

平成 30 年度島根県委託研究
「宍道湖におけるヤマトシジミ稚貝に及ぼす水草類の影響を軽減する
管理方法の検討」
成果報告

国立研究開発法人 水産研究・教育機構 瀬戸内海区水産研究所
生産環境部 干潟生産グループ長 浜口昌巳
国立大学法人 島根大学 エスチュアリー研究センター
教授 矢島 啓・ 特任助教 原口展子

【目的】

宍道湖はヤマトシジミの漁業が盛んであり、島根県の重要な地場産業となっている。しかし、近年、ヤマトシジミの資源量が減少しており、その回復が切望されていた。島根県では、平成 24 年度より宍道湖保全再生協議会を設置し、ヤマトシジミの資源減少と関連する環境等について調査・研究を進めているが、本研究はその一環として実施した。宍道湖のヤマトシジミは、宍道湖内で再生産した資源を漁獲しており、資源再生のためには再生産機構を調査・研究し、健全化する必要がある。そこで、宍道湖のヤマトシジミの浮遊幼生並びに着底初期稚貝等の初期生態に関して平成 25 年度より調査研究を進めている。その後 3 年間の調査により、ヤマトシジミの稚貝は宍道湖岸の浅場の泥分率の低い砂地に着底し、そのあと成長に伴い、水深 3m 程度の水深帯まで約数百メートルほど移動することが明らかとなった。また、水平方向への移動分散もあり、宍道湖西岸のヤマトシジミの漁業資源は他地区に着底した稚貝が運ばれてきて形成されるのではないかと考えられる結果が得られた。この、ヤマトシジミ稚貝の移動分散過程に関しては平成 26 年度より、当時は鳥取大学で現在は島根大学エスチュアリー研究センター矢島啓教授と宍道湖の流況を再現するモデル上での検証を進めてきた。

一方、近年、宍道湖岸ではオオササエビモなどの水草類や糸状藻類のシオグサ類がヤマトシジミ稚貝にとって重要な生息場所となる浅場の砂地に繁茂や堆積するようになってきており、水草類がヤマトシジミの初期生態に及ぼす影響が懸念されている。そこで、平成 28 年度から水草類がヤマトシジミ稚貝に及ぼす影響評価を開始した。昨年度はオオササエビモとツツイトモがヤマトシジミ稚貝に及ぼす影響を評価した結果、砂地に水草類がパッチ状に分布している状況では、水草類はヤマトシジミ稚貝に何の影響も与えないが、被度が上昇するとヤマトシジミ稚貝の密度が低下し、被度 80~100% で稚貝が全くなくなることが明らかとなった。平成 29 年度は水草帯内に機器を設置して環境の連続観測を行ったところ、夏場にシオグサ類の枯死・腐敗により従来の機器観測で把握できない薄い貧酸素水塊が発生し、これにより湖底の環境悪化が起これ、ヤマトシジミがへい死することが明らかとなった。これらの結果から、水草類が繁茂し、被度が上昇するとヤマトシジミ稚貝の着底を阻害するとともに、夏場に湖底環境を悪化させて稚貝だけでなく成貝もへい死することから、ヤマトシジミの資源の保全再生の観点からは、水草類の適切な管理が必要であると考えられた。

そこで、本年度からは漁業者の方でもできる水草類の管理方法について検討することを目的に、宍道湖漁業協同組合や同青年部の皆さんの協力を得て調査を行った。加えて、昨年度と同様に玉湯地区のライントランセクト調査を継続し、水草類がヤマトシジミに及ぼす影響を評価した。さらに、水草類の宍道湖全体の資源量に及ぼす影響を調べるために、島根県水産技術センターが実施しているヤマトシジミ資源調査のデータを解析した。なお、すべての野外調査は島根県水産技術センター内水面浅海部所属の中村初男嘱託職員による運航の下、調査船「かしま」(0.5 トン) により行い、採取した試料の一部の分析は同科の岡本満専門研究員の協力を得て行った。

【方法】

1. 漁業者の方でもできる水草類の管理方法の検討

図1に示す来待地区の沖合にある保護区で同地区の青年部の漁業者の方々の協力を得て、マンガ（図2）による刈り取り作業を行う場所（以下、刈取区とする）と作業を行わない区（以下、対照区とする）を設定し、7月25日から一か月程度の間隔で刈取作業を行った。刈取作業前の実験区の水草類の状態を図2に示す。調査は刈取前の7月24日、刈取直後の7月26日、その後は8月20日と9月21日に行った。調査はSCUBA潜水によって行った。水草類の調査では、景観被度の測定、15cm×15cmのコドラート内の被度の測定および同コドラート内の水草類を採取し、乾燥させたのち重量を計測して現存量とした。底質環境の調査は、プラスチックシリンジを改造したコア採集器で底質を一定量採取するとともに、現地で酸化還元電位（以下ORPと略する）を測定した。ORPの測定はセンサーコードを長くしてSCUBAにより底質表面で丁寧に設置し、船上でORP計の数値を読み取って行った。採取した底質試料の粒度組成はSALD-3100(Shimadzu社)を用い、硫化物量は柃ガステックの検知管を用いて測定した。ヤマトシジミの密度は20cm×20cmのステンレスコドラートを用いて10cm程度まで底質を採取して1mmの篩を用いて残存したヤマトシジミを計数するとともに、殻長、殻高、殻幅を測定した。ヤマトシジミ稚貝の採集方法は前年度までと同様のコアサンプラーを用いて採取し、0.125μm、0.5mm、1mmのステンレスメッシュで篩い、それぞれの画分毎に稚貝および巻貝類を顕微鏡下で形態法により同定・計数した。なお、各調査項目については、基本的には5つの繰り返しサンプリングを行い、ORPはデータのぶれが大きい場合は測定回数を増やし、最低8回以上の測定を行った。統計検定はR(R Development Core Team, 2008)とSPSS(IBM)を組み合わせた方法で行った。

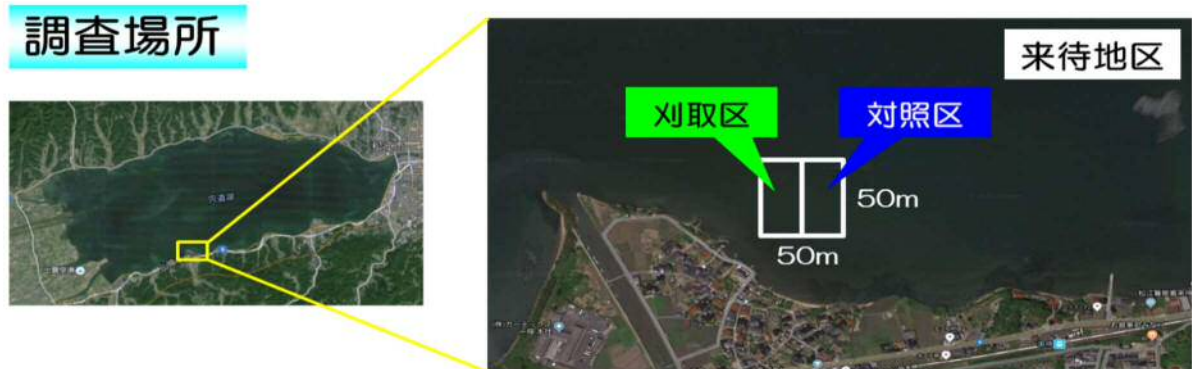


図1. 来待地区の調査場所



図2. 調査に用いたマンガと調査場所の水草類の状態

刈取区と対照区に図4に示す観測機器類を設置して、8月1日から9月30日にかけて波高・周期（湖底+10cm, 30分間隔）、流向・流速（湖底+50cm, 1時間間隔）、溶存酸素濃度（以下、DOと略する。湖底+2cmと50cm, 1分間隔）、濁度（湖底+10cm, 30分間隔）

の連続観測を行った。

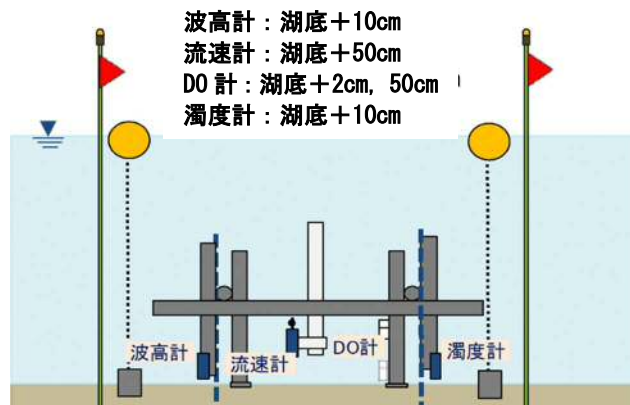


図3. 刈取区と対照区に設置した連続観測機器類

2. 玉湯地区のライトランセクト調査



図4. 玉湯地区のライトランセクト調査場所

調査は、平成29年のGPSデータをもとに、ほぼ同じ場所に沖合から水深3m, 2.5m, 2m, 1.5m, 1mのSt. 1～St. 5の5地点を設定して行った。ヤマトシジミの調査は昨年度までは稚貝を対象としてきたが、本年度は成貝を調査対象とした。ヤマトシジミの密度は各調査地点で5回20cm×20cmのステンレスコドラートを用いて10cm程度まで底質を採取して、それぞれ1mmの篩を用いて残存したヤマトシジミを計数するとともに、殻長、殻高、殻幅を測定した。ORPはセンサーコードを長くしてSCUBAにより底質表面で丁寧に設置し、船上でORP計の数値を読み取った。ORPはデータのぶれが大きい場合は測定回数を増やし、最低8回以上の測定を行った。景観被度は昨年度報告した方法と同様に3m×3mの仮想コドラート内の被度を求めた。また、50cm×50cmのコドラートを用いて各調査地点で10回ずつ種ごとの被度も求めた。統計検定はR (R Development Core Team, 2008) とSPSS(IBM)を組み合わせた方法で行った。

3. 水草類の宍道湖全体のヤマトシジミ資源量に及ぼす影響評価

島根県水産技術センターが実施している平成9年度から本年度までの全てのヤマトシジミ資源調査のデータを解析した。気象データは松江地方気象台のアメダスデータを活用した。

【結果】

1. 漁業者の方でもできる水草類の管理方法の検討

刈取作業による水草およびシオグサ類の種別の景観被度の変化を図5に、被度の変化を図6に、バイオマスの変化を図7に示す。景観被度および被度では、シオグサ類やツツイト

モには有意差が認められなかったが、オオササエビモでは減少する傾向がみられた。現存量

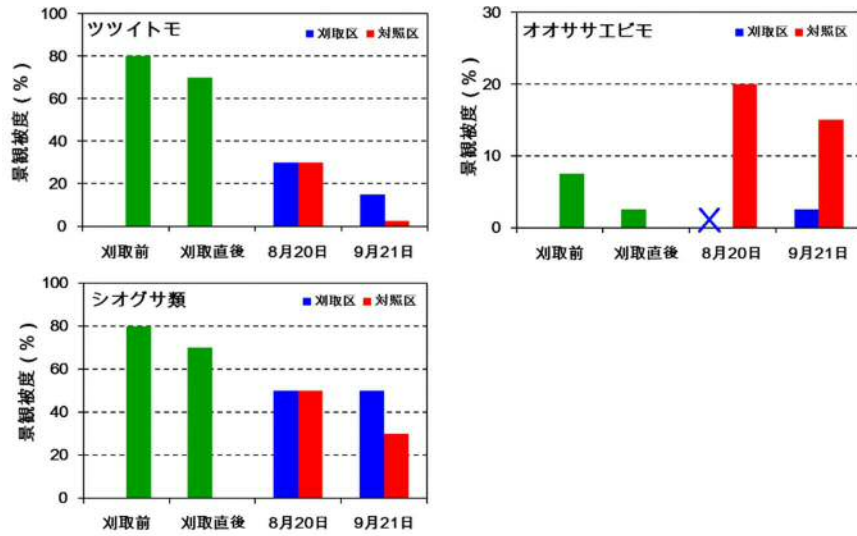


図5. 刈取区と対照区の水草およびシオグサ類の種別の景観被度

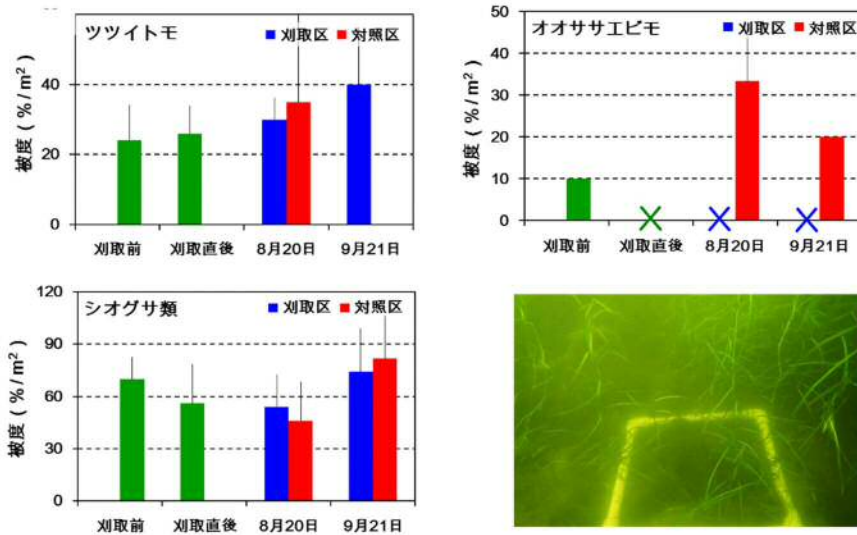


図6. 刈取区と対照区の水草およびシオグサ類の種別の被度

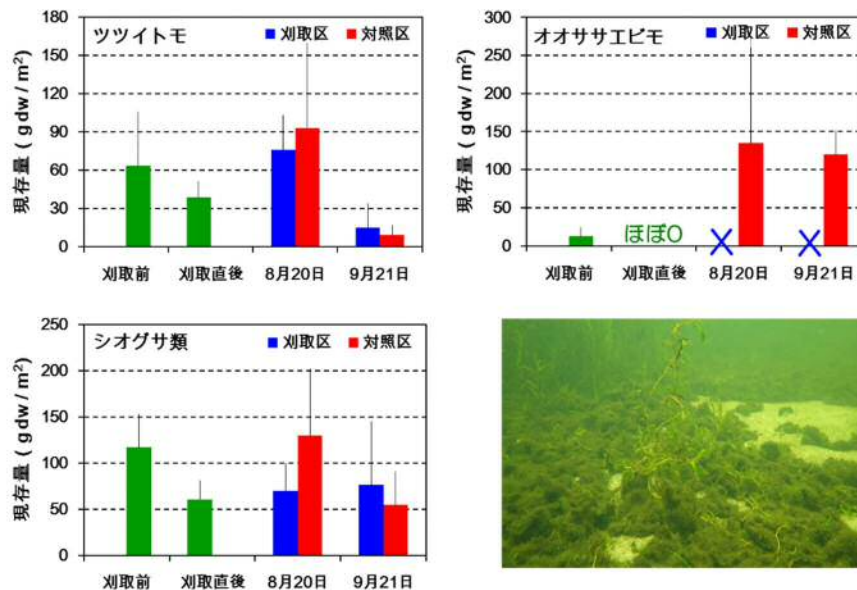


図7. 刈取区と対照区の水草およびシオグサ類の種別の現存量

は刈取区でいずれの種も減少する傾向を示したが、オオササエビモは明らかに減少していた。このことから今回の刈取作業は水草およびシオグサ類全てに除去効果があり、なかでもオオササエビモは確実に除去できているという結果となった。

次に刈取作業による底質環境の変化を検証するが、まずは粒度組成の変化を図8に示す。

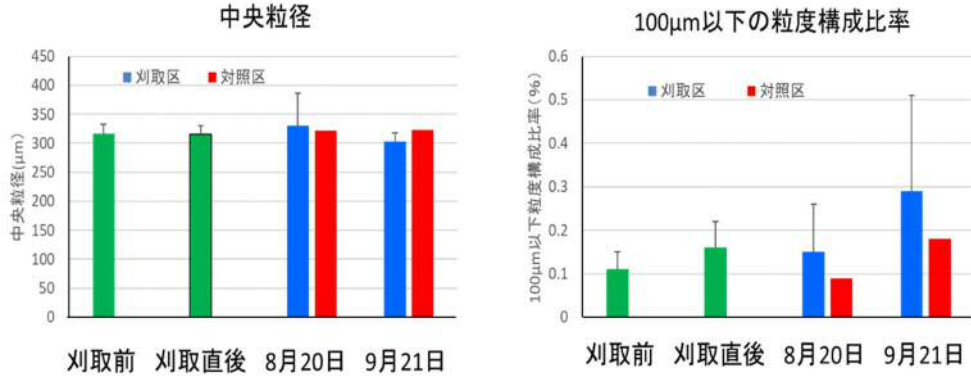


図8. 刈取区と対照区の粒度組成の変化

刈取区および対照区の粒度組成には変化がなく、また、シルトなどの泥分率の上昇もみられなかった。次に底質の硫化物量の変化を図9に示す。

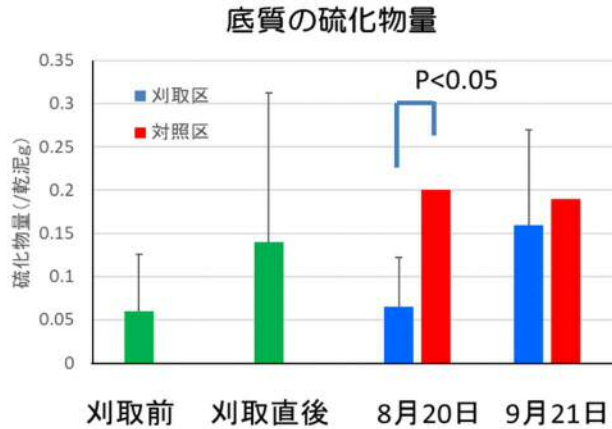


図9. 刈取区と対照区の底質の硫化物量の変化

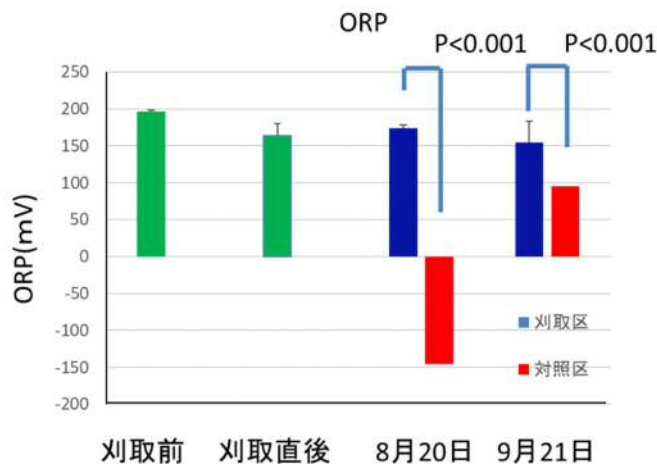


図10. 刈取区と対照区における底質のORPの変化

底質の硫化物量は 8 月 20 日の調査では刈取区で有意に低く ($P<0.05$) , 刈取作業によって底質環境が良好に保たれていることが明らかとなった。しかし, 9 月 21 日の調査では刈取区で硫化物量が上昇し, 8 月 20 日から 9 月 21 日の間に刈取区でも環境が悪化するようなイベントがあったと考えられる。底質の ORP の変化は 8 月 20 日および 9 月 21 日のいずれも有意差が認められ, 刈取作業によって底質環境がヤマトシジミにとって良好な状態と考えられる酸化的环境に保たれていた (図 10)。

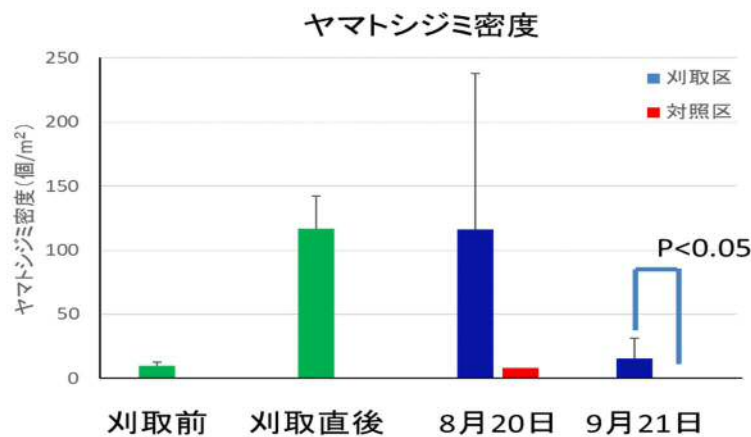


図 11. 刈取区と対照区のヤマトシジミ密度の変化

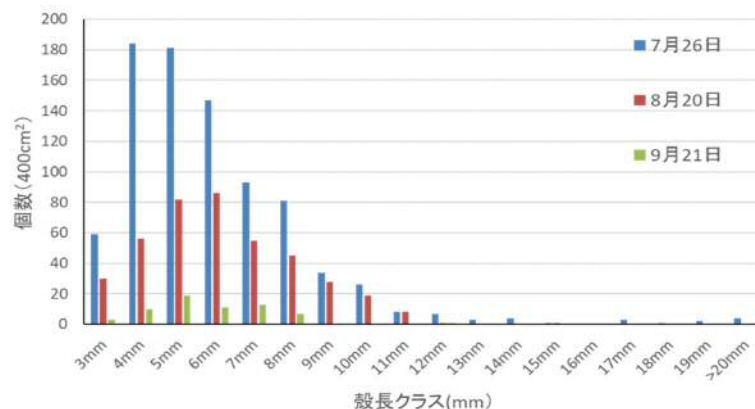


図 12. 刈取区と対照区のヤマトシジミ稚貝の殻長組成

刈取区と対照区の 1 mm の篩に残ったヤマトシジミの密度の変化を図 11 に, 殻長組成の変化を図 12 に示す。ヤマトシジミの密度は 8 月 20 日および 9 月 21 日とも刈取区の方が高く, 9 月 21 日には有意差が認められた ($P<0.05$)。8 月 20 日までは刈取区では刈取直後とほぼ同じ密度であったが, 9 月 21 日には低下した。このことから, 刈取から 8 月 20 日までの間には対照区で, 8 月 20 日から 9 月 21 日の間には刈取区でヤマトシジミの密度を低下させるイベントがあったことが示唆された。図 12 には殻長組成の変化を示すが, 小型から大型個体までほぼ均等に密度が低下していることから, 貧酸素等のイベントにより密度が低下したのではないかと考えられる。

殻長 1 mm 以下のヤマトシジミ稚貝の変化を図 13 に示す。ヤマトシジミ稚貝は 7 月 26 日にはほとんどいなかったが, それ以降は増加して密度が上昇し, 9 月 21 日には刈取区で対照区より密度が高かった ($P<0.01$)。これまでの調査結果から, 刈取区ではオオササエビモが減少し, 底質環境が良好に保たれたことから稚貝が着底したのではないかと考えられる。

連続観測による流速などの環境調査では湖底から 2cm で計測した DO については刈取区と対照区では部分的に差があったが, 波高, 流向および流速には差がなかった。しかし, 潜水調査時の手持ちの水温計では, 水草帯内で 36℃ 近い水温となり, 水草帯外と 2℃ 程度の温

度差が観測された。

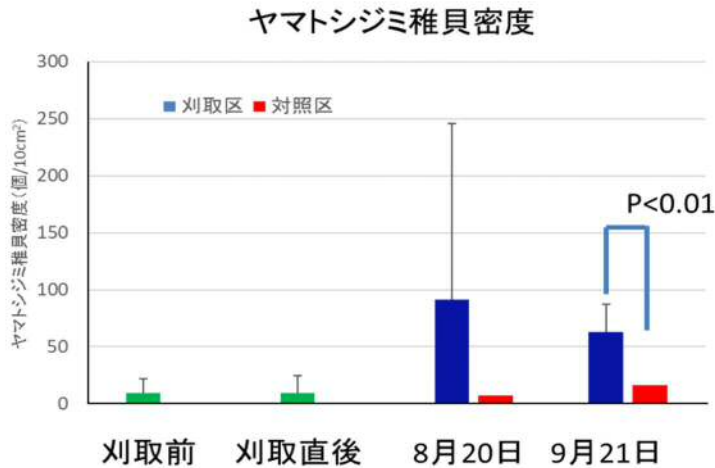
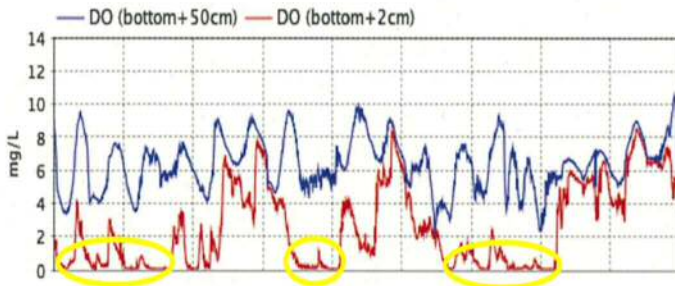


図 13. 刈取区と対照区の殻長 1 mm以下のヤマトシジミ稚貝の密度の変化

以上の結果から、今回実施した漁業者による刈取作業の効果を検証すると、以下のようになる。まず、刈取作業によりオオササエビモは除去されていた。また、ツツイトモおよびシオグサ類も減少していた。底質の環境では硫化物量や ORP は刈取作業により改善されていたが、刈取を行わなかった対照区では底質環境が悪化していた。ヤマトシジミの成貝・稚貝ともに刈取区で密度が高かったが、これはオオササエビモの除去により底質環境が良好に保たれていたためではないかと推測される。このように刈取作業により、水草およびシオグサ類が除去されるだけでなく、底質環境も改善されることも明らかとなった。従って、マンガやジョレンなどを使った水草類の除去効果はヤマトシジミ漁場の環境を好適に保つという目的でも有効であると考えられる。

★減耗时の対照区における溶存酸素濃度の変化 (8/12-16)



期間中に連続的に貧酸素状態を観測

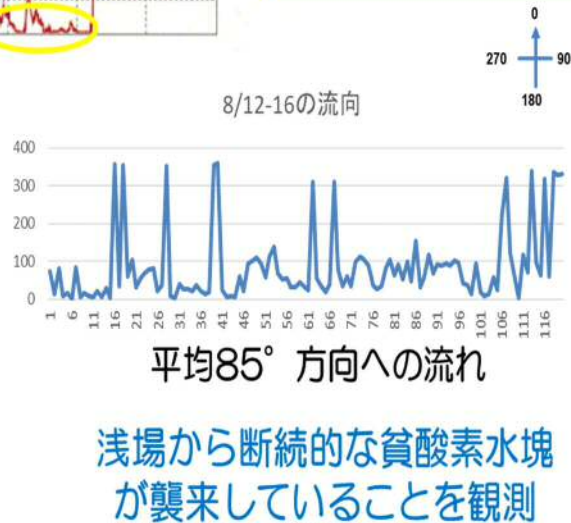


図 14. 対照区の湖底から 50 cm と 2 cm の溶存酸素濃度 (DO) の 8 月連続観測結果

一方、今回調査を行った来待地区では、ヤマトシジミは 8 月 12~16 日に刈取を行っていない対照区で、9 月 13~17 日に刈取を行った区で 2 回の減耗があったと考えられる。これらの原因について検討するために連続観測のデータを解析した。

刈取区と対照区の 8 月の DO の連続観測結果を図 14 に示す。8 月には対照区では湖底から 2 cm の DO がほぼ 0 となる貧酸素状態が複数回観測されていた。刈取区ではこのうち 8 月上旬では DO が 0 とならなかったなど、貧酸素の程度が軽減されていた。昨年度、玉湯地区で同様の観測を行ったが、宍道湖の浅場では、お盆前後に貧酸素が発生していたが、本年も同様にお盆前後に貧酸素状態となっていたと考えられる。このうち、比較的長く貧酸素状態となっていた 8 月 12 日~16 日の流向は北向きの成分が多く、平均すると 85° と岸側から沖向きの流れが生じていた。昨年度の報告書で報告したが、この時期は岸側に分布するシオグサ類が枯死・腐敗することによって浅場で貧酸素と硫化物が発生するが、このような水塊が今回の実験区に流入し、主に対照区でヤマトシジミを減耗させたのではないかと考えられる。一方、9 月に刈取区でもヤマトシジミを減耗させた要因としては図 15 に示すように、8 月の対照区とは逆向きの沖から岸側への流れにより、沖合から硫化物を含む貧酸素水塊が来た可能性がある。これらに加えて、水草帯内の高水温もヤマトシジミを弱らせる要因となり、減耗が大きくなったと推測される。

★減耗時の刈取区における溶存酸素濃度の変化 (9/13-17)

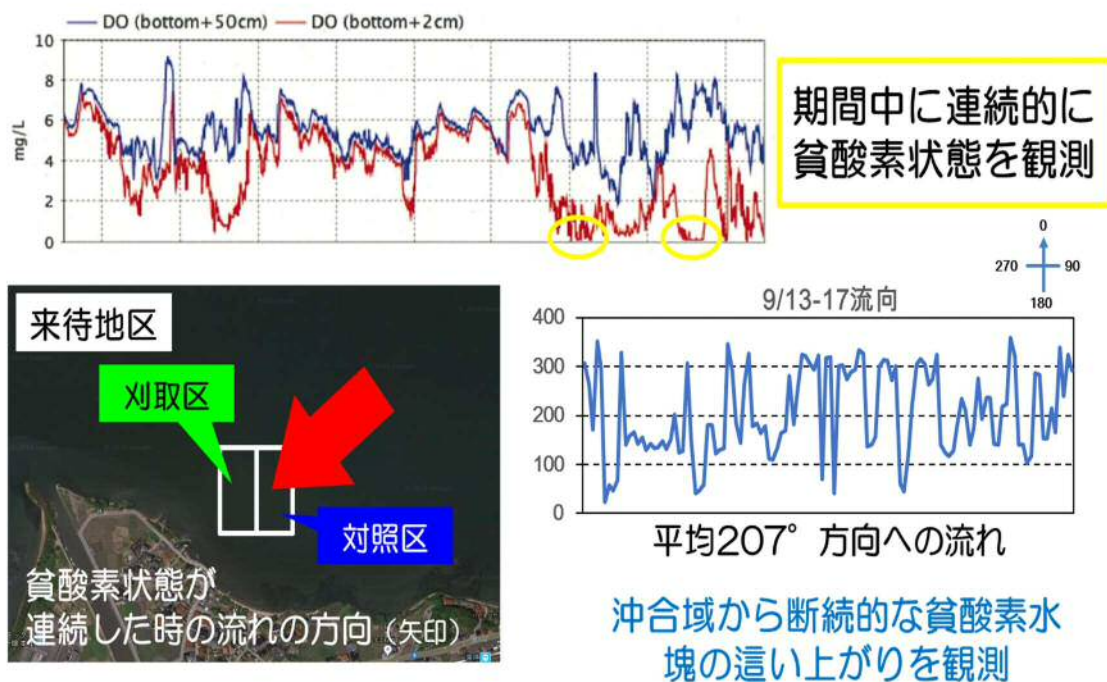


図 15. 刈取区の湖底から 50 cm と 2 cm の溶存酸素 (DO) の 9 月連続観測結果

現在の宍道湖湖底では、図 16 に示すように水草類やシオグサ類が繁茂することによって従来の湖盆部の貧酸素水塊が這い上がる青潮だけでなく、浅場の水草帯内とそのやや沖合で主にシオグサ類が原因となって貧酸素水塊が発生すると考えられる。前者は高塩分・低水温などで識別可能であるが、後者は本年の調査結果を見る限りは塩分・水温では識別できないと推測される。

今後、水草の繁茂密度が低下しない限り、夏場はこのような水草帯の周辺で貧酸素水塊が発生しやすくなり、ヤマトシジミがへい死したり、着底場所が制限されるなどの要因により漁場面積が狭まったりする可能性がある。そのため、漁場環境を良好に保つためには本年度実施したような刈取作業などによる水草の管理が必要なのではないかと考えられる。

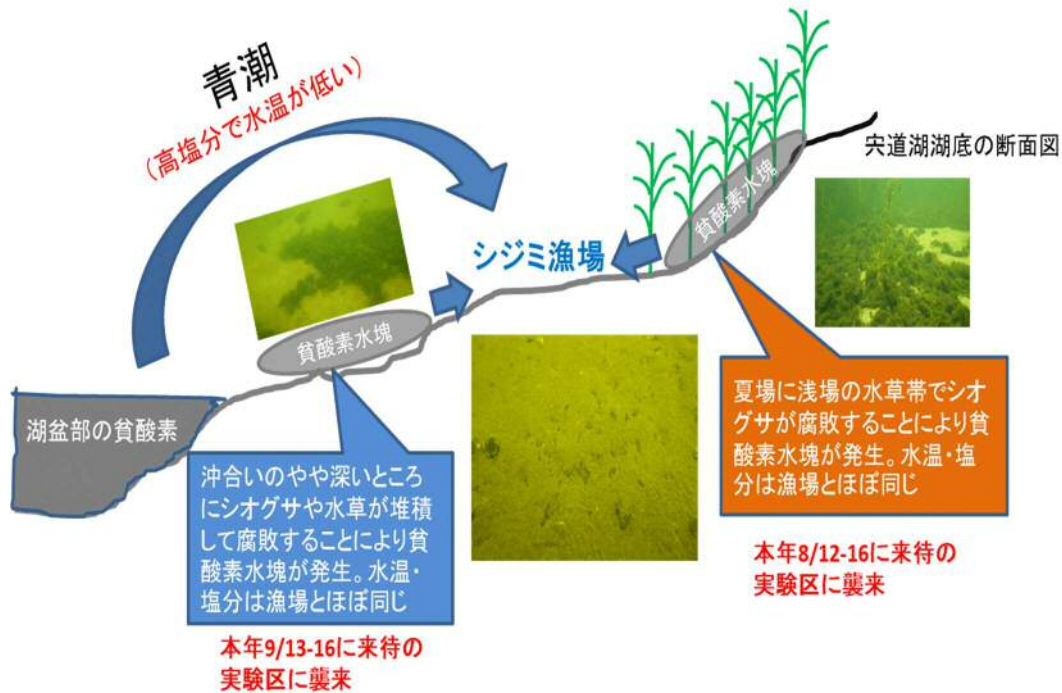


図 16. 現在の宍道湖湖底における貧酸素水塊の発生原因

2. 玉湯地区のライトランセクト調査

玉湯地区の水深の異なる 5 地点の水草およびシオグサ類の被度の変化を図 17 に示す。

被度

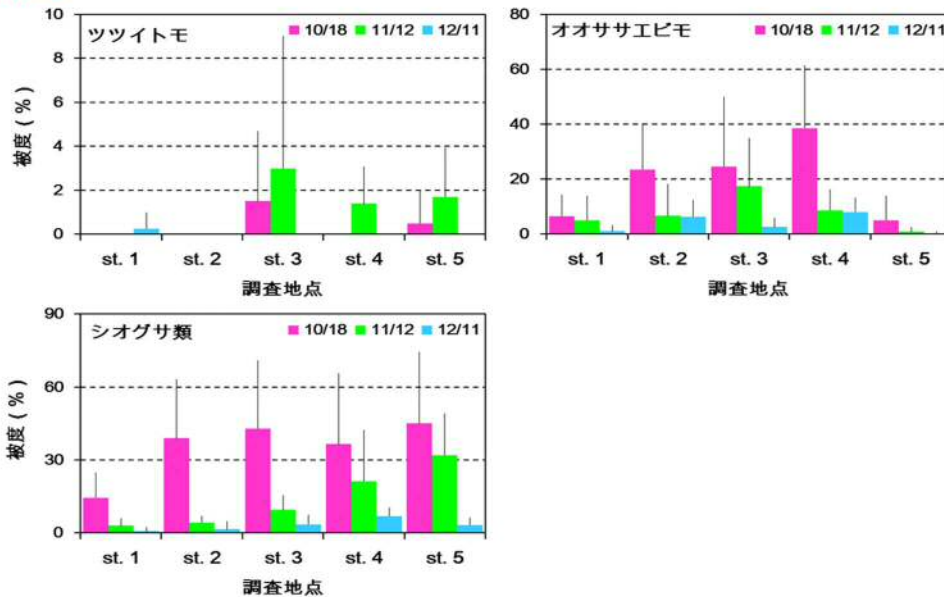


図 17. 各調査地点の水草およびシオグサ類の被度の変化

昨年度は、同じライトランセクトで 6 月から 10 月まで連続調査を行ったが、そのデータと比較すると、昨年度まですべての水深帯で観察されていたツツイトモが深場で少なかった。また、昨年は 3m の地点では観察されなかったオオササエビモが同水深で確認された。定量的なデータは本調査の結果しかないが、本年度は来待地区での潜水調査や玉湯地区での春から夏にかけてのシュノーケリングによる水草類の繁茂状況の観察結果から、水草帯が深場に拡大しているのではないかと考えられる。そのため、本年度前半に目視を中心とした

観察によりオオササエビモなど水草類が減少したという報告があったが、潜水してみた感想や本調査結果から特にオオササエビモは水上からの目視観察では確認できない深場で繁茂面積が拡大しているのではないかと考えられる。このため、今後は目視やドローン等による観察や撮影だけでなく、潜水もしくは水中カメラ等を用いた詳細な分布調査が必要なのではないかと考えられる。また、昨年、水深2m以浅の岸近くに分布していたシオグサ類が、本年は水深1～3mまで広範囲に分布しており、また、12月11日の調査でも確認されており、分布域が広がり、長い期間宍道湖湖底に残存していた。この原因については、本年は昨年より塩分が低めに推移していたので、低塩分によりシオグサ類の生理・生態的特性が変化したか、あるいは、シオグサ類はいくつかの種で構成されているので、低塩分により種組成の遷移が起こった可能性がある。これらについてはシオグサ類の室内実験などによる生理実験を行うとともに、遺伝子解析による種判別を行うなど詳細に検討する必要がある。

次に、ORPによる底質環境を調べた結果を図18に、ヤマトシジミの殻長1mm以上の個体密度を図19に示す。宍道湖ではこれまで夏場にシオグサ類が枯死・腐敗して環境が悪化する事例が報告されているが、本年は図18に示すように11月中旬でも何らかの要因で還元状態が生じた可能性がある。これは、本年の特徴として前述したシオグサ類が広範囲に、かつ、長期に残存していたことが原因となっている可能性も考えられる。一方、ヤマトシジミの分布はこれまでは水草類の密度が減少する秋以降では、波浪等により移動分散により均質化する傾向がみられたが、本年は12月中旬まで一定の水深帯に分布しており、水草類が衰退した後、これまでのように漁場として復活しなかったのではないかと考えられる。これについては、昨年度までの調査研究により、宍道湖では一か月に一度程度の強風により生じる波浪により、ヤマトシジミが移動分散すると推測されているが、本年は風が弱く、穏やかな日が多かったため、分布域を変化させるような風浪が生じなかった可能性もある。

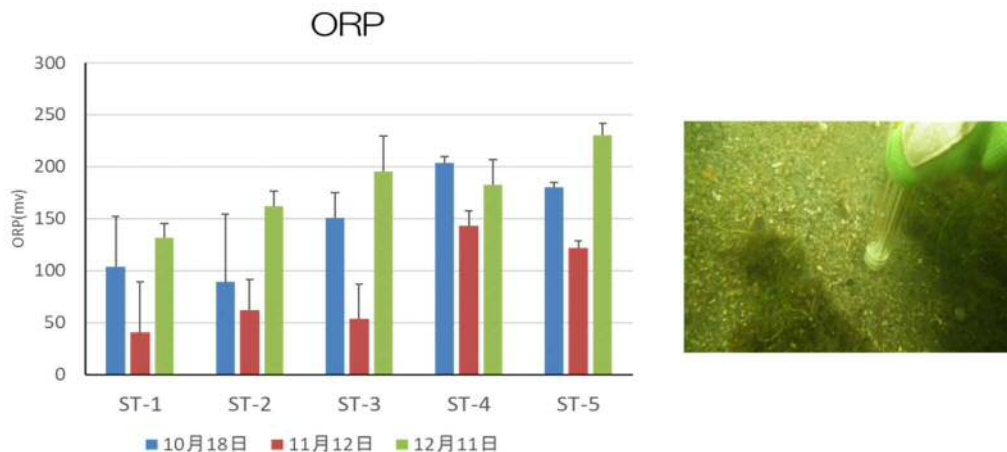


図 18. 各調査地点の底質のORPの変化

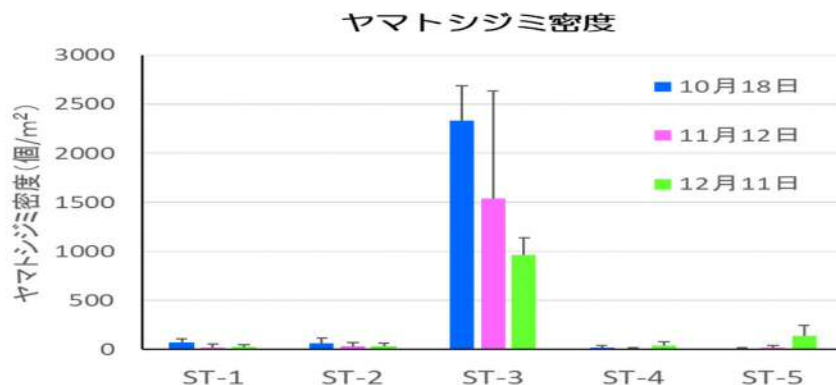


図 19. 各調査地点の殻長1mm以上のヤマトシジミ密度

3. 水草類の宍道湖全体のヤマトシジミ資源量に及ぼす影響評価

平成 25 年以降宍道湖のヤマトシジミの資源量は高位で安定してきたが、本年は春から秋にかけて急激に減少した。この原因として水草やシオグサ類の影響が考えられるが、昨年度までの報告書や前項までの調査や研究により、そのメカニズムは明らかになりつつある。一方で、水草やシオグサ類が宍道湖のヤマトシジミ資源にどのような影響を与えているのかについては、今後とも検証する必要があると考えられる。本項ではその一環として本年の春から秋にかけての資源減少を島根県水産技術センターのこれまでのヤマトシジミ資源量調査データを用いて解析した。過去の調査データから、春から秋にかけてはほとんどの年で資源が増加しているが、平成 9 年、15 年、18 年そして本年では逆に減少している。これらのうち、平成 9 年、15 年、18 年は梅雨から夏にかけて大雨や台風による出水の影響と考えられているが、本年はこのような影響はなかった。まず、資源減少がどのような場所で起こっているのかを調べるために資源量調査のデータについて水深帯別に解析した結果を図 20～22 に示す。

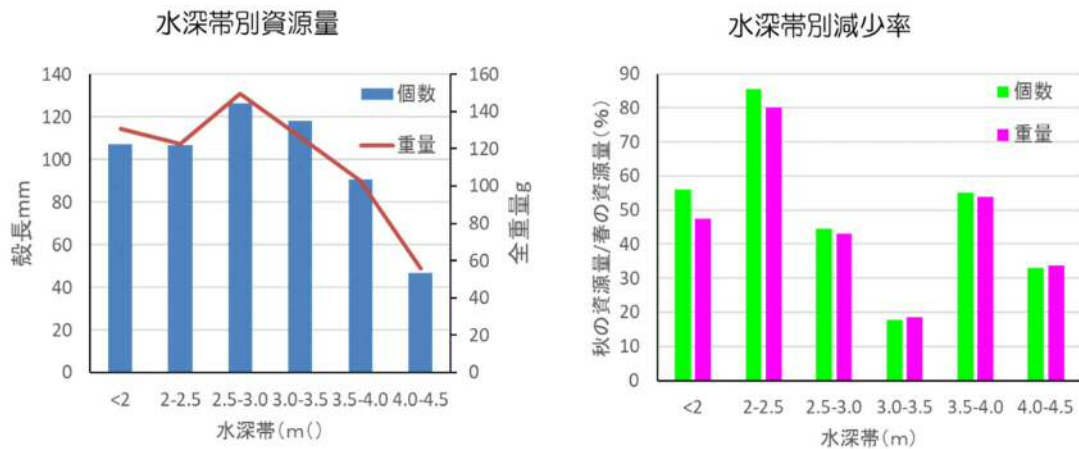


図 20. 宍道湖の水深帯別資源量（左）と本年の水深帯別資源減少率（右）

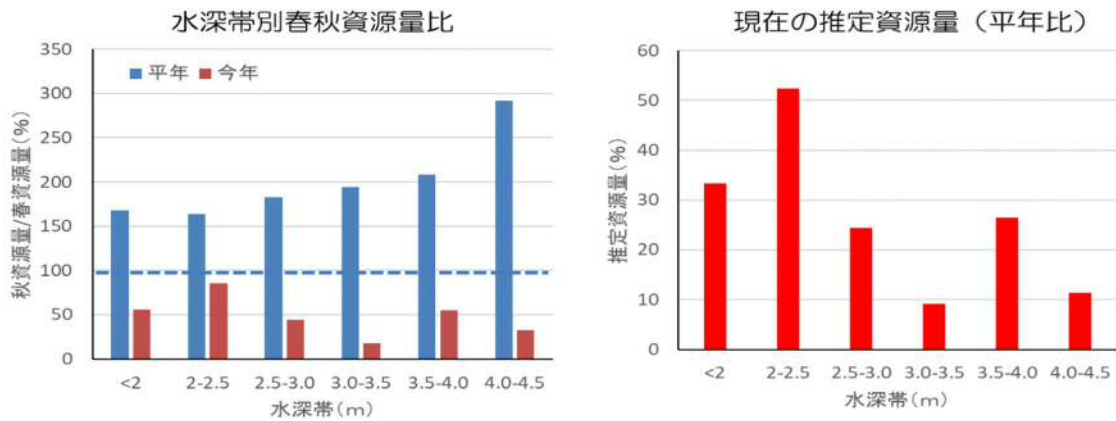


図 21. 過去の水深帯別の春と秋の資源量比（左）と平年と比較した水深帯別推定資源量（右）

図 20 はこれまでの資源量調査からどの水深に資源が多いかを示しているが、水深 3.5m までは資源量はほぼ同じで、それ以上の水深では減少するという傾向を示した。本年の春から秋の水深帯別の資源減少率を図 21 に示す。本年は水深 2m より浅いと 2.5～3.5m の減少率が高かった。水草類は水深 1～3m 程度に分布しており、また、前項までの報告で本年はオオササエビモが 3m より深い場所に進出しており、図 16 で示したような貧酸素水塊の発生などにより、ヤマトシジミの好適な生息環境が狭くなっている可能性が考えられており、これらの原因により、このような結果となったのかもしれない。

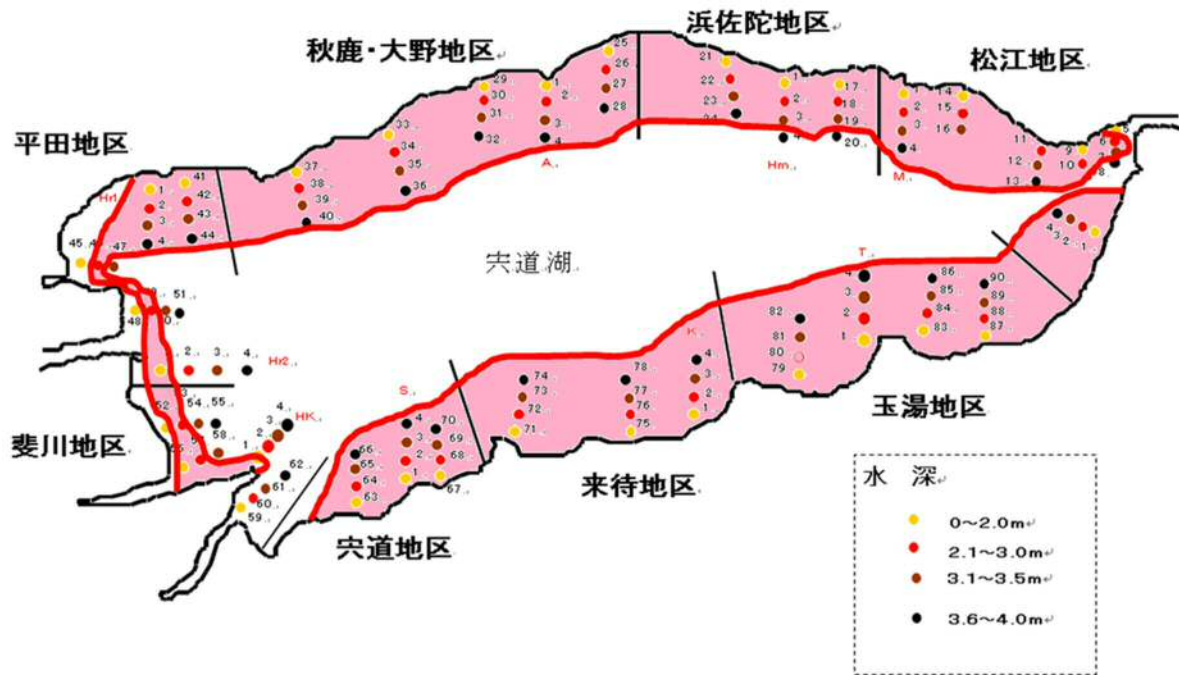


図 22. 平年と比較した場所別春と秋の資源量減少率. 減少した場所はピンク色で示す。
 (本図は島根県水産技術センター清川研究員の原図をもとに作成した。)

また、図 21 には過去の資源量データと今年の春から秋の資源減少を比較した結果を示すが、このデータからも前項の玉湯地区のライトランセクト調査で得られた結果と同様に水深 2m 前後の場所しか資源状態が良くないことを示していると考えられる。このように、今年の春から秋にかけての資源量の減少には水草やシオグサ類の影響が考えられる。しかし、図 22 には宍道湖内の場所別の春から秋の資源量減少がみられた地点をプロットしてみると、水草が繁茂していた北部や南部のみならず、東部も資源減少が見られた。しかし、東部は水草類の繁茂量が少ないため、水草類の影響による資源減少ではない可能性がある。その一つには、前述したように漁場が縮小しているために、漁業者の漁獲が集中した可能性がある。また、今年夏は猛暑であり、猛暑による高水温の影響も考えられるので、今後も詳細に解析する必要がある。

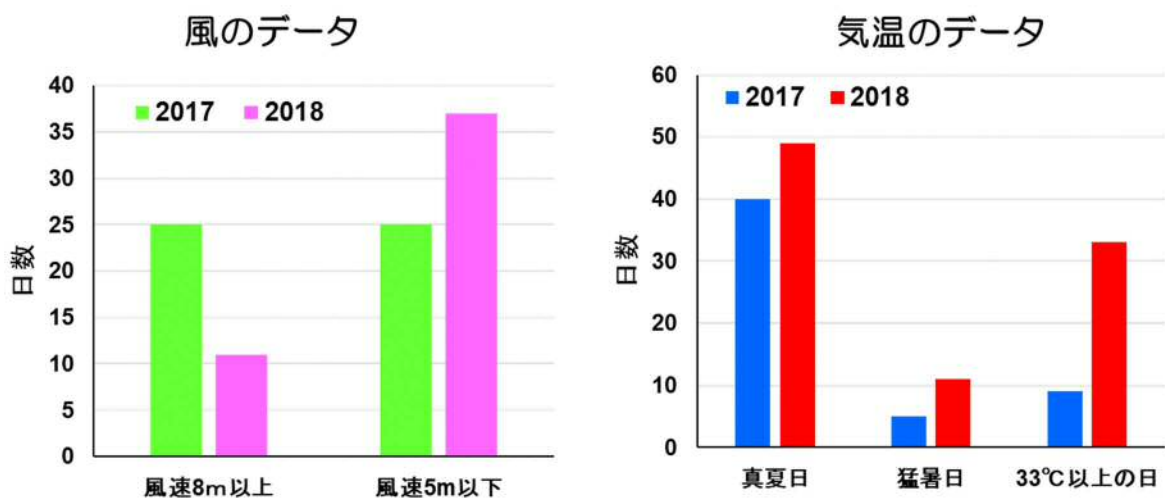


図 23. 松江地方気象台の昨年と今年の風と気温のデータ
 一方、昨年度の私たちの報告書では、水草帯内における貧酸素水塊の発生機構を解明し、

その結果から今後、風の弱い、暑い夏の日が続くとより大規模なへい死が起こる可能性を示唆している。では、本年はこの風の弱い、暑い日が多かったのかを検証するために、松江地方気象台のアメダスデータを昨年度と比較した(図 23)。昨年度は、風が強い日が多く調査がしばしば延期されるほどであった。まず、風のデータは風力 5 (風速 8m 以上) の日数は昨年の方が本年より多く、それに対して風速 5m 以下の日は本年の方が多かった。このことから本年は昨年と比較すると風の強い日が少なく、穏やかな日が多かったことを示している。次に気温は気象庁が猛暑の指標としている真夏日(気温 30℃以上)および猛暑日(気温 35℃以上)はともに本年の方が多かった。しかし、これらに該当しない 33℃以上の日は本年の方が昨年より圧倒的に多く、本年は暑い日が長く続いたことを示している。このように本年は昨年と比較して、風が弱く、暑い夏であったと考えられる。このことが一つの要因となり、水草やシオグサ類による環境悪化が大規模に発生してヤマトシジミ資源が減少したのではないかと考えられる。このような資源減少はこれまで宍道湖では観察されていなかったが、今後も水草やシオグサ類が減少しない限りは、風が弱い、暑い夏には大規模な資源減少が発生すると考えられる。従って、今後は前出の 1. の項で示したような漁業者による漁場の維持管理作業に加え、より大規模な水草対策を講じる必要がある。

参考文献

R Development Core Team 2008. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <http://www.R-project.org/>