

島根県水産技術センター研究報告

第 6 号

平成 26 年 3 月

島根県水産技術センター

島根県水産技術センター研究報告

第6号

2014年3月

目次

報 文

島根県沖で漁獲されたサワラ若齢魚の冷凍耐性と加工試験	岡本 満・井岡 久	1
-------------------------------------	-----------	---

資 料

2012年の高津川におけるアユ産卵場造成について	曾田一志・寺門弘悦・安木 茂	7
2012年の江の川におけるアユ産卵場造成について	高橋勇夫・寺門弘悦・曾田一志・安木 茂・沖野 晃	19
宍道湖におけるヤマトシジミの初期生活史 ーH24年度の調査結果ー	勢村 均・曾田一志・石田健次・開内 洋・浜口昌巳	31
沿岸漁業の複合経営に関する研究ーVI ー島根県日御碕沿岸海域におけるブリ釣り漁業の漁業実態ー	森脇晋平・吉田太輔	45
日本海南西部山陰沿岸における1970年代～'80年代半ばの マイワシ漁況と2004年以降の漁況との対比とその特徴	森脇晋平	51

シンポジウム報告

第2回 江の川の天然アユを増やすためのシンポジウム ～今、私たちにできる川づくりとは？～		59
本号掲載要旨		69
他誌掲載論文の抄録		70

島根県沖で漁獲されたサワラ若齢魚の冷凍耐性と加工試験

岡本 満¹・井岡 久¹

Freezing resistance and process examination of young Japanese Spanish mackerel
Scomberomorus niphonius fish caught off Shimane Prefecture

Mitsuru OKAMOTO and Hisashi IOKA

キーワード：くん製，サゴシ，サワラ，一般成分，鮮度，みりん干し，冷凍耐性

はじめに

筆者ら¹⁾は島根県沖で漁獲量が増加したサワラ *Scomberomorus niphonius* 若齢魚（以下「サゴシ」）の成分特性と鮮度特性について検討した。その結果，サゴシは成魚よりも低脂肪でタンパク質含量及び筋肉 pH の個体差は小さかった。特に，筋肉 pH は 6.0 以上で安定していた。また，旨味成分のイノシン酸（IMP）も多く，加工品の原魚に求められる要素のいくつかを満たしていた。島根県沖のサゴシは秋季から春季にまとまって獲れることから，加工原魚とするためには冷凍貯蔵が不可欠である。冷凍方法としては施設の規模や構造に応じて，網などの平面に魚体を置き冷凍する方法（以下「バラ凍結」）と冷凍パンに魚体を詰めて冷凍する方法（以下「パン凍結」）があり，パン凍結のほうが冷凍庫のスペースを有効に使えるためコスト面で優れるが，冷凍方法の違いによる品質変化についての知見はない。また，島根県では伝統的にみりん干し²⁾などの調味加工品の生産が盛んであるが，サゴシの加工適性は検討されていない。このため，サゴシの冷凍耐性について調査するとともに，調味加工品の試作を行いその品質に検討を加えた。

試料と方法

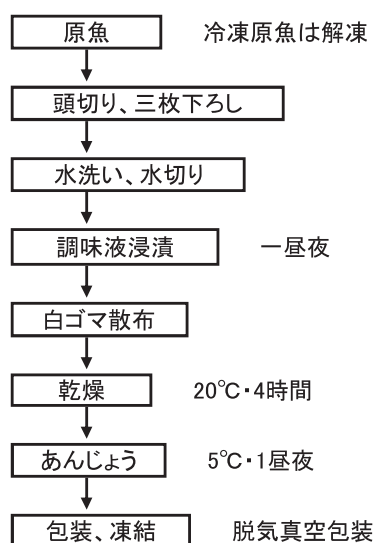
冷凍耐性試験 2009 年 10 月，12 月に島根県西部でまき網により漁獲されたサゴシ鮮魚（平均尾叉長±標準偏差 40.2 ± 3.4 cm，平均体重±標準偏差 475 ± 121g）を用いた。15 尾単位で -33℃の冷凍庫でエアブラスト凍結したもの（以下「バラ凍結」），

冷凍パン（56 × 33 × 12 cm）に水道水とともに入れ -33℃で凍結したもの（以下「パン凍結」）の 2 試験区を設定し，2 週間後，6 週間後，16 週間後に 5℃の冷蔵庫中で解凍し，破断強度，pH，加圧ドリップを指標とした冷凍耐性を調査した。また，バラ凍結についてはサゴシと同じ回遊性の赤身魚であり調味加工品の原料として広く普及しているマサバ *Scomber japonicus*（2009 年 11 月 島根県西部まき網産，平均尾叉長±標準偏差 25.4 ± 2.0 cm，平均体重±標準偏差 197 ± 50g），マアジ *Trachurus japonicus*（2009 年 11 月 島根県西部まき網産，平均尾叉長±標準偏差 22.3 ± 1.5 cm，平均体重±標準偏差 145 ± 28g）と 2 週間後と 6 週間後に比較を行った。

加工試験 2010 年 10 月に島根県西部のまき網で漁獲されたサゴシ鮮魚 40 尾（平均尾叉長±標準偏差 42.8 ± 3.2 cm，平均体重±標準偏差 588 ± 144g）のうち，20 尾を鮮魚のまま原魚とした（以下「生鮮原魚」）。また，残る 20 尾を -33℃の冷凍庫で約 8 週間バラ凍結貯蔵したのち 5℃の冷蔵庫中で自然解凍して原魚とした（以下「解凍原魚」）。生鮮原魚と解凍原魚はフィレー（皮付き三枚おろし）とし，半身はそのまま成分分析に供し，残る半身を図 1 の工程によりみりん干し（ソフトタイプ）とくん製（冷くん）を試作して同様に成分分析に供した。調味方法は水産技術センター所内での試食結果をもとに考案したものを採用した。すなわち，みりん干しは醤油（6）：ソルビット（7）：砂糖（3）：水（4）を混合した調味液にフィレーを調味液と同容量になるよう浸漬した。くん製は塩（1）：砂糖（2）の割合に均一に混合したものをフィレーに対し 10%相当量を振りかけた。また，くん製には魚に適しているとされるナラ材³⁾のスモークウッド（進誠産

¹⁾ 漁業生産部 Fisheries Productivity Division

●みりん干し製造工程図



●くん製製造工程図

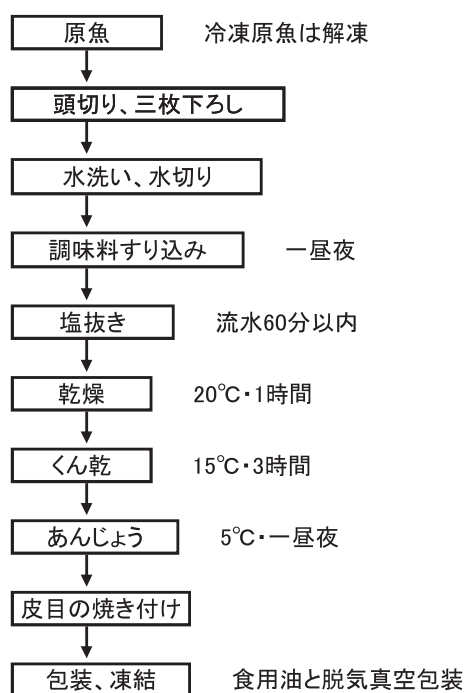


図1. 試作品の加工工程

業)を用いた。原魚と加工品共通の分析項目は一般成分(水分、タンパク質、脂肪、灰分)、イノシン酸、K値とした。また加工品は食塩量を測定し、真空包装・5℃・15日間貯蔵中における一般細菌数、低温細菌数、水分活性の経時変化を調べた。低温細菌は5～7℃で7～10日以内に肉眼で認められる集落を形成する細菌の総称で、食品の品質劣化の原因になりうる⁴⁾ことから調査対象とした。加えて、2010年10月に島根県西部のまき網で漁獲された

サゴシ20尾(平均尾叉長±標準偏差 437 ± 38 mm, 平均体重±標準偏差 634 ± 162g)を-33℃の冷凍庫で約8ヶ月間貯蔵したものを、前述の工程でみりん干しとくん製に加工し、原魚と加工品のATP関連化合物を測定した。

破断強度 背部筋肉を1cmの厚さに切り出し体軸方向にレオメーター(サン科学 COMPAC-100 II)で測定した。

pH 血合筋を除去した背部筋肉4gに5倍量の蒸留水を加えホモジナイズし、速やかにガラス電極式pHメーター(堀場製作所 F-52)で測定した。

加圧ドリップ 半解凍状態の背部筋肉を1cm角に4個切り出し保水紙を敷いたプラスチックシャーレで上下を挟み、約94gの錘を乗せ5℃のインキュベーター内で3時間静置した後における重量の減少分をドリップ量とした。

一般成分 供試魚のフィレー片身分をフードプロセッサーで均一なミンチとし各分析に供した。水分は110℃常圧加熱乾燥法⁴⁾で、タンパク質はケルダール法⁵⁾で、脂肪はBligh and Dyer⁶⁾に準じたクロロホルム-メタノール混液法で、灰分は600℃直接灰化法⁷⁾で測定した。炭水化物は可食部100g当たりの水分、タンパク質、脂肪、灰分の分析値合計を100から除して算出した。

食塩量 10gを採取しモール法⁸⁾により分析した。

一般生菌数・低温細菌数 「食品衛生検査指針」⁴⁾に従った。すなわち、無菌的に切り出した試料10gに10倍量の滅菌生理食塩水を加えストマッカー(Seward 400T)で破碎したものを検液とし、一般生菌数は標準寒天培地(極東製薬工業)に、低温細菌はCVT寒天培地(日水製薬)に滅菌コンラージ棒により塗抹し所定の条件により培養したのち平板上に現れた集落を計数した。

水分活性 水分活性計(芝浦電子 WA-360)で測定した。

ATP関連化合物 血合筋を除去した背部筋肉2gを氷冷した10%過塩素酸中でホモジナイズし、遠心分離を2回繰り返して集めた上澄みをpH7前後に中和したのち、高速液体クロマトグラフ(島津製作所製 検出器, SPD-10Avp; 移動相, 100mM りん酸-トリメチルアンモニウム緩衝液: アセトニトリル=100:1混合液; カラム, 信和化工 STR-ODS II (150L × 4.6 mm I.D.); 移動相流速, 1ml/min; カラム温度, 40℃; 検出波長, 254nm)で定量分析した。また、K値はATP関連化合物総量に対するHxR(イ

ノシン) と Hx (ヒポキサンチン) の合計量の百分率とした。

結果

冷凍耐性試験 バラ凍結およびパン凍結で16週間貯蔵したときの破断強度, pH, 加圧ドリップの経時変化を図2に示した。

破断強度は, バラ凍結, パン凍結とも貯蔵2週間後で大きく低下した。それ以降は貯蔵6週間後まで明らかな変化は認められなかったが, パン凍結のみ16週間後に数値の上昇が認められた。また, バラ凍結とパン凍結の間に明らかな差は認められなかった。pHは, バラ凍結, パン凍結とも漁獲日から冷凍貯蔵期間中は横這い傾向で, バラ凍結とパン凍結の間にも明らかな差は認められなかった。加圧ド

リップは, バラ凍結, パン凍結ともに漁獲日から2週間後にかけて大きく増加し, 2週間後から6週間後にも増加が認められたが, 6週間後から16週間後にかけては横ばい傾向だった。また, 貯蔵期間を通じてバラ凍結とパン凍結に明らかな差は認められなかった。

バラ凍結で貯蔵したサゴシとマサバ, マアジの破断強度, pH, 加圧ドリップの経時変化を図3に示した。破断強度は, 貯蔵期間を通じてマアジがサゴシ, マサバに対して明らかに高く, サゴシは漁獲日にはマサバに対して高かったが, 凍結処理により明らかな差が認められなくなった。また, マサバ, マアジもサゴシと同様に凍結処理の影響を受けて低下したが, 凍結貯蔵期間による変化は認められなかった。pHは, 貯蔵期間を通じてマサバがサゴシとマアジに対して低く, この状態は冷凍貯蔵中も変化し

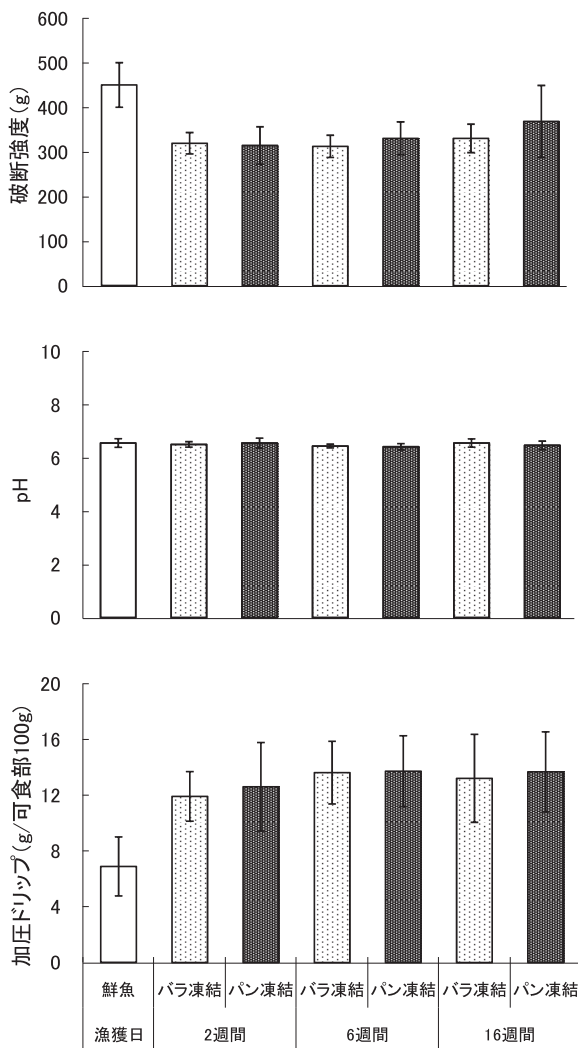


図2. サゴシのバラ凍結とパン凍結における破断強度, pH, 加圧ドリップの経時変化 ($n=10$). 上下線は標準偏差を示す

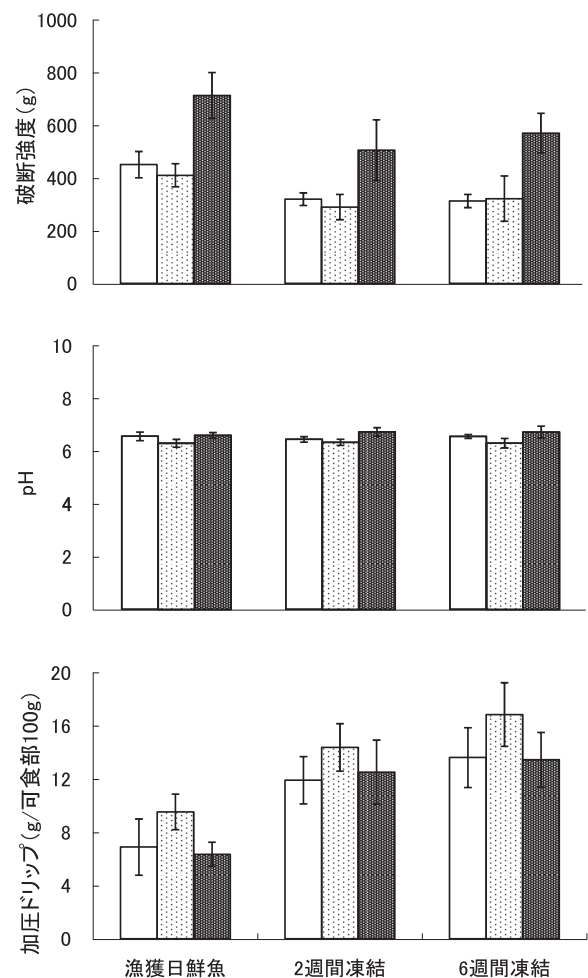


図3. サゴシとマサバ, マアジのバラ凍結における筋肉の破断強度, pH, 加圧ドリップの経時変化 (□: サゴシ ($n=15$), 破断強度, pH の漁獲日鮮魚のみ $n=20$) □: マサバ ($n=10$) ■: マアジ ($n=10$). 上下線は標準偏差を示す

なかった。加圧ドリップは、各魚種とも凍結貯蔵の影響により漁獲日から貯蔵2週間後にかけて大きく増加し、貯蔵2週間後から貯蔵6週間後にかけても緩やかに増加した。また、漁獲日から貯蔵6週間後までサゴシ、マアジがマサバに対して明らかに少なかった。

加工試験 サゴシの生鮮原魚、解凍原魚とそれぞれの原魚由来のみりん干し、くん製の一般成分を図4に示した。みりん干し、くん製ともに、解凍原魚を用いた加工品は生鮮原魚を用いたものよりも水分が明らかに少なく、タンパク質、灰分、炭水化物が多かった。

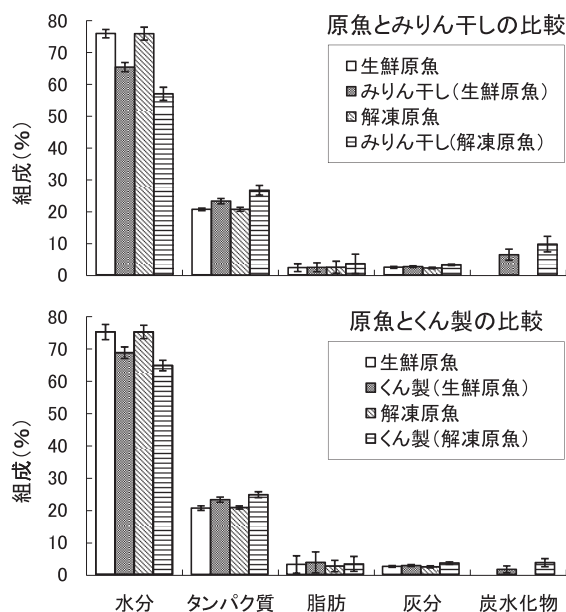


図4. サゴシ生鮮原魚と解凍原魚ごとの加工品との一般成分の比較 (n=10). 上下線は標準偏差を示す

図5に食塩量を示した。みりん干し、くん製ともに、解凍原魚を用いた加工品が生鮮原魚を用いたものより明らかに食塩量が高かった。

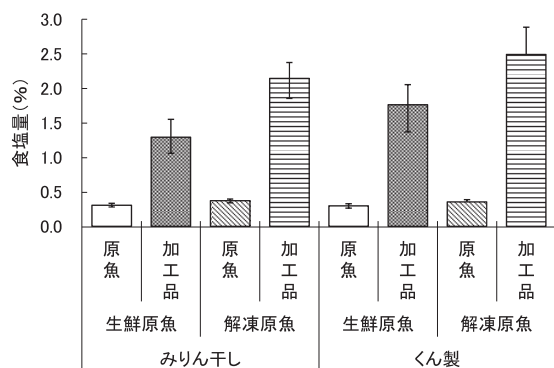


図5. サゴシ生鮮原魚と解凍原魚ごとの加工品との食塩量の比較 (n=10). 上下線は標準偏差を示す

図6に保存試験結果を示した。一般生菌数、低温細菌数ともに、みりん干しは加工直後の $10^2 \sim 10^3$ cfu/g から経時的に増加し貯蔵15日目には 10^6 cfu/g に達したが、くん製については加工直後の $10 \sim 10^2$ cfu/g から貯蔵15日目においても $10^2 \sim 10^3$ cfu/g にとどまった。水分活性はみりん干し、くん製ともに貯蔵時間を通じて $0.92 \sim 0.93$ の範囲でほとんど変化しなかった。

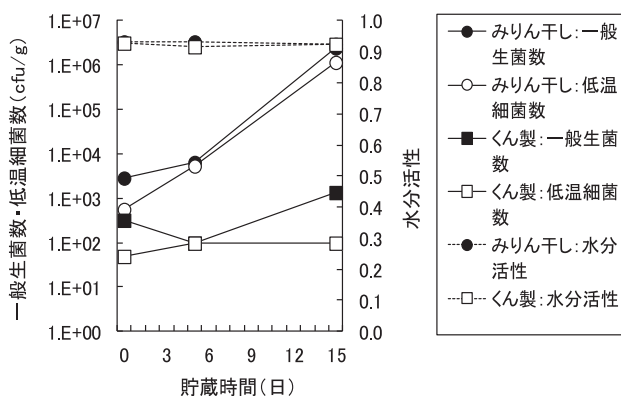


図6. 加工品の一般生菌数、低温細菌数、水分活性の経時変化 (n=2)

図7にイノシン酸 (IMP) 量と K 値を示した。みりん干し、くん製ともに原魚に比べ加工品は IMP 量が少なく K 値が高い結果となった。

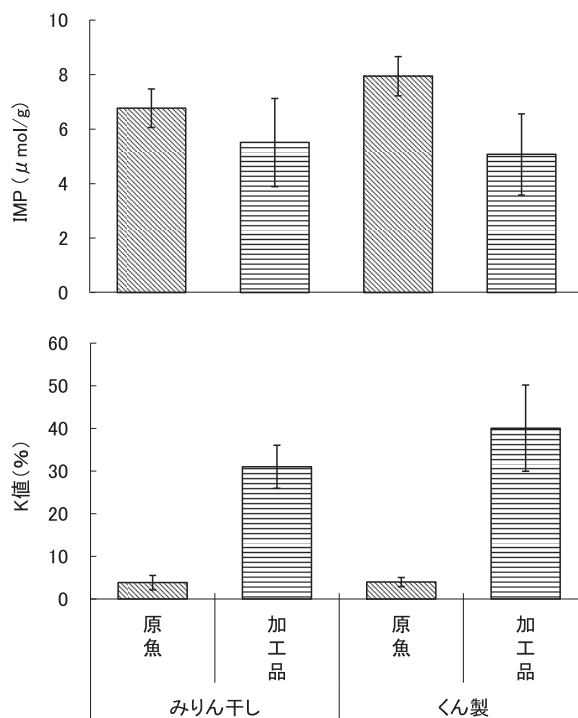


図7. バラ凍結原魚と加工品のイノシン酸 (IMP) と K 値 (n=10). 上下線は標準偏差を示す

考察

サゴシの冷凍貯蔵方法について、pH、破断強度、加圧ドリップを指標としてバラ凍結とパン凍結を比較検討したところ、貯蔵6週間後までは明らかな違いが認められなかったが、貯蔵16週間後の破断強度においてはパン凍結のほうが高い値を示した。以上から、加工現場における貯蔵法はコストの面からパン凍結が適当と考えられた。また、破断強度、pH、加圧ドリップを指標とした魚種毎の冷凍耐性の比較では、サゴシはマサバよりも優れマアジよりも劣るという2魚種の間隔的な性質を示した。マサバ、マアジの冷凍原魚はすでに広く加工向けとして普及していることから、サゴシについても加工原魚としての適性に問題ないと考えられた。また、サゴシ、マサバ、マアジともにpHが低いほど加圧ドリップ量が多い傾向が認められ、尾藤^{9,10)}による凍結カツオ肉、凍結マイワシ肉を用いた試験と同様の傾向を示した。福田ら¹¹⁾はマサバ鮮魚を氷蔵した場合のpHが死後12時間以降は6.0～5.7の範囲だったことを報告しているが、筆者ら¹⁾がサゴシ鮮魚を0℃貯蔵した場合のpHは死後12時間以降で6.6～6.0と高めで、サゴシはマサバに比べ保水性が良いことが示唆された。したがって、解凍魚においてもこの差が反映している可能性がある。また尾藤^{9,10)}は、解凍肉のpHと保水性を高めるために、漁獲直後からの低温貯蔵によってpH低下を抑制したのち凍結処理することの有効性を報告しているが、サゴシについても漁獲直後の鮮度管理によって高pHを維持する技術について検討が必要である。

サゴシの生鮮原魚と解凍原魚（バラ凍結）を用いたみりん干しとくん製を加工して成分を比較したところ、生鮮原魚を用いたものより解凍原魚を用いたもののほうが、水分が少なくタンパク質、灰分、炭水化物が高い結果になった。これは凍結原魚の解凍ドリップの流出が大きく影響しているものと推察された。また食塩量についても、解凍原魚のほうが冷凍原魚より多かったが、さんまみりん干しにおいては凍結、解凍により原料に調味液がしみこみやすくなるとされており、²⁾ サゴシについても同様な理由が推察された。くん製における調味料についても同様と考えられ、加工工程において生鮮原魚と解凍原魚それぞれに応じた調味配合あるいは調味時間の調整が必要であることが示唆された。また、くん製は同等な水分活性を示したみりん干しよりも細菌の増殖が少なく保存性に優れることが明らかとなった

が、くん煙に含まれる諸成分には強い抗菌、殺菌作用が認められており、¹²⁻¹⁴⁾ サゴシのくん製加工においてもその作用が働いているものと考えられた。一方で、処理後のくん煙成分はタンパク質その他の食品成分と化合することで殺菌作用を発揮しなくなり、保存効果は主として製品の水分活性に依存する^{13,14)}ことが知られている。今回の試作品は高水分であることから、水分活性の低下というより真空脱気包装して低温貯蔵したことにより、くん煙時に低減した微生物が増殖しなかったためと推察された。なお、今回の研究におけるくん材はナラを用いたが、他樹種を使用した場合の風味や保存性については今後検討の余地がある。原魚から加工時のIMPの減少とK値の上昇は、加工中の温度管理の影響が示唆された。みりん干しに比べてくん製のIMPが低くK値が高かったことについては、みりん干しは5℃に冷却した調味液に浸漬したのに対して、くん製は20℃程度の水道水による塩抜き工程を入れたことが原因と考えられた。したがって、塩抜きに使用する水を冷却しておくなど、全工程の温度管理の見直しにより改善の余地がある。なお、今般の研究における加工品については「サワラ加工マニュアル」¹⁵⁾にまとめたが、今後は加工業界からのニーズ等に応じて官能試験等による検討も加えつつ調味方法や加工工程の見直しを行い、加工品の高度化を図っていく予定である。

謝辞

本研究の一部は、平成21～23年度新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業の「日本海で急増したサワラを有効利用するための技術開発」として、農林水産技術会議の支援を受け実施した。研究の計画、実施にあたっては、(独)水産総合研究センター中央水産研究所水産物応用開発研究センター村田昌一センター長（現：同センター増養殖研究所特任部長）を始めとする関係機関の皆様にご指導いただいた。ここに記して厚くお礼申し上げる。また、供試魚の確保に配慮いただいた漁業協同組合JFしまねの皆様、測定に協力いただいた島根県水産技術センター大賀悦子氏を始めとする皆様、初稿に有益なご批判を賜った2名の審査員に感謝する。

文献

- 1) 岡本 満, 内田 浩, 井岡 久: 島根県沖で漁獲されたサワラ若齢魚の成分特性と鮮度特性. 島根水技セ研報 5, 1-6 (2013).
- 2) 「全国水産加工品総覧」(福田 裕・山澤正勝・岡崎恵美子監修), 光琳, 東京, pp187-192 (2005).
- 3) 大海 淳: [遊び尽くし] 燻製づくり太鼓判, 創森社, 東京, 1995, p134.
- 4) 「食品衛生検査指針 理化学編」(厚生省生活衛生局監修), 社団法人 日本食品衛生協会, 東京, p717 (1991).
- 5) 魚介類有効成分利用技術開発研究一成分分析マニュアル, 水産庁研究部研究課 pp382-385 (1988).
- 6) E. G. Bligh and W. J. Dyer: A rapid method for total lipid extraction and purification. Can. J. Biochem. Physiol., 37, 911-917 (1959).
- 7) 魚介類有効成分利用技術開発研究一成分分析マニュアル, 水産庁研究部研究課 pp389-390 (1988).
- 8) 「食品分析法」(日本食品工業学会食品分析法編集委員会編), 光琳, 東京, 1982, pp372-373.
- 9) 尾藤方通: 凍結カツオ肉の保水性と pH との関係. 日水誌, 44, 163-169 (1978).
- 10) 尾藤方通: イワシ肉の凍結貯蔵中における NAD, ATP 分解と解凍肉の pH およびドリップ量. 東海水研報第 103 号, 65-72 (1980).
- 11) 福田 裕, 柞木田善治, 新井健一: マサバの鮮度が筋原繊維タンパク質の冷凍変性に及ぼす影響. 日水誌, 50, 845-852 (1984).
- 12) 松田敏生: 食品微生物制御の化学, 幸書房, 東京, 1998, pp328-333.
- 13) 野中順三九, 小泉千秋: 食品保蔵学, 恒星社厚生閣, 東京, 1982, p214.
- 14) 「水産食品学」(須山三千三, 鴻巣章二編集), 恒星社厚生閣, 東京, pp234-236 (1987).
- 15) 「サワラ加工マニュアル」(独立行政法人水産総合研究センター 日本海区水産研究所 編集・発行), 2012.

資料

2012年の高津川におけるアユ産卵場造成について

曾田一志¹・寺門弘悦²・安木 茂²

Maintenance of spawning ground of Ayu, *Plecoglossus altivelis altivelis*,
in the Takatsu River, Shimane Prefecture in 2012

Kazushi SOTA, Hiroyoshi TERAKADO and Shigeru YASUGI

キーワード：アユ，産卵，産卵場造成，高津川

はじめに

島根県西部にある高津川では，天然アユ資源を増大させるために，高津川漁業協同組合が降下・産卵期の禁漁による親魚保護に取り組んでいる．しかし，近年の夏季から秋季にかけての少雨傾向（図 1）と，堰堤等の河川構造物による砂利供給量の不足により，下流部のアユ産卵場の河川環境は年々悪化し，自然状態では良好な産卵場が形成されにくい状況にある．そこで，高津川のアユの主要産卵場の機能回復を「造成」によって図り，さらにその効果を検証することを目的として調査を行った．

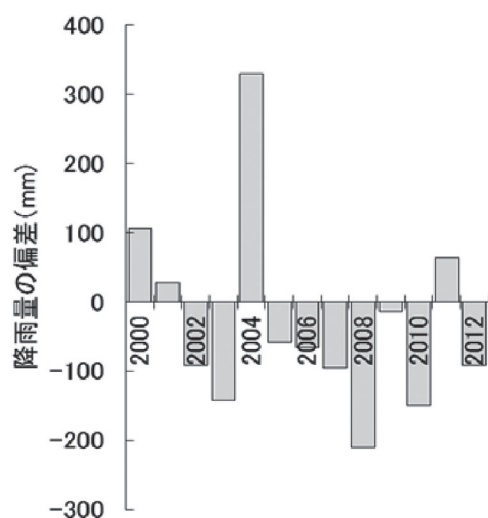


図1. 高津川下流域における2000年代の9～11月の降雨量の平年値からの偏差（益田観測所の降雨量¹⁾を元に作成，平年値は1985～2012年の平均値）

資料と方法

1. 産卵場事前調査

2012年9月24日に高津川の主要なアユ産卵場である虫追（むそう）の瀬，長田の瀬および猿猴（えんこう）の瀬（図2）において，潜水調査により河床の状態（底質，礫組成，河床硬度等）を，陸上からは河原の礫組成や流路形状を観察した．ここでは，全内漁連の手法²⁾に準じて，浮石状態の目安となる河床硬度の指標として，建設工事で用いられる鋼製シノを河床に一定の力で突き刺し，刺さった深さを「シノによる貫入度」とした．

2. 産卵場造成

1) 造成場所と方法の決定 事前調査で得られた河床の状態，造成地周辺の小石の埋蔵状況等の情報をもとに，造成方法を検討し，高津川漁業協同組合と協議のうえ，造成場所を決定し，2012年10月11～15日に重機による造成を行った．

2) 河床硬度の確認 河床硬度の測定は，全内漁連の手法²⁾に準じて行い，虫追の瀬では，流向に対して垂直に3本のライン上の19～22点（合計61点），また，長田の瀬も同様に4本ライン上の3～5点（合計15点）で，猿猴の瀬では2本のライン上の7～11点（合計18点）で測定した．

3. 産卵場事後調査

造成から2週間後の10月31日に産卵状況の調査を実施した．調査は，虫追の瀬，長田の瀬および猿猴の瀬の中で産着卵が確認された範囲にポールを立て，GPS（GPSMAP60CSx，Garmin社）で取得した位置情報からGISソフトウェアである地図太郎

¹⁾内水面浅海部 Inland Water Fisheries and Coastal Fisheries Division

²⁾漁業生産部 Fisheries Productivity Division

(Version6.10, 東京カートグラフィック株式会社)の面積測量機能により産卵面積を求めた。また、高橋ら³⁾の手法に従い、産卵場内でランダムに選択した産卵床における卵の埋没深を測定した。調査点数は、虫追の瀬で3ライン38点、長田の瀬で4ライン32点、猿猴の瀬で3ライン21点であった。そのほか、バイパス下の瀬と高角（たかつの）の瀬で産着卵の有無のみを確認する調査を行った。バイパス下の瀬は、虫追の瀬と長田の瀬の間に位置し、高角の瀬は、猿猴の瀬よりも下流にある高角橋の下流部に広がる瀬である（図2）。

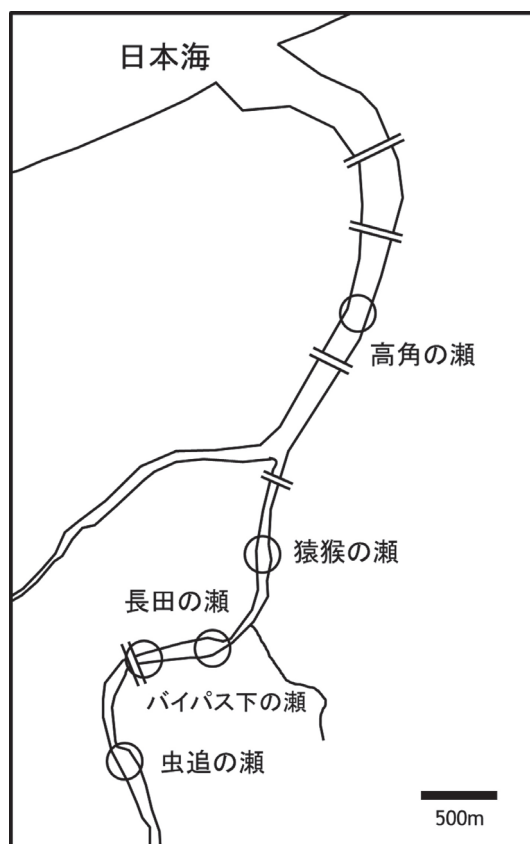


図2. 高津川における調査地点

結果と考察

1. 産卵場事前調査

1) 河床の状態

虫追の瀬 2009年以降、毎年造成を行っている場所である。左岸側の流れが強く、右岸側は大きく袋状に広がり、その下流部に約2,000m²の流れが緩く水深の浅い瀬（チャラ瀬）が形成されており、昨年（2011年）の造成時に築堤した導流堤の一部が残存していた（図3の上）。チャラ瀬は左右で高低差があり、右岸側が高くなっており、一部深く掘

れた溝が出来て早瀬化していた（図3の下）。昨年は貫入度が平均9.4cmで、礫間に粒径の細かな砂利の混入が多かったが⁴⁾、2012年は貫入度が14～15cm（図4）と昨年より深かった。河床の礫組成が昨年は2～5cmサイズが主体であったのに対し、今年は5～15cmサイズが多く、20cm以上の大石も多くなっていたためと考えられた。礫間には粒径の細かな砂利が多く混入しており（図5）、その傾向は左岸側になるほど顕著であった。



図3. 虫追の瀬の概観（矢印は流向を示す）
右岸側のワンドからチャラ瀬が形成されていた（上）。チャラ瀬にできた深掘れ（下）

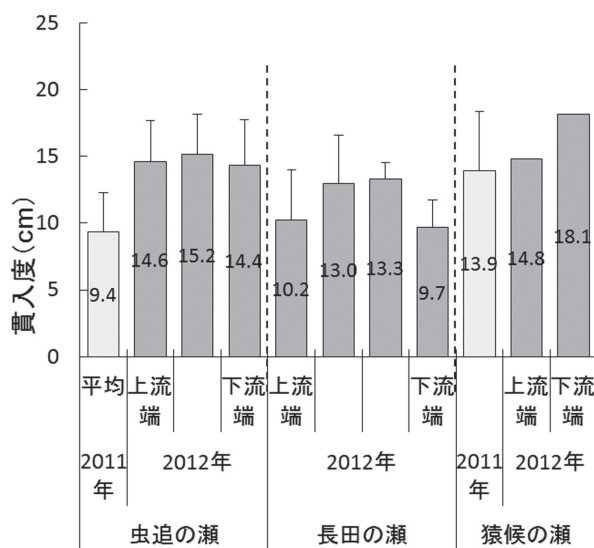


図4. 各瀬の貫入度（造成前）。2011年の虫追、猿猴の瀬の貫入度は寺門ら⁴⁾から引用

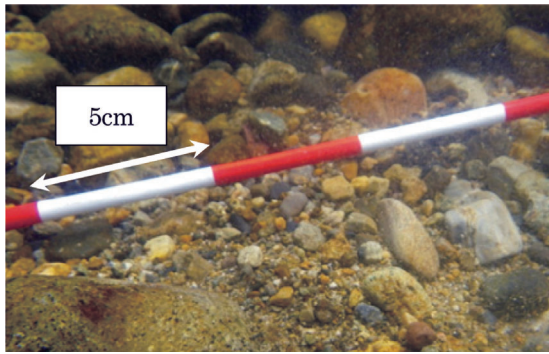


図5. 虫追の瀬の河床（石の間は砂利の混入が多い）

長田の瀬 2008年以降、毎年造成を行っている場所である。瀬肩の右岸側で一本瀬となり、深く掘れて水勢が強くなっていた（図6）。調査当日は水量が少なく、左岸側は干出していた。貫入度は10～13cmで、上流端と下流端で浅い傾向であった。河床の石は10～15cmの大石が多いが、それらを除去すると産卵に適した5cm以下の礫が出てきた（図7の上）。



図6. 長田の瀬の概観（矢印は流向を表す）
右岸側で一本瀬となっている

また、右岸の河原表面には、産卵場の河床材料に適した5cm以下の礫が多かった（図7の下）。

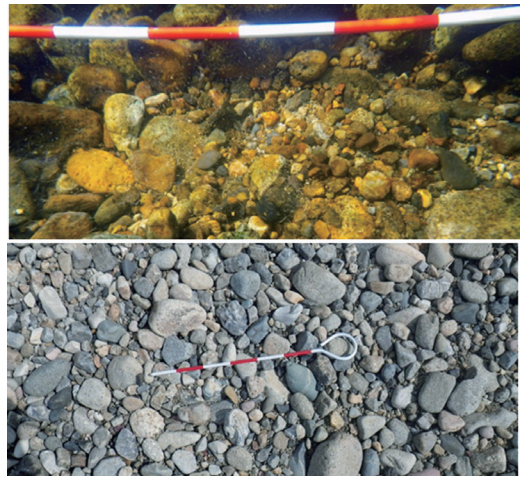


図7. 長田の瀬の礫組成
（上）左岸側の河床，（下）右岸の河原

猿猴の瀬 2008年と2009年に造成を行った場所である。左岸側の流れが強く、右岸側は大きく袋状に広がり、その下流部にチャラ瀬が形成されていた（図8）。チャラ瀬の右岸側に10～20cmの大石や砂が混ざるが、全体的には2～5cmの産卵に適した礫が多かった（図9）。また、貫入度が15～18cm（図4）であり、アユの産卵場として適当と考えられた。



図8. 猿猴の瀬の概観（矢印は流向を表す）
左岸側の流れが強く、右岸側のワンドからチャラ瀬が形成されていた



図9. 猿猴の瀬の河床

2. 産卵場造成

1) 産卵場整備の基本方針

(1) 造成場所の選定

虫追の瀬 自然産卵場として機能し得る瀬が広がっているが、今年（2012年）は渇水が続いており、今後も水量が減る可能性が高いこと（＝産卵面積が減少）、大石や細かな砂利の混入は多いものの、河原等からの産卵に適した礫の供給も可能であるため、造成によってより好適な産卵環境を整備することが望ましいと考えられた。近年、虫追の瀬は主力の産卵場になっており、ここでの産卵場面積の確保が重要であると考えられた。

長田の瀬 一本瀬になっており産卵可能面積が少ないうえに、河床表面には大石が多く、大型のアユしか産卵できないと考えられた。また、これまでの造成の経験から右岸側の砂州は細砂が多く、流出すると河床の礫間を埋めてしまう恐れがあると思われた。従って、左岸側を有効的に利用して産卵可能面積を広げられるような造成を行うことが望ましいと考えられた。

猿猴の瀬 造成する場合、導流堤の築堤および周辺から礫供給が必要と考えられたが、上流からの砂利供給が少ないことを考慮すると現時点での造成は困難と考えられた。また、面積は小さいが、産卵に適した部分もあるため、造成による影響（砂利の流出等）を考慮し、行わない方が望ましいと判断した。

造成場所の決定 以上の条件をもとに高津川漁業協同組合と協議した結果、虫追の瀬と長田の瀬を造成することに決定した。

(2) 造成プラン 虫追の瀬および長田の瀬の造成プランをそれぞれ図10および図11に示した。高橋ら⁵⁾は、高津川の河川環境から期待されるアユの生息数（天然遡上が確実な水域に限定した場合）を天然遡上魚のみで達成するためには、約3,500㎡の産卵場面積が必要としている。したがって、虫追の瀬で3,000㎡、長田の瀬で500㎡以上の産卵場を造成し、猿猴の瀬等の自然産卵場での上乘せを期待する計画とした。また、長田の瀬では地元の水利用者の意向を受け、造成時に瀬肩部分が損壊しないよう特に注意を払うこととした。

(3) 作業工程

作業工程を表1に示した。重機はバックホーとブルドーザーおよびキャリーを使用し、作業は5日程度を要する計画とした。

2) 産卵場造成の状況

策定した造成プランに従い、2012年10月11～

15日に虫追の瀬および長田の瀬において産卵場造成を実施した。使用した重機は、バックホーが2台（KOBELCO SK200, HITACHI ZAXIS200）、ブルドーザーが1台（CAT D5G）、キャリーが1台（KOMATSU CD110R）の計5台であった。オペレーターはこれらの操縦資格を有する高津川漁業協同組合の組合員であった。

(1) 虫追の瀬

以下の工程により虫追の瀬における造成を実施し、その状況を図12に示した。①～⑤の工程は10月11日、⑥は11～13日にかけて、⑦以降は14日に実施した。

【①導流堤の一部開削】造成予定面の水勢を弱めるため、左岸側上流に昨年築堤した導流堤の一部をバックホーで開削した（図12-①、作業時間1時間、以下同様）。

【②造成面の深掘れの埋め戻し】造成面にできた2本の深掘れ箇所、河原で採掘した礫をキャリーで運搬、投入しバックホーで鎮圧しながら表面を均して埋戻しを行った（図12-②、80分）。

【③導流堤の修復】①で開削した導流堤の修復作業を行った（図12-③、60分）。

【④造成途中で生じた深掘れの埋戻し】③により水勢が強まり、新たな深掘れ箇所が発生したため、修復作業を行った。右岸側が高いため、造成面の中央に流れが集中し、深掘れすると考えられたため、右岸側上流部と下流部を、深さ10cm程度バックホーで掘削して高さを調節した。さらにキャリーで石を投入し深掘れを埋め戻した上で開削した導流堤の修復作業を再開した（50分）。

【⑤右岸側水路の掘削】右岸側に水を回すために、右岸の縁辺に沿ってバックホーで水路を掘削した（50分）。

【⑥導流堤の修復及び延長作業】導流堤の修復作業と延長作業をバックホーおよびキャリーにより行った。延長作業は河原で採掘した礫をキャリーで運び、バックホーで導流堤の前後を水面下20cm程度、水面からの堤高が70cm程度となるように整えた。この作業は13日まで行った（2.5日）。

【⑦右岸側の土手の築堤】右岸側に回る水を受けるためブルドーザーにより土手を作った（20分）。

【⑧造成面の高低差解消および起伏の均し】造成面全体の高低差を解消するため、ブルドーザーにより、下流側から、右岸から左岸方向に河床表面を削り落とすように行った。この作業を上流側まで行った後、出来た筋を解消するため、下流側に向かって

現状と問題点：

- ① H23年造成の際の左岸導流堤の一部、右岸の土手と河床掘削の一部が残っており、濁水状態の割には瀬全体に水が回っている。
- ② 産卵を阻害する大石（10-15cm以上）が多い。大石の下に砂泥が詰まった所もある。
- ③ 瀬の右岸寄りに深掘れが2ヶ所生じており、今後拡大すれば一本瀬化や瀬肩崩壊の恐れがある。

造成方針：

- ① スケルトン（ワイヤーか針金で調整）を使用して右岸側河原の礫を篩って大石を除去、造成面の上流部と深掘れ修正用として投入する礫材料を作る。
- ② 昨年の導流堤残りの一部と右岸の土手を開削し、右岸側への水勢を弱める。
- ③ 深掘れ箇所の上に置き土し、水勢を弱めて砂利を投入しバックホーで鎮圧、修正を行う。
- ④ H23年設置の導流堤を中心に右岸河原から砂利を運搬、置き土を行う。右岸の土手の設置、右岸の河床掘削により水を右岸側に回す。
- ⑤ 河原から砂利を運搬、瀬肩上手に置き土。
- ⑥ 河床表面（余り深く掘削すると砂泥が多くなるので、深さは30cm程度（右岸は10cm程度）、また、瀬肩を崩さないように）の砂泥・大礫を除去し、小砂利浮き石底をつくる。
- ⑦ 河床の起伏を均して、出来る限りの産卵可能面積を確保する（目標：3,000㎡）。

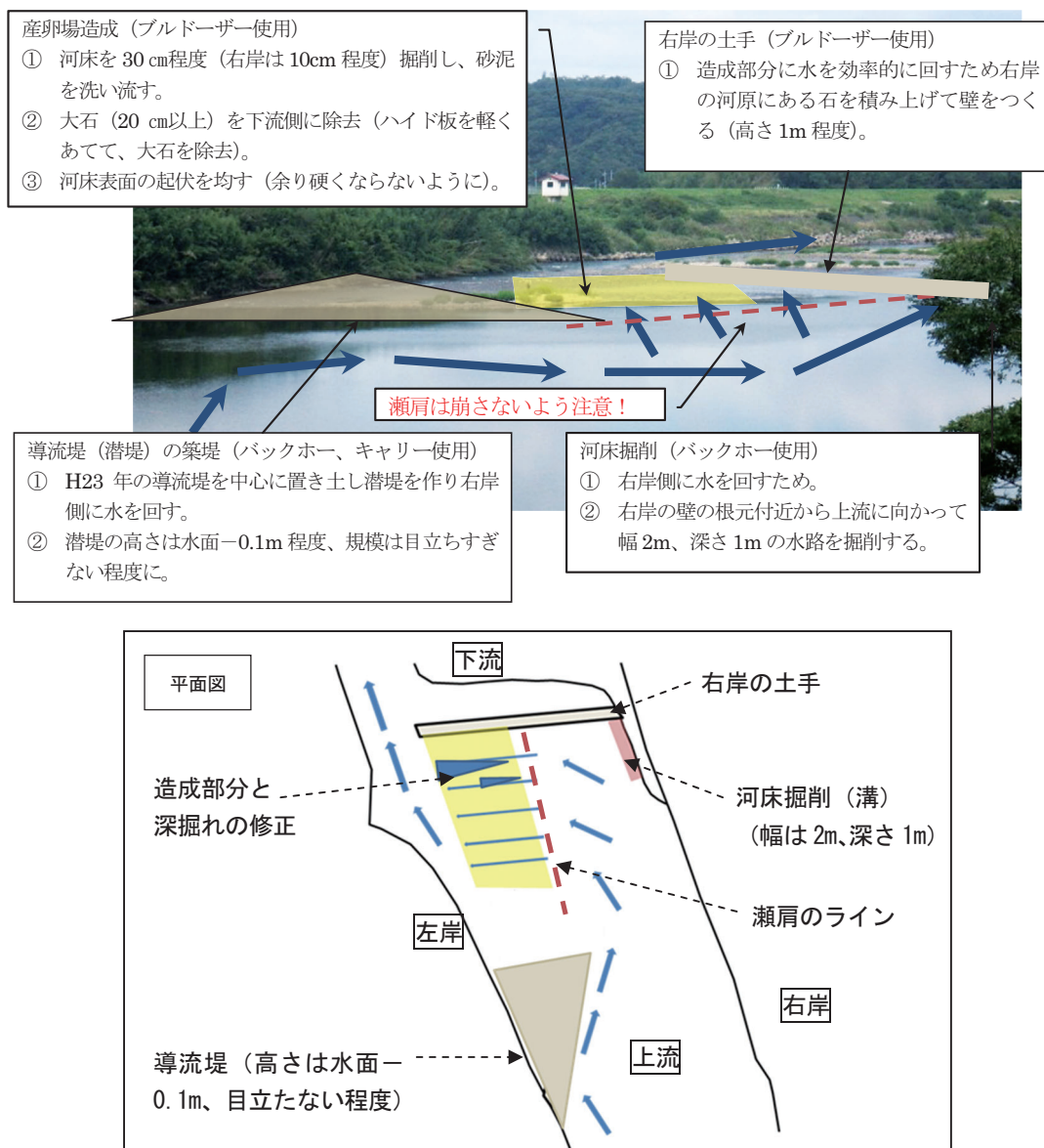


図10. 虫追の瀬造成プラン

現状と問題点：

- ① 右岸側半分の流れが強い一本瀬になっており、長径 10-15cmの大礫が河床表面を覆っているため産卵面積が少なく、(大型の親魚しか産卵できない) 産卵に適した小砂利も少ない。
- ② 瀬肩の崩壊は河床低下を招くため、触れない。
- ③ 右岸の砂州は砂の供給源となるが、適した砂利の層も薄い。
- ④ 渇水で流量が不足している。(1) 昨年(2011年)に行った左岸瀬肩上の掘削、もしくは(2) 自然出水による流量増加がなければ、造成は困難。(現状の水量では砂泥が抜けきらない)
※ (1)、(2) が併用できればプランの幅が広がる。

造成方針：

- ① 流量に応じて左岸側一帯(河原も含めて)を産卵場として造成する。
- ② 河床の起伏を均して、産卵可能面積を確保する(ただし、余り面積は期待できない、うまくいって700㎡程度)。
- ③ これまでの経験から右岸の砂州は砂の供給源となるため、表面上の礫を流心部に落とし込み、それが下流に堆積することで産卵場として利用されることを期待する。(これは最後に行う)

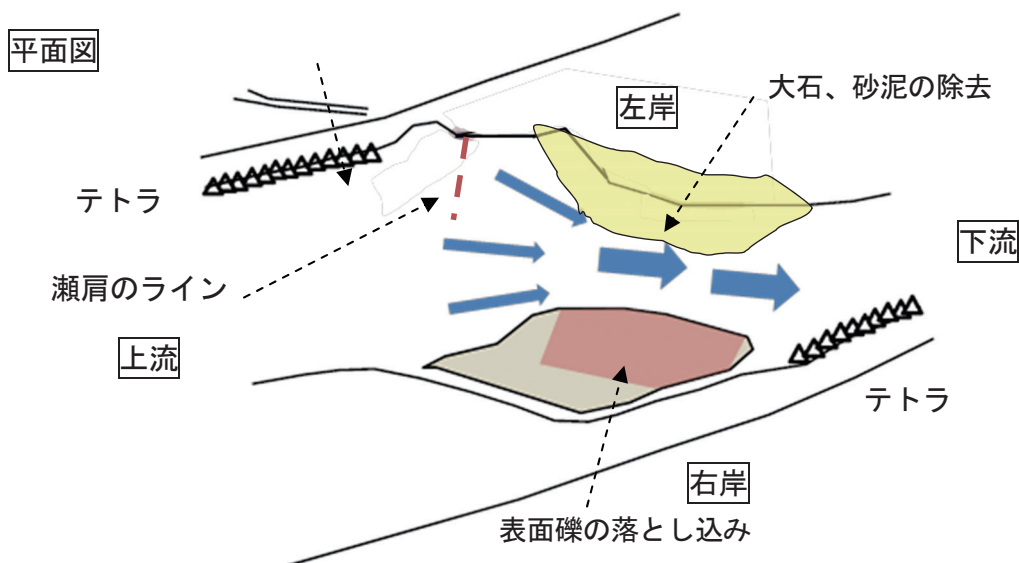
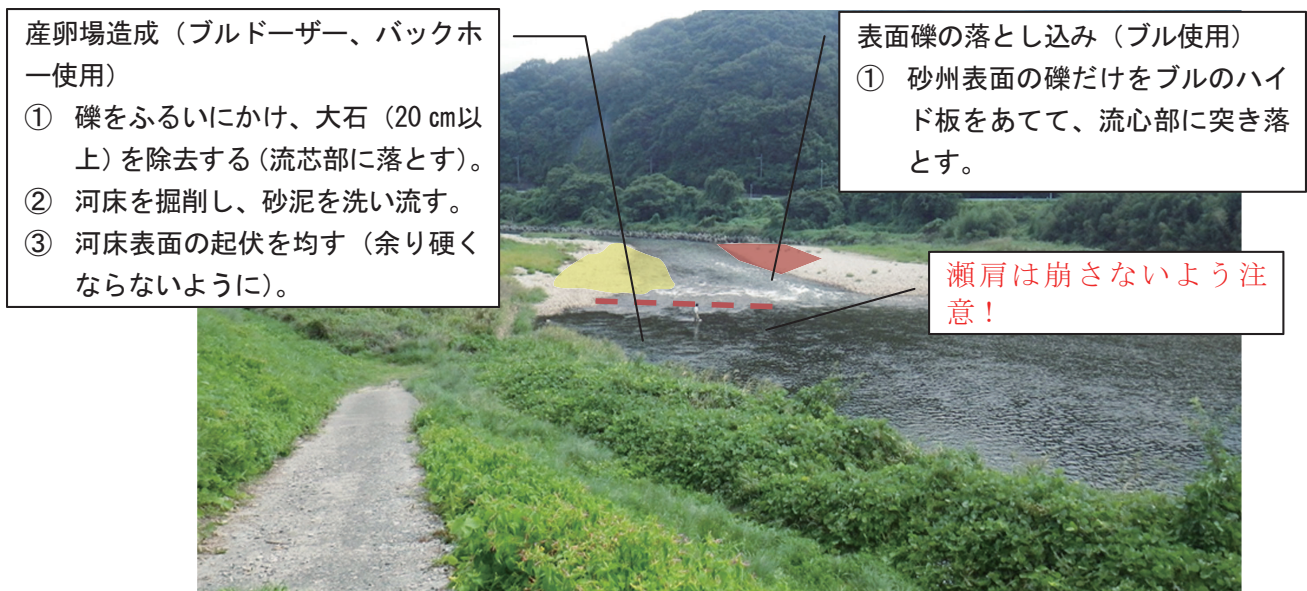


図11. 長田の瀬造成プラン

表1. 産卵場造成の作業工程

日	時刻	バックホー	ブルドーザー	キャリー
10月11日 (木)	8	虫追の瀬 打合せ (1hr)		
	9			
	10	左岸導流堤、右岸土手の 一部開削 (1hr)		礫の運搬、深掘れ箇所へ の投入 (4hr)
	11			
	12	礫の選別、大石除去、投 入材の作成 (4hr)		導流堤の築堤 (1hr)
	13			
	14			
	15	深掘れ修正・鎮圧 導流堤の築堤 (2hr)		
	16			
	17			
10月12日 (金)	8	大石の除去、投入材の作 成 導流堤の築堤、均し (8hr)		導流堤の築堤 (8hr)
	9			
	10			
	11			
	12			
	13			
	14			
	15			
	16			
10月13日 (土)	8	大石の除去、投入材の作 成 導流堤の築堤、均し (8hr)		導流堤の築堤 (4hr)
	9			
	10			瀬肩上手に置き土 (2hr)
	11			
	12			
	13			
	14			
	15			
	16			
10月14日 (日)	8	虫追の瀬造成 打合せ (1hr)		
	9			
	10	礫の選別、大石除去、投 入材の作成 (6hr)	導流堤表面の均し (3hr)	
	11			
	12		造成 (大石・砂泥の除去、起 伏の均し) (3hr)	
	13			
	14	右岸の河床掘削 (1hr)		
	15			
	16		右岸土堤の設置 (1hr)	
10月15日 (月)	8	長田の瀬に移動、造成打合せ(1hr)		
	9			
	10	造成 (礫の選別、大石除去) (4hr)	造成 (砂泥の除去、起伏の均 し) (4hr)	
	11			
	12			
	13			
	14			
	15		右岸砂州の表面礫の落と し込み (2hr)	
	16			
	17			



①H23年度に築堤した左岸導流堤の一部開削



②右岸側にできた深掘の埋戻し



③左岸側導流堤の築堤



④河床の均し



⑤造成後の河床－1



⑥造成後の河床－2



⑦造成前（9/24）の概観



⑧造成後（10/11）の概観

図12. 虫追の瀬における産卵場造成の状況



図13. 長田の瀬における産卵場造成の状況

表面を均した(図12-④, 170分)。

【⑨大石の除去】造成面の大石を除去するためブルドーザーにより上流から下流方向に向かって深所へ大石を落とし込む作業を行った(50分)。

【⑩砂抜きと整地】ブルドーザーにより下流から上流方向に排土板をあてて前進し(砂抜き), 帰りは下流から上流方向に排土板を軽くあてて後進して整地を行った(90分)。作業終了後, バックホー1台とブルドーザーは長田の瀬に移動した。

造成の結果, 導流堤上流部の浅場, 掘削水路により右岸側に水が十分に回すことが出来た。しかし, 川幅のある造成面になったため, 高さを揃え, 水量が均一に流れる仕上げとはならなかった。また, 河原から採掘した石で深掘れを埋めたため, 造成面中央部は河床の礫組成が大きくなった。篩による河原の礫の選別(大石の除去)を導入すべきであった。造成面積は3,420㎡であった。

(2) 長田の瀬

以下の工程により長田の瀬における造成を実施し, その状況を図13に示した。全ての工程は10月15日に実施した。

【①右岸側の深掘れ箇所の埋戻し】左岸側に水を回すため, バックホーで左岸側河原表面の大石を集めて右岸側の深く掘れた箇所に投入し, 埋戻しを行った(図13-①と②, 3時間)。

【②左岸の表面礫の切り落とし】①の工程と並行してブルドーザーにより左岸河原を削り, 礫をブルドーザーで右岸側に寄せて, 左岸側の流路を確保するとともに深掘れ箇所を埋め戻した(図13-③, 2時間)。

【③造成面の砂抜き及び均し】ブルドーザーにより砂抜きと均しを行った。下流から上流方向に排土板をあてて前進し(砂抜き), 帰りは下流から上流方向に排土板を軽くあてて後進して整地を行った(1時間)。

【④右岸の河原の表面の石の切り落とし】右岸河原(下流側半分)の表面の礫を砂が混入しないよう注意を払いながらブルドーザーで浅く削り落とし, 右岸側の深掘れ箇所の埋戻しを行った。また, 落とした礫が下流に堆積し, 産卵に適した河床となることを期待した(図13-④, 1時間)。

造成面積は2,231㎡であった。造成時は湯水で水勢が弱く, 右岸側の流芯部の河床改良が行えたため目標面積を上回る造成ができた。

3) 河床硬度の確認

産卵場造成の主目的は, 河床を産卵に適した小石主体の「浮き石」状態にすることである⁶⁾。造成後の河床の貫入度を図14に示した。虫追の瀬は, 造成前(2012年9月24日)が14.4~15.2cmであったのに対し(図4), 造成後(2012年10月14日)は15.4~15.9cmとなった。貫入度の改善はあまり見られなかったが, 20cm以上の大石や砂泥が除去されたこと, 深掘れ箇所を埋めたことにより水が造成面全体に回るようになる等, 産卵場としての機能が改善されたと考えられた。一方, 長田の瀬の貫入度は, 造成前が9.7~13.3cmであったのに対し(図4), 造成後は12.9~14.8cmであり, 若干の改善が見られ, 浮き石状態になったと考えられた。また, 大石や礫の間の砂泥は概ね取り除かれていた(造成後の河床の写真: 図12-⑤, ⑥, 図13-⑤, ⑥)。これらのことから, 産卵場造成の目的が達成されており, 効果があったと判断された。ただし, 虫追の瀬は造成面の一部に礫組成が大きくなった箇所が残るなど課題が残った。このため, 今後, 十分な砂利が供給されない場合は, 2009年に実施した江の川の長良の瀬における造成⁷⁾のように虫追の瀬も産卵場造成に際して砂利の投入が必要になることが懸念された。

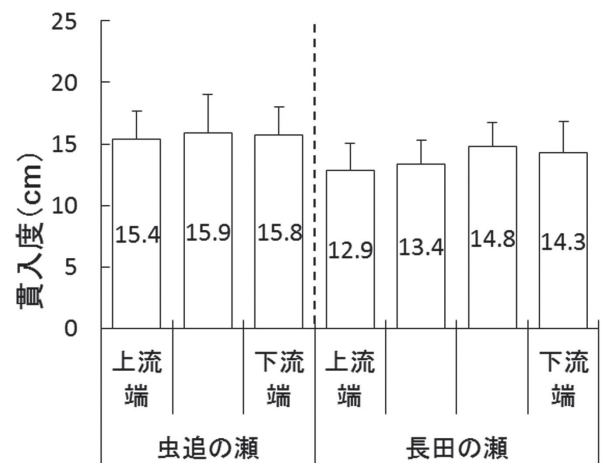


図14. 虫追の瀬および長田の瀬の河床の貫入度(造成後)

3. 産卵場事後調査

1) 産卵場調査

(1) 造成産卵場(虫追の瀬, 長田の瀬) 産卵面積は, 虫追の瀬(図15)が2,720㎡(造成面積3,420㎡), 長田の瀬(図16)が2,140㎡(造成面積2,231㎡)であり, 造成した範囲に産着卵が確認された。

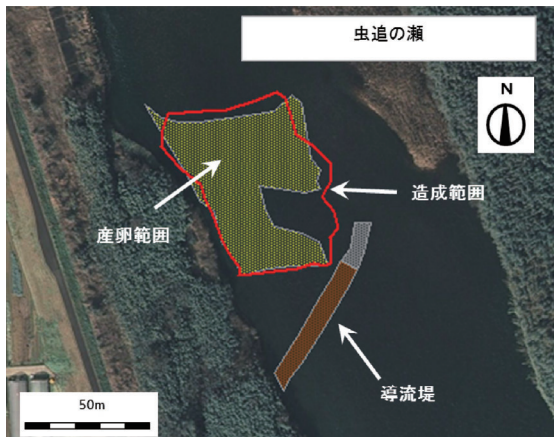


図15. 虫追の瀬の造成範囲と産卵範囲（赤い太線で囲まれた部分が造成範囲，黄色い網がけ部分が産卵範囲を示す）

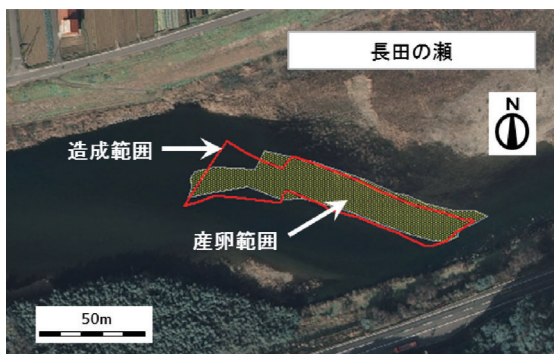


図16. 長田の瀬の造成範囲と産卵範囲（赤い太線で囲まれた部分が造成範囲，黄色い網がけ部分が産卵範囲を示す）

(2) 自然産卵場（猿猴の瀬） 猿猴の瀬（図17）では，チャラ瀬の瀬肩～瀬尻にかけて産着卵が確認され，産卵面積は350㎡であった。



図17. 猿猴の瀬の産卵範囲（黄色い網がけ部分が産卵範囲を示す）

(3) バイパス下の瀬及び高角の瀬 バイパス下の瀬及び高角の瀬では産着卵は確認されなかった。いずれの瀬でも礫の隙間に砂が詰まって河床が固く締まっていた。

(4) 卵の埋没深からみた産卵場造成の効果判定

虫追の瀬，長田の瀬および猿猴の瀬における卵の埋没深を図18に示した。産卵場造成の有効性を判断する目安として，高橋⁸⁾は卵の埋没深が10cm以上（平均値）あることとしている。これを基準に判断すると，虫追の瀬は9.3～10.9cm（平均10.1cm），長田の瀬では8.6～12.4cm（平均11.2cm）とそれぞれ産卵場造成の効果があつたと判定された。虫追の瀬における産着卵の埋没深は上流から下流にかけて，ほぼ同じレベルであつた。一方，長田の瀬では上流から下流にかけて浅くなる傾向を示した。下流側では造成時に粒径の細かな砂が抜け切れなかったか，若しくは流下してきた細砂が沈降，堆積したと考えられた。

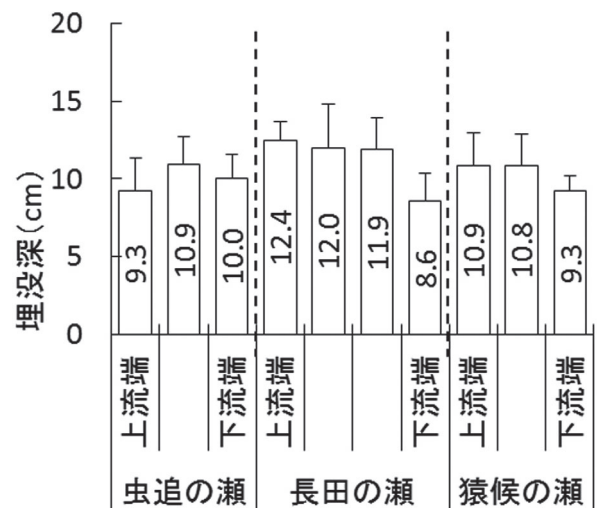


図18. 造成産卵場（虫追の瀬，長田の瀬）と自然産卵場（猿猴の瀬）の産着卵の埋没深

4. 産卵場造成における今後の課題

1) 河床礫組成の大型化 虫追の瀬および長田の瀬の河床は10～15cmの大石が多くなっており，従来行ってきた河床の耕耘（天地返し，砂抜き等）や河原からの礫投入では十分な造成効果が得られなくなっている。今後も上支流からの砂利の供給が少なく河床礫組成の大型化が進めば，砂利投入または昨年行った篩による投入材の選別（大石の除去）を行う必要がある。しかしながら，経費や造成にかかる時間の増大など，漁業協同組合が単独で行うには負担が大きい。今後，河川管理者および水利用者と

協議し、堰堤等の河川構造物上流に堆積した砂利を下流側へ汲み下げるなどの対策⁹⁾が必要と考えられた。

2) 猿猴の瀬

猿猴の瀬の産卵場面積の低下は、瀬肩左岸側が深掘れして流勢が集中し、右岸側に水が十分回らなくなったことによると考えられる。このため機能回復を図るためには、これを解消し、右岸側に水を回す必要がある。しかしながら、上流からの礫供給が不足する現状では、造成による瀬肩の復元は困難である。従って、水制等の河川工学的手法により、濤筋を右岸寄りに誘導することが望ましいと考えられた。

参考文献

- 1) 気象庁：気象統計情報。
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>, 2013年8月31日ダウンロード
- 2) 全国内水面漁業協同組合連合会：アユの産卵場づくりの手引き（魚類再生産技術開発調査報告書）。全国内水面漁業協同組合連合会，1993，234pp.
- 3) 高橋勇夫，寺門弘悦，村山達朗：島根県西部河川におけるアユ産卵場造成について．島根県水産技術センター研究報告，2，39-48（2009）。
- 4) 寺門弘悦，曾田一志，安木 茂，村山達朗：2011年の高津川におけるアユ産卵場造成について．島根県水産技術センター研究報告，5，31-41（2013）。
- 5) 高橋勇夫，寺門弘悦，村山達朗：島根県西部河川におけるアユ産卵場造成について－Ⅲ．島根県水産技術センター研究報告，4，45-57（2012）。
- 6) 高橋勇夫：産卵場造成の実際，「アユを育てる川仕事」（古川彰，高橋勇夫編），築地書館，東京，2010，pp.116-123.
- 7) 高橋勇夫，寺門弘悦，村山達朗：島根県西部河川におけるアユ産卵場造成について－Ⅱ．島根県水産技術センター研究報告，3，69-84（2011）。
- 8) 高橋勇夫：産卵場造成の必要性和その実際．天然アユを増やすと決めた漁協のシンポジウム第1回天竜川大会記録集，天然アユ保全ネットワーク，2007，pp.11-18.
- 9) 柳川 晃，鈴木啓祐：漁協と協働するダム環境対策（兵庫県猪名川），築地書館，東京，2010，pp.83-89.

資料

2012年の江の川におけるアユ産卵場造成について

高橋勇夫¹・寺門弘悦²・曾田一志³・安木 茂²・沖野 晃²

Maintenance of spawning ground of Ayu, *Plecoglossus altivelis altivelis*,
in the Gounokawa River, Shimane Prefecture in 2012

Isao TAKAHASHI, Hiroyoshi TERAOKA, Kazushi SOTA, Shigeru YASUGI and Akira OKINO

キーワード：アユ，産卵，産卵場造成，江の川

はじめに

島根県西部の主要河川である江の川では天然アユの遡上量を増大させるために江川漁業協同組合（以下、江川漁協と略す）が中心となって様々な取り組みを行っている。しかし、近年の夏季から秋季にかけての少雨傾向と、ダム・堰堤等の河川構造物による砂利供給量の不足により、下流部のアユ産卵場の河川環境は年々悪化してきている。そこで、著者らは2008年以降、江の川におけるアユの主要産卵場の機能回復を人為的な「造成」によって図ること、さらにその効果を検証することを目的として調査を行っており、2012年も同様の調査を実施した。

資料と方法

1. 産卵場事前調査

産卵場の事前調査として、江川漁協から聞き取った産卵実績のある区間（谷住郷の瀬～セジリの瀬）のうち、2012年9月21日に図1に示した江の川の谷住郷の瀬（江津市桜江町谷住郷）、長良の瀬（江津市松川町長良）、セジリの瀬（江津市川平町）において潜水して河床の状態（礫組成、河床硬度等）を観察した。また、陸上からは瀬の周辺の河原の礫組成や流路形状を観察した。

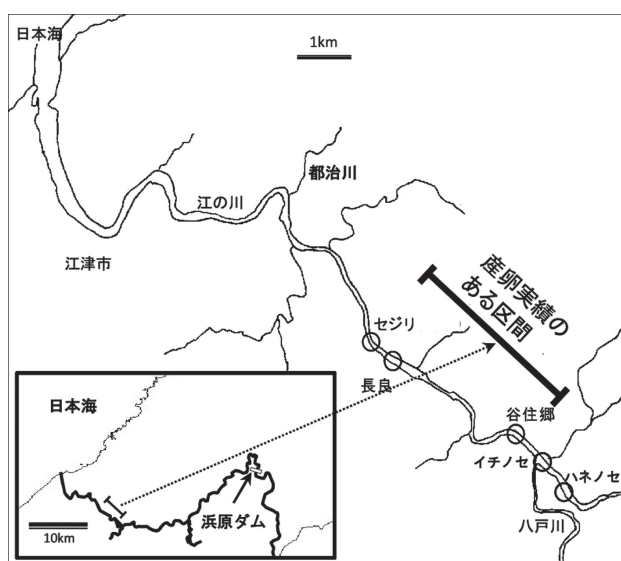


図1. 江の川における調査地点の概要

2. 産卵場造成

1) 産卵場整備の基本方針の策定 調査で得られた情報（河床の状態、親魚の量など）をもとに、造成場所、必要面積、造成方法などを検討した。

2) 造成場所と方法の選定 策定した造成プランをもとに、水産技術センターと江川漁協が協議したうえで、2012年10月8日に谷住郷の瀬および長良の瀬において重機による造成を行った。

3) 河床の硬度の確認 産卵場造成の主目的は、大石の除去、砂泥の洗い流しにより河床の粒度組成を産卵に適した小石主体のものに変えることと、堅く締まった河床を掘削して浮き石状態にすることに

¹たかはし河川生物調査事務所 Takahashi Research Office of Freshwater Biology, Konan, Kochi 781-5603, Japan

²漁業生産部 Fisheries Productivity Division

³内水面浅海部 Inland Water Fisheries and Coastal Fisheries Division

ある¹⁾。産卵場造成前の2012年9月21日と造成後の2012年10月8日に、浮き石状態の目安となる河床の硬度を「シノによる貫入度」により測定した。測定方法は全内漁連の手法²⁾に準じ、1つの対象箇所に対して4-11回測定した。

3. 産卵場事後調査

造成から22日後の2012年10月30日に事前調査と同様の場所においてアユの産卵状況を調査した(図1)。なお、谷住郷の瀬に関しては11月14日に再度調査を実施した。調査範囲は、造成を行った谷住郷の瀬、長良の瀬に加え、自然産卵場と考えられたハネノセ(桜江大橋の上流の瀬)、イチノセ(桜江大橋の下流の瀬)、セジリの瀬を対象とした(図1)。各地点の産卵場を踏査・潜水し、産着卵の有無を確認した。産着卵が確認された範囲の外周にポールを立て、その位置情報をハンディGPS(GPSmap60CSx, GARMIN社製)で取得した。GISソフトウェアである地図太郎(東京カートグラフィック株式会社製)の面積測量機能を用いて、位置情報から面積と形状を求めた。さらに、産卵場内で無作為に選定したアユの産卵床における卵の埋没深を測定した。卵の埋没深の測定は、高橋ほか³⁾に従い、卵が付着している最も深い部分と周辺の河床面との高低差と定義した。

結果と考察

1. 産卵場事前調査

1) アユの産卵場に適した区間と河床の状態 江川漁協への聞き取りによると、近年江の川でアユの産卵実績があるのは、谷住郷の瀬からセジリの瀬の区間であるが、2008年～2011年に著者らが行った調査³⁾⁻⁶⁾でも谷住郷の瀬、長良の瀬、セジリの瀬の3地点で産卵の実績があった。各地点の河床の状態は以下のとおりであったが、江の川は土砂供給が不足しており、産卵場が形成される上記区間でも河床の低下と河床材料の粗粒化が進みつつあると考えられた。

谷住郷の瀬 流れは大きく右岸側と左岸側に分かれ、右岸側が本流となっていた(図2)。

【右岸側】瀬尻は中州によって二分され、左右に早瀬が形成されていた。左側の瀬(図2の真ん中の流れ)の河床には産卵に適した5-50mmの礫が溜まっていたが、15cm以上の礫の混入割合も高かった。江川漁協の関係者によると、国道の灯火により

産卵親魚がつかないと言われており、効果の面から造成の必要性は低いと考えられた。

【左岸側】左岸側は、導水路(2011年に掘削⁶⁾)から続く瀬になっており、中程に形成された小さな中州により流れは二分された後に再び合流する形状であった。本流と比較して水量は少ないが、産卵に適した5-50mmの礫が堆積していた。ただし、20cm以上の大石も多く、特に上流部はその割合が高かった。また、砂泥の混入也多かった。そのため、左岸側は造成により、大石の除去と砂泥の洗浄が必要と考えられた。

【中州の状況】河川を大きく二分する中州の礫組成は、上流側が20cm以上の大石が多いことに加え、泥が被っていたが、中程より下流側は産卵に適した礫が多く、投入すれば産卵基質として使えると判断された。ただし、砂の混入がやや多かった。



図2. 谷住郷の瀬の概観

長良の瀬 アユの産卵に適した5-50mm程度の礫はあるものの、瀬肩から2/3の位置までは20cm以上の礫の堆積が多い上に砂泥の混入も多く、アーマー化(河床が堅く締まった状態)していた。瀬の下流側は一面に糸状緑藻が繁茂しており(図3)、右岸側はアーマー化していた。左岸側は産卵に適した礫が浮き石状態で堆積しており、その広さはおよそ2,000m²であった。さらに、その下流のトロには産卵に適した小石が浮き石状態で堆積していた。産卵期までに出水が無ければ、人力での耕耘等で糸状緑藻の除去と若干の砂泥抜きが必要と考えられた。

セジリの瀬 瀬肩付近は大石が散在しており、産卵には不適當な状態にあった。瀬の中間から瀬尻にかけて20-100mm程度の礫が浮き石状態で堆積している場所が2か所あった。面積は合わせて500m²程度であった。2011年に産卵が確認された長良とセジ

リの中に位置する瀬は、流量が少ないため、流れがトロのような状態になっていた。礫間に砂泥の混入がみられたものの、礫は10-100mmのものが主体でアユの産卵に適しているため、流量が増えれば産卵場として利用されると推察された。



図3. 長良の瀬の河床に繁茂していた糸状緑藻

2. 産卵場造成

1) 産卵場造成の基本方針の決定

(1) 造成場所の選定

谷住郷の瀬 本流側（右岸側）は国道の灯火の問題から手を入れても造成効果は低いと考えられた。左岸側の分流は2011年と同様に水量を増すことができれば、産卵場として良好な環境となる。リスクとして、汽水域まで距離があるため、ふ化した仔魚の減耗率が高くなることが予想される。

長良の瀬 長良の瀬の下流の瀬に関しては、左岸側に産卵に好適な小石が堆積した部分があり、2011年と同様にそのままで産卵場となることが予想される。ただし、事前調査時点では糸状緑藻の繁茂が見られたため、産卵期まで出水がない場合は、河床表面の攪拌を行い、藻類を除去することが望ましいと判断された。

セジリの瀬 重機を入れることが困難なため、造成は断念せざるを得ない。

造成場所の決定 以上の造成に関わる条件をもとに江川漁協と協議した結果、重機が入れやすくかつ造成効果（河床の改善度）が最も大きいと考えられた谷住郷の瀬の左岸側の分流と長良の瀬の2箇所を造成することを決定した。

(2) 必要な産卵場面積の検討 江の川（浜原ダム下流）のアユの適正生息数は約240万尾と試算されており、仮にそれをすべて天然遡上魚でまかなうとすれば、ふ化量（流下量）として、約40億尾が必要と推定されている⁷⁾。ただし、現在は資源

水準が低下しており、近年の流下量は数億尾にとどまっている。これらを考慮し、当面の目標ふ化量は20億尾とする。

筆者の一人である高橋のこれまでの調査では、産卵場面積に対して十分な数の親魚が確保され、かつ、理想的な産卵環境（砂泥の混入のない小石の浮き石底）であれば、産卵場100㎡あたり1億尾の仔魚のふ化が十分期待できる（高橋、未発表）ことが判明している。この値を当てはめれば、当面、江の川に必要な産卵場面積はおおよそ2,000㎡と推定される。

9月21日時点で、長良の瀬とセジリの瀬で産卵可能面積は2,500㎡と推定され、この2カ所で必要面積を上回ることになる。ただし、長良の瀬は適地と思われる部分でも産卵しないことがたびたびあるため、安全を見込むと、他の候補地において可能な限り造成し、アユが好適な産卵場を選択できるようにすることが望ましい。このようなことを考慮すると、産卵場可能面積として4,000㎡の確保を目標にし、谷住郷の瀬、長良の瀬とも造成面積は1,500㎡（合計3,000㎡）を目標とする。

(3) 造成プラン 谷住郷の瀬の造成プラン（方針と手順）を図4に、また、作業要領（使用機材、タイムスケジュール等）を図5に示した。長良の瀬の造成プラン（方針と手順）を図6に、作業要領（使用機材、タイムスケジュール等）を図7に示した。

1) 使用機材、準備品

- ・ バックホー(バケットサイズ0.7程度):1台
- ・ ブルドーザ(中型):1台

2) 工程

(1) 導水路掘削

- ・ 昨年作った導水路の河床をバックホーで上流側から掘削(9:00-11:00)
- ・ 流心側に導流堤を設置(水を左岸側に集める)(11:00-12:00)
- ・ 造成産卵場の流れの状態を見ながら取水量を調整(水路の拡幅または埋め戻し)(14:00-16:00)

(2) 産卵場の造成

- ・ 導水路掘削前(通水前)にドライに近い状態で、大礫(20cm以上)を下流側に除去(ハイド板を軽くかけて大礫のみを除去)
- ・ 中州の小砂利を造成地に投入
- ・ 全体を平らに均す。(ここまで9:00-11:00)
- ・ 導水後、河床をハイド板で攪拌し、砂泥を洗い流す。(13:00-14:00)
- ・ 流れの状態を見ながら、河床表面の起伏を均して、産卵可能面積を広げる(14:00-16:00)

※予備候補地(本流側)の造成は、当日必要と判断されれば10:30-12:00の間に行う。

図5. 谷住郷の瀬における産卵場造成の作業要領

問題点

- ①産卵に適した小石が多いが、全体的に砂泥と大礫（ともに産卵のじゃまになる）の混入量が多い。
- ②現状の地形では産卵可能面積が狭い（水量不足）。

造成方針

- ①左岸背肩部分に導水路を掘削し、水を左岸側に回す。
- ②河床表面の大礫・砂泥を除去して、小砂利の浮き石底をつくる。
- ③河床の起伏を均して産卵可能面積を広げる（全体で1,500㎡程度を目標にする）。

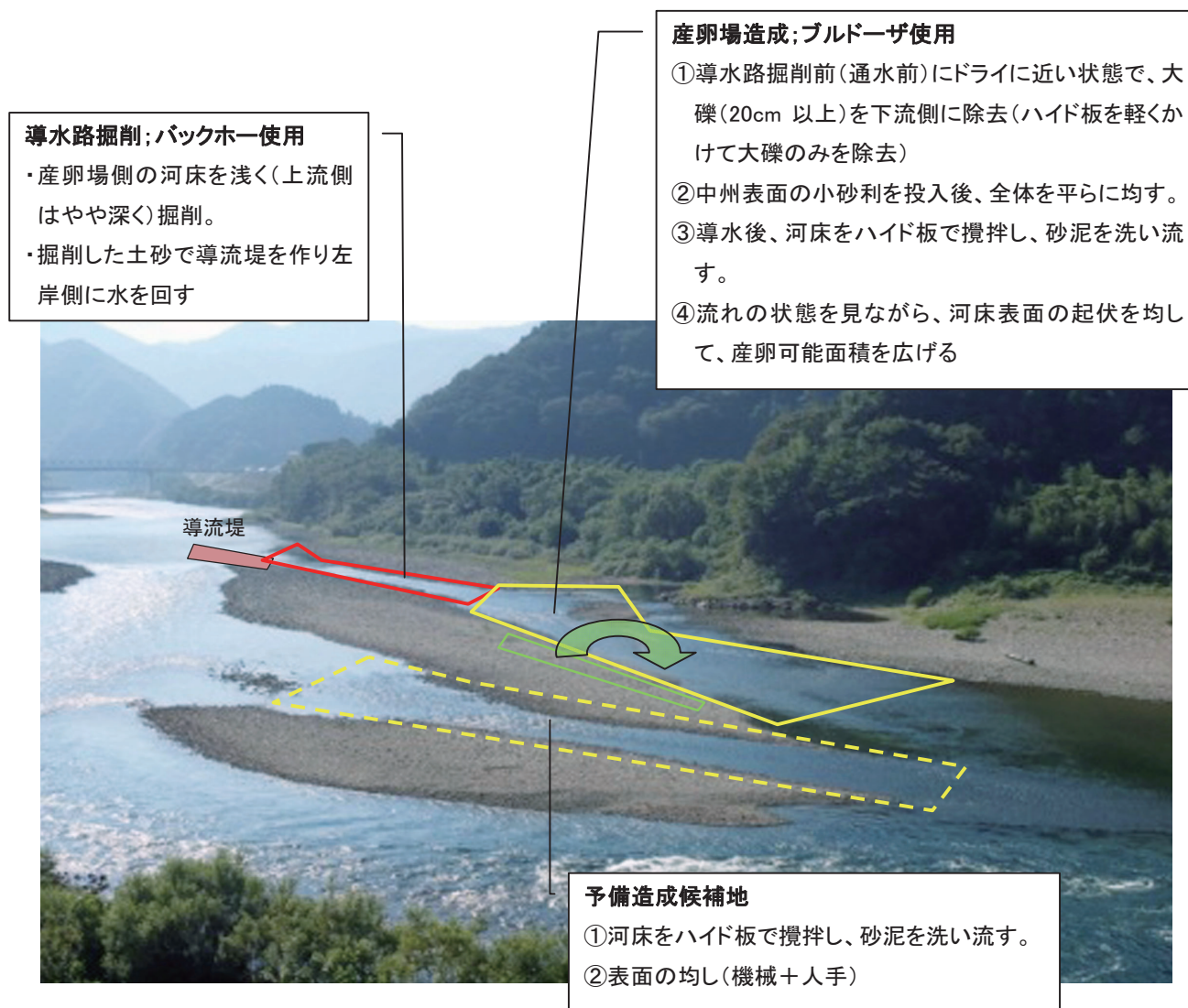


図4. 谷住郷の瀬の造成プラン

問題点

- ①瀬の下流側の中央部から左岸側にかけて産卵に適した小石が多いが、糸状緑藻が付着している。
- ②現状の地形では水位低下時に産卵可能面積が著しく狭い。

造成方針

- ①中州状に堆積した小石を押し広げて、産卵可能面積を広げる(1,500㎡程度を目標にする)。
- ②河床表面の大礫・砂泥・糸状緑藻を除去して、小砂利の浮き石底をつくる。

産卵場造成;バックホー使用

- ①中州状に浅くなった部分の礫を攪拌しながら押し広げる
- ②流れ具合を見ながら、造成区域に水を回す(導流堤設置)
- ③河床表面の起伏をバケットで均す

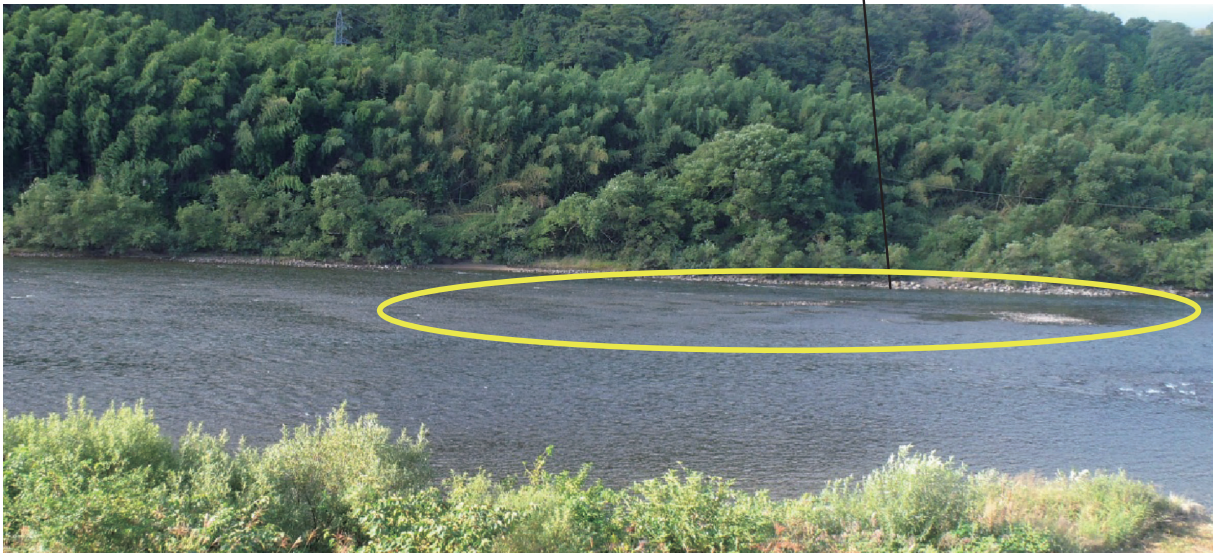


図6. 長良の瀬左岸分流の造成プラン

1)使用機材、準備品

- ・ バックホー(バケットサイズ0.7程度):1台

2)工程

- ・ 中州の小砂利を造成地全体に広げる
- ・ 流れの状態を見ながら、全体に水を回す(必要に応じて導流堤を設置)(ここまで9:00-12:00)
- ・ 河床を攪拌し、砂泥を洗い流す。(13:00-14:00)
- ・ 河床表面の起伏を均す(14:00-16:00)

図7. 長良の瀬における産卵場造成の作業要領図



図8. 谷住郷の瀬の造成状況



図9. 長良の瀬の造成状況

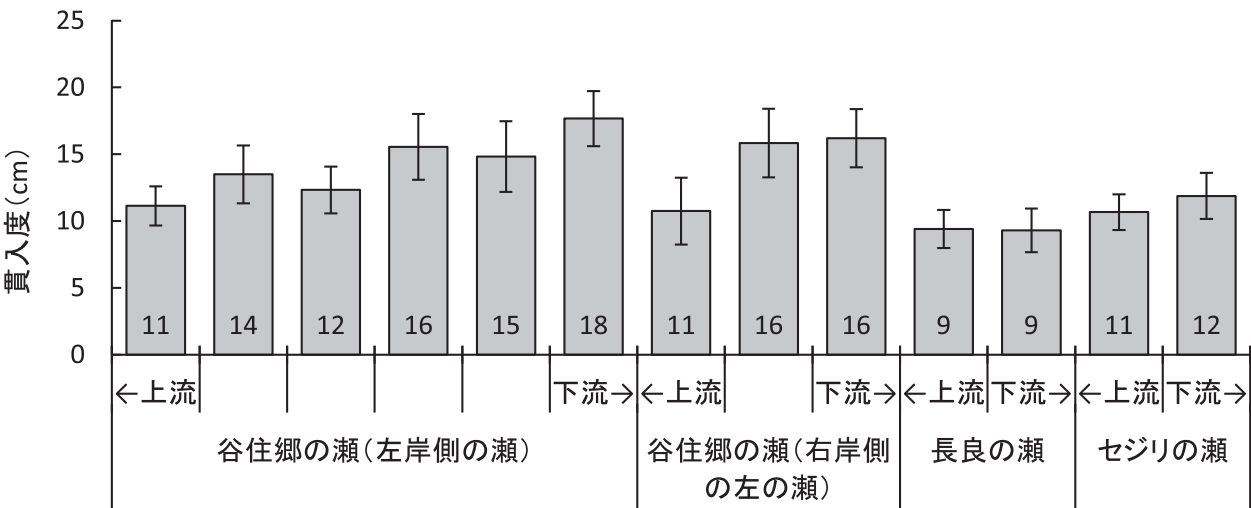


図10. 江の川における造成前の河床の貫入度 (2012年9月21日)
図中数値は平均値, バーは標準偏差を示す

2) 造成状況

(1) 谷住郷の瀬 造成状況を図8に示した。造成候補地にはほとんど水が流れていなかったため、バックホーを使って上流側の砂州に導水路を掘削し、造成予定地に水を回した。造成候補地では通水する前にほぼドライの状態、砂州上の礫を造成面に押し出し、形状と地盤高を整えた（ブルドーザー使用）。導水路から通水後、流れ方を見て、形状と地盤高を再調整した。この段階で、通水量がやや少ないと判断されたため、導水路を拡幅した。最後に造成面をブルドーザーで整地し、フラットな河床の瀬に仕上げた。造成面積は1,890㎡であった。

(2) 長良の瀬 造成状況を図9に示した。まず、バックホーで中州部分を浅く掘削し、砂泥を洗い流すとともに中州部分の礫を周辺に投入した。その後地盤高を調整しながら、粗均しを行った。この段階で、水量不足から水深が浅かったため、造成面の上流側に導流堤を設置して、造成面に水を回す作業を行った。最後にバックホーのバケットで河床表面をフラットに整地した。造成面積は1,940㎡であった。

3) 河床の硬度の確認

(1) 造成前 事前調査時（2012年9月21日）における貫入度の測定結果を図10に示した。平均貫入度は9-18cmと比較的良好な値を示した。その中で、長良の瀬、セジリの瀬は10cm前後で、谷住郷の瀬の11-18cm（平均14cm）と比較すると相対的に堅く締まった状態にあった。

(2) 造成後 谷住郷の造成産卵場における造成直後（2012年10月8日の造成当日）の測定結果を図11に示した。造成産卵場における貫入度は、谷住郷の瀬で15-17cm、長良の瀬で16-17cmであった。両区とも事前調査時における平均的な貫入度を上回り、特に長良の瀬で改良効果が顕著に見られた。

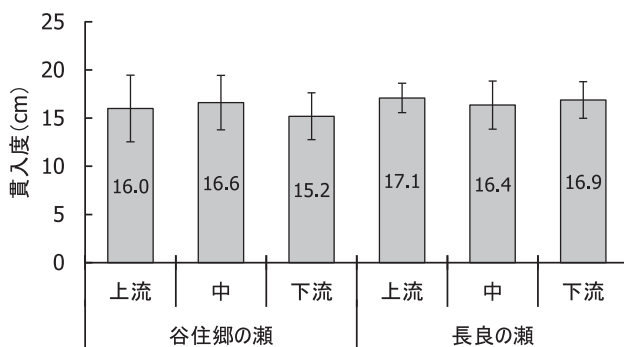


図11. 造成後の河床の貫入度（2012年10月8日）

(3) 造成効果の判定 造成産卵場における貫入度は、事前調査時を上回り、自然状態の浮き石底と同程度まで深くなった。また、造成した河床面は産卵に適した小石が多く、礫間の砂泥や糸状緑藻は取り除かれていた（図12）。以上から、造成の目的は達成されており、造成効果があったと判断された。



図12. 造成直後（2012年10月8日）の河床の状態（ピンの1目盛りは5cm）

3. 産卵場事後調査

1) 産卵場調査

(1) 造成産卵場

谷住郷の瀬 造成範囲と産卵範囲を図13に示した。10月30日の調査時、産卵面積は490㎡であったが、全体的に産卵床の数が少なく、産着卵の密度も薄かった。親アユが十分に降下していない状況を考慮し、11月14日に再度調査を実施したところ、産卵面積は410㎡であったが、産卵床の数、産着卵の密度とも増加していた。なお、前年（2011年）の産卵面積は1,890㎡⁶⁾であった。

長良の瀬 造成範囲と産卵範囲を図14に示した。産卵場として造成した範囲よりも上流寄りから造成範囲の中程にかけて帯状にアユの産着卵が確認された。産卵面積は1,060㎡で、調査時には親アユも確認された。なお、2011年の産卵面積は3,490㎡⁶⁾であった。



図13. 谷住郷の瀬における造成範囲とアユの産卵範囲（写真は島根県統合型 GIS による）



図14. 長良の瀬における造成範囲とアユの産卵範囲（写真は島根県統合型 GIS による）



図15. セジリの瀬におけるアユの産卵範囲（写真は島根県統合型 GIS による）

（２）自然産卵場

ハネノセ 河床材料は 20cm 以上の大石が主体で、その間に小石が点在していた。また、糸状緑藻が繁茂していた。アユの産着卵は確認できなかったが、新しい食み跡が多く見られた。

イチノセ 瀬肩は 20cm 以上の大石が多く、その間には砂礫が詰まっていた。瀬尻は産卵に適した小

石主体の浮石底であったが、アユの産着卵は確認できなかった。

セジリの瀬 産卵範囲を図 15 に示した。毎年自然の産卵場として機能しており、2012 年も産卵が確認された。産卵場は右岸側に回った水が河川を斜め横断的に流れる瀬に形成されていた。産卵面積は 640m²で、親アユも確認された。なお、昨年（2011 年）の産卵面積は 2,070m²⁶⁾であった。

（３）卵の埋没深からみた産卵場造成の効果判定

産卵場造成の目的の一つは小石の浮き石底をすることで、卵の埋没深を深くして、食卵の被害⁸⁾を軽減したり、重ね産みによる卵の流下（同じ場所で産卵を繰り返すと先に産み付けられていた卵が剥離する）を低減させることにある。産卵場造成の有効性を判断する目安として、高橋⁹⁾は卵の埋没深が 10cm 以上（平均値）あることとしている。

谷住郷の瀬における産着卵の埋没深を図 16 に示した。埋没深（平均値±標準偏差）は、産卵範囲の上流側で 3.0 ± 0.7cm、下流側 7.8 ± 1.6cm とともに良好な産卵場の目安となる 10cm に達しなかったが、中程は 10.0 ± 0.6cm と平均 10cm に達していた。長良の瀬では、造成範囲を外れた上流側は 8.0 ± 1.3cm であったが、下流側（造成範囲）は 11.2 ± 1.8cm で 10cm を超えていた。

自然産卵場であるセジリの瀬における卵の埋没深は 9.6 ± 1.4cm でほぼ平均 10cm に達していた。

以上のように谷住郷の瀬の上流側を除けば、埋没深は 8-11cm で、産卵場造成の有効性の目安のとなる 10cm⁹⁾に近い、もしくは超えた値であり、一応「効果有り」と判断できる。谷住郷の瀬の上流側は増水の際に小礫が流され、産卵環境が悪化したものと考えられる。

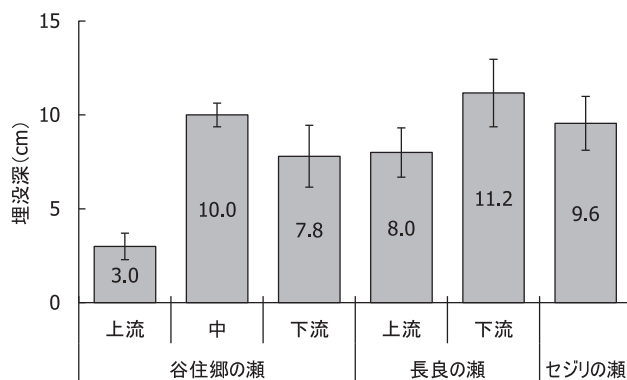


図16. 造成産卵場と自然産卵場における卵の埋没深の比較

2) 産卵場造成における今後の課題

(1) 造成方法 江の川では、今回を含めこれまで4回の造成を行った。そのうち卵の埋没深が最も深かったのは2009年で平均値で14.3cmあった⁴⁾。この年は砂利投入を行っており、単に河床掘削をする造成よりも、砂利投入の方が効果が大きいと判断される。ただし、砂利投入は経費がかかるため、毎年行うことは困難であるが、夏場に出水がなくて河床が強固にアーマー化したような年は有効な方法と言える。

(2) 造成場所 2012年は谷住郷の瀬と長良の瀬で造成を行った。このうち谷住郷の瀬では2008年から2010年の調査では、まったく産卵していないか、ごくわずかな産卵しか確認されていなかった。そのような場所であっても、2011-2012年に造成によって好適な産卵環境を提供すると一定規模の産卵場が形成されることが分かった。ただ、この地点は汽水域から距離があるため(約7km)、とくに渇水の年には汽水域までの到達時間が長くなり、流下中の減耗が大きくなる恐れがある¹⁰⁾⁻¹²⁾。今後、流下仔魚の卵黄の吸収具合などを調査し、この場所での造成の可否について検討する必要がある。

(3) 親魚数の確保 江の川は近年不漁傾向で、親魚不足が続いていた。2012年は比較的親魚数が多かったものの、2011年よりは少なく、まだ十分とは言えない。造成の効率を上げるためにも安定的な親魚の確保は必須^{1), 13)}で、2011年から行われている産卵保護期間、保護区の拡大(臨時措置)は当面は必須の対策として位置づけられ、今後もしばらくは継続することが必要である。

(4) 土砂供給とアユの産卵に適した瀬の形 アユの産卵場は河道(縦断方向)に対して順方向の瀬(長良の瀬のようなタイプの瀬)に形成されることが少なく、河道に対して横断方向に流れる瀬に形成されることが多い。このような形の瀬は、礫が小さくかつ浮き石状態になりやすいためにアユの産卵に適している。江の川下流部ではこのような横断型の瀬はほとんどなく(谷住郷の瀬の左岸側分流がそれに近い)、アユは中州や砂州(沈み州を含む)の周辺の流れが変化する場所を選択して産卵している。

江の川下流部に横断型の瀬が少ない理由は、ダムや砂防堰堤の建設に伴う土砂供給の不足にあると推定される。今後、河川管理者、ダム管理者などと協議し、置き土などの対策^{14), 15)}を実施していかないと、いずれは造成しても十分な産卵ができないような状態が来ることが予想される。

参考文献

- 1) 高橋勇夫：産卵場造成の実際、「アユを育てる川仕事」(古川彰, 高橋勇夫編), 築地書館, 東京, 2010, pp. 116-123.
- 2) 全国内水面漁業協同組合連合会：アユの産卵場づくりの手引き(魚類再生産技術開発調査報告書). 全国内水面漁業協同組合連合会, 1993, 234pp.
- 3) 高橋勇夫, 寺門弘悦, 村山達朗：島根県西部河川におけるアユ産卵場造成について. 島根県水産技術センター研究報告, 2, 39-48 (2009).
- 4) 高橋勇夫, 寺門弘悦, 村山達朗：島根県西部河川におけるアユ産卵場造成について－Ⅱ. 島根県水産技術センター研究報告, 3, 69-84 (2011).
- 5) 高橋勇夫, 寺門弘悦, 村山達朗：島根県西部河川におけるアユ産卵場造成について－Ⅲ. 島根県水産技術センター研究報告, 4, 45-57 (2012).
- 6) 高橋勇夫, 寺門弘悦, 曾田一志, 安木茂：2011年の江の川におけるアユ産卵場造成について. 島根県水産技術センター研究報告, 5, 43-52 (2013).
- 7) 高橋勇夫, 寺門弘悦, 村山達朗：江の川におけるアユの適正収容量の推定. 島根県水産技術センター研究報告, 4, 59-69 (2012).
- 8) 高橋勇夫, 東健作：ここまでわかったアユの本. 築地書館, 東京, 2006, 265pp.
- 9) 高橋勇夫：産卵場造成の必要性和その実際. 天然アユを増やすと決めた漁協のシンポジウム第1回天竜川大会記録集, 天然アユ保全ネットワーク, 2007, pp. 11-18.
- 10) 高橋勇夫, 新見克也：矢作川におけるアユの生活史-I, 産卵から流下までの生態. 矢作川研究, 2, 225-245 (1998).
- 11) 東幹夫, 程木義邦, 高橋勇夫：球磨川流域におけるアユ仔魚の流下と中流ダムの影響. 日本自然保護協会報告書, 94, 21-30 (2003).
- 12) 高橋勇夫：天然アユが育つ川, 築地書館, 東京, 2009, 194pp.
- 13) 村山達朗：天然アユ資源はなぜ年変動を繰り返すのか, 「アユを育てる川仕事」(古川彰・高橋勇夫編), 築地書館, 東京, 2010, pp. 165-174.
- 14) 柳川晃・鈴木啓祐：漁協と協働するダムの環

境対策（兵庫県猪名川）,「アユを育てる川仕事」（古川彰・高橋勇夫編）,築地書館,東京,2010, pp. 83-89.

15) 鈴木崇正, 角哲也, 竹門康弘, 中島佳奈: 土砂供給に伴うアユ産卵環境の変化予測. 京都大学防災研究所年報, 54-B, 711-718 (2011).

資料

宍道湖におけるヤマトシジミの初期生活史 — H24年度の調査結果 —

勢村 均¹・曾田一志¹・石田健次¹・開内 洋¹・浜口昌巳²

Study on the early life history of *Corbicula japonica* in Lake Shinji

Hitoshi SEMURA, Kazushi SOTA, Kenji ISHIDA, Hiroshi HIRAKIUCHI
and Masami HAMAGUCHI

キーワード：ヤマトシジミ，初期生活史，浮遊幼生，初期稚貝

はじめに

を報告する．

宍道湖のヤマトシジミ（以下シジミと略）は，最盛期には1万tを超える漁獲があったが，平成22年以降本種の資源量は減少傾向が続き，平成24年の漁獲量は約1,700tまで減少した．

これに対して島根県は平成24年に「将来の農林水産業を支える技術開発プロジェクト」の一つとして「宍道湖・中海再生プロジェクト」を立ち上げ，宍道湖については宍道湖保全再生協議会を組織し，シジミ減少原因の究明と対策の検討を行うこととした．

水産技術センター内水面科では，平成24年度から協議会の調査活動を分担し，シジミの初期生活史に関する調査を行っている．宍道湖のシジミについては，従来から漁場での資源量調査，および生息密度や肥満度の推移を観察する定期調査を行っているが，浮遊幼生から着底初期の稚貝の動態については断片的な知見しかなかった¹⁾²⁾．そこで，平成24年度から宍道湖内でのシジミの初期生活史を解明するため，浮遊幼生から初期稚貝を対象として分布の推移を観察した．また，従来調査が行われていなかった，渚から水深1m程度までの区域で，シジミの生息密度や殻長組成の推移を観察した．さらに近年，冬季の水温上昇でシジミが冬眠せず，低濃度の餌料下で摂餌を続けることで衰弱する可能性があるとの指摘が一部の研究者からあったため，低水温下での摂餌実験を行った．本稿ではこれらの調査実験結果

材料および方法

産卵時期の推定 宍道湖の水温・塩分のデータは，国土交通省出雲河川事務所が湖心に設置している観測装置の中層の記録，および水産技術センター内水面科が平日に毎日観測している水深約2mからの汲み上げ湖水の記録を用いた．

シジミの肥満度の推移は，水産技術センターが毎月1回行っているシジミ定期調査で得られたデータを用いた．

シジミ浮遊幼生の水平分布 6月下旬から9月下旬にかけて，図1の黒丸で示す24地点を宍道湖漁業協同組合青年部，また灰色丸で示す10地点を水産技術センターが，シジミ浮遊幼生の採集を行った．採集方法は，黒丸地点はプランクトンネット（口径25cm，目合い75μm）の湖底から表面までの5m斜行曳，灰色丸地点は湖底からの鉛直曳で行った．

試料は保冷して庁舎に持ち帰った後，ただちに二枚貝幼生を分別し，1/2を固定，残りを冷凍した．シジミ幼生は外部形態により判別したが，大橋川の試料などで，他種幼生と判別がつきにくい時には，冷凍試料を解冻してモノクローナル抗体法によりシジミ幼生の確認を行った．

シジミ浮遊幼生およびホトトギス浮遊幼生の鉛直分布 鉛直分布調査は，2012年7月4，5，6日

¹内水面浅海部 Inland Water Fisheries and Coastal Fisheries Division

²(独)水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所 National Research Institute of Fisheries and Environment of Inland Sea

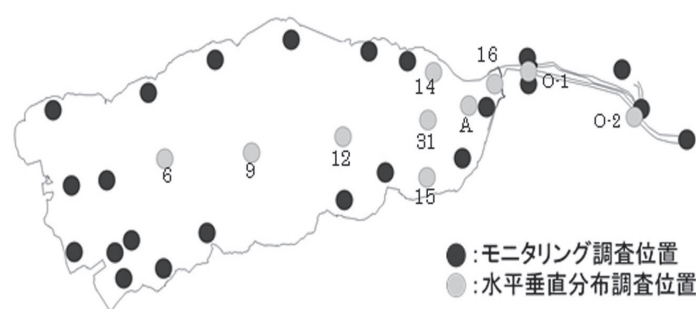


図1. シジミ・ホトトギス浮遊幼生調査点

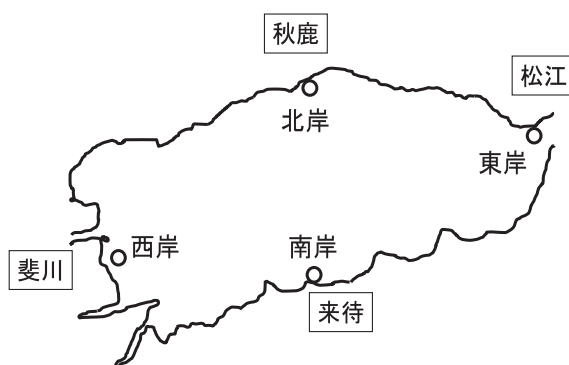


図2. 初期稚貝調査点

は図1に示す宍道湖東部から西部にかけて横断する St. 6, 9, 12, 31, 16 の5地点で行った。ただし、St. 31 は5, 6日のみ調査した。また、7月25日、8月21日、9月25日は図1に示す大橋川から宍道湖東部を中心とした St. 14, 15, 16, 31, A, O-1, O-2 の7地点で行った。ただし、9月25日は St. 13, 14, A での調査は行わなかった。

幼生の試料は調査船「ござ」を使用し、表層（深度0.5m）から水深1mごとに湖底の0.5～1m上まで、水中ポンプ（ツルミ 40TM2.25S）を垂下して各層約240Lの湖水を採水し、目合い50 μ mのネットでろ過して得た。また、同時に多項目水質計（HYDROLAB MS5）で表層から湖底まで水温、塩分、溶存酸素の測定を行った。

試料は保冷して庁舎に持ち帰った後、ただちに二枚貝幼生を分別し、固定用と冷凍用に適宜分割した。シジミ幼生は外部形態により判別して計数したが、大橋川などで、他種幼生と判別がつきにくい時には、冷凍試料を解凍してモノクローナル抗体法によりシジミ幼生の確認を行った。また、1試料につき約30個体の幼生の殻長を測定した。

さらに、7月25日以降の凍結試料を用いて RT-PCR（バイオラッド、CFX-96）によりシジミ幼生とホトトギス幼生の遺伝子コピー数を測定した。

シジミ初期稚貝の生息密度の変化 4月～7月までは図2に示す宍道湖東・西岸の2地区において、8月以降は東・西・南・北岸の4地区で、それぞれ距岸2～5m、距岸30～50m、およびその沖合の水深2m、3mの4地点で月1回、直径3または5cm、高さ1cmの塩ビ管に125 μ mのメッシュを張った採集器を用い各地点で2～3回採泥を行った。採泥は、SM式採泥器で採取した底質の表面から行ったが、8月～11月の距岸2～5m、距岸30～50mでは素潜りで湖底の表面から直接採泥した。採集した砂泥は、保冷して庁舎に持ち帰った後、目合い125 μ mの篩で篩い、残った試料をホルマリン濃度が

5～10%となるよう中性ホルマリンで固定し、冷蔵した。稚貝の選別は、ローズベンガルで染色して実体顕微鏡下で行った。また、殻長は生物顕微鏡を用いて接眼マイクロメーターで測定した。

低水温時のシジミ摂餌状況の観察 シジミを、細砂を敷いて宍道湖ろ過水を入れ、通気した5L水槽に20個体収容し所定の水温に馴致した後、市販の生クロレラまたは培養した *Nannochloropsis* sp. を約100万細胞/mlの濃度で添加した。その後一晩飼育し、翌日シジミを宍道湖ろ過水を満たしたシャーレに個別に取り出して室温（20℃前後）で3～29時間排糞させ、生クロレラまたは *Nannochloropsis* の細胞で充満した未消化糞³⁾を排出した個体を摂餌した個体とみなし、その割合を調べた。

実験は、できるだけ供試したシジミが生息している水温、塩分で行うようにしたが、水温1.6℃区は自然水温が得られなかったため冷蔵庫内で、水温4.2℃区はウオーターバス方式では水温の維持に不安があったため恒温器内で行った。その他の水温区は湖水のかけ流しによるウオーターバス方式で行った。なお、上述の理由から、塩分調整は行わなかった。

結果

産卵時期の推定 図3に湖心の国土交通省観測ステーションの中層および西部にある水産技術センター内水面庁舎取水の水温・塩分の推移を示す。6月1日～9月30日までの期間中、水温は21～31℃で推移し、湖心部と西部でほとんど差がなく、7月初めには25℃を超えた。塩分は湖心部では3～6PSUで推移し、6月下旬～7月上旬にかけて一時3.5PSUから4PSUへ上昇し、7月下旬にかけて再び3PSU程度に低下した後6PSU程度まで緩やか

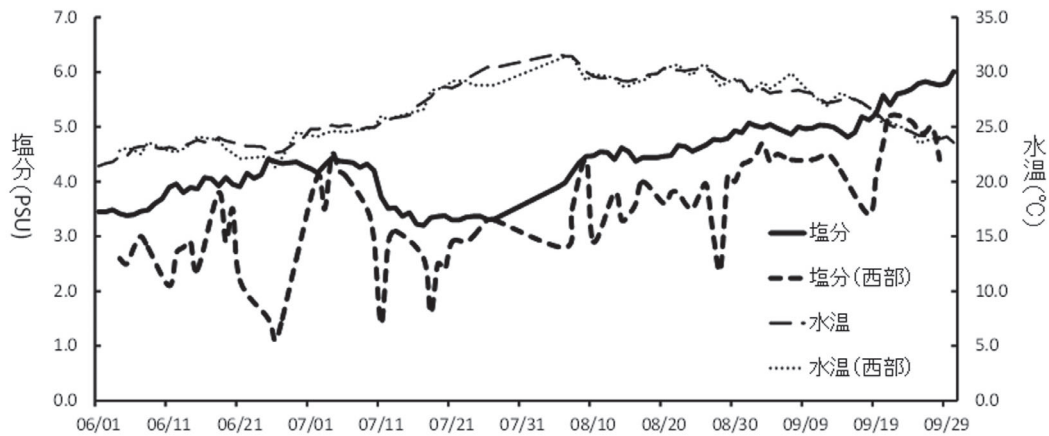


図3. 宍道湖中層（水深3.1m）と西部（水深2m）における塩分と水温の変動

に上昇した。西部の塩分濃度は湖心部より低く、1～5.5PSUの範囲で短期的な変動を繰り返した。特に6月下旬～7月上旬にかけては一時的に1PSUまで低下した後約4PSUまで急激に上昇した。また7月中旬以降は塩分低下と上昇を繰り返しながら約5.5PSUまで上昇した。

図4に母貝の肥満度を示す。4月には南岸を除いた地点で0.02以上であり、大橋川1が最も高かった。その後肥満度は上昇を始め、東岸、南岸、北岸、大橋川1では5月に最高値となった後6月にかけて低下し、9月～10月に最低となった。ピーク時の肥満度が最も高かった地点は大橋川1であり、東岸、北岸、南岸の順に低くなった。しかし、西岸では肥満度の上昇がほかの地点より1か月遅れ、6月に最高値を示した後10月まで低下した。

産卵期が肥満度の推移で表されるとすると、東岸、南岸、北岸、大橋川では産卵は5月から6月にかけて開始され、9月まで続いたと推測される。また、西岸はそれより1か月遅く始まったと考えられる。この一因として、図3に示したように湖心部は6月の塩分濃度が幼生の発生至適範囲である2PSU以上¹⁾であったが西岸は塩分濃度が湖心より低く変動が激しかったため、産卵開始が遅れたのではないかと考えられた。

シジミ浮遊幼生の出現時期と水平分布 平成22年～24年の調査で得られた幼生密度を旬ごとに平均した値を図5に示した。平成24年には7月上旬～8月中旬にかけて、3回の幼生の高密度出現が観察された。平成24年の幼生の出現ピークは22年、23年より早い時期に現れたが、ピーク時の出現密度は最も低かった。

図3に示した湖心中層の水温・塩分の推移から、湖心部では産卵期以前にすでに産卵から着底の適塩

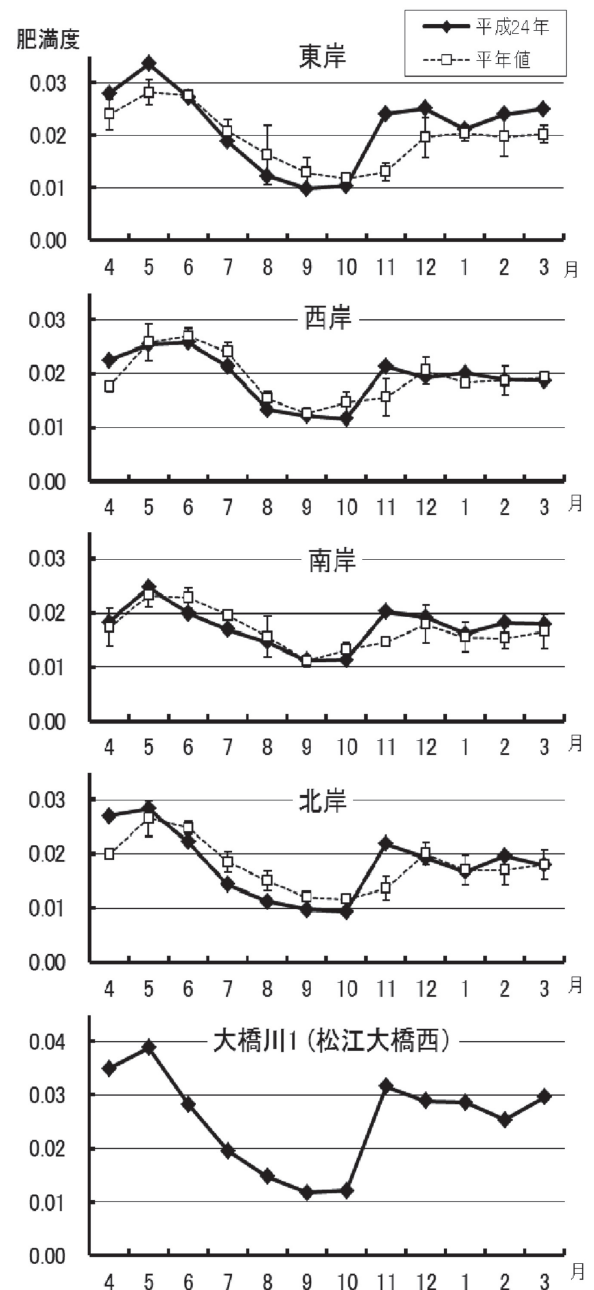


図4. シジミ肥満度の推移

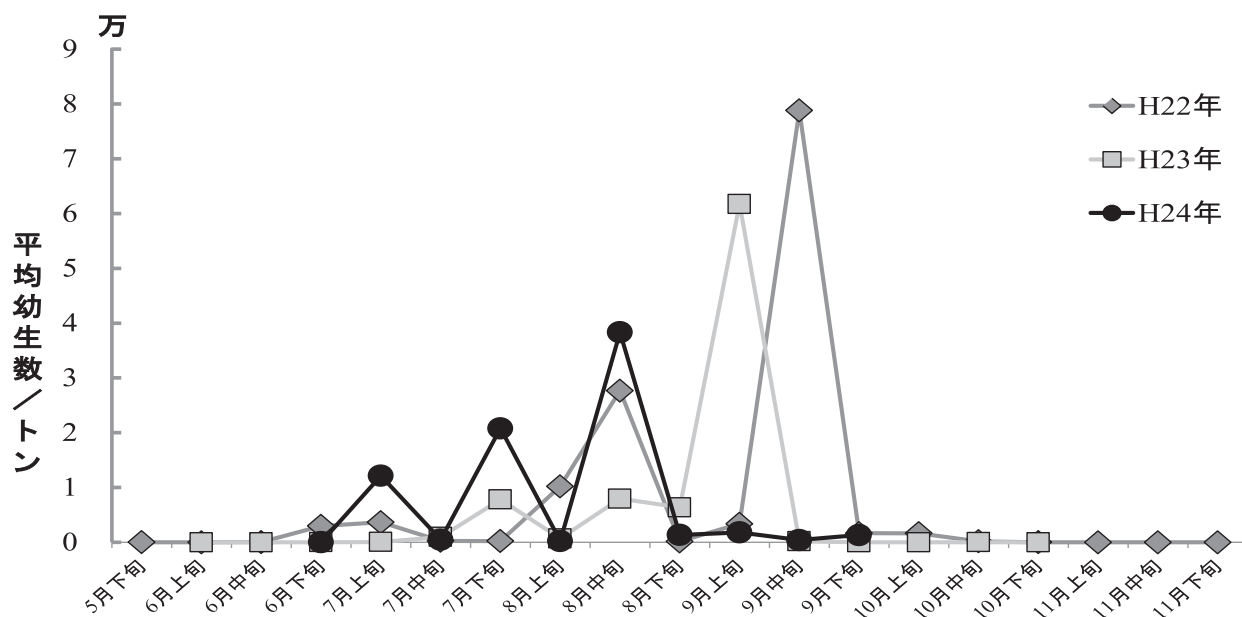


図5. シジミ浮遊幼生の出現時期（モニタリングおよび水技センター水平分布調査の平均）

分濃度とされる塩分 2PSU¹⁾ を上回っていた。また、付表 1 に示すように、最初に幼生の出現を確認した時期は、大橋川で 6 月 27 日、東部で 7 月 2 日であるが、この時期は図 3 に示したように水温が 25℃ 以上となった時期とほぼ一致していることから、平成 24 年の産卵の契機は水温の上昇であると考えられた。

図 6 に 7 月 4 日、7 月 23～25 日、8 月 21～22 日、9 月 25～26 日の幼生の水平分布を示す。シジミ幼生は 7 月上・下旬には東部を中心に高密度に出現したが、8 月下旬には中・西部に広く出現し、9 月には西南部での出現が多かった。一方、東部・大

橋川の母貝肥満度の推移からは産卵は 5 月中旬から 6 月中旬にかけて開始されたと推定されたが、幼生の出現が確認された時期は 6 月末であり、母貝の肥満度が減少を開始した時期と一致しなかった。平成 24 年の調査は 6 月末から開始したため、最初の産卵を見逃した可能性がある。

シジミ浮遊幼生およびホトトギス浮遊幼生の鉛直分布

(1) シジミ浮遊幼生 図 7 に 7 月 4、5、6 日にかけての幼生の鉛直分布の推移を示す。この期間中、塩分はごく底層を除いた全層で 5PSU 以下とほぼ均一な状態であった。幼生は 4 日には東部の St. 16

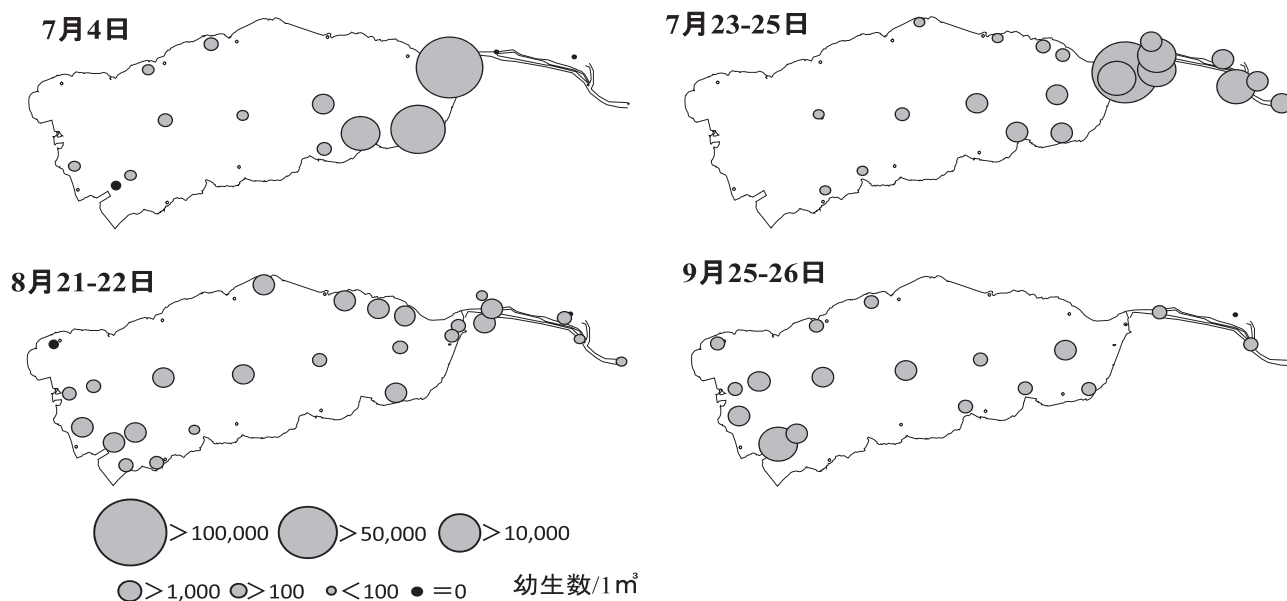


図6. シジミ浮遊幼生水平分布

に蟄集し、深度0～2mでの分布密度は10万個体/m³以上であった。また、最も西部のSt. 6では100個体/m³以下の密度であり、底層には出現しなかった。5日にはSt. 16の深度1, 2mの幼生の分布密度が低下したが、追加調査したSt. 31での分布密度は低く、4日とほぼ同様に、St. 16に蟄集していた。しかし、6日にはSt. 16での幼生の分布密度は1万個体/m³以下に大幅に減少し、St. 12の下層と、これまでほとんど出現しなかった西部のSt. 6で幼生の分布密度が増加した。この3日間の調査では、幼生の分布密度と塩分濃度との間には明瞭な関係が見られなかった。

また、採集層別の幼生の平均殻長は、4日には東部のSt. 16の全層とその西側のSt. 12の0m層に出現した幼生群は平均殻長145μm以下（赤色表示）であり、産卵された時期がほぼ同一の群と考えられた。5日にはSt. 16の全層およびSt. 31の2mと最下層を除く層に分布した群の平均殻長は145μm以下であり、やはり産卵時期がほぼ同一の幼生群と考えられた。6日にはSt. 16の全層、St. 31、St. 12の

下層、および最も西方のSt. 6の1mと最下層を除く層に分布した幼生群の平均殻長が155μmであり、産卵時期がほぼ同一の群であると考えられた。

以上の由来が同一とみなされる群の分布動態から、4日に東部に出現した幼生は、主に下層を輸送されて6日には西部の地点に出現したと推定された。また、図6に示すように7月4日の幼生水平分布量は東部と南部に多かったこと、および今回の調査では湖中央部のSt. 9には幼生がほとんど出現しなかったことから、南岸寄りの下層を西部に輸送されたのではないかと推定された。

図8に7月25日、8月21日、9月25日に調査したシジミ幼生の鉛直分布を示す。7月25日には、塩分濃度5PSU以上の水塊が大橋川との接続部に位置するSt. 16の表層から宍道湖側に位置するSt. Aの底層にかけて、また10PSU以上の水塊は中海に近いSt. 0-2の表層から宍道湖内のSt. Aの底層にかけて侵入していた。また、St. 0-2の深度1m以深は15PSU以上となっていた。幼生は大橋川との接続部に位置するSt. 16とその近傍に形成された

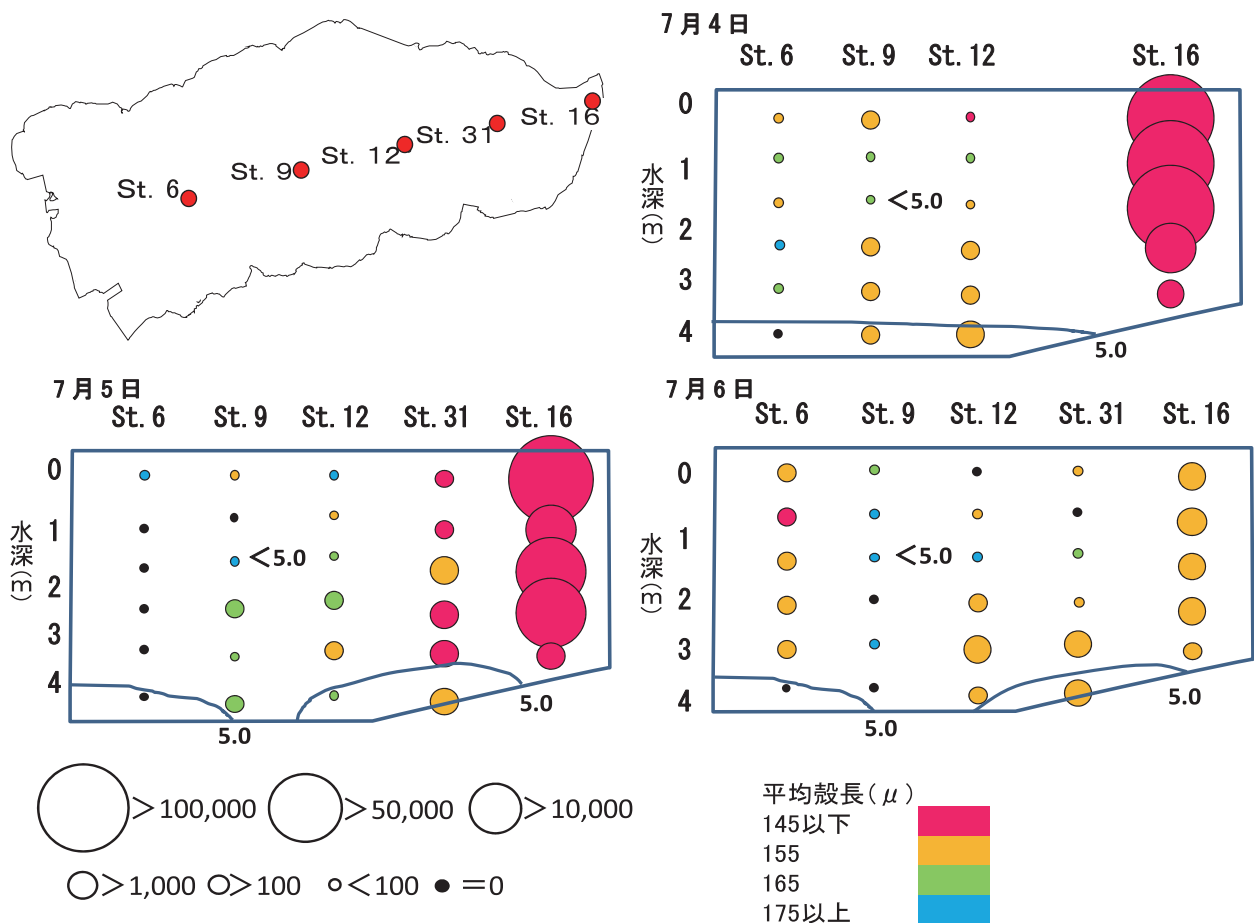


図7. シジミ浮遊幼生の垂直分布の推移 (7月4～6日)

色表示は平均殻長、青実線は等塩分線で図中数字は塩分濃度 (PSU)

潮目に設定した St. A に集中して出現した。また、くにびき大橋付近の St. 0-1 の中層にも多かった。

8月21日には、塩分濃度 5PSU 以上の水塊が大橋川内の St. 0-1 表層から宍道湖内の St. A の底層に侵入していた。また、St. 0-2 は塩分濃度 10PSU 以上であった。幼生は大橋川内の St. 0-1、0-2 と宍道湖への接続部に位置する St. 16 では少なかったが、St. 31 と南部の St. 15 で出現が多い傾向があった。

9月25日には塩分濃度は中海に近い St. 0-2 底層と St. 31 湖底直上層を除いて 5.5～6.1PSU の範囲にあり、ほぼ一様な水塊であった。幼生は St. 31 で多く出現し、その他の定点では少なかった。

以上のことから、幼生の分布と塩分濃度との間に明瞭な関係は見られなかった。

採集層別の平均殻長は、7月25日には中海に近い St. 0-2 の深度 0, 1, 3m, St. 0-1 の深度 2m 以深, St. 16 の深度 1m 以深, St. A の最下層の深度 4m, St. 31 の深度 2m 以深, St. 14 の最下層の深度 4m で採集された幼生群は 145 μ m 以下であり、St. 0-2 を除いてすべて中～下層に分布していた。また、それより上層は平均殻長の大きい幼生群であった。8月21日にも平均殻長の小さい幼生群は中海に近い St. 0-2 では中層に分布したが、St. 0-1 から St. A では7月25日と同様に中～下層に分布した。

この幼生のサイズによる鉛直分布様式の相違は、網走湖でも報告されており⁴⁾、小型群が下層に集中する理由は発生に適した塩分濃度を確保するためであり、上層に大型群が集中する理由は貧酸素を避けると同時に表層の流れによって生息に適した沿岸域に接岸する機会を多くするためとする仮説が提示されている。

(2) ホトトギス浮遊幼生 図9に7月25日、8月21日、9月25日のホトトギス幼生の鉛直分布を示す。

密度を表す円表示の単位は、遺伝子のコピー数である。

ホトトギス幼生は、大橋川から宍道湖東部の全点に分布したが、中海に近い St. 0-2 に最も多く分布した。また、塩分濃度 5PSU 以上の水塊に多く分布し、塩分濃度が高いほど分布量が多くなる傾向があった。

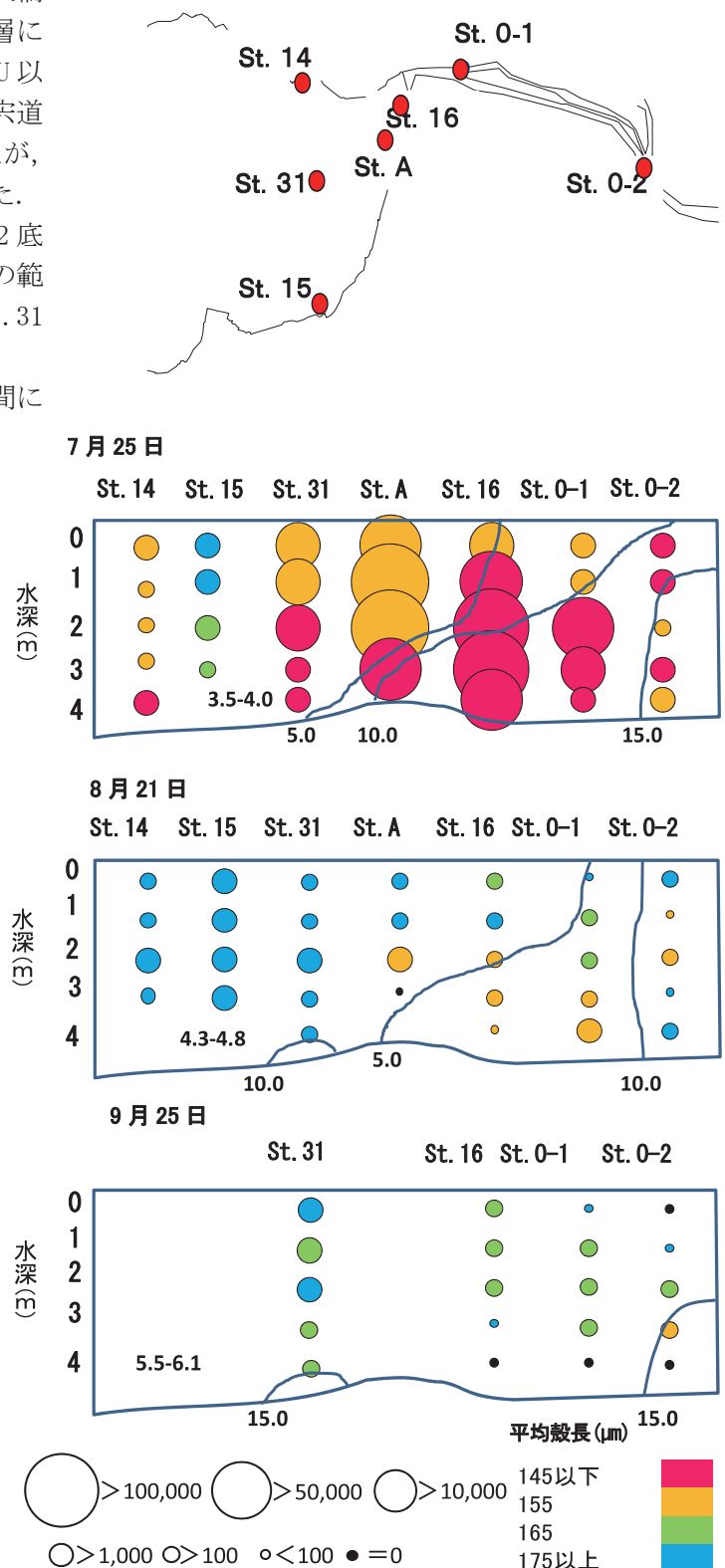


図8. シジミ浮遊幼生の垂直分布
(7月25日、8月21日、9月25日)
色表示は平均殻長、青実線は等塩分線
図中数字は塩分濃度またはその範囲

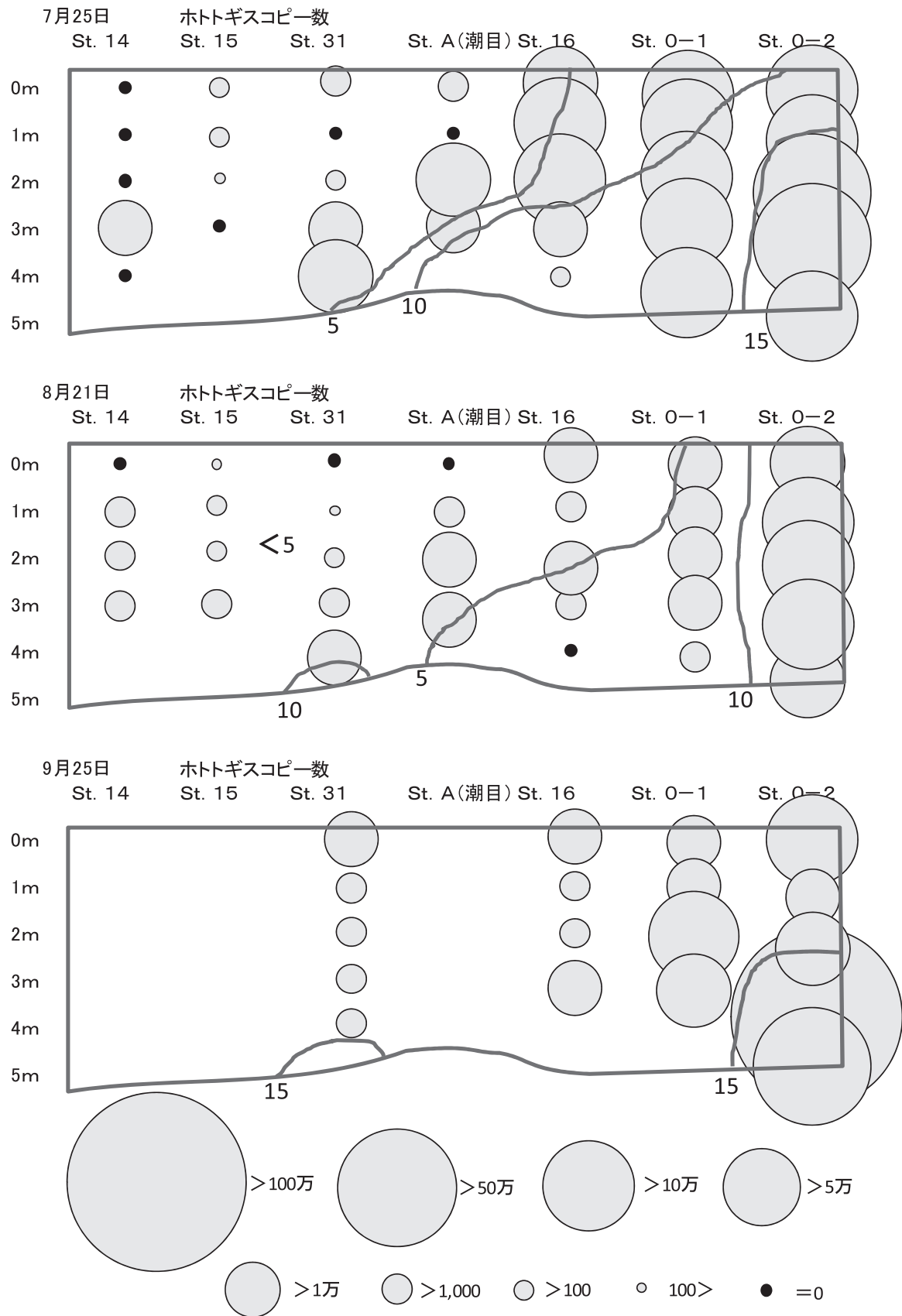


図9. ホトトギス浮遊幼生の垂直分布（遺伝子コピー数）
 図中実線は等塩分線，図中数字は塩分濃度

シジミ初期稚貝の生息密度の変化

(1) 採集場所の性状 東岸の定点は市役所付近の石積み岸壁で、距岸2～5m, 30～50mとも水深1m前後であり、底質は細砂であったが、距岸2～5mでは時により泥が少量混入する場合があった。漁場では水深2mの底質は細砂であったが、3mでは泥混じりの細砂となった。

西岸の定点は斐伊川右岸の漁港出口で砂浜であり、距岸2～5mでは水深0.5m前後、距岸30～50mでは水深1～1.5mであった。底質は岸に平行に斐伊川由来の粗砂と泥が交互に筋状に分布しており、風向きや強さにより性状が変わった。また、時によりヨシ由来と思われるデトリタスにより被覆される場合があった。採集はできるだけ粗砂の部分で行った。また、漁場の水深2mの底質は砂混じり泥、

3mは泥であり、デトリタスと環形動物の糞粒が多量に含まれていた。

南岸の定点は小石の浜であり、距岸5m程度までは玉石が露出していた。距岸5mでは水深1m前後、距岸30mでは水深1～1.5m程度であり、底質は細砂で所々玉石が露出していた。また、距岸30m付近には沈水植物が点在した。漁場の水深2m, 3mの底質は細砂であった。

北岸の定点は製材所付近で岸壁は杭により土止めがしてあり、距岸2～5mでは水深0.5m前後、距岸30～50mでは水深1～1.5mであった。底質は漁場の水深2m, 3mの地点も含めて黒色粒の多い細砂であった。

(2) 殻長1mm以下の初期稚貝の動態 図10に殻長600 μ m未満の初期稚貝の水域・水深別の分布

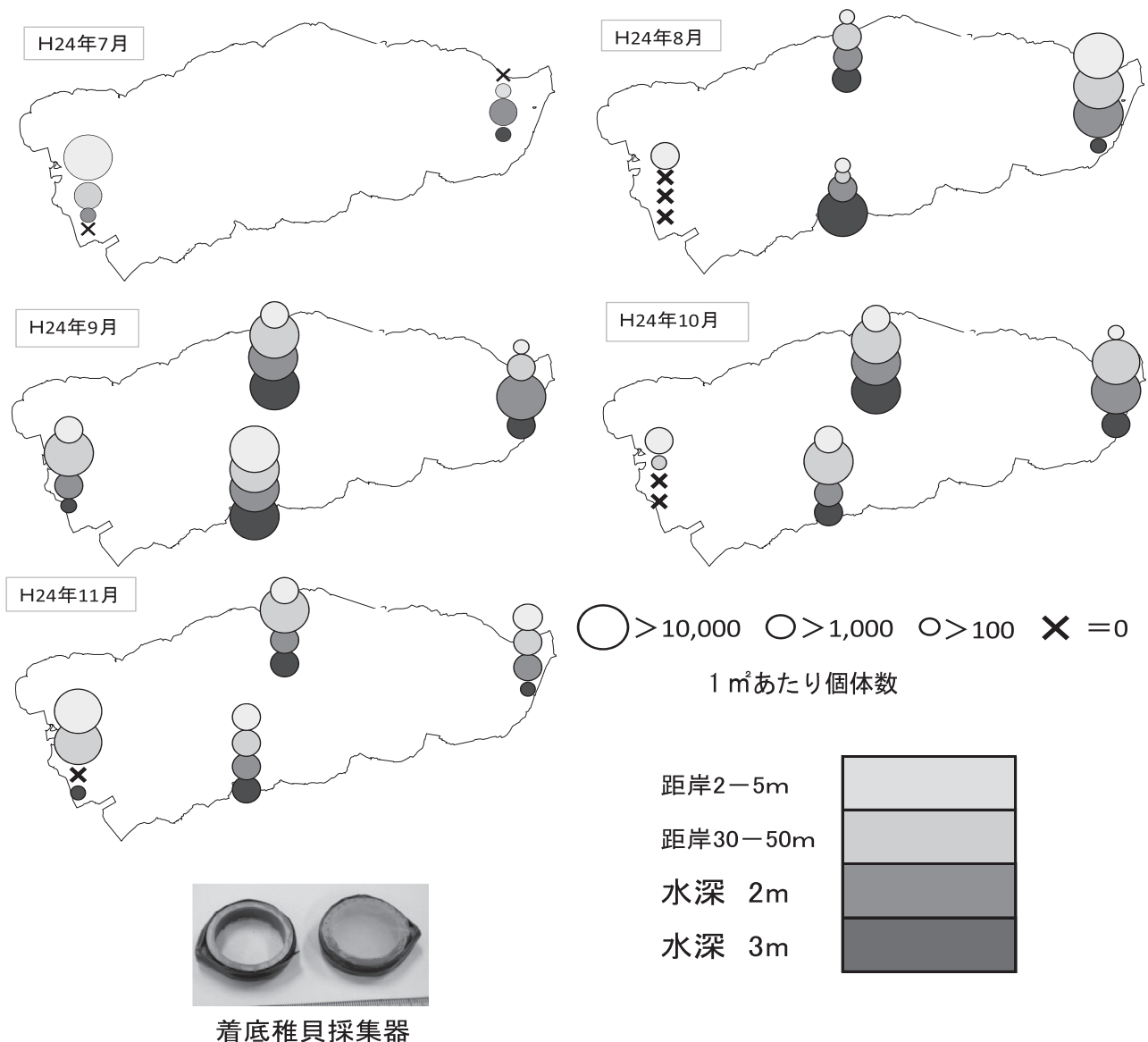


図10. シジミ初期稚貝（殻長0.6mm未満）の時期別水平分布

の推移を示す。7月には西岸の距岸2～5mに稚貝の高密度分布が観察されたが、8月には西岸では距岸2～5mに少数出現したのみで、東岸の距岸2～5m、距岸30～50mの浅場と水深2mの漁場での密度が高かった。また、南岸の水深3mの漁場でも密度が高かった。9月には東岸の稚貝の密度が減少し、北岸、南岸、西岸での密度が増加した。10月には西岸の密度が著しく低くなったが、11月には西岸の距岸2～5mおよび距岸30～50mの浅場での密度が著しく高くなった。

図11に殻長1mm以下の稚貝の全点平均および東西南北の定点別個体数の推移を示す。この図は東西南北の各定点の4か所の採集地点から得られた稚貝数を殻長300 μ m未満と300 μ m以上1mm以下に分けて集計し、 m^2 あたりの個体数で示してある。実線が殻長300 μ m未満、点線が殻長300 μ m以上1mm以下の稚貝の密度を示す。全点平均では、9月に殻長300 μ m未満の稚貝密度が約15,000個体/ m^2 と最高になった後減少し始めた。それに伴い殻長300 μ m

から1mmの稚貝は増加し始め、12月に約9,000個体/ m^2 となった後急減した。地点別では、南岸、北岸では殻長300 μ m未満の稚貝密度は9月に約18,000、20,000個体/ m^2 と最高となった後減少し、逆に殻長300 μ mから1mmの稚貝密度が増加したが11月以降は減少し始めた。

一方、東岸では殻長300 μ m未満の稚貝密度が他地点より1か月早い8月に約30,000個体/ m^2 と地点別では最高になった後減少を始めたが、それに伴う殻長300 μ mから1mmの稚貝の増加は見られなかった。これに対して、西岸では殻長300 μ m未満の稚貝の密度は9月に最高となったが8000個体/ m^2 と地点別で最も低く、10月には非常に低くなった。殻長300 μ mから1mmの稚貝の密度も10月には非常に低かったが、11月から12月にかけて急増し、約18,000個体/ m^2 と最高となった後急減した。

以上の結果から、初期稚貝は宍道湖内を広範囲に移動しており、特に東岸では移出が多く、西岸では移入が多いと考えられた。

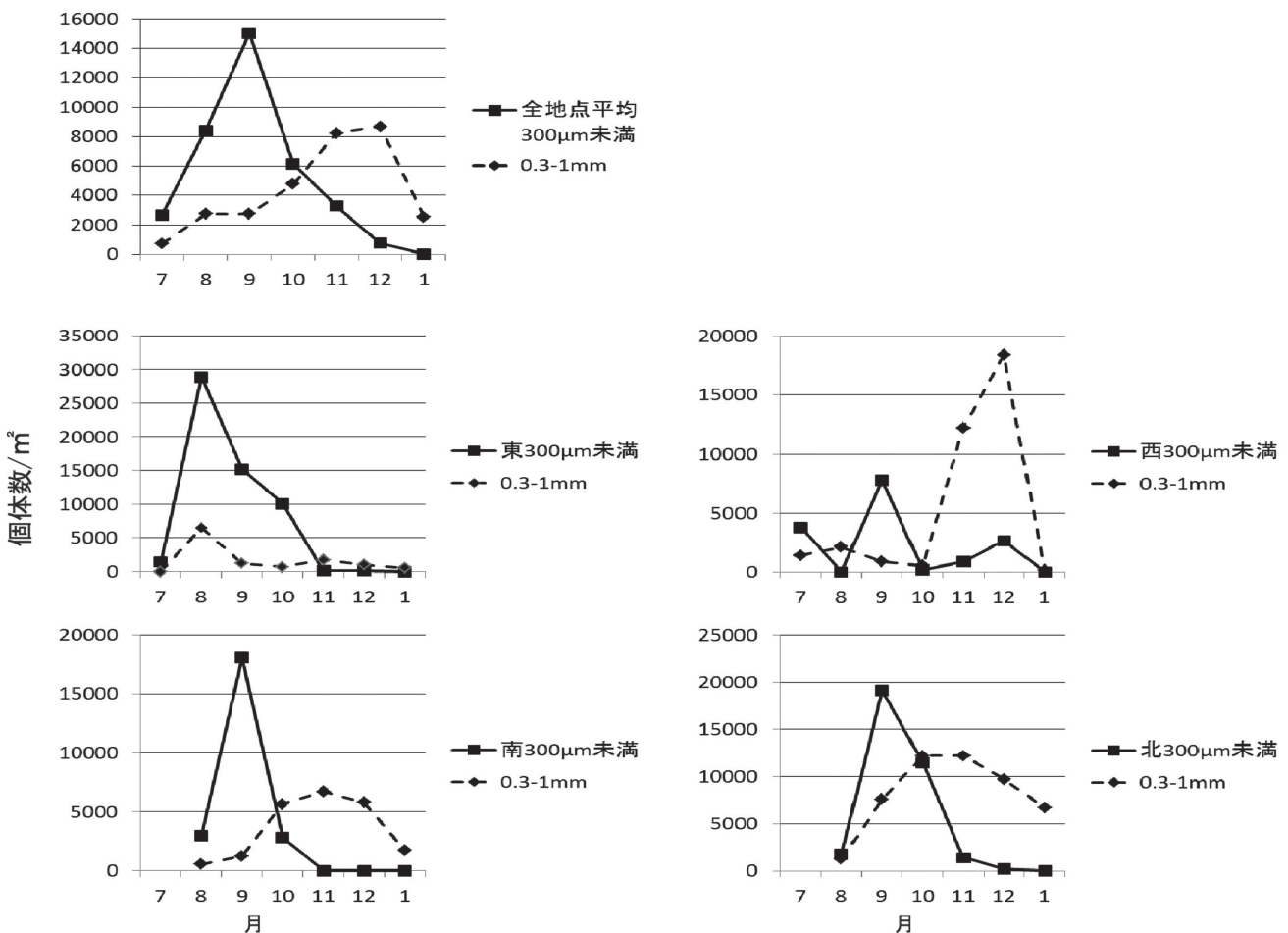


図11. シジミ初期稚貝の地点別個体数の変動

■印は殻長300 μ m以下の個体数、◆印は殻長300 μ m～1mmの個体数

(3) 殻長 2mm 以下の稚貝の動態 図 12 に全採集点を合わせた殻長 2mm 以下の稚貝の殻長組成を示す。

4 月から 6 月までは殻長 400 μ m 以上の稚貝が出現し、4、5 月はモードが 800 μ m にあったが、6 月に

は個体数が少なく、モードが不明瞭になった。距岸 2 ～ 5m と距岸 30 ～ 50m の浅場（以下浅場と略）での出現密度が水深 2、3m の漁場（以下漁場と略）での出現密度より高かった。7 月には着底直後の殻長 200 μ m 前後の稚貝が出現し始め、9 月には殻長

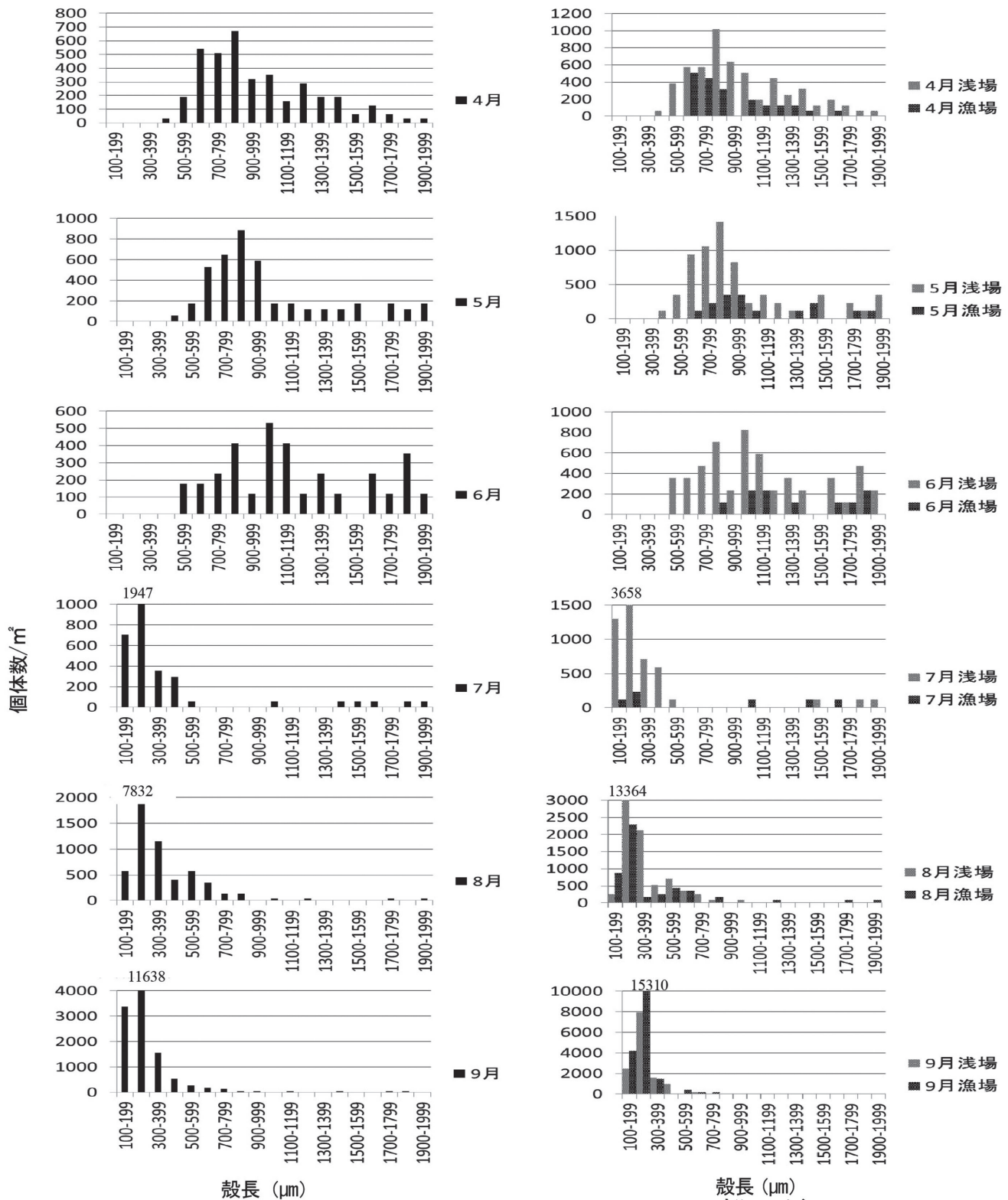


図12-1. シジミ初期稚貝の月別殻長組成

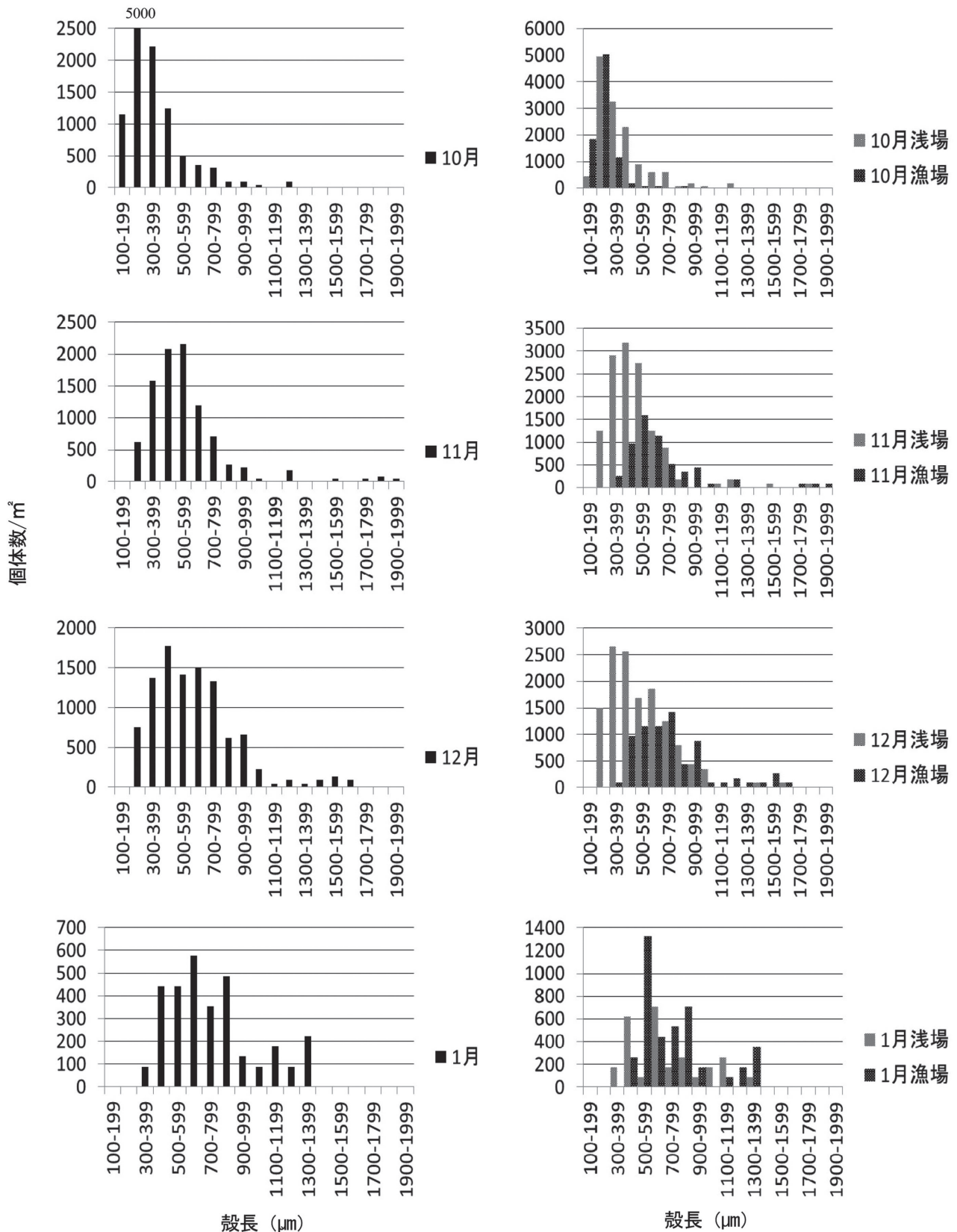


図12-2. シジミ初期稚貝の月別殻長組成

(4-7月は東西, 8月以降東西南北の採集点の平均個数 / ㎡)

左図: 全採集点の平均

右図: 浅場 (距岸2-5m, 30-50m) と漁場 (水深2, 3m) の稚貝の平均

棒グラフ上の数字は縦軸の目盛の最大値を超えた個体数

表1. 低水温時のシジミの摂餌状況

年月日	環境		供試シジミ			クロレラ投与量 単位:細胞/ml	排泄物		摂餌割合 (%)	排泄時間 (時間)
	水温 (°C)	塩分 (psu)	殻長(mm)	全重量 (g)	個体数		クロレラ入 り未消化 糞	なしまたは それ以外		
2012/3/7	1.6	0.9	18.9-23	2.4-4.3	20	100万	0	20	0	5
2013/1/30	3.5	7	15.1-19.1	1.2-2.3	10	100万	2	8	20	29
2012/3/27	4.2	0.5	12.5-23.8	0.7-4.3	20	100万	1	19	5	3
2012/2/28	5.9	0.8	19.9-22.9	2.7-3.7	20	100万	12	8	60	4.5

200 μ m の稚貝の密度が約 12,000 個体 / m² と最も多くなった後、減少に転じた。殻長のモードは 7 月から 10 月までは 200 μ m であったが、11 月には 200 μ m と 500 μ m の 2 峰となり 12 月には 400 μ m と 600 μ m に移行したが、1 月には個体数が少なく、不明瞭になった。

また、7、8 月には浅場での出現密度が非常に高かったが、9 月には漁場での出現密度が高くなり、10 月には浅場、漁場とも類似した密度となった。さらに 11、12 月には浅場では小型群の密度が高く、漁場では大型群の密度が高くなった。

低水温時のシジミ摂餌状況の観察 表 1 に実験結果を示した。水温 5.9°C では 60% の個体が摂餌を行ったが水温 1.6°C では全く摂餌は行われなかった。また 3.5°C および 4.2°C では摂餌した個体の割合が 5.9°C より少なかった。

文 献

- 1) 中村幹雄・大北晋也・原田茂樹：有用水産動物生態調査（ヤマトシジミ），平成 13 年度島根内水試事報，4，112－117（2003）。
- 2) 川島隆寿・後藤悦郎：宍道湖におけるヤマトシジミ D 型幼生の出現時期について，島根水試研報，5，103－112（1988）。
- 3) 大谷修司・辻井要介・江原亮・草田和美・板倉俊一・山口啓子・品川明・秦明德・中村幹雄：神西湖人工池におけるヤマトシジミの摂餌，排出と消化過程。LAGUNA，11，109-124（2004）。
- 4) 馬場勝寿：網走湖におけるヤマトシジミの産卵および初期生活史に関する生態学的研究。北水試研報，(71)，1-41（2006）。

付表1 各地区でのシジミ浮遊幼生出現状況(単位:個体/m³)

地域	調査点	月日																													
		6月			7月							8月							9月												
		26	27	2	4	5	6	9	10	11	12	17	18	23	24	25	1	8	15	16	21	22	29	5	12	14	18	19	20	25	26
東岸	モニタリング調査地点	水平分布調査番号																													
	佐陀川河口	14					158									525	92				2417			875							
	NHK前															978				2478				1217							
	布志名沖	16		815	113,121	54,133	2,807					350				368,510				536			833	458							708
西岸		15														4185				2038											
	小境沖		0								8						0					0				17					125
	斐伊川河口		0								0											792			50					258	
	斐伊川沖合		0								4						117					667			0					1,000	
南岸	坂田沖		0	54					25		833						83	0	29		4,000			2,042	229	104				3,292	
	空港進入灯		0	0				3,108			17					0	125	104			1,167			1,250	917	75				12,750	
	空港沖		0	17					475		54					17	129	229			1,833			3,438	542	17				6,083	
	央道町役場沖		0							2,025								533					125		6,625			4			
北岸	白石沖		0							1,829						38		1,588					667		5,083			0	63		
	来待川沖		0												42		1,633					83		1,167			517				
	林沖			417								383					54			124,333			4,313		1,667				146		
	湯町沖			43,000							175	7,600					42			102,167			1,500		1,167					500	
中央	寺津沖						1,317									58	88						7,625		375						
	長江干拓沖						1,275									29	50					2,750		1,375							
	フォーゲルパーク沖			379								0					0			1,813			2,063		979					125	
	ふ化場沖				4							0					8			8,438			917		229					708	
大橋川		6		0	102	3	436									98				1123									1038		
		9		8	53	73	25									457				1214									1245		
		12		10	525	81	375									5931				707									815		
		31		0		2511	233									6359				550									1141		
大橋川	郵便局前		4				417									28,375	433					2,250		592			121				
	メッセ東		25				92									5875	275					71		613			29				
	0-1															84,557				1274											
	手貝		13				1833									7125	25					117		529			13				
大橋川	多賀神社前		0				467									16,583	225					63		500			50				
	0-2															2,385															
	塩厓島		13				42									2538	75					13		475			58				

資料

沿岸漁業の複合経営に関する研究－Ⅵ －島根県日御碕沿岸海域におけるブリ釣り漁業の漁業実態－

森脇晋平¹・吉田太輔²

Study of the multiple fishery-management of coastal fishery —
Operations and fishing conditions of angling fishery for Yellowtail, *Seriola quinqueradiata*,
in the coastal waters off Hinomisaki, Shimane Prefecture

Shimpei MORIWAKI and Daisuke YOSHIDA

キーワード：ブリ釣り漁業，日御碕沿岸海域

はじめに

島根県の東部沿岸海域の日御碕沖には県内でも有数のブリ漁場が形成される。¹⁾ 実際，漁業協同組合 JF しまね大社支所に釣り漁業で水揚げされるブリ漁獲量は 1998 ～ 2011 年の漁獲統計によれば県内の釣りによる総漁獲量の 25 ～ 66%，平均で 45% を占め，大社支所は県内での「釣りものブリ」のトップの水揚げ地区になっている。こうしたことから JF しまね大社支所では釣り漁業で漁獲されたブリを「活けず」処理することによって品質や価格の向上を目指す取り組みも行われている。²⁾

一方，日本海におけるブリの資源動向は 1990 年代以降増加傾向にあるが，その原因のひとつは冬季水温の温暖化のため環境条件として加入状況が良好であり，0 歳魚の加入量や分布域の増大に有利に作用したものと考えられている。³⁾ それに連動して山陰海域における漁獲量も増加傾向にあるものの，その漁獲物はまき網漁業による 0 ～ 1 歳魚の小型魚に依存している。³⁾

沿岸漁業の振興を図るためには，このような系群レベルの資源の高水準化および増大を続けるまき網漁業による漁獲量が地域漁業にどのような影響を与えているのか，あるいは沿岸漁業の労働力の高齢化・減少化の実態とブリ釣り漁獲に与える影響といった視点からも検討しておく必要がある。この報

告ではブリ資源を有効に沿岸漁業振興に結び付けるのを目標に，漁業協同組合 JF しまね大社支所におけるブリ釣り漁業の実態及び漁況について若干の調査を実施したのでその結果を報告する。

資料と方法

漁業の操業実態について大社支所内の宇竜地区に在住する漁業者から聞き取りを行った。

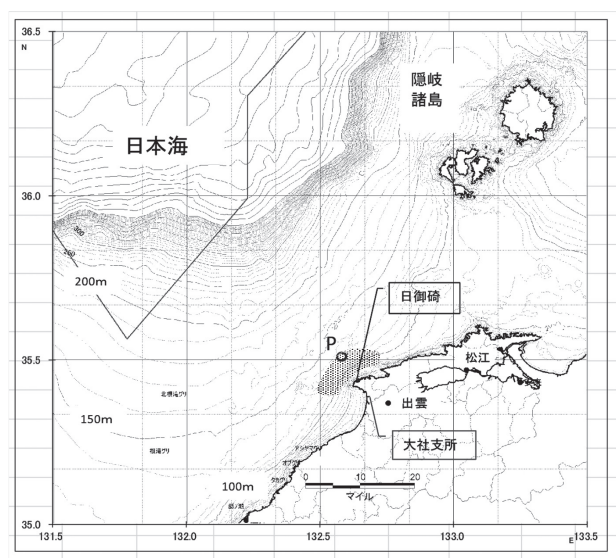


図1. 調査水域の地理的概要. 影の部分が漁場の位置を示す. P 点は海洋観測点を示す

¹ 漁業生産部 Fisheries Productivity Division

² 島根県松江水産事務所 Matsue Regional Office of Fisheries Affairs, 1741-1 Tsuda Matsue 690-0011, Japan

漁況に関する資料は島根県水産技術センターが漁獲管理システム⁴⁾によって収集している県内の属人漁獲統計から該当する資料を抽出して用いた。このシステムは1998年から稼働を開始したが、2006年4月からは銘柄別資料が利用可能になったのでこの資料も用いた。またこの地区の沿岸漁業の経営体数を該当年の島根農林水産統計年報により調べた。

さらに漁況と海況との関連性について検討した。日本海西部冬季の50 m深水温偏差と東シナ海・日本海のブリ類漁獲量偏差とは中長期的スケールでよく対応している³⁾ことから、この報告では海況の変動に関する資料は調査対象海域近傍(図1のP点)の50 m深における海洋観測値を用いて検討した。

結果と考察

操業の実態(聞き取り調査) 調査は2012年8月6日にJFしまね大社支所宇竜出張所で行った。調査対象者は2012年現在68歳で経験年数54年のベテラン漁師である。

(1) 使用漁船など： 周年行う漁業種類は釣り漁業で、対象魚種はブリを中心にヨコワ(クロマグロ幼魚)、サワラ、マダイ、白イカ(ケンサキイカ)などである。その他、潜水による採貝藻や遊漁船業も営んでいる。漁船は3.3トンで、現在は息子と2人で操業している。

(2) 漁業の沿革、変遷： 大社支所の宇竜地区では、一本釣りを100年以上前から行っている。昭和50年代は一本釣りの漁船が約50隻あったが、今では半分以下に減った。昔は「紅付きブリ」(15kg以上で、口元が赤い)が良く釣れた。

(3) ブリの生態(漁期中の変化など)： ブリ釣りでは、他魚種の混獲はほとんどない。漁期は11～6月。最盛期はだいたい2月頃。年によって漁期の長さ、開始・終了時期は様々である。11～12月は7kg以上の大ブリを、1～6月は5kg前後のマルゴ～ブリを中心に漁獲する。サイズは年によっても変動する。5～6月に親魚が卵を持ち、6月頃産卵するが、年によってもその時期は変動する。トモ島*周辺で産卵しているのを見ることがある。産卵すると海が白く濁るので、すぐそれと分かる。7～9月に、トモ島周辺で藻に付いたモジャコを見る。サイズは約10～20cmで、後半ほど大きく、夜、灯に付くこともある。

(4) 漁場(水深、底質、潮流など)： 日御碕沖周辺海域が主漁場(図1)となる。大型サイズを狙って西側の水深90～120mのポイントで釣ることが多いが、水深60m程度のトモ島周辺で、マルゴサイズを数量狙いの人もいる。底質は浅い場所(トモ島周辺)は岩礁で、70～90m以深は砂質である。本潮(西から東への流れ)でないと不漁が多い。日潮(東から西への流れ)では日御碕北東が漁場となる。

(5) 漁具漁法など： 図2参照のこと。

(6) その他： 漁獲量や魚価が昔に比べ、下がっている。20年以上前は、今より稚魚も多かった。水質が変わってきた(高水温、水が濁っている)。夏以降の水温低下が早いと好漁になる。また、ブリの漁期始めが遅いと、漁期終わりが早くなる傾向がある。

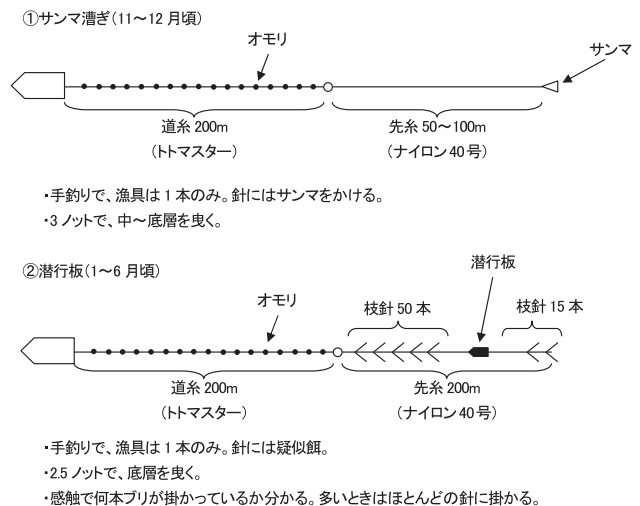


図2-1. ブリ釣り漁業の漁具・漁法(曳き縄釣り)

漁獲量、水揚げ日数及びCPUEの経年変動 大社支所における過去15ヶ年間のブリの漁獲量の経年変動(図3)をみると最高は2000年の324トン、最低は1998年の133トンと変動は激しいが、2000年のピーク以降は多少の増減はあるものの概ね減少傾向を示している。一方、年間総水揚げ日数は2003年までは7～8千日台であったが、2004～2008年の間ではおよそ6千日台に低下しさらに2009年以降では最高レベルの約1/2の4千日台に段階的に減少が継続した。このことは2003年以前の好漁時代には水揚げ日数も多かったのに対して、2004年以降の漁獲量の減少時代になると好漁時代に比較して水揚げ日数も減少していったという実際の漁業の動向を反映していると思われる。ここで大社地区のブリ釣り漁業の主体となる漁船1トン未満

*日御碕の西方にある小島



漁船



道糸



オモリ



先糸



針

図2-2. 大社支所のブリ釣り漁業の漁具・漁法

～5トン階層の経営体数と水揚げ日数との年変動の関係（図4）をみると両者はほぼ同じ傾向で変化しており、長期的には年間水揚げ日数の減少は経営体数の減少と密接に関連していると考えられる。

つぎにCPUE－1日1隻当たり漁獲量－の経年変動（図3）をみると最低は1998年で18.2kg/日・隻であったが、その後増加傾向を示して2010年の48.3kg/日・隻にまで上昇した。CPUEと漁獲量との関係をみると漁獲量の増減に対応して変動してい

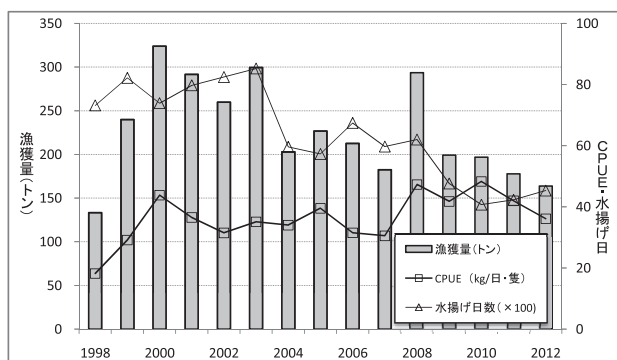


図3. 大社支所におけるブリの漁獲量，水揚げ日数およびCPUEの経年変動

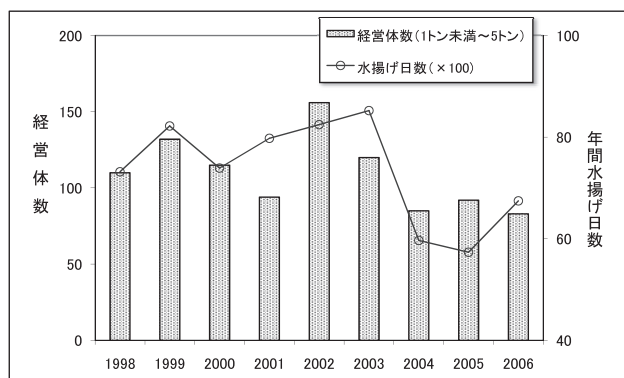


図4. 大社地区における1トン未満～5トン階層の経営体数とブリ釣り漁業の水揚げ日数との関係

るようにみえる期間もあるが、2000年代初頭の漁獲量の多い時期のCPUEは2010年前後の漁獲量の減少した時期のそれと比較して低く、全体の動向にCPUEと漁獲量と変動の共通性は認め難い ($r = 0.395$, $n = 15$, $p > 0.1$).

全期間の長期的傾向としてはCPUEの年変動は上昇傾向 ($\tau = 0.333$, $p < 0.05$) にあるのに対して、水揚げ日数のそれは減少傾向 ($\tau = -0.610$, $p < 0.01$) である。この関係を検討すると、経年的な水揚げ日数の減少傾向は漁業者数の減少を反映したもの(図4)であろうし、上述の(2)でも指摘されたように実際に減少している。この減少が無作為に生じているのであればCPUEは一定に維持されるであろうが、実際には増加傾向がみられている。この増加現象は「腕のいい—漁獲効率の高い漁師—が残り、腕の悪いのは廃業した」と考えれば図3の相互関係の現象は説明できるが、漁獲効率といった質的な要因の解明も必要であろう。同時にブリ資源の動向は1990年代以降、増加傾向と判断されており³⁾、これとの相乗効果もあると思われる。

漁況の季節変動と銘柄組成 大社支所における1998年～2012年の過去15ヶ年のブリの漁獲量の季節変動(図5)をみると、年明けの1月から漁獲量は増加して4月にピークを迎える。その後、漁獲量は下降に転じて7～9月には漁獲はほとんどなくなるが、10～12月にかけて冬～春に比較して低い漁獲の山がみられる。

ここで1980年～1984年のこの海域(図1)における季節変動を、大社漁協(当時)のブリ釣り漁業の月別漁獲量から調べた結果*と比較してみると、

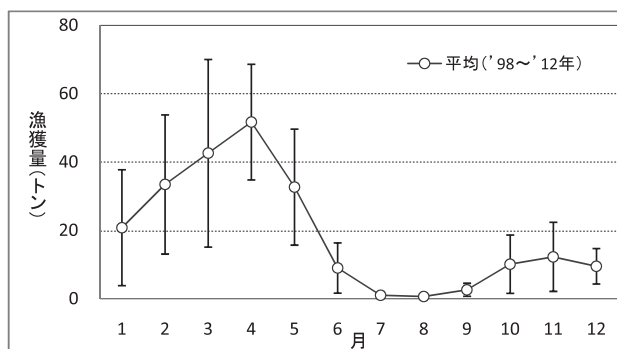


図5. 大社支所の漁獲量の季節的変動。縦線は標準偏差を示す

1980～'84年は春のピークが5月を中心とした4～6月にあり秋のピークは11月に春のピークと同程度の漁況を呈していた。つまり近年では春のピークが早く出現して秋のピークは著しく衰退した、という明瞭な季節変動パターンの変化を指摘できる。日本海西部海域の冬季・春季における海況は1980年代末頃を境として寒冷期から温暖期へシフトしたことが知られているが、このような1980年代前半と2000年代との漁況の季節変動パターンの変化は寒冷期から温暖期への移行に伴う海況変化に起因していると考えられる。

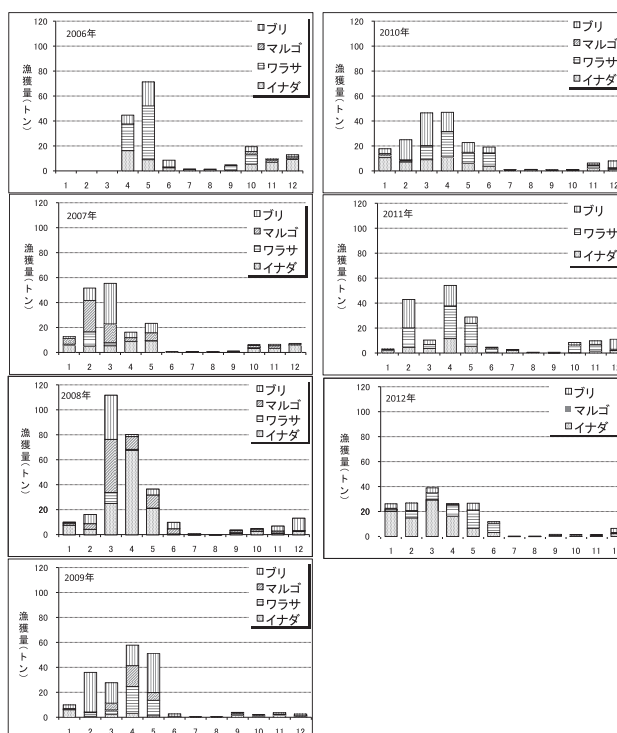


図6. 大社支所の銘柄別漁獲量の季節的变化。横軸は月を示す

*第45回ブリ予報技術連絡会議資料(平成17年9月, 石川県七尾市)

年別・銘柄別みると（図 6），年による変動はあるが盛漁期の冬～春にかけては銘柄「ブリ（体重約 5kg 以上）」や「マルゴ（3～4kg）」といった相対的に大型のブリで占められている．秋季の漁期には「ワラサ（1～2kg）」と「イナダ（1kg 以下）」の小型のブリが優占し，しだいに大型の銘柄に移行していく傾向がみられる．このような漁獲状況は，本種のこの海域への発育段階による季節的な移・出入を反映したものと考えられる．

漁況と海況との関連性 海洋環境の変動に伴うブリの分布・成長・回遊パターンの変化がブリ漁況に影響を与えている可能性が多数報告されている^{3), 5～13)}．そこで漁場近傍の P 点（図 1）における 50 m 深の水温値を使用して，この漁場の盛漁期（図 5）である 3，4，5 月の水温の平均値を求めた．この値と盛漁期 2～5 月の漁況との関係を銘柄別に検討した．その結果，水温と「マルゴ・ブリ」漁況との関係（図 7）には両者間に明確な関連性はみられないが，「イナダ・ワラサ」漁況との間には有意な負相関（ $r = -0.899$, $n=6$, $p<0.05$ ）が認められた（図 8）．

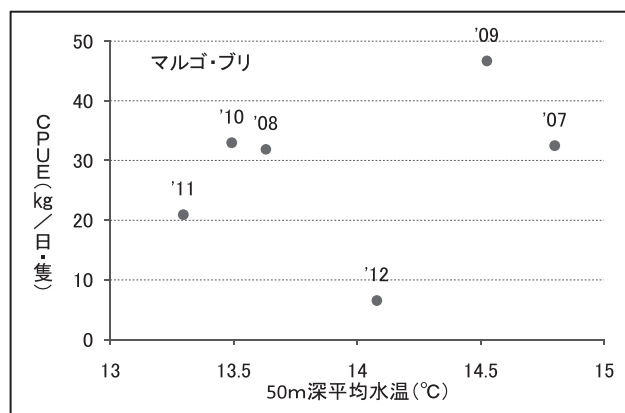


図7. 大社支所の盛漁期（2～5月）の「マルゴ・ブリ」漁獲量と3～5月の50m深平均水温との関係

未成魚漁況と水温との関係では3～5月の50 m 深平均水温が高ければ漁況は悪く逆に水温が低ければ漁況は好いという傾向があった（図 8）．未成魚は各地の海域で小規模な回遊を行うが，海水温が温暖な時代には日本海北部海域に越冬場が形成され寒冷な時代には分布は西方に偏っていた¹⁰⁾ことが報告されているが，図 8 の相関関係はこのような海洋環境の変動が未成魚の分布に何らかの影響をおよぼしていた可能性が考えられる．

前節で指摘したように 2000 年代になって春漁期

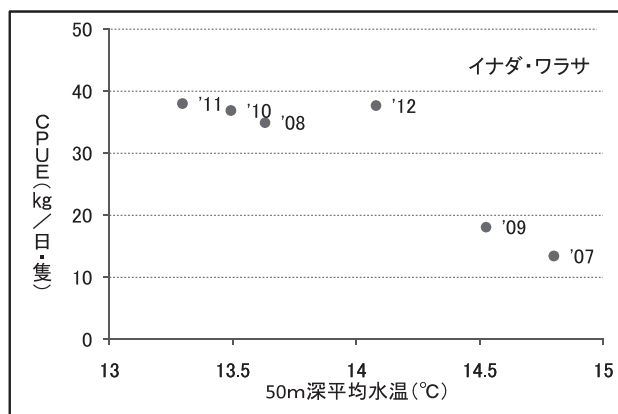


図8. 大社支所の盛漁期（2～5月）の「イナダ・ワラサ」漁獲量と3～5月の50m深平均水温との関係

の早期化および秋漁期の衰退現象がみられたという事実は，温暖期になって春には早く北上して秋には南下しないという回遊パターンになったということが想定され，図 8 で示した水温が高くなるにつれて漁況が悪くなるという関係を間接的に支持しているともいえよう．

おわりに 島根県の最大のブリ釣り漁場における漁業実態および漁況を調査した．漁獲量および水揚げ日数の経年的な減少傾向並びに CPUE (kg/日・隻) の漸増現象は効率性の低い漁業者の廃業と近年のブリ資源の増加を反映したものであると考えた．また海洋環境の変動にともなう回遊生態の変化がローカル漁場の漁況に影響を与えている可能性が示された．

謝辞

出雲市大社町宇竜の錦織英司氏には聞き取り調査を行うにあたり貴重で示唆に富んだ体験談を伺いました．また査読者のひとりからは有益な批判と助言をいただいた．ここに記して感謝します．水温のデータは「我が国周辺水域漁業資源調査」の調査から得られたものである．

文献

- 1) 島根県水産試験場 (2003) 島根のさかな (ブリ) 216pp, 山陰中央新報社 (松江)．
- 2) 島根県水産技術センター (2010) とびつくす (トビウオ通信号外) No. 48.
- 3) 田 永軍, 阪地英男 (2012) 平成 23 年度ブリ

- の資源評価. 我が国周辺水域の漁業資源評価 (平成23年度), 水産庁・水産総合研究センター.
- 4) 村山達朗, 若林英人, 安木 茂, 沖野 晃, 伊藤 薫, 林 博文 (2005) 漁獲管理情報システムの開発. 島根水試研究報告, 12, 67-78.
 - 5) 渡辺和春 (1978) 日本海中部海域におけるブリ若年魚に関する研究 IV. 佐渡両津湾における標識放流再捕結果からみたブリ 0 年魚の分布と移動. 日水研研報, 29, 89-102.
 - 6) 原 哲之 (1990) 日本海におけるブリ若齢魚漁獲量の年変動. 日水誌, 56, 1933-1939.
 - 7) 原 哲之, 村山達朗 (1992) 日本近海におけるブリ来遊量の長期変動. 日水誌, 58, 2219-2227.
 - 8) 村山達朗 (1992) 日本海におけるブリの資源生態に関する研究. 島根水試研究報告, 7, 1-64.
 - 9) 内山 勇 (1997) 日本海のブリ資源. 水産海洋研究, 61, 310-312.
 - 10) 井野慎吾, 河野展久, 奥野充一 (2006) 2. 海洋環境と回遊. ブリの資源培養と養殖業の展望, 水産学シリーズ 148 (恒星社厚生閣), 22-31.
 - 11) 渡辺 健, 井野慎吾, 前田英章, 奥野充一 (2010) 日本海における成長段階別の回遊様式の把握. 2) 年齢・海域別回遊群ごとの個体数比率の把握. 水研センター研報, 30, 17-24.
 - 12) 前田英章, 渡辺 健, 井野慎吾, 奥野充一 (2010) 日本海における成長段階別の回遊様式の把握. 1) 年齢別回遊群について. 水研センター研報, 30, 5-10.
 - 13) 奥野充一, 渡辺 健, 井野慎吾, 前田英章 (2010) 日本海における成長段階別の回遊様式の把握. 2) 日本海の回遊群ごとの遊泳水深と環境水温. 水研センター研報, 30, 11-16.
 - 14) 井野慎吾, 新田 朗, 河野展久, 辻 俊宏, 奥野充一, 山本敏博 (2008) 記録型標識によって推定された対馬暖流域におけるブリ成魚の回遊. 水産海洋研究, 72, 92-100.

資料

日本海南西部山陰沿岸における1970年代～'80年代半ばの マイワシ漁況と2004年以降の漁況との対比とその特徴

森脇晋平¹

Comparison between the sardine *Sardinops melanostictus* fish condition
from the 1970s through the middle of '80s and its feature since 2004 in the coastal waters
of San'in at the south-western Japan Sea

Shimpei MORIWAKI

キーワード：マイワシ，漁況，山陰沿岸

はじめに

日本海南西部の山陰沿岸海域には対馬海流系マイワシを漁獲対象とした好漁場が形成される。¹⁾ この対馬海流系マイワシの漁獲量は1970年代に増加し始め、1980年代後半にピークに達して1991年までは100万トン超のレベルで推移してきたが、その後は急激に減少した。そして2000年代初頭には最低の数千トンのレベルまで落ち込んだが、2004年以降は低水準ながら上昇傾向にあるとされる。²⁾

今回の報告では、この山陰沿岸漁場におけるマイワシ漁況について1970年代から1980年代半ばまでの漁獲量の上昇期と近年増加傾向に転じたとされる2004年以降のそれぞれの期間を比較・対比することによって、マイワシ資源の現況を分析するとともに今後の漁況予測の判断材料の1つとすることを目的とする。

資料と方法

調査対象とした海域は日本海南西部山陰沿岸水域(図1)である。

1971年～1986年までの漁況資料は、島根県水産試験場(当時)が収集した中型まき網漁業により浜田漁港に水揚げされた月別のマイワシ漁獲統計で、漁場は主として浜田沖を中心とした益田～大田沖にかけての海域(図1; A)である。この期間のマイ

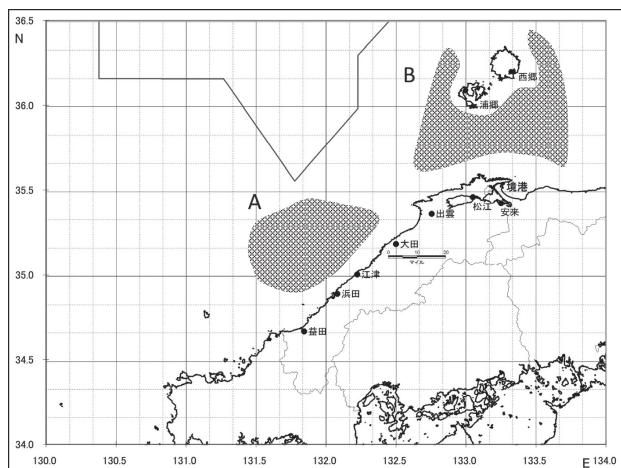


図1. 調査対象とした日本海南西部山陰沿岸水域の地理的概要 (A: 浜田沖漁場, B: 隠岐諸島～隠岐海峡周辺漁場)

ワシ体長に関する資料は「沿岸重要漁業資源調査」と「200カイリ水域内漁業資源調査」により得られたものである。

2004年～2012年にかけての漁況に関する資料は島根県水産技術センターが漁獲統計システムによって収集している漁獲統計で、そのうち中型まき網漁業によるマイワシ漁獲重量を抽出したものをを用いた。主漁場は隠岐諸島周辺～隠岐海峡にかけての水域で(図1; B)、水揚げ港は境港漁港である。生物測定資料は「我が国周辺水域資源調査推進委託事業」により鳥取県水産試験場によって計測されたものである。

漁獲物を年級群に分離するため得られた体長組成

¹漁業生産部 Fisheries Productivity Division

を赤嶺の方法³⁾により複数の正規分布に分解した。その際、体長測定結果は漁獲量の多い時期に多く得られ逆に漁獲の少ない時期には少ない傾向にあるので、ある程度まとまって漁獲のあった複数月の体長組成結果を1つにまとめて集計して正規分布の各単位群に分解した。次に、各単位群を隠岐諸島周辺海域における漁期と年齢や発育段階の関係¹⁾及び安達⁴⁾の各年級群の成長を参考にして年級群へあてはめた。

漁獲重量から漁獲個体数への変換は近藤ら⁵⁾の体重－体長関係式を用いた。適用した複数月の期間の合計漁獲重量と各単位群の重量組成比とから各単位群の漁獲重量を求め、その値を各単位群の平均体長から換算した平均重量で除して各単位群の漁獲個体数を算出した。

結果と考察

浜田漁港における1970年代～'80年代半ばの漁況の特徴 各漁港に水揚げされたマイワシ漁獲量の経年変動を図2に示した。浜田漁港における漁獲量

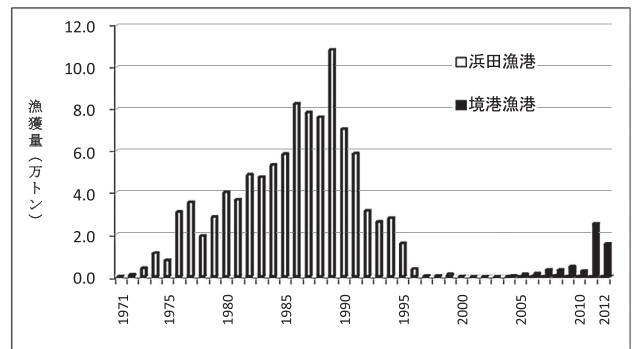


図2. 山陰沿岸漁場におけるマイワシ漁獲量の経年変動

の長期的変動をみると1970年代には段階的に上昇していき、1990年代になると急激に減少していった。この節では1970年代初め～'80年代半ばにかけて漁獲量が上昇していった期間を便宜的に3～4年毎に5つに区切り、各期間の季節変動パターンや経年的な変化、出現したマイワシの体長（標準体長）についてそれらの関連性について記述する。

(1) 1971～1974年（図3；左上）1971年は、島根県水産試験場（当時）が1962年以降、浜田漁

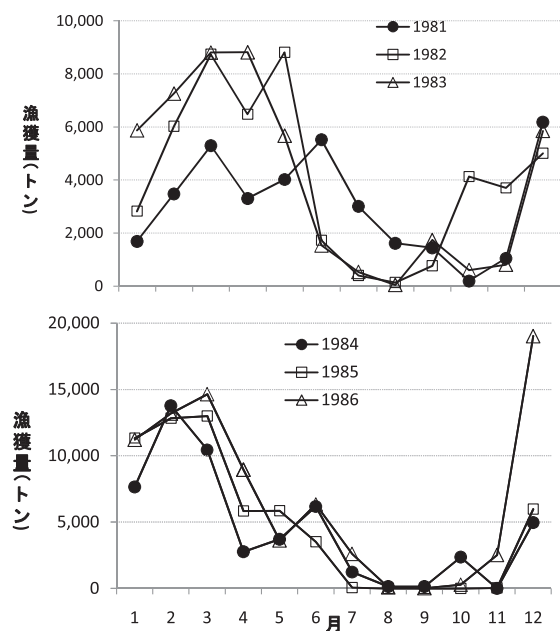
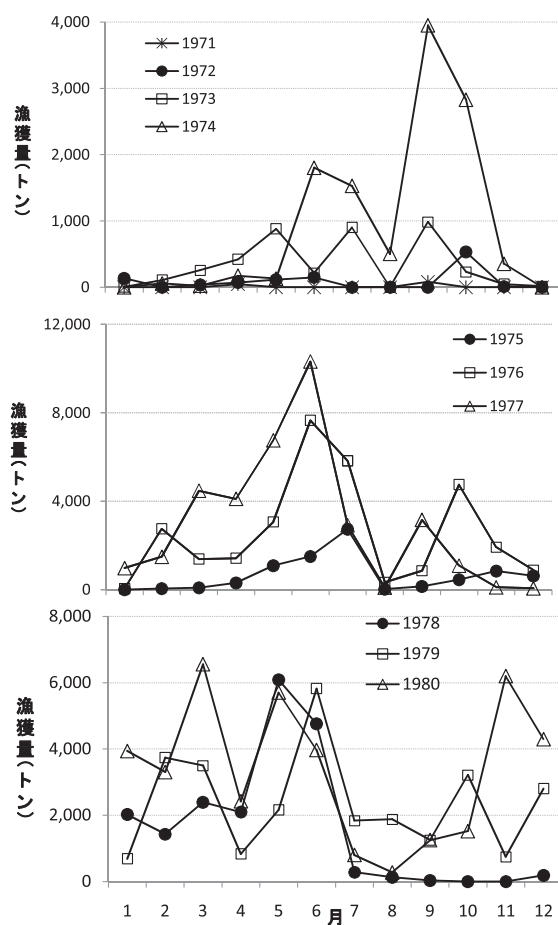


図3. 1970年代～'80年代半ばのマイワシ漁獲量の季節変動（浜田漁港）

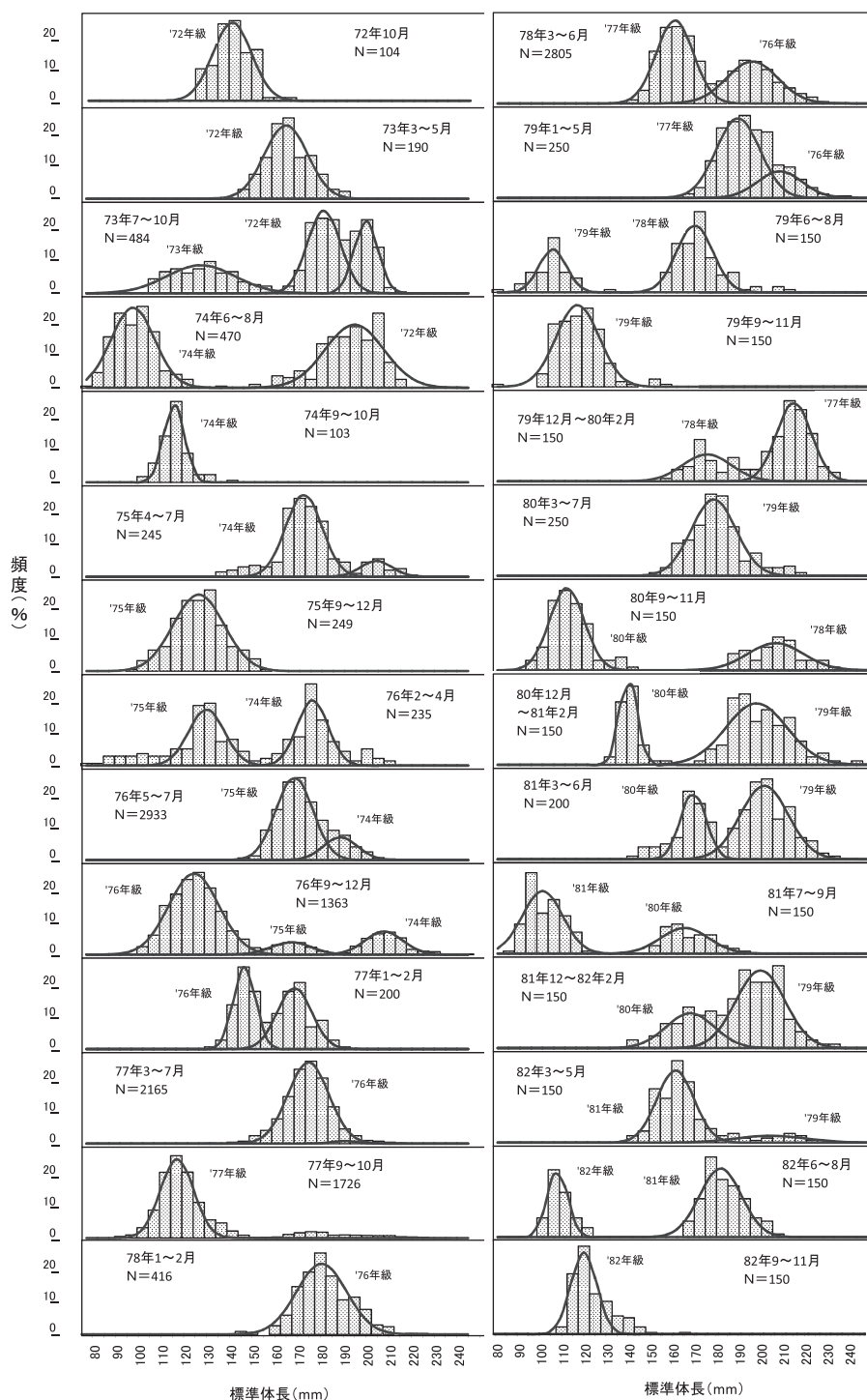


図4. 浜田漁港に水揚げされたマイワシの体長組成

港に水揚げされる浮魚類の漁獲統計を収集し始めてから1990年代までの間でマイワシ漁獲量が最も少ない漁期であった。4月と9月にごくわずかに漁獲され年間では132トンであった。翌1972年は1月と5～6月にわずかな漁獲がみられたが、10月には500トン超の水揚げがあった。

1973年3月からは増減を繰り返しながら推移して、9月には1千トン弱の水揚げがあった。翌1974

年は6～7月と9～10月に漁獲のピークがある2峰型になった。9月には4千トン弱の水揚げがあり、この数値は9月の月間水揚げ量としては1962年以降現在（2012年）までの最高値である。

この期間で漁獲対象になったマイワシの体長組成（図4）をみると、1972年10月に体長145～150mmにモードをもつ群が出現し、翌年3～5月の体長170～175mmにモードをもつ群へ推移した。7～

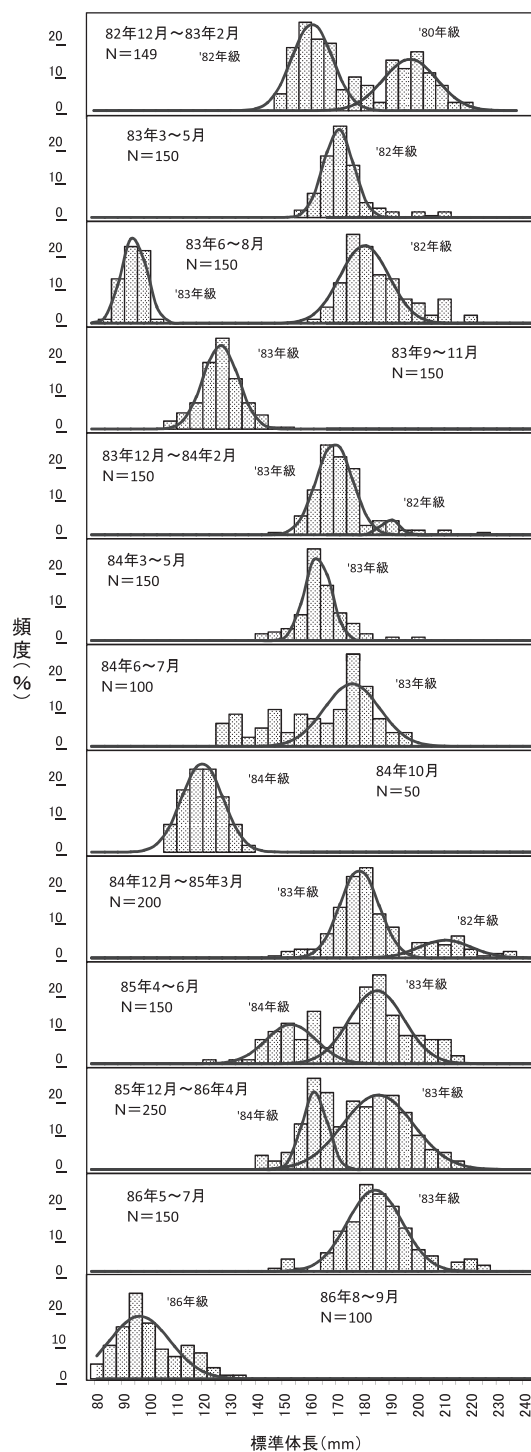


図4 (続き). 浜田漁港に水揚げされたマイワシの体長組成

10 月には体長 125 ～ 130 mm, 185 ～ 190 mm, 及び 200 ～ 205 mm に組成の山がある 3 つの群が出現した。翌 1974 年の盛漁期の 6 ～ 8 月では体長 95 ～ 100 mm にモードをもつ群と 200 ～ 205 mm にモードをもつ群の 2 つの群が出現した。9 ～ 10 月には体長 120 ～ 125 mm にモードのある単一群が出現したが、この群が秋漁のピークの主体をなしていると思

われる。

このように、この期間はマイワシの漁獲がほとんどなかった年から年間 1 万トンのレベルに達した時期に相当するが、漁獲量増加の主体となったマイワシは 1974 年の夏～秋に出現した体長 120 ～ 125 mm にモードをもつ魚群であった。ここで秋に出現したその年生まれの年級群と思われる群のモードを経年的に比較すると 1972 年は 145 ～ 150 mm, 1973 年は 125 ～ 130 mm, 1974 年では 120 ～ 125 mm となり、年を経るにつれて小型化している傾向がみられる。

(2) 1975 ～ 1977 年 (図 3 ; 左中) 経年変動 (図 2) をみると 1975 年の春～夏漁は前年をわずかに上回ったものの、秋漁の不振のために年間の漁獲量は前年をやや下回った。1976 年は大幅に漁獲量が増加し、6 ～ 7 月及び 10 ～ 11 月における漁獲増が大きく影響した。翌 1977 年は春 3 月から漁獲量の上昇がみられ 6 月まで続いた。9 月にも漁獲の山が出現し、年間の漁獲量は前年よりやや増加した。

漁況の季節変動パターンの特徴は春～夏と秋に漁獲の山があり、前者の方が漁獲量は多かった。また、経年的に漁獲量が増加するにつれて春～夏漁期の漁獲のピークがしだいに早まっていく傾向がみられる。1975 年は 7 月ピークであったが、1976 年には 6 月ピークが移動し 1977 年では 7 月の漁獲は減少して逆に春漁の漁獲が増加した。

この時期、漁獲量を押し上げたのは 1976 年 5 ～ 7 月の体長 175 ～ 180 mm にモードをもつ 1975 年級群と推定される魚群、1977 年の 3 ～ 7 月の 180 ～ 185 mm にモードをもつ 1976 年級群と推定される魚群であった (図 4)。一方、9 ～ 10 月の秋漁期は 120 ～ 125 mm にモードをもつ魚群が主体であった。

(3) 1978 年～1980 年 (図 3 ; 左下) 1978 年にいったん減少した漁獲量はその後、再び上昇していった。1978 年に漁獲量が減少した理由は 7 月以降の極端な不漁によるものである。この海域のマイワシ 0 歳魚漁況は海況に大きく影響されることが指摘されており、1978 年 9 月は漁場が広く暖水塊に覆われ漁場が形成されなかった⁶⁾ことが不漁の原因であろう。1979 年は 2 ～ 3 月、6 月及び 10 月に漁獲の峰が現れた。調査期間を通じて初めて 12 月に漁獲が上向きになり、翌 1980 年 1 月の漁獲の山につながっていった。その後 1980 年は 3 月、5 月、11 月に漁獲の山が現れた。

この期間、漁況の季節変動パターンの特徴は上半期に 2 つの漁獲の山が出現するようになって「M 型」のパターンを呈するようになったことが指摘で

きる。またこの時期は12月に漁獲の上昇が発現して冬季の漁獲量の増大が顕著に加速し始めており、1977～'78年には沿海州北部とサハリン西岸に濃密な魚群の分布が指摘されている⁷⁾ことと符合することから、いわゆる大回遊時代の始まりとの関連性があるのかもしれない。

1978年の漁獲を支えた魚群は1976年級群と1977年級群であり、体長160～165mm及び190～195mmにモードをもつ群であった(図4)。1979年の1～5月に出現した魚群は体長190～195mmと210～215mmに組成の山をもつ複数群からなっていたのが特徴的で、1977年以前の魚体組成と比較して大型の群で構成されていたが、これは前年出現した1976～1977年級群がそのまま加齢・成長して出現したと考えられる。6～8月は体長170～175mmにモードをもつ群が主体でありそれ以前の組成と大きな変化はみられなかった。12月以降、翌1980年にかけて出現した群は210～215mmにモードをもつ大型群が主体となっていた。この群はすでに指摘したように12月になって初めて漁獲量が上昇した群に相当し、1977年級群が主体になっていたと推定される。1980年の春漁期以降はこの大型群は漁獲されず、漁獲の中心となったのは3～7月漁期のモード175～180mm群及び9～11月漁期のモード110～115mmの群であった。

(4) 1981年～1983年(図3; 右上) この期間の年間漁獲量は約3.6万トンから4.8万トンへ増加したが、この漁獲レベルはここで取り扱った1970年代～'80年代半ばにおける年変動範囲のほぼ中位の位置にある。

1981年と1982年の季節変動をみると上半期は2峰の「M」型を示して12月に上昇するというパターンであった。これは1979～'80年と同じパターンであったが、1983年になると上半期はピークが3～4月の1つになって単峰型になったこと、12～2月にかけての漁獲量がさらに増大していったことが特徴的である。

この期間の体長組成をみると、1980年12月～1981年2月の冬漁期には200～205mmにモードのある大型群(1979～'80年級)を主体に構成され、続く1981年3～6月の春漁期にも同一の大型群が継続して漁獲されていた(図4)。一方1981年12月～1982年2月及び1982年12月～1983年2月の各冬漁期では1980年冬漁期と同様に205～210mmにモードがある大型群を主体に構成されていたものの、3～5月の各春漁期には1981年春漁期と異

なりこの200mm台の大型群は出現しなかった。このことは、1980年代初期には薩南海域における産卵量が増大したことと関連して九州西岸からの大羽(産卵群)の薩南への南下が示唆されている⁸⁾が、山陰沿岸においても1982年と'83年の冬～春漁期に1979～'80年級群と思われる大羽主体群が南下した可能性を示しているように思われる。

(5) 1984年～1986年(図3; 右下) 年間の漁獲量は段階的に上昇していき、1986年は調査期間を通じて最高値を示した1989年に次ぐ漁獲量を記録した。したがってこの期にマイワシ資源は上昇期から高水準期へ達したといえよう。

この期間の季節変動パターンの特徴はこれまでの上半期の「M型」から単峰型に変わり同時に漁獲のピークが2～3月に早まったことである。また12～1月の漁獲量の比重がさらに増大したことに相反して夏～秋漁はきわめて低調に経過するようになった。このような漁況の季節変化を反映して漁獲の主体は体長180mm台にモードをもつ1983年級群

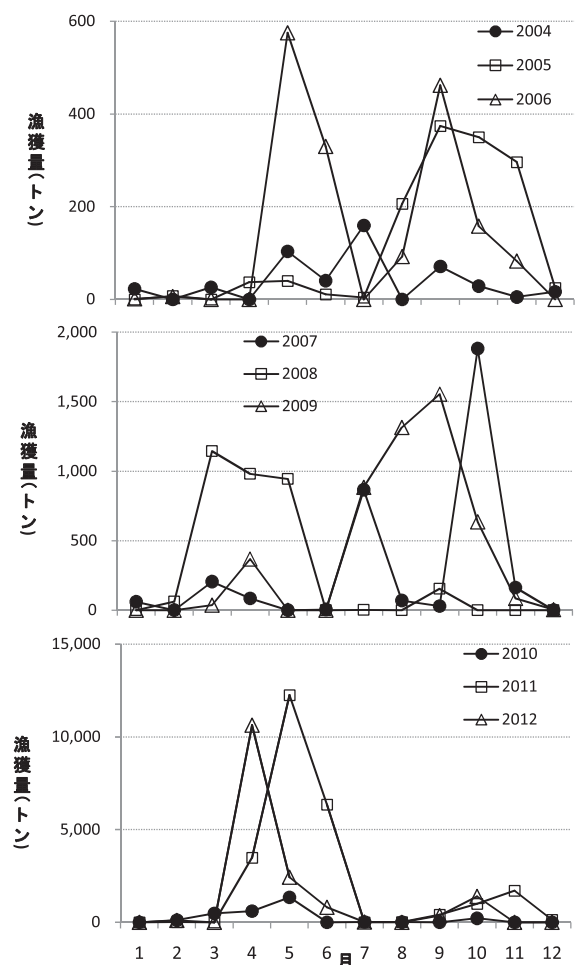


図5. 2004年以降のマイワシ漁獲量の季節変動(境港漁港)

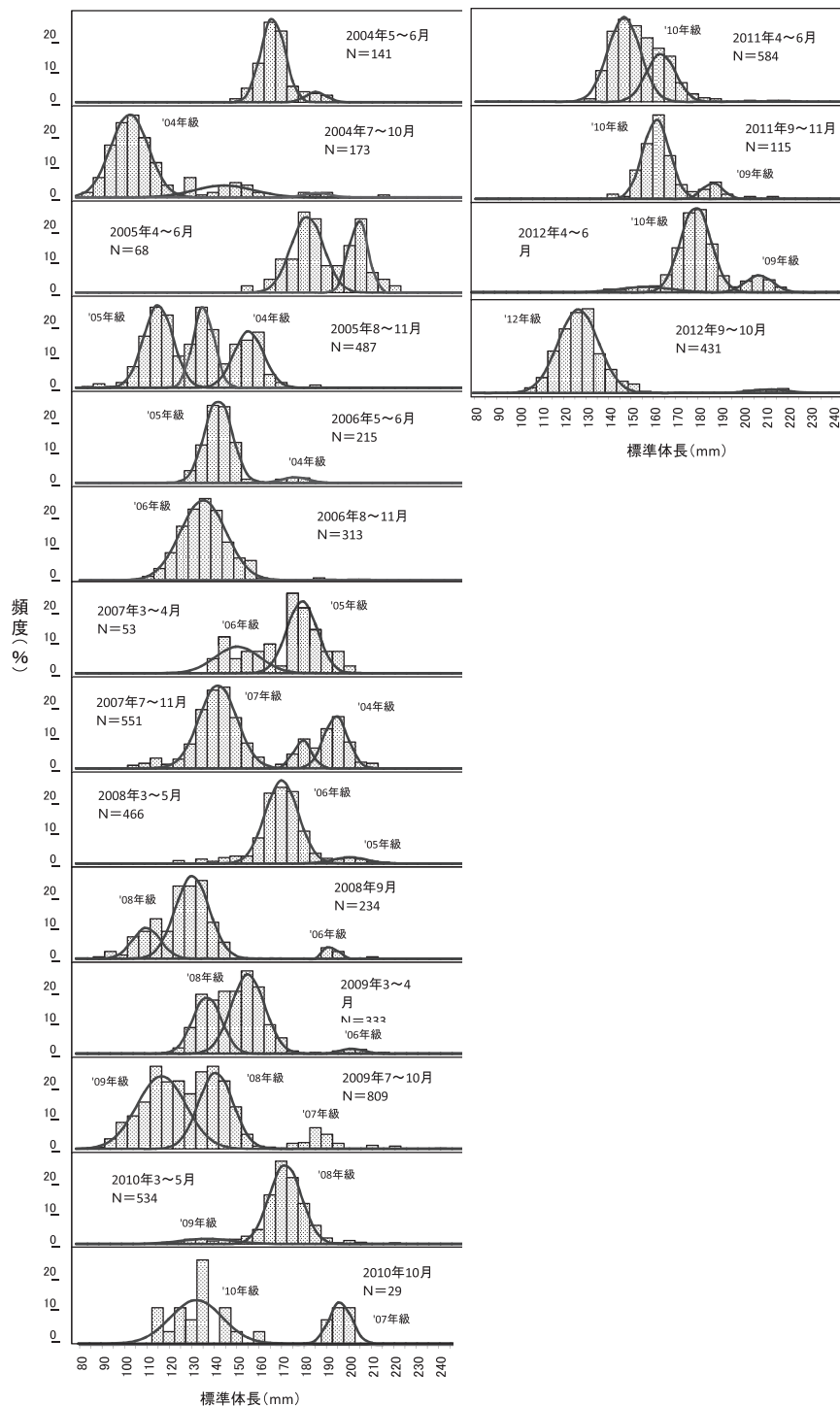


図6. 境港漁港に水揚げされたマイワシの体長組成

と推定される大型群が卓越しており（図4；続き），1985年及び'86年の0歳魚出現量はとるに足らない状況であったといえる。

境港漁港における2004年以降の漁況の特徴 近年の対馬暖流系群のマイワシ資源は低い水準にあるものの，2004年以後は増加傾向にあるとみられている。そこで2004年以降の境港漁港におけるマイワシの水揚げ状況を調査した（図2）。年間の漁

獲量は2004年以降，徐々に増加していき2009年には5,000トン弱の水揚げに達した。2010年にはいったん減少したものの翌2011年になると急激に増大して2万5千トン超となったが，2012年には約1万6千トンに下降した。

このような増加傾向にあるとみられる近年の対馬暖流系マイワシ漁況の季節的変動を便宜的に3ヵ年毎に区切って漁獲物の体長組成と対比しながら検討

した。

(1) 2004 年～2006 年 (図 5; 上) 年間の漁獲量は 500 トン弱から約 1.7 千トンに増加した。2004 年は全体に低いレベルで経過しており 5 月, 7 月, 9 月にごく低い漁獲の山がみられる。2005 年になると 9～11 月に漁獲の山がみられ, 漁獲の主体となったのは体長 115～120 mm, 135～140 mm, 160～165 mm の 2004～'05 年級群からなると思われる複数のモードをもつ体長組成からなっている魚群であった (図 6)。2006 年では 5 月と 9 月に漁獲のピークが出現した。5～6 月には体長のモード 140～145 mm の群, 8～11 月には体長モード 135～140 mm の魚群で構成されていた。前者は 2005 年級群, 後者は 2006 年級群にそれぞれ相当すると思われる。

(2) 2007 年～2009 年 (図 5; 中) 年間の漁獲量は 3 千トンから 4 千トンのレベルを上昇傾向で推移した。2007 年は 7 月と 10 月に漁獲のピークが現れ, この漁獲は 2007 年級群の体長 145～150 mm 及び 2004 年級群の 195～200 mm にそれぞれモードをもつ魚群に支えられていた (図 6)。2008 年は 3～5 月に体長 170～175 mm にモードをもつ 2006 年級群と推定されるものの漁獲が主体であったが, 秋漁は成立しなかった。翌 2009 年になると春漁は不振で 7 月以降に漁獲が上昇して 9 月にピークを迎え, 夏～秋漁が漁獲の峰を形成した。漁獲の主体となったのは体長モード 115～120 mm の魚群と体長モード 140～145 mm の魚群であった。これらは 2008～'09 年級群から構成されていると考えられる。

(3) 2010 年～2012 年 (図 5; 下) 2010 年は 1 年を通じて漁況は低調に推移したが 2011 年と 2012 年は再び上昇傾向に転じて 2011 年は 2004 年以降最大の 2 万 5 千トンの水揚げとなった。季節的変動パターンは 4～5 月にピークを迎える春漁型であっ

た。2011 年のピーク時には体長 145～150 mm にモードをもつ群で, 2012 年のそれは 180～185 mm にモードがある群で占められていた (図 6)。それらはおそらく 2010 年級群に属していると思われる。

各年級群の動向 すでに指摘したように 1970 年代のマイワシ漁獲量上昇期の初期段階では 0 歳魚が主体とする秋漁が顕著に増大する。この 0 歳魚がその後, 漁獲されていくわけであるが, 0 歳魚漁獲尾数とその後成長・加齢して漁獲される同一年級群の 1 歳以上魚の総漁獲尾数との関係を調べた。

1970 年代～'80 年代初めにかけての結果 (図 7; 左) をみると, (1) '82 年までは X 軸方向への動きのみが顕著であることが特徴的で, (2) '79 年及び '82 年の 0 歳魚の大量漁獲が繰り返して現れて, (3) その後, Y 軸方向への動きが出現し漁獲量増大に繋がっていったことが示唆される。

一方 2004 年以降の結果 (図 7; 右) では, 2004～'09 年の期間は '70～'80 年代にかけてと同様に X 軸方向の動きのみが目立っており, 2010 年に Y 軸方向への動きがみられたが, これは 70～'80 年代における '83 年の動きと類似しているようにみえる。この左上への Y 軸方向の動きは 0 歳魚の水準が低い状態でその後の生き残りが良いことを示唆している。

若干の議論とまとめ

2004 年以降, 増加傾向に転じたとされる対馬海流系マイワシ資源について, 山陰沿岸漁場での上昇期であった 1970 年代の漁況と対比して検討するため, 1970 年代～'80 年代半ばにおける漁獲量の季節変動パターンの経年的な推移を 3～4 年毎に区分して記述した。ここでその区分を時間順にフェーズⅠ ('71～'74), フェーズⅡ ('75～'77), フェーズⅢ ('78～'80), ……と呼ぶと, フェーズⅠでの初期段階では漁況は低調で主漁期は明確には出現しないが, その後秋漁が目立って増加することによって経年の漁獲量が増大するようになり, さらにフェーズⅡを迎えると, 春漁が卓越するとともに漁獲のピークを迎える時期が早まる傾向に変遷していく。そしてフェーズⅢに達すると上半期の 2～3 月にもうひとつの漁獲のピークが出現しはじめ, 12 月の漁況も活発化するようになる。

このような視点で 2004 年以降の漁況の季節変動パターンをみると現時点 (2012 年) はフェーズⅠ

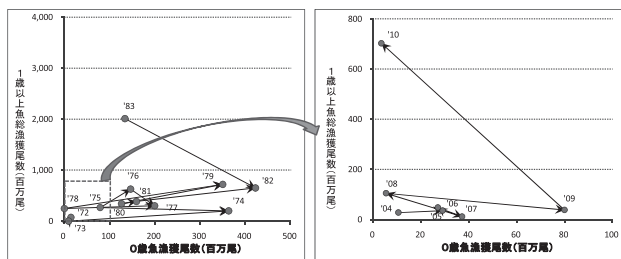


図7. 0歳の魚漁獲尾数とその後漁獲された総尾数との関係 (X 軸: t 年級の0歳魚漁獲尾数, Y 軸: t 年級が成長して1歳魚, 2歳魚, 3歳魚…となり漁獲された総尾数)

を経てフェーズⅡへの移行期のように見える。さらに3節ではそれぞれの年代の年級群の変動特性を比較したが(図7)、1970～'80年代では0歳魚の大量出現の後、その出現水準が低くても生き残りが高水準となる年級群が存在する可能性が示唆され、資源増加シフトへの要因のひとつである可能性が考えられる。この現象の水産資源学的な解釈は不明であるが、2010年級群においてもみられたことは興味深い。

次にいつの時点でフェーズⅢに突入するのか今後の課題であるが、1979年と1982年の0歳魚の大量出現が次のステップへの移行に重要な役割を果たしたと思われ、間欠的で突出した0歳魚の出現が1つのポイントになるであろう。

最近になってこの海域でニューストンネットによるマイワシ仔魚の採集調査が開始され^{*}、この情報を取り込むことによって資源増大時期の予兆を把握することが今後期待される。

謝辞

本報告のとりまとめに際して、浮魚類とりわけマイワシ資源調査に従事された鳥取県及び島根県の歴代の水産研究機関の職員皆さまに厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 増田紳哉(1992) 隠岐諸島周辺海域におけるマイワシ漁について. 西海ブロック漁海況研報, 1, 21-42.
- 2) 田中寛繁, 大下誠二(2012) マイワシ対馬暖流系群の近年の資源状態. 水産海洋研究, 76, 223-224.
- 3) 赤嶺達郎(1982) Polymodal な度数分布を正規分布へ分解する BASIC プログラムの検討. 日水研報告, 33, 163-166.
- 4) 安達二郎(1985) 日本海西部海域におけるマイワシの成長と成熟. 日本海ブロック試験研究集録, 4, 43-55.
- 5) 近藤恵一, 堀 義彦, 平本紀久雄(1976) マイワシの生態と資源(改訂版). 水産研究叢書 30, 日本水産資源保護協会.
- 6) 森脇晋平(1996) 日本海南西部沿岸海域におけるマイワシ当歳魚漁況. 水産海洋研究, 60, 11-17.
- 7) 檜山義明(1998) 対馬暖流域での回遊範囲と成長速度. マイワシの資源変動と生態変化(水産学シリーズ 119; 恒星社厚生閣刊), 35-44.
- 8) 山口閑常, 原 一郎, 長谷川誠三(1995) 日本周辺海域における表層性魚類の分布の地域性とその漁業. 漁業資源研究会議報, 29, 61-73.

^{*}平成24年度 第2回対馬暖流系マイワシの資源調査に関する検討会資料

シンポジウム報告

第2回 江の川の天然アユを増やすためのシンポジウム ～今、私たちにできる川づくりとは？～

Second symposium for the local population of Ayu, *Plecoglossus altivelis altivelis*
in the Gounokawa River

主 催：天然アユがのぼる江の川づくり検討会

（ 構成員：江川漁協，江の川漁協，可愛川漁協，西城川漁協，中国電力株式会社，
広島県，島根県（事務局）
オブザーバー：国土交通省浜田河川国道事務所 ）

後 援：財団法人河川環境管理財団（現 公益財団法人河川財団），
社団法人水産資源保護協会（現 公益社団法人水産資源保護協会）

日 時：平成 25 年 3 月 9 日（土）13 時～16 時

場 所：島根県立大学コンベンションホール（島根県浜田市野原町 2433-2）

参加人数：187 名（一般市民，漁協組合員，河川・水産行政関係者等）

趣旨説明：北沢博夫（島根県水産技術センター 所長）

内 容：

「基調講演」

アユ漁場と土砂環境

浅枝 隆（埼玉大学大学院理工学研究科 教授）

「事例発表」

アユ資源を保護するために ～矢作川漁協と釣り師の取り組み～

新見克也（矢作川天然アユ調査会 会長・矢作新報社 編集長）

「研究発表」

新規交配系アユの特徴とタイプの異なる冷水病菌に対する耐病性

永井崇裕（広島県立総合技術研究所 水産海洋技術センター 副主任研究員）

「パネルディスカッション」

漁協，河川管理者，ダム管理者，研究者のそれぞれの立場からの総合討論

趣旨説明

江の川のアユ漁獲量はピーク時から激減している。島根県では平成 21 年に江の川のアユ資源の調査を再開し，その結果から産卵場のアーマー化が進み有効な産卵場になっていない事に加え，産卵親魚が減少していることが明らかになった。そのため，江川漁協では産卵場造成や親魚保護に取り組んでいる。こうしたなか，2 年前（平成 23 年 2 月 11 日）に第 1 回目の江の川の天然アユを増やすためのシン

ポジウムを開催し，水産関係者で今できることを実行してきた。第 2 回目となる今回のシンポジウムでは，平成 23 年，24 年の調査状況を踏まえながら，河川やダムの管理関係者も集まって，どうやってアユを復活させるかを議論する。前半は基調講演，事例紹介，研究発表，後半はパネルディスカッションを行う。なお，本シンポジウムは，財団法人河川環境管理財団（現 公益財団法人河川財団）の河川整備基金の助成を受けていることを申し添える。

基調講演

題 名：アユ漁場と土砂環境

演 者：埼玉大学大学院理工学研究科
教授 浅枝 隆氏（下写真）



講演内容の概要 ※講演を元に事務局が作成

江の川の状況 江の川は下流域にもかかわらず、川幅一杯に水が流れ、ドナウ川のような。多少砂州はあるが、砂州が低い。近年は砂州の上に山ほど木が生えるが、ここは全然生えていない。ほとんどの区間は河床が安定している。江の川の現況について、下流区間を二つの時代（2010年と東京オリンピックのあった1964年）で比較した。下流域にあたる乙原、川本、因原、鹿賀、川越、桜江、川平の各地点の二つの時代の航空写真を比較すると、砂州で占められる面積が極度に減少し、交互砂州が消失している、砂州の標高が極めて低い、砂州上の植生が少ない、シルト分（砂分）の割合が多い、礫径が小さく極めて均一、橋脚下流側の堆積も見られない、河岸（高水敷）の水面からの標高が高い、河岸（高水敷）の多くは密な竹林で覆われている場所が多いことがわかり、河道内の土砂が極端に欠乏している可能性が高い。

土砂欠乏の原因 原因として、上流のダム建設による土砂捕捉、砂利採取の可能性が考えられるが、もっと検討が必要だろう。浜原ダムの上流と下流で2つの時代を比較すると、下流側は砂州がなくなっているが、上流側はそれ程の差がない。一つの原因として、浜原ダムに土砂が補足されている可能性が高いが、これだけではないだろう。江の川下流域で土砂が不足する原因として、流量が豊富なため水深が深く流れが緩やかになりやすい環境にあること、大きな支流が少なく本川で土砂が止められると、土

砂が入ってなくなることが考えられる。

流域土砂管理検討会について 相模川では流域土砂管理検討会を20年前からやっており、私が座長を務めている。土砂は基本的には山からきて、海に流れる。それに関係する人、皆が集まって議論しないと土砂の問題は解決しない。土砂の供給が生じて、20年、30年先に影響が出る。息の長い先を見通した議論が必要である。日本の幾つかの河川で、流域の土砂管理検討会が作られている。メンバーは環境保護団体、漁業者、水産関係者、地域住民、電力関係者、上流及び下流の河川管理者、流域自治体の担当者、砂防担当者、学識経験者などが一堂に会して議論する必要がある。江の川でも是非これはお願いしたい。

下流河道への土砂供給法の例 5つの事例を紹介する。(1) 排砂ゲート：土砂は流下するが、栄養塩の高い細粒土砂が排出されるので注意が必要。(2) 置き砂：土砂は可能な限り上流域で採取しないとシルト分ばかりになる事に注意。(3) 排砂バイパス：勾配点が緩くなるので、排出される土砂は小さくなる。(4) 高水敷の切り崩し、深掘れ部の埋め戻し：高水敷を切り下げて滞りを埋め戻す。江の川でもやれば大きな竹藪はできない。(5) 中流の堰、支流の砂防ダムの透過化：砂防と河川管理者との連携が必要である。

事例紹介

題 名：アユ資源を保護するために

～矢作川漁協と釣り師の取組み～

発表者：矢作川天然アユ調査会 会長（矢作新報社編集長） 新見克也氏（下写真）



発表内容の概要 ※発表を元に事務局が作成

矢作川漁協と釣り師がアユ資源を守るために行っている取り組みを紹介する。矢作川は、流域延長118km、流域面積1,830㎢、流域人口112万人、流域はトヨタ自動車を筆頭に大工業地帯で、本川に7つのダムがあり、漁場の半分がダム湖、平均水利用率は40%という過酷な環境にある。

(1) 矢作川漁協の取り組み～天然アユ保護路線への経緯～ 矢作川は本流に7つのダムがあり徹底的に利用される川であり、矢作川漁協はこれ以上の環境の切り売りはできないという危機感が強い漁協である。そのため、補償金交渉に流されずに、河川環境を第一に真面目に喧嘩する体質に変わっていった。そうしていると、河川行政、農業用水、電力会社（中部電力）といった川の隣人の漁協を見る目が変わった。つまり、「やりたい放題やって文句言う団体」から「一生懸命河川環境を守っている団体」に、気持ちの中で格上げされた。もう一つの漁協の体質として、ダムにより長年の被害を受けていたので、川の包容力の限界を知っていた。そこに平成に入って冷水病の時代が到来し、いち早く天然アユ保護の重要性を認識した漁協であり、完全に経営面でも危機感を持っていた。決定的な転換期となったのは、平成6年の豊田市矢作川研究所の設立であった。これは漁協が音頭をとって、漁協、農業用水団体、豊田市の第三セクターとして作った矢作川の研究所で、現在は豊田市営になっている。その2年後に我々「矢作川天然アユ調査会」が発足した。これは矢作川研究系の市民グループである。研究所には色々な分野の研究者がいるが、魚、昆虫、水生昆虫、森林、藻類の各分野で一人ずつしかいない。アユの分野も一人なので、調査をしたくても人手が足りない。そこで、僕ら釣り人が調査の実働部隊になろうということで、発足したのが調査会である。会員は組合員と一般遊漁者の有志で、今37人になった。アユ研究者の高橋勇夫さんが発足当時から顧問である。矢作川が自前の調査組織を持ったことが決定的な転換期であった。研究所と調査会の初仕事として、矢作川のアユの生態の総合調査を行った。これを高橋勇夫さんが中心になってまとめてくれて、「天然アユ保全の課題16項目」が報告された。矢作川漁協が偉かったと思うのは、これを今後の課題にせず、すぐに川の隣人たち（国交省、県、農業用水、中部電力）と調査データに基づいた協議を開始した。隣人達は漁協のことを信頼してくれていたもので、よ

り深い理解を示してくれた。解決不可能と思われた項目にも協力を得られ、10年間でほぼすべてが解決しようとしている。

(2) 矢作川漁協の取り組み～保護の事例～ 次に保護の事例を数点紹介する。これは河口から45kmの地点にあるダムで、下流から二つのダムである。僕ら釣り人はこのダムより上を中流域、下を下流域と呼んでいる。遡上期は発電用の放水口にアユが集まり、細長い魚道を上って、最後は水路に入り、ダムを上る。遡上自体には大きな問題はない。問題は親アユが産卵場に降下するときである。水路に産卵親魚が入り、魚道を見つける事ができないため、そのまま下り農業用水の方に迷入してしまう。迷入防止が困難なため、汲み下げ放流を行っている。中部電力と農業用水団体が協力してくれて、捕獲施設を作ってくれた。汲み下げ放流をやるときは、通水をストップしてくれる。3万尾前後を毎年実施している。次に産卵保護について。愛知県は産卵保護の後進地であり、産卵保護期間が設定されていない。漁協が独自に禁漁期間を設定している。中下流には湖産系のアユを放流しない。下流漁場のコロガシ漁、網漁を禁止した。これは組合員から反発が強かった、自分たちが獲り放題をしていて、川の隣人達にアユを守ってほしいでは筋が通らないため、組合として断固実施した。産卵場の造成を矢作川で取り組んだが、下流域は完全に砂川なので、難しいと判断した。苦肉の策として、河口から35km地点にある最下流のダムにある旧魚道に砂利を投入し、産卵場を造成した。ここに親魚の汲み下げ放流を行っている。また、おもしろい取り組みとして「お助けダム放流」というがある。これは一番上流、河口から80km地点にある多目的ダムに、アユ用の水を貯めてもらっておき、漁協の要請により放水してくれるもの。これも国交省、中部電力の理解があるからされている。これは春の遡上期の渇水時、秋の仔魚の流下ピーク時（仔魚を早く海に到達させるため）に要請している。ごく最近の漁協の動きとして、漁協、中部電力、矢作川研究の三者で「ダム研究会」を発足準備中で、ダムの管理・運用を研究し、ダムのデメリットをメリットに変えていく意気込みで取り組んでいきたい。

(3) 釣り師の取り組み～矢作川天然アユ調査会～ 37人の正会員に、準会員を加えて70名くらいでやっている。年齢層は40代～70代後半までで、研究

所と二人三脚でやっている。主力は定年退職者である。特徴的なのは有償ボランティアであること。豊田市の水産資源保護費で捻出され、実際の調査時間に対してのみお金が支払われる。調査の内容を紹介する。すべての基礎になる遡上調査は毎年実施している。最近ではカメラによる自動カウント装置を導入している。冬季の海域調査もやっている。近年のメインは、隔週で実施する友釣り調査であり、生育状況や天然・放流の比率を調べている。比率は背鰭から側線までの鱗数で判定している。放流アユは概ね16枚以下、天然アユ17枚以上なので、明確に区別が可能である。これで見ると、豊田地区では遡上漁の豊凶にかかわらず天然アユ中心なので、放流をしない実験をしてはどうかと漁協に提案している。一方、ダムを2つ、3つ超える中流域では遡上量が多いと天然アユが主体になる。また、ダムを4つ超え、天然遡上が極めて少ない上流域でも、汲み下げ放流が多い年は天然アユが主体になる。このように調査会が天然アユの重要性をデータ化し、漁協の天然アユ保護路線を後押ししている。

(4) 釣り師の取り組み～漁協 HP 鮎モニターブログ～ もうひとつ釣り師の取り組みとして漁協 HP のなかで鮎釣りのブログを公開している。これからの漁協は、経営面、天然アユの保護、高齢化対策として、一般遊漁者との共生が重要課題であると思っている。そのために、漁協のうさん臭さの払拭が必要であり、また、一般遊漁者へ対する、放流すれば良いという考え方は違うということを啓蒙することが必要だと思っている。そこで、漁協 HP 内に「鮎モニター釣り師ブログ」制度を導入した。若い釣り仲間や川をよく知っている人（組合員、一般遊漁者）を集めて、毎日誰かが釣果情報を更新するようにしている。書き込みには四代として500円が支払われる。このとき必ず実名入りで書いてもらい、釣れない事も隠さない。時には漁協への批判も書いている。これにより釣りジャーナリズムで信頼されるようになり、ここで調査データを発表し、漁協の取り組みを公表すれば、釣り人への啓蒙ができるのではと考えている。これは漁協にもメリットがあり、釣果情報に手間が掛からないこと（各釣り人が自宅のパソコンで更新）、優秀な広告塔になること、将来の漁協を担う人材づくり、釣り人からの生の声、漁協の民主化意識が継続される。

研究発表

題 名：新規交配系アユの特徴とタイプの異なる冷水病菌に対する耐病性

発表者：広島県立総合技術研究所水産海洋技術センター 副主任研究員 永井崇裕氏（下写真）



発表の要旨

ねらい アユの冷水病による被害は、河川や養殖場で依然として多く見られる。これまでの研究から、広島県で生産されている海産交配系アユは、冷水病に対する抵抗性が比較的強いことが明らかにされている。しかし、漁業者からは冷水病に対する抵抗性が強いだけでなく、放流後の遡上能力の高さや飼育しやすい性質を求める声強い。この度、当センターで分離した冷水病菌を調べた結果、これまでとは全く異なる、海産交配系に対して病原性が高い菌株の存在が明らかとなった。これらの結果を応用し、2010年度に作出した新規交配系アユに対する、これらの冷水病菌の病原性を調べるとともに、とびはね能など新規交配系アユの特徴を明らかにし、放流魚としての適性を調べた。

概要

1. 病原性の異なる冷水病菌のタイプ これまで冷水病のアユから分離された18株の冷水病菌を用いて、海産交配系アユおよび累代系アユに対する病原性を感染実験で調べた結果、冷水病菌は累代系に対する病原性が高いDo型、海産交配系に対する病原性が高いAm型の2つに分けられることが明らかになった。Do型もAm型の菌株も分離年に関わらず見出されたが、調べた中ではAm型の菌株の方が多かった。海産交配系は、これまでの研究から冷水病に対する抵抗性が高いことが知られているが、今回

分離した Am 型には弱いことが明らかとなった。一方、河川水を用いた自然感染実験(2005 年 -2011 年)では、累代系の冷水病による死亡率が海産交配系よりも常に高いことから、海産交配系の河川放流における有効性は依然として高いと考えられる。

2. 新規交配系アユに対する冷水病菌の病原性

2010 年に海産交配系と黒瀬高津系アユを交配させた新規交配系アユを作出した。タイプの異なる冷水病菌の病原性を確認した結果、新規交配系は、海産交配系および黒瀬高津系よりも Do 型に対する抵抗性が高かった。一方、Am 型に対する抵抗性は黒瀬高津系、新規交配系、海産交配系の順に高かったことから、新規交配系は Do 型と Am 型の両方に比較的に強いと考えられる。

3. 新規交配系アユの特徴

海産交配系、黒瀬高津系および新規交配系のとびはね性を比較した。その結果、新規交配系のとびはね性は、黒瀬高津系および海産交配系と同程度、またはそれ以上であった。一方、黒瀬高津系は海産交配系と比べハンドリングに弱く、飼育しにくいことが欠点である。そこで、体表粘液を人工的に取り除いた“擬似ハンドリング”による死亡率を 3 系統で比較した結果、海産交配系と新規交配系に死亡は見られず、新規交配系のハンドリング抵抗性は高いと考えられた。

今後の展開 新規交配系は、優れた特徴を持つことから、2010 年の試験放流に引き続き 2011 年には放流用種苗として増産されている。これまで、広島県では東京海洋大学と共同で冷水病耐病性に関わる DNA マーカーを開発しており、新たな冷水病菌に対する耐病性マーカーを明らかにした。今後は、新規交配系アユの冷水病耐病性を確実なものとするために、これらの DNA マーカーの応用も検討し、新たな広島県産アユのブランドとしていくことを考えている。

パネルディスカッション

テーマ：江の川のアユをどうやって復活させるかⅡ
～今できる川づくりとは？～

漁協、河川管理者、ダム管理者、研究者のそれぞれの立場の有識者 8 名をパネラーとして、江の川の天然アユを増やすために今できる川づくりについて

パネルディスカッションを行った。進行・とりまとめ役となるコーディネーターは島根県農林水産部水産課水産しまね振興室の村山達朗調整監が務めた。パネラー（下写真）は以下のとおりであった。

□研究者の立場から：

埼玉大学大学院理工学研究科

教授 浅枝 隆氏

たかはし河川生物調査事務所

代表 高橋勇夫氏

広島県立総合技術研究所水産海洋技術センター

副主任研究員 永井崇裕氏

□漁協の立場から：

矢作川天然アユ調査会

会長 新見克也氏

江の川漁業協同組合

代表理事組合長 辻駒健二氏

江川漁業協同組合

代表理事組合長 天野勝則氏

□河川管理者の立場から：

国土交通省浜田河川国道事務所

副所長 道中 貢氏

□ダム管理者の立場から：

中国電力株式会社邑智電力センター

土木課長 昌子和男氏



パネルディスカッションの概要 冒頭、島根県の担当者から江の川の天然アユを増やすための取り組みの内容、経過、残された問題点について発表があった。その後、残された問題点である (1) アユ産卵場の問題 (産卵に適した小石の不足)、(2) 親魚の確保 (上流のアユを産卵群として有効に活用するための課題)、(3) 瀬や淵の再生 の 3 点についてディ

スカッションを行った。

問題点 (1) : アユ産卵場の問題 (産卵に適した小石の不足) について

村山 : 水産技術センターの報告では、産卵場に産卵に適した小石が不足しており、産卵場造成の十分な効果が得られにくい状況になっているようだ。江川漁協の天野組合長に実際の状況を説明お願いしたい。

天野 : 江川漁協では平成 20 年以降、ほぼ毎年産卵場造成を行っているが、現場にアユの産卵に適した小石が不足し、造成効果が低いことが問題である。

村山 : 他河川の状況、今できる対策について専門家のご意見を賜りたい。

高橋 : 土砂の供給が少ない河川で産卵場造成を継続すると、産卵に適した礫が流出し、瀬自体が失われる危険性もある。対策として置き土を試してはどうか。

浅枝 : 置き土をする場合、礫組成に注意しないといけない。また、ダムや堰堤に溜まった土砂を利用する場合は、堰堤からの距離により溜まった土砂の組成が異なるので注意すること。

道中 : 河川管理者としてはむやみな置き土は困るが、計画時に相談して頂ければ対応は可能である。

村山 : 島根県としては、今後、浅枝教授にご助言を頂き、実施に関しては国交省にも相談しながら江の川での置き土の有効性について検証を進めたい。

問題点 (2) : 親魚の確保 (上流のアユを産卵群として有効に活用するための課題) について

村山 : 江の川の中流域にある浜原ダムでは、春季にはアユが付設された魚道を遡上するが、秋季にはアユが魚道入口を見つけられず、降下がしにくい問題がある。この問題の解決に向けて流域漁協と中国電力で組織された「浜原ダム魚族遡上降下対策検討委員会」の取り組み成果について紹介を願う。

辻駒 : 中国電力の協力の下、魚道の流量調整、隔壁の設置によりアユのダム遡上を円滑にし、また、取水口へのアユの迷入防止に関しても見事に解決できた。ただ、秋季の渇水時にアユがダムを降下しにくいことが問題として残っている。せっかく上ったアユが産卵場まで帰る事ができるよう検討しなければいけない。

村山 : 実際に改修等に当たった中国電力からも補足をお願いする。

昌子 : 検討委員会での検討結果を踏まえて、これまでアユの親魚降下を促す対策として、秋の産卵期の魚道流量を増やすようにゲート操作の変更を行ってきた。中国電力としても引き続き、運用の見直し等によってアユが降下しやすい環境づくりに取り組んでいきたいと考えている。前段に矢作川で紹介のあった産卵親魚をダムから降下させる有効策とか、地域で良い事例があれば、是非この場で紹介してほしい。

新見 : 水路に迷入した 3 万尾を汲み下げ放流している。中部電力、豊田土地改良区、漁協との話し合いが進んでいるからできたこと。話し合いが大事。ただ、肝心の一番下のダムではまだ汲み下げ放流をやっていない。漁協の理事になるので、農業用水団体と仲良くなることが仕事かなと思っている。

村山 : 親魚の降下対策はこの 5 年間のうちの大事な宿題である。一策として梁を使ってダム湖入り口で親魚を採捕して産卵場に運ぶ案もあるかもしれない。これについては江川漁協、中国電力に相談しながら島根県が試験実施していきたいと考えている。

問題点 (3) : 瀬や淵の再生について

村山 : 最後の課題に入る。一番重たい課題である。江の川は瀬や淵がなくなりつつあったところばかりの川になっている。それをどうやったら、完全に元通りは無理だろうが、少しでも改善していけるかについて議論したい。今日発表があったのは島根県側、中流域から下流域での状況であったので、広島県側での状況について江の川漁協の辻駒組合長からご説明願いたい。

辻駒 : 漁協の立場から少し申し上げる。かつては、川の変化については、我々の支障のないところでものが動いているという判断であった。しかし、そうはならないと感じ、江の川流域環境会議を 15 ～ 16 年前に立ち上げた。いつの間にか、解散はしていないが名前だけになっている。やっとこの時期が来たかという思いで、こういう悩みを共に解決するということで、シンポジウムをやっている。遅い事はないと思っている。こういう会が、やりっ放しではなく、考え、行動に移していかなければならない。上流の江の川漁協で人工、湖産、海産アユを放流しているが、天然アユが上

る川づくりとなると、こうした状況も吟味し、江の川のアユをこれからお互いにつくっていくことではないかと思う。

村山：大事な話が抜けていました。先ほどのテーマになるが、辻駒氏から指摘があったように、上流に放流されたアユも下って親になるので、上流部の放流状況、あるいは、しまねのアユづくりプランで進める地場産アユの放流に関して広島県と協力できないかどうかを含めて広島県水産海洋技術センターの永井さんに説明をお願いします。

永井：上流部では、人工（海産交配と新規交配の2種類）、湖産、海産のアユを放流している。地元のアユを親としたい要望等があり、近年増えている灰塚ダムの陸封アユを昨年親として獲って試験生産している。今後は冷水病の耐病性や飛び跳ね性など放流種苗としての適正を調べる予定。陸封アユの由来はわからないが、天然で再生産しているので、河川で放流しても十分親になり得ると思っている。

村山：上流のアユを安定的に下流の産卵場までどうやって下らせるかという大きな課題がまだクリアできていないので、上流の放流アユに対してどう言う段階ではないが、このあたりのことも考えていかなければいけない。辻駒氏にお聞きしたいが、発電用の鳴瀬堰は一部可倒式に改良され、水が出たときは倒されると聞いているが、そういうときに堰から砂利がどのように出るのかご説明いただきたい。

辻駒：正式には江の川ダムと言うのだろうか。中国電力熊見発電所への発電用取水量を45トンから90トンに変えた際に改良した。200トン流れると自動的にゲートがあがり、砂利が降下する仕組み。今までダムの上流に堆積していた砂利が一気に流れ出た。可倒堰になって下流の環境は良くなってきていると思っている。もう一つの問題は外来種のオオカナダモの繁茂で、これが大変である。

村山：上流も厳しい状況である。これに関して浅枝先生の方から、これらの原因と解決に向けてご提案を含めてコメントをお願いしたい。

浅枝：土砂が動かないためオオカナダモが繁茂する。上流も土砂が動かなくなっている。江の川は大きな支流がないので、ありとあらゆる支流から土砂を入れることを考えるしかない。また、河道の中、河川敷を削って土砂を作り出すことを考える。いろんな人の知恵を出し合って考えるべきこ

と。もっといろんなことが考えられる。私も帰ってしばらくすると、京浜河川事務所の方から皆を集めて、見学会をするので説明してくれと言われている。テーブルの上について話しましょうというが、これも大事だが、現場に一緒に行って現場を見ながら話をすることがもっと重要です。先ほど流域の方、関係者が集まって土砂の検討会を作ってくださいと提案したが、さきほど道中副所長にお話したところ結構いいようなご返事をいただいたので、おそらく何か色々と考えていただけたと思う。そのときに重要なのは、現場を一緒に回って、現場を見ながら知恵を出し合うことです。そうすると、いろんな方の中には、いろんな知識を持たれている、現場が昔どうだったか知っている人、河川工学を知っている人、アユのことを知っている人もいます。現場を見ながら情報交換をやるのが一番重要です。現場でディスカッションしていると、少なくとも私の経験上、机の上ではぶつかっている人たちが、同じ事を言い出す。実際にものを見て話すと皆だいたい、見るところ、考えるところが一致してくる。とにかく皆で現場に行って色々考える。色々なデータを一緒に見ながら考える。これをやってください。江の川は確かにひどい状況だが、まだまだ捨てたものではないと思っている。少なくとも私の関わっている幾つかの川と比べれば、圧倒的に条件は良い。アユに戻ってきてもらう位ならなんとかなると思っている。だから是非そういった場をつくってほしい。

村山：浜田河川国道事務所の方から、浅枝先生の提案に対してのコメントと江の川の河川整備計画の進行状況について説明をお願いします。

道中：河川整備計画についてまずコメントする。H19年に河川整備基本方針、江の川で100年を目安に流せる流量を決める計画で、これに基づき今後20年から30年間に具体的にどの地区でどのような事業をやるか、あるいはどういう利水、環境、どういう課題があって、どういう対応を行っていくかを盛り込む計画となっている。現在は上流と下流における治水・利水・環境の課題解決に向けた検討を様々な関係機関と行っている最中で、江の川流域は島根県側と広島県側に分かれており、現在の堤防の実施状況では上流の整備がかなり進行しているので、上流と下流で若干バランスがくずれている。そういうことも整備計画の中でどういう風に位置づけるか今後の課題である。具体的にどういう事業実施をするか、下流側は堤防が全

くできていない場所があるため、河道内ではなく陸の上で堤防をつくる事業がメイン、上流側では一部堤防はできていないが、概ね出来ている状況の中で堤防の補強対策、河道内の掘削を整備計画の中で位置づけていくことになる。こうした事業を実施していくなかで、今日の話にあった、瀬と淵の復活、アユが上りやすい川とかを考慮に入れた計画を実施していかなければいけないと思っているので、整備計画の中で掲載をしていく形になると思う。先ほど若干出たオオカナダモ、オオキンケイギクといった外来生物が最近多くなっているが、この駆除対策も整備計画の中で位置づけたと思っている。浅枝先生から、流域内全体を見たときの土砂管理について関係機関集まって話し合うべきだと提案がありましたが、河川管理者としてその必要性を否定するつもりは全くなく、管理者が複数あるので上流の管理者も含めて実施に向けて今後話合っていきたいと思っている。

専門家の総評

村山：ありがとうございます。防災の視点が河川管理の基本になると思うが、良好な河川環境の維持とか回復も考慮していただき、整備計画ないし土砂管理検討会についてご検討いただきたい。そろそろまとめに入る。最後に専門家の3名に総評のコメントをお願いします。

新見：地元の矢作川では源流域の岐阜や長野では天然アユについて余り関心がない。こちらでは県境を越えて上流・下流の人が集まってこうしたシンポジウムを開催する点は驚いたと同時に見習うべきと思った。地元で皆に伝えたい。

浅枝：国交省の方で流域の土砂管理を考える場を作ってもらった時には、出来るだけ多くの方に参加してもらい、直接議論してください。現場を見ながら直接議論してください。そうすることによって、色々な知恵が浮かんでくるものです。がんばってください。

高橋：今日の問題はダムをつくる、川を人工化するとき本来的にあったリスクだと思う。それが今表面化してきたに過ぎないと思う。言い換えると、本当はリスクをリスクとして認識し、早く手を打っておくべきだった。それをせずに、アユに関して言えば、漁業補償という極めて限定的な対策しかとらずにやってきたツケが今出ていると思っている。その結果、天然アユは本来流域全体の皆さんの資源であったはずが、それが失われて

いる。言い換えると、流域全体の良い環境が失われていることだと思う。漁協の問題として矮小化してはいけない問題だと思う。浅枝先生が言われたように今からでもアユを取り戻すくらいはできることには同感する。これまでやってこなかった事を一つ一つやっていくことによって、実際高知県の奈半利川も10年間やってきたが天然アユは確かに増えてきている、安定して今4年増えている。ダムがあってもできることはあるということをも皆で認識してこれから具体化していけたらいいと思います。

村山：前回のシンポジウムが終わって、島根、広島両県の県、漁協、中国電力、オプザーバとして国土交通省に入っていただき天然アユがのぼる江の川づくり検討会を立ち上げた。この会を中心にこれまで活動してきているが、今日提案いただいたことも会の中で利用しながら、天然アユが上る江の川にしていきたいと思っていますので、今後とも皆さんのご協力をお願いします。そして、目に見える成果が出たときには、3回目のシンポジウムで皆さんにご報告することを考えている。

講師・専門家の略歴

浅枝 隆 広島県生まれ。東京大学大学院工学研究科修了。埼玉大学工学部助手、東京大学工学部助教授を経て、2000年より埼玉大学大学院理工学研究科教授。これまでの研究分野は、(1)成層流現象、(2)河川工学一般、(3)都市のヒートアイランド、(4)モツゴの捕食や水生植物等の河川や湖沼の生物の生態、(5)物質循環に関する研究等。現地観測、室内実験、数学モデルの開発やそれを用いた生態解析に従事している。著書『図説生態系の環境』（朝倉書店）など。

新見克也 愛知県豊田市生まれ、44歳。高知市のコンサル（株）西日本科学技術研究所の生物研究室（当時、高橋勇夫氏が室長）に5年間勤め、現在は豊田市の週刊ローカル紙（株）矢作新報社編集長。市民活動では矢作川天然アユ調査会会長、矢作川水族館発起人、矢作川天然鮎感謝祭実行委員会会長、豊田市自然愛護協会理事。矢作川漁協では総代（25年度から理事の予定）、漁協ホームページの鮎モニター釣り師。趣味はアユ釣り、ウナギ釣り、狩猟。著書に『アユを育てる川仕事』（共著、築地書館）、『森の健康診断』（共著、築地書館）、『大人も本気で川遊び』（共同通信配信の連載）

高橋勇夫 1957年高知県生まれ。たかはし河川生物調査事務所代表。農学博士。アユの生活史の基礎研究をベースに、全国各地の河川で漁協の人たちと天然アユを増やす活動に取り組んでいる。同時に、天然アユを増やすための技術開発とその情報発信を行ってきた。趣味は釣り野菜づくり。主な著作「ここまでわかったアユの本」(共著、築地書館、2006年)、「天然アユが育つ川」(築地書館、2009年)、「アユを育てる川仕事」(共編著、築地書館、2010年)、「変容するコモンズ フィー

ルドと理論のはざまから」(分担執筆、ナカニシヤ出版、2012年)。

永井崇裕 平成10年広島大学大学院生物圏科学研究科修士課程終了。博士(農学)。平成11年に広島県に入庁し、以後、広島県水産試験場、広島県立総合技術研究所食品工業技術センターを歴任し、現在、広島県立総合技術研究所水産海洋技術センター。アユ冷水病の対策の研究を主に行ってきた。

入場
無料

第2回 江の川の天然アユを 増やすためのシンポジウム

～今、私たちにできる川づくりとは？～

日 時 平成25年3月9日(土)
時 間 13:00～16:00
場 所 島根県立大学 コンベンションホール
(島根県浜田市野原町2433-2)

基調講演
「アユ漁場と土砂環境」
第五大学大学院理工学研究科教授 浅 枝 隆

事例発表
**「アユ資源を保護するために
～矢作川漁協と釣り師の取り組み～」**
矢作川天然アユ研究会 会長(矢作新聞社編集長) 新 見 克 也

研究報告
**「新規交配系アユの特徴と
タイプの異なる冷水病菌に対する耐病性」**
広島県立総合技術研究所 水産海洋技術センター 国士院研究員 永 井 崇 裕
 パネルディスカッション

**テーマ 江の川のアユをどうやって復活させるかⅡ
～今できる川づくりとは？～**

研究者の立場から： 第五大学大学院理工学研究科教授 浅 枝 隆
 たかはし河川生物調査事務所 代表 高 橋 勇 夫
 広島県立総合技術研究所 食品工業技術センター 主任研究員 永 井 崇 裕

漁協の立場から： 島根県アユ研究会 会長 新 見 克 也
 松江県アユ研究会 代表理事 佐 田 健 二
 松江漁協アユ分会 代表理事 天 野 勝 規

河川管理者の立場から： 島根県環境自然部河川課 課長 道 中 良

ダム管理者の立場から： 中国電力株式会社 島根発電所 土佐課 昌 子 和 洋

コーディネーター： 島根県水産事務所 水産課 水産企画係長 岡 本 利 山 達 朗

●浜田駅から
路線バス(石見交通/大学線)
・浜田駅～大学…約14分
タクシー
・浜田駅～大学…約14分

●松江から
JR
・浜田駅～JR浜田駅…特急で約1時間半

●広島から
JR広島駅～JR浜田駅…高速バスで約2時間

●このシンポジウムはどなたでも参加できます。
(※ 満席の場合、入場できない場合がありますことをご了承ください。)

【お問い合わせ先】 島根県浜田水産事務所(水産グループ)
 島根県浜田市片瀬町254 TEL:0855-29-5534 FAX:0855-29-5637

このシンポジウムは(財)河川環境管理財団の河川整備基金の助成を受けています。 画：大野康利

シンポジウムのポスターデザイン

本号掲載要旨

(報文)

島根県沖で漁獲されたサワラ若齢魚の冷凍耐性と加工試験

岡本 満・井岡 久

島根県で漁獲されるサワラ若齢魚(サゴシ)の冷凍耐性を調査するとともに調味加工品の試作を行った。バラ凍結とパン凍結の比較では、16週間の貯蔵中明らかな差が認められなかった。バラ凍結解凍後の保水性は、マアジには劣るがマサバよりは優れる傾向を示した。サゴシを原魚としたみりん干しとくん製(冷くん)は、解凍原魚は生鮮原魚よりも水分が少なくタンパク、灰分、炭水化物、食塩量が高い傾向を示し、くん製がみりん干しに対して高い保存性を示した。また、加工によってIMPが減少しK値が上昇したことから、加工工程における低温管理の重要性が示唆された。

(資料)

2012年の高津川におけるアユ産卵場造成について

曾田一志・寺門弘悦・安木 茂

島根県西部の主要河川である高津川では、近年の夏季から秋季の小雨傾向と、河川構造物による砂利供給量の不足により、下流部のアユ産卵場の環境は年々悪化している。そこで、アユ産卵場としての機能回復を「造成」によって図り、さらにそこでの産卵状態を検証した。造成は虫追の瀬および長田の瀬で行い、造成面積は5,651 m²、産卵面積の割合は86%であった。また、産着卵の埋没深は虫追の瀬及び長田の瀬で10cm以上に達し、造成の効果があったと判断できた。

2012年の江の川におけるアユ産卵場造成について

高橋勇夫・寺門弘悦・曾田一志・

安木 茂・沖野 晃

江の川のアユ産卵場環境は近年の夏季から秋季の小雨傾向と河川構造物による上流からの砂利供給不足により年々悪化している。本河川の谷住郷・長良の瀬のアユ産卵場としての機能回復を造成によって図り、産卵状況を自然産卵場と合わせて検証した。造成面積はそれぞれ1,890 m²と1,940 m²であり、産卵面積の割合は22%と55%であった。また産着卵の埋没深は一部を除き10cm程度であり、造成効果があったと判断できた。一方、自然産卵場は、セジリの瀬では産着卵が確認されたが、イチノセ、ハネノセでは確認されなかった。

宍道湖におけるヤマトシジミの初期生活史

勢村 均・曾田一志・石田健次・

開内 洋・浜口昌巳

宍道湖のヤマトシジミの初期生活史を調査した。シジミ浮遊幼生は水平的には7月上・下旬に東部を中心に高密度に出現したが、8月下旬は中・西部に広く出現し、9月には西南部で多く出現した。垂直的には、平均殻長の小さい幼生群は中～下層に分布する傾向があった。また、ホトトギス幼生は、塩分濃度5PSU以上の水塊に多く分布した。シジミ初期稚貝は7月から出現し始め、9月に最高密度となった。また初期稚貝は宍道湖内を広く移動しており、特に東岸では移出が多く、西岸では移入が多いと考えられた。

沿岸漁業の複合経営に関する研究－Ⅵ

－島根県日御碕沿岸海域におけるブリ釣り漁業の漁業実態－

森脇晋平・吉田太輔

島根県の最大のブリ釣り漁場である日御碕沿岸海域におけるブリ釣り漁業の実態および漁況について調査した。経験年数の長い漁業者からの聞き取りによる操業実態および漁具・漁法について記述した。漁獲量および水揚げ日数の経年的な減少傾向並びにCPUE(kg/日・隻)の漸増現象は効率性の低い漁業者の廃業と近年のブリ資源の増加を反映したものであると考えた。また海洋環境の変動にともなう回遊生態の変化がローカル漁場の漁況に影響を与えている可能性が示された。

日本海南西部山陰沿岸における1970年代～'80年代半ばのマイワシ漁況と2004年以降の漁況との対比とその特徴

森脇晋平

山陰沿岸漁場におけるマイワシ漁況について1970年代から1980年代半ばまでの漁獲量の上昇期と近年増加傾向に転じたとされる2004年以降のそれぞれの期間を比較・対比することによって、マイワシ資源の現況を分析した。漁況の季節変動パターンの推移や0歳魚漁獲尾数と同一年級群のその後の漁獲尾数との関係から判断して現時点(2012年)の状況は1970年代初期から中期への移行期に相当すると思われ、今後の漁況予測に関しては0歳魚の大量出現に注意する必要性を指摘した。

他誌掲載論文の抄録

沖合底びき網漁船の鮮度管理実態調査

岡本 満・沖野 晃・井岡 久・佐藤勇介
水産物の利用に関する共同研究 第53集, 50-53
(2013)

沖合底びき網漁船の鮮度管理実態を調査した。船上調査では、漁獲物の冷却から箱立てまでの工程が魚種によって異なり、漁獲量の多寡に加えて航海後半では活魚の管理も加わることから複雑な工程になっていることが分かった。ムシガレイは、粗選別後に水氷で冷却され一旦魚艙に収容されたのち、操

業を繰り返し箱立て可能な量が集まった時点で甲板に上げられ本選別されるが、この際に外気に暴露され温度が上がることで、本選別直前の曳網分については十分に温度が下がりきらない状態で箱立てされることが明らかとなった。ATP 関連化合物を指標としたムシガレイの鮮度は、発泡箱、木箱ともにばらつきが大きく、船上における鮮度管理工程について改善の必要が示唆された。

編集委員長

中東達夫

編集委員

勢村 均・村山達朗

事務局

藤川裕司・井岡 久・佐々木 正

島根県水産技術センター研究報告 第6号
2014年（平成26年）3月発行

● 編集・発行

島根県水産技術センター研究報告編集委員会
〒697-0051 島根県浜田市瀬戸ヶ島町25-1
TEL 0855-22-1720 FAX 0855-23-2079

● 印刷

株式会社 報 光 社
〒691-0001 島根県出雲市平田町993
TEL 0853-63-3939 FAX 0853-63-4355

REPORT OF SHIMANE PREFECTURAL FISHERIES TECHNOLOGY CENTER NO.6 CONTENTS

Originals

Freezing resistance and process examination of young Japanese Spanish mackerel <i>Scomberomorus niphonius</i> fish caught off Shimane Prefecture Mitsuru OKAMOTO and Hisashi IOKA	1
---	---

Notes

Maintenance of spawning ground of Ayu, <i>Plecoglossus altivelis altivelis</i> , in the Takatsu River, Shimane Prefecture in 2012 Kazushi SOTA, Hiroyoshi TERAOKADO and Shigeru YASUGI	7
Maintenance of spawning ground of Ayu, <i>Plecoglossus altivelis altivelis</i> , in the Gounokawa River, Shimane Prefecture in 2012 Isao TAKAHASHI, Hiroyoshi TERAOKADO, Kazushi SOTA, Shigeru YASUGI and Akira OKINO	19
Study on the early life history of <i>Corbicula japonica</i> in Lake Shinji ... Hitoshi SEMURA, Kazushi SOTA, Kenji ISHIDA, Hiroshi HIRAKIUCHI and Masami HAMAGUCHI	31
Study of the multiple fishery-management of coastal fishery — VI Operations and fishing conditions of angling fishery for Yellowtail, <i>Seriola quinqueradiata</i> , in the coastal waters off Hinomisaki, Shimane Prefecture Shimpei MORIWAKI and Daisuke YOSHIDA	45
Comparison between the sardine <i>Sardinops melanostictus</i> fish condition from the 1970s through the middle of '80s and its feature since 2004 in the coastal waters of San'in at the south-western Japan Sea Shimpei MORIWAKI	51

Symposium

Second symposium for the local population of Ayu, <i>Plecoglossus altivelis altivelis</i> in the Gounokawa River	59
--	----