上岩石の古地磁気から示された15 Maを中心とする西南日本の急速な時計回りの回転も日本海のどこかの部分の拡大と同時に起こったのであろう。それ以前の海底拡大は西南日本の平行移動

を伴う形であったにちがいない。平行移動だけでは、この程度の緯度変化は古地磁気学的には検知困難であろう。

日本海の磁気異常の振幅が小さいのは拡大後に海盆内に起こった Off-Ridge 火成活動の影響であると思われる。特にマグマの貫入が激しかった大和海盆で縞模様があたれないのも拡大時の磁化が後の活動で蔽われてしまったのであろう。

大和海盆の中軸部には大和海山、明洋海山、明洋第2海山などの大和海山列が知られていて海盆拡大末期の火山活動と考えられるので、ドレッジ試料の岩石学的、化学的研究を掘削結果と結びつけて、海底生成史に関するさらに新しい情報が得られると期待される。

4. 奥尻海嶺の掘削と「しんかい2000」

1988年5月「しんかい2000」は奥尻海嶺西斜面（北緯44°）の断層崖を水深2,000mから1,270mの範囲で4回（no. 232-235）にわたって潜航し、所によっては70°をこえる急斜面に露

出する枕状溶岩と崖から崩落した巨礫を観察し、試料を採取した。1989年9月にも同海域に5回の潜航を行った。潜航の成果はそれぞれの年の「しんかい2000」研究シンポジウムで発表され、報告集にまとめられており、本誌1巻2号p.47にも記されている。

ここで目撃した枕状溶岩こそ日本海盆の基盤をつくる岩石とひと続きである可能性が強い。

この海域では掘削点調査を兼ねて白鳳丸、淡青丸でマルチチャンネル連続音波探査を含む総合調査が行われ、淡青丸KT87-6航海では44°00'N、139°09'Eの水深2,752~1,996mにおけるドレッジによって70個の玄武岩角礫を含む322個の試料を回収している。東海大学のグループも望星丸によって1986年と1988年の2度にわたって大量の岩石を採取している。

枕状溶岩の組成は中央海嶺型ソレアイト（MORB）であるといわれる。これらの試料とその地点から約25km西に離れた地点795（水深3,310m、堆積物の厚さ683.5m）の掘削結果とを「しんかい2000」の観察結果と関係付けてこ

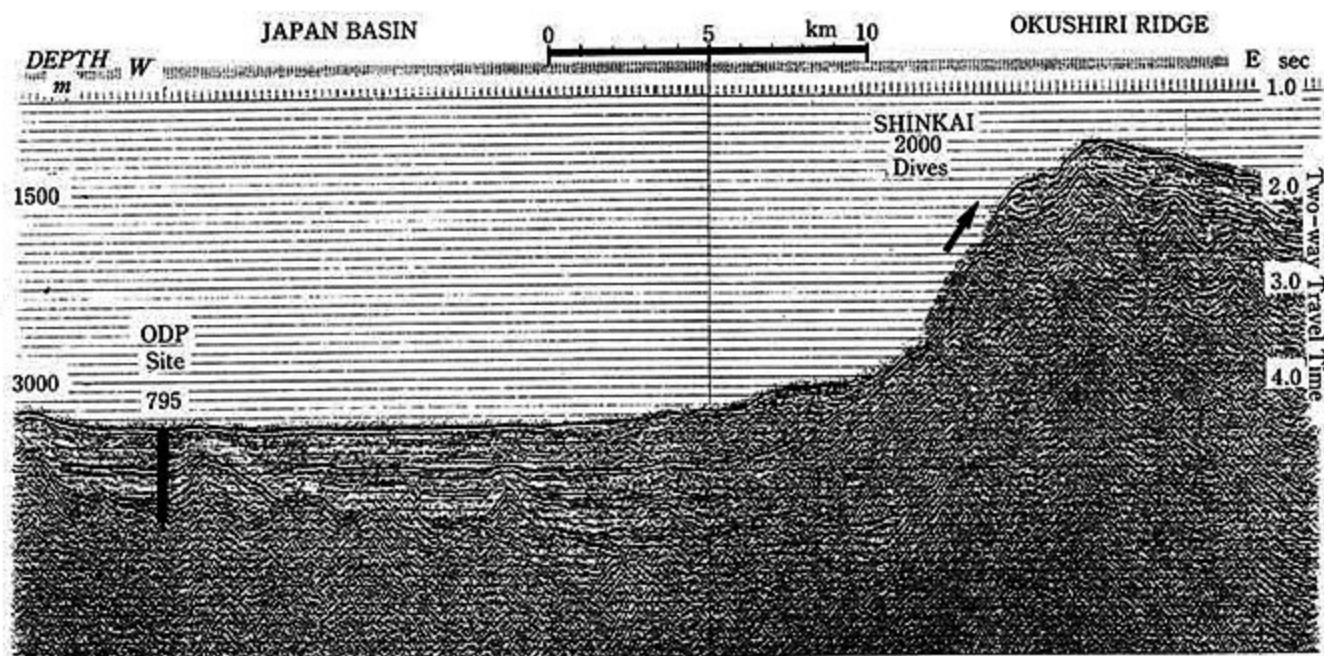


図-3 奥尻海嶺の「しんかい2000」調査断面と深海掘削795地点間の連続記録（淡青丸KT87-6, MC-1）。

の付近の海底の全体像を確立するのが可能な段階となったといえるだろう。

なぜ奥尻海嶺西側がこのような急崖をなして 1,300 m も高まっているのかはこの付近を境とする日本海北東部の新しい沈み込み帯の誕生と関係があると思われる。1987年8月に亡くなった中村一明氏や小林洋二さんが1983年頃提案された収束型プレート境界の卵からひなが出かかっている所が、奥尻海嶺の西から富山トラフにかけてほぼ一線上に並んでいる可能性は高い。日本海中部地震の震源もその線上にある。

奥尻海嶺付近ではこの収束境界は日本海の東縁よりやや西で海底地殻内を通っているから、沈み込みの上盤に相当する東側の海底が低角逆断層によって押し上げられ、玄武岩層までが急崖をなして露出することは十分起こり得る。逆に収束境界の存在を考えないと説明は難しい。地点796の掘削結果は、約1.8 Ma以降急に粗粒な砂や礫が増加し、奥尻海嶺がその頃上昇を始めたことを示している。

5. 四国海盆と小笠原トラフ

日本海はアジア大陸北東縁に位する点で縁海であり、一方日本列島弧の海溝と反対側（背後）にあるから背弧海盆の一つである。海底拡大によって生成されたが、拡大はるか昔に終了し現在は活動していない。同様な古背弧海盆としては、四国・紀伊半島の南にある四国海盆が有名である。この海盆は伊豆小笠原弧の西側に位置し、西は九州パラオ海嶺によって境されている。大陸とは直に接していない（日本列島とも南海トラフで隔られている）し、伊豆小笠原弧も伊豆七島や小笠原諸島など幾つかの小さな島を除いて海中に没している点で日本海と異なる環境下にある。

四国海盆が海洋性地殻をもつことは村内ら（1968）の日米協力2船法屈折探査により明らか

にされた。日本学術振興会の当時としてはかなり多額の支出により実施された日米協力の成果である海底地下構造に関する一連の論文は今もって必ず引用され、誰も越えることができない古典となっている。

四国海盆の磁気異常縞模様は友田ら（1968）の海鷹丸データに基づいて指摘されていたが、測定データが増えるにつれて縞状配列は明瞭になり、1975年には東大海洋研グループ（Tomoda et al, 1975）とラモント（Watts & Weissel, 1975）の双方から独立に報告が出た。筆者らは深海掘削 IPOD の基礎データとして白鳳丸と望星丸（いずれも旧船）により測定を重ねた。

グローマー・チャレンジャーによる掘削は1977年末に海盆中央部の3地点（442~444）で実現した。特に中軸のやや西の掘削442では厚さ350 mの堆積層の下で玄武岩の貫入岩に当たり、さらにその下の薄い堆積物（20 Ma）の回収に成功してから枕状溶岩を100 m近く貫いた。この20 Maという年代は最も確実な古生物年代として四国海盆年代の基準となっている。その後、シー（1980）がテキサス大学のデータも加えて磁気縞模様を修正し、さらにフランスのシャモルックら（1987;1989）は日仏協力 KAIKO 計画やさらに新しい資料を加えて最新の解釈を発表している。四国海盆は25 Maより少し前頃に北から割れ始め、19 Ma頃と15 Ma頃に拡大方向を少しずつ反時計回りに変えながら、12 Ma頃まで拡大を続けたと考えられる。

四国海盆の中軸部にほぼ南北に並んでいる紀南海山列は海盆の拡大停止直後に拡大軸に沿って噴出した火山で、そのうちの幾つかは山頂を海面上に出して噴煙をはいていた可能性がある。海山列の東側の2つの掘削点443,444で採取された中新世の苦鉄質火山灰層の源が他に見当たらないのが根拠の一つである。紀南海山列に属する海山の地

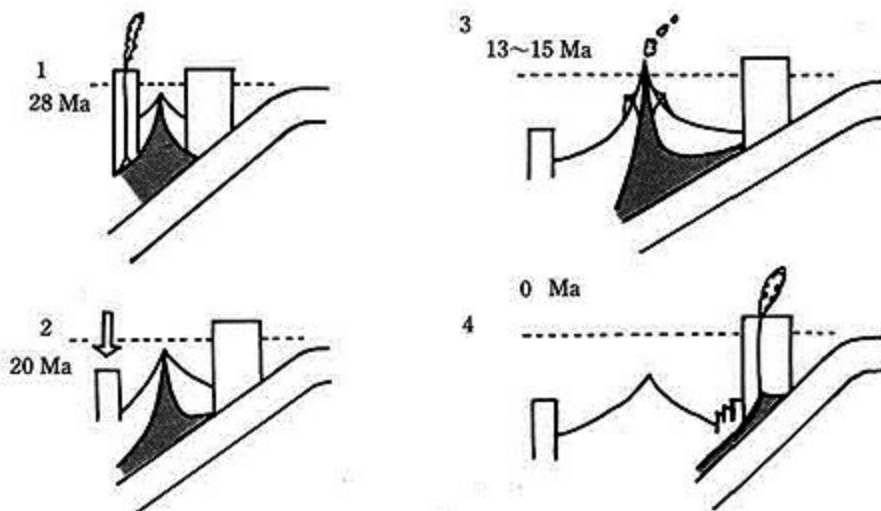


図-5 島弧の火成活動と背弧海盆の Rifting (1), 拡大 (2)~(3), 拡大終了と沈降 (4) の歴史, 四国海盆と九州パラオ海嶺 (左), 七島硫黄島海嶺 (右) を例として年代を示した。

底地球物理 (地震・地磁気等) 長期連続観測の基地 (特に海底ケーブルへの電源補給と衛星への発信局の役目を果たす所) として提案している。

四国海盆の東縁では次第に堆積物が厚くなり水深も浅くなって西七島海嶺となる。さらに東に伊豆七島・硫黄島の活火山島列が並んでいる。30度以南ではそのまた東に小笠原トラフを隔ててむこ島・父島・母島等の小笠原諸島が並んでいる。父島には高マグネシウム安山岩の一種であるポニナイトが、母島には始新世の化石として貨幣石が産する。貨幣石は大東島東方の大東海嶺で掘削445地点で見いだされ、琉球諸島の一部や天草に

も同類が産するので、かつてはこれらが一続きであったのが何回かの背弧海盆拡大によって分かれたと考えられる。

小笠原トラフ一帯は最近水路部の手で詳しい地形 (シーブーム)・地球物理 (重力・地磁気) 測定が行われている。リソスフェア計画によっても地震探査が実施された。この地形が拡大によって生じた背弧海盆であることを示す証拠は全くない。おそらく前弧に当たる小笠原が小笠原海台の衝突によって隆起したのに伴って反対に沈降した可能性が大きいと思われる。

海に魅せられて 半世紀(V)



経 歴

大正 13 年 福岡市に生まれる
昭和 21 年 東京帝国大学第二工学部物理工学科卒
昭和 25 年 理学部地質学科卒
昭和 37 年 東京大学海洋研究所教授
昭和 43 年 同所長
昭和 59 年 放送大学教授
東京大学名誉教授 現在に至る
海洋科学技術センター評議員
海洋開発審議会会長

奈須 紀幸 Noriyuki NASU

7. スクリップス海洋研究所時代 (1)

私がサンフランシスコに上陸した日、サンフランシスコで、日本の吉田首相を代表とする外交団がアメリカとの間に、日米平和条約を締結した。そのせいか、税関は全くのフリーパスであった。

湯川秀樹先生の兄君に当たる小川芳樹先生（当時東大工学部採鉱冶金教室教授）が御紹介下さった日系一世の大島様とその御子息が港に迎えに来ておられた。小川先生は九大にお勤めの頃、私の父と面識がおありで、私も、地質学科の学生時代、何回か小川先生にはお教えを頂いたことがある。その御縁で大島様へは御紹介を頂いた。

大島様のお宅へ向かう車中から見るサンフランシスコの町は、戦後の荒廃からまだ十分には立ち直っていない東京や横浜の町並に比べると、夢のように綺麗に見えた。

でも、途中、一団の車とすれ違った。それらの車はいずれも前に日章旗を翻していた。おそらく、戦後、アメリカで掲げられた初めての日章旗であろう。私は溢れる涙を止めることができなかった。

翌日、大島様に、金門橋（Golden Gate）やサンフランシスコの町並のあちこちを御案内頂いた。

太平洋もサンフランシスコの湾内のいずれも静かであった。二泊させて頂いた大島様のお宅を辞し、サンフランシスコ駅からロスアンジェルスへ向かった。当時の私は、飛行機で旅をするという概念は全く念頭になかったようである。

ロスアンジェルス駅からスクリップス海洋研究所に電話した。先方の秘書の御婦人の話しがなかなか聞き取れない。ようやく、サンディエゴの二つほど北のデルマールの駅で降りて、シェパード先生の迎えを待て、ということらしい。

受話器を置いたとき、全身から冷や汗がじっとりと流れていた。極度の緊張のせいである。

夕刻、まだ明るさが残っていたが、デルマールの駅に降り立った。何となく不安であった。

そこへ品のよい初老の紳士が車から降りてこられた。Nasu かとお尋ねになる。そうですとお答えした。これがその後、4年間の御指導を願うことになるシェパード先生との最初の出会いであった。

先生は微醺を漂わせておられた。まだ周囲は明るいのである。これにはちょっと驚いた。後で考えると、夕方のパーティーを抜け出されて私を迎えに来て下さった、ということだったのであろう。

先生の車で、デルマールとサンディエゴの間にある La Jolla のスクリップス海洋研究所に着いた。海辺に立つ綺麗な建物の群である。

早速、Adrian Richard という若い人が呼ばれた。私は、シェパード先生からエイドリアンの手におまわられた。彼は、その後4年間、私と大学院の同級生であり、加えてオフィスを同じくした。後にライス大学の教授となり、今はオランダで海洋開発のコンサルタントを業としている。親友の一人である。

エイドリアンは私をラホヤの町中に連れていった。研究所は町から北へ2マイルほど離れた所に位置している。

そこに私の住むべき部屋が用意してあった。まさに屋根裏部屋であった。ちょっとがっかりした。でも綺麗な部屋であった。

エイドリアンが帰ったあと、私は一人で町へ出た。そして、ドラッグストアに入り、ツナサンドイッチとコーヒーで夕食をすませた。

私の懐には、150ドルくらいしかなかったのである。日本からの持ち出し許可が、その程度の金額だった、と記憶している。その後、しばらくの日々、私はグロサリーストアでパンとハムとレタスと牛乳を買い込み、手製のサンドイッチで毎食をすませた。温かい食事にはしばらく縁がなかった。ドラッグストアのカウンターで飲むコーヒーが唯一の温かいものであった。

それでも楽しかった。夢にまで見た外国に来ることができたのである。

翌日の朝から、エイドリアンが迎えに来て、車で研究所との往復に便乗させてくれた。

化学の Rakestraw 教授が外国人学生の世話担当をしておられた。下手な英語で先生と話をし

ているうちにだんだん分かってきたことは、私の立場が、半日は研究助手で、半日は大学院の学生であるということであった。

確かに、日本を出るとき、こちらでのポジションが、half-time research assistant であるということは承知していた。でも、あとの半日が大学院の学生だということは全く知らなかった。

1年間、研究者としてこちらへ来て、海洋地質学をストレートに学び、帰国する積もりで出掛けて来たのである。

話がだいぶ違うぞと気付いた。でも素直に現実に対応するしかない。アシスタントという立場が、日本とアメリカでは違うのである。助手は日本では一人前の立派な研究者である。アメリカでこれに相当するのは associate であろう。大分後になってから、日本とアメリカでは、同じ名称でも、実状にはいろいろと差があることを知った。

早速、大学院の修士過程への入学手続きを取った。スクリップス海洋研究所はカリフォルニア大学ロスアンゼルス分校 (UCLA) の付置研究所で、かつ、海洋学の大学院を付設している。学部学生は持たない。Scripps Institution of Oceanography という。

当時としては、世界の中で最大の規模と最高の質を誇る海洋研究所であった。今日でも規模は相変わらず最大である。が、質は、米国内はもとより、諸外国でも相当数の海洋研究機関が育ったので、分野によっては世界最高とまではゆかないようである。

私どもの学年の同級生は15人であった。上級の学年も同じ程度の規模である。したがって、比較的小規模の大学院であった。教官の数は多い。したがって、マスプロ教育とは程遠い man to man の教育が行われていた。

授業は午前中3時間だけである。1科目1時間、実際には50分である。坪井誠太郎先生の3時間連続の岩石学の講義に耐えた身にとっては、楽で

あった。ただ、英語の講義だからよく分らない。分厚なテキストブックで予習、復習をしながら、講義に耳を傾けて、何とか理解に努める日々が続いた。

修士過程では、海洋物理学、海洋化学、海洋生物学、海洋地質学の4科目は必修であった。その他、外国語が1科目必修であった。大分あとになって、英語で交渉ができるようになってから、日本人だからということで、私の場合はこの外国語は英語ということにして試験を受けた。

日本では、何回も入試を受け、何回もいろいろな科目の試験を受けて、これからようやく好きな海洋地質学の研究に専念しようとした矢先の留学である。そして、ここ、スクリップス海洋研究所では、その分野にまさに専念できると胸を膨らませてやってきたはずである。

ところが、海洋学の基礎4分野の科目は必修だという。またまた試験の準備をするはめになってしまった。これも運命だとあきらめた。

随分と勉強した。というのが、成績がある程度以上Aが揃わないと授業料免除にならないのである。授業料を払うと生活が成り立たない。いささか必死であった。

でも、このとき、ほとんど丸暗記で覚えて、試験をパスした海洋学の4主分野の知識は、その後どれほど役立ったか測り知れないものがある。

後年、職を新設の東大海洋研究所に奉じ、所長の役を仰せつかった時、また政府関係のいろいろな海洋関係の委員会の委員やそれらの長を仰せつかったとき、海洋地質以外の分野の先生方が説明なさる諸々の事項の内容を、ある程度までは御理解申しあげることができたのは、また今日でもできるのは、修士過程時代に学んだ基礎知識をベースにしているお陰だと思っている。

時により強制的なカリキュラムを組むことも必要であるということが、このような経験を通して、後年になって理解できるようになった。

したがって、私自身にとっては、海洋地質学を専攻しているとはいえ、行き掛かり上、たまたま、工学部で学ぶ機会があったことと、スクリップス海洋研究所で、海洋学全般の基礎を学ぶ機会があったことが、いろいろな面で幸してきたと感じている。

ところで、スクリップス海洋研究所における午後は、研究の時間である。

half-time assistantとしての仕事は、先生がたの研究のお手伝いである。

修士過程では、ある数の必要単位を取得すると、最終試験を受ける。これは筆記試験で、いままで学んだこと全般にわたって出題される。したがって、各科目の試験をパスした経過をいま一度繰り返すという感じである。最終的に磨きをかけるということであろう。

相当数の人が、入学後1年で修士の最終試験を受ける。私は何分にも外国人であるから、英語の講義に慣れるまではと急がなかった。

その間に、坂本先生に事情を詳しくしたためたお手紙を差し上げ、修士取得までほぼ2年を予定しなければならないので、留学を1年延期させて頂きたい旨お願い申しあげた。

先生は、日本の学問の将来のためである、十二分に新知識を仕入れてくるようにとの有難い御返事を下さった。

私が渡米したのが1951年8月、修士を取得したのが1953年1月である。したがって、ほぼ1年半をかけた。

私が与えられたオフィスは、2階建てのスクリップスホール2階の一室であった。同室に4人いた。1年先輩のRobert Fisher、同学年のHarris B. Stewart、それに既に述べたAdrian Richardである。この3人との付き合いは、私の合計4年にわたる留学中変わることなく続いた。それは今なお続いている。余程、気が合った仲間だったのであろう。ボブことFisherはいまだに

スクリップスにいる。H. B. スチュウこと Stewart は NOAA の高官まで勤め上げた。

毎日この3人に囲まれて、私は幸であったし、英語も随分と話せるようになった。スチュウは後に詩人としても名を馳せた。名門プリンストン大学の出身で、当時から文章にはやかましかった。私の英語の表現をよく修正してくれた。

エイドリアンは強いヨーロッパ指向を持っていた。私が、翻訳であるが、ドストエフスキーの罪と罰を若い頃読み通した話をすると、すぐ本屋に飛んで行って、英訳本を買い求め、読み通すようなナイーブな心の持ち主であった。

ボブは毒舌家である。極めて鋭い頭脳の持ち主である。そのため敵も多い。しかし、私とはどういふわけかうまく合って、仲よく付き合っている。

シェパード先生は、当時、海洋地質学の分野では、オランダの Ph. H. Kuenen 教授と並んで、世界の双璧とうたわれた方である。ボストンの百万長者の家に育ち、ハーバード大学の出身であった。大陸棚や海底谷の分野で特に多くの業績を重ねておられた。私ども学生は実に多くのことを先生から学んだ。また、先生のところには、世界中から著名な学者が訪ねて来られるので、そうした先生方の特別講義を聞く機会も多かったし、その後のパーティーなどで個人的に話を伺うこともしばしばであった。学問的にはまことに刺激に溢れた環境であった。

シェパード教授の助教授は Douglas L. Inmann 先生であった。シェパード先生は 1985 年、惜しくも鬼籍に入られた。が、インマン先生は健在である。今も沿岸域の堆積物の移動の研究などに打ち込んでおられる。大学の学部は地元のサンディエゴで、物理学を専攻された。それから大学院でスクリップスに入られ、海洋地質学を専攻された。私より数年、年上であった。

その頃、海洋物理の Walter Munk 教授が solitary wave theory という波動理論を発表して

おられた。Munk 教授はまだお若かったが、当時既に、海洋大循環の西岸強化理論や、岸に寄せる波の形状から沖合の低気圧の位置を推定する理論などで、天才の名を世界に轟かせておられた方であった。余談になるが、後者の理論は既に第二次大戦中に発表され、米軍は、気象データが入手できない日本軍占領下の太平洋諸島に、Munk 理論を適用し、低気圧の間を縫って上陸作戦を敢行し成功を収めた。このことは戦後になって、日本の学者の知るところとなった。

インマン先生は、この Munk 教授の solitary wave theory をチェックすべく、水平方向と垂直方向の流速が同時に計測できる流速計と、波高を測る波圧計を作っておられた。

スクリップス海洋研究所は砂浜の北端に建つ。研究所の一角から長い栈橋が砂浜を越えて海中に伸びている。この栈橋は船の発着用ではない。栈橋の先端には各種の計測器が海中に沈められていて、各種の観測データをとっている。継続観測で、ケーブルを通じて建物の中の設置された記録紙に記録されるデータも多い。

この栈橋の中間付近で、沖から寄せる波は碎波となって砂浜に砕ける。この碎波帯のすぐ沖側に栈橋の上から、流速計と、波圧計すなわち波高計を入れて、碎波帯付近の波によって誘起され変動する海底近くの水平・上下方向の流速変化と波高の関係を調べるのが、インマン先生の意図であった。その流動と堆積物の移動の関係を、その次の段階として調べるのも先生の意図であった。

私が、1950 年に日本の学会で発表した堆積物と流体との関係は、渡米してここスクリップス海洋研究所に辿り着いてみると、既に、インマン先生が Journal of Sedimentary Petrology に発表された直後であった。

その論文を目にした私は、インマン先生に一步先んじられたことが、正直に言って悔しかった。しかし一方、その論文の精緻を極めた理論構成に

舌を巻いた。私は、インマン先生にそうした感想を述べた。先生は大層喜ばれた。

部門の中はほとんど地質屋である。インマン先生のこの重要な論文について語り合う人がいなかったらしい。インマン先生は、私が、地質屋とはいえ、彼と同じく流体力学を解するバックグラウンドを持っていることを知られた。

インマン先生は早速、シェパード先生に交渉して私を貰い受けられたらしい。

スクリップス海洋研究所に着いて、幾らも経たないうちに、half-time research assistantとしての私の仕事は、この砕波帯付近の波高一流速の観測となった。

この観測は棧橋から機器を降下させてある期間継続する。記録はケーブルで建物の中の記録機に送られる。その後、暫くは記録の解析に費やされる。また、棧橋からの観測に戻る。そういうことを何回も繰り返した。

流速計は、密閉した金属函と、そこから水平にのびる細い棒と、棒の先端の球から構成されていた。球が水流を受けると抵抗する。その力で棒がたわむ。このたわみによる歪が金属函の中に組み込まれたホイットストーンブリッジに伝えられ、電流の変化として変換される。ブリッジは二組くみこまれ、棒の水平・垂直二方向の歪を検出できるように作られていた。

定常流であれば、球の抵抗は流速の二乗に比例する。しかし計測している間に、変化する流速に対しては、流速変化を微分した値が、相当、球の抵抗に影響することを見いだした。

それで、流速計全体を水槽中に入れ、正弦運動をするように仕組みで、微分値に付すべき係数を検出した。この仕事には相当の時間を要した。

したがって、結果がまとまるまでに約3年の期間を要した。ムンク教授の理論は当たっていた。

結果はInmann・Nasuの共著としてBeach Erosion BoardのTechnical Memorandum No.79と

して発表した。

当時、砕波帯付近の波高一流速の実測を行った資料はほとんどなかったので、この報告は後々までよく引用された。

普通、波動の研究をする人は、理論か水槽実験を行う。その方が、見事で綺麗で気持ちのよい結果が出るからである。

水流の変動極まりない砕波帯付近で観測するような荒仕事には、敢えて手をつけようとする人はいなかった。

勇敢な話である。インマン先生が勇敢だったのである。私は生活がかかっていたから、好みなぞ言える立場ではなかった。

ただ、計測の過程で、私なりに境界条件を入れて微分方程式の解を出したり、上記の微分値の係数を出したりしたことは、この仕事にいささかなりとも貢献したという満足感を与えてくれた。

この仕事が一応終わったのは、私が博士過程も終わりに近い頃である。

half-time research assistantの給料は始めの頃、月125ドルであった。当時、日本の助手の給料は月数千円であった。1ドルは360円であったから、日本円に直すと4万5千円である。

今と違って、慎ましやかに暮らす習慣が身に染み付いていたので、あれこれと欲しいものもない。テレビなど夢のまた夢である。暮らすには十分であった。

当時、物価の実勢としては、アメリカの方が高く、1ドルが100円くらいの感じであった。それでも1万5千円であるから、日本の数倍の給料を頂いていたことになる。

当時、もとより日本からの送金はほとんど不可能であった。

今日の状態と比較すると感慨無量である。

2年目から、夏の3カ月はフルタイムの給料が出た。倍である。随分と貯金ができた。

4年目頃は月150ドルほどを頂いていた。

大学院はUCLAに属していたが、給料はいつもパークレイの本校から来た。

私は本来、1年間、留学したら帰国するつもりであったことはすでに述べた。

それで、1年半が経って修士(M. S.)を得たとき当然帰国するつもりでいた。その直前、シェパード先生が、せっかくここまで頑張ったのだから博士(Ph. D.)を取ってから帰国しなさいとおっしゃる。私は少々驚き、かつ困惑した。

日本での助手の職務を中断してこちらへ留学させて頂いている身である。

再び坂本先生へ手紙を差し上げ、シェパード先生のおすすめの次第を述べ、ご意見を求めた。ご

返事は、留学を続け、博士を取得するよう努力すべしというご指示であった。理由は、進んでいるアメリカの知識をできるだけ吸収するためであると述べておられた。

私は、思いもかけず、博士過程まで進むこととなった。

ところで、この辺で話を再びスクリップス海洋研究所に着いた直後あたりに戻したい。今はオレゴン州立大学の名誉教授となっている日系二世のRichard Y. Moritaの言葉に尽くせぬ親切に触れることなしには、話を続けることができないからである。



深海底に地球の謎を探る——2

海底が割れる

深海研究部長 堀田 宏
Hiroshi Hotta



宇宙に浮かぶ地球

1. 海底にはえる「煙突」

我が国で初めての本格的潜水調査船「しんかい2000」は、1989年6月、那覇の北西約120kmにある伊是名海穴と呼ばれる凹地に潜航していた。ここは、昨年^{いせなかいづつ}の潜航調査で我が国周辺の海域では初めて本格的な高温の熱水を噴出しているチムニー群が発見された所である。潜水船は、昨年調査した場所とやや離れた地点で透明な熱水が湧きだし、その付近にコシオリエビの群集が在る所を発見した。その直後、外を見ていたパイロットが

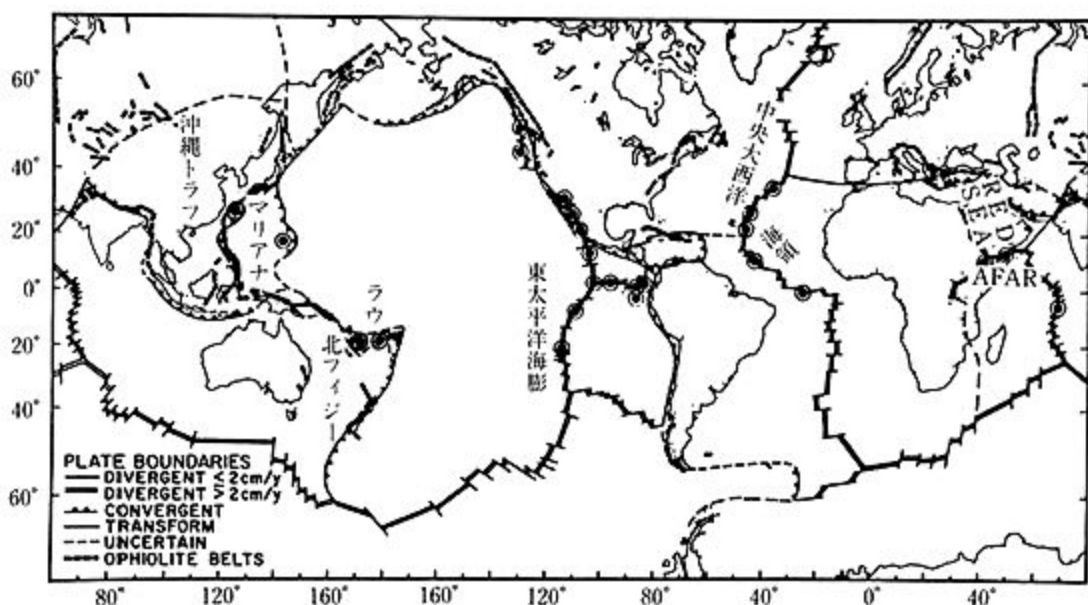
突然「ワー凄い、向こう！あれ、ブラックスモーカーだよ」と叫んだ。「どこ？」「正面！」「あっ本当だァ」「アァ…、ついに出来ましたヨ」、「とまりますか？」「うんとまろう、とまろう」矢つぎばやにパイロット同志と研究者の間で言葉が飛びかった。次に、「かわいいァ…、どうしようかなァ…」とパイロットの声が続く。そこには、大発見の喜びと興奮のうちにも、冷静に状況をつかもうとする心のうちが表われている。これは、現場第一発見者のとまどいでもあったであろう。ともあれ、これが西太平洋海域で初めてブラックスモーカーが発見された興奮の一瞬であった。

そもそも、ブラックスモーカーと呼ばれる高温の黒煙状の熱水を勢い良く噴出する煙突状の沈積物が発見されたのは1970年代後半の極く新しい



図一 ブラックスモーカーの写真

ことであり、その場所は新しい海洋底が生成されていると考えられているプレート境界、つまり中央大洋海嶺の一つである東太平洋海膨及びそれから割れて延びているパラバゴス断裂帯であった。これらは、地球の表面の約7割を占める海洋の大半を性格づける「海洋性地殻」が割れて広がっているところである。これらの煙突状の地形からモクモクと黒色や白色の煙状の高温の熱水を噴きだしている付近の沈積物をとって調べたところ、その内には、相当量の銅、亜鉛、鉛等の硫化物や酸化物等の鉱床が形成されていることが分かり、多くの人々の大きな関心呼んだ。また、その周辺には、シロウリガイと呼ばれる大型の二枚貝やコシオリエビを主とした異常に密集した生物群集がみつき、その異常さは、専門家に大きな衝撃を与えた。これは、従来知られている太陽光のエネルギーに依存している生態系とは全く異なる、異常環境に基づく化学合成に依存した未知の生態系といえるものであることがだんだんと分かってきた。このように、深海底の熱水噴出現象は、海洋学における最大の発見の一つであるといつて過言



図二 主な熱水噴出現象の発見地点。東太平洋海膨及び中央大西洋海嶺等、いわゆる中央大洋海嶺の中軸谷に多く発見されているのが分かる。しかし、最近では沖繩トラフを初め北フィジー海盆等の背弧海盆でも続々見つかりつつある。(RONA, 1983 を一部改変)

ではない。これが何故、パイロット達が興奮したかという理由でもある。

その後、同じようなブラックスモーカーは東太平洋海膨の更に南や、北ではカナダとアメリカの経済水域の境界でみつかった。しかし、典型的な活動する「中央大洋海嶺」である中央大西洋海嶺では、なかなか熱水を噴き出しているチムニーがみつからなかったことから、一時は拡大するプレートの速度の遅いところでは熱水を噴出するチムニーはできないのではないかと考えられた。しかし、1985年にとうとうその中央大西洋海嶺の中軸谷でモクモクと黒煙をあげているブラックスモーカーがNOAAの深海曳航調査装置のTVカメラでとらえられ、その考え方は修正された。

今年の夏に沖縄トラフでみつかったブラックスモーカーは、これらの「海洋性地殻」の割れ目でみつかったものと全く性格の異なった「大陸性地殻」が割れつつある場所での火山活動に伴うもので、この意味で世界で初めての画期的な発見なのである。

2. 海と陸との違いを探る

今、沖縄トラフで発見された熱水噴出、特にブラックスモーカーは、世界で初めて“大陸性地殻”が割れているところで見つかったものであると書いた。また、この稿の初回の冒頭に“地球の表面の約7割を占める海とは、単に陸がたまたま海水に覆われているものでは決してなく…”と書いた。では一体、海と陸とはどのように区別するのであろうか？

図-3は、約20年前に明らかにされた東支那海から沖縄トラフを横切ってフィリピン海に至る地殻構造であり、潜航調査で熱水噴出が見つかった場所はこの測線に近い。ところで、この地殻構造図には、よく地質図等で見られるような地層名や岩石名がなく、変な数字が並んでいることに不思議に思う方々が多いかも知れない。この数字は、実は地下の地層を伝わる地震波のうちの縦波（P波）の伝搬速度をkm/sで示したものである。ここで、東シナ海から南西諸島の下にかけて約10kmと厚く存在する6km/s層は、大陸や日本列

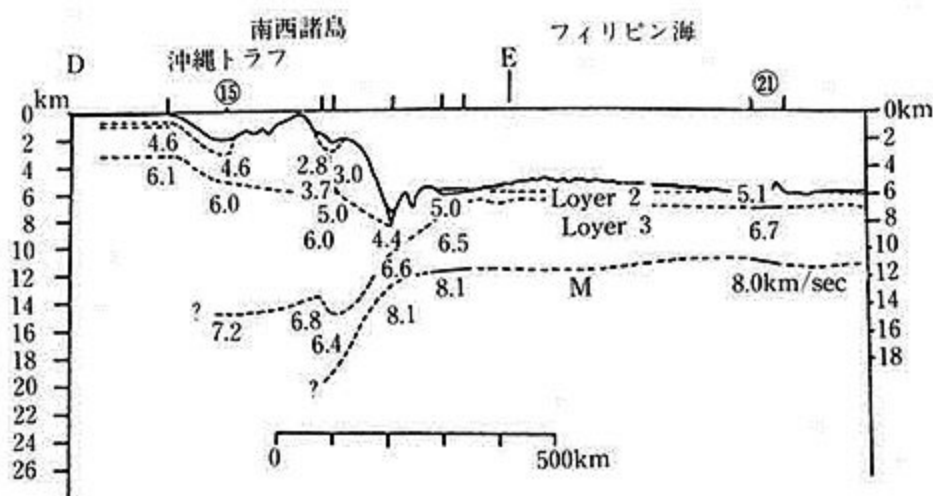


図-3 高温の熱水噴出現象が発見された沖縄トラフを横切る地殻構造。⑮測線がちょうど沖縄トラフの軸部、こゝでの厚い6 km/s層は“大陸性地殻”を表している。⑰測線でみられる薄い6.7 km/s層は、それに対して“海洋性地殻”を表している。(MURAUCHI et al., 1968)

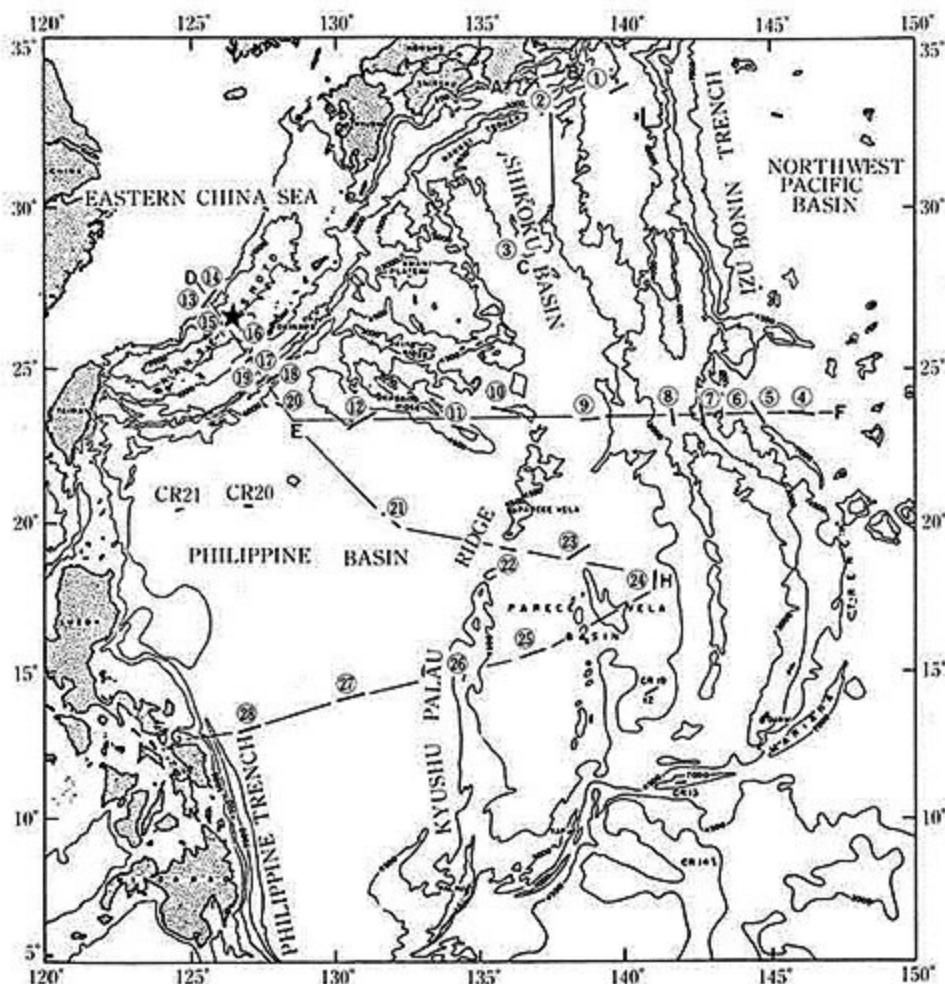
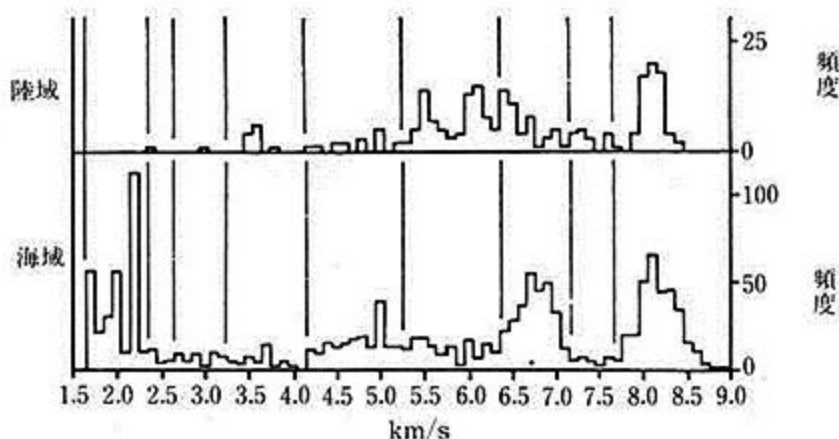


図-4 地震探査法による地殻構造調査測線図ブラックスモーカー等の高温の熱水噴出現象が発見されたのは南西諸島(沖縄)トラフ内の⑬測線のやや北東の地点(星印)である。(MURAUCHI et al., 1968)

島主部等によく観察されるもので“花崗岩質層”と呼ばれるものであり、いわゆる「大陸性地殻」を性格づけるものである。一方、南西諸島海溝(琉球海溝)付近から東へ、フィリピン海盆にかけては縦波の速度が $6.4\sim 6.6\text{ km/s}$ で厚さが $3\sim 5\text{ km}$ の地層が主体となっている。この地層は、フィリピン海盆ばかりではなく、太平洋や大西洋、インド洋等の大洋(Ocean)の海底下で共通して観測されていて、“玄武岩質”と呼ばれているものである。この地層の下には伝搬速度が 8.1 km/s の地層が測定されているが、これが地球の大部分を構成しているマンツルの最上層部である。このマンツルは、海溝から南西諸島や沖縄トラフを含む東支那海の下に向かって急激に深くなっていて

おり、この調査では東支那海の下ではどれくらい深いのか測定することはできなかったが少なくとも 20 km よりも深いであろうと推定することができる。

このように地震波の伝わり方から地下の地質構造を探る方法を地震探査法と呼ぶが、この方法によって地球上の各地の地下の様子が相当にわかってきた。少し古い資料であるが、陸と海で行われた調査から明らかにされた地殻構造のうち、マンツルがつかめた合計356個のデータについて各層を伝わる縦波の伝播速度について頻度分布を作ってみたものを図-5に示した。図の上段が66個の陸のデータによるものであり、下段は約4倍の290個の海のデータによるものである。



図—5 大陸性地殻及び海洋性地殻の構成の違い。横軸は、地殻内各層及びマントル最上部を伝わる地震波の縦波（P波）の速度。縦軸は、その出現頻度で上段は陸域の分布、下段は海域の分布。両者のピークの位置が大きく違っていることに注意。（HOTTA, 1970）

陸域について見るとピークは、3.5 km/s, 5.5 km/s, 6.0 km/s, 6.5 km/s 及び 8.1 km/s 前後にある。一方、海域について見ると 2.2 km/s, 5.0 km/s, 6.6 km/s 及び 8.1 km/s 前後にピークがある。陸と海とで共通した頻度が高い 8.1 km/s の速度は、前にも述べたようにマントルを表している。これよりも遅い速度を持つ部分が、いわゆる“地殻”を表している。その地殻の部分と比べてみるとその頻度分布は相補的といえるほど見事に食い違っている。

これらの速度で示される地層の実際の岩石組成は何であろうか？つまり、グラウンドトゥースが必要である。そこで、陸と海で得られた多くの岩石試料についてその縦波の伝播速度や密度を測定するという地味な仕事が行われた。測りだしてみると事態は容易でないことが直ぐにわかった。同じような伝搬速度を示す岩石がいくつもあり、しかもそれらは全く違う性格の岩石であることもあった。また、小さな岩石試料と、単純ではない組成と構造を持つと考えられる数 km から十数 km にも及ぶ実際の大きな地層との対比がそう簡単にできるものではないことも事実であろう。しかし、多くの地質学的知識と重力や地磁気等の地

球物理学的データとをつき合わせて総合的に考えると、陸域で 10 数 km を超える厚さで測定される速度が 5.5~5.6 km/s の地層は、主として花崗岩からなる“花崗岩質”のものと考えられ、海域で厚さは約半分の 5 km 程度で、その内の伝搬速度が 6.6 km/s 前後の地層は玄武岩を主とする“玄武岩質”層と考えられるに至った。このようにそれぞれの地層の厚みが圧倒的に違うことから、地殻の厚さは陸では 35~45 km であるのに対して、海ではその半分以下の 12~15 km と極めて薄い。

このような見方で、海に“隠れた陸”を探すと、沖縄トラフを含む東シナ海、日本海の内の大和堆の他に、ベーリング海の一部やソロモン海からビスマルク海にかけての海域あるいは、オーストラリア周辺等の縁辺海や大きな島弧や海嶺の一部にも認められる。

追記 前回(第3号)で、“光を使って見る写真 (photograph) に対して、音を使って見る【写真 (sonograph) の】技術が確立したのである”と書くべきところ、「」の部分を書き落としたのでお詫び致します。

スクリップス海洋研究所における深海掘削孔利用計画

深海研究部 門馬 大和 Hiroyasu Momma

平成元年1月中旬から、スクリップス海洋研究所のスピース (F. N. Spiess) 教授のもとで、客員研究員として3カ月半を過ごして来ました。籍を置いていたのはMPL (Marine Physical Laboratory: 海洋物理研究部門) という所で、ここだけでも100名近くの研究者や職員がいます。MPLでは、水中音響、海洋地質そして、海洋工学に関する研究が行われています。スピースさんは、MPL ディープ・トウの創始者として、深海底の探査手法に重要なインパクトを与えた人です。

ディープ・トウ(深海曳航式海底探査システム)とは、数千mの長さのケーブルの先端に、サイドスキャンソナーや深海カメラなどを装備した曳航体を吊り下げて、海底の極く近く(数m~数十m)を低速(毎秒0.5~1m)で曳航し、地形や生物の調査を行ったり、沈船など人工物体の捜索を行うものです。水深6,000mの海底を調査するためには、7,000mから8,000mの長さのケーブルが必要です。ケーブルは、2重鎧装同軸ケーブルという、1本の同軸ケーブルの外側に鉄線を2重に巻きつけて強度を持たせたもので、その直径は17mm、破断強度は15~18tです。

スピースさんは、スクリップス海洋研究所の所長を始め、要職を歴任していますが、70才を超えた現在でも、一研究グループのリーダーとして頑張っています。普段の話ぶりや表情は穏やかですが、調査で海に出掛けた時などはエネルギーで、今でも学生が音を上げるそうです。筆者も10年程前に、スクリップス海洋研究所の調査

船メルビル (Melville) に同乗した時にそれを実感しました。スピースさんと我々(深海研究部)のかかわりは、昭和52(1977)年まで遡ります。その頃、受託研究で水深6,000mの深海底にある人工物体を、ソナーやカメラを使って探索するシステムの開発を始めました。スクリップス海洋研究所では既に、1960年代からMPL ディープ・トウが実用化され、多くの経験と実績を積んでいました。そこで、当センターのディープ・トウ (JAMSTEC ディープ・トウと呼んでいます) の開発に当たって、スピースさんや主任技術者のボグマン (D. E. Boegeman) さんを日本に招いたり、こちらから出掛けたりしてノウハウの吸収に努めました。その甲斐あって、昭和58(1983)年には、水深5,700mの海底に200ℓドラム缶22個を投下し、これらをソナーで探索し、カメラで目視確認する実験に成功しました。以上の6,000m級ディープ・トウの経験をもとに、昭和57(1982)年には、「しんかい2000」の潜航事前調査を目的とした、3,000m級ディープ・トウがつけられました。これを用いて、日本海中部地震震源域の調査や、沖縄トラフの熱水活動の発見など、多くの成果を挙げています。ディープ・トウの特徴は、潜水船やROVに比べて少ない人数で動かすことができ、多少海況が悪くても調査可能だということです。

さて、スクリップス海洋研究所滞在中の最大の関心事の一つは、ディープ・トウグループの最近の動向でした。世界中の深海底には、深海掘削船「グローマー・チャレンジャ (Glomar Challeng-

er)」や、「ジョイデス・レゾリューション (Joydes Resolution)」によって究げられた掘削孔が数百カ所にあります。深海掘削は本来、深海底の堆積物や海洋地殻物質などの採取を目的としています。最近ではこれらの掘削孔の中に観測機器を入れて、現場で堆積物の3次元構造や地殻の長期的変動、あるいは海隙水の動きを知ろうという実験が試みられています。海底地震観測を行う場合でも、不安定な海底表面に観測機器を置くよりは、掘削孔内に入れた方が精度の高い計測ができることは容易に理解できると思います。特に、海洋地殻が造り出される中央海嶺や背弧海盆、あるいはプレートが沈み込む海溝や付加帯では、孔内実験に大きな成果が期待されています。多くの掘削孔があるとはいっても、穴がふさがったり、再掘削のためのガイド (リエントリ・コーン) の無いものなど、このような目的に使えるものは、今の所10カ所余りです。

掘削孔を使った計測は、掘削船でも基本的に可能ですが、本来の掘削を行う一方で計測器の設置、回収を行うのは、コストの上からも余り有利とはいえません。そこで、通常の船でこのような実験を行う可能性が検討されました。その結果、有人潜水船、ROV及びディープ・トウの3つの方法が提案されました。フランスでは、潜水船ノーチール (Nautile) を用いて、1987年と1988年に基礎実験に成功しています。米国では、運用コストが最も重視されたため、3番目の方法が採用されました。これは、ワイヤライン・リエントリシステムと呼ばれており、スクリップス海洋研究所のスピースさん達が提案したものです。基本的には、スラストを持ったディープ・トウの下に計測器やリエントリ・プローブを吊り下げ、リエントリ・コーンに導く方法です。その概念を図-1に示します。この方法では、潜水船やROVと違って水中部の運動の制約が大きいのですが、利点としてはかなり大型あるいは重量のある機器でも設置可

能で、その設置・回収や人手の面で最もコストが少なく済みます。また、特殊な装備を必要としないので、通常の調査船を使うことができます。図で見る限りでは簡単に見えますが、水深5,000 m以上の深海底にある直径約3 mのリエントリ・コーンに、ダイナミック・ドッキングユニットに吊り下げたリエントリシステムを導き、最終的には直径25 cmの掘削孔に挿入し、これをドッキングユニットと切り離し、さらに、観測終了後はそれを引っ掛けて回収する、という作業はそう楽ではないと思われます。特に、ダイナミック・ドッキングユニットはスラストを持っていますが、動ける範囲は直径100 m程度しか無いので、DPS (自動船位保持装置) を持たない船では、操船にかなりの熟練が必要と思われます。また、リエントリシステムの先端には、スキャニングソナーや低照度スロースキャンTVを持ったプローブがついていますが、これを海底上にある直径3 mの再貫入コーンに誘導するためには、1 m以内の精度を持つ高精度の水中測位が必要です。

現状のROVや有人潜水船の能力を考えると、敢えて困難に挑戦しているように見えない訳でもありませんが、これまでのディープ・トウの能力からすれば十分実現可能だと思います。ROVや潜水船は利用コストが高いだけではなく、利用できる機会が少ないので、今後見込まれる掘削孔内の種々の実験の可能性を増やす必要があるでしょう。

この計画は今の所、スクリップスとウッズホール両海洋研究所が共同して進めており、ウッズホール海洋研究所は堆積物や地殻内の低周波振動を計測するジオフォンなど、孔内観測機器の開発を分担していました。海洋科学技術センターでは平成2年度から、深海底の長期変動現象を解明するために、深海底の長期観測ステーションの開発と研究を開始する予定です。この研究を進める上

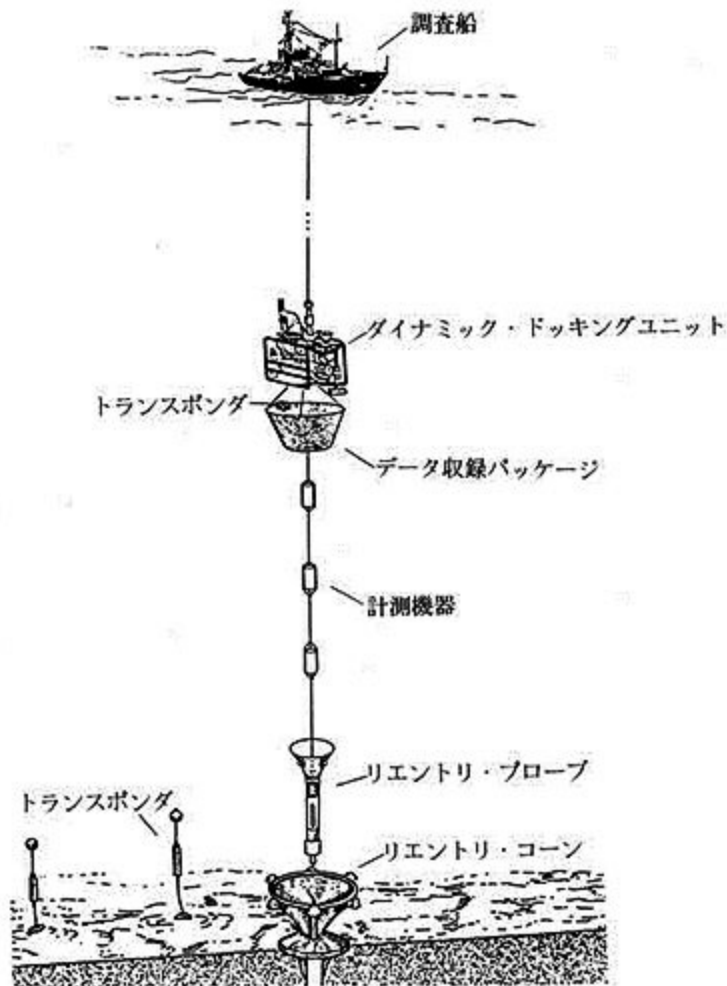


図-1 スクリップス海洋研究所で開発中のワイヤ・リエントリシステム。これを用いて、深海掘削孔内に地殻変動などの長期観測のための計測機器を設置する。

で、上に述べた孔内計測と、アプローチの方法は大いに参考になります。つまり、深海底に長期ステーションを展開するに当たって、これを特定の場所に正確に設置し、保守を行い、さらに回収や交換を行う技術が必要になります。当センターでは潜水船やROV及びディープ・トウのいずれも利用することができますが、一部のステーションの設置や回収はディープ・トウを用いて行う予定です。このためには、スクリップスのワイヤ・リエントリシステムのように、水中部に何らかの運

動能力を持たせ、目的地点に誘導してやる必要があります。他の方法としては、ウッズホール海洋研究所で開発中のアルゴ・ジェイソンシステムのように、曳航体から小型ROVを発進させるやり方があります。これは運動能力が大幅に向上しますが、大きな機器を持たせることができません。現在、スクリップスとウッズホールの両研究所のそれぞれの利点を生かした方法について検討を加えています。

OCEANS '89調査団見聞録

OCEANS '89調査団員 安田 哲也 Tetsuya Yasuda
海洋開発研究部

米国シアトルで開催された OCEANS '89 に参加し、併せて米国・カナダの公的な海洋関連研究機関等を訪問調査することを目的として、当センターでは、民間を含む総勢 15 名からなる調査団を組織し、15 日間にわたって米国・カナダを訪問した。以下、調査団の調査の概要を簡単に紹介する。

1. OCEANS '89 国際会議

今年の OCEANS は、“Global Ocean” をテーマとして、米国ワシントン州シアトルの州立コンベンション&トレードセンターにて 9 月 18 日～21 日までの 4 日間開催された。特に海洋観測を中心とした、サイエンスの色彩の濃い国際会議である。

会場となったシアトルは、当地の日本人の間で「シアトル富士」と呼ばれているレイニア山をはるか東方にのぞみ、青く澄んだエリオット湾、広大なワシントン湖、そして豊かな緑に囲まれた美しい景観を持つ都市である。

OCEANS の開催を祝うかのように、この時期のシアトルにしてはめずらしく連日晴天が続き、市中心部の高層ビル街の窓に太陽の光が反射して、まぶしいばかりにかがやいていた。

9 月 18 日の Tutorial セッション、9 月 19 日午前の開催総会にひきつづいて、総計 105 のテクニカルセッションが行われ、この間、1,000 名をこえる聴衆が詰めかけたそうで、連日、米国流のフランクで熱の入った議論が展開された。特に超音波や光、レーザー等を用いた各種海洋観測機器、

深海探査用の ROV、ロボット等の発表には関心が高かったようで、特にセンターの「しんかい 6500」の発表などは、立見が出るほどの盛況であった。

2. 展示会

小規模ながら、国際会議と併行して展示会も開かれ、約 150 社に及ぶ企業や団体が展示を行っていた。我が国で開かれる海洋機器展示会に比べると、かなり小規模で、展示の形態もパネルやカタログによるものが多く見られ、地味な印象を受けた。我が国では鶴見精機が展示を行っていたのみ



写真-1 OCEANS '89 展示会会場

であった。ただ、海洋観測に対する世間の認識が高まるにつれて、年々展示会の規模も拡大してきているとのことであった。

ちなみに次回の OCEANS '90 は 1990 年 9 月 17 日～19 日の間、米国ヴァージニア州クリスタルシティーにて開催される予定である。

3. 海洋関連研究機関の訪問調査

(1) カナダ国立海洋科学研究所 (ISO)

バンクーバー島シドニーにあるカナダ政府の研究機関。ブリティッシュコロンビア沿岸域、北太平洋、西部カナダ極域を守備範囲として海洋科学の研究を行っており、年間予算は約 2 千万ドルである。

Dr. Farmer の案内で所内施設を見学したほか、同博士の音響計測手法による海洋研究—1) 海洋上層の流れの構造、気泡層の動き、2) 大気と海洋の相互作用の解析、3) 環境音の分析による自然現象の解釈、4) 音響 Scintillation による流れの微細構造と大規模動作—等について話をうかがった。

(2) ワシントン大学応用物理学研究所 (APL)

ワシントン大学はシアトルのダウンタウンから北へ車で 15 分程度のところにあり、美しいワシントン湖のそばの広い構内にゆったりと施設が配置されている。APL はこの大学の中の海洋関係の研究所で、主に NAVY からの委託を受けて各種海洋観測、海底探査、北極圏での氷の観測等を行うとともに、これに必要な観測機器の開発を行っている。副所長の Dr. J. C. Harlett に面会し、所内の研究施設、超音波観測機器の試験用台船 (R/V Henderson) 等を見学した。APL では現在米国西海岸の水深 1,500～2,000 m の海域で見ついている熱水鉱床の有効利用に関する研究を行っている。熱水鉱床の噴出口に耐熱性のふたを取付け、熱水や含有鉱物をホースにて上方へ導



写真-2 ワシントン大学応用物理学研究所全景

いてエネルギーや資源を回収する計画で、既に海域での実験も行っているとのことであった。この他、APL で開発したレンズ型超音波機器搭載の曳航体 (TARSUS System と称し、広域のプランクトン分布を短時間で計測できる) や北極圏の氷の移動観測のシステム等の説明を受けた。

(3) NOAA 研究機関

シアトル北部サンドポイントウェイには NOAA (National Oceanic Atmospheric Administration) の主要研究機関が集中立地されている。OCEANS '89 参加のためシアトルに滞在中の Gregory Stone 氏 (NOAA) の案内で太平洋海洋センター (PMC)、大太平洋海洋環境研究所 (PMEL)、潜水センターを見て回った。PMC は NOAA 観測船の太平洋側の基地であり、9 隻の NOAA の船を運航している。停泊中の "RAINIER" 号を見学したが、年間のほとんどをアラスカで過ごし、



写真-3 NOAA 観測船 RAINIER 号



写真一4 太平洋海洋環境研究所(PMEL)研究室にて観測用流向・流速計の調整風景

主に海図作成のための計測をしている由であった。PMELでは太平洋の気象変動の研究、熱水鉱床からの噴出物が海洋に与える影響の研究等の説明を受けた。中部太平洋に多くのブイを設置して水温や潮流などを計測しており、そのデータは衛星を経由してリアルタイムで陸上に伝送され、大型コンピューターでデータ管理するとともに、各研究室のターミナルでいつでも観測データの内容を見ることができるとのことであった。設置される流速計等はすべて所内で保守・点検・整備しており、所内のワークショップのいたるところに流向・流速計が置かれていた。潜水センターでは、潜水病治療訓練用のシミュレーター、潜水訓練用のプール等を見学した。

(4) Bio Sonics 社

シアトル北部にある従業員40名程度の会社で、主に超音波を利用した観測機器や解析ソフトなどを手掛けている。ワシントン大学等と種々の観測システムの開発を行っており、従業員もMITやウッズホール出身者が多く、高い技術力を有している。超音波を使って海水中の魚の分布を深度別、大きさ別にカウントできるシステムについて説明を受けた。

(5) 国立データバイセンター (NDBC)

NOAAの研究機関で、ミシシッピ州のメキシコ湾岸(ニューオリンズ近郊)にあり、気象予

報や大気・海洋の観測研究のためのブイや自動観測システム等の開発と運用を行っている。各種観測ブイを見学するとともに観測ブイの運用状況について説明を受けた。

(6) カナダ国立ベッドフォード海洋研究所 (BIO)

カナダ東岸、NOVA SCOTIA州ハリファックスにある研究所。NOVA SCOTIAは、NEW SCOTLANDを意味し、沼湖の多い平坦な土地で、農・牧・漁業が主体のところである。潮位の干満差が10m以上あり、河口に独特の地形を有することでも知られている。

同研究所は主にカナダ大西洋、カナダ東部北極海の海洋環境や資源の調査研究を任務とし、10隻の各種観測船を使って海洋物理学、化学、地質学、地球物理学、生物学、水産学等の研究を行っている。所長のDr. MacPheeをはじめ、所内各研究部の長に面会して研究所の概要説明を受けたのち、海中調査用ビークル“BATFISH”、OCEAN BOTTOM SEISMOMETER、海図作成用自航式無人探査艇“DOLPHIN”などを見学した。またBIOが参画しているJGOFS計画(Joint Global Ocean Flux Study。米、加、英、独、蘭他の国際共同プロジェクト)について説明を受けた。

(7) ウッズホール海洋研究所 (WHOI)

ボストンから南へ70km程のところに位置する。夏場には海水浴客でにぎわうところで、米国式の民宿を営む家が多く見られる。1988年の10月にセンターとWHOIの間で協力協定の調印がかわされており、なじみの深い研究所である。今回の訪問では、主として最近のWHOIの研究トピックスについての説明を受けた。WHOIの観測船KNORRは現在9mの船体延長を含めて改造中であり、その完成後の仕様についての説明を受けた。来年3月に完成し、船長85mとアメリカ最大の観測船になるとのことであった。次にブイに取付けた超音波機器システムにより、海中ブ



写真-5 ウッズホール海洋研究所(WHOI)にて
観測船 ATLANTIS II

ランクトン分布を長期間連続観測できる“BIOSPAR”(Bioacoustic Sensing Platform and Relay)システムの開発プロジェクトの説明があった。動物プランクトンの大きさ別に分布状況を観測できる画期的なプロジェクトで、海上でのテストがはじまったばかりの段階とのことであった。最後にタイタニック号発見で有名な“JASON”プロジェクトについての説明を受けた。本プロジェクトではつい最近も地中海の700m水深の海底で古代ローマの沈船を発見し、その水中画像を全米の博物館のテレビ画面で生中継で放映するなど話題性に富んでおり、親(ARGO)と子(JASON)によるPartnershipを採用している。親は子の上方よりその動きをTVカメラでモニターし、子は目的物に接近して接写する方式で、これにより撮影作業の効率・安全性が大幅に向上したとのことであった。

同研究所の研究者との昼食会において懇談したのち、観測船ATLANTIS IIと、潜水艇ALVIN号を見学した。

(8) ハワイ大学

調査団が最後に立寄ったのは、ハワイオアフ島にあるハワイ大学である。最初にハワイ地球物理学研究所(HIG)を訪問し、LOIHI海底火山における観測ネットワークシステムの計画、浅深度



写真-6 ハワイ大学地球物理学研究所(HIG)にて
所内ワークショップの見学

高速曳航式ソーナーシステム“Sea Mark II”を使った海底形状調査や画像解析システムについてスライド等により説明を受け、また所内ワークショップにて観測機器や観測用の光ファイバケーブル等を見学した。当初の計画ではこのあとオアフ島のマカプーポイントにあるハワイ大学水中調査研究所(HURL)の設備(潜水艇PISCES VとMAKALI'I及びこれらの着水・回収・輸送用の潜水式台船LRT)を見学の予定であったが、残念なことに調査で出払っており、スライドにて施設の説明を受けたにとどまった。

以上、今回の調査の概要を紹介したが、その詳細については別途作成されるOCEANS '89調査団報告書を参照していただきたい。今回の調査を通して印象深かったのは、米国、カナダの海洋科学者達の研究の進め方であった。とても気さくで、ささいな質問に対してもていねいに説明に応じてくれ、自分の研究範囲にこだわらずに広く他の研究者とも交流していこうという姿勢が感じられた。一方では研究に必要なハイテクの観測機器の多くを自ら設計・製作して開発しており、メーカーとの共同開発の形態を見慣れている調査団メンバーには大変興味深く、またこれに対応できている研究者のレベルの高さに驚かされた。

当センター各部紹介

潜水技術部の紹介

潜水技術部

1. 当部の沿革

潜水技術部は、センター設立時の研究開発部門であった実験研究部を母体として、翌年に改組された際に発足した研究部であり、現存する部としては最も長い歴史がある。

また、昭和48年度に新設された研修部は、その後昭和60年度に潜水技術部に併合され、新たに潜水技術部研修室となって現在に至っている。

部の創設当初から、「シートピア計画」の実施を主掌したのを始め、その後の「シードラゴン計画」・「ニューシートピア計画」など潜水技術の研究開発に係わる実海域実験や、陸上でのシミュレーション実験などを各種潜水装置などハードの研究開発と併せ、成功裏に実施して成果を挙げてきた。

そしてこれらの成果や経験にもとづき、有人の潜水技術を中心とする研修事業を行い、関係機関と潜水関連業務従事者に対し技術の普及・啓蒙に努めている。

2. 研究目標と開発分野

当部は、海洋開発における共通的・基盤的技術の一つである潜水技術・海中作業技術の研究開発と、その成果の普及・研修をもって国の発展に寄与することを目標として業務を行っている。

これを達成するために、次の分野で研究開発や研修業務を実施している。

- (1) 潜水技術・海中作業技術など人間の海中活動におけるソフトウェアの開発と実用化研究
- (2) 潜水技術・海中作業技術など人間の海中活動におけるハードウェアの開発と実用化研究
- (3) 人間が海中活動を行うために必須な潜水・高圧医学のうち生理・心理に関する試験研究
- (4) 動物を用いた高圧環境下での潜水・高圧医学に関する試験研究
- (5) 潜水技術・海中作業技術などの研修事業
- (6) 以上の業務に係わる関連技術・周辺技術に関する試験研究

3. 組織と性格

潜水技術部は、部長以下4つの研究グループと1つの室（研修室）及び主任研究員ほか部付のメンバーで構成されている。また、企業から派遣され当部の業務を共同で遂行している常駐メンバーをこれに加えると約40名の大所帯である。

第1～第4の研究グループは、前2項の(1)～(4)の業務を、また研修室は(5)の業務をそれぞれ所掌している。(6)の業務はそれぞれの課題ごとに関連実績や経験に基づき分担実施し

ている。

このような基本的な業務分担の他に、当部の組織の大きな特徴は、各々のグループ・室などに分かれているメンバーが、実海域実験や有人シミュレーション実験・研修業務など多人数の組織を必要とする業務を実施する場合に、比較的容易に一体となって事にあたる構えがとれることである。これは当部の大型業務では、どうしても人が潜水する必要があり、そのために安全・確実に業務を実施する上で管制その他のマンパワーが必要となることなどを日頃から横断的な業務連携体制をとる経験を積み上げてきたからである。

4. 主な業務内容

当部の大型業務を中心としてそれぞれの内容について以下に述べる。

(1) 「ニューシートピア計画」

この研究開発は、大陸棚の開発に必要な共通技術である〔人間が直接潜水して作業を行う潜水作業システム〕について、シートピア計画およびシードラゴン計画の成果を踏まえ、水深 300 m を目途とした潜水作業システムの開発及び実用化をはかることを目的として、海中作業実験船「かいよう」に搭載した SDC/DDC システムによる実海域実験を実施している。

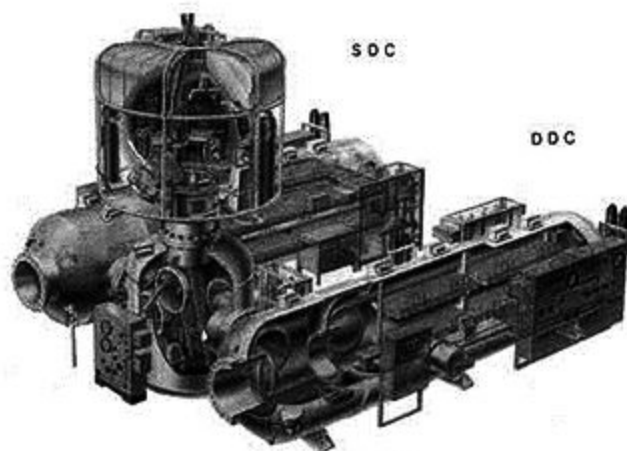


図-1 SDC/DDC 潜水システム

またこの計画は後述の「高圧環境下における生理及び心理に関する研究」と相互に補完の関係にある。

この計画は昭和 60 年度から開始され、次の 3 つのフェーズに分けて段階的に実施している。

① フェーズⅠ（到達期）

ダイバーが安全に水深 300 m まで到達・潜水し、大気圧状態まで復帰するための基本技術の確立（深度対応技術）。

② フェーズⅡ（展開期）

広がりのある作業域における効果的な潜水作業点移動・接近技術の確立（作業域対応技術）。

③ フェーズⅢ（確立期）

DDC 2 室使用による入室 2 チームの長期連続潜水作業技術の確立（連続作業対応技術）。

平成元年度は作業点移動技術による作業域対応を主目的としたフェーズⅡの 300 m 実海域実験の実施、DDC 2 基を使用しての 2 チームによる連続作業対応を主目的としたフェーズⅢの第 1 ステップとしての 200 m での実海域実験を行う。そして平成 2 年度にはこの計画を完遂し、報告やシンポジウムなどにより一連の計画の成果について公表・普及をはかる予定である。

(2) 高圧環境下における生理及び心理に関する研究

この研究は、陸上の高圧環境模擬実験施設（潜水シミュレータ）において、高圧環境や海中の状



図-2 実験中のダイバー（水深 300 m）

況を模擬的に再現し、高圧下での生理・心理面からの研究を行うものである。研究は、人間を直接対象とした実験と、動物を対象とした実験とに分けて行っている。

① 有人シミュレーション実験

従来の飽和潜水技術に加え、近年では今後の展開に備え、短時間潜水及びエクスカッション潜水技術確立を目的とした潜水シミュレーション実験シリーズを実施している。

各実験では国内外の研究者によるものも含め数多くの実験テーマに精力的に挑んでいる。例えばエクスカッション実験では、水中作業能力・エクスカッション時及び静的作業時の生体負荷・低温ガス呼吸と呼吸抵抗・睡眠脳波・自律神経機能検査・平衡機能検査・自覚症状・心理テスト・減圧速度・チェンバー内浮遊細菌検査などについて行っている。

そして、これらの実験成果と「ニューシートピア計画」の実海域実験で得られるデータとを相互にフィードバックしあい、安全で合理的な実験を可能としている。

実験は陸上の潜水シミュレータに、4名のダイバーが入って行き、今までに最高300mまでの飽和潜水実験を数回実施した実績がある。

② 動物シミュレーション実験

この実験では、サル・マウス・ラット・ネコなどの動物を対象として、高圧環境下での潜水・高

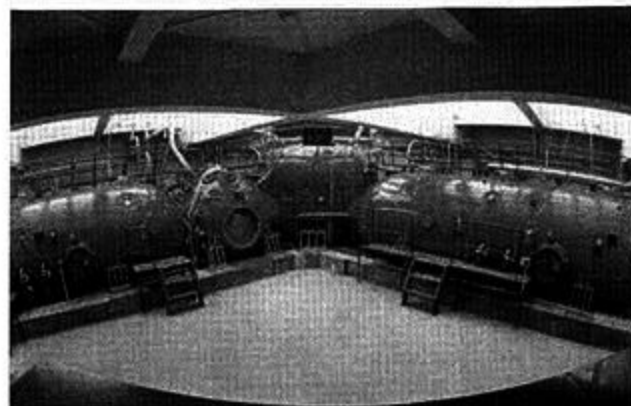


図-3 潜水シミュレータ

圧医学の研究を行っている。

前述の有人シミュレーション実験とは研究内容において類似しているが、有人での実験には含まれない範囲や程度をも含め、有人の実験より先行的に行ったり、有人実験で指摘された生理現象の追証実験を行ってそれらの機序の解明に役立てている。

例えば、高圧下のダイバーに発現するとされる高圧神経症候群（HPNS）をより軽減するための環境ガス組成の問題や、よりの確に対応するための手法の確立などについて、仮説に基づき色々の角度から実験を進めている。

(3) その他の研究開発

以上の他に、当部で行っている試験研究を紹介する。

① 経常研究

これは先述したプロジェクト研究とは異なり、主として研究グループ単位の比較的少人数で実施している研究で、平成元年度には次の6テーマを実施している。

当部では、ダイバーと無人機とが海底および海

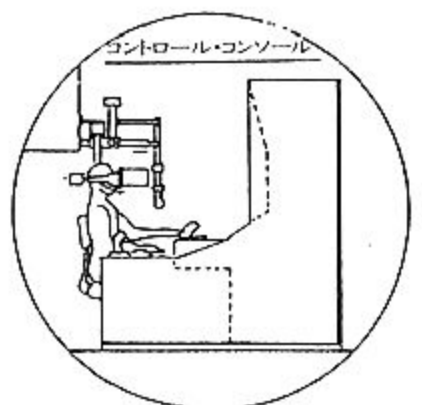


図-4 実験計測中のダイバー
(潜水シミュレータ, 31 気圧)

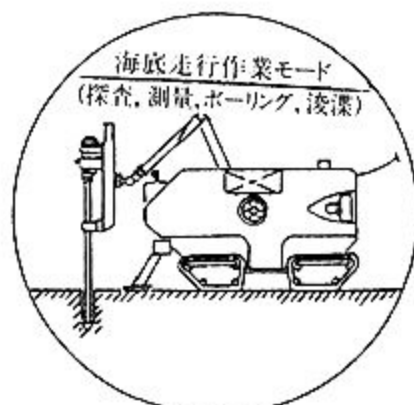
中でより良好な共同作業をするための「ダイバー支援装置」を、より安全で効率のよい潜水技術の運用法を探るため「潜水作業の運用における合理性向上技術」を、将来の大規模海中作業のケーススタディとして「海洋構造物の設置・保守・撤去に関する海中作業手法」を、海中作業へのロボット技術を活用するための「海中作業ロボット」を、将来の潜水技術の深々度化に対応するためのダイバーの追跡調査を含む「深々度潜水技術の基礎」を、魚類等を高圧海水環境で飼育するため開発した「魚類加圧水槽に係わる応用技術」を研究している。

② 共同研究

これはセンターが外部の機関・研究者と共同して研究開発を推進している課題で、潜水技術部では現在「Amaの潜水時の循環機能に関する研究」を米国バフファロー大学や産業医科大学などと、



a



b

図-5 海中作業ロボットの概念

「飽和潜水用減圧表の研究」を米国ハワイ大学と、「魚類加圧水槽の実用化研究」を民間会社とそれぞれ共同研究している。

この他にも、科学技術庁の推進している地域共同研究の一環として、当部も岩手県と「人工海底による海洋空間利用拡大技術の開発（仮題）」をテーマとして、元年度内着手の予定で計画をたて準備しているところである。

③ 受託研究

これは外部からの委託を受け行う研究で、元年



図-6 大気圧潜水システムの試行



図-7 潜水訓練プールでの研修

度は民間会社から「津居山沖中層型浮漁礁周辺の魚群行動の調査研究」を受託し研究を実施している。

④ その他

この他調査業務として「大気圧潜水システムの調査研究」及び「海中作業技術に関する調査」を、日本自転車振興会補助事業として「洋上浮体動揺監視警報装置」を開発している。

また、UJNR 潜水専門部会の日本側の事務局として共同セミナーを継続的に開催している。

(4) 研修業務

この研修事業は、旧研修部が開設されて以来長年の実績を有し、潜水技術部研修室に引き継がれている。昭和63年度までに、深海潜水技術コース14名、潜水業務管理コース32名、特別研修コース1744名、空気潜水技術コース350名、混合ガス潜水技術コース193名の人々が1名の事故もなく研修を修了し、関係各方面で活躍している。

平成元年度には次の3つのコースにより潜水技術の研修を行う他に、潜水技術に関する教材・資料を継続して作成している。

① 深海潜水技術コース

本コースは、海洋開発関連業務の従事者全般を対象に実施し、センターがシートピア計画以来取組んできた飽和潜水・非飽和潜水による深海潜水活動の技術について、基本的な知識・潜水システ



図-8 救急再圧装置の操作体験訓練

ムと潜水方法などについて、講義を主体とした研修を行っている。研修期間は10日間程度、実施期間は年1~2回である。

② 潜水業務管理コース

本コースは、水中工事従事者一般を対象に実施している。

内容は、潜水物理・潜水生理などの基礎的な理論、現用の潜水活動方法、各種潜水法の比較論、関係法規及び救急再圧法などについて、講義を主体として行っているが、無人機(ROV)や水中作業機器類の基本的な取扱い方法についても実習している。研修期間は1週間程度、実施期間は年1~2回である。

③ 特別研修コース

潜水業務に関する安全教育・安全作業実習などを実施する企業や、研修生を長期間派遣できない企業などのダイバー・技術者を対象としてこのコースを設けている。

内容は、潜水業務及び法規に定められた特別教育訓練の目標に沿った講義・潜水技術の実習などや、専門講師による水中溶接技術・水中非破壊検査技術などについての知識・技術を習得させるなど、希望者の要請に対応する教育課程を適時開設している。

(5) その他の業務活動

以上の試験研究業務を遂行するために、当部では日頃から関連の施設の整備や維持管理業務も実施している。それらの主要な施設には、海中作業実験船「かいよう」に搭載されているSDC/DDC潜水システムや、陸上の潜水シミュレータ及び動物シミュレータ、さらには潜水訓練プールなどがある。またその他にも潜水呼吸器高圧試験装置・魚類加圧水槽・救急再圧訓練装置・オープンベル・無人機(ホーネット)用ランチャーシステム・海中機器設置回収装置などの試験装置類もあり、整備や保守・改良を通じて当部の推進する研究開発や事業に貢献している。

また幾つかの施設や設備は、当センターの大型
供用実験施設として指定され、関係機関への供用
もされている。

5. 今後の方向

当部の推進している試験研究や事業はここに述
べたように、人間が海中あるいは高圧下で活動す
るに際して係わる諸問題について多岐にわたって
いる。

「ニューシートピア計画」という当部を挙げて
実施してきたプロジェクト研究が完遂される予定
の平成2年度を大きな節目として、これまでの成
果を広く展開し、次なる新たな展望を切り開くべ
き時期を迎えている。それらの芽のうち幾つかに
ついては既に経常研究を始めとした日常業務にお
いて可能性の検討やコンセプトの検討などを行っ
ているが、それらに新たな視点からの課題をも含
め、総合的に今後の研究開発と業務とを策定して
ゆく予定である。

例えば今後の海洋開発にとっては、今まで培っ
てきた有人飽和潜水技術を活用するだけでなく、
さらに無人機や海中ロボット・大気圧潜水システ
ムなどによる海中活動技術をも最大限に取り入れ

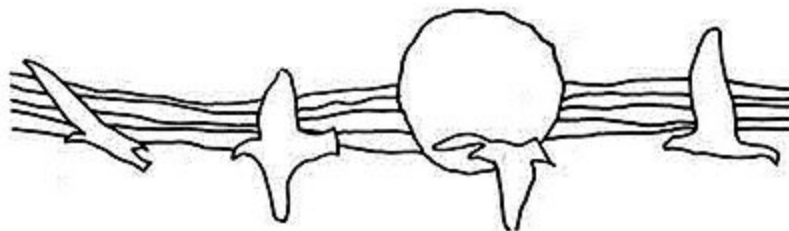
た総合的な海中作業技術の研究開発を推進するこ
とがぜひとも必要と考えられる。

また、高圧生理学や潜水医学の立場から、有人
飽和潜水技術についてより精緻な研究を行うとと
もに、より深々度化する場合の基礎的な試験研究
を推進することも大切である。

さらに、確立した潜水技術をアースサイエンス
やバイオサイエンスなどの学術的試験研究に応用
するための研究開発や、高圧環境制御技術を活用
した理工学的な側面からの研究開発なども今後の
展開の芽として重要と考えられる。

そして、これらの研究開発を通して得られる成
果について、従来の有人潜水技術の研修の範囲に
とどまらず、さらにその応用技術の研修まで研修
事業を発展させてゆきたいと考えている。

当部としては、今後のこのような点について具
体的な検討を果たし、積極的にその推進主体とな
るべく考えている。そのため、今後は国内及び国
外の研究機関や組織と今まで以上に広く連携を
とって、着実に研究開発及び事業を推進してゆく
必要があるとともに、現在の研究・事業体制をさ
らに強化するとともに、新たな展開に対応できる
ように充実を図ってゆきたい。



超音波水槽

深海開発技術部 新井 嘉人
Yoshihito Arai

現在、海中における通信や探査などのほとんどは音響信号によって行われており、音響信号を送受信するために水中音響トランスデューサが使用されます。そのため、各種水中音響機器を設計・製作する場合には、トランスデューサの諸特性の計測や、さらには製作された機器としての性能を確認する必要があります。

超音波水槽は、こういった水中で音響信号の送受信を行うトランスデューサやこれが組み込まれた音響機器の感度の測定・校正を行うための設備です。また、この他にも、水中において使用される様々な機器の放射雑音の測定などにも利用されます。

1. 構成

超音波水槽の設備は、以下に紹介する装置から構成されています。図-1は、システムの系統図です。

① 水槽本体 (写真-1)

水槽は図-2のようになっており、実際に計測を行うのは長さ・幅・深さが各9mの直方体の部分です。底面及び四方の壁面には全体に吸音材(マイヤーゴム)が取り付けられていて、また、水面には同様の吸音材が浮きに取り付けられて浮

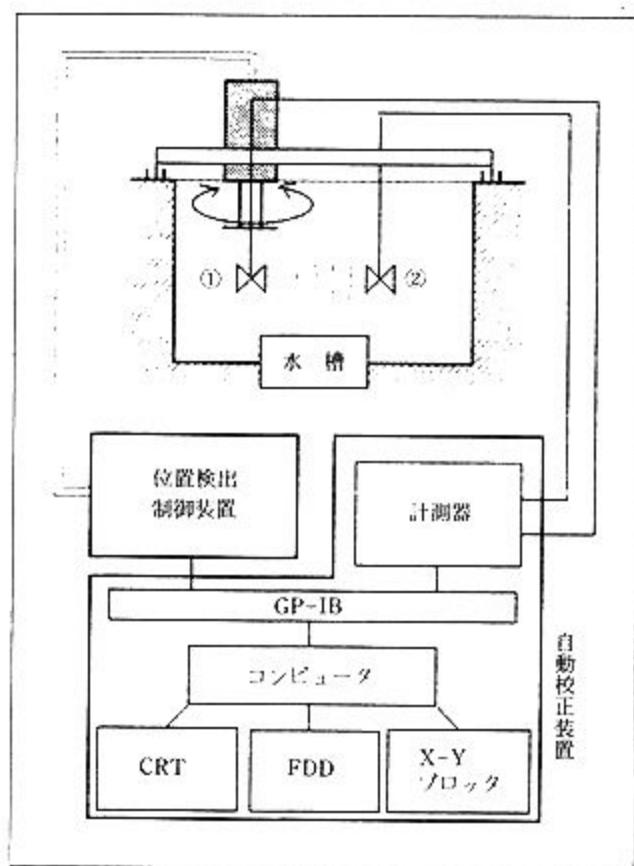


図-1 システム系統図

かべられています。これによって空気中の無響室と同じような、音響反射の少ない音場が作り出されているわけです。

② 送受波器位置検出制御装置 (写真-1・2)

この装置は、音響特性を計測する場合に、計測の対象が水中でどのような位置・方向にあるかを

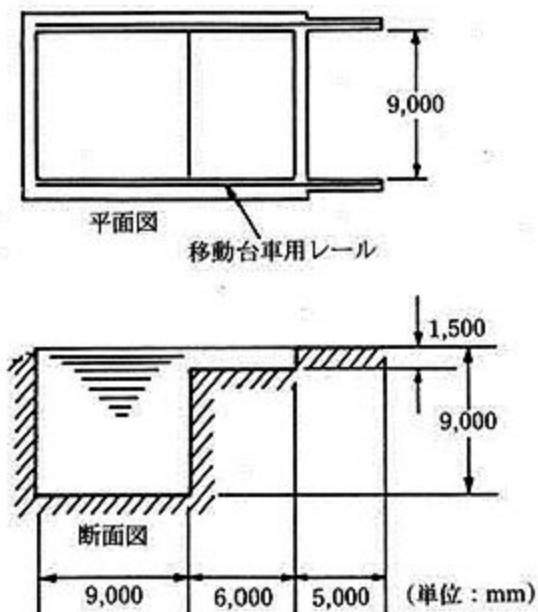


図-2 水槽全体図

検出・制御する装置で、自動校正装置によって制御が行われます。水平方向の指向特性を測定するために、任意の深さで左右に360°旋回が可能です。

③ 自動校正装置 (写真-2)

送・受波器の感度は、送波レベル、器間距離、受波レベル、アンプゲイン等から算出されます。自動校正装置は、こういった一連の計測・計算・表示といった作業を自動的に行うものです。

④ 脱気装置

この装置は、水中での音響の散乱などを防ぐため、水槽中の水に含まれる泡を取り除いたり、水を濾過したりするための装置で、特に水を新しく入れ換えた時に使用されます。

2. 計測方法

超音波水槽では、水中音響機器の指向特性及び周波数特性を計測することができます。表-1は、本装置の仕様です。

図-3は計測の流れを簡単に示したものです。送波器の測定を行う場合、水槽内には、位置検出制御装置に取り付けられた送波器(図-1①)と、

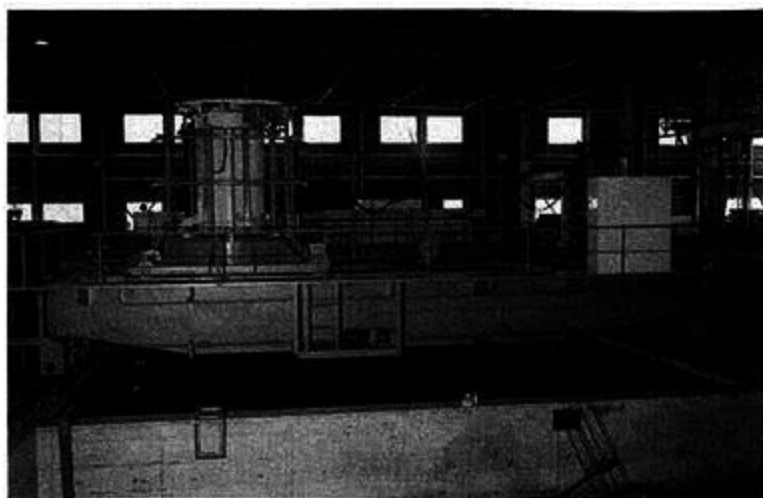


写真-1 下に見えるのが超音波水槽、上にあるのは位置検出制御装置



写真-2 中央の机上ラックに入っているのが自動校正装置、左にあるのは位置検出制御装置表示部

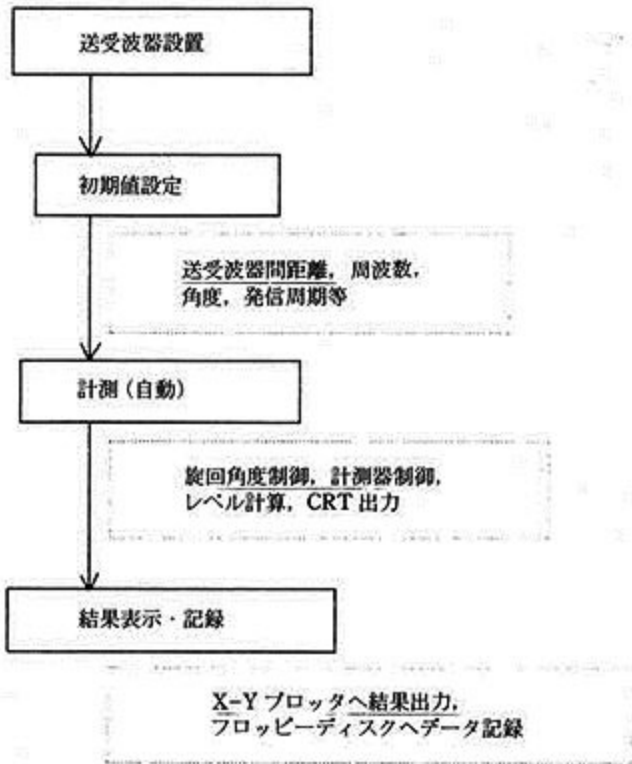
表-1 超音波水槽による計測の仕様

項目	内容
計測要目	送受波電圧感度、指向特性、周波数特性
計測モード	パルス波または連続波
※周波数範囲	約5 kHz～250 kHz

※標準ハイドロフォンを使ったパルス波による計測の場合

標準ハイドロフォン(水中マイク:図-1②)が吊り下げられ、両者からの信号線は校正装置の入出力ラインにそれぞれ接続されます。

コンピュータ上で初期設定値を入力してやれば、測定中の計測器の制御及び計測データの読み



計測の流れ

図-3 計測の流れ

込みは自動的に行われ、さらにはレベル計算も実時間で行われます。また、その結果をCRTやX-Yプロッタ上にグラフ表示したり、データをFDDに保存・再生したりすることができます。図-4と図-5は、指向特性及び周波数特性の計

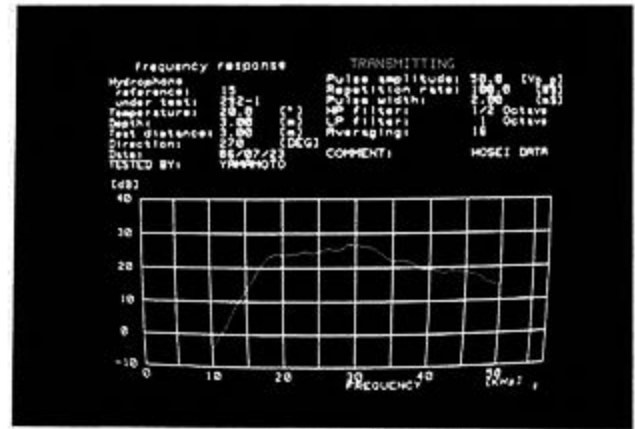


図-4 計測例1：周波数特性

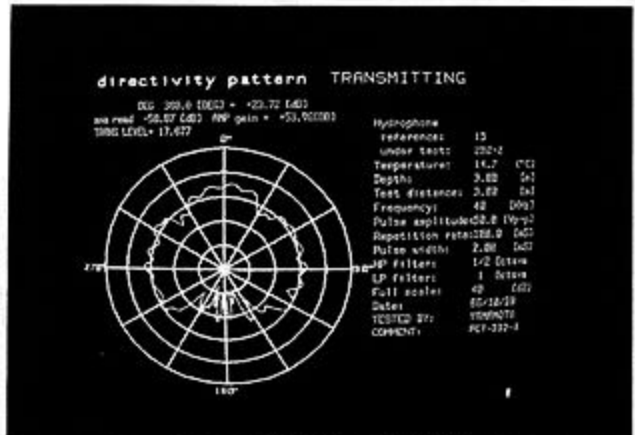


図-5 計測例2：指向特性

測例です。

この水槽は、水中音響計測用としては国内最大規模のもので、また外部供用施設として民間企業等にも広く利用されています。

アルゴ・ジェイソンシステム

深海開発技術部 服部 陸男 Mutsuo Hattori

ウッズホール海洋研究所において水深6,000 mでの使用を目標として開発中の、ランチャー（中継機）方式、有索自航式無人潜水機アルゴ・ジェイソン システムは、開発途上でも、タイタニック号の発見、古代ローマの沈船調査等に活躍している。

その成果は、報道や学生等の教育用に、積極的に活用され、海洋の理解を深めるために大きな貢献をしている。開発者達のセオリーは、自分達で開発した機器を自分達で使うことにより、最も効果的な活用がはかれるということである。

1. システムの目的、開発経過

アルゴ・ジェイソン システムは、プロペラにより三次元の運動が可能で、ビークル（潜水機）ジェイソンとジェイソンを収納し、目的深度まで運搬するランチャーの役目、及び単独でも深海用曳航体として使用出来るアルゴとで構成されている。この名前は、ギリシャ神話の英雄イアソン（英語でジェイソン）と金毛羊の話からきており、アルゴはジェイソン達が使用した船の名前である。

このシステムの開発目的は、アルゴによる長時間、広い範囲のサイドスキャンソーナーやTVカメラ等による曳航海底調査、及びジェイソンによる精密な海底観察及び資料採取である。

ジェイソンの制御系の研究と平行して、アルゴの製作が行われ、先にアルゴ単独で試験が行われた（1983年頃）。アルゴの観察用機器としては、サイドスキャンソーナー、スナップショットTV（ストロボを光源として広範囲のTV静止画像を得る方式）等が装備されているが、スナップショットTVによる結果のみが報告されている。

アルゴにより、1912年に氷山と衝突して沈没したタイタニック号が、1985年9月に水深約3,900 mで発見された。この頃は、アルゴ用のケーブルとして、直径17.2 mmの外装同軸ケーブルが使用されていた。

1988年にこのケーブルは、住友電気工業（株）製造の光ファイバ・電気複合ケーブル（直径17.2 mm、長さ4,000 m）と交換された。同年夏には、ジェイソンも使用した、イタリア、シシリア島沖合100 kmの海底でのローマ時代の沈船調査、西海岸沖での海底火山地帯の調査等が水深約700~1,000 mで行われ200時間程度使用された。同様の調査は1989年5月にも行われ、いずれも衛星放送等により放映され報道に、また“科学の面白さ”を高校生等にも実感させるための教育に使用された。

2. アルゴ・ジェイソン システムの構成

筆者は、1989年3月にアルゴ・ジェイソンをウッズホール海洋研究所で見る機会を得た。このシステムは、R. D. Ballardを長とするDSL（Deep Submergence Laboratory）により設計、製作、運用されている。スタッフは、多くの人材を有するOcean Engineering Departmentによりサポートされ、科学者、工学者、技術者、運用担当者等多岐にわたる豊富な陣容を誇っている。すなわち、自分達だけの力で設計、製作、運用そして地球科学的研究までする実力を備えていることになる。

図-1にシステムの全体を示す。アルゴでの曳航調査の場合は、ジェイソンはアルゴの内部に格納されるか、取り外される。アルゴは海底から約

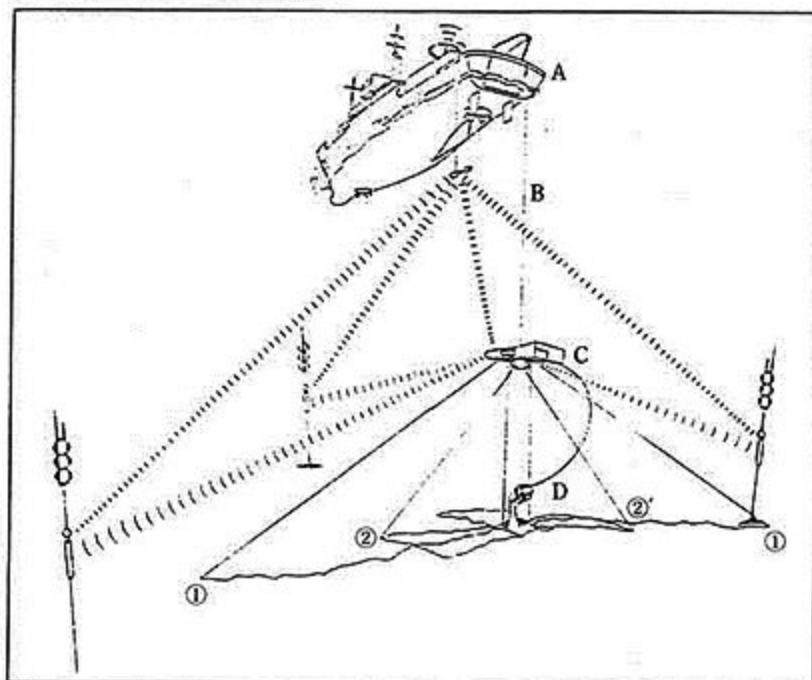


図-1 アルゴ・ジェイソン全体システムの概要、A 母船、B ケーブル、C アルゴ、D ジェイソン、①～①'間はサイドスキャンソナーの調査範囲、②～②'間はTVの調査範囲

20～30 m 上を曳航され、サイドスキャンソナーやスナップショットTVによる広域の調査を行う。なにか接近して調査する対象が発見されると、ジェイソンがアルゴから発進し、精密な調査や資料採取等を行う。母船には、約6×5 mの制御用コンテナが搭載され、コンテナ内部の表示用モニタは28インチモニタ6台を主として多数あり、海底状況等の表示に工夫を凝らしている様子がうかがえた。また、ケーブルを収容するウインチ、ケーブルの巻きだし、巻き込みを行うトラクションウインチ、ケーブルを船外に繰り出すための滑車は6×2.4 mのコンテナ、アルゴ、ジェイソンも同様なコンテナに収納され、航空機、船により運搬可能である。船上からは、ケーブルを通して12 KVAの電力(1,560 V, 3相, 400 Hz)が供給される。ケーブルは、電力線3本、シングルモードの光ファイバ3本等を高密度ポリエチレンの内部シースで覆い内部の空隙を充填して均圧構造としたりうえに、スチールの2重外装を施してある。

このケーブル4,000 mの先端にアルゴが吊り下げられる。最終的にはケーブル長は、7,000～9,000 mを考えているということであった。アルゴには、サイドスキャンソナー(Klein社製)、スナップショットTV、ストロボ等が搭載されるが、光通信を採用して情報量が飛躍的に増えたため、スナップショットTVをやめて海底上10～15 mから連続的な白黒TVの映像を得る方法に変えたということであった。

図-2にアルゴを示す。アルゴから最大長300 mのケーブルでつながってジェイソンが発進する。筆者がみた時は、約30～50 m程度のケーブルを使用しており、しかもこのケーブルの巻きだし、巻き込みを行うためのウインチはまだ装備されていなかった。アルゴの重量は3,600 kg、寸法は4.8(L)×1.7(W)×1.8(H)で構造材はステンレススチールである。アルゴの左右には1台ずつの電動プロペラが取り付けられてあり、方位を維持するために使用される。

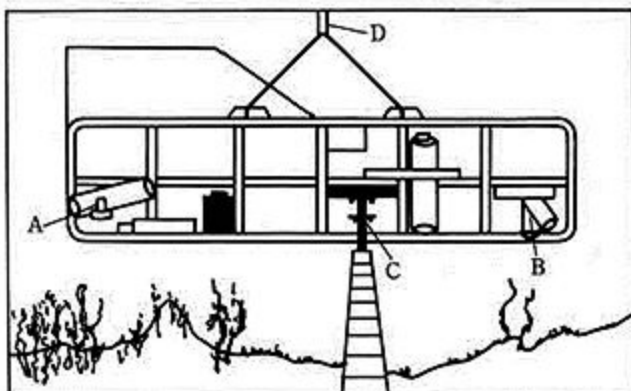


図-2-1 アルゴの構成, A TVカメラ用サーチライト, B TVカメラ, C 高度ソナー, D ケーブル, この場合スナップショットTVをやめて連続的なTVカメラの画像を得る方式になっている。

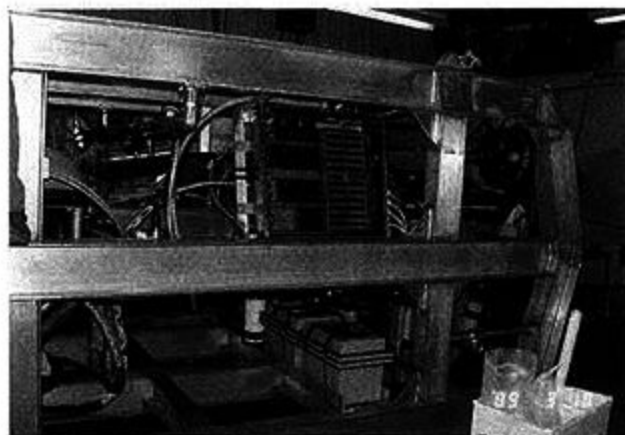


図-2-2 アルゴの写真, 右上方に方位を保持するためのプロペラ, 左側に収納されたジェイソンの後部とケーブルが見える。

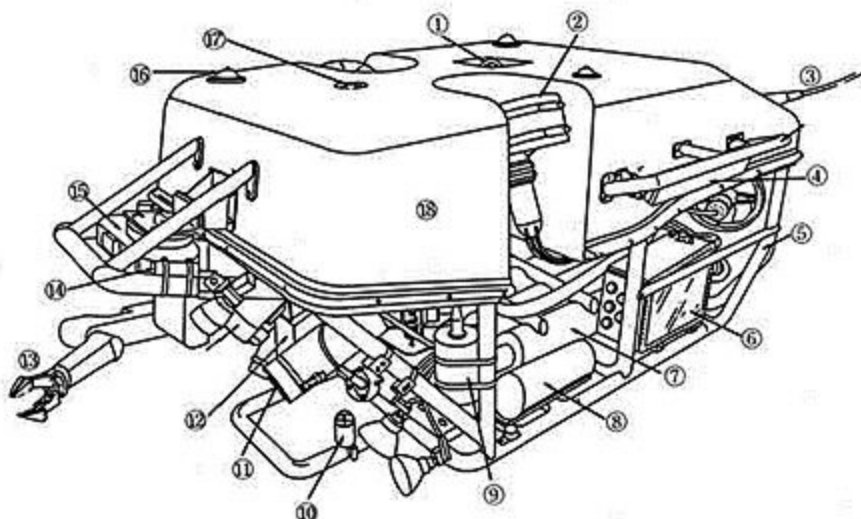


図-3-1 ジェイソンの構成, ①吊り上げ金具, ②プロペラ (7台の内の1台), ③ケーブル, ④サイドスキャンソナー, ⑤フレーム, ⑥電線中継箱 (2個の内の1個), ⑦電子機器耐圧ケース (3個の内の1個), ⑧ソナーの耐圧ケース (2個の内の1個), ⑨方位計 (コンパス) 耐圧ケース, ⑩磁気コンパス, ⑪TVカメラ (3台の内の1台), ⑫カメラ旋回, 上下装置, ⑬マニピュレータ, ⑭非常時位置出し用ビーコン, ⑮前方探知ソナー, ⑯航法用送受波器 (3個の内の1個), ⑰ロングベースライン用非常時ビーコン, ⑱シンタクチックフォーム (浮力材)



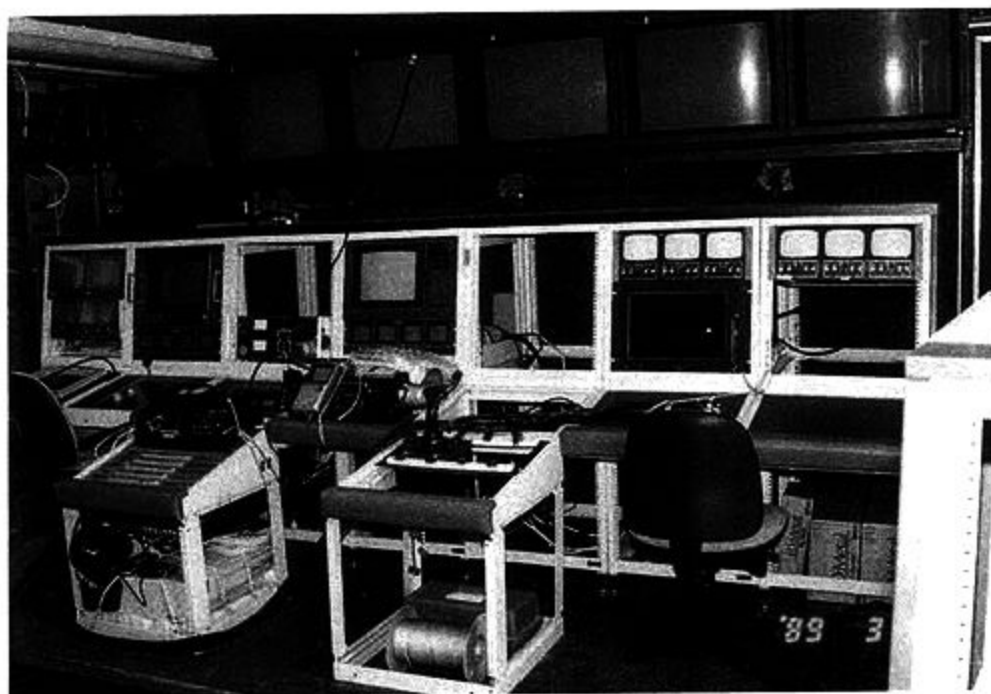
図-3-2 ジェイソンの写真

図-3にジェイソンを示す。ジェイソンは空中重量約1トン、寸法は、2.1(L)×1.1(W)×1.1(H)mで、最大使用水深6,090mである。7台のDC 250Wのブラシレスモータにより駆動されるプロペラにより運動できる。装備品としては、TVカメラ3台、スチルカメラ1台と電動式のマニピュレータ1台その他ソーナー等を有する。アルゴとジェイソン間のケーブルは直径14.4mmで、電線3本、グレイデッドインデックス(G.I.)のマルチモード光ファイバ3本、強度メンバー等で構成され、中性浮力(比重1.029)となっている。アルゴからジェイソンへ

は通常400Hz、3相、1,560V、4,000Wが供給されるが、最大負荷時には8,000Wまで供給出来る。

3. おわりに

アルゴ・ジェイソンシステムはまだ完成されたシステムではないが、政府関係のファンドや会社、報道機関、博物館等のスポンサー、協力者を苦勞して探して、曲がりなりにも運用し、徐々に完成させようとしている。そのチャレンジ精神に敬意を表し、学んでいくことも必要かと思われる。



参考図 アルゴ・ジェイソンの制御用コンテナ内部

大循環式潜水呼吸装置について

潜水技術部 岡本 峰雄 Mineo Okamoto

深海潜水ダイバーは高価なヘリウムと酸素の混合ガスを呼吸するが、環境圧力と同じガスを呼吸するため膨大な量を消費する。例えばレジャーダイビング用の14ℓスクーバポンペは水深10mで40～50分間呼吸できるが、水深300mでは約2分間しか使用できない。

深海潜水は一回が数時間で一週間程続けて作業を継続するのが普通であり、その間に消費する混合ガスの量は数千 m^3 以上に達する。このガスは高価なばかりか、その充填容器の容積と重量は膨大なものとなり、潜水支援船として大型のものを要することになる。そこでダイバーが呼出したガスを海中に放出せずに回収し、精製して再利用することが深海潜水の実用化のうえで重要な課題となっていた。

ダイバーが呼出したガスは酸素濃度が減り炭酸ガス濃度が増加する。これから炭酸ガスを除去して酸素を添加すれば、再度呼吸用ガスとして使用可能となる。軍事潜水の分野では、ごく浅海用として、スクーバ型で呼吸ガスを再利用するシステムが用いられている。これは水面に出る泡を少なくして隠密行動に用いるのが主目的であるが、取り扱いが難しく性能面でも問題があり、一般に使用されるまでには至っていない。最近レジャー用に発売された「オーバ」はこのシステムを簡便化したものである。

深海潜水ではスクーバ方式の応用で呼吸ガスを再利用するのは安全上種々の問題があり、またそうした方式では呼吸抵抗が大きくて重作業には不適なことが明確となっている。

ダイバーが装備したバックパックの中だけでガス制御を行う場合、呼出したガスをわずか数呼吸後に再吸入することになり、酸素と炭酸ガス濃度のわずかな制御不良が致命的な結果をもたらす。そこでかなり大きな容積を持った大循環呼吸系を形成して、その中でガスを精製し安全性を高める必要がある。

海洋科学技術センターの大循環式潜水呼吸装置は、図-1に示したように、SDCを経由して船とダイバー間でガスを循環させる方式である。船上装置は2基のコンテナ（合計約10t）に収納され、2基のSDCにはそれぞれダイバー2名用の装備を備え付けた。大循環系の源は船上装置内の貯気タンク（530ℓ）である。そこに蓄えられた潜水呼吸ガスを長さ450mの送気アンピリカルホース経由でSDCに送る。SDCで2名のダイバー用に分岐し、圧力を調整して長さ30mのダイバー送気ホースでヘルメットに送る。ダイバーの吸気によってヘルメットの内部圧力が約5cm（0.005kg/cm²）低下するとデマンドレギュレータでガスが供給され、次にダイバーの呼気で内部圧力が約5cm上昇すると排気レギュレータが作動し、ガスは排気される。排気はダイバー排気ホースでSDCに戻し、そこで圧力制御と除湿を行い、排気アンピリカルホースで船上に戻す。船上の回収精製装置では各種フィルター類、吸収剤類により二酸化炭素、一酸化炭素、メタン、エチレンその他微量有害成分を除去する。最後に酸素を添加して所定の酸素濃度とした後、ブースターポンプで昇圧して再度貯気タンクに充填す

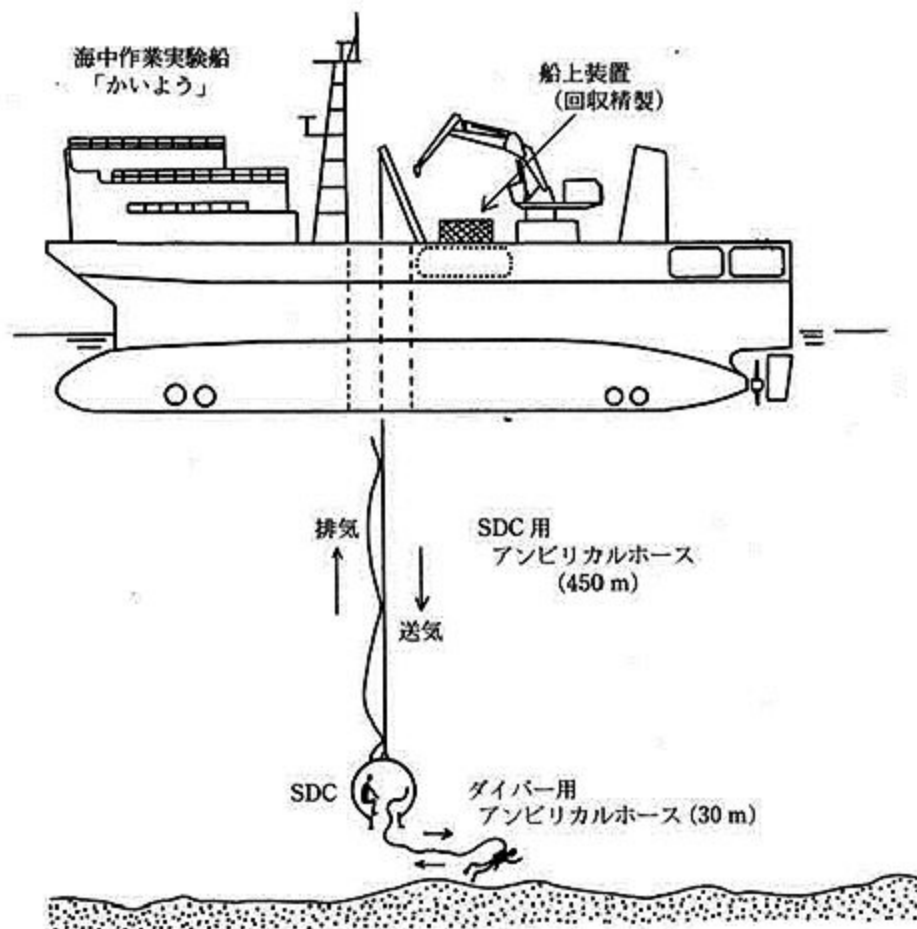


図-1 大循環式潜水呼吸装置の構成

る。大循環系の容積は約 830 l であり、300 m 潜水では約 44 m³ の潜水呼吸ガス（ヘリウム 98%，酸素 2%）が循環する。したがって 2 名のダイバーの呼気が再度ダイバーに戻るまでに 20～30 分の余裕があり、ガスの精製と酸素濃度制御等の慎重を要する作業（300 m 潜水では酸素濃度を 1.95～2.05% に制御）はその間に安全確実に行うことが可能である。系内のガスはヘルメットからの漏れやガス分析などのために徐々に減少するが、その場合、船上のガスボトルから潜水呼吸ガスが貯気タンクに自動的に充填され、タンクの圧力を規定値以上（300 m では 61.4 kg/cm² G）に維持する。写真-1 に 300 m 用のダイバー装備品を示した。

ダイバーは潜水呼吸ガスの汚染、ホースの切断等の異常事態に備え、自力で SDC に戻ることが



写真-1 深海潜水ダイバーの装備

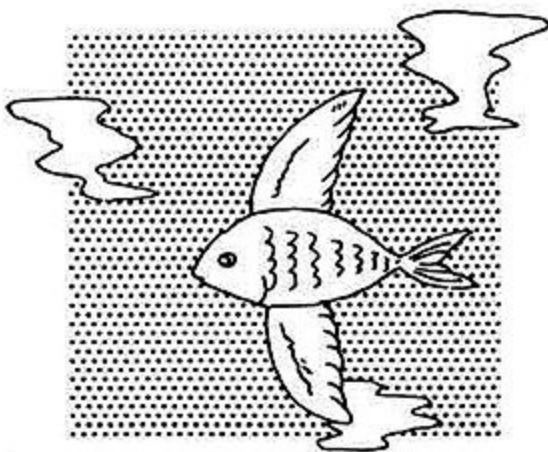
（大循環用ヘルメット、深々度用非常呼吸装置、温水式加温服、ダイバーアンピリカルホース）

できるよう、深々度用非常呼吸装置を装備する。これは半閉鎖回路式スクーパで、炭酸ガス吸収剤の反応熱を利用した吸気ガス加温機能を有しており、手動切り替え操作により10～15秒で使用可能となる。

大循環式潜水呼吸装置は1987年2月に完成して「かいよう」に搭載された。現在までに60/100, 200, 300, 200 mの4つの実海域潜水実験で37回のロックアウト潜水に使用された。ダイバー装備、SDC内装置、船上装置ともに安定した性能を有し、操作性も良好であった。呼吸ガスの回収率は84～91%であり、その有効性を実証した。ダイバーの使用感も好評で、一連の潜水実験を行う上で呼吸器の性能に疑問を持つことなく潜水作業に集中することができた。深々度用非常呼吸装

置の性能も良好であり、深度300 mでも15分間の呼吸が可能であると判断された。通常の潜水で2名のダイバーがSDCに戻るのに要する時間は8～10分であるが、本装置により、非常時であってもダイバーは慌てることなく帰還できるようになり、深海潜水の安全性を大きく向上させることができた。

大循環式潜水呼吸装置は深海潜水の実用化を進めるための最も重要な装置の一つであり、既にその難関をパスし、300 m潜水を安全確実に実施し得るレベルに到達した。今後はシステムの小型化、運用の省力化等の技術開発を進め、さらにより深い潜水の実用化に向けて一層の研究を進めることとしたい。



カナダ国立海洋科学研究所を訪ねて (The Institute of Ocean Sciences)

深海研究部

満澤 巨彦 Kiyohiko Mituzawa

私が初めてカナダ国立海洋科学研究所（以下 I. S. O. と略す）を知ったのは、今を去る数年前、センター入所前であった。海洋の流れ等物理現象に興味を持っていた私は、I. O. S. の研究者に知り合いのいた指導教官を通して、研究員見習いとして雇ってもらえないかといった内容の手紙を書いた記憶がある。しかし、先方の事情、私的物理的な問題があり実らぬ夢であった。その後、当時のことはすっかり忘れていたが、機会があったら訪ねてみたいとつねづね思っていた。今回、OCEANS' 89 調査の際に、幸運にもその機会を得ることができた。

I. O. S. は、政府により設立された研究所で、東海岸にあるベッドフォード海洋研究所が大西洋域、東部北極海域を調査研究の対象としているのに対し、太平洋域、西部北極海域、ブリティッシュコロンビア沿岸域を調査研究の対象としている。

主な研究施設は、ブリティッシュコロンビア州都ビクトリアの北約 30 km にあり、広い敷地内のモダンな建物の中に、図書館、講義室、計算機室、研究室、実験室、工作室等海洋研究に欠かせない様々な設備を有している。調査観測体制も充実しており、2 隻の外洋調査船、1 隻の沿岸域調査船、2,000 m 級潜水船“Pisces IV”、5,000 m 級無人探査機“HYSUB 5000”等を所有している。残念ながら、訪問時、調査船はすべて出ており、バージが 1 隻あるのみであった。年間の予算は約 2,000 万ドルで、職員数は約 300 人ということである。同じ敷地内に、“Pacific Geoscience Centre”、“Atmospheric Environmental Service”、“Canadian Wildlife Service”があり、自然科学、環境に関係する研究調査を行っている。この研究所の組織表を表-1 に示す。所内を見たかぎりでは、海洋物理部門、水路測量部門が大きく、施設の大



写真-1 カナダ国立海洋科学研究所

半を占めているという印象を受けた。

海洋学の研究体制は、「海洋物理」、「海洋化学」、「海洋生態学」、「海洋情報」の4つの部門より構成されている。

海洋物理部門では、太平洋域、西部北極海域、ブリティッシュコロンビア沿岸域の流れ、潮汐、波、海水の運動、氷海域の物理、大気と海洋の相互関係等の研究、各種観測機器の開発を行っており、およそ次のように分類される。1) フィヨルド内の海水陸水の循環、混合、内部波の観測、2) 大陸棚周辺の流れ、3) 海象、気象観測、4) 氷海域を含めた表層海洋循環、5) 深海域の流れ水温観測、海洋構造のモデル実験、6) 津波に関する予報業務、7) 観測機器の開発等。今回の訪問で所内を案内して下さった Dr. Farmer は、水中を伝搬する音（波、雨、氷塊等により自然に発生する音や人工的に造る音）を利用して、表層海水と大気との相互作用の解析、波の伝播形態、また数 km オーダーの海洋の流れ構造と水温分布の観測及びこれら調査手法の開発を研究テーマとしており、観測装置、データ処理方法やその結果について説明を受けた。その他、乱流計測法の研究や密度界面の破壊のメカニズムの水理実験、数値計算等も行われている。海洋化学部門では、C¹⁴ をトレーサーとした海洋の炭酸ガス交換に関する研究や、海洋汚染による環境問題に関する研究が行われている。海洋生態学部門では、太平洋のプランクトン量の変化、特に表層現象や流れ、潮汐との関係、あるいはプランクトンの観測技術の開発等が研究テーマの一つになっている。

水路測量に関しては、4つの部門から成っており、カナダ西岸域、西部北極圏を守備範囲として地形測量、測深業務を行っている。

研究所としては、地域色の濃い研究から環境問題、グローバルな気象海象に至るまで幅広い研究が実施されている。また、上述したように、I. O. S. は太平洋域を調査研究の場としており、

表-1 I. O. S. 組織構成

DEPARTMENT OF FISHERIES AND OCEANS
Pacific Region Ocean Science and Surveys
Oceanography
Ocean physics
Ocean chemistry
Ocean ecology
Ocean information
Hydrography
Field hydrography
Chart production and distribution
Tidal and current surveys
Engineering services
Ships
Management Services
Personnel
DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT
Atmospheric Environment Service
Canadian Wildlife Service
DEPARTMENT OF ENERGY, MINES AND RESOURCES
Earth Physics Branch
Seismology
Geomagnetism
Gravity, Geodynamics and Geothermal Studies
Technical Support
Administration
Geological Survey of Canada
Geology and Tectonics
Surficial Sediment Studies
Biostratigraphy and Paleontology

我が国同様プレートの沈み込み部に位置し地震等の問題をかかえている点などから、センターと類似した研究調査を行っている。今後、同じ太平洋に面した海洋研究開発機関として、多方面にわたる情報交換が必要であると感じた。

深海微生物

深海研究部 長沼 毅
Takeshi Naganuma

微生物とは、一般に顕微鏡を用いて観察される生物のことであり、原生動物、微小藻類、微小菌類（酵母など）、細菌（バクテリア）、ウイルスなど、多岐にわたる生物グループの総称であるが、本稿では微生物と言えればバクテリアを指すものとする。

深海微生物の探索は、前世紀末には始まっており、今世紀初めには既に深海試料中に微生物を観察したという報告がある。その後、米国スクリップス海洋研究所の ZoBell らの先駆的な研究により海洋微生物学という枠組みができあがり、物質循環における深海微生物の位置づけが行われた。また、深海微生物に限ったわけではないが、ZoBell とプリンストン大学の Johnson らが、微生物の代謝や生化学における圧力の影響を一つの研究テーマとしてまとめ始めた。1968年10月、米国ウッズホール海洋研究所の潜水船「アルビン」がハッチを開けたまま1,540 mの海底へ没するという事故が起きたが、1969年9月の回収時、船内に残されたサンドウィッチやリングはほとんど腐っていなかった。この一件に触発されて、ウッズホールの Jannasch らは、深海微生物の代謝活性を深海底の現場で測定し始め、深海微生物は代謝活性が低いと報告した。

同じ頃、日本では関（現筑波大教授）を中心とするグループにより、深海微生物が現場で高い増殖活性を示すという研究が行われていた。ここに、深海微生物学史に残る論争が起きたのだが、健全な科学の発展の例にもれず、この論争は深海微生物学を進展させる原動力の一つになった。また、

保圧採取・保圧培養に関するノウハウの開発も深海微生物学の発展に大いに貢献し、現在もなお新たな技術・装置が開発されつつある（本号、許氏の論文を参照）。

さて、一口に深海微生物といっても、河川由来あるいは表層由来の微生物が孢子の状態では休眠しているもの、深海の低温・高圧に耐えて増殖できるもの、低温・高圧を好んで増殖するもの、あるいは高圧下でなければ増殖できないものなど、その由来や生理的特性が多様である。広義なら、深海微生物とは深海環境に見られる微生物のすべてを指すであろうし、狭義には深海環境に適応した生理特性を示す微生物と定義されるだろう。では、“深海環境に適応した生理特性”とは何であろうか。

狭義の深海微生物を特徴づける生理特性は、やはり低温性（好冷性）や耐圧性・好圧性であろう。まず好冷性から始めると、オレゴン州立大の Morita らは、好冷微生物というものが確かに存在し、これが深海環境に分布していると報告している。好冷微生物とは一般に、15°C以下で最大増殖を示し、0°C以下でも増殖できるもの、と定義されている。この好冷性は、普通の微生物でも寒冷環境に置かれれば発現するというものではなく、遺伝的に決められているらしい。つまり、好冷遺伝子が存在すると信じられている。

深海微生物では、好冷性と好圧性がカップリングしていると考えられている。スクリップスの Yayanos らは、好圧微生物は好冷性でもあるので温度上昇に弱いと考え、1万メートル以深のマ

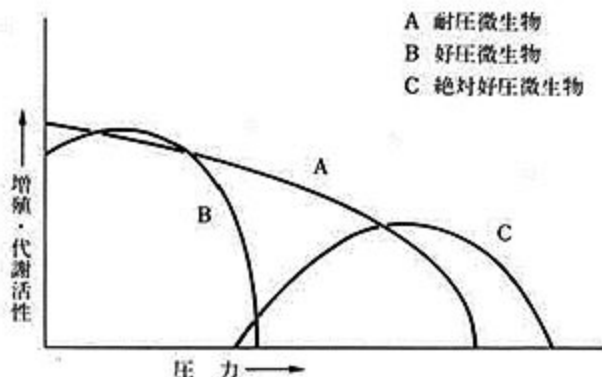


図-1 微生物の耐圧性、好圧性、絶対好圧性の概念図

リアナ海溝底の試料を保冷して採取・培養を行った。その結果、700気圧で最大増殖を示し、380気圧以下では増殖できない微生物—絶対好圧微生物—を発見した。メリーランド大学の Colwell や大和田（現東大海洋研助教授）らも、深海のナマコ腸管や底沼中などから好圧微生物を分離している。Jannasch らも好圧微生物を分離しており、耐圧性・好圧性・絶対好圧性を分かりやすく説明した（図-1 参照）。

ところで、深海微生物に好冷遺伝子なるものがあるならば、好圧遺伝子があっても良いのでは、と考えたくなる。Yayanos 一派はつい最近、ある深海微生物から高圧下で発現する蛋白質を発見し、この蛋白質をコードする遺伝子を取り出した。圧力に関する遺伝子が初めて発見されたわけだが、この遺伝子の発現機構やこの蛋白質の機能は未知である。

このように、深海微生物を特徴づける好冷性・

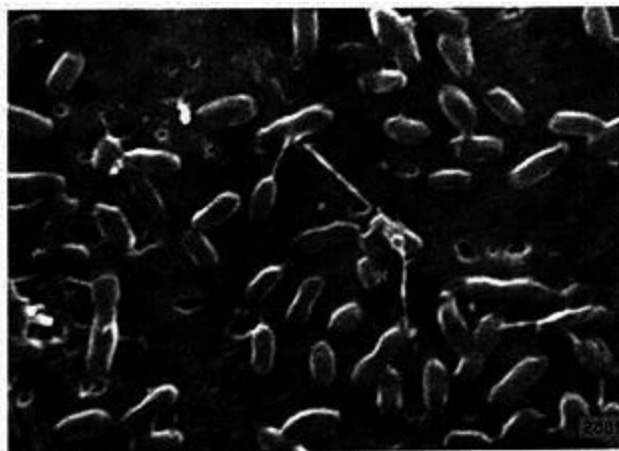


写真-1 北フィジー海盆（熱水活動域）の海底直上水から分離されたイオウ細菌。細胞の長さは1-2 μ m

好圧性は遺伝的に決められているようだ。今後は、これらの遺伝子をもつものが“真の”深海微生物である、という意見も出てこよう。もし、普通の微生物と深海微生物が遺伝的に異なっているならば、深海微生物が作り出す生体成分・酵素・抗生物質などにも変わったものがあるだろう。事実、微生物化学研究所の岡見副所長らは深海の放線菌などから新たな有用物質などを発見している。また、深海微生物の細胞膜成分として新たな脂質が発見されている。

今後、深海微生物は、その生理・生態、生化学、バイオ利用、研究手法・装置の開発などの多くの分野からアプローチされ、さらに深海底熱水活動の観点からも脚光を浴びることになるだろう（写真-1）。

GPS

深海研究部 松本 剛
Takeshi Matsumoto

GPS は、航海衛星からの電波を受信することにより、世界全域での高精度測位を可能とする航

法システムである。システム完成時には18個の衛星が上がるようになっており（図-1）、この

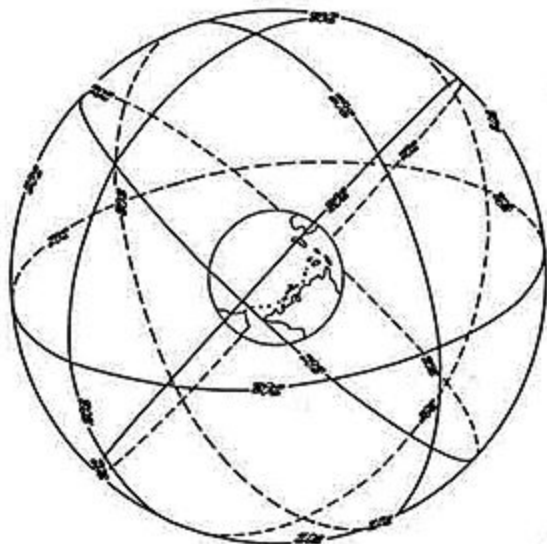


図-1 GPS 衛星の軌道

ち4個からの電波を受信して衛星からの距離（厳密には擬似距離，すなわち電波到達時間と光速との積）を測定し，受信点での3次元測位（緯度，経度，高度）を行う。これらの衛星は Navstar という名称で呼ばれている。4衛星の配置が良く，受信電波の状態が良いなど，条件が良ければ，常時精度30m以内で測位が可能である。衛星からの距離を測定する方式をとっているため，理論的には3衛星からの受信で十分であるが，受信機の時計の誤差を考慮に入れるため，通常はさらに一つ多くの衛星からの電波を受信する。完成時には，軌道高度約20,000km，周期が厳密に0.5恒星日（約11時間58分），軌道傾斜角50度の，昇交点経度の異なる6個の円軌道上に各3個の衛星が配置される。これにより，世界全域で常時4衛星以上が視野に入ることになる。しかし，GPS衛星の打上げが大幅に遅れているために，現在は10個が上がっているに過ぎず，現状ではGPS測位の可能な時間は1日のうち20時間弱となっており，完成は1991年になる予定である。完成までは測位の出来ない時間帯が存在することになるので，例えばNNSSやLORAN-Cとの複合測位によってしのぐことになる。ここで，測点の高度が分かっている，若しくは仮定値を与えることに

よって，3衛星による2次元座標の測定（緯度，経度）+時刻の測定を行うことが可能である。

一方，2衛星しか受信出来ない場合でも，正確な時計（セシウム発振器，ルビジウム発振器等）を装備してその信号を入力することにより，同じく2次元測位（緯度，経度）を行うことが可能である。GPS受信器の中には，基準クロックインターフェイスを実装して，クロック信号の入力によって2衛星受信時においても2次元（緯度・経度）測位を可能とするもの，すなわちLORAN-Cの ρ - ρ 航法用と同様な利用を可能とするものもある。この場合には，用いた時計（周波数標準）のドリフトに従い，見掛け上一方向に位置がドリフトする。そしてこのドリフト量は時間と共に増大する。

また受信器に船速・船首方位入力信号処理用インターフェイスを実装すれば，ジャイロ・ログ信号の入力によって，受信衛星数が1以下となった場合でも最新のFIXをもとにした推測航法が可能である。すなわち，NNSSと同様な利用が可能となる。

GPS衛星からの受信電波には，L1帯（1.5GHz）とL2帯（1.2GHz）の2種類の周波数帯が含まれる。そして，L1帯の方には，C/Aコード及びPコードと呼ばれる2種類のコードの情報が乗っており，L2帯の方にはPコードのみが乗っている。2種類のコードのうち，民用に開放されているのはC/Aコードの方であり，市販の受信器はその情報からフォーマットに従ってデータを読み取り，位置計算を行う。一方Pコードの方は軍用に限定されており，送られてくるコードの内容は機密扱いであるため，ほとんど暗号に近い。Pコードを用いる場合は，2周波を同時受信することから，電離層による遅延の効果を補正することが可能となる。その量は最大で2~3mに達するので，この場合には測位精度の向上が期待される。

測位精度を左右する要因としては、この電離層の影響の他、中性大気に含まれる水蒸気による遅延、衛星軌道の予測誤差が挙げられる。リアルタイムでこれらを補正することは困難としても、受信器から出力される全データを記録し、後に陸上局からの衛星の追跡により再決定された軌道要素や電離層・地球大気補正値を用いて船位を再計算することによって、精度を向上させることも可能である。

また、同一システムを複数台導入し、位置が精密に求まっている固定点と同時に衛星データを受信する、すなわちトランスロケーションを行うことによって、さらに1桁精度を上げる高精度測位システムに発展させることも出来る。また、2地点で衛星電波の位相差を測定することで、その基線の距離をmmオーダーで測定することに応用

することも可能である。この場合はPコードも利用が可能である。このような利用法を干渉法と称し、地殻変動測定に有効な手段である。

当センターにおいては、海中作業実験船「かいよう」によって、南太平洋、北フィジー海盆において日仏共同によるリフト系調査を実施することとなり、当該海域において既存のNNSS航法装置と併せた複合精密測位を行うため、1987年にGPS航法装置が導入され、GPS、NNSS双方のデータを同時に取得・処理・記録するシステムを新たに開発した。またその翌年には「なつしま」にも導入され、「しんかい2000」潜航行動や南太平洋海域のエルニーニョ調査などに活用されている。さらに、「よこすか」にも装備されることが決まっている。

海洋科学技術センター新理事長に内田勇夫氏就任

平成元年11月6日をもって理事長牧村信之氏の後任として、内田勇夫氏（前科学技術事務次官）が就任しました。

主な略歴

- 昭和31年 3月 東京大学農学部農芸化学科卒業
- 昭和48年 7月 米国日本大使館一等書記官
(翌49年に参事官)
- 昭和54年 7月 科学技術庁長官官房秘書課長
- 昭和59年 10月 科学技術庁研究調整局長
- 昭和61年 7月 科学技術庁科学審議官
- 昭和62年 6月 科学技術庁科学技術事務次官
- 平成元年 6月 科学技術庁顧問



(総務課)

「しんかい6500」最大潜航深度試験記録

深海開発技術部 中西 俊之 Toshiyuki Nakanishi

11時8分、「バラスト離脱装置の作動試験を開始します。」という山内船長の声を聞いて、私はすぐにも6,500mの深海底が見えるという錯覚をおこしてあわてて覗き窓にしがみついた。

潜航用バラスト（重錘）は海底からの高度が約70mで切り離される。バラストを切り離したあと、船長は手際よく中性浮力をつくり、着底前のトリム調整、機器の作動確認をすませ、視界に細心の注意をはらいながら潜水船を海底に近づけていく。バラスト離脱から十数分が過ぎ、ライトに照らされた白いマリンスノー混じりの緑の海水の下に海底がかすかに見えはじめた。6,500mへの長い道のりの終点に今たどり着くのである。

総合海上試運転が本年4月に開始されて以来、母船と潜水船の音響測位装置に予期せぬ現象が次々に発生した。音響測位システムは、6,500m潜水調査船システムのうちで最も早く設計検討を開始したが、総合海上試運転でなくては総合的な性能確認ができなかったため、問題点がこの時期に発生することは覚悟していた。とにかく関係者総員の努力で問題点の原因究明や対策を施し、次節の潜航試験において対策の結果を確認しながら最大深度潜航試験の日を迎えたのである。

8月11日8時37分、潜水船は最後の潜航試験のため着水した。海面に白波はあったが潜水船の動揺は気にならない。いよいよ試験最後の潜航が始まった。乗船者は山内船長（写真-1）、下門副操縦士（写真-2）と私（写真-3）の3名である。船内は内径2mの球殻内に種々の機器が装備さ

れているので、そこに3名の搭乗は窮屈なように思えるが、さほど窮屈さは感じない。船内温度計は23.7°C、湿度計は87%を示している。「しんかい2000」は船内の中央部から前方にかけて、操縦関係の主要装置を集中配置した操縦卓を置いているのに対し、本船ではこれらを球殻周辺に



写真-1 山内船長

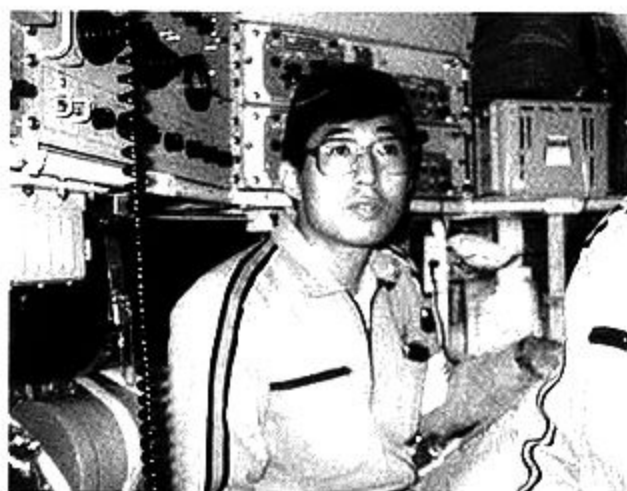


写真-2 下門副操縦士



写真-3 筆者

沿って装備しているので空間は「しんかい 2000」よりも広く感じられる。

当日の試験項目は、①最大潜航深度潜航試験、②深度計効力試験、③CTDV計（C：海水の導電度、T：海水温度、D：水深、V：海水中の音速）効力試験、④高度ソナー効力試験、⑤パラスト離脱装置作動試験、⑥トリム調整装置作動試験、⑦可変パラストタンク注排水試験、⑧水中通話機通話試験、⑨観測ソナー効力試験を実施することになっていた。潜航開始から次々に試験データの取得が行われる。

8時48分、水深200m、視窓の外は真暗になる。9時22分、潜水船は水深2,000mを通過し船内の温度は18.8℃、足もとが涼しくなってきたので私は防寒ズボンを着用した。「しんかい2000」ならここで着底であるが、本船はさらに潜航を続けている。10時22分、水深4,500mを通過したあたりから音響測位装置は海底に設置されている3本のトランスポンダからの応答信号を受信し潜水船の位置を液晶表示器上に表示をはじめた。測位位置はほぼ一点に集中しており、測位状況は良好である。

10時45分、深度計の水深5,514mの表示をみて、高度ソナーの効力試験がはじまった。ソナーは海底からのエコーをしっかりと捕え、液晶表

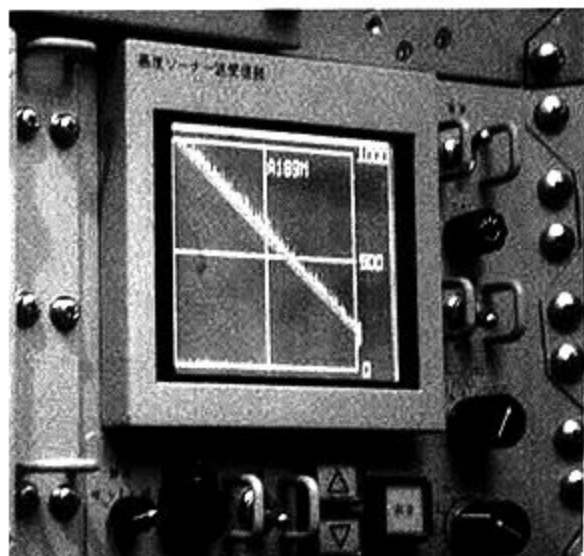


写真-4 高度ソナーの連続表示

示器はエコーを連続的に表示しながら海底に近づいていく（写真-4）。

「しんかい2000」では記録紙に記録する方式であったが、狭い船内で記録紙を交換する煩雑さを避けるために本船では記録紙表示を液晶表示に変えた。

高度ソナーの表示は高度3mで横ばいになる。この高度で、船長は海底の地形と海水の流れを確認し、潮流の流れてくる方向に船首を向け静かに着底した。船首を潮流の下側に向けると着底時に巻き上がる泥で視界がさえぎられるからである。

11時28分、ついに6,527mの深海底に到着した。深度計が6,527mを指示している（写真-5）。



写真-5 深度計による6,527mの数値表示



写真-6 深海底の生物、ウシナマコ的一种（手前）と、シンカイコシオリエビの一种



写真-7 潜水船の帰りを待つ人々（潜水船の覗窓から）

覗窓の外は光が届く限り灰褐色に見える微粒子の堆積物でおおわれた平野で、その先は真暗闇である。視距離は十数 m 程度で静寂の世界に潜水船の作動音だけが水中通話機を通して聴かれる。海底で出迎えてくれた生物は、真赤な 15 cm ほどのえび（ソコチヒロエビの一种）白いかみきり虫のようなえび（シンカイコシオリエビの一种）(写

真-6) 白いナマコ（ウシナマコの一种）とソコダラであった。

6,527 m に着底の報告がなされる。また母船の水中通話機で送られてくる三菱重工の村田技師長と時武深海開発技術部長の最大潜航深度を達成したお祝いの言葉が船内の拡声器に流れる。水中通話機の受信状況は良好である。

昼食もそこそこに、多岐にわたる試験項目を次々に消化している間にいつの間にか 2 時間が過ぎていた。海底における最後の作動試験である浮上用バラスト離脱も終わり、13 時 37 分に浮上を開始した。船内の温度計は浮上開始時は 12.2°C、浮上中さらに温度は低下し、水深 2,000 m のあたりで 11°C、浮上時には 11.5°C を示していた。

16 時 12 分に浮上、16 時 34 分に揚収が開始される。覗窓から見える母船の甲板には潜水船の帰りを待っている人々の姿が認められた(写真-7)。

これら船上の試験関係者の支援を受けて、最大潜航深度潜航試験が無事終了した。

潜水調査船「しんかい6500」センターに引渡される (「しんかい6500」及び「よこすか」の動静)

深海開発技術部

去る8月15日、潜水調査船「しんかい6500」は、すべての総合海上試運転を成功裏に終了し、支援母船「よこすか」とともに神戸に帰港した。それと同時に潜水調査船は、試運転後の調整及び引渡し前の整備点検工事に入った。観測調査機器を含むほとんどすべての機器の分解点検を行い、また外皮などの化粧・補修を行った後11月中旬に整備工事は完了した。その直前に予備品検査を含めた、監督員による最終検査が実施され、潜航支援システムを含む潜水調査船「しんかい6500」が健全なシステムであることが確認された。

また11月20日、21日両日には、契約担当役の指名する検査員である深海開発技術部、時武弘敏部長が、三菱重工業(株)神戸造船所において、潜水調査船の完成検査及び受領検査を実施し、その結果本物件が契約内容・仕様に適合した品質・性能を有することを確認・検証した。完成検査は実物検査を始めとし、海上試運転成績書を主体にした性能評価と検査統括表による品質保証履歴を含めた品質評価とを総合的に行い、所期の性能・信頼性を有することを確認した。特に海上試運転の結果、船型に関する抵抗が予想以上に低減されたため最大航走速度は、2.5ktから3ktに改められた。また受領検査においては、引渡し式に先立って、船舶検査証書、船級証書、船籍票、船舶手帳等の検査・受領が行われた。神奈川県には、「しんかい6500」は小型船舶第3410号として登録された。これら検査員による最終検査によって、文字通り、実質的に「しんかい6500」が契約内

容に適合するものとして検証され、受領されたことになる。また、同時に川崎重工業(株)によって製作された「しんかい6500」潜航支援システムについても同様に、11月21日に完成・受領検査が実施され、同様に検査員によって契約内容に適合したものと認められた。

これらの手続きを経た後、11月28日午後3時より、潜水調査船「しんかい6500」の引渡し式が三菱重工業(株)神戸造船所において挙行された。引渡し式は、関係者及び報道陣の見守るなか、海洋科学技術センター内田勇夫理事長と三菱重工業(株)松本 秀取締役神戸造船所長との間で引渡し書及び受領書が交換されることにより終了し、引続き同社より記念品として「しんかい6500」の1/10模型がセンターに寄贈された。

この6,000m級潜水調査船の開発には、昭和44年の海洋審の答申以来、実に20年の歳月を要したことになり感慨の深いところである。



写真—1 「しんかい6500」完成状態



写真—2 「しんかい 6500」 受領状況

なお、同日午前中には、「しんかい 6500」システムの一部である潜航支援システムが、センターを代表して中戸弘之理事に川崎重工業（株）から引き渡された。この潜航支援システムは音響航法装置等支援母船上の設備の一部として「よこすか」に装備された状態での引渡しとなった。

潜水調査船「しんかい 6500」は、海洋科学技術センターに引渡された後、来年4月に予定されている支援母船「よこすか」の引渡しまでの約5カ月間、建造所である三菱重工業（株）神戸造船



写真—3 「しんかい 6500」を背景に記念写真

所に保管されることになる。しかしながら、この間、運航部から運航・整備チームが派遣され、ドライダイブ（陸上模擬潜航）訓練及び整備訓練を実施し、平成2年度に予定される慣熟訓練及び平成3年度以降予定される調査運航に備えることになる。

一方、支援母船「よこすか」は、8月までの総合海上試運転を終了した後、所要の整備工事及び最後の化粧直しを進めているところである。

海洋科学技術センターへも、また建造造船所へも、「しんかい 6500」国内関連機関などからの調査見学の申し込みが頻繁と聞いている。既存の“しんかい 2000 システム”との効果的な、併行運用による調査成果が大いに期待されるところである。

第15回研究発表会を開催

企画室計画管理課

当センターでは、去る10月30日（月）、31日（火）の両日、東京品川のコクヨホールにおいて、研究発表会を開催した。開催初日には東京大学海洋研究所教授浅井富男氏の「気候変動における海洋の役割」と題した、特別講演が講演され、非常に興味深い内容であった。また、各研究部からは計25テーマの研究発表が行われた。今回の来聴者数は総数270名にのぼり、それぞれ各発表に対して活発な意見や質問の交換が行われ、盛況のうちに閉会した。

なお、各研究部ごとの発表題目、発表者及び発表概要は、以下のとおりである。

1. 深海研究部

(1) 深海底長期観測ステーションの開発等と深海調査研究について（堀田 宏）

近年の海洋研究の中で、特に深海に関する研究においては潜水調査船の役割は極めて多くなっている。しかし、それによって得られる情報は非常に短時間のものであるため、海底に長期観測ステーションの展開が強く要望される段階に至っている。そこで、深海底長期観測ステーションの開発計画及び深海調査研究のかかわりについて、その概要を報告した。

(2) 沖縄トラフにおける深海曳航調査及び「しんかい2000」による潜航調査結果について（門馬大和）

沖縄トラフ中軸部において深海曳航調査及び「しんかい2000」による潜航調査を実施している。ここでは、伊是名海穴及び伊平屋海嶺において従来より得られていた結果に加え、新しく発見された知見について報告した。

(3) 北フィジー海盆におけるフランス潜水調査船「ノチール」による潜航調査について（田中武男）

リフト系の地質・地形・生物活動の解明のために南太平洋の北フィジー海盆において日仏共同調査が行われて今年度で3年目にあたる。この間、当初の期待どおり海底熱水活動とそれに伴う熱水沈澱物、生物群集が発見された。これまでの調査経過及び結果について報告した。

(4) 南奄西海丘における熱水湧出現象に伴う深海生物群集について（橋本 惇）

1988年～1989年、奄美大島西方約140kmに位置する南奄西海丘において、熱水湧出現象とそれに伴う深海生物群集を対象とした深海曳航調査と「しんかい2000」による潜航調査を実施した。それらの調査の結果得られた知見について報告した。

2. 潜水技術部

(1) 300m潜水技術開発（ニューシートピア計画）の成果について（中野勝利）

水深300m潜水技術の開発・実用化をめざした「ニューシートピア計画」は、昭和60年7月に水深

300 m の海底に到達し、現在は広がりのある作業域対応技術の確立のための海域実験に取り組んでいる。これまでの成果の概要と今後の計画について報告した。

(2) 深海潜水作業時のダイバーへの温水供給方法について (福田俊一)

「ニューシートピア計画」の潜水実験で行われてきた「潜水作業中のダイバーのために、温水供給により潜水球の温度環境を管理する方法」の研究において供給温水の温度・流量設定要領、潜水中の各部の温度、等について得られた知見を報告した。

(3) 無人機ホーネットのランチャーシステムへの改造について (岡本峰雄)

海中作業実験船「かいよう」での深海潜水を監視するために開発したホーネットランチャーシステムについて、概要を報告した。

(4) 潜水漁業従事者の潜水と難聴の関連について (竹内久美)

潜水漁業従事者の潜水と難聴の関連について調査を実施し、潜水漁業従事者に多くの難聴者が存在するという調査結果を得たので、その概要について報告した。

(5) 魚類加圧水槽内での水棲生物の飼育について (山田 稔)

加圧環境下で魚類等の水棲生物を飼育できる魚類加圧水槽を開発し、これまでマダイ、ヒラメ、アワビなどを水深 30 m 相当圧で長期飼育して水圧、高溶存酸素量の影響調査、及び加圧水槽の性能を確認し、この概要について報告した。

3. 海洋開発研究部

(1) 地球科学技術と海洋観測技術の今後の方向について (石井進一)

海洋は地球環境へ大きな影響を及ぼしているが、地球環境を成立させているものの中で、最も未知の分野が多いといわれている。現在、地球の温暖化等の現象を解明するために、新しい海洋観測技術の開発が急がれている。そこで、これまでの海洋観測技術の問題点と今後開発すべき観測技術について検討を試み、その概要を報告した。

(2) 三次元波発生に用いる多連型造波装置に関する研究 (宮崎武晃)

実海域の波浪は波高、波周期、波向きが不規則に変動する。試験水槽内では、多連型造波装置による幅の短い造波体を適当に位相差をつけて造波を行えば発生することができる。この研究では、小規模の多連型造波装置を用いて、波高と波高に関する基礎的な造波特性を把握し、実験結果との比較を通して造波特性表現理論の有効性を実証し、その概要について報告した。

(3) 沖ノ鳥島におけるエネルギー自給型自動気象・海象観測装置の設置について (鷲尾幸久)

沖の鳥島を西部太平洋の観測ポイントの一つと定め、ここで長期無人で観測するために開発された、自然エネルギーを利用したエネルギー自給型自動気象・海象観測装置についてその概要を報告した。

(4) サンゴ礁造園技術に関する沖縄県との共同研究について (大西 毅)

サンゴ礁の回復を促進する技術の開発を目的として、沖縄県と共同で進めている「サンゴ礁造園技術の研究開発」について、その概要を報告した。

(5) マイクロ波ラジオメトリー観測による氷海～大気間熱輸送量の推定方法について

(佐々木保徳)

マイクロ波ラジオメトリーの研究は、マイクロ波を使って雪氷観測を行うことにより、氷及び氷上冠

雪を通して大気と海水との間で交換される熱的プロセスを明らかにしようというもので、航空機及び衛星マイクロ波ラジオメトリーによる観測手法の概要について報告した。

(6) 陸上型深層水利用システムについて (豊田孝義)

富栄養、低温、清浄等の特性を持ち、生物生産、エネルギー回収等に利用価値が高い海洋の深層水を陸上に供給する装置が高知県室戸市に完成し、本年度から深層水利用技術の実証実験が開始されたので、この概要について報告した。

(7) 中・西部赤道太平洋の海洋表層における熱バランスの計算結果について (安藤健太郎)

熱帯域海洋混合層における熱輸送の精密観測研究の一環として、センターで開発した音響ドップラープロファイラー等による海上気象の連続観測を実施し、これらの資料を用いて海洋表層の熱バランスに関する収支計算を行い、その概要について報告した。

(8) 海洋音響トモグラフィ観測システムの音源・受波器の最適装置について (中埜岩男)

海洋音響トモグラフィ観測システムを構成する上で、音源及び受波器の個数をどの程度にするかは重要である。簡単なモデルを用いて、音源の個数に対応する最適配置を検討し、音源4~8個の場合について最適配置が得られたので、この概要について報告した。

4. 深海開発技術部

(1) 深海調査システムの開発について (時武弘敏)

「しんかい6500」システムの開発経緯を中心として、センターにおける深海調査システムの概要について報告した。

(2) 「しんかい6500」の要素技術の開発について (高川真一)

平成元年8月11日に水深6,527mの海底に着底して深度記録を達成した潜水調査船「しんかい6500」に用いられている主要な要素技術について、問題点とそれをどのように解決したかという点に力点をおいて報告した。

(3) 「しんかい6500/よこすか」の音響機器について (土屋利雄)

潜水調査船システムでは、潜水船と母船の音響測位がシステムの運用上不可欠であり、「しんかい6500/よこすか」で用いられた音響測位方法及び機器について、その概要を報告した。

(4) 音響インテンシティ法による海洋調査船「よこすか」の雑音計測結果について (佐野 正)

6500m潜水調査船支援母船「よこすか」の建造上の最重要課題であった水中放射雑音低減化の達成度をチェックするために水中音響インテンシティ法による雑音計測を行い、その結果の概要を報告した。

(5) 海中作業実験船「かいよう」の船体運動特性に関する調査研究について (高橋憲二)

半没水双胴船という特殊な船型をもつ海中作業船「かいよう」の船体運動特性を調査するため、波入力と船体運動及び船体構造応力との関係を計測・解析する船体運動解析装置を製作し、実海域での調査と平行して応答特性を解明したので、この概要について報告した。

5. 運航部

(1) 海洋調査における船舶の効率的活用について (濱田 馨)

海洋調査において欠くことのできない海洋観測船は世界的にも非常に不足しており、各国ではこれの

国際的共同利用について協議を始めている。当センターもこの会議に参画し、船舶の有効利用を検討しつつあるのでその動向について報告した。

(2) 無人探査機「ドルフィン3K」によるシロウリガイ群集の定点調査について (内田徹夫)

1988年8月、無人探査機「ドルフィン3K」を用いて、相模湾沖ノ山堆の冷水湧出帯に生息するシロウリガイ群集に定点を設け、以来潜降調査を続けている。これまでの調査概要及び得られた知見について報告した。

6. 電子計算機室

(1) 海洋科学技術センターにおける船舶運航情報等のデータベースの構築について (原 俊明)

海洋科学技術センターが蓄積する海洋科学技術に関するデータを有効利用するためのデータベースとして、昭和62年度から、これまでに次の二つのシステムを構築したので、その概要について報告した。

① MAST-DR

各種データや書類等の所在情報の検索システム

② MAST-VOYAGE

当センター所有船舶の運航に関する情報の検索システム

第6回「しんかい2000」研究シンポジウムを開催

深海研究部

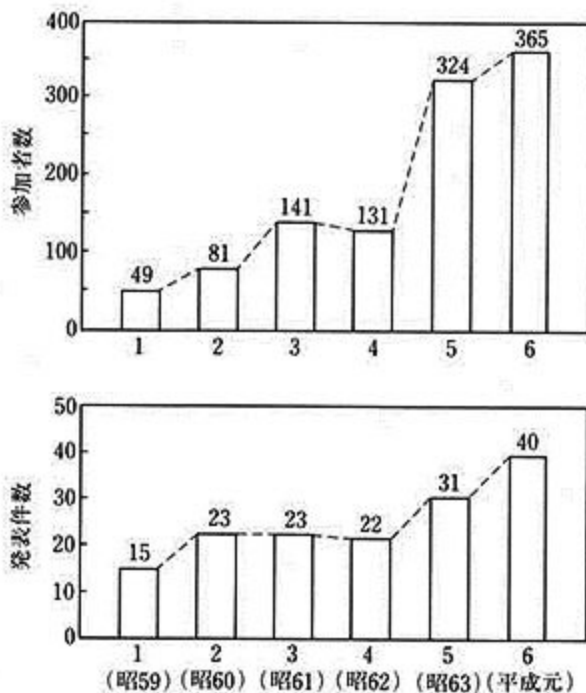
当センターの潜水調査船「しんかい2000」は、平成元年までに通算455回の潜航を行い、各研究分野において多くの成果を上げている。この成果発表の場として、「しんかい2000」研究シンポジウムが昭和59年度から設けられているが、本年度(第6回)は11月30日・12月1日の両日に御茶の水の日仏会館にて開催された。

今回のシンポジウムでは、40件にも上がる発表があり、2日間のプログラムで休憩・昼食に計2時間余りを確保するのがやっとだった。このような稠密なプログラムにもかかわらず、早朝から夕刻まで熱心な発表と質疑応答が行われた。

第1日目、9時半という早い時刻にもかかわらず大勢の方々をお迎えして、内田理事長が開会の挨拶を行った(写真-1参照)。この中で本シンポジウムは関係各界からの御支援の賜物としての成果発表の場であることなどが紹介され、会場は早くも期待感に包まれた。続いて堀田深海研究部長による潜航調査の概要説明の後、主に今年度を実施した潜航調査の成果について、各研究機関の研究者から多方面にわたる発表があった。特に“黒い熱水”を噴出するチムニー(ブラックスモーカー)の発見など、沖縄トラフに関する発表が全体の40%(16件)にも達し、“熱水ブーム”なお健在の感を強くした。また、伊豆・小笠原島孤や隠岐海嶺、駿河湾などで行われた潜航調査についても、生物科学・地球科学の分野から発表があった。



写真一 開会の挨拶を行う内田理事長



図一 参加者数・発表件数の推移

第2日目には、調査手法に関する発表の後、新たに熱水活動が確認された南奄西海丘（沖縄トラフ北部）、最近プレート境界として認識されつつある奥尻海嶺（北海道西方）、プレート境界域として多分野から集中的に調査されている相模湾などで行われた潜航調査の成果が発表された。

全体として、“熱水噴出”や“冷水湧出”など、テクトニックな活動に伴う地質現象や地球化学的特性、生物・微生物の生理生態についての成果発表が多かった。また、地球物理学や生物地理・水産関係の研究など、地味ながら重要な発表もあり、本シンポジウムが我が国の深海研究会とも呼べる組織になりつつある印象を受けた。

さて、参加者数だが、今回は365名（外部から257名、センター内から67名）と、最高記録を更新した（図参照）。これは、過去5回の記録から統計的に推定した人数よりもやや少ない値ではあったが、(1) お馴染みのコクヨホールから日仏会館へ場所が変わった、(2) 国際生物学賞記念シンポジウムや創造科学研究報告会など全国各地で多くのシンポジウム・発表会が開催されており“お客様”の奪い合いになった、というような逆風が吹き荒れていたことが原因であろう。しかし、この逆風の中での記録更新は、関係者の尽力もさることながら、いかに本シンポジウムが期待されているかを物語るものである。ちなみに、第1回から第6回までの参加者数の増加は、微生物の増殖モデル ($y = a \cdot b^{x-1}$, y は第 x 回における参加者数, a 及び b は定数) で表されることが分った。すなわち、 $y = 52 \cdot 1.5^{x-1}$ という式が得られた ($r^2 = 0.942$, 1% 水準で有意)。このモデル式から来年度（第7回）の参加者数は592名と予測されるが、この予測が当たるか外れるか、来年度が楽しみである。

参加者数と同様に、発表件数も最高記録が更新された（図参照）。昨年度初めて30件を越えたと思ったから、今回はあっさりと40件の大台に乗ってしまった。この様相はまるで微生物の増殖である。すなわち、第1回から第4回までが“誘導期”，第5回から“指数的増殖期”に入ったと考えられ、今後、潜水調査船による研究成果の爆発的増加を期待させるものである。

しかし、今回のシンポジウムの特徴は記録更新という数の問題だけではない。シンポジウム2日目、中戸理事は閉会の辞で「発表件数、参加者数の増加もさることながら、内容の充実が目覚ましい」と述べ、大きな期待を今後に託した。われわれを始め各分野の深海研究者は、この大きな期待に応えるべく、研究にさらに精励する所存である。

■ 英国海洋研究所フレミング博士との懇談 ■

潜水技術部 沼田 光政 Mitumasa Numata

Nicholas Coit Flemming (ニコラス・C. フレミング) 博士は名古屋における国際会議出席のため来日され、この機会をとらえ去る11月10日当センターに来訪された。博士は現在、英国国立海洋科学研究所の部長を務めるとともに1987年8月よりサッチャー首相の科学技術補佐官として、また、教育科学省科学技術調整委員会のメンバーとして海洋分野で活躍しておられる。

ケンブリッジ大学在学時にはスクーバ潜水による水中調査、大学院においては海洋地質学を専攻され、これらの関連から水中考古学にも種々の調査・研究を行い博士自身も潜水を行ってきた。ギリシャ・エラフォニソスでは単身潜水し世界最大最古の海底都市を発見、また、著書としての“海底都市”は水中考古学や水中調査を行うダイバーにとって価値のあるものとなっています。

センターにおける主な話題は、日英の海洋分野（主に潜水調査について）についての交流を目的としてであり、潜水技術部、深海研究部及び企画課の研究者との懇談を行い、席上における話題は、

1. 潜水技術について

深々度における飽和潜水作業は、安全確保上の費用やダイバーの長時間拘束の問題から将来は技術進歩が進んだ無人機により実施される作業の増大が予想される。また浅海域における潜水作業ではプラットフォームの保守、水中溶接等で複雑な作業が要求され無人機では機能的に不十分となりダイバー作業



英国研究者 ニコラス・C. フレミング博士

の増大が予想される。特に北海でのコンクリート構造物の検査、水中溶接及び重量物の設置・回収については今後の研究課題としており外国の研究者と協力して取り組んで行きたい旨の提案があり、日本との研究協力の基本的事項についての意見交換が行われた。

さらに、センター側からは、潜水作業はダイバーによるもののみでなく、無人機及び大気圧潜水服利用等、総合的海中作業として発展させ、より安全で効率の良い潜水作業に関して研究・開発を進めていること、また、今後の実験においても重量物の設置・回収等の海中作業について研究開発を予定していることを説明し、協力体制としては、現在米国と行っている UJNR のようなものを確立して、そのチャンネルで情報交換、研究者交流、共同研究等進めて行くことが良いのではないかと提案をした。

2. 有人潜水船について

博士より、耐圧殻内のリアルタイムモニタリング装置や母船とのデーター伝送等の通信手段についてセンター側の潜航実績に基づく意見が求められ、また、英国の研究者の中には「しんかい 2000」や「かいよう」に乗船して太平洋海域の観測をしたい希望があるがセンターはどのような形で研究員を受け入れているか、等の質問が出された。

これに対してセンター側は、通信の一例として水中画像伝送の研究をすすめていること、また外国研究者については、ハワイ大学研究者の「しんかい 2000」への乗船の一例を示すとともに、潜水で話題となった UJNR のような組織をもって、その場で話題として進める有効性を伝えた。

3. 無索式無人潜水機について

センターの取り組みについての質問があり、センターの研究状況を伝えた。

最後に、博士より在英日本大使館を通じて、日英科学技術の交流を促進したい旨の意向が示された。

なお、3時間余の限られた訪問時間であったにもかかわらず懇談、及び「潜水シミュレータ」及び「しんかい 2000」等の施設見学を行いセンターを後にされた。



宇宙マイクロ波ラジオメトリー研究者を招へい

海洋開発研究部 佐々木 保徳 Yasunori Sasaki

当センターでは、国際交流及び海外の地球科学技術情報収集の一環として、外国の研究機関等から研究者、技術者を招へいしている。

平成元年度は、11月13日～17日までの5日間、米国ミシガン大学電気電子計算機科学部教授であると同時に、NASAの出資で同大学に併設されている宇宙テラヘルツ工学研究センター理事であられる Fawwaz. T. Ulaby (フォワッツ・T・ウラビー) 博士をお招きした。

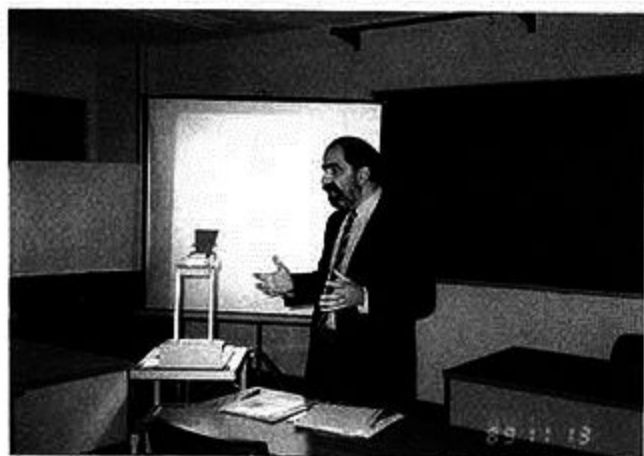
博士は、マイクロ波ラジオメトリーによる地球観測法の研究、マイクロ波工学、電子計算機による情報処理技術では米国のみならず世界をリードする立場にあり、発表論文は400編を超える。そして、世界最大の学会である電気・電子科学者連合 (IEEE) 中の地球科学・リモートセンシング関係論文誌の編集責任者でもあられる。現在は、将来 NASA (米国航空宇宙局) でさらに高周波マイクロ波帯であるテラヘルツ帯を地球も含めた惑星大気観測に応用すべく、テラヘルツ帯の技術開発を目的とした研究を進めておられる。

11月13日には、当センターで、テラヘルツ帯による地球上層大気観測と題して講演して頂いた。折しも、地球環境問題に対するアプローチが人々の大きな関心事となっており、センター外部からも聴講者があった。講演では、①テラヘルツ工学とは何か (むしろ電波天文学としてとらえるべきである)、②従来のマイクロ波帯や赤外域と比べてテラヘルツ帯はどんなメリットをもたらすか、③衛星から観測することになるが、その方法は？、④電気・電子工学上の問題、などについて述べられ、先端技術開発の現状に触れることができ、大いに有意義であった。海洋開発研究部でもマイクロ波による海洋、海上大気及び海氷雪域等の海洋環境観測技術の研究を進めているが、これに続く次世代観測技術としてやはり開発に着手したいと考えており、非常に参考になった。また、海洋開発研究部で開発中の航空機搭載

型多周波マイクロ波放射計に関してもハードウェア、搭載に適した航空機などに関し貴重な助言を頂いた。

その後、京都で開催された国際シンポジウムでは、能動方式のマイクロ波観測に偏波の回転効果を利用することを試みる新しい方式の提案をされた。併せて、当センターの研究成果の発表に関しても批評を受けた。

なお、この招へいは平成元年度 (財) 日本船舶振興会補助事業として実施したものである。



米国研究者 フォワッツ・T・ウラビー博士

ポルトガル・波力エネルギー研究者による講演

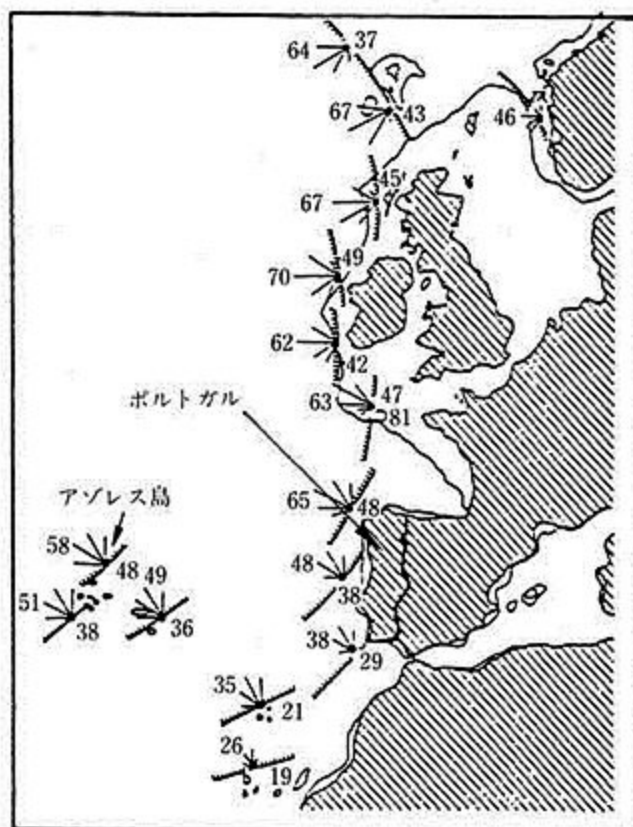
—ポルトガルにおける波力エネルギー利用について—

海洋開発研究部 宮崎 武晃 Takeaki Miyazaki

Mrs. Teresa Pontes (テレサ ポンテス) 女史は、神戸で開催される ISES Solar World Congress '89 出席のため来日され、この機会をとらえ、去る 9 月 13 日当センターに来訪された。

女史は、ポルトガル産業省・国立産業工学研究所 (LNETI) における波力エネルギー利用プロジェクトの Co-Head の任にあり、現在精力的に推進しているポルトガル波力発電実証実験の中心に位置される方です。

ポルトガルの波力発電研究の歴史は日本、英国、ノルウェーに比べ新しく 1978 年の開始です。そのころ、日本では“海明”波力発電装置による日本海での海域実験を実施中でした。ポルトガルの電力事情は石炭・石油による火力発電が主ですが、これだけでは国内需要を満たすことができず、フランスから電力を輸入しています。輸入するための送電線はスペイン国内を通過しており、安定した経済活動を維持するためには、国産エネルギーが不可欠です。幸い、ポルトガルの波エネルギーは西ヨーロッパで英国に次いで大きく、沿岸に押し寄せる波力は年間平均で海岸線 1 m 幅当たり 30 kW と大きい、特に大西洋上の島では 50 kW/m を超える所もある。ちなみに日本沿岸では約 10 kW であり、その大きさに



図一 西ヨーロッパの島々の波力エネルギー (kW/m)

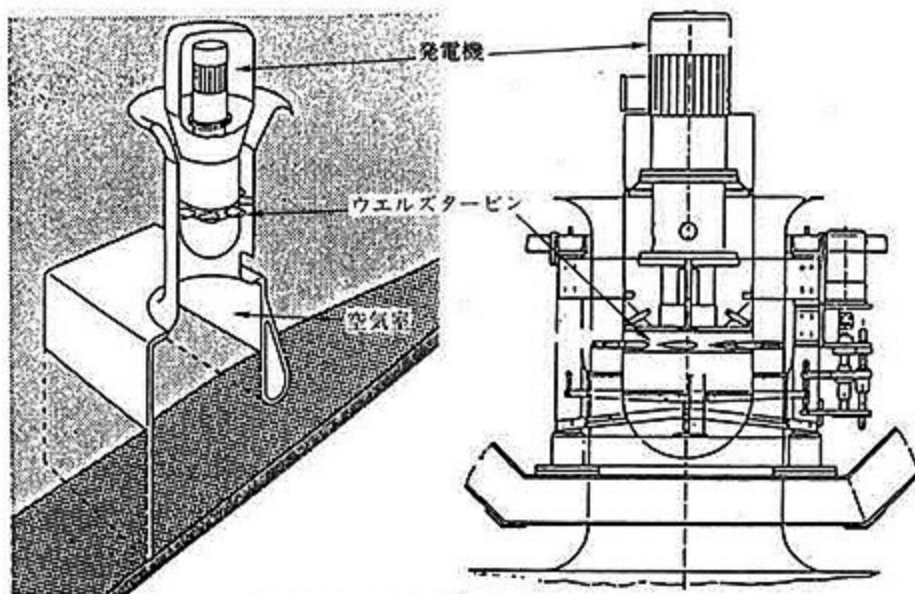


図-2 空気タービン方式波力発電装置

驚かされます。

女史はまず沿岸の波力の量を数年間計測し、実証実験のための海域の選定を行いました。波力発電に関する一般的な見解は、離島や僻地の電力源として固定式波力発電は技術的に確立し、経済的にも成り立つとされており、ノルウェーではインドネシアやトンガに波力発電装置の建設を始めている状況です。そこで女史は図-1に示す人口15,000のアゾレス島を実証実験地として選定しました。この島の電力はディーゼル発電であるため、この系統と波力発電を結び運転する計画です。

波力発電の方式は多数ありますが現在最も信頼性が高く経済的な方式は、当センターがこれまで技術の確立を行ってきた、空気タービン方式です。女史は図-2に示す空気タービン方式の波力発電装置の建設を決定し、空気室の研究を行い、一方、空気タービンはリスボン大学の協力を得て開発を実施しました。空気タービンは空気室で発生する往復の高速空気流中でも常に一方向に効率よく回転するウエルズタービンであり、これは当センターが“三瀬”沿岸固定式波力発電装置や“海明”実験で実用化に導いたタービンと同じものです。リスボン大学ではタービンのエネルギー変換効率をさらに向上させる目的で、タービン翼の傾斜を積極的に制御する方式を検討中です。この制御は空気室に作用する波を予測する必要がありますが、これは私達が以前検討した位相制御に近いもので、波の予測に関する確立した方式がなく、翼制御による効率向上は困難と思われる。

女史は約1時間にわたり特別にポルトガルにおける波力エネルギー利用について講演をして下さり、ポルトガル政府の波力発電に注ぐ熱意を示していただいたとともに研究者間の意見交換においては、研究開発に対する旺盛な意欲と沈着冷静な判断力を発揮され、相互に意義のある意見交換が行われました。

当センターの波力発電に関する研究においても、これまでの発電のみの研究から前進し、波力エネルギーを利用した海洋空間の総合開発を目指しています。これは沖合に設置した浮体式波力装置で波エネルギーを吸収し電力や圧縮空気に変換し目的に応じて周辺施設に供給します。この波力装置は高い消波機能を備えているため、装置の背後に広大な静穏海域を創成します。特にこの装置は浮体式であるため、海水の交換を妨げず、水質や生態系に悪影響を及ぼしません。日本沿岸は波浪が障害で利用されない海域はたいへん多く、ここに浮体式波力装置を置くことにより新しい産業を起こすことさえ可能な装置で

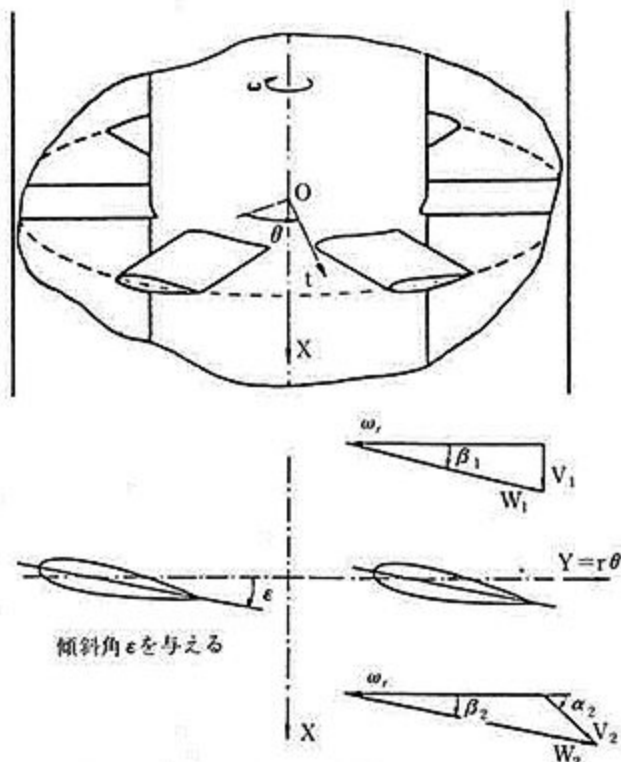


図-3 翼傾斜を制御するウェルズタービン

あり、現在多方面からの研究を実施中です。

当センターの波力研究にもポンテス女史のような情熱と研究意欲旺盛な女性研究者の進出により、多岐にわたる波力エネルギー利用技術の研究がより広範な海洋空間の利用へと発展することを期待します。

カナダ国立海洋科学研究所研究者による研究紹介

深海研究部 満澤 巨彦 Kyohiko Mituzawa

David Farmer (デビッドファーマー) 博士は、11月1日当センターに訪された。

博士は現在カナダ国立海洋研究所 (I.O.S.) の海洋物理部門の研究者であると同時にヴィクトリア大学の教授でもある。

センターにおいては、博士の研究題目でもある「Role of acoustic method in the Ocean study (海洋研究における音響計測手法の役割)」について講演していただいた。

講演内容は、海洋中のある流れ場についてハイドロフォンアレイを対峙して設置し、発生させた音響信号の伝播形路内の流れ、水温の微細構造及び大規模構造を同時に観測できる“Acoustic scintillation法”の原理、観測システム等を中心に行われた。講演後は、センターの水中画像伝送システムや音響トモグラフィー及びスライド式高速曳航体による黒潮の観測等の担当研究員らと情報交換が行われた。また限られた訪問時間であったにもかかわらず「かいよう」「なつしま」等の施設見学を行いセンターを後にされた。最後に博士には先日、OCEANS '89 調査団の一部団員がカナダ国立海洋研究所 (IOS) を訪問した時に同研究所を案内していただいております、大変お世話になったことをつけ加えたい。

深海開発技術部中西俊之氏大臣表彰される

情報室

海洋科学技術センターが建造していた潜水調査船「しんかい 6500」は、去る8月11日同船の試験潜航において現役潜水船では世界最深の6,527 mを達成した。この快挙を讃えて10月13日齊藤栄三郎国務大臣・科学技術庁長官が、当日潜水調査船「しんかい 6500」に乗船した当センター深海開発技術部第2研究グループ主幹中西俊之氏他3氏を表彰した。

なお、同氏から「「しんかい 6500」最大潜航深度試験記録」体験記を本号のトピックス記事で紹介していただいている。



齊藤国務大臣・科学技術庁長官より表彰を受ける中西研究主幹（右から3人目）



表彰後、齊藤国務大臣・科学技術庁長官と懇談する中西研究主幹（左から1人目）

情報室からの案内

昭和63年度当情報室において実施いたしましたレビュー調査の報告書ができあがりました。

以下題名を列挙いたしました。

- 1) 海中計測技術の動向調査報告書
- 2) 無人海中作業技術の将来展望に関する調査報告書
- 3) 洋上人工島の需要と技術に関する調査報告書

編 集 後 記

本号の冒頭に年頭所感として、「海洋科学技術センターの益々の御発展を願って」と題する東京大学名誉教授の奈須紀幸先生のお言葉を賜った。先生には、ご紹介するまでもなく、政府の海洋開発審議会会長のご要職に、また従来から当海洋科学技術センター評議員、さらに、本誌上にご連載下さって、いよいよ佳境に入られた「海に魅せられて半世紀」のご執筆者でもあらせられる。ご多忙中にもかかわらず、将来のセンターに明るい未来をお約束下さった。今後とも暖かいご支援、ご鞭撻をいただけるものと期待するとともに先生に改めてお礼を申し上げます。

我が国の深海ベントス研究の系譜について、ご活躍の東京水産大学の奥谷喬司先生にご紹介いただいた。読者の皆様から海洋生物関連の記事の掲載を要望されていたが今回先生にお願いし、お聞きとどけていただいた。改めてお礼を申し上げます。

先般、編集子は米国シアトルで開催のOCEANS '89の調査団の一員に加えていただき、同国際会議出席と米国・カナダの海洋関連の政府研究機関、研究所、大学並びに企業等を訪問させていただいた。グローバル・オーシャンが中心テーマの会議であったが、訪問した研究機関のいずれもが、地球環境変動現象の解明を中心課題に置き、ユニークでしかもかなり進んだ研究をしていると実感した。また、研究者から尊敬されているほど優れた技術者がおられる現場を幾つかの研究機関で見た。したがって、本格的な科学研究とそれを支える技術者がお

り、これら研究成果がただちに確固とした技術となり、求められれば、国の内外にその技術移転がスムーズに行われる。このようなサイクルがいずれの研究機関においても上手に推進されているとの印象を得た。さらに、研究者も技術者も彼等の役割は何であり、それに十分役立っていると自負していることであった。以上の感想は調査団のメンバー全員がほぼ同じように持ったもので、メンバーの一人であった当センター深海開発技術部の浜口秀一郎氏（現三菱重工業(株)）と海洋開発研究部の安田哲也氏が、それぞれ別個にセンターニュース「なつしま」（No. 103, 昨年11月刊）と本号にコメントを寄せられておられるのでご参考に、また、詳細は近々印刷されるOCEANS '89調査報告書をご覧いただきたい。

さて、前々から要望していた本誌の表紙写真も、刊行物編集委員会の決定どおり、各部室の協力を得て、本号から毎号変えていくことになり、最初は深海開発技術部から頂戴した「しんかい6500」の写真となった。表紙写真並びにその説明も本誌記事と同様、本誌の性格を考えて、編集スタッフ一同、十分心して決めていきたいと考えている。

以上、編集子がまたまたかなり勝手な意見を述べたが、お許しを乞う次第であるとともに、本号発行に当たり、ご執筆、ご協力をいただいた関係各位に改めてお礼を申し上げます。（S生）

刊行物編集委員会委員及び作業部会専門委員

委員長	問山 隆 (理事)	作業部会長	須崎 祐吉	
委員	中野昭二郎 (総務部長)	専門委員	橋 拡政	宗山 敬
	若狭将治 (企画室長)		西田光紀	中島敏光
	堀田 宏 (深海研究部長)		辻 義人	伊藤信夫
	時武弘敏 (深海開発技術部長)		大塚 清	橋木暢雄
	石井進一 (海洋開発研究部長)		岩井芳郎	喜多河康二
	中野勝正 (潜水技術部長)		青木太郎	川名生修
	濱田 馨 (運航部長)			
	須崎 祐吉 (情報室長)			

JAMSTEC 第2巻 第1号 (通巻第5号)

1990年1月1日 発行

編集兼発行人	海洋科学技術センター情報室
本部	〒237 横須賀市夏島町2番地15 TEL (0468) 66-3811 (代)
東京連絡所	〒105 東京都港区新橋2-6-1 新橋太陽ビル6階 TEL (03) 591-5151 (代)
製作・印刷	(株)技報堂 代表 山下忠治 〒107 東京都港区赤坂1-3-6 赤坂グレースビル TEL (03) 583-8581 (代)

