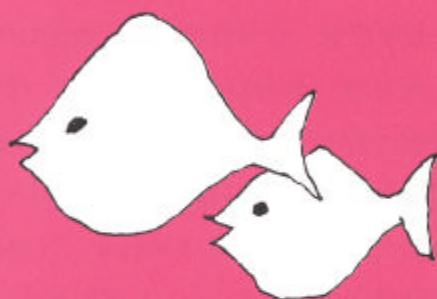


北水試だより

▷浜と水試を結ぶ情報誌◁



目次	次	／	DNAで魚の群を調べる… 3		1
			北海道日本海南西部沿岸の磯焼け		3
			ウッズホールの7カ月 ―長期海外研究報告―		10
			加工シリーズ		
			未利用海藻からのアルギン酸オリゴ糖の生産について…		19
			トビックス		
			水族館でふ化したメガネカスベ幼魚の標識放流		22
			ノルウェー海洋研究所のタラの研究者 来道		24
			1995年噴火湾養殖ホタテガイ稚貝の斃死について(速報)…		25

第31号
1995/11

北海道立水産試験場

D N A で 魚 の 群 を 調 べ る … 3

水 野 政 巳

キーワード：mtDNA の全塩基配列、クローニング、核の非翻訳領域DNA、PCR、mt DNAのDループ領域、種判別

1. これからのDNA分析

前回述べた方法を用いて、今のところ、オホーツク海では根室海峡、紋別沖合、枝幸沖合、テルペニア湾、日本海では熊石沖合、石狩湾、利尻島・礼文島沖合、サハリン南部と中部の沖合におけるスケトウダラ産卵群について標本を集めてDNAを精製し、mt DNAの分析を行っています。この結果が北海道周辺スケトウダラの系統群構造の理解のためにどんな示唆を与えることになるか、期待と不安が混ざった心境で、現在データを蓄積しているところです。

多型の出現原因を明らかにするために、スケトウダラ mt DNAの全塩基配列を読みとることも構想しています。検出されるDNA塩基配列の置換が、どの位置に起こっているかを確かむ必要があるのです。系統群を論ずる際に、その置換は中立的なものか、それとも何かの環境要因に対する耐性の相違によるものかどうか、明らかになっていた方がより確かな結論が得られるからです。私たちは、mt DNAのクローニングを終えているため、もし時間とお金があれば、実行にあたっては技術的には困難はありません。

サザンハイブリダイゼーションではプローブの選択により、基本的に同じ実験系で、核のDNAも分析することができます。近い将来は核の中の非翻訳領域（アミノ酸配列の暗号になっていないと

ころ）など、暗号置換が起こりやすいところも対象にして調べる予定です。

最近、刑事事件での血液鑑定や氷漬けのマンモスのDNA分析などで新聞紙上をにぎわしているDNAポリメラーゼ連鎖反応（PCR）を用いる分析も始めています。PCRについての詳細はここでは省略しますが、PCRでは非常に微量の組織片からでも実験室内で十分量にDNAを増幅できるため、ヒトの一個の精子からでも目的の領域を分析したという報告もあります。現在私達はスケトウダラの産卵群の mt DNAを中心に調べており、PCRを使えば、さらに、^{はい}胚から^し卵稚仔の浮遊・滞留期以降、ほとんどすべての生活史を通じた系統群構造の様相を調べることも可能となります。私たちは、当面の分析対象を mt DNAのDループ領域（mt DNA複製に関係する領域で、特に変異が起こりやすい）と決め、水産庁養殖研究所の小林博士の助言を基に、実験系の検討に着手しています。

異なる種類の魚でも、みなDNAという同じ物質を遺伝子の本体としています。従って、系統群構造等に未解決の問題がある他の魚種でも、スケトウダラで確立した実験系で分析できます。

卵稚仔の出現量から、将来の資源量予測をたてる試みが、様々な魚種でなされています。このときしばしば問題になるのが、胚から稚仔魚期にかけて、形態的には判別がむずかしい魚種をいかに識別するかです。また、資源現存量を調べる際、成体でも種判別が困難な魚種もあります。注目している魚種とほかの魚種の間で、判別基準となるDNA上の違いを明らかにしておけば、PCR法を組み合わせ、比較的簡単に種判別をすることができ

ます。

また、以上のような方法で得られた結果については、形態学的手法や統計学的手法、標識放流など、ほかの様々な手法で得られた結果と併せて考察し、問題解決に結びつけることは言うまでもありません。

2. 連載の終わりに

近年、DNA分析を含めて、分子生物学的手法の利用により、生物学、農学、医学等で多くの研究の進展がなされてきました。それに対して、水産資源の試験研究の分野では、分子生物学的手法の利用はまだ始まったばかりといえます。上に挙げた以外にも多くの問題が、既存の手法と分子生物学的手法を併せて解決されるのを待っているような状況にあると思います。いま、筆者も自分自身に発破をかけると同時に、柔軟な発想と強い好奇心を持ち、現状に甘んじて守りの姿勢に入ることなく、新境地を切り開いていけるような、特に若い人たちが参入してくれることを願っています。

私たちのところで得られた結果については、またの機会のお楽しみにしていただくことにして本稿を終わります。本文中でお名前を挙げた水産庁養殖研究所の小林博士をはじめ大勢の方々のご支援により、前述のように私たちのDNA分析も実用段階に入りました。そんなご支援に報いるため、そして何よりも、スケトウダラをはじめとするいろいろな漁業資源の有効利用のために、よい成果を上げたいと考えています。

(完)

(みずの まさみ 稚内水試
資源管理部 報文番号 B1085)

北海道日本海南西部沿岸の磯焼け

吾妻行雄

キーワード：磯焼け、ウニ、海藻群落、水温、栄養塩、無節サンゴモ、遷移

はじめに

北海道日本海南西部の後志、桧山支庁の沿岸は我が国最大規模の磯焼けが持続している海域です。磯焼け漁場では、コンブなどの大型藻類が消失し、それらを餌料とするウニ、アワビなどの成長あるいは身入りが阻害され、漁業生産に大きな損失をもたらすために、これまで種々の対策が講じられてきましたが、現在も北海道水試の主要な研究テーマの一つになっています。

ここ数年来磯焼けの原因をめぐって、磯焼けに携わっている研究者が学会、シンポジウム、論文あるいは業界誌、情報誌等を通じて個々の研究成果を示し、活発な論議が行われてきました。

北海道水試資源増殖部門では、1988年に北海道の磯焼けについての研究成果と今後の研究課題を整理しました。その後、研究の進展にともない、磯焼けの原因と対策について総説を報告しています(名畑：1989、松山：1991)。これらを土台にして、漁業者が理解できるように、本道南西部沿岸の磯焼けがどのような現象であるのか、さらに原因と対策および今後の研究方向について、ここに最新の研究成果を含めて紹介します。

1. 北海道南西部沿岸の磯焼けとは

磯焼けとは今世紀始めに静岡県伊豆半島東岸の現象として、漁業生産に対する影響を含めて、初めて定義されました(遠藤：1911)。谷口ら(1995)は黒潮が直接影響を及ぼす伊豆半島西岸では磯焼

け地帯が広がっているにもかかわらず、沿岸漁業への依存度が低かったために、磯焼けとは呼ばれなかったことと、通常無節サンゴモが優占する熱帯域では磯焼けあるいはそれに類する表現で呼ばれないことから、磯焼けとはあくまでも産業用語として理解すべきであると指摘しています。

水産庁と北海道水産部で組織された「北海道南部および東北地方の日本海沿岸の漁業振興に関する検討会」(1983)は、本道日本海南西部沿岸の磯焼けを次のような現象であると定義しています。

磯焼けとは、主として¹⁾ 外洋に面した岩礁地帯で有用海藻がほとんど枯死、流失し、無節サンゴモで覆われた岩盤のみが残り、そのために有用海藻および²⁾ 有用動物の生産が激減する現象をいう。磯焼け現象の生じている場所では波打ち際から³⁾ 水深20m位まで、岩面の大部分が⁴⁾ 石灰藻で覆われ、有用海藻類がほとんど存在しない状況を呈している。

しかし、この定義には1)～4)に示す問題点と5)、6)に示した加筆すべき事項があります。

1) 外洋に面していても、河口付近には海藻類が繁茂している場合が多い。その理由として、低塩分により植食動物が少ないことと、栄養塩が豊富であることが指摘されています。

2) 磯焼け現象により磯根漁業の主要な有用動物であるウニ類の漁獲量に顕著な減少はみられない。ただし、寒海性のエゾバフンウニが減少し、暖海性のキタムラサキウニは増加しています。

3) 元来、本道日本海南西部沿岸の海藻の生育

水深は概ね10m以浅であり、10m以深は無節サンゴモに覆われています。

4) 石灰藻とは本来石灰を体内に多量に蓄積した海藻の総称で、緑藻類や褐藻類の中にもこれに相当する種があります。本道南西部沿岸の磯焼け地帯の海底を覆うサンゴモは、分類学的には紅藻類サンゴモ目サンゴモ科の海藻です(吉田ほか:1995)。サンゴモ科には平滑またはイボ状突起を持つ形態の殻型と直立して複雑に分岐した状態の直立型があります。前者は無節サンゴモ、後者は有節サンゴモと呼ばれます(三本菅:1994)。したがって、無節サンゴモとするのが正しい表現です。

5) 磯焼け地帯には身入りの悪いキタムラサキウニが7~30個体/m²と高密度に生息している(藤田:1989、名畑:1992、北海道:1994)。

6) 磯焼けは1930年代には発生し、1965年頃から進行が明白となり、現在に至るまで長期間にわたって持続している(藤田:1987)。

これらを整理して、本道南西部沿岸の磯焼けは、現象面と時間的スケールさらに産業への影響を含め、水産試験場の磯根グループでは以下のような表現が妥当であると考えています。

河川水の影響のない外洋に面した岩礁域で、コンブ類、ホンダワラ類等の大型海藻類の生育が低潮線付近あるいは礁上の波浪の影響を受ける場所に限られ、漸深帯*は無節サンゴモが長期間優占した状態が持続する。そこにはキタムラサキウニが底生動物群集の優占種として高密度に生息するが、これらの成長と生殖巣の発達は極端に低下する。

岩礁域には、通常浅所に海藻群落があり、それより深い所に無節サンゴモで覆われた海底が存在します。磯焼けは海藻群落の衰退によって海底の無節サンゴモが姿を表すことから始まり、深所に限定されていた無節サンゴモ地帯が浅所まで広範囲に拡大することを意味しています。谷口ら(1995)は、海中林(コンブ、ホンダワラ類の大型海藻群落)の衰退あるいは形成阻害要因を、自然環境下での生態学的要因と人為的要因に整理しています(表1)。海洋汚染に代表される人為的要因は、海中林のみならず無節サンゴモも含めた沿岸生物すべてに生存の限界をこえた条件を偶然的、不可逆的にもたらすのに対して、生態学的要因によって海中林構成海藻の個体数が著しく減少し、磯焼け

* 低潮線以深40m位までのところ。

表1. 海中林の衰退、形成阻害要因

I. 生態学的要因	II. 人為的要因
1. 無機環境の変動	1. 過剰な収穫
1) 海況変動(水温、栄養塩、波動)	2. 海水汚濁による透明度の減少
2) 一時的な環境変化(津波、火山爆発、洪水による大量の淡水流入など)	3. 浮遊懸濁物、漂砂、土砂の影響
2. 生物の影響	4. 鉱山、工場廃水
1) 植食動物の摂食圧	5. 石油など油脂
2) サンゴモの他海藻に対する着生阻害	6. 界面活性剤(?)
	7. 農薬(?)

谷口ら、1995より引用

け地帯が拡大する場合と明らかに異なり、講ずる対策も異なったものになります。したがって、生態学的要因によるサンゴモ地帯の拡大を“磯焼け”と呼ぶのであれば、人為的要因による場合は“磯荒れ”と呼び、生態学的要因による現象と明確に区別する必要があることを指摘しています。ただし、“過剰な収穫”は資源管理という生態学を基礎とした技術によって克服できるので、人為的要因からは除かれると説明しています。

北海道南西部沿岸の磯焼けは生態学的要因で発生し、持続していることについて、これまでの研究成果から考察してみました。

2. 磯焼けの発生原因

「北海道南部および東北地方の日本海沿岸の漁業振興に関する検討会」(1983)は、本道日本海南西部沿岸の磯焼けを発生と持続原因に分け、発生原因は海域の貧栄養であることを述べています。松山(1991)は磯焼けが貧栄養に起因して発生したならば、ホソメコンブなど海藻類が栄養を必要とする時期は、成長し始める1月以降から最も大きな群落を形成する6月頃までであること。また、後述するウニの食害による海藻群落のダメージは12月から4月頃までの群落形成期に大きいことから、いずれも冬季間の海洋条件が重要であると考えました。そして、寿都測候所の1908年から1989年までの1～3月の水温観測資料を調べ、磯焼けが顕著に発生していなかったと想定される1953年以前は発生後の1954年以降よりも対馬暖流の影響が弱く、水温が低かったことを明らかにしました。冬季間の水温が低いことは鉛直混合により豊富な栄養がもたらされ(大谷、八田:1992)、コンブの成長にとっては好条件であり(北水研:1995)、また、ウニ類の摂食活動も低下します(町口:1994)。後志支庁管内で漁獲が天然資源に依存し

ていた(養殖コンブ生産の低い)1948年から1973年までのホソメコンブの漁獲量と1～3月の表面水温5℃未満の日数の割合には、正の相関があることが示されています(松山:1991)。

さらに、平成4年から6年に実施された水産庁の特別研究「磯焼けの発生機構の解明と予測技術の開発」の中で、北水研は後志管内のホソメコンブ漁獲量と沿岸水温の関係を解析し、冬～春季(3～5月)の漁場の低(高)水温がその年の高い(低い)漁獲量をもたらすことを明らかにしました。また、当年の3～5月の水温に対して、対馬暖流の流量の指標となる前年9～11月の日本海沿岸下関-浜田の水位差と当年1～3月の冬季季節風の強さを知ることにより、3～5月の沿岸水温が予測可能となり、この沿岸水温と前年の漁獲量から当年の漁獲量の予測が可能であることを明らかにしました。

すなわち、磯焼けの発生は対馬暖流の勢力の増大と冬季の季節風の弱化に起因する冬～春の高水温によりもたらされたと理解されます。

3. 持続原因

それでは、このような海洋条件下でなぜ磯焼けが現在まで長期間にわたって持続しているのでしょうか。この原因については二つの要因があげられています。一つは、磯焼け地帯を覆う無節サンゴモの海藻類に対する着生阻害作用です。もう一つは磯焼け地帯に高密度に生息するキタムラサキウニを中心とするウニ類の海藻に対する食害です。

無節サンゴモは生長にともなって表層の外側の古い細胞を剥離^{はく}し、他の海藻の着生を阻害するため、磯焼けを持続させる、とする説があります(正置ほか:1984)。しかし、海藻群落が維持されている海域でも、その下には無節サンゴモが普遍的に存在しており、磯焼けの持続にとってこの

作用は重要ではないと考えられています。

無節サンゴモの中で優占するエゾイシゴロモの光合成が最も盛んに行われる温度(光合成の温度特性)に対して、コンブ類のそれは5℃以上も低温側にあります(谷口：1994)。このため、コンブ類は10月から4月頃までの発芽期から生長期にかけて温暖な年には相対的に着生が著しく低下しますが、寒冷な年には大量に着生できます。磯焼けが長期間にわたって持続していた本道南西部日本海沿岸において、異常冷水年であった1984年と1985年には磯焼け地帯に大量のホソメコンブが生育した(北海道：1985)ことや、東北地方沿岸でも同じく光合成の温度特性値がエゾイシゴロモより1℃程度低温側にあるコンブ科褐藻アラメもエゾイシゴロモ上での発芽率は寒冷な年には高まり、温暖な年には低下する(たとえば谷口：1986)ことがこのことを裏付けています。また、海中林を構成する海藻の光合成速度(光合成の活性の目安)は無節サンゴモより著しく高く(谷口：1995)、無節サンゴモの着生阻害作用は低水温ほど低下し、水温5℃では顕著に生じないことが明らかにされています(富山県水試：1995)。

名畑(1992)は大成町沿岸において底生生物調査と基質投入による海藻群落形成過程を追跡調査した結果、この地区の磯焼けは海藻に対するキタムラサキウニの過度の摂食圧によって持続していると報告しています。また、海底は磯焼け状態にあるにもかかわらず海中に懸垂したロープにはコンブが密生し、さらにマコンブ養殖も行われています。このことは、栄養塩が直接の原因でないともいえますが、磯焼け地帯の海底に移殖したホソメコンブにはウニがい集して摂食してしまうこと(藤田：1987)や、植食動物の少ない砂地に投石した場所ではホソメコンブやワカメが毎年密生し、植食動物の侵入とともにその群落が衰退すること

(藤田：未発表)。さらに、先に述べた磯焼けの特別研究の中で、無節サンゴモが覆った岩石を流水中に放置するとその上に海藻が繁茂しますが、植食動物を共存させると海藻の生育が顕著に妨げられることが報告されています(富山県水試：1995)。植食動物の共存しない条件で海藻類が生育することは、前述したサンゴモの着生阻害作用が大きくないことを示しています。サンゴモも植食動物によって摂食されますが、炭酸カルシウムを多量に含み、海底に強固に固着し、再生力が強いために、植食動物の摂食に対する耐性が強い特質を持っています(藤田：1992)。一方、磯焼け地帯にキタムラサキウニが高密度に生息するのは、サンゴモが生産するジプロモメタンという揮発物質が、キタムラサキウニ幼生の着底、変態を強く誘起するためであることが明らかにされています(谷口：1994)。したがって、サンゴモがジプロモメタンを常時多量に生産してウニをい集させる事実は、ウニによる高い摂食圧を持続させて、後から入植する海藻の侵入を妨害することによって磯焼け(サンゴモ地帯)を持続させるサンゴモ自体の生存戦略と考えられています(谷口：1994)。寿都町の1908～1992年の1～3月の沿岸海面水温は、1947年以前の平均が4.69℃、1948年以降の平均が5.38℃であり、1948年以降が有意に高く(大谷、大西：1995)、ウニの摂食活動が活発化していると思われます。さらに、近年、本道日本海南西部沿岸ではキタムラサキウニ稚仔の加入が継続している(吾妻：1995)ことから、1984年と1985年のような異常冷水年には、コンブが大量に繁茂しますが、概してウニの高い摂食圧(食害)が持続していると判断されます。

4. ウニ除去による海藻群落造成と除去ウニの有効利用

磯焼け地帯でウニを除去し、海藻群落の形成を促進させることは、世界各地あるいは我が国においても宮城、青森および長崎県で実施されてきました(菊地:1978、沢田ほか:1981、四井・前迫:1993)。

北海道でも日本海泊村沿岸の磯焼け地帯で冬前にウニの除去実験を行い、その結果ウニ除去区のみにはエゾヒトエグサとホソメコンブの混成群落が形成され、群落形成の足がかりが得られました(名畑:1989)。さらに、平成2～5年度にかけて、中央水試は後志南部地区水産技術普及指導所の協力を得て、磯焼け地帯で漁業生産の増大を図ることを目的に、水産庁委託事業「磯焼け漁場有効利用技術開発調査」に取り組んできました。この事業は磯焼けが持続している要因を、高密度に生息するキタムラサキウニを中心とするウニ類の海藻に対する食害であるとの仮説のもとに実施されました。事業は二つの柱で構成されています。一つは、磯焼け地帯でウニを除去することにより、海藻群落の造成を図ることです。もう一つは、除去した身入りの悪いウニを、養殖場あるいは船入り澗に集約し、給餌して身入りを促進し、生産に結びつけることです。

ウニ除去試験を実施した場所は寿都湾の湾口部に位置する矢追地区の入り江(70×80m、水深1～6m)と湾奥部の六条地区(30×50m、水深1.5～5m)です。1991年10月に両実験区内に生息するウニ類を除去し、密度を0.03個体/m²以下に低下させました。以後1993年7月まで1～3月を除く各月に周辺から侵入するウニ類の除去を継続しました。この結果、両実験区では海藻群落が形成され、その最高現存量は矢追実験区では3.4kg/m²、六条実験区では4.3kg/m²に達しました。また、ウニ除去後実験区に入植する春の海藻類の現存量や種組成には、年によって変動がありました。さらに、矢追実験区では、除去後2年目の1992年

の春～夏にかけて大型多年生褐藻のフシスジモクが大きな群落を形成し、その後安定した群落で推移しました(図1)。一方、六条実験区では多年生海藻への移り変わりがみられず、同時期には小型1年生緑藻アナアオサが優占しました(図2)。一般的に、海藻類は小型から大型へ、短命から長命な海藻へ移り変わっていきます。これを、遷移と呼びます。外洋に面した矢追実験区で大型多年生

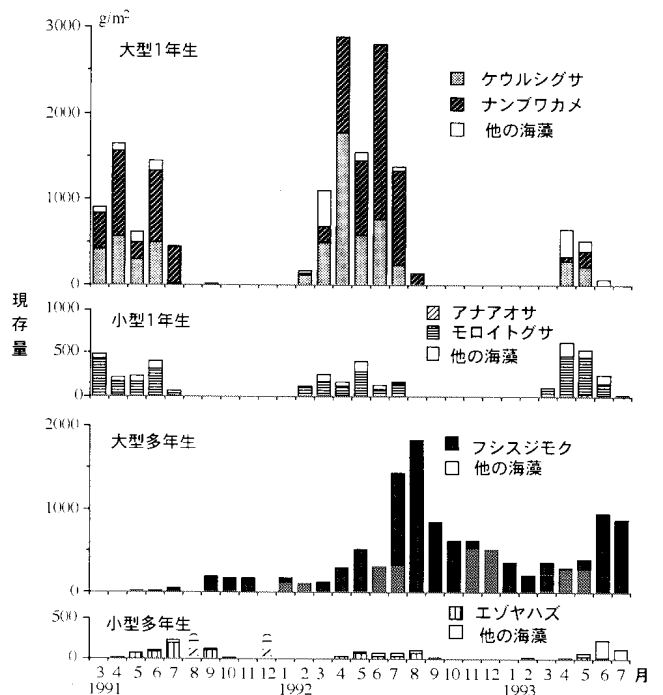


図1 矢追実験区における生活形別海藻現存量の推移

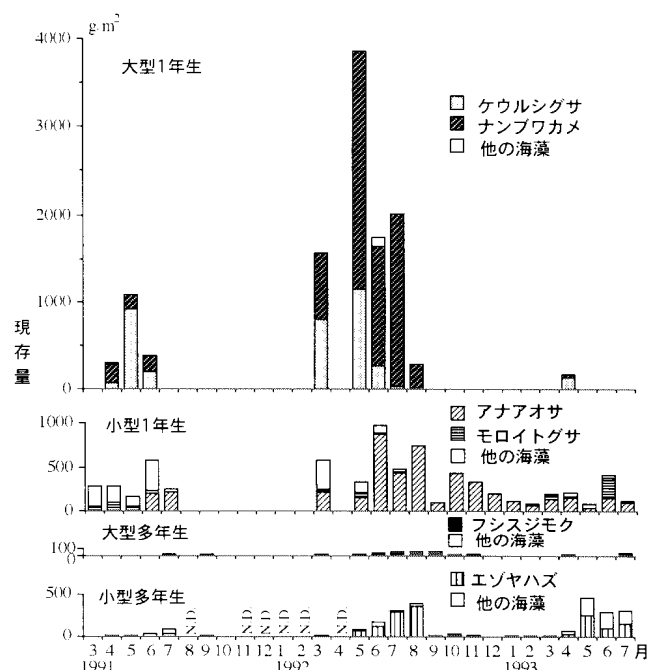


図2 六条実験区における生活形別海藻現存量の推移

海藻フシスジモクへと群落に移り変わっていったのは遷移の結果であると判断されます。また、六条実験区で小型1年生海藻アナアオサが優占したことは、ここが漂砂の影響や近隣の朱太川からの淡水の影響を受けることなどから、大型多年生海藻への遷移が妨害されたものと考えられます。

一般的に本道日本海南西部沿岸では、石材やブロックを投入すると投入初期の春季にはホソメコンブが大量に生育します。コンブ類は大量の胞子を有し、基質を投入すると初期に大量に入植します。寿都でのウニ除去実験で、ホソメコンブの入植量が極めて少なかったのは、実験区周辺においても本種の生育が極めて少なかったことから、母藻（胞子量）が不足していたことが考えられます。それに加えて、過去に比べ温暖化した海洋環境の中で、より温暖域での生育に適したフシスジモクへの遷移を助長したものと考えられます。

磯焼け地帯でウニを除去することにより海藻群落造成されたこの実験結果は、この地区の磯焼けはウニの摂食圧により持続していたことを実証したものです。同様な実験は日本海北部の利尻でも実施され、ここではリシリコンブを中心とする群落形成されています（門間：1993）。さらに、その後、この手法は新日本海漁業振興特別対策事業（道単事業）の中で日本海沿岸5地区で実施さ

れ、海藻群落が形成された結果が現在集められています。

5. 今後の磯焼け対策と研究

今まで述べてきたように、磯焼けは発生と持続原因に分けられ、発生を阻止することは今の技術では不可能ですが、持続は阻止できます。したがって、磯焼けの対策は持続要因すなわちウニ類の食害を排除することから始まり、磯焼け地帯で海藻群落を造成し、造成した群落はエゾバフンウニ人工種苗の放流場所あるいは未利用のキタムラサキウニの移殖場として活用します。また、除去したウニは入り江や造成した養殖場に集約的に収容し、給餌することにより成長と身入り、品質を向上させる一連の漁業生産システムとして経済的に成立させ、漁業者自らの所得向上を実現することです。一方、北海道水試の研究課題としては磯焼けの発生に関わる基礎研究と持続要因の排除、すなわち対策に関する基礎および応用研究に取り組むことです（図3）。

1) 発生原因に関する研究

本道日本海沿岸において、長期にわたる海藻群落の監視調査は今まで実施されていなかったために、いつから藻場が衰退あるいは拡大したかについては、聞き取り以外情報収集の手段はありません

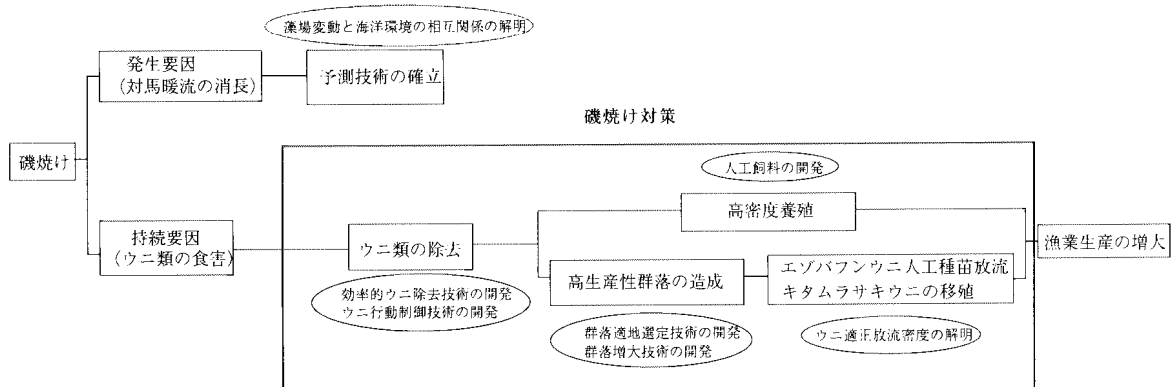


図3 磯焼け対策と研究方向

んでした。今後、先に述べた磯焼け特別研究で得られたホソメコンブの漁獲量と冬～春の漁場の水温の相互関係の解析結果をもとに、長期にわたる藻場を構成する海藻類現存量の年変動と海洋環境との相互関係をウニ個体群の数量変動を含めて解明し、どのような海洋条件の時に藻場が拡大、縮小するかを実際の磯焼けの現場で検証し、翌年の海藻繁茂の正確な予測情報を浜へ提供できるようにしていかなければなりません。

2) 持続要因に関する研究

先に述べたように、形成された群落はその年の海洋条件と生物および無機環境条件に左右され、その遷移過程は海域により、また同一海域でも場所によって異なります。形成された群落はウニ類の移殖場所あるいは魚類の卵・稚仔保育場として活用し、漁業生産の向上に資するのが前提です。したがってウニ類に対して餌料価値が高く、かつ大きな現存量を有するコンブ群落が永続的に維持されることが最も望ましいことになります。

ウニ除去によって多年生大型海藻フシスジモクの優占群落形成された寿都町矢追実験区には、1993年4月に殻径15mmのエゾバフンウニ人工種苗3万個体を放流しました。放流後2年2カ月を経過した1995年6月に漁獲調査を実施した結果、高い回収率が得られています。フシスジモクは温暖域に生活するのに適した種であり、現在の温暖化した海洋条件下でウニ除去により、本種を含めたホンダワラ群落を造成できる可能性があります。ウニ除去により群落を造成するためには事前にウニ除去区の生物学的、物理的環境条件を把握し、群落造成の適地、適種を解明する研究が必要です。さらに、現存量が多く、かつ安定した群落を造成するためには人工種苗の導入など、積極的な増殖手法を取り入れていかなければなりません。

一方、ウニ除去により形成された群落を有効に

活用し、漁業生産に結びつけるために、群落が維持できるウニ放流適正密度を解明し、群落を有効に活用する運営システムを図っていかなければなりません。

また、ウニの除去あるいは除去後に周辺から除去区内へ侵入するウニを除去する作業は現在潜水で行われているので、経費がかかりすぎます。このことが、磯焼け地帯における群落造成を各浜ですぐに実践、波及できない大きな障害となっています。したがって、群落造成を経済的に成立させるために、潜水以外の手法による効率的なウニ除去法およびウニの行動を制御する侵入防止技術の開発が望まれています。このためには、ウニの行動に関する基礎研究が不可欠です。

除去したウニは入り江あるいは船入り^き瀬などの静穏域に40個体/m²の高密度下で収容し、冬季間は身入りの発達に有効な魚肉、春季以降は養殖コンブを給餌することにより生殖巣の発達と品質の向上が図られることが明らかになっています(北海道:1994)。しかし、高密度下のウニの身入りにはばらつきが大きいことや、餌をコンブに移行しても魚肉給餌特有の身の臭み、苦み、色など品質が完全に改善されない場合があります。そこで、身入りが増大し、品質も良好で、さらに高密度下のウニが均一に摂餌できる形状を有した安価な人工飼料の開発が必要です。

これらの課題を克服するために、北海道水試は平成7年度から磯焼けプロジェクト研究を開始しました。この研究を成功させるためには、研究の人員体制や予算措置はもちろんのこと、水産技術普及指導所の協力と磯焼けの研究に携わっている大学、水研、他の県水試間の有機的な連携が不可欠であることはいうまでもありません。

(あがつま ゆきお 中央水試
資源増殖部 報文番号 B2086)

ウッズホールの7カ月

----- 長期海外研究報告 -----

斉藤 節雄

キーワード： MBL、トランスジェニック魚、不凍化蛋白質 (AFP)、成長ホルモン (GH)、インシュリン様成長因子 (IGF)、PCR、プライマー、ベクター、インターネット

はじめに

私は長期海外研究の派遣研究員として、米国マサチューセッツ州のウッズホールにある海洋生物学研究所 (Marine Biological Laboratory: MBL) において、平成6年9月から平成7年3月までの約7カ月間に渡り、研究を行う機会を与えられました。私と女房と二人の息子達の計4名が、初めてのアメリカ生活の期待と不安に胸膨らませて余市を出発したのが、ついきのうの事のように思えるくらい、あっという間の7カ月間でした。

多くの人々に助けられながら、仕事だけでなく生活面においても貴重な経験をさせていただきました。

MBLの紹介

MBLは今から100年以上前に、マサチューセッツ

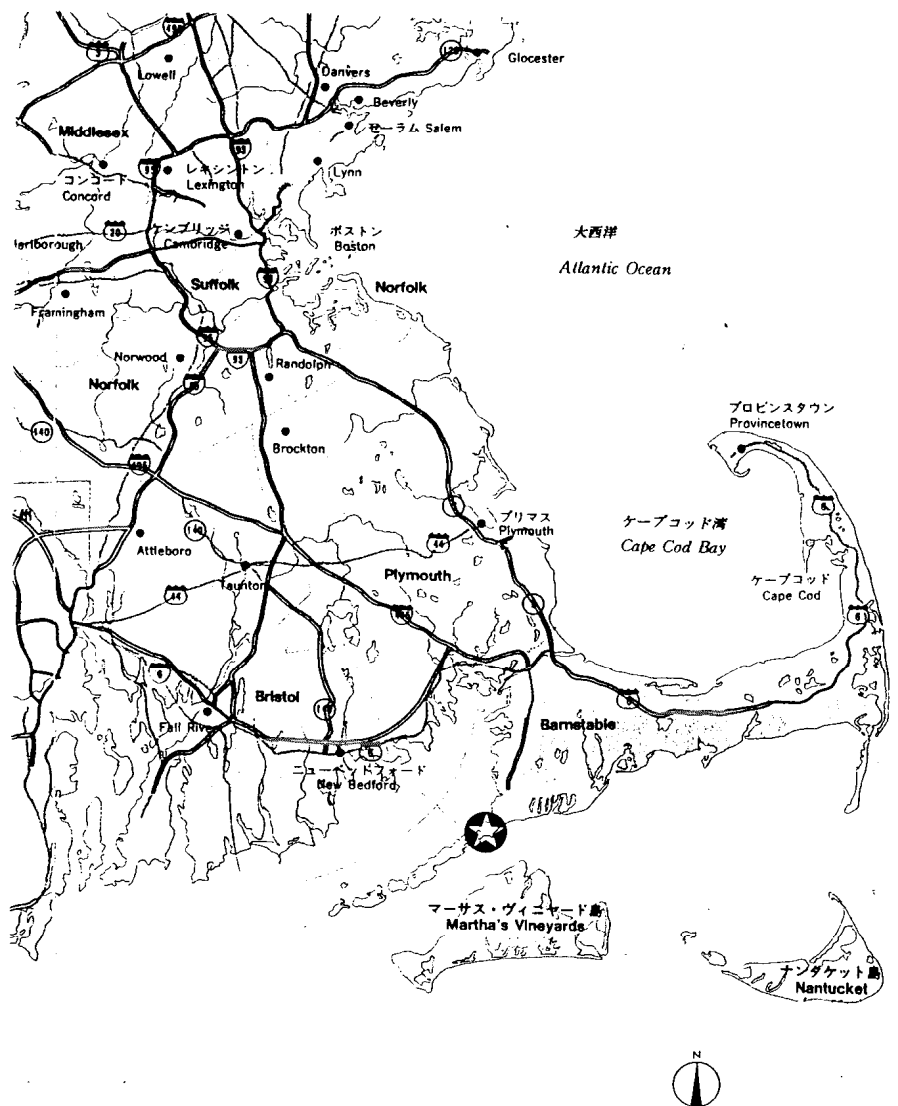


図1 マサチューセッツ州の東海岸
☆印がウッズホールの所在地です。

州ケープコッドの西の端にあるウッズホールに設立された、非営利的な生物学研究所です。生物学だけでなく、医学的見地からも様々な種類の海の生物を材料にして、精力的に研究が行われています。これまでにノーベル賞受賞者を多数輩出し、また、ボストンに近いこともあってハーバード大学、マサチューセッツ工科大学、ボストン大学等

と学生や先生の交流も盛んです。MBLが最もにぎやかになるのは夏期の6月から8月までです。この時期には世界中の有名な大学や研究所から多数(数百人)の研究者が訪れ、長期間滞在して研究が行われます。MBLにはアパートメントのほかに、コテージも多数在り、毎日朝夕送迎バスが運行されています。我々一家も夏から訪問したかったのですが、申し込みが遅かったためシーズンが終わった9月からの滞在となりました。夏以外の時期にも一年を通した研究テーマとして、細胞生物学、発生生物学、神経生物学、知覚生物学、生態学、さらに分子進化学があります。私がお世話になった研究室のボスのクジイリアン博士は、Sea Slug(海に住んでいるナメクジのような生き物)を材料に神経生物学の権威であり、MBLにおける指導的科学者の一人です。

トランスジェニック魚の作出

私のMBLにおける研究テーマは、遺伝子操作によって、低水温下でも成長する海産魚を作出すること。特にヒラメ・カレイ類を対象にして、外来遺伝子を受精卵に導入し、遺伝子転換魚(トランスジェニック魚)を作出することでした。具体的には最初に、導入する遺伝子のクローニング(DNA塩基配列の決定)をしなければなりません。ヒラメの成長ホルモン遺伝子は、DNAデータバンクからの検索の結果cDNAの塩基配列が既に決定されておりましたので、プライマーをデザインして、PCR法によりヒラメ及び現地に生息しているカレイの一種の、ウインター=フラウンダーの成長ホルモン遺伝子をクローニングしました。ここでPCR法について簡単に解説したいと思います。Polymerase-Chain-Reactionの頭文字をとってPCRと略します。これはDNAポリメラーゼという酵素を用いて、DNA

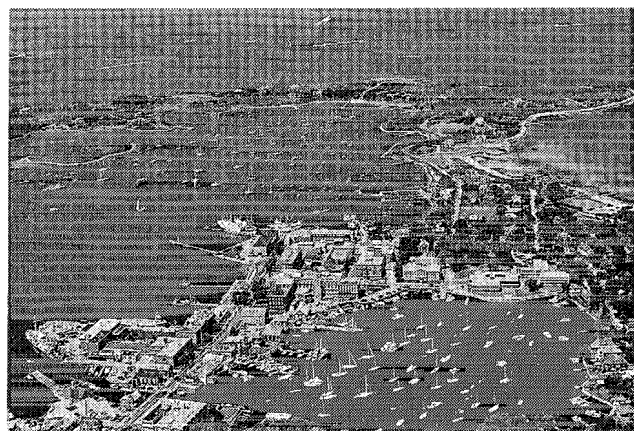


図2 MBLの全景とその周辺。中央の建物群がMBLです。裏手がヨットハーバーになっています。

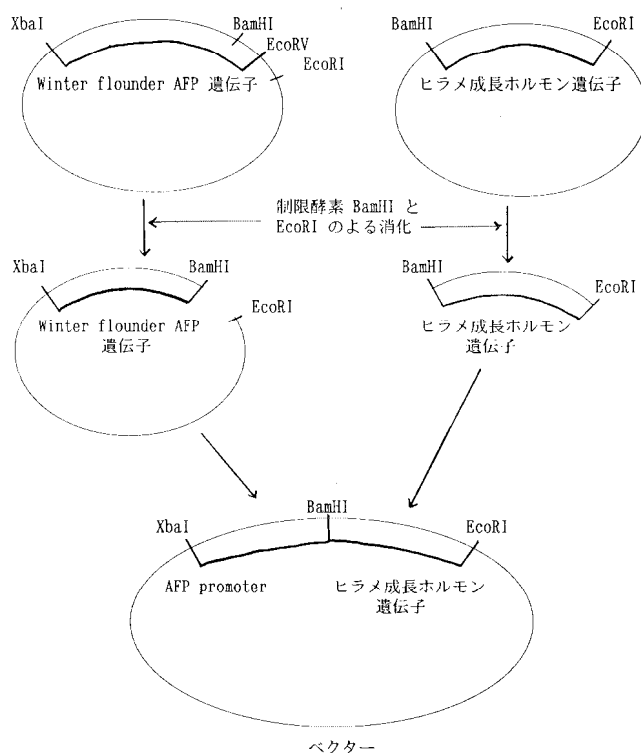


図3 ウインター=フラウンダーAFPプロモーターと、ヒラメ成長ホルモン遺伝子を連結したベクターの構築。

の任意の部分を試験管内で増殖させる反応のことです。この時プライマーという、極短いDNA鎖をcDNAの塩基配列を参考にして、デザインして人工的に合成します。このプライマーと同じ塩基配列を両端に持つDNA鎖が、PCRにより合成されます。この反応により数時間のうちに、目的とするDNAを100万倍にも増やすことが出来ます。現在この方法は、様々な研究分野に応用されています。マツカワのウイルス病なども、この方法で保菌魚の検査が行われています。

成長ホルモンのほかにインシュリン様成長因子(IGF)についても、同様の方法で一部分クローニング出来ました。IGFもGHと同様に、魚の成長に大きく影響する物質です。ところでウインター=フラウンダーは不凍化蛋白質(AFP)遺伝子をもっています。これは海水温が0℃以下に下がっても、体液が凍るのを阻害する作用を持つ蛋白質です。ウインター=フラウンダーの場合、水温が5℃位に低下すると、この遺伝子が働きだして蛋白質を合成するようになります。この遺伝子のプロモーターにヒラメの成長ホルモン遺伝子を連結したベクターを構築し、それを受精卵に導入します。成

功すれば、水温が下がっても成長ホルモンが作られて成長する魚が出来上がります。AFP遺伝子のプロモーターは、この場合いわば温度センサーのようなもので、水温が低下すると成長ホルモンを合成するようになります。ベクターは、遺伝子工学の組み替えDNA実験において、DNAの運び屋として用いられるものです。組み替えDNA実験の成否の鍵を握っている重要なものです。最近北海道大学医学部で行われた「遺伝子治療」がマスコミにぎわしておりますが、ここでもベクターが重要な働きをしております。わざわざ、アメリカの研究所から送られて来たベクターを使用していた様です。

MRCについて

MBLには1992年に新築されたMRC(Marine Resources Center)という海洋生物の飼育施設が在ります。MRCの前浜からポンプアップした新鮮海水の他に、硝化細菌とオゾン滅菌による水処理で、使用海水の90%以上を賄う循環濾過システムを採用していました。ウインター=フラウンダーを始めとす

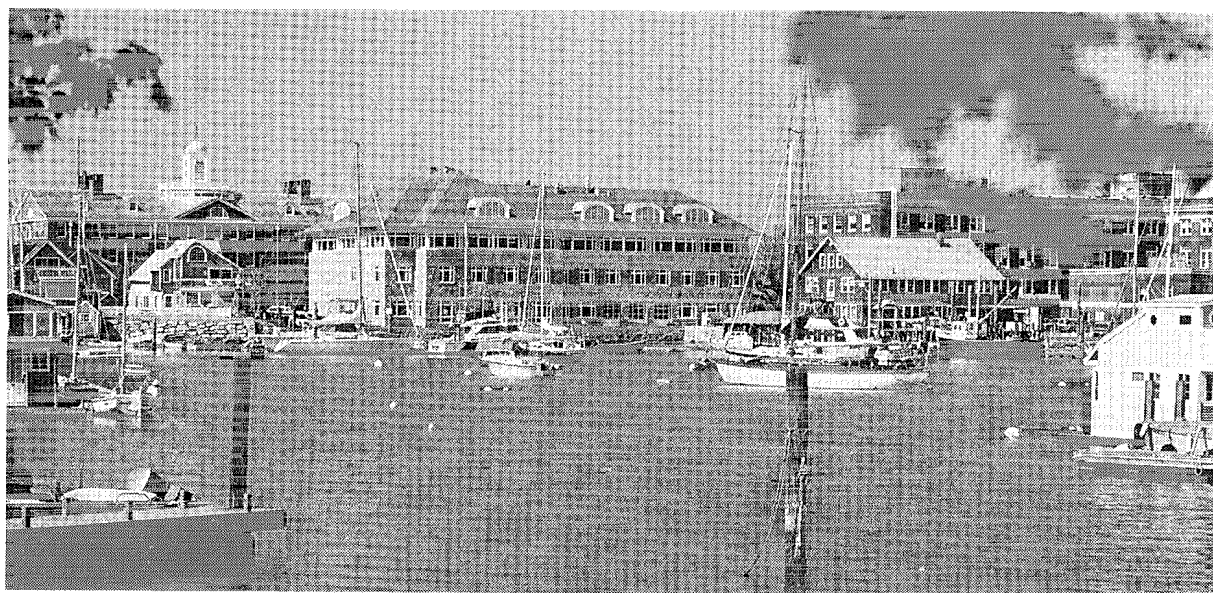


図4 MRCの遠景。中央3階建ての建物。3階が実験室で、1階と2階で生物が飼育されています。

る海産魚類のほかに、サメ・エイ類、貝類、エビカニ、そしてカブトガニなども研究材料として飼育されていました。MRCには専属の職員がいて、施設の維持管理だけでなく、生き物の飼育管理も行ってくれます。また必要な実験材料も海へ行ってサンプリングしてきてくれます。飼育作業は土曜日、日曜日など休日でも誰かが出勤して行ってくれますので、サイエンティストが実験に集中出来るシステムは素晴らしいの一言につきます。道の水試や栽培センターでは考えられないことかも知れません。ちなみにMBLやMRCには正規の職員の他に、ボランティアで働きに来てくれる人々が大勢いました。一方、MBLに研究費を寄付して下さるスポンサーの方々が、時々研究所を見学に来ていました。サイエンティストに対する尊敬が、彼らから感じ取れました。この点、基礎研究に対する理解の違い、あるいは文化の違いを垣間見た思いがしました。

MBLのポリシー

MBLには巨大な図書館があり、一年中24時間自由に利用できました。しかし、今年の1月に盗難事件が発生し、開所以来の伝統を変更せざるをえない状況になってしまいました。各研究室にあるコンピュータからは、直接図書館の文献検索が可能です。蔵書の数もさることながら学術雑誌の種類の豊富さにも驚きました。生物学はもとより、医学関係のものがたくさんあって、分子生物学的研究を行う上で非常に参考になりました。しかし文献のコピーにはプリペイドカードが必要ですし、売店にある文房具類や実験用試薬など消耗品もすべて有料です。私の請求番号はSA137でしたので、この番号をサインするだけでコピーサービス、消耗品、郵便料金、宿泊代等すべて支払いは後ほどクレジットカードでという仕組みでした。MBLの利用は基本的に有料で、研究室から備品の使用、消耗品の購入等すべて利用者の自己負担が原則です。しかし研究室のボスの好意で、日常的に使用して



図5 研究室と図書館のあるリリー=ビルディングの正面。雪の降った日に撮影しました。

いるゴム手袋、パラフィルム、遠心チューブ等の消耗品等はその都度自由に使わせてもらいました。

MBLにおける勤務時間は一応午前8時30分から午後5時30分までとしました。土曜日、日曜日は休日となっていますが、研究室及び図書館は開いているので、いつでも実験研究が行えました。PCRマシン、トランスイルミネーター、分光光度計等は他の研究室の人々と共同で使用するため、まれにかち合って待たされることも在りましたが、さほど混雑せずに使わせてもらいました。私は元来文献のコピーを取るのが大好きで、検索した文献は片端からすべてコピーしなければ気が済みませんでした。しかし、万事有料のMBLではそうもいかなのが悩みの種でした。MBLにはメール=ルームがあって、郵便の発送、受け取りを行ってくれます。また届いたファクシミリも封筒に入れて個人のメール=ボックス、またはイニシャルごとに別れた郵便受けに入れておいてくれます。郵便を探しに毎

朝メール=ルームへ行くのが、習慣に成ってしまいました。

MBLにはヒューマン=リソーシイズ=センター (Human Resources Center: HRC) という名前の、一種の人事課のような部署があり、そこでは私のように、よそからMBLに来て研究している人を、強制的に保険に加入させていました。私は日本国内であらかじめ、民間の大手保険会社の海外旅行傷害保険に加入していました。したがって、アメリカ国内の保険に改めて入る必要は、ありませんでした。MBLで要求していた保険の内訳の中には、病院にかかった時だけでなく、日本への強制送還の費用も含まれていました。

クジリアン博士以下研究室の面々は、大変親切な方々でした。特にインド出身のチカルマネ博士は、微生物学や分子生物学が御専門ということもあって、私と一緒に実験を行ってくれると共に、生活面においても色々と力になってくれました。

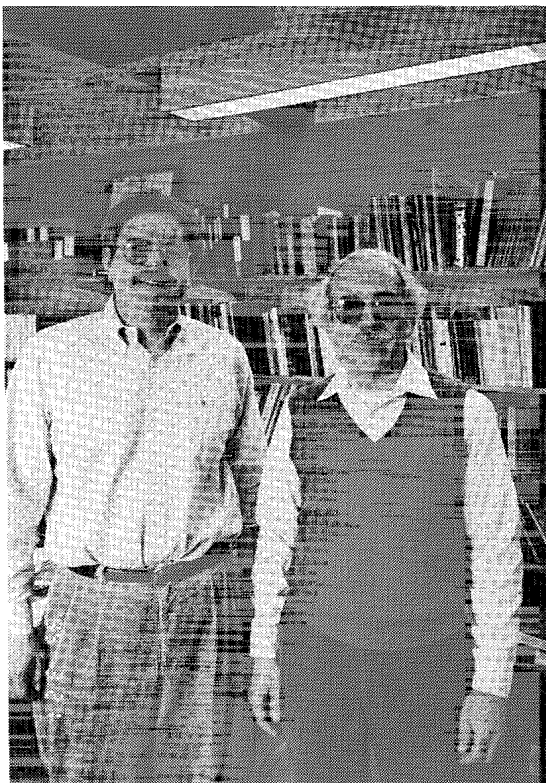


図6 MBLの所長（向かって左側）のジョン=ブリス博士と、研究室のボス、アラン=クジリアン博士



図7 研究室のスナップ。昼食後の休憩時間。向かって右からクジリアン博士、アビラ博士、チカルマネ博士そして著者。

MBLに行ってもなく自動車を購入しましたが、クジリアン博士の紹介して下さったガレージに同行して、車の購入、陸運局への登録、保険、AAA(アメリカ自動車協会)への入会と、いろいろと面倒なことにも付き合ってくれて本当に助かりました。

ウッズホールにはMBLの他にウッズホール海洋学研究所(WHOI)、国立海洋漁業局(NOAA)、米国地質調査局(USGS)、国立科学アカデミーコンファレンス、海洋教育協会(SEA)等の研究所が隣接しており、

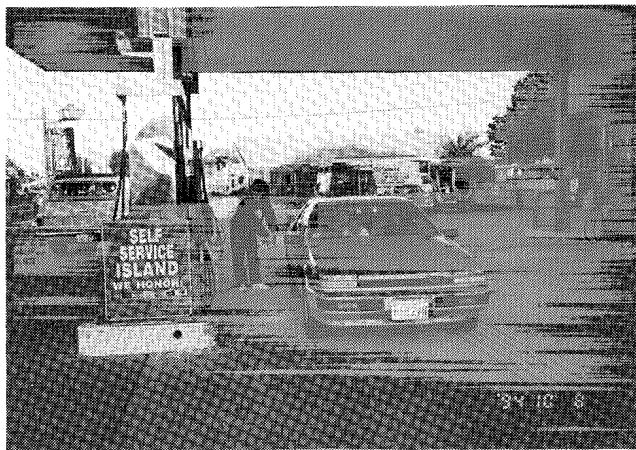


図8 現地で購入したマイカー（日本製）に給油しているところです。



図9 長男のクラスメートと教室で。お別れパーティーの集合写真です。中央一番背の高い方が、担任のジョンソン先生です。

一種の学園都市（村と言うべき？）を形成しておりました。また、高級リゾートとして有名なマサス・ビニヤード島へのフェリー=ターミナルも近くにあるため観光客も多く、MBLやWHOIには土産物店もありました。夏休みには、クリントン大統領もこの島に遊びに来るそうです。

ミューレン=ホール小学校

米国では9月から、新学期が始まります。私の長男は昨年4月余市に来て、すぐ小学一年生に入学しました。そこで、9月からは、ウッズホールから約7 kmくらい離れたファルマス町にあるミューレン=ホール小学校に入学させてもらいました。二男はまだ幼稚園の年中組でしたがミューレン=ホールには幼稚園があり、幼稚園児から小学4年生までが同じ校舎で勉強していました。ミューレン=ホールはファルマス町のメインストリートに面した、生徒数約500人の公立の小学校でした。生徒の登下校は、黄色いスクール=バスが使われ、ウッズホールの様になりに学校から離れた所からも、生徒が来ていました。



図10 二男のクラスです。写真中央で二男を抱えている女性が、マッキントッシュ先生です。

息子達が通った小学校や幼稚園にも大勢のボランティアが来て、学校の運営を支援していました。遠足に自動車を利用する際など、都合の付く父母や祖父母も気楽に参加していました。現地のハイ=スクールに通っている日本人の男の子が、ボランティアとして週に1時間くらいではありましたが、ミューレン=ホールに来て、長男の勉強の面倒を見て下さいました。彼は、ウッズホールの小学校を卒業し、中学生の時一時札幌の中学校で学んだ経験があり、日本語が得意でした。将来は、ハーバード大学かマサチューセッツ工科大学を目指している優秀な生徒さんでした。長男は、彼のことが大好きで、彼が学校に来てくれるのを心待ちにしていました。

私の長男は、新学期に1年生に入学させてもらいましたが、日本にいるときあえて英語を教えませんでした。したがって、最初ほとんど授業が理解出来ない様子でしたが、先生やクラスメートの見よう見まねで、一月もたつと先生の物まねをするくらいに英語が理解できるようになりました。

その後クラスメートから、次々とバースデイ=パーティーに招待されたりして、友達がたくさん出来ました。下の息子も友達が出来て、スクール=バスの中や幼稚園で楽しくやっておりました。担任のマッキントッシュ先生は、とても優しく思いやりのある方なので、息子も慕っておりました。

小学校の一年生から、コンピュータを使った教育が行われていました。アップル社のコンピュータが主流でした。一年生ではまだお絵かき程度でしたが、コンピュータに早いうちから慣れ親しむ環境にありました。

シャイマー家の人々

息子達が入学したミューレン=ホール小学校には、10年間日本で生活した後、昨年8月に日本からウッズホールへ引っ越してきた米国人一家の男の子がいました。彼のお父さんは、日本での生活が長かったため日本人と変わらないくらい日本語が上手でした。奥さんはもともとファルマスの出身でし



図11 シャイマー家の人々と、ボート遊びに行く息子達。中央の女性が奥さんです。

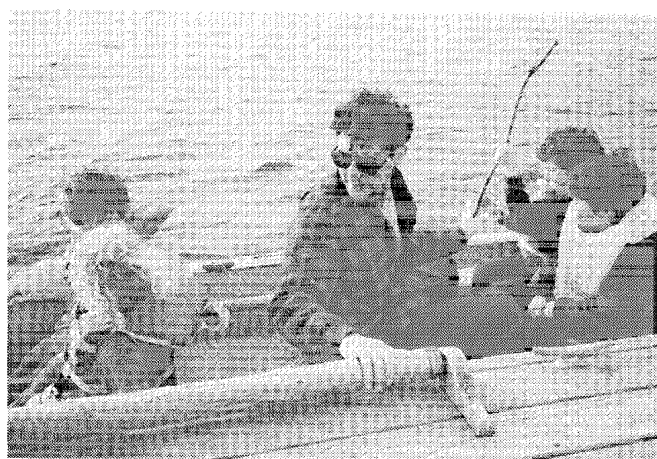


図12 シャイマー氏とその子ども達と私の二人の息子達。ボートで湾内の小島まで遊びに行くところです。

た。エリオット=シャイマー君は、長男と別のクラスでしたが、毎朝同じ所からスクール=バスに乗って登校していました。ご両親ともに日本語が上手なので学校のことや、生活面のことも色々アドバイスして下さい、大変助かりました。家がMBLのアパートの近くということもあって、息子達は元より妻と私も数回お宅を訪問させていただいたり、一緒にハイキングや小旅行を楽しんだりしました。

電子メール

ウッズホールはボストンから車で約1時間半と近いせいもあり、また、米国内はフェデラル=エクスプレスという猛烈に速い宅急便がありますので、試薬や生物試料等凍結あるいは生鮮試料の輸送には非常に恵まれた所だの思いました。MBLにはすばらしい図書館があり、文献の豊富さはもとより、検索も容易であり、コンピュータネットワークにより各研究室から直接、必要な情報を米国内の文献バンクから引き出せるシステムは素晴らしいと思います。そして電子メール（インターネット）により、極めて低料金で世界中の研究者と日常的に情報交換出来るのは、まさに驚きでした。道の水試にも導入されることを、強く希望します。

着任当初、MBLの組織機構図を特別に作成してもらいましたが、本来この様なものがないくらい研究は個人まかせであり、個々の自主性に委ねられています。とはいえ皆さん、非常に精力的に仕事されています。夜遅くまで、あるいは休日返上も時々ありました。

研究の方はチカルマネ博士の助けもあって、比較的順調に進み、受精卵への導入実験まで何とか進める事が出来ました。しかし、導入した遺伝子の発現の確認までは、滞在期間の関係で残念ながら

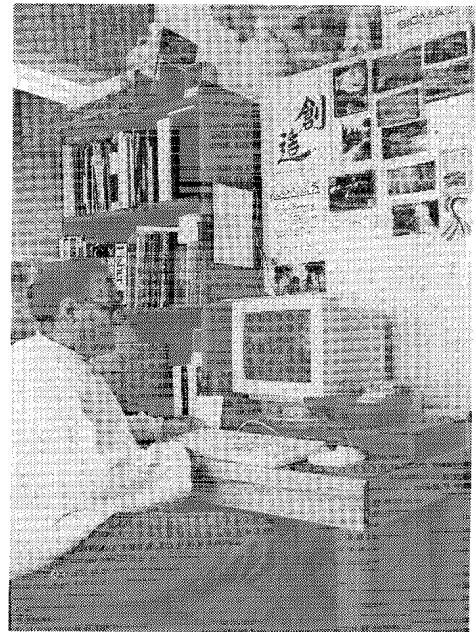


図13 インターネットを使って交信中のチカルマネ博士。彼の日課です。

ら出来ませんでした。それでもベクターを日本へ持ち帰ることが出来たので、これを用いて今後も遺伝子操作による新品種作出試験を続けたいと思います。

おわりに

本長期海外研究は、1992年本道とマサチューセッツ州が姉妹州の協定を結んだ関係で、本道からは北方圏センター(Northern Regions Center : NRC)が、マサチューセッツ州からは Biotechnology Center of Excellence Corporation (BCEC) がそれぞれ世話役を行ってくれました。したがって、私がMBLへ行くことになったのは、両機関のアレンジによるものでした。NRCの佐藤参与はじめ、開発研究部の皆様及びBCECのフェルナンド=ケサダ博士、並びにMBLやWHOIの諸兄、そして何より私を受け入れて下さり生活面でも色々とお世話いただいた研究室のボス、アラン=クジリアン博士始め同室のチカルマネ博士、タムセ博士、アビラ博士らに心からお礼申しあげます。

用語の解説

- 1) トランスジェニック魚---クローン化した遺伝子を受精卵に顕微注射(導入)し、孵化させた魚。遺伝子転換魚とも言う。体内の全ての細胞(生殖細胞を含む)に注入した遺伝子を取り込まれた場合、その遺伝子は子孫に伝わる。また、様々な臓器で発現する。
- 2) 不凍化蛋白質---体液の凝固温度を低下させる作用をもつ蛋白質。この蛋白質の糖残基や疎水基が不凍化作用のもとになる。
- 3) 成長ホルモン---脳下垂体前葉から分泌される蛋白ホルモンの一つで、骨の成長を促し、内臓器官の肥大も促進する。代謝にも影響し、蛋白合成の促進。貯蔵脂肪の移動を盛んにし、筋肉中のグリコーゲン含量を増大させる。
- 4) インシュリン様成長因子---ヒトの血清から分離・精製された物質で各種細胞の増殖を促進する。IGFと略記し、インシュリンに似た活性を示すことからこの名前がついた。IGFは各種の細胞から分泌され、標的細胞の膜表面にある受容体に特異的に結合して成長因子としての作用を表す。
- 5) PCR---ポリメラーゼ=チェイン=リアクション(polymerase-chain-reaction)の略。DNA合成酵素連鎖反応ともいう。DNAの任意の部分ポリメラーゼを用いて増殖させる反応で、これにより数時間で100万倍に増やすことが出来る。ウイルスのDNAを増殖させて、微量のウイルスや細菌などの検出に応用できる。
- 6) ベクター---遺伝子工学の組み替えDNA実験において、DNAの運び屋として用いられるもの。プラスミドやファージなど。1)宿主(細菌)に効率よく感染する。2)マーカー遺伝子(薬剤耐性)により感染の有無を判別できる。3)制限酵素切断部位を持ち、そこに外来遺伝子を結びつける。これらの特徴を持つものが適しており、組み換えDNA実験の成否の鍵を握っている。
- 7) プライマー---DNAポリメラーゼを用いて生体外でDNA合成を行わせるとき、最初に加える鋳型DNAとする少量のDNA。このDNAの塩基配列と同じ塩基配列を持つDNAがポリメラーゼにより合成される。
- 8) プロモーター---RNAポリメラーゼが結合して、転写を開始するDNAの領域。
- 9) インターネット---プロトコル体系の異なるネットワークが相互に接続された大きな計算機ネットワーク。場合によっては、電話やFAXより便利な画期的通信システム。

(さいとう せつお 中央水試
資源増殖部 報文番号 B2087)

加工シリーズ

未利用海藻からのアルギン酸オリゴ糖の生産について

キーワード：スジメ、低温貯蔵、アルギン酸オリゴ糖、膜分離

はじめに

毎年、道東沿岸の天然コンブ漁場には、ナガコンブなどの有用海藻のほかにスジメやアイヌワカメなど数種類の海藻が繁茂します。しかし、これらの海藻はコンブの着生を妨げたり、成長を遅らせるなど様々な障害を引き起こす原因と言われ、雑海藻として駆除されています。この駆除された海藻は利用価値がきわめて低いため、有効利用が強く望まれています。ここでは、未利用海藻のスジメを利用したアルギン酸オリゴ糖の生産について紹介します。

アルギン酸オリゴ糖とは

アルギン酸はコンブなど褐藻類の粘質成分のひ

とつで、マンヌロン酸とグルロン酸の2種類の単糖が200～1,000個程度つながった多糖類です。

アルギン酸は洋菓子やアイスクリームなどの食品に糊料として幅広く利用されているほか、天然の食物繊維としても注目されています。最近、アルギン酸を微生物の持つ酵素で分解して、単糖が2～10個程度つながったアルギン酸オリゴ糖を生産する研究が盛んに行われ、このオリゴ糖に植物根の成長促進や血圧上昇抑制効果などの機能性が報告されています（図1）。

未利用海藻のアルギン酸量について

未利用海藻のスジメ、アイヌワカメ、ウガノモクの3種類と食用とされているガツガラコンブのアルギン酸量の月別変化を示しました（図2）。未利用海藻のアルギン酸量は、ガツガラコンブと同様に20～30%を含むことが分かりました。

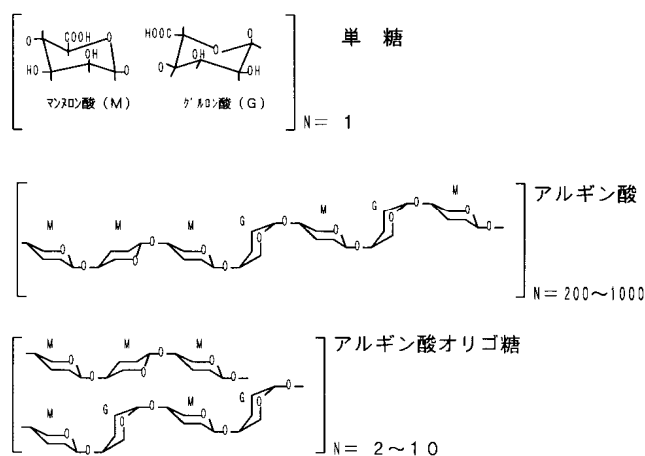


図1 アルギン酸の構造図

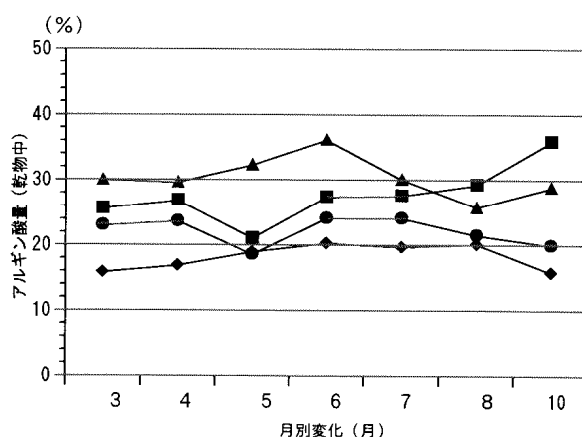


図2 各種海藻のアルギン酸量の変化

■ スジメ ● ガツガラコンブ ▲ アイヌワカメ ◆ ウガノモク

アルギン酸オリゴ糖の生成について

海藻を生鮮のまま5℃の低温で14日間程度貯蔵しますと、海藻はドロドロの液状となり、藻体が崩壊します。このときのアルギン酸の状態（分子量分布）をアルギン酸分子量の大小を測定することの出来るゲルろ過法で調べました。

生鮮スジメと14日間5℃で貯蔵したスジメの抽出液のアルギン酸は、生鮮スジメではアルギン酸を示す山が1つ確認できましたが、低温貯蔵したスジメでは、アルギン酸の山と後半にアルギン酸が分解したアルギン酸オリゴ糖を示す山の2つが確認されました（図3）。これらのことから、生

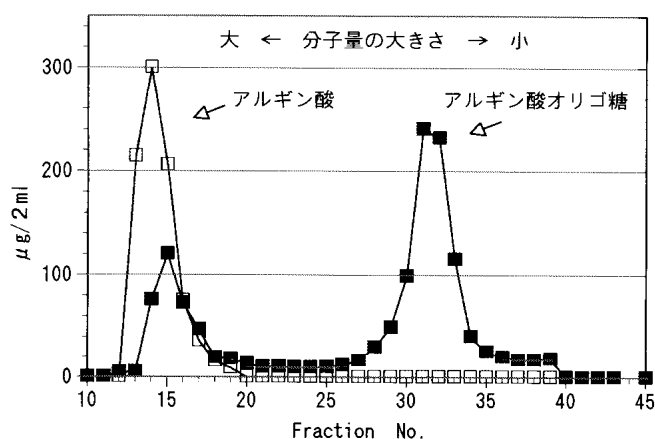


図3 ゲルろ過法による抽出液のアルギン酸の分子量分布

□— 生鮮スジメ抽出液 ■— 貯蔵スジメ抽出液

鮮の未利用海藻を低温貯蔵することにより、海藻中のアルギン酸が分解されアルギン酸オリゴ糖が生成すると考えられます。

アルギン酸分解菌の検索について

生鮮海藻の低温貯蔵によりアルギン酸オリゴ糖が生成する原因として、海洋細菌の関与が考えら

れたので、アルギン酸分解酵素を産生する海洋細菌（アルギン酸分解菌）の検索を行いました。

低温貯蔵したスジメから7菌株と沿岸海水から2菌株のアルギン酸分解菌を分離することが出来ました。その中でも低温貯蔵したスジメから分離した白色コロニーの2菌株は、特にアルギン酸を分解する力が強く、これらのアルギン酸分解菌により貯蔵中にアルギン酸が分解されアルギン酸オリゴ糖が生成されと考えられます（図4）。

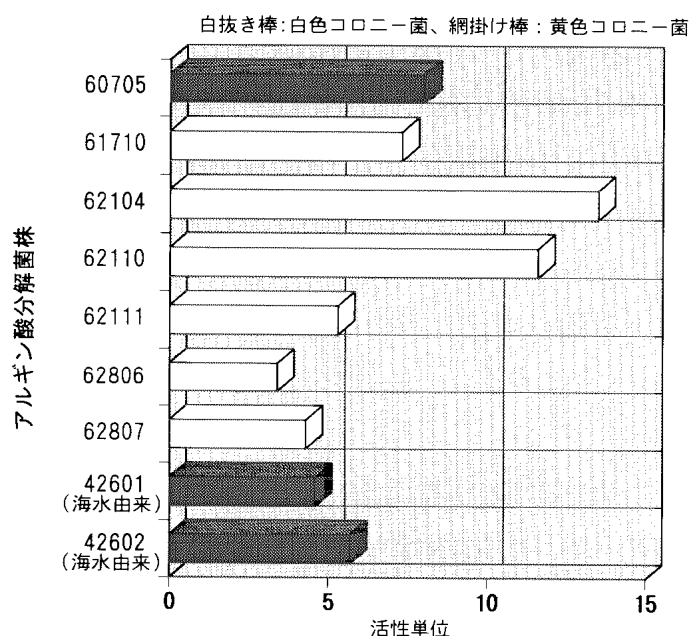


図4 アルギン酸分解菌の酵素活性の比較

アルギン酸オリゴ糖の分離について

低温貯蔵スジメの抽出液には、アルギン酸オリゴ糖のほかに未分解のアルギン酸が含まれています。そこで、限外ろ過膜（分画分子量2万）を利用した膜分離法によるアルギン酸オリゴ糖の分離を行いました。

この膜分離法とは、果実飲料の清澄や牛乳の脱脂などに使用されている方法で物質の分子量サイズによって分離を行うことができる方法です。低

温貯蔵したスジメ抽出液と膜分離を行った限外ろ過液を比較すると、限外ろ過液ではアルギン酸は除去され、アルギン酸オリゴ糖の山だけを確認することができました（図5）。このことから、限外ろ過膜を用いた膜分離法は、抽出液のアルギン酸とオリゴ糖の分離に非常に有効と考えられます。また、分離したアルギン酸オリゴ糖の純度を向上させるためには抽出液に含まれる無機成分など低

分子成分を除去する必要がありますが、これについては低圧逆浸透膜（食塩阻止率50%）を用いることによりアルギン酸オリゴ糖を生成できることが明らかとなりました。

今後の課題として、未利用海藻から生産したアルギン酸オリゴ糖の利用法についての検討が必要となります。

（梶谷 幸司 釧路水試
加工部 報文番号 B2088）

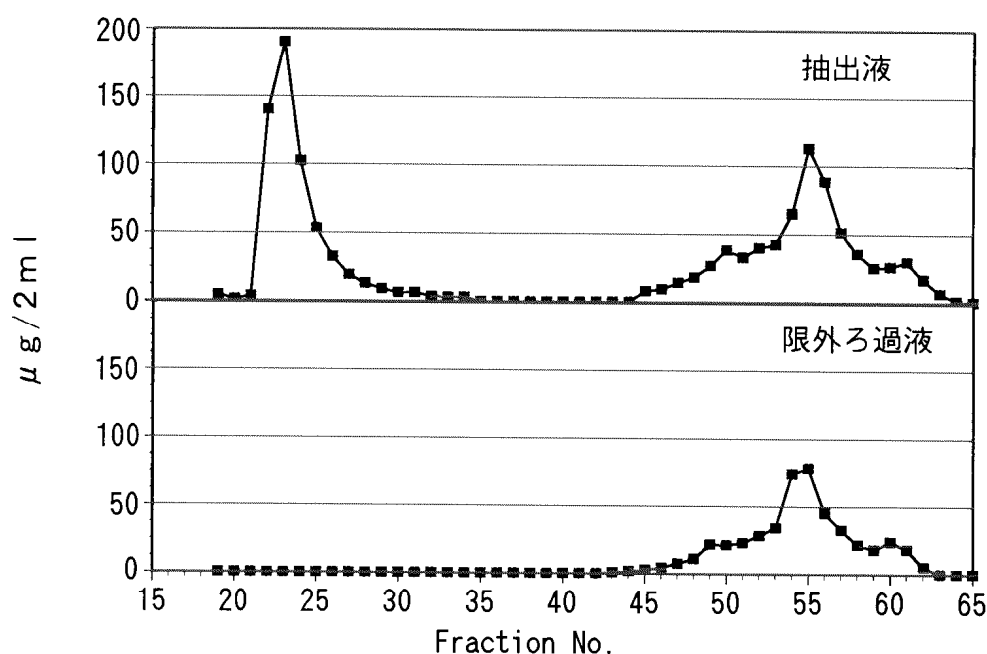


図5 限外ろ過における抽出液のアルギン酸の分子量分布

トピックス

水族館でふ化したメガネカスベ幼魚の標識放流

1995年8月3日、石狩湾の祝津沖北北西4マイル、水深43m地点（底層水温14℃）で、メガネカスベの幼魚90尾に青色チューブ型の標識札を体盤に着けて放流しました（図1～3）。

このカスベ幼魚は、小樽水族館の展示水槽で飼育されていた雌のメガネカスベ2尾が1993年の春に4カ月間にわたって産出した卵殻を、^{かこ}籠島賢二魚類飼育課長ら同水族館の職員が約200日かけてふ化させ、餌づけ飼育に成功したもので、この業績により日本動物園水族館協会の「繁殖賞」を受賞しています。

小樽市のカスベ類の年間の水揚げは約100トン、金額4千万円程度とはいえ重要な食用水産資源です。水族館では親カスベも漁業者の協力で入手していることから、多少といえども子供のカスベを海に戻し、水産研究にも役立てられたらということで、小樽水族館、小樽市水産課、小樽市漁業協同組合、中央水産試験場、後志北部水産技術普及指導所の共同作業で標識放流事業を行うことになりました。

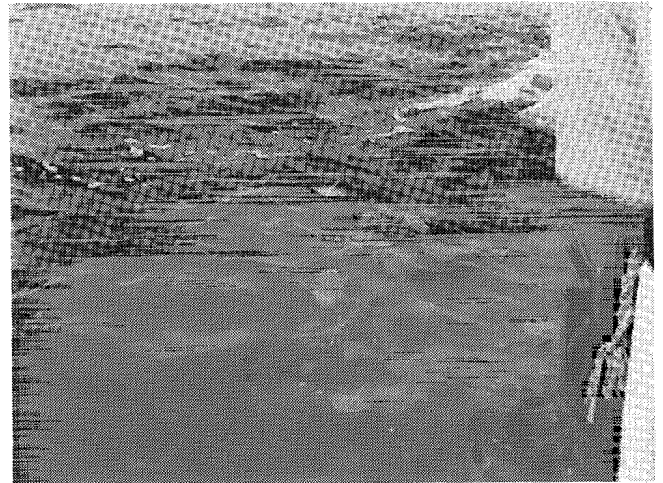


図1 ビニール袋で運ばれたメガネカスベ幼魚を船上から放流しているところ
（ビデオ映像よりコピー：以下同じ）

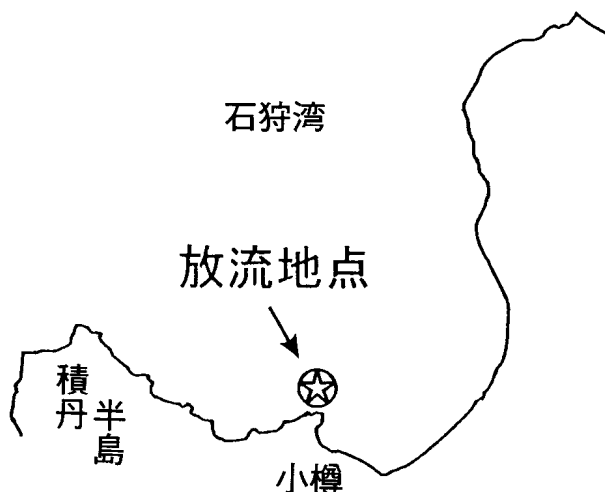


図3 メガネカスベ幼魚の放流位置

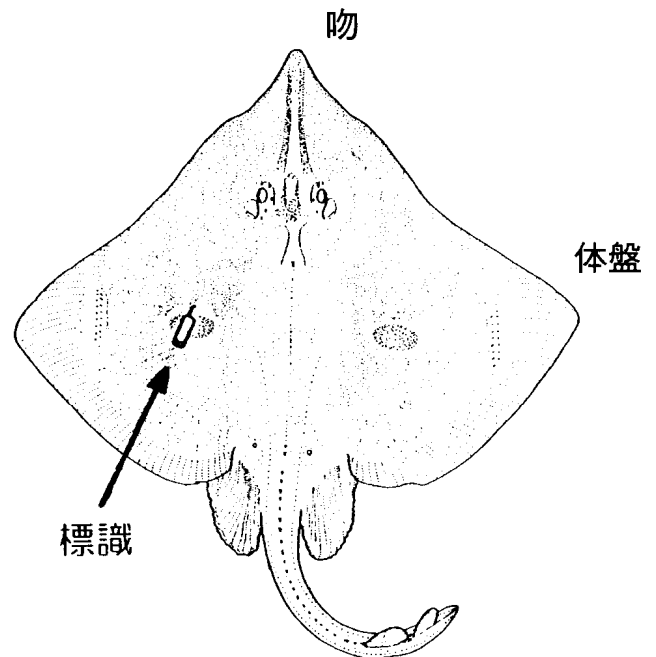


図2 標識をつけたメガネカスベ幼魚。
メガネカスベ (*Raja pulchra*) の名は体盤上にある一対の眼状紋に由来する。

放流に先立ち、水族館内で魚体測定と標識札の装着を行いました(図4～6)。メガネカスベ幼魚の全長(吻の先端から尾部の後端)は14～22cm、体重は15～75gで、標識札の番号は「ホクスイ、1739～1840」でした。

この事業の概要と標識再捕の依頼は、中央水産試験場資源管理部が関係機関に不定期に配布している「石狩湾情報20号(1995年8月4日発行)」でお知らせしましたが、放流尾数が少なかったためか、今までのところ、再捕報告はありません。

しかし、今後も地元の皆さんといっしょにこうした地道な事業を続け、まだまだ謎の多い、水産生物の生態を解明して行きたいと思っています。

(中央水試 資源管理部 吉田英雄・前田圭司・藤岡崇、
後志北部水産技術普及指導所 青山龍太)



図4 小樽水族館内で行われたメガネカスベ幼魚の魚体測定等の作業風景

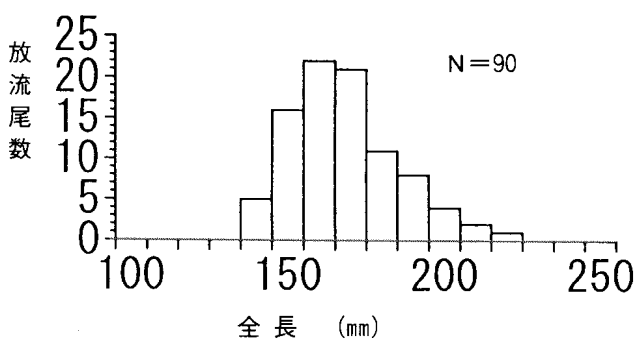


図6 標識放流したメガネカスベ幼魚の全長組成

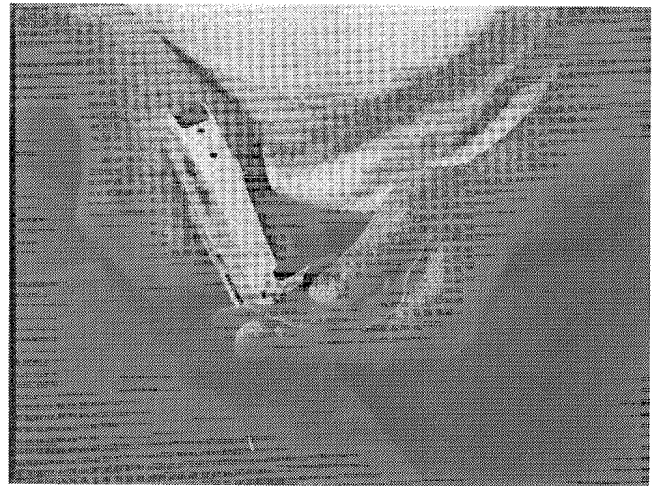


図5 麻酔をした後、タッグガンでメガネカスベの体盤にチューブ型標識札を装着しているところ

トピックス

ノルウェー海洋研究所のタラの研究者来道



写真 チェスブ博士（余市町のニッカ会館にて）

本年8月28日から9月3日にかけて、ノルウェー国立海洋研究所海洋環境部のO. S. Kjesbu（チェスブ）博士が来道し、中央水試と北海道大学水産学部で特別講演を行ったほか、水産部、北大のHUBEC研究^注グループ、函館水試、青函地区の研究者および漁業関係者との交流や鹿部の栽培漁業総合センター見学等を行いました。

博士は、大西洋産マダラの繁殖生態と再生産機構に関して実験的手法で研究を行っており、その業績は国際的に高く評価されています。

特に大西洋を囲む欧米諸国では、マダラ資源の急激な減少に直面し、その資源の培養と資源管理に向けた生物学的知見の蓄積に関心が払われています。中でもノルウェーはタラ類の資源管理と資源増大に向けて、国家規模で取り組んでいます。

博士は、「大西洋産マダラの増殖と資源評価に関連するノルウェーの繁殖研究」と題して、博士の研究チームが過去10～20年にわたって行ってき

た20～400トン規模の水槽を使った継続的な飼育実験研究と野外調査研究結果の成果を例に、最新の情報も含めて講演を行いました。

特に感銘を受けたのは、大西洋産マダラでは初回産卵群（初めて産卵に加わるグループ）よりも経産卵群（二度、三度目の産卵親魚）のほうが生き残りの良い子孫を産み出すという結果であり、北海道の資源・漁業管理における、「とにかく1回は産卵させるように」という“古来”の論法に、一石を投じてくれました。

今後もこうした国際的な交流を深めて、北海道周辺の漁業資源の増大のために役立てていきたいと思っています。

今回の企画には、多くの皆様のご協力を得、博士もたいへん感激しておられました。心よりお礼申し上げます。

（吉田 英雄 中央水試 資源管理部）

注）：北海道大学亜寒帯海洋生態系変動機構解明研究

1995年噴火湾養殖ホタテガイ稚貝の斃死について (速報)

1. はじめに

噴火湾海域では、ホタテガイは例年サクラの開花時期でもある5月上中旬に産卵を開始します。今年の場合、4月中旬に親潮系水の一時的な湾内への流入により4月後半の水温上昇が遅れ、採苗不振だった1992年と良く似た水温変動を示したため、産卵の遅れによる浮遊幼生数の減少が大変懸念されました。

しかし、5月に入り水温が急上昇して、産卵が始まり、時期的には多少遅れたものの、浮遊幼生の出現数も6月中旬にピーク（渡島5単協の平均で約1,500個体/m³）を示しました。その結果、付着稚貝数も渡島側で13万個体、胆振側で10万個体前後と昨年に次ぐ付着数となりました。ただし、今年はホタテガイの付着と同時にヒトデの付着も極めて多く、過去数十年にない付着状況となりました。しかし、噴火湾のホタテガイ養殖漁業者は、ヒトデの付着に対しては過去の経験を生かして「仮分散」の方法で対処したため、一部で稚貝の脱落などがみられたものの、必要な稚貝数は確保されたようでした。

このように、全体として今年の採苗は順調に推移したかに思われた矢先に、長万部漁業協同組合から本分散前後のホタテガイ稚貝が斃死しているという連絡がありました。そこで、同組合や渡島北部地区水産技術普及指導所と協議し、長万部沖の水質調査と稚貝の斃死実態調査を行うとともに、渡島北部、渡島東部、室蘭各地区水産技術普及指導所を通じ、周辺海域の稚貝の斃死状況を調べました。

ここでは、長万部海域の水質調査の結果をお知

らせし、斃死の要因について、取り急ぎこれまでの資料から考察してみました。

2. 調査の方法

長万部漁港沖の定線上0.5、1、2、3マイル沖に定点を設け、全点で表面から底層まで1 mごとにCTDを用いて水温、塩分観測を行いました。また、1、3マイルの点でクロロフィルa量、溶存酸素量測定、植物プランクトン観察のための採水を行いました。なお、溶存酸素量は水試に持ち帰って、直ちにウインクラー法(採水量100ml)で測定しました。

3. 水質調査の結果

1) 海洋構造

図1に、9月29日の長万部沖の水温、塩分断面を示しました。

深度10m付近に塩分躍層があり、それ以浅には親潮系水が変質した夏期噴火湾表層水（塩分33.0以下）、それ以深に夏期噴火湾表層水と津軽暖流水の混合水（塩分33.0～33.6）が分布し、30m以深に津軽暖流水（塩分33.6以上）が浸入していました。

2) クロロフィルa量の状況

クロロフィルa量は、塩分躍層（深度10m以浅）では0.2 $\mu\text{g}/\text{l}$ 以上でしたが、暖流の影響のある表層水と津軽暖流水との混合水中では、0.1～0.15 $\mu\text{g}/\text{l}$ と小さい値でした（図2）。

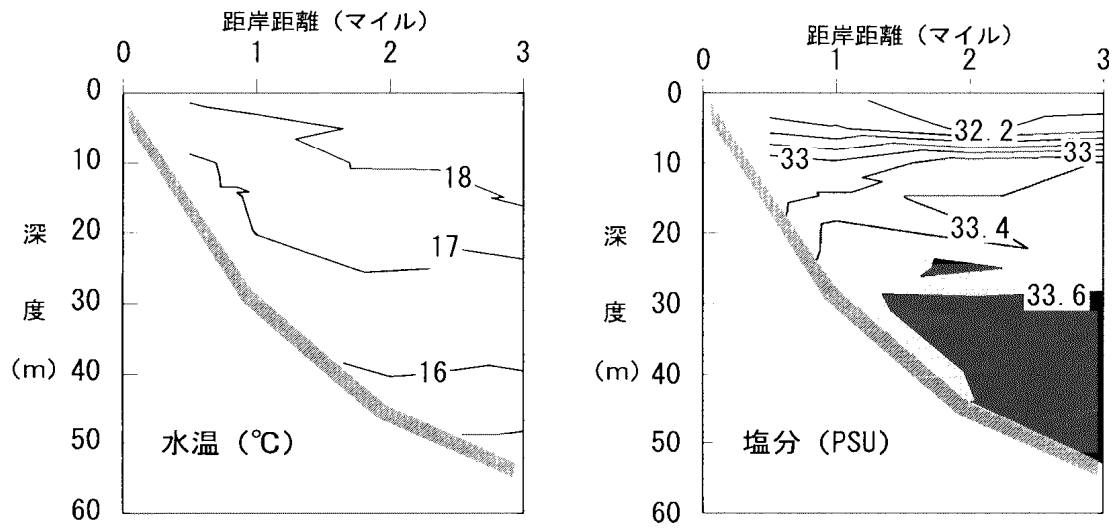


図1 長万部沖の水温、塩分断面(1995年9月29日)

□ 夏期噴火湾表層水と津軽暖流水との混合水
■ 津軽暖流水

3) 溶存酸素量の状況

溶存酸素量は、図3のとおり1、3マイル沖とも全層7 mg/l前後であり、また飽和度も全層100%以上でした。

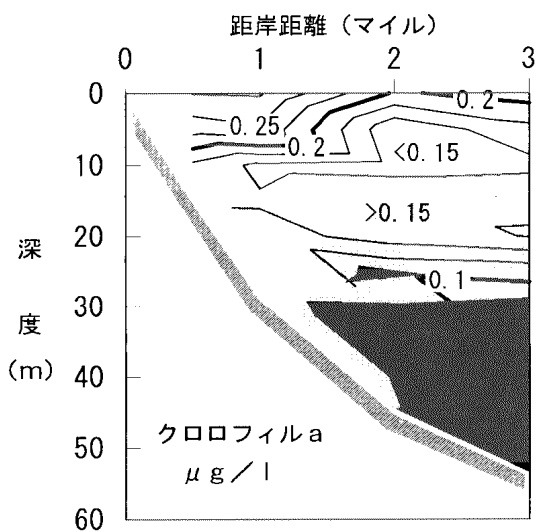


図2 長万部沖のクロロフィルaの鉛直断面と水塊

□ 夏期噴火湾表層水と津軽暖流水との混合水
■ 津軽暖流水

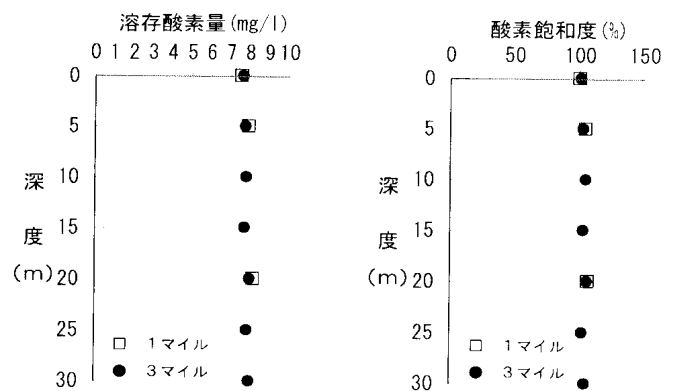


図3 長万部沖の溶存酸素量と酸素飽和度(1995年9月29日)

4) 植物プランクトンの状況

1マイルおよび3マイル沖の試料について、珪藻と渦鞭毛藻の検鏡を行った結果、10m以浅の夏期噴火湾水中に中心目珪藻のリゾソレニア・アラータ（図4）が優占し、最高密度は15,000細胞／1に達しました（図5、6）。

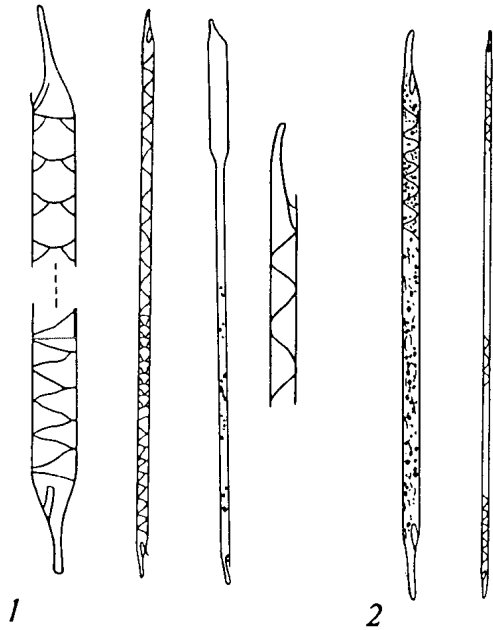


図4 1. リゾソレニア・アラータ
2. 同上（北方系の変種）
細胞の直径4～15 μ m、長さ700 μ m
今回出現したのは2に近い形態であった

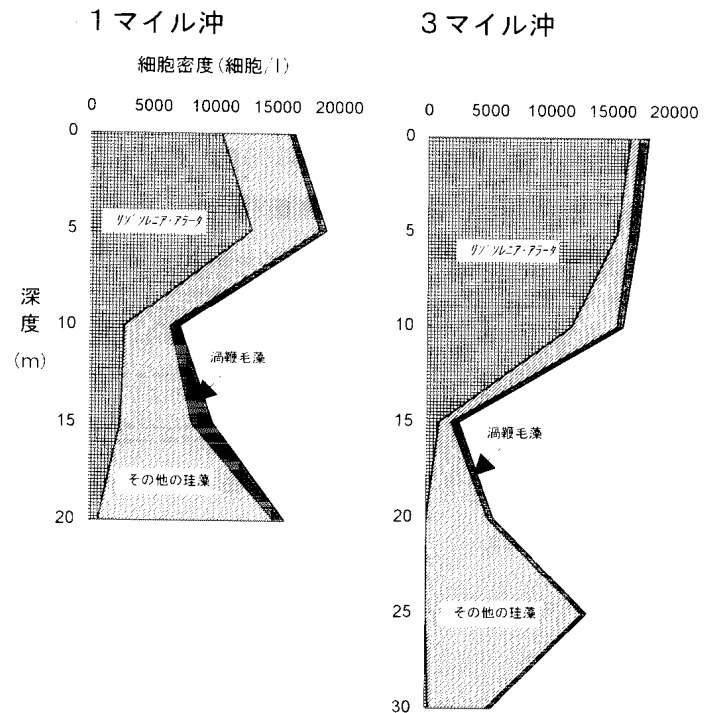
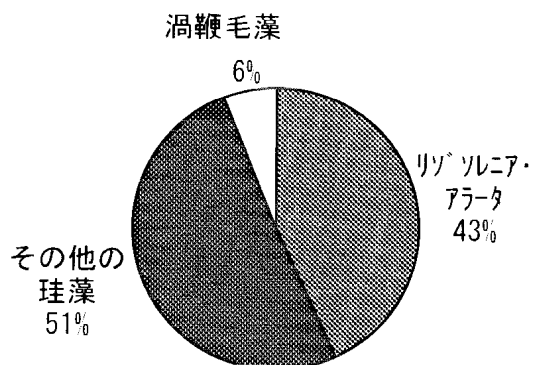


図5 1995年9月29日、長万部1,3マイル沖におけるリゾソレニア・アラータ、その他の珪藻、渦鞭毛藻の鉛直分布

1マイル沖



3マイル沖

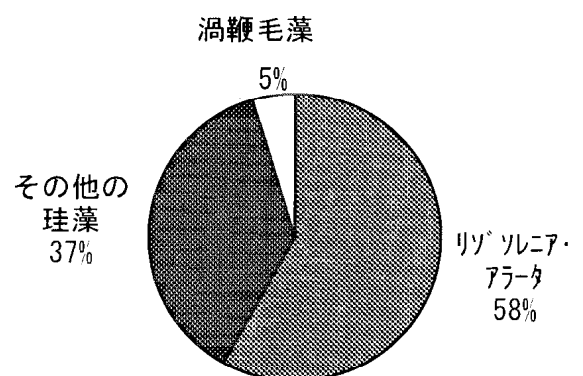


図6 1995年9月29日、長万部1,3マイル沖におけるリゾソレニア・アラータ、その他の珪藻、渦鞭毛藻の相対比(水柱平均)

4. 斃死要因についての考察

昨年9月30日から10月11日の間に渡島北部水産指導所が行った本分散前の稚貝調査の結果、斃死率は8.7～16.5%でした。また、12月13日から1995年1月18日の間に行った、本分散後の稚貝育成調査の結果、斃死率は4.5～12.2%でした。これらの値と比べ今年の結果は、分散前の垂下連で11.1～65.5%、分散後の垂下連で24.4～55.0%とかなり高い斃死率でした。特に本分散後の斃死率が高くなったことは、本養成用の種苗の確保に重大な懸念を及ぼしました。稚貝の斃死の原因としては、いろいろな要因が考えられ、今回のように斃死現象が起きた後の1回限りの調査だけで、原因を特定することは困難ですが、ここでは今回の調査結果を含め、海洋環境について考察してみました。

1) 噴火湾湾口部の水温と塩分

津軽暖流水の噴火湾内への流入時期を検討するために、図7、8に8月16日と9月14日の鹿部から室蘭にかけての湾口部における水温、塩分の観測結果を示しました。

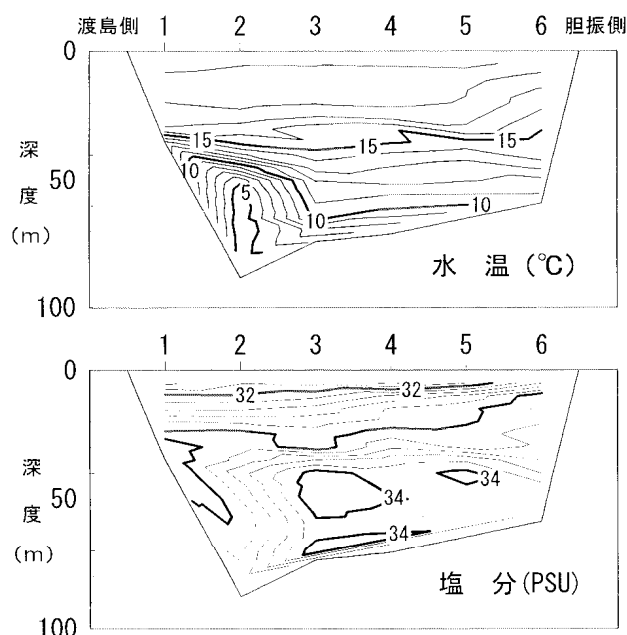


図7 噴火湾湾口部の水温、塩分の鉛直断面
(1995年8月16日)

8月16日の水温、塩分断面図から、津軽暖流水は湾口中央部から胆振側の深度40m以深に分布していました。9月14日には、津軽暖流水の中心域は依然胆振側でしたが、岸寄りで津軽暖流水が深度10mまで上昇しており、湾内での暖流水の分布域は8月よりも広がったと考えられます。

2) 水温、塩分と溶存酸素

ホタテガイの採苗から分散を行う7～9月は、年間の高水温期であり、第1に高水温の影響が危惧されます。しかし、今夏は昨年のような猛暑による高水温（表面で22℃）もみられず、稚貝の垂下深度4～8mの水温は、ホタテガイの高温限界である22℃以下（丸 1985）に保たれていたと思われます。また、今年は降雨が多かったことから、採苗や分散の作業の過程で低塩分にさらされた可能性はありますが、稚貝の垂下層が、生理的な影響が出てくる塩分26以下（中西 1977）になることは、通常考えられません。

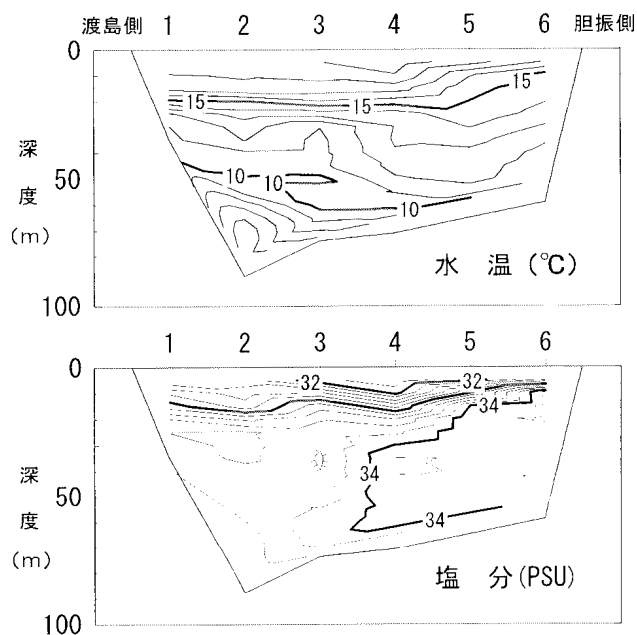


図8 噴火湾湾口部の水温、塩分の鉛直断面
(1995年9月14日)

水温、塩分以外にホタテガイ稚貝の生存を直接左右する要因としては、海水中の溶存酸素が考えられます。今回の長万部沖の結果では、飽和度は100%以上でした。忍路湾の養殖2年貝では、飽和度70%までは心拍数に影響はなく、致死濃度は飽和度4%以下と推定されていることから、今回の稚貝の斃死原因とは考えられません。

水質的な要因としては、これらの外に、稚貝の育成籠^{かご}内での他の個体の斃死に伴うアンモニアや硫化物などの作用も考えられ、高い収容密度で、斃死率の高い籠ほど影響は大きいものとみられます。

3) 餌料

ホタテガイ稚貝の餌料である植物プランクトン量の指標となるクロロフィルa量と植物プランクトンの種組成について考えてみます。

函館水試では、1991年から毎月1回、八雲沖の2マイル(水深33m)の定点で、表面から深度5mごとに30mまでのクロロフィルa量を観測しています。1991年から1994年までの7~10月の各月の平均値は7月で $0.85 \mu\text{g}/\text{l}$ ($0.23 \sim 1.17 \mu\text{g}/\text{l}$)、8月で $0.75 \mu\text{g}/\text{l}$ ($0.36 \sim 1.35 \mu\text{g}/\text{l}$)、9月で $0.92 \mu\text{g}/\text{l}$ ($0.57 \sim 1.42 \mu\text{g}/\text{l}$)、10月で $1.06 \mu\text{g}/\text{l}$ ($0.65 \sim 1.95 \mu\text{g}/\text{l}$)となっており、今年は7月で $0.66 \mu\text{g}/\text{l}$ 、8月で $1.12 \mu\text{g}/\text{l}$ 、9月で $0.30 \mu\text{g}/\text{l}$ でした。今回の長万部沖の値は、0.5、1、2、3マイルの定点でそれぞれ 0.23 、 0.19 、 0.15 、 $0.15 \mu\text{g}/\text{l}$ となっており、八雲沖の値と比べ明らかに低く、いわゆる「透き通った水、澄んだ水」を裏付けています。

函館海洋気象台では、北緯41.5度、東経142度の定点で、津軽暖流水内のクロロフィルa量を長期間観測しています。夏季における1972~1991年の20年間平均のクロロフィルa量は、海面から深度75mまでは、約 $1.0 \sim 1.6 \mu\text{g}/\text{l}$ でした。また、

その偏差は約1.0近くあり、暖流水中のクロロフィルa量の年変動が大きいことがわかります。今年の夏季の同海域におけるクロロフィルa量は、平年より低く、約 $0.3 \sim 0.6 \mu\text{g}/\text{l}$ でした(函館海洋気象台、稲川氏私信)。

さらに、クロロフィルa量については、稚貝の育成籠の内と外で異なることがわかっています。すなわちザブトン籠の2分目と3分目では目合いによる顕著な差異はみられないものの、籠の外との比較では、明らかに籠内のクロロフィルa量は少なく、噴火湾でクロロフィルa量が少なくなる12月で54%、多くなる1月で82%でした(丸1988)。

ホタテガイ稚貝の天然海水中の餌料プランクトンについては、ほとんど知見はありませんが、成貝については、主餌料は珪藻類と原生動物で、その他は偶発的な餌料とされています(木下1949)。今回の調査結果で、中心目珪藻のリゾソレニア・アラータが優占していることがわかりました。過去にオーストラリアで同属のリゾソレニア・チュニーが100,000細胞/ l を超えて増殖したとき、天然ホタテガイが斃死した(Parry et. al. 1989)こと、また、1989年にオホーツク海でリゾソレニア・ヘベタータが地まきホタテガイの成長不良の被疑種となった(西浜1989)知見があります。今回のリゾソレニア・アラータの増殖は規模が小さく、また、1993~94年の八雲2マイル沖の植物プランクトンの周年変化をみると、1993年8月および1994年7月にリゾソレニアの優占が確認されていますが、斃死は問題化しなかったことから、稚貝斃死の直接の原因とは考えにくいところです。ちなみに、ホタテガイ幼生や稚貝を飼育する時に用いられる好適餌料プランクトンは、単細胞で直径 $10 \mu\text{m}$ 以下の中心目珪藻(キートセラス・カルシトランス、キートセラス・グラシリスの2種)

やハプト藻（パプロバ・ルセリ）です。

以上のことから、今回のホタテガイ稚貝斃死の海洋環境要因としては、クロロフィル a 量が平年より低い津軽暖流水が滞留し、そのうえリゾソレニア・アラータが優占していたなど、餌料環境が量的にも質的にも厳しかったことが考えられます。しかし、今後他の海域の資料、稚貝の生き残りや成長の状況も含め総合的に検討する必要があります。

5. 要約

- 1) 1995年9月29日、長万部漁港沖の定線上0.5、1、2、3マイル沖の地点で水温、塩分観測、1、3マイルの地点でクロロフィル a 量・溶存酸素量測定、植物プランクトン観察のための採水を行いました。
- 2) 海洋構造は、深度10m付近に塩分躍層があり、それ以深に津軽暖流水の影響がありました。
- 3) クロロフィル a 量は、塩分躍層（深度10m以浅）では $0.2 \mu\text{g} / \text{l}$ 以上でしたが、躍層以深の夏期噴火湾表層水と津軽暖流水との混合水中では、 $0.1 \sim 0.15 \mu\text{g} / \text{l}$ と小さい値でした。
- 4) 溶存酸素量は1、3マイル沖とも全層 $7 \text{mg} / \text{l}$ 前後であり、また飽和度も全層100%以上でした。
- 5) 植物プランクトンは、10m以浅の夏期噴火湾水中に中心目珪藻のリゾソレニア・アラータが優占しました。
- 6) 以上の結果より、海洋の餌料環境が厳しかったことが稚貝の斃死の大きな要因として考えられました。

本誌の内容の一部、あるいは全部を無断で複写複製（コピー）することは法律で認められた場合を除き、著者の権利の侵害となる恐れがありますので必要な場合には、あらかじめ北海道立中央水産試験場企画情報室あてご連絡くださるようお願いいたします。

落丁・乱丁はお取り替えいたします。

本誌は、下記の道立水産試験場・栽培センターの広報誌です。本誌に対する質問、ご意見がありましたら最寄りの水試・栽培センターまでお寄せ下さい。

北海道立中央水産試験場

046 余市郡余市町浜中町238

電話 0135 (23) 7451

FAX 0135 (23) 3141

北海道立函館水産試験場

042 函館市湯川1-2-66

電話 0138 (57) 5998

FAX 0138 (57) 5991

北海道立函館水産試験場室蘭支場

051 室蘭市舟見町1-133-31

電話 0143 (22) 2327

FAX 0143 (22) 7605

北海道立釧路水産試験場

085 釧路市浜町2-6

電話 0154 (23) 6221

FAX 0154 (23) 6225

北海道立釧路水産試験場分庁舎

085 釧路市仲浜町4-25

電話 0154 (24) 7083

FAX 0154 (24) 7084

北海道立網走水産試験場

099-31 網走市鱒浦31

電話 0152 (43) 4591

FAX 0152 (43) 4593

北海道立網走水産試験場紋別支場

094 紋別市港町7

電話 01582 (3) 3266

FAX 01582 (3) 3352

北海道立稚内水産試験場

097 稚内市宝来4-5-4

電話 0162 (23) 2126

FAX 0162 (23) 2134

北海道立栽培漁業総合センター

041-14 茅部郡鹿部町字本別539-112

電話 01372 (7) 2234

FAX 01372 (7) 2235