

佐鳴湖での植生施設による水質浄化対策の有効性についての検討

THE EFFECT OF WATER CLARIFICATION OF REED BED TREATMENT SYSTEM AT LAKE SANARU

酒匂敏次¹・落合作司²・高橋成行²・稲葉香代²・永坂道夫³・○入江光一郎⁴・牧嶋正身⁴

Toshitugu SAKOU, Sakuji OCHIAI, Nariyuki TAKAHASHI, Kayo INABA, Michio NAGASAKA, Koichiro IRIE and Masami MAKISHIMA

¹ 正会員 Ph.D. 東海大学教授 海洋学部 (〒424-0902 静岡県清水市折戸 3-20-1)

² 静岡県浜松土木事務所 (〒430-0915 静岡県浜松市東田町 87)

³ 株式会社 橋本組 (〒425-0027 静岡県焼津市栄町 5-9-3)

⁴ 正会員 三洋テクノマリン (株) プロジェクト開発部 (〒103-0012 東京都中央区日本橋堀留町 1-3-17)

The lake Sanaru is located in Hamamatsu city, Shizuoka prefecture. It lies in the midstream of the Shinkawa river which flows into the Lake Hamanako, the fourth biggest brackish water lake in Japan.

We set up the water treatment system using aquatic plants such as *Phragmites communis*, *Trapa japonica*, *Phragmites japonica* and the like. The *Trapa japonica* and *Phragmites japonica* turned out to be difficult to adopt themselves to the brackish-water environment of the lake. On the other hand, the *Phragmites communis* showed their adaptability to the environment of brackish-water. It took about three years for the reeds community to grow well. And the number of fish and organisms have increased and the water quality has improved. To insure the long-term effectiveness of the system, it is important to remove the suspended solid in the brackish water in the lake. A U-drain with baffled wall was installed with good results.

Key Words: Reed bed, brackish water, Water clarification, U-drain, Suspended solid

1. はじめに

佐鳴湖は、静岡県西部の浜松市に位置しており、二級河川都田川水系新川の中流部にあたる。その大きさは、長さ 2.3km、幅 0.6km ほどであり、水面積は約 120ha である。平均水深は 1.4 m で、最大水深は 2.0m と、浅い船底型の形状をしている。

浜松市中心部からも近く、浜松駅からの距離は約 5 km である。湖畔は、佐鳴湖公園として浜松市が整備している都市公園であり、年間約 40 万人もの人々が利用している。

佐鳴湖の流域面積は、約 1730ha であり、この面積は浜松市の 6.8%にあたる。また、流域人口は約 60,000 人

であり、浜松市全体の 11%を占めている。このことから流域は市内でも比較的人口の密集した地域といえる。

昭和 40 年代までは、森に囲まれ湧水があり、またシジミも採れる都市近郊の湖沼としては比較的清浄な水質の汽水湖であった。しかし、周辺地域の急速な宅地開発や耕地整理による生活排水の流入によって、湖内の水質は急速に悪化してしまった。

このような状況を改善するために、静岡県では、国や浜松市の協力を得ながら、昭和 60 年度から各種の水質浄化対策を実施してきた。ここでは、自然の力による水質浄化の推進と佐鳴湖本来の景観復元を目的に行った湖岸での植生浄化実験の経過を述べるとともに水質浄化の観点からみた佐鳴湖での植生浄化施設の有効性を論じる。

2. 植生実験の概要

図1に示す佐鳴湖南岸部と北岸部でそれぞれ試験植栽区と植生実験水路を設置し、植生による水質浄化効果を検討した。以下にその概要を示す。

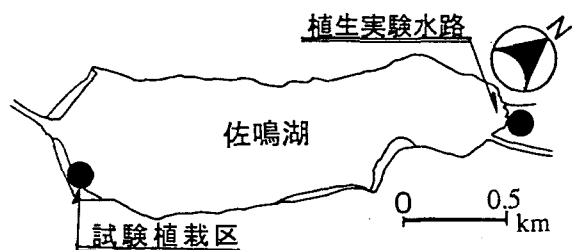


図1 植生実験施設箇所図

(1) 佐鳴湖南岸部での試験植栽区の設置と実験の内容

図2に示すように、湖岸にφ50～300mmの碎石でマウンド状に天端幅5mの堤を敷設し、堤の内側には山砂利と山土を用いた試験植栽区を造成した。試験植栽区の造成面積は900m²であり、このうちの520m²の造成地にヒシ(95株)、ヨシ(1470株)、ヒメガマ(218株)、

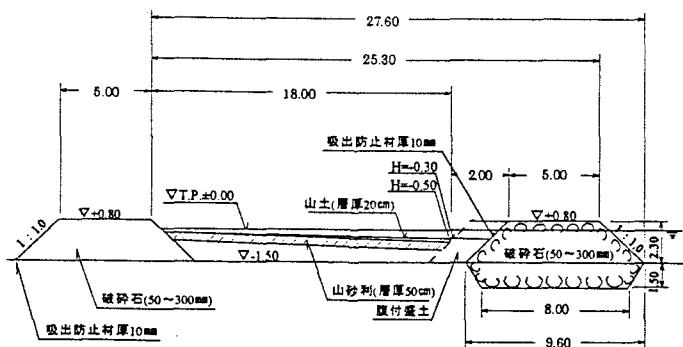


図2 試験植栽区標準断面図(A-A'断面)

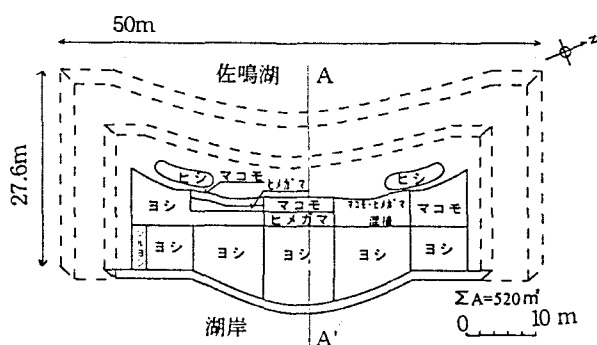


図3 試験植栽区での植栽配置図

マコモ(420株)、ツルヨシ(40株)の5種類の浮葉植物および抽水植物を図3のような配置で平成8年4月25日から4月27日にかけて植栽した。なお、堤の設置は当初、植栽した植物の根が安定するまで実施する予定であったが、植栽区内の水温の上昇や糸状藻類の発生などが生じたため、7月に堤の一部を撤去し、施設外との水交換を図った。試験植栽区では、植生による水質浄化効果を検討するために以下に示すような項目についての経時変化を把握した。

a) 水質

試験植栽区で3点、植生区域外で1点の観測点を設置し表層水を採水し、COD、全窒素、全リンの分析を実施した。

b) 底生生物

水質調査と同一地点でエクマンバージ型採泥器によってマクロベントスの採集を行い、出現種の同定と計数を行った。

c) 魚類

施設内の魚類などの蠕集効果を把握するために、水質や底生生物調査と同一地点にカゴ網を1昼夜仕掛けて魚類などの採集を行った。

d) ヨシの生長量と植物体中の全窒素、全リンの測定

植栽植物の中でももっとも多く植栽したヨシについて経時的な生長量を把握するとともに、植物体中に含まれる全窒素、全リンの含有量の測定を試みた。測定にあたっては、まず植物体の枯死している部分を取り除いた後、十分に洗浄し実験室へ持ち帰った。さらに実験室では植物体を超音波洗浄機内に浸して根の奥部に付着している土砂を十分に除去した。そして、細断した後に乾燥機で乾燥させ、植物体内に含まれる全窒素と全リンの分析を行った。

(2) 北岸部での植生水路実験

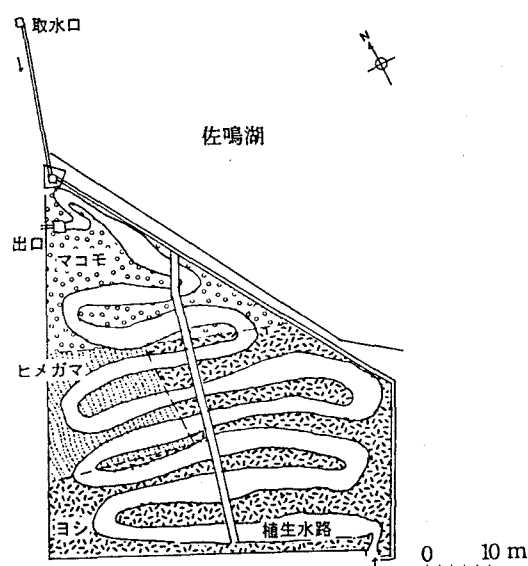


図4 北岸部の植生水路概要図

図4に示すような延長 350mの植生水路を佐鳴湖北岸部の面積約 2000 m²の用地内に造成した。水路の平均幅は 1.4m、水深は 0.1mである。また入口部と出口部の高低差は 25cm である。植生水路内には、ヨシ（4482 株）、ヒメガマ（1193 株）、マコモ（2066 株）の3種類の抽水植物を平成9年5月22日から5月23日に植栽した。植生水路では試験植栽区同様、水質の浄化効果把握など以下の項目についての経時変化を把握した。

a) 水質

植生水路の入口と出口の2箇所です、SS、COD、全窒素、全リンの4項目についての経時変化を把握した。

b) 底生生物および魚類

湿地水路に生息している水生動物をエクマンバジ探泥器、カゴ網、タモ網の3種類の手法で採取し、出現種や出現量を調査した。

3. 調査結果

(1) 試験植栽区での調査結果

植栽した5種類の抽水植物および浮葉植物のうちツルヨシとヒシの2種類は植栽後1年以内にすべて消滅した。これは、植栽区の水質が汽水であるため、池沼性の強い水草であるツルヨシとヒシが水質環境に適応できなかったものと考えられる。

a) 水質調査結果

分析項目である COD、全窒素、全リンは試験植栽施設内で低い傾向が見られ、とくに全リンについては、図5に示すとおり植栽施設外の値の 10～90%(平均 66%)となっていた。

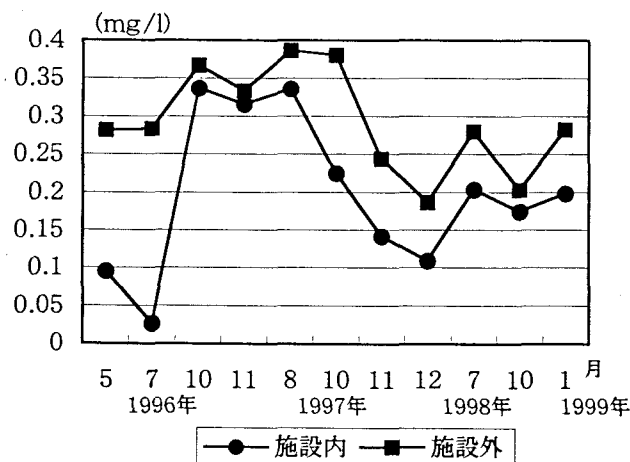


図5 水質調査結果（全リン）

b) 底生生物調査結果

植生浄化施設内の底生動物の蠕集状況を把握するために実施した底生動物調査の結果からも種類数、個体数とも植栽施設内の方が施設外よりも多い傾向が見られた

(図6)。底生生物の出現は、施設を設置して比較的短い期間（2ヶ月程度）で確認され、植栽した植物の繁茂が底生動物の生息に貢献していることが明らかになった。

c) 魚類

カゴ網による調査結果は図7に示した。これによると植栽施設外では施設を設置した平成8年度に魚類の出現

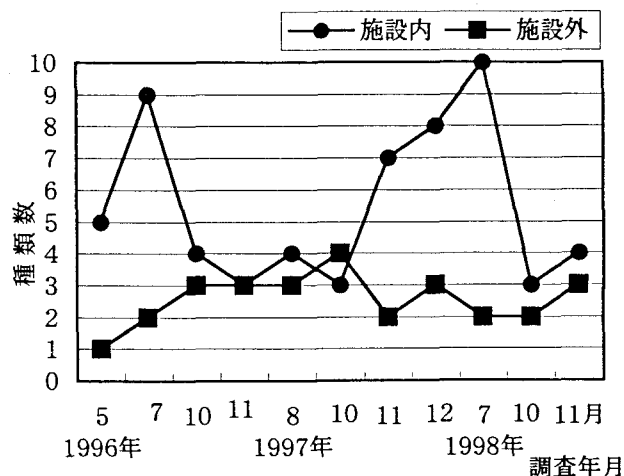


図6-1 底生生物の種類数

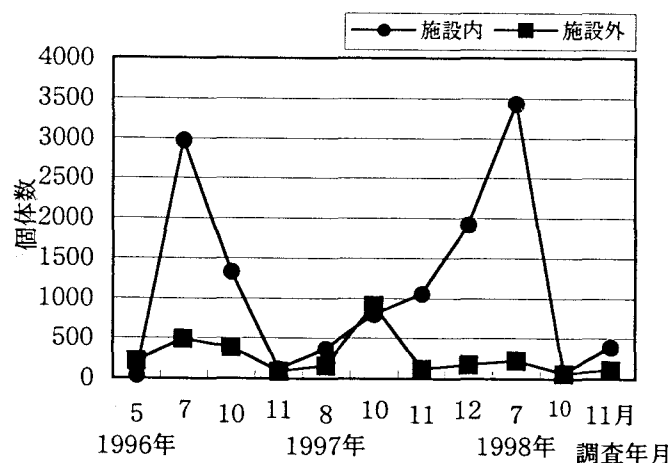


図6-2 底生生物の個体数

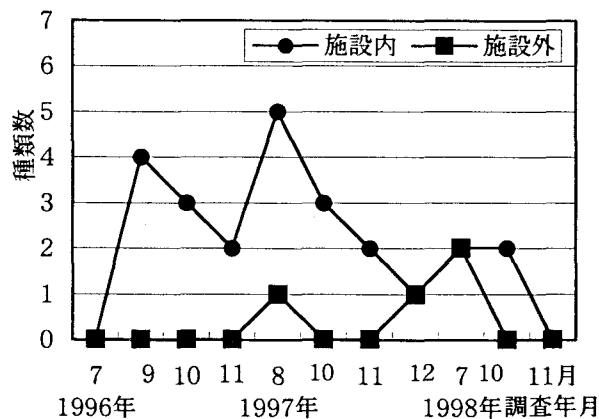


図7-1 魚類の種類数

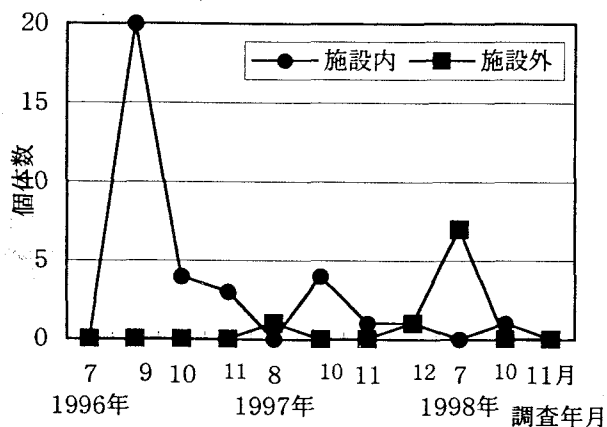


図7-2 魚類の個体数

は見られなかった。しかし、施設内では施設設置後5ヶ月後にモツゴ、コイ（稚魚）、タイリクバラタナゴ、チチブの出現が確認された。とくにタイリクバラタナゴは1つのカゴ網で最大150個体あまりも採集された。

施設内の経時的変化について検討すると、平成8年度の出現種4種類に対し、平成9年度にはアシシロハゼ、マハゼなど海産種も含め9種類の魚類が確認された。しかし、平成10年度には種類数、個体数ともに減少する傾向が見られ、これは台風による降雨の影響で海産種の魚類が減少したことによるものと思われる。

d) ヨシの生長量と植物体中の窒素、リンの測定結果

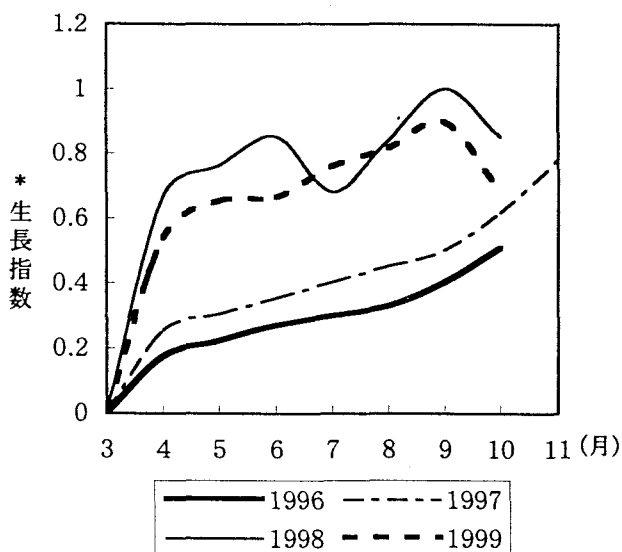
図8には施設内に植栽したヨシの生長について年度ごとの変化を示した。これからわかるとおり、植栽後3年目までは年度を経過するごとに、春先の地上部の伸長速度は大きくなる傾向が見られた。伸長速度の伸びは3年目がもっとも大きく、地上部の最終的な生長量も1年目や2年目の倍の大きさに達している。4年目は伸長速度がやや鈍り春先以降の生長も3年目ほど安定した生長が見られなくなった。

植物体中に含まれる全リンの植物体1gあたりの変化を図9に示した。この結果、植栽2年目と3年目は、秋期をピークに含有量が増加する傾向が見られた。しかし初年度および4年目はこのような傾向が見られず、ヨシ群落としての安定は施設設置後2年目ないし3年目にある可能性が示唆された。また、2年目および3年目については、全リンが含有される部分が春先から秋口に向けて時間の経過とともに葉体から根部へ移行していく傾向も見られ、刈り取り時期選定の基礎資料を得ることができた。

(2) 北岸部での植生水路実験の結果

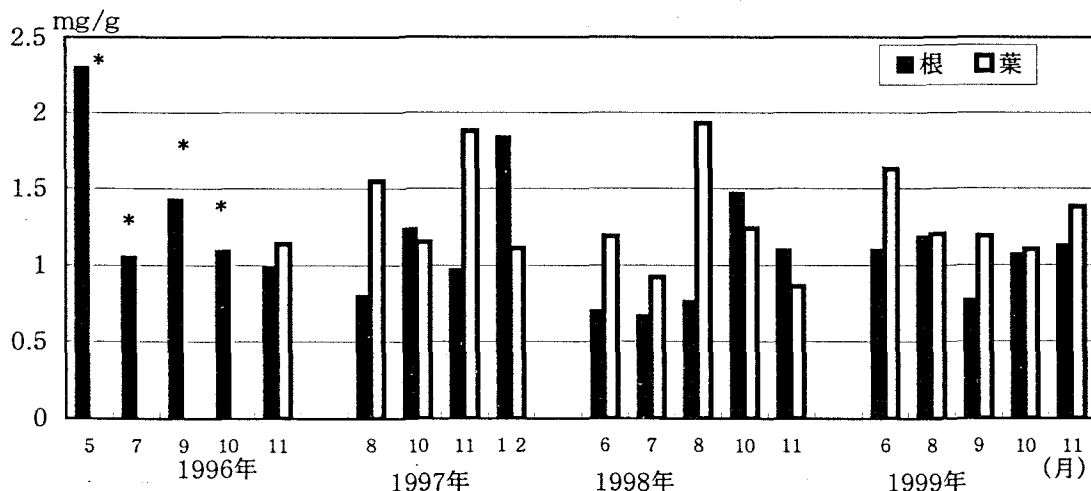
a) 水質

分析を実施した水質項目のうちのSSと全リンの結果について流入水と処理水との関係図を図10に示す。この結果からも明らかなとおり、両項目とも50%以上の除



*最大生長量を記録した1998年10月のヨシの全長を1とした場合の各月の生長の度合い

図8 ヨシの生長



*根と葉を一緒に分析

図9 植物中に含まれる全リンの量

去率となっている試料も多いが、とくにSSにおいてはこの傾向が顕著であった。しかし、年度ごとに経時変化を検討してみると、施設設置後2年目と3年目では3年目の方が除去率が下がる傾向が見られ、3年目以降の水路の管理が必要であることが明らかになった。

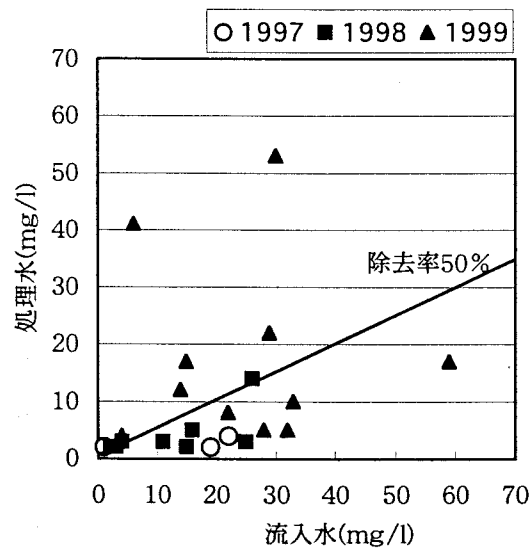


図10 流入水のSS 除去率

b) 底生生物および魚類

表1 植生水路内で採集された水生生物一覧

動物門	科	和名	97年 10月	98年 10月
環形動物	ミズミミズ	ミズミミズ 科の一種	●	●
	イトミミズ	イトミミズ 科の一種	●	●
	イシビル	イシビル 科の一種	○	
軟体動物 節足動物	サカマキガイ	サカマキガイ	●	
	テナガエビ	テナガエビ		○
	ザリガニ	アメリカザリガニ		●
	イワガニ	モズクガニ		○
	コガゲロウ	フタバガゲロウ属の一種	●	
	イトトンボ	イトトンボ 科の一種	○	
	ヤンマ	ギンヤンマ	○	
	トンボ	コフキトンボ	●	
		シオカラトンボ	●	
	タイコウチ	ミズカマキリ	○	
	コブダゲル	コブダゲル 科の一種	●	○
	ユスリカ	ユスリカ 科の一種	●	●
		モンユスリカ 科の一種	●	
	アシナガバエ科	アシナガバエ 科の一種	○	
	ハナアブ	ハナアブ 科の一種	○	
		双翅目の一種	○	
脊椎動物	メダカ	メダカ	○	○
	コイ	カワムツA型		○
		タイリクバラタナゴ		○
	アカガエル	ウシガエル (幼生)		●

●出現数が多い ○出現した

表1には湿地水路内での10月における水生動物調査結果について、平成10年と11年の2年を比較して示した。この表からもわかるとおり、植生水路を造成してから5ヶ月が経過した時点では、ヨシなどの生育が十分でないため、遊水域が多いためカゲロウ属やトンボ類

が多く出現した。しかし翌年の平成11年には遊水域が少なくなったため、トンボ類の出現が見られなくなる一方で、アメリカザリガニやウシガエルが大量に生息するようになったことが確認されている。

4. 考 察

南岸の試験植栽区での実験結果からは、植栽区内での水質浄化効果とくに全リンの除去効果が確認され、平均40%近くの除去率となっていた。これは、須田¹⁾(1991)が霞ヶ浦で実施した山王川での抽水植物による実験結果(平均除去率約40%)や上阪他²⁾(1995)が渡瀬遊水池の実験水路で実施した調査結果である除去率45~60%とほぼ同じ値となっていた。

一方、底生動物や魚類の現存量は区域内の方が区域外より、出現種、出現量とも多くなる傾向が見られ、オオヨシキリやサギ類など鳥類の生息も確認された。須川³⁾(1991)は、植生帯が広い地域には、多くの水鳥の分布が見られることから、抽水植物帯が遮蔽機能を有している事を示唆しているが、本調査区域でも同様の傾向が見られた。また、得られた結果からは、抽水植物帯は水鳥ばかりでなく、他の生物の生息にとっても重要な空間であることを示しているものと考えられる。なお、抽水植物帯の大きさ(幅や長さ)がどの程度でこの機能が効率的に発揮されてくるかを明らかにすることは、今後の課題であるが、一定量の抽水植物帯は、水質浄化という観点からも重要な役割を果たすと考えられる。

一方、試験植栽区の、ヨシの生長量や全窒素、全リンの植物体への吸収量は、設置3年目がもっとも大きいと考えられた。この結果は、加藤他⁴⁾(1998)が種子苗を用いて実施した植栽実験の結果で得られた2年目に自生しているヨシ原と生育、生活環が同様となったという結果より1年遅い。吉良⁵⁾(1991)によればヨシの生育はオギ群落で見られる年間のリズムとほぼ同じであろうとしており、地上部で生産した糖類やタンパクのような貯蔵物質の一部は生育期内の後半に栄養塩類とともに地下部に転流して蓄えられ、翌年春の地上部の生長のために使われるとしている。従って、生育期間の後半である9~10月ごろに地上部を刈り取ると次の年のための貯蔵物質が少なくなり、以後の生長に悪影響を与えている。しかし水質浄化という観点からヨシを利用するのであれば春先の地上部の生長が多少遅くなったとしても、植物体に吸収した栄養塩類を系外へ出すという意味で今回の実験結果からは10月~11月中旬にヨシを刈り取ることが適切と考えられる。なお、この時期に地上部を刈り取ることが、その後のヨシの生長にどう影響するかについては、今後の研究課題であるが、佐鳴湖周辺に生息しているヨシはかなり塩分濃度が高い水域でも生育していることや試験植栽区で植栽した抽水植物の中

ではもっとも適応力が大きいと思われることから、群落自体の生育には影響ないと考え。

さらに、北岸で実施した植性水路実験の結果からは、とくにSSの除去率が高い傾向が見られ、本間⁶⁾(1997)が野尻湖で実施したヨシ原水路実験の結果と近い結果が得られた。このことは、富栄養湖と分類される他の湖沼に比較してSSの値が高い(諏訪湖の2~3倍程度)佐鳴湖の水質浄化対策として植性水路の利用は懸濁性の窒素やリンを除去するためにきわめて効果的な方法と考えられる。

SSの除去率の経年変化を検討してみると、年度の経過とともに除去率は低下する傾向が見られる。この原因として考えられるのは、処理水中に含まれるSS分が水路施設内に堆積し、処理能力が減少していることが考えられる。これを裏付けることとして水路の水深が経年的に浅くなっている現象が確認されている。すなわち、施設設置後2年間で水路内の水深は当初10cmあったものが、5cm程度となっている。これを防ぐために写真1に

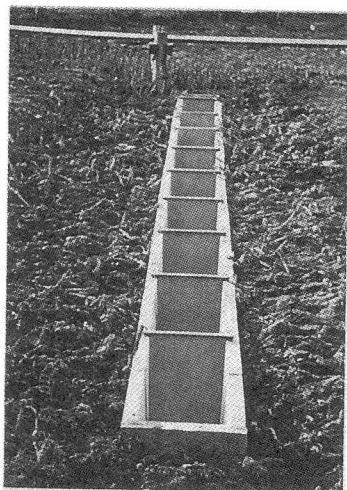


写真1 整流板つき浮泥回収装置

示すような整流板つきの浮泥回収装置を水路中央に設置し定期的に堆積泥の回収を行う方法を考案した。この装置を水路内に設置し、現在実験を継続中であるが、3ヶ月余りで回収装置ピット部に約10cmの浮泥堆積が確認されている。また、水路内の水質・生物調査結果では水路造成後5ヶ月後と1年7ヶ月にあたる生物調査結果を比較したが、5ヶ月後の時点で見られなかったアメリカザリガニやウシガエルが1年7ヶ月後に大量に生息するようになった。そして、この後の結果でもこれら2種の外来性種は増えつづけており、植生水路内の生物の多様化を妨げる要因になっていると思われる。以上から、設置後の十分な管理を行えば佐鳴湖での植生浄化施設の設置は湖内の水質浄化を推進する有効な手法の1つと考えられた。

参考文献

- 1) 須田敦志：霞ヶ浦の自然を生かした植生浄化，都市河川セミナー・テキスト（第6回），pp43-48，1991.
- 2) 上阪恒雄、新名秀章、堀部正文：渡良瀬貯水池の水質保全対策，第6回世界湖沼会議霞ヶ浦1995 論文集，pp418-421，1995.
- 3) 須川恒：水鳥の分布状況と地域区分，滋賀県琵琶湖研究所プロジェクト研究報告書No90-A05，琵琶湖湖岸の景観生息額区分，pp65-79，滋賀県琵琶湖研究所，1991.
- 4) 加藤智博、徐開欽、千葉信男、樫内孝信、細身正明、須藤隆一：浚渫ヘドロ上におけるヨシ原の創出手法の開発とその評価，土木学会論文集No594/VII-7，pp1-10，1998.
- 5) 吉良竜夫：ヨシの生態おぼえがき，琵琶湖研究所所報9，pp29-37，1991
- 6) 本間新哉：湖沼における生態系を活用した水質浄化例，水環境学会誌 vol20 No8，1997.

(2000.4.17 受付)