

ヤマトシジミによる佐鳴湖浄化の研究 第三報

静岡県立浜松北高等学校

1 動機

私たちの町にある佐鳴湖は、2001 年には日本国内で最も汚い湖となってしまった。この主な原因は、家庭で用いられている洗剤に含まれるリン、窒素などの化学物質である。その後、浜松市では下水道整備や浄化槽の設置などの様々な水質保全の取り組みが行われており、水質汚濁の改善が図られている。しかし、佐鳴湖の COD の値は環境基準値には達していない。そこで、現在行われている方法以外のより有効な浄化手段について検討し、ヤマトシジミの浄化能力を利用するという考えに至った。

2 昨年度までの研究

・シジミを高濁度水に曝露させると、その後の浄化能力は低下する傾向が見られた。これは高濁度水がストレスになり、シジミの活動が低下したと考えられる。佐鳴湖は年間を通して高濁度状態であり、シジミを放流したとしても浄化作用は十分に働かない可能性がある。高濁度状態になる一因としては、植物プランクトンが多いことが挙げられる。そのため、植物プランクトンの増殖を抑制することが課題の一つであると考えられる。

・佐鳴湖湖畔での現場実験から、濁度、クロロフィル a、COD の低下が確認できた。T-P も室内実験ほどは増加せず、ヤマトシジミのろ過作用が盛んになれば水質浄化に貢献できる可能性が高いと考えられる。一方、リン酸態リンの排出は動物であるため避けられず、これは植物プランクトンの栄養として重要であるので、ヤマトシジミのリンの排出と、植物プランクトンの増殖との関係を研究することが課題になった。

・LED 電球下における実験で濁度とクロロフィル a の高い相関が見られた。この結果より、濁度の主な原因は植物プランクトンであり、ヤマトシジミは植物プランクトンを摂食することで濁度を下げていると分かる。

3 今年度の研究

—実験を行うにあたって—

・濁度の計測には、デジタル濁色度計 WA-PT-4DG（共立理化学研究所）を用い、NH₄-N、PO₄-P、NO₂-N、NO₃-N の計測にはそれぞれパックテスト KR-NH₄-2、KR-PO₄、KR-NO₂、KR-NO₃、デジタルパックテスト DPM₂-NH₄、DPM-PO₄、DPM₂-NO₂、DPM₂-NO₃（共立理化学研究所）を用いた。COD の滴定方法には、過マンガン酸カリウム酸性法（JISK0102(1998)17 滴定法）を用いた。

・ろ過速度の計算には、後記の式を用いた。この式はヤマトシジミの浄化能力を評価するための計算式であり、値が大きいほどより高い浄化能力を有すると考えられる。

$$F = (V/t) * (\ln(C_0/C_t) - \ln(C_0'/C_t')) / W$$

F:ろ過速度(L/h.g) V:水量(L) t:経過時間(hour) W:ヤマトシジミ現存量(g)

X₀:シジミ区初期値 C_t:シジミ区 t 時間後の値

C₀' :対照区初期値 C_t' :対照区 t 時間後の値

(1) 水流の有無と濁度減少率の関係性

ア 目的

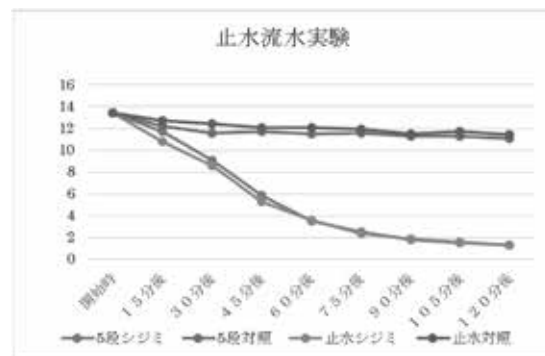
従来の止水実験、1段のみでのかけ流し実験では対流が発生し、ろ過速度が正確に出せなかった。そのため、1段だけでなく数段にして1段ごとの個体集団でろ過速度を出すことでデータの正確性を上げようと考え実験を行った。

イ 方法

流水区では、ペットボトルを5段並べて、装置内に6Lの佐鳴湖水を入れた。1, 3, 5段目に合計90gのシジミを入れた区を流水シジミ区、何も入れない区を流水対照区とした。ポンプとサイフォンの原理を用いて常に一定の流速：約300mL/分を保ち、湖水を循環させた。止水区では、2つの水槽に湖水を6Lずつ入れ、シジミ90gを入れた区を止水シジミ区、何も入れなかった区を止水対照区とした。流水区、止水区どちらも実験時間を2時間とし、流水時と止水時において濁度変化の違いがあるかを調べた。

ウ 結果・考察

止水時と流水時で違いが見られなかったことよりシジミの浄化作用は流速に関係しないと考えられる。試水と流水の実験結果がほぼ一致していたことから、今後の実験は懸濁物が沈殿しにくいなどのメリットが多い流水で実験を行うことが最適だと考えられた。



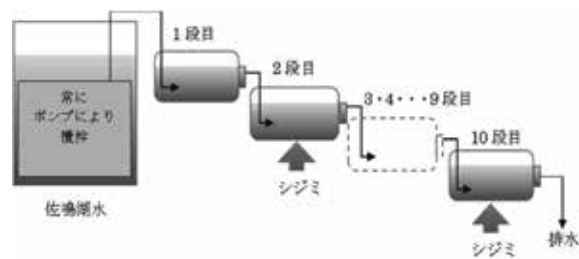
(2) 水質とろ過速度の関係

ア 目的

先の実験から、ペットボトルを段にして並べるとその水域ごとのろ過速度を正確に求められることが分かった。それに加え、段数を10段に増やして水質に大きな差をつけることで、水質とろ過速度の関係を調べられると考え、実験を行った。

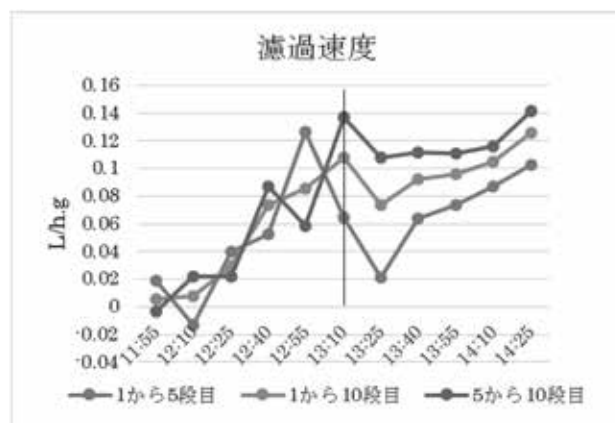
イ 方法

ペットボトルを10段並べ、10段装置を作った。水を循環させず、排水する仕組みにした。流速は約250mL/分で、シジミ区には偶数段目に各段40g、合計200gのシジミを入れた。何も入れなかった区を対照区とした。実験開始前である11時55分から13時10分までの75分間はシジミを佐鳴湖水に順応させた。シジミ区はシジミの浄化作用が働くので、下に行けば行くほど（10段目に近いほど）濁度が下がる仕組みになっている。また、10本のペットボトル内の総水量は約8,100mLであった。



ウ 結果・考察

(13時10分実験開始)シジミが佐鳴湖に順応したと思われる時点以降の結果を見ると、1～10段の平均のろ過速度と比べ、直接湖水をろ過した水域である1～5段のろ過速度が遅く、ろ過された湖水をシジミが再びろ過した水域である5～10段のろ過速度が速いことが分かる。ろ過速度の速い方が浄化の効率が良いので、5～10段は1～5段に比べて浄化の効率が良いと言える。よって、シジミが湖水を繰り返し濾過すると浄化の効率がよくなることが分かった。



(3) ヤマトシジミによるCODの変化

ア 目的

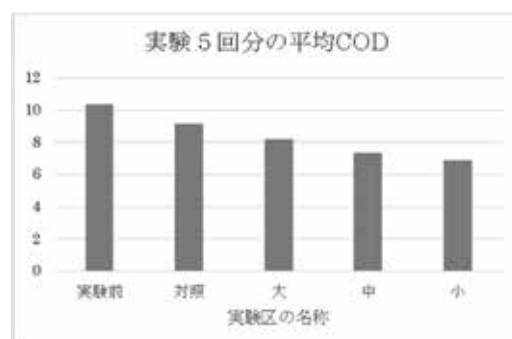
佐鳴湖の水質を考えるうえで、シジミによるCODの変化を調べる必要がある。そこで、昨年度の実験から実験器具や薬品をより精度の高いものにして実験を行った。また、シジミの大きさによってCODの値に変化が見られるかを調べることも目的とした。

イ 方法

4つのペットボトルに佐鳴湖水を1.6Lずつ入れた。シジミ大の区には2個体24g、シジミ中の区には6個体24g、シジミ小の区には約30個体24gのシジミを入れた。何も入れない区を対照区とした。実験時間は2時間程で、この実験を5回行い、シジミの大きさ別でCODの変化を調べた。

ウ 結果・考察

シジミ区は対照区と比べてCODが下がった。また、シジミの大きさが大、中、小の順にCODの値が下がった。CODが下がったのは、シジミが有機物を吸収し、偽糞として水中に固定したためだと考えられる。また、シジミの湿重量が小さい方がCODの値が小さいことから、総湿重量をそろえると、同じ質量下では、シジミの個体数が多いほど有機物の吸収効率が良いと言える。



(4) ヤマトシジミの偽糞が水に与える影響

ア 目的

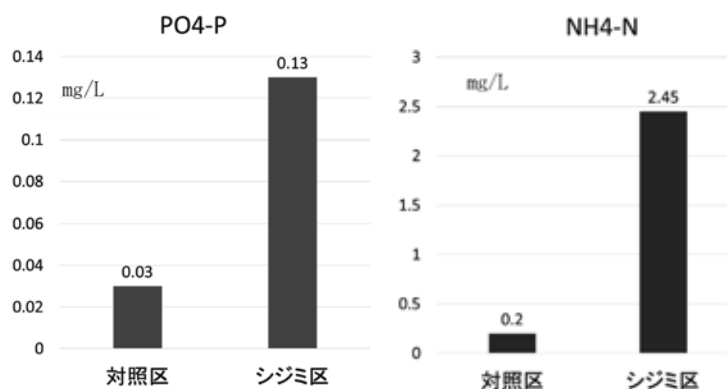
偽糞には、NH₄-N、P₀₄-Pといった植物プランクトンの増殖を促す物質が含まれている。そこで、シジミの偽糞によって水質にどのような影響を与えるか調べるため実験を行った。

イ 方法

2つのビーカーに純水を100mLずつ入れた。佐鳴湖水内に1日入れておいたシジミ10個体(約41g)を、一方の純水に投入してシジミ区とし、他方の純水のみを対照区とした。シジミ投入1時間後にシジミのみを取り出し、偽糞を溶出させるため1日後にNH₄-NとP₀₄-Pを測定した。なお、シジミは淡水でも生息でき、純水に入れた場合でも活性は変わらない。

ウ 結果・考察

シジミ区は対照区に比べ、P04-Pは4倍以上、NH4-Nは12倍以上値が増加した。偽糞が水中に溶出することにより、P04-PとNH4-Nが増加したと考えられる。よってシジミは、水質浄化における濁度、COD、NH4-N、P04-Pの4項目のうち、P04-PとNH4-Nは増加させることが分かった。総合的な佐鳴湖の浄化において、この2つの物質を減らす方法を見つける必要性を感じた。



(5) ヤマトシジミとアオサの組み合わせ実験

ア 目的

前章より、NH4-NとP04-Pを減らす必要があることが分かった。そこで私たちは、浜名湖の水産資源であり、窒素やリンを吸収するアナアオサを利用しようと考えた。また、アオサはからだ全体で吸収するため、根からしか吸収しない植物より吸収率が良い。そこで、アオサとシジミを上手く組み合わせることで、より効率の良い浄化方法を調べるために実験を行った。

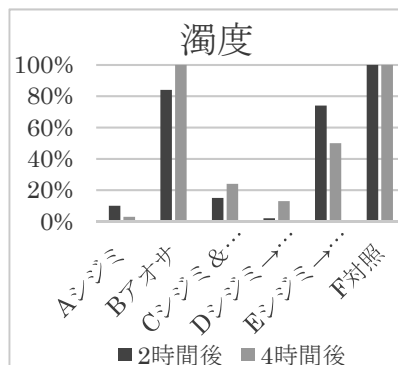
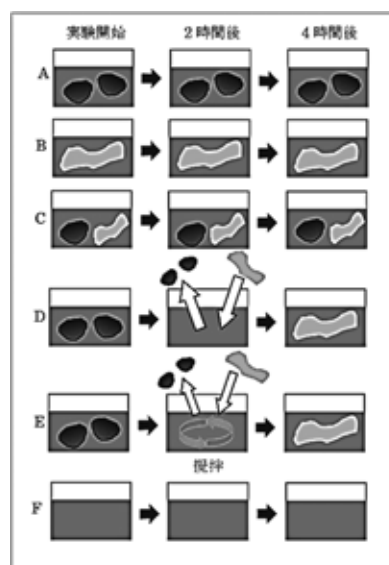
イ 方法

6つの水槽に佐鳴湖水を5Lずつ入れた。水槽にシジミを4時間単独投入した区をA。アオサを4時間単独投入した区をB。シジミとアオサを4時間混合投入した区をC。シジミを最初の2時間単独投入後、シジミを取り出し、アオサを2時間単独投入した区をD。シジミを最初の2時間単独投入後、シジミを取り出し佐鳴湖水を攪拌した後、アオサを2時間単独投入した区をE。4時間何も入れなかった対照区をFとした。単独投入したシジミ、アオサはそれぞれ100g、混合投入したシジミとアオサはそれぞれ50gであり、全ての区においてエアレーションを行った。実験開始から2時間後と4時間後に濁度、NH4-N、P04-Pを測定した。また、Eの2時間後の測定は攪拌後に行うことで、シジミの偽糞が湖水に及ぼす影響を調べた。

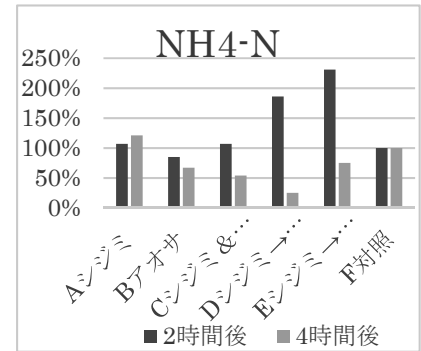
ウ 結果・考察

対照区を100%として濁度とNH4-Nのグラフを示した。

<濁度> 2時間後、A、C、Dはシジミの浄化により濁度が大幅に減少した。Eもシジミの浄化は見られたが、攪拌により偽糞が溶け、濁度の下がりが小さかった。Bよりアオサによる濁度の低下はほとんど見られなかった。4時間後、Aはシジミの浄化が進み、97%の濁度を除去した。Bよりアオサによる濁度の低下は見られなかったことから、Eでは攪拌により巻き上がった偽糞が沈殿し、濁度が低下したと考えられる。



<NH₄-N> 2時間後、A, C, Dはシジミによる増加傾向が見られた。Eは対照区の2倍以上にまで増加した。4時間後、アオサのいるB, C, D, Eでは値が減少した。A, C, Dは偽糞の中にNH₄-Nが固定されているために、Eより低くなったと推測できる。D, C, Bの順に浄化率が高かったことから、アオサの浄化において、シジミが濾過した水でシジミが共存していない環境が最適だと推測できる。またEよりアオサは、シジミの偽糞から溶け出た分も大幅に吸収した。その後の2～4時間の間にアオサが測定不可能となるまで吸収したと考えられる。



<P₀₄-P> Eの2時間後以外は測定結果がデジタルパックテストの検出下限値 (0.03mg/L) 未満のため、測定不可能で細かい変化を調べることができなかった。攪拌により偽糞が溶けたEの2時間後では、対照区の124%以上と急増した。

ヤマトシジミの偽糞にはNH₄-N、P₀₄-Pが含まれており、シジミのみの浄化では濁度だけが減少した。一方アオサのみでもNH₄-NとP₀₄-Pは下げるものの、濁度を下げる効果がない。3項目すべてが低い値をとる効果的な方法は、シジミで濁度を下げた後、アオサによってNH₄-NとP₀₄-Pを吸収させる方法であると考えられる。

—要約—

- (1) より、ヤマトシジミの水質浄化において流水と止水に差異はない。
- (2) より、一度ろ過した水を再びヤマトシジミがろ過することが浄化において効果的である。
- (3) より、ヤマトシジミは有機物を偽糞に固定して、CODを下げていと推測できる。
- (4) より、ヤマトシジミの偽糞にはNH₄-N、P₀₄-Pが多く含まれている。
- (5) より、ヤマトシジミのみの浄化では濁度だけが減少し、アオサのみの浄化ではNH₄-N、P₀₄-Pは減少するものの、濁度は減少しない。3項目すべてが低い値をとるのは、ヤマトシジミで濁度を下げた後、アオサによってNH₄-N、P₀₄-Pを吸収させる方法であった。

4 反省・課題

シジミとアオサを組み合わせ、濁度、NH₄-Nを減少させる浄化方法を示すことができた。また今年度は調べることはできなかったが、偽糞が有機物を固定することに加えて、アオサがP₀₄-Pを吸収することを考慮すると、シジミとアオサを有効に利用すれば、濁度、COD、NH₄-N、P₀₄-Pの全てが減少する浄化方法の確立が期待できる。今後の課題としては、水質評価方法の改善、シジミの浄化能力と湿重量との明確な関係性の調査等が挙げられる。

5 参考文献

- (1) 静岡県立浜松北高等学校研究紀要
H29年度 ヤマトシジミによる佐鳴湖浄化の研究—第二報—
- (2) 日本のシジミ漁業 ヤマトシジミの生態的特徴 p 2～p 20
- (3) 水のおはなし 安見昭雄著 日本規格協会