

(寄稿) 宍道湖・中海水域の水産業振興に向けた 調査研究等の課題

石飛 裕¹・平塚純一¹・桑原弘道¹

Subject of the comprehensive investigation and others for
the promotion of the fisheries in Lakes Shinji and Nakaumi

Yu ISHITOBI, Jun'ichi HIRATSUKA and Hiromichi KUWABARA

キーワード：宍道湖・中海水系，水産振興，ヤマトシジミ，アサリ，ワカサギ

はじめに

宍道湖・中海水系（図1）ではこの数年間に、中浦水門の撤去（平成17年3月～平成21年3月）、本庄水域西部承水路堤防の撤去（平成19年7月～平成21年3月）、森山堤防の開削（平成21年5月）が行われ、水域の流動環境は大きく変化した。また宍道湖・中海ともに沈水植物の増加が目立つようになった。さらに斐伊川水系河川整備計画が策定（平成22年9月）され、将来的には大橋川拡幅による宍道湖や大橋川の水環境の変化が予想されている。

水域の環境変化は何らかの影響を生態系に及ぼしひいては漁業環境に影響する。従って、新たな宍道湖・中海の水産振興事業は、新たな漁業環境に対応するものでなければならない。的確な現状把握と将来の予察に基づく有効な水産振興計画の立案と状況変化に応じた事業実施が求められている。

本稿では宍道湖・中海水域における水産業振興のための調査研究等について、現状に基づき出来るだけ詳細に記述した。

重要水産資源生物をとりまく課題

宍道湖 本水域における水産業で最も重要なものは宍道湖のヤマトシジミ（以下シジミと記す）漁業である。ここ数年の平均的な年間漁獲量は約3,000～4,000トン、年間出荷額は約20億円といわれている。しかしながら、宍道湖のシジミ漁業

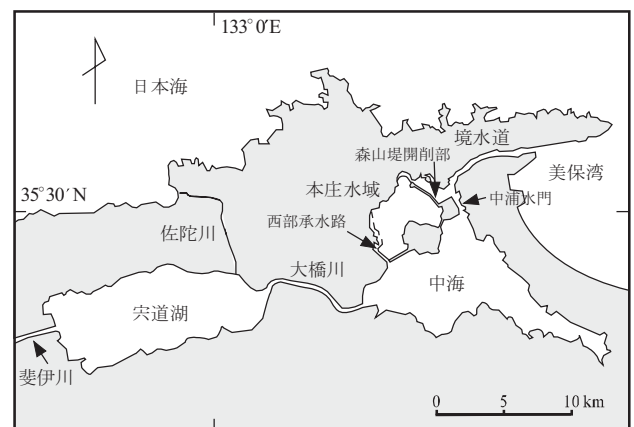


図1. 宍道湖・中海水域概況図（西部承水路堤防撤去、森山堤防開削以前）

は今大きな転換点に立っている。最大の問題は、①近年しばしば起きる大量斃死による資源量の減少である。資源量が減少すると、漁獲量確保のため小型シジミが主体となり出荷される。そうすると資源量の回復が遅れるのみでなく、他産地のシジミに比べ「宍道湖産シジミ」の市場での評価が低下する恐れがでる。②平成19年からはシジミのカビ臭の問題が続いている。甚だしい場合には出荷停止の自主規制が行われている。③最近になって、湖底に沈水植物が生育するようになり、平成21年秋季にはこれが増殖し漁業者による除去が行われた。沈水植物が繁茂枯死すると、その下のシジミは生息できないので漁場の縮小につながる。また④将来的に大橋川の拡幅によって大橋川や宍道湖の塩分が上昇すれば、競合種のホトトギ

¹自然と人間環境研究機構：690-0815松江西市持田町200 Environmental Research Organization for Nature and Human Being, Nishimochida, Matsue 690-0815, Japan

スガイやコウロエンカワヒバリガイの生息域が拡大し、シジミ漁場に影響すると考えられている。

シジミ漁業の他に、シラウオ、ワカサギ、フナ類などについて刺網漁業や定置網漁業などが行われている¹⁾。宍道湖七珍味^{*1}のシラウオは年毎の増減はあるものの漁獲が続いている。しかし、ワカサギの漁獲は猛暑渇水の平成6年から激減したままである。宍道湖漁業協同組合（以下、宍道湖漁協と記す）は高水温耐性を持っているかも知れない宍道湖固有個体群の回復を目指し、他産地から発眼卵導入を止めるとともに産卵親魚の保護と産卵場の確保を行ったが、稚魚は春季に出現しても夏を越せず、ワカサギ資源の回復は難しい状況にある。また冬季の「フナ刺し」で地元の人に好まれる宍道湖のフナ類は、宍道湖漁協によれば平成10年頃と比較して大きく減少している。

中海 中海では、定置網漁業や刺網漁業などによりヨシエビ、タイワンガザミ、マハゼ、スズキ、コノシロ、サッパ、ウナギなど多種の魚介類が漁獲されている^{1,2)}。

中海本湖の漁場環境で特徴的な点は、強固な塩分成層が発達し暖候期に下層は貧酸素化するので、そこでは魚介類は生息できないことである。内部振動によって貧酸素の下層水が沿岸部に這い上がり定置網に入った漁獲物を死滅させることもある。このように中海の漁業環境は良好とは言えない。

一方中海の本庄水域では、森山堤防が開削されるまで、西部承水路を介して中海の上層水が流入していたので成層が発達せず、貧酸素化しにくく、中海本湖に比べるとヒラメ、クロソイ、ヨシエビなど商品価値の高い底魚類が多く漁獲されていた³⁾。西部承水路堤防の撤去により、従来、中海と比べて約2/3であった潮汐振幅は本湖と同様に増加し（未発表）^{*2}、境水道を通過する1潮汐干満の流入量は約1.1倍になったと考えられる。その後に行われた森山堤防の開削により本庄水域は境水道と直接つながり、境水道から流入する海水

によって中海本湖と同様の塩分成層が形成され、暖候期に下層が貧酸素化して底生生物相が貧弱化した⁴⁾。漁業者からは、開削により本庄水域における漁獲が飛躍的に増加すると期待されていたが、ウルメイワシやマイワシなど沿岸性小型浮魚類の侵入が見られたものの、商品価値の高い底魚類の漁獲が減少し、全体的な漁獲量は増加していない（未発表）^{*3}。一部の研究者からは、開削により本庄水域がサルボウの良い生息域になるとも期待されていた。しかし、中海本湖と同じく下層が貧酸素化し⁵⁾、期待外れに終わっている。

かつて中海ではサルボウの貝桁網漁業が盛んに行われていたが、現在、サルボウは潮通しがよく貧酸素化しにくい境水道に近い江島周辺などの深場に生息しているにすぎない。湖心部の採苗ネットには稚貝が付着する。しかし、かつてのサルボウの主たる漁場であった中海湖盆部の環境がよくないためか生息範囲が限定され、漁業対象になるほどの大量の資源量は維持されていない。

サルボウと同じ二枚貝類で市場価値の高いアサリの生息密度は水深の浅い砂泥底では高く、境水道、江島、旧西部承水路など潮通しのよい浅場は良い漁場となっており、極端な塩分低下の年を除けば漁獲に従事する漁業者が見られる。平成21年は、アサリが本庄水域を含む中海全域の浅場で増加した。同じく、オゴノリ、シオグサなども増加し、一部の水域ではこれが集積腐敗して同じ浅場に生息するアサリに被害を与えた。開削後の本庄水域におけるアサリ増加は予想されていたものの⁶⁾、平成21年の中海におけるアサリや沈水植物の増加の理由は明確でない。

水質環境 漁場環境に密接に関連する水質は、宍道湖・中海ともにこの20年間ほぼ横ばいで推移しており際だった変化は見られない。しかしながら、下水道の整備など栄養塩負荷削減施策が進んでおり、水域に流入するリン負荷量は低下している。他方、窒素は削減が進んだものの、冬季のユーラシア大陸からの富栄養雨によりリンほどには低下していないようである⁷⁾。

栄養塩負荷量の低下は透明度の増加をもたらすので、湖の湖底に生育する沈水植物が繁茂することも考えられる⁸⁾。また、窒素・リン比率の変化

*1宍道湖七珍（宍道湖は汽水湖のため多彩な魚介類が生息している。特に、スズキ、モロゲエビ（ヨシエビ）、ウナギ、アマサギ（ワカサギ）、シラウオ、コイ、シジミ（ヤマトシジミ）は有名で「宍道湖七珍」と呼ばれる。最初の1文字からとった「ス・モ・ウ・ア・シ・コ・シ」相撲足腰）で知られる）

*2石飛 裕：中海本庄水域の西部承水路堤防の撤去による交流量の増加；シェジャー式による試算について。

*3平塚純一・桑原弘道・桑原正樹・石飛 裕：定置網の漁獲物から見た開削による中海本庄水域の魚類相の変化。

により植物プランクトンの種組成が変わることも考えられる。これらの生態系の変化を通じて漁場環境が変化する可能性が高い。

水質環境の改善のため、浅場の造成、浚渫窪地の埋め戻し、湖岸におけるヨシの植え付けなどの環境整備が行われている。これらの事業のなかで、例えば、浅場の造成や浅場に掘られた浚渫窪地の埋め戻しは水質改善や漁場環境の改善に密接に結びつくと考えられる。しかし、浅場の造成でも砂でない粗粒の資材が湖底面に散布される場合や、埋め戻しても必ず貧酸素化する深場での埋め戻しや、沿岸の陸上部におけるヨシの植え付けなどは、実際に水質改善や漁場修復に寄与するか検討の余地があると考えられる。

重要水産資源生物の調査研究上の課題

ヤマトシジミ

1. 資源生態調査の充実 これまで宍道湖のヤマトシジミについて多くの調査研究が行われており、個々の興味深い研究もある^{9,10,11}。しかし、宍道湖の浅場で見られる大量の小型シジミが、どの場所で、どれだけの速さで、どのような淘汰を受け漁獲サイズまで成長し、残ったシジミがいつどのように産卵し、どのように着底し、どの場所において大量の小型シジミとなって出現するか、宍道湖におけるシジミ生活史の定量的な全体像は明らかにされていない。

シジミの資源管理や漁業管理の検討には、資源としてのシジミの生活史や生産過程を明らかにする必要がある。現存量の把握とともにシジミの産卵過程、浮遊幼生の定着およびそれぞれのサイズの成長速度の把握が必要である。これらはこれまでの調査によってある程度推測されてはいるが^{11,12}、漁獲死亡、自然死亡、特に潜水性カモ類などによる捕食などを考慮した通年調査が行われていないので、年間を通じた詳細な生産量について信頼できるデータは得られていないと思われる。

現在の調査地点はシジミの操業区域にあり漁獲による影響を受けるため、その時点での現存量は把握できるものの、漁獲圧のかからない状態での現存量変化が把握できない。産卵、定着、成長、死亡などシジミ資源の動向に関する全体像が曖昧なままで、漁獲サイズのシジミ資源が何故回復しないかという個別の理由を見出すことは非常に難しい。シジミ生活史の把握につながる様々の調査

を積み重ねる必要がある。その一つとして、保護区を設定し資源量調査を行う方法が考えられる。保護区における毎月のシジミ資源詳細調査により、自然状態のサイズ別現存量変化が把握でき、採取したシジミ試料の分析から、発生群別の自然死亡率、成長速度や肥満度などの生理状況も把握でき、これらの結果と植物プランクトン組成・量及び水質情報との関係を分析することにより、なぜ漁獲対象資源が回復しないのかという最近の疑問に対する現場からの推論を提示できる可能性がある。餌の植物プランクトンとシジミ成長速度の水槽実験を行えば推論はより確実となる。なお、保護区の個体群動態の解析から、シジミ成員の移動を示唆する結果が得られるかもしれない。その場合には、新たにシジミの移動方法や移動能力、定着場所選択の嗜好性などが調査研究の課題となる。

現在、宍道湖のシジミ漁業ではさまざまな手法で漁業管理がなされている¹³。シジミの生活史モデルの概要が明らかにされれば、それに基づいて、漁獲サイズのシジミの状況に関する検討も十分に行われるだろうし、さらに資源保護・資源増殖の方針決定や、時々の資源量の調査結果などを勘案し漁獲量を決定するなど、科学的かつ合理的なシジミ漁業の運営方法—漁業管理—に寄与できると考えられる。

2. 資源量増大の試み 宍道湖では現在、宍道湖漁協により採苗ネットによるシジミ稚貝採取事業が行われている。採苗ネットで採取されたシジミ稚貝は、資源量増殖のため、ネットが設置された水域の地先に放流されている。採苗ネットが設置された湖盆部はもともとシジミが定着成長できない水域である。湖盆部の湖底に着底し死滅するかも知れないシジミ浮遊幼生の有効利用であるが、事業規模を拡大し、採取されたシジミ稚貝を、地先だけでなく宍道湖全域を対象とし、密度の低い水域に放流し資源量の維持を図ることも考えられる。より早い時期に湖の複数代表地点に採苗ネットを設置し順次回収し計測すれば、定着状況と成長速度が把握できる可能性が高い。これに湖水水理の状況を併せデータを蓄積すれば、現在、必ずしも明確になっていない産卵条件と浮遊卵の湖内への拡散条件も予測できる可能性がある。

シジミ操業に伴って採捕される小型シジミの利用も重要である。シジミ資源量が過剰なら種シジミとして他産地への移出もよい。資源量の減少が問題

とされる時期には、販売ルートに乗っていない小型シジミの活用方法は非常に重要である。再放流による資源量の維持に使用できる。貧酸素の影響を受けにくく高塩分水が時々到達する水域に禁漁区を設定し、そこに重点放流して産卵用シジミを育成し、浮遊卵を増加させることにより宍道湖全体の資源量増加を図る方法もあるかもしれない。

3. 大量斃死原因の究明 近年、宍道湖ではシジミの大量斃死が起き資源量の減少要因となっている。最初の大量斃死は平成8年夏季で、島根県内水面水産試験場（当時）によれば原因は巻き上がったヘドロを吸い込んだ窒息死で、宍道湖のシジミ資源量は6万トンから2万トンへ大きく減少した¹⁴⁾。それ以降は、平成15年、18年、19年と大量斃死が続く、特に、平成18年には冬季に大量斃死が起きている。

大量斃死の起きた平成8年、15年、18年の直前はいずれも通常より資源量は多く、斃死原因の一つに過密ストレスという意見もある¹⁵⁾。そうとすれば、宍道湖内の環境収容力を踏まえた持続可能で適正なシジミ資源量を推測し、人為的に湖内のシジミ生息密度をコントロールして適正值に安定させるという資源管理も考えられる。

これまでシジミの斃死は暖候期に限られており、平成18年1月に分かった口を閉じた状態（『ガボ』後述）でのシジミ大量斃死は初めての現象である。詳細な調査が行われていないので冬季に斃死したか疑問視されてもいるが、冬季の斃死ならこれまでとは違った原因と考えられる。例えば、近年の流入負荷量の変化によって植物プランクトン相が変化し、餌となる植物プランクトンが減少してシジミが衰弱し斃死につながったことも考えられる。冬季にはシジミ成長は止まるが、「寒シジミ」といわれるように身はつまる。肥満度の変化と植物プランクトンの推移をモニタリングすれば推測が可能となろう。

斃死したシジミの形状は、大きく二つに分けられる。いわゆる『口開け』と『ガボ』である。前者は口が開いた状態での斃死、後者は口が閉じたままでの斃死である。特に後者の斃死シジミは、生きているシジミと外見上区別できず、コンクリート上に落とした時の音の濁りで判断される。音波解析による選別が試みられたがうまく行かず、現在は人の耳による選別がされている。『ガボ』が起きると出荷物に混入して品質低下を来し、選別に手間がかかるので大きな問題となって

いる。

『口開け』と『ガボ』のシジミ斃死の原因は明らかにされていない。中海塩水の侵入する宍道湖では時として塩分成層ができ、暖候期には下層が貧酸素化し甚だしい場合には硫化水素が発生する。この下層水は風によって移動するので、貧酸素化しておれば周辺の底生生物に影響する。このような水理・水質条件から『口開け』や『ガボ』は酸欠や硫化水素など化学物質の濃度上昇や、さらに高水温にも関係しているかもしれない。『ガボ』の中身は無くなっていることから、斃死後に相当の時間が経過しているはずである。詳細な斃死情報を収集し、湖の水理・水質条件と対比させ、現場から斃死原因を大まかに推測する必要がある。その上で、斃死が起きると予想される場所や時期を狙って貧酸素の詳細な連続観測や湖底直上水の硫化水素濃度測定などを行えば、原因の確定が出来る可能性がある。

4. カビ臭 平成19年春季に顕在化したシジミのカビ臭は今に至るも断続的に起き、今後も発生が予想される。シジミに限らず一般的に臭いに対して過敏な社会風潮の中で、シジミのカビ臭は品質低下の要因となるのでカビ臭に対する対応が求められている。

これまでの調査研究により、このカビ臭物質はジェオスミンという人体に対する毒性のない化学物質で、コエロスファエリウムという宍道湖で発生する藍藻類の植物プランクトンから産出されることが明らかになっている¹⁶⁾。この植物プランクトン種は以前から宍道湖で発生しており、平成5年秋季のカビ臭発生時にはこれが増殖していた¹⁷⁾。

この植物プランクトンが増殖すると、湖水中の懸濁物を取り込むシジミの腸管に、この植物プランクトン由来の懸濁物が入り込む。吸い物にするためこれを茹でれば、植物プランクトンが死に細胞壁がこわれ体内からカビ臭物質が出て、貝や吸い物が臭うことになる。また、生きたシジミの腸管で植物プランクトンが死ねばカビ臭物質がシジミの身の部分に移ることもあろう。この植物プランクトンは湖水を浮遊しているが、勢いが弱くなったりすると湖底に沈降する。そこがシジミの生息域であれば、シジミはこれを吸い込んで腸管に取り込む。従って、取ったシジミはできるだけ速やかに砂出しをし、腸管の植物プランクトンを排出することが必要である。平成19年春の宍道湖東部で漁獲されたシジミの砂出しをしたとき、緑

色の偽糞は強いカビ臭がしていた。

まず、腸管から植物プランクトンを効果的に排出する方法の検討が必要である。特に冬季はシジミのろ過速度が低下するので排出しにくくなる。例えば、温度の高い蓄養槽に漬けるなどしてろ過速度を高め排出を促進するなどの方法もあるかもしれない。また、いったん身に移ったカビ臭を体外に出す方法の検討も必要である。生食用シジミだけでなく加工品を対象とした脱臭方法の検討も別途必要である。これらの検討にあたっては安価なカビ臭測定法の開発も重要である。

水域における植物プランクトンの発生を人為的に制御することは困難である。発生した場合、発生状況の速やかな把握、臭いが強い地域の速やかな特定、採取シジミからの植物プランクトンの排出、身からの排出など、関係者が密接に連携してシジミの品質保持を行うことが求められる。県の水産・環境・商工の各担当部局、漁協、漁業者、仲買業者の連携を強め、体制を強化しカビ臭問題に対処することが重要と考えられる。

5. 水鳥との共生 平成17年11月に中海・宍道湖は水鳥の住みやすい環境を保護するラムサール条約に登録された。中海・宍道湖に飛来する水鳥の大多数は潜水性カモ類であり、中海・宍道湖に生息する底生生物を餌としている。これらにより中海のホトトギスガイは冬季に食い尽くされるが¹⁸⁾、漁獲対象種のアサリやシジミについて詳細な捕食の実態は分かっていない。

中海のホトトギスガイは夏季に貧酸素水塊の影響などにより激減することがある。しかし、冬季には貧酸素に影響されることは殆ど無く、カニなどの捕食圧も弱いと考えられ、また、漁獲圧はないので、殆どが潜水性カモ類の捕食によって減少する。このため、渡りの時期の前後にモニタリングを行えば、捕食の状況はほぼ把握できる。アサリやシジミについても同様で、漁獲圧のない保護区を設定しモニタリングすれば、渡り鳥による捕食圧の概要は把握できると考えられる。

すでに述べたように、資源量変動に及ぼす渡り鳥の捕食圧の解明は資源管理の観点から重要である。嘴の大きさ消化器官の粉碎能力から選択的に捕食されるアサリやシジミのサイズがあると考えられる^{19,20)}。仮に潜水性カモ類の捕食サイズが漁業者の漁獲サイズより小さく、幼貝が過剰にあり、シジミの再生産能力が大きいならば、鳥と人との共生が可能であろう。水鳥の捕食量も考えてシジ

ミ資源量管理を行えば、水域の賢明な利用というラムサール条約推進の立場から画期的であり、もう一つの宍道湖・中海の姿を全国に宣伝できよう。

6. 大橋川拡幅 大橋川の拡幅は、大橋川の環境やシジミ漁業に与える影響が小さくなるよう、モニタリングを行いつつ実施されることになっている。拡幅による塩分上昇で中海に生息するホトトギスガイの優占水域が上流側に約2km拡大するなどが予想されており²¹⁾、シジミ漁業に対する何らかの対策が求められている。

大橋川のシジミ漁場としての実態は十分に把握されていない。改修前の実態が十分に把握されていないければ、改修による影響は明確に把握できず適切な対応が取りにくい。宍道湖と同様の資源量調査を実施し、底生生物の生息環境とともにシジミ漁場としての環境を把握すべきと考える。

特に、大橋川は宍道湖のシジミ生息域の下流外縁部に位置し、中海塩水が頻りに遡上するためシジミにとって生息環境が大きく変動する水域である。この水域でどのように資源量が維持されているか明らかにすることは非常に重要である。上流部と下流部、浅場と深場、流れの強い狭隘部と緩やかな広幅部など、水理・水質・底質条件の異なる支川を含めた水域における資源量の年間にわたる変動実態を把握する必要がある。さらに、流れに乗って移動するといわれるヤマトシジミの性質をも勘案し、大橋川だけでなくその上流部である宍道湖東部の資源量との関連も検討する必要がある。

大橋川の拡幅は、シジミ漁業に関して悪影響だけが懸念されているようであるが、改修の仕方、河川形状、横断形状、底質の改変によって、場合によっては現在よりシジミの資源量が増大し、新たな漁場として開拓できる可能性のある場所も存在する。前提として現況の大橋川の環境調査とシジミの生態解明が必要であるが、例えば剣先川が拡幅されて、本流より水深が浅く維持され、川の流れは増大するが塩分は余り上昇しなかった場合、シジミは増加する可能性が高い。朝酌川下流部に関しても水質や底質を管理できれば、淡水であっても宍道湖から稚貝を放流することでヤマトシジミの生産が可能になるかもしれない。大橋川の改修に関わる調査にはこうしたことも視野に入れる必要がある。

大橋川拡幅の環境影響調査により²¹⁾、国交省は、大橋川の漁場環境を保全できる河道の造成や渇水時の宍道湖塩分上昇によるホトトギスガイ対策を

行うとしている。この環境影響調査以降に行われた調査から、大橋川のホトトギスガイの増殖は下流部の中海での資源量の変動に影響されることや、生息範囲も塩分だけで決まるものではないことなどが新たに分かってきた²²⁾。宍道湖にホトトギスガイが侵入したとしても、湖底上にマットを形成しなければシジミは窒息死しないとの指摘もあり、ホトトギスガイについてはさらなる調査が必要と考えられている。国交省のモニタリングとともに、大学や民間で行われている調査結果を併せ実態に基づいた対策の提案が求められている。

7. 沈水植物 ここ数年、宍道湖・中海水域では沈水植物が増加している。平成21年秋季には宍道湖の浅場で紅藻類インドオオイソノウなどが繁茂し（私信）*⁴、漁場整備の一環として宍道湖漁協による除去作業が行われた。水質保全施策の進展に伴って透明度が上昇し沈水植物が増加すると考えられるが、これが湖底に繁茂すればシジミ漁場を狭めるので、沈水植物の除去が今後の漁場整備の重要な課題になると考えられる。ただし、沈水植物帯の適度な面積と繁茂はシジミの幼貝の定着を促進し、またコイ科淡水魚やエビ類などの産卵場、幼魚の成育場を提供し、多くの水生生物の増殖に貢献する要素もあるので、沈水植物帯に関する湖内生態系の調査研究とともに適切な管理技術の開発が急がれる。

過去の事例から湖に生育する沈水植物の量は膨大なので、除去した沈水植物の処理方法の開発は重要な課題である。廃棄物として焼却処理を行えば多大な費用が必要となる。農業用の肥料にして田畑に利用しリサイクルするなど新たな観点の処理方法が求められる。幸い昔は、全国的に沈水植物の農業利用が行われており²³⁾、農業部門と共同して現状に即した新たな利用方法を見出す必要がある。

8. 機械がきと手がき 宍道湖におけるシジミ漁業の方法は、ジョレンを漁船のロープにくくり付けて引く機械がきと手で操作する手がきに分けられる。手がきには船の上からする方法と湖の中に入って行う入りがきがある。

動力を利用する機械がきの方が作業能率が高い。しかし、砂地での機械がきは、ジョレンの爪をしっかりと食い込ませて砂地を引き回すため、漁獲されたシジミに時として打撃による割れなどが

見られる。さらに、表面の割れなどだけではなく内部打撲などのダメージを与え、シジミの活きを悪くしているのではないかとみられている。他方泥地でのそれは、ジョレンの爪が潜らないように爪の形を変えゆっくり引くために、打撃によるシジミへの影響は小さい。手がきについては、当然のことながら影響は小さいであろう。シジミの割れは、操業時だけでなく選別時にも発生する。不十分な選別は論外だが、『ガボ』などの不良品を排除するため、長時間かけて選別を丁寧に行うことが、反ってシジミの表面を欠けさせることもある。

このように、操業方法や選別方法によって同じシジミについて品質が異なることが考えられるため、漁業者に実態を周知し、品質向上に努める必要がある。ただし、宍道湖の浅場や深場など場所によって元からシジミの品質に差があるとも聞いているので、単に手がきや機械がきだけで品質を規定することなく、その時々々のシジミの状況に応じたきめ細かな品質の保持に努めることが重要と考えられる。

また、漁具の目合いの資源管理への応用も検討する必要がある。宍道湖漁協はかつて漁協の操業規則を改定し、ジョレン目合を10ミリから11ミリに変更している。それでも小型のシジミが大量に漁獲されているとすれば、小型個体の保護によって大型個体の増加と漁獲量の増大効果が期待され、さらに産卵親貝の増加に伴う産卵数増加による再生産効果が実現する可能性も高い。目合い規制はそれを実現するための1つの手段である。宍道湖のシジミ漁業では、こういった目合いならどのような組成のシジミが漁獲されるかという漁具の目合い選択性の検討も今後、重要になってくるだろう。

ワカサギ

1. 宍道湖産ワカサギの激減 ワカサギが生息する日本の南限水域である宍道湖では、ワカサギは主要回遊魚種のコノシロ、サッパ、スズキがこの水域から脱出している1月から3月にかけて産卵し²⁴⁾、稚魚はスズキなどの回遊魚が侵入する春季にまでに成長し、それらから逃れる遊泳能力を身につけると考えられていた²⁵⁾。ところが宍道湖のワカサギの漁獲は、猛暑渇水の夏であった平成6年以降激減したままである。宍道湖漁協は資源量回復のため平成14年まで大量の発眼卵を網走

*⁴島根大学教育学部大谷修司教授から

湖等から導入した。しかし、効果は全く得られず、その上、南限個体群である宍道湖ワカサギに遺伝的な交雑が起きる恐れを指摘されたため、宍道湖個体群の復活を目標として平成15年春季には外部からの発眼卵導入を中止し、宍道湖西岸部におけるワカサギ刺し網と冬季のシジミ操業も禁止した^{26,27)}。その年の平成15年6月に28,000尾のワカサギ稚魚が宍道湖東部の試験操業のマス網で漁獲され、発眼卵を導入しなくても在来群による繁殖が行われていることが分かった²⁸⁾。しかし、これらの稚魚は夏を越して漁獲されるまでに至らなかった。それ以降も宍道湖個体群の復活に向け様々な努力が試みられたが、近年は、冷水性のワカサギにとって不利な高温の夏が続くワカサギは復活していない。それでも僅かにマス網に入っているため、宍道湖のワカサギは完全に消滅した訳ではなく種は残っている。

2. 南限個体群の宍道湖ワカサギ ワカサギは移植によって著しい環境変化を受けても、その子孫の脊椎骨数は原産地のそれと有意差を生じないとされる²⁹⁾。平成12年12月から翌年3月まで宍道湖で漁獲されたワカサギの脊椎骨数は、昭和57年冬季に漁獲されたワカサギの脊椎骨数と有意差はなく、また、昭和61年から平成11年まで発眼卵が大量に導入された網走湖産のワカサギのそれとは有意差が認められた³⁰⁾。これは網走湖産の発眼卵から孵化したワカサギは再生産に寄与していなかったことを示唆している。遺伝子解析によれば、平成16年に宍道湖で採取されたワカサギは、本州太平洋沿岸の小川原湖や霞ヶ浦および諏訪湖のグループと網走湖のグループとは異なった系統のグループに分けられたとされる³¹⁾。宍道湖には、平成12年に琵琶湖から、平成12年から14年まで諏訪湖から発眼卵が導入されているが、諏訪湖からの発眼卵も再生産に寄与していなかったと考えられる。これらのことから、現在、宍道湖で漁獲される僅かなワカサギ成魚は数世代にわたって近年の暑い夏を越した宍道湖の南限個体群と考えられる。これが他のグループより優れた高水温耐性を持っているか比較試験が行われたわけではないが、資源量増殖には南限個体群である宍道湖ワカサギを用いるべきであろう。

3. 復活努力の継続 島根県内水面水産試験場(現、水産技術センター)は平成6年の大量斃死やそれ以降のワカサギ不漁原因の検討を行い、平成6年の激減後に資源が回復しなかったのは、資

源が壊滅的な状況であったにもかかわらず、高い漁獲圧で産卵親魚を獲り続けたためである可能性が高いとしている^{27,30)}。従来から行われているワカサギ刺し網の禁漁を強化し、産卵床確保の一環として産卵場でのシジミ操業禁止も継続すべきである。以前に水産技術センターの施設を利用して宍道湖産ワカサギの採卵孵化が行われ、その後宍道湖漁協の孵化場で採卵孵化が継続されている。これら施設を利用し、より効果的な種ワカサギの収集、産卵、孵化、放流等の方法を検討する必要がある。

宍道湖のワカサギは夏季の高水温により斃死することが知られている^{27,28)}。島根県内水面水産試験場のひき網調査(平成14年)によれば、7月から9月にかけて湖内ではなく船川や新建川でワカサギが多く捕獲されている²⁷⁾。真夏7月後半から8月前半に宍道湖の境川、中海の意宇川で多数のワカサギが湖から最初の堰の下手側に群れていた報告もある³²⁾。夏場には宍道湖に流入する中小流入河川がワカサギの避難場所になっている可能性が高いので、堰や水門で遮断されているこれらの河川との行き来ができる何らかの工夫が望まれる。例えば、斐伊川伏流水の水温は低いので、斐伊川河口上流部に宍道湖から入れる深場を作り、夏季高温時の避難場所とする試みもあるかもしれない。水温の比較的低い近在のため池に宍道湖産の稚魚を放流し数世代にわたり成育させた成果があるので(私信)^{*5)}、復活事業として行っても良いかもしれない。仮に宍道湖個体群が完全に消滅し、やむを得ず他産地から導入する場合には、宍道湖個体群と遺伝的に近く、宍道湖近隣の出来るだけ高水温の水域で生育しているワカサギが望ましい。地球温暖化と云う不利な環境条件下ではあるが、水産部局、漁業組合、漁業者、国土交通省などに理解を求め、盛期には年間3億円の水揚げがあったといわれる宍道湖ワカサギの復活を粘り強く試みる必要がある。

シラウオ シラウオに関してはワカサギと比べ今のところ危機的状況にはない。温暖化の影響か以前より漁期が遅れる傾向にあり、シラウオ漁解禁日には不漁であるため一般には資源が枯渇しているよう報道されることが多い。しかし、近年は

*5 「ワカサギ稚魚秋鹿井神奥溜池放流実験」について。島根県水産技術センター藤川裕司氏から。

年末以降に比較的多く漁獲されている。ワカサギの激減以降、冬季の動物プランクトン食魚類がシラウオのみになり、餌資源を独占できるようになったためかもしれない³³⁾。しかし、漁獲の年変動は大きくて安定せず、平成21年度の漁獲は芳しくなかった。

漁獲の安定化には、シラウオの生態や生活史や捕食者や餌資源をめぐる競合関係など、宍道湖・中海の汽水生態系内でシラウオの位置を明らかにすることが前提である。当面考えられることは、変動要因の解明と持続的再生産を維持するための親魚量の推定や、漁獲圧をその年の漁獲量に応じて変動させることである。例えば、資源量の少ない年には、産卵期の産卵床付近での漁獲制限、刺し網の春の漁期短縮が考えられる。将来的には、地球温暖化傾向が続き、スズキなど捕食者やサッパなど海産の動物プランクトン食魚の越冬個体が増加した場合の影響も考慮すべきであろう。

フナ類 宍道湖周辺では「寒ブナ」の需要が大きく、地域の食文化「フナ刺し」からもフナ類は重要と思われる。しかし近年では、味の良い宍道湖産のフナ類は漁獲量の減少傾向が続いており、それを補うために、市場には岡山県の児島湖や鳥取県の湖山池などからも入っていると聞く。

宍道湖漁協では毎年、大量のカワチブナの稚魚を放流している。現在湖内で漁獲対象となっている大型のフナ類の多くはその外部形態から放流したカワチブナであると推定される。宍道湖のフナ類には、ギンブナ、ゲンゴロウブナをはじめ、オオキンブナやナガブナなどが生息しているといわれるが、体型・体色などの外部形態が地域によって変わり、また、鰓歯・鰭条数など形態形質がゲンゴロウブナ以外では重複しているところが大きいので分類は判然としない。その中に放流されるカワチブナの湖内での生態は繁殖の有無を含め全く不明であり、例えば、資源として再生可能なものか、地ブナといわれるギンブナ³⁴⁾と交配するのか、カワチブナ同士の雑種第二代(F₂)以降は形質が劣化するのかなど調査すべき課題が多い。

昭和40年代半ばごろまでは宍道湖沿岸の水路や小河川には梅雨の大雨のあとに大量のフナやコイが上っていた。水田内にも大量に遡上し繁殖行動を取るのが見られたが、現在は殆ど見られない。かつてコイ・フナの産卵床として存在した湖内や湖岸の水生植物も殆ど存在していない。フナ類は

確実に減少したと思われる。現在の宍道湖でカワチブナと在来のフナ類がどのくらい生息しているのか、フナ類の分類が複雑なこともあって不明である。資源回復には産卵床や稚魚の成育の場となりうる藻場の造成などが考えられるが、湖内のフナ類の実態解明も必要と思われる。

コイに関してはフナと異なり近年市場では全く人気がなく、先年のコイヘルペス以降その傾向は強まっている。コイヘルペス時の斃死状況からも明らかのように湖内には大型のコイが多数生息している。しかし、価格が低いため漁獲対象となっていない。フナの増殖とともに、味覚的にフナに良く似ている湖内のコイを積極的に漁獲して、宍道湖七珍の一つとして広く食べるようにすることも一計であろう。

ウナギ 宍道湖のウナギの漁獲量は低迷している。かつてウナギは湖内だけでなく、流域の河川、水路、ため池など広範囲に生息しており、増水期には水田内にも侵入していた。今や湖や川の護岸はコンクリート張りとなりウナギの生息域は減少した。また、シラスウナギの遡上は全国的に減少しており、宍道湖でも同様であろう。天然湖上の減少に対し、放流努力が長年続けられている。

近年、東アジア産のみでなく、ヨーロッパ産やアメリカ産のウナギが大量に混入して全国的に放流され³⁵⁾、宍道湖ウナギの約30%がヨーロッパウナギとされる報告もある³⁶⁾。実際、大きさの割に長さの短いウナギが見られることがあるが、報告にある検査に供された513尾もの宍道湖産ウナギ³⁶⁾の入手方法に疑問を投げかける向きもあり、宍道湖におけるヨーロッパ産などの割合についてはさらなる調査が必要ではないかと考えられる。

ヨーロッパウナギやアメリカウナギは、繁殖のための回遊ルートが東アジア産のウナギとは異なっているので、宍道湖で成魚になり海に下ったとしても、死滅回遊となり再生産には貢献できないと考えられる。さらに湖内の外国産ウナギは東アジア産のウナギと競合してその個体数を減らし、結果として東アジア産ウナギの資源量を減らす可能性がある。漁協としても東アジア産ウナギの放流となるよう慎重な取り組みが求められている。

テナガエビ、モクズガニ(宍道湖) テナガエビの爪のそろった雄の成体は特に高額に取引されるなど市場価値の高い水産有用種の一つである

が、近年、湖内での資源量は減少している。原因として本種の好む生息環境である礫底、捨石、石垣護岸、沈水植物帯の減少が挙げられる。宍道湖のテナガエビが純粋にテナガエビだけなのか、或いはミナミテナガエビ、(近年ではヒラテテナガエビも含む)のような幼生の回遊域の広い種をどの程度含んでいるのか不明な点もある。現在湖内でのエビの放流は琵琶湖産のスジエビとテナガエビが行われている。単価の比較的安い小型のスジエビより、本来の生息者であり単価の高い大型のテナガエビの増殖を積極的に推進するほうがより効果的と思われる。テナガエビについて、塩分のある宍道湖水域で種苗生産をした上で、ワカサギ孵化場内やため池などに移し種苗確保のための育成増進を試みる方法もある。

上海蟹の近縁種のモクズガニは、両湖とも価格が低く、江の川や高津川の1/4程度である。蓄養によりまとまった量を扱うことが可能であれば価格の高い北九州などにも出荷できる可能性がある。中海産の個体は抱卵期間が長いので、河川放流用の種苗生産に利用できるかもしれない。中海と大橋川では周年ホトトギスガイを捕食できる天敵の水生生物でもあり、その利用可能性は検討に値する。

アサリ 資源量の年変動は大きいですが、アサリは中海全域の浅場の砂泥域に広範囲、高密度で生息している人気の高い水産有用種の二枚貝で、中海での水産振興の最も有望な候補と考えられる。アサリは成長も早く、中海では毎年大量に稚貝が発生しているため、順調に生育できる環境が得られれば比較的短期間で高単価の水産物として市場へ出荷することが可能である。稚貝のうちに採取して境水道や造成された浅場を含む中海の適地に放流し採取出荷することも考えられる。その生態特性(生息環境、成長速度、市場価値)からみて中海のアサリは、現在の宍道湖のシジミに相当する最重要な水産資源となりうる可能性がある。

中海のアサリにとって、現在、出荷サイズに成長するまでに斃死するなど、資源量の増加や安定を抑制している要因は①初夏から秋の競合種の二枚貝ホトトギスガイのマットによる湖底の被覆、②初夏から秋の深場の貧酸素水塊の浅場への侵入、③冬季の潜水ガモ類による小型の貝の捕食、④オゴノリなど藻類の繁茂による被覆、⑤ときたま起きる上層水の大きな塩分低下である。

カモ類が捕食するアサリのサイズは殻長約20mmまでである¹⁹⁾。アサリの放流を行う場合、カモ類が飛来する秋までにこのサイズに成長していれば良いので、アサリの成長速度を考えて放流時期を定める必要がある。酸欠層の侵入は浅場造成を行うとき湖底地形に配慮することで被害を軽減できるかもしれない。ホトトギスガイとオゴノリに関しては風浪の直接当たるところでは被覆率を軽減できるので、浅場造成を行う際に念頭に入れてもよい。ホトトギスガイは浅場の環境改善後、後述する大型甲殻類など捕食者の増加で軽減できる可能性もある。また、中海におけるこれらの状況を考慮しながら、大量に発生する稚貝を利用した養殖方法の開発も重要であろう。

サルボウ及びその他の有用水産生物 中海といえればサルボウといわれるほど沿岸では知名度をもつ水産資源であったが、昭和50年代初めを最後に資源は枯渇し、水産資源としての価値が失われて久しい。中海では現在、サルボウの資源再生を目指して生息調査や種苗の放流などが試みられている。サルボウはアサリに比べると酸欠耐性は高いようである。しかし、本種のかつての漁場の多くが現在は暖候期に貧酸素水塊に覆われ、大型の底生生物が生息できないため、漁獲対象として復活のハードルは高い。

サルボウは現在、中海の江島や境水道付近など限られた場所に生息している。この水域におけるサルボウの成長は意外に早く、1歳で殻長が約2cmに達し、これを6月に放流すると翌年には殻長3cm以上の商品サイズに成長する³⁷⁾。さらに湖心部の採苗ネットには稚貝が大量に付着するので³⁷⁾ 稚貝供給に不安はない。中海の水質が全体として改善傾向にあるため、境水道に近いこの水域の水質が悪化することは考えられない。従って、大量の漁獲を求めず地域の需要を満たすことを前提とする復活努力は意義ありと考えられる。この水域でサルボウがさらに大きく成長できるならば、従来の殻ごとの煮付け用ではなく、小ぶりながらも刺身や寿司たねなど商品価値の高い新しい利用方法を考えてもよい。この地域でサルボウの食文化が存続している現在、サルボウを中海ブランドとして復活させることは、水産振興のみならず地域振興の観点からも重要と考えられる。

これらの努力と並行し、現在生息している水域の湖底環境がサルボウの生息環境条件をどの程度

満たしているのか、また、かつての中海のサルボウ漁場の湖底環境はどのようなものであったのか、中海におけるサルボウの生態と生活史の解明が望まれる。かつて中海のサルボウの多くは、アマモ場に付着した幼貝が集められ地区で決まった湖盆部に放流され、成長してから漁獲されており、しかも漁業者による放流区の管理や底質改善までも実施されていた。将来アマモ場の復活も含む中海の環境改善が成功しサルボウ資源が復活した暁にも、安定した漁獲を維持するために過去と同様の漁場管理が必要であろう。

サルボウが豊富な頃の中海では、当時は廃棄されていたが現在は高級な水産物とされているトリガイ、イイダコ、クルマエビ、ナマコ、バイなども多数生息していた³⁸⁾。中海の漁業環境の改善について、単にサルボウだけの復活を目的とするのではなく、中海のかつての水域環境と生態系を理解し、サルボウと同所的に生息していた水産有用種も含めた水域の総合的な価値の復活という視点も重要と考える。

タイワンガザミ、ヨシエビ、マハゼ（中海）

これらはいずれも底生生物だが、比較的水深の浅い水域に生息する種であり、程度の差こそあれ汽水水域にも侵入可能である。本来の生息域は水深の浅い砂泥底なので、浅場造成などによる環境改善が進み、酸欠層の侵入が抑制されれば、中海での増殖も期待できる。これらは一年から二年生で成長も早く、環境変化への対応も早い。またヨシエビとタイワンガザミはホトトギスガイの捕食者として活用でき、彼等の夏場の定着と増加はアサリの増殖にもつながるかもしれない。

中海の浅場造成による水深の浅い砂泥底の拡大は、マハゼの繁殖域と産卵床の増加に寄与し、資源量回復につながる可能性がある。現在、マハゼは遊漁の対象として両湖の沿岸住民の間で人気が高い。加えて水産有用種として積極的に利用普及を図れば、宍道湖でも焼きハゼ工場を稼働させることも夢ではないかもしれない。いずれも中海沿岸では人気のある市場価値の高い水産有用種なので、中海の水産振興策のイメージアップとしても広く宣伝できるであろう。

おわりに

本稿では現時点における宍道湖・中海漁業の間

題点を指摘し、水産業振興のための調査研究等の課題を示した。この水域では今後これまで経験したことのない事態が起きることも予想される。新しい事態に対し科学的に理解し実効ある対応を行うには、水環境と重要水産生物の資源について日常的なモニタリング体制を整えておくことが不可欠である。

水産振興には、調査研究を実施するだけでは不十分である。公共事業を伴う漁場環境の整備、ブランド化による漁獲物の品質と価格の維持、安定した生計が営めるような漁業組合漁業者への支援・指導、湖を利用する地域住民との連携、さらには、ラムサールに代表される水域の生態系サービスの賢明な利用などを含む総合戦略の策定が必要である。

戦略策定とともに、多方面の関係者の協力を求め問題を着実に解決することができる時代に即した組織体制を構築することも重要な課題である。この組織体制のもとに、問題に対する実態把握、有効な対応策の提示、事業費など資金準備、実施体制の整備、対応策の実行、対応策の効果判定、更なる対応の考案などが行われれば、より実効ある水産振興が進むと考えられる。

謝 辞

現況レビューと提言とからなる本論文を受け入れて頂き、ご指導頂いた島根県水産技術センターの編集委員会に厚く御礼申し上げます。現場の経験に基づく本論文の修正にあたり、多くの有益な情報とご助言を頂いた島根県水産技術センターの연구원の方々、宍道湖漁業協同組合の高橋正治参事と桑原正樹氏、東京大学大学院教授山室真澄氏に厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 石飛 裕, 平塚純一, 桑原弘道, 山室真澄: 中海・宍道湖における魚類および甲殻類相の変動. 陸水学雑誌, 61, 129-146(2000).
- 2) 森脇晋平, 道根 淳: 中海における漁獲量変動. 島根水技セ研報, 1, 41-48(2007).
- 3) 平塚純一, 桑原弘道: 中海本庄水域の魚類相とその特性. 陸水学雑誌, 61, 109-118(2000).
- 4) 田中秀典, 戸田顕史, 平塚純一, 石飛 裕: 中海本庄水域の堤防撤去と開削による水理

- 構造と底生生物の変化. 第75回日本陸水学会講演要旨集, p.40(2010).
- 5) 武石祐一郎, 瀬戸浩二, 山口啓子, 倉田健悟: 中海本庄水域における森山提部分開削後の水質環境の変化. 2010年汽水域研究発表会講演要旨集 p.37(2010).
 - 6) 島根県: 宍道湖・中海水産資源維持再生構想, 平成18年4月. 2006.
 - 7) H. Kamiya, Y. Kano, K. Mishima, K. Yoshioka, O. Mitamura and Y. Ishitobi: Estimation of long-term variation in nutrient loads from the Hii River by comparing the change in observed and calculated loads in the catchments. *Landscape and Ecological Engineering*, 4, 39-46, (2008).
 - 8) 沖野外輝夫, 花里孝幸 (編): アオコが消えた諏訪湖一人と生き物のドラマ. 信濃毎日新聞社, 2005, 319pp.
 - 9) 森脇晋平: 宍道湖水系におけるヤマトシジミ個体群分布の長期的変動. *LAGUNA* (汽水域研究), 11, 31-41(2004).
 - 10) 平塚純一, 山室真澄, 森脇晋平, 石飛 裕: 大正末期から昭和初期に行われた大橋川拡幅以前の宍道湖の塩分. *水環境学会誌*, 29, 541-546 (2006).
 - 11) 森脇晋平, 若林英人, 三浦常廣, 山根恭道: 宍道湖におけるヤマトシジミの資源生物学的特性—資源管理に向けて—. *島根水技セ研報*, 2, 31-38(2009).
 - 12) K. Oshima, N. Suzuki, M. Nakamura and K. Sakuramoto (2004) Shell growth and age determination of the brackish water bivalve *Corbicula japonica* in Lake Shinji, Japan. *Fisheries Science*, 70, 601-610.
 - 13) 高橋正治, 森脇晋平: 宍道湖におけるシジミ漁業の漁業管理制度. *島根水技セ研報*, 2, 23-29(2009).
 - 14) 島根県: 宍道湖におけるシジミ大量へい死対策緊急調査報告書. 1998, 75pp.
 - 15) 相崎守弘, 高橋 愛, 山口啓子: ヤマトシジミの大量斃死機構に関する基礎的研究 I. *LAGUNA* (汽水域研究), 8, 31-37(2001).
 - 16) 神門利之, 崎 幸子, 神谷 宏, 丸山将輝, 遠藤睦巳, 林 昌平, 巢山弘介, 相崎守弘, 大谷修司, 石飛 裕: 藍藻 *Coelosphaerium kuetzingianum* によるカビ臭物質ジェオスミンの産生. 第75回日本陸水学会講演要旨集, p.105(2010).
 - 17) 江角比出郎: 宍道湖・中海植物プランクトン調査結果. *島根県衛生公害研究所報*, 35, 76-83 (1994).
 - 18) M. Yamamuro, J. Hiratsuka and Y. Ishitobi: Seasonal change in a filter-feeding bivalve *Musculista senhousia* population of a eutrophic estuarine lagoon. *J. Marine Systems*, 26, 117-126 (2000).
 - 19) Y. Sekiya, J. Hiratsuka, M. Yamamuro, N. Oka and M. Abe: Diet selectivity and shift of wintering common pochards and tufted ducks in a eutrophic coastal lagoon. *J. Marine Systems*, 26, 233-238 (2000).
 - 20) 関谷義男: 閉鎖性沿岸域の生態系と物質循環[5] 宍道湖・中海に飛来する潜水ガモ類キンクロハジロの消化器官の可塑性と越冬集団との関係. *海洋と生物*146, 25, 210-216 (2003).
 - 21) 国土交通省出雲河川事務所: 大橋川改修事業環境調査最終とりまとめ. 2009.
 - 22) M. Yamamuro, J. Hiratsuka and Y. Ishitobi: What prevents *Musculista senhousia* from constructing byssal thread mats in estuarine environments? A case study focusing on Lake Shinji and nearby estuarine waters. *Landscape and Ecological Engineering*, 6, 23-28 (2010).
 - 23) 平塚純一, 山室真澄, 石飛 裕: 里湖モク採り物語り. 生物研究社, 東京, 2006, 141pp.
 - 24) 川島隆寿: 宍道湖・中海におけるワカサギの生活史. *国際生態学シンポジウム島根'90報告集*, 島根県, 2008, pp.29-46.
 - 25) Y. Ishitobi, J. Hiratsuka, H. Kuwabara and M. Yamamuro: Comparison of fish fauna in three areas of adjacent eutrophic estuarine lagoons with different salinities. *J. Marine Systems*, 26, 171-181(2000).
 - 26) 石飛 裕, 平塚純一, 桑原弘道, 山室真澄: 閉鎖性沿岸域の生態系と物質循環[7] 異なる塩分濃度を有する富栄養化した隣接汽水湖における魚類相の比較. *海洋と生物*148, 25, 398-404(2003).
 - 27) 藤川裕司, 持田和男, 江角陽司, 大北晋也: 宍道湖におけるワカサギ不漁原因の検討とワカサギ, シラウオ資源のモニタリング. 平成14年度島根県内水面水産試験場事業報告,

- 31-42(2004).
- 28) 山室真澄：ワカサギ越夏に係る水質環境について（宍道湖漁業協同組合委託研究報告書）。2004, 26pp.
- 29) 松原喜代松, 落合 明：魚類学(下). 恒星社厚生閣, 東京, 1965.
- 30) 藤川裕司, 森山 勝, 大北晋也：有用水産動物生態調査（ワカサギ, シラウオ）. 平成13年度島根県内水面水産試験場事業報告, 95-111(2003).
- 31) 池田 実：DNA 分析で見えてきた内水面移植の新たな問題, 「水産資源の増殖と保全」(北田修一, 帰山雅秀, 浜崎活幸, 谷口順彦編著), 成山堂書店, 東京, 2008, pp. 105-127.
- 32) 島根県：河川調査報告書. 1994, 1997.
- 33) 上 真一：閉鎖性沿岸域の生態系と物質循環[6] 宍道湖－大橋川－中海汽水系の中型動物プランクトン群集の地理的－季節的変動とそれらの生態的役割. 海洋と生物147, 25, 277-282(2003).
- 34) 中村幹雄：日本シジミ研究所編；宍道湖と中海の魚たち. 山陰中央新報社, 2007.
- 35) 岡村明浩, 張 褒, 山田祥朗, 宇藤朋子, 三河直美, 堀江則行, 田中 悟, 元信 暁：判別関数式によるニホンウナギとヨーロッパウナギの識別. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 67, 1056-1060(2001).
- 36) H. Zang, N. Mikawa, Y. Yamada, N. Horie, A. Okamura, T. Utoh, S. Tanaka and T. Motonobu: Foreign eel species in the natural water of Japan by polymerase chain reaction of mitochondrial cytochrome b region. *Fisheries Science*, 65, 684-686 (1999).
- 37) 佐々木 正, 三浦常廣, 勢村 均：中海浅場機能基本調査. 平成21年度島根県水産技術センター年報, 82 (2011).
- 38) 農務省農務局（編）：水産事項特別調査. 1894.