

宍道湖のヤマトシジミ資源量が 2018~2019 年に急変した際の各種条件の比較

清川智之¹・谷 幸則²・原口展子^{1a}・岡本 満^{1b}・平松大介^{1c}・福井克也¹

Comparison of various conditions during the rapid fluctuation for stock of *Corbicula japonica* in Lake Shinji from 2018 to 2019.

Tomoyuki KIYOKAWA, Yukinori TANI, Hiroko HARAGUCHI, Mitsuru OKAMOTO, Daisuke HIRAMATSU and Katsuya FUKUI

キーワード: ヤマトシジミ, 宍道湖, 資源変動, 塩分, 肥満度, 植物プランクトン相

はじめに

ヤマトシジミ *Corbicula japonica* は日本のほか樺太や朝鮮半島の、塩分の比較的低い汽水湖や河口域に多く生息する二枚貝で、島根県では宍道湖や神西湖などの汽水域における重要な水産資源のひとつとなっている。¹⁾

宍道湖では、1997 年から毎年 6 月および 10 月に本種の資源量を調査している。²⁾ ³⁾ また 2010 年からは現在と同様の方法で毎月 1 回、本種のモニタリングとして、生息密度、水温や塩分等の生息環境のほか、肥満度等を詳細に調査している。

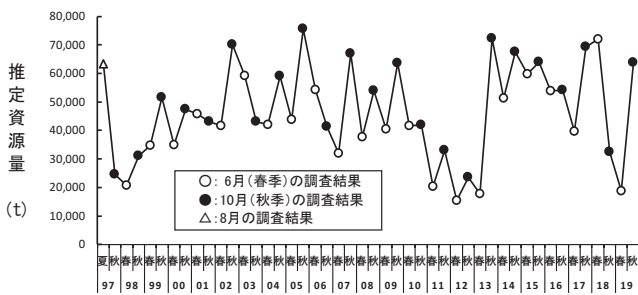


図 1. 宍道湖におけるヤマトシジミ資源量 (1997~2020 年)

これまでの研究から、毎年の資源量の一般的傾向

として夏季から秋季にかけて増加し、秋季から春季にかけて減少している (図 1)。夏季から秋季にかけての増加はシジミの成長と新規加入であり、秋季から春季の減少は低水温期の成長鈍化のため漁獲や自然死亡が成長量を上回ること、⁴⁾ この他、宍道湖で越冬する潜水カモ類による捕食の影響も報告されている。⁵⁾ この一般的な傾向から外れて、夏季にほとんど増加しない場合や大きく減少する場合も認められる。この原因には餌となる植物プランクトン種の変化 (餌として不適な特定の藍藻類が優占)⁴⁾、浮泥による鰓の目詰まり、²⁾ 近年ではシオグサ類の繁茂による溶存酸素の低下と底質の還元等による斃死⁶⁾ 等が報告されている。

このような状況の中、宍道湖におけるヤマトシジミ資源量は、2018 年夏季に急減し、そのわずか 1 年後の 2019 年夏季に回復した。そこで本研究では、この期間モニタリングしていた水温、塩分、餌となる植物プランクトン相等の生息環境のほか、本種の殻長組成や斃死貝の分布状況、肥満度の変化についての調査結果を詳細に整理した。

これら得られた結果から、資源が減少した 2018 年と増加した 2019 年において、各種環境条件を整理する中で、ヤマトシジミの資源変動要因と考えられる知見を得たので、それらについて報告する。

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

2 静岡県立大学食品栄養学部環境生命科学科: Department of Environmental and Life Sciences, School of Food and Nutritional Sciences, University of Shizuoka

a 現所属: 西部農林水産振興センター Western Agriculture, Forestry and Fisheries Promotion Center, Shimane 697-0041, Japan

b 現所属: 漁業生産部 Fisheries Productivity Division

c 現所属: 島根県農林水産部水産課 Shimane Prefectural Government Fisheries Division, Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, Shimane 690-8501, Japan

材料と方法

ヤマトシジミ資源量調査 資源量調査は試験船「ごず」(8.5トン)を使用し、2018年は6月の調査として6月20日と22日に、10月の調査として10月15～16日に、2019年は6月調査として6月4～6日に、10月調査として10月16日と21日に実施した。調査定点は図2に示す通り、宍道湖沿岸のヤマトシジミ生息域を8地区に区分し、それぞれの面積に応じて3～5本のラインを設定、水深0.0～2.0m, 2.1～3.0m, 3.1～3.5m, 3.6～4.0mの4層の水深帯ごとに各1点ずつ計126点設定した。なお、対応する水深帯が存在しない地点は調査しなかった。

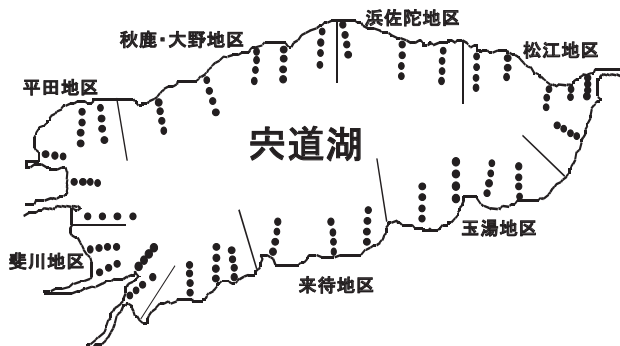


図2. 宍道湖におけるヤマトシジミ資源量調査定点概略図
(調査は各ライン(●印)の所定的水深で実施)

採泥はスミス・マッキンタイヤ採泥器(採泥面積 0.05 m^2)で各地点2回行った。各地点で得られた堆積物は、目合 2.0 mm と 8.0 mm の篩でふるい、篩上に残った堆積物の中からヤマトシジミ検体を得た。

得られたヤマトシジミは、調査定点ごとに個体数および湿重量の測定を行い、 1 m^2 あたりの個体数と湿重量を算出した。さらにヤマトシジミの殻長も測定し、殻長組成を算出した。用いたスミス・マッキンタイヤ採泥器の鉛直方向の採集効率が約 $0.7^7)$ であることから、実測値に 1.4 を乗じた値をその調査定点の現存量とした。用いた篩の最小目合が 2.0 mm のため、本調査の計測対象となったヤマトシジミは概ね殻長 3 mm 以上である。

各調査定点の個体数(個/ m^2)および重量(kg/m^2)を水深帯ごとに平均し、各水深帯の面積(m^2)^{2), 7)}を乗じて、その合計値を宍道湖全体の資源個体数、資源重量とした。

各月のモニタリング調査 本調査は、2018年4月から2020年3月の間、図3に示す4定点(東岸、南

岸、西岸、北岸)の水深 2 m 地点(南岸のみ水深 2.5 m 地点)で行った。採泥はスミス・マッキンタイヤ採泥器(採泥面積 0.05 m^2)により、目視できる個体数が最低でも500個程度確保できるよう、5回から最大10回の採取を行った。堆積物を目合 8.0 mm 、 4.0 mm および 0.5 mm の篩でふるい、篩上に残ったヤマトシジミ検体を得た。資源量調査と同様に、篩上に残ったヤマトシジミの個体数と湿重量を計測するとともに、殻長をデジタルノギスもしくは実体顕微鏡下で測定した。得られた殻長別個体数を合算し、各調査定点の 1 m^2 あたりの個体数と重量を算出した。本調査で使用した篩の最小目合が 0.5 mm のため、調査対象となるヤマトシジミは概ね殻長 0.7 mm 以上である。

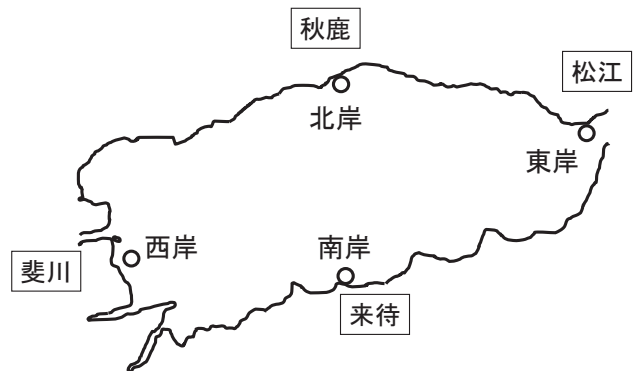


図3. 宍道湖におけるヤマトシジミモニタリング調査定点

目合 8.0 mm と 4.0 mm の篩上に残った貝殻のうち、蝶番で繋がっている状態の貝殻(以下「二枚殻」)、貝殻を閉じた状態の斃死個体(以下「ガボ」)、および貝内部に軟体部が残っているものの、貝が半開きのままで口を閉じない、瀕死あるいは斃死していると思われる個体(以下「口開け」)を分別した。これらは過去の大量斃死時に多く確認され、⁸⁾斃死後の経過時間が比較的短いと考え、斃死直後の個体として、生貝と同様に 1 m^2 あたりの個体数と殻長組成を算出した。目合 8 mm の篩上に残ったものを成貝由来(殻長:およそ 12 mm 以上)、目合 4 mm の篩上に残ったものを稚貝由来とした。

水質については、多項目水質計(ハイドロラボ社製MS-5)により湖底直上の塩分と水温を測定した。また、ヤマトシジミが摂餌している植物プランクトン種を調べるため、湖底直上の湖水(以下、底層水)を各10採水し、GF/Fガラス繊維フィルターで規定量を吸引ろ過したものから、植物プランクトンを含む懸濁物を捕集した。得られた懸濁物からアセトン中で超音波抽出を行った後、クロロフィル色素およ

びカロテノイド類を抽出し、フォトダイオードアレイ検出器付きの高速液体クロマトグラフィーで分析、植物プランクトンに由来する各種色素量を求めた。また、クロロフィルaおよびそれらの誘導体であるフェオフィチンa、ピロフェオフィチンaの合計濃度を総クロロフィルa濃度、検出されたカロテノイドの合計濃度を総カロテノイド濃度とした。

肥満度については、漁獲対象サイズ（概ね殻長17mm以上）の成貝20個体の軟体部を取り出して、60℃で48時間乾燥させた後に重量を測定した。この軟体部乾燥重量を殻長、殻高、殻幅を乗じた値で除した数値を肥満度とした（肥満度＝軟体部乾燥重量(g) / (殻長(mm) × 殻高(mm) × 殻幅(mm)) × 1000）。

結果

資源量調査結果 2018年6月および10月、2019年6月および10月に実施したヤマトシジミ資源量調査結果を表1に示した。宍道湖では2018年6月に、6月としては過去最高の7.2万トン（個体数：1,285億個）となったが、同年10月には3.2万トン（個体数：537億個）と急減した。2019年6月にはさらに1.9万トン（個体数：965億個）まで減少したが、そのわずか4ヵ月後には6.4万トン（個体数：1,440億個）と急激に増加した。

表1. 2018年6月および10月、2019年6月および10月に実施した、宍道湖におけるヤマトシジミ資源量調査結果

深度 (m)	面積 (km ²)	2018年6月		2018年10月		2019年6月		2019年10月	
		個体数 (億個)	重量 (トン)	個体数 (億個)	重量 (トン)	個体数 (億個)	重量 (トン)	個体数 (億個)	重量 (トン)
0~2.0	7.69	369.6	23,370	216.7	13,654	399.2	7,710	437.0	21,779
2.1~3.0	6.18	386.4	24,676	132.4	7,872	274.7	6,305	458.9	19,486
3.1~3.5	4.76	259.4	13,224	122.0	7,234	178.3	3,414	304.4	13,839
3.6~4.0	5.33	269.8	10,782	65.4	3,598	112.8	1,435	239.6	8,652
合計	23.96	1,285.2	72,052	536.5	32,358	965.0	18,864	1,439.9	63,756

表1の調査時における、全調査定点を平均した1m²あたりのヤマトシジミ個体数と殻長組成を図4に示した。2018年の個体数は、6月の3,859個から10月の1,407個に大きく減少した。殻長組成をみると、6月の調査では殻長4mmと10mmにモードが認められ、漁獲対象となる殻長17mm以上の成貝の個体数も307個と高かった。一方、10月の調査では、すべての階級で個体数が減少しており、6月調査時に認められた明確なモードは観測されなかった。また漁獲対象となる殻長17mm以上の成貝の個体数も116個と大きく低下した。

2019年の個体数は、6月の2,708個から10月の4,313個に増加した。6月の殻長組成は、殻長5mm未満のモードは2018年と同様に認められるものの、殻長10mmのモードははっきりとは認められず、殻長17mm以上の漁獲対象の個体数も56個と低かった。10月の殻長組成においては、漁獲対象の個体数が198個と急増した。また殻長10mm前後に大きなモードが認められ、これは殻長組成の変化から、6月に殻長5mm未満であった群が成長したと考えられる。さらに殻長4mm前後に新たなモードが認められ、これは2019年6月の時点ではまだ殻長が小さいために測定対象になっていない群が、加入、成長したためであった。

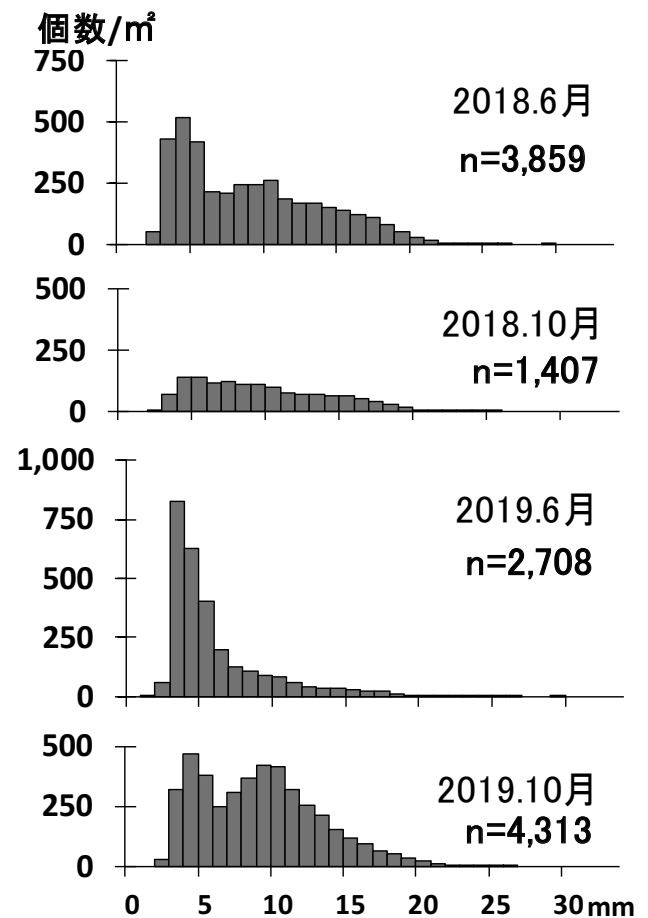


図4. 全調査定点のヤマトシジミ平均殻長組成 (2018年6・10月、2019年6・10月)

以上の結果を整理すると、2018年6月から10月における資源量の減少は、すべての階級で個体数が減少したため、2019年同期間の資源量の増加は、6月に殻長5mm未満であった群が、10月に殻長10mm前後に成長したことが最大の理由であった。

各月のモニタリング調査結果

(1) ヤマトシジミの生息密度と殻長組成

2018年4月から2020年3月のモニタリング調査において採集されたヤマトシジミを、調査定点ごとに1㎡あたりの重量を図5に示した。

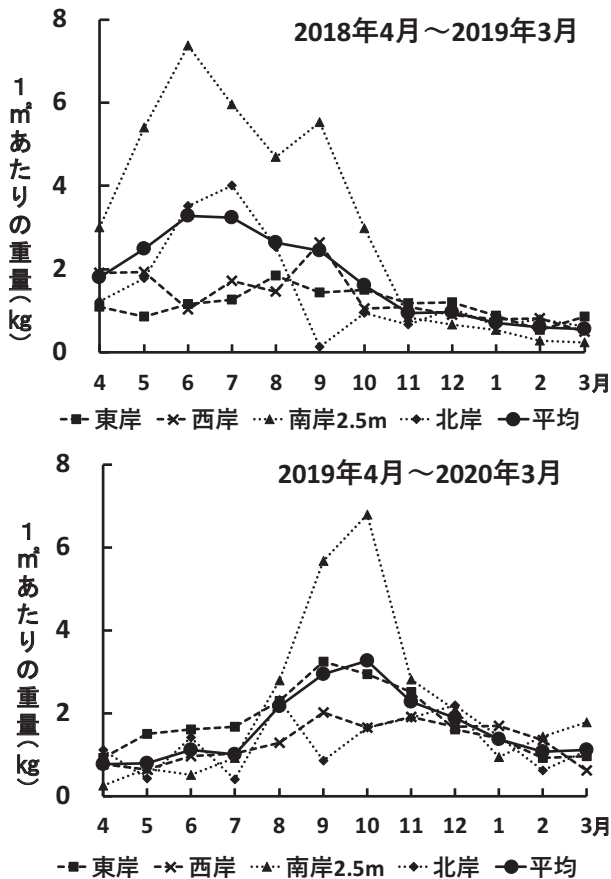


図5. モニタリング調査によるヤマトシジミ重量の経月変化
(2018年4月から2020年3月まで)

2018年は、6月の南岸が7kgと突出して多く、7月の北岸でも4kgに達した。しかし両地点ともそれ以後は急減し、11月には約1kgとなった。東、西岸は、7月の時点で1.5kg程度と少なかったが、急激な増減はなく、7月以降の減少速度も南、北岸と比較すると比較的ゆるやかで、11月に南、北岸と同等の1kgとなった。4地点の平均値は2018年6月および7月の3kgをピークに減少し11月には1kg以下となり、翌年3月には0.55kgとなった。

2019年は、7月までは全ての調査定点で0.5～1.5kgと少なかったが、7月以降は、2018年とは異なって増加がみられ、特に南岸では10月に6kgを超え、前年6月とほぼ同じ水準に達した。一方、東、西岸については2018年と同様に急激な増減はなく、7月以降に緩やかな増加傾向が認められた。4地点の

平均値は、4月から7月にかけて1kg前後で推移した後、8月には2kgまで急激に増加した。さらにそれ以降も増加し続け、10月には3kg以上となった。11月以降は、前年と同様に全ての調査定点で減少し、2020年2月から3月には1kg程度となった。

これらの結果を整理すると、夏季から秋季(7月から10月)にかけての1㎡あたりの重量の変化が両年で大きく異なること(2018年減少、2019年増加)が特筆される一方、4月から7月にかけて増加する点と、10月から3月にかけて減少する点は両年で共通して観察された。この結果から2018年と2019年の違いは、1㎡あたりの重量が夏季から秋季にかけて増加するか減少するかであった。

続いて、2018年4月から2020年3月の殻長組成を図6に示した。2018年、2019年ともに、6月に殻長5～6mmサイズの小型稚貝の成長していく様子が、殻長組成の変化から確認できる。2018年については、夏季から秋季にかけて、これらが成長しつつも個体数は減少していった(特に南、北岸)。一方2019年は、個体数は減少することなく成長し続け、9月から11月にも大きなモードを形成した。このことから、2018年は、夏季から秋季にかけてのこれら小型稚貝群の減少と、資源量調査結果とが合致していた。

ただし、興味深い点として、南、北岸と比較して、東、西岸では、資源量が大きく減少した2018年7月から10月においても、殻長組成に大きな変化は認められなかった。このことは、必ずしも全てのヤマトシジミ生息地点で一様に減少しているわけではなく、調査定点により、様々な条件の違いで減少率が異なることを意味している。

両年とも11月以降は、殻長10～15mmの個体を中心に減少していた。これまでの研究から、冬季のヤマトシジミの減少は、潜砂する底泥の深さが深まり、鋤簾で漁獲できる本種の数が増加することによる見かけの密度の低下⁹⁾や低水温期の成長鈍化¹⁰⁾のほか、キンクロハジロやスズガモ等の潜水カモ類の捕食による減耗^{5), 11)}も要因とされている。このうち潜水カモ類による捕食は、平均殻長10mm程度の小型稚貝を捕食対象の中心としており、⁵⁾今回の調査でも、主としてこれに相当するサイズが減少していたことから、潜水カモ類による捕食の影響が示された。

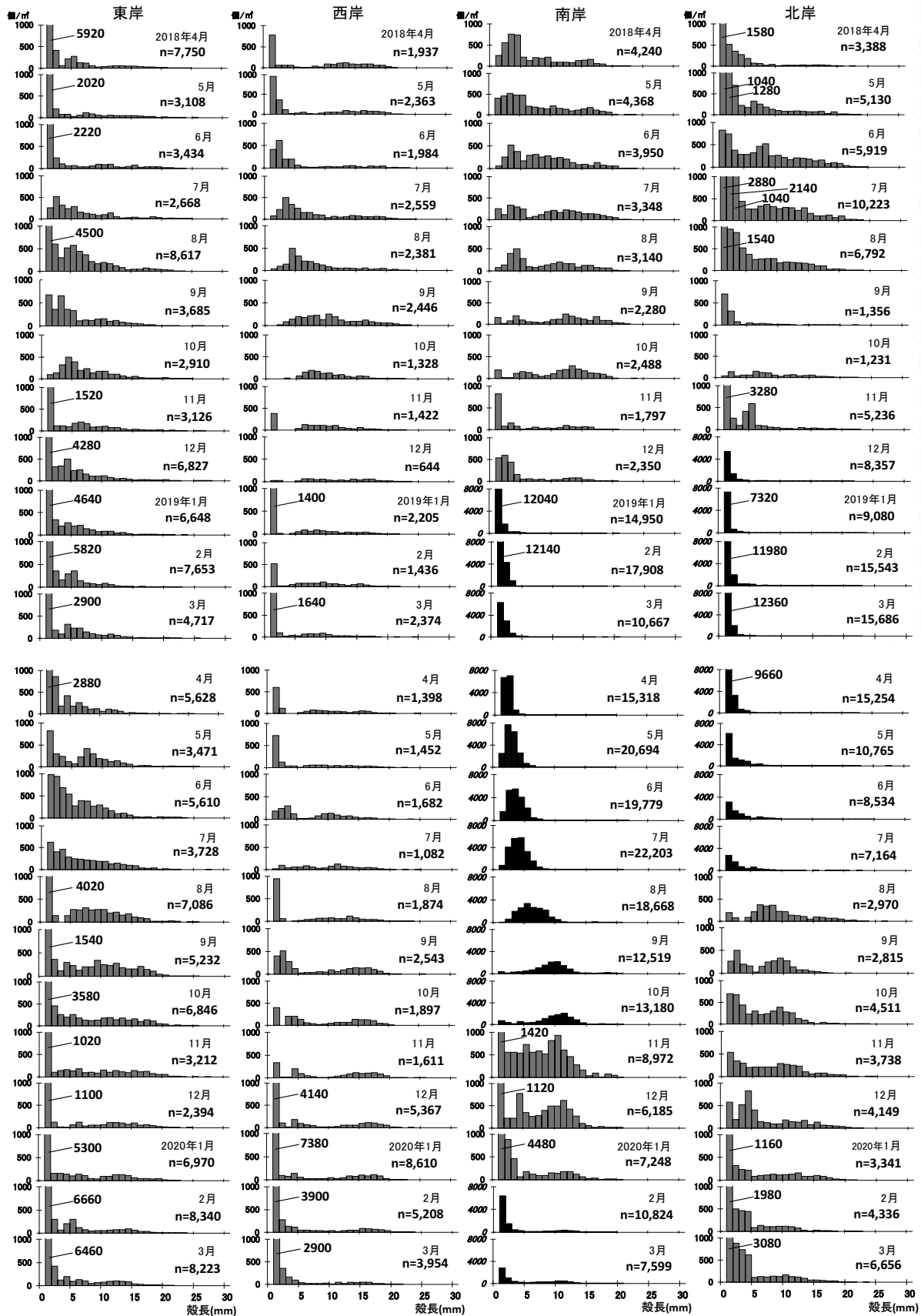


図6. モニタリング調査による1 m²あたりのヤマトシジミ重量と殻長組成 (2018年4月から2020年3月)
 黒塗りの図は、縦軸の最大値を1,000個/m²から8,000個/m²に変更したもの)

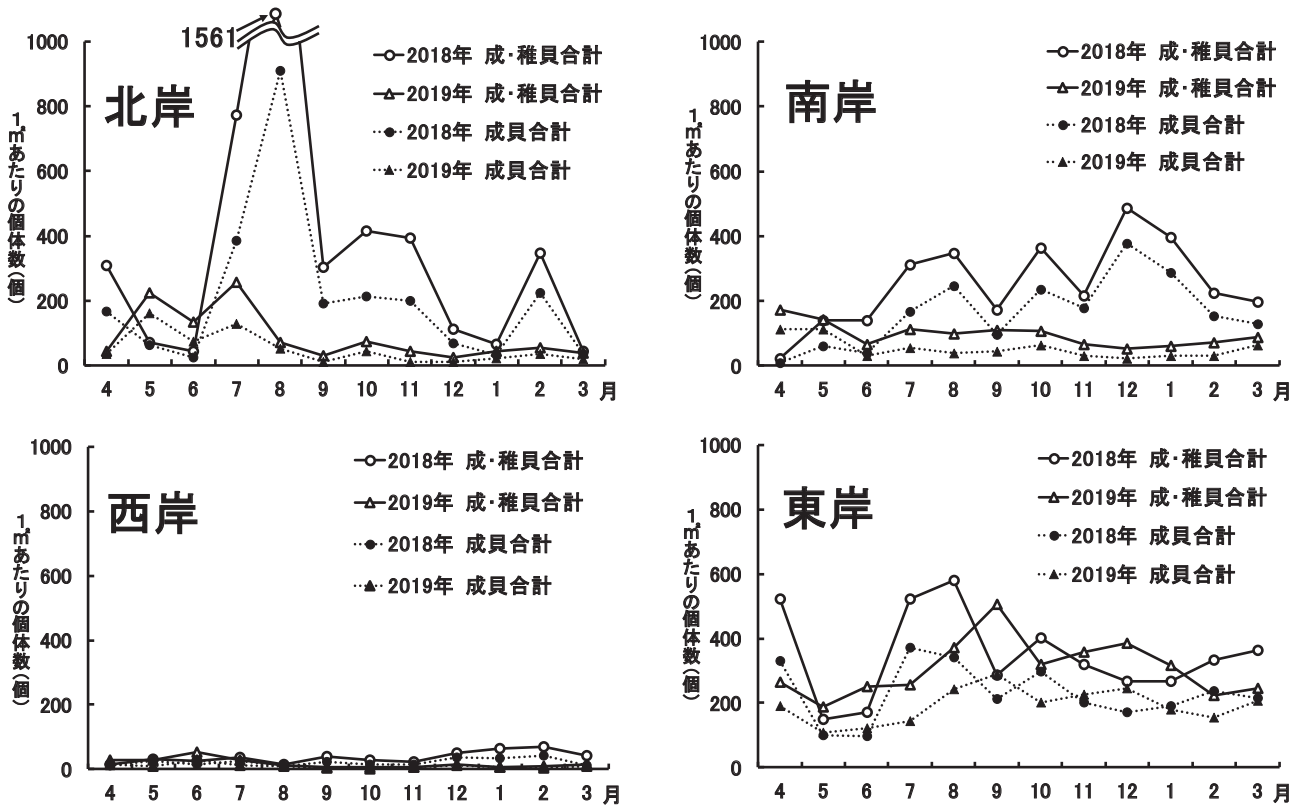


図7. モニタリング調査で採集された斃死後の時間経過が比較的短いと考えられるヤマトシジミ個体数（二枚殻・ガボ・口開けの合計，2018年4月～2019年3月，2019年4月～2020年3月）

（2）斃死直後個体数調査結果 図7に2018年4月から2020年3月の期間における二枚殻，ガボ，口開けの計数結果の合計を1㎡当たりの個体数で示した。

北岸において，2018年の7月に斃死直後個体数の大幅な増加がみられ，8月には1,561個と極めて高密度に観測された。南岸では，2018年の7月以降，斃死直後個体数が200個を超え，その状態が2019年3月まで継続し，2019年4月以降に減少した。東岸でも，2019年に比較して2018年の方が7～8月の斃死直後個体数が多かったが，その差は北，南岸より小さかった。西岸では，斃死直後個体数は，他の調査定点と比較して少なく，8月までの斃死直後個体数はほぼ一定に推移し，9月以降にわずかに増加したが，その値は最大でも100個程度であった。

このように，2018年の斃死直後個体数が，7月から増加し始めたことから，ヤマトシジミの斃死現象は夏季に進行し，また斃死直後個体数の増加は，調査定点の1㎡あたりの重量の低下（北岸，南岸で高い傾向）に対応していることから，2018年夏季から秋季にかけての資源量が減少した要因が，漁獲や捕食などではなく，斃死による個体数の減少である可

能性が示された。

（3）塩分および植物プランクトン調査結果

2018年および2019年の4～9月における調査定点（底層）の塩分を図8に，底層水10あたりの植物プランクトン由来のカロテノイド組成と色素量を図9に示した。

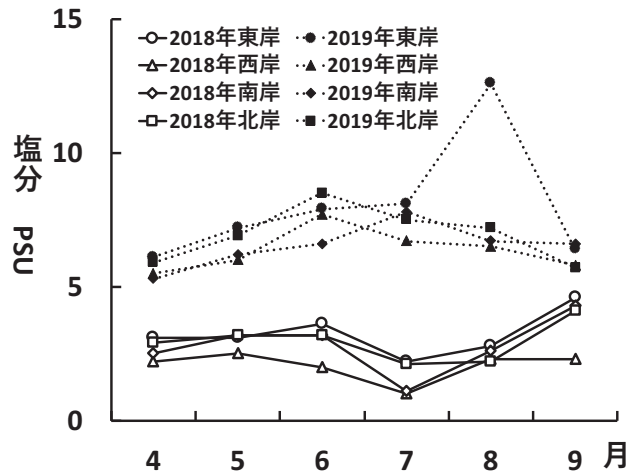


図8. 植物プランクトン調査時における調査定点の底層の塩分（2018年4～9月，2019年4～9月）

塩分については、2018年4～9月は1～4PSU、2019年4～9月は5～12PSUと、2019年の方が全ての調査定点で高く推移していた。特に高水温期である7月から8月にかけては、2018年が2～3 PSU、2019年が6～12PSUと大きな差がみられた。なお図示していないが、調査した4地点の底層水温は、2018年の7月が25.3℃、8月が29.4℃、2019年の7月が26.2℃、8月が30.6℃で、2019年がやや高かったものの、大きな差は認められなかった。

宍道湖から検出された植物プランクトン由来のカロテノイドには、渦鞭毛藻由来のperidinin、渦鞭毛藻と珪藻由来のdiadinoxanthin、珪藻由来の19'-hexanoyloxyfucoxanthin、fucoxanthin、緑藻由来のviolaxanthin、lutein、藍藻由来のzeaxanthin、β-caroteneがあり、多様な植物プランクトンによる一次生産が示された。10あたりのカロテノイド量については、最大は2018年4月の西岸で180.0 μg/l (peridinin, diadinoxanthinが主体)、最少は2018年6月の東岸で0.5 μg/l、全データの平均は15.5 μg/lであった。全ての調査月および調査定点においても、2010年から2012年にみられたような12) 藍藻類由来のカロテノイド色素の単独的な優占ではなく、渦鞭毛藻、珪藻、緑藻および藍藻のカロテノイドの中から常に複数種のカロテノイドが検出されていた。なお色素を量的にみた場合、変動幅が大きいが、調査は湖水が日射によって成層化している日中に実施しているため、ヤマトシジミによって湖底付近の植物プランクトンが過剰摂食されていることが考えられる。¹³⁾

ヤマトシジミの餌として有効とされる珪藻^{14, 15)}由来の色素である、19'-hexanoyloxyfucoxanthin、fucoxanthinや、渦鞭毛藻と珪藻の、両者の由来であるdiadinoxanthinについては、2018年と2019年の間で出現状況に明確な違いは確認できず(図9)、両年間でヤマトシジミの餌料環境に明確な違いは観察されなかった。

なお2012年は、特に夏季において、餌として有効な植物プランクトンである珪藻類がほとんど存在しなかった。その際は藍藻類の*Microcystis*属を中心としたいわゆるアオコが優占し、湖内の植物プランクトンの大半を占めていた。¹²⁾山室らの研究によれば、ヤマトシジミ資源の増減は、本種の餌となる植物プランクトンのうち珪藻か藍藻のどちらが優占するかで決まり、どちらが優占するかは塩分の多寡により決まるとしている。⁴⁾2010～2012年と2018年

を比較した場合、塩分が低かった点と、ヤマトシジミの資源量が減少した点は共通するものの、2018年は、藍藻類の*Microcystis*属が優占的に確認されなかった¹⁶⁾点が異なった。

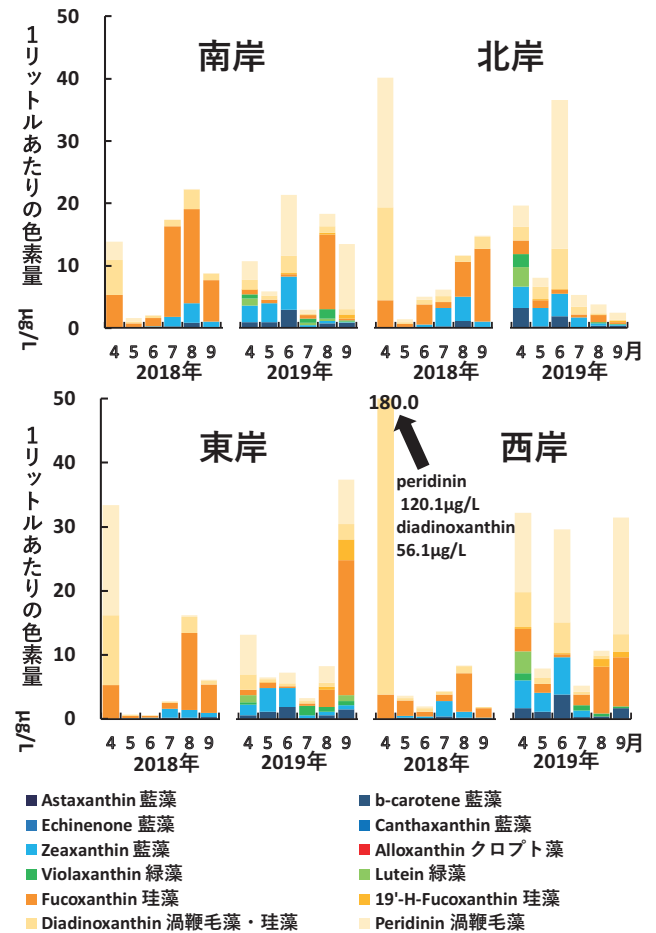


図9. 底層水10あたりの植物プランクトン由来のカロテノイド組成と色素量の経月変化(2018年4月～9月、2019年4月～9月)

(4)肥満度調査結果 2018年4月から2020年3月の東岸、西岸、南岸、北岸の4地点におけるヤマトシジミ肥満度の平均値を図10に示した。調査定点によって多少の違いはあるものの、5月をピークとして、それ以後10～11月にかけて低下し続け、11～12月にやや高くなった後、冬季は横ばいとなっていた。両年の肥満度を比較すると、2019年は7月から8月にかけて緩やかに低下していたのに対し、2018年は同じ期間に急速に低下していた。特に2018年夏～秋季にかけて高い斃死直後個体数密度が観測された南岸および北岸において肥満度の低下割合が大きかった。さらに各調査定点とも2018年の方が2019年よりも、8月から10月にかけての肥満度が低

く（北岸の9月を除く）、特に2018年の南岸は、8月から10月の長期にわたって0.01を下回っていた。

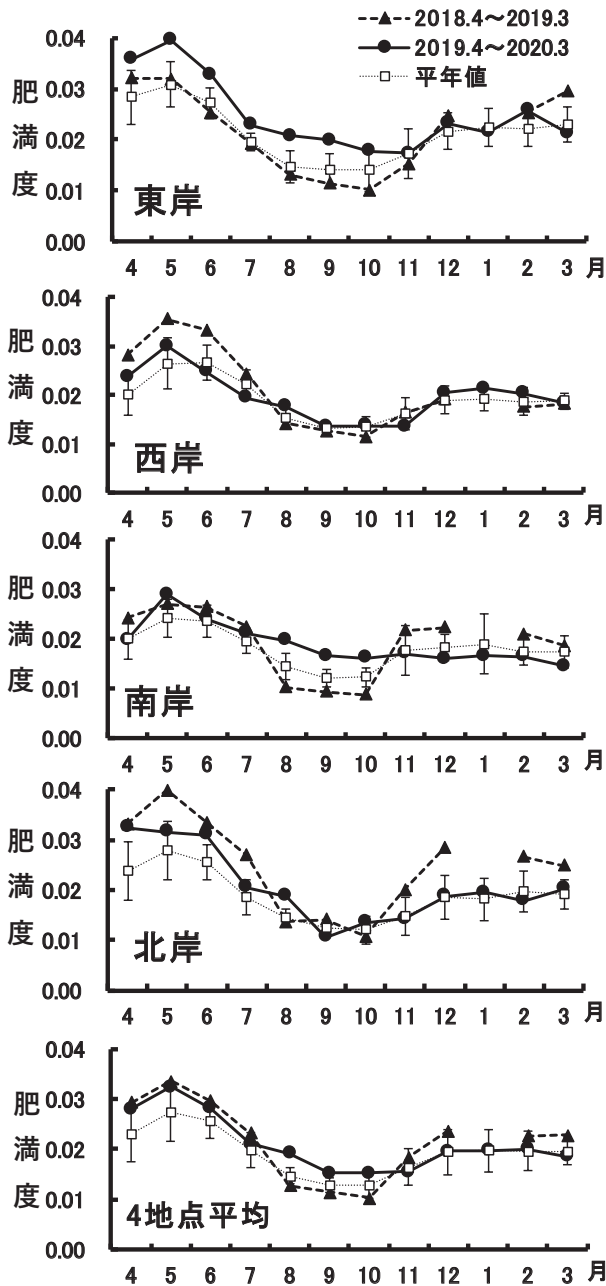


図10. ヤマトシジミの肥満度の推移
(2018年4月～2020年3月)
(2020年1月は欠測)

考察

2018年および2019年のヤマトシジミ資源量および生息密度の違いは、7月から9月に起こっていたことが明らかとなった。

そこで7月から9月の間で両年が異なる点につい

て、モニタリング調査結果を整理したところ、斃死貝の数、塩分、および肥満度の低下割合に相違が確認された。

2018年の調査結果では、斃死直後個体数の増加は、調査定点の生息密度の低下に対応していた（北岸、南岸で高い傾向）。また両年間で塩分が大きく異なるものの、植物プランクトン調査では種組成に大きな違いは確認されなかった。さらに両年の殻長組成をみると、斃死発生直前にも同様に成長が認められていた。これらのことから、少なくとも両年については、餌料環境の違いにより、資源量に多寡が生じたとは考えにくく、したがって、2018年は成長量が小さく資源が増加しなかったと考えるよりも、斃死によって本種の資源が減少したと考える方が妥当であると思われる。

斃死要因について、相崎ら¹⁷⁾は、ヤマトシジミの斃死現象には事前の健康状態の悪化が深く関わっているとしている。この健康状態の悪化は高水温における異常代謝や貧酸素化による嫌気代謝が原因であり、これによって無酸素耐性やろ過活性の低下が斃死を引き起こす可能性を論じている。健康状態の指標として軟体部乾燥重量（本報告における肥満度の変化と同意）を測定し、軟体部重量の急激な減少の後に、無酸素耐性の低下や多数の死亡個体がみられたことを報告している。

この調査では、夏～秋季にかけての肥満度の低下、すなわち6,7月から8,9月にかけての急激な低下、および0.01に達するほどの低下が、2018年にはみられた。しかし2019年にはみられなかったことから、肥満度の低下と斃死現象が強く対応していることが明らかとなった。

この健康状態が悪化した理由の一つとして、2018年6月時点での生息密度の高さがあげられる。相崎ら¹⁷⁾は、生息密度が高いと、斃死個体数が相対的に多くなることによって生息環境が悪化し、その結果、肥満度の低下が引き起こされ、健康状態が悪化し、さらに斃死個体が増加する可能性を示している。

また菅原ら¹⁸⁾はヤマトシジミが斃死すると高濃度の硫化水素やアンモニア態窒素が生産され、これらのヤマトシジミに対する毒性は、貧酸素下において高まると説明している。夏季は貧酸素が発生しやすい上にヤマトシジミの産卵期でもあり、¹⁹⁾低塩分や資源が高レベルであることと合わせると複合的に斃死がおりやすい^{2,8)}ことも2018年夏季の高い斃死の一因であるかもしれない。さらにヤマトシジミは漁獲時に鋤簾による衝撃等の影響を受けて斃死す

る個体が一定割合で発生するとされるが、²⁰⁾漁獲時に鋤簾による衝撃等の影響を受け斃死する個体数は、低密度よりも高密度の方が多いと考えられる。その結果、ヤマトシジミの斃死要因となる硫化水素やアンモニア態窒素の生成量が多くなることによって斃死が増えることも予想される。

ただし、図1に示すとおり、6月の資源量が相対的に多い年でも、10月の資源量が減少しない年もある。逆に6月の資源量が少ない年でも、増加しない年もある。そのため今後は、今回の研究で得られた結果を基に、過去のモニタリング調査の結果等から、その要因についてさらに検討していく必要がある。

今回の調査では、2018年と2019年の夏季において、塩分、斃死貝の数、肥満度の低下割合が大きく異なっていたことが確認された。これらの要素の変動とヤマトシジミ資源量の増減との関連性を比較、検討し、環境条件と資源変動との関連性を明らかにすることができれば、ヤマトシジミの夏季の斃死現象を予測することが可能になるかもしれない。そうすると、生息密度の調整（間引きや、高密度水域から低密度水域へ移動）や、現在宍道湖漁協において取り組みが始まっているシジミに優しい漁法（手搔き²¹⁾や水流式等）への転換等、斃死防止への環境条件を整えることのほか、斃死開始までの漁獲量を増やし、密度を低下させるなど、ヤマトシジミ資源を有効に活用する手法の開発に繋がられる可能性もある。

今後は、本種資源の有効活用を目的に、過去に実施した資源量調査やモニタリング調査等の結果をさらに解析していくことにより、本種の資源量の推移を正確に予測し、宍道湖における持続可能なヤマトシジミ漁業の発展に貢献したい。

謝辞

本研究を行うにあたり、サンプルの採集、処理、測定にあたって水産技術センター内水面科の臨時職員・日々雇用職員の方々から多大な労力の提供を頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

また静岡県立大学において、植物プランクトンの色素分析の補助をしていただいた静岡県立大学大学院 薬食生命科学総合学府 環境科学専攻 博士前期課程の李 蘇捷氏に感謝いたします。

最後に、宍道湖漁業協同組合の門脇幹男組合長、高橋正治指導役、桑原正樹参事をはじめ、宍道湖漁協の組合員の方々から、斃死時の状況の聞き取りの

ほか、ヤマトシジミサンプルの提供および有益な助言を賜りました。心からお礼申し上げます。

なお本報告を取りまとめるに当たり、丁寧に査読していただいた審査員、および内容についてご確認いただいた編集委員、常にご支援とご鞭撻を賜った元内水面浅海部長の石田健次氏と、投稿の機会を与えていただいた内水面浅海部の若林英人部長に、感謝の意を表します。

文献

- 1) 中村幹雄編著 (2000) 「日本のシジミ漁業」. たたら書房, 米子市, pp. 187-212.
- 2) 中村幹雄・山根恭道・清川智之・内田 浩・福井克也・重本欣史・高橋孝史 (1999) 宍道湖におけるシジミ大量へい死対策緊急調査. 平成9年度 島根県水産試験場事業報告, 281-292.
- 3) 清川智之・平松大介・岡本 満・福井克也・石田健次・林 凌矢 (2019) 宍道湖ヤマトシジミ資源調査 (宍道湖有用水産動物モニタリング調査). 平成30年度島根県水産技術センター年報, 52-57.
- 4) 山室真澄 (2020) まとめと残された課題. 豊かな内水面水産資源の復活のために-宍道湖からの提言 (山室真澄編著). 生物研究社, 東京, pp. 129-135.
- 5) 岡 奈理子・関谷義男 (1997) ハジロ属 (キンクロハジロ, ホシハジロ, スズガモ) の採食行動と食性を中心とする生態. ホシザキグリーン財団研究報告 (1) 85-97, 1997.
- 6) 早坂裕也・原口展子・國井秀伸 (2019) 宍道湖汀線域における大型糸状緑藻シオグサ類の繁茂状況と周辺環境およびヤマトシジミに及ぼす影響. 水産増殖 67 (1), 57-64.
- 7) 安木 茂・三浦常廣・江角陽司・大北晋也 (2005) ヤマトシジミ資源量調査 (宍道湖・中海水産振興事業). 平成16年度島根県内水面水産試験場事業報告, 8-16.
- 8) 後藤悦郎・三浦常廣・品川 明・戸田顕史・江角陽司・大北晋也 (2004) ヤマトシジミへい死要因調査 (宍道湖・中海水産振興対策検討調査事業) 平成15年度島根県内水面水産試験場事業報告, 15-30.
- 9) Seiji Goshima, Masato Ikegawa, Takeshi Sonoda, and Setoshi Wada: Seasonal Vertical Migration within Sediment by the Brackish

- Water Clam *Corbicula japonica*. Benthos Research Vol. 54, No2:87-97(1999).
- 10) 森脇晋平・若林英人・三浦常廣・山根恭道(2009) 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—. 島根県水産技術センター研究報告, 2, 31-38.
 - 11) 江角敏明・加藤李晋・松尾 豊・神谷 宏・石飛 裕(2020) 中海・宍道湖で越冬する潜水性カモ類の羽数の長期変化. 陸水学雑誌, 81, 233-242.
 - 12) 谷 幸則(2020) 宍道湖および神西湖における光合成色素分析による植物プランクトン組成. 豊かな内水面水産資源の復活のために—宍道湖からの提言(山室真澄編著), 生物研究社, pp. 13-24.
 - 13) 中村由行・Fatos・Kerciku・井上徹教・柳町武志・石飛 裕・神谷 宏・嘉藤健二・山室真澄(1997) 汽水湖沼沿岸部における水温・水質構造の日周変動—鉛直対流循環が二枚貝生態系に及ぼす影響—. 水工学論文集, 第41巻, 469-474.
 - 14) 大谷修司(2020) 宍道湖におけるヤマトシジミの摂餌, 排出と消化に関する研究. 豊かな内水面水産資源の復活のために—宍道湖からの提言(山室真澄編著). 生物研究社, 東京, pp. 53-64.
 - 15) 山口啓子・幸内綾子・藤岡克己(2008) ヤマトシジミへの給餌と軟体部増加に関する実験. LAGUNA(汽水域研究), 15, 49-55.
 - 16) 野尻由香里・加藤季晋・大谷修司(2018) 宍道湖・中海の植物プランクトン水質調査結果(2018年度)概要. 島根県保健環境研究所報告第60号, 63-79.
 - 17) 相崎守弘・高橋 愛・山口啓子(2001) 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.
 - 18) 管原庄吾・清家 泰(2020) ヤマトシジミに対する貧酸素および硫化水素の影響. 豊かな内水面水産資源の復活のために—宍道湖からの提言(山室真澄編著), 生物研究社, pp. 83-91.
 - 19) 中村幹雄・原田茂樹(2003) 産卵・発生試験. 平成13年度島根県内水面水産試験場事業報告, 117.
 - 20) 国土交通省(2014) ヤマトシジミの動態. 河川技術研究開発制度地域課題分野(河川生態)平成25年度報告書 人との相互作用によって持続する汽水湖生態系の構築, pp39-60.
 - 21) 高橋正治・森脇晋平(2009) 宍道湖におけるシジミ漁業の漁業管理制度. 島根県水産技術センター研究報告, 2, 23-29.