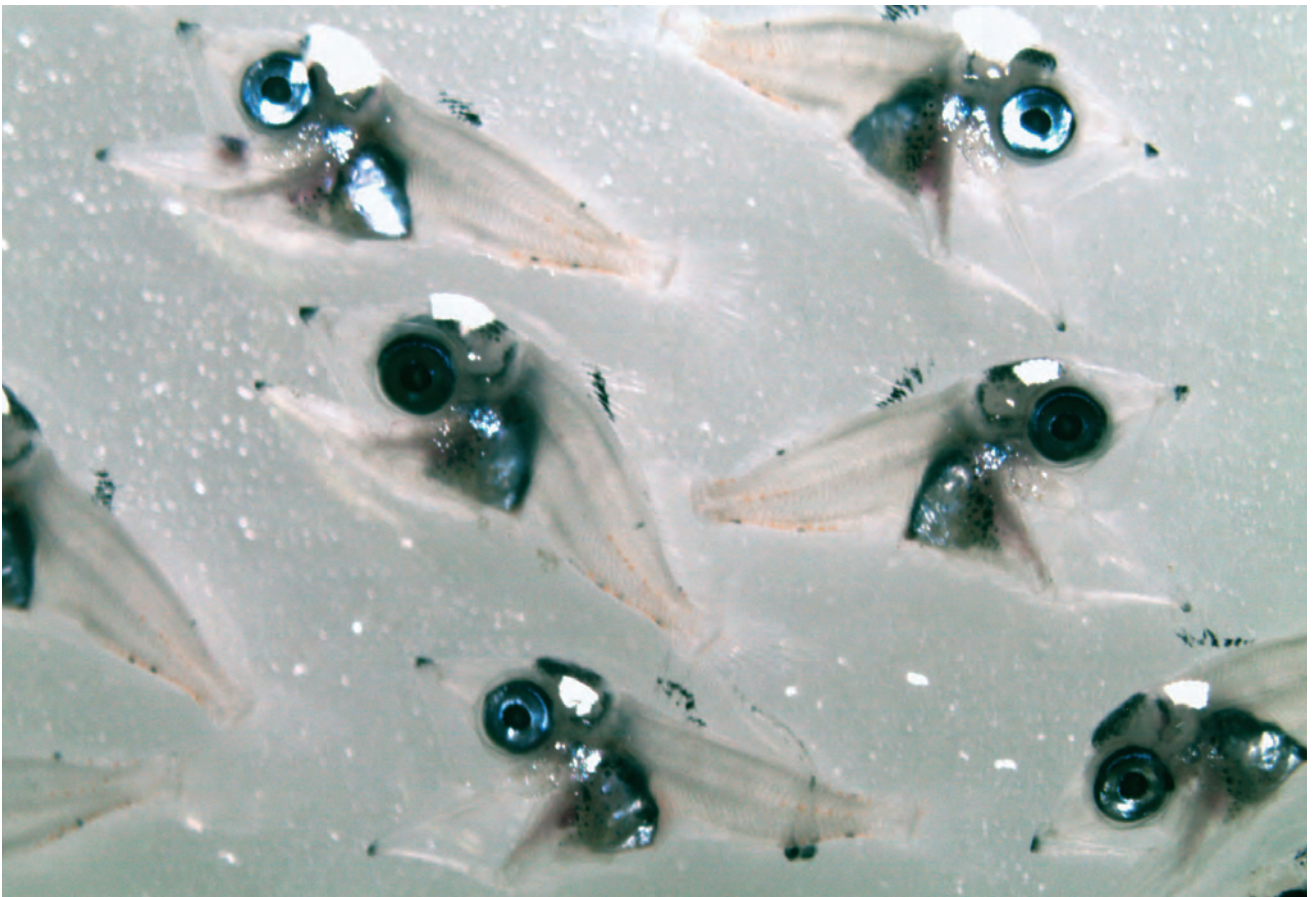


日本海

リサーチ & トピックス

2015年 8月 第17号



日本海で捕らえたクロマグロの仔魚

- ドライマーキング法によるサケの耳石標識の試み
- 日本海で採集されたクロマグロ仔魚の餌生物
- 日本海沿岸の砂浜の立地環境と汀線域の二枚貝の分布

編集 日本海区水産研究所



国立研究開発法人
水産総合研究センター

目 次

ドライマーキング法によるサケの耳石標識の試み 飯田真也（資源管理部・さけます調査普及グループ）	3
日本海で採集されたクロマグロ仔魚の餌生物 森本晴之・井口直樹・児玉武稔（資源環境部生物生産グループ）	7
日本海沿岸の砂浜の立地環境と汀線域の二枚貝の分布 高田宜武（資源生産部生産環境グループ） 梶原直人（瀬戸内海区水産研究所生産環境部藻場・干潟グループ）	10
Topics 漁業調査船みずほ丸が気象庁から感謝状を授与	14

表紙の解説

日本海で捕らえたクロマグロの仔魚

写真撮影 長田暁子（元国際水産資源研究所 くろまぐろ資源部 くろまぐろ生物グループ）

このクロマグロの仔魚は、ふ化後12-14日、体長5-7mmで、2013年7月に島根県隠岐諸島の西側で採捕されました。この時期は、まだ骨格や鰭など体の構造が未完成で、天然海域においては減耗が最も大きいと考えられています。そのため、仔魚期の分布や餌料環境を把握して、減耗要因を解析することは、クロマグロの資源動向を探る上でとても重要な調査となっています。

ドライマーキング法による サケの耳石標識の試み

飯田真也（資源管理部・さけます調査普及グループ）

【はじめに】

魚類の頭部には、バランス感覚に寄与する器官、耳石が存在する（図1）。サケ属魚類の耳石には、水温などの環境変化によって含有するカルシウムとタンパク質層の厚さに差異が生じ、リングと呼ばれる微細な輪紋が形成される特性がある。この性質を利用し、規則的な環境変化を与えることで耳石に識別可能なバーコード状のマークを付ける標識、温度標識法（Volk et al. 1999）およびドライマーキング法（Rogatnykh et al. 2001）が開発され、現在、サケ *Oncorhynchus keta* に用いられる標識の中心的な役割を担っている。

温度標識法とは、卵を管理する水の温度を周期的に変化させ、その温度変化に応じたマークを作る方法である。集約的な管理を行う卵期に施すため、1度に数百万規模の標識魚を生産することが出来る。温度標識は、水温パターンに応じた多様なマークを安全に施すことが可能であり、日本を含む北太平洋の溯河性魚類の系群の保存のための条約加盟各国で広く活用されている。ただし、温度標識に必要となる水温変化を与える熱交換器や電気代を主体とする運営費は高額となることから、我が国における温度標識の利用は、試験研究を目的としたふ化場に限定されている。よって、サケの総放流数に占める温度標識を施した個体の割合は、およそ15%に過ぎない。

ドライマーキング法とは、断熱材により卵を管理して水槽内の温度と湿度の変化を少なくした上で、水槽の水を抜いて卵を空气中へ露出し、その環境変化に応じたリングを作る方法である。例えば、卵を定期的に3回露出した場合、耳石には3本のリングが等間隔に形成される（図2）。ドラ

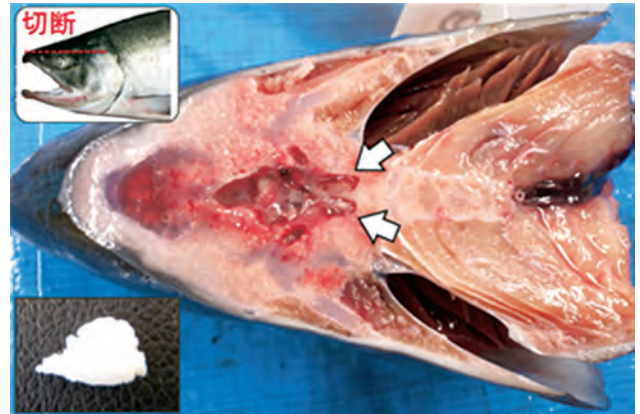


図1 サケ成魚における耳石の位置（矢印）と耳石
硬骨魚類には、扁平石、星状石、礫石と3対の耳石がある。観察には最も大きい扁平石（大きさは米粒程度、左下枠）を用いる。耳石を採取するには、目の上で頭部を切断し（左上枠）、小脳の下部周辺を観察する。

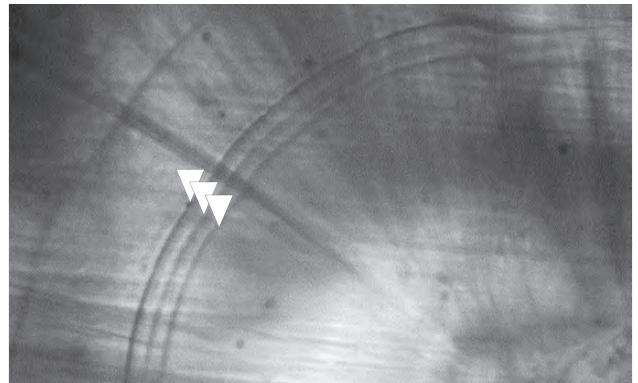


図2 ロシアVILUYSKY ふ化場において、ギンザケに施したドライマーキングの顕微鏡画像
卵を24時間の間隔で3回露出させ、3本のリング（三角印）を等間隔に形成させた。（NPAFC HP; <http://wgosm.npafc.org/MarkSummary.asp?mid=RU02-18>を改変）。

イマーキングは、温度標識と同様、自由度の高い標識を大量に生産することが可能であるが、特別な装置や運営費を必要とせず、温度標識に比べ極めて省コストである。なお、ドライマーキングを

行ったことにより卵の生残を低下させるような影響がないことも確認されている。このように、ドライマーキングは標識として非常に強力なツールであるものの、現在、ロシアでのみ実用化され、他国での実用化は困難と考えられてきた（浦和2001）。そこで、筆者らは、ドライマーキングの日本での実用化に向けて技術的問題を解消し、ドライマーキングを行う適切な条件を明らかにするため、環境条件の異なる2つのふ化場で実験を行った。今回は、その概要を紹介する。

【ドライマーキングの試行】

試験は、北海道区水産研究所千歳さけます事業所（以下、千歳）と新潟県三面川ふ化場（以下、三面）で行った。卵を管理する水温は、千歳では8.5℃、三面では12.7℃ではほぼ一定に推移した。両所において、プラスチックコンテナを断熱材で覆った水槽（収容内寸320mm×360mm×250mm）を用意し、自河川へ遡上したサケ親魚を由来とする発眼卵を2万粒ずつ収容した。卵を収容後、各水槽への注水を24時間の間隔で2回停止、72時間の注水期間を経て再び12時間の間隔で2回停止し、卵を空气中へ露出した（図3）。この作業によって、太い2本のリングが集合したバンド、続いて細い2本のリングが集合したバンドを持つ標識を施すことを試みた。標識期間中、水槽内の温度と相対湿度（ある温度の気体中の水蒸気圧とその気体の飽和蒸気圧との比率）および実験室温をデータロガーにより観測した（図4）。標識作業終了後、約350粒の卵を無作為に抽出し、稚魚になるまで飼育した。各区120個体の標識を常法（高橋 2006）に従って確認し、以下の基準に沿って品質を評価した。

- a：太いリングと細いリングの両方が鮮明なもの（図5 a）
- b：太いリングは鮮明だが細いリングは付かなかったもの（図5 b）
- c：両方のリングが不鮮明、もしくは全く標識が確認出来ないもの（図5 c）

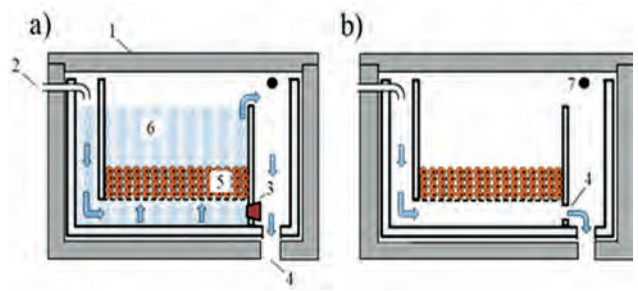


図3 ドライマーキングを施すための作業手順
a) 卵を管理する水槽へ注水する。b) 排水栓を抜くことで水槽への注水を停止し、卵を大気中へ露出する。本研究では、a) と b) を24時間の間隔で2回、12時間の間隔で2回繰り返した。1. 断熱材, 2. 注水管, 3. 排水栓, 4. 排水口, 5. 発眼卵, 6. 水槽水, 7. 温度・相対湿度データロガー。青矢印は水の流れを示す。

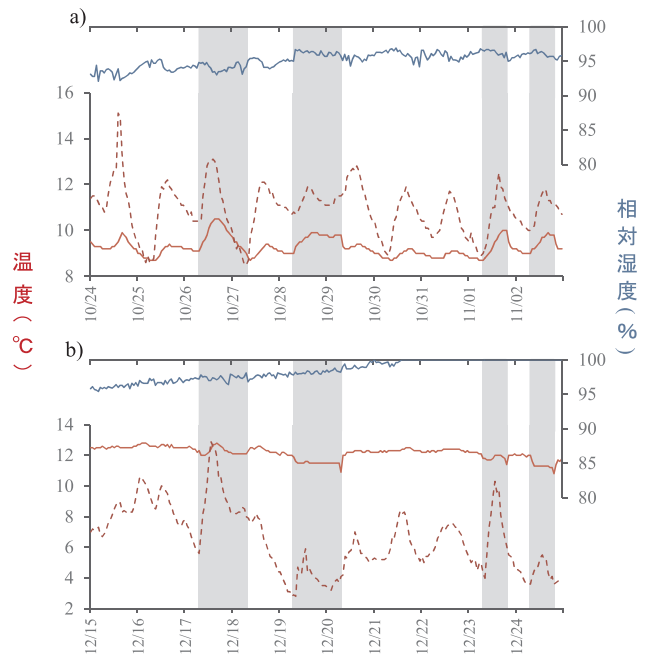


図4 標識期間における温度および湿度の変化（a；千歳，b；三面）
赤い実線および破線は、それぞれ水槽内および実験室の温度(左軸)を、青い実線は相対湿度（右軸）を示す。灰色の領域は露出期間を表す。

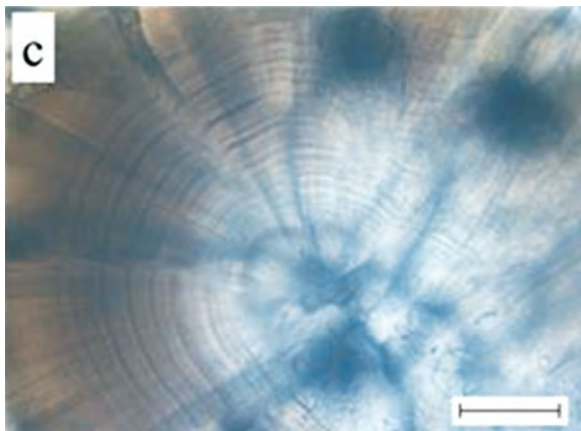
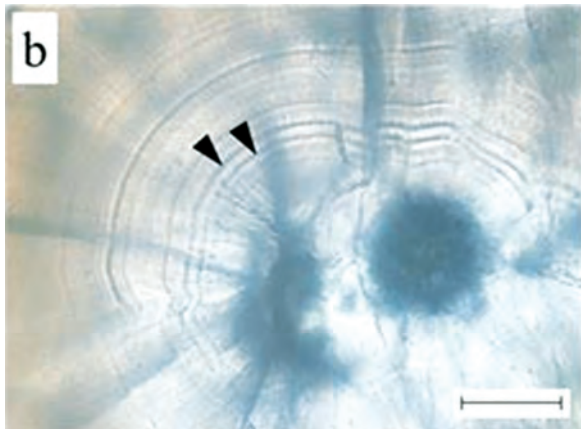
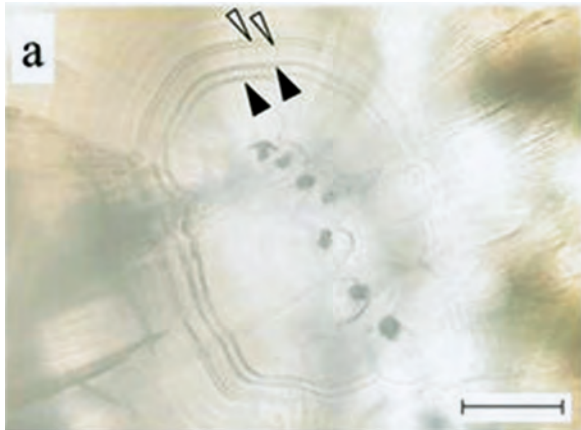


図5 サケの卵に施したドライマーキングの顕微鏡画像。黒い三角は太いリング，白い三角は細いリングを示す（本文参照）。a) 両方が鮮明なもの b) 太いリングは鮮明だが，細いリングは付かなかったもの， c) 両方が不鮮明，もしくは全く標識が確認出来ないもの。目盛尺は50 μ mを示す。

標識の品質を評価した結果を図6に示した。千歳では，評価aは70.8%，評価bおよびcはそれぞれ27.5，1.7%だった。三面では，評価aは存在せず，評価bおよびcはそれぞれ13.3，86.7%だった。評価aを示した割合は，三面に比べ千歳の方が有意に高かった（Mann-Whitey's U-test,

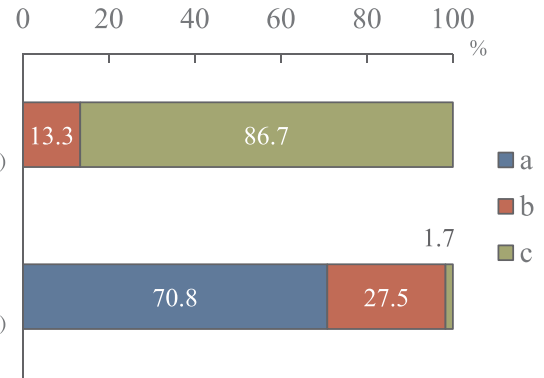


図6 千歳および三面におけるドライマーキングの品質構成（査定基準 a-c は図5参照）

$P < 0.01$ ）。本研究では，千歳の7割に意図したマークを施すことに成功したものの，三面では全てが失敗した結果となった。

【ドライマーキングに適した環境条件の検証】

Rogatnykh et al. (2000) は，ドライマーキングを施す卵に対して温度変化を極力与えないように注意を促している。卵を露出する刺激以外の温度変化によるリングの形成を防ぐためである。それゆえ，ドライマーキングを行う水槽は断熱材で覆うことを推奨している。本研究における水槽内の温度は，千歳では平均 $9.2 \pm 0.4^\circ\text{C}$ ，三面では平均 $12.2 \pm 0.4^\circ\text{C}$ と，両者ともにほぼ一定に推移し（図4），Rogatnykh et al. (2000) が提唱する条件を逸脱しなかった。しかし，その標識成功率は千歳に比べて三面が著しく低い結果となった（図6）。この要因の一つとして，湿度が千歳は平均 $95.2 \pm 1.1\%$ であったが（図4 a），三面では平均 $98.4 \pm 1.4\%$ と千歳に比べ高く，作業の後半にはほぼ飽和状態に達したことから（図4 b），露出した卵が過剰に保湿され，水中に存在した時と同様の生理状態となり，リングの形成に至らなかった可能性が考えられた。ロシアでドライマーキングを行う水槽内の湿度は明らかでないが，当地の気温は低く，水温が $1-4^\circ\text{C}$ 前後と低温であることを踏まえると，ドライマーキングは比較的低い湿度を有する水槽で実施されている可能性が高い。ドライマーキングによる鮮明な標識を施すための条件の一つとして，卵を露出した水槽内の湿度を概ね95%以下に留めることが考えられた。

【おわりに】

日本の多湿な環境では、ドライマーキングを行う水槽内の僅かな湿度の差が標識の鮮明度に影響を及ぼす可能性があり、水槽内の湿度管理が重要になると考えられた。また、本研究において最も高い標識成功率も70%に留まっており、温度標識のそれはほぼ100%であることを踏まえれば、より成功率を高める技術を開発する必要がある。例えば、サケ属魚類に関しては、生息環境の明度を人為的に変化させることで、リングの形成が誘発されることが確認されており (Brothers 1990)、露出した卵にLEDライトを照射することでドライマーキングの精度が向上する可能性がある。しかし、今回の実験ではドライマーキングを確実に施す湿度の範囲や、卵の露出と明度の変化を同時に与えた場合の標識精度を明らかに出来なかったため、湿度や温度および明度を制御した環境で再検証を行う必要がある。

【引用文献】

- Brothers, E. B. (1990) Otolith marking. American Fisheries Society Symposium, 7, 183-202.
- 飯田真也 宮内康行 小倉康弘 江田幸玄 片山知史 (2015) Dry markingによるサケ発眼卵への耳石標識の検討. 日水誌, 81, 725-727.
- Rogatnykh, A., E. Akinicheva and B. Safronov (2001) The dry method of otolith mass marking. NPAFC Tech. Rep., 3, 3-5.
- 高橋昌也 (2006) 耳石温度標識技術を用いたサケ・マス類の標識放流と調査研究. 養殖, 542, 82-85.
- Volk EC, Schroder SL, Grimm JJ. Otolith thermal marking. Fish. Res. 1999; 43: 205-219.
- 浦和茂彦 (2001) さけ・ます類の耳石標識：技術と応用. さけ・ます資源管理センターニュース, 7, 3-11.

日本海で採集された クロマグロ仔魚の餌生物

森本晴之・井口直樹・児玉武稔
(資源環境部生物生産グループ)

【はじめに】

太平洋クロマグロ (*Thunnus orientalis*) の産卵場は、太平洋 (南西諸島周辺) と日本海に形成されることが知られている。クロマグロの資源変動におよぼす環境の影響を解明するためには、卵稚仔の分布や発生初期の餌生物に関する情報が必要であるが、日本海において仔魚の分布調査が実施されることは少なかった。そこで、2011～2013年に日本海において水産総合研究センター、関係各県 (石川県・鳥取県・島根県・山口県) 及び水産大学校等が連携を取りつつ大規模なクロマグロ仔魚分布調査を水産庁委託事業国際資源評価等推進事業により実施した。本報告では、3カ年の調査からクロマグロの主産卵場であると考えられた隠岐～能登海域 (水産庁 2014, 図1) で得られた調査データを用いて、産卵場におけるクロマグロ仔魚の餌生物について述べる。

【調査方法】

2011～2013年7月中～下旬に隠岐～能登海域において49定点を設定し (図2), 2011年は俊鷹丸 (国際水産資源研究所所属漁業調査船, 887トン), 2012, 2013年は照洋丸 (水産庁所属元漁業調査船, 2,214トン) によってクロマグロ仔魚及び動物プランクトン採集を実施した。クロマグロ仔魚については、目合い0.33mm, 口径2mのリングネットを用いて夜間に表層10分水平曳きにより採集した。採集したクロマグロ仔魚の胃内容物に含まれる動物プランクトンの種類を顕微鏡下で査定した。動物プランクトンについては、目合い0.06mm及び0.10mmの改良型ノルパックネット (LNP) を用いて、それぞれ0-50m, 0-200m鉛直曳きに

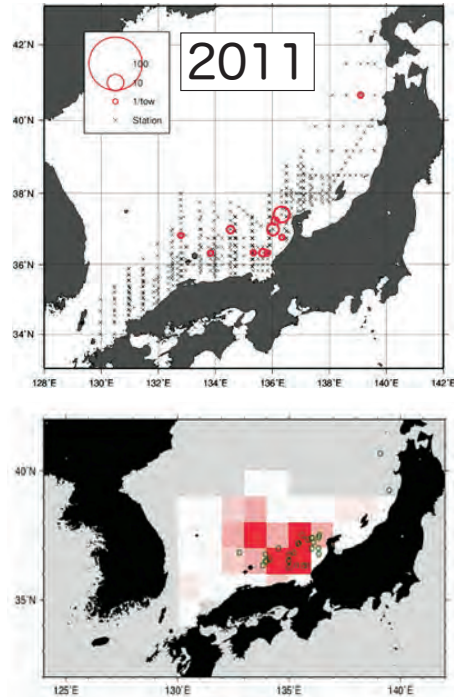


図1 日本海におけるクロマグロ仔魚分布調査海域と採集地点

(上) 日本海における2011年のクロマグロ仔魚分布調査定点 (調査定点の配置は年によって異なる) ×印は採集されなかった定点, 赤丸は仔魚が採集された地点。
(下) 日本海におけるクロマグロの産卵推定域と仔魚採集地点 (2011～2013年4～8月の結果を集計) (水産庁2014) 赤色が濃いほど産卵場の可能性が高い。緑丸は仔魚が採集された地点。

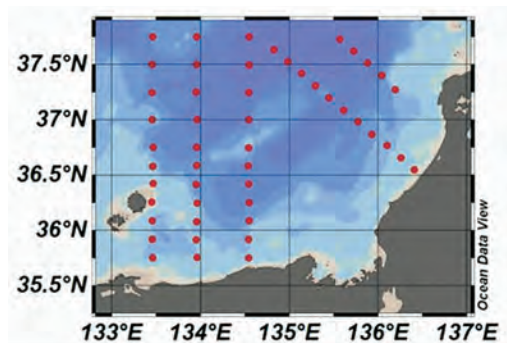


図2 隠岐～能登海域におけるクロマグロ仔魚及び動物プランクトンの採集地点

よって採集した。目合い0.06mmLNPの採集サンプルについてはカイアシ類ノープリウス幼生の査定を、目合い0.10mmLNPの採集サンプルについては動物プランクトン全般の査定を行った。

【クロマグロ仔魚の餌生物の種類と海域における分布状況】

クロマグロ仔魚は2011年に26個体が、2012年に2個体が、2013年に37個体が採集された。計65個体の胃内容物を調べたところ、53個体は空胃で、残る12個体に胃内容物が認められた。この胃内容物のうち、属まで査定できた生物は、枝角類の成体とカイアシ類のノープリウス幼生で、これらが餌になっていることが明らかになった。それぞれの属の個体数が査定した全個体数に占める割合は以下のとおりである。枝角類*Podon*属 (73%), *Evadne*属 (12%), カイアシ類*Paracalanus*属 (12%), *Oithona*属 (3%)。ただし、カイアシ類2属は査定不能な他の属も含む (以下、タイプと称する)。

胃内容物を海中の種組成と比較してみよう。ノルパックネットで調査海域から採集した動物プランクトンの成体のうち、枝角類は総個体数の2~6%を占めるに過ぎない (図3)。しかも、その枝角類のうち、胃内容物に多かった*Podon*属及び*Evadne*属の枝角類全体に占める割合はそれぞれ3~10%, 12~37%なのである (図4のa)。なお、採集個体数が多いのは、3調査年とも多い順に、カイアシ類、尾虫類、枝角類、ヤムシ類、貝形類、端脚類及びオキアミ類であった。

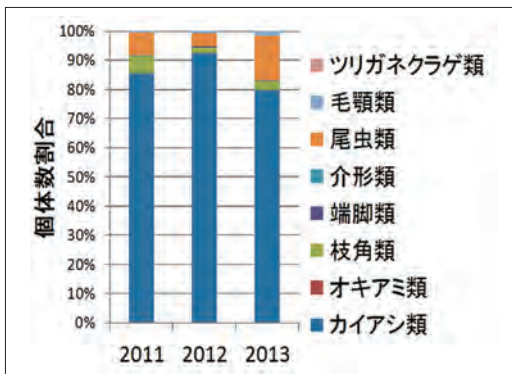


図3 調査海域に出現した動物プランクトン成体の種類別の出現個体数割合

一方、クロマグロ仔魚の餌となるカイアシ類ノープリウス幼生の調査海域における個体数割合をみると、*Paracalanus*タイプ、*Oithona*タイプ及び*Microsetella*タイプが、ノープリウス幼生出現個体数全体のそれぞれ21~28%, 30~45%, 21~44%を占めた (図4のb)。これら3タイプのノープリウス幼生の調査海域における分布水準は同レベルと考えられるものの、仔魚は前2者のみを摂餌していた。

これらから、クロマグロ仔魚は、海中の捕食可能な動物プランクトンをすべて捕食するのではなく、何らかの理由で選択的に捕食していたと考えられた。

また、枝角類は、南西諸島海域のクロマグロ仔魚では胃内容物中の個体数割合が3%とほとんど摂餌されておらず (魚谷ほか 1990)、太平洋では重要な餌になっていないが、日本海ではクロマグロ仔魚にとって重要な餌となっている可能性が高い。

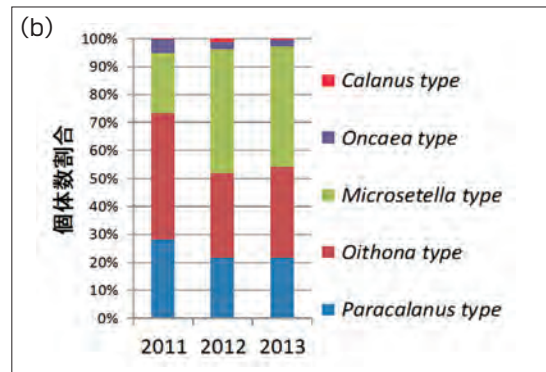
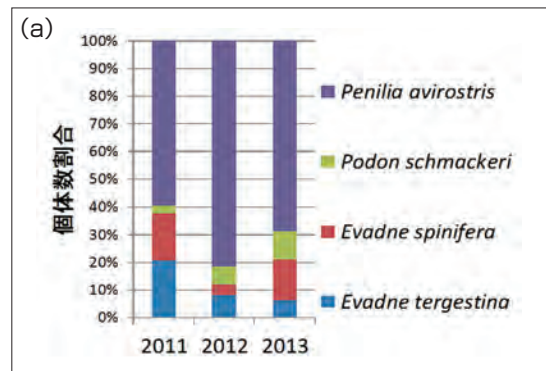


図4 調査海域に出現した枝角類成体 (a) 及びカイアシ類ノープリウス幼生 (b) の種類別の出現個体数割合

【餌生物の個体数密度の年変動】

次に、クロマグロ仔魚の採集尾数と餌生物の量との関係を考える。クロマグロ仔魚は2012年に2個体のみが採集され、2011年の26個体、2013年の37個体に比べて少なかった。クロマグロ仔魚に食べられていた*Podon*属及び*Evadne*属枝角類成体の調査海域内の個体数密度の合計値を見ると2012年の値は他の2年と比べて明らかに小さかった(図5のa)。同様にカイアシ類ノープリウス幼生においても、胃内容物から出現した*Paracalanus*タイプ及び*Oithona*タイプの密度は2012年に小さい(図5のb)。これらのことから、クロマグロ仔魚が選択的に捕食する餌生物について、2012年の調査海域内の個体数密度は、2011年及び2013年に比べて少ないことが推察される。この結果は、餌生物の多い・少ないがクロマグロ仔魚の分布、ひいては生残に影響を及ぼす可能性を示すものと考えられ、今後調査データを蓄積することで検証を進めていく予定である。

【おわりに】

今後、水産庁委託事業国際資源評価等推進事業によって、採集されたクロマグロ仔魚の耳石日輪が解析され、成長速度の海域差や年変動に関する情報が得られる予定である。今回収集した餌生物の密度及び分布海域に関するデータと組み合わせることにより、2011~2013年の日本海におけるクロマグロ加入量の変動要因を解明する手がかりが得られると考えられる。また、クロマグロ仔魚の胃内容物には顕微鏡下で査定出来ないものもかなり含まれているため、DNA分析技術を活用した手法を導入して餌生物の解明を進める計画である。

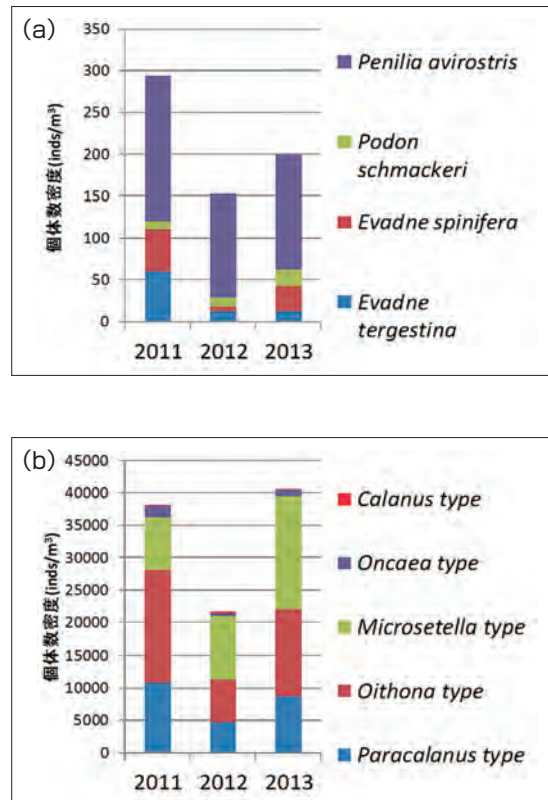


図5 調査海域に出現した枝角類成体 (a) 及びカイアシ類ノープリウス幼生 (b) の種類別の平均個体数密度の年変動

【引用文献】

水産庁, 2014:「太平洋クロマグロ産卵場調査」の結果について. プレスリリース (5月16日).

魚谷逸朗, 斎藤 勉, 平沼勝男, 西川康夫, 1990: 北西太平洋産クロマグロ *Thunnus thynnus* 仔魚の食性. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 56 (5), 713-717.

日本海沿岸の砂浜の立地環境と 汀線域の二枚貝の分布

高田宜武（資源生産部生産環境グループ）

梶原直人（瀬戸内海区水産研究所生産環境部藻場・干潟グループ）

【はじめに】

本州日本海沿岸は、山口県彦島から青森県龍飛崎まで直線距離にして1,165km、北緯33.9度から41.3度までの広大な領域を占める。海岸線には砂浜と岩礁が交互に連続し、河口や港等の人工構造物が点在している。これらの砂浜の沿岸域は、植物プランクトン等の光合成による有機物生産が活発であり、種々の稚魚や渡り鳥の重要な索餌場として機能する一方で、水産業・観光・防災等の様々な人間活動が活発に営まれている。こうした多面的な機能を持つ砂浜沿岸域を総合的かつ効果的に管理するためには、沿岸生物に関する現場での生息状況のデータが不可欠である。当研究所のある新潟市にも大小いくつかの砂浜があるが、近くの砂浜でも波打ち際（汀線域）の生物相が異なることがある。その理由は何なのか、砂浜の環境との関連性を考えたのが研究のきっかけの一つである。

【日本海沿岸環境の特徴】

本州日本海沿岸には800余りの砂浜海岸がある。それぞれの砂浜の環境と生息する生物の組成には、全体的に共通する特徴もあれば砂浜ごとに少しずつ異なる側面もある。

まず、共通する環境として日本海の気象・海流・潮汐の特徴が挙げられる（長沼，2000）。日本海沿岸の気象は、静穏な夏期と対照的に荒れる冬期という特徴をもつ。そのため、冬期は沖合から吹き寄せる季節風による強い波浪の影響を受け、沿岸の浅い海では海底の砂が波の影響で大きく攪拌される。沖合を北上する対馬海流が暖流なので、冬期に降雪が多く、春には雪解け水のため

に沿岸海水の塩分濃度が低下する。世界的には、欧州大西洋岸やアフリカ南部東岸など沖合を暖流が流れる地域はたくさんあるが、冬期に沖から岸に向けて強い風が吹くというのが日本海の特徴の一つである。

次に、日本海では潮汐による日々の潮位差が非常に小さく、しかも季節による潮位変動が日々の変動よりも大きい。月平均潮位は春に低いため、冬期に岩礁や人工護岸の汀線上部に繁茂した石灰藻が、春期には海水に浸る頻度が減って干上がる。やがて白化し帯状に枯死するために磯焼けと間違われることもあるのだが、この現象は程度の差があるものの例年見られることである。ただし、砂浜汀線域の生物は潮位の変動に合わせて生息場所を移動させているので、平均潮位の季節変動が生息に大きな影響を与えるとは考えられない。日々の潮位差は日本海側では0.3mしかなく、太平洋側では平均して1.5m程度もある。この違いのため日本海側には干潟が存在せず、太平洋側の海岸とは大きな構造上の相違をもたらす。砂質の海岸で潮位差が大きいと、砂と波の物理作用によって満潮線と干潮線の間に傾斜の緩やかな地形ができる。これが干潟である。しかし、日本海側では、海岸線に砂が堆積すると砂浜は形成されるが、潮位差が小さいため干潟が形成されない。

さらに潮流が弱く、河口域や内湾域での海水交換が弱いという特徴もある。世界的には潮位差の少ない海岸は珍しくなく、地中海、黒海、バルト海といった欧州、カリブ海とメキシコ湾、オーストラリア南西岸などがそうである。しかし、気象・海流・潮汐の条件を考慮にいと、日本海沿岸の環境はかなり特徴的であるといえる。

日本海沿岸に共通する特徴を概観したので、次は地域的な特徴を考えてみる。対馬海流は南西部の対馬海峡から日本海に流入し高緯度方向に流れるので、暖流の影響は日本海沿岸の北部ほど弱くなり、北部ほど沿岸の海水温が低下する傾向があると考えられる。

また、太平洋岸と日本海岸の海岸線を比べた場合、太平洋岸の海岸線は凸凹と入り組んでいるのに対し、日本海側は直線的に見える。海岸線がどの程度入り組んでいるか直線的かというのを数値で表すために、ボックスカウント法によるフラクタル次元を計算してみた。直線だとフラクタル次元の値は1となり、海岸線に湾や岬が増えて入り組むと値が増加し、極限まで入り組んで平面全体を埋め尽くすようなごちゃごちゃの線になると2に近づく。計算の結果は、最大が京都府の1.17で次が福井県、最小が佐渡島を除いた新潟県の0.99となった(図1)。理論的には1が最低値のはずなので、ボックスカウント法という計算方法の特性で、やや小さな値が推定されたようだ。ともあれ、新潟県の海岸線は直線的であり、小さな内湾が多い若狭湾沿岸の京都府と福井県は凸凹しているといえる。石川県以西の西部日本海各県では、鳥取県の1.01を除くと、1.09から1.17の比較的高い範囲におさまり、富山県以北の北部日本海各県が示す1.05より低い範囲とは重ならない。このように、鳥取県を除く西部日本海の海岸線は比較的複雑で、北部日本海各県の海岸線は平坦であるという地域差が、数値の上でも確かめられた。ちなみに、山口県瀬戸内側は1.19となり、日本海側のどの数値よりも高い値を示した。

さて、次は砂浜ごとの特徴的な環境を考えてみたい。現実的に野外で手軽に測定できる砂浜の環境変数は少なく、水温や塩分等の海水環境条件、波高等の海況条件と底質の粒度組成や浜の傾斜角度等の底質環境条件が主に利用されてきた。

そこで、砂浜の立地条件を環境変数

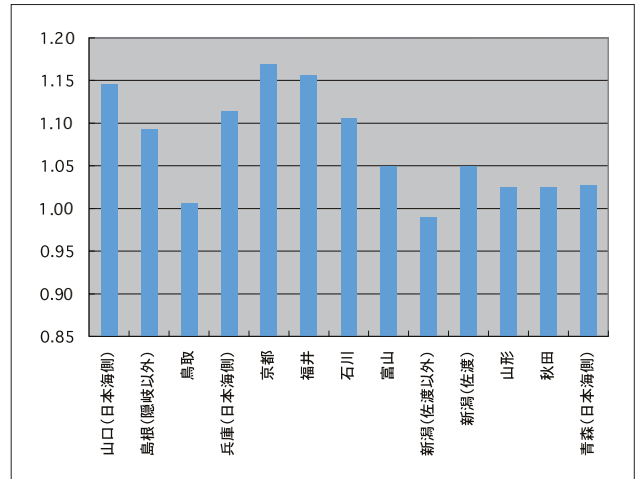


図1 日本海沿岸各県の海岸線のフラクタル次元ボックスカウント法による。数値が高いほど海岸線が複雑に入り組んでいることを表す。

として利用できないかと考えた。立地条件とは、砂浜に離岸堤や突堤のような人口構造物があるかどうか、後背地の土地利用はどうか、砂浜沖合の海底が遠浅か急深かどうか、といった地形的な条件である。近年整備の進んだGIS(地理情報システム)データのおかげで、このような変数が広範囲に利用可能となった。「砂浜の長さ」は地形的な立地条件を示す環境変数の一つだと考えられる(図2)。砂浜の長さで色分けして地図上に図示すると、長い砂浜は北部日本海沿岸に多く、西部では石川県と鳥取県に多い傾向が見てとれる。地域



図2 日本海沿岸に分布する砂浜を、その長さによって色分けしたものの緑色の濃い部分が長い砂浜、薄い部分が短い砂浜。

的に大きな傾向としては先のフラクタル次元の傾向と似ているが、北部日本海沿岸にも短い砂浜は存在するので、砂浜ごとの特徴をとらえるには、フラクタル次元よりも砂浜の長さが適しているかもしれない。

もう一つ、地形から導出できる重要な環境変数として、平均吹送距離がある (Burrows et al., 2008)。これは、海岸に寄せる風波の強さは風が海面を長く吹けば吹くほど強くなるという考えが基になっていて、沿岸生物の生息条件として重要だと考えられる波当たりの強さの指標となると考えられている。具体的には、海岸線上の一点から16方位に200kmまで直線を伸ばし、その直線が対岸の海岸線と交差したらその交点までの距離、交差しなければ200kmそのままの値の、16方位の平均値を求めるのである (図3)。湾奥の砂浜だと、短距離で直線が海岸線と交差するため、平均吹送距離が短くなるのである。このようにして、砂浜を特徴づける変数を求めてみた。

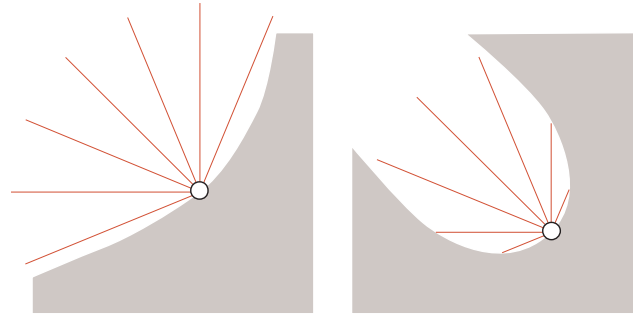


図3 平均吹送距離の求め方

砂浜から16方位に直線を伸ばし、200km以内で海岸線に当たるまでの距離を平均する。開放的な海岸 (左) より湾奥 (右) の方が平均吹送距離の値が小さくなる。

【砂浜汀線域の二枚貝類の分布】

生物の分布と環境要因の関係を解析した例として、二枚貝を取り上げる。本州日本海沿岸の59の砂浜の汀線域において、2009年から2012年までの夏期に二枚貝類の分布調査を行った。各砂浜において、寄せ波によって漂着物が堆積した打上げ帯から、水面下で引き波が砂を巻き上げてステップ

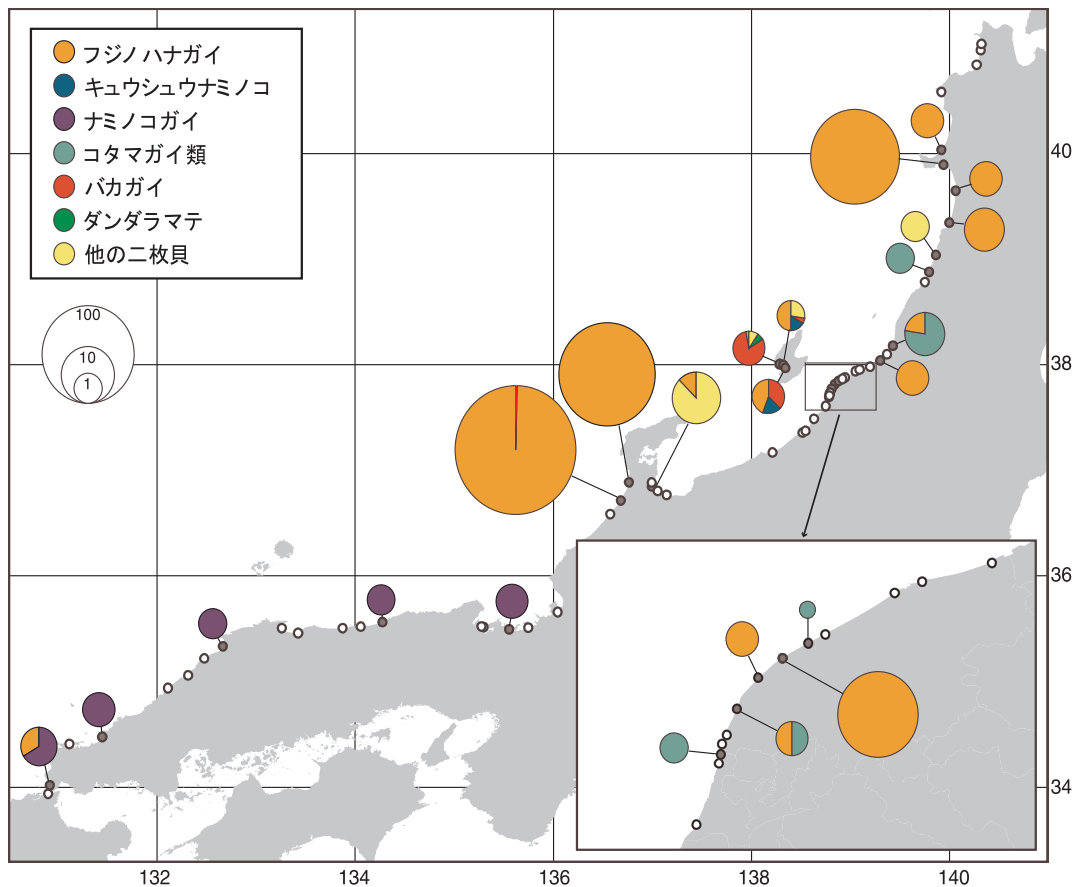


図4 砂浜の調査地点と各地点における二枚貝の出現種 (円の大きさは調査回数当たりの採集個体数) Takada et al., (2015) の原図を改変。

と呼ばれる海底の段差を形成する場所までの区域を汀線域とし、その区域で1 m間隔に直径10cmのコアサンプラーで深さ10cmまでの底質を採集、底質中に含まれる二枚貝類を同定し計数した。調査の結果、24地点より二枚貝が採集され、うち16地点でフジノハナガイが出現した(図4, 5)。得られた12種、664個体の二枚貝のうち、フジノハナガイが86.6%を占め最優占種であった。そこで、採集されたフジノハナガイの数と環境との間に関係が見られるかどうかを多変量の回帰分析をおこなって検討した。

その結果、本調査の範囲でフジノハナガイが数多く出現する浜は、汀線域および沖合の傾斜が緩く砂浜が長く海水の塩分濃度がやや低い浜という特徴があった。フジノハナガイの出現は北部に偏っており、海岸線の形状の違いから、平均吹送距離が重要な要因として選択されると期待したが、より単純に砂浜の地形を表す「砂浜の長さ」の影響が大きいという結果となった。「傾斜が緩い」浜とは、いわゆる遠浅の砂浜であり、良い海水浴場の立地条件でもある。また、「塩分濃度が低い」のは砂浜の近くに河口があり、流入してくる淡水によって沿岸海水の塩分濃度が少し薄められているためだと考えられる。河口部には人口の集中した市街地が形成されやすいことから、フジノハナガイが数多く出現する浜は、人間の目から見ると雄大で気持ちよく海水浴に行きやすい浜だといえるのかもしれない。

【おわりに】

砂浜汀線域の生物の生息状況は、砂浜の立地環境と関連が深いことがわかった。沿岸域の環境を規定する要因は複数あると考えられるので、多変量の解析となる。今回の例では砂浜単位という小さな地理的スケールの要因が貝の分布に影響を与



図5 フジノハナガイ

えているという結果となったが、水温やクロロフィル量のように大きな地域的スケールで変化する環境要因もある。回帰分析では、因果関係を直接証明することはできないが、本研究例のように検討すべき環境要因を抽出することができる。今後は因果関係の解明に向けて、時系列に沿ったデータの集積が必要であると考えられる。

なお本稿の一部は、Takada et al., (2015) にて発表された共同研究の成果の一部分である。

【引用文献】

- Burrows M. T., Harvey R., Robb L. 2008: Wave exposure indices from digital coastlines and the prediction of rocky shore community structure. *Marine Ecology Progress Series*, 353, 1-12.
- 長沼光亮 2000: 生物の生息環境としての日本海. *日水研報告*, 50, 1-42.
- Takada Y., Kajihara N., Abe S., Iseki T., Yagi Y., Sawada H., Saito H., Mochizuki S., Murakami T. 2015: Distribution of *Donax semigranosus* and other bivalves on sandy shore swash zones along the Japan Sea coast of Honshu. *Venus*, 73, 51-64.

漁業調査船みずほ丸が 気象庁から感謝状を授与

【みずほ丸に感謝状】

水産総合研究センター漁業調査船「みずほ丸」が、海上気象の観測通報に積極的に協力し、気象業務に寄与した功績により、気象庁から表彰されました。

これは、6月1日の「気象記念日」に気象関係業務に功績のあった者を気象庁長官が表彰するもので、2015年6月9日に開催された授与式（第140回気象記念日式典）には、水産総合研究センター宮原理事長が出席し、気象庁長官より感謝状と楯が贈呈されました。

なお、「みずほ丸」は、多年にわたり海洋の表層水温の観測通報に積極的に協力し気象業務に寄

与した功績により、平成20年にも感謝状を受けており、今回で2度目の受賞となります。

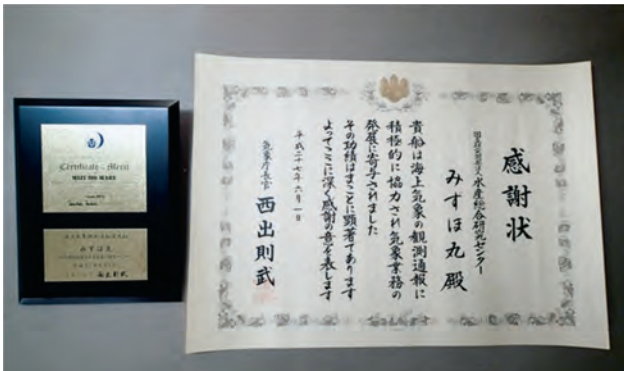
【海上での気象観測】

気象庁から提供される気象情報は、陸上だけに限りません。むしろ、海上の気象情報は、船舶の安全な運行のために欠かせない情報となります。しかし、海上には陸上のように多くの気象観測所はありません。そこで、航行している調査船や商船、漁船など様々な船舶での観測によって得られた気象データが予報に利用されているのです。

現在みずほ丸では、航海中、1日2回の気象観測値を漁業無線局経由で通報しています。また、海洋観測（CTD）によって得られた水温等のデータも衛星回線経由で、気象庁に通報しています。

【宮本船長の受賞の言葉】

通信長を始め、乗組員の日々の努力が認められ、うれしく思います。日本海では、船舶通航が少なく観測通報が貴重なデータとなっており、今後もできる限り貢献したい。気象情報は受ける一方だけでなく、情報発信と併せて行うべきであり、センター各船にも広がって行けば予報精度は更に上がっていくものと思われます。



7月10日、みずほ丸船内にて、日本海区水産研究所長からみずほ丸船長（左）へ感謝状と楯が手渡された



感謝状と楯を手にするみずほ丸乗組員

編集後記

このたび、異動により新たに本誌の編集を担当することとなりました。不慣れではありますが、できるだけわかりやすい紙面づくりをめざしていきたいと思っておりますので、どうぞよろしく申し上げます。

さて、今号では、平成25-26年度に発表された研究成果を紹介しました。

今や日本人の食卓に欠かせないサケとクロマグロですが、日本海に回帰するサケ資源は依然として低迷した状況が続いています。そのため、より効果的な放流手法を検討するために、今年度から水産庁の補助事業の一環として、民間ふ化場での標識放流調査が開始されました。また、太平洋クロマグロの資源は歴史的な低水準と言われており、日本海でも各地において漁業管理の強化が検討されています。

新潟に来て最も印象的だったのは、日本海に沈む夕陽の美しさです。近くの砂浜海岸から臨む景色にいつも癒やされています。しかしながら、新潟県の砂浜沿岸域は、人にとって憩いの場所となっている一方で、人間活動の影響により海岸浸食などが進んでいるそうです。砂浜域は多様な海洋生物の重要な生育場でもあります。日水研ではこうした砂浜域での環境変化が海洋生物にどう影響しているかを野外調査等により研究しています。

今回紹介した研究成果はほんの一端に過ぎませんが、こうした研究の積み重ねが漁業資源の回復に向けた取り組みにつながっていくことを期待しています。

最後に、みずほ丸が気象庁から感謝状を授与されました。近年、多くの調査船には自動観測装置が整備されているようですが、みずほ丸には沖合航海時でのインターネット環境が整備されていないため、毎日欠かさず、通信士らが気象測器を使って観測を行い、その結果を漁業無線で報告しています。こうした地道な取り組みが評価されたことに同じ水研センター職員としてとても誇りに思います。

本紙は年に2回（8月、3月）の発行を予定しています。本紙掲載内容や当水研に対するご意見・ご要望がありましたら、下記までお知らせ下さい。

（日本海区水産研究所業務推進課長）

発行：国立研究開発法人水産総合研究センター

編集：国立研究開発法人水産総合研究センター日本海区水産研究所
〒951-8121 新潟市中央区水道町1-5939-22
電話：025-228-0451(代) FAX：025-224-0950
<http://jsnfri.fra.affrc.go.jp/>