

平成 22 年 6 月 14 日現在

研究種目：基盤研究（B）
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18360256
 研究課題名（和文）湖沼における水質浄化のための二枚貝と底生魚類の生息に必要な底質環境に関する研究
 研究課題名（英文）Research on bottom sediment environment necessary for living of demersal fishes and bivalves to purify water of the lakes and marshes
 研究代表者 田中 仁志（TANAKA HITOSHI）
 埼玉県環境科学国際センター・水環境担当 専門研究員
 研究者番号：40415378

研究成果の概要：ろ過能力が大きく、湖沼の水質浄化に貢献するイシガイ科二枚貝の生息に必要な底質環境に関して、異なる底質（砂利、砂、泥（荒木田土））を再現した実験池においてドブガイを用いて評価した。その結果、1) 砂と泥はドブガイの行動パターンの選択幅が広い。2) 砂利はドブガイの成長に対し、負に影響する。3) 砂と泥の底質において、ドブガイの性成熟個体（殻長>50mm）が発生した。ドブガイの生息環境として、砂や泥が適当な底質である。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	4,700,000	0	4,700,000
2007 年度	3,000,000	900,000	3,900,000
2008 年度	2,600,000	780,000	3,380,000
年度			
年度			
総計	10,300,000	1,680,000	11,980,000

研究分野：

科研費の分科・細目：土木工学・土木環境システム

キーワード：二枚貝、底生魚類、底質環境、水質、湖沼、グロキジュウム幼生

1. 研究開始当初の背景

わが国において、河川の水質は年々改善されているのに対し、湖沼の水質は横ばいかむしろ悪化している。全国各地で湖沼の富栄養化に起因して、水質のみならず底質環境の悪化に伴い、溶存酸素が低下するなどベントス（底生生物）の生息環境も悪化しており、生物の多様性も失われている。

湖沼の代表的なベントスである二枚貝はろ過能力が高く、湖沼の浄化に大きく寄与している有用な生物であると考えられる。特に、イシガイ科二枚貝は、絶滅危惧種であるニッポンバラタナゴやミヤコタナゴなどのタナゴ類の仲間が産卵を行うため、湖沼生態系において重要な役割を担っている。さらに、そ

の生活史において、グロキジュウム幼生と呼ばれる幼生期には、主に底生魚類（ヨシノボリなど）のエラやヒレ等への寄生を経て稚貝になることで知られている。ところが、二枚貝自体が希少種となった水域が多い。この原因には大きく次の二つが考えられる。1) 富栄養化など水質悪化に伴う天然飼料（例えば、植物プランクトン）の変化や溶存酸素の低下などの物理的環境、特にヘドロ化など底質環境の悪化、及び2) 二枚貝の生活史において重要なパートナーである底生魚類の減少である。

しかしながら、湖沼における二枚貝やその生活史で重要な働きを担う底生魚類から見た生息空間として湖沼環境、特に底質環境に

については必ずしも十分に理解されているわけではない。このことは、宮城県の伊豆沼や茨城県の霞ヶ浦において以前に比べて二枚貝の生息数が減少している事例を見ても明らかのように早急な原因究明が必要であり、二枚貝の生息環境（特に底質環境）や生活史に着目した評価が必要不可欠である。特に既往の研究では、富栄養化に伴う水質悪化に着目して行われてきたため、二枚貝の生息場所としての本質である底質環境や幼生のグロキジウムが利用する底生魚類など生物の相互作用に着目した生息環境の評価はほとんど行われていない。

2. 研究の目的

湖沼（ため池を含む）を対象に、それら生態系において重要な構成種である二枚貝と、その生活史上存在が必要な底生魚類の生息に重要な底質環境についての評価を行うことを目的とする。

3. 研究の方法

湖沼における二枚貝及び底生魚類の生息環境に関して以下のサブテーマを設定して研究を進めた。

(1) 二枚貝と底生魚類の生息場所としての湖沼底質環境

二枚貝が生息する埼玉県熊谷市内の農業用ため池 S 沼（約 40mW×約 90mH、最深部 1.8m、図 1）において、生息環境を調査した。調査は平成 19 年 8 月から 1 年間、多項目水質計（ハイドラボ社製 DS5X）を最深部に設置し、底層直上水質の連続モニタリング（水温、pH、濁度、溶存酸素及び電気伝導度）を行った。二枚貝の調査は、鋤簾を使ってゴムボートもしくは岸から行った。さらに、平成 19 年 8 月、9 月、10 月に各 1 回最深部の、平成 20 年 7 月には、最深部及び二枚貝生息地点の底質を長柄ひしゃく又はステンレス製採泥器を用いて採取した。また、宮城県伊豆沼に隣接した二枚貝が生息する実験池において、NPO 法人環境生態工学研究所（仙台市）の協力を得て平成 20 年 2 月 26 日に行った、魚介類生息調査での、二枚貝の生息密度を調査し



図 1 埼玉県内でイシガイ科二枚貝の稀少生息地の一つである農業用ため池 S 沼と多項目水質計設置地点（図中央）

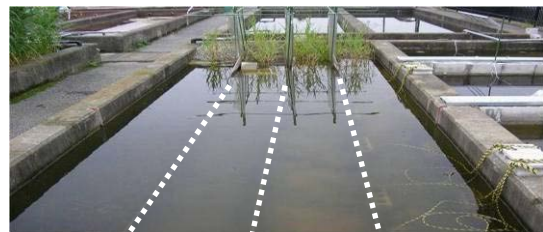
た同一地点の底質を採取した。底質は、窒素、リン及び炭素量を分析した。

(2) 実験池を用いた底質環境が二枚貝と底生魚類に及ぼす影響

① 二枚貝の行動による底質評価

熊谷市ムサシトミヨ保護センター（埼玉県熊谷市）内に 4 種類の底質になるように造成した実験池で観察を行った。実験池（コンクリート製 2.5mW×12.5mL×1mH）は底質を板で、建設資材として販売している砂利（平均粒径 20mm）、砂、泥（荒木田土）及び泥（荒木田土）+植物片（ヨシ）に区切られている（図 2）。池には地下水を満たした後、雨水のみ供給されるが、水位が低下した場合には地下水を補給した。観察は、夏期（6 月 27 日～8 月 25 日）において、計 18 日間行った。

観察は仕切り板をはずし、ドブガイが異なる底質（砂利、砂及び土）に移動できる状態でドブガイの行動を観察した。観察に用いたドブガイは全部で 18 個（殻長は最大 100mm、最小 64mm、平均 85mm）でそれぞれに合成樹脂塗料で標識番号を付けた。それぞれの底質に 3 個体ずつ静置し、10 分毎の個々のドブガイの行動と位置について 3 時間記録し、砂利、砂及び泥での観察を 1 回として 3 回繰り返した。



砂利区 砂区 泥区 泥+ヨシ区
(荒木田土)

図 2 熊谷市ムサシトミヨ保護センター（埼玉県熊谷市）内の実験池と底質区分

② 二枚貝の生存率による底質評価

埼玉県環境科学国際センター内の野外（雨よけあり）に設置した大型水槽 3 基（容量 1000L）に市販の砕石（<25mm）、砂（川砂）又は土（赤玉土細粒）200L を敷き、いずれかの底質になるようにした（図 3）。活性炭濾過水道水を 800L まで満たし、ドブガイ成貝を 10 個体/基投入した。実験は平成 19 年 11 月から平成 21 年 11 月にかけて行った。酸素供給と水攪拌のためにエアレーションを行った。水槽の水交換は行わず、二枚貝の調査や水質分析用の採水等により減水した場合に適宜、800L まで給水した。また、アオミドロ等の糸状藻類の繁茂を防ぐ目的で、水槽上には 70%遮光ネットをかぶせた。実験期間中は、市販品の海産二枚貝用微粒子配合飼料「M-1」の水溶液を定量送液ポンプ（EYELA 製 MP-1100）により、実験水槽へ供給した。給

餌量は、高水温期の4月～10月は4g-dry/水槽、低水温期の11月～3月は2g-dry/水槽に設定し、週末を除き、ほぼ毎日給餌した。実験期間中は、二枚貝の生死を毎給餌時に確認するとともに、6ヶ月ごとに生死と個体サイズを測定・記録した。



図3 生態園に設置した大型水槽（容量1,000L）全景

③二枚貝の稚貝再生産及び底生魚類の行動による底質評価

ドブガイ成貝とそのグロキジウム幼生の宿主魚（メダカ及びヨシノボリ）を平成18年に放流した。宿主魚は異底質間を自由に移動できる構造である。稚貝発生状況の調査は平成19年6月、平成20年5月、同9月及び平成21年10月の計4回行った。実施回ごとに調査場所を変え、スコップで底質を表面から深さ10cmまで1.5～3.3m²の範囲を採取し、フルイ（目合1mm）で稚貝を選別後、同一面積あたりの稚貝個体数と個体サイズ（殻長）を記録した。実験期間中、最短で一週間おきにタモ網でランダムに宿主魚を捕獲し、観察ケースに入れ、捕獲場所及びグロキジウム幼生の寄生部位を観察・記録後、再放流した。

4. 研究成果

(1) 二枚貝と底生魚類の生息場所としての湖沼底質環境

S沼は、岸から約1～2m離れた付近で二枚貝（ドブガイ及びヨコハマシジラガイ）が採集されたものの、最深部では確認できなかった。H19年8月の調査において、ドブガイの生息密度は概ね1.3個体/m²であった。最深部における底質組成は、炭素47,000～67,000mg/kg、窒素3,000～5,600mg/kg、リン800～1,000mg/kg、C/N比約12～16であった（n=4）。S沼右岸の二枚貝が採集された地点の底質を分析した結果、炭素21,000mg/kg、窒素2,000mg/kg、リン480mg/kg、C/N比約10であった（n=1）。このことから、二枚貝が採取された底質は、採集されなかった場所に比べて、栄養塩及び炭素量が小さかった。また、伊豆沼実験池における調査結果を表1に示す。実験池において、二枚貝（イシガイ）が採集された地点（4個体/m²及び40個体/m²）

と採集されなかった地点を比較すると、40個体/m²の地点で窒素、リン、炭素量が最も小さかった。以上の結果から、二枚貝が高密度で生息する底質環境は、相対的に低有機的環境な傾向にある可能性が示唆された。

表1 伊豆沼実験池の二枚貝（イシガイ）密度と底質組成（平成20年2月）（n=1）

二枚貝	窒素	リン	炭素	C/N比
なし	360	190	6700	19
40個/m ²	<100	79	1300	—
4個/m ²	<100	170	6400	—

単位：mg/kg（C/N比除く）

一方、多項目水質計から得られたデータの一部を図4に示す。柴沼の底層におけるpH、電気伝導度および溶存酸素は、冬期は安定して推移しているが、夏期は降雨に伴うと考えられる攪乱により、水質変動が見られた。特に、ベントスの生息に悪影響を及ぼすと考えられる溶存酸素は、0mg/Lに近い値が連続して観察された。また、水温も最高28.6℃（8月16日）を記録し、夏期には30℃近くまで水温が上昇することが分かった。

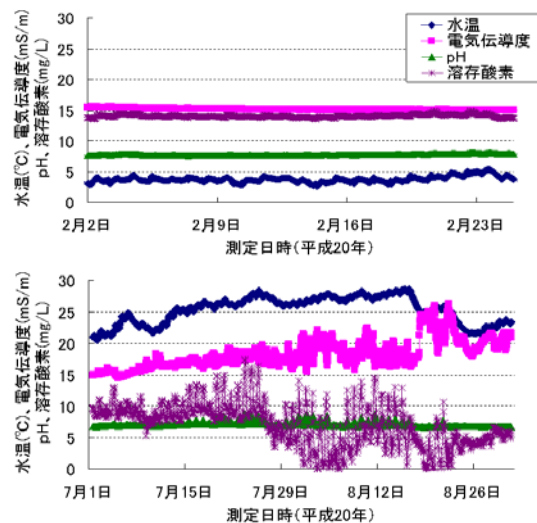


図4 柴沼最深部底質直上の水質経時変化
平成22年2月(上)及び7～8月(下)

本研究により、S沼では、底質の富栄養化及び有機化の進行に加え、低酸素及び高水温が二枚貝の生息にストレスを与えている可能性が示唆された。

(2) 実験池を用いた底質環境が二枚貝と底生魚類に及ぼす影響

①二枚貝の行動による底質の評価

ドブガイは砂利、砂及び泥において異なる行動パターンを示した。それらの行動パターンは、1)水管を出す、2)足を出す、3)足を出

すが、すぐに戻す、4) 潜る、5) 腹縁を下にする、の 5 つの基本行動の組み合わせとして、A~E の 5 つの行動パターンに分類できた(図 5)。そのパターンはそれぞれ水管を出すだけなので、「水管型」(A)、水管を出した後、足を出したり戻したりを繰り返す「足出し繰り返し型」(B)、水管を出した後、足を出し、その場で潜るので「その場潜り型」(C)、水管を出した後、足を出し、腹縁を下にするので「起上り非潜り型」(D)、「水管を出し、足を出し、腹縁を下にした後、潜るので「起上り潜り型」(E) と名前をつけた。

3 底質で特徴的な行動パターンは砂利で B が 69%(n=48)、砂で A が 35%(n=48)、E が 44%(n=48)、泥(荒木田土)で、D が 33%(n=48)、E が 52%(n=48)をそれぞれ占めた。移動する個体はパターン DかEの行動パターンを示した。砂利において多くの個体が B のパターンを示したのは、粒径が大きいことがドブガイの行動を阻害していたと考えられる。また、砂や泥では潜行できるにもかかわらず、潜行しない個体も見られた。これはドブガイの行動パターンの選択性の幅が広いといえる。

今回使ったドブガイではサイズによる行動パターンの違いが見られなかったが、個体サイズの幅を持たせることによってドブガイのサイズ別による底質嗜好性が明らかになると考えられる。

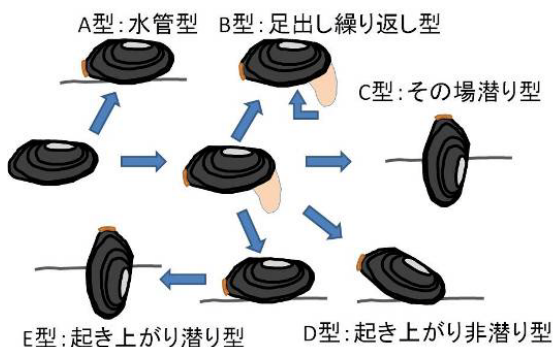


図 5 静置後 3 時間のドブガイの行動パターン

②二枚貝の生存率による底質評価

底質ごとのドブガイの生存率(%)の推移を図 6 に示す。砂利を用いた水槽のドブガイの生存率は、約半年(149 日)後には 90%であったが、約 1 年(344 日)後に全個体が死亡した。砂の水槽では、約半年後には生存率 0%になった。底質に土を用いた水槽のみ、約 1 年後に 60%、約 1 年半(540 日)後には 30%の個体が生存した。なお、図 7 に示したとおり、導電率はすべての水槽において実験開始後、経時的に上昇傾向を示した。これは、人工飼料が海産二枚貝用であったため、原料に含まれる塩分に起因していると考えられた。また、実験期間中の懸濁物質は、底質が砂の

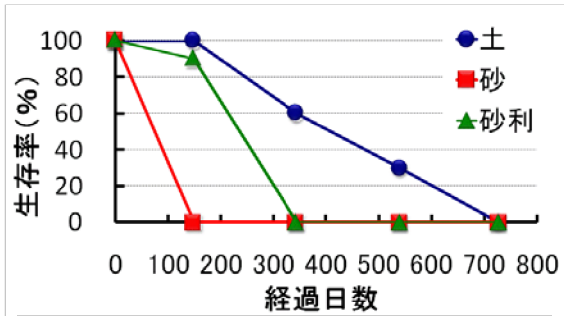


図 6 底質とドブガイの生存率(%)の推移

水槽は、土と砂利に比べ平均で 4 倍より大きく、砂に含まれる微細含有物質が主原因と考えられた。なお、砂利を用いた水槽では、共存していたヒメダカのアヒレが溶けるような症状を示したことから、病気が原因で生存率が低下した可能性がある。一方、生存率低下の原因は、水質に関連する微細物質による濾過障害や塩分濃度の上昇が影響したなどが考えられたが、明確にはできなかった。本研究では、土を底質に用いた水槽が最も高い生存率を示したが、土(赤玉土細粒)による水質変動に対して緩衝作用が働いたものと考えられた。ドブガイを用いた長期間の実験を行うためには、より効果的な新規餌や給餌量の検討など、実験条件に課題が残った。

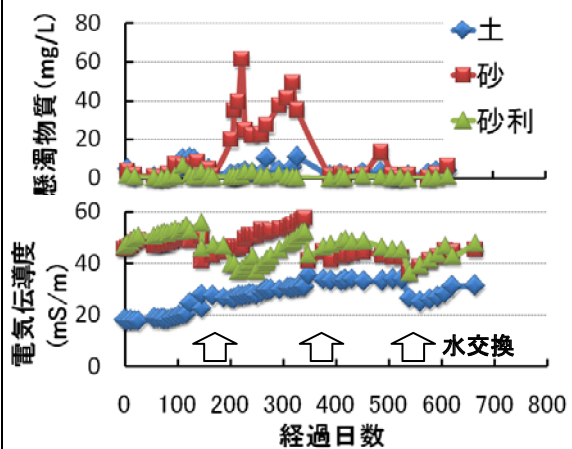


図 7 底質の異なる水槽における懸濁物質(上)及び COD(下)の経時変化

③二枚貝の稚貝再生産及び底生魚類の行動による底質評価

③-1 稚貝発生状況による底質評価

野外実験池で再生産された底質ごとのドブガイ稚貝の殻長分布と発生密度を図 8 に示す。稚貝密度は、平成 19 年 6 月には全底質で 0 個体/m²であったが、平成 20 年 5 月は砂 2 個体/m²及び泥 1.3 個体/m²、同年 9 月は砂 6.2 個体/m²及び泥 1.9 個体/m²、平成 21 年 10 月は砂 1.5 個体/m²及び泥 1.2 個体/m²であった。底質は砂利のみ、稚貝が 4 回の全調査

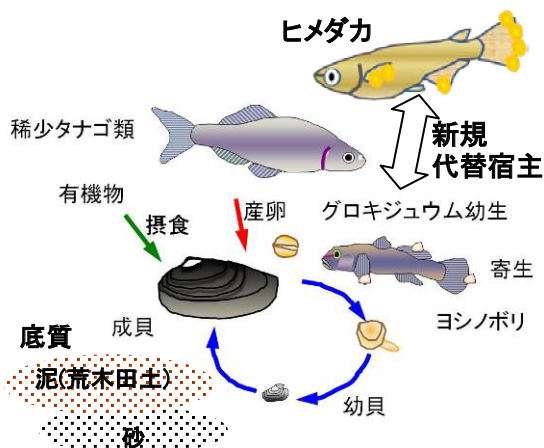


図 11 イシガイ科二枚貝の生活環及び本研究で明らかとなった生息に適した底質と新規宿主魚

最後に、自然の恩恵を継続的に受けるためには、自然再生の取り組みを効果的に推進することが求められる。本研究は、イシガイ科二枚貝の特徴的生態である、グロキジウム幼生が魚類に寄生する生活環を持つことを踏まえ、二枚貝及びその幼生の宿主魚に対する底質の影響を評価した。その結果、底質に砂や泥（荒木田土）を用いることによって、実験池においてドブガイの世代交代に成功した。本成果は、湖沼におけるベントスの生息場の保全・再生において、例えば、代償的生息環境の創造（ミチゲーション）への活用が期待される。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 1 件）

- ① 金澤光、松本充夫、埼玉県初記録のトンガリササノハガイ、埼玉県立自然の博物館研究報告、No. 2、2008、41-43.

〔学会発表〕（計 8 件）

- ① 木本達也、田中仁志、木持謙、金澤光、須藤隆一、松原健司、野村宗弘、Lee Yong Doo、実験池を用いたドブガイの稚貝発生状況による底質評価、第 44 回日本水環境学会年会講演集、2010、257.
- ② 田中仁志、木本達也、木持謙、金澤光、須藤隆一、松原健司、野村宗弘、実験水槽を用いたイシガイ科二枚貝グロキジウム幼生の宿主へのメダカ活用の検討、日本水処理生物学会誌 別巻、No. 29、2009、32.
- ③ 田中仁志、木本達也、木持謙、金澤光、須藤隆一、若林明子、野村宗弘、実験池におけるメダカ及びヨシノボリへのドブガイ・グロキジウム幼生の寄生と部位特性、日本陸水学会第 73 回大会講演要

旨集、2008、245.

- ④ 田中仁志、木本達也、木持謙、金澤光、若林明子、須藤隆一、野村宗弘、実験池におけるドブガイのグロキジウム幼生のメダカへの付着状況、日本陸水学会第 72 回大会講演要旨集、2007、93.
- ⑤ 田中仁志、大塚雅彦、木持謙、金澤光、渡辺泰徳、野村宗弘、実験池を用いたドブガイの底質選好性の評価、日本水処理生物学会誌 別巻、No. 27、2007、12.
- ⑥ 田中仁志、宍戸久美子、木持謙、金澤光、渡辺泰徳、須藤隆一、熊谷市農業用水路におけるシジミの分布に対する水質及び流速の影響、第 41 回日本水環境学会年会講演集、2007、503.
- ⑦ 田中仁志、大塚雅彦、木持謙、金澤光、野村宗弘、渡辺泰徳、須藤隆一、実験池を用いた異なる底質（砂利・砂・泥）におけるドブガイの行動観察、第 41 回日本水環境学会年会講演集、2007、502.
- ⑧ 田中仁志、木持謙、金澤光、須藤隆一、萩原秀樹、渡辺直樹、渡辺泰徳、野村宗弘、淡水二枚貝の生息に適したため池底質環境の評価-底質性状が異なる実験池の設計と造成-、日本陸水学会第 71 回大会講演要旨集、2006、81.

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

○取得状況（計 0 件）

〔その他〕

ホームページ等なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田中 仁志 (TANAKA HITOSHI)
埼玉県環境科学国際センター・水環境担当
専門研究員
研究者番号：40415378

(2) 研究分担者

木持 謙 (KIMOCHI YUZURU)
埼玉県環境科学国際センター・水環境担当
専門研究員
研究者番号：50415379

(3) 連携研究者

金澤 光 (KANAZAWA HIKARU)
埼玉県環境科学国際センター・自然環境担当
担当部長
研究者番号：30415400

野村 宗弘 (NOMURA MUNEHIRO)
東北大学・大学院・工学研究科・助教
研究者番号：70359537