

ヨシによる水質浄化 (I)

山口県衛生公害研究センター

下濃 義弘・今富 幸也・杉山 邦義
古谷 典子・田中 克正・前田 達男

Studies on Purification of Polluted Water using Reed (I)

Yoshihiro SHIMONO, Yukiya IMATOMI, Kuniyoshi SUGIYAMA
Noriko FURUYA, Katsumasa TANAKA, Tatsuo MAEDA

Yamaguchi Prefectural Research Institute of Health

はじめに

湖沼の水質を改善するためには、生活排水等の発生源対策はもとより、湖沼に流入する窒素分やりん分等の栄養塩により、湖沼の植物プランクトンが増殖して新たな汚染源をもたらす内部生産を抑制することが重要であることが知られている。しかし、栄養塩の除去は排水処理施設では困難であることから、ヨシ等の水生植物を用いた湖沼や流入河川の直接浄化法が有効であると考えられており、各地でその試みがなされている¹⁻¹⁰⁾。当県においても、この直接浄化法を導入することとし、1996年度からヨシを植栽した浮き礁（以下、「ヨシ浮礁」という）を県内3カ所に順次設置し、実証試験を行っている。この試験では①浮礁という制限された環境の中でヨシがど

の程度生育するのか、②どのような維持管理が必要なのか、③ヨシの水質浄化能はどのくらいか、を重点に調査を行っている。

調査方法

1 ヨシ浮礁の構造

実証試験に使用したヨシ浮礁は、水産増殖施設(株)が開発したもので、その構造は図1のとおりである。図に示すように2m四方のヨシ植栽面をFRP製の井型の筏で水面に支持する構造となっており、ヨシはポリエステル繊維製の人工土壌中に根茎部を埋め込む形で、20数cm間隔で1浮礁あたり64株を植栽した。

なお、浮礁はヨシ植栽後も、大人1人がその上で清掃や刈り取り等の作業ができる浮力をもっている。

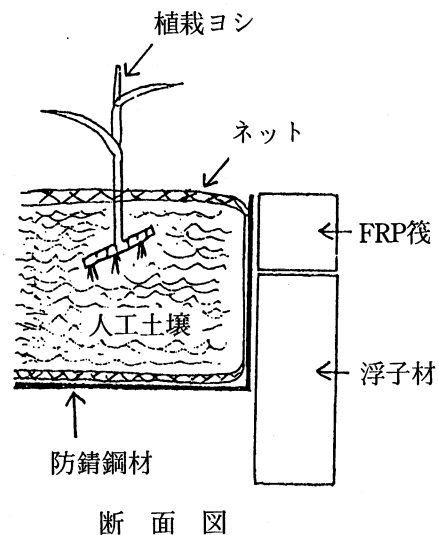
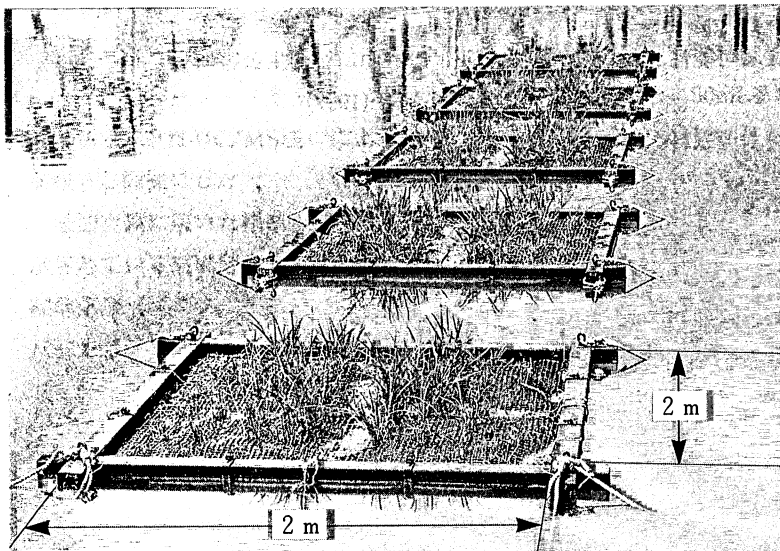


図1 ヨシ浮礁の構造

2 分析方法

ヨシの成分の分析については、りん分は硫酸分解・モリブデン青法により行い、窒素分及び炭素分は元素分析計（パーキンエルマー社MODEL-2400CHN）により同時分析を行った。

なお、りんの分析にあたっては、植物体を押し切りで細分したものを乾燥、混合したものをを用い、窒素分及び炭素分の分析ではこれらをさらに乳鉢で微細な粉末になるまで粉碎したものをを用いた。

3 ヨシ浮礁の設置及び維持管理

ヨシ浮礁を1996年度から表1のとおり、順次県内の湖沼に設置し、実証試験を行っている。なお、ヨシ浮礁の設置工事は当浮礁の開発者である水産増殖施設㈱に委託し、植栽するヨシは四十八瀬川で我々が採取し、実験に供した。また、ヨシ浮礁を設置し、清掃、刈り取り等の維持管理に至るまでのフローを図2に示したが、設置後は春季から冬季にかけて、概ね毎月1度清掃等の維持管理作業を行い、併せてヨシの生育状況の観察を行っている。

表1 ヨシ浮礁設置場所等

設置場所	設置年月日	基数
山口市維新百年記念公園		
ボート池（東池）	1996. 7. 4	5
豊田町地吉		
豊田湖（上流部）	1997. 4. 25	5
宇部市小野		
小野湖（上流部）	1998. 5. 14	5

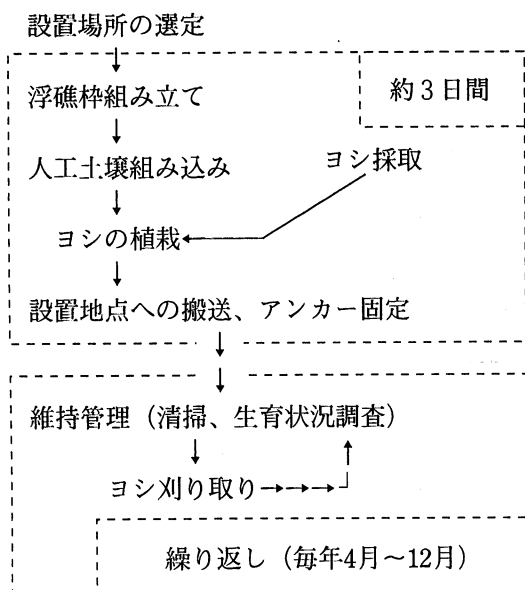


図2 ヨシ浮礁の設置及び維持管理フロー

結果及び考察

1 植栽ヨシの検討

浮礁に植栽するヨシはりん含有量が多いほどりんの除去能力が高いと考え、各地で採取したヨシ *Phragmites australis* 及びツルヨシ *Phragmites japonica* のりん含有量 (T-P) を部位別に分析し比較を行った。分析に供したヨシのおよその形態を図3に、採取地・部位別りん含有量を表2に示した。

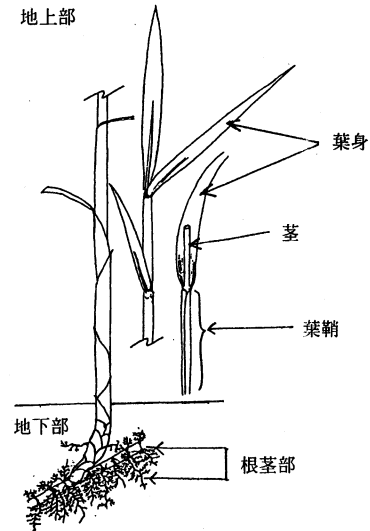


図3 ヨシの形態

表2から、りん含有量に採取地による違いは大きくなく、ヨシの部位では地下部より地上部に、地上部では葉身部に、より多くのりんが含まれていることがわかった。また、浮礁の管理上、秋季から冬季にかけて刈り取る部分である全地上部では、概ね1000 $\mu\text{g/g}$ (dry) であることがわかった。これらのこと及び採取作業の容易さから四十八瀬川のツルヨシ *Phragmites japonica* を浮礁に植栽することとした。

2 ヨシの生育状況

維新百年記念公園のボート池に設置した浮礁のヨシは、1996年7月の植栽直後は、草丈20~50cmであったが、12月の刈り取り時には、多数分けつし、草丈も30~100cmにまで生長した。1997年には、4月始めに出芽し、4月末には10~25cm、5月には25~45cm、12月の刈り取り時には80~140cmまで生長した。

なお、1996年の7月には、高温のためか葉が黄変し生長が停滞し、その後の生長もよくなかったが、1997年には、そのようなこともなく分けつも盛んで順調に生育した。また、1998年においても1997年をしのぐ勢いで順調に生育している。

表2 ヨシの採取地・部位別りん含有量

採取地	四十八瀬川、沿水域		榎野川、沿水域		阿知須干拓地、堤防域	
ヨシの種類	ツルヨシ		ヨシ		ヨシ	
ヨシの部位	T-P μg/g (dry)	乾燥重量比 %	T-P μg/g (dry)	乾燥重量比 %	T-P μg/g (dry)	乾燥重量比 %
全地上部	980	100	1100	100	1000	100
地						
上	1500	41	1100	41	1400	35
部	840	17	1000	17	920	27
部	460	42	1300	42	620	38
全地下部 (根茎部)	380	---	420	---	130	---

豊田湖の浮礁のヨシは、1997年4月の植栽直後は草丈5~30cmであったが、9月には25~90cm、11月の刈り取り時には50~150cmまで生長した。1998年には、4月始めに出芽し、4月半ばには10~25cm、6月始めに30~85cmまで生長している。なお、1997年の6月末に豪雨による出水があり、浮礁の1基が転覆、他の浮礁が重なり合い、ヨシの半数が水没するという不具合が生じたが、7月始めに復帰処置を行った結果、生長が回復した。これはヨシがもともと水没に強い上に、草丈も低く、分けつも進んでいなかったため、流水による大きな障害を受けなかったためと考えられる。

小野湖の浮礁のヨシは1998年5月の植栽直後は草丈5~20cmであったが、6月半ばには20~35cmまで生長している。

ポート池及び豊田湖の浮礁のヨシについては、1996年及び1997年に地上部の刈り取りを行っているが、その収量を表3に示した。これによると、ポート池では植栽した年よりも翌年の方が数倍~10倍の収量があり、1年目に伸びた根茎が翌年の生長の基盤になっているものと推定される。また、豊田湖ではポート池より収量が多いものの、ポート池の2年目には及ばなかったが、1998年の生育は順調であることから、2年目にはポート池と同様な収量の増大が予想される。

なお、刈り取り時期については、長谷らがヨシについてはN、P含有量と翌年の生育の観点から、適期は11~12月であると指摘している¹⁹⁾ことから、11~12月に刈り取りを行ったが、ツルヨシの場合、地上部の枯損状況から判断して12月の初旬までには刈り取りを行うべきと考えられる。

3 ヨシによる栄養塩の吸収

ポート池及び豊田湖に設置した浮礁から刈り取ったヨシ地上部の窒素、りん濃度及び刈り取りによる湖沼からの除去量を表4に示した。

分析結果から、ポート池のヨシのT-P濃度は、当初四十八瀬川で採取したツルヨシの1/2~1/3の濃度であ

表3 ヨシの収量

湖沼名	刈り取り年月日	浮礁番号	ヨシ収量 (乾燥重量g)	ヨシ全収量 (乾燥重量g)	
ポート池	1996. 12. 13	No. 1	390	1560 (推計値)	
		No. 2	290		
		No. 3	260		
			No. 4, 5	欠測	
		1997. 12. 1	No. 1	2500	11900
No. 2	2700				
No. 3	2600				
No. 4	2000				
No. 5	2100				
豊田湖	1997. 11. 1	No. 1	600	2600	
		No. 2	500		
		No. 3	690		
		No. 4	550		
		No. 5	260		

ったが、豊田湖のそれは、ほぼ同等か少し低めの濃度となっている。各湖沼水の平常のりん濃度が、ポート池は全りん (T-P) で0.054mg/L、溶解性りん (D-P) で0.019mg/L、豊田湖はT-Pで0.026mg/L、D-Pで0.013mg/Lであることと比べるとヨシのT-P濃度は逆転しており、豊田湖のヨシの方がりんの吸収が盛んであったことがわかった。植物が吸収しやすいはずのD-Pについても豊田湖の方が濃度が低いことから、この現象はポート池は止水で、浮礁周辺の水の交換が少ないのに対し、豊田湖では流水上にあるため、水の交換が常時行われ、ヨシの根茎部 (水中部) へのりん分の補充がなされやすいことに起因するのではないかと考えられる。

窒素についても、各湖沼水の平常の窒素濃度が、ポート池では全窒素 (T-N) で1.0mg/L、溶解性窒素 (D-N) で0.60mg/Lであり、豊田湖ではT-Nで0.51mg/L、D-Nで0.30mg/Lであるのに対し、ヨシのT-N濃度はポート池より豊田湖の方が高い傾向が認められる。このことも豊田湖の方が流水上にあり、止水よりも窒素分の補充がなされやすいことに加え、人工土壌へのごみや泥分の付着等の多様な汚濁負荷に多く遭遇し窒素分を得やすいことと関係があるものと考えられ

る。

浮礁で生育したヨシ地上部の刈り取りによる効果としてT-Pで0.7~4.4 g, T-Nで25~220 gが湖沼水の系外に除去されたことになる。わずか5基の浮礁では湖沼の直接浄化法としての効果は微量であるが、確実に機

能するものであることが明らかになった。また、ポート池では1年目と2年目とで、T-P, T-Nの濃度の違いはあまりなく、刈り取り収量の増加が、そのままT-P, T-Nの除去量増加となっていることがわかった。

表4 ヨシの窒素, りん濃度及び刈り取りによる除去量

湖沼名	刈り取り 年月日	浮礁 番号	T-P 濃度 μg/g(dry)	T-P 除去量 5基合計g	T-N 濃度 重量%(dry)	T-N 除去量 5基合計g
ポート池	1996. 12. 13	No. 1	450	0.7 (推計値)	1.5	25 (推計値)
		No. 2	470		1.5	
		No. 3	390		1.8	
		No. 4, 5	欠測		欠測	
	1997. 12. 1	No. 1	350	4.4	2.1	220
		No. 2	400		1.8	
		No. 3	290		1.6	
		No. 4	300		1.7	
		No. 5	480		2.1	
	豊田湖	1997. 11. 1	No. 1	720	2.3	2.8
No. 2			820	3.0		
No. 3			1000	2.7		
No. 4			870	2.3		
No. 5			1000	2.1		

4 ヨシ浮礁の他の機能

地球温暖化対策の観点から二酸化炭素について注目してみると、刈り取ったヨシ地上部の炭素濃度は31~36%であり、5基の浮礁で500~4100 gの炭素を固定、すなわち、1.8~15kgの二酸化炭素を吸収したことを示している。

また、ヨシ浮礁は繁茂時は緑色で、人の心をなごませる修景の効果があるだけでなく、物理的に安定しているため、ポート池や豊田湖では野鳥の休息場所や産

卵場所となっている。

さらに、豊田湖や小野湖では、浮礁にヨシ以外の植物がかなり定着し、草丈や株の大きさ、数の違いによりツルヨシと競合もしくは共存状態で、独特な植物群落を形成しつつある。ヨシ浮礁で出現した植物群及びツルヨシとの拮抗の程度を表5に示した。

このことからツルヨシを優占種として維持するためには、他の植物を除去することも必要であることがわかった。

表5 ヨシ浮礁に出現した植物群

植物種	ツルヨシとの拮抗の程度
アメリカセンダングサ <i>Bidens frondosa</i>	強い
ヒエガエリ <i>Polypogon fugax</i>	強い
オオイヌタデ <i>Polygonum japonicum</i>	中程度 (少数)
ギンギシ <i>Rumex obtusifolius</i>	中程度 (少数)
ハルガヤ <i>Anthoxanthum odoratum</i>	弱い (少数)
オランダガラシ <i>Nasturtium officinale</i>	弱い (共存)
ミゾカクシ <i>Lobelia chinensis</i>	弱い (共存)
セリ <i>Oenanthe javanica</i>	弱い (共存)
スミレ類 <i>Viola</i> sp.	弱い (共存)

5 ヨシ浮礁の維持管理

ポート池の場合は、外部からの影響が少なく、清掃等は必要としなかったが、豊田湖及び小野湖では、流水の影響を受けるため、定期的な清掃が必要であった。

特に、最上流の浮礁はごみや流木の漂着が顕著で、豊田湖ではこのために、出水時に1基が転覆し、他が重なり合うという現象が生じた。このため、今後は上流側に防護ネットや船のへさき型のごみよけをつけるな

どの工夫が必要になると考えられる。

また、豊田湖では人工土壌への泥分の付着が顕著で、浮礁の浮力低下が認められる。このため、流水上に設置する場合には、定期的な人工土壌の詰め替えが必要となることも考えられる。

まとめ

ヨシ浮礁を県内湖沼3カ所に設置することにより、湖沼水の直接浄化法の実証試験を行い、次のことが明らかとなった。

- 1 ヨシは浮礁という制限された環境中でも生育する。しかし、植栽した年にはその生長は小さく、2年目以降に顕著な生育をする。
- 2 浮礁が流水の影響を受ける場合には、ごみや流木の漂着等の物理的な影響が大きくなるため、定期的な清掃等の維持管理が不可欠である。また、ヨシ以外の植物の侵入も活発であるため、ヨシを優占種として維持するためには、他の植物の除去が必要である。
- 3 ヨシ浮礁は、微量とはいえ、湖沼からの栄養塩除去機能を確実に果たしうるものであり、修景効果、野鳥保護効果、二酸化炭素吸収能等からも親水・環境教育用施設としても有効であると考えられる。

文献

- 1) 尾崎保夫ほか：用水と廃水. 35, 5~17 (1993)
- 2) 滝口洋：水処理技術. 37, 7~18 (1996)
- 3) 川口實ほか：第29回水環境学会講演要旨集, 59 (1995)
- 4) 加藤智博ほか：第29回水環境学会講演要旨集, 60 (1995)
- 5) 江成敬次郎ほか：第29回水環境学会講演要旨集, 63 (1995)
- 6) 中里広幸ほか：第29回水環境学会講演要旨集, 183 (1995)
- 7) 橋本敏子ほか：第29回水環境学会講演要旨集, 434 (1995)
- 8) 落合正宏ほか：第60回日本陸水学会講演要旨集, 64 (1995)
- 9) 寺園勝二ほか：第6回世界湖沼会議霞ヶ浦'95論文集. 1, 133~136 (1995)
- 10) 上阪恒雄ほか：第6回世界湖沼会議霞ヶ浦'95論文集. 1, 418~421 (1995)
- 11) 細井由彦ほか：第5回生物利用新技術研究会シンポジウム講演要旨集, 164~167 (1998)
- 12) 水産増殖施設(株)：水質浄化浮き礁設計書 (1993)
- 13) 長谷光展ほか：平成6年度福井県農試, 園試研究成果発表会資料, 18~20 (1995)