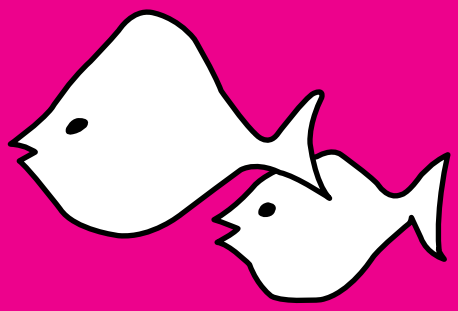
試される大地 北海道

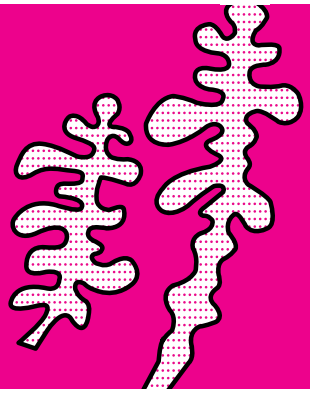
ISSN 0914−6849

HOKUSUISHI DAYORI

北水試だより

▷浜と水試を結ぶ情報誌◁





目　次／

噴火湾ホタテガイ養殖における採苗の良否に影響する要因について（エルニーニョ・ラニーニャの影響）……1
画像解析によるマナマコの資源量推定技術開発
―先進的な資源管理技術を目指して―……7
RPSで分かった日本海スケトウダラ復活の鍵　……11
資源管理・増殖シリーズ
ヒラメのさいばい漁業の可能性をさぐる……15
水産工学シリーズ
北海道南西部日本海沿岸における磯焼けの修復技術……18
水産加工シリーズ
海藻の有効成分は鶏卵に蓄積するか？……22
各水試発トピックス
「オホーツクこども環境展」に参加 ……25
北水試百年こぼれ話
①北水試を創始した人たち……26
各水試発トピックス
ナマコ放流追跡調査始まる！……27
タラバガニの種苗生産試験始めます……28
脱血による道産サケの品質向上技術の研究がスタート…29
魚に触れよう－中央水試一般公開－……30
2008サイエンス・パーク開催……30

第77号
2009/ 2

北海道立水産試験場

噴火湾ホタテガイ養殖における採苗の良否に影響する要因について
(エルニーニョ・ラニーニャの影響)

馬場　勝寿・菅原理恵子・奥村　裕弥

キーワード：ホタテガイ、採苗、春季ブルーム、成長不良、エルニーニョ、ラニーニャ

はじめに

噴火湾ではホタテガイ養殖が始まった1970年代前半から採苗の安定化を目的として、多くの関係機関が様々な調査を行い(表１)、漁業者に情報を提供しています。これらの貴重な調査結果をとりまとめ、採苗の良否に影響する要因について解析と考察を行ったので報告します。

表１　関係機関とその調査項目（近年のもの）

機　　関	調　査　項　目
渡島北部指導所＊	ＧＳＩ・浮遊幼生（沿岸）・環境
胆振指導所＊	ＧＳＩ・浮遊幼生（沿岸）・環境
栽培水試普及指導員	浮遊幼生（沖合）・環境
栽培水試生産技術部	母貝生殖能力
函館水試金星丸	浮遊幼生（沖合）・環境
函館水試調査研究部	浮遊幼生（沖合）・環境 卵巣卵質・母貝成長

＊：地区水産技術普及指導所
ＧＳＩ＝生殖巣重量÷軟体部重量：性成熟の度合いを示す指数。

種苗密度と生殖巣発達期の餌量および母貝の成長不良との関係

各関係機関により得られたデータを解析した結果、２月のクロロフィルａ濃度（ホタテガイの餌である植物プランクトン量をしめす指標）と母貝の成長不良年であるか否かの２要因がその年の種苗密度（採苗器100g 当たりのホタテガイ種苗の付着数）に最も大きく影響していることがわかりました。過去17年間(1992～2008年)の種苗密度と２月のクロロフィルａ濃度および母貝の成長不良年との関係を図１に示しました。生殖巣発達期である２月の餌量が少ないと採苗不良になり、多いと採苗が良好になります。生殖巣発達期に餌が少ないと卵に十分な栄養が供給されないため、卵や幼生の生き残りが悪く、採苗不良になると考えられます。また、母貝の成長不良年は２月のクロロフィルａ濃度から予測される値よりも種苗密度が低くなります。卵の栄養は餌からだけでなく、母貝に蓄積された栄養からも供給されるので、母貝の成長不良年にはより多くの餌が生殖巣発達期に必要になるためと考えられます。

ここでは、採苗状況と環境変動を関連づけて把握するために、採苗不良年と採苗良好年を単に種苗密度だけで区別せずに、２月のクロロフィルａ

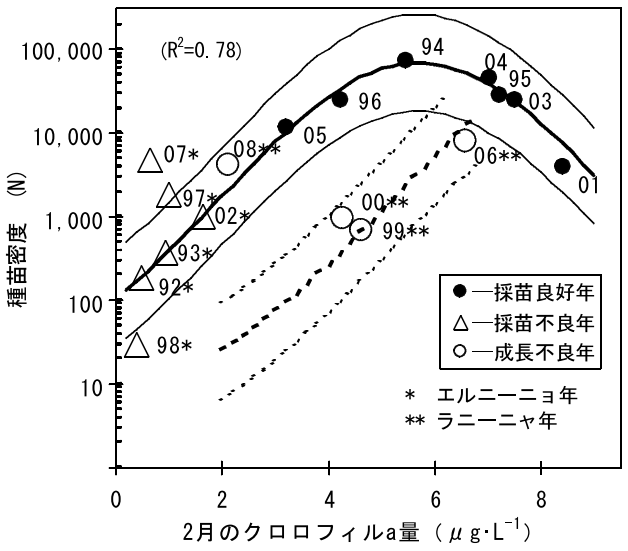


図１　種苗密度と２月のクロロフィルａ濃度および母貝の成長不良年との関係
太線は予測線、細線はランダムエラーの90％信頼区間（N＝採苗器100g 当たりの種苗数、マーク横の数字は西暦の下２桁）

濃度が低くて種苗密度が低い年を採苗不良年とし、２月のクロロフィルａ濃度が高くて種苗密度が高い年を採苗良好年としました。また、母貝の成長不良年は２月時点で八雲定点における貝柱重量の平均が12.5g 未満の年です。

２月の餌量が多すぎるとやや種苗密度が下がります。これは卵が栄養過剰状態になるためと考えられます。この考えは、卵サイズが大きいとかえって受精率やＤ型幼生への移行率が低くなるという結果[1)]からも推察されます。

では、採苗不良年や成長不良年に、母貝ではどの様な異常が起こっているのでしょうか。ホタテガイの卵巣には壊死卵と呼ばれる異常卵がしばしば観察されます(図２)。この壊死卵は形がいびつで、最終的に内容物が卵巣内に漏れだし、周りの正常な卵にも悪影響を与えるといわれています。

函館水試ではこの壊死卵の卵巣に占める割合(壊死卵率）により卵巣卵質を評価し、その年変動や地域変動を観察しています。その結果、この壊死卵率は成長不良年や採苗不良年に高く(図３－a)、種苗密度と有意な相関がある（図３－b）ことがわかりました。一方、2008年は成長不良年であり、湾全体としての浮遊幼生量も少なかったにもかかわらず、壊死卵率はそれほど高くありませんでした。したがって、壊死卵率はある程度母貝の状態を反映していますが、母貝の状態を評価しきれない年もあるので、他の方法による卵巣卵質の評価手法を検討する必要があると考えています。

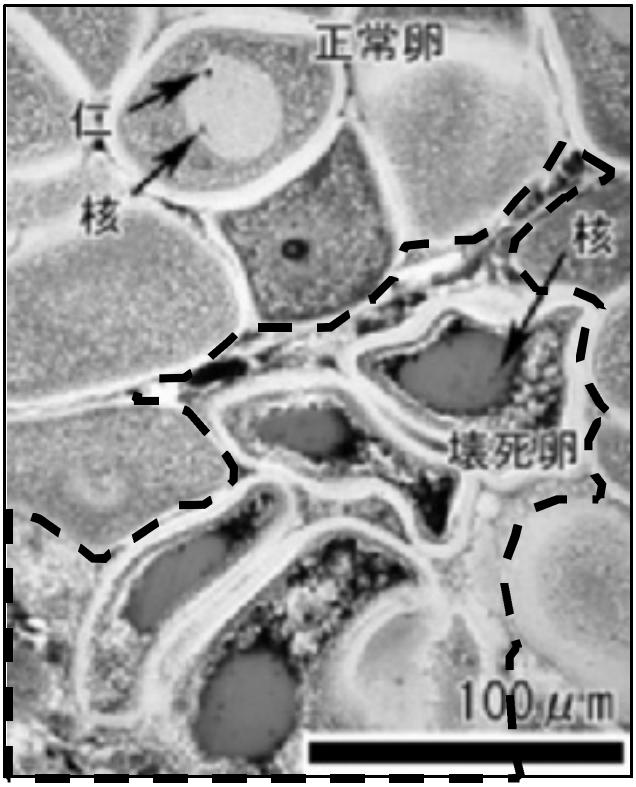


図２　卵巣の組織写真（点線で囲った部分が壊死卵で占められている部分）

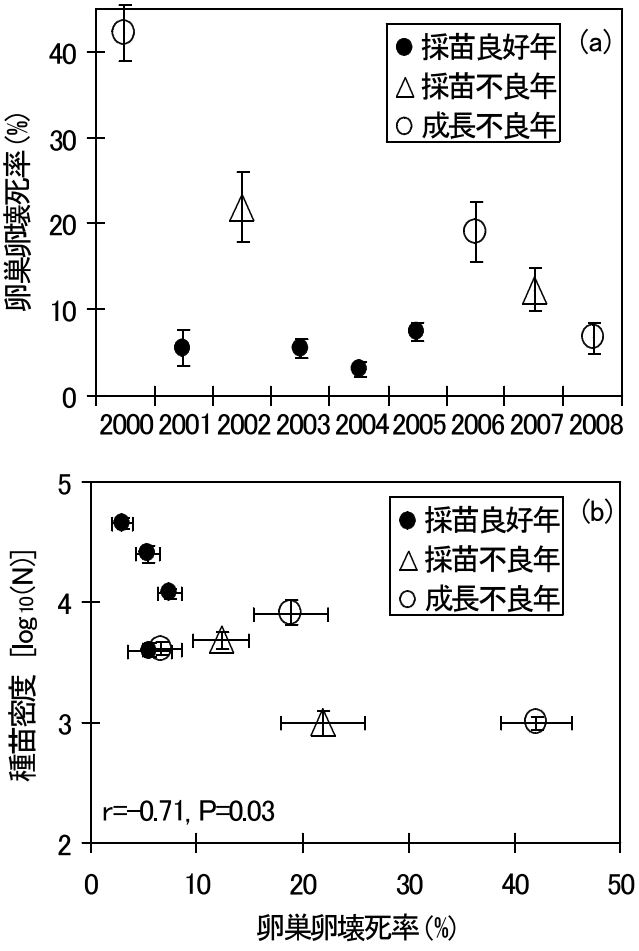


図３（a）卵巣卵壊死率の年変動、（b）卵巣卵壊死率と種苗密度の関係
図中の縦棒と横棒は標準偏差

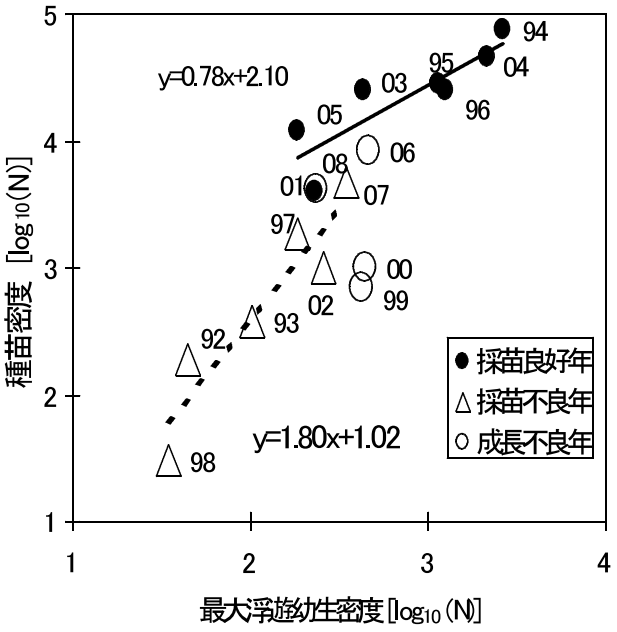


図４　種苗密度(N＝採苗器100g 当たりの種苗数)と沿岸部での最大浮遊幼生密度(N＝１㎥当たりの浮遊数幼生）の関係

図４に種苗密度と浮遊幼生密度の関係を示しました。採苗良好年と採苗不良年では両者の関係式が違うことから、生殖巣発達期の餌量は浮遊幼生の出現密度だけでなく浮遊幼生の生残にも影響していると考えられます。

エルニーニョ・ラニーニャとの関係

エルニーニョとは赤道直下東太平洋の水温が通常よりも高い状態が継続する現象で、ラニーニャは逆に低い状態が継続する現象です。両方とも地球規模で各国の気象に影響を与えます。２月の餌量が少なく種苗密度が低い年（採苗不良年）はエルニーニョ年に、種苗密度に影響するほど著しい成長不良年はラニーニャ年に起きています(図１)。ここでは春（３～５月）に、エルニーニョが起きていた年をエルニーニョ年、ラニーニャが起きていた年をラニーニャ年としました。

噴火湾では、毎年１～３月に植物プランクトンの増殖が始まり、3月にクロロフィルａ濃度がピークに達します（図５－a)。これを「春のブルーミング」と言います。噴火湾ではエルニーニョ年(採苗不良年）には「春のブルーミング」の開始が遅れ、生殖巣の発達期である２月の餌量が少なくなるため、採苗不良になると考えられます。

エルニーニョ年に日本では冷夏暖冬になる傾向があります。噴火湾でもエルニーニョ年に冷夏暖冬になり、さらに冬に雪が少なく風が弱く、春も暖かいことが八雲町に設置されている気象庁のアメダスのデータにより確認できます。エルニーニョ年（採苗不良年）に噴火湾では冷夏暖冬のため秋～冬（11～１月）の鉛直混合が弱く、秋～冬にも植物プランクトンが増殖します。その後、植物プランクトンは一度消失し、３月にもう一度増殖します（図５－a)。この秋～冬の植物プランクトンの増殖時に栄養塩が消費され、春のブルーミングに必要な栄養塩が底層水から再び供給されるのに時間がかかるため、春のブルーミングが遅れると考えられます。海洋学で解説されている「春のブルーミング」のメカニズム（例えば「臨界深度モデル」)では冷夏暖冬の年は「春のブルーミング」は早くなると解釈されます。ところが、噴火湾では前述のようなメカニズムにより、逆に遅くなります。

このようにエルニーニョ年には採苗不良になる可能性が高くなりますが、秋～冬に餌である植物プランクトンが増大するため（図５－a)、成長は比較的良く(図５－c)、１～４月に長万部から落部にかけて行われているEU輸出向けの出荷には好適な年になるといえます。

ラニーニャ年（成長不良年）はホタテガイの成長が８月以降低く、低成長が翌年１月まで続きます(図５－c)。ラニーニャ年に日本の夏は猛暑になる傾向にあります。噴火湾でもラニーニャ年（成長不良年）には夏に水温が高く20℃を超える日が

続きます（図５－b)。ホタテガイの成長に好適な水温は４～15℃といわれており[2)]、この夏の高水温がホタテガイの成長を低下させると考えられます。また、夏に高水温だと栄養塩の枯渇している暖かい表層水が分厚くなる(季節躍層深度が深くなる)ため、鉛直混合による底層からの栄養塩の供給が遅れます。その結果、餌である植物プランクトンは増殖せず、秋～冬も低成長が継続すると考えられます。

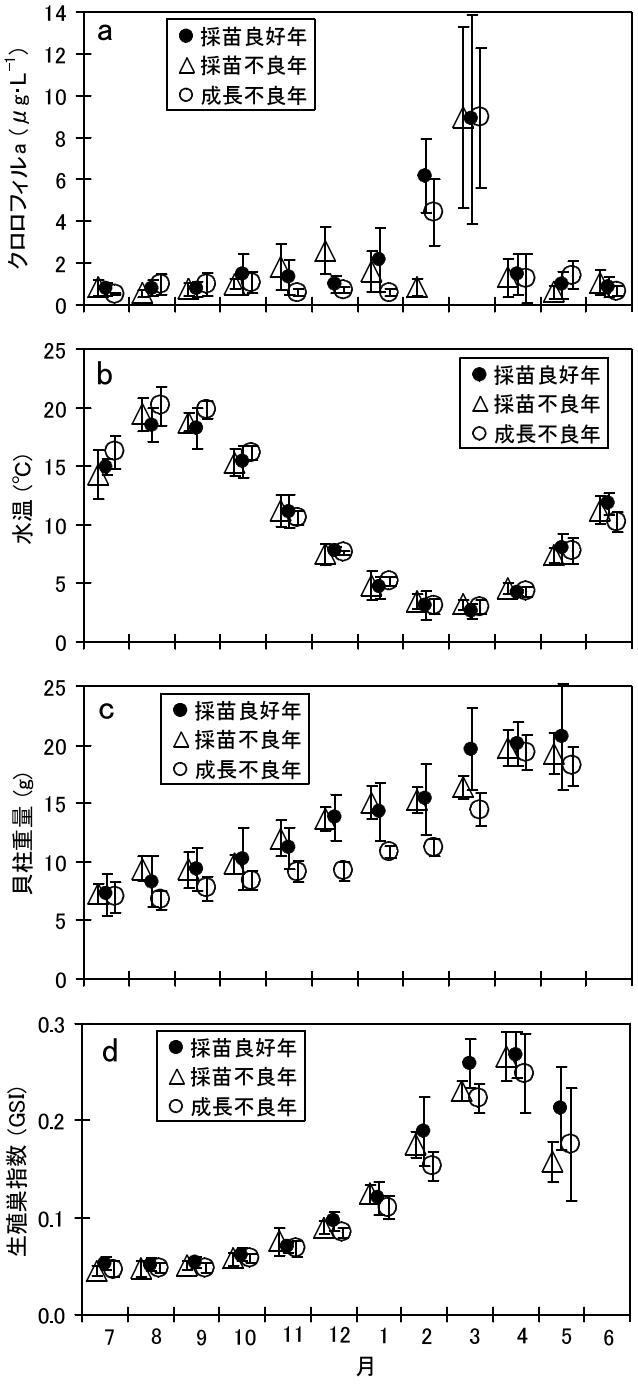


図５　水温、クロロフィルａ濃度、貝柱と生殖巣指数（GSI）の季節変化

このようにラニーニャ年には成長不良になる可能性が高くなり、１～４月に行われるEU輸出向け出荷には不適な年になります。

採苗不良年や成長不良年の２～３月のGSIは採苗良好年よりかなり低いですが、４月にはほぼ追いついています（図５－d)。このような年は母貝の生理的負担が大きいと考えられ、耳吊り作業後のへい死等に注意する必要があります。

気象庁はエルニーニョ監視海域の海面水温の長期予測を出しています（http : //www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/elnino/kanshi_joho/kanshi_joho1.html)。2008年12月まで、監視海域の水温は基準値付近で推移すると予測されています。このまま基準値付近で推移すれば、来年はエルニーニョでもラニーニャでもない年、つまり採苗良好年になるかもしれません。

その他の要因１（表層水の渦）

図１をよく見ると、2007年や2008年など予測の線から外れている年があります（両年とも良い方に外れています)。これは生殖巣発達期の餌量や母貝の成長不良の他に、種苗密度に影響を与える要因があることを示しています。そのうちの一つが「表層水の渦」です。ホタテガイの産卵期から浮遊幼生期にかけて、噴火湾では塩分がやや低く暖かい海水が表層を覆うようになります。この表層水は「噴火湾夏季表層水」と呼ばれ、浮遊幼生はこの中に浮遊しています。噴火湾で夏季表層水の蓄積が進むと時計回りの渦が形成されます。この表層水の厚さと渦の形成時期には年変動が大きいことが近年の函館水試試験調査船金星丸による調査で明らかになってきました。そして、予測から外れ

た2007年と2008年は採苗時期に渦が形成されていなかったことがわかっています。

図６は噴火湾における沿岸部と沖合部の浮遊幼生密度を渦の形成が早かった2006年(予測が当たった年)と形成が遅かった2008年(予測が外れた年)で比較したものです。2006年は沖合部の幼生密度が沿岸部の2.4倍あり、多くの浮遊幼生が渦に取り込まれ湾全体に分散したことを示しています。一方、2008年は沖合部の密度が沿岸部の0.3倍(30%)しかなく、渦が形成されなかったため浮遊幼生の大部分は沿岸部にとどまったことを示しています。つまり、２月のクロロフィルａ濃度が低いか母貝の成長不良で採苗不良になりそうな年でも、表層水の渦形成が遅れれば浮遊幼生が沿岸部にとどまり、採苗不良から免れると考えられます。

この表層水の渦の形成時期は、現在のところ予測出来ません。今後は、この渦の形成時期の予測について検討していく必要があります。

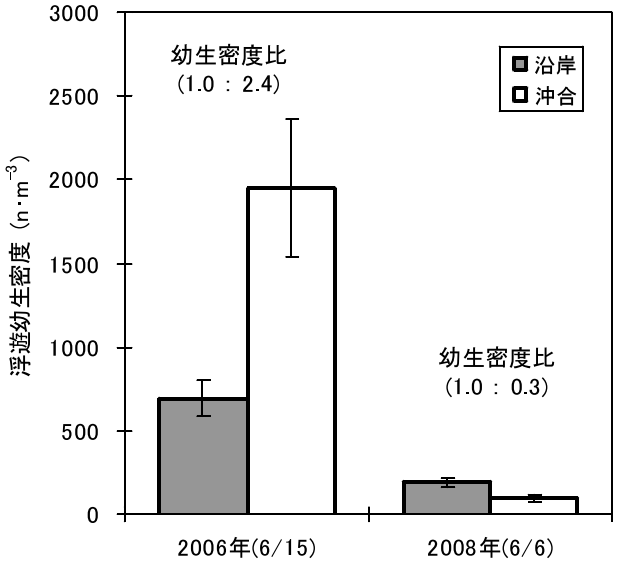


図６　浮遊幼生密度の沿岸部と沖合部の比較
2006年：表層水の渦が強かった年（予測が当たった年)、2008年：渦の形成が弱かった年（予測が外れた年）

その他の要因２（産卵の遅れ）

2005年は冷たい沿岸親潮水が季節はずれの４月下旬から５月にかけて湾内に侵入したため、沿岸部で低水温状態が続き、ホタテガイの産卵が遅れました(沿岸親潮の侵入は通常２～３月)。噴火湾では通常４月下旬から５月上旬に産卵しますが、2005年は渡島側では６月上旬、胆振側では５月下旬に産卵しました。八雲地区での卵巣卵の壊死率は４月５日時点で5.9%、５月10日には9.1%でしたが５月30日には53.5%に急増していました。このように産卵の遅れは卵巣卵質の著しい悪化を招き、採苗不良の原因になる可能性があります。実際に1992年には季節はずれの沿岸親潮の侵入により産卵期が遅れ、著しい採苗不良になったことが報告されています[3)]。一方、2005年の場合2007年や2008年と同様表層水の渦の形成時期が遅かったことがわかっており、浮遊幼生が沿岸部に保持されたため採苗不良には至らなかったと考えられます。

否定された要因１（浮遊幼生の湾外流出）

浮遊幼生の湾外流出が採苗不良の原因ではないことは、初めて深刻な採苗不良が起きた1992年から指摘されていました[3)]。ホタテガイの浮遊幼生期に金星丸による噴火湾の環境調査が1998年から本格化し、湾外流出についても検討されてきました。その結果、湾外流出のメカニズムがいくつか提唱されましたが、いずれも規模が小さく、湾全体で採苗不良を引き起こすものではないと考えられました[4)]。

否定された要因２（強い南西風「ヤマセ」）

ホタテガイの浮遊幼生期に強い南西の季節風「ヤマセ」が毎年２～３回吹きます。「ヤマセ」が吹くと、浮遊幼生は表層水と共に渡島側から胆振側に吹き寄せられ、渡島側では深所から冷たい水が湧

昇します(渡島側では浮遊幼生がいなくなります)。「ヤマセ」終息後、反時計回りの沿岸流により浮遊幼生は渡島側に戻ってきますが、「ヤマセ」前よりも幼生密度が低下します。この幼生密度の低下が浮遊幼生の少ない年に採苗不良を助長すると考えてきました(特に渡島側で)。ところが、2008年の「ヤマセ」時にも同様の現象が起きましたが、この「ヤマセ」により、発達を始めていた表層水の渦が一時消失したため、渦の形成が遅くなりました。そのため、2008年は渦による浮遊幼生の沖合部（湾央部）への分散が小さく、浮遊幼生が沿岸部に保持されたと考えられます。その結果、2008年は浮遊幼生の全体量が少なかったにもかかわらず採苗が良好になったと解釈されます。つまり、浮遊幼生の分散（希釈）には、「ヤマセ」よりも「表層水の渦」の方が影響が大きく、渦の形成を遅らせる可能性のある「ヤマセ」は必ずしも悪者ではないと考えられます。

否定された要因３（母貝不足）

近年噴火湾では地撒き等による底生貝が減少し、また、養殖貝は２齢の産卵期前までにほとんど出荷（新貝出荷）されてしまうため、「母貝不足が採苗不良の要因では？」という声がありました。ところが、母貝量の指標と考えられる２齢貝（残存貝）の出荷量と種苗密度には全く関係がなく、母貝不足は採苗不良の原因とは考えられませんでした。もちろん母貝量が極端に減少する事態は避けなければなりませんが、現状の噴火湾の養殖形態でも大量採苗に必要十分な母貝量は確保されていると考えられます。

おわりに

以前、試験に使うため種苗を漁師さんに分けてもらったことがあります。その時に大量の種苗を見て驚き、噴火湾の豊かさに感動しました。この豊かな海に係わる仕事をしていることを誇りに思うと同時に、この豊かさを維持するためにもしっかり仕事をせねばと襟を正す思いでした。採苗の良否には年変動が大きく、いろいろ苦労もあるなか、採苗安定化に向けて地道な努力をしている各地区水産技術普及指導所等の関係機関の皆様に敬意を表します。また、最近は種苗の湾内確保に向けて、胆振側と渡島側の漁師さんたちの協力関係が強くなっていると聞いています。このことから、種苗の湾内確保に関して、明るい未来を感じます。これからも種苗の湾内確保と採苗の安定化にむけて一緒にがんばりましょう。

［文献］

１）平成13～16年度栽培センター事業報告書
２）水産増養殖叢書６（日本水産資源保護協会）
３）試験研究は今、No.136
４）平成13～15年度函館水試事業報告書

（ばばかつひさ・すがわらりえこ・おくむらひろや
函館水試調査研究部　報文番号 B2295）

画像解析によるマナマコの資源量推定技術開発
―先進的な資源管理技術を目指して―

栗　原　康　裕

キーワード：マナマコ、GIS、ムーフィックス、マイクロキューブ

はじめに

2006年当時､中国のナマコ需要増加の影響から、急激な価格上昇とそれにともなう漁獲量の増大は、誰しもマナマコ資源の枯渇を心配する加熱ぶりでした。特に北海道産乾燥マナマコは最高級と評価されていたものの、積極的な資源管理方策は実施されておらず、方策策定に向けた調査研究の必要性を痛感していました。

そこでマナマコ資源管理上、最もネックとなっている岩礁域での効率的な資源量推定技術開発を目指した課題設定の努力を始めました。網走水試による画像解析、公立はこだて未来大学、東京農業大学による､音響測深技術と GPS 技術による海底地形図を融合した新しい資源量推定法開発を目標に掲げました。

2007年度にはいり、多くの方々の努力を結集することで、農林水産省農林水産技術会議の輸出促進枠競争型資金による課題「乾燥ナマコ輸出のための計画的生産技術の開発」がスタートしました。

この課題は独立行政法人水産研究センターを中核研究機関とし､一部課題を網走水試調査研究部、加工利用部の両部で担当することとなりました。

ここでは調査研究課題の「画像解析および音響探査を用いた資源量推定技術の開発」について、調査は始まったばかりですが、調査を立ち上げるまでの経緯と、これまでの成果について紹介します。

ムーフィックス技術との出会い

2004年の新潟県中越地震発生直後、被害状況を報じる映像が報道されました。その中に、新幹線車両の脱線事故を鮮明に映し出した横長の画像がありました。この画像は福島県会津若松市にある(株)エマキのムーフィックス（Mofix）技術による処理で、空中撮影の動画から作成されたと知り、漠然と資源量推定に応用できないかという考えが生まれていました。

すでにオホーツク海沿岸の放流ホタテガイ漁場では写真法による資源量推定が主流となっており、この方法は2005年度に「ホタテガイ地まき漁場におけるモニタリングマニュアル」としてまとめられ、網走水試のホームページ上に公開されています（以下の URL からダウンロードできます。http : //www.fishexp.pref.hokkaido.jp/exp/abashiri/saikin/manyuaru/index.htm）。

この写真法は、実際に桁網でホタテガイを採集する従来の資源量調査手法と比較して､短い日数、少人数で実施可能、漁場を荒らさない（非破壊）という長所を持ち合わせる反面、撮影装置が平坦なホタテガイ漁場用であるため、今回の対象種であるマナマコが好んで生息する地形が複雑な岩礁域では困難と考えられました。そこで、携帯性、機動性に優れたビデオカメラ動画を画像処理するムーフィックス技術が候補として急浮上したわけです。



図１　雄武漁港沖調査海域



写真１　調査ライン設定作業状況

マイクロキューブとの出会い

ナマコの生息状況が画像を見ることで分かり、計数、計測ができるならば、それを地理情報システム（GIS）と統合して資源量推定が出来ないかと模索していた、まさにそのとき、魚群探知機とGPS情報を同時記録するマイクロキューブ（μCUBE）という機材と、それによる海底測量技術についての情報を得ることが出来ました。これは稚内水試のミズダコ調査でも実績のある先進的な技術です。

そこで直接、開発者の一人である公立はこだて未来大学の和田先生にコンタクトをとり、共同開発機関の東京農業大学も含めた共同研究チームを立ち上げることとなりました。

私にとっても、今回のように生物とかかわりの少ない工学系研究者との共同研究は初めての経験となります。

どこでどんな調査をやったのか？

調査地点は網走管内の最北部に位置する雄武町沖です（図１）。

雄武町沖はナマコ桁網漁業が行われており、水深10mから30m付近の海底地形が複雑な岩礁域である点から、調査海域に設定しました。

ちなみに、雄武漁協にはナマコ部会があり、操業日誌記載の義務付け、漁獲サイズは重量110g以上、全船で１年間に漁獲できる量は70トンという独自基準で資源管理を自主的におこなっており、10隻の操業船が安定した生産を行っています。

現地調査での作業内容は、海底に調査ラインを設定し、その上でのハイビジョンビデオ撮影と、ダイバーによる実際のマナマコ分布量計数の２つです。

ハイビジョンビデオ潜水撮影は、水深別に距離100mのラインを海底に設置し、ここで撮影されたビデオ動画がムーフィックス処理により静止画に加工されます。同時に、海中でマナマコを計数し、その数と画像上で確認できる数とを比較することで、手法の精度を評価します。

撮影後、ビデオ画像をTVモニターでチェックし、動画の出来が良いものをムーフィックス処理します。

同時に、マイクロキューブによるマナマコ漁場の海底地形図作成も、雄武漁協のナマコ桁網漁船10隻の協力によって、実施しました。本稿では、この結果に関しては省略させていただきます。

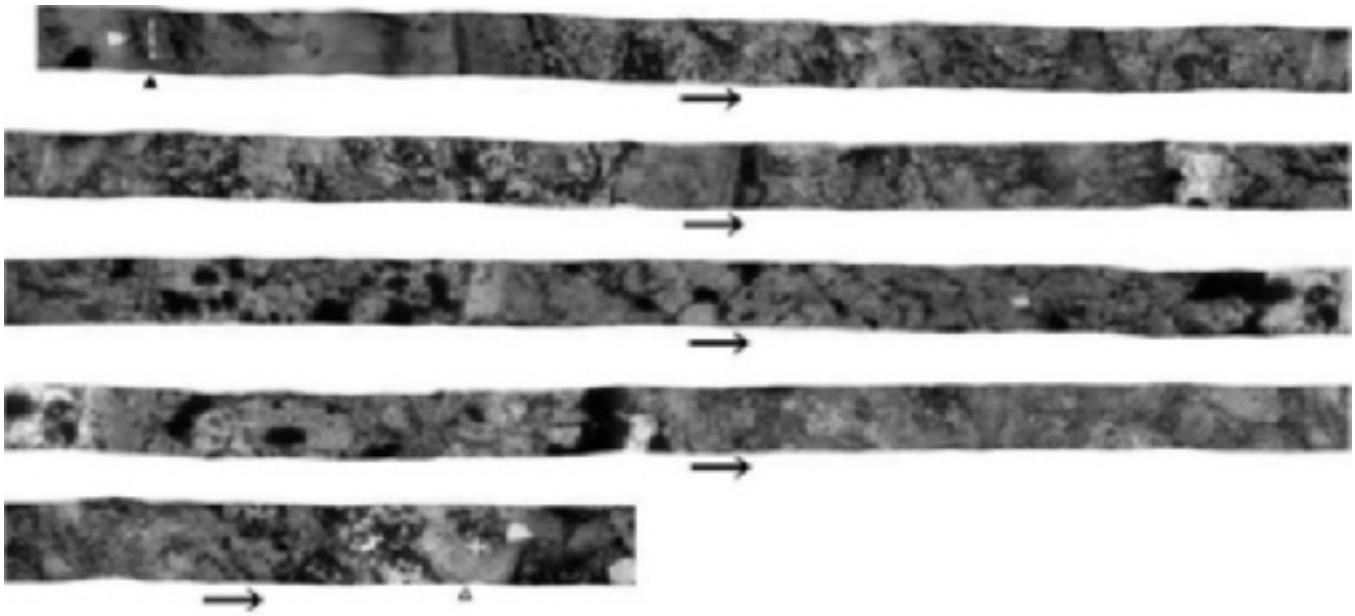


写真２　ムーフィックス処理画像（100m）
→：ビデオ撮影方向　▲：ライン始点　△：ライン終点

いざ、調査本番！

雄武漁協の協力を受け、ついに調査本番です。調査地点は雄武漁協ナマコ部会の情報から決めた地点で、水深10mから30mの範囲です。

目的地に到着するとライン設営です(写真１)。この作業は海況、水深、海底地形に左右され、少々時間がかかります。一方、幅１mのライン100mの撮影時間は僅か３分程度です。これで100㎡の面積が撮影され、毎分33.3㎡という驚くべき効率です。直接比較は難しいのですが、ホタテガイの写真法による資源量調査が600㎡撮影(１地点あたり１㎡の写真を５枚）に２日間を要します。これと比較しても、その効率の良さがわかると思います。

処理した画像を見てみると…

まずはムーフィックス処理画像を見てみましょう。写真２に示すとおり、長い帯状の画像が出来上がりました。

この画像から、潜水により海中で計数したデータと比較しながら丹念にナマコ探しをしてみると…、見つけました！ムーフィックス処理画像上でマナマコを見つけることが出来ました(写真３)。

結局、距離1100mで面積1100㎡のムーフィックス処理画像を精査したところ、マナマコは35個体確認でき、平均密度は0.03個体／㎡でした。ダイバーによる海中での計数では120個体(平均密度は0.11個体／㎡）なので、画像からの平均発見率は29%となり、予想より低めでした。

処理画像を見てみると、11枚の画像に明らかな画質の差が見られました。画質が鮮明な場合、発見率は49%、不鮮明な場合は17%と大きな差があり、画質のバラツキが発見率を左右する一つの原因となっているようです。

撮影画質を左右する要因としては、海況と気象のような環境条件の影響が考えられます。さらに調査中に周辺を航行する船舶の起こす波の影響も画像のブレを拡大する要因の一つと考えられます。

未来の資源管理を目指して

さて、実際に調査を始めてみると、いろいろと困難に直面するもので、現時点では撮影法の改良が重要なテーマとなります。

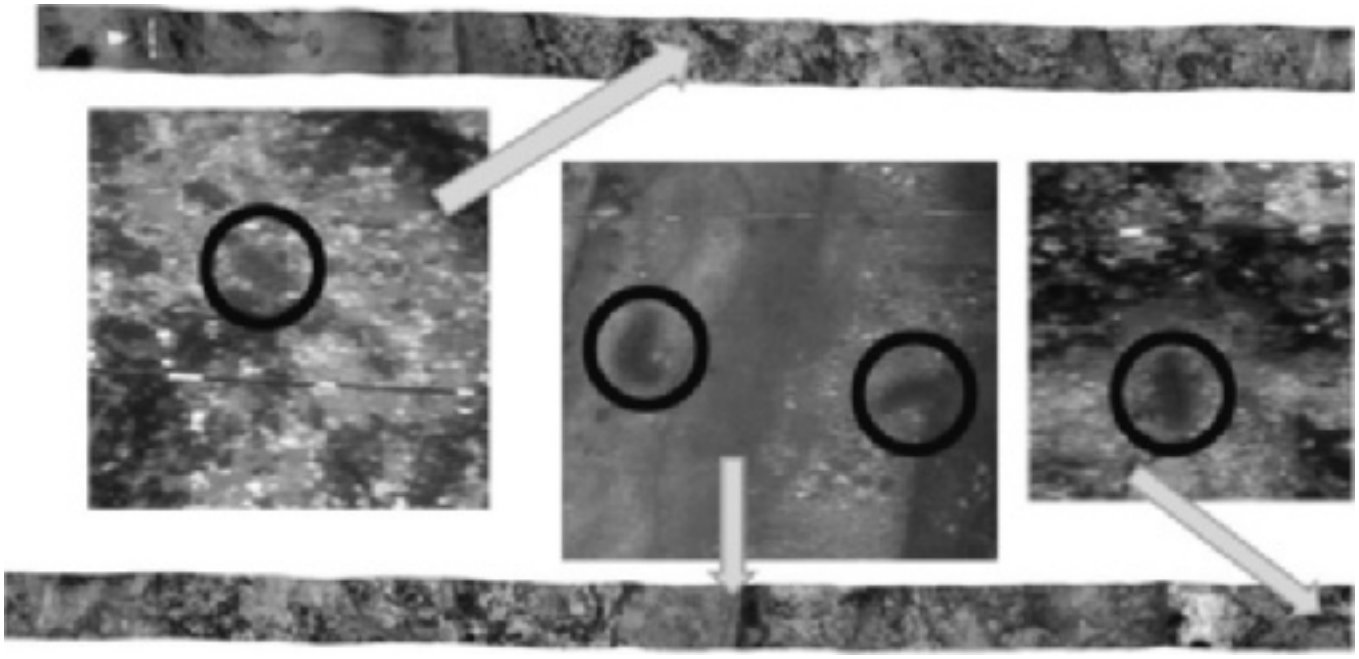


写真３　画像上で確認されたマナマコ　この例は写真２の上２列分と同じ　○：マナマコ

画像解析は、大型海藻や岩陰に隠れてビデオに写らない場合や、サイズが小さすぎる場合は確認できないという方法論上の欠陥からは逃れられません。しかしながら、それを補って余りある技術的優位性があります。

それは高い調査効率です。33.3㎡／分の撮影速度が維持できた場合、１時間で調査面積は2000㎡にも達します。これにより、資源量調査を短時間で終えることができ、調査期間が限られる北の海では非常に有効です。

また、全体から一部を取り出して調べる標本調査(サンプリング)の抽出率もあげることが出来、資源量の推定精度の向上も見込まれます。

このような複雑な海底地形に対して開発された技術は､同じ岩礁域に生息するウニやアワビといった磯根資源の資源量調査にも応用が可能と思います。

さらに、人間が潜水不可能な水深での無人海底探索潜水艇（ROV）を利用することで、これまで調査不可能だった魚種にも応用が広がる可能性もあります。

このようなナマコの分布状況などの画像情報をマイクロキューブによる簡易海底地形図上に一体化して表示することで(GIS 化)、漁業者がナマコ漁場についてのいろいろな情報を共有することもできます。

以上のように、画像解析を使った新たなマナマコ資源量調査技術開発は、北海道のナマコ漁業の安定化を目指し、精力的に事業を展開中です。

（くわはら　やすひろ　網走水試調査研究部

報文番号 B2296）

RPSで分かった日本海スケトウダラ復活の鍵

三　宅　博　哉

キーワード：スケトウダラ、日本海、RPS、温暖化、レジーム・シフト

RPS

RPS（アール・ピー・エス、再生産成功率）は本誌75号で紹介されているように、資源診断のキーワードです。親魚から生み出された卵のうち、何尾が生き残るかを表します。人間社会の出生率に似て、この数字が大きければ資源量（人口）は増加し、小さければ減少します。

現在、日本国内の出生率は「２」を下回っていて、人口の減少と高齢化が社会問題となっています。魚の場合、RPSの変動幅が大きいのが特徴で、RPSが大きくなると、マイワシやニシンのように大発生することも珍しくありません。逆にRPSが極端に小さくなると、資源は崩壊してしまうのです。

人間社会の場合、少子化の原因は、育児支援制度の不備、高額な教育費、核家族化や社会不安など多岐にわたりますが、魚のRPSが変動する原因は、漁業形態に大きな変化が無いとすると、魚の生息する環境にあると考えられます。RPSは、環境の変化が水産資源に与える影響の指標とも言えます。この実例として、日本海スケトウダラの場合を見てみます。

日本海スケトウダラの減少

北海道日本海に分布するスケトウダラは北部日本海系群と呼ばれ、ひとつの資源（ストック）として管理されています。系群とは、生まれてから成長して繁殖するまでのサイクルを行う集団（群れ）を表します。他の系群との繁殖交流がない集団と仮定しますが、ストックという場合には、資源を管理する上で都合の良い、海域単位で分けることもあります。

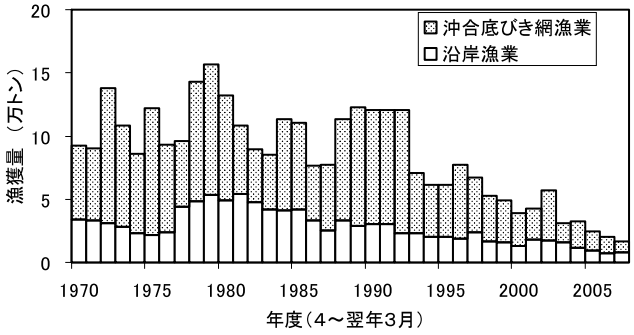


図１　北海道沿岸日本海のスケトウダラ漁獲量

北海道日本海でのスケトウダラ漁獲量は、図１に示すように1990年代以降右肩下がりです。2005年度以来、漁獲量は２万トンを下回っています。つい10年ほど前までは、こうした資源減少の原因は獲り過ぎ（＝乱獲）が原因と考えられていました。しかし、獲る側から見ると、「昔に較べたら漁船は半分以下になっているのに、これでも獲り過ぎと言うのか」、「韓国トロール漁船が来なくなったのに、魚は増えないぞ、どうなっているんだ」、との指摘が上がっていました。

獲り過ぎと判断された根拠となっていたのは、コホート解析とかVPAと呼ばれる資源計算の結果です。水産試験場では、漁港市場に水揚げされたスケトウダラを購入して、体長や体重などを測り、年齢を調べます。そして、１年間に何歳魚が何尾漁獲されていたのかを見積ります。このようなデータを何年も積み重ねると、海の中に何歳魚が何尾いたのか、遡って計算できるようになります。そうすると、資源量に対して漁獲量が適切であったか、獲り過ぎていなかったかを判断できるようになるのです。

親子関係

このような計算から、卵を産む親の量と、卵から育った子の数なども計算することができるようになります。日本海スケトウダラでは、親とそれらが産んだ子の関係は図２のように示され、○○年の親の量は△△トンで、それらが産んだ卵から２歳まで育った子の数は××尾であることが分かります。親の量の単位は重量となっていますが、これは体重が重いほど多くの卵を生み出すため、尾数よりも重量の方が、生み出す卵数の目安に適しているからです。

図２によると、1984～1988年の５カ年は親の量が12万～20万トンしかなかったのですが、子の数は７億～15億尾と多くなっています。ところが、それ以外の年は親の量が多くても、子の数は８億尾を超えることはありません。

RPS は変化する

生み出された卵の生き残りやすさを調べるために、上で述べた親子関係を RPS で表わします。日本海スケトウダラの RPS は、[２歳の尾数÷親の総重量] として計算できます。つまり RPS とは、図２に示したそれぞれの点と原点（０、０）を結んだ直線の傾きに相当します。日本海のスケトウダラの場合、RPS が図２の直線 A より上にある年と、下にある年に分けられそうです。下にある年では RPS が低く、親の量が20万トン以上あっても、３～８億尾程度の子しか見込めないのです。近年は、RPS が低いから子の数が減る→そこから育つ親も減る→さらに子の数が減る、という負のスパイラル（らせん型）に陥っている状況です。

次に、RPS が年代と共にどのように変化したのか、詳しく見てみます。図３に親の量（産卵親魚重量）と RPS の年変化を示しました。棒グラフで示した親の量は、1980年代には15万から20万トンでほぼ横ばいで、1987年を除き大きな変化は見られません。しかし、1990年代に入ると、2008年まで単調に減少していることが分かります。一方、RPS は1984～1988年が高く、それ以外の年は10(尾／kg) 以下です。特に2002～2004年の３年間は１(尾／kg) 以下と、非常に低くなっていることが分かります。

つまり、 RPS を時間軸に沿って眺めてみると、RPS が高い年代（1984～1988年）と極端に低い年代(2002～2004年)、およびそれ以外の年の３つのパターンに分けることができます。

また、RPS の変化には、1984、1991、1998年と約７年の周期性が見られます。それに一致するかのように、2005年の RPS は３（尾／kg）と少し高くなりました。しかし、貯金でいえば元金に相当する親魚重量が少なかったので、資源が回復するまでには至りそうもありません。

では、2006、2007年の RPS はどうなの？と思われることでしょう。親の量は2008年まで示していますが、 RPS は2005年までしか示していません。これは２歳魚を子の数としているためで、2005年生まれがようやく２歳となって、漁獲され始めた

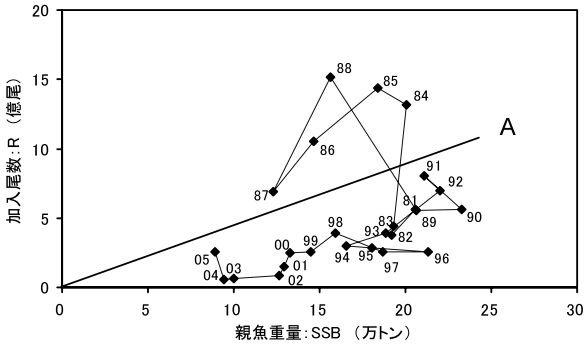


図２　親魚の量と加入量(２歳まで生き残った子の数)　図中の数字はスケトウダラ加入量が生まれた年の下２桁を表す。

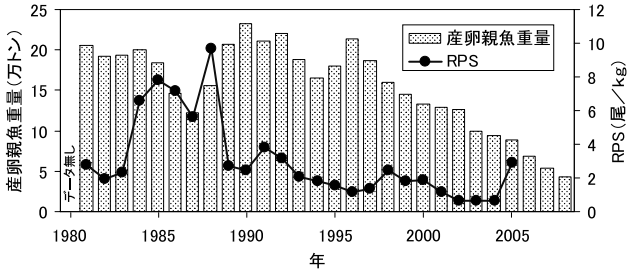


図３　産卵親魚重量と RPS の変化　2000年以降については、データの蓄積によって、今後更新される。

ことを示しています。計算上は、もっと若い年齢まで計算できるのですが、０、１歳魚は、漁業での漁獲量が少ないため、計算されるRPSの精度が大幅に低くなります。漁業の漁獲物だけを調べる方法では、２歳魚を子の数とするのが、限界と考えられます。

水試では、その対策として、試験調査船北洋丸（238トン）、おやしお丸（178トン）および金星丸（151トン）によって、０歳魚、１歳魚の分布調査を行ない、RPSに替わる指標を作ろうと、研究を進めています。

ところで、なぜRPSは高い年と低い年があるのでしょうか。RPSは人間がコントロールするのはできるのでしょうか？

温暖化とレジーム・シフト

温暖化といえば、現在最もホットな話題です。読者の皆さんも目にしない日は無いくらいの、社会問題となっています。洞爺湖サミットでも取り上げられ、CO_2排出規制とかマイバック利用などの運動が盛り上がっています。

北海道の日本海沿岸でも、温暖化が観測されていて、中央水試海洋環境部の田中部長が発表した標準化水温（図４）にも、温暖化傾向が表れています。ただし、気候変動に周期性があるように、水温変動にも十年から数十年におよぶ複数の周期が報告されています。それらのタイミングが一致すると、変化が増幅され、大幅な水温変動が見られるという考え方があります。1990年頃に起きた大幅な水温上昇も、こうしたタイミングの一致が原因かも知れません。

日本海に分布するスケトウダラも、こうした高水温の影響を受けていると考えられています。しかし、周期性があるということは、寒い年も周期的にやってくるということです。そして、このような周期は日本海だけでなく、地球規模の気候変動に連動していると考えられます。それらの気候変動に駆動されて、気候－海洋－生態系の基本構造がひとつのシステムとして全地球的、長期的なスケールで転換する現象をレジーム・シフトと呼んでいます。この概念は、東北大学名誉教授の川崎先生によって提唱され、今では国際的にも認められています。多くの水産資源の動態は、このような環境の変化と連動しているのです。

そこで、日本海の水温がレジーム・シフトとどのような関係にあるのか気になるところです。前出の田中部長が発表した日本海沿岸の長期間水温データから冬期間（12月から３月）を抜き出し、レジーム・シフトと比べると、寒冷期から温暖期、温暖期から寒冷期への変化が起こった年と、レジーム・シフトが起こった年とがほぼ一致することが分かりました（図４）。

次にこの冬期水温データとスケトウダラのRPSを比較すると、水温が高いとRPSは低くなる関係が見られました（図５）。1984～1988年の寒冷な５年間だけRPSが高いのです。なるほど、水温変化、いやレジーム・シフトと日本海のスケトウダラは連動していたんだなぁ、と分かります。

ここまでは、よくある話です。北米のサケやイワシなど多くの魚種で数量変動が気候変動と同期していることが、報告されています。現在は、なぜそうなるのという論議が盛んです。一体どのようにして、気候変動がスケトウダラのRPSに作用するのでしょうか？

この点を明らかにするために、筆者は10月と２

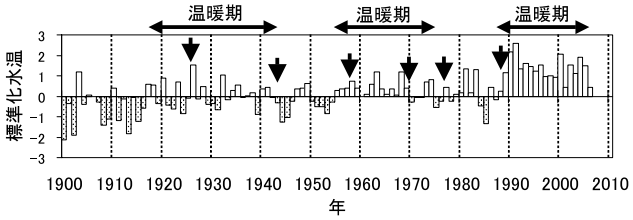


図４　北海道日本海の冬期（12～３月）標準化水温の変動（三宅・田中、2006）
縦矢印はレジーム・シフト（安中・花輪、2007）を示す。

月の水温を調べました。その結果、秋（10月）の水温が高い場合には、日本海のスケトウダラの分布深度が深くなることが分かりました。そのため、温暖化によって、海底深度の浅い北部海域の産卵場が衰退してきたと考えました。また、2004年や2007年の２月の水温が、スケトウダラ卵のふ化に適した水温範囲よりも、高くなっていたことが分かりました。このような年には、卵のふ化率は低下していたはずです。これらの水温による影響が複合的に作用して、RPS 変動の原因となっていたと考えられます。

ベーリング海でのスケトウダラ研究を見ると、餌となるプランクトンの豊度や、逆にスケトウダラ稚魚を食べる他の魚種の活動性など、水温の間接的な影響のほか、風や塩分なども考慮する必要がありそうです。しかし、日本海スケトウダラについて言えば、水温の直接的な影響が最も大きいと言えます。

さて、どうやら1990年代の漁獲量の減少は、獲り過ぎだけが原因ではないことが分かりました。「えっ、スケソ減少の原因は温暖化ではないの？」と思われるかも知れません。確かに、これまでの話では温暖化の影響を説明してきました。しかし、全ての原因が温暖化にある、とまでは言えないのです。漁船の数は確かに減ったのだけれども、それでも結果的に獲り過ぎとなっていたのです。

RPS が低下した場合、それに見合った漁獲量に減らすことが必要なことは、中央水試資源管理部の星野氏が本誌75号に書いたとおりです。先にも述べたように、RPS はリアルタイムにモニターすることはできないので、漁獲量の削減は後手に回りがちです。RPS が低くなっても、そのことに気づくのが遅れて漁獲量を元の量に維持しようとすると、結果的に、獲り過ぎ（乱獲）になってしまうのです。

したがって、近年のスケトウダラ資源の減少は、

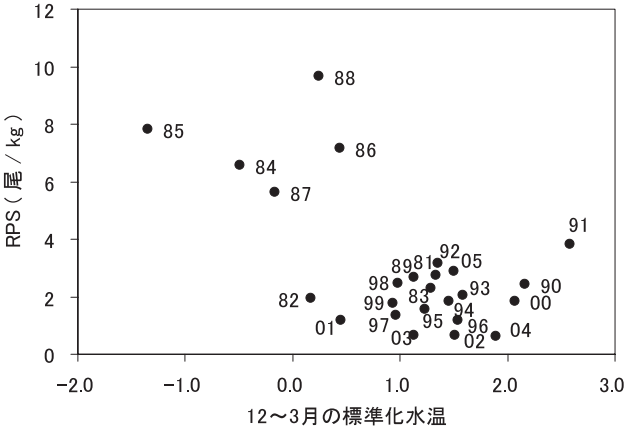


図５　冬期（12～３月）水温と RPS の関係
図中の数字は西暦年の下２桁を表す。

温暖化が引き金となって、獲り過ぎが追い打ちをかけた結果と考えられます。

今後の展望

それでは、日本海スケトウダラの未来には夢も希望もないのでしょうか。その希望の星は2006年生まれ群です。これは、前述した試験調査船による調査で、卵や稚魚の時から生き残りが良く、相当たくさん分布していることがつかめています。その原因は2006年冬季の水温が低かったためです。その前年の2005年生まれも、前述のように、少しは期待できそうです。ただし、それらに続く2007年は非常に生き残りが悪く、2008年も高い豊度は期待できそうにありません。

日本海沿岸の水温に、大きな影響を与えている対馬暖流の流量は、中多・田中（2002）によると５、６年周期で変動しますから、前述したスケトウダラの RPS の周期約７年とほぼ一致します。ですから温暖期にあっても、水温が低くて、RPS が高くなる年は、周期的にやってくると期待できます。その年が来るまで、元金となる2005、2006年生まれを最大限残す、これが負のスパイラルから脱出する、日本海スケトウダラ復活の鍵なのです。

（三宅博哉
中央水試資源管理部　報文番号　B2297）

資源管理・増殖シリーズ

ヒラメのさいばい漁業の可能性をさぐる

キーワード：ヒラメ、栽培漁業、放流効果、回収率、損益分岐回収率、放流サイズ

サケ・ホタテ・コンブの他には？

ハナコ：ところで、「北水試だより」の前号（第76号）に載ってた栽培漁業の話し、面白かったわ。

タロー：「北海道で発展を続ける栽培漁業」（名畑進一著）かな？

ハナコ：そう。道内の漁業生産の半分をサケ・ホタテ・コンブが占めるって知らなかったわ。

タロー：沿岸の漁業生産に限れば、今や水揚げ量や金額の６割が栽培モノだから、栽培漁業の発展は地域経済にも大きな影響を与えている。

ハナコ：栽培漁業と言えば、サケ・ホタテ・コンブが有名だけど、他の魚種はどうなのかしら？

タロー：それが残念だけど、この３兄弟のように栽培漁業として持続的に事業実施できている栽培対象種はまだ無いんだ。

ハナコ：まあ、それはちょっと意外ね…。

ヒラメは栽培漁業の有望株？

タロー：でも、魚類ではヒラメやニシン、マツカワ、クロソイなどの人工種苗をたくさん沿岸に放流して、事業化を試みているから、これから栽培漁業として確立するかも知れないね。

ハナコ：ヒラメなんかスーパーでいいお値段付いてるし、有望株じゃないの？

タロー：ハハハ、お刺身が大好きだからね。ヒラメは1996年から日本海と津軽海峡沿岸で、毎年、約220万尾が試験放流されているんだ。

放流したヒラメの回収率は？

ハナコ：放流の効果って、どうやって調べるの？

タロー：ヒラメの放流魚では無眼側に黒い斑紋を持つ個体が多く、これで天然魚と区別できる。

ハナコ：まるで入れ墨ね。放流後に消えないの？

タロー：消えないから、良い標識なんだ。漁業関係者らが、毎月２回、水揚げ市場でヒラメの体色と全長を調べて、回収率を算出している。

ハナコ：大切な調査ね。それで回収率はどれ位？

タロー：放流海域や放流年級で２～９％と幅があるけど、多くは２～３％程度。

なぜサケは赤字にならないの？

ハナコ：日本海のサケも２～３％位の回帰率だって聞いたことがあるから、ヒラメもサケ並みの放流効果が期待できるってことね。

タロー：そう。ただ、サケの放流では、これ位の効果で事業が成立しているけど、ヒラメでは赤字で、現状のままでは事業化は難しそうだね…。

ハナコ：あら、なぜサケでは赤字にならないの？

タロー：ヒラメの種苗生産は１尾80円位かかるけど、サケは１尾６円位と安く、この種苗コストの違いが大きな理由の１つになっている。

ハナコ：でも水揚げされた時の価格はヒラメの方が高いんじゃないの？

タロー：それが、そうでもない。回収した魚の１尾当たりの浜値は、サケで813円、ヒラメで700円という計算例（表１）がある。

ハナコ：つまり、ヒラメの稚魚はサケの稚魚に比べて13倍も経費がかかるのに、回収率や１尾当たりの浜値はサケと同じ位、ってことね。

タロー：そうなんだ。分かりやすく言えば、放流した時点で、ヒラメの稚魚は、サケの稚魚の約13倍の借金を背負っていることになる。

損益がトントンとなる回収率

ハナコ：なんだか大変な話になってきたわね。その借金、どの位の回収率があれば返せるの？

タロー：簡便な計算法があるから、一緒にやってみよう。種苗の単価(円／尾)を浜値(円／尾)で割った値が、損益がトントンとなる回収率になり、これを損益分岐回収率と呼んでいる。

ハナコ：えっと､サケでは６円／813円＝0.007だから、百分率に直して答えは0.7%かな？

タロー：ご名算！サケではこの事例では、回帰率が0.7%を超えれば赤字にならずに済む。

ハナコ：じゃあ､ヒラメでは80円／700円だから…答えは0.11、つまり11%。

タロー：そのとおり。ヒラメは現状では11%位の回収率がないと、種苗コストが回収できない。

ハナコ：サケに比べて事業化のハードルが高そうね…。でも、私ヒラメでいいことひらめいた！

タロー：おっと、名案だったら、うれしいけど。

今よりもっと大きいサイズで放流したら？

ハナコ：簡単よ、今よりもっと大きいサイズで放流したら？そうすれば、生き残りが良くなるから、きっと回収率も上がるはずよ！

タロー：ウ～ン…でも、同時に種苗の生産コストも上がってしまうよ。ヒラメの稚魚の生産経費は、１㎜が１円と言われているから、今の８㎝を仮に10㎝放流にしたら１尾100円位になり､損益分岐回収率は14%(＝100円／700円)位に跳ね上がってしまうかも知れないね…。

ハナコ：でも10㎝で放流している所は無いの？

タロー：実は本州で６府県（福島県、茨城県、三重県、石川県、福井県、京都府）あるけど、残念ながら、事業化の見通しが立っていない。

ハナコ：他はどんな大きさで放流しているの？

タロー：全長４㎝が２県、５㎝が５県、６㎝が３県、７㎝が８県、８㎝が10道県、10㎝が６府県で、北海道も含めて全長８㎝以上の放流は、国内で毎年、放流する約2,500万尾のヒラメの内、４割程度なんだ。

放流サイズはどうやって決めたの？

ハナコ：放流サイズは全国各地でバラバラなのね。一体、どうやって決めたのかしら？

タロー：本州の事情は分からないけど、北海道では、1995年に道立水産試験場が作成した「ヒラメ放流の手引き」という小冊子に、“放流サイズは全長８㎝以上”という指針が示されている。

ハナコ：なぜ“全長８㎝以上”なのかしら？

タロー：当時は、放流サイズと回収率の関係は右上がりの直線関係を示すと考え、全長６㎝では回収率を4.7%､８㎝では11.9%､10㎝では19.2%､12㎝では26.5%と想定していたようだ。

ハナコ：つまり全長８㎝以上の放流で、11.9%以

表１　ヒラメ、サケ、ホタテガイの損益分岐回収率　（参考文献[3]を改変引用）

	現状の回収率(%)	損益分岐回収率(%) (A／B)	種苗単価（円／個） (A)	水揚げ価格（円／個） (B)	栽培漁業化
ヒラメ	2－9	11	80	700	実証中
サケ	3－6	0.7	6	813	事業化成功
ホタテガイ	50－93	13	3	23	事業化成功

上の回収率を見込んでいたということね。

タロー：どうやら中間育成経費の節減なども考慮して、最終的に“全長８㎝以上”と決まったようだね。

放流サイズはホットなテーマ

ハナコ：でも今、実施中の実証試験では、想定した回収率をずい分下回っているわね。どうして関係式が当てはまらなかったのかしら？

タロー：それは当時、回収率の調査が始まったばかりで、全国各地のデータを寄せ集めて、やっと両者の関係式を作ったという事情があった。

ハナコ：つまり放流サイズと回収率の関係は、まだ解明されていないことも多く、依然として放流サイズはホットなテーマってこと？

タロー：そうなんだ。ヒラメの放流が経済的にも成り立つような放流サイズと回収率のあり方について、もっと実証的な試験を今、浜は求めていると思うよ。

まだ可能性は汲み尽くされていない

ハナコ：これから先、栽培漁業として持続できるようなやり方が、ヒラメでも見つかるかしら？

タロー：まだ可能性は汲み尽くされていないよ。例えば余市湾では、全長５㎝～９㎝のヒラメにALC 標識を付けて同時に放流し、どのサイズの生き残りが良いか、現在、調べているんだ。

ハナコ：ALC 標識って何かしら？

タロー：ALC は薬品で、飼育水に溶かすと、ヒラメの耳石の外縁部を蛍光標識できる。

ハナコ：耳石の周りを染めて、一体どうするの？

タロー：実は、ヒラメの全長は耳石の長径と良く相関している。そこで、再捕したヒラメから耳石を取り出し、染まった部分の長径を測れば、その個体の放流時の全長を推定できる訳だ。

ハナコ：多分、放流サイズが小さいほど、放流後の生き残りが悪かったんじゃないかしら？

タロー：ところが図１のように、全長８㎝台の放流個体に比べて、小さい個体の方が、放流サイズ指数が高い傾向が見られたから面白い。

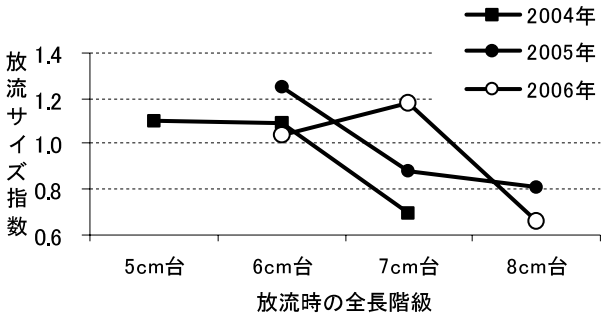


図１　全長階級別の放流サイズ指数

ハナコ：放流サイズ指数って何かしら？

タロー：生き残りの程度を測る指標で、値が高い程、生き残りが良いことを示唆している。

ハナコ：８㎝未満の方が、生き残りが良い可能性があるのは意外ね！もし今より小型で放流できれば、確実に種苗コストを減らせるわね。

タロー：ただし、これは放流水域の調査結果だから、調査水域外へ移動した個体も含めて、今後は水揚げされたヒラメでも、本当に８㎝未満の生き残りが良いか、検証する必要があるんだ。

［参考文献］

１）名畑　進一：北海道で発展を続ける栽培漁業、北水試だより、76，1-6.(2008)

２）北海道立中央水産試験場　北海道立函館水産試験場　北海道立栽培漁業総合センター：ヒラメ放流の手引き．(1995)

３）石野　健吾：ヒラメの市場調査に出かけよう！、育てる漁業、384，3-7.(2005)

（石野健吾　中央水試資源増殖部

報文番号 B2298）

水産工学シリーズ

北海道南西部日本海沿岸における磯焼けの修復技術

キーワード：磯焼け、キタムラサキウニ、食害、嵩上げ

磯焼けの影響

コンブ・ワカメ類などの大型海藻が生えなくなる磯焼けは、現在、日本全国の沿岸に広がりつつあります。磯焼けになると、浅海域に生息するウニ類やアワビ類の餌が減少して身入りが悪化し、沿岸漁業の生産に影響を与えます。また、大型の海藻は一般に群落を形成し、魚貝類等海産生物の産卵場・生息場の役割を果たしていますが、磯焼け海域では、この機能が失われ水産資源の減少につながっていると考えられています（図１）。



図１　磯焼け海域の海底

磯焼けの持続要因を探る

磯焼けは100年以上も前から発生していたとされて、これまでに様々な研究・対策がなされています。磯焼けがどのようにして発生したのかは、今となっては明確な答えは出せませんが、北海道沿岸では栄養塩不足・高水温等が引き金になったのではないかと推測されています。ところが、環境は年によって変動していますから、磯焼けが現在も続いている要因は他にあるのではないかと考えました。

そこで、北海道南西部の日本海に面する磯焼け海域で、一年を通じて海藻と動物の分布を調べたところ、次のような現象が明らかとなりました[1)]。①周年キタムラサキウニがいない浅い場所ではフシスジモクなどの大型多年生海藻が繁茂していた。②冬から春先にキタムラサキウニが分布しておらず、夏から秋に分布している場所ではホソメコンブが繁茂していた。③周年キタムラサキウニが分布している場所では海藻が生育せず､磯焼けとなっていた。

これらのことから、キタムラサキウニのいる・いないが、海藻の繁茂に影響を与えているのではないかと考えられました。

キタムラサキウニ持続要因説の実証

キタムラサキウニの分布が海藻の生育に与える影響を調べるため、磯焼けとなっている海底に古い刺し網を再利用したウニ除けフェンスを方形に設置し、フェンス内側のキタムラサキウニをすべて除去しました[2)]。そうしたところ､除去から一年後にはフェンスの内側でホソメコンブ群落が形成され、フェンスの外側では磯焼けが続いていました(図２)。フェンスの内側と外側では光、水温、栄養塩濃度等に差はなく、キタムラサキウニの分布だけが違う状態でした。

ただし、フェンス内すべてでホソメコンブが繁

茂したわけではなく、水深４～５ｍと深い場所ではケウルシグサなどが生えていました。このことから、キタムラサキウニがいなくなっても、他の要因（水深が深い、光が届かない）でコンブが生育しない場合があることもわかりました。

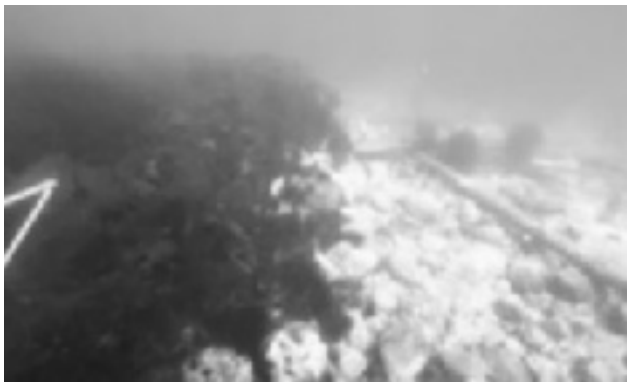


図２　フェンス内（中央より左側）に繁茂した海藻群落

これらの結果から磯焼けが持続する要因はキタムラサキウニで､これを取り除くことで環境に合った海藻が生育可能であることがわかりました。特に前節の②から、冬から春先（ホソメコンブが未熟な胞子体である時期）にキタムラサキウニが分布していないことで、ホソメコンブ群落が回復することがわかりました。

ウニ食害の低減方法

上記のようなウニの食害による磯焼けは北海道に限ったことではなく、全国的な問題となっており、最近では「ウニ焼け」と呼ばれることもあります｡2007年には磯焼け対策のガイドライン[3)]がまとめられ、ウニの食害を減らす方法が取り上げられていますので、そのうちのいくつかを紹介します。

ア）行動制御

先の観察で用いたようなウニ除けフェンスを用いる方法です。ウニの行き来を遮断するものとして、前述の網、空気(ポケット式、吹き出し式)、針状構造物、電気などがありますが、それぞれに一長一短があり完璧なものは未だないようです。この方法の問題点としては、フェンスと海底の岩との間に隙間があると効果が出ない、波によって壊れやすい、時間がたつとサンゴモ類や雑海藻が付着してウニがはい上がる、フェンス内のウニをダイバーが除去しなければならない、などがあります。

イ）除去

ダイバーや船上から器具を用いて磯焼け海域のウニを直接取り上げる方法です。ウニは確実にいなくなりますが、ある程度広い範囲を除去なければ再びウニが侵入する、人件費がかさむ、除去した大量のウニの処分、漁業調整規則等との折り合いなどが問題となります。

ウ）嵩(かさ)上げ

もう一つは嵩上げといって、公共工事などで浅瀬を作る方法です。波は海底が急激に浅くなると変形し、波高が高くなります。波高が高いということは、水粒子がそれだけ大きく動くということですので、結果として流れが速くなります。ウニは海水の流れが速くなると、しがみつくのに必死になりコンブを食べなくなることが、過去の知見から明らかとなっています[4)]。この特性を利用して、海底の水深を浅くすることでウニによる食害を低減するのです。ただし、いつも海藻が食べられなければ磯焼けと同じでウニの身入りが良くなりません。２、３月の冬の終わりから４、５月の春先の間、コンブが若い芽のうちに食べ尽くされなければ、その後の海藻の成長がウニの摂食量を上回り、海藻群落が形成されますので、その時期に一定の波当たりとなるよう設計する必要があります。そうすることで、以後、人が手をかけなくても毎年海藻群落が形成されることが期待されます。ただし問題点として、造成費用がかかる、各地域に

より波の特性が違うので、地域ごとに最適な施設設計をしなければならないことなどがあります。

嵩上げの実証

北海道では2004年度に後志管内寿都町美谷地区に水産基盤整備事業によってウニ増殖礁を造成することとしていました。そこで水産基盤整備調査事業「ウニ増殖施設の造成・改良に向けた評価手法の開発」内で、前述の嵩上げを適用し、その効果を検証しました。

造成海域の水深４～８ｍの深場は磯焼け状態で、キタムラサキウニも大量に分布していましたが、岸の非常に浅い部分にはキタムラサキウニの数も少なく､ホソメコンブが群落を形成していました。そこでこのホソメコンブ群落で波による流れがどの程度の速さだったのかを数値計算で求めたところ､冬から春先の流速は0.78m/s 以上であることがわかりました。これをコンブが生える基準の流速として、ウニ増殖礁の天端面で基準流速を満足する流れが発生するように設計し、天端水深を２ｍと決定しました（図３）。

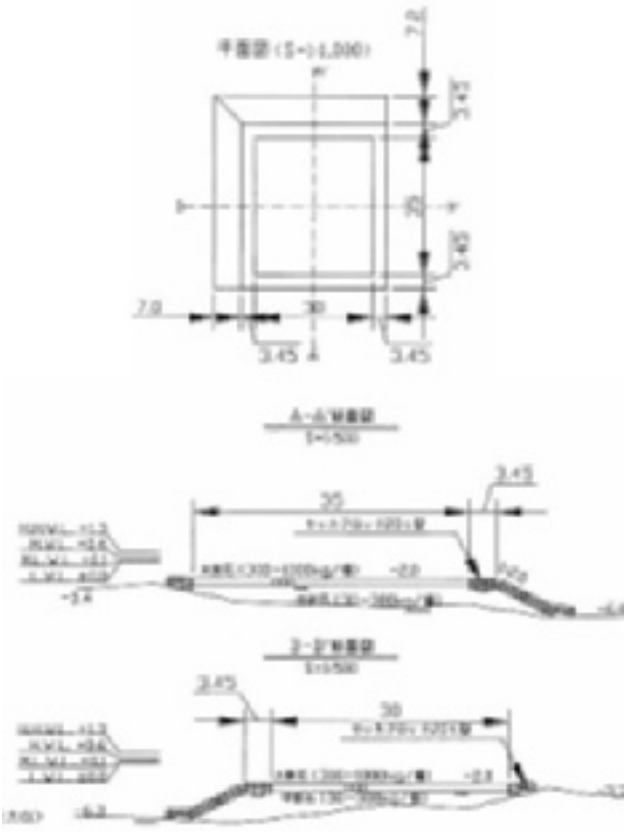


図３　増殖礁の設計図面

礁の完成後から､中央水試資源増殖部とともに、礁およびその周辺のウニや海藻類の分布状況等を調べました(図４)。その結果、2005年から2007年までの３年間、礁の天端および周囲のブロック上でホソメコンブの被度がほぼ100％となるまで､毎年ホソメコンブ群落が形成されました。また、増殖礁に集まったウニは、水深の深い、磯焼けが持続中の天然漁場のものに比べ身入りが大幅に改善されていました(図５)。以前の設計基準で造成された礁でも最初の１、２年は海藻が生えるといわ

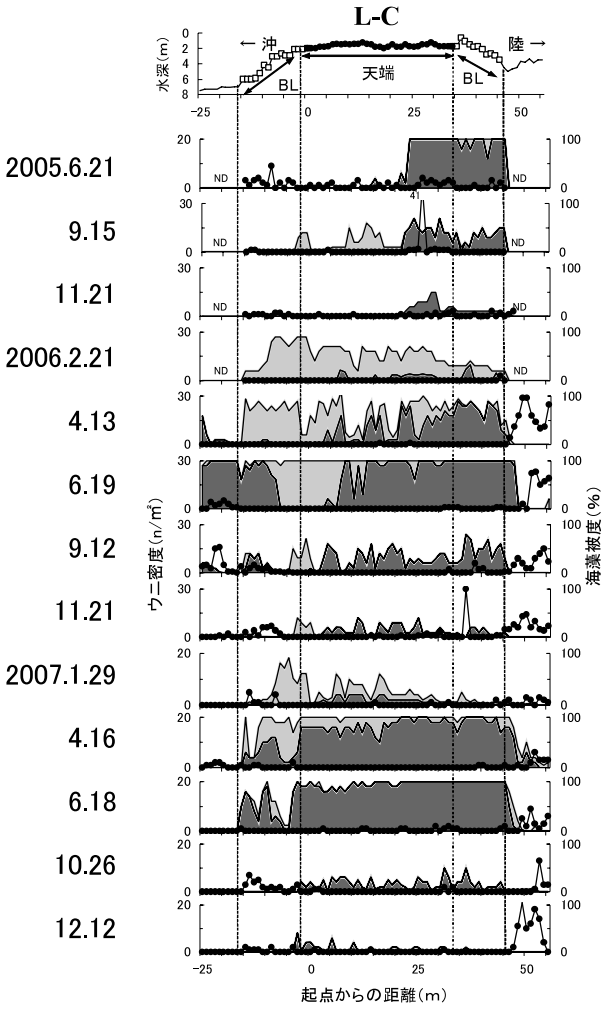


図４　ウニ増殖礁生物調査結果
●：ウニ密度（個／㎡）、■：ホソメコンブ被度、■：その他海藻

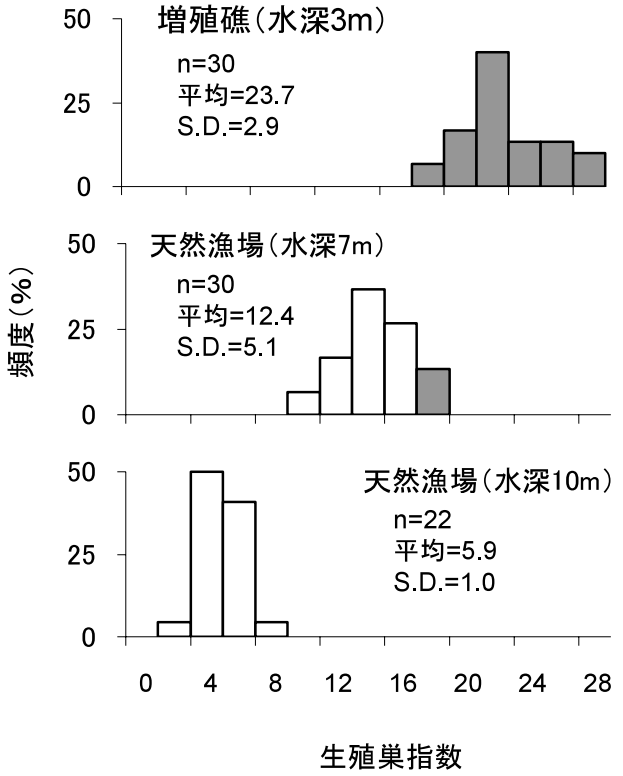


図５　採取位置別のキタムラサキウニ生殖巣指数（2007年７月10日）

れていますが、今回の礁では造成から３年間、さらに最新の調査時（2008年夏）でも海藻が生育し続けており、この方法で磯焼けを解消できることが実証されました。

まとめ

現在の磯焼けは、海藻の成長と植食動物の海藻摂食量のバランスが崩れた状態です。海藻の成長を良くすることで磯焼けを解消する方法がいくつか提案されていますが、キタムラサキウニの摂食活動は強大で、なかなか太刀打ちできるものではありません。また、一度磯焼けになると海底には、磯焼け海域を白くみせる無節サンゴモが占有するようになります。これにはウニの着底・変態を誘起する物質を分泌する、すなわちウニ類を増やす働きをするとの報告[5]もあり、人が手をかけてウニを除去しなければ、崩れたバランスの修復がますます難しくなるでしょう。

本実証試験では、磯焼け海域であってもウニを除去することでコンブ群落を形成できる、すなわち、そういった海域が磯焼けから回復できるポテンシャルを秘めていることがわかりました。以上のことからウニを除去した上で海藻の成長を良くする工夫をするなど、複合的な手法を用いることで、磯焼けの回復により大きな効果を発揮すると考えられます。

［参考文献］

１）桑原久実・川井唯史・金田友紀：北海道南西部磯焼け海域におけるホソメコンブ群落の形成機構、水産工学．Vol.38 No.2、159－165.（2001）

２）川井唯史・金田友紀・新井章吾・桑原久実：磯焼け地帯におけるウニ侵入防止フェンスによるホソメコンブ群落の造成とキタムラサキウニ生殖巣の発達、水産工学．Vol.39 No.1、15－20.（2002）

３）社団法人全国漁港漁場協会：磯焼け対策ガイドライン．東京、社団法人全国漁港漁場協会、208p.（2007）

４）川俣茂：北日本沿岸におけるウニおよびアワビの摂食に及ぼす波浪の影響とその評価、北海道大学学位論文.151p.（2000）

５）Taniguchi, K., *et al.*: Dibromomethane, a chemical inducer on settlement and metamorphosis of the sea urchin larvae. Fisheries Science. 60, 795–796.（1994）

（金田友紀　中央水試水産工学室　報文番号B2299）

水産加工シリーズ

海藻の有効成分は鶏卵に蓄積するか？

キーワード：鶏卵、雑海藻、アイヌワカメ、フコステロール、フコキサンチン、DHA

はじめに

ニワトリは、特定の成分を卵、特に卵黄に蓄積しやすい性質があると言われています。この性質を応用して、ミネラルやビタミン類など特定の栄養成分を強化した卵を「特殊卵」と呼んでいます。既に市販されている「ヨード卵」や魚の健康成分、ドコサヘキサエン酸（DHA）を多く含む「DHA卵」もそれらの中の一つです。

一方、最近の研究では海藻には健康に良い成分が含まれることが明らかになっています。道東海域には大量の未利用海藻が存在し、その有効利用が求められています。著者らは、未利用海藻を飼料としてニワトリに与え、健康によい成分を卵に蓄積させることができれば、未利用海藻の付加価値向上につながるものと考えました。ここでは、道立畜産試験場との共同研究(2005～2006年)による未利用海藻を原料としたニワトリ用飼料開発試験の結果を紹介します。

海藻を含む飼料の調製

原料には未利用海藻の一つであるアイヌワカメ（学名：*Alaria praelonga*）を用いました。アイヌワカメはコンブと同じ褐藻類であり、表１に示したように褐藻に共通するフコステロールやフコキサンチンおよびDHAやイコサペンタエン酸(IPA)を含むω（オメガ）３系脂肪酸など健康によいとされる有効成分が含まれています。フコステロールは高コレステロール症の抑制、フコキサンチンは褐藻類に含まれる色素で抗肥満効果が期待されており、DHAやIPAは学習能力の向上や生活習慣病の予防に効果があることが知られています。

表１　アイヌワカメの成分（乾燥品）

水分（%）	7.9
脂質（%）	1.5
たんぱく質（%）	13.2
灰分（%）	29
炭水化物（%）*1	48.4
ω３系脂肪酸（mg/100g）	183
コレステロール（mg/100g）	1.6
フコステロール（mg/100g）	89
フコキサンチン類（ppm）*2	89

*1 炭水化物(%)＝100－(水分＋脂質＋たんぱく質＋灰分)(%)
*2 フコキサンチンとその異性体および代謝物の合計

当初、海藻の粉砕物を市販飼料に混ぜ合わせてニワトリに与えましたが、そのまま与えても有効成分の卵への蓄積は認められませんでした。また、上記の成分がすべて脂溶性の脂質成分であることから、海藻の水溶性成分（ミネラルなど）をあらかじめ水洗によって除去し、相対的に脂質濃度を高めたものをニワトリに与えましたが、この場合も有効成分の蓄積は認められませんでした。なお、海藻の配合割合を増やすとニワトリの飼料摂取量が低下し、産卵量も低下する傾向を示しました。このため、海藻から直接脂質成分を溶剤抽出し、この抽出物を市販飼料に混ぜてニワトリに与え、蓄積の有無を検討しました。

ニワトリに対する飼料は、表２に示すように市販飼料(対照区)、市販飼料に対して１％の抽出した脂質とこの脂質の酸化防止用にビタミンE(VE)を加えたもの（１％＋VE添加区)、ビタミンE

表２　飼料の配合割合

区分	脂質抽出物＊	ビタミンE＊	試験鶏数
対照区	―	―	5
VE 添加区	―	0.001%	5
１%海藻脂質＋VE 添加区	１%	0.001%	5

＊市販餌料に対する添加割合

のみを加えたもの（VE 添加区）の３区分とし、「さくら」という採卵鶏品種に４週間給与しました。

海藻飼料の効果

図１に供試飼料及び給与後に採卵した卵黄中のカロチノイド系色素の分布について分析した結果を示します。褐藻類に特有のカロチノイド系色素フコキサンチンが脂質抽出物中に認められました。他のルティン等の色素は元々配合飼料に含まれるトウモロコシ等に由来する色素です。海藻由来のフコキサンチンに注目すると、卵黄中にはフコキサンチンは検出されず、その代謝物であるフコキサンチノールが検出されました。このフコキサンチノールも北海道大学において抗肥満効果があることが最近、明らかにされています。卵黄中のフコキサンチン類は対照区では全く検出されませんが、海藻脂質を給与したものは15ppm の蓄積が認められました。

この海藻脂質を給与したニワトリの卵は、濃いオレンジ色に着色したものが多く、対照区と容易に識別できました(写真１)。また、測色色差計による色調計測によっても、図２のように赤色の強さを示す a*値*1は試験区で高いことが確認できました。この色調の差異は、海藻由来の色素によるものと考えられますが、上記のフコキサンチン代謝物であるかは不明です。卵黄の鮮やかな色調は消費者が品質を判定する際の重要な要素となると

＊1 物体の色の数値化には、一般的に L*a*b*表色系が用いられます。その中で a*は赤色の強さを表します。

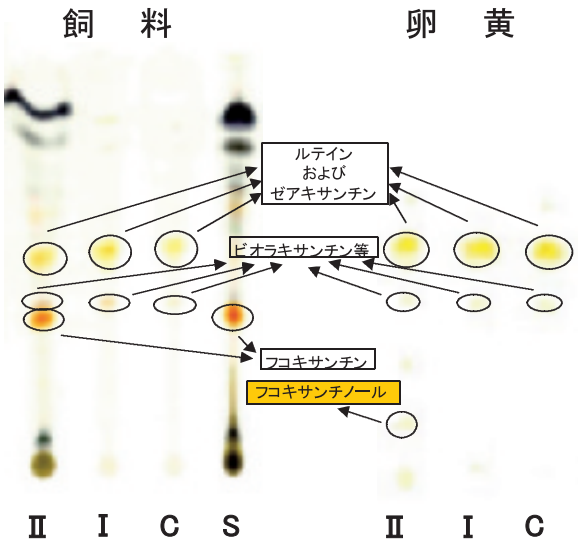


図１　飼料及び卵黄中のカロテノイド系色素薄層クロマトグラム

S：海藻脂質抽出物
C：対照区
Ⅰ：VE 添加区
Ⅱ：１％海藻脂質＋VE 添加区

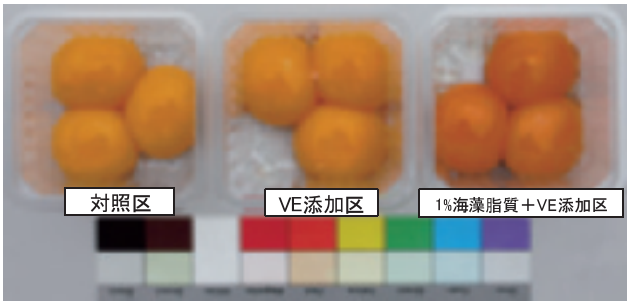


写真１　各試験区の卵黄写真

され､海藻飼料は色調改善の効果が期待できます。ただし、卵黄の色調は個体による若干のバラツキが認められました。

次にフコステロール含量について調べた結果を図３に示しました。この図からフコステロールは有意に卵黄中に蓄積されることが示されましたが、その量は飼料に含まれる量と比べて低い値でした。また、同時に卵黄のコレステロール量を調べた結果、海藻脂質を与えた試験区でコレステロールが有意に低下しました(図４)。すでに述べたようにフコステロールにはコレステロールの低下作用が知られていることからその効果が推測されます。

最後にω３系脂肪酸について調べた結果､対照区

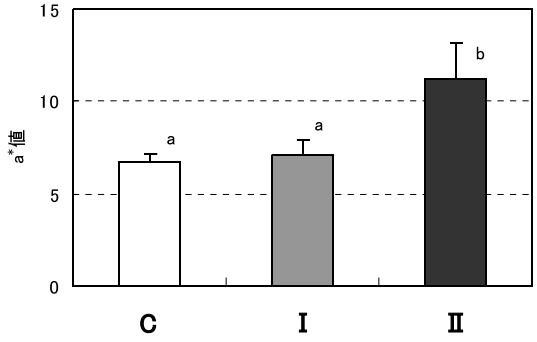


図２　卵黄（凍結乾燥品粉末）の色調

C：対照区
Ⅰ：VE 添加区
Ⅱ：１％海藻脂質＋VE 添加区
　アルファベットの違いは危険率５％で有意差有り
T：標準偏差

と比べて約40％の増加が認められました(図５)。ω３系脂肪酸の中で、もっとも増加量が多かったのは DHA であり、図６に示したように、卵黄中には対照区と比べて50％以上増加することがわかりました。飼料中の DHA 含量は２mg／100g とかなり低濃度ですが、海藻に含まれる他の脂肪酸が代謝により、DHA に変化し、蓄積されるものと推定されます。

また、この試験では鶏卵ばかりではなく、鶏肉についても上記と同様の試験を行いましたが、こちらの方はいずれの有効成分も蓄積は認められませんでした。

おわりに

今回の試験では、海藻脂質の給与により、鶏卵への DHA の蓄積やコレステロールの低下などが明らかになりました。本試験で行った溶剤による有効成分の抽出は、コストや安全性の面で問題となることが予想されることから、今後はその対応が課題となります。

なお、本研究で使用した海藻試料は歯舞漁業協同組合から提供していただきました。この場を借りてお礼申し上げます。

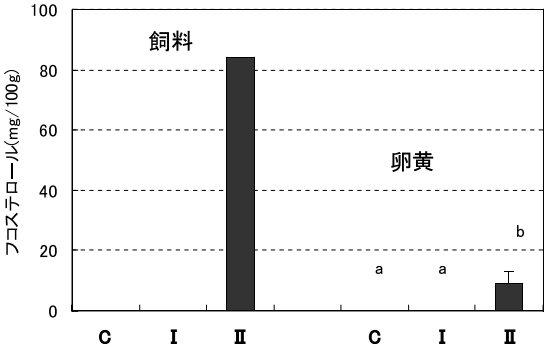


図３　飼料及び卵黄中のフコステロール

C：対照区
Ⅰ：VE 添加区
Ⅱ：１％海藻脂質＋VE 添加区

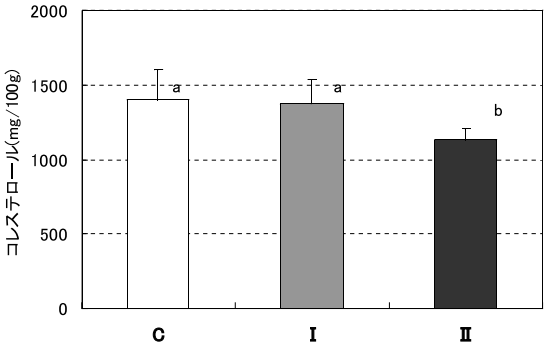


図４　卵黄中のコレステロール

C：対照区
Ⅰ：VE 添加区
Ⅱ：１％海藻脂質＋VE 添加区

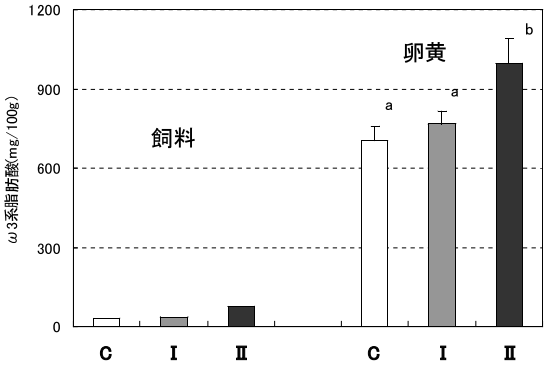


図５　飼料及び卵黄中のω３系脂肪酸

C：対照区
Ⅰ：VE 添加区
Ⅱ：１％海藻脂質＋VE 添加区

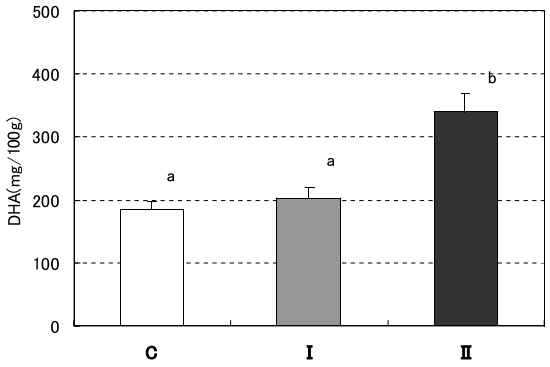


図６　卵黄中の DHA

Ｃ：対照区
Ⅰ：VE 添加区
Ⅱ：１％海藻脂質＋VE 添加区

（飯田訓之、北川雅彦 釧路水試利用部、
菅原玲 中央水試加工利用部、
宮崎亜希子 網走水試加工利用部

報文番号 B2300）

各水試発トピックス

「オホーツクこども環境展」に参加

平成20年７月５日(土)、６日(日)に網走支庁管内の北見市内のまちきた大通りビル（パラボ）北見市分庁舎５階で開催されたオホーツクこども環境展に網走水試が参加しました。

このイベントは、未来を担うオホーツクのこども達に「環境」について考える機会を提供するため、北海道洞爺湖サミットに関連したオホーツク独自の取組みとして、網走支庁及び北見市の共催により、産・学・官が連携により開催され、網走支庁管内の道立試験研究機関、北見木材株式会社や東京農業大学等20機関が参加しました。

イベントの主な内容としては、燃料電池カート展示、環境と科学の展示、人と環境にやさしいオホーツクのエコ企業の紹介など行われ、網走水試ではパネル展示を行いました。



（齊藤　誠　網走水試企画総務部）

北水試百年こぼれ話 ① 北水試を創始した人たち

吉　田　英　雄

キーワード：北水試百年、エピソード、明治時代、北海道庁水産課、人物写真、初代場長



「北水試百周年記念誌」は2001年に発行されましたが、誌面の都合などで掲載できなかった貴重な資料やエピソードが多く残されています。今回は北海道水産試験場設立当時に関わった人たちの写真についてご紹介します。

人物写真が印刷された「三十八年前の水産課員」という資料は、中央水試図書室に残されていました。「1897（明治30）年の北海道庁水産課の陣容」という説明から1935（昭和10）年頃の資料と思われます。業界誌掲載の記事と関連したグラビア写真部分を切り取ったものと考えられ、裏には短い説明も印刷されています。

「秋味三平」という著者名は、いかにも水産関係者が使いそうなペンネームです。

写真前列中央の和田健三は1901年の北海道水産試験場発足時に水産課長兼務で初代場長となりますが、写真の左隣りの野澤俊次郎とともに、当時の北海道における水産重要種の漁期、漁場、漁具漁法、製造、経済、漁獲統計から魚類目録に至るまで、水産に関する初めての総合的な報告書「北海道水産豫察調査報告（1892年北海道庁内務部水産課から出版）」をまとめています。野澤俊次郎は北水試の前身である、高島村弁天島（現在の小樽市）に1897年に設置された「水産調査所」の初代所長でもありました。なお、写真の中列右端の藤村信吉が二代目場長です。

「本道の水産行政は此人々によりて基礎を築かれたことを思ふ時感謝と尊敬の念を生ずる次第である。」との説明文は我々北海道の水産試験研究機関に携わるものにとっても同感です。

この写真の出所については、未だ不明のままです。特徴的なペンネームでもあり、今後どなたかが発見してくだされればと期待しています。

（よしだひでお　中央水試副場長

報文番号 B2301）

各水試発トピックス

ナマコ放流追跡調査始まる！

近年の主に中国輸出向けナマコ単価の高騰により、各地でナマコの漁獲量が急増しています。このような中で、北海道ではナマコ資源の維持・増大を図るため、2007年度から奥尻町をモデル海域として､ナマコ資源増大推進事業を開始しました。2007～2009年に毎年平均体長５㎜の種苗100万個体を北海道栽培漁業振興公社へ委託して生産し、翌年６～７月まで檜山管内で中間育成した後、平均体長15㎜、50万個体の稚ナマコを奥尻町沖に放流することを目標にしています。

2007年度には、特に天然の稚ナマコはどこに分布しているのか(稚ナマコの分布場所≒放流適地)という点に注目し、水深約15mまでの範囲で潜水調査を行いました。その結果、稚ナマコは主に水深約10m以浅の転石（直径20㎝程度の丸い石）の下に分布しており、水深約５ｍ地点で最小のナマコ(体長約15㎜、 全重量0.2g)が採集されました。その他の条件(底質、静穏性など)も考慮し、2008年度の放流区を奥尻町北部の水深５ｍとしました。

2007年度には北海道栽培漁業振興公社において、計画通り平均体長５㎜の種苗100万個体が生産され、12月に奥尻町と熊石町において陸上で中間育成が開始されました。その後、2008年の６月には、平均体長15㎜の放流種苗、約10万個体を生産することが出来ました。大量の放流種苗を安定して生産するにはまだまだ課題が多いですが、このサイズと数量を１カ所に放流し追跡調査を行うのは全国でも最大規模の試みです。

2008年の６月17日には、ひやま漁協奥尻支所、同潜水部会、奥尻町、奥尻地区水産技術普及指導所、檜山支庁等の協力を得て、選定した放流区にナマコの種苗を放流しました。放流区の範囲は10ｍ×10mとし、出来るだけ均一な密度になるようビニール袋を用い、潜水によりゆっくりと海底へ放流しました(写真１、写真２)。放流初期の種苗の逸散を抑えるため､防風ネットで覆った区画や、シェルター（カキ殻を網で包んだもの）を設置した区画も設定しました。

今後、放流区及びその周辺の区域で、ナマコ種苗の密度、成長の推移等を定期的に調べ、放流約３年後にどの程度漁獲に結びつくかで放流効果を明らかにしていく予定です。中国で最高級品といわれる北海道のナマコ資源をつくり育てていくため、浜の皆さんと情報交換しながら、調査を進めていきたいと思います。

（赤池章一・吉田秀嗣　函館水試調査研究部）



写真１　ダイバーによるナマコ種苗の放流

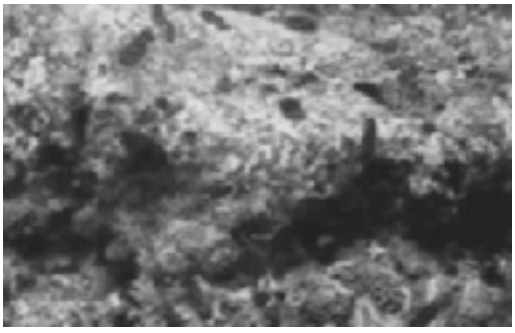


写真２　放流直後のナマコ種苗

各水試発トピックス

タラバガニの種苗生産試験始めます

タラ（鱈）の漁場にいるから「タラバ」ガニ。名前に「カニ」と付きますし、甲羅も扁平で左右に広い、いわゆるカニ型をしていますが、分類的には真性のカニ類（短尾類）ではなく、ヤドカリの仲間（異尾類）です。食材の宝庫、北海道を代表する味覚の一つで、ケガニやズワイガニ等と並び、これを楽しみに道外から観光に訪れる人も多いのではないでしょうか。ですが、このタラバガニ、「高嶺の花」になりつつあります…。

タラバガニの道内漁獲量は、ピーク時の昭和30年代中頃には１万トンを超えていました。しかし、200海里体制による漁場の縮小や沿岸資源の減少などから、近年は100～200トン台。世界的にも漁獲量は減少しており、ロシアからの輸入も激減しています。そのため単価が急騰し、輸入に頼らない積極的な資源増大への取り組みを求める機運が高まってきています。

問題解決の端緒として、栽培水産試験場では、生産増大の基礎となる種苗生産技術の確立を図るため、新規事業「タラバガニ種苗生産技術確立事業」を実施することになりました。

ところで、冷たい海に生息する甲殻類の栽培漁業に関する取り組みは、基礎研究に留まっているのが現状です。漁獲サイズまで成長するのに長期間要することに加え、脱皮という特有の成長様式のため有効な標識がなく、放流効果を評価しにくいことが一因です。タラバガニについても、昭和の時代に技術開発が行われ、稚ガニの生産には成功したものの、その後の展開なしに休止されています。試験休止から20年。水産試験場にはタラバガニの飼育や種苗生産を手掛けた経験のある職員がいなくなってしまいました。

本事業では、天然抱卵ガニを使用して稚ガニを生産する「種苗生産技術確立試験」と、陸上水槽で親ガニを飼育し、成熟－交尾－産卵・抱卵させる「人工繁殖試験」を行う計画ですが、先ずは、どの様に輸送すれば良いのか？飼育管理上の注意点は何か？何をどの程度食べるのか？等々、飼育経験者の方々から直接お話を伺ったり、生態や先行事例、近縁種に関する知見に当たることから開始しました。とは言え、目や耳からの知識だけで、実際にはとまどうことも多く、試行錯誤しながら親ガニ飼育を始めています。現在、水温を5.5℃および10～11℃に設定し、餌として魚類、二枚貝、イカ、甲殻類、ウニ、ヒトデ等々を与えています。今のところ、いずれの水温においても活発に摂餌していますが(好き嫌いはあるようです)、成熟や卵にとってどうなのか？といった問題は、これから先、飼育を続けないと何ともいえません。タラバガニは成長が遅く、抱卵期間も約１年と長いため、一つの結果を出すにも時間がかかりそうです。

（田村亮一　栽培水試生産技術部）



写真　飼育中のタラバガニ（ハタハタを摂餌中）

各水試発トピックス

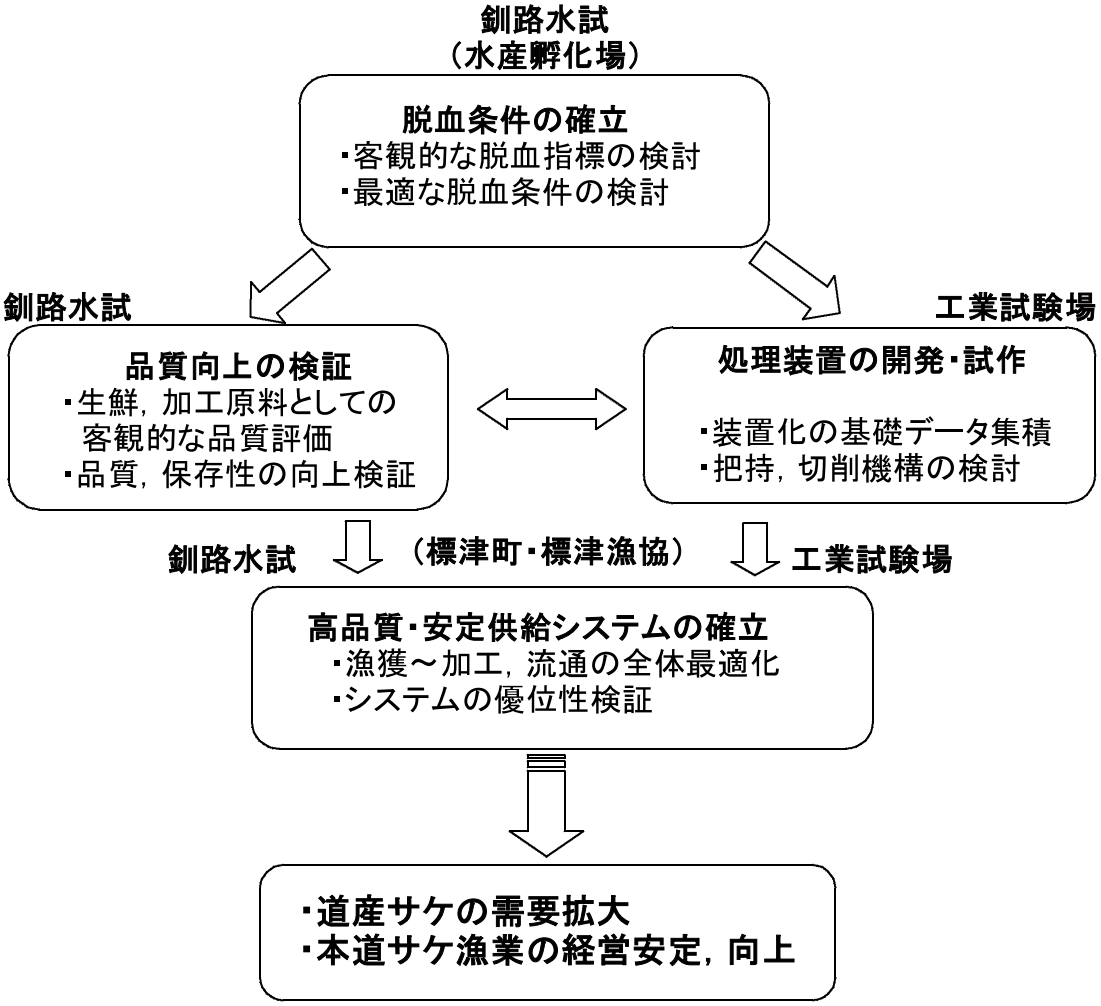
脱血による道産サケの品質向上技術の研究がスタート

我々の食卓に上る畜肉は、脱血工程を経て各種製品となります。魚でも、養殖魚の一部やマグロ等では、漁獲直後の活きた状態で脱血処理を行っているものがあります。これは、血液が肉の中に残っていると、生臭みの発生や肉色が悪化する原因となるからです。

北海道のサケ漁業は、漁獲量が15万トン、金額では400億円に達し、加工品製造業から漁網、施氷等の資材や流通まで多くの産業が関連する重要な漁業となっています。

そこで、漁獲地の優位性を発揮できる「脱血処理」に着目した道産サケの高品質化技術の開発を釧路水試と工業試験場の共同研究として2008年度から３カ年の計画でスタートさせました。

この研究では、脱血処理によるサケの生鮮および加工品原料としての品質的優位性を科学的に検証するとともに、船上で効率的に脱血処理を行える装置を開発し、消費者に品質の良い道産サケを安定的に供給するシステムの確立を目指すことにしています。



（辻　浩司　釧路水試加工部）

各水試発トピックス

「魚に触れよう　－中央水試一般公開－」

例年、この時期に開催しています中央水産試験場の一般公開を８月１日(金)に開催しました。

開催当日は、天候にも恵まれて気温もぐんぐん上昇し、暑い一日となりました。

今年は、水試で行っている試験・研究についての紹介やパネル展示に加え､「海藻を使ってお絵かきしよう」や「ペットボトルを使った浮沈子作り」などの体験コーナーも実施しました。また、魚に親しむことを目的としたタッチプールやカニ釣りなどのコーナーもチビッコ達に大人気でした。

毎年､好評のサキイカの試作実演や地びき網の体験も行列ができるほどの人気でした。

この日は、ほとんどの小学校が夏休みに入っているため､町内外からたくさんの小学生が集まり、普段は静かな試験場内に一日中、子供達の歓声が響いていました。

(中央水試企画情報室)



海藻でお絵かき



みんなで引っ張れ～

「2008サイエンス・パーク開催」

８月５日(火)午前10時から札幌市内にあるサッポロファクトリーで「2008サイエンス・パーク」が開催されました。

これは北海道と独立行政法人科学技術振興機構(JST)が共催して、一般道民の方々に科学技術を身近に体験してもらい、科学に親しんでもらうことを目的に毎年、夏休みのこの時期に実施しているイベントです。

このイベントには、中央水産試験場をはじめ17の道立試験研究機関に加えて、北電や北ガス等の参加機関も併せて23機関が集まりました。

各機関の PR ブースでは､日頃の研究成果の紹介､発表やパネル展示が行われました。

また、中央水産試験場は、体験コーナとして参加し､「イカの解剖に挑戦してみよう！」と題し、スルメイカの解剖を行いました。佐藤講師の説明を受けて、イカの解剖が初めての子供達は、真剣に取組んでいました。

(中央水試企画情報室)



体験コーナーのようす



イカの解剖に挑戦中！

編集　北海道立中央水産試験場図書出版委員会

委員長　吉田　英雄

委　員　鳥澤　　雅　田中　伊織　名畑　進一　山内　繁樹

大堀　忠志　西内　修一　鉢呂　昌弘

事務局　新井　雅博　畑谷　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

北海道立栽培水産試験場
051－0013　室蘭市舟見町1－156－3
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１－１－１
電話　0152（43）4591
FAX　0152（43）4593

北海道立網走水産試験場加工利用部
094－0011　紋別市港町７－８－５
電話　01582（3）3266
FAX　01582（3）3352

北海道立稚内水産試験場
097－0001　稚内市末広４－５－15
電話　0162（32）7177
FAX　0162（32）7171

北水試だより　第77号

平成21年２月27日発行

編集・発行　北海道立中央水産試験場
ホームページアドレス　http://www.fishexp.pref.hokkaido.jp/
印刷　岩橋印刷株式会社