

淡水化した湖としなかった湖 ～低塩分汽水だった霞ヶ浦と宍道湖の現状

山室 真澄

東京大学大学院新領域創成科学研究科
〒 277-8563 千葉県柏市柏の葉 5-1-5 環境棟 562

要約：かつて汽水だった湖の自然環境が淡水化後に悪化した場合、汽水に戻すことで自然環境も元に戻ると主張されることがある。しかし現代社会では塩分以外の様々な要因も、淡水化以前と異なっている。特に汽水域は浸透圧調節の関係から、自然な状態で種数が最も少ない水域である。このような水域では塩分以外の人為的影響によって、生態系が壊滅的に悪化しやすい。ここでは汽水であり続けることでネオニコチノイド系殺虫剤により魚類の漁獲量が激減した宍道湖と、淡水化することで魚類やエビ類が豊富に採れ続けている霞ヶ浦を比較して、両湖の実態を見ていない「汽水に戻せば元に戻る」との主張には、科学的根拠が全く無いことを解説した。

1. はじめに

霞ヶ浦と宍道湖は海跡湖（＝かつての海が海退後に湖になったもの）で、現在の霞ヶ浦は淡水湖、宍道湖は汽水湖である。江戸時代以降の両湖沼はともに低塩分の汽水湖だったと考えられており、二枚貝やマトシジミが生息していたことが確認されている。その後、霞ヶ浦は塩害防止と首都圏への淡水供給のため、1974年に淡水化した。宍道湖も農業利用目的で淡水化が予定されていたが、シジミ漁師を中心に大規模な反対運動が展開され、1988年に淡水化計画は実質的に中止された。宍道湖のシジミ漁師は、先に淡水化した霞ヶ浦で広範囲にアオコが発生している状況を視察し、淡水化に反対するようになったとされる。淡水化を免れた宍道湖は長い間シジミ漁獲量全国一を保ち、1980年代に霞ヶ浦や諏訪湖で起こっていたようなアオコの頻発は見られなかった。

このような経緯から、霞ヶ浦は人為的に大きな改変を受けたことで自然環境が貧弱になってしまった湖、宍道湖は豊かな自然が残る湖との印象が持たれがちである。さらには、霞ヶ浦を汽水に戻すことで豊かな自然環境に戻すことができるとの主張もみられる。ここでは淡水化した霞ヶ浦と汽水のまま残った宍道湖の現状を紹介し、淡水化した水域を汽水に戻すことで自然環境も豊かになるとの主張の妥当性を検証する。

2. 淡水化した霞ヶ浦で行われた自然再生事業

汽水湖は人口が集中する平野部に位置することから湖岸の人工護岸化が進み、霞ヶ浦の人工湖岸率は約90%、宍道湖は約70%である。両湖沼とも1990年代に「水質が悪化したのは護岸工事によって植生が破壊された為」と主張する生態学者が現れ、宍道湖ではヨシ、霞ヶ浦ではアサザの植栽が進んだ。霞ヶ浦も宍道湖も日本では比較的大きい湖で、沼や小湖沼と比べて風波が強く、奥まった所以外は、湖岸の水際にヨシが生えるような物理環境ではない。実際、終戦直後の宍道湖岸を撮影した空中写真により、人工湖岸化される以前の水際にヨシは全く生えていなかったことが証明されている（小室・山室、2013）。抽水植物のヨシさえ生えないような波あたりの強い大きな湖沼の湖岸に、浮葉植物であるアサザが広範囲に繁茂することはできない。さらにアサザは、宍道湖に隣接する淡水の用水路には繁茂しているが、宍道湖本体には消波堤の岸側に、波あたりがほとんど無いところでも生えていない。Web of Scienceで汽水（brackish, saline water など）とアサザで検索してもヒット数ゼロであり、アサザは汽水には侵入できない植物と考えられる。従って淡水化以前の霞ヶ浦にアサザが広範囲に繁茂できるはずはなく、そのような記録も残っていない。

それにも関わらず、かつての霞ヶ浦にはアサザが広範囲に生えていて、護岸工事によってアサザを衰退させたこ

とで水質が悪化したとの、科学的根拠がない主張が出版された（鷺谷・飯島，1999）。主張者が生態学会元会長だったこともあり、アサザが水質を浄化するとのデマは中学校の理科の教科書に記載されるまでになった（山室，2016）。さらには霞ヶ浦では消波堤を作ってアサザを植栽する事業が「緊急を要する事業」としてアセスメントを行わずに強行され、生態学の知見に裏付けられた保全事業として国際誌に紹介された（Nishihiro *et al.*, 2009）。しかし、その国際誌論文でアサザ植栽事業の正当化に使用された遺伝子データが不完全で、霞ヶ浦で保全しなければアサザは絶滅するとの主張が誤りであったことが、後日、Nishihiro *et al.* (2009) の共著者を含む論文によって指摘されている（藤井ほか，2015）。

先述のように霞ヶ浦では汽水性のヤマトシジミが生息していたが、塩分が低いところでは淡水性のイシガイ類も生息しており、淡水化後はそれらのイシガイ類が広く生息するようになった。しかしアサザを保護する為に消波施設が作られたところでは湖底堆積物がヘドロ化し、懸濁物食性二枚貝類の生息に適さなくなった（加茂川・山室，2016）。霞ヶ浦ではアサザ保護のための消波施設造成を皮切りに、波浪防止目的の消波施設が設置された。これらの施設による底質悪化のため、仮に再び汽水にしたとしてもシジミの生息に適した浅い水域の砂質底は大幅に減っている。

このような状況でアサザ植栽を提唱した NPO が、霞ヶ浦を淡水に維持している水門を「柔軟に運用する」ことで、ウナギや汽水性のヤマトシジミが漁獲できるようになるとの試算を公開している（<http://www.asaza.jp/wp-content/uploads/2013/05/gyakusisan.pdf>, 2020 年 2 月 11 日確認）。「長期予測＝漁労体数、出日共に昭和 44～48 年平均レベルまで回復」との前提で試算していることから、現在アサザが繁茂しているところを含めてヤマトシジミが住める塩分になる必要がある。先述のようにヤマトシジミが生息できる塩分にはアサザは繁茂できず、アサザが衰退したことで水質が悪化したと主張するのであれば、汽水化によりアサザが消滅して水質が悪化するはずである。しかしそれについてこの NPO は言及していない。また塩分が適当であっても、消波堤によって泥質化した堆積物ではシジミは育たないことも言及していない。

さらに、ウナギは淡水でも生息できるので、汽水にする必要は全くない。それでも汽水にせよと主張している理由は、ウナギは汽水の遡上に助けられなければ霞ヶ浦に入

表 1. 1982 年夏に宍道湖で多く生息していた底生動物の 1982 年夏と 2016 年夏の 1 m² 当たりの平均個体数の比較。

動物名 / 年	1982	2016
節足動物		
オオユスリカ	121	0.0
Tanypodinae 亜科ユスリカ類	125	19
ムロミナウミナナフシ	30	0.2
環形動物		
ヤマトスピオ	88	131
イトゴカイ科の 1 種	101	0.4
ヒガタケヤリムシ	4.2	12
カワゴカイ属の 1 種	5.1	2.6
貧毛類	188	14

れないと妄想している為と考えられる。仮にその妄想が正しいければ、かつては関西圏に天然ウナギを供給していたほど豊富にウナギが取れていた宍道湖は、ずっと汽水であり続けることで今でもウナギ漁が成り立っているはずである。実態はどうなのか？

3. 淡水化されなかった宍道湖でのウナギ・ワカサギの激減

Yamamuro *et al.* (2019) は宍道湖で 1993 年以降にウナギとワカサギの漁獲量が激減していることを指摘し、その原因として、水溶性で難分解性のネオニコチノイド系殺虫剤（以下、ネオニコチノイド）が水田から流出して、ウナギやワカサギの餌生物が大幅に減った為であると論証した。以下 Yamamuro *et al.* (2019) の概要を紹介する。

日本の湖沼での漁獲量は長らく減少傾向にある。その原因として湖沼の貧栄養化（山本・花里，2015）や、オオクチバスやブルーギルなど、魚食性外来魚の増加（Matsuzaki and Kadoya, 2015）が主張されてきた。しかし日本の主な湖沼の水中での有機物量（COD）はほぼ横ばいで、明確に貧栄養化している湖沼はない。また、日本の湖沼でも特に漁獲量が多いのは淡水と海水が混合した汽水湖だが、汽水湖には淡水性である魚食性外来魚は生息できず、実態に即した漁獲量減少の原因解明は行われていなかった。

指定湖沼では水質はモニタリングされているが、底質は定期的にモニタリングされていない場合が多い。そこで底生動物の餌と密接に関わる湖底堆積物の有機物濃度の経年変化を解析したところ、宍道湖では 1980 年代から

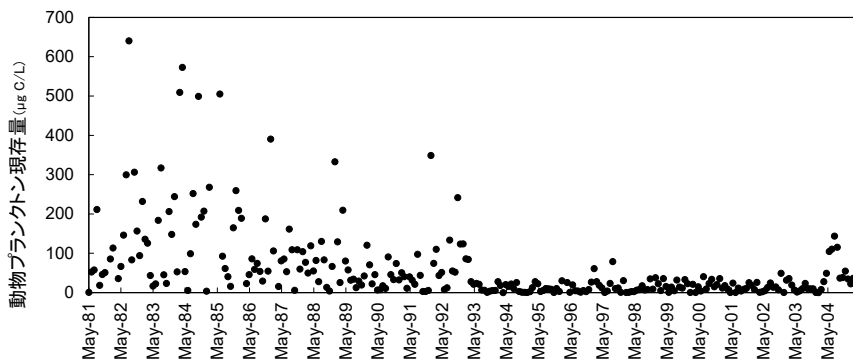


図 1. 穴道湖湖心で毎月調査されたキスイヒゲナガミジンコ現存量の推移.

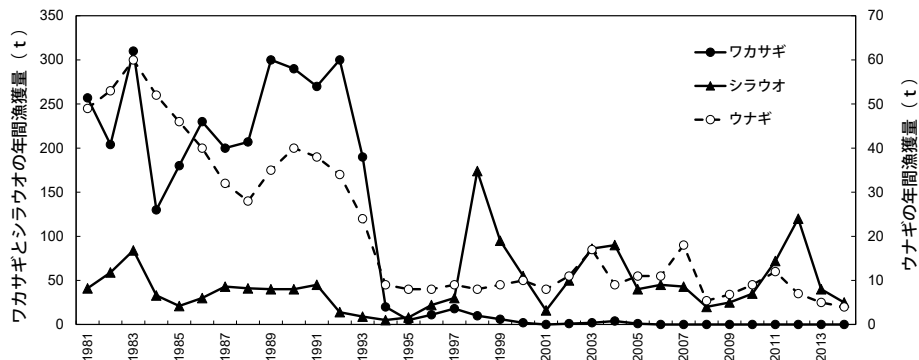


図 2. 穴道湖におけるワカサギ・ウナギ・シラウオの年間漁獲量.

1990年代では有機物濃度が減少したものの、以後は増加しており、水質のみならず湖底堆積物でも貧栄養化は起きていなかった（小室ほか, 2018）。

餌となる有機物が減少していないにも関わらず、1980年代と比較して懸濁物食二枚貝ヤマトシジミを除く穴道湖の大型底生動物の生息密度は、顕著に減少していた。特に節足動物の減少が著しく、例えばオオユスリカ幼虫は1982年には1 m²当たり100個体以上生息していたが、2016年には全く採集されなかった（表 1）。

オオユスリカは、かつて霞ヶ浦や諏訪湖など多くの富栄養化湖沼で大量に羽化し、迷惑害虫とされていた。このため1990年代までの穴道湖では国土交通省出雲河川事務所によって、湖心での底生動物定期調査に加え、1990～1992年にはユスリカに特化した調査が行われていた。また1993年以降は湖心を含む5地点で底生動物調査が行われていた。これらの調査結果からオオユスリカがいつから生息しなくなったのか検討した結果、1992年までは住民から苦情が出るほどオオユスリカが生息して

いたが、1993年以降に突然いなくなったことが分かった。

また、穴道湖の動物プランクトンについても現存量の推移を検討した結果、1993年5月に激減していた（図 1）。

穴道湖でオオユスリカ幼虫やキスイヒゲナガミジンコの激減が生じた1993年の前年にあたる1992年11月に、日本で初めて「イミダクロブリド」という水田用のネオニコチノイドが登録されていた。従って、このネオニコチノイドが日本で初めて使用されたのは、田植えが一斉に行われる1993年5月頃だったと考えられた。

穴道湖ではウナギ・ワカサギ・シラウオが漁獲されていたが、動物プランクトンやユスリカ類を食べるワカサギと底生動物を餌とするウナギが1993年を境に漁獲量が激減していたのに対し、生活史初期に植物プランクトンを食べるシラウオの漁獲量には有意差がなかった（図 2）。また水中や堆積物中の有機物量や水中の酸素濃度、水温、塩分などは、1992年までと1993年以降で有意差はなかった。

以上より、水田で使用された水溶性のネオニコチノイド

が宍道湖に流入し、昆虫を含む節足動物を殺したことで節足動物を主な餌とするウナギやワカサギが激減し、植物プランクトンを餌とするシラウオは減らなかったと結論した。

4. 淡水化された霞ヶ浦で豊漁される ワカサギ・シラウオ・テナガエビ

霞ヶ浦では1980年代以降、4種もの魚食性外来魚（オオクチバス、ブルーギル、ペヘレイ、チャネルキャットフィッシュ）が定着している。魚食性外来魚が湖沼での漁獲量を減らす（Matsuzaki and Kadoya, 2015）のであれば、霞ヶ浦の漁業は惨憺たる状態になっているハズである。確かに淡水化によって、かつて漁獲されていたヤマトシジミは全く漁獲されなくなった。しかしネオニコチノイドによって宍道湖ではほとんどとれなくなったテナガエビの漁獲量は茨城県が全国1位で、その大部分が霞ヶ浦で採れている（茨城県, 2018）。シラウオの漁獲量も茨城県は2位で大部分が霞ヶ浦である。1位の青森県は複数湖沼の合計なので、単独湖沼での漁獲では霞ヶ浦が1位の可能性もある。さらに、宍道湖で全く漁獲されなくなったワカサギも霞ヶ浦では177トン漁獲されており、北海道全域での漁獲量179トンに匹敵する。

宍道湖ではネオニコチノイドによって節足動物が激減して動物プランクトン食のワカサギが激減したのに、霞ヶ浦ではなぜ豊富に漁獲されているのか。霞ヶ浦は淡水化によって、淡水種が生息できるようになった。水生動物の種類数は浸透圧調節の必要性から、汽水域、特に宍道湖のような低塩分の汽水域が最も少なくなる。低塩分の汽水域で砂地に生息できる二枚貝はヤマトシジミ1種類だけなので、餌である懸濁物を独り占めにして大量に増え、大量に漁獲される。海ではアサリ、ハマグリなど様々な種類がいる。淡水でもイシガイ類だけで複数種生息するので餌を巡る競争になり、特定種だけが增えることは稀である。動物プランクトンも同様で、宍道湖ではキスイヒゲナガミジンコ1種が現存量の9割以上を占めるが、霞ヶ浦では複数種が生息する。このため、霞ヶ浦である種類がネオニコチノイドによって減少しても、別の種類がそのニッチェを占めて増えることができる。

霞ヶ浦も宍道湖も富栄養化湖沼であり、植物プランクトン量が多い。宍道湖は汽水湖だが、塩分が約4PSU未満だと霞ヶ浦同様、淡水性のラン藻類が優占する。ヤマトシジミにとってラン藻類は栄養価が低いため、ラン藻

類が優占する状況が続くとシジミ資源が激減する（山室, 2020）。しかし霞ヶ浦では動物プランクトンがラン藻類も餌として利用できるため、植物プランクトン生産量の増加がワカサギの増加に直結する（Matsuzaki *et al.*, 2018）。ネオニコチノイドにより動物プランクトンが激減した宍道湖では、塩分が低いときの植物プランクトン生産量の大部分が、上位捕食者に利用されないまま腐敗して水質悪化をもたらす。かといって人為的に高塩分水の流入を増加させると塩分成層が強化されて酸欠しやすくなるとの懸念があり、塩分操作への合意は形成されていない。塩分操作は「柔軟に」運用できるものではない。

5. おわりに

何らかの人為的改変後に自然環境が悪化したとされる水域において、その人為的改変を「元の状態に戻す」ことで、「自然環境が元に戻る」との主張は、一見、合理的に見える。しかしそこには大きく2つの過誤がある。ひとつは、日本の水環境の状況を詳しくモニタリングするようになったのは高度経済成長を通じて環境が悪化した1980年代以降であって、それ以前の本来の自然環境の状況は往々にして、官庁のモニタリングや研究者による論文などで記録されていないことである。このため、攪乱される前の水域がどのような状態だったのかが検証されないまま、復元目標が恣意的に設定される。例えば霞ヶ浦には淡水化以前にアサザを含め浮葉植物はほとんど繁茂していなかったことは終戦直後の米軍写真から明らかであるが、生態学者のほとんどがそのような検証は行わず、アオコが頻発し霞ヶ浦が最も汚濁していた1980年代に繁茂面積を拡大したアサザが復元対象とされてしまった。

もうひとつの過誤は、現代社会では様々な状況が急変しており、淡水化してから議論となる時点までに、塩分以外の様々な要因も異なっている点である。例えば本稿で紹介したネオニコチノイドは、霞ヶ浦が淡水化した頃には存在していなかった。ネオニコチノイドは殺虫剤であるため、アサザ植栽を主導した植物生態学者達は、その影響にはほとんど無関心である。

日本の生態学者の大部分は、自身の専門分野である動物あるいは植物の、さらに特定の種類の知見しか持っていないことが多い。生態「系」を文字通りシステムとして検討するには、システム共通の何かを通じて解析する必要があり、生物非生物に共通して存在する元素（生

元素と呼ばれる炭素・窒素・リンなど）がしばしば利用される。もちろん住民も科学的知見として生元素循環を理解していない可能性が高いが、その水域に時空間的にどのような変遷があったかを総体として観察している。また魚や貝のように、生息場所・繁殖場所・餌がなければ存続できない動物の状況も断片的にせよ理解している。アサザの例で言えば、二枚貝が豊富で、その二枚貝に産卵するタナゴ類のメッカでもあった霞ヶ浦がアサザに覆われていたはずがなかったことは、住民にとって常識だった。アサザに覆われた湖底は酸欠になって、二枚貝は死滅するからである。これに対しアサザ植栽を主張した生態学者は「浮葉植物で酸素不足になるのは誤解、空気を取りこんで根に送るシステムがある。」と、実態を全く観察していないことを露呈する発言を行っていた（常陽新聞, 2002 年 10 月 20 日）。

先述のように本稿で紹介した「ヨシやアサザによる水質浄化」は中学校の理科の教科書に記載されており（山室, 2016）、子供達は義務教育で教え込まれる。水圏生態系を守るとはどういうことかが、義務教育によって現実からかけ離れたドグマとして子供達を洗脳しているのが今の日本である。実際に水域の環境を観察していない行政担当者も、それが正しいと思い込む。霞ヶ浦で起こったような、生態学の権威や地元に住んでいない団体などに行政が荷担して環境が破壊される事態にならないよう、注意を怠らないことが重要である。特に汽水湖は、淡水湖や池のようにどの地方にでもあるわけではなく、実態を理解している人はほとんどいない。「我々の湖を守るのは我々だけ」との覚悟が必要だろう。

引用文献

- 茨城県. 2018. 霞ヶ浦北浦の水産. 35pp. (<https://www.pref.ibaraki.jp/nourinsuisan/kasui/shinko/documents/ksukita30.pdf>).
- 加茂川優紀・山室真澄. 2016. 霞ヶ浦アサザ植栽地において消波施設が底質に与えた影響. 陸水学雑誌. 77: 39-45.
- 小室隆・田林雄・神谷宏・嵯峨友樹・加藤季晋・山室真澄. 2018. 宍道湖における過去 30 年間の表層堆積物中有機炭素濃度の増減. 陸水学雑誌. 79: 161-168.
- 小室隆・山室真澄. 2013. 1940 年代に撮影された米軍空中写真を用いた宍道湖における水草群落分布範囲の推定. 応用生態工学. 16: 51-59.
- 藤井伸二・上杉龍士・山室真澄. 2015. アサザの生育環境・花型・逸出状況と遺伝的多様性に関する追試. 保全生態学研究. 20: 71-85.
- Matsuzaki, S. S. and Kadoya, T. 2015. Trends and stability of inland fishery resources in Japanese lakes: introduction of exotic piscivores as a driver. *Ecological Applications*. 25:1420-1432.
- Matsuzaki, S. S., Suzuki, K., Kadoya, T., Nakagawa, M. and Takamura, N. 2018. Bottom-up linkages between primary production, zooplankton, and fish in a shallow, hypereutrophic lake. *Ecology*. 99:2025-2036.
- Nishihiro, J., Uesugi, R., Takagawa, S. and Washitani, I. 2009. Toward the restoration of a sustainable population of a threatened aquatic plant, *Nymphoides peltata*: Integrated genetic/demographic studies and practices. *Biological Conservation*. 142:1906-1912.
- 山室真澄. 2016. 理系科学者の水環境リテラシーレベルに関する考察. 水環境学会誌. 39: 433-435.
- 山室真澄（編著）. 2020. 「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」. 生物研究社. 148pp.
- Yamamuro, M., Komuro, T., Kamiya, H., Kato, T., Hasegawa, H. and Kameda, Y. 2019. Neonicotinoids disrupt aquatic food webs and decrease fishery yields. *Science*. 366(6465): 620-623.
- 山本民次・花里孝幸（編著）. 2015. 「海と湖の貧栄養化問題 水清ければ魚棲まず」. 地人書館. 208pp.
- 鷺谷いづみ・飯島博. 1999. 「よみがえれアサザ咲く水辺 ―霞ヶ浦からの挑戦」. 文一総合出版. 229pp.