

東京大学海洋研究所



ニュースレター

No.3 1999.3

●部門紹介

資源解析部門

助教授 松田裕之

1. 海の中の魚の量を推定する

漁業で利用する魚（水産資源とよぶ）は、漁業からいろいろな情報がえられる。漁獲量や年齢、体長、さらに獲った場所までわかることがある。単に漁船で獲るだけでなく、写真2のような標識をつけて放したり、鱗や耳石にある年齢（日輪）から年齢や成長の跡を調べたり、さらにDNAや安定同位体を調べて生まれや育ちまで知ることができる。これらの情報をもとに統計的手法を駆使し、魚の数、年齢ごと、体長ごとの資源尾数を推定する（松宮1996）。

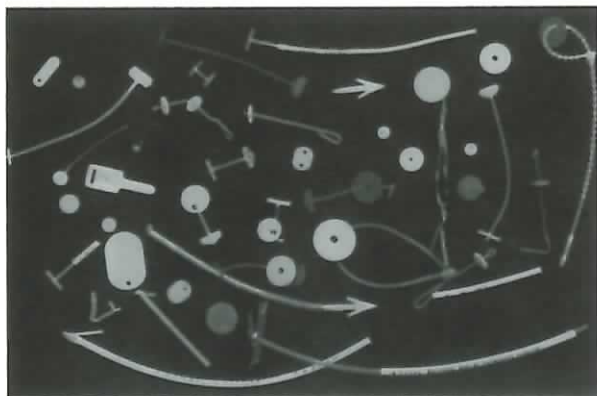


写真2：標識放流用に開発・使用されている各種の放流用標識票。タグピン型、迷子札型、カフス型、ダート型などがある



写真1：研究室の風景（1998年12月撮影）

海の魚を獲りすぎないように利用する

海の魚には限りがある。そして、多くの魚は乱獲によって数がどんどん減っている。私たちがいまいちばん大切な言葉は持続可能性（sustainability）である。つまり、次の世代に私たちと同じ自然の恵みを伝えることである。

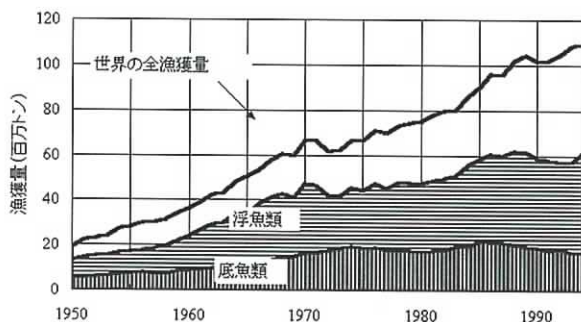
1997年の世界食糧農業機構FAOの報告“Review of the state of world fishery resources: marine fisheries”によると、世界の水産資源のうち、過半数の魚種は乱獲により漁業が減少に転じているか、これ以上の漁獲増が見込めない状態にあるという。その一方で、1995年12月に催された「食料安定保障のための漁業の持続的貢献に関する京都宣言及び行動計画」（京都会議）によると、特に途上国の人口増加による水産物食物需要は今後とも増え続け、1994年度に7500万トンあまりだった需要は、

2010年には1億1千万トンに増加するという試算もある。

FAO (1996) “The state of world fisheries and aquaculture (SOFIA)-1996 summary” は持続可能な漁業について、次の4点を強調している。(1)いかにして乱獲を減らし、漁獲量を制限するか。(2)いかにして混獲と投棄を減らすか。(3)いかにして漁場と海岸の環境劣化を減らすか。そして(4)不確実性と危険性いかに対処するか。

実は、乱獲されている魚は種数こそ多いが、漁獲量はそれほどでもない。世界の総漁獲量は1988年に1億トンを超えた。それ以降は一進一退の状態である。世界の浮魚類の総漁獲量は1994年現在、約4500万トンである。図1からわかるように、浮魚類の漁獲量は変動しつつも増え続けている。それに対して底魚類の総漁獲量は約1800万トンである。1985年から1987年にかけては約2200万トンであったが、スケトウダラの漁獲量減少とともに底魚類の漁獲量は減少に転じている。

乱獲を防ぎ、持続可能な漁業によって近未来の食糧問題に答えるためには、(1)子供の魚を獲らないこと、(2)減った魚を獲らないこと、(3)卵を産む前の親を獲らないことがたいせつである。逆に、たくさんある魚をたくさん獲ることがたいせつである。



子供の魚を獲らないこと

未成魚を小さいうちに獲っているのは漁獲量を増やすことはできない。たとえば、100gの未成魚を獲るより、それが1kgにまで成長してから獲る方が得である。成長までに自然に死ぬかもしれないが、その生存率が10%以上なら、やはり成長してから獲る方が得である。成長を待たずに若い魚を獲ることを成長乱獲と呼ぶ。ところが持続可能な漁業のためには、さらに徹底した未成魚の保護が必要である。かりに100gの未成魚が1kgの成魚になるまでの生存率が20%とする。100gの未成魚は、獲らずに海の中を泳がせていれば、漁獲量への貢献の上でも、卵を産んで次世代に子孫を残す意味でも、潜在的に成魚の2割、つまり200g分の価値をもつ。それを100gの未成魚の時点で獲れば、漁獲量への貢献の上では成魚の1割の価値はある。ところが、子孫を残す意味では全く貢

献の機会を与えずに獲ってしまうことになる。

非定常資源に対してはその年の産卵親魚量 (spawning-biomass) または全資源量を基準にした管理方策が提唱されている。先ほど紹介したように成魚量がある基準以下だと禁漁にすることが奨励される。しかし、実際には成魚が少なくても未成魚が多ければ、近い将来成魚が増えることが期待できる。漁期後の資源量を一定にする方策は翌年の加入量が予測できないことを前提にした理論であり、加入前の未成魚の数がある程度わかっているならば、より効率的な漁獲方針が立てられる。勝川・松宮 (1997) は新たな指標として全個体の繁殖価の総和を考え、産卵ポテンシャル (spawning potential SP) と名付けた。SPが基準値以下なら禁漁とし、基準値以上ならその上を漁獲する。この方針は成魚量を基準にするより禁漁年数が少なく、資源量の推定誤差に耐えられることがわかっている。

減った魚は禁漁にすること

豊漁期のサンマやイワシの漁獲量は、乱獲を避け、持続可能な漁獲量を得るために抑えられるのではない。豊漁貧乏で値崩れが起こり、採算がとれなくなるために抑えられるのである。実際、サンマでは出漁調整が続けられてきた。したがって、浮遊生物を食べる浮魚類の漁獲量は、豊漁期にはさらに増産可能である。しかし、低水準期に浮魚類も乱獲されている。このような年変動の大きい生物資源を持続可能に、かつ有効に利用するには、高水準期と低水準期で漁獲圧を変え、過度の低水準期には禁漁することが望ましい。

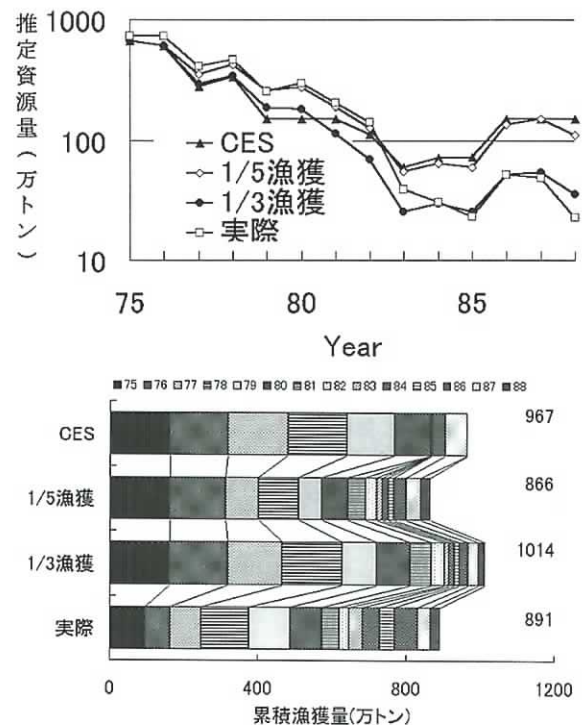


図2：マサバ太平洋系群の推定資源量(上)と漁獲量(下)の変遷。理論的には実際よりも資源を保全し、漁獲量も高くすることができたはずである (松田1995より)

図2は1975年から88年までのマサバ太平洋系群の資源が減っていく様子(図上)とその間の漁獲量(図下)を示している。毎年最悪でも150万トン残すCES政策(Constant Escapement Strategy)では最終的に高い資源水準を維持し、しかも長期的な漁獲量も実際より多くなっている。毎年資源の1/3を漁獲する政策や、1/5を漁獲する政策でも実際より資源にやさしく、漁獲量も劣らぬ有効な資源利用ができていたはずである。

種もみを残すこと

持続可能な漁獲圧を決めるのに、ある魚を漁獲しなければ将来どれだけ子孫を残すかを表す「繁殖価」という概念が有効である。繁殖価は若い頃は成長とともに増え、高齢化とともに減る。特に、加入齢に達した時点での繁殖価(生涯産卵数の期待値)に対応するspawning-biomass per recruit (SPR) という指標が用いられる(松宮1996)。漁獲圧が高いと長生きせず、生涯産卵数が少なくなる。漁業のないときの生涯産卵数の期待値に比べて、漁業があるときのそれが3割から2割にしかならないようにだと、漁獲圧が強すぎると考えられている。このような管理指針は、1997年から施行された国連海洋法条約に基づく漁獲可能量(Total Allowable Catch = TAC)を決める際にも利用されている。

サバの未来を読む(魚種交替現象)

魚の量は時代とともに変わる。下図のように、1970年代にはサバが多く、80年代にはマイワシが多く、そして90年代にはサンマ、カタクチイワシ、アジ、スルメ、イカが多かった。これらの魚種は、ちょうどグー、チョキ、パーの3すくみ関係のように、マイワシが増えるとカタクチイワシなどが増え、カタクチイワシが増えたと鯖類(マサバとゴマサバ)が増え、鯖類が増えたとマイワシが増える関係にあるように見える。このような資源変動のメカニズムを知ることも重要である。

図1をみると、浮魚類の漁獲量は全体としてはそれほど大きくは変動していない。日本でマイワシが減っても、ペルーでカタクチイワシが豊漁になるなど、魚種により

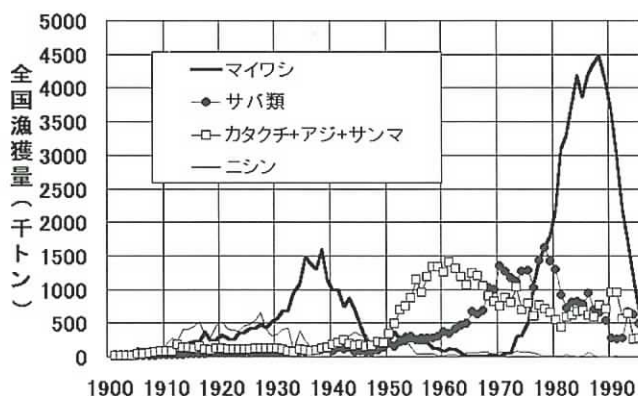


図3：日本の主な魚種の全国漁獲量の変遷(農水省農林水産業統計などから作図)

豊漁期がずれているためである。ただし、北太平洋のマイワシは日本近海と北米西海岸で同期して変動することが知られている。

日本の全国漁獲量の年変動の大きさをみても、マイワシ漁獲量だけの変動ほどではない。特にサバ類が豊漁になる前の1950年から1965年頃にかけては、カタクチイワシ、アジ類、サンマの漁獲量が多かったことがわかる。これを魚種交替という。主要魚種を魚種交替とともに切り替えれば、変動する浮魚資源を有効に利用することができる。プランクトン食浮魚類は健康食として知られ、安価に大量に供給できる。

選択性の高い漁業技術を開発すること

乱獲と混獲を減らす方法は、無差別な漁獲ではなく、選択性の高い漁業技術が必要である。単に網目の大きさを変えて大きい魚を獲るという意味だけではなく、魚種を選別して獲る技術が肝要である。乱獲を防ぐためには漁獲量を下げの必要があると思われるかも知れないが、必ずしもそうではない。まず、資源が回復すれば少ない漁獲努力でも多くの漁獲を期待できる。前述のように、未成魚を保護して成魚だけを選択的に漁獲すれば持続可能な漁獲量を増やすことができる。混獲を防ぐためにも選択的漁業が重要である。すなわち、資源量の少ない魚種を保護して主要魚種だけを選択的に漁獲すればよい。

今までは少ない費用で一網打尽にする漁具を開発してきた。しかし、このような漁具効率の向上は、持続可能な漁業という制約の下ではあまり効果がない。獲れる魚の数は限られているので、漁具効率が上がれば操業日数を縮めることになる。持続可能に獲れる成魚の数に達する前に、未成魚を獲りすぎたり、個体数の少ない他種を獲りすぎて操業を止めざるをえなくなる。漁具開発の見直しが必要である。

こうした技術開発は今までも行われてきた。しかし、まだ不十分である。混獲を減らすという持続可能な漁業が実現できるかどうか、そこに21世紀の水産業の存亡がかかっていると言っても過言ではない。我々は、まだ技術開発や漁業管理の提言に短期的な費用と便益の関係にとらわれすぎている。

わからない海の魚をわからないなりに管理する

現代は「不確実性の時代」といわれる。海を泳ぐ魚の数も、どれくらい獲ってよいのかも、将来増えるか減るかも、詳しくはわからない。わからないものを管理する方法が、順応管理(adaptive managementまたはfeedback管理)と呼ばれるものである。要は、目標より増えすぎたときにはたくさん獲り、減ったときには獲るのを控えるという方法である。フィードバック管理は我が部門の田中昌一名誉教授が1980年代始めに提唱したもののだが、それと同じ考え方が、最近北米大陸を中心に広く認められるようになった。水産資源管理だけでなく、陸上の生態系管理も含めた環境政策の基本理念として定着し

てきた。わが国でも、1998年から北海道の道東地区エゾシカ保護管理計画で採用されている（写真3）。

順応管理は、資源量水準などの状況変化に応じて政策を変える順応性(adaptability)と、新たにわかった知見を取り入れて政策を見直す改善責任(accountability)に基づくものである。そのためには、持続的な監視(monitoring)が欠かせない。また資源量を始めとする生態系の状態を固定したものとは考えず、ある一定の枠内で常に変動する非定常系ととらえている。



写真3：北海道のエゾシカ捕獲管理計画では、水産学で発展したフィードバック管理計画の考え方がとり入れられている（釧路支庁のホームページより。玉田克巳氏撮影）

人間が海と魚に与える影響を知る

1997年にミナミマグロなどが国際自然保護連合(IUCN)により絶滅の恐れのある生物と認定された。IUCNの判定方法は水産資源のように情報の多い生物の絶滅の恐れをうまく評価できず、予防原理により過大に評価されてしまう。しかし、絶滅の恐れがそれほど高くなくても、遠い将来その恐れが高まってから慌てても遅い。減りつづけている生物の絶滅の恐れをリスク評価の視点から正当に評価すべきである(Matsuda et al. 1997)。日本の環境庁がまとめた維管束植物のレッドデータブックでは、同様のリスク評価により絶滅危惧種の選定が行われた。

合意形成と情報公開

最後に、漁業管理を進める上で、今後は行政、漁業者、消費者、環境保護団体などを交えた合意形成に関する理論が欠かせない。資源管理には、机上の空論でなく、現実に合意して実施される政策提言が求められている。そのためには、不確実性に対する備え、経済学的側面、リスク評価の考え方が欠かせない。また、根拠となる数理モデルを積極的に公開する姿勢も必要である。FAOのホームページからは多くの情報が取り出せる。国債管理を進めるためには管理方針を定める根拠となる漁獲量などの基礎資料を公表して議論する必要がある。日本の農水省も、そして我々研究者も、情報公開に努めるべきである。我々は、毎年海洋研共同利用シンポジウムなどを通じて多様な分野の研究者、水産行政関係者、漁業関係者との交流を深めている（写真4）。

同時に、ホームページによる情報公開に努めている。セミナーやシンポジウムの紹介、最近の研究紹介、この部門紹介自身も<http://www2.ori.u-tokyo.ac.jp/~ayu/>に紹介している。



写真4：海洋研究所で毎年開かれる共同利用シンポジウム（スクリーンは合成写真。FAOのホームページに載っている世界浮魚類の魚種別漁獲量の変遷）

参考文献

- 勝川俊雄・松宮義晴(1997)水産海洋研究 61(1): 33-43.
松田裕之(1995)『共生』とは、現代書館:1-230.
Matsuda H, Takenaka Y, Yahara T & Uozumi Y (1997) *Res. Pop. Ecol.* 40:271-278
松宮義晴(1996)水産資源管理概論。水産研究叢書46: 1-77, 日本水産資源保護協会

海洋無機化学部門

教授 野崎 義行

1. はじめに

海洋無機化学部門ではスタッフと学生が協力して、化学システマティクスに基づいて海の現状と成り立ちを正確に記述し、さらに化学物質のフラックス（流れ）から海洋の動的側面を解明することを目標に研究を行っています。

海といえば殆どの人が青々とした膨大な量の海水をイメージすることでしょう。海水は真水と異なり、様々な溶存物質（塩類）を含んだ比較的濃厚な水溶液ですから、その元素組成や各元素の分布には当然何らかの法則性があるはずです。果たしてそれが実験室のピーカー中での化学的法則性とどのように異なり、また整合しているかというのがまず第一の視点です。この知識は、海洋の化学的特徴をモデル化するときに必要なになります。第二の観点は「海洋に出入りする物質のフラックス（流量）を明らかにすること」ですが、これには時間や境界面などでの平均をとる作業が必要となり、必ずしも容易いことではありません。しかし、その情報は「海洋中の各元素の分布が現在なぜそうなっているのか」を理解し、「それがどう変わり、あるいは変わりうるのか」を知る、つまり過去から未来にかけての循環形態の変化（より具体例では、人間活動に伴う海洋地球環境の変化）を予測する上で欠かせないものです。

ここでは最近行われた研究を中心にして、われわれの興味とその取り組みをいくつか選んで紹介することにしましょう。

2. オーシャンフラックスとは？

海洋中での物質の移動や循環をとりあげるとき、海流とともに動く物理的な循環とともにプランクトンや魚などの生物活動に伴う粒状物質の生成、沈降、分解・溶解などのいわゆる生物地球化学サイクルに基づくものも大変重要になってきます。とくに大気中の二酸化炭素濃度の増加に伴う地球温暖化と地球環境の将来予測に海洋中の物質循環は極めて重要な役割を担っていますから、物質のフラックスを対象として1980年代から国際的にはオーシャンフラックス共同研究（JGOFS）が行われてきました。それに呼応して日本では酒井均先生を代表者として文部省の重点領域研究「オーシャンフラックス」を平成3年度から3カ年の計画が行われ、当部門がその事務局を担当しました。おかげでオーシャンフラックスなる言葉は、最近我が国でも専門業界ではすっかり定着したようです。しかし、海流のような物理量のイメージにもとれるし、はたまた海洋の物質循環の呼び名を変えた

ような茫洋とした言葉でもあるので、はじめは馴染めない感じでしたが、何度も口にしていくうちにしだいに違和感を覚えなくなりました。名前というのは往々そうしたもののようです。

先にも述べたように、濃度の測定はできてもフラックスの測定は概して一筋縄ではゆきません。しかし時と場合によっては、当部門が得意とする放射性核種が強力な助っ人となりえます。「放射能」というとやたら恐怖心を煽ったり、ドクロマークのついた廃棄物のように厄介者のイメージが強いものですが、自然現象を解き明かすのに今や不可欠の手法といっても過言ではありません。一口でいうと、いろんなスケールの「時計」や「目印し」になる便利なものです。また、そもそもそれ自身が原子の壊変速度ですから、物質のフラックスそのものでもあります。

その原理は、海水中のU/Th系列の親-娘核種のペアで両者の間に放射能に違いがみられる場合、その度合いと半減期を巧みに利用して、その要因となる現象の速度やフラックスを決めることができるということに基づいています。たとえば、海洋表層水中の ^{210}Pb から生まれた ^{210}Po （半減期、138日）は生物粒子に取り込まれて沈降除去されますが、その除去速度定数がクロロフィル濃度と比例し、間接期ながら生物生産の指標となり得ることがわかります。また、 ^{234}Th - ^{238}U の放射非平衡の観測から ^{234}Th の除去フラックスが分かり、これに濾過やセジメントトラップに捕集される粒子の炭素と ^{234}Th の比を乗ずることによって粒子状炭素のフラックスが計算できるという具合です。原理は簡単ですから、JGOFSでも盛んに用いられています。

一方、深層水ではより長寿命の核種間の非平衡が重要となりますが、 ^{230}Th をはじめとするそれら放射性核種を用いた海溝での海洋環境と物質循環像の解明にもわれわれは取り組んでいます。また、堆積物中の $^{230}\text{Th}/^{231}\text{Pa}$ 比の分布から、外洋から縁辺域にかけての水平方向の物質輸送と鉛直方向の粒子による除去の実態解明に迫りつつあります。

3. 海水の元素組成について

海水の元素組成や濃度分布を逐一明らかにすることは、われわれの部門のみならず広く海洋化学者の第一の目標であり、長年の夢でもあります。登山家が競って未踏峰に挑むように、海洋化学者は100足らずしかない元素の分析にしのぎを削ってきました。そしてようやく最近、微量元素の分布の全貌が明らかになりつつありますが、

その道のりはまだ終わったわけではありません。その経緯と背景、とくに難敵コンタミネーション（汚染）との戦い、および意義についてはこれまでもいくつかの総説や「現代海洋化学」（月刊海洋、1995）にも述べてきました。そして最近、北太平洋の各元素の鉛直分布を周期律表（1996年版）の形でまとめて米国地球物理学連合の新聞（EOS）に発表したのですが、専門家のみならず意外なところからも反響があり気をよくしています。例えばScience誌の論文に丸ごと引用したいとの申し出もありましたが、編集者とのやりとりの結果、図が大きすぎるため一部の抜き出しで決着したとのこと（Butler, 1998）。（実際、この小稿でも収録したいところなのですが、やはり大きすぎてできないのが残念です。）昨年、Springer-Verlagから出版されたC. Reimann and P. Caritat の“Chemical Elements in the Environment”にはかなり広範囲に引用されています。そのもととなる文献のリストも含めてインターネット（<http://www.agu.org/eos-elec/as/97025e.html>）にアクセスして見るができますので、関心のある方はご利用ください。

この周期律表は、最初は1991年のニューハンプシャー州での Gordon Research Conference, Chemical Oceanography Sessionの参加者に配布したのですが、その後何度か新しいデータを加えて改訂し、ようやく目の見たものです。微量元素測定の世界でもない私がそのようなものを発表することに少しためらいがあり、延び延びになっていましたが、多くの人の励ましがあって公表にこぎつけたものです。その後も、Os、NbとTaの新しい結果が得られているのでいずれ更に改訂

が必要ですが、最近の急速な進展のおかげで今だに測定値の報告のないものはRuのみとなりました。（もっとも、怪しいデータはまだかなりありますが。）その図表中、Y、Pr、Tb、Ho、Tm、Th、PaおよびAcのデータは、わが研究室の貢献によるものです。

4. 希土類元素：化学反応の物差し

私たちが最近力を注いでいるものに、希土類元素（図1）があります。希土類元素はSc、YとLaからLuまでのランタニド15元素を含めた総称で、互いに化学的性質がよく似た元素群です。われわれがU、Thなどのアクチニドからランタニドに研究を広げることになったのは、ある意味では自然の成りゆきだったかもしれません。希土類元素の放射化分析は古くからの伝統的手法ですし、また表面電離質量分析法はU、Th、Pbの長寿命核種にも極めて優れた方法です。いわば両者は親戚関係のようなもののなのです。原子番号が大きくなるにつれてイオン半径が小さくなるいわゆるランタニド収縮のために、化学反応性が系統的に変化するので地球化学的物差しとして重要です。また、酸化還元環境下でのCeやEuの異常、同位体比の変動など自然界での興味深い挙動のために、希土類元素は地球化学・海洋化学の分野でもU/Th系列核種に優るとも劣らず、盛んに用いられてきました。海水の分析では、最近ではウッズホール海洋研究所、ケンブリッジ大学、ハーバード大学などの研究者が同位体希釈表面電離質量分析法による高精度分析で盛んに論文を発表しています。そんなさなかに新たに我々がICP-MS法で参入したわけですから、少なからず抵抗があったとしても不思議ではありません。とくにウッズホールのE. Shol-

1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
H	He	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar	K
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	Rb
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	Cs
55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73
Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Rn	Fr
87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105
Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Mn	Yb	Lu	Rn	Ac

図1. 希土類元素、貴金属元素などの位置を示す周期表

kovitzはもっぱら希土類元素だけに絞って研究を展開してきていますから、我々が国際誌に論文を投稿するとことごとく彼のところへレビューにまわることになりました。一般には適切なコメントが多かったけれども、ときどき過信とも思える批判にも出くわしたものです。その一つが「海水試料を濾過していないので、どれだけが粒子状で存在するのかかわからず、議論できないのではないか」というものでした。これまでの ^{210}Pb の分析経験などから、必ずしも濾過をする必要はないと判断してのことなのですが、なかなか納得しません。過去の実験なのでやり直すわけにも行かず、外洋水の場合は他の研究者の例を出してしのぐことができましたが、沿岸近くでの結果については取り下げざるをえないこともありました。

そんなこともあって最近、微量元素分析用の海水試料については $0.04\mu\text{m}$ の中空糸膜で濾過をすることになっています。房総沖の相模トラフでの希土類元素を分析結果、海底堆積物の舞い上がりの影響がある海底付近の2つの試料およびCeを除くと、われわれの予想どおりに濾過をしてもしなくても殆ど差がないことがわかりました。ただし、Ceの場合には30%以上が粒子で存在するし、軽希土から重希土にかけて粒子部分が系統的に減少する傾向が認められました。つまり、海水中で希土類元素は炭酸塩錯体を形成するため、より錯形成の強い重希土が相対的に海水に濃縮していることと整合しています。この意味では、希土類元素は海水の溶液化学と粒子スキャベンジングに関して最も系統的に理解しうる元素群ということが出来ます。今やICP-MSを用いることにより、同位体希釈質量分析法では測定できない単一同位体のイットリウムやプラセオジウム、テルビウム、ホルミウム、ツリウムを含めて全てのランタニドについて比較的容易に多量の高精度のデータが得られるようになりました。これからが本当の勝負であると言えるでしょう。

5. 海水中の金をめぐるエピソード

私たちは今、人（とくに婦人？）の心をときめかす金や銀、パラジウムやロジウムなどの白金族を含めた、いわゆる貴金属の地球化学的問題にも迫ろうとしています。

ここで息抜きに、海水の微量元素に関するエピソードを一つ紹介しましょう。海水を煮詰めて、塩をとる話を聞いたことがありますよね。最近では殆ど見られなくなりましたが、一昔前まで瀬戸内海地方などでは塩田を利用して大規模に製塩業が営まれていました。海水1リットルには、塩素やナトリウムなど約35グラムの塩が含まれていますから、水分を蒸発させて行くと塩だけでなくそこに含まれている様々な微量元素も回収できるはずで「金」はどうだろうか？

こう考えを巡らせたのは、1918年の第一次世界大戦の敗北から復興の途にあったドイツのノーベル賞化学者であるフリッツ・ハーバーでした。1920年代のドイツは、戦勝国から多大な賠償金を課せられたことにより、国家

財政がひどく圧迫されていました。その国情を救おうとハーバーは考えたのです。ちなみに、当時入手できた海水の分析表では、金の濃度は $5\mu\text{g/l}$ でした。つまり、1トンの海水から5mgの金が採れる勘定です。海水は無尽蔵だから、うまくすれば回収した金でドイツの負債を一挙に返済できるかもしれない。そう考えた彼は、早速さまざまな実験を開始しました。これはまさに錬金術師の近代における復活といえる物語です。

しかし、意気揚々と密かにメテオール号を金回収船にしたてて大西洋へと乗り出したハーバーでしたが、意気消沈して航海から帰ってきました。実際には、殆ど何も採れず計画は完全に失敗に終わったのです。「なぜなのだろうか？」彼はさらに研究を続け、原因究明を行いました。その結果、海水の分析に用いる器具、試薬、蒸留水、あるいはまた実験室のほこりなどからの汚染（コンタミ）に注意をすればするほど、分析値が小さくなってゆき、そして彼が最終的に得た結論は、海水中の金の濃度は予想より千分の一以上も少ない $0.004\mu\text{g/l}$ でしかないというものでした。こうして残念ながらハーバーの夢はかないままでしたが、この話は海水の微量元素の正確な濃度を知ることがいかに重要であり、また困難なものであるかを私たちに教えてくれました。

さてハーバーの計画から半世紀を過ぎたいま分析技術は格段に進歩しましたが、私たちははたして海水の金の濃度を正しく知っているとと言えるのでしょうか？答えはノーです。最近の報告によれば、ハーバーの結論よりもさらに百から二百分の一の値ですが、研究者によって異なっていてまだよくわからないのが現状です。とくに分析しようとする海水試料のコンタミのない採取方法にも解決すべき問題が残っています。正確な濃度がわからない以上、「なぜ海水中の金の濃度がそんなに低いのか？」という素朴な疑問も謎のままです。貴金属元素はその中に一連の化学的類似性・非類似性をもち、希土類元素とは別の化学反応の物差しを与えてくれるかもしれません。私たちがチャレンジしようとしている理由です。

6. インジウムの謎

49番元素のインジウム（In）は、AlやTlと同じ3B族の元素で半導体などの工業的用途もありますが、一般にはあまり馴染みのない元素です。マニアックなものを選んだものだと思うかもしれませんが、先に述べた北太平洋の元素分布の周期律表を作るにあたって従来のデータが信頼できなかったため、改めて測定してみることにしました。希土類元素の分析法を逆にすると測れるからでもあります、これが結構面白いのです。最初の西部北太平洋での測定結果は、 $\sim 0.1\text{pmol/kg}$ 程度の極めて低い濃度で、しかも1000m以浅ではやや高いものの鉛直的には比較的变化の少ない分布を示しました。この時点では、Inはスキャベンジングによって濃度が著しく低く保たれているけれども、海洋地球化学的にはあまり面白味のない元素のようでした。しかし、大西洋や地中海の海水

試料が手に入るようになって、それらを分析してみると面白い結果が得られたのです(図2)。北大西洋の分布は表層から深くなるにつれて系統的に増大し、一方地中海では鉛直的にあまり変わらない。ここで注目されるのはそれらの濃度レベルの違いで、スケールが大西洋と地中海ではそれぞれ5倍と25倍に拡大されています。どうして場所によってこんなに変わるのでしょうか。

これまで知られている中では、海盆によってこれほど大きな濃度の違いがみられる元素はAlだけです。Inは3B族のAlの下に位置しますから、「InがAlと類似の挙動をする」と考えれば、たぶん妥当ではあるのでしょうか。しかしなぜ、InとAlのみが他の反応性に富む元素、例えばCe、Pb、Fe、Tiなどと異なり、このように大きな海盆による差を生じるのか、という疑問に答えなければなりません。これらの元素いずれも海洋中での平均滞留時間は50–200年と言われていますから、海洋からの除去という点ではあまり変わらないと言えましょう。一方、海洋への主な供給源は、大気圏経由で運ばれる陸起源エアロソルであると考えられてきました。定常状態では、海洋への供給と海水からの除去のメカニズムが同じならば、海水での分布や濃度も同じになるはずです。例えば、Ceの分布はどの海盆でも鉛直分布(図3)は似ていて、濃度レベルの違いが大気からのフラックスの差によるものとするれば、その条件が当てはまっているように思えます。では、InとAlについてはどうでしょうか。比較的研究例の多いAlについて見てみましょう。

最初にAlの測定をしたU.C.サンタクルツのOrlansとBrulandらは、北太平洋と北大西洋のAlの濃度差を大気フラックスの差、つまりサハラ砂漠起源のエアロソルの大西洋への大量供給によるものとしています。一方MITの研究者グループは、大西洋でのAlの分布は水塊によっ

て複雑に変わり、大気から直接海洋表面に降下するものに加えて、陸棚などで溶解したAlが水平移流で運ばれてきたものが重要であると結論し、Alを水塊のトレーサーとして論議を展開しています。また奇妙なことには、地中海では他の海とは違って、AlはSiと似た栄養塩型の分布を示し、その測定を行ったイギリスのHydesらは「地中海ではAlが生物粒子に取り込まれ深層で再生される、いわゆるbiogeochemical cycleに組み込まれている」と主張しています。しかし、「なぜ、地中海でだけで特異な分布をするのか」といった疑問が残ります。このようにAlの分布を支配する要因は複雑で、その解釈には研究者間に微妙に異なっているのが現状です。とくに供給源となるエアロソルや沿岸堆積物から海水への溶解過程や海洋中での挙動はまだ謎につつまれていると言ってよいでしょう。ちなみに、Inの地中海での分布(図2)は栄養塩型ではなく、ここではAlとの間に分離が起こっていることを示していて、今後AlとInを同時測定すれば、それらの未解決の問題を解く鍵を与えるかもしれない気がします。この論議の詳細は、もうすぐGeochimica et Cosmochimica Acta誌に印刷される予定ですので、さらに興味のある方はご覧ください。

このインジウム(Indium)の例で示したように、いわゆるスカベンジング型と呼ばれる元素の中には、さらに詳しく調べてみると「何か新しい物語を語ってくれるかもしれない」と予感させるものが少なくありません。微量元素に関する海洋化学の今後の展開を見守ってください。

【海洋無機化学部門の構成員】教授野崎義行、助教授蒲生俊敬、助手石塚明男、天川裕史、技術補佐員長谷川和子、堤真、COE研究員(講師)小畑元、大学院学生岡村慶、山本恵幸、宮田佳樹、アリボ・ディアソット、張燕

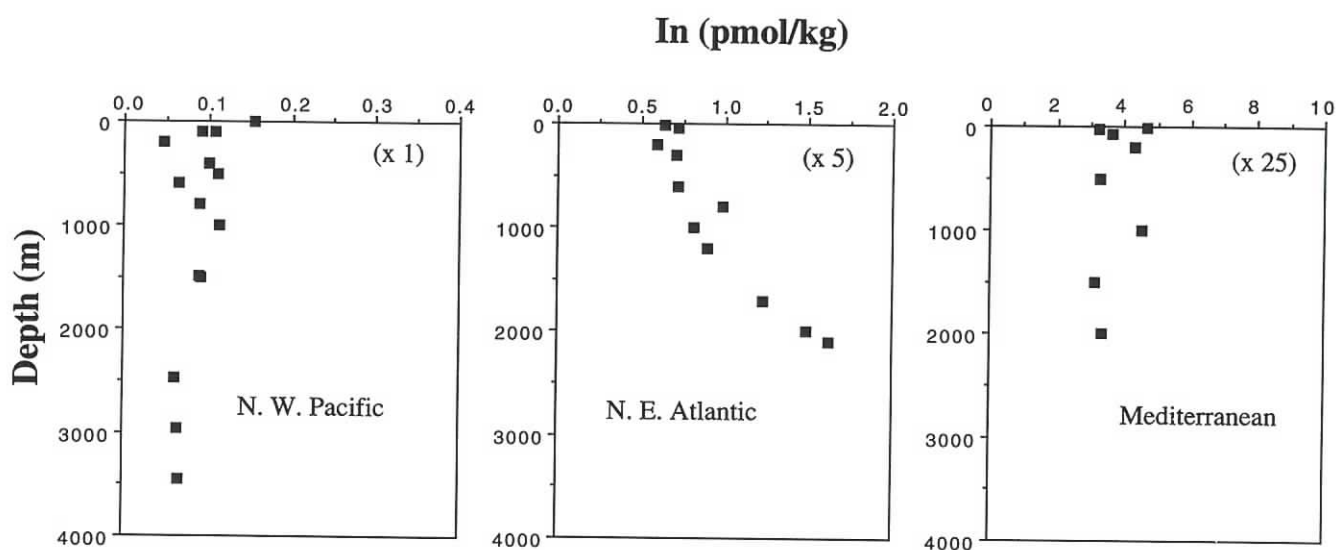
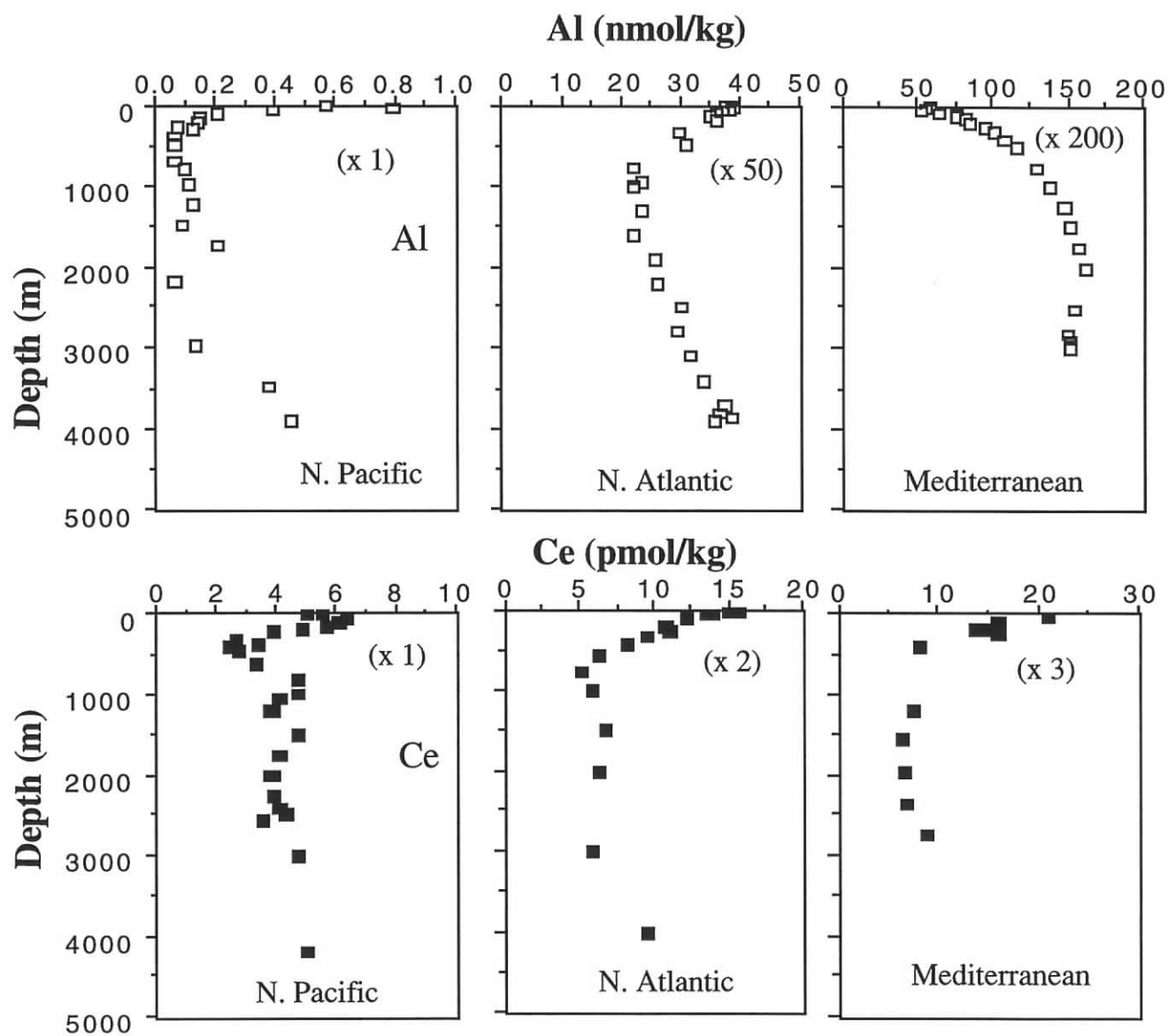


図2. インジウムの鉛直分布の比較(横軸のスケールに注意)



白鳳丸KH-99-1次研究航海記

海洋物理部門助教授 川 辺 正 樹

“今回の観測は北太平洋熱帯域、波穏やかで真っ青な海と抜けるような青空が迎えてくれるだろう。”そんな思いで白鳳丸KH-99-1次航海の出港を迎えた。東京を出港してすぐに低気圧の洗礼を受け、最初の測点から予定を変更せざるを得なくなっても、北緯20度(20°N)まで行けば別天地の海になるだろうと信じていた。20°Nでは10°Nまで行けば……、10°Nでは2°Nまで行けば……、で遂にレグ1は10m/sをゆうに越える風と大きなうねりに見舞われ続け、加えて故障続きの測器に悩まされた。心機一転の休養を求めて、ポーンペイ(最近まではポナペと呼ばれていた6°53'N、158°14'Eにある南洋の島)に入港すると、雲行きは怪しく、雨がぱらつき始め、遂には暗雲立ち込めて土砂降りの大雨となり、自動車の往來する道路を雨水が川のように流れて洪水状態になってしまった。心機一転どころか、私の心にも暗雲が立ち込めていた。しかし、この大雨が私たちの不運を洗い流してくれたのか、あるいは不運のフィナーレだったのか、この日を最後に天気は回復し、一時的に強烈な雨をもたすスコールを除けば、熱帯の明るくて強い日差しが戻ってきた。ポーンペイを出港して航海のレグ2が始まってからも天気は崩れず、東京出港から3週間以上たって漸く思い描いていた通りの青い海、青い空に出会うことができた。自然の豹変ぶりに驚かされ、幾分か弄ばれながらの航海である。測器もすっかり機嫌を直し、順調に観測を消化している。

50日に及ぶ白鳳丸KH-99-1次研究航海も、後半にさしかかった。1999年1月14日に東京を出港し、150°Eに沿って28°N(予定では30°Nであった)から2°Nまで観測し、1月27日にポーンペイ入港(図1参照のこと)。中2日の休養の後、30日に出港して南下し、2°05'N、158°30'Eから北東に向かって18°20'N、171°Eまで観測を行い、西に向きを変えて18°20'Nの緯線沿いに観測を続け、153°E付近まで戻ってきたところである。146°Eあたりの東マリアナ海嶺まで観測してから寄港地のグアムに向かい2月17日に入港し、中4日間滞在した後22日に出港して140°Eを2°Nから20°Nまで観測し、3月4日に東京に帰港する予定である。

さて、私たちがこんなに遠くまで来て観測しているのには、当然大きな目的がある。今回の主たる研究対象は海流、特に海洋大循環と呼ばれる海洋の大規模な流れであり、その分布と大きさ、及び大循環に伴う海水特性の詳細を明らかにすることが目的である。深層については、太平洋西岸を北上してくる深層流の流路と流速、流量の解明を目指しており、ポーンペイ・グアム間のレグ2の

観測が、そのためのものである。海洋大循環が、海洋を含む地球全体での熱や物質の循環に大きな役割を果たし、気候や地球環境を決める重要な要素の一つであることはよく知られている。特に百年以上の長周期変動を支配しているとされる深層循環は、大西洋北端のグリーンランド沖と南端の南極ウェーデル海で沈み込んだ水が、南極周極流にのって南極大陸の周囲を時計回りに廻りながらインド洋や太平洋に流入するものである。深層水は、南極を2/3周ほどしてから南太平洋に流入し、西岸に沿って北上して北太平洋に入る。すなわち、北太平洋は深層循環の終着点である。そのため、低温・高塩分・高酸素で特徴づけられる深層水の特徴は、北太平洋に到着する頃には周囲の水との混合によっておぼろげなものになっている。CTD(電気伝導度、水温、深度プロファイラー)による水温・塩分等の高精度測定が求められる所以である。また、深層流は海底地形の影響を強く受ける。切り立った壁である南太平洋西端の比較的単純な地形に比べ、赤道付近や北太平洋の海底地形はたいへん複雑であり、10°Sのサモア水路を通過した深層流は、深さの違う2本の流れ(4000m深付近と5000m以深の流れ)となって北上していると考えられている(図1)。レグ2では、これらの流れを横切る測線を2本設け、CTDと採水による水温・塩分・溶存酸素・栄養塩・フロン・14C等の測定を多くの点で行い(写真1)、さらに4~5台の流速計

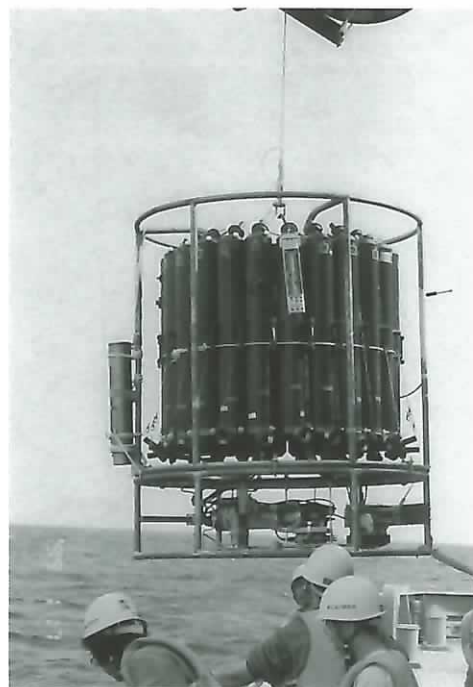


写真1. CTD観測、これから海底近くまで下ろす。24本の採水器がぐりりと並び、その下にCTDが横向きに付けられている

を付けた係留系を、メラネシア海盆の斜面に5系、ウェーク島水路に2系設置した(写真2)。係留作業は天気にも恵まれ、順調に進んだ。ウェーク島水路では、鯨も応援に駆けつけ、船の周辺を泳いで海面から姿を現したり潮を吹いたりして楽しませてくれた。全ての係留作業が終了した時には、船の後方にみごとな虹がかかり、作業の終了を祝福しているようであった(写真3)。これらの係留系は、1年後に海洋科学技術センターの観測船「みらい」で回収する予定である。成功すれば、1時間ごとの深層流速データが1年分手に入り、深層流の分布や強さ、変動特性が明らかになる。

レグ1で実施した150°Eの経線に沿ってのCTDやXCTD(使い捨てCTD)の観測とレグ3に140°Eで行う同様の観測は、深層の研究にも役立つが、主たる目的は数百mの深さの中層循環を調べることになる。この深さの流れは、表層の循環と同じように、亜熱帯域では時計回り、熱帯域と亜寒帯域では反時計回りの閉じた循環を形成している。しかし、表層に比べて循環の広がり小さく、亜熱帯循環は北太平洋東端域にまでは達していない。そのため、亜寒帯から東端域を南下する流れが熱帯



写真2. 係留系の設置作業。ガラス玉9個を付けた流速計を海に投入しているところ



写真3. 係留作業が全て終了し、きれいな虹が祝福

循環につながっており、亜寒帯域の海面で作られた水塊や大気から入った物質が、等密度面に沿って深くなりな

がら南下し熱帯域の中層に至っている。水温や塩分、種々の化学量を精密に測ることで亜寒帯の情報を抽出し、中層循環の構造と大気から入った炭素物質の循環をより詳細に明らかにすることができる。

流速の鉛直プロファイルを測定するために、近年普及し始めた降下式音響ドップラー流速プロファイラー(Lowered acoustic Doppler current profiler; LADCP)を今回初めて導入した(写真4)。CTDの採水器わくに付けて降下させ流速を測定するもので、CTDデータとともに流速データを取るという夢のような機械である。故障もなく、データは期待通りに取れたようであるが、解析に使えるようにするにはいろいろと補正が必要であり、そのための試行錯誤は航海後の仕事となる。LADCPを付けると、これまで以上にCTDを海底にぶつけないように注意しないといけない。そこで、本航海では、CTDが海底に近づく距離を測定し表示するアルティメーターの新型機(耐圧11000m)と適当な長さ(今回は25m)のひもにぶらさげた錘が海底につくと張力が減ってスイッチが入り、船上に音で知らせてくれるボトム・タッチ・スイッチを導入した。アルティメーターは、今までのものよりはるかに安定して感度もよく、底上180mほどから海底との距離を船上に送りつづけた。ボトム・タッチ・スイッチは至って単純な作りながら、海底が間近であることを確実に教えてくれて、うっかりミスや海底の複雑な所での心配から開放してくれた。アルティメーターがレグ1終了時に故障してからは、海図にない急な浅瀬でボトム・タッチ・スイッチに救われたこともある。“単純な機械ほど信頼できる”との声を何度か耳にした。

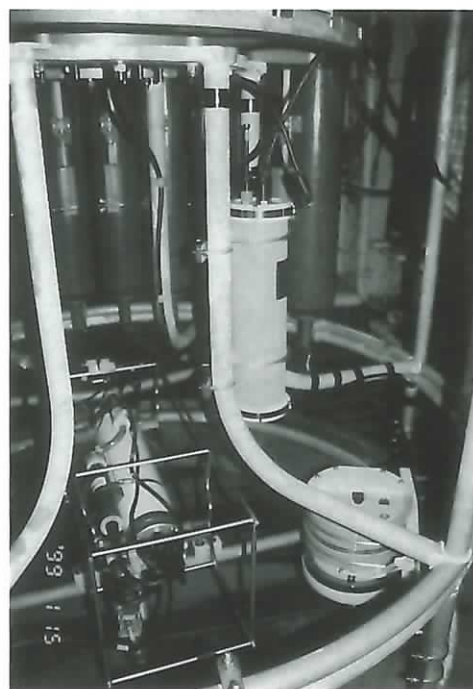


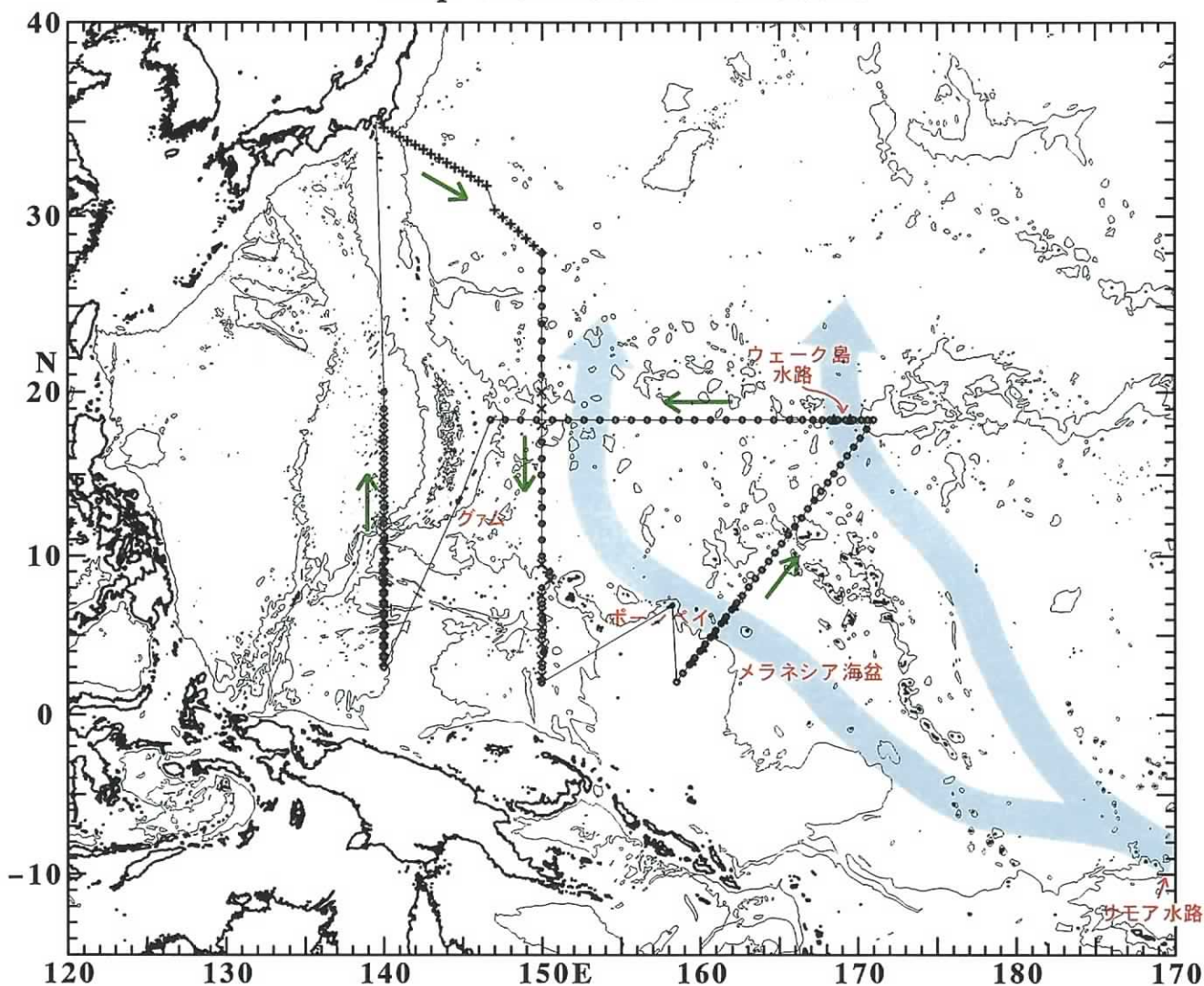
写真4. 新兵器、降下式音響ドップラー流速プロファイラー(右下の黄色の測器)。中央の黄色い筒は電池

新しい測器や機器の改良版が出ると、それが研究に有効なものであれば一刻も早く導入し、観測のレベルを上げていかなければならない。自ずと機器管理の負担が増していき、技術面の支援体制が重要になる。研究の進展は測定精度の向上も要求する。塩分について言えば、今や小数点以下3桁目を問題にする高精度測定は特別のことではなくなっている。しかし、そうした精度を安定して獲得するには、CTDセンサーだけでなく、採水の電気伝導度測定の高い精度が必要であり、塩分計のメンテナンスが重要になる。本航海では、ポータサル塩分計の調子が今までになく悪く、柳本助手を悩ませている。欧米の海洋研究先進国のように、測器ごとに専門の技術者がメンテナンスを担当し、航海中はもちろん航海前から周到な準備をするくらいでないと、高精度測定を実施し継

続することは不可能である。また、海洋物理系観測の中心をなすCTDと係留については、CTD装置や流速計、切離装置の管理とセット等の全てを北川技術官が担当している。一人の負担が大きすぎるという問題だけでなく、その一人を欠くと全てに支障をきたすような脆弱な体制で観測を行っているという不安が常にある。いずれは必要になる後継者を育成するためにも、海洋物理系観測を支援する若手技術官の増員が早急に必要であると、この航海で改めて痛感させられた。

図、白鳳丸KH-99-1次研究航海の測点図。細線は4000m等深線。丸はCTD、三角は係留系、xはXCTD、+はXBTの測点を表す。深層流（約3000m以深の流れ）のおおよその流路を青色で示した。

Map with 4000-m isobaths



海洋生物におけるバイオミネラリゼーションの分子生物学

海洋分子生物学部門助教授 渡 邉 俊 樹

平成10年12月14-15日、海洋研究所共同利用シンポジウム「海洋生物におけるバイオミネラリゼーションの分子生物学」が開催された。企画と実行にたずさわった者の1人として、シンポジウムの成果と将来への展望について書かせていただく。

バイオミネラリゼーション（生体鉱物化現象）とは、生物が体内に無機鉱物結晶を形成する現象を指し、動物、植物、細菌類において広く見られる。脊椎動物の骨と歯の形成におけるリン酸カルシウム結晶の沈着は、バイオミネラリゼーションの典型的な例である。海洋生物について見ると、多くの無脊椎動物（有孔虫、サンゴ、貝類、甲殻類など）の骨格や、ある種の藻類（円石藻、石灰藻の殻）における炭酸カルシウム結晶の形成が顕著である。

バイオミネラリゼーションは、次に挙げるような多くの分野において興味を集めており、研究が盛んに行われている。

（1）医学および歯学：骨や歯の形成の機構、および骨粗しょう症などの病気との関連。

（2）地質学：石灰岩やオパールなど生物由来の鉱物の研究。

（3）材料科学：鉱物結晶の形成を人工的に誘導するための新技術として、生物がおこなう鉱物形成の仕組みを利用できないか？

（4）環境科学：バイオミネラリゼーションの物質循環への影響。たとえば、有孔虫や円石藻などがおこなう石灰化は、炭素循環に大きなインパクトをもっている。

（5）生物学：生体鉱物の組成・構造の解明、鉱物形成の生化学的機構の研究など。

今回のシンポジウムは、上記（5）の問題のうち、特にバイオミネラリゼーションにおけるタンパク質の役割に関して行われたものである。生体内で起きる化学反応の多くは、酵素と呼ばれる一群のタンパク質によって触媒されることが良く知られている。今世紀後半、医歯学の分野で骨と歯の生化学的分析が進み、骨や歯におけるリン酸カルシウム結晶の形成もある種のタンパク質によって調節されることがわかってきた。近年、海洋生物研究においても、バイオミネラリゼーションにおけるタンパク質の機能に着目した研究が増え、日本はそのなかで中心的な役割を果たしている。今回のシンポジウムでは、その方面での日本の代表的な研究者の方々に集まっていたいただき、研究発表と討議がおこなわれた。

発表内容を鉱物種別に分けてみると、炭酸カルシウムに関連したものが11題、鉄が3題、シリカが1題と、炭酸カルシウムが圧倒的に多かったが、これは研究者人口

の反映と考えられる。また、生物種別にみると、貝類5題、甲殻類4題、魚類（耳石）3題、円石藻1題、ガラス海綿1題、および磁性細菌が1題であった。

研究のアプローチとして最も多かったのは、貝類、魚類の耳石、甲殻類の胃石、海綿の珪質骨片などの硬組織からタンパク質を抽出・単離し、その構造と機能を調べるといったものであった。すでにいくつものタンパク質については、全一次構造が明らかになっているが、現在までのところ機能が明らかになった例は少ない。今回発表があった中では、貝類の真珠層から単離されたナクレインというタンパク質が炭酸脱水酵素活性をもつことが明かにされており、炭酸カルシウム結晶の形成における炭酸イオンの供給源としての役割が考えられている。今後、他のタンパク質の機能が次々と明らかになってゆくであろう。特に、結晶核の形成や、結晶の成長に関与するタンパク質が同定されることが強く期待される。その点で、海綿骨片のシリカチンというタンパク質については、シリカ結晶の核形成を引き起こす機構に関する仮説が提唱され、今後の研究の展開が注目される。

それ以外のアプローチとしては、円石藻のココリス形成における細胞膜を介したイオン輸送、ヒザラガイの歯舌の形成における鉄イオンの輸送、およびフジツボの殻の石灰化におけるリンパ液中のタンパク質の関与、などに着目した研究の発表があった。バイオミネラリゼーションの研究では、どうしても鉱物結晶を含む硬組織そのものに関心が集まりがちであるが、生体の他の部分と硬組織との関わりを調べるこうした研究が重要であることは言うまでもない。

また、バイオミネラリゼーション研究における新しいアプローチを用いた研究発表もいくつか見られた。磁性細菌（菌体内に50~100nmの磁気微粒子を形成する）を用いた研究では、トランスポゾンタギング法を用いた磁気微粒子の形成に関与する遺伝子の同定とクローニングに関する発表があり、今後の遺伝子の機能の解析の結果が待たれる。また、甲殻類の外骨格の時期特異的な石灰化現象に着目し、ディファレンシャル・ディスプレイ法という技法を用いて、石灰化に関与する遺伝子の検索を行った研究に関する発表もあった。

上に述べたような研究発表、最近の海外の研究状況に関する情報交換、フリーディスカッションなどであつというまに過ぎた2日間であった。大変有意義なシンポジウムであったが、最後に私がこの分野の将来に望むことを2つほど挙げて見たい。

（1）現在研究の対象となっている生物種には片寄りが

ある。生化学や分子生物学を研究する生物学者は、材料の入手・飼育のし易さや、分析の容易さなどを重視して材料を選択する傾向があり、その結果、物質循環に大きな寄与をする有孔虫や造礁サンゴといった生物が現在までのところ殆ど解析の対象となっていない。今後はこれらの生物に取り組む人が多く出てほしい（ちなみに私は

造礁サンゴの石灰化の研究を始めることにしました）。

（2）先にバイオミネラリゼーションに関係する5つの学門分野を挙げたが、現在それら分野間の交流が少ない。将来、複数の分野にまたがるジョイント・シンポジウムが開かれるようにしたい。

●記念事業報告

国際シンポジウム「人間と海」

国際海洋年を記念して開催

海洋微生物部門教授 大和田 紘一

1998年は国連が定めた国際海洋年に当たり、我が国を含めた諸外国において海に関するさまざまなイベントが催された。海洋研究所は国連大学本部や岩手県と共催で国際シンポジウム「人間と海」を開催した。外国からは25名、国内からは11名の招待講演者により10月29日には東京都渋谷区の国連大学本部において「人間と海」に関し3題の基調講演や6題の講演、30日からは「海洋汚染と生物多様性」に関し、国連大学本部、岩手県の盛岡市、釜石市と場所を変えながら11月2日までに4題の基調講演と17題の講演が行われた。基調講演では人間の生活や地球環境の安定のためには海がなくてはならないことや、国連海洋法のもとでの新たな海洋管理や国際協力の

必要性が論じられた。また世界的にさまざまな海洋汚染が進行している現状について、内分泌攪乱物質、残留性有機塩素化合物、有機スズなどの世界の各水域における現状やその防止法について、またこれら物質の生物への濃縮の実態や放射性物質の汚染などの現状が明らかにされた。海洋研究所大槌臨海研究センターが立地する三陸地方の海洋生物の多様性についても我が国の研究者によって紹介され、会議の最後には今後の海洋環境科学に関する行動計画について総括的な論議が行われた。本会議を契機として海洋生態系や海洋環境に関する共同研究を国際連合大学、岩手県および海洋研究所の三機関が連携して行うことも確認された。



シンポジウム風景（於：国連大学本部）



国連大学本部にて（10月29日）



釜石会場にて（11月2日）

ウラジオストック訪問記

所長 平 啓 介

1. はじめに

世界海洋観測システム北東アジア地域計画（NEAR-GOOS）のデータ交換の促進と日本海のポップアップフロートのデータ解析、海底ケーブル利用による海流観測の研究打ち合わせのために科学研究費国際学術研究により1999年2月2日から7日までウラジオストックの海洋研究教育機関を訪問した。以下に訪問した研究所と大学を紹介する。

2. Pacific Oceanological Institute, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences (POI FEBRAS)

ロシア科学アカデミー極東支部は6つの科学センターに40の研究所を有している：沿海州(19研究所)、アムール(2)、カムチャカ(5)、サハリン(2)、北東(4)、ハバロフスク(8)。沿海州科学センターの17の研究所はウラジオストックにあり、その中の12が市の中心地から約30km北方のアカデミー村チャイカに集中している。チャイカまで電車があり、市内からの通勤も便利である。

太平洋海洋研究所POIは1973年にチャイカに設立され、職員数617人と大きく、177人の教授・博士を含めて286人の科学者が勤務している。9つの部門があり、一般海洋学部門では北西太平洋とその縁辺海の熱塩循環や力学過程の予報、黒潮・親潮の水塊構造や前線渦、混合過程、内部波の研究を担当している。海洋音響部門では担当海域の音響伝播や海洋音響学的あるいはレーザー光学手法による溶存ガス、堆積物などの測定法の開発に取り組んでいる。日本海の海洋音響トモグラフィーも大きな課題である。海洋地球化学部門は海洋生態系の生物地球化学的研究や海洋への人為作用の研究を実施し、物理、化学、生物学的な手法を駆使し新しい測器の開発にも取り組んでいる。海洋研究技法研究部門ではSTD観測、海洋音響学的手法の開発、数値シミュレーション、種々のエレクトロニクス手法の開発に取り組んでいる。熱塩構造、鉛直微細構造、海底効果、前線、温度躍層、渦の研究に従事している。

地質地球物理学部門は100人以上の大きな部門で、地殻とマントル上部構造を船上重力計、吊り下げ式プロトン磁力計を駆使して研究している。堆積物の起源、輸送と堆積過程、その鉱物組成や微生物群集、岩石組成と年齢、その他の特性も研究する。マンガング塊、天然ガスや石油も研究対象である。太平洋と縁辺海の海洋地質図、海底地形図をとりまとめた。情報技術部門は海洋データの解析法、プログラム開発に取り組み、データベースを構

築する。海洋波動、大陸棚から大洋底への遷移帯の研究、大陸棚上の構造物の制御、データ伝送を担当した。海洋の複合データの解析法、画像解析法、高速スペクトル演算法、内部波伝播モデル、海洋音響トモグラフィー、音波伝播、重力異常の海洋力学への影響、海底熱流量などで成果を上げた。衛星海洋学部門は航空機や人工衛星からのリモートセンシングで海洋過程を研究している。ロシアの科学衛星だけでなく、宇宙開発事業団のADEOS衛星、ヨーロッパの衛星など広く活用している。生化学技術部門は特異で人の生理学、病理学を研究し、海洋生物や陸上生物から医薬品を開発し、すでに商品化されたものも多い。

POIはWESTPAC、WOCE、JGOFS、PICESなど国際共同研究に参加している。なお、研究船は科学アカデミーの研究所の一つ、海洋研究艦隊(Marine Research Fleet)が運用しており、7隻の外洋観測船といくつかの沿岸観測船を有している。また、科学アカデミーの研究所の一つに海洋テクノロジー問題研究所(Institute of Marine Technology Problems)が市の中心部にあり、1988年から6000メートル級のAUV、ROVの潜水調査艇の開発、海洋音響による前線、中規模渦、浮遊物や気泡、プランクトン分布の測定を開発し、係留式音源、漂流受信局の開発に従事している。海洋における太陽熱、温度差、風力、バイオマスの利用も研究している。15の研究室のいくつかはPOI所長のアクリチェフ博士のように併任している。

3. 極東地域海象気象研究所(Far Eastern Regional Hydro-meteorological Research Institute ; FERHRI)

1950年にウラジオストックの中心部に創立され、職員数650人、観測船12隻を有する。8つの研究部門は気象・天気予報、長期天気予報気候研究、熱帯低気圧研究予報、海洋研究、物理研究、農業気象研究予報、海洋研究予報、生態系モニタリングで、他に研究支援部門としてコンピュータプログラム処理、科学技術情報がある。研究対象は気象学と気候学、海洋学、陸上水文学、農業気象学、生態学である。ロシア極東域のサービスを担当し、日本海、オホーツク海、ベーリング海の縁辺海と太平洋、インド洋の観測研究を行っている。7000トン級観測船のアカデミク・コロレフ、アカデミク・シルショフ、4000トン級のプリリブは海洋気象観測に従事し、気象ロケットも使用して200kmのオゾン層まで観測する。観測船はこの他に4000トン級が2隻、2000トン級が2隻、1000ト

ン級が3隻である。1980年代はベトナムなど熱帯域を含む太平洋、インド洋の観測が盛んに実施され、黒潮強流域、台風発生域、ベーリング海など多くの測点を設けている。1990年代は日本や米国の大学等の研究グループによる備船運航が盛んである。

4. 太平洋水産海洋研究所 (Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography ; TINRO)

ロシア極東地域の水産科学のセンターで、1925年に海洋生物学者K.M.デリューニン教授によって設立されたPacific Commercial Research Stationが前身で1934年にTINROに発展した。1932年から沿岸から公海までの漁業調査を実施し、サハリン、カムチャカ、ハバロフスク、マガダンに支所を開設した。商業漁業の対象であるサケ、タラ、ニシン、イワシ、サンマ、カレイの資源調査が主体であるが、プランクトン調査や一般の海洋観測を5隻の大型観測船で実施している。1990年代も観測活動は活発で国際海洋年—1998を記念してOceanographic Atlas of the South Kurilean Region of the Pacific Oceanをセントペテルスブルグ大学出版会から刊行し、ユネスコ政府間海洋学委員会を通して配布している(海洋研の図書室に寄贈)。職員数は聞き逃したが35の研究室と10のセクターがあるので600人以上であろう。

TINROは1991年に本館から徒歩5分の海辺にThe Oceanariumを開設した。館内は工事中であったが、有料であるが金曜日の午前中でも多くの市民が入場していた。水族館だけでなく多くの剥製標本や資料が展示されている。屋外にはイルカのショウのDolphinariumもあるが、海も沖合数kmにわたり凍結していた。

5. 極東国立漁業技術大学 (Far Eastern State Technical Fisheries University ; DALRYBVTUZ)

1946年に創立された水産大学で極東の漁業に最新の科学技術を導入することに貢献している。航海士、機関士、船用電気技師を養成する航海学部、産業漁業と管理、貨物輸送と管理の専門家を養成する漁業管理学部、機械工学と食品加工の専門家を養成する機械工学部、経済学と工場管理、簿記会計、財務の専門家を養成の経済・工学部、水産増養殖、食肉加工、牧畜加工、食パン・乾物・マカロニ加工技術、缶詰加工の専門家を養成するテクノロジー学部などがある。就業年数は4年から5年で、その他に通信学部、技能向上コース、大学入学前訓練コースなどがある。修士課程、博士課程があり研究も実施しているが、上記の各分野であり海洋学は少ないように思えた。海洋学研究室の見学を申し入れたが、別のキャンパスにあり実現しなかった。航海訓練は帆船パラダ号を用いている。1994年に日露政府の合意でロシア—日本訓練センターが開設され、日本の進んだ薫製・乾燥・凍結・すり身の魚肉加工技術を学生に教授している。

6. おわりに

同行者は力石国男(弘前大学理工学部、海底ケーブル利用の海流観測)、長谷川直之(気象庁気候情報課、NEAR-GOOSデータベース管理)と平啓介の3人であった。2月2日は雪の富山空港から24人乗りのジェット機YAK40で2時間30分の飛行であった。時差が1時間あり、POIのアクリチェフ所長の出迎えて所長専用車で50km南のウラジオストック市内に向かう。ウラジオストックホテルで車から降りると15m毎秒以上の北風で帽子を飛ばされ、気温零下20度が身にしみた。1987年のモスクワのホテルバクダッドは1泊100ドル以上の国際価格であったが、今回は国内価格で20ドルであった。1ルーブルは約5.5円で、ホテルの朝食は40ルーブル、夕食も150ルーブルと安いのは助かったが、ホテルの暖房も弱く、シャワーは30℃程度と寒かった。

2月3日は朝9時にアクリチェフ所長が迎えに見え、POIの途次に市内の展望台に案内されるが、強風で車のドアは勢い良く解放され、帽子を飛ばされないようにしたが寒かった。POIの概要をうかがって11時から1人30分の持ち時間でセミナーを開催した。所長室でコーヒー付きのスモークサーモン、ハム、イクラをロシアパンに付ける昼食をごちそうになり、1時から4時まで研究室を訪問する。セミナー出席者から多くの質問があり、話しがはずむ。パソコンやCTDなど最新の機器が充実している。ホテルに送っていただき、6時からアクリチェフ所長宅の夕食会に招かれる。1月31日に6歳の誕生日を迎え、地元の新聞に紹介され、その日が4日目のパーティーとのことであった。アパートはホテルから200m程度の距離であった。

2月4日は気温零下12℃で風もなく暖かい日であった。9時に迎えていただき極東国立漁業技術大学を訪問する。マラビン学長の暖かい出迎えて歓談ののち学内を見学する。定置網や漁船の模型、実習用の航海計器、漁具が多く備えられ、パソコンで袋網による漁労シミュレーションを楽しむ。案内して下さった航海学部長の後に続く講義中の教室で起立・礼で歓迎され大いに恐縮した。ロシア—日本訓練センターを見学すると、その一室にニシンやサケの薫製などとパンが用意され、裂きイカでスープを作って昼食になる。もちろん、当日2回目のヴォッカ付きであった。午後は極東地域海象気象研究所を訪問する。ボルコフ所長に研究所の概要を説明していただき、トカーリン研究主任の通訳も交えて海洋学関係者と懇談する。夕方は観測船見学で、1995年に海洋物理部門のポップアップフロートを導入したプロフェッサーコロモフを訪問する。氷盤が浮いているが、船は海水に浮かんでいた。パベル・ゴルデイエンコ号には夕食会の用意がされており、ロシア流に演説付でヴォトカを乾杯しおいしい料理を楽しむ。90年代は観測船の運航も自力だけでは困難で、日米の研究グループの資金協力に頼っており、diplomatic oceanographyとの嘆きも聞く。パサショク(最後の一鞭)とさらに一杯を重ねて

すっかり良い機嫌になり、ボルコフ所長にホテルに送っていただく。

2月5日は9時に迎えていただいて、海洋テクノロジー問題研究所のアクリチェフ教授の研究室を訪問し、10時に太平洋水産海洋研究所でアクリチェフ教授と別れる。国際関係部長マルコフチェフ博士は東京に駐在され日本語が達者で日本語を交えて話し合う。TINROは90年代も活発な観測活動を実施しており、NEAR-GOOSへのデータ提供の約束をいただく。観測資料などをいただいて、オセナリウムを見学する。アホウドリなど海鳥の剥製標本も多い。オセナリウムは岬の先端にあり、ウラジオストックホテルまで約3kmの道のりであったが、海上を歩くと2km弱であり、凍結した海へ足を運ぶ。平日から大勢の人出でドリルで穴を明け、釣りを楽しん

でいる。ワカサギのように思えたが、ロシア語では分からなかった。零下12°Cでも氷上は風が強く寒かった。靴から手袋を出すときにハンカチを落とすと数百メートルも飛ばされ、長谷川さんが元気に追いかけてくれた。自動車も海上を走っているが、後でアクリチェフ教授に聞くと毎年5台以上が水没事故にあうとのことであった。ウラジオストックー富山は火・金、新潟へは木・日で土曜日は飛行機便がないので、6日はPOIのロバノフ副所長の案内で市内見学を楽しみ、夜は同博士の自宅で衛星海洋学室長のミートニック博士を交えた夕食会に招かれる。7日の新潟便はツボレフー154で1455ウラジオストック発、1505新潟着と1時間余の飛行であった。電話は3分間20ドルと昔の日本並、郵便は日本まで2ヶ月の遠い国でe-mailが有効である。(以上)



写真1：太平洋海洋研究所の玄関で所長V.アクリチェフ博士と長谷川直之、力石国男、平 啓介



写真2：極東国立漁業技術大学学長E.マラビン学長（右から2人目）、E.ジドコフ副学長を囲んで



写真3：海上の穴釣りを楽しむ人



●海洋科学国際共同研究センター

GLOBEC国際シンポジウム

海洋科学国際共同研究センター教授 寺崎 誠

平成10年8月25日～8月28日に日本GLOBEC委員会（委員長杉本隆成教授）主催の国際シンポジウム『黒潮・親潮および移行域の生態系変動』が日本学術会議、日本海洋科学振興財団からの資金援助を得て、青森県むつ市のプラザホテルと函館の北海道大学水産学部で開催された。このシンポジウムは北海道大学水産学部と当研究所の関係者によって企画、運営され、米国から5名、ロシア、韓国から各1名、日本から約80名が参加した。初日は開会式の後、各海域の海洋物理構造、三陸沖の暖水塊に関連した講演、2日目には暖水塊の物理・生物特性、生態系モデル、動物プランクトンの分布生態、生活史、

イカ、マイワシの資源変動に関する講演があり、晩には杉山肅むつ市長も列席し盛大なレセプションが催された。3日目の午前には関根浜にある海洋科学技術センターむつ研究所、むつ科学技術館を見学した後、フェリーで大間から函館に渡り、水産学部講堂でサンマ、カタクチイワシなど小型浮魚資源の変動に関する講演が行われた。最終日の28日にはスケトウダラに関連した話題が提供され、晩には多く参加者が宿泊している仁山高原の温泉ホテルでジンギスカンパーティーが行われた。会期中の講演数はポスター参加も含め40件で、このシンポジウムのProceedingsはこの1月に刊行された。



シンポジウム風景（於：北海道大学水産学部）



レセプション風景（於：むつプラザホテル）



●海洋科学国際共同研究センター

第9回 JSPS海洋科学合同セミナーの開催

海洋科学国際共同研究センター・助教授 金子 豊 二

日本学術振興会の拠点大学方式による東南アジア諸国との海洋科学分野における学術交流事業の一環として、これまでに8回の海洋科学合同セミナーが開催されてきた。海洋科学合同セミナーは、東南アジアおよび日本で行われた共同研究の成果を発表する場であるとともに、海洋科学分野での情報交換あるいは共同研究についての意見調整の場を提供してきた。

第9回目となる海洋科学合同セミナーが、昨年12月7日から9日にかけてインドネシア・バリ島で開催された。「21世紀に向けての海洋科学と水産科学の発展」をテーマに、日本と東南アジア諸国の海洋科学ならびに水産科学の分野の研究者が一堂に会して研究発表が行われ、21世紀に向けての今後の動向や展望を含めて盛んに討論、意見交換が行われた。参加者は日本23名、インドネシア19名、マレーシア4名、タイ4名、フィリピン2名、シンガポール1名の6カ国53名と盛況であった。3日間の会期に合計41件の口頭発表と7件のポスター発表があり、活発な討論が繰り広げられた。

今回の海洋科学合同セミナーは、水産科学の分野の研究者を招いて行われた点が大きな特徴として挙げられる。会期中にはインドネシアにおける海洋科学と水産科学との交流を図るため、インドネシア側からインドネシア科学院海洋開発研究センター、日本側から東京水産大学および東大海洋研究所の代表者が集い、両分野の交流や今後の展望について討議された。また、現在、拠点大学方式による学術交流が行われているインドネシア、タイ、マレーシアに加え、フィリピンおよびシンガポールの研究者を交えて、今後の大型共同研究への移行を視野に入れた将来計画が検討され、盛んに意見が交換された。

言うまでもなく海洋科学と水産科学は密接に係わった研究分野であり、今回の合同セミナーではアジア各国のこの広域分野への積極的な取り組みが紹介されるとともに、将来の東南アジア諸国における研究協力態勢の確立に向け大きく前進し、まさに21世紀に向けての新たなスタート地点に立ったとの認識が得られた。



合同セミナー開会の合図



セミナー風景

日本滞在報告

海洋科学国際共同研究センター客員教授 Roger Larson

1998年の前半私は東京海洋研究所と白鳳丸の研究航海において有意義な研究生活をおくることができました。まず、2月には白鳳丸の研究航海KH-98-1のレグ2（首席研究員：平朝彦教授）に参加しました。航海はオーストラリアのケアンズからポンペイ島まででした。同じ航海には私の他に、アメリカとヨーロッパの研究者も参加し、国際色豊かでありました。本航海では世界最大の海台であるオントンジャバ海台の地殻構造探査を実施しました。航海は成功のうちに終了しましたが、これは航海参加者全員が国境を越え一丸となったことによると思います。航海中は日本人と外国人のコミュニケーションには問題なく、調査および研究は順調におこなわれた。しかし、純日本的な船内の食事には苦勞した外国人研究者がいました。

航海終了後、私はアメリカに帰国しましたが休む暇もなく、3月22日に来日した。日本の花見を楽しみにしていました。私は以前ワシントン特別区で花見をしたことがあります。東京の花見が世界で一番であると確信しました。幸運にも私も家族も花見の時期に来日する事ができ、花見を家族で楽しむことができました。

私の今回の来日に際しては玉木教授のご苦勞をいただいた。玉木教授は、1980年代の中頃私の研究室で数ヶ月間共に研究をおこないました。わたしが滞在中におこなった研究は大きく分けて2つあります。1つは白亜紀中期の大規模な火成活動が地球環境、特に地球温暖化に与えた影響に関するものであります。この研究成果は、Paleoceanographyという雑誌に投稿しました。さらに、この研究内容に関して東大理学部地質学教室でセミナーをおこないました。海洋研究所では大規模マントルブリュームの活動とマントルダイナミクスの関係に関するセミナーをおこないました。

もう一つの研究内容はジュラ紀太平洋プレートの古地磁気極に関するものでした。この研究は滞在中に始めたものであり、まもなく投稿する予定です。この研究は海洋研究所の中西助手、玉木教授、テキサスA&M大学のW.W. Sager教授や私がこれまでおこなってきた研究をさらに発展させたものです。この研究を進める上で海洋研究所の図書室が大いに役立ちました。図書室が私の研究室の目の前にあり非常に便利でした。海洋研究所の図書室はロードアイランド大学で私が主に利用している図書室より整備されており、必要な書物がすぐに見つかりました。

滞在中は、東京の散策を家族とともに楽しむことができました。東京以外には、鎌倉、日光、京都、さらには

広島などを観光しました。私の妻は日光と京都の神社と仏閣が気に入っていましたが、私と息子は広島と安芸の宮島が気に入りました。特に息子は宮島で猿と戯れたことを印象深く覚えているようです。帰国の途中にはハワイに立ち寄り、ハワイ島のキラウエア火山を見学しました。

海洋研究所がさらに海外、特にアメリカの研究者を受け入れ続けることを願います。外国人研究者と共に研究をおこない、また 세미나など勉強会をともに開くことから、何か新しいものを得ることができるからです。日本とアメリカが21世紀の科学技術、特に海洋学のリーダとなることを期待します。両国とも優れた教育と科学のシステムを持つが、文化的には全く異なる民族です。しかし、共に暮らし、共に研究することによって異なる文化を持つ民族同士でも相互理解が可能になると思います。今回の滞在中、相互理解の重要性を再認識することができ、非常に有意義な日々を送ることができました。最後に、私の滞在中に際して支援していただいた皆様に感謝の意を表します。



東京大学海洋研究所

〒164-8639 東京都中野区南台1-15-1

Tel: 03-5351-6342

Fax: 03-3375-6716

ホームページ: <http://www.ori.u-tokyo.ac.jp/>