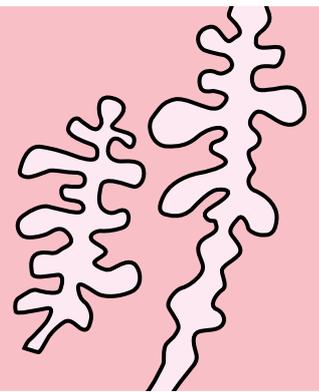
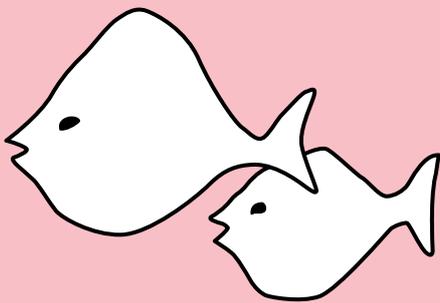


# 北水試 だより

▷ 浜と水試を結ぶ情報誌 ◁



目次 / 道北海域における天然ヒラメ稚魚について.....	1
ワカサギ産卵場ではなぜ常に雄が多いのか? .....	6
ウニ人工種苗生産技術に関する二つの試験.....	11
マナマコの人工種苗生産について.....	17
資源増殖シリーズ	
海外からの水産物の病気の侵入防止制度について.....	23
加工シリーズ	
ブナサケカマボコの弾力改善について.....	28
水産工学シリーズ	
砂浜域の物理環境と漁場形成.....	32
トピックス	
チリからの二枚貝増殖技術研修生来る.....	37

第43号

1999 / 2

北海道立水産試験場

# 道北海域における天然ヒラメ稚魚について

吉村 圭三

キーワード：ヒラメ、稚魚、食性、放流適地

はじめに

平成8年から人工種苗ヒラメの放流事業がスタートし、本道日本海海域に年間220万尾のヒラメが放流されています。これら人工種苗の放流技術を確立するために北水試ではヒラメプロジェクト研究を進めています。稚内水試では道北海域における人工種苗の放流適地を解明するために平成6年から餌料生物調査等を行っています。これまで道北海域ではヒラメの初期生態についてほとんど資料がなく、放流技術開発や資源管理上の大き

な問題点となっていました。しかし、今回の調査を通して広い範囲から天然ヒラメ稚魚が採集され、出現時期、分布、食性等について調べることができましたので紹介します。

## 餌料生物調査の概要

ヒラメ餌料生物調査の本来の目的は、放流したヒラメ種苗の餌料となる生物の種類や量を調べることです。調査は平成6年～9年に増毛から利礼両島を經由し猿払に至る18地点で行いました(図1)。調査回数は羽幌で8回、抜海で9回、残りの16地点では1回ずつの計33回でした。餌料生物の採集にはそりネットを用いました(図2)。そりネットは名のとおり「そり」のついた桁網で、海

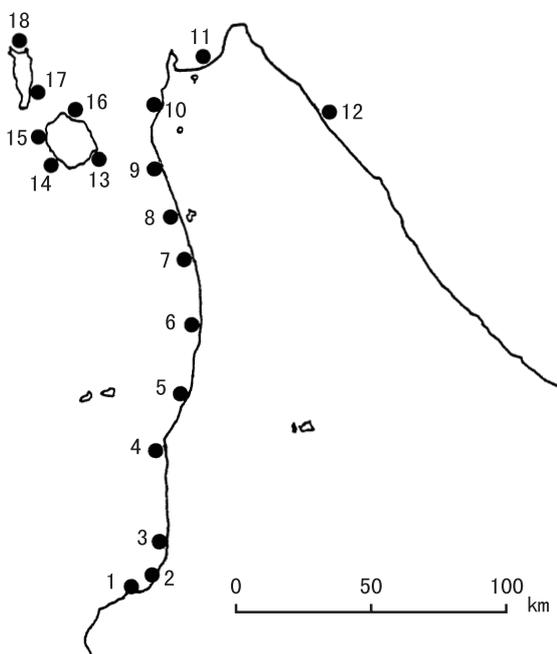


図1 ヒラメ放流適地調査地点

- 1 増毛 (95.9.8) 2 留萌 (96.8.27)
- 3 小平 (95.9.7) 4 苫前 (95.9.6)
- 5 羽幌 (96.7.18 ~ 97.10.29; 8回)
- 6 初山別 (96.7.17) 7 遠別 (94.8.30)
- 8 天塩 (97.7.29) 9 豊富 (95.10.23)
- 10 抜海 (95.10.23 ~ 97.10.6; 9回)
- 11 声間 (95.10.19) 12 猿払 (96.8.20)
- 13 鬼脇 (95.9.25) 14 仙法志 (96.8.28)
- 15 沓形 (95.9.26) 16 鷺泊 (95.9.25)
- 17 香深 (95.9.27) 18 船泊 (95.9.27)

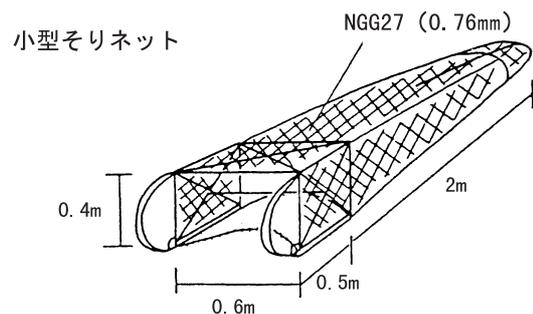
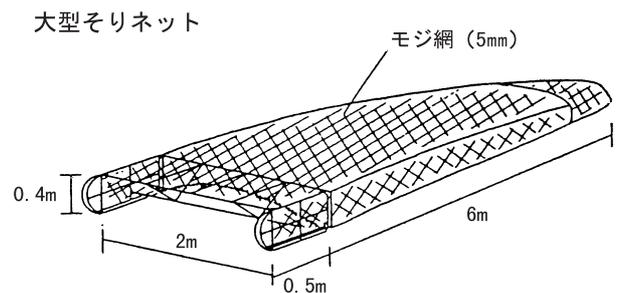


図2 そりネット2種

底の表面を滑って生物を採集します。調査した水深は概ね5～15m、曳網時間は5～10分でした。

天然ヒラメ稚魚はアミ類、エビジャコ、カレイ類などに混じってときおり採集されました。よく知られているように、卵から孵化したヒラメは普通の魚と同様に体の両側に眼があり、海中に浮遊しますが、全長8mm程度で右眼が左側に移動し、全長14mm位までにはほとんどが着底して底棲生活に入ります。そりネットで採集されたのは着底後の稚魚です。また、平成8年以降の調査では放流した人工ヒラメが混じることもありましたが、体色や体型から簡単に判別できました。

天然ヒラメ稚魚の出現時期と分布

図3～5に稚魚の調査年別の採集地点と、地点ごとの稚魚の全長組成を示しました。なお、平成6年に遠別で1回調査を行い、天然ヒラメ稚魚1尾(全長55mm)が採集されていますが、ここでは除いています。

平成7年は9～10月に計11回の調査を行い、増毛から稚内、礼文島船泊を含む6地点で全長9.8～139mmの稚魚が計40尾採集されました。全長組

成をみると、9月上旬の苫前では10mm台と70mm台に二つの山があります。同時期の小平では10mm未満から90mm台までの様々な大きさの稚魚が同時に採集されました。また増毛、船泊でも大きさが2

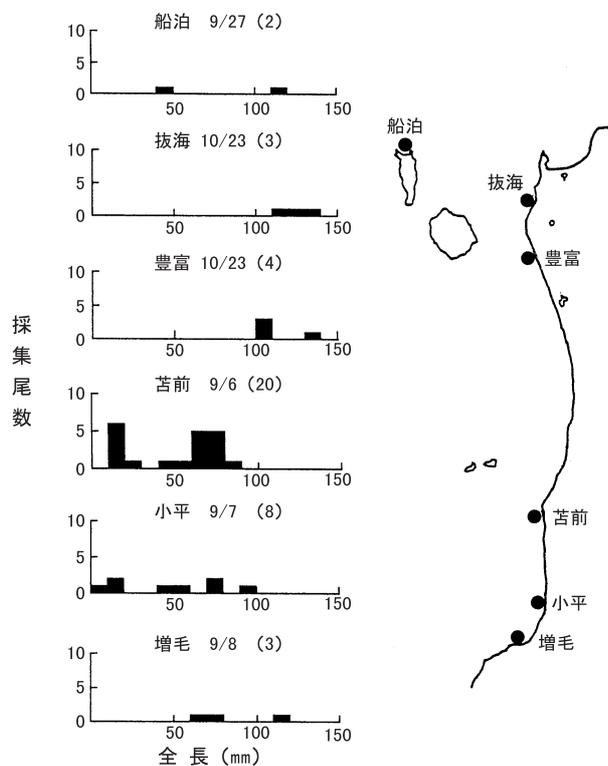


図3 平成7年ヒラメ稚魚採集地点別全長組成 ( )内は尾数

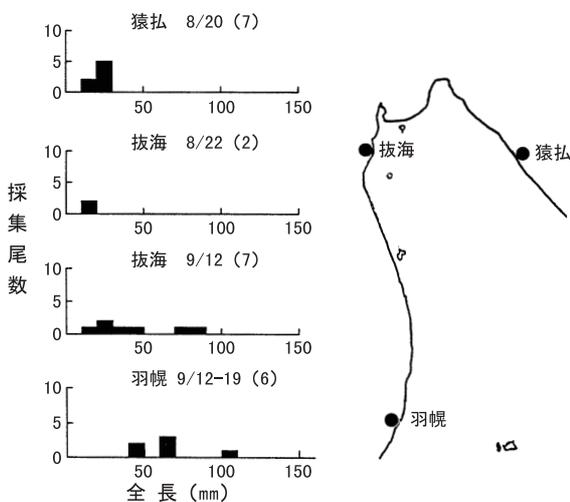


図4 平成8年ヒラメ稚魚採集地点別全長組成 ( )内は尾数

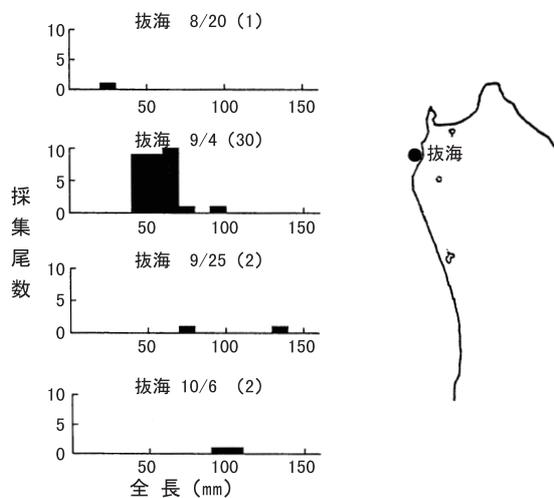


図5 平成9年ヒラメ稚魚採集地点別全長組成 ( )内は尾数

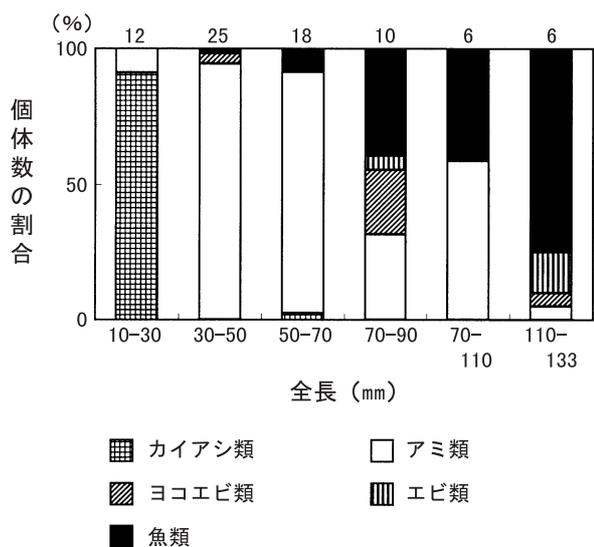


図6 ヒラメ稚魚の胃内容物における餌生物の個体数組成 (グラム上の数字は全長階級の尾数)

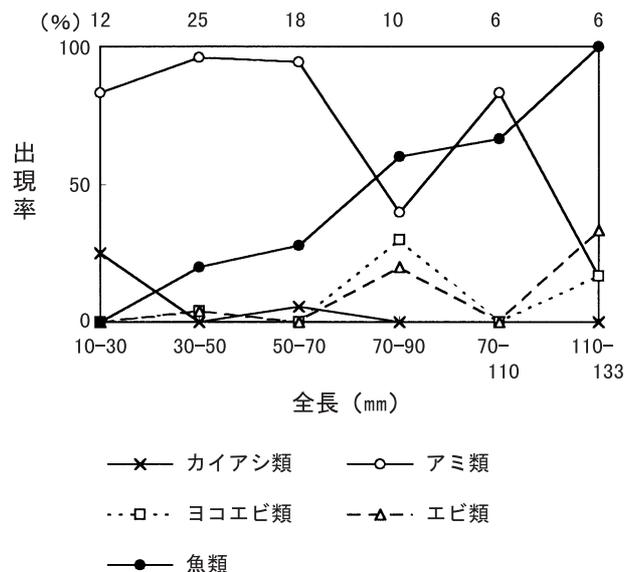


図7 ヒラメ稚魚の胃内容物における餌生物の出現頻度 (グラム上の数字は全長階級の尾数)

倍近く異なる稚魚が採集されています。ただし10月下旬の抜海、豊富ではいずれの稚魚も100mm以上に達し、ばらつきも少なくなっています。着底後のヒラメ稚魚の全長組成がひとつの山型でなく複数の山(多峰型)を形成することは他の海域でも知られており、ヒラメの産卵が長期に渡ることを示唆しています。

平成8年は7~9月に計11回の調査を行い、22尾が採集されました。特に重要なのは8月下旬に猿払で全長15~24mmの稚魚7尾が採集されたことです。着底後間もないこれらの稚魚は、卵や浮游仔魚の時期に日本海から流れてきたとも考えられますが、猿払近辺のオホーツク海沿岸でヒラメが産卵している可能性もあるため、今後調査しなければなりません。抜海では7月下旬から3回定点調査を行い、8月下旬に10mm台、9月に16~86mmの稚魚が採集されています。また羽幌でも9月に稚魚が採集されましたが7年同様に全長には大きなばらつきがありました。

平成9年は7~10月に計10回の調査を行いました。抜海では7月下旬から5回の定点調査を行

い、8月下旬以降から計35尾の稚魚が採集されました。8年と同様に8月下旬に全長10mm台の稚魚が出現し、10月には100mm前後に成長する様子がありました。

### ヒラメ稚魚の食性

これらのヒラメ稚魚は何を食べているのでしょうか。胃の中に残されている内容物を調べることで稚魚の食性を知ることができます。採集された合計97尾の稚魚のうち約80%の77尾の胃に餌料生物が残されていました。餌料生物は種類ごとに数、重量を記録し、3通りの方法でまとめました。まず稚魚が食べていた餌料生物の数を種類ごとに比較する個体数組成、次にある餌料生物の種類に着目し、稚魚のうち何尾がその種類を食べているかを示す出現頻度です。たとえば稚魚10尾中の3尾がアミ類を食べていればアミ類の出現頻度は30%になります。3つめは餌料生物の種類ごとに重量を比較する重量法です。以上3つの結果を比較することで稚魚の食性を考察しました。

図6にヒラメ稚魚が食べていた餌料生物の個体

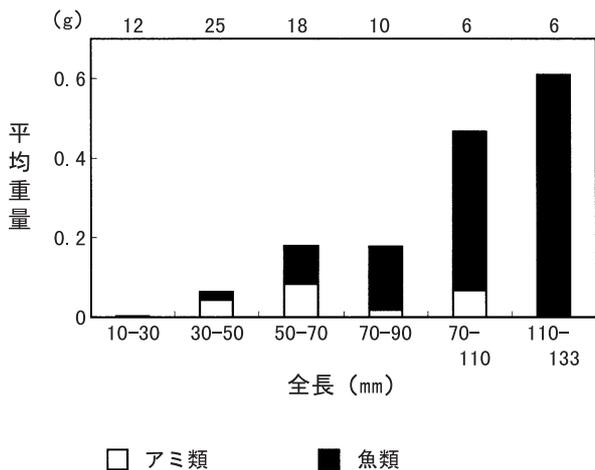


図8 ヒラメ稚魚1尾あたりの胃内容におけるアミ類と魚類の平均重量 (グラム上の数字は全長階級の尾数)

数組成を示しました。稚魚の全長は20mmごとに区切ってあり、成長による餌料生物の変化を見ることができます。まず全長10～30mmの稚魚に数多く食べられていたのはカイアシ類の仲間であるソコムジンコ類でした。しかし稚魚が30mm～70mmになると、アミ類が多数を占め、70mm以上ではアミ類と魚類が、110mm以上では魚類が最も多く食べられていました。

次に出現頻度をみると(図7)、全長10～30mmの稚魚のうち、ソコムジンコ類を食べていたのは25%でした。少数の稚魚が多数のソコムジンコを食べていたことが分かります。むしろこれらの稚魚の80%はアミ類を食べていました。アミ類は全長30～70mmのほとんどすべての稚魚に食べられ、その数も非常に多いことから、70mm以下の稚魚にとって主要な餌料生物であることがわかります。一方、魚類を食べていた稚魚は全長が大きくなるにつれて増え、50～70mmで25%、70～90mmで60%、110mm以上では100%に達します。「北水試ヒラメ放流マニュアル」の中では、石狩湾のヒラメ稚魚は全長120mm程度までアミ類を主体に食べ、その後魚食性に転換するとされていますが、道北海域ではより小さい70～90mm程度で魚食性へ

転換するようです。なお、稚魚が食べていたアミ類の種類は道北海域沿岸でごく普通にみられるキタイサザアミとエゾハマアミ、魚類はほとんどがシラス(カタクチイワシ仔稚魚)でした。

図8にヒラメ稚魚1尾が食べていたアミ類と魚類の平均重量を示しました。他の餌料生物は重量にほとんど影響がなかったのを除いてあります。これをみると、全長50～70mmではアミ類と魚類が半々程度の重量であるものの、70mm以上では魚類の重量が圧倒的に大きくなります。消化率や栄養という問題はありませんが、重量が大きいほど餌としては有効であると考えられ、全長70mm以上のヒラメにとっては個体数組成や出現頻度で示される以上に魚類が重要な餌である可能性があります。アミ類は中～大型種のキタイサザアミでも体長15mm程度で、数cmのシラス1尾に匹敵する量を得るには相当な数を食べなければなりません。今回餌料生物調査を行った7～10月の道北海域では、アミ類の分布数がほとんどの地点で100個体/m<sup>2</sup>以下であり、石狩湾に比べて決して多いとはいえませんでした。そのためにヒラメ稚魚はより小さいうちからシラス等の魚類を食べるようになったとも考えられます。アミ類、シラスの分布密度とヒラメの食性転換サイズの関係は大変興味深い問題なのですが、今回の餌料生物調査では肝心のシラスの分布密度について満足できるほどの試料が得られませんでした。シラスはたくさんいるはずなのですが海底から少し浮いて棲息しているらしく、そりネットではほとんど採集されません。調査方法を含めて今後研究する必要があります。

おわりに

猿払海域で全長15～24mmの天然稚魚が発見されたことは、非常に貴重な知見です。そこで稚内水試と猿払漁協ではオホーツク海におけるヒラメ

の行動を調査するために平成9年10月に標識(赤色スパゲティタグ「サルフHK97」)をつけた人工種苗1万尾を猿払海域に放流しました。まだ再捕はありませんが、今後、興味深い結果が得られると期待しています。また今回の食性調査では、本道のヒラメ種苗の放流サイズである全長80mmでは餌料生物としてシラス等の魚類も重要であることが分かりました。しかし現在のところシラスの発生時期や場所、量等について詳しく調べることは困難です。

なお、ヒラメ放流適地調査を行うにあたって、留萌・宗谷管内の関係漁業者、漁業協同組合及び関係系統団体、関係市町村、担当地区の支庁及び水産技術普及指導所の皆様に大変お世話になりました。この場を借りて厚くお礼申し上げます。

(よしむら けいぞう 稚内水試資源増殖部  
報文番号 B 2133)

# ワカサギ産卵場ではなぜ常に雄が多いのか？

ワカサギ産卵生態の雌雄差

鳥澤 雅

キーワード： GSI、ワカサギ、網走湖、産卵、成熟度、性比、遡上、降河

はじめに

網走湖は網走市と女満別町にまたがって位置し、  
 流程7.2 kmの流出河道（網走川）でオホーツク海  
 と連絡する汽水湖です（図1）。湖水は上層が淡水  
 （または汽水）、下層が塩水の2層構造を周年堅持  
 する特異な湖です。網走湖の湖沼環境の詳細は本  
 誌23号に大槻・多田（1993）が報告していますの  
 で、それをご覧下さい。

網走湖ではヤマトシジミ、ワカサギ、シラウオ  
 などの漁業が盛んで、中でもワカサギの漁獲量は  
 全国のワカサギ産地別漁獲量上位5位以内に常に  
 ランクされています。また網走湖産ワカサギは全  
 国各地における放流種苗卵の供給源としても重要  
 な位置を占めています。

網走湖産ワカサギの産卵場は網走川、女満別川  
 など網走湖への流入河川であり（図1）、産卵期は  
 4月上旬～6月上旬とされています。産卵遡上魚  
 の特徴として、性比に偏りがあり雄が多いものの、  
 時期の経過に伴い雌の割合が増加し、次第に雌雄  
 差が縮小することが挙げられています。網走湖産  
 ワカサギの産卵場で観察される雄が多い現象は、  
 同様に他の水系でも観察され、これまでひとつの  
 謎とされてきました。そこで、ワカサギの産卵場  
 ではなぜ常に雄が多いのかを網走湖産ワカサギで  
 調べてみました。

常に雄が多い人工採卵事業漁獲物

まず1996年の網走川と女満別川における人工採

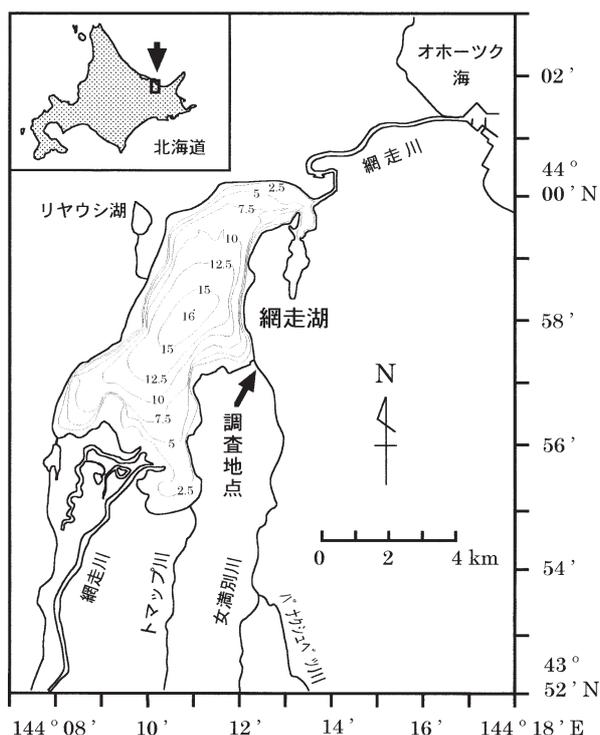


図1 網走湖と産卵遡上日周調査地点

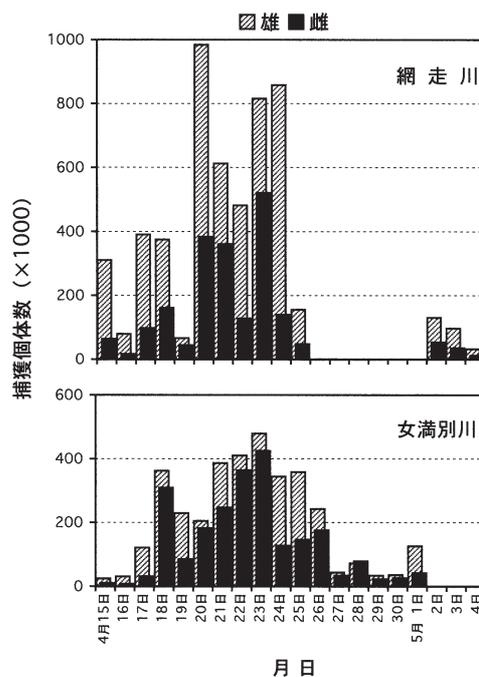


図2 1996年の網走川および女満別川における人工採卵事業によるワカサギ親魚の日別雌雄別捕獲個体数

卵事業による産卵親魚の日別捕獲個体数を雌雄別に見てみました(図2)。なお産卵親魚の捕獲にはふくべ網(胴網が筒状の定置網)が用いられています。図2からは、いずれの河川においても人工採卵事業の行われている期間を通して常に雄の方が多いたことが分かります。では網走湖産ワカサギはもともと雄の方が多いのでしょうか。

産卵期直前の湖内の性比はほぼ0.5:0.5

図3に網走湖内で行われている氷下曳き網漁業によって漁獲されたワカサギ当歳魚の産卵遡上が始まる直前3月の性比を、1982年から1997年まで16年間分示しました。図3上段は生殖腺が未熟なために性別を判定できなかった性別不明個体を含めたもので、下段はそれら性別不明個体を除き成熟個体のみで求めた性比です。図3下段の図から、産卵期直前の湖内における成熟個体の性比は毎年

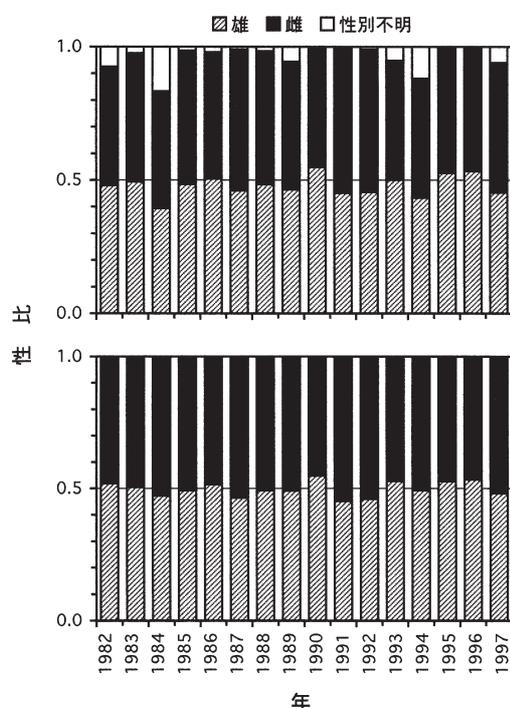


図3 氷下曳き網漁業漁期末(3月)におけるワカサギ当歳魚の性比

上段は生殖腺未熟の性別不明個体を含み、下段はそれら性別不明個体を除いて成熟個体のみで求めた性比。

雌雄ほぼ0.5:0.5であることが分かります。したがって網走湖産ワカサギはもともと雄の方が多いわけではない、ということが分かりました。

### ワカサギの産卵遡上は夜行われる

そこで網走湖産ワカサギの産卵河川のひとつである女満別川の湖への流入口近くに調査地点を設け(図1)、ワカサギの産卵遡上行動を日周観察しました。

調査にはふくべ網(図4)2基を用いて、開口部を1基は川の上流側に、もう1基は下流側に向けて川の中に並べて設置しました。開口部が上流側に向いた網で捕獲されたワカサギは上流から降河してきた個体で、開口部が下流側に向いた網で捕獲されたワカサギは遡上中の個体であったと考えられます。この網を前日の午後設置し、翌日の同時刻まで24時間、2時間ごとに入網した個体を取り出し、各時間帯ごとに、網ごとの入網個体数、体長、体重、性別、生殖腺熟度、生殖腺重量を調べました。調査は2回行い、1回目を1997年4月15~16日の4月中旬に、2回目を同年5月14~15日の5月中旬に行いました。

その結果、ワカサギ親魚の産卵河川での遡上も降河もほぼ夜間に限って行われていることが分かりました(図5)。なお遡上・降河活動のピークは1回

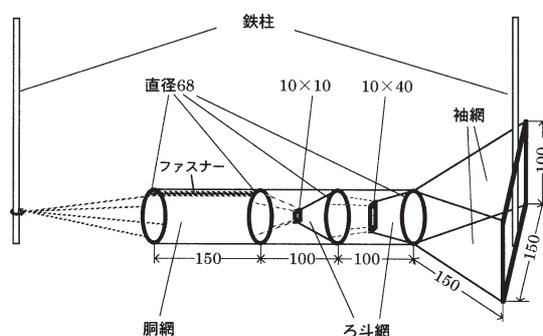


図4 ふくべ網模式図

太い実線は直径13mmのステンレス丸棒型枠。図中数字の単位はcm。網地はすべて目合約2mmのもじ網。

目調査時には日の出直前、2回目調査時には日没直後にあって、2回の調査で差が認められました。

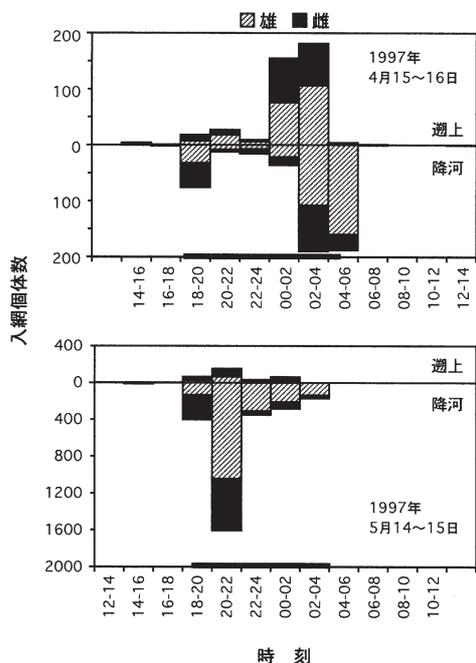


図5 1997年4月15～16日および5月14～15日の間に女満別川においてふくべ網によって採捕された産卵遡上・降河ワカサギ親魚の雌雄別時間帯別採捕個体数  
横軸上の太線は夜間を示す。

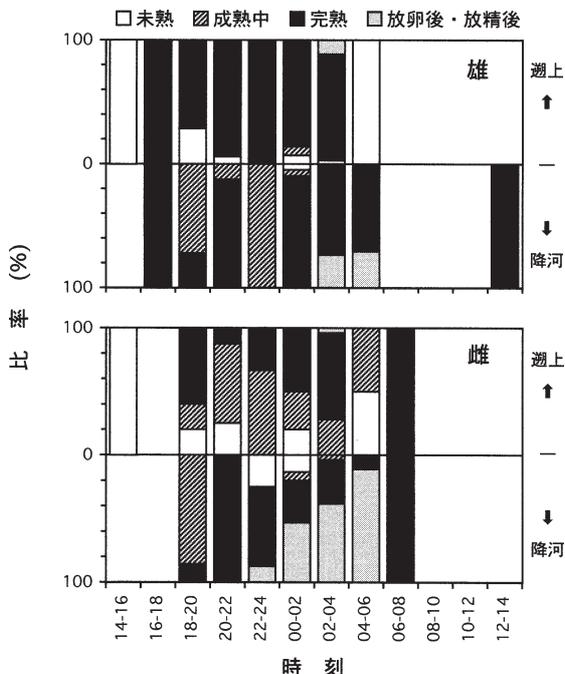


図6 1997年4月15～16日の間に女満別川においてふくべ網によって採捕された産卵遡上・降河ワカサギ親魚の雌雄別時間帯別成熟度組成

遡上個体・降河個体の成熟度組成は雌雄で異なる

遡上・降河行動が夜間に行われるということに、雌雄で大きな差は見受けられませんでした。しかし遡上個体・降河個体の生殖腺の成熟度組成には、雌雄で大きな違いが認められました。

生殖腺の成熟度は「未熟」、「成熟中」、「完熟」、「放卵後・放精後」の4つに区分しました。まず「未熟」は雌雄とも生殖腺が非常に小さく発達していないものを、「成熟中」は雌では卵巣に不透明な黄色の卵粒が認められるものの、まだ排卵（卵がバラバラになる）していないもの、雄では精巣が大きくなって白く不透明であるが腹部を押してもまだ精液の出でこないものを、「完熟」は雌では卵が生殖腔（腹腔）内に排卵されて個々の卵がバラバラになったもの、雄では腹部を押すと精液の出でくるものを、「放卵後・放精後」はそれぞれ放卵後、放精後のものとししました。

まず1回目調査時の4月15～16日の遡上ピー

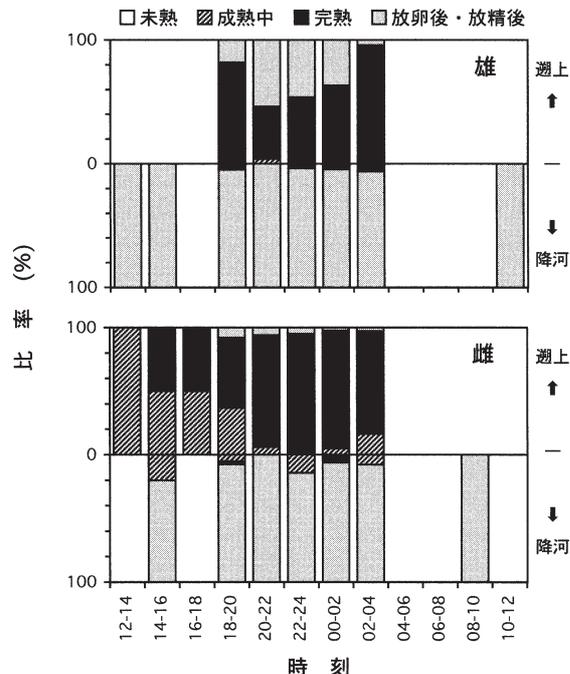


図7 1997年5月14～15日の間に女満別川においてふくべ網によって採捕された産卵遡上・降河ワカサギ親魚の雌雄別時間帯別成熟度組成

クであった00～04時における遡上魚は、雌雄ともほとんどが完熟あるいは成熟中の個体でした(図6)。一方降河ピークであった02～06時の降河魚では、雌の場合には放卵後個体の比率が高いのに対し、雄では遡上魚に比べれば放精後個体の比率が高いものの、降河魚でありながら完熟状態の個体が多くを占めました(図6)。

2回目調査時の5月14～15日では、降河魚はいずれの時間帯においても雌雄ともほとんどが放卵後・放精後の個体でした(図7)。これに対し遡上魚では、いずれの時間帯においても雌の場合にはほとんどが放卵前の個体であったのに対し、雄では遡上魚でありながら放精後個体が多く認められました(図7)。

このように、雌では2回の調査時いずれも遡上魚はほとんどが放卵前個体、降河魚はその多くが放卵後個体であったのに対し、雄では1回目調査時には降河魚にも完熟個体が多く混ざり、2回目調査時には遡上魚にも放精後の個体が多く混ざっていたことが分かりました。

雌は短期間で産卵完了、雄は長期にわたって放精？

つぎに、もうひとつの産卵河川である網走川で採捕された産卵親魚の個体別GSI(生殖腺指数)を産卵期間中、長期にわたって調べてみました(図8、9)。GSIは下式によって求めた値で、体重に対する生殖腺の相対的な大きさを表します。

$$GSI = (\text{生殖腺重量 (g)} / \text{体重 (g)}) \times 100$$

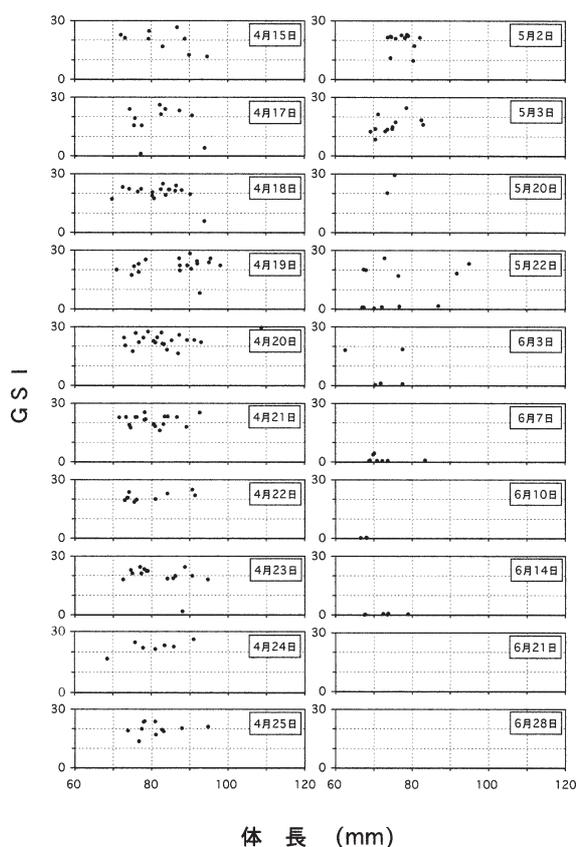


図8 1996年産卵期に網走湖に流入する網走川で採捕されたワカサギ雌GSI(卵巣重量(g)/体重(g) × 100)の経時変化

4月15日～5月3日の標本はふくべ網によって、5月20日～6月28日の標本は投網によって採捕した。

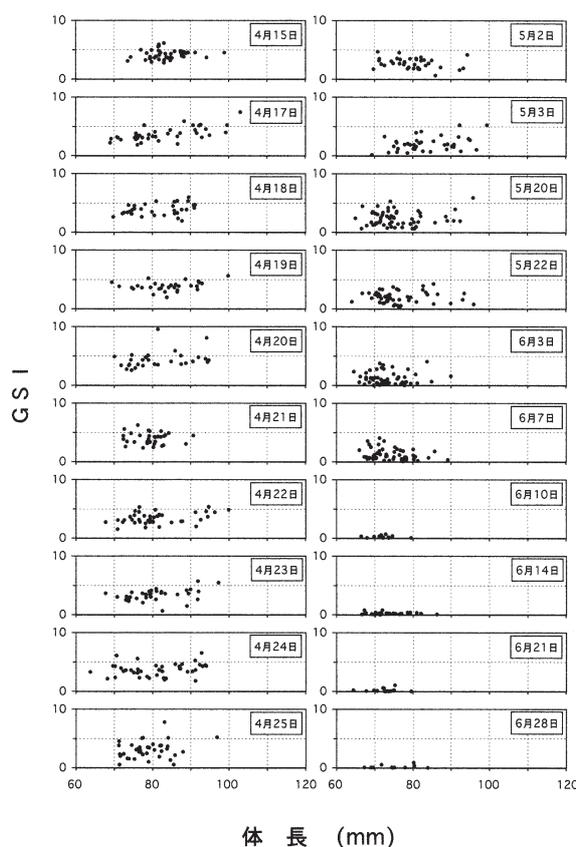


図9 1996年産卵期に網走湖に流入する網走川で採捕されたワカサギ雄GSI(精巣重量(g)/体重(g) × 100)の経時変化

4月15日～5月3日の標本はふくべ網によって、5月20日～6月28日の標本は投網によって採捕した。

また、用いた資料は1996年4月15日～6月28日のもので、4月15日～5月3日の標本は人工採卵事業のふくべ網によって、5月20日～6月28日の標本は投網によって採捕したものです。

雌のGSI(図8)は、調査期間を通じて20前後の高い値を示す個体と0に近い低い値を示す個体の2群にほぼ分離され、時期が遅くなると後者の低い値を示す個体の方が多くなりました。これに対し雄のGSI(図9)は、時間の経過とともに全体的にしだいに低下していき、雌とは異なる変化傾向を示しました。

同じ資料から産卵期間中の性比と雌雄それぞれの成熟度組成の推移を見てみました(図10)。すると、始め雄の比率が高く、次第に雌の比率が高くなるものの、雌の比率の方が高くなることはなく、再び雄の比率が高まり、後期にはほとんどが雄だけとなりました。放卵後の雌は後期以外にはほとんど見られませんでした。雄では5月以降次第に放精後個体の比率が高くなりました。

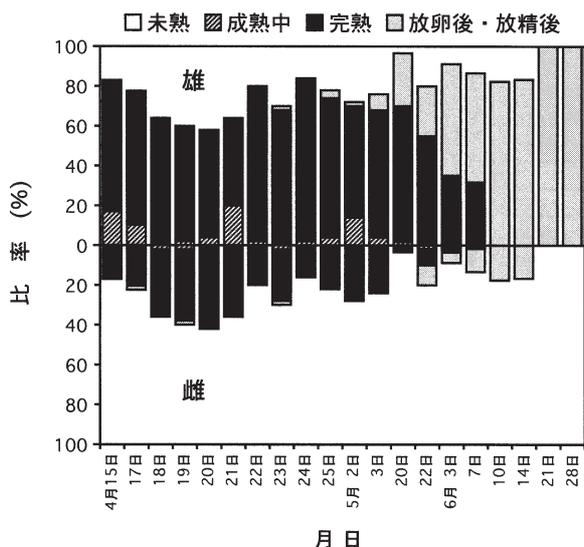


図10 1996年産卵期に網走湖に流入する網走川で採捕されたワカサギの性比と生殖腺成熟度の経時変化

4月15日～5月3日の標本はふくべ網によって、5月20日～6月28日の標本は投網によって採捕した。

まとめ

以上の結果をまとめてみたいと思います。遡上行動の日周観察結果から、雌では遡上魚のほとんどが放卵前の個体、降河魚の多くは放卵後個体であったこと、産卵河川における雌のGSIは高い値を示す個体と低い値を示す個体とにほぼ2分され、中間の値を示す個体がほとんどいなかったことから、雌の個体ごとの産卵は短期間に行われ、しかも放卵後の個体は直ちに降河すると考えられました。これに対し雄では、日周観察の1回目調査時(4月中旬)には降河魚にも完熟個体が多く混ざり、2回目調査時(5月中旬)には遡上魚にも放精後個体が多く混ざっていたこと、雄の個体ごとのGSIは時間の経過とともに全体的にしだいに低下していったこと、また性比に見られた経時変化から、雄は雌より早くに産卵場にやってきて、産卵場に滞留あるいは遡上・降河する雌に付いて何度も遡上・降河を繰り返し、少しずつ放精しながら長期にわたって産卵に参加し続けると考えられました。

以上のような雌雄の産卵生態の差が、ワカサギの産卵場における性比が雄に偏るという現象となって現れるのだと考えられました。ちなみにワカサギは年魚(1年で一生を終える魚)であるといわれることが多いのですが、実際には2年目まで生き残る個体も相当数見られます。しかし2年目にまで生き残ったワカサギの産卵期以外の性比を見てみると、当歳魚とは異なり明らかに雌の方が多くなっています。おそらく雄の過酷な産卵行動が雄のその後の死亡率を高めているのではないのでしょうか。

(とりさわ まさる 網走水試資源管理部  
報文番号 B 2134)

## ウニ人工種苗生産技術に関する二つの試験

名 畑 進 一

キーワード：ウニ、人工種苗、幼生、発生、水素イオン濃度、アナアオサ、培養液

### まえがき

北海道のウニ人工種苗生産技術は、平成4年に「エゾバフンウニ人工種苗生産の手引き(改訂版)」として取りまとめられました。そして平成10年度のウニ種苗生産施設は24ヵ所、稚ウニの生産規模は6,303万個体に達しています。しかし、その種苗生産技術や施設に関して全く問題がないわけではありません。北海道栽培漁業振興公社では、毎年種苗生産施設の技術者を参集して「ウニ種苗生産技術検討会」を開催し、問題点の検討を行っています。

鹿部町にあります栽培漁業総合センターには、隣接する北海道栽培漁業振興公社の鹿部事業所(以下公社)から、ウニの技術以外にも各種の相談がよせられます。また、各水産試験場では漁業関係機関からの要望に対応して、研究事業以外の調査が多くなっています。大きな課題に対しては、正規のルートで予算要求をして調査研究事業として対応しなければなりません、経費や時間がそれほどかからない課題は内部的に対応しています。しかし、それらの試験・調査結果は、水試の事業報告書にのることはありません。今回はそのような中から栽培センターで対応した二つの試験結果をご紹介します、記録にとどめておきたいと思います。なお、この内容は今年の3月に札幌で開催された公社の検討会で話したものです。

### 1. ウニ幼生の発生異常事件

この事件は公社の春採苗が始まった、平成9年

3月に起こりました。ウニ種苗生産の手引きでは、受精させてから約48時間後にウニ幼生の体長や骨格形成状況を観察し、その後に飼育する幼生を決めるように指導しています。ところがこの時、公社ではほとんど全ての幼生が骨格異常となり、種苗生産には使えない状況になりました。その原因は何か? 「親ウニが悪いのでは? 新たに親ウニを採取してみよう」、「幼生観察の際のホルマリン固定に問題があるのでは? 薄い濃度で固定してみよう」、「水質に問題があるのでは? 熊石の事業所から海水を運んでこよう」など、いろいろ話が出ました。とにかくこのまま幼生飼育ができれば、大変なことになるのです。

事件の解決を依頼された栽培センターの迷探偵等は、早速公社に駆けつけいろいろ状況調べを行いました。その結果、海水の水素イオン濃度(以下pH)が若干低いことがわかったのですが、これが直接の原因かどうかはわかりませんでした。その間にも、公社では別の海域から採取してきた親ウニで何度か採苗を行いました、結果は同じで

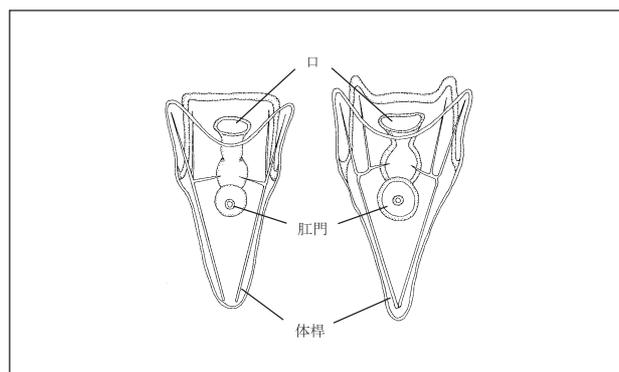


図1 ウニのプルテウス幼生

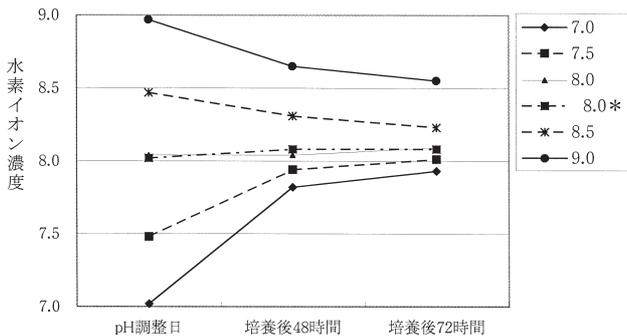


図2 水素イオン濃度の変化  
(\*は pH調整をしない自然海水)

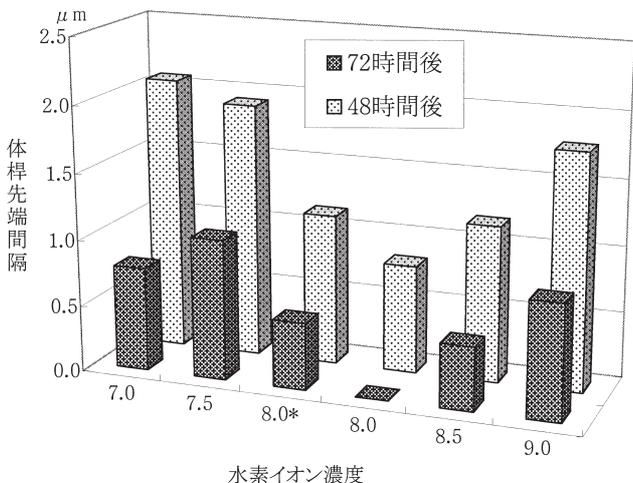


図4 体桿先端の間隔  
(\*は pH調整をしない自然海水)

した。そのうち、骨格異常のウニ幼生は、普通より1日遅れの72時間後にはほぼ正常になることがわかりました。そこでとりあえず、公社では約2週間遅れになりましたが、春採苗を進めることにしました。

謎解き試験

でも、迷探偵は納得がいきませんでしたので、以下の試験によってこの謎解きにせまることにしました。すなわち、「海水の pHが低い場合、ウニの幼生にどのような影響があるのか？」を確かめることでした。

ウニのプルテウス幼生を図1に示しました。右側の図は体桿(たいかん)と呼ばれる長い骨格が先端(下側)で密着している(融合)状態のもの

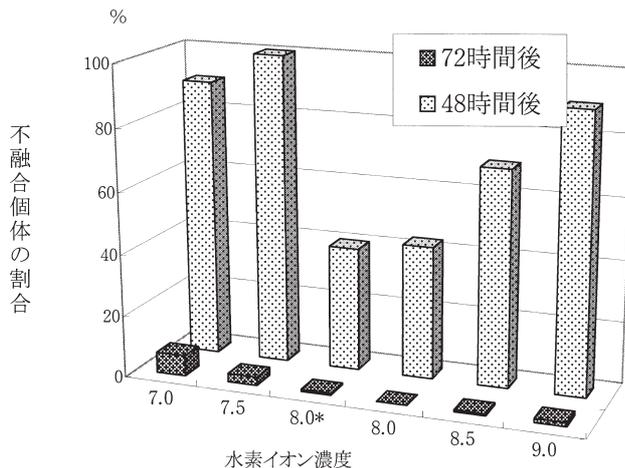


図3 骨格先端不融合の個体の割合  
(\*は pH調整をしない自然海水)

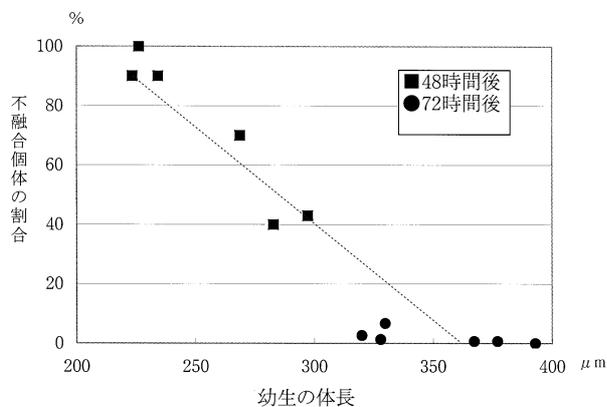


図5 幼生の体長と先端不融合個体の割合

です。左側の図は体桿の先端が開いている(不融合)状態です。この他にもこの体桿が先端で突出したり、交差したりする異常な幼生がみられることがあります。

海水の pHは表面で通常 8.2~ 8.3で、深さや海域により多少変動します。試験では水酸化ナトリウムと塩酸を使って、pHを 7.0 7.5 8.0 8.5 9.0の5段階に調整した海水と、pH8.0の無調整の海水を入れた6種の2ビーカーを用意しました。翌日、これに公社で受精させたウニの卵を収容して、18の恒温室で培養を開始しました。なお、海水の pH調整には安定剤を用いませんでしたので、pHは図2に示したように時間の経過とともに8.0に近づきました。

培養結果が図3です。48時間後に観察した先端

不融合の個体の割合は、pHが8.0の場合では50%以下でしたが、それよりpHが高くて低くても70%以上の高率でした。しかし、72時間後には不融合の個体はほとんどみられなくなっていました。図4のように、体桿先端の間隔もpHが高くて低くても広く、72時間後には狭くなる傾向がみられました。図5には、幼生の体長と先端不融合個体の割合の関係を示しました。48時間後の幼生は223~297 $\mu\text{m}$ で、不融合個体の割合は最も低いもので40%でした。しかし、72時間後には320~393 $\mu\text{m}$ に成長し、不融合個体の割合は最も高いもので7%でした。なお、ウニ種苗生産の手引きには、48時間後の幼生の体長は250 $\mu\text{m}$ 以上になると書かれています。図には示していませんが、成長はこれまでと同様に、pHが高い場合でも低い場合でも悪い傾向がみられました。

#### 事件の結論

以上の試験結果から、迷探偵は「今回の公社で起きたウニ幼生の骨格異常は、異常ではなくてpHが低かったことによる成長の遅れである」という結論を得ました。少し専門的になりますが、通常の培養条件では、受精後48時間でウニ幼生は中期4腕プルテウス(図1右側)という発生段階に達します。しかし、今回はpHが低かったため、前期プルテウス(図1左側)という段階にあったとい

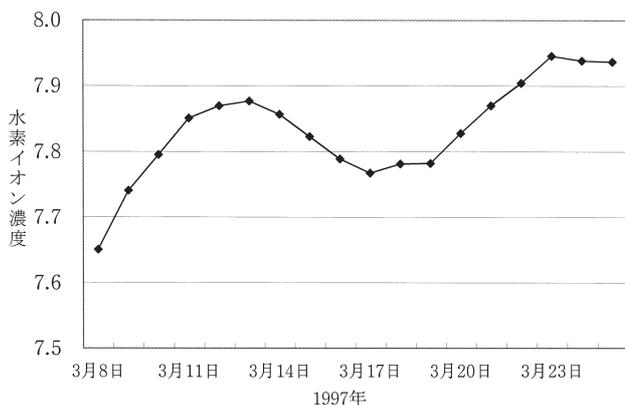


図6 栽培センター取水海水の水素イオン濃度

うわけです。なお、ウニ幼生の観察には通常万能投影機を使っていますので、これらの発生段階を区別することは少し困難です。

では、この時期の海水のpHはどれくらい低かったのでしょうか？ちょうどこの時期、北海道大学大学院地球環境科学研究科の渡辺修一博士のもとで研究をしている院生さんが、栽培センターの取水海水を毎日4時間ごとに測定していました。そのデータをお借りして、3月8日から25日のpHを図6に示しました。pHは7.65~7.94で、通常よりかなり低く推移していました。またこの頃、噴火湾中央部表面のpHも低く推移していたと聞いています。この原因は良くわかっていませんが、噴火湾では最近無酸素層の形成、ホタテの採苗不振、コンブの穴あきなどが起こっていることと何らかの関係があるのでしょうか？

#### まとめ

ウニ種苗生産の手引きによると、受精から48時間後の幼生に骨格異常が多い場合、その幼生は廃棄しなければなりません。しかし、その際には飼育海水や幼生の体長などのチェックを行って、成長の遅れによるものか本来的な骨格形成の異常かを判断する必要があります。実は、ウニの卵や幼生は大変敏感で、環境汚染物質、化学物質、薬物等の影響を調べることに使われています。最近、

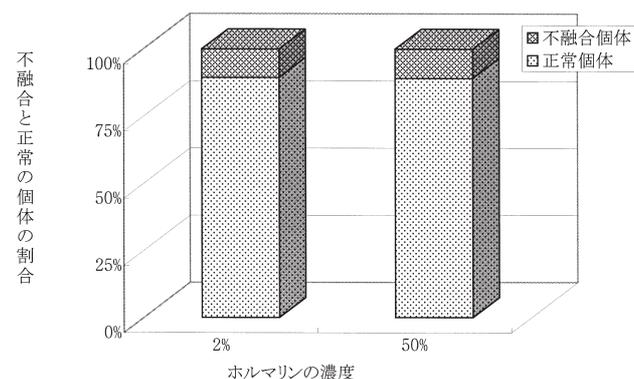


図7 ホルマリン固定濃度の影響

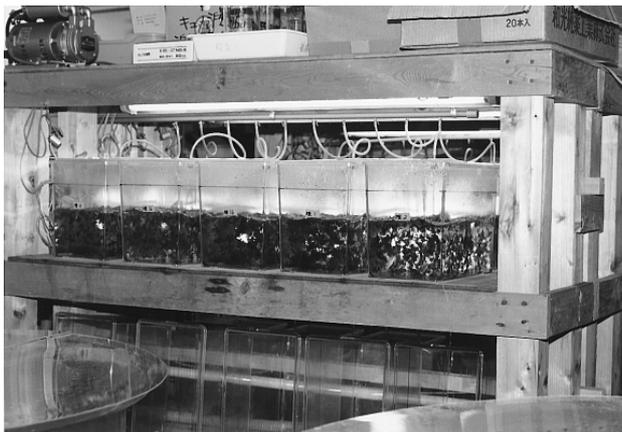


写真1 20ℓ水槽を使ったアオサ培養

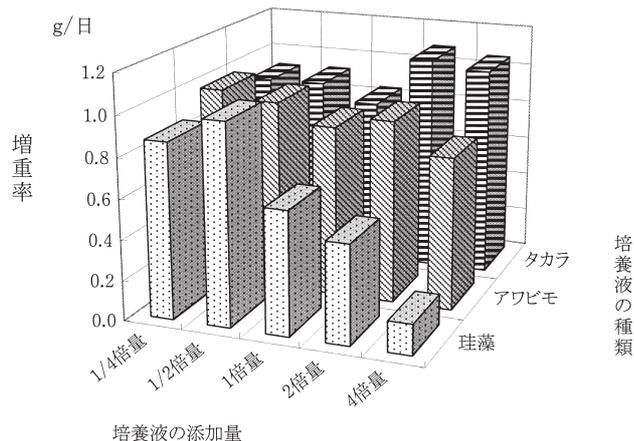


図8 アオサ培養試験の1

「環境汚染を調べるーウニ卵による海水の生物検定」(小林直正著)という本が出版されました。

とにかくこれで「一件落着」というわけですが、鋭いお方は「ホルマリン固定の件はどうなったのだ?」と、お気づきのことと思います。その件ならご心配なく。図7のように、市販のホルマリン(ホルムアルデヒド37%溶液)が2%と50%となるように加えた場合、ウニ幼生の骨格先端不融合の割合に差はみられませんでした。また、その後の公社の幼生飼育はほとんど問題なく経過し、平成9年度の稚ウニ種苗生産計画数量を達成できたとのことです。

2. アオサで稚ウニを大きく育てる

公社では毎年夏から秋にかけて、稚ウニの餌料不足が起こります。この時期に栄養塩類が少なくなり、餌となる珪藻が繁茂しなくなるため、この対策について栽培センターに相談がありました。そこで、不稔性(成熟しない性質のこと)の強い

アナアオサ(以下アオサ)を大量に培養して稚ウニに与えてみることにしました。

その結果、稚ウニの成長を促進させることができ、出荷サイズ(殻径5mm)以上の稚ウニの割合を高めることができました。この技術を開発したことによって、大きな経済的効果が得られています。このことについては、「育てる漁業、No.290」に同じ表題で速報的に報告しました。

現在、公社以外に10ヵ所のウニ種苗生産施設で、アオサの培養が事業的あるいは試験的に行われています。先の報告では、アオサの培養に市販のノリ糸状体培養液を使用しましたが、今回はさらに生産原価(以下コスト)の低い培養法をご紹介します。

市販ノリ糸状体培養液

試験1:最初に珪藻とアワビモの培養液、および市販ノリ糸状体培養液の3種の効果を比較してみました。アオサは21℃の恒温室で、20ℓの水槽

表1 培養液の組成と価格

種類	組成(海水1tあたり)	価格
市販ノリ糸状体培養液	不明	400.0 円
アワビモ培養液	硝酸ナトリウム(100g)+リン酸二ナトリウム(20g)	29.0 円
珪藻培養液	硝酸アンモニウム(100g)+過リン酸石灰(15g)+クレソット32(15g)	102.0 円
アオサ培養液	硝酸アンモニウム(100g)+過リン酸石灰(15g)	2.6 円

価格:海水1tあたり、2週間の培養に必要な費用

を使って、照度2000luxで24時間の照明、中央部のガラス管からエアレーションを行うという止水条件(写真1)で培養しました。家庭用の洗濯機で脱水して量った5gのアオサを入れ、3種の培養液の添加量を変えて5日間培養しました。その結果が図8です。市販ノリ糸状体培養液を多く加えた場合に最も増重率(1日あたりの成長量)が高く、5日間で約2倍の量に増えました。しかし、表1のように市販ノリ糸状体培養液のコストは高いので、増重率が若干低くても大量に培養する場合には、珪藻・アワビモの培養液のほうが良いと判断しました。

ところで、アオサを分けていただいた北海道電力株式会社総合研究所の津野雅俊氏は、次のような培養法を報告していました。農業用の硫酸アンモニウムと過リン酸石灰を100対15の割合で混合し、自動給餌機を使ってこれを1日あたり海水1tに対して6g散布し、1日1換水の流水(1日で全量が入れ替わる程度の流し方)で培養するという方法です。この培養液(以下アオサ培養液)は最も安いので(表1)、次にこれを使った試験を行ってみました。

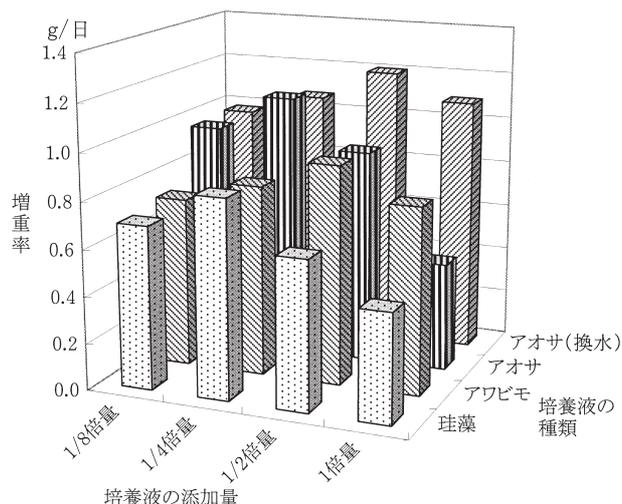


図9 アオサ培養試験の2

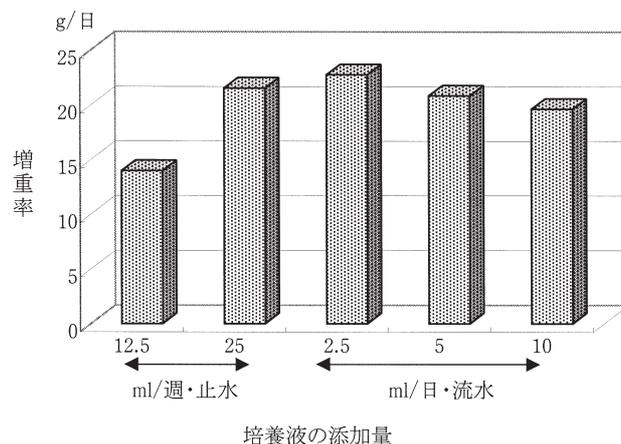


図10 アオサ培養試験の3

### アオサ培養液

試験2：珪藻、アワビモ、アオサの3種の培養液を使って、試験1と同じ条件でアオサを培養しました(図9)。アオサ培養液は添加量が少なくても良く増え、1日おきに全量を換水して新たに培養液を添加した場合には、さらに良く増えました。

試験3：100ℓのコンテナを用いて、良く日のあたる実験室で培養を行いました(写真2)。止水の水槽と、1日1換水の流水の水槽を設けました。50gのアオサを入れ、アオサ培養液(硫酸アンモニウム100gと過リン酸石灰15gを淡水10ℓに溶かしたものを原液としました)は、添加量を変えて培

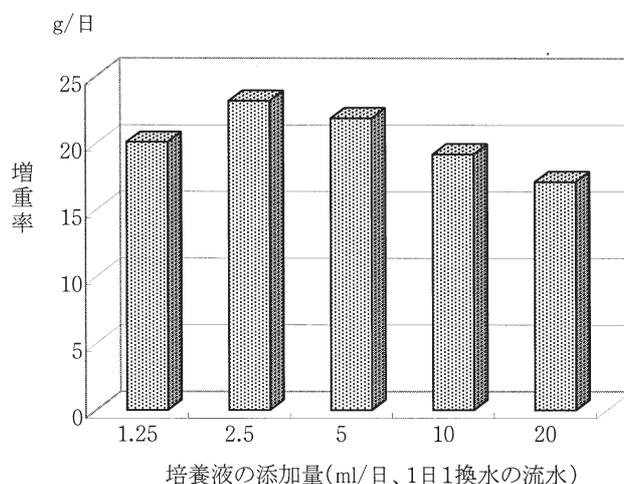


図11 アオサ培養試験の4  
(ml/日、流水)



写真2 100ℓ水槽を使ったアオサ培養

養しました。照度は最大時に数万 lux となり、水温は15 ~ 20 でした。その結果は、流水で培養したほうが増殖率が良く、最も高い区は、8日間で元の量の4倍以上(210 ~ 235g)に増えました(図10)。

試験4：最後は全て流水条件で試験を行いました(図11)。その結果、1日あたり2.5mlのアオサ培養液を添加した場合に、最も高い増重率が得られました。しかし、増重率は若干落ちましたが、5mlを添加した場合が最も濃い緑色のアオサになりました。この添加量は津野氏の培養法にちょうど一致しましたので、今後のアオサ培養の目安になるものと思います。アオサ培養液のコストは市販ノリ糸状体培養液の百分の一以下ですので、大量培養を行うには好都合と考えます。

#### まとめ

育てる漁業(No.290)で報告しましたように、アオサの培養には栄養塩類のほかに、明るさ、水温、エアレーションによる攪拌などの諸条件が大きく影響します。したがって、ウニ採苗施設でアオサの培養を行う場合には、各施設の条件を十分検討して、最も効率の良い方法で培養を行う必要があります。なお、道内のウニ採苗生産施設では自動給餌機を持たないところがほとんどですので、そ

の場合は海水1tあたりに6gを直接散布してください。または、淡水1ℓあたりに硫酸アンモニウム100gと過リン酸石灰15gを溶かしておいて、これを水槽水1tに対して50ml添加してください(過リン酸石灰は溶けにくいので、良く混ぜてから量りとります)。

これまで述べてきたアオサは和歌山県産のもので、20 ~ 25 の水温で最も良く増えます。しかし、北海道区水産研究所の町口裕二氏のお話では、根室市歯舞で採集したアナアオサは、低水温で良く増えるそうですので、今後はその成長を検討してみる必要がありそうです。

さいごに

以上、栽培センター貝類部で行った試験の一部をご紹介します。持ちこみの課題に対して、このように比較的短期にある程度の結論を得られる場合もありますが、生き物が対象ですので、そうはいかない場合が多いのが現状です。また、資源増殖部門では平成6年度以降、魚類に関する事業が大幅に増えましたので、限られた人員の中で十分な対応ができない場合も多くなっています。しかし、今後も水産業発展の裏方として、できる限りの対応をしていかなければならないと考えています。

最後になりましたが、貴重なデータをお示しいただいた渡辺修一博士と、アオサを分けていただいた津野雅俊氏に心からお礼申し上げます。また、本稿の取りまとめに際しお世話になった公社の西村勉氏と栽培センターの奥村裕弥氏にお礼申し上げます。

(なばた しんいち 稚内水試資源増殖部  
報文番号 B 2135)

# マナマコの人工種苗生産について

酒井 勇一・奥村 裕弥・西村 勉

キーワード：マナマコ、種苗生産、成熟促進、浮遊幼生の形態、沈着率、減耗

## 【はじめに】

北海道のマナマコは、磯根域に生息する魚種の中でも重要なもののひとつです(表1)。しかしながら、漁獲量は、1985年(昭和60年)の2,013トンをピークに、1996年(平成8年)には1,131トンに半減しています(図1)。全国的にみてもマナマコの資源量は減少しており、その対策として、西日本を中心に人工種苗生産とその放流が盛んに行われています。北海道では宗谷漁協が人工種苗放流を行っています(図2)。

マナマコの人工種苗生産は、既に確立されているエゾバフンウニと同じような方法で行うことができるため、既存のウニ施設を使えるメリットがあります。しかしながら、人工種苗を安定的に大量生産するためには、親マナマコの産卵促進、浮遊幼生の飼育、沈着、稚マナマコの飼育などまだまだ技術の改良が必要です。

いま、栽培漁業総合センターでは、人工種苗の量産化を目指して基礎技術の開発試験を行っています。そこで今回は、マナマコの人工種苗生産の過程を追って、今年度行った試験の結果をご紹介します。

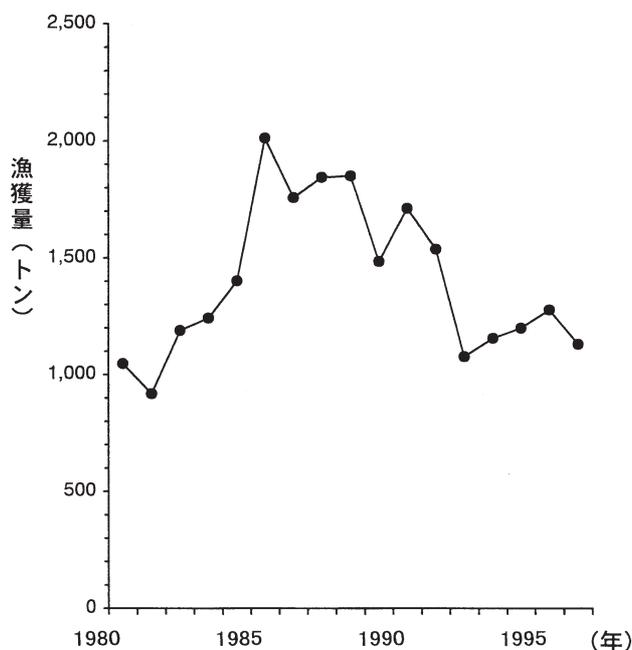


図1 北海道のマナマコ(北海道水産現勢より)

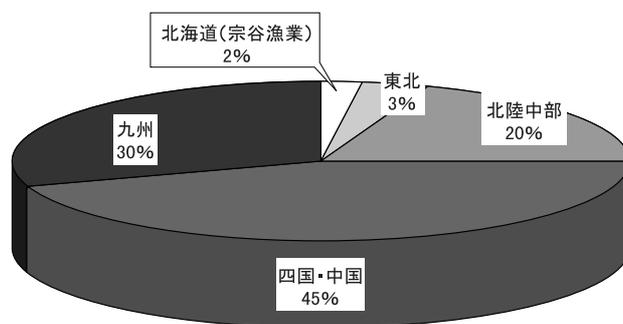


図2 平成7年度の国内のマナマコ人工種苗生産数の割合  
マナマコ人工種苗生産数は6,568千個体

表1 主な磯根資源の漁獲量と生産高(平成8年度北海道水産現勢より抜粋)

	漁獲量(トン)	順位	金額(百万円)	順位
コンブ	26,716	1	28,581	1
ウニ	5,313	2	9,084	2
マナマコ	1,131	3	561	3
ハナサキガニ	147	4	93	5
アワビ	43	5	318	4

\*コンブは乾燥重量を、ウニは殻付き重量に換算して示した

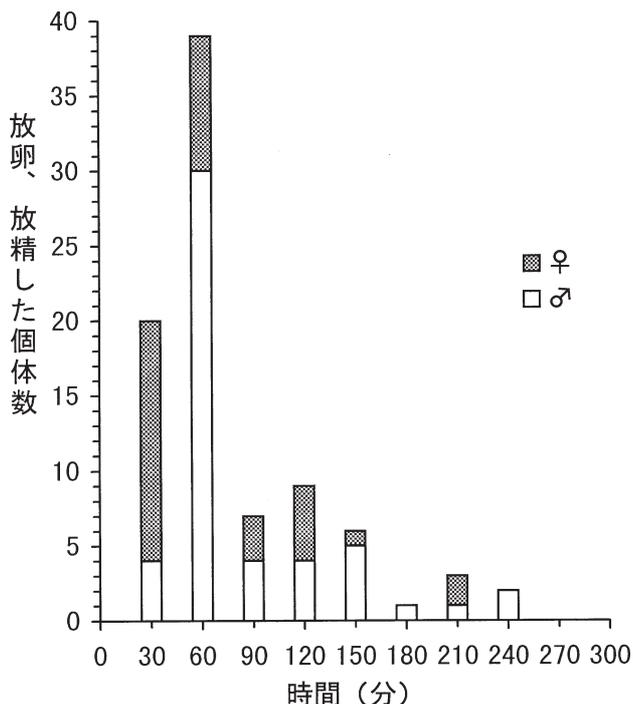


図3 加温刺激によって産卵しはじめる時間

【人工採卵】

子供を作るためには、まず卵を採る必要があります。人の手で卵を採ることを「人工採卵」と呼びますが、マナマコの場合は、飼育水温より5加温し、紫外線を照射した海水を水槽に満たした上で、真っ暗に行います。通常、加温水に移してから30分～1時間ほどで産卵しはじめます(図3)。

今年、この方法で、いつ人工採卵できるのかを調べるために、渡島東部地区水産技術普及指導所に協力していただき、4月から10月まで、ほぼ毎月鹿部町沖で採集したマナマコを使って試験してみました。また、このうち4月に入手したものを、天然海水より高い17で飼育する組(加温群)と、水温を調節しないで飼育する組(無調温群;水温5～22)に分けて飼育し、加温飼育で親マナマコの産卵を早めることができるかどうかを調べ

表2 飼育条件別の産卵誘発に対する反応

群	採集した日	4月22日	5月21日	6月19日	8月4日	9月3日	10月12日
	天然群	産卵を促した日	4月27日	5月25日	6月25日	8月6日	9月10日
	供試個体重量	126.9±24.1	143.6±52.3	122.5±31.5	120.6±47.0	123.9±51.5	92.1±32.0
	供試個体数	20	20	36	23	33	32
	反応個体数	0	0	10	7	2	0
	♀			2	1	0	0
	♂			8	6	2	0
	反応率(%)*	0	0	28.0	30.4	6.1	0
加温群**	採集した日	4月22日					
	産卵を促した日		5月26日	6月23日	8月7日	9月10日	試験終了
	供試個体重量		137.8±53.8	131.3±78.3	82.5±30.8	64.5±21.3	
	供試個体数		40	24	14	14	
	反応個体数		17	10	0	0	
	♀		15	4	0	0	
	♂		2	6	0	0	
	反応率(%)*		42.5	41.7	0	0	
無調温群**	採集した日	4月22日					
	産卵を促した日		5月25日	6月25日	8月6日	9月10日	試験終了
	供試個体重量		128.3±39.4	124.3±40.2	121.2±71.6	86.7±39.0	
	供試個体数		43	43	11	9	
	反応個体数		0	32	2	0	
	♀			6	1	0	
	♂			26	1	0	
	反応率(%)*		0	74.42	18.18	0	

\* : 試験に用いた個体のうち、水温刺激で放卵、放精した個体の割合を示す

\*\* : 前回の試験で放卵、放精した個体を除いて試験した

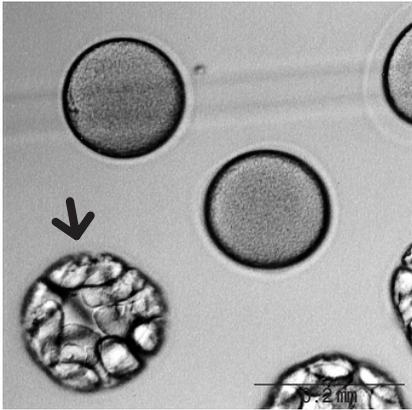


写真1 マナマコの受精卵(矢印)と未受精卵

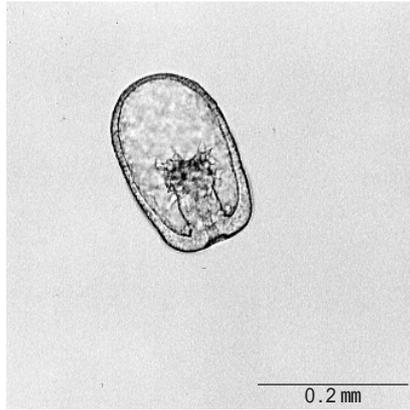


写真2 ふ化して泳ぎはじめたのう胚期幼生(受精後24時間)



写真3 ふ化した翌日のアウリクラリア幼生(受精後48時間)

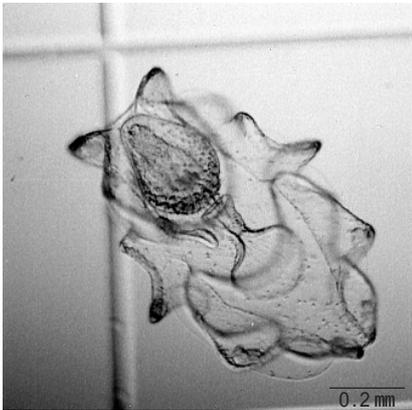


写真4 ふ化してから2週間の最も大きくなったアウリクラリア幼生

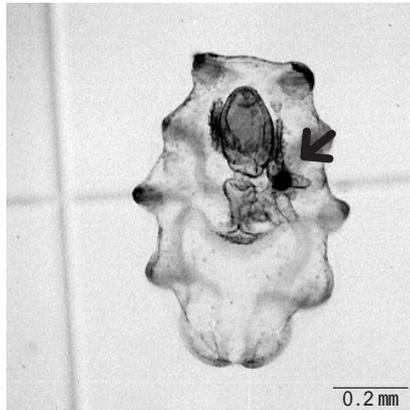


写真5 収縮しはじめたアウリクラリア幼生(矢印は将来触手になるところ)

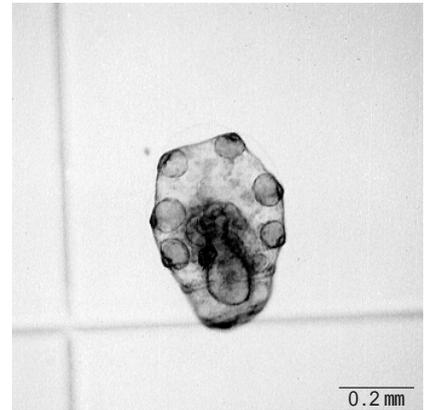


写真6 ドリオラリア幼生(受精後15日目以降に出現した)

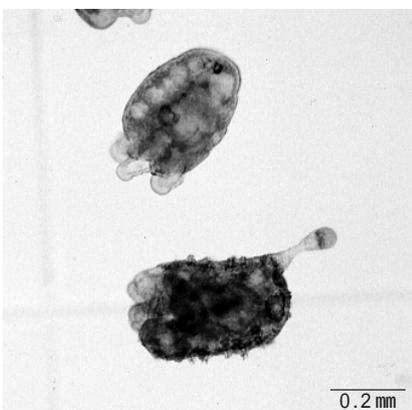


写真7 触手をもつペンタクチュラ幼生(上)とさらに変態がすすんだ稚ナマコ

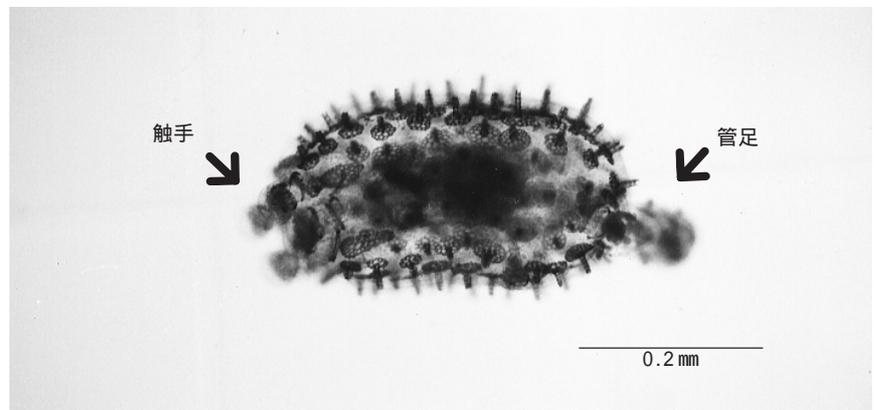


写真8 稚ナマコ(受精後19日目)

てみました。

この結果、鹿部では、6月下旬から9月上旬に入手したマナマコは、そのまま採卵できることが分かりました。また、4月に入手したナマコでも、20日ほど17 に加温飼育することによって、天然のものよりも1か月ほど早い、5月下旬に採卵でき(表2) その分長い期間(5月下旬~9月上旬)人工採卵が出来ることが分かりました。また、早い時期に人工採卵すれば、高水温期を活用して、稚ナマコを早く成長させることが出来ると考えられました。

【浮遊幼生の飼育】

こうして得られた卵(写真1)の大きさは、およそ0.15mmです。水温18 で飼育すると、翌日には壺のような形の幼生(のう胚期幼生といいます)になって水面に向かって泳ぎだします(写真2) さらにその翌日には、横から見ると人の耳の形に似た、アウクラリア幼生という浮遊幼生になります(写真3) このころには口もでき、餌を食べるようになりますので、ウニ幼生の餌にしているキートセラス グラシリスという植物プランクトン

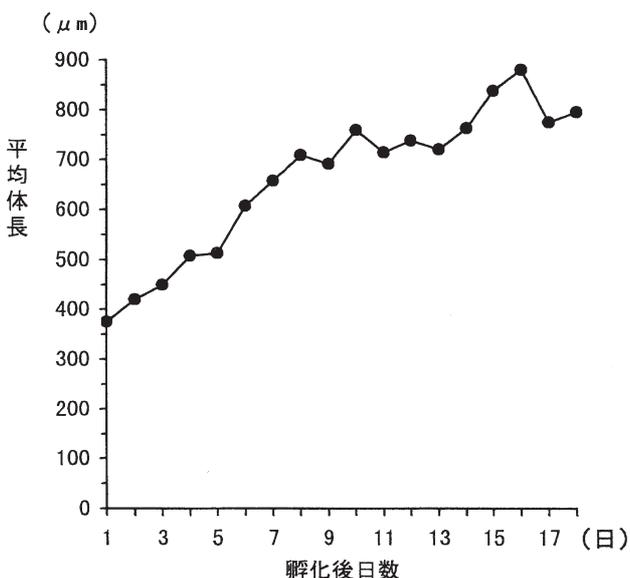


図4 アウクラリア幼生の成長

を与えます。この幼生は2週間ほどで浮遊期間中もっとも大きい0.9mm程度になります(写真4、図4) その後、写真5~6のように、体を縮めながら形を変えて、最大時の約半分程度の大きさの、樽のような幼生(ドリオラリア幼生)になります(写真6) このドリオラリア幼生は、翌日には触手を持ち、付着生活するペンタクチュラという幼生になり(写真7) さらにウニのように管足という足ができて真っ白い稚ナマコになります(写真7、8)

この間の幼生は、まるでイモムシがサナギを経てチョウチョウに変態するように(もっとも、ナマコの場合は、チョウチョウのようなアウクラリア幼生が、サナギのようなドリオラリア幼生を経て、イモムシになるような感じですが) まさにドラマチックに変身します。

【沈着】

稚ナマコは、ウニのようにポリカーボネイト製の波板に沈着させます(浮かんでいる幼生が、底に沈んでくっ付くので、「沈着」といいます) 最初に述べた量産(大量生産)を目指すためには、こ

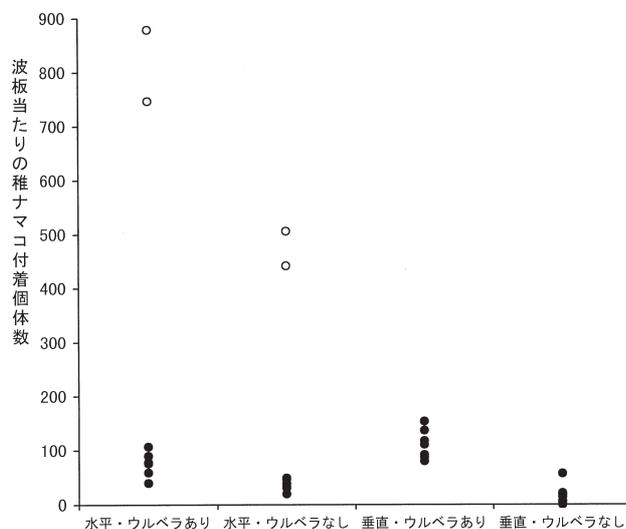


図5 波板への稚ナマコ沈着数は最上の波板への沈着数を示す

の幼生をいかに多く波板に付けるかが問題になります。

そこでこの波板に、ウルベラ レンズ(ウニ浮遊幼生の沈着基質として用いている緑色の藻類で、アワビモともいいます)を付着させた場合と、付着させない場合、さらにその波板を垂直に置いた場合と水平に置いた場合で、稚ナマコの沈着数を比べてみました。

この結果、ウルベラを付着させた波板の方に多くの稚ナマコが沈着しました。また波板を水平に置いた場合は、一番水面寄りの波板に、他の波板より10倍ほど多く稚ナマコが付き、密度のむらが出てしまいました。全体として垂直に設置したもののよりも多くの稚ナマコが沈着しました(図5)。

#### 【稚ナマコの育成】

次なる問題は、こうして波板に付けた稚ナマコを、いかに多く生き残らせるかです。沈着してから、体長約5mmになるまでの稚ナマコは真っ白で、特に紫外線に弱いとされており、紫外線を多く含

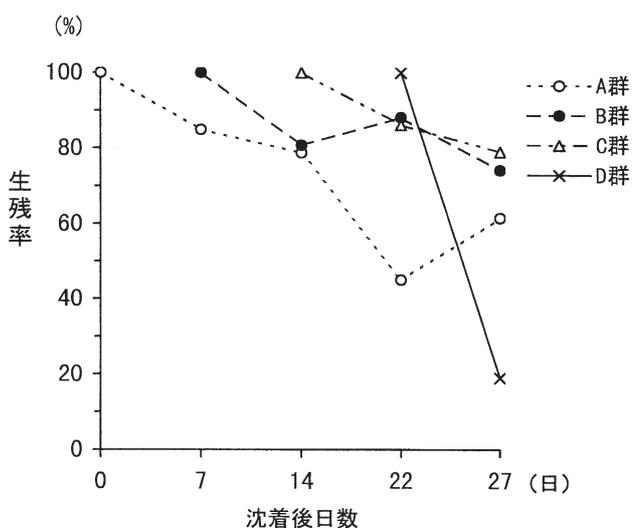


図6 日光にあて始めた時期と稚ナマコの生存率の関係

- A群：沈着直後に日光をあて始めた群
- B群：沈着後1週間してから日光をあて始めた群
- C群：沈着後2週間してから日光にあて始めた群
- D群：沈着後3週間してから日光をあて始めた群

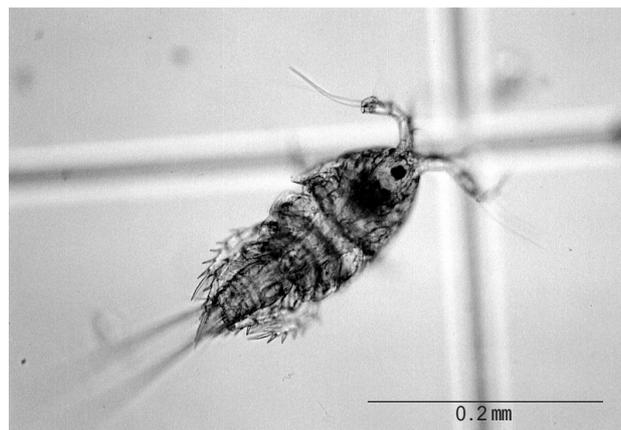


写真9-1 シオダマリミジンコ

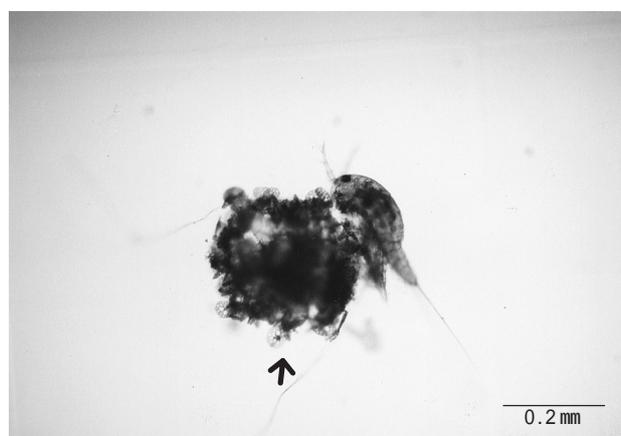


写真9-2 稚ナマコ(矢印)を補食しているシオダマリミジンコ

む太陽光に当たらないように、蓋をするなどの水槽を工夫した方がよいといわれています。しかし毎日の給餌や水槽掃除で、飼育している数か月間、いちいちこの蓋を外すというのは案外厄介なことです。

そこで今回は、直射日光が当たる窓際に置いた2.5トン水槽に、ウルベラ レンズを付着させた波板を垂直に置いて、ドリオラリア幼生を収容し、水槽に蓋をして太陽光を遮断しました。稚ナマコが付くまで1週間待った後、毎週端から順番にこの蓋を開けて、太陽光をあてていきました。稚ナマコが付いた直後から、窓からの太陽光があたるようにした群(A群)よりも、さらに1週間及び2週間暗くしておいた群(B,C群)の方が生き残りがよいことが分かりました。また、稚ナマコが付い

てから3週間ずっと暗くしておいた群(D群)は、太陽光をあてた直後に、急にいなくなりました(図6)。一方、A~C群ではこの時期に、極端な変化は認められませんでした。A~Dの各群は、同じ水槽内で飼育していましたから、こうした違いは、太陽光の影響によると考えられ、しかもこの太陽光に対する耐性が、稚ナマコが付いた直後から2週間程度までの間の、比較的早い時期にできる可能性があると考えられました。なお、このときの稚ナマコは、平均1.7mmと未だ茶色い色素がでてきていない小さいサイズです。この太陽光に対する耐性については、来年さらに詳しく調べる予定です。

このほかの稚ナマコの減少要因として、体長1mmほどの小さなプランクトン(かい脚類)による食害が認められました(写真9-1、9-2)。このプランクトンを北海道大学生物海洋学講座の志賀先生にお願いして調べていただいたところ、「シオダマリミジンコ」という種類であることが分かりました。飼育水は、1µmのフィルターで濾過していましたが、卵としてでしょうか、こういった害敵が侵入してしまいました。

栽培漁業総合センターでは、今後もこうした試験を通じて、マナマコの量産化技術の確立を目指していきたいと思っております。

英語でSea Cucumber、海のキュウリといわれるナマコが、海の畑に、たわわに実る日を夢見て。

(さかい ゆういち おくむら ひろや

栽培漁業総合センター貝類部

にしむら つとむ 栽培漁業振興公社

報文番号 B 2136)

## 資源・増殖シリーズ

## 海外からの水産物の疾病の侵入防止制度について

キーワード：未侵入疾病、国際獣疫事務局（OIE）無病証明

魚介類を作り育てて漁獲する栽培漁業の大きな手段として養殖や種苗放流事業が行われています。このうち養殖業では生産量の増加や対象種の多様化により、国産種苗では需要をまかなうことができなくなっており、また放流事業においても国内産の人工種苗や天然種苗の不足により輸入種苗も使われています。このため海外からの種苗の輸入量が急増しており、農林水産省によると平成7年には国内全体で541トンにもなっています。北海道での種苗の輸入は種類、量ともそれほど多くありませんが、昨年はアサリとマガキの種苗が輸入されています。

海外からの種苗の輸入には今まで国内になかった疾病が侵入する可能性が伴います。海外からの疾病の持ち込みを防止するための対策は昭和49

年から行われてきていますが、平成8年に法制化され、従来の指導から一步踏み込んだ防疫制度となりました。しかし現状ではまだ、新たな疾病が海外から侵入する可能性がかなり残っています。そこで今回は、種苗輸入に伴う海外からの水産動物の疾病の侵入防止制度を紹介するとともに、新たな疾病の侵入の危険性について述べさせていただきます。

## 1. これまでに海外から侵入した魚病

これまで海外から侵入したと考えられている疾病には表1のようなものがあります。これらの多くは病原体に汚染された発眼卵の輸入によって持ち込まれたと考えられているサケ・マス類の疾病で、増養殖に大きな被害をもたらしています。最

表1 我が国で発生している外国由来の主な疾病

疾病名	病原体	魚種	進入経路	平成6年推定被害額
伝染性造血器壊死症 (略称 IHN)	IHNウイルス	さけ科魚類	北海道に増殖用としてアラスカから移入されたベニザケ卵が原因となり1971年に道内のヒメマスで被害が発生した。	さけ科魚類 288百万円
伝染性脾臓壊死症 (略称 IPN)	IPNウイルス	さけ科魚類	長野県、静岡県で1964年頃当該疾病とみられるニジマスの大量斃死が発生した。アメリカから持ち込まれた可能性が高い。	さけ科魚類 13百万円
細菌性腎臓病 (略称 BKD)	細菌のレニバクテリウム・サルモニナラム	さけ科魚類	1973年に北海道立水産孵化場千歳試験池のマスノスケとヒメマスで初めて発生が確認された。当該疾病が持ち込まれた原因は、放流用の輸入ギンザケが当該疾病に汚染していたことによるとされる。	さけ科魚類 131百万円
冷水病	細菌のフレキシバクター・サイコロフィラ	さけ科魚類	ギンザケにおいては、1990年に宮城県と岩手県の孵化場で初めて発病が確認された。当該疾病は米国で1948年に発見されて以降、その発生範囲は西部から東部、カナダまで及んでおり、ギンザケ輸入卵が当該疾病に汚染していたため我が国に持ち込まれたとされている。	さけ科魚類 12百万円
赤血球封入体症候群 (略称 EIBS)	未確定	さけ科魚類	1982年に米国ワシントン州国立孵化場のマスノスケで初めて発見され、その後ギンザケ、大西洋サケからも発生が確認された。日本では1986年頃から宮城県の海面養殖ギンザケで発生していた貧血症による大量斃死が当該疾病によるものであることが確認された。	さけ科魚類 270百万円
クルマエビ急性ウイルス血症 (略称 PAV)	PRDV (ウイルス)	くるまえび	1993年中国産くるまえび種苗を導入した西日本主要生産6県で発生。疫学的調査により中国産くるまえび種苗が原因であることを特定した。	くるまえび 2,528百万円

第136回国会 水産資源保護法の一部を改正する法律案参考資料（農林水産省）を一部修正

近では平成5年に西日本の6県の中国産種苗を導入したクルマエビ養殖場で新しい疾病が発生し、多いところで死亡率が80%にも及び、この年の推定被害は約300トン、25億円にもなりました。

## 2. 新たな疾病の侵入の危険性

海外から新たな疾病が持ち込まれ発病すると、養殖場の魚介類に蔓延するだけでなく、湖沼や海まで病原体で汚染してしまうことも有り得ます。そしていったん環境が病原体で汚染されれば病原体をなくすことは極めて困難になります。それは、

治療や病魚の処分等の対策により疾病が収まっても、生き残った魚や周辺に生息していた魚が病原体を持ち続け(保菌魚)何らかの原因で発病し多数の病原体を放出する可能性があり、また病原体には環境中で長期間生存し続けるものもあり、水産動物では陸上動物と違い疾病の発生場所を消毒することは陸上水槽などを除くと困難だからです。また、保菌魚の移動により汚染が拡大する可能性や、輸入種苗から他の国内魚種に感染した場合これらの魚種は全く抵抗性を持っていないため被害が大きくなる可能性もあります。輸入種苗による海外からの未侵入疾病の危険性についてはわかりいただけだと思います。

## 3. 日本の外国産疾病の侵入防止対策

日本では海外からの未侵入疾病の侵入を防止するため、昭和49年から未侵入疾病の検査体制を整備するとともに、昭和57年には水産庁長官通達により、種苗輸入業者に対し、指定検査機関(社団法人日本水産資源保護協会)へ検体を搬入し検査を受けること、輸入先の魚病発生状況と病原体分布を事前に調査し汚染地域からの輸入を避けること、さけ科魚類の卵については相手国の公的機関の無病証明書の有るものを輸入すること、

輸入後一定期間隔離飼育し安全性を確認すること等の指導を行ってきました。しかし輸入種苗の防疫の必要性は認識されていたものの、強制力を伴う法的な制度にはなっていませんでした。

輸入水産動物からの未侵入疾病の侵入防止策が法制化されたのは平成8年のことです。法制化が行われた理由には上記の外に次のこともありました。まず、海洋法に関する国際連合条約が平成8年から我が国で施行され、この中で生物資源を含む海洋環境の保護及び保全に必要な措置として、海洋に生息する生物種に悪影響を与える微生物の侵入を防止するための措置が求められました。また、前年に国際獣疫事務局(OIE)\*<sup>1</sup>から原則としてOIEに届け出を要する疾病\*<sup>2</sup>に感受性を有する水産動物の輸入の際には、それらの疾病のない国、地域及び養殖施設由来のものである旨の証明書が添付されたもののみを受け入れるべきであることが各国に勧告されています。

そして、水産資源保護法が平成8年に一部改正され、我が国に未侵入でかつ重大な疾病として輸入防疫措置が必要と考えられる伝染性疾病及びこれらの疾病に感受性を有する水産動物の種苗を規

表2 水産資源保護法施行規則で定められた水産動物の種苗と伝染性疾病

水産動物の種苗	伝染性疾病
こいの稚魚	コイ春ウイルス血症
さけ科魚類の発眼卵及びさけ科魚類の稚魚	ウイルス性出血性敗血症 流行性造血器壊死症 ピシリケッチア症 レッドマウス症
くるまえば属のえび類の稚えび	バキュロウイルス・ペナエによる感染症 モノドン型バキュロウイルスによる感染症 イエローヘッド病 伝染性皮下造血器壊死症 クルマエビ急性ウイルス血症

(水産資源保護法施行規則第一の四)

表3 OIEに提出を要する疾病

疾病名	病原体	魚種	分布	特徴
流行性造血器壊死症 (略称EHN)	EHNウイルス	レッドフィンパーチ ニジマス	オーストラリア	ニジマスの生残魚から抗原も抗体も検出されない
伝染性造血器壊死症 (略称IHN)	IHNウイルス	サケ科魚類	北米、極東、ヨーロッパ	出血、18℃以下で発生
サクラマスの口腔基底上皮腫 (略称OMVD)	OMVウイルス	ベニマス、サクラマス、サケ、ギンザケ、ニジマス	日本、東アジア	致命的だが生残魚で後に主に口に腫瘍が生じる
コイ春ウイルス血症病 (略称SVC)	SVCウイルス	コイ、ソウギョ、ハクレン、コクレン、フナ	ヨーロッパ	発病すれば2～3週間で死亡率80～90%に及ぶ
ウイルス性出血性敗血症 (略称VHS)	VHSウイルス	サケ科魚類	ヨーロッパ、ホンジュラス、アメリカ	ニジマスでは200～300gのサイズのものが発症、死亡率80%に及ぶ
ボナムア症	<i>Bonamia edulis</i> 及び <i>B. sp.</i> (原生動物)	カキ類	ヨーロッパ、アメリカ、オーストラリア	血液細胞の致死的原虫感染症
ハブロスボリジウム症	<i>Haplosporidium</i> 属の原生動物	カキ類	アメリカ	鰓と外套膜の赤褐色化
マイテイリア症	<i>Marteilia</i> 属の原生動物	カキ類	オーストラリア、スペイン、フランス、イタリア	「やせ」とグリコーゲンの消耗を引き起こす
マイクロサイトス症	<i>Mikrocytos mackni</i> , <i>M. rougheiyi</i> 原生動物	カキ類	カナダ西海岸、オーストラリア	外套膜の膿ほう、膿瘍、潰瘍
パーキンサス症	<i>Perkinsus</i> 属の原生動物	カキ類ほか多くの二枚貝類	オーストラリア、スペイン、ポルトガル、アメリカ	<i>Perkinsus</i> 属にはホタテガイに寄生する種もある
イリドウイルス症	イリドウイルス	カキ類	スペイン、フランス、アメリカ	鰓の壊死、血液感染

日本水産資源保護協会 (1997) : 水産動物の疾病診断マニュアル (仮訳)、国際獣疫事務局 (OIE) 魚病委員会、第136回国会 水産資源保護法の一部を修正する法律案参考資料 (農林水産省) から作表

則で指定して、指定された水産動物の種苗の輸入を農林水産大臣の許可制とし、指定された魚種の輸入許可申請には、当該伝染病に感染していないことを証明する輸出国が発行する検査証 (無病証明) を必要とすることとされました。

現在指定されている水産動物の種苗はこいの稚魚、さけ科魚類の発眼卵及びさけ科魚類の稚魚、くるまえば属のえび類の稚えびで、指定された伝染病はコイ春ウイルス血症、ウイルス性出血性敗血症など10種です (表2)。対象疾病にはOIEに届け出を要する疾病あるいはその他重要疾病として

定められた疾病や、その他各国で規制対象とされている重要な疾病の中から指定されています。ただし、観賞用のものは公共の水面に搬入されることは考えにくいので許可を必要とせず、また試験研究用のものも、増養殖の実用化のための試験研究に用いることを目的とし公共の水面等に持ち込むものでない限り許可を必要としないとされています。なお、省令で指定できるのは国内に未侵入あるいは未定着であることが明らかになっており、発生した場合に重大な被害を及ぼすと考えられる伝染病と感受性のある動物種となっています。そ

表4 その他の重要疾病

疾 病 名	病 原 体	魚 種	分 布	特 徴
アメリカナマズウイルス症 (略称CCVD)	CCV	アメリカナマズ	アメリカ	浮腫と出血
ウイルス性脳症及び網膜症 (略称VNN)	VNN原因ウイルス	シマアジ、キジハタ、ヒラメ、マツカワ、マダラ等多魚種	日本、オーストラリア、ヨーロッパ	仔稚魚では死亡率が極めて高い
伝染性脾臓壊死症 (略称IPN)	IPNウイルス	サケ科魚類	南北米、ヨーロッパ、アジア	サケ科以外にも多魚種が感染
伝染性サケ貧血症 (略称ISA)	ISAウイルス	タイセイヨウサケ	ノルウエー	貧血、腹水、肝臓脾臓のうっ血
流行性潰瘍症候群 (略称EUS)	<i>Aphanomyces</i> 属の真菌?	多くの淡水魚、一部の汽水魚	東南アジア、南アジア	分布地域拡大中
細菌性腎臓病 (略称BKD)	<i>Renibacterium salmoninarum</i> (細菌)	サケ科魚類	北米、日本、ヨーロッパ、チリ	慢性で初めは死亡率が低いが徐々に高まる
ナマズの腸内細菌性敗血症 (略称ESC)	<i>Edwardsiella ictauri</i> (細菌)	アメリカナマズ、ナマズ科魚類	アメリカ、タイ	18~28℃で発生
ピシリケッチア症	<i>Piscirickettsia salmonis</i> (リケッチア)	サケ科魚類	カナダ、チリ、アイルランド、ノルウエー	死亡率30~90%
バキュロウイルス性中腸腺壊死症 (略称BMN)	BMNウイルス	クルマエビ	日本、韓国	幼生の大量死を引き起こす
核多角体バキュロウイルス症	MBV (ウイルス) BP (ウイルス)	ウシエビ	アジア、アフリカ、南ヨーロッパ、南北米	幼生の大量死を引き起こす
伝染性皮下造血器壊死症 (略称IHNN)	IHNNウイルス	ウシエビ、クマエビ	大西洋・太平洋岸、アジア	世界中の養殖エビに分布
イエローヘッド症 (略称YHD)	YHV	ウシエビ	タイ	ウシエビの最も有害なウイルス
ザリガニ疫病	<i>Aphanomyces astaci</i> (真菌)	非北米起源の全ザリガニ	ヨーロッパ、ロシア	北米起源

日本水産資源保護協会 (1997) : 水産動物の疾病診断マニュアル (仮訳)、国際獣疫事務局 (OIE) 魚病委員会、第136回国会 水産資源保護法の一部を修正する法律案参考資料 (農林水産省) から作表

これは、国内に既に定着している疾病について無病証明を求めることは意味がなく、無病証明を貿易制限の手段として用いられることは避けるべきであるというOIEの考えによるものです。

\* 1 : 国際獣疫事務局 (The Office International des Epizooties: OIE) は、世界の動物保健増進のために1924年に設立された国際機構であり、その主要な活動は次の通りである。

- ・ 動物疾病の発生、経過及び治療に関する情報の収集と加盟国への伝達
  - ・ 動物の国際貿易に適用し得る保健に関する規制の指針と基準の提供
  - ・ 動物疾病の病理、治療及び予防に関する研究において国際的協力が望まれる場合のかかる研究の促進と調整
- 水産動物も上記‘動物’に含まれるとされている。日本は昭和5年から加盟している。

\* 2 : OIEでは、多数の国々で社会経済的あるいは公衆衛生上重要であると考えられ、また、水産動物及び水産動物由来の生産物の国際貿易において重要である疾病をOIEに届け出を要する疾病(表3) 水産増養殖において、現在、国際的に重要であるか、今後そうなる可能性があるが、届け出を要するほど重要ではないので、または地理的分布が限られているか、あまりにも広く分布しており届け出に意味がないか、またはまだ分布域が十分には明らかになっていないので、あるいは疾病の流行病学的要素が十分に解明されていないので、OIEに届け出を要するリストに含まれていない疾病をその他の重要疾病(表4)とし、それぞれリストを作成している。また、疾病に感染しているかどうかを判定する診断技術(診断マニュアル)が作成され、これに基づいて輸出検疫の際の判断基準が作成されている。

#### 4. 残された問題点

防疫制度の法制化により指定種苗、指定疾病の侵入についてはかなりの部分を防げると考えられています。それでも次のような理由で侵入を防ぐことができない可能性のあるものがあります。

指定魚種以外の魚種については対象外

前述したように、日本に存在していないことが明らかになっていない疾病を指定することができません。従って対象外の水産動物種苗の輸入に許可を得る必要はなく、無病証明のない種苗が輸入されることが有り得ます。しかし、OIEの届け出を要する疾病の中には、日本の指定魚種以外の疾病が軟体動物で6種、その他重要疾病では魚類で4種、甲殻類で5種あり、侵入により被害が出る可能性があっても国内に調査例が少なく、未侵入である根拠に乏しいため特定疾病の指定ができないものもあります。

未知の疾病の侵入の可能性

まだ存在が知られていないか、知られていても現地では病原性が弱い微生物が持ち込まれ、日本在来の水産動物に強い病原性を表す可能性があります。

検査精度の限界

輸出国による無病証明の検査はOIEが作成した診断マニュアルによって行われますが、検査法の精度には限界があり、100%感染していないとは断言できません。

このうち一番問題となる に関しては、現在水産庁で、カキ類に関して指定するための検討と準備が行われています。また指定種苗以外の種苗に関しては、従来通り昭和57年水産庁長官通達により対応することとなります。

#### 5. 終わりに

水産種苗の輸入には、注意を払っていても、これまで国内に存在しなかった新たな恐ろしい疾病を持ち込む危険性を伴います。そして、思いもよらなかった被害が、広い範囲に及ぶことも有り得るのです。種苗の輸入を検討する際には、この点を十分に考慮する必要があります。しかしどうしても輸入しなければならない場合には、時間的にゆとりを持って水産試験場または水産技術普及指導所に相談されるようお願いいたします。

(中央水試資源増殖部 三浦 宏紀

報文番号 B 2137)

加工シリーズ

# ブナサケかまぼこの弾力改善について

キーワード：サケ、冷凍すり身、かまぼこ

はじめに

平成7年以降、北海道におけるアキサケの水揚げ量は15万トン以上を記録していますが、魚価は低迷しており、特に価格の低いブナサケの新しい利用方法の開発が急務となっています。そこで釧路水試ではブナサケの冷凍すり身化を目指した技術開発に取り組んできました。ブナサケの冷凍すり身は民間企業でも生産されていますが、平成9年度の生産量は約千トンに止まっています。生産量が伸び悩んでいる理由の一つにはサケすり身から製造したかまぼこは弾力が弱いという点があ

られています。今回は、サケのかまぼこの弾力を改善することを目的とした試験結果を紹介します。

スケトウダラすり身との比較

まず、かまぼこの原料としてもっとも多く使用されているスケトウダラの冷凍すり身と弾力を比較してみました。かまぼこの作製と弾力の測定法を図1に示します。かまぼこはすり身に食塩を加え、これを加温(30℃)加熱(90℃)して作りました。かまぼこの弾力は、レオメーターという装置を用いて測定します。先端が球形の金属製

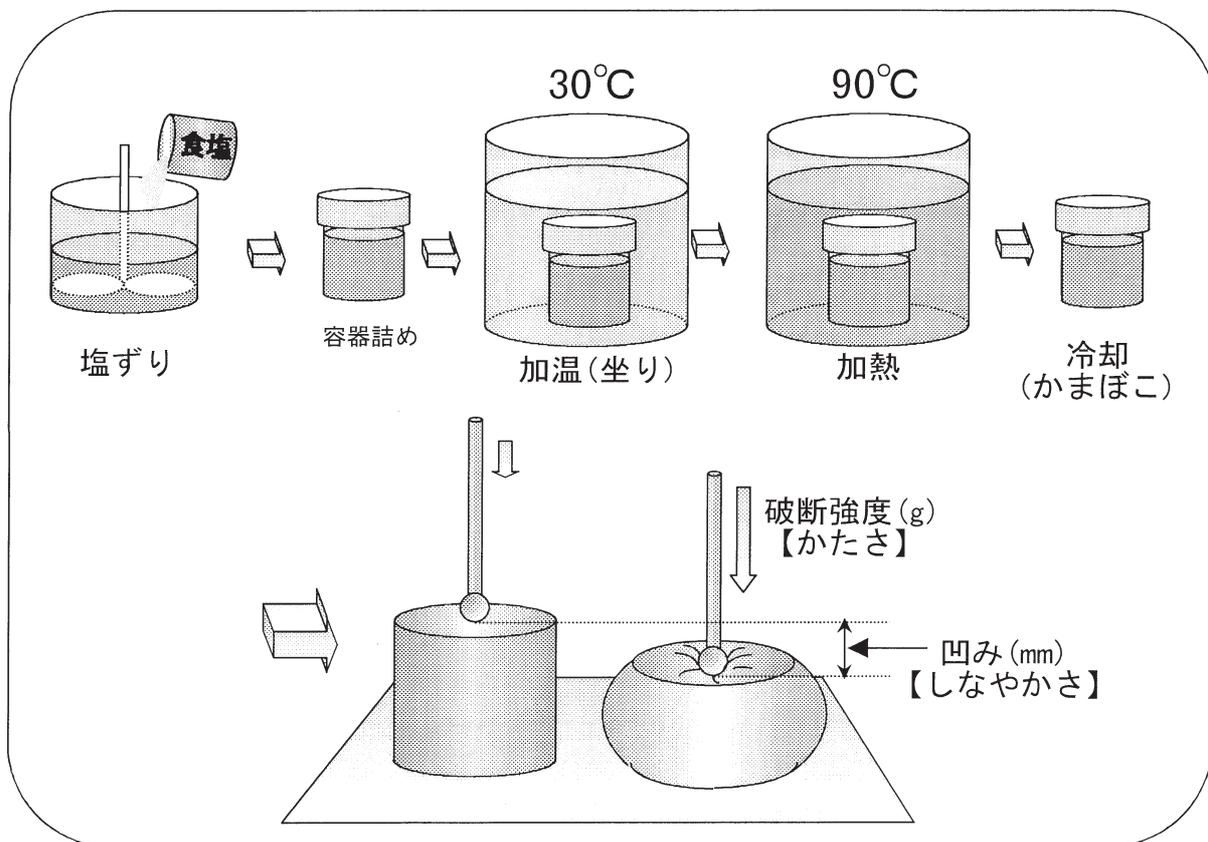


図1 かまぼこの作製と弾力の測定法

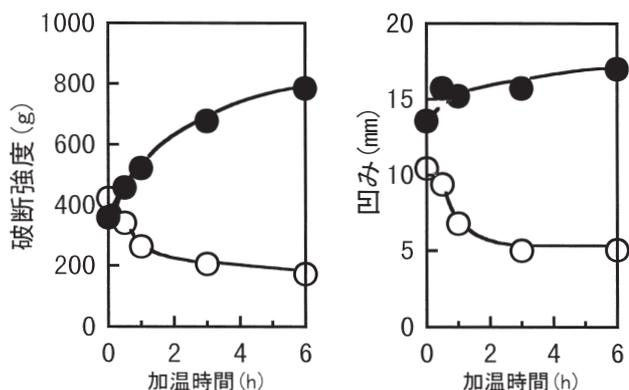


図2 サケとスケトウダラのかまぼこの弾力比較  
 ● : サケすり身、○ : スケトウダラすり身  
 30 加温 90 30分加熱

の棒をかまぼこに押し込みます。あるところでの金属棒がかまぼこを突き破りますが、突き破る直前の最大荷重を“破断強度”といい、これはかまぼこのかたさを表します。また、金属棒がかまぼこに触れてから突き破るまでの距離を“凹み”といい、かまぼこのしなやかさを表します。図2に示したようにスケトウダラは、加温(30)時間が長くなるにつれて、破断強度、凹みがいずれも増加し、いわゆる“坐り”の効果が認められます。“坐り”の効果とは、塩ずりした魚肉をあらかじめ50以下の低温で一定時間加温し、その後加熱すると加温しない場合よりも強い弾力のかまぼこが得られることをいいます。坐りのかまぼこの弾力を向上させるための有用な方法の一つですが、魚種によって坐りの効果の程度は異なります。一方、サケは加温すると破断強度と凹みが逆に低下する傾向を示しました。このような現象は、サケ以外の魚種でも知られていますが、原因の一つとして魚の筋肉中に含まれる自己消化酵素の作用が考えられています。すなわち、加温中にかまぼこの弾力の元になるタンパク質が自己消化酵素の作用によって分解される可能性があることです。実際にサケは成熟が進む(ブナ化)と筋肉中の自己消化酵素の働きが強くなることが知られています。この試験では、まず、すり身製造段階でこの自己

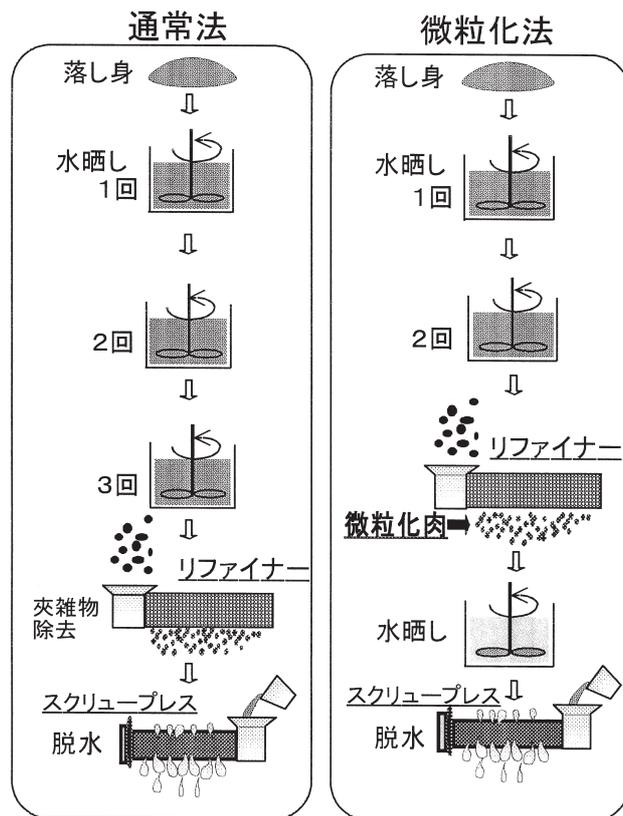


図3 サケすり身の製造法

消化酵素の除去を試みました。

### 水晒しによる弾力改善

図3にすり身の製造方法を示しました。スケトウダラのすり身製造法に準じた方法を通常法と呼ぶことにします。この方法はサケから肉だけを集め(落し身)、これを水中で3回洗浄(水晒し)します。次にリファイナーという裏ごし機器により骨やすじ肉などの夾雑物を除去します。最後にスクリーンプレス(脱水機)で脱水肉を得ます。図には示しません但其後、脱水肉に砂糖や重合リン酸塩を加えて冷凍したものが冷凍すり身です。今回自己消化酵素を除くために行った方法を微粒化法と呼ぶことにしますが、この方法は通常法と同様に落し身を水晒ししてからリファイナーに投入(リファイナーにより肉は微粒化される)し、微粒化した肉を再度水晒しすることが特徴です。通常法と比べて肉を細かくした方が、洗浄効果が高

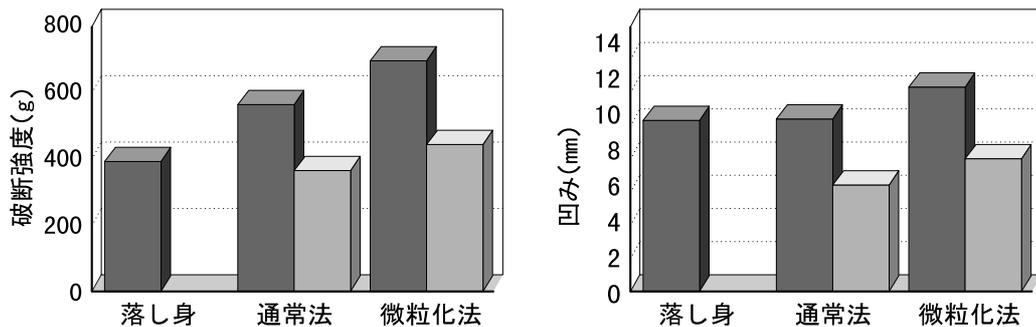


図4 処理別サケすり身の弾力比較

■ 90°C30分加熱(坐りなし)  
 □ 30°C60分加温→90°C30分加熱(坐りあり)

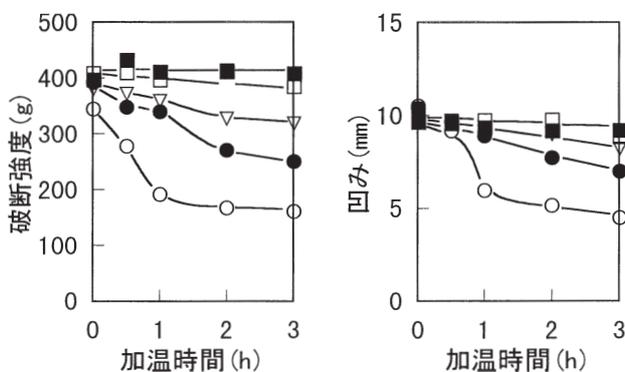


図5 サケすり身のBPP添加濃度による物性の変化

○: 0%、●: 0.5%、△: 1.0%、□: 1.5%、◇: 2.0% BPP添加濃度  
 30 加温 90 30分加熱

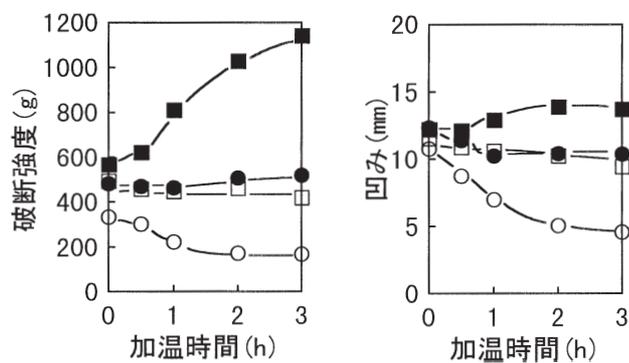


図6 サケすり身に対するBPPとTG製剤添加による弾力の変化

○: 無添加(対照)、●: 0.3%TG-ase製剤、△: 2%BPP、□: 2%BPP+0.3%TG-ase製剤  
 30 加温 90 30分加熱

いことが予想されます。図4に弾力を比較した結果を示しました。加温工程のない場合(90 30分加熱) 微粒化法がもっとも高い弾力を示しました。この理由として、微粒化法は肉の洗浄効果が高く、弾力に不要な成分がより効率的に洗い流されたものと考えられます。そこで処理別すり身中のタンパク質組成を調べてみると、微粒化法では水溶性のタンパク質量が3種のうちもっとも少なく、弾力の元になる塩溶性タンパク質量がもっとも多くなっていたことがわかり、このことから上記の推定が正しいと思われる。

次に加温工程を入れた場合、微粒化法は通常法と同じように弾力が低下しました。すなわち、弾

力の低下が自己消化酵素によるものと仮定すると、自己消化酵素は微粒化法のような強い洗浄によっても容易に除去しがたいものと考えられます。

添加物による弾力改善

坐りの効果によって弾力を向上させるために、添加物として牛の血漿プラズマ粉末(以下BPPと略す)とトランスグルタミナーゼ(以下TGと略す)との併用法を検討しました。BPPはサケにみられるような加温による弾力低下を抑制することが知られています。また、TGは魚類を含め、脊椎動物の各組織、植物、微生物等に広く分布している酵素ですが、最近、スケトウダラの坐りの効果との

関係が明らかにされつつあります。さらに、この酵素はかまぼこを含めた種々の食品の物性改良剤として注目されています。まず、BPPの適正な添加濃度を調べた結果、図5に示したように坐りの効果は認められませんでした。2%の添加でほぼ弾力の低下を抑制することができました。次にTGとの併用効果について調べた結果を図6に示しました。TGは市販の製剤を用いました。これによるとTGは、単独ではBPP単独と同様に坐りの効果が認められませんが、BPPと併用すると加温時間とともに弾力が著しく向上しました。

以上の結果から、サケかまぼこの弾力改善のために、塩すり肉を直ちに加熱する(坐り工程を入れない)場合には微粒化法によるすり身の製造法が優れており、坐りの効果を発揮させる場合には添加物としてBPPとTGの併用法が有効であることがわかりました。

サケのすり身は生産量が少ないため、いまだ数量の面でかまぼこ業界に定着するには至っていません。サケのすり身をより多く使用してもらうためには、サケすり身の特性を十分把握することが必要と考えます。そしてここで述べた試験結果がその一助となれば幸いです。

(飯田 訓之 釧路水試 加工部  
報文番号 B 2138)

水産工学シリーズ

# 砂浜域の物理環境と漁場形成

## 4. 波浪環境とホタテガイの漁場形成

キーワード：ホタテガイ、波浪環境、抗力、揚力、移動条件

はじめに

北海道において、ホタテガイは、サケおよびコンブと並ぶ重要な栽培対象種として位置付けられております。図1は、平成8年度におけるホタテガイ水揚量の管内別分布を養殖と天然(種苗放流)で分類して示したのですが、種苗放流による総水揚量は26万トン余りと養殖の約2倍を維持しており、オホーツク海、根室海峡や太平洋の一部の沿岸域では、地まき放流による栽培事業が盛んに営まれております。

ホタテガイ種苗を放流して漁獲するまでの生残率については、漁場や年変動に依存するものの平均して約50%と推定されており、数が減ってしまう原因としては、種苗の活力の低下やヒトデなどの外敵動物による被害などの生物的な問題とともに放流後の移動分散による密度低下など物理的な要因が指摘されております。また、放流後の移動

分散については、時化に伴う暴風時の波の向きと分散方向との関連性などが指摘されておりますが、ホタテガイの移動条件が未解明のために、防止に向けた具体的な対策を講ずるまでには至っておりません。水槽内におけるホタテガイ潜砂行動の観察結果によれば、砂面上に着底したホタテガイは流れが小さい間は、一部に殻の開閉運動による自発的な移動が認められるものの、ほとんどが砂面と殻の表面(左殻)が同じ高さになるまで砂中へ潜った状態で生息し、流れが徐々に強くなると殻の周りの砂が飛ばされるとともに砂面上に出現し、次第に流れによる物理的な移動で下流方向へ流下・分散してゆく状況が観察されています。

そこで水産工学室では、ホタテガイの波浪に伴う移動条件を明らかにするとともに、既存のホタテガイ漁場に適用して研究結果の妥当性について

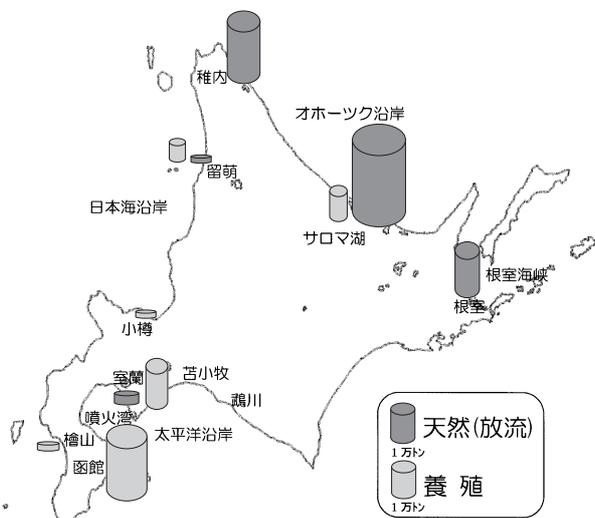


図1 ホタテガイの生産量(平成8年度)

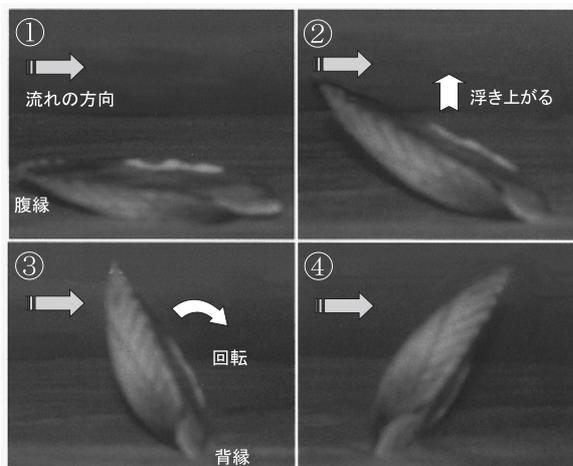


写真1 ホタテガイの移動状況  
 腹縁方向からの流れを徐々に強くします。  
 腹縁側より浮き上がり始めます。  
 、背縁を中心に回転しながら転倒移動を開始します。

検討しましたので報告します。

流れに対するホタテガイの安定性

写真1は、砂面上に配置された殻長11.7cmのホタテガイに流速30cmの流れを作用させた場合のホタテガイの移動状況の一例を順を追って示したものです。写真に示すようにホタテガイの流れによる移動は、背縁部を頂点とした転倒移動がほとんどであることが水槽実験より観察されました。

図2は、砂面上のホタテガイに作用する様々な力と、ホタテガイの配置状況や形状に関する定義について上面と側面より示したものです。ホタテガイなど比較的小さな物体に、流れによって作用する力は、通常、砂面と水平な方向から作用する力と砂面と垂直な方向から作用する力に分けて検討され、これらの力はそれぞれ抗力、揚力と呼ばれています。また、本報告では、図に示すようにホタテガイの腹縁から背縁に向かう中心線と流れの方向とのなす角を迎え角、砂面と中心線とのな

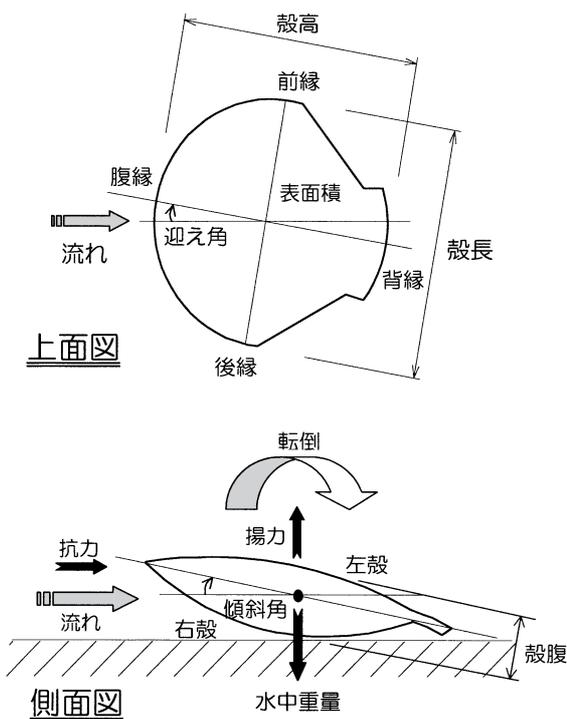


図2 ホタテガイに作用する力と定義

す角を傾斜角と定義します。ホタテガイの安定性は、揚力や抗力により発生するホタテガイを砂面より浮上させて転倒させようとする力とホタテガイの水中における重量に基づく転倒を阻止しようとする力の釣り合い条件より検討することができます。抗力や揚力の大きさはホタテガイの形状や定位の状態に大きく依存しますので、ホタテガイの表面積、体積、水中重量や、ホタテガイの迎え角や傾斜角が変化した場合の揚力や抗力の作用状況などが解ればホタテガイの安定条件を解明することができるようになります。

図3は殻長2.1cmから15.7cmまでのホタテガイ

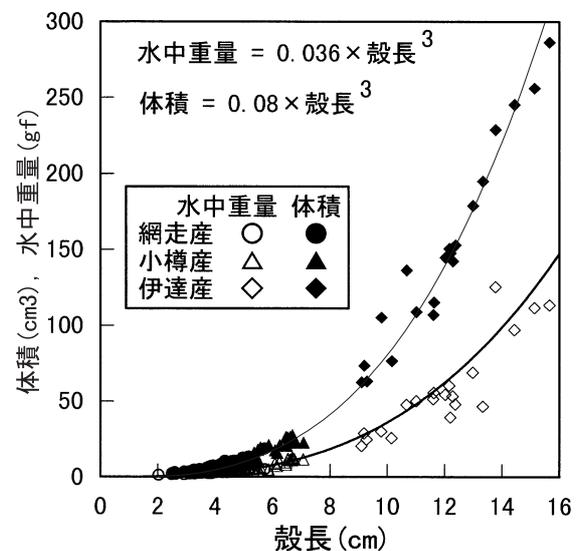
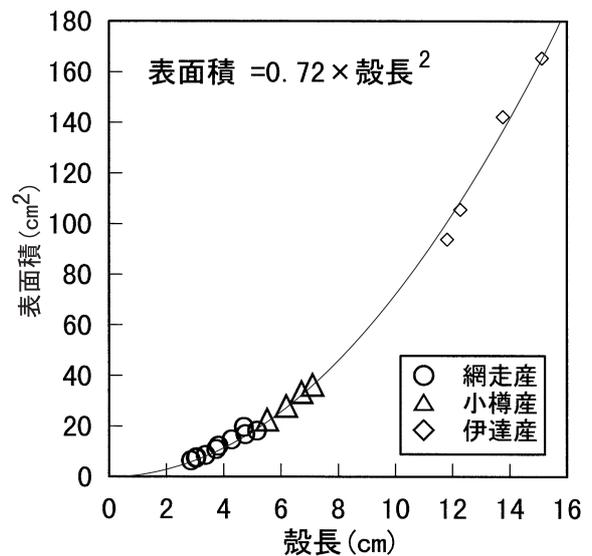


図3 ホタテガイの形状特性

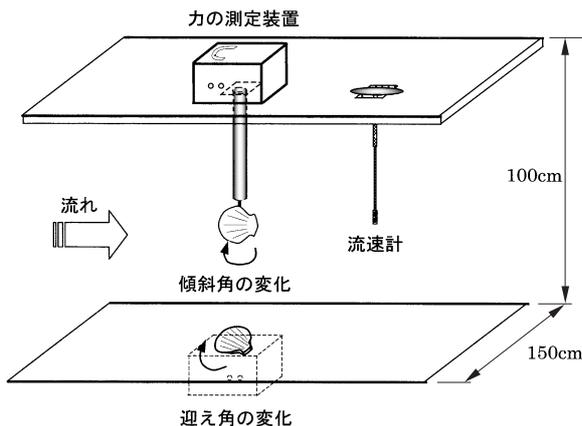


図4 力の測定実験の状況

の表面積、体積、水中重量を計測し、殻長による変化を示したものです。これより表面積は殻長の概ね2乗、体積と水中重量は3乗に比例して変化しており、ホタテガイの形状は貝の大小によらず、ほぼ相似形であることが明らかとなりました。

続いて、揚力や抗力の特性を明らかにするために、中央水産試験場所有の流動環境シミュレーション水槽を用いて実験を実施しました。本水槽は水路の長さ 8.0m 水路の幅 1.5m 水深 1.0mの水路内に最大流速 ± 2.0m/sの範囲内で様々な流れを発生させることが可能な水槽で、生物に対する実験ができるように水温調節機能や濾過機能を備えています。

実験は図4に示すように、水槽の上面及び底面に配置された力の測定装置にホタテガイを固定し、流れに対するホタテガイの傾斜角や迎撃角を変化させながら作用する力を流速値とともに計測しました。

図5は流速 30cm/sの流れの中の殻長 13.8cmのホタテガイに作用する抗力、揚力の迎撃角と傾斜角による変化を示したものです。これより、抗力は迎撃角の変化に対してほとんど変化せず、傾斜角の増大とともに徐々に大きくなるのに対して、揚力は迎撃角に大きく依存して変化し、腹縁方向(迎撃角 0度)からの流れは背縁方向(迎撃角 180

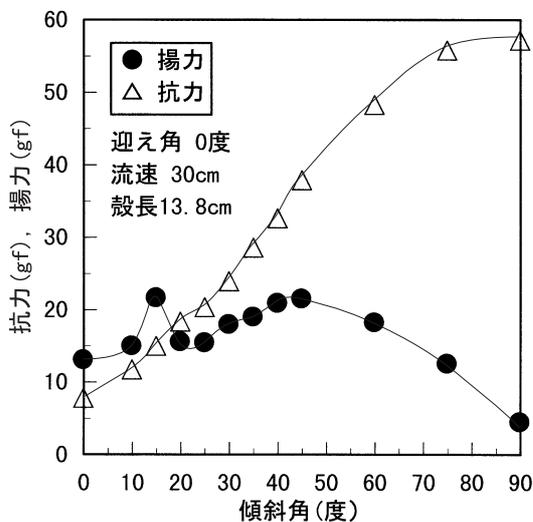
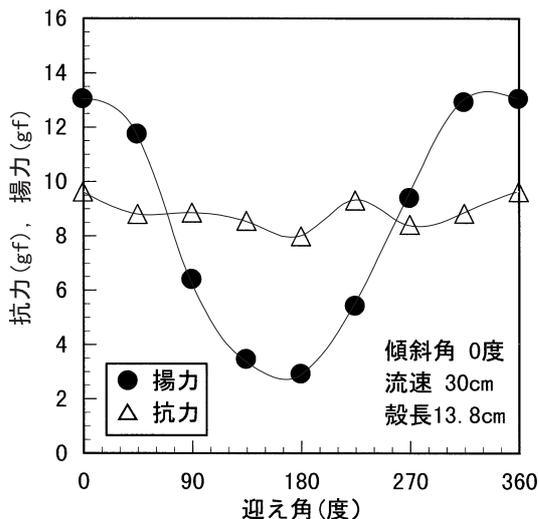
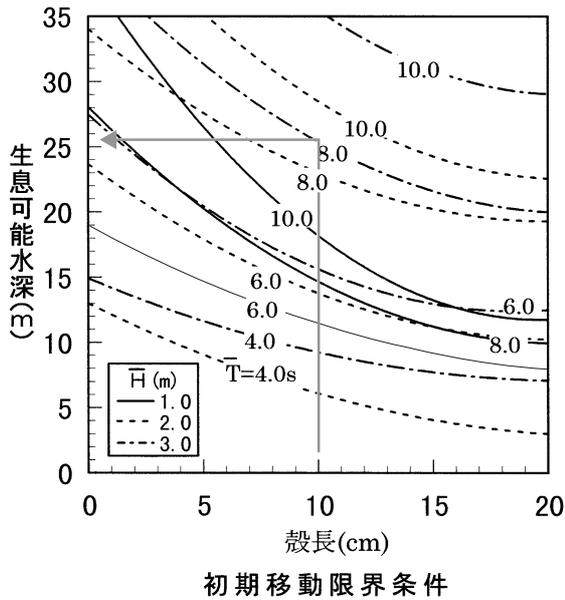


図5 ホタテガイに作用する力

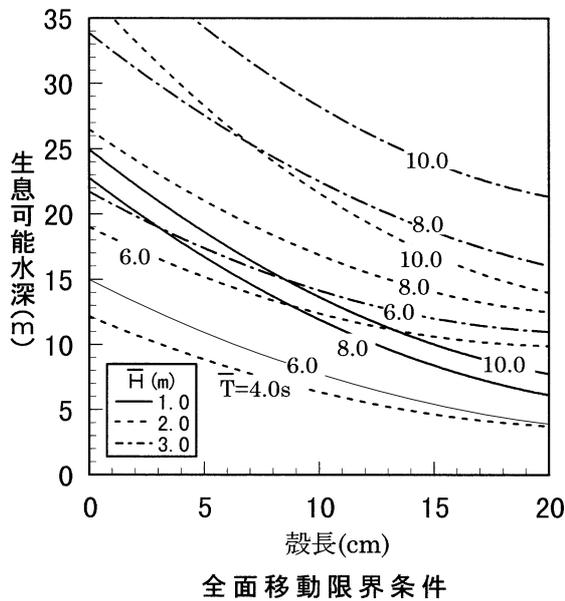
度)からの流れに比べて約6倍程度も大きな揚力を受けることや、傾斜角が小さいうちは揚力は抗力より大きな力としてホタテガイに作用し、傾斜角が約15度付近で特に大きくなることなどがわかりました。

波浪によるホタテガイの移動条件

ホタテガイに作用する力の特性とホタテガイの形状特性がわかれば、若干の計算によって、波浪に伴い水底付近に発生する振動流により、ホタテガイが転倒し物理的な移動を開始する条件を導くことが可能となります。前章の結果より、ホタテガイは砂面に対して15程度傾いた状態で、流れが



初期移動限界条件



全面移動限界条件

図6 ホタテガイの移動条件

腹縁方向から作用した場合が、最も安定性が低いことがわかりました。そこで、低気圧の通過などに伴い、砂面近くに発生する流れが徐々に大きくなり、傾斜角が15度付近で定位しているホタテガイが転倒移動を開始する条件（流速）を初期移動限界条件（初期移動限界流速）更に波浪が発達して、砂面に分布するほとんど全てのホタテガイが転倒移動を開始する条件（流速）を全面移動限界条件（全面移動限界流速）と定義しました。

図6はホタテガイの各移動限界条件について、

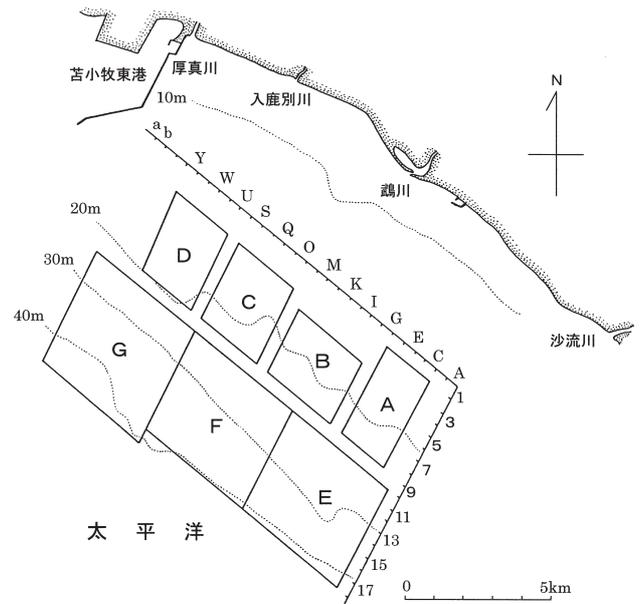


図7 検討対象海域

殻長と波浪条件(平均波高H、平均波の周期T)で整理した上で、ホタテガイの移動が生じない最も浅い水深帯の条件(生息可能水深)を図示したものです。例えば、殻長10cmのホタテガイが、平均波高3m、周期8秒の波浪に対して常に安定的に生息可能な水深帯は、初期移動限界条件を満足する水深帯として約26mより深い海域となり、種苗放流海域の波浪条件がわかれば波浪による移動・分散が抑えられる放流水深の条件を検討することが可能となりました。

#### ホタテガイ漁場への適用例

本研究で明らかとなったホタテガイの移動条件を北海道鶴川沖に造成されたホタテガイ漁場へ適用し妥当性について検討しました。当該漁場は、図7に示すように距岸約5～13km(水深約15～40m)に7つの漁場区を設けて1989年より大規模な種苗放流を実施するとともに、放流貝の成長・移動・生残などの調査が実施されています。今回は、1994年3～4月にC海区周辺の約100haの海域へ5.0～5.3個体/m<sup>2</sup>の密度で放流されたホタテガイの移動分散について検討しました。

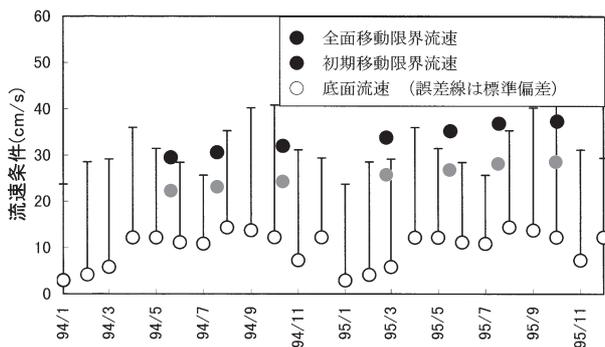


図8 放流区の底面流速と移動限界

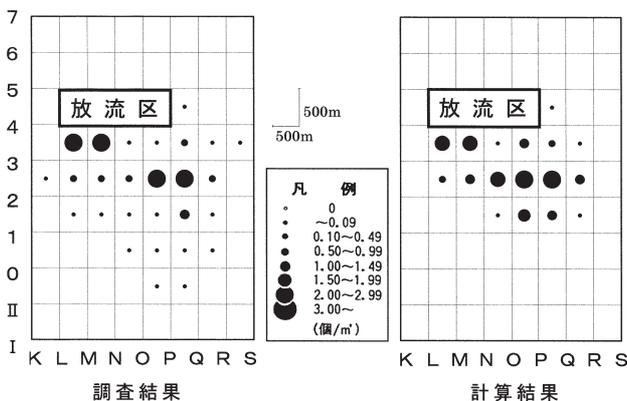


図9 移動状況の調査結果と計算結果の比較

同海区周辺は図7に示すように500m間隔の格子状に調査区画が設定され、放流後、計3回に亘って、貝の分布密度が調査されています。図8は漁場周辺の波浪統計資料をもとに、放流区における月別の平均波高・周期よりC海区の底面流速を計算し、ホタテガイの初期移動限界流速、全面移動限界流速と比較したものです。これより、当該漁場の波浪に伴う底面流速の月平均値は毎年8～9月頃に増大するものの、貝の初期移動限界流速値の6割程度以下と小さい値に留まっていることがわかります。しかしながら、ホタテガイの各移動限界流速は過去15年間の波浪観測結果より計算される底面流速の月別標準偏差の最大値を概ね下回りながら推移していることから、底面流速の年変動に移動の有無がおおきく依存し、数年に一回程度襲来する高波浪によって移動・分散が発生する

可能性が推察されます。

実際に、1994年C海区に放流されたホタテガイは、資源量調査より5月及び7月には、そのほとんどが放流区を中心(若干岸より)に分布していたものの、9月18～19日にかけて襲来した台風24号通過後の10月の調査ではほぼ全てが放流区外の北側(陸側)へ直線距離で約2kmの範囲内に移動・分散したことが報告されています。

図9は、台風24号に伴う波浪観測結果をもとに底面流速を計算し、今回解明された移動条件をもとにホタテガイの移動・分散状況を数値計算し、調査結果と比較したものです。これより、計算結果は、高密度群の移動方向、移動距離において現地調査による移動分散状況と概ね一致しており、開発された手法による移動条件がほぼ妥当なことがわかりました。

おわりに

今回、私達は、ホタテガイの放流後の波浪に対する安定性について検討し、漁場形成のために必要となる水深条件などを明らかにしました。実際の海域には波浪に伴う流れ以外に、潮流、海流や密度流など様々な流れがホタテガイの安定性に影響を及ぼすものと考えられますが、個々の漁場の特性についても、今回明らかになった波浪に対する安定性と同様に検討することが可能です。今後、北海道各地におけるホタテガイ漁場の波浪や流れのデータを収集・整理するとともに、今回開発された手法を適用し、各漁場の生残率と安定性との関係を、その他の減耗要因とともに比較・検討することによって、生物・物理環境の両面からホタテガイの漁場形成のための計画指針が確立されるものと考えております。

(瀬戸 雅文 中央水試水産工学室  
報文番号 2138)

## トピック

## チリからの二枚貝増殖技術研修生来る！

名前は、クラウディア・シルバ。彼女は、27才の既婚のカトリック教徒。現在チリでJICA(国際協力事業団)のプロジェクトチームリーダーとして漁業指導に当たっている元中央水産試験場場長の川村さんからの紹介で、3月24日から8月11日まで、北海道と東北の各地で「二枚貝増殖技術」を学ぶために来日しました。網走水産試験場には、5月11日から7月31日まで滞在し、主にホタテガイの養殖技術を学びました。この紙面では、彼女とチリでの仕事の紹介と網走での研修結果を報告します。

## チリでの仕事

彼女は、チリ・アウストラル大学で6年間一般教養と海洋生物学を学んだ後に、プエルトモントの国営チンキウエ公社の開発・助成部に勤務して2年になります。チンキウエ公社の中では、現在、JICAの全面資金援助による5年間のプロジェクトとして、ホタテガイの養殖事業開発に取り組んでいます。プエルトモント近くのチロエ島の北端アンクード近郊のプジンケに住み、チロエ島におけるホタテガイ養殖の適地探索や環境調査および漁民の指導に同じ職場で勤めているご主人と共に当たっています。

チリホタテ *Argopecten purpuratus* (ムラサキイタヤガイ)は、水温が21~22で産卵するそうです。このため、水温が夏場に最高でも17~18にしかならないチリ南部のプエルトモント地方では、天然で産卵しないので、海域に母貝集団を形成し、日本のように天然採苗を行うのは無理とのこと。そこで、プエルトモント地方では、北

部のコキンボ地方からチリホタテの母貝を移入し、人工採苗施設で孵化させ、殻長1cm位の稚貝を生産し、沖合でパールネットなど数種類の育成籠を用いて約15~16ヶ月間養殖試験を実施しています。試験終了時点での殻長は、およそ8~9cmだそうです。ただし、試験途中で、試験籠が盗まれてしまうこともあって、苦勞も多いようです。

プエルトモント地方では、零細漁業者が多く、収益の安定と増加が強く望まれています。ホタテガイ養殖事業に対する漁業者の関心と熱意は薄く、彼女たち公務員が実践して事業となり得ることを実証する必要があるのです。また、彼女たちの試験漁場のあるチロエ島プジンケ湾は、水深が約7mと浅いため、単位面積当たりの養殖可能性が少ないことが問題となっています。そこで、チロエ島とチリ本土の間のコルコバド湾で養殖適地を探索しなくてはならないのです。予備試験では、マガキ *Crassostrea gigas* の成長は良かったことから、餌料環境は良いと思われ、環境汚染も進んでいないようです。プジンケ湾の潮汐による干満差は約1.5mであり、流速もそう速くないとのこと。彼女は、この事業の成功のために、日本におけるホタテ貝養殖技術を学びに来たのでした。

## 網走での研修

母国語は当然、スペイン語で、英語が得意でないことから、研修期間中はコーディネーター(通訳)の方に付いて頂きました。ところで、彼女が来てからよく話し合ってみると、ホタテガイの研究手法を修得するよりは、現地の漁業者から養殖技術を直接学びたい意向が非常に強いことがわか



写真1 著者とホタテ調査船上で（左：クラウディア、中：著者、右：コーディネータの小林さん）



写真2 クラウディアの送別会にて（平成10年7月24日）

りました。この一件から、私はJICAと水試との紙切れ一枚による事務連絡のまずさを痛感しました。もっと、研修生を受け入れる場合には、研修生本人の希望を良く聞いておくことが非常に大切だと思います。

とはいっても、来てしまってからには、慌てて

もしやがないので、前半は、水試でホタテガイ漁業に関するの概論を学びつつ、ホタテ浮遊幼生調査などの現場を案内（写真1）し、後半は実際に漁業者に直接に養殖手法を研修してもらうことにしました。

水試では、ホタテ増養殖に係わる調査方法やホ

タテ養殖の歴史と養殖方法の変遷などについて、日本語と英語による講義を行いました。本人は、英語での講義の時には、緊張しきっていましたが、英語で書かれた日本のホタテ貝養殖の歴史などの文献を、大切に扱い、自由な時間ではスペイン語に翻訳したりしていました。また、貝類の標本を手にしての分類の仕方については、特に興味を示し、聴いたことを熱心にノートにメモしていました。

現場では、サロマ湖養殖組合の藤芳部長、河野さんに養殖概論を学び、西網走漁協の井上さんには諸外国のホタテ事情を聞き、網走市水産科学センターの坂崎さんにはホタテ採苗理論を聞きました。また、網走漁協ではホタテ放流作業を見学し、西網走漁協では放流種苗の出荷作業と採苗器垂下を体験させて頂きました。

また、サロマ湖養殖組合の加藤参事には、常呂漁協の漁業者である黒田さんを紹介していただき、座布団籠の製作や修理方法、耳吊りの仕方、採苗器の垂下方法、浮き玉の管理方法等、実際に彼女がチリに帰ってから現場で通用する数多くの技術を習得させて頂きました。この現場研修が、彼女にとっては最もうれしく楽しかったようです。決して、水試での勉強が役に立たないとは言いませんが。

この他、釧路管内、根室管内、宗谷管内等の視察もこなしました。

このように、今回の研修では、本当に非常に多くの方々のお世話になりました。この紙面をお借りして、私からもお礼を申し上げたいと思います。

以上のような、大変ボリュームある研修を無事に終え、7月24日に水試職員による送別会(写真2)を開き、彼女は、8月2日に次の研修先の青森県へ飛び立ちました。

網走で研修したことが、彼女がチリで漁業者を

指導する上できっと役に立ってくれる事でしょう。

(網走水産試験場資源増殖部 蔵田 護)

編集 北海道立中央水産試験場図書出版委員会

委員長 澤田 選

委員 杉田 弘之 依田 孝 平野 和夫 斎藤 節雄

北川 雅彦 桑原 久実 坂本 正勝

事務局 河野 隆一 対馬 幸輝 井形 衣里

\* \* \* \*

表紙右上記号 ISSN 0914 - 6849 の説明

ISSNは、International Standard Serial Number (国際標準逐次刊行物番号)の略です。逐次刊行物に付与される国際的なコード番号で、ISDS( International Serials Data System;国際逐次刊行物データシステム)という組織のもとで逐次刊行物の組織や検索に利用されます。

この番号は、国立国会図書館ISDS日本センターから割り当てられるものです。

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まで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。本誌に対するご質問、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

046-8555 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

042-0932 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

051-0013 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

085-0024 釧路市浜中町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

085-0027 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

099-3119 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

094-0011 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

097-0024 稚内市末広4-5-15

電話 0162(32)7177

FAX 0162(32)7171

北海道立栽培漁業総合センター

041-1404 茅部郡鹿部町字本別539-112

電話 01372(7)2234

FAX 01372(7)2235