

5章 水位操作と生態系の関係について

5-1 琵琶湖の魚類と水位調整に関わる最新研究からの保全政策提言レビュー

水野敏明

Abstract:

琵琶湖の魚類と水位調整の問題は、近年いくつかの研究報告が出されている。本レビュー研究においては、水位調整に関わる7件の最新研究報告について要点をまとめる。さらに、各研究が指摘する保全政策提言のポイントについてリスト化して、保全政策立案の基礎情報として利用されることを最終目的として研究を行った。

1. 研究の背景と目的

1-1 南湖における生態系保全への脅威と問題点

琵琶湖の水位と魚類については、近年は非常に関心が高く、ナマズ (Maehata 2007)、コイ科仔稚魚 (Yamamoto 2006) など、研究報告としていくつか報告されてきた。しかしながら、水位変動が魚類や淡水生態系に及ぼす影響の全容についての知見はまだ不足しており、知見の充実が緊急の課題となっている。

1-2 既存研究から見た科学的な研究の重要性

東南アジアなど淡水魚の生物多様性が豊かな湖では、乾季と雨季での水位変動がおおきく、その水位変動のかく乱の存在を生活史に応用している種が多く生息している。ところが、東南アジアにおいては河川開発などにより湖や河川が開発されることも多い。そのような場所における魚類の保全には水位変動と産卵行動などの関係性を知ることが最も重要である。このように国外にも水位変動と魚類の関係の問題は多く、そのために水位変動と魚類行動の関係については、国際的な関心がよせられている。

1-3 研究の目的

各研究が指摘する保全政策提言のポイントについてリスト化して、保全政策立案の基礎情報として利用されることを最終目的として研究を行った。

2. 研究の方法

次の6本の水位調整に絡む報告について、詳細レビューを行った。

- (1) 中尾ほか 2007
- (2) 佐藤ほか 2010
- (3) 水野ほか 2010
- (4) 亀甲ほか 2012
- (5) 藤岡ほか 2013a
- (6) 藤岡 2013b

それぞれの論文の要点を記述した。考察ではそれぞ

れ論文が示している水位調整における保全政策のキーポイントの要約表を作成し記載した。

3. 結果

(1) 中尾ほか 2009

国土交通省近畿地方整備局研究発表会での琵琶湖河川事務所発表論文であるこの論文では、琵琶湖博物館うおの会の協力を得て水位変化と産卵数の関係について報告されている。保全対策の提言としては、フナは割と微小な水位変動に反応するものの、ナマズやコイなどはフナとは遡上タイミングが異なり、例えば2日前の水位との水位差が大きいタイミングで産卵遡上をはじめると、各魚種別に水位による産卵トリガーとしての機能が異なることが明示されている。

(2) 佐藤ほか 2010

琵琶湖環境科学研究センターのこの論文は、水位と産卵のフィールドデータを基盤として、水位を変数とする産卵条件に関する微分方程式モデリングを構築した論文である。机上の変数設定だけではなく、実データを使ってキャリブレーションを行っており、実際のフィールドにも応用できる微分方程式モデルとなっている。佐藤の構築したモデル式に基づく予測により、コイ科魚類の持続的な生息のためには6月に水位をB.S.L.10cmほどにする保全政策が提言されている。

(3) 水野ほか 2010

琵琶湖博物館のフィールド調査研究に基づくこの論文は、水位変動によるニゴロブナの水田地帯への産卵遡上行動に着目した論文である。ニゴロブナの産卵行動のトリガーは、前日からわずか数センチの水位上昇であることが示されている。そのため、水位変動のニゴロブナへの影響は大きいため、自然のリズムにあわせた水位変動のありかたが提言されている。

(4) 亀甲ほか 2012

滋賀県水産試験場の琵琶湖のフィールド調査によって有用水産魚種の産卵した卵が、水位変動によって実際にどのように干出するか調査研究した論文である。30cm という大幅な水位上昇が見られた直後に大

量のフナ類やコイ産卵しているのを確認した。しかし、その5日後に水位が32cmも下がったため、せっかく産卵した卵の大部分が干出して死亡した事実を伝えている。この研究は、水位上昇後の産卵後も卵が孵化するまでは、水位を維持することが、魚類の初期減耗もできる限り防ぐためにも必須であることが示されている。

(5) 藤岡ほか 2013a

琵琶湖博物館と滋賀県水産試験場によるこの論文は、ホンモロコの産卵パターンを実験的に解明した研究論文である。研究の結果、現在の水位調整の時期である6月中旬以降にちょうど同じタイミングで比較的后から産卵をする個体群が生息していた可能性を示唆している。今は、ホンモロコは3月から5月にかけてが産卵期となっている。しかしながら、南湖の地元の人々は昔は5月が産卵ピークであり、さらに6月ごろも、柳の木の根のあたりに、待っているだけでホンモロコをとることができたと言う。この論文は、このように昔と今でホンモロコの産卵期が異なっているように見えていた疑問について、昔は「後期産卵型」のホンモロコがいたという疑問の解決となる重要な論文である。

(6) 藤岡 2013b

琵琶湖博物館のこの論文は、いかに魚類を保全すべきか、ホンモロコとニゴロブナ・ゲンゴロウブナを取り上げて、複数の悪影響の要因について定性的に問題を明確にして言及している論文である。その中で藤岡は、種々の悪影響の要因と比較しながらも「琵琶湖の水位変動」は最も影響が大きいという記述をしており、さらに、B.S.L±0cmあたりが6月の水位として望ましいことを定性的な分析から導いて言及している。

4. 科学的視点からの考察と提言に向けて

それぞれの研究から言える保全目標について表1にまとめた。総じて、水位調整と魚類の関係を考える際には「望ましい水位」だけではなく、「産卵遡上行動トリガーとなる水位上昇の度合」、「水位上昇後の水位維持期間」の3点について必ず考慮しなければならないことが明示されているものと考えられる。

引用文献

藤岡康弘・田口貴史・亀甲武志 (2013a) 多回産卵魚ホンモロコの産卵時期・産卵回数・産卵数. 日本水産学会誌 79(1):31-37
 藤岡康弘 (2013b) 琵琶湖固有(亜)種ホンモロコおよびニゴロブナ・ゲンゴロウブナ激滅の現状と回復への課題. 魚類学雑誌 60(1):57-63
 亀甲武志・根本守仁・澤田宣雄・藤岡康弘 (2012) 琵琶湖沿岸におけるフナ類およびコイ産着卵の大量干出. 魚類学雑誌 59(1):84-86
 Maehata M (2007) Reproductive ecology of the Far Eastern catfish, *Silurus asotus* (Siluridae), with a comparison to its two congeners in Lake Biwa, Japan. Environ Biol Fish 78:135-146
 水野敏明・大塚泰介・小川雅広・舟尾俊範・金尾滋史・前畑政善 (2010) 琵琶湖の水位変動とニゴロブナ *Carassius auratus glandoculis* の水田への産卵遡上行動の誘発要因日本生態学会. 保全生態学研究誌 15 巻 2 号 : 211-217.
 中尾博行・安藤茂伸 (2009) 住民参加による魚類産卵調査—生態系に配慮した瀬田川洗堰操作に向けて. 国土交通省近畿地方整備局研究発表会. 調査・計画・設計部門 I No.09. 1-5
 佐藤祐一・西野麻知子 (2010) 水位操作がコイ科魚類の産卵に与える影響のモデル解析と対策効果予測. 湿地研究 Vol.1 No.1: 17-31
 Yamamoto T, Kohmatsu Y, Yuma M (2006) Effects of summer drawdown on cyprinid fish larvae in Lake Biwa, Japan. Limnology 7:75-82

表1 各論文からの保全政策提言のポイントのリスト

科名	コイ科	コイ科	コイ科	コイ科	ナマズ科
魚種名	ホンモロコ	ニゴロブナ	ゲンゴロウブナ	コイ	ナマズ
望ましい水位(佐藤)	BSL+10cm	BSL+10cm	BSL+10cm	BSL+10cm	—
望ましい水位(藤岡)	BSL±0cm	BSL±0cm	BSL±0cm	—	—
(a)産卵を確認できた時の水位 (b)産卵が無い時の水位(中尾)	—	—	—	(a) 産卵確認 B.S.L.-11.3~-12.5cm (b) 産卵が確認できない B.S.L.-13.8~-14.2cm	—
産卵行動トリガーとして望ましい水位変動(中尾)	—	前日からの 0.9±0.5cm の水位上昇	前日からの 0.9±0.5cm の水位上昇	—	前日からの 1.3±0.6cm の水位上昇
産卵行動トリガーとして望ましい水位変動(水野)	—	前日からの数 cm の微小な水位上昇	—	—	—
水位上昇後の必須水位維持期間(亀甲)	少なくとも5日では足りない	少なくとも5日では足りない	少なくとも5日では足りない	少なくとも5日では足りない	少なくとも5日では足りない

5-2 ホンモロコへの琵琶湖の水位調整による影響と回復への保全目標

水野敏明・藤岡康弘¹・亀甲武志²・佐藤祐一・大久保卓也

Abstract:

本研究では、水位変動とホンモロコの生息量変動の関係性を定量的に明らかにすることを目的として研究を行った。1970年から2006年までの年別の時系列漁獲統計データを用いて、統計数理モデリングを基盤とする研究を行った。その結果6月から7月にかけて水位を約B.S.L.-3cm以上にして産卵場所を確保しつつ、水位上昇後少なくとも7-10日間程度は水位を下げないようにすることが、ホンモロコの生息量の回復を目指す保全政策の要件であることが定量的に明らかとなった。

1. 研究の背景と目的

1-1 研究の背景

2013年現在、南湖に数多く生息していたホンモロコは、非常に数が減少し環境省の絶滅危惧種ⅠAとなっており、その保全は緊急の課題となっている。特に、水位調整はホンモロコなど多くの南湖の生物に影響を与えたと言われている(藤岡ほか2013a)。また、実際の琵琶湖の湖岸において水位調整により大量の卵が干出した事例が報告されている(亀甲ほか2012)。

1-2 既存研究から見た本研究の重要性

ホンモロコの生息量の変動要因の解析については、例えば、生活環のどの位置が個体群の年変動に関係しているかどうかの検証研究がある(牧1966; 牧1968)。藤岡(2013a)では、琵琶湖のホンモロコ漁業の特徴から、ホンモロコ漁獲量がホンモロコの生息量の変動の指標になるのかどうかについて詳しく検討されている。また、近年では、ちょうど水位調整の時期を産卵のピークとする後期産卵個体群の存在が明らかにされてきた(藤岡ほか2013b)。本研究は、既存研究でも特に関心の高い内容についての統計数理モデルの科学的な研究として大変重要な研究となっている。

1-3 研究の目的

統計数理モデルの視点から定量評価方法を開発することによって、ホンモロコの生息量の変動への琵琶湖の水位変動による影響を定量的に評価し、保全政策目標を科学的な視点から立案することを目的として研究を行った。

2. 研究の方法

本研究では、ホンモロコのCPUEの増加率を被説明変数、月別の水位を説明変数とする回帰モデルを構築した。琵琶湖のホンモロコの漁獲量と単位努力量の統計は1970年から2006年までの滋賀農林水産統計年報を用いた(近畿農政局滋賀統計情報事務所1974; 近畿農政

局滋賀統計情報事務所1979; 近畿農政局滋賀統計情報事務所1985; 近畿農政局滋賀統計情報事務所1991; 近畿農政局滋賀統計情報事務所1997; 近畿農政局大津統計・情報センター2003; 近畿農政局滋賀農政事務所2011)。ホンモロコの漁獲量は琵琶湖の魚種別漁獲量の統計を用いた。単位努力量の指標として「総経営体数(計)」と漁船の「総隻数」の統計を用いた。月別の水位変動のデータは国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所のデータを用いた。各年の月別の平均水位は、毎日の午前9時の観測値について月別平均を計算して用いた。

なお時系列漁獲データは、時系列統計解析の問題である「時系列データの多重共線性」の問題が大きく、厳密な統計数理モデリングにおいては、通常回帰モデルが成立しない。しかし、本研究ではマルチコリアリティーの問題を技術的に工夫して処理をした。

3. 結果

3-1 CPUEの設定

琵琶湖の水位のグラフは図1のようになっていた。ホンモロコのCPUE(単位努力量当たりの漁獲量)を求めるために、ピアソンの相関係数分析を用いて単位努力量の選定を行った。経営体総数、経営体個人、総隻数のいずれも統計的に5%有意に0.6以上の相関がみられたため、単位努力量としてはどの変数を用いても問題なかった。しかし、より厳密な統計数理モデル構築のために、相関係数が0.773ともっとも高かった「総隻数」を単位努力量として設定し、図2に時系列変動を示した。

3-2 CPUEに基づく統計数理モデリング

ホンモロコのCPUEの平均値は政策実施以前の1991年以前の方が1992年以降の約2倍程度高かった。等分散を仮定しないヴェルチのt検定で有意に差異が見られた($p=0.000<0.05$) (図3)。その結果から、CPUEという視点からは、水位調整は非常に甚大な影響を与えた可能性があることが定量的に明らかとなった。

¹ 滋賀県立琵琶湖博物館² 滋賀県水産試験場

さらに、ホンモロコのCPU Eの増加率を被説明変数、月別の水位を説明変数とする回帰モデルを構築した。その結果、水位が約 B.S.L-3cm 以下の時には2年後の漁獲量が前年度よりも減少してしまう可能性が高く、逆に水位が約 B.S.L-3cm より高い時には、2年後の漁獲量が前年度よりも増加する傾向が明らかとなった。

4. 考察

4-1 科学的視点からの考察

亀甲ら (2012) はホンモロコの産卵は水面近くが多く干出しやすいことを実際の調査データを基に言及している。佐藤ら (2010) は、持続可能な6月の水位の条件について、主に北湖のコイ科の産卵確認のフィールドデータを基盤とした数理モデルによる予測では、6月の水位が B.S.L.10cm 以上がコイ科の回復に望ましいという結論が出している。本研究結果はその結論と矛盾していない。藤岡 (2013a) は産卵期である6月後半から7月までは1991年以前の実績を基に B.S.L.0cm を保つべきとの指摘をしている。本研究結果は、この結論とも矛盾していない。これらの既存研究を加えて考察すると、本研究の示す約 B.S.L.-3cm という水位条件は、ホンモロコの持続可能性という視点から望まれる下限値を示している可能性がある。

4-2 政策的視点からの提言に向けて

渇水対策や洪水防災など、人々の暮らしを第一としつつ、6月以降の琵琶湖の水位条件をホンモロコの持続可能条件である約 B.S.L-3cm 以上とする可能性について、多様な関係者間で話し合っていく必要があると考えられる。

引用文献

藤岡康弘 (2013a) 琵琶湖固有 (画) 種ホンモロコおよびニゴロブナ・ゲングロウブナ激減の現状と回復への課題. 魚類学雑誌 60(1):57-63

藤岡康弘・田口貴史・亀甲武志 (2013b) 多回産卵魚ホンモロコの産卵時期・産卵回数・産卵数. 日本水産学会誌 79(1):31-37

亀甲武志・根本守仁・澤田宣雄・藤岡康弘 (2012) 琵琶湖沿岸におけるフナ類およびコイ産着卵の大量干出. 魚類学雑誌 59(1):84-86

牧岩男(1966)びわ湖のホンモロコ個体群変動の解析 I. 生活環のどの位置が個体群の年変動に関係しているか. 日本生態学会誌 Vol.16, No.5: 183-190

牧岩男(1968)びわ湖のホンモロコ個体群における変動要因の解析 V. 0,年魚における生長の年変動と越冬期における個体群の年変動との関係. 日本生態学会誌 Vol.18, No.4: 158-166

佐藤祐一・西野麻知子 (2010) 水位操作がコイ科魚類の産卵に与える影響のモデル解析と対策効果予測. 湿地研究 Vol.1 No.1: 17-31

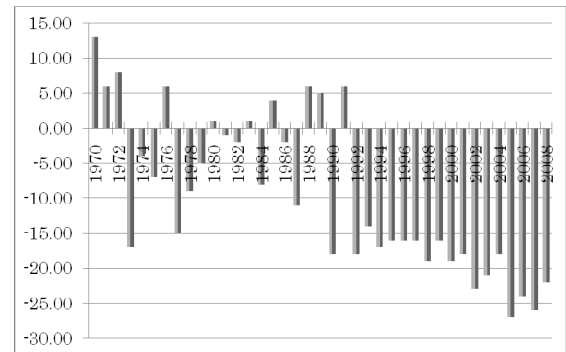


図1 琵琶湖の6月の水位変動(1970-2008)

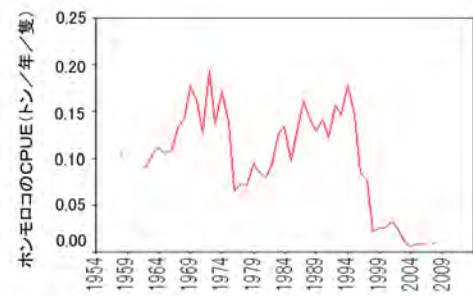


図2 ホンモロコのCPUE の時系列変動

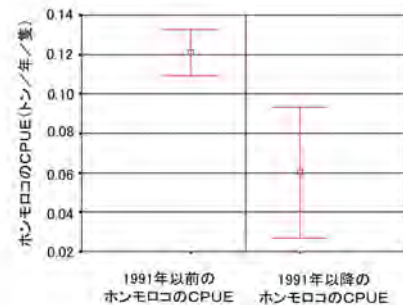


図3 水位調整の前後でのCPUEの差異

