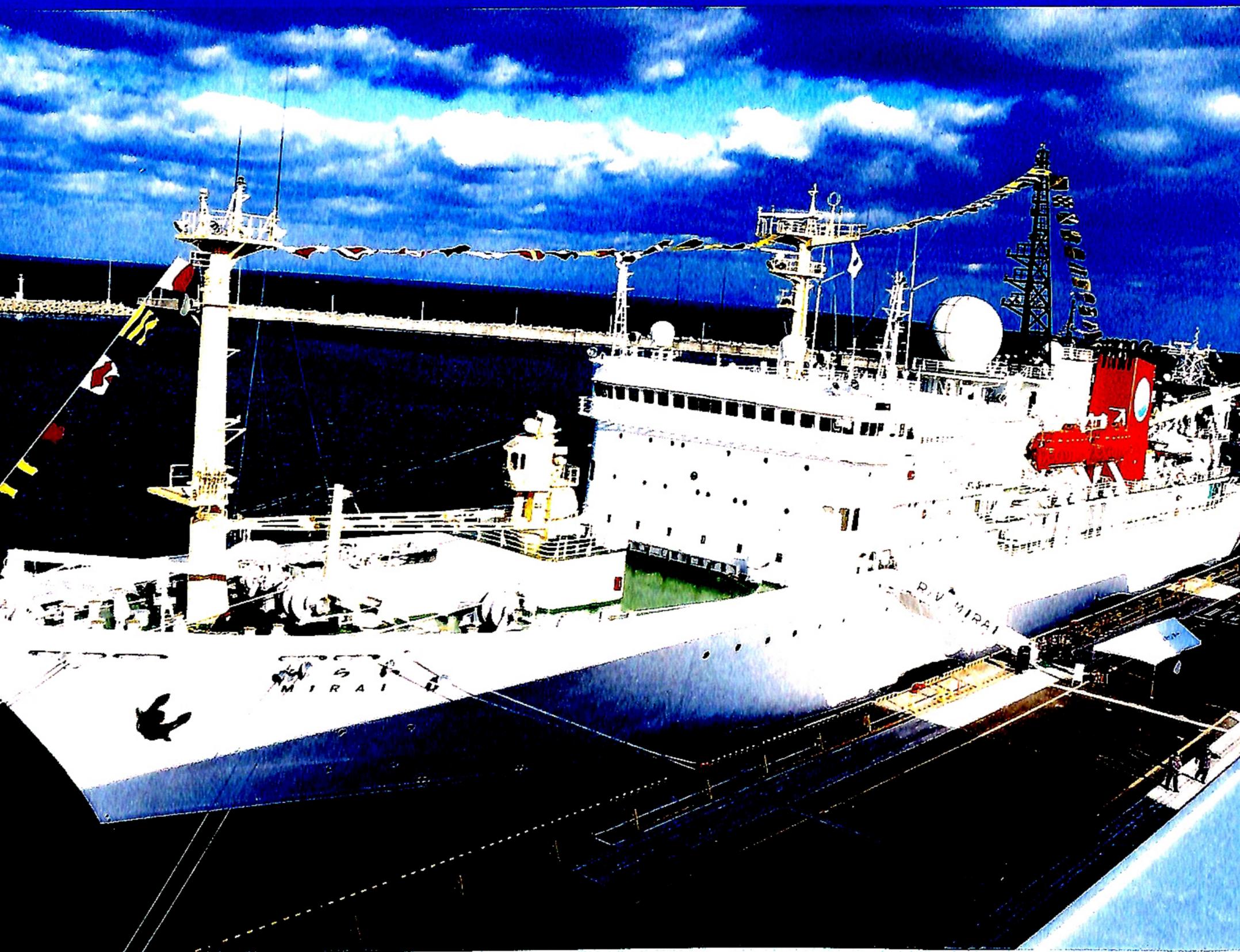


JAMSTEC

1998年 第10卷 第1号 (通巻第37号)



海洋科学技術センター

目 次

年頭所感

新年のあいさつ 海洋科学技術センター理事長 平野 拓也…………… 1

寄 稿 (依頼)

海に魅せられて半世紀 (XXXVII) 奈須 紀幸…………… 3

相模湾をしらべる 蟹江 康光…………… 14

研究紹介

海洋地球研究船「みらい」完成 深海開発技術部 網谷 泰孝…………… 21

海洋地球研究船「みらい」の利用計画 海洋観測研究部 菱田 昌孝…………… 27

サンゴ礁の健康診断 海域開発・利用研究部 工藤 君明…………… 34

地球フロンティア研究システム創設 地球フロンティア研究システム…………… 43

海からのたより

海のアソロジー (23) 広島大学生物生産学部 長沼 毅…………… 47

科学技術って何だろう? 海洋科学技術センター研究顧問 小林 和男…………… 51

深海への旅 (21)

㊦ Microbe Odyssey: the ramblings of a geomicrobiologist James P. Cowen…………… 63

㊦ サンドイッチの味 木下 正高…………… 70

㊦ 思いで深い潜航 (1) 段野 洲興…………… 70

解 説

トピックス

「みらい」航海日誌 朝日新聞社むつ通信局 佐藤 彰…………… 80

※ 本雑誌名「JAMSTEC」は、海洋科学技術センターの英名：Japan Marine Science and Technology Centerの略称にちなんだもので、「ジャムステック」と発音します

※ 本誌は季刊誌であり、年4回（1月・4月・7月・10月）の発刊です



新年のあいさつ

海洋科学技術センター理事長 平野 拓也 Takuya HIRANO

明けましておめでとうございます。

本年は、国連の国際海洋年にあたります。これにちなんで、地球上の生命にとって母なる海についての人々の関心を高めようと世界各地でいろいろな催しが計画されており、ポルトガルのリスボンでは、この夏、大航海家バスコ・ダ・ガマを記念して海をテーマとする国際博覧会が開催されます。これらによって、海と人類の関わりに対する認識が一層深まり、海洋についての研究・開発・利用に対する理解が増進することが期待されています。

昨年は、今世紀最大といわれるエルニーニョ現象が発生し、世界各地に洪水や旱魃など様々な影響をもたらしたことは記憶に新しいところでありますが、年末の地球温暖化防止京都会議での白熱した討議にも見られるように、地球環境問題は、今や国際政治・外交上の最重要課題の一つになってまいりました。

地球環境の将来を論ずるにあたっては、何よりも先ず豊富なデータによる正確な現況の把握と科学的な研究に基づく予知・予測を前提としなければなりません。残念ながら我々のこれについての知識は、甚だ不十分と言わざるを得ません。

特に、地表面の観測データは、近年の航空機、人工衛星、レーダーなど各種の観測技術の進歩で目覚ましく充実しつつありますが、地球表面の七割を占める海のデータ、就中、海面下のデータは、技術的な制約が大きく、収集量が決定的に不足していると言えましょう。

このような現状の下で、海洋と地球についての総合的な観測と研究開発を担う私ども海洋科学技術センターの役割は、今後ますます重要になってくるものと自覚しております。

海洋科学技術センターにとって去年は、まことに話題の多い年でありました。

まず、年頭に起こったロシアのタンカーナホトカ号の沈没事件では、当初困難が予想された船体の捜索と確認、油漏れの状況や船体破断面の調査などに成功し、培った深海調査技術の成果を一般にも具体的に紹介することができました。

次に、当センターの調査船団に新しく深海調査研究船『かいいい』と海洋地球研究船『みらい』の2隻が加わり5隻体制になり調査観測能力が飛躍的に向上したことも大きなトピックスでした。

『かいいい』の就航によって、『かいこう』と『しんかい6500』の運用が効率的に行えるようになったほか、マルチチャンネル反射法探査法システムの搭載によって海溝域の精密な地下構造の迅速な把握が可能となり、昨春高知県室戸岬沖に完成した海底地震総合観測システムとあいまって海溝性地震

の研究の強力な武器となるものです。

原子力船『むつ』を改修した『みらい』は、青森県むつ市関根浜港を拠点に活動しますが、これに搭載された様々な装備・機材によってこれまで不可能であった観測が可能になるほか、浮かぶ研究所として国際的にも開かれた研究活動を行い、併せて動く科学博物館としての役割も果たすことにより青少年に夢と希望を与え、海洋や地球についての理解の増進にも貢献できるものと期待されています。

また、海洋を広域に観測する目的で開発を続けてきた海洋トモグラフィシステムの実証試験が成功し、今年から赤道域で日米協力の下に観測が実施されます。

さらに、5年前世界に先鞭を付けて始まった深海環境フロンティア研究は、第一期の計画を成功裏に終え、その成果は、広く内外から注目を集めていますが、第二期の計画が陣容を一層充実してスタートしました。

かねてから、当センターが開発研究を進めている深海掘削船システムは、国際的にも大きな注目を集めており、7月に東京で開催した『OD21 国際シンポジウム』には、海外から多くの一流の研究者の参加があって盛況に終わったことは、この計画に対する大きな期待の現れだと思います。

10月には宇宙開発事業団との共同事業である『地球フロンティア研究システム』が発足しました。

この制度は、地球を一つのシステムとして捉え、大気、海洋、陸域の複雑な相互作用を観測、研究、シミュレーションの三位一体で解明し、地球変動の予測を行おうとするもので、日米両国政府の合意と支援に基づき、東京、ハワイ、アラスカに研究拠点を設け、内外の優れた頭脳を招聘する流動研究員方式で運用されるもので、その意欲的な取り組み方には、国際的に注目を集めています。

以上申し上げた事業内容は、ほとんどがいまだその緒に就いたばかりであり、これからは、いかに装備機材を有効に活用し、また、制度を円滑に運用して優れた成果を挙げ、世界に貢献することができるかが厳しく問われる段階に入ってきたといえましょう。

この意味で今年、当センターにとってはもちろん、我が国の海洋科学技術の発展のためにも大変重要な年であることを十分自覚して、私どもセンター役職員一同与えられた任務を達成するために全力を挙げて邁進する所存であります。

どうか各位のご鞭撻とご支援をお願い申し上げます。

海に魅せられて 半世紀 (XXXVII)



略歴

1924年 福岡市に生まれる
1946年 東京帝国大学第二工学部物理工学科卒
1950年 東京大学理学部地質学科卒
1962年 東京大学海洋研究所教授
1968年 同所長
1984年 放送大学教授
東京大学名誉教授
1994年 放送大学客員教授 現在に至る
宇宙開発委員会参与
科学技術庁参与
海洋科学技術センター評議員

奈須 紀幸 Noriyuki NASU

大航海時代の幕開けから5世紀を経て

今回の号で私は深海掘削計画の成果の概要をまとめて紹介する予定でした。

既述したように、この掘削の実施の開始は1961(昭和36)年である。その当初からこの計画の推進を親しく見守り、また、1975(昭和50)年、日本が参画してからは私自身、本計画に深く関与してきた。

したがって、その成果についても詳細に追ってきた。が、今回改めて、その概要を皆様に紹介すべく調べ直してみると、私が見落としてきたものも随分とあることに気付いた。それで、さらに3ヶ月を追加して、次号で成果のまとめをさせて頂くこととした。

そこで、今回に限り、他事に触れるべく回り道をする事をお許し頂きたい。

今日現在、人類と海との関係は、かつてないほど深まってきている。海を巡る国際間の交渉、協力も盛んである。

国連海洋法の成立により、各国の領海の外側に排他的経済水域が伸びた。その中で純粋な科学的調査を実施するにしても、調査開始予定日の少なくとも6ヶ月前に当該沿岸国に対し、詳細な調査計画の説明を提供し、許可を求めることとなった。

日本全国の海洋研究の共同利用機関である東京大学海洋研究所では、研究船「白鳳丸」、「淡青丸」2船の研究公募は従来年1回、11月末締切で行ってきた。が、白鳳丸

については上記の研究に該当する場合は起こり得る。したがって、白鳳丸については6月末締切、淡青丸については従来どおり11月末締切と、年2回の公募を行うように変更された。このように具体的な影響が出てきているのである。

海に対する国際連合(UN・United Nation, 1946年活動開始)の影響は大きい。以下、「国連」と略称する。

国連の1機関であるUNESCO・IOC(ユネスコ政府間海洋学委員会)が主催するIGOSS(全地球海洋観測組織計画)、WESTPAC(西太平洋海域共同調査)、WOCE(世界海洋循環実験計画)、GOOS(世界海洋観測システム)などの動向については、出席された日本の研究者が、学会誌などで順次紹介されるので、一般の海洋研究者の方々もそうした動きについては把握されやすい。

が、今から私が述べる事柄は、近い将来、国連に対して影響を与え、国連の名の下に海に対する事項として成立する可能性もあるので、紹介申し上げておきたいと考える。その影響は大きくないかも知れぬ。あるいは大きいものに成長するかも知れぬ。その辺のことは未知数である。その会議の名をIWCOという。

一月半前、その第5回目の会合が南アフリカ共和国のケープタウンで持たれた。出席した日本人は私一人である。いずれ報告書は公表されるであろうが、会議に出て私が得た個人的な感触を率直にお伝えしなければ、日本の海洋研究に関係しておられる学界・官界・政界・民間の方々には、その動向が把握され難い結果になり得る。それで、簡単ではあるが、その会議の経緯について触れ

させていただきたい。

ヨーロッパ人としてのコロンブスが、大西洋を横断して新大陸を発見したのが1492年であることは、“イシクニ”という符牒で大多数の日本人が暗記している年号である。

後に、イタリアの探検家アメリゴ・ベスプッチの名をとって新大陸はアメリカと名付けられた。

1497年、イギリスの探検家ジョン・カボット (John Cabot) は北米大陸の東に接して横たわる大きな島であるニューファウンドランドを発見した。1997年はその500年目に当たる。長らく英領であったが、1948年、カナダ領となり、翌年、ニューファウンドランド島と大陸の一部ラブラドルを併せて州となった。州都はセント・ジョーンズである。

1488年、ポルトガルの航海者バーソロミュー・ディアスはアフリカ大陸の大西洋岸沿いに南下し、南端の岬に達した。その場所を“暴風の岬”と名付けた。

1497年7月、ポルトガル王の命を受けたバスコ・ダ・ガマ (Vasco da Gama) は、リスボンを4隻の帆船で出航し、アフリカ大陸南端を回って東岸沿いに北上し、途中、インドの水先案内人を得てインド洋を横断し、翌1498年5月、インド西岸のカレクターに到着した。そして、1499年9月、大量の香料をリスボンに持ち帰った。それまで地中海経由で行われてきたイタリアのベネチアの香料貿易の独占はこの時点で終わりを告げた。喜んだポルトガル王は、“暴風の岬”の名を“希望の岬”と変えた。日本語で“喜望峰”，英語で“Cape of Good Hope”または“Cape Point”と呼ぶ。

いろいろと変遷を重ねたが、現在は南アフリカ共和国の領土である。喜望峰の沖合を境として大西洋とインド洋を分けるのが慣例となっている。

今年、1998年はバスコ・ダ・ガマがインドに到着した年から500年目に当たる。

昨1997年、カナダはジョン・カボット500年祭をセント・ジョーンズで盛大に催した。私も招かれて出席した。

今年、ポルトガルはバスコ・ダ・ガマ500年祭を催す。

ちなみに、マゼランの船隊が世界周航に成功し、地球が丸いことを実証したのは、コロンブスの新大陸発見からわずか30年後の1522年のことである。

また、ポルトガル船がわが国の種子島に漂着し、鉄砲伝来の端緒となったのは、それから21年後の1543年(天文12年)のことである。それでもコロンブスの新大

陸発見から半世紀ほどしか経っていない。大航海時代の展開がいかにも急速に行われたかを推し計ることができる数値である。

会議が持たれたケープタウン郊外のホテルと、喜望峰の距離は60kmほどである。到着した11月10日の午後を除いては喜望峰まで行く機会はない。日本からははるばるとケープタウンまで来て、喜望峰に立つ機会を失したら悔いを千載に残すことになる。私はためらうことなく、直ちにホテルと交渉してドライバー付きの車を調達してもらい、一路南下し、喜望峰の灯台の下に立つことを得た(写真-1)。写真の向かって右側が大西洋、左側がインド洋である。はるか南方、写真の正面より少し左側に南極大陸の昭和基地がある。

マリオ・ソアレス (Mário Soares) はポルトガルの人である。1924年12月7日生まれだから現在73歳。リスボン大学で歴史-哲学科学の学士を1951年に得、さらに同大学で法律の学士を1957年に得た。

後、フランス亡命中にパリ大学のバンセンヌやソルボンヌでさらに学び、レンヌのオート・ブルターニュ大学では準教授となり、現在、同大学の名誉博士である。

学生時代から独裁政権に対する抵抗運動の闘士となった。12回にわたる逮捕と、計3年に及ぶ投獄生活を味わった後に、1970年、フランスに亡命した。

1974年4月、独裁政権は終わりを告げ、民主政権が生まれた。ソアレスは亡命先のフランスから帰国し、ポルトガル共和国の外務大臣、無任所大臣などを歴任し、1976年から78年にかけて首相を務めた。その後5年ほどソアレスの属する党は野党の側に立ったが、再び与党となり、首相に返り咲いた(1983~85)。

そして、1986年2月16日より1991年1月13日までの5年間、続いて1996年1月13日までの5年間、2期10年にわたる大統領としてポルトガルの興隆に尽くした。そこで任期を全うして辞任し、元大統領ということになった。

所属政党としては社会党で、事務局長、党首の道を歩んだ。

後継の大統領は、同じく社会党より出たジョルジュ・サンパイオ氏である。同氏はそれまでリスボン市長の職にあった。したがって、ソアレス氏と現大統領とは同党の士である。このことは対国連外交などに際して重要な意味を持つ。

6ヶ国による欧州共同体 (EC・European Community) という画期的な政治形態が発足したのは1967年のことである。そして1986年1月に、ポルトガル・スペイ



写真-1 喜望峰より南方の海を望む

ンが加盟した。ソアレス氏が首相であり、大統領に任命される一月前のことである。

ECの参加国が15ヶ国に達した1994年1月、ECはEU (European Union・欧州連合) となり、そのGDP (国内総生産) の額の合計は米国のそれを超えた。

私はポルトガルが好きである。国際会議などで首都リスボンを訪れたことが3回に及ぶ。それらの年は、1979年、1984年、1993年であった。1回目と2回目は、ポルトガルがECに加盟する前である。リスボンはいかにも素朴で欧州の片田舎の感があった。その肌合いを私は好んだ。

ポルトガルがECに加盟した後、経済事情が変わり、躍進中であるということは話に聞いていた。3回目にリスボンを訪れた私は、この目で近代都市化の過程にあり、至る所で建設の音が高らかに響き渡っている変貌ぶりに驚かされた。

ソアレス大統領は、ポルトガルの航海者バスコ・ダ・ガマのインド到着の500年目に当る1998年を“国際海洋年”とする案を創出し、1994年12月19日の国連の総会で採択された。そして、海洋万博・EXPO'98を今年・1998年にリスボンで開催する合意を国際的に取りつけたのである。

目下、次々と送られてくるこの万博のニュースレターは、芸術性の香り高い施設の建設の進捗ぶりを伝えている。

日本も政府をはじめとして出展に力を入れているし、海洋科学技術センターも、“しんかい6500”と支援母船“よこすか”をリスボン海洋万博の会場に送って祝福することを決定しておられる。

1992年、ブラジルのリオ・デ・ジャネイロで国連環境開発会議 (UNCED・United Nations Conference on

Environment and Development) が、多くの国の元首や首脳、また多くのNGO (非政府間組織) の参加を得て開催された。いわゆる“地球サミット”である。「環境と開発に関するリオ宣言」、「アジェンダ21」、「あらゆる類型の森林管理・保存及び持続可能な開発で世界世論を喚起する原則について法的には不拘束であるが権威のある声明書」の三つの文書を採択し、総会で承認された。

国連海洋法条約 (UNCLOS・United Nations Convention on the Law of the Sea) は、1958年から始まった第1回国連海洋法会議より、長い期間をかけ、1982年、第3回の会議で採択された。わが国は1983年2月7日に署名した。それからさらに10余年を経て1994年11月16日に発効した。海洋万博決定の直前である。

ソアレス大統領はこれらの動きを重く見た。そしてそれらのフォローアップが重要であることを深く認識した。

そして、国連事務総長、ユネスコ事務総長らの同意と激励と勧奨を得て、同大統領は、IWCOの組織を提言し、議長として選出された。IWCOとは、Independent World Commission of the Oceansの略称である。訳すれば、海洋問題世界委員会、とでもなるのであろうか。NGO (非政府間組織) である。

が、現在、9人に及ぶ副議長、33名のメンバー、事務局メンバーの中には元大統領、現職の大臣・元大臣、現職の大使、議員、国際機関の現職の長、元長、学識経験者の名がずらりと並ぶ。

第1回会議開催の時はソアレス氏はまだ大統領在任中であつた。2回目からは元大統領の呼称となった。

以下、現在の構成メンバーを紹介する。複数の任務を持つ人も多いが、氏名、国籍、代表的な職務にとどめる。

* 議長 (Chairman)

Mário Soares ポルトガル共和国
元大統領

* 副議長 (Vice-Chairmen)

Abdalmohsin M. Al-Sudeary サウジアラビア王国
元プレジデントのタイトル

Kader Asmal 南アフリカ共和国
水・森林大臣

Elisabeth Mann Borgese カナダ

マルタのInternational Ocean Instituteの創業者
で名誉会長。ドイツの文豪トーマス・マンの娘

Eduardo Faleiro インド

元化学物質・肥料・海洋開発大臣

Patrick Kennedy アメリカ合衆国

- 下院議員。故ケネディー大統領の縁者
Ruud Lubbers オランダ王国
元首相
Guido de Marco マルタ共和国
元副首相・元外務大臣
鈴木淑夫 (Yoshio Suzuki) 日本国
衆議院議員。元日銀理事・野村総研理事長
José Israel Vargas ブラジル連邦共和国
科学技術大臣
- * メンバー (Members)
- Seyyid Abdulai ナイジェリア連邦共和国
OPEC Fund for International Development の事務総長
Najeeb Al-Nauimi カタール国
法務大臣
Oscar Arias コスタリカ共和国
元大統領・ノーベル平和賞受賞者
Alicia Bárcena メキシコ合衆国
UNEP-Environmental Citizenship Project
Mohammed Bedjaoui アルジェリア民主人民共和国
国際司法裁判所長官 (在ハーグ)
Driss Ben Sari モロッコ王国
教授・元国立科学技術センター所長
Patricio Bernal チリ共和国
元漁業局長
Peter Bridgewater オーストラリア
国際鯨委員会議長・元国際自然保護連合議長
Ian Burton カナダ
トロント大学環境研究社会学研究所教授
Salvino Busuttil マルタ共和国
IWCO 財務担当。国際研究財団事務総長・元地中海
アクションプラン議長
Lucius Calfisch スイス連邦
国際法教授
Ricardo Dietz-Hochleitner スペイン
ローマクラブ会長
René-Jean Dupuy フランス共和国
コレージュ・ド・フランスの国際法教授
Richard Falk アメリカ合衆国
プリンストン大学国際研究センター教授
B.A. Hamzah マレーシア
マレーシア海事研究所長
Klaus-Jürgen Hedrich ドイツ連邦共和国
Parliamentary State Secretary for Development
Co-operation
Sidny Holt イギリス
IWCO 出版物編集委員長、海洋生物資源管理の専門
家。元 FAO・UNESCO 職員。反捕鯨の旗手
Danielle Jorre de St Jorre セーシェル共和国
外務・企画・環境大臣
Stjepan Keckes クロアチア共和国
元 (UNEP・国連環境計画) 地域海洋プログラム議
長
John Kendrew イギリス
元 ICSU (国際学術連合会議) 議長。ノーベル化学賞
受賞者
Tommy Koh シンガポール共和国
元国連海洋法会議 III 議長。国連環境開発会議
(UNCED) 準備委員
Nicolay P. Laverov ロシア連邦
科学アカデミー副会長
Ulf Lie ノルウェー王国
ベルゲン大学教授。元 UNESCO・IOC 委員長
Luiz Filipe de Macedo Soares ブラジル連邦共和国
駐インド大使
Donald Mills ジャマイカ
大使
Venâncio de Moura アンゴラ共和国
外務大臣
奈須紀幸 (Noriyuki Nasu) 日本国
東京大学名誉教授。元東大海洋研所長
Alassane Dialy Ndiaye セネガル共和国
漁業・船舶運輸大臣
Carlo Ripa di Meana イタリア共和国
元欧州共同体環境委員・環境大臣
Mário Ruivo ポルトガル共和国
IWCO の調整者。いわばソアレス議長の片腕。元外
務大臣。元 UNESCO・IOC 事務局長
Ezekia Solofa 西サモア
South Pacific 大学学長
Jiran Su 中華人民共和国
国家海洋局主席研究員。中国アカデミー会員
Alexander Yankov ブルガリア共和国
国際海洋法裁判所判事 (在ハンブルグ)
- * 事務局 (主だった人々)
- Layashi Yaker アルジェリア民主人民共和国
IWCO 事務総長。元大臣。元国連局長。元国連ア
フリカ経済委員会 (ECA) 事務局長

Jean-Pierre Lévy フランス共和国

IWCO 事務局長。元国連海洋関係・海洋法事務局長

Mário Baptista Coelho ポルトガル共和国

ソアレス議長秘書。Aveiro 大学環境国際関係教授

以上の顔触れを御覧いただければ、このIWCOという団体が並の非政府間組織というには余りにも現職の、あるいは元現職の政府高官が多数含まれていることにお気づきであろう。

ソアレス議長は、このIWCOがまとめる海に関する提言書を、今年、EXPO'98・世界海洋万博の場で、国連の事務総長かその代理者に手交し、その後早い時期の国連総会の場で取り上げてもらいたいのである、と明言しておられる。そのことを契機として国連の中、あるいはその外郭的な存在として何らかの海洋関係の機構が生まれる可能性がある。わが国としても、その動向に注目するだけの価値があるように思われる。

私が上記にソアレス氏の来歴を比較的詳細に述べた意図は、同氏が国内的にはもとより、国際政治の場でも優れた手腕の持ち主であり、その影響力は注目に値することを理解していただきたかったからである。

IWCOの本会議(Plenary Session)は次の日程で開催され、また今後開催される予定である。

第1回. 東京(日本)

*1995年12月13~15日

国連大学で開催された。開催の場が国連大学であったことに意味があるものと推定される。

第2回. リオ・デ・ジャネイロ(ブラジル)

*1996年7月2~5日

既述したように、1992年、当地で“地球サミット”と呼ばれる国連環境開発会議(UNCED)が盛大に開催された。そのフォローアップを兼ねる意味があったものと推定される。

第3回. ロッテルダム(オランダ)

*1996年11月26~29日

オランダは有力な支持国である。

第4回. ロードアイランド(米国)

*1997年6月6~9日

米国は大国であり、その支持は重要である。

第5回. ケープタウン(南アフリカ共和国)

*1997年11月11~14日

500年前、バスコ・ダ・ガマが、すぐ南の喜望峰を回ってインドへと赴いた。

(ここまでは既に終了した。)

第6回. リスボン(ポルトガル)

*1998年8月31日~9月2日

バスコ・ダ・ガマ出航・帰港の地であり、その5百年を祝う海洋万博の開催の地であり、議長の母国でもある。

通常、これら本会議の前日に、議長・副議長で構成される執行委員会(Executive Committee)が持たれる。この委員会は独立して持たれることもある。

私は第4回目からメンバーの一人として参画した。

第1回目の会議が東京で開催された際、開会式・閉会式への御招待を頂戴した。その3ヶ月前まで海洋開発審議会会長の職にあったからであろう。が、他の先約の行事があり両方とも失礼した。

当時、日本から参加しておられた正式メンバーは、元日本銀行理事で当時、野村総合研究所の理事長を務めておられた鈴木淑夫氏で、副議長の一人として参加しておられた。

一昨年に当たるが、年を越えて1996(平成8)年8月13日、鈴木さんより丁寧なお電話を頂戴した。IWCO本部より、日本人を追加したいので推薦を頼む、という連絡が入った。お知り合いのさる事務次官と相談されたら私の名が上ったので、推薦したいが、という御趣旨であった。

私としては、喜んでお受けしたいが、政府関係の委員を幾つか務めているので、その方面の内諾を頂きたいので、しばしの時間を頂戴したい、とお答えした。

直ちに関係方面へ連絡したら、NGOであるので差し支えなし、との返答を得た。それで、確か、その日のうちであったかと記憶しているが、鈴木さんに、英文履歴書をFAXで送り、本部へ転送して頂いた。

鈴木さんは、推薦はするが、最終的な選択権は先方にあるので、その点、承知しておいて欲しい、との慎重なお言葉であった。

鈴木さんはその後すぐ、選挙が行われた衆議院議員に立候補され当選された。

11月6日付で、マリオ・ソアレス議長から、IWCOのメンバーに正式に加わっていただきたい、との正式かつ丁寧な英文招請状が航空便で届いた。そして、short noticeで申し訳ないが、と断った上で、11月26日からのロッテルダムにおける本会議に出席可能であろうか、との打診がなされていた。

その日程はすでに日本で埋まっていた。

私は折り返し、名誉であり、喜んでお申し出をお受けする。が、今回は先約で埋まっているのでやむをえず欠席する旨、FAXで返信した。

ソアレス議長から頂戴した手紙の中には、第1回と第2回目の会議の議論の内容を踏まえて六つの事項に検討の優先度を絞りたいと考えている旨述べられ列挙されていた。当時のそれらと大差ないが、現在は表現がいくらか簡略化された部分もあって、以下のようになっている。

—Legal and Institutional Framework for the Use and Protection of the Oceans

—Peaceful Uses of the Oceans

—Economic Uses of the Oceans in the Context of Sustainability

—Promises and Challenges of Science and Technology

—Partnerships and Solidarity : North/South Issues

—Public Awareness and Participation

これらはいわばワーキング・グループ(WG)である。その後、すぐ事務総長のヤーカー氏から、上記のうちの科学技術のWGへの招請があったが、これも先約があって欠席した。

1996(平成8)年から日本財団(船舶振興会が設立)では、「海は人類を救えるか」“The Ocean, Can Sea Save Us?”というテーマで、国際海洋シンポジウムを開催されることとなり、私が企画委員長を仰せつかった。

7月16~17日、東京臨海副都心の国際会議場で多数の聴衆の参集を得て盛会裡に滞りなく終了した。

そうしたことがあったので、日本財団の寺島紘士理事や森田文憲部長とも知り合いとなった。

そして、お二人から、IWCOに対して東京開催などに役立つようにと、船舶振興会から計1億円の寄付がなされていたことを知った。

そのフォローアップもあって、ロッテルダムでのIWCO第3回本会議には、直接の担当者に加えて、寺島理事らもオブザーバーとして参加された。そこで、メンバーへの新規参加者として私の推薦があり、承認された経緯を会場で見たと、という御報告を頂戴した。

第4回目からは、私が出席するから、日本財団の方々はオブザーバー出席をなさらないことになった、と後で伺った。

IWCOへの往復の航空賃など、どうして調達しようか、と思案していたところ、おおらかなもので、第4回のロードアイランドの会でも、最近の第5回ケープタウンの会でも、現地のエージェントが、ビジネスクラスで用意してくれた。大変な厚遇である。

昨1997年6月5日、夕刻、ノースウェスト機で成田を

発った私は、デトロイトで米国に入国し、国内線のファーストクラスに乗り換えて現地時間の午後7時、ロードアイランドのプロビデンスに到着した。出迎えの人にニューポートのDouble Tree Hotelまで運んでもらった。

フロントで手続きをしていると、「奈須先生ですか」とやさしい声をかけられた。これが、既に衆議院議員になっておられた鈴木さんとの最初の出会いであった。

この日、執行委員会にだけ出席されて、私の到着を待ち、皆に紹介してから、明日朝、国会に間に合うように帰国の途につくとのお話であった。ご好意に感謝した。

緯度が高いのでまだほの明るい。到着した方々が、夕食前のパーティーをやっておられる。次々と鈴木さんからご紹介頂いた。ソアレス議長、ヤーカー事務総長、などなど。鈴木さんが皆から大層親しまれておられる状況を実感した。私とは既に旧知の人々も若干おられたが、大部分の方は初対面である。夕食をとりながら、鈴木さんから、今までの経緯など、かいつまんで伺った。その情報は予備知識として以後大いに役立ったので有り難かった。

私は1975(昭和50)年8月1日から1984(昭和59)年7月31日までの約9年間、日本ユネスコ国内委員会委員を務めた。その間、ユネスコ政府間海洋学委員会の日本代表として度々、パリが主であるがその理事会や総会に赴いた。またユネスコ総会にも日本の代表団の一人として出席を重ねた。その国際交流経験は、留学時の外人との付き合いとも、国際深海掘削計画における国際交渉の在り方とも随分と異なるものであり、このJAMSTEC誌の場を借りて数号あとから詳しく紹介したいと考えている。外交官と研究者の両面の顔を持たねばならなかったからである。

ニューポートで会った旧知という少数の人々は、このユネスコ関係で知り合った方々が主である。

私がユネスコ政府間海洋学委員会に出席していた9年の間、委員会の事務局長は、前半の数年が英国のコーストガードの提督であったデズモンド・スコット氏であり、後半の数年が、今回、ソアレス議長の片腕として参画しておられる海洋生物学者のマリオ・ルイボ博士である。

したがって、ルイボ氏と私とは、気が合うということか極めて親密の間柄である。この夜も、“やー”ということになり肩を抱き合った。私の3回にわたるリスボン行きも、そのミッションの大部分はルイボ氏のアレンジによるものである。ルイボ氏は短期間ではあったが外務大臣

の経験者である。したがって、学者であり、外交官であり、政治家であり国際公務員の経験者でもある。

正直、鈴木さんが、私をIWCOメンバーに推薦して下さった時、ルイボ氏がいるので、選ばれることを予期したほどである。

ノルウェーのウルフ・リー教授も UNESCO・IOC の仲間であり、日本海洋協会の海洋環境問題調査でベルゲンを訪れた際も随分とお世話になった。彼の英語は実に分かりやすい。彼は後に IOC の委員長を務めた。

IWCO の本会議への出席は、私にとって今回が初めてである。が、鈴木さんが、とにかく発言して欲しい、でないと何のインプットも残らないから、と言い残して行かれた。でも、ゆっくりと慣れて、情勢を判断することとした。

6日早朝、鈴木さんを見送った。この日の午前中は近くのロードアイランド大学で種々の歓迎式典が行われた。今回のホストはケネディー下院議員 (IWCO 副議長の一人) である。

午後は大学の別の建物で、アメリカ側のスピーチが続いた。ウッズホール海洋研究所長のガゴシアン、国際深海掘削計画の米国側の公団としての世話機関である JOI の長のウィルソン提督の話なども入った。

7日午前、本会議が始まった。Agenda (議題) の選択で少しもめた。これは外国の会議では日常茶飯事である。次に種々の報告があり、用意された本文ドラフトの説明などが続き、種々の応酬があった。これらはよく経験する外国での会議の在り方である。

が、ここで、ある種のショックを私が受けた応酬があった。まず、会計報告の際、担当のブスティル氏 (マルタ) が、ここではホストに期待したローカルの会議費が無く困惑し苦労している、と言い放たれる。百万ドル不足、との発言があった。

これに対してケネディー議員は、自分の選出母体であるロードアイランド州は何分にも小さな州で、思うようにまだ寄付が集まらない。なお努力中である。最終的には自分が身銭を切ることも考えている、と笑みを湛えながらおっしゃる。ブスティル氏は相変わらず無然たる面持である。

この応酬にまずは驚かされた。

午後はワーキンググループに分れた。チェアマンはノルウェーのウルフ・リーである。ドラフトを用意したのは、旧知の間柄である英国の地質調査所長のピーター・クック (Peter Cook) と、今回初対面の米国からのアドバイザーの William Andahazy である。

日本の情報が欠落していた。それで、活躍中の「しんかい 6500」が有人潜水調査船としては現在、世界最深までの潜水能力を持つこと、ROV の「かいこう」が世界最深部のマリアナ海溝チャレンジャー海淵の底、1万1千 m 近くまでの潜水着底に成功し、テレビ、写真撮影、試料採取に成功したことなどを紹介した。これらは数ヵ月前から我が家にパソコンを入れたので、帰国してから JAMSTEC のホームページを開き、カラーコピーを作って、クックに郵送した。

その後、送られてきた revised draft では、そのまま挿入されて、日本の海洋科学技術の水準の高さを評価する文章となっている。これは本会議本文のドラフトの中にも継続して記述されている。

私は、その他に、スーパープルームや 6500 万年前の白亜紀・第三紀境界に当たる時期の小天体の地球への衝突の問題、氷期・間氷期と海水準変動の関係の話題などについて述べた。その辺の記述がなかったからである。

したがって、科学技術の WG では随分と発言する結果となった。

続く 8 日は日曜日であるにもかかわらず、午前・午後とも本会議が続き、6 pm 頃終了、明 9 日の閉会式的かつ儀礼的な本会議はキャンセルとなった。

この日の午後、本会議の中で、モロッコのドリス・ベン・サリ教授が、彼の所で、青少年の教育に資するような地球や海洋に関するバーチャル・リアリティーの作品を製作したいのであるが、何か良い方法はないものだろうか、との発言があった。いわばパソコンを見ながら、居ながらにして現場を体験するような臨場感に溢れたものが欲しいということである。

去る 4 月 20 日午後、東京北の丸の科学技術館で、“サイエンスワールド '97” が開催された。その一環として、本来はパソコンで見るバーチャル・リアリティー目的に製作した太平洋の方々の、とくに海底を訪れる画像をスクリーンに写しつつ私は JAMSTEC の藤岡換太郎氏と二人で、数百人の子供たちに説明したばかりである。この画像の監修は私が行ったので、その製作経緯は熟知している。

私は発言を求め、簡単に日本では製作が既に始まった。近い将来、もっと数多くの地球・海洋関係の作品の作成が期待できるので、恐らくお役に立てる時期がくるであろう、とお答えした。教授は喜ばれた御様子であった。

この本会議の終了に際して、ソアレス議長、ホストのケネディー議員からの挨拶があった。

ソアレス議長は丁重な謝辞を述べた後に続けて、ローカルなアレンジメントについての不満を述べた。準備費の不足、過去3回の会議、すなわち東京でもリオでも、ロッテルダムでも、会議の様子が新聞の全国紙で報道され、テレビのニュースとして全国的に流された。ここではニューポートジャーナルという一地方紙に報道されただけであるし、テレビも大きくは取り上げなかった。この点はなほだ不満を感じた。その点の配慮に手落ちがあったのではないか、いわば、軽く見られたのではないかという不満の表現である。

正直、私も外国の会議で相当場数を踏んでいるつもりであったが、これには驚いた。ソアレス氏の外交官というよりも抵抗運動の闘士としての勇猛さが溢れる感じであった。

ケネディー議員は、閉会に際する全員への歓送の辞を述べつつ、欠礼を詫げる言葉を笑みを絶やさず述べた。さぞ、辛かったであろう、と察した。

翌日朝、帰国の途についた私は10日夕刻、成田に着いた。それから考えた。米国は国連海洋法条約の最終妥協案の取りまとめについて随分と世話を焼いた。が、その内容に対して不満を持つ議員も多い。

副議長の一人としてIWCOの米国開催のホストは務めたが、余り派手にはしたくなかったのではないか、その点、下院議員であり、名門であるケネディー一族の立場にも配慮して、敢えてソアレス氏の不満に耐えたのではないか、という一つの可能性を考えて、私なりのストーリーを作った。

それから3ヶ月を経ず、私はカナダ・ニューファウンドランドのセントジョーズで開催されたジョン・カボット500年祭に招かれて現地に赴いていた。そこで一夜、現・UNESCO・IOCの事務局長であるグンナー・クルンベルグ教授に招かれて夕食の席に着いていた。そこで現在は国連機関に出向している米国のNSF（全米科学財団）の友人の席が隣であったので、手短かに上に述べたいきさつの事実を語った。彼はこの事をよく知っていて、その際、ケネディーは大変なショックを受けた、ということが米国内では噂として流れている、という。そうだとすると、上記の私のフィクションは該当しないことになる。

この時も、現場に居合わせた日本人は私一人である。そうした事実があった、ということをお伝えしておきたい。根はもっと深いのかも知れないからである。

ニューポートの会議の翌月、7月29～30の両日、日本財団の第2回目の国際海洋シンポジウム'97が、前年

と同じく東京臨海副都心の国際会議場で開催された。再び私が企画委員長を仰せつかった。

そこにはマリオ・ソアレス氏の姿があった。財団からの招請状に対し、快諾の御返事を頂戴したのである。

今回のプログラムは次のようなものであった。

* 第1日目

記念講演 マリオ・ソアレス（前ポルトガル大統領、海洋問題世界委員会委員長）

基調講演 西澤潤一（前東北大学総長）

パネルディスカッション「人口爆発と海洋」

野中ともよ

浅井慎平

高橋正征

ジェフ・ホランド（UNESCO・IOC委員長）

シャウナ・E・リード

* 第2日目

記念講演 ヨーゼフ・クライナー（ボン大学教授、日本文化研究所所長）

基調講演 長崎福三（財団法人・日本鯨類研究所顧問）

パネルディスカッション「海の幸と日本人」

野中ともよ

大森 信

小松左京

佐野宏哉

チュア・ディア・エン（IMO（国際海事機関）

地域プログラム プログラム・マネージャー）

ソアレス氏の講演は1時間近くに及ぶものであった。

今回も幸にしてシンポジウムは盛会裡に終始した。

翌月、8月31日に成田を発ち、9月1日より6日まで上述のようにカナダのジョン・カボット500年祭の主部としての国際海洋シンポジウムに出席し、講演し、9月8日帰国した。招待してくれたのは、UNESCO・IOC時代からの長い友人であるジェフ・ホランド（Jeoff Holland）である。彼はカナダの水産・海洋省の局長まで務めあげ、現在は顧問の立場にあるが、一方、UNESCO・IOCの現・委員長でもある。

直前の日本財団のシンポジウムにも奥さん同伴でパネリストとして来日してくれた。

ホランドは私に、海洋に関係深い日本の経済界の人の推薦を求めてきた。そこで複数の方々と相談した結果、経団連での関係部会のチェアマンである大庭 浩氏を推薦した。氏は川崎重工（株）の会長であり、かつ偶然にもJAMSTECの会長でもある。まさに適任の方を推薦

した結果となった。キーノートスピーカーのお一人として実に見事な講演をされた。

日本からの方も多数ではなかったが、水産庁の方をはじめとして出席しておられた。

印象に残ったことの一つは、ユネスコ事務総長のマイヨール氏（スペイン）が、ここニューファウンドランド周辺を別名・ニューファウンドシーと呼びたい、と講演の中で言葉を挟まれたことである。うまい表現があるものだな、と感心した。マイヨール氏とはここで初めてお目にかかった。何となくソアレス氏と相似た印象がある。お二人とも余り笑われない、というのか、笑みの表情は必要な時にしか示されないのである。

ホランドのように絶えず笑みを絶やさない人とは対照的である。

率直に言って、ジョン・カボット 500 年祭は、企画が先行したポルトガルのバスコ・ダ・ガマ 500 年祭を意識してカナダの関係者が、1 年先に催したものであろう。結果は大成功であったと思う。

1997（平成 9）年 11 月 9 日、成田からキャセイ・パシフィック航空で飛び立った私は、まことに賑やかな香港空港で同じ航空会社の便に乗り換え、南アフリカ共和国のヨハネスブルグ空港に下り立ち入国した。10 日の夜明けである。5 時間程ロビーで過ごして BA の国内便でケープタウンに飛んだ。ロビーで、中国のスージーラン、セネガルの Ndiaye 大臣と一緒にになり、同じ飛行機に乗った。ロビーでスー氏が、今日の午後しか自由時間はない、と言う。私がケープタウン到着後すぐ「喜望峰」行きを決意したのは、このスージーランの言葉による。

貴方のお陰で「喜望峰」行きの決心がついた。free offer です。よろしければ一緒にお出でになりませんか、とスー氏に電話した。そこへたまたまモロッコのドリス・ベン・サリ教授が見えたので、スー氏が楽しそうに話をしたらしい。教授は私の所に見えて、自分も一緒に連れて行ってくれないか、費用はシェアするとおっしゃる。喜んで歓迎します。が、費用はそのつもりで既に用意しましたからどうぞお任せ下さい、ということで出掛けることになった。

車のドライバーは御婦人であった。したがって、私が助手席、スー氏とベン・サリ教授が後部座席ということで、4 人で往復した。

お二人は本当に喜んで下さった。一気に親しさが倍増した感があった。よいことをした。

その夜、7 時からケープタウンの市街の海岸近くの見事な水族館で、歓迎委員長・アズマル大臣のパーティー

が開かれた。私どもはホテルで着替えたので半時間ほど遅れて着いた。が丁度間に合った感じであった。

翌 11 日の午前は、旧議事堂でマンデラ大統領臨席のもとに開会式が持たれた。

式に先立って別室で、ソアレス議長から大統領にメンバー一人一人の紹介があり、大統領は次々と固い握手を重ねて行かれた。私も固い握手を交わした。笑みを絶やさず、魅力溢れるお人柄と拝見した。

旧議事堂では、歓迎委員長アズマル大臣の紹介に続いて、ソアレス議長、マンデラ大統領からそれぞれ、数十分に及ぶ海洋に関する見解の発表があり、続いて二人の副議長から短い挨拶があって式を終了した。

式が始まる前、子供たちの一群が、私どもの前で国歌などを斉唱した。まことに可愛かった。その子供たちにマンデラ大統領は近付いて、一人一人と握手を交わしつつ言葉をかけ、時に冗談を飛ばされるらしく爆笑が渦巻いていた。子供たちは、この時の感激を一生忘れることはないであろう、とこちらまで晴れやかな気持になった。

執行理事会は前日の 10 日に持たれた。そこでは大要に関し合意が持たれたものと推察する。

11 日午後、時間をかけてのランチがあり、4 時から本会議が始まった。

ニューポートの第 4 回会議と今回の第 5 回会議の間に本文のドラフトに対して文書による意見や修正を寄せられたし、という要請が数回、事務局よりあり、何回か改訂されたドラフトが郵送されてきた。そして、会議室でさらに改訂されたドラフトが配布された。そして、主として事務局長のレビー氏から詳細な説明があった。

驚いたことに、これに対し、多数のメンバーから意見が続々と述べられた。

南北問題、技術移転の件など重要であるにもかかわらず余り触れられていない、とか、バスコ・ダ・ガマは、なるほど、ヨーロッパ人としては初めて海からインドに到達したが、それに先立って、インドやアフリカの航海者たちは、そうした交易は早くから行っていたのも事実なので、そうした点にも触れて欲しい、という意見などである。

主編集者は英国のシドニー・ホルトということになってはいるが、実際には、事務局の手でドラフトは作られたらしい。

総論としてドラフトの出来が悪いということになった。とにかく、リスボンでは短くてよいから RECOMMENDATION を前面に出すべき、ということになり、オランダの元首相ルーバース氏を中心として数枚の

RECOMMENDATION を作ることとなり原案作成委員が少数選ばれた。

これを支えるべく平行して二つほどのドラフティング委員が少数選ばれた。

こうしたドラフト作成に時間がかかり、本会議の開催は何回か延期され、結局、翌12日の午後3時から6時まで開催され、ドラフトの説明があったが、これまた意見続出し、再調整ということになった。

ただし、夕食は楽しく催されるから、これはこれで別、という割り切り方である。11日夜の夕食はソアレス議長の招待でホテルのダイニングルームで、12日の夜はケープタウン市街に近い古城の中で、これまたソアレス議長の招待で優雅に進められた。

私は日本の科学技術の成果は正しく伝えられているが、深海掘削の成果の評価を入れることも重要と考え、当初、ドラフトを見た。そこにその成果と重要性が短くではあったが述べられているので安心した。

ただ、RECOMMENDATION の中で簡単でもよいから、その推進が支持されるべきだと考え、ピーター・クックに進言した。

12日午後配布されたRECOMMENDATIONには、「OCEAN DRILLING」の重要性を称える文言が入っていた。しかしピーターは、どしどし削減されるので自信がない、と言う。私は、実質的に最終日となる13日、その重要性の背景を説明すべく、発言することとし、読み上げるべき文章を用意した。当初、ミランコビッチサイクルへの注目が、氷期・間氷期の解明へとつながっていった経緯から書いたが、私どもの「村言葉」は、この際、なるべく使わない方が良くと考え直し、平易な表現で書き直した。

14日朝9時半から12時45分まで本会議が持たれた。元オランダ首相は、RECOMMENDATIONの改訂版を残して、公務多忙の故を以て一足先に帰国された。しかし、今度は多くの人にほぼ満足を与えるものが出来上がった。

海洋掘削の重要性はメガサイエンスの重要性の例示として出されていた。が、ブラジルの駐インド大使は、メガサイエンスは開発途上国とは余り関係ないので削除した方がよいのではないか、とおっしゃる。

12時15分頃、私に発言の番が回ってきた。その中で私はとくに海洋掘削に重点を置いて発言した。その内容を要約すると次のようになる。

『深海掘削計画は数多くの重要な成果をもたらした。地球や海洋の動態、歴史の解明に極めて役立つ結果を得て

きた。その一つが、過去の気候変動の歴史の解明である。深海底に堆積した試料から得られた結果は次のような事実があったことを物語っている。

大氷河時代は約90万年前に始まった。それはほぼ10万年の周期を以て、寒暖のサイクルを繰り返してきている。特に約40万年前から寒暖の振幅が大きくなった。

氷期は次第にその強さを増し、大陸氷河は発達し、海水準は低下する。その氷期の最盛期から突然、数千年程度の短期間に気候は温暖化し、大陸氷河は縮小し、海水準は上昇する。それから、これまた数千年程度の間氷期が続く。その後、再び、徐々に気温は低下し次の氷期に入って行く。この氷期と間氷期の一つの組み合わせが約10万年になる。

約2万年前、最終氷期は最盛期に達し、海水準は世界的に120mほど低下していた。その後、間氷期に向かい、5~6千年前、ほぼ現在のレベルに達した。私は人類が過去5千年ほどの間に文明を発展させ得た原因の一つは、この海水準の安定にあると強く感じている。

今後、氷期が再来するか否か、まだ不明なので、一種の間氷期である現在を後氷期と呼んでいる。

現在、人為的な二酸化炭素の大気中の増加が気温の上昇をもたらした。海水準の上昇をもたらすのではないかと、ということが憂慮され、二酸化炭素の放出量の削減についての国際交渉が行われている。どうしたきっかけで大きな変動を誘発するかも知れないので、これはこれで重要なことであり、真剣に取り組むべき問題である。

が、巨視的に見た場合、ごく近い将来、次の間氷期に向かって次第に寒冷化が進む可能性だって大いに起こり得ることである。ただ幸いなことに、その変化は緩やかであり、人類が対応する時間的余裕があるであろうと思われる。

こうした重要な結果を得ている深海掘削計画は確かにメガサイエンスの一環ではあるが、開発途上国の研究者も多数招かれ、多くの寄与を果たしつつある。

最近、ポルトガルも深海掘削計画に参加した。

その国の元大統領を議長にいただき、参画している地質屋としてピーター・クックや私がおき、著名な海洋学者の数人を持ちながら、このIWCOがもし、海洋掘削について全く触れることがなければ、世界中の研究者が何故か、といふかるであろう。

こうした背景があるので、RECOMMENDATIONの中にある海洋掘削の文言は重要である』と。

それからすぐランチの休憩に入った。

驚いたことに、捕鯨反対の旗手であるシドニー・ホル

ト氏が寄ってきた。そして、今の話は実によかった。歴史の視野を入れて物を見る、ということは大切である。ありがとう、と言って下さるではないか。握手した。それで、私は、この人は、恐らく是々非々主義の人であろうと感じた。

その後、10人ほどの人が、個々に、あなたのプレゼンテーションはよかった、よく理解できた、と言って下さった。

鈴木さんは、とにかく発言して下さい、とおっしゃった。これで、私をIWCOに推薦して下さいと鈴木さんに対して、幾分の義理を果たした感じになった。またIWCOに対しても幾分かの寄与を行うことができたのであろうか、と感じた。

午後4時半から暫時、本会議が再開された。今回の会議の当初から、来年2月にはモロッコで執行委員会を開く予定である、ということが発表されていた。

が、誰も、後事は執行委員会に任ずとは発言しない。RECOMMENDATIONを前面に立てるにしても、本文はどうなる、ということになった。

今回の諸々の意見をいれて、本文も全面的に事務局で書き直す、ということで落ち着いた。

それでもなお、多くのメンバーが、何となく釈然としない表情をしている。ともかく、改訂文をしっかりと見たい、という意見が強く出て閉会した。

午後8時から、歓迎委員長アズマル大臣の主催で、ホテルのダイニングルームと庭を全面的に使って、「アフリカの夜」と名付けた夕食会が楽しく展開された。バーベキューパーティーでもある。

黒人の女性ダンサーと男性ミュージシャンより構成されるプロのチームが素晴らしいパフォーマンスを見せてくれた。衣裳もよい。

ここ数日、頂戴した食事も複雑な美味を湛えた素晴らしいものであった。

私は、この国の持つ文化の古さと深さを感じた。

今、アパルトヘイトはない。8割の黒人と1割のアフリカーナ、残り1割の白人が実に仲よく日々の生活を送っている様を目の当たりにして、心底、嬉しさを覚えた。ただ、ケープタウンの郊外にも多数存在するバラックに住みついている人々をはじめとする貧困層の、貧困からの解放は、この国のこれから直面しなければならぬ大変な課題である。しかし、深い文化の根を持つ国として、聡明な解決の道を見出だされることを心より願うものである。

話を本題に戻すが、RECOMMENDATIONの中で、3

つの具体的な組織の名が今回上がってきた。それらは、

1. Ocean Guardian/Ombudsman Office の設立
2. International Ocean Observatory の設立
3. Independent World Ocean Forum の開催

である。これらは、ゆくゆく国連の場で提唱され、論議の対象となることが予想される。

恐らく最初の二つは国連の機関としての設立が議せられることになるのであろう。

3番目は、IWCOの延長上に位置するもので、NGOの立場を取るものとして審議の対象となるのであろう。

14日朝、儀礼的な閉会の集まりがあるものと推定されたが、先方のエージェントのアレンジに従って、私とスー氏は、同じシンガポール・エアラインに乗るべく飛行場へ向かう車を待っていた。

そこへ、すっかり親しくなったモロッコのドリス・ベン・サリ教授が近付いてきて、来年2月3~5日、モロッコのラバトで会議が開かれることになったから是非来てくれ、とおっしゃる。

本来、これは執行委員会の予定であったが、今回の会議の経過を見て、執行部として急遽、それを臨時本会議に変更する、といった相談が、ベン・サリ教授との間で起っているのかも知れぬ、と感じた。

この点は近々分かるであろう。

いま一つ述べておきたいことは、東京でIWCOの第1回の会議が開催された時から、日本では、それを支援する会が組織されていることである。

鈴木さんが会長をお務めと理解している。が、私はいまだこの会には参加していない。したがって、その詳細については全くといってよいくらい、存じあげていない。それで本誌ではその紹介は遠慮させていただいた。

鈴木さんの何か深い御配慮があって、私は、その日本の会からは離れた自由な立場を与えられているものと理解している。お見受けしたところ、海洋法をはじめとする法律の専門家の少数精鋭グループのようで、私は地球科学が専門なので、場違いな思いをさせたくないという御配慮かな、とも推察申し上げている。

私がこのIWCOに参加する以前の状況については、鈴木さんの著述があるから参照されたい(鈴木:1996)。

ともあれ、従来とは一味も二味も違った国際会議に出席した経験を、ごく最近積んだので御報告する次第である。

文 献

鈴木淑夫(1996):国連海洋法条約とソアレス委員会. 週刊東洋経済, 1996年8月10・17合併号, pp.140-143.

相模湾をしらべる—深海から 生まれた三浦半島



横須賀市
自然博物館

蟹江 康光

Yasumitsu KANIE

略 歴

1941年 名古屋市に生まれる
1964年 横浜国立大学学芸学部地学科卒
1967年 横須賀市博物館（現在の横須賀市自然博物館）学芸員 現在に至る
1975年 理学博士（九州大学）

II. 相模湾のシロウリガイをしらべる—その1—

1. シロウリガイとの出会い

1984年5月26日の深夜、私は「しんかい2000」で、その日偶然採集されたオキナエビスガイの標本を調べるために三崎港に停泊していた海洋科学技術センターの潜水支援母船「なつしま」を訪れていた。その際に見せてもらった相模湾初島沖の水深1,000~1,200mのビデオ画像には、真っ暗な海底で「しんかい2000」のライトに照らし出されたおびただしい数の未知の二枚貝がまるで、墓標のように林立して生息する群集（コミュニティ）が映し出されていた。私は、この貝がシロウリガイ *Calyptogena soyoae* であると、この時に断言できた。

なぜならば、私がまだ学生であった1960年代後半のころに、故鹿間時夫教授らと逗子市池子~鎌倉市天園のフィールドで密集してみつかる大形の二枚貝化石であるシロウリガイ（アケビガイ）類の調査を始めていた。鹿間教授は、「シロウリガイ類は深海にすむ二枚貝で、きわめて珍しいものなんだよ」と聞かされ（Shikama and Masujima, 1969）、この言葉は、永く私の脳裏に焼き付いていた。

その当時の深海調査は、船からつるす潜水球の時代であり、潜水艇を使用して研究者が深海を調査し、まして深海の生物を採集し、研究することなどは、きわめて困難な時代であった。したがって当時は、陸上に隆起した深海性の地層から産出する化石を調べることが唯一の深海の生物を調べる方法であった。潜水艇が使用できるようになった現在でも、この方法は多くの情報源としてき

わめて効果的であると同時に、必要不可欠である。私は、古生物学を学んでいた延長線上として、現在の深海の生物を研究するようになったのである。

ワダツミシロウリガイ *C. pacifica* は、アラスカ沖の水深580mから1891年に世界で初めてのシロウリガイ類として発見された種である。その後、同種の化石は、カリフォルニアの油田地帯から発見され、日本国内においても1937年に秋田県男鹿半島や、続いて1938年に新潟県東山油田地帯、1942年には北海道厚田村望来（あつたむらもうらい）から発見されている。相模湾の「生きている化石」であるシロウリガイは、1957年に三浦市城ヶ島沖の750mで行われたドレッジで死殻が採集された（図-1）のみで、1984年までのおよそ30年間は死殻すら見つからず、幻の貝と呼ばれていた。

1984年の相模湾での観察（奥谷・江川, 1985）に先立って、1980年アメリカの潜水調査船「アルヴィン号」によって報告されたのは、ガラパゴス海嶺の水深2,500m、水温280°Cの熱水中に密集して生息していたガラパゴスシロウリガイ *C. (Ectenagena) magnifica* である。この発見は、殻長24cmに達するその巨大さに世界の研究者を驚愕させた。さらに1986年には、日仏共同の地球物理学的調査KAIKO計画の際にフランスの潜水艇「ノチル号」によって日本海溝と千島海溝の5,130~5,930mからナギナタシロウリガイ *C. (E.) phaseoliformis*（図-2）が、遠州灘天竜海底谷の3,800mからはノチルシロウリガイ *C. (E.) nautili* とテンリュウシロウリガイ *C. (E.) laubieri*・カイコウシロウリガイ *C. (E.)*

kaikoi が発見された。

2. 相模湾の生きている化石-シロウリガイ

シロウリガイは、殻長約 10 cm、湿重量が約 200 g にもなる大型の二枚貝である。相模湾でシロウリガイを優先種とするコミュニティ（群集）は、相模トラフの東側にあたる沖ノ山堆列（図-3、4）とトラフ西側にあたる初島沖の伊豆半島側陸棚斜面の麓（図-1）の水深 1,000 ~ 1,450 m からみつまっている（橋本ほか, 1988; Kanie *et al.*, 1992; 服部ほか, 1993）。東側はフィリピン海プ

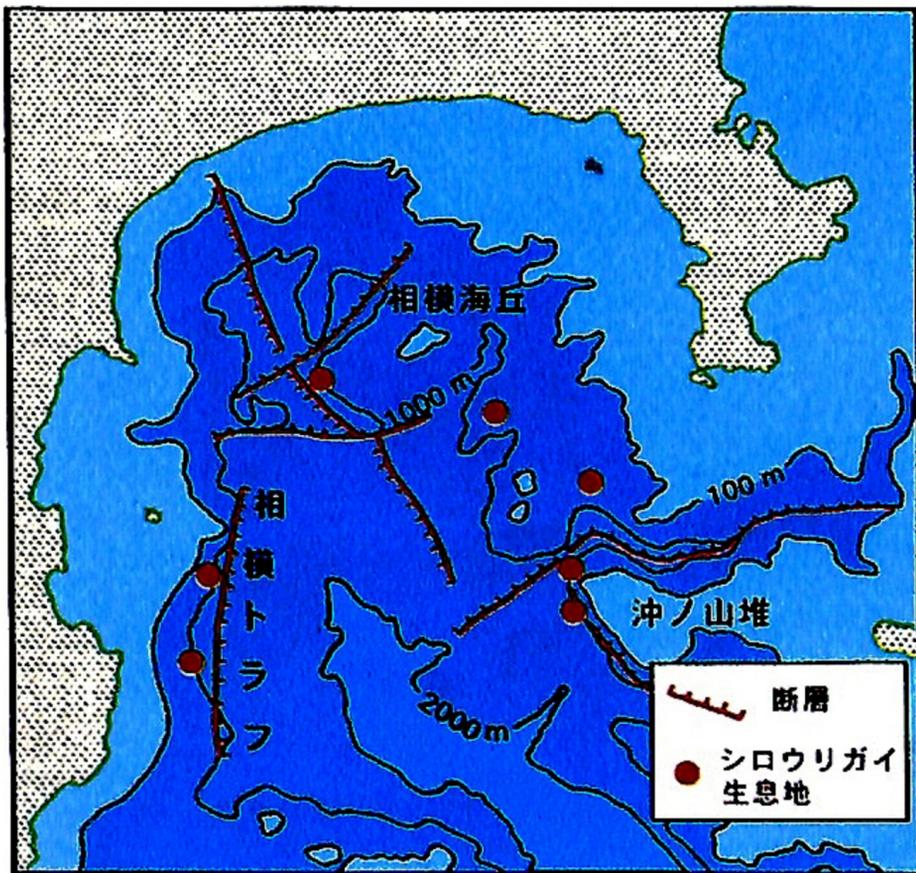


図-1 相模湾におけるシロウリガイ *Calyptogena soyoyae* の生息海域 (●)



図-2 ナギナタシロウリガイ *Calyptogena (Ectenogena) phaseoliformis* の生息状態。日本海溝宮古沖、水深 6,374 m, 1994 年 7 月 14 日 JAMSTEC 提供, 「しんかい 6500」による。貝の生息地は直線的である



図-3 相模湾、沖ノ山堆の急崖麓におけるシロウリガイの生息地 (内田ほか, 1989 を改変)

レートと本州をつくる北米プレートとのプレート境界で、相模湾断層（相模構造線）の断層崖をつくり、関東大地震（1923 年）の震源断層の場所でもあった。また、西側は神奈川県西部地震（小田原型地震）を起こす西相模湾断層（断裂）の断層崖で、さらに火山による地熱の影響もあるといわれている。どちらもメタンを含む海底湧水が相模トラフ周縁の急崖の麓からしみだしている場所である。

3. 地球を食べる貝

シロウリガイのような大型の二枚貝が、餌のほとんどないと考えられる深海で高密度に生息しているのは、その生活様式に秘密がある。

初島沖の水深 900 ~ 1,200 m の海底では 1 m² に 500 ~ 1,000 個体を数え、沖ノ山堆の水深 1,100 ~ 1,300 m でも 600 ~ 700 個体が密集していた（橋本, 1988）（図-4）。第 12 回「しんかい研究シンポジウム」（1995 年 12 月）では、シロウリガイのコミュニティ内とまわりの水温は約 3.0°C であったが、その 10 cm 直下では 4.0°C（夏） ~ 4.5°C（冬）、20 cm 下ではそれぞれ 4.5°C ~ 5.0°C であることが、一方、コミュニティの外ではそれぞれ約 0.5°C 低いことも報告された。このようにコミュニティの下方には水温のやや高い特殊な海水が供給されていることが明らかにされた。

シロウリガイ類は退化した消化器官をもっている（図-5）が、主に海底の割れ目からしみ出すメタンの還元作用で海水中の硫酸イオンからつくられた硫化水素をシロウリガイ体内の貝の下方（前）にある大きな鰓に共生させている化学合成細菌（イオウバクテリアなど）に吸収

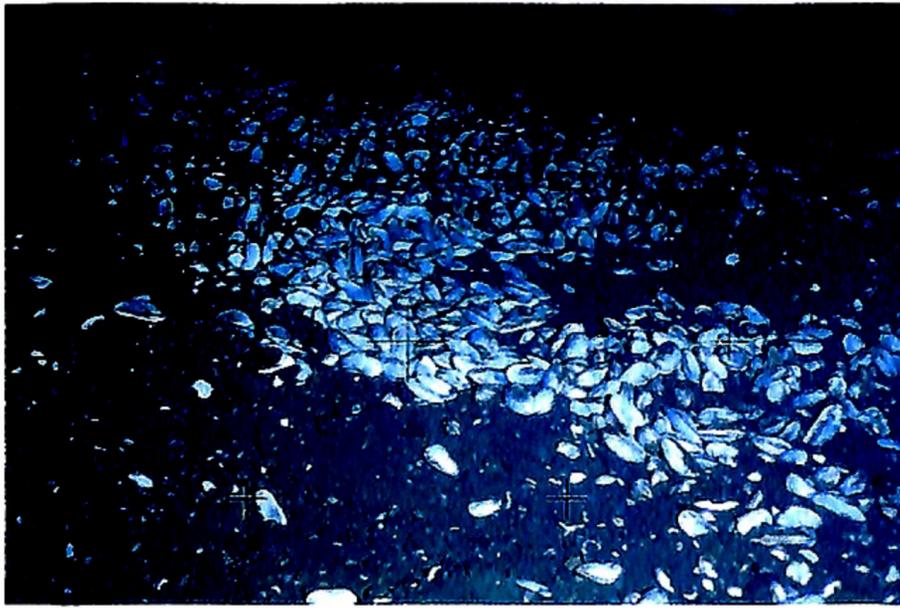


図-4 密集して生息するシロウリガイの生態。沖ノ山堆, 水深 1,122 m, D3K#167

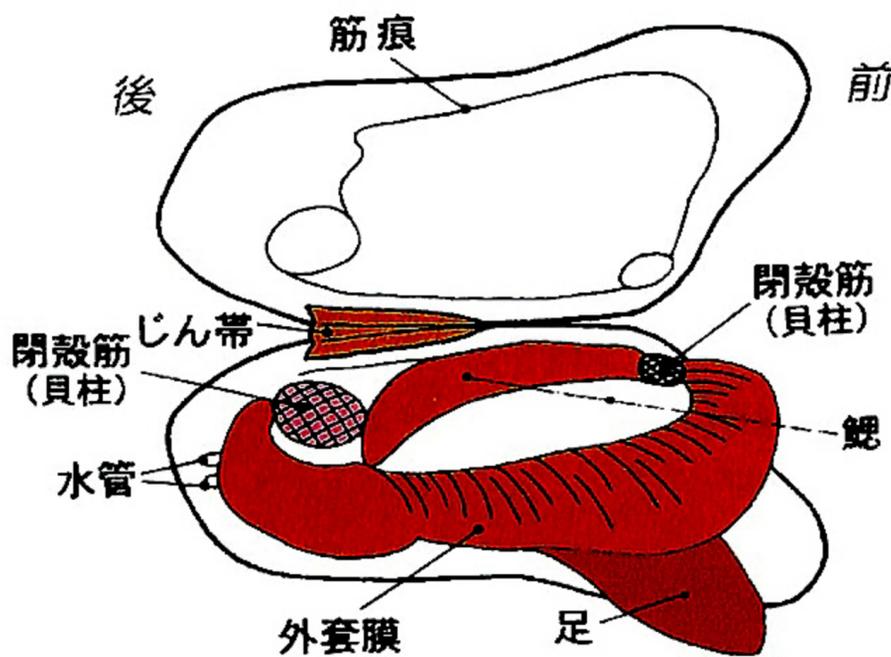


図-5 シロウリガイの解剖図
殻内面の筋痕。そのわん入は内臓部分で欠けている

させて生命を維持している。これと同時に貝の上方(後)にある水管から、海水中の酸素も並行的に吸収して、生命を維持している(図-7)。おそらく酸素がなかった原始の海の時代から巧みに進化し続け、生きのびる方法を得てきたのだろう。これらの生物群集は、化学合成で生命活動を行うので、化学合成生物と呼ばれている。

シロウリガイは雌雄異体である。第12回「しんかい研究シンポジウム」で、シロウリガイの放卵・放精は、季節に関係なく、水温が0.2℃上昇した時に初島沖で観察されたことが報告された(門馬ほか, 1995)。どのような生殖活動をするかを解明するのが、これからの課題であろう。シロウリガイは、水温の低い高水圧の深海で厚い殻を成長させているにもかかわらず、その成長速度は速いといわれている。寿命については数年~十数年と推定されている。

同じ環境に生息するシンカイヒバリガイ類はメタンを

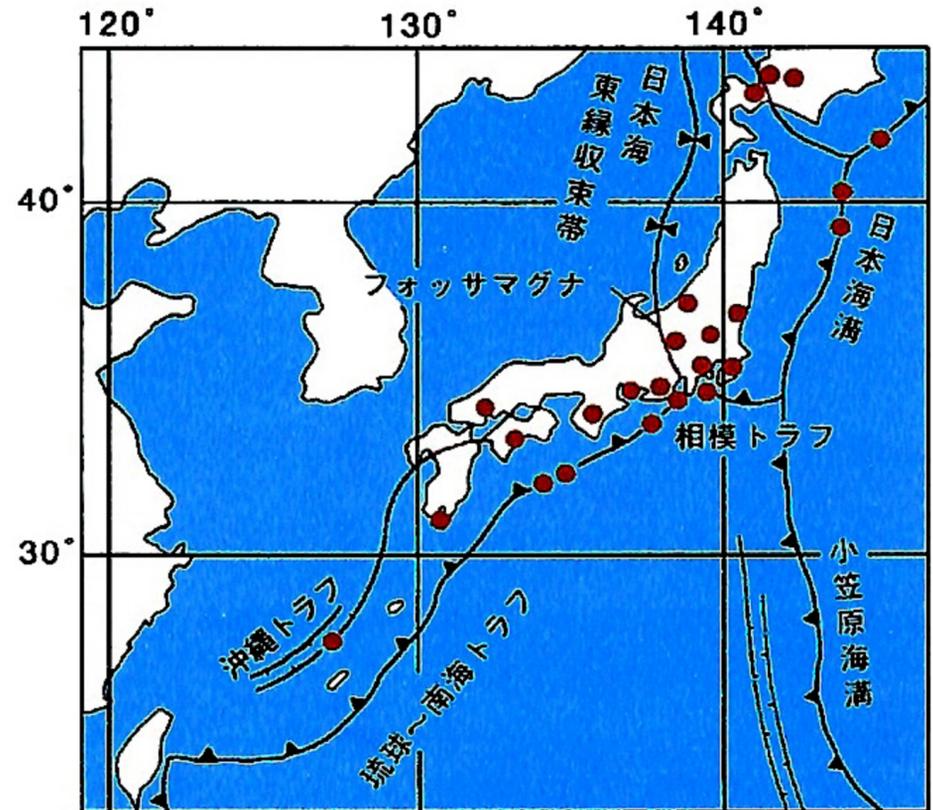


図-6 日本と周辺海域で発見された化学合成動物群集の主な化石産地と生息海域(●)。▲の付いている太い曲線は主なプレート境界

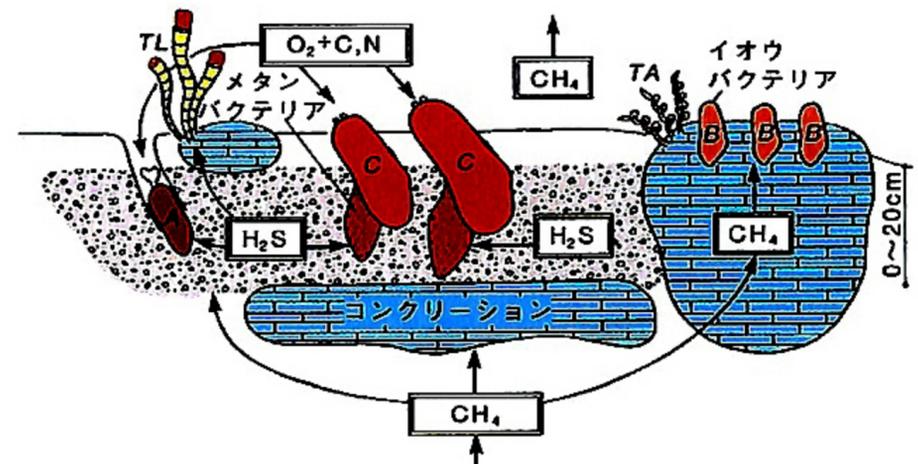


図-7 シロウリガイ類コミュニティの生息モデル(服部ほか, 1996 aを改変)。C: *Calyptogena* シロウリガイ属, B: *Bathymodiolus* シンカイヒバリガイ属, A: *Acharax* スエヒロキヌタレガイ属, TL: *Lamellibrachia*; TA: *Alaysia* ハオリムシ類(チューブワーム)

直接吸収できるといわれており(Hashimoto and Okutani, 1994), チューブワームはまったく消化器官をもたないで、硫化水素に依存している動物である。

4. コンクリーション

これらのコミュニティ周辺の海底下に点在するコンクリーションは、深海でメタン CH_4 からつくられた炭酸塩岩である。海底で硫化水素 H_2S がつくられているのは $CH_4 + SO_4^{2-} \rightarrow CO_3^{2-} + H_2S + H_2O$ の化学式で説明されている(増澤・半田, 1989)。

初島沖の還元環境にある黒色の泥中には、炭酸カルシウム $CaCO_3$ が多量に含まれ、ドロマイト $MgCO_3$ がいく

ら含まれる炭酸塩岩が見つまっている (図-8)。この石灰岩は ^{13}C の多い軽い炭素 (-27~-38‰) から作られ、海水の $\delta^{13}\text{C}$ より明らかに薄いことから、メタン起源の炭素と考えられる。三浦半島の葉山層・池子層・小柴層、房総半島の白間津層・柿ノ木台層の化学合成動物群化石を含むコンクリーションも ^{13}C の多い軽い炭素 (-27~-38‰) からなることから、冷湧水起源であることが証明されている (図-9; 服部ほか, 1994, 1996 a, b; 服部・大場, 1996)。

これらのコンクリーションは $\text{Ca}^{+2} + \text{CO}_3^{-2} \rightarrow \text{CaCO}_3$ の反応式でつくられたと説明されている。

相模湾沖ノ山堆のコロニーの直上水からは 174 nl/m^3 の高濃度のメタンが検出されており、初島沖からは $10,000 \text{ nl/m}^3$ とさらに高濃度のメタン湧水が報告されている。海底を掘ると、海底表面の泥は茶褐色で酸化環境下にあるが、5~20 cm 付近の泥は真っ黒で硫化水素臭がし、還元環境にあることがわかる。このことから、シロウリガイは、体の下部が還元環境に、上部が酸化環境にある特殊な生態となっている。貝殻の前部が黒くなっ

ているのは、炭素同位体比 $\delta^{13}\text{C}\text{‰}$ が薄い (服部・大場, 1994, 1996) ことから明らかである。

私は、強烈な硫化水素臭のするヘモグロビンの真っ赤な血がしたたっていたシロウリガイの鰓と貝柱を「なつしま」の船上で試食したことがあるが、イオウ臭くて味はよくわからなかった。

5. シロウリガイ類コミュニティ

相模湾のシロウリガイには、形態的・遺伝的に2群あるといわれ、遺伝子構造を用いた分類の見直しが進められている (小島ほか, 1996; 小島・芦, 1996; Kojima and Ohta, 1997)。日本周辺の太平洋側周辺には、図-6と表-1のように種類の異なるシロウリガイ類が水深250 m から潜水艇で調査可能な限界深度の6,500 m までの深海底から発見されている。まさに日本の周辺海域は、シロウリガイ類研究者にとっては宝の海といえよう。

これらのシロウリガイ類コミュニティは、海洋プレー

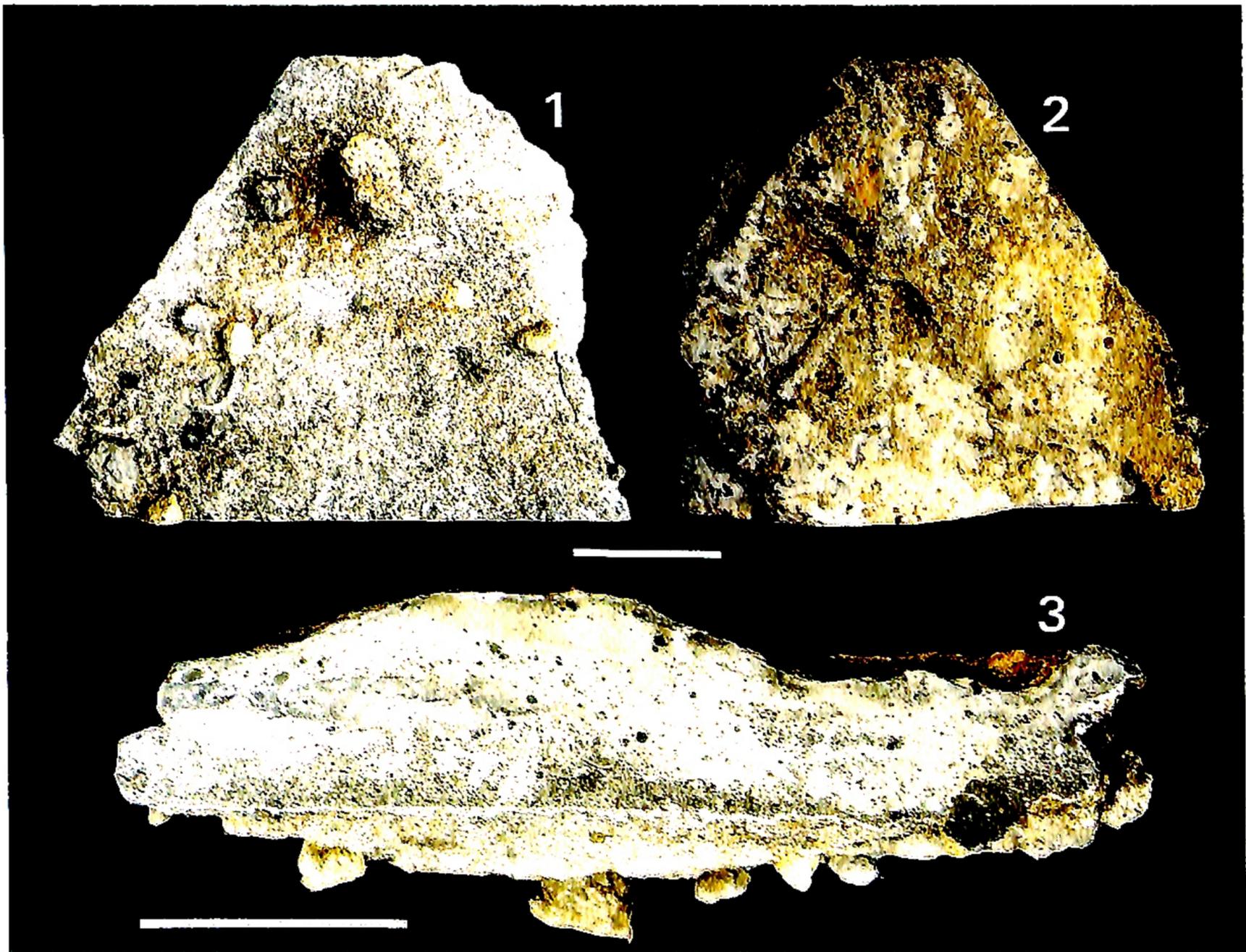


図-8 炭酸塩類コンクリーション。初島南東沖, 水深 1,180 m。1. 下面, 2. 上面, 3. 断面。スケールは 10 cm

トが陸地プレートの下に潜り込む地殻の割れ目付近から多く発見されている。その場所は、相模湾のフィリピン海プレートと北米プレートとの力学境界である相模トラフ、駿河湾—遠州灘のフィリピン海プレートとユーラシアプレートとの境界である南海トラフ、太平洋プレートと北米プレートの境界にあたる日本海溝、ユーラシアプレート内の新しい割れ目である沖縄トラフなどから見つかる。これらの割れ目からはメタン湧水が確認されている。プレート境界である断層は、同時に地震の巣でもあり、シロウリガイの行動と地震との関係も注目され、相模湾初島沖では24時間体制のシロウリガイの観察が続けられている。

シロウリガイをはじめとする消化管の退化した化学合

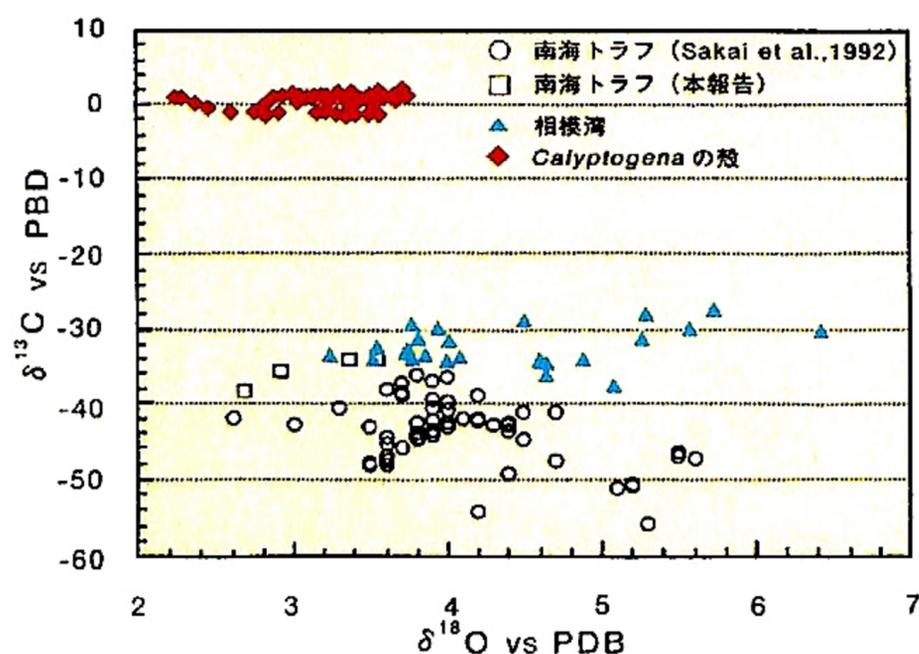


図-9 シロウリガイと相模湾及び南海トラフ産炭酸塩類の $\delta^{13}\text{C}$ 値と $\delta^{18}\text{O}$ 値(服部ほか, 1996aを改変)

成動物群集には、つぎのような種類が相模湾から報告されている。

1) アケビガイ *C. (Akebiconcha) kawamurai* (図-10)。模式産地は小田原沖の150mとされているが、この海域からその後採集されていない。房総半島沖水深250~600m(蟹江, 1990; 渡辺, 1994)で採集されているものと初島沖・相模海丘で見つかったものの一部は、アケビガイに関係が深いと言われている。

2) キヌタレガイ類のスエヒロキヌタレガイ *Acharax johnsoni* (図-11) とキヌタレガイ属 *Solemya* は、泥中の硫化水素を吸収して生息している。

3) シンカイヒバリガイ類 *Bathymodiolus*, は炭酸塩で作られたコンクリーションに足糸で付着している。海水中のメタンを直接吸収できると言われている(図-



図-10 アケビガイ *Calyptogena (Akebiconcha) kawamurai*。房総半島沖、水深約300m

表-1 日本近海で発見されているシロウリガイ類

種名	学名	水深(m)	生息海域
シロウリガイ	<i>C. soyoae</i> *	1,000-1,450	相模湾
シマイシロウリガイ	<i>C. okutani</i> **	1,000-1,450	相模湾
エンセイシロウリガイ	<i>C. solidissima</i>	600-800	沖縄トラフ
ナンカイシロウリガイ	<i>C. nankaiensis</i>	1,100	南海トラフ
ワダツミシロウリガイ	<i>C. pacifica</i>	500	オホーツク海
	<i>C. ochotica</i>	192-262	オホーツク海
アケビガイ	<i>C. (Akebiconcha) kawamurai</i>	250-600	房総半島沖
スルガシロウリガイ	<i>C. (Ectenagena) fausta</i>	1,490	南海トラフ
ノチールシロウリガイ	<i>C. (E.) nautili</i>	3,800	南海トラフ
テンリュウシロウリガイ	<i>C. (E.) laubieri</i>	3,800	南海トラフ
カイコウシロウリガイ	<i>C. (E.) kaikoi</i>	3,800	南海トラフ
	<i>C. (E.) ochotensis</i>	1,643	オホーツク海
	<i>C. (E.) rectimargos</i>	1,643	オホーツク海
ナギナタシロウリガイ	<i>C. (E.) phaseoliformis</i>	5,000-6,500	日本海溝

Ectenagena 亜属は遺伝子情報から *Calyptogena* 亜属と区分できないとの見方 (Kojima et al., 1995) もあるが、ここでは従来の分類に従った。

C.: *Calyptogena*, E.: *Ectenagena*.

** Aタイプとされたもので、遺伝子情報から区別された (Kojima and Ohta, 1997)

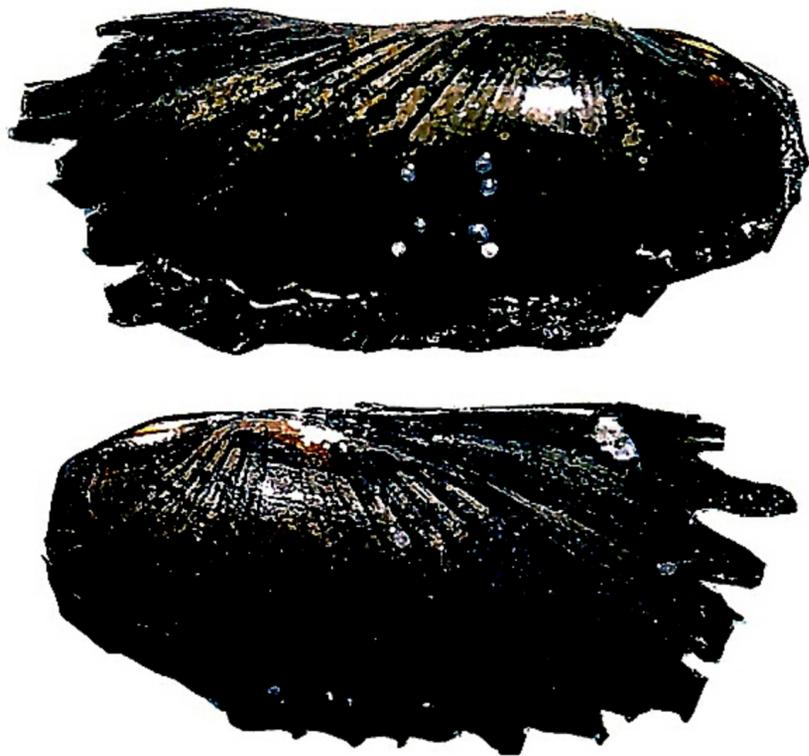


図-11 スエヒロキヌタレガイ *Acharax johnsoni*。初島南東沖, 水深 1,165 m。殻長 6.5 cm



図-12 チューブワームの生息地。後方にシロウリガイのコミュニティが見える。初島南東沖, 水深 1,173 m, 2K#191

7)。

4) オウナガイ属 *Choncocele* は泥中の硫化水素を吸収することにより生息しているらしい。

5) ヨシダツキガイモドキ *Lucinoma yoshidai* は初島沖の砂泥中から産する(藤倉ほか, 1995)。近縁のオオツキガイモドキ *L. spectabilis* は, 遠州灘の水深 270~300 m の海底下 10~15 cm の砂泥中に生息していた。本種は海洋科学技術センターの水槽内で硫化水素を発生する硫化ナトリウム水和化物を用いて長期間飼育されている(橋本ほか, 1995)。

6) チューブワーム(ハオリムシ)は環形動物に近いとされ, ヒゲムシ類にもっとも近縁であることが最近報告された(小島ほか, 1996)。*Lamellibranchia* と *Escarpia* 属の 2 種が相模湾で発見されている(図-12)。鹿児島湾で採集されたサツマハオリムシ *L. satsumaensis* は, 硫化ナトリウムを餌とすることにより海洋科学技術セン

ターで長期間飼育されている。これら 3 種のチューブワーム生管には濃縮されたイオウ元素の分布がみられ, 硫化水素の代謝があったことが証明されている(長沼ほか, 1996)。

(以下, 次号に続く)

引用文献

- 1) 藤倉克則・橋本 惇・藤原義弘・奥谷喬司 (1995): 相模湾初島沖化学合成生物群集の群集生態. JAMSTEC 深海研究, 11, 227-241.
- 2) 橋本 惇・田中武男・松澤誠二・堀田 宏 (1987) 相模湾初島沖におけるシロウリガイ群集の調査. 第 3 回「しんかい 2000」研究シンポジウム報告書, 37-50.
- 3) Hashimoto, J. and Okutani, T. (1994): Four new Mytilid mussels associated with deep sea chemosynthetic communities around Japan. *Venus Japan. Jour. Malacol.*, 53, 61-83.
- 4) 橋本 惇・藤倉克則・藤原義弘・太田 秀・小島茂明・葉 信明 (1995): 遠州灘金洲ノ瀬におけるオオツキガイモドキとハオリムシ類を共優占種とする冷水湧出帯生物群集の観察. JAMSTEC 深海研究, 11, 211-217.
- 5) 服部陸男・蟹江康光・橋本 惇・藤倉克則 (1993): 相模湾・駿河トラフの沈み込み帯に生息するシロウリガイ類の地質学的背景, 生態と殻の形態. 第 9 回しんかいシンポジウム報告書, 237-251.
- 6) 服部陸男・大場忠道・蟹江康光・秋元和實 (1994): 相模湾初島沖で発見された自生の炭酸塩類. JAMSTEC 深海研究, 10, 405-416.
- 7) 服部陸男・大場忠道 (1996): 相模湾初島沖の冷湧水動物群集中のシロウリガイ殻の酸素・炭素同位体比とシロウリガイ殻及び炭酸塩類の ^{14}C 年代. 第 13 回「しんかいシンポジウム」予稿集, 65-68.
- 8) 服部陸男・蟹江康光・大場忠道・秋元和實 (1996 a): 相模湾の沈み込み帯の冷湧水域に伴う炭酸塩類と化学合成独立栄養動物群集の環境. 化石, 60, 13-22.
- 9) 服部陸男・蟹江康光・大場忠道・秋元和實・菅野三郎 (1996 b): 相模湾および陸上の沈み込み帯の冷湧水に伴う炭酸塩類と独立栄養動物群集の生成環境. JAMSTEC 深海研究, 12, 117-132.
- 10) 蟹江康光 (1990): 南関東の現生シロウリガイ・アケビガイと新第三紀シロウリガイ類の殻形態. 横須賀市博研報(自然), 38, 19-23.
- 11) Kanie, Y., Hattori, M. and Sasahara, Y. (1992): Two types of white clam communities in Sagami Bay, central Japan: geologic settings and the Tertiary records. *Sci. Rept. Yokosuka City Mus.*, 40, 37-43.
- 12) Kojima, S., Segawa, R. and Ohta, S. (1995): Molecular evidence that *Calyptogena laubieri* (Bivalvia: Vesicomidae) is valid species. *Venus, Japan. Jour. Malacol.*, 54, 153-156.

- 13) 小島茂明・太田 秀・橋本 惇 (1996) : 相模トラフ・南海トラフにおけるシロウリガイとハオリムシの分布と系統. 化石, 60, 23-25.
- 14) 小島茂明・芦 寿一郎 (1996) : 南海トラフ竜洋海底谷で採集された2種のシロウリガイ類. JAMSTEC 深海研究, 12, 155-157.
- 15) Kojima, S., and Ohta, S. (1997) : *Calyptogena Okutanii* n. sp., a sibling species of *Calyptogena soyoae* Okutani, 1957 (Bivalvia : Vesicomidae) : *Venus, Japan. Jour. Malacol.*, 56, 189-195.
- 16) 増澤敏行・半田暢彦 (1989) : 重錐打ち込み式コアラーによる相模湾初島沖海底生物群集からの砂質堆積物コアの採取と間隙水の化学組成 (「しんかい 2000」第 380 潜航). 第 5 回「しんかい 2000」研究シンポジウム, 23-29.
- 17) 門馬大和・満沢巨彦・海宝由佳・岩瀬良一・藤原義弘 (1995) : 相模湾初島沖の深海底総合観測-シロウリガイ群生域の1年間. JAMSTEC 深海研究, 11, 249-268.
- 18) 長沼 毅・服部陸男・橋本 惇・蟹江康光 (1996) : 現生チューブワーム生管における元素分布とその生息環境における炭酸塩類生成. 化石, 60, 26-31.
- 19) 奥谷喬司・江川公明 (1988) : 相模湾漸深海帯におけるシロウリガイの生態及び遺骸堆積の観察. 貝類雑, 44, 285-289.
- 20) Shikama T. and Masujima, A. (1969) : Quantitative studies of the molluscan assemblages in the Ikego-Nojima Formations. *Sci. Repts. Yokohama Natl. Univ., Sec. 2*, 15 : 61-94, pls. 5-7.
- 21) 内田俊夫・橋本 惇・藤倉克則・奥谷 喬 (1989) : シロウリガイ群集の定点調査. 1989 年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集 : 158.
- 22) 渡辺富夫 (1994) : アケビガイの軟体. みたまき, 相模貝類同好会会報, 29 : 14.

海洋地球研究船「みらい」完成

深海開発技術部

網谷 泰孝

Yasutaka AMITANI

1. はじめに

平成9年9月海洋地球研究船「みらい」が誕生しました。「みらい」は、原子力船「むつ」がその使命を果たし、平成7年に解役されてから2年をかけて改造され、海洋さらには地球の諸現象を解明するという新たな使命を帯びて再生したのです。

世界各地で起きている異常気象や地球の温暖化には、地球の表面の70%を占める海が大きな影響を及ぼしていると考えられています。「みらい」は、地球環境の変化の原因を解き明かすために、大型船の利点を生かし、西部太平洋の赤道域に海洋観測ブイ TRITON を効率的に展開したり、これまで観測データの空白域といわれていた気象・海象条件の厳しい高緯度海域や氷縁域での観測を安全に実施できるように計画されました。

2. 本船の特徴

「みらい」の特徴をあげると次のようになります。

(1) 広域・長時間の観測航海が可能

航続距離は、船速16ノットで約12,000海里、航海日数は観測日を含めて60日です。

(2) 荒天時の航行性が優れ、耐氷性を有する

観測船としては世界最大級で、新開発の減揺装置を採用し横揺れの減少に努めています。また砕氷能力はありませんが、夏季の北極海域への航海を想定して、水線付近の船殻構造は耐氷構造としています。

(3) 大型観測機器・機材の搭載と観測海域での設置・回収が可能

当センターが新たに開発した海洋観測ブイ TRITON を最大15基搭載し、設置・回収ができます。さらに、大型CTD/採水器、20mピストンコアサンプラー、6,000m級曳航体等の搭載・運用が可能です。

(4) 観測機器の洋上で組立・点検・修理が可能

長時間の観測航海を効率的に実施するためには、観測機器の組立・点検・修理を洋上で行う必要があります。そのためスペース・装備だけでなく、それらの作業のための研究支援要員を常時乗船可能な定員としています。

(5) 採取した試料を速やかに処理・分析できる

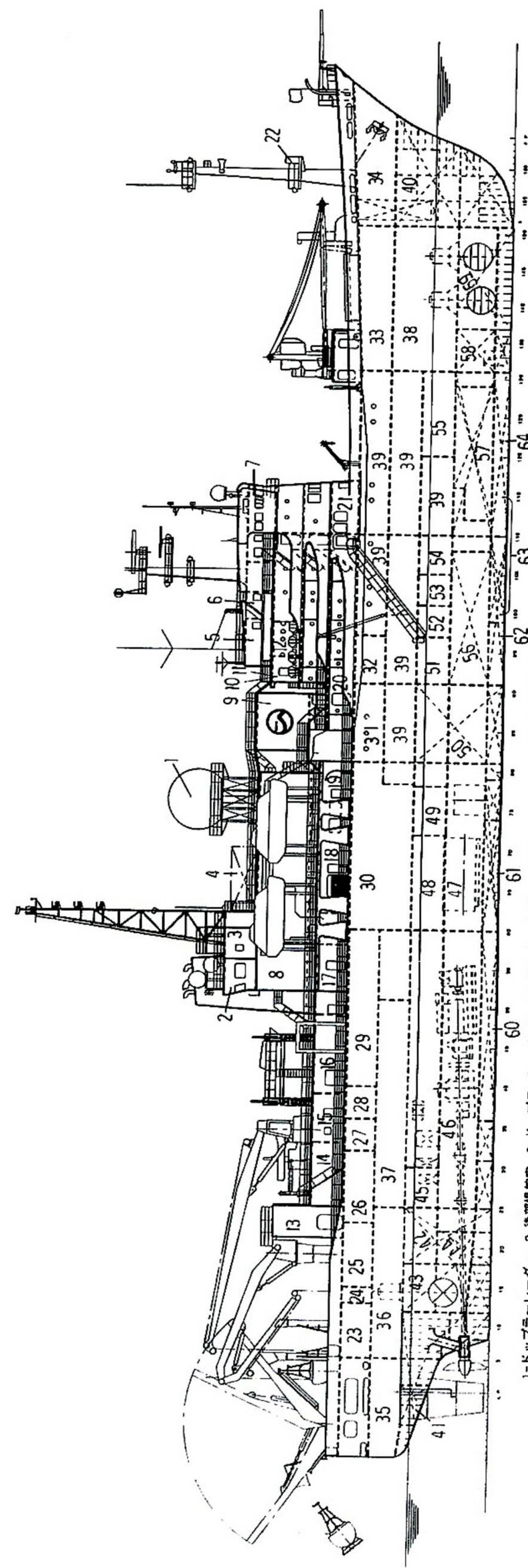
海水、大気、堆積物等の最新の試料処理・分析設備を装備しており、船上で速やかに高度な分析ができます。

(6) 観測時における優れた操船性

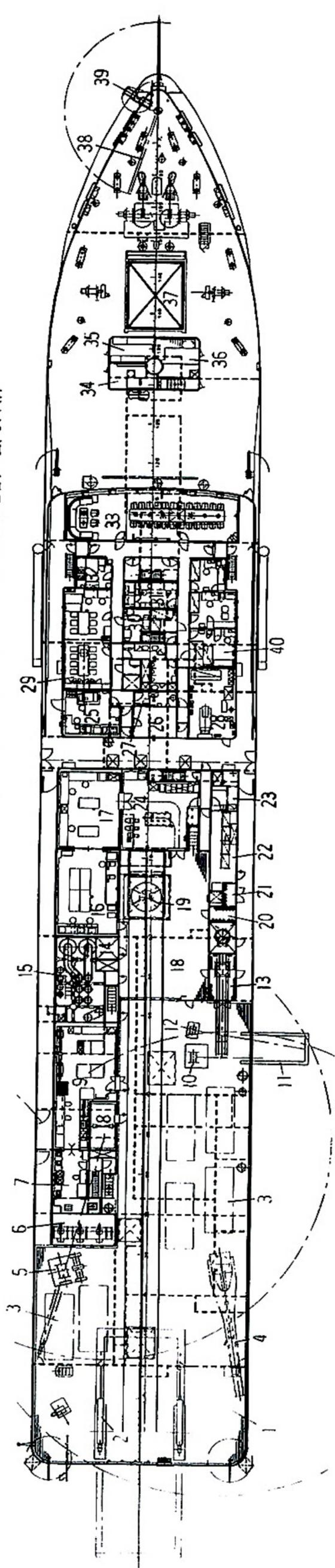
2軸2舵可変ピッチプロペラのディーゼル電気複合推進システムを採用しています。これらを組み合わせて操作するジョイスティックコントロールシステムを採用し、方位保持や定点保持を容易にできるようにしていま



図-1 海洋地球研究船「みらい」



- 1-ドップラーレーダー、2-後部操舵室、3-ドップラーレーダー室、4-ラジオソノデ(放球コンテナ)、5-調査指揮室、6-無線室、7-操舵室、8-第1係留ブイ格納庫、9-減振装置室、10-気象観測室
- 11-バッテリー室、12-衛星受信室、13-スウェルコンベンセータスペース、14-ウェットラボ2、15-甲板部準備室、16-ウェットラボ1、17-CTD室、18-船用品庫(2)、19-海水処理室、20-非常用発電機室
- 21-大会議室、22-大気ガス採取プラットフォーム、23-海水処理室、24-冷蔵庫、25-冷凍庫、26-クリンルーム、27-オートサルージ、28-生物・化学区画用空調機室(A)、29-研究機器用倉庫兼観測機器倉庫
- 30-第2係留ブイ格納庫、31-データ処理室、32-乾燥室、33-船用品庫(1)、34-甲板長倉庫、35-乾取機室、36-ウェイン子室、37-ロープ庫、38-バラストスタブ、39-居室、40-FPT、41-APT
- 42-No.5 BWT、43-スタンスラスタスタ室、44-No.5 FOT、45-第6空調機室、46-主機室、47-発電機室、48-機関部工作室、49-機関制御室、50-No.2 FOT、51-手荷物ロッカー、52-漬物庫、53-乾物庫
- 54-米庫、55-表層海水分析室、56-No.1 FOT、57-PWT、58-固定バラスト、59-No.1 BWT、60-No.4 FOT、61-No.3 FOT、62-No.3 BWT、63-音響ドーム、64-FWT



- 上甲板
- 1-観測甲板、2-Aフレームクレーン、3-研究コンテナ、4-多関節クレーン、5-4,000m気体ウィンチ、6-スウェルコンベンセータスペース、7-ウェットラボ2
 - 8-甲板部準備室、9-ウェットラボ1、10-CTDウィンチ、11-ギヤロー、12-クレーン探水ウィンチ、13-CTD室、14-エレベーター、15-機関室クーリング
 - 16-ドライラボ、17-セミドライラボ、18-第1係留ブイ格納庫、19-大型ブイ搬送台車、20-N₂ガスボトルルーム、21-酸素・アセチレンボトル格納スペース、22-船用品庫(2)
 - 23-潜水要員室、24-係留ブイ装置調整室、25-大気ガス観測室、26-甲板倉庫(3)、27-火災制御室、28-非常用発電機室、29-図書室兼小会議室、30-コピー室、31-事務室
 - 32-配膳室、33-大会議室、34-大会議室、35-ペイントロッカー、36-甲板倉庫(1)・大工室、37-ハッチ38-アルベドーム、39-大気ガス採取口、40-居室

図-2 海洋地球研究船「みらい」の一般配置

す。

(7) 共同利用型研究船

本船の運用は、関係省庁、大学、関係法人等の研究者による共同利用となっています。そのために、新しいテーマや観測活動にも対応できるように、汎用の研究室を準備しており、後部甲板には多数の研究用コンテナの搭載も可能です。

表-1 「みらい」の主要目

1) 主要寸法	全長	128.58 m
	幅	19.0 m
	深さ (第2甲板)	10.5 m
	計画喫水	6.5 m
2) 総トン数		8,672 トン
3) 船級		日本海事協会
4) 航行区域		国際遠洋
5) 最大搭載人員		80 名
	(研究員 28 名, 研究支援要員 18 名, 乗組員 34 名)	
6) 航海速度 (ディーゼル推進時)		約 16 ノット
	(電気推進時)	約 10 ノット
7) 航続距離		約 12,000 海里
8) 航海日数		60 日
9) 推進機関	2 軸 2 舵ディーゼル電気複合推進システム	
	主機関	1,838 kW × 4 台
	推進電動機	700 kW × 2 台
	推進器 可変ピッチプロペラ	2 組
	サイドスラスト	11.5 トン × 3 台
	ジョイスティックコントロールシステムを採用	
10) ハイブリッド式減揺装置 (固体マス 100 トン)		1 台
11) 耐氷性		NK Ice Class IA

3. ブイハンドリングシステム

世界の気候変動に大きな影響を及ぼすエルニーニョ/南方振動及びアジアモンスーン、そして10年規模の変動に着目した太平洋規模の熱循環機構の解明のため、当センターは海上気象及び海洋上層の水温・塩分・流れを観測する海洋観測ブイ TRITON を開発していますが、これを西太平洋の赤道域、中高緯度域及びインド洋に展開することは、本船の主要なミッションです。

ブイの格納・洋上組立・機器調整・投入・揚収を効率的に実施できるように、観測甲板 (後部上甲板) に隣接して第1及び第2係留ブイ格納庫、ロープ庫、観測機器倉庫、係留ブイ装置調整室を配置しています。また、シーステート4での安全な運用を可能とするため、様々な工夫がなされています。

ブイは、第2係留ブイ格納庫で特殊な動揺防止装置付きの天井クレーンでリフター上の走行台車に載せられ、第1係留ブイ格納庫に上昇します。ここで、タワーと観測機器が取り付けられ、走行台車で船尾のAフレームクレーンの下へ運ばれ、投入されます。Aフレームクレーンには、油圧駆動のV字型のブイ押さえがあり、ブイは10トンウインチで吊り上げられ、さらにブイ押さえで押さえ込まれて、舷外へ出されます。また、係留用ワイヤロープやナイロンロープは、ロープ庫からリフターで観測甲板へ運ばれます。

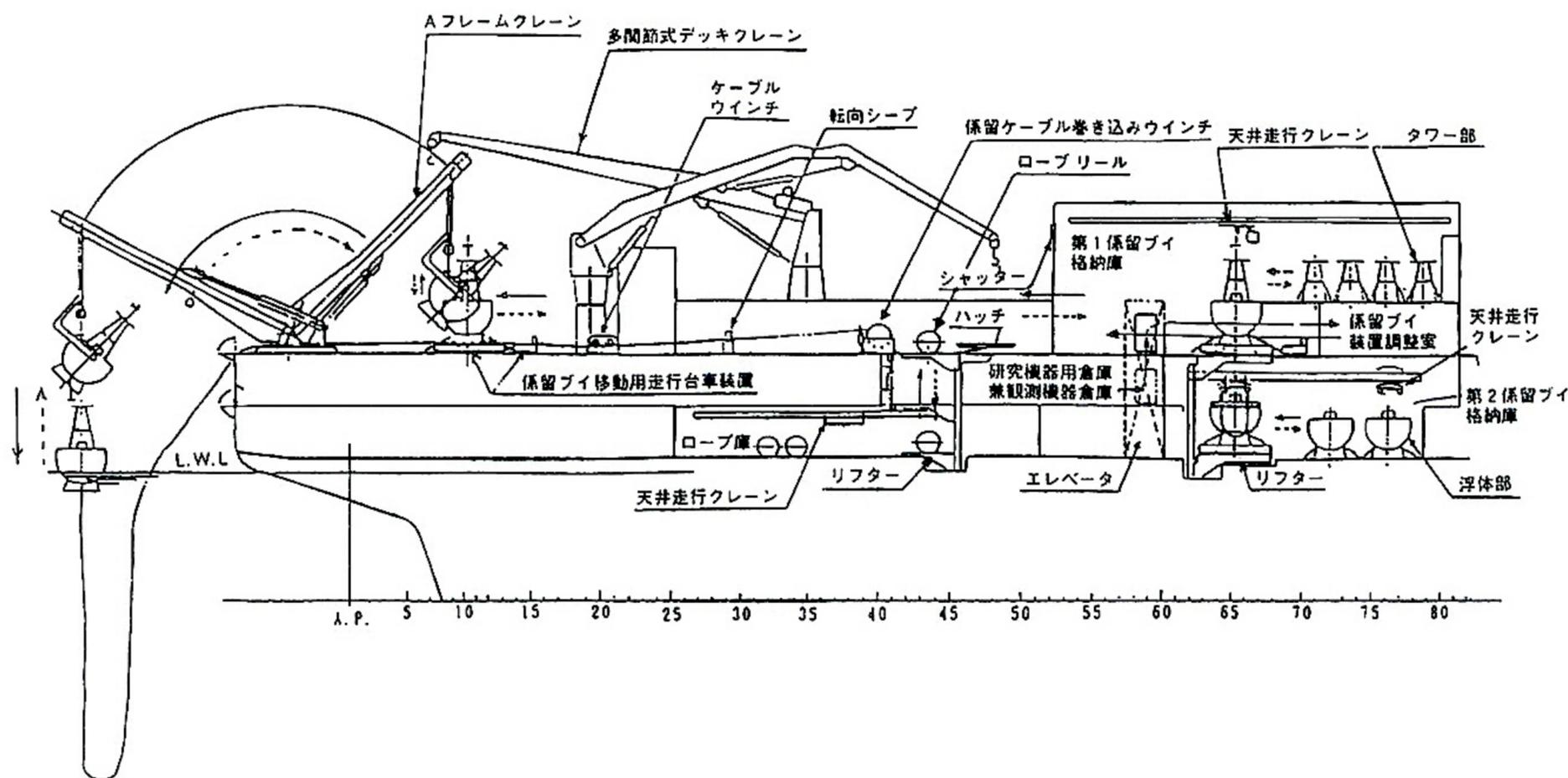


図-3 ブイハンドリングシステム

係留系用のウインチは、シャックル等もそのまま巻き上げられるトラクションウインチ1台と2台のケーブル巻き取りウインチが用意されており、これらは、他のミッションの航海では取り外し、甲板を広く使えるようになっています。



図-4 油圧駆動 V 字型パイプさえ

4. 大型・小型 CTD/採水器のハンドリング

CTD 計測及び採水は海洋観測で最も基本的な観測です。CTD とは、海水中の塩分と水温の鉛直分布を測る装置で、この枠には、任意の水深で採水できるロゼットサンプラーを取り付けています。本船には、12 リットル×36 本あるいは 30 リットル×24 本、水深 9,500 m の大型と、12 リットル 12 本、水深 7,000 m の小型が装備されています。

大型は A フレームクレーン直下の 2 甲板の海水処理室に格納されており、リフターにより観測甲板へ出てきます。そして、A フレームクレーンの CTD キャッチャーで固定されて舷外へ振り出されます。採取された海水は、海水処理室で取り出され、隣接して配置された生物・化学試料処理室、生物・化学分析室、分析暗室等で効率よく処理・分析されます。

小型は、上甲板の CTD 室に格納されており、台車により観測甲板へ引き出され、CTD キャッチャー付きの右舷ギャロースでハンドリングされます。この作業は減揺装置を作動させ横波状態で船体の陰に静穏海面をつくって行います。

どちらもウインチ操作は、A フレームクレーン及びギャロースの機側と、後部操舵室で操作できます。また、大型の CTD キャッチャーは A フレームクレーンが汎用のため、着脱式です。

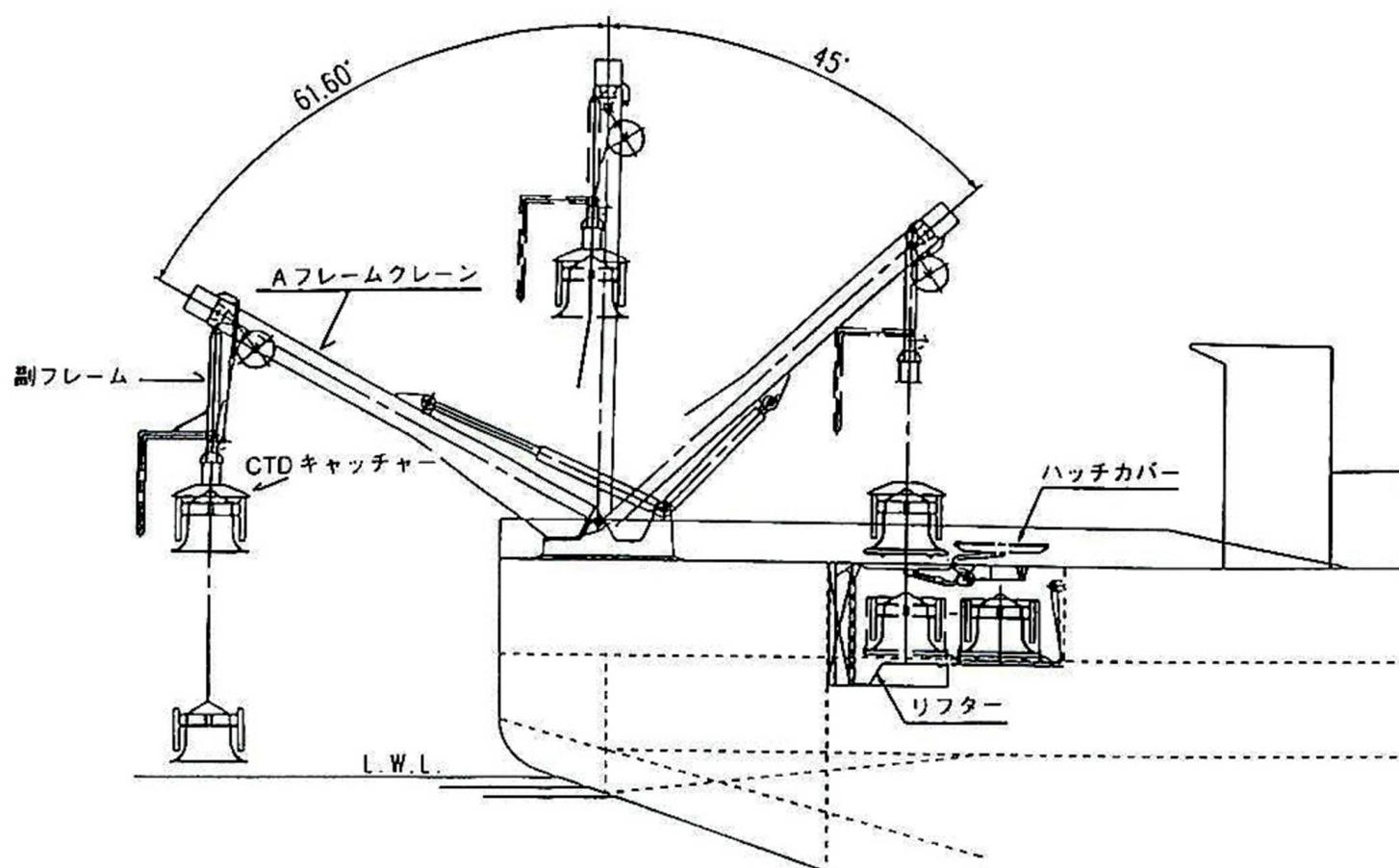


図-5 大型 CTD 採水器ハンドリングシステム

5. 横揺れの低減と上下動の吸収

本船は、荒天海域での観測精度及び安全性の向上を図るために、ハイブリッド式減揺装置とアクティブ制御スウェルコンペンセータを装備しています。

(1) ハイブリッド式減揺装置

本船は停船状態でブイや採水器のハンドリングを行うため、フィンスタビライザは効果がなく、アンチローリングタンクも応答性があまりよくないため、新型の減揺装置を開発して搭載しました。

これは、100トンの錘を円弧状のレールの上で船体の左右に移動させて減揺するものです。錘が円弧状のレールの上を移動すると、重力により「振り子」の力が揺れと逆向きに作用します。さらに、横揺れをセンサで感知しコンピューターで制御された「電動モータ」で、錘を船体の横揺れ状態に合わせて、揺れの力と逆の力が出るように動かします。「振り子」と「電動モータ」の両方の力を組み合わせる「ハイブリッド方式」で、小さな動力で大きな減揺効果を発揮します。これにより、本船の横揺れ角は、ほぼ半分に低減されます。

(2) アクティブ制御スウェルコンペンセータ

Aフレームクレーンから海中に吊り下げられた観測機器は、船体の上下動やピッチングにより、大きく上下動し、計測値の精度に影響を与えるだけでなく、吊り索の張力に急激な変動をもたらす索を傷める原因となります。そこで、本装置は船体運動をセンサで感知し、コンピューター制御によりアクティブに索の繰り出し長を制御し、観測機器の上下動を小さくするとともに、吊り索の急激な張力変化を防止します。

この装置は、Aフレームクレーンを使用する大型CTDウインチ、ピストンコアウインチ、6,000m曳航体ウインチのそれぞれに装備されています。

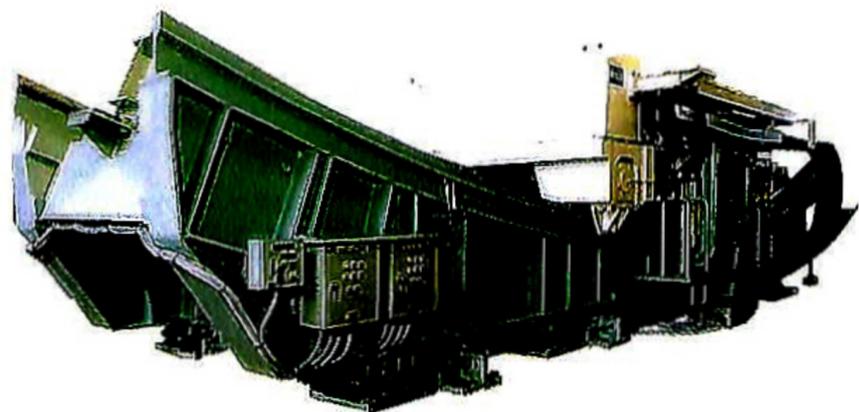


図-6 ハイブリッド式減揺装置

6. 観測・研究機器及び研究室

本船は地球環境の変化を研究するために建造されました。そのため、海底下の固体地球、海洋、大気を総合的に調査観測するための、様々な観測・研究機器及び観測支援機器が搭載されています。主なものを以下に示します。

(1) 大気

ドップラーレーダーシステム、ラジオゾンデ自動放球コンテナ、総合海上気象観測装置、大気ガス採取装置、大気ガス分析用諸装置

(2) 海洋

表層海水連続分析装置、海水分析用諸装置、波高計、音響式流向流速プロファイラ、自動ランチャ式XBT/XCTD、XCP、クリーンルーム、低温実験室(-30℃)、海洋レーザー(後日装備予定)

(3) 固体地球

マルチナロービーム測深機、サブボトムプロファイラ、曳航式プロトン磁力計、船上3成分磁力計、船上重力計、ピストンコアサンプラ、堆積物分析用諸装置

(4) 観測支援機器

電波航法装置、音響航法装置、衛星データ受信システム、船内データ管理システム(LAN)、船内CATVシステム

また、以下の16研究室があり、それぞれに必要な分析装置等が作業効率を考慮して配置されています。また、船内情報管理システム及び船内CATVシステムにより、各研究室等において観測作業の進捗状況を把握することができます。

(1) 大気

ドップラーレーダー室、気象観測室、大気ガス観測室

(2) 海洋

生物・化学試料処理室、生物・化学分析室、分析暗室、表層海水分析室、低温実験室、海洋レーザー信号処理室

(3) 固体地球

ウェットラボ1, 2, ドライラボ, セミドライラボ, X線室

(4) その他

調査指揮室, データ処理室

7. おわりに

本船は、平成9年9月29日に当センターに引き渡さ

れ、平成10年秋からの本格的な研究運航に向けて、1年間の慣熟航海を行っています。造船所での海上公試と違い、より実際の調査観測に即した運航がなされており、ここから得られた知見を基に、必要に応じて、さらに改

善の検討を行っていくこととしています。

本船の今後の活躍を期待するとともに、それによって、地球規模の環境変動の解明に大きく弾みがつくことを願っています。

海洋地球研究船「みらい」の利用計画

海洋観測研究部 菱田 昌孝
Masataka HISHIDA

1. はじめに

海洋地球研究船「みらい」は平成9年10月30日東京晴海において深海研究船「かいらい」とともに、皇太子御夫妻御臨席のもと、各界関係者に御出席いただき晴れの竣工式を行った外、31日以後東京晴海、むつ市関根浜の一般公開をすべて終了し、11月9日から初の慣熟訓練航海として荒波の待つ北太平洋高緯度域の物質循環観測研究に出発しました。

人類は巨大化する地球環境問題への対応を急速に迫られています。海洋の諸現象を地球規模で明らかにしていくため熱循環、物質循環、海洋生態系、海洋底ダイナミクスの解明の4つの重点基盤研究を推進する海洋地球研究船「みらい」がこうした背景のもとに原子力船「むつ」の大改造により作られました。

「みらい」は今、国内外から大きな注目と熱い期待を集めています。「みらい」は平成5年12月の海洋開発審議

会第4号答申において上記の目的を達成するため、関係省庁、大学、政府関係法人等の共同で作成した利用計画に基づき、当センターが運用を行う世界に開かれた共同利用の研究船です。

地球温暖化、異常気象などの気候変動は、海洋変動と深く結びついています。北極海域や熱帯赤道海域の外、北太平洋高緯度海域など荒天等の理由により、観測の空白または不足の海域において多様かつ高精度の貴重なデータを取得する大型海洋観測研究船が遂に完成し、数多くの研究プロジェクトが実施できるようになりました。

平成10年10月末までの1年間は慣熟訓練航海であり、その後本格的な共同利用の海洋観測研究航海に活躍することが予定されています。

2. 利用計画の立案に際して

「みらい」の利用計画の策定については執筆の現時点で詳細はまだですが、大筋の方向は定まりつつあります。ここでは利用計画の策定方法や過程とともに「みらい」を利用した海洋観測研究計画の概要について記述します。

利用計画立案の前提となる「みらい」の特徴と役割を考えると、

- ① 大型の船体、
- ② 荒天海域での観測性能、
- ③ 耐水性能、
- ④ 多様な観測機器の搭載・運用、
- ⑤ 各種船内研究室、
- ⑥ データ・情報処理機能、
- ⑦ 衛星データ受信、
- ⑧ 居室の快適性、
- ⑨ 研究支援態勢の充実などがその特徴であります。また求められる役割は「みらい」運用体制検討委員会で検討された① 海洋地球研究の最先端国際洋上基地、② 多様な海洋地球データの発信基地、③ 動く海洋地球



図-1 海洋地球研究船「みらい」

科学館であり、このため開かれた研究体制のもと国際的な研究への貢献を目指し、観測データとサンプルの積極的な取得・公開及び成果の公開さらには海洋への理解を促進するための活用、利用の透明性の確保と厳正な評価が必要となります。したがって「みらい」を用いた海洋観測の基本方針は先述の海洋審第4号答申のみでなく、平成8年7月の航電審地球科学技術部会報告にある地球規模の諸現象の解明と予測に向け、特にアジア、太平洋地域に焦点を当てた気候変動・水循環・地球温暖化・大気組成変動・生態系変動の予測及び地球内部メカニズムの解明の6つの戦略プログラムに対応した海洋観測研究に従事することが新たに求められました。このことは平成9年10月に発足した地球フロンティアと連動した「みらい」の利用を意識的に進めることを意味します。「みらい」により生み出される新たな海洋データは、地球フロンティアのモデル研究を正しい方向に先導し、研究の血肉となりモデルの評価・検証の基準となるので、正確な予測には必須のものです。

また国際的にはGOOS, CLIVAR, ACSYS, GEWEX, JGOFS, GLOBECなどの枠組みがあり、それぞれが地球規模の海洋観測研究の実施に関連しており、「みらい」がこれに参加し積極的な国際貢献を果たすことは当然であります。

3. 海洋観測の概要

先述の基本方針に基づき立案した「みらい」の利用計画(素案)、すなわち推進すべき海洋観測研究を以下に示します。

(1) 熱循環の解明

エルニーニョ現象やアジア・モンスーンなどの地球規模の気候変動現象を引き起こす海洋-大気、海洋-海底間の熱交換や海水循環などの海洋現象の解明を目指し、熱帯域(西部熱帯太平洋, インド洋東部海域), 北太平洋亜熱帯・亜寒帯(北部太平洋, 黒潮続流域, オホーツク海, ベーリング海など)及び北極海域において、以下の研究を推進します。

イ. 熱帯域の観測研究

(イ) 西部～中部熱帯太平洋の観測研究 (TRITON ブイ, ドップラーレーダー, 音響トモグラフィー, 係留系)

熱帯域の海洋/大気フラックス現象, 暖水プールの詳細構造と海洋循環機構, インドネシア通過流とその周辺の海洋構造, 熱帯域の海洋/大気結合過程の研究

(ロ) 東部インド洋の観測研究 (TRITON ブイ, ドップラーレーダー)

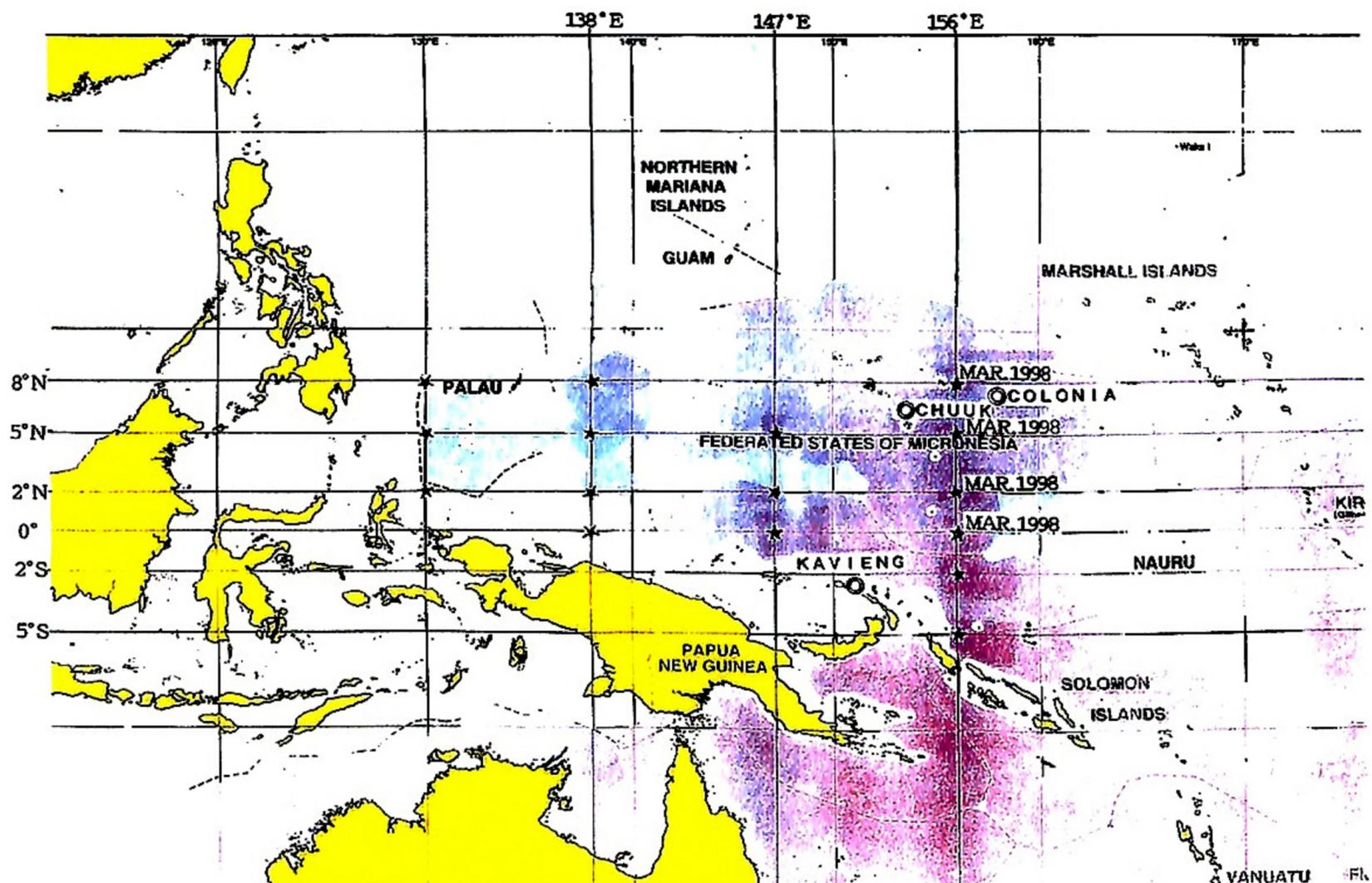


図-2 熱帯域の観測研究
(トライトンブイの展開; ★印が係留設置位置)

モンスーン期の海洋混合層変動現象，赤道インド洋の海洋/大気相互作用の研究

ロ. 北太平洋亜熱帯・亜寒帯循環系の研究（荒天下での観測）

(イ) 亜熱帯・亜寒帯循環系の実態解明に関する研究（TRITON ブイ，音響トモグラフィー）

亜熱帯循環と亜寒帯循環及び，縁辺海と亜寒帯循環との相互作用，亜熱帯・亜寒帯循環の大規模構造，亜寒帯循環系における二酸化炭素の吸収等の研究

(ロ) 大気-海洋の局所的相互作用とその影響の研究（ドップラーレーダー，ゾンデ）

(ハ) 北太平洋亜熱帯・亜寒帯循環系海洋構造及びその機構の研究（漂流ブイ，IES，係留系，CTD）

ハ. 北極海の研究

地球環境変動現象が顕著に現れる北極海においてチュクチ海，ポーフォート海などにおける海洋構造，熱及び物質の収支機構，海水の流動機構，大気-海水相互作用に関わる研究を推進します。

(イ) 大西洋水の流動構造と変質過程及び北極海成層構造の形成過程（J-IOEB，係留系，ADCP，AUV）

(ロ) 海底地形，河川水の供給と，海水，海洋構造の解明（J-IOEB，係留系，CTD）

(ハ) 北極海における放射収支に関する研究（ドップラーレーダー，衛星）

(2) 物質循環の解明

地球温暖化の主たる原因とされる二酸化炭素等の物質を吸収している海洋の物質循環研究機構の解明を目指し北部・西部北太平洋，オホーツク海，ベーリング海において，荒天時を含む四季における研究を推進します。（荒天下，多様かつ大量のデータ）

イ. 大気-海洋間の物質交換過程（CO₂測定装置，セジメントトラップ）

気体交換量の時空間的把握，生物活動・粒子形成における陸起源物質の役割の解明

ロ. 生物活動と物質循環の関係（海洋レーザー，衛星，フリーフォールセンサー）

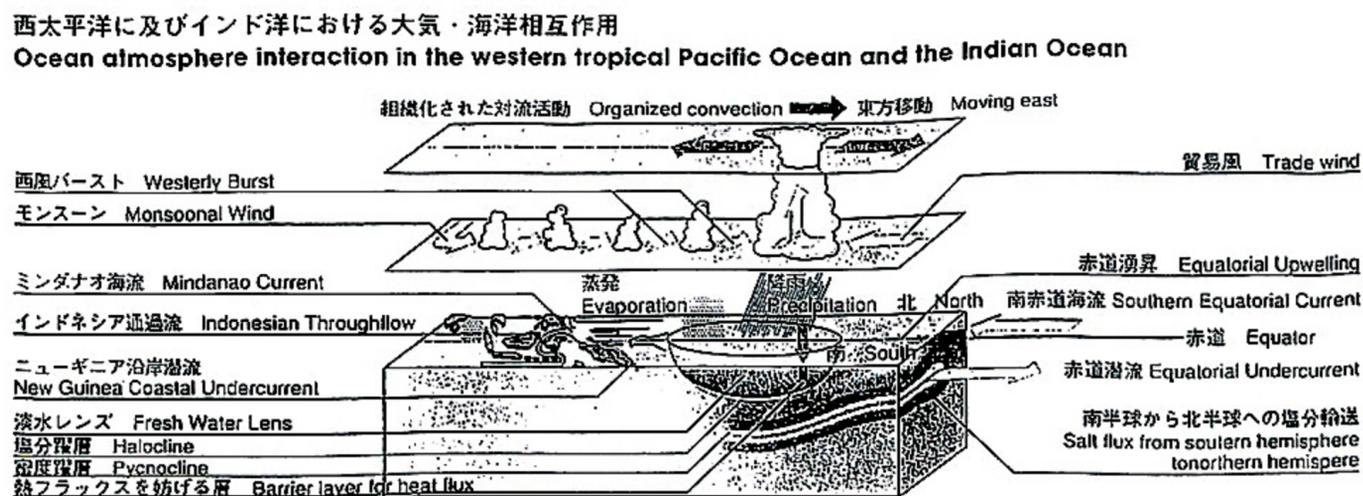


図-3 熱帯域の観測研究（海洋/大気相互作用の研究）

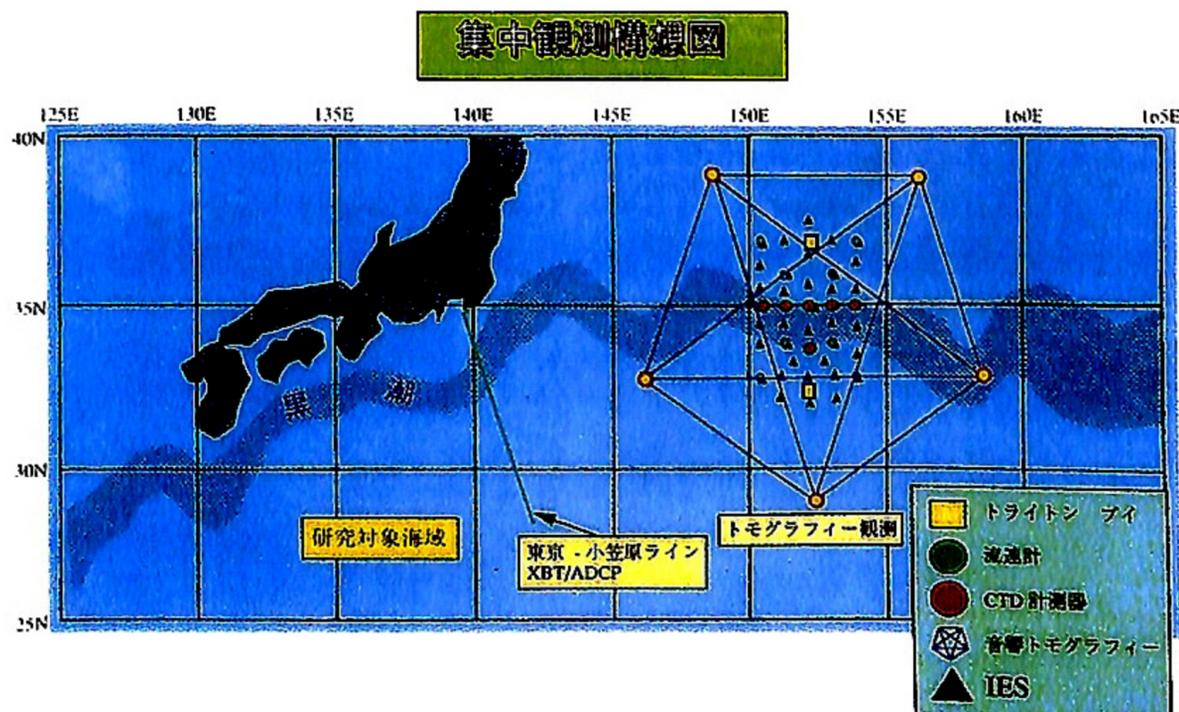
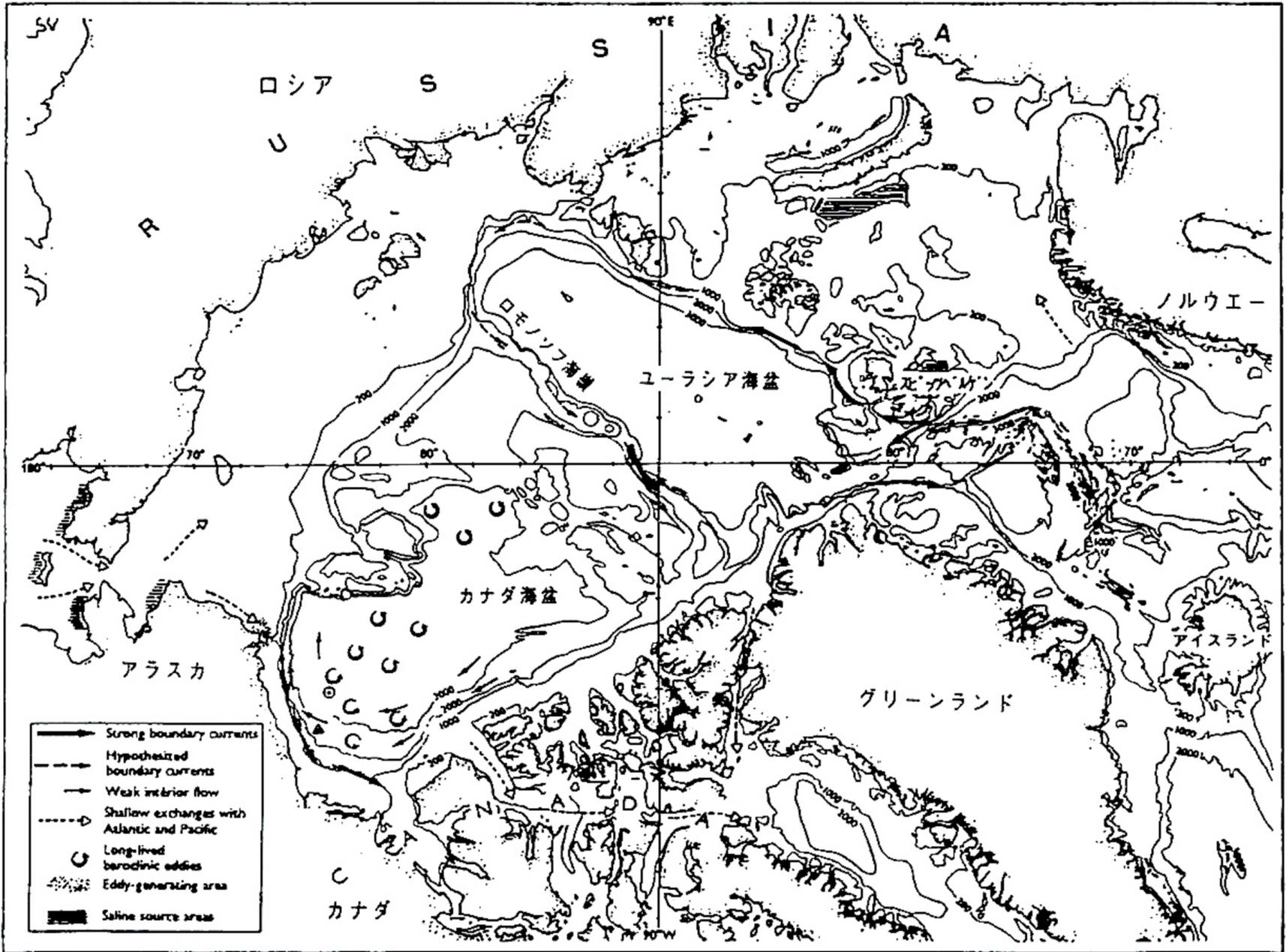


図-4 亜熱帯・亜寒帯循環系の研究（集中観測）



北極海の中層循環。： —→ 強い流れ， ---： 予想される流れ， -→： 弱い流れ， —→： 大西洋・太平洋との表層での海水交換， ⊙： 双子の傾圧渦。アラスカ沿岸の ⊙部は渦の発生水域， ■ は冬季に海水生産に伴う高密度水の生成海域である。係留系により，水温・塩分・海流の長期連続観測を行った地点は， ⊙及び△で示されている (Aagaard and Carmack, 1994)

図-5 北極海の研究 (北極海の中層循環模式図)

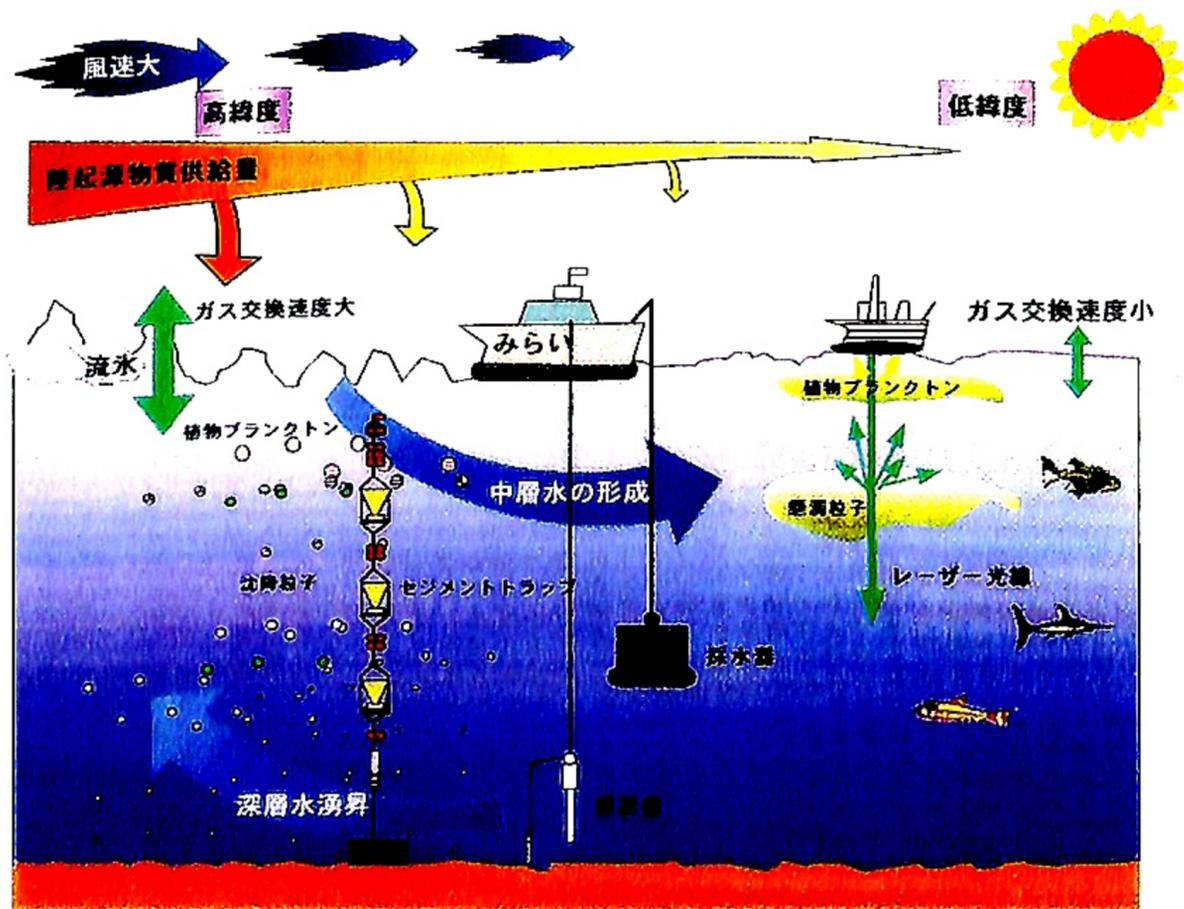


図-6 物質循環の解明 (高緯度～低緯度)

西部太平洋古水温の観測研究

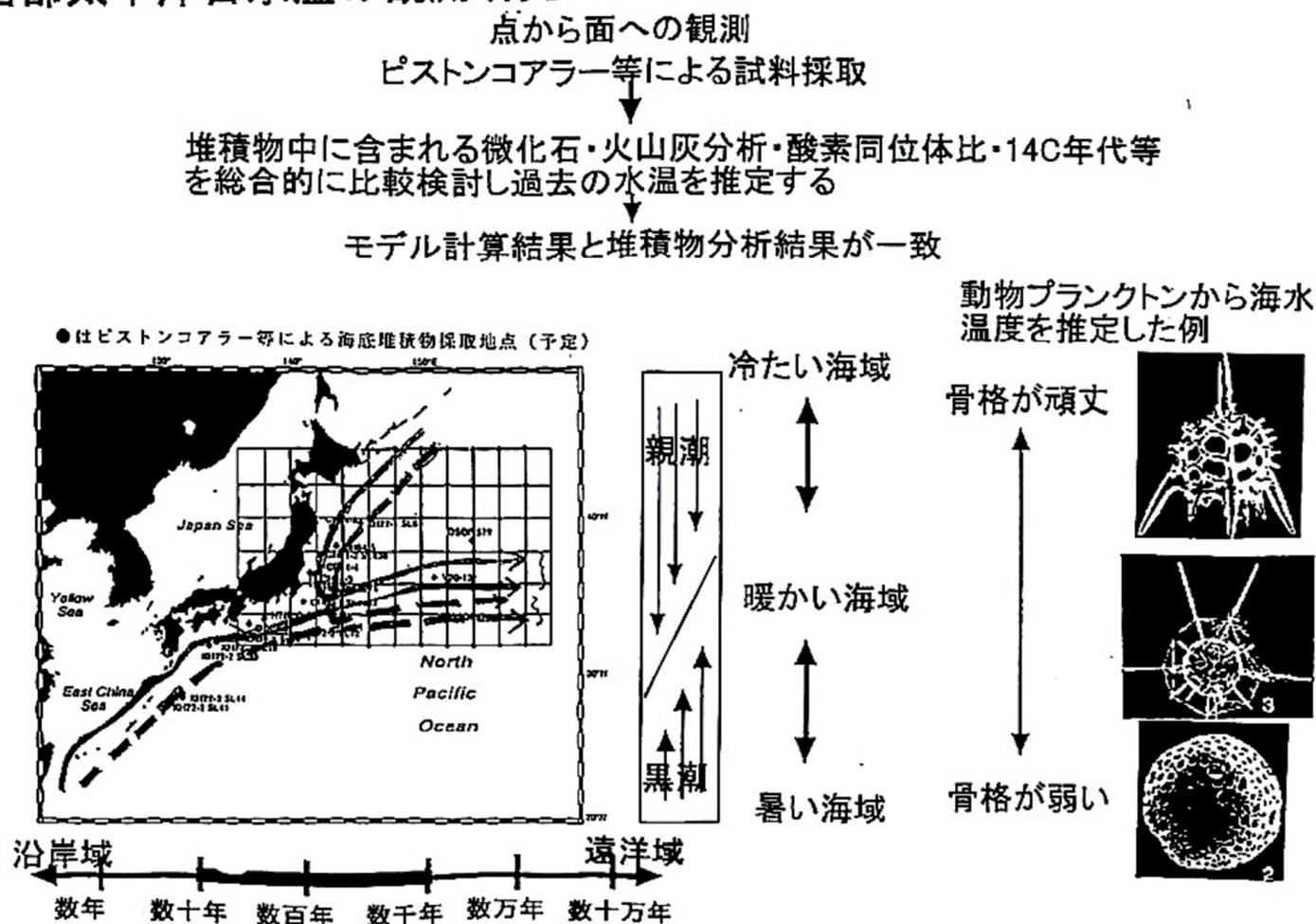


図-7 西部太平洋古水温の観測研究 (海底堆積物の分析)

基礎生産量の把握、植物プランクトンの群集組成と現存量の把握

ハ. 物質の鉛直・水平輸送過程 (セジメントトラップ)

中層水の形成・移動に伴う物質循環の解明、粒子状物質の育成・分解・移動過程の解明等を行う。

ニ. 深海-海底間での物質交換過程 (マルチプルコアラー, ピストンコア)

海底境界層での物質溶解過程の把握、堆積環境への歴史の変遷の解明

(3) 海洋生態系の解明

イ. プランクトン群集観測研究

亜寒帯海域、亜熱帯海域及び赤道湧昇域におけるプランクトン群集の動態及び各群集間の相互作用の解明を目指し、ベーリング海、北太平洋北部、北太平洋南西部及び太平洋赤道湧昇流域などの広域の海域を対象とした以下の研究を推進します。(多様かつ多量のデータ)

(イ) 各生物群集の詳細な現存量及び生物活性 (海洋レーザー, 大量採水器)

(ロ) 各生物群集間の捕食及び被捕食過程 (プランクトンネット, CTD ロゼッタ採水器)

(ハ) プランクトンからの放出及び吸収に関わる溶存物質変動 (オートアナライザー採水器)

(ニ) 粒状有機物質の現存量及び沈降速度 (セジメン

トトラップ)

(ホ) 海洋物理量の微細変動による影響の研究 (CTD, 係留系)

ロ. 深海生物生態系の観測研究 (多様かつ多量のデータ)

深海域に存在する冷水湧出生物群集や熱水域噴出生物群集などの化学合成生物群集の分布・特性、非化学合成生物群集の起源と多様性の研究を行います。(マルチナロービーム, プランクトンネット, 採水器)

(4) 海洋底ダイナミックスの解明

海洋底が活動的である太平洋, インド洋, 太平洋のプレート境界域 (中央海嶺, 海溝, トランスフォーム断層) や, プルーム起源海山/海台を中心として, 海底地形・地質・重力・地磁気による地質構造・地殻構造の解明に係わる以下の研究を推進します。(多様かつ多量のデータ)

イ. 大洋中央海嶺において海洋地殻の形成過程を解明 (マルチナロービーム)

ロ. ホットスポットや巨大火山岩体の構造・構成物質を求め, またそれをもとに, 深部マントルに関する情報を得ます。(ピストンコアラー)

4. 利用計画の概要

地球規模の海洋現象は時間的・空間的に大きなスケール

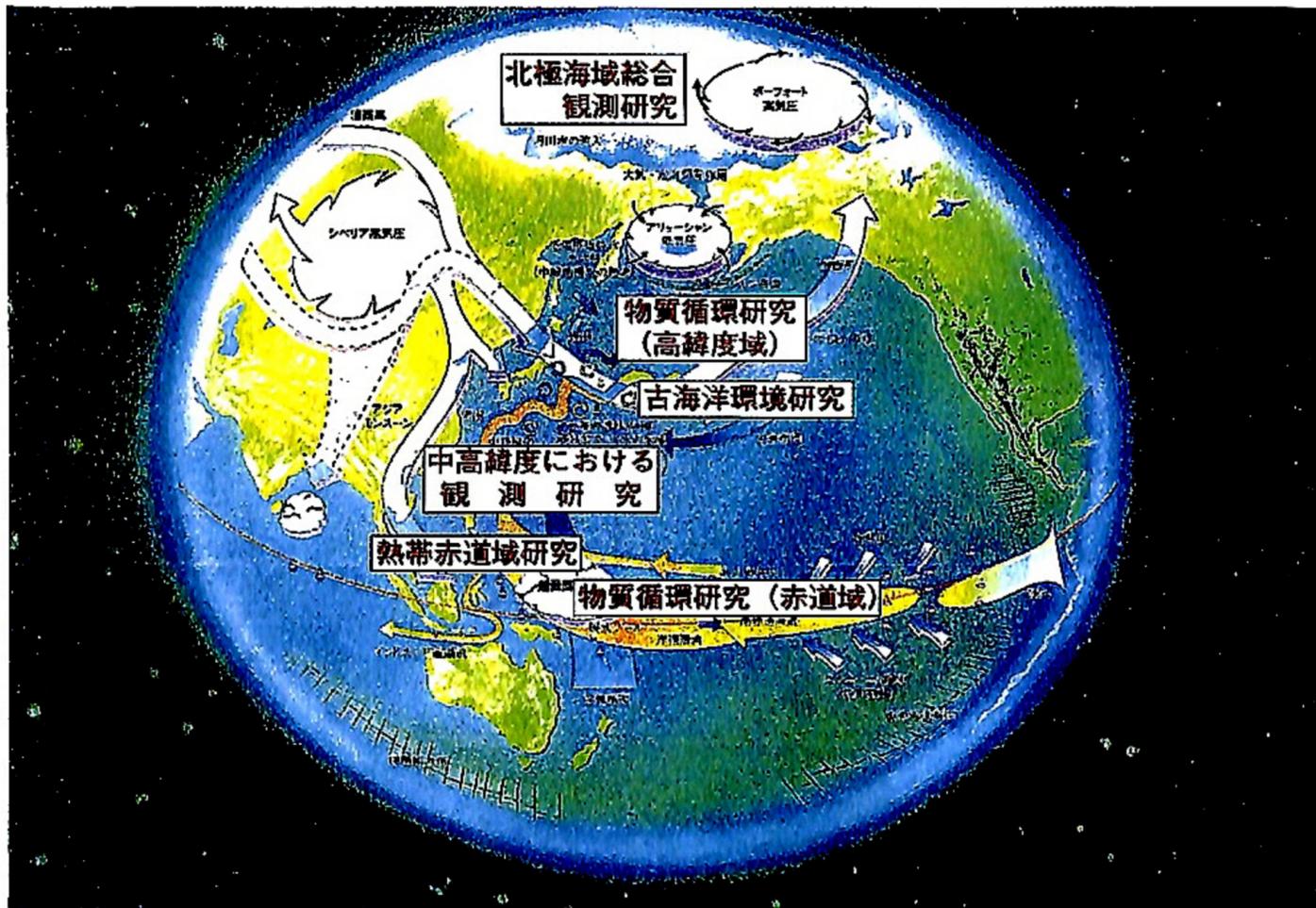


図-8 「みらい」利用計画と関連する海洋観測研究

ルを有しており、その解明のため「みらい」は10年程度の長期的な観測研究計画を定めるとともに、研究プロジェクトの具体的な運用のため3年程度の中期運航計画を定める必要があります。

長期観測計画は当センターに設置する「みらい」運用検討委員会において、期間は10年で作成するが、原則として5年ごとに見直すことにしています。また中期運航計画は長期観測計画に基づき、同じく運用検討委員会において、向こう3年間の計画を策定します。なお中期運航計画においては、主たる研究課題、海域、定常データ、乗船研究責任者等を定め、毎年見直して作成します。

(1) 長期観測研究計画(案)

「みらい」が実施すべき観測研究の大筋を示し、中期運航計画作成の際の指針とするため、長期的な科学的目標、課題を設定します。平成9年11月の運用検討委員会で提案され検討した長期観測研究計画(案)の構成は以下のとおりです。

1. はじめに
2. 観測研究の課題
 - 2.1 熱循環の解明
 - 2.1.1 目的
 - 2.1.2 研究課題
 - (1) 西部熱帯太平洋の観測研究
 - (2) 大気-海洋相互作用に係わる観測研究
 - (3) 北太平洋亜熱帯・亜寒帯循環系の変動に関する

る観測研究

(4) 北極海域の観測研究

2.2 物質循環の解明

2.2.1 目的

2.2.2 研究課題

- (1) 高緯度域における物質循環の観測研究
- (2) 赤道域における基礎生産力観測研究

2.3 海洋生態系の解明

2.3.1 目的

2.3.2 研究課題

- (1) プランクトン群衆の観測研究
- (2) 深海生物の生態系調査研究

2.4 海洋底ダイナミクスの解明

2.4.1 目的

2.4.2 研究課題

- (1) 海洋底ダイナミクスの解明についての観測研究

3. その他の留意すべき事項

3.1 人工衛星データの校正・検証

3.2 定常的に取得するデータ

3.3 新しい海洋観測技術の積極的利用

以上、この計画(案)は2. で述べた策定の基本方針に基づき3. の利用計画(素案)に沿う形で大筋が固められました。

(2) 中期運航計画(案)

中期運航計画を策定するため当センターは、その中核となる実施計画ともいえるべき「みらい」を用いた海洋センター観測研究計画(案)を作成し、運用検討委員会に提出しました。そこには海洋観測研究の名のもとに①計画の概要、②-1 向こう3年間の研究課題、②-2 調査海域、②-3 国際協力、②-4 調査機器、②-5 調査期間、②-6 乗船者が記載されています。

ここで取り上げられた海洋観測研究名は、

① 熱帯赤道域観測研究、② 亜熱帯黒潮続流域の観測研究、③ 海洋音響トモグラフィ技術の研究開発、④ 西部北太平洋古水温環境変遷の観測研究、⑤ 北極海域の総合観測研究、⑥ 大気-海洋相互作用の観測研究、⑦ 高緯度海域における物質循環研究、⑧ 赤道域における海洋基礎生産機構解明、⑨ 深海生物の生態系調査研究の9課題であります。この案に基づき、平成10年度「みらい」運航計画(案)は①航海番号、②主要研究課題、③主たる海域、④航海期間、⑤寄港地、⑥常時取得データ、⑦乗船研究責任者などとなっています。

例えば最初の共同利用は①MR-98K1、②高緯度域に

おける物質循環の研究、③北西部太平洋海域、④平成10年11月1日~12月10日(40日間)、⑤未定、⑥流向、流速、水温、塩分、風向、風速、気温、湿度、気圧、⑦日下部正志(5G主幹)であり、その他のミッションも次々と予定された計画案を提出しています。

なお研究課題の公募と選定については、当センターが「みらい」の乗船研究者数の定員内において、中期運航計画に示される各航海について、国内の研究者に対して研究課題の公募を行うとともに、海外の研究機関の研究者の応募についても、可能な範囲で受け入れるべく努める等の方向で検討しています。

5. おわりに

地球環境問題の解決に向けて、少しでもこの海洋地球研究船「みらい」が貢献できれば、当センターの一員として我々の喜びは真に大きなこととなります。国内外の幅広い研究者の皆様からの暖かい御支援と御協力により、より良い利用計画が出来上がり、優れた成果の得られることを心から祈念しております。

サンゴ礁の健康診断

海域開発・利用研究部

工藤 君明

Kimiaki KUDO

1. はじめに

平成9年11月16日、サッカー日本代表チームはイランとの死闘の末、劇的な逆転勝利を納め、ワールドカップ本大会の出場切符を手にすることができました。「ドーハの悲劇」から4年、日本のサッカーファンはこの日が来るのを心から待ち望んでおりました。しかし、アジア地区最終予選は苦難の連続でした。一時期はほとんど絶望的と言われましたが、体勢を立て直してからは見違えるように勝ち続け、ついに栄冠を勝ち取ることができたのです。ところでサッカーは選手個人の能力が高く、しかもチームとしてその力が十分に発揮されることが必須のスポーツです。これは団体競技すべてに共通するものですが、サッカーでは選手個人が自分の判断で状況に適合した動きをするため、敵味方を含めてダイナミックな流れが形成され、それが魅力ともなっています。多くの構成メンバーがさまざまな役割を分担し、その自律的な相互作用が全体システムの能力（性能）を決定します。システムは構成要素の単純な総和よりもずっと大きな機能を獲得することができるのです。監督が対戦の戦略を立てる時も、またファンがゲームを楽しむのもここが一番肝心なところなのです。このような特徴をもったシステムは最近流行のコンセプトで「複雑系」といわれます。複雑系を理解するやり方は従来の分析的手法とは全く異なります。従来の学問体系は理解しようとする対象を構成要素に分解し、各構成要素の特性を詳しく調べれば全体の機能を知ることができるという信念に基づいており、これは還元主義的分析手法といわれます。この手法は全体が構成要素の総和であるときには非常に強力ですが、構成要素の相互作用によって予見できない新

しい機能が生まれてくるような複雑系には全く無力であり、総合的な評価手法が必要とされています。

サンゴ礁生態系はまさに複雑なシステムです。サンゴ礁という環境のなかに実に様々な構成メンバー（生物群集）が相互作用のネットワークを張り巡らせ、複雑なシステム（生態系）を作り上げています。このため個々の構成要素や現象をいくら分析してもサンゴ礁生態系を全体として理解することは不可能となります。同じような環境条件でも、ある所にはサンゴ類がよく生育しており、別の所にはさっぱり見られないということがよくあります。オニヒトデの異常繁殖により広範囲のサンゴが食害を受けて全滅してしまうことがあります。また、カリブ海のサンゴ礁ではあたり一面のサンゴが白くなって一挙に死んでしまう事例が報告されています。そして、その後サンゴの生育はさっぱり回復しないということがあります。これらの現象はどのように理解すればよいのでしょうか。複雑系ではさまざまな要素が絡み合い、条件を整えば非常に複雑なシステムを作り上げているわけですが、これは微妙なバランスの上に成り立っていることから、とるに足りない原因から崩壊に至ることがあります。あれだけ勝つことに苦しんだ同じサッカーチームが後半復活したことを理解するためには、選手個人の能力や個々の戦術の分析だけでは納得できないでしょう。同じように生態系の変動を理解するためには新しい総合生態学の構築が求められているのです。当センターの海域開発・利用研究部はサンゴ礁生態系変動機構の解明研究を進めるにあたり、目的をサンゴ礁健康診断技術の研究開発としました。陸域の開発に伴うサンゴ礁環境の劣化と地球環境変動に対するサンゴ礁の応答を正しく理解し、保護や管理保全のために科学技術を提供することを目標としました。

2. サンゴ礁生態系

サンゴ礁はイシサンゴ類を基礎とする生態系です。イシサンゴは動物プランクトンを捕えて食べる刺胞動物に属しイソギンチャクやクラゲなどの仲間ですが、かれらとは異なり石灰を沈着して骨格を形成し、ついにはサンゴ礁地形を造り上げるために造礁サンゴともいわれます。イソギンチャクをずっと小さくしたようなサンゴ個虫（ポリプ）は次々に分裂して大きな群体を造り上げるため、その生育形は環境に応じてさまざまな形となり大きく成長していきます。サンゴ骨格は大きく固いため、生育時はもちろん死んでからも他の生物の安定した棲みかとなり、多様な生物群集が成り立つ構造的な基盤となっています。またサンゴの排泄物やサンゴ自体も他の生物の栄養基盤となっており、生態系の基礎的な生産者として位置付けられています。

イシサンゴは体の内部に非常に小さな藻類を無数に共生させています。共生藻や褐虫藻といわれますが、渦鞭毛藻の仲間です。サンゴ体内で盛んに光合成を行っており、イシサンゴは共生藻の光合成産物を利用しているため共生藻なしには生きていくことはできません。ところが共生藻はサンゴの健康状態が悪くなれば共生関係を止めて出て行ってしまいます。サンゴが健康に生きていくためには、光が十分に当たる環境を必要とします。また水温が高からず低からず、塩分も低くなりすぎないような良い環境を必要とします。このためイシサンゴは海水の透明度が高く、波当たりの良い浅い海域にしか生育できないのです。地理的には熱帯から亜熱帯の沿岸海域に限定されることとなります。サンゴ礁の礁斜面はサンゴの生育が最も活発な所であり、死んだサンゴ骨格は石灰藻などの被覆性藻類がセメントのように固めていきますので、長い間には沖合いに向かって礁が発達していくこととなります。

当研究部が調査対象とした石垣島玉取崎北方の伊原間地先のサンゴ礁（図-1）は太平洋に面しており、連続的によく発達した石東サンゴ礁系に属しています。礁の発達がよいのは冬の季節風が北東から連吹するため、沖合いから清浄な海水が供給されることによると考えられています。陸域は人家も少なく、畑地としての利用も小規模ですから、このサンゴ礁は比較的的自然状態に近いと考えられます。礁池内の所どころには生きたサンゴの大きな群落が見られます。しかし、沖側の礁斜面から岸側にかけて、サンゴなどの生態分布の違いがみられ、この

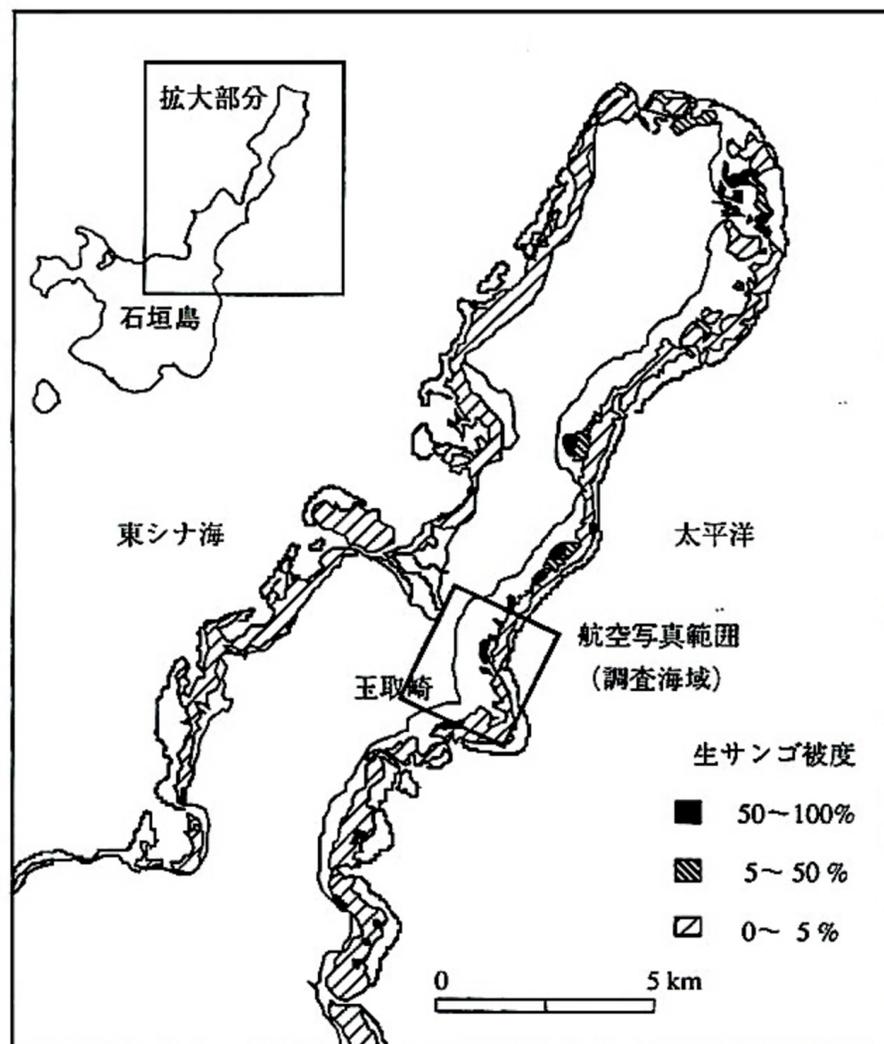
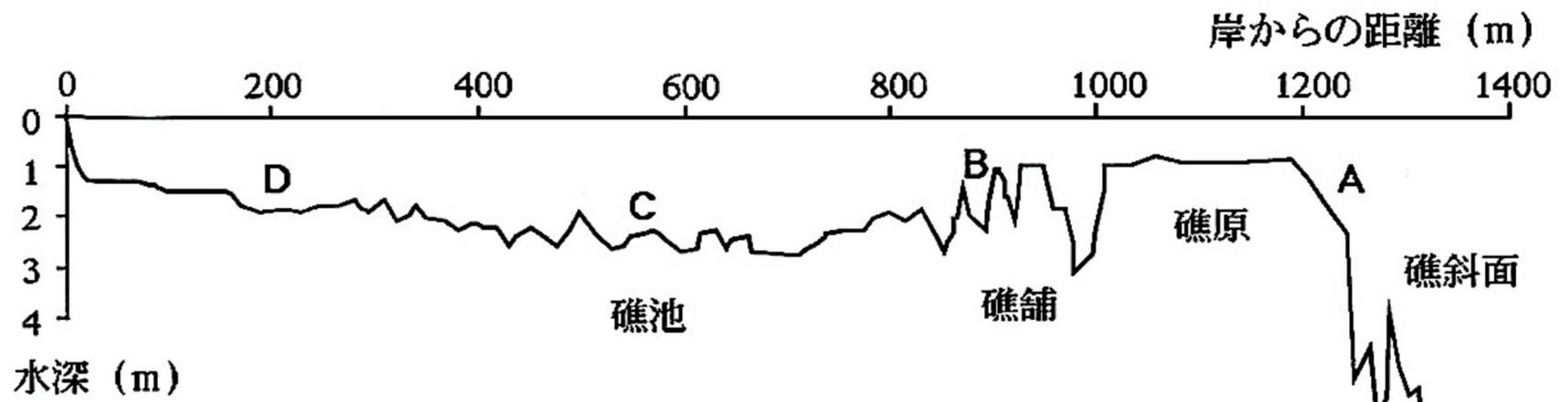


図-1 石垣島北方のサンゴ礁分布（環境庁自然保護局、1996より作成）

ような状況はサンゴ礁の南北に沿っても大きく異なっています。

調査海域のサンゴ礁の幅は約1 km程度で、沖側に幅200 m程度の礁原が発達しています（図-2, 3）。礁原は上方に成長した礁が干潮時の水位で止められるため、これ以降は横に成長して形成されたものです。礁原にはサンゴは生育できないために、サンゴの破片やマット状の藻類に覆われています。藻類には「星の砂」などの有孔虫が付着生育しており、死骸は砂となり、砕波の強い流れによって礁池内へと運ばれていきます。礁池内に厚く堆積した砂の底質にはサンゴが固着することができないため、サンゴが生育できない地形的要因となっています。

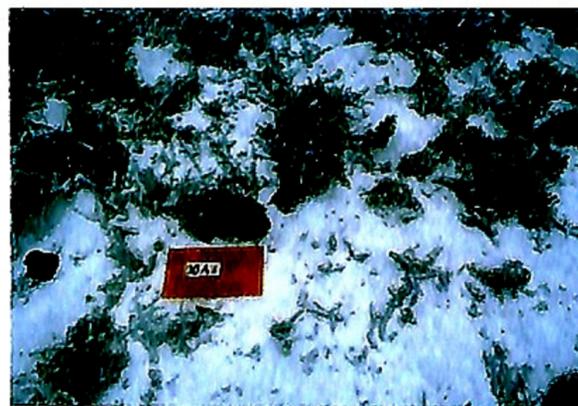
礁斜面は礁原に沿って、礁の成長がよい縁脚と谷のような縁溝が交互に現われる地形が発達しています。これは冬季の強い波浪と関係があるといわれています。底質は岩盤で、所どころに造礁サンゴ類が生育しており、波の破壊力に抵抗できるような丈が低くがっちりとした形をしています。水深が大きくなるにつれて波力が弱まるため、今度は光を十分に受けられるよう皿状のサンゴが目立つようになります。この他には石灰藻などの被覆性藻類も目立ちます。石灰藻も石灰を沈着するため、サンゴ死骸をセメントのように固めて基盤を形成する役割を



C：礁池
サンゴ群落は断続的、塊状のハマサンゴがみられる。



B：礁舗
死んだ枝状サンゴが主、所により生きた枝状サンゴの群落が発達する。



D：礁池（岸寄り）
岸近くは砂や死サンゴ片が堆積、所によりアマモなどの群落が広がる。



A：礁斜面
岩盤に造礁サンゴや石灰藻などの被覆性藻類が付着、サンゴ礁の形成が活発な所。

図-2 伊原間サンゴ礁の生態分布概要

しています。

礁池内は波当たりが弱いため、繊細な形の枝状ミドリイシや葉状のウスコモンサンゴなどが多く見られます。場所によっては生きた枝状のサンゴ群落があったり、これが死んで大きなプラットフォームになっていたり、季節によってはホンダワラ類が繁茂したりしています。より内側ではサンゴの生育はまばらとなり、塊状のハマサンゴが多く見られるようになります。これは海水の透明度が低くなることと関係しています。植物プランクトンや赤土などの懸濁物が多くなると光の透過が悪くなり、光合成が阻害されるためにミドリイシなどのサンゴは生育できず、濁りや堆積物への耐性が強い種だけが生き残ることになります。さらに岸寄りになると、健康なサンゴの生育はほとんど見られなくなります。

3. サンゴ礁の健康度

サンゴ礁の健康状態を知るには何を測定すればよいのでしょうか。そもそもサンゴ礁の健康とはどういう状態のことをいうのでしょうか。サンゴがたくさん生育していることでしょうか、それとも多様な生物群集が健康のパロメータでしょうか。サンゴ礁生態系を人に例えることができます。サンゴ礁に生きている様々な生物群集とこれを包み込む地形を含めた環境をひとまとまりの生態系としますと、個々の生物は細胞になり、海水は血液になります。血液は細胞に栄養や酸素などを運びますし、細胞から老廃物を運び去るといった重要な役目があります。サンゴ礁生態系ではこの血液となる海水が特にきれいで

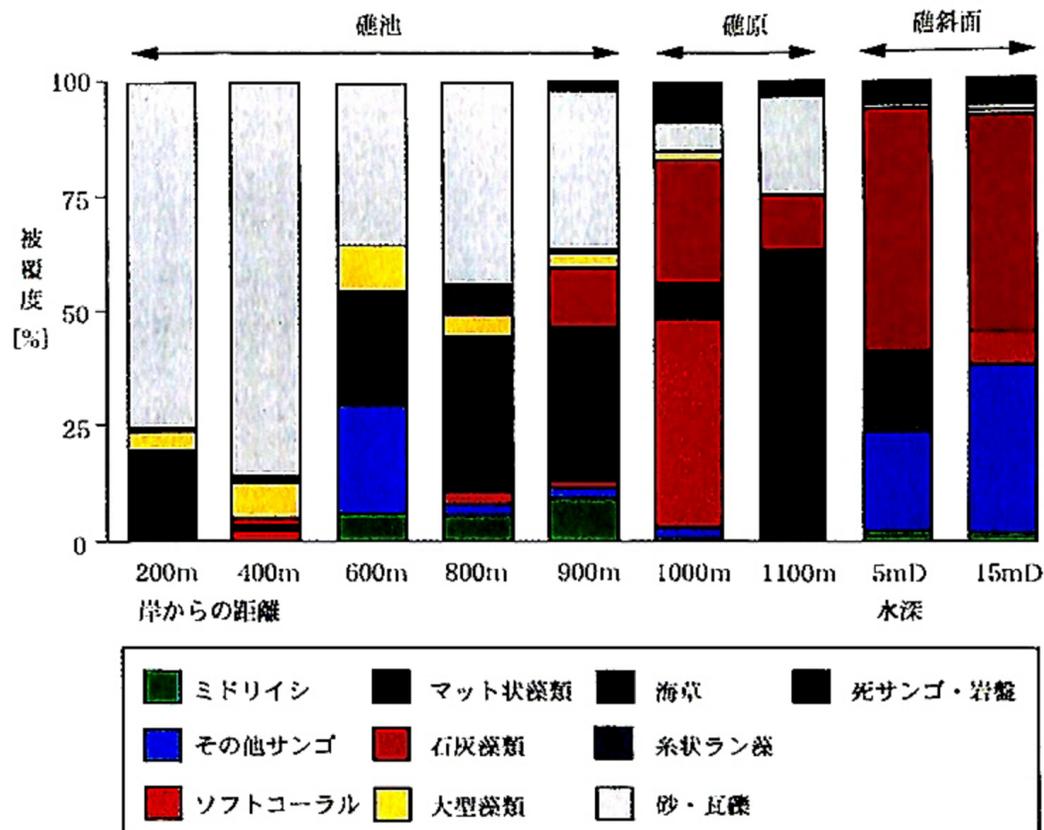


図-3 伊原間サンゴ礁のライントランセクト法による被覆度組成 (阿嘉島臨海研究所, 1996)

あることが健康維持にとって必須になります。

人の健康は顔色をみればある程度は見当がつきます。この顔色に相当するのがサンゴ礁ではサンゴ被覆度になります。サンゴ被覆度は一定面積のうちに生きているサンゴがカバーしている面積の比率のことです。サンゴはサンゴ礁生態系の基本構成要素ですから、サンゴ被覆度は健康の敏感な尺度と考えられ、これによる健康評価も多くの文献にみられます。しかし、この手法には多くの反論が出され、これに代わる健康度指標について、国際サンゴ礁学会で議論されてきました (Thomason and Roberts, 1992)。人の場合、健康診断で測定された値を「正常値」と比較することにより判断されますが、測定値は年齢・測定時刻・栄養状態などによって大きく変化します。しかし、体温のように変動範囲の狭い生理常数は健康のよい指標となることが出来ます。残念ながらサンゴ礁にはこのようなパラメータはまだ見つかっていません。

サンゴ礁の健康指標として使われてきたサンゴ被覆度は人間活動とは無関係に大きく変動します。この原因は懸濁物の堆積速度、波浪、地形などの非生物的要因と捕食や競争などの生物的要因からなる生態学的要因が大きく変動することにあります。サンゴ被覆度のレベルはサンゴ礁によって、また同じサンゴ礁でも場所によって異なることから、サンゴ礁の健康を測る指標にはなりません。サンゴ被覆度や生物群集構造をちょっと調べただけではサンゴ礁の状態を正しく理解することはできないのです。長期モニタリングによって時系列データを利用

できれば、ある程度の情報は得られるかもしれませんが、この場合でも自然や人間による攪乱の記録がなければ意味はないのです。

Hughes (1992) はジャマイカにおける 14 年間のサンゴ礁モニタリング研究から長期研究の利点をまとめています。

- ① 生態系の多くのプロセスは緩慢で、短期間では検出できない。
- ② 生態系のほとんどのプロセスは年変動が大きいので、短期間の結果では解釈を誤る。
- ③ 長期モニタリングでは攪乱の記録があるので、今起きている攪乱のインパクトを知ることができる。
- ④ 捕食者の異常発生や台風など、まれにしか起こらない事象の調査には必須である。
- ⑤ サンゴ礁の基本プロセスと関連させて人間活動のインパクトを評価できる。

ジャマイカでの研究目的は、サンゴ個体群と群集の長期的変化を定量的に記述すること、また群集構造にとって重要な生態学的プロセスを理解することでした。当初サンゴ被覆度は 73% (1977) であったものが、台風被害で 38% (1981) に減少し、一時 44% まで回復したけれども、その後年々減少して 5% (1990) になってしまいました。このサンゴ礁は危険な段階まで劣化してしまったこととなります。

この例はサンゴ礁の健康についてもいろいろ教えてくれます。サンゴ被覆度が高ければその状態で安定していたものが、大きな攪乱を受けると生態学的に安定した別

の状態に移行してしまうという問題です。サンゴ礁の生態系には回復力があり、またある程度の浄化機能もあるために、環境条件が悪くなっても相当期間耐えることができるのです。人の場合も、太りすぎかなと思ってもそれですぐに病気になる訳ではありませんが、風邪などをこじらせるとなかなか回復しないということになり、これでは健康とはいえないでしょう。系の回復力こそ健康評価の指標になりうるのではないかと期待がもたれます。しかし、どのように回復力を測定するのか、また回復力は群集構造に強く依存しており場所によって変動すること、さらに攪乱後でなければ測定することができない、という難しい問題があります。

サンゴ被覆度以外にも、サンゴ礁の健康を評価するのに使える測定項目があります。サンゴや魚の種多様性、藻類の被覆度、魚の現存量と生産量、サンゴの成長速度、サンゴの白化、魚とサンゴの加入パターン、最近死滅したサンゴの割合、病気の発生、サンゴ礁の石灰化と浸食などです。これらはサンゴ被覆度と同様に、時間的にも空間的にも変動が大きいという問題点があります。

サンゴ礁の健康を評価するために生物指標を利用するという考えがあります。生物指標種はサンゴ礁における排水、赤土、毒物など人類起源のインパクトへの早期警報となり、サンゴ礁が広範囲に破壊されてしまう前に対策が立てられるものでなければなりません。台風、オニヒトデの異常発生、あるいはダイナマイト漁などのような明瞭なインパクトを検出する必要はまったくないのです。生物指標が海洋汚染モニタリングに使われるのは、通常的手法では検出できないような汚染レベルの生物学的なインパクトを明らかにできること、またいくつかの汚染物質の相乗的あるいは拮抗的な作用を検出できるということにあります。後者は、世界の発展途上国における大部分のサンゴ礁に影響を与えている複合汚染には特に有効となります。生物指標は低コストかつローテクでなければなりません。大部分の発展途上国はサンゴ礁の栄養負荷、赤土流入、海洋汚染物質レベルを精密に分析する手法をもっていないからです。

サンゴ礁の準致死的なストレスを検出するため、サンゴを食べるチョウチョウウオが生物指標として提案されています (Crossby and Reese, 1996)。このチョウチョウウオ仮説は、サンゴ礁の健康が劣化すると、ストレスを受けたサンゴポリプは食料としての質が落ちるために、サンゴしか食べないチョウチョウウオの豊度と多様性が減少するというものです。餌をめぐるチョウチョウウオ同士の敵対的な競争が増え、摂餌率が低下すること

にもなります。多くの研究によると、チョウチョウウオの豊度と多様性は生サンゴ被覆度やサンゴの種多様性と正の相関関係にあることが示されています。しかし、インサンゴ類の活性度が慢性的に劣化したとき、それによってチョウチョウウオの豊度、多様性、摂餌率、テリトリーサイズ、攻撃的遭遇頻度がどのように変化するか、どれも定量的な評価は示されていません。チョウチョウウオ仮説は十分に検証されておらず、モニタリング結果を解釈するフレームワークが提示されていない、という批判があります (Erdmann, 1997)。したがって、チョウチョウウオをサンゴ礁モニタリング計画に組み込むためには注意深く検討する必要があります。

サンゴ礁の健康を測定するのに、体温計に相当するものは見つかっておりませんし、また「炭鉱のカナリア」のような早期警報装置もありません。しかし、サンゴ礁の健康劣化の合図となるようなものとして、多肉質あるいは糸状藻類の被覆度増加、むき出しの岩や石の被覆度増加、サンゴの被覆度と多様性の減少、サンゴの加入率が低く加入しても死亡率が高い、サンゴ礁が浸食を受けている、サンゴの白化や病気の増大、サンゴ食害生物の異常発生などがあります。これらを総合的に判断してサンゴ礁の健康を評価していかなければなりません。

4. サンゴ礁研究

サンゴ礁生態系は環境変動の影響を受けやすく、陸域開発に伴う水質汚濁や地球温暖化による水温上昇などが複合作用することにより、世界全体ではサンゴ礁の1/10が既に絶滅し、わが国でも沖縄・石垣を含む南西諸島のサンゴ礁は「絶滅の危機」にあるとされています。当研究部では、健康なサンゴ礁生態系を維持するために欠くことのできないサンゴ礁生態学の理解をより一層深めるとともに、グローバルな気候変動に対するサンゴ礁の応答と、海域開発の影響を評価する手法を獲得することを目的として研究を実施しています。内容としては、サンゴ礁の健康と海水環境・栄養動態との関連を明らかにするための調査研究、環境変動に対する応答を予測評価するとともに調査計画の指針とデータ解釈のフレームワークとしてサンゴ礁生態系モデルの研究開発、さらに調査研究を飛躍的に強化するための観測技術開発を進めています。

サンゴ礁劣化の最初の兆候は藻類の被覆度が増大するという形で現われます。藻類は健康なサンゴ礁でも普通の構成要素ですが、いろんな植食動物（魚やウニ）に食

べられてしまいます。生産力が大きく回転は速いのですが、バイオマス（現存量）は通常低い値にとどまっています。藻類の被覆度が增大する原因として、サンゴ礁への栄養塩フラックスの増大、植食魚の乱獲やウニの激滅による植食度の減少、さらに藻類の競争力がサンゴ類よりなんらかの理由で増大したことなどが考えられます。

調査海域としている石垣島の伊原間地先サンゴ礁はこれまで3ヵ年間の調査によると以下のような特徴があります。

- ・サンゴ礁原から礁池にかけてマット状藻類が多く、また礁池内には大型藻類や糸状ラン藻類が目立つ。
- ・礁の外から礁池内に外洋水が常に流入しているが、次第に透明度が低下する傾向にある。
- ・植食動物はあまり目立たない。
- ・サンゴ骨格の破片や有孔虫によって生産された砂が礁池内に大量に堆積している。

などです。藻類の被覆度が增大するというのは、一般に海水の富栄養化が原因と考えられます。しかし、伊原間地先サンゴ礁はより北側のサンゴ礁と比べて海水環境に

大きな違いがあるはずはないのですが、健康状態は良好とはいえないように思われます。この原因として以下のものが考えられます。

- ・礁池内に流入する外洋水は湧昇流を伴い、このため栄養塩が豊富なのではないか。
- ・サンゴ礁に沿って北から南に流れる海水は次第に水質が劣化していくことによるのではないか。
- ・礁池内に堆積した砂はサンゴ類の生育を阻害しているばかりでなく、栄養塩のプールとなり水質汚濁のソースとなっているのではないか。

このような仮説を検証し、サンゴ礁の健康と環境との関係を明らかにしていくためには、礁外から礁内に流入して水路から流出していく水塊が、サンゴ、藻類、砂などの上を通過していく過程で、栄養塩、有機物、植物プランクトン、動物プランクトンの組成がどのように変化していくかを追跡調査することが大切になります。

調査海域の航空写真を図-4に示します。礁原の内側に黒い塊状に見えるのはサンゴのコロニーです。礁池の奥深くに入っていくにつれてコロニーは小さくなり、ほ

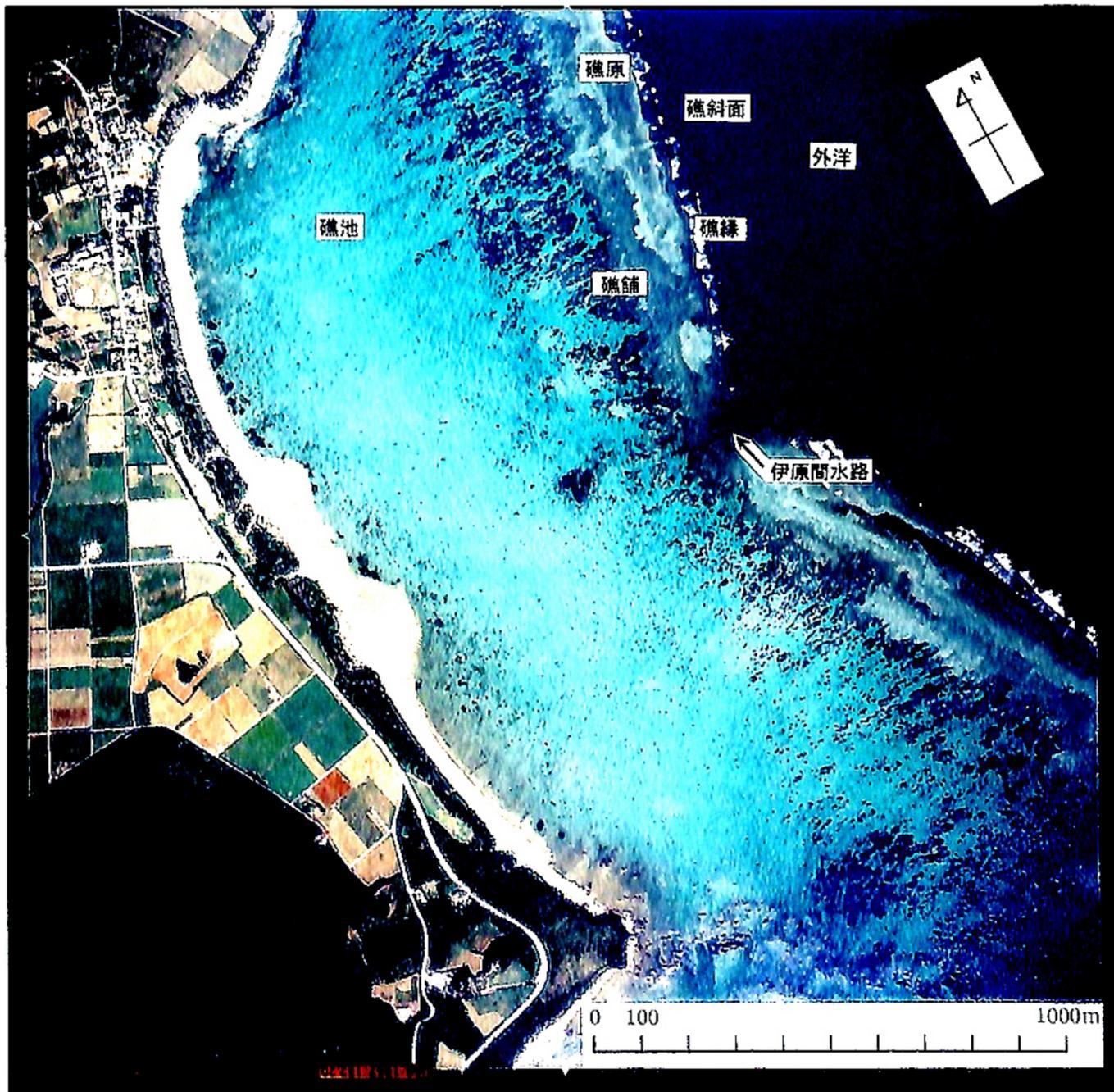


図-4 玉取崎地先サンゴ礁航空写真（位置については図-1参照）
建設省国土地理院発行 OKC-94-13-004 2 撮影日時：1995/1/8/14:25 潮位：+8cm

とんどが砂に覆われていくことがわかります。サンゴコロニーの配列には、礁原から礁池に入り岸に沿って流れるようなパターンが見えます。海水の流れに沿ってコロニーが成長したために形成されたものと考えられます。

礁池内に漂流子（ドリフトボール）を流して追跡した結果を図-5に示します。調査期間は冬季の平成8年1月15日～17日、この間の風は1/15：南3 m/s, 1/16：北北東6 m/s, 1/17：南東6 m/sでした。漂流子は風の向きや潮汐にかかわらず北から南へ流れており、伊原間水路の近くを通過するときここから流出する流れによって複雑な動きをします。玉取崎を回る流れはかなり速くなりますが、この付近は尾根状で水深が浅くなっているため、流れによって運ばれてきた砂はここを越えられず、玉取崎の北方に砂がトラップされる原因になっています。

図-6はこのサンゴ礁における海水流動とこの中においた漂流子の移動を数値シミュレーションしたものです（中村・工藤,1997）。この計算例は風の効果を入れないので、潮汐のみによる漂流パターンになります。漂流子をスタートさせた位置は礁原の上で、北側のものほ

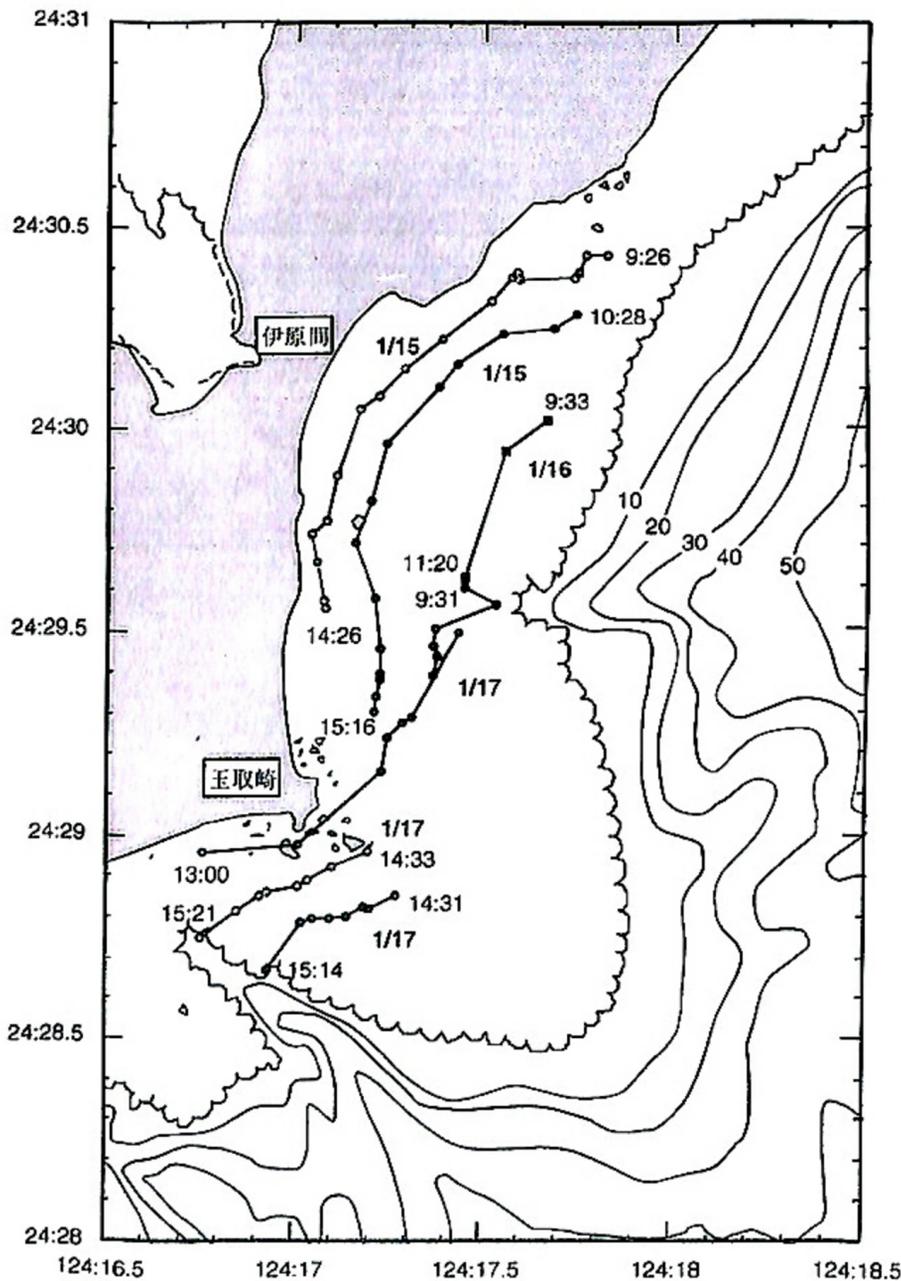


図-5 ドリフト・ボールによる伊原間サンゴ礁の流れの調査 (H8/1/15-17)

ど岸近くを流れること、より北側になると礁外に出てしまうこと、さらに伊原間水路近くのものには複雑な動きを示すことなど、実際の海水流動特性をよく説明していることがわかります。

サンゴ礁は地形-海水環境-生物群集が互いに結び付いた複雑な系です。環境変動に伴う生物群集構造の変化を予測したり、数十～百年オーダーの変動、さらに気候変動に伴う水位上昇に対する系の応答を議論するためには、各要素を統合した数値モデルが武器になります。こ

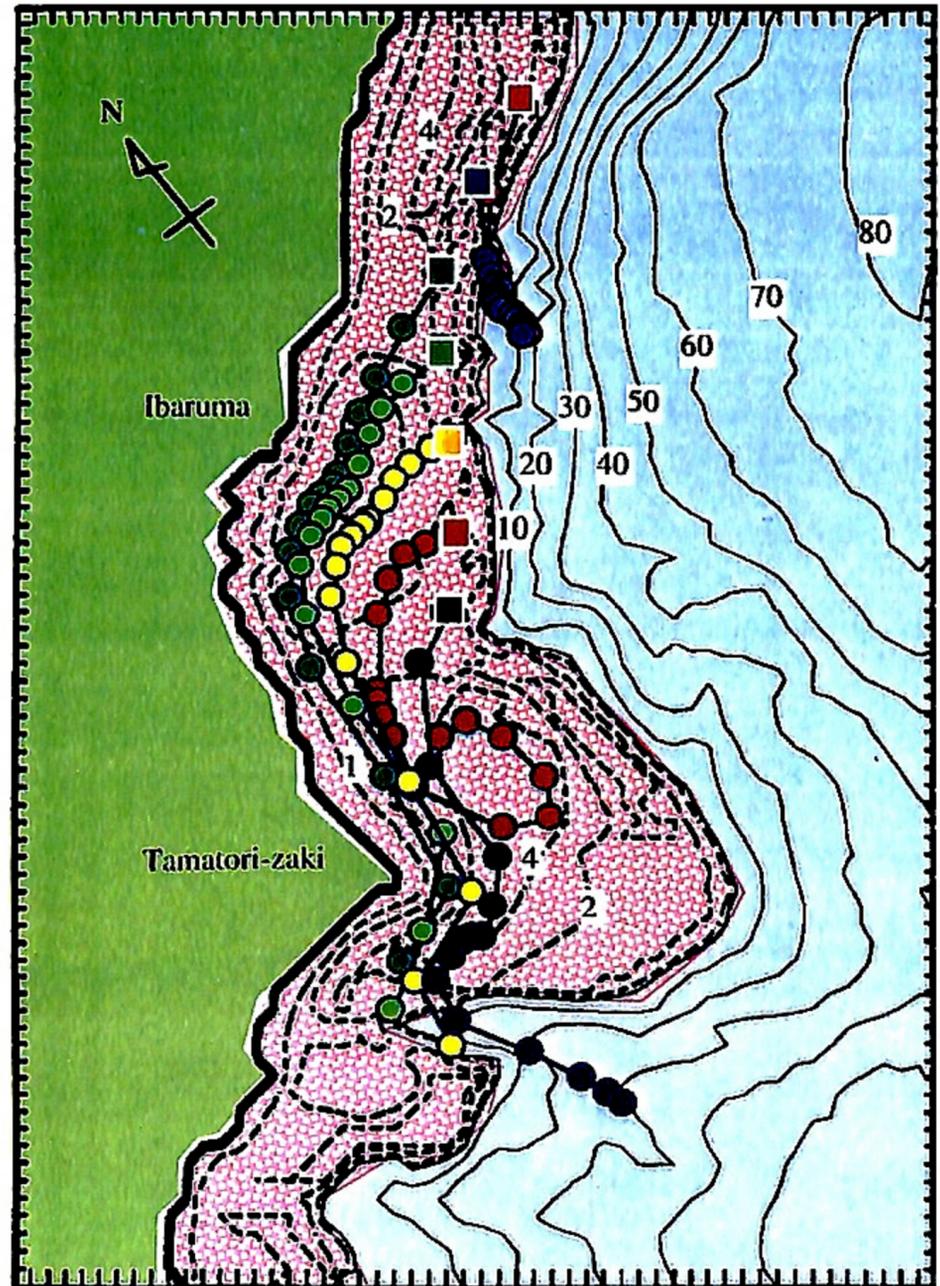


図-6 粒子追跡シミュレーション (下げ潮時スタート, 追跡時間: 15 h)

□: スタート地点, ○: 1時間毎の位置

計算条件

グリッドサイズ

水平: 150 m × 150 m

鉛直: 2層 (上層 5 m)

タイムステップ: 2秒

水平渦動粘性係数: 10 m²/s

鉛直渦動粘性係数: 0.01 m²/s

海面摩擦係数 0.0013

海底摩擦係数 0.0026 (水深 5 m 以深)

$g/(\zeta + h)C^2$ (水深 5 m 以浅)

$C = 1/n \cdot h^{1/6}$ (粗度係数: $n = 0.070$)

潮汐: 振幅: 0.8 m, 周期: 12 h

風: なし

のためサンゴ礁生物群集動態のシミュレーション研究として差分モデルを開発しました (Kudo and Yamano, 1997)。サンゴ礁の生物群集は環境に対応して多様な分布をしますが、このモデルではイシサンゴ類のみを扱い、典型的な6つの型で代表させました。

- ① *Acropora* (ミドリイシ) 型: 枝状で成長が速く、多くの幼生を放出し、競争に強い。
- ② *Pocilloporidae* (ハナヤサイ) 型: 成長・競争ともに中程度で、繁殖期間が長い。
- ③ *Montipora* (コモンサンゴ) 型: 成長・競争ともに中程度。
- ④ *Faviidae* (キクメイシ) 型: 塊状にゆっくり成長するが、競争に強い。
- ⑤ *Porites* (ハマサンゴ) 型: 塊状にゆっくり成長す

る。競争には弱い。

- ⑥ *Acropora palifera* (ニオウミドリイシ) 型: 競争に強いが、十分な光と海水流動が必要。

上記のサンゴ型について、それぞれ加入、成長率、攪乱に対する死亡率、種間競争の優劣などの特性値を文献から推定しています。環境要因として、水深、波高、波周期、濁度、水温、光量を石垣島の統計データに合わせて、イシサンゴ類の加入、成長、死亡の動態をシミュレーションした結果の例を図-7に示します。加入に関するパラメータはサンゴの加入率と被覆度になります。成長は成長率、光量、水温そして種間競争になります。死亡の原因は波、濁り、セジメントの堆積、そして台風やオニヒトデの異常繁殖などのイベントを考慮しています。

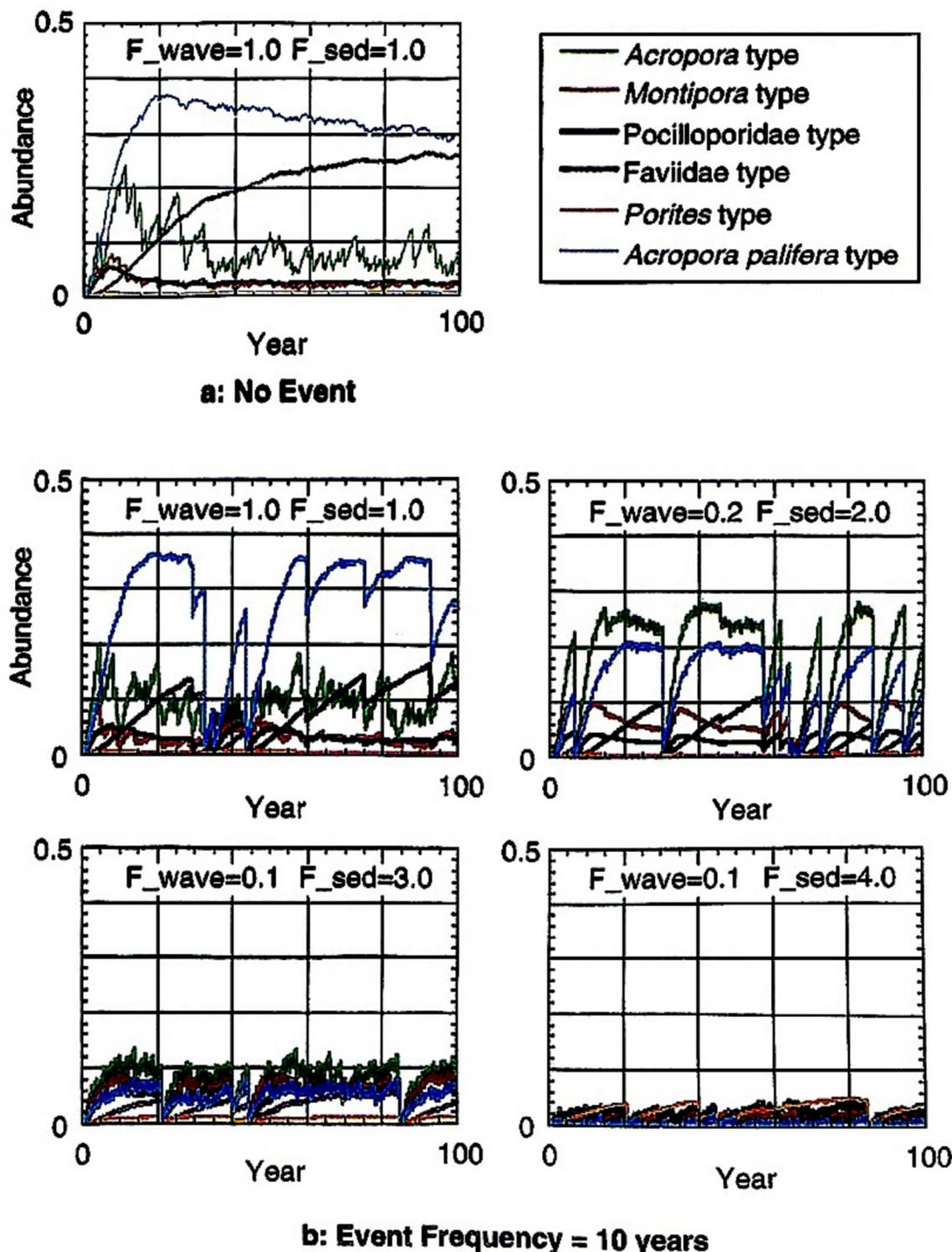


図-7 サンゴ礁生物群集動態群集のシミュレーション研究
イシサンゴ類の被覆度の時系列を示す。F-wave=1.0 (波浪), F-sed=1.0 (濁度) は石垣島の基準データ係数。係数が大きくなると、その環境条件が厳しくなることを表す。イベントは台風やオニヒトデの異常発生などで平均周期10年

イベントがない場合、群集は数十年で平衡に達しますが、イベントにより群集構造が変化します。濁度が増大する（図-7の F-sed が大きい）と平衡状態の被覆度は全般に低下し、イベント後の回復に時間がかかるようになります。また成長の遅いハマサンゴ型が卓越するようになります。

このモデルは藻類やソフトコーラルなどサンゴと空間を競う生物が含まれておらず、また空間そのものも一つの量で表わされるなど、かなりプリミティブです。今後多くの生物からなる空間モデルを開発していく必要があります。またフィールド調査などによりモデルのパラメータの精度を向上させることも必要です。

5. おわりに

なぜサンゴ礁を保全しなければならないのでしょうか。土屋（1997）はサンゴ礁の持っている7つの機能を整理して、漁場、多種多様な生物の共存の場、環境の浄化、景観、防災、二酸化炭素の循環、そして教育・研究の場を挙げています。そしてサンゴ礁の保全とは陸域も含めた島の生態系全体の保全であるという認識が大切であり、土地利用計画に際しては保護すべきところと自然の状況を理解しながら開発を進めていくところを明確にしていくことが課題であると述べています。

サンゴ礁はいくつかの機能があるから保全すべきというのはもちろんですが、地球環境の観点からいいますと、サンゴ礁はきわめて多様な生物群集と環境が微妙なバランスの上に成り立つ美しく、また、か弱い生態系であり、グローバルな環境変動の影響を最初に受ける生態系の一つです。人類の「カナリア」かもしれないのです。「カナリア」を見殺しにしてはいけません。

1997年は国際サンゴ礁年でした。世界各地でサンゴ礁の保全と管理に関する研究集会や啓蒙活動が繰り広げられました。わが国においても、サンゴ礁研究の発展に寄与するとともに、学際的知識の進歩及びその普及を図ることを目的として、平成9年11月、日本サンゴ礁学会が設立されました。当センターでもこのような活動を海洋科学技術の研究開発により支えていくことが求められています。

参考文献

- 1) 環境庁自然保護局（1996）：第4回自然環境保全基礎調査 海域生物環境調査（1989-1992）サンゴ礁分布図。
- 2) (財)熱帯海洋生態研究振興財団 阿嘉島臨海研究所（1996）：サンゴ礁海域におけるベントスの定量評価に関する研究。海洋科学技術センター委託研究報告書。
- 3) Thomason, J. and C. Roberts (1992) : What is a healthy reef? Reef Encounter 11, pp. 8-9.
- 4) Hughes, T. (1992) : Monitoring of coral reefs : a bandwagon? Reef Encounter 11, pp. 9-12.
- 5) Crosby, M.P. and E.S. Reese (1996) : A manual for monitoring coral reefs with indicator species : butterflyfishes as indicators of change on Indo-Pacific Reefs. NOAA, Silver Spring Md.
- 6) Erdmann, M. (1997) : Butterflyfish as bioindicators-A review. Reef Encounter 21, pp. 7-9.
- 7) 中村 仁・工藤君明（1997）：玉取崎北方サンゴ礁の海水流動特性。日本サンゴ礁学会設立大会講演要旨集, p. 46.
- 8) Kudo, K. and H. Yamano (1997) : Dynamic structure of coral reef communities : A simulation study. Proc. 8th Int. Coral Reef Symp., 1, pp. 509-514.
- 9) 土屋 誠（1997）：人間とサンゴ礁の共存-なぜサンゴ礁を保全しなければならないか。国際サンゴ礁シンポジウム「海の熱帯雨林-サンゴ礁と共に生きる-」報告書。沖縄県環境保健部自然保護課, pp. 8-12.

地球フロンティア研究システム創設 —「人」中心の研究体制で地球変動 予測の実現を目指す—

地球フロンティア研究システム

地球の未来を予測するために

母なる星・地球。46億年もの悠久の歳月をゆっくり進化してきたこの星も、近年、人間活動に起因する影響が明確に現れ始めています。二酸化炭素などの温室効果気体の増加、フロン放出による成層圏オゾンの減少、熱帯林を初めとする森林の減少などで、その影響が懸念されています。また、現代社会は、地震や火山噴火、異常気象などの自然災害に対しても脆弱で常にその脅威にさらされています。地球の豊かな自然と生態系を守り、自然と調和した豊かな社会を築くためには、地球環境のメカニズムを解明し、変動を予測し役立てていくことが必要です。このような背景の下、科学技術庁長官の諮問機関である航空・電子等技術審議会地球科学技術部会の報告「地球変動予測の実現に向けて」（平成8年7月）において、地球変動の解明と予測を実現するために、プロセス研究、観測システム、シミュレーションの3つの機能が一体となった研究開発の必要性が提言されました。地球フロンティア研究システムはこのうちプロセス研究を具体化したものであり、宇宙開発事業団（NASDA）と海洋科学技術センター（JAMSTEC）との共同プロジェクトとして地球変動予測の実現を目指していきます。

地球フロンティア研究システム発足

地球フロンティア研究システムについては、去る10月1日、松野太郎北海道大学教授をシステムの総責任者（システム長）に迎え発足しました。当日は地球フロンティア研究の舞台となる港区芝浦のインテリジェントビル、シーバンスN館において、宇宙開発事業団及び海洋

科学技術センター両法人の理事長より研究者の方々へ辞令が交付されると共に、開所式が行われました（写真—



写真-1 辞令を受け取る研究員

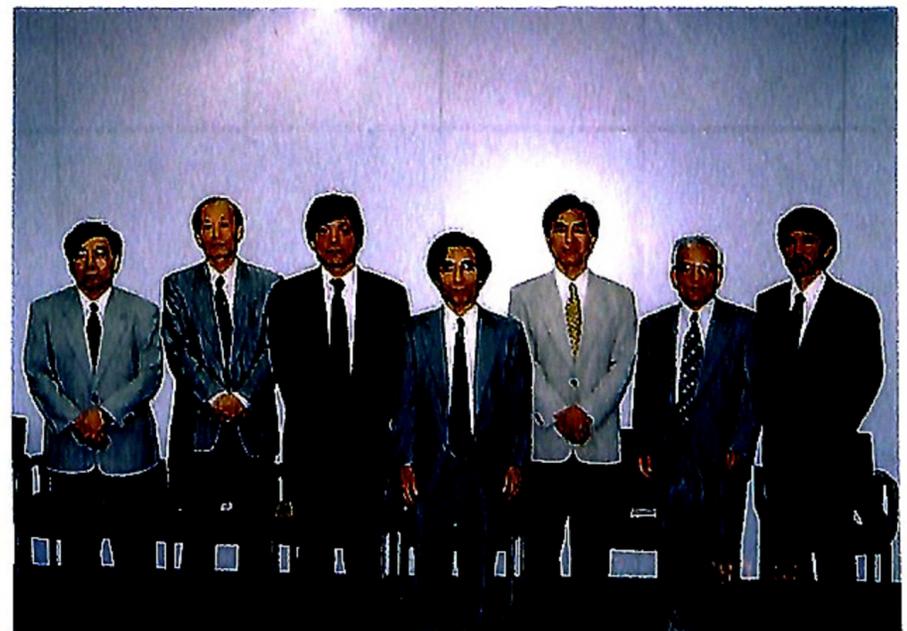


写真-2 研究指導者の面々。

左から福嶋水循環予測研究領域グループリーダー、武田同グループリーダー、安成水循環予測研究領域長、松野システム長、山形気候変動予測研究領域長、真鍋地球温暖化予測研究領域長、池田国際北極圏研究センタープログラムディレクター



写真-3 松野システム長の挨拶



写真-6 松野システム長、内田宇宙開発事業団理事長及び平野海洋科学技術センター理事長による看板掛け



写真-4 平野海洋科学技術センター理事長の挨拶



写真-5 内田宇宙開発事業団理事長の挨拶

をもって新たな船出を迎える研究者の方々にとっては感慨深い式となったことでしょう。

「人」中心の研究体制

本システムではシステム全体を統括するシステム長の下に、いくつかの研究領域を設け、各研究領域に領域を統括する領域長を置きます。平成9年度は気候変動予測、水循環予測、地球温暖化予測、モデル統合化の4つの研究領域について本システムの東京研究拠点（地球変動研究所）において研究を行うとともに、海外研究拠点としてハワイの国際太平洋研究センター（IPRC）、アラスカの国際北極圏研究センター（IARC）においても関連の研究を行います（システムの研究体制について図-1に示します）。松野太郎システム長（北海道大学教授）、約40年ぶりに日本で研究することになった真鍋淑郎地球温暖化予測研究領域長を初めとする卓越した研究指導者のリーダーシップの下、優れた中堅・若手研究者を採用して研究体制を構築していきます。

研究者の採用に当たっては21世紀にふさわしい新しい研究システムとして流動研究員方式を採用しています。すなわち、採用契約は単年度であり、研究の進捗に応じて契約を更新します。また、研究者の年齢にかかわらず、優秀な研究者に対しては能力相応の待遇を提供するという思いきった給与体系を導入しています。この流動研究員方式により、地球変動予測の実現という目的達成に向けた柔軟な研究体制が可能となります。

1, 2)。開所式では科学技術庁、宇宙開発事業団、海洋科学技術センター等の関係者及び地球フロンティア研究システムの研究者の参加を得て、松野システム長、宇宙開発事業団理事長及び海洋科学技術センター理事長の挨拶、看板掛けが行われました（写真-3～6）。特にこの日

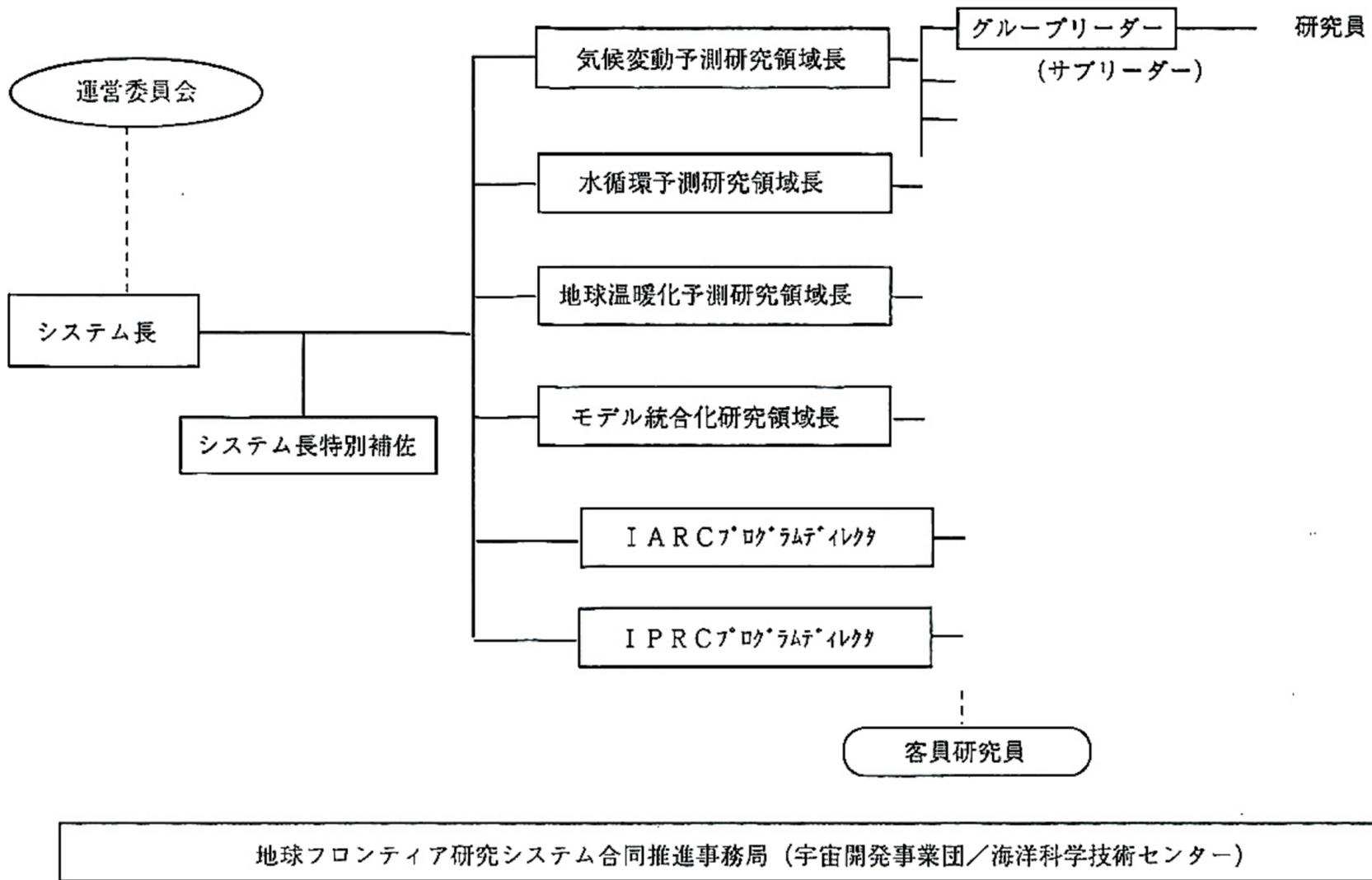


図-1 地球フロンティア研究システムの体制について

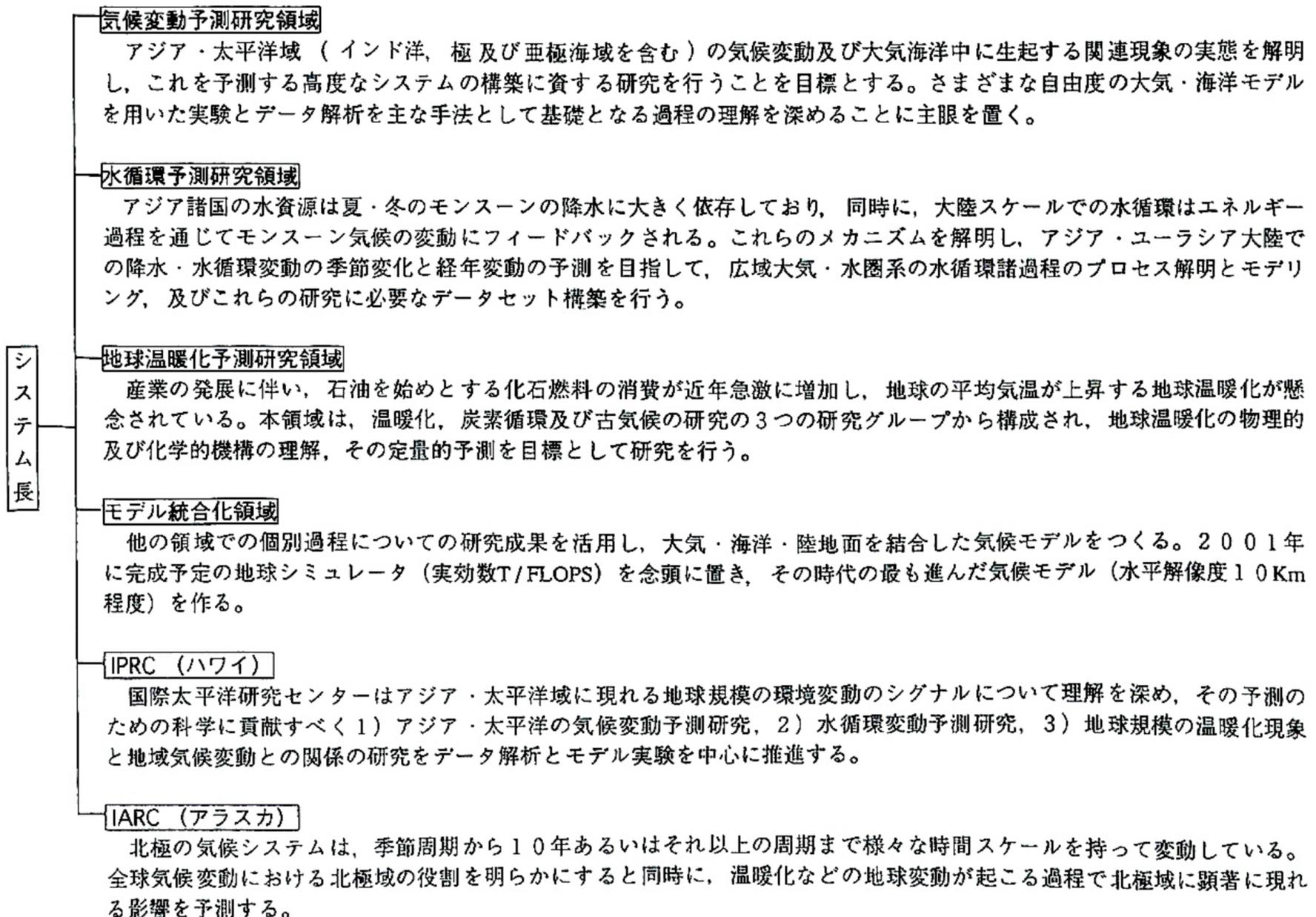


図-2 地球フロンティア研究システムにおける研究内容

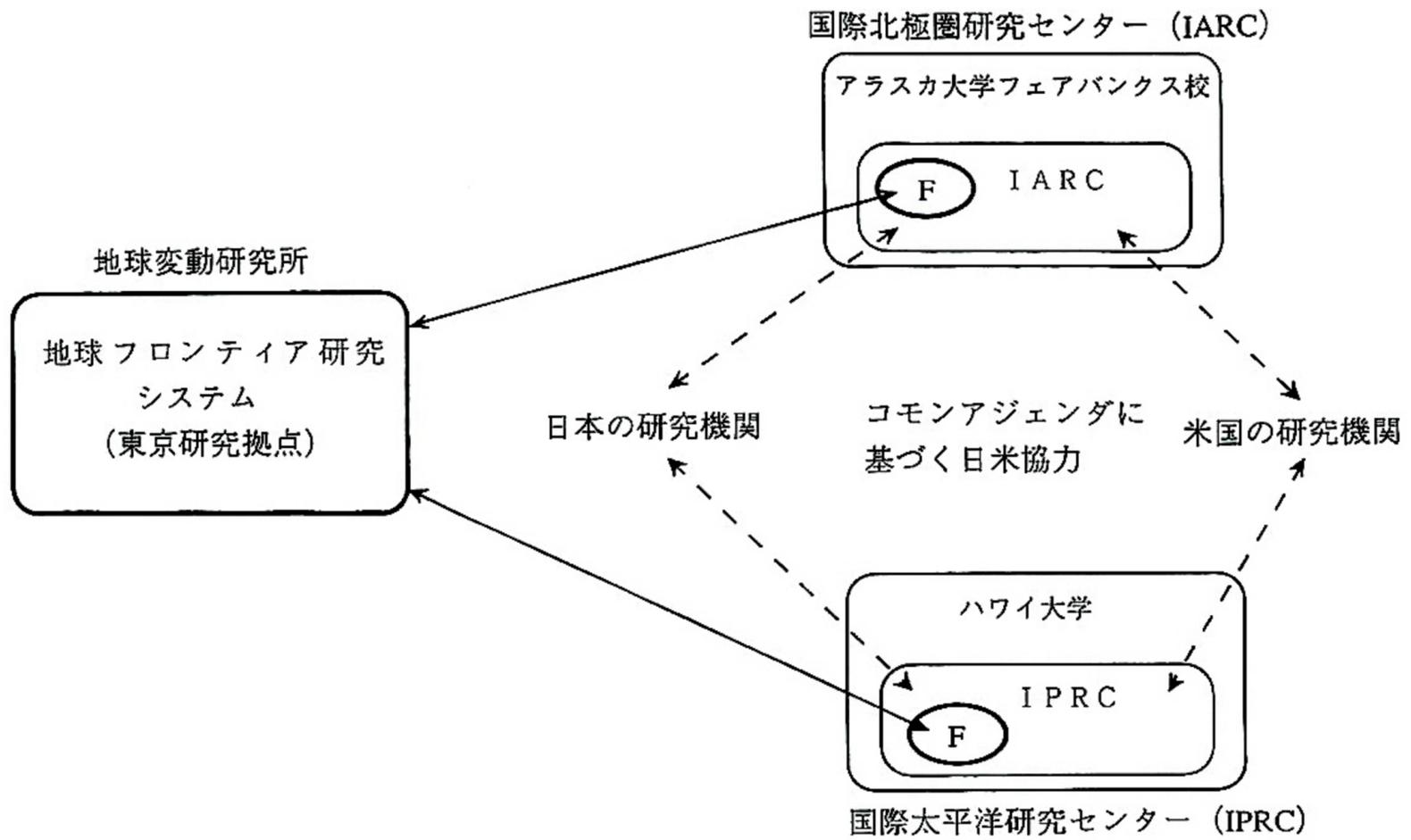


図-3 地球フロンティア研究システムの研究拠点について

各領域における研究内容

本システムでは、大気と海洋の相互作用に焦点を置き、素過程の解明とこれを統合化するモデル研究を行います。各研究領域及びIPRC, IARCにおける研究は図-2のとおりです。

地球フロンティアの国際展開

本システムの研究の一部についてはハワイ及びアラス

カに設置される国際研究センターにおいて実施されます(図-3)。平成9年3月の橋本総理-ゴア米国副大統領会談においては、地球変動研究と予測における日米協力(ハワイとアラスカの国際研究センターでの協力を含む)を日米コモンアジェンダの新しいテーマとして行うことが合意されました。これら国際研究センターはコモンアジェンダの日米合意を具体化したものとしてそれぞれハワイ大学とアラスカ大学内に設立され、両センターにおいても地球フロンティア研究が行われるなど地球フロンティアの研究活動は国内のみならず国際的な協力によっても推進されます。

海のアンスロジー (23)

広島大学生物生産学部 長沼 毅
Takeshi NAGANUMA

海の世界だって
おまえがかんがえているように
くうかくわれるかの
残酷な世界だけではないはずだ！
(『海のトリトン(2)』より)

『海のトリトン』は巨匠・手塚治虫の数少ない海洋ロマンの一つです。滅亡した古代海洋帝国ムーでは、海の動物と人間の合体から海人が生み出されていました。怪海人ポセイドン族は強力な怪神となり、エゴむきだしの人間を利用して、理想的な海人であるトリトン族の滅亡を図ります。戦いを挑む最後のトリトンに向かって、海の長老たる巨亀ガノモスが「にくい敵ほど許すことが必要なのだ」と説くのが冒頭の引用です。この教えは、ポセイドンを倒した後、トリトン Jr. (ブルートリトン) に受け継がれ、人間には猛省を促します。

陸の人間は偉いかもしれないけど
世界じゅうの海も陸も
自分のものになると思ったらまちがいだよ
生きものは人間のほかにもいっぱいいるんだ
(『海のトリトン(3)』より)

ちなみに、ここでは水産庁が悪玉の代表にされていますが、これはやや心外です。

ところで、ポセイドンと言えば、バビル2世の3つの下僕(しもべ)を思い出す方もいらっしゃるでしょう。バビル2世は、古代メソポタミアに不時着した異星人の科学技術遺産を受け継いだ超能力少年で、同じく異星人の血を引きながらも世界征服を企むヨミと戦います。ここで、異星人の残した超科学ロボット3体がバビル2世

を助け、その1つが海に潜む怪力ポセイドンというわけです。他の2体は怪鳥と変身獣。悪の野望に燃えるヨミですが、けっこうハッキリした性格です。

空と海からか……またしても しもべが！
やつがいるかぎりわが野望がならぬなら
いまから勝負をしにいこう
(『バビル2世(2)』より)

同じ超科学ロボットでも、ドラえもんは愛敬がありますね。夏休み、海と山のどちらに行くか、のび太達がい争っているところへ、ドラえもんが「両方いけば、もんくないだろう……海底の山へのぼればいいんだ」と提案し、海底旅行に行くことになります。この旅行記はさておき、この作品は専門的な知見をふんだんに料理しており、たかが漫画だなどと侮ってはいられません。三脚魚や東太平洋海膨まで登場するのですから。

「でも…、なんだかさびしいわ。
海草や魚がぜんぜんみあたらないもの」
「海草や魚のほとんどは、大陸だなや
海面近くに集まっているんだよ……」

「あら…ナマコだわ！ けっこう生物がいるのね」
「何万年も何億年もこの光のささない暗黒の
世界で、いき続けてきたんだね」
(『のび太の海底鬼岩城』より)

ドラえもんは、子供相手に深海の話題を切り出す時など、けっこう役に立ちそうです(私は講義や講演でも使っています)。

しかし、いくらドラえもんが愛敬ロボットだとしても、人間の心をもったサイボーグの魅力にはかなわないのではないのでしょうか？ 名作『サイボーグ009』を忘れるわけにはいきません。島村ジョー（009）らサイボーグ戦士たちは、サイボーグであるがゆえに真の人間性を見据え、生命の尊厳に畏怖します。

「大捕物騒動そのものがネッシーの存在をおびやかす要因になるかもしれないということなのよ！ 潜航艇のエンジン音、燃料の廃棄物……」

「ネッシーは珍しい貴重な生物かもしれない…でも一だからといって、人間の生命を軽んじていいということにはならないんだ……」

「待て009！ 漁民にとってイルカは漁場を荒らす憎い敵なんじゃ！」

「でもイルカだって…人類発生以前からカツオやマグロを食べていたんだ!!」

（『サイボーグ009(17)』より）

宇宙戦艦ヤマトの古代進の兄・古代守もサイボーグ化されたようで、キャプテンハーロックと名乗る宇宙海賊とは彼のことだそうです。宇宙戦艦ヤマトは、西暦2199年、異星ガミラスの放射能侵襲により荒廃した地球を救うため、14万8000光年彼方のイスカンダルまで放射能除去装置（コスモクリーナー）を受け取りに行くというのが主なストーリーですが、実際にはまだ物語が続きます。

イスカンダルまでの大航海も

もう過去の歴史の1ページにしかすぎん……

昔の船乗りが生涯海から離れられなかったように
宇宙を飛んだ男はやはり宇宙が一番いいもんらしい
かくいうわしも あの星の海が忘れられんよ

（『宇宙戦艦ヤマト(1)』より）

キャプテンハーロックには大山トチローという心の友がいました。彼は外見は不細工ですが、その科学的才能と自由への意思は人並み外れていて、宇宙をさすらう魔性の女海賊クイーンエメラルダスにさえ恋心を抱かせるほどでした。

人間と違って 船は一目見ればよくわかるもんだ
つくった人間の心が船にはあらわれているもんだよ

オレはオレのつくった船でだれにもさしずされず
自由に宇宙の海をとぶのが夢だ

（『クイーンエメラルダス(2)』より）

しかし、トチローは生来の病弱、志半ばにして不帰の客となります。ただし、その魂はキャプテンハーロックの海賊船アルカディア号の中核コンピューターに永遠に宿りましたが。

あの星の海に

俺と親友の生涯をかけた未来がある…夢がある

（『キャプテンハーロック(2)』より）

宇宙の海は おれの海

おれのはてしない憧れさ

（アニメ『キャプテンハーロック』主題歌より）

〔日本音楽著作権協会承認第9714419-701号〕

ちなみにキャプテンハーロックでは時代設定を西暦2977年としていますが、すると古代守=キャプテンハーロックは約800歳ということになります。冷凍冬眠でもしていたのでしょうか。まあ、『2001年宇宙の旅』でコンピューターHALの陰謀によって宇宙へ放り出されたフランク・プール（宇宙船ディスカバリー号の副長）などは1000年後に救出されて蘇生するという離れ技を演じてますから（『3001年終局への旅』）、SFの世界では800年くらい大したことないのかも知れません。

自律型ロボットでもなければサイボーグ（改造人間）でもないタイプとして、人造人間があります。最近では、一つの社会現象になったアニメ『新世紀エヴァンゲリオン』（略称エヴァ）がその好例でしょう。他人との接触を恐れる14歳の少年シンジ、軽く表層的なつきあいで深い人間関係を避ける29歳の女性ミサト。この2人の主人公に込められた思いは、脚本・監督にあたった庵野秀明氏の、満たされない心の補完への微かな希望です。シンジはエヴァのパイロット、同僚はやはり14歳の少女レイとアスカです。

空/ひろい ひろい/どこまでもひろい

海/ふかい ふかい/どこまでも深い

私の中に/海と空がある……

（『REI』より）

あなたと空を見た/あなたと雲を見た

あなたと星を見た/私は世界中が見たい
太平洋の底/地球の中心……
無理じゃないわ/今この瞬間だって必ず
この世界に存在しているものよ
『ASUKA』より

「太平洋の底、地球の中心」とは、海洋科学技術センターの推進する「21世紀の深海掘削計画 OD21」への応援みたいです。ところで、エヴァの監督・庵野秀明氏は、1990-91年にNHKで放映された海洋冒険アニメ『ふしぎの海のナディア』の監督でもあります。舞台装置にはJ.ヴェルヌの『海底二万里』から潜水艦ノーチラス号とネモ船長を借りていますが、ストーリーはもっと波乱万丈です。世界征服を企む悪の組織ネオ・アトランティスと、古代アトランティスの末裔である14歳の少女ナディアが、秘石ブルーウォーターをめぐるって戦うという展開ですが、やはりエヴァ同様、中心テーマは命と人の心です。

科学は人を豊かにする。人だけじゃない、ほかの生き物も、水も空も、大地も、この地球そのものを豊かにしてくれる。そう信じるから科学にぼくはのめり込む……

科学が造り出した、というそれだけの理由で花を床に叩きつけたあたしは、本当に自然を愛しているといえるのだろうか？

人間の歴史は争いの繰り返しだ……人間は平和を求めて争い、争いを求めて平和を壊す。本当に面白い生き物だ……きみにこう伝えておこう。人間というのはとても面白い生き物だが、決して愚かではないと。

『小説ふしぎの海のナディア（中）』より

秘石ブルーウォーターはアトランティス人の超能力の源泉なのですが、実は地球生命の強さと優しさ、そして、現実の人生と未来の可能性の交錯点を象徴するかのようです。

しずかに、ゆっくりと、戸惑うみたいにして、けれど何物よりもやわらかくブルーウォーターは輝きはじめた。その力はちょうど青い水をたたえた地球という名の星の輝きのようにも見えた……

このブルーウォーターが必ずしもマイナス面だけをあたしに強要しないのと同じように、運命もまたあたしを悲しい方向にばかり導くものではないはずだと信じなければいけない、ということ。
『小説ふしぎの海のナディア（下）』より

ナディアは当初、極度の人間不信で自分の殻に閉じこもりがちでした。

ひとりでいるのは淋しくない
ひとりだと思わされて 淋しくなることはある
青い海 たくさんの秘密
分からないことは 多すぎるけど
何もかも見えるのより きっといい
『プリンセス・ナディア』より

しかし、そんなナディアも様々な戦いや冒険を通して、自分を裏切る人間たち、自然や命を冒瀆する人類に対して徐々に心を開き、発明少年ジャン（やはり14歳）には心を許します。

いつだって海がある。ぼくとナディアの前にはいつだって大きな海と大きな空がひろがっている。たとえ、この海が荒れ狂い、この空が崩れ落ちるようなことがあったとしても、もはやだれにもぼくとナディアの間を引き裂くことはできない。

愛のきらめく空と、命の不思議を宿した海の間で、ジャンとナディアの物語は、新たな一ページをいままた開こうとしていた。

『小説ふしぎの海のナディア-海からきた妖精』より

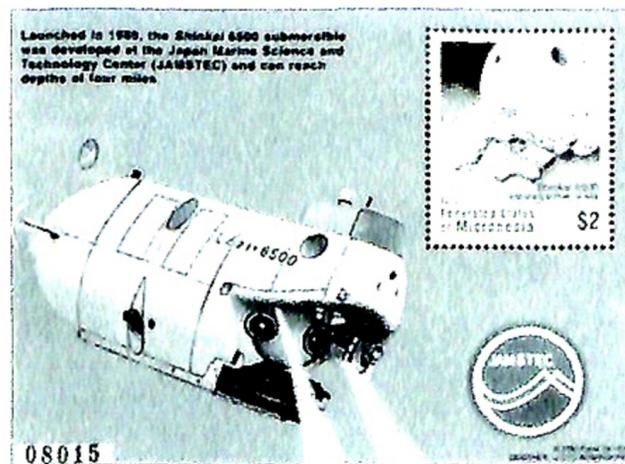
NHKではナディアに続いて『七つの海のティコ』という海洋アニメも放映されました。ここでは11歳の少女ナナミが、海洋学者の父やその友人アルとともに、伝説のヒカリクジラを探して世界中の海を旅します。頼れるのは、300トン程度の海洋調査船ペパロンチーノ号、定員1.5名の潜水球スクイドボール、そして、雌シャチのティコです。ヒカリクジラとはトロンチウムという物質を生み出す生物で、この秘密を手に入れば世界経済を手玉にとれるという代物です。当然ながら、強欲な人間のエゴとナナミの自然観・生命観がぶつかります。これについてはまた別の機会にご紹介するとして、ここでは、潜水屋アルの心意気で、この稿を閉じましょう。

「まずこのエビでアジを釣る
 そしてアジでタコを釣る
 タコでマグロを釣る
 そんでもってマグロでサメを釣り上げれば
 賞金の100万ドルは俺たちのものだ」
 「それで何を買うんだ？」
 「最新型の深海潜水艇に決まってるじゃないか！」
 (『フィルムコミック七つの海のティコ (1)』より)

引用文献

- 1) 『海のトリトン (全3巻)』手塚治虫, 秋田文庫
- 2) 『バビル2世 (既刊8巻)』横山光輝, 秋田文庫
- 3) 『のび太の海底鬼岩城』藤子・F・不二雄, 小学館
- 4) 『サイボーグ009 (既刊20巻)』石ノ森章太郎, 秋田文庫
- 5) 『宇宙戦艦ヤマト (全2巻)』松本零士, 秋田文庫
- 6) 『クイーンエメラルダス (全2巻)』松本零士, 講談社

- 7) 『キャプテンハーロック (全3巻)』松本零士, 秋田文庫
- 8) 『2001年宇宙の旅』A.C. クラーク (伊藤典夫訳), ハヤカワ文庫
- 9) 『3001年終局への旅』A.C. クラーク (伊藤典夫訳), 早川書房
- 10) 『新世紀エヴァンゲリオン (既刊4巻)』貞本義行, 角川書店
- 11) 『REI』林原めぐみ, 角川文庫
- 12) 『ASUKA』宮村優子, 角川文庫
- 13) 『海底二万里』J. ヴェルヌ (荒川浩充訳), 創元推理文庫
- 14) 『小説ふしぎの海のナディア (上・中・下)』小林弘利, アニメージュ文庫
- 15) 『小説ふしぎの海のナディア-海からきた妖精』小林弘利, アニメージュ文庫
- 16) 『プリンセス・ナディア』アニメージュ編集部編, アニメージュ文庫
- 17) 『フィルム・コミック七つの海のティコ (1)』アニメージュ編集部編, 徳間書店



切手になった「しんかい6500」(ミクロネシア)

科学技術って何だろう？ —特に、新しく「科学技術」に たずさわる人達のために—

海洋科学技術センター研究顧問 小林 和男
Kazuo KOBAYASHI

1. 「君達はプロなんだ」

私がまだ大学院に入りたての頃、仲間の一人が私の指導教授の永田武先生から「君達はプロなんだから」と言われて、すっかり恐れ入っていたのを思い出す。まだ収入もなく、西も東もわからない当時の私達が本当にその道の「プロ」だったかどうかはともかくとして、給料を取り、あるいはフェロシップを受けている当センターの若手諸君がすでにアマチュアでないことは確かだろう。

では、いったい科学技術におけるプロとは何なのか、あるいは世間から何を期待されているのか、振り返って考えてみる必要もあるのではなかろうか。

研究開発という仕事は、生産現場とは違ってできあがれば1台いくらか売れるわけではなく、毎日決まった時間に出勤して上役の指示通り動いているだけで高給がもらえる所でもないようだ。かと言って、良い絵を描けば高く売れる芸術家とも少し違うようだし、ではいったいどうすればよいのだろうか？ たまには、頭をひねってみるのも良いだろう。ここで扱うのは深い意味での科学技術の方法論ではなく、その定義を与えようなどという哲学じみた企てでもない。私自身は科学技術行政の専門家ではないし、科学論や科学史にはきわめて疎い人間である。取柄といえば、ひよこの時から「プロ」としての心掛けをしこまれてきたことくらいだから、長年の経験をもとに世界の科学技術者の実態を記してみたら、少しはヒントになるかもしれないと思うだけである。

科学探求の原動力は、「何としても自然の謎を解き明かしたい」との知的要求である。元来、科学はそのよう

な人間独特の好奇心に発する内的営みであって、報酬を求めないアマチュアの「遊び」であった。しかし、先端的科学の研究にはかなりの習練と知的蓄積の伝承が必要であり、さらに何よりも真理追及に要する膨大な時間と特殊な道具及びそのための資金がなければならないことが認識され、科学者という職業が生まれたと考えられる。そのためには「科学」あるいは「科学者」にかなりの金額を提供して何らかの意義があると悟った人または組織がなければならない。最初の支援者はヨーロッパでは国王、米国では富豪達で、金銭的な見返りを求めたとは思えないが、産業革命期に入ると蒸気機関の改良(1782年頃完成)などは明らかに当時のグラスゴー大学との連携が重要な支えとなっている。逆に、蒸気機関の発達が熱力学の進歩を支えた。

大西洋横断海底電線通信の成功(1867年)はロード・ケルビン教授(1824~1907)の指導に負う所が大きい。海底電線建設に伴って大西洋中央海嶺の存在が知られるようになったことも見逃せない。SF作家ジュール・ベルヌはこの年、海底電線敷設の現場を通る商船グレートイースタンに乗ってフランスから米国に渡る航海の途中で「海底二万哩」の着想を得た。こうなると、科学技術から文学までいっせいに花開いた感じである。ちなみに、ベルヌのこの作品は単なるSFというよりも未来の(つまり現代の)科学文明の歪みを予見し、しかしその底に流れる暖かい人間性をたたえる名作であると思う。

技術者の成立はもう少し昔に溯るかもしれない。たしかに、縄文人が土器を作ったのも、ポリネシア航海術も立派な技術だが、彼らは意識して開発したわけではなく、ある時天才がかなり偶然に見つけ出した技(わざ)を先祖代々受け継いだので、今の言葉で言えば人間国宝

の名人芸か職人氣質にむしろ近いだろう。科学技術者が同じ組織に属し、一つの建物の中で仕事をするようになったのは、世界的にもごく最近、多分ここ50年足らずのことではなかろうか。

2. 「人間個人の好奇心に根ざし、終わりのない真理追及の営み」としての科学

現代の科学技術が国家としてあるいは世界的に組織化され、一種の体制として運営されていることは確実だが、一方、大自然の不思議を素直に感じ取り、謎を自ら解き明かすまでは死んでも死に切れないと思う気持ちこそ科学の真髄であることは忘れてはならない。技術者の場合には、一見不可能に見える機械（ハードでもソフトでも）を何としても動かしてみせるといった挑戦心であろう。この点が科学技術政策の基本に据えられなければならないと私は考えているし、科学技術教育は常にこの人類の心の深奥の原動力を呼び覚ますことから始められなければならない。

茅誠司先生が現役教授の頃（私は先生の「強磁性」最終学期の講義を受講した一人である）よく「学生が食い付けばしめたものだ」と言っておられたが、科学技術の初心者が与えられたテーマに「乗って」くるかどうか教育の鍵であることを長年の経験から述べられた言葉であろう。スポーツでも娯楽でも、習い初めは難しいばかりで面白くもないのに、なにかの拍子に急に興味が沸いて、研究も勉強も見違えるようにすらすら行き出す一時期がある。ファームの選手が突然完封、または猛打賞を果たして名投手、大打者に大化けするようなものだ。一度この経験をすると、もう学問研究の世界から足が洗えなくなり、大自然の謎を追い求めて止まぬ始末である。針と糸が付いた餌とわかっていても、ぜひ早く食い付いてほしいものである。

科学研究が衝動的な、個人の好奇心に根ざすとすると、科学者は国家や人類の利益や損失に無関心で、何でも自由気ままに仕事をしてよいのかという問い掛けが、一般社会、あるいは政治や報道に携わる人々からなされるであろう。それでも私は、本当に自然を愛し、宇宙の謎を解きたい動機に駆られた本物の科学者ならば、決して人に迷惑をかけたり、地球を壊すような不心得はできない（そんなことはしないし、強制されても本気で取り組みはしない）はずであると反論したい。

科学技術が制度となった現在では、個々の科学技術者は否応なしに外側から枠をはめられている。枠には幾種

類もある。まず、研究開発のためのグループに入る必要がある。コンピューター・ソフトの開発など単独でも可能な仕事は今でも存在するが、その場合でも周囲の要求をくみ取り、最新のレベルを保つには何らかのネットワークに入らないわけにはいかないだろう。通常は既存の研究組織に所属し、研究室の一員となり、幾つかのテーマを分担することになる。大組織への帰順は、すでに研究歴の長い人達から様々なノウハウ（生活の知恵）を学ぶと共に研究設備を共同で使える利点がある。欠点は自由な発想で研究が進めにくいおそれがあること、成果が誰の力によるかが分からなくなること等であろう。前者の欠点を補うためには、組織内での運営をできる限りフレキシブルにすることと、常時違う研究グループと行き来できるように制度を工夫する必要があるだろう。第2点については後の章で取り上げる。

3. 科学技術の基本と専門分化

現代の科学が、「食い付き」にくくなり、科学者以外の人々から理解されないことが多い最大の原因は、現代の科学があまりにも細かく分化し過ぎ、小さな専門家集団を離れると、たとえ他の分野では一人前の科学者であってももう全く興味が沸かないような状態になってしまったことにあるのだろう。それぞれの分野内で使われる用語は外からは判別不能で、あたかも中世の秘密結社のように見えないこともない。科学が高度化するにつれて教育に要する時間も長くなるいっぽうで、昔は学部を出れば一人前の研究者気分だったのが、今では修士課程を済ませてもまだ十分ではない。長年の徒弟奉公をしないと一人前になれる職人の世界に戻りつつあると錯覚しそうである。

しかし、よく考えれば自然科学など、物理学と化学だけが基本で、あとは生物学でも地球科学でもその応用科学に過ぎない。物理と化学でさえ別物ではなく、質量とエネルギーの保存則など、ほんの2~3の基本概念さえ叩き込めばそんなに難しいはずはないのである。あとは海洋とか、宇宙、気象、地震、岩石、魚、バイキンなど対象に応じて切り方を少し変えればよい。

自然科学の基本はこれらの対象（自然）をどうやって「見る」か、「さわる」かにある。身近な例をあげれば、潜水船で海底のありさま（泥や崖の様子、その上に棲む生物）を見る、次に主な対象物（岩礫や貝など）をつかんで採る。今続けているこのような仕事はまさに深海底という未知の空間に挑む第1歩なのである。実際に現場

で行う観測はこれだけでなく、崖の段差が何メートルあるか、崖がどの水深で、どの方向に延びているかなどを潜水船の計器を使ってできるだけ精密に測る。潜航前に母船によって詳しい地形図をつくり、潜水船がその上のどこを通過して、どこで何を見つけたか精密に記録する。この地形図つくりは最新の音響測深技術を用い、潜水船の位置は別に設置した音響ビーコンに準拠して数メートルの精度で精密に測っている。母船の位置はGPS (Global Positioning System) によって、これも数十メートル以内の精度で決まる。いずれも最新技術の応用で10年前には夢でしかなかったものさえある。この「測定」とそれによる「定量化」が科学の基本の一つである。

採取試料は陸に持ち帰って実験室で解析する。岩石は一定の形に加工して、岩石顕微鏡やX線装置、磁力計などによって鉱物組織、化学組成、磁気的性質などを決定する。生物試料は生かして飼うことも多い。岩石は炉の中で1,000°C以上に熱して溶かしたり、圧力をかけて結晶構造の変化を調べる。

ここまで記しただけでも、自然の観測方法に幾つかの種類があることがわかる。まず、海底が泥で覆われているか、岩石が露出しているか、どんな生物がいるかの判定。これは定性的観察である。生物が何個体いるか、崖が何メートルの高さでどの方向に延びているか等はやや定量的な記載である。水深が何メートルかはかなり精密に定量的に決まる。周辺の地形図を描いて潜水船の刻々の位置を記入するのは母船から行う定量的測定で、潜水船が海底のすぐそばで測る近接観測に対して遠隔測定(リモートセンシング)という。最近では人工衛星から海水温度や海面の凹凸まで測れるようになってきた。遠隔測定と近接観測、さらに岩石や生物にさわって調べる「接触分析」のいずれも重要なことは、月面到達による目視観測(テレビ中継)と持ち帰った試料の分析が、昔からの望遠鏡観察に加えて宇宙科学に画期的な進歩をもたらしたことからわかる。

4. 測定誤差と近似値

自然を測る精度が最近驚くべく向上したことは今や誰の眼にも明らかである。測定の対象にもいろいろあるが、長さ、重さ、時間の測定精度は特によくなった。精度の裏返しの用語は誤差だから測定誤差が小さくなったとも言える。それでも、誤差を0にするのは原理的に不可能であって、常に誤差を念頭に置いて問題を処理しなければ意味のない議論をする恐れがある。ふつう全体の

量を数字で表した時に誤差が9(時には4)を越えない桁よりも大きい数を問題にし、これを有効数字という。有効数字の桁数が大きいほど精度がよいことになる。逆に、有効数字以上の桁の数字を書き並べても何の役にも立たないのである。

最近話題になった例では、マリアナ海溝の世界最深部の深さを無人探査機「かいこう」で測った値は10,911mと発表された。この測定には、最大10mまでの誤差があるかもしれないと見積られているので、最後(右端)の桁の1という数字は有効ではないから、将来もっと精度のよい測定法が開発された時に得られる水深値は10,920mかも知れないし、10,905mになるかもしれないが、10,921mを越えることはないし、10,900mよりも小さいこともないだろう、まして11,000mを越えることはこの地点に関する限りありえないというのが現状の結論なのである。有効数字は10mの桁までだが、計算の便宜上、有効数字の一つ下の桁までは数字を入れて示してもかまわないことになっているので、その習慣に従ったままである。従って、世界最深部の水深は10,910mだと書いても、全く正しいのである。

長さの測定の精度が上がったと言いながら、世界最深記録がどうしてこの程度の精度しかないのかは、説明しておいた方がよいだろう。この水深値は「かいこう」の圧力計で測った圧力から、それだけの水圧を与えるにはその上にどれだけの高さの海水の柱がなければいけないかを計算した値なのである。計算のためには各深さでの海水の温度、塩分の値が必要だが、これは「かいこう」潜航の往復に測定している。測定装置は前後に陸上で測り直して検定し、誤差を見積もっている。水深などまっすぐ長さを測れば精度はもっと上がると思われるかもしれないが、「かいこう」を吊るケーブルは柔らかいので、たるんだり流されたりして、水深よりもかなり長く繰り出さないと海底に着かない。掘削に使う硬い鋼のパイプを鉛直に下ろせばもっと精度が出るだろうが、それでもパイプのたわみは避けられないので、10,000mに対して1mの誤差は免れないかもしれない。通常の音響測深は、超音波が海底で反射する往復時間を測って水深に換算する方法だから、超音波がまっすぐ走っているかどうかと、音波速度の見積りとの両方が誤差の源になる。最新型の測深機では、誤差を減らすために斜めの音波を勘定に入れて補正するなど大きな努力が払われているが、いまだ10,000mについて20mほどの誤差はあるようである。

科学で誤差を扱う場合、測定対象物全体の量に対する

測定の誤りの量の比を問題にする。東京から大阪まで旅行するのに東京駅のホームのどの端から乗ったかは誰も問題にしないのに、100m 競技でゴール側からスタートしたら競争にならないようなものである。生活の実感としては、人の背の高さ（あるいは指の長さ）、体重、脈拍を基準にしてそれらの0.1~1%の誤差はほとんど気にならないことが多いようである。自然科学ではさらによい精度（小さい誤差）を要求することが多く、有効数字8桁などという測定も稀ではなくなった。

注意すべきことは、測定によっては絶対測定と相対測定とがあることで、通常はある基準点における測定値と対象とする地点での測定値との差を問題にする相対測定で十分なので、基準点における測定値が何らかの原因で時間的に変化するかも知れないことは無視して基準値を決めておく。基準値だけでなく基準座標を決めてそれに対する位置を議論することもある。驚くべきことだが、地球の形は長い間精密にはきまらなかった。しかし、それぞれの国なり地域なりで精度よく位置を決めないことにはよい地図ができないので、基準座標系（地図を作る場合は測地系という）を決めてそれに基づいて位置を決めた。最近では人工衛星からの測定によって本当の形に近い値が求まりつつあるが、国中の地図をすぐに変えるわけに行かないためいまだに独自の測地系を使っている。例えば、日本は陸上はすべて Tokyo Datum という基準によっていて、最新の国際系 WGS84 とは少し緯度経度の値が異なる。しかし国際系もまだ最終版には至らず、いずれ改訂が必要になろう。今のところは、どの測地系で決めたのかを明記して、必要に応じて変換すればよい。

相対測定に際しては、ある一定の方法で定められた標準値と測定値を比べてその差を議論することが多い。標準としては、世界中の測定値の平均を用いる場合と、一定の理論式に基づいて求めた値を使うものがある。例えば、炭素の放射性崩壊をしない同位体 ^{13}C の含有量は、通常の炭素 ^{12}C の 1.11% に過ぎない上、地域や条件による変動はさらにその 1/1000 に過ぎないので、標準との差の千倍の数値で $\delta^{13}\text{C} = -20$ のように表すことが多い。重力や地磁気の測定値もその地点での標準値を差し引いて重力（磁気）異常として表す。扱う数字の桁は2桁ほどでも、測定精度は4~6桁に達している。

それにしても、測定には誤差がつきもので、人間は測定精度の範囲内で最も本当に近い値（近似値）によって自然を認識しているに過ぎないことがわかる。それでは、誤差だらけの科学技術など信用ができないかと言う

と全くそうではない。どこに、どれだけの誤差があって、どれだけの精度で、どこまでは安心して結論できるかが常にはっきりしていることこそが、科学技術が信頼できるゆえんなのである。多数の個体からなる自然現象あるいは人工物（製品など）の集合には、かならず「ゆらぎ」（平均値からのばらつき）が存在するので、対応する手法が開発されている。しかし、「ゆらぎ」といいかげん、あるいは優柔不断とは全く別物であることも注意しなければならない。

現代の先端技術によっても、望ましい精度で測定がかなわない対象も多い。しかし、人間はそれなりに対象を上手に近似し、近似体として自然を認識するのである。日常生活にはそのような近似で十分間に合うし、かえってあまり精度を上げ過ぎると細部に惑わされて、「木を見て森を見ない」愚をおかすことになる。

科学技術を実際に応用して、橋をかけたり自動車を作ったりする時にも誤差は必ずあるのだし、かなり誤差が大きい分野も避けられない。そこで実用上は「安全率」を算出して、たとえ各要素の誤差の最大が積み重なった場合でも危険が起こる確率が人間生活に全く支障がない範囲に抑えられるようにあらかじめ設定することになっているのである。測定精度（応用の場合は設計・検査精度）を向上させて誤差を減らす努力がされるのは当然で、事実驚くべき高精度が各方面で実現しつつある。それにしても、誤差0を達成する科学技術はないので、それを忘れると、とんでもない無理難題が出たり、誤解が生じたりすることになる。

現代日本の基礎教育に欠けているのは、この近似教育、誤差教育ではあるまいか。試験の正解はすべてぴたりと合っているか、間違っているかしかない。しかし、誤差0の結論だけが正答だと幼い頃から仕込まれてしまえば、精度がよくないことが多い自然を扱う科学技術に若い人達が関心を持つはずはないし、真の科学技術の理解はできないだろう。

5. 時系列としての自然現象の把握

話を潜水船観測に戻すと、私達は日本海溝の海底観察中にかなり大きなプラスチックの人形が海底の裂け目の中に落ちているのを発見した。人形の上には全く泥が落ちていなかったのも、この人形がここに落ちたのはごく最近のことだろうと推定した。全く同じ地点に翌年潜航すると、周囲の裂け目の壁はやや崩れ、人形の一部の上にかんりの泥がかぶさっていた。さらに数年後にもう一

度同じ場所に潜航した結果、裂け目の壁は大きく崩れ落ち、人形は全く泥に覆われて見えなくなっていた。この3回の潜航から、もしその期間付近で突発的な出来事がなかったとすれば、人形が落ちた（恐らくどこかの船が真上で捨てた）のは最初の潜航のすぐ前（泥が1年であれだけかぶることから逆算すると長くとも1ヶ月以内）であることがわかる。ただし、この結論は付近で突発的な出来事がなかったとすればとのただし書き付きなので、もし最初の潜航から1年以内に付近でかなり大きな地震が起こって崖崩れを起こし始めたとすると、人形が落ちたのはもっと古くてもかまわないことになる。

この例は3回の潜航観察からこれだけの推論ができるというシャーロック・ホームズの探偵事件みたいな話だが、ここで指摘したいのは、自然にはいろいろな現象が（人為的な事件も含めて）継続的に（泥のゆっくりした堆積の場合）か、突発的に（地震による崖崩れの場合）次々と起こっているのだから、それらを時系列として観測する必要があるということである。これが実験室内でいつでも何回でも再現できる現象と自然現象が違う所である。普通の物理や化学の教科書には再現可能な現象しかのっていないので、すっかり違う世界のような気がするのだろう。

日本海溝の裂け目地点でも、もっと頻繁に潜航を繰り返せば突発的な崖崩れが観察できたかもしれないし、ゆっくりした堆積の速度もいっそう精密に決定できたと思われる。現状のように少ない潜航を世界各地に振り分けねばならない段階ではそれは無理な相談である。しかし、この付近でもっと大きな地震が起こり、大きな地すべりを起こすと、三陸沿岸にはかなりの津波の被害を生じるので、何とかして海底観測を長期連続して実施したいという要求が起こる。その際に、測った値をケーブルや衛星経由でリアルタイムで陸の観測施設に送るか、数ヶ月ないし1年に1度記録を回収してまとめて読み出すか、対象とする自然現象の時定数と地域的拡がりとを考慮して作戦を立てる必要がある。最も苦勞するのは、いっどこで起こるか予想できない地震のような現象の観測で、たまにしか起こらない出来事のために連続記録を取る必要が生じることも多い。

最近いろいろな測定機器の精度が数年前に比べて著しく向上したために、かなり小さくしかもゆっくりした変動現象が検知できるようになった。たとえば、ハワイと日本本州との距離は1年に数cmの割合で近づきつつあることが直接測定でき、日本海溝を挟んだ2つのプレート相互間の運動が実証されつつある。さらに精度が上が

るとプレート運動の時間的ゆらぎまで検出できて、地震の予測などに大きな貢献をすることになるだろう。

時間的に変動する現象の中にも、天体の運動のようにきわめて精密に観測でき、予測できるものもある。日の出、日の入りの時刻は秒単位で予告されるし、彗星の出現さえ何年も前から予告され、その通りに観察できる。天気となると予報は最近かなりよく当たるようになったとはいえ、明日天気のはずが雨が降ったり、台風の進路がずれたりはある。それでも、天気予報の進歩は驚くべきもので、観測網の整備、特に気象衛星の出現とコンピュータ数値予報の発達に負う所は大きい。それでも、長期予報となるとまだまだ難しく、次の冬が平年よりも寒いか暖いかさえはずれることが多い。これは世界中、特に太平洋など海上と海中の連続観測が不足だったことと、長周期現象に対しては予想を現実と比較してチェックする回数が少なかったことによるので、精密観測を続ける年月が経てばかなり改善されるだろう。

さらに長期にわたる、百年とか千年、万年、1億年かけてゆっくり変化する現象や、その間に1度か2度しか起こらないような事件となるととても観測では検知できないけれども、自然界には古い出来事の記録が何かの形で残っているので、手掛かりが出てくる。考古学で遺跡を発掘して縄文時代の生活を知り、古文書を読んで古代の歴史を探るようなものである。地球と海洋の長期変動を探るには、海底の堆積物や極地方の氷床を使う古環境学、古生物学（微化石）の手法が使える。約1万年前までは氷期と間氷期が数万年おきに繰り返す、氷期には世界中、とくに両極地帯は今よりずっと寒く、大量の海水が凍結して海水面が120m以上低下したなどが手に取るように分かるのである。

自然を調べる上での難しさの一つは現象の時定数が極めて長く、人間の一生では追尾しきれない点である。二酸化炭素を人間が放出したら、どの割合で海中に吸収され、どれだけ大気中に残って温暖化を起こすのか、それともかえって寒冷化して氷期になってしまうかなどは、実物で試すことは人間の平均寿命を単位とする限り不可能である。しかし、地球自身は二酸化炭素の増大も減少も、そして温暖化も寒冷化も何度も経験済みなのだから、その記録を読み取って地球の特性を知ることは、将来の予測のために重要な仕事ではあるまいか。「ローマ」がなぜ滅んだかを詳しく調べるのが未来の政治予測に役立つかという議論と似ているかもしれない。

6. 自然現象のモデルと実体の把握, 法則的 体系化

前章までに観察と測定的重要性をかなり詳しく、幾つかのケースについて考えて来た。自然現象の客観的で精密な記載が自然科学の基本であることは昔も今も、そして将来も変わらない。とりわけ、当センターが対象とする海（地球表面の3/4）については分からないことが多過ぎたので、もっともっと観察と測定に精を出さなければならぬ。しかし、科学技術がそれだけで終わってしまえば、人類の文明の進歩がないことも確かである。

集まった観察と測定の結果（これを1次データと呼ぶことがある）は、観測者以外の研究に利用できる形に整理される必要がある。現代では、百数十年前に研究船チャレンジャーが世界一周した時代と違って、1人あるいは1グループが数年かかって全く同じ仕事（航海報告など）を完成できる時代ではなくなって、多くの研究者が交替で一連の仕事をまとめることが多くなった。時間的な制約よりも、専門分担の細分化と各種機器の使い分けの必要からそうならざるを得なくなったと言うべきだろう。

それぞれの観測分担者は次の人が利用できる、一定のフォーマットに従った記録（測定データと処理済みの採取試料及びそれらの説明）を残す義務を負うことになる。さいわい、コンピューターやビデオなどメディアは増大しつつあるから、それらを上手に利用して仕事を進めることができる。記録が万一にも紛失しないようにバックアップが必要で、これらの経費は惜しまれてはならない。望む記録の一部分に容易にアクセスできるように、あと一步進んだ読み出し機能の開発が望ましい。これらは観測者本人にも役に立つ。データの精度がどこまでだかの記述も前章で述べた理由で不可欠である。

次に、データに基づいて対象がどのような形をして、どのように動きつつあるかの解釈に取り掛かる。この段階では観測者と別な人が筆を取ってもよいが、できれば同一人が行ってほしい。観測者こそが対象を最もよく見ているに違いないからであり、また自分で解釈まで考えてこそ、自然への興味はますます高まるだろうからである。ただし、うっかり見落とししたり、別の対象に注目していた場合もあるので、周囲の人からの助言にはぜひ耳を傾けてほしい。実際には観測開始前に計画のProspectus（提案書）を用意し、それについてグループで議論しておくことが望ましい。提案書は難しい書類でなく、こ

れまでの情報に基づいて、わからないこと、知りたいことの疑問符の羅列であってかまわない。そのうち一つでも分かったら、こんな嬉しいことはない。新しく疑問が続出したらそれも結構だ。研究観測航海では、ぜひここまでは船上で完了したい。そのためのまとめ役（Coordinator）はぜひ必要で、通常は主席研究員の役目でもある。

データがある程度溜まるか、一つでも特筆すべき結果が得られた時、現象のモデルを立てて、解釈を一步進めることになる。モデルは最初は定性的なスケッチで十分だが、数値計算を含む定量的モデルが成功すれば、大きな前進である。ただし、必須条件は、モデルは次の観測で検証可能なものであることで、一見どんな見事なモデルでも自然と突き合わせてチェックできないモデルでは、世の役に立たない。見事なコンピューター・シミュレーションには時として入力の変動に対する出力の反応が不明のものがあつて、それでは自然のモデルとしては不適格である。

幾つかのモデルの検討を経て、いよいよ自然現象の実体がなにもものであるかを知る段階に入る。このような段階的進行は、個人の科学技術者の内面でもすべての仕事について必要であるが、科学技術の各分野の発展を見てもこの各段階をふんでいることがわかる。例を挙げようとするれば、きりが無い。科学史の本には、チコ・ブラーエの天文観測（まさに1次データ収集）からケプラー、ガリレオの地動説、そしてニュートンの引力の法則に至る歴史が描かれている。相対論や量子論の成立までふれている本もある。

ここでは、私の身近なテーマについての一例をあげる。別な分野の方は無視して自分の専門の中で同じことをたどっていただきたい。私の場合というのは、言わずと知れたプレート・テクトニクスだが、私が学部学生だった1950年代には、陸上についてはかなり多くの地質・地球物理データが溜まっているにもかかわらず、本当に何が起きているかについての解釈は、お先真っ暗の感じを否めなかった。海底に関しては、戦後10年近くの間、海底研究がほとんど不可能だったこともあって、日本ではまともに取り上げられなかったが、欧米諸国では海底、特に中央海嶺についてかなりのデータが集められ、新しい手法による観測も進んだ。海洋磁気異常測定などは当時の最先端だったのである。この中から中央海嶺中軸谷（頂上の割れ目）の発見（1956）と磁気縞模様の発見（1958）が生まれた。この2つに対してあえて発見と書いたのは、当時の実感を表すためなので、世界各

地の海で、海底の割れ目とか縞模様という実に見事なパターンが眼で見たのであった。最初はこれらが何者だか、どうしてできたのか分からなかった。これが1次データのまとめと、表示(報告)が最も効果的かつ刺激的に行われた例であろう。

さっそく幾つかのモデルが作られ、成因をめぐって激論が闘わされた。今から見るとずいぶん的外れなモデルも多かったし、現象の普遍性に疑問を投げかけるむきもあった。各モデルの当否を実物に当たって検証する努力が始められたのも当然である。モデルの中で特に眼を引いたのが、Vine-Matthews (1963) の海底拡大説であった。彼らの議論の基になったのは国際インド洋観測(IIOE)の一環として英国の研究船オーエンによって彼らが自ら測定したデータで、最近亡くなったMatthews (1931-97) はケンブリッジ大学の先生、Vine は大学院生だった。このモデルは極めて大胆で、批判も多かったが、世界中の海域で検証するにつれて実際とよく合うことが証明され、しだいに広く認められるようになった。その確かさを最も劇的に示したのが、掘削船グローマー・チャレンジャーによる南大西洋の深海掘削(1968)であった。実は、私自身はこの説に対して当初日和見を決め込んで、この掘削の結果に賭け、報告を聞いて直ちに支持にまわった1人である。

それでもまだ、海底拡大説は実体のない仮説の域を出なかった。同じ頃、海底について震源分布や発震機構、地下構造、岩石組成など各分野のデータが急速に増加し、それらを基に1967~68年頃プレート・テクトニクスが誕生する。プレート・テクトニクス成立に貢献した研究者は数多く、各地に広がっているが、1973年にプレート・テクトニクスと磁場逆転の先駆的論文集を編んだAllan Coxは、学説誕生の地としてケンブリッジ大学、プリンストン大学、ラモント研究所(コロンビア大学)、スクリップス海洋研の4つをあげている。この論文集に収められた計40篇の論文中、日本からは松山基範の地磁気逆転発見の論文(1929)と松田・上田による島弧生成論(1971)の2つが入っている。和達清夫による深発地震面の発見(1928)が漏れているのは手落ちだが、それにしても日本からの貢献が少ないことは認めざるをえない。

こうして海底拡大説は地球表面全体を覆うプレートの運動の観点からかなり定量的に体系づけられた。特に、これまで量的扱いの埒外であった地質現象がプレート境界での出来事としてモデル化され、現在起こりつつある地震や火山噴火などの現象と結び付けられることになっ

た意義は大きい。しかし、初期の段階では、プレートは厚さを考えない架空の2次元の板であった。プレートを厚さと硬さを持つリソスフェアとして、実在の対象として扱えるようになるにはさらに10年が必要であった。

現在でもリソスフェア下面の物性については解決していない課題も多いが、少なくともその3次元的形態と動きについてはかなり明確に認識できる。プレートすなわちリソスフェアを動かす原動力とプレート内及び境界での応力分布などの定量的理解が今後の課題だろう。リソスフェアの下のマントル下部から地球核に至る領域で起こっている現象の定量的認識が差し迫った急務であろう。今のこの仕事はプレート概念成立で出来上がった理論の枠組みをさらに定量化、実体化する段階で、新しい枠組みを作るものではない。地球内部のダイナミクスの理解は、観測データの集積、モホ面以下に至る物質の採取・解析と超高压・高温下でのレオロジーの研究によってさらに著しい進歩を遂げるだろう。

7. 新しい概念の誕生とセンター・オブ・エクセレンス

前章でプレート・テクトニクスが世界でも限られた4箇所ほどの拠点で誕生したことを記したが、このような研究室こそが最近しばしば科学技術の理想郷としてとりあげられるセンター・オブ・エクセレンス(Center of Excellence)なのである。最も盛んな時代のこれらの現場、特にケンブリッジとラモントには、幸い私も短期ながら訪れたことがあるので、実状を紹介したい。

これらの研究室は際立って新しい巨大施設を所有していたわけではない。しかし、ケンブリッジ(測地・地球物理学科)はブラード(Sir Edward Bullard)、ラモントはモーリス・ユーイング(Maurice Ewing)という当代随一の俊英に率いられ、その下に集まったメンバーはかなり自由に新しい研究開発を手掛けることができた点をまず指摘したい。いずれも当時としては全く新しい観測技術を独自に(会社の助けを借りたのは当然だが)開発し、世界各地からデータを採っている。ブラードの熱流量計、ユーイングのサイスミック・プロファイラーはその代表であろう。研究室にはしょっちゅう海外から来訪者が絶えず、一緒に議論し、共同で論文を書いた。トロント大学のチュゾー・ウイルソン(J. Tuzo Wilson)は有名なトランスフォーム断層のアイデアをケンブリッジ訪問中に思い付いて論文にしたといわれている。ケンブリッジでもラモントでも、しばしば、セミナーを開き、

ティータイムには違った分野の人と気軽な議論をしている。

各人が勝手に仕事をしているように見えて、全体として新しい方向をつかんでいるので、このグループに加わると「黙ってすわれば、ピタリと当たる」。研究の最先端の方向がおのずと見通せるようになるのである。時にはグループと違った考えを抱く人が出るのもやむを得ないが、その際も周囲は気にせず各人の考えを押し通す。ラモントでは、何と総帥のユーイングがかなり後まで海底拡大説に賛成しなかった。実証主義者であるユーイングは、幾つかの観測事実にもかかわらず拡大説と合わないものがあるのを知っていたからである。この観測事実は最近になってようやく拡大説に沿って説明できることが分かったのだが、本人は納得するまで承認しなかった。しかし、メンバーが自分で考えて説を推し進めるのは妨げない。新しい学説はこんな雰囲気の中から生まれるのである。

プレート・テクトニクス創始者の一人で、今やフランスの海底研究をリードしているルピション (Xavier Le Pichon) は、その当時はラモントのメンバーの一人だったが、最初のうちデータに不満があって拡大説に反対していたのだと自ら告白している。データが整ったある段階で、急に拡大説を一步も二歩も押し進めて、プレート・テクトニクスを提唱することになった。研究においては「君子豹変」「過ちて改むるにはばかりなことなかれ」なのである。

このような、あるいはもっと大規模なセンター・オブ・エクセレンスは、ほかの分野でいろいろの時代に存在したであろう。よく知られた例は、アインシュタインが最晩年を過ごし、日本からは湯川、朝永両博士や数学の矢野健太郎博士が滞在したプリンストン高級研究所だろう。研究員は何の雑事もなく好きな研究をしていればよいという夢のような環境は、矢野先生の麗筆(「食後の数学」という題で新潮文庫に入っている)で生き生きと描かれている。戦前の日本では大河内正敏所長の頃の、創立間もない理化学研究所であろう。その中の寺田寅彦研究室の様子は、中谷宇吉郎博士の随筆に書かれている。断層生成のモデル実験のために白玉粉と砂糖と小豆を注文したとき、事務方が「まるでお汁粉の研究ですね」と言った話はよく知られている。もう少し後の、昭和7年(1932年)頃の仁科芳雄研究室のことは朝永振一郎博士の「鏡の中の世界」(みすず書房、1965)という本の中の「科学者の自由な楽園」と題する随筆に、これも懐かしさを込めて記されている。15年ほど前に宮田親平とい

う人が同じ書名で(おそらく朝永博士の書き物に傾倒する余り流用したのであろう)当時の様子を本(文芸春秋、1983)にしている。この本は私は書評を読んだだけで内容は見ていないのだが、単に古きよき時代の思い出として済ますことができない研究室経営の問題を含んでいると思う。

それでは、センター・オブ・エクセレンスを日本でこれからつくるにはどうしたらよいかというと、実はミニ・センター・オブ・エクセレンスならば、現在の日本にもけっこう沢山あると言いたい。先端科学といっても、細かい針を丁寧に研げば、鋭い切れ味の先端をつくることはそんなに難しくない。東京から離れた中都市の大学辺りに、限られた対象のある種の分析に関しては世界第一という研究室がけっこう存在するので、これこそミニ・センター・オブ・エクセレンスと呼ぶに相応しいと思われる。なまじ、中央に近く予算も豊富だと、ついあれもこれもと関連分野に間口を広げざるをえないので、どうしても「棒大」になり、鋭さを欠くことになりがちである。新しく研究室を開く場合、「針小」型を選ぶか、「棒大」型を採るかよく考える必要がある。

これが若い新人研究者のテーマ選択の場合なら、ためらわず「針小」型を選ぶことを勧める。間口が広い研究機関の中ではつい「隣の柿は甘い」と感じていろいろなテーマに手を出しがちだが、若いうちはぜひ鋭い研究を完遂してほしい。しかし、せっかく宝の山の中で他のテーマを全く知らずに過ごしてしまうのはもったいないので、「仕事は鋭く(針小)、関心は広く(棒大)」をモットーにしてほしいものである。広い視野は、針の向きを常にまっすぐに保つのに役立つし、1本の針を使い終えた時に、次の針を見つけ出すのを助けることになる。

研究組織全体としては、なかなか長い針1本というわけに行かないのが実情である。特に船とか、ROVなど建設費も運営費用もかさむものを持っていると、外部の多くの研究者の要求にも対応を迫られるのでどうしても「棒大」になりがちである。しかし、研究者、技術者個人は鋭さを欠いては世界の一流から遅れるので、その兼合いが最大の課題となる。巨大施設を動かす内部の当事者が鋭い先端研究を一つでよいからテーマに持っていなければ、異なるテーマを持つ外部の研究者との共同作業はうまく行かないものなのである。内部で先端的研究の柱を何本も立てて、針ネズミ型研究センターをつくれればよいと思われるかもしれないが、余程の年月と実績を積み重ねない限り、言うは易く、実現は難しい。針一本でもまっすぐ立てる地盤ができ上がってれば、次の針を

移植することはそれほど困難ではない。

8. 研究発表という崇高な儀式

科学技術者が十分な内的モチベーションを保ち、一応の研究条件に恵まれたよい組織に加わることができたとして、一定期間、一つのテーマに取り組んでいけば、必ず何らかの結果が見えてくるはずである。不幸にして予期した成果が出なかった場合でも、どこがまずかったか、予想が外れたのはなぜかなどをよく考えると、新しい方向が見つかるに違いない。往々にして全く予定しなかった拾い物をすることがある。本当の新発見は「拾い物」の中にあることが多い。ともかく、これらの一見雑多なジャンクの集積の中から何か新しい物を見つけてそれに光を当て、人に分かるようにまとめたものが「論文」である。そして、論文をきちんとした形式に則って「公表」することは「プロ」としての重要な仕事なのである。論文を書かない研究者は、演奏会を開かない幻のピアニストか、展覧会に出品しない絵書きみたいなもので、専門家集団（現代のギルド）からは見捨てられ、収入の道が途絶えても文句は言えない。

論文発表の形式は様々で、急速に変わりつつある。昔は新しい発見や発明をした時、先生か友人に手紙を書いて評価を願うと共に、その日付けで先取権 (priority) を確保した。「Nature」という雑誌に Letters to Nature (以前は Letter to Editor といった) という欄があるのはその名残りである。手紙のうちのよい報告を選んで、イギリスの Royal Society やフランスの Académie des Sciences では会員が例会で紹介するようになり、その報告が印刷になったのが学術誌の始まりと言われている。その後、各大学や研究機関でもそれぞれ自分の組織の構成員の成果を公表する印刷物を出すようになった。

19世紀後半から科学研究者の国家的統合や国際的交流の必要性が認識され、英米独各国には BAAS (British Association for the Advancement of Science), AAAS, GDNA という 科学者連合が成立し、学術誌を発刊した (このうち英語の Nature と Science だけが今なお隆盛である)。科学の専門文化が進むにつれて分野別の集合体ができ上がる。それも最初は数物、博物のようになかなか幅広い分野を統合していたのが、しだいに細分化する。

これらの組織—小さい方から研究会 (Group), 学会 (Society), 協会 (Association), 連合 (Union) と呼ばれる—には、現会員 2 人の紹介がなければ入れないの

で、会員になることがプロとしての資格とみなされる。運営は資金を含めて原則として会員のボランティアによることになっており、AGU (全米地球物理連合) の機関誌や会場の掲示板には麗々しく Unselfish Cooperation in Research と書かれている。現実には、企業や国家機関の援助を受けることも多いようである。最近では、専門と国を超えて合同する機運が高く、アメリカでは以前から米国とカナダは一体として活動しているし、これに南米諸国が加わり、ここ数年来太平洋の西側 (日本、中国、フィリピンなど) と提携する動きが活発である。ヨーロッパは欧州統合の波に乗って連合を果たしている。

いずれも、年に 1~2 回 (国際会議は 4 年に 1 回程度) 会員のための研究発表会を本拠地、または各地持ち回りで開催している。集会は遠く離れた研究者達が顔を合わす貴重な機会であり、セレモニーでもある。私も 20 代の頃、論文でしか知らない大先生に初めて言葉を掛けて頂いて感激した憶えがある。会場では誰にでも自己紹介して直接話し掛けてよいし、人の会話を中断して割り込んでもよいと言う不文律があるようである。以前は学会にはちゃんとネクタイをして身なりを整えて出ると言われたものである。会合が職能集団の崇高な儀式であることを教え込まれたのである。これは最近外国の人も守らないことが増えたようだ。学会はまた外国 (特に米国) の大学では人探しの機会でもあり、正式に求人 (Position available) を扱うコーナーを設定する所も増えている。

研究集会にはできるだけ時間の都合をつけて出席することが望ましい。最近、これらに出席する旅費・滞在費が若手研究者にかなり国や財団などから出るようになったのはよいことである。出席するからには、ぜひしっかりした論文を提出すべきである。発表方式には、講演とポスターの 2 通りがあり、一長一短はあるが、どちらも本人の名前と研究内容、発表態度をよく観察してもらえ。発表が済んでからの方が初めての人からも気楽に声を掛けられる機会が増えるようである。出席前には、国内にしろ国外にしろ十分準備して、できれば仲間うちで練習を積んで、わかる話を出すべきである。集会は、一種の審査会 (品評会?) であることを忘れてはいけない。手書きで十分だから、企てと結果と論点 (何を、どうして、どうなった?) を太く、はっきりと記すべきである。外国の大学には、「発表法」 (Method of Presentation) というコースを持つ所も多いのに、言葉のハンデを持つ日本が、発表技術をおろそかにしては困る。

研究集会でも概要 (アブストラクト) をあらかじめ提

出して、会によっては審査まで経て、印刷配付するところが増えつつある。この予稿集は業績として記録に残り、引用もされるので大切にすべきだろう。今後は、焦点を絞った Workshop 型と、各分野が一堂に会す連合集会との2つが中心となるのではなかろうか。大規模な集会は科学技術分野が細分化されすぎる現代において、クロスオーバーのためにいっそう重要性を増すに違いないが、運営にはハード、ソフト両面で今一つ工夫が足りないのが現状である。日本も会議場はずいぶんよくなったが、スライドと OHP プロジェクター、音響施設は改良の余地がある。場内テレビの利用などもっと行われてよい。Convention Bureau なども増えたのだから、日本らしい先端技術を組織的に開発したいものである。

集会での発表と並んで、文章としての紙に書いた論文(英語ではスライドもない口頭報告も Paper と言うのはどうした由来であろうか?)を完成する必要がある。それもできれば、外国語(現代の世界の趨勢に従えば英語)で書いて欲しい。外国語で論文を書くのは時間と労力を要する仕事であるが、やはり「プロ」としての大きな業務の一つだし、自分の業績として世界中に残ると思えば苦勞のし甲斐もあるだろう。私も初めて書いた論文が英語の雑誌に出たときは、なんともよい気持ちでしたものである。

9. 研究論文にまつわる諸問題

またまた昔話になって恐縮だが、学生時代に坪井忠二先生から「日本語で論文を書く時でも、一度英語で書いてから日本語に訳せ。その方が論理的で、すっきりした文章になる」といわれた。これは日本語に欠陥があるためではなく、自国語で書くとどうしても馴れ合いになって飛躍しやすいのに、外国語ではごまかしがきかないからに過ぎないのである。事実、私が米国にいた頃、大学院に入りたての学生に論文を書かせたところ、論理的に支離滅裂な文章を持って来たので、全部書き直してしまっただけである。

今では、ワープロにスペルチェックなど実に親切な機能を備えた機種が多いから、綴りと単数複数は自動的に直せる。どうしても分からないのは定冠詞 the の使い方、これはイギリス人とアメリカ人とでもずいぶん違う。ここに簡単な実例を記そう。

Analysis of present geomagnetic field (by Cox)

An analysis of the geomagnetic field (by Creer)

これはある論文集に並んで出ている2つの論文の表題

で、上の著者はスタンフォード大学教授(第5章に述べた論文集の編者)、下はエディンバラ大学教授の書いた物で、ほとんど同じテーマを扱っているが、英国流では不定冠詞と定冠詞が一つずつ多い。これを見てから冠詞はあまり気にならなくなってその時の気分で書いているが、どうしても分からなくなったら入れないほうがよい(その方が印刷費の節約になる)。

要はいかに論理的に、飛躍と矛盾なく文章を書くかなのである。もう一つ、「言い訳は後から書け」。これも日本語ではつい、「こういう場合もあるが、ほとんどはこれこれだ」とか、先に逃げを打つことが処世の知恵だが、論文では禁物である。

この他は、日頃関係分野の、よい(頭の鋭い人が書いた)論文をよく読んで、できればワープロに入れておいて、似た話の時にそのまま流用すればよい。論理や結論の流用は知的所有権侵害になるが、文脈の利用は文学作品ではないので全くかまわない。

論文を書く時に先ず問題になるのは、実はこんな高級なことではなく、誰と誰が著者になるか、どういう順に並べるかである。最近、共同作業に基づく研究成果が増えたので、著者の数は増える一方である。研究航海の成果ならば、乗船者全員を羅列することが多いが、例えば10人参加した航海で全員並べると、読むだけで「寿限無のすりきれ」になって収拾がとれない。そのため、従来長い間、筆頭著者代表主義を取って、引用する場合は Kobayashi et al., 1997 のような書き方をして第二著者以下を十把一絡げのその他大勢にしてしまっていた。確かに、航海には主席研究員というリーダーがいて統率を取るようになっていたので、その名前を筆頭に置くのは順当である。最近、2国共同航海や対等の協力研究がしばしば実施されるようになって、船上でも2人の co-chiefs が並立する例が出てきた。この場合、筆頭著者代表主義はどうしても具合が悪いことになり、第二著者までを必ず引用しろと要求する出版物が出てきた。国際深海掘削計画の Proceedings (報告集)では、巻頭にそのむね明記し、Klein, Kobayashi et al., 1980 のような引用を励行している。この際、最初の2人の順序は全く平等で、籤引きで決める事さえある。最近では、Staff Scientist (Coordinator) も入れて3頭主義が行われるようにさえなった。プレート・テクトニクス創成期の重要論文の1つは3人の著者によって書かれているが、著者リストの順番はスロットによって決めたと表紙下に断わり書きがしてある。

Many Authors' Paper の問題を解決する一つの方法

は、参加者全員が順繰りに筆頭著者になって10篇の論文を出せばよいのだが、ただでさえ論文の数が多い現代では決して望ましいことではない。以前と違って著者リストも簡単にワープロ処理によって羅列、検索できる時代になったのだから、できるだけいつでも著者全員を記すことにして、どれが偉いかは問わないことにした方が、公正なのではなからうか。

いよいよ論文原稿が出来上がっても、まだすぐに印刷にかかるとは限らない。ほとんどの学術誌には査読（ピア・レビュー）という関門があって、少なくとも2人の関係研究者に精読してもらって、疑問点や分かりにくい箇所を指摘してもらう。その結果を、それぞれの学術誌の編集責任者（専門の編集者であることもあれば、専門研究者が顧問として参画していることもある）が総合判断して、細部を修正させて受理するか、大幅に書き直させるか、没にする（reject）かを決定して著者に返事することになる。最近では、このレビュー制度が整っていない雑誌は一人前とは認められず、業績リストに取り上げられないことにまでなった。

レビュー制度はうまく機能すると、論文の質は抜群に向上するし、私達には英語まで直してもらえるので、実に有り難いのだが、最近いろいろな困難や弊害も出てきた。レビューを担当するのは、専門の研究者で、原則として無料、すべてボランティアである。最近ほとんどの人が忙しくなって、ゆっくり他人の論文を読んでいる暇がない。そのためにこの段階でかなりの時間（場合によると半年以上）が費やされる。研究の細分化が進んだ現代では、本当に内容が分かる人は世界でもごく限られ、その人の手が空かないとレビューが進まない。ある分野では、レビューができるのは仲間内か敵かの2通りしかないこともあり、そんな時は意見が全く分かれる。

こんな実情だから、投稿した論文に厳しいレビューが付いて返ってきた場合でも、落胆することはない。編集責任者から「この論文はなかなか面白いようですが、当誌の編集方針に合わないので、別の誌にご投稿下さい」（断わりの決まり文句）と言ってきた時以外は、修正の上再挑戦すべきである。私が編集顧問を務めた某雑誌でも、かなり予断と偏見に満ちたレビューが出たことがあり、そのレビュアーを選んだ編集者の責任も感じて、この人はこんなことを言っているがあなた（著者）の考え次第では無視しても構いませんとのコメントをつけて著者に送ったこともある。こんな親切な編集者はどうも稀なようなので、レビュー結果には冷静に対応する必要がある。コメントに賛成できる点は修正し、納得できない

点ははっきり反論して送り返せば、受理してもらえることが多い。それでも妥協できなければ、別の雑誌に投稿し直す方がよい。

めでたく受理されても、雑誌が出るまでは数ヶ月から1年待たなければならない。学術誌によっては原稿が溜まって、わざと待たせるのかと勘繰りたくなるほど出版が遅い物もあった。最近商業出版社の中に、受理から出版までの速さ（3～5ヶ月）を歌い文句にした雑誌が増えて、競争上速くなってきた。コンピューター植字技術の進歩に負う所も大きい。1号前の出版予告に論文・著者名を入れる所も増え、インターネットで製本、出荷前にも見ることもできるようになりつつある。それでも、重要な論文は原稿の段階（必ず完成年月日を入れる）でPreprintとして、世界中の主な友人知己に送る方がよい。論文を掲載した雑誌が出た後にも、自分の論文だけを入れた別刷りといわれる印刷物を購入して、関係研究者に配付して批判を乞うのが普通である。初対面の研究者同士でそれぞれの近刊の論文別刷りを名刺代わりに交換することも多い。論文の評判が高まれば、招待講演によれば、相手の論文に引用され、さらに高い地位を与えられることもある。

10. 開かれた科学技術

現代の科学技術研究者は、第一級の義務として仲間の職能集団内で絶えず何らかの形のレビューを受け、その試練に耐えることを要求される。従来世界中で最も一般的に行われて来たのが、研究発表という儀式であり、論文というもはや古典的な文書である。この形式の内部審査は、ボス支配を退け、純粹に科学技術上の評価を民主的に行える点できわめて優れていて、欧米先進国ではすべての科学技術の基本であると言える。日本では、年功序列社会の習慣が科学技術の世界にも持ち込まれたために、一部で公正な競争が妨げられた場合もあった。今後は世界的な規模で評価方式を確立する必要がある。

巨大科学技術の成立は、そのためのかなりの額の資金を支出している一般社会に対して科学技術の現状を説明し、理解させる責任を生じた。これは、小・中等教育から、報道及び行政的理解に至るさまざまな国内・国際段階に必要なことになった。科学をわかりやすく一般向きに話す努力はすでに19世紀のロンドンで行われ、王立研究所が行った公開講座の記録であるフェラデーの「ろうそくの科学」（1861）は現在でも広く読まれている。

現代の日本において、科学技術の成果を広く一般に知

らせる媒体は実に多いけれども、肝心の本当の科学技術が知らされているかという、はなはだ心もとない。その大きな原因は、科学技術の力で何が分かったかは派手に流布されているが、現在何が分かっているか？、なぜ分からないのか？、を喜んで伝えてくれるメディアはほとんどないことである。最大の責任は小・中等教育で、理科の教科書には「まだ分かっている」という記述はない。指導書にも分からないと書くと先生が困るから、分かったことだけ記述して下さいと言われる。第4章に記した近似値教育などその一部にすぎない。

そもそも科学技術の本質は、どこまで分かって、どこからがどう分からないかを常にはっきり確認しながら発展している点にあるので、これが、分からないことも信じなければいけない宗教と画然と違う所なのである。その代わり、科学では（精度の限界を含めて）分かっている範囲で、できないことはできない、あり得ない事はあり得ないとはっきり言えるので、力学や熱力学の法則に合わない現象は起こし得ないし、起こったと言われても認めない。

科学技術の限界などと言われるのも、現在の段階ではここまでしか分かっていないという意味での限界なので、将来思わぬ方面の理解が急に深まって、予想外のことが可能になる時代もあるかもしれないし、いつまでたっても解決がつかない問題も残るかもしれない。宇宙の大きさが無限大であると同様に、すべてが分かるまでには無限の時間がかかるのである。

新聞やテレビの報道や科学技術番組でも、もっと何がどう分からないか？、分からないながらもどう処置しているのか？、を解説してほしい。それで視聴率が下がるとすれば、それこそ現在の一般教育が間違っている証拠である。「分からなさ」教育が徹底すれば、分からない問題の研究にも予算が付くようになるだろう。分からないだらけの中から一つでも分かるようにするのが真の先端科学なのだし、できない（科学的に不可能ではなくて、できるはずなのに困難な）ことをできるようにするのが先端技術なので、世界中が注目する画期的成果はこのような試みから生まれるのである。

深海への旅 (21)

その 85 Microbe Odyssey : the ramblings of a geomicrobiologist

University of Hawaii James P. Cowen

I am a microbe. I am not a bacterium, but look rather like one to most people and to most small marine organisms for that matter. But I am not a bacterium. I am special. I like it hot, very hot. Ninety degrees (centigrade) is just fine with me. I also like it chemically nasty. If it is acidic I'm happy ; I love the smell of sulfur and sulfides. Where I live it is dark, hot and protected. Hot acidic, nutrient rich fluids gently and continuously wash over me. I live beneath the sea floor, in a tiny crack in the lava rock. I live with my millions and billions of brothers and sisters, and many many of the ancients—my ancestors who one by one shared half of their bodies to let another archae begin its separate life. Life is good and easy. Microbe's my name, anaerobic's my game. I do not have to do anything (and really don't have the energy to) but sit here and suck it in. Just suck in those chemicals as they pass by in the gentle current.

Despite this easy life, the ancients keep warning us of dangers. These oldest of the old cells warn us to stay back, to huddle as close to the lava rock as we can, back where ancient ones have secured themselves as tightly to the solid rock as possible. None of us fresh strong cells want to live there ; we want to live at the edge of the flow where we can get all the nutrients we can process, so we can grow fast and divide and perhaps co-mingle some DNA! I cannot believe their doomsday cries, but I will tell you what the ancients say.

The ancients say that thousands and thousands of generations ago, perhaps as many as 1 or even 10 or 100 human years, a terrible catastrophe befell our ancestors. It is told that they lived much as we do, living peacefully in a crack in the sea floor rocks, gently washed with exquisitely nasty fluids. Then things began to change. There were warnings, but no one paid attention. The rocks shook, then stopped, then shook again. Temperatures seemed to rise then fall. The fluid streamed at different rates and even tasted different. All these back and forth changes seemed to go on forever, for many generations in fact. Even though it was a time of great anguish, our ancestors seemed to grow accustomed to the new illnesses as the

chemicals changed, the fainting due to too much heat even for us, and to the increased losses of weakened cells being swept away in the faster fluid streams. It is told that this period might have lasted for 100 generations, as much as 5 human days.

Then the world seemed to come to an end. No longer mild shaking, but great violent heaves and cracking as my ancestors' peaceful crevice was torn apart into a gaping gorge. It must have been at least centimeters wide, an unimaginable distance of over 10,000 times my body diameter! Then the lazy fluid stream turned into a rushing gushing torrent, tearing cells from the crevice walls by the millions, big chunks and strings of cells and slime. And the temperatures soared past our natural comfort range of 60 to 110°C, subjecting the current-captive cells to searing hot temperatures of over 400°C! The cells' very molecules twisted and turned in agonizing denaturation. Cells by the trillion were dead and dying, swept upwards by the blistering torrent. It could get no worse, but did. Temperatures continued to rise and as pressures dropped slightly, the impossible happened; the very fluid around them phase separated. Liquid and solid was all the cells had ever known. Gas was fantasy and horror. The tremendous pressures of the deep-sea had always protected them from vapor formation. But now, the very world around them seemed to vaporize. But survivors had only a flashing moment to contemplate this horrible phenomenon before being swept back into the main torrent as it crashed through one huge tunnel after another.

Then the torrent must have squeezed through a smaller and smaller tunnel, because the speeds increased tremendously and the cells, mostly dead now with only a few still alive, bumped and bounced against each other as they were dragged and scraped along the tunnel walls. But with a final furious rush the cells were shot through some sort of opening into a shockingly cold solution. And whole new kind of torture started for the few surviving cells.

At first the sudden release from the intense speeds and temperature appeared to be safety regained. But it was a devious paradise. Though the rushing fluids had calmed and the intense temperatures were quenched, new horrors replaced them. Too terrified to suck up any life nurturing nutrients during the mitochondria-stopping ride, the survivors tried to gulp in some life giving sulfur only to start choking and suffocating as they also gulped in a powerful and deadly new chemical—OXYGEN. This chemical oxidized and destroyed many of the natural resources that the cells had previously just taken for granted. Some of their own molecules were disrupted by this evil pollutant.

And around them the sticky sulfides of which they were so fond had been turned to stone after mixing with the new ice cold solution. Now the cells were mixing in great swirling clouds of black particles, not just the bodies of their dead and dying colleagues but 10 micron

-sized boulders of metal sulfides. And if the nutrient depletion and chemical toxicity was not bad enough, the intense cold, down to 1°C, was slowing the cells' entire metabolism down to almost nothing. Weak from shock, temperature extremes, starvation, and general malaise, many of the remaining archae succumbed and were lost. Out of each million formerly happy cells, only a hand full was still barely hanging on.

In fact, it was the intense cold that probably saved some of these poor cells. With their cellular machinery all but closed down, few of the drowsy cells were even vaguely aware of unfolding events. Nevertheless, the ancient ones tell us that as the cells and their smoke-polluted solution continued to rise, the mixing and sloshing also continued so that the smoke became somewhat less dense, but the new and foul killing chemicals remained. Then the transplanted deep seafloor archae realized through a slow-witted fog that they were not the only microbes in this sea. They started to notice many more forms, some of which seemed to not only be surviving this nightmare, but also were thriving. There were hectic little cells that were busily gobbling huge quantities of tiny molecule, H₂, that they new well, as if it were going to soon disappear. As the smoky solution stopped rising but kept moving, now in a lazy and inconsistent horizontal flow, the archae saw other cells with exotic folds of layered membranes inside their cell bodies munching happily on CH₄, the molecule that looks a lot like a small organic compound. Later, the archae would realize that the hectic little H₂-gobbling cells would quickly exhaust their food supply, though the more stately cells with the internal membranes would thrive and increase in numbers as they more cautiously managed their resources. But even these conservatives would in time see their hoarded resources dwindle and their own numbers depleted. The archae also started to notice an increasing number of cells with beautiful outer garments of exopolymers tailored in several distinctive patterns and adorned with metal minerals ; whose exopolymer fashions seemed to change with time and distance from where they were first spit out into the cold sea. However, no matter how awesome these aggressive and beautiful new forms were to the failing archae, the battered survivors realized with absolute horror and disgust that all of the flashy microbes were also snorting up vast amounts of oxygen, the same oxidizing poison that was killing them.

Had they the strength, the archae may have seen irony in the fate that they would share with many of those exciting but oxygen-dependent cells as the exopolymer-robed cells seemed to loose control of their environments and get entangled with other particles, including minerals, other cells, and archae. The tangles got worse and the resulting masses bigger and heavier, looking like aggregates of old polymers and cellular and mineral junk. Then they started to sink and continued to sink until they sank all the way to the sea floor. Not even lava rock, but

cold barren sediments. Surely this was the end. For most of the pitiful few survivors it was the end, even most of those that had long before entered a catatonic dormant state perished in those sediments.

Suddenly some surrealistic force created an enormous updraft re-suspending handfuls of surface sediments. The details of the force have been lost over time, indeed the catatonic archae that lived through it were in no shape to have been reliable witnesses ; so for many generations the ancient ones have simply referred to this force in hushed tones as the “Shinkai”. Swept back into the deep currents the single archae cell drifted for eons, ultimately subjected to another disgusting round of particle bumping, aggregation, and sinking. Only this time, this one in a billion cell had the good fortune to settle on a spot with no sediment ; in fact there was a tiny crack. It was still cold and toxic and the dormant cell did not yet awaken. But ever so slowly the very weak flow of fluid rolled and bounced that cell downward deeper and deeper into the rock. Things started to warm up. The chemistry changed. The cell’s chemical sensors picked up welcome signals and its body slowly came back to work. When finally rejuvenated, the lone archae started to do what it does best : suck chemicals, divide and multiple—and hang on tight.

Shinkai 6500

Intrepid pilots

Hours and hours of maintenance

Explore, but come home

(和訳)

微生物オデュッセイ 地理微生物学者のそぞろ歩き

ハワイ大学 James P. Cowen

わたしは微生物である。わたしは細菌ではない。が、さらに言えば、たいていの人や大部分の小さな海洋生物にとってはむしろ細菌に見える。でもわたしは細菌ではない。わたしは特別なのだ。わたしは暑い、とても暑いのが好きだ。(セ氏で) 90度がわたしにはちょうどよい。わたしは化学物質で汚れたところも好きだ。酸性だとわたしはご機嫌だ。わたしはイオウと硫化物のにおいが大好きだ。わたしの住んでいるところは暗く、熱くて保護されている。熱く酸性で栄養分が豊富な流体がやさしく絶え間なくわたしの上を流れていく。わたしは海底の下の溶岩の中の小さな割れ目に住んでいる。わ

たしは何百万、何十億という兄弟姉妹と一緒に住んでいる。そして、とてもとてもたくさんの古老も一緒である。彼らはわたしの先祖で、ひとつずつ体の半分を分け与えてもうひとつの古細菌に別個の人生を始めさせた。人生は気楽でいいものだ。微生物というのがわたしの名前で、嫌気性菌はわたしの獲物だ。わたしは何もしなくてよく（そして実際何かをするエネルギーも持ち合わせていない）、ここにいて吸い込んでいる。化学物質が緩やかな流れにのって通り過ぎるときに吸い込むだけである。

こんな気楽な人生にかかわらず、古老は私たちに危険を警告し続けている。古い細胞のこれらの最古参は、奥に引っ込んでできるだけ溶岩近くの古老たちが命を取り留めたところに戻って堅い岩にできるだけしっかり身を寄せ合っておくよう、わたしたちに警告する。わたしたち若く強い細胞は誰もそこに住みたくはない。わたしたちは代謝できる栄養分をすべて得られる流れのはずれに住みたい。そうすると、早く成長し分裂し、たぶん DNA をいくらか混合できるのだ！ わたしには古老たちのこの世の終わりの叫びが信じられないが、あなたに彼らが言うことを伝えよう。

古老たちが言うことには、何百万世代前に、つまり多分人間のいう1年、いやそれどころか十年か百年前に、わたしたちの先祖は恐ろしい災害に遭った。彼らは、ほとんどわたしたちのようにこのうえなく汚い液体に静かに洗われながら海底の岩の割れ目で平和に生活していたそうだ。そのとき事態が変わり始めた。警告はあったが、誰も注意を払わなかった。岩が揺れ、そして止まり、そしてまた揺れた。温度は上がり、そして下がったように思えた。流れの速さが変わり、味まで変わった。これら行ったり来たりの変化は永遠に続くように思われ、実際多世代にわたって続いた。大いなる苦悩の時であったにもかかわらず、わたしたちの先祖は化学物質が変わるときの新しい不快感、わたしたちにも熱すぎるため失神すること、そして速まった流れに流されて弱った細胞がどんどん失われることに慣れてきたようだった。この時代は百世代、人間にとって5日間だけ続いたかもしれないと言われている。

それから、世界は終わりになったようだった。緩やかな揺れはもはやなく、大きな激しい上下動と地割れが起こり、先祖の平和な割れ目はバラバラになり、ばかりと口を開けた地溝に飲み込まれた。それは少なくとも数センチ幅であったに違いない。体長の1万倍を超える想像もできない距離である。ゆっくりとした流れが突進し、ほとぼしる奔流に変わり、割れ目の壁から何百万の細胞と粘液の大きな固まりや群を引き剥がした。そして、温度はわたしたちの自然の安楽範囲である60°Cから、110°Cに急上昇し、流れの支配下におかれた細胞を焼け付くような400°Cを超える高温にした。細胞の分子までもだえながら変性して、ねじれて曲がった。1兆個単位の細胞が死滅するか瀕死の状態、火膨れを作る奔流に乗って上昇した。それより悪くなるはずはなかった。が、実際はそうだった。温度は上がり続け、圧力がやや低くなったとき、不可能なことが起こった。彼らを取り巻く流れそのものの相が分離した。液体と固体が、細胞が今まで知っていたすべてであった。気体は空想と恐怖であった。深海の途方もなく大きい圧力は常に蒸気を形成しないよう守ってきた。しかし、今や彼らを取り巻く世界そのものが蒸発するよう見えた。しかし、巨大なトンネルを次々と通って砕けるとき、生存者がこの恐ろしい現象を熟視する時間はあっという間しかなく、彼らは主要な奔流に流され戻っ

た。

そのとき、奔流はどんどん小さいトンネルを無理に通ったに違いない。それは、速さが途方もなく増加し、今やほとんどが死滅し少数だけ生き残っている細胞が、トンネルの壁に沿ってひきずられこすれるときに互いに衝突し弾んだからだ。最後の猛烈な突進で細胞はある種の開口部を通過してはじき飛ばされ、ぞっとするような冷たい液のなかに入った。そして、生き残った少数の細胞に全く新しい種類の拷問が始まった。

初めは、激しい速度と温度から突然開放されたことから、安全を回復したように見えた。しかし、それはごまかしの天国であった。突進するような流れがおさまりに、強烈な高温は急冷したが、新しい恐怖がそれに置き換わった。ミトコンドリアが停止するような旅の間、恐怖におののく余りどんな生命を育む養分も吸い込めずにいたため、生き残ったものたちは生命を与えるイオウをがぶ飲みしようとした。彼らは強力で致死性の新しい化学物質である「酸素」もまたがぶ飲みしたため、窒息し呼吸困難になり始めただけだった。この化学物質は、細胞たちが以前に当然のこととっていた天然資源の多くを酸化し破壊した。彼ら自身の分子の一部はこの邪悪な汚染物質により破壊された。

そして彼らの周りでは、新しい氷のように冷たい液と混ざって大好物の粘着性の硫化物が石に変わった。今や細胞は、巨大な渦を巻く黒い粒子の雲の中にある。その粒子は死んだり瀕死の仲間の体だけではなく、金属硫化物の大きさ10ミクロンの丸い石からも成っている。栄養分の枯渇や化学物質の毒性が十分悪くなくても、1°Cまで下がった極端な寒さが細胞の全代謝をほぼ皆無の状態に低下させていた。ショック、極端な温度、飢餓、そして全身的な不調から弱くなって、残った古細菌の多くが倒れて死滅した。以前に幸せだった細胞百万個のうち、ほんの一握りがまだかろうじてがんばっていた。

実際、これらの哀れな細胞のいくつかを救ったのはおそらく極端な寒さであった。彼らの細胞機構はほとんど働いていなかったため、眠ったような細胞で、出来事の進展をぼんやりとでも気づいたものはほとんどいなかった。そのうえ、古老たちが言うことには、細胞と煙で汚染された液が上昇し続けたため、混合と跳ね返りもまた続いたので、煙が幾分薄くなった。しかし、新しく汚ない致死性の化学物質が残った。それから、移植された深海底の古細菌は、ぼんやりした霧を通して自分たちがこの海のなかの唯一の微生物でないことを認識した。彼らはより多くの形態があることに気づき始めた。そのいくつかはこの悪夢から生き残っただけでなく繁殖しているように見えた。莫大な量の小さな H_2 分子を、まるでそれがすぐに消えることをよく知っているかのようにむさぼり食っているてんてこ舞いの小さな細胞がいた。濁った液は上昇をやめたが動き続けたので、今や緩やかに調和しない水平流動に乗って、細胞体の中で層状の膜が風変わりなひだになっているほかの細胞が、小さな有機化合物にとってもよく似た分子である CH_4 （メタン）の上で幸せそうにムシャムシャ食べているのを古細菌は見た。その後、 H_2 をむさぼり食うてんてこ舞いの小さな細胞がすぐに食料の備えを食べ尽くすが、内部に膜をもつもっと堂々とした細胞は、物資をもっと用心深く処理したため成長して増殖するだろうとその古細菌は悟るであろう。しかし、これらの保守派でさえもいつかは彼らが蓄えた物資が

段々減って自分自身の数が減るのを見るであろう。古細菌はまた、様々な特徴的なデザインで仕立て、金属無機物で飾ったエキソポリマーの美しい外套を着た細胞の数が増えていることに気づき始めた。エキソポリマーの流行は、時間と古細菌が最初に冷たい海に吐き出された場所からの距離によって変化しているようであった。しかし、たとえどんなにこれらの攻撃的で美しい新しい格好が衰えつつある古細菌にとって畏怖させるものでも、そのけばけばしい微生物すべてもまた莫大な量の酸素を荒い鼻息のように吐き出していることを、打ちひしがれた生存者は絶対的な恐怖と嫌悪感をもって認識した。酸素は彼らを殺している酸化毒素と同じものであった。

エキソポリマーの衣装を着た細胞が彼らの環境を制御しきれなくなり、無機物、ほかの細胞や古細菌を含む他の粒子と深く関わり合うようになるように見えたので、古細菌に体力があったなら、それらの活気に満ちているが酸素依存性の細胞の多くと自分たちが分かち合うであろう運命の皮肉を目にしたかもしれない。混乱はますますひどくなりその結果、集団はより大きく重くなり、古いポリマーの固まりと細胞や無機物がらくたのように見えた。それから彼らは沈み始め、海底までずっと沈み続けた。溶岩でさえなく、冷たい不毛な堆積物であった。確実にこれで終わりであった。哀れな少数の生存者の大部分にとっては終わりであった。緊張性の休眠状態にずっと前にはいたものたちの大部分でさえ、堆積物に埋もれて死んだ。

突然、超現実的な力が巨大な上向き流を作り出し、一握りの表面堆積物を再浮遊させた。その力について詳しくは時間と共に分からなくなった。実際、それを生き抜いた緊張性の古細菌は、少しも信頼おける証人ではなかった。それで多世代にわたって、古老たちはこの力のことを黙らせる口調で「しんかい」と呼んだ。深い流れの中に掃き戻されて、ただひとつの古細菌細胞は計り知れない年月を漂い、最終的に粒子の衝突、凝集及び沈下といううんざりするような目をもう一巡した。このとき初めて、十億個の細胞のうちのこのひとつが運良く堆積物のない地点に落ち着いた。実際小さな割れ目があった。まだ寒く毒性があったため、休眠細胞はまだ目覚めなかった。しかし、非常に弱い流れがうねって弾むのが非常にゆっくりであったため、細胞は岩の中にますます深く沈んだ。万事が暖まり始めた。化学物質が変化した。細胞の化学センサーが歓迎信号を感知し、その体はゆっくりと働き始めた。ついに回復すると、孤独な古細菌は最善になることを始めた。化学物質を吸い込み、分裂し倍加する、そしてしっかりしがみつくことを。

しんかい 6500

勇敢な水先案内人

長い長い保守点検

探検

再び水面

その86 サンドイッチの味

東海大学海洋学部 木下 正高
Masataka KINOSHITA

最初の潜航では、緊張のあまり昼飯の味などわからなかったが、最近やっと「うまい」と思うようになってきた。考えてみればこれは当然で、「よこすか」で食べる時は常に揺れながら食べているのだから、唯一静かな環境といえは潜水中だけなのである。着底して仕事が一段落し、気持ちも落ちついたところで、パイロットから昼飯のことを告げられると、それまで（普段では考えられないことだが）そんなことはすっかり忘れていただけに、実に感動する。最近の潜航では熱水地帯に行っているのだから、窓からの景色は海老、蟹、底鱈、そして熱水のゆらぎなど、景色には事欠かない。温泉旅館で露天風呂につかりながら海産物の舟盛り付きの食事をしているようなものだと、思えないこともない。

言うまでもないことだが、こうしてのんきなことを考えている間も、パイロットとコパイロットは仕事をしていることが多い。今回の潜航では機器の設置など特殊な作業をお願いしているのだから、潜水船を動かしながらこれらの作業をしなくてはならないのだ。その間私はといえば、ビデオカメラを操作しつつ海底を見ているだけである。にもかかわらず、座布団型熱流量測定装置を拾う時には、いきなり「ここはどこ？」状態に陥ってしまった。

さて昼食の内容であるが、長方形に切ったサンドイッチがタッパウェアの中に入っている。ツナサラダ、ハム、卵などの入った豪華なもので、これにコーヒーがつく。目の前は花園のようであるが、ピクニックランチの雰囲気でもある。

観測が無事終了し、上昇している間に、赤沢潜航長からサンドイッチのあまりをいただいた。ビデオも止め、オフレコの世界で話題に花が咲く。一眠りすることもある。全く動揺せず、外は暗闇なのだから、気持ちいい。さて今日の晩飯はなんだろう。

その87 思いで深い潜航（1）

研究業務部 段野 洲興
Kunioki DANNO

昭和56年1月三菱重工神戸造船所の岸壁クレーンで吊り上げられた「しんかい2000」が〔これより「しんかい2000」の着水式を行います。〕のアナウンスとともに、ゆっくりと着水する姿を見ながら、いよいよこれから始まるのだ、日本人では誰も行ったことがない海底を観ることができるのだと、身

震いしたことが昨今のごとく思い出されます。

期待と不安が入り交じった複雑な思いをしたものですが、早いものではや17年経ちました。

現在センターで所有している船舶は、潜水調査船2隻、無人探査機2台及び支援母船を含め5隻の研究船です。このような豪華な陣容を当時、誰が想像していたでしょうか。「しんかい2000」の運航に先立ち、運航要員を公募しましたが、評判悪く一人しか内定できず、それも1ヶ月もしないうちに断られてしまいました。多分恐ろしい海底など行くなと、身内の反対が最大の理由だと考えております。

当時センターで潜水調査船の経験者は、600mまで潜航可能な「しんかい」の1名、海上自衛隊の潜水艦経験者1名と300mまで潜航できる「はくよう」の経験者を合わせて3名のみでした。これでは不安がられて、米国の潜水調査船「アルビン」チームの研修を受けなさいと、わざわざ日本に呼び寄せ訓練状況、運航技能のチェックを受け、評価されたことも懐かしく思い出されます。

引き渡し後、1年間の訓練を経て、平成9年12月18日現在「しんかい2000」は、991回の潜航を達成しております。この17年間にわたる潜航行動は、順風満帆とばかりとは言えないのですが、数多くの誇るべき研究成果を挙げ、未知の深海の情報を国民に提供できたものと自負しております。

一方、潜水調査船だけでなく、無人探査機を開発し、潜水船の救助のみならず、調査研究にも役立つべく運航に乗り出しましたが、当初トラブルが多発し、克服するのに時間が掛かりました。これでは調査研究に従事できないと改造を行い、運航も試行錯誤を重ねながら、ここに来て能力を全開できる体制が整い、現在では潜水調査船「しんかい2000」「しんかい6500」と無人探査機「ドルフィン-3K」「かいこう」を使い、調査研究や実験作業などの調査能力を飛躍的に向上させております。

潜水調査船や無人探査機の構造、運航体制や潜航状況等は多く語られ、ビデオ・スチールなど興味ある内容が伝聞されていますが、今まであまり語られていない安全面から見た運航に触れてみたいと思います。

潜水調査船や無人探査機が、調査潜航に従事する前段階で、どのような安全検討がなされて潜航を実施しているのか、どのような状況で使われてきたのか、事前検討と作業との間にどのような乖離があるのか、これらを「しんかい2000」と「ドルフィン-3K」について思い出深い調査潜航から述べてみたいと思います。

1. 事前検討

平成5年7月12日の北海道南西沖地震で、大きな被害を受けた奥尻島周辺で、「しんかい2000」による海底調査が8月16日から19日まで行われました。地震発生後1ヶ月しか経っておらず、いまだ余震が続き、地震鎮静化の終息宣言も出されていない状況での潜航となりました。

したがって調査潜航に先立ち、潜水調査船の安全を確保する立場から、どのような安全対策をとり、どのような潜航を行うのか、検討することになりましたが、余震海域に潜航することは初めてであり、皆目見当が付きませんでした。

震源地区の調査が国民的ニーズであることは理解できても、潜航することが妥当であり、本当にで

きるのか、安全対策検討委員会（現在の重要調査・研究実施方策検討委員会の前身）で審議されました。

当時、センター規定集に定められていた潜水調査船の運航制限は次のとおりです。

・センター規定集等

1) 潜水調査船及び支援母船運用規程

潜航海域の海底状況等により、明らかに危険が予想される場合の潜航は行わない。

2) 「しんかい 2000」操船要領書（運輸省承認）

潜水船船長は、潜水船にとって危険であると判断した時はいつでも潜航を中止し、浮上行動を起こし、しかるのち司令にその詳細を報告すること。

3) 安全対策検討委員会での運航制限

急崖、狭隘な海底谷や突出した岩の多い海域では潮流、視界、作業内容を考慮して事故発生が予想される場合は、潜航を取り止める。

4) 「しんかい 2000」運航制限

- ・地震発生の恐れのある海域での潜航は行わない。

補足

地震性微動のある地域または地震発生後の余震が予想される地域と期間は、安全が確保できると判断できるまで潜航しない。

・運航制限のガイドライン

- ① 地震の恐れがないと判断した場合、または監視体制が取れており地震の兆候を事前に確認できる場合は潜航可能であるが、原則として地震発生地区または余震地区での潜航は行わない。
- ② 潜航中に異常を感じたら直ちに浮上する。
- ③ 余震地区の急崖や土石流、混泥流の発生しやすい場所は潜航しない。

地震発生間もない時期で、余震も頻発する海域にあえて潜航することについては、計画されたこともないことでもあり、今までに安全性を検討されたことはありませんでした。

過去の類似した潜航は、平成元年の伊豆手石海丘の海底噴火、伊豆半島東方沖の群発地震の調査がありました。これらの調査は、それぞれに終息宣言が出され、鎮静化していることが確認された時点であり、また陸上に観測点を置き、即刻支援母船に連絡する監視体制をとりながら実施したものでした。

しかしながら奥尻島の大地震は、新聞報道によればマグニチュード (M) 7 程度の余震の可能性が指摘されており、気象庁や地震予知連も 1~2 ヶ月は、要注意としておりました。したがってセンターの規定集等の運航制限からすれば、到底潜航できるものではありませんでした。

余震の続く奥尻島周辺海域に調査潜航することは、緊急事態であり、国民的関心事であること、学術的にも世界に例のない深海地震調査であること、国民の要望に応えること等から調査すべしと、前向きに検討することになりました。

運航チームとしても早急に震源地を調査し、余震海域に潜航する重要性は、十分に理解でき、全面的に協力するが、余震が潜水調査船にどのような影響を与えるか不明であることが唯一の心配事でありました。よって潜水調査船の安全を確保するためには、次の条件を満たしておれば、潜航することが可能と安全対策検討委員会に提案いたしました。

・余震域に潜航するための条件

- ① 震源域や余震域において、気象庁や地震予知連の地震終息宣言があること。
- ② 地震計、傾斜計等の観測網に異常（有感地震）を認めないこと。
- ③ 陸上観測網と連絡をとり、潜航中の監視体制がとれること。
- ④ 事前調査により詳細な海底地形図を作成すること。
- ⑤ 「ドルフィン-3K」や曳航カメラ等無人探査により、土石流や混泥流等の崩落の恐れがないか、潜航ルートの安全を確認してから潜航すること。
- ⑥ 急崖や急峻な断層等、岩石落下の危険がある場所には、近づかないこと。
- ⑦ 緊急連絡体制を整え、陸上支援に遺漏なきよう手配すること。

一方、余震状況を北海道大学地震センターから受けることにしており、次のとおりでありました。

2. 余震情報

本 震：1993年7月12日 北海道南西沖地震発生

余震状況： 7月12～8月8日

有感地震 207回

7月25日 震度4 発生

29日

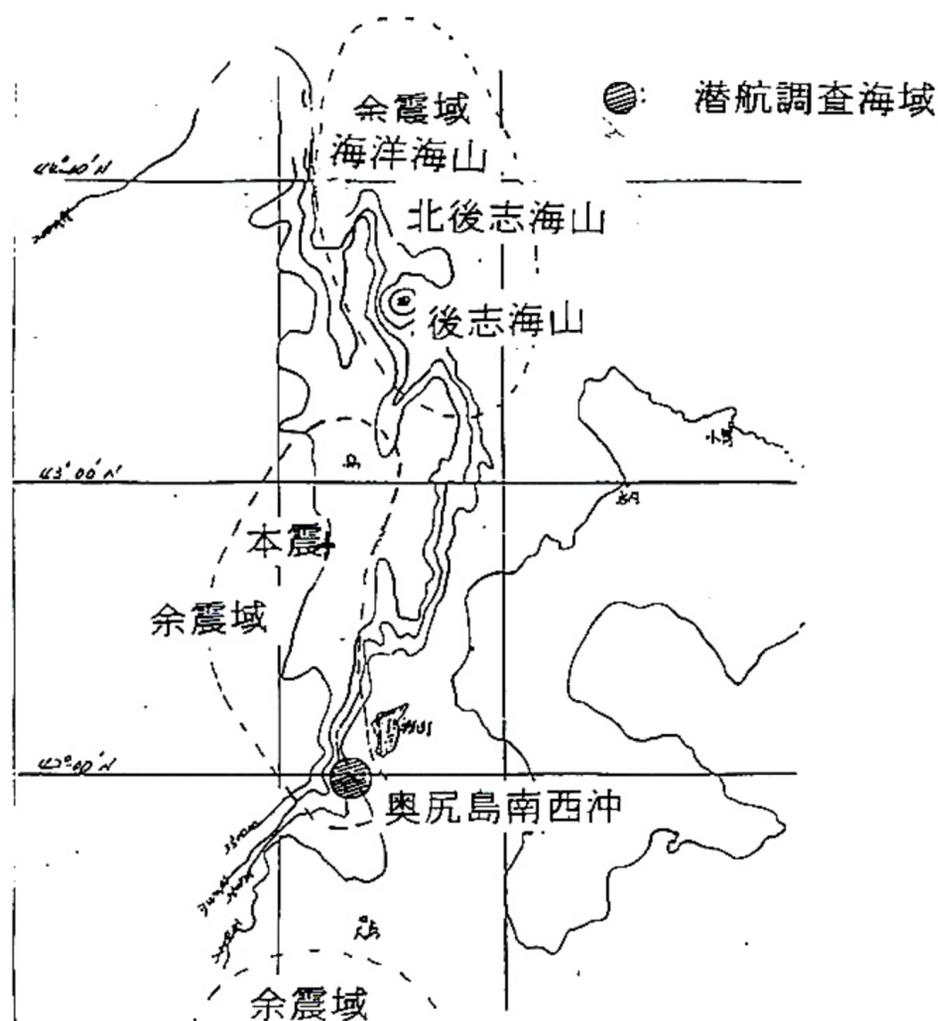
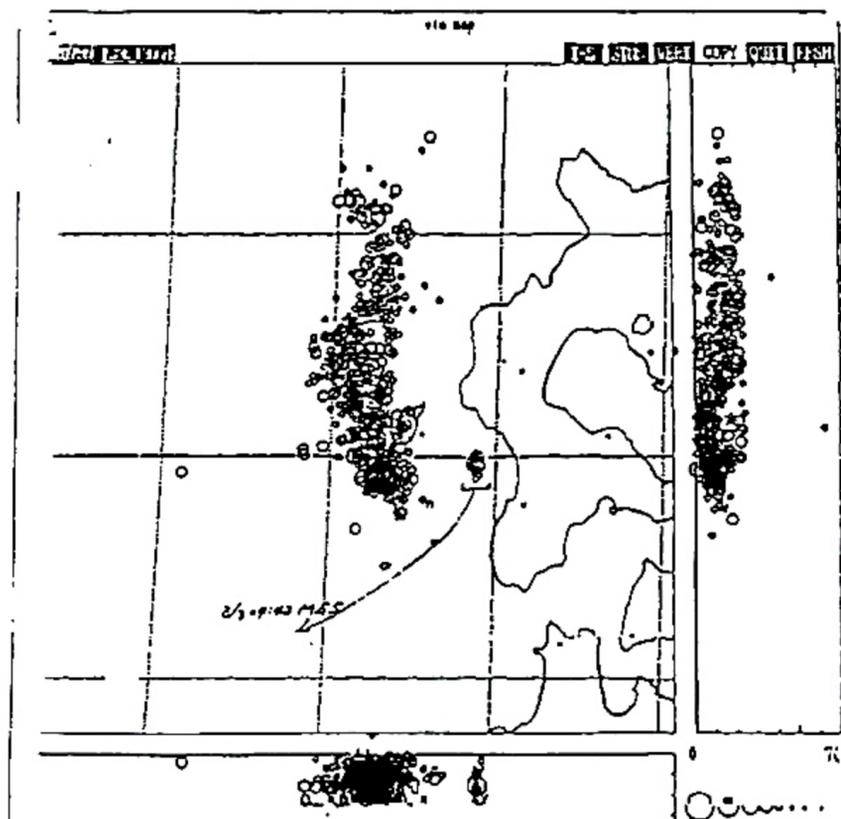
8月8日 奥尻島東方沖 震度5 M6.5（強震）発生

（最大の余震も場所が違うため別の地震かと報道あり）

8月17日 寿都 震度1

余震集計： 7月15日～8月8日 奥尻島南西沖に集中

（北大地震センターによる）



上記の潜航するための条件と余震情報をもとに、安全対策検討委員会で審議され、潜航を実施することが決定されました。

余震海域に実際に潜航するにあたり、上記の条件は①を除いて準備されたが、①については、まだ1ヶ月以上の期間注意を払わなければならないと気象庁の発表があり、到底それまでは待てないとされ、間に合わないことになりました。反面余震の続いている海域の方がエネルギーが放出されているとの見解（深海研究部）に従い、他の項目が準備され、事前調査がなされておれば、たとえ余震が発生しても対応可能であると考え、調査潜航を実施することになったものです。

余震海域に潜航するのは、初めてのことであるから、実行するにあたって運航チームとしての心構

えを次のとおりとしました。

- ① 無理はしないことを基本とし、異常（異音、動揺、泥流、地割れ等）を感じたら即刻、潜航を取り止める。
- ② 崩落しやすい地形が水深の浅い海域にあるので、水深 1,100 m 以浅の急崖な海域は、調査対象から外す。
- ③ 「ドルフィン-3K」や曳航カメラ等で、事前調査した地形と著しく異なる海域や極端に離れた海域には潜航しないこと。
- ④ 比高差のある崖を登る場合には、あまり近づかないで観察すること。
- ⑤ 着底は少なくして、海底から離れて航行すること。
- ⑥ 潜航中は陸上監視体制をとり、余震状況を即刻通知してもらうこと。

潜航中に生じた余震状況

8月16日 DIVE 698

11:10 M3 潜航地点南西5マイル 海底下15km 潜水船深度1,790m 潜水船が着底直前に発生、母船に衝撃音あるも揺れなし。潜水船は衝撃音も揺れもなく、異常を感じなかった。

14:10 M3 潜航地点南東3マイル 海底下15km 潜水船深度1,500m 北大地震センターから連絡あるも潜水船は異常を感じなかった。

8月17日 DIVE 699

08:00 寿都 震度1 発生 母船では感知しなかった。

09:24 M3 潜航地点北西7マイル
潜水船着水前に発生、母船に衝撃音及び縦揺れを感じた。

13:10 M3 潜航地点北西11マイル 海底下5km 潜水船深度1,400m 母船に衝撃音及び縦揺れあるも潜水船は何も感じないで異常なかった。

8月18日 DIVE 700

M3 潜航地点南東20マイル 潜水船深度1,400m 午前中2回 M3発生するも母船も潜水船も異常なし。

13:46 M3 潜航地点北西12マイル 海底下5km 潜水船深度1,500m 母船に衝撃音及び縦揺れあるも潜水船は何も感じないで異常なかった。

8月19日 DIVE 701

11:35 M3 潜航地点北西8マイル 海底下5km 潜水船深度1,500m 母船に衝撃音及び縦揺れあるも潜水船は何も感じないで異常なかった。

この4日間必ずM3クラスの余震があり、母船には衝撃音、縦揺れと異常を感じても、潜水船は異常を認めない状況でありました。

3. 調査潜航の概要

北海道南西沖地震の余震は依然として続いており、余震活動も活発で四千回を越え有感地震もあり、気象庁では海底地震計を設置して警戒に当たると報道されていました。

1983年の日本海中部地震(M7.7)では、いったん余震が減少した後にM7.1の最大余震が来た経験があるので、緊張した雰囲気の中海域に向かいました。

余震情報としては北大地震センターからタイムリーに連絡され、監視当直もセンターの深海研究部長があたっていただき、適切な助言を受けることができました、心強い限りでありました。

余震回数も少なくなり落ち着いてきた感じがあり、このままの状態でも潜航したいものと念じたものでした。

海上保安庁水路部の調査官が詳細なシービーム海底地形図を持参されて、これなら急峻な地形や急崖を避けて潜航できるものと喜んだものでした。

(1) 「ドルフィン-3K」調査

シービーム海底地形図から研究者が潜航ポイントを選び、まずは「ドルフィン-3K」による事前調査を行うことになり、8月13~14日の間に3回潜航いたしました。

水深1,600mから斜面を登ることにし、前日打ち合せのポイントに潜航したが、表層の流れが強く、あらぬ方向に流されてしまいました。これでは一旦揚収して体制を整えるかと思いましたが、最初であり、取り敢えず着底いたしました。

着底して驚いたことに、ナマコやシダ類が泥の斜面に散乱しひっくり返っており、小石混じりの土砂が、奥尻島の浅い海底から一気に斜面を、水深1,500mまで流れ落ちて来たと思えない異常な光景を眼のあたりにしたのでした。

少し進むと白い泥の斜面が急に落ち込み、幅50cm程、深さ1m未満の割れ目が現れ、進むにつれて幅も大きく、深さも深くなり、鋭利な刃物でえぐり取られたような割れ目の壁が観察できました。

ベニズワイガニがいたところで死んでいたが、ひっくり返っているのは少ないので、上部の浅い所から落ちて来たようには見えず、この水深に生息していたものと考えられます。深い所にも生息している証明になり、このビデオが公表されたら、来年からの調査潜航に支障がでるかなと危惧いたしました。(翌年は奥尻島近辺にカニ籠が多数設置されて、調査を断念しなければなりませんでした。)

水深1,300~1,600mの泥斜面に割れ目、亀裂、凹凸が多数視認されましたが、1,100m近辺からは割れ目等は少なくなり、斜面も急傾斜になってきました。大小様々な岩石が点在しており、土砂の崩落や落石の形跡が見られ、これ以上の浅い水深の調査は無理であると打ち切りました。

「ドルフィン-3K」の事前調査により、次の項目を守れば「しんかい2000」の調査を実施できると判断いたしました。

- ① 泥斜面であり割れ目、溝は多数あるので観察は着底しないで行うこと。
- ② 1,100m以浅は急峻で落石の恐れもあるので、立ち入り制限区域を設けること。
- ③ いつでも緊急に浮上できるように、ペイロード機器は少なくすることにし、観察を主体とする

こと。

④ 余震情報を入手し、潜水船に連絡するとし、緊急揚収の準備をしておくこと。

(2) 「しんかい2000」調査

「しんかい2000」の潜航は、8月16～22日の間に6回実施した。

・8月17日 噴砂現象 発見 富山大 竹内 章

水深約1,700m付近の海底で、砂まじりの水が噴き上げた「噴砂」の跡を発見した。

噴砂跡は泥をかぶっておらず新鮮で、なだらかな斜面上にあり、今回の地震に伴うものである。一定の方向に列を作っているものもあり、地震を引き起こした断層運動を解明する手がかりになる。

海底にも噴砂跡 しんかい2000 奥尻沖で発見



奥尻島南西沖の水深1,700メートルの海底で見つかった花びら状の噴砂跡=16日午後(海洋科学技術センター提供)

・8月18日 プレート運動で出来たとみられる割れ目 発見 地震調査所 倉本真一

水深1,280mの泥斜面を上がる南北方向に、縦に並ぶように無数にあった。幅は小さいものが、20～30cm、大きいもので数m、深さは数m以上で確認できない程長く延びていた。割れ目は上部が泥状地層で、下部は角張った泥岩が混じった地層で二重構造である。



プレート運動で出来たとみられる海底の割れ目。幅は約1メートル、深さ約1メートル。付近にはベニズワイガニの姿も (海洋科学技術センター提供)

4. 対策と実行

余震の続く海域に潜航する前の対策と実際の状況・実施した事項を検証すると、次のとおりとなります。

・実施前に不安視されていた事柄

- ① シービームによる詳細な海底地形図を入手できるか。
- ② 海底の地形、視界等海底状況を事前に無人探査機で調査できるか。
- ③ 余震により地盤が緩み、不安定な土砂や岩石が動き、崩落して潜水船が土石流、混泥流に巻き込まれるのではないか。
- ④ 余震の衝撃音が大きく、覗き窓を傷つけることはないか。
- ⑤ 大きな割れ目、断層等に入り込み、動けなくなる恐れがないか。
- ⑥ 海潮流が強く、崖に押しつけられたり割れ目、溝などにははまり込まないか。

潜航地点を決めるには、詳細な海底地形図を是非とも必要であるが、支援母船「なつしま」の測深機では能力がないため、水路部から入手できた時は本当に助かりました。

また、「ドルフィン-3K」事前調査ができない強い潮流が存在したり、海底が想像以上に破壊されていたりしたらと心配いたしました。杞憂に終わりました。

海底斜面が急でも底質は泥ですので、通常の調査潜航で急崖を観察しながら上昇するより操縦面では楽でありましたが、余震ごとに土砂の崩落や落石を心配し、割れ目や亀裂が発生して潜水船が落ち込まないかと心配しておりました。

実際のところ余震を経験するまでは判断できませんでしたが、マグニチュード M3 までは大丈夫と安堵いたしました。

ドーンという衝撃音を感じて、母船がゆさゆさ揺れているのに、潜水船に何ら影響ないのも奇異なものでありました。

潜水船が入り込んでしまう程の大きな割れ目もあり、着底せずに遠くからの観察に終始しましたが、研究者には少々不満も安全面から我慢していただくことになり、ご迷惑をお掛けいたしました。

実際の状況・実施した事項をまとめると次のとおりとなります。

- ① 有感地震に至らないマグニチュード M3 クラスまでの余震であったこと。
- ② マグニチュード M3 クラスまでの余震では、潜水調査船は何も感じず異常ないこと。
- ③ 調査した海底は泥斜面で土石等の崩落が少なかったこと。
- ④ 急崖や急峻な割れ目には近づかなかったこと。
- ⑤ シービームによる詳細な海底地形図を入手できたこと。
- ⑥ 地震情報が確実に入手できたこと。
- ⑦ 海潮流の強さが 0.8 ノット以上にならずに操船しやすかったこと。
- ⑧ 海底視界が 4~5m あり、操船しやすかったこと。
- ⑨ 「ドルフィン-3K」による事前調査で海底状況を把握できたこと。

- ⑩ 立ち入り制限区域を設け、無制限に調査海域を拡張できなかったこと。
- ⑪ 潜水船パイロットに使命感があったこと。

5. 余震海域に潜航することについて

地震発生海域や余震海域に潜航することについて、今回の経験を踏まえるといわずらに恐怖したり、不安がることなく、次の項目を満足できれば地震海域に調査潜航することは、可能ではないかと考えられます。

- ① 余震はマグニチュード M3 クラス以下であり、一日の発生も十数回ぐらいで比較的安定していること。
- ② 底質は泥であり、地形も急崖でない海域に制限して、潜航すること。
- ③ 崩落や落石等の恐れのある地形では、海域を制限すること。
- ④ 事前調査で詳細な海底地形図を作成し、無人探査機や曳航カメラで海底状況を把握すること。
- ⑤ 地震情報の定時連絡や地震発生を少しでも早くキャッチして、連絡できる陸上支援体制を強化すること。

結び

東海大地震や相模湾・房総沖地震がいつ起きてもおかしくないと、心配されております。地震国日本の潜水調査船として、余震海域に潜航しなければならない宿命を、避けては通れないと思います。

余震海域に潜航するには不安が多いので、いろいろな条件をクリアしなければなりません。地震予知連の終息宣言を待つことは、諸般の事情から期待できないことが判りました。

不安なのは、土砂や泥に巻き込まれ岩石などに衝突したり、溝などに埋まり込むことなので、余震が続くなか潜航することは無茶だと言われても反論できません。

これらの不安を打ち消すためには、科学的根拠に基づいた安全対策が必要です。パイロットの使命感を頼りにするだけでは将来、行き詰まります。

地震が起きても、すぐ海底から離れられれば安全ですので、素早い探知と連絡システムの構築が望まれます。

「みらい」航海日誌

朝日新聞むつ通信局

佐藤 彰

Akira SATO

1. 厳しい海域でも安定した観測

午前10時、もやい綱を解かれた「みらい」は、東京湾を左舷に臨みながら出港した。面舵を緩くとり、房総半島と三浦半島にはさまれた浦賀水道を抜けていく。

波高0.5メートル。薄曇りの海原に何隻もの貨物船やマンモスタンカーが行き交う。「海の銀座」を過ぎて太平洋へ出ると、波高は2.5メートルになった。

操船用の補助スクリューのモーターのあるスラスタ室をのぞくと、波をかき分ける音が部屋いっばいに響いていた。耐水のための構造材の「ろっ骨」が、「むつ」の2倍の数で組まれている。

「海象条件の厳しい海域でも安定して観測できます」

海洋科学技術センターの西村一調査役が、船の持ち味を紹介してくれた。案内されたのは、船体中



写真-1 平野理事長と赤嶺船長



写真-2 横須賀からの出港

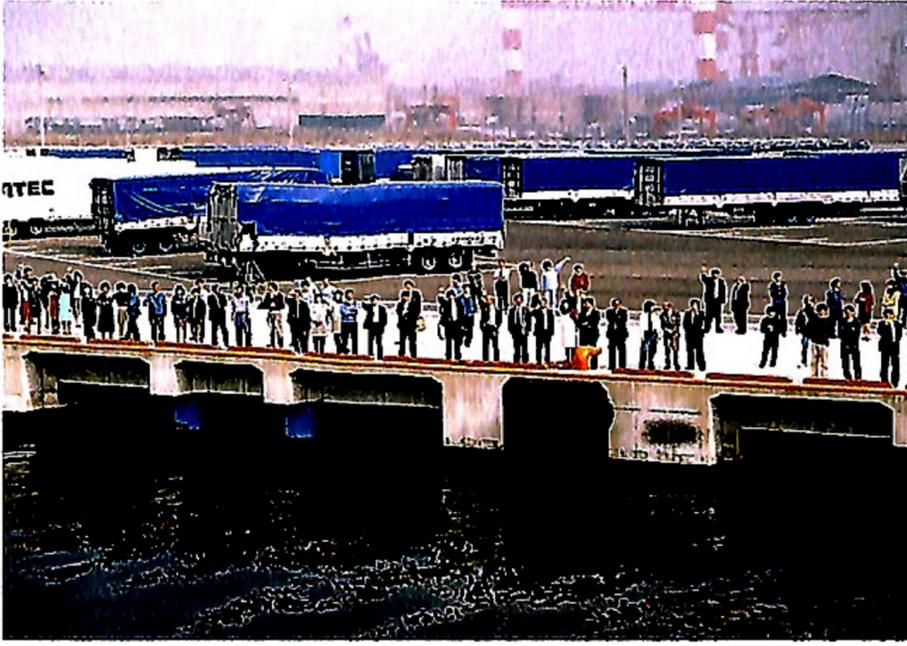


写真-3 センター岸壁からの見送り風景



写真-4 「みらい」と伴走する「かいいい」

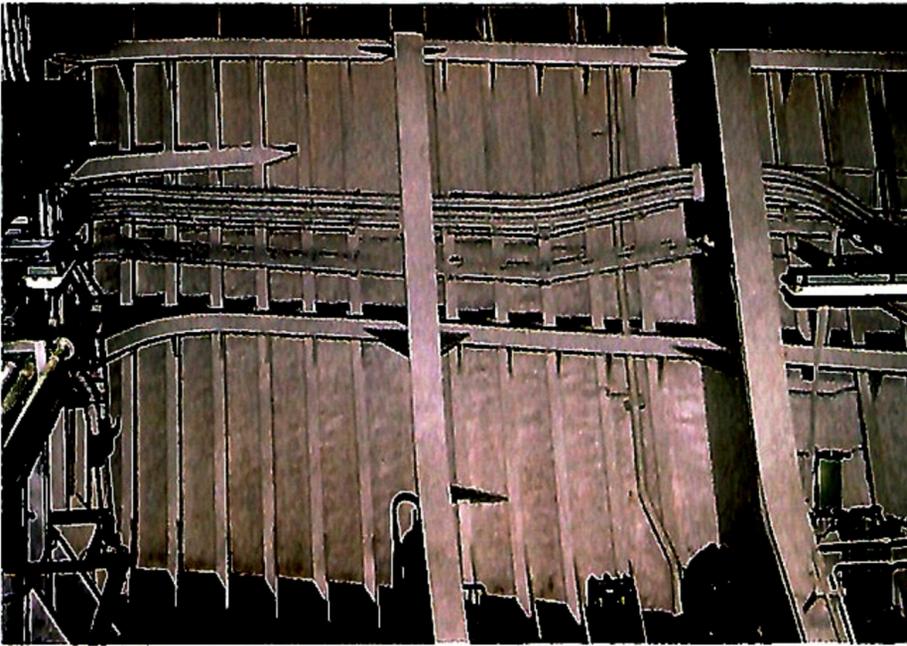


写真-5 「みらい」の「ろっ骨」



写真-6 「みらい」から見えた夕日

中央部の減揺装置だ。

8メートルほどの弓形のレールの上に100トンの鉄製の台車が載っている。荒海に出た時、コンピューター制御のモーターで台車を振り子のように動かし、船の横揺れをほぼ半分に抑える。台車の重さは船の約10分の1だ。ビルの制振用に開発された技術を、世界で初めて船舶に応用したという。

午後4時、操舵室のレーダーをのぞくと、行き交う船舶はかなりまばらになっていた。北緯35度14分。東経140度39分。船は千葉県勝浦沖22キロを過ぎたあたりだ。傾きかけた西日が左舷に見える。

2. 80人分の食事を5人でまかなう

アジのたたき、牛ステーキのニンニクソース焼き、ワカサギの南蛮漬け、モヤシとサクラエビのからしあえ、シジミ汁……。

昨夜の夕食の献立だ。

調理場を任されているのは、この道30年の司厨長、古賀康明さん(49)。父は、三井船舶の船乗りだった。中学を卒業して、静岡県清水市の海員学校に入学した。生まれは長崎県・島原半島の突端、口之津町。子供の時から海を見て育ってきた。

古賀さんを含め、船長以下、全乗組員は船舶運航会社「グローバルオーシャンディベロップメント」(本社・横須賀市)から手配されている。

「台所」を見せてもらった。

10数メートル四方の厨房に、ステンレスの流しや盛りつけ台が並ぶ。通称「土瓶掛け」と呼ばれるフックには、ポットやきゅうすがずらり。船の厨房ならではの光景だ。蒸気で炊く炊飯器や電気オーブンは「むっ」の「お下がり」だ。

丸い船窓から差し込む朝日が、船室の壁に上下に揺れ動く。朝食の仕込みは、日が昇る5時半から始まる。本格的な観測が始まれば、乗組員34人と研究・観測員46人の全食を、5人の厨房員でまかなう。

「冷凍野菜も積み込むが、生鮮野菜を少しでも長く保たせるため、キュウリは薄い塩水につけ、三つ葉は新聞紙にくるんで水に浸している」

メニューは和洋中で数百種にのぼる。食事は、長期航海を支える力の源だ。献立を組み立てる山口県出身の秋田天行さん(47)は「フィリピンやミャンマーなど、外国人が厨房に入る混乗船の場合は、彼らに日本料理を教えることから始まる」という。

2日目の夕食はポークピザにキュウリウオのドリア、厚揚げのおろし煮、ハウレンソウのおひたし、若竹汁……。



写真-7 訓練風景



写真-8 「みらい」操舵室にて

前日の食後は潮風に吹かれながら、外海ならではの満天の星を仰いだ。進行方向の北の空には、カシオペア座が高く舞い上がっていた。見事な「夜色」のロケーション代も含め、記者が支払う1日の食費は1,342円だ。

船の航続距離24,000キロに対し、横須賀-むつ間は932キロ。「みらい」にとっては「散歩」のような距離に違いない。

北緯41度25分。東経141度19分。航海は無事、終わろうとしている。6日午後7時、船は、母港のあるむつ市関根浜沖10キロで「待機態勢」に入った。尻屋埼灯台の灯が点滅している。

3. 原子炉取り払い船底に推進機関

2年4カ月ぶりの里帰りだ。神奈川県横須賀港から、帰路932キロの船旅に同行した。

推進機関は、計1万馬力の4基のディーゼルエンジンと2基の電気モーターだ。原子炉を取り払ったあとの船底に約1年かけて新調した。「1ノット（毎時2キロ弱）の低速航行でも、風や潮流に押し流されることなく観測できます」。舵を握る赤嶺正治船長（51）の信頼度は高い。

操縦性は、スクリュー推進と舵で決まる。「むつ」は、スクリューが1つ、舵は1つだ。「みらい」は側面の補助用も含め、スクリューは5つ、舵は2つ。これを、コンピューター制御のジョイスティック1本で操る。

船内は、ちょっとした「ホテル」だ。「スポーツジム」の隣は、サウナ室。カラオケルームもある。最上階の6階は操舵室だ。最先端の電子機器を見下ろすように神棚がまつてある。

2等機関士時代に「むつ」の放射線漏れ事故も経験した機関長の渡辺陽一郎さん（55）は、この船を



写真-9 操船風景

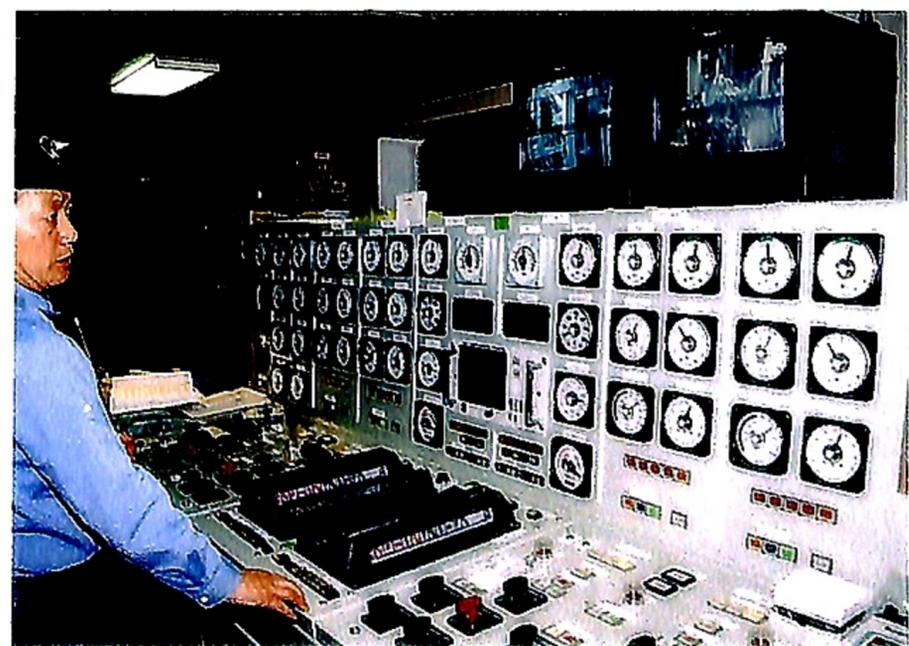


写真-10 様々な機器が並ぶ船内



写真-11 「みらい」船内の娯楽施設

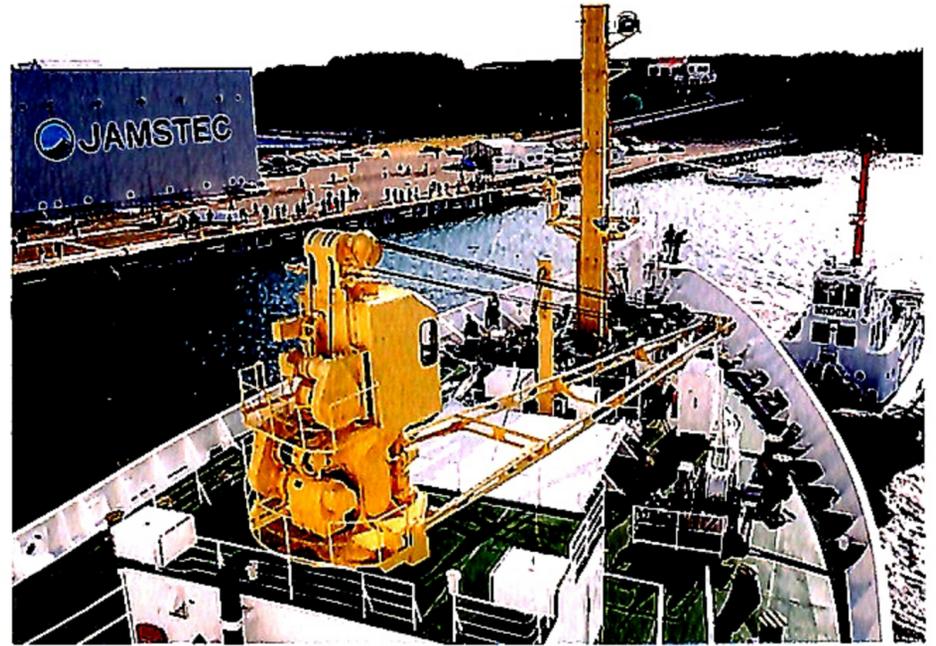


写真-12 むつ市関根浜港に入港する「みらい」

限りで退職を迎えそうだ。「原子力船としての任務を全うできなかった無念さを晴らす意味でも業務を務め上げたい」

脇野沢村に住む操機手の杉本吉弘さん（44）の3人の子は、まだ船のことをよく知らない。が、杉本さんは「乗組員の父を自慢に思ってくれるような日が早く来ることを願っている」と語った。

原子力船時代は「廃船論」も出た。母港には、日本原子力研究所が管理する「むつ」の使用済み核燃料集合体（32本、計4,000キロ）が今も残る。2000年をめどとしている搬出の時期は、動燃再処理施設事故のあおりを受けて極めて流動的だ。地元民の目に「第2の船出」はどう映るのか。

「入港用意。艙表。スタンバイ」

7日午後0時12分、操舵室に船長の声が凜と響いた。毎時11キロで前進。北西の風10メートル。白波が収まりかけた海の上を、1羽のカモメが舞う。目の前の母港が徐々に近づいてきた。

（1997年11月6日～8日付 朝日新聞（青森版）に掲載された「みらい航海日誌」（上・中・下）を、朝日新聞社からの許可のもとに転載した。）

今回の「深海への旅」シリーズには3つのエッセイが掲載されました。

まず、東太平洋海膨の潜航がついにできなかったハワイ大学の Jim Cowen (公苑) 博士の文章です。彼は現在 Ridge の Steering Committee メンバーで主として熱水に伴う粒子の研究を行っておられますが微生物にも造詣が深く、「よこすか」乗船中に書いてくれたのがこのエッセイです。

2番目の木下正高さんのエッセイはサンドイッチですが、彼は今まで潜水調査船に乗った研究者の中で1, 2を争う体重の持ち主で食事に関しても造詣は深いのです。その彼をしても潜水船の中での食事は格別と見えて最初に書いたエッセイの題に選んでいます。

3番目のものは段野さんの物です。段野さんは長い間「しんかい 2000」の現場をやって来られており、経験はどんな研究者も及ばないくらい豊富です。北海道南西沖地震の跡の海底の調査は研究者はもとよりパイロットや司令にとっても印象深いものであったようです。また災害に関連する現場の安全性の問題は今後の重要な課題であろうと思われれます。今回はずいぶん堅苦しく書かれていますが、これからもっともっと色々な潜航の感想を書いてくださるものと期待しています。

このコーナーでは「深海」に興味や関心を持つ人は誰でも参加してもらって結構です。科学エッセイから、感想や将来の展望何でもけっこうです。原稿をお寄せ下さい。原稿は郵便でもファックスでも E-mail でも結構です。

連絡先

横須賀市夏島町 2-15

海洋科学技術センター 深海研究部

藤岡換太郎

Tel : 0468-67-5565

Fax : 0468-66-5541

E-mail : fujiokak@jamstec.go.jp

編 | 集 | 後 | 記 |

新年明けましておめでとうございます。

年頭所感で平野理事長が述べているように1998年は国際海洋年のイベント、また海をテーマとしたリスボン博の開催と海洋に世界の目と期待が集まる年となります。

『海に魅せられて半世紀』でも奈須先生が南アで開催されたIWCO会議での各国要人の海洋に対する期待を新年号として特別にまとめて頂きました。『相模湾をしらべる』では前号に引き続き横須賀市自然博物館の蟹江さんに“地球を食べる?? シロウリガイ”について詳しく執筆して頂きました。

研究紹介では深海開発技術部網谷副主幹の原子力船『むつ』から再生した海洋地球研究船『みらい』の特徴・性能などを紹介し、海洋観測研究部菱田部長から『みらい』を利用した海洋観測研究計画に基づく熱循環、物質循環などの解明について書いています。海域開発・利用研究部の工藤主幹から複雑な沿岸海域の生態系としてサンゴ礁を取り上げて紹介しています。昨年10月に宇宙開発事業団と海洋科学技術センターとの共同でスタートした地球フロンティアから、研究システム組織・人材確保の紹介をしています。

海からのたよりではお馴染みの広島大学長沼さんに『海のアソロジー』、今回は歌詞の著作権の許可を得ての執筆となりました。小林顧問から『科学技術って何だろう?』と日頃の思いを書いて頂きました。

深海への旅ではまずハワイ大のコーエンさんに英文による文学的な表現の文章を投稿頂きました。英文だけではと情報室で勝手に外部機関による翻訳を載せましたが訳者も苦労したと後から聞きました。東海大学木下さんからは潜行中に食べたサンドイッチの味を、研究業務部の段野課長から「しんかい2000」が行った北海道南西沖地震の事後調査について豊富な経験から運航サイドの留意点などについて報告しています。

トピックスでは、『みらい』がセンター前から母港青森県むつ市関根浜港へはじめて帰港する際に乗船取材した朝日新聞佐藤記者の新鮮な航海日誌を新聞記事か

ら許可を得て転載させて頂きました。

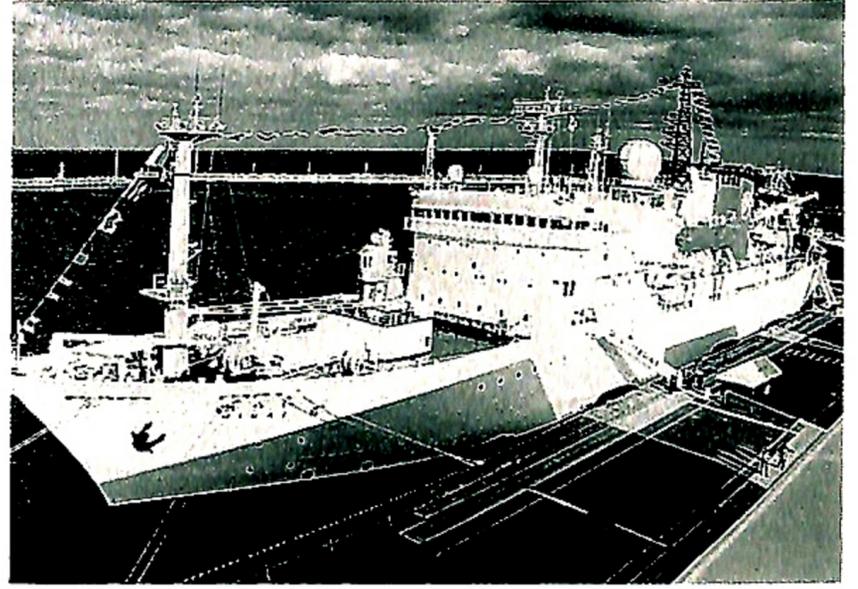
幸いむつ市、佐世保市での『みらい』の一般公開に地元の方と接する機会がありましたが、いずれも新生なった原子力船『むつ』の姿にいままでの想いを込めて「よかったなー、これからの活躍を期待しているぞー」と我が子の成長を喜ぶようなあたたかい視線を感じました。改めて海洋地球研究船『みらい』の今後の活躍を期待しています。

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。

(山田)

表紙写真の説明

海洋地球研究船「みらい」
むつ市関根浜港に停泊する海洋地球研究船「みらい」



JAMSTEC 第10巻 第1号 (通巻第37号) (無断転載を禁ず)

1998年1月1日 発行

編集兼発行人
本 部

海洋科学技術センター 情報室
〒237 神奈川県横須賀市夏島町2番地15
TEL (0468) 66-3811 (代)
TEL (0468) 67-5525 (情報室)

むつ事務所

〒035 青森県むつ市大字関根字北関根690番地
TEL (0175) 25-3811 (代表)

東京連絡所

〒105 東京都港区芝浦1丁目2番1号 シーバンスN館7階
TEL (03) 5765-7101 (代)

ホームページ

<http://www.jamstec.go.jp>

印刷・製本

創文印刷工業株式会社
〒116 東京都荒川区西尾久7-12-16
TEL (03) 3893-3692 (代表)



JAPAN MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY CENTER