

伊豆沼・内沼湖畔試験池の水生植物の栄養塩吸収

The Study on Nutrient Absorption by Aquatic Plants in an Experimental Pond nearby Izunuma & Uchinuma

渡部 正弘 大金 仁一 小山 孝昭
栗野 健 佐々木久雄

Masahiro WATANABE, Jin-ichi OGANE, Takaaki KOYAMA
Takeshi AWANO, Hisao SASAKI

県北部に位置する伊豆沼・内沼はラムサール条約の登録湿地になっている。沼の面積は約3.9km²あるが最大水深が約1.4mと浅い。これまで水質浄化対策はいくつか提案されているが、環境省が公表した「CODでみた湖沼の水質下位水域」において平成15、16、17年度連続で全国ワースト2位となっている。そこで新たに湖沼内対策として内部負荷の削減を図るための各種研究を行っている。その一つとして、沼に生息する水生植物の栄養塩吸収能に着目し、伊豆沼湖畔の試験池における底質からの栄養塩の溶出と水生植物ヒシの吸収との関係を調査し、また、ヒシの部位別の吸収特性を室内試験し、その浄化効果について検討を行った。

キーワード：伊豆沼・内沼；湖沼；水生植物；栄養塩吸収；水質浄化

Key words : Izunuma&Uchinuma ; lake&marshes ; aquatic plant ; nutrient absorption ; water pollution control

1 はじめに

伊豆沼・内沼は、ラムサール条約の登録湿地となっており、渡り鳥の飛来地でもあり国内でも極めて価値の高い自然環境を有している水域である。しかし、沼は水田地帯に位置しており、下流の迫川との水位差がほとんどなく、沼の水がなかなか流出せず泥が堆積しやすく、また、浅いため風が吹くと泥が巻き上がりなかなか沈まないという特徴がある。そのため、沼は浅底化と同時に、水質汚濁という事態を招き、好ましくない環境になっている。そこで、県は周辺市町村と共にこの沼を保全するため平成4年度（1993年3月）伊豆沼・内沼環境保全対策基本計画¹⁾を策定した。その水質は環境省が公表した「CODでみた湖沼の水質下位水域」で平成15、16、17年度と3年連続の全国湖沼のワースト2位となっている。これまで下水道整備等の流入負荷削減対策は行われているが、水質に目立った効果は表われてきていない。そこで新たに湖沼内対策を主とした各種浄化研究を行うこととした。この沼はラムサール登録湿地であり浚渫などの手段はとりにくく、生態系に配慮した方法で行う必要がある。沼の底泥が風で巻き上げられることによる濁りやプランクトンの増殖がCODの上昇につながっていると考えられており、濁りを減らし、水中の栄養塩を減らしてプランクトンの増殖を抑制することができればCODが下がると期待される。そこで巻き上がり時に濁りを除去する「巻上除去法」試験²⁾や導水増量のための新導水路調査³⁾や動植物を利用した浄化法を検討してきた。植物を利用する方法については、沼全体に生息している水生植物は利用効率が高いと考え、昨年度試験⁴⁾した結果、沼に生育する浮葉植物のヒシやアサザが水中の栄養塩を良く吸収することが分かった。今年度は特に実を

食用にできるヒシに着目し、伊豆沼湖畔のヒシの繁茂するヒシ試験池の調査と室内試験を行った。試験池を調査したところ、流入水がなくヒシを成長させるための栄養塩の供給は底質からの溶出が大部分を占めるのではないかと推測された。そこで、沼より柱状採取した底質から栄養塩が溶出している水中にヒシを投入し栄養塩の吸収を室内試験した。また、別途ヒシのどの部分で栄養塩を吸収するのか部位別に室内試験し、その浄化効果について検討した。

2 方法

2.1 ヒシ試験池の現地調査

平成17年度と平成18年度にヒシ試験池の栄養塩（溶存態無機窒素）を調査した。溶存態無機窒素（DIN）は硝酸態窒素、亜硝酸態窒素、アンモニア態窒素の和とした。

試験池の概要：伊豆沼湖畔にある直径約30m水深約0.9mの円形でヒシが繁茂している池（No.8池）

2.2 ヒシによる底質から溶出した栄養塩の吸収試験（室内試験）

伊豆沼より柱状採泥器で採取した筒状容器中の底質の上に蒸留水を乗せ、底質から水中への栄養塩の溶出が十分進み栄養塩濃度が高くなった時点で水生植物ヒシを水中に投入し、水中からの窒素の吸収を調べた。水中の栄養塩がほとんど無くなる頃にヒシを引上げ、再度底質から水中への栄養塩の溶出を測定した。この間、試験装置から定期的に試験水を採取し、溶存態無機窒素（DIN）の濃度を測定した。

①試験期間：平成18年6月から7月まで

溶出試験は約1ヶ月間行い、採水試験は溶出時には概ね2日に1回、吸収試験時には1日に1回行った。

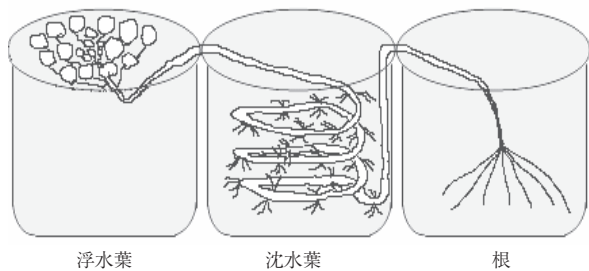


図1 ヒシ部位別栄養塩吸収試験装置

- ②場所：20℃の恒温室
- ③試験植物：ヒシ
ヒシ吸収試験は試験池と面積当たり植物体重量をほぼ同量にして行った。
- ④試験装置：柱状採泥用アクリルパイプ
下部にゴム栓をした直径11cm、長さ50cmのアクリル製透明パイプに柱状採泥した底質を入れたままで用いた。
- ⑤試験水：柱状採泥した底質の上の水を捨て代わりに蒸留水を入れ栄養塩の溶出と吸収を測定した。
- ⑥測定：TRAACS800を用い溶存態無機窒素（DIN）の濃度を測定した。

また、ヒシ試験池での底質からの栄養塩溶出を把握するため、池から柱状採泥器で採取した底質について平成18年10月から11月に約3週間、同様の操作で溶出試験を行った。

2.3 ヒシの部位別栄養塩吸収試験（室内試験）

水生植物ヒシの部位別の水中からの栄養塩吸収を調べるために、試験装置から定期的に試験水を採取し、溶存態無機窒素（DIN）の濃度を測定した。試験終了時に部位別に湿重量を測定し、時間当りの吸収速度を求めた。

- ①試験期間：平成18年8月
約4日間行い、採水試験は概ね1日に2回行った。
- ②場所：20℃の恒温室
- ③部位：ヒシの3部位（浮水葉、沈水葉⁵⁾、根）

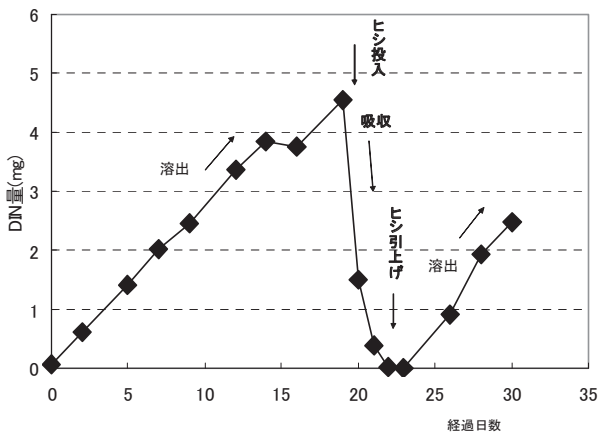


図2 ヒシによる沼底質から溶出した栄養塩の吸収試験

表1 ヒシ試験池の水質

試験池の水質	H18.6.13	H18.8.17	H18.9.28	H18.10.18
透視度	>50	>50	>50	50
pH	7.0	8.2	8.4	8.1
DO	6.7	8.1	9.9	12
COD	7.9	10	8.2	8.2
D-COD	6.7	9.3	6.0	6.4
NO ₃ -N	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
NO ₂ -N	0.001	0.001	0.001	0.001
NH ₄ -N	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

ヒシの浮水葉…放射状に水面に浮いている葉
ヒシの沈水葉…茎の節ごとに羽状に出ている水中にある葉

- ④試験装置：栄養塩の入った2L ビーカーを3個連結し、1本のヒシの浮水葉・沈水葉・根の部分それぞれ別のビーカーに浸け込み試験した。（図1）
- ⑤試験水：栄養塩の窒素源として塩化アンモニウム（N：2mg/L）溶液をビーカーに満水にして用いた。
- ⑥測定：TRAACS800を用い溶存態無機窒素（DIN）の濃度を測定し、試験植物の水中からの吸収を調べた。

3 結果と考察

表1は、平成18年度のヒシ試験池左岸表層水の分析結果である。ヒシが繁茂しているにもかかわらず、栄養塩の溶存態無機窒素（DIN）が少ない結果となっていた。また、伊豆沼・内沼に比べ透視度が良好であった。

この池は流入水がなくヒシを成長させるための栄養塩は底質からの溶出が供給の大部分を占めているのではないかと推測され、沼より柱状採取した底質から栄養塩が溶出している水中にヒシを投入しその栄養塩の吸収の様子を室内試験した。その結果を図2に示す。底質から水中への栄養塩の溶出が十分進み栄養塩濃度が高くなった時に水生植物ヒシを水中に投入し水中からの吸収を調べた。4日ほどで水中の栄養塩がほとんど無くなり、溶出した栄養塩をヒシが直ちに吸収した。面積当たりの植物体重量は池とほぼ同等の条件で試験しており、この試験

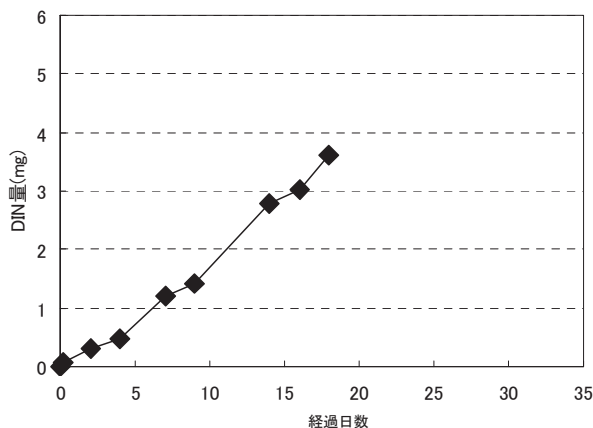


図3 ヒシ試験池底質からの栄養塩の溶出

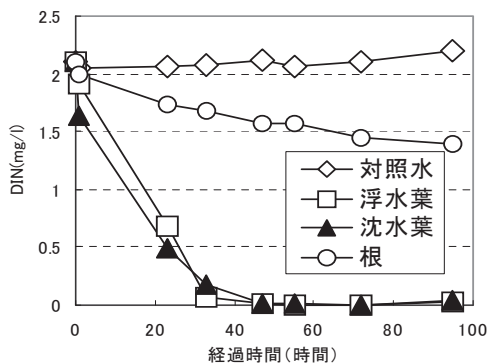


図4 ヒシの部位別栄養塩吸収曲線

では吸収速度が溶出速度を大幅に上回っていたことが分かる。ヒシを引上げた後も再度底質から栄養塩が溶出している。この試験でのヒシの栄養塩吸収速度は昨年度のヒシ室内吸収試験結果⁴⁾と同程度で高い吸収能を有していた。また、図3は秋に試験池の底質からの栄養塩の溶出を試験した結果であり図2の沼の底質からの溶出とほぼ同程度のレベルであった。

陸上の植物は根からのみ栄養塩を吸収するが、浮葉植物ヒシでは水中のどの部分で水中からの窒素を吸収しているのかヒシの部位別（浮水葉、沈水葉、根）に溶存態無機窒素（DIN）の濃度を測定した結果を図4に示す。総吸収量としては、沈水葉だけでなく浮水葉でも同様の高い吸収を示し、根は少ない結果となった。一方、これを5mg/Lに規格化した単位重量当たりでの吸収速度を図5に示す。根が総吸収量では小さいように見えるが、根の総重量に占める割合が小さいからであり、単位重量当たりの吸収量は他の2部位よりやや少ない程度となっている。この試験によりヒシは海藻と同様に植物体全体で栄養塩を吸収していることが分かった。これらのことからヒシ試験池では底質から栄養塩が水中へ次々に溶出してもヒシが直ちに吸収するため水中の溶存態の無機窒素が少ない結果となっていたと考えられる。

伊豆沼・内沼では、沼の大きさに比べて入ってくる川の水の量が少ないので、水の流れが遅く、入ってきた濁りが底に堆積する。その底質が分解して栄養塩が溶出し、プランクトンが発生しやすくなる。また、水深が浅いため風が吹くと泥が巻き上がりその濁りはいつまでも続くことになる。底質の影響が水質汚濁の一因になっている。このような内部負荷のメカニズムによって、流入する川よりも沼の水の濁りや汚れが大きいものとなっており、内部負荷削減を行う湖沼内対策が重要となっている。これまで下水道整備等の流入負荷削減対策は行われているが、水質に目立った効果は表われてきていない。そこで新たに湖沼内対策を主にした各種浄化対策の検討を行うこととした。この沼はラムサール登録湿地であり浚渫などの手段はとりにくく、生態系に配慮した方法で行う必要がある。このプランクトンの増殖や濁りの発生をできるだけ少なくしようとして、着目したのが沼の水生植

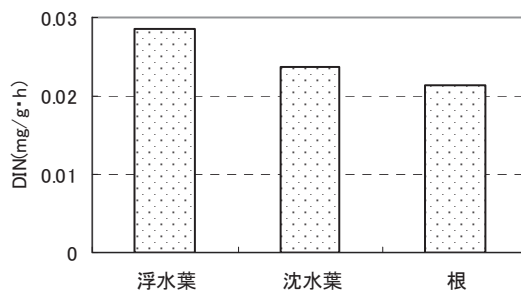


図5 ヒシの部位別栄養塩吸収速度

物である。沼では、春から夏にかけて水生植物が繁茂し、これらによって水中から栄養塩類が効率的に吸収されることが示唆される。春から夏にかけて水生植物は盛んに栄養塩を吸収して成長し、水面にいっぱい葉を広げて光を遮る。水生植物が繁茂すると、プランクトンは増殖するのに必要な水中の栄養分と光が少なくなって、増殖が抑制される。また、水生植物の葉や茎によって少々風が吹いても波立たず泥の巻き上げも防止される。これらのことで水生植物により春から夏にかけてプランクトンや巻き上がり減り、CODが抑制されると考えられる。ヒシ試験池で透視度が良好であったのはこれらの効果によるものと考えられた。

伊豆沼・内沼の水生植物については、ヒシやアサザが水中から栄養塩を良く吸収する⁴⁾ことがわかっている。この沼の最大水深は約1.4mであり、沼のほとんどは1m前後の水深で、抽水植物のヨシやマコモは水深の浅い岸辺でしか生育できないが、広い沼の大部分はヒシ、アサザ等の浮葉植物の生育に適しており、沼全体に生息している水生植物の利用効率が大きいと考えられる。この中でもヒシは茎の長さが3m以上にもなるので、この沼でしばしば起こる増水時の水位変動にも対応できる構造となっている。ヒシは水中に茎や沈水葉を伸ばすので、小動物等の隠れ場所や産卵場所ともなり、その群落の増加は生物多様性にも寄与するものと思われる。図6は伊豆沼・内沼のヒシの実である。ヒシの実は大昔から人々の重要な食料であり、環境負荷の低減の観点からヒシの実の収穫が肝要であり、食材としての活用も期待されている。

ヒシを含めた伊豆沼・内沼の水生植物の特性を良く考察し、その水質浄化の能力を十分発揮できるよう適正に配置する等の取り組みが水環境改善につながっていくものと考えられる。

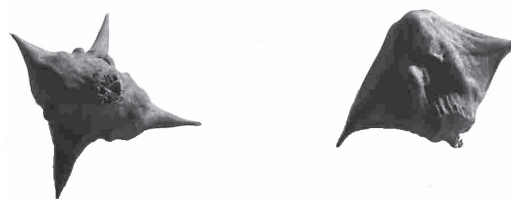


図6 伊豆沼・内沼のヒシの実（オニヒシとヒシ）

伊豆沼・内沼でかつては水底が見えたと言われている。沼の環境保全を進めていく上でテーマを掲げて実施していくことは重要で、「水底の見える伊豆沼・内沼をめざして」というテーマを提案している。(図7)

4 まとめ

新たに伊豆沼・内沼の湖沼内対策を主とした浄化対策の研究の一つとして水生植物の浄化能を利用した方法の検討を行った。

伊豆沼湖畔のヒシの密生するヒシ試験池を調査したところ、水中の栄養塩がほとんど無く透視度が良好であった。

室内試験で底質から栄養塩が溶出している水中にヒシを投入したところ、4日ほどで水中の栄養塩がほとんど無くなり、溶出した栄養塩をヒシが直ちに吸収することが分かった。また、ヒシの部位別（浮水葉、沈水葉、根）の吸収を試験した結果、総吸収量では沈水葉と浮水葉は高い吸収を示し根では少なかったが、単位重量当たりの吸収速度では3部位ともほぼ同程度となっていた。この試験によりヒシは海藻と同様に植物体全体で栄養塩を吸収していることが分かった。これらのことから試験池で

は底質から栄養塩が水中へ次々に溶出してもヒシが直ちに吸収するため水中の溶存態無機窒素（DIN）が少ない結果となっていたと考えられた。また、透視度が良好だったのはヒシの栄養塩吸収によるプランクトン増殖抑制と巻き上がり防止の効果によるものと考えられた。

伊豆沼・内沼では、沼及び沼周辺の水環境を含めて自然環境全体の保全のあり方を考えていかなければ、この貴重な湿地帯のサンクチュアリーは守れない。自然の力、沼の中の水生植物の浄化力を活用して、適度に人間が関わりを持った適正な管理を行うことで、人間と自然が共存でき、良好な水環境が保全されていくことと思われる。

参考文献

- 1) 宮城県：“伊豆沼・内沼環境保全対策基本計画書”，(1993).
- 2) 渡部正弘ら：水環境学会誌, 6, 387 (2003).
- 3) 渡部正弘ら：第1回伊豆沼・内沼研究集会要旨集, 19 (2007) .
- 4) 渡部正弘ら：保健環境センター年報, 24, 111 (2006).
- 5) 北川政夫ら：“日本の野生植物 草本II 離弁花類”，p. 262 (1982), (平凡社)

「水底の見える伊豆沼・内沼をめざして」



図7 伊豆沼・内沼の水生植物（水面に小さな葉が放射状に密集して浮いているのがヒシの浮水葉）