

平成10年度海洋科学技術センター研究報告会

JAMSTEC'98

海洋科学技術の21世紀への展望

平成11年2月10日（水）
経団連会館11階国際会場

研究報告会 JAMSTEC'98 目次 Contents

「センター事業概要と長期計画について」 企画部長 高木 謙一	4
「海洋観測による地球環境変動の研究」 海洋観測研究部長 遠藤 昌宏	12
「フロンティア研究の現状と展望」 フロンティア研究推進室長 小田 公彦	24
「海洋生態・環境研究の動向と展望」 海洋生態・環境研究部長 伊藤 英樹	36
「深海研究昨今、世界の動向、今後の見通し」 深海研究部長 木下 肇	45
特別講演「地球科学における科学と技術の調和」 講師：カリフォルニア工科大学・地震研究所教授 金森 博雄	53
「海を拓く技術」 海洋技術研究部長 藤田 俊助	54
主要施設・設備	62
海洋科学技術センターの機能と組織	63



海洋科学技術センター会長
大庭 浩



海洋科学技術センター理事長
平野 拓也

21世紀に向けて…

気候変動や地震などは、人類社会にとって、解明しなければならない緊急の課題であり、その解明のために海洋の探求は極めて重要ですが、その大部分は調査や観測の困難な領域として残されたままとなっています。このため、海洋の開発利用に加え、海洋を通して地球を探求し、地球規模の課題の解決を図ることは今日の科学技術の意義として、重要なものであるといえます。また、海洋科学技術を取り巻く内外の動向としては、地球温暖化など地球環境問題の顕在化、海を地球と一体のものとして捉える考え方の強まり、政治経済のグローバル化、強力な科学技術振興などがあり、海洋科学技術に求められるものはさらに大きくなってきております。

この様な状況の中で、海洋科学技術センターにおいては研究のためのインフラストラクチャーも整備され、総合的研究機関としての領域横断研究における役割が高まり、センターオブエクセレンスとしての基盤が整いつつあります。

海洋科学技術を推進し、夢と神秘にあふれる海洋科学技術が皆様にとって身近なものとなり、人々の生活の質的向上と生命の安全に貢献するよう、海洋科学技術センターは21世紀に向けて積極的に研究活動を展開いたしますので、皆様の一層のご支援、ご指導を賜りますようお願い申し上げます。

センター事業概要と長期計画について

企画部長 高木 譲一

1. はじめに

海洋科学技術センターは、海洋科学技術センターの総合的な試験を行うことを目的に、昭和46年に成立した海洋科学技術センター設置法に基づき、同年10月に科学技術庁の特別認可法人として設立されました。

1.1. 海洋科学技術センターの業務

- ・海洋科学技術に関し、多数部門の協力を要する総合的試験研究。
- ・海洋科学技術に関し、各種試験研究に共通して用いられる施設および設備を保有し、これを海洋科学技術に関する試験研究を行う者への提供。
- ・海洋科学技術に関する研修。
- ・海洋科学技術に関する資料を収集すること。

1.2. 研究開発推進の基本的な考え方

- ・科学と技術の融合
- ・地球環境問題への貢献を目指した海洋総合プロジェクトの推進
- ・国内外の海洋関係機関との連携・協力
- ・国際共同研究への積極的参加、国際協力体制の推進による国際貢献
- ・外部に開かれた研究環境を整備し、国際的なセンターオブエクセレンス化

1.3. 平成10年度からスタートした研究体制

1.3.1. 深海研究部

- (1) 海洋性プレートのダイナミクス
- (2) 海底の長期観測

1.3.2. 海洋観測研究部

- (1) 熱帯赤道域における海洋観測技術の開発及び観測研究
- (2) 中高緯度海域における海洋観測技術の開発及び観測研究
- (3) 北極海域における海洋観測技術の開発及び観測研究
- (4) 海洋-大気相互作用に係る海洋観測技術の開発及び観測研究
- (5) 海洋の物質循環に係る海洋観測技術の開発及び観測研究

1.3.3. 海洋技術研究部

- (1) 海洋調査技術の研究開発
- (2) 海洋観測技術の研究開発
- (3) 海底下調査技術の研究開発
- (4) 海洋エネルギー利用技術の研究開発

1.3.4. 海洋生態・環境研究部

- (1) 海洋生態系変動機構の解明研究
- (2) 深海調査研究
- (3) 沿岸環境・利用研究開発

1.3.5. フロンティア研究推進室

- (1) 深海環境フロンティア研究
- (2) 海底下深部構造フロンティア研究
- (3) 地球フロンティア研究システム

2. 平成10年度研究開発事業の概要

2.1. 平成10年度予算

総事業費 合計約253億円

定員214名

2.2. 研究開発実施件数

「プロジェクト研究」……重要又は大規模もしくは総合的な研究開発(32件)

「特別研究」……総合研究等の基礎的成果に基づき、将来プロジェクト研究に発展させるための研究開発(5件)

「経常研究」……個々の研究者の研究能力を活かした自由な発想の研究課題もしくは将来、特別研究、プロジェクト研究に発展する可能性がある研究開発(22件)

「共同研究」……外部機関及び民間会社等と海洋科学技術センターが相互に研究開発力、研究成果を利用することにより、優れた成果が得られ、研究費用等が軽減されるとともに研究に要する期間が短縮される研究開発(23件)

「国際共同研究」……海外との機関間協力覚書に基づく共同研究(1件)

「受託研究」……科学技術振興調整費等による国等からの研究開発(10件)

3. 研究体制・環境の整備

3.1. 研究者

平成10年12月1日現在海洋科学技術センターの研究者の定員は88人です。また、これ以外の常勤研究者としましては、単年度毎に雇用契約を結ぶ深海環境フロンティア、海底下深部構造フロンティア及び地球フロンティアの研究員が128人おります。また、海洋科学技術センターの特別研究員制度による研究員が8人、さらに科学技術振興事業団より派遣される科学技術特別研究員制度の

よる研究者が3人います。さらに先端技術の開発の支援等のために民間等からの業務協力員の方々が勤務されています。

また、非常勤研究者として、客員研究員77人、流動研究員21人の方々に参加をお願いしています。

3.2. 研究支援体制

科学技術基本法や科学技術基本計画においても指摘されているとおり、研究開発の効果的な推進のためには、研究者を側面から支援する研究支援体制が不可欠であります。海洋科学技術センターは、かねて、調査研究船の運航の外部委託を進めてきましたが、膨大な研究開発業務を円滑かつ効果的に進めるため、平成2年度より本格的に研究支援体制のアウトソーシングを進めております。研究支援は、海洋化学、海洋物理、海洋生物、地学等の各種の分野にわたり、深海曳航調査、海洋物質循環、海洋基礎生産力の観測等の観測航海において研究者と協力して観測業務を遂行しております。また、最近では各種の海洋観測機器等の保守管理の分野の支援も得ております。

現在、海洋地球研究船「みらい」について、各種サンプル処理、分析ライン及び「海洋観測システム」のデータ処理等も含んだ運用管理の支援体制、深海調査研究船「かいわれい」について「マルチチャンネル反射法探査システム」を中心として深海総合調査等を含んだ研究支援体制の、2つの大きな研究支援体制で両船の観測調査が行われています。

3.3. 研究環境

平成8年3月から運用が開始されました、海洋大循環モデルをはじめとする高精度な海洋モデルの研究や海洋音響トモグラフィーのデータ処理等を目的としたスーパーコンピュータは、共同研究などにより、外部の専門家による利用にも道が開かれております。

また、基盤整備につきましては海底下深部構造フロンティア研究のための「フロンティア研究棟」および室戸岬沖海底地震総合観測システムの室戸陸上局舎は、平成9年2月に竣工いたしました。また、むつ事務所において、「試料分析棟」は平成9年12月に竣工いたしました。

4. 海洋科学技術センター長期計画

4.1. 今何が求められているか

気候変動や地震などは、人類社会にとって緊急の課題であり、その解明のために海洋を探索することは極めて重要ですが、その大部分は観測困難であり、広大な未知の領域として残されています。このため、今日の海洋科学技術の意義として、海洋の開発利用に加え、海を通して地球を探索し、人類の夢を実現し、地球規模の課題の解決を図ることが重要です。

また、海洋科学技術を取り巻く内外の動向としては地球温暖化など地球環境問題の顕在化(特に二酸化炭素排出抑制策の具体化)、海を地球と一体のものとして捉える考え方の強まり、政治経済のグローバル化、強力な科学技術振興への期待の高まり等が見られます。

当センターの位置づけとして、世界一級のインフラストラクチャー整備の進展、総合的試験研究機関としての領域横断研究における役割の高まり、中核的研究機関(COE)としての基盤が整いつつあることなどが掲げられますが、これを踏まえて、以下に掲げる3つの目標と、達成のための5つの基本方針が提示されました。

目標

- ・未踏領域への挑戦を通じ、人類の知的資産の増大に貢献し、国民に夢を
- ・地球規模問題の解決と国民への還元
- ・中核的研究拠点を構築し、海洋科学技術の牽引力となるとともに、人材育成に貢献

基本方策

- ・科学と技術の相互牽引による発展
- ・成果の最も効果的な達成と将来の芽の創出
- ・地球規模問題に取り組める研究開発推進体制
- ・開かれた研究体制と先進的研究環境
- ・国民の理解の増進

4.2. これまで何を實現してきたか

これまで、赤道太平洋やプレート境界での現象解明の進展、「みらい」、「かいわれ」など観測研究の強化、トライトンP1、海底地震総合観測システムなどによる長期的研究の開始、地球フロンティア研究システムの発足など前計画の目標を順調に達成いたしました。今後は、気候変動や地震などの緊急的課題に対する強力な取り組み、深海地球ドリリング計画など全球的、領域横断的研究の重視、将来の観測システム構築のための先進的技術開発などが課題となっています。

海域総合利用については、深層水利用システムの実用化、マイティーホールの実海域実験の着手ほか地域共同研究によりさまざまな取り組みを実施してまいりました。今後は、地球温暖化が海洋生態系に与える影響の解明、沿岸域の開発利用について環境・生態系の理解をより重視した取り組みと国際展開、深海地球ドリリング計画による未知なる生命と新しい資源の探索など、地球規模問題への対応が課題となっています。

物的環境について、研究船の増強、スーパーコンピュータの導入など前計画の目標を半ば達成し、人的環境については定員職員の増員、開かれた研究体制である3フロンティア制度の発足、観測技術員制度の導入によりこの数年間で2倍を越える規模になったものの、当初目標には未だ及んでいないのが実状です。今後は、開かれた研究体制と責任ある推進体制を実現するため、研究・技術、運航・支援、企画・管理の有機的一体的な運営を目指すとともに、人材のさらなる確保に加えて人材育成が課題となっています。

4.3. 私達の目指す研究開発の構想

今後10年間に当センターが取り組む研究開発のキーワードは「もっと地球と生命を知る」であり、

- (1) 広かつ複雑な地球システムの現在の姿の把握
- (2) 残された観測空白域を埋めつつ、海域を絞り込んだ集中観測と海域間の比較研究を実施し、過去の変動現象、若くは、将来に起こりうる変動現象を見い出す
- (3) グローバルな研究に加えて、分子レベルからの研究や古環境研究にも取り組み、気候や生態系の変動、地震発生などの予測精度の向上又は効果的な対策に資する

以上を達成するために研究を高度化、長期化、広域化することにより予測可能性と観測手法を見出すという考えのもと、以下の5領域の研究開発に取り組むことといたしました。

4.3.1. 数年から数十年規模の海洋と気候の変動

エル・ニーニョ現象、地球温暖化などの予測精度の向上を目指した、赤道太平洋、北太平洋高緯度海域、北極海などを重点においた総合的な研究

4.3.2. 海洋底ダイナミクスと地震発生プロセス

海洋プレートの生成から消滅のプロセスと地球深部ダイナミクスを解明するとともに、日本周辺の地殻変動モデリングのための総合的な研究

4.3.3. 生態系及び環境の理解

外洋表層から深海に至る生態系の解明、サンゴ礁・藻場・湧昇域の高密度な生態系の解明と環境修復、深海及び地殻内微生物の研究

4.3.4. 全球的な地球システムの理解

各研究領域の知見を全球的、地球史的に統合する地球フロンティア研究、古気候研究、深海地球ドリリング計画、全球的物質循環研究

4.3.5. 新たな海洋技術開発基盤の確立

将来の観測システム全体像の検討に基づき先進的技術開発、各システム開発等に取り組むとともに、技術開発用施設整備ほか技術開発推進方策の策定

4.4. 取り組みの重点

第3章に掲げた4.3.1.～4.3.5.の5つの研究領域を着実に推進するに当たって、それぞれ研究開発の緊急性・重要性、進捗・準備の状況、国際的な要請・気運、センターのポテンシャル・実施体制の整備などの状況を踏まえて、次に示す特に重点的に推進すべき課題を設定いたしました。

(1) 緊急に取り組むべき又は既着手のもの(前期の重点課題)

- ・アジア・太平洋地域の気候変動研究 (研究領域4.3.1.、既着手)
- ・北極圏国際共同研究 (研究領域4.3.1.、既着手)
- ・海底地殻変動の総合観測研究 (研究領域4.3.2.、既着手)
- ・深海地球ドリリング計画 (研究領域4.3.4.、開発着手済み)
- ・海洋実験生態系研究環境の整備 (研究領域4.3.3.)
- ・先進的海洋エンジニアリングの推進 (研究領域4.3.5.、一部既着手)

(2) すぐに検討着手すべき又は既に予備的段階に入っているもの(後期の重点課題)

- ・次期海洋・大気観測システムの構築に向けた研究開発 (研究領域4.3.1.)
- ・地球深部ダイナミクス研究 (研究領域4.3.2.)
- ・珊瑚礁・藻場の国際研究及び海洋エネルギー複合利用 (研究領域4.3.3.)
- ・高機能型深海調査システム (研究領域4.3.5.)

このほか、今後10年間の次の時期には、全球的物質循環研究、1万m級有人潜水船システム、全球的プレート変位観測、海中航行観測船の国際共同開発などの課題の実現が不可欠となるため、

長期的観点から技術的検討を進める予定であります。

4.5. 新しい運営のあり方を目指して

前章までに示した研究開発構想を順次実施していくにあたって、(1)研究及び技術、(2)運航及び支援、(3)企画及び管理の3つの要素が、第一章に掲げた3つの目標の実現を目指して有機的・一体的に牽引しあって運営していくことを基本的考え方といたします。

海洋科学技術分野において中核的研究拠点(COE)として機能するためには、研究者にとって先進的で魅力的な調査船、施設等や研究支援体制の整備が不可欠であります。また、莫大なデータ・サンプルの適切な取り扱いや成果の円滑な公開、研究活動の厳正で適切な評価、緊急の事態に応じた機動的な対応など研究を取り巻く諸環境の整備を進める予定であります。また、センターの研究構想を現実のものとするため、先に示した運営の3つの要素が相互に牽引しあう、柔軟で開かれた研究体制及び責任と実行力のある推進体制を確立し、広く国民の理解と支援を得つつ本計画実現に必要な資金を確保する予定であります。

4.6. 国民の理解を得るために

私たちに海洋科学技術を強力に推進していくにあたって、センターの活動を国民に理解してもらおうよう努力する責任があり、夢と神秘にあふれる海洋科学技術が国民にとって身近なものとなるよう積極的な発信を行っていきたいと思っております。さらに、インターネットを活用して双方向のコミュニケーションを図るとともに、インタープリタ等の育成や調査船をそのまま科学技術館として公開するなど国民にとってタイムリーで分かりやすい広報活動を行う予定であります。

5. 他機関との連携

5.1. 共同研究

共同研究はセンターとセンター以外の機関とが相互にその成果を利用する目的をもって共同して行う試験研究のことです。

先に述べましたように、現在センターでは23件の課題について共同研究が行われておりますが、その相手方は、9つの研究所、6つの大学、10の民間会社の他地方自治体と特殊法人(1課題について複数の相手方の場合もある)であります。これらの共同研究により研究に要する費用が軽減され、研究に要する期間が短縮されるうえ、優れた成果が得られることが期待されております。

5.2. 委託研究

ある研究について、センター自らが実施することが困難である場合、又は自ら実施するよりも総合的試験研究に要する期間が短縮され経済性等においても有利であり、かつ、優れた成果が得られる見込みがある場合、その研究は委託研究として外部の機関に委託して研究することができます。

大学、法人および研究所に対し、34の課題について研究が委託されており、センターでは得ることのできない、すばらしい成果が期待されております。

5.3. 連携大学院

連携大学院とはセンターと大学が協定を結び、センターの研究者を大学院における教育に参画させ、大学からは大学院生をセンターに受け入れて研究の指導を行うもので、センターおよび大学にと

って研究活動および教育の充実が図れることや、新しい研究開発の展開等に期待が持たれております。現在、センターでは広島大学と連携大学院の協定を結び、平成11年度より実施する予定であり、東海大学とも話が進められております。

5.4. 国際協力

機関間の国際協力については、従来より米国のウッズホール海洋研究所 (WHOI)、スクリップス海洋研究所 (SIO) 海洋大気庁太平洋海洋環境研究所 (NOAA/PMEL)、ドイツのアルフレット・ウェゲナ極地海洋研究所 (AWI)、メリーランド大学インドネシア技術応用評価庁 (BPPT) 等と覚え書を締結し研究協力や共同調査を実施してきました。

平成10年7月には、当センターの大庭会長がフランス海洋研究所 (IFREMER) プレスト研究所を訪問し、IFREMERのデビッド会長との間で研究協力に関する覚え書の締結と交換を行い、深海微生物と海中技術の2分野において研究協力を進めることになりました。

また、米国における海洋研究の中心の1つであるウッズホール海洋研究所とは研究協力の覚え書に基づくトップ会談を定期的開催しており、平成10年5月には、当センター理事長がウッズホール海洋研究所を訪問し、覚え書の下で実施中の研究協力の報告やそれぞれの機関を取り巻く情勢等について意見交換を行った他、スクリップス海洋研究所とも両首脳間の意見交換が行われました。

2国間の協力については、科学技術庁が締結している2国間協力協定の下に米国、フランス、ドイツ、カナダ、中国と研究協力を行っており、潜水調査船「しんかい6500」・「しんかい2000」を利用した潜航調査、海洋調査船「かいよう」を利用した観測航海等を実施いたしました。

地球温暖化に代表される地球環境問題が顕在化するに伴い、全地球的な規模での大気、海洋の観測、研究、予測の重要性が増加してきておりますが、こうした地球規模の問題は一国の対応では解決が難しいことから、多機関・多国間の協力による海洋の観測、研究が実施されております。センターは世界海洋観測システム (GOOS)、気候変動と予測に関する研究 (CLIVAR) といった国際海洋観測研究計画の一翼を担うとともに、委員として研究者を派遣する等重要な役割を果たしております。

センターの研究業務等の円滑な推進や国際協力活動の推進のために、職員を在外研究員や海外駐在員として海外の関係研究機関等へ派遣しているとともに、科学技術庁フェロウシップ制度を通じてセンター施設への外国人研究者の受け入れを実施することにより、研究者の交流を推進しております。

また、地球フロンティア研究などを通じて国際的な協力を強化し、一層の貢献を図ってまいります。

5.5. 研修および普及・広報活動

海洋科学技術センターでは、設立以来培ってきた潜水技術をもとに、全国の地方自治体及び民間を対象に潜水基礎技術に関する研修事業を実施しており、これまでの研究終了者は、約4,500名を数えています。特に此处数年の研修では、三崎水産高校や鳥取県の境水産高校等の高校生を対象に潜水基礎訓練を実施しております。また、高校生だけでなく、理科および生物担当の先生方についても、全国理科推進センターが企画・運営している海洋科学研修の一環として、体験潜水を盛り込んだ海洋科学技術研修を実施しました。

また、今年度も海洋科学技術の将来を担う人材育成及び普及啓蒙を目的とし、日本財団の補助による「マリンサイエンススクール」を、高校生と高校教諭を対象に74名の参加者を得て、3回にわた

り実施致しました。さらに、科学技術庁の主催によるサイエンスキャンプを、全国から応募戴いた高校生を対象に24名の参加者を迎え開催しました。

広報活動としては、プロジェクト研究や船舶等の一般公開に関するプレス発表およびその対応(4月から12月までで51件)だけでなく、国内外の科学雑誌や図鑑、ニュース映像等への取材対応や関連情報等の提供(4月から12月までで156件)を実施致しました。なお、船舶等の一般公開は、国内13カ所、海外3カ所、展示協力は、国内9カ所、海外1カ所において実施しました。

今後も、研究者と共に当センターの研究並びに技術開発の成果を、研修事業ならびに広報活動を通して、皆様にお知らせしていきたいと考えております。

6. 研究評価

研究開発の実施に際しては、平成9年8月、内閣総理大臣が決定いたしました研究評価に関する「大綱的指針」に示されているように研究開発の効果的な推進と研究資金の有効活用を図ることを目的に「研究課題評価」を実施いたしました。

評価は、当センターの研究開発活動を、海洋固体地球科学研究、海洋観測研究、海洋生物・生態研究、海洋技術開発の4つの研究領域に区分し、それぞれに外部の専門家による評価委員会を設置して評価を実施しております。また、機関の運営全般、予算、決算、人事、研究環境の整備および運営、他機関との交流などについて評価するための機関評価を平成11年度以後実施し、優れた研究開発成果を生み出す効率的・効果的な組織運営を推進していきます。

以上のような平成10年度の成果を踏まえ、今後は、前述の事業を更に発展させるとともに、今年度策定された、海洋科学技術センター長期計画と新しくスタートした研究体制の基にセンターとしての新しい事業を積極的に推進する計画です。

海洋科学技術センターの事業は、近年、質・量とも急速に拡大・多様化しております。このため、今後事業体制の効率化を図りつつ、優秀な人材の確保に努め、開発整備されつつある多くの世界的レベルの施設設備を効果的に運用・利用し、海洋科学技術のセンター・オブ・エクセレンスとして、研究開発において一層多くの成果を挙げることを目指します。

海洋観測による地球環境変動の研究

海洋観測研究部長 遠藤昌宏

要旨：海洋科学技術センター海洋観測研究部で実施している観測研究の最近の成果を紹介いたします。ENSO、アジアモンスーンなど太平洋・インド洋の熱帯気候海洋変動、北太平洋における海洋循環系の相互作用、高緯度海洋から北極海にかけての海氷海洋循環の構造、地球温暖化における海洋物質循環の役割などに関する最近の観測結果と今後の研究の展望についての報告です。

1. トライアングル計画—海洋観測研究の目標

図1は、海洋科学技術センターで実施している海洋観測研究の対象海域と大まかな研究目標を示しています。平成10年6月に策定した海洋科学技術センター長期計画に基づいて、①熱帯西太平洋表層における暖水(28℃以上)プールとエル・ニーニョやアジアモンスーンなどの気候変動との関係、②中緯度の気候変動とそれによって引き起こされる中緯度循環(黒潮)の変動、③熱や二酸化炭素の交換を通じて気候変動と深い関連を持つとされている高緯度の亜寒帯循環(親潮)、④さらに、海氷という「海の蓋」を持つ北極海における気候変動の兆候の把握などを、研究目的としています。観測海域が、おおよそ地理的に三角形の形状を持つので、トライアングル計画とよんでいます。海盆スケールの気候変動に伴う海洋変動の物理・化学的な観測研究を目的としています。そのプロセスを担っている積雲群や海洋中規模渦などの重要な大気・海洋現象も研究対象としています。

平成10年度から、その主力研究として、ENSOなどの熱帯海洋気候の変動監視のために設けられた係留式の気象海洋観測ブイ「トライトンプイ」の運用配置、海洋音響トモグラフィシステムの中部熱帯太平洋への投入、大型海洋地球観測船「みらい」によるトライアングル海域での公募航海の開始など、新しい観測手段を駆使した本格的な観測研究がスタートしました。以下では、これらの新観測システムの展開と平成9年度から10年度にかけて得られた観測の結果を紹介します。

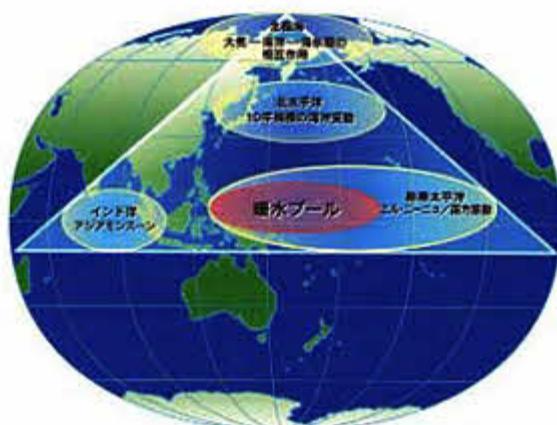


図.1 トライアングル計画は、季節変動から10年規模の、東インド洋・北太平洋・北極海の海洋気候変動の解明に向けて海洋科学技術センターが推進する総合観測計画です。

2. 熱帯海洋循環の研究—熱帯海洋と気候変動

2.1. エル・ニーニョ海洋観測

海洋科学技術センターでは、エル・ニーニョのメカニズムの理解のため、西部熱帯太平洋における暖水の集積と散逸の過程およびそれに関連した大気・海洋相互作用の素過程に関する研究を行っております。その目的のため、たとえば、1998年はNOAA/PMEL及びインドネシアBPPTという外国機関と共同で観測航海を3回(1月・3月・8月)実施しました。特に3月の航海では海洋地球観測船「みらい」により、平成9年度に開発したトライトンブイを、初めて東経156度の経線上に4基展開しました。

トライトンブイは海上気象(風向・風速、気圧、気温、湿度、日射、雨量)、水温・塩分(水深1.5m, 25m, 50m, 75m, 100m, 125m, 150m, 200m, 300m, 500m, 750m、ただし300mと700mは深度センサー付き)、流向・流速(水深10m)を観測し、1時間毎の平均データを陸上にアルゴス衛星通信経路で送る新規の海洋観測ブイです(写真1)。

東経156度に展開したブイは1年間係留する予定でしたが、平成10年6月に表面ブイ直下の係留金具の腐食のためやむなく3ヶ月間の係留で回収しました。腐食対策を施したトライトンブイは平成11年3月に東経156度、147度に9基設置する予定です。



写真1
海洋地球観測船「みらい」とトライトンブイ

3ヶ月の係留ではありましたが、その期間中リアルタイムデータは順調に受信され、むつ事務所(海洋科学技術センター支所)内のブイデータ処理室でデータの品質管理が順調に実施されました。また、取得されたデータについてはほぼ同じ海域に設置されているNOAA(米国海洋大気庁)のATLASブイの日平均データと風向・風速、気温、相対湿度、表面水温について比較検討を行い、よい一致が得られました(図2)。

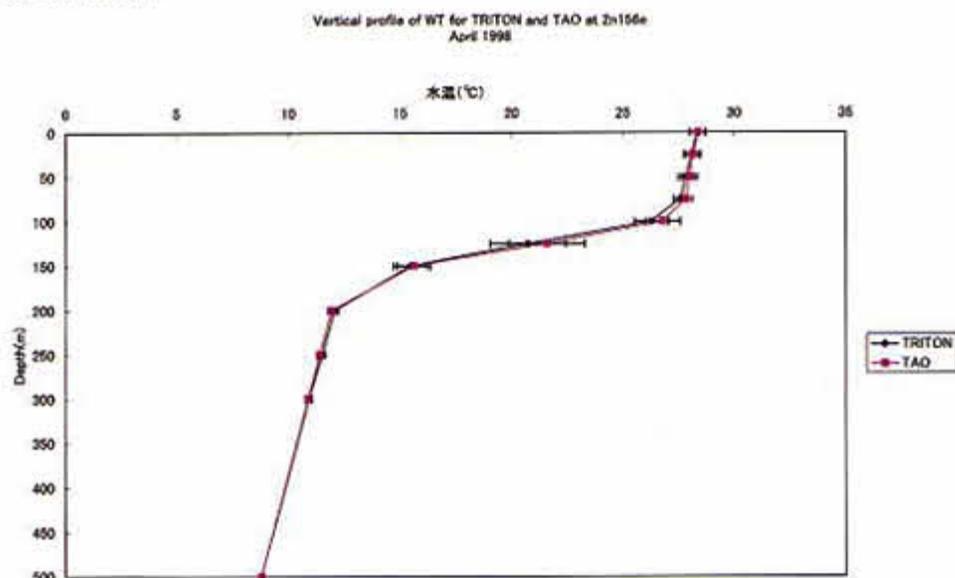


図2 (2°N, 156°E)におけるトライトンブイとATLASブイ(NOAA)の水温データの比較。深さ500mまでの水温分布を示す。

1997年～98年にかけては今世紀最大と言われるエル・ニーニョが発生した年です。海洋科学技術センターでは西部熱帯赤道域において係留系による表層海流の長期連続観測を行ってきました。この係留観測で、1997年のエル・ニーニョの前兆現象とも言うべき1.5m/secという強い東向きの流れを赤道上において捉えることに成功しました(図3)。この流れは1996年12月中旬から1月始めにかけて、海面から水深150mにまで達しています。また、この流れと前後して、エル・ニーニョの引き金になると考えられている強い西風(西風バースト)が地球観測プラットフォーム技術衛星「みどり」により捉えられています。この西風バーストはその後1997年3月にも発生しており、これらの風の変動が西部熱帯太平洋の暖水域を動かして、今世紀最大のエル・ニーニョを引き起こしたものと考えられます。

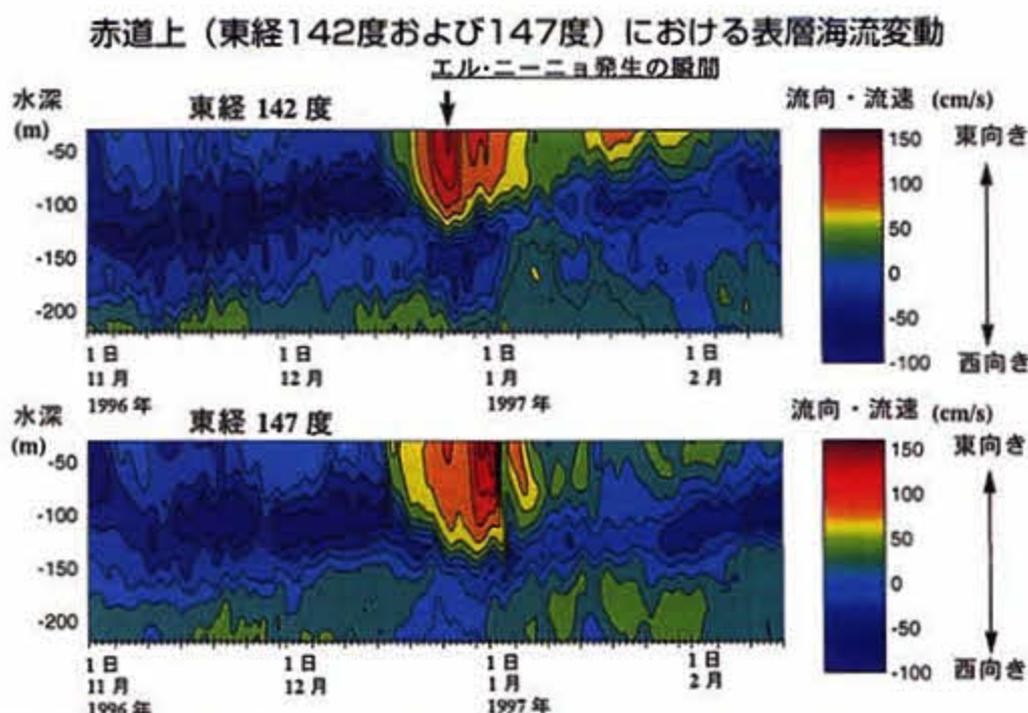


図3 1996年11月1日から1997年2月18日までの表層海流の流向(東西)と流速。赤道上(142°E及び147°E)において流速計により観測された。縦軸は水深を、横軸は観測期間を示す。黄から赤で示された部分で東向きの強い流れを示す150cm/sを越す流れが、深さ100m-150mまで観測された。

2.2. 海洋音響トモグラフィシステムの中熱帯太平洋への展開(1998/12~2000/12)

海洋科学技術センターでは、1998年12月から2000年12月まで中部熱帯太平洋において、海洋音響トモグラフィシステムによる観測実験を行います。海洋音響トモグラフィシステムとは、音波を利用して1000km四方の海域の海面から海底までの水温分布や流速分布を立体的・同時に観測可能なシステムです(原理の詳細と応用例は、平成9年度研究報告会要旨集をご覧ください)。このシステムは、200Hzの低周波の音を出す水中スピーカ(音源)とその音を受ける水中マイクロホン(受波器)を組み合わせたトランスシーバを複数個、観測海域に係留して互いに送受波を繰り返し、さまざまな経路を伝わる音波の伝搬時間を計測することにより、水温や流れの分布を推定します。この実験の目的は、エル・ニーニョや気候変動に関係した水温分布や流速分布を三次元的に観測することです。このシステムは、エル・ニーニョや気候変動の予測に役立つデータを提供できるものと期待されています。今回の実験は、米国のワシントン大学応用物理学研究所と海洋科学技術センターとの国際共同研究の一環として実施されます。

図4は、海洋音響トモグラフィーシステムを投入する中部熱帯太平洋(日付変更線付近)を示します。緯度10°N-10°S内のトライトンブイ、ATLASブイの配置も示しています。投入位置の熱帯太平洋日付変更線付近は、エル・ニーニョの消長と関係の深い熱帯暖水プール海域と赤道冷水域との境に当たるだけでなく、中緯度海洋との相互作用の顕著な海域として注目されている場所です。

中部熱帯太平洋トモグラフィー観測実験

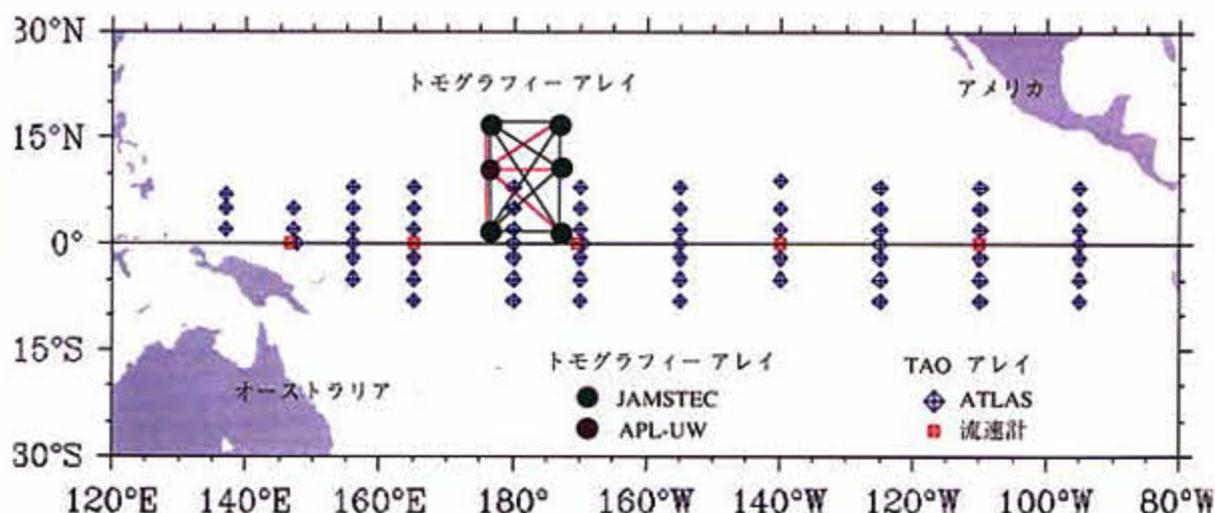


図4 海洋音響トモグラフィーシステムの投入位置(日付変更線付近)。熱帯係留ブイアレイ(トライトンブイとATLASブイ)の配置も示す。

3. 中緯度・熱帯海洋循環の研究—観測データ評価のためのモデル開発

海洋には様々な時空間スケールの現象がありますが、海洋観測は時間的にも空間的にも限られており、様々な海洋現象を全体的に捉えるには、流体力学、熱力学といった法則に従って観測データを補完し、海洋の状態を再現することが必要です。特に、海洋には、数10kmから数100km程度のスケールの渦や蛇行が多く存在することが知られており、その挙動を正確に捉えることが、海洋の大循環、さらには気候変動に果たす海洋の役割を調べる上で重要となってきます。そのため、高解像度の海洋大循環モデルを用いて海洋循環を再現し、観測データとの比較により海洋現象のメカニズムを調べています。

モデルは北極海を除く全球海洋を対象として、水平方向に1/4度(約25km)、鉛直方向には55レベルの格子に分割し、各々の格子で流速、水温、塩分といった海洋状態を決める要素の時間発展を計算します。気候学的平均風応力データによってモデル海洋を駆動し、20年時間積分し、最後の1年分の結果データを整理するとともに解析を進めています。

図5はモデルで計算された日本近海の海面の高さを10cm間隔の等値線で示したものです。日本南岸を流れる黒潮が紀伊半島沖で大蛇行した後、蛇行しながら東に伸びている様子がよく分かります。図はある瞬間の分布を示していますが、時間的に変動を追うと、日本南岸の大蛇行に伴う冷水渦が沖側の暖水渦と関連しながら変形する様子や、黒潮続流域で暖水渦が切り離されて三陸沖に向かって西進する様子が捉えられます。黒潮続流域では亜熱帯総合観測研究のもと、音響トモグラフィーや係留系による集中観測が計画されており、それらの観測研究とのリンクによって続流域での変動過程を明らかにしていきたいと考えています。

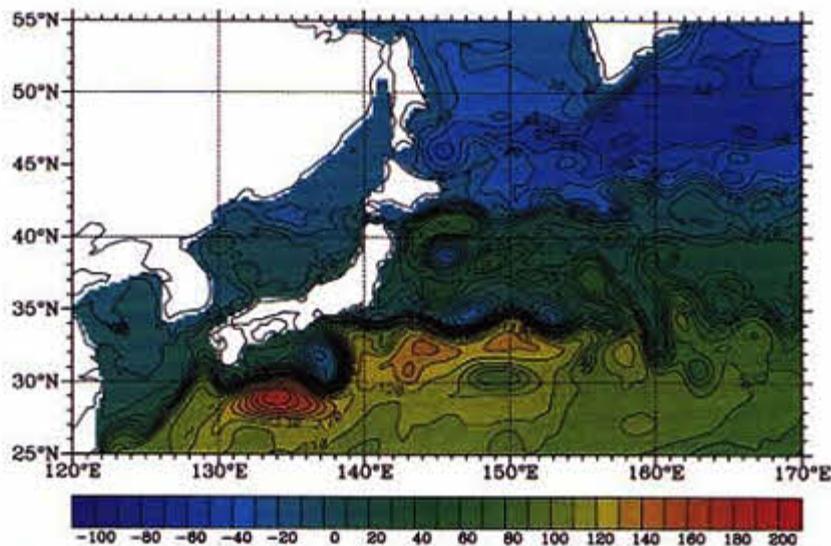


図5 モデルで計算された黒潮域における海面水位 (cm)。水位勾配の強い海域で、等水位線に沿って、流れが強い。

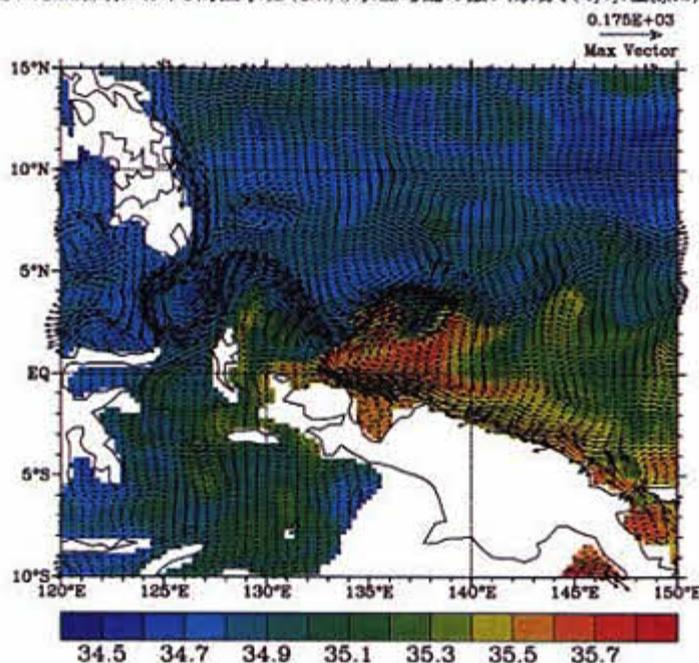


図6 モデルで計算された西部熱帯太平洋における水深100mでの塩分分布 (psu) と流速ベクトル。

図6は西部太平洋赤道域における水深100mの流速をベクトルで示しています。フィリピンミンダナオ島とニューギニア島の間、ミンダナオ渦といわれる反時計回りの渦と、その南西のハルマヘラ渦といわれる時計回りの渦が形成されています。モデルでは、ミンダナオ渦は約40日の周期で、一部が切り離されてセレベス海に入っていきますが、それに伴って低塩の北太平洋水がインドネシア海に輸送されます。このような変動は係留観測データにもみられ、ニューギニア沿岸潜流や赤道潜流などの熱帯域の様々な海流変動とも関係しているようです。熱帯西部太平洋は、エル・ニーニョ現象やグローバルな熱、塩分フラックスに鍵となる海域であり、今後、熱帯域総合観測研究と共同しながら研究を進める計画です。

ここでは、いくつかのトピックとして黒潮域、熱帯赤道域の結果を紹介しましたが、亜熱帯、熱帯域の変動が相互にどのような影響を及ぼしているかを調べることによって、総合的な海洋観測システムの開発を進めることを目指しています。

4. 高緯度・北極海の循環—全球気候変動との接点

北極域の気候システムは、アジア・北太平洋地域の気候はもとより、地球規模の気候変動にも重要な影響を与えると考えられています。海水は大気・海洋間のエネルギーや物質の交換を抑制する「海の蓋」の効果を持つとともに、アルベド(日光の反射率)の増大によって海面における放射収支も大きく変えます。もし、温暖化により海氷がわずかでも減少すると、その減少は急激に進むと推測され、その結果として北極海の海水の変化は全球規模の気候変化に重大な影響を与える可能性があります。そのため、このフィードバックの鍵となる大気・海洋・海水相互作用を解明する事が急がれています。

北極海の混合層直下には、水温はほぼ結氷水温で、深さとともに緩やかに塩分が増加する「冷たい塩分躍層」が存在します。その下には、大西洋起源の高温・高塩分な「大西洋水」が存在するため、熱的には不安定な成層状態になっています。この「冷たい塩分躍層」は、海面冷却による鉛直対流の及ぶ深さをこく表層に押さえ、氷野が形成・維持されやすくしています。もし、これが消滅すると、深い対流が発生し、大西洋水の熱が海面へと輸送され、海水が著しく減少する可能性をはらんでいます。事実、北極海の大西洋側では、冷たい塩分躍層が消滅し大きな海水変動が起きており、同時に、北極海における大西洋水の水温が上昇(0.5~1.0℃)しているという観測事実も報告されています。海洋科学技術センターでは、この「冷たい塩分躍層」と「大西洋水」の循環・変動のメカニズムの解明に重点を置き、「氷海特有の諸過程の理解」と「長周期変動の理解」について取り組んでいます。

また、上述の研究課題に取り組むには、高精度で大量な観測データの収集が不可欠です。そのため氷海での観測手法として、次世代型の氷海観測用小型ブイや氷海域海洋観測船等の観測手段の整備と、センサー技術開発等を通じた北極海域総合観測システムの技術開発を行っています。

そこで、我々は、北極海における海水形成と維持に重要な役割を果たす北極海の特殊な海洋構造や循環場の解明を目的として、チュクチ海・ポーフォート海水縁(北極海)域において、船舶・係留系による現場観測、多年氷海域における海洋観測・氷海用自動観測ステーション[IOEB]観測を実施しています。

主な観測項目として、

冷たい塩分躍層の形成・維持過程の解明

- 1) アラスカ沖パロー海底谷を通じての水及び熱交換
- 2) 氷縁域や陸棚斜面上における流れの不安定と渦による水及び熱交換過程

北極の海洋循環場の変動の解明

- 1) フラム海峡(大西洋側)より北極海に流入する温暖な大西洋水の循環と変動及び中規模渦による水塊輸送
- 2) 海底地形との相互作用による平均流駆動の観測
- 3) 大気—海水場の変動に対する海盆スケールの海洋の変化。

1997-98年は、米国NSFの国際共同観測プロジェクトSHEBA(北極海表面熱収支観測研究計画)に参加し、ポーフォート海多年氷域における海洋観測、係留による通年観測、2機のIOEBによる海洋上層の自動観測を行いました。また、1998年からは、カナダの砕氷船を用いて、ポーフォート海陸棚斜面での、表面から中層の大西洋水層にかけての海水輸送量とその変動観測を目的として、日米カナダの共同観測を開始しました。さらに、「みらい」の就航にともない、北極海域での慣熟訓練航海を

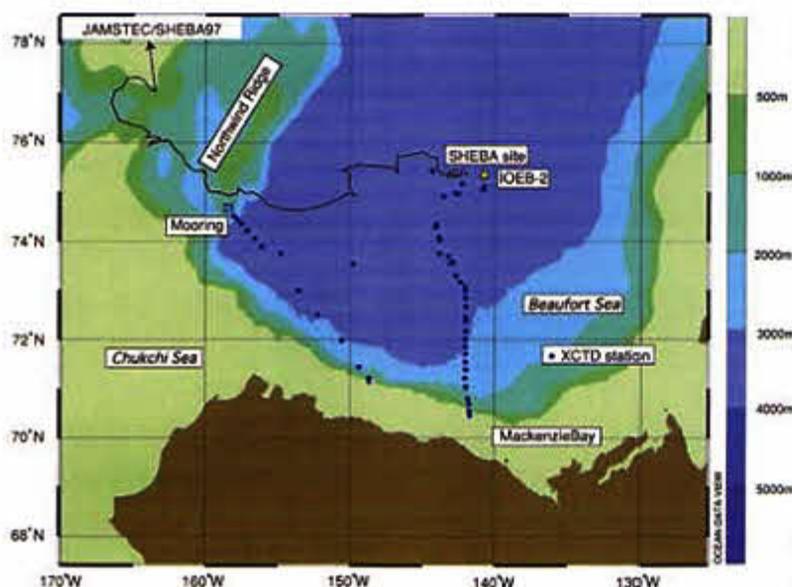


図7 1997年に実施されたXCTD観測点及び係留系 (Mooring) とIOEB2号機の設置位置。折れ線は、1997年10月、同時に設置されたSHEBAサイトの約1年間の漂流軌跡を示す。

実施しました。平成9年度に行った観測の解析結果の概要は以下の通りです。

1997年秋に行われたSHEBA観測において、アラスカ沖ノースウインド海嶺東斜面の多年氷域に1系の係留系を設置しました(図7)。ポーフォート海多年氷域においてXCTD(投げ込み式塩分水温計)による水温塩分観測を実施しました(観測点は図7にあります)。その結果、北極海の垂表層に広く分布する「冷たい塩分躍層」(結氷水温で深さと共に塩分が増加する層)を占める水塊は水平方向に一様に分布しているのではなく、離散的に分布していることが分かりました(図8)。この水塊は、中規模渦により移流されていることが考えられます。また、ノースウインド海嶺東斜面における渦位極小水(密度一様水)は海山斜面上に集中しており、垂表層に存在する渦の運動は、海山の影響によりブロックされていることも示唆されました。これは、北極海のポーフォート海では海底地形の平坦な深海盆では渦運動が非常に大きいのに対し、地形起伏の大きな海山域では渦運動が著しく減少しているというIOEBによる流速観測結果から推察された仮説「海山域で渦運動が一方向の平均的な流れに変化する」と符合する結果でした。

今後は、このような氷縁域において、「みらい」の利用や「SBI」(陸棚-海盆間相互作用に関する国際共同観測プロジェクト)へ参加し、さらに、物理観測のみならず、生物・化学を含み、かつ河川水の影響など陸域

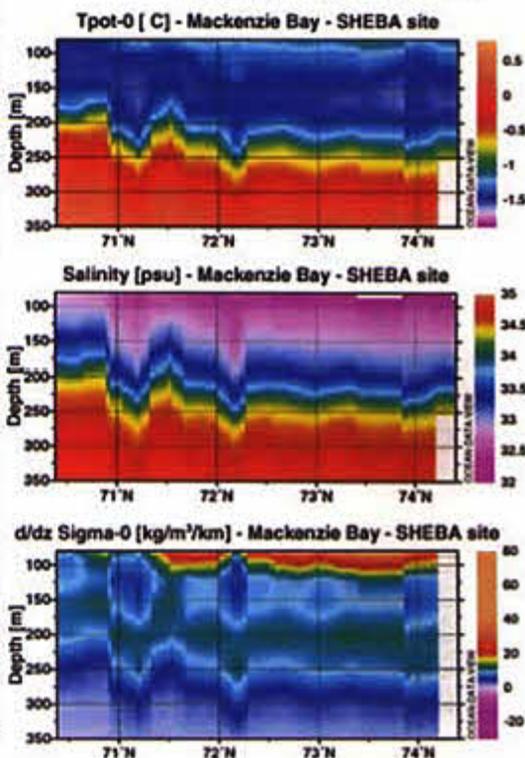
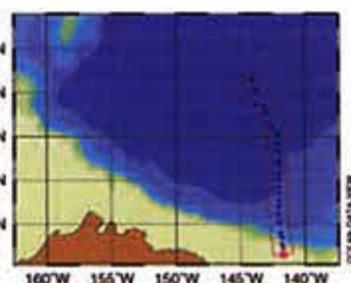


図8 マッケンジー湾からSHEBAサイト(いずれも北極海カナダ側)に至るXCTD観測線における鉛直断面。(a)観測点、(b)水温、(c)塩分、(d)密度の鉛直勾配。低水温水で占められる深度に低渦位(密度一様)水がパッチ状に存在していることが分かる。

研究との連携も含む学際的な体制の下で総合観測を推進する予定です。また、北極海海盆スケールでの大気、海洋、海氷変動を広域、立体、同時に継続して観測するため、IOEB(氷海用自動観測ステーション)を小型軽量な氷海漂流ブイに発展させて多点化すると同時に、その観測結果をもとに砕氷船を用いた「SEARCH」(北極変動に関する国際共同観測プロジェクト)に代表される国際共同多年氷域観測に参加して各種観測を行う予定です。この氷海漂流ブイは非常に高精度な流速観測が可能であり、北極海特有の現象のみならず、循環場及び水塊形成に対する渦の役割など重要かつ未解決である非線形海洋物理学一般の理解が得られると期待されるからです。

5. 海洋-大気相互作用の研究-海上降雨量の観測

西部熱帯太平洋において海洋と大気との間のエネルギー授受に大きな役割を持つ降雨のメカニズム解明を目的とした大気観測研究を実施しています。降雨量の海上での把握は、大気の運動の熱源の強さと分布を見積もる上できわめて重要です。ENSO(El Niño/Southern Oscillation:エルニーニョ/南方振動)に代表されるように、密接に関係しあった海洋と大気の変化に着目しながら、海洋上空に発達する積雲対流の発生・維持機構と、それによりもたらされる降水が海洋に与える影響を調べる事が可能になってきました。

とくに、海洋上における降水観測はこれまで皆無に等しい状態でした。そこで、海洋上の降水量を船上で直接観測できれば、人工衛星データや係留系データと組み合わせることにより、データの無い領域を埋め、地球規模での水収支・熱収支の解明に役立つと考えています。

特に観測の少ない、時間スケールが数日~数年、空間スケールが数km~1000kmの海上における降水現象を観測対象としています。これまで海洋科学技術センターの観測船「かいよう」のラジオゾンデ等の気象観測装置等を用いて、西部赤道太平洋域で観測を行い、データ解析を進めて来ました。平成10年度から海洋地球観測船「みらい」の就航に伴い、ドップラーレーダー、ラジオゾンデ及び総合気象観測装置を活用した観測を行うことが可能になりました。

その一例として、平成10年5月23日07時(日本時間)、沖縄東方海上の北緯27度24分、東経132

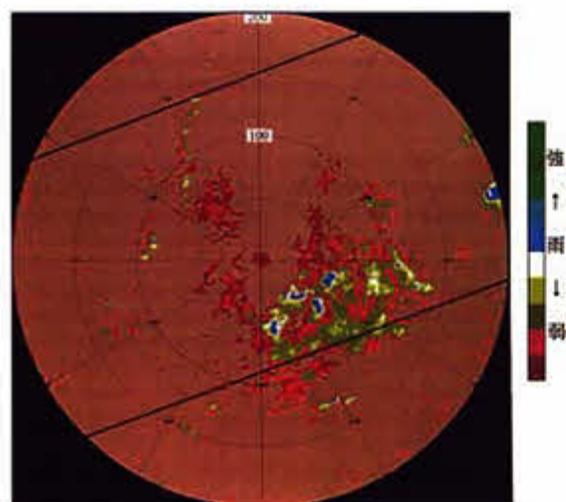


図9 海洋地球観測船「みらい」のドップラーレーダーが捉えた降雨量の分布。半径は200km。斜線は、人工衛星TRMMの降雨レーダーの観測範囲(図10)を示す。

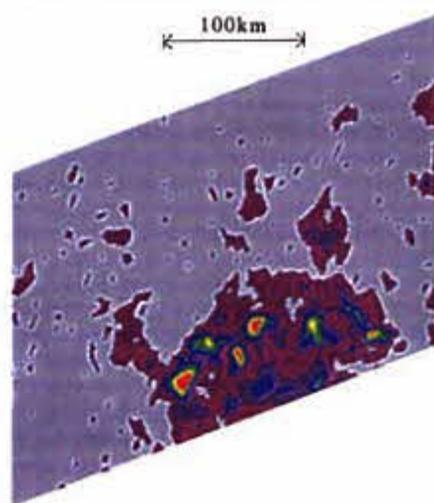


図10 人工衛星TRMMが捉えた降雨量の分布(宇宙開発事業団提供)。人工衛星TRMMは西南西から東北東へ通過している。降雨レーダーの観測幅は約220km。

度21分の海域で行った、TRMM(熱帯降雨観測衛星)との同期観測の結果を示します。海洋地球観測船「みらい」のドップラーレーダーが捉えた降雨画像(図9)と西南西から東北東へ通過するTRMMが捉えた降雨画像(図10)とを比較すると、降雨域だけでなく強弱の分布も非常に一致している様子がわかります。

今後、雨だけではなく、風のデータと組み合わせた詳細な研究を行うことにより、雲の内部構造の解明が進むと、気候シミュレーションモデルの精度向上等の成果が得られることが期待されます。

膨大な量が予想されるドップラーレーダーデータの品質管理と解析、観測海域の中緯度への拡張、今後の人工衛星センサーの開発・運用状況とリンクした観測計画の立案と実施等が今後の課題となるでしょう。また、海洋上空に発達する雲の一生を観測可能になる「海洋型偏波ドップラーレーダーシステム」の開発、ラジオゾンデ等の既存の観測装置とウインドプロファイラー(船舶上空の風を計測)やリモート型温度・湿度連続観測装置(船舶上空の気温、湿度を計測)を組み合わせた「大気総合観測システム」などの開発が今後の課題となると考えています。

6. 海洋物質循環の研究—海洋炭素循環と地球温暖化

6.1. 北西部北太平洋における物質循環研究

海洋における物質循環とりわけ炭素及びそれに関連した物質の循環は気候変化と密接な関係にあり、今まで、多くの海域で集中的かつ系統的に観測研究がなされてきました。北西部北太平洋は、海水温度が低く、荒天時が多いため、特に冬季において二酸化炭素を始めとする物質が大気-海洋間で活発に交換されていると考えられています。しかし、実際に冬季のガス交換を測定することは大変難しくデータはほとんどありません。また、同海域は栄養塩の蓄積された深層水の湧昇に関連し、植物プランクトンの基礎生産力が一年中高く、ケイ藻種が優占種であるので、表層で生物により固定された二酸化炭素は他の多くの物質とともに、中・深層へ活発に効率よく輸送されていると考えられています。更に、北太平洋を特徴付けている点に、北太平洋中層水の存在があります。

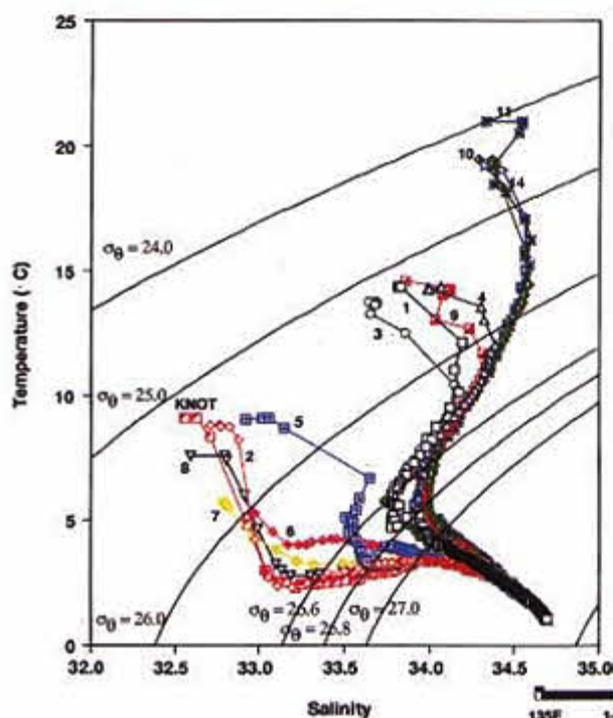
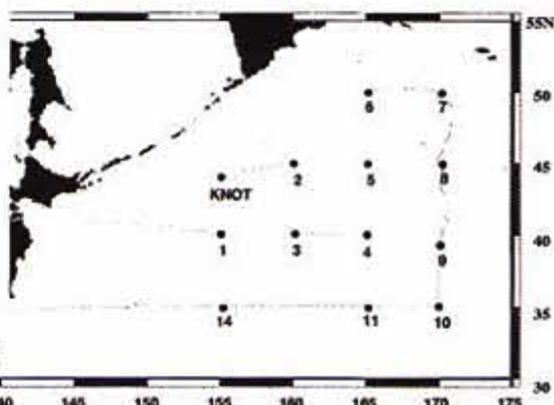


図11「みらい」MR97-02航海における観測点及び各観測点のTS diagram。
TS diagram上の数字は観測点。TSは2000mまでのデータを使用した。



これは、北太平洋全域に広がる低塩分の中層水であり、その移動・混合過程は北太平洋の物質循環に重要な役割を果たしているといわれています。このように、北西部北太平洋は物質循環に関し重要な海域と言われながら、未だに総合的かつ長期の物質循環研究はなされていません。

海洋科学技術センターでは1997年より海洋地球観測船「みらい」を使い、同海域において本格的な物質循環研究を始めました。ここでは、第一回の航海(平成9年11月10日から12月5日)の概要と得られた結果の一部を紹介致します。

観測点及び「TS diagram」(海水の持つ水温・塩分図)を図11に示します。海洋における物質循環は物理的、化学的、生物学的諸過程が関係しているため、観測項目は多岐に亘ります。第一次航海で行った観測作業は以下の様になります。

- ◎13測点において、採水及びCTD観測を行った。採取した海水試料の一部については、船上にて塩分、色素、栄養塩(硝酸塩、亜硝酸塩、ケイ酸塩、リン酸塩)、溶存酸素、全炭酸、アルカリ度等の測定を行った。同地点で採取した他の海水試料は実験室に持ち帰り、放射性核種、微量元素、炭素同位体等の分析を行う。
- ◎表層海水中のCO₂濃度、全炭酸、栄養塩、塩分、温度等を連続的に測定した。また、大気中のCO₂濃度も測定した。
- ◎3地点(Stn.KNOT、Stn.4、Stn.6)でセジメントラップ(沈降粒子捕獲係留系)の設置を行った。同ラップは平成10年7月の「みらい」航海で回収及び再設置された。
- ◎ピストンコアラー及びマルチプルコアラーにより3地点(Stn.KNOT、Stn.7S、Stn.8S)で堆積物の採取を行った。今後、堆積物試料は有孔虫の群集解析、化石・花粉分析、同位体(O-18、C-13、C-14)分析、年代測定等に供される。

得られたサンプルについては、まだ分析中か又は、データの解析中のものが大部分であります。以下にpCO₂(二酸化炭素分圧)のデータの一部を紹介します。

北緯35度から50度まで、東経170度線に沿った表面海水及び大気中のpCO₂分布を図12に示します。一般に表面水中のpCO₂は北に向かって増加しております。親潮と黒潮が混合している北緯

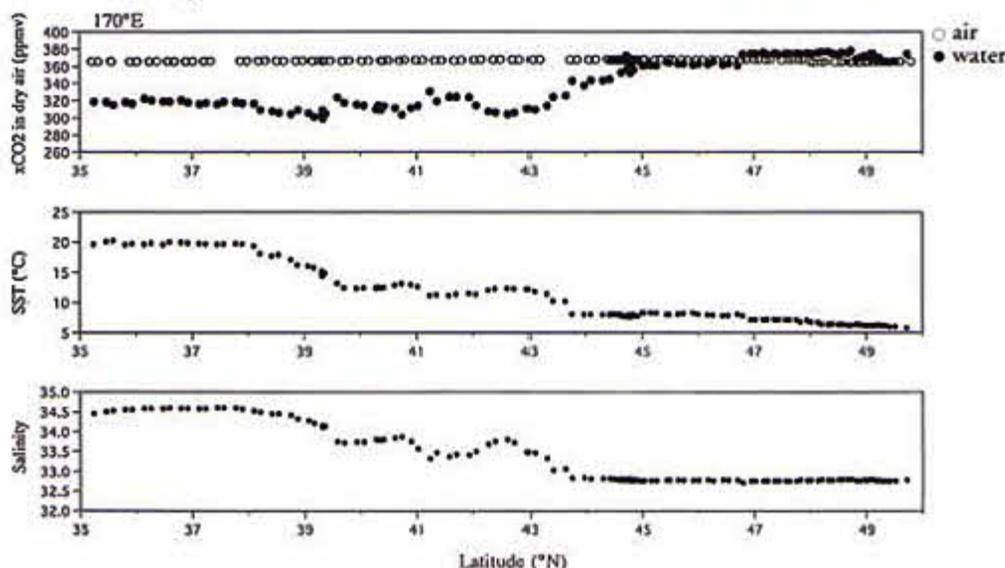


図12 北緯35度から50度まで東経170度線における(a) 表面水(○)及び大気(●)の二酸化炭素分圧(pCO₂)、(b) 水温(SST)、(c) 塩分の分布。

38度から44度にかけては塩分・温度が変動していますが、同時にpCO₂も変動を示しました。同海域のpCO₂変動は表面水温と塩分の変数としてあらわされ、二つの海流の混合によりコントロールされている事がわかります。北緯45度以南では表面水は大気中の二酸化炭素を吸収しており、以北ではほぼ大気と平衡にあることが分かります。表面海水中のpCO₂分布は他の航海でも、連続して測っており、今後データを蓄積することにより、北部北太平洋におけるCO₂の吸収量又は放出量及びその季節変動を明らかにしていく予定であります。

Stn.KNOT(44°00'N, 155°00'E)での3日間の観測期間中に、表面海水中のCO₂濃度は大きく変化しました(図13)。風速との関係でみると、風速の大きい時に水温と塩分が下がると同時にCO₂濃度が上昇していました。これは、wind mixing(風による鉛直混合)により、下層の海水と表層の海水が混合した結果と推定されます。強風下ではCO₂の交換速度は増加致しますが、大気-海洋のガス交換量を正しく見積もるためには、強風によるガス交換速度の上昇のみならず、強風に伴う下層のCO₂の上昇による濃度変化の効果も今後正しく見積もって行く必要があります。

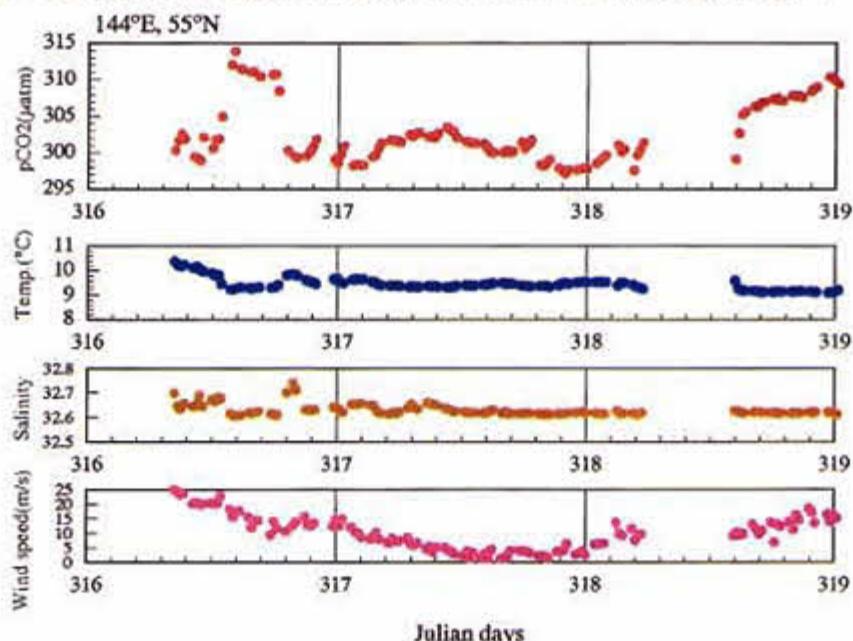


図13 Stn. KNOTにおける表面水の(a) 二酸化炭素分圧(pCO₂)、(b) 温度、(c) 塩分、(d) 風速の時間変化(3日間)。

6.2. 熱帯・亜熱帯海域における基礎生産

太平洋の赤道域は西側に暖水塊が存在し、東側には湧昇域と呼ばれる海域があって、ここでは深層から海水がわき上がってきています。暖水塊表層では、植物プランクトンの栄養となる硝酸塩が枯渇していて、植物プランクトンの光合成による炭素固定(基礎生産)は小さいので、「栄養塩躍層」近くにクロロフィル極大層が形成されています。一方、東の湧昇域では、深層からわき上がる海水に硝酸塩が多く含まれているため、クロロフィル極大層は暖水塊の場合よりも浅くなります。又、基礎生産力は暖水塊に比べれば大きいのですが、硝酸塩濃度、日射量から推定される基礎生産よりは小さく、植物プランクトンの現存量も少ないので、HNLC (High Nutrient Low Chlorophyll) 海域と呼ばれていて、その存在理由は謎の一つとなっています。この東西方向の不均衡の様相はいわゆるENSOのサイクルによって変化していて、植物プランクトンによる基礎生産機構も同じように変動しています。

海洋科学技術センターでは、赤道海域において、この植物プランクトンによる炭素の固定能力とそ

の変動を調査しています。平成9年12月には「かいよう」により暖水域において、また、平成10年1月には「みらい」により慣熟航海の一環として赤道湧昇域において基礎生産観測を実施しました。

海洋科学技術センター観測船「かいよう」による調査は、グアムを出港し、東経143度から赤道上を日付変更線まで東進し、マジュロへ至る航海で、海洋地球観測船「みらい」による調査は、グアムを出港し、東経175度を経て赤道上を西経167度まで東進し、ハワイへ至る航海でした。

この調査期間は、今世紀最大といわれるエル・ニーニョの時期で、表面の海水温度は高く、植物プランクトンの光合成に必要な栄養塩(硝酸塩)も枯渇していました。調査では、各測点で植物プランクトン色素濃度、サイズ組成、栄養塩、水温、塩分濃度、太陽照度深度分布などの生物光学観測を行いました。炭素と窒素の安定同位体(C-13、N-15)を利用した基礎生産力測定では、表層から植物プランクトン極大層の下まで13層に培養瓶を投入し、現場法による測定を行いました。

赤道域の広い範囲にわたる植物プランクトンの現存量とその変動を調べるため、船舶による海洋観測の他に、海洋科学技術センターでは、人工衛星(Orbview-II)に搭載された海色センサー(SeaWiFS)データを受信し、利用しています。図14は、赤道域における1998年6月10日から17日まで8日間の平均の海色データを示します。緑色の部分がクロロフィル濃度が高い部分です。この時期はエル・ニーニョが終了し、ラ・ニーニャへの移行期にあるといわれていた時期で、日付変更線を越えて東経165度付近までクロロフィル濃度の高い領域が広がっている。衛星画像によると、単に東側で植物プランクトンの現存量が多くなるという傾向のみならず、西経110度付近、西経140度付近、東経170度付近で特に現存量が多くなっているという詳細な構造が明らかとなりました。

今後は、これらの人工衛星データと船舶による海洋観測データ、海洋レーザ観測装置による植物プランクトンのレーザ励起蛍光の日変化などのデータを元に、赤道域での基礎生産機構を明らかにしていくとともに、人工衛星データから基礎生産力を推定する手法を開発し、赤道域における植物プランクトンによる炭素固定能力を調査する予定です。

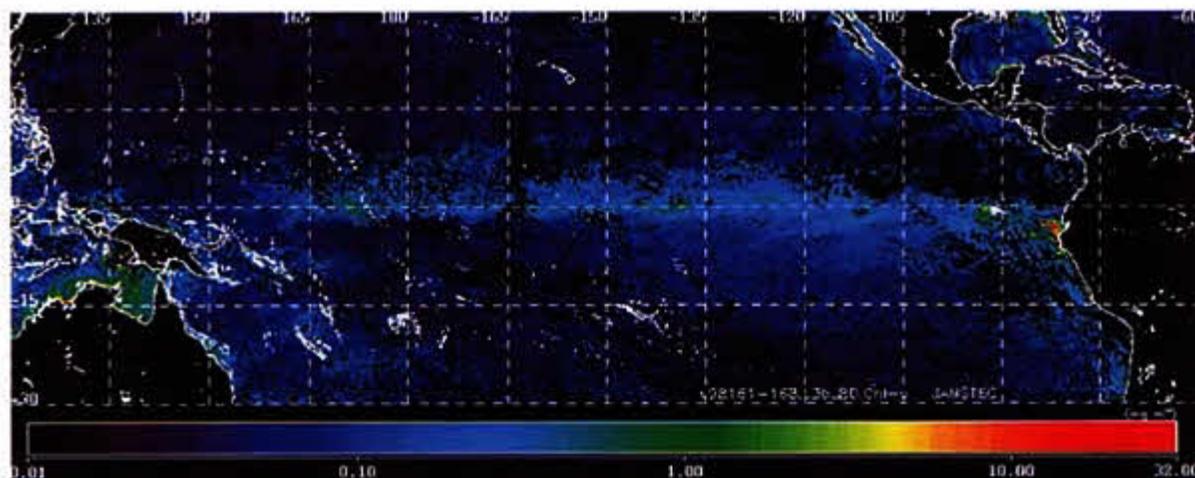


図14 赤道域における1998年6月10日から17日まで8日間の平均の海色データ(SeaWiFSセンサーによる)。緑色の部分がクロロフィル濃度が高い部分。日付変更線を越えて、東経165度付近までクロロフィル濃度の高い領域が広がっているのがわかる。

フロンティア研究の現状と展望

フロンティア研究推進室長 小田公彦

1. 地球フロンティア研究システム

1.1. システムの構成

航空・電子等技術審議会、地球科学技術部会によって平成8年7月にまとめられた報告書「地球変動予測の実現に向けて」の提言を受け、宇宙開発事業団と海洋科学技術センターの共同プロジェクトとして、平成9年10月1日に発足した地球フロンティア研究システムは、気候変動予測、水循環予測、地球温暖化予測及びモデル統合化の4研究領域の研究に加え、平成10年10月には大気組成変動予測研究領域が新設され、5つの研究領域で地球変動予測の実現に向けた研究活動を展開中である。

本システムの特長は、21世紀に相応しい新しい研究システムとして、卓越した研究指導者の下、研究者を国内外から広く集め、流動研究員方式を採用していることである。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、研究者の年齢に拘らず、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る。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っている。

現在、国内の地球変動研究所（東京本部とつくばサテライト、IGCR）に加え、日米コモンアジェンダに基づく地球変動予測のための共同研究の一環として設立された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の研究者を含め合計120名余（H10年11月時点）の研究者で研究活動を行っている。また、IARC、IPRCにおける日米の研究協力については、日米科学技術協力協定の下に実施取り決めを締結することが日本の科学技術庁と米国国立科学財団の間でまとめられ、平成10年11月の日米首脳会談で確認された。さらに、本年3月にはEUとのワークショップ、シンポジウムも予定されており、本システムは地球変動研究・予測の分野における国際協力の中心的役割を担いつつある。

1.2. 各研究領域の現状

1.2.1. 気候変動予測研究領域

変動モデル研究グループ、変動解析研究グループ、変動予測可能性研究グループの3グループ構成で研究を進めている。海洋大循環モデリングは早くから着手し、黒潮の変動など西太平洋沿岸域の海洋循環変動の予測を目指した高解像度モデルは、海洋の細かい構造を再現して安定して走るようになった。また、低緯度に重点を置いたサブグループのモデルはインド洋・ベンガル湾に固有の季節変動が生じることを示すなどの成果を得ている。中緯度海洋循環研究のサブグループでは、水平解像度において世界のトップクラスとなる全球海洋大循環モデルをPOMを基として構築し、科学技術庁航空宇宙技術研究所との共同研究の下に、本モデルの季節変動実験を継続中であり、現在12年の計算を終えた段階である。中高緯度の海洋循環は初期擾乱の調節過程にあるが、低緯度域の循環はほぼ力学的な平衡状態に達していると考えられる。本モデルの結果を今年度のHPC Asia98にて紹介し、高性能計算科学の分野においても一定の評価を得るに至っている。（図1.1は水平分解能1/6度（赤道上では約18km）メッシュの全球大循環モデルによる計算結果の一例。表層海流や中規模渦活動等がシミュレート出来ている。）さらに、将来、太平洋の気候海洋結

合システムの変動をシミュレートする目的で結合モデルを開発中である。一方、現実の大气・海洋の10年、数10年の変動(DICE)の実態を明らかにするグループは、現在世界中で盛んに研究が行われている北太平洋域の大气・海洋変動について、ユニークな視点でデータ解析を行い、熱帯域の変動と高緯度域の変動が別であることを指摘するなど、成果を挙げつつある。

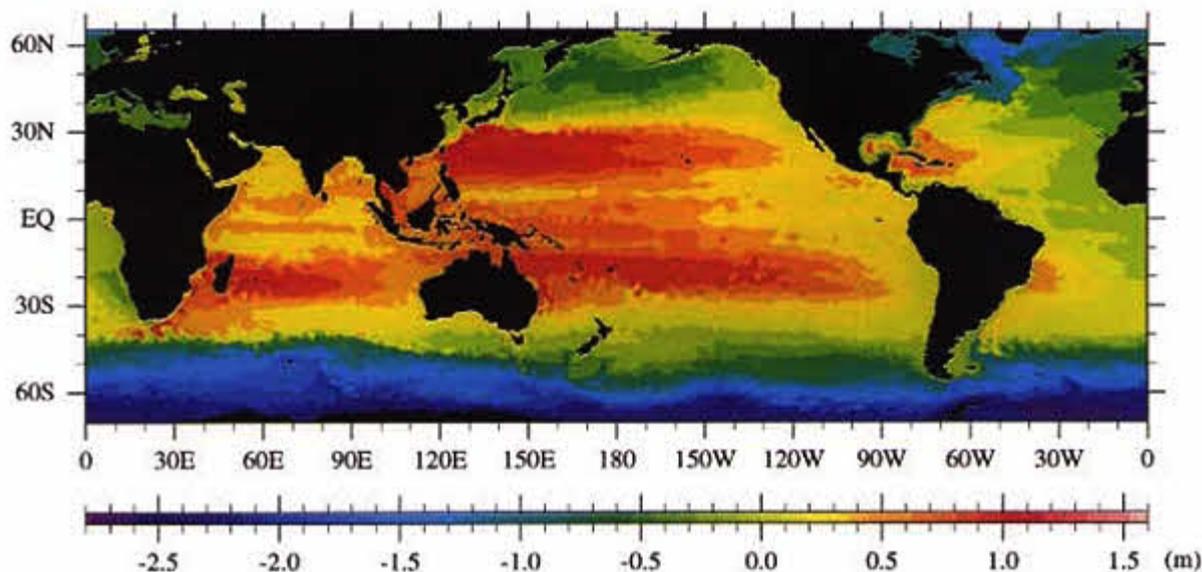


図1.1 1/6度水平分解能の世界海洋大循環モデルから得られた、平均的な1月の海面力学高度分布図。数値計算は科学技術庁航空宇宙技術研究所の数値風洞にて行われた。

1.2.2. 水循環予測研究領域

広域水循環過程グループ、陸面水循環過程グループ、雲・降水過程グループの3グループから成る。全体として、国際協同研究プログラムのGAME (GEWEX Asian Monsoon Experiment)と連携し、野外観測で得られたデータをもとに降水過程と陸水文過程のより良いモデルを作り、次世代の気候モデルにおける水循環過程の向上に資することを目的としている。GAME 集中観測に伴う、タイ(熱帯)チベット、堆河流域(亜熱帯)、シベリア(寒帯)の各特別の観測データ収集を行い、予備的解析に着手した。また、永久凍土域での水循環、植生を介しての大气・陸面水交換のモデル化も試みている。雲・降水過程グループでは、雲解像モデルを開発し、熱帯太平洋上での観測された対流雲のシミュレーションの国際比較実験(GCSSの一环)に参加している。

1.2.3. 地球温暖化予測研究領域

温暖化研究グループ、炭素循環研究グループ、古気候研究グループの3グループで構成される。地球温暖化が台風に及ぼす影響を検討するため、異なる対流スキーム、異なる海面温度分布によって結果がどう変わるかの実験を行った。いずれのケースも温暖化に伴い台風は減少するという結果が得られた。炭素循環モデリングに関しては、Ocean Carbon・Cycle Model Intercomparison Project (OCMIP)に参加し、それに沿った大气・海洋間物質交換の実験を行い、また、海洋生態系の変化をもとり入れたモデルを作る準備を始めた。地球温暖化予測を確かなものとするため、それに匹敵する過去の気候変動のメカニズムを調べ、モデルで再現できるかどうかを検討する古気候研究グループでは、最終氷期(約2万年前)と気候温暖期(約6千年前)の条件下での気候の高解像度モデルによるシミュレーションに着手した。

1.2.4. 大気組成変動予測研究領域

アジア・太平洋域(ユーラシア大陸中央部、北極域を含む)を中心として、気候変動や大気環境汚染に関わる大気微量成分の輸送、変質、沈着の物理的・化学的プロセスを明らかにし、この地域の化学天気図を描くと共に、気候変動フィードバックを含めて将来の大気組成変動を予測するモデルの構築を行い、高度な将来予測を行うことを目標として、研究者の採用を始めとした研究体制の整備を行っている。

1.2.5. モデル統合化研究領域

地球シミュレータを活用して研究を行うための「次世代気候モデル」の開発を目指す。特に、対流雲の取り扱いに関して問題点を検討し、次の2つの方向で大気モデルの開発を進めることとした。

- (1) 水平解像度30～50km程度で基本的には従来型のパラメタリゼーションを行い、解像度に応じた改良を加える。地球シミュレーター上で、10～20年積分が2～3日で行えるようになろう。
- (2) 水平解像度1km程度の雲解像広領域モデル及び水平解像度5km程度の全球大気モデル。熱帯域のクラウドクラスターを直接取り扱うことを目指す。高解像度化に伴い、それ以外のプロセスも直接扱うことになるので、そのための基礎研究を開始する。海洋モデル、海水モデルについても、モデルの基礎となるプロセス研究を進める。

1.2.6. 国際北極圏研究センターにおける研究

全球気候変動における北極域の役割を明らかにすると同時に、温暖化などの地球変動が起こる過程で北極圏で顕著にあらわれる影響を検出し、予測することを目標としている。当初の研究課題は次の2つである。

- (1) 海洋・海水・大気結合システムの解明
- (2) 北極圏における生物化学過程と生態系の解明

これらの課題をさらにいくつかの問題に分け、それぞれについて日本側、アメリカ側の担当者をおおむね60%決定し、必要な研究員公募を行っている。海洋モデルに関しては、3次元の対流を扱う高解像度非静水圧モデルの開発に着手した。

1.2.7. 国際太平洋研究センターにおける研究

アジア・太平洋域における自然の気候変動を解明し予測可能性を明らかにすること、温暖化など地球規模環境変化の地域的特性を明らかにすることを目標としている。

日米協同で次の4研究課題をかね、グループ作りを進めている。

- a. アジア・太平洋の気候
- b. 太平洋の海洋変動の予測可能性
- c. アジア・オーストラリア・モンスーンと水循環
- d. 地球規模変化のアジア・太平洋域の気候への影響

各課題について既に研究に着手し、海洋混合層の高解像度モデリングや、10年～数10年変動に関係すると考えられる主温度躍層中の等密度面上の循環の海洋モデルによる検討、アジア・太平洋域におけるモンスーンの降雨による大気加熱の解析、特別な数値計算法による赤道波の伝播の正確なモデリングなどで成果を挙げつつある。

1.3. 今後の展望

地球フロンティア研究システムは、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の解明と、これを反映したモデルの研究を行い、地球規模の諸現象の精度の高い予測の実現に資することを目標に、現在下記の5研究領域において研究活動を展開している。

- (1) 気候変動予測研究領域
- (2) 水循環予測研究領域
- (3) 地球温暖化予測研究領域
- (4) 大気組成変動予測研究領域
- (5) モデル統合化領域

これらの研究領域に加え、平成11年度以降には、地球規模の環境変化に対する生態系の変化のメカニズムを解明し、その応答を予測することを目標とした(6)生態系変動予測研究についても着手する予定である。

これらの研究を実施する最適な研究環境として、得られた知見の確からしさの検証実験及び予測実験的な計算を実施するための計算機が不可欠であり、計算能力や計算時間等について研究の進捗に支障のない計算機環境を整備する。また、研究者が研究に専念できる環境を作るため、研究支援体制を強化する。特に、計算機の進捗により計算技術がより高度化するのに伴い、これらの研究支援を行う。

さらに、地球フロンティアでは、地球を一つのシステムとして捉える総合的な取り組みが必要であり、国内外の関係機関と共同研究など有機的な連携を推進するため、国内外から優秀な研究者が集まり、研究の交流が活発に行われることをめざし、国際北極圏研究センター(IARC)及び国際太平洋研究センター(IPRC)の他、今後も研究の必要性に応じて、国内外の研究機関との連携、研究拠点を設置する。

なお、地球変動予測の実現には、プロセス研究・モデル研究、観測活動(コア採取・分析を含む)及び地球シミュレータなどシミュレーション技術の開発と三位一体で進めていくため、当センターの観測研究及び深海掘削、宇宙開発事業団その他観測関係機関、並びに、2002年の運用開始をめざして開発が進められている地球シミュレータと連携して研究を推進するとともに、H11年度予算で要求している地球観測フロンティア研究システムとも十分に連携をとり、地球変動予測の実現に向けて研究活動を推進していく。

2. 深海環境フロンティア研究

2.1. はじめに

深海環境フロンティア研究は第1期8年、第2期7年、合計15年にわたるプロジェクトとして平成2年10月に深海微生物研究グループを設置し発足した。このプログラムではまず深海微生物の研究分野において世界のトップグループになることを目指し、特に海洋の微生物研究分野で欠けている分子生物学的手法を用いて研究を進めることにした。

第1期(平成2年10月～平成10年9月)では深海の高圧力、低温、高温等の特殊環境下(極限環境)に生息している深海微生物を対象に研究を行い、世界の深海微生物あるいは極限環境微生物

例を見ない早さである。得られた遺伝子地図の概略を図2.1に示す⁹⁾。今後はゲノム中の各遺伝子を解析、あるいは操作することにより、1) アルカリ性を好む理由の解析、2) 有用物質生産菌への転換、3) 好アルカリ遺伝子の他の菌への導入などの応用が拓けるものと期待される。

以上の研究を通して、今やゲノム解析センターとして外部からも高く評価されるようになり、企業や大学から手法を学ぶための訪問も受けるようになっている。

2.2.2. 圧力生理学の提唱

深海は高圧(例えば、マリアナ海溝最深部では1000気圧以上)という極限環境に加え、一般的に低温(2-4℃)であり、熱水鉱床のような場所では逆に300℃を越える高温である。このような極限環境に生育する微生物から、高圧に耐えるだけではなく、むしろ好む菌(圧力の高い程、よく増殖する菌)、超好熱菌、好冷菌等が見出されている。これら極限環境に棲む微生物達は、当然その環境に適応するための機構を備えている。その機構を、微生物の生理学的立場から研究を行った。その結果、約500気圧の圧力によって細胞内の化学反応の平衡がずれてpHが下がること、更に下がったpHを元に戻すために細胞内液胞が重要な働きをしていること、等の成果が得られた¹⁰⁾(図2.2にその研究に使われた酵母菌と液胞の顕微鏡写真を示す。)。これらの成果に対して、「圧力生理学(Baro-(またはPiezo-)physiology)」という新しい学問分野を、世界に先駆けて提唱した

位相差顕微鏡像

蛍光顕微鏡像

細胞質



液胞

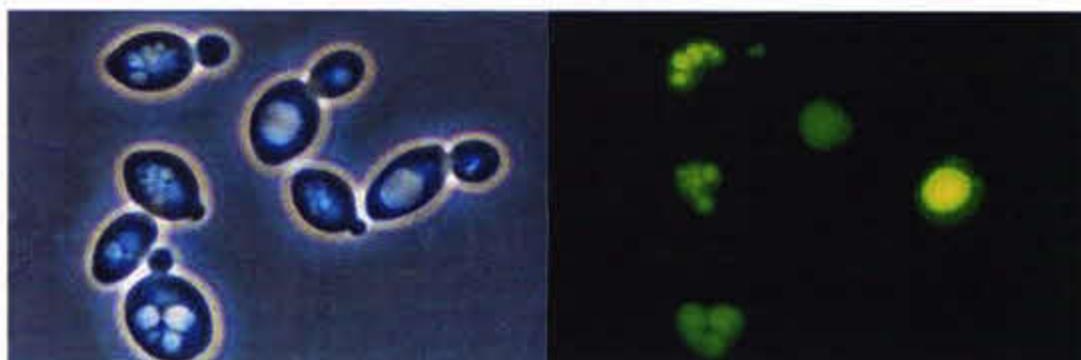


図2.2 酵母菌の細胞質と液胞の顕微鏡写真

(上下各2枚の写真は各々細胞質全体と液胞のみを蛍光色素で染めた像である。)

2.2.3. マリアナ海溝で超好熱細菌を発見

世界最深部のマリアナ海溝、チャレンジャー海淵(深度約11,000m)から採取された細菌の中に、80℃以上で増殖する超好熱細菌が見つかった(電子顕微鏡写真を図2.3に示す)。これまで多くの超好熱菌が深海底熱水孔において発見されたのに対し、この細菌は極めて低温(2-4℃)のマリアナ海溝の海底から見出された。低温の深海底に超好熱菌が生息しているという事実の発見は、超好熱菌の分布が深海底のごく限られた熱水孔環境だけでなく、無限に広がる深海底やさらにその下に広がる海底下の地下環境にまで及ぶことを示唆するものである。

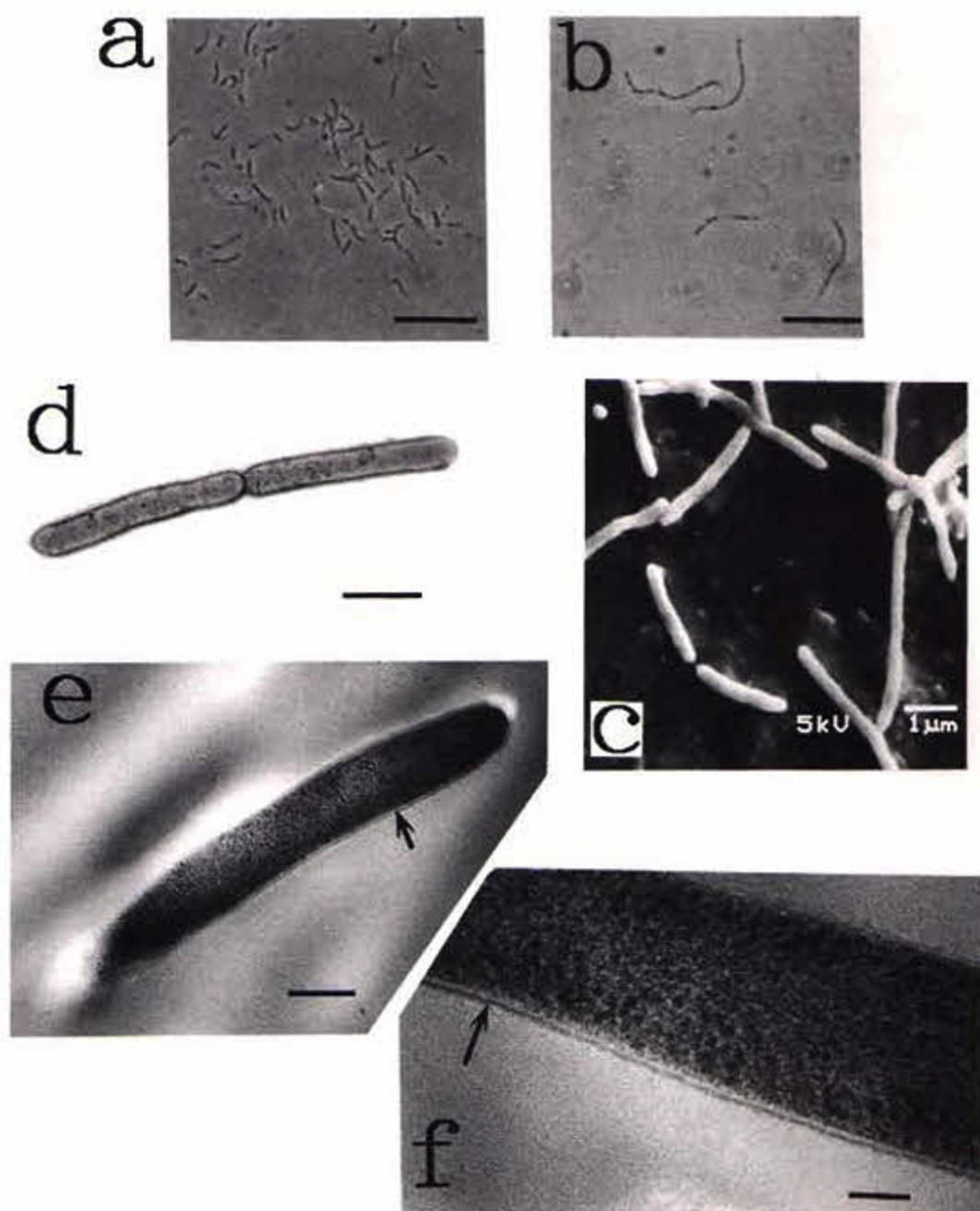


図2.3 地球最深のマリアナ海溝で発見された超好熱菌の電子顕微鏡写真(a→fの順で拡大されている。)

2.3. 第2期の展望

第1期の研究成果を大きく進展させるために、新しい切り口で次のような研究に取り組む予定である。また第2期においても、引続き有用(微)生物の研究開発を行う。

2.3.1. 深海の物理化学環境の研究

微生物の極限環境への適応を十分把握するためには、微生物のみに注目しているだけでは不十分である。特に微生物が生きている周りの物理化学環境、特に極限環境における水の状態/構造と、微生物との相互作用という観点からの研究が不可欠である。そこで高压・高温の一つの極限の水として超臨界水の研究を取り上げる。超臨界水とは、気体と液体の区別がなくなった水で、純水なら374℃、220気圧以上で出現する。このような超臨界状態の水は、深海の熱水鉱床や海底火山の上に存在することが予想される(図2.4に超臨界水を説明する図を示す)。

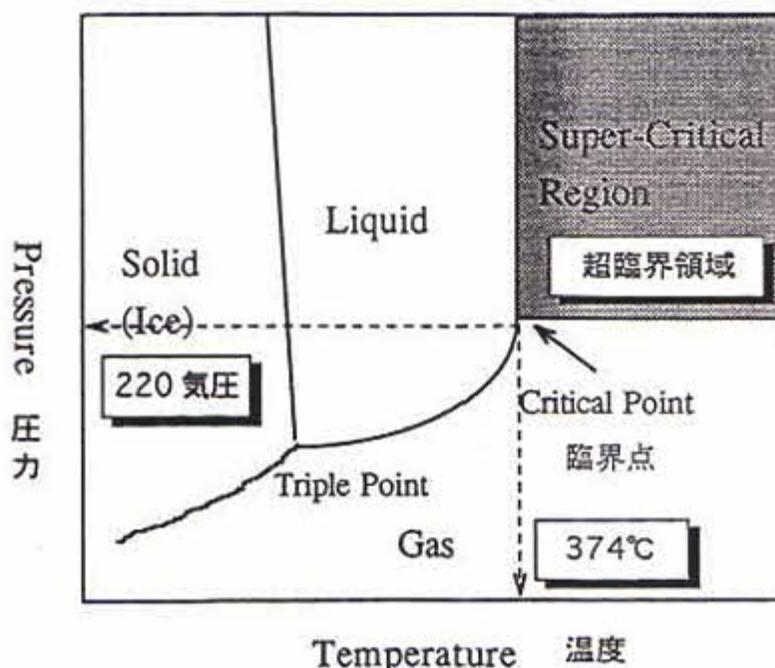


図2.4 超臨界水の説明図

2.3.2. 多細胞生物の取り込み

微生物で提案し進展させる予定の「圧力生理学」を、より広く一般の生物にまで拡大する。まずは、多細胞生物の培養細胞を取り扱う。実際のサンプルとしては、シロウリ貝などが考えられる。

2.3.3. ゲノム解析

深海環境を特徴付けている高压に適応するメカニズムを解明するため第2期においても引続き好圧菌のゲノム解析を行う。

2.4. 研究成果の波及効果(更に先の展望)

第1期でマリアナ海溝という世界の最深部の微生物研究、第2期でその物理化学環境の研究により、地球上の最後のフロンティアといわれる深海の姿も徐々に明らかになるであろう。深海環境フロンティアの将来の研究領域としてつぎのようなことが考えられる。

2.4.1. 海底掘削計画

当センターでは地球深部の構造・地殻変動・地震発生機構等の解明を目指して海底掘削計画を推進する予定であり、深海環境フロンティアとしても深海底地殻内微生物の研究に取り組みたいと考えている。深海よりも更に厳しい極限環境に棲む微生物はどのような特徴を備えているのか、興味のあるところである。

2.4.2. 地球外(微)生物の研究

海底地殻内の環境は、地球外(例えば火星)の厳しい環境により近づく。海底地殻内に微生物が棲んでいれば、それはそのまま地球外における生命の可能性につながるようになる。

2.4.3. 生命の起源

地球外生命と地球上の生命の比較は、生命の起源という人類の永遠のテーマに大きな進展をもたらすはずである。深海の極限環境微生物の研究はこのようなロマンにつながる夢多い分野である。

文献

- 1) Kaoru Nakasone, Yoshihiro Takaki, Hideto Takami, Akira Inoue and Koki Horikoshi, *FEMS Microbiol. Lett.*, 168, 269-276 (1998)
- 2) Hideto Takami, Kaoru Nakasone, Chie Hirama, Noriaki Masui, Fumie Fuji, Yoshihiro Takaki, Yuka Nakamura, Akira Inoue, and Koki Horikoshi, *Extremophiles*, 3, 1-8 (1999), in press.
- 3) Hideto Takami, Kaoru Nakasone, Naotake Ogasawara, Yuka Nakamura, Chie Hirama, Fumie Fuji, Yoshihiro Takaki, Noriaki Masui, Akira Inoe, and Koki Horikoshi, *Extremophiles*, 3, (1999), in press.
- 4) Hideto Takami, Yoshihiro Takaki, Kaoru Nakasone, Chie Hirama, Akira Inoue and Koki Horikoshi, *Biosci. Biotechnol. Biochem* (1999) in press.
- 5) Fumiyoshi Abe and Koki Horikoshi, *Extremophiles*, 2, 223-228 (1998).
- 6) Ken Takai, Akira Inoue and Koki Horikoshi, *International Journal of Systematic Bacteriology* (1999), in press.

3. 海底下深部構造フロンティア研究

3.1. はじめに

海底下深部構造フロンティア研究では、海溝域で発生する巨大地震の解明を目指している。主要な研究対象は、南海トラフ、日本海溝及び日本海東縁であり、下記の3課題により研究を推進している。

- ・海底下深部構造研究
- ・長期海底変動研究
- ・海底下深部変形モデリング研究

3.2. 研究内容・成果

3.2.1. 海底下深部構造研究

本研究では、海底下深部の構造探査を実施しており、手法として主に深海調査研究船「かいれい」を用いたマルチチャンネル反射法と呼ばれる音響探査と自己浮上型海底地震計を用いた屈折法探査を併用している。

平成9年度は室戸沖南海トラフ、三陸沖日本海溝の探査を実施した。平成10年度は福島沖日本海溝、熊野灘沖南海トラフ並びに、足摺岬沖南海トラフの深部構造探査を実施している。西部南海トラフでは100～200年といった間隔で巨大地震が発生しており、1946年の南海地震発生より既に50余年が経過し、国際的にも研究対象域として大きな関心を集めている。当フロンティアでは、広域な深部構造探査を実施し、その詳細構造の把握を進めている。構造探査の結果例を図3.1、図3.2に示す。図3.1はマルチチャンネル反射法探査の結果であり、プレート沈み込み上面ならびにすべり面形状が明瞭にあらわれ、すべり面から海底面に達する断層の発達も確認された。図3.2は、自己浮上型海底地震計を用いた屈折法探査による深部構造である。深度30kmに至るプレート沈み込み構造が明らかになっている。今後も、主要対象海域の広域な深部構造の把握を実施していく予定である。

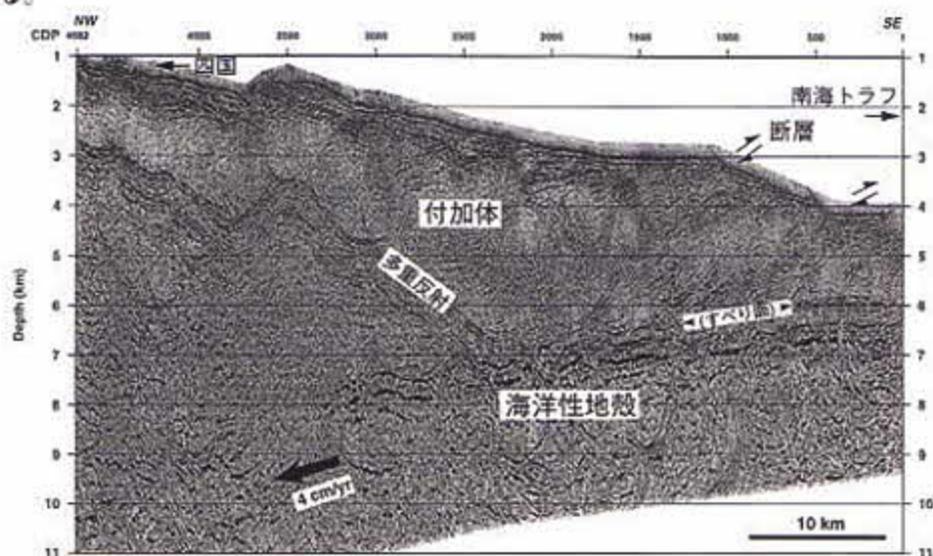


図3.1室戸沖マルチチャンネル反射法による探査構造

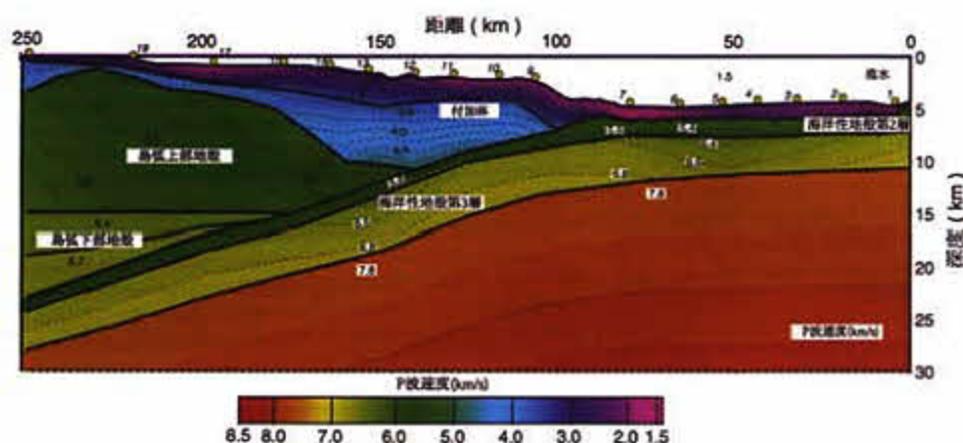


図3.2 海底地震計による室戸沖屈折法探査構造

3.2.2. 長期海底変動研究

本研究は、現在海底下で進行している地殻活動のモニタリングを目的としている。その1つとして、室戸沖に設置されたケーブル式海底地震計からのデータを用いた解析を行い、四国沖南海トラフの地震活動のモニタリングを実施している。

また、より広域な地殻活動をモニタリングするために地球科学データベースの構築を進めている。この構築・活用によって、深部で進行する変形の数値モデル化が可能となる(図3.3)。

海底下深部構造DBシステムの構築

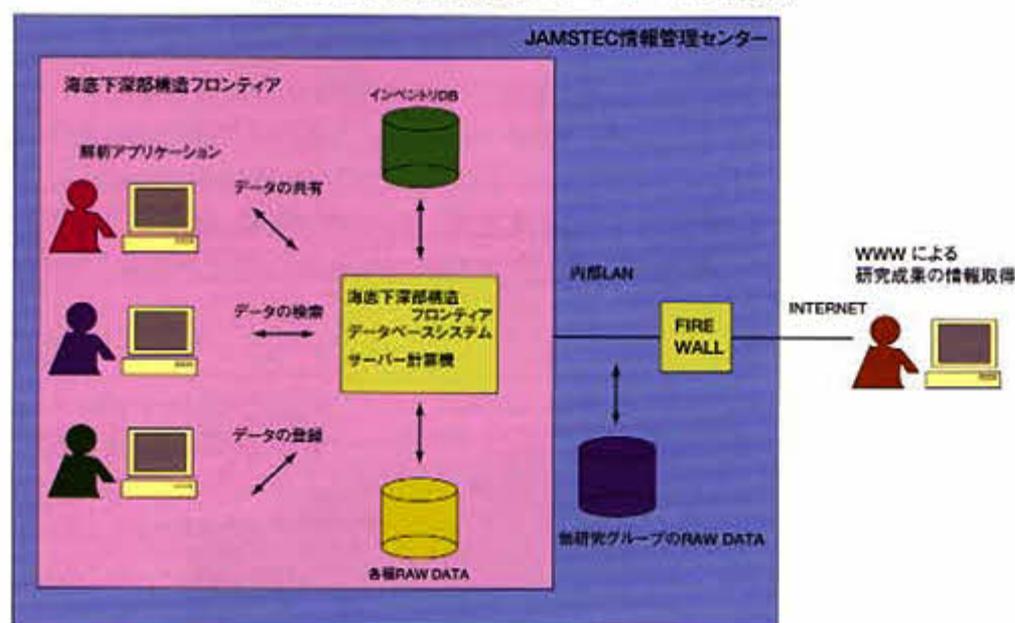


図3.3 海底下深部構造フロントニアデータベース概念図

3.2.3. 深部変形モデリング研究

本研究では、深部構造研究ならびに長期海底変動研究の研究成果を活用し、深部構造数値モデルを用いて長期的な地殻変動のモデリングを実施している。

モデリング研究で重要な点は、解析機能の開発・整備に加え解析精度の適正な評価である。この解析精度については解析手法の精度とともに、用いる数値モデル・境界条件の精度が大きく影響する。本研究では、理論的検証の他にGPS等で検証可能な地殻変動のケーススタディを通じ、解析手法の精度を検討・評価するとともに、実際に得られた深部構造モデルを用いた地殻変動モデリングを行い、津波データを用いた地殻変動解析結果との比較検討を行った。1994年「三陸はるか沖地震」の震源メカニズムを用いた地殻変動解析では、陸上GPSデータと良い対応が見られ、解析精度の信頼性を確認した(図3.4)。

3.3. 今後の課題

当フロントニア研究の目的である「海溝域巨大地震発生メカニズムの解明」のため、当面、南海トラフならびに日本海溝に重点をおいた研究の推進を図って行く。

また、国内外の研究プロジェクトを視野においた研究の取り組みも重要と考えている。

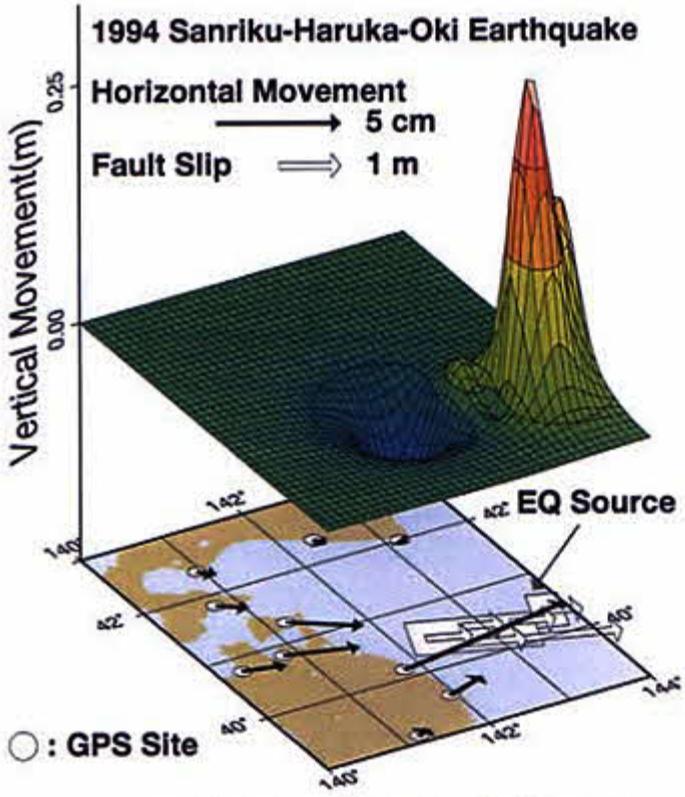


図3.4 1994年三陸はるか沖地震による地殻変動モデリング

海洋生態・環境研究の動向と展望

海洋生態・環境研究部長 伊藤 英樹

1. はじめに

地球環境問題は今日人類が抱える最も深刻な問題であり、かつ早急に対処されるべき課題である。地球環境問題の解決策を見いだすためには、環境変動による生物多様性の変化が、地球環境の将来にどのような影響を与えるかを評価することが重要である。同時に、生態系による物質循環を全球的に捉え環境変動メカニズムを明らかにすることも必要である。

海洋は地球表面の7割を占めており、したがって、そこに存在する生態系の理解なくして地球規模の環境変動現象を明らかにすることはできない。それ故、海洋生態系の仕組みを定性的・定量的・時系列的に理解することが、地球環境問題の解決のために必要不可欠である。

そこで平成10年4月より、海洋生態・環境研究部が発足し、海洋生態系の実態を把握する一端を担うために、潮間帯を含む沿岸域と、漸深海帯から超深海帯そして中層から超深海層にわたる、いわゆる深海域について生物学、海洋物理学、海洋化学、海洋工学など多方面から生態系研究に取り組み始めた。

2. 海洋生態系調査研究への取り組み(平成10年度)

2.1. 海洋の生態系変動機構の解明研究(主にサンゴ礁生態系を対象として)

本研究では、生態系の群集構造、機能、物質循環、変動現象等の生物変量等を物理化学的な諸環境要因の変動と併せて計測監視することにより、人間活動による生態系への負荷の制御に資することを目的としている。当面は、サンゴ礁生態系を主体に、国内では、石垣島と西表島の間にある石西礁湖(東西約25km、南北約20km)を対象に以下の項目を実施する。また科学潜水研究では、その安全性と潜水者の健康管理に関する有人潜水実験や動物実験等をも実施する。

- (1) 生態系の環境研究
- (2) 生態系の低次生産研究
- (3) 生態系の構造解明研究
- (4) 科学潜水研究

2.1.1. 今年度の実施概要

石西礁湖において、平成10年10月5日(月)～10月24日(土)の間、生物面、低次生産・水質面、物理環境面からの3つのグループにより総合的な調査を行った(図.1)。

(1) 生態系の環境研究(図.2)

- ①海中エレベータ等による礁斜面の海水環境の連続調査:海中エレベータ、及び4台の流速計を礁内外に設置し礁内外の物理環境計測を行った。
- ②礁内外の海水流動:海底設置型音響多層流速計を水深32mの海底に設置し、礁斜面の5層の流向流速及び波高を計測した。
- ③ミニ海中エレベータ等による水路の流れ:ミニエレベータと電磁流速計を水路に設置し沖合と礁内の海水交換を調査するための物理環境調査を行った。



図1海中フロート(測深深度:1m)の漂流軌跡と風況、潮位の変化。

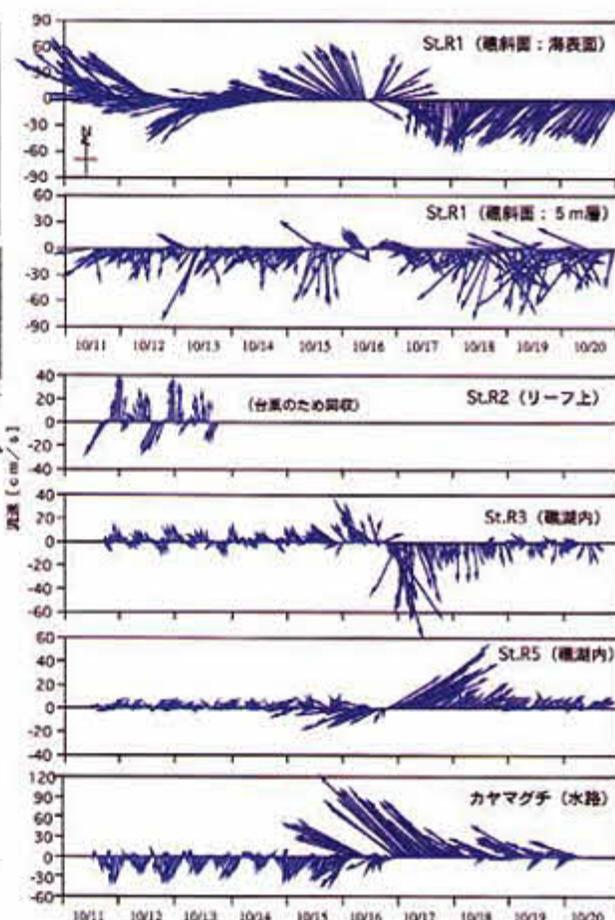


図2 礁斜面、リーフ上、礁湖内、水路での流れの時間変化の比較。礁斜面のデータは超音波多層流速計による海面(ほぼ海上風と一致)と第1層のデータを抜粋。その他のデータは電磁流速計による。

- ④ パッチリーフでの調査: 外洋水の影響を受けやすいリーフ内のパッチリーフ(St.A)と、リーフの奥に位置する海水交換が少ないと思われる付近に位置するパッチリーフ(St.C)の2ヶ所で、水質環境に影響を及ぼす海水流動に関する基礎データを取得した。St.Cでは流速・流向の変動が潮汐に明確に対応していなかった。

(2) 生態系の低次生産研究

- ① 水路に沿った湧昇ブルーム形成域の海洋観測: 水温、塩分、クロロフィル等の表層水平分布および水温の鉛直分布を測定した結果、小浜島北側において湧昇の存在が示唆される(図. 3)。また、台風10号の通過により、黒島西側において深度70m以浅層で約1℃の水温低下が認められ、このことがサゴの生育に好ましい影響を与えていると考えられる。
- ② 礁湖全域の定線での航走調査及び定点調査: 光学式動物プランクトン計量システム(OPC)および垂下型OPCを用いて調査を行った。クロロフィル濃度は東側(石垣島側)において高かった。動物プランクトン密度はほとんどの水域で2個体/L以下であった。また、西表島北側の表層において20個体/Lを越えていた。
- ③ パッチリーフでの調査: プランクトンの経時的な調査を行った。水柱中のプランクトン密度は夕方に増加がみられた。パッチリーフ(St.A)と、パッチリーフ(St.C)の2ヶ所で、水質環境に関する基礎データを取得した。

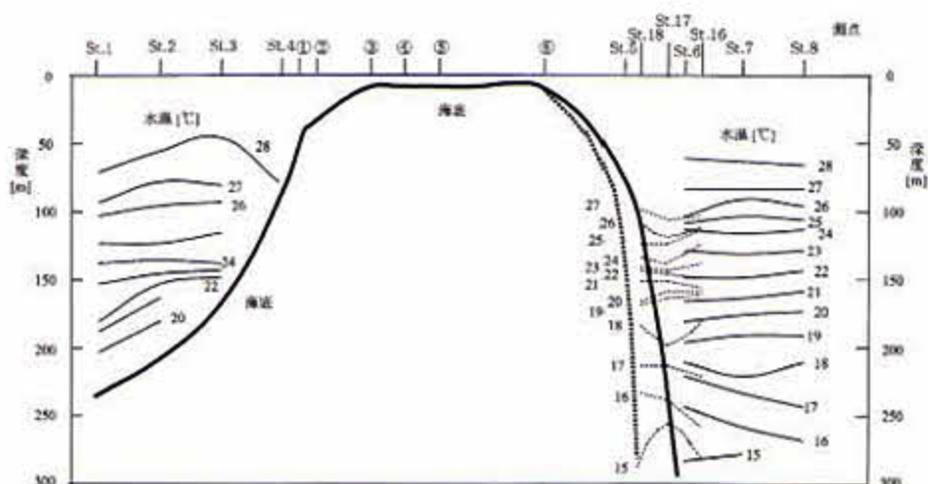


図. 3 水温鉛直断面分布

(3) 生態系の構造解明研究

- ① 全域の定点のサンゴ分布調査: 全域に26点の観測点を設定し50mの測線を単位とした潜水調査を実施しサンゴの白化現象等の現状を把握した。
- ② 全域の定線のサンゴ分布の航走調査: 全域に10定線を設定し水深10m以浅のサンゴ分布実態を調査した。その結果、サンゴの広域に亘っての分布状況を把握した。
- ③ パッチリーフでの調査: サンゴ群集構造と白化の調査、魚類群集の構造の調査、パッチリーフと流れ藻に蟄集する稚魚の生態調査、魚類の摂食行動の多様性調査、魚類バイオマスの計測の試み、海草藻場のマッピング、サンゴ礁海域の漁法の調査等を行った。
- ④ 湧昇ブルーム影響域のサンゴ礁の調査: 湧昇ブルーム調査を行った測線の内、2測点において、サンゴの生育状況を調査した結果、小浜島北側では黒島西岸と比較して、被度は高く、出現属数は多く、白化したサンゴは少ない傾向がみられ、これらより小浜島北側の方が生育状況が良好であったといえる。また、白化したサンゴを水中マイクロスコープで観察した。

(4) 科学潜水研究

- ① 潜水者の呼吸動態の計測: 携行式呼吸動態計測装置を用い、調査潜水中の研究者の呼吸状態を測定した。
- ② 潜水者の減圧症予知予防: 減圧症の主原因である血中気泡検知を実施し、また潜水後の高所移動に起因する減圧症の基礎調査を行った。
- ③ 石西礁湖調査のほか、浅海の飽和潜水と短時間潜水の有人実験、科学潜水ワークショップの開催、健康管理に関する減圧性骨壊死、高圧環境の細胞レベルへの影響等の研究を行っている。

(5) まとめ

以上のようにサンゴ礁生態系を生物面から、低次生産・水質面からまた、物理環境面から高密度・高精度に調査を行った。

- ① 今回の調査で、サンゴの生育状態とその環境因子、下層水の表層への供給状況、サンゴの白化状況の分布等の一部が明らかになった。今後、本調査を推進すれば、サンゴ礁の保全のためのサンゴとその生棲環境との因果関係の方向性が見い出せると思う。
- ② 石西礁湖はわが国のサンゴ礁にあって比較的陸域の影響が小さい海域であり、気候変動

に伴う環境変動とサンゴ礁生態系の関係をモデル化するのに適している。海水流動も比較的単純であり、潮汐と風による流れのシミュレーションモデルに対する基礎データが得られた。特に今回は極めて静穏な時期と台風時の海水流動データが得られた。今後、本調査を推進すれば、地球気候変動の予測に寄与する可能性を見出す事ができるものと思われる。

2.2. 深海生態系に関する研究

2.2.1. 化学合成生態系に関する研究

深海域は全海洋の9割以上を占めているため、そこに生息する生物に関する研究は海洋の総合的な理解のために不可欠である。また、深海生物は、我々人類から見れば、高圧・暗黒・低温といった苛酷な環境に生息しており、その適応能力は独特で、有益な機能を見いだすことができると考えられている。深海生態系には、光合成生態系のほかに熱水噴出・冷水湧出といった地球内部の変動現象によって成り立つ化学合成生態系がある。とりわけ大規模なのが熱水噴出孔生物群集や冷水湧出帯生物群集である。これらは、深海底から噴出する物質を間接・直接的に取り込んで莫大な生物量を維持しており、噴出物質の循環に大きく関与していると思われる。

我々は、有人・無人の潜水調査船を有し、我が国で最も高頻度に深海域にアプローチできる機関であり、これらの深海生物に関する調査研究を積極的に実施してきている(図.4)。

平成10年度の化学合成生態系研究は以下の項目を中心に実施した。

(1)生物群集の構造や組成の解析、(2)化学合成生物群集の分散過程の検討、(3)環境要因と生物生態の関係、(4)有用物質の検索、(5)採集機器や測定機器の開発



図4 潜水調査船「しんかい 6500」による化学合成生物群集の調査のイメージ図。

- (1)生物群集の構造や組成の解析及び
(2)化学合成生物群集の分散過程の検討

従来から継続して調査している相模湾・沖縄トラフ・小笠原海域などの化学合成生物群集(熱水噴出孔生物群集や冷水湧出帯生物群集)について調査を行った。さらに、西太平洋域の生物地理を検討する上で重要なパプアニューギニア周辺のマヌス海盆の熱水噴出孔生物群集についても調査を行った(図.5)。冷水湧出帯



図5 マヌス海盆の熱水噴出孔生物群集に群がるラウシンカイコシオリエビの集団。

生物群集に関しては、北海道釧路沖や日本海溝で行った。これは日本周辺から北部太平洋の沈み込み帯にかけてのシロウリガイ類の分散過程を解き明かす手がかりの一つとなるであろう。また、鹿児島湾のハオリムシ類の発生実験などを試みた。

(3) 環境要因と生物生態の関係

シロウリガイ類の成長速度測定などの現場実験を行った。また、深海熱水噴出孔生物群集と類似した環境である陸上温泉の生態系において、イオウの取り込み方、バクテリアの組成の比較などを検討した。

(4) 有用物質の検索

シロウリガイ類・ハオリムシ類の持つ有用物質の検索を行ない、シロウリガイの有機溶媒抽出物中に抗腫瘍物質の副作用を抑える物質が存在することを明らかにした。

(5) 採集機器や測定機器の開発

各潜水調査船や無人探査機で使用するための、吸引式ベントス採集装置の開発も行った。また、深海生物を陸上で飼育するための基礎実験を行っている。

2.2.2. 光合成生態系に関する研究

現在の海洋環境研究で、物質輸送や海洋生態系を理解する上で、最も情報が欠けているのは、中・深層生物とそれをとりまく環境である。近年、潜水調査船や無人探査機の調査により、中・深層には多様な生物が存在していることが知られるようになった。しかし、中・深層生物の殆どはゼラチン質であるため非常に壊れやすく、船上から吊り降ろすプランクトンネットなどで完全な試料を採集することや、採集した試料を陸上で飼育することは極めて困難である。そのため、中・深層生物の分類学的、生理・生態学的情報は殆ど得られていない。

それらの研究には操作性の高い無人探査機ROVや有人潜水調査船が有効であることは、米国のモンテレー湾水族館研究所(以下MBARI)などが実証しつつある。MBARIは、無人探査機ROVを用いた研究では世界をリードした研究機関で、海洋科学技術センターとは、研究協力協定(MOU)の基に平成6年度から共同研究を行ってきた。そうした中で、中・深層域の重要性に対する認識が高まってきており、中・深層域の生物研究の発展のために両機関のROVを有効に活用した研究が必要となる(図.6)。

以上のようなことから、(1) 中層生物群集の構造、組成、生物量の解析、(2) 中・深層生物専用の採集器及び飼育装置の開発を行った。

(1) 中層生物群集の構造、組成、生物量の解析

相模湾、小笠原海域、日本海溝、インド洋、マヌス海盆で潜航調査を実施し、多くの新種動物の発見や行動観察などを行った。

(2) 中・深層生物専用の採集器及び飼育装置の開発

軟らかい体をこわさずに採集する吸引式採集器、ゲートサンプラーなどを整備した。

今年度は、無人探査機「かいこう」の本格的研



図6 無人探査機「ドルフィン-3K」による中・深層動物の調査のイメージ図。

究運用が開始されたことに伴い、世界最深部であるマリアナ海溝チャレンジャー海淵(水深約10900m)の生物調査を実施した。その結果、世界で初めて端脚類ヨコエビ *Hirondellea gigas*、図.7参照;約4.5cm)の採集を行った。他にも、ナマコ類の生息を確認した。



図.7 世界で初めてマリアナ海溝チャレンジャー海淵(水深約10900m)で採集した端脚類(ヨコエビ *Hirondellea gigas*)

2.3. 地方自治体との共同研究

この研究は、地域に密着し、その海域特性を生かして、地域振興が図れる

可能性のある課題、ならびに地域における海洋科学技術の振興や普及啓発を図り、研究開発終了後の事業化を目指し、海洋科学技術センターと都道府県等が共同して研究開発を行っていくものである。

2.3.1. 沖合海中空間利用拡大技術の開発

岩手県との共同で、未利用の海中空間をアワビ養殖等に利用することを目的に、潜降浮上型人工海底「マリンあや1号」を開発した。本研究では、これをさらに発展させるため、波浪の高い海域にノーメンテナンス型の鉄鋼製海洋構造物を設置した時の、施設の耐久性・耐候性に関わる基礎データの取得を主課題としている。

2.3.2. 沿岸漁場モニタリングシステム実用化事業

仙台湾は養殖業や漁船漁業を中心に高度に利用されており、マガキの浮遊幼生の分布域を特定すること、また赤潮、貝毒プランクトン、低酸素水塊の発生などによる漁業被害を未然に防止することなどが求められている。そこで、海中エレベータシステムを中心とする水塊流動モニタリングシステムの実用化研究を行い、海水環境の鉛直分布を連続的にモニタリングして水産関係者のデータ利用を図るとともに、カキ浮遊幼生などの生物調査を行い、仙台湾における浮遊幼生の拡散・滞留・集積の機構を解明し、沿岸養殖漁業の振興に役立てることを目的として実施している。

2.3.3. 大村湾の貧酸素水塊発生抑制技術の研究開発

大村湾(長崎県)は、夏期には貧酸素水塊の発生が恒常化している。貧酸素水塊は水産魚介類の生息を阻害し、また赤潮を引き起こす原因にもなっている。そこで、大村湾における貧酸素水塊の発生メカニズムを解明するとともに、その発生を抑制する流動攪拌技術を研究開発している。

2.3.4. サツマハオリムシの簡易採集システムおよび飼育手法の開発

鹿児島湾の熱水噴出孔生物群集を構成するサツマハオリムシは、水深100m以浅に生息する。サツマハオリムシは、3年以上にわたり飼育を継続しているが、生殖腺の退化などが認められ、生理・生態学的実験を行う場合の大きな障害となる。そのため、常に新鮮な、状態の良いサンプルを小型船舶でも採集可能な簡易採集システムを開発すると共に現場と同様な条件の基にハオリムシを飼育するための手法を開発する。

2.4. 深層水に関わる研究開発(図.8深層水)

深層水有効利用が実証されつつあり、これに伴って実用化を目指した事業規模の施設建造の要望が高まっている。取水技術については確立されつつあるが、放水技術に関する技術開発は未着手の状態である。実用的な放水技術を確立するためには、環境に調和し、かつ海域の肥沃化を高める技術の開発が重要であることから、実用的な放水技術の開発に資するためのフーズピリティー・スタディーを行っている。

日本海に隣接する富山湾では、300m以深に日本海固有水と呼ばれる特異的な水塊が存在している。平成7年、富山県に深層水実験施設が整備され、水産や非水産分野への利用研究が開始されたので、日本海固有水の特長をより明らかにすることが必要になっている。そこで、富山湾の日本海固有水の微量成分や理化学的特性を把握すると共に、その分布・変動特性を明らかにする。

駿河湾は海底が急峻であるので、深層水利用の立地に恵まれている。静岡県は焼津市周辺海域に深層水利用のための施設の整備を計画しているため、駿河湾の深層水について特性の解明が必要となっている。そこで深層水の取水立地およびその周辺海域の深層水特性の科学的解明、並びにその有効利用法に関する研究開発を行う。

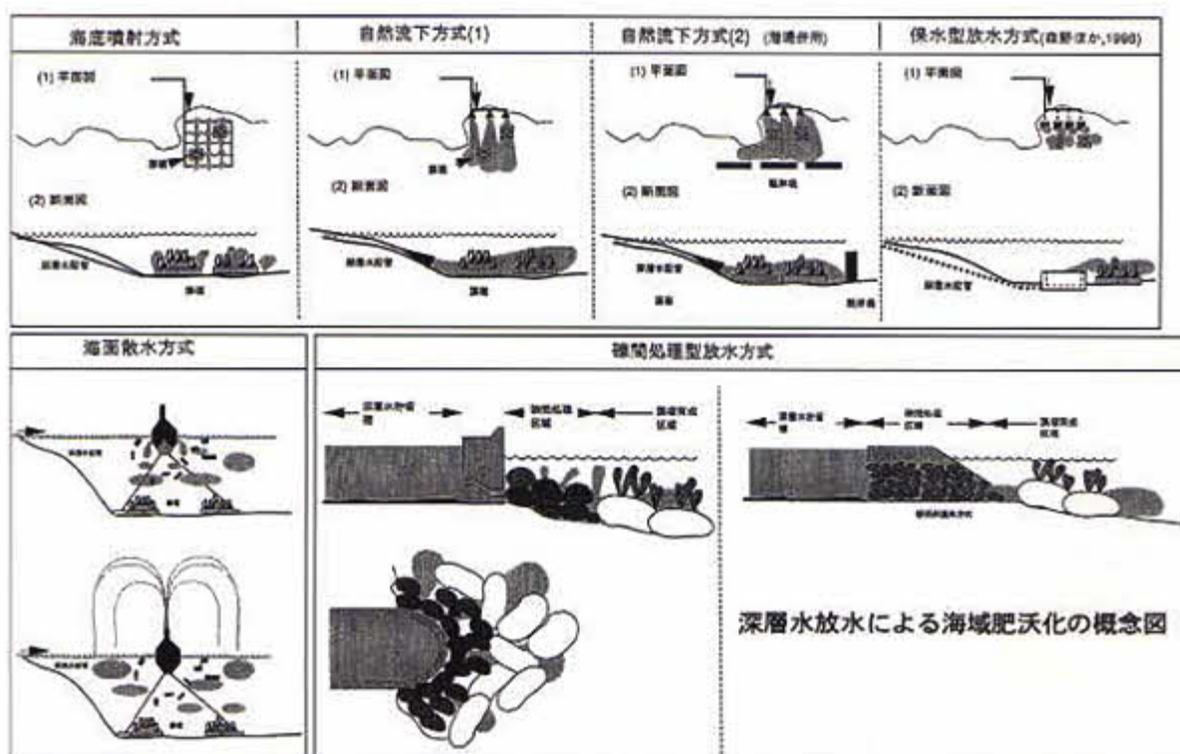


図8 深層水放水による海域肥沃化の概念図。

3. 将来の海洋生態系調査研究への取り組み方

沿岸域は海洋表面積の1割にも満たないにもかかわらず、海洋全体の生物生産量の3~4割を担っている点で海洋生態系研究から欠かすことができない。また沿岸域を生物多様性の側面から捉

えると、人為的環境破壊による多様性の減少が最も顕著に現れる海域である。このように沿岸域は最も人類活動とも密接なつながりがあり、ここで生じる様々な生物活動は、人類社会に影響を受けたり反対に及ぼしたりしている。

深海域は海洋生態系のなかで最も種の多様性の高い生態系が形成されている海域である。また空間的な大きさから多くの現存量を包含すると考えられており、海洋生態系研究から欠かすことができない部分である。更に、深海域には光合成生産からの独立性が高く、しかも大きな生物生産量をほこる化学合成生態系が存在している。

しかし深海生態系研究は、潜水調査船等を用いた調査により着手されつつあるものの、ほとんど未着手な領域である。

従って、最も効率的に海洋生態系研究を推進するため、

- ・より高精度・高密度の理解を必要とする沿岸域
- ・未着手領域である深海域、湧昇域

において、

- ・生態系の構造と機能に関する研究
- ・生態系の活性化による環境修復に関する研究

の2課題を実施する。

3.1. 生態系の構造と機能に関する研究

海洋生態系のダイナミクスを明らかにするために、環境を含めた系の構造と、系内外を通じた物質循環機能を解明する。また、得られたデータをもとに生態系をモデル化し、その変動を予測する。これらの研究を沿岸域、深海域、湧昇域において実施する。

- (1) 分布・多様性の研究
- (2) 生物現存量・生産量の評価
- (3) 生物間・生物環境間相互作用
- (4) 環境適応機能研究
- (5) 生態系変動のモデル化

3.2. 生態系の活性化による環境修復に関する研究

海洋環境の保全利用のためには、生態系を活性化し、その機能を維持することが求められる。そこで本研究計画では海洋生物が持つ機能を活かし、地球環境の修復と損なわれた生態系の保全に関する研究を行う。

これらの研究は、環境保全と人間活動（漁業、農業、工業など）との調和や協調が求められる沿岸域において実施する。

- ① 生態系の活性化に関する研究
- ② 生態系の修復に関する研究

3.3. 海洋生態系研究に必要な手法・技術の研究開発

(1) 広域生態系変動観測システム

生態系変動とそれに関わる各種環境要因を長期間連続して観測し、対象海域を定量的かつ時系列的に捉えるためのシステムを研究開発する。

(2) 科学潜水システム

- ・潜水利用研究者を網羅した科学潜水ネットワークの整備、及び世界的な海中観測研究ネットワークとの連携。
- ・科学潜水技術の更新による、科学潜水マニュアルの作成、および健康管理システムの整備。
- ・海中において研究者が使用する科学潜水用調査計測機器の開発。
- ・海中居住型研究室(海中研究室)の開発。

(3) 深海サンプリングシステム

深海生物を効率よく採集するシステムを開発する。

(4) 実験生態系研究システム

生態系の一部を隔離し、環境因子を人工的に制御して、その生態系もしくは素過程の応答・変動の測定が可能な実験生態系研究システムを開発する。

(5) 深海サンプル・ジーンバンク

海洋生態系研究で取得したサンプルやデータを整理・保存すると共に海洋生態系研究成果の公表も可能な啓蒙施設を併せ持つ、サンプル・ジーンバンクを整備する。

4. おわりに

海洋科学技術センターにおける海洋生態系研究は、以上のような観点から取り組むことにより、少なからず全海洋生態系の変動予測に寄与することになり、地球環境変動による海洋生態系の長期変動予測の確率も高くなると思われる。全海洋生態系の変動予測の精度が向上することにより、海洋環境問題、地球環境問題の解決に寄与できることは勿論、持続可能な海洋の開発利用も可能となり、21世紀の食料問題の解決に寄与することになる。また、沿岸生態系研究の成果の技術化は、人類活動の負荷による生態系の破壊拡大を防止し、あるいはすでに破壊された生態系を修復することも可能にすると期待される次第である。

深海研究昨今、世界の動向、今後の見通し

深海研究部長 木下 肇

はじめに

1998年度前半期に策定されたセンター長期計画により、深海研究部の今後10年間の指針が与えられた。深海研究の環境として、1995年3月に海洋最深部に到達した10,000m級無人潜水機「かいこう」を始め、スーパーコンピュータ、深海調査研究船「かいわれい」、同船舶に搭載された多重音波反射探査機、多数の自己浮上型海底地震計群など、深海研究の機能が大幅に拡充された。また、昨年引き続き、深海研究に直接関係する「海底下深部構造フロンティア研究（以下、フロンティアと略称する）」機能の充実など、研究体制の整備に大きな発展があった。この基礎に立って今後日本の研究環境の変化を考慮しつつ、研究計画の実現に努力し始めた。深海研究部の昨年度後半から今年度現在迄の活動について、センターの長期計画の方向に則り成果を報告すると同時に、世界の研究動向との整合性に照準を合わせ報告する。

1. 海洋底ダイナミクスと地震発生プロセス

海洋底のダイナミックな地殻変動は地震・火山・津波など人類の脅威となる現象を引き起こすとともに、地球環境に長期的な影響を与える。以下の様な内容でプレートの生成から消滅までのプロセス及びその駆動力となる地球深部のダイナミクスを解明する為の基礎研究を行ってきた。とりわけ日本周辺の地殻変動については総合的な研究体制で、フロンティアと連携して取り組んでいる。

1.1. プレートの生成プロセス

中央海嶺は大規模なマグマの噴出を繰り返し、海中に膨大な量の熱と物質を放出しつつ海洋プレートを生み出している。この火成活動は水圏を通して地球環境にも大きな影響を及ぼすと推定されている。

これまで主としてRidge Flux計画（科学技術庁、振興調整費、平成6-10年度）の下で、大西洋中央海嶺と東太平洋海膨に重点を置いて潜航調査、地球物理調査、熱水の地球化学的調査を進めて来た。この内東太平洋海膨では、熱/物質の放出の定量的見積を目指している。この調査の精度を上げ、溶岩の噴出量などの火山物質の生産量やそれに起因する地球内部からの熱の放出量の見積精度の向上を行い、また熱水に依存する化学合成生態系の研究とも関連付けて調査を継続・発展させてゆく。これまで調査が極めて少なかったインド洋の中央海嶺は全世界の中央海嶺の内の大きな部分を占め、平均的に拡大速度が最も遅い。断裂帯やその付近の海台などに、地下深部の（マントル）物質が姿を現わしている。それらを研究し、将来の超深部掘削計画に結び付ける必要がある。

1.1.1. 超高速拡大軸（東太平洋海膨）:

はRidge Flux 計画により複数の他研究機関の研究者と協力して「よこすか」、「しんかい6500」とともに海底長期観測装置（マナティ）などで長期（1年間）観測を実行した（1997-98）。その観測の後半部を支援するためにアメリカNSFよりAtlantis号（母船）とAlvin（深海潜水調査船）を安価ではあったが有料で便宜供与を受けた（1998）事に拠り、実験は略完全な成功を納めた。

1.1.2. 低速拡大軸（大西洋中央海嶺、南西インド洋海嶺）:

1998年5月-12月に掛けて「よすか」と「しんかい6500」を、横須賀(センター)→Panama→大西洋中央海嶺→Lisbon→大西洋中央海嶺→Lisbon→Suez→Mauritius→西南インド洋海嶺→Mauritius→西南インド洋海嶺→Mauritius→横須賀(センター)の順序で合計4節の世界一周航海による潜水調査を行った(図1に示す丸が概ねの位置/なおここにはハワイも入れてある)。潜水調査はInterRidge(世界の研究機関連合)の参加による2節と、JAMSTEC-WHOIの共同(MOU)に拠る2節で構成した。これは1994年のMODE'94(JAMSTEC-WHOI)の成功を発展させたものである。今回はAtlantis Fracture ZoneとAtlantis Bankで広範囲にわたり、かんらん岩、はんれい岩の採取が行われ、またマントル物質が断層沿いに変形している断層岩(Milonite)も採取された。インド洋海嶺では未だ現役の熱水噴出孔が見つかっていなかったため、今回の調査で或いは発見される可能性もあったが、結果的には駄目であった。今後国際的な先陣争いが行われるであろうが目視による発見は時間の問題と思われる。

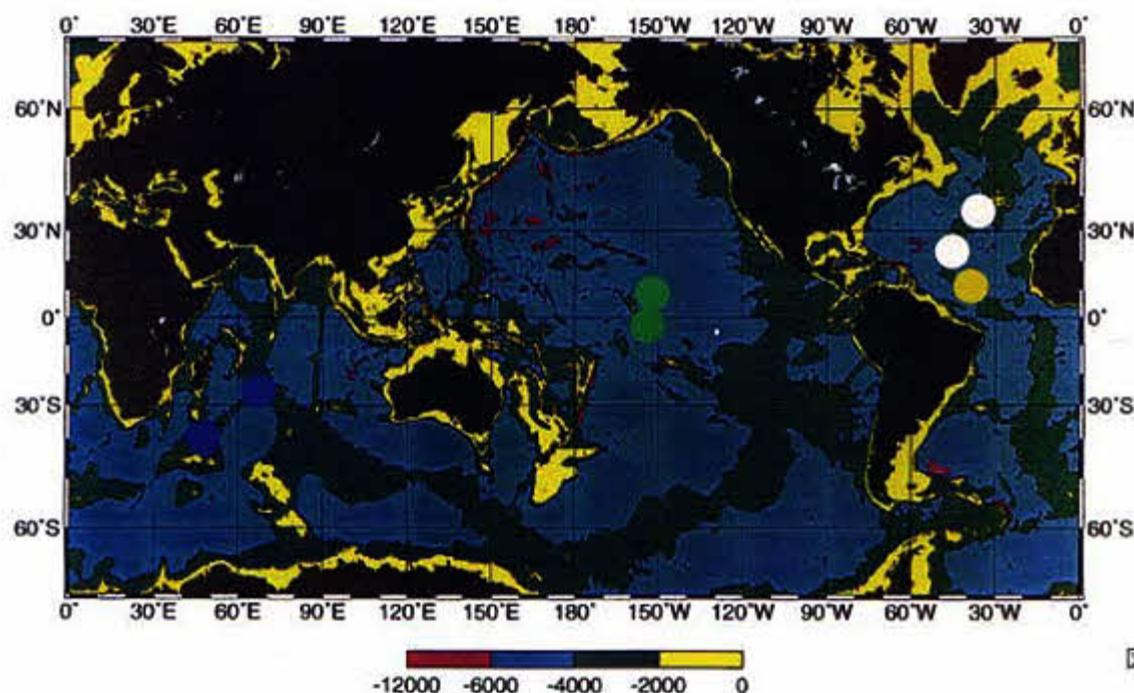


図 1

1.1.3. 背弧会盆形成のテクトニクス:

背弧会盆は中央海嶺とは違った形で海洋底が作られており、海洋プレートの沈み込み帯の後ろ側に形成される。背弧海盆型拡大軸(沖縄トラフやフィジー海盆)での熱・物質循環ならびに地殻変動様態を研究する為に今年度はマリアナトラフ、フィジー、フィリピン海北-南部からパプアニューギニアに渡り調査航海を行った。船舶としては主として、「かいよう」、「かいいい(単独行動)」、「なつしま」と「しんかい2000」及び「ドルフィン3K」が使われた。

1.2. ホットスポット域のダイナミクス

地球深部からのマントルブリュームを起源とするホットスポットは、多くが太平洋域に分布しており、また、多くのホットスポット起源の海台・海山群が分布している。とりわけ、ハワイは地球上で最大のホ

ットスポットであると同時に、活火山としては最も活動的かつ最大級のものである。

研究にあたっては日米を中心として船舶、有人潜水船を利用した国際共同研究グループによる「中部太平洋イニシアティブ」を確立することとし、その一環として、ハワイ大学等との共同研究体制によりハワイ周辺での調査研究を実施した。

「かいいい」と「かいこう」は本年度夏期にハワイ付近で2節の調査研究航海を実行した(図1を参照して下さい)。主としてハワイ本島南西部に伸びる海底火山、ロイヒの活動の調査とハワイ本島の東北東の火山斜面崩落に伴う火山体深部の構成物質を採取し、また崩落の規模等を推定するための高精度地形調査を行った。

研究計画に拠ればこの地域で来年度には潜水調査船「しんかい6500」を使った本格的な火山体基盤部の目視調査が実行される予定である。

1.3. プレートの消滅と地震発生プロセス

海洋プレートは海溝で沈み込む際、力学的、化学的変質作用を強く受け、激しく変形破壊を蒙る。それに伴い海溝付近でプレート間で屢々巨大地震が発生する。それは、多くの場合津波を伴う。さらに、その力学的作用により海溝から離れた日本列島内陸部にも広域的な重みの蓄積をもたらす、時として内陸活断層を活性化させる。一方、沈み込みに伴う物理・化学作用により、沈み込むプレートの一部は溶融し、一部は火山性噴出物として地表に戻る。かくして、沈み込みに伴う変動は、地震や噴火を伴い、時に被害をもたらすことから、そのメカニズムの解明が急がれている。これらの観測によって得られる海溝域の構造、変形、物性、応力・歪みのデータから、スーパーコンピュータなどを用いてプレート沈み込みに伴う地震発生予測をモデル化するのがフロンティアの課題の一つであるが、深海研究部との連携による観測作業が急速に行われている。

今年度は、三陸沖、茨城沖、室戸沖、徳島沖等の海溝／トラフー陸部分に至る構造をマルチチャンネル反射法探査と海底地震計広角反射・屈折法を組み合わせた地下深部構造探査によって詳細にイメージングした。室戸沖での探査結果の例を図2に示す。これらの成果を通じて得られた地震発生帯の概念を図3に描く。この図中には過去の(DSDP-ODPに拠る)掘削の実績がENT01-03, Hole808と示してある。2000年度のODP計画孔がNon-rise holeとして、またOD21の掘削孔をRiser holeとして概略が示してある。

南海トラフの地震発生帯への挑戦は日本を軸にアメリカのSEIZE (MARGIN) 計画に繋がり、やがてはOD21の最初のターゲットとして認定されている。SEIZE研究グループは来年度、3次元探査用のMCSシステムを搭載したM. Ewing 号をこの地域に派遣する。これに対しては文部省、科学技術庁を中心として協力研究体制が敷かれた。センターからは「かいいい」が同時実験の為に派遣出来る様に努力している。なお、ここで得られるデータは参加研究機関の共有との約束で、OD21の事前調査資料の意味も兼ねている。

なお関連の深いケーブル式海底長期観測システム(地震計を含む)については後の項目で紹介する。

1.4. 地球深部のダイナミクス

地球表面での様々な地質現象を説明するために、全地球規模で多種多様な観測を実施し、これら観測データを同時に取り扱うことによって、核・マントル境界から地表に到るまでの地球内部構造と大規模な運動・物質輸送過程を明らかにすることが必要である。今年度は今までの計画を継続して、

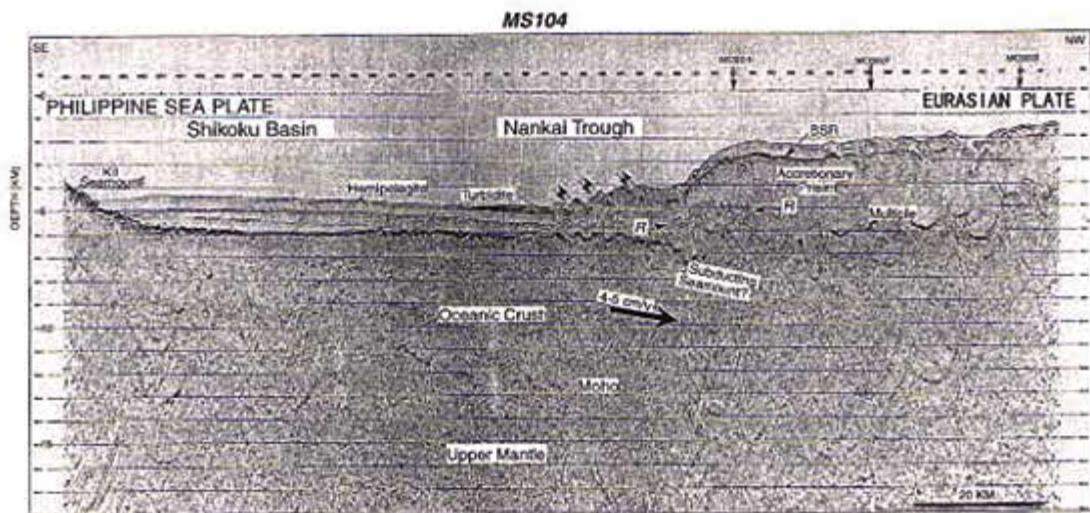


図 2.1

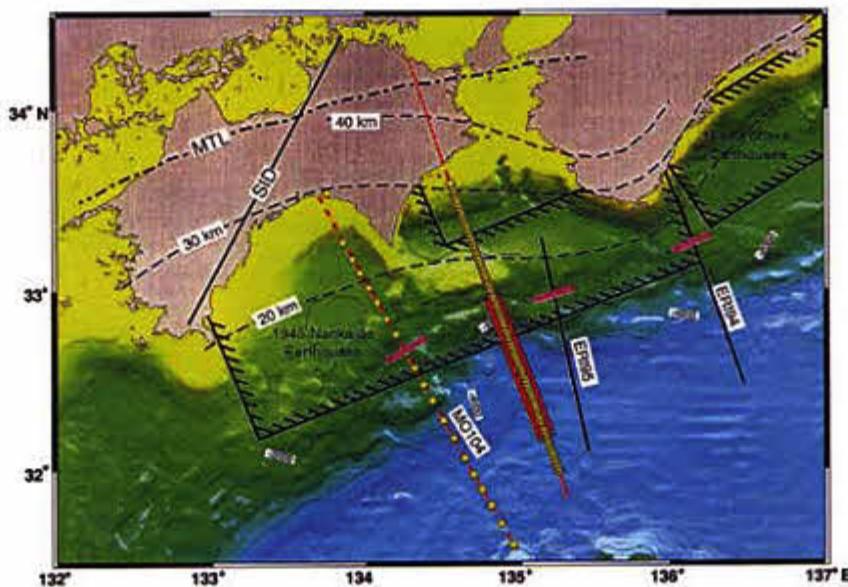


図 2.2

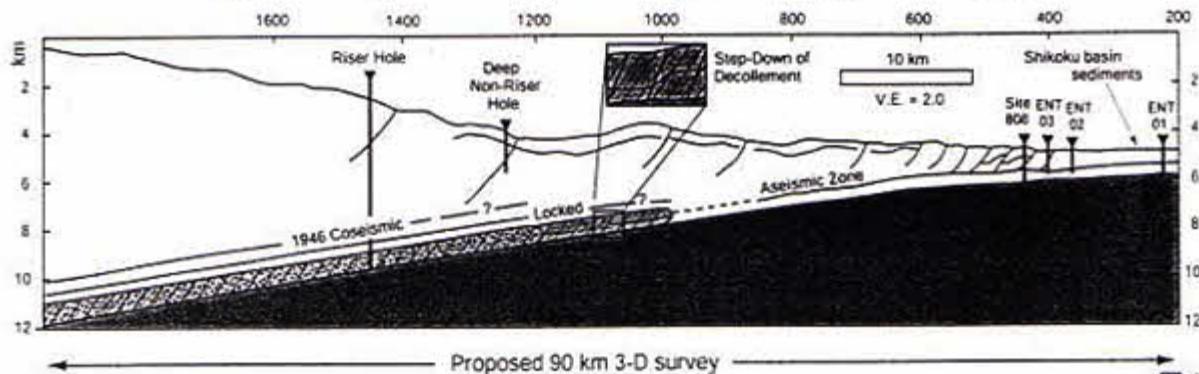


図 3

海底地形の凹凸、海嶺などの地殻の異常などを定量的に把握する為に南西諸島の一部(宮古/久米島:基線長約220km)でDGPS観測を行い5年間の平均伸びが約10mm/yearであるらしいことを突き止めた。しかしデータ量の不足と解析の不十分なことは今後の反省材料である。今後この計測は大学GPS連合に譲り継続され、京都大学が引き受けて下さるものと理解している。

2. 今年度の行動一覧（深海研究部の調査活動）

海域	テーマ
「しんかい6500」 大西洋中央海嶺	海嶺の地下構造及び上部マントル物質の研究 TAGおよびRainbow サイトの熱水活動の詳細研究
インド洋	南西海嶺部地下構造マッピングと熱水サイトの発見の試み アトランティス断裂帯での地殻深部／マントル物質の研究
「しんかい2000」 伊豆・小笠原 南西諸島 日本海	北部弧に分布する海底カルデラの活動、構造物質の研究 奄美海台衝突による琉球弧変形の歴史、伊平屋熱水地域探査 富山トラフ形成のテクトニクス 東縁部の歴史地震、空白域の同定、地震ポテンシャル判定 同じくこの海域での海底構造調査
南海トラフ	海底活断層、変位、ガスハイドレート、斜面崩壊の研究
「かきれい+MCS」 三陸沖日本海溝 福島沖日本海溝 室戸沖南海トラフ 徳島沖南海トラフ	い ず れ も 地下深部地震波構造探査、海底地震計を用いた屈折法 構造探査に基づく地震発生帯の決定
「かきれい」 ハワイ沖海底火山 北部フィリピン海 PNG 北部海域	ハワイ火山の火成活動調査と火山体の基盤物質研究 セントラルベーズンフォールトと海底発達の特クトニクス 地震地滑りに関する海底地形調査
「かいよう」「よこすか」 南西諸島	地震地滑りに関する海底地形調査、ケーブル敷設実験

3. 「かいいい」 Multi-channel Seismic Profiler (MCS) と 海底地震観測 (OBS) システムの整備

センターのMCSは平成6年度に以下の様な仕様で整備され、「かいいい」に搭載され爾来大きな成果を上げてきた。日本海北海道西沖、同新潟沖、太平洋三陸沖、福島一茨城沖、東海沖、室戸沖、徳島沖など、昨年までは石油資源関係の資料でしか見る事の出来なかった海域のイメージが、大量にしかも地下深部(10-20km)まで獲得され始めた。更に今年度からは「かいいい」その他の船舶に搭載出来る自記式自己浮上型OBSが多く整備された。これにより音波構造探査で広角反射や屈折波の調査がセンター単独でも行えるようになり、構造探査の精度が飛躍的に上がり始めた。後述のOD21では日本の南岸沿いの地震発生帯を掘削して、直接或は近接して地震と地殻変動に関わる観測を行い、地震発生モデルあるいは予測を可能に導くことと提言されている(CONCORD会議報告, 1997)。そのためには地震構造探査の精度を更に良くしないと出来ない。即ち地下深部が少なくとも20-30kmまでは確実にイメージ出来ないとならないが、現在のMCSではまだそこまで到達することは出来ないと思われる。OD21の現実味が出てきたこの頃を見計らって、MCSを更に性能向上させることの必要性が認識され、今年度の改造に拠って次の仕様を持つように改める為、現在改造工事に入りつつある。要点はストリーマを長くし、ガンを大きくして深部構造仕様にした。

比較	改造前	改造後
Streamer 全長	3500 m	4400 m
Channel 数	120 ch	156 ch
重合数	30	20(注1)
Penetration depth	約10km(注2)	10数キロ
Shot interval	50 m	100 m(注3)
観測時船速	4 knots	(変らず)
Gun の容積、数、空気圧	全 16 liter(×4本) 140気圧	片舷 21 liter(×4本)(注4) (変らず)
Air 吐出量	24 m ³ /min(×2台)	24 m ³ /min(×3台)

(注1) ガンを左右舷交互発振するため同時に2測線観測可能。1測線当たり20重合。改造前に比べ重合数がおちている分、ガンの容量を増やし深部構造探査仕様とした。

(注2) 三陸沖日本海溝での実績値。

(注3) ガンを交互発振するため片舷の測線で100m間隔となる。両舷合わせると50m間隔。

(注4) これを左右舷に張り出す。左右舷ガン間隔100m。

4. ケーブル式海底長期観測システム

科学技術庁による「日本における地震調査観測の基盤整備」の一環として、海溝に表題システムの敷設を実行している。第一号機は1997年度に室戸沖に完成した。データは図4に示すような経路で気象庁(大阪管区气象台)に配信され、大学等の研究機関にも提供されていると報告されている。なお高知大学からは敷設、周辺調査等に関して絶大なるご協力を頂いた。同大とは継続的に、システムを利用した共同研究も御願ひして居る。昨年度、深海こしおりえび、の脱皮行動の珍しい映像が得られた。なお地震計測においては周辺の震源決定の精度が確実に上がった(フロンティア資料に基づく)。

二号機以下は三陸、北海道、秋田/新潟、和歌山沖の何れかを設定していたが、今のところ北海道東南沖の地域に敷設するべく努力を行っている。一案として図5の様な配置を提案しているが、平成10年12月末日現在、まだ地元のご理解を完全には頂けていない。

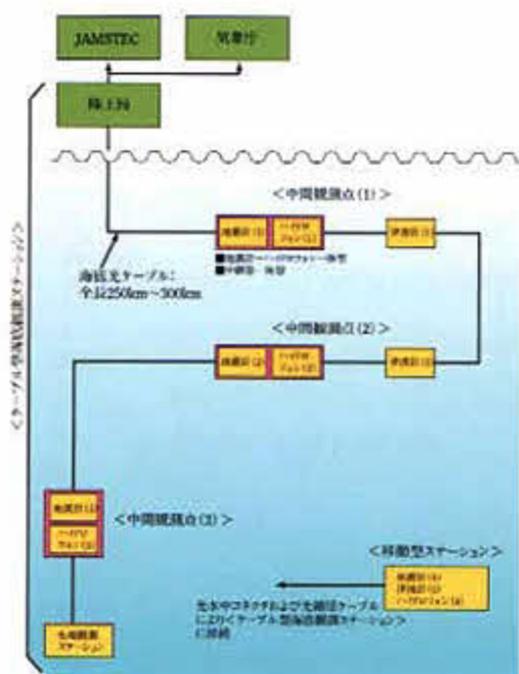


図4 「海底地震総合観測システム」2号機概念図

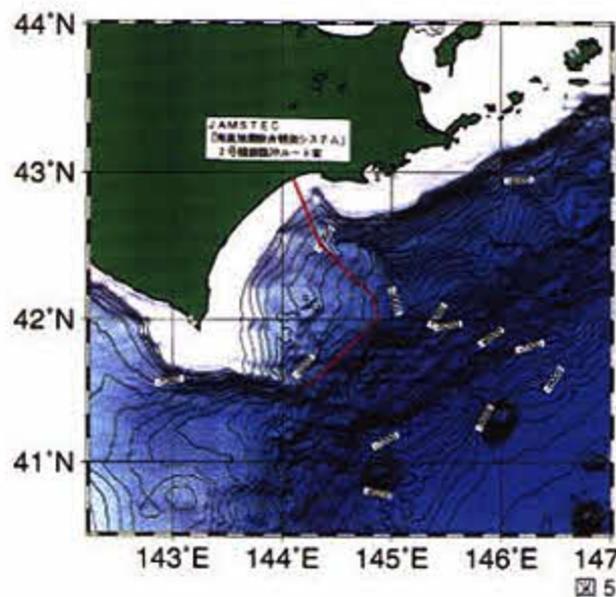


図5

5. OD21 と IODP

センターが1990年頃から主張してきた、ライザー装備の大型掘削船構想は、漸く進展が見られた。今までの掘削研究の歴史を簡単に図6に示す。今回はアメリカの科学掘削船獲得の歴史に真似て、科学研究の必要性から掘削船の建造に誘導する道を歩んだ。これは今までのセンターのハードウェアの建造着手とは異なった過程を探った試みでもある。この計画に付いては、1997年8月7日内閣総理大臣決定による「国の研究開発全般に共通する評価と実施……指針」にしたがって、航空・電子等技術審議会/地球科学部会の下に評価委員会(委員:国内6名、レビューア:国内4名、外国2名)が設けられ、7-11月に5回の評価会議が持たれた。11月30日に上記地球科学部会、同じく12月7日に航電審に於いて審議され、内閣に報告された。

国際的には1996年春の湘南国際会合を始め、1997年 Leiden、同年Brest、1998年 Bonn会議等を通じて、2003年度をもって終焉する現行ODP(その前身はDSDPとIODP)に続く多国間協力

事業として新たな展開を見るべく努力が続けられている。国際的にあるべきスキームの概略として図7の様な国際運営組織(Integrated Ocean Drilling Program)が提唱されている。2003年を目指す計画であるが、それまでに準備しておかなくてはならないことが幾つかある。

組織に関するものの他、経費、運航(運営)、研究支援の組織化はその内でも基本的な項目である。今後IODP関連機能を通じて研究していく必要が認められる。別に、センターでは先行的に幾つかの準備を始めている。その一つが上述のMCSやケーブル式地震観測関連システムの整備である。そのほか掘削先端ツールの開発、或は掘削孔再利用の為のROV(Fly-in Reentry)等は、作るだけでは見つからないので、現行のODPの設備などを借りながら海域テスト、孔内テストを繰り返す必要がある、この意味に於いても現行ODPの協力が必要である。

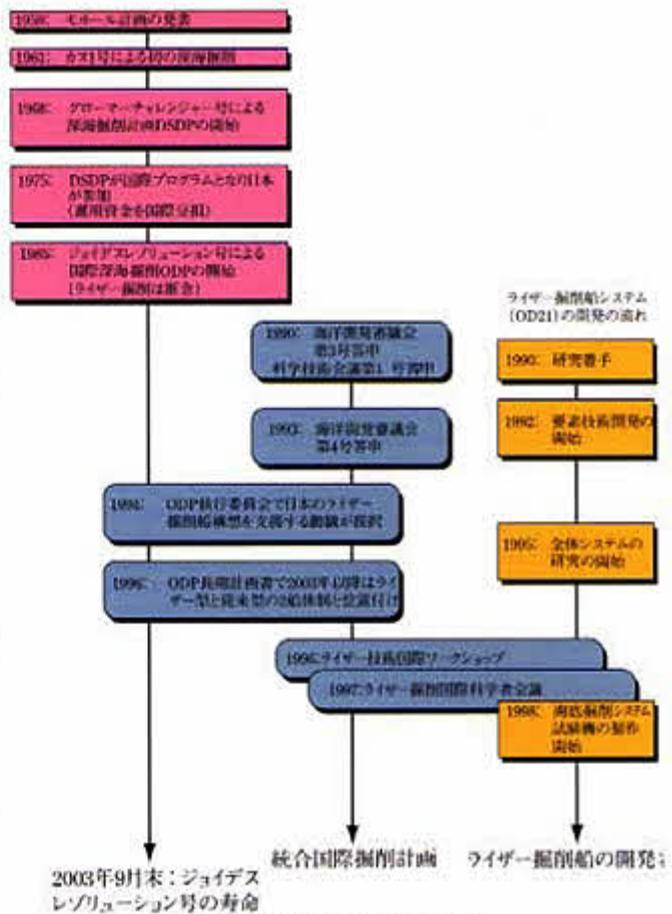


図6 深海掘削これまでの歩み

総め

深海研究部では1997年度まで、全国の研究者に対して深海調査研究船運航の科学側面支援(研究計画立案、研究船舶配備、研究者の事務手続等)を行ってきた。1998年度から研究業務部が整備され、また各種検討委員会も再整備されて活動を始めたので、深海研究部は本来の研究目標に専念すべく方向転換を行っている。また他の報告にあるように、地球変動(更に整備の予定)研究の一部としてフロンティア研究も加速されてきた(開始:1996年)ので、海底地震研究の一部をフロンティアに任せる事が出来た。今後、深海研究部は、主として更に深部、広域、長時間のデータを取得/解析し、物理的解釈を行うための研究活動に専念する方向であり、皆様からの暖かいご支援を御願い致します。

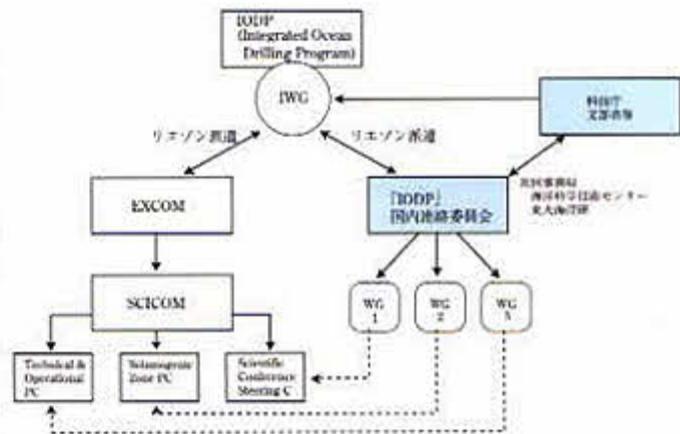


図7 IODP検討のための国際的な組織構造図

地球科学における科学と技術の調和

カリフォルニア工科大学・地震研究所教授 金森博雄

地球科学の面白味の一つは、地震、火山、大気と海洋などの壮大な自然の営みに係わる基礎科学を解明していくことにあるが、一方で、これらの現象は様々な災害を惹き起こすので、地球科学者は、人々の幸福と安寧のために、培ってきた科学的知識を有効に活用したいという願望を持ち続けている。しかしながら残念なことに、これらの自然現象は極めて複雑なために、有効に「活用」することはこれまで容易ではなかった。更に、大規模な人口集中によって、我々の居住環境は急速に変わりつつあり、最近、大都市は自然災害の影響を受け易くなっている。このような状況において、科学的知見を最新の技術を用いて効果的に活用できるように、科学と技術を調和させることは極めて重要である。

本講演においては、幾つかの最近の事例をもとに、この「調和」がいかにか効果をあげることができるかについて述べる。

1. はじめに

海洋技術研究部は、深海潜水調査船、無人潜水機、海洋観測ブイ等各種の海洋調査船、海洋観測機器の開発並びに水中音響技術等各種海洋観測に共通で重要な先進的基盤技術の開発を通じて、海洋、ひいては地球を知るための手段を提供してきた。海洋技術研究部の開発したこれらの海洋調査船、海洋観測機器並びに技術は、海洋科学技術センターの研究者のみならず、外部の研究者にも広く用いられ高い評価を得ている。



図1センターの開発・建造した主な海洋調査船及び海洋観測機器

海洋技術研究部では、これからも海底下深部にある地球自身の情報を探る地球深部探査船、海洋を広域に自動的に調査する長距離航行型無人潜水機の開発、エネルギーをはじめとする広大な海洋資源を有効利用しようとする沖合浮体式波力装置の開発、水中音響、水中映像等の基礎技術開発を通じ海洋・地球科学技術の進展に寄与する事を目指している。

2. 現在実施中の技術開発

2.1. 地球深部探査船

深海掘削船は、海底下深部まで掘削し地球の歴史をとどめる海底堆積物、地殻さらにはマントルに至る地球自身を構成する試料の採取、孔内の物理的・化学的性質、地震波等地球深部の現況を表すデータの収集、調査を行おうとするものである。

深海掘削による地球深部の探査は、米国において1959年モホール計画が発表され、以来1968年からはグローマーチャレンジャー号、1975年からはジョイデスレゾリューション号により行われており、これまでにプレートテクトニクスの実証、約1億年前の温暖な地球環境の立証など多大な成果をあげてきている。当センターが開発中の深海掘削船(地球深部探査船)は、ライザー掘削技術、高度な船位保持システム(DPS)の採用、船体の大型化等によって、より深く海象が厳しい海で、噴出ガス等に対してもより安全に、地球深部の調査が行えるようにするもので、水深2,500m、将来的には水深4,000mの海洋においてその海底を掘削探査する計画である。

なお、深海掘削による地球深部の探査は、従来から国際協力により行われており、本地球深部探査船も、完成後はジョイデスレゾリューション号と分担して国際協力による地球深部の探査に用いられることが期待されている。このため、地球深部探査船の要目、性能、運用等にかかる重要な項目については、適宜国際会議の場において各国の意見を十分取り入れる様にしている。

2.1.1. 深海掘削でわかること

- (1) プラクトンや河川流入物質を順序よく保存する海底堆積物を調査することにより、過去の気候、海洋環境生態系の変化がわかり、今後の地球温暖化をはじめとする気候変動等の予測に必要なデータが得られる。
- (2) 海洋性地殻からマントルに至る物質を採取、分析し、また、孔内の地震波等を観測すること等により海洋プレートの成因やそのダイナミクス、地殻変動プロセスの解明等が行われ、生きている地球の姿が明らかになるとともに、地震の発生メカニズムの解明に有用なデータが得られる。
- (3) 炭化水素存在域の掘削により、特殊環境に生息する未知の生物や新しい資源の探求が行われる。

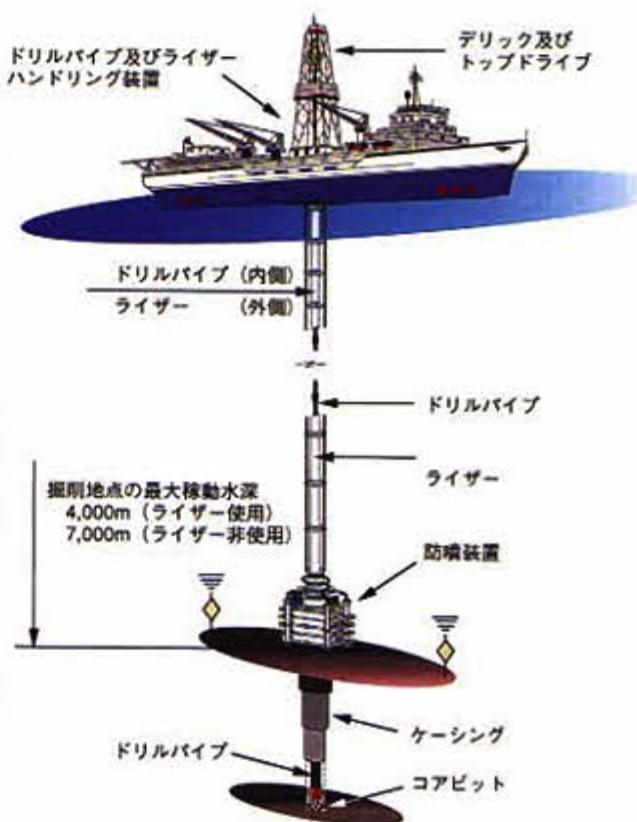


図.2 地球深部探査船

2.1.2. 地球深部探査船に関する主な技術開発課題

(1) ライザー掘削技術

ライザーはドリルパイプを囲む形で配置した管で、これにより、

- ・泥水循環が可能となる
- ・地層に最適なビットへ交換等のための再挿入、ケーシングの挿入等が容易となる
- ・防噴装置の取り付けが可能となる
- ・ドリルパイプ内径を超える計測器が降ろせる

等の機能を持たせることができるようになる。泥水循環は、泥水比重を大きくすることで地層圧力とバランスさせ、さらに泥水成分が孔壁を強化し、掘屑をスムーズに排出させることにより深い掘削を可能とし、防噴装置は噴出ガス等による危険を防止する事ができる。

ライザーを用いた科学調査用深海掘削船は、この地球深部探査船がはじめてであるが、ライザー掘削技術自体は石油探査等のための海底掘削に用いられており、特に新しい技術ではない。しかし、掘削する海の深さと掘削深度が従来のものより大きく、長大なライザーとそれを取り扱う周辺技術については開発が必要である。

(2) 高度な船位保持システム

深海掘削を安全かつ効率的に行うためには、潮流、波、風等海上の厳しい条件下においても、船を定点に維持する必要がある。通常、衛星測位 (GPS) 及び音響測位により船位を測定しつつ、プロペラ及びスラスタを用い一定範囲内に船位を保持するが、地球深部探査船においては船位の測定に加え、ライザー傾角を測定、これを制御対象とすることにより、より効果的かつ信頼性高く船位保持することを検討している。

(3) 効率的かつ良質な試料の採取システム

科学掘削に求められるのは、掘削の際に得られる試料(コア)であることが石油掘削と異なる。このためセンターでは平成10年度から3か年計画でコアビット、コアバーレルを中心とする試料採取システムの開発を進めており、良質な試料の採取、回収率の向上、あわせて掘削深度の延伸を図ることとしている。

(4) 掘削孔利用システム

試料採取後できる掘削孔は、地球深部の現状のデータを取得する為の格好の計測地点となる。しかしながら、深海にある小さな掘削孔に必要な計測機器を設置することには非常な困難を伴う。センターではこれまでROV開発で培ってきた技術を生かし、計測機器を孔内に確実に設置し、必要に応じこれらの機器の計測データを回収することのできる掘削孔利用システムの開発を進めている。

2.1.3. 地球深部探査船の建造

センターでは、平成2年度に地球深部探査船の検討を開始し、平成9年度までは調査、解析、設計検討等主としてソフトウェアの検討を行ってきた。平成10年度からは試料採取システム及び掘削孔利用システムのハードウェアの開発を行っており、平成11年度には、地球深部探査船の建造に着手することとしている。

今後のスケジュールは概略次の通りである。

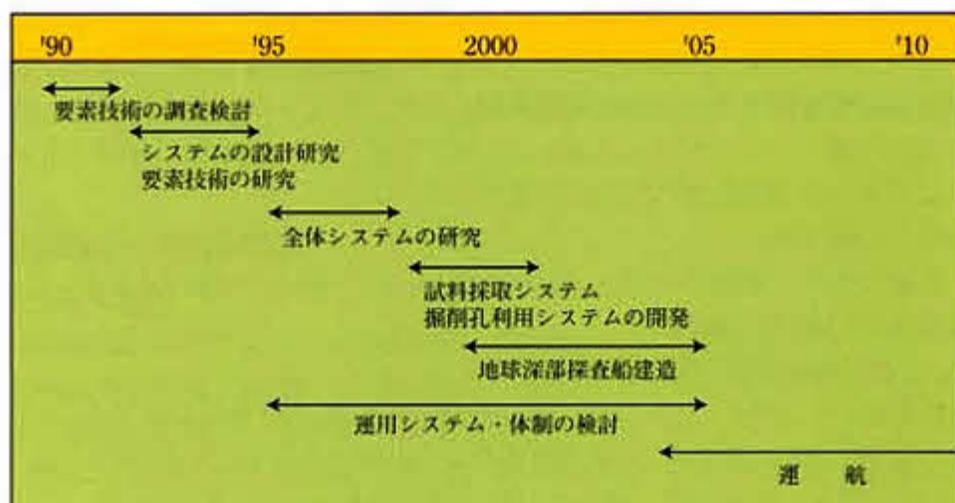


図.3 地球深部探査船開発スケジュール

2.2. 無人潜水機

センターでは、既にドルフィン3K(最大運用深度 3,300m)及びかいこう(同11,000m)の2機の科学調査用無人潜水機を開発、運用している。また、海底石油関連施設においても、無人潜水機は水中設備・機器の保守整備のため広く用いられているなど、既に海中における調査や作業のため無くてはならないものとなっており、その技術も確立されつつある。

これらはいずれも海上とケーブルによって結ばれ、無人機潜水機からの水中画像や制御のための信号の授受や無人機潜水機を動かす電力の供給については、そのケーブルを通して行われているが、その最大の欠点はケーブルの存在が無人潜水機の制御を困難にするだけでなく、その長さにより行動範囲を制約されることである。現在、海洋調査ニーズの多様化と、技術の進歩が相俟っ

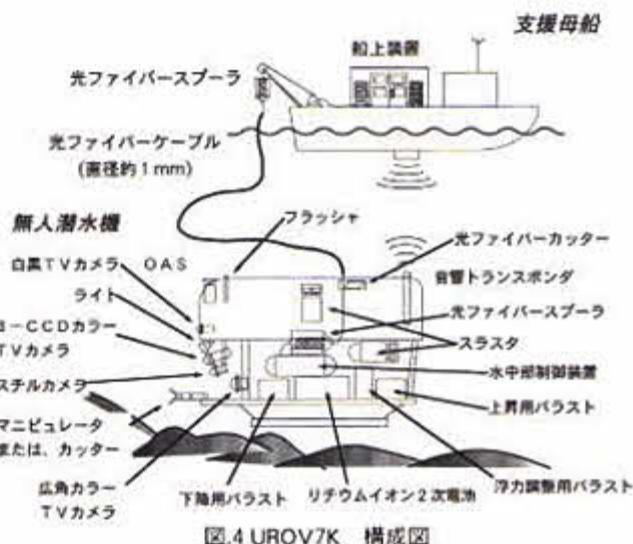
てこのような制約を持たない様々な無人潜水機が開発されつつある。

センターが開発中の無人潜水機は、動力を2次電池の形で潜水機に保有し画像や制御信号のみを細い光ファイバーで伝送するUROV7K及び動力と信号を伝送するためのケーブルを全く有しない自律型無人潜水機である。

2.2.1. UROV7K

UROV7Kは、母船と無人潜水機を結ぶケーブルが、制御信号やテレビ画像等の観測データを伝送する直径約1mmの光ファイバーのみであるという特徴を持つ。動力が2次電池である為、水中における稼働時間に制約が生じるが、動力供給用のケーブルがない為、無人潜水機の制御が簡単になるばかりでなくシステム全体が簡素化されている。UROV7Kは約7,000mまでの潜航が可能で、センターにおいては主に深海に設置する係留システムの監視と事故調査、しんかい6500が危険の恐れのある地帯を潜航する場合の事前調査等に用いられる予定であるが、それ以外にもその特徴を生かし様々な分野で活用されるものと思われる。

UROV7Kの開発は、同じ細径光ファイバーケーブルを用いた最大運用深度500mの「げんたつ500」の成果を生かし、平成7年度に開始された。陸上における機器の動作試験、水槽試験を経て、現在実海域試験中であり、平成10年12月に2,000mの潜航試験を終了している。最大深度までの潜航試験は平成11年7月の予定である。



2.2.2. 自律型無人潜水機 (AUV)

母船と結ぶケーブルを持たない無人潜水機である。氷解域海底火山、熱水噴出域等母船が接近しにくく、或いは長時間とどまれない場所においては、単独で長時間航行し、連続的に広い範囲の調査観測を行う必要があり、このような場合には自律型無人潜水機 (Autonomous Underwater Vehicle) が必要となる。AUVは、予め入力された命令に従い、調査海域を航行し調査観測を行う。その為には、AUVに適した調査観測機器のほか、長時間単独で航行するための動力源及び自分の位置を正確に知るための航法装置が不可欠である。

センターでは、平成2年度から海底静止画像収集装置、自動多段採水装置等AUV用調査観測機器の開発を行ってきた。また、動力源については平成5年度に1.5kWの水中機器用燃料電池を

試作し、実用化に向けた性能試験を実施している。これらの成果をふまえ、平成10年度にはAUV試験機の開発に着手した。AUV試験機の概要は次のとおりである。

(1) 主要目

最大使用深度	3,500m
航続距離(目標)	300km(巡航速力にて)
水中速力	巡航 約3kt 最大 約4kt
寸法・重量(概略)	長さ10m 幅1.5m 高さ1.5m 重量 7t
動力源	主電源 固体高分子型燃料電池(4kW) 補助電源 油漬け均圧型リチウムイオン二次電池
構造	各機器の間隙に浮力材を詰めて浮力を確保し流線型のFRP製外皮で覆っている
自律制御機器	リングレーザージャイロ、音響ドップラー流速計、前方障害物回避装置、音響ホーミング装置 等
観測機器	自動多段採水装置、CTDO、サイドスキャンソナー、デジタルカメラ 等
運用方式	自律航法モード、音響遠隔制御モード及び光ファイバー遠隔制御モード(主に開発段階での試験の際用いる)

(2) 開発スケジュール等

AUV試験機の開発、試験に引き続き氷海域での運用も考慮した航続距離 3,000km 程度のAUV実用機を開発を計画しており、そのスケジュールは次の通りである。

なお、AUVの研究開発は、東京大学生産技術研究所及び海洋研究所と協力しつつ行うほか、アラスカ大学等国外の研究機関とも共同して進めることとしている。

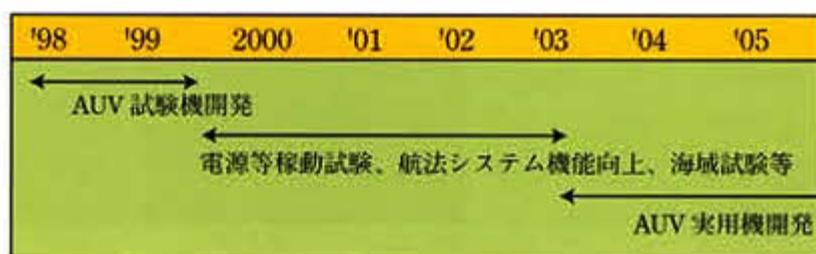


図.6 AUV開発スケジュール

2.3. 沖合浮体式波力装置(マイティーホエール)

「マイティホエール」は、波浪エネルギーを吸収してこれを電気エネルギーに変換すると同時に消波による装置後方海域の静穏化、圧縮空気を製造しこれを用いた海水の循環による海域環境の改善などを行おうとするものである。

2.3.1. 発電

「マイティホエール」の概略は、図7のとおりであり長さ50m、幅30m、排水量4,400tである。前面に配置した空気室に波で海水が出入りする際、空気室上部の開口に生じる往復空気流により、ター

ピンを回転させ発電する。空気室は3つ有り、それぞれにタービンと発電機が取り付けられている。発電機の出力は1号機が10kW、50kWの切り替え、2及び3号機はそれぞれ30kWとなっており最大110kWの発電が可能であるが、現在設置されている海域（三重県五ヶ所湾口）の平均的な波高1.0m（有義波高）では14kWと推定されている。

なお、発電機を駆動するタービンは、往復空気流を効率よく回転エネルギーに変換する為、特別な整流機構を用いず往と復の空気流に対して同一方向に回転力を得ることのできるウェルズタービンが用いられている。



図.7 マイティホエール

2.3.2. 海域の静穏化

「マイティホエール」は、波エネルギーを吸収し電力に変えることから消波効果を有する。その消波効果は固定式の消波堤と比べると劣るが、海水の交換性を損なわず、水深にかかわらず設置可能であるという利点を持つ。静穏海域を造成するためには、多数の「マイティホエール」を並べる必要があり、その配置によって消波効果も異なる。11基の「マイティホエール」を用いたときの、配置と消波効果の関係は図8に示すとおりで波高を半分程度にすることが可能である。

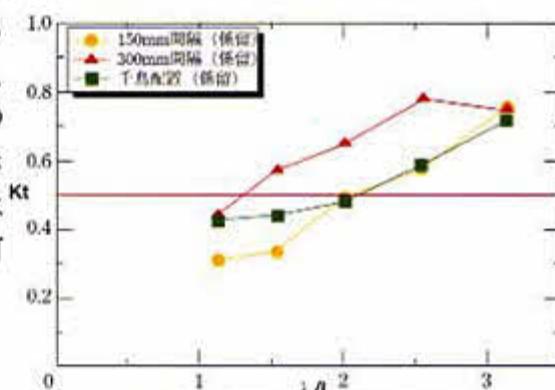


図.8 マイティホエールの消波効果

2.3.3. 海洋環境改善

閉鎖性水域に於いては、底層海水の酸素が欠乏し、生物の生育環境が悪化しがちである。このような海域では、底層海水を汲み上げ拡散させることにより環境改善が可能となるが、その為の取水管に圧縮空気を注入し、上昇する空気の力を使って汲み上げる方式が、他の方式に比べ海中部に機械を配置しなくてすむ分、信頼性が高く保守も容易と考えられる。この為、「マイティホエール」には波力で起こした電力により圧縮空気を製造する為のコンプレッサーを取り付け、一方圧縮空気による揚水効果を確認するための模型実験を行っている。

2.3.4. 開発スケジュール

「マイティホエール」は、昭和62年から波エネルギー変換効率向上の検討、係留システムの検討等を行った後、平成8年から建造を開始、平成10年7月に三重県五ヶ所湾口に設置された。同9月に実験開始式を行い、平成12年3月までの予定で実験を実施中である。

2.4. 先進的基盤技術

海中環境の特徴として水圧のほかに、空気(酸素)が無いこと、水が電波を通さないこと、海中の視界の悪さがあり、これらが海洋調査を行う上で様々な障害となっている。センターでは、これらの障害の中で海洋調査をできる限り確実、かつ、効率的に実施するため先進的基盤技術の開発を行っている。水中機器用動力源としての燃料電池については、前述のとおりAUV試験機に搭載の予定である。このほか、これまでに水中音響による計測、データ転送技術の開発を行ってきており、さらに平成10年度からは映像技術に関する研究を実施している。

2.4.1. 水中音響技術

電波の通らない海中において、音響は唯一の通信手段であり、海洋調査における水中音響技術の重要性はきわめて大きい。センターではこれまでも音響によるテレビ画像伝送システム、水中のものを立体的にとらえる3次元ソナー等の開発を行ってきた。現在は海上に設置されるブイや船舶と、その周辺に展開される観測機器との間で観測データを伝送する音響データ伝送システムの開発を行っている。

深海域に数多くの観測機器を広範囲に展開し、広域でかつ長時間にわたる観測の必要性が増大してきており、そこに蓄積されるデータも大容量になっている。従来、これらのデータの回収は観測機器を引き上げて行われていたが、音響データ伝送システムでは観測機器を引き上げずに、音響を用いてデータを回収することを目的としている。

本システムの主な開発項目は、長時間係留して使用するため消費電力を抑えること、観測船からの雑音がある中で信頼性の高い伝送を行うこと、高速通信を行うため多重反射の影響を除去すること等である。これまでに、消費電力を抑えるためにハードウェア構成が簡単になるFSK(周波数遷移変調)を、伝送の信頼性を向上させるためにHDLC(High-level Data Link Control procedure)を用いたパケット通信方式を採用した試験機を製作し、水深約3,500mの海域で試験を行っており、直線距離約3,500m、8Wから10Wの出力で15,000バイトのデータを約5分で取得できることを確認し

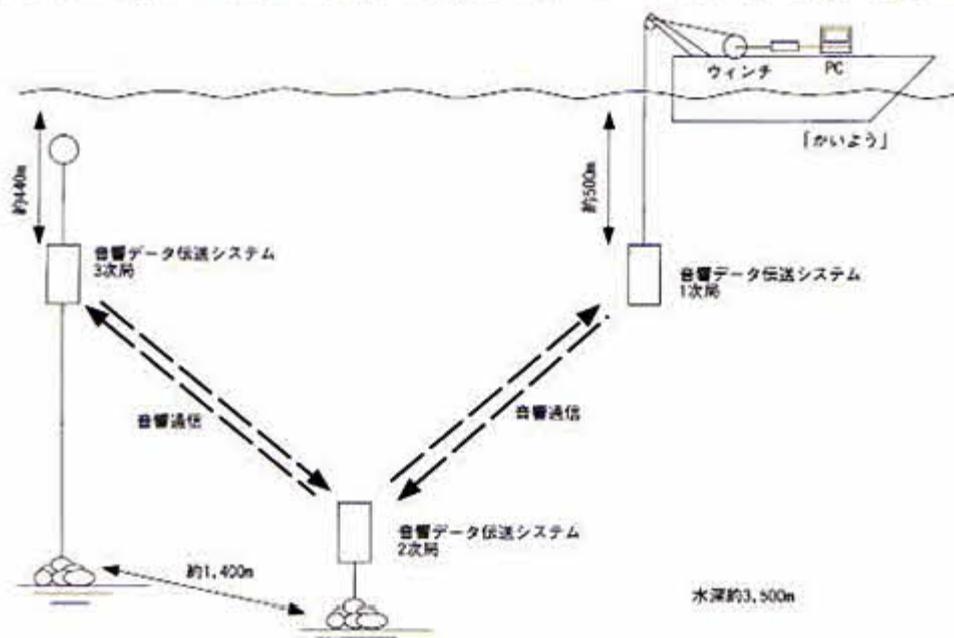


図9 音響データ伝送システムの実海域試験

た。また、海中設置機器のネットワーク化を考慮して、中継機能を持たせ、その機能も確認した。今後は、通信を高速化することを目的に、多重反射の影響を除去するための研究を行うこととしている。

2.4.2. 映像技術

センターの所有する潜水調査船、無人潜水機は、その調査能力も世界でも一流のものであるが、これに乗船、或いは操作して直に調査観測を行う機会を得る研究者の数はきわめて限られていると言わざるを得ない。従って、これらによる調査観測の際のデータ、とりわけ映像データは大変貴重なものである。この為、センターではこれまでも潜水調査船に搬入可能な高性能テレビカメラをNHKと共同で開発している。現在は潜水調査船、無人潜水機で得た映像データを可能な限り臨場感あふれ、リアルに再現するため複数のTVカメラと複数のモニターを使用したパノラマ立体映像を提供する技術の研究を行っている。

3. 海洋調査技術に関する今後の展望

コンピューターをはじめとする技術の進歩は、地球規模のシミュレーションを可能にしつつあるが、シミュレーションのためにはその基礎となる膨大なデータが必要である。また、これまでの海洋調査をはじめとする地球科学の進歩により、気候をはじめとする地球環境が、非常にデリケートなバランスの上に成り立っていることがわかってきたが、その検証と適切な対策を検討するためには、より深く詳細な調査データの取得が不可欠である。

海洋技術研究部では、これまでその時点で最先端の技術を取り入れ調査観測船、観測機器を開発してきた。これらは前述のような海洋調査に対する要求の増大と、それに答える技術の進歩が相俟って益々高度化し、大規模化している。当部ではこれからもセンターの研究者をはじめとする海洋科学者の要望を幅広く取り入れるとともに、その時点における最新技術を取り入れ、適切な海洋調査機器を提供したいと考えている。

主要施設・設備



支援母船「なつしま」

全長	: 67.4m
幅	: 13.0m
深さ	: 6.3m
総トン数	: 1,553トン
航海速度	: 約12ノット
航続距離	: 約10,800マイル
乗員数	: 55名



有人潜水調査船「しんかい2000」

全長	: 9.3m
幅	: 3.0m
高さ	: 2.9m
潜航深度	: 2,000m (最大)
空中重量	: 23.2トン
水中速度	: 3ノット (最大)
乗員数	: 3名



無人探査機「ドルフィン3K」

全長	: 2.9m
幅	: 1.9m
高さ	: 1.9m
潜航深度	: 3,300m (最大)
空中重量	: 3.7トン
水中速度	: 3ノット (最大)



支援母船「よこすか」

全長	: 105.2m
幅	: 16.0m
深さ	: 7.3m
総トン数	: 4,439トン
航海速度	: 約16ノット
航続距離	: 約9,500マイル
乗員数	: 60名



有人潜水調査船「しんかい6500」

全長	: 9.5m
幅	: 2.7m
高さ	: 3.2m
潜航深度	: 6,500m (最大)
空中重量	: 25.8トン
水中速度	: 2.5ノット (最大)
乗員数	: 3名



海洋調査船「かいよう」

全長	: 61.6m
幅	: 28.0m
深さ	: 10.6m
総トン数	: 2,893トン
航海速度	: 約13ノット
航続距離	: 約5,100マイル
乗員数	: 69名



無人探査機「かいこう」

潜航深度	: 11,000m	
水中速度	: 2ノット	
	ランチャー	ビーフル
全長	: 5.2m	3.1m
幅	: 2.6m	2.0m
高さ	: 3.2m	2.3m
空中重量	: 約5.1トン	約5.4トン



深海調査研究船「かいかいり」

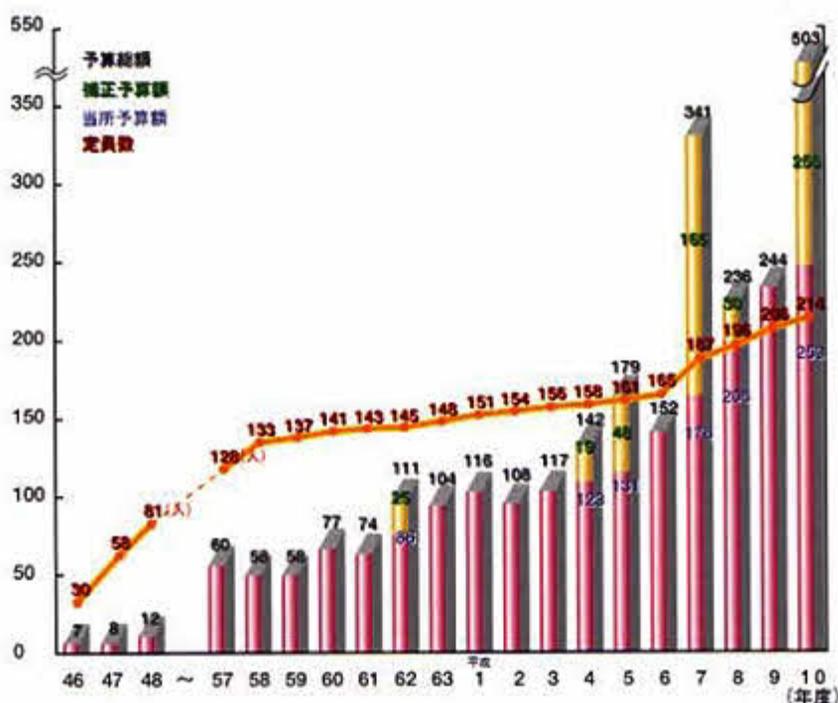
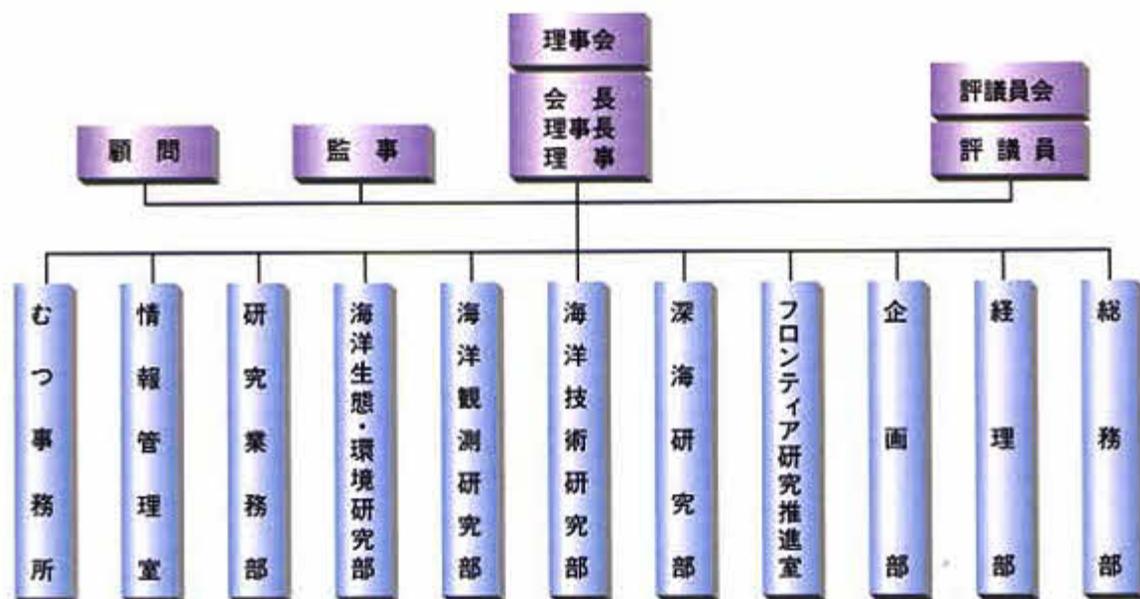
全長	: 105.2m
幅	: 16.0m
深さ	: 7.3m
総トン数	: 4,628トン
航海速度	: 約16ノット
航続距離	: 約9,500マイル
乗員数	: 60名



海洋地球研究船「みらい」

全長	: 129.6m
幅	: 19.0m
深さ	: 13.2m
総トン数	: 8,672トン
航海速度	: 約16ノット
航続距離	: 約12,000マイル
乗員数	: 80名

海洋科学技術センターの機能と組織



役員

会長	大庭 浩	(非常勤) (川崎重工業(株)取締役会長)	
理事長	平野 拓也		
理事	川端 正次	堀田 宏	千々谷 眞人
理事(非常勤)	武田 康嗣	横田 公男	萩原 幸男
監事	塚田 眞一	太田 英美	(非常勤)

評議員

相川 賢太郎	石川 賢廣	金井 務
浅井 富雄	内田 勇夫	神津 信男
荒木 浩	内田 公三	小長 啓一
小山 建夫	平 啓介	奈須 紀幸
坂田 俊文	千速 晃	前田 又兵衛
酒匂 敏次	鳥井 弘之	吉川 弘之



海洋科学技術センター企画部計画管理課

〒237-0061 神奈川県横須賀市夏島町2-15 TEL 0468-67-5512

ホームページアドレス <http://www.jamstec.go.jp/>