

# JAMSTEC

1993年 第5卷 第4号 (通巻第20号)



海洋科学技術センター

## 目 次

## 寄 稿 (依頼)

- 南西諸島の海底—水没した古陸の謎— 木村 政昭…………… 1  
 海に魅せられて半世紀 (XX) 奈須 紀幸……………12

## 研究紹介

- 潜降浮上型人工海底の研究開発 海域開発研究部 長濱 修……………21  
 深海底からのテレビ中継 深海開発技術部 第2研究……………36  
 —「しんかい6500」用画像情報伝送装置— グループ  
 凍る海 (3) 氷縁域での諸現象 海洋研究部 滝沢 隆俊……………42

## 海外事情

- 世界気象機関 (WMO) 海洋気象委員会における 企画部 山本 静夫……………55  
 科学講演について  
 —人工衛星による海洋観測研究に対する期待—

## 海からのたより

- 海のアソロジー (6) 深海環境プログラム 長沼 毅……………63  
 海洋学随想 海洋研究部 中本正一郎……………65  
 深海への旅 (4)  
 勲章!? 深海研究部 橋本 惇……………69  
 海底への侵略者 運航部 小倉 訓……………70  
 南琉球の海底を旅して 深海研究部 松本 剛……………71  
 初潜航を終えて 深海研究部 藤原 義弘……………78  
 スンダランドは海洋民族の母なる国? 深海研究部 藤岡換太郎……………79  
 —最終氷期の海水準低下期の出来事—  
 深海への旅 ハワイ大学 スーザン・……………82  
 デバリ

## 解 説

- 用語解説  
 た ぎ り 深海研究部 橋本 惇……………84  
 ふ な ど 海域開発研究部 毛利 元彦……………85

## 創刊5周年記念—特別付録

- 情報誌「JAMSTEC」総目次 ……………86

第1巻第1号 (創刊号)~第5巻第4号 (通巻第20号) (1989年~1993年)

# 南西諸島の海底 —水没した古陸の謎—



琉球大学  
理学部海洋学科

木村 政昭  
Masaaki Kimura

## 略 歴

- 1940年 神奈川県横浜市に生まれる
- 1968年 東京大学理学系大学院（海洋地質学専攻）博士課程修了
- 1968年 日本学術振興会奨励研究員  
東京大学海洋研究所研究生
- 1970年 通産省工業技術院地質調査所勤務
- 1976年 総理府技官に併任 米コロンビア大学ラumont・ドハ  
ティ地質研究所へ長期出張
- 1977年 琉球大学勤務 現在に至る（助教授）

## 1. はじめに

チャーチワードによると、南太平洋中央部に巨大大陸があり、そこに世界最古の文明がおこったという。そのムー大陸が今からおよそ1万2千年前に火山活動を伴った地下の陥没により水没した。昔陸だったところが、今は海になっている。そうだとしたら、それはどのようにしてわかるのだろうか。それをわかろうとするのが、私の専門としている海洋地質学の主要なテーマの一つである。

では、今から数万年前より新しい時代に、太平洋中で水没した大陸が彼の指摘する南太平洋を中心とした広大な地域に、現実的にあったことが考えられるであろうか。残念ながら、これまでの海洋地質学的研究の成果はそれを否定する。なぜなら、そこには大陸性地殻はなく、また火山活動は周辺で部分的に行われているだけで、大部分は安定地塊であるからだ。

ところが、それからほど遠からぬ西太平洋の一角で、水没した陸地が見つかった。近年、海底の

調査の進歩はめざましい。海洋科学技術センターの「しんかい2000」等を用いた、南西諸島周辺の海底調査の結果、相当規模の古陸の存在が明らかとなってきた（図-1）。それは、更新世後期という地質学的には非常に新しい時代に、地殻変動を伴いながら急速に水没したと思われる。これに

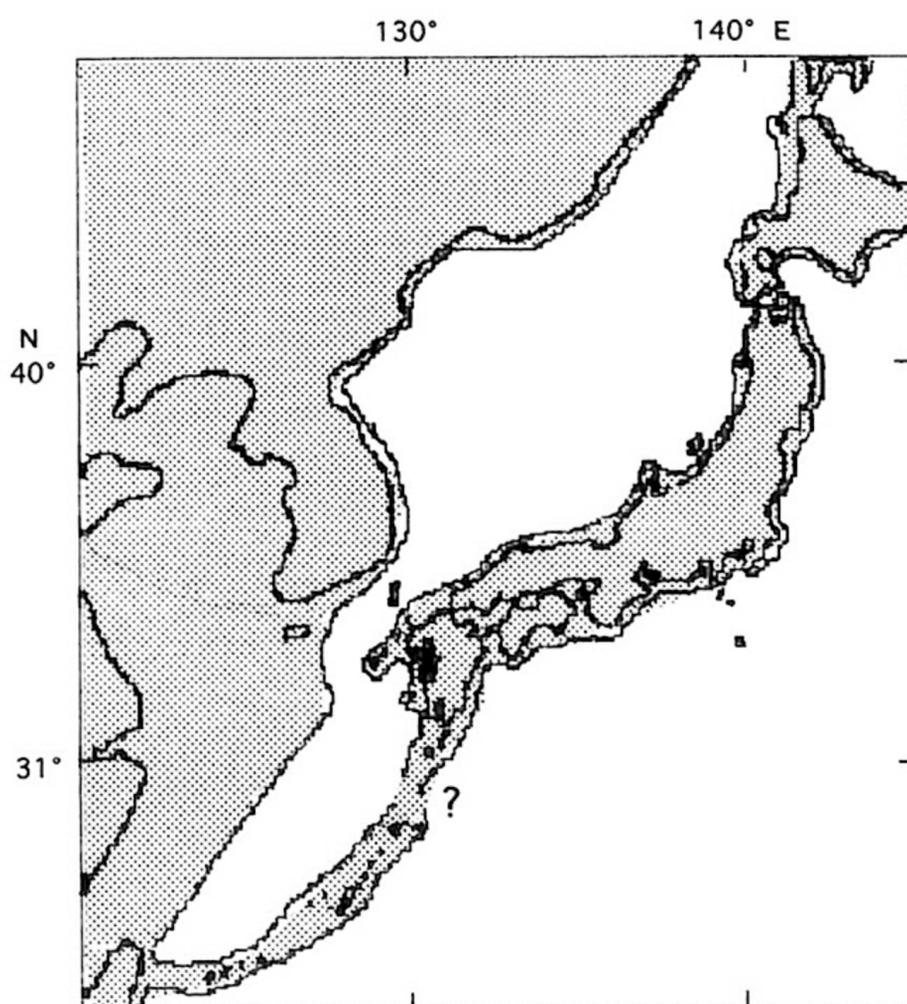


図-1 2～3万年前の日本の古地理図。アミ部が陸

は、地殻変動によって水没したとされるユーラシア大陸の水没を暗示させるものがある。はたして、そこにどのような謎が隠されているのだろうか。

## 2. 延長千キロをこす海底の古陸

沖縄本島の港川という所で発見された港川人は、今から1.9万年前に生きていた日本人の祖先とされる人間である。鈴木 尚東大教授（当時）は、その人達は大陸から歩いて渡来してきたと推定した。このほか、南西諸島の陸上に産出する化石の研究から、今から1.8万年前のウルム氷期にイノシシが大陸から渡来してきたとの研究もある。人間が渡ってこれるような陸橋、そのようなものがあったのであろうか。

そこで海底の音波探査記録を解析した結果、ケラマ・ギャップと呼ばれる、沖縄本島と宮古島をつなぐ海底の高まりの最深部が繋がれば、陸橋が成立するところまでわかってきた（木村, 1991a）。ちょうどその時に、「しんかい2000」による潜水調査が行われた。潜水してそこでまず目にしたのは、水深数百メートルをこす海底が、琉球石灰岩と呼ばれるサンゴの化石等からなる岩石が削られてできた平坦な岩盤であった。くぼんだところにはなんと粗い砂があり、浅海底で見られるようなリップル・マーク（波漣）があった。なんと沖縄の海岸がそのまま深海に沈んだような景観であったのだ。ふつう、このくらいの深度で長時間たっていれば粒の細かい泥で被われてしまうのが常識である。これは、沈んでからまだ泥がたまるほど時間がたっていないことが想像できた。また、琉球石灰岩というのは、浅海のサンゴ礁でできたものとされているので、その地域が沈降したのはまちがいない。

水深 935 m の平坦面を作る岩盤の岩石が採取された。それは、琉球石灰岩と呼ばれる岩石であった。その石灰岩の年代は、中に含まれる顕微

鏡でみなければわからないほど微小なナンノ化石と呼ばれる化石から、およそが27万年前より新しいものであるということがわかった。そして、ツキヒガイと呼ばれる二枚貝の化石の年代が、ESR法（格子欠陥法）により24万年前と10万年前の2つの値がでた。これにより、本域は24万年以後、おそらく10万年前頃に陸であったと判断された。

そして、その基盤岩の侵食面上を広く被覆する海底堆積物の年代は、タンデトロン法により19,000–20,000年前とでた。この装置は、耳かき一杯ほどの試料で測定できるようになった新兵器である。ここでは、基盤岩の年代と被覆している堆積物との間で、20万年間にわたる地層の欠如が発見された。このため本域は、およそ10万年前から2万年前までは、基本的には陸域であったと推定された。そのうえ1991年には、「しんかい2000」により、ゾウ類と思われる大型哺乳類の化石が採取された。大型哺乳動物は、陸橋を歩いてわたってきたはずであるから、今から2万年前頃までのいつかに大陸と連続する陸橋があったことが確からしくなってきた。しかし、断定するにはまだまだ海底の試料が足りない。

その後、北方のトカラ海峡の調査もすすめられた。1992年には「しんかい2000」で潜水調査をすることができた。その最深部付近（水深1,300 mをこす）でも、すでに琉球石灰岩と同年代の石灰岩がドレッジされていた。潜水調査により、およそ1億年ほど前の四万十帯といわれる古い岩盤が露出していることを確認することができた。この結果もケラマ・ギャップととても良く似ていることから、今から2万年前には、中国大陸から沖縄本島へつながっていた陸橋はさらに九州本土にまで伸びてきていた可能性がでてきた。また、これまでの試・資料を良く検討すると、陸橋には何本かの水路があったことも推定された。これについてもっと詳しく知りたい方は、木村ほか

(1992, 1993) を見ていただきたい。

これを、信頼できる他の研究者の結果に加えて古地理図を作ったのが図-1である。最近の他の専門家の研究によると、対馬海峡や津軽海峡は、ウルム氷期の海面低下時（およそ2万年前）には切れている事が発表されている（Oba et al., 1991）。それが正しいとすると、日本では、ウルム氷期に大陸とつながっていたのは琉球列島だけとなる。したがって、琉球陸橋の真偽を確かめる事がいかに重要であるかわかりただけだと思う。

### 3. 陥没をおこした海底のガスベルト

次に、古陸の消滅時期については、ウルム氷期の最大海退時のおよそ2万年前以降、地殻変動と海水準変動を伴って急激に水没したことがわかってきた。そのピークは1.5-1.2万年頃とみられる。その際大きな役割を果たしたのが、陸橋を胴切にする正断層運動であった。また、この陸橋の崩壊を港川人達は見ていた可能性がある。というより、陸橋の崩壊とともに全滅に近い状態になってしまったのかも知れない。その後、今から

6,000年ほど前までのおよそ1万2,000年間南西諸島からは人の遺跡や遺物が出てこなくなるからだ。

その陥没を起こした原因は、南西諸島海溝のもぐりこみと、陸橋の西側にある沖縄トラフと呼ばれる陥没域の陥没の進行によるものであろう。地の裂け目（リフト）にあたる、沖縄トラフの中央地溝へのマグマの上昇が一時的な陸地の上昇を促し、最後の陸橋が出現し、いわば沖縄トラフのリフティングに伴う一種のガス抜きによる古陸の水没がおこったと推定される。

### 4. 太平洋の失われた大陸説

イギリスの軍人であったチャーチワードの著書『失われたムー大陸』で代表される一連の著書によると、かつて太平洋沖に「ムー大陸」があったという。チャーチワードが指摘する、かつてムー大陸があったとされる場所は、いわゆるポリネシア三角地帯とされる地域を中心とした地域である。最近の有力な説では、ポリネシアの人々の祖先にあたる人達（海のモンゴロイド）は、今から4,000年以前は日本からフィリピンを経て、ボル

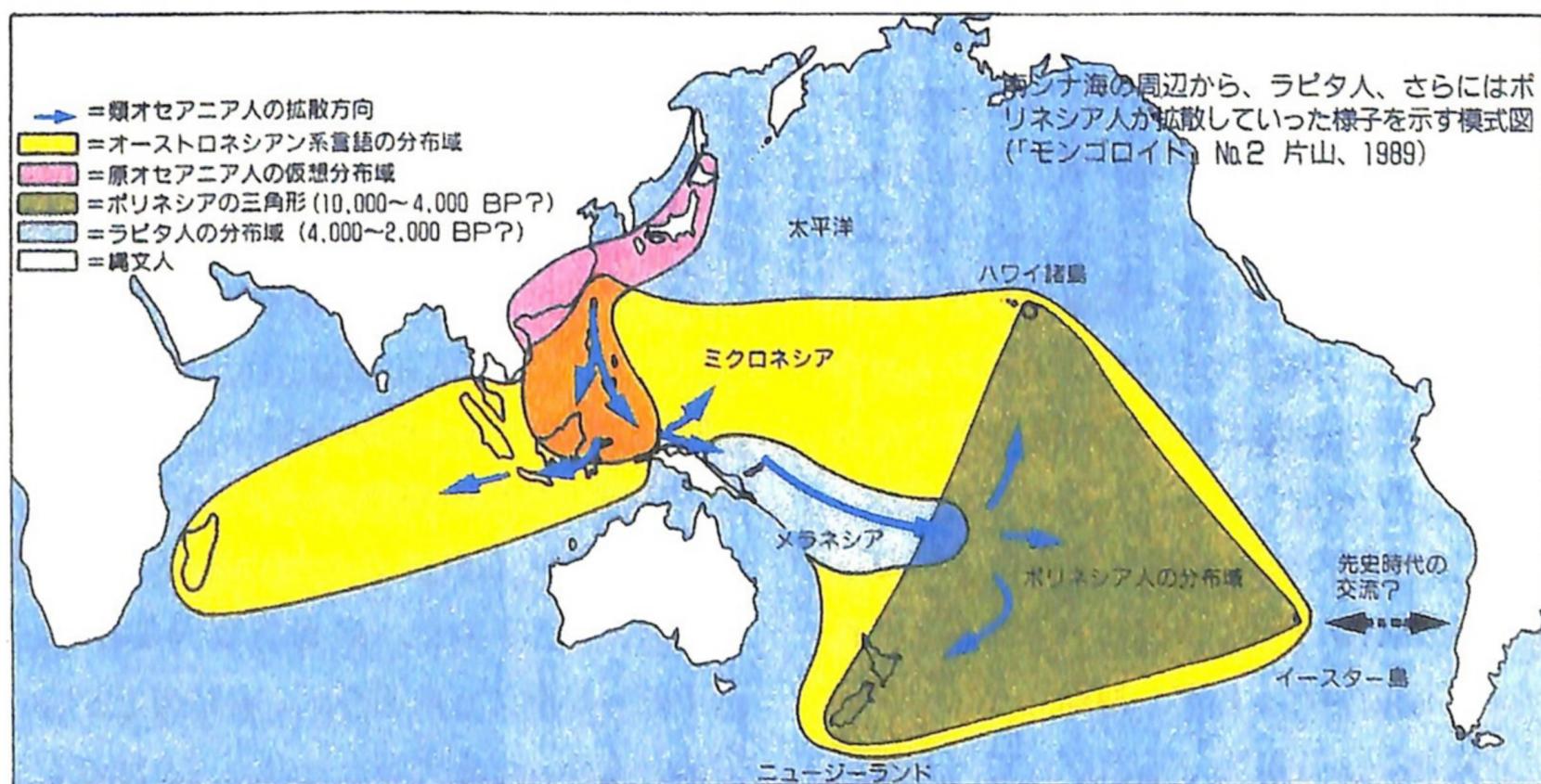


図-2 類オセアニア人の拡散を示す図 (片山, 1991による)

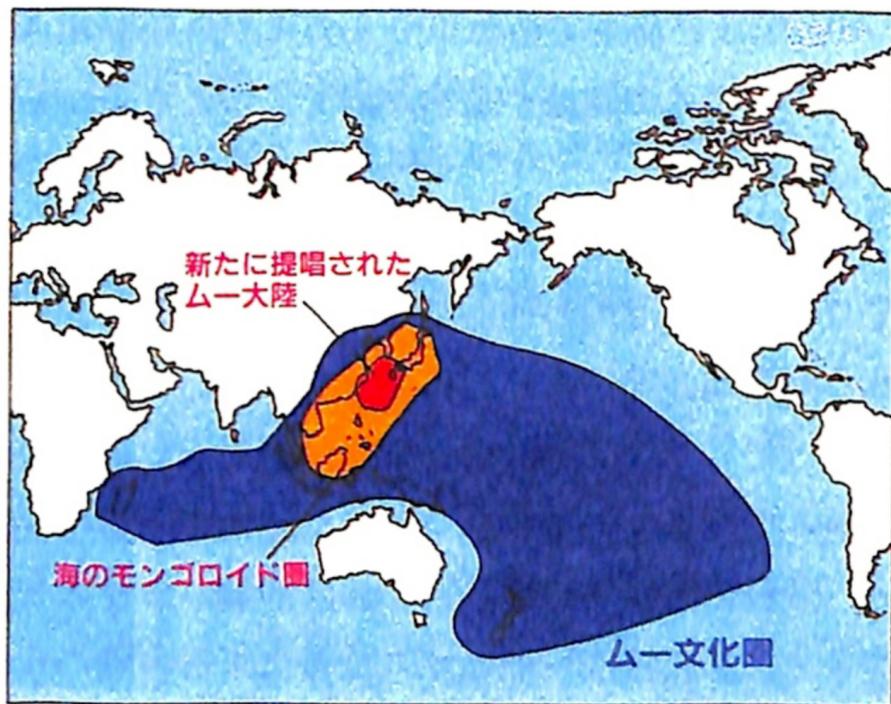


図-3 新たに提唱されたムー大陸 (?!) (木村, 1993)

ネオ、セレベスを含む地域に住んでいたとされる (図-2)。そこが、いわゆるムー文化圏 (竹内, 1980, 1990) のルーツと言ってよい所である。言ってみれば、チャーチワードの言うムー大陸があったとすれば、それは、西太平洋の海のモンゴロイド圏のどこかになければならないことになる。

このなかで、旧石器時代の人類化石が見つかっているのは、中国華南-琉球列島-日本列島にかけてであり、当然その一帯は古い文化圏に属す。琉球列島には、3万年より古い山下町人や2万年前の港川人 (M人すなわちムー人と読みたくなる!) が居た。また九州からは、1万2千年前の世界最古の土器が出土し、また、日本で書かれたと思われる最古の文字は琉球列島の種子島から出土している。この古い歴史をもつ一角南西諸島海域で、人類史はじまって以来の大陥没がおきたとしたら、ここで起こった陸塊の大水没の話がインドにまで伝わっていたこともありえない話ではない。

一方、ムー大陸の検証に最も大切とされる、チャーチワードの粘土板のそれと共通すると思われるシンボルを描いた石板が、沖縄島で見ついている (木村政昭, 1991b)。したがって、チャーチワードのイメージするムー文化ともはからずも

一致する点がある。

## 5. 水没を物語るニライ・カナイ信仰

チャーチワードのムー大陸説の論拠を知るのに、最も重要なインドの古寺にあった粘土板は、今は誰も見ることはできない。しかし、チャーチワードが想像したほどの広い地域に大異変がおこったのであれば、周辺地域でも関連する言い伝えか何かが残っていても良いはずである。すなわち、東方にユートピア的な所があって、そこが急激に水没してしまったという話がインドに伝わっていて、それをたまたま西洋人のチャーチワードが聞いて、興味を示したという構図が現実的だからである。するとまず、琉球古陸の水没が、伝説に残るようなものであったかどうかの検討が必要となる。

琉球列島には、よそでは知られない「ニライ・カナイ」信仰がある。これは、奄美大島以南の琉球列島全体に伝わる信仰で、現在の風俗・習慣にも広くその影響が認められる。いろいろ解釈があるが、つきつめてゆくと海底に自分達の理想郷があるという解釈がなりたつ。そこに竜宮があるともいわれている。現在の南西諸島の民俗行事の多くも、このニライ・カナイに豊饒を願うという点で一致している。それは、自分たちの祖国の水没が伝えられたものと解釈できる。

## 6. 中国の東方ユートピア観

### 6.1 中国版「ムー大陸」伝説

中国戦国時代の列禦寇 (れつぎょこう) (紀元前 400 年頃) の作とされている『列子・湯問第五』に、「渤海の東。幾億万里なるを知らず。

(中略) 其中に五山あり。一を岱輿と云ひ。二を冒嶠と云ひ。三を方壺と云ひ。四を瀛洲と云ひ。五を蓬萊と云ふ其山高く、下周旋三万里。其頂の

平處は九千里。山之中間相去ること七万里。以て隣居となす。其上の臺觀皆金玉なり。……」とある。

『列子』は、古来、毀誉褒貶の多い書で、著者と伝えられている列禦寇の歴史的存在すら否定され続けている。ここで、蓬萊山に注目してみたい。その島の周囲が3万里とあるが、これを漢代の標準里程で換算するとおよそ12,000 kmとなる。これは、東西8,000 km、南北5,000 kmとされるムー大陸の周囲に匹敵する大きさとなる。なんと、ムー大陸のルーツはここにあったのかと疑ってみたくなるほどだ。しかも、その上の台觀すなわち高殿は金玉でできているという。そこへ飛来する仙聖が数えきれないほどというから、これは金銀を用い、平和な人々が約4,800万人居たというムー大陸のそれにもひけをとらない話である。

しかも、付近の龍伯之国に大人が居たという。これがイースター島のモアイのルーツかも知れないと思わせる。少なくとも、巨人の考え方がここにもあるということである。1868年というから、ちょうど明治元年、チャーチワードがインドでムー大陸の話を書く。『列子』の今本の大部分が、魏・晋時代の道家の作としても、少なくとも魏・晋時代の中国人の東方観にこのようなものがあつたとしたら、チャーチワードがその影響を少なからず受けたことは考えられる。そうしたら、チャーチワードが大陸を太平洋の真ん中にもってきたとしても不思議はない。

## 6.2 徐福の海中三神山探索

時代としてはこの後、秦（しん）の始皇帝の仙薬探しが始まる。この話は、紀元前145年（あるいは135年）に生まれた、司馬遷により紀元前92年頃完成された『史記』に記されている。これは最近、史実と認められている。始皇帝が、仙薬を求めての旅で徐福に会う。徐福は徐市（じょふつ）とも言い、山東省、斉（せい）の人であ

る。五帝の流れをひく名家の出である。『史記・秦始皇本紀』に斉（せい）人徐市（じょふつ）ら上書し、「海中に三神山あり、名を蓬萊（ほうらい）、方丈（ほうじょう）、瀛洲（えいしゅう）といふ、僊人之に居る、請う、齋戒し、童男女とこれを求めん」と言う。ここにおいて徐市をして童男女数千人を發し、海に入りて遷人を求めしむ。」とある（丸山・守屋、1988、p.103）。つまり、海上に蓬萊、方丈、瀛洲（えいしゅう）という三つの神山があり、遷人（仙人）が住んでいると言うのである。

『史記・封禪書』によると、仙草探しは、徐福が初めてではない。それより先、斉の威王・宣王の時代から海に乗り入れて蓬萊・方丈・瀛洲の三神山を求めさせることが始まったとある。そして燕の方士もそれに関係したという。『封禪書』に言う、「言いつたえによれば、これらの山は渤海のなかにあり、人界からさほどへだたっていないが、残念ながら目の前まで来ると風が吹いて船が引き離されてしまうのだという。しかし、いきついた者もあつたらしく、そこには多くの人々が住み、不死の薬もある。物はみな鳥や獣まで真っ白で、黄金づくり白銀づくりの宮殿がある、遠くから眺めると雲のように見えるが、近づいてみると水中に沈んでいる、のぞきこもうとすると、風が引き離してしまうというのである。だから君候たちはみなこの話に心をひかれて探し求めさせたのだ。」（丸山・守屋、1988、p.108-109）とある。これは実際に1年に1度海に顔を出す、宮古島の八重干瀬が水没してゆくのを見た中国人か沖縄人の話が伝わった可能性もある。

それにしても、水の下に三神山とは、まさに海底のニライ・カナイの話そのものにみえる。神山には黄金づくり白銀づくりの宮殿があるというのであるから、これはムー大陸のそれをほうふつとさせる。これより伺えることは、意外にも三神山は無人数島ではなかったということである。日本で

ただ1カ所沖繩の那覇から、燕の明刀銭が出土しているが、この頃の方士で三神山に行き着いた者が持ち運んだものかもしれない。

当然徐福は、その話を倭人かあるいは関係者から聞いていたであろう。あるいは、濟州島、壱岐、琉球、日本本土、台湾などに上陸、あるいは定住してふたたび大陸に戻ってきた人びとから、こうした未知の地域の情報を得て、貴重な知識としたであろう。数千人をつれての大航海である。そうでなければ、船を出すはずがない。徐福は、東方の島のことについてはかなり確かな情報を得ていたはずである。

そして徐福らは、東方海上に乗り出す。『史記・秦始皇本紀』には、紀元前219年（始皇帝28年）の条に、「童男女数千人を發し、海に入りて僊人を求めしむ」とある。『漢書・五被伝』では、「徐福をして、海に入りて仙薬を求め、多く珍宝をもたらし、童男女三千人、五種・百工にして行かしむ。徐福、平原大沢を得て、止（とど）まりて王として来らず」とある。また、『盧山記』には、1,000人の童男女、五穀の種子のほか航海、天文、呪術、作士（造船）、記録、薬司官などを五百艘の船に分乗させたとある（以上三谷、1992、P.100）。『史記』の徐福渡航の記載については、司馬遷は、彼の時代より1千年前の殷王朝について正確に記していることから、彼の生まれるよりわずか70～80年前の徐福に関する記事を誤って書くわけがないという理由から、非常に信憑性が高いとされている。したがって数千人というのは正確であるかもしれず、少なくとも三千人は行ったとの見方が有力である。これが本当とすると、これはまさに東方ユートピア探しを地でいった事実となる。

ところが、始皇帝37年というから紀元前210年、徐福が出発した紀元前219年より数えて10年めに徐福がもう一度始皇帝の前に姿を現す。

『史記・秦始皇本紀』に、「常に大鮫魚（こう

ぎょ）に苦しめらる。故に至ることを得ず。願はくは善く射るものを請いてともにせん。見（あら）わるれば連弩（れんど）をもってこれを射ん」（丸山・守屋、1988、P.118）と訴えた。一方、『史記・淮南（わいなん）衡山（こうざん）列伝』では、彼が蓬萊に行ったことが書かれている。すなわち、海神に会って、不老長寿の靈薬を見せてもらうところまではこぎつけたが、始皇帝が託した礼物が少ないという理由で、譲ってはもらえなかったというのである（三谷、1992、p.156-157）。『史記・淮南衡山列伝』には、「還りて偽辞を為して曰く、臣、海中の大神を見る。言ひて曰く、汝西皇の使なるやと。臣、答へて曰く、然りと。汝何を求むるやと。曰く、願はくば延年益寿の薬を請ひ願はむと。神曰く、汝の秦王之礼薄ければ、観ることを得れども取ることを得ずと。即ち臣を従へて東南の蓬萊山に到、芝で成れる宮闕を見る。使者有り、銅色にして竜形、光上して天を照らす。是に於て、臣再拜して問ひて曰く、宜しく何を資して以て献ずべきや。海神云く、令名の男子若しくは振女、百工を以てすれば即ち之を得むと。秦皇帝大いに説（よろこ）びて、振男女三千人を遣（つかは）し、之に五穀の種と百工を資して行かしむ。徐福、平原広沢を得、止まり王となりて来らず」とある。

この書は、徐福が渡海したとされる前219年より100年近くたった時であるので、同じ『史記』の中でも、前者と伝承の内容が変化したとの見方がある。しかし、後で述べるように沖繩との関係からみると、あるいはこちらの方が情報量が増え真実を伝えているともみえる。この時は、「童男女三千人をつれて再び海に入った。そして徐福は、平原広沢、あるいは平原大沢を得て、そこで王となって帰ることはなかったと記されている。徐福らは、蓬萊の地に留まり、そこで平原広沢を得て永住したと解釈される。その「蓬萊」とはどこであろうか。

実は、後年呉孫権がその蓬萊探しを行った。晋の時代に書かれた、陳寿撰の『三国史・呉孫権伝』に、「(黄龍)二年春正月・・・將軍衛温・諸葛直を遣わして甲士万人を將(ひき)い、海に浮びて夷州(いしゅう)及び亶州(たんしゅう)を求めしむ。亶州は海中に在り。長老伝えて言う。奏の始皇帝、方士徐福を遣わし、童男童女数千人を將(ひき)いて海に入り、蓬萊の神山、及び仙薬を求めしむ」(三谷, 1992, P.101)とある。呉の孫権とは、卑弥呼王成立直前の人である。このように、彼は亶洲を探したが見つからなかった。

### 6.3 徐福らはどこへ行ったか

ここで徐福らがどこへ行ったか、従来の説を整理してみたい。徐福らが渡って行ったところは、いろいろと推測されている。その主な候補地は、北は東北日本から南は海南島までの範囲に入るようである。『孫権伝』では、蓬萊島は亶州にあたるといわれているから、夷州は方丈か瀛洲となる。

そこで、これまでにあげられている蓬萊島の候補地をあげてみる。

① これまで、夷洲は台湾、亶洲は済洲島という説が有力視されている(たとえば石原, 1951)。それは、『隋書』に済洲島が「亶羅国」として出てくるためである。

② 種子島を亶州とする説がある。これは亶の発音が似ているためと、同時代に中国の影響を受けたと思われる遺物が出るためである。

③ 日本本土。これは、徐福伝説が数多く伝わっているからである。日本で徐福伝説で名高いのは、紀州熊野と駿州富士である。それに尾張熱田を加え、それぞれ蓬萊と呼ばれる土地がある(木木道春『神社考』)。しかし遺物からは、徐福らの定住地点としては、吉野ヶ里が有力視されている。吉野ヶ里の弥生遺跡から出た人骨は、渡来系弥生人であり、その原郷は、揚子江下流域から黄河の南地域、すなわち、江南から山東半島まで

の地域に限定されうるということからである。華南でも華北でもなく、華中であるところまで推定の輪がせばめられるからだ。

④ 亶州は、今の海南島とする説がある。しかし、これは『史記正義』に括地志を引いて「亶州在東海中」とあることより、方向が違うのが難点である。

⑤ 1458年に作られた首里城の「万国津梁の鐘」には、「琉球国は、南海の勝地にして、三韓の秀を鐘め、大明を以て輔車と為し、日域を以て唇齒と為す。此の中間に在りて湧出する蓬萊島なり。舟楫を以て万国の津梁と為し、異産・至宝は十方刹に充滿せり。」(原文漢文)(沖縄県立博物館, 1992, p.18)と琉球国が「蓬萊(ほうらい)島」と明記されている。この蓬萊島という名がどういう根拠に基づいて記されたか明らかではないが、蓬萊島沖繩説をとる学者は沖縄県では多いとのことである(長浜, 1992)。

遺跡的には、亶洲といわれる広田遺跡とほぼ同じ遺物が沖縄にも出土する。それらは、南西諸島の島々、特に奄美、沖縄島、久米島等に産する。その意味では、南西諸島全体に徐福らの痕跡を見ることができるといえる。

## 7. 琉球の祖神アマミクと徐福グループ

### 7.1 アマミク伝説

沖縄には、徐福の出自した中国山東省から、琉球開闢の祖とされる天孫氏が来着したとする伝承がある(佐喜真興英『南島説話』)。たしかに、アマミク伝説(外間, 桑原, 1990)は、徐福渡来を暗示させる。アマミクは、渡来者を表し天孫の総称であり、琉球の祖神とされている。アマミクは女、これと対になるシニリクは男である。当時、琉球列島を次々とアマミクは南下してきたという。

中国を出発した徐福らは、済洲島を通りおそら

く佐賀へ着いたであろう。そこから蓬萊山を目指して南下した。一部は紀州から富士へ漂着したものが居たが、他は琉球列島を南下したはずである。これからの話は、アマミクの出現と整合的にみえる。

徐福らをアマミクの一行と見立てると、彼らは島々を南下してついに沖縄島に至った。那覇付近で王に会い尋ねたところ、南東の方向に不老長寿の薬があることを聞く。そして、海路を南東の方に蓬萊山をめざして行き、久高島に着き、ヤハラツカサに行く。そこから上陸する。そこにサルのコシカケにかこまれた王宮があったというが、それはおそらく「玉城（たまぐすく）城」の前身と考えるとよいだろう。その地域に次のような伝説がある。

『琉球国由来記』（1713年刊）の『聞得大君御殿並御城御規式之次第』のなかに、「聖なる世界「ニライ・カナイ」から久高島に穀物の種の入った小さな甕（かめ）が漂着したが、シラネチャ（稲の種）がひとつ足りなかったので「アマミキョ」が天に祈って、鷲を「ニライ・カナイ」につかわして求めさせたら、300日目に3本の穂をくわえて帰ってきたので、それを「ウケ水、ハリ水」（ウキンジュ・ハリンジュ）に蒔いた」とある。また『中山世鑑』（1650年刊）には、つぎのような伝承が記録されている。「阿摩美久、天へノボリ、五穀ノ種子ヲ乞下リ、麦・粟・菽・黍ノ、数種ヲバ、初テ久高島ニゾ蒔給。稲タバ、知念大川ノ後、玉城ヲケミゾニゾ芸給」。

アマミク（アマミキョ）が、那覇の南東部にある知念半島から鳥をニライ・カナイにつかいにやり、鳥がもってきた種子により稲作がはじまったというのである。そのためアマミク達は、国作りの祖とされた。アマミキョが、ニライ・カナイへ使いを出して300日して鳥がイネをくわえてもどってきたところは、一度徐福が中国へもどったことと符号している。玉城城で不老長寿の薬を乞

うたところ、だめだと言われたため、いったん中国へ帰って五穀をはじめとした物資をもってくるということになろう。徐福の渡海は、実は不老長寿の薬のためだけでなく、徐福が理想郷建設をめざしたという憶測は良くされるところである。徐福村のある江蘇省の北部に当たる連雲港市は、古くからの米作地帯である。それとイネをもってきたアマミクの話とは符号する。

このほかに、彼等をアマミクではないかとする理由はまだある。南島へ来る武士達は、まず男づれだろう。歴史上にのこる女づれは、徐福らが明らかである。この後の孫権らは男のみであったろう。これはアマミク伝説とはあわない。しかも、徐福らには、西王母信仰があったため、女性を表に立てていた可能性はある。そうでなくとも、島の人々には、美しい女群に目をうばわれ、まずアマミクは女性になったと思える。

『開闢神代暦代記』（岩間、1972）によると、徐福らは富士山に、出発より3年3カ月かかって到着したとある。中国に再び姿を現すのに9年かかっているのであるから、このあと琉球へ行った可能性がある。久高島に漂着した甕（かめ）が徐福らにたとえられるかもしれない。このときにはもう、アマミクが居ることから、最初徐福の妻を中心としたグループが先発隊として来ていた可能性もあろう。

## 7.2 亶州は沖縄でよいのか

そうなると、それより後の世に孫権が探した亶州も沖縄ということになる。万余の船でさがしたため、関係者が南西諸島に来たであろうということはずでに幾人かの専門家によっても指摘されている。彼らが、広田遺跡の「山」の字を書いたのではないかと言うのである。ここで、亶州についてももう少し考察を加えてみたい。

① 孫権は、亶州は遠くて見つからなかったが、夷州は大陸に近いので見つかったとしている。このとき、夷州から5,000人の捕虜をつかま

え、中国の属国にした可能性がある。それは台湾であるとの見方が強いが、それはうなづける。

② 亶洲は「壇洲」とも書けると言われる。亶洲＝壇洲とすると、隋書の流求に波羅壇洞、壇洞というのが出てくる。その意味では沖縄で良い。また、中山域には、北谷（ちゃたん）、読谷（よみたん）がでてくる。あるいは山田も亶を含んでいるのかもしれない。したがって、かつて沖縄本島が、壇洲と呼ばれたことがあっても不思議はないような気がする。

③ 沖縄の宜野湾市真志喜安座間原で、縄文時代晩期～弥生時代中期（2,500-2,000 年前）の60 体の人骨がでた。この中の一体は、南下してきた渡来系弥生人との混血とみられている。この混血が、もしかしたら徐福らのものではないかと想像できなくもない。

④ 亶洲が沖縄であると、文献にみられるような福洲との交易がうなづける。

⑤ 紀元前 314 年頃、燕は齊によって滅ぼされた。琉球から燕国の明刀銭が出土している。徐福らが来島する前から、大陸と交易が行われていた可能性がある。したがって徐福らが来たとき、既に蓬莱島に宮殿があるということは考え得る。

⑥ アマミクの末裔が邪馬台国を作った可能性があることと、それに渡来人が関連するということは矛盾しない（木村, 1992 a, b）。

## 8 . 西アジアのユートピア観

紀元前 3,000 年前に、『ギルガメシュ叙事詩』という世界最古の叙事詩といわれるものがある。そこでは、永遠の生命を求めて主人公の英雄ギルガメシュ王が、すべての国々をさまよい歩き、険しい山々を越え、すべての海を横切ったことが書かれている。彼は、海の底深くに潜り永遠の若さの植物（棘のある草）を得る。しかし、ギルガメシュが泉で水浴びをしている間に蛇がやってきて

この植物を食べてしまった（以上、矢島文雄, 1991）。ところがなんと、この話は、琉球に古くから伝わる「雲雀と生き水」および「生命の水」などの民話とそっくりであることが、ロシアのネフスキーという学者に指摘されている。その琉球には、ニライ・カナイ伝説がある。古い時代より東西の交流（間接的にせよ）が、示唆される。

インドでは、仏典に、大乘仏法が東方で栄えることが予言されている。弥勒（みろく）菩薩（ぼさつ）の『瑜伽（ゆが）論』では、たとえば、「東方に小国有り其の中に唯大乘の種姓（しゅしょう）のみ有り」と東方にユートピアを見出している。

## 9. ヨーロッパの東方ユートピア観

この地上のどこかに楽園があり、幸福の島があるという思想は、ヨーロッパではアレクサンドロス大王の東方遠征後盛んになる。一つはプラトンの失われたアトランティスで代表される西方指向である。しかし、もう一つの流れは、東方である。キリスト教会は、「エデンの園」を失われた唯一の楽園とし、楽園西方説を異端とした。そしてついには、東方にキリスト教国、プレステス・ヨハネ（つまりプレスター・ジョン）の国があるという有名な説が出た。

折から、1221 年、キリスト教の王が回教徒と戦ってこれを征服しつつあるという話が伝わった。しかしこれはジンギスカンのことであった。またそれは、コロンブス航海の重要な動機となったとも言われてる。ところが、元の国には、「日本」が、夢のような黄金の国だと伝えられていたため、1274（文永 11）年、と1281（弘安 4）年、フビライ皇帝は日本に大軍をさしむけた。17年間フビライにつかえたマルコ・ポーロは、その話を東方見聞録に記したことは有名な話である。

以上みてくると究極的には、東方のユートピア

とは、日本および琉球列島付近にきてしまう。日の昇る方向であるためということがあるかもしれないが、フビライ皇帝のそれは、東方海中に相当な文明をもった国があるという確かな話からきている。

## 10. 日本のユートピア観

それでは、日本本土では、ユートピアはどことされているのであろうか。それは西方極楽世界や南方補陀洛（ふだらく）で代表される西方ないし南方が代表的なものであろう。『法華経』化城喻品では、「彼の仏の弟子の十六の沙弥は（中略）その二人の沙弥は東方にして作仏す。（中略）東南方に二仏。（中略）南方に二仏。（中略）西南方に二仏。（中略）西方に二仏。一を阿弥陀と名づけ、二を度一切世間苦惱と名づく」とある。日本に来て浄土宗（念仏宗）では多くの沙弥の中から西方極楽世界が強調されている。また、『法華験記』によれば、天王寺の僧が熊野に詣でて帰る途中、道祖神が柴舟に乗せられ金色の光を放ちつつ「南方界」すなわち補陀洛（ふだらく）に渡ったとある。熊野修験（しゅげん）の祖である裸形上人（竜樹）もまた衆を化してのち、補陀洛に帰る（真喜志，1993）。

## 11. まとめ

以上をまとめると、アジアにおけるユートピアは結局中国の東方にあり、日本およびその西～南に位置することになる。その方面に、古代中国に長年伝わってきた神仙山があった。その地に含まれる古琉球で、人類史始まって以来の広範な陸地の急激な水没がおこった。今に伝わるムー大陸とは、チャーチワードの考えた大陸で、そこには地質学的に大陸はなかったことは明らかである。しかし、そこからほど遠からぬアジア東縁に、まさ

にチャーチワードが推定した地殻変動を伴いながら急速に水没した古陸があった。

そこに残る沖縄島で、石板が発見されていた。石板に彫られた絵文字のようなシンボルは、チャーチワードの「ムー文字」と良く似ている。そして、チャーチワードの記載しているのと良く似た風習が琉球列島に広く認められる（木村，1991b）。また、チャーチワードが聞いたムー大陸とは、まさに、三神山で代表されるように思われる。西側に大陸があり、ムー大陸は2つの水路で3つの陸に分かれているというイメージは、まさに中国東方の三神山のそれである。3つの陸を現した山型が、ムー大陸のシンボルとされている。

この辺の発想はまさに三神山からきているように思える。現に、徐福の話は、チャーチワードの著書にも出てくる。歴史上、倭人が中国大陸に現れるのは、紀元前771～720年頃、今から2,700年以上前の縄文時代後期から晩期の頃である。この時は、中国の成王の時で、嶋草（ちょうそう）を献じている。もしかしたら、この頃の彼等の仲間がインドに粘土板をもって現れた「ナーカル」の僧達ではなかったか。ナー（那覇？）から行ったというのは、考えすぎであろうか。三神山の伝説が、インドに伝わっていたとしたら、南西諸島付近にかつて存在した「古琉球」が「ムー大陸」の実像と言って良いことになる（図-3）。

琉球の正史である中山世鑑によると、琉球王国は1万7千年前にはじまったとされる。この真偽のほどは明らかでないが、これをまともにとると、チャーチワードの言う1万2千年前の水没前の王国ということになる。また、ムー大陸では、金・銀が良く使われていたとされているが、まさに琉球は、古代に金の国として識られていたことが指摘されている。たとえば、田山花袋が明治34年に編んだ『琉球名勝地誌』は、宜野湾の金宮について、「その地に行き土石を見るに皆金銀

なり、父勝連按司、大夫を遣わしこれを取らしむ」とある。これは、『おもろさうし』にみられる謝名村の黄金伝承によったものであろう（真喜志、1993）。

それに加え、琉球列島では、日本本土ではみられないような、人類が全滅するような洪水伝説が伝わっている。これは、陸橋の崩壊時のものかどうかは別として、琉球列島が過去、人が居なくなるほどの大津波を経験していることを物語っている。歴史時代に琉球でおきた、俗に明和の津波と呼ばれるものは、ギネスブックにのっている世界最大級の津波である。チャーチワードは、自著の中で、1923年の関東大地震もムー変動の一連のものとして受けとめている。ムー大陸水没運動は、そのような形で現在も日本・琉球列島弧で継続していると言ってもよい。

## 謝 辞

梅光女学院大学の国分直一教授には、広田遺跡の貝符等についてご教示いただいた。また、琉球大学の比嘉政夫教授には、ギルガメシュ叙事詩に関する教示を得た。瀛洲（琉球群島）徐福会の高柳弘幸氏には、徐福に関する資料について助言をいただいた。ここに謝意を表したい。

## 参考文献

- 1) 外間守善・桑原重美：沖繩の祖神アマミク。築地書館、東京、149p., (1990)
- 2) 石原道博（編訳）：魏志倭人伝他三編。岩波書店、東京、167p., p.59, (1951)
- 3) 岩間 尹：開闢神代暦代記全。三浦一族会、321p., (1972)
- 4) 片山一道：ポリネシア人－石器時代の遠洋航海者たち。同朋舎、東京、271p., p.229, (1991)

- 5) 木村政昭：音波探査記録からみた琉球弧の第四紀陸橋。中川久夫教授記念地質学論文、p.109-117, (1991a)
- 6) 木村政昭：ムー大陸は琉球にあった。徳間書店、東京、245p., (1991b)
- 7) 木村政昭：邪馬台国の位置に関する一考察－海洋学的視点をベースとして－。南島史学、No.39, p.21-43, (1992a)
- 8) 木村政昭：南海の邪馬台国。徳間書店、東京、270p., (1992b)
- 9) 木村政昭・松本 剛・中村俊夫・大塚裕之・西田史朗・青木美澄・小野朋典・段野洲興：沖繩トラフ東縁ケラマ鞍部の潜水調査－ウルム氷期の陸橋か？－。第8回シンポジウム報告書、p.107-133, (1992)
- 10) 木村政昭：沖繩海中にあったムー大陸の痕跡。歴史 Eye, Vol.3, No.8, p.14-18, (1993)
- 11) 木村政昭・松本 剛・中村俊夫・西田史朗・小野朋典・青木美澄：トカラ海峡の潜水調査－沖繩トラフ北部東縁のテクトニクス－。第9回しんかいシンポジウム報告書、(1993) (印刷中)
- 12) 真喜志きさ子：琉球天女考。沖繩タイムス社、那覇、269p., p.102, (1993)
- 13) 丸山松幸・守屋 洋：史記III 独裁の虚実。徳間書店、東京、281p., (1988)
- 14) 三谷菜沙夫『徐福伝説の謎』。三一書房、東京、235p., (1992)
- 15) 長浜博文：沖繩にあった邪馬台国。沖繩社研出版、那覇、223p., p.67, (1992)
- 16) Oba, T., M.Kato, H.Kitazato, I.Koizumi, A. Omura, T.Sakai and T.Takayama : Paleo-environmental changes in the Japan Sea during the last 85,000 years. Paleooceanography, Vol. 6, No.4, p.499-518, (1991)
- 17) 沖繩県立博物館（編）：復帰 20 周年記念特別展 琉球王国～大交易時代とグスク～。沖繩県立博物館友の会、首里、200 p., (1992)
- 18) 竹内 均：ムー大陸から来た日本人。徳間書店、東京、245p., (1980)
- 19) 竹内 均：ムー大陸から来た日本人 再び。徳間書店、東京、255p., (1990)
- 20) 矢島文夫訳：ギルガメシュ叙事詩。山本書店、東京、208p., p.124-127, (1991)

# 海に魅せられて 半世紀(ⅩⅩ)



## 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 現在に至る  
海洋科学技術センター評議員  
海洋開発審議会会長

奈須 紀幸 Noriyuki Nasu

## 13. 昭和40年代前半 (3)

### ② アルミランテ・サルダーニア (Alumirante Saldanha) 号 (続き)

前号では、アルミランテ・サルダーニア号が、母港リオ・デ・ジャネイロを出航して大西洋へ東航し、すぐ南のサントス港へ入港するところまでと、教官・学生・非番士官がサンパウロ訪問を果たすところまでの様子を述べた。

1964 (昭和39) 年の12月に入っていたから南半球は真夏である。サントス港を後にしたサルダーニア号は、再び南大西洋の幅の西1/3程度をカバーしながらジグザグコースをとって南下した。

本号を読まれる読者の便のため、図-1に前号の図-1を再掲する。前号の図中で3カ所、今回は変更を加える。筆者の記憶の訂正である。

4は、リオ・グランデ・ド・スルを単にリオ・グランデに、Aのトリニダード島をトリンダデ島、Bのロートス珊瑚礁はロカス珊瑚礁に変える。

目指すはリオ・グランデ・ド・スル州のリオ・グランデ港である。ここは隣国ウルグアイとの国境に近い。

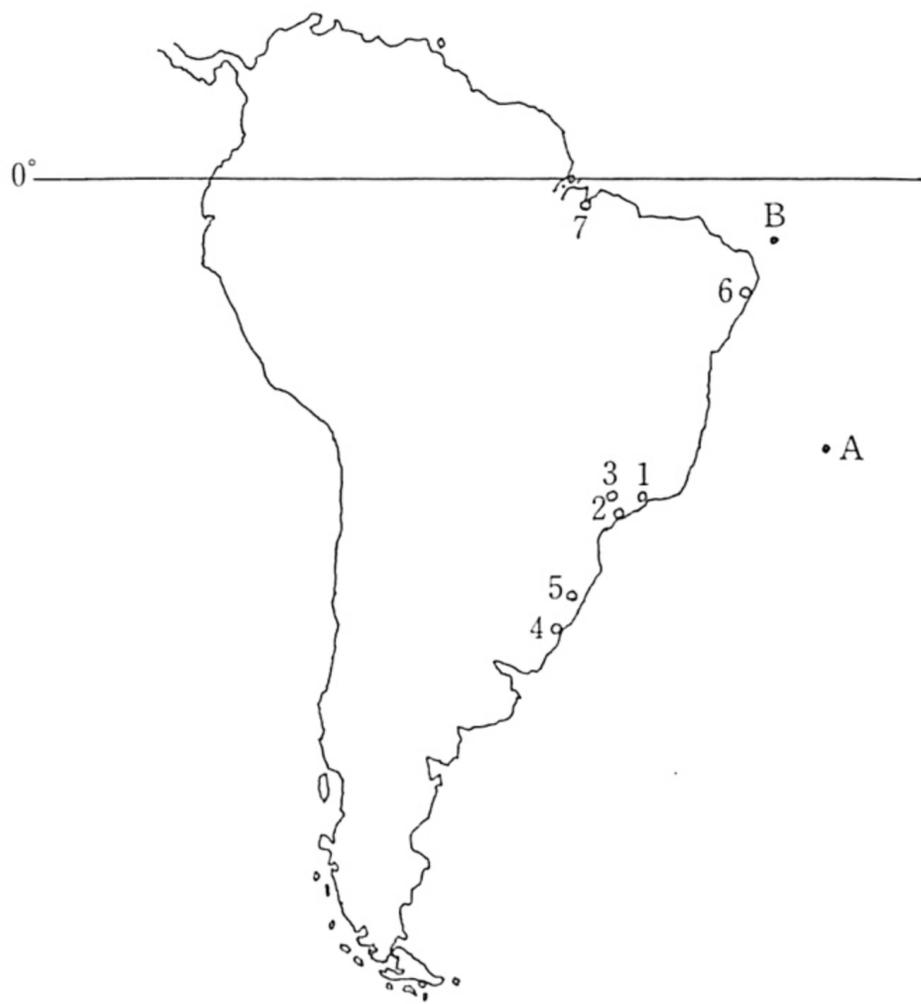
採水・採泥・流速測定・気象観測・ネットによる生物採集など通常の海洋観測を、測点および航走しながら繰り返し実施する。

いろいろなデータが得られた。

ただし、最後の数日間、青空が全くなく、雲が垂れこめて、昼も夜も、船の位置出しのための天測が全く出来なかった。加えて霧も段々深くなってきた。

どうなることか、と私も心配していたし、皆も心配の様子だった。ただ、このあたりの海岸は長距離にわたって砂浜なので、暗礁に乗り上げる心配はない、と、士官たちは言っていた。当然、音響測深儀は用いるので、海岸に近づけば分かる。

そろそろ海岸が見えてもよい浅さになったとき、忽然と船首方向に赤灯台が霧の中から浮かび出てきた。まさにリオ・グランデ港の入口だったのである。数百浬にわたる航海を天測もできず、手探りで指揮してきたシルバ艦長の勘に脱帽した。



1. リオ・デ・ジャネイロ (母港)
2. サントス (サンパウロの外港)
3. サンパウロ
4. リオ・グランデ
5. ポルト・アレグレ
6. レシフェ
7. ベレン
- A. トリンダデ島
- B. ロカス珊瑚礁

図一1 サルダニア号の母港・寄港地・乗船者の訪問地・上陸島（前号の図一1の再掲載。ただし、若干の地名変更あり）

あとで御本人に聞いたら、こうもうまく行くとは全く期待していなかった、とのことであった。

船は無事、港の岸壁に着岸した。

商船の多くは、この港の横を通過して大きなパトス湖に入り、その北端に近いポルト・アレグレまで入る。サルダニア号はパトス湖の外海への出口であるリオ・グランデ港にとどまった。

教官・学生・非番士官は、バスに便乗してパトス湖の西岸を北上しポルト・アレグレを訪問した。相当な大都会であるが、美しい町並みが印象的であった。この付近は土地が緑に萌えて、豊かなみのりを約束するかのようであった。ブラジル

の人たちは“ジャーマン・グリーン”と表現していた。

古くから、ドイツやイタリア系の移民が多く入植し、緑を育てた、ということであった。

第二次大戦後、日本人が相当数、ブラジルに移民したが、その行き先は、緑の多い南ブラジルには余地がなく、主として未開拓のアマゾン河流域であったことは、よく知られている事実である。

ポルト・アレグレで一泊した。

牛肉の切れを何枚も剣で串ざしにして、塩水に漬けては焼き上げる“シュラスコ”という焼肉がまことに美味であった。

本来は、アメリカ合衆国のカウボーイに相当する南米の牛飼いのガウチョたちが、野営するときに作った即席料理である。

ポルト・アレグレのレストランで食べたシュラスコの値段は、日本で食べる同じ重さのビフテキの値段の約10分の1であった。

ブラジルは肉が安く、野菜の値が張る国である。

チャールス・ダーウィンの“ビーグル号航海記”を読むと、当時、南米東岸に寄港した際、ダーウィンはやや内陸まで足を運んでいるが、その頃の北米と同じく、現地インディアンとの戦いの激しさのすさまじかったことが、赤裸々に記してある。

ただ、その頃から後、南米では、ヨーロッパからの入植者と先住者との混血が、北米とは比較にならぬ速さで進んだようである。

ところで、サルダニア号の航海予定は、この頃までに大部遅れてきていた。

リオ・グランデ港を後にした船は、北上し、母港リオ・デ・ジャネイロに戻った。急いで、水、食糧、燃料を補給した。終わったとき、12月31日の夜が暮れた。大晦日である。

乗組員の多くの人には家がこの母港の都にある。

この人たちは皆、一夜、帰宅して家族とともに

正月を迎えることを熱望していた。

しかし、シルバ艦長はそれを許さず、“ここに家族を持つ人たちの気持は痛いほどよく分かる。自分も同様である。しかし、船の行動実績は予定のスケジュールより大部遅れている。それを取り返し、予定に戻すことは私どもに課せられた義務である。分かって欲しい。これから直ちに出航する”，という趣旨の演説をマイクを通して全艦に流した。相当な長さの演説であった。

私はもとより彼の語るポルトガル語の演説は分らない。後で聞くと、まことに名演説であった由。

したがって、1965年の新年の朝は、リオ・デ・ジャネイロのやや東方の大西洋上で迎えた。

それから数日を経た観測航海の後、はるか前方に島影が見えた。トリンダデ島である。

この付近は、東西にトリンダデ・マルチン・バズ諸島が点在する。トリンダデ島はその西端に位置する。ここから西、南米大陸の東岸の間には、海面上に顔を出す島はない。

B. ヒーゼンの海底地形図で見ると、大西洋中央海嶺系から東西に海底火山群が伸びている中の一つの島がトリンダデ島ではなく、中央海嶺系より西側にだけトリンダデ海底火山列があり、その中で海面上に顔を出している島の一つがトリンダデ島となっている。

したがって、現在では、トリンダデ海底火山列は、その東端にホットスポットの噴き出し口を持ち、そこから、大西洋西半部の西方拡大移動につれて、点々と西へ連なった海底火山と幾つかの海上まで出現した火山よりなる火山列と解されている。ハワイ・天皇海山列と同類のものであるが、全長距離ははるかに短い。

ハワイのオアフ島にも似て、トリンダデ島は火山ではあるが、マグマに関しては根無し草で、活火山ではない。ただし、大洋中で形成される火山の例に洩れず、かんらん玄武岩を主体とする火山



写真一1 トリンダデ島の寄生火山

である。

船の進行に連れて、島影は段々大きくなってきた。写真一1が山すその寄生火山の一つである。

日本の火山とは全く様子が違い、別世界を見る思いがした。

この島は本来は無人島であった。

最近の数年、海軍の基地を置き、気象観測を始めた。したがって十数人の観測班が交替で常駐するようになった。しかし、船着場は全くない。

物資の補給はヘリか何かで行っているのであろう。

シルバ艦長は責任上、母船に残る。上陸する教官は私一人だけだった、と記憶している。

観測班長のC大尉以下数人の士官と、数人の学生代表が上陸することとなった。

私は、カメラ、靴、着衣などを風呂敷に包み、いつでも頭の上にくくりつけられるようにした。

とにかく写真が撮りたかった。そして水泳パンツだけを身につけた。

サルダーニア号から数隻のカッターが海面に降ろされた。左右2列に並んだ水兵がオールを漕いで島に向かう。ある程度海岸に近付いたところで、カッターの後ろに曳いてきたゴムボートに乗り移る。漕ぎ手は二人。私は風呂敷包みを頭の上のせ顎の下でしっかりと結んでボートに乗り移った。

ボート群は次第に波打ち際に近づく。

一隻目のゴムボートが着岸しようとしたが波打ち際の手前で転覆した。ゴムボートだから海中に投げ出された数人はすぐボートをひっくり返して元に戻し、乗船して水を掻き出す。しかし、やや沖に引き返す。

なにせ大西洋の只中である。うねりがある。海面は一見静かに見えるのだが、海岸の砕け波は相当な荒さである。

一隻のボートから、一人の学生が長いロープの端を身体に巻き付けて海に入り岸に向かって泳ぎ出した。そして上陸した。他の端はボートに結び付けてある。

上陸者はこのロープを伝って次々と上陸した。

私は頭上の風呂敷が濡れては困るので、平泳ぎで、時々、ロープに捕まりながら上陸した。

珍しい上陸方法である。私は、色々な島に上陸したが、この方法での上陸は前にも後にもこの時だけである。

海岸より少し高みにある海軍のバラックで着替えて歩き始めた。

写真一2は隆起海食台に行く私どもの一行である。

ただ、この台の成因が、海水準上昇時の海食によるものか、島自体の隆起によるものかは分からなかった。



写真一2 トリンダデ島の相対的隆起海食台

陽射しは猛烈に暑く、湿度は高い。

目指すは、やや離れたところまで海岸を回りこんだところにある海食洞の見物である。

過去何人かの探検者が、ボートでこの洞窟に入ったが、誰も戻ってこなかったそうである。中で流れが渦を巻いている場所があり、ボートがそこで吸い込まれたのであろう、と説明する士官もいた。

とにかく暑い。私は黒砂の砂丘のところへばって座り込んだ。そして、ここで待っているから、皆、洞窟を見物してらっしゃいと言った。

その時、C大尉は、“プロフェッサーナス、貴方がこの島へ来る機会はまだ二度とないでしょう。ここでギブアップしたら一生悔やみますよ。さあ、頑張ってお立ちなさい”，と励ます。

この一言は効いた。私は立ち上がった。そして歩いた。そしてくだんの海食洞を皆と一緒に見た。

帰途についた。基地のバラックの見えるところまで来たら気が緩んでしまった。私はふらふらになった。皆、先にバラックに入ってしまった。

日射病の一步手前だな、と思った。一步、一步ゆっくりと頑張って歩いて遂にバラックに辿り着いた。

水を飲むは飲むは、驚くほどの量を補給した。

数分後に、今度は驚くほど多量の汗が身体中から噴き出した。そして漸く落ち着いた。

昭和20年代のある夏の日、後年、「火山フロント」の提唱や「伊豆半島・本州衝突説」の提唱で有名になった元神戸大学教授の杉村新氏や、現在、東大（地震研究所）名誉教授の村井勇氏ら同僚と、伊豆の大島の波浮の港の海岸から、それを囲む爆裂火口の急崖を登りきったとき、大量の水を飲み、大量の汗をかいたときからみて二度目の大汗かきであった。

帰船も同様の方法で戻った。ここに掲載した写真一2、そして今回は掲載していないが洞窟の写

真などトリンダデ島で私が撮影した写真は、その裏にそれなりに私の苦勞が秘められたものである。

よい経験であった。

それから数日を経て、船はレシフェの港に入った。レシフェは美しい町である。

ここでは一日、下船してホテルに泊まった。私の助手を務めてくれたパウロは、ここレシフェの大学のスタッフである。

レシフェは南緯 8° くらい、熱帯である。ただ常時、風が吹くのでしのぎやすい。

官庁も大学も午前中に仕事をする。早朝から午まで。

パウロは、午前 4 時ころが勤務に向かう人々のためのラッシュアワーになる、と言う。嘘と思うなら、明日朝、ホテルの窓から外を見て御覧、と言う。なるほど、翌朝、まだほの暗い午前 4 時、道路を見たら出勤者や学生の群れであろうか、多数の人々が往来している。

暑い午後は昼寝、夕方起きて夕食と休憩、そして深夜は再び就寝、と 1 日の中で、睡眠を 2 度に分けて取る習慣なのである。ラテンの古くからの伝統が、ここレシフェでは現在もそのまま引き継がれていた。

パウロは、午後、大学の別の職をもっているのので、ダブルインカムで生活は楽だと話していた。

このような別世界を見た私は、再び船上の人となり、レシフェを後にした。

再びジグザグコースを取りながら、船は次第に北上する。

そして、ある洋上点から北上してロカス珊瑚礁に向かうこととなった。

夕刻、日が落ちてしばらく経った頃、キャビンに居た私は何となく異変を感じた。そこで、急いで身繕いをしてブリッジに駆け上がった。

シルバ艦長が渋い顔をして士官たちに指令を次々と出している。

海図の上を覗きこんだ私はいささか仰天した。

船のコースを引いた鉛筆の線は北に伸びてロカス島を目指している。そのコースに順々に時刻が記されている。

午後 8 時頃であった。時計を見ると、船はすでにロカス島の上を突っ切って北に抜けている勘定になる。

艦長に事情を聞くのは憚られた。居合わせた士官にそっと、何が起こったのか尋ねた。

事情はこういうことであった。

この時、当直は任官したばかりの若い少尉であった。その父君は海軍提督の一人である。いわばこの少尉は御曹司であった。

晴れていた。星を見て天測を繰り返したが、コースの前方に見えるはずのロカス珊瑚礁が見えてこない。堪り兼ねた少尉は、艦長に苦衷を訴え出た、という次第であった。

その時、艦長が発した命令が、船を 180° 急速旋回させて逆戻りさせる、というものであった。

今まで船は、珊瑚礁に乗り上げずに前進してきたから、とにかく、同じコースを引き返せば、坐礁は免がれるから、という判断である。

引き返ししながら、船位の再点検をしている所に私は駆け上がってきた、ということであった。

私が異変を感じたのは、船が急旋回をした時であろう。

私はほとんど艦長の取った咄嗟の措置に感心した。なるほど、音に聞く名艦長とはこういうものか、と感じ入った。

ロカス珊瑚礁は無人だが、その東に点在するフェルナンド・デ・ノロニヤ諸島のある島には海軍の基地があり、連絡のための無線電波を絶えず出している。電波に対する方向探知機と、天測のやり直して、サルダーニア号は、少尉が計算したコースより 20 哩ほど西を北上していたことが判明した。また、ロカス珊瑚礁よりまだ南に位置していることも分かった。

ロカス珊瑚礁には無人灯台がある。2年ほど前に動力源を補給してあるから、無事なら今も点灯しているはずだ、といったのんびりした話になった。船は北東進する。当直の士官はもとより、水兵や学生にも招集がかかり、皆、舷側に並んで灯台の灯を発見することとなった。

度々、発見の声が出る。しかしそれは水平線近くでまばたく星の光を見違えたものであった。

現在、日本の海洋観測船の類いはハイテクの粋を集めたようなもので、船位は正確に出るし、乗船者が上に述べたような経験をする事もない。

ただ、何か故障が起こったとき、上のような原始的な行動をとらざるを得ないことがあるかも知れぬ。

夜明け近く、ロカス珊瑚礁の灯台の灯が発見された。無事、毎夜点灯を続けていたのである。

今回は副艦長のリラ中佐が指揮をして4人の教官が2隻の小型ボートに乗って珊瑚礁に上陸することとなった。本船から途中までは大型のカッターで島に近付くことは、前回のトリンダデ島上陸の時と同じパターンであった。今回はゴムボートは使用しない。固い珊瑚礁に接触すると危険だからであろう。

満潮時の半時間ほどが、上陸可能な時間で、それを外すと、珊瑚礁の一番外側で、外海の波が砕け散るので、隙間に入ることも、中から出ることも出来なくなる、ということであった。

2隻のボートは無事、隙間から内側の礁湖に入った。すぐ浅くなり、ひたひたと水をかぶる程度の浅さのところを歩いて珊瑚礁の中央にある珊瑚砂の堆の高みを目指した。

礁湖の水たまりには、魚や大きな亀などの生き物が動き回っている。ただリラ指揮官の命令で、急げや急げ、ということで写真を取る暇もない。

ようやく高みに到達した。無数の海鳥が乱舞していた(写真-3)。私はヒッチコック監督、グレース・ケリー主演の映画“鳥”を連想した。し



写真-3 ロカス珊瑚礁で乱舞する無数の海鳥



写真-4 ロカス珊瑚礁の灯台守の廃屋

かし、ここの鳥は私たちが襲わなかった。

写真-4は灯台守の一家が住んだ廃屋である。第二次大戦中、ドイツのUボートの襲撃を恐れて、補給船がこの灯台守の一家を見捨てた。

飲み水が欠乏して一家は全滅した。その恨みを訴える文字の数々が、廃屋の内側の壁に今も鮮やかに見えるほど深く刻み込まれていた。

第二次大戦はこのように、語られることも少ない数々の悲劇を世界中に撒いていったのである。

“さあ、時刻がきた。帰ろう”とリラ副艦長が言った。皆、大急ぎで帰路についた。

ドイツから移ってきた生物の教官は、元陸軍の職業軍人、戦後、生物学を修めた人である。無論、私などより大部御年配であった。

この方が、礁湖の中で足がとまっては写真をお

撮りになる。リラ指揮官は急き立てる。大変な騒ぎであった。

2隻の小型ボートに辿りついた私達一行は、少々潮が引いて、もう大部大きく波が砕け始めた珊瑚礁の外壁の隙間を辛うじて外海へ脱出した。

あと数分、遅れていれば脱出は困難で、小船は転覆した可能性もあったと感じた。

いつもはにこやかに冗談ばかり言っているリラ指揮官の顔色がさすがに変わっていた。生物の教官への怒りの感情が抑えきれなかったのであろう。皆の命を預かる指揮官の使命として当然の感情であろう。

余談になるが、シルバ艦長は数年後、新設の海軍の海洋研究所長に転じて日本に見えた。日本橋の日本料理の店にお連れして大いに歓談した。

それからしばらくして、リラ中佐は提督となり、ブラジルの連合艦隊総司令官に昇進して日本に見えた。同じ料理屋で飲を尽くした。気さくなところは、私の乗船当時と少しも変わっておられなかった。

このロカス珊瑚礁への上陸は、自然の美しさと、そこに刻み込まれた灯台守一家の悲劇と、私ども自身の間一髪の危機脱出という強烈な記憶と印象を私に与えて終わった。

船はそこから北上し、一旦赤道を越えて北半球に入った。その時、盛大な赤道祭が催された。

キングとクイーンに、お祝いの重油をシャツや体の上にたっぷりと塗られた皆は、洗い落とすのに苦労していた。私も例外ではなかった。

それから赤道沿いに何度か北半球、南半球への出入りを繰り返しながら船は西進し、赤道より少し南のアマゾン河口から少し上ったベレンの港に向かった。

その頃のことである。突然、火災警報が響きわたった。士官も水兵も左右へと走り回っている。

一人の士官に、どうしたのだ、と尋ねたら、多分演習だろう、と答えて走り去った。

全員、避難のため、指定された救命ボートの側へ集まれ、というアナウンスがあった。

その時、少し上の方で、ドアを開いて機関室を覗いているシルバ艦長の顔が見えた。実に渋い顔である。私は、これは本物の火災だな、と直感した。

一目散に自室に駆け戻って、金庫を開き、パスポート・航空券・トラベラーズチェック・キャッシュ・重要書類、それにボートで漂って数日の間、救助を待ってもよいように熱帯の陽射しを防ぐため、ある程度の着衣を身につけて救命ボートの側に行った。半分ほど集まっていた学生諸君など誰も貴重品は持っていない。アロハシャツ一枚をまとっている状態である。皆、私のものものしい姿を見て笑う。皆、演習だと決め込んでいるのである。

実は本当の火災発生だったのである。古い船なので、機関室の中の給油管の一部が破損してそこから洩れた油に火がついたのであった。シルバ艦長が見たのは、その燃える火だったのである。幸い、機敏な消火活動の結果、無事鎮火し、全員退艦の大事に至らずに済んだ。

救命ボートそばの避難待機の命令が解除される頃、漸く、実際に火災が発生したことを知った皆は、流石、日本人は機敏だな、と妙な感心をして、それをまた口に出して私に言うのである。

誉められているのか、いささかの非難をされているのか、こちらは戸惑った。

ともあれ無事に一件落着で済んでよかった。

リラ副艦長は実にいたずらさきである。水兵の多くはブラジル北部の出身で信仰深い。一方、幽霊の存在を信じている人も多い。

サルダーニア号は古い船である。マイクが付けられる前は数多くの伝声管で連絡し合っていた。そうした古い伝声管を使って、いろいろの声音で奇妙な音を送る。水兵たちは、それを幽霊の声と信じて、幽霊に取り付かれないように色々なおま

しないをする。その方法は、リラ副艦長が創作して、情報として自然に口伝てに流すのであろう。御陰で、艦内の規律は厳正に保たれる。

リラ氏は私にこういうことも打ち明けてくれた。それは、別の船に乗っていた時の創作だそうである。人がいない時を見計らって、一人の水兵の靴の裏をたっぷりと水で濡らし、別の水兵がそれを抱えてある部屋の海側まで持って行って下ろす。そこから部屋の内側へと歩かせる。壁に付き当たった所で、再び抱き上げて、部屋のドアから廊下へ出て、付き当たった壁の外の廊下で下ろし、床を水で濡らした靴で横ぎらせる。同じ操作を廊下を挟んだ反対側の部屋でも繰り返す。

結果として、海の怪物が、船体の外壁を這い上がって音もなく部屋を抜け、その部屋を歩いて内壁を抜け、廊下を横ぎり、その先の部屋を歩いて反対側の外壁から海へ戻ったことになる。

そしてくだんの水兵たちに幽霊が船を横切った、と騒がせる。その船ではこの怪事件はいまだに未解決、とのことであった。

アマゾン川は大河である。その河口から大西洋の相当沖合まで水は濁っている。沖合から河口に向かって進むサルダーニア号が突然、茶色に濁った水域に入っていった感じであった。

リラ副艦長が私に言った。アマゾン川には色々なものがある。ピラニアなどよく知られている。しかしこの淡水域に入ると、小さな魚がいて、これが水流のあるところ、どこでも素早く駆け登ってくる。船内で小便をしても、駆け登ってきて尿道に入り、そこでぱっと鱗を広げる。痛いものなのって、それは大変なことになるから十分用心をして頂きたい、との趣旨であった。

それからベレンの港に着くまで、私は用心した。小用をたすのに決して垂れ流しはしない。数秒おきに断続的に用を足した。つつがなくベレンの港に着いてから、リラ氏に礼を申し述べた。御陰で無事、ベレンに着きました、と。

しばらく私の顔を見ていたリラ氏は、真面目な顔をして、“あれは嘘ですよ”と言ってから破顔一笑した。私は完全にかつがれたのである。

その余りの見事さに私も脱帽し、笑いがしばし止まらなかった。それ以後、私は、安心して用を足した。

これがラテン気質というものである。

ベレンの港には色々な露店が出ていた。その中には多くの日系の方々の姿が見えた。サンパウロの20万人といわれる日系人たちの颯爽とした姿に比べて、ここベレンの露店の日系の人たちは、余り恵まれてはおられない、という印象を受けた。

戦後、アマゾン流域に移民で入植したが、成功に至らず、ベレンに出てきた人たちであろう、と私なりに勝手な物語を作った。事実が違っていれば幸いであるが。

50日近くに及ぶ私のサルダーニア号乗船の仕事は、ここベレンで終わった。

教官の先生方、パウロ氏をはじめとする助教団の方々、シルバ艦長・リラ副艦長・C大尉、ユネスコ派遣のB氏、学生諸君、皆良い人ばかりであった。

連日連夜、観測、講義、歓談、はたまた私の下手なマー جانを承知の上で誘いに来る士官たちを相手の忙しい時も瞬時に過ぎた感じであった。

船はこれから母港リオに戻る。そこでは楽しいカーニバルが待ち受けている。

是非、そこまで滞在日程を伸ばせ、と皆言ってくれた。心底からそう言ってくれるのである。

しかし、予定は予定、私は皆の好意を謝しつつベレンの空港から朝飛び立つことにした。

リオから飛んできた飛行機は、後部のタラップから乗り込むタイプのものであった。

士官たちは、夜のベレンのナイトクラブで活躍する楽団を雇い上げて連れてきている。

士官たちは、通路の両側に並ぶ。先頭の士官が

ピー・ポー・ピーと厳肅な登舷礼の笛を吹く。後では、楽団が音楽を流す。その中を左右に敬礼しつつ私は後部タラップから機上の人となった。

そこまではよかった。その後がカオスである。

士官も楽団員も全員、飛行機の通路にぞろぞろと乗り込んできた。そして約10分間ほど、歌半分踊り半分の大騒ぎである。歓送とはまさにこういう状態を指すのであろう。

出発の時刻が来て、スチュワーデスから追い出されるまでこの喧騒は続いた。

飛行機がテイクオフして漸く静寂が機内に戻ったとき、私の顔を見詰める何人かの視線を感じた。マイアミ行きなので多数のアメリカ人が乗客の中に居たのである。好奇心のまなざし、非難のまなざし、色々な意味の視線があったのであろう。

現地時間1965年1月23日の朝の出来事である。

それからほぼ1年を経過したある日、海洋研究所の私の手元に一枚の航空便がブラジルから届いた。開封すると、中にユネスコ発行の東京・リオ往復のエア・チケットが入っていた。添え書きに、また是非来てくれとのことである。

その頃、建造が具体化し、色々と詳細をつめつつ白熱した状態にあった白鳳丸の海洋研側委員長を私は務めていた。これは、希望膨らむ諸先生がたの過大要求を調整する役目が大きな部分を占め

ていた。全体の総括委員長は高木 淳先生である。

教授会で、私は、この航空券のことを話し、本音はまた行きたいのですが駄目でしょうね、と言った。私を見る教授会全員の顔が、無言で駄目だと頷いておられる。

泣く泣く私は、事情を記して、この貴重なエア・チケットを深謝の手紙を添えてブラジルに送り返した。

後年、総務庁企画の“世界青年の船”の団長を仰せつかり、メキシコのアカプルコに飛び、そこで商船三井の“日本丸(先代)”に乗り込み、パナマ運河を往復し、カリブ海のベネズエラ、南太平洋側のエクアドル、そしてハワイで外国人全員が帰国の途につくまで務めを果たした。

外国人100人ほどの青年男女の中の相当数が中南米のラテンの人たちであった。アカプルコ出航の際は全員が乗船していた。ベネズエラからぼつぼつと帰国させ、エクアドルまででラテンの人は全員帰国させた。

この間、私はサルダーニア号乗船、そしてそこで培われたラテンの人たちとの人間交流の経験がどれほど役に立ったか、計り知れないものがあることを実感した。

サルダーニア号の乗船経験はかく私にとって強烈かつ好ましい印象を残して終わったのである。

# 潜降浮上型人工海底の研究開発

海域開発研究部 長濱 修 Osamu Nagahama

## 1. はじめに（研究開発の経緯）

リアス式海岸の湾内は海底地形が急峻で深いために、養殖漁場用の適地面積及び磯根資源の成育に適した岩場の面積が狭く、また底質が砂泥質のため、一般的に漁場としての価値が低いといわれていた。岩手県においてアワビ（エゾアワビ *Haliotis discus hannai*）は沿岸漁業の重要な資源の1つであり、増殖事業を中心に振興が図られているが、生産量は年々減少の一途をたどっている（現在は最盛期20年前の約1/10にまで減少）。このためリアス式海岸の多い同県沿岸域湾内においては、海中空間の有効活用を図るため、人工海底の開発も含めて早急な技術開発が必要とされていた。

昭和60年度、岩手県は、科学技術庁の「アクアマリン計画」の調査県に指定され、海洋開発に関する技術課題の抽出調査を実施した結果、同県で推進することが望ましい重要課題として、「人工海底による海洋空間利用拡大技術の開発」が抽出された。

一方昭和63年度からは、地域が抱える課題を海洋科学技術センターの有する技術開発力で解決に向け支援する事業として、地域共同研究開発事業が発足した。

同県の場合、以下のよな地域特性を有してい

る。

**自然特性：**リアス式海岸，急深（遠浅域が少ない）で湾域が狭く，地質は砂泥質が多い。暖・寒流が交差しており，栄養塩が豊富で魚種が豊富。

**社会特性：**世界有数の漁場であり，古くから水産業が先発しており，三陸俵物・南部鼻曲がり，吉浜（キッピン）アワビ，三陸ワカメ等に代表される産物で有名。

すなわち同県は，リアス式海岸・急深・湾域が狭隘・地質は砂泥質という一般的には利用が困難な海域条件を有するため，水産業と海洋開発を両立するモデル的な開発を進めることが同県の地域課題であり，これを解決するために海洋科学技術センターと岩手県（企画調整部，林業水産部）は，同県の緊急課題である人工海底の検討を開始し，平成元年度から3年度にかけて，地域共同研究開発事業「潜降浮上型人工海底による海洋空間利用拡大技術の開発」を実施した。

平成元年度と2年度で実験施設として潜降浮上機能を有する人工海底を建造し，平成2年12月に岩手県気仙郡三陸町綾里港湾の水深16mの海域に同施設を設置した。人工海底施設は「マリンあや1号」と名付けられ，約5カ月の事前運用試験を経て，平成3年5月から約1年間にわたるアワビ及びクロソイの養殖試験を含む実海域実証試験を行い，養殖施設として高い評価を得るに

至った。

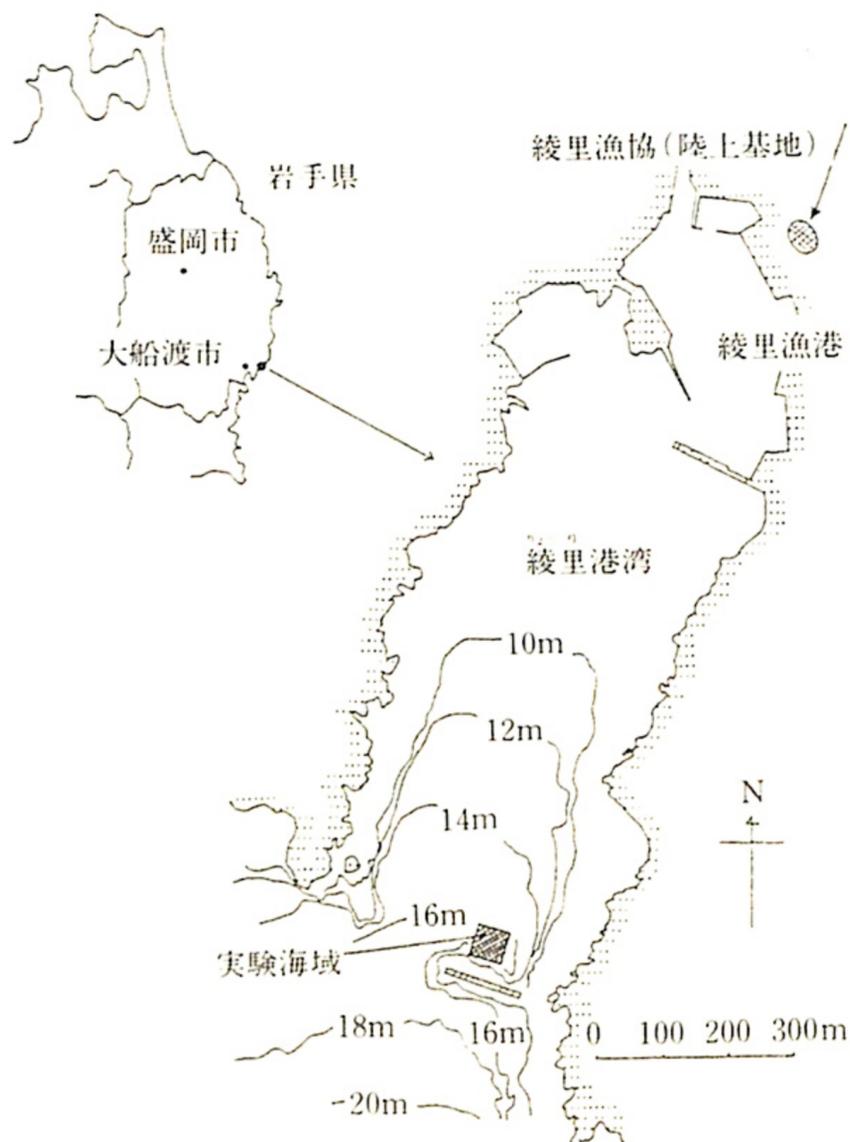
現在は、さらに実用化を目指して、装置の耐久性調査を継続するほか、中高年層の漁業協同組合員 OB (58~70 歳) らでアワビ協業体が組織され、チームを組んでアワビ養殖のための世話 (給餌・清掃等) を行っており、高齢者対策を含む地域の振興及び活性化に寄与している。こうした試みに国内のみならず、海外も含め数多くの見学者が現地を訪れている。

本稿では潜降浮上型人工海底を考案した経緯、施設の概要、実験の全体計画及び研究課題と実海域実証試験結果の概要について報告する。

## 2. 研究開発の全体計画

研究期間は平成元年から3年までとし、当初の2年間で人工海底施設を建造し、最終年度は実海域での実証試験を行った。

実験海域は岩手県気仙郡三陸町綾里港湾の湾口



図一1 実験海域

部防波堤内側の水深 16 m の海域 (図一1, 写真一1) が選定され、その海域の海象条件に合わせて施設の概念設計が進められた。潜水観察により天然のアワビの生息深度帯、海藻類の成育深度帯、海底地形、底質等を調査した結果、人工海底の海中空間設置層としては深度 4 m が適切との結論が得られた。人工海底の大きさは 20 m × 20 m, 係留はアンカーとチェーンによるカテナリー方式とした。なお施設の設計条件は湾口部防波堤の設計値を用いた。人工海底は川崎重工業株式会社により宮城県塩釜市で製作され、完成後岩手県三陸町綾里港湾に曳航、平成2年12月17日に係留工事が完了した。平成3年4月まで潜降浮上試験、現場での養生、養殖カゴ・養殖生簀の製作と

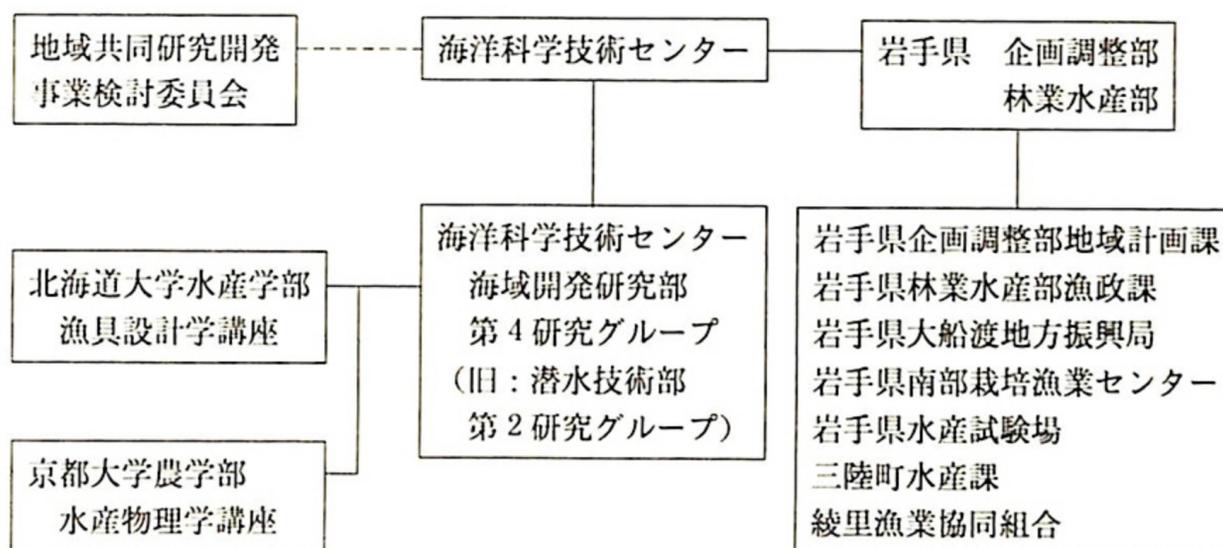
表一1 実験の年次計画

項目	元年度	2年度	3年度
1. 人工海底施設の設計製作	←→		
2. 人工海底施設設置		↔	
3. 事前運用試験		←→	
4. 実海域実証試験			←→
5. システム評価			←→



写真一1 実験海域

表一2 研究開発体制



取付け方法の検討等，事前運用試験が行われ，平成3年5月から4年3月までアワビ・クロソイの養殖試験を含む実海域実証試験が行われた。年次計画と研究組織を表一1, 2に示す。

### 3. 潜降浮上型人工海底の概念

#### 3.1 従来の概念

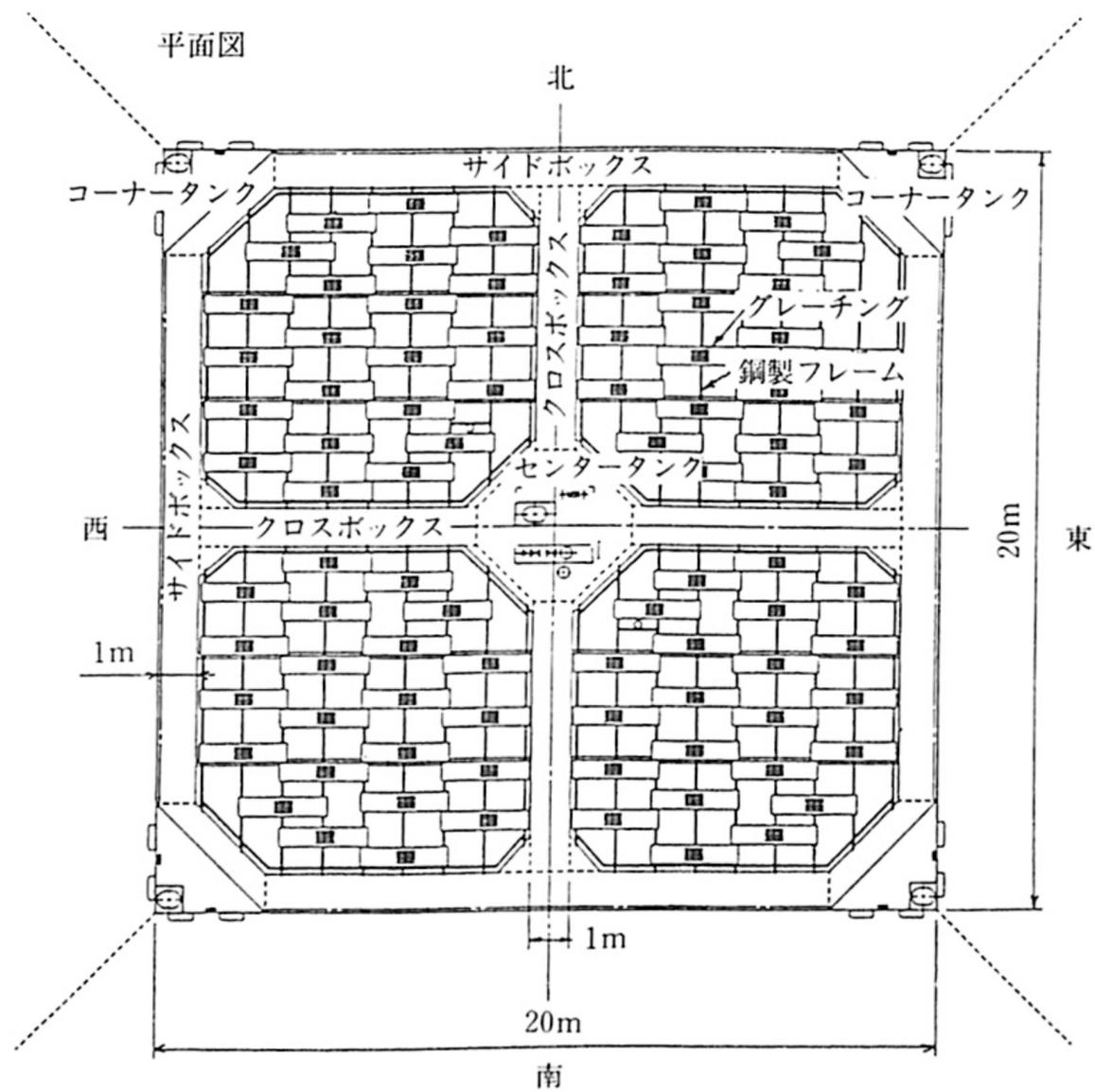
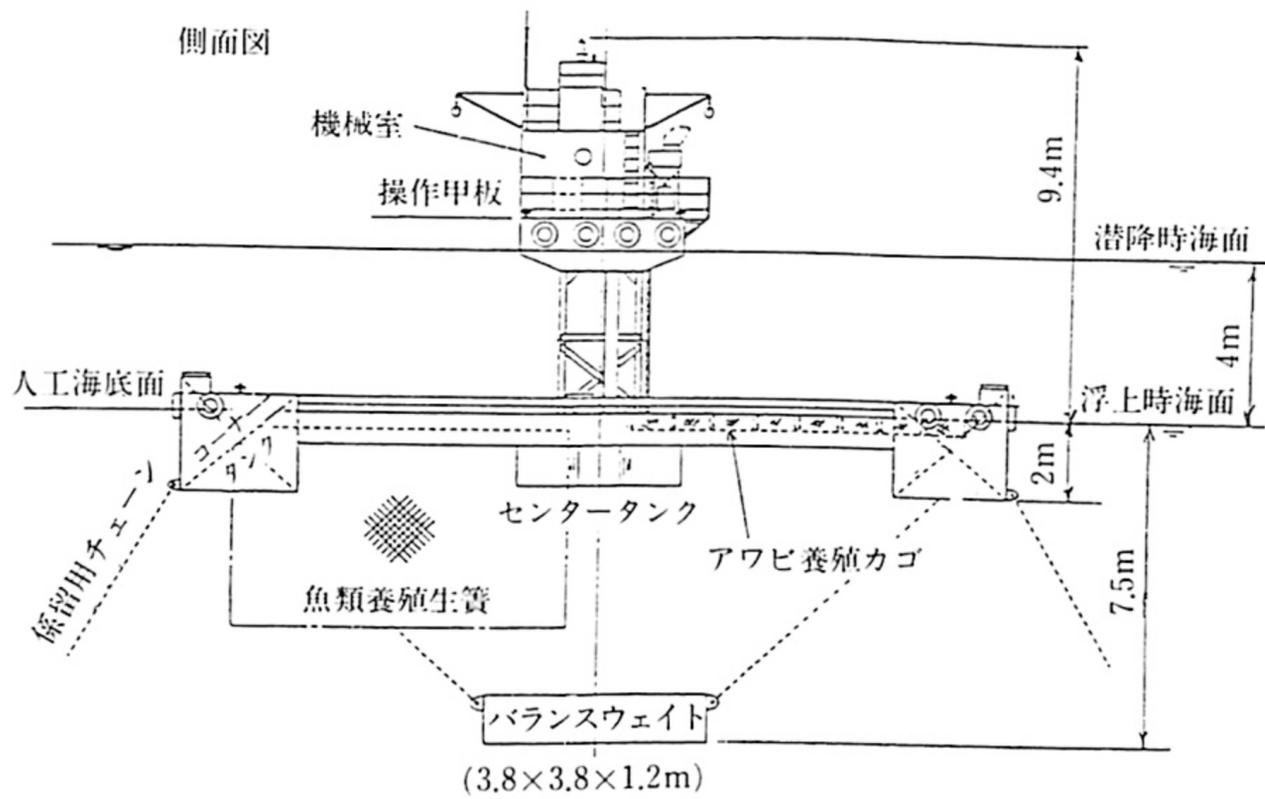
人工海底という言葉は，海洋牧場構想の一環として一般的に認識されることが多い。従来の概念では，コンクリート構造物や鋼製構造物等によってフラットな面を造り，その面を係留方式もしくは

は支柱方式で海中空間に設置することを意味していた。しかしこのような構造では海中に一層の面を造成したに過ぎず，この下層には光が届かず，また鉛直方向の海水の流れも阻害することになる。したがって人工海底上面は利用価値があるものの，その下層空間及び直下の海底にとってマイナス要因となることが指摘されていた。

人工海底の機能としては，幼稚魚類を涵養する藻場，磯根資源の増殖場及び人工漁礁等が一般的にその機能として考えられていた。すなわち藻場造成については，自然の生産力に依存するか，光ファイバーで太陽光を導入する等の考えが主体で



図一2 潜降浮上型人工海底の概念



図一3 潜降浮上型人工海底（側面図，平面図）

あり、魚礁についても魚類が自然に蛸集することを期待するに止まっていた。

人工海底の建造には多大な経費を要することが予想されるため、その利用を単に自然の生産力に依存するのみとか、魚類の自然の蛸集を待ち受ける等の消極的な利用法では、経済性の面で常にプ

ラスの採算を見込むには、不確定な要素が多くリスクを伴いがちであった。

### 3.2 潜降浮上の意義

岩手県での人工海底構想を検討するに際しては、従来の概念を一步進め、利用者の立場に立ち、経済性を重視して検討を加えた。基本的に

は、岩手県の重要生物資源であるアワビの増産に寄与できること、リアス式湾内の海中空間を立体的に活用できること、増殖のみならず養殖にも使用できること、及び設置海域の生態系を乱さず、かつ頑丈で組持管理費用のほとんどかからないものにするを基本仕様とした。

以上の要求仕様を満たすため種々の概念が検討された結果、多段式に海中空間を利用できる構造物をリアス式湾内の砂または泥の海域に中層浮遊係留し、アワビ等の磯根資源の養殖及び魚類養殖に利用するとともに、浮魚礁としての機能を持たせ、さらに海象気象ステーションとしても活用することにした。

本概念に基づく問題点としては、養殖魚介類の管理方法が挙げられる。アワビ養殖の場合従来の研究成果によれば、5～10日ごとに飼育重量とほぼ同量の餌（岩手県ではコンブ使用）を給餌し、その際、残餌をきれいに除去する必要があった。残餌除去の際は、餌に付着したアワビは丁寧に剥がすことも必要となる。アワビ養殖の最大密度は1 m<sup>2</sup>あたり約10 kgといわれ、仮に100 m<sup>2</sup>の面積では約1トンの飼育が可能で、餌は毎回（5～10日ごとに）約1トン进行給餌することになる。この作業は南の温暖な海なら潜水して海中で行うことも可能であるが、死亡個体の除去、成長差が起きた場合の選別作業、水揚げ作業等は冬季の東北沿岸海域では実施困難である。

これらの諸問題を解決するため、人工海底面は通常中層に設置するが、必要に応じて海面まで浮上させる案を考案した。人工海底面は、種々の分野での利用が考えられることから、当初から使用目的を限定する構造とすることは避けた。以上検討の結果、海水の鉛直方向の流れを妨げることなく、また目的に応じて各種の養殖カゴや生簀類が取り付けられるように、人工海底面を平板構造とすることは避けてフレーム構造とし、作業用の足場や通路用にFRP製の足場板（フレーム構

造）を自由に配置できるように考案した（図一2、図一3）。

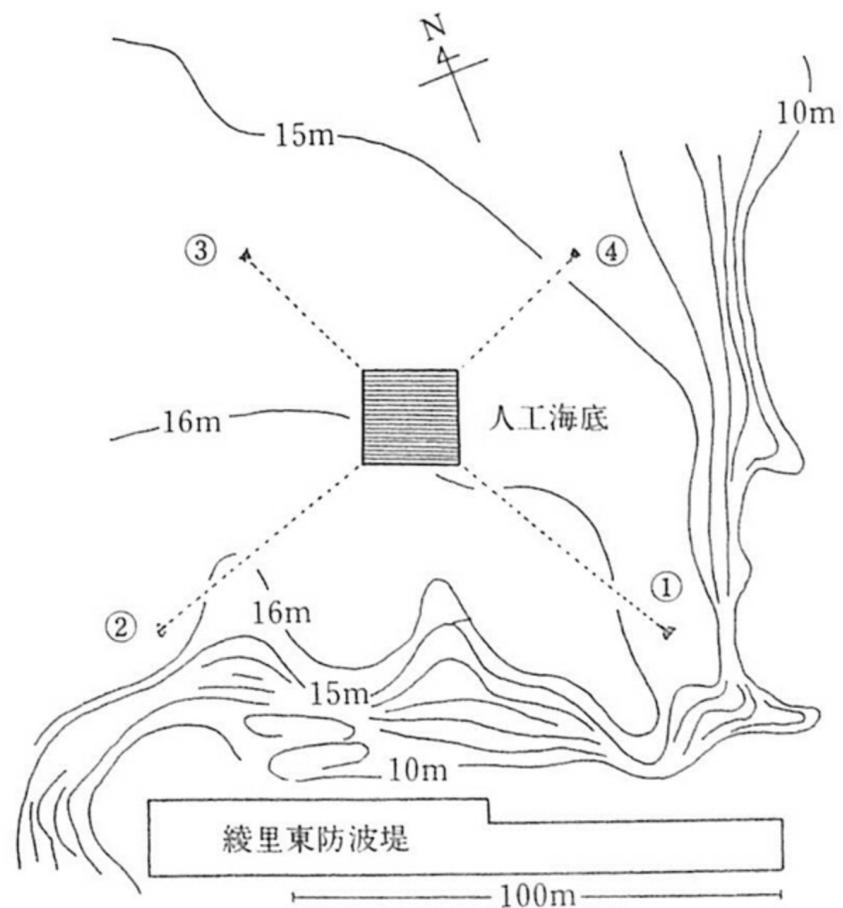
#### 4. 設置海域の事前調査

##### 4.1 調査要領

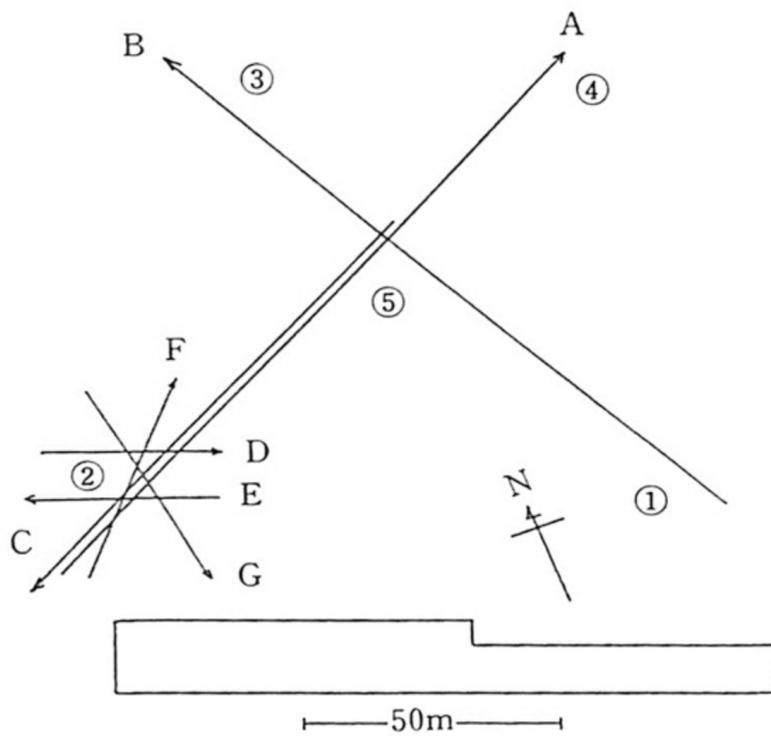
人工海底の設置予定海域については、係留系に障害を与える恐れのない場所を選定すること、人工海底面の設置予定深度4 mの妥当性を確認することを目的として、平成2年9月19日～9月22日にかけて、小型船を用いダイバーと測深儀による海底調査を行った。

人工海底の係留系展開予定域（図一4）に、防波堤を起点として六分儀とメジャーロープを用いて3点のマーカブイを設置し、それを基準に測深儀による航走調査を行った。また4カ所のアンカー設置位置（①～④）のうち防波堤と磯場に近い2カ所（①、②）については、潜水して周囲の障害物の確認と底質の調査を行った。岩や障害物が係留チェーンに悪影響を与えること、底質によってアンカーの把駐力が異なるためである。

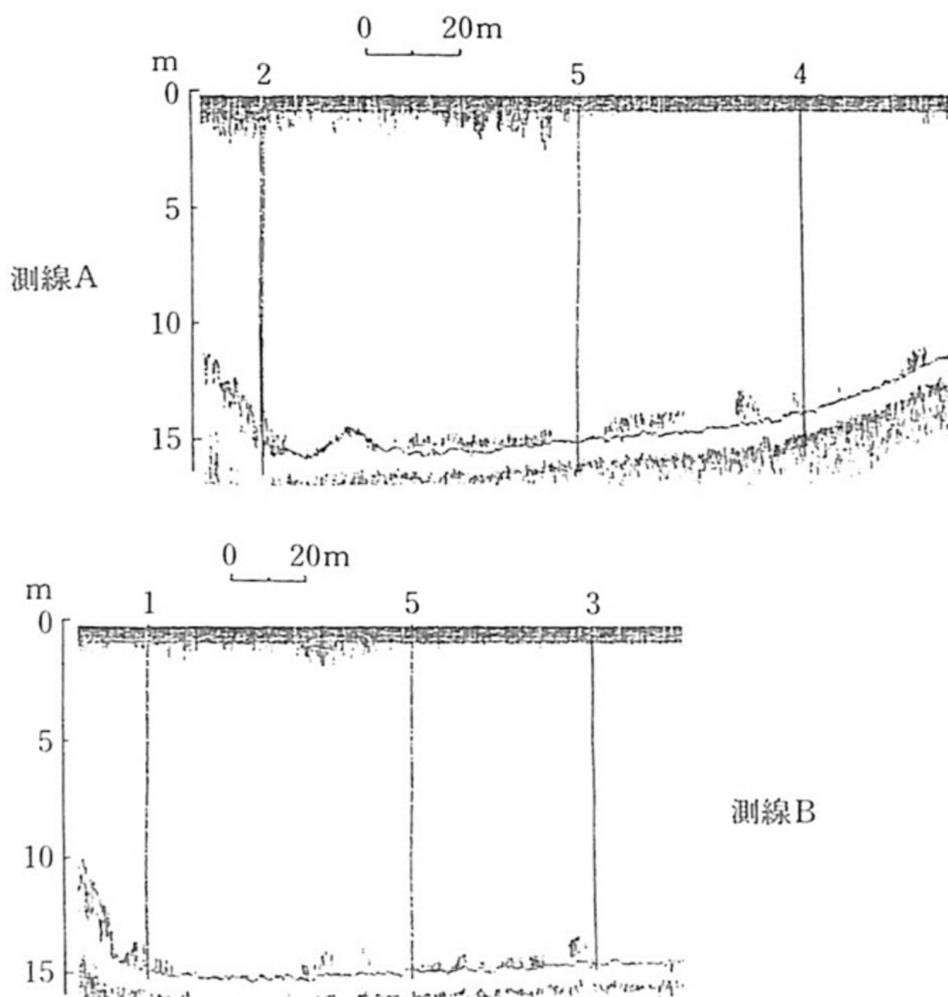
生物については、天然アワビ（エゾアワビ）の生息状況・生息深度帯、アワビの餌となるコンブ



図一4 人工海底係留系配置計画



図—5 測深調査航跡



図—6 測深調査結果

等海藻類の成育深度帯，魚類相等を調べるため，潜水観察を行った。

#### 4.2 調査結果

##### (1) 人工海底設置予定海域の海底状況

測深儀を用いた航走調査の概略測線位置を図—5に，結果の一部を図—6に示した。海底は平坦でアンカー予定点のうち3カ所（①，④，⑤）

については障害物の無いことが確認された。防波堤西端部のアンカー位置（②）周辺にやや凹凸が見られたが，潜水観察の結果，防波堤基部マウンド碎石が接近していること，工事中土壌が投棄されていることが確認された。したがって係留工事の際にアンカーを正確に計画点に設置すれば，障害にはならない位置関係であると判断された。

##### (2) 周辺の海底地形

アワビ，海藻類，魚類の生息域の海底地形環境を知るため，天然の岩場と防波堤について潜水観察を行った結果，人工海底設置予定海域の周辺については，天然の岩場・防波堤ともにアワビや海藻類の成育場所となるのは海面から水深約10 mまでの範囲であることが確認された。この範囲であれば海水の流れも良いが，それ以深では岸壁に近づくにつれて海底の浮泥が顕著となった。したがって海中空間の利用深度帯としては，深度10 m層までにとどめることが適切と判断された。

##### (3) アワビの生息状況

アワビの生息状況については，天然の岩場と防波堤について観察を行った。

防波堤のアワビは，低潮線直下域から砂地に達する水深10 mまでの全域に分布していたが，分布状況は水平・鉛直方向ともに偏っていた。

岩場でのアワビの生息深度帯は防波堤に比較して浅く，水深約5 mまでであった。

##### (4) 海藻の成育深度帯

岩場では，海藻類は水面から水深4~5 mまでの浅い部分に多く分布し，それ以深では少なかった。

防波堤は，ムラサキイガイ・管棲多毛類・石灰藻等の付着生物に覆われた部分が広く，岩場に比較すると海藻の類ははるかに少なかった。低潮線から水深1~2 mまでの範囲にコンブが比較的多く成育していた。

全体的にみても，藻類の成育深度帯は海面から水深約10 mまでの層であり，多量に成育してい

た深度は、水面から深度 5 m までに限られていた。

以上人工海底に関しては、係留系を予定点に正確に設置する必要のあること、人工海底面を水深 4 m に設置することは、自然条件を総合的に考慮しても、良好な選択であることが確認された。また人工海底の下層空間を立体的に利用する場合、深度 10 m までにとどめることが望ましいと判断された。

## 5. 潜降浮上型人工海底

### 5.1 施設の概要

人工海底施設は、図-3 のとおり、人工海底部 (20×20 m) とその中央から海面上に支柱で支えられた操作機械室からなっており、海底にアンカーとチェーンで 4 点係留された。人工海底の浮上時の安定性を得るため、施設の下部にはバランスウェイトを吊り下げる構造とした。

人工海底部と下面空間はそれぞれアワビ養殖・魚類飼育に利用し、施設自体は海象気象観測ステーション及び浮魚礁として活用した。人工海底は通常水深 4 m 層に潜降させておき (写真-2)、適宜、海面まで浮上させることが (写真-3) できる。人工海底面は鋼製フレーム構造で、面積の約 1/3 に任意に移動可能な FRP 製グレーチングが張られており、通路や作業の足場として利用できる。人工海底には、人工海底面のほかに海底面を海中のベースとして上方及び下方空間に種々の養殖施設等を取りつけることができ、海中を立体的 (多段) に利用することが可能である。

潜降浮上機構及び速度の選定については、アワビが振動や騒音に対して非常にデリケートな反応を示すといわれていることから、極力低振動・低騒音及び微速にする必要があった。また操作性・保守性の面から機構を極力単純かつ開放の容易な



写真-2 人工海底潜降状態

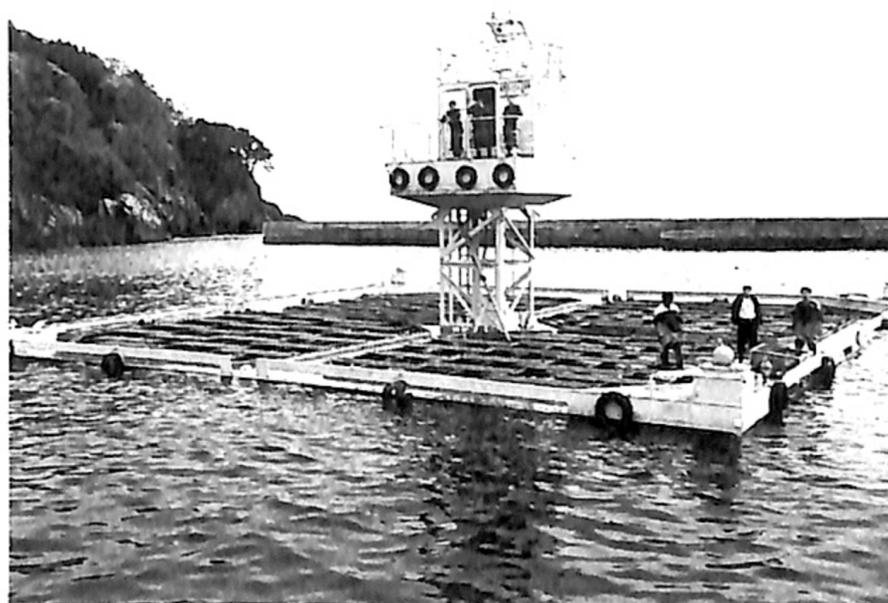


写真-3 人工海底浮上状態

表-3 人工海底の想定運用パターン

通常 (潜降)	魚類への給餌は自動給餌装置で実施し、餌の補給は潜降状態のまま実施
給餌作業時	浮上操作 - 船で施設に向かい、到着後直ちに浮上操作を開始
浮上中	施設から離れ、コンブ養殖場または岩場でコンブを採取
浮上後	浮上した施設に乗り、給餌作業
潜降操作	潜降操作を開始し、潜降完了後帰港

ものにすることを重視した。潜降浮上時間については、人工海底の通常の運用は、表-3 に示したパターンを想定した。通常は施設の維持管理は行わず、給餌作業等を行う場合にのみ施設に乗り移る。5~10 日に一度の給餌に際しては、アワビの餌となる天然コンブの鮮度保持を考慮し、まず施設の浮上操作を行い、浮上時間中に施設を離れて

採取する方法を考えた。人工海底の想定運用パターン（表-3）から、浮上所要時間は長くても支障がないので、1時間をめどとした。なお潜降操作には動力を要しないので10分程度の短時間とした。

潜降浮上に要する動力はディーゼル発電機1台でまかなう方式とした。浮上時にはディーゼル発電機を起動して排水ポンプを作動させ、人工海底中央部の海水タンクから約20トンの海水を排水する。この際約1時間かけて静かに排水することで、飼育している生物に与える振動・騒音の影響を極力軽減させている。潜降は注水バルブを開いて海水タンクに自然注水することで行い、約10分間で静かに潜降を完了する。

## 5.2 主要目

- イ. 全長×全幅×全高：20×20×11.4 m
- ロ. 喫水：浮上時 約2.0 m, 潜降時 約6.0 m
- ハ. 海上構造物の高さ：約5.4 m（潜降時）
- ニ. 喫水調整能力：上載荷重は約30トンまで
- ホ. 潜降所要時間：約10分
- ヘ. 浮上所要時間：約60分

## 5.3 設計条件

設計条件としては綾里湾湾口部防波堤の計画条件を用い、波浪については防波堤による回折、越波を計算したうえで設計値とした。

- イ. 波浪（湾口部）：有義波高（ $H_{1/3}$ ）5.2 m, 波周期16.1秒
- ロ. 潮流速：0.5ノット
- ハ. 風速：40 m/秒
- ニ. 耐用年数：5年（特別な点検修理等は不要）

## 5.4 上載荷重条件

施設の用途と生物付着等を考慮し、次の荷重に耐えられるものとした。

対象構造部材：アワビ籠吊り下げ用兼グレー

チング支持用梁及びこの梁支持桁

長期荷重：200 kg/m<sup>2</sup>（潜降状態において作用している静荷重）

短期荷重：300 kg/m<sup>2</sup>（浮上状態において一時的に作用する静荷重並びに動荷重）

喫水調整能力：上載荷重は約30トンまで

## 5.5 適用規則等

施設の設計にあたっては下記の船舶、港湾施設及び漁業施設の基準や指針等に準拠もしくは参考とした。

設計：運輸省港湾局監修 港湾の施設の技術上の基準・同解説

沿岸漁業整備開発事業構造物設計指針

日本海事協会（NK）鋼船規則集

C編 船体構造及び船体艀装

H編 電気設備

材料：日本工業規格（JIS）

日本電機工業会規格（JEM）

製作：日本海事協会（NK）鋼船規則集

M編 溶接

日本鋼船工作法精度基準（JSQS）

## 5.6 主要装備品

- イ. 簡易標識灯：太陽電池式黄色灯, 46 cd 4秒1閃光
- ロ. 自動給餌装置：太陽電池式, (株)ゼニライトブイ製
- ハ. 発電機：3.8 KVA, ヤンマーディーゼル(株)製
- ニ. 排水ポンプ：750 W 型電動渦巻水中ポンプ
- ホ. 海象気象計測装置：気温, 水温, 塩分, 溶存酸素

## 6. 潜降浮上型人工海底の建造

### 6.1 人工海底施設の主構造

潜降浮上型人工海底は、20 m 四方の人工海底面とその中央から水面上にそびえる操作機械室からなり、海底面の下方には浮上時の安定性を確保するためにバランスウェイトが吊下げられ、人工海底面は中層に浮遊した状態で4点係留される(図-3)。

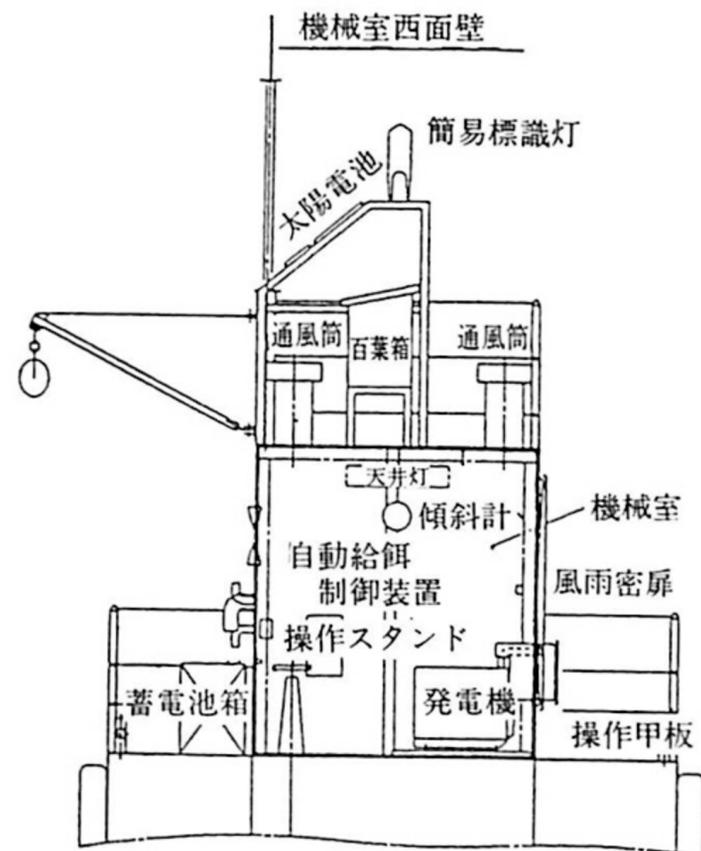
(1) 人工海底面は、平面視すると4つの開口部を有する「田」の字型のボックス構造体で、その中心部に主海水バラストタンク(以下センタータンクという)が配置されている。外縁部の4隅には、補助海水バラストタンク(以下コーナータンクという)が配置され、これらのタンクは中空状のサイドボックスとクロスボックスにより相互に連結されている。各タンクはサイドボックス及びクロスボックスの約2倍の深さを有し、これらの上面は同一平面上に連結され人工海底面を形成している。人工海底面は通常時(潜降時)は海中4 m 層に浮遊するが、浮上時は海面上数センチ上部に位置するので、浮上時は交通用通路として利用される。

4面の開口部の大きさは各々約8 m 四方で、上面には鋼製フレームを1 m ごとに配して柵構造としているので、海水の鉛直方向の流れは妨げられることなく、人工海底面を形成できるように配慮されている。この鋼製フレームは施設浮上時には海面より上部に位置するため、アワビ用飼育カゴを固定したり、魚類用生簀を吊すために使用することができる。また鋼製フレームの上面には作業用足場として、任意に移動可能なFRP製グレーチングが、開口面積の約1/3に敷設されている。

センタータンクは、約20トンの海水を注排水することにより、人工海底面を海中4 m 層の潜

降状態から海表面上の浮上状態へと相互に位置切替えを行うことができる。

コーナータンクは、施設の浮上状態時の喫水調整および姿勢調整のために利用される。新造時は施設の外縁部に配置された4タンクともほぼ満水状態で設置されるが、養殖設備及び実験装置の搭載、飼育魚介類の成育または付着生物の成長等により、アンバランスな重量変化が生じた場合、各タンクの注水量を調整することにより、喫水と姿



操作甲板平面図

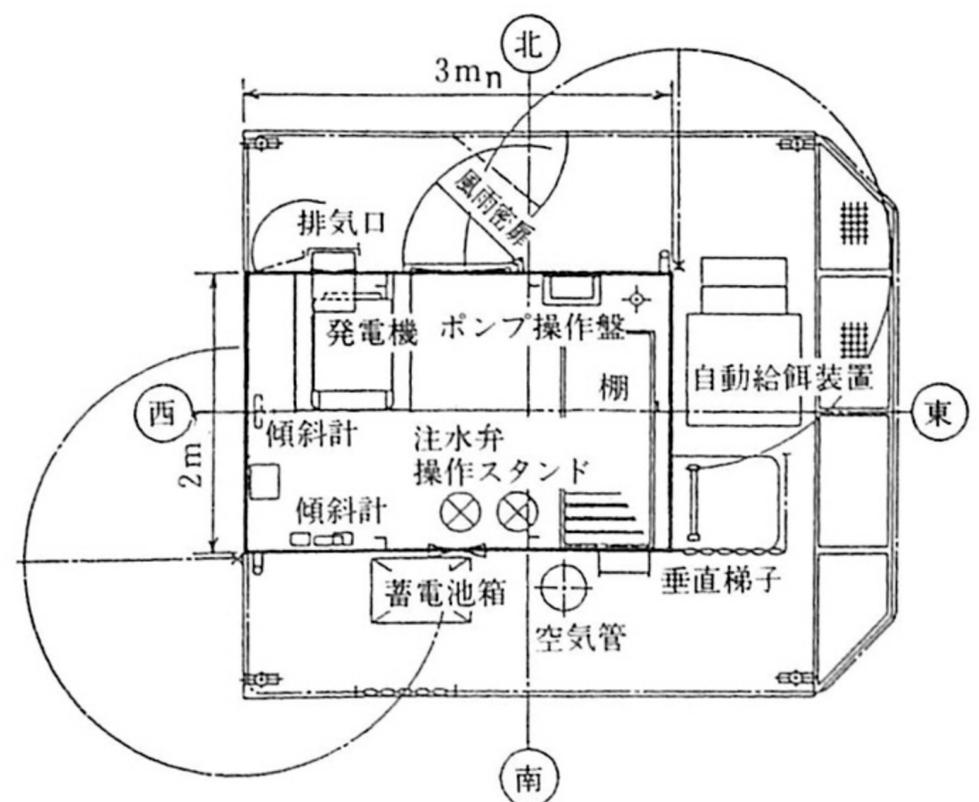


図-7 機械室の配置図

勢の調整を容易に行うことができる。なお喫水調整能力は約 30 トンである。

(2) 上部構造は、センタータンクの甲板上に立設された 4 本の支柱によって、人工海底面が潜降しても海面上に位置するように支持されている。この支柱構造は海水バラストの注排水による負荷を少なくするため、浮力を発生しない型鋼部材からなる骨組構造が採用されている。

上部浮体は、中空の矩形ボックス体からなり、潜降してもボックス体のほとんどは海面上に位置するよう計画されており、たとえば施設の水中部の浮力が一部消失しても、予備浮力 (10 トン) が確保できるよう配慮されている。

機械室 (図-7) は、上部浮体の操作甲板上に設置され、北側に出入用風雨密扉、南側に水密窓が配置され、室内の操作甲板上に発電装置・セン

タータンク用注水弁操作スタンド・排水ポンプ操作盤等が配置されている。

(3) バランスウェイトは、施設の重心を下げ復原性能を高めるため、鋼製函体にコンクリートを充填したもので水中重量約 25 トン、4 本のチェーンで人工海底部の下方に垂下されている。波浪により施設が動揺しても、4 本のチェーンが常時緊張状態を維持して、かつ施設に対するバランスウェイトの相対位置関係を変えないで、初期の復原性能を発揮できるように、各チェーンの傾斜角は波浪による施設の最大傾斜角以上に設定された。

## 6.2 人工海底施設の艀装品

### (1) 係留装置

施設の係留状態図を図-8 に示す。施設は対角線上に展張された 4 本の係留ラインによって緩係

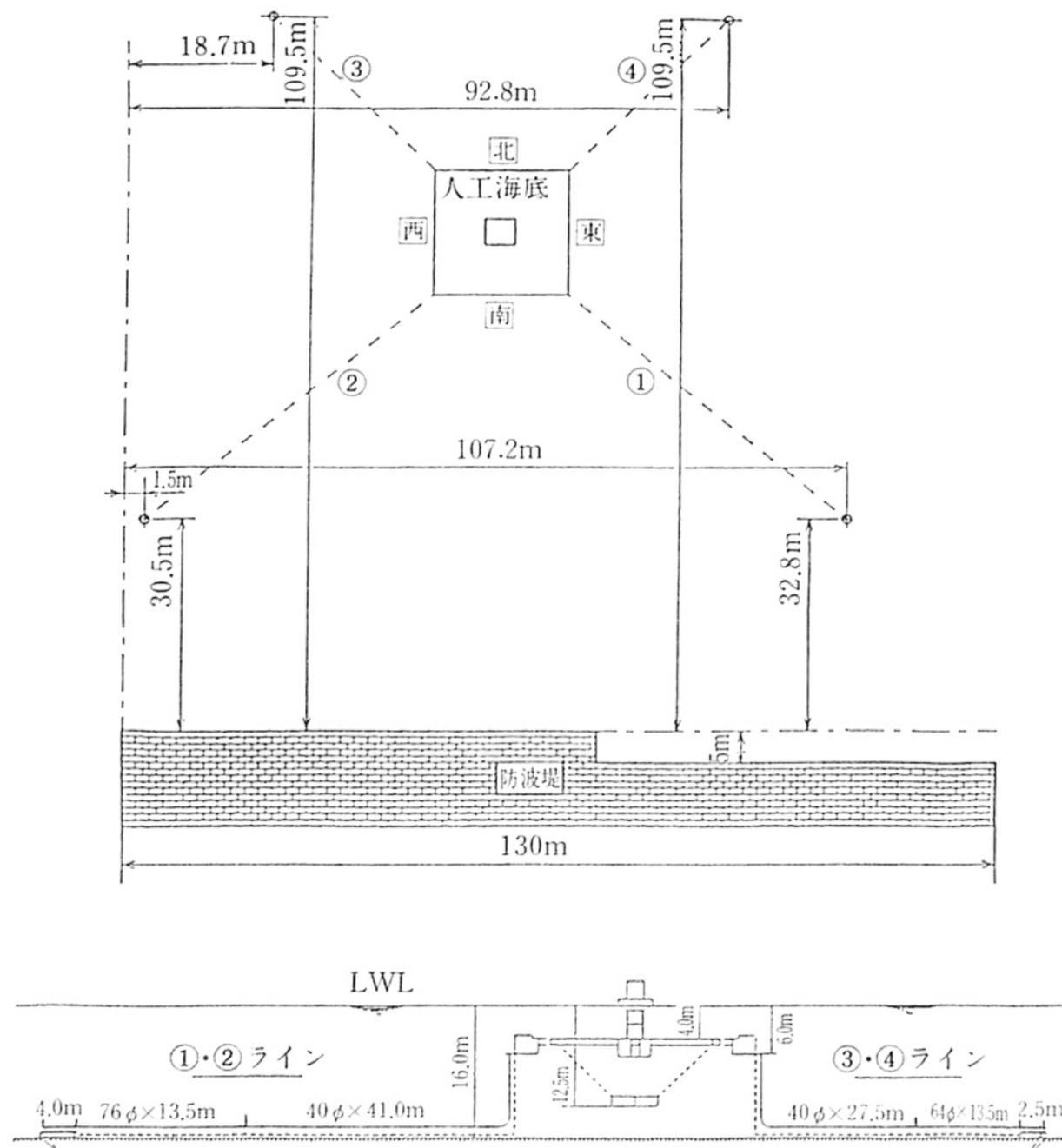


図-8 潜降浮上型人工海底の係留状態図

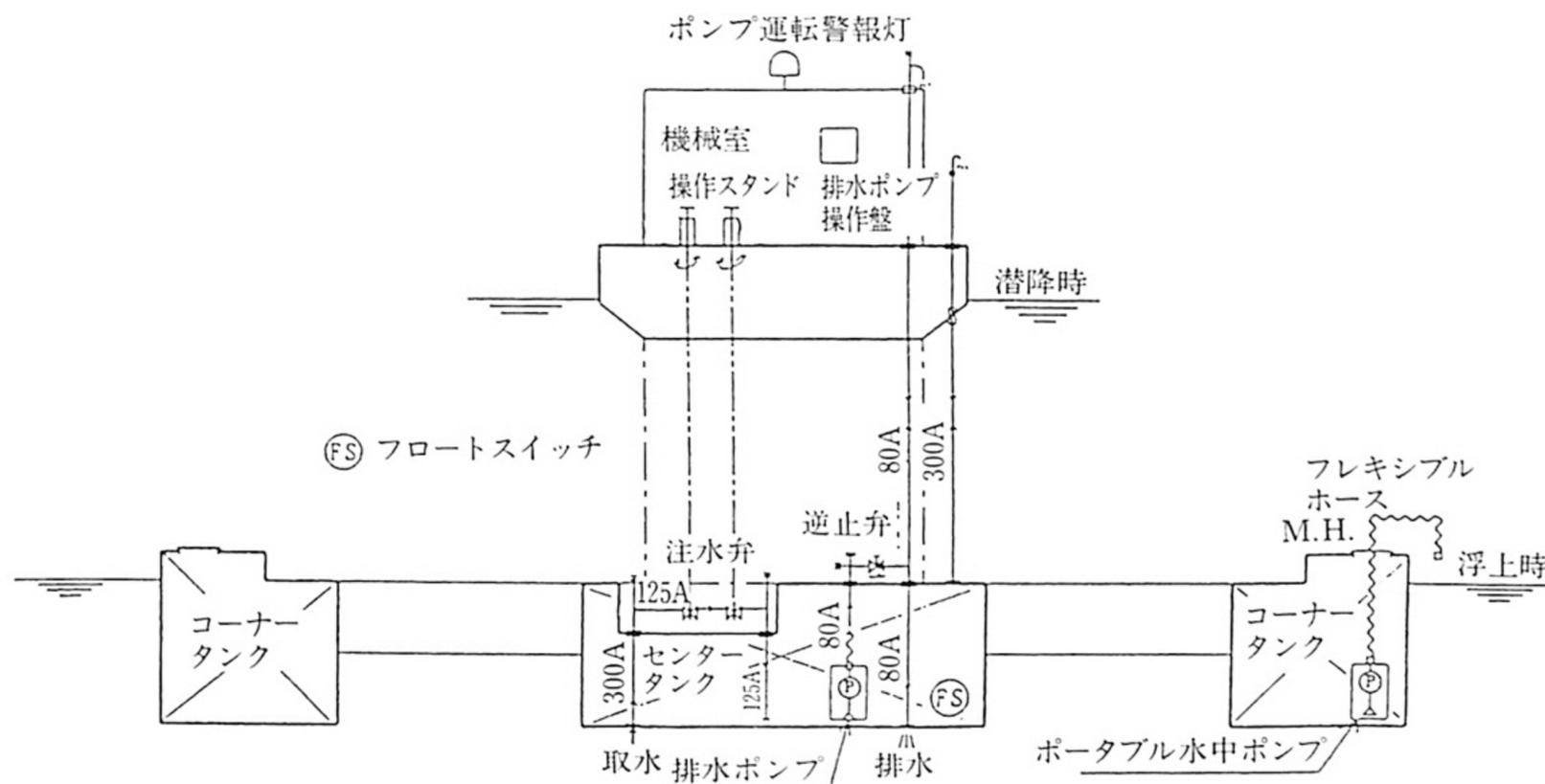


図-9 配管系統図

留されている。係留ラインは波浪の入射方向を考慮して、防波堤側（南側）の2本をヘビーライン、湾奥側（北側）の2本をライトラインとしている。

- ・南側：4.5 t ダンフォース型アンカー×1 個  
+ φ 76 (Gr. 2) チェーン×13.5 m  
+ φ 40 (Gr. 2) チェーン×41 m
- ・北側：1.4 t ダンフォース型アンカー×1 個  
+ φ 64 (Gr. 2) チェーン×13.5 m  
+ φ 40 (Gr. 2) チェーン×27.5 m

## (2) 潜降浮上装置及び姿勢調整装置

配管系統図を図-9 に示す。配管とシステム構成はシンプルとし、操作は容易かつ、ミスが起こり難いものとし、配管類は容易に交換・清掃できるよう配慮されている。

センタータンクにはφ 125 mm の注水管が、タンク上壁と下壁を貫通するφ 300 mm の海水取水管から連結され、注水弁を経て他端部はセンタータンクに開放されている。注水弁は閉鎖時の水密性を確実にするため二重弁とし、ハンドル軸は上方の機械室内デッキスタンドの操作ハンドルに連結されている。また施設が浮上状態でも自然注水によりセンタータンク内に海水が満載できる

ように、タンク上部にウェルを設け注水管は浮上時喫水よりも低くなるように導設されている。

排水はポンプ排水式として、センタータンク内に水中ポンプ（毎分 120/240 l×全水頭 10/7 m）を設置し、φ 80 mm の排水管でタンク底面から排水される。センタータンク内には排水が完了すると OFF となるフロートスイッチが設けられ、排水ポンプは自動的に停止される。

センタータンクの空気抜き管はφ 300 mm とし、潜降状態で排水ポンプが故障した場合のバックアップ用には、ポータブル水中ポンプは本空気抜き管内をタンク内まで搬送して排水できるように配慮されている。

潜降浮上操作手順を図-10 に示す。操作は容易かつ単純でワンマンで操作できる。

### ① 浮上操作

まず操作員は支援船から機械室へ乗り込み発電機を始動する。周囲の安全確認後センタータンク排水用水中ポンプを作動させる。浮上開始後約1時間で浮上完了しポンプは自動停止する。この間を利用して操作員は一度施設を離れ、アワビ飼育用のコンブ採取等の作業ができるので、待ち時間としての1時間は有効に利用できる。



図一10 潜降浮上操作手順

## ② 潜降操作

浮上完了後は発電機を停止してアワビ等の給餌作業に着手する。作業が終わり施設を潜降させる際は、人工海底上の安全を確認して2つの注水弁を開く。自然注水で施設は約10分後に潜降完了する。

姿勢調整用にコーナータンク内バラストを注排水する頻度は少ないと考えられるため、コーナータンクには固定した注排水管は配管せず、必要の都度マンホールからポータブル水中ポンプで注排水する方式が採用された。

### (3) その他の艀装品

#### ① 発電機セット

水中ポンプの動力源として防音パッケージタイプのディーゼル発電機1台(出力3.8KVA)を機械室に搭載した。発電機からはAC200Vのほか、機械室天井灯及び雑用電源用としてソケットアウトレットにAC100Vを給電する。

#### ② 排水ポンプ操作盤

センタータンク排水用水中ポンプの運転操作盤が機械室に設置されている。盤面には、ポンプの電源及び運転停止状態表示とポンプ発停用押ボタン等が配置されている。

#### ③ 魚類用自動給餌装置

太陽電池と蓄電池を動力源とする自動給餌装置1台が操作甲板上に設置されている。給餌ホッ

パーから二股に分岐の給餌管が導設されている。本装置により、潜降状態でも無人にて自動時に生簀中の養殖魚類へ給餌される。

- ・ホッパー容量：180 kg
- ・餌料種類：ドライペレット（直径 10 mm 以下）
- ・給餌時刻設定：15 分単位で 1 日 1～5 回
- ・給 餌 量：1 kg 単位で 1～10 kg/1 給餌

#### ④ 電気防食装置

潜降状態にて海面下に没水する構造物外面の腐食防止用に、電気防食が採用されアルミニウム合金陽極が取付けられた。陽極の設計寿命は 5 年としている。

- ・陽極寸法・重量：90×90×885 mm;  
24 kg/個
- ・配 置 場 所：
 

人工海底本体構造底面… 3 個	}	合計 42 個
コーナータンク上面……34		
上部浮体底面…………… 4		
バランスウェイト………… 1		

#### ⑤ その他

本施設の潜降時と浮上時の喫水及び姿勢角の点検用に、上部浮体及び人工海底部の各コーナー部にそれぞれ喫水板が配置されている。

さらに機械室屋上には排水ポンプ運転中を外部へ示す警報灯、夜間自動点灯し人工海底の近辺を航行する漁船等に自施設の位置を示す簡易標識灯（太陽電池式）、百葉箱、傾斜計、小型デリック、避雷針等が装備されている。

### 6.3 施設の建造及び設置工事

#### (1) 建造工事

施設は川崎重工業（株）により、宮城県塩釜市の東北ドック鉄工（株）で建造された（写真-4）。工事は平成 2 年 10 月に開始され、12 月 6 日に完成・進水し、海洋科学技術センターは、タンク水密検査・機器作動試験等に立会検査を行っ

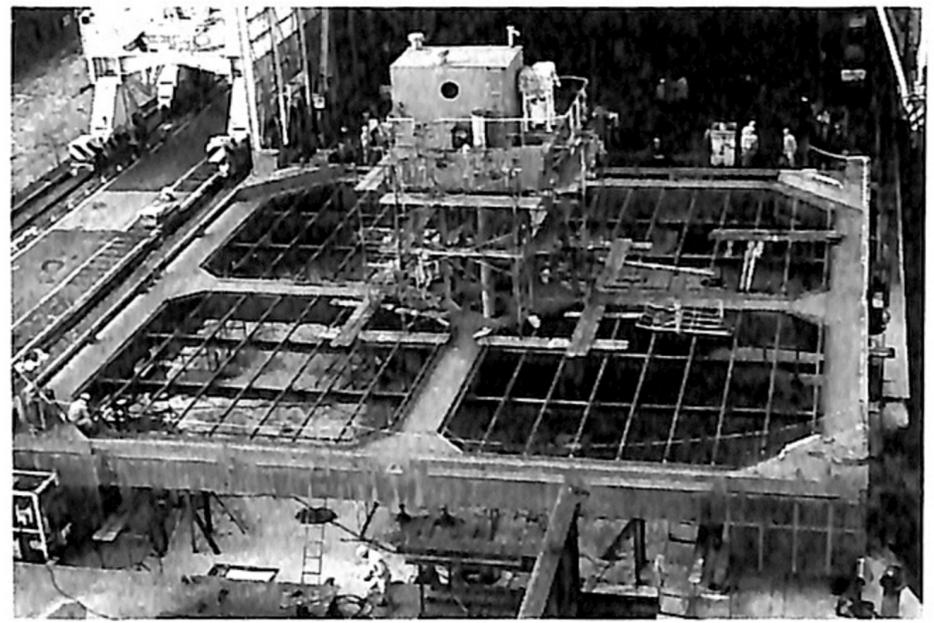


写真-4 建造中の潜降浮上型人工海底

た。

#### (2) 設置工事

施設は完成・進水後、平成 2 年 12 月 9 日綾里港湾に曳航され、綾里港湾での設置工事は 12 月 16 日に終了し、完成検査の後、川崎重工業（株）から海洋科学技術センターに引き渡され、「マリンあや 1 号」と名付けられた。

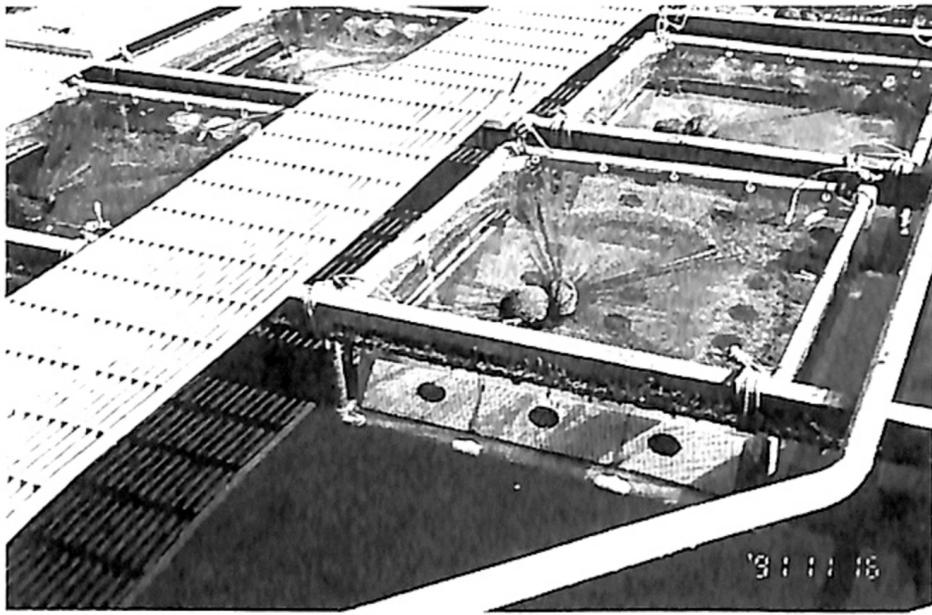
本施設は建造時における各種試験検査及び海域設置後の性能確認試験等を通じて、所期の性能を十分に満足することが確認された。また施設の運用、維持管理に関しても、本施設は当初の計画どおり、少人数で運用でき、運用経費は安価で済むこと等も確認することができた。

## 7. 研究課題及び結果の概要

### 7.1 アワビ養殖試験

アワビの養殖は人工海底面の鋼製フレームに飼育カゴ（0.9×0.9×0.45<sup>H</sup> m、写真-5、写真-6）を固定し、カゴ内にはアワビ付着用の塩化ビニル製シェルターを配置し、カゴは施設が浮上したときに上部が海面上に現れるような位置に固定された。

試験結果は生残率が高く、人工海底区で 97.0 % を示した。死亡の主原因は毎月実施の殻長計測時に、シェルターに付着のアワビを剥がす



写真一五 人工海底での飼育カゴ取付け状況（浮上状態）

際傷つけたことによるものが多く、計測をしなかったならば99%以上であろうと考えられること。さらに従来養殖個体の成長は、殻長7~8cmで頭打ちになるといわれていたものが、殻長8cm前後での成長の鈍化はほとんど認められず、天然アワビと同様の成長を遂げること、さらに殻の色彩についても陸上水槽の養殖アワビは緑色を呈するが、人工海底で成長した殻部分は、天然アワビと同様の茶褐色を呈することが確認された。

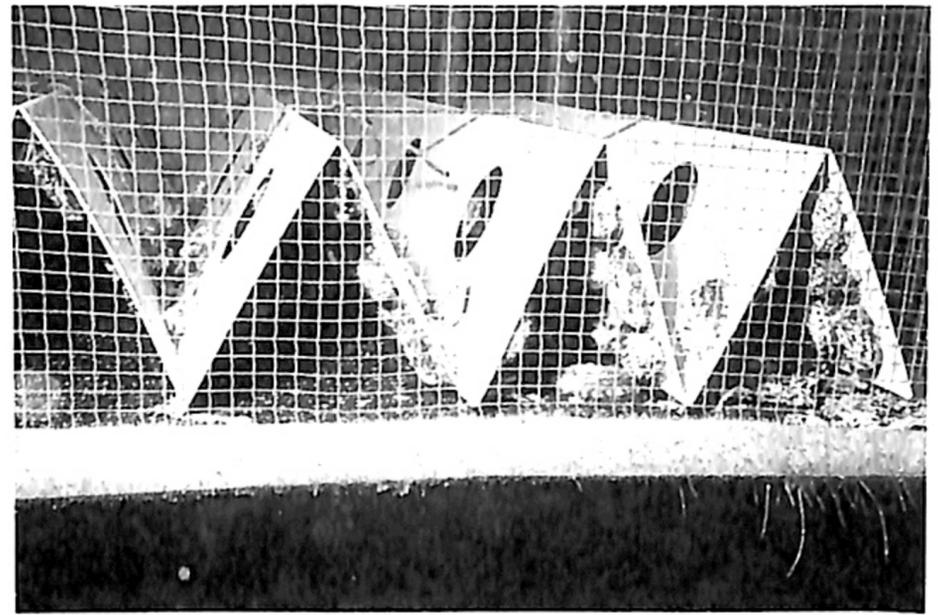
### 7.2 魚類（クロソイ）養殖試験

アワビ飼育では人工海底面のみが利用されるので、その下層で魚類養殖を行い海中空間を立体的に活用することを想定して、東北地方で珍重されるクロソイ（カサゴの仲間）の飼育試験も行った。人工海底面の下層海中の生簀に自動給餌装置から給餌パイプを経由して給餌するという粗放的飼育管理にも関わらず、5月（平均）全長234mm、体重208gのものが、6カ月後の11月（平均）で290mm、422gにまで成長していることが確認された。

### 7.3 保守管理技術の研究

人工海底は大型の鋼製海洋構造物で、5年間は特別な点検修理をせずに使用できるよう十分な余裕を持って設計製作されている。

したがって5年の間にどのような経年変化を遂



写真一六 人工海底での飼育カゴ内のアワビ

げるものか、その経年変化を追跡調査することは、今後同種施設を建造する際の貴重なデータとなることから、人工海底保守管理基準を作成し、本基準に基づいて施設の定期検査を実施し、耐久性に関するデータを拾得中である。平成3年8月、平成4年8月、および平成5年8月にダイバー作業を主体とした定期検査を実施したが、すべての検査項目について異常は無く、施設の耐久性は設計どおりであることが確認されている。

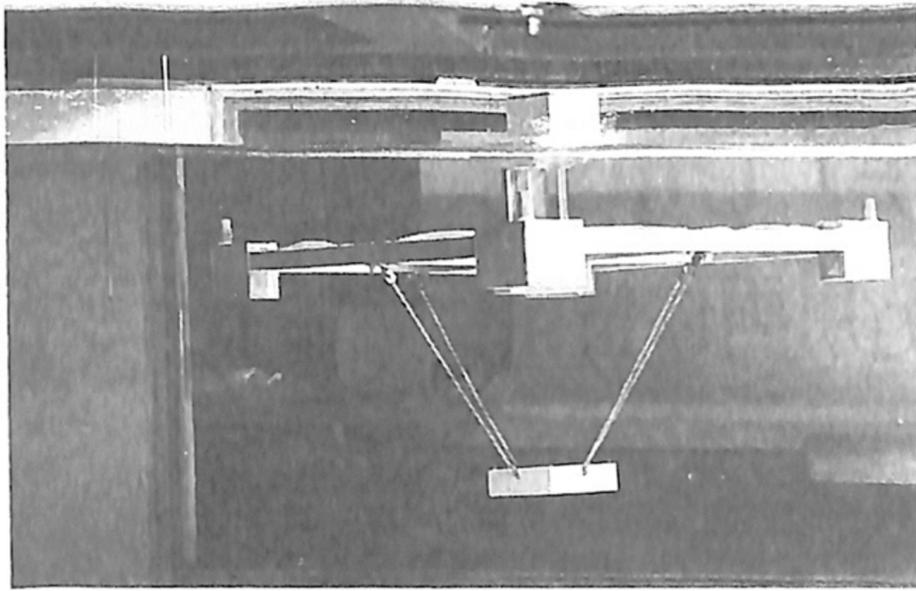
### 7.4 施設の漁具学的評価及び外洋への適応性の研究

人工海底施設は湾内のみでなく外洋に展開し、沖合養殖等に利用することも考えられている。そこで模型試験により対波浪性、流れに対する特性を評価し、沖合に展開する場合の挙動評価及び必要な改造点等について検討を行った。

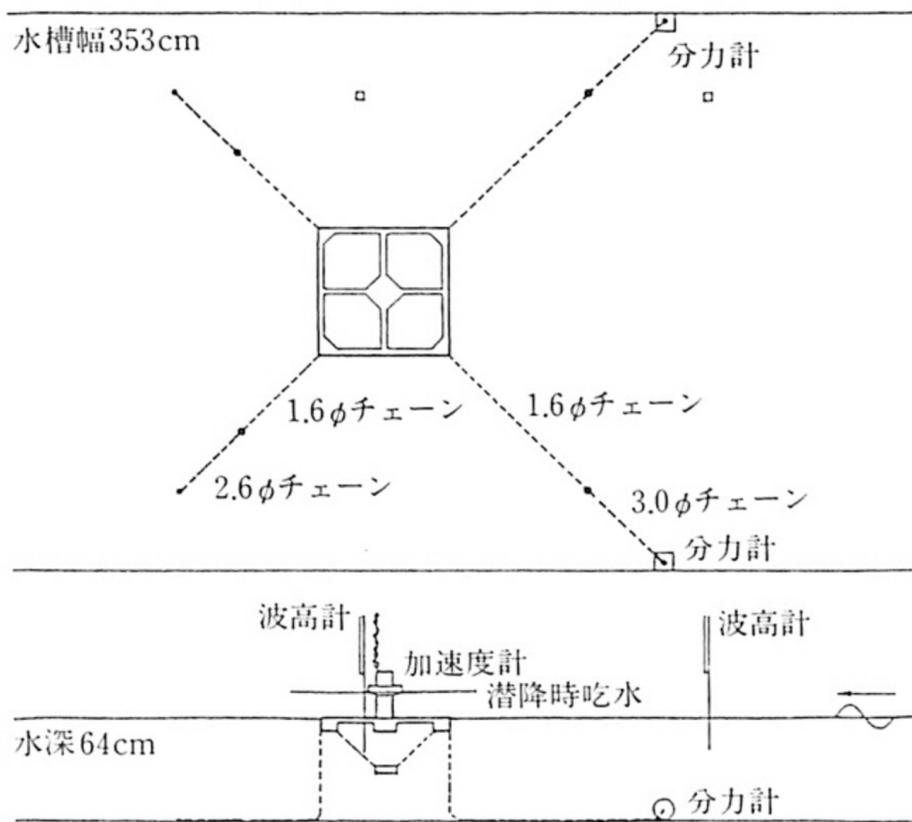
#### (1) 施設の流体力学的評価

人工海底施設の流体力学的特性を明確にするため、1/25スケールの模型を製作し、試験水槽を用いて定常流と波浪中における流体力を測定した（写真一七、図一11）。

定常流中における流水抵抗は、流速のほぼ2乗に比例して増加し、タンクとサイドボックスの断面積をベースにした抗力係数は、浮上時で1.5~2.1、潜降時で2.2~2.7程度であった。潜降状態での波浪中における施設の姿勢安定性は非常に良好で、大きな波に対してもほとんど動揺せず



写真一七 潜降浮上型人工海底の模型 (1/25)



図一11 波浪中における施設模型の運動測定装置

安定していること、さらに浮上時の動揺はバランスウェイトの効果により大きくなることが確認された。

## (2) 施設の沖合への適応性の研究

綾里港湾用すなわち沿岸海域用に設計・製作された施設を、水深・海象等の異なる沖合域へ設置した場合を想定し、施設を改造する際の指針を得ることを目的として検討を行った。

模型は 1/25 スケールを基本に、大水深となると波浪条件が苛酷となることを考慮して、バランスウェイトチェーンの長さを 2 倍とし重心位置を 4 m 層から 7.5 m 層に沈めて、運動特性を調べた。その結果、重心低下により施設の波浪中の姿勢がより安定したこと。沖合の大きな波に対しては、上部浮体部分（機械室）を小さくし、人工海底面の上下方向の抵抗も小さくするなどに対処できることが確認された。

## 8. おわりに

岩手県三陸町綾里港湾での潜降浮上型人工海底の開発とアワビ養殖実証試験は、世界最初の試みであったが、施設は堅牢で人手も経費もかからず天然と遜色ないアワビが飼育でき、出荷価格も予想を上回り、天然ものと同等の高値を記録する等、低コスト・高収入を実証した。海中空間利用拡大技術というテーマを実証するには、施設の設計・機器開発だけにとどまらず、設置海域の事前調査として、ダイバーと測深儀による海底調査を実施し、天然アワビの生息状況を調査できたこと、施設の完成後設置海域でアワビの養殖試験を含む実証試験を実施したこと、等が本事業の大きなポイントであったと考えられる。

平成 4 年以降は実用化に必要な耐久性調査、高齢者を中心とした操作・作業技術の確立、経済性を考慮した放養時期のローテーションの検討等を、地元が中心となり実施中である。将来、本施設が日本沿岸各海域に設置され、大陸棚空間の有効活用に寄与されることを期待してやまない。

# 深海底からのテレビ中継

## —「しんかい6500」用画像情報伝送装置—

### 深海開発技術部第2研究グループ

#### 1. なぜ海中でTV中継ができないのか？

海洋科学技術センターの誇る潜水調査船「しんかい6500」は、他の潜水調査船にはない極めてユニークな装置があるのをご存じでしょうか。それは、海底の画像を船上まで送ることのできる画像情報伝送装置です。皆さんの中には、そんな装置が今迄なぜできなかったのか不思議に思われることでしょう。現状で「しんかい6500」に乗船できる研究者が1名であることを考えると、調査を効率的に進めるためには、母船上の研究者との綿密な情報交換が必要です。特に、海底で専門外の現象に遭遇した場合、その場で母船上の専門家に詳細な情報を提供し適切な指示を受けて処置をする必要があります。そのためには水中通話機に加えて、さらに優れた情報伝送手段が必要であり、それには海底の画像を伝送し、母船上で多くの研究者が評価するのが最も有効だと誰もが考えるでしょう。

現在我々は、惑星探査機「ボイジャー」等が木星や土星、遠くは海王星のように数億 km も離れた遠い惑星から電波を使って伝送してきた鮮やかなカラー画像を見ることができます。しかし、たった数キロメートルの海底の画像は、電線が繋がっていないければ、現場にいる人以外は、後でビデオを見るしか方法がなかったのです。

この理由は、海水中では電波が急激に弱くなるために、ほとんど使えないためです。このことが様々な面で、海洋における情報伝送に制限を与え、逆に海洋というフィールドの大きな特徴にもなっています。仕方がないからというわけではありませんが、海水中では電波が利用されない代わりに音波が利用されています。海水中での音波は、電波に比べればなかなか弱くならず、遠くまで伝搬するため使いやすい媒体です。ところが、音波は伝搬速度がとても遅くて、1秒間にわずか1.5 kmしか進みません。電波のそれが30万 km ですから、何と20万分の1というとんでもない遅さです。また、電波と比べて問題となることももう1つあります。それは、減衰の度合いがその周波数に大きく依存している点です。このことは、利用できる周波数帯域が限られていることを意味しており、ビデオ信号のようにたくさんの情報量を持っているようなものは、そのままでは伝送できません。ビデオ画像信号の伝送帯域は、4~6 MHz程度必要ですが、実際に音波を利用して伝送できる伝送帯域は、一概にはいえませんが、大雑把に6 km程度の距離を伝送する場合を考えれば、せいぜい10 kHz程度です。この場合、単純に考えれば伝送できる情報量は、600分の1ですから、もし、通常の方法で伝送すると、1枚の画像を送る時間は、白黒画面の場合では、約20秒、カラー画像の場合は、1分以上

必要になります。もちろんこんなに時間がかかるようでは、どっちにしても動画は無理で静止画を送ることになりますが、それでも実用的には我慢はできない範囲です。このような問題を解決するためには、大きな技術的な革新が必要だったので

## 2. どうやったら TV 画像を伝送できるのか？

伝送時間をできる限り短縮するためには、画像情報を圧縮するための技術が必要となります。画像圧縮というと難しそうに聞こえますが、ようするにどうやって人間の目をごまかして、伝送するデータ量を減らすかということです。このための方法は、様々なものが開発されてきましたが、コンピュータにより画像情報を加工することができるようになると実用的な方法が比較的簡単に実現できるようになり、そのための標準化も行われてきました。

静止画を対象とした場合は、DCT と呼ばれる方式が優れています。図-1 のように TV などの画像は、空間的に見ると明るさ（信号の強さ）の違う画素という小さな絵を構成する最小単位の連続した集まりと考えることができます。ところが、見方を変えて、信号の強さを隣り合った画素と画素の間の変化量として考えると、変化が大きい所で高い周波数成分を含むようになります。しかしながら、一般的な画像は、極めてのっぺりしたもので、平均すると低い周波数成分に偏っています。かといって、低い周波数成分だけだと、画

像全体はいわゆるピンボケの状態になりますので、必要なときは高い周波数成分を送らなくてはなりません。そのため、画像を周波数の変化に変換し、さらにデジタル符号に変換する際に、低い周波数成分のときに短い符号に割り当て、高い周波数成分のときには長い符号に割り当てるようにすると、画質を劣化させずに全体の平均情報量を飛躍的に圧縮させることが可能になります。理論的には、数十分の1にまで圧縮できるとされていますが、現実には、処理速度の問題からそこまでは行きません。我々の研究では、約 1/12 まで圧縮することができるようになりました。ところが、この場合はいいことだけではなく、もし、情報にたった1ビットのエラーが混入した場合は、そのエラーに引っ張られてエラーの範囲も大きく広がり画質が劣化します。これを防止するためには、できるだけエラーが生じないように十分な信号の強さを確保する必要があります。

さて、このような画像を実際に海中に送るためには、音波に変換しなければなりません。ところが、通常の TV 放送のような信号の強弱や周波数の変化で情報を伝送するアナログ変調方式では、先程の画像圧縮で行った、デジタル符号を伝送することができません。このためには、FAX やパソコン通信のようなデジタル変調方式が必要になります。一般に海中の通信では、図-2 の (a) のような 1 または 0 のようなデジタル系列を伝送する方式には、(c) の ASK (振幅偏移変調) や (d) のような FSK (周波数偏移変調) が使われてきました。しかし、伝送速度の点

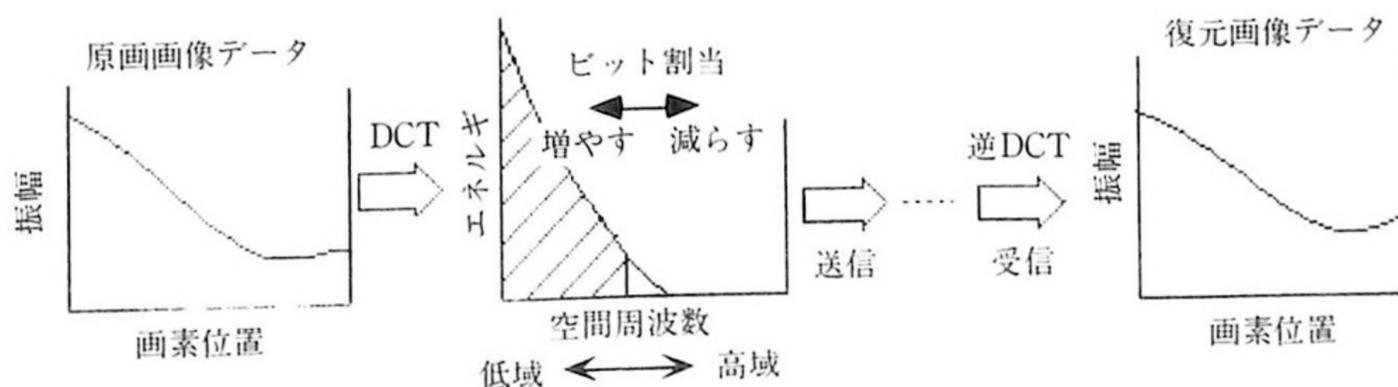


図-1 DCT の原理

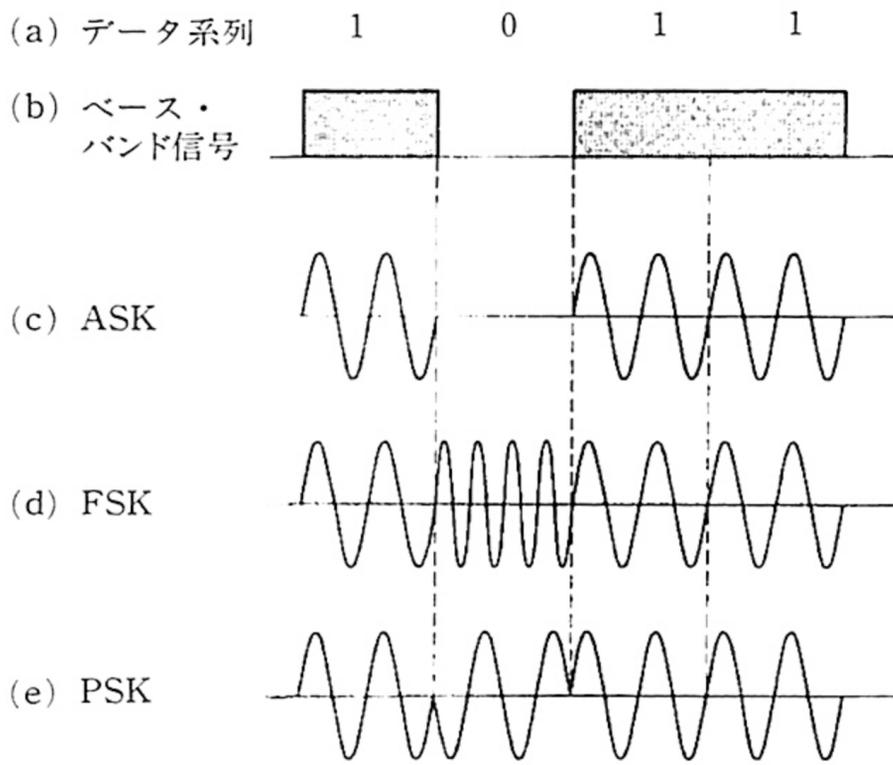


図-2 デジタル変調方式

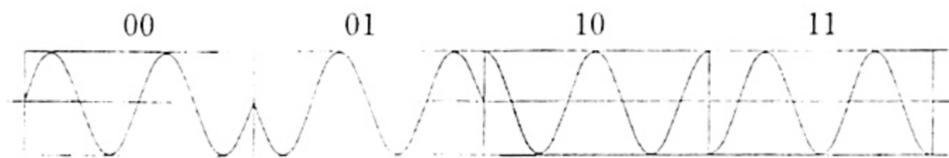


図-3 4-PSK 変調信号

から言えば、限られた伝送帯域では、(e)のようなPSK（位相偏移変調）方式が、最も優れています。PSK方式は、位相の変化量を180度おきとすると1ビットしか伝送できませんが、90度になると2ビット、45度おきで3ビットというようにどんどん細分化する方式により、一度に多くのデータを伝送することが可能となります。

一般に図-3に示したようにPSKの信号伝送においては、波の変わり目の部分（位相情報）を正確に伝送しなければなりません。もし、海中の伝送路が一定の振幅、一定の位相特性を持っている場合は、位相情報はそのまま伝送されますから何の問題もありません。しかし、海中での音波は、減衰の度合いがその周波数に大きく依存します。しかも、伝搬速度が遅いため、船の動揺によるドプラー効果などを受けて、信号が伝搬する間、振幅や位相特性が時々刻々変化し、それによりデータの信頼性が劣化します。このようなことから、PSK方式は、有線や電波の通信では、デジタル高速通信に最も適しているにもかかわらず、海中の

長距離音響信号伝搬には向いていないと言われていました。そこで、我々は最新の高速のデジタル信号処理技術を用い、適応等化器という信号のゆらぎをリアルタイムで補正できる装置を利用し、PSK信号を海中の伝送に適用できるようにしました。

また、このような信号の補正方式と並行して、デジタルデータ通信を行うために適した音響送波器を開発しました。これは、電気信号を音響信号に変換する重要な要素で、空中でのスピーカーに相当しますが、この特性の優劣で、通信の品質が大きく左右されます。従来は、伝送できる周波数帯域は極めて限られたものでしたが、整合層という特殊な層を付加することにより、よい結果が得られることが分かり、試作の結果、高速のデータ伝送に適合させるために、従来のものに比べて伝送帯域が広くかつ送波感度の高い広帯域音響送波器を開発することができました。

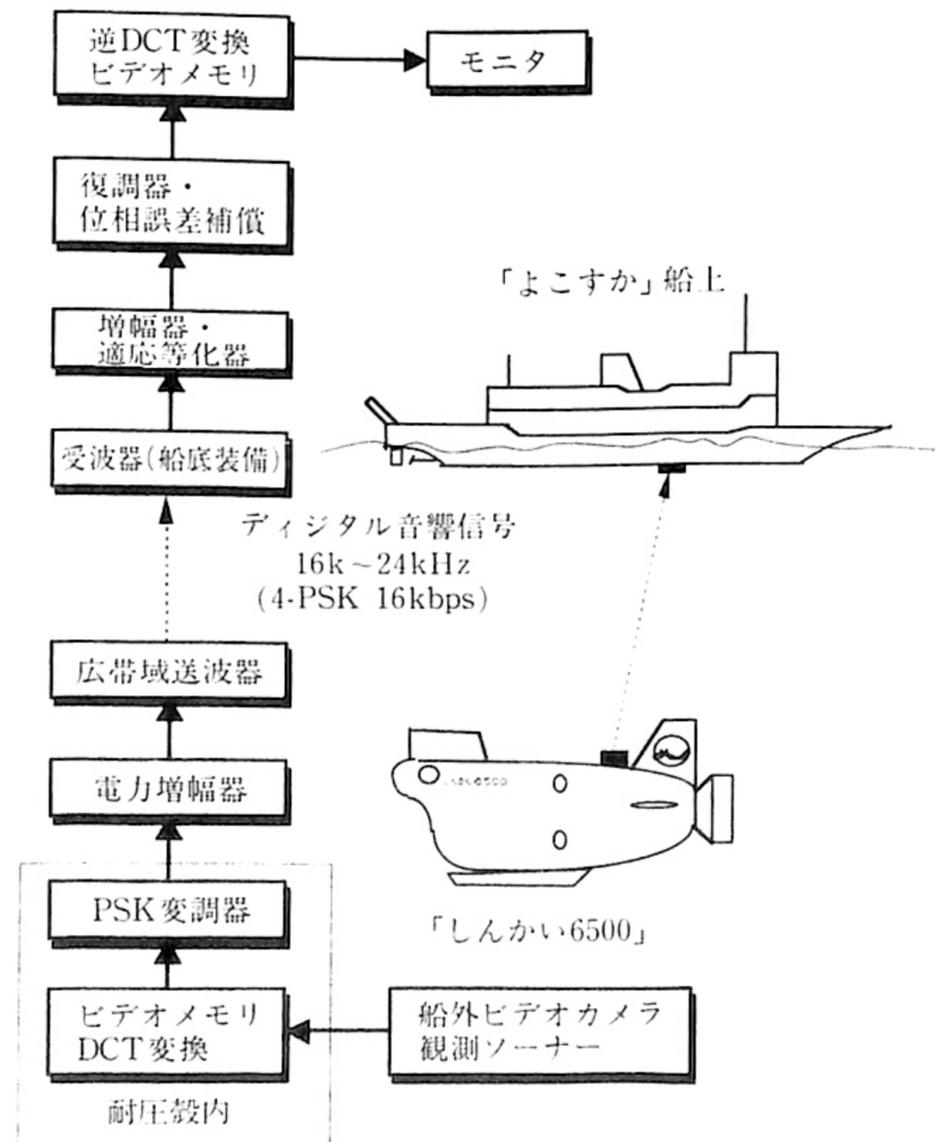


図-4 「しんかい6500」システム用画像情報伝送装置系統図

この音響送波器の効果もあり、伝送帯域 8 kHz で 16 k ビット/秒の高速伝送が可能となりました。ちなみに、通常利用されている G 3 型の FAX が 9.6 k ビット/秒ですから高速ぶりが想像できると思います。

様々な要素技術を使って、「しんかい 6500」のための実用的な「画像情報伝送装置」は開発されました。この装置の構成図を図-4 に示しました。

### 3. ほんとうに TV 画像は伝送できるようになったのか？

水槽試験の結果、この装置においては、通常の「しんかい 6500」の運用時に生じる様々な信号の変動に対し、ほとんど補正できる能力があることが分かりました。最終的には、周波数 16~24 kHz の周波数帯域で、家庭用のビデオ装置並のフルカラー (1,600 万色) の画像を約 8 秒に 1 枚ずつ連続的に伝送することができるようになりました。

また、この装置は、「しんかい 6500」に常時搭載できるように小型軽量に製作され、特別な操作は必要ありませんので、観察者は TV カメラを操作して、伝送したい海底の対象物を撮影すれば、その画像が音響信号に変換され連続的に母船に向けて伝送されます。母船では、その信号を受信し、再び画像に変換され普通の TV モニタに再生され、普通の VTR に記録されます。

1991 年 3 月には、この装置を実際に「しんかい 6500」に搭載して、琉球海溝 (水深約 6,500 m) において、伝送試験を実施しました。この時の結果の例を写真-1 に示します。この写真の (1) は、母船上で受信された画像であり、同写真 (2) は、「しんかい 6500」で VTR に記録されたものを揚収後に再生した画像です。この写真のように送信・受信画の差異はほとんど見られませんでした。



(1) 母船「よこすか」船上での受信画像



(2) 「しんかい 6500」からの送信画像  
(琉球海溝水深 6,446 m 底ダラの種類)

写真-1 送受信画像の比較

た。しかも、エラーを発生させないために必要な送信電力は当初考えられていた電力のわずか 1/10 の 20 ワット程度で済むことが分かりました。

この装置の完成により母船上の多数の研究者は、あたかも TV 放送を見るように、ソファに座ったまま生物や海底地形を観察でき、それによって適切な作業の指示を出すことができるようになりました。また、「しんかい 6500」の観測ソナーの画像も送ることができるので、広い視野から海底の状況を見て判断を下せるようになりました。また、潜水船に搭乗した乗組員の様子も伝送することができるようになりました。

この装置は、その後の 1 年にわたる調査潜航でほとんど毎回のようによく使用されてきましたが、そ



シロウリガイのコロニー



海溝底のマネキンの首

海底の割れ目

写真-2 受信画像の例(日本海溝 水深約 6,300 m)

のとき得られた画像の一例を写真-2 に示します。

また、装置の運用をお願いしている運航チームの人たちの感想は次のようなものでした。

「例の鳥島海山での鯨の骨の周りの生物群の発見や、マリアナ海域の熱水噴出域での調査などでは大活躍をしましたよ。最近の研究者は、この装置の利用を前提に調査計画を立てているようですし、送られてくるビデオを見ながら、採集された資料の母船での受け入れ準備をあらかじめしているようです。特に外国の研究者は、いろいろな潜水調査船を知っているせいか、他の潜水船にはない装置そのものに非常な興味を持っているようで結構質問が多いですよ。

運航サイドからいえば、伝送画面上に常に潜航

深度が表示されているので、安心できます。おかげで水中通話器での連絡回数が減りました。もっとも、母船上の研究者の人達からの注文が増えて、「しんかい6500」側ではTVカメラのアングルをきちんとしなければいけなくなりましたが…」

運航サイドからの強い要望もあり、平成6年度にはこれと同等の装置が「しんかい2000」にも搭載される予定です。読者の皆さんの中で、これから「よこすか」や「なつしま」に乗船される方は、多少とも興味を持って見ていただければ幸いです。

#### 4. 希望とお礼

この画像情報伝送装置の研究は、今から、約10年程前に始まりました。最初は、簡単な装置で、センターの岸壁の50 m位の距離で何とか絵らしいものが映って、感激したのを思い出しました。しかし、その時点で実用的な装置が完成するとは思っていませんでした。しかし、その後の信号処理技術や計算機の進歩は著しいものがあり、日本電気の協力もあり、最新の技術を応用し、様々な試験を実施し、実用機を完成させることができました。

この画像情報伝送装置は、もちろん有人潜水船による深海調査には絶大な効果を発揮します。また、それだけではなく、この装置に利用されている、デジタル高速通信のための技術を応用することにより、画像だけではなく種々の計測データを大量にリアルタイムで水上船に伝送することが

できます。したがって、我々は、今後この技術により将来は海底に設置した長期観測ステーションとのデータ通信やケーブルの全くない無索無人探査機を制御することを可能にする研究を推し進めたいと思っています。

最後になりましたが、この装置の完成までには、現在の深海開発技術部第2研究グループのスタッフ（土屋利雄・網谷泰孝・越智 寛）のほか、当センターの次のような人々が研究に携わってきたことを申し添えておきます。

中西俊之氏（現海洋研究部長）、許 正憲氏（現深海環境プログラム推進室）、新井嘉人氏（現企画部）、山本浩文氏（現海洋研究部）、野並健二氏（現川崎重工業）。

また、日本電気（株）海洋開発センターの鈴木道也氏、根岸 悟氏の両氏には、様々な共同研究により、この装置の完成と実用化に多大な尽力をいただきましたので、併せて感謝したいと思います。



# 凍る海

(3)

## 氷縁域での諸現象



海洋研究部 滝沢 隆俊 Takatoshi Takizawa

### 1. 氷縁域の特性

氷縁域とは海氷で覆われた水域と海氷の存在しない水域の境界付近の遷移領域を指す用語である。氷域と氷のない水域の境は氷縁と呼ばれる。日本語では氷縁域と氷縁は紛らわしい表現であるが、英語ではそれぞれ Marginal Ice Zone (MIZ) と Ice edge である。以後は氷縁域の略語として MIZ を使う。氷野の内部と MIZ の境界は MIZ が遷移領域であることより明確な定義が難しいが、氷盤と氷盤の衝突といった相互作用が氷野の内部と同じになる位置、あるいは開水面から MIZ に伝播してきた波が十分に減衰してしまう位置といった定義がなされている。

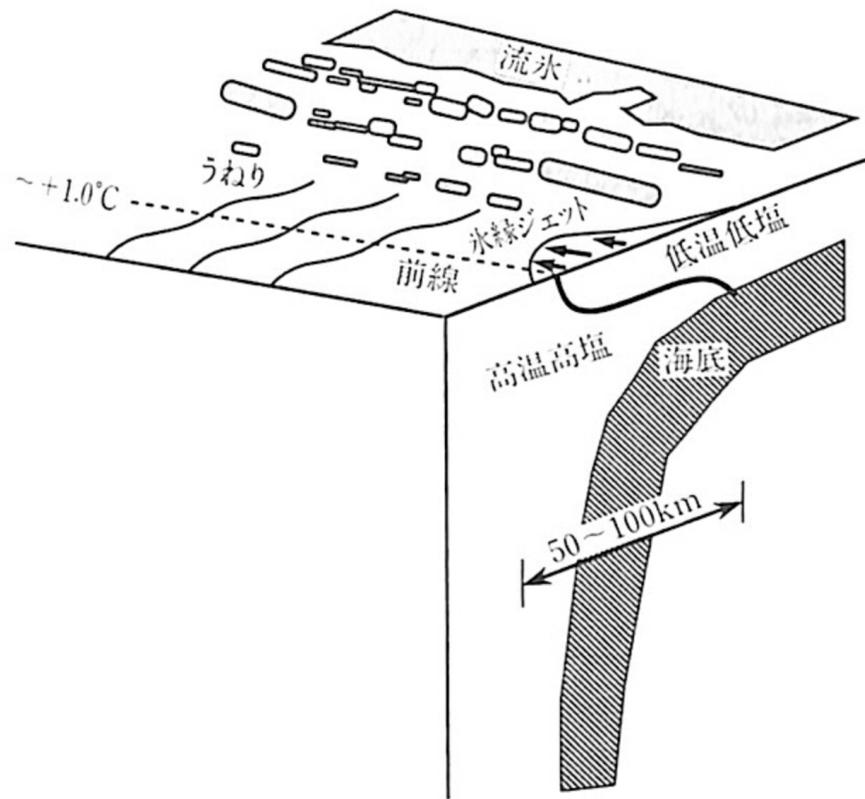
MIZ での大きな特徴は、それを横切る方向で物理量の水平勾配が著しいこととその時間変化も激しいことである。その勾配は海面において最も顕著である。氷縁から開水面側では液体の水が存在し、その最低温度は約  $-1.8^{\circ}\text{C}$  にしかない\*。一方 MIZ では、流水が海面を覆っている

のでその物理的振舞いは液体とは大きく異なる。氷の表面温度はその上の大気状態によりマイナス数十度まで下りうる。また、氷野では氷丘脈の存在や、個々の氷盤の端がめくれ上がったようになっていることなどから、海水に比べて空気力学的粗度が大きい。この粗度の違いは、風が与える応力が氷縁を境に MIZ と開水面で大きく異なることを意味する。大気と海の間熱交換も海氷が断熱材の役割を果たすことから、MIZ では開水面と比べて著しく小さい。

表面と同様に、MIZ の海中部分にも物理量の水平勾配が見られる。多くの場合、MIZ に伴って水温や塩分が急激に変化する前線が存在する。前線を境に氷野側には低温・低塩の水、開水面側には高温・高塩の水がある(図-1)。MIZ と前線は互いに強い影響を及ぼしあっている。前線の

口絵写真 オホーツク海北海道枝幸沖で観測された流水渦。渦の直径は約 20 km で直径が約 10 m の氷盤から構成されている。1987年1月12日、高度約 3,000 m から撮影。(朝日新聞社提供)

\* 海水の結氷温度は約  $-1.8^{\circ}\text{C}$  なので、海水としてはこれ以下の水温を持つことはない。すなわち、結氷温度の水をさらに冷却すると、海氷が形成される。



図一 氷縁域 (MIZ) の模式図。前線が海氷域側の低温・低塩の水塊と開水面側の高温・高塩の水塊を隔てている。前線構造は氷縁ジェットと呼ばれる氷縁に沿った局所的な強い流れを引き起す。沖からのうねりは、氷縁をバラバラにして隔解を促進させる。

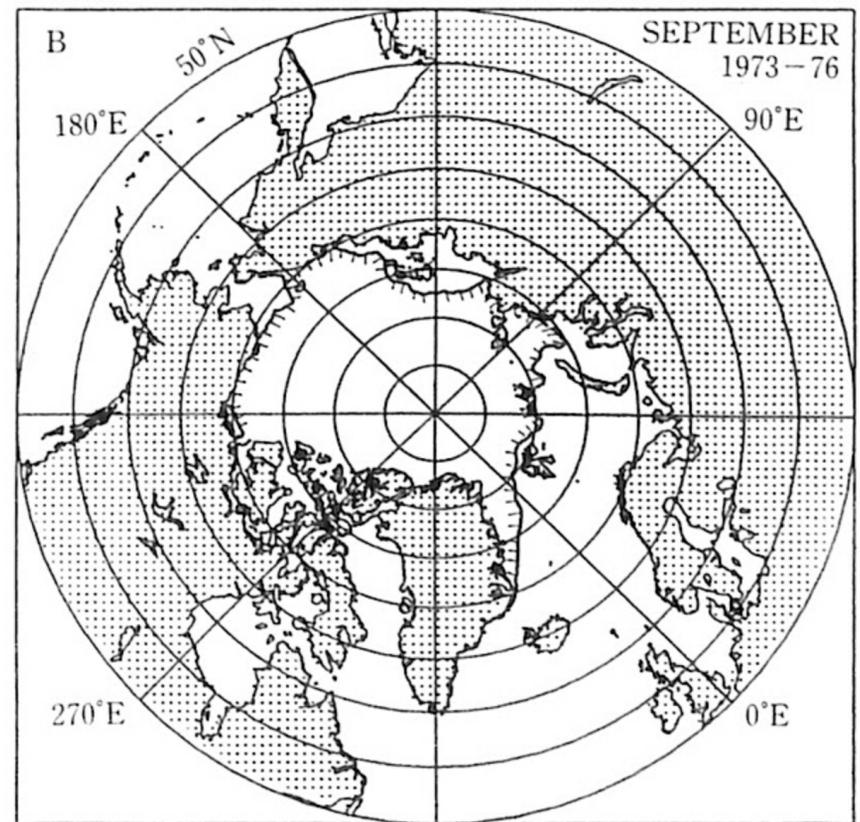
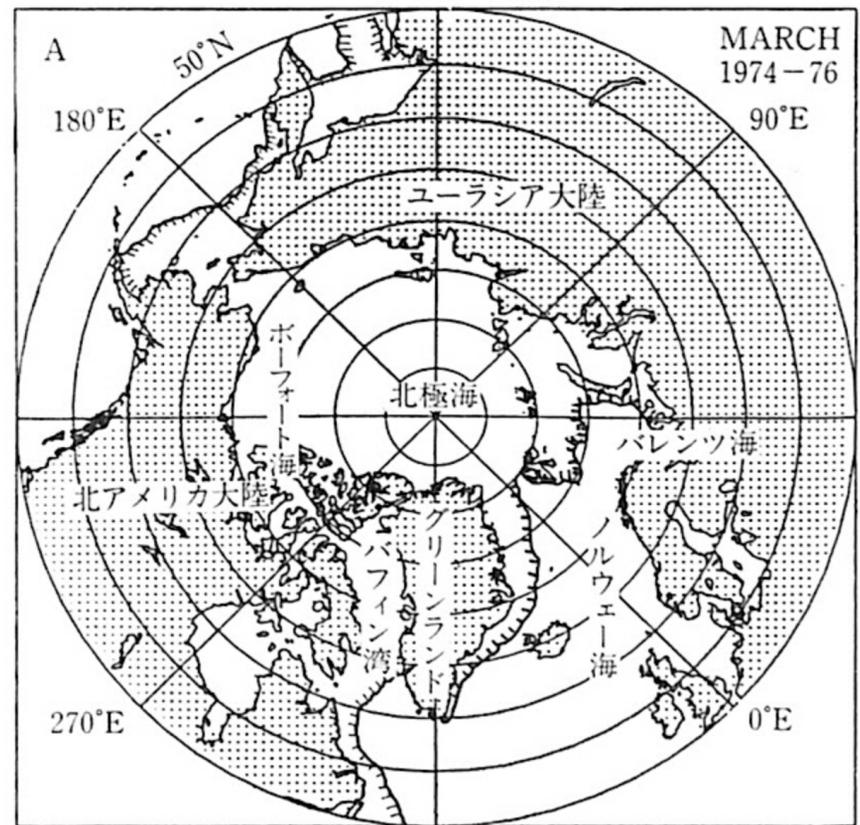
開水面側の暖かい水は氷を融かす熱源となる。同時に、融解のための熱を奪われることにより海水は冷やされて、流水はそれ以上に融かされることなく氷縁はある平衡の位置を保つ。一方で氷の融解によって作られる低温・低塩な融氷水は前線を維持する効果がある。

大気にも MIZ の影響が現われる。氷縁での表面粗度や大気・海洋間の熱の流れの大きな勾配は局所的な大気状態を変え、MIZ で風を強めたりさらには低気圧の経路にも影響を与えるとされている。

特定の水域である時期の平均的な MIZ の位置とその特徴を記述することは可能であるが、現実として観測される MIZ は平均的 MIZ とはかなり異なったものである。実際の MIZ は風や海流あるいは気温・日射量等々の外力の変化に応じて常にその位置や氷状を変え、定常状態を想定するのが困難な存在である。

## 2. MIZ の地理的分布

地球規模で見ると南北両半球の MIZ は極を取り巻いており、氷野の低緯度側の境界をなしている。図一2 に示した北半球の平均的海氷分布図に、氷域の最大と最小の月の月平均 MIZ の位置が描かれている。全球スケールでの海氷域の面積、すなわち MIZ の位置の年々変動は大気場の変動と密接な関係があるとされている。小野



図一2 北半球の月平均海氷域面積。A) 3月 (面積最大), B) 9月 (面積最小) (Parkinson et al., 1987)。

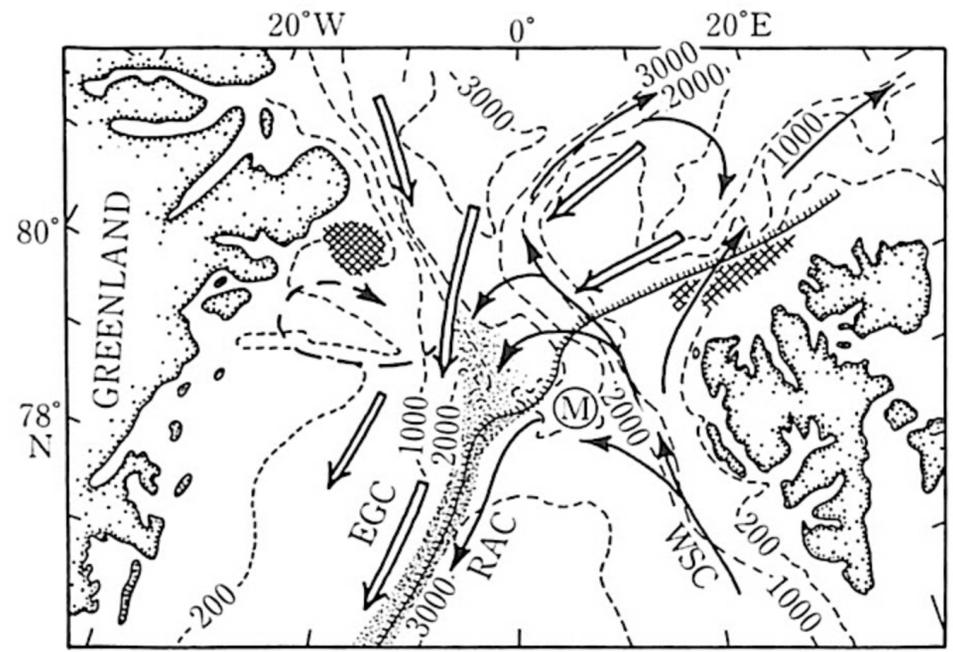


図一3 1973年以降で3月の北半球の全海氷域面積が最大を示した1979年と、最小を示した1984年との氷縁の位置。グリーンランド南端とカムチャツカ半島南端を結ぶ線の左右で変動特性が逆の傾向が見られる。小野(1993)を一部省略した。

(1993)によると、北半球の海氷域面積はグリーンランド南端とカムチャツカ半島を結ぶ線のアメリカ側とユーラシア側でその変動が逆相関になっている(図一3)。ベーリング海やバフィン湾の海氷が多い(MIZが南下する)年はオホーツク海やバレンツ海の海氷は少ない(MIZが北に後退する)、またその逆の現象も見られる。これは北半球の大気大循環の変動に起因すると考えられ、小野(1993)はエルニーニョ現象との関連に注目している。

#### (1) 北極海大西洋側の MIZ

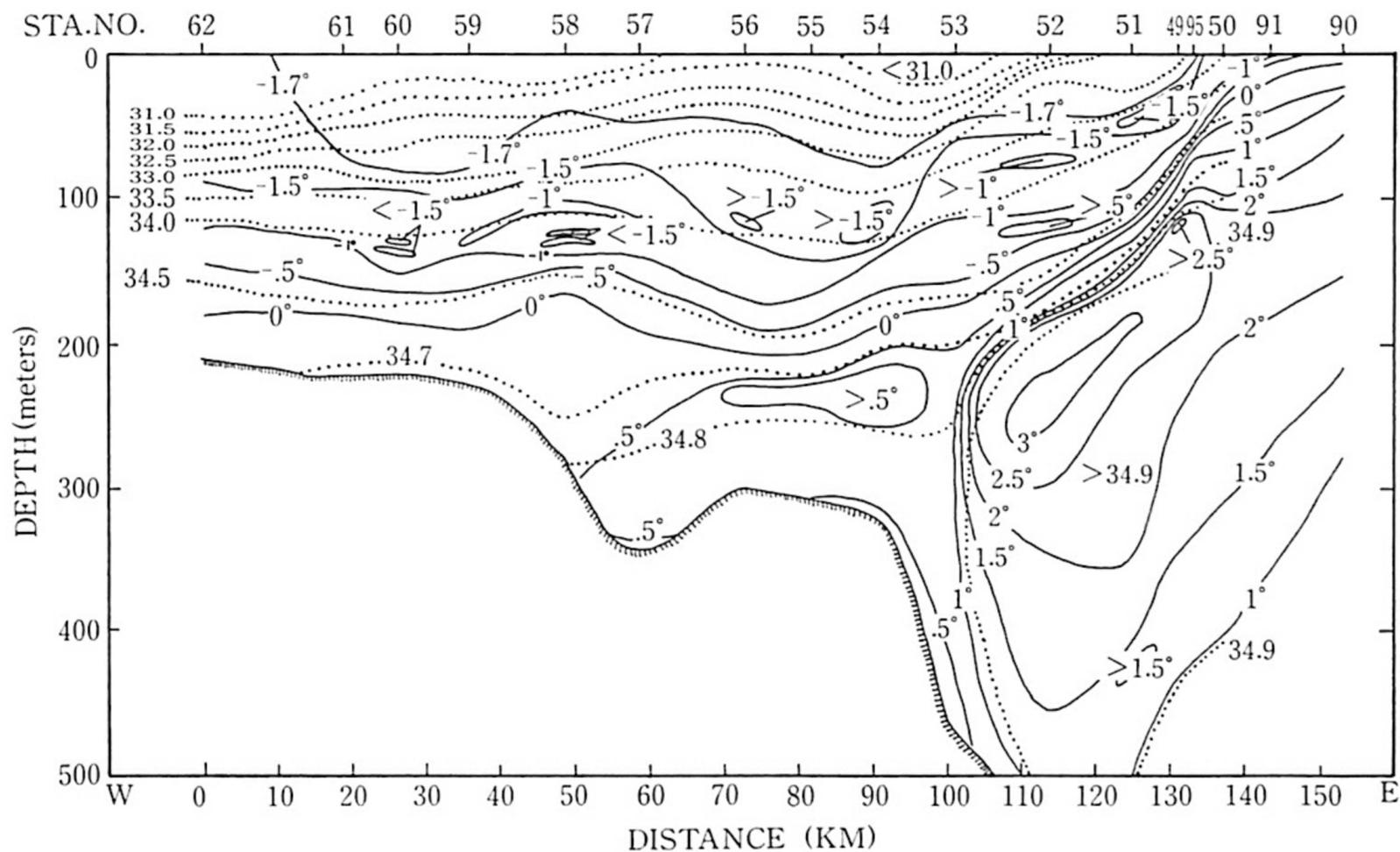
図一2から分かるように、冬の MIZ はグリーンランドの東沖からスバルバル諸島、バレンツ海のノバヤゼムリャ島へと続いている。スカンジナビア半島の沖のノルウェー海には、南からの暖かい大西洋水のため海氷が存在しない。夏の



図一4 フラム海峡とグリーンランド海北部の海流と前線。白抜き矢印は低温・低塩の北極海の表層水, 黒矢印は高温・高塩の大西洋水を表わす。破線は水深(m)。—:夏の平均的氷縁。▨:ポリニヤがしばしば出現する水域。▤:東グリーンランド極前線。WSC:西スペッツベルゲン海流, EGC:東グリーンランド海流, RAC:大西洋水の還流。(Muench, 1990)

MIZ はグリーンランドの沿岸からスバルバル諸島、ノバヤゼムリャの北沖にかけて後退する。季節的な MIZ の前進・後退には、結氷・融解過程と風による漂流に加えて、氷を融かし得る熱を北へと運んだり、流氷を押し流す海流の役割が大きい。この海域での主要な海流は西スペッツベルゲン海流と東グリーンランド海流である(図一4)。前者は、スバルバル諸島のスペッツベルゲン島の西を北流し、フラム海峡を越えて北大西洋からの暖かい水を北極海へ運び込む。この海流による北向きの熱の輸送がスカンジナビア半島沖のノルウェー海からバレンツ海にかけて広がる開水面の要因となっている。東グリーンランド海流は、フラム海峡からグリーンランドに沿って南下する流れで、北極海の流氷をグリーンランド海に運び出す。この海流は低温・低塩の水から成り、東側のグリーンランド海中央部の比較的高温・高塩の水との間に顕著な極前線が存在する(図一5)。

東グリーンランド海流の水温は結氷温度に近いので、夏でもこれにより運ばれる流氷は数カ月間



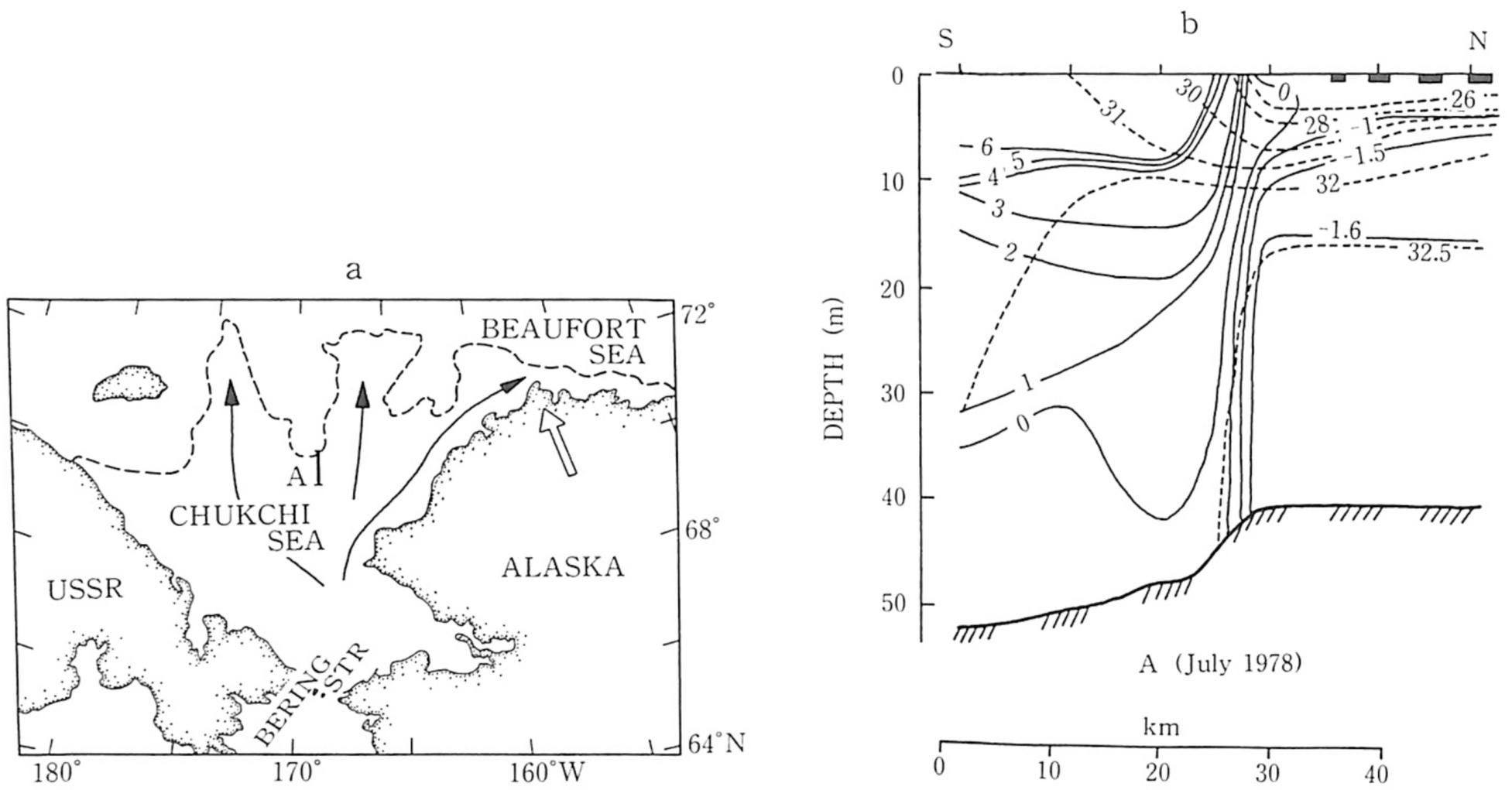
図—5 グリーンランド海の 78°N に沿った温度 (実線) と塩分 (点線) の東西断面 (1981 年 10 月)。測点番号 50 付近に極前線が存在する。その西は結氷温度に近く、逆に東はプラスの水温である。(Paquette *et al.*, 1985)

も融けることなくグリーンランド南端まで達する。したがって、北極海より流氷とともにグリーンランド海に流れ出たこの海流は、東側の比較的高温・高塩の水との間に明確な極前線を形成しつつグリーンランド南端まで達する。これによりグリーンランド東岸沖の MIZ の位置が決められるといえる。ここで見られる海氷は大部分が北極海起源のもので、その年令も広範囲にわたっている。

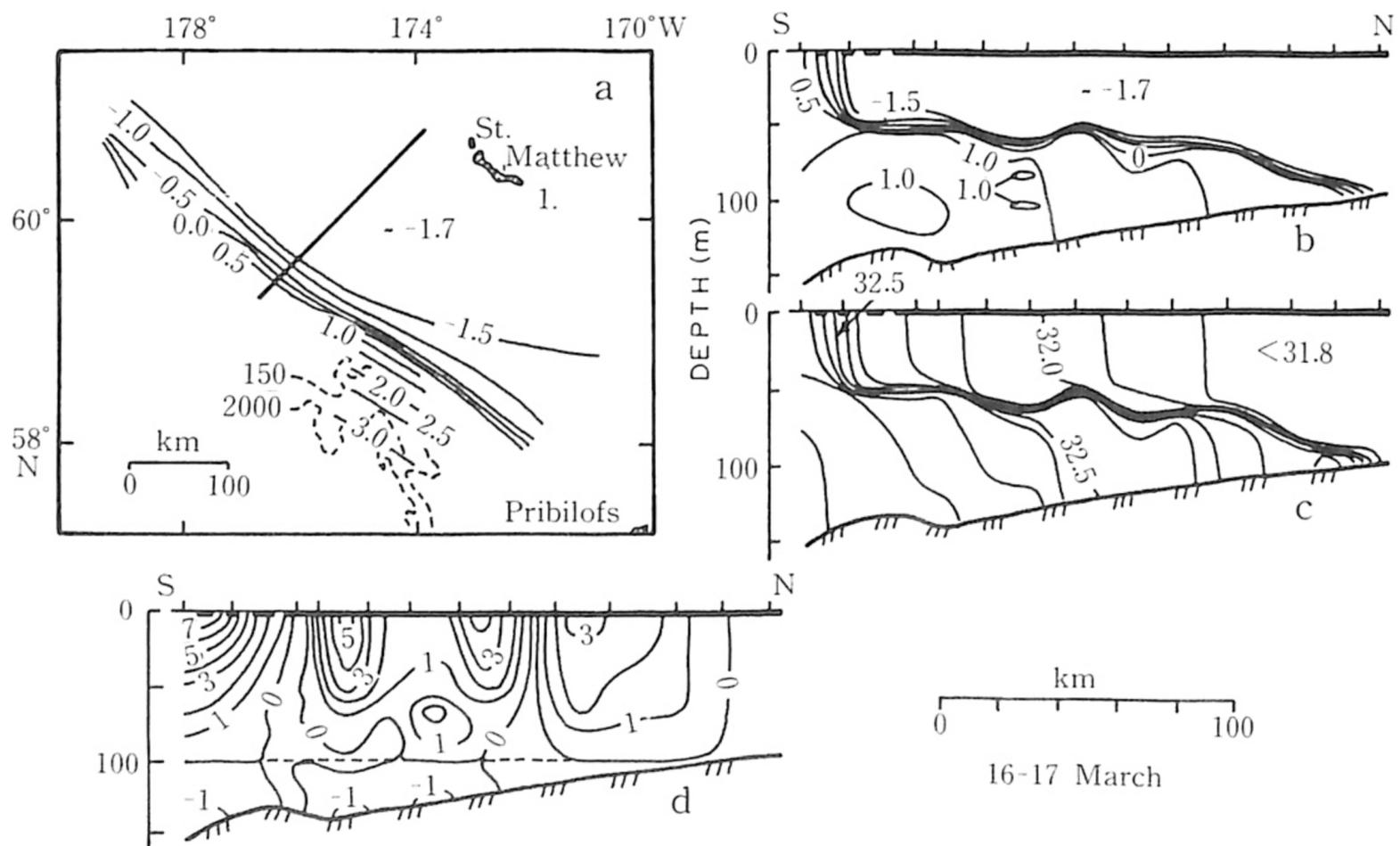
## (2) ベーリング海・チュクチ海の MIZ

北極海の太平洋側の MIZ は、氷域が最も拡大する 3 月にはベーリング海北部まで南下し、その位置はほぼ陸棚斜面と一致している。一方、夏の MIZ はベーリング海峡を越えて後退しチュクチ海にある。夏と冬で MIZ の位置は、1,000 km 以上も移動する (図—2)。この海域での MIZ の位置は主に海流によって支配されている。夏には、北太平洋からベーリング海峡を越えてチュクチ海へ流れ込む水が流氷を融かすのに十分な熱量を運び込み、気温も結氷温度より高くなることも加

わって MIZ を北へと後退させる。チュクチ海での流れは海底地形に支配されてトラフに沿って 3 つの分枝に分かれる (図—6 a)。この 3 つに分かれた流れにより選択的に融解が進むことによって氷野に大きな入江が形成される。ここでの氷縁の形は海水の熱がいかに関与しているかを示す好例である。氷縁付近の温度と塩分の断面には顕著な前線が形成されている (図—6 b)。海底にまで達する前線により北側 (氷野側) の低温な北極海水と南側の暖かいベーリング海系水が分離されている。さらに、ベーリング海系水は約 10 m 付近の温度躍層により上下の二層構造になっている。これらは夏のチュクチ海の MIZ での典型的な海況である。冬季には北太平洋水はベーリング海北部の浅い大陸棚で結氷温度付近まで冷却されるので、ベーリング海峡を通過するころには氷を融かすだけの熱を持っていない。したがって、11 月末に気温が結氷温度以下に下がると MIZ は南へと急速に前進し始める。この MIZ の南下は結氷によるものと冬の卓越風である北風に



図一6 a) チュクチ海の1978年8月22日の氷縁(破線)。北向きの暖かい海流(矢印)によって、氷野に3つの入江が形成されている。b) 氷縁付近の温度と塩分の南北断面。位置はa) 図の中で太線Aで示した。横軸上の短い太い黒線は流氷を意味する。(Paquette and Bourke, 1981)



図一7 ベーリング海の冬の氷縁付近の前線の水平温度分布(a), 温度断面(b), 塩分断面(c)。断面の位置はa) 図の中の太線。100 mを基準面として計算した地衡流速の断面(d)。プラスの値が北西流を示す。氷縁で強い流れ(氷縁ジェット)が存在する。断面図の横軸上の太線は流氷を示す。(Muench and Schumacher, 1985)

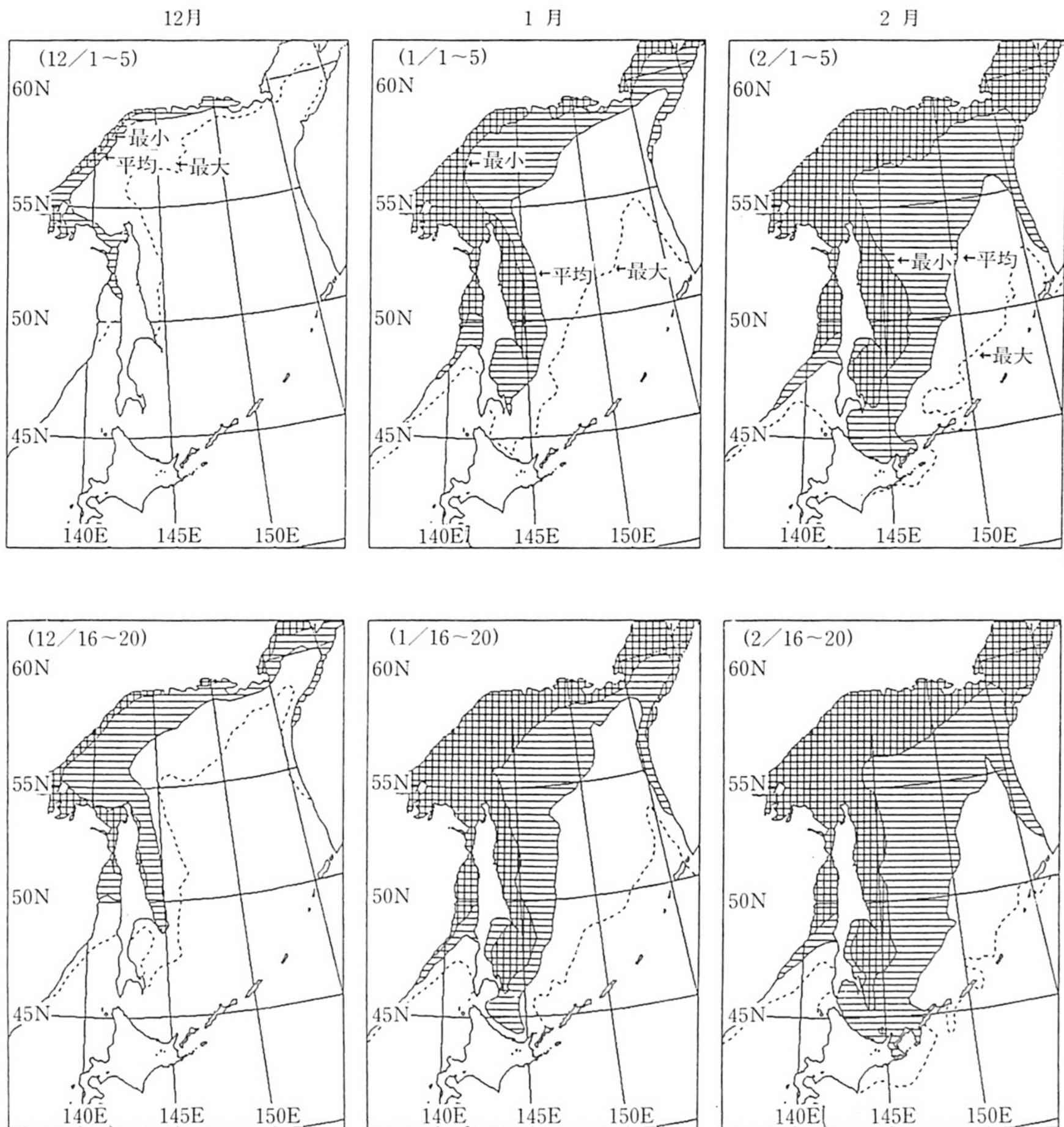


図-8 オホーツク海 20 年平均半旬別氷縁図(1970/71~1989/90)。(日本気象協会, 1992)

よって流氷が南へ吹き流されることによって生じる。北極海の流氷は、狭いベーリング海峡でほとんどがせき止められてしまうのでベーリング海の水は大部分が地元産である。3月末にベーリング海の氷野は最も拡大する。この時期の MIZ は陸棚斜面のほぼ 100 m の等深線に沿っており、その位置は南側の暖かい北西へ向かう流れと低温な陸棚水との間の前線によって支配されている(図-7)。この前線は、MIZ において流氷が次々

に融かされることによる低温・低塩の融氷水によって維持されている。時に流氷が前線を越えて南側の暖かい水域に流れていっても、そこで急速に融かされてしまうので MIZ が南へ進行することはない。

ベーリング海 MIZ の平均像は気象・海象条件に従って上述のようであるが、年々の MIZ の様子は広域の大気場の状態に強く影響されている。低気圧がベーリング海を通る頻度が高い年の冬に

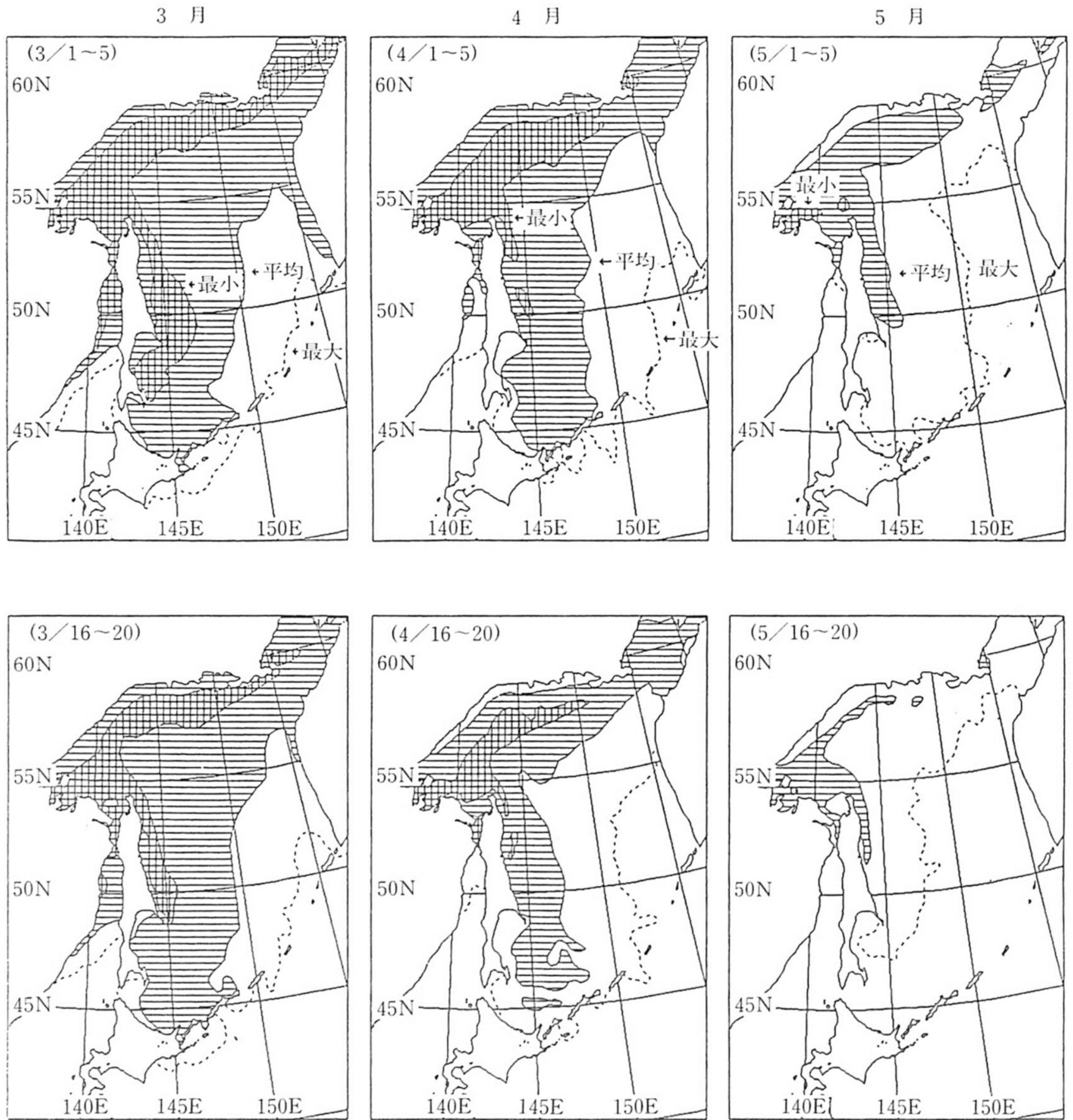


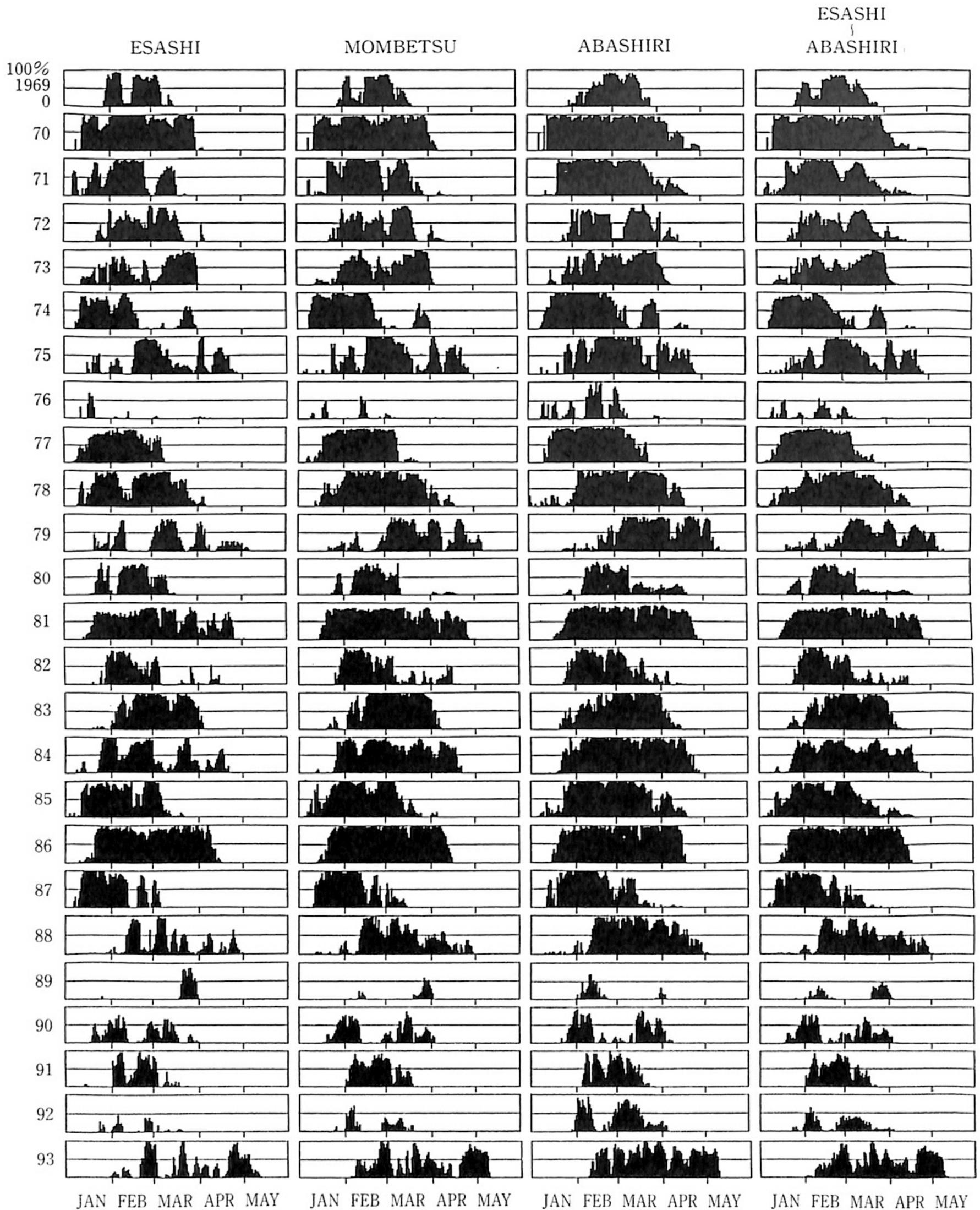
図-8 (続き)

は、北東風が卓越する平年の冬に比べて MIZ はかなり北に位置する。このような状況は、アリューシャン低気圧が西に寄りベーリング海西部に中心を持つ時に起る（平年はベーリング海の東のアラスカ湾西部にある）。このような気圧配置の冬には、低気圧が比較的暖かい南風成分を持った空気をベーリング海 MIZ にもたらすので、熱的・力学的に MIZ を北に後退させる。加えて、強い南風によって引き起こされた波浪が MIZ の

氷盤を分裂させたり、氷盤を拡散させて融解を促進させることによって MIZ を後退させる。図-8 により、ベーリング海への低気圧の来襲頻度と海氷域面積の変化が逆相関であることが示されている。すなわち、低気圧がくる回数が多いと MIZ は北に位置している。Muench (1983) によると、1981 年の 3 月には度重なる低気圧のため約 100 km も MIZ が後退した。

先に述べたベーリング海とオホーツク海の海水





図一9 オホーツク海北海道沿岸のレーダー観測による海氷面積\* (%)，左から，枝幸，紋別，網走の沖合い約 50 km までの観測結果。右端は 3 地点をまとめたもの。(北海道大学低温科学研究所流水研究施設提供)

ていたが、1973年を境に年々変動は大きい全般に海氷域面積は狭い状態が続いている。しかし、個々の海で見るとこの傾向は顕著とは言い難く、異なった傾向を示すところもある。海氷域面積の変化は地球温暖化と結びつけて考えたいが、佐藤は北半球全体として1973年以降はそれ以前より海氷域面積が小さくなっていると指摘しているが、面積が減少傾向にあるとは述べていない。

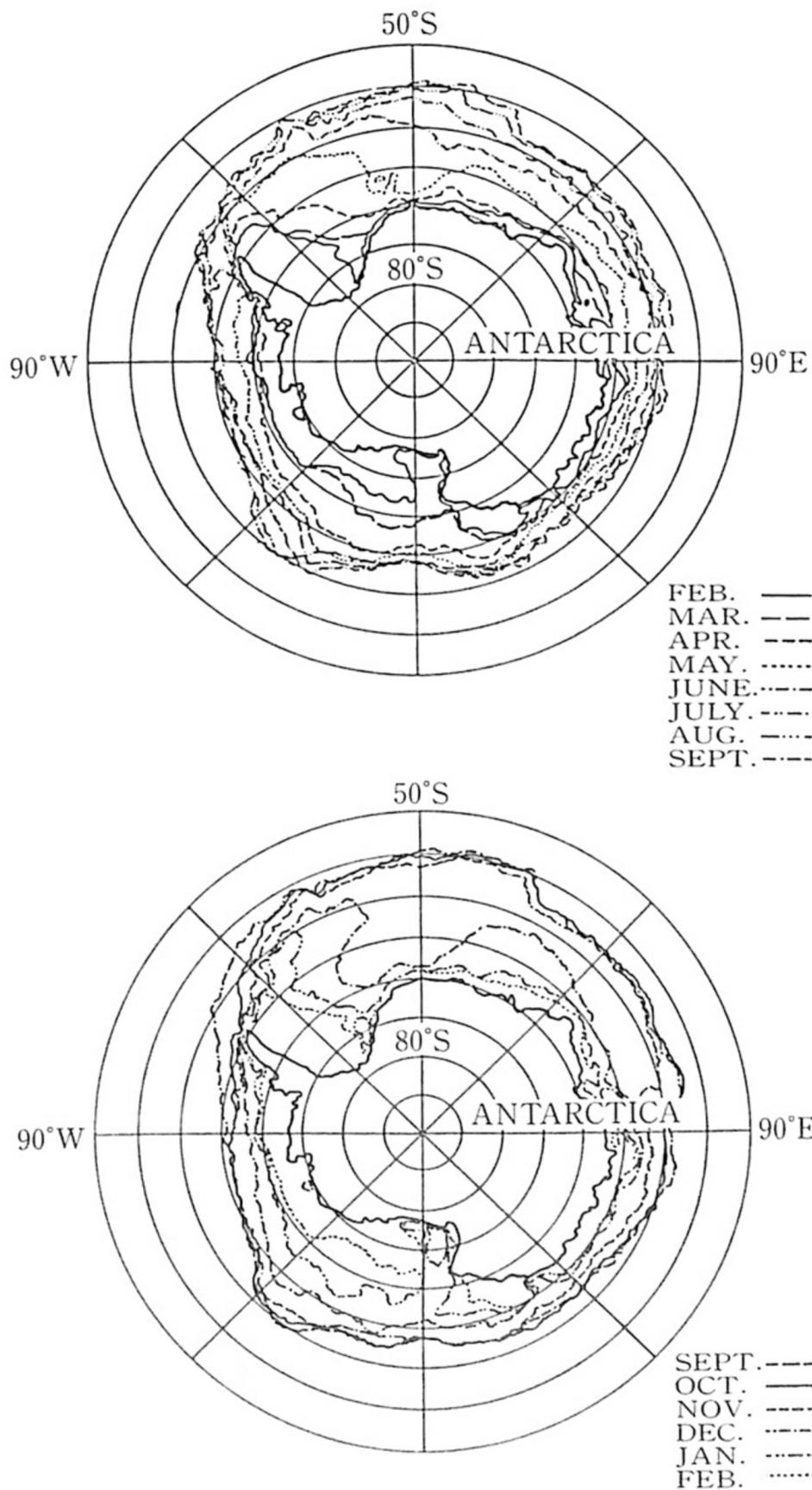


図-10 南大洋の1973-1976年の月平均海氷域面積。  
(Zwally *et al.*, 1983)

#### (4) 南大洋のMIZ

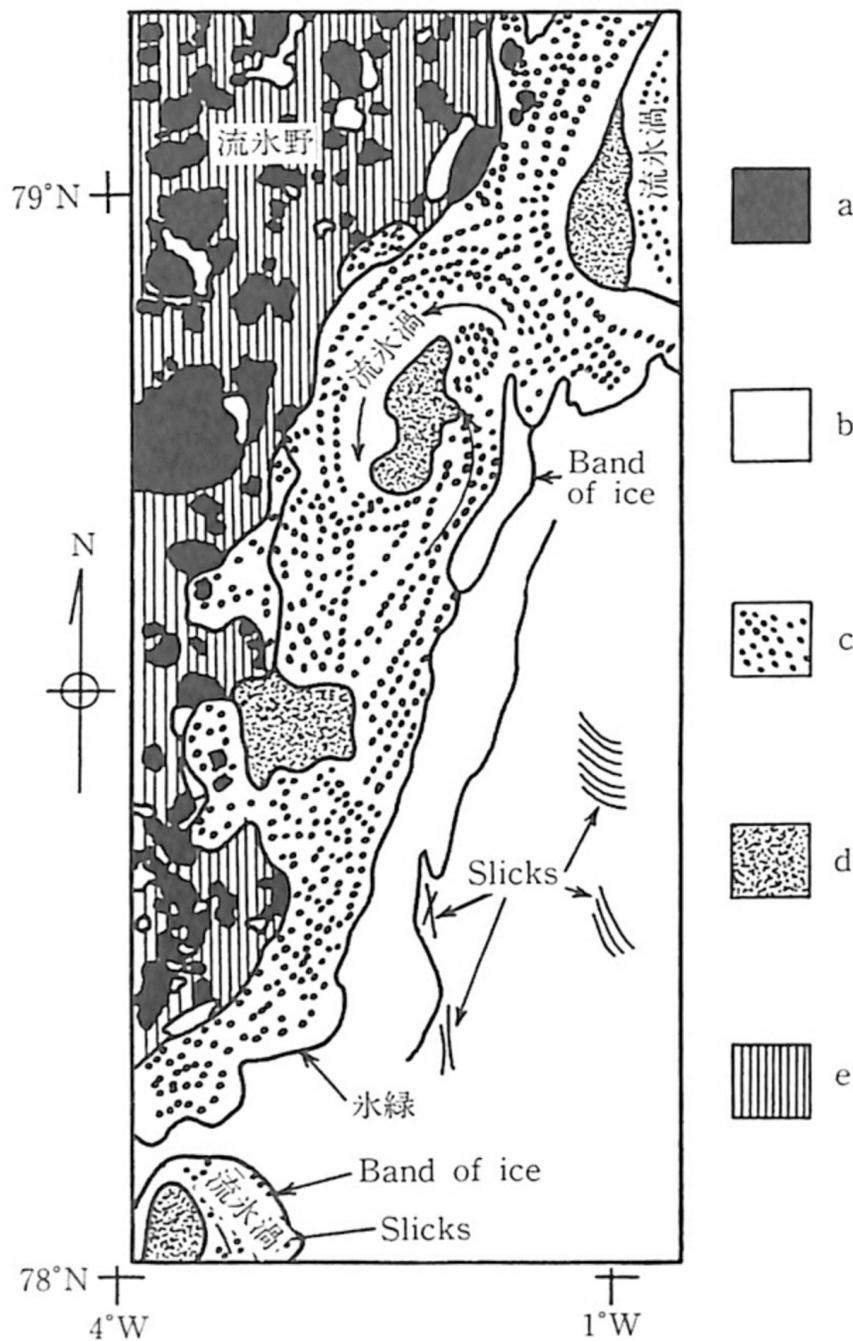
真冬のMIZは、年によって南極半島で邪魔されることがあるが、南極大陸の回りを1周している(図-10)。MIZの北限はほぼ55-60°Sであり、極前線に対応している。冬と夏でMIZの位置は大きく変化し、夏に海氷が融けずに残っているのは沿岸を除くと、ウェッデル海とロス海だけである。したがって、南大洋の海氷の大部分は越夏しない一年氷である。その一生は簡単にいうとベーリング海やオホーツク海と似て、大陸近くで産れた氷がベルトコンベアで沖へ運ばれて氷縁で融かされて終わる。

最近の研究によると、氷域の拡大・縮小は南半球の大気場に強く影響を受けていることが示された(Enomoto and Ohmura, 1990, 1991, 1992)。また、気温-8°Cの等値線の変動と氷縁の変動の間の相関が高いという結果も出されている(Oshiyama *et al.*, 1993)。

南大洋域は北極域に比べて気象・海象ともに未知の点が多く、海氷域の変動についても今後に残されている課題は非常に多い。

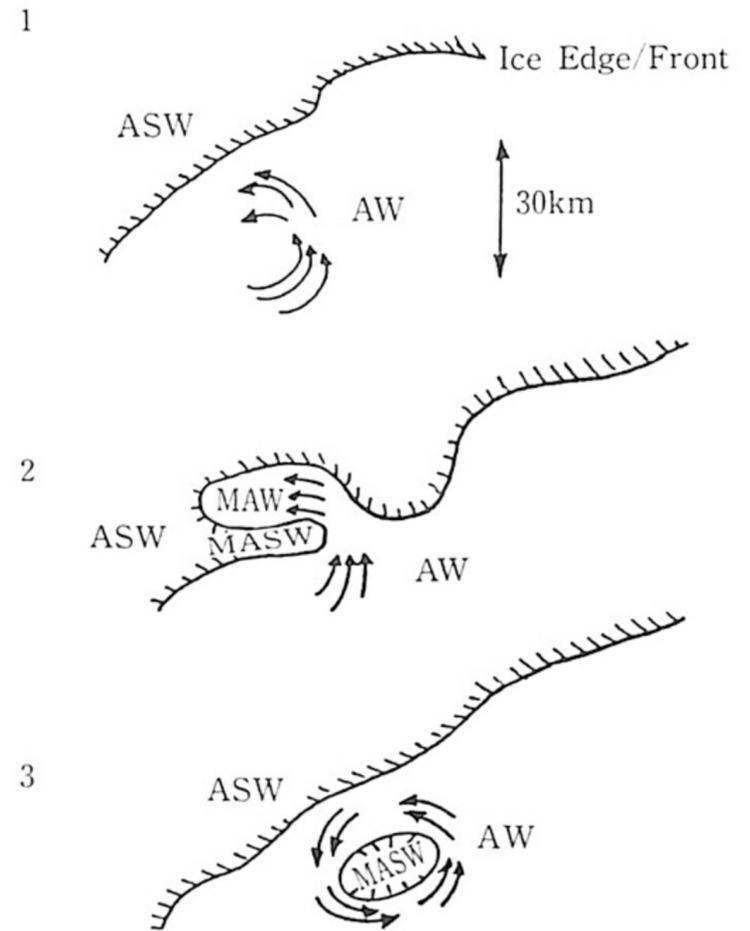
### 3. 前線と流氷渦

MIZには(海の)前線が伴うのが普通である。グリーンランド海、チュクチ海及びベーリング海の例は既に図-5~7に示した。前線を横切る方向で水温、塩分などが急激に変化すると同時に、流速もしばしば大きく変化する。前線付近の海流に関わる現象で重要なのは、流れの水平方向の変動が発達し、蛇行や渦が発生することである。浮いている流氷がトレーサー(標識)となって海水の動きを可視化するので、MIZでの渦などがしばしば観測されている(口絵写真参照)。この蛇行や渦は、前線を横切って異種水塊を輸送する働きがある。そのため、氷縁付近の流氷は前線を越えて水温の高い開水面に運ばれ、融かされ



図一11 グリーンランド海の夏の MIZ の氷状。氷縁の蛇行や流水渦が認められる。a : 大氷盤, b : 開水面, c : 直径 10~500 m の氷盤で密接度 3/10, d : 直径 10 m~1.5 km の氷盤で密接度 8/10, e : 直径 10 m~6 km の氷盤で密接度 8/10 (Johannessen *et al.*, 1987 a)

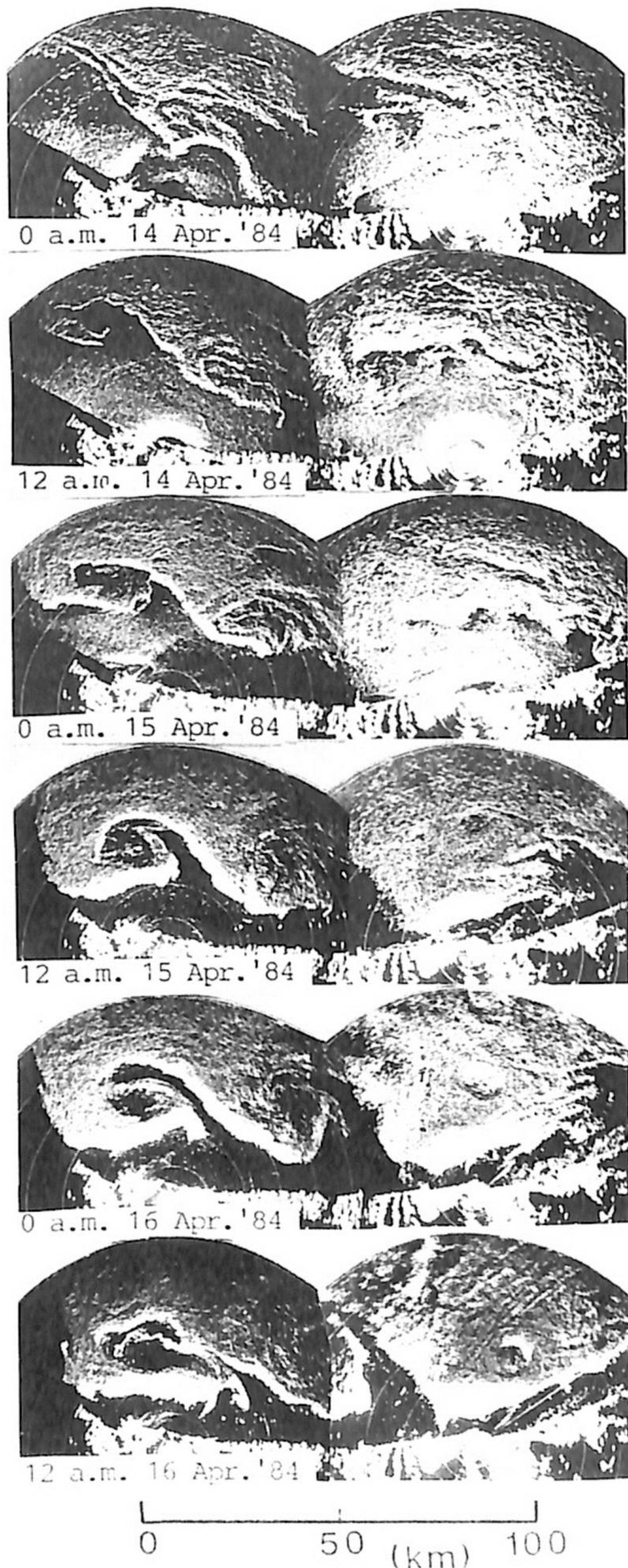
てしまう。同時に、開水面側の暖かい水が MIZ に運び込まれ、上に浮いている氷を融かす、または水温を上げて結氷するのを抑制する。したがって、両者の相乗効果により蛇行や渦が生じると、MIZ での流氷の融解が加速される。図一11 はグリーンランド海の極前線に沿って観測された渦列が存在する氷縁付近の様子である。3つの流氷渦と蛇行する「実質的冰縁」(密流氷域 e と疎流氷域 c の境界) が描かれている。また、海水の渦が氷縁と相互作用をして、流氷渦の分離と水塊の変質が起る過程を模式的に図一12 に示した。写真一1 はオホーツク海北海道沿岸の紋別と網走沖で



図一12 海水の渦と氷縁の相互作用の模式図。AW の渦が氷縁に侵入して、水平混合により水塊の変質が起るとともに、流氷渦を分離させる。AW : 大西洋水, ASW : 北極海表層水, MAW : 変質した AW, MASW : 変質した ASW。 (Johannessen *et al.*, 1987 b)

見られた渦の発達の様子である。

流氷渦の形成機構については幾つかの考えがあるが、一番確からしいものは氷縁での前線に伴う速い流れ(後述する氷縁ジェット)の力学的不安定によるものである。この不安定が流れに擾乱を引き起こし、その乱れが密度成層、流れの水平・鉛直シア、海底地形などの要素の条件が整った時に成長する。最初は流れの蛇行が始まり、それが次第に大きくなり渦の分離が起こる。この渦は流氷渦と呼ばれるが、流氷自身が渦を形成するのではなく、海水中に生じた渦の所に流氷が存在すると、それがトレーサーになって海水の渦が氷の渦として目に見えることを注意していただきたい。



写真一 レーダーで観測されたオホーツク海北海道沿岸の流氷渦。左が紋別、右が網走であり、12時間ごとの画像。  
(Wakatsuchi and Ohshima, 1990)

#### 4. 氷縁ジェット

MIZ ではしばしば強い流れが観測され、特にその流れが氷縁に沿っており氷縁ジェットと名付

けられている。ただし、それは MIZ での定常的な前線に伴う強い流れを指すものではない。例えば、既に述べたグリーンランド海の MIZ には極前線と東グリーンランド海流が存在し、東グリーンランド海流には特に流れの強いコアがある。しかし、このコアは氷縁ジェットとは呼ばない。東グリーンランド海流は、北極海の出口のフラム海峡からグリーンランド海にかけての広い海域の海洋力学で引き起こされている海流であり、氷縁があるから生じる流れではないからである。氷縁ジェットは空間スケール・時間スケールともに小さいもので、氷縁での融氷水が海の表面を薄く覆い、開水面側の比較的高温・高塩な水との間に局所的な前線を形成する場所で発生する。この局所的前線は空間スケールの大きい極前線とは一致しない場合も多い。

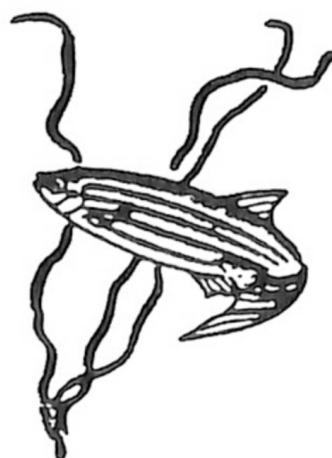
図-7 d にベーリング海の氷縁ジェットの例を示してある。このジェットは空間的に連続した北西流であり、氷縁に沿って流氷を 10~15 cm/s の速度で北西へ輸送する。この水域の平均流速が 2~5 cm/s であることより、この氷縁ジェットにより運ばれた大量の流氷の融解水がベーリング海北西部の海況に大きな影響を与えていることは疑いない。

(つづく)

#### 参考文献

- 1) Enomoto, H. and A. Ohmura : The influences of atmospheric half-yearly cycle on the sea ice extent in the Antarctic. *J. Geophys. Res.*, 95, 9497-9511, (1990)
- 2) Enomoto, H. and A. Ohmura : Fluctuations of sea ice extent in the Antarctic. *Proc. NIPR Symp. Polar Meteorol. Glaciol.*, 4, 58-73, (1991)
- 3) Enomoto, H. and A. Ohmura : Open water and the Circumpolar Trough in the Antarctic. *Proc. NIPR Symp. Polar Meteorol. Glaciol.*, 5, 104-112, (1992)
- 4) Johannessen, O.M., J.A. Johannessen, E. Svendsen, R.A. Shuchman, W.J. Campbell

- and E.G. Josberger : Ice-edge eddies in the Fram Strait marginal ice zone. *Science*, 236, 427–429, (1987 a)
- 5) Johannessen, O.M., J.A. Johannessen, E. Svendsen R. Shuchman, T. Manley, W.J. Campbell, E. Josberger, S. Sandven, J.C. Gascard, T. Olaussen, K. Davidson and J. Van Leer : Mesoscale eddies in the Fram Strait marginal ice zone during the 1983 and 1984 marginal ice zone experiments. *J. Geophys. Res.*, 92, 6754–6772, (1987 b)
  - 6) Muench, R.D : Mesoscale oceanographic features associated with the central Bering Sea ice edge : February–March 1981. *J. Geophys. Res.*, 88, 2715–2722, (1983)
  - 7) Muench, R.D. and J.D. Schumacher : On the Bering Sea ice edge front. *J. Geophys. Res.*, 90, 3185–3197, (1985)
  - 8) Muench, R.D. : Mesoscale phenomena in the polar oceans. *Polar Oceanography Part A*, W.O. Smith ed., 406 pp., Academic Press, San Diego, USA, (1990)
  - 9) 日本気象協会北海道本部 : 北海道の気候 (1991 年版), 札幌管区气象台編集, 359 pp., (1992)
  - 10) 小野延雄 : 北半球海氷域の年々変動特性, 第 16 回極域気水圏シンポジウム講演要旨, 国立極地研究所, 137, (1993)
  - 11) Oshiyama, T., T. Yasunari, H. Enomoto, N. Ono and T. Yamanouchi : Antarctic sea ice variations and surface atmospheric field deduced from SSM/I and ECMWF data sets. *Proc. International Symposium on ISY Polar Ice Extent*, Mombetsu, Japan, 91–104, (1993)
  - 12) Parkinson, C.L., J.C. Comiso, H.J. Zwally, D.J. Cavalieri, P. Gloersen and W.J. Campbell : Arctic sea ice, 1973–1976 : Satellite passive-microwave observations. *NASA SP-489*, 296 pp., NASA, Washington, DC, (1987)
  - 13) Paquette, R.G., R.H. Bourke, J.F. Newton and W.F. Perdue : The East Greenland Polar Front in autumn. *J. Geophys. Res.*, 90, 4866–4882, (1985)
  - 14) Paquette, R.G. and R.H. Bourke : Ocean circulation and fronts as related to ice melt-back in the Chukchi Sea. *J. Geophys. Res.*, 86, 4215–4230, (1981)
  - 15) 佐藤清富 : 北半球の海氷の長期変動。海と空, 68, 181–190, (1993)
  - 16) Wakatsuchi, M. and Kay I. Ohshima : Observations of ice-ocean eddy streets in the Sea of Okhotsk off Hokkaido coast using radar images. *J. Phys. Oceanogr*, 20, 585–594, (1990)
  - 17) Zwally, H.J., J.C. Comiso, C.L. Parkinson, W.J. Campbell, F.D. Carsey and P. Gloersen : Antarctic sea ice, 1973–1976 : Satellite passive-microwave observations. *NASA SP-459*, 206 pp., NASA, Washington, DC, (1983)



# 世界気象機関(WMO)海洋気象委員会における科学講演について —人工衛星による海洋観測研究に対する期待—

企画部企画課

山本 静夫 Shizuo Yamamoto

## 1. はじめに

平成5年4月19日からポルトガルのリスボン郊外において、世界気象機関(WMO)の海洋気象委員会が開催されました。この会議は、世界の30数カ国から約100名以上の参加を得て開催されたものです。特に、今回の海洋気象委員会には特別セッションとして、人工衛星による海洋観測研究に係わる科学講演が実施されました。筆者は、我が国の衛星利用の現状等について、この科学講演のセッションで発表を行う機会を得ました。

ここでは、この世界気象機関(WMO)海洋気象委員会における科学講演の概要と、今後の人工衛星による海洋観測研究に対する期待についてまとめてみたいと思います。

## 2. 世界気象機関(WMO)の組織と科学講演の位置づけ

### 2.1 世界気象機関(WMO)の組織の概要

世界気象機関(WMO)は気象分野での国際協力の調整や推進を行う国際連合の専門機関として、1951年(昭和26年)に設立され、我が国は1953年(昭和28年)に加盟しています。現在、世界気象機関(WMO)は157カ国5領域(香港など)で構成されており、その組織は、図-1に

示すとおりです。

最高決議機関である世界気象会議(総会)と執行機関である執行理事会及びWMOの活動の支援の任を担う事務局(現在約250名、在ジュネーブ)等で構成されています。さらに、世界気象会議や執行理事会の下に4年ごとに開催される8つの専門委員会が当該分野の活動を支えています。執行理事会には作業部会や専門家パネルが付置されており、同理事会に対する専門的な助言等を行っています。今回開催された海洋気象委員会は、上記の8つの専門委員会のうちの1つで、第11回目の会合でした(写真-1)。

世界気象機関(WMO)の予算規模は、第11財政期(1992-1995年)において、約215億円(約236百万スイスフラン)となっており、そのうち米国が約25%、続いてロシアが約10%、第3位に我が国が約9%の分担金を負担し、世界気象監視計画、世界気候計画を始めとするWMOの科学技術計画、会議、出版物等の経費にあてられているとのことです。

### 2.2 科学講演の位置づけ

海洋気象委員会が今回の科学講演をどのような背景から計画したか(科学講演の目的意義等)について、もう少し書き加えたいと思います。

今後の海洋観測研究を一層充実させる意味でも、人工衛星による観測が大いに期待されていることは言うまでもありません。しかしながら、人工衛星の利用は、一部の応用(例えば、気象衛星

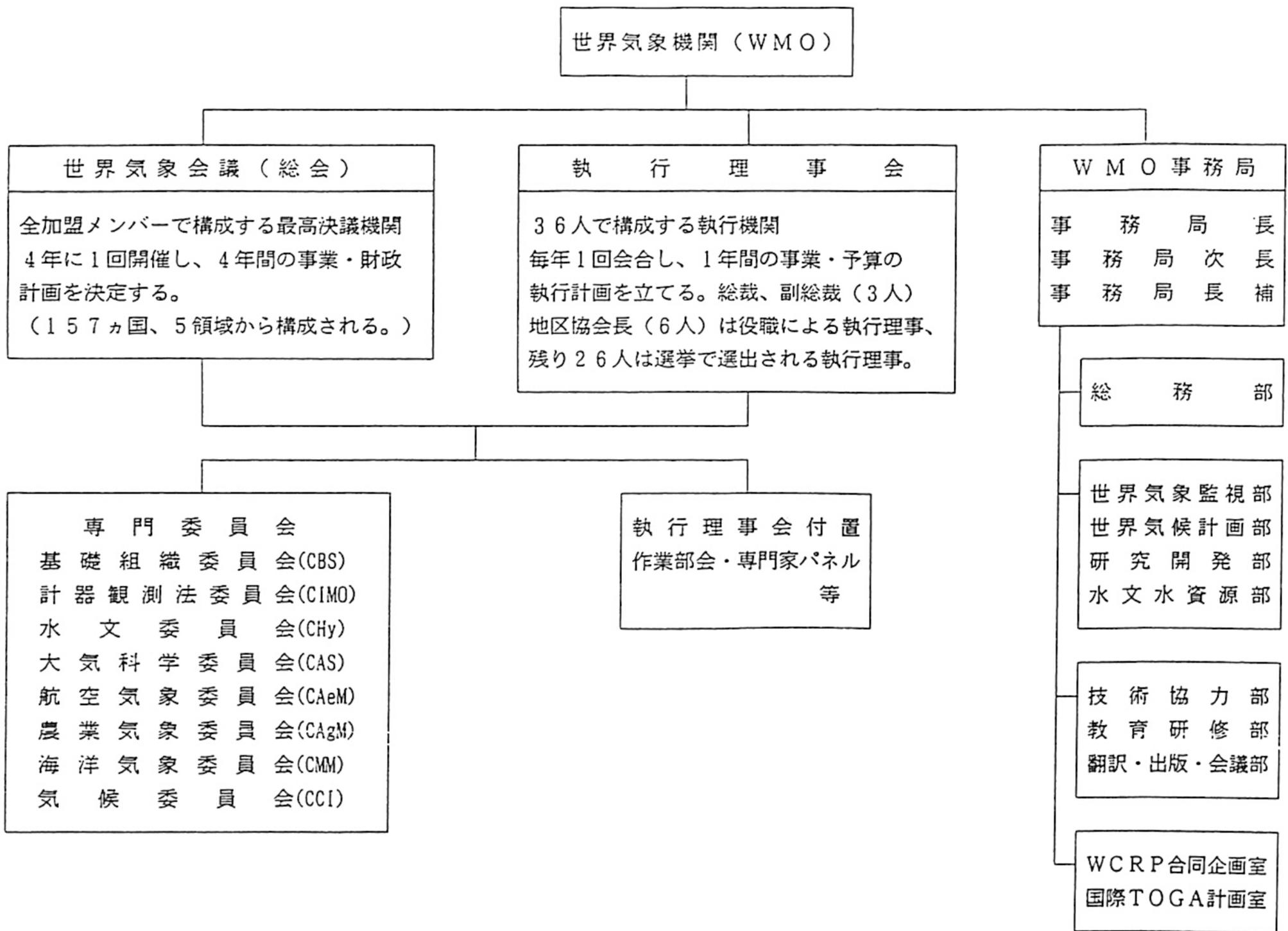


図-1 WMOの組織図



写真-1 第11回WMO海洋気象委員会本会議風景

による雲観測等)を除けばまだ大部分が研究レベルであること。すなわち、限られた研究者での応用からスタートし、徐々にその輪が拡大されつつありますが、まだまだ技術的課題も少なくありま

せん。さらに、本格的に衛星データを地球規模の科学研究や実用業務に利用するためには、先進国のみならず途上国に対する普及等も並行して進めることが重要です。これまでの世界気象機関(WMO)海洋気象委員会においてもこれらの点が指摘されていたようです。この問題提起をうけ、その対応策の第一歩とすることを目的として人工衛星による海洋観測研究の現状と将来計画等についての科学講演が行われることとなりました。

### 3. 科学講演のプログラム

第11回WMO海洋気象委員会の開催期間中、以下のプログラムにより科学講演が行われました。

- (1) 海洋衛星計画と利用の概説 (米国海洋大気庁 : NOAA)
  - (2) 各国の海洋衛星による観測研究の現状と将来計画
    - (a) 欧州 (欧州宇宙機関 : ESA)
    - (b) ロシア (ロシア水文気象委員会)
    - (c) 日本 (海洋科学技術センター)
    - (d) 米国 (NOAA)
  - (3) 海洋衛星データの管理システムの現状 (NOAA)
  - (4) 海洋モデル研究の現状 (ノルウェー気象研究所)
  - (5) 海洋レーダーによる観測の現状 (オーストラリア, ジェームズクック大学)
- 始めに米国海洋大気庁 (NOAA) から世界各国で計画されている海洋観測衛星の概要及びその歴

史的な流れについて概説的な講演が行われ, その後, 欧州, ロシア, 日本, 米国の順に各々の国 (機関) の衛星計画とその利用の現状について講演が行われました。また, 今後ますます衛星データの利用が増加することより, そのデータ管理の展望について NOAA の Dr. Withee が, 実用業務への応用を促進する例として, 海洋諸現象の予報業務に衛星データを利用する可能性についてノルウェーの Dr. Guddal が, また, レーダーによる海上観測の現状について豪州の Prof. Heron がそれぞれ講演を行いました。

### 3.1 米国海洋大気庁 (NOAA)

米国海洋大気庁 (NOAA) の Dr. Sherman より世界各国で計画されている海洋観測に有効な衛星計画の概要やその歴史的な流れ, 各海洋研究に有効な観測機器の組み合わせについて (表-1),

表-1 海洋観測研究と観測機器の組み合わせ

Applications :	Sensors :								
	Altimeter	Infrared Imager	IR/ $\mu$ wave Sounder	Optical/IR Wind Sounder	Microwave Sounder	Ocean Color Imager	Radar	Scatterometer	Visible Imager
Atmospheric Temperature		●							
Atmospheric Water Vapor/Moisture	●	●		●					●
Marine Geodesy/Sea Surface Topography	●								
Marine Weather Observations	●					●	●	●	
Ocean Currents/Circulation	●	●							
Ocean Color/Water Mass		●			●	●		●	
Precipitation Profiles			●	●					
Precipitation Rates			●	●		●			
Sea Ice Cover and Extent	●	●		●		●		●	
Sea Ice Type/Distribution/Dynamics				●		●			
Sea Surface Temperature		●							
Sea Surface Winds	●			●			●		
Significant Wave Height	●					●			
Storm Monitoring and Warning	●	●	●	●	●		●	●	
Upper Atmospheric Winds			●	●					
Upper Atmospheric Composition			●	●				●	
Wetlands/Estuarine Monitoring		●			●	●		●	

● = Sensor Application

さらには、観測対象に応じた観測機器の最適諸元の設定等について概説が行われました。

これまでの海洋観測を主体とした代表的な衛星として Seasat (1978年にNASAにより打ち上げられた衛星)やNIMBUSシリーズ、NOAAシリーズ等を例に、これまでの種々の応用研究例の紹介がありました。特に、Seasat衛星については、マイクロ波散乱計による世界の海上風をモニターしている例(海洋気象研究分野への応用)、マイクロ波高度計による全地球の海面高度の観測から大規模な海流の観測をモニターしている例(海洋物理研究分野への応用)や地球の等ポテン

シャル面を正確に把握することに役立っている例(固体地球物理研究分野への応用)等、種々の科学的な知見を深め、新たな視点で地球を診断することに貢献したとの説明がありました。

また、Sherman博士の講演では、衛星の観測を有効にするために、航空機による事前検証、海上観測データと衛星データとの比較検証等、一般には見えにくいところで数々の準備や事後評価を十分に行うことの重要性についても触れられていました。

米国の代表的な海洋観測分野の衛星としては、1978年から継続的に打ち上げられているNOAA、1980年代中期より米国海軍(NAVY)により打ち上げられており、一般の研究者にも利用されているDMSP、1985-1987年まで運用された海面高度観測衛星GEOSAT、1992年に打ち上げられて現在運用されている海面高度観測衛星TOPEXがありますが、さらに今後の計画として注目される海色観測衛星SeaStar(1994年)、合成開口レーダーを主要機器としてカナダとの協力で打ち上げられるRADARSAT(1995年)、海上風を観測する機器NSCATの開発計画(1996年、我が国の

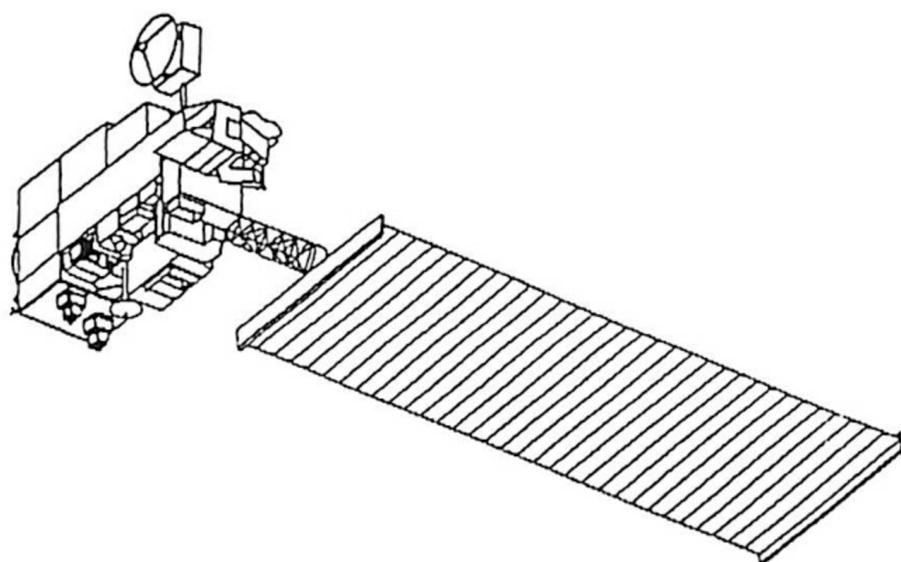


図-2 EOSの外観

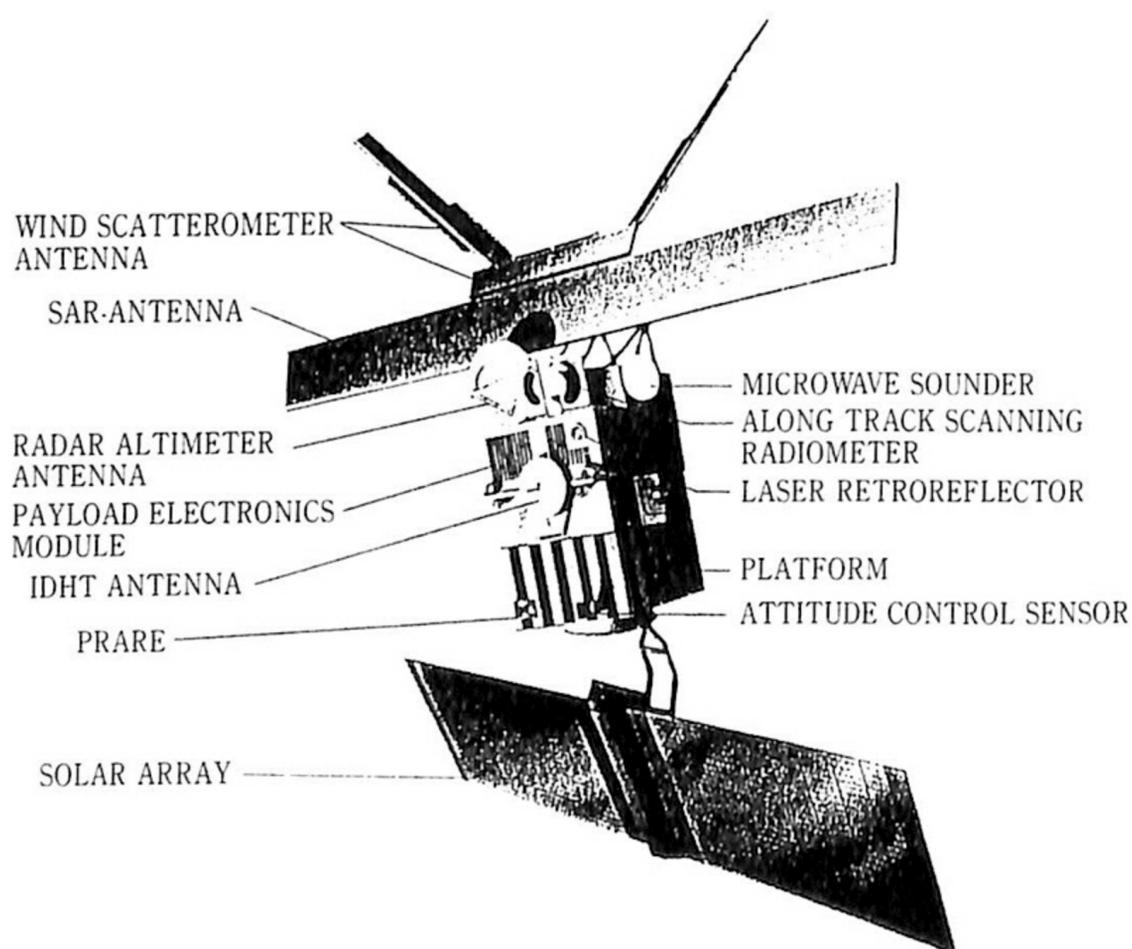


図-3 ERS-1外観

衛星 ADEOS に搭載して打ち上げられる), 1990 年代後期に打ち上げる地球観測プラットフォーム計画 (図-2) があります。

### 3.2 欧州宇宙機関 (ESA)

欧州宇宙機関 (ESA) の G. Duchossois (代) より, 1991 年に打ち上げた ERS-1 (図-3) について詳細な説明が行われました。ERS-1 は欧州リモートセンシング衛星 (European Remote Sensing Satellite) の略ですが, この衛星の利用分野は, 海洋観測と極地方の海氷観測が中心です。

欧州宇宙機関は欧州の 12 カ国のメンバー国と準メンバー国としてのカナダから構成されており, それぞれの ERS-1 プロジェクトにかかわる役割についても話がありました。例えば, この ERS-1 衛星の受信のために, 欧州域内に複数の地上局 (スウェーデンのキルナ, スペイン領マスパロマス, イタリアのフチノ) が配置されているほか, データ処理については, イギリス (ファンボロー), フランス (ブレスト), ドイツ (オーバーフォフェンハッフェン), イタリア (マテラ) 等欧州の各国の分担によって実施されていることが紹介されました。

ERS-1 に搭載された観測機器は, マイクロ波高度計, マイクロ波散乱計, 合成開口レーダー, 可視赤外放射計・サウンダー等ですが, それら観測機器の特色についての報告とともに, 具体的な観測例として, 大西洋の広域の海上における風マップ, 波浪分布図を作成した例, 極地方の海氷モニターを試みている例等が紹介されました。

また, ERS-1 の後続機として ERS-2 計画が進められているとのことでした。この衛星は, ERS-1 と同様な観測機器を搭載するとともに, 大気観測機器も搭載されることから, データの継続性を確保しつつ, 地球規模の海洋・大気観測に焦点をあて, 環境問題の解決に資することをめざしているようです。

### 3.3 ロシア

ロシア水文気象委員会の Dr. S. Victorov より, 1977 年から実施されているロシアでの海洋観測衛星計画について紹介がありました。具体的には, コスモスシリーズ (COSMOS-1976 と COSMOS-1151) に搭載された可視赤外放射計及びマイクロ波放射計による海洋観測や, OCEAN シリーズ (6 機) と呼ばれるサイドルッキングレーダーを搭載した衛星の紹介等がありました。また, 1987 年及び 1990 年には合成開口レーダーを搭載した衛星 COSMOS 及び ALMAZ が打ち上げられ, 15-25 m の分解能で約 20-40 Km 幅の地球表面を観測しているとのことでした。

衛星データの利用については, 衛星によるバルチック海のモニタリング計画や衛星による海氷データシステム計画等を進められている旨の説明がありました。これまで, 比較的ソビエトの活動が見えにくかったところもありましたが, 今後種々の研究について, その成果が期待されるところです。

### 3.4 日本

日本からは, 海洋科学技術センター (筆者) が, 我が国における活動について報告しました。海洋科学技術センターでは太平洋熱帯赤道域と, 北太平洋北極海域を重点海域として, 既存の観測手段による観測と, 新たに, 人工衛星による観測データの応用解析を進めている旨説明しました。この赤道域と極地方を重点としている理由は, 太陽の放射熱の多くが赤道域の海で吸収され, 海流等によって極地方に輸送されることを考えれば, いわば赤道と北極は熱の入り口と出口であり, また, 極地方は氷の消長等温暖化現象に敏感に反応する所でもあるからです。この点から, 熱帯赤道域や極域を広域に観測する手段として人工衛星の活用を開始していることを紹介しました。まだ初期的な解析を開始したばかりですが, 衛星データの具体的な解析例としては, 雲データを除去した

赤外センサーデータを使い、黒潮域の水温観測や黒潮の流軸の変化をモニターする例、太平洋赤道域の海面高度変動（時間的な変動）と水温の変動との相関関係を解析し、衛星データによってエルニーニョ現象を捕えた例、マイクロ波高度計によるフィジー島海域の海洋ジオイド計測を試みた例等を紹介しました。併せて我が国が打ち上げた海洋観測衛星 1 号 (MOS-1) 及び地球資源衛星 (JERS-1)、今後打ち上げを計画している次期地域観測衛星 (ADEOS)、熱帯降雨観測衛星 (TRMM) の特色についても、紹介しました。

## 4. まとめ

### 4.1 会議の所感

今回、WMO の海洋気象委員会は、リスボンの郊外のコスタドソル地区のエストリルソルホテルにて開催されました。この地は欧州でも有名なリゾート地であり、風光明媚な海辺の町です（写真-2）。ここからリスボンの港を望むとき、遠く 15 世紀の大航海時代に多くの船が世界の海に挑み、ポルトガルが世界に君臨したことを思い出させます。

ポルトガルの国名がオポルトというポルトガル北部の港町に由来していることから、海洋との

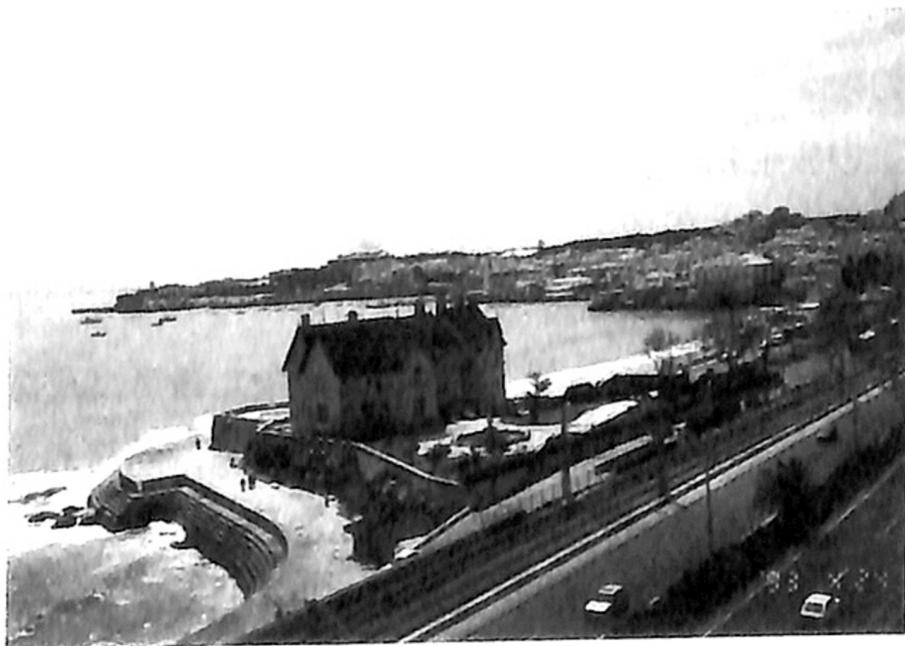


写真-2 第 11 回 WMO 海洋気象委員会開催地  
(リスボン郊外) 風景

深い結び付きを持っていることがうかがえ、4 年に 1 度の海洋気象分野の専門会議を開催するにふさわしい場所であった気がいたします。

大航海時代には、多くの犠牲や苦難を乗り越え、未知の大海に立ち向かい、新航路や新世界を切り開いたことは、いまさら言うまでもありません。およそ 500 年後の今日、科学技術の進歩によって、人類の最後のフロンティア「宇宙」に向かっての大航海時代を迎えようとしています。しかし、深宇宙探査衛星ボイジャーやマデランからの観測データが私達に教えてくれたことの 1 つは、近い将来、はるか宇宙の惑星に人類が定住することは難しいそうだという事かもしれません。なぜならば、我々が生存するために不可欠な大気と水が存在するのは地球のみだからです。多くの宇宙飛行士が、地球への帰還時に微かな層を成す地球の大気と、地球表面の 70 % 以上をしめる海洋に感動を覚えるそうです。

美しい惑星「地球」のすばらしい環境を守り、次の世代に引き継ぐことが現在の私たちに与えられた最大の任務といえます。そこで、新たな科学技術である宇宙からの観測によって海洋や大気を地球規模で診断し、それを通じて地球環境問題の解決を目指すべきではないでしょうか。

WMO では、政府間海洋委員会 (IOC) や国際学術連合 (ICSU) 等と協力し国際的な観測研究計画として、GCOS (全世界気候研究計画) や GOOS (全世界海洋観測計画) を推進しています。本会合でも、GCOS/GOOS 等計画の促進のためには、海洋観測衛星の活用が重要な要素となるとの認識が深められました。

### 4.2 人工衛星による海洋観測研究に対する今後の期待

人工衛星の大きな長所は、広域観測が可能なこと、複数の観測機器を用いて同時観測が可能なこと、何日間かの周期で繰り返し観測が可能なこと等があげられます。一方、基本的には表面しか観

測できない短所もあり、まだ必要な精度に達していない観測機器もあります。

それでは、具体的にどのように人工衛星を海洋観測研究に応用/利用すればよいのでしょうか。

筆者もこの問題に取り組んでいるものの、残念ながら目の覚めるような解答を見つけるに至っておりません。ただ、過去の海洋観測衛星の歴史に学ぶことを1つ紹介し、併せて、今後の可能性を自分ながらまとめて、本稿のむすびとしたいと思えます。

人工衛星の海洋分野への応用については、米国航空宇宙局 (NASA) が 1978 年に打ち上げた Seasat に多くを学ぶことができます。Seasat は、衛星の不具合によって約 90 日で観測が止ってしまうという非運を背負った衛星にもかかわらず、その後多くの研究者が長い期間、この 90 日間のデータを解析し、数々の成果をあげてきたことは世界的に有名です。

Seasat 計画では、全地球を数日間でカバーし、天候に左右されないレーダータイプのマイクロ波を主体とした観測機器を組み合わせ、地球規模の海洋をモニターしようと試みたわけです。今

日のようなグローバルな地球環境問題の重要性が顕在化する以前から、すでに海洋衛星にはその任務を果たすべく試験が開始されていました。

特に、この計画の策定にあたって、「Proof of concept」という言葉がよく言われました。海洋研究にとって何が大切かといったミッションを明らかにし、そのための観測機器の選択を最適化していくことを出発点とし、それらの観測機器でグローバルなデータを収集し解析することによって、海洋研究に対する新たな知見がえられるという「概念」を一つずつ実証していくアプローチが取られました。このようなアプローチの重要性を Seasat は私たちに教えてくれました。

今日、世界の宇宙機関を中心に表-2 に示すような衛星の打ち上げが計画されています。しかしながら、21 世紀を展望したとき、Seasat から学んだとおり、将来 2000 年以降を目指した海洋観測研究のために何が望まれているかといったミッションを優先させた真の海洋衛星を腰をすえて計画すべき時期にきているといえます。人工衛星が万能ではないことから、マクロな観測研究分野として、私見ですが、人工衛星（表面の水温、海上

表-2 世界の地球観測衛星計画

CY	<1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Japan	▲ MOS-1 (1987)	▲ MOS-1b		▲ JERS-1				▲ ADEOS				△ ADEOS-II
U.S.A			▲ NOAA-12			▲ NOAA-J	△ NOAA-K	△ NOAA-L	△ NOAA-M	△ NOAA-N		
			▲ UARS		▲ TOPEX/POCEIDON	▲ SEASTAR			▲ TRMM	▲ EOS-AM1		▲ EOS-PM1
					▲ LANDSAT-6					▲ LANDSAT-7		
ESA			▲ ERS-1				▲ ERS-2			▲ POEM-1		
France		▲ SPOT-2		▲ TOPEX/POCEIDON		▲ SPOT-3						
Others	▲ INSAT-1	▲ ALMAZ-1						▲ RADARSAT				

▲ : In Orbit      △ : Approved      △ : Planned/Research phase

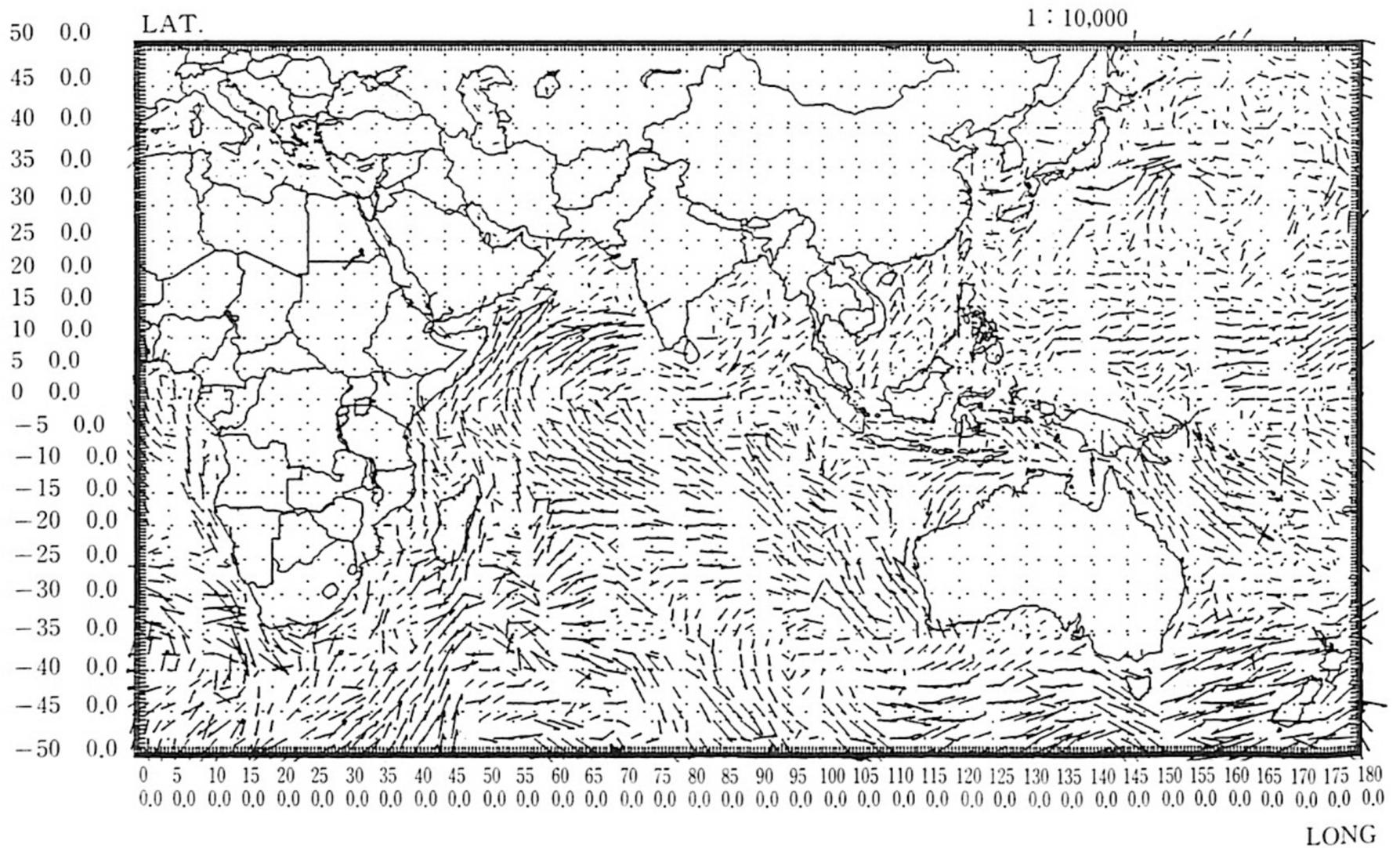


図-4 ERS-1が捕らえた世界の海上風分布  
 (NASDAを通じてESAより入手したERS-1データを  
 海洋科学技術センターにおいて解析出力したもの)

風(図-4)、降雨量、蒸発量等)と音響トモグラフィ(各層の水溫分布)を組み合わせた広域立体観測システムを構築し、気候(海洋/気象)予報モデルの研究を推進するようなプロジェクトも1つの有望な方向と思われます。

世界の海洋/気象研究者が一堂に会する WMO

の会合に出席し、ポルトガルの青い海原に立ったとき、この大海の向こうに新大陸を求めて出発した先人たちの決意を想像しながら、人工衛星による海洋観測研究分野にも新しい世界が開けないものかと思いを巡らせた次第です。



## 海のアンスロロジー(6)

●

深海環境プログラム 長沼 毅 Takeshi Naganuma

「われわれは東経 137 度 15 分にいます....」

「どの子午線からです？」

この奇妙な質問は、J.ヴェルヌの『海底二万里』（荒川浩充訳，創元推理文庫）に出てきます。謎の潜水艦ノーチラス号の船長ネモとアロナックス教授の会話の一場面です。『海底二万里』が執筆されたのは 1869 年のことですが、当時はまだ、国際的に統一された本初子午線（経度 0 度）がなく、各国が様々な本初子午線を用いていたので、「どの子午線？」という質問は、国籍などを知る手掛かりになったのです。ちなみにネモ船長の答は、アロナックス教授（フランス人）への敬意を表してパリ子午線とのこと、手掛かりは得られませんでした。

ここで本初子午線（primary meridian）の歴史を簡単に綴ってみましょう（D. Howse 著 Greenwich Time, Oxford University Press, 1980 による）。まず、紀元前 2 世紀にギリシア人のヒッパルコスがロードス島の子午線を、紀元後 2 世紀には C. プトレマイオス（英語ではトレミー）がカナリア諸島の西端の子午線を、それぞれ本初としました。その後、ヨーロッパは中世を経て大航海時代を迎え、コロンブスの“新大陸発見”の翌年（1493 年）には、「教皇子午線」が定められました。これは、ポルトガルとスペインの間で、“新発見地”の勢力圏分割のために、ローマ教皇が「大西洋上のある子午線を境に、東をポ

ルトガル、西をスペインの所領とする」と定めたものです。翌年、ポルトガルの抗議により、この境界が千数百キロ西へ移されました（トルデシリャス条約）。これにより、新大陸のうち、ブラジル地方がポルトガル領になりました。また、地球の反対側では、（改正された）教皇子午線は日本の岡山辺りを通っていましたので、日本がポルトガル・スペインの領土争いの場になる可能性もあったわけです。

本初子午線は、国際子午線会議（1884、米国）で国際的に統一されました。当時は、十数もの本初子午線が用いられており、国際的統一への気運が高まっていました。この会議には、日本を含む 26 カ国が参加し、賛成 22 票（日本を含む）を得たグリニッチ子午線が本初子午線に定められました。

ところで、『海底二万里』は、ノーチラス号がノルウェー西北沖で、メエルシュトレエムという大渦巻きに吞まれて行方不明になるところで終わります。この大渦巻きについては、E. A. ポオが「メエルシュトレエムに吞まれて」という短編を書いています（『ポオ小説全集 3』，創元推理文庫）。少し誇張されていますが、その一節をご紹介します。

忽然... 直径一マイル以上もある円になった... 水平線におよそ四十五度の傾斜をなし、ゆらめきながらめまぐるしくもまわりに

まわり、なかば悲鳴をあげ、なかば怒号し、  
ナイアガラの大瀑布が天にむかってあげる苦  
悶の声すらおよばぬような物凄い叫びを風に  
託しているのだった。(小川和夫訳)

この大渦巻きは実在しており、米国政府刊行の  
『ノルウェー北西岸および北岸航海指針』に記載  
されているそうです。浅学にして私はこの邦訳の  
有無を存じませんが、抄訳程度なら R. カーソン  
著『われらをめぐる海』(日下実男訳、ハヤカワ

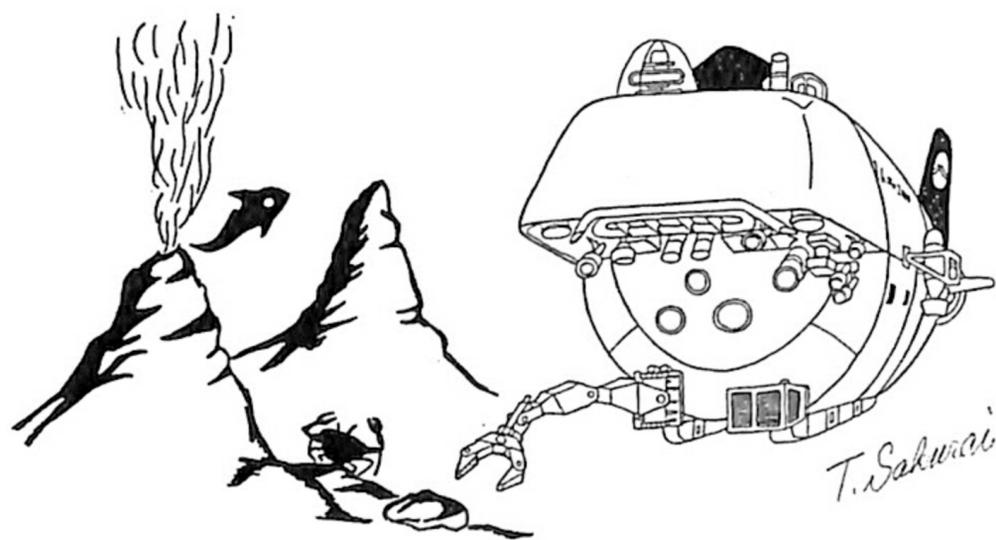
文庫)で読むことができます。

最後に、ネモ船長の海への思いを聞いてみるこ  
とにしましょう。

「海がお好きなのですね、船長」

「ええ！好きですとも！海は全てです！... 海  
の呼吸は清らかで健康的です... 海は活気と愛  
です... 生命をもつ無限です... 海のなかで、  
わたしは自由なのです！」

# SHINKAI 2000



## 海洋学随想

海洋研究部 中本 正一郎 Shoichiro Nakamoto

思いつくままに何でも書いてよいと情報室長に説得されて、軽い気持ちでひきうけたのですが、とうとう締切日を2日も過ぎてしまいました。どうせ私のような非正統派の海洋物理学徒の書くことですから、読者の方の気晴らしにでもお役に立っていただければ、書いた苦勞の大半は果たせたものと自分自身に言い聞かせて、私自身がつい最近一人で思い込んでいる自分勝手な海洋学という解釈を聞いていただこうと思います。

1980年代に、ハンガリー生まれの物理学者エドワード・テイラーを中心としたいわゆるタカ派の研究者の説得が功を奏して、ロナルド・レーガン米国大統領は米国が軍事力においてソビエト連邦より優位にたつことが世界平和に向かう米国の使命であると確信し、米国民の絶対的な支持をとりつけました。これ以来米國中から優秀な理工系の研究者、大学院生が、ロス・アラモス国立研究所に集められ、戦略的防衛構想(SDI)の研究の下で豊潤な研究資金と最新の技術を駆使した国家的規模の大型研究プロジェクトが、1991年のクリントン民主党政権の誕生によりSDIが消滅するまで続きました。もちろんロス・アラモスは軍事研究ばかりではなく、理論物理、数学、コンピューター科学、などの分野でも米国の超一流の研究が行われており、日本の誇る横須賀生まれの海洋学者小倉義光前イリノイ大学気象学部長(現

在東京在住)の前学生たちが活躍しています。また若きファイゲンバウムがニューヨーク大学で理論物理で博士号をとった後、ロス・アラモスで苦闘した成果が非線型力学の分岐理論で、これがフィリーズ賞の対象になりました。ファイゲンバウムほどになると首の心配は要らないのですが、ロス・アラモスでSDIに参加していた物理学者、数学者たちのなかでも、幾らかの融通のきく研究者たちは気候変動の研究になだれ込んでいるとのこと。米国では、海洋学には常によその分野から優秀な才能がなだれこんでくるのだと私が思ったのですが、海洋学とはあらゆる者の吹き溜まりであるようにも思えてきました。私の知る限りでもPMELのスタン・ヘイズ博士は高エネルギー物理学、テキサスA & Mのジェリイ・ノオス教授は素粒子物理学、ハンブルグのクラウス・ハッセルマン博士も素粒子物理学の訓練を受けているはず。オールド・ドミニオン大学のカサナデイ教授(アメリカ人はシュナアデイと発音しますが、ハンガリーから来た学生に聞いたところハンガリー語ではチャナアデイと発音することでした)はたしか機械工学の教授の地位にあったはず。それぞれの分野で研究の成果を出し教授になった後で、サバチカル休暇の時偶然に気候や海洋に興味を持ち新しい分野に入り込んでいったのです。事実私がジェリイ・ノオス教授とテキサスA & Mの構内を歩いて食堂に向かっ

ていた時に、ジェリイ・ノオス教授がいかにして素粒子物理学を去り気候変動に自分の生涯をかけることにしたかしみじみと話した時、私は米国の学問の層の厚さを感じたものです。スクリプスのリン・タアリイは大学の学部4年間は音楽主専攻・数学副専攻のはずですし、PMELのビル・ケスラアは一時日本語を専攻していた時期があるはずで、海洋学を始める前には数学を専攻していました。これらの吹き溜まりの一例の中で一番出来の悪いのが私自身でしょう。

私は神戸大学に谷川メソンという中間子を予言した谷川安孝という素粒子物理学者がいるといううわさを聞き、神戸大学で物理学を勉強したのですが、どうも量子力学が分からなくて欲求不満と劣等感に悩まされておりました。物理学会にいくと素粒子物理学の人たちが最新の数学を駆使して新しい理論を展開しており、自分で勉強した数学などとうてい役にはたたないことが分かりました。密かに自分でこれらの高度な数学を勉強しようと思って、ヌボオ・チメントというイタリア物理学会の雑誌を開いても、そこに使われている数学どころかまず英語が読めません。自分が世界で一番頭が悪いのではないかと悩んだのですが、理学部を卒業してしまったのですから、もう手遅れです。その後米国に行き、海洋物理学の博士号試験を受ける時も自分が世の中で一番頭が悪いのではないかという気になったのですが、この話は後でいたします。このようにして欲求不満と劣等感に悩まされていた時、神戸大学に地球科学科が新設され海洋物理学という集中講義があり、海洋とやらの物理学とは一体何のこっちゃという一種の冷やかして受講してみたのです。それが私の生涯を左右することになるわけですから人の運命など分からないものです。

その後どうして私が米国に行くことになったかも後回しにして、ここでは私がジェリイ・ノオス教授から得た海洋学の解釈について述べたいと思

います。

ジェリイ・ノオス教授は1970年代にミズーリ大学で素粒子物理学の教授職にあり、1976年には1年間のサバチカル休暇を利用してウッズ・ホウルや国立気象研究所(NCAR)で気候変動の勉強をし、有名なノウス・ミンゲル・ショウトのエネルギー・バランス気候モデル(EBM)を提唱することになったわけです。ノウス教授がテキサスA & M大学気候変動研究所の創設とともに、気象学部、海洋学部の両学部の最優秀教授(distinguished professor)兼気候変動研究所長に迎えられることになり、NASAからデイヴィド・ショウトを連れてヒューストンの西の大学町カレッジ・ステーションに来たのは1986年の9月の新学期です。1986年の8月に海洋学部でPhDを取得した私は、そのころフロリダ大学にいたデニイ・カアバン教授とともにNSFに申請した2年計画の研究に資金が付かなかったので、ジェリイ・ノウス教授の研究室を訪ねて私の論文を渡し仕事を探している旨を伝えたところ、2年契約で私は海洋学部から気候変動研究所へと移り、ジェリイ・ノウス教授と仕事を始めることになりました。それまでテキサスA & Mの海洋学は、リード教授やイチエ教授など米国の海洋学を築いた世代が現役の教授として活躍していると自分自身にいきかせ、そのような環境で勉強できた自分を幸運だと思っていたのですが、素粒子物理学の知識を縦横に駆使して現象から法則を形成しようとするNASAの最優秀研究賞を何度も受賞したジェリイ・ノウス教授の実力と人柄に衝撃を受け、テキサスくんだりでのんびりしていた私は目の覚める思いがしたものです。はじめに私が与えられた課題は、ジェリイ・ノウス教授が1976年のウッズ・ホウル夏の学校での講義の時に思い浮かんだもので、地球大気の温度を支配する熱伝導方程式が意味を持つのは、大気の乱流成分がガウス型の確率分布関数を持つときだけであるという仮定を数

学的に証明せよというものでした。ジェリイ・ノウス教授は、素粒子物理学で使われるファイマン積分とファイマンのダイアグラムを使えば証明できるかもしれないと示唆してくれましたが、なにせリチャード・ファイマンの名は知っているもファイマン積分など最も苦手とする私が、ようやく量子力学から逃げ出したと思っていたら、量子力学の上手をいくファイマン積分をしなければ首が飛んでしまうことになったのです。結局ファイマン積分は、私より賢いブラウン大学物理学部で固体物理学をやったジェリイ・テッセンドルフという秀才が3カ月で証明してしまいました。私は自分自身の限界を知るとともに、自分がこの国(米国)で科学者として生き延びていくためには、何を売り物にしなければいけないかを真剣に考えました。

ジェリイ・ノウス教授のもとには、私と同じ時期に研究員 (Research Associate) になった男で私の親しい友達の1人にビル・ハイドがいます。ビルはトロントで生まれ育ったので自動車の免許を持っていません。トロントは日本と同じようにバスや電車等の公共交通機関が整備されているから、自分で自動車を運転しなくてもいいのです。ビルと私は毎週1回は経済学をやっているテッドという自称保守主義者と夕食をともにし、米国の外交を議論したものです。ビルがカナダのダル・ハウジイ大学に就職し、テッドは米国商務省の職員(国家公務員)になりました。1990年に私が横須賀に移ってからビルからの手紙によると、どうやらビルと私はテッドを改宗させたようです。

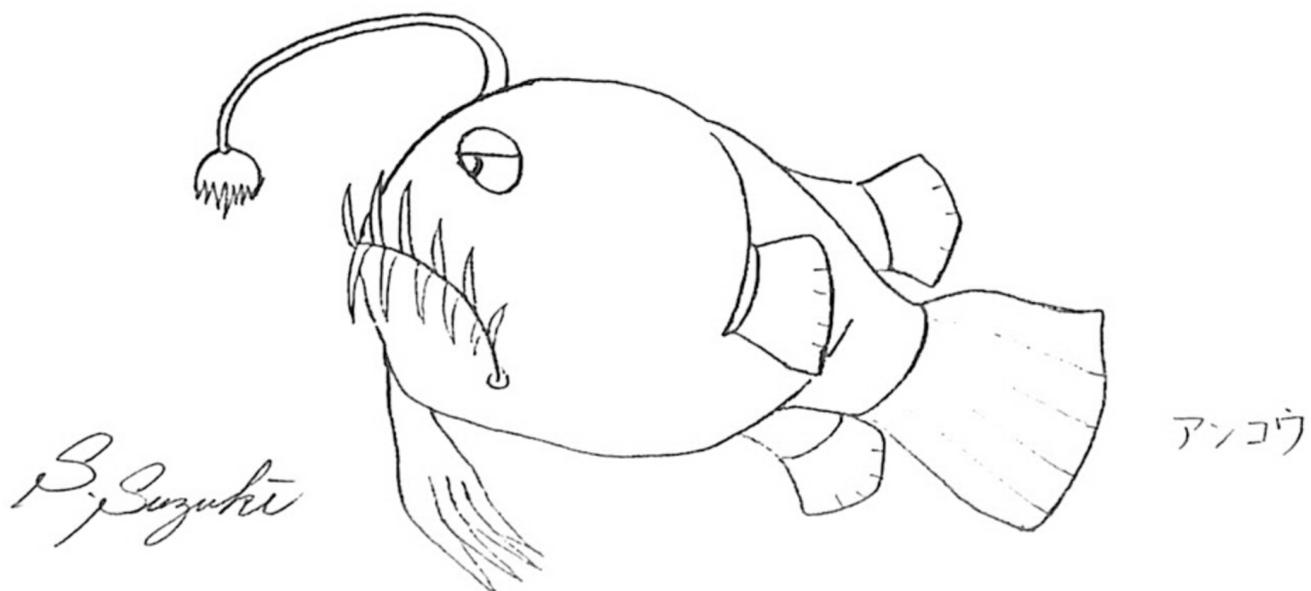
さて海洋学は吹き溜まりのやる学問だと私は思っていますから、色々な定義があっていると思います。私がテキサス A & M の海洋学部、気候変動研究所、オールド・ドミニオン大学海洋研究所等にいた時の経験から作った私の海洋学の定義は次のようなものです。

海洋にしる大気にしる流体が回転する地球上にはりついているわけですから、大学の理科系で習う流体力学の方程式を回転座標系で記述すれば、流体の運動は予言可能のように思えます。ところが海の水粒子1個1個についての運動方程式、水粒子の温度、塩分の方程式を書き下し、最新の電子計算機に解かせることは、私たちの生きている間に達成することはできないでしょう。(地球流体に関する予測可能性に関するチャップマン・国際会議が1993年9月アイルランドのガルウェイで開かれます。)地球流体の見方はジェリイ・ノウス教授の気候モデルに表れていると私は思います。ジェリイ・ノウス教授のモデルは地球大気を多数の流体粒子からなる複合系とみなし、この系の振る舞う非線型の力学を統計的に解釈するというものです。ちょうど、統計力学と熱力学の発展の歴史を思い浮かべると、このような学問の進め方が有効であることに気がついたのです。私たちは古典数学を使って、現象を記述してきました。これはラプラスがフランス革命の後出版した天体力学にしみじくも書いたように、「我に初期値を与えたまえ、さらば、未来を予言しよう」という立場にたつものでしょう。1個1個の分子の運動を記述すればエネルギーが分かるとする統計力学の立場がこれに当たるとすれば、熱力学が果たす役割は、エネルギーやエントロピー等の状態量を記述するものですべてをひっくるめた海洋・大気の総観に似ていると思います。例えば海表面水温(SST)の時間空間変動を確率過程とみなすと、時間方向と空間方向の発展過程が対称ではないことに気がつきます。実際人工衛星から観測したSSTの距離に関する相関関数は、指数関数で近似するよりも空間におけるマルコフ過程から導かれる関数に近いのです。私は空間に関する相関関数を指数関数で近似するのを好みません。今まで観測が困難なために時間空間の同時統計は注目されてこなかったと思います。私は観測にしる、数

値模型の研究にしろ，時間空間同時観測を基礎にすることが地球流体の運動を理解するためには必要だと思います。

観測では空間を埋めつくすように測定器を配置することは現実的ではありません。観測が無限時間行われ，観測器が空間を埋めつくすことを仮定にした理論を，どのように有限時間の観測で有限個の観測点から得られた観測値に対応させるかを解釈しなければなりません。困ったことは，空間に関する統計理論が十分には完成されているとはいえないために，海洋を研究する者が自分で観測値の確率統計過程を組み立てねばならないということです。もちろん，時間空間にわたる観測値が必要ですが，いちばん簡単なのは，時間空間を埋めつくす観測値を電子計算機のうえで作ることです。これを解釈するときに，海洋学を学ぶ我々は自然は時間空間同時過程であるということ意識しそれに沿った統計手法を使わなければ，折角の

観測も偽物の模型の作成になってしまう気がします(確率過程の時間と空間における違いについては Bartlett の An Introduction to Stochastic Processes, Cambridge University Press, 1978 を参照)。1つの方法は時間空間同時スペクトラムの解釈をすることだと思います。(私の不勉強のために私だけがこのことを知らないのかもしれない。吹き溜まりの戯言であるをご容赦のほどをお願い申し上げます。) 時間空間の複合系を電子計算機のうえで発生させ，この複合系のあらゆる統計量が現実の地球流体の統計量と等価であるとき，我々は気候変動を予測する方向に一步進んだことになると思います。気候変動の仕組みの理解は複合系の振る舞いを理解することで，これは新しい物の見方，恐らく古典的な乱流と地球流体の乱流をひっくるめた道具(例えばカナダのラブ・ジョイ教授らが進めている方法など)が有効であるような気がしています。



# 深海への旅 (4)

## その16 勲章!?

深海研究部 橋本 惇 Jun Hashimoto

「惇さんが来たから、また、(海が) 荒れるよ!」と言われるようになってから久しい。何時の間にか、“荒れ男”になってしまった。確かに4年前はひどかった。「しんかい2000」潜航調査、「ドルフィン3K」潜航調査、深海曳航調査に出るたび大型低気圧や台風に遭遇したものだ。当時は、年間100日以上も乗船日数があったのだから、何回かは悪天候に悩まされることがあっても仕方がないのかもしれないが、とにかく調査期間のどこかで必ずひどい目に遭ったことは事実である。しかし、悪運が強い(?)のか、一緒に乗船した研究者が調査潜航できなくても(一番の被害者は、同僚のK.F.君かもしれない)、その研究者の目的とするデータが得られなくても、私自身はしっかり潜航できてしまったり、必要なデータを取得してしまったりするから始末が悪い。完全にK.F.君には“恨み(?)”を買われてしまっていて、彼は会う人ごとに「橋本さんと一緒に乗船するのろくなことがない」と言いふらす始末である。

皆様ご承知のように、「なつしま」、「かいよう」、「よこすか」という3隻の調査船は、海洋科学技術センターから日本海洋事業株式会社が委託を受けて運航している。乗組員の方々は、あるローテーションによって、これら3隻の調査船を移ることも多い。そのため、私の悪行(?)にオヒレがついて3隻の船に知れ渡ってしまった。さらに悪いことには、各船間でも引き継ぎ事項として伝わっているらしい。今まで、この件に関して某船長、某機関長をはじめとする乗組員の方々には、随分可愛がっていただいたものである。

私にも声を大にして言いたいことがある。私が参加した調査航海にも大きな勲章があることを。今までの「しんかい2000」潜航調査で、最も調査の成功率の低い小笠原海域において、5回連続で潜航調査ができたのは私の乗船した航海だけなのだ!平成4年度の「しんかい6500」IZUMARIA航海も1日も予備日を使わずパーフェクトだったのだ!平成4年度には「しんかい2000」潜航調査のために「なつしま」に乗船しても、「しんかい2000」のトラブルで、食事と季節外れの花火見物をして帰ったこともあったが、そのトラブルは某研究所の研究者が乗船したときに起こったもので、私は何も関与していないのだ!

現在、私は伊平屋海嶺の熱水噴出孔生物群集の「しんかい2000」潜航調査のため「なつしま」船上で、この文章を書いている。昨日、今日と天気は良いが、大きなうねりが出ていて潜航調査が中止となってしまう。この2~3年絶好調だったのに、残念ながら、また、私の海上経歴に汚点(?)が付きそうで不安である。悔しいけれど、同僚のK.F.君の顔が眼に浮かぶ。まあ、こういうことは海で仕

事をする者の勲章だとして居直るほかはないのかも知れない。

## その17 海底への侵略者

運航部しんかい6500運航チーム 小倉 訓 Satoshi Ogura

真夜中の闇の中，“ブーン”と唸りとてつもない明るさのライトを照らし、空の上から降りてくる何か得体の知れない物体。我々が、UFOが飛来し着陸する現場を見るように、海底の生物は、感じているのだろうかなどと、ふっと思ふことがある。海底の生物にしてみれば、平穩に暮らしていた場所に突然現れた侵略者と、思われても仕方がないと、思う。

海底には、所々生物の巣穴と思われる穴があり、潜水船は、その上に着底することもある。またシロウリガイのコロニーなどの生物コロニーに着底することもある。そこに住む生物には、はなはだ迷惑なことなんだろうなどと思う。

潜水船で海底を航走中にナマコの群れに出くわし、潜水船の前で押された水の勢いで吹き飛ばされて行くのをよく見る。これもまた、ナマコにすれば迷惑なことと思う。

もしも海底で生物たちが「ニュース」でもやっていたとしたら、「本日、昼前に突然現れた正体不明の物体は、3時間にわたり海底を荒らし回り、着底した現場付近などで相当の被害が出た模様です。」「現在入っている被害状況は、着底地点で全壊もしくは、半壊した巣穴数十戸、巣穴に閉じ込められた者数匹、また、押しつぶされた貝や吹き飛ばされたナマコ等に多数の死者、怪我人が出た模様。現在必死の救援復旧作業が行われている。」などという、記事が流れるのだろう。

潜水船で海面から海底まで潜航する間に、本当に多数の生物に出会う。肉眼で捕らえられるだけでも、プランクトン、魚、ナマコ、貝、蟹、エビなど、本当に数多くの生物が住んでいる。潜航中にライトをつけると、小さなプランクトンやクラゲなどが潜水船に当たって砕けるもの、引っ掛かってぶらさがっているものなど、とても気の毒に思う。

ときどき、海底で魚が潜水船に頭からぶつかってくることもある。私たちは、それを見て「どじな奴だな」などと思うことがあるが、それは、彼らにとって自分たちのテリトリーを荒らしにきた動きの鈍い侵略者として映り、彼らのテリトリーを守るための攻撃なのかも知れない。

海底には、数多くの人工物がある。潜航していちばん目をひくのは、スーパー等の袋である。水中に浮遊するもの、岩に引っ掛かっているもの、潮溜まりに落ちているものなど、心無い人達が海岸などに置き去りにしていった袋が、風に飛ばされ海の底にたまっている光景を目の当たりにすると、これもひとつの汚染だなと思いとても寂しい気がする。また、ジュースの空き缶、石油缶、タイヤ、漁網など至る所で目にする。数百万年後、そういう所が隆起して島となり古代人のゴミ捨場として発掘される日がくるような気がする。

## その18 南琉球の海底を旅して

深海研究部 松本 剛 Takeshi Matsumoto

### 1. 旅へのいざない

琉球（南西諸島）の島弧海溝系は、日本列島の東北日本～西南日本の島弧海溝系に匹敵する規模のものである（図-1）。この付近の海域では、これまでに、沖縄島北西方の伊平屋海嶺で、熱水を噴き上げるチムニーやその周りに群がる特異な生物群集が発見され、またその付近の伊是名海穴でブラック・スモーカーを噴出するチムニーが発見されたり、また最近奄美大島の西方の南奄西海丘でも同じような熱水現象があることが確認されているなど、「しんかい2000」などの深海底精密調査機器を駆使して、主として沖縄トラフ中部の熱水現象を中心とした総合的な調査研究が行われてきた。そのほか、慶良間海裂や吐噶喇海峡など、現在は琉球島弧海溝系を分断する大規模な構造境界について、琉球から日本列島にかけての生物相とも密接に関係のある過去の地質時代の陸橋の形成発達史を中心として調べられている。このように、「しんかい2000」の調査の及ぶ琉球中北部の周辺海域では、これまでも多くの精密調査が行われてきたが、それらに比べて琉球南部の周辺海域や海溝での調査はまだ決して十分とは言えない。

南西諸島域は、ほとんどが非火山性（正確には地質時代の火山）の島から成り立っており、かつては

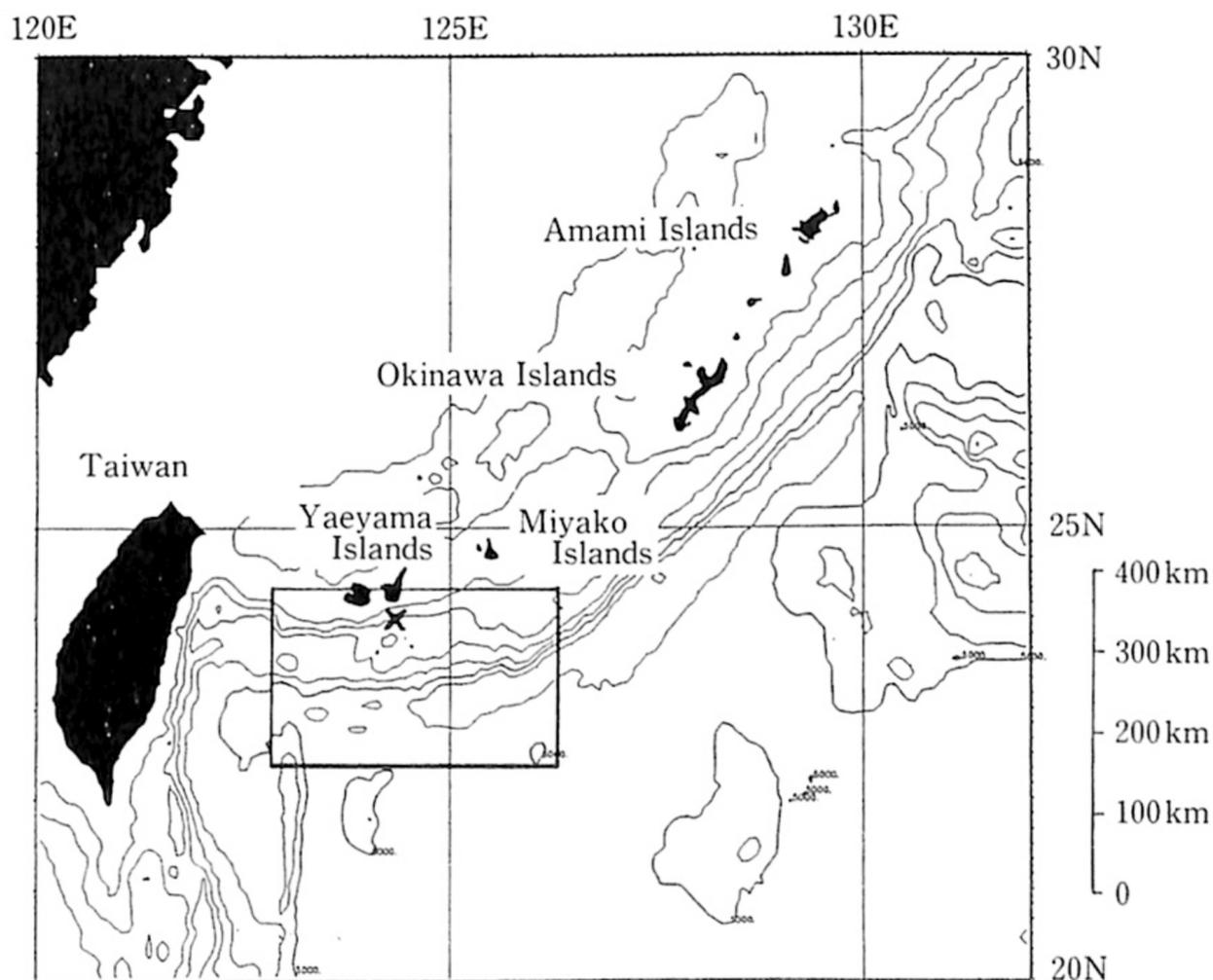


図-1 琉球島弧海溝系の海域図。×印は1771年八重山地震津波の波源の位置を示す。

地震が起こらないとまで言われた所であるが、これは正しくない。特に、南西諸島南西部では、1924年の西表海底火山の噴火？、1991～1992年にかけて計3回起こった西表島あるいはその周辺海域での群発地震、竹富海底温泉の存在とその群発地震に伴う温度上昇などの活発な地学現象、ともすれば災害を伴う現象が発生しており、決して静穏な地域などではない。海底火山について「？」を付けたのは、その当時貨物船の船長が鳩間水道で顕著な変色水を見つけ、また大量の軽石流出を記録したものの、いまだにその噴火の現場が確認されていないからである。琉球大学の加藤祐三教授によれば、噴火現場に必ず発泡不良の軽石が十分な重さを持ってその場所に留まっているはずであり、可能性のありそうな場所をくまなく探したものの、いまだに見つかっていないとのことである。

中でも特に注目すべきは、1771年に発生した八重山地震津波であろう。1771(明和8)年4月24日(旧暦3月10日)に、八重山海域にM7.4の地震が発生したが、地震そのものによる被害が報告されておらず、「明和の大津波」と呼ばれる大規模な津波が宮古・八重山諸島を襲い、両地域を合わせて約12,000人の死者があったと報告されている。この時の各地の津波遡上高については、琉球に多くの記録が残っており、津波の状況を克明に記し、当時の八重山政庁「蔵元」から首里の琉球王府に提出された記録「大波之時各村之形行(なりゆき)書」に詳しくまとめられている。以前石垣市の助役を務め、現在は八重山文化研究会の顧問である牧野清氏は、公務の合間にこの文献の内容を詳細に検討し、また独自に現地調査を行って津波の痕跡を克明に記録し、1981年に、「八重山の明和大津波」という書物を著している。また、津波の原因は、地震断層ではなく、地震に励起された海底地送りであると言われている。極めて重大な災害であることから、これまでに幾つかの研究が行われてはいる。しかし、何故にこのような大惨事がこの特定の場所で発生したのか、この場所が特殊な地域であるのか、同じ場所で再び同種の大規模な津波が発生する虞はないか、あるいは、関東地方など他の地域でも同様な現象が起こる可能性は、等の点については、いまだ明確な回答が得られていない。これらの疑問点は防災上の見地からも早急に詰める必要があり、津波によって多数の死者を出した日本海中部地震の教訓を十分に生かさなければならぬ。そのようなわけで、南琉球の海底を調べる旅に出ることにした。

## 2. まずは地図作りの旅へ

旅をするには、まず目的地の地図を手に入れなければならない。これまでに、この海域については、旧タイプの音響測深機による測深データをもとにした海底地形図は既に出版されていたので、まずそれを求めて行き先を検討する。しかしながら、この地形図は海底精密調査を行うためには決して十分ではなく、シービームなどマルチナロービームタイプの測深による地形図を用意する必要があるが、海上保安庁水路部によるシービーム測深等の大陸棚調査は、24°00'Nの北側に限られていたので、まずは独自の地図作りの旅に出ることにする。

そこで、琉球大学の木村政昭助教授らの研究チームと協力し、琉球大学学生・大学院生、日本海洋事業の海上支援員などを引き連れて、1990年から1992年にかけて、

- ・「かいよう」DK 90-8 航海 Leg 1 (1990年11月8日～15日)
- ・「かいよう」DK 91-2 航海 Leg 3 (1991年4月22日～5月1日)
- ・「よこすか」DY 92-1 航海 Leg 1・2 (1992年1月20日～2月2日)

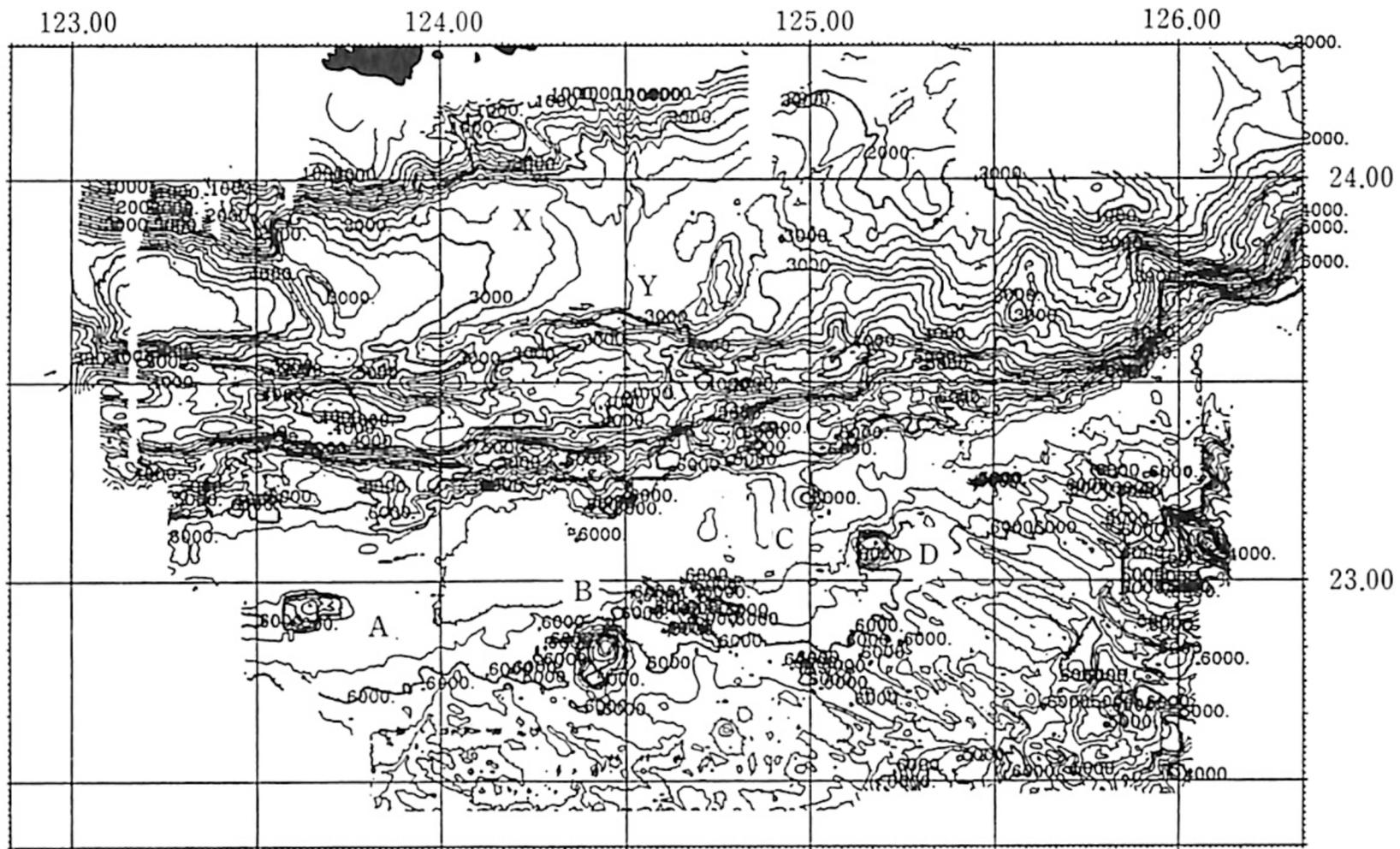


図-2 南西諸島海溝南西部の精密地形図。A, B, C, D は新たに発見された海山を示す。X は石垣島南方沖の大陥没地形を、また Y は南部を直線的に切られたドーム状地形を示す。

・「かいよう」DK 92-3 航海 Leg 2 (1992年4月16日～23日)

の4航海で精密地形調査を行い、加えて、「しんかい6500」南西諸島海域潜航行動(1992年6月3日～20日)の際の夜間にも補充調査を行った。これらの調査により、海溝軸部を中心とした、 $22^{\circ}40'N$ ,  $24^{\circ}10'N$ ,  $122^{\circ}50'E$ ,  $126^{\circ}20'E$ の経緯線で囲まれる box の地形図が完成した(図-2)。これら一連の調査では、津波の原因となる海底地回りや陥没・崩落の跡をくまなく搜索し、また KAIKO 計画に倣って海溝軸部の詳しい変動地形を求めるため、調査測線を決めるに当たっては、原則として可能な限りマルチナロービーム探査でほぼ完全にカバーするように留意した。

### 3. 津波の跡地を見る！

1990年11月の「かいよう」の航海で、この付近の広域の調査を行う予定であったが、調査海域付近の低気圧、中国大陸の発達した高気圧の縁の季節風、台風接近の「三重苦」に悩まされ、海況不良の日が続き、八重山諸島の石垣島・西表島の南岸沖の島蔭の調査を行うにとどまったが、それでも、南に約2,000 m 下る急斜面上に発達する幾筋もの海底谷の様子が明らかになった。

これに続く、1991年4月の「かいよう」の航海では、前航の調査範囲の南側の続きの部分に当たる海域の調査を行うこととし、石垣島・西表島の南東側に調査 box を設けた。前航で見つけた大規模な海底谷の先(南側)には、径が20 km 程度の明瞭な海底の盛り上がりが発達しているが、これは海底谷より流れ出た乱泥流堆積物が積もったものである。

このうちの1つ、石垣島南方約40 km のところで、発達する海底谷の先の平坦面(軟らかい堆積物

から成ることは確かである)のところに、南西に長い楕円状に縁取りのされた落差 200~300 m の陥没地形を発見した(図-2 の X)。この陥没の場所は、1771 年の津波の波源域とされている場所の緯度・経度とよく一致しているので、「かいよう」船上のプロッタに描かれた地形図を見て直観的に津波との関係を考えたのは、筆者だけではあるまい。陥没によって海底が変形し、それに合わせて海面も変形し、津波が発生する。そのすぐ北側には顕著な海底谷が島に向かって発達しているが、海底谷ではその周囲に比べて津波の伝播速度が速い。また津波の波高は島に近づくにつれて増幅され、海岸に到達するころにはとてつもなく高くなる虞がある。そうなるといったい何が起こるか。その場に居合わせた誰もが背筋の寒くなるものを感じた…。石垣島の宮良川の河口から島内にせり上がった津波が標高 85 m 相当の地点に達したとの記録がある(前述の「大波之時各村之形行書」)が、いかにももっともらしいと誰もが感じたに違いない。

その他にも、もっと南の方にはドーム状の高まりがあり、その高まりの南半分が直線的に切られ、落差 300 m 程度の南落ちの急崖となっている地形があり(図-2 の Y)、ここも津波の原因となる海底地逆りの発生を連想させる。

#### 4. ついに見つけた!?南海の楽園

1992 年 1 月 23 日、「よこすか」による調査航海の途上であった。この航海では、琉球大学の学生・大学院生を大勢引き連れ、地形調査を行っていた。この日は、南西諸島海溝西端部、台湾との経済水域境界線に近いところを南北に走っているところであった。このあたりの海溝底は極めて幅の広い平坦面である。広いところは幅 40 km にも達する。水深は 6,200 m で完全に一定。砂漠のようなどこまでも続く不毛な平原であるに違いない。その海溝底の平坦面上に突然、立派な海山が姿を現した(もちろん地形図上での話だが)。位置は緯度 22°57' N, 経度 123°39' E。波照間島の南の沖約 120 km のところである。海山の径は南北に約 10 km, 東西に約 20 km, 比高は約 1,000 m。与那国島・波照間島などよりもはるかに大きい、正真正銘の海山である(図-2 の海山 A)。

そういえば、ここには「南波照間島」の伝説がある。波照間島はハテのウルマの島、すなわち、うるまの島々の南の果てに位置する島の意である。ここは琉球列島の最南端、日本列島の中で人の住む最も南の島である。西には台湾、中国大陸があるが、南にはただ大海原が広がるのみであり、正に地の果てである。しかし波照間の人々は、この島の南の沖にもう 1 つ、税吏の知らない極楽の島パエパトロー(パエ=南, パトロー=波照間, すなわち、「南波照間」の意)が、浪に隠れて存在すると信じていたと、柳田国男はその著書「海南小記」に説く。位置から見て今のこの山がそれに当たるのは間違いない。しかも海溝軸の真上にあることからして、今正に沈みつつある島なのだろうか。

…昔、百姓の年貢が堪えがたく重かった時、この島の屋久のヤクアカマリという者、これを救わんと思いたって、あまねく洋中を漕ぎ求めて、ついにその島を見出し、わが島にちなんでこれを南波照間と名づけたと伝えている(中略)深夜に数十人の老幼男女を船に乗せて、ひそかにその漂渺(ひょうびょう)の国へ移住してしまった。… (柳田国男著「海南小記」より引用)

八重山の人々は古来より、自然的・人為的迫害を受けることが多かった。慢性的な食糧不足に加えて首里王府より課せられる過酷な人頭税に苦しめられ、与那国島の久部良割やトゥング田に象徴される強制的な人減らしが行われていた。そのうえ、1771年の八重山地震津波によって、全滅やそれに近い被害のあった村が多くあり、また、第二次世界大戦の末期から終戦後にかけてはマラリア禍に悩まされたなどの悲惨な体験を持つ。今また、度重なる群発地震に、海底火山噴火や津波の再来を警戒しつつも、調査研究機関からの明確な説明がなく（もちろん、個々の研究者は原因究明に日夜努力しているのだが）、不安な日々を過ごさざるを得ない。このような体験を持つ八重山の人々にとって、現存する南端の島のさらに南の沖に、まだ見ぬ楽園があることを願う気持ちは痛いほどよく分かるものである。

我々は早速これを「南波照間海山」と呼ぶこととし、正式な命名を国に提案することに決めた。海底地形名の命名の原則に従えば、この海山は「波照間海山」となるべきであるが、このような理由により、あえて「南」を冠することにしたのである。後日、国際水路機関の様式に従った提案書を作成して海上保安庁水路部に提出、海底地名委員会で審議の結果、原案のとおりこの名称が認められた。ちなみに、この航海では他に3個の海溝軸部の海山を発見した。

## 5. いよいよ深海の旅へ

1992年6月17日、「しんかい6500」南西諸島行動中。前のレグの沖縄島南方海域に引き続き、今度は八重山沖海溝域に初めて潜る日であった。八重山地方での一連の活発な地学現象を解明する第一歩である。今までの一連の地形調査結果を受けて、6月15日石垣から6月20日那覇までの間、「よこすか」調査航海を組み、この海域で2潜航（第124, 125潜航）を行った。

既に述べたとおり、この海域には海溝軸上あるいは海溝に隣接する海側斜面上に4個の海山が見られる。筆者の割当である第124潜航では、そのうち最大級のものである白保海山（図-2の海山B）の頂部付近を調査した。これは比高2,000mの立派な海山であるが、海溝に南側から衝突して崩壊しつつあると見られる。

最初の着底点（水深4,462m）では径2~3cmのマンガン団塊が一面にちりばめられており、90個を採取した。頂部の平坦面から玄武岩が採取されたことなどから、この山が火山性の山であることは確かである。斜面上には崩壊の痕と見られる転石や小~中礫が観察されたことから、山体が形成された後、恐らく海溝付近に達したところで変動を受けたのであろう。

南海の楽園「南波照間島」の踏査は見送った。ここに潜れば、苦しめられた波照間島や八重山の他の島の人々が想いを馳せた楽園が見られたかも知れない。しかしまた別の機会にしよう。楽しみは先にとっておこう。もしかしたら永久に潜る機会が無いかも知れないが、それでもよいではないか。楽園が実在したという可能性をまだ残しているのだから。

第125潜航では琉球大学の小野朋典氏が乗船し、海溝陸側斜面を調べた。1771年の八重山地震津波の発生の原因として、陸側斜面の大規模な崩壊が考えられていることから見て、その真相究明のためにも極めて重要な潜航である。実際には、八重山諸島南方の海溝陸側斜面の水深5,800m付近の海底の観察を行った。海底は切り立った崖の連続であり、一部オーバーハングしているところも見られた。あたかもアルプスの雪山のような光景が眼前に広がっていたと同氏は語っている。崖の表面には帯状に崩

落して基盤が露出しているところもあり、また、崖に沿って尾根や谷地形が多く発達していた。潜航中のビデオを見ると、常時懸濁物に覆われていて、一向に澄む様子が見られない。どう考えても、今正に海底が崩れ落ち、あるいは削られ、舞い上がった懸濁粒子が漂っているとしか思えない。このようなことが頻繁に起こっているのだろうか。

## 6. 将来のプロジェクトに向けて

1992年の1~2月の「よこすか」航海には、琉球大学の学生が多数乗船したので、次のような募集広告を出し、この調査航海の名称と、将来行われるであろう南西諸島海域南西部の調査プロジェクトの名称を募集することとした。

### “調査航海名、研究プロジェクト名募集のお知らせ

本調査航海は、宮古・八重山沖琉球海溝の成因や海溝でのサブダクションに伴う陸上での諸現象の解明に重要な役割を持つものであります。また将来は、今回得られるであろう成果をもとに、重力・地磁気などの地球物理学的な広域探査を行い、また種々の海底調査機器や潜水調査船を用いて、より精密な海底調査を行うなど、琉球弧南西部のテクトニクスを解明するための調査プロジェクトへと発展させる必要があります。そこで、これらの目的にふさわしい、琉球弧南西部に潜む様々な問題点を解明する意欲に燃え、また明るくわかりやすい名称を広く本調査参加者から募集します。”

このような命名は、年寄りの枯渇した頭で考えるよりはむしろ、若い人の柔軟な発想に任せる方が良いアイデアが浮かびやすいものである。幾つかの候補の中から、調査航海名としては「かりゆし航海」(欧名“KARIYUSHI Cruise”), 研究プロジェクト名としては「海邦計画」(欧名 Projet “Lequio”)が良いのではということで、一同合意した。ちなみに、「かりゆし」とは、琉球方言で「幸せな」の意、「海邦」とは、「海の国」すなわち琉球のこと、“Lequio”とは、かつてポルトガル人が渡来した時、この地方のことを呼んだ名称であり、「琉球」の語源となった言葉である。

### “大交易時代、ポルトガルは、海洋国家・琉球を「レキオ」と呼んだ”

(毎週金曜日、琉球新報紙とともに配られる情報紙「週間レキオ」の冒頭言より)

この海域は、確かに日本の西の端に位置し、中央政府に直接影響を及ぼすことは少ないかも知れない。しかし、この海域での様々な現象は、直接・間接を問わず日本全体に関係のある問題でもあり、決して軽視してはならないにもかかわらず、これまで本格的な海底精密調査が他の海域に比べて遅れていたきらいがあった。今回の旅を機会に、さらに進んだ研究プロジェクト「海邦計画」(Projet “Lequio”)に着手し、この海域の諸問題を一気に解決すべく、努力していかなければならない。

## 7. 八重山に未来を

八重山においても、その自然・風土・暮らしなどを見直すための情報誌「情報 Jaima」が、1992年5月に創刊となった。「八重山」の呼称「ヤイマ」をそのまま誌名とし、しかも国際音声記号“jaima”によって表記したところに、世界の中の八重山を意識した壮大な構想を想像せずにはいられない。八重山の文化人といえはやはり真っ先に取り上げられる人は、前述の牧野氏であり、同氏による八重山の民俗の記事は、八重山の情報誌だけに止めておくにはもったいないほどの内容がある。

その牧野氏に、石垣島で会う機会を得た。石垣港から電話連絡し、停泊中の「よこすか」に招いたが、自宅よりバイクを飛ばして港にやって来られた。そののち、牧野氏の案内で、琉球大学の小野朋典技官、「よこすか」の兵藤博船長らとともに、石垣港近くの津波石を幾つか見学する機会を得た。場所は石垣市街地の東、大浜小学校の裏手から大浜前の海岸に、さらに宮良川河口にかけてであり、砂岩の上に乗った、明らかに根のない石、津波の威力によって頭だけ切られ転がった石、民家の庭にあって、盆栽の台代わりに使われているものなど、様々であった。中には、本来あるはずのところ、家を建て直す際に壊したらしく、跡が残っていないものもあった。大津波を物語る貴重な資料が次々消えていくことは残念ではあるが、現実にもその場所に住んでいる人にとってはそうも言うてはいられず、生活に支障となるものを撤去することは致し方ないことなのである。

琉球の島々、特に小島の並ぶ八重山の島々は、地震・火山・津波・台風などの自然災害に対して「逃げ場のない」ところである。日本列島の他の地域に比べて観測の絶対数も少なく、これらの自然現象が十分解明されているとは言い難い。しかし、もう一度繰り返すが、これらの自然災害の予防は日本にとって共通の課題であり、今後さらにこの地域で密な定常観測が行われることを期待する。今日にしたパエパトローは正に海溝でのプレート運動とともに沈みつつあるのであるが、今度は八重山の島々自体がこれらの困難を克服し、自ら南海の楽園となることに期待しようではないか。

### 参 考

本文中には、「琉球」、「沖縄」、「南西諸島」という名称が多数現れるが、筆者はこれらを次のように使い分けている。…

「琉球」はかつての琉球王朝の支配下にあった地域を指す。これはすなわち、文化圏でも大和と対比される地域にあたり、奄美地方、沖縄地方、宮古地方、八重山地方から成る。それぞれ、奄美大島、沖縄島、宮古島、石垣島を中心とし、その周辺の島々を含む個々の文化圏を構成する。第二次大戦後の米軍統治時代にこの名称で呼ばれたことから、使うことをためらう向きもあるが、筆者は古来の歴史・文化の面を重視し、あえてこの名称を用いることにする。

「沖縄」は、前述のごとく、琉球文化圏の一地方を示す。すなわち、沖縄島とその周辺にある久米島、伊平屋島、伊是名島、慶良間列島の島々から成る地域を示す。ただし、沖縄地方・宮古地方・八重山地方を含む行政区画上の「沖縄県」はまた別であり、この場合は必ず「県」を付けるべきである。相模の国の一地区に当たる「神奈川」の名称がそのまま県の名称として採用されているのと同様である。

「南西諸島」は、鹿児島県の薩南諸島（種子島・屋久島など）から沖縄県の西端部の与那国島に至る一連の島々すべてを指す。ただし、「南西諸島海溝」など、日本国政府により正式に認定されている呼称については、そのまま使用するものとする。

日本の西端に当たるコバルトブルーの海に囲まれた島々の総称をどのように表現すべきか。過去の歴史的な経緯もあり、また行政上の問題もあると聞かすが、筆者はこのように使い分けることにしたい。

## 追 加

本稿提出後の平成5年7月12日、北海道渡島半島西方沖で「平成5年北海道南西沖地震」とそれに伴う津波が発生し、奥尻島を中心として200名を超える死者・不明者があった。観測体制の不十分な場所での地震・津波の恐ろしさを示す典型的な例となってしまったことは実に残念である。現在、当センターを含め、関係研究機関が集中的に観測を実施しているところであるが、原因の徹底究明と万全の防災対策のために最大限の努力を払わなければならない。

## その19 初潜航を終えて

深海研究部 藤原 義弘 Yoshihiro Fujiwara

学生時代に趣味と研究で各地の海に潜り、海とそこに生きる多様な生物に魅せられた。深さ数十 m の、今となっては浅い海に頻繁に通い、手の届かない深い海に想いを馳せることもあった。コナン・ドイルの小説「失われた世界」が現代にあるとすれば、それは深海に違いないと今でも信じており、1938年に発見されたシーラカンスを超えるような大発見が再び海から報告されることを期待している。深海に対する憧れと、見知らぬ生物に巡り逢う期待と、一度入ったら何時間も出られないという不安とが入り混じった気持ちで、潜水調査船「しんかい2000」に乗り込んだ。海況不良のため、南西諸島での潜航が中止となり、今回、水曜海山で2度目のトライ。

着水の瞬間に馴染みの海の色が、小窓の向こうにひろがり、不安も忘れてその場、その場に夢中になった。まず感じたのは、浅場には目で認識できるほどの大きさの生物がほとんどいないこと。陸地からかなり離れているので有機物が少ないせいなのであろうか。驚いたのは太陽光が非常に深くまで届くこと。水深500 m を超えるまで、船体の一部を視認できた。太陽光が衰え始めると目に映る光は発光生物の光へと移り変わる。船の潜降に伴って、小さな光が目の前を駆け上り消えて行く。中でも特に美しいのは、発光するクラゲ。船体に触れると美しく激しく光り、時には、粉々の光りの屑になる。しばし真昼の夜空を楽しんだ後、船外の投光器をつけていただいた。視認できる生物がいつの間にか増えていた。魚類、腔腸動物、甲殻類、その他見たことのない生物がどんどん通り抜けていく。多くの生物は無色透明だが、真紅のエビや紫色のクラゲが彩りを添えている。海底に近づくにつれて生物の量が増えると聞いていたが、それほど増加しないうちに海底が見えてきた。1,373 m。趣味の世界では到達し得ない深さに、あっさりと（運航チームの方々には実に失礼ではあるが）やってきてしまった。底はリップルマークのある砂地で多少流れがある。着底地点は熱水噴出域ではなく生物もまばらで、何となく荒涼としていた。それでも私が見知るせいぜい数十 m の海底より大型の硬骨魚類が多いようであった。起伏に富んだ地形を飛び越えながら、目的の熱水噴出域に到着。窓の外にはテレビのモニターでは見慣れた、しかしはるかにクリアで広々とした生物たちの営みが観察できる。チムニーを覆い尽くすシンカイヒバリガイ類。その間に見え隠れするコノハナガニやウロコムシ。あまりにも鮮明で、自分が百数十

気圧の海底に存在している実感がなかなかわいてこない。それにしても熱水噴出域の生物量は凄まじい。砂漠のオアシスも顔負けである。しかも太陽も植物も無しである。地球が自らの力で養い育てている生態系。数々の生命が生きづく深海は決して沈黙の世界などではない。

生命は三十数億年前に地球上に誕生したと考えられており、現在数百万の生物種が存在している。多くの生物学者が生命誕生のプロセスを解き明かそうと様々な研究を行ってきた。1953年には有名なミラーの原始地球モデルを用いた実験が行われ、アミノ酸を初めとする有機化合物の合成に成功したが、生命を造り出すまでには至らなかった。その後も多数の研究が行われているが、いまだにそのプロセスは謎のままである。チムニーから勢いよく噴出する熱水を眺めていると激しく活動する原始地球を垣間見る思いがした。生命の起源を考えると深海を見据える潜水船の小さな窓は生物学の前途を開く大きな扉となるのではないだろうか。

今回の行動で一つ残念なことがあった。それは、これほど人間社会から隔絶された場所にも産業活動の醜い爪痕が残されていたということである。機械の一部分のようであったが、海洋投棄されたのであろうか。おがさわら丸から太平洋を眺めても空缶等産業廃棄物が浮遊しているのを度々目にした。人間がいかにか海を汚してきたかは東京湾をみれば一目瞭然である。我々のフィールドである海を大切に守っていきたくと痛切に感じた。

あっという間に規定量放電となってしまう、浮上しなければならない時間となった。母船で「しんかい2000」の帰りを待っている時には長く感じていた潜航時間も、いざ自ら潜航してみるとあっという間の出来事だ。耐圧殻からしんしんと伝わっていた冷気も次第に勢いを失い、外部に薄明りが見え始めた。再び小笠原の藍い海と母船のプロペラが目映り、ほんの短い私の初潜航は「なつしま」のAフレームに高々と吊り上げられた。

## その20 スンダランドは海洋民族の母なる国？—最終氷期の海水準低下期の出来事—

深海研究部 藤岡 換太郎 Kantaro Fujioka

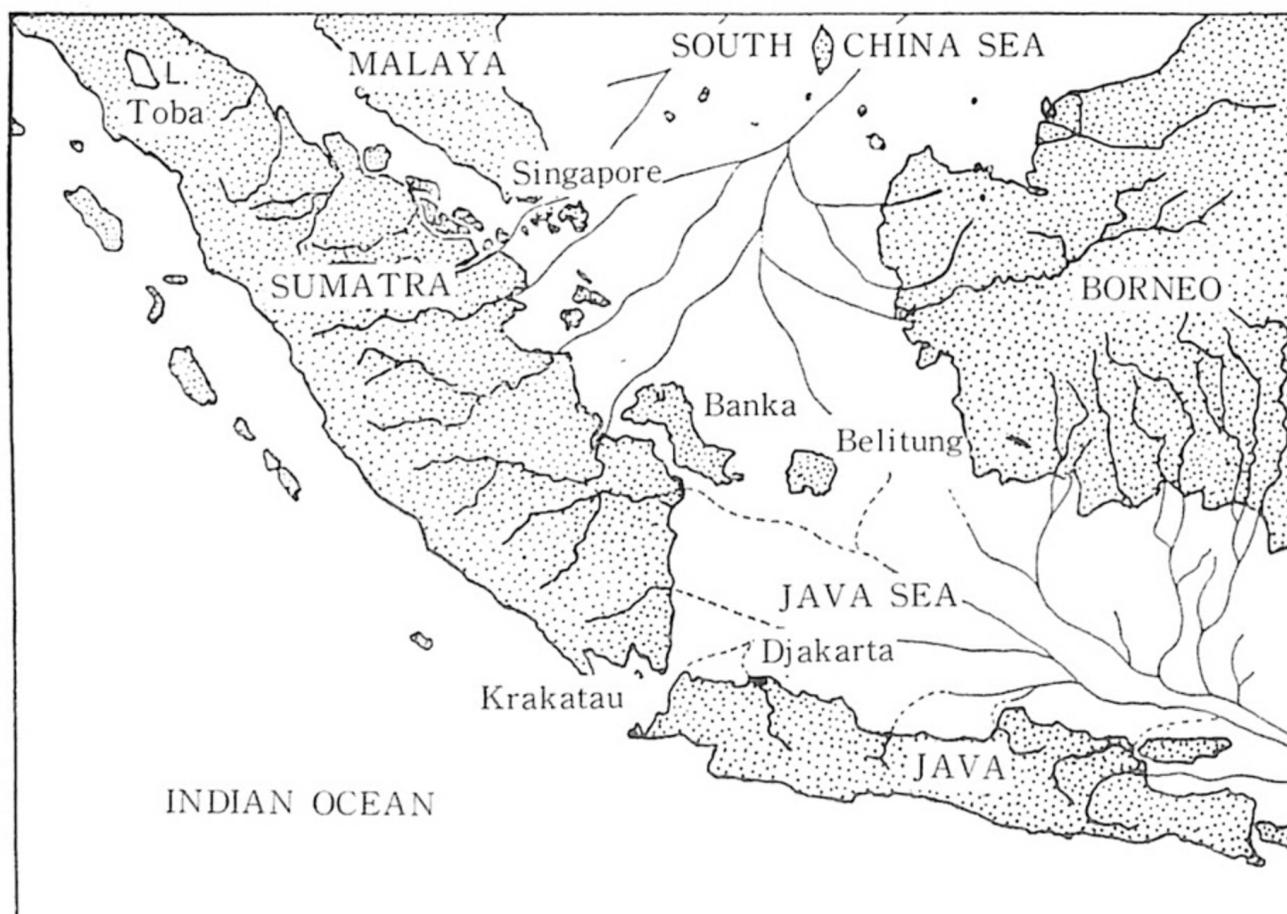
今から約2万年前には北半球一帯が厚い氷床によって覆われていました。地球上の水が氷として大陸にトラップされた結果、海面は現在より百数十mも低下し、全地球的には陸地が広がりました。例えばそのころの東京湾は干上がって陸地となり、当時の人類は房総半島から三浦半島まで途中の「古東京川」（現在の東京海底谷）を渡って歩いて行けたのです。しかしその後、気候は徐々に温暖になり氷床は解け始め海面は上昇を開始しました。今から6千年位前の縄文時代の海面は現在の海面よりわずかに上昇し、その結果海水が東京周辺の河川に溢れ逆に陸地が縮小したのです。このため縄文時代の遺跡が群馬や栃木に至る海岸線とは程遠い地域からも発見されるのです。このことは1926年に東木竜七氏によって明らかにされました。その後海面は徐々に下がって現在の位置に戻ったことが第四紀学の研究で分かっています。このような気候変動と海面の上昇・下降の歴史は人類にどのような影響を与えたので

しょうか？私はこのことについて最近次のような思いを巡らしました。それは「ポリネシア人は気候変動や海面変動の結果スダランドという肥沃な土地を追われて、世界中の海を越えて大洋の島々に住み着いて行ったのではないか？」という考えです。

このような考えを思い至った事の起こりは、平成5年度「しんかい6500」を南洋のヤップ海溝やパラオ海溝の調査のため持って行くために、運輸部の井内敏正氏と私はこの6月にポナペ、ヤップ、パラオの島々を尋ねて現地で調査航海の申請・許可の交渉をしたことに始まります。ミクロネシアの国々は赤道に近く、1年を通じて気温の変化はほとんどなく、もちろん四季の移り変わりなどありません。この時ポナペ、ヤップ、パラオの島を行き来するうちに飛行機でチューク（昔のトラック島）の母親と5歳の娘に会ったり、ヤップ島の家族やお婆さんの群団に出会ったことにあります。これらの人々と話をして彼らに大変好感を持ちました。ミクロネシアの人々はおおらかで、陽気で、明日のことなど何も心配していない（失礼！）ように見えました。私自身は昔から寒いところが嫌い、暑い南洋に来るとほっとします。きっと私の祖先は南の国から来たのでしょう。そう思われるもう1つの理由に私は船酔いというものを経験したことがないことです。どんな大船でも、小舟でもそしてどんな大時化でも余り関係なく、このことも元々私の祖先が海洋民族で十分に海洋に慣れているためかも知れません。

ミクロネシアの人々はそれでは人類学的にはどんな民族に属するのでしょうか。地球上には現在150以上の国々があり、それぞれの人々が異なる言語を持ち、ほとんど国の数だけあるいは方言を考えると世界には優に200を超える言葉があるでしょう。人類学者は地球上の人類をコーカソイド、ネグロイド、そしてモンゴリアンの3種類に分類しています。このうちのネグロイドに属するポリネシア人は現在世界中の至る所で生活しています。ミクロネシアの人々はこのポリネシア人に属するでしょう。そして世界史はポリネシア人が紀元前の古い時代から航海術にたけており、世界中に派生し住み着いていったと教えています。なぜポリネシア人は世界中の島々に移りそこに住み着いたのでしょうか？

すでに述べたように、今から約2万年前、地球上に最後の氷河期が訪れ北半球は厚い氷に閉ざされました。当時の気候は酷寒で人類は火を使うことを覚え寒さから逃れたのでしょう。火を使うことは北京



図一1 インドネシアの沈水河川の分布（アーサーホームズ、一般地質学より）

原人のいまから 50 万年前にすでにあったようです。しかし地球上のすべての地域が酷寒の気候ではなく、現在の赤道地域は氷河期でもそれほど暑くはなく、かえって住みやすい気候であったのではないかと想像します。

イギリスの偉大な地球科学者アーサーホームズの Principles of physical geology という教科書を大学 3 年の時に読みましたが、この中で河川に関して特に印象に残ったことが 2 つあります。1 つは世界の屋根といわれる標高 8,000 m もあるヒマラヤ山脈を中国からインドへと横断する河川のあることです。それは先行谷というものでヒマラヤ山脈が隆起する以前から存在し、山脈が隆起する速度に負けずに下刻を続けていて現在に至ったことです。そしてもう 1 つは大陸棚という海底の水深 200 m より浅い平坦なところが氷河期には陸化しており、そこには河川が流れていて現在は沈水していることです。それは例えば北海や、東支那海などですが、教科書にはマレー半島からジャワにいたる地域のものが紹介されており、ここには広大な陸地があったことがホームズ先生によって指摘されていたことです(図-1)。このことは過去の地球の環境が大いに異なっていることを如実に示しており、人類の世界中への伝播にとって大いに重要と思われれます。

チューク島の母娘とミクロネシアの話をしている間に、飛行機の上からは北半球最大ともいわれるチュークの珊瑚礁が眼下に広がっています。珊瑚礁を眺めながら海底地形図を見ると、なんと水深 200 m より浅い大陸棚がオーストラリアからニューギニア、ジャワ、そして現在スダシエルフ(スダ大陸棚)と呼ばれている地域に広がっていることに気がつきました。海底地形図から想像をたくましくすると、2 万年前の海面が低下した時にはスダ地域には広大な低地が広がっていたことが想像に難くないでしょう。それはホームズ先生の教科書のとおりで、それを「スダランド」と呼ぶとすれば、ポリネシアの人々は肥沃な土地で豊かな生活をしていたことでしょう。実際スダシエルフの地下には石油が豊富に埋蔵されていて、ここは世界でも有数の石油の産地になっています。

なぜポリネシアの人々は世界中の海を渡り歩いているのでしょうか？2 万年前のスダランド河川がよく発達した広大な低地で、気候は寒くなく暑くなく人々は快適な生活を送っていたと思われれます。しかし気候が温暖になると徐々に海水面が上昇を始めたのです。その結果徐々に平地に海水が溢れだし、人々は土地を失っていったのでしょう。最初それに気づいた人々は丸木船を作ってすぐ近くの国へと逃れました。海面が少し上昇した時点では、ここは瀬戸内海のような多島海でポリネシア人たちは島から島へと移動していましたが、そのうち島に住み着いてしまった者もあるでしょう。海面がもとの状態に戻ったころにはポリネシア人たちはすっかり航海の技術にたけて、遠くハワイやサモアなどの島々へも行くようになったのではないかとということです。

広大な深海底に我々が今まで全く知らなかった生物の群集が存在することが明らかになったのは今からたったの 15 年ほど前のことです。こういった生物が生命の起源を考えるうえで極めて重要なことは自明ですが、このような生物が世界中の深海底のいたるところから発見されるようになった今、なぜ、どのようにして深海の生物は移動、定住したのか考えねばならないでしょう。深海の生物はブラックスマーカーと呼ばれる高温のチムニーに依存して生態系を維持していますが、一度チムニーが活動を止めると生物は死に絶えてしまうでしょう。チムニーの停止という環境の変化は氷河期から気候の温暖な間氷期のスダランドの話とよく似ています。スダランドの話が本当なら深海での生物の行動、特に伝播のプロセスということについて大いに参考になるのではないのでしょうか。

## その21 深海への旅

ハワイ大学 スーザン・デバリ Susan Debari

広々とした地域をさまよい歩くことの大好きな野外地質学者としては、直径 2 m の球形の潜水調査船に閉じ込められ、潜水船の覗き窓から露頭を観察し、機械の腕を使って試料採集をするという発想は、私にはちょっぴり奇妙な作業の仕方でした。しかし、私はまた冒険好きで物好きな人間でもあったので、この珍しい経験にはひどく好奇心をそそられました。また、科学的興味については言うまでもありません。私が断層と褶曲によって今や地表に露出されるまでに強く曲げられた島弧の基盤岩について研究しているとすれば、現場にある島弧の基盤岩を調べることによって真実に少しでも近づくために試みるべきでしょう。そこで、私はこの新規で素晴らしい地質学のやり方を試してみることにしました。やはり、私は一風変わった野外乗物に慣れていたというべきなのでしょう？ 私は正常にトラックと自分の 2 本の脚を使ってアラスカを出ましたが、その後ネバダでは自転車を用い、アルゼンチンではラバを使い、このごろはカナダでカヌーを使っています。そう、もちろん潜水船だって乗らないわけがないのです。

そして、待ちながら希望を持ちつつ、他人の行う泥で一杯の潜行調査を観察し、(また、私が本当に潜航するまで天気もつかしらと心配し、) そのようにしながら多くの日々を過ごした後、夜が明けると当日は快晴で穏やかな海でした。神経質になり、また興奮もしていたので、私は半時間も前に準備ができてしまいました。操縦士の田代さんは、待機している私を見て笑いながら、「まあ、あと 30 分程ですよ、デバリさん。」と言いました。

降下するとき、あっという間に時間が過ぎました。潜水船の窓から生物発光を眺めながら、テープデッキにスティービー・ワンダーの曲をかけました。もし海の底まで私たちに同行したことをスティービー本人が知ったなら、彼は何とすることでしょう？ 海底に到着したとき、私はがっかりしました。泥。それも大量の泥なのです。この前弧とこのひどい泥は、一体どうなっているのでしょうか？ 露頭はどこにあるのかしら？ ところが、潜水船の始動に数回の失敗があり、(電力漏れがあったため、残念ながら海底にいる時間がわずか 1 時間半に短縮されたようですが、) それから海溝壁の間を上昇していくと、「やったー！」露頭がありました。大きな素晴らしい露頭の崖です。でも、この後キャッチ-22 があるのです。もし新鮮な露頭があるとしたら、あなたならどうやって採集しますか？ 私たちは残り 30 分の時間の大部分を、岩石片の切取りに費やしました。最後にはいくつかの美しい岩石を採ることができましたが、その量は大したことありませんでした。さあ、もう戻る時間です。1 時間半かかって、私たちは水中で 108 m を通してそれをやっただけでした。泥の上に 1 時間、露頭に半時間です。もしかしたら、世界一短い潜航地質調査だわ？ まあしかし、いくつかの試料を採ったのです。そして、もっと大事なことには、解明したい科学的な疑問がさらに増えたということです。私たちの研究はまだ終わっていないのです!!!!

(深海研究部の協力を得て、情報室が翻訳した。)

(原文)

## Trip to the Deep

Susan Debari  
Hawaii University

Being a field geologist who loves to roam wide open spaces, the idea of being confined in a 2-meter in diameter spherical submersible, observing outcrops through a porthole and sampling with a mechanical arm, was a mode of operation a bit foreign to me. But, also being an adventurous and curious soul, the novelty was very appealing. And not to mention the science. If I study arc basement rocks that have been faulted and folded and bent so much that now they are exposed on the surface, shouldn't I try to get a bit closer to reality by studying arc basement rocks that are in situ? So I agreed to try this new and wonderful mode of doing geology. After all, I wasn't I used to strange field vehicles? Alaska started off normally with a truck and my own two feet, but then in Nevada I used a bicycle and in Argentina I used mules and most recently in Canada I use a canoe. So why not a submersible?

And after many days of waiting and hoping and observing everyone else's mud-filled dives (and wondering if the weather would hold up long enough for me to even have a dive), the day dawned clear and with flat seas. Nervous and excited, I was ready a half hour early. The pilot Tashiro-san saw me waiting and smiled and said, "ah, still another half hour to wait DeBari-san".

During our descent the time passed very quickly. We watched the bioluminescence from the portholes and played Stevie Wonder on the tape deck. What would Stevie think if he knew that he was accompanying us to the bottom of the sea?

When we arrived at the bottom my heart sank. Mud. More mud. What is it with this fore-arc and all this blasted mud? Where's the outcrop? But after several false starts (a leak in the power supply which would unfortunately curtail our dive to only 1 and 1/2 hours of bottom time) we moved up the trench wall and yahoo (!) there was outcrop. Big wonderful cliffs of outcrop. But then there's the catch-22. If there's fresh outcrop, how do you sample it? We spent much time in our remaining half hour trying to break off pieces. We ended up with some beautiful rock, but not very much of it.

And in a flash it was time to go back up. In one and a half hours, we only made it through 108 m of water depth. An hour over mud and a half hour with outcrop. Maybe the world's shortest geology dive? Ah but we have some samples and more importantly, we have even more scientific questions that we want to answer. Our work is not yet over!!!!

## たぎり

深海研究部 橋本 惇 Jun Hashimoto

鹿児島県の中央部に南から北に向かって深く食い込んでいる鹿児島湾は、南北約 75 km・東西約 25 km の大きさがあり、湾中央部に阿多、湾奥部に始良という大きなカルデラが存在しています。この湾中央部と湾奥部は、西桜島水道という水深 40 m・幅 1.9 km の狭い水道によって結ばれてはいますが、活火山桜島によって分断されています。そして、湾奥部の東側には水深 200 m の平坦な凹地があり、その凹地は若尊（わかみこ）プロトカルデラと呼ばれています。古来、若尊プロトカルデラには海底からガスが噴出している場所があることが知られており、海況が良ければ海面でもはっきりと上昇してくる泡が確認できるほどのものです。この噴気現象が「湯が滾る<sup>たぎ</sup>」状況に似ているところから地元の当漁者の間で「たぎり」と呼ばれるようになった訳です。「たぎり」の存在は知られていましたが、十数年前まで海底からどのような状態でガスが噴出しているのか、火山性の現象なのかどうかなど分からないことだらけでした。

「たぎり」現象について本格的な調査のメスが入ったのは、昭和 48 年に遡ります。鹿児島湾湾奥部で水銀汚染魚が見つかり、その汚染源を究明するため環境庁、鹿児島県、鹿児島大学、東京工業大学などによる調査が始まりました。その調査の一環として、昭和 52 年には小型潜水艇「はくよう」による潜航調査が行われました。この時初めて海底の噴気現象が人間の目に触れたわけです。その調査の結果、海底からはガスと一緒に摂

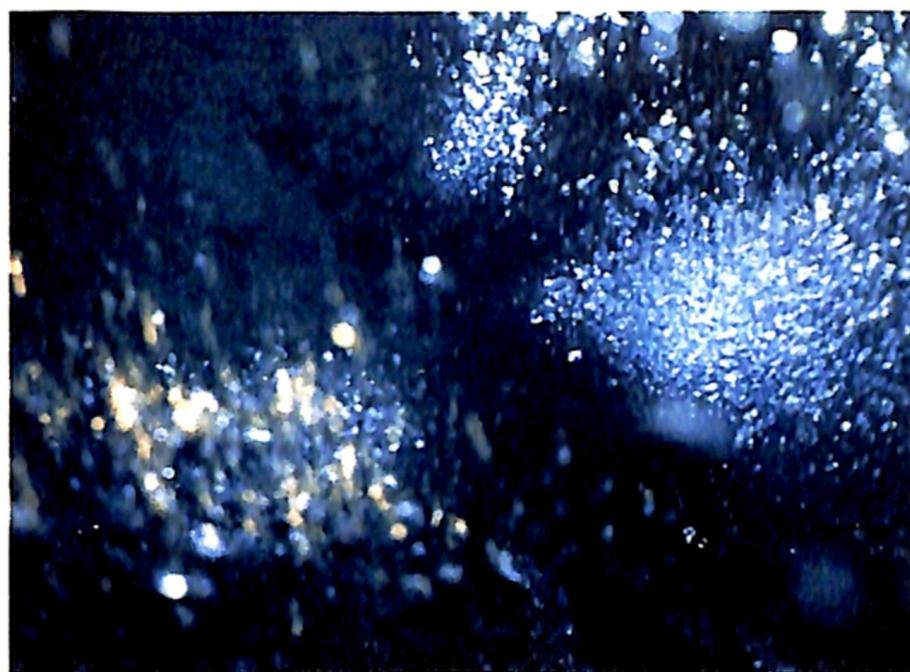


写真-1 海底から噴出する「たぎり」  
(曳航式カメラにより撮影)

氏 200 度を超す熱水が噴出していること、ガスの 90 % が二酸化炭素で、他にメタン、窒素、硫化水素、水素などを比較的多く含んでいる火山性のガスであること、また、一般的な海水の pH は 8 を少し超す弱アルカリ性ですが「たぎり」域周辺の底層水はガスに多量に含まれる二酸化炭素が海水に溶解込み pH 7 を割る酸性水塊を作っていることなどが明らかになりました。もちろん、この調査では海水やガスのほか、底質、生物も多く採集されました。

各分野の研究者にとって「たぎり」現象は興味深い研究対象ではありますが調査が容易ではないため、昭和 50 年代前半の調査以降、集中的な調査は行われていませんでした。「たぎり」周辺の環境は、水深が浅いという違いはありますが、地球を覆うプレートが収束したり発散したりする地球科学的に活動的な深海域に分布することが知ら

れている熱水噴出孔生物群集や冷水湧出帯生物群集の環境と非常によく似ています。そこで、平成2年以降、海洋科学技術センターでは、鹿児島大

学、玉川大学の協力を得て無人探査機や曳航式カメラなどによる「たぎり」に関する生物学的・化学的・地質学的な調査を継続しています。

# ふなど

海域開発研究部 毛利 元彦 Motohiko Mohri

魚介類の捕獲を業とする潜水従事者の素潜り (Breath hold diving) には“かちど”と“ふなど”という2つの方法があります。これらの潜水従事者をアマ (海女, 海士) と呼んでおります。日本でも古代より「魏志倭人伝」「古事記」等にアマの活動が記載されており、古くは海と書いてアマと呼び、海部と書いてアマまたはアマベと呼んでいました。このアマの住んでいる所を海部郷, 海部郡と呼んでいました。

日本の沿岸には、現在アマ (海女, 海士) を含めて約 22,000 人の潜水従事者がおり、そのうち約 65 % が素潜りのアマです。昭和35年ころまでは、ほとんどの海女, 海士は身にふんどし一本で素潜りを行っておりましたが、現在はウェットスーツなどを身につけて素潜りを行っております。しかしながら資源の保護という見地からウェットスーツなどを禁止している所もありますが、海女は現在すべてウェットスーツまたは綿などの白い着物をつけて素潜りなどを行っております。

“かちど”という素潜りの方法は、水面からただ潜ってゆく方法で“ふなど”は船上から10kgの重りとともに潜ってゆく方法です (写真-1, 2)。

この2つの方法による素潜りの差異は、“かちど”の平均の潜水時間と潜水深度は、 $37.0 \pm 0.4$  秒、 $6.9 \pm 0.1$  m ですが、“ふなど”の平均の潜水時間は  $68.5 \pm 4.3$  秒、潜水深度は  $9.7 \pm 0.5$  m で、“ふなど”による素潜りの方が“かちど”よりは



写真-1 “かちど”



写真-2 “ふなど”

るかに深くまた長時間潜っていることができます。しかしながら、日本の沿岸での素潜りは大部分は“かちど”で“ふなど”を行っている所は、房総半島の千倉と白浜、三浦半島の松輪周辺、輪島市舳倉島など限られた所でしか行われておりません。

## 情報誌「JAMSTEC」総目次

第 1 巻第 1 号(創刊号)～第 5 巻第 4 号(通巻第 20 号)

(1989 年～1993 年)

〈第 1 巻第 1 号(創刊号) 1989 年 1 月 1 日発行〉	〈第 1 巻第 2 号(通巻第 2 号) 1989 年 4 月 1 日発行〉
創刊号発刊に当って	巻頭言 第二号発刊に寄せて…………… 1
巻頭言 創刊号に寄せて…………… 1	世界の海洋開発
世界の海洋開発	—その推移と将来—(その 2)…………… 2
—その推移と将来—(その 1)…………… 2	三浦半島周辺海域の生物・底質調査
海洋科学技術センターの概要	—共同研究実施概要—……………11
—その誕生から現在まで—…………… 9	世界の海洋底
ニューシートピア計画	—海底名所めぐり—(その 2)……………16
—300 m 実海域実験概要報告—……………21	海に魅せられて半世紀(Ⅱ)……………25
生物付着の防止及び除去技術の開発……………26	海外出張・海外調査団報告
世界の海洋底	OCEANS '88 及び海岸開発関連諸機関調査……………31
—海底名所めぐり—(その 1)……………32	英国における海底ケーブルの敷設技術
海に魅せられて半世紀(Ⅰ)……………40	(British Telecom International Marine
ウッズホール海洋研究所との協力協定調印……………45	Services 社の概要)……………35
世界最大深度を目ざして	当センター各部紹介
「しんかい 6500」建造進捗状況……………49	深海研究部の紹介……………38
6,500 m 潜水調査船支援母船“よこすか”の進水……………51	昭和 63 年度の「しんかい 2000」潜航調査結果の
当センター研修・施設・機器等の紹介	概要……………45
海中作業実験船「かいよう」……………52	世界最大深度を目ざして
材料・器具・装置紹介	(「しんかい 6500」システム建造進捗状況)……………49
ノルウェーの Ocean Basin……………54	当センター研修・施設・機器等の紹介
スライド式曳航体……………55	沖ノ鳥島に海洋自動観測装置の設置……………51
研究機関・学協会等の紹介	材料・器具・装置紹介
東京大学海洋研究所……………59	シービーム……………54
スクリップス海洋研究所……………62	当センターで開発された機器
株式会社神戸製鋼所……………64	タンデムウェルズタービンを使用する波力発電
用語解説	装置……………55
飽和潜水システム……………66	研究機関・学協会等の紹介
チューブウォーム(ハオリムシ類)……………67	IFREMER……………58
水中動力源としてのスターリングエンジン……………68	地質調査所－訪問記＋雑感……………61
第 14 回研究発表会を開催……………70	用語解説
テクノ・オーシャン'88 開催さる……………73	無人潜水機(ROV)……………65
編集後記……………74	エル・ニーニョ現象……………66
	招へい外国人研究者による一般講演……………68

Japan-U. S. Marine Interests in the Pacific Region (Interim Report) .....	70
編集後記.....	72

〈第1巻第3号(通巻第3号)1989年7月1日発行〉

巻頭言 第三号発刊に寄せて.....	1
米国の海洋科学技術政策.....	2
海洋音響トモグラフィーによる大規模海洋変動 現象の計測技術.....	9
太平洋におけるリフト系の形成過程等の解明.....	16
世界の海洋底 —海底名所めぐり—(その3) .....	29
海に魅せられて半世紀(Ⅲ) .....	38
深海底に地球の謎を探るⅠ 海底を見る .....	45
マイクロ波ラジオメトリーについて.....	49
当センター各部紹介.....	54
世界最大深度を目ざして 「しんかい6500」及び「よこすか」の動静 .....	59
当センター研修・施設・機器等の紹介 潜水技術研修.....	61
材料・器具・装置紹介 コンピュータ・グラフィックス.....	63
当センターで開発された機器 超音波ドップラー・プロファイラー.....	64
研究機関・学協会等の紹介 太平洋国際先端技術研究センター.....	66
用語解説 コバルト・リッチ・クラスト.....	68
人工島.....	69
フレキシブルライザー管の共同研究報告会.....	70
深海掘削計画とJOIDES RESOLUTION .....	73
「しんかい6500」に乗船して .....	79
第15回科学技術庁長官賞の研究功績者紹介 .....	81
編集後記.....	82

〈第1巻第4号(通巻第4号)1989年10月1日発行〉

マリン バイテクへの期待.....	1
米国の21世紀の海洋・先端複合産業の方向性 —オーシャン・エンタープライズ・コンセプト— .....	2
海洋深層水の有効利用技術.....	11
世界の海洋底 —海底名所めぐり—(その4) .....	17

海に魅せられて半世紀(Ⅳ) .....	25
海外出張・海外調査団報告 OTC '89 及び海洋開発関連機関調査 .....	31
UJNR/MRECC 潜水技術専門部会について.....	34
当センター各部紹介 海洋開発研究部の紹介.....	38
西部～中央部赤道太平洋混合層における 熱輸送の研究.....	47
世界最大深度を目ざして 「しんかい6500」及び「よこすか」の動静 .....	55
当センター研修・施設機器等の紹介 高圧実験水槽.....	57
材料・器具・装置紹介 Sea MARC システム .....	60
当センターで開発された機器 ガイドラインマーカー(海底標識) .....	62
研究機関・学協会等の紹介 ノルウェー海中技術センター.....	65
用語解説 枕状溶岩(Pillow Lava) .....	67
海洋深層水.....	68
“熱水環境”の底生有孔虫群集とその研究課題 .....	70
ブラックスモーカー.....	75
科学技術庁フェロー第1号来日.....	77
開催案内 第15回研究発表会の開催案内 .....	82
第6回「しんかい2000」研究シンポジウムの 開催案内.....	82
協力団体連絡室と賛助会.....	83
編集後記.....	84

〈第2巻第1号(通巻第5号)1990年1月1日発行〉

年頭所感 海洋科学技術センターの益々の御発展を 願って.....	1
我が国の深海ベントス研究の系譜.....	3
ターミネーター型波力エネルギー利用装置.....	6
深海底微生物を捕える —保圧型深海底微生物採集器の開発— .....	15
世界の海洋底 —海底名所めぐり—(その5) .....	22
海に魅せられて半世紀(Ⅴ) .....	31
深海底に地球の謎を探る2 海底が割れる .....	37

海外出張・海外調査団報告	
スクリップス海洋研究所における深海掘削孔	
利用計画	42
OCEANS '89 調査団見聞録	45
当センター各部紹介	
潜水技術部の紹介	49
当センター研修・施設・機器等の紹介	
超音波水槽	55
材料・器具・装置紹介	
アルゴ・ジェイソンシステム	58
当センターで開発された機器	
大循環式潜水呼吸装置について	62
研究機関・学協会等の紹介	
カナダ国立海洋科学研究所を訪ねて	65
用語解説	
深海微生物	67
GPS	68
海洋科学技術センター新理事長に内田勇夫氏就任	70
「しんかい 6500」最大潜航深度試験記録	71
潜水調査船「しんかい 6500」センターに引渡される	
—「しんかい 6500」及び「よこすか」の動静—	74
第 15 回研究発表会を開催	76
第 6 回「しんかい 2000」研究シンポジウムを開催	79
海外一流研究者による講演	
英国海洋研究所 フレミング博士との懇談	81
宇宙マイクロ波ラジオメトリー研究者を招へい	83
ポルトガル・波力エネルギー研究者による講演	84
カナダ国立海洋科学研究所研究者による研究紹介	86
深海開発技術部中西俊之氏大臣表彰される	87
情報室からの案内	87
編集後記	88
〈第 2 巻第 2 号（通巻第 6 号）1990 年 4 月 1 日発行〉	
巻頭言 季刊情報誌—JAMSTEC—通巻第 6 号発刊に	
寄せて	1
オリエン特急行	
—地球気候のかなめ—	3
音響による画像情報のデジタル伝送	9
海洋実験基地浮体形状の設計手法	19
世界の海洋底	
—海底名所めぐり（その 6）—	25
海に魅せられて半世紀（VI）	35
海洋科学技術センターの活動状況及び今年度の	
計画について	42

海外出張・海外調査団報告	
深海バイオ調査団訪米調査録	49
UJNR/MFP 海洋構造物専門部会への参加	54
International AUMIX Workshop について	57
国際生理学会参加と欧州深海潜水研究所見学	59
米国の地球環境変動観測シンポジウムに参加して	61
当センター各部紹介	
運航部の紹介	63
当センター研修・施設・機器等の紹介	
なつしま	70
材料・器具・装置紹介	
米国航空宇宙局の地球観測用航空機を調査して	
—地球科学における航空機観測の意義—	72
研究機関・学協会等の紹介	
英国地質調査所	79
用語解説	
アルゴス (ARGOS) システム	82
海洋観測衛星 MOS-1	84
伊東市東方手石海丘での調査（速報）	85
科学技術庁フェローにベルギー人研究者来日	87
オランダデルフト工科大学教授リチャーズ博士との	
懇談	92
フランス国上院議員団センター視察	93
情報室からの案内	
支援母船「なつしま」米国海岸ガードから表彰	94
フランス国立海洋研究所 (I. F. R. E. M. E. R.)	
新海洋調査船を進水	95
編集後記	96

〈第 2 巻第 3 号（通巻第 7 号）1990 年 7 月 1 日発行〉

巻頭言 海洋科学技術センターにおける国際化の	
推進	1
重力測定 of 今昔	
—測定屋の回想—	3
海洋データ圧縮伝送システムの開発	10
奥尻海嶺の活構造	
—「しんかい 2000」による潜航調査—	18
世界の海洋底	
—海底名所めぐり（その 7）—	29
海に魅せられて半世紀（VII）	38
深海底に地球の謎を探る（その 3）	
沈み込み始めた海底	42

海外出張・海外調査団報告	当センター研修・施設・機器等の紹介
OTC '90 調査団調査録 .....48	SDC/DDC システム .....63
第 10 回日独海洋科学技術パネルに参加して .....51	材料・器具・装置紹介
地球惑星物理研究所での短期海外研修.....54	超磁歪材料.....66
ノルウェーの海洋開発事情.....56	当センターで開発された機器
アトランティスⅡ乗船日記.....58	JAMSTEC ディープ・トウ .....68
当センター各部紹介	研究機関・学協会等の紹介
情報室の紹介.....61	カナダリモートセンシング技術センターの紹介.....73
当センター研修・施設・機器等の紹介	用語解説
しんかい 2000 .....68	海洋大循環.....76
当センターで開発された機器	マリンスノー.....77
ホーネットランチャーシステム.....71	科学技術庁フェローにアメリカ人研究者来日.....80
研究機関・学協会等の紹介	第 16 回研究発表会の開催案内 .....87
ワシントン大学応用物理学研究所を訪問して.....73	第 7 回「しんかい 2000」研究シンポジウム開催
用語解説	案内.....87
黒潮.....76	第 3 回波浪エネルギー利用シンポジウム開催案内.....87
親潮.....77	編集後記.....88
潜水調査船「しんかい 6500」システムを竣工披露 ...79	
第 16 回科学技術庁長官賞 研究功績賞に当センター	
深海開発技術部 服部陸男研究主幹受賞.....80	
深海開発技術部の中西俊之研究主幹並びに	
高川真一研究副主幹共に工学博士号を受領.....81	
編集後記.....88	
	〈第 3 巻第 1 号（通巻第 9 号）1991 年 1 月 1 日発行〉
	年頭所感 ー新年のあいさつー..... 1
	極限微生物の発見と将来..... 2
	細径ケーブル無水機
	ー水中「蜘蛛の糸」式潜水機ー ..... 9
	砂漣形成の数値シミュレーション.....16
	地球深部への旅（その 1） .....22
	海に魅せられて半世紀（IX） .....30
	海外出張・海外調査団報告
	MTS '90 調査団調査録 .....35
	ODP-TEDCOM に参加して .....40
	第 4 回国際船舶運航者会議に参加して.....44
	ウイスコンシン大学動物シミュレーション実験に
	参加して.....46
	当センター各部紹介
	深海環境プログラム推進室の紹介
	ー深海環境の研究開発についてー .....48
	材料・器具・装置紹介
	潜水調査船アルビンについて.....54
	当センターで開発された機器
	深層水取水装置.....60
	研究機関・学協会等の紹介
	ソグレア (SOGREAH) 研究所
	ーフランスにおける沿岸開発の研究機関ー .....64
〈第 2 巻第 4 号（通巻第 8 号）1990 年 10 月 1 日発行〉	
巻頭言 海洋科学技術で我が国の未来を考えよう..... 1	
沿岸海洋と沿岸域..... 3	
今なぜ北極か..... 7	
深海底で生息する微生物の話.....17	
世界の海洋底	
ー海底名所めぐり（その 8）ー .....24	
海に魅せられて半世紀（Ⅷ） .....33	
米国における海洋科学技術とその展望.....43	
海外出張・海外調査団報告	
INTERVENTION/ROV '90 への参加 .....51	
国際 TOGA 科学会議に出席して .....53	
NASA との海洋レーザ観測装置に関する	
共同実験について.....55	
潜水及び高圧医療に関する国際会議に出席して	
ヨーロッパの潜水技術の動向調査.....57	
有人潜水調査船救難シンポジウムについて.....60	
第 4 回海洋科学技術に関する太平洋会議	
ーPACON '90ーに参加して .....62	

用語解説		海に魅せられて半世紀 (XI) .....	27
DPS .....	68	深海底に地球の謎を探る (その4)	
海洋超電導 .....	70	沈み込み始めた海底? (続) .....	31
科学技術庁フェローに2人目のフランス人研究員が		海外出張・海外調査団報告	
来日 .....	72	ハワイ島南方, ロイヒ (Loihi) 海山のパイシーズV	
テクノ・オーシャン '90 開催		(PISCES V) による潜航調査 .....	37
—第3回国際海洋・沿岸開発展— .....	75	韓国高神医科大学における Ama の循環動態の	
編集後記 .....	76	研究に参加して .....	45
		英国のバイオ研究所を訪問して .....	46
		米国の研究開発の動向 .....	47
		OTC '91 調査団報告 .....	52
〈第3巻第2号 (通巻第10号) 1991年4月1日発行〉		当センター研修・施設・機器等の紹介	
巻頭言 海洋科学技術センター・その組織と人 .....	1	「ドルフィン-3 K」運用報告 .....	57
IZANAGI の誕生と未来 .....	2	研究機関・学協会等の紹介	
海中電気スクリーン .....	6	オーストラリア海洋科学研究所 .....	61
サンゴ礁造園技術 .....	16	用語解説	
地球深部への旅 (その2) .....	24	減圧症 .....	65
海に魅せられて半世紀 (X) .....	37	浮力材 .....	66
海洋科学技術センターの活動状況及び平成3年度の		第17回科学技術庁長官賞の研究功績者紹介 .....	69
計画について .....	45	編集後記 .....	70
海外出張・海外調査団報告			
INSMAP 90 に出席して .....	53	〈第3巻第4号 (通巻第12号) 1991年10月1日発行〉	
米国出張報告—DEEP STAR 発足に際して— .....	60	巻頭言 深海域にもヘモグロビンは必要だ .....	1
中国の海洋研究開発動向 .....	65	陸の温泉・海の温泉 .....	3
ドイツ大深度ボーリング現場を訪問して .....	71	海洋科学技術センターにおける小型無人潜水機の	
ISM 及び SUBSEA 国際シンポジウムに参加して .....	73	開発 .....	19
ウッズホール海洋研究所との研究協力 .....	75	日中黒潮共同調査の概要 .....	26
当センター研修・施設・機器等の紹介		地球深部への旅 (その4) .....	33
潜水シミュレータ .....	79	海に魅せられて半世紀 (XII) .....	40
研究機関・学協会等の紹介		海外出張・海外調査団報告	
アラスカ大学地球物理学研究所 .....	82	米国ハワイ州における深層水利用技術の研究開発 .....	47
用語解説		海洋大循環数値模型の現状について .....	53
海洋音響トモグラフィ .....	85	米国の深海調査及び長期観測の現状について .....	55
深層水有効利用技術 .....	86	ROV '91 調査録 .....	60
ウッズホール海洋研究所本庄博士の招へい		深海生物シンポジウムに参加して .....	62
—海洋の物質循環に関する講演— .....	89	潜水高圧医学会に参加して .....	64
ノルウェー工科大学ファルネス教授による特別講演		米国微生物学会バイオテクノロジーコンファレンス	
—ノルウェーにおける波エネルギー利用技術の研究— .....	93	に参加して .....	65
編集後記 .....	94	当センター研修・施設・機器等の紹介	
		動物シミュレータ .....	69
〈第3巻第3号 (通巻第11号) 1991年7月1日発行〉		研究機関・学協会等の紹介	
巻頭言 海洋への新たな期待 .....	1	モントレイ湾水族館研究所 .....	72
地球環境問題と海洋 .....	3		
アルチメータ・データの海洋物理的利用 .....	13		
地球深部への旅 (その3) .....	18		

用語解説	UJNR を開催して一分科会方式の試みー	73
海洋レーザ (海洋ライダー)	編集後記	74
ヘリウムボイス		79
トピックス記事		
「しんかいシンポジウム」の開催案内	〈第4巻第2号 (通巻第14号) 1992年4月1日発行〉	
国際シンポジウムの開催案内	地球の熱源を海底に探る	1
研究発表会の開催案内	米国の海洋微生物研究の現状について	
編集後記	(その2. 米国東海岸編)	10
	10,000 m 級無人探査機の開発について	15
	地球深部への旅 (その6)	19
	海に魅せられて半世紀 (XIV)	28
	海洋科学技術センターの活動状況及び平成4年度の	
	計画について	31
	海外出張・海外調査団報告	
	MTS '91 に参加して	36
	SUBTECH '91 に参加して	38
	日韓 TOGA/COARE ワークショップに参加して	41
	日米共同航空機観測計画について	44
	材料・器具・装置紹介	
	ソビエト潜水船「ミール号」の潜水	47
	研究機関・学協会等の紹介	
	ソビエトの極地調査について	
	ー北極・南極研究所 (AARI)ー	52
	海洋生態系の力学的原理	
	ーソビエト海洋生物学における国家的計画ー	57
	用語解説	
	地球流体力学 (Geophysical Fluid	
	Dynamics)	59
	「しんかい2000」システムの航法管制	61
	トピックス記事	
	海洋微生物学の権威者を招聘	63
	第17回研究発表会を開催	64
	編集後記	67
	〈第4巻第3号 (通巻第15号) 1992年7月1日発行〉	
	漁業と海洋学	1
	沖ノ鳥島におけるエネルギー自給型	
	自動観測装置の開発	6
	GPS 精密測位漂流ブイシステムの開発について	15
	地球深部への旅 (その7)	22
	海に魅せられて半世紀 (XV)	32
	海のアンソロジー (1)	39
用語解説		
シロウリガイ ( <i>Calypptogena soyoae</i> )		58
高圧神経症候群		60
トピックス記事		
超高感度水中 TV カメラ開発速報		61
ウイスコンシン大学レーナー博士による特別講演		
ー骨壊死を中心とした減圧症研究の今後ー		66
大気・海洋結合モデルと予測可能性		
ー上吉協三博士による講演ー		69
第8回「しんかいシンポジウム」を終えて		71

海外出張・海外調査団報告	
国際深海掘削計画に参加して……………40	
IOC の会議に参加して	
—全海洋観測システムの構築に向けて— ……46	
インターリッジ会議に出席して……………48	
「海洋温度差発電と深層水利用」ワークショップ	
への参加とモナコ海洋研究所訪問……………51	
中国科学技術院との「東シナ海物質循環研究」の	
打ち合せに参加して……………57	
当センター施設・機器等紹介	
魚類加圧水槽……………62	
研究機関・学協会等の紹介	
CSIRO 海洋研究部（オーストラリア）及び	
ニュージーランド海洋研究所……………66	
用語解説	
北極海の海氷……………70	
IES（アイ・イー・エス） ……72	
トピックス記事	
石倉初代理事長のご逝去を悼む……………73	
第 18 回科学技術庁長官賞 研究功績賞に当センター	
海域開発研究部 中島敏光研究副主幹受賞……………74	
海域開発研究部の中島敏光研究副主幹学術博士号	
受領……………74	
編集後記……………78	
〈第 4 巻第 4 号（通巻第 16 号）1992 年 10 月 1 日発行〉	
海洋研究者への果し状	
—化学海洋学 30 年から— ……1	
米国 JGOFS, EqPac プロジェクトについて……………9	
我が国 6,000 m 級深海潜水調査船開発の黎明期 ……15	
地球深部への旅（その 8） ……23	
海に魅せられて半世紀（XI） ……32	
海のアソロジー（2） ……40	
運航チームから体験談（その 1） ……41	
北極研究のための大型潜水船利用……………44	
海外出張・海外調査団報告	
インドネシアの海洋研究機関を訪問して……………52	
ROV「VENTANA」調査航海記	
～MBARI ROV 調査潜航と「NEW VEHICLE」	
計画について～ ……53	
当センター研修・施設・機器等紹介	
しんかい 6500 ……61	

研究機関・学協会等の紹介	
実験生態系を中心とした北米での沿岸海域の	
環境研究の動向……………66	
用語解説	
付加体……………71	
トピックス記事	
海洋科学技術センター新理事長に石塚 貢氏就任…72	
第 9 回「しんかいシンポジウム」開催の案内……………73	
第 18 回研究発表会の開催案内 ……73	
編集後記……………74	
〈第 5 巻第 1 号（通巻第 17 号）1993 年 1 月 1 日発行〉	
海洋調査研究における日本の国際貢献のありかた	
について……………1	
ベンシクチェンバによる海底境界層の	
物質循環研究……………8	
深海画像データベースの構築について……………16	
海洋科学技術センター草創期の思い出……………22	
海洋科学技術センター草創期の思い出……………26	
海に魅せられて半世紀（XII） ……27	
第二次世界大戦直後の海洋微生物学	
そして日本人科学者との交友……………41	
第 1 回国際ワークショップを開催して……………55	
海からのたより	
海のアソロジー（3） ……62	
運航チームからの体験談（その 2） ……63	
深海への旅（1） ……69	
海外出張・海外調査団報告	
北極域観測記……………75	
MTS '92 の概要と海洋研究室アクエリアス	
について……………81	
研究機関・学協会等の紹介	
東海大学海洋学部……………88	
用語解説	
高圧利尿……………93	
編集後記……………96	
〈第 5 巻第 2 号（通巻第 18 号）1993 年 4 月 1 日発行〉	
寄稿（依頼）	
フグ毒と細菌……………1	
ミチゲーションシステムの	
わが国への導入に対する一考察……………11	
海に魅せられて半世紀（XIII） ……18	

センター創設期	
シートピア 60 m 実験の頃	29
<b>研究紹介</b>	
無人潜水機「げんたつ 500」の研究開発	36
「海洋科学技術センターの深海底長期観測計画」	44
凍る海 (1) 海氷の大気・海洋の相互作用での位置づけ	51
<b>海外事情</b>	
海外研修日記	61
欧州の海洋情報関連機関を訪問して	70
<b>海からのたより</b>	
海のアソロジー (4)	76
運航チームからの体験談 (3)	78
深海への旅 (2)	
—深海世界の友達—	83
くじら骨は、深く静かに発見される	84
「小笠原の白い崖」	87
「地球の素顔」	88
蛇紋岩は地下深くからの手紙	89
<b>解説</b>	
当センター施設・機器等紹介	
「よこすか」	91
<b>用語解説</b>	
特殊環境下微生物とは?	95
<b>編集後記</b>	98
〈第 5 巻第 3 号 (通巻第 19 号) 1993 年 7 月 1 日発行〉	
<b>寄稿 (依頼)</b>	
地球温暖化にともなう寒冷域の増大・海面降下のシナリオ	1
海に魅せられて半世紀 (XIX)	8
<b>研究紹介</b>	
海洋音響トモグラフィ技術の研究開発	18
内湾環境改良技術の研究開発	28
凍る海 (2) ポリニヤと深層水・底層水の形成	35
<b>海外事情</b>	
サンタバーバラの歳時記	49
<b>海からのたより</b>	
海のアソロジー (5)	58
運航チームからの体験談 (4)	60
深海への旅 (3)	
沖縄から南島への途中で	66
「タイムトラベル」	67
Sonnet	68

因縁のマリアナトラフへついに潜航	69
太古の使者クラゲ—神秘的な深海底の生物—	71
<b>解説</b>	
<b>用語解説</b>	
地震波トモグラフィ	73
〈第 5 巻第 4 号 (通巻第 20 号) 1993 年 10 月 1 日発行〉	
<b>寄稿 (依頼)</b>	
南西諸島の海底—水没した古陸の謎—	1
海に魅せられて半世紀 (XX)	12
<b>研究紹介</b>	
潜降浮上型人工海底の研究開発	21
深海底からのテレビ中継	
—「しんかい 6500」用画像情報伝達装置—	36
凍る海 (3) 氷縁域での諸現象	42
<b>海外事情</b>	
世界気象機関 (WMO) 海洋気象委員会における科学講演について	
—人工衛星による海洋観測研究に対する期待—	55
<b>海からのたより</b>	
海のアソロジー (6)	63
海洋学随想	65
深海への旅 (4)	
勲章!?	69
海底への侵略者	70
南琉球の海底を旅して	71
初潜航を終えて	78
スンドランドは海洋民族の母なる国?	
—最終氷期の海水準低下期の出来事—	79
深海への旅	82
<b>解説</b>	
<b>用語解説</b>	
たぎり	84
ふなど	85
<b>創刊 5 周年記念—特別付録</b>	
情報誌「JAMSTEC」総目次	
第 1 巻第 1 号 (創刊号)~第 5 巻第 4 号 (通巻第 20 号) (1989 年~1993 年)	86

# 編 集 後 記

夏が終わりました。冷夏のせいでしょうか、センターのプールではカップの賑わいが少なかったようです。「JAMSTEC」通巻第20号をお届けします。

本号をもって、創刊号から始まって5年分の「JAMSTEC」が刊行されたこととなります。「JAMSTEC」は我が国における、数少ない、あるいは唯一の、幅広い読者を対象とした海の雑誌であると自負しております。これまで、広い分野にわたるレベルの高い内容を維持でき、相応のボリュームを確保できたことは、ひとえに、ご執筆・ご愛読いただいた皆様方のお陰だと思っております。今後ともご協力をお願いいたします。

依頼寄稿の最初は、琉球大学理学部海洋学科助教授の木村政昭先生に「南西諸島の海底—水没した古陸の謎—」と題してご執筆いただきました。アジア東縁に古陸があり、地殻変動を伴いながら急速に水没したことが、海底の地質学的な調査結果から推測できるそうです。また、これに関係する話が沖縄の伝説や中国の歴史書などに見られるそうです。

魚貝類の養殖施設として多段的に海中空間を活用できる、世界でも類例のないユニークな潜降浮上型人工海底について、海域開発研究部の長濱研究主任に紹介してもらいました。この施設によって世界で最初にアワビ養殖の実証を行うことができました。

無線による海中での信号伝達媒体といえば、音波です。深海の潜水船で撮影したTV画像を船上まで音響伝送する技術は深海開発技術部第2研究グループで開発されました。現在、

「しんかい 6500」に実用装置が搭載されており、母船の「よこすか」に乗船した人々に深海のカラー画像をリアルタイムで提供しています。今回はこの世界に誇る技術を易しく説明してもらいました。

「海からのたより」では、海洋研究部から初めて寄稿がありました。米国での豊富な研究歴を持つ中本副主幹に、経験談も交え、海洋学に関する忌憚のない意見を披露してもらいました。

センターのこと。去る7月12日に起きた北海道南西沖地震の余波が我々のところにも到達してきました。センターの誇る深海調査技術、すなわち、海中ロボットの「ドルフィン3K」や深海を曳航して海底探査を行える「ディープトウ」などの無人探査機器、あるいは有人潜水船「しんかい 2000」が奥尻島周辺の海底調査で活躍しています。多数の割れ目や崩壊跡の発見、さらに震源域近くで見られたベニズワイガニの大群や花びら状の「噴砂」跡の発見等の成果を挙げています。また地震の原因とされる海底のプレート運動を調査するために、深海底長期観測ステーションの設置も計画されています。

9月9日に深海微生物実験システムの竣工式がありました。このシステムは、深海総合研究棟の1・2階に設置されており、深海に生息する微生物を培養することのできる世界で唯一の本格的な施設です。

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

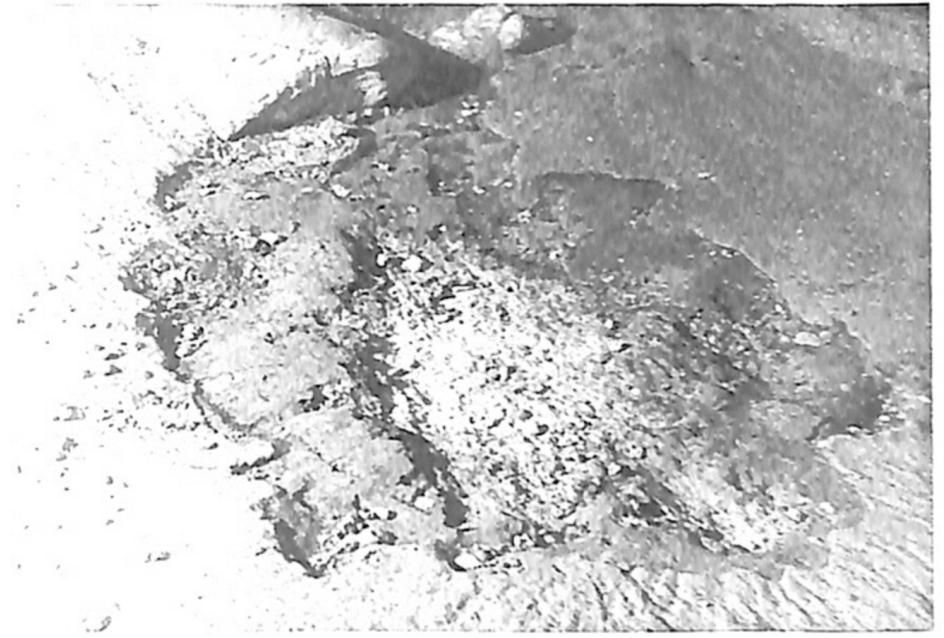
## 表紙写真の説明

「しんかい2000」によって奥尻島南西沖の海底で発見された花びら状の噴砂跡

平成5年7月12日午後10時17分頃、北海道及び東北地方に震度5（強震）を記録する地震が発生し、地震による大津波等で大きな被害が出ました。この「北海道南西沖地震」の震源地に近い奥尻島周辺で、8月16日当センターの有人潜水調査船「しんかい2000」を使った海底調査が始まり、同日に同島南西沖の水深約1,700 m付近の海底において、砂混じりの水が噴き上げた「噴砂」の跡が発見されました。

噴砂は地震が引き金となり、地殻の圧力が高まって砂混じりの水が噴き上げる現象であり、今回発見された噴砂跡は2種類です。1つは直径1.5 mの花びら状で全体が茶色っぽく、中心部分（直径30~40 cm）が黄色のもの。もう1つは長さ約30 cm、高さ数 cm、幅10 cm程度の非常に小さな山脈状の跡であり、東北東方向一直線上に3列並んでいました。見つかった噴砂跡は泥をかぶっておらず新鮮で、今回の地震に伴うものと判断され、地震を起こした断層運動を解明する手掛かりになると期待されています。

（情報室）



### 刊行物編集委員会委員及び作業部会専門委員

委員長 林 暉（理事）

委員 河村重雄（総務部長代理）

大森勝良（企画部長）

堀田 宏（深海研究部長）

倉田俊夫（深海開発技術部長）

中西俊之（海洋研究部長）

甲斐源太郎（海域開発研究部長）

青木 昱（運航部長）

辻 義人（情報室長）

作業部会長 辻 義人

専門委員 長谷川康明

喜多河康二

堀田 平

藤岡換太郎

門馬大和

野本昌夫

高川 真一

石井春雄

佐々木保徳

伊藤信夫

豊田孝義

井内敏正

續 辰之介

（平成5年4月1日 現在）

JAMSTEC 第5巻 第4号（通巻第20号）（無断転載を禁ず）

1993年10月1日 発行

編集兼発行人 海洋科学技術センター 情報室

本 部 〒237 横須賀市夏島町2番地15

TEL (0468) 66 3811 (代)

東京連絡所 〒105 東京都港区新橋2-6-1 さくら新橋ビル6階

TEL (03) 3591 5151 (代)

製作・印刷 (株) 技報堂 代表 大沼光靖

〒107 東京都港区赤坂1-3-6 赤坂グレースビル

TEL (03) 3583 8581 (代)

