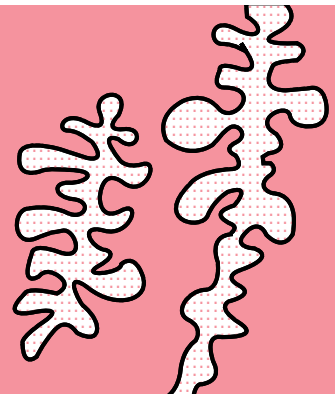
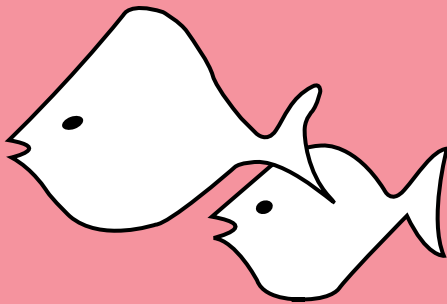


北水試だより

浜と水試を結ぶ情報誌



目次 / 風連湖産ニシンの生態と人口種苗の回収率について	1
磯焼け海域でホソメコンブ群落を毎年造成するためには.....	7
資源増殖シリーズ	
ニシンの分布と海洋環境の関係について.....	13
加工シリーズ	
サケ鼻軟骨に含まれるコンドロイチン硫酸とその利用について.....	18
白夜の北欧で観たウニとニシンの話.....	21
北海道とマサチューセッツ州とのチリ支援共同研究プロジェクトに 係るウッズホールでのワークショップに参加して.....	30
トピックス 標識マガレイを探して	40

第44号
1999 / 3

北海道立水産試験場

風蓮湖産ニシンの生態と人工種苗の回収率について

中 川 義 彦

キーワード：風蓮湖、風蓮湖産ニシン、人工種苗、放流、回収率

はじめに

風蓮湖では風蓮湖産ニシン資源増大対策協議会(以後協議会)が中心になって、日本栽培漁業協会厚岸事業場(以後日裁協厚岸事業場)で生産したニシン人工種苗を風蓮湖で中間育成後放流しています。釧路水産試験場は、平成7年より5年計画で風蓮湖におけるニシン放流技術の確立を図るべく「特定海域新魚種定着促進開発事業」を協議会、日裁協厚岸事業場、根室北部地区水産技術普及指導所、根室地区水産技術普及指導所、別海町、根室市などの協力を得て実施しています。

北海道でのニシンの人工ふ化の歴史は古く、昭和3年頃より始まっています。その当時のふ化事業はほとんどが受精卵のふ化やふ化仔魚までで、稚魚や幼魚までの種苗生産の事例は少ないようです。昭和49年に北海道栽培漁業総合センターは、小平町で漁獲されたニシン親魚を用いて人工授精を行い、仔魚期までの育成試験を行っています。また、日裁協厚岸事業場は、すでにご承知のように昭和57年に能取湖産親魚を用いて湖沼性ニシンの人工種苗生産を開始し、その翌年の昭和58年に風蓮湖産親魚を用いて湖沼性ニシン人工種苗を生産し風蓮湖に放流し、以来風蓮湖におけるニシン栽培漁業を推進してきたところです。この間にニシン栽培漁業の展開に必要な放流魚の滞留状況、移動分散状況、産卵回帰や索餌海域、標識方法の開発、混獲率による回収率の推定など多くの知見を蓄積してきました。

放流技術の確立には、まず最初に放流魚の回収率

を把握し、ついで、放流魚の栽培資源としての資源の特性を明らかにして放流効果を評価し、さらに放流魚の経済効果を確認する必要があります。ここでは風蓮湖産ニシンの生態と開発事業で得られた風蓮湖におけるニシン人工種苗の回収率について報告します。

1. 風蓮湖について

風蓮湖は根室市と別海町にあって根室湾に面した海跡湖で、元海浜であったところが局部的に沈降して砂などが流失した後に砂州が発達して海と隔たり出来た湖です(元田、1950)。

湖は最大水深11m、平均水深1m、面積56km²で、浅い大きな汽水湖(湖沼型による区分で、湖水の塩化物イオンを含む量が500mg/l以上の湖沼で、海水の進入による場合が多い)です(北海道公害防止研究所、1990)。また、湖南東からのびた約7.5kmの砂州と北西からのびた砂州との間の幅500mの水路により根室湾に通じています。例年12月下旬から3月中旬に湖面が結氷しています。湖口付近は水深11.3mと深いですが湖内は浅く通称「潮切り」といわれる幅300m位の澁筋を除き干潮時に露出します。底質は腐植性砂泥で湖内の全域にアマモが繁茂しています。

プランクトンは海産種が多く、アマモが繁茂する場所では仔稚魚の格好の育成場となっています。

冬季には氷下待ち網でニシン、チカ、ワカサギ、キュウリウオ、コマイ等が獲られ、サケ・マスも遡上期に獲られています。また、アサリ、オオノガイ、ヤマトシジミも水揚げされています。

流入河川はペンヤウシュベツ川、ケネヤウシュベツ川、

風蓮川、厚床川、別当賀川など8河川です。

2. 風蓮湖産ニシンの生態について

北海道大学水産学部の菅野泰次教授(1983)や水産庁北海道区水産研究所の小林時正部長(1990、1993、1995)が発表しているニシンの報告などを主に参考にして、風蓮湖産ニシンの生態について紹介します。

1) 系群

汽水性の内湾や湖沼で産卵するニシンはその生態的な固有の特性から「湖沼型ニシン」いわゆる湖沼性ニシンと呼ばれており、風蓮湖で産卵するニシンの群はこれに属します。湖沼性ニシンの生態的な固有の特性は、低塩分の汽水域を持つ湖に好んで来遊し産卵し、その回遊範囲は狭く、産卵場を遠く離れることがないといわれています。成熟年齢が2、3歳で、また、成熟体長は14～27cmと群により差が大きく、さらに寿命が5～8年で、漁獲量も最大で数百トンといわれ、資源量はあまり大きくならないと考えられています。

風蓮湖産ニシンは湖沼性ニシンの中では近年では日本で最も大きな資源量を持ち、漁獲量も放流開始時期より増加し、これまでの風蓮湖の漁獲記録では最も高い水準で安定しています。また、ニシンの種内分化の研究や資源量が短期的に大きく変動するという地域性系群の特徴を示していて、資源量の数量変動の要因を研究するうえでも貴重で、重要な系群であることが指摘されています。

風蓮湖で漁獲されるニシンは生態的特性の異なる2群が存在します。一つは3月下旬から6月にかけて湖内で産卵する湖沼性ニシン、いわゆる風蓮湖産ニシン、もう一つは5～6月に一時的に風蓮湖内に回遊し漁獲され湖内では産卵しない群です。この5月以降に回遊してくる群の漁獲量は昭和60年以前は風蓮湖産ニシンより多かったのですが、昭和61年以降風蓮湖産ニシンの漁獲量が増加して、この群の漁獲量は減少しました。また、この群が風蓮湖産以外のどの系群に属するかなど十分に調査されていません。

2) 年齢と成長

風蓮湖産ニシンの年齢と尾叉長の関係は満1歳で14.5cm、2歳で21.5cm、3歳で24.5cm、4歳で26.5cm、5歳で28.3cm、6歳で29.1cmで、7歳で30.0cmで、成熟年齢に達した3歳以降の成長は良くありません。これまで満7歳の個体が漁獲されていますが、寿命はよくわかっていません。

3) 成熟と産卵

孕卵数(Fe)と尾叉長(FL :mm)との関係式として、 $Fe = 0.00193FL^3 \cdot 07$ ($r = 0.83$) が得られています。また、産卵期は融氷時の3月下旬ないし4月上旬から5月下旬もしくは6月上旬で、1年に1回だけ産卵します。性成熟は多くは2歳で、3歳でほとんどが成熟します。従って、最初の産卵は満2歳でみられ、その後毎年産卵します。また、産卵場所は湖奥部の河川流入域の沖の浅筋に沿った水深1～3mのところで、その場に繁茂するアマモやコアマモなどの水生植物に主に卵を産み付けます。また、刺し網や建網などにも産卵します。産卵期の産卵場所の水温は1～5℃、塩分は7～20‰で浅筋に沿っていることから潮汐の影響を強く受けています。

風蓮湖では水産庁北海道区水産研究所の指導のもと協議会などが産卵場所を中心に産卵量調査を実施しています。その結果、ニシンの卵は、湖奥部の広い範囲でアマモに産み付けられていることが確認され、これをもとにして湖内での産卵総数や産卵に寄与した親魚数などを推定しています。平成8年度の調査では産卵に寄与した親魚数(雌雄比1:1)は18万5千尾以上で産卵総数は約30億個以上と推定されており、これらの卵からふ化した仔稚魚(孵化直後の全長7～8mm)は、全長70mmくらいになる7月下旬に外海へと出ていくようです。

夏の間、風蓮湖から根室海峡北部や根室海峡から千島列島南部の太平洋側を索餌回遊していた風蓮湖産ニシンは、4月上旬を産卵月として約1年5ヶ月後の9月頃より一部は再び風蓮湖内に回帰し始めますが、

多くは翌年の春の解氷時に湖内に回帰してきます。

3. 漁獲量と人工種苗放流尾数の推移

放流事業を開始する以前の昭和55年頃までは風蓮湖の漁獲量は数トンから多くて10トンでした。その後、放流開始4年後の昭和62年頃より漁獲量の増加がみられ、昭和63年に200トンを超えて近年では300～600

トンが水揚げされるようになりました(図1)。

放流尾数は昭和58年～昭和60年は約3万尾、昭和61年～平成3年は7～23万尾、平成4年以降は30～70万尾を放流しています(図1)。放流尾数の増加は、種苗生産技術がほぼ確立されたことと、中間育成技術が改善されたことによります。また、アリザリン・コンプレクソ

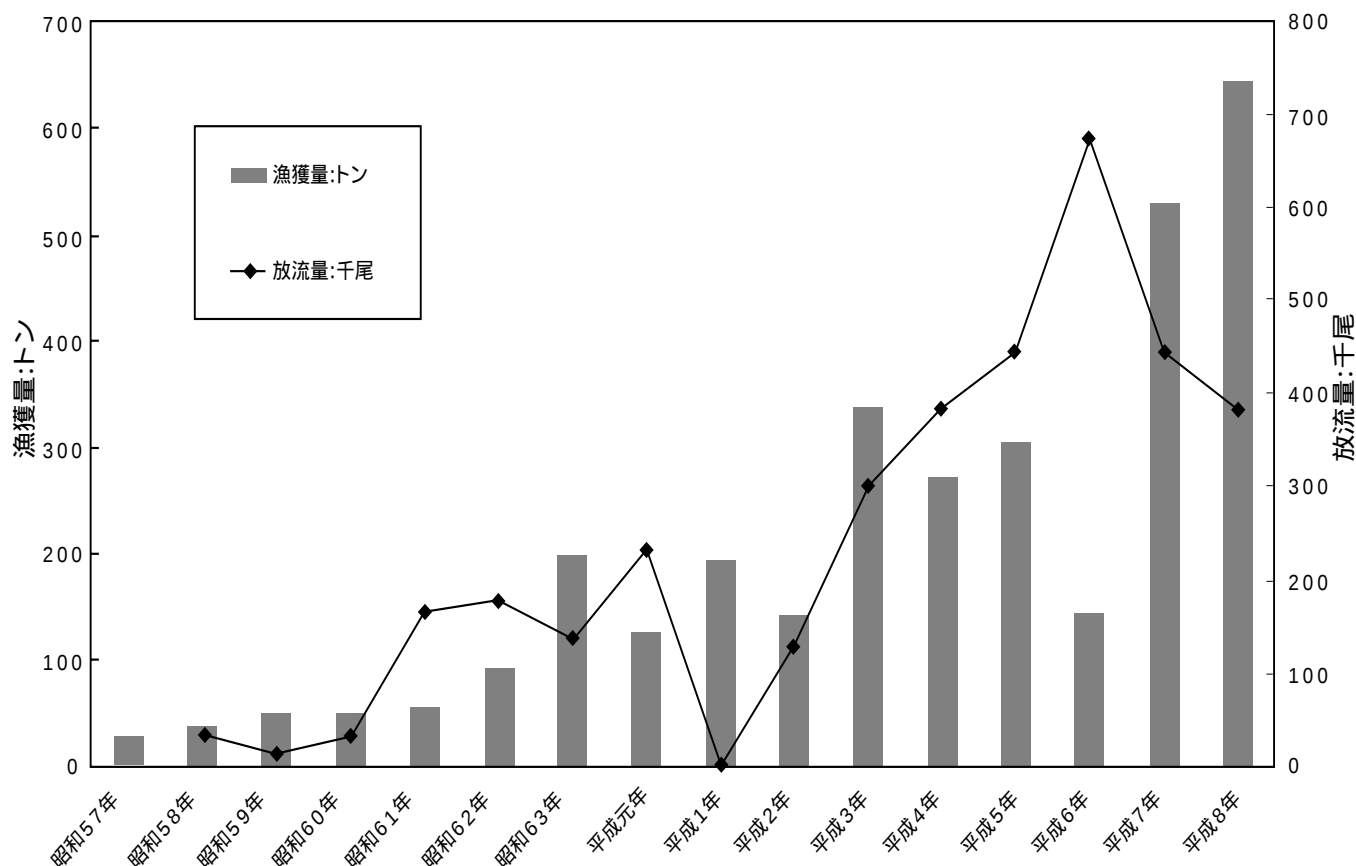


図1 風蓮湖のニシンの漁獲量と人工種苗放流量の推移

ン ALC の耳石への標識手法が確立され、人工種苗の早期大量放流が可能になりました。さらに、別海漁協と根室湾中部漁協が実施している放流海域での馴致を目的とした中間育成技術も改善され、近年では全長70mmに成長した種苗を40～70万尾放流出来るようになりました。ただ、風蓮湖産ニシンの種苗生産技術の水準は、放流尾数40～70万尾の水準であるということではなく、種苗生産を行う上での水槽数など施設上の制約や他の種の種苗生産を行うなどの業務上の制約によるものであり、種苗生産施設が整うとより多くの種苗を

生産できる技術水準にあると伺っています。

表1に平成8年のニシン放流状況を示しました。風蓮湖では湖内3ヶ所で放流されています(以後風蓮湖放流群)。また、標識は耳石に直径100μmの大きさで付けられていますので、野付湾に放流された群(以後野付湾放流群、平成7年以前には100、300μmの二重標識)や厚岸湾に放流した群(以後厚岸放流群)とは耳石の標識の径で区分することができます。

4. 人工種苗の回収率

ここでの回収率は風蓮湖放流群の放流尾数に対する

表1 平成8年の風蓮湖産ニシンの放流状況

放流群	放流点	放流日	放流尾数	放流サイズ 全長 (mm)	標識の タイプ
風蓮湖1	風蓮湖走古丹	8月5日	315,000	63.4	ALC(100 μ m)
風蓮湖2	風蓮湖内	8月5日	162,000	66.6	ALC(100 μ m)
風蓮湖3	風蓮湖内	8月5日	72,500	66.8	ALC(100 μ m)
厚岸湾1	厚岸湾ハラサン	8月8日	274,000	65.3	ALC(310 μ m)
野付湾1	野付湾	8月6日	78,900	70.3	ALC(100 μ m)

日本栽培漁業協会厚岸事業場の平成8年度事業報告より引用

る風蓮湖における放流魚の漁獲尾数の割合です。漁期を漁期前期(11月から2月)と漁期後期(3月から6月)に区分し、風蓮湖放流群の平成9年の漁期区分別年級群別回収率を表2に示しました。平成5、平成6、平成7年級群の漁期前期の回収率はそれぞれ0.00、0.00、5.12%、漁期後期の回収率はそれぞれ0.38、1.64、6.07%と推定されました。厚岸放流群も風蓮湖内で漁期後期に0.81%回収されていました。

平成9年の漁期全期の年級群別回収率を表3に示しました。平成5、平成6、平成7年級群の放流魚のそれぞれの漁獲尾数は1,454、7,269、75,075尾でその合計は83,798尾となりました。平成9年に市場に水揚げされたニシンの漁獲物組成の解析からこの年の天然魚も含めた総漁獲尾数は、468.7万尾と推定されていることから、総漁獲尾数に占める放流魚の割合は1.79%となりました。産卵の基準月を4月とし

ますと風蓮湖の天然ニシンは、産卵後1年7ヶ月から漁獲されることになります。一方、放流魚は8月上旬に例年放流されますので放流後1年3ヶ月後から漁獲されることになります。放流魚は平成5年から平成7年では各年級群とも満4才までのものが漁獲されています。

風蓮湖放流群の平成5、平成6、平成7年級群の累積回収率を表4に示しました。各年級群の累積漁獲尾数は、それぞれ25,988、38,101、75,075尾で、また、累積回収率はそれぞれ6.81、8.57、11.19%で、さらに回帰初年の回収率はそれぞれ3.20、6.94、11.19%でした。

昭和58年に風蓮湖の走古丹ではじめて標識放流した放流魚(放流尾数29,607尾)の累積回収率は0.3%で、しかも放流量の増加より漁獲量(資源量)が増加しているなかで、このように累積回収率が年々

表2 風蓮湖放流群の漁期区分別年級群別回収率の推定結果

漁期区分	漁期前期 平成8年11月～平成9年2月		漁期後期 平成9年3月～平成9年6月		放流尾数
	漁獲尾数	回収率：%	漁獲尾数	回収率：%	
年級群					
平成5年	0	0.00	1,454	0.38	381,500
平成6年	0	0.00	7,269	1.64	444,500
平成7年	34,368	5.12	40,707 (1,454)	6.07 (0.81)	671,100 (180,000)

() 内の数字は、厚岸放流群を示す。

表3 平成9年度の風蓮湖放流群の年級別回収率の推定結果

年級群	漁獲尾数	回収率：％	放流尾数
平成5年	1,454	0.38	381,500
平成6年	7,269	1.64	444,500
平成7年	75,075 (1,454)	11.19 (0.81)	671,100 (180,000)

() の数字は、厚岸放流群を示す。

向上しています。

おわりに

平成9年7月7日に別海漁協の主催で風蓮湖の15年におよぶニシン栽培事業を振り返り「風蓮湖産ニシンを守り育てるために！」を重要課題として資源保護策を考えるフォーラムが本別海地域センターで開催されました。風蓮湖のニシンを守り育てるためにフォーラムで指摘された道東一帯での資源保護や漁業管理が重要であるといえます。また、今までも風蓮湖で行われてきた刺し網や待ち網の網目の規制、待ち網の統数制限、天然産卵の保護や天然産卵保護区の設定など栽培漁業を現実のものとするために積極的に取り組んできた「協議会」等の努力を今後とも積極的に続ける必要があるでしょう。さらに、ニシンのゆりかごともいえる風蓮湖の漁場環境保全とりわけニシンの

産卵場所であるアマモの保護育成は重要です。

種苗放流による生産性向上効果には、成長した種苗が漁獲される「直接（世代内）効果」と放流種苗由来の親個体が再生産に加わり資源量が増加する「再生産（世代間）効果」があります。種苗放流事業の経済性を評価し、これらの効果に影響及ぼす要因を検討する必要があります。特に今後は再生産効果の実態を明らかにすることは重要でしょう。栽培漁業は種苗放流と放流種苗の保護による資源造成だけでなく、それを適切に管理し漁獲するところまでを含んでいます。

平成10年度からは別海漁協、根室湾中部漁協、野付漁協に続き、根室漁協と歯舞漁協が協議会に仲間入りしました。釧路水試は今後とも風蓮湖産ニシン資源増大対策協議会や厚岸湾ニシン放流技術検討会とともに道東におけるニシン資源増大事

表4 風蓮湖放流群の累積回収率の推定結果

年級群	放流尾数	平成7年の 漁獲尾数	平成8年の 漁獲尾数	平成9年の 漁獲尾数	累積漁獲尾数	累積回収率 ％
平成5年	381,500	12,195＊ (3.20%)	12,339＊ (3.23%)	1,454 (0.38%)	25,988	6.81
平成6年	444,500		30,832＊ (6.94%)	7,269 (1.64%)	38,101	8.57
平成7年	671,100			75,075 (11.19%)	75,075	11.19

＊：鈴木重則（1997）人工種苗の役割について、平成9年風蓮湖産ニシンフォーラム資料
() 内は各年毎の回収率を示す。

業の一翼を担っていきたいと思います。

最後に「特定海域新魚種定着促進開発事業」を進めるに当たり、お忙しい中いろいろとご指導いただいた北海道大学水産学部管野泰次教授、水産庁北海道区水産研究所小林時正部長、厚岸事業場山本和久主任技術員(現 日裁協能登島事業場)、鈴木重則技術員、山本義久技術員に厚くお礼申し上げます。

(なかがわ よしひこ 釧路水試資源増殖部
報文番号B2140)

磯焼け海域でホソメコンブ群落を毎年造成するためには

桑原久実・川井唯史

キーワード：磯焼け、キタムラサキウニ、ホソメコンブ、波浪、遷移、フェンス、囲い礁

磯焼けの原因

北海道南西部日本海では磯焼けが発生しています(写真1)。本現象の発生により餌となる海藻が極



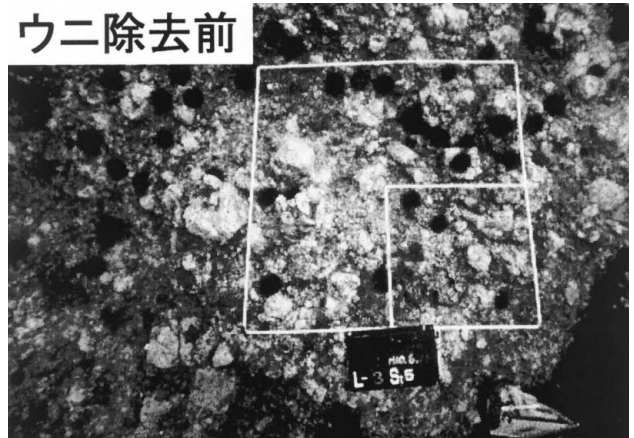
写真1 北海道南西部日本海での磯焼け地帯

端に不足するためにウニ・アワビ類の漁獲量が低下し、沿岸漁業では深刻な問題となっています。磯焼けの原因には様々な説がありますが、私たちの研究によると、ホソメコンブの漁獲量の増減は水温等の海洋環境の経年変動に関係していること、ウニ類の食圧(ウニ類が海藻を食べる強さ)が大型海藻群落の形成に密接な関係があることなどが明らかになっています。また最近の研究により、ウニ類の食圧は水温や波浪に強く依存していることが確かめられています。磯焼け現象には、様々な要因が複雑に絡み合っているものと思われます。研究を積み重ね、人為的に制御可能な部分を見つけ出し、磯焼けを克服することが重要であると考えています。

ウニ除去で分かったこと

水産試験場では磯焼けが見られていた寿都町の4カ所で実験的にキタムラサキウニを中心としたウ

ウニ除去前



除去1年後



除去2年後



写真2 寿都町の磯焼け地帯でのウニ類除去試験

二類を除去しました。すると無節サンゴモ上に海藻が、次の順序で出現(遷移)し海藻群落が発達しました。アオサ等の小型1年生海藻→コンブ等の大型1年生海藻→ホンダワラ類の1種であるフシスジモク等の大型多年生海藻(写真2)。さらに回復したフシスジモク中心の群落にエゾバフンウニ人工種苗(平均殻径15mm)を放流したところ、2~3年後には平均殻径が漁獲対象サイズである殻径4cm以上に成長しました。これらの結果から磯焼け地帯であってもウニ類の食圧を排除することで海藻群落が発達し、その海藻群落の構成種は単年から多年、小型から大型の海藻へ遷移することが明らかになりました。また、回復したフシスジモク群落がエゾバフンウニ人工種苗の放流場所として利用できることも実証されたわけです。

フシスジモクは多年生海藻ですので、いったん群落が発達されると2年以上群落が維持されるため、人工種苗放流の場所を安定的に供給する長所があります。しかし本種の最大繁茂時期は初夏のため、ウニ漁期と重なり、ウニ採りの漁船のプロペラにフシスジモクが絡みつく、群落内のウニが見つからないなど、ウニ類の漁獲場所としての短所もあります。一方、ホソメコンブ群落はウニ類の漁期には消失するためウニ類の漁獲が容易で、しかも、ウニ類の身入りを大きく促進する種類の海藻であることが知られています。そのため漁業者からはコンブ群落の形成にも取り組んでほしいとの要望が出されています。

コンブ群落造成を自然に学ぶ

ホソメコンブの漁獲量は経年変動が大きいことが知られています。また磯焼け漁場で投石を行っても、数年で元のサンゴモに覆われることが数多く報告されています。一体どのようにしたらコンブ群落を安定して形成できるのでしょうか？。私たちはホソメコンブを毎年形成させるヒントを自然に学ぶことにしまし

た。小樽市忍路湾(図1)では毎年コンブが多い場所と、少ない場所があります。そこでウニ類と海藻の分布調査を行った結果、海藻の有無や繁茂する海藻の種類には、ウニ類の季節的な分布が関係しているようです。まとめると次の通りです(図2)。

湾口部(St.C)では岸近くに多年生海藻が見られ、夏冬とも岸近くにキタムラサキウニは見られません。ホソメコンブが繁茂する湾中央部(St.B)では、夏には岸までウニ類が見られますが、冬には見られません。海藻が見られない湾奥部(St.A)では、夏冬ともに全

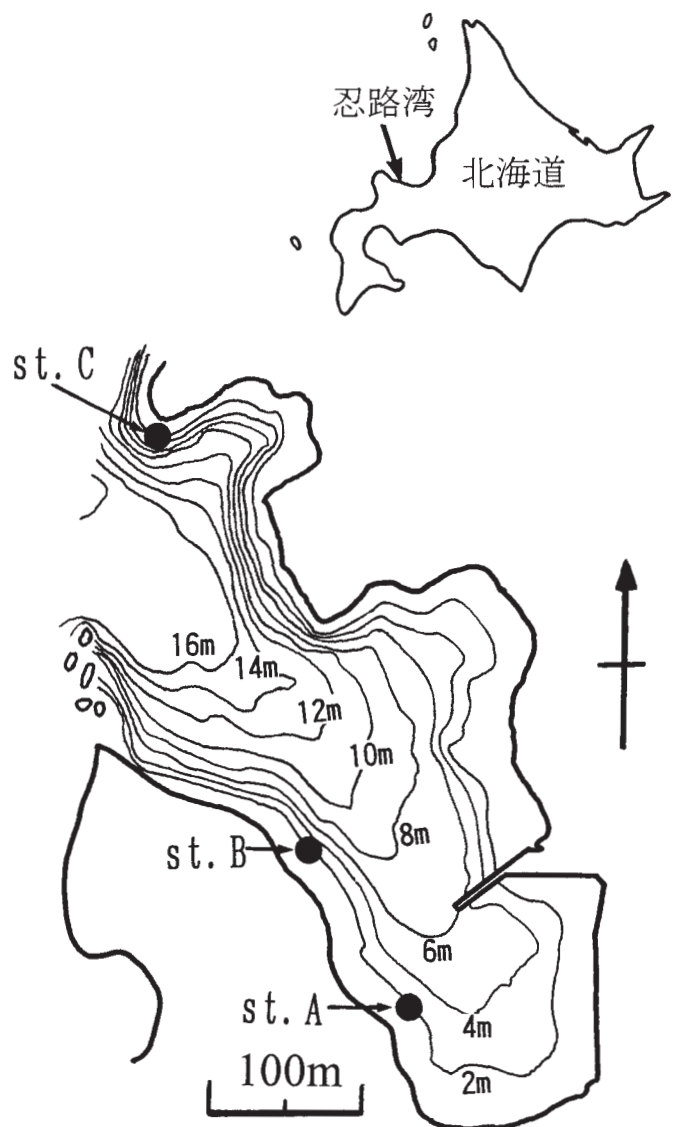


図1 小樽市忍路湾に設けた3定点

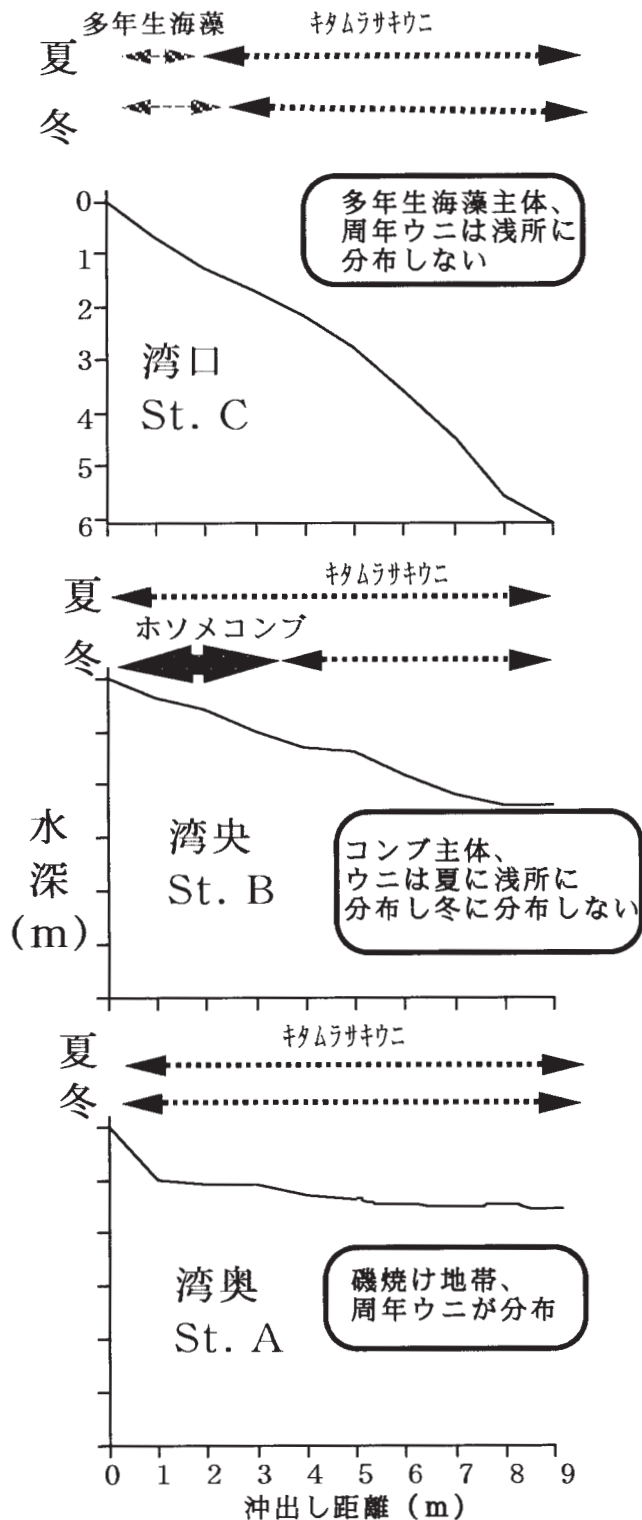


図2 小樽市忍路湾での海藻類とキタムラサキウニの分布
(海藻類は現存量 $1\text{g}/\text{m}^2$ 以上の種類を示した。桑原・川井(1998)を改革。)

水深帯にウニ類が分布しています。

当海域での多年生海藻(雑海藻)の入植時期が夏季で、ホソメコンブの入植時期が冬季であることを踏まえると、上に述べた現象は次のように説明できると思います。夏冬ともにウニ類が分布する湾奥では、周年ウニの食圧が高くホソメコンブと雑海藻の幼芽は共に食われて磯焼けとなっています。この逆に、夏冬ともにウニが分布しない湾口では、周年ウニの食圧が低く海藻の遷移が進行し雑海藻が優占します。このため両地区はホソメコンブが少なくなります。湾央では、冬はウニが分布しないためホソメコンブの幼芽がウニの食圧から守られ、夏はウニが分布するので雑海藻の幼芽は食われます。その結果、遷移が妨げられ、毎年ホソメコンブが濃密に繁殖していると考えたわけです。

フェンスによる実証試験

次に「毎年コンブが繁茂する環境として夏にウニが居て冬に居ないことが重要」との仮説を実証する必要があります。そのために、ウニが周年分布して海藻が乏しい湾奥部において、人為的にウニ類の行動を制御することで、夏にウニが居て冬に居ない環境を設定し、これによって湾奥でも毎年コンブが繁茂するかどうかを観察しました。ウニ類は海中にゆらゆらと漂う刺し網のようなものに近づけない性質があるようで、北海道南部の松前町では海中に刺し網を丸めて棒網状にしたフェンス(渡島西部地区水産技術普及指導所等が考案)を設置することで、フェンス内へのウニ類の侵入を制御し藻場を造成しています。そこで私たちはウニ類の行動制御にこのフェンスを利用しました。1997年の秋に磯焼け状態にある忍路湾の湾奥の海底(水深 $1.5\text{--}2.5\text{m}$)にフェンスを設置して、フェンス内のウニを除去しました。その結果、ウニ除去をした翌春(1998年)にはコンブ群落はフェンス内だけに形成されました(写真3)。



写真3 ウニ類侵入防止フェンス内外の海藻類出現状況

1998年5月、フェンス内にキタムラサキウニを収容し、雑海藻駆除のため夏にウニの居る環境をつくりました。再びフェンス内のウニ類を1998年の秋に除去したところ、1999年の冬にはフェンス内にコンブ群落が出現しました。以上から「ホソメコンブが毎年繁茂する環境条件としては夏にウニが居て冬に居ないことが必要」であることが確かめられました。

波、ウニ、海藻の関係

さて、話は再び忍路湾での湾口、湾央、湾奥での観察に戻ります。なぜ忍路湾ではウニの分布状況が場所によって異なるのでしょうか？。最近の研究によると、キタムラサキウニの分布は波浪に伴う流速の影響を強く受け、流速が大きい場所を嫌うことが明らかになってきました。そこで、忍路湾内の波浪場の数値シミュレーションを行い底面での流速の季節変化を調べました(図3)。

周年ウニ類が岸近くに見られない湾口部は、外洋に面しており、周年浅所の流速が大きいことが分かります。この逆に、周年、全域にわたってウニ類が分布する湾奥部は、外洋からの波が減衰し、周年流速が小さくなっています。また湾央部は、夏に流速が小さく、冬は北西からの波浪が来襲するため流速が大きくなっており、浅所におけるウニ類の分布、すなわち、夏に多く冬に少ない現象と対応しています。

このように、毎年ホソメコンブが生育する条件として、まず夏にウニが居て冬に居ないことが上げられましたが、これは流速が夏に小さく冬に大きい環境と置き換えることも可能であると考えられます。すなわち、このような波浪流速が、ウニの食圧を制御し海藻の種類や密度に影響を与えているわけです。

沿整施設での観察

次に忍路湾における波、ウニ、海藻の関係が、他の漁場でも同様に見られるか検討してみました。沿

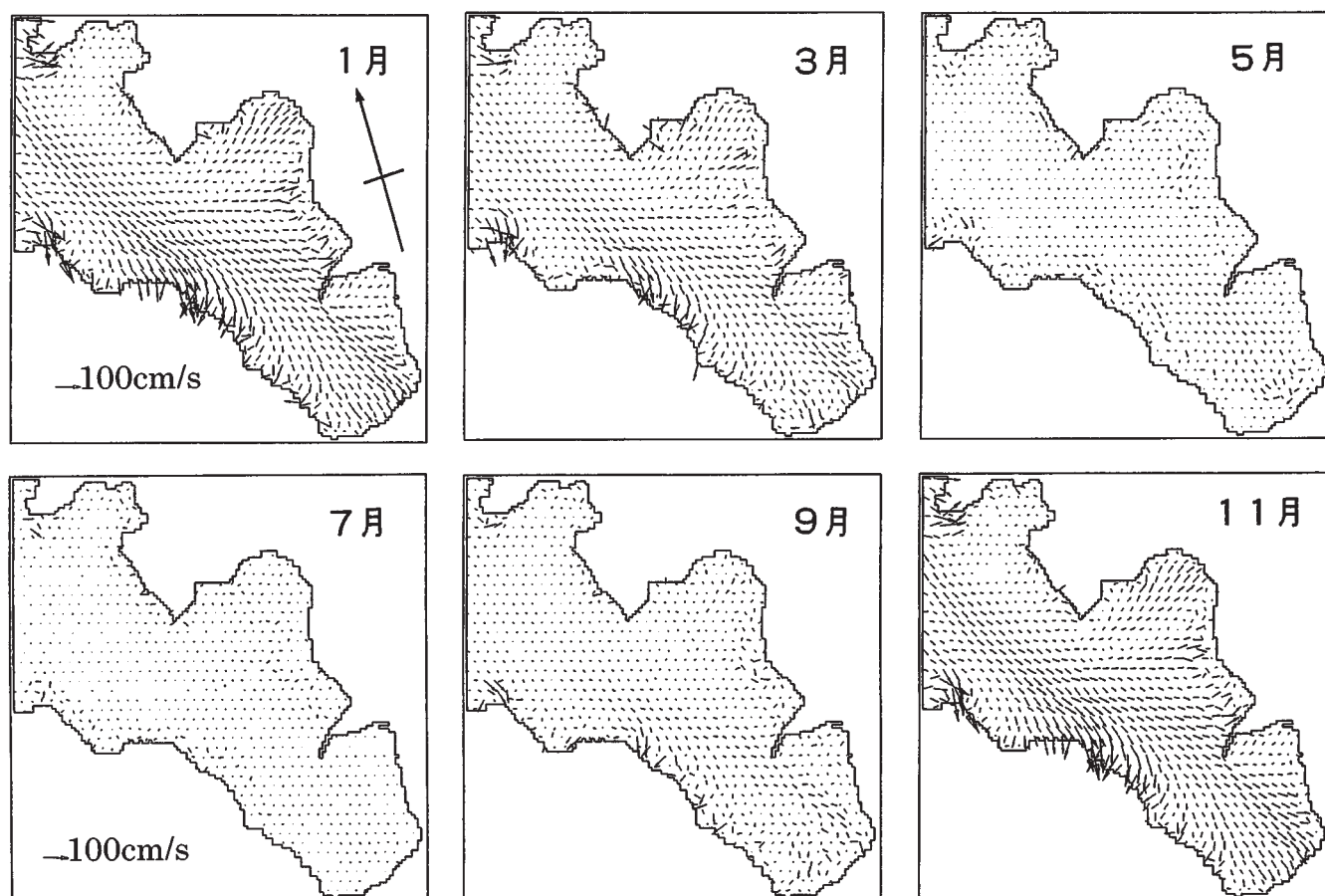


図3 小樽市忍路湾における底面での流速の分布(波浪場の解析を行い、底面波浪流速を計算した。桑原・川井、1998)

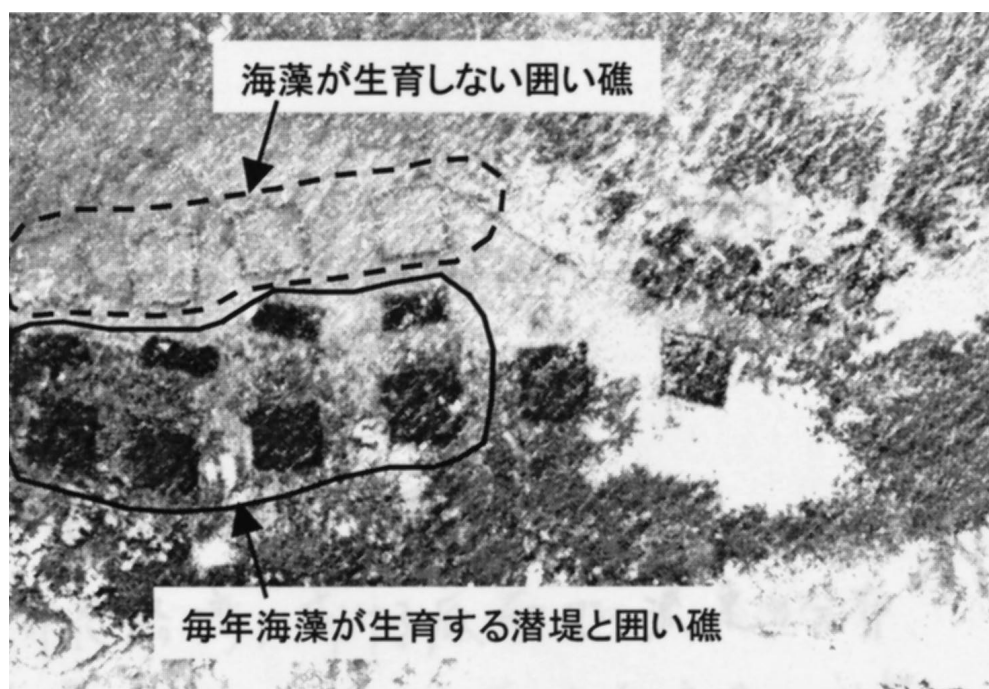


写真4 航空写真による寿都町美谷地区沿整施設の海藻分布(平成10年6月全振協撮影)

岸漁場整備開発事業(以下、沿整)により磯焼け海域に設置された囲い礁は、数年でコンブが繁茂しなくなることが多々あります。しかし、寿都町美谷地区の沿整施設(昭和57～58年に施工)では、多くの施設で毎年コンブが繁茂しています(写真4)。そこで、コンブ群落が毎年形成される施設とされない施設でウニの分布状況、波浪環境の解析などを行いました。コンブが見られない施設では周年ウニが見られ、流速は周年小さいことが分かりました。一方、コンブが毎年生育している施設では夏にウニが分布して冬には見られません。そして流速は、夏に小さく冬に大きくなっていました。このように忍路湾で観察された波浪、ウニ及び海藻の関係は、沿整施設でも同様に見られました。私たちは、ここで得られた知見を藻場造成(ホソメコンブ)の設計指針に加えていきたいと考えています。

今後の展開

北海道日本海側は、冬季に時化が多いので、コンブ群落造成のためにウニ除去などの人為的管理を十分に行うことができません。そこで私たちは、人工構築物により波浪を制御し、これによってウニの行動を制御することで、人為的管理無し(メンテナンスフリー)で毎年ホソメコンブを繁茂させることを考えています。漂砂、基質の安定性など、まだ課題は残されていますが、波浪を制御し、夏にウニが居て冬に居ない環境をつくりだせば良いわけです。磯焼け海域に毎年ホソメコンブ群落を形成させる技術は、目前まで迫っています。

参考文献

桑原久実・川井唯史(1998)

北海道忍路湾における波浪、ウニの摂食および海藻の関係、土木学会海岸工学論文集、第45巻、PP.1071 - 1075.

(くわはら ひさみ 中央水試水産工学室
かわい ただし 中央水試資源増殖部
報文番号B2141)

ニシンの分布と海洋環境の関係について

キーワード：ニシン、石狩湾ニシン、北海道・サハリン系ニシン、産卵場、系群、海洋環境

はじめに

北海道では魚介類の人工種苗生産や放流によって資源増大を図る栽培漁業を推進しています。ニシンでは道東の風蓮湖や厚岸湾でその成果がみられてきています。日本海側でも1996年から放流試験が始められ、地元をはじめ多くの関係者の努力により、1998年には予定の100万尾放流が実施されました。

1998年に入って留萌や厚田地区でニシンの産卵

場が相次いで見つかりました。また、放流魚の回帰も実際に確認されたことなど、その研究成果は確実に上がってきておりますが、ここでは、ニシンの分布と海況の一般的関係について、筆者の見解も交えて紹介します。

ニシンの分布の基本的な特徴

ニシンは数年前まで道東海域を賑わしていたマイ
ワシと同じ仲間、ともに長期的に大きな資源変動

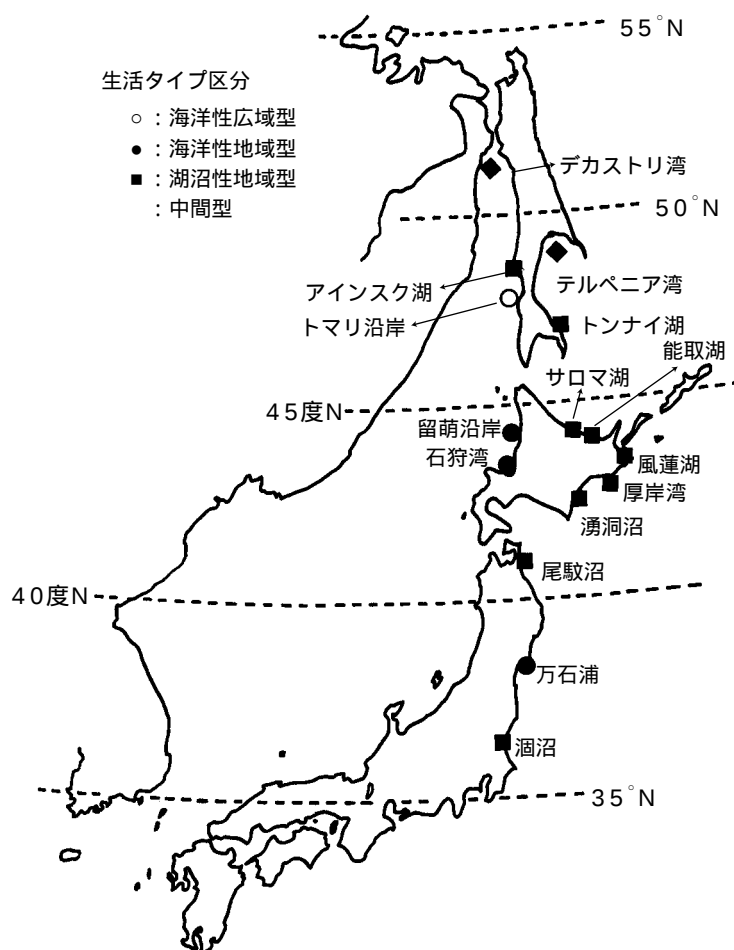


図1 日本周辺海域におけるニシンの主な産卵場分布図（注）丸山（1997）から改変作図した。

を繰り返してきた典型的な魚種といえます。ニシンは、ある時代の海洋環境条件によっては爆発的に増大する可能性を秘めている種であり、その長期変動には少なからず海洋環境が影響を及ぼしていると考えられています。また、ニシンは世界的にみると、大西洋と太平洋の北部海域に広く分布する基本的に冷水性の魚種です。

このうち、北海道周辺のニシンを含む太平洋ニシンの生息環境は、大西洋ニシンに比べ、より低水温・低塩分環境下のかなり浅い海域を産卵場所にするといわれております。また、大西洋ニシンの中には、秋季に産卵する集団があるとされています。しかし、太平洋ニシンの産卵期は春季だけで、脊椎骨数も大西洋ニシンに比べ少ないことが特徴です。これらの違いや地理的には互いに隔離されていることもあり、種類としては別種とする見解もあります。

ニシンの系群と生活タイプ

さて、図1に日本周辺の太平洋ニシンのおもな産卵場を示しました。北海道周辺で漁獲されるニシンには、産卵場など生活域を異にする繁殖集団、即ち系群がいくつかあります。それは、北海道・サハリン系ニシン(かつての春ニシン)、テルペニア系ニシン、石狩湾ニシン、風蓮湖ニシン、能取湖ニシンなどと呼ばれる集団です。

そして、ニシンは産卵環境の違いから、次の二つのタイプに分かれます。汽水性湖沼や内湾などの低塩分域で産卵する湖沼性ニシンと比較的高塩分な沿岸域で産卵する海洋性ニシンと呼ばれるタイプです。また、分布や回遊範囲の面からは次のタイプに分かれます。分布・回遊範囲がかなり広範囲に渡る広域性ニシンと比較的狭い範囲で分布・回遊すると考えられる地域性ニシンです。

これらから、小林(1993)によれば、北海道周辺には以下の四つの生活タイプのニシンがあることにな

ります。一つは「海洋性広域型」ニシンで、現在ではサハリン西岸にわずかに産卵場があると考えられる北海道・サハリン系ニシンがこれにあてはまります。そして今、日本海沿岸で進めている事業の対象となる石狩湾ニシンは「海洋性地域型」ニシンにあてはまります。このほか、「湖沼性地域型」ニシンである風蓮湖ニシンや湧洞沼ニシン、オホーツク海の能取湖やサロマ湖ニシンがあります。さらに、サハリン東岸に産卵場を持つとされるテルペニア系ニシンは、これらの「中間型」ニシンと考えられています。

春季の海洋環境の特徴

ニシンの分布を見る場合、広く海洋環境との関わりを考えることも大切な視点です。

再度、図1に注目しますと、日本周辺のニシン産卵場の分布配置で特徴的なことは、日本海側と太平洋側で、分布の南限域が違うという点です。即ち、日本海側は、かつては道南海域でも産卵群が見られましたが、水温の系統的な急上昇があったとされる1910～20年代以降、現在までは北緯43度以北の石狩湾付近が南限です。また、太平洋側は北緯36度付近の茨城県の^ウ濁沼(現在実質的には万石浦ニシンの分布する仙台湾)です。つまり、ニシンの分布は、日本海側のほうが太平洋側よりかなり北にあるということが大きな特徴です。

なぜこのような違いがあるのか、ニシンの産卵期である春季の海況パターンを比べてみます。まず、太平洋側ですが、図2に、道南から東北海域の4月の典型的な海況パターンを示しました。親潮が強勢の時(冷水年)には茨城付近まで、平年的な時(中間年)にも仙台湾付近まで低水温の親潮が南下している特徴がよく示されています。一方、日本海側ですが、図3に北海道西岸3月の表面水温・塩分分布を示しました。北海道西岸は、対馬暖流が北上する暖かい環境の中にあるといっても、春季の石狩湾以北

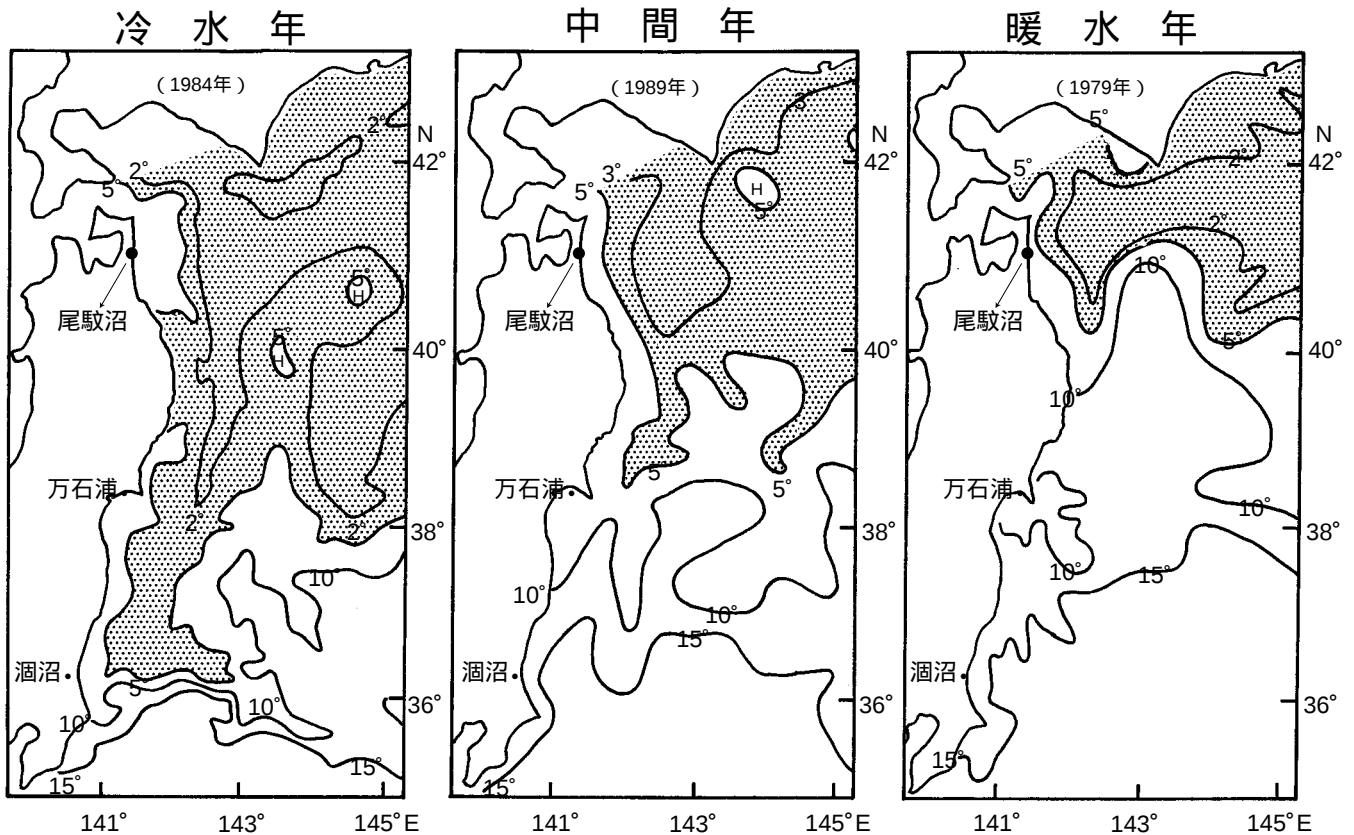


図2 道南～東北地区における春季（4月）の典型的海況パターン例

(注) 4月6～10日の表面水温分布～児玉ら（1995）から特徴点を作図しなおした。点影部で示した5℃以下の親潮系水の南下位置に注目すること。（暖水年でも万石浦沖には冷水域の残る場合のあることを示している。）

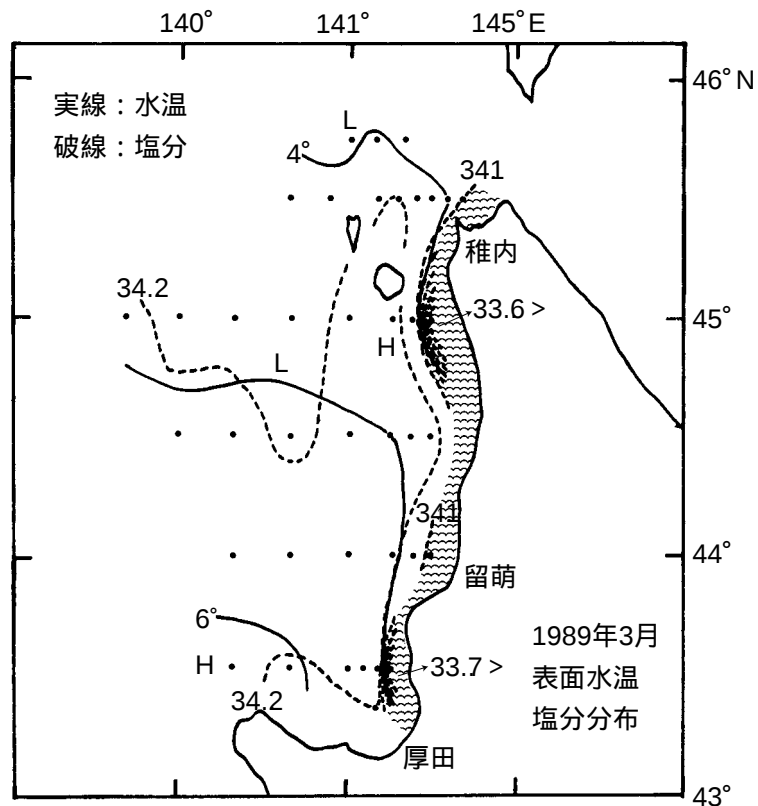


図3 北海道西岸における春季（3月）の典型的海況パターン例

(注) 1989年、おやしお丸・北洋丸による中央・稚内水試共同観測結果資料より。相対的な低水温・低塩分域を波線部として示した。

の沿岸域は相対的に低水温・低塩分環境下にあることがよく分かります。

春季の海況パターンの特徴として、日本海側では対馬暖流が高緯度まで北上するものの、春季の石狩湾以北の沿岸ではより低水温・低塩分域が南北にみられること、太平洋側では親潮がかなり低緯度まで南下するということです。そして、この水塊配置分布はニシンの産卵場分布と非常によく対応しているのです。このように、基本的に低水温・低塩分環境を好むニシンの産卵場分布は、大きな視点で海洋環境と密接に関連していると思われます。言いかえれば、冷水の南下する位置が、太平洋のほうが低緯度であるという基本的な海洋環境のため、長い歴史の中で、冷水性のニシンはより南まで分布して生き残ることができたと考えられます。

最近の好漁と海況条件

1997年春、厚田地区から稚内地区まで日本海沿

岸域のニシン漁は、近年にない久しぶりの豊漁で、浜にはうれしい話題となりました。その後も好漁が続いていますが、1997年は奇しくも、かつての春ニシンが97万トンという最大の漁獲を上げた年からちょうど100年目となる節目の年でもありました。これらのニシンがどういった集団だったかについては、今後アイソザイム(酵素)分析を含めた解析を待たねばなりません。しかし、この豊漁だったニシンは、少なくとも北海道・サハリン系ニシンとは異なり、現在取り組んでいる資源増大事業の対象としている石狩湾ニシンなどの「海洋性地域型」ニシンと考えられ、主に1995年生まれの2歳成熟魚であることもわかりました。

ニシンの資源変動と海洋環境条件の関係については、中央水試海洋部で、日本海側において現在最も長期にわたって継続されている余市の沿岸水温記録による解析が進められています。それによると、年平均水温の低い年が続き、春季(4～6月)の

年	4 月			5 月			6 月			年平均 水温	備 考
	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬		
1981						—	—		—	12.3	
1982	—	—	—			—	—		—	12.5	
1983		+					—	—	—	12.4	近年で最もニシンの卓越発生があった年
1984	—	—		—	—		+			12.1	流水南下顕著、全国的異常冷水年、海藻繁茂良好
1985	—				—	—				12.1	
1986					—	—		—		12.1	83年生まれニシンが最も大量漁獲された年(72,000トン)
1987			—	—	—	—			+	12.0	
1988					—					12.5	
1989									—	12.9	少雪・暖冬、網走で接岸せず等流水異常～大時化林朽被害有
1990		+	+				+		+	13.8	暖冬、猛暑
1991	+						+	+	+	13.3	
1992							+			12.5	
1993										12.6	冷夏年
1994										13.3	猛暑年(特に本州)
1995	+				+					12.9	
1996				—	—	—				12.0	海藻繁茂良好
1997		—	—	—	—		—			12.2	沿岸ニシン好漁(特に留萌～稚内地区で95年生まれ群顕著)
1998			+							12.7	沿岸ニシン好漁(特に厚田地区で96年生まれ群顕著)

表1 余市における近年の4～6月の旬平均水温年平偏差と年平均水温
中央水試海洋部資料から作表した、表示の基準は以下のとおりとした
—: ≤ -2 , —: $-2 < \sim \leq -1$, +: $1 \leq \sim < 2$, ++: $2 \leq$, (空白部): $-1 < \sim < 1$
年平均水温の網掛け部は平均値12.5℃未満の冷水年として示した

水温が低い年には、春ニシンの産卵環境が良いと考えられたり、あるいは実際に来遊が多かったりするということが示唆されています。

近年では1983年に春ニシンの卓越発生があり、1986年と1987年に漁獲量が急増しました。これらの年代は表1に示したように全般的に低水温環境下にありました。その後、水温の高い状態が続いていましたが、1996年、1997年と連続して海水温が低い状態になり、1997年以降の好漁との関係が注目されます。なお、1997年の豊漁をもたらしたニシンが発生した1995年は必ずしも低水温とは言えません。また、1980年代でも低水温は卓越発生のみられた1983年だけに限られたものではありません。今後、これらの問題を含め、さらに検討していくことが必要です。

おわりに

以上、広い観点から、ニシンの分布と海洋環境の関わりについてまとめてみました。その関わりのキーポイントは、基本的な産卵環境が相対的に低水温・低塩分域であることです。そして、小さなポイントとして、ニシン卵が産み付けられる海藻群落のあることや海底地形等とともに、淡水の流入が近くに必ずあるといった環境が、必要かつ重要な条件ではないかと私は考えます。

なお、今、稚内水試の資源管理部門では、中央水試と一緒に石狩湾から稚内周辺沿岸に来遊するニシンの系群解析に全力を上げて取り組んでいます。資源を構成する単位である系群判別を行うことは、今後、複雑な群構造を持つニシンの具体的な資源管理方策を見出す上で、欠くことの出来ない重要な課題の一つだからです。

そのため、周年にわたる漁業や漁獲の情報を集めておりますので、情報がありましたら資源管理部までご連絡下さるようお願い致します。

(大槻知寛 稚内水試資源管理部 報文番号B2143)

加工シリーズ

サケ鼻軟骨に含まれるコンドロイチン硫酸とその利用について

キーワード：サケ鼻軟骨、コンドロイチン硫酸、グルコース、肥満

はじめに

北海道では秋サケ、ホタテガイが大量に漁獲されていますが、食用として利用される以外の内臓、頭部、骨などは、ほとんど有効に利用されずに廃棄されています。また、さまざまな種類の未利用海藻やホタテガイ、カニ、ツブ漁業で混獲されるヒトデも同様です。このような水産廃棄物を有効な資源として利用するために、道立水産試験場はじめ各種研究機関でも、さまざまな取り組みがなされています。その取り組みの一つとして、釧路水産試験場では、平成8年度より「水産廃棄物の機能性糖質利用技術開発試験」を行っています。私たちが、まず目を着けたのは、サケの加工工程中に排出される頭の部分です(写真1)。頭部には、その重量の約10%程度



写真1
サケ頭部

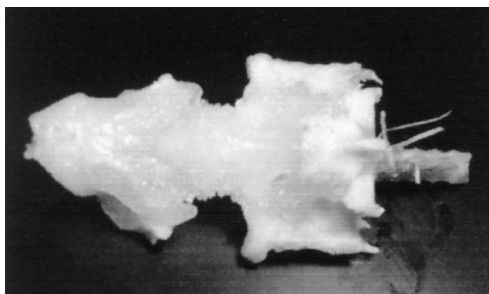


写真2
鼻軟骨

鼻軟骨(写真2)が含まれており、そこには、糖質の一つであるコンドロイチン硫酸という物質が含まれています。コンドロイチン硫酸は、これまでにクジラやサメの軟骨から取り出されており、その医学的な作用や保水性を活かした利用がなされています。私たちは、サケ頭部の鼻軟骨から、このコンドロイチン硫酸を効率良く取り出す方法と新しい利用法の開発に向けた取り組みをしており、今回はその一端をご紹介します。

サケ鼻軟骨からのコンドロイチン硫酸の調製

サケ頭部から鼻軟骨を取り出し、得られた鼻軟骨を細片化、脱脂、アルカリ処理、及び酵素処理などの操作によってコンドロイチン硫酸を調製します(図1)。サケ鼻軟骨より約3.0%(重量)のコンドロイチン硫酸白色粉末が得られ、その純度は約95%でした(写真3)。

コンドロイチン硫酸の新しい作用

このようにして得られたコンドロイチン硫酸の新しい作用を検討するために、愛媛大学医学部医化学第2教室の奥田拓道教授と共同で、その肥満予防効果について次のような試験を行いました。私たちが日常摂取している食品に含まれるデンプンや砂糖は、消化分解を受けてグルコースとなり、腸管から吸収されます。しかし、一度にたくさんのグルコースが腸管から吸収されると、血液中のグルコース濃度(血糖値)が急激に上昇します。この血糖値を下げるために、膵臓からインスリンが分泌され、グ

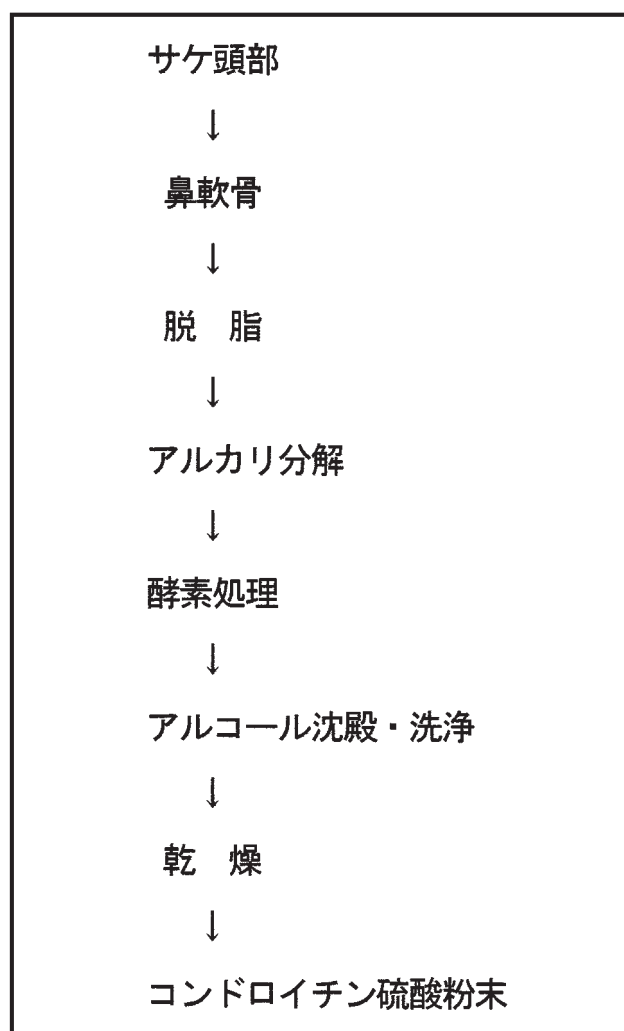


写真3
コンドロイチン
硫酸粉末

ルコースは体の脂肪細胞に取り込まれて、脂肪の合成と貯蔵に利用され、最終的に肥満の要因となり得るのです。ですから、脂肪として蓄積させないためには、腸管でのグルコース吸収を遅らせ、血糖値を急激に上げないことが重要になってきます(図2)。そこで、グルコースの腸管吸収阻害作用について、試験管内の実験を行いました。まず、ラットの小腸から吸収に関わる細胞を調製し、そこに標識を付けたグルコースを添加してどのくらい細胞に吸収されるかを測定しました。このとき、コンドロイチン硫酸を加えた場合にグルコースの吸収にどの程度影響があるのかを検討しました。その結果、コンドロイチン

図1 コンドロイチン硫酸の調製

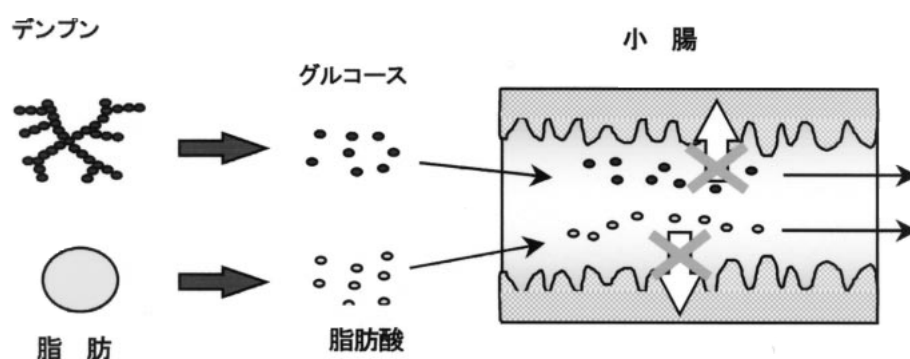


図2 コンドロイチン硫酸のグルコース及び脂肪酸の腸管吸収に及ぼす影響

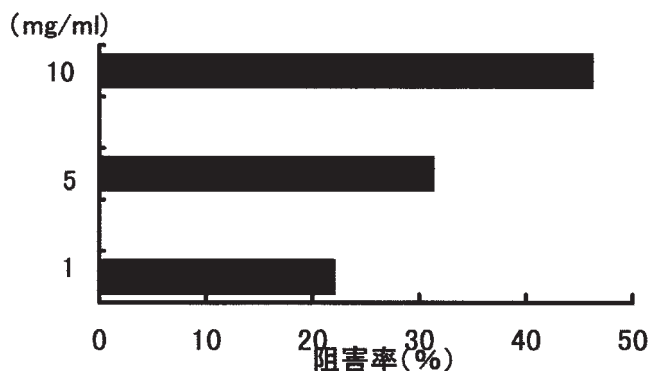


図3 コンドロイチン硫酸のグルコース腸管吸収に及ぼす影響

硫酸濃度1、5及び10mg/mlにおいて、グルコース吸収の阻害率は、それぞれ22.1、31.4、46.3%とコンドロイチン硫酸の濃度に依存して増加することが分かりました(図3)。このようにサケ鼻軟骨由来のコンド

ロイチン硫酸は、グルコースの腸管吸収を抑制する働きを持つことが分かりました。別の機会に詳しくご紹介しますが、肥満の要因としては、食事中に摂取する脂肪の吸収も問題となります。そこで、グルコースと同様な試験管内実験を行った結果、コンドロイチン硫酸には脂肪の吸収を抑制する効果があり(図2)、さらに、マウスを用いた動物試験においても肥満予防効果が確認されました。これらのことから、サケ鼻軟骨由来のコンドロイチン硫酸には、肥満予防効果があり、それを応用した製品の開発が期待されます。このために、サケ鼻軟骨から効率良くコンドロイチン硫酸を製造する方法の確立について現在、実験を進めています。

(武田忠明 釧路水試加工部 報文番号B2143)

白夜の北欧で観たウニとニシンの話

中央水産試験場資源増殖部 干川 裕

キーワード：ノルウェー、海藻群落、ウニ、寄生虫、フィンランド、ニシン産卵場

北海道職員外国派遣研修により、1998年7月19日から8月22日までの35日間にわたってノルウェーとフィンランドを訪れる機会を得ました。

この研修の目的は、北海道のコンブ類と同じ *Laminaria* 属の大型海藻が優占するノルウェー北部で、海藻群落の状況とその生育に影響を与えるウニ類、さらにそのウニ類の資源量に大きな要因を与えている寄生虫(線虫)について野外観察や室内試験を通して理解することと、大西洋ニシンの産卵場であるフィンランド南西部の海域においてニシンがどのような場を産卵場として選択しているかについて、海藻群落や底質、水深、水質等との関連を含めて現地の研究者と意見交換し、知見を深めることでした。

北極圏を越えて

今回の研修で主に滞在した場所はノルウェー北部、北緯67度15分、東経14度30分に位置するボードゥ市(人口約4万人)でした。e-mailで突然お願いしたにも係わらず、親切に私を受け入れてくれたのは、同市にあるボードゥ大学水産・自然科学部(Department of Fisheries and Natural Science)の Nils T. Hagen 博士で、彼は度々北海道にも訪れ、私も栽培漁業総合センターで会ったことがありました。

皆さんご存知のように、北緯66度33分以北は北極圏と呼ばれ、夏至の頃には一日中太陽が沈むことはありません。ボードゥ市もこの北極圏内にあり、私

が訪れた7月下旬には、太陽は真夜中には水平線をかすめるように姿を消しましたが、それでも曇りの日のような明るさで夜がふけていくのには感動しました。

ノルウェー沿岸は氷河により削られた複雑な地形のため、多くのフィヨルドが発達しており、ボードゥ市はそんなフィヨルドの入り口にある小さな岬の突端に位置しています。

ボードゥ市は首都オスロから続く鉄道の北の終着駅で、午前と午後各1本の列車が到着します。この列車に加えてオスロからの飛行機や、美しい海岸線を楽しみながらノルウェー北端を経てロシアまで運行されている沿岸フェリーを使う観光客も多いとのこと。また、夏の休暇の時期には、ヨーロッパ各地から自家用車やキャンピングカー、オートバイ、観光バス等で訪れる人も多く、様々な国のナンバープレートを見た車を見ることができました。



写真1 ボードゥ市内

北ノルウェーでの生活

まず、心配していた言葉ですが、ほとんどのノルウェー人は英語を話せるので、言葉の上で生活に不便を感じたことはありませんでした。ノルウェーの地方都市の生活は、非常にのんびりしたもので、勤務時間は8時から午後3時まで、市街地の商店も午前10時から午後4時までで、特定のスーパーマーケットやkioskと呼ばれる小店以外は土日は閉まります。

物価は比較的高く、ホテルは1泊1.5～2万円で、ガソリンは160～170円/ℓ、食料は日本とほとんど同じ値段でした。これは北海道と同じ400万人の国民が、日本の85.7%の面積を持つ国土を防衛したり、福祉を充実させたり(大学を含め学校は全て公立で、入学金、授業料が無料)するために要される高い税金と関係しています。ちなみに消費税は20%以上とのことでした。

治安と交通マナーはとても良く、横断歩道に人が立っていればすぐに車は止まって横断させてくれるので、特に老人や子供、障害者にとって生活しやすい国だと感じました。制限速度は人の多い市街地では30～40km/hですが、郊外では80～90km/hと高くなり、後ろから車が追いつくと先に行かせるなどのマナーがしっかりしているので、ストレス無く安全に長い距離を移動できます。これは人口が少ないことに加えて、多くの国が陸路で国境を接するヨーロッパで育った他人への配慮によると思われます。

先に述べたようにノルウェーの物価は高く、特に宿泊施設の経費は日本で考えていた以上でした。追い打ちをかけるように1\$が140円以上とひどい円安だったため予算的に厳しい状況になり、ホテルをあきらめて丁度夏期休暇で空いている学生寮を使わせてもらいました。日本では4月に入学して大学生活が始まりますが、ノルウェーでは欧米と同様に9月に入学式があり、夏の間は卒業生の使っていた部屋が空いています。私の研修期間がこの時期で

あったことは幸運でした。さらに幸運だったのは、私が滞在していた4階の住人(在学学生)が皆、可愛い女子大生だったことです。彼女らから共同の洗濯機や台所の使い方などを丁寧に教えてもらいました。

ノルウェーのレストランは高くてもずいといと先生から言われていたので、スーパーで購入し自分で作ったり、また、Hagen先生のお宅で奥さんの手料理をご馳走になりました。ノルウェーはオープンサンドの国で、スライスしたパンにチーズやハム、缶詰のサバ(トマト煮)やニシンのオイル漬け、ゆで卵のスライス、葉野菜等を載せて食べます。朝と昼はだいたいこのスタイルでした。

チーズの中にはブラウンチーズと呼ばれる山羊の乳を沈殿させた上澄みを鉄鍋で煮詰めたものがあります。これは日本では見たことがありませんでした。成分が糖質のため、キャラメルのような味で、ピーナッツバターやジャムを塗ったスウェーデン製の平たい乾パン?に載せておやつによく食べました。また、ノルウェーの人たちはフラットパンと呼ばれる薄く焼いたパンをよく食べます。フラットパンは保存が効くために、長期間の漁に出る際に重要な食料になります。このパンを通常の食事でも頻繁に食べました。飽きない味で日本にもお土産で持ち帰りましたが、子供達にも好評でした。

それから、冬の太陽が出ない時期にビタミン不足を補うために飲む魚から取った肝油がほとんどの店に置いてありました。Hagen先生の奥さんのHelenさんから「飲んでごらんさい。」と言われて大きなスプーンで飲んでみました。少しだけ魚の臭いを口の中に感じましたが、特に癖もないものでした。肝油ドロップは子供の頃になめた記憶がありますが、肝油を飲んだのは今回が初めてで、毎日飲むのは許して欲しいと思いました。

ノルウェーでは耕作可能な土地が少ないため、多くの食料を輸入しています。でも魚介類だけは世界

有数の生産国なので新鮮なものが手に入ります。ボードゥ市の港では漁から戻った漁船が岸壁に並び、船上で茹でたホッコクアカエビを売っています。船毎に微妙に味が違うので、試食しながら気に入った味を選んで買います。その計り方が重量でなく、容量(ℓ)で、取っ手の付いた容器ですくって袋に入れてくれます。岸壁にあるベンチでビールを飲みながらエビを味わうのが、この地の一般的なスタイルのようです。

ノルウェーでは人より毛魚が多いためか漁業だけでなく一般の遊漁でもよく魚が釣れます。外海やフィヨルド、湖と釣りを楽しむ場所は多く、普段あまり釣りをしない私も何度か挑戦する機会がありました。主に3～5kgのスケトウダラの仲間が多かったのですが、一度は15kgのタラを釣り、さらに大きな魚にラインを切られました。釣りの好きな読者の皆さん、ノルウェーは釣り道楽にはもってこいですよ。

これらの釣った魚はフィレ(切り身)にして、酢を入れた水で茹で、タマネギと魚の肝臓を使ったレバーソースをかけて食べました。日本ではあまりなじ



写真2 フィヨルドでマダラを釣り上げた小生

みがありませんが、このレバーソース用にタラの肝臓の缶詰が作られ、輸出されている程人気がある料理のようです。

ボードゥ大学について

ボードゥ大学は市街地の中心から東に約10kmに位置し、国道を挟んだ海岸寄りに臨海実験所があります。ボードゥ大学の学生数は約3,200人で北ノルウェーだけでなく南ノルウェーからも学生が来ており、経済や教育、看護婦等の学科を含む総合的な大学です。私が世話になった水産・自然科学部ではノルウェーの主産業である漁業と養殖業だけでなく、陸上の動植物に関する生態学的な研究や遺伝学的な研究が行われており、多くの実験室が整備されていました。



写真3 ボードゥ大学

また、臨海実験所では技官と研究補助員が各2名、さらに複数の臨時研究補助員がおり、本学の教官と毎朝打合せを行って実験や調査を実施していました。この施設では飼育や実験のために2種類の海水を汲み上げており、一本は水深50mからもう一本はなんと水深200mから水を取っていました。ここではHagen先生の行っているウニ類や二枚貝に関する飼育試験の他、体重が100kg以上の非常に大きいオヒョウの養殖試験、大西洋サケやニジマス等の育種試験が行われていました。

ロフォーテン諸島への調査旅行

ボードゥ大学とその臨海実験所での研修に加えて、実際にHagen博士が研究を続けているノルウェー北部の複数の調査地点について現地観察を行いました。ここでは特にロフォーテン諸島について説明します。

この諸島は北緯67度30分から69度15分にかけて分布する大小多数の島からなり、島の間は橋やトンネルで結ばれています。産業は主に漁業であり、冬に漁獲される鱈を干したのや捕鯨が有名です。夏にはローマから続くE10という道路を使ったり、ボードゥ市や他の街からフェリーボートやカタマランボート(高速船)で観光客が訪れます。私達は先生の車でフェリーボートを使って、スクトビックからスクローヴァ島を経て、スヴォルヴァールに上陸しました。



写真4 ロフォーテン諸島の干鱈

スクローヴァ島の海岸は岩盤から転石帯、砂浜と多様ですが、大型海藻の生育は見られず、潮間帯に*Fucus*属の海藻や*Aschophyllum nodosum*が生育するだけでした。また、砂浜は石灰藻の細片から成り、真っ白な美しい浜辺が広がっています。この島の山頂に登ってノルウェー本土とロフォーテン諸島の

山々を望む景色はとても素晴らしいものでした。また、スヴォルヴァールの市場では、サーム人の店でトナカイの角や骨で作ったペーパーナイフなどを買いました。驚いたことにこの北の地でもイチゴが栽培され、市場で売られていました。市場で買い物を終えてからE10を通して南下し、レイネに宿を取りました。

レイネは主に岩盤の海岸で、斜度も急であるため



写真5 スクローヴァ島山頂からの景色

潮間帯の水平的な広がりには乏しく、*Fucus*属の海藻や*A. nodosum*が主に生育しています。調査旅行中はRorbnerと呼ばれる宿泊施設を使いました。複数の部屋と共同の浴室とトイレ、そしてキッチンがあり、どんな田舎でも電気により熱いお湯が得られました。値段も安く、シュラフを持参すると更に安くなりました。日本と違って当日でも空き部屋を捜すこともでき、かなり便利でした。

レイネでは夜中に北からの日差しが山々を赤く照らす景色に感動しました。北極圏内では夏は太陽が沈むことなく頭上を回るのですが、南で高く北で低くなります。私が見たのは夜中に一度は没した太陽が北側の水平線から姿を見せ、島々を照らしたところでした。冬には逆に太陽はほとんど姿を見せない暗闇の世界(実際は電灯により明るいのですが)が広がるそうです。つくづく、夏の白夜の季節に訪れることができ、幸運でした。

レイネを後にして、ロフォーテン諸島の先端の町、



写真6 レイネの宿泊地にて

オー(Å)を訪れました。オーでは丁度干潮時だったので、*Fucus*属の海藻の間に取り残され干出したウニ類がカモメによって捕食される様子を観察しました。潮間帯に海藻が豊富な理由は、干出によりウニ類の捕食から免れるからということですが、干出でウニが死亡するのは生理的な要因より、今回観察したような鳥による捕食が大きいようです。

オーで驚いたのは、インフォメーションセンターの資料棚に日本語で書かれたニシンとサバ漁業に関するパンフレットや子供向けの童話が置いてあったことです。この地にも日本人が多数訪れるということでしょう。どこにでも行く日本人ということを自分を棚に上げて実感した次第でした。

ところで、皆さんは北欧民話のトロールをご存知ですか？トロールはノルウェーの芸術家テオドール・キッテルセン(1857～1914)が北ノルウェーの風景を基に描いた魔人です。彼はこのロフォーテン諸島の最先端にあるスコムヴァール島に姉夫婦と移り約2年間を過ごしました。この地が彼の作品であるトロールに大きな影響を与えたと思われます。ロフォーテン諸島の切り立った山並みを眺めていると、とがった鼻と突き出た額を持つトロールが目の前に横たわっているように見えてくるのが不思議でした。

次に私たちが訪れたのは、キッテルセンが滞在したスコムヴァール島とロフォーテン諸島の間にあるヴァロイ島でした。ロフォーテン諸島とヴァロイ島の

間は海流が速く、SFの古典である海底2万海里でネモ船長が潜水艦ノーチラス号とともに沈んでいったのがこの場所なのです。ヴァロイ島は、Hagen先生の主要な調査場所で、彼の論文となった多くの研究はこの地で行われました。この島には主に2つの湾があり、ウニの密度に差があるため深い場所でも*Laminaria*属の海藻が生育している地点もあれば、同じような水深でもウニの密度が高く海藻群落が消失している場所もありました。先生の繰船する小型ボートで湾内や他の場所を回りながら先生から説明を受けました。

北ノルウェーの海藻とウニ

ノルウェー沿岸域の海藻群落は下記に示すように潮間帯から亜潮間帯を経て水深20m付近の照度不足による限界水深まで種が置き換わりながら形成されています。

潮間帯

Pelvetia canaliculata

Fucus spiralis

F. vesiculosus

Ascophyllum notosum

F. serratus

F. aistichus edentatus

F. serratus

亜潮間帯

Alaria esculenta

Laminaria giganta

L. digitata

L. saccharina

L. hyperborea 水深20mまで生育

しかし、1980年頃から亜潮間帯以深の海藻が消失し、代わりに無節サンゴモが海底を被う「磯焼け」と同じ現象が北ノルウェーで観察され始めました。Hagen先生は、ウニ類による過剰な摂餌圧が海藻消

失の原因と考え、このようなウニ類の摂餌が底生生物群集の構造と一次生産に大きな影響を及ぼしている」と説明してくれました。



写真7 湖間帯の海藻群落

ノルウェーにおけるウニによる海藻群落の崩壊は、約150年前から記録があり、その後も北大西洋沿岸で同様な観察が続きました。共通する特徴は亜潮間帯における高密度のウニ類(特にホクヨウオオバフンウニ、*Strongylocentrotus droebachiensis*)でした。

このウニの体腔内には線虫類*Echinomermella matsi*が寄生することが先生の研究で明らかになりました。この寄生虫は、殻径15～60mmのウニに寄生し、その寄生率は8.8～21.6%で場所によって異なります。この線虫の体内は卵で満たされており、ウニが捕食等によって損傷すると体内の線虫も一部体が破損し、そこから卵が海水中に放出されます。放出された卵は、数分後には発生を開始し、遊泳力を持つ幼生が孵化します。しかし、その後の線虫の生活史や何時、どのようにウニのどの部位から寄生を始めるかは分かっていません。

以前は、この寄生虫によってウニの個体数が制御されることで海藻群落が再形成され、群落が長期に渡って維持されると考えられてきましたが、Hagen先生がこのヴァロイ島で行った研究では、寄生虫によりウニが少なくなってコンブ類が生育しても、それは海藻が若い時期までで、周囲のウニが再び蠕集し群落が崩壊することが明らかになりました。先生は、

これらの事象に基づいて、北ノルウェー(北緯64～69度)の海藻群落の維持機構はサイクリックな状態に入ったと考えています。

私もヴァロイ島で採集したウニを割って寄生虫を実際に観察しようとしたのですが、残念ながらロフォーテン諸島での調査旅行中はお目にかかれませんでした。その代わり、波によって打ち上げられた多量の*Laminaria hyperborea*を採集する機会があり、大きいものではその茎はバットのグリップ部分と同じ太さがありました。このような太い茎の先端から毎年新しい葉が出ては枯れることを繰り返しているそうです。

ウニの寄生虫

ロフォーテン諸島では見ることはできなかったホクヨウオオバフンウニに寄生する線虫をボードゥ大学の臨海実験所で行っている定期調査で観察することができました。殻径40～50mmのウニを反転させ、口の部分を取り去るとウニの体の中が観察できます。ふつうは消化管が体腔内に見られるのですが、寄生されているウニでは白くて細長い線虫が何匹も渦を巻くように入っていました。まるで素麺のように、取り出して顕微鏡の下で観察すると透明な体壁を通して体内に白い粒が見えます。これは全て卵でした。ピンセットで体壁を破いて体の外に出すと卵割が始まりました。

寄生虫の入っていないウニでは鮮やかな黄橙色をした生殖巣が入っています。この場所では冬が産卵期のためまだ成熟していませんが、かなりの量が入っていました。取り出して味をみたところ苦みや臭みもなく、甘みが少し不足している点を除くと美味でした。実験所の職員にも勧めたのですが、線虫のイメージが強く食べようとした人は一人だけでした。

Hagen先生も、この場所のウニを食べた人は初め



写真8 ホクヨウオオバフンウニの寄生虫

てで、文献上はこの寄生虫は人体に影響を及ぼさないと言われているが、大変興味深いと笑いながら言っていました。「えーっ」と思っても後の祭りです。この原稿を書いている今も特に変わったことがないので、たぶん大丈夫でしょう。

ウニ養殖の可能性について

ノルウェーではフィヨルド内に設置されているサケの養殖施設の活用として、ウニ類の養殖を検討しています。基本的には大きな種苗生産施設で人工種苗生産を行い、付着珪藻と配合飼料を餌にして育てた稚ウニを各地の養殖施設へ配布し、そこでコンブ類を餌に生殖巣の増重と味・色の調整を図り、出荷する計画です。海藻群落が少なくなったとは言っても、未利用のコンブ属の大型海藻が多量に生育しているため、養殖用の餌は十分に確保でき、むしろこの計画に出資してくれる日本の企業を捜す方が問題だとHagen先生は話していました。

出荷(輸出)先はフランスと日本が考えられており、特に日本ではウニ消費量の約80%が輸入に頼っているため可能性が高いと考えられています。現在、外国から日本に輸入されるウニの中には味や色合いが劣っているものも多く、加工品や総菜等で消費されています。一方、北海道産のウニ類は質が高く、安定して高い価格を維持していますが、道

内の加工場では現地のウニが漁獲されない時期には外国産のものを輸入して処理している所も多いのが現状です。

ノルウェーから日本に向けて養殖サケを載せた直行輸送便が毎日就航しており、これにウニを載せれば輸送コストは低く抑えられることや、フィヨルド内は大きな時化も少なく、施設の管理は容易であることも利点として挙げられます。将来的にはノルウェーから輸入されたウニが北海道産ウニのライバルになる可能性が考えられます。

フィンランドの古都トゥルク

ノルウェー滞在中の8月3日～6日にフィンランドのトゥルク市にあるトゥルク大学多島海研究所(Archipelago Research Institute)を訪問し、Yoha Kääria博士から大西洋ニシンの産卵場所の形成機構について説明を受け、実際に現地を視察しました。

ノルウェーが山の国であったのに対して、フィンランド、特にトゥルク市のある南部はほとんど平野で、美しい森と湖、そして十勝平野を思わせる畑地が地平線まで続いていました。道路もほとんど真っ直ぐで、ハイウェイが発達しほとんどの車が100～140km/hで運転していました。フィンランドの交通マナーは日本に類似しており、歩行者より自動車優先で、道路を横断する時には左右の安全を確認する必要があります。たとえ老人であっても、車は止まってくれない状況はノルウェーとは大きく異なり、同じ北欧とはいえ国による違いに驚きました。

トゥルク市は1150年頃から貿易の町として栄えていたそうです。1284年からトゥルク城の建築が始まり、フィンランド最初の大学がトゥルク市に1640年に建てられました。1827年にはほとんどの町が大火で消失し、新しい町が作られました。人口は約22万人、大火で残った古い町並みは手工芸博物館に移



写真9 トゥルク市内

され、今でも当時の佇まいを見ることができます。美しい建物であるトゥルク城も内部は博物館であり、この街の歴史がよく分かるように様々なものが展示されていました。

トゥルク市にはこの他にもシベリウス博物館など多数の博物館があり、伝統的な古都という印象を受けました。また、毎年8月の上旬から中旬にかけて行われるトゥルク音楽祭はフィンランド最大のイベントで、ヨーロッパをはじめ世界中から多くの演奏家と聴衆が集まることでも有名です。今回の訪問は、この時期に当たっていたため、Kaaria博士から日程を早めるように依頼があり、8月7日から10日の予定を8月3日から6日に変更しました。

トゥルク大学は市内のほぼ中心に位置し、緑の多



写真10
トゥルク城

い美しいキャンパスを持っています。同大学の多島海研究所は、トゥルク港から南西に約30km離れた Seili島にあり、博士の運転する小型ボート(速度は25ノット)で現地視察を兼ねて訪問しました。トゥルク市が面するAiristo湾は周囲を島で囲まれているため、外洋のうねりのような波は起こらず、調査しやすい場所ですが、スウェーデンからトゥルクへ向かう大型フェリーボート(7万5千トン級)が通過する際には大きなうねりのような波が起るので注意が必要とのことでした。我々の乗ったボートはわずか2.5mの大きさなので、そんな大型フェリーとは遭わずに済んでほっとしました。

多島海研究所は木立の中にある白塗りの美しい建物でした。この建物は以前は病院として使われ、1619年に時のスウェーデンの王であるGustavus II Adolphusにより建てられたそうです。部分的な改修を受けながら1962年にトゥルク大学に研究施設として移管されました。いくつかの調査船も保有し、海洋観測や生物調査にあたっています。

病院の機能として使われていた食堂で、今も教官や学生、訪問者が食事を取ることができ、毎日3食が容易されています。私もお馳走になりました。手製のパイがとても美味でした。また、この研究所にはフィンランドで一般的なサウナ風呂も2カ所あり、



写真11 トゥルク大学

研究者や学生が自由に利用できるようになっています。日本からわざわざ来たのだからと、Kaaria博士

が海の近くのサウナ風呂の準備をしてくれました。研究所の所長のVuorinen博士、偶然訪問していたこの地区の水産部長、Kääriä博士、そして私の4名でビールを片手に熱気の中で汗を流しました。さて日本で入るサウナ風呂と本家のサウナ風呂と大きく違う点は何でしょうか？それは素っ裸のまま海まで走って飛び込んで、熱く火照った体を冷やす気持ち良さではないかと思います。サウナを待つ間にフィンランドのラジオ局のインタビューを受け、「日本人の男性はほとんど家事をしないと聞くが本当か？」といった質問に「もちろん」と答えたところ、女性アナウンサーは驚いていました。

ニシン産卵場の環境特性について

平成8年度から北海道で実施している日本海ニシン資源増大事業では、研究の一環としてニシンがどのような藻場を産卵場として利用しているのかを



写真12 フィンランド風のサウナを浴びた直後のVuorinen所長(左)、小生、この地区の水産部長

明らかにしようとしています。中央水試の担当海域である厚田海域では、コンブ類やウガノモク、フシスジモク、スガモが主体となる大型海藻群落が海岸線に沿って発達しています。平成10年4月に発見された産卵場所は、周囲にも同様な海藻群落が発達しているにも係わらず、スガモが生育する水深1.5m以浅の一部の場所に限定されていました。

産卵場となる藻場の保全や造成を行う上で、ニシンが産卵場として選択する環境条件を明らかにする必要があります。これまでの知見から、河川の流入があること、波浪から守られていること、基質が安定していることなどが考えられてきました。

フィンランドのトゥルク大学多島海研究所周囲には、毎年安定して高い卵密度で産卵される比較的浅い場所と、産卵はされるのですが卵の密度が低く年によっては利用されていない水深が深い場所が確認されています。さらに毎年使われる場所では、5月初旬から6月中旬にかけて数回も産卵が繰り返され、その時の水温は4 から22 までと広範囲でした。産卵はシオグサ類やシオミドロ類などの糸状藻類が基質として使われている他、ムラサキイガイにも産みつけられる事例が観察されています。

北海道ではニシン産卵藻場は水深1.5m以浅の浅い場所であったのに対し、フィンランドのAiristo Inletでは水深7～10m付近でも産卵が確認されています。その差がどのような理由によるのかについてKääriä博士と彼の同僚のRajasilta博士と検討を行いました。

Kääriä博士がカリフォルニア大学等と協同で行った最近の研究では、ニシンの受精率は塩分濃度が8ppt(大西洋ニシン *Clupea harengus membras*)と16(太平洋ニシン *C. pallasi*)で受精率が最も高くなる傾向があり、さらに太平洋ニシンでは孵化率も16で最も高くなりました。したがって、北海道で発見されている産卵場が極浅い場所であつ近くに小さい河

川が流入している理由の一つに、塩分濃度の影響が考えられます。また、フィンランドの産卵場が北海道に比べ、より深い海底に形成された理由として、産卵場を含む海域が外洋に開口する部分が狭いため、河川水の流入により海域全体が汽水化しており、深い水深でも塩分濃度が低いことが考えられます。

多島海研究所所長のVuorinen博士は、1980年代から1990年代のバルチック海における動物プランクトンの変化を調べ、ニシンの栄養状況を検討しています。海水の塩分濃度の低下に伴い、ニシンが嗜好する動物プランクトンの量が減少しており、その結果、ニシンの年齢に対する体重は50%まで減少していることが明らかになりました。この問題は、漁獲されるニシンの小型化という形で産業的にも深刻な影響をもたらしています。

北海道ではこのような長期にわたる餌料のモニタリングを実施していませんが、今後は産卵場だけでなく、孵化後から回遊を始める時期までの保育場としての藻場の役割を把握し、その保全を検討する必要があると思います。

最後に

海外へ研修に行くのは勇気が要ります。私も40歳を越えるまで海外に行くことに躊躇していました。その理由はやはり言葉の問題だったと思います。

1997年にアメリカ合衆国で行われたアワビの国際シンポジウムに出席し、自分の中で外国に行く不安が吹っ切れた気がしました。研修でもノルウェーやフィンランドに多くの知人を得ることができ、私にとってメリットだったと思います。また、仕事に対する考え方にも違いがあり、彼らは「人生を楽しむため」に働いているのに対して日本人は「生きるために」働いていることを痛感しました。

今回の研修は全てe-mailで相手と予定などを検

討しました。この春からマリネット北海道が走り始めます。各自が机の上からメールを送れるようになり、ますます便利になることでしょう。マリネット北海道を通して国際的な研究交流も盛んになることを祈っています。

最後になりましたが、私の研修を親切に受け入れて下さったHagen博士夫妻とKaaria博士に心から感謝の意を表します。

(ほしかわ ひろし中央水試資源増殖部
報文番号B2144)



写真13 Hagen博士夫妻



写真14 Kääriä博士(中央)と彼のスタッフ

北海道とマサチューセッツ州との支援共同研究プロジェクト に係わるウッズホールでのワークショップに参加して

吉 田 英 雄・幡 宮 輝 雄

キーワード：MIFプロジェクト、マサチューセッツ州、チリ財団、北方圏センター、ウッズホール

はじめに

本題に入る前に少々長くなりますが、なぜ北海道がマサチューセッツ州とチリ支援のプロジェクトを行うに至ったのか？の経過を説明します。ただし、以下に記した内容は、必ずしもそれぞれの部署で担当された方々の認識と一致しないかもしれません。

共同研究プロジェクトが出てきた背景

北海道は米国マサチューセッツ州(以下マ州と表記)と130年近い交流の歴史があることを背景に1990年に姉妹提携をしました。1992年には道とマ州の交流を生かして、道内の産業経済、科学技術の振興に役立てるため、(社)北方圏センターとマサチューセッツ・センター・オブ・エクセレンス(MCE)が双方の窓口となり、共同研究交流協定覚書の調印を行いました。

その後、1994年にマ州側からチリ支援のための「MIFプロジェクト」の提案がありました。MIF(多数国間投資基金)とは、日米が主要出資国である米州開発銀行の下部機関のことで1992年に設立され、中南米諸国への技術援助、人材等育成のための資金提供を行っているところです。

チリ側の受け入れ先は、チリ財団(FC)という、1976年にチリ政府と米国の国際技術移転協会により設立された非営利目的の民間技術移転団体で、チリ国内の農林水産資源とその生産力を活用するための技術移転、商用化、資金援助等を進めている機関です。

1994年11月に北方圏センターに出されたマ州側

の提案は、「チリ南部における技術改善と雇用創出を通じての水産養殖及び海洋産業に関する持続可能な発展の推進」というものでした。日本や米国から科学技術情報を得ることにより、チリの水産養殖や海洋資源関連産業が幅広い雇用の創出を実現することが、MIF資金の性格上、主な目的です。そして提案書の技術と課題は、水産業が中心ですが、農業や工業の分野にも及んでいます。

ただし、今回のプロジェクトは、単なる資金援助ではなく、科学技術交流を進める中で、受益国(チリ)と同時に投資国も共同研究費を享受できるというメリットがあります。

道内部におけるMIFプロジェクトに対する考え方

道の窓口として国際企画課(当時)が北方圏センターの協力要請を受け、1995年1月に道庁内の関係部局と協議を行いました。

水産部(当時)としては、道の水産行政推進上、提案内容に賛同しかねる部分があること、すなわちチリ国は世界有数のサケマス養殖魚生産国である、

また、ホタテ、ウニ等の栽培漁業事業にもJICA(国際協力事業団)の事業を通じ支援してきた、秋サケの魚価安、魚類の輸入増加などの経済問題を背景に、道内の漁業者支援研究が最優先されるべき、本道は内水面を除き魚類養殖が盛んな地域ではない、現状では情報交換程度以上のプロジェクトに研究職員を参画させる体制にない、予算獲得面での経済的メリットが大きいマ州が本来単独で実施すべき内容である、マ州との研究交流

は長期外国研修者の派遣等で実施している等から、マ州との交流協力関係の中で、チリに対してさらに支援事業を組む必要があるのかどうか疑問との意見がだされました。

しかし、北海道としては、道費以外の財源を活用して、国際水準の科学技術集積地であるマ州との交流や共同研究を通じて、道立試験研究機関のレベルアップと北海道の産業技術の向上を図り、副次的に国際協力にも貢献できるとの高次の判断から、1995年2月にマ州代表団が知事を表敬訪問した際、プロジェクトの推進を合意し、道として積極的に対応することとし、具体的な内容については今後マ州側と詰めることになりました。

1995年5月にマ州関係者が来道し、道側の試験研究機関(水産試験場、水産孵化場、工業試験場、林業試験場、食品加工研究所、衛生研究所)の企画担当者との意見交換が行われました。道・マ州双方から共同研究の希望テーマが示され、水試からは利用加工技術の3課題、水産孵化場からは魚の健康管理に係る2課題を提案しました。この時、マ州の訪問団は中央水試を視察しています。

水産部は、原則的には道とマ州との交流推進に協力する、しかし、水産部としてメリットはないので、水試と孵化場の取り組みはマ州との共同研究にとどめ、チリへの支援については原則として関与しない(実証プロジェクトとまらないレベルの参加形態とする) 研究機関の本来業務に支障が出ないように配慮する、知的所有権の対象となる研究成果の取り扱いについて十分検討する、との取り組み方針を決定しました。8月には道側(総務部国際交流課、水産部漁政課、北方圏センター)が米国を訪問し、マ州と共同研究のテーマについて協議を行い、MIFを訪問していますが、道の“現場”の立場をマ州側に説明してきただけに留まったようです。

プロジェクトの進展

1996年11月には、セレモニーとして、北方圏センター、MCE、チリ財団のトップが札幌で会談し、計画推進に向けた協議を行い、道知事も支援を表明しました。12月にはMIF 理事会がプロジェクトを認可し、協力団体として北方圏センターの名も明記されました。

1997年1月、私達にとっては突然でしたが、新聞誌上に道とマ州が共同でチリを支援するという記事が載りました。水試には3月になって、企画振興部から関係試験研究機関所管課あての文書で、1月に行われた道庁内の国際化推進会議でのMIF プロジェクトに係る国際企画課の情報が発信され、その中に北方圏センターから関係道立試験研究機関への委託という方式で共同研究が進められる旨の文章がありました。

このように、“交流”面に視点をおいた部署と“現場”の様々な声が聞こえてくる部署との意思の疎通や認識にズレを残したままMIF プロジェクトが走り出したことがわかります。また、マ州は“国”であり、窓口のMCEもそんなに多くの下部組織は抱えていませんが、研究スタッフを参加させることが可能なのに対して、北海道の窓口である北方圏センターは自前の研究機関を全く持っておらず、地方自治体である道の行政組織や研究機関と“チリの援助”という前提ではなかなか一枚岩となって取り組みにくいことも、原因としてあげられます。

こうして、研究テーマの一致がなかなか見出せない状況の中で、1997年5月にはMIFとチリ財団がプロジェクトと資金供与契約の調印を行い、12月にはチリ財団が初年度のテーマとして「チリ最南端地域(第11、12州)における養殖種の多様化」を決定しています。



図1 関係国およびウッズホールの位置

ワークショップへの参加要請

このように、マ州とチリとの間で具体的な話が進んでいる状況の中、1998年4月に突然マ州から北方圏センターに、5月に開催されるマ州でのワークショップに北海道代表の参加要請がありました。急遽、道庁内で知事室国際課、総合企画部科学技術振興課、水産林務部、北方圏センターの担当が集まり、現状を把握するため、意見交換を行う会議、を前提として水産林務部から2名(行政1、水試1)出席させるということになりました。

急な話で研究現場の実務担当を参加させるには時期尚早であるが、水産研究行政の知識のある者との判断で、栽培振興課研究企画係長と中央水試企画情報室補佐が選ばれました。マ州側も急な話なので、ワークショップでの北海道側の発表は無理にはお願いしないとのことでしたが、北方圏センターから何かあれば、とのことでしたので、中央水試の組織と研究概要を発表することにしました。

一路ウッズホールへ

5月19日、北方圏センター横濱調査研究部長と我々の3名で、午後4時頃成田国際空港をエコノミー席で出発、シカゴを経由して北米大西洋岸のボストン市ローガン国際空港に着いたのは現地時間の19日午後6時でした(図1)。日本とはマイナス13時間、家を出てからちょうどまる1日たっていました。空港には、通訳者の加島さんとMCE会長のグレンさんが出迎えてくれました(写真1)。グレンさんの運

写真1 ボストン、レーガン空港にて
(左から、横濱、幡宮、加島、グレン)

転する車で出来たばかりの新しい海底トンネルを通りボストン市内に入りました。市内の道路網も環境問題に対処するため地上から地下への移設工事が進められている最中で、戦後最大の公共事業とのことでした。グレンさんからボストンやマ州の歴史などの話を聞きながら、夕闇迫る中、高速道路を南へ向かいました。

現在のマ州の南東部に位置するケープコッド半島に1620年にメイフラワー号が到着し、米国発祥の最初の植民地となったプリマスを通り、半島の付け根に開かれた運河を抜けて、ボストンから約2時間でウッズホールのノーチラスモーターインという宿泊所に到着しました。ウッズホール近郊はリゾート地になっており、クリントン大統領が良く休日を過ごす地域とのことで、宿にも大統領の写真がありました。

グレンさんの話では、ケープコッド運河は漁業者の要望で開かれた運河という点で米国史上では珍しい存在だそうで、漁船がケープコッド湾から直接外洋に出られるようになりましたが、半島が本土と運河で区切られたため、陸、海とも生態系に変化が生じたとのことでした。

道路の両側には緑に覆われた豊かな森林が広がっており、木材を積んだトラックが走り、林業も活発な地域になっていますが、開拓当初は森林を大量に伐採しはげ山のようになり、植林事業でようやく復活させたとのことでした。北海道も行政組織が再編され、水産と林務がいっしょになって水産林務部になったと話すと、グレンさんはそれはすばらしいことだと言ってくれました。

宿のロビーでは、MCE傘下の生物工学センター(BCEC)のケサダ専務理事らがチリ財団の研究者らの歓迎会を開いており、我々も合流しました。その日は時差ぼけもあり、就寝したのは0時を過ぎていました。

注)MBLやウッズホール周辺の写真については、

1994～1995年に長期海外研修で7ヶ月滞在した中央水試資源増殖部斉藤科長の報告(北水試だより)31号)を参考にして下さい。

ワークショップの概要

5月20日朝8時半MBL(海洋生物学研究所)のキャンドルハウス(写真2)に集合し、22日までの3日

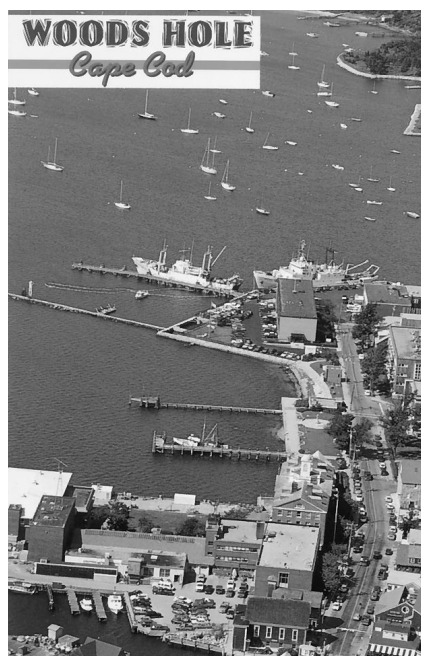


写真2
(絵はがきより)会議が行われたウッズホールのキャンドルハウス(矢印)周辺

間の日程で会議が始まりました。昔、ウッズホールは捕鯨基地で、文字通り「灯火用の油をとっていた建物があった」ところであるとのこと。隣の部屋では、全米からサマーセミナーで集まった学生達が寮生活をしながら講義を聞いていました。

主な出席者は、マ州:グレンMCE会長、ハルボーンソンBCEC議長(元MBL所長)、ケサダBCEC専務理事。チリ財団:ヴィダル海洋資源部長、アルビアル養殖環境主幹、ヘルベス養殖新計画チーフ。ほか、チリ財団3名、米国内大学・研究所の研究者ら多数が参加しました(写真3)。

今回のワークショップは大きく3つのパートに分けられます。すなわち、チリ財団から、チリの水産養殖の概要やチリ最南端地域(11、12州)の現状説明と外来種導入を計画した背景等の説明、米国研究者から、外来種導入に関する各種問題(最新情



写真3 キャンドルハウスの前で。前列左からアルビアル(FC養殖環境主幹)、ピアーズ博士(NOAA)、ヘルベス(FC養殖新計画チーフ)、吉田。後列左からケサダ(BCEC専務理事)、ハリソン(北東アクアカルチャー所長)、グレン(MCE会長)、ヴァダル(FC海洋資源部長)、マンシヤ(FCプロジェクトマネージャー)、ハルボーン(元MBL所長)、横濱(北方圏センター調査部長)、幡宮、フェリス(FC経済担当)

報、環境保護、ストレス適応と健康対策)等の報告、チリのMIFプログラムへのマ州・北海道の参入に向けての全体計画準備打合でした。そして連日朝8時から夜9時まで、会議の合間や前後に周辺研究施設の見学やレセプションが組まれていました。

チリの情報

チリは縦長の国土を13に区分しており、最北端が第1州、最南端が12州、13番目はほぼ中央に位置する第5州と6州の間にある首都サンチャゴ地区です(南極を除く)。

チリの漁業生産は、1995年の段階で約790万トンですが、養殖生産量は1991年の10万トンから1997年の33万トンに増加し、そのうち魚類が20万トン(サลมサラ7~8万トン、銀ザケ6万トン、ニジマス6万トン、ヒラメ2千トン)、海藻11万トン、貝類2万トン(ホタテ1万2千トン、イガイ6千トン)で、養殖の多くが第10州(チロエ島周辺)で生産されています。ホタテは1994年からフランス向けが増大しています。

1997年の輸出は約135万トンで、内訳は生15%、ミール30%、冷凍38%、缶詰8%、油1%などです。輸出先は、アジア87%、ヨーロッパ7%、アメリカ5%

などです。養殖マーケットは国内市場が小さいため、ほとんど輸出向けで、第7州でのナマズ養殖が国内向けの成功例です。

次にヴィダル部長のプログラム趣旨説明を載せます。チリ財団での実情を理解する上で参考になると思われます。

「第11州と12州での水産養殖プログラムの目的は地域振興であり、貧困の解消という政策課題の解決である。インディオや女性の雇用と言う問題もある。第11州は従来から漁業を行ってきたが、資源が減少し、つくる漁業への移行が必要である。第12州はエネルギー(石油)や牧畜があるが、産業構造の多様化が必要。MIFがなぜチリ財団に資金を出すかは、中小企業の育成を行うことが雇用の創出につながり、他国にも波及できると考えたからである。対象は100人以下の企業で考えている。収益性と雇用との相関を考えると、収益に走り過ぎない、収益よりも雇用確保が重要である。外来種の導入については、オヒョウ、アルプスイワナ、大西洋産タラ、オオカミウオ、冬ヒラメを強化したい。外来種を導入し、生息環境の多様化を図りたい。この場合には、生物や経済の情報をいかにとるかがポイントとなる。例

えば、成長、病気、外敵、市場調査、貿易、需要動向、11・12州の環境、法的制約、魚種と技術などである。これらについて4人の担当が魚種の選定を行う。窓口はヘルベス養殖新計画チーフ。チリとしては、地域振興のため外来種導入を否定しない。また、現在の法体系は柔軟性がある。インフラ整備や過去の経験や技術をベースにして次のステップ(魚種の多様化)につなげたい。」

各機関からの研究報告

多くの報告がありましたが、総体的には常識的な内容で、チリ側に外来種導入に当たってどのような点に留意すべきかを述べていました。

例えば、サンフランシスコ湾沿岸での貝類種の変化、五大湖でのゼブラ・マッスル(二枚貝)マ州でのグラスフィッシュ(草魚)導入の問題などの実例や外来種導入に当たっての病気や寄生虫が既存種や生態系に与える影響の検討の必要についての報告がありました。

また、米国商務省の養殖プログラムリーダーが「合衆国養殖政策の新展開」と題して、MBLで勉強している学生も加わった夜の講演会が催され、盛んに意見交換をしていました。

もうひとつ印象的だったのは、若手の女性研究者が米国で養殖魚に対するイメージのアンケートをとったところ、「養殖魚は人間がちゃんと管理しているので、天然魚より安心である」との結果になったとの



写真4 ワークショップでの北海道の発表(吉田)

報告を行い、他の研究者から「信じられない。」との意見が出た時、毅然と「私のデータではそうになっている。データをちゃんと示さない意見には答えられない。」と言ったのにはビックリでした。

北海道側からは、水試の組織と中央水試の研究概要を報告し、北海道では栽培漁業に力を入れ、養殖は採算性からあまり取り組まれていないことなどを報告しました(写真4)

レセプションと施設見学

食事モスケジュールの中に組まれており、大部分はMBL主催で、朝食は会場内に用意されたコーヒー&ジュースと菓子パン類でしたが、昼食と夕食(レセプション)はMBLの敷地内にあるスウォープダイニングホールでバイキング方式で摂りました。日本で言えば学生食堂でしょうか。3日目の昼はチリ財団主催の昼食会、夜は北方圏センター主催の夕食会が組まれ、食事の合間にも協議が入ったり、適当におしゃべりもしなければならず、日本側だけでゆっくり食事をしたのは帰国した後の成田空港でだけでした(写真5、6)。

会議の合間には、MBLの図書館の見学とデータベースの説明、ウッズホール海洋研究所展示センター(Exhibit Center)と海洋資源センター(Marine Resources Center)の見学を行いました。また、ピア



写真5 スウォープダイニングホールでレイエス氏(ECの生物学者)を囲んでの懇談



写真6 ハルボーソン夫妻を迎えての夕食会



写真9 各階を貫くMBL図書館の書庫棚



写真7 NOAAの研究棟前の岸壁についている調査船の前で



写真10 図鑑類の古書を前に図書館員の説明を受ける



写真8 NOAAの附属水族館にて

ーズ博士の好意で早朝にNOAA(国立海洋気象局) の研究室と一般見学用の附属水族館の見学もできました(写真7、8)。

特に印象に残ったのは、世界中の海洋に関する研究機関から集まる交換文献の多さ、ダーウィンの種の起源の初版本などの古書収集、そして24時間オープンという空調完備の図書館で、創立以来閉ま



写真11 図書閲覧室。論文のまとめの時期は学生が一晩中利用するとのこと

ったのは、昭和天皇が来た時の警備のための2時間だけであるとの話には思わず2人で謝ってしまいました(写真9～11)。

また、終戦時の日本で、現在の東京大学理学部附属三崎臨海実験所(神奈川県)に張られていたという英文のポスターが額に入れられて飾ってありま

This is a marine biological
station with her history of
over sixty years.
If you are from the Eastern Coast,
some of you might know Woods Hole or
Mt Desert or Tortugas.
If you are from the West Coast,
you may know Pacific Grove or
Puget Sound Biological Station.
This place is a place like one of these.
Take care of this place and protect
the possibility for the continuation
of our peaceful research.

You can destroy
the weapons and
the war instruments
But save the civil equipment
for Japanese students
When you are through
with your job here
Notify to the University and
let us come back to our
scientific home
The last one to go

図2 MBL図書館に保存されている終戦時に東京大学の臨海実験所に張られていたポスター

した(図2)。「この実験所はウッズホールに匹敵する歴史を持っており、再び平和な研究が行えるまで守って欲しい・・・。」とのメッセージが、進駐軍向けに書かれています。このポスターは、米国海軍将校からウッズホールへ送付されましたが、日米の研究者と将校の意識の高さを伝えるエピソードとなっています。

チリ側との協議結果について

チリ側は、今回すぐに回答を求めず、希望項目を出して、日本側でできるところを考えて欲しいとのスタンスでした。その要望とは、魚の栄養(餌: アルテミア、ワムシ、コペポードの生産技術)、海藻養殖技術(アワビの餌としてのマクロシステス属)、ヒラメとアワビの活魚輸送技術、ポリカルチャー技術(多様種養殖: ヒラメ、アワビなど)、その他、赤潮、ウニ・アワビの病気に関することなどです。

北海道側は、現役の研究職員を長期間チリに派遣する余裕はないが、チリから北海道に研修生が来て、水試で研修を受けることは可能と回答しました。というのは近年、水産庁からの依頼で毎年のように、JICA(国際協力事業団)経由でチリからの「栽培漁業や養殖漁業技術の視察等」の研修生を受け入れている実情にあるからです。

しかし、今回チリ側の行政・研究責任者・担当者との交流で、彼ら(彼女ら)が自国の経済的自立と発展をめざして、貪欲に資金や知識を吸収しようとしている姿を見て、良い意味での危機感を覚えしました。我々も同じではなかったかと。

おわりに

この時のマ州側の認識としては、秋にはマ州と北海道が現地視察を兼ねた協議の場をチリで開くことになるかと述べていました。実際、平成10年10月上旬に、チリ現地での専門家会議開催の要請があり、北

方圏センター、水産林務部栽培振興課そして中央水試資源増殖部から3名が参加しました。そして、現在、平成11年5月にチリ側から「海藻養殖のための情報収集」を目的に3名の専門家の受け入れ希望があり、北方圏センターを中心に対応を進めています。

水試がMIFプロジェクトで本来求められているのは、マ州との共同研究ですが、現実にはマ州とチリの間ですでに始まっている、チリ支援事業の間接的な協力に留まっています。このように、歩みは遅いですが、こうした機会を利用して、北海道の水産行政や研究に携わる者が広い視野を持って仕事を進めることは、非常に有意義なことと思います。一つのプロジェクトを進めるのにも、様々な議論を経て進めていることを理解していただければ幸いです。

(よしだ ひでお 中央水試企画情報室、
はたみや てるお 水産林務部栽培振興課
報文番号 B2145)

トピックス

標識マガレイを探して！ (平成10年度おやしお丸マガレイ標識放流調査から)

中央水産試験場 前 田 圭 司

中央水産試験場では平成10年5月11～15日に日本海海域において試験調査船おやしお丸によるマガレイ標識放流調査を実施しました。

日本海北部からオホーツク海に分布するマガレイは産卵場を日本海北部の沿岸域に持ち、広域回遊することが知られています。一方、石狩湾に分布するマガレイは、日本海北部のものとは異なる生活を送るローカルな群ではないかと考えられています。過去の標識放流調査では、小樽から古平にかけての沿岸で放流したマガレイの大部分は石狩湾内で再捕されています。一部の個体は雄冬岬を越えて苫前沖付近まで移動していますが、積丹半島を越えて南後志海域まで移動した再捕例は1例もありません。これらのことから小樽から古平の沿岸域で漁獲されているマガレイは概ね石狩湾を生活の場にしているのではないかと考えられています。

サケが産卵のために自分が生まれ育った河川に帰ってくること(母川回帰)はよく知られていますが、マガレイの場合は、いったいどの程度産卵場を認識しているのでしょうか？特定の産卵場を選択的に利用しているのでしょうか？

このような産卵群の行動および行動範囲は資源の再生産と密接な関係があり、資源変動の単位である系統群の構造に影響する重要な要素の1つです。そこで今回の調査では、マガレイの移動回遊、特に産卵場への回帰性を調べることを主な目的としました。産卵場で採集した魚を同じ場所で放流した場合、翌年の産卵期にどの海域へ現れるのか？あるいは採集した魚を採集した場所から別の場所へ輸送し、その魚の位置情報を人為的に攪乱した場合、どのような移動をし、翌年の産卵期にどの海域に出現するのか？これらを標識放流実験で調べることにしました。

放流を行った海域は石狩湾の忍路沖と日本海北部の小平町鬼鹿沖で(写真1)。具体的には次の4つの放流実験を行いました(表1)。

- (1) 忍路沖で採集した魚を鬼鹿沖へ輸送して放流
- (2) 鬼鹿沖で採集した魚を鬼鹿沖で放流
- (3) 鬼鹿沖で採集した魚を忍路沖へ輸送して放流
- (4) 忍路沖に採集した魚を忍路沖で放流

放流魚の採集はすべて釣りによって行いました。採集した魚を一旦小型のコンテナに蓄養し、釣針を飲み込んだり衰弱した魚はこの時点で取り

表1 平成10年度マガレイ標識放流調査の概要

実験番号	採集場所	採集日	放流場所	放流日	放流数	標識の種類	色	標識記号	標識番号*
1	忍路沖	5月11日	小平沖	5月12日	468	スパゲッティ型	オレンジ	HKC2	1～490
2-1	小平沖	5月12日	小平沖	5月12日	65	スパゲッティ型	オレンジ	HKC2	491～562
2-2	小平沖	5月13日	小平沖	5月13日	142	スパゲッティ型	オレンジ	HKC2	563～715
3	小平沖	5月14日	忍路沖	5月14日	305	スパゲッティ型	オレンジ	HKC2	716～1000
						スパゲッティ型	黄緑	HKC1	2731～2768
4	忍路沖	5月14日	忍路沖	5月15日	119	スパゲッティ型	黄緑	HKC1	2769～2890

*未使用番号あり

除きました。元気な魚について体長および全長を測定した後、腹部を押さえて雌雄を判定し、スパゲッティ型のアンカータグを装着しました。また、標識を取り付ける体側によって、再捕率（発見率）に差が出るかどうかを検討するために、取り付け面は有眼側（表側）と無眼側（裏側）ほぼ同数としました。標識を装着した魚はデッキに設置した1.1トンの円形水槽に蓄養し、流水をかけ流した状態で放流海域まで輸送しました。両海域における表面水温は9.6～11.2℃で、輸送期間中1.6℃程度の水温の変動はありましたが、輸送による標識魚の衰弱はほとんど見られず、標識をつけた魚の大部分を放流することができました。放流は標識魚へのダメージをできるだけ少なくするため、船側に斜めにとりつけた塩化ビニルの筒の中に海水を流し、海水といっしょに標識魚を海中に（流しそうめんのように）流し込む方法で行いました（写真1）。両海域で合計1,099個体のマガレイを放流しました。放流魚の大部分は雄個体で（87%）、ほとんどが放精できる状態にありました。また、体長組成のモードは16～17cm台に見られました。



写真1 船側からマガレイを放流する。矢印の部分にパイプが取り付けられている。

放流調査の結果、これまでに（平成10年末現在）計9個体が再捕されています（図1）。いずれも2ヶ月以内の短期再捕で、日本海沿岸では一部の地域を除いて夏以降はマガレイを主対象とした漁業が行われていないため、6月24日（放流後

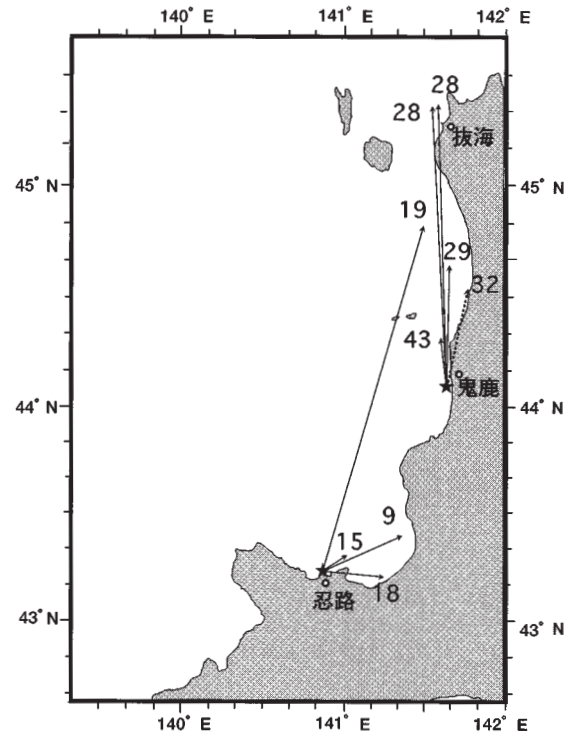


図1 マガレイ標識放流再捕結果
星印は放流点、数字は経過日数を示す。
（実線：輸送放流個体、点線：現地放流個体）

43日経過）を最後に再捕報告はありません。放流魚の短期的な移動状況を概括すると、放流魚は元いた海域にすぐに戻るのではなく、現地放流群・輸送放流群ともに海岸線に沿って北上していることが特徴です。たとえば忍路沖で採集し鬼鹿沖で放流された2個体は、採集海域とは逆方向の抜海沖まで北上しています。また、最も大きく移動した個体は、忍路沖から天塩沖まで約190キロをわずか19日間で移動していました。再捕魚の生殖巣のデータが得られていないのははっきりわかりませんが、これらの北上移動は魚の生理的な変化（たとえば産卵の終了）と関係しているのかもしれませんが、しかし、採集・放流という人為的なイベントが放流後の行動に影響を及ぼしている可能性もあり、この点は今後の検討課題となるでしょう。

また、今回の調査では標識放流と同時に標識魚の放流直後の行動も観察しましたので、若干紹介しておきます。放流魚の観察はROVと呼

ばれる遠隔式水中カメラロボットを用いて行いました(写真2)。

船上でモニターを見ながらROVを操縦し、カメラで映し出される海底の映像をビデオに記録しました(写真3)。観察は鬼鹿沖と忍路沖で各1回行いました。放流前の観察では、多数のマガレイが鎌首をもたげるようにして、海底に定位していたり、海底直上をゆっくりと遊泳する様子が観察され(写真4)、おそらく餌を探索しているのではないかと思います。一方、標識のついたマガレイは有眼側に標識をとりつけた魚



写真2 慎重にROVを海へ降ろす

が全体の半数と少ないこともあり、標識がはっきりと確認できたものはわずか3個体でしたが、そのうちの2個体は砂の中に潜っており、ROVの接近に驚いて砂中から這い出て遊泳する様子が観察されました(写真5)。放流魚は漁獲や標識装着によるストレスを受けており、放流後しばらくは海底に潜砂して、体力の回復を図っているのではないかと思います。

さて、もうすぐマガレイ漁のシーズンを迎え



写真3 船上のモニターを見ながらROVを操作するおやしお丸クルーたち

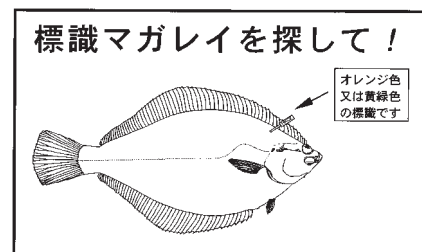


写真4 鎌首をもたげるように海底に定置するマガレイ(右)と海底直上を遊泳するマガレイ(左)



写真5 ROVに驚いて砂中から出現した放流魚。矢印の部分に標識が見える。

ます。これらの標識魚が今春の産卵期に、どこの海域に再び出現するのかが、最も注目されるところです。水産試験場では関係機関にポスターを配布するなどして標識魚の報告をお願いしておりますが、1個体でも多くの報告があることを望んでおります。つきましては標識を装着したマガレイを漁獲された方は、ぜひ最寄りの水産試験場・水産技術普及指導所・漁協までご連絡下さいますようお願いいたします。



連絡先：中央水産試験場資源管理部開発科
余市町浜中町238番地
0135-(23)-8707

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 Systems ; 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あてご連絡くださるようお願いします。

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

F A X 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

F A X 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

F A X 0143 (22) 7605

北 海 道 立 釧 路 水 産 試 験 場

085 - 0024 釧路市浜町 2 - 6

電 話 0154 (23) 6221

F A X 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

F A X 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

F A X 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

F A X 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

F A X 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

F A X 01372 (7) 2235