

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)

松本洋典・福井克也・浜口昌巳¹・畑 恭子²

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、2011（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2012（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を開発し、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。そこで前年に続き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。

2. 研究方法

(1) 漁獲管理モデルの開発

昨年度、急激な資源量の変動が見られた特異年を除いたデータ（2015（平成27）～2017（平成29）年度分）を基に改良したモデルについて検討した。なお本モデルは運用に際して一定の自然死亡係数を設定し、資源量調査で得られた殻長組成を初期値として入力することで任意の経過月時点における資源量が殻長組成として返ってくる。そこで自然死亡係数 M を1.92に設定し、2011（平成23）～2013（平成25）年の6月の資源量を入力し、各年の10月の資源量の予測値を求め、資源量調査の際に得られた資源量値を正解値として評価した。

(2) 水草類の管理方法の検討

昨年度の大型マンガに続き、今年度は高い除草効果が期待できる噴流式装置を使った除草を行った。除草の対象種をオオササエビモとし、宍道湖南東岸に位置する松江市玉湯地区の水深1.2～1.5 m帯を調査地とした。除草範囲は噴流式除草装置を移動させる区（人力区）では20 m×40 m、船曳きで噴流式除

草装置を移動させる区（船曳区）では40 m×40 mとした。また、除草を行わない両除草区の間を対照区とした。除草効果の判定には、スキューバ潜水により水草類の生育状況とヤマトシジミの生息状況を調査した。オオササエビモについては20×20 cmのコードラートを各区に5箇所ずつ設置し、コードラート内の被度を観察・記録するとともに、コードラート内の水草類をすべて回収し、本数の計数と現存量（g-dry/m²）を求めた。また、コードラート採集場所の周囲の水草繁茂状況を評価するために景観被度も記録した。景観被度は被度100%から0%までを20%刻みに5～1の5段階評価とした。コードラート内のオオササエビモ以外の水草類は現存量だけを調べた。さらに試験区、対照区内のヤマトシジミ生息状況について、20×20×10 cmのスチレン製コードラートを用いて殻長1 mm以上のヤマトシジミを採取して計数した。

(3) メタバーコーディング解析による動物・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メタバーコーディング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

評価対象とした2011（平成23）～2013（平成25）年度の資源量調査で得られた10月の殻長の大型個体は最大で26 mm程度であったのに対して、予測値では36 mmと明らかに過大であった。そこで、モデル内部のプログラム式のうち同化効率係数を調整（0.70→0.01）したところ、各年とも概ね適合した。

一方で資源個体数予測値と正解値との差は変動が大きく、2倍を超える差異が認められる年もあった（2011（平成23）年）。これについては、自然死亡係数が一定でなく大きな年変動があることを示し

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

ているが、現時点でその変動要因は不明で予測はできない。一般に汽水域は水温塩分などの変動の幅が大きく、生物の生息にも直接・間接的に大きく影響する。また、ある時点での生物の生息密度がその後の生息に影響を及ぼすことも知られている（密度効果）。本モデルの運用に際しては、各種要因の生残への影響を明らかにし、年ごとに適切な自然死亡係数を設定することが不可欠である。

(2) 水草類の管理方法の検討

噴流式装置による除草は2020（令和2）年12月9日に行った。噴流式装置の曳航方法別に除草の状況を比較すると、人力区の方が採取された地下茎の数が多く、人力区の方が地下茎の除去効果は高かった。2区で除草量に差が出た原因として、船曳区では曳航速度が速く、十分にオオササエビモの地下茎を掘り起こすことができなかつたためと推測された。

除草後のスキューバ潜水調査は、除草作業直後として2021（令和3）年1月26日に、除草作業約6ヶ月後として2021年7月21日に、除草作業10ヶ月後として2021年10月14日の合計3回行った。

水草類の景観被度については、草作業実施約6ヶ月後まで人力区では水草類の被度は低かったが、除草作業実施約10ヶ月後には差が無くなった。またオオササエビモについては、船曳き区と人力区では、除草作業実施6ヶ月後まで1㎡あたりの本数および乾燥重量ともに対照区と比較すると少なかった（ $P < 0.01$ ）が、10ヶ月後には3区ともに差が無くなった。オオササエビモ以外の水草類はいずれも人力区で少ない傾向を示した。これらの結果から噴流式除草装置の人力区ではオオササエビモ以外の水草類も除去効果が高いと考えられた。

ヤマトシジミ生息状況については、1㎡あたりのヤマトシジミの個数を比較したところ、それぞれの除草区、対照区の間で有意差が認められず、ほぼ同じ密度であった。

今回の結果をまとめるとオオササエビモの除去には船曳きと人力区では除草作業実施後6ヶ月後までいずれも有効であった。また、人力区ではオオササエビモ以外の水草類も6ヶ月後まで他区と比較すると少ない傾向を示し、除草効果が高いことが証明された。しかしながら、噴流式除草装置を人力で移動する場合は、除草効果が高いが、多大な労力が必要となる。今回の結果からは、オオササエビモだけを対象として除草する際には、半年に一度程度船曳きでも人力と同様な効果が得られることが明らかとなった。そのため、今後は噴流式除草装置を使い、

船曳きで半年に一度程度除草作業を行えばよいのではないかと考えられた。

(3) メタバーコーディング解析による動物・植物プランクトンのモニタリング手法の検討

概ね、通年にわたって *Sinocalanus sinensis* が優占していたが、10月は *Pseudodiaptomus inopinus* が優占していた。今年度の宍道湖のカイアシ類の出現状況は春と秋に多く、夏場に減少する傾向を示した。カイアシ類以外のワムシ類の出現は少なかった。

微細藻類の出現状況については、4~5月までは緑藻が、6月は渦鞭毛藻類が多かったが、7月以降は珪藻類が優占した。ヤマトシジミの餌には珪藻類が良いと考えられるため、7月以降はヤマトシジミの餌条件は良くなったのではないかと考えられる。

次に、湖心部に出現した主要な珪藻類については、夏場は今回用いた18SrRNAのV8-9領域では同定できない珪藻類が優占したが、9月には小型の *Cyclotella choctawatchiana* が優占し、10~11月は *Skeletonema potamos* が優占していた。ヤマトシジミの成貝は比較的大型の珪藻類も捕食できるが、幼生期から着底初期は小型の種の方が餌になりやすいと考えられる。 *Cyclotella choctawatchiana* や *Skeletonema potamos* は小型種であるので発生初期のヤマトシジミには良い餌となると推測される。

これまで3年間にわたってメタバーコーディング解析により宍道湖湖心部のカイアシ類や珪藻類の出現動態を調べてきたが、同じ結果となった年は無く、汽水湖では毎年、カイアシ類や珪藻類の出現状況は変化することが明らかとなった。そのため、今後ともワカサギやシラウオなどの魚類やヤマトシジミの資源量の変化を調べるためには、これらの餌となる動植物種の簡便なモニタリング手法が必要となるが、その目的にはメタバーコーディング解析は有効と考えられる。

しかしながら、本方法にも問題が残されており、ヤマトシジミの資源状況が良くないときに出現する藍藻類は昨年度および本年度に使用した核DNAの18SrRNA領域を用いたメタバーコーディング解析では解析できない。そのため、藍藻類を標的とする際には藍藻類に応じたメタバーコーディング解析のための遺伝子領域を選択する必要がある。昨年度と今年度で原核生物用の16SrRNAを用いたメタバーコーディング解析手法について検討した結果、これらも使用できることがわかった。今後は、18SrRNAと16SrRNAの両領域を使用したメタバーコーディング解析により藍藻類もモニタリング可能と考えられた。