

(4) ため池水環境と魚類相の分析

有田康一(東北工業大学 ※現所属:国立環境研究所)・小浜暁子・江成敬次郎(東北工業大学)

かつては伊豆沼・内沼に生息していたゼニタナゴやタナゴ、シナイモツゴといった東北弁を話す「ざっこ」たちは今、集水域のため池にわずかに生息しているだけである。

時代とともに変化する沼の周辺環境と水質汚濁、そしてオオクチバスの増加が「ざっこ」たちを「希少種」としてしまった。

しかし、池干しに代表される水環境管理の衰退や、圃場整備による水辺のつながりの分断化は、ため池もまた永遠のサンクチュアリではないことを示している。

伊豆沼・内沼集水域全域で「ざっこ」たちに出会える環境を復元し、後世に伝え残すためにも、ため池の水質基礎データを蓄積していく必要がある。

■水質環境の評価とは

環境省の公共用水域水質測定結果によると、伊豆沼の水質は化学的酸素要求量(COD)の年平均値でワースト上位にランクインする状況であるが、水生生物は豊かである。水生生物が生きていくために必要な食物は水からもたらされ、排泄物や死骸は「汚れの元」である有機物として再び水へと戻る。この有機物がバクテリアにより分解され無機栄養塩類となり、植物プランクトンなどにより利用されることで水中生態系における物質循環が成り立つ(図1)。つまり「水清ければ魚棲まず」である。ところが有機物量が過剰となり分解・利用のバランスが乱れ物質循環が滞ると、植物プランクトンが大量発生して水は濁り、ときとしてアオコ(藍藻類の異常増殖状態)となり景観が悪化、水中は貧酸素化し、さらにカビ臭により利水に悪影響が出る。そのため、水質汚濁を監視する指標として COD が用いられてはいるが、水生生物が生きる水環境を十分に指標しているとは言い難く、さまざまな指標により水質を評価していく必要がある。

■調査池

伊豆沼の湖岸に群れていたゼニタナゴが姿を消したのはオオクチバスの漁獲量が増加した1990年代後半であり(進東 2006, 2010)、この頃に大きな水質変化がなかったことを考えると、水質汚濁の影響というよりもオオクチバスによる影響が大きいといえる。しかしながら、数々の取り組みによりオオクチバスの完全駆除が将来実現したとしても、ワースト上位にランクインする伊豆沼・内沼の水質環境がゼニタナゴやシナイモツゴなど由来希少種の復元に適しているのかは不明である。

そこで、2006年から2009年にかけて沼の流域内の170箇所のため池で行われた魚類相調査結果より、希少種が生息するため池を8箇所と国内・国外外来種のみが生息する2箇所を選定し(表1)、2009年11月から2010年12月まで水質調査を行った。ただし、希少種が生息するため池のうち、従来から生息していたと考えられるのはA, B, E, J池の4箇所である。なお、伊豆沼畔のため池であるG, H, I池と道路造成時の調整池であるF池以外は、集水域上流部に位置しているため農業排水や生活排水の影響を受けてはいない。

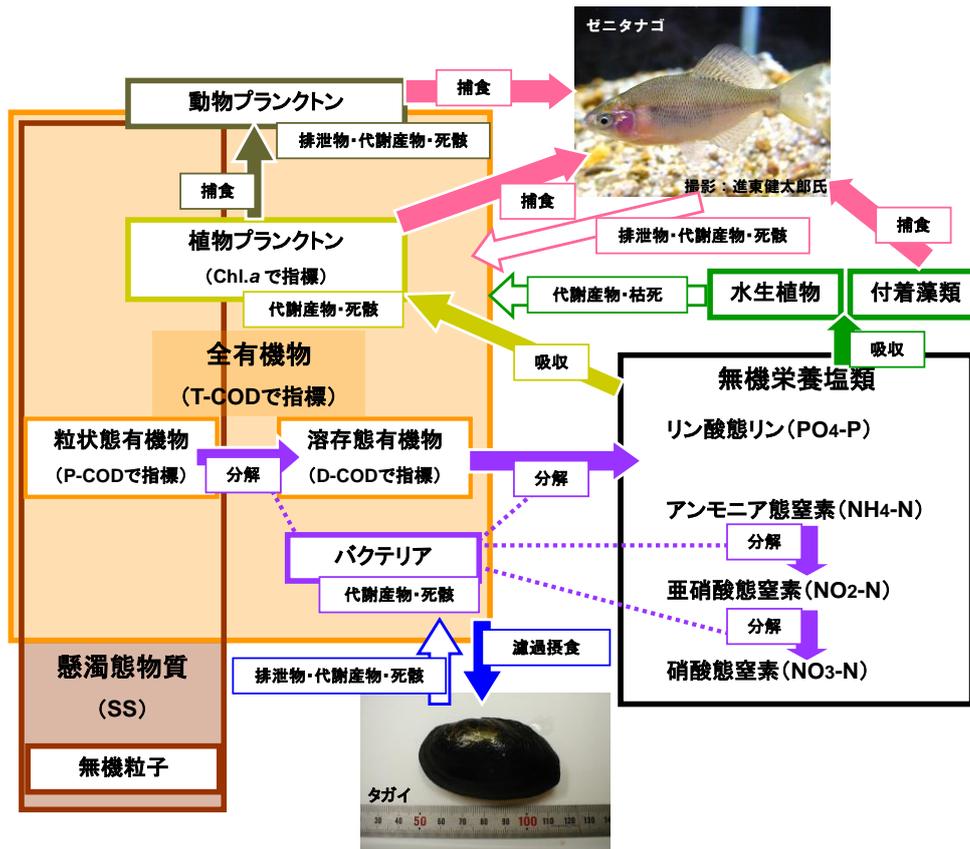


図 1. 水中生態系における物質循環の概念図. 本稿では有機物と植物プランクトンをそれぞれ COD と Chl.a で指標した.

表 1. 調査したため池の魚類相.

地点名	在来希少種	在来普通種	国内外来種	国外外来種
A池	シナイモツゴ※1	トウヨシノボリ ジュズカケハゼ		在来希少種, 在来普通種 A, B, E, J 池
B池	ゼニタナゴ※1, 2	トウヨシノボリ, ワカサギ ジュズカケハゼ		在来希少種, 在来普通種, 国内外来種 C, F池
E池	ゼニタナゴ※1, 2 タナゴ	トウヨシノボリ ドジョウ		在来希少種, 在来普通種, 国内・国外外来種 G池
J池	シナイモツゴ※1	トウヨシノボリ ジュズカケハゼ		在来希少種, 国外外来種 K池
C池	シナイモツゴ※3 ゼニタナゴ※3	トウヨシノボリ ギンブナ, ワカサギ	ゲンゴロウブナ コイ	在来希少種, 国外外来種 K池
F池	ゼニタナゴ※3 メダカ	トウヨシノボリ	モツゴ	国内・国外外来種 H, I池
G池	ゼニタナゴ※3	トウヨシノボリ, ドジョウ ヌマチチブ	モツゴ, タモロコ カネヒラ, せぜら, コイ	オオクチバス タイリクバラタナゴ
K池	タナゴ			タイリクバラタナゴ
H池			モツゴ, タモロコ ゲンゴロウブナ	カムルチー
I池			モツゴ タモロコ	オオクチバス カムルチー, ブルーギル

※1: 従来より棲息, ※2: 現在絶滅, ※3: 保護目的で移殖

魚類相に基づき以下のグループに色分けをした. A, B, E, J 池: 東日本在来種のみ生息; C, F 池: 国内外来種導入; G 池: 国内・国外外来種導入; K 池: 在来希少種と国外外来種; H, I 池: 国内・国外外来種のみ生息.

■希少種が生息するため池は「キレイ」なのか

有機汚濁の指標である全 COD(T-COD)濃度の経時変化を比較すると(図 2), H 池においては他の池よりも高濃度で推移する傾向があり, A, B, E, F 池においては7月から9月にかけて上昇するという季節変化が確認された. とりわけ B 池においては8月から9月にかけて4倍にまで上昇した. また, T-COD に占める溶存態 COD(溶存態有機物を指標, D-COD)の割合(D-COD / T-COD)は, 希少種を含む東日本在来種のみが生息する A, B, E, J 池では外来種のみが生息する H, I 池よりも高い傾向にあり, D-COD が6割以上を占めていた(図 3). すなわち在来種のみが生息するため池では, 溶存態有機物を起点とした物質循環が速やかに進行すると考えられ, 粒状態 COD(粒状態有機物を指標, P-COD = T-COD - D-COD)の占める割合が大きい H, I 池に比べて水が濁りにくい環境が維持されている可能性が示唆された.

そこで, 濁りの指標となる懸濁態物質(SS)による比較を行った(図 4). このとき魚類相に基づきため池を大きく3つのグループにわけ直した. その結果, 外来種のみが生息する H, I 池において SS 濃度が高く変動幅も大きい傾向が見られ, 小型在来種のみが生息する4池に比べて通年濁っている傾向にあることが示された. これは, 比較的大型となる外来種による底質の巻き上げも一因であると考えられた. さらに, SS に含まれる粒状有機物量の

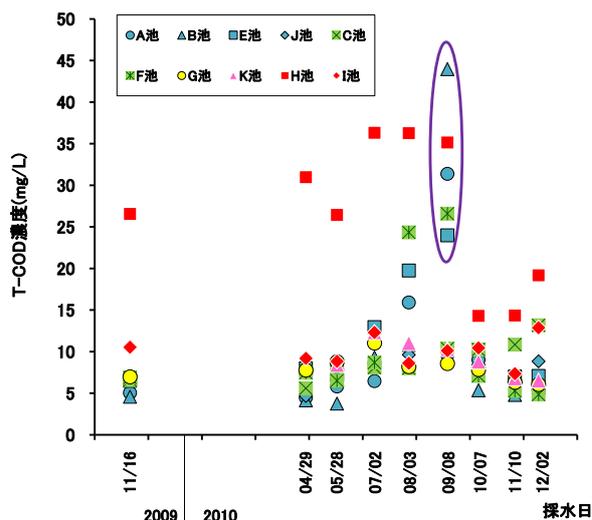


図2. 各池における全 COD(T-COD)濃度の経時変化. A, B, E, J 池: 東日本在来種のみ生息; C, F 池: 国内外来種導入; G 池: 国内・国外外来種導入; K 池: 在来希少種と国外外来種; H, I 池: 国内・国外外来種のみ生息; 丸印: A, B, E, F 池では7月から9月にかけて T-COD 濃度が上昇, とりわけ B 池における変化が著しかった.

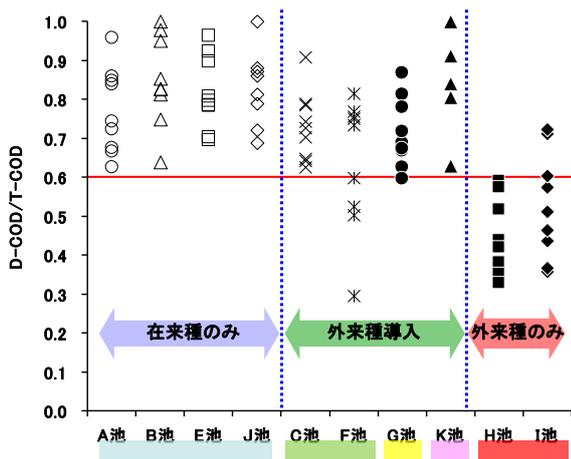


図3. 各池における溶存態 COD/全 COD (D-COD/T-COD)比の変動. A, B, E, J 池: 東日本在来種のみ生息; C, F 池: 国内外来種導入; G 池: 国内・国外外来種導入; K 池: 在来希少種と国外外来種; H, I 池: 国内・国外外来種のみ生息; 赤線: 在来種のみが生息する4池では, D-COD が T-COD の6割以上を占めた.

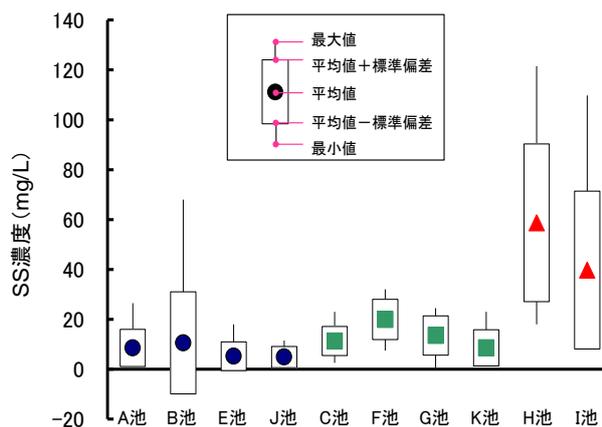


図4. 各池における懸濁態物質(SS)濃度の変動. 魚類相に基づくグループ分けを大きく3つに変更した. ●: 東日本在来種のみ生息する池(A, B, E, J); ■: 外来種が導入された池(C, F, G, K); ▲: 国内・国外外来種のみ生息する池(H, I).

指標となる強熱減量を測定した結果、I 池においては秋から冬にかけて風により巻き上げられた底質由来の無機粒子(鉱物粒子など)が濁りの原因であることも明らかとなった。したがって、有機的な濁りだけではなく無機的な濁りが少ないこともまた東日本在来種の生息に必要な可能性が示された。

以上より、希少種をはじめとした在来種のみが生息するため池の水質は、D-COD の占める割合が多い T-COD が季節変化をし、有機的にも無機的にも濁りが少ない傾向にあることが明らかとなった。つまり、人間から見ると「キレイ」なため池に希少種が生息しているといえるが、「ざっこ」にとってはどのような意味をもつのであろうか。

■植物プランクトンは水中の基礎生産者

クロロフィル a(Chl.a)濃度変動によるため池の分類

アオコに代表されるように、植物プランクトンの増殖によっても水は濁る。しかし、植物プランクトンは水中生態系を支える基礎生産者であることから、植物プランクトンが十分に増殖せず水が透き通って「キレイ」に見える水域は、水中生物にとっては砂漠のような環境であるといえる。なにより二枚貝類に産卵するタナゴ類にとって、二枚貝類の主要な食物と考えられる植物プランクトンの増殖はより重要な意味をもっている。

そこで、魚類相に基づき分けた3つのため池グループについて、植物プランクトンの指標である Chl.a 濃度の平均をとり、季節変化を比較した(図5)。東日本在来種のみ生息する A, B, E, J 池では9月に Chl.a 濃度のピークが形成されるのに対し、国内・国外外来種のみ生息する H, I 池ではピークが不明瞭となり高濃度で推移する傾向にあることが示された。さらに、在来種と外来種がともに生息する C, F, G, K 池(外来種が導入された池)における Chl.a 濃度の変動はこれら2グループの間に位置していた。

また、希少種が生息する A, B, E 池においては Chl.a 濃度と T-COD 濃度のピークが一致していたことから、植物プランクトンの大増殖(ブルーム)により水中の有機物量が上昇する秋季以外は、生産性の低い環境が維持されていることが示された。したがって多種多様な生物を支える十分な食物資源があるとはいえず、希少種が生息しているため池の魚類相は必然的に小型魚類を中心とした単純なものになると考えられた。さらに前項「(3)食物網解析」によると、ゼニタナゴは植物プランクトンと付着藻類を混食している可能性があることから、底生付着藻類の生産を促す太陽光が十分に透過する濁りが少ない「キレイ」な水は、ゼニタナゴの生息条件として必要不可欠であるとも考えることができ、さらなる調査・解析を要することが示された。

一方、H 池において T-COD 濃度と Chl.a 濃度とが高濃度で推移している大きな要因としては、水交換のない閉鎖的な環境であることが考えられる。しかし、外来種が導入された C, F, G, K 池においても Chl.a 濃度は高濃度で推移する傾向を示したことから、国内外来種であるモツゴなど動物プランクトン食小型魚の密度増加により植物プランクトンに対する動物プランクトンの捕食

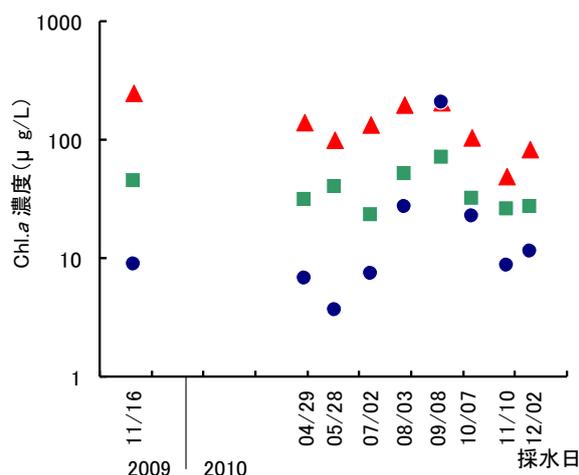


図5. 魚類相に基づき分類したため池グループにおける Chl.a 濃度(平均)の季節変化. ●: 東日本在来種のみ生息する池(A, B, E, J); ■: 外来種が導入された池(C, F, G, K); ▲: 国内・国外外来種のみ生息する池(H, I).

圧が低下し、食物連鎖のバランスが崩れた可能性も考えられた。したがって、外来種の導入はため池内の基礎生産性に影響を及ぼし、水質汚濁を進行させる可能性が示された。

無機栄養塩のバランスが鍵となる？

植物プランクトンの増殖は、肥料成分である水中の無機栄養塩類によって左右される。とりわけ窒素やリンが重要であり、その形態や濃度、存在比により増殖が左右される。水中に溶け込んでいる無機態窒素は、アンモニア態窒素(NH₄-N)と亜硝酸態窒素(NO₂-N)ならびに硝酸態窒素(NO₃-N)の3態からなり、その合計を溶存無機態窒素(DIN)として定義した。Chl.a濃度が高濃度で推移するH, I池(国内・国外外来種のみ生息する池)における平均DIN濃度は0.074 mg/Lと低濃度であり、A, B, E, J池(東日本在来種のみ生息する池)の1/4程度であった。すなわち、東日本在来種のみ生息する池の方が植物プランクトンの増殖に必要な窒素が残存していることが明らかとなった。

そこで、無機栄養塩類と植物プランクトンの増殖との関係を明らかとするために、DIN濃度とリン酸態リン(PO₄-P)濃度との比(DIN/PO₄-P)の経時変化を比較した(図6)。東日本在来種のみ生息する池のDIN/PO₄-P比は、外来種が導入された池(C, F, G, K池)よりも高く、外来種のみ生息する池では年間を通して低い傾向にあることが示された。したがって在来種のみが生息するため池では、窒素に対してリンが相対的に不足していることが明らかとなり、春先の植物プランクトンの増殖を制限している可能性が示された。一方、

Chl.a濃度のピークが検出される8~9月には、在来種のみが生息するため池においてもDIN濃度ならびにDIN/PO₄-P比が低下し、外来種のみが生息するため池と同等になったことから、リン濃度が上昇して窒素との存在比バランスがとれ、植物プランクトンの増殖が促進されたと考えられた。しかしながら、調査池におけるリン濃度の上昇が底質からの回帰なのか季節的な外部負荷なのかは明らかではない。

以上より、水中の基礎生産者である植物プランクトンの増殖が相対的に不足するリンによって制限されることで、在来種のみが生息するため池の水は「キレイ」に保たれている可能性が考えられる。しかしながら、春先から夏にかけて成長する稚魚がどのように十分な食物を確保しているのかは不明である。一方で、9月にかけてピークを形成する植物プランクトンの増殖により、秋産卵のゼニタナゴが産卵に備えて十分な栄養を確保し、産卵床となる

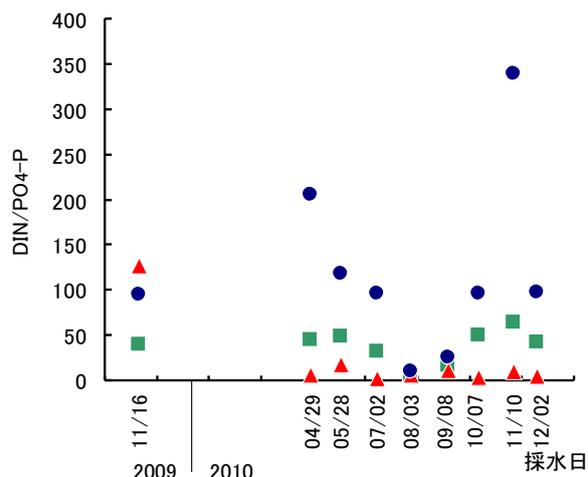


図6. 魚類相に基づき分類したため池グループにおける溶存無機態窒素／リン酸態リン(DIN/PO₄-P)比(平均)の季節変化。●:東日本在来種のみ生息する池(A, B, E, J); ■:外来種が導入された池(C, F, G, K); ▲:国内・国外外来種のみ生息する池(H, I)。

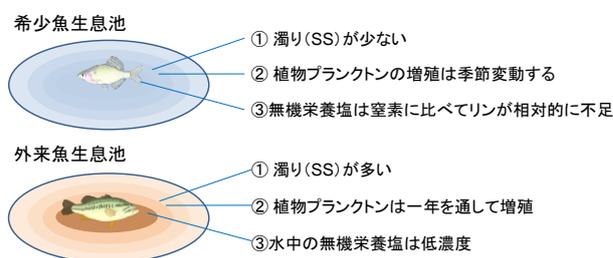


図7. 伊豆沼・内沼周辺ため池における水質の特徴。上図)希少種を含む東日本在来種のみ生息する池;下図)国内・国外外来種のみ生息する池。

二枚貝の状態が良くなるとも考えられる。すなわち、一見するとアンバランスな栄養塩環境も希少種の生息環境としてはバランスがとれており、むしろ多くの食物資源を必要とする大型魚や多種多様な生物には不利な環境が維持されていることで希少種が生残している可能性が考えられた(図 7)。したがって、希少種保全や復元を実現するためには、植物プランクトンの増殖や無機栄養塩類のバランスに着目して候補地を選定し、基礎生産性に基づく水質環境の継続的な維持管理が重要であることが示唆された。

引用文献

- 進東健太郎. 2006. 伊豆沼・内沼におけるゼニタナゴと二枚貝の生息現況. 細谷和海・高橋清孝(編). ブラックバスを退治するーシナイモツゴ郷の会からのメッセージ. pp.43-47. 恒星社厚生閣, 東京.
- 進東健太郎. 2010. ゼニタナゴが豊かだった伊豆沼・内沼. 魚類自然史研究会会報ボテジャコ 15. 31-34.