

特集

複合型植生浮島浄化法

環境共生型浄化技術「フェスタ工法」の開発

(株)フジタ 島多 義彦

はじめに

閉鎖性が強く富栄養化した湖沼等では、植物プランクトンの異常増殖により水質が汚濁しやすく、pH、COD、および栄養塩濃度等の上昇が農業用水等の水質悪化や水辺生物の生息環境の悪化等のさまざまな水環境問題となる。

湖沼等の植物プランクトンの異常増殖を抑制し、水質を改善する方法として植生浮島を使用する浄化方法がある。植生浮島は、

- ① 設置場所の水深や底質の制約を受けないこと。
- ② 陸上部の設備用地が不要であること。
- ③ 流域内に直接設置するため、吹送流等の自然流動を利用しやすいこと。

などの利点がある。しかし、植物プランクトンの増殖を抑制するために必要な浮島の設置面積

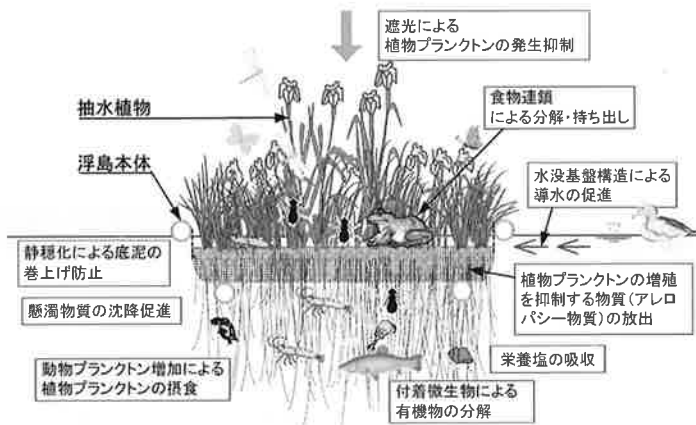
は、一般的に水面積に占める遮蔽率で20~30%とされており、大規模な浮島の設置に要するコスト等の課題があった。

本稿では、小規模な植生浮島と水生植物を利用して湖沼等の水質を浄化し、生物多様性を改善することを目的として開発したフェスタ工法の概要について紹介する。

1 浄化工法の概要

本浄化工法は、水質浄化用に開発した植生浮島（以下、浄化用浮島）を、ため池等の閉鎖性水域の水面積の5~10%（従来1/2以下）になるように水辺に係留・設置し、浮島と水生植物の複合的な浄化作用を利用して小規模の浮島で水質を改善するものである。

浄化用浮島には、第1図に示すような多様な

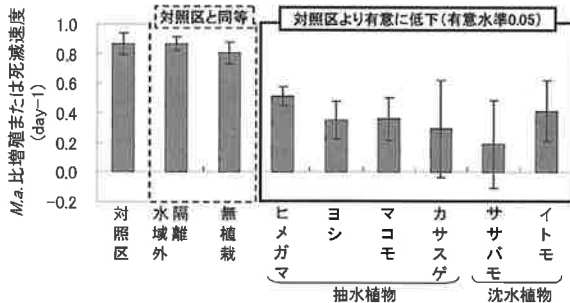


第1図 浄化用浮島の浄化機能

水質浄化機能があり、植物プランクトンの増殖を抑制し、浄化機能を向上させるため、次のような特徴を有する。

① アオコを形成する藍藻類 (*Microcystis*属) の増殖抑制効果を有する物質 (アレロパシー物質) を根茎等から放出する水生植物を選択的に浮島植物に使用する。抽水植物 (ヨシ等の茎葉の一部が水上に出ている水生植物) は湖岸付近の土壌に根付いていると、根茎からアレロパシー物質は水中にほとんど放出されない。浄化用浮島の多孔質な植生基盤に根付かせることで、水域内の必要な場所にアレロパシー物質が放出され、夏季の高水温時に増殖しやすい藍藻類の発生を抑制することにより、水質を改善する。

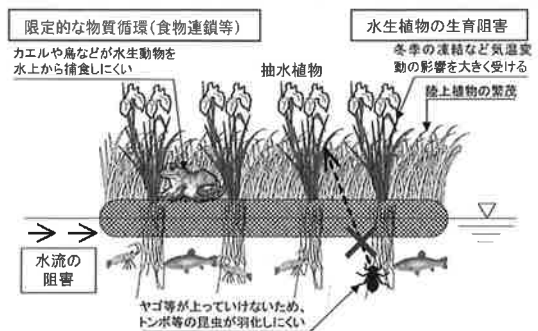
浄化用浮島を設置した実際の湖沼で採取した湖水の *Microcystis aeruginosa* (以下、*M.a.*) に対するアレロパシー効果について比増殖速度で評価した調査結果を第2図に示す。埼玉県蓮田市山ノ神沼での隔離水域を使用した実証実験で、浄化用浮島の無い隔離水域 (対照区)、植生浮島のある隔離水域内、浮島に生育する抽水植物 (ヒメガマ、ヨシ、マコモ、カサスゲ) の根茎付近、沈水植物 (ササバモ・イトモ) の群落内、無植栽の浮島、および隔離水域外の湖水とで比較すると、植栽した浮島で採取した湖水は、対照区や無植栽の浮島と比較し



第2図 植生の異なる浄化用浮島のM.a.に及ぼす影響⁽¹⁾

て比増殖速度が有意に低下し、これらの植物による増殖抑制効果は示された。

② 従来一般的な植生浮島は、植生基盤が水面に露出する構造になっており、第3図に示すような水質浄化機能を損なう問題点がある。浄化用浮島では植生基盤表面を水没させることにより、湖水の浮島への導水促進、陸上植物の生育抑制と冬季の凍結防止による抽水植物の生育促進、および物質循環 (食物連鎖等) の促進を行う。



第3図 水面に露出した浮島構造の浄化機能上の問題点

③ 植生基盤として適度な強度があり、比表面積および空隙率が大きく、浄化機能 (接触沈殿、動物プランクトンや微生物膜による生物ろ過等) に優れた多孔質植生基盤材を使用する。

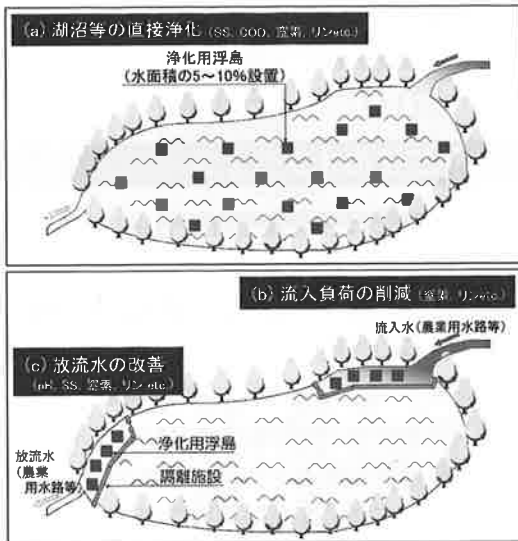
施工方法は、上記の浄化用浮島の本体 (標準 2.3m × 1.8m、約4m²/基) を工場製作し、現場搬入して水生植物をポット植えし、水域内に係留する簡単なものである。

2 適用方法

本浄化工法は、目的に応じて第4図に示す3種類の適用方法がある。

(1) 湖沼等の直接浄化

湖沼等の全体に浄化用浮島を係留・設置し、水域全体を浄化する。



第4図 フェスタ工法の適用方法

(2) 流入負荷の削減

流入河川等の河口付近に隔離水域を設け、隔離水域内で本浄化工法を実施し、富栄養化の原因となる栄養塩を除去する。

(3) 放流水の改善

放流河川等の河口付近に隔離水域を設け、隔離水域内で本浄化工法を実施し、pHの低減、懸濁物質および栄養塩を除去する。

3 実証実験

富栄養化により汚濁した湖沼内に隔離水域を

設け、隔離水域外の湖水を導水し、流入負荷を伴う条件で本浄化工法の浄化機能に関する実証実験を実施した。

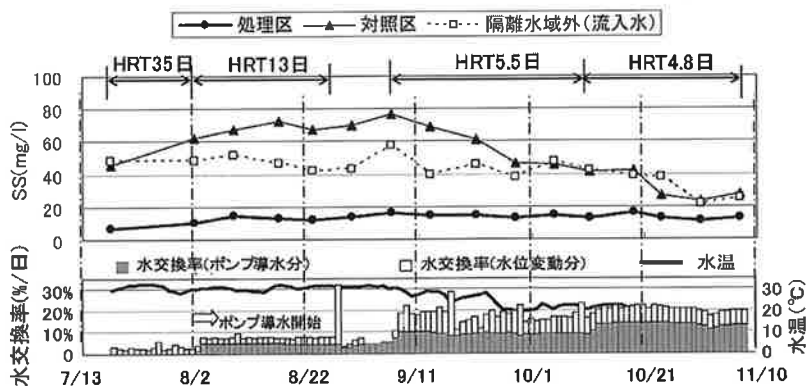
3-1 実験方法

埼玉県蓮田市山ノ神沼内に、遮水シートによる隔離水域 (42m×23.8m=1,000m²、実験期間の平均水深1.16m) が2ヶ所ほぼ南北に隣接して設置されており、南側の隔離水域内には抽水植物 (ヨシ、カササゲ、ヒメガマ) を移植した浄化用浮島 (4m²/基、25基) が2007年7月27日から100m² (遮蔽率10%) 設置されていた。2010年8月2日から各隔離水域内に、設定した滞留時間 (HRT) になるように水中ポンプで外部の湖水を導水し、流入水と隔離水域内の水質 (調査頻度: 週1回)、および水位 (連続測定) をモニタリングした。

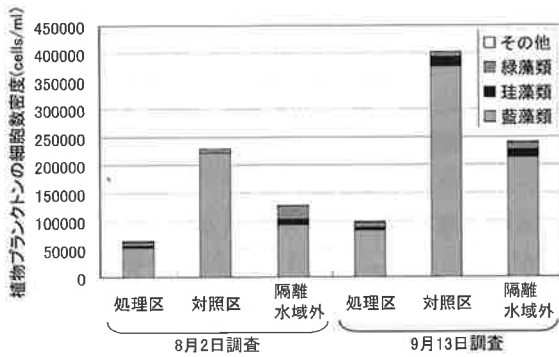
3-2 実験結果

(1) 湖沼等の直接浄化効果

浄化用浮島を設置した隔離水域 (以下、処理区) と設置していない隔離水域 (対照区) の水質を比較することにより、直接浄化効果を評価した。実験開始後のSS濃度のHRT別の推移を第5図に示す。処理区では、対照区と比較して低く推移し、SS以外のCOD、T-N、T-Pにおいても同様に水質は改善され、本浄化工法の高い直接浄化効果が示された。また、SSの大部分を占めた植物プランクトンの調査結果を第6図



第5図 SS濃度の推移



第6図 植物プランクトンの種組成の比較

に示したように、処理区の植物プランクトンの減少は、藍藻類が減少したためであることが確認された。

(2) 流入負荷の削減効果

HRT別の流入負荷速度、および除去率の平均値を第1表に示す。この結果、浄化用浮島を設置した隔離水域には、高い流入負荷削減効果が見られ、HRT13日における浄化速度を浄化用浮島を設置した水域面積当たりで換算すると、T-N：0.18g/d/m²-水域、T-P：0.015g/d/m²-水域であった。これらの値は、同じ負荷速度の表面流式植生浄化（T-N：0.11g/d/m²-湿地、T-P：0.01g/d/m²-湿地）⁽²⁾と比較して同等以上の流入負荷削減効果であった。

第1表 流入負荷に対する浄化効果

水質項目	平均濃度 (mg/l)						平均負荷速度 (g/d/m ² -水域面積)			平均除去率 (%)		
	HRT=13日		5.5日		4.8日		13日	5.5日	4.8日	13日	5.5日	4.8日
	処理区	流入水	処理区	流入水	処理区	流入水						
SS	13.5	47.6	14.4	44.0	13.4	32.7	4.6	6.7	7.5	71.6	67.3	59.2
TOC	8.8	11.8	11.1	14.7	10.1	11.7	1.1	2.9	2.7	24.9	24.9	13.8
T-N	1.61	3.51	2.09	3.79	2.96	4.31	0.34	0.75	0.99	54.2	44.8	31.4
T-P	0.12	0.30	0.11	0.29	0.11	0.22	0.029	0.058	0.050	61.8	61.8	50.5

実証実験のほか、それぞれの適用方法の効果については、実証実験や施工事例（池沼等6件、河川3件）により検証している。施工事例の一つとして、クラブハウスの浄化槽処理水が流入するゴルフ場調整池（神奈川県厚木市内、2,000m²、水深約1m）の浄化への適用例では、2010年夏季の実績で、植物プランクトンの濃度が実

施前と比較して約80%減少し、流入水中の全窒素、全リン濃度を約47%削減した。

4 浄化工法のオプション

本浄化工法には、実施条件や目的に応じて、次のような2つのオプションがある。

4-1 外周遮光材の設置による遮光効果の向上

浄化用浮島の外周に、写真1に示すように遮光材を設置し、遮光面積を4~5倍に増加させる。例えば、水面積の5%の植生浮島でもアオコの抑制に必要な遮光率20~25%まで増加させ、水深の大きい水域でも遮光効果のみでアオコの発生を抑制する。

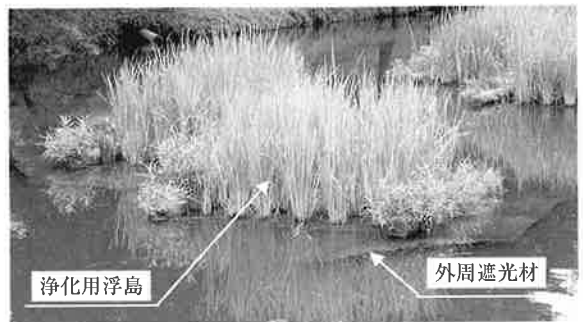
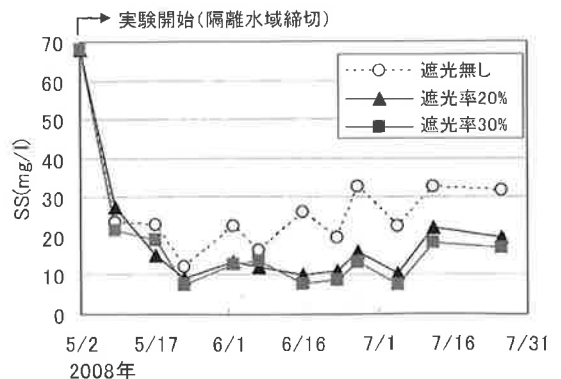
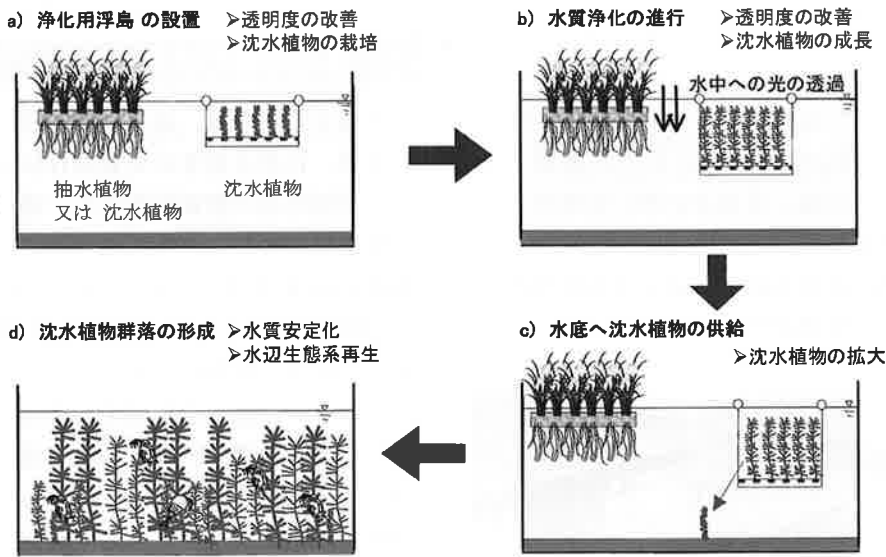


写真1 外周遮光幕の設置状況

前述の山ノ神沼内に小規模隔離水域（15m²/箇所）を設け、遮光による水質改善効果に関する実証実験を実施した結果を第7図に示す。



第7図 遮光によるSS濃度の改善効果



第8図 沈水植物群落の再生フロー

藍藻類の増殖を抑制するには、水面積に対する遮光率が30%以上必要とされるが、本実験結果では、遮光率20%でも同等の結果が得られた。ただし、遮光のみに依存する方法では、植物プランクトンの種組成が変化すると増殖する場合があるため、確実に水質を改善する観点で課題がある。

4-2 沈水植物群落の再生による水環境改善

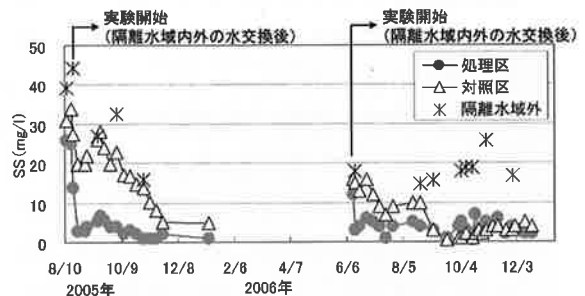
実施フローを第8図に示すように、浄化用浮島に移植する植物にイトモやササバモ等の植物全体が水中で生育する沈水植物を使用し、沈水植物群落を水底に定着・拡大させ、水質を改善する。水深が1m以下で食害生物（ブルーギル、アメリカザリガニ等）が少ない場合に適用でき、浮島の数を減らし沈水植物で浄化するため、景観の保全や水辺の生物多様性の改善が期待できる。

埼玉県さいたま市別所沼で、沈水植物群落の再生による水質浄化の実証実験を実施した。沼内に、遮水シートによる隔離水域（10m×10m＝100m²、水深約1m）が2ヶ所設置され、一方に本浄化工法を適用し（処理区）、浄化用浮島（2.5m²/基）に抽水植物（カキツバタ、キショウブ、セキショウ）または沈水植物（エビモ、

ヒロハノエビモ、クロモ、マツモ、キクモ、ミズニラ、イトモ）を移植し、それぞれ4基ずつ、計8基設置した。2005、2006年度のそれぞれ8月、6月に隔離水域の内外の池水を入れ替えて、処理区と対照区の水質を均一にして実験を開始し、技術を適用しない隔離水域（対照区）と水質を比較して評価した。

なお、本実証実験は、平成17年度環境省環境技術実証モデル事業（湖沼等水質浄化技術分野）として実施された（実証番号08-0603）⁽³⁾。

その結果、第9図に示すように実験開始後速やかにSS濃度は減少し、これに伴い、COD、T-N、T-P濃度も低減できることが示され、2年目においても水質は安定した。また、SS濃



第9図 SS濃度の推移

度の低下による水中の光量の増加と浮島で成長した沈水植物の一部が池底に着底したことにより、2005年10月にはヒロハノエビモ、イトモが浮島周辺の水底に生育しているのが確認された。2006年5月には、主にイトモ、エビモ、ヒロハノエビモが処理区内に繁茂し、2006年10月には処理区内の面積の約4割まで沈水植物群落 が形成された(写真2参照)。



写真2 沈水植物群落の形成状況

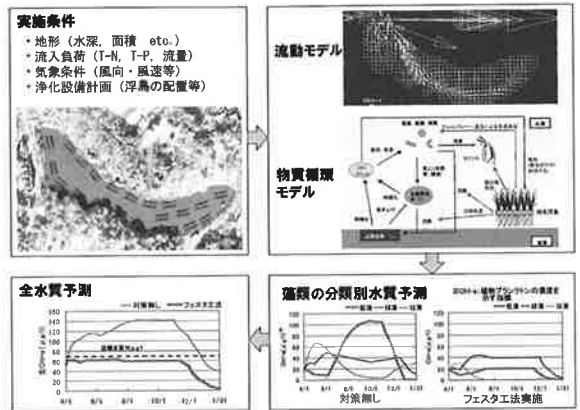
5 特徴

本浄化工法の特徴を以下に示す。

- ① 水処理プラントのような導水等に必要 な電力や凝集剤等の薬剤を使用せず、地球環 境や周辺環境に配慮した環境共生型技術で ある。
- ② 浄化用浮島は、基盤水深を変えられ、多 様な植物を生育できる。また、鳥や水生動 物の生息場になり、水辺の生物多様性の保 全・創出に貢献する。
- ③ 浮島の係留、植物の植付けなどの簡単 な作業で施工でき、維持管理も容易である。
- ④ 浮島は強度の高いフレーム構造としてお り、係留設備からの外力が植生基盤やフロ ートに直接作用しないため、波浪や流れに よる破損を防ぎ、長期間使用できる。

6 浄化効果の予測方法

本浄化工法では、流入負荷の状況、ため池等 の地形、目標水質等の実施条件に応じて設置す る浄化用浮島の数量や配置を、過去の実証実験 や施工事例のデータを基に計画する。一方、実 施後の改善効果については、浮島の浄化機能 (大型動物プランクトンの増加と植物プランク トンの捕食、植物のアレロパシー効果、植物プ ランクトンの沈降促進効果、遮光効果) を組み 入れた物質循環モデルと水域の流動モデルを統 合した水質浄化予測シミュレーション(第10 図参照)を東北大学との共同研究により開発し た。今後、異なる実施条件に本浄化工法を適用 し、計算精度をさらに向上させ、より効率的な 事業の実施の一助とする。



第10図 水質浄化効果の予測シミュレーションのフロー

おわりに

本浄化工法は、これまで主に首都圏における 平均水深3m以下の池沼の浄化実績を積み上げ、 流入負荷に対しても効果を実証してきた。今後 は、ダム湖のような大水深でのデータの取得に よる計画手法の確立、および技術の普及に取り 組む所存である。

<参考文献>

- (1) 武田文彦・野村宗弘・中野和典・西村修・島多義彦・袋昭太・田中仁志・稲森悠平：“抽水植物による*Microcystis* 増殖抑制アレロパシー”、用水と廃水、Vol.51、No.6、pp.41-47 (2009.6)
- (2) 河川環境管理財団河川環境総合研究所：“植生浄化施設計画の技術資料 (2007年版)”、河川環境総合研究資料、第26号、IV-22・23 (2007.12)
- (3) 環境省・埼玉県環境科学国際センター：環境技術実証モデル事業・湖沼等水質浄化技術分野・湖沼等水質浄化技術実証試験結果報告書 (2007)

筆者紹介

島多 義彦

(株)フジタ 建設本部
 土木エンジニアリングセンター 技術企画部
 主席コンサルタント
 〒151-8570 東京都渋谷区千駄ヶ谷4-25-2
 TEL：03-3796-2279
 FAX：03-3796-2304
 E-mail：yshimada@fujita.co.jp

配管技術

定価：2,000円/年間購読料：24,000円 (14冊・増刊2冊含)

1959年の創刊以来、石油、石油化学、火力・原子力発電、化学、食品等のプラントエンジニアリングにおいて、斯界を代表する専門技術誌として定評をいただいています。プラントを構成するすべての機器、材料、システム等についてその技術的背景、コスト、法規、設計、施工、検査、安全、メンテナンスと多角的に検討し、配管をプラント全体としてとらえるエンジニアリングの専門誌です。

年間購読のお申し込みは フリーコール **0120-974-250**

<http://www.nikko-pb.co.jp/>

日本工業出版株式会社 販売課

本社 〒113-8610 東京都文京区本駒込6-3-26 TEL. 03 (3944) 8001 FAX. 03 (3944) 6826
 E-mail: sale@nikko-pb.co.jp