

# 宍道湖生態系モデルの漁業管理への活用

## (宍道湖生態系モデルの漁業管理への活用調査)

清川智之・原口展子・浜口昌巳<sup>1</sup>・畑 恭子<sup>2</sup>

### 1. 研究目的

宍道湖のヤマトシジミ（以下、シジミ）の漁獲量は長期的に減少傾向にあり、平成 23 年には過去最低のレベルに落ち込むなど漁家経営に深刻な影響が生じた。そのため平成 24 年から「宍道湖中海再生プロジェクト」を開始し、シジミの生態や減耗実態を明らかにするなどの各種調査・研究を行い、得られた結果から環境とシジミ資源変動を再現するシミュレーションプログラム（以下：宍道湖生態系モデル）を開発した。本研究では、宍道湖生態系モデルをベースとした漁獲管理モデル開発し、シジミ生産量の安定化や生産金額向上のための資源管理（漁獲規制）の導入を目的とし、シジミ漁業が資源に与える影響や、シジミの成長に関するデータを収集した。

また、これまでの調査・研究から、シジミ資源の保全再生のためには大量繁茂する水草類の適切な管理が必要であると考えられている。このようなことから、令和 1 年度に島根県水産技術センターでは「漁業者による水草の管理マニュアル」を作成した。そこで令和 2 年度は、マニュアルで提案されている、水草類の衰退期における繁茂の予防策に対する効果検証を行った。さらに、水草類の濃密帯が時化によって裸地帯となった場所において、水草類がどのように加入し、繁茂していくかの過程も併せて観察した。

このほか、環境 DNA を用いたシオグサ類の分類ならびに繁茂状況把握の可能性や、metabarcoding 解析技術を用いた、ヤマトシジミや有用魚類の餌料となる動物・植物プランクトン発生状況のモニタリング手法開発について検討を行った。

### 2. 研究方法

#### (1) 漁獲管理モデルの開発

##### ①解析年追加の必要性和追加する解析年

これまでの宍道湖生態系モデルは、平成 23～25 年の 3 ケ年の条件において、前年 10 月（もしくは 6 月）の資源量を入力し、その後の変化を予測している。しかし平成 23～25 年の 3 ケ年は、6 月の資源量がその他の年と比較して非常に少なく、また 6 月調査から 10 月調査の間の環境条件が、

平成 26 年以降と比較して異なる点が多く、今後これら 3 ケ年の条件のみでシミュレーションを行った場合、正しい結果が得られない可能性が示唆された。そのため平成 26 年以降の条件を用いてシミュレーションを実施するとすれば、いつのデータを用いた解析が妥当か検討するため、過去の 6 月の資源量調査結果と、6 月から 10 月の資源量増加率、およびその際の塩分や植物プランクトンの組成や特徴を整理した。

##### ②夏場の高水温がシジミに与える影響

過去には夏季の高水温が原因と思われるシジミの大量斃死が発生しているが、現在の宍道湖生態系モデルでは夏季の高水温の影響は考慮されていない。そのため夏季の高水温に相当する水温 34℃、32℃、および 30℃の環境下においてシジミの密度を変化させ（3 段階とし、その飼育密度は宍道湖のシジミ生息密度を考慮）変えたうえで 1 ケ月間飼育し生残状況を調べた。

#### (2) 水草類の管理方法の検討

##### ①水草類の繁茂予防策に対する効果検証

宍道湖北東岸に位置する西長江の水深 2.5m 帯において、大型マンガ曳きを実施した場所と実施していない場所（対照区）を調査地とし、水草類の被度や現存量、シジミの生息密度、底質の酸化還元電位 (ORP) を調査した。大型マンガ曳きは、水草類の衰退期にあたる 3 月に一回のみ実施した。調査についてはマンガ曳き実施直後の 3 月、繁茂期の 8 月と 9 月の計 3 回行い、水草類の繁茂抑制効果を検証するとともに、シジミの生息環境改善の有効性も検討した。

水草が消失した場所での水草回復調査については、宍道湖南岸中央部に位置する来待の水深 2m 帯において、1 月下旬、8 月上・下旬の計 3 回実施し、調査内容は上述の調査と同様とした。

##### ②環境 DNA を用いたシオグサ類の分布調査手法の開発

宍道湖に生育するシオグサ類のうち、*Cladophore glomerata* および *C. vagabunda* について、核 DNA の塩基配列から PCR プライマーを作成し、環境 DNA によるシオグサ類の分布状況可能性について検討した。

### (3) metabarcoding 解析による動物・植物プランクトンのモニタリング手法の検討

ヤマトシジミやシラウオなど、宍道湖における有用水産生物の餌料となる植物プランクトンや動物プランクトンの発生状況を把握するため、次世代シーケンサーによる metabarcoding 解析を活用した餌料生物の発生状況のモニタリング手法の開発について検討を行った。

なお、(2)並びに(3)の課題は国立研究開発法人水産研究・教育機構水産技術研究所への委託研究により実施した。

## 3. 研究結果

### (1) 漁獲管理モデルの開発

#### 【解析年追加の必要性と追加する解析年】

平成9年～令和2年の24年間における6月の資源量と6月～10月の資源量増加率の相関は、 $R=-0.721$ と相関がある程度であったが、平成25～令和元年の相関は $R=-0.969$ と非常に高かった。これは平成25年以降の塩分が安定的に高いことや(平成30年と令和2年は低く推移)、平成25年以降は藍藻の中でもアオコ(*Microcystis. sp*)の出現がみられなくなったこと等、いくつかの要因が考えられた。

今年度の解析結果から、これまで宍道湖生態系モデルで使用していた3ヶ年(平成23年～平成25年)の条件が特殊であり、今後シミュレーションを行うためには、近年の状況を反映したデータを用いる必要があると考えられた。そのため近年の状況を反映していると考えられる平成25年以降のうち、6月の資源量が非常に少なかった平成25年や、資源量が急減あるいは急増した平成30年～令和2年を除いた複数年の条件でシミュレーションを行えば、より最近の条件が反映されたモデルの作成が可能と推察された。

なおこれらの結果から、今年度のモデル改良については平成27年、28年および29年のデータを用いて改良することとし、いであ株式会社に委託を行った。改良されたモデルについては、令和3年3月末に納品された。

#### 【夏場の高水温がシジミに与える影響】

高密度の場合では1ヶ月間の平均水温が $34^{\circ}\text{C}$ の場合で生残率が約30%、 $32^{\circ}\text{C}$ の場合で生残率が約90%となった。なお密度と生残率の間に明確な関係は認められなかったが、水温が $30^{\circ}\text{C}$ の場合でも高密度区において約70%の斃死が発生した試験区があったこと(同じ条件でも斃死がほとんど発

生しない試験区あり)、また6月の資源量と6月～10月の資源量増加率には負の相関( $R=-0.721$ )があることから、6月の資源量が多いことはその後の資源量の増加に対して負の影響があると考えられ、シミュレーションを実施する上でこれまで以上に密度の考慮が必要と考えられた。なお本結果はモデルの改良に反映されている。

### (2) 水草類の管理方法の検討

#### ①水草類の繁茂予防策に対する効果検証

水草類の調査結果から、オオササエビモは地下茎を取り除くことで少なくとも6ヶ月は再繁茂することはないことがわかった。また、大型マンガ曳きをすることで底質改善効果も期待でき、シジミの生息にとっても良い環境が維持されることが示唆された。しかしその一方で、裸地が形成されるとツツイトモやリュウノヒゲモが加入し、増加することがわかった。

水草回復調査の結果からも、大型マンガ曳きと同様、オオササエビモの再繁茂は確認されなかったが、ツツイトモがいち早く侵入し繁茂する傾向を示した。底質のORPについては、8月下旬の水草帯で還元状態を示したが、裸地区では酸化状態であった。一方、シジミの生息密度については、8月上旬と下旬に変化はなく、へい死も観察されなかった。オオササエビモ群落が衰退してもツツイトモ群落の発達によって底質の還元化が観察されたことから、今後はツツイトモやリュウノヒゲモについての防除策も検討する必要がある。

#### ②シオグサ類の環境DNA調査手法の開発

今回設計したPCRプライマーにより、*Cladophore glomerata* および *C.vagabunda* の種判別が可能となった。このことにより、水草類の分布調査の際、同時に採水することで、繁茂するシオグサ類について種の判別を行うことが可能となった。

### (3) metabarcoding 解析による動物・植物プランクトンのモニタリング手法の検討

metabarcoding 解析を行うにあたり、動物・植物プランクトンのDNA抽出状況について、3種類の市販DNA抽出キットを用いて比較を行った結果、DNA抽出方法としてQuiagen社製DNeasy Blood & Tissue Kitが最適であると判断された。令和2年4月～11月までの試料から、同キットによりDNA抽出を行い、抽出されたDNAサンプル中から、核DNAの18rRNA領域を用いてmetabarcoding解析を行った。解析の結果、動物プランクトンについては、4月にミジンコ類の出現が見られた以

外は、年間を通じてカイアシ類の検出リード数が高かった。特に、*Sinocalanus sinensis* は周年検出され、*Pseudodiaptomus inopinusga* については、9月以降に検出リード数の増加が確認された。また、植物プランクトンについては、令和元年度に行った予備的試験の結果と比較すると、令和2年度はクリプト藻類、ハプト藻類、珪藻類の検出リード数が共に少ないという結果であった。

本試験により、宍道湖における動物・植物プランクトンの出現傾向を把握する手法として **metabarcoding** 解析は有効な手段であると考えられた。一方、核 DNA の 18rRNA 領域を用いた **metabarcoding** 解析手法では、ヤマトシジミの資源状態が良くない時期に出現するとされる藍藻類の出現状況を検出することができないという課題が残された。今後、藍藻類に対応した **metabarcoding** 解析を行うためには、藍藻類の検出が可能な遺伝子領域を選択する必要がある。

なお、(2)水草類の管理方法の検討ならびに (3) **metabarcoding** 解析による動物・植物プランクトンのモニタリング手法の検討詳細については別紙 令和2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」成果報告書を参照のこと。

※1 国立研究開発法人水産研究・教育機構水産技術研究所  
(廿日市拠点)

※2 いであ株式会社国土環境研究所水環境解析部