

ため池の富栄養化とオニバスの生育 (第4報)

— ため池底泥の富栄養化の実態 —

Effects of farm pond Eutrophication on *Euryale ferox* Salisb

— Characteristics of the bottom sediment in Eutrophicated farm ponds. —

石原 暁

白井 康子

笹田 康子

Akira ISIHARA

Yasuko SHIRAI

Yasuko SASADA

We investigated in the characteristics of the sediments in four farm ponds, which *Euryale ferox* Salisb is growing. 1) Concentration of T-N, T-P in sediments was 13.6~4.4, 1.1~0.5mg/g dry mud. 2) ORP of sediments in 4 ponds was -60~-160mV, from June to November. 3) T-N, NH₄-N and PO₄-P concentration in intestinal water in some ponds was increased in summer. 4) 0.08mgT-P, 0.58mgT-N/g. dry mud was eluted in release test of sediments in laboratory.

キーワード: オニバス, ため池, 富栄養化, 底泥

はじめに

オニバスは、本来富栄養化した池沼に生育する水草であるが、その程度が過ぎると、生育に支障を来すらしい。

オニバスが消えた後には、ヒシくらいしか生育可能な水草が無いことから、水草の最後の砦¹⁾ともいわれている。

ため池の密度が日本一である香川県では、その水環境をより良く保つシンボルとして、オニバスを取り上げ、その保護、増殖をはかるため、適正な生育条件の解明が求められている。

我々は先の2つの報告で^{2) 3)}、夏期にため池水質の窒素及びリン濃度が、著しく上昇する場合があります、それが底泥からの溶出に起因すると推定した。

今報では、平成9年度に、県の稀少野生動物植物保護対策事業(オニバス生育状況調査)に協力して、分析する機会を得た重点調査4池の底泥に窒素、リンなどがどれだけ含まれているか、間隙水中ではどうかを明らかにする。

さらに、平成12年度に前池の底泥を用いて行った底泥からの窒素、リン溶出試験結果について述べ、底質が水質に、さらにはオニバスなどの植生に及ぼす影響解明の一助としたい。

調査方法

調査したのは、前2報で水質を調べた、丸亀平野の中央部に位置する4つのいわゆる皿池で、オニバスが毎年安定して発生する前池、発生が増加傾向にある八丈池、発生が減少傾向の籠池、発生回数が少なく断続的な田村池である。(詳細は前2報²⁾³⁾参照)

採泥は、平成9年6月10日(オニバスの生育初期)、9月30日(盛～後期)11月5日(終期)に行った。

面積が1ha未満の前池、籠池では毎回2箇所から、7haの八丈池、17haの田村池からは毎回3箇所から、エクマンバージ採泥器により採取した。溶出試験には、別に

平成12年1月6日、前池で採取した。

クーラーボックスで冷却して持ち帰った底質は、酸化還元電位を測定後、2mm目の篩を通して夾雑物を除き3000 r.p.mで30分間遠心分離機にかけ、湿泥と間隙水とに分別した。湿泥の一部は風乾し、残部は5℃に保存し、間隙水はNo.6濾紙で濾過して、それぞれ分析に供した。

1 分析項目と方法

1-1 底泥

<底泥>

全窒素(以下T-Nと記す)：ケールダール法により硫酸分解後、蒸留、滴定法。

全燐(以下T-Pと記す)：硝酸、過塩素酸分解後、モリブデン青法。

全炭素：チウリン法。

強熱減量：110℃乾燥試料を、600℃、2時間加熱後秤量。

pH(H₂O)：篩別新鮮底泥にガラス複合電極を挿入して測定。

pH(KCl)：風乾底泥1に1mol塩化カリウム溶液2.5を添加攪拌した懸濁液で測定。

酸化還元電位(以下ORPと記す)：未処理底泥に白金複合電極を挿入して測定。

<間隙水>

T-N：熱分解法(三菱化学製TN-05型全窒素分析計)。

NH₄-N：水蒸気蒸留、インドフェノール法。

リン酸態リン(以下PO₄-Pと記す)：モリブデン青法。

T-P：ペルオキソ過硫酸カリウム分解後、PO₄-Pに準じて測定。

1-2 溶出試験

2mm篩を通した底泥約50g(乾物10g相当量)を必要数の500ml広口ビンににいれ、あらかじめ空気(高溶存酸素以下高D0と記す)、及び窒素ガス(低D0)を3時間通気した蒸留水を静かに満たし二重蓋で密栓し、遮光した30℃恒温水槽中に静置した。予定日数経過後取出し、開封後ただちに上澄み水のpH及びORPを測定した後、サイホンを用いて静かに上澄み水を取り出し、分析に供した。また、ビンに残った底泥は白金複合電極を挿入して底泥のORPを測定した。D0はウインクラー・アジ化ナトリウム変法で測定し窒素、リンの測定方法は前記に準じた。

結果と考察

1 底泥のpHとORP

図1に底泥のpHを、図2にORPを示した。新鮮な底泥のpH(H₂O)は各池、各時期ともに6.4~7.0ほぼ中性であった。また、ORPは各池、各時期ともに-60~-160mV、田村池がやや低い他には、特に傾向は認められなかった。これらの値はFe(II)の生成さらにはS²⁻の生成⁵⁾の範囲に相当するので、底泥はどの池も還元が進んだ状態にあることを示していた。ちなみに浅く富栄養化の進んだ印旛沼では、夏期には-200mV近辺で経過すると云う。⁶⁾一方、霞ヶ浦では、風波や漁労、水生生物による攪乱で、底泥に酸素が入るために、深さ10cmにおいても、年間を通じて250~0mVを示す⁷⁾。形状が小さく攪乱の少ないため池では、浅くとも還元状態が進み易いようである。

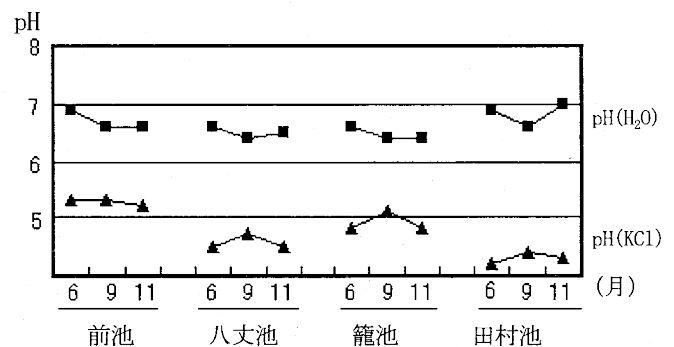


図1 底泥のpH(H₂O)とpH(kcl)

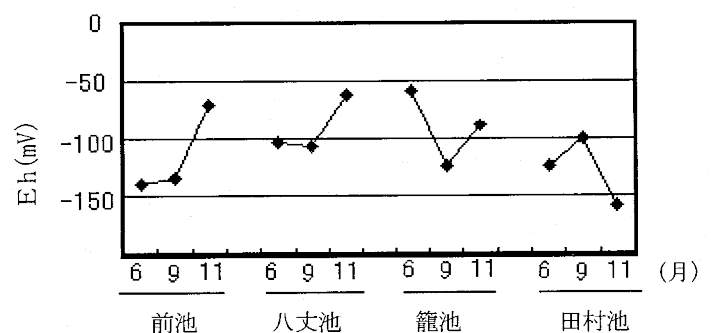


図2 底泥の酸化還元電位

表1 ため池底泥の成分含有量等

| 池名 | T-N (mg/g) | T-P (mg/g) | T-C (mg/g) | C/N比 | 乾燥減量(%) | | 強熱減量 (%) | pH | | 池面積 (ha) | 平均水深 (m) |
|-----|---------------|---------------|---------------|------|---------|------|-------------|------|-------|-------------|-------------|
| | | | | | 湿泥 | 未遠心泥 | | (湿泥) | (KCl) | | |
| 前池 | 13.6 | 0.75 | 134 | 9.9 | 74 | 88 | 24.6 | 6.7 | 5.3 | 0.7 | 1.5 |
| 八丈池 | 4.4 | 0.50 | 36 | 8.1 | 51 | 73 | 8.8 | 6.5 | 4.5 | 6.9 | 1.8 |
| 籠池 | 9.2 | 1.1 | 90 | 9.8 | 69 | 84 | 16.8 | 6.4 | 4.9 | 0.9 | 1.3 |
| 田村池 | 5.4 | 0.84 | 47 | 8.5 | 54 | 74 | 10.0 | 6.8 | 4.3 | 17 | 2.0 |

注)前池, 籠池は6点平均, 八丈池, 田村池は9点平均

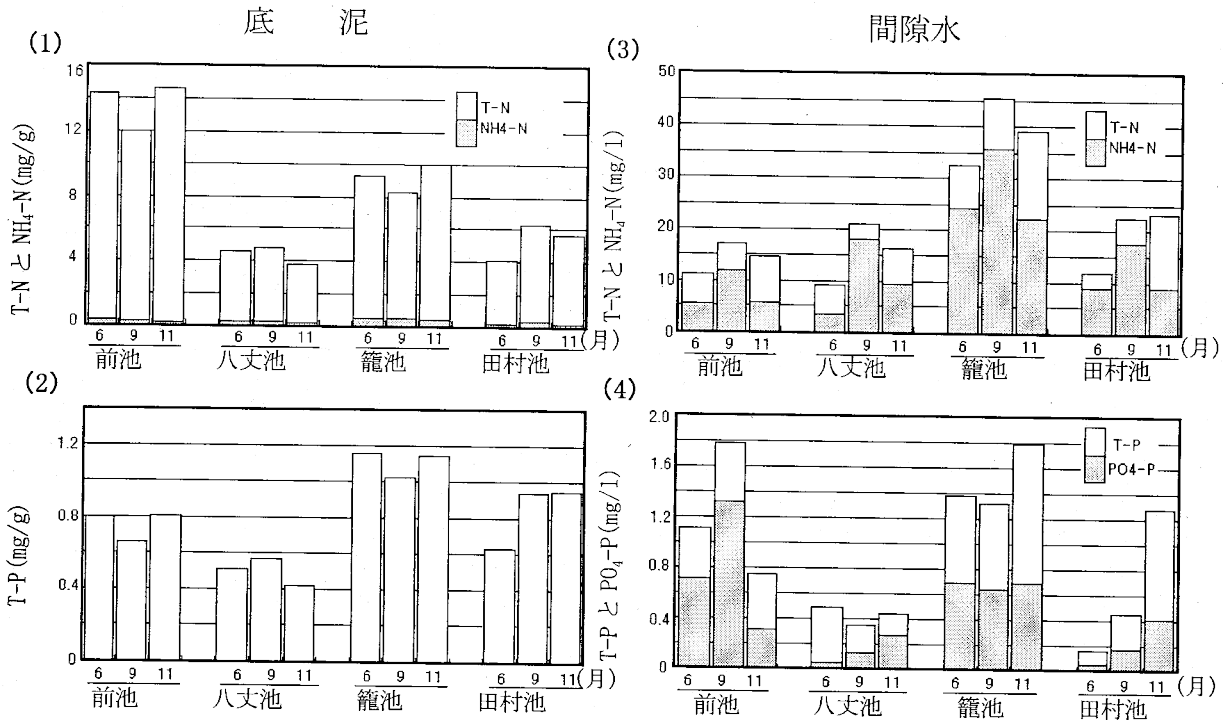


図3 底泥と間隙水の窒素, リン等含有量

2 底泥の栄養塩類含有量

各池底泥の窒素, リン等含有量を平均値で表1に, 採泥時期別の各池底泥と間隙水の窒素, リン等含有量の平均値を, 図3 [(1)~(4)] に, 底泥の全有機態炭素含有量とC/N比を図4に示した。

底泥の栄養塩含有量の最高と最低の幅は, T-Nが約3倍, T-Pで約2倍ある。T-N濃度が最高(13.6mg/g)の前池, T-P濃度が最高(1.1mg/g)で, T-N濃度も高い籠池, T-Nはやや少なく, T-Pの多い田村池, T-N, T-Pともに最低の八丈池と, 池ごとの特徴が良く示されている。図3-(1)(2)では, 採泥時期により, 含有量の変動が各池ともに見られるが, 差は小さく, 一定傾向も無いので, 採泥位置(地点と深さ)の, わずかな変化によるものであろう。霞ヶ浦の底泥でもリン含有量は季節変化していない。⁴⁾

底泥のように還元的环境下においては, 無機態窒素の大部分はNH₄-Nで, 底泥からの窒素の溶出と関連し, NH₄-Nの含有量は, 富栄養化の目安の一つと云われる。

一方, 間隙水のT-Nは, 底泥のそれとは異なり, 籠池が他の3池より著しく多い。また, 各池ともに, 水温の高い9月に, T-Nが高くなる。NH₄-Nでは, その差はいっそう明確で, T-Nに占めるNH₄-Nの割合は, 各池平均で6月と11月は約1/2であるのに対し, 9月には77%を示す。池底層の水温が30℃に²⁾達する夏期には, 底泥の有機物の分解が盛んで, NH₄-Nの間隙水中への集積を示していた。

間隙水のT-P含有量は, 底泥と同じく籠池が最高で, 前池がこれに次ぎ, 他の2つの池との差は大きい。特にPO₄-P含有量において, 違いが明確であった。底泥中で鉄と結合していたリンは, 還元の前進行に伴い, 結合がは

ずれて、間隙水中へ溶出する。底層の池水のDOが少ない場合には、底泥表層の酸化層でFe(OH)₃に捕捉される事なく水中へ溶出する。²⁾ 図2のORPの値、ならびに採泥時の各池の底付近のDO²⁾は、十分に低く、現地では、PO₄-Pの溶出が盛んであったと思われる。これらの結果は前2報²⁾³⁾において、夏期に池水のT-P, T-Nが高まり、特に籠池で著しかったことと符合した。

以上の結果を浅く、富栄養化の進んだ他の湖沼と比較すると、底泥の栄養塩含有量では、霞ヶ浦湖心のT-N 5~6 mg/g, T-P 1mg/g前後²⁾や、印旛沼北部調整池の、T-N 3.8mg/g, T-P 0.62mg/gと比較して、同等ないし、やや多く、印旛沼の中でも、富栄養化が著しいといわれる新川付近の値よりやや低い²⁾。なお、上記二つの水域では、すでにオニバスは消滅している。間隙水中のPO₄-Pが1mg/lを越えると、富栄養化の視点から危険な状態と云われるが、²⁾ 9月の前池ではオーバーしており、籠池も近い値であった。

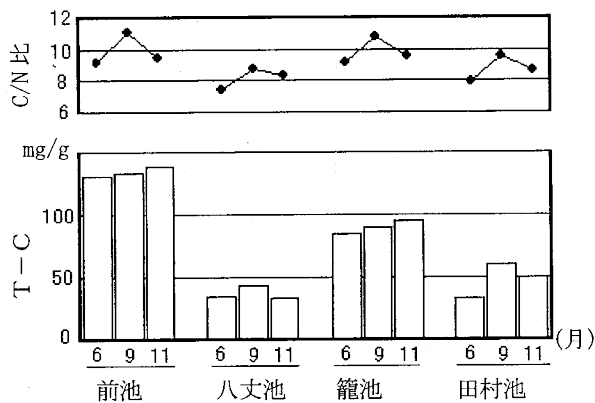


図4 底泥の全炭素含有量とC/N比

3 底泥からの窒素、リン溶出試験

実験の開始にあたり、ビンに入れた底泥の上部を満たす蒸留水（以下上水と呼ぶ。）で、高DO処理用として空気を通気した上水のDOは21℃において8.7mg/lを示し低DO処理用に窒素ガスを通気した上水のDOは0.67mg/lであった。（以後高DO処理、低DO処理と呼ぶが、あくまでスタート時点においてのことであり、密封保温静置した状態をさすものではない）。

図5（2）に示すように、高DO処理の上水のDOは、試験開始後急激に低下し、21日後には低DO処理の値と同程度、以後はほぼ同じ値を保った。一方、低DO処理では、3日目に1mg/lまで上がった後、高DO処理と同様に経過し

た。

上水のORPは高DO処理では急激に低下、低DO処理ではわずかに上昇して、14日、21日目に-30mVで重なった後は、両者ともに-50~-60mVで経過した。一方底泥のORPは当初より高DO、低DOがほぼ同じ値を示し、-150mV前後で経過した。

高DO処理、低DO処理ともに、37日目には容器底部の底泥の体積が増加し、プラスチックの内蓋をふくらませるほどガスが発生、開封時には硫化水素臭が感じられたが、この時のORPは上水で-50mV前後、底泥で-150mV付近であった。

図6、図7にリン及び窒素の溶出経過を示した。リンの溶出は、14日目までは低DO処理がわずかに先行したが、以後はほとんど差が無くなった。T-Nでは、7日後から高DO、低DOともほとんど同じ溶出経過であった。7回の測定後も、なお溶出は継続すると思われたが、予定したサンプルをすべて使用してしまったので、76日目で実験を打ち切り、この時点での結果を表3にまとめた。

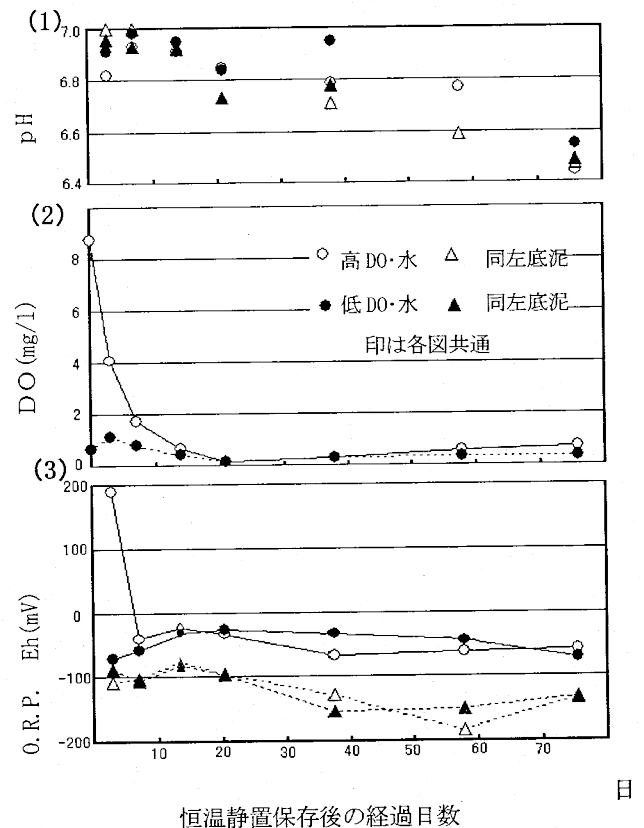


図5 水と底泥のpH, DO, O. R. P. の経時変化

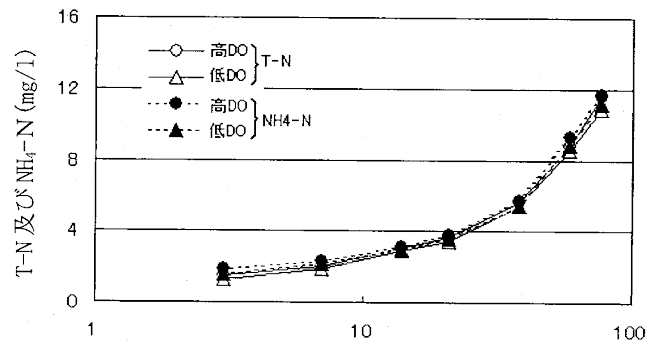
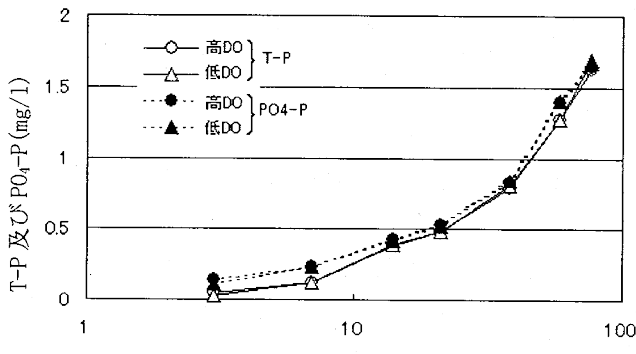


図6 溶出する全リン及びリン酸態リン濃度の経時変化

図7 溶出する全窒素及びアンモニア態窒素濃度の経時変化

表2. リン及び窒素の溶出量と溶出速度

| 処理 | 溶出量 (mg/l) | | | | 乾泥あたり溶出量(mg/g) | | | 平均溶出速度(mg/m ² ・日) | | |
|-----|------------|--------------------|------|--------------------|----------------|------|--------------------|------------------------------|-----|--------------------|
| | T-P | PO ₄ -P | T-N | NH ₄ -N | T-P | T-N | NH ₄ -N | T-P | T-N | NH ₄ -N |
| 高DO | 1.6 | 1.6 | 11.6 | 10.9 | 0.08 | 0.58 | 0.54 | 5.5 | 40 | 37 |
| 低DO | 1.6 | 1.6 | 11.7 | 11.2 | 0.08 | 0.58 | 0.56 | 5.5 | 40 | 38 |

前池底泥のT-N含有量から考えると、約10%のリン、4%の窒素が溶出したと試算された。

本橋等は手賀沼の底泥を用いて、上水として蒸留水およびろ過した手賀沼の水を用いて、高DO又は低DO条件で溶出試験を行い、最大溶出量に達したあと、溶出量が減少することを発表しているが¹⁰⁾ 今回の実験では、そのようなことは認められなかった。

ま と め

前2報で水質を調査した、オニバスの生育する4つの池の、底泥の栄養塩類含有量ならびに、その溶出量を調べた。

- 1) 底泥の窒素含有量は13.6~4.4mg/g、リンは1.1~0.5mg/g乾泥であった。
- 2) 底泥のORPは、いずれも-60~-160mVと強い還元状態を示した。
- 3) 各池とも夏期には間隙水のT-N濃度が高まった。また、間隙水のT-P、PO₄-P含有量の高い池がみられた。
- 4) 底泥からの窒素、リン溶出試験では、76日間にT-P 0.08mg/g、T-N 0.58mg/g乾泥、の溶出がみられた。

参 考 文 献

- 1) 久米修：環境研だより21(1998)
- 2) 石原暁, 川並誉大, 白井康子, 小山健, 笹田康子：—香川県環研所報23 41~50(1998)
- 3) 石原暁, 小山健, 笹田康子, 白井康子, 安藤友継：—香川県環研所報24 29~41(1999)
- 4) 細見正明：国立公害研調査報告第16号5(1981)
- 5) 高井康雄：水田土壌学(川口編) 講談社 44(1978)
- 6) 千葉県水質保全研究所：印旛沼底質調査報告書21(1976)
- 7) 相崎守弘, 大槻晃, 河合崇欣, 福島武彦, 細見正明, 村岡浩爾：国立公害研調査報告第6号108(1979)
- 8) 香川県生活環境部環境局自然保護室：希少野生動物植物保護対策事業オニバス生育状況調査報告書97(1998)
- 9) 浮田正夫, 中西弘：用水と廃水 16, 561(1974)
- 10) 本橋敬之助, 平間幸雄：環境技術 12, 3(1983)