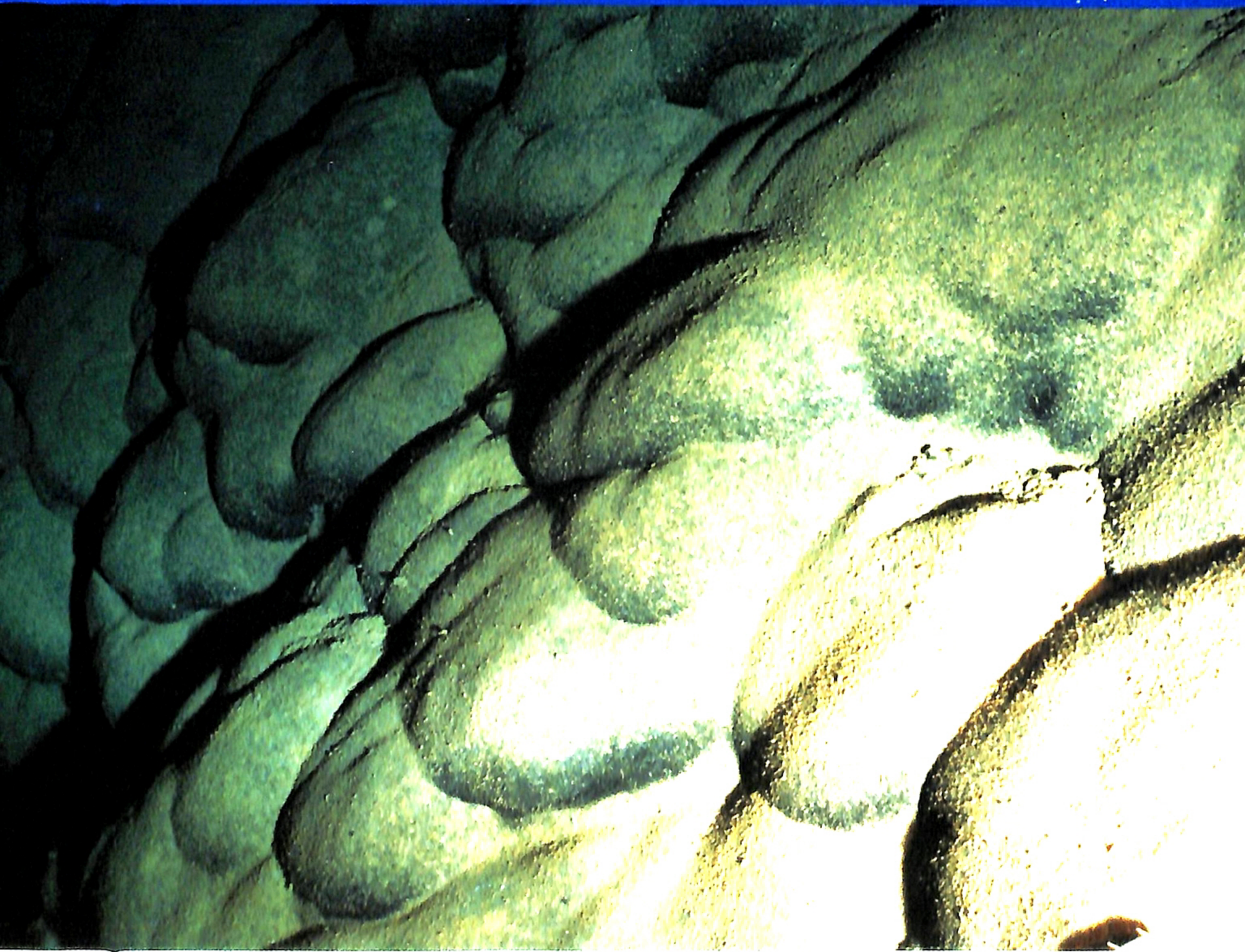


JAMSTEC

1992年 第4卷 第4号 (通巻第16号)



海洋科学技術センター

目 次

海洋研究者への果し状 —化学海洋学 30 年から—		角皆 静男…………… 1
米国 JGOFS, EqPac プロジェクトについて	深海研究部	日下部正志…………… 9
我が国 6,000 m 級深海潜水調査船開発の黎明期		大野 壇……………15
地球深部への旅 (その 8)		南雲昭三郎……………23
海に魅せられて半世紀 (XVI)		奈須 紀幸……………32
海のアソロジー (2)	深海環境プログラム	長沼 毅……………40
運航チームからの体験談 (その 1)	運航部	段野 洲興……………41
北極研究のための大型潜水船利用		情 報 室……………44
海外出張・海外調査団報告		
インドネシアの海洋研究機関を訪問して	国際課	粟島 裕治……………52
ROV「VENTANA」調査航海記 ～MBARI ROV 調査潜航と「NEW VEHICLE」計画について～	運航部	内田 徹夫……………53
当センター研修・施設・機器等紹介		
しんかい 6500	運航部	田代 省三……………61
研究機関・学協会等の紹介		
実験生態系を中心とした北米での沿岸海域の環境研究の動向	海域開発研究部	伊藤 信夫……………66
用語解説		
付加体	深海研究部	田中 武男……………71
トピックス記事		
海洋科学技術センター新理事長に石塚 貢氏就任		総 務 課……………72
第 9 回「しんかいシンポジウム」開催の案内		深海研究部……………73
第 18 回研究発表会の開催案内		計画管理課……………73

編集後記

海洋研究者への果し状 化学海洋学30年から



北海道大学教授 角皆 静男
Shizuo Tsunogai

略 歴

1938年 静岡市生まれ
1966年 東京教育大学大学院理学研究科化学専攻
博士課程修了
1981年 北海道大学水産学部教授
1984年 日本海洋学会賞受賞
1990年 日本地球化学会賞受賞
IGBP-SC (科学委員会) 委員
GCOS-JSTC (合同科学技術委員会) 委員

まず、少々穏やかならぬタイトルをつけた理由から説明したい。

我々の学問、地球科学は、多数の因子が複雑に絡み合った系を取り扱っており、完全なものを描き出すことはほとんど不可能である。つまり、多くの理論は不完全であり、得られた結果の選び方によっては、ほとんど正反対の結論を得る場合さえありうる。特に、1つの基礎科学のみ学び、それを応用して地球の問題を解こうとした場合、往々にして誤った結論を導く例があるようにみえる。ここではそのような例を挙げてみようと思う。誤ってしまう原因は、視野が狭いため、それが関わる重要な因子を見落してしまうためだろう。

私自身、視野が広いと自信をもっていえる状態には到底およばないが、化学の中であって、地球表層のことなら生物系、物理系、地質系のいずれにも関心をもってきたつもりである。また、理学部の化学科に学びながら応用科学である水産学部の中にいると、常に自分の学問を複眼で見ながら自分の立場を意識せざるを得なくなる。そのよう

な状況に置かれると、地球環境問題のように、ある程度ゴールがわかっている、既存の結果を十分に吟味したうえで、これなら、このやり方で、このようにやってみようと思うことは、ごく自然なものとなる。これに対し、純粹に理学部的研究においては、過去の延長線上にゴールがある。それで、環境科学などは学問ではないということになるし、単純に扱える地球科学のみを対象とするようになる。なお、当然のことながら、理学部でも地球の方からこの学問に入った場合は別である。

私が標的にするのは、この単純な思考方法で地球を取扱おうとしている人達である。そして、この例は化学系の研究者に多くみえる。その理由は、化学分析は難しい場合が多く、その人にしかできない場合、その技術をあらゆるものに応用しようとするところにあるように思う。

毒にも薬にもならない一般論はこの程度にして、時に実名もあげて、私の前に現れた具体例を挙げてみる。

1. 海塩粒子の成分分離説

初期の日本の地球化学者が希元素の分析をしようと腕を磨いているとき、名古屋大学の菅原健教授は、低濃度ではあるが雨水などの主成分に目を向けた。この方向は正しいと私は思う。しかし、得られた結果の解釈に問題があった。

1947年、日本のような周りを海に囲まれた島に降る雨水中の塩類は海から来たものとして（仮定）、海水の組成と比べたところ、カルシウムや硫酸塩など原子や分子は、大きなものほど雨水中での相対比が大きくなった。これを説明するために、海塩粒子の成分分離説が唱えられた。これには、後に東京教育大学教授となる三宅泰雄博士、さらに駒林誠博士が加わった。

この説の問題点は、塩類すべてが海から来たとする仮定にあった。1960年代以降、硫酸は石炭石油の燃焼により、カルシウムは黄砂など土壌粒子からも加わることがはっきりしてきた。そして、いつしかこの説は消えてしまった。

私は、1960年代にこの説を否定しようと、いろいろな雨を集めて結果を解析し、海からくるものはほとんど海塩組成と同じ、大陸や上空からくるものが加わって組成が変わるという結論を得た。しかし、勝手に仮定されたものを否定する難しさを味あわせられた。なお、最近では、海からも硫化ジメチルが逃散することが確実視され、その量が問題になってきている。

実は、海塩粒子の成分分離説がソ連の研究者に受け入れられたこともあって、1970年代に米国の研究者達は、このあやふやな説を確かめるといってSEAREX（大気海洋間物質交換）研究計画をつくり、実施した。当然、初期の段階でこの説は吹っ飛び、米国のこの面の科学は進歩した。だから意義があったといわれればそれまでであるが、その後、国際集會に出ていくと、フランスな

どの研究者から「日本は……」と必ずいわれた。つまり、科学には国境はないが、科学者には国境があることを思い知らされた。

2. 深層水の大きな鉛直うず拡散係数

気象研究所の三宅教授と猿橋勝子博士らは、1954年春から始まったビキニやエニウエトクでの核分裂生成物が1年後には日本近海に達していることを見つけた。次いで、深層水試料の分析に着手した。その結果、核爆発開始の5年後には本州東方の3,000 m以深の深海にストロンチウムやセシウムの放射性同位体が存在していることを見つけた。これらはアルカリ土類及びアルカリ金属の同位体であるから水に溶けやすい。それで、これらは海に入るとすぐ溶け出すものとして（仮定）、鉛直渦拡散係数を求めたところ、 $200 \text{ cm}^2/\text{sec}$ にもなった。ちなみに、放射性炭素C-14の海水中鉛直分布から得られる値は $1.2 \text{ cm}^2/\text{sec}$ 程度である。

1960年代、三宅教授らは、この結果をもとに海水の上下混合は極めて活発なものであると説き、これまでの海洋における物質循環像は間違っていたと主張した。そして、C-14から得られる値は“みかけ”であり、真の姿を表していないと述べた。なお、C-14の値をそのまま経過時間に換算したものを“みかけの年齢”といい、これには有機物の分解の効果等の補正が必要である。しかし、この補正項は、海洋水においてそれほど大きなものでなく、他のパラメーターを使って補正することが可能である。

1970年代に入っても、三宅教授らの妄想は止まらなかった。私には直接的につながることは思えないのだが、上下混合が活発なのだから、栄養塩の鉛直分布も均一になるべきであり、深さとともに増加するのは有機態のものが存在するためと考えた。つまり、栄養塩でも炭素でも、無機態

と有機態との合計量は深さによらず一定ということである。これが正しければ、鉛直的に粒子によって運ばれ、分解再生される栄養塩や炭酸はないことになる。これは後に述べる DON, DOC 問題へと発展する。

私は、1960 年代、大気圏から新潟などに降下する核実験生成物が、巨大粒子として存在しているものが多いと聞き、海洋でも、巨大粒子として海底に沈降しているのではないかと考えた。巨大粒子といっても、大気圏で径 10 μm 程度以上である。核爆発の熱で周辺の岩石の破片に取り込まれたものが海に入れば、溶け出すより前に深海に運ばれることは十分に考えられよう。また、深層水で測定されたとはいえ、データ数も少なく、鉛直分布も滑らかではなく、分析誤差の問題も十分に解決されているとはいえなかった。私は、さらに、三宅教授らが用いた C-14 が関わる数式に誤りがあることを指摘したが、受け入れてもらえなかった。

3. 海水中主成分濃度をコントロールしている因子

地球化学者にとって、地球上で起こる諸現象を化学、特に化学平衡の理論を用いて説明することは、たいへん魅力的である。化学平衡論を応用した成功例としては、高温高圧下にある地球内部で岩石や鉱物が順次形成されていく過程の説明などがある。しかし、温度が低い海洋環境などでは、化学平衡からのずれが大きくなる。例えば、有機物からできている我々の身体は、もし大気中の酸素との間の化学平衡が達せられるなら、たちまち水と二酸化炭素になってしまう。

1961 年スウェーデンの物理化学者 Sillén が、海水中の化学成分に化学平衡論を導入してその存在状態などを推測した。また、1965 年 Kramer は、水に陰イオンを加えれば、粘土鉱物との間の

平衡で、海水の陽イオン組成は説明できると発表した。これが 1960 年代松井義人博士や北野康教授によって日本に導入されると、過大評価されてしまった。

例えば、世界のどの海から海水を採っても、その主要化学成分組成は同じである（カルシウムだけが最大で 1% ほど異なる）が、その原因も化学平衡下にあるからとされてしまった。海水の主要成分について河川水等から海に入る量は、1 年に海水中の全量の百万分の 1 から 1 億分の 1 程度である。したがって、海洋水は 2000 年以内で 1 回りするから、その状況が変わらない限り、何がコントロールしていても、海水の主要成分組成は均一ということになる。Kramer の論文をよく読めば、海水は混ざり、均一だから化学平衡論を導入できると書いてある。

一方、船に乗って野外に出る研究者にとっては、時や場所による違いのほうが気になる。確かに、海洋で起こる化学的諸過程は平衡に近づく方向に変化する。その点で、もちろん生物の体内や特別にエネルギーを与えられる場合など例外もあるが、化学平衡の概念は有用である。しかし、暖房加湿中の部屋の湿度を冷たい窓ガラスがコントロールするように、海水中主成分濃度をコントロールしている因子も、成分ごとに特有なものであろうというのが野外派の感覚である。

4. 海水中難溶性成分の存在状態

これも野外派と実験室派の対立である。一般に実験室では純物質や単純な系を扱うのに対し、自然の系では雑多な混合物を扱う。また、実験室のビーカー内では、その電荷によって反撥するコロイド粒子を除けば、粒子は底に沈む。一方、5,000 m の水柱を小さな粒子が沈降するのには時間がかかる。この時、問題とするある成分が同じ化学形で溶けていたら（溶質という）、その成分

を原子単位で同等に扱うことができる（一相という）。ところが純物質でない海の粒子だったら、統計的にうまく処理することも不可能ではないが、一つ一つがすべて異なっている（粒子はこれこれということとはできない。その時に濾紙の上に乗った粒子の平均値はこれこれということとはできる）。

1970年代に入ろうとする頃、海水中の難溶性金属の放射性同位体である鉛-210やトリウム-234などが測れるようになってきた。海水中で放射壊変をすることによってこれらの同位体を生む親核種は海水に溶けているので、その親と生まれてきた娘との放射能の比から、これらの同位体が海水から除かれる速さが計算できる。その値は、表層水中で数ヶ月とか、深層水中で数十年となり、これらの金属の平均滞留時間として別の手段で見積られるものと同程度なので、この点は一応問題なかった。問題はそのメカニズムであった。

Craigら米国の研究者達は、これらの同位体の大部分が海水の濾過で濾紙の目を抜けてしまうことから、これらは溶けており、粒子になると非可逆的に除かれるというスキベンジングモデルでこれを説明していた。これは、ビーカー内で粒子ができて沈降して除かれる化学実験と同じである。これに対して私は、大きくて深い海でこれらの同位体は、みかけは溶質のように振る舞うが、真の溶質ではなく、時に大粒子に捕えられて沈降し、時に小粒子として浮遊するという沈降モデルを提出した。これは、表層から急速に降下してくる大粒子は列車のようなもので、これらの同位体はこれに乗り降りする乗客に例えることができるので、私は「列車と乗客モデル」とも呼んでいる。乗り降りというのは、除去が可逆的過程ということであり、溶質（単純なイオン）ではないので、吸着とか脱着という過程ではないということである。

1980年代に入って、米国から帰ってきた野崎義行博士らが得た太平洋水中のトリウム-230の鉛直分布をみて、米国の研究者も非可逆的除去についてはあきらめた。しかし、濾紙の目を抜ける部分は溶けており、溶存酸素濃度（酸化還元電位）やpHがあまり変わらない海水中を吸着したり脱着しながら沈降するという点は放棄していない。私がいいたいのには、海で実験室の法則から外れるようなことは決して起こっていないが、その過程は単純ではないので、みかけに惑わされてはならないということである。

5. DOC問題

DOCとは溶存有機炭素 Dissolved Organic Carbonの略である。この問題の出発点は2節で述べた。三宅教授らは、これまでのDOCやDON（溶存有機窒素）の実測値が小さすぎるので、無機態と有機態との合計量が深さとともに一定とならないと考えた。そして、その原因は小倉紀雄博士らによる湿式分解法が不十分なためであり、乾式分解法によれば高い濃度が出るはずと考えた。こうして1970年代にDONの測定を始め、次いでDOCの測定に移った。その結果から、鈴木款博士と杉村行勇博士は、三宅教授の予言どおりであったと報告した。つまり、DONまたはDOCをAOU（溶存酸素の飽和量からの減少量）に対してプロットすると直線になり、その勾配は有機物の分解の場合と等しくなるということである。

これに対し、私は、もしそれが正しければ、海洋学者が受け入れている多くの事実と矛盾してしまうし、その程度では分析法を十分に検討したとはいえない、と再三学会の席上などで述べた。しかし、そうなるはずとの言に動かされ、そうなったと確信している彼らは、私の声に耳を貸すはずもなかった。また、残念ながら、多くの大学関係

者は貧乏であり、この測定器を買う研究費がなく、他にチェックできる者がいなかった。

この分析法が国際誌に掲載されると、これに飛び付いたのが Brewer であった。彼は、海洋学を総合的に考えてというよりは、自分の測定したアルカリ度と熱力学的定数からの計算値が合わないことから、何か有機酸が海水に存在するのではないかと考えていた。しかも、この量が多ければ、Missing Sink といわれる行方がわかっていない石炭・石油の燃焼による炭素の吸収源になる。こうして、この問題は一挙に世界に広がった。ただ、冷静な化学海洋学者は懐疑的であったが、これは測定値に関わることであり、発表する以上は科学者の基本にのっとり十分に検討したはずであるから、誰も表立って口にすることはできなかった。

米国の研究者達は、1 節で述べた SEAREX と同様、これを口実に研究費を獲得しようと考えた。そして、JGOFS などの研究計画の中でこれに成功した。多分、今後これをバネにした研究が米国などでは進展していくであろう。その点で功績があったといえなくもない。しかし、もし間違っていたとき、日本や日本の研究者の立場はどうなるであろうか。ラモントの高橋太郎博士は、そんな心配はいらないと強くいってくれているのだが……。

私がこの問題を総括すれば次のようになる。確かに、これまでの湿式法には分解法が不十分なものがあり、操作が不十分な場合もあった。また、小倉博士がいうように、UV 法では揮発性有機物ができて揮散した部分が値を下げていたのかもしれない。しかし、方法そのものは悪くなく、湿式法でも乾式法でも十分に検討し、分析誤差を除けば、同じ値が出てくると信ずる。問題は、杉村博士らが分析法が未完成なうちに結果を発表してしまった点にあると考える。その証拠は、同一発表者による測定値も年々下がってきており、最近の

米国で極めて小さな値が報告されるようになってきたからである。

6. 分析値の信頼性

1980 年 Bruland が海水中の銅などの金属成分の正しい濃度は、これまで正しいと信じられた値より一桁小さいと発表した。彼は、その発表に際して、分析方法だけでなく、採水方法、保存方法などいかにして汚染を防ぐかの工夫をつけ加えた。ところが、その後それほどの注意をしなくても、彼と同程度の値が出るようになった。また、私の研究室で学生に覆面試料をわたして分析させる。学生の報告値が間違っているとき、どこか間違っているはずだから見つけよといっても、どう検討しても間違っていなかったという答が返ってくる場合が多い。ところが、正しい値を教えると、そうになりましたといってくる。

私自身は、極端に言えば、再現性のない地球環境のデータをただ並べられても信用しない。ただ、例えば、塩分のように、標準海水を用い、一定の採水や測定の方法を明記すれば、その範囲で信用する。栄養塩についても、その分析方法が抱えるすべての問題点をチェックし、然るべき標準物質を用いなければ、信用しない。実は、海洋の場合、別のパラメーターとプロットしたり、深層水のデータについてチェックすると、ある程度おかしなデータは見つけ出すことができる（その意味で、変動も大きく、関連するパラメーターの少ない大気化学のデータには絶望的になることが多い）。

上記は、気をつけるだけでは駄目である。分析化学や諸科学の基本的な知識や技術のほか、海洋学や地球科学に対する深い識見が必要である。これは月ロケットの打ち上げと対比してみるとよい。研究が関わる分析データを一つだすだけでもロケットと同程度のチェック項目があるが、それ

に気づくのは測定者だけである。それが不十分な場合、片や打ち上げ失敗と結果がはっきり出るが、こちらは真偽が見分けられないデータが並ぶだけである。

7. 深海底の生物群

1977年潜水艇「アルビン号」は、ガラパゴス島近くの深海底（海嶺上）で温水の噴出孔をみつけた。火山や温泉の少ない米国やヨーロッパの研究者にとっては、極めてショッキングなことであった。日本人的感覚からすれば、陸に火山や温泉がある以上、海の底に火山や温泉があってもおかしくないということだろう。私もこの点は問題にしない。問題にするのは、海洋物質循環における役割の定量的評価である。そして、あまりに過大評価ではないかという点である。最近でこそ熱が少し冷めたが、例えば、海水の主成分であるマグネシウムについて、海底から供給される量のほうが陸からのものより多いという説もあった。

現在もいわれているのが、海底の生態系を支えているエネルギー源はこの熱水という説である。これは、この熱水の噴出孔の周辺に高密度で特異な生物群が見つかった。これらは、消化管を持たず、共生している化学合成細菌によってつくられた有機物を利用している。つまり、この熱水の中に含まれる硫化水素がエネルギー源ということである。ところが、硫化水素の噴出のないところでもこの種の生物がいたので、メタンでもよいだろうということになった。メタンは、温水ばかりでなく、冷水中にも含まれているが、冷水の湧出口も地殻の割れ目にあるから、エネルギー源は太陽ではないということである。

これに対する私の反論（シナリオ）は以下のようである。もちろん、いるとかあるとかいう定性的な面で問題にしているわけではない。

私どもは、海中にセジメントトラップを設置し

て上から沈降してくる粒子を捕集して調べた。その結果、時と場所による変動は大きいですが、海面で光合成された有機物のかなりの部分が深海に降下し、深海に入るとあまり分解されずに海底に直行することがわかった。また、沿岸から外洋へ横方向に海底近くを流されていく粒子群が多いこともわかってきた。すなわち、深海底にはこれまで考えられていた以上の太陽エネルギー（有機物）が運び込まれており、そのかなりの部分が大型動物によって消費されている可能性がある。この大型動物は動くことが可能である。そして、暗い深海でときどき降ってくる餌を待ち構えている大型動物にとって振動をキャッチする能力はすぐれているに違いない。とすれば、噴出孔の振動に引き寄せられる動物群が居ても不思議はない。集まれば、餌が得られるし、糞もする。死骸も沈む。一方、沿岸から、例えば、相模湾、日本海溝へと海底近くをフワフワと流れていく粒子群も多い。この粒子の流れに沿って待っていれば、かなりの餌にありつけよう。多分、このような生物群は海溝底に多いであろう。また、大陸斜面では地下水の湧水があろう。これがメタンを含んでいても不思議はない。

私はこの分野の研究者ではないので、上記に対する証拠を持っているわけではない。将来は、炭素の放射性及び安定同位体を手段として、私のシナリオの証明に努めたいと思っている。

8. 二酸化炭素問題に関する私の主張

(1) サンゴ礁の育成はその対策にならない。

過去の大気中二酸化炭素が石灰岩として閉じ込められているからといって、サンゴ（石灰）を現在の海の中でつくっても、海から二酸化炭素が出てくるだけである。これは化学式を使って説明すれば簡単なことであるが、サンゴは海水に溶けている炭酸ではなく、炭酸イオンを使って殻をつく

るからである。同時にカルシウムイオンが加えられれば問題はない。逆にいえば、岩石の風化作用の促進は、二酸化炭素対策になるということである。

一方、生物が有機物をつくって海水中に溶けている炭酸を固定すれば、二酸化炭素対策になるが、有機物は腐れば元に戻ってしまう。したがって、海域の富栄養化によって生物生産が活発になっても、石灰の殻は海底に残って、有機物は腐り、また石灰の生産に使われるというのであれば、生物活動は大気中の二酸化炭素を増やす方向に働くことになる。実は、私どもは溶存ケイ酸の多い時は石灰の生産は少ないが、リンや窒素のみが多い海では石灰の生産が多いという結果を得ている。つまり、人為的富栄養化は、窒素やリンは増やすがケイ酸は増やさないので、上の危険性はかなり現実味を帯びてくる。

(2) 二酸化炭素分圧の測定は役に立つか

海洋が二酸化炭素をどれだけ吸収しているか。海洋の炭酸系はどのように変化しているか。地球温暖化に関わる海洋における炭素循環を解明しようとするとき、これらの問に答える必要がある。ハワイのマウナロアで35年間、大気中の二酸化炭素を測りつづけた結果、その増加の状況をはっきり把握できた。これに類する海洋側の観測はまだない。技術も資金も不足している。特に船がない。そこで、世界は、衛星を利用しようと考えている。海面での二酸化炭素の交換量は、交換係数(速度)と二酸化炭素分圧差との積で決まる(で表している)。交換係数は風速に依存するので、その分布を衛星で観測する。二酸化炭素分圧差は、水温と生物活動に依存するので、これも衛星で観測された海色を利用する。実際の海では、その正しさのチェックをする程度の観測をする。

私は、こんな不確かなことをやってもどうにもならないと反対している。マウナロア観測に相当するものは、海洋における表面から海底までの

全炭酸の観測だけである。しかも、大気は二酸化炭素の測定だけでよいが、海洋の二酸化炭素は別の因子によっても変化するため、多数のパラメータの測定が必要である。さらに、海水の循環混合は遅いので、多数の点での時系列的観測が必要である。ただ、例え1点でも完全なデータセットなら、かなりのことはわかる。いずれにせよ、産業革命以前との差や、その後の変化の状況を明らかにしなければならない。時により場所により大きく変動する交換量は求めてもたいしてこの問題の解答としては意味がないというのが私の主張である。

だからといって海洋表層の二酸化炭素分圧の測定そのものが無意味といっているわけではない。メカニズムやプロセスの研究にとっては必須であり、ある海域において長年、他のパラメータとともに測りつづければ、その環境変化について知ることはできるだろう。

9. 国際協同研究について

これまで国際的研究計画といえば、米国の研究者達が自分達の研究費を取りやすくするため、外国の研究者をその口実に使い、実質的な部分は彼らが推進した。それゆえ、日本の研究者達は、わずかばかり与えられた研究費を勝手に使って好きなことをやっていたらよかった。ところが、米国の力が相対的に落ち、真の国際協力が必要になってきた現在、日本は旧来の姿勢から抜けきれず、国際的学術摩擦が起きかねない状況に置かれている。

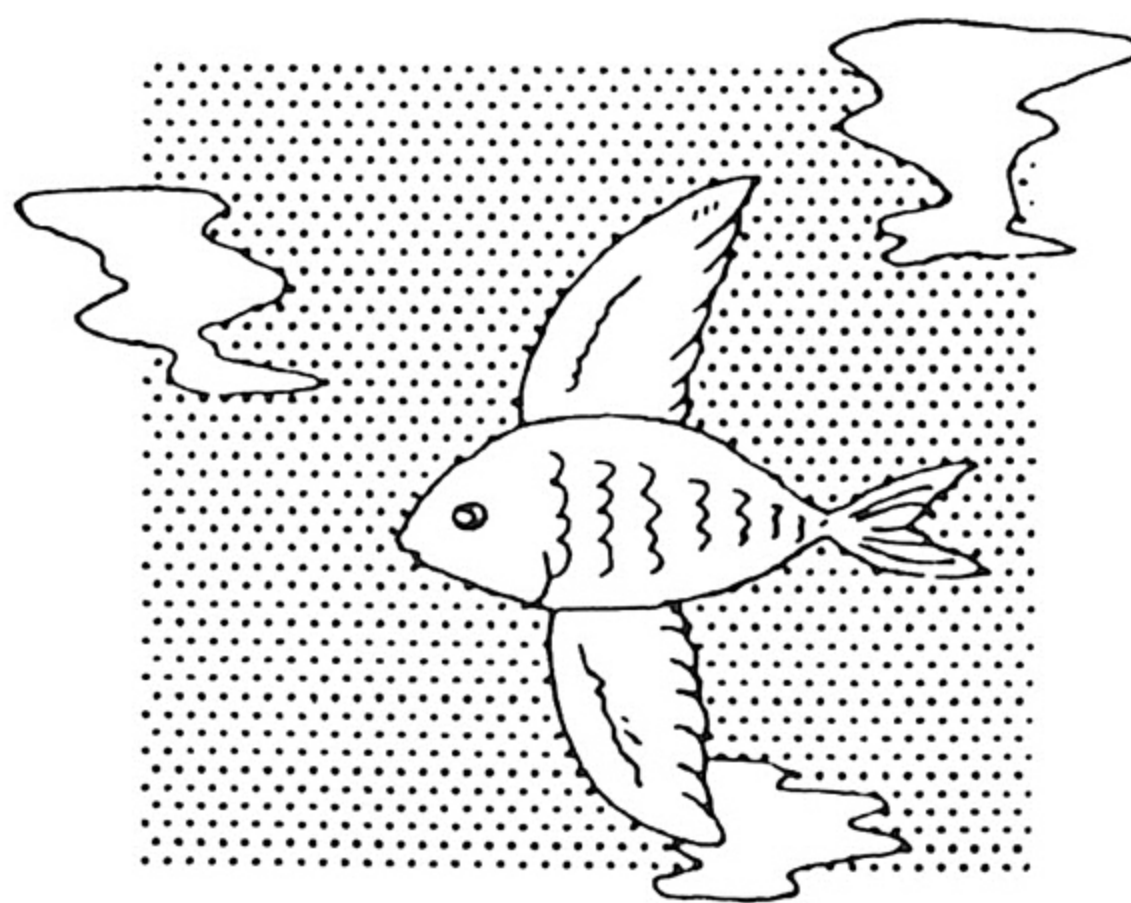
例えば、IGBP(地球圏-生物圏国際協同研究)というのがある。これは、国際学術連合会議が主唱して、今後100年の地球環境の問題に対して、どのような協同研究をなすべきか検討して作った研究計画である。したがって、これに参加するということは、この計画書に沿って一翼を担

い、予期した成果を挙げて責任を果たすところにある。

ところが、日本の研究者達は、IGBP に加わると称しながら、世界とは連携せずに研究を行なっている。その原因の第1は、政府（研究費を出す側）が、独創的な研究を行えと国際的研究計画に直結して研究費を出そうとしないからである。IGBP では、学会会議で練り直し、文部省の学術審議会など各省庁で練り直し、目的は同じでも協同という部分は抜け落ちてしまっている。その2

は、研究者の理学部的態度である。つまり、学問とは好奇心より発し、例え趣味的であっても、何をやるべきか他からの干渉を受けないという態度である。これは、基本的に協同研究を受けつけないし、研究費はばらまきとなる。基礎科学にとっては、これは必要なことであろうが、地球規模の問題ではいかがであろうか。

これ以上書くと闇打ちに遭いそうなのでやめにするが、研究費を出す側と受ける側にいいたいことはまだまだある。



米国JGOFS, EqPac

プロジェクトについて

深海研究部 日下部 正志 Masashi Kusakabe

筆者はこの6月末日まで南カリフォルニア大学 (University of Southern California, USC) で 研究員として勤務しており, 上記のプロジェクトにかかわっていた。以下にこのプロジェクトの概要とその進め方 (現在まだ進行中でありまので, 私がかかわってきたまで) を, 裏話を交えて述べていきたい。

1. EqPac

JGOFS (Joint Global Ocean Flux Studies) といえば, 現在, 世界中の海洋研究者を巻き込んだ大プロジェクトであり, ここにその詳細な説明は要しないであろう。EqPac の略称を持つ, 赤道域太平洋の研究プロジェクトも, この JGOFS の一環として始まった。いま手元に, “A Rationale and Plan for U.S. Joint Global Ocean Flux Studies in the Central Equatorial Pacific” (以下 Rationale と略) という文書があるので, それに添ってこのプロジェクトの概略を追ってみよう。

このプロジェクトの目的は以下の4つの問題を解くために作られた:

(1) 赤道域太平洋が世界の生物, 地球化学的物質循環に果たす役割は, どれだけあるのか?

(2) 炭素ポンプはいかに効率良く赤道域太平洋で働いているか。

(3) 中層及び深層水中における種々のプロセスが, どのように生物に関係した成分の除去をコントロールしているのか。

(4) 赤道域太平洋は“エルニーニョ”に対してどのように反応するか。

この4つの目的を踏まえて, 6つの具体的な解決すべき問題が挙げられている。

問題(1) 表面水における物理的な力と, 生物化学的なサイクルの関係は何か?

問題(2) 一次生産とクロロフィル濃度が栄養塩のレベルの割には低いのはなぜか?

問題(3) 赤道域太平洋は全世界的な new production に大きく寄与しているが, その f-ratio が変化するのはなぜか。

問題(4) 粒状物及び栄養塩の輸送と再生にかかわるプロセスは何か。

問題(5) 有機物の海底における無機化と埋没速度は表面水での生産とは関連していないのはなぜか。

問題(6) 気象変動に対して赤道域太平洋の海流及び一次生産はどのように変化するか。

この Rationale には, 上記6つの問題に関して, おのおのいくつかの考え得る仮説が書かれている。例えば, 問題(4)については:

仮説(1) かなりの部分の new production はDOM (dissolved organic matter) として除かれる。

仮説(2) DOMは粒状有機物よりも中層水における酸素の消費に関して重要である。

仮説(3) scavenging rateはnew productionを反映している。

仮説(4) 大部分の粒状物は euphotic zoneの真下で分解している。

このように、EqPacでは、海洋及び地球表面の物質循環(特に炭素)において重要な役割を演じている赤道域太平洋を、生物、化学、物理、地質の観点から多角的に研究し、その全貌を明らかにしようというものである。

2. プロポーザルの提出

上述したように、このRationaleは極めて具体的に良く書かかれており、問題を解くに当たり、戦略を立てるのに参考になった。しかも、プロジェクト参加者が全員これを読み、これに添ってプロポーザルを書いたために、プロジェクトとしての整合性が極めて高いものとなった。

さて我がUSCグループは、特に問題(4)に焦点を合わせてプロポーザルを書いた。タイトルは“Radioisotope Studies to Understand Biogeochemical Processes and Particle Dynamics in the Equatorial Pacific”と言うもので、要するに天然に存在する放射性元素を使って、表面水における粒状物の挙動及び海水の動きを定量的に調べ、最終的には表面水における物質循環を明らかにするというものである。

プロポーザルを書くというのは、アメリカで研究生活をするものにとっては最大の頭痛の種であるが、この時も1990年8月1日の締め切りに向けてわれわれ(教授、筆者、post-doc)は丸1ヵ月を費やして書き上げた。例のごとく、締め切り間際には、われわれは怒鳴り合い、罵り合い、喧嘩一歩手前という状態になる。しかし、こういう状態になったほうが、良いアイデアが出る

し、英語でやり合ってる分には、あまり気まずい雰囲気にはならない。

ちなみに、われわれの請求額は、1991年1月より向こう3年間に対して、約60万ドル。一見するとかなりの額であるが、これは決して潤沢な研究費ではない。このうち、USCは私立大学であるためoverheadと呼ばれる大学当局によるピンハネがかなり高く(約60%)、実際に研究に使える費用は、 $60 \text{万ドル} / 1.6 = 37.5 \text{万ドル}$ 。1年目の予算には、約7万1千ドルの給料が計上されている(2、3年目の人件費も似たようなもの)。内訳は、教授の給料1ヵ月分、筆者2ヵ月分、post-doc 12ヵ月分、テクニシャン5ヵ月、学生12ヵ月が入っている。overhead抜きの研究費のうち、半分以上が人件費になる。このように考えると、研究費の総額に比べて、実際の研究に使える額がかなり少なくなる。筆者の給料が2ヵ月分しかないのは、他に10ヵ月分のプロジェクトを抱えているため。しかし、実際にはこのプロジェクトに費やしたエネルギーと時間は全体の半分くらいとなる。

3. Review

さて、NSF(米国科学財団)に送られたわれわれのプロポーザルは7人のreviewersに送られた(普通は5人であるのに、今回7人になった理由は不明)。reviewersはわれわれと同業の研究者であるが(peer review system)、もちろん誰のところに行ったかわからない。公正な評価を期すために、われわれに認められているのは、決定的に対立する意見を持っているところには行かせないようにするだけ。われわれも、一人名前を挙げて、予想される「否」を避ける。最終的に、金を出すかどうかを決めるのはNSFであるが、reviewersのコメントがその時の判断基準のすべてとあってよい。

プロポーザルの採否の決定は異常に長く時間がかかった。明らかにだめ、という研究者にはすでに通知が行っているらしいが、境界線上にいるものの採否で揉めているらしい。不採用の通知を受けた者のなかに、Oregon State University の C.H. と Texas A & M の P.S. がいた。C.H. には、われわれが測定できない元素を測定してもらい、P.S. には彼の sampler (現場濾過装置) を使ってサンプルを取るつもりでいたので、大いに慌てた。

4. Planning meeting (I)

そうこうしているうちに、EqPac に参加する研究者の第 1 回目の会合が 1991 年 3 月 10 ~ 11 日 Seattle で開かれた。誰もが NSF から正式に通知を受けていないため、not-rejected-yet scientists の会合とわれわれは冗談とも本気ともつかないことを言い合った。

meeting は University of Washington の Jim Murray と University of Rhode Island の Margaret Leinen の二人が司会を勤めた。彼らは、このプロジェクトのプロジェクトリーダーとも言える人達であり、これからも見事なリーダーシップと組織力を発揮していく (彼らは、彼ら自身のプロジェクトの他に、Project coordinator のためのプロポーサルも書いていることを忘れてはならない。ボランティア的な仕事ではあるが、断じて研究の片手間にやるようなボランティアではない)。

この meeting ではまず、各グループの研究内容の発表がありその後、1992 年に 4 種類の航海 (survey, time series, benthic, sediment trap) を行うむね決められた。最初の 3 つの航海には、新造なった University of Washington の研究船「Thomas Thompson」が使われる。主に分布を調べる survey cruise と時間的変動を調べる

time series cruise は、おのこの約 6 週間ずつ年 2 回、底層水と堆積物表層を調べる benthic cruise は年 1 回 5 週間のスケジュールが立てられた。われわれのグループは survey cruise に乗ることになる。また、共同研究の相方を Texas A & M の P.S. から Lamont Doherty Geological Observatory (LDGO) の not-rejected-yet scientists である Jim Bishop に変える。これは不幸中の幸いと言えることであるが、彼の現場濾過装置の方が P.S. のよりも数倍良いものであった。

5. プロポーザルの受理

しばらくして、NSF からわれわれの proposal が受理されたとの連絡が入る。大筋で認められたものの、3 年は必要ないということで、2.5 年に削られる。それと、研究の start (研究費の支給) が大幅に遅れて 1991 年の 7 月からに変更。59 のプロポーザルが EqPac に向けて提出され、32 が受理されたとのこと。50 % の受理率というのは、かなり高い。

プロポーザルの評価は 5 段階で行われる (excellent, very good, good, fair, poor)。われわれの評価は、excellent が 2 つ、very good が 3 つ、excellent と very good の中間が 1 つ、very good と good の中間が 1 つ。事実上 fair と poor というのは、全く箸にも棒にもかからないものにしかつかないので、good とついたときはかなり注意しなければならない。また、excellent が 1 つもない時は、受理されるのは非常に難しい。

reviewers のコメントはやはり very good と good の中間という評価を下した reviewer のものが最長にして辛辣、しかも実に良いところ (痛いところ) も突いている。こういうコメントは襟を正して再読する。研究を始める前に文句をつけ

られたほうが、すべてを終えてからそうされるよりもはるかによい。批判の1つに、赤道域という極めて（時間的・空間的に）複雑な海域に対して、われわれが用いようとしているモデルは、シンプル過ぎるといえるものがあった。これは、われわれも自覚していた点であり、サンプリングのプランを建て直す。また、他の細かいコメント（単なる批判だけではなく、サジェスションも含まれている）も、これからの研究に生かされることになる。

6. Planning meeting (II)

2回目の meeting は9月5、6日に研究船「Thomas Thompson」の下見を兼ねて San Diego で行われた。今回はすべての参加機関が確定しており具体的な話が交された。乗船者の決定、実験室の部屋割とサンプリングの順序と項目が議題の中心である。物理・生物・化学と言う3種類の研究者がおのおの主張してやまず、最初はどうなるのかと心配したが、最終的には皆さん何とか納得したものになる。基本的な survey cruiseのサンプリングは、西経140度に沿って北緯12度から南緯12度まで13ステーションで観測を行う。観測2.5日航走半日の3日のサイクルのサンプリングとなる。ただ、2.5日に割り当てられたサンプリング期間中にぎっしり詰め込まれたスケジュールは、計算上はうまく収まってはいるものの実際に消化しきれぬか、みな大いに危惧した。2.5日に約35のサンプリングがあるので。何が起こるか分からないのが海の上。われわれの大量採水は8~9時間はかかるため真夜中の仕事となる。それにしても meeting 2日目は、始まったのが朝7時半、終わったのが夜10時過ぎ、全員疲労困憊という体でありました。皆さん、タフで熱心でした。

7. テスト航海

プロジェクトが始まると同時に、われわれはサンプリング用の装置を作り始めた。われわれの目的は、特別に処理したフィルターに数トンの海水を通し、そこに溶けている超微量の放射性元素（例えば、 ^{234}Th , ^{228}Th , ^{230}Th , ^{228}Ra , ^{226}Ra , ^7Be , ^{10}Be , ^9Be ）を濃縮するというものである。そのフィルターが、Jim Bishopの現場濾過装置に取付けられる。このフィルターは室内実験のレベルでは、十分微量元素を濃縮するが、流量、流速とも桁違いに大きい現場でどう働くかは、全く未知の状態であった。また、このフィルターをつけることによって、Bishopの装置にどのような影響が出るかも全くわからない状態でした。と、いうわけで1991年11月LDGO-USCグループはWoods Holeから1週間のテスト航海に出た。私にとっては、初めての大西洋の航海であったが、海は容赦しなかった。同室の学生は1週間の間、口にいられたのはバナナだけ、LDGOから来た女性のテクニシャンは半死半生の植物状態で全く使いものにならないというていらく。揺れがひどくてサンプリングさえもできず、ただただ波にもまれていた日もあった。とにかく、なんとかサンプリングをこなして解ったことは、われわれのフィルターに（そしてBishopの装置にも）若干問題があることであった。本航海まで3ヵ月弱、LDGOもUSCグループもかなり慌ただしい日々を過ごしました。

8. 第1回 survey cruise

Thomas Thompsonは、日本人だらけで日本国ハワイ県の様相を呈しているホノルルを、1月30日に第1回 survey cruiseに向けて船出した。16の研究機関から33名の研究員が乗船して

いる。これほどの大人数の航海はアメリカでは極めてまれである。

最初の station に着いたのが2月3日。案の定、びっしり詰まったスケジュールのために、かなり、みんなまごついているようだ。しかし、最大の問題はわれわれの現場濾過装置であった。電気系統がショートしてポンプが作動しない。応急処置で何とかだまして、9台のポンプのうち4台を使う。Stn.2で何とか動いたものの、Stn.3では全く作動しなくなった。また、ショートである。他人の機械にこちらは相乗りさせてもらっている手前、一体どうなっているのかと声高に聞くわけにもいかず、Bishop自身もかなり焦っている様子なので、私はただ黙って修理の手伝いをする。この航海で良いデータがでないということになれば、彼の（そしてわれわれの）死活問題である。とにかく、徹夜でポンプを徹底的に修理する。ポンプが順調に動き始めたのはStn.4からであった。Bishopの顔に笑顔が戻ったのは航海も半分を過ぎてから。

航海が進むに連れて、データの出た人は廊下の壁にデータを張りだしていく。暇を見つけて、皆さんその壁新聞(?)の前で、議論をしている。特に、これは計画段階では予想していなかったことであるが、エルニーニョが現在起こっていて、赤道域の温度・栄養塩等の分布が、通常のものに比べて明らかに異なっている。まさに千載一遇の好機である。そんなわけで、議論にも熱が入る。私は、発表すべきデータがないため、ただただ他人のデータと意見を拝聴。われわれの場合、取ったサンプルを陸に持ち帰り、いくつもの化学的処理をした後、分析装置にかけるため、すべてのデータが出そろうのに1年はかかる。微量の放射性物質を測定するものの宿命である。

最初のもたつきもステーションが進むにつれて、スケジュールの微調整と各人の慣れによりなくなり、全体的に見れば、ほとんどの研究者は、

当初の目的を達成したようである。Cruise leader, Jim Murray, の cruise report の最後にはこう書かれている。

“Everyone is tan and happy, but ready to get home” これだけの人数の、そしてさまざまの興味を持つ研究者をうまくまとめて、航海を成功させた J.Murray に拍手。

9. 旅の終わり

タヒチについたのは3月13日。荷物を降ろし、タヒチから乗り込んでくる Time series cruise の乗船者に船を明け渡し、私は、1週間の休暇を取る。しばらくは仕事を離れ、ただただぼんやりしていたかった。似非ゴーガンである。真昼間からビールを飲み、熱帯の潮風に吹かれながら、来し方、行く末を考える。というのも、この時長かったアメリカ生活に区切りをつける決心をしかけており、来たるべき日本での生活に対する期待と不安、アメリカにいる友とアメリカそのものに別れを告げる寂しさに、柄にもなく感傷的になっていた。

10. 最後 に

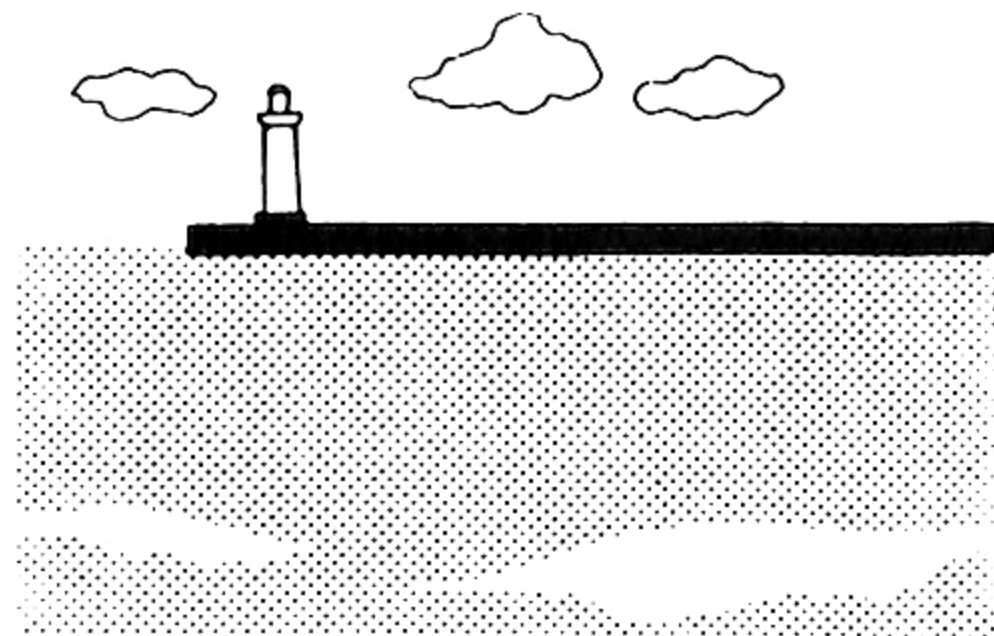
EqPacはこの survey cruise (I) の後、time series (I), benthic survey (II), time series (II) と続く。このほかに、sediment trap の cruise がある。survey cruise (I) だけの経験でまとめるのは時期尚早であるが、やはりこのプロジェクトは今までのものとは一味違っていると思う。例えば、① プロジェクトの方向性が極めてはっきりしている。“Rationale” という一種の指針が大変役にたった。② データの quality control の重視。多くの研究者が、異なった航海で、同じ項目を測定する場合、データの相互比較のためにこれは絶対必要である。



写真 Papeete, Tahiti に停泊中の R/V「Thomas G. Thompson 号」

③e-mail の活用。Omnet が公式の e-mail network として、研究者及び事務当局によって極めて有効に利用された。あるときは事務連絡、あるときは scientific な議論に。私のところに送られてきた EqPac 関係の Omnet message は、プリントすると 5 cm ぐらいの厚さになった。

これだけの用意と、人員とその労力、金を注ぎ込んだのである。データがまとめられたなら、きっと、今までとは全く違った赤道域太平洋のイメージができるであろう。そして、それは地球環境を理解するうえで、大いに貢献することは間違いない。



我が国6,000m級深海潜水調査船 開発の黎明期



日本深海技術協会
専務理事 **大野 檀**
Dan Ohno

略 歴

昭和 4 年 東京に生まれる
昭和 25 年 横浜工業専門学校造船工学科卒業（現横浜国立大学工学部）
昭和 62 年 三菱重工業株式会社海洋技術部主査
昭和 63 年 日本深海技術協会専務理事 現在に至る

1. 西の方から煙が上がり始めた

本誌編集部の方から、「しんかい 2000」、「しんかい 6500」の開発の端緒の頃の建造企業側からの話を、当時、三菱重工に在籍してこの計画に関与していた者として書いてみては、とのご依頼を受けました。そもそも、我が国 6,000 m 級深海潜水調査船開発の歴史は、日本の中の官民その他関係機関の総合的協力結果の歴史でもあります。建造企業側からの一方的な話、それも企業内の一個人の話のみでは、全体の正確な把握に危険があるのではとも思いましたが、できるかぎり当時の全般情勢をも含めることに注意を払うこととし、お引き受けしました。

我が国 6,000 m 級深海潜水調査船開発の黎明期はいつ頃とするかは、人により多少意見を異にするところですが、私は、その開始時期を昭和 40 年頃と考えます（日本での潜水船開発の年表は、西暦より昭和年号の方が理解しやすいようなので、文中でこれを使用します）。40 年頃とした理由を考える前に、潜航深度 6,000 m 級を目標とする同じ設計思想に基づく深海潜水調査船の深海とはどの位の潜航深度からを指すのかを、ひとまず決めておく必要があります。米国では 1964 年（昭和 39 年）に、新しい設計思想も折り込ん

で、従来の潜水船には見られなかった小型、軽重量、運動性良好の高性能潜水調査船「Alvin」（最大潜航深度 1,830 m）を完成させました。この潜水船については、本誌の第 3 巻第 1 号で高川真一氏が詳述されているのでご覧いただきたいですが、この潜水調査船には、深海での調査を効率的に行うために欠くことのできない海中での軽快な動きを可能とするいろいろの新しい技術が取り入れられました。その中の一つに、浮力材の開発があります。それまで、高い水圧の中で浮力を得るためには、海水より比重の少ない浮力源として、ガソリンが使用されていました。ガソリンは比重が大きく浮力源としての効果が薄く、また、ガソリンは体積の圧縮率が海水のそれよりも大きく、このために深く潜航するほどタンク内に海水が入り浮力が減少してゆく欠点がありました。必要な浮力を得るためには大量なガソリンを必要とし、潜水船は大変大型となり、海中での運動性能は極端に不良でした。そして、洋上でのガソリンの抜き入れも危険を伴った難作業でした。このガソリンを浮力材として使用したバチスカーフ型と呼ばれる潜水調査船は、潜航深度こそ、マリアナ海溝での 10,906 m という世界記録（昭和 35 年）を樹立しましたが、ガソリンに代わる前述の新しい浮力材が開発された以後は、この種の型の潜水船は世界で建造されなくなりました。

シンタクチックフォームと呼ばれるこの新しい浮力材は、直径が0.05 mm前後の極く微細な中空のガラス球の粒子（その集合体は一見して白色の小麦粉のように見える）を、エポキシ樹脂で固めたものです。製造に際しては、その一粒一粒の直径のバラツキの仕分け、それらの混合割合、固める前の攪拌の方法、固体化するまでの微妙な手順など、難しい点が多々あり、特に、使用環境水圧が高圧になるほど、比重の増加を抑えるための困難な技術がその製作に要求されます。このように、米国はこの新しい浮力材の開発の成功によって、「Alvin」の完成が可能となり、その後の米国の高性能深海潜水調査船の建造にも弾みをつけることとなりました。

前置きが長くなりましたが、6,000 m級を目標とする新しい設計思想に基づく深海潜水調査船の潜航深度とは、シンタクチックフォーム浮力材を使用することによって、深度が大とも、小型・軽重量で運動性に優れた潜水船が設計可能となる深度から、それは、1,000 m位の深度からと考えられます。

「Alvin」の完成した39年には、三菱重工神戸造船所では潜水調査船「よみうり号」(300 m)を完成させていましたが、その後、新しい設計思想に基づく、より深深度の潜水調査船の潜航深度の目標を1,000 m以上に置いて、シンタクチックフォーム浮力材をはじめ、大深度用耐圧殻材料、水中モーター等の各種の課題をとりあげて、調査や研究の実施に着手していました。この神戸造船所の1,000 m以上の潜航深度を狙う深海潜水調査船開発の動きは、当時、私が所属していた本社船舶事業本部企画課（研究開発担当）も参加する全社的なプロジェクトとはなっておらず、神戸造船所造船設計部艦艇設計課の遠藤倫正氏、横田公男氏を中心とする潜水艦設計グループが推進する社内一造船所内の開発活動でした。私が6,000 m級深海潜水調査船開発の黎明期の開始時

期を昭和40年としたのは、以上のような三菱重工神戸造船所の潜水艦設計グループの、潜航深度1,000 m以上を狙った新しい設計思想に基づく潜水調査船の開発胎動時期に基づいて考えたからです。

昭和40年当時の我が国の潜水調査船建造の状況は、戦前から海軍潜水艦の建造造船所として幾多の優秀な潜水艦を送り出した実績を持つ三菱重工神戸と、川崎重工神戸の2造船所によって主役の座が占められており、前者は、既に述べたように、「よみうり号」を読売新聞社系の企業に引渡した直後の時期であり、後者は、翌41年度から建造に着手する科学技術庁向けの潜航深度600 m「しんかい」の準備を進めているところでした（いずれの潜水船も、シンタクチックフォーム浮力材は使用していない）。ここで、当時の我が国の潜水調査船建造技術陣を大いに触発した、米国における深海潜水船の開発状況を述べなくてはなりません。

まず、最初に考えておかねばならぬことは、米国海軍の海洋開発に懸ける期待の大きさです。米国海軍は太平洋戦争に勝利した理由の一つに、海洋学者の知識が大きく貢献したことを認識して、海軍が海洋研究所や大学に技術面・財政面での協力を、戦後、続けてきました。このことは、ケネディ大統領が1961年（昭和36年）、議会で海洋科学技術を自国として大規模に支援するプログラム10年計画を発表したことで高潮期を迎えました。前述の10,906 m深度記録も米国海軍によるものです。米国海軍は、40年前後に、深度6,000 m級の潜水調査船の建造を計画し、これに対して、ウェスチングハウス社が「Deep Star 20000」(2万フィート、6,000 m)の設計を、また、ロッキード社が「DSSV 20000」(Deep Sea Submergence Vehicle)の設計を開始しました。このようにして、深海潜水調査船建造計画はこの米国海軍の要求が発端となって、国内二大メーカー

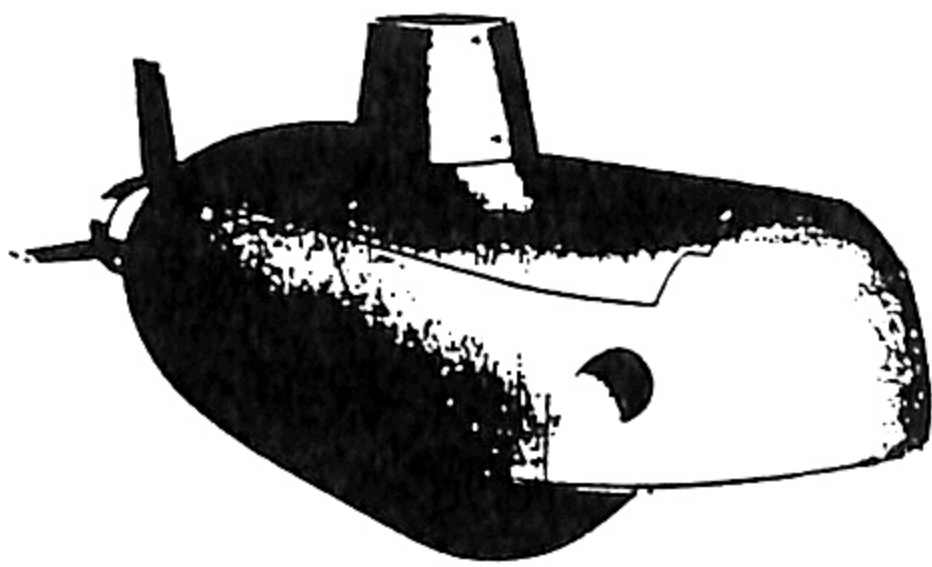
の熾烈な受注合戦を開始させることとなりました。この受注合戦は、海軍が一度はロッキード社に発注したのですが、諸般の事情で建造は中止しました。ウェスチングハウス社は受注に敗れたものの、自社開発で建造して見せると、自費で建造を開始しましたが、これまた、諸般の理由で建造は中止となりました。

この頃、神戸造船所では、この米国の動きに関連して、同国における高強度材料を始めとする各種最新資料を意欲的に集め、これらの情報に基づいて、当初の1,000 m以上を狙った潜航深度の目標は6,000 mとしなければ世界レベルに遅れをとるという認識を強く持つに至りました。そして、43年頃には、図-1に要目と概要配置図を示すような6,000 m級潜水調査船の概念設計を行

いました。この図は、後に(45年に)ウェスチングハウス社との技術情報交換の場で使用する目的で特に作られたもので、このために、図中文字は英文で書かれており、また、潜航深度はフィート単位を使用し、6,000 mは20,000 フィートとなっています。この概念設計は、45年9月に東京晴海で開催された第一回国際海洋開発展に、試験に使用した浮力材の展示等とともに、図-2のようにパネル展示されました。なお、ウェスチングハウス社の自社設計による「Deep Star 20000」の概要を図-3に示した。

一方、川崎重工内の関係グループもこの米国の動き等に敏感に対応していたはずであり、新しい設計思想に基づく深海潜水調査船の開発を三菱と

MHI'S DESIGN CONCEPT



SUBMERSIBLE DEPTH 20,000'

LENGTH	50' OR LESS	ENDURANCE	30 ^{HR}
WEIGHT	50' ~ 60'	PERSONNEL	3
SPEED	3 ^{kn} ~ 4 ^{kn}	PAY LOAD	1'

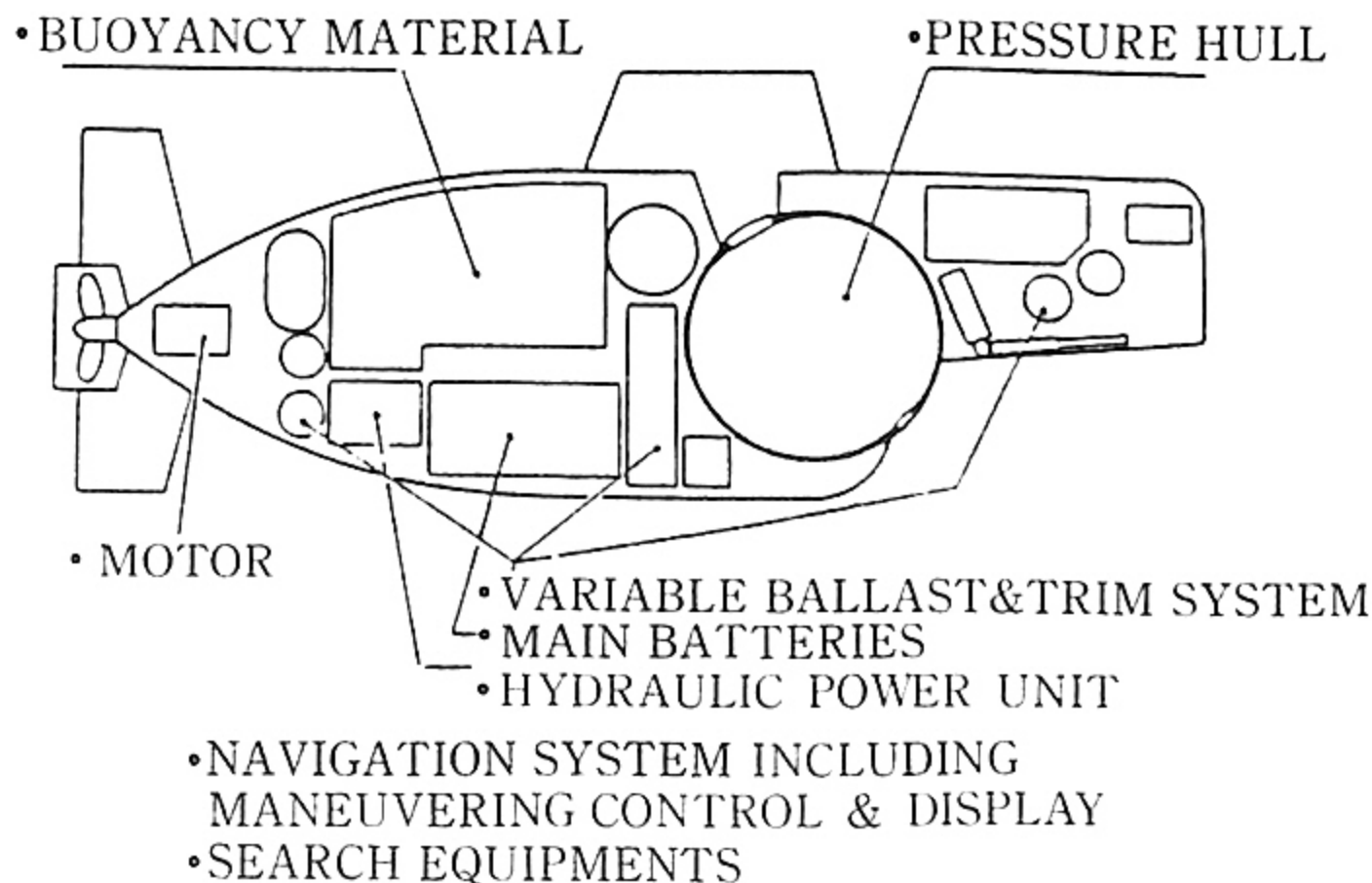


図-1 6,000 m 深海潜水調査船概念図
(・印は開発項目を示す)



図-2 第一回国際海洋開発展の出展パネル

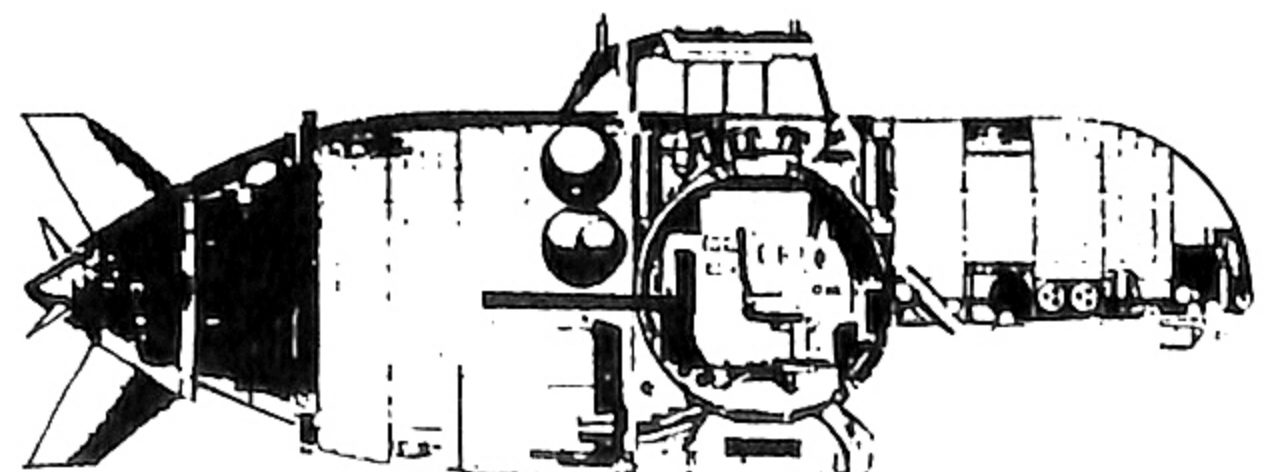


図-3 ウェスチングハウス社 Deep Star 20000

同様に進めていたと考えます。このことは後に(44年)、同社が(財)日本船用機器開発協会(当時理事長甘利昂一氏)に3,000 m級潜水調査船の開発委員会の設置を提案し、これが受け入れられて、吉識雅夫先生を委員長とする「深海用潜水調査船の基本計画及び実験」委員会が、三菱も参加して、同協会の44年度の調査研究委員会として発足したことによっても明らかです。

旧日本海軍の艦船設計技術の権威者のお一人で、海洋科学技術センターでも深海開発技術部の囑託をしておられた故堀元美氏が、後年、私に次のように言われたことがあります。「なにもないところに、西(関西を指す)の方で煙がのぼりはじめた、日本の新しい型の深海潜水調査船の開発の震源地だよ」と。日本でも新しい設計思想に基づく大深度潜水調査船を建造しなければ、という強い欲求が、ユーザー側からではなく、神戸の潜水艦メーカー2社からまず起こったことを、同氏の独特の“ゆーもあ”を交えておっしゃったことですが、この堀氏の一言は、当時の事情をよく言い表していると思います。

2. 青少年に健全な夢を与えよ

深海潜水調査船の開発のような極めて大型なプロジェクトは、国の主導なしには実現の可能性が無いことは明白であります。我が国では、昭和36年に海洋科学技術審議会に総理大臣から出された海洋科学技術の推進に関する諮問以来、所轄官庁である科学技術庁を中心としてその基本方策の検討がなされてきましたが、43年10月、同審議会に対する第3号諮問が出され、この中で、国として今後進めるべき海洋科学技術の開発重点目標を選定して、10年程度先を見通したうえで、翌44年度からの5カ年計画を作成することとなりました。この諮問の答申の中には、当然のことながら、海洋開発各分野での将来計画のシナリオ

が盛り沢山に記載されることになりましたが、このチャンスを、企業として見逃すはずもなく、神戸造船所の遠藤艦艇設計課長、横田計画係長は、答申の取りまとめ官庁である科学技術庁に、6,000 m級潜水調査船開発の必要性を、この答申の中で大きく取り上げて貰うよう本社を通じて強く進言するべきであるとの意見を出しました。この意見に本社内で全幅の賛意を示し、また、直ちに行動に移した人が、当時の本社技術本部技術管理部長の故岡村健二氏でした。この時の岡村さんの的確で実質内容を伴う活動の数々は、当時、海洋開発の重要性を社内外で熱心に説いておられた岡村さんの面目躍如たるものがありました。

岡村さんは、前述の審議会に部会専門委員会として参画していましたが、この場で6,000 m潜水調査船の開発の必要性を明快な論拠を基に強調しました。それらの論拠とは、潜航深度を6,000 mとすることによって、地球上全海洋面積の97%がカバーできること、また、将来開発の可能性のあるマンガン団塊は4,000~6,000 mに多く存在していること、そして、将来の深海底の探査や資源の国際間討議に際して、深海潜水調査船を国が保有して実際に深海底を見たか否かは、その国の発言権の重みに大きな影響を及ぼすこと等の説明でした。こうして、翌44年度7月に出された答申書には、我が国として深海潜水調査船の技術開発を進める必要性があること、そして、その潜航深度は6,000 mを目標にすべきこと等が記述されました。この答申の作成過程では、3,000 m級を目標とする案も出たとのことですが、結局、6,000 mが最終的に選ばれました。この答申内容の結論には、世界の趨勢の洞察と国益保善の考えに基づいて、我が国の取るべき進路を示した岡村さんの強い意見が大きく反映したものと私は思います。

しかし、前述の審議会の答申に示された「6,000 m級深海潜水調査船の技術開発を進めるべきで

ある」という方針は、あくまで指針であり、建造費はもちろんのこと、その前の設計費も、さらにその前の研究費についても、国の費用が裏付けされたものでもなく、6,000 m 級潜水調査船の開発に国の調査費が科学技術庁に初めて付いたのは、これから4年後の48年で、海洋科学技術センターがその実施に当たりました。しかし、この国の方針が出たことで、44年には、三菱重工社内の潜水調査船開発グループの意気は大いに揚がりました。

昭和44年は、このように、海洋科学技術審議会の3号答申に、6,000 m 級深海潜水調査船を開発すべし、との国の方針が出された記念すべき年でしたが、三菱重工内部でも6,000 m に目標を定めた技術開発に大きな進歩がありました。その代表的な一つに、高圧試験水槽設備の建設計画があります。この装置は、潜水船の耐压球殻圧壊強度の試験を始め、潜水船を構成する各種サブシステムの耐高水圧性能を研究するためのもので、既に43年から計画に着手していましたが、44年度中に、当時の神戸の明石にあった神戸研究所内に

設置されました。この使用圧力 $1,200 \text{ kgf/cm}^2$ (水深 12,000 m 相当圧)、内径 600 mm、有効高さ 1,810 mm の装置の建設に要した多額の社内費用は、すべて岡村技術管理部長の決裁によるものでした。その装置の計画から実現までの期間の短さも記録的で、これは、岡村さんが、この装置なくしては深海潜水調査船の開発の号令もすべて絵に描いた餅である、と素早く判断し、躊躇なくこの社内費用での試験設備の建設に踏み切ったからで、この決断は、後の三菱重工内の6,000 m 級深海潜水調査船の技術開発の進捗に、真に大きな貢献をすることになりました(図-4)。

ここで、この年、44年に神戸造船所内に設置されたM6委員会の思い出に触れます。三菱のMと6,000 m の6をとったこの委員会は、その第一回が10月22日に神戸で開催され、この前年頃から本社船舶事業本部内で深海潜水調査船開発の担当となっていた私も出席しました。この席で遠藤艦艇設計課長は、深海潜水調査船についてのこれまで実施してきた神戸造船所の開発状況、世界の開発状況、国内の動き等につき概説をした

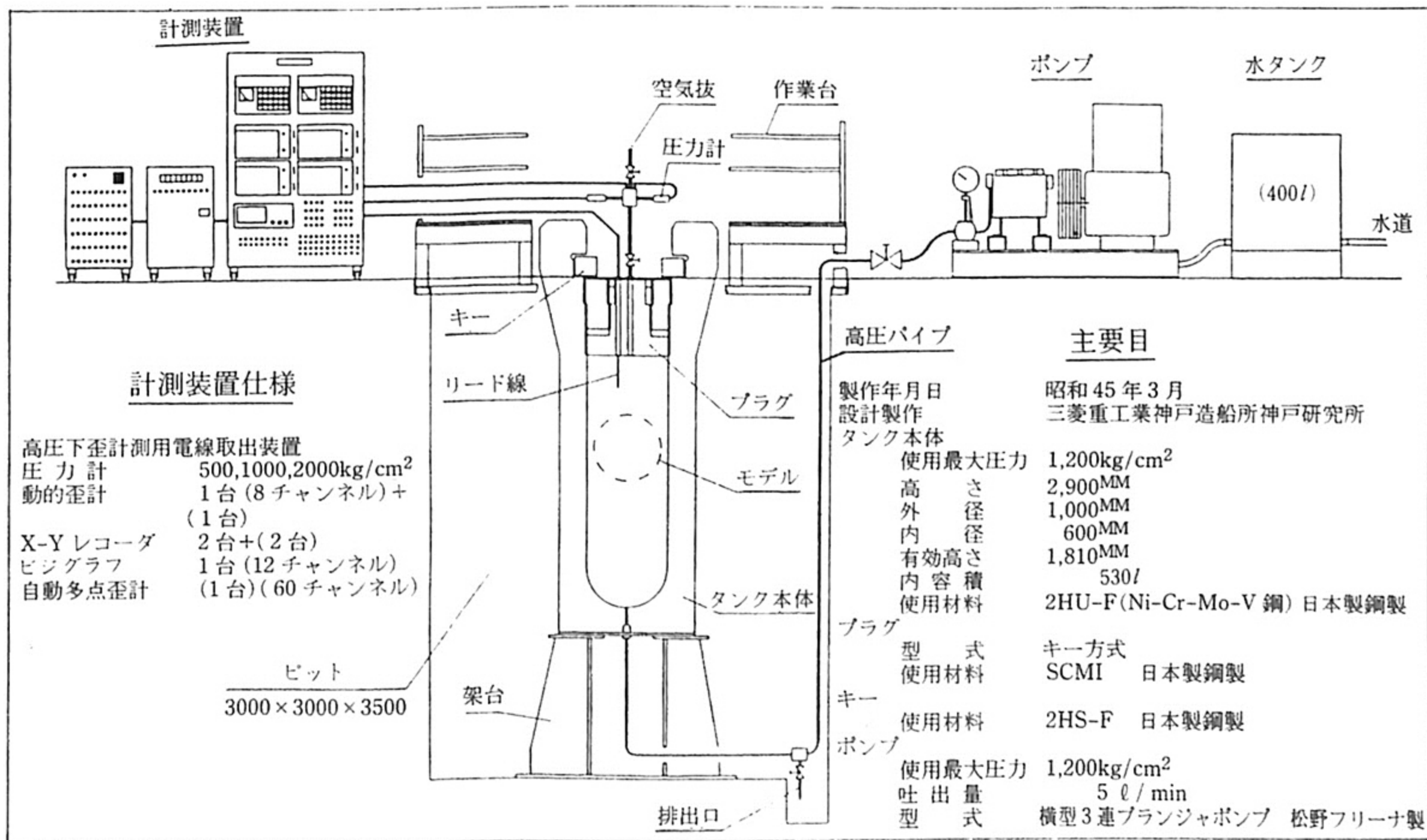


図-4 高圧試験水槽 ($1,200 \text{ kgf/cm}^2$)

後、今後詰めなければならぬ開発項目の数々を詳細に説明しました。それらには、耐圧船殻（殻材料、工作法、球殻強度）、浮力材、艤装（電池、モータ、電路、油圧、バラストイング、のぞき窓、ナビゲーション）等が網羅されていました。そして、ほとんどが、これまで我が国では着手されていない未知への挑戦ともいえる項目づくめで、一般の伝統的な船舶技術開発の範疇にはおよそほど遠いものばかりなので、私は改めてこの計画の今後の難しさに強い印象を受けました。

この委員会では、開発費用はどうするのかについても話し合われました。本社技術本部の援助は続けてもらうにしても、とても賄いきれるものではなく、本社船舶事業本部も早急に研究開発費を持つことが望まれました。結論として、まずは、運輸省の補助金制度の利用、また、前出の（財）日本船用機器開発協会の共同研究事業への参画などを積極的に進めることとなりました。そして、これらに対する、折衝先はすべて東京であり、神戸からのアプローチもできるとはいえ、東京本社に常駐する私の責任は重大なものとなりました。また、多くの額を必要とする社内研究費の支出元である本社経理部門への説明も私の任務であり、外部もさることながら社内での説得も大事な仕事でした。この社内説明については、その後、プロジェクトが進行するに従い、本社経理部門から常に出された質問の、モーター・鋼材を始めとし他の企業の製品で三菱重工の製品でないもの、なぜ当社が研究費の負担をしなくてはならないのか、という素朴な問いに対しても、一件数千万円を越えるような多額の研究予算申請がたびたび行われるこのプロジェクトを審査する経理側としては当然のことであり、私は相手に了解して貰うまで夜分遅くまで人気の絶えた丸の内の本社ビル内で説明に頑張ったことも何度もありました。それに、開発費の問題のみでなく、学識経験者としてご指導を仰がなくてはならぬ先生、研究者の方々

も多くは東京地区におられるので、これら先生方との諸連絡も大事な問題として抱えることになりました。この委員会の開催日を10月22日とよく覚えているのは、この日、神戸の須磨にある出張者寮に泊まり、翌朝、前夜の三宮のアルコールの残るまま散歩に行った早朝の静かな海岸で、急にその日23日が私の満40歳の誕生日であることを思い出し、6,000 m 潜水調査船開発のキックオフでもある第一回 M 6 委員会の開催日との偶然の符合に、これは大きな仕事の開始にふさわしい「タイムマーク」になるなと強く感じたからです。

昭和45年は6,000 m 潜水調査船の開発に、運輸省補助金と運輸省外郭団体の（財）日本船用機器開発協会（以下船機協会と呼ぶ）の共同研究資金の二つの援助が実現した記念すべき年でした。運輸省の企業合理化促進法に基づく応用研究補助金交付制度は、戦後間もない時期に設けられ、その後、造船界の技術の向上に大きな功績を残した制度と言われてはいますが、6,000 m 深海潜水調査船についても、耐圧殻の材料特性、溶接性の研究について三菱重工からの研究補助金申請に対し交付の認可があり、その後、45、46、47、49年と4カ年にわたり研究を続けることができました。10 Ni-8 Co 鋼と呼ばれる新日鉄製の高強度鋼材料の試験を主体とする研究を、この補助金を核にして社内を進めることができました。鋼材の選択については、44年に、当時の富士鉄、八幡製鉄、三菱製鋼からそれぞれの推薦材料の提案があり、44年から45年にかけての富士と八幡の合併後は新社会の新日鉄からは前出の10 Ni 鋼が、三菱製鋼からはマルエージング鋼が推薦されていました。そして、その後、以下に述べる球殻圧壊強度のテスト結果等から10 Ni-8 Co 鋼が選ばれて行くことになります。

また、船機協会における深海潜水調査船の共同研究については、既に、44年に深海潜水調査船

の開発を目標とした委員会が設置されていたことについて触れましたが、45年からは、新たに「6,000 m 深海潜水調査船の開発研究委員会」として、吉識委員長のもとで、三菱重工と川崎重工が実施の主体となった大きな流れとして動き出しました。この委員会は49年まで5年間にわたり多くの分科会で各種の研究を実施し、同協会からの研究費の総計は約3億円の多額なものとなりました。この共同研究の結果はその後の我が国深海潜水調査船の開発に大きく貢献し、このことは、研究の着手に際してご理解を頂いた当時の甘利理事長をはじめ運輸省関係者の方々に改めて今深く感謝するものであります。川崎重工から同協会に移ってこられ、このプロジェクトの統括の任にあった故細井 茂氏は、よく私に、「大野君よ、国の為だ、川重も三菱もないよ、一緒に仲良くやらねば」と言っておられました。本当にこのような国益を思う人々に支えられて、このプロジェクトは具体化の道を歩んで行ったのだとつくづく思います。

船機協会の共同研究委員会では、耐圧球殻強度、浮力材、油漬銀電池、油圧ポンプ、水銀トリム調整装置、バラスト装置、電線貫通金物、のぞき窓等の開発研究のほかに、調査事業として、外国潜水船調査、航行方式調査、事故事例調査、将来利用調査、通信方式調査等を実施しました。これらの開発項目の中でも、特に乗組員、研究者が乗る耐圧球殻の強度検討は潜水船の設計上で最も重要な項目で、この検討は当時東京大学教授をされていた山本善之先生のご指導のもとに、前に述べた神戸研究所の高圧試験水槽を使用して、大規模に実施されました。「不正球度と耐圧力に関する系統的圧壊実験」、「材料の特性と球殻強度、圧壊様式に関する系統的圧壊実験」、「開口補強材、コニカルシートハッチ付き球殻の圧壊実験」等の圧壊実験が、実際の球殻直径(2 mを想定)の1/4に当たる直径500 mmの模型で、10 Ni-8

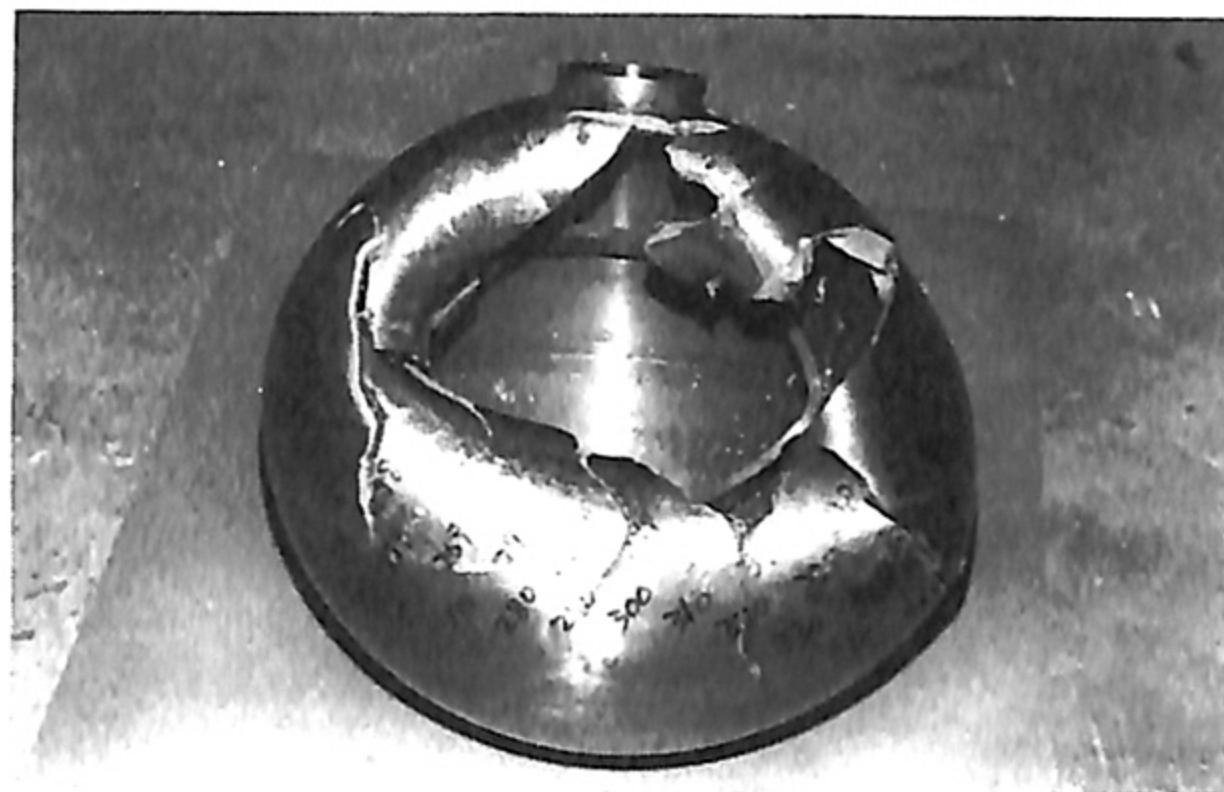
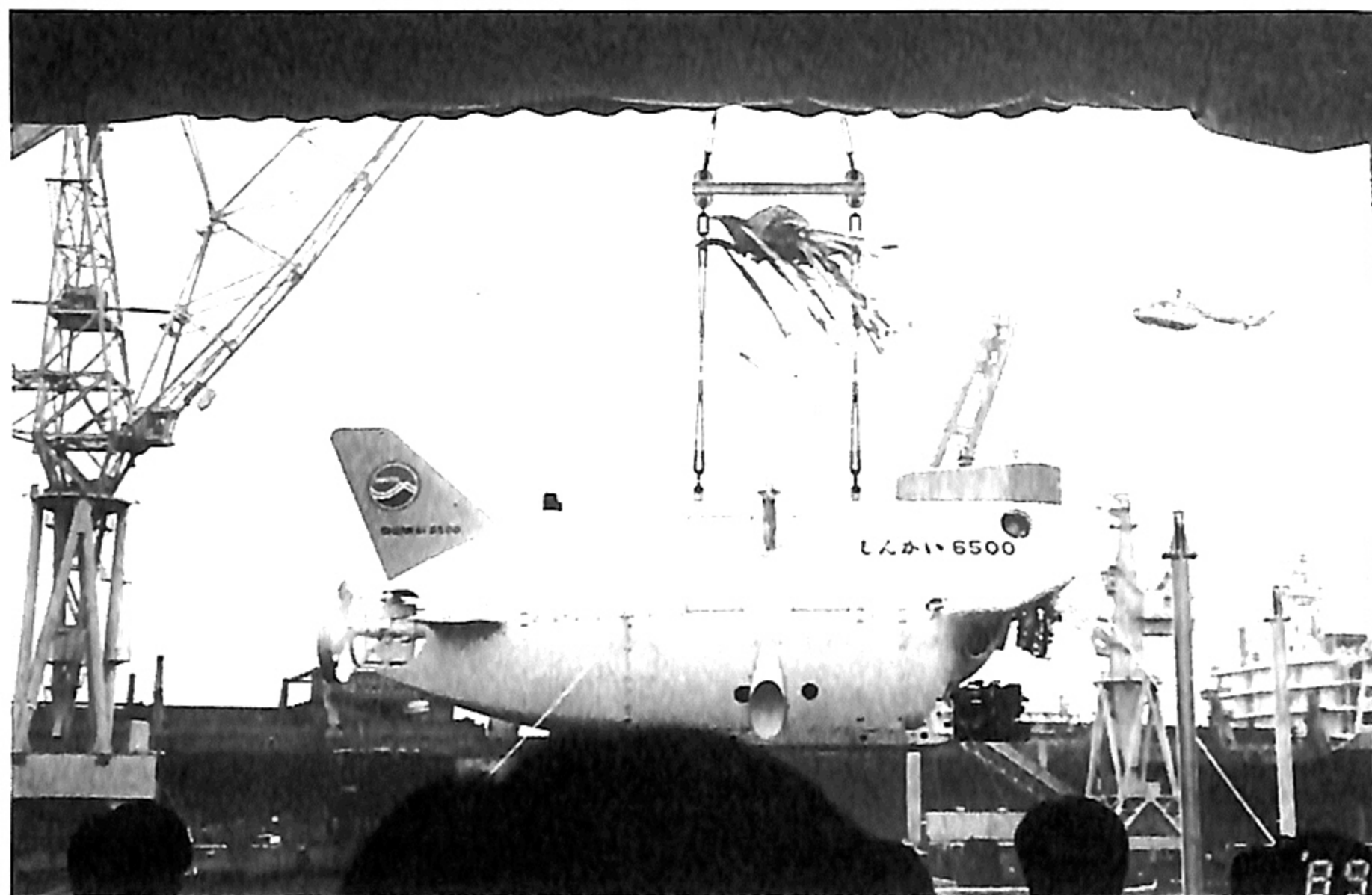


図-5 圧壊した球殻模型

Co 鋼を始めとする各種の高強度材料を使用して、幾度も繰り返行われました。図-5は、圧壊した耐圧球殻模型の一例です。

以上の45年から始まった運輸省補助金研究と船機協会共同研究は、それまで行ってきた一企業内の6,000 m級深海潜水調査船開発の動きに大きな加速を与えました。そして、44年に出された科学技術庁の「開発推進すべし」の3号答申内容もまた、開発に携わる関係者に対し、将来の実船建造の目標達成に大きな励ましとなったことは言うに及びません。このことから、本題の「我が国6,000 m級深海潜水調査船開発の黎明期」の終了時期は、プロジェクトが次の開発の段階に向けて力強く動き出した、この昭和45年としたいと考えます。本文中でも触れましたが、このあと、海洋科学技術センターが48年から50年にかけて6,000 m級潜水調査船の調査研究を開始し、この結果、6,000 mの前に2,000 mの中間深度の潜水調査船をまず建造するのが妥当である旨の結論が出て、この線に沿って、51年からは2,000 m潜水調査船の建造に向けての具体的な動きが始まりました。そして、科学技術庁予算によって海洋科学技術センター向けに「しんかい2000」が三菱重工神戸造船所で56年に完成し、次いで、その実稼働実績も踏まえて、同センターで、いよいよ6,000 m級潜水調査船プロジェクトの開発が開始され、60年度からの5年計画で



図一6 「しんかい6500」着水式（平成元年1月19日、三菱重工神戸造船所にて著者撮影）

「しんかい6500」の建造が始まり、平成元年には同じ神戸造船所で同センター向けに待望の完成を見ました。実に、昭和44年の第一回M6委員会翌日の須磨海岸での満40歳の思い出の年から、ちょうど20年の長い道のりを経て6,000m級深海潜水調査船は実現しました（図一6）。

科学技術庁では、海洋科学技術審議会の管轄官庁として、6,000m級深海潜水調査船の検討につき、特に44年の3号答申以降は、担当の海洋開発課が中心となって前向きに動き、47年度よりは、深海潜水調査船を始め深海機器の試験を行う我が国最大規模の試験設備として、設立直後の海洋科学技術センターに大型高圧試験水槽（1,560 kgf/cm²、内径1,450 mm）を設置する計画に着手しました。また、46年頃に、同海洋開発課の政策の諮問機関として極く少人数の専門家からなる深海潜水調査船の委員会を設けて、今後の技術開発の方向について審議を行っておりました。この委員会の委員の一人とし参加しておられた元防衛庁技術研究本部開発官で当時日本鋼管（株）におられた旧海軍の潜水艦設計技術の権威者故緒明

亮乍氏が、深海潜水調査船建造の必要性を述べた意見書を書かれました。私はその文章を、遠藤委員からその頃見せてもらいましたが、いまでも、その内容は強く記憶に残っております。私は生前の同氏のご立派な見識と礼儀正しいお人柄に直接接触れる機会を何度か持つことができたので、この意見書の内容には素直に同意できるものでした。その趣旨は次のようなことでした。

「現在、我が国の若者の多くは国の前途にこれといった希望をもっていないようだ。ただ、享乐的に人生を過ごせばよいといった風潮がある。この青少年達に健全な夢を与える意味でも、世界に誇れるような深海潜水調査船を建造して人類未踏の深海底を探索することは重要な国の責務と思う」と。

「しんかい2000」、「しんかい6500」の二隻の日本の誇る深海潜水調査船が、国が必要とする科学の探究に役立つことはもちろんですが、緒明氏が科学技術庁の委員会で当時提言されたように、我が国の青少年に対しても将来に向けて夢を与え続けてゆくように願いつつ、私の拙稿を終えます。

地球深部への旅 (その8)



南雲 昭三郎
Shozaburo Nagumo

略 歴

昭和 2 年 東京に生まれる
昭和 26 年 東京大学理学部地球物理学科卒業
通産省地質調査所入所
昭和 39 年 東京大学地震研究所転任
昭和 63 年 東京大学名誉教授
ハワイ大学ハワイ地球物理学研究所客員 現在に至る

7. スーパープルームと地球の熱収支

地球深部への旅も、最終回を迎えた。今まで、地球深部に起こる運動像を尋ねて最近の研究成果を見てきた。振り返ってみると、まずサイスミックトモグラフィの斑模様、地震波速度分布の不均質、温度分布の異常、密度分布の異常を見、それらが地球内部の浮力分布の異常にほかならず、運動の原点になっているのを見た。次に地球内部の温度分布、特に地球中心核の融けた鉄の高温がもたらす温度勾配に、熱対流の起こる条件が備わっているのを見た。また、ジオイドの大きいスケールの起伏に、マントル対流が持ち上げるコア・マントル境界の起伏が表れているのを見た。地球磁場の西方移動には中心核流体のコア表面直下の流れを見、地球主要磁場のダイナモ（発電機）には中心核内部の流体運動を見た。マントル対流の数値実験には地球深部に起こるべき熱対流運動の基本的パターンを見た。そこには、コアからの熱の搬出は大きなスケールの熱プルームによることが示されていた。この最終回では、その理論的に示された大きなスケールの熱プルームが

実際に見えること、太平洋の中央部に観察されることを記す。この現象は、“スーパープルーム”と呼ばれる。これは最近の発見であり、地球全体に種々の変動を同時にもたらしめているものとして注目を浴びている。

7.1 スーパープルームはどこに

スーパープルームはどこに見られるか、何に見えるのか。太平洋の中央、ポリネシア・メラネシア・ミクロネシアと呼ばれる海域は椰子の木茂る環礁 (atoll) が無数に散在し、海底にはギョー (guyot : 平頂海山) と呼ばれる山頂の平坦な海山が、これまた無数といってよいほどに散在し、これらの海山群をのせる海台 (ocean plateau)、海嶺 (oceanic ridge) の起伏 (relief) が広く広がっている。これらの海底の起伏は白亜紀に起こったスケールの大きな火山活動の跡にほかならず、この広大な白亜紀の火山活動はマントルプルームの証拠にほかならないというのが最近示された画期的な解釈である。

マントルプルームの跡は環礁や平頂海山に見えるだけでなく、この海域に広がる白亜紀地磁気静穏帯 (Cretaceous magnetic quiet zone) と呼ばれる深海底の広がりにも見られる。地球磁場は

その誕生以来、南北の極性を時々反転させるという現象を続けている。その反転現象が中期白亜紀に約4千万年もの長い間(120~80 Ma, Ma: 現在から昔の年代を測る単位で1 Ma=100万年)起こらなかった。この時期に生成された海洋底は地磁気異常の縞模様が無く、その区域は地磁気静穏帯と呼ばれる。太平洋におけるこの白亜紀地磁気静穏帯の広がりとはとても大きい。この大きい広がりには、そこに生産された海洋地殻の量の大きいこと、海洋地殻を構成する海洋玄武岩の大量の産出があったこと、その玄武岩の本源マグマが大量に生じたこと、上部マントルに大規模な部分溶融が起こったこと、そこに大量の熱が搬出されたことを示している。

この大量の熱量はどこから来たのであろうか。この大量の熱こそマントルプルームの運んできたもの、中心核から地表へと直接運ばれたものであろうというのが最近示された解釈である。換言すれば、地磁気静穏帯の広がりとは、環礁・平頂海山をのせる海台・海山群と、両者あいまって、コアからの大量の熱の供給の跡を示すというのが新しい見方である。

7.2 ダーウィン海膨 (Darwin Rise)

まづ白亜紀に太平洋に起こった火山活動を見てみる。その広がりにはダーウィン海膨と呼ばれる。1964年の著者“Marine Geology of the Pacific”にてH.W. Menardは、太平洋の中央部に白亜紀に火山活動が広範囲に起こり、浅海性の台地状の起伏(relief)があったことを述べ、この起伏をダーウィン海膨と呼んだ。19世紀この海域を探検し、環礁に島の昇降運動を洞察したCharles Darwinにちなんだもの。ダーウィン海膨の広がりには図-1 Aに示すように北西-南東に伸びる軸を持ち、幅約4,000 km長さ約10,000 kmにも及び、その古水深は3.5~4.0 kmであったという。その海底の隆起の様子は現在の南太平洋フランスポリネシアに見られるようなものであつたらうと考えられている。図-1 Bにはそこに起こった火山活動の跡が示されている。北部中央に中部太平洋海山群(Mid-Pacific Mountains)という広大な海底台地があり、火山活動の跡は、そこから南東へ伸び、北東側にライン列島(Line Islands)、南西側にマーシャル・ギルバート列島(Marshall-Gilbert Islands)の海

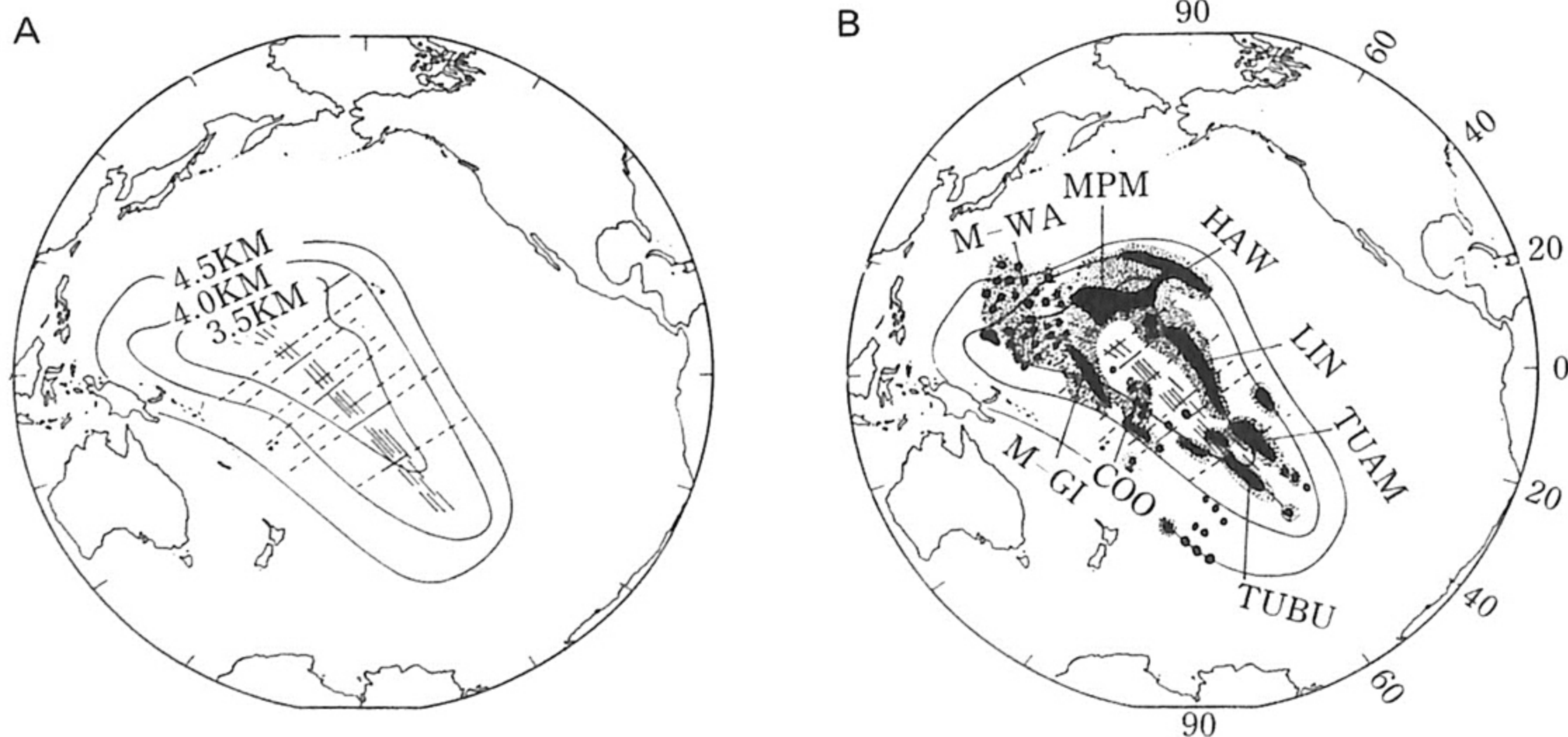


図-1 ダーウィン海膨の(A)古水深図、(B)火山活動分布(Menard, 1964による)。HAW (Hawaiian Isls.), MPM (Mid-Pacific Mountains), LIN (Line Isls.), M-GI (Marshall-Gilbert Isls.), M-WA (Marcus-Wake Seamounts), TUAM (Tuamots Archipelago), TUBU (Tubuai Isls.), COO (Cook Isls.)

嶺を両翼とし、南東端はツアモット群島 (Tuamotu Archipelago), ツブアイ列島 (Tubuai Islands) に至る。この南東縁はフランスポリネシアの海膨に当たる。北東縁はハワイ海膨に当たり、その外側はヘス海膨 (Hess Rise) に接している。北西縁はマーカス・ウェーキ (Marcus-Wake) 海山群となり、南西縁はオントン・ジャワ海台 (Ontong-Java Plateau) に接している。この図-1 は 1964 年の著書によるものであるが、改訂版が 1984 年の論文に出ている。また、McNutt (1990) はダーウィン海膨の北西方向への伸びは日本近海 (拓洋第 2 海山などの海山

群) にまで及んでいることを報じている。故茂木昭夫氏はダーウィン海膨が伊豆・小笠原海嶺を越えて四国海盆に伸び、大東海嶺・沖大東海嶺に及んでいると論じている。

7.3 ダーウィン海膨火山活動の年代

ダーウィン海膨に起こった火山活動の経過は、それらの海台・海山群と周辺海底の年代から次第に判明してきた。図-2 にダーウィン海膨及びその周辺の海台・海山群の分布を、図-3 にそれらの火山活動の年代を示す (Larson, 1991, Larson and Olson, 1991)。

ダーウィン海膨の火山活動は、まず前期白亜期

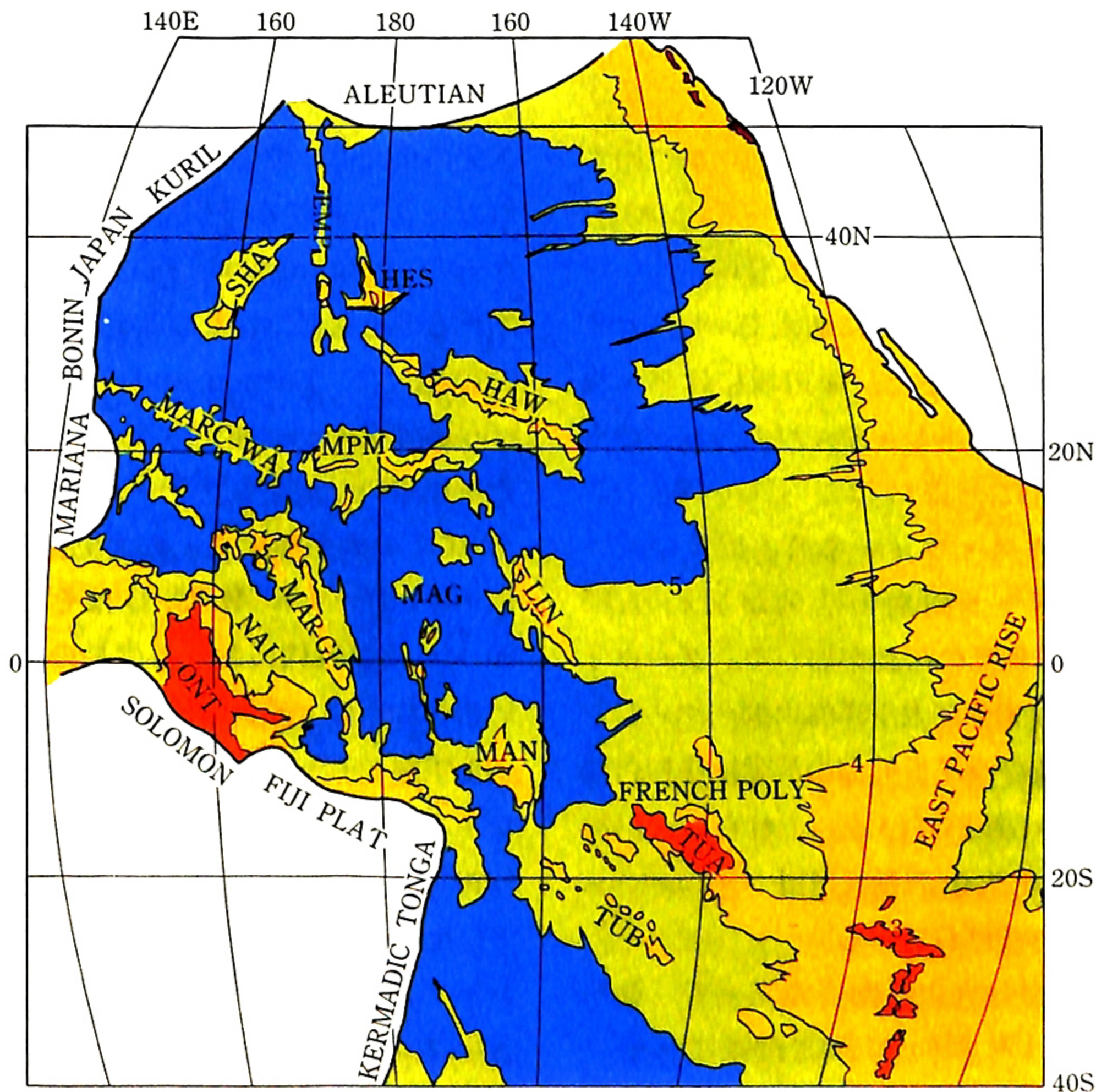


図-2 中央太平洋の海台・海山群の分布。等深線 (5, 4, 3 km) で示したものの。EMP (Emperor Smts.), HAW (Hawaiian Isls.), HES (Hess Rise.), LIN (Line Isls.), MAG (Magellan Rise.), MAR-GI (Marshall-Gilbert Isls.), MAN (Manihiki Plateau.), MPM (Mid-Pacific Mountains.), MARC-WA (Marcus-Wake Smts.), NAU (Nauru Basin), ONT (Ontong-Java Plateau.), SHA (Shatsky Rise.), TUA (Tuamotu Archipelago.), TUB (Tubuai Isls.).

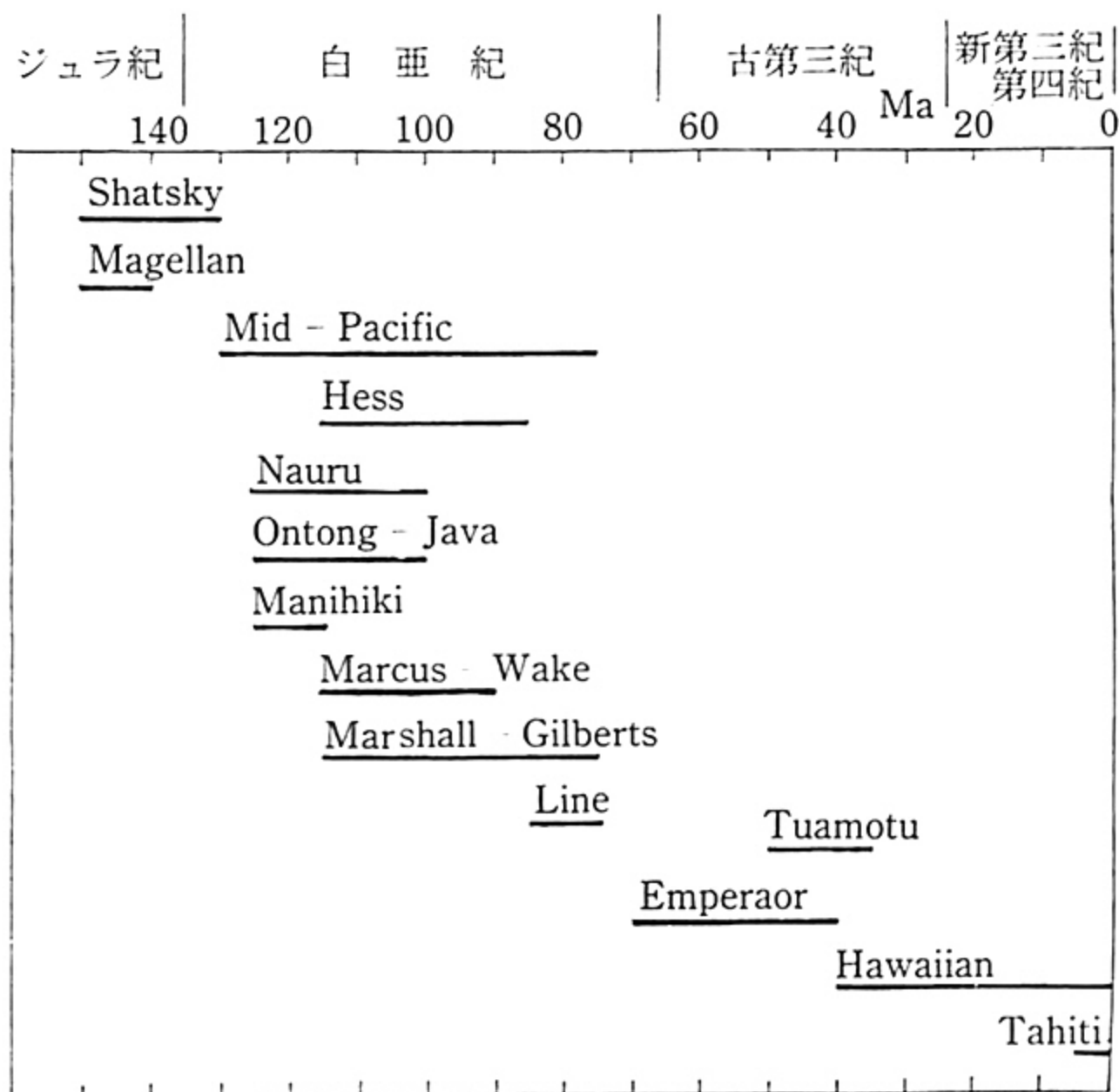


図-3 ダーウィン海膨及びその周辺の海台・海山群の火山活動年代 (実線)。(Larson 1991, Larson and Olson, 1991, の表から作る)

(130 Ma~) に中心部の中部太平洋海山群に始まり、それ以降、後期白亜紀まで (130~75 Ma) 引き続いて起こっている。中期白亜紀 (125 Ma~) には中部太平洋海山群の活動に加えて、マニヒキ海台の活動が起こり、また、縁辺域にはヘス海膨、ナウル海盆、オントン・ジャワ海台などの火山活動が広範囲に一斉に起こっている。115 Ma~ にはマークス・ウィーキ海山群及びマーシャル・ギルバート列島の活動が加わり、85 Ma~ にはライン列島の活動が加わる。ダーウィン海膨の骨格をなす中部太平洋海山群、マーシャル・ギルバート及びライン列島の活動は後期白亜紀まで (~75 Ma) 続いている。これらの火山活動は、中期白亜紀火山活動 (Mid-Cretaceous Volcanism) とも呼ばれている。

ダーウィン海膨の火山活動に先立って、後期ジュラ紀 (150~130 Ma) には北西縁にシャツキー海膨の火山活動が起こっており、また、ダーウィン海膨の真中にあたる所にもマゼラン海膨の火山活動が起こっている。ちなみに、ダーウィン海膨の北に走る天皇海山列の形成は古第三紀 (70~40 Ma), それに連なるハワイ列島の形成

は 40 Ma~ 現代である。

これらの年代決定は、海山からドレッジされた岩石、サンゴ礁の岩片、深海底掘削などから行われている (Larson 1991 に出所記載あり)。

7.4 海底の年代

次に、これらの白亜紀火山活動の舞台となった海洋底の年代をみってみる。ダーウィン海膨という海底地形の隆起・起伏を産んだ海洋地殻はいつ形成されたのか。この問題は太平洋の生成・拡大史にかかわるもので、それ自体興味ある“謎”である。最近改めて問題提起がされており、21世紀へ向けての大きな研究課題となりつつある。この稿では、その詳細には触れず、従来のプレートテクトニクスによる復元によって記す。

プレートテクトニクスによる海洋底生成・拡大史の復元は、地磁気縞模様の年代解読から行われた。基準となる年代を測る物差し、地磁気スケール (geomagnetic scale) は、観測データが増えるとともにたびたび改訂が加えられている。この稿では、Larson and Chase (1972), Larson and Pitman III (1972) がその議論を展開した折に用いた地磁気スケールで記す。Larson ら (1972) の太平洋生成・拡大史復元の例を図-4 に示す。図-4 A, B, C, D はそれぞれ 120, 100, 80 Ma 及び現代における生長の様子を順を追って示したものの。成長の様子を次に記す。

まず図-4 A にはジュラ紀に生まれた太平洋プレート (Pacific Plate) が、中期白亜紀の始め (120 Ma) には、周囲を4つのプレートで囲まれていたことを示す。東西南北にそれぞれファラロン・プレート (Farallone Plate), イザナギ (あるいはジャパニーズ) プレート (Izanagi (Japanese) Plate), フェニックス・プレート (Phoenix Plate), クラ・プレート (Kula Plate) に接していた。それぞれのプレート境界は海底拡大軸 (Sea-Floor Spreading Axis) となっており、そこからそれぞれのプレートが生産される。

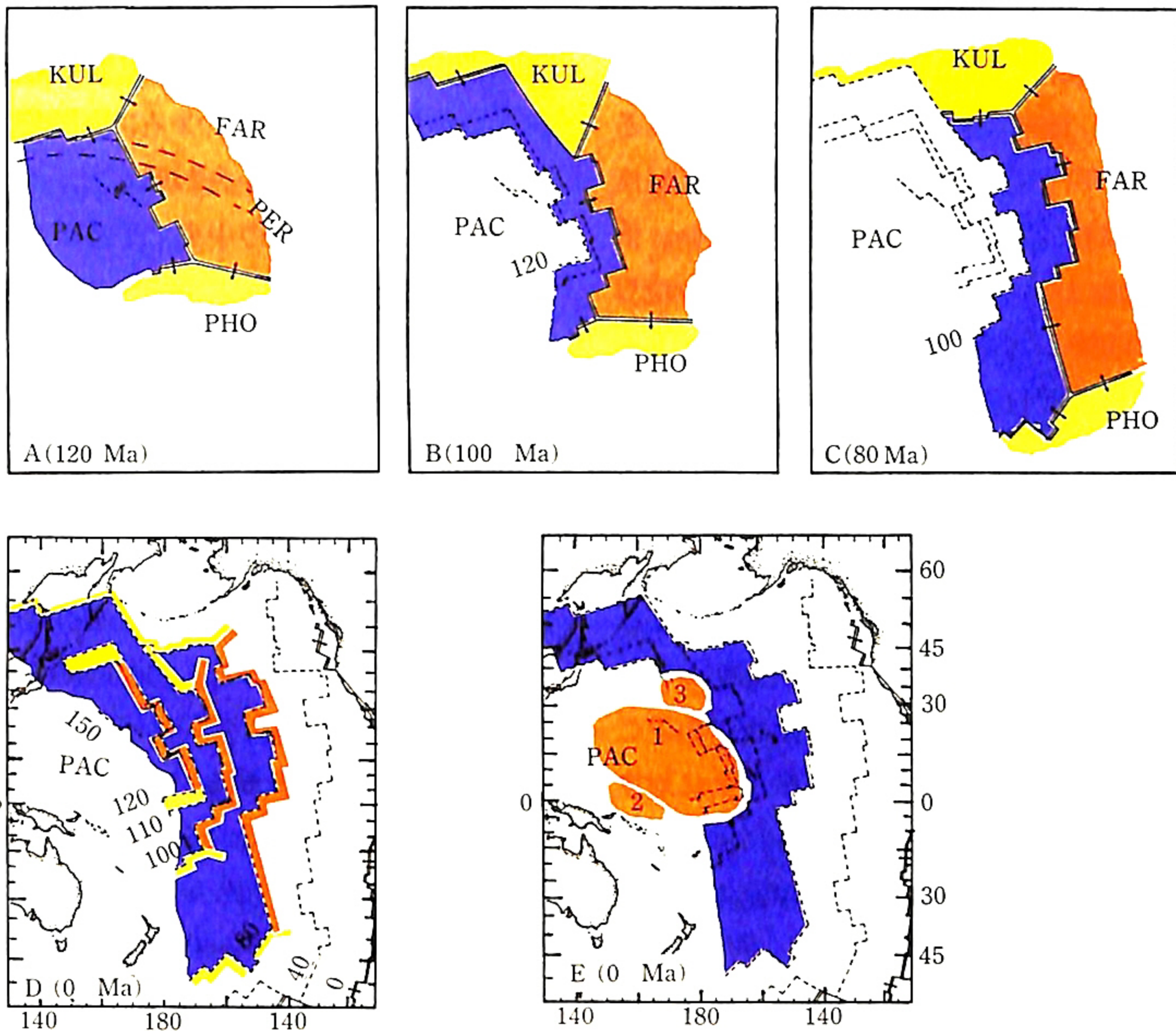


図-4 太平洋プレートの生成・拡大史 (Larson and Chase, 1972, による)。A は 120 Ma, B は 100 Ma, C は 80 Ma, D, E は 0 Ma (現代) におけるプレートと拡大軸 (プレート境界の二重線) を示す。点線はそれ以前のプレート境界を示す (数字は年代)。PAC (Pacific Plate), FAR (Farallon Plate), PHO (Phoenix Plate), KUL (Kula Plate), PER (Paleo-Equatorial Region, 古赤道帯)。D には PAC-FAR 境界 (橙色) の成長の跡を示す。E には地磁気静穏期 (120-80 Ma) に生成された海底 (紫色) と中期白亜紀火山活動の領域 (橙線で囲まれた部分, 1 はダーウィン海膨, 3 はヘス海膨, 2 はオントンジャワ海台) を示す。

太平洋プレートから見ると、プレート境界はプレートを生産しながら側方へ移動してゆく。自分自身は面積が広がり生長する。

図-4 B には 100 Ma (中期白亜紀) のプレート境界が示され、120~100 Ma の 2 千万年間に新しく生成された太平洋プレートが同図紫色で示されている。図-4 C には 80 Ma のプレート境界が示され、100~80 Ma の間に生成された部分が紫色で示されている。太平洋・ファラロン境界は一貫して東へ移動し、太平洋・フェニックス境界はこの時期に南へ大きく移動している。図-4 D は現代、太平洋プレート上に 150~80 Ma に生成

された海底を紫色で示し、各時期 (120, 100, 80, 40 Ma) のプレート境界 (拡大軸) の位置を点線で示している。現代 (0 Ma) のプレート境界 (東太平洋海膨) は二重線で東端に見えている。地磁気静穏帯に相当する中期白亜紀 (120~80 Ma) の 4 千万年間に生産された海底の面積が非常に大きいことが、この図によく表れている。またこの間、太平洋・ファラロン境界の海底拡大軸 (橙色の線) も成長し、長さを増していることが見える。

以上は、太平洋プレートに固定した座標系から見た時の太平洋プレートの成長の様子である。し

かし、プレートテクトニクスでは太平洋プレートそれ自体が生産されながら移動していると仮定しているの、地球に固定した座標系から見ると、現代の太平洋プレート内各地点の緯度経度は、その生成時の原位置を示すものではない。例えば、ダーウィン海膨は太平洋・ファラロン境界の西側にほぼ接して発達したものであり (Schlanger et al., 1981), 中部太平洋海山群はその誕生の時は南東方向、赤道を越えた南太平洋にあった (Suárez and Molnar, 1980) とされ、図-4 A には 120 Ma 当時の古赤道帯 (PER. Paleo-Equatorial Region) が記されている。図-4 A, B, C の各時期のプレート境界が、地球に固定した座標系から見て、現在の太平洋のどこにあったのかということは、プレート運動に対する仮定いかんによることなので、正確には分からない。いろいろの推論がある (Kominz, 1984, Scotese et al., 1988, Larson, 1991, Watt and Weissel, 1988, など)。

ダーウィン海膨などの中期白亜紀火山活動の領域をこれらの海底年代図の上に重ねてみると、その火山活動がどれくらい古い海底に起こったものかが分かる。図-4 E に橙色で火山活動の領域を、紫色で 120~80 Ma の海底を示す。ダーウィン海膨の火山活動は、約数千万年古い海底に起こっている。例えば McNutt (1990) によれば、ウェーキ海山群の火山活動は 169~160 Ma (ジュラ紀) に生成された海底に数千万年 (40~85 Ma) 経て 120~85 (中期白亜紀) に起こったものであり、中部太平洋海山群の火山活動は、169-156 (中期ジュラ紀), 156-135 (後期ジュラ紀) に生まれた海底に数千万年 (15~85 Ma) 経て 120 Ma~ (中期白亜紀) に継続して起こっている。これらの火山活動は拡大軸にプレート生成と同時期に起こる火山活動とは別個のもので、プレート内部火山活動 (Mid-Plate Volcanism) と、拡大軸から離れた火山活動 (Off-Ridge Volca-

nism) とも呼ばれる。

中期白亜紀 (120~80 Ma) に新しく生成された海洋底の広がり、ダーウィン海膨及びその周辺の火山活動の広がりを合わせると、図-4 E に見られるように、現在の中央太平洋 (南北両半球を含めて) のほぼ全域を占めている。

7.5 海洋玄武岩の生産量

白亜紀の海洋地殻及び海台・海山群を作った海洋玄武岩 (Ocean Basalt) 生産量の計量が Larson (1991, Larson and Olson, 1991) によって行われた。図-5 にその結果を示す。図-5 B は太平洋の拡大軸から生産された海洋地殻の玄武岩の量を 5 Ma ごとに過去 150 Ma にわたってプロットしたもの、図-5 D は海台・海山群を作る玄武岩の量で、太平洋・大西洋・インド洋を合わせたもの、図-5 C は大西洋・インド洋の拡大軸から生産されたもの、図-5 A は全世界の合計を示したものである。120~80 Ma における海洋玄武岩の生産量は現代 (0~5 Ma) の約 2 倍となっている。

これらの計量は、拡大軸から生産されたものに

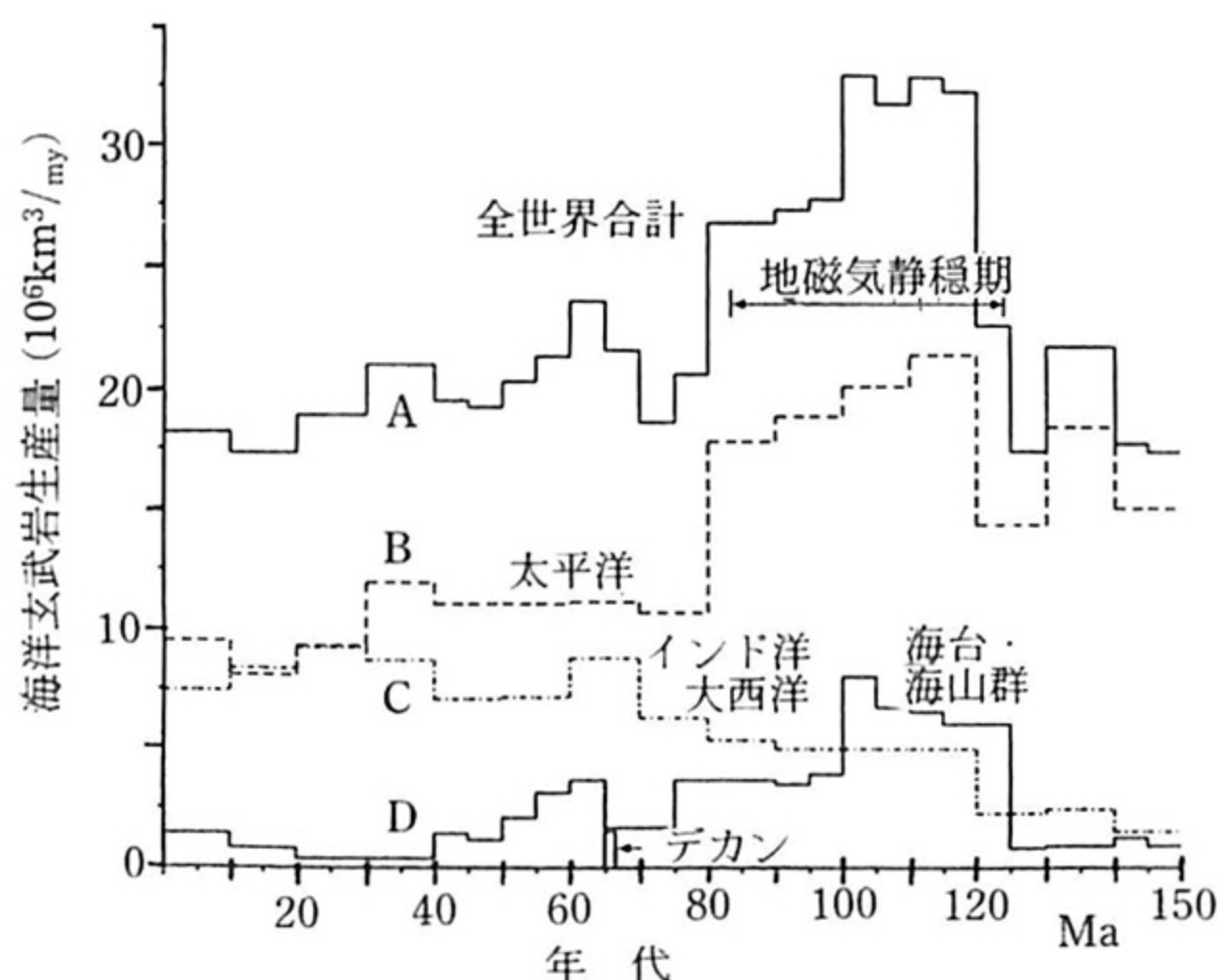


図-5 過去 1 億 5 千万年間の海洋玄武岩生産量の推移 (Larson, 1991, による)。A は全世界合計、B は太平洋における拡大軸から生産されたもの、C は大西洋・インド洋における拡大軸から生産されたもの、D は海台・海山群を作ったもので太平洋・大西洋・インド洋の合計。

については面積×海洋地殻の厚さ (7.5 km 一定)、海山・海山群を形成したものについては面積×海台地殻の厚さ (アイソスタシーを考慮したもので、海台ごとに異なる値をとる) によって行われた (Larson, 1991)。

海台・海山群を作った玄武岩に着目して、その生産量の年代による変動をみると、125 Ma～ (中期白亜紀) に急増があり、70～60 Ma (白亜紀末～第三紀初頭) に中休みがあるものの、40 Ma (古第三紀) まで続いている。一方、海洋地殻を作った玄武岩の生産量をみると、120 Ma～から急増し、それ以降白亜紀全体にわたって大量の生産が続いている。80 Ma 以降この生産量は約 1/2 に減少している。この両者合計のプロット (図-4 A) は 120～80 Ma における海洋玄武岩の大量生産を示し、Larson (1972) はこの現象を生産速度のパルスと呼んだ。また、120～80 Ma の年代は地磁気静穏期に当たる。Larson (1991), Larson and Olson (1991) は、この両者の一致に深い意味のあることを見だし、スーパープルームによって起こった現象と考え、この地質年代をスーパープルーム・エピソード (時階) と呼んだ。

スーパープルームとはマンテル対流に見られる熱プルームの巨大なもので、コア・マンテル境界から立ち上がり、マンテル内部を円柱状に上昇し、地表近くに到達すると、その頭部が扁平に広く広がる。前章のマンテル対流の数値実験で示されているように、プルームは、全地球規模において数こそ数本にしか過ぎないが、それでいて全マンテルの熱対流システムを構成し、コアからマンテルへ供給される熱量の全部を地表へ搬出する役割りを演じている。このような巨大なプルームが 125 Ma (中期白亜紀) に起こり、現在の太平洋プレート上中部太平洋の所に噴出したに違いないというのが Larson (1991) が提示した新しい解釈である。

7.6 スーパープルームの根拠

地磁気静穏期と期を一にする海洋玄武岩の大量生産現象がなぜスーパープルームによることなのか。

根拠は3つ挙げられる。第1は、海洋玄武岩の生産速度パルスの時期と地磁気静穏期と一致すること。地磁気の異常はコア内部のダイナモ運動の異常にほかならないので、この一致は海洋玄武岩の大量生産がコア内部の異常現象に密接に関係していることを意味する。海洋玄武岩の大量生産をもたらした熱はコアから来たのであろう—コアからマンテルプルームによって直接運ばれてきたものであろうという推論が生まれた。

第2の根拠は、ダーウィン海膨の海台・海山群をプレート運動の軌跡を逆に辿って原位置 (生成時の位置) へ復元すると、その誕生の地は或る限られた範囲に収斂し、あたかもプルームヘッド (plume head) の広がりに対応するように見えることにある。この復元は、まだ満足するものは得られておらず、プレート運動に対する仮定 (地球に固定した座標系からみて各プレートはどう動いたかという仮定) に応じて種々の場合が考えられている。1例としてハワイホットスポットが地球座標系に対して固定されているという仮定 (Suárez and Molnar, 1980) に従って復元すると、ダーウィン海膨の主要な海台・海山群の生誕地は、現在の南太平洋、フランスポリネシアに広がるスーパースウェル (Super swell, 巨大な膨らみ, McNutt and Fisher, 1987) と呼ばれる海域に求められる (Larson, 1991)。このことから、Larson は現在南太平洋スーパースウェルに見られる海底地形、火山活動は、中期白亜紀のスーパースウェルの名残りであろう、往時の活動もこれに類似した様相であったろうと述べている。例えば図-2 においてみられる中部太平洋の等深線 4, 5 km は白亜紀には浅く、等深線 3, 4 km 程度であり、ちょうど現在のフランスポリネシア海域

に見られるような深度・起伏 (relief) であったであろうと述べている。

これに関連することとして, Schlanger et al. (1981) は, 現在は遠く隔たる太平洋ナウル海盆と中米大西洋カリブ海の海底火山活動が, その生成時の白亜紀には隣り合わせの一对のものであったと論じている。すなわち, ダーウィン海膨の火山活動は拡大成長する太平洋プレートの東縁拡大軸 (太平洋-ファラロンプレート境界) に接して, その西側領域 (太平洋プレート内部) に起こったものであり, 同様の火山活動がその拡大軸の東側領域 (ファラロンプレート内部) にも対をなして起こっており, その跡がカリブ海の海底下に見られると報じている。

復元された海台・海山群の誕生の地の広がりがある程度プルームヘッドの偏平化に相当していることも, このダーウィン海膨プルーム起源の推論を支持している。模型実験によると直径 1,000 km で下部マントル内を上昇してきたプルームが, 表層近く (上部マントル) でその頭部が押えられ, つぶれて直径 2,000 km 程度の偏平な領域に広がること示されており (Griffiths and Campbell, 1991), この数値はダーウィン海膨生誕地の広がりに見合う。このことから, 太平洋中央部に数千 km にも長く伸び, 広く広がっているダーウィン海膨の海台・海山群の広がり, 120~80 Ma の 4 千万年間にわたるプレートの生成と移動によって形成されたもので, 元は直径 2,000 km 程度の領域に生まれたものだということになる。

第 3 の根拠は, 熱量の収支決算に見いだされる。白亜紀火山活動に要した熱量は, Larson and Olson (1991) の見積りによれば, 125~45 Ma の平均をとると 2.9×10^{12} W であり, 一方, コアからマントルへ供給される熱量は, Loper and Roberts (1983) の見積りによれば, 2.4×10^{12} W であり, この両者はオーダー的にみて等しい。ちなみに, この熱量の大きさは地球全表面

から失っている地殻熱量の総量 4×10^{13} W (Davies, 1980 レビューによる) からみると, 大きなものではなく, 約 6% に過ぎない。地球が失う熱量の残りの 94% は, 地球内部物質の放射崩壊熱とマントル自体の冷却 (減温) でまかなわれている。放射崩壊熱の地殻熱量に占める割合 (Urey 比) は未知のことが多く, 50~90% といわれている (Sleep, 1990)。また, 現在に至る過去 5 Ma 間の海洋玄武岩生成に要した熱量は全世界合計で 2.0×10^{12} W と見積られている (Sleep, 1990)。白亜紀火山活動にはこの現代の値の約 1.5 倍の熱量を要したことになる。

コアから出る熱量とダーウィン海膨形成に要した熱量とがほぼ等しいということは, コアから出た熱が全部直接ダーウィン海膨へ運ばれたことになる。このような熱輸送のメカニズムは, まさに, 全マントル対流にほかならない。コア表面から出る熱が全部地表のある限られた領域に搬出されるということは, とりも直さず, そこに巨大なプルームがあることを示す。このことから, 次のようなスーパープルームの像が描かれる。

コアの高温によってコア・マントル境界に熱境界層 (D" 層相当) が形成され, その熱的不安定性によってプルーム状の熱対流が発生し, その熱プルームは, マントル内部を貫いて上昇し地表近くへ至る。コアから出た熱は熱境界層内をまず水平に運ばれ, 次にプルームによって上方へ運ばれる。マントルを貫く過程ではマントルを加熱することなく (断熱的に) 熱はそのまま地表近くへと運ばれる。このようにしてコアから出る熱が全部そのままプルームヘッドへ運ばれる。プルームヘッドでは頭がつぶれ偏平化して水平に広がり, 上部マントルに大きな水平スケールの高温度領域を形成する。そこにダーウィン海膨のような火山活動が起こる。このようなスーパースウェルの運動像は, まさに前章で見た全マントル対流の数値実験が描き出したものに対応する。地磁気反転現

象が一時止むという現象が伴ったことは、コアから運び出された熱量が特別に大量であり、その熱を供給すべくコア内部の流体運動が激しく起こり、そのため地球磁場を形成・維持する状態に異常が起こったためと解釈された (Larson and Olson, 1991)。

7.7 スーパーブルームと地球環境

白亜紀スーパーブルームは地球環境に多大な影響をもたらしたようである。白亜紀に起こった全世界的昇温、海水準上昇 (海進)、大量の石油鉱床の生成 (黒色頁岩の堆積) などはいずれもスーパーブルームのもたらしたものらしい。これらの現象は一連のもので、スーパーブルームの運んできた大量の熱、海洋地殻の生成、海底地形の隆起、マントルからの脱ガス、化学物質 (炭素、硫黄、燐など) の供給によるものと考えられると Larson (1991) は記している。

白亜紀のこととはいえ、地球環境の変動という身近かな現象も、スーパーブルームというわれわれの手の届かぬ地球深部の運動に直接関係していたということは、静かに考えてみると、凄いことだと思う。コアから出る熱と地球構成物質の放射崩壊熱・マントル冷却熱を燃料として、絶えず働き続ける熱機関という地球全体を包含した変動像が、改めて身近かに感じられる。

これで地球深部への旅を閉じる。

長い間お読み頂いたことを感謝します。原稿のお世話頂いた編集の方々、御激励を頂いた諸先輩・同僚の皆様に厚く御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) Davies, G.F. : Rev. Geophys. Space Phys., **18**, pp. 718-722 (1980).
- 2) Griffiths, R.W. and Campbell, I.H.: J. Geophys. Res., **96**, 18, pp. 18,295-18,310 (1991).
- 3) Kominz, M.A. : Amer. Asso. Petro. Geol., Memoir **36**, pp. 109-127 (1984).
- 4) Larson, R.L. : Geology, **19**, pp.547-550 and pp. 963-966 (1991).
- 5) Larson, R.L. and Chase, C.G.: Geol. Soc. Amer. Bull., **83**, pp. 3627-3644 (1972).
- 6) Larson, R.L. and Pitman III, W.C. : Geol. Soc. Amer. Bull., **83**, pp. 3645-3662 (1972).
- 7) Larson, R.L. and Olson, P. : Earth Planet. Sci. Lett., **107**, pp. 437-447 (1991).
- 8) Loper, D.E. and Roberts, P.H. : In Stellar and Planetary Magnetism, Ed. Soward, A.M., Gordon and Breach Science Publishers, pp. 297-327 (1983).
- 9) McNutt, M.K. and Fisher, K.M. : AGU Monograph, **43**, pp. 25-34 (1987).
- 10) McNutt, M.K. et al. : Geophys. Res.Lett., **17**, pp. 1101-1104 (1990).
- 11) Menard, H.W. : Marine Geology of the Pacific, McGraw-Hill (1964).
- 12) Menard, H.W. : J. Geophys. Res., **89**, pp. 9960-9968 (1984).
- 13) Schlanger, S.O. et al. : Earth Planet. Sci. Lett., **52**, pp. 435-449 (1981).
- 14) Scotese, C.R., et al. : Tectonophysics, **155**, pp. 27-48 (1988).
- 15) Sleep, N.H., : J. Geophys. Res., **95**, pp. 6715-6736 (1990).
- 16) Suárez, G. and Molnar, P. : J. Geophys. Res., **85**, pp. 5257-5280 (1980).
- 17) Watts, A.B. and Weissel, J.K. : J. Geophys. Res., **93**, pp. 3051-3077 (1988).

海に魅せられて 半世紀(XVI)



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 東京大学理学部地質学科卒
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

12. 昭和 30 年代後半 (4)

④ 東海村沖の大陸棚下に埋積する古久慈川の流路 の発見—“淡青丸”の初仕事—

日本ではじめて公式に「研究船」と銘打たれた淡青丸は、先にも述べたように、昭和 38 年 6 月 20 日、三菱造船から海洋研に引き渡された。

海洋研側で、1 カ月余りの整備を行ったうえで、7 月 27 日から 30 日まで、関東沖の日本海溝域で各種の測器テストを行った。揺れが少なく、どっしりとした感じで、乗り心地、使い勝手共にまことによい船に仕上がっていた。

次いで、8 月 14 日から 8 月 25 日まで、淡青丸は東海村沖を含む鹿島灘の海底地質調査・研究を実施した。淡青丸の初仕事である。主任研究員は私が務めた。

話が少し前に戻るが、本シリーズの第Ⅷ回でも述べたように、私どもは、陸上におけるボーリング試料から、茨城県東海村付近の古久慈川や古新川の存在を発見した。

また、1958 年から 1960 年にかけて、東海村沖の大陸棚上の堆積物の採取を行い、その分布を調

べた。試料採取は 1958～59 年には地元の漁業組合にお願いして漁船を傭船した。1960 年には茨城県水産試験場の御好意を得て、同試験場所属の“ときわ”に同乗させて頂き、採泥を実施した。この時の当方の乗船者は私と当時まだ大学院生であった加賀美英雄の 2 人であった。水深は産研式音響測深儀を用いて測った。

以上の作業の結果、水深 15～20 m 付近までの砂質堆積物は、後氷期の中でも、その後半に当たる過去 5～6 千年の海水準安定期に海岸沿いに往復しつつ堆積した、いわゆる現生堆積物であることが判明した。それ以深の堆積物は、大陸棚がウルム氷期に陸化していたころの残留堆積物を主体とし、それに現生堆積物が若干混入したものであろうとの見当がついていた。

ここまでの事前調査・研究の蓄積の上に立って淡青丸を東海村沖に出動させた次第である。

私が前年、海洋研に移籍した時点で頂戴した初度設備費のほとんどを投入して日本電気 (NEC) に依頼し製作した国産第 2 号の水中放電式連続音波探査装置 (通称スパーカー) を、早速、淡青丸に搭載した。

その威力たるや瞠目すべきものがあった。

海底下の物理的な構造が、ファクシミリ相当紙の上に濃淡の記録を描きつつ連続して出てくるのである。

一見してビジュアルに海底下の地下構造が目に映じるので甚だ理解しやすい。

さて、このときの海底地質関係の乗船者は、私と加賀美英雄助手（現城西大学教授）、大学院生木村政昭（現琉球大学助教授）、韓国からの研究生朴元千の4人であった。これに、茨城県水産試験場の市村勇二氏が手伝ってくださった。

海底物理関係では友田好文助教授（現東海大学教授・東京大学名誉教授）、大学院生瀬川爾郎（現東大海洋研教授）、船体関係では竹鼻三雄助教授、新村豊助手が乗船しておられた。

なお、水中放電式連続音波探査装置や測深儀の調整のため日本電気から西村・畑山の両氏が、海上電気から鳥谷・笹井・有村・花井の4氏が乗船して下さった。これら6人の技術者は、専門の仕事に加えて、重量のある発音器やハイドロフォンの上げ下ろしのような肉体労働にも快く協力して下さった。

田玉一郎船長をはじめとする淡青丸の乗組員の方々は、本職とはいえ、操船に加えて、ウインチや機器類の操作に惜しみのない労力を提供して下さった。

私は、またあらためて、海の研究なるものは共同研究の成果であることをこの航海でつくづく実感した次第であった。

ところで私たちは、約2万年前頃、世界中の海水準が、現在のそれより120プラスマイナス20mほど低下していたとすれば、当然、現在の東海村沖の大陸棚の下に、古久慈川や古新川の流路が埋積しているはずである、との見当をつけていた。

その流路を探り、その実在を証明することが、私ども海底地質の関係者にとっての本研究航海の主目的であった。

音波探査調査の結果、そうした埋積流路を見事に把握することができた（加賀美・奈須，1964；奈須，1969）。

図-1にその結果を示す。

ここに、いちいち、音波探査そのものの記録は呈示しないが、記録によると、こうした河川の古流路以外の場所では、大陸棚上面の堆積物の厚さは極めて薄く、その下部はすぐ基盤の新第三紀層の傾斜した固い地層が存在していることを示した。これは予想どおりであった。

図-1の中には、古流路の両岸の上縁の線、水深、基盤の地層の走向・傾斜、音波探査測線などが示されている。音波探査測線の中で濃く描いてある部分は、得られた地下構造の記録を論文の中で掲載した部分である（ここでは省略）。

図の中には、さらに、海水準が最も低下していた頃の海岸付近の海食崖、及び波食面の外縁と推定される線、ならびに、基盤の中の不整合面の上縁の線を示してある。

私どもが、この図から得た解釈を列挙すると次のようになる。

古久慈川の流路は素直にほぼ東流して太平洋に注いでいた。古新川は、古久慈川の支流である。

ウルム氷期の海水準低下時に、現在の大陸棚部分を下刻して流下していた河谷は、後氷期の前半の海水準上昇時ならびにそれに続いた後半の海水準安定期に、上流より供給される土砂と、その折その折に位置した海岸線沿いの並岸流によって供給される土砂によってすっかり埋積され、現在の海底地形では、その流路の位置を示すことは不可能である（この点、横須賀沖から久里浜沖にかけての古東京川の下流部は半埋積の状態に置かれているので、現在でも往昔の流路を指摘することができる）。

図中、古久慈川の流路の最下流部分の河幅が、それより上流部分に比べて狭くなっている。

私どもは、最初これを、不整合より東方（図の

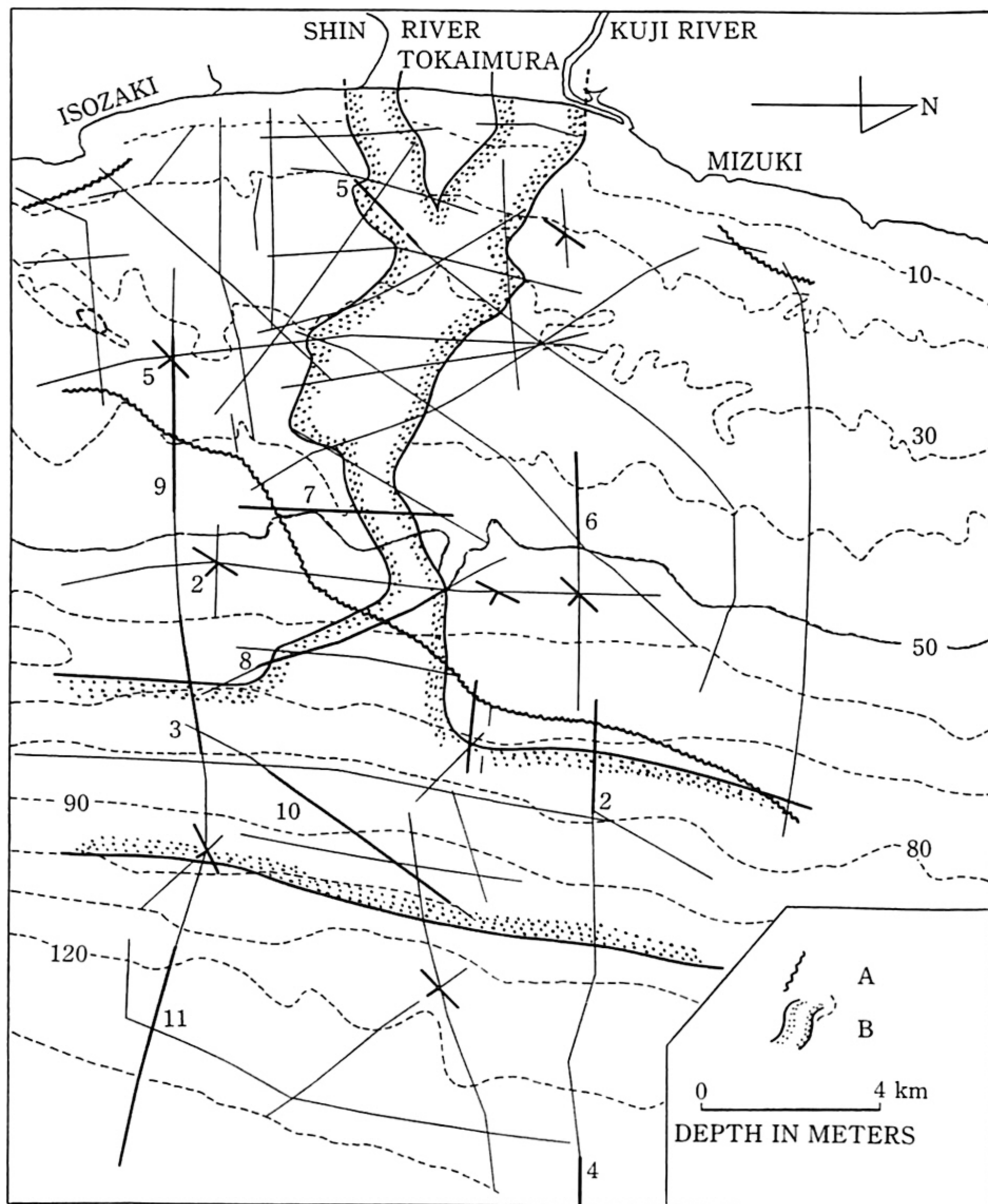


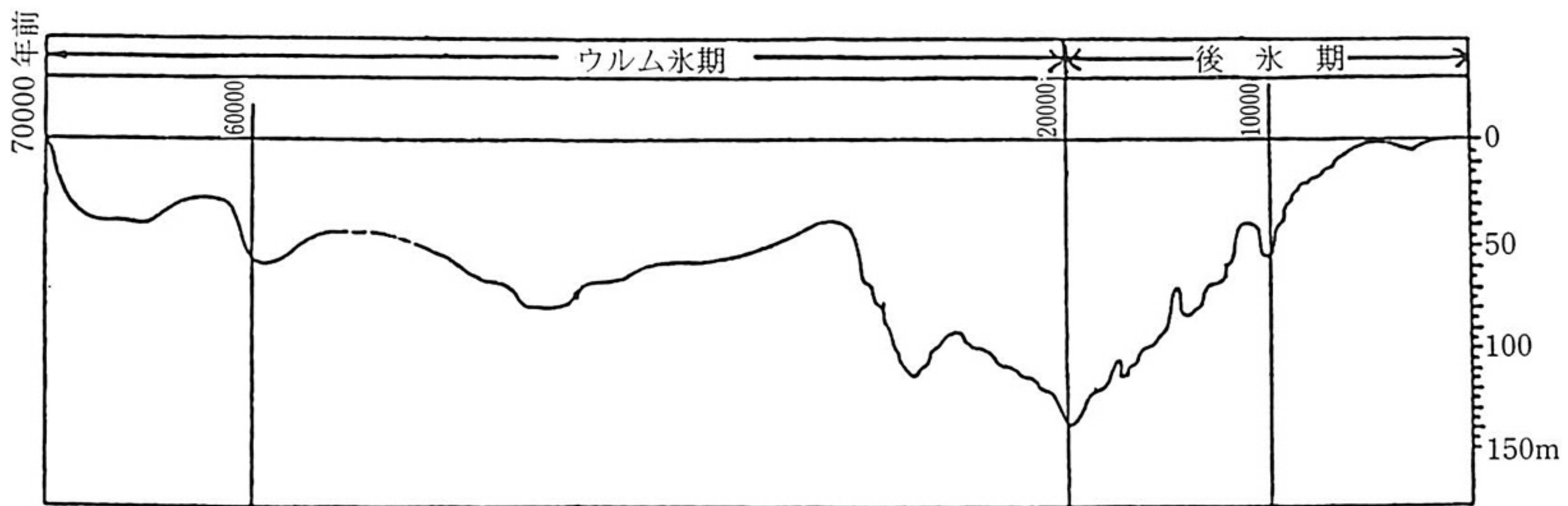
図-1 東海村沖の大陸棚下に埋積している古久慈川の流路
 A. 不整合線 B. 沖積層

下側)の地層が明らかに古いので、より固く、ために側方浸食の速さが遅く、結果として、より下流であるにもかかわらず川幅が狭くなっているであろうと解釈した。そうこうしているうちに、ウルム氷期の海水準変動の実態が複数の研究者によって明らかにされていった。一例を図-2に示す。これは、当初、北大の教授であられた湊正雄氏(氏は坂本峻雄先生の門下生なので私とは同門で後輩に当たる)が、まだ若かった頃、手を加えられたものを、さらに私が単純化したものである(佐藤, 1969; 奈須, 1991)。

図-2によると、ウルム氷期は、6.5万年前頃より始まっているが、3万年位前までの数万年間は、海水準の位置が、現在の海水準の位置から見て、水深40mから70mの辺りを緩やかに上下して推移している。

その後、海水準は急激に低下し、2.7万年前頃、水深100mを超えるところまで低下し、その後若干上昇した後、再び140m位まで低下した。この時点が約2万年前である。以後、後氷期の海水準上昇の時期に入る。

このような資料が目についてから、ある日、私は突然、古久慈川の最下流部分の川幅の狭い理由



図一2 津軽海峡の資料によるウルム氷期・後氷期の海水準変動の推定

について、こうも説明できると思いついた。

すなわち、ウルム氷期の相当長期にわたる前半部に相当する海岸線は水深 40~70 m 付近を彷徨していた。それに相当する古久慈川の川幅が、大陸棚浅海部の広いところに当たる。約 3 万年前から 2 万年前にかけて、海水準は 120 m ないしは 140 m の深さまで低下した。したがって、海岸線も沖合に移動した。

例えば 2 万年前頃、古久慈川の最下流部は落差数十 m の急流を形作って太平洋に注いでいたのであろう。

下刻作用に加えて側方浸食も進んだのであろうが、川幅が横に十分に広がるには、余りに期間が短か過ぎた。間もなく、海水準が後氷期の上昇の時期に転じたからである。

現在、世界中の河川はその河口において、緩やかにラップ状に拡大しつつ海に注いでいる。これは、過去 5~6 千年の間、海水準が安定していた、という事実によって導かれた現象であろう。

海水準は世界共通のレベルである。例えば、2 万年前の河川の極めて多くのものは、古久慈川のように、その最下流部で急流を形成して海に注いでいた可能性を考察すべきである。

地質時代を通じての自然現象を考察する場合、現在の状態をそのまま当てはめる訳にはいかない、という一例をここに見る。

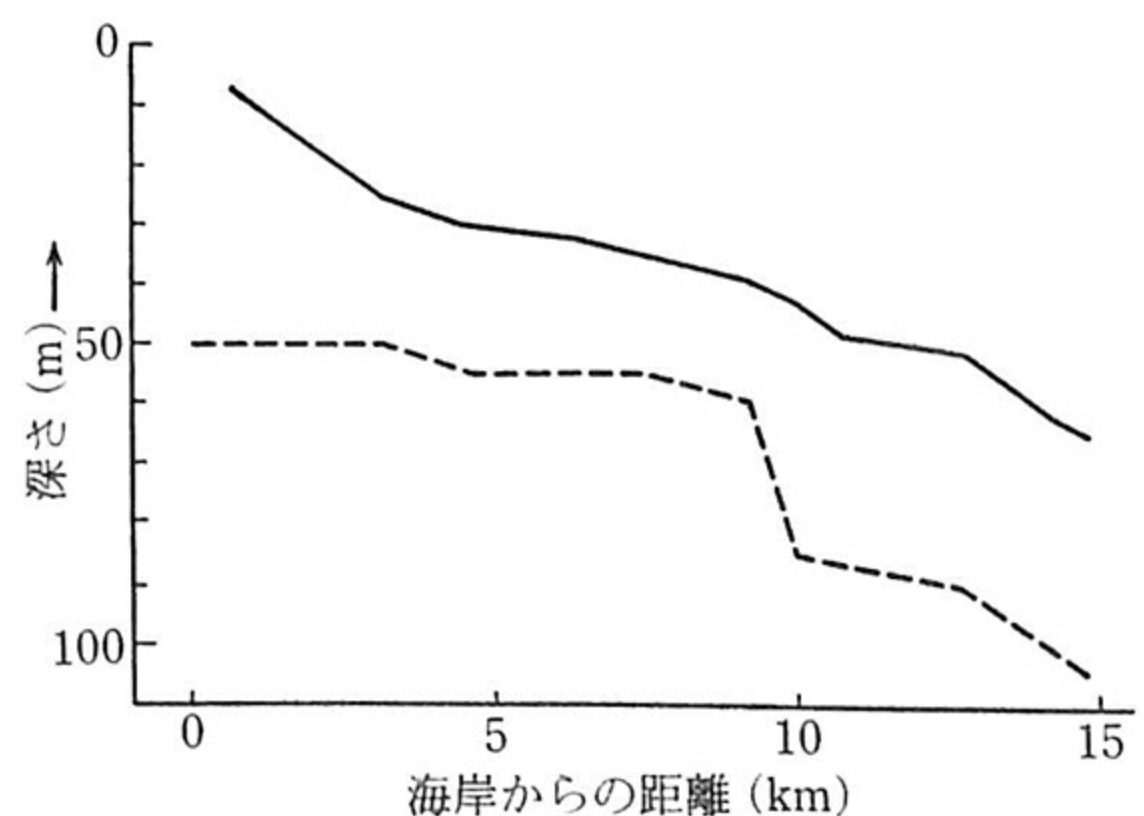
このことに気付いて直ちに、私と加賀美氏はス

パーカー記録を取り出して、古久慈川の流軸に沿う海底表面の傾斜と、河床面の傾斜を比較して見た。図一3 にその結果を示す。

果たして、現在の海底面の傾斜は緩やかに下降しているが、河床面の傾斜は水深 60 m 付近から急激に下降し、85 m 付近からやや緩やかな下降に転じていた。

河川を下刻する営力はもとより、重力の作用で、流下する水流やそれに包含される土砂がもとである。しかし、海水準が変動する場合、とくに海水準が急激に低下した場合、河川の浸食は、河口から上流に向かって平衡曲線に達するべく這い上がって行くものであることを、この例から私たちは学んだ。

そして、新たに下刻形成された河床面の側方浸食が十分でなかった場所では、それ以前の上位に



図一3 大陸棚下に埋積する古久慈川の河床軸に沿った断面(点線)とその直上の現在の海底地形断面(実線)

位置する河床面が残される。これが河岸段丘である。もとより、河岸段丘は、新たに陸地の隆起が起こった場合に形成される、というのが従来の定説であった。しかし、海水準変動が度々繰り返された第四紀に形成された河岸段丘の成因については、この新しい海水準からの河床面上流へ向けての下刻作用に取り残された、より古い河床面の存在、ということ抜きにしては議論を進めることが出来ないことを私たちは理解したのである。

図-1 と図-3 は同一の論文の中に掲載してある。

古久慈川や古新川の河谷を埋積している堆積物は沖積層である。図-1 の沖側の部分で、水深 75 m 付近に基盤の岩石が急崖を作っている部分がある。スパーカー記録で見ると、その高さは 15 m 程度である。

これは、海水準低下時の岩石海岸で形成された海食崖であろう。したがって、それより沖側の緩傾斜の基盤の上面は当時の海食台であろう。現在では、堆積物が、この部分の上をくさび状になだらかに埋めているものと解される。そうだとすれば、この部分の堆積物は沖積層である可能性が強い。

将来、大陸棚上で何らかの構造物を設置する場合、古河川の流路に軟弱な沖積層が存在することに注意を払うことはもとよりのことであるが、大陸棚外縁部でも、場所によっては、それほど深くはないが、沖積層が存在する可能性があることに注意を払うことが必要になろう。

淡青丸による東海村沖の大陸棚下に埋積する古久慈川の音波探査による追跡の実施は 1963 年のことであった。以上述べたような解釈は、翌 1964 年に加賀美・奈須の論文として発表した。また 1969 年に奈須が追記した。

現在は 1992 年である。30 年近くの時日が経過している。その間、折に触れて私は印象深かった古久慈川の研究のことを思い起こし、それに関連

して幾つかの事柄に気付いた。それらについて以下触れて見る。

その一つは入江についてである。

スカンジナビア半島などにその典型を見るフィヨルドは、氷食河谷を埋める氷河が溶け去った後に、後氷期に上昇してきた海水準に応じて、海水が谷の奥深くまで侵入して入江を作ったものである。古久慈川は氷河ではない。普通の河川である。しかし、最終氷期末には、それなりに深い河谷を形成していた。今より 5~6 千年前、海水準が今日のそれと変わらぬ程度まで上昇してきたとき（日本ではさらに数 m 高い位置まで上昇していた可能性も強い）、古久慈川の河谷に沿って奥深くまで海水は侵入し、入江を形成したであろう。

その後、上流より流下する土砂と海岸沿いに往来する土砂によって、河谷はほとんど埋積され、現在の久慈川の河口近くには大きな入江は残っていない。

日本全国を歩いてみても、今日、河口付近に大規模な入江を見ることはまれである。

しかし、5~6 千年前には、まだ土砂による河谷の埋積が十分でなく、多くの河川の河口付近で奥深い入江が形成されていたであろうことは容易に推定できる。

ここまで考えが及んだとき、ふと万葉集のことを思い起こした。

幕末の頃でも、日本の多くの河川の河口付近は現在よりも水深が深く、船着き場として利用されていたことが、色々の記録で読み取れる。

ましてや、千数百年前の万葉集が編まれた頃には、現在に比べて遙かに多くの入江が本邦の河川の河口付近で見られたのではなかろうか。

これが私の推論であった。そこで昔、何度も読み返した万葉集を引き出してきて再びひもどいて見た。そして、入江を背景としたり、入江を読み込んだ表現が確かに多いことに気付いた。

その点について発表したものもある（奈須，1981）。

ここまで思い至ったとき，私は，日本の河川が現在，危機的な状態にあるのではないか，ということに思いが及んだのである。すなわち，海水準が現在のレベルを今後暫くの間維持するとの前提に立った上での話であるが，日本の河川の大部分は，既に河口付近に至る下流部分はほとんど埋積されている状態になっているのではないか，ということである。

現在，両岸の堤防を嵩上げしたり，強化したり，上流や中流に砂防ダムを構築したりして何とか凌いでいるが，いずれ抜本的な対策を迫られる日が来るのではないか，という点である。すでに天井川となった河川も数多くある。

現在の私は，この点について提言できるほどの解決案は持ち合わせていない。ただ将来を憂えているのである。そして，誰かが，最終的には国が，何らかの解決の手段に打って出る日が来るであろうことを予見している。

次は古河川の河谷の幅の問題である。

図-4 に本シリーズ第Ⅷ回に掲載した図-2 を再掲する。これは海岸線に沿う古久慈川の地質断面である。現在の久慈川は，河幅数百 m ほどの中規模の河川である。しかし，その下に隠されている古久慈川の河床の幅は河岸段丘部を除いても 1,500 m 程度もある。明らかに現在の久慈川の数倍の川幅を持った河川であったことは疑う余地のないところである。

したがって，この部分の古久慈川の川幅を見た

私は，はじめ，当時の古久慈川は相当な大河であったと推定した。

ところが，上流へ向かってそれほどさかのぼらないうちに川幅が狭くなっている事実に矛盾を感じた。

そうした疑念を抱えたまま数年が過ぎた頃，先にも述べたように，海水準変動期には，とくに海水準低下時には，河床面の平衡曲線は河口の方から上流に向かって這い上がってゆくことに気付いた。

したがって，現在の海岸線付近の下部に存在する古久慈川の河谷は，ウルム氷期前半の海水準に対応して下刻ならびに側方浸食を受けた部分であったものと私は理解した。その後，短期間ではあるが，ウルム氷期後半のより大きな海水準低下時は挟んだものの，以後，後氷期の海水準上昇の時期に入り，浸食が進むことはそれほどなかった。

このように理解すると，古久慈川の川幅の広い部分はそれほど上流にさかのぼることなく，比較的海岸から遠くない場所で，河床が突然切れ上がっているのではないかと推定した。

そのことを，当時，茨城大学の斎藤登志雄教授にお話して，そうした視点で久慈川中流の，埋積部分も含めての川幅の調査をして頂いた。斎藤教授は，ボーリング試料を集めて調査をされた。結果は果たして，海岸付近の埋積河川の広い川幅は幾らも上流にはさかのぼっていないという事実が得られた。

したがって，少なくとも，ウルム氷期以降の海

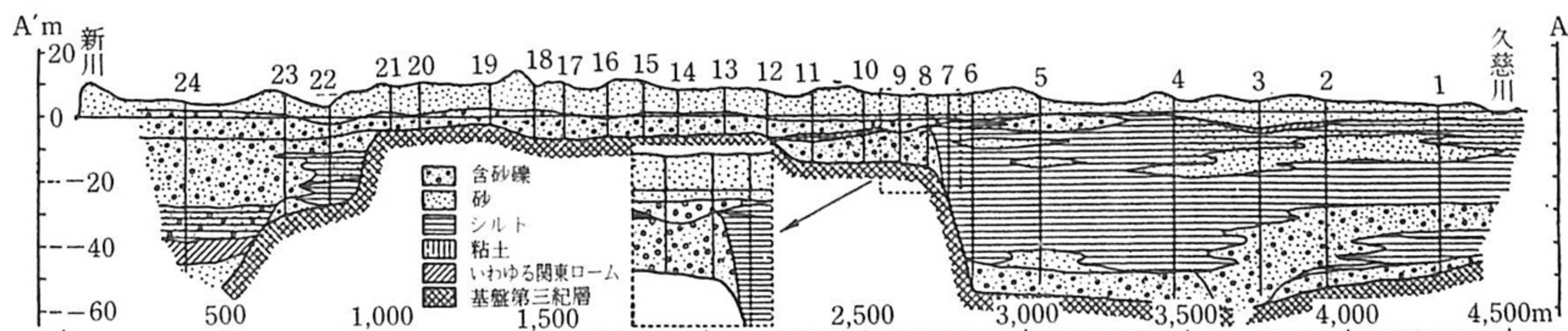


図-4 東海村の海岸線に沿う地質断面（第Ⅷ回・図-2の再掲）

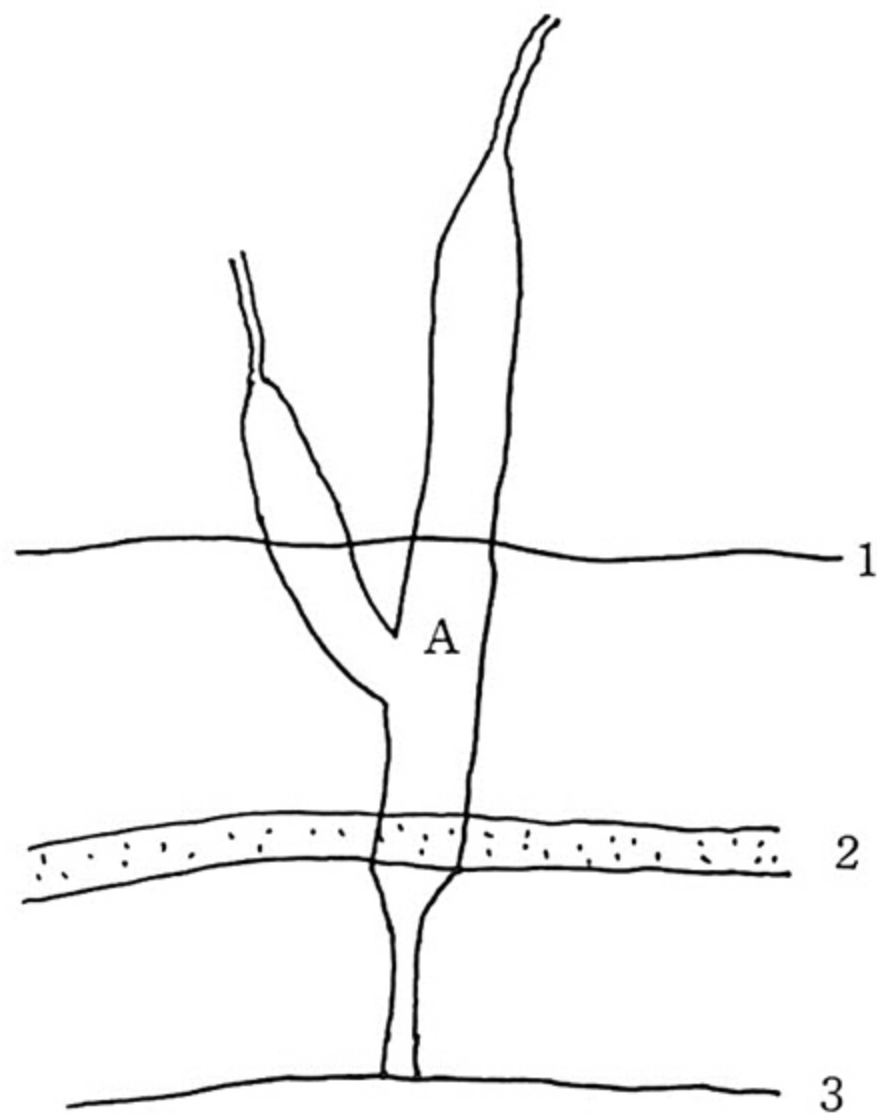


図-5 古久慈川に見る川幅の実態の模式図
 A. 古久慈川の流路
 1. 現在の海岸線
 2. ウルム氷期前半の海岸線
 3. ウルム氷期最終期の海岸線

水準変動に対応して形成された河川の川幅は、古久慈川については図-5 のようになる。

日本はもとより、汎世界的に、河川は大なり小なり、この古久慈川の例に見るような下刻と側方浸食の歴史を持ち、同様な川幅の変化を抱えている可能性が強いと見てよいのではなかろうか。

この点も、構築物建設に際しての参考となるかも知れぬ。

ウルム氷期以前の海水準変動の、同様な影響も必ず残っているはずである。が、この点については私もまだ手を付けていない。今後の研究課題である。

さらにいま一つ、私が講演などでお話することはあるが、文章としては未発表のことをお伝えしておきたい。

それは、河川に対するコリオリの力の影響についてである。

再び図-4 を見て頂きたい。現在の久慈川の位置に対して古久慈川の流軸は、図に向かっては左下であるから、下流に向かっては右下に位置する。

ここは北半球である。コリオリの力は動体に対して右向きに働く。動体の動きが速いほど、また動体の量が多いほど、その力は強く作用する。

ウルム氷期の海水準低下時に、古久慈川を流下していた流れは、現在のそれよりも速く、流量も大きかったであろう。したがって、受けるコリオリの力もより強く、下流へ向かって右へそれる傾向が強かったであろう。

後氷期に入って、海水準が上昇するにつれ、久慈川の流れもゆるやかになり、流量も減少したことが推定される。結果として、流れの右それの力は弱まり、流軸は左上に上がっていった。

このことは、あくまで私が立てた仮説である。

ただ、ここ数年、現在の勤務先である放送大学の卒業研究の中で、私の指導下にある学生の方数人に、本人の希望に添って、東京湾北部や相模湾沿岸部の埋積河川の研究を進めて貰った結果は、いずれも、古母河川と現河川の関係が、上記の点に関し、古久慈川と現久慈川の関係と同様の関係を示していた。

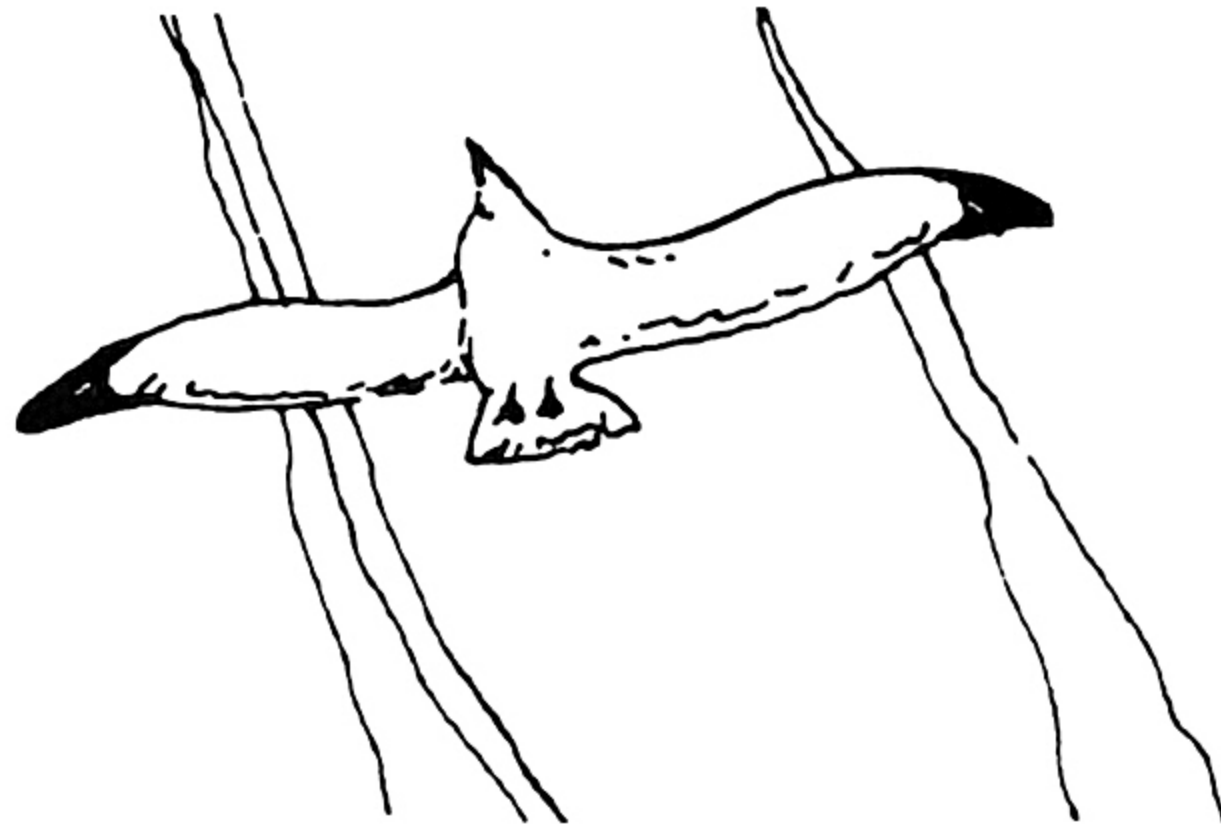
下部の地質が余程異なれば別であるが、似たような地質、換言すれば、似たような基盤強度の場合には、一般的に以上のような普遍的な現象が存在するのかも知れぬ。時期尚早とは思いますが、あえてこの場をお借りして問題提起をさせて頂く次第である。

南半球で、この傾向が逆になっている事実が普遍的に見付ければ、以上の視点は、より信憑性をもってくるのであろうが、私はまだそこまで研究の手をのばしていない。

もし、以上述べたコリオリの力の影響が存在しているとすれば、現河川の付近で構築物を建設する際の参考になるかも知れぬ、と考えたので、未熟な段階であるが、あえて一つの仮説を述べさせて頂いた次第である。

参考文献

- 1) 加賀美英雄・奈須紀幸：古久慈川—後氷期海面上昇による埋積谷—, 日高教授還暦記念海洋学, pp. 538-549. (1964)
- 2) 佐藤任弘：海底地形学, ラティス, p. 191 (1969)
- 3) 奈須紀幸：海底 (坪井忠二編, 地球の構成・増補版, 岩波書店, p. 381), pp. 133-170. (1969)
- 4) 奈須紀幸：失われた入江, 学術月報 (日本学術振興会), v. 34, n. 8, pp. 70-71. (1981)
- 5) 奈須紀幸：海水準変動, 海洋時報 (日本海洋協会), n. 63, pp. 14-21. (1991)



海のアソロジー(2)

深海環境プログラム 長沼 毅 Takeshi Naganuma

大海の底に沈みて静かにも
耳澄ましるる貝のあるべし

1978年暮れ、院生だった私は「かいよう」の船上にいました。北フィジー海盆の熱水活動調査＝日仏共同「リフト系」調査、いわゆる STARMER 計画に参加していたのです。これだ、という熱水活動の証拠も掴めぬまま、数週間にわたる一連の調査もほとんど終わりという頃、当センター深海研究部の深海曳航カメラがやっと熱水活動に特有の生物の姿を捕らえました。無念半分、来年への期待半分だった人々の心はアッという間に沸騰し、熱水よりも熱くなったようでした。そして、モニターに映る白いカニ、白い貝殻を見たとき、私の脳裏に浮かんだのが冒頭の歌です。

暗く、冷たく、静かな深海の底。こんな所にも貝がいて、黙々と、それでいて営々と生きているんだなあ、と感慨せずにはいられませんでした。作者がどういう気持ちで詠んだのかは分かりませんが、不思議な魅力を湛えているのが上の歌です。

この歌は、窪田空穂（くぼた うつほ、1877－1967）の歌集『明暗』（1906、水野葉舟との合著）に収められています。窪田空穂は初め明星派に属し、後に穏やかな現実主義者として、明星派浪漫主義・アララギ派写実主義のいずれにも与しない独自の道を歩みました。また、雑誌『国民文学』を主宰し、大衆と乖離しない文学を目指しました。「我は思ふ、文芸とは貴族の心を持ちて、

平民の道を行ふものなり』（『郷愁』所収の「友に寄す」より）と。しかし、海に関する歌は、早期に作られたものが多いせいか、浪漫的な雰囲気漂わせています。では、詩歌集『まひる野』（1905）から二首。

ささ波や海の宮より現れて
われに乗れよとささやぎ照れど

大海の潮のかほりもこもるべし
秘めてはをしむ宮の中の貝

長男の窪田章一郎氏（1908－）も著名な歌人で、毎日新聞の「毎日歌壇」の選者でもあります。ちなみに、私の恩師、関文威 筑波大学教授は次の歌で「毎日歌壇賞」を受賞されています。

外つ国に心許せる友ありて
子らの成長をともに語らむ

友とは人生の宝。そういう宝を持てるだけで幸福なのですが、外国にまで友情が広がるのは本当に幸せなことだと思います。そして、子供の成長を問い合うほど永い間の友情となれば、どんなに素晴らしいことでしょう。この無上の喜びを淡々と歌い上げられる、そんな心の大きさには脱帽するのみです。

運航チームからの体験談 (その1)

運航部

段野 洲興 Kunioki Danno

「しんかい 2000」の引き渡しを受けてから 11 年、635 回の潜航を実施した。早いもので建造から 10 年または 1,000 回の潜航と規定されている寿命からみれば半分を過ぎており、延命策をはかり改造しなければならない時期にきている。

この間、訓練潜航、調査潜航といろいろな事柄が走馬燈のごとく思い浮かぶ。これらのなかで、あまり表に出ていない出来事をお話してみたい。

「先生、今日も海況悪く、潜航は無理です」。非情な司令の言葉に本日の潜航予定の研究者は悲痛な顔になり、天候に恵まれない運のなさに落胆の色を隠せない。

毎年潜航のため「なつしま」に乗船してくるが、足掛け 4 年海況不良ばかりでどうしても潜航できない。彼女（「しんかい 2000」）に嫌われているわけではなく、本人の潜航日となると一天俄にかき曇り海は怒濤さかまく。あまりにも潜航できないので行動日程を調整して期間を延ばしても、悪天候が続く始末である。期限切れで引き続き外国の潜水船に乗りに行き、向こうでも潜航できなかったおまけつきの人が、前述の研究者である。

数多くの研究者の中から選ばれて勇躍小笠原に向かうため、東京晴海港で小笠原丸に乗ろうとしたら「なつしま」からの電話あり、「2 個の台風が接近中のため、これから小笠原を引き上げ館山

湾で荒天待機する、今後の予定が立たないうえ乗船されても潜航は無理なので諦めて下さい」。これが運の尽き、以後 3 年間潜航できなかった研究者もいる。4 年目にしてやっと潜航できたのも、自分に割り当てられた日程では海況不良のため潜航できず、他人の予備日を利用して潜航する有様であった。

これほど酷くないけれど、2~3 回潜航できない人や、潜航できても風を呼び波浪を高くする人は必ず毎年現れる。どういうわけか“風神”に好かれる“雨男”“嵐を呼ぶ男”は必ずいるもので、毎年変わることもあるが、何年も不運を背負い込む人がいる。

今年は誰だろう、あの人かな、いやあの研究者だと毎年調査潜航の始まる前に予想するが、これが良く当たる。不思議なものだ。一度“風神”が離れると以後順調に潜航でき、今のところ二度と同じ目に遭った人はいない。これが“救いの神”で、予想する方も気が楽である。今まで 11 年間一度も潜航できないことはなく、たとえ海域が大きく変わっても 100%潜航している人もいる。この人達は運航チームにとっても得難い人で、“晴れ男”として運を長続きさせて貰いたいものである。

いまでもこそ潜航前の事前調査が精密に行われ、充実した資料のもとに絞り込んだ海域を潜航調査

するので、所期の目的から大きく外れる空振りはないが、調査潜航開始の頃は、不十分なデータで潜航するため、目的としたものが見つからない、予想していたものと違うことなどが多くあった。潜航直前に曳航カメラで潜航予定ルートを調べると地質目的の海域に魚類が多く、生物目的の海域は地形が複雑で地質調査に適していることがわかり、急遽、海域を入れ換えたこともあった。

沖縄トラフには必ず熱水の噴出している場所があるはずで、一番深い所が可能性が強いとカルデラの底部ばかり優先的に探したのに見つからず、伊是名のブラックスモーカーを見つけるのに2年ほどかかってしまい、ドイツの調査船「ゾネ号」の後塵を拝することになり悔しい思いをした。

生物に関しては、相模湾初島沖でシロウリガイを見つけたが、当時どこで、だれが研究しているのかもわからず、放り投げられていたことは、今の盛況を考えると信じられない。

海形海山で曳航カメラによる事前調査中、カメラの端に白い物が写り、何気なく見ている者が多い中で、当時センターに就職したばかりの満澤君が突然大声をあげた。

「ああ、動いている」。この一声がユノハナカニの発見につながったのである（このとき周囲から、何を言っているのだと冷たい視線を浴びせられ、本人は意気消沈したと述懐している）。

潜水船にとって、ロープ、魚網類に絡むことが一番恐ろしいことであるが、調査潜航でロープに絡まった経験は3度あった。

富山湾でカニ資源の調査中、放置されていた籠を避けて通ったとき、ブリッジに掛かっていたロープに絡み、縄目の犯罪人のごとく、たすき掛けで浮上してきた。次は、海底に餌付のロープを展張し、魚類の食餌と分布を調べようと潜水船の

サンプル入れに格納して潜航したところ、ロープが軽くて浮き上がり、展張する前にスラスターに絡まり、浮上せざるを得なかった（余談として、別の機会では展張中サメと綱引きしたこともあった）。最後は、事前調査で水温測定を実施しているとき、XBTの切断ケーブルがスラスターに絡まり、シャフトに巻きついていた。

これらの経験から、放置漁具があると懸念される海域では、「ドルフィン-3 K」による事前調査を実施してから潜航するように安全策をとっている。

母船「なつしま」は、行動中、火災・浸水等दैいつ総員退船する事態になるかもしれない。このため定期的に総員退船・短艇操練を実施している。ある年、小笠原二見港内で操練実施。エンジン音高らかに響かせて救命艇は乗員を乗せ母船から離れて行った。ところが急にエンジン停止、やむなくオールで漕ぎ始めたが風浪強く、なかなか母船に近づけない。たまたま近くを通りかかった小型巡視艇が声をかけた。

「貴船は漂流中ですか、訓練中ですか」

救命艇長

「本船漂流中です」

小型巡視艇に曳航された Chief Officer の嘆きが今も耳に残り、操練を実施するたびに思い出します。

最後に、今年の7月8日、火災を起こした漁船の船員を救助した模様をお伝えしたい。

「メーデー、メーデー」とSOS受信、「なつしま」が一番近くにいるのでこれから救助に向かうと即決、機敏に躊躇なく海域に向かう。遭難信号を無線方位探知機で探知しながら航走するが、3~4時間たっても遭難船の位置がつかめず、海上保安部と無線室のやりとりが緊迫してくる。突然、保安庁の哨戒機から「なつしま」を呼び出し

てくる。これから先に遭難海域に向かうと連絡あり、こちらは間違いだったら無駄な徒労に終わるので早く見つけてほしいと願う。哨戒機から遭難漁船発見、火災中と連絡ある。まだ、3時間もかかる。船のスピードの遅いのに苛立つ。「頑張れ、もうすぐだ」と念じる。

海域まで5マイル位になると日もとっぷり暮れてははっきり視認できない。哨戒機が気を効かして漂流ボートの方向を目指して道案内してくれる。さらに近づくと夜目にもはっきりと漂流ボートが見えるようになり、高くかざしたライトを左右に大きく振って合図しているのがわかる。

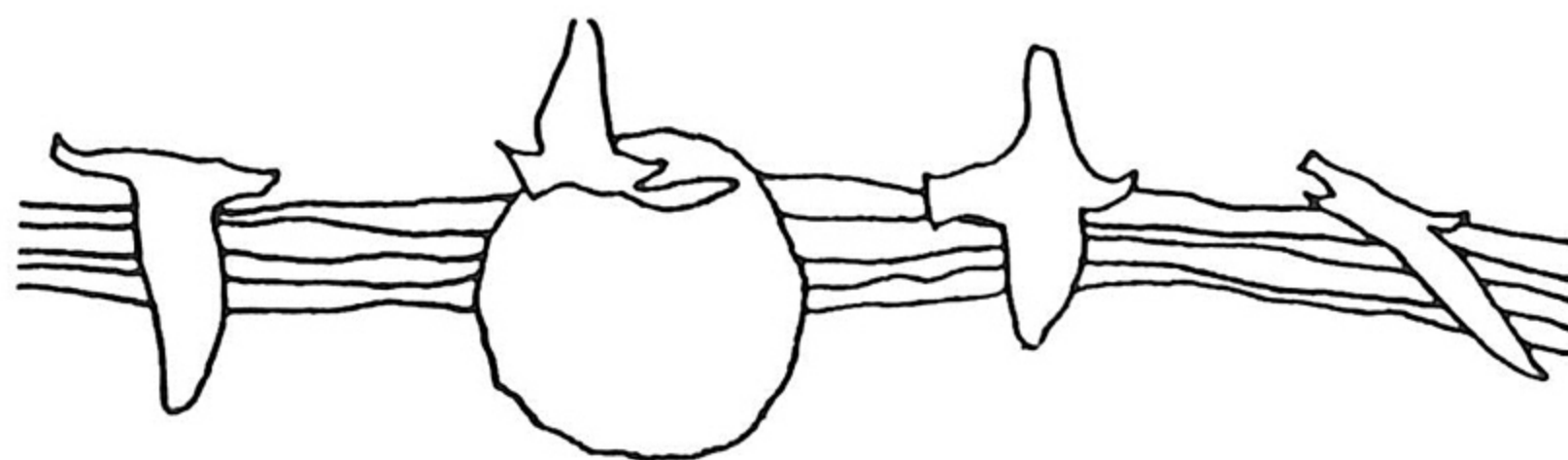
双眼鏡で人の動きを認めると目頭が熱くなる。早速作業艇で救助に向かい、人数と負傷者の有無を確認したところ、全員無事であると連絡あり安堵する。遭難者は案外元気で救助されたことも忘れて、潜水船を見学している。これなら大丈夫と哨戒機と連絡をとり、明朝巡視船に救助者を引き

渡すことにし海域を離れる。

この一連の救助作業で痛感したことは、遭難船の位置が正確に把握できないこと、救助に向かう船も何らかの間違いかと疑心暗鬼に陥りやすいこと、飛行機による搜索は早い時間に発見できるので遭難者に安心感を与えるし、勇気づけることになる、この3点である。

海上で勤務する者として救難体制の充実を願ってやまない。

以上、思いつくままに体験を綴ってみました。が、われわれ運航要員は11年たった今「しんかい2000」の不滅を信じ、新たな旅立ちに心を引き締めて行きたいと思います。建造以来、大勢の方々のご支援でここまでほとんどパーフェクトで運航できましたことを感謝するとともに、これから先の、さらなるご協力お願いいたします。



北極研究のための大型潜水船利用

ウッズホール海洋研究所 Lloyd D. Keigwin
米国海軍研究局 G. Leonard Johnson

(翻訳 情報室)

海洋学者は、大きな考えを抱かないことで非難されてきた。ハッブル宇宙望遠鏡はどこだ。超電導衝突器はどこだ。人間のゲノムを詳細に描くプロジェクトはわれわれにはないのか。

海洋科学において、非常に成功した“大きな”プロジェクトの1つの例は、年間当たり約4,200万ドルの予算を現在受けてる海洋掘削計画である。天文学や高エネルギー物理学における大きなプロジェクトに比べれば、これはあまり骨が折れない。

極地における海洋と氷と大気間の相互作用は深海循環流を動かしたり、地球の気候を調節するうえで大きな役割を演じ、特に北極領域は予測される地球温暖化に最初に反応するものと予想されている。惑星である地球の居住性にとって極地が基本的に重要であるのに、多くの海洋学者は氷の下の海洋を調査するのに、極めて非能率的な方法だけしか使っていなかった。浮遊する氷のキャンプに乗って漂流したり、砕氷船を使って氷を打ち壊したりしたのである。これらの方法はいずれも、北極海盆のように大きくて地形学的に変化に富んだ地形を探検するのに能率的な方法ではない。

30年間以上も米海軍は、核動力の潜水艦を

使って極地の多年氷の下で行動してきた。データは米海軍によって北極海で収集され、保管されて幾度も公表されさえしたが（例えば McLaren, 1989年）、収集の努力はほとんど「海軍の作戦を妨害しないこと」を根拠にして行われてきた。北極海を系統的に調査するのに国家的あるいは国際的な科学計画は決してなかった。こうして、存在するデータは戦術または戦略的利害がある区域内の、潜水艦の軍事作戦に関係するものが多い。民間の海洋学者と将来を考える海軍士官は、1960年代の初めこのかた、原潜を基本的な研究のプラットフォームとして押し進めてきた。しかし、これらの人達は決して問題になるほど多数にならなかったし、彼等の努力も永続しなかった。

非常に重要なことは、昔のソ連邦が最近崩壊するまで、米国海軍の原潜艦隊が軍事任務にかかりっきりだったことである。今や新しい任務を探究するのに適しているが、海軍の原潜に基づいた大きな研究計画を開発するには時間がかかる。深海掘削プロジェクトを例にとると、プロジェクト・モホー (Project Moho) の考えを抱いた時から掘削船「グローマー・チャレンジャー号」が科学的海洋掘削のために最初に出航した1968年ま

で、約 10 年間の努力を要したのである。われわれの報告は、関連する大きな問題の一部と極地研究用原潜を入手する現実的な提案について概要を述べる。この共通の努力に関して民間と海軍の海洋学者が結束するには、今や好機である。われわれには 10 年も残されてはいないのだ。

1. 目下の潜水艦による研究計画

多年にわたり海洋科学者は、北極海域内で比較的小さな研究を行うのに、原潜と近づきになる機会があまりなかった（核動力の研究用潜水艦 NR-1 は水面下航行能力がなく、母船が必要で、速力が低く航続距離も小さい）。米英両海軍の潜水艦が何回も北極哨戒を行なって、チタン、同位酸素及び塩分の分析用に求めた海水の標本は、海面と塩分躍層に近い海水の年齢と質量均衡を決定するうえで有用であった（例えば、Ostlund and Hut, 1984）。これらの標本を収集するには、単に海水コックを開けばよかった。Ostlund は標本の地理的分布が限られていたので、この一連のデータはこの目的にほとんど適していないと考えたが、潜水艦が収集した標本が、かつて研究したうちで、最もきれいなものに類することも報告した (L. Keigwin, 私信 1991)。

Ostlund が海軍の収集した標本を使用したことは、海軍が艦の秘密、安全または任務の点で妥協しないなら、喜んで民間の科学者に協力することを示している。この時期において、このような研究の機会が多々あったが、民間の科学者達が利用しなかったことを指摘しよう。原潜を北極研究のために入手することが学究肌の海洋学者の長期目標であるべきならば、海軍当局とともに手始めに穏当な協力計画を開発しなければならない。学究肌の海洋学者は SUBICEX（海軍が毎年行う潜水艦氷海演習）に参加して、現在秘密が解除されている保管データを利用し、海軍の研究開発用

潜水艦を使うことによって、潜水艦によるデータにある程度近づくことができる。

2. SUBICEX 計画

海軍の SUBICEX 計画は、1970 年代の中頃から存在していた。この場合、原潜、哨戒機及び氷海キャンプ作業が、氷海下環境と海軍の任務に及ぼすその影響を研究するためである。これらの計画は、研究者の要求が海軍の計画の邪魔にならない限り、民間人の参加が開放されている。寝台スペースが不足しているので、プロジェクトは一般に乗艦する技術管理者によって監督される。サンディエゴの海軍海中戦争センターの北極潜水艦研究所は、SUBICEX の計画と実施を統轄する責務がある。関心がある科学者は、詳細情報を得るためこの研究所に問い合わせるべきであろう (Tel. 619-553-0190)。

3. 保管データ

米国潜水艦「ノーチラス号」(SSN 571) が 1958 年に初めて北極の氷山の下を通過して以来、原潜は北極のデータを収集してきた。データの大部分は機密扱いで、どんな種類のデータが収集されたのかすら広く知られていない。例えば、測深に使うダウンルッキングナロービームソナーは、海底地図の作成に使うことができる（以下を参照）。走路の地図と個々の測深断面図は、主として機密扱いのままである。初期の音響測深記録図のデータは(1959~1962), Johnson et al. (1990), Beal (1969), Johnson and Heezen (1967) 及び Feden et al. (1979) によって発表された。北極の海嶺を何回か横切った英艦「ソブレイン号」の、1976 年の航海中に収集された音響測深記録図のデータは、北極海水深測量術の 1980 年 GEBCO (第 5 版) 海図を編集するのに使用

され、走路が海図上に示されている。ごく最近のデータが北極海の最新水深測量地図を製作するうえで合成された (Perry and Fleming, 1986)。

原潜は、浮上するときや浅い深度で潜航しているときに浮氷の没水部圧力隆起 (竜骨) との衝突を避けるために、上方指向と前方指向のソナーを使う。科学者は、少なくとも 10 年間 “頂部測深” ソナーデータを使って研究することに関心があった (Wadhams, 1981)。氷帽に多数の孔を明け足りないので、氷山の喫水分布を決定する唯一の直接的方法だからである。氷の厚さのデータは、例えば、フラム海峡を通過する氷の流出を測定することによって、北極海の質量均衡を決定するうえで重要である (Wadhams, 1983)。そのうえ、氷の厚さは北極海と大気間の熱交換を制御

する。Bourke and Garrett (1987) は、春季北極氷山の平均喫水の地図 (図-1) を作るのに、30 年以上にわたる潜水艦のデータを使った。この結果は、氷の均衡の熱力学とグリーンランドとカナダに向かって氷を移流させる (また氷を厚くさせる) 動力学の両方を表し、Hibler (1979) による北極海氷の動力学と熱力学の数値シミュレーションを正当化した。

予想される地球温暖化の影響が、北の高緯度地方で最も早期に感じられるものと予想されているので (Hansen et al., 1988, Stouffer et al., 1989), 北極の氷被の厚さを監視すれば人類の活動が起こした気候の変化を早期に探知できよう。気象観測衛星「ニムバス7号」からの受動マイクロ波による9年間の連続測定によれば、北極の氷

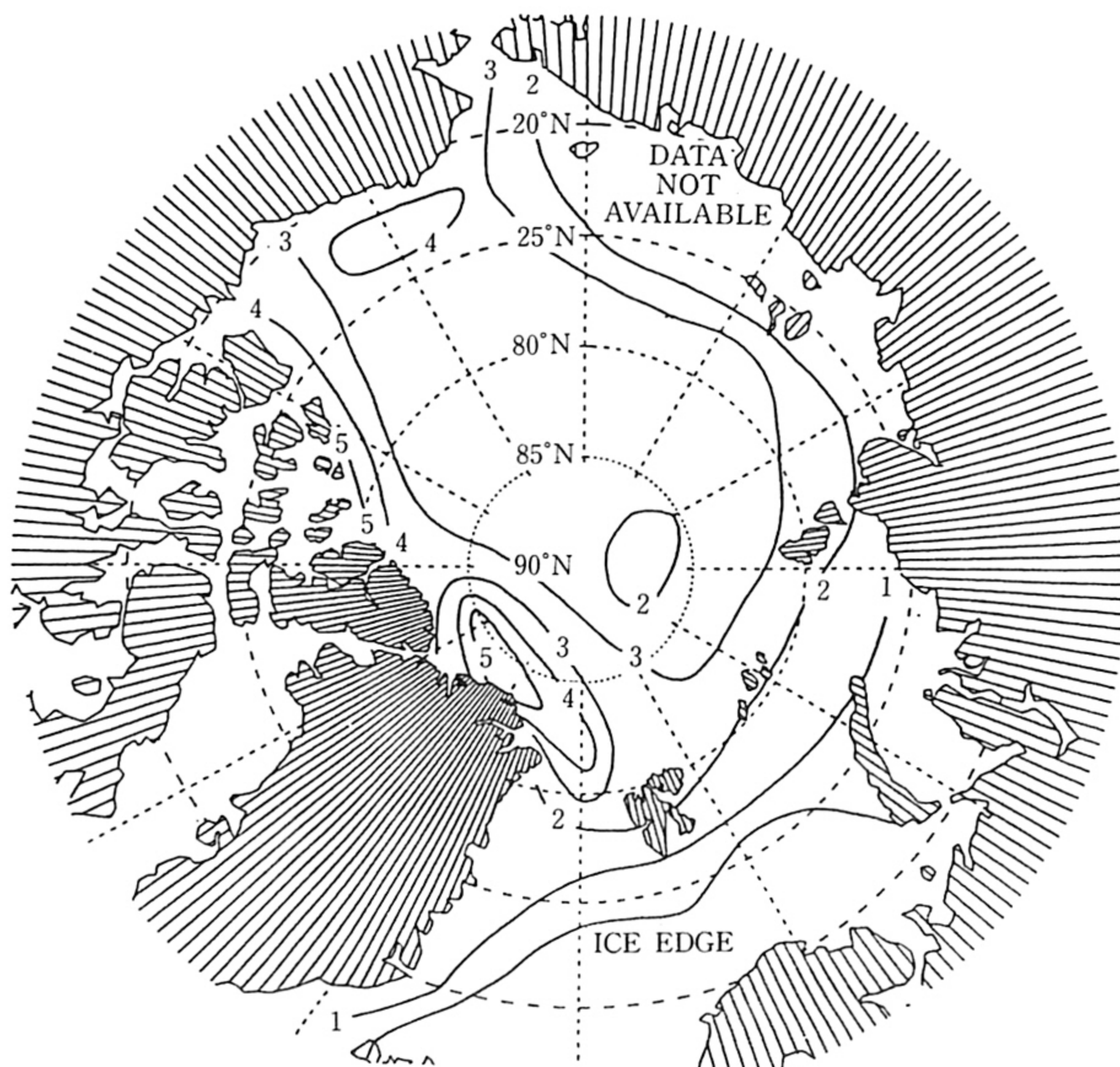


図-1 春季における北極氷山の平均喫水 (メートル) は、1960 年と 1982 年の間に行われた英国と米国原潜の 17 回の巡視報告から編集された (Bourke and Garrett から、1987) この全般的なパターンは年間を通じて得られるもののうちで標準的であり、カナダ群島の近くとグリーンランドの北方で、北極海における時計回りの海面循環による氷の積み重ねを反映して喫水が大きい。

の程度が2%減っているが、これが自然変化かどうか明らかではない (Gloersen and Cambel, 1991)。同様に、現在のところ潜水艦から公に利用できるデータの量は、地球温暖化を予告するかも知れぬ氷山の喫水の長期的な減少があるかどうかを決めるには不十分である。Wadhams は、1987年に英国潜水艦に乗って収集した氷山の喫水データを、1976年にグリーンランド北東の同じ領域を航海した時の同様なデータと比較した (Wadhams, 1990)。氷が、後の航海中で目立って薄かったことに気付いたが、1987年に若い(薄い)氷が多かったためであると推断した。2組のデータの対比は、各航海前の数ヶ月間に風が動かした氷の循環に重要な相違があるが、このような年ごとの変化性の性質が適当な時系列がないために、理解されていないことを指摘している。

気候の変化を研究するための機密の頂部測深器の有用性は、議会の注目を引いた。1990年にAlbert Gore (D-Tenn.) は、海軍の集積データの潜在価値を評価し、海軍の任務を損なわないで

データを公開する計画を考え出すために、海軍の代表を含む海氷の専門家集団を召集した。海軍の協力により、今や41回の航海によるデータは利用できるか、近い将来には利用できるようになる。関心がある科学者は、北極潜水艦研究所から詳細の情報を入手することができる。

4. 研究開発用潜水艦計画

米艦「メンフィス号」(SSN 691) は、米海軍 R & D (研究開発用) 潜水艦として指定された。このロサンジェルス級攻撃用原潜は、「新式の潜水艦技術とシステム構想を潜水艦が行動する環境下で早期に試験し評価することを支援するために」(NAVSEA, 1990)、R & D 潜水艦計画によって利用できるようになった。

この艦は、新しい技術を艦上で試験して公共と企業いずれもの R & D 団体が利用できるように、正規の哨戒活動から除外されている。「メンフィス号」は、民間の地球物理学や海洋学団体に

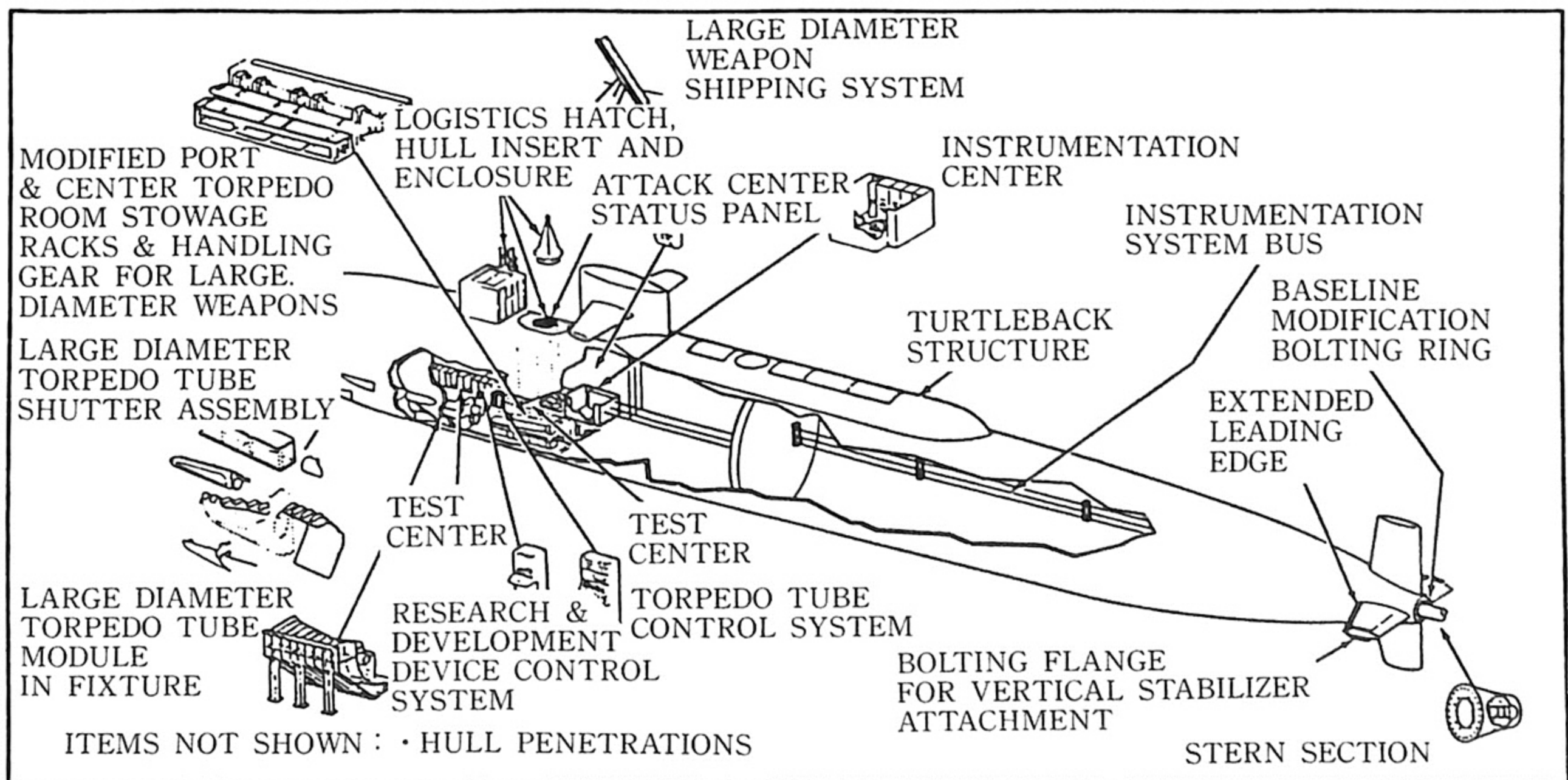


図-2 1994年のオーバーホール中に予定された米海軍R & D潜水艦「メンフィス号」の改修(海軍海洋装備局の好意による)。この艦は氷海下航行能力はないが、新しい潜水艦技術の研究開発に専念する。計画された改修は海洋学研究専用の潜水艦について行えそうな変更の範囲を示している。

関心がありそうな、次の項目を含む広範囲のプロジェクト活動のために利用できる。センサーシステム、安全と秘密保全、航海援助装置、作業性向上、流体力学研究、識別特性減少、データ監視、無人ビークル及び音響測定である。これらの研究分野は技術を専ら取り上げ、潜水艦は氷海下能力（つまり、セイルと舵、鉛直方向に回転する前部昇降舵の補強）がないけれど、主流の民間調査者が評価しなかったり、あまり知らないプロジェクトが海軍に関係がある場合が多いから、この計画を民間研究社会全般に注目させることが重要だと感じている。

この R & D 潜水艦は、1994 年に始まるオーバーホールが予定され、「メンフィス号」を氷海下作業のために改修する計画はないが、その時に種類の R & D プロジェクト（図-2）を受け入れる能力を高めるように改修されるだろう。改修計画の詳細は、海軍海洋装備局 (NAVSEA, 1990) から得られる。これらの改修が総合されると、次の能力が生ずるだろう。大型機器の搭載、耐圧船体内に機器を据え付けるスペースと電力、耐圧船体外の現場実験のための適当な設備（油圧、海水、電力）を持ったセイル後方のスペース、電気油圧の伝達と光学的伝送用の全艦を通じた船体貫通部の追加及び耐圧船体内から直径 30 インチまでのビークルを発進させる能力である。

5. 原潜に基づく可能性がある科学的計画

大学の国家海洋学研究所システム (UNOLS) の報告は、専用の原潜が海洋学界のために行えそうな種類の研究上の機会について詳細に論じている (Pinkel et al, 1992)。この報告がこのような事業における技術上、後方支援上及び政治上のとてつもない困難を認める一方で、このような計画の利益を重視している。海氷分布とかかわり合う地球変化の問題に加えて、生物海洋学、物理海洋

学及び地質地球物理学が論じられる。Pinkel et al. (1992) によれば、研究に原潜を利用する機会が北極海以外にも十分及ぶことは明らかである。

これから数年のうちに北極研究に専念する潜水艦が実現しそうだが、現在のところは、現存するプラットフォームを利用し、海軍にいくらか利益をもたらす小さくて控え目のプロジェクトから始めることが肝要である。研究用プラットフォームとしての潜水艦の独自性を強調しなければならない。例えば、砕氷船からのコアリング作業がかなり成功しているので、潜水艦からの沈澱物コアリングは強く主張できない。この反対に、曳航式の装置等を使う氷海域内の海洋調査は、砕氷船では困難であり、潜水艦なら能率的に実施できる。同様に、冰山断面図作成は氷の下からだけ行える。原潜は、航続力のために海上で長い時間が必要な大規模な調査作業向けに、すばらしく使用できる電力によって、遠隔操縦ビークル (ROV) からの小規模な調査にも他の追随を許さない。

数年前に、北極海盆全体を細長く分けて地図を作成する野心的な提案が、海軍の海洋学者に提出するために米国地質調査学会の科学者によって準備された。このプロジェクトは、実現するにはあまりにも大きく、当時は受け入れられなかった専用の船が必要であったろう。深い海の地図作成によって、北極湾の地質構造の歴史について新しい情報が得られることになろうが、海底地図作成の初期研究は 3 つの理由から、浅い面 (200 m 以下) の小さな区域向けに整えるべきことを提案する。

第 1 に、北極海の大部分は上方に屈折する音響的環境であるので、深い海底はソーナー方式において取るに足らない役割しか演じず、海軍はほとんど関心がない。しかし、音響的環境が海底の干渉を受ける浅い海では、沈澱の分布と厚さ及び地質工学的特性が超長波音伝搬において重要な役割を演じそうである。第 2 に、浅い海は航海と安全

の見地から潜水艦部隊にとって特に重要である。第3に、詳細な調査は、恐らく海底に置いたトランスポンダービーコンを使い、正確な航海管理を確立できる局部的区域で始めなければならない。

潜水艦は、すべて音速断面曲線の変化に関する温度と塩分変動性の戦術的意義についてよく承知しているし、極地の環境下におけるそれ以外の安全上の配慮について自覚している。海軍の要求が切実な領域である周辺結氷域では、塩分が氷の融解のため局部的に百万分の1をはるかに超えて変化することがある。気候学上のデータベースは、非常に大きくて潜水艦の浮力に影響を及ぼし得るこれらの変化を予測するうえで役に立たない。変化は極めて突然起こるので、探知する時までに潜水艦が気づかぬうちに捕われてしまうかも知れない。北極海の温度と塩分の変動性とその予測の海軍に対する作戦上の重要性は、物理海洋学者が潜水艦に基づく研究プロジェクトを提案するときに考慮すべきである。

6. 要約と行動計画

原潜を氷海下の研究に利用すべきならば、専用のプラットフォームでなければならないことに同意する研究者が大部分を占めるだろう。そうであっても、海軍の軍事任務と基本的研究の要求との間に競合はなさそうである。そのうえ、船体付き細長分割地図作成装置 (hull-mounted swath-mapping arrays) の取付けのような恒久的改修も行える。原潜を研究目的に使うならば、慣習的な国際法のもとでは依然として軍艦と見なされるので、主権不可侵の地位を持つことになる。このように高い目標に向けて準備するために、学問的研究は小さいところから始めなければならない。SUBICEX と R & D 潜水艦のような進行中の諸計画に一層関係し、機密が解除された保管データを手に入れて公表文献に利用しなければならない

い。センサーが現在のままで利用できる潜水艦を比較的小さな科学的プロジェクトに使う機会を増やし、艦の任務を犠牲にしたり造船所の改修工事を必要としないように、新しい技術を潜水艦で使えるように適合させなければならない。要するに、研究者は潜水艦乗員とわれわれの科学的要求に役立つように、彼等の潜水艦を利用する究極の目的を念頭に置き、乗員との自由な意志の疎通が必要である。もう一方では、基本的研究の要求を満足する厳格な国家及び国際戦略を追求しなければならない。国際的な面では、英海軍が北極海底の地図作成のために原潜を艦装することに原則として同意し (P. Wadhams, 私信, 1992), ウッズホール海洋研究所が戦略ミサイル潜水艦を氷海下研究用に改装することについて、サンクトペテルブルグのロシア潜水艦設計局と審議を行なっている。

もっと野心的なプロジェクトには、海軍の資産の一層大きな献身が必要である。専用プラットフォームの入手に向けた2番目の歩みとして、現存するプラットフォーム上で基本的研究に捧げるために、かなり多くの時間を得なければならない。このような航海は、専用プラットフォームのための宣伝又は“構想の証明”であるべきで、原潜の運用コストは大型の UNOLS 船に匹敵するから、費用は比較的控え目に抑えるべきである。

計画は、ほかの航海計画に直面する同業の仲間の見解に耐える、非常に高度な科学的航海を計画することから始めねばならない。2つの最も重要な要素は、潜水艦部隊以外に資金源を確認することと、造船所での時間を必要としないで艦に機器を取り付けることである。例えば、次の事項はいずれも原潜に容易に適合すべきである。重力計、CTD (SUBICEX で慣習的に搭載される)、海水冷却回路から葉緑素を測定する蛍光光度計及び氷塊下面の2次元粗さを定量的に測定する上方指向の細長分割ソナー等である。潜水艦投入の

XCTD (使い捨ての CTD) 探知器が、氷海下で使うために現在開発中である。現存するセンサーのうちで、ナロービームの下方指向ソナー BQN-17 が、北極海底の限られた区域の詳細地図作成のために使用できる。このソナーは、1本のビームを使って小さな区域の地図を作るときですら、かなりの時間を必要とするが、市販のマルチビームシステムの個々のビームをしのご水深測量分解能がある。

このような“構想の証明”の航海が行われることになれば、予定された海軍の行動に干渉しないように、氷海航行可能な潜水艦の在籍年限の終わりに向かって実施しなければならない。攻撃用原潜 637 級 (Sturgeon) は、“構想証明”研究航海に適している。このクラスを地球変化の研究に使うことは、以前の潜水艦長で現在の北極研究者 (McLaren, 1990) によってすでに推奨されている。これを達成する予定ならば、これらの艦が急速に退役するだろうし、重要で撤回できないメンテナンスの決定は除籍予定の 5 年も前から行われるから、迅速に行動しなければならない。図-3 (a) は、637 級艦隊の経歴を示している。除籍の正確な予定表は機密であるが、旧ソ連からの脅威が減ったことを考えて、30 年の設計寿命と恐らく一層現実的な 25 年の寿命を仮定した場合の、637 級艦隊の減少を塗りつぶした印が示している。これらの艦が 25 年後に除籍され、就役年限の終わりに向かって学問的目的のために艦が入手できると仮定すると、図-3 (b) は、民間の海洋学研究用にこれらのプラットフォームを使う場合に減少する利用度を示す。要するに、SSN 637 級艦の寿命を北極海研究のために延ばす決定をここ数年間のうちに下さなければ、1 隻も残らないだろう。新しい SSN 688 (Los Angels) 級潜水艦は氷海潜航が可能ではないので、機会の窓はごく狭い煽動行動の一手段として、国立科学アカデミーの海軍研究評議会が協力拡充の問題に取り組

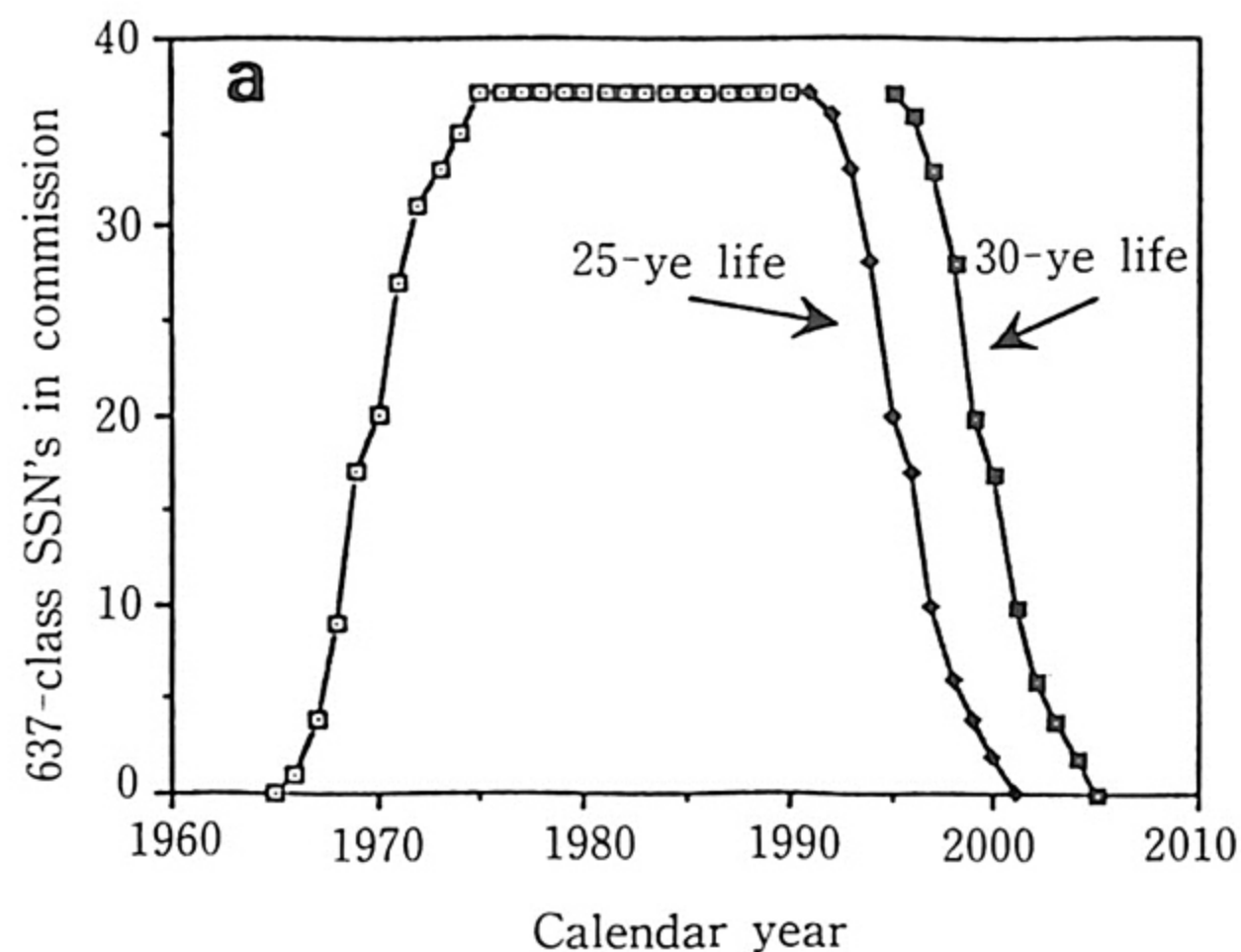


図-3 (a) SSN 637 級 (スタージョン) 原潜の経歴。1960 と 1970 年代 (白抜き四角) の 637 級潜水艦の増加と 1990 年代の減少は、設計された 30 年の寿命 (塗りつぶした四角) と一層現実的な 25 年の寿命 (ダイヤモンド) を仮定している。

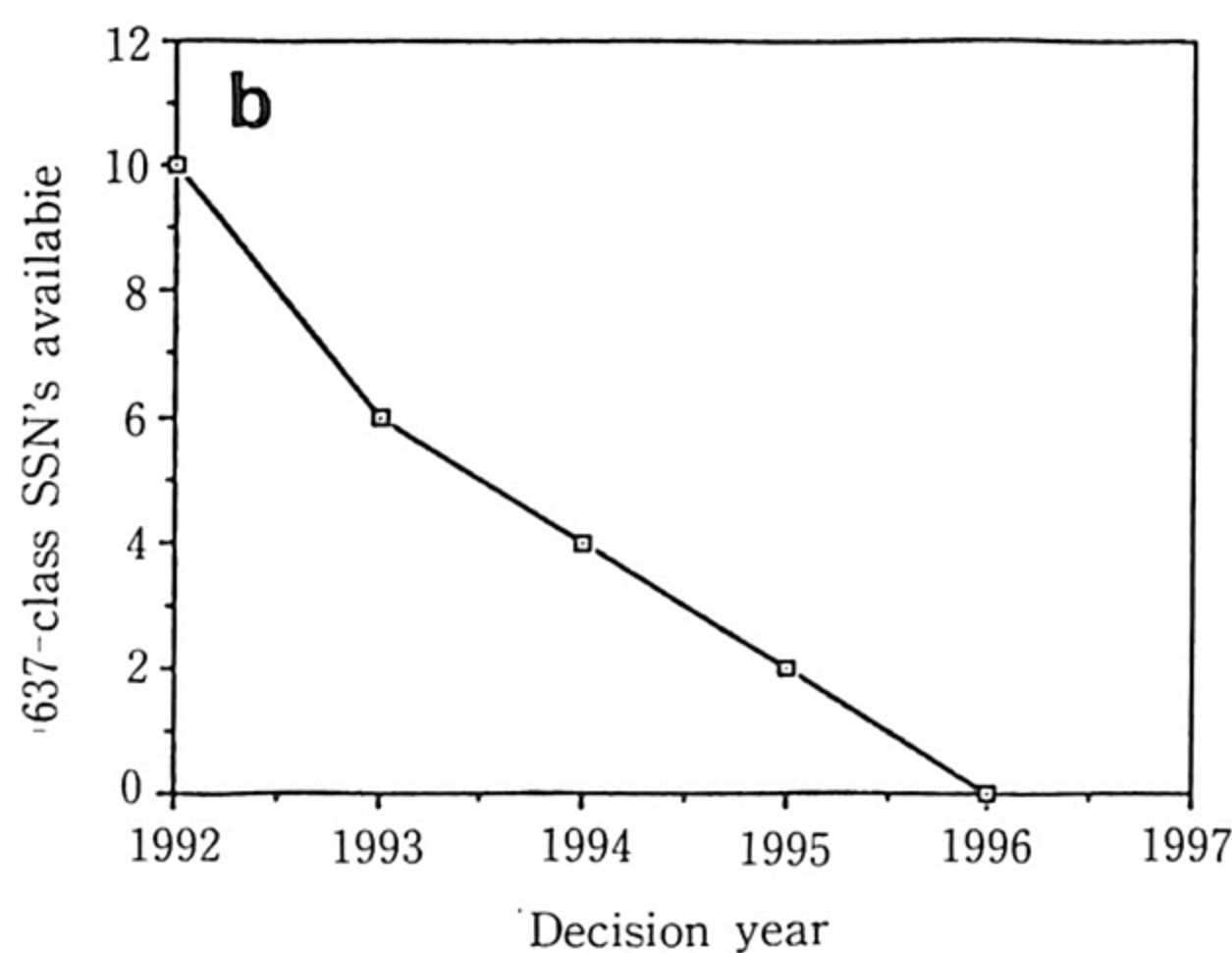


図-3 (b) 暦年を関数とする 5 年の寿命が残った 637 級潜水艦の数は、25 年の就役年限を仮定している。スタージョン級潜水艦を北極研究用に改装する予定ならば、その決定はこの 3 年間のうちに下さねばならぬことが明らかである。

むために、学会と潜水艦社会の代表から成る作業委員会を召集することを提案する。1つの目標は、同意の覚え書きを作成することである。

すぐれた科学が、SSN 637 級 1 隻を使った北極研究の比較的控え目の計画から生じたならば、新しく高度に改修された専用プラットフォームの入手に向かう第 3 の歩みは、議会の承認と予算を

得ることであろう。現存する艦を改修することは、非常に高価につく。例えば、10年に1度だけ起こる燃料補給は、1億5,000万ドルもコストがかかる。実質的には、あらゆる学科にわたる海洋科学を抱えて、海洋学者は北極研究用原潜の取得を価値ある目標として認めたいうえで結束すべきである。

謝 辞

この報告で表明した見解は筆者のものであり、必ずしも海軍省の政策を反映するものではない。

筆頭の筆者が、海軍調査局において海軍予備役として現役勤務につきながら、この研究の大部分を完成した。

私は、調査局、海軍海洋研究局、国防省及びその他の海軍社会で議論した人達すべてに感謝している。われわれは、特に E. Chaum, P. J. Fox, F. McLaren, P. Wadhams 及び C. Wales の諸氏による原稿批評に謝意を表す。

(出典：EOS. 73 (19), 1992)



インドネシアの海洋研究機関を訪問して

国際課 粟島 裕治 Yuji Awashima

当センターでは海洋研究部を中心に WOCE（世界海洋循環実験）関連の海洋観測・研究を行っているが、その中で太平洋の海洋循環の解明のためには、インドネシア海域を通過して太平洋とインド洋間で流出入する海流の観測・研究が不可欠であることが次第に明らかとなってきた。そこで当センターでは本年度よりインドネシア政府との共同研究として、インドネシア経済水域を含む周辺海域の海洋観測を計画している。その打ち合わせのため、本年6月、北海道大学教授竹内謙介氏と当センター海洋研究部宗山 敬主幹とともにジャカルタの関係機関を訪れる機会を得たので、その際の所感等をご報告する。

インドネシアで当センターの研究開発に関係深い機関は、ハビビ研究技術担当大臣率いるインドネシア科学院 (LIPI)、技術評価応用庁 (BPPT) 及び海洋研究開発センター (CORD) である。

LIPI は CORD を含む多数の研究機関を統括しており、職員は約 4,800 人、年間予算は約 31 億円 (91 年度) である。今回、サマディクン長官とお会いすることができたが、最近では超伝導の研究、製鉄工業の振興及び石油開発に力を入れており、特に電子技術開発については商業化できるほど成功し、一会社として分離独立させたとのことである。

一方、BPPT は言わば、直接には研究機関を持たないが日本の科学技術庁のようなところであり、ハビビ大臣が長官を兼務し、国の開発に必要な技術の評価・導入及び重点産業の振興を行なっている。職員約 3,100 人、予算規模は約 44 億円

(91 年度) で、守備範囲は科学技術の分野のみならず、最新技術を必要とする大規模プロジェクトも含んでいる。例えばジャワ、スマトラ両島間の連絡橋、ジャカルタ市内の新交通システム等の建設、あるいは最新鋭の造船所、海洋観測船 (バルナジャヤ I, II, III 号) は BPPT の管轄となっている。前出の共同海洋観測については、BPPT にインドネシア側の窓口をお願いし、インドネシア国軍との調整や LIPI の研究者への連絡等を行なっていた。今回の出張では、本年3月に当センターを訪問された ZEN 副長官にお会いして共同海洋観測についての協力を依頼した。

また、CORD は同国の海洋研究の中心であり、今回カシジャン所長とイラフデ海洋研究部長にお会いし共同海洋観測についての協力を依頼するとともに、同研究所の研究の現状を伺った。同研究所は研究者 120 人、技術者 109 人を含め 423



写真-1 インドネシア海洋観測船「バルナジャヤ I 号」船上にて

人を擁し、海洋学、海洋生物、水産、海洋環境等について研究を行なっている。同研究所所有の海洋観測船は既に船齢 30 年を越えているなど設備は必ずしも十分ではないようであるが、その中でできる範囲の研究開発にひたむきに努力しているとの印象で大変感銘を受けた。

今回の出張ではジャカルタのみの訪問であったが、ここは、昭和 20 年代の日本のバラックと近代的な高層ビルが同居するエネルギッシュな街である。NIES に続いて経済的な飛躍を遂げる同国の変貌過程を直に見ているようであった。もっとも、BPPT の一職員曰く、「ジャカルタはインド

ネシアではない、ジャカルタ以外では昔ながらの風景、生活である」とのことである。

再び同国を訪問する機会があれば、ジャカルタ以外にも訪問したいし、また 10 年後、20 年後の発展ぶりにも興味を湧くところである。

最後になるが、インドネシア側はどの機関も、われわれに対して同国研究者の留学・研修及び日本側からの専門家派遣等、長期的な協力を望んでいる。当センターとしても、できる範囲で彼らの希望に添うよう努力することが、単に海洋関係分野の研究発展に寄与するのみならず、両国の友好と相互理解に資する近道と考える。

〔海外出張・海外調査団報告〕

ROV「VENTANA」調査航海記

～MBARI ROV 調査潜航と「NEW VEHICLE」計画について～

運航部 無人探査機操縦班 内田 徹夫 Tetsuo Uchida

1. はじめに

今年 5 月 17 日から 22 日の間、アメリカ合衆国のモンレー湾水族館研究所（以下 MBARI）を訪問し、同所の ROV「VENTANA」の調査航

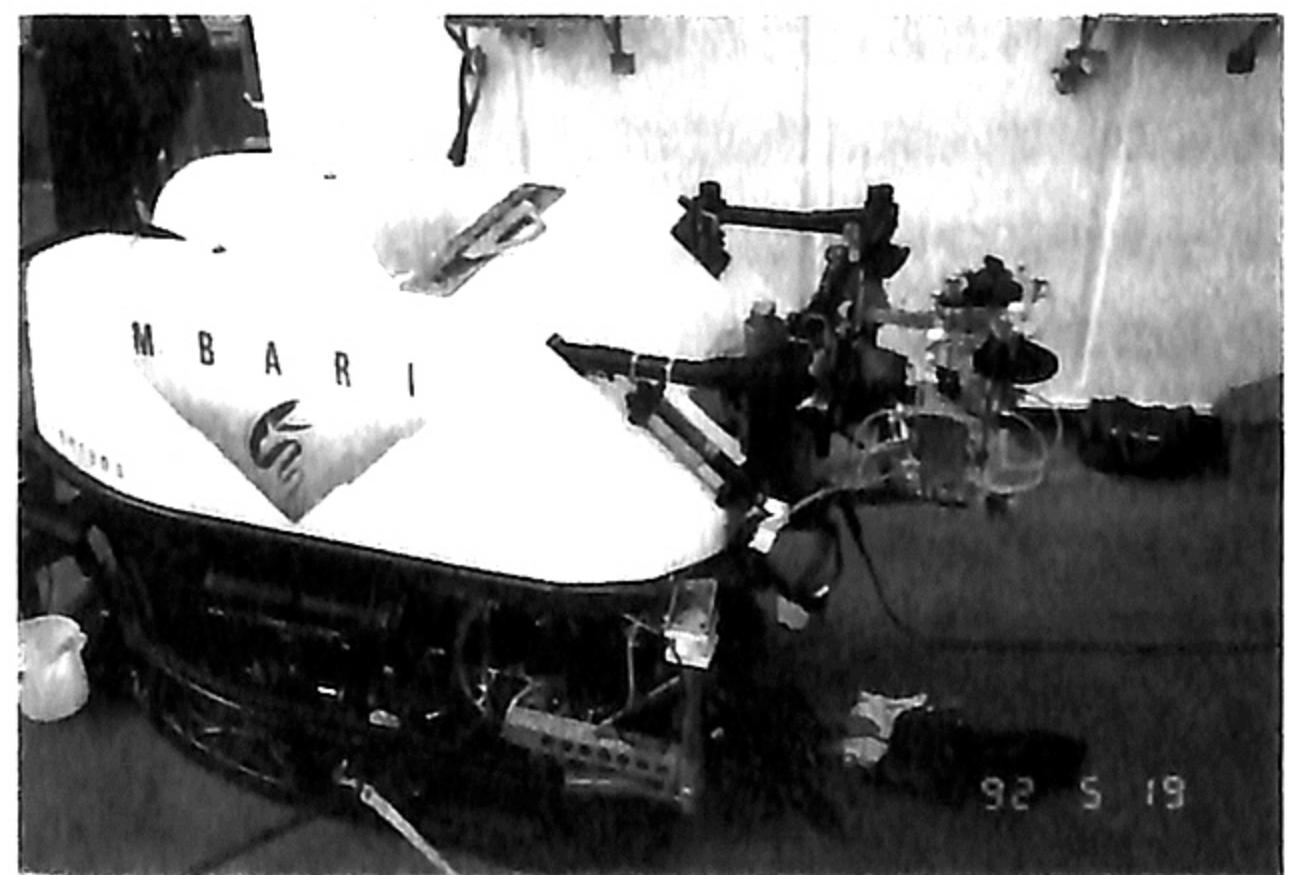
海に参加する機会を得た。

MBARI については本誌第 12 号に研究機関としての紹介例があるので、詳細は省くが、概略は以下のようなものである。

MBARI は、科学部門、科学研究のための工学開発部門、ROV オペレーション部門及び運営



写真一1 R/V「POINT LOBOS」



写真一2 ROV「VENTANA」

事務部門からなり、総人員は約 75 人である。研究施設として、モンレー市の中心部にある研究本部と、そこから車で約 1 時間ほどの所にある漁港モスランディングに専用岸壁を持つ ROV 基地がある。この基地には、ROV の整備設備のほか、研究室、生物サンプル保管室、低温水槽設備等が整っている。また、全長 110 ft の ROV 専用母船「POINT LOBOS」(写真-1) と ROV 「VENTANA」(写真-2) を所有しており、精力的な研究活動を行なっている。

2. ACCIDENT

今回の旅行は当初全くついてなかった。同行した深海研究部橋本 惇氏とロスアンゼルス空港に到着した…まさにそのとき、モンレー行きの乗り継ぎ便は離陸して行った。結局 1 便遅れでモンレー空港に着いたわれわれを、MBARI の Bruce Robison 博士と Jim Barry 博士が出迎えてくれた。しかし、彼らがわれわれにもたらしたニュースは、まず、『先週のオペレーションで「VENTANA」のテザーケーブルにトラブルがあり、10 本の光ファイバーケーブルのうち 9 本を切断してしまい、ターミネーションそのものをやり直しているため、月曜日からのオペレーションに支障がでるかも知れない』というものと、「5 月の初めに橋本氏が日本から発送した肝心の研究用機材がまだ到着していない」というものであった。さらに、時差ボケと疲れた体でやっとモーターについて私に追い打ちをかけるように、宿主のおばさんは「Oh Jesus 手続きミスでああなたの部屋は予約されてなかったのよ!」と告げた。ウィークエンドでどこも満室の状況である。私も、おばさんと一緒に「Oh Jesus!」と叫んだ。

おばさんの顔でなんとか近くに宿をみつけてしばらく休息した後に、モスランディングの ROV

基地を訪問した。ちょうど、テザーケーブルの復旧作業の最中で、切断された 50 m 位のテザーケーブルが専用岸壁に無残に積み重なっていた。事故原因は、先週のビークル重量トリムを極端に軽くした特別のオペレーションの際、ビークルの上昇速度にテザーケーブルの巻き取りが追いつかず、ケーブルがビークル下方に垂れ下がりツイストしてキック、光ファイバー 9 本を損傷し、ビークルはブラックアウトの状態に緊急揚収したとのものであった。復旧作業は、不良部分を切断し先端をばらしたあとシングルモード光ファイバーを、マイクروسコープと光パワーメーターを使ってスリーブ接続していた。「大変デリケートな作業なんだ」と主張するので、「十分理解している、実は、われわれも先月、同様なケーブル事故を起こした、しかし、日本ではファイバーの接続は自動融着機を使うよ」というと「どこでもケーブルの事故はつきものらしいな、自動融着機が便利なのは知っているが、高価なので手に入らない」と答えてくれた。同時に、引き留め金具にテンションメンバーのケプラーをエポキシ樹脂で接着固定する作業を行っていた。硬化時間は 2 時間程度だそうで、この接着材の情報を教えてくれた。彼らにしては特別であろう、休日を返上しての懸命な復旧作業である。

3. ROV 「VENTANA」

「VENTANA」はスペイン語で「覗き窓」の意味だそうである。寸法は 2 m (長さ) × 1.5 m (幅) × 1.8 m (高さ)、重量 1.5 t で、「ドルフィン-3 K」に比べてひとまわり小さい。ベースはカナダ ISE 社の HYSUB ATP 40-1850、出力 40 馬力、最大潜航深度は 1,850 m であるが、テザーケーブルが 1,000 m しかないため、実際の最大潜航深度は 850 m が限界である。着水揚収システムは、多関節クレーンの先端に最終

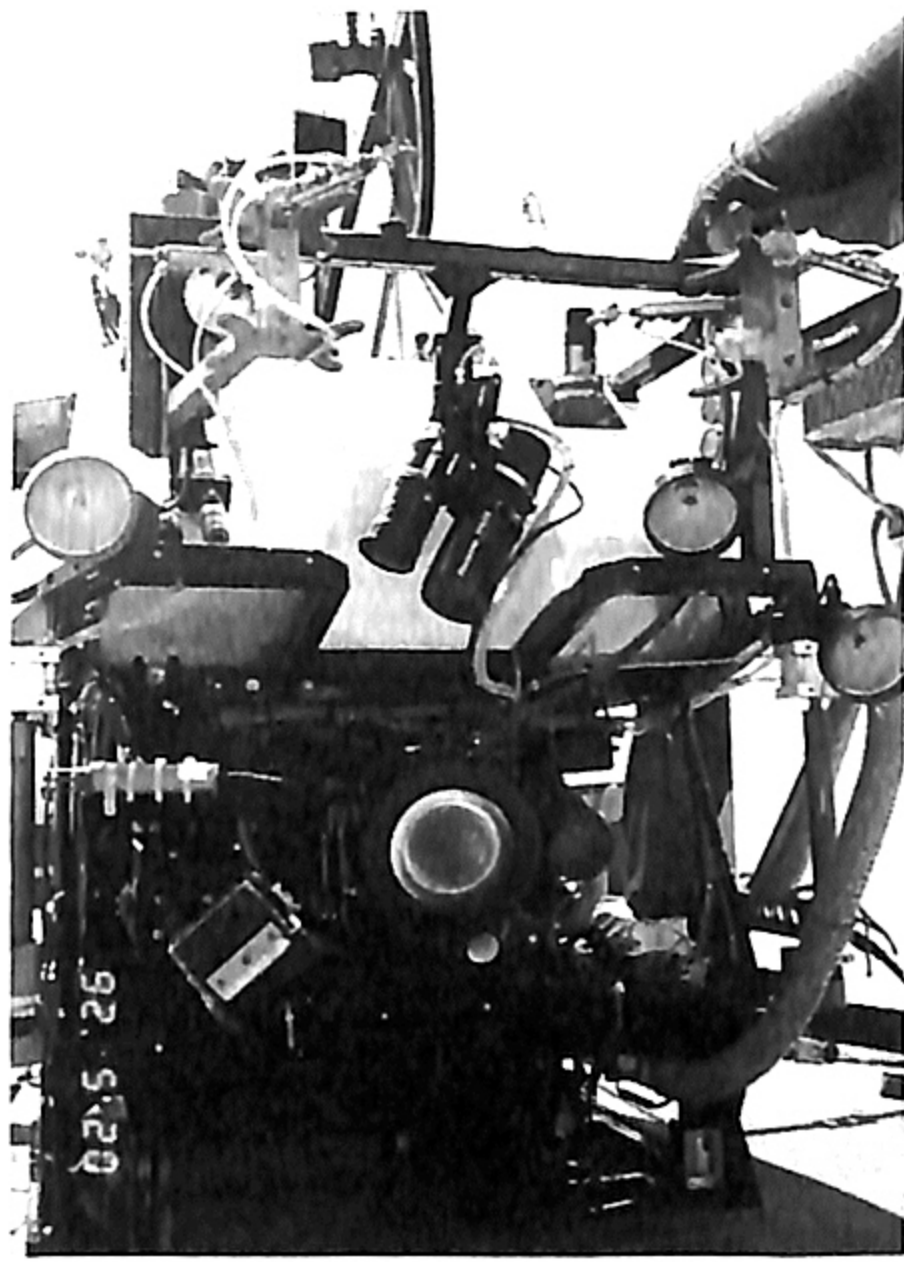


写真-3 ROV「VENTANA」

シーブと、揚収時にビークルを圧着して安定させるためのスタビライザーを取り付け、揚収装置とジンバルシーブを兼ねている。このクレーンは海面上でビークルをホールドしてしまうため、シーブステート4程度でも、控え索を使わずに非常に円滑な揚収を行なっている。横置きヒープコンペンセータとケーブルウィンチが、小型の母船甲板上に効率良く配置され、システム全体がコンパクトで無駄がない。

ビークルは、MBARI 独自でかなり大規模な改造をほどこしており、改造にあたっての細やかな工夫の跡が随所にみられた（写真-3）。ビークル下部に高さ 30 cm ほどのアンダーパッケージと呼ばれる箱体フレームを結合させ、この内部に、大型のスライド式サンプルバスケット、サクションスンプラーポンプユニット、CTD、Na-Sc ランプバラストを装備するほか、前上部にはアクリルの円筒の上下に可動式の蓋を持つ生物採集器ディトリタスサンプラー4台と、前部両サイドのフレームにはサクションスンプラー用可動アーム2本、後部に同サンプラー収納容器箱が追加装備されている。アクチュエータには大小のシリン

ダ、ラックアンドピニオンが多用され、低圧 74 kg/cm² の油圧がパラフレックスという外径 5 mm ほどのプラスチックチューブで配管されている。また、7 自由度のマスタースレーブマニピュレータにはステレオスチルカメラの取り付け台とCTD センサの取り付け具が付加され、手先は爪状とスコップ型の2種類がある。照明は Na-Sc ランプを3台装備し、その他にテレメトリシステム、TV カメラシステムも改良されている。

「VENTANA」の TV カメラシステムは特筆すべきもので、ビークルの前部中央のメインカメラは「SONY」と呼ばれ、ショルダー付きのパンチル台に取り付けられているため、非常に広範囲を視認できる。その上部にはオスプレイ社製のパンチル台付き SIT カメラがある。「SONY」は、中身が「SONY DXC 3000」という放送局級クラスのカメラに、フジノン「A 8.5×5.5 BRM」レンズを付けたものである。感度や画質に関しては最近開発したスーパーハープカメラのほうが勝っているが、パンチルを含むカメラコントロールとズーム、アイリス、フォーカスをパイロットとチーフサイエンティストの双方で扱えるよう工夫され、カメラ及びレンズの状態が一目でわかるように CRT モニターにグラフィック表示するシステムになっていた。しかも、フォーカスリングをサーボコントロールにして、スイッチをスライド式にしている。この方式は、スイッチの位置により被写界深度が明確なため、微妙なピント調節が非常にしやすい利点を持っている。また、サイエンティスト用の観察モニターには、より良い映像を供給するために、パイロット他が見る NTSC 信号とは別に、全く独立した RGB 信号を伝送して高画質映像を提供している。映像記録には画質劣化の少ないベータカム方式を採用していた。このカメラの映像は母船各部のモニターに分配されるだけでなく、MBARI 本部のミー

ティンクルームのモニターにマイクロウェーブを使って伝送され、さらに、本部を経由して水族館の大きなディスプレイで一般客に公開されている。マイクロウェーブは双方向で通信され、はるか洋上の母船内の ROV コントロールルームにおいて本部のミーティングルームの様子がわかり、ときどき訪れる見学者（特に女性）などをパイロットがからかい、付添いの MBARI 職員が困惑しているのがおかしかった。これらは映像資料を徹底して有効利用しようとする MBARI の姿勢を示すもので、母船内も積極的に AV システム化されており、端末のモニターでもキーイン一つで母船各部に配置された監視用 TV カメラ、ソーナー映像など 18 種類の映像を選択できた。

4. 「VENTANA」 DIVE

「VENTANA」の潜航調査は、専用岸壁を朝出航し、その日の夕方帰港する日帰り航海だが、調査の内容によっては夜間潜航も行うということで、この場合には、ケーブルフロートに発光スティックをつけるそうである。1988 年 9 月 7 日の初潜航以来、年間約 100 回のペースで、これまでに 399 回の潜航調査を実施していた。通常 2 日間の連続潜航後、1 日の整備日を設けるパターンで運航し、3 カ月ごとに 1 週間から 2 週間の整備週間を設け、前述のような積極的な改造を行なっている。

第 400 潜航は朝 7 時出港の予定であったが、テザーケーブルを 50 m ほど短くしたためにケーブルウィンチのシフターのタイミングがずれるらしく、その調整に手間取って、結局、昼近くになってからの出港となった。調査海域までは約 2 時間の航海であった。ケーブル修理後のテスト潜航をかねていたもので、潜航時間は 3 時間程度でクラゲのサンプルを採取しただけであった。翌日、火曜日の第 401 潜航では「clam」の採集を行なっ

た。結局、この日の昼過ぎにわれわれの研究機材が到着したので、本来の目的である調査はこれからということになり、21 日の第 402・403 潜航で、目的の「clam」生域場所に間隙水採集器 6 本を設置、その場所が分かりやすいように標識マーカーも設置した。

5. 「VENTANA」 FLY

5 月 22 日、調査航海最後の日、橋本氏はサンプル処理のため ROV 基地に残り、私は、単身「POINT LOBOS」に乗船した。今日は、朝から皆がしきりに操縦 (FLY) してみろと薦める。本日が最後の調査であるし、メカニズムのことばかり質問する私が名刺どおりの「ROV PILOT」であるかを確かめてみたかったのかもしれない。この日の第 404 潜航は、前日海底の崖に設置した橋本氏の間隙水採集器 6 本の回収が目的で、どれだけ迅速に昨日のポイントへ到達できるかが勝負であり、これに手間取れば午後の潜航は中止するという状況であった。

このような潜航では、ナビゲーションシステムの精度が大きく左右される。MOS と呼ばれているナビゲーションシステムは基本的には、母船位置を GPS で求めている。ただし、常に MBARI 本部の固定局との間で誤差を補正しているため、その精度は 3 m 以内だという。母船とビークルの測位はレスポングによる SSBL 方式で、これを組み合わせた絶対位置を CRT に表示させ、一定時間航跡が残るようになっていた。しかし、オペレーション中に航跡図を作成する場合は尺度が固定されてしまうため、オペレーション終了後ディスクに記録されたデータから作成していた。

私は、彼らに薦められるままシニアパイロットの簡単なレクチャーを受けて、潜航下降途中から ROV コントロールルーム (写真-4) のパイロットシートに座り操縦桿を握った。しかし、悲しい

ことに SIT カメラパンチル用のフットペダルには、つま先しか足が届かない。MOS のグラフィック画面には、昨日設置した間隙水採集器の位置がフラッグマークで示され、位置と深度が記録されている。目標に対して母船とビークルがどういう位置関係にあるか一目でわかった。目標に接近するにしたがって、ウィンドウカーソルを使って必要な部分だけを任意の大きさに拡大し、より正確な情報を得ている。シニアパイロットは、これに海底地形を考慮して「回り込むぞ」と言って、私に針路を示して前進下降するよう指示した。この指示を受けて適宜オートヘッディングとオートクルーズの自動操縦を併用しながら下降する。オートヘッディングのセット方位、オートクルーズの ON/OFF、警報等は、パイロットモニターに割り込みで表示される。その他ビークルに関する情報は、ROV クルーズコンピューターシステムのわずか 1 台のマイクロタッチモニターにまとめられている。深度・高度・針路等の操縦に重要な情報は、時間的变化がわかるようにグラフ表示で、スラストの回転数や油圧・油量なども、細かい数字を読む必要がないように図形表示になっている。このマイクロタッチモニターは入力機能も持っており、ペイロード機器の作動、照明の ON/OFF 等ビークルに関する煩雑なスイッチ操作は、すべてこの 1 台のモニター画面に指を触れるだけですむようになっている。したがって、マニピュレータ作業時以外はパイロット 1 名で運用可能である。

真っ直ぐに水深 620 m の目標に向かうものと思っていたが、海底から高度 20 m 付近でホバリングするように指示された。971 カラーイメージソナーには、前方数 10 m にすでに崖があることを示している。

われわれが参加した航海のチーフサイエンティストは Bruce Robison 博士で、ROV オペレーションの全権を握っている。博士の専門は Jel-

lyfish (クラゲ) で、このため前述のディトライタスサンプラーを常に装備している。操縦桿に付けたスイッチ操作でアクリル円筒の上下の蓋をスライドさせて、クラゲを海水ごと閉じ込める仕掛けであるが、サクシオンサンプラーのような吸引式ではないので、わずか内径 17 cm の筒の中に海中に漂うクラゲを誘い込むのはビークルのコントロールだけである。博士は、にやりと笑って前方 5 m ほどの所を漂っている傘の直径 3 cm ほどの小さなクラゲを指さして、「TETSU, (私の呼び名) これが欲しい!」と、のたまわった。「VENTANA」のパイロット達は口笛でも吹きながら、気軽にこの作業をこなすのを何度も見ている。私は本船に乗る唯一の日本男児として、精一杯の思いで「やってみる」と答えたが、後から思えば「任せておけ」ぐらい吹いてもよかった。

「SONY」カメラでこのクラゲを見つめビークルとの距離と方位・深度を微妙に修正しながらゆっくり接近する。せっかく目の前まで寄せても、クラゲはほんのわずかな水流であらぬ方向に漂ってしまう。これを 17 cm の輪に入れるのは至難の技だ。クラゲが筒の真下にきた瞬間、ビークルをわずかに下降させ、筒に吸い込まれたらすかさずスイッチを押して蓋を閉じる。苦勞の末、無事捕獲した時には船内から拍手と歓声が巻き起こり、私は V サインでこれに答えた。

その後、さらに下降して崖にとっついた。着底できるような場所ではなく、3 m ほど先の岩の壁をなめるように観察しながら、ときどき停止してはまた横移動していく。サイエンティストはカメラをズームアップして、観察所見をマイクで記録している。ところどころに変色域と「clam」が見える。「オートヘッディングは使わずに、マニュアルで複雑に変化する壁の方向に対応するように」とシニアパイロットは言った。MOS は、目標のすぐ近くにいることを示している。もうこの辺だろうという場所で「TETSU, 3 m だけ高

度をあげてみる」というので高度をとると、しばらくして「BINGO!!」という声が響いて、昨日設置したマーカーを発見した。ここで「OK Good job!」とシニアパイロットに肩を叩かれて交代した。

その後は、岩の壁のすぐ近くにビークルをホバリングさせてのマニピュレータ作業となった。ビークル前上部にはディトライタスサンプラーがあってガードなどは装備していない。岩に接触すれば大きな破損は免れない、緊張を要するきわどい作業である。マニピュレータをあらかじめ構えて、ビークルはゴー・アンド・バックの運動をする。最も接近した時、タイミングよく採集器をつかみとって、サンプルバスケットを引き出して収める。パイロットとマニピュレータ操作をするコパイロットのコンビネーションが要求される。彼らは黙々と作業をこなし全数無事回収した。まさに「Good job!」とは彼らに送るべき言葉である。

「VENTANA」を操縦して強く感じたことは、パワーレスポンスが非常に良く、テザーケーブルの抵抗感が全くなかったことである。このため、微妙なビークルコントロールが比較的容易であった。このことは、これだけの付加装備を持ちながらも運動性能が極めて優秀であることを示している。基本的なパワーとビークル重量バランスの良さもあるが、テザーケーブルの展長方法や重量トリムバランスのとり方にも秘訣があるようだ。また、上昇下降スイッチはスライド式で非常に使い勝手が良い。

母船操舵室下部にあるコントロールルーム内には、サイエンティストとパイロット用の快適な椅子が6席ある。サイエンティスト、パイロット、母船乗務員達はヘッドセット交信器でジョークを飛ばしながら、音楽を鳴らし、アイスクリームやコーヒーを飲んだりするが、与えられた仕事はきっちりこなし、オペレーション中の雰囲気はと

ても良かった。自分のパートにはプライドと責任を持ちながらも、チーフサイエンティストを中心に、実にチームワーク良くまとまっている。これまで一緒にビークルやオペレーション方法を改良してきた苦勞が、今は自信となって仕事をしている感じがした。

客観的にみて、「VENTANA」は同時期に運用を開始した「ドルフィン-3 K」に比べ、最大潜航深度はともかく、操縦運動、観察記録、サンプリング、海底作業能力といったすべての面において優秀であると判断した。基本となったビークルの運動性が良かったこともあるが、その後の積極的な改造が果たした役割が大きく、運用経験に基づいた改造が、機能向上に果たす重要さをあらためて認識した。

いずれにしろ、彼らの運用技術のレベルは高くわれわれが学ぶ点が多い。私にとってこのことは、基本的なハードウェアの構成や、「ドルフィン-3 K」の主たる運用目的が潜水船の救難で「VENTANA」が海洋調査であり、「JAMSTEC」と「MBARI」では、根本的なROV運用に対する考え方、位置づけの相違があるなど、どうしようもない大きな環境の違いを認識しつつも、これまでしてきた自分の仕事の本質を自問するほどのショックを感じていた。

6. 「NEW VEHICLE」

MBARIでは、現在4,000 m級のROVシステムを独自に建造中である。ROVの専用母船として図-1のような双胴母船を計画し、DPS、GPS、マイクロウェーブ等を装備するものとしている。また、胴体部にエレクトリックディーゼル機関を設けるという潜水艦の技術を応用し、雑音低減を目指している。ビークルの着揚収は母船中央のセンターウェルから行う予定であり、そのための着揚収機器の配置を検討中であった。ビー

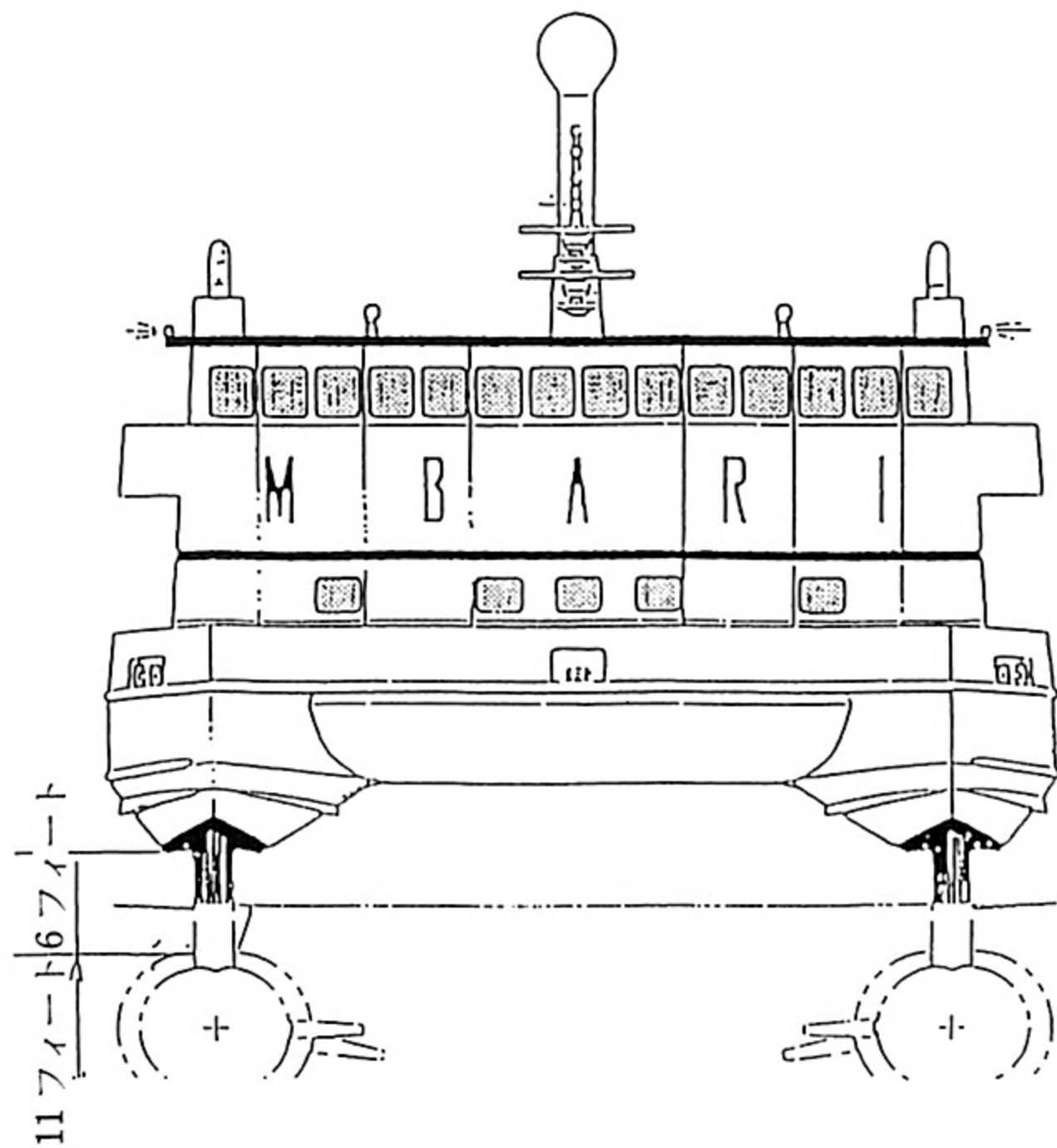


図-1 MBARI「NEW VESSEL」PLAN

クルに使用するテザーケーブルは外径φ17 mm、全長 4,000 m のダブルスチールアーマーケーブルで、ビークルの運動の自由度を確保するため、先端 150 m のみテンションメンバーをケブラー繊維とした中性浮力ケーブルである。この間はスプライスによって結合し、結合部に 100 kg の重錘を装備するという、形式としてはディプレッ

サー方式を採用している。このため、着揚収システムには重錘付のままケーブル操作ができる二段式の独特なケーブルウィンチが計画されている。双胴母船のセンターウェルからの ROV オペレーションというのは前例がなく、着揚収方法以外にも、オペレーション時の母船胴体内側に張り出したフィンスタビライザーや後部のプロペラとテザーケーブルとの干渉など、この「NEW VEHICLE」のオペレーション方法は非常に興味深く注目すべきものがある。

このビークル(図-2)は、音に敏感な生物の観察ができるように、一番の雑音源となる油圧源用電動機を持たず、スラスタ、マニピュレータ、パンチル台等のアクチュエータは電気駆動を計画している。そのため、ビークルに高圧交流を変圧するための大きなトランスが必要となるが、これもチタン製の耐圧容器に収めて防音処理する計画である。

そして、このビークルの最も画期的なところは、運動制御に関する部分は単なるスラスタモジュールと考え、調査に必要なペイロード機器はビークル下部にパッケージとしてまとめて「TOOLSED」とし、これが合体して一つの

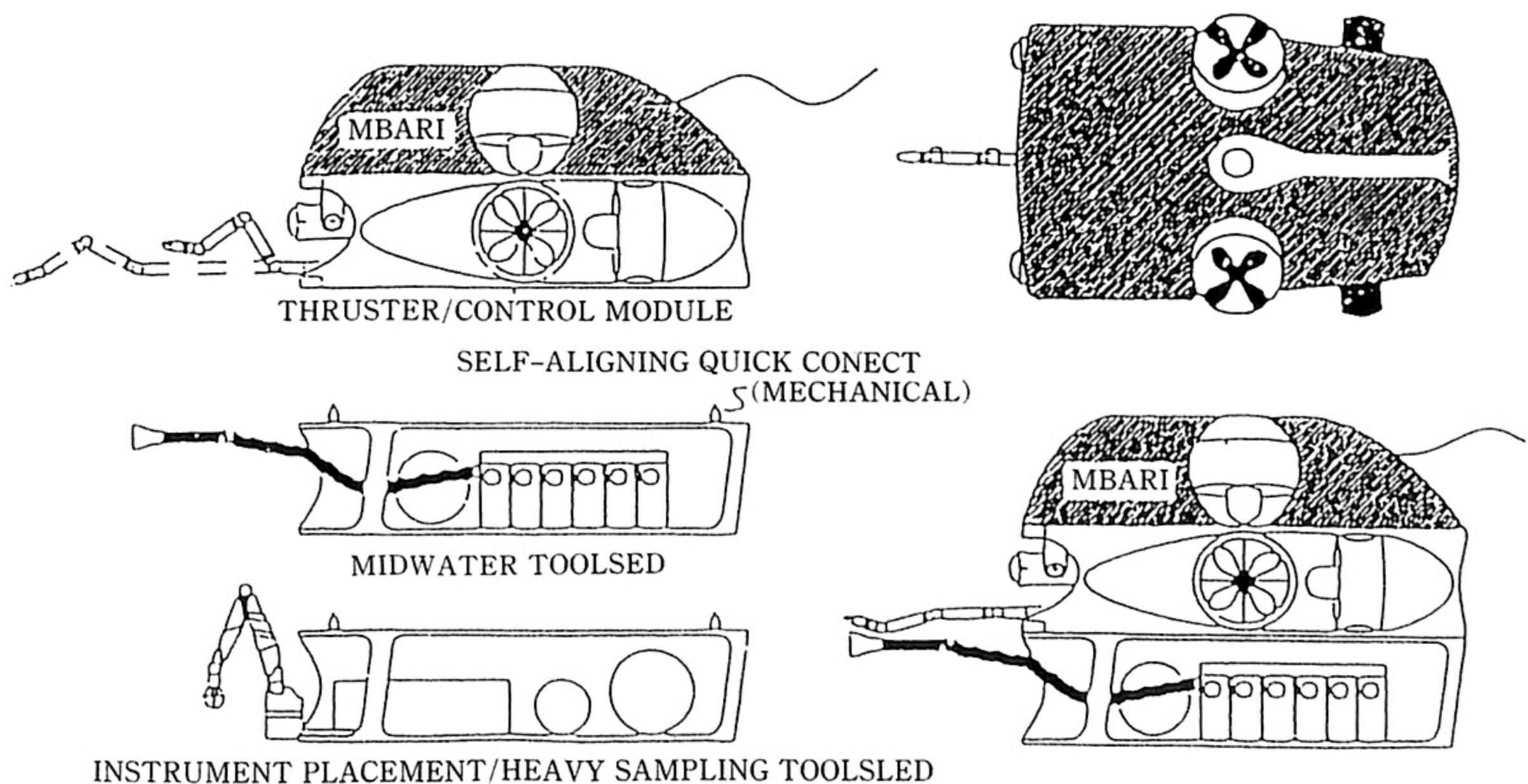


図-2 MBARI「NEW VEHICLE」PLAN

ビークルとなる。「TOOLSED」は調査作業内容に応じた異なる種類のもので製作され、ビークルとは自動勘合されるため「TOOLSED」は容易に交換可能であり、多様な調査ニーズに即応しながら、総合的な調査作業能力を向上させている。

さらに、この「TOOLSED」の一つとして、海底観測ステーション機能を持つものも製作される。これは、ビークルで海底の目標点に設置し観測終了後はビークルとドッキングして回収される。その時のトリム変化に対応するために、ビークルには VBT (Variable Ballast Tank) が装備されるという。この方法は、私がかねてから ROV と海底観測ステーションの関係として思い描いていたものと全く同様に、この計画にいたく共感するとともに、この「NEW VEHICLE」に非常に興味を覚えた。MBARI では 1994 年までにこの「NEW VEHICLE」システムを完成させ、「VENTANA」とともに二つの ROV システムを運用していく構想で、MBARI の活動の中で ROV オペレーションの持つ役割はさらに重要になる。

7. おわりに

科学部門の責任者である Bruce Robison 博士は、一人乗り潜水艇「DEEP ROVER」でモントレイ湾を潜水した経験もある人物で、このため、サイエンティストとしてだけでなくオペレー



写真—4 ROV CONTROL ROOM
写真は Bruce Robison 博士

ションリーダーとしても立派な見識を持っていた。適切に状況を判断し、タイミング良く必要な指示を出し、しかも独断的ではない。先の状況に幾つかの選択肢がある場合には、同席の科学者やパイロット達と相談して同意を得る気配りもあった。また、博士は『ROV は、より魚に近づかなければいけない、確かに「VENTANA」はいいビークルだが次の世代のためにはもっと良いものを作らなければいけない、エンジニア達はサイエンティストの要求にすぐ無理だと答えるが、簡単にそれを納得してしまっては進歩などない、私はエンジニアの甘えは許さない』と語ってくれた。私は、博士のこのような考え方にこそ「VENTANA」の高性能の秘訣と斬新的な「NEW VEHICLE」計画があるのだと感じ、「彼の回りには自然と人が集まってくる」という逸話もわかるような気がした。

当センター研修・施設 機器等の紹介

しんかい6500

運航部「しんかい6500」運航チーム

田代 省三
Syozo Tashiro

ライフサポート 9時間+5日間 (8時間+3日間)
最大速力 2.5 kt (3.0 kt)

1. はじめに

「しんかい 6500」は平成元年 11 月に、支援母船「よこすか」は平成 2 年 4 月に、海洋科学技術センターに引き渡されました。その後、皇太子殿下をお迎えしての公開。また、東京、横須賀での一般公開を終え、同年 6 月より訓練、試験潜航を 47 回行い、平成 3 年 5 月より調査潜航を開始しました。平成 4 年 8 月現在、潜航回数は 139 回を数えています。

以下「しんかい 6500」と「よこすか」の主要目と特徴を簡単に紹介します。

2. 「しんかい 6500」の主要目と特徴

	しんかい 6500	(しんかい 2000)
全 長	9.5 m	(9.3 m)
幅	2.71 m	(3.0 m)
高 さ	3.21 m	(2.9 m)
耐圧殻直径	2.0 m	(2.2 m)
空中重量	25.8 t	(24.0 t)
最大潜航深度	6500 m	(2000 m)
乗 員	操縦者 2 名, 観察者 1 名 (同じ)	
ペイロード	200 kgf	(100 kgf)

「しんかい 6500」は昭和 56 年に完成した「しんかい 2000」と大きさ及び重量はほぼ同じですが、耐圧殻直径が 20 cm 小さく、ペイロードが 2 倍に増え、ライフサポートが 2 日間長く、そして最大潜航深度が 3 倍以上になっています。また、耐圧殻の材質は超高張力鋼からチタン合金になり、覗き窓は「しんかい 2000」の内側の径 12 cm × 2 個, 8 cm × 1 個から 3 個とも内側の径が 12 cm となりました。下降・上昇速力は「しんかい 2000」の約 2 倍, 40 m/分以上となりましたが、それでも 6,500 m の潜航には下降・上昇とも 2 時間 30 分ずつかかります。よって、海底での調査を 3 時間行くと海面から海面まで 8 時間、船内にいる時間は 9 時間にもなってしまいます。

水中では最大 2.5 kt の速力が出せますが、実際海底を航走するときの速力は海底状況（視界・地形・潮流）や調査目的により、0.5 kt から 1.0 kt 程度となります。

海底航走中の潜水船の高度は、TV カメラに光が十分届くようにできる限り低くし、だいたい 1 m 以内で航走します。平坦な海底ならよいのですが、海底がうねっていたりすると等高度で海底ぎりぎりを航走するのは、非常に難しい作業とな

ります。

潜水船は海底では見掛け上、重さのない状態です。崖があっても少し垂直スラストを上昇にかければ簡単に昇れます。その走り方は、他のどんな乗物にも例えることはできないと思いますが、強いて言うなら、ヘリコプターに似ているかもしれません。船と名づけられていますが、水中では水上を走る船とは全く違う乗物です。観察やマニピュレータ、グラバを使用するときには、海水タンクに注水したり、垂直スラストを用いて海底に停止します。

海底での作業は、その時の調査目的により変わりますが、採泥・採水、岩石の採取、生物の採取用罫、各種観測機器の設置等さまざまです。それらの作業は、通常マニピュレータ、グラバと呼ばれる2本の腕で行います。潜水船の覗き窓は視界が狭く、また、それらの腕の動きも鈍いため、海底で行えることは限られてきます。そのため、潜航前に母船上でのペイロード機器の取り付けにはもっとも神経を使います。研究者からの潜航の目的を聞き、整備士と潜航するパイロットが、作業の手順をよく考え、取り付け方を決めます。潜航を開始してしまうとどうしようもないため、この作業は、今までの経験とみんなの知恵を集め、いろいろな工夫をします。取り付けたペイロードが考えたとおりのうまくいった時は、なかなか良い気持ちです。

3. 「よこすか」の主要目と特徴

よこすか

全 長	105 m
最大幅	16.5 m
深 さ	7.3 m
喫 水	4.5 m
総トン数	4,439 トン

速 力	約 16 ノット
航続距離	約 9,000 マイル
乗員数	60 名

支援母船「よこすか」は、その名のとおり「しんかい 6500」の母親代わりの船で、潜水船の潜航海域までの輸送と着水揚収、海域の事前調査、トランスポンダの設置、潜航中の潜水船の追尾、潜水船の充電等の整備、そして、われわれ乗組員と乗船研究者の生活の場として、「しんかい 6500」にとって無くてはならない船です。「しんかい 2000」の母船「なつしま」の約3倍の大きさと約1.5倍の速力を持った船で、搭載した音響機器は潜水船の母船として世界一の設備を誇っています。外観からは分かりませんが、船底にはマルチナロービーム音響測深装置の送波器と受波器、格納式のソーナードーム、同じく格納式の音響航法装置の送波器2本と受波器2本が並んでいます。機関室の壁面は、防音材が貼りつめられ、ディーゼル船としては、非常に静かな船です。

海域に着いた「よこすか」は、まず、XBTで水温の垂直分布を調べます。これは、主に水温により変化する音速を補正し、測深調査や潜水船を追尾する音響航法装置の精度を上げるためです。

次に、マルチナロービーム音響測深装置で海域の測深を行います。これは、直下の水深しか分からない従来の船舶の測深機と違い、水深の2倍の幅でリアルタイムに海底地形図を描いて行く画期的な装置です。海上では陸上と違い正確な緯度経度がなかなか分かりません。そこで、その時の乗船研究者の潜航したい地点を海底地形図から決めるのです。「よこすか」のマルチナロービーム音響測深装置は、その作業にかかる時間を大幅に短縮するばかりでなく、海底の地形を確認することにより精度の高い海上における位置が分かるのです。

潜水船を追尾するための音響航法装置は、「しんかい2000」で通常使用されるSSBL方式と違いトランスポンダを海底に3本設置し、LBL方式を用いてより正確な潜水船の航跡を得ることができます。また、潜航中の潜水船が自分自身でその位置を測定することもできます。

4. 深海底の印象

初めて潜水船で潜られた方は、まず下降中、水中に届く太陽光線に見とれます。本州近海だと好天の日で約300mまで、南西諸島、小笠原諸島近海では約500mまで、太陽の光が微かに届きます。下降するに従い、だんだん深みを増す海の青色は何とも言えず美しい色です。

次に、暗闇に目が慣れてくると、水中に微かに光る発光生物が見えてきます。ゆっくり下降する潜水船の窓に下から上に流れる発光生物の光は、ついここが海の中であることを忘れてしまいそうになります。宇宙船で旅をすると、このように星が見えるのかと想像してしまい、私たちはこれをマリンスノーに引っ掛け、マリンスターと名づけました。しかし、残念ながらこのマリンスターは光が微弱なため、TVカメラやスチルカメラで映像として捉えることはできません。潜航を経験した幸運な人だけが目にすることができる世界なのです。

ライトを点灯すると、たくさんのマリンスノーやクラゲ、そして何とも形容のできないゼリーのような物が見えてきます。時おり、小魚（ハダカイワシの類か？）やイカも見えます。筆者は、何度か手足を思いっきり好きな方向に伸ばし、寛いでいるイカを見たことがあります。さぞかし潜水船に驚いたことでしょう。

高度ソナーが、海底までの距離が近くなったことを伝え始めると、船内に仕事前の緊張が訪れます。そして、最初に海底を視認する時は、初め

ての人にとって最も期待で胸が高鳴る瞬間です。

皆さんは、海底はどこも変化に富んだ興奮の世界とお考えでしょうが、決してそうではありません。確かにスクーバ潜水や、素潜りで見る珊瑚礁は、素晴らしい光景ですが、深海底は、最近有名になった熱水鉱床や、溶岩の流れた後の海底、また、垂直に切り立った崖以外、一見どこも同じように見えます。つねに、マリンスノーが降り続く深海底は、細かい泥や粘土におおわれ、まるで砂漠か新雪の降り積もった雪山のような感じですよ。きっと貴方は、このようなところを航走中のビデオ画面を見ていると、数分で早送りボタンを押してしまうでしょう。

そんなありふれた海底でも、潜水船の窓から直接丹念に観察するとさまざまな生物が見えてきます。米粒ほどの小さなエビ、ゾウリムシのようなもの、ゴカイ、親指ほどのナマコ、陸上のコオロギかスズムシのような虫、これは本当に昆虫のようです。日本海溝6,500mの海底にたくさんいます。そして、一見植物のように見えるイソギンチャク、ウミシダ、トリノアシ、ヤギ、カイメン、もちろんこれらは太陽光線の届かない深海底に住んでいるのですから、植物ではなくすべて動物なのです。他にも海底に開いた無数の小さな穴には、明るく騒々しい潜水船に驚き、小さな生物が脅えながら隠れているに違いありません。

ナマコやヒトデなどは別にして、大型の生物を観たければ、鰯や鯖などの餌を持って行くといいでしょう。餌を海底に置き30分ほど待てば、潮の流れ去る方向からぞろぞろと、30cmから1m以上のソコダラやギンザメ、毒々しいほどの赤色をした20~30cmのエビ、イバラガニ等が集まってきます。潜水船で海底を走っている時は、これほどの数は観られないのに、どこから来るのだろうと想像してしまいます。

砂漠の真ん中に突然現れるオアシス、熱水鉱床はまさにそのようなものです。熱水を吹き上げる

チムニーとその周りの生物コロニーの華やかさは、周りの寂しい海底からはとても想像できない光景です。ただ不思議なことは、「しんかい 2000」が日本近海で発見したコロニーと、昨年「しんかい 6500」で行った南半球の北フィジー海盆で見たコロニー、また太平洋の反対側で、フランスの潜水船「アルビン号」が見つけたコロニーには、それぞれが遠く隔っていて大きさや形は多少違いますが、シロウリガイやチューブワームなどの特殊な環境にしか棲めない生物が必ず居るということです。彼等は普通の生物と違い、この広い海の中でも熱水の噴いている所にしか棲めないはずで、彼等の先祖は同じなのではないでしょうか。同じだとしたら、熱水の噴出域以外の所をどうやって旅して来たのでしょうか。これは、これから「しんかい 2000」、「しんかい 6500」が究明しなければならない問題でしょう。

これらの生物は私たちにいろいろな想像と夢を与えてくれますが、海底のビニール袋は私たちに何を伝えたいのでしょうか。海底に行くと日本近海はどこでも必ず最低1個は、人間が捨てたゴミを見てしまいます。特に多くの人間が生活している場所の近く、相模湾や駿河湾の海底谷には、ビニール袋で海底が見えないような所があります。ビニール袋は2~3日は水面に浮いていますが、その後沈み、永久に海底を漂うようです。

海底で私たち潜水船のオペレーターを最も悩ませるのは、強い潮と悪い視界です。潜水船は、海底では重さがない状態にもかかわらず、その船体は大きいので、横から潮を受けようものならひとたまりもありません。私は、「しんかい 2000」の頃に、何度も操船不能に陥るような潮に遭遇し、すぐ浮上したり、潜水船を岩にぶつけた経験があります。それほど強くない潮でも、海底に船をピタリと止めたり、決められたコースを走らなければならない時や、また崖っぷちでは苦勞します。

視界は、北フィジー海盆のような新しい海底では、15 m ぐらい先まで見通せますが、細かい泥が堆積した海底でそれを捲き上げるような潮がある所では、着底したのが分からないようなときがあります。もちろんそんなところでは、潜水船はまったく動けないし、いる意味もないでしょう。また、潮の動きがまったく無く、潜水船が急に止まったりしたとき、自分で捲き上げた泥で何も見えなくなることもあります。そんなときも、そこに留まるのを諦めるか、じっと濁りが晴れるのを待つだけです。

短い海底での時間が終わり、もう離底の時間になりました。私の横には、まだ時間が欲しいと目で訴えている研究者がこちらを見えています。しかし、「よこすか」で潜水船を心配し待っている人達と、揚収後の整備作業を考え、上昇用バラストを無情に投棄します。「しんかい 2000」のショットバラストと違い、鉄板を束ねたものなので海底はあっという間に遠ざかります。これからまた長い帰り道が待っています。

上昇中の船内は潜航に満足し、今日の成果を冗舌に説明してくれる研究者と、予想した成果が得られず無口な研究者で、大きく雰囲気が変わります。前者の場合は、楽しい時間を過ごせますが、後者の場合、特にわれわれにミスがあった時などは、この時間は非常に辛い時間になってしまいます。

下降中とは逆に濃い青から明るい青に変化していく覗き窓から明るい太陽の光を感じ始めた頃、潜水船は長い潜航を終え水面に戻ります。

5. おわりに

「しんかい 2000」が、初めて調査潜航を開始した昭和 58 年が、日本における潜水船を使った深海底調査の始まりです。当時、深海底へ行ったこ

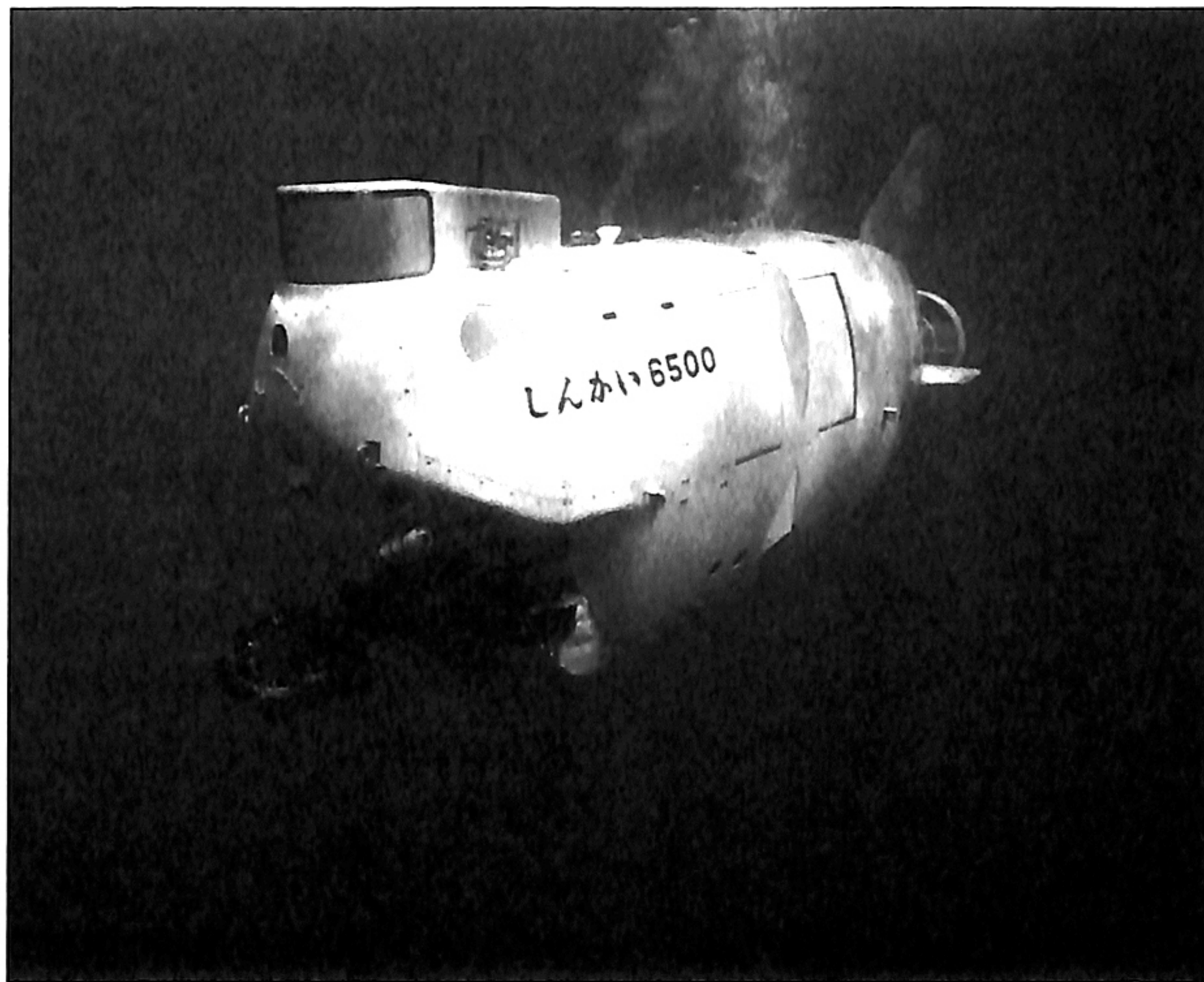


写真 潜航中の「しんかい6500」

とのある研究者は、日本ではほんの数人でした（平凡社の大百科事典によると、現在深海の定義は1,000 m以深とされている）。もちろん、われわれ運航要員も、実際に潜水船のオペレーションを経験したことのある者は、海上保安庁の初代「しんかい」（最大潜航深度600 m）と、民間で動かされており現在も活躍中の「はくよう」（最大潜航深度300 m）からの、1名ずつがいたのみです。最初の頃は無知からくる怖い経験もありました。また、深海潜水調査船も日本で初めて建造するということもあり、トラブル続きで、まともに潜航できない状態でした。しかし、「しんかい2000」、「しんかい6500」を建造した三菱重工のかたがた、技術課を始めとする運航部、センターの陸上からの大きな支援に支えられ、現在、大活躍中の「しんかい2000」があると言えます。

そういう経緯を踏まえ、この「しんかい

6500」が生まれたのです。

私たちオペレータから見ると、こうなっていたらいいのにというところはたくさんありますが、基本的なハードウェアは素晴らしく、今まで調査潜航中、潜航を中止するような大きなトラブルは1度しかありません。このような海で使う機械を、私たちは「しんかい2000」、「ドルフィン-3k」の経験から、最初からうまく動くとは考えていませんでしたので、「しんかい6500」にはまったく感心しております。この船の建造に携わったかたがたの熱意と努力に、私たちは深く敬意を表したいと思います。また、前述の改造したい点も予算が許される限り行い、潜航深度だけでなく、本当に世界一の深海潜水調査船にしたいと思っております。もちろん、われわれ運航要員も、その技量を世界の研究者に認められるよう、熱意を持って、努力を続けていきたいと心に誓っております。

実験生態系を中心とした北米での 沿岸海域の環境研究の動向

海域開発研究部

伊藤 信夫 Nobuo Ito

1. はじめに

近年、地球規模での環境変動に対応するため、海洋における環境動態をシステムティックに把握しようとする試みが、各国の研究機関で精力的に行なわれている。これらの研究は、実際のフィールドでの海洋調査データに基づいて系統的な理解に努めようとする方向と、実験的な手法により各々の要素過程を仮説検証的に理解しようとする方向とに大別される。いずれも先の地球環境サミットで示されたように、人類が「持続可能な開発」を達成するために環境の保全・保護及び修復を行なおうとするなら、地球の生態系を理解・把握したうえで行動することが不可欠であるためである。

海域開発研究部が主として対象とする沿岸海域でも、環境に関するさまざまな問題があり、今後はこのような系統的理解と利用・開発計画との健全な調和なしには実施がおぼつかないと思われる。

そのため、当部ではこのような系統的な環境研究を実施する手始めに、メソコズムを用いた浅い海域の環境把握と、ベンシックチェンバを用いた海域の底質表層で起きる物質循環動態の把握に関する研究に着手している。メソコズムは「中規模隔離水塊による実験生態系」で、ベンシックチェンバは「小規模隔離水塊による実験生態系」(マイクロコズム)の一種で、いずれも対象とする水塊の一部を隔離し、その系内の環境の推移に

ついて実験的に把握する手段である。

ここでは、1992年の6月下旬から7月上旬にかけて、北米の9研究機関を訪問し、これらの研究手段を用いて先進的な研究を行なっている研究者らと討議してきたので、それらの概要を以下に紹介する。

2. メソコズムを用いた実験生態系研究

この関連の訪問先は、米国のロードアイランド大学とスクリップス海洋研究所、カナダのダルハウジー大学・水産海洋省太平洋地域科学研究所の4ヵ所であった。これらのメソコズムは陸上の屋外や屋内に設置されたものと、海域に実際に設置されたものに分かれ、それぞれの施設で工夫を凝らした研究が実施されていた。

当センターでは、三重県との地域共同研究において、同県五ヵ所湾大池にバッグ式メソコズムを4基設置し、その実験生態系を用いて曝気と海水交換による海水浄化を目指した研究に着手したところである。したがって今回の訪問は、この件に関し討議することも重要な目的であった。

(1) ロードアイランド大学 (URI)

ロードアイランド州ナラガンセット湾に面したURIのベイサイドキャンパスにある海洋生態系研究施設(MERL)に、ピルソン教授、オビアット教授、ニクソン教授を訪ねた。

メソコズム水槽は、合計14基あり、同一の基準水・同一の底質を用い、水温・塩分・栄養塩・海水の混合攪拌の程度などの各要因を変化させな

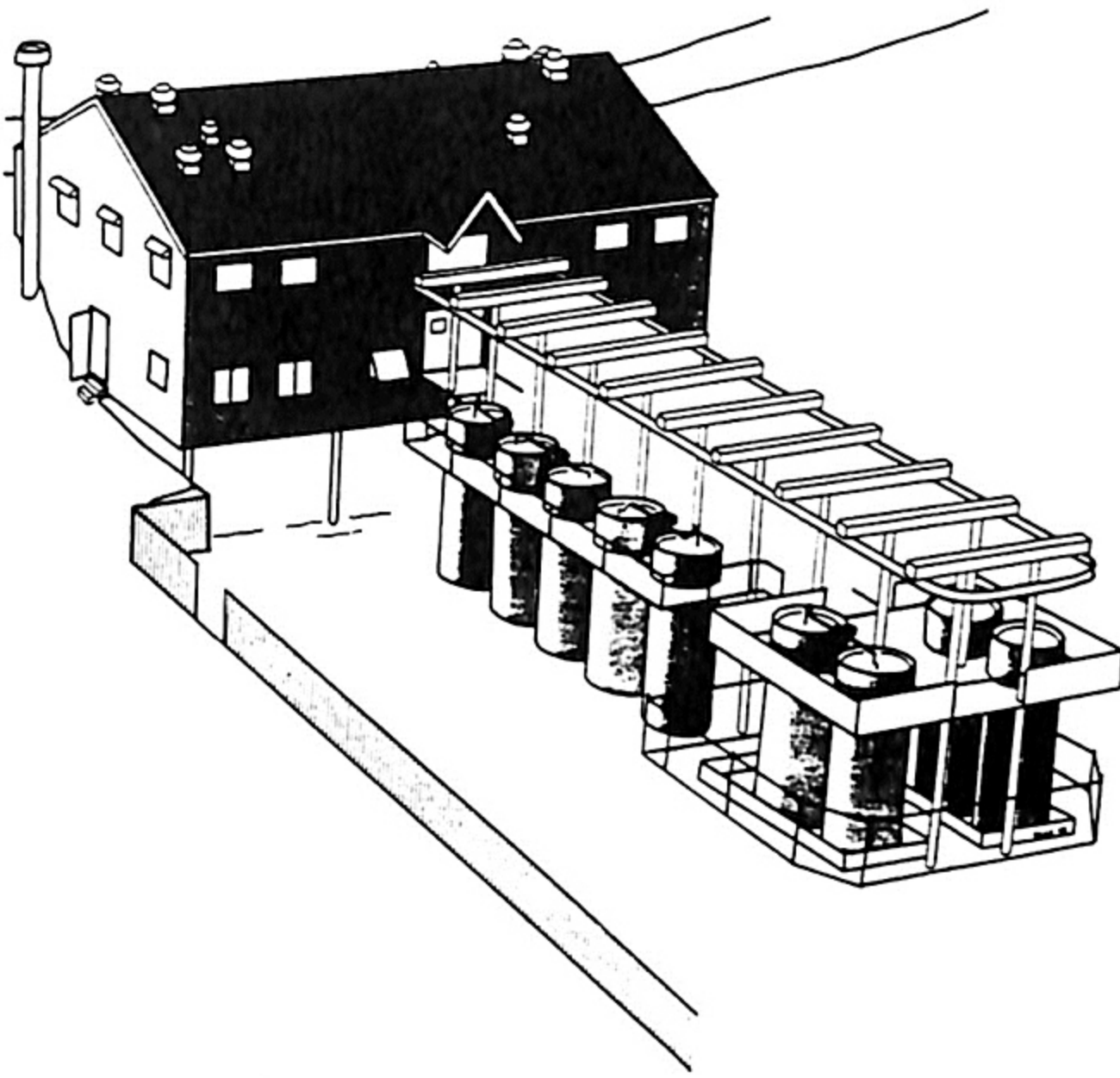


図-1 MERL メソコズムの概要

がら、屋外で実験を行っていた。この施設は同時に各種の条件を設定した実験を行ない、コントロールデータを含めて採れるところに特徴がある。また、各種のトレーサーによる実験や、PCB などの有害成分の添加実験も可能であり、研究予算の獲得に四苦八苦しながらも、精力的に質の高い研究を継続して実施している点に感銘を受けた。当センターの研究者とも今後ぜひ研究交流して行きたいとの由であった。

海水浄化に関する討議では、海水交換による対象水塊からの汚濁物質の除去に力点を置くべきこと、及びバッグ式の本メソコズムの場合、内外の密度差・潮位差に注意して実験計画をたてるようにとの指摘を受けた。

(2) ダルハウジー大学

カナダのハリファックス市にある同大学のアクアトロンラボに、バルチ助教授を訪ねた。このメソコズムは、タワータンクとプールタンクがある。前者は深さ 10.5 m/内径 3.7 m、後者は深さ 3.5 m/内径 15.2 m の円筒形コンクリート水槽であった。建造後 20 年間で多数の研究実績を有しているが、コントロールデータを含む多数の条件設定を同時並行的に行なえない点や、維持管理・

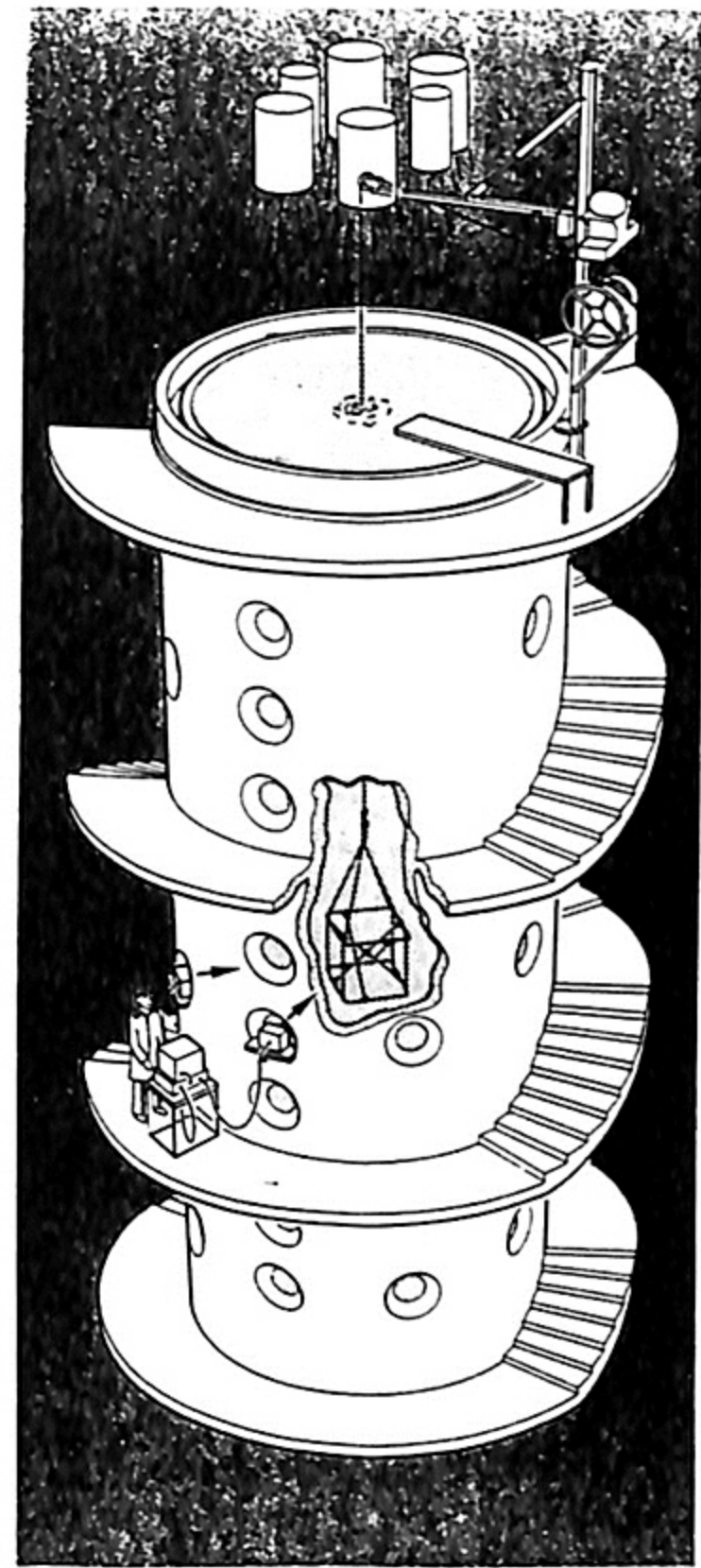


図-2 ダルハウジー大学のアクアトロン

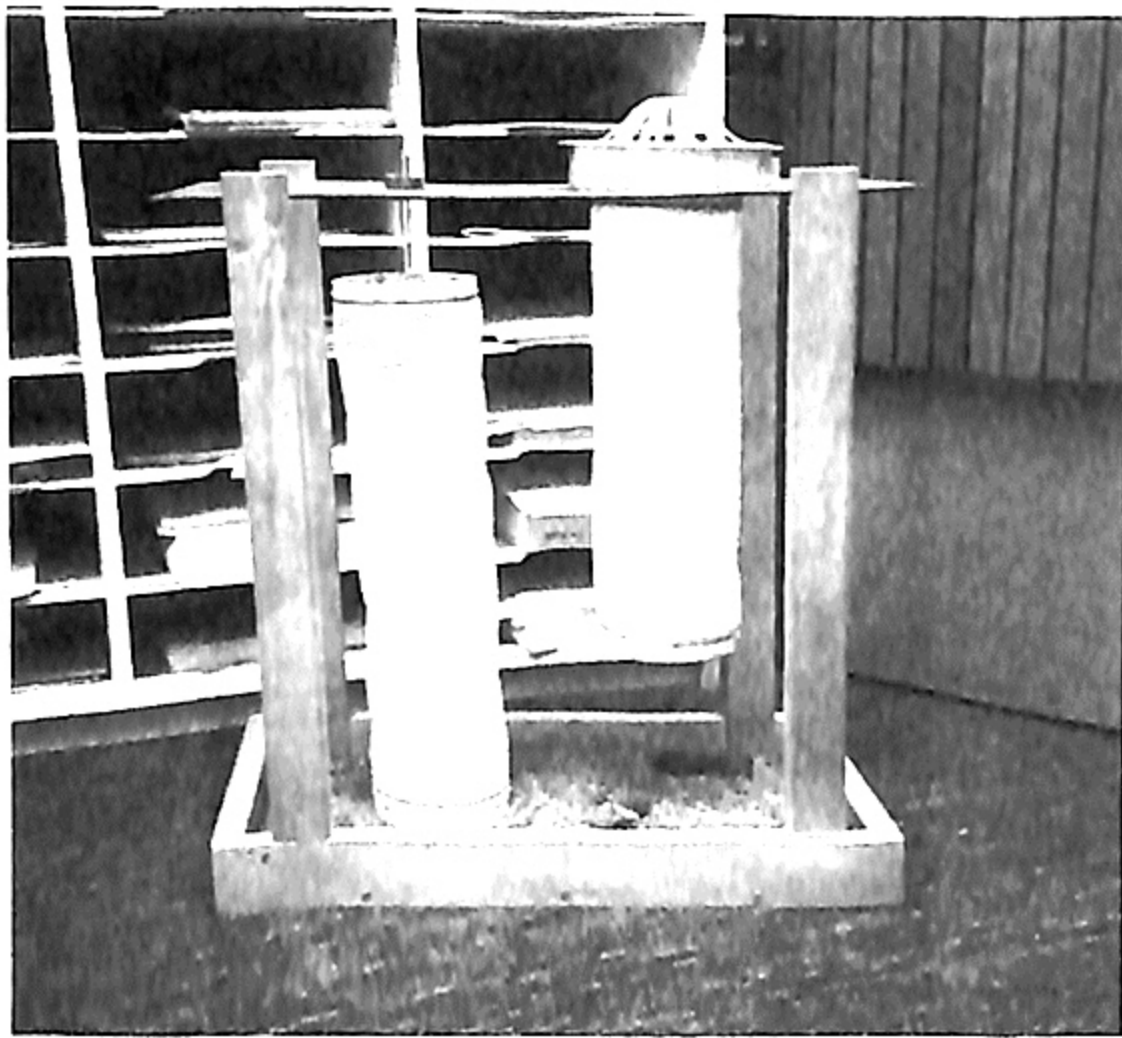
実験費が高いことが難点ということであった。

(3) スクリップス海洋研究所 (SIO)

サンディエゴ近郊のラホヤ海岸にある同研究所のハイドロリックラボラトリーにコフラン技官を訪ねた。当初予定していたパウエル博士は当日不在で研究討議はできなかった。このメソコズムはタワータンクで、深さ 10.5 m/内径 3 m の鋼製の試験水槽で屋外に半没型で設置されている。ここも既に 20 年の実績を持ち、最近ではリモートセンシング用の校正実験・シースネイクの生態実験・低次生物生産過程の実験などが行なわれた由であった。維持管理・実験費がかさむ割に、同時並行的に多数の条件設定の実験ができない悩みはダルハウジー大学と同様であった。

(4) カナダ水産海洋省太平洋地域科学研究所 (IOS)

カナダのバンクーバー島シドニーにある IOS に、ウォン博士、マクドナルド博士を訪ねた。ここでは現在は実施していないが、2 年前までシー



写真一1 ウォン博士のメソコズム模型

ボックスというメソコズム実験シリーズを行っており、フィールドでのバッグ式や大型ポリ容器によるメソコズム実験について討議することができた。バッグ式メソコズムで底泥も囲い込む型の実験では、底質を透してバッグ内外に海水が出入りする可能性に注意するようにとの指摘を受けた。

3. ベンシックチェンバを用いた調査研究

この関連の訪問先は、米国のスキダウェイ海洋研究所・ウッズホール海洋研究所・ワシントン大学・モンテレー水族館研究所と、カナダのベッドフォード海洋研究所であった。見学・討議したチェンバには、観測船から吊り下ろし設置する方式や、潜水艇で設置する方式及びフリービークル方式などが見られた。

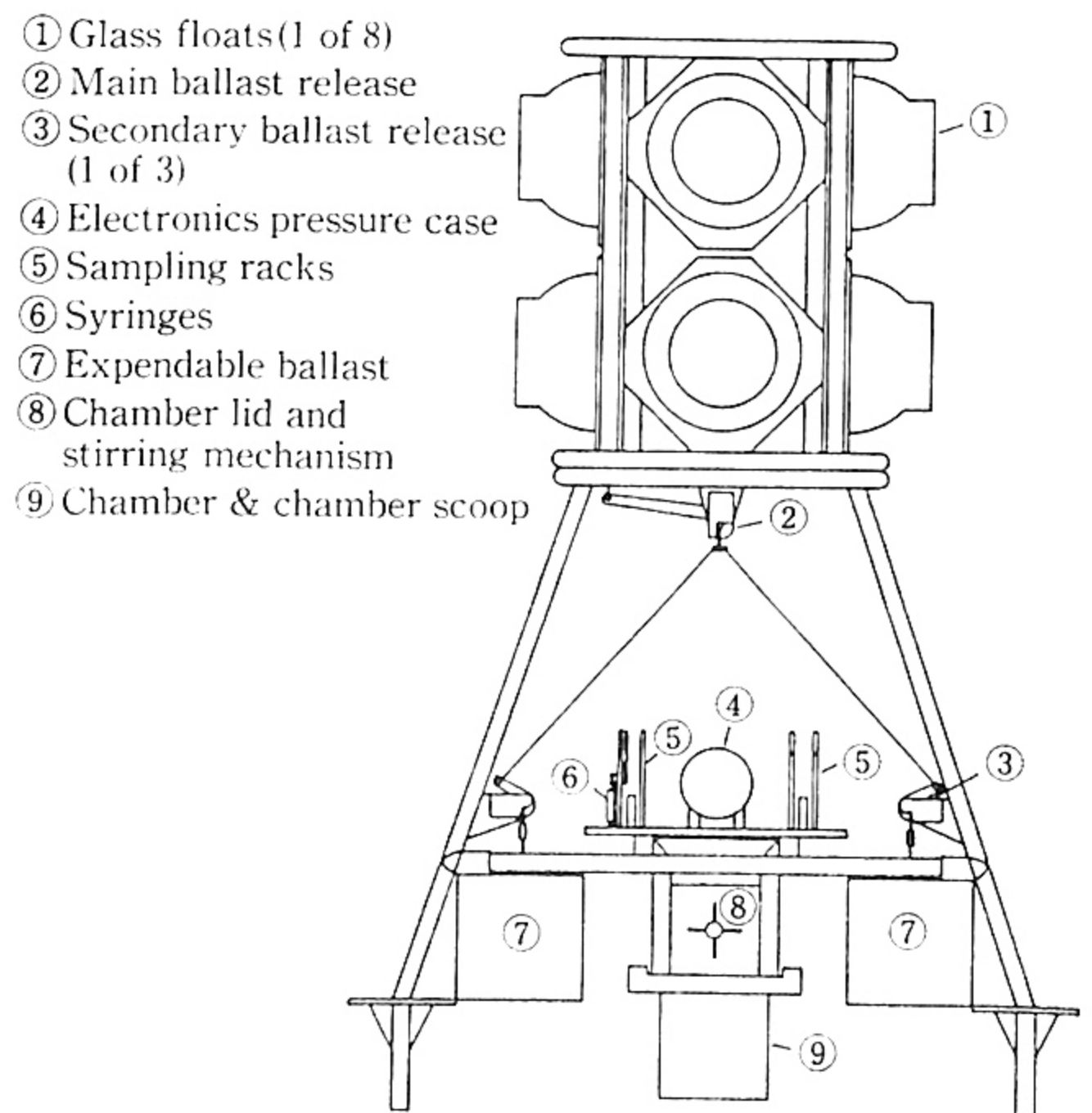
当部でも、そのプロトタイプとしてダイバーオペレート方式のチェンバを製作し、既に海域実験を実施している。そして、今年度から三重県との地域共同研究において、内湾の底泥を対象とした研究に活用する予定であり、また、有機汚泥海域の調査研究に使用してゆくことにしている。さらに、今年度に始まる「縁辺海における物質循環機構の解明に関する国際共同研究(MASFLEX)」

の一環として、「海底境界層における物質の分解と溶出」に関して、ベンシックチェンバを使用した調査を担当する予定であり、浅い深度から深い深度まで使用できる方式のチェンバシステムを検討中である。したがって、今回の訪問では装置を見学するとともに、これらについて具体的に研究者と討議することが目的であった。

(1) スキダウェイ海洋研究所 (SkIO)

ジョージア州のサバナ郊外スキダウェイ島にある同研究所にヤーンケ教授を訪ねた。教授はフリービークル方式のチェンバを数年前に開発し、既に約40回の調査で運用実績を持っている。マシンショップでは、教授と製作に当たった技術者から、実物を前に詳しく説明を受けた。

このチェンバは、長年の試行錯誤の末、シンプルな構造ながらも堅牢な作りになっており、運用時の確実性や安全性に優れている。チェンバ内の直上水の採水も時系列的に的確に行なわれ、これなら、東シナ海を中心に当面の調査が行なわれるMASFLEX航海でも使用可能と考えられた。



図一3 ヤーンケ博士の製作したフリービークル方式のベンシックチェンバ

(2) ワシントン大学

ワシントン州のシアトルにある同大学に、デボル教授を訪ねた。教授の製作したチェンバ（トライポット）はアラスカ海域での調査のため、搬出準備されているところで、車上に梱包された状態であり、詳細に実物を見ることができなかつた。しかし、図面や写真で説明を受け、マシンショップも見学することができた。基本的な構造は先のヤーンケ教授のものと大差ないが、計測装置や採泥装置に相違点が認められた。

(3) ベッドフォード海洋研究所

カナダのダートマス市にある同研究所に、ハーグレイブ博士を訪ねた。博士は底質表層のベントスの研究を長年された方で、その関連で小型ベンスティックチェンバを製作し、海底面の物質循環との関係を調査している。外洋用と内湾用ではチェンバに囲い込む容積を変えている。設置は係留式としたり、潜水艇を用いたりするとのことであった。この研究所のマシンショップは大型の工作機械や電子機器が並び、研究者の要請に基づいて技術者が一貫して製作している。

(4) ウッズホール海洋研究所 (WHOI)

マサチューセッツ州のウッズホールにある同研究所に本庄博士とマーチン博士を訪ねた。本庄博士からは、海底境界層における物質循環研究にベ

ンスティックチェンバを用いる際に、調査の仮説を十分に吟味し、最適なシステムを探して導入・製作し調査に供すべきで、この点が曖昧だとデータの内容と目的とがそぐわない事態が起こりやすいとの指摘を受けた。また、マーチン博士のチェンバは調査に使用中で、実物を見ることができなかつたが、水柱中の物質循環研究用としてよりも、底質中の隙間水の物質循環研究に重点がある装置であった。

(5) その他

その他関連の研究所としては、スクリップス海洋研究所でスミス博士のチェンバ（ベンスティックランダー）を見たいと思っていたが、あいにく不在で見学・討議できなかつた。また、ロードアイランド大学訪問時に、当初予定になかつたが、幸運にもヒンガ博士の開発した、潜水艇用のベンスティックチェンバの説明を受けることができた。このチェンバは、潜水艇の設置時に別の採水システムで直上水を採取し、回収時のみチェンバに装備した採水装置でチェンバ内の海水を採取するように作られていた。さらに、ベンスティックチェンバそのものではないが、モンレー水族館研究所にジョンソン博士を訪ね、浸透圧ポンプを利用した微量採水システムと栄養塩分析システムを見学することができた。今後、このような現場型の調査装置とベンスティックチェンバとの組み合わせ使用も大いに意義のあるものと思われる。

4. おわりに

16日間の北米訪問中に、前記の9カ所の研究機関を訪れ、メソコズム関連とベンスティックチェンバ関連の多くの先進的な研究者の知己を得ることができたのは、今後の沿岸海域での環境研究にとって大きな収穫であった。これらの実験生態系を使用した調査研究では、残念ながら我が国の研究レベルは層としてかなり遅れをとっていると感



写真一2 ハーグレイブ博士と氏の製作したベンスティックチェンバ

じられた。しかしながら、かつて欧米のこれらの先進的研究を共同して研究した国内の研究者も少なからず見られるので、今後は、国内のこうした研究者とも連携をとって協力しあう方向を検討すべきと思われる。それには、当部でも積極的かつ

具体的にこれらの研究を推進し、自前の調査データや論文の実績をつける必要がある。その上で、国際的にも、今回訪れた北米はもとより他の国外研究者と共同して、着実に研究を進めることが肝要と考えられる。



参考写真 カナダ水産海洋省太平洋地域科学研究所 (IOS)



参考写真 スキダウェイ海洋研究所 (SkIO)

付 加 体

深海研究部 田中 武男 Takeo Tanaka

付加体 (Accretionary Prism) とは、海洋プレートが島弧の下に沈み込むことに伴い、堆積物等が陸側に付け加わることにより形成された地質体を総称しており、その形状から“付加プリズム”とも呼ばれています。土砂を乗せて動いているベルトコンベアの途中を板等で塞いでしまうと、土砂が板のところで詰まってしまい次第に大きな塊が出来てきます。ベルトコンベアを海洋プレート、土砂の塊を付加体と考えればよいようです。

南海トラフは、現在、付加体がよく発達していることと、それが詳しく調査されていることにより、世界的によく知られています (図-1)。

トラフ軸部では、陸側から乱泥流により運ばれた砂泥互層 (タービダイト) が多量に堆積して、四国海盆で堆積した半遠洋性の細粒堆積物と、四国海盆の海洋地殻本体 (玄武岩質岩石からなる) との3層構造になっています。これらが日本列島の下に沈み込むことにより、上部の堆積層が、瓦を何枚も重ねて伏せたような形で次々にはぎ取ら

れていき、全体として断面が三角形をした地質体を作られていきます。この部分が付加体に相当します。

この付加体は海側 (南側) に向かって順に発達していきますので、当然、瓦の部分は陸側のものほど古い時代の堆積物からなっています。一枚一枚の瓦は、低角度の逆断層で接しており、この逆断層が活動することが海溝周辺で発生する大地震の主な原因であると考えられています。これらの断層をさらに深いところまで追跡していくと、デコルマと呼ばれる一枚の水平の滑り面に収斂していきます。

付加体の研究は、今日の地球科学の第1級のテーマであり、日本列島等のプレートの沈み込み域の形成を理解するために特に重要です。日本列島本体も実は、時代の異なるいくつかの付加体の集合で成り立っているからです。西南日本 (特に四国地方) はそれらの構造がよく保存されており、陸上に露出した付加体の研究も急ピッチで進んでいます。南海トラフでは、付加体そのものを

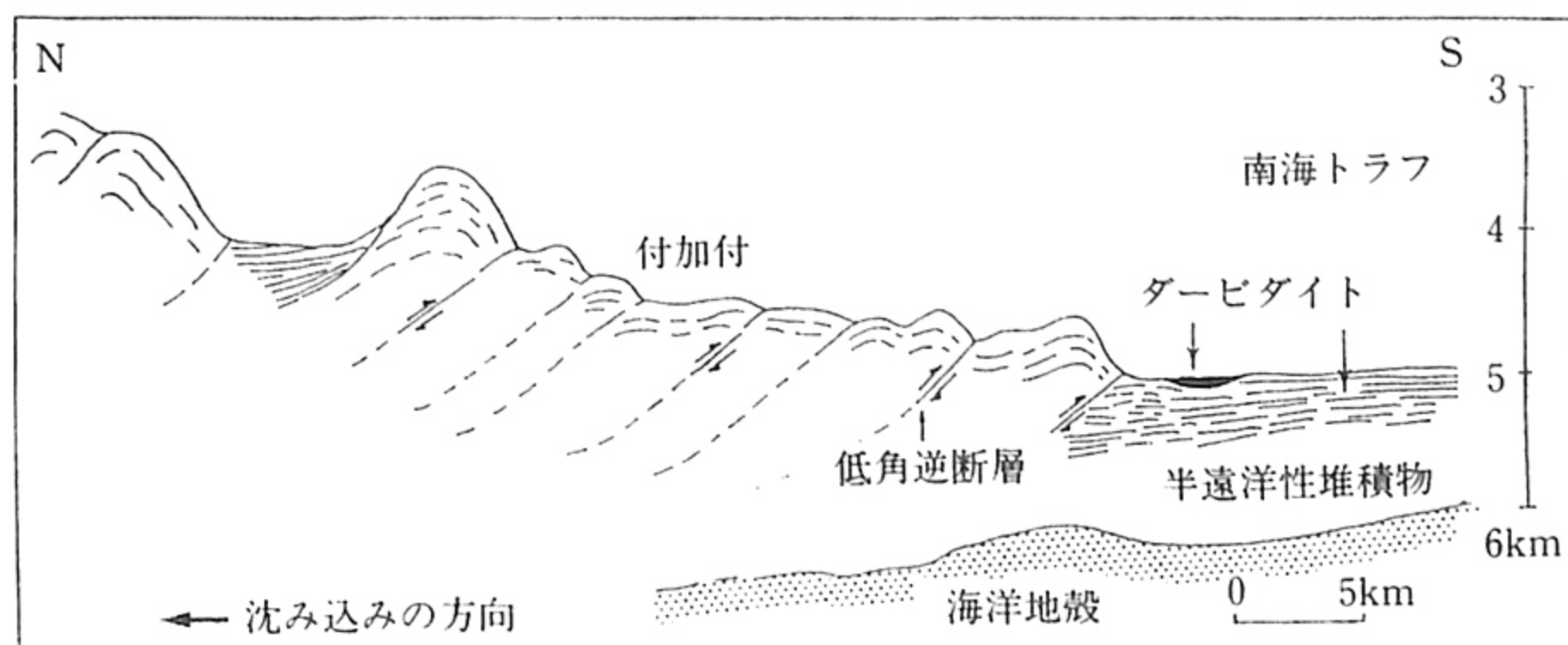


図-1 南海トラフの音波探査解釈図

掘り抜く深海掘削 (ODP) が実施され、低角逆断層、デコルマ、そしてさらに南海トラフの海洋地殻まで達する 1,300 m 以上の地質断面が得られました。

しかし、未解明な点や議論が分かれる点はまだまだたくさんあります。例えば、付加体はプレートの沈み込み帯のすべてに普遍的に存在しているわけではないのです。日本海溝や伊豆-小笠原海溝など、むしろ付加体がない海溝や未発達海溝のほうが、世界的にみれば多いくらいです。また、南海トラフとともによく発達した付加体の存在で知られる大西洋バルバドス海溝も、付加体の構造をよく調べてみると南海トラフと多くの相異点があることが知られています。つまり付加体それぞれには個性があり、それが付加体の発達に大きな影響を与えているようです。

最近では、付加体における流体の働きが注目されています。付加体は海溝の前縁部で強く構造運動を受けますが、その時多量の水分が絞りだされます。これらがどのように付加体の中を移動し、また海底表面から海中に流れ出すのか？ その周囲への影響は？ これらは冷水湧出生物群の保持、地震の起こり方、海洋の物質循環の問題とも密接に関係しています。

なお、われわれが住む三浦半島や房総半島は、実は付加体から成っており、それも世界的にみても陸上に露出している付加体堆積物としては、最も新しく、そして、きれいに観察できることで知られています。城ヶ島や荒崎海岸で観察される白黒の縞模様の岩石は、まさに付加体に堆積したタービダイトなのです。

海洋科学技術センター新理事長に石塚 貢氏就任

平成 4 年 8 月 24 日付をもって、理事長内田勇夫氏の後任として、石塚 貢氏（前科学技術事務次官）が就任しました。

主な略歴

昭和 34 年 3 月	日本大学工学部機械工学科卒業
昭和 34 年 4 月	科学技術庁原子力局管理課
昭和 46 年 7 月	経済協力開発機構 日本政府代表部一等書記官
昭和 49 年 11 月	科学技術庁原子力局放射能課長
昭和 53 年 4 月	科学技術庁原子力局調査国際協力課長
昭和 58 年 6 月	科学技術庁長官官房秘書課長
昭和 62 年 6 月	科学技術庁原子力安全局長
昭和 63 年 7 月	科学技術庁科学技術政策局長
平成 2 年 6 月	科学技術庁科学審議官
平成 3 年 6 月	科学技術事務次官



(総務課)

第9回「しんかいシンポジウム」開催の御案内

深海研究部

平成4年度の研究シンポジウムは、下記の要領で開催致します。昨年度から、本格的な深海潜水船「しんかい6500」も潜航調査に参加するようになり、研究の内容も、調査海域も今までよりは一段と広くなりました。

今回のシンポジウムも昨年と同様に「しんかいシンポジウム」として、地球科学の多岐にわたる分野の研究発表がなされることが期待されます。

多数の方々の御参加と、有意義な議論の行われることを期して皆様の御来場をお待ちしております。

記

期 日：平成4年12月1日（火）及び2日（水）の2日間

会 場：コクヨホール（品川駅南口下車）TEL. 03(3450)3712（入場無料，当日予稿集を配布）

第18回研究発表会の開催案内

企画部計画管理課

平成4年度の研究発表会を下記により開催いたします。本研究発表会は一般発表の他に、特別講演も予定しています。多数のご参加をお願いいたします。

記

期 日：平成5年1月19日（火）及び20日（水）の2日間

会 場：コクヨホール（品川駅南口下車）TEL. 03(3450)3712（入場無料，当日予稿集を配布）

編 | 集 | 後 | 記

とりわけ暑いように感じられた今年の夏も終り、老若男女のカップで賑わっていたセンターの昼休みのプールも寂しくなってきました。少々遅くなりましたが『JAMSTEC 通巻第16号』をお届けします。

本号の巻頭には、穏やかならぬタイトルではありますが、「海洋研究者への果し状」と題して北海道大学水産学部教授の角皆静男先生から、長年にわたる研究歴を踏まえて主として海洋化学の問題に関する忌憚のないご意見をいただきました。角皆先生は我が国における代表的な地球化学研究者で、日本海洋学会の大会では最前列に陣取り鋭い質問をされているのをしばしばお見受けしております。また角皆先生は、センターも参加して東シナ海等を舞台として実施される「縁辺海の物質循環機構の解明に関する国際共同研究」の、調査推進委員会の委員長を務めておいでになります。

南雲昭三郎先生に、去年の初めから連載いただいていた「地球深部への旅」が最終回となりました。ご多忙中にもかかわらず、長きにわたってご執筆いただいたことを改めてお礼申し上げます。

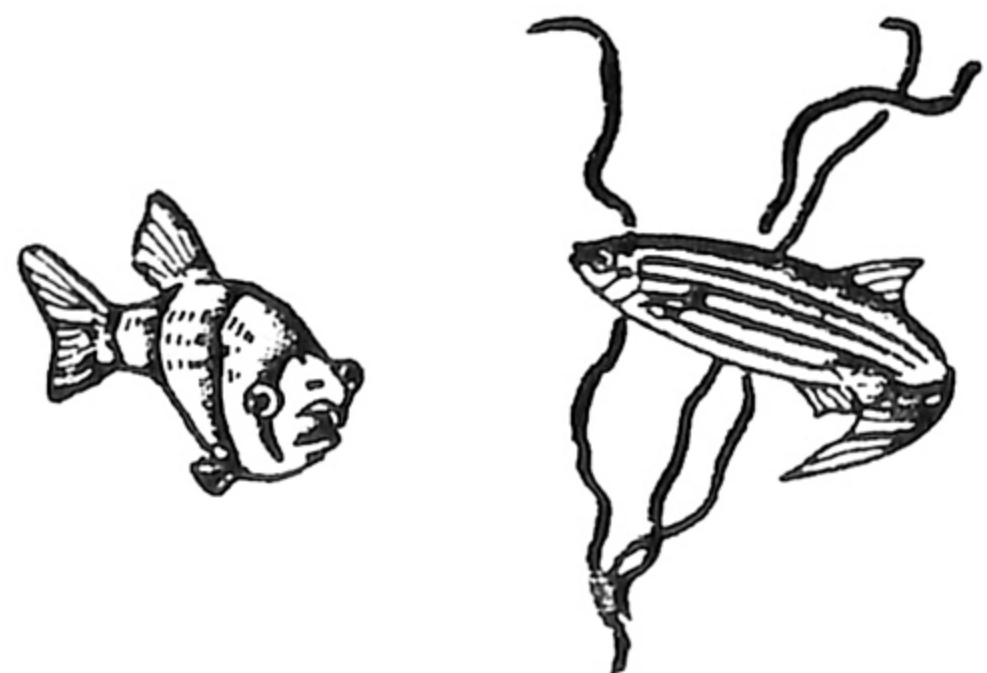
センターで最も有名な施設は深海潜水調査船（「しんかい2000、しんかい6500」）でしょう。これらの建造にまつわる話を建造企業の立場から、日本深海技術協会専務理事の大野 檀氏にお願いしました。「深海潜水調査船開発の黎明期」と題する貴重なもので、センターの歴史的資料としても意義があります。

深海潜水調査船の活動を支えているのが運行チームです。大変重要な仕事の割りには意外と

知られてないのも運行チームの活動です。本号から新たに、「運行チームからの体験談」と題して潜水船の潜航・整備、海上生活などに関する話題を紹介していただきます。トップバッターとして、その道のベテラン、「しんかい2000」の段野司令に執筆していただきました。興味ある記事のうちで、特に、本年の7月に小笠原諸島海域で火災を起こした漁船の乗組員の救助を行うところは圧巻です。ちなみに、運行チーム及び「なつしま」の乗組員は、この功績により海上保安庁長官の表彰を受けました。

センターのことを少々。8月に内田勇夫理事長が退任し、後任理事長に前科学技術事務次官の石塚 貢氏が就任しました。新理事長の挨拶で「気配り」の重要性を強調されていたのが印象的でした。9月の初めに国際ワークショップが開かれました。これは去年の秋に行われた国際シンポジウムの後を受けて7ヵ国の20機関が参加して行われたもので、深海及び海洋（沿岸を含む）の研究について共同研究の可能性が深まったようです。

最後になりましたが、本号の発刊にあたりご執筆・ご協力いただいた関係各位にお礼申し上げます。（辻）



表紙写真の説明

潜水調査船「しんかい6500」が南西諸島海溝で発見した新しいタイプのマンガンペーブメント

平成4年6月、島弧横断潜航計画 (Trans Arc Program) の一環として南西諸島海溝 (琉球海溝) で初めて「しんかい6500」を用いた潜航が行われた。石垣島南方の海溝海側斜面には顕著な地塁、地溝地形があり、500 m以上の落差を持つ急崖が存在する。今までに知られていない産状の厚いマンガンクラストがこの急崖を一面に覆っているのが「しんかい6500」の潜航によって発見された。このマンガンクラストは、まるで山奥の道路に良く見られる崩壊防止用の吹き付けセメントのような産状をしており、cliff cover manganese pavement と呼ばれた。

顕著な地塁、地溝を形成している潜航地点は大昔の西フィリピン海の拡大軸そのもので、南方から移動し今まさに琉球弧の下へ沈み込もうとしている。今回発見されたこの種のマンガンは、プレートが長時間移動する過程で堆積物中からしみ出したマンガンと海水中に含まれるマンガンが、急崖の表面に付着してできたものと考えられる。急崖が崩壊しないのは、マンガンがセメントの役割をしているからだと考えられた。

(文責 藤岡換太郎)



写真は、急斜面を厚く覆うマンガンクラスト
場所：石垣島南方沖、南西諸島海溝の海側斜面
撮影日：平成4年6月6日
水深：6,265 m

刊行物編集委員会委員及び作業部会専門委員

委員長 石井進一 (理事)

委員 志村光雄 (総務部長)

大森勝良 (企画部長)

堀田 宏 (深海研究部長)

倉田俊夫 (深海開発技術部長)

中西俊之 (海洋研究部長)

甲斐源太郎 (海域開発研究部長)

西田光紀 (運航部次長)

辻 義人 (情報室長)

作業部会長 辻 義人

専門委員 長谷川康明

堀田 平

藤岡換太郎

門馬大和

野本昌夫

高川真一

石井春雄

佐々木保徳

伊藤信夫

豊田孝義

井内敏正

續 辰之介

(平成4年10月1日 現在)

JAMSTEC 第4巻 第4号 (通巻第16号)

1992年10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) 3591 5151 (代)

製作・印刷

(株)技報堂 代表 大沼光靖

〒107 東京都港区赤坂1-3-6 赤坂グレースビル

TEL (03) 3583 8581 (代)

