

ISSN - 1347 - 751X

河川環境総合研究所資料第26号

植生浄化施設計画の技術資料 [2007年版]

平成19年12月

(財)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]

平成 19 年 12 月

(財)河川環境管理財団
河川環境総合研究所

はじめに

植生浄化法は、河川・湖沼の水質の悪化に対して自然の浄化原理を生かした方法として BOD をはじめ、窒素、リン等の栄養塩類の除去が出来る浄化法で、環境へ与える負荷が少なく、維持管理の負担が少ない浄化施設としても注目されています。

この浄化法は、一般に広大な面積を必要とし、十分な土地の確保が難しい日本において以前は実施例の少ない浄化法でした。しかし、欧米においては、主に下水処理水を対象にナチュラルシステムのひとつとして比較的多く用いられ、設計諸元等も得られている浄化法であり、近年は日本においても、植生浄化施設の水質浄化機能に加え、生態的な機能を含めた総合的な効果が評価され、主に汚濁した河川・湖沼を対象に実験が行われるとともに、実施設の建設も進められています。

植生浄化施設を計画、設計するに際しては、浄化対象となる河川水・湖沼水の特性を把握し、これらの条件に適した施設諸元や維持管理方法を十分に検討することが必要です。

このため、(財)河川環境管理財団では、国土交通省霞ヶ浦河川事務所とともに、平成 8 年度～平成 18 年度にかけて、霞ヶ浦流入河川の山王川及び清明川河口域に設置した植生浄化施設において、わが国の状況に適応した設計諸元及び維持管理方法に関する実験・調査を行ってきました。

(財)河川環境管理財団では、平成 14 年 12 月に、山王川、清明川河口域における実験調査結果や全国各地で行われている植生浄化施設の情報を分析・整理して「植生浄化施設計画の技術資料」を発行したところです。この度、その後の現地実験・調査や全国の植生浄化施設のフォローアップ調査等により得られた知見をもとに大幅な改訂を行い、「植生浄化施設計画の技術資料 [2007 年版] をとりまとめました。

今後の植生浄化施設の計画、設計の手引きとして、広くご利用いただければ幸いに存じます。

なお、本技術資料の作成にあたり、貴重なご意見を頂きました「霞ヶ浦流入河川植生浄化技術検討委員会（委員長：細見正明東京農工大学大学院教授）」並びに、国土交通省霞ヶ浦河川事務所をはじめ、アンケート及び事例収集にご協力を頂いた関係機関に厚くお礼申し上げます。

平成 19 年 12 月

(財)河川環境管理財団

霞ヶ浦流入河川植生浄化技術検討委員会名簿

委員長	細見 正明	東京農工大学大学院 化学システム工学科	教授
委員	神子 直之	立命館大学 理工学部環境都市工学系環境システム工学科 (前) 茨城大学工学部都市システム工学科	教授
委員	鈴木 穰	独立行政法人土木研究所水環境研究グループ水質チーム	上席研究員
委員	天野 邦彦	独立行政法人土木研究所水環境研究グループ河川生態チーム	上席研究員
委員	岡下 淳	国土交通省河川局河川環境課	課長補佐
委員	富岡 秀顯	国土交通省関東地方整備局河川部河川環境課	課長
委員	木暮 陽一	国土交通省関東地方整備局霞ヶ浦河川事務所	所長
委員	酒井 憲司	財団法人河川環境管理財団	技術参与
委員代理	中村 圭吾	独立行政法人土木研究所水環境研究グループ河川生態チーム	主任研究員
旧委員	島谷 幸広	(前) 建設省土木研究所環境部河川環境研究室	室長
旧委員	田中 宏明	(前) 独立法人土木研究水循環研究グループ水質チーム	上席研究員
旧委員	尾澤 卓思	(前) 独立法人土木研究水循環研究グループ河川生態チーム	上席研究員
旧委員代理	小森 行也	(前) 独立法人土木研究水循環研究グループ水質チーム	主任研究員
旧委員	是澤 裕二	(前) 建設省河川局河川環境課	課長補佐
旧委員	辻原 浩	(前) 国土交通省河川局河川環境課	課長補佐
旧委員	宮藤 秀之	(前) 国土交通省河川局河川環境課	課長補佐
旧委員	前村 良雄	(前) 建設省関東地方建設局河川部河川調整課	課長
旧委員	唐澤 仁士	(前) 建設省関東地方建設局河川部河川環境課 (前) 国土交通省関東地方整備局霞ヶ浦河川事務所	専門官 所長
旧委員	木暮 陽一	(前) 国土交通省関東地方整備局河川部河川環境課	課長
旧委員	酒井 義尚	(前) 建設省関東地方建設局霞ヶ浦工事事務所水質保全課	課長
旧委員	森田 靖則	(前) 国土交通省関東地方整備局霞ヶ浦工事事務所水質保全課	課長
旧委員	唐沢 潔	(前) 建設省関東地方建設局利根川上流工事事務所利水調査課	課長
旧委員	長野 拓朗	(前) 国土交通省関東地方建設局利根川上流工事事務所利水調査課	課長
旧委員	安中 徳二	(前) 財団法人河川環境管理財団	技術参与
旧委員	佐藤 和明	(前) 財団法人河川環境管理財団	技術参与
事務局	財団法人河川環境管理財団 研究第2部		

植生浄化施設計画の技術資料の改訂について

国内で植生浄化法の研究が始まったのは1980年代であり、歴史が浅く技術的知見の蓄積が十分でない状況である。また、植生浄化法は、基本的に植物や土壌等の自然の力の助けを借りるため、気象やその他の環境条件により浄化効果の変化が大きい。そのため、植生浄化法は他の浄化法と比較して、計画・設計諸元を一義的に決めることは難しく、ある程度の幅の中で浄化効果目標を設定し、施設計画を行ってきた。そして、実施設を運転していく中でその浄化効果のモニタリングを行い、その効果が持続するように試行錯誤しながら維持管理を行ってきたのが実態である。

(財)河川環境管理財団では、平成14年12月に「植生浄化施設計画の技術資料」を発行した後も、引き続き、国土交通省霞ヶ浦河川事務所とともに、霞ヶ浦流入河川の山王川での植生浄化実験、清明川河口域に設置した植生浄化施設における維持管理方法に関する実験・調査を行うとともに、国内や海外の事例調査を行ってきた。今回の技術資料では、主に以下の観点から改訂を行った。

①湿地法・浸透流れ方式〔新規〕

山王川植生浄化実験施設での結果をもとに、浸透流れ方式の計画資料を整備した。特に、日本特有の土壌である黒ぼく土（火山灰の腐食土）を植生基材として用いる方式と、欧米で広く用いられている礫基材によるものとの窒素・リン除去特性の比較を示した。

②植生浄化施設の維持管理〔補充〕

植生浄化施設の長期稼働に伴い、浮泥の堆積、短絡流の発生（滞留時間の短縮）、植生の遷移等の現象が発生している事例がある。これらは除去率低下の原因となり、植生浄化法の効果の持続性に問題を生ずることとなる。そのため除去率の持続性を確保するために、施設計画段階で、維持管理について配慮すべき事項を整理した。

なお、本技術資料においては、維持管理と運転管理とを以下のように区別し、用いることとする。

維持管理：植生の維持管理（刈り取り・ヨシ焼き・間引き等）、底泥の維持管理（除去・干し上げ等）、水質・底泥・透水性調査等、浄化効果の持続に必要な作業

運転管理：土木構造物（水路等）や機械運転設備（ポンプ等）の管理、水位管理等施設の運転に必要な作業

③植物の植栽方法 [新規]

植生浄化施設の施工段階で、最も重要な植栽方法の事例を紹介した。

④ハイブリッドシステム [新規]

浄化効果の向上及び維持管理の観点から、ハイブリッドシステム（2つの方式の組み合わせ、例えば、表面流れ方式によるSS・BOD除去+浸透流れ方式による窒素・リン除去）が有効であると考えられ、その概念や海外の事例を示した。

⑤新しい水質指標（案）への対応 [新規]

国土交通省では、豊かな生態系の確保、利用しやすい水質の確保等の観点から、アンモニウム態窒素が新しい水質指標（案）のひとつとして提案され、現在試行中である。本技術資料においても、全国の植生浄化施設のアンモニウム態窒素の浄化能力の評価等を行った。

⑥循環型社会への対応 [新規]

植生浄化に用いる植生・植生基材として、流域の畜産業・農業に直接利用できるものを選択することにより、資源循環型水環境改善システムの構築が可能である。植生浄化法におけるバイオマスの有効利用（飼料用稲）、リンの回収等の観点から知見の整理を行った。

⑦外来種への対応 [補充]

ホテイアオイ、オオフサモ等の外来種が植生浄化に用いられている事例が少なくない。植生浄化に用いる植生が近隣の環境に与える影響を考慮し、注意すべき外来種について特記した。

本技術資料の構成として、改訂前の技術資料（平成14年出版）から、新規作成した箇所及び一部改訂した箇所を次頁に示す。

本技術資料の構成

I. 植生浄化施設計画の技術資料[2007年版]の概要

凡例
赤字: 新規作成
青字: 一部改訂

II. 植生浄化施設の現状

1. 植生浄化法の特徴	3. 植生浄化法の欧米との比較
1-1 植生浄化法の概要	4. 植生浄化施設の流入水質
1-2 植生の水質浄化効果	5. 植生浄化施設の水質浄化効果
1-3 植生浄化法の留意点	5-1 主な水質項目の除去率
2. 植生浄化施設の現状	5-2 浄化効果の季節変動
2-1 植生浄化法の事例 <ul style="list-style-type: none"> ・湿地法 	<ul style="list-style-type: none"> ・表面流れ方式 (山王川での実験他) ・浸透流れ方式 (山王川での実験) ・処理槽方式 (山王川での実験) ・直接植栽方式 (山王川での実験)
<ul style="list-style-type: none"> ①表面流れ方式 ②表面流れビオトープ方式 ③浸透流れ方式 ・浮標植物法 ④処理槽方式 ⑤水面利用方式 ・水耕法 ⑥直接植栽方式 ⑦特殊基材方式 ⑧浮体方式 	
2-2 植生浄化に用いられている植物 [外来種の扱い]	

III. 植生浄化の浄化機構

1. 浄化機構の内容	2. 浄化機構の特徴
(1) 沈殿効果	
(2) 土壌の効果 (硝化・脱窒、吸着、分解等)	
(3) 植物の効果 (吸着、沈殿・ろ過の促進、硝化・脱窒の促進等)	
(4) 負の効果 (土壌・植物からの回帰)	
<ul style="list-style-type: none"> ・表面流れ方式 (沈殿、土壌、植物、負の効果) ・表面流れビオトープ方式 (沈殿) ・浸透流れ方式 (土壌、植物) ・直接植栽方式 (植物) 	<ul style="list-style-type: none"> 2-1 湿地法の表面流れ方式の浄化機構の特徴 2-2 湿地法の浸透流れ方式の浄化機構の特徴 2-3 水耕法の直接植栽方式の浄化機構の特徴
	3. 植生のその他の機能

IV. 植生浄化施設の計画と管理

1. 用語の定義	6. ハイブリッド方式の設計の考え方
2. 植生浄化法の選定	6-1 代表的な植生浄化手法の浄化効果に関する特徴
2-1 浄化方式の選定	6-2 ハイブリッド方式の概念
2-2 植物の選定	7. 施設の効果の把握
2-3 植物の植栽方法	<ul style="list-style-type: none"> ・水質調査 ・底泥調査 ・透水性 ・生物調査等
3. 湿地法の表面流れ方式の設計の考え方と維持管理	8. コストについて
3-1 設計の考え方	8-1 建設コスト
3-2 施設構造の設計に関する留意事項	8-2 維持管理コスト
3-3 維持管理	8-3 下水処理のコストとの比較
4. 湿地法の浸透流れ方式の設計の考え方と維持管理	9. 計画を進めるにあたってのその他の留意点
4-1 設計の考え方	9-1 循環型社会への取り組み <ul style="list-style-type: none"> ・バイオマス(飼料イネ) ・リン回収
4-2 施設構造の設計に関する留意事項	9-2 水質浄化と共に求められる機能
4-3 維持管理	9-3 生物の生息・生育の場としての評価
5. 水耕法の直接植栽方式の設計の考え方と維持管理	9-4 周辺環境への影響
5-1 設計の考え方	9-5 地域住民との関わり
5-2 施設構造の設計に関する留意事項	補足資料
5-3 維持管理	<ul style="list-style-type: none"> ・表面流れ方式の施設諸元と浄化効果 ・表面流れ方式の維持管理の事例 ・水耕法の維持管理の事例 ・浸透流れ方式の維持管理(水位調節) ・リン吸着材の評価

 表面流れ方式に関する記載の箇所
 浸透流れ方式に関する記載の箇所
 直接植栽方式に関する記載の箇所

V. 植生浄化施設の個別事例

植生浄化施設計画の技術資料 [2007年版]

目 次

はじめに

植生浄化施設計画の技術資料の改訂について

I. 植生浄化施設計画の技術資料 [2007年版] の概要	I-1
1. 植生浄化法とは	I-1
2. 植生浄化施設の種類	I-1
3. 使用される植物とその役割	I-1
4. 浄化効果	I-2
5. 浄化方式の選定	I-2
6. 設計の要点	I-2
7. 維持管理の要点	I-2
8. コスト	I-2
II. 植生浄化施設の現状	II-1
1. 植生浄化法の特徴	II-1
1-1 植生浄化法の概要	II-1
1-2 植生の水質浄化効果	II-2
1-3 植生浄化法の留意点	II-3
2. 植生浄化施設の現状	II-4
2-1 植生浄化法の事例	II-4
2-2 植生浄化に用いられている植物	II-11
3. 植生浄化法の欧米との比較	II-13
4. 植生浄化施設の流入水質	II-15
5. 植生浄化施設の水質浄化効果	II-19
5-1 主な水質項目の除去率	II-19
(1) 通年の除去率	II-19
(2) 流入水質と除去率の関係	II-20
(3) 長期稼働による除去率の変化	II-21
5-2 浄化効果の季節変動	II-25
III. 植生浄化の浄化機構	III-1
1. 浄化機構の内容	III-1
(1) 沈殿効果	III-2
(2) 土壌の効果 (吸着、硝化・脱窒等)	III-4
(3) 植物の効果 (吸収、接触沈殿・ろ過、硝化・脱窒の促進等)	III-6
(4) 負の効果 (土壌、植物からの回帰)	III-10

2.	浄化機構の特徴	III-12
2-1	湿地法の表面流れ方式の浄化機構の特徴	III-12
2-2	湿地法の浸透流れ方式の浄化機構の特徴	III-14
2-3	水耕法の直接植栽方式の浄化機構の特徴	III-15
3.	植生のその他の機能	III-16
IV.	植生浄化施設の計画と管理	IV-1
1.	用語の定義	IV-1
2.	植生浄化法の選定	IV-2
2-1	浄化方式の選定	IV-2
	(1) 浄化方式の選定に際して考慮すべき事項	IV-2
	(2) 浄化方式の選定フロー	IV-5
	(3) 浄化方式の選定検討例	IV-6
2-2	植物の選定	IV-8
	(1) 浄化方式による植物の選定と外来種の取り扱いについて	IV-8
	(2) 植物の生長特性を考慮した植物の選定	IV-9
	(3) 維持管理等の観点からの留意点	IV-13
2-3	植物の植栽方法	IV-15
	(1) 自生地の利用	IV-15
	(2) ヨシの植栽方法	IV-16
3.	湿地法の表面流れ方式の設計の考え方と維持管理	IV-19
3-1	湿地法の表面流れ方式の設計の考え方	IV-20
	(1) 滞留時間・水面積負荷と除去率の関係	IV-20
	(2) 負荷速度と浄化速度の関係	IV-22
	(3) 負荷速度と浄化速度の関係をを用いた設計例	IV-24
3-2	施設構造の設計に関する留意事項	IV-27
3-3	湿地法の表面流れ方式の維持管理	IV-30
3-3-1	維持管理の必要性	IV-30
	(1) 底泥の堆積	IV-30
	(2) 底泥の堆積による浄化効果の低下	IV-31
	(3) 底泥の堆積による陸地化、植生遷移等	IV-32
3-3-2	植生の維持管理	IV-33
	(1) 刈り取り	IV-33
	(2) ヨシ焼き	IV-35
	(3) 除去(収穫等)植物の利用と処理	IV-36
3-3-3	底泥の維持管理	IV-37
	(1) 干し上げ	IV-37
	(2) 堆積物の除去	IV-38
3-3-4	施設の運転管理	IV-41

4. 湿地法の浸透流れ方式の設計の考え方と維持管理	IV-42
4-1 湿地法の浸透流れ方式の設計の考え方	IV-44
4-1-1 植物の選定	IV-44
(1) 植物の生長特性からの適用性	IV-44
(2) ヨシの土壤透水性の維持・回復能力	IV-45
4-1-2 植生基材の選定	IV-46
(1) 植生基材の選定の考え方	IV-46
(2) 礫と黒ぼく土の浄化効果の比較	IV-47
(3) 混合基材による透水性の向上	IV-48
(4) 浄化方式の組み合わせによる最適化	IV-48
4-1-3 通水・配水・集水・排水方法	IV-49
4-1-4 水面積負荷の設定	IV-51
4-2 施設構造の設計に関する留意事項	IV-53
4-3 湿地法の浸透流れ方式の維持管理	IV-54
4-3-1 維持管理の必要性	IV-54
(1) 黒ぼく土槽の長期稼動によるリンの浄化効果の低下	IV-54
(2) 黒ぼく土槽の長期稼動による窒素の浄化効果の低下	IV-57
(3) 礫槽の長期稼動による窒素とリンの浄化効果の低下	IV-57
4-3-2 植生の維持管理	IV-58
(1) 刈り取り	IV-58
(2) 陸生植物の除去	IV-58
4-3-3 底泥・植生基材の維持管理	IV-59
(1) 干し上げ	IV-59
(2) 植生基材の入れ替え	IV-62
4-3-4 施設の運転管理	IV-63
5. 水耕法の直接植栽方式の設計の考え方と維持管理	IV-64
5-1 水耕法の直接植栽方式の設計の考え方	IV-65
(1) 滞留時間・水面積負荷と除去率の関係	IV-65
(2) 負荷速度と除去速度の関係	IV-65
5-2 施設構造の設計に関する留意事項	IV-67
5-3 水耕法の直接植栽方式の維持管理	IV-68
5-3-1 維持管理の必要性	IV-68
5-3-2 植生の維持管理	IV-68
(1) 維持管理の必要性和効果（間引き、枯死体の除去）	IV-68
(2) 除去（収穫等）した植物の利用と処理	IV-69
5-3-3 底泥の維持管理	IV-69
5-3-4 施設の運転管理	IV-69

6.	ハイブリッド方式の設計の考え方	IV-70
	(1) 代表的な植生浄化手法の浄化効果に関する特徴	IV-70
	(2) ハイブリッド方式の概念	IV-71
7.	施設の効果の把握	IV-74
8.	コストについて	IV-78
8-1	建設コスト	IV-78
	(1) 総工費	IV-78
	(2) 項目別費用	IV-79
8-2	維持管理コスト	IV-81
	(1) 維持管理コストの分類	IV-81
	(2) 維持管理の作業状況	IV-81
	(3) 施設規模と維持管理コスト	IV-82
	(4) 維持管理費用の内容	IV-83
8-3	下水処理のコストとの比較	IV-85
9.	計画を進めるに当たってのその他の留意点	IV-87
9-1	循環型社会への取り組み	IV-87
	(1) バイオマスの有効利用	IV-87
	(2) リンの回収	IV-90
9-2	水質浄化と共に求められる機能	IV-91
9-3	生物の生息・生育の場としての評価	IV-92
9-4	周辺環境への影響	IV-94
9-5	地域住民とのかかわり	IV-95
補足資料		
補足資料 1	表面流れ方式の施設諸元と浄化効果の一覧表	IV-96
補足資料 2	浸透流れ方式の運転・維持管理 (水位調整による透水性の確保)	IV-100
補足資料 3	リン吸着材の評価について	IV-103

V. 植生浄化施設の個別事例	V-1
事例 No. 1 アシ原浄化池(チャランケ川 No. 1, 2)	V-3
事例 No. 2 アシ原浄化池(柏木川)	V-8
事例 No. 3 南角田地区水質浄化施設	V-12
事例 No. 4 砂川遊水地バイパス水路	V-16
事例 No. 5 古川水質浄化施設	V-20
事例 No. 6 相野谷川生活排水浄化施設	V-24
事例 No. 7 清明川植生浄化施設	V-31
事例 No. 8 土浦バイオパーク	V-38
事例 No. 9 ヨシ原浄化施設	V-42
事例 No. 10 手賀沼ビオトープ	V-49
事例 No. 11 河北潟生態系活用水質浄化施設	V-56
事例 No. 12 生態系活用木場潟水質浄化施設	V-63
事例 No. 13 井上川浄化施設(きらり)	V-70
事例 No. 14 水耕浄化施設	V-74
事例 No. 15 浜尾遊水地植生浄化施設	V-78
事例 No. 16 袋川浄化施設	V-84
事例 No. 17 ヨシ原による浄化施設	V-90
事例 No. 18 山王川植生浄化実験施設(表面流れ方式)	V-97
事例 No. 19 山王川植生浄化実験施設(浸透流れ方式)	V-105
事例 No. 20 佐鳴湖植生浄化実験水路	V-112

I . 植生浄化施設計画の技術資料[2007年版]の概要

I. 植生浄化施設計画の技術資料（2007年版）の概要

1. 植生浄化法とは

植生浄化法は、植物を配した浄化施設に河川水等を導き、植物による吸収の他に、浄化施設内での沈殿・ろ過、土壌への吸着、土壌微生物等による分解の機能により流入水中の汚濁物質を除去する技術である。除去の対象となる汚濁物質は、BOD、SS、窒素、リン等である。本技術は、日常的な運転・維持管理を必要としないという特徴を有する他に、施設自体が生物の生息生育の場となることから環境教育の場としての活用が期待できる。

2. 植生浄化施設の種類

植生浄化法を用いた施設は、その特徴から湿地法と浮標植物法、水耕法に分けられる。わが国ではこれまでに実験施設を含めて66の植生浄化施設があり（平成11年9月実施のアンケート調査による）、これらの中で採用事例が多いのは、湿地法－表面流れ方式、湿地法－表面流れビオトープ方式、湿地法－浸透流れ方式、水耕法－直接植栽方式である。

3. 使用される植物とその役割

水生植物（抽水、浮標、浮葉、沈水植物）の他、有用野菜や花卉等が用いられている。湿地法ではヨシ、水耕法ではクレソン（要注意外来生物）が多く用いられている。

植生浄化法における植物の効果は次のようにまとめられる。

- ① 栄養塩（窒素、リン）の吸収
- ② 沈殿・ろ過の促進
- ③ 付着微生物による分解
- ④ 整流
- ⑤ 土壌への酸素供給（硝化・脱窒の促進）
- ⑥ 土壌の浸透性回復

4. 浄化効果

植生浄化法で対象としている水の水質は、通常の下水や生活雑排水と比べて、BODで1～2桁、窒素・リンで1桁前後低い。浄化効果は浄化方式、季節、水質濃度、維持管理状況等により異なっている。採用が想定される浄化方式の水面積負荷と除去率は表のとおりであり、浄化効果を持続させるために各浄化方式に適した維持管理が必要である。

表 浄化方式別の水面積負荷と除去率

浄化方式	水面積負荷(目安) ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$)	除去率の目安(%)				
		SS	BOD	T-N	T-KN	T-P
1.湿地法－表面流れ方式	0.3-0.6	70	30	15	30	30
2.水耕法－直接植栽方式	0.6-1.2	70	60	20	20	25
3.湿地法－浸透流れ方式【黒ぼく土】	0.2-0.6	80	85	85	75	90
4.湿地法－浸透流れ方式【礫】	0.6-1.2	90	80	25	60	0
5.湿地法－浸透流れ方式【礫】+リン吸着槽	0.6-1.2	90	80	25	60	75
6.湿地法－表面流れビオトープ方式(沈殿池)	0.5-2.0	30	10	30	10	25

: 除去率 50%以上

5. 浄化方式の選定

浄化方式の選定において重要な因子は下記のとおりである。建設コストは水面積 1m^2 あたり概ね 1 万円、運転・維持管理コストは水面積 1m^2 あたり年間 500～1,000 円である。

- ① 浄化の対象項目とそのレベル
- ② 確保できる用地とその利用上の制約
- ③ 運転・維持管理の手間
- ④ 建設コスト

6. 設計の要点

- ① 湿地法及び水耕法では水面積負荷が設計における基本的な諸元となる。
- ② 植生浄化に利用する植物は原則として在来種とし、浄化方式、植物の生長特性、浄化以外の目的、地域性等を考慮して選定する。
- ③ リン除去に使用するリン吸着剤は、目標とする除去率とライフサイクルコストにより選定する。
- ④ 対象水の無機性 SS 濃度が高い場合には、浄化施設内での SS の堆積による目詰まり等を防止するために前段に沈殿池の設置を検討する。
- ⑤ 全ての浄化方式に共通する事項として、短絡流の防止に配慮するとともに、取水と導水のための施設を極力簡素化し、建設コスト及び運転管理コストの抑制を図る。

7. 維持管理の要点

- ① 浄化効果を持続させるために、植物体の管理と施設内の堆積物の管理を行う必要がある。
- ② 植物体の管理は、植物の特性に合わせて行う。
- ③ ヨシについては、植物体の腐敗を考慮した刈り取りは必要ないが、枯死体による施設容量減少を防止する意味から、1～3 年に 1 回程度の刈り取りが必要である。ヨシ群落の維持のためにはヨシ焼きが効果的である。
- ④ 施設内の堆積物により土壌が還元状態になった場合には、堆積物及び土壌を乾燥する「干し上げ」が有効である。干し上げには最低 1 週間程度必要であり、土壌表面が乾燥してひび割れを生じる程度までを目安とする。
- ⑤ 堆積物により施設容量が不足する場合は、堆積物の除去を行う。
- ⑥ リンの除去の目的でリン吸着槽を設置して黒ぼく土等のリン吸着材を用いる場合は、一定量吸着すると効果が低下するので、効果を維持させるためには交換が必要となる。

8. コスト

湿地法—浸透流れ方式（水面積負荷 $0.2\sim 0.6\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ ）では、植生浄化施設の浄化水量 $1\text{m}^3/\text{日}$ あたりの用地面積は $1.7\sim 5.0\text{m}^2$ 、建設コストは概ね 1.7～5.0 万円である。また、年間の運転・維持管理コストは浄化水量 1m^3 あたり概ね 2.3 円～13.7 円である。

同程度の能力の下水処理場と浄化水量を基に比較すると、植生浄化施設の用地面積は同程度、建設コストと運転・維持管理コストは $1/15\sim 1/20$ である。但し、リン除去量あたりの建設コスト及び運転・維持管理コストについてみると、植生浄化施設の高除去率 (90%) の場合には下水処理場の半分程度であるが、低除去率 (40%) の場合にはほぼ同程度となる。

Ⅱ . 植生浄化施設の現状

II. 植生浄化施設の現状

1. 植生浄化法の特徴

1-1 植生浄化法の概要

植生浄化法は、植物を配した浄化施設に河川水等を導き、浄化施設内での沈殿、土壌への吸着、植物による吸収・分解の機能により流入水中の汚濁物質を除去するものであり、BOD とともに窒素、リンの栄養塩の除去が期待できることが特徴である。本浄化法は、省エネルギー的に施工や維持管理ができる他、浄化施設自体が生物の生息・生育の場となり、環境に対する教育、啓発に資することもできる。また、バイオマス等の有効利用により、資源循環型水環境改善システムの構築が可能である。

〔解説〕

平成 11 年度に河川環境管理財団が行った植生浄化施設に関する国内アンケート結果では、富栄養化した湖沼や湖沼に流入する河川を対象に、栄養塩（窒素とリン）除去のために行われている施設が多い。茨城県（霞ヶ浦）や滋賀県（琵琶湖）の他、北海道、栃木県、石川県等で多くの施設が稼働している。この中には既存のヨシ原を利用した事例や地形の高低差を利用した自然流下方式による取水を行っている事例等、低コストに施工や維持管理している事例がある。

現在、わが国において河川や湖沼の浄化対策として実施されている主な浄化法には、表 1-1 に示すものがある。植生浄化法は必ずしも他の方法と比べ効率的な方法とはいえないが、他の浄化法が持ち合わせていない生物の生息・生育の場としての効果があるとともに、省エネルギーでかつ環境に対する啓発に適している方法であり、国内でも多様な目的で設置されている。

表 1-1 河川・湖沼の浄化法

浄化原理	浄化機構	浄化法	主な浄化対象	浄化対象物質
物理的浄化	(自然)沈殿	堰浄化	河川	懸濁物質
		副ダム	流入河川	懸濁物質
	ろ過	砂ろ過	河川、湖沼	懸濁物質
	希釈	導水	河川、湖沼	全物質
	底泥除去	浚渫	河川、湖沼	栄養塩、有機物
	曝気・循環	全層曝気	湖沼	植物プランクトン制御、酸素供給
		深層曝気	湖沼	酸素供給
噴水		湖沼	植物プランクトン制御、酸素供給	
物理 + 生物的浄化	(接触)沈殿 + 微生物	(曝気付き)礫間接触酸化	河川、排水路	懸濁物質、有機物
		(曝気付き)プラスチック等接触酸化	河川、排水路	懸濁物質、有機物
		酸化池	流入河川	懸濁物質、有機物
	ろ過+微生物	木炭浄化	河川、排水路	懸濁物質、有機物
生物的浄化	微生物	薄層流	河川	懸濁物質、有機物
	植物体利用	植生浄化	流入河川、湖沼	懸濁物質、有機物、栄養塩
物理+化学+ 生物的浄化	ろ過+吸着 +微生物	土壌浄化	流入河川	懸濁物質、有機物、栄養塩
		四万十川方式	河川	懸濁物質、有機物、栄養塩

1-2 植生の水質浄化効果

植生浄化法における植生の水質浄化効果は、植物体への栄養塩の吸収だけではなく、物理的に存在することによる効果、すなわち、沈殿・ろ過効果の促進、付着微生物の効果、整流効果がある。例えば、ヨシを用いた場合には、ヨシが枯れた冬期でも浄化効果が認められ、流入負荷の懸濁成分が立ち枯れたヨシに接触することによる沈殿効果が大きいと考えられる。その他、硝化・脱窒の促進効果、土壌浸透性の回復効果がある。

〔解説〕

植生浄化法における植生の水質浄化効果の概要は次のとおりである。

表 1-2 植生浄化法における植生の水質浄化効果

効果の分類	効果の概要	備考
栄養塩の吸収効果	植物体内へ窒素・リンが吸収される効果。	*1
沈殿・ろ過効果の促進	流入負荷の懸濁成分が植物体に接触し沈殿・ろ過が促進される効果。	〃
付着微生物の効果	植物の根茎等に微生物が付着して有機物を分解する効果。	〃
整流効果	植物の存在により、流入水の滞留時間が長くなる効果。	*2
硝化・脱窒の促進効果	ヨシ等の抽水植物は通気組織による地下茎への酸素移送能力を持つため、土壌中の硝化・脱窒が促進される。	*3
土壌浸透性の回復効果	浸透流れ方式では微細な SS や生物膜等により土壌表面で目詰まりを起こしやすく、ヨシを用いた場合には、通気組織を持つ根茎の枯死や土壌からの新芽の発芽により、土壌の透水性が回復する。	〃

*1 詳細は「Ⅲ. 植生浄化の浄化機構」の「1. 浄化機構の内容」を参照

*2 詳細は「Ⅲ. 植生浄化の浄化機構」の「3. 植生のその他の機能」を参照

*3 詳細は「Ⅳ. 植生浄化施設の計画と管理」の「4. 湿地法の浸透流れ方式の設計の考え方と維持管理」を参照

*4 基材に黒ぼく土など土壌を用いれば、土壌へのリン吸着による浄化効果も期待できる

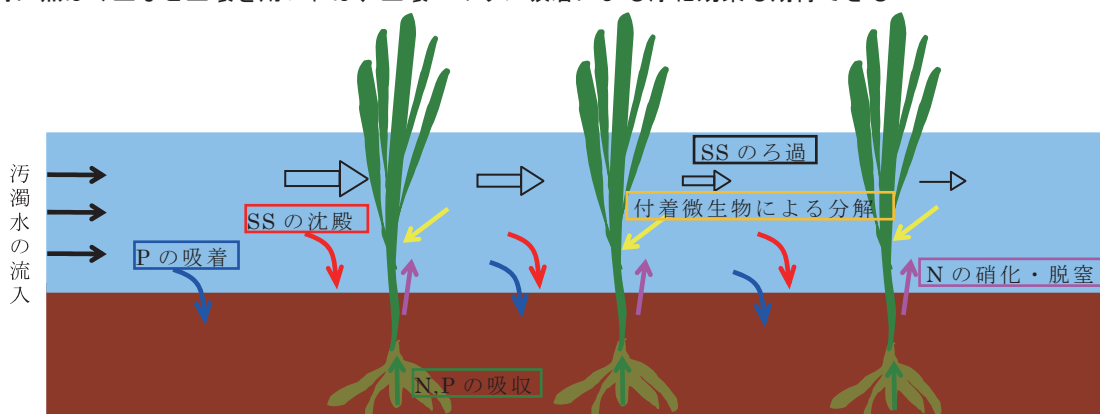


図 1-1 浄化機構の概念図

1 - 3 植生浄化法の留意点

植生浄化法は、季節の環境条件によりその浄化効果が大きく影響を受けるため、年間を通じて一定の浄化効果を期待することは難しい。

また、長期稼動においては汚泥等の堆積に伴い、栄養塩の溶出や植生基材の目詰まり（浸透流れ方式）等の影響により浄化効果が低下する場合が多い。従って、植生浄化効果を維持するためには、植物体の刈り取りや干し上げも必要となり、長期的には土壌の入れ替えも考慮する必要がある。

〔解説〕

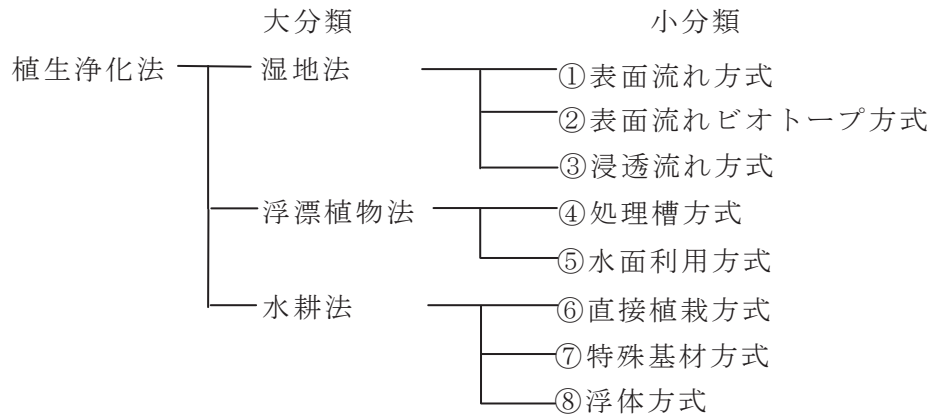
植生浄化法は、基本的に植物と土壌で構成される系内で、汚濁物質の吸収・吸着・分解がなされるものである。よって、季節の環境条件（気温・水温・日射量等）によりその浄化効果が大きく影響を受け、年間を通じて一定の浄化効果を期待することは難しい。

また、長期稼動においては汚泥や植生の枯死体等が堆積することにより、栄養塩の溶出や滞留時間の短縮による影響、浸透流れ方式では植生基材の目詰まりによる影響により、浄化効果が低下する場合が多い。従って、植生浄化の機能を長期間、安定的に維持するためには、植物体の刈り取りによる栄養塩の蓄積防止や減容、干し上げによる汚泥の好気化も必要となり、長期的には土壌の入れ替えも考慮する必要がある。

2. 植生浄化施設の現状

2-1 植生浄化法の事例

施設の特徴から植生浄化施設の事例を分類すると以下のようになる。



〔解説〕

(1) 植生浄化の分類方法

米国では湿地法と浮漂植物法に大分類され、湿地法は自然湿地法と人工湿地法に小分類される。更に人工湿地法は表面流(FWS)湿地と伏流(SF)湿地に分類される¹⁾。日本では、さまざまな方法で植生を用いた浄化がなされており細分化できる。

本分類は、米国の大分類に水耕法を追加し、さらに施設の特徴から小分類に分類したものである。米国での表面流湿地に対して、本分類では自然湿地と人工湿地という分類ではなく、表面流れ方式と表面流れビオトープ方式の分類とした。また、伏流湿地は浸透流れ方式と表現した。なお、海外では浸透流れ方式というと自由水面（土壌等の基材より上にある水面）を有しない場合を指すことが多いが、本技術資料では自由水面を有する場合も浸透流れ方式という。

(2) 植生浄化施設の実例

植生浄化施設の主な事例を表2-1に示す。日本では、湿地法の表面流れ方式や表面流れビオトープ方式が多く導入されている。

なお、植生浄化施設の実例では、外来種の植物を利用している事例が少なくない。国土交通省の基本的な考え方は次のとおりであり、本技術資料では基本的にその考え方に従う。詳細については「IV. 植生浄化施設の計画と管理」の「2-2 植物の選定」に示す。

水質浄化のために外来植物を導入することは、周辺水域への逸出の恐れがあるため安易に行うべきではない。植生を用いた水質浄化を行う場合は、例えば在来の植生を再生する等、生態系の保全に考慮した手法を用いるべきである。止むを得ず外来植物を利用する場合には、慎重に種の選定を実施するとともに、種子等の繁殖体が逸出しないよう厳重に管理する必要がある。

(河川における外来種対策の考え方とその事例、平成15年8月、編集：外来種影響・対策研究会、発行：財団法人リバーフロント整備センター)

表 2-1-1 植生浄化施設の主な事例

事例 No.	都道府県	施設名	分類		事業主体	施設設置箇所		植生の種類 (赤字は外来種)	取水方式	施設規模	
			大分類	小分類		河川名	住所			面積 (㎡)	計画水量 (L/s)
実 施 設	1	アシ原浄化池(チャランケ川)	湿地法	表面流れれび [®] トープ [®] 方式	釧路市	チャランケ川	釧路市	クサヨシ等	自然流下	418	2
	2	アシ原浄化池(柏木川)	湿地法	表面流れれび [®] トープ [®] 方式	釧路市	柏木川	釧路市	ヨシ等	自然流下	569	3
	3	南角田地区水質浄化施設	湿地法	表面流れれび [®] トープ [®] 方式	北海道	農業用排水路	栗山町	稲、ヨシ、ガマ	自然流下	4,700	29
	4	砂川遊水地バイパス水路	湿地法	表面流れれび [®] トープ [®] 方式	北海道開発局	砂川遊水地	砂川市	ヨシ、カキツバタ、キシヨウブ	自然流下	3,750	1,000
	5	古川水質浄化施設	湿地法	表面流れれび [®] トープ [®] 方式	東北地整	古川	秋田市	マコモ、ガマ、ヨシ	自然流下	19,000	200
	6	相野谷川生活排水浄化施設	水耕法	直接植栽方式	取手市	相野谷川	取手市	クレソン、ガマ、ホテイアオイ等	ポンプ	3,521	12
	7	清明川植生浄化施設	湿地法	表面流れれび [®] トープ [®] 方式	関東地整	清明川	美浦村	ヨシ等	ポンプ	38,000	210
	8	土浦ビオパーク	水耕法	直接植栽方式	関東地整	霞ヶ浦	土浦市	クレソン、ミント、セリ等	ポンプ	3,400	87
	9	ヨシ原浄化施設	湿地法	表面流れれび [®] トープ [®] 方式	関東地整	渡良瀬遊水地	藤岡町	ヨシ	ポンプ	400,000	5,000
	10	手賀沼ビオトープ	湿地法	表面流れれび [®] トープ [®] 方式	千葉県	手賀沼	我孫子市	ヨシ等	ポンプ	19,100	63
実 験 施 設	11	河北潟生態系活用水質浄化施設	湿地法	表面流れれび [®] トープ [®] 方式	金沢市	河北潟	金沢市	ヨシ、シヨウブ、キシヨウブ等	自然流下	1,600	1.2
	12	生態系活用木場潟水質浄化施設	湿地法	浸透流れれび [®] トープ [®] 方式	小松市	木場潟	小松市	ヨシ	ポンプ	401	0.6
	13	井上川浄化施設(きらり)	湿地法	表面流れれび [®] トープ [®] 方式	四国地整	井上川	中村市	ヨシ、マコモ	自然流下	2,700	15
	14	水耕浄化施設	水耕法	特殊基材方式	九州地整	帝釈寺川	甘木市	クレソン	自然流下	308	17
	15	浜尾遊水地植生浄化施設	湿地法	表面流れれび [®] トープ [®] 方式	東北地整	浜尾遊水地	須賀川市	ヨシ	自然流下	230,000	100
	17	ヨシ原による浄化施設	湿地法	表面流れれび [®] トープ [®] 方式	北海道開発局	網走川	女満別町	ヨシ、ガマ	ポンプ	27,078	150
	18	山王川植生浄化実験施設	湿地法	表面流れれび [®] トープ [®] 方式	関東地整	山王川	小美玉市	ヨシ、オオフサモ、マコモ等	ポンプ	810	5.4
	19	山王川植生浄化実験施設	湿地法	浸透流れれび [®] トープ [®] 方式	関東地整	山王川	小美玉市	ヨシ、飼料用稲	ポンプ	840	5.1
	20	佐鳴湖植生浄化実験水路	湿地法	表面流れれび [®] トープ [®] 方式	静岡県	佐鳴湖	浜松市	ヨシ、マコモ、ヒメガマ	ポンプ	2,000	4

*1 事例 No. は『V. 植生浄化施設の個別事例』と対応している

植生浄化法の小分類に従い、施設の主目的、施設の特徴、利用されている植物、施設事例を示す。利用されている植物のうち、外来種は赤字で示すとともに、要注意外来生物は太字、特定外来生物は太字四角囲みで示す。また、事例 No. は「V. 植生浄化施設の個別事例」の事例 No. と対応している。

なお、施設事例は、平成 11 年度に河川環境管理財団が実施した植生浄化に関する全国規模のアンケート対象施設と植生浄化に関する文献（166 件）に掲載されていた施設から抽出した実施設（39 施設）を対象としている。

①湿地法：表面流れ方式

<施設の主目的>

水質浄化

<施設の特徴>

自然又は人工的に造成された湿地を利用し、植物は根を張り水面より上部に現れている。植物は植栽によるか自生で、主な水の流れは地表面より上部で、浄化効果を高めるために植生槽の水深は一様で均一流となる。

<利用されている植物>

抽水植物(ヨシ、マコモ、ガマ、ショウブ、ハナショウブ、飼料イネ等)

<施設事例>

清明川植生浄化施設(茨城県) [事例 No. 7]

渡良瀬遊水地ヨシ原浄化施設(栃木県) [事例 No. 9]

河北潟生態系活用水質浄化施設(石川県) [事例 No. 11]

山王川植生浄化施設(茨城県) [事例 No. 18]

八郷町のヨシ原浄化施設(茨城県)²⁾ 等 14 施設

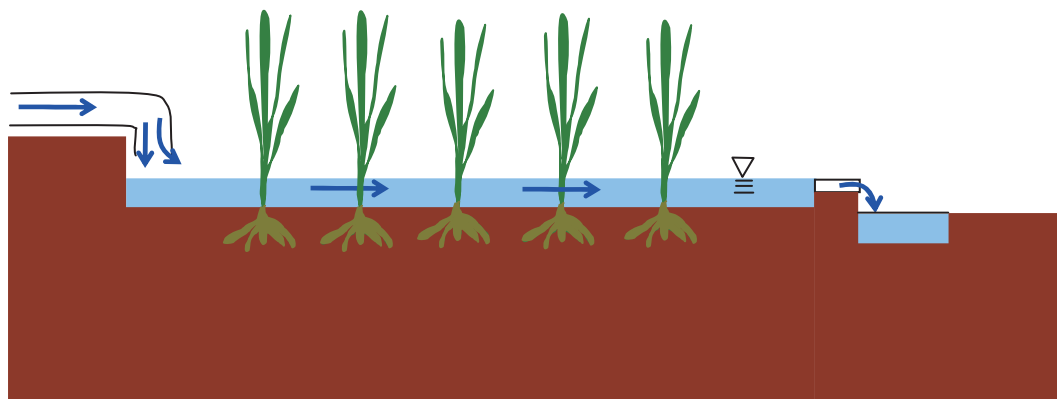


図 2 - 1 湿地法の表面流れ方式のイメージ

②湿地法：表面流れビオトープ方式

<施設の主目的>

水質浄化、ビオトープ、景観

<施設の特徴>

表面流れ方式に対し、水質改善効果とともに生物の多様性を求めたもの。水深や形状は多様でビオトープの機能も有する。

<利用されている植物>

抽水植物(ヨシ、稲、マコモ、ガマ、ショウブ、ハナショウブ等)

<施設事例>

南角田地区水質浄化施設(北海道) [事例 No. 3]

砂川遊水地バイパス水路(北海道) [事例 No. 4]

古川水質浄化施設(秋田県) [事例 No. 5]

手賀沼ビオトープ(千葉県) [事例 No. 10]

等 10 施設

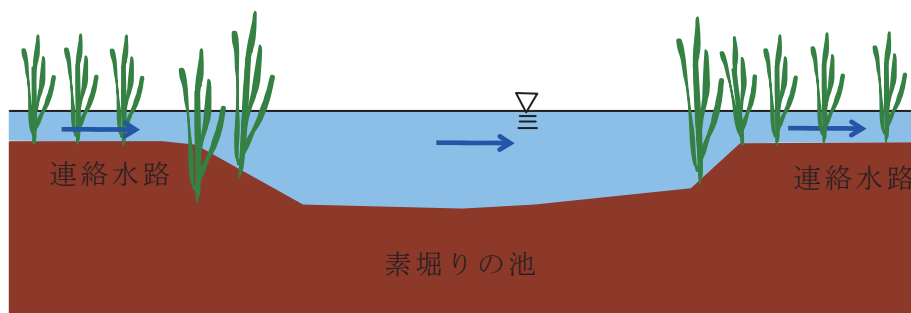


図 2 - 2 湿地法の表面流れビオトープ方式のイメージ

③湿地法：浸透流れ方式

<施設の主目的>

水質浄化

<施設の特徴>

人工的に造成された湿地を利用し、主な水の流れは浸透流れであるもの。植生基材は土壌や砂利で水平流れと鉛直流れがある。

<利用されている植物>

抽水植物(ヨシ等)

<施設事例>

生態系活用木場瀉水質浄化施設(石川県) [事例 No. 12]

山王川植生浄化実験(茨城県) [事例 No. 19] 2 施設

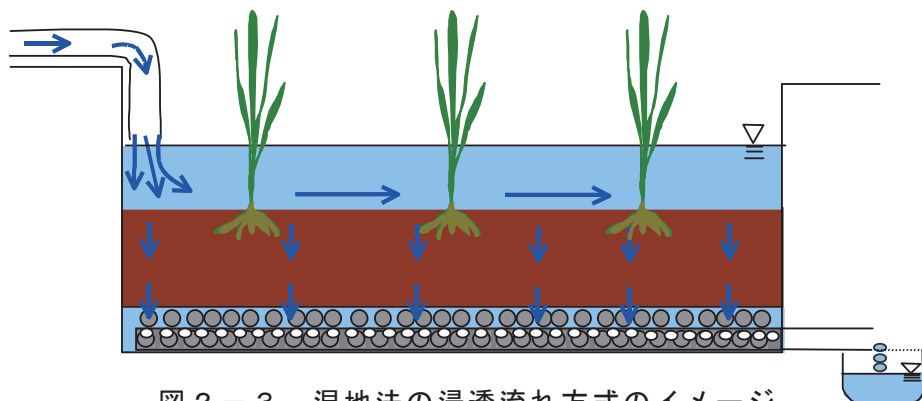


図 2 - 3 湿地法の浸透流れ方式のイメージ

④浮漂植物法：処理槽方式

<施設の主目的>

水質浄化

<施設の特徴>

処理槽を設け、浮漂植物を投入したもの。

<利用されている植物>

浮漂植物(ホテイアオイ・ウキクサ)

*以下、外来種は赤字で示す。太字は要注意外来生物、太字四角囲みは特定外来生物を表す。

<施設事例>

食鶏処理場汚水の処理施設(愛知県)³⁾ 1施設

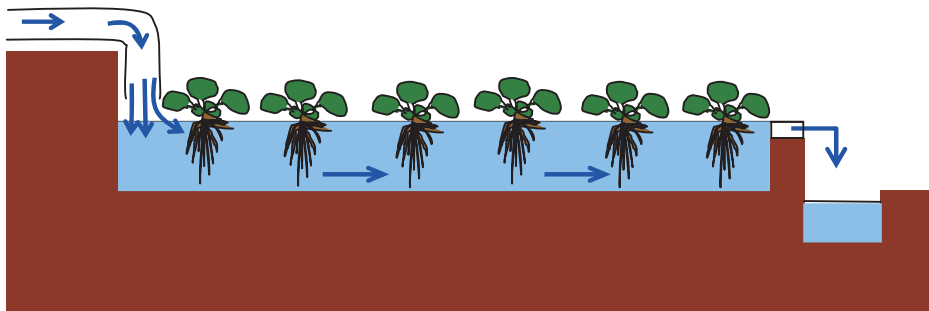


図 2 - 4 浮漂植物法の処理槽方式のイメージ

⑤浮漂植物法：水面利用方式

<施設の主目的>

水質浄化、景観

<施設の特徴>

湖沼や河川の水面を仕切り、浮漂植物を投入したもの。植生下の水の流れは自由である。

<利用されている植物>

浮漂植物(ホテイアオイ・ウキクサ)

<施設事例>

手賀沼の浄化施設(千葉県) [平成 11 年アンケート調査より]

新川及び備前川の浄化施設(茨城県) [平成 11 年アンケート調査より] 等 3 施設

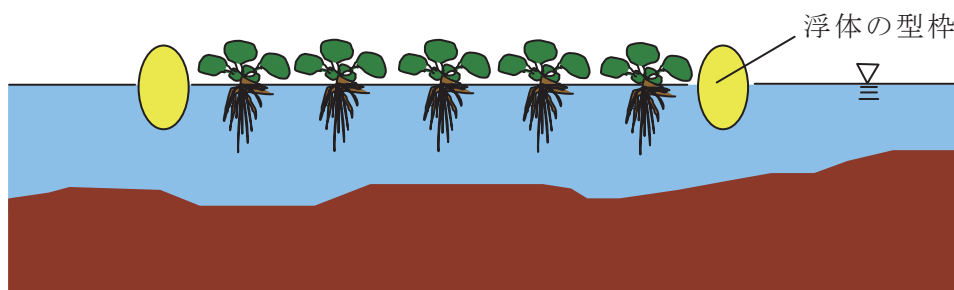


図 2 - 5 浮漂植物法の水面利用方式のイメージ

⑥水耕法：直接植栽方式

<施設の主目的>

水質浄化

<施設の特徴>

処理槽を設け、広義の抽水植物*や花卉等を植栽したもの。基材は土壌、あるいは土壌と仕切られたシート張り等であり、水中に根茎が密に繁茂している。水耕生物ろ過法もこれに含まれる。

* 広義の抽水植物の定義は桜井(1988)による。抽水植物に比べ草丈が低く、土壌の他に水中にも大量の根を伸ばし生育する植物とされている。

<利用されている植物>

広義の抽水植物⁴⁾(クレソン・オオフサモ・セリ)、花卉等

<施設事例>

相野谷川生活排水浄化施設(茨城県) [事例 No.6]

土浦バイオパーク(茨城県) [事例 No.8] 等5施設

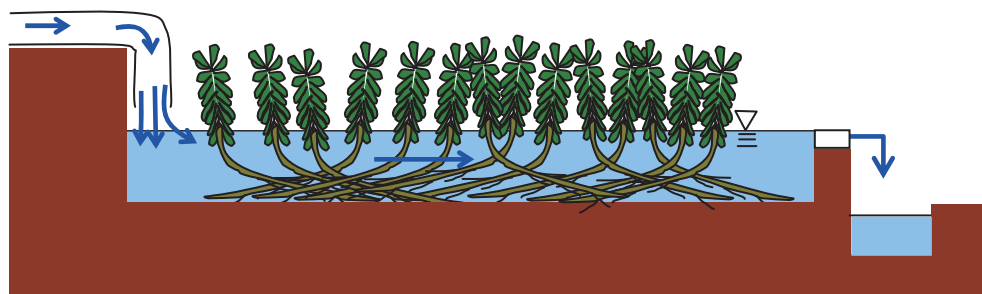


図 2 - 6 水耕法の直接植栽方式のイメージ

⑦水耕法：特殊基材方式

<施設の主目的>

水質浄化

<施設の特徴>

処理槽を設けゼオライト等の特殊基材を用い、これに根付くシュロガヤツリや花卉等を植栽したもの。水は基材中も流れるように工夫されている。バイオフィルター法もこれに含まれる。

<利用されている植物>

広義の抽水植物⁴⁾(クレソン・オオフサモ)、シュロガヤツリ、ケナフ、花卉等

<施設事例>

水耕浄化施設(福岡県) [事例 No.14]

青柳川植生浄化施設(高知県)⁵⁾ 等3施設

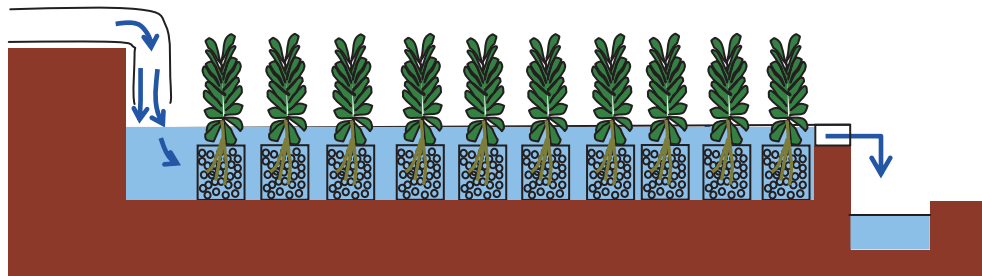


図 2 - 7 水耕法の特殊基材方式のイメージ

⑧水耕法：浮体方式

<施設の主目的>

水質浄化、景観

<施設の特徴>

処理槽を設け、浮体に花卉等を植栽したもの。根は水中に懸垂し底部には接しない。

<利用されている植物>

花卉等

<施設事例>

植物浄化施設(神奈川県)〔平成11年度アンケート調査より〕 1施設

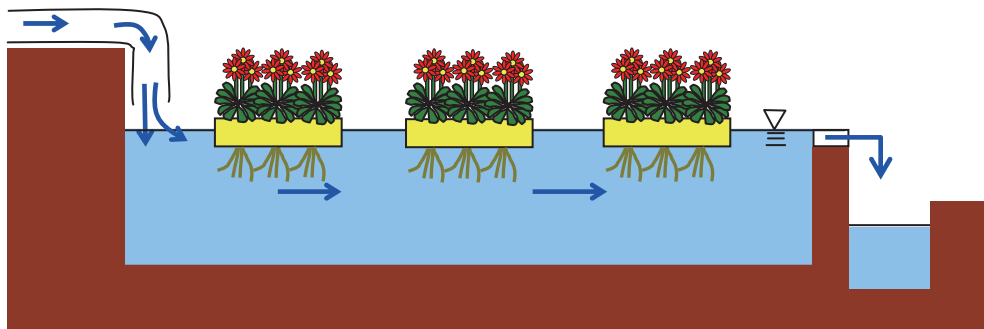


図2-8 水耕法の浮体方式のイメージ

参考文献

- 1) Sherwood C. Reed・Ronald W. Crites・E. Joe Middlebrooks(1995), 石崎勝義・楠田哲也監訳, (財)ダム水源地環境整備センター企画: 自然システムを利用した水質浄化, 技報堂出版
- 2) 細見正明(1992): ヨシ湿地による水質浄化, 水, Vol. 34, No.12, pp. 61~68
- 3) 松崎雅英・岡本正孝・彦坂治(1990): ホテイアオイによる食鶏効果, 畜産の研究, Vol. 44, No.4, pp. 458~460
- 4) 桜井善雄(1988): 水辺の緑化による水質浄化, 公害と対策, Vol. 4, No. 9
- 5) 河川環境管理財団(2000): 植生浄化施設の現状と事例, 河川環境総合研究所資料第3号

2-2 植生浄化に用いられている植物

植生浄化には、水生植物(抽水・浮漂・浮葉・沈水植物)の他、有用野菜や花卉など多種類の植物が用いられている。このうち最も多く用いられている植物は抽水植物のヨシである。

〔解説〕

植生浄化に用いられている植物を表2-2に示し、以下に植物分類別に事例の概要を示す。なお、ここでは、平成11年度に河川環境管理財団が実施した植生浄化に関する全国規模のアンケート、植生浄化に関する文献(166件)及び山王川植生浄化実験における事例を対象としている。

①抽水植物

- ・ 実施設及び浄化実験ともにヨシが一番多く用いられている。
- ・ 実施設では、マコモ、ガマはヨシ原の構成種の例が多い。
- ・ 実験槽において、ヨシ等を用いた浚渫へドロの改善実験も行われている。
- ・ 湖岸植生帯に関わる調査では、自然のヨシ原の水質浄化効果について調査されている。

②広義の抽水植物¹⁾

- ・ 実施設及び浄化実験ともにクレソン(要注意外来生物)が1番多く用いられている。
- ・ 外来種以外ではセリが用いられている例がある。

③浮漂植物

- ・ 実施設及び浄化実験ともにホテイアオイ(要注意外来生物)が1番多く用いられている。
- ・ 外来種以外では、ウキクサが用いられている例がある。

④浮葉植物

- ・ 浮葉植物は、植生浄化に用いられている例が少ない。

⑤沈水植物

- ・ 沈水植物は、植生浄化に用いられている例が少ない。

⑥その他

- ・ 花卉類が1番多く用いられている。花卉類は水耕栽培による例で、数種の花弁を組み合わせ年間の浄化を試みている例もある。

参考文献

- 1) 桜井善雄(1988): 水辺の緑化による水質浄化, 公害と対策, Vol.4, No.9

表 2-2 植生浄化に用いられている植物

分類	①抽水植物			②広義の抽水植物			③浮漂植物			④浮葉植物			⑤沈水植物					⑥その他					合計															
植物名	ヨシ類 Phalaris	マロモ Zizania	ガマ類 Typha	キシヨウブ Iris	シヨウブ Iris	ハス類 Nelumbo	その他	Rorippa	クレンソウ Myriophyllum	オオアサザ Oenanthe	セリ	Eichhornia	ホテイアオイ	Lemna	ウキクサ類	Trapa	ヒシ類	Nymphaoides	アサザ	Salvinia	オオサンショウモ	Egeria	オオカナダモ	Myriophyllum	ホサキノフサモ	Alchemilla	ヘゴロモモ	その他	Cyperus ※	シユロガヤツリ	Hibiscus ※	ケナフ	野菜・稲・豆等	花卉類				
文献	実施設 浄化 実験	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	7
	浄化に 関わる 調査	15	3	3	3	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	28	
	全国ア ンケ ート	10	2	1	1	3	6	6	6	3	4	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	39
山玉川 浄化実験	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	
	実施設 (合計)	25	4	7	5	4	4	7	3	4	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	78
	浄化実験 (合計)	31	8	2	7	3	1	7	15	3	5	24	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	155
浄化に 関わる 調査 (合計)	15	3	3	3	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	28	
合計	71	15	12	12	7	3	11	22	6	9	34	3	2	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	261	

*1 全国アンケート：平成11年度に河川環境管理財団が実施
 *2 浄化に関わる調査：湖岸植生帯による水質浄化効果や小河川での沈水植物による水質浄化効果に関する調査等
 *3 外来種（太字四角囲みは特定外来生物、太字は要注意外来生物、文字飾りなしはその他の外来生物）
 *4 広義の抽水植物：桜井（1988）による分類。抽水植物に比べ草丈が低く、土壌の他に水中にも大量の根を伸ばし生育する植物。
 *5 学名：日本雑草学会又は群馬大学社会学部情報学部の整理による学名

3. 植生浄化法の欧米との比較

わが国の植生浄化は河川水や湖沼水を対象とする事例が多いが、欧米の植生浄化は下水処理及び下水処理水の仕上げ処理として用いている事例が多い。従って、わが国では対象とする流入水濃度が一般的に低く、水面積負荷を大きくする例が多い。そのため、欧米では数日以上の滞留時間が一般的なのに対し、わが国では1日以下の滞留時間の事例が多い。

〔解説〕

(1) 植生浄化施設諸元の欧米との比較

植生浄化施設諸元の比較を図3-1(水面積)、図3-2(水面積負荷)及び表3-1(主な施設諸元の平均値)に示す。日本のデータは平成11年度のアンケートで情報収集できた湿地法の表面流れ方式16施設¹⁾、及び文献で得られた2施設^{2),3)}、欧米のデータはBrix⁴⁾が整理した湿地法の表面流れ方式の68施設である。

①水面積

欧米ではさまざまな大きさがあり平均30haである。日本では1施設を除き4ha未満で平均1.9ha(最大施設を除くと平均0.9ha)である。

②水面積負荷

欧米では0.1m³/m²/日未満が多く平均0.029m³/m²/日、日本では3施設を除き0.3m³/m²/日以上で平均1.05m³/m²/日である。

表3-1 主な施設諸元の比較(平均)

項目	欧米	日本
水面積 (ha)	30	1.9 (0.9)* ¹
水面積負荷 (m ³ /m ² /日)	0.029	1.05
水理的滞留時間 (日)	10.3* ²	0.72

*1 最大の一施設を除いた値
*2 平均水深を0.3mと仮定

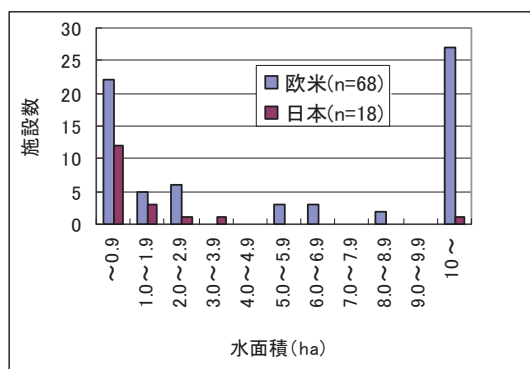


図3-1 植生浄化施設の水面積の比較

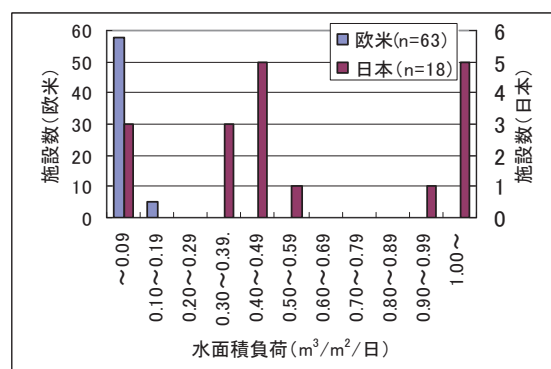


図3-2 植生浄化施設の水面積負荷の比較

③水理的滞留時間(HRT)

欧米では平均10.3日(平均水深を0.3mと仮定した推定値)、日本では4施設を除き0.25日(6時間)以下で平均0.72日(17.3時間)である。一般に日本の施設は小さな施設で大量の水を短時間に処理する傾向にあり、データを整理した施設の多くは山王川でのヨシを用いた浄化実験(昭和57~61年度)⁵⁾による水面積負荷の設定を参考としている。

(2) 流入水質・放流水質の欧米との比較

欧米の植生浄化は下水処理及び下水処理水の仕上げ処理として用いている施設が多く、流入水質の有機物や栄養塩の濃度が高い。水面積負荷が小さく滞留時間が長いため、平均的に50%以上の除去率で放流されており、放流水質はリンを除き日本の流入水質レベルである。

日本の植生浄化は河川水や湖沼水を対象とし栄養塩除去を目的とする施設が多く、流入水質は欧米の数分の1 (BODは9施設中6施設は3mg/L以下) で、放流水質も欧米より低い。

表3-2 水質濃度の比較(平均値)

水質項目		欧米	日本
流入水質	BOD	41	12
	SS	49	18
	T-N	11.9	3.6
	T-P	4.1	0.3
放流水質	BOD	11	3
	SS	17	12
	T-N	4.5	2.7
	T-P	1.9	0.2

単位：mg/L

*1 施設諸元の比較を行った施設のうち、水質データが得られている施設を対象

*2 水質データ数は水質項目により異なるが、欧米は約40データ、日本は9~13データである。

参考文献

- 1) 河川環境管理財団(2000)：植生浄化施設の現状と事例，河川環境総合研究所資料第3号(2001年7月の調査結果を追加)
- 2) 細見正明(1992)：ヨシ湿地による水質浄化，水，Vol.34，No.12，pp.61~68
- 3) 田畑真佐子・加藤聡子・川村晶・鈴木潤三・鈴木静夫(1996)：ヨシ植栽水路における河川水中の窒素・リンの除去効果，水環境学会誌，Vol.19，No.4，pp.83~90
- 4) Brix, H. (1994): Use of constructed wetlands in water pollution control, Historical development, present status, and future perspectives, Water Quality International '94, Vol. 4, pp. 245~259
- 5) 中村栄一・森田弘昭(1987)：低湿地浄化に関する調査，土木研究所資料，第2480号

4. 植生浄化施設の流入水質

日本における植生浄化施設は、河川水、湖沼水、生活排水等の浄化を対象としており、流入水質の濃度範囲は広い。

〔解説〕

図4-1に植生浄化施設の流入水質の濃度分布を示す。対象データは、施設諸元の明確な実施設32施設の稼動期間を分けた38ケースのデータである(表4-1、一部実験施設を含む湿地法・水耕法の施設)。

流入水質の中央値と濃度範囲は、SSが12.4mg/L(2.5mg/L~88mg/L)、BODが2.8mg/L(1.1mg/L~77.3mg/L)、CODが7.1mg/L(2.4mg/L~33.6mg/L)、全窒素が3.21mg/L(0.82mg/L~39mg/L)、全ケルダール窒素1.21mg/L(0.36mg/L~4.61mg/L)、全リンが0.225mg/L(0.03mg/L~3.9mg/L)となっており、1~2オーダーの違いが認められる。流入水別にみると、湖沼水についてSSとCODは高いが他の水質項目は低い傾向、生活排水等については各水質項目がやや高い傾向であり、河川水については濃度範囲が広い。

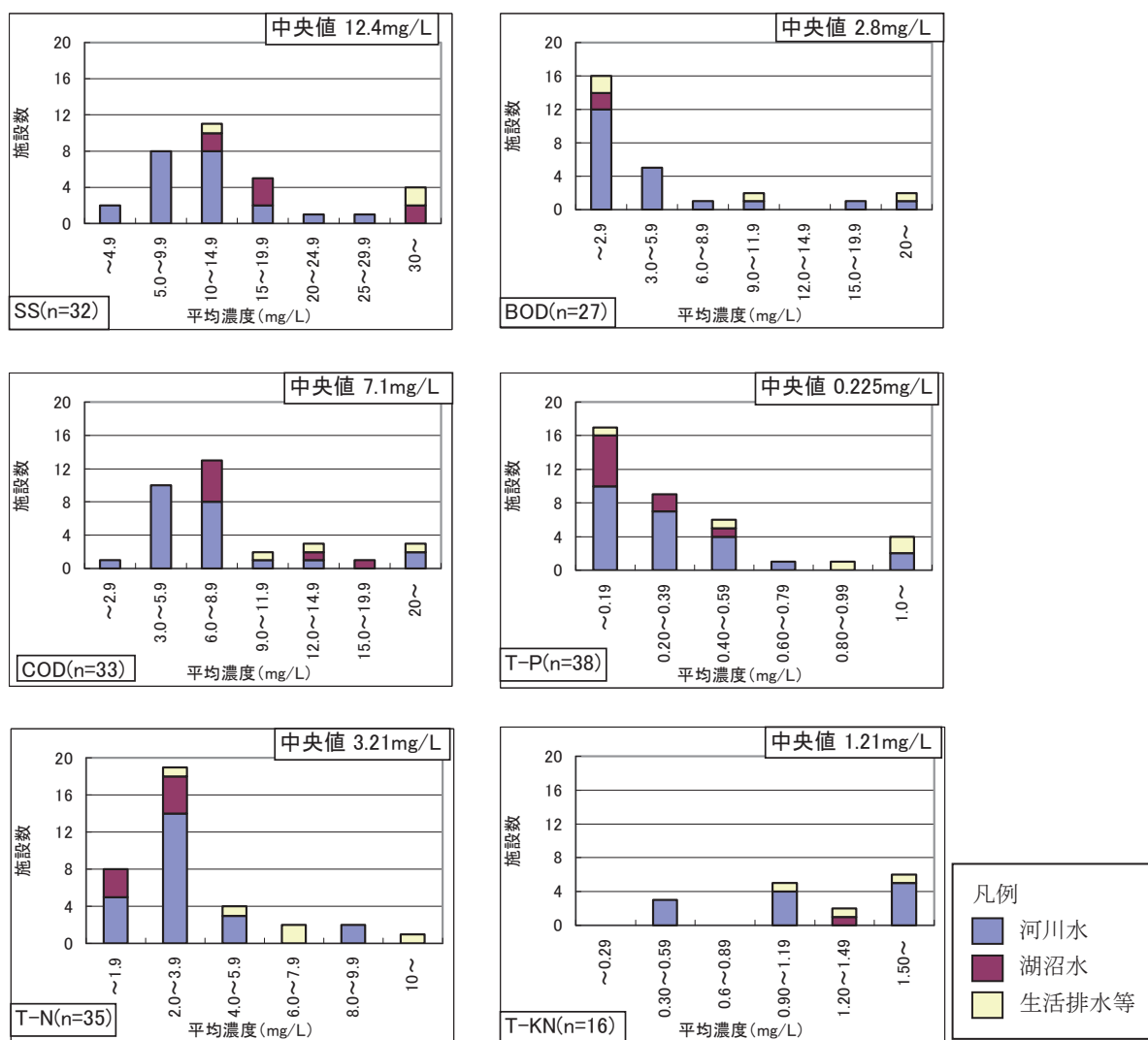


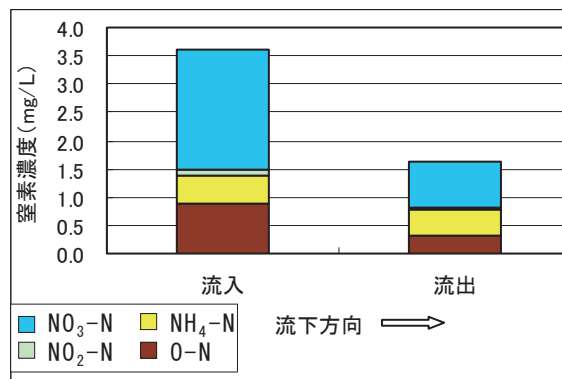
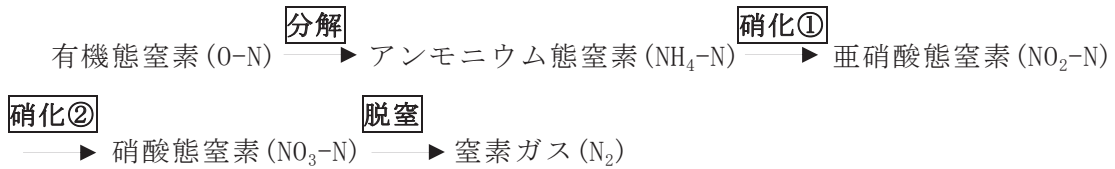
図4-1 植生浄化施設の流入水質の濃度分布

【参考：水質指標としての全ケルダール窒素(T-KN)】

国土交通省河川局は、豊かな生態系・利用しやすい水質の確保等の観点から、アンモニウム態窒素(NH₄-N)を新しい水質指標(案)のひとつとして提案し、現在試行中である。植生浄化施設においても、アンモニウム態窒素除去の観点からの浄化能力の評価が必要である。

窒素のうち、有機態窒素は水中や土壌環境中で容易にアンモニウム態窒素に変換される。よって、アンモニウム態窒素を除去するためには、アンモニウム態窒素だけでなく、有機態窒素も併せて除去する必要がある。よって、評価する水質指標はアンモニウム態窒素だけでなく、有機態窒素とアンモニウム態窒素の総和である全ケルダール窒素を併せて評価することが望ましい。

有機態窒素の分解過程



* 実験諸元：水面積負荷 0.19m³/m²/日、ヨシ、黒ぼく土

図 4-2 窒素の浄化 (山王川実験、浸透流れ方式)

表 4-1 植生浄化施設の水質浄化効果の調査対象施設

事例 No.	施設名・植生	施設の分類	水面積負荷 (m ³ /m ² /日)	流入水の分類	除去率 (%)							流入水質 (mg/L)							流出水質 (mg/L)							データの条件			
					BOD	COD	SS	T-N	T-KN	NH ₄ -N	T-P	BOD	COD	SS	T-N	T-KN	NH ₄ -N	T-P	BOD	COD	SS	T-N	T-KN	NH ₄ -N	T-P	通水開始年	調査期間	データの対象期間	データ数
1	アシ原浄化池(チャランケ川)No.1:クサヨシ等	湿地表面流れ	0.39	河川	40	11	49	11			53	2.3	5.6	15.4	2.87			0.070	1.4	5.0	7.8	2.54			0.033	H4	H6~12年	夏季	9
1	アシ原浄化池(チャランケ川)No.2:クサヨシ等	湿地表面流れ	0.44	河川	-6	-19	-1	3			50	1.4	3.9	10.8	3.48			0.197	1.4	4.6	11.0	3.38			0.099	H8	H9~12年	夏季	4
2	アシ原浄化池(柏木川):ヨシ等	湿地表面流れ	0.46	河川	39	3	81	23			46	1.7	4.7	9.3	2.68			0.037	1.0	4.5	1.8	2.05			0.020	H4	H6~12年	夏季	10
3	南角田地区水質浄化施設:稲、ヨシ等	湿地ビオトープ	0.53	河川	18	-18	10	15	-20	21	-71	2.4	5.5	6.7	2.05	0.39	0.14	0.040	2.0	6.5	6.0	1.75	0.47	0.11	0.068	H10	H10~11年	通年	3or6
5	古川水質浄化施設:マコモ、ガマ等	湿地ビオトープ	0.91	河川	23	-3	23	32			42	1.1	4.3	12.1	1.03			0.090	0.9	4.4	9.4	0.70			0.052	H11	H13年5~12月	5~12月	8
6	相野谷川生活排水浄化施設:クレソン等	水耕直接植栽	0.28	河川	24	8	1	16			16	6.8	11.0	6.9	9.28			1.326	5.2	10.1	6.8	7.82			1.118	H11	H11~14年	通年	33
7	清明川植生浄化施設:ヨシ等	湿地表面流れ	0.48	河川		8	42	16			18		7.5	21.5	2.77			0.175		6.9	12.5	2.31			0.143	H7	H7~9年	通年	24
						-1	23	12			14		6.0	19.0	2.08			0.114		6.0	14.7	1.82			0.098	H7	H15~19年	通年	38
8	土浦ビオパーク:クレソン等	水耕直接植栽	2.21	湖沼		7	43	6			22		8.1	19.8	2.31			0.120		7.5	11.4	2.18			0.094	H7	H7~16年	通年	53
9	ヨシ原浄化施設:ヨシ	湿地表面流れ	1.08	湖沼							8							0.095							0.088	H10	H11~13年	5~10月	66
											19							0.089							0.072	H10	H14~17年	5~10月	77
10	手賀沼ビオトープ:ヨシ等	湿地ビオトープ	0.28	湖沼		15	34	19			27		19.2	65.8	3.78			0.432		16.4	43.6	3.08			0.316	H11	H11~13年	通年	20
						15	37	15			28		12.2	39.8	3.00			0.270		10.4	25.0	2.56			0.193	H11	H13~16年	通年	26
11	河北潟生態系活用排水水質浄化:ヨシ等	湿地表面流れ	0.06	湖沼	29	-5	56	37	27	59	35	2.7	6.3	19.3	1.73	1.22	0.14	0.123	1.9	6.6	8.5	1.09	0.89	0.06	0.080	H9	H9~12年	4~12月	47
					21	-12	-46	2			3	2.5	6.3	13.6	1.72			0.122	1.9	7.0	20.0	1.68			0.119	H9	H13~16年	6~12月	25
12	生態系活用木場潟水質浄化施設:ヨシ	湿地浸透流れ	0.13	湖沼		35	74	32			34		6.8	14.3	2.28			0.275		4.4	3.8	1.55			0.183	H10	H10~11年	通年	8~10
						19	28	46			44		7.2	17.8	1.35			0.118		5.9	12.8	0.73			0.066	H10	H14~17年	通年	35~36
13	井上川浄化施設(きらり):ヨシ等	湿地表面流れ	0.48	河川	45	33	31	29			42	15.0	22.3	9.5	8.91			1.031	8.3	14.9	6.5	6.29			0.599	H8	H9~11年	通年	5or21
14	水耕浄化施設:クレソン等	水耕特殊基材	4.8	河川							42							0.153							0.089	H5	H5~12年	通年	57
15	浜尾遊水地植生浄化施設:ヨシ	湿地ビオトープ	0.38	生活排水等	32		-34	30	43	57	23	2.6		10.3	3.09	1.39	0.72	0.118	1.8		13.9	2.16	0.80	0.31	0.091	H16	H16~17年	通年	8~22
17	ヨシ原による浄化施設:ヨシ等	湿地ビオトープ	0.48	河川	27	17	47	36	30	33	28	1.5	6.8	12.0	1.59	0.56	0.11	0.243	1.1	5.6	6.4	1.02	0.39	0.07	0.174	H12	H12~15年	6~11月	24
					13	-42	-326	30	4	54	38	1.3	4.8	3.8	0.82	0.36	0.04	0.176	1.1	6.8	16.0	0.57	0.35	0.02	0.109	H12	H17年7~10月	7~10月	4
18	山王川植生浄化実験:ヨシ	湿地表面流れ	0.58	河川	31	8	54	11	24	26	17	4.7	7.9	12.3	3.21	1.51	0.90	0.417	3.3	7.3	5.7	2.85	1.14	0.67	0.348	H8	H8~14年	通年	66or83
18	山王川植生浄化実験:ヨシ(刈り取り無)	湿地表面流れ	0.58	河川	32	7	38	12	38	40	16	4.8	8.0	12.9	3.21	1.55	0.93	0.422	3.2	7.4	8.0	2.83	0.97	0.56	0.355	H8	H8~14年	通年	63or81
18	山王川植生浄化実験:マコモ	湿地表面流れ	0.58	河川	33	8	59	15	30	33	16	4.7	7.9	12.3	3.21	1.51	0.90	0.419	3.2	7.3	5.1	2.72	1.05	0.60	0.353	H8	H8~14年	通年	65or82
18	山王川植生浄化実験:オオフサモ	水耕直接植栽	0.58	河川	60	19	83	31	58	68	26	5.0	8.2	12.4	3.22	1.59	0.95	0.450	2.0	6.6	2.1	2.24	0.66	0.31	0.334	H8	H8~13年	通年	51or62
19	山王川植生浄化実験:ヨシ(黒ぼく土)	湿地浸透流れ	0.19	河川	89	38	64	86	80	78	94	2.8	5.7	7.1	3.52	1.19	0.38	0.225	0.3	3.5	2.5	0.49	0.24	0.08	0.013	H15	H16~19年	通年	40
19	山王川植生浄化実験:ヨシ(黒ぼく土)	湿地浸透流れ	0.58	河川	86	41	86	49	63	82	73	2.8	5.6	7.0	3.54	1.17	0.37	0.228	0.4	3.3	1.0	1.80	0.44	0.07	0.061	H15	H16~19年	通年	35
19	山王川植生浄化実験:ヨシ(礫)	湿地浸透流れ	0.58	河川	84	44	95	26	62	77	6	2.8	5.7	7.1	3.52	1.19	0.38	0.225	0.5	3.2	0.3	2.62	0.45	0.09	0.212	H15	H16~19年	通年	40
19	山王川植生浄化実験:ヨシ(人工メディア)	湿地浸透流れ	1.15	河川	67	24	83	6	37	58	-1	2.8	5.7	7.1	3.52	1.19	0.38	0.225	0.9	4.3	1.2	3.31	0.75	0.16	0.227	H15	H16~19年	通年	40
20	佐鳴湖植生浄化実験水路:ヨシ等	湿地表面流れ	0.71	河川	21	14	59	36			51	5.8	7.1	27.6	5.04			0.247	4.6	6.1	11.4	3.22			0.121	H9	H9~12年	通年	10or18
1)	奥久慈茶の里公園:クレソン等	水耕直接植栽	不明	河川	21	0	16	3			0	1.4	2.4	2.5	1.75			0.030	1.1	2.4	2.1	1.69			0.030	H8	H9~11年	通年	14
1)	青柳川植生浄化施設:オオフサモ等	水耕特殊基材	0.09	河川	64	35	21	36			30	33.0	23.0	14.0	4.20			0.740	12.0	15.0	11.0	2.70			0.520	0.5年	H9~11年	通年	8
2)	八郷町の浄化施設:ヨシ等	湿地表面流れ	0.032	生活排水等	95	79	85	70			78	77.3	33.6		6.20			0.970	4.4	7.5		2.00			0.230	S49	S61~H2年	通年	45
3)	水元公園の浄化施設:ヨシ	湿地表面流れ	0.052	河川	14	12		24	33	37	29	11.9	13.4		5.64	4.61	2.93	0.372	10.3	11.7		4.31	3.10	1.84	0.265	不明	不明	不明	7
4)	下水道事業団の実験施設(夏):ヨシ等	湿地ビオトープ	0.17	生活排水等	16	5	69	36	15	9	60	9.4	14.0	88.0	6.60	3.30	2.10	1.100	7.9	14.0	27.0	4.20	2.80	1.90	0.400	0年	不明	不明	不明
4)	下水道事業団の実験施設(冬):ヨシ等	湿地ビオトープ	0.17	生活排水等	-41	5	52	67	0	45	74	2.4	10.0	35.0	5.30	0.90	0.30	0.400	3.4	10.0	16.0	1.80	0.90	0.20	0.100	0.5年	不明	不明	不明
5)	佐渡の実験施設:ヨシ等	湿地表面流れ	0.075	生活排水等				38			49				39.00			3.900				24.00			2.000	H7	H7~8年	通年	40

* 事例 No. は『V. 植生浄化施設の個別事例』と対応している、1)~5) は文献番号

5. 植生浄化施設の水質浄化効果

5-1 主な水質項目の除去率

日本における汚濁した河川、湖沼水を対象とした植生浄化施設の水質浄化の実績を見ると除去率のばらつきは大きく、長期稼動により除去率が低下するケースが多く見られる。これは維持管理内容、流入水質の濃度やその変化、水面積負荷の大きさが影響していると考えられるが、現段階で明確な関係は得られていない。

今後、これらの関係を明確にするために長期稼動のデータを蓄積していく必要がある。

〔解説〕

(1) 通年の除去率

植生浄化施設の除去率分布を図5-1に示す。対象データは、施設諸元の明確な実施設32施設の稼動期間を分けた38ケースのデータである(表4-1、一部実験施設を含む湿地法・水耕法の施設)。

施設全体で見ると各水質項目の除去率はばらつきが大きく、同じ浄化方式でも施設により除去率は異なる。浄化方式間の比較では、湿地法の浸透流れ方式で除去率が高い施設が多い。

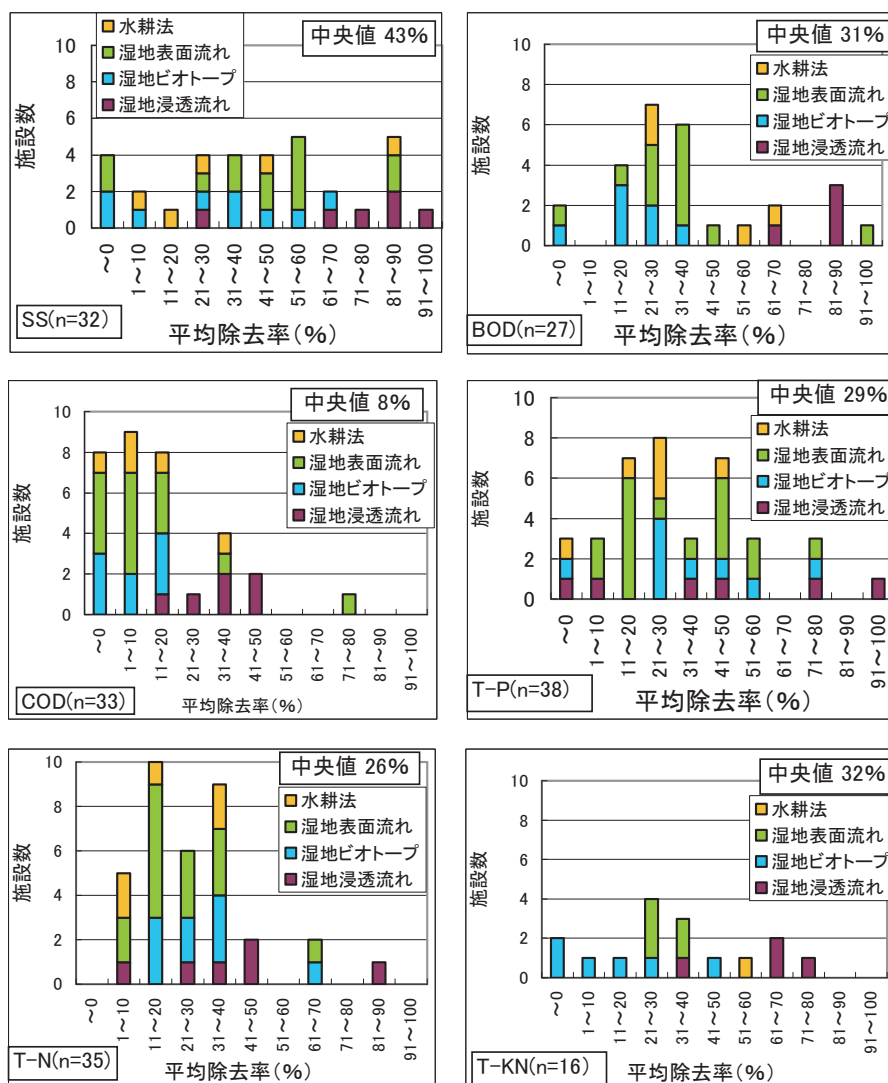
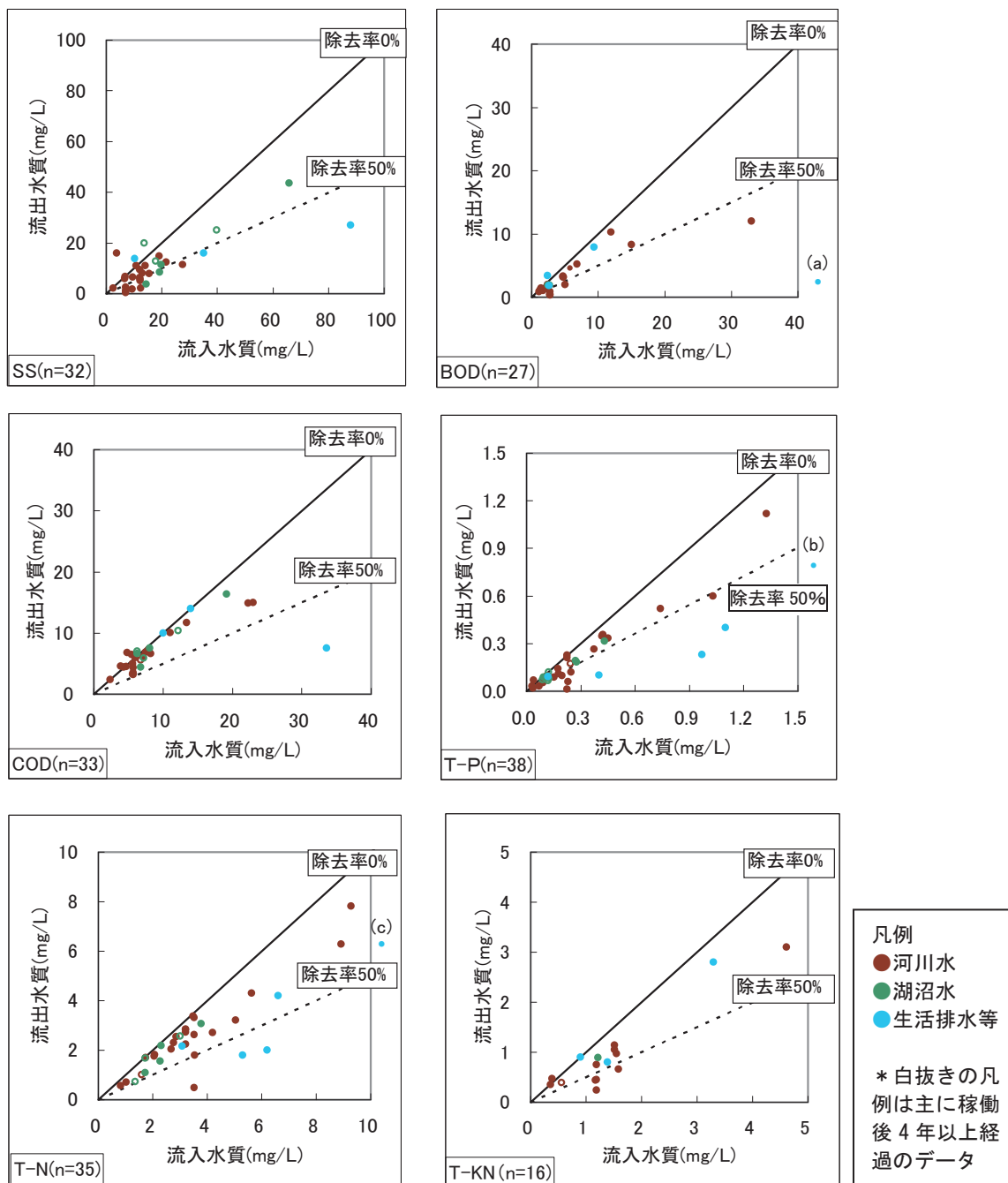


図5-1 植生浄化施設の除去率分布

(2) 流入水質と除去率の関係

流入水質と流出水質の関係を図5-2に示す。対象データは、施設諸元の明確な実施設32施設の稼働期間を分けた38ケースのデータである(表4-1、一部実験施設を含む湿地法・水耕法の施設)。

流入水が生活排水である施設に着目すると、各水質項目ともに流入水質が高く、比較的高い除去率が得られているケースがある。流入水質が低い施設では、流入水の種類(河川水、湖沼水、生活排水等)に関わらず除去率が低く、またばらつきがみられる傾向にある。



- (a) 除去率を示す位置にプロットしている $(x, y) = (77.3, 4.4)$ 除去率 95%
 (b) 除去率を示す位置にプロットしている $(x, y) = (3.9, 2)$ 除去率 49%
 (c) 除去率を示す位置にプロットしている $(x, y) = (39, 24)$ 除去率 38%

図5-2 植生浄化施設の流入水質と流出水質の関係

(3) 長期稼働による除去率の変化

長期稼働に伴う除去率の低下は、維持管理内容や流入水質の改善やその変化、水面積負荷等複数の影響因子が考えられる。しかし、以下に示すとおり、今回の収集事例のデータ整理においては、除去率の変化に及ぼす各影響因子の影響度合いを明確に分離することができなかった。よって今後、これらの関係を明らかにするために、長期稼働のデータを蓄積していく必要がある。

①施設の長期稼働による除去率低下の有無

表4-1に示した植生浄化施設のうち、実施設で長期稼働（概ね5年以上）をしている5施設を対象として、除去率の経年変化を確認した（表5-1）。なお、5施設中、植生に関する維持管理を実施している施設は4施設、底泥に関する維持管理を実施している施設は1施設である。

水質項目別に「稼働後3年以内の除去率」と「稼働後4年以上経過した除去率」を比較すると（図5-3）、長期稼働に伴い除去率が低下しているケースが多く、特に、SSやCODではマイナスの除去率となってしまったケースがある。

表5-1 長期稼働している浄化施設（実施設）の除去率の変化

植生浄化施設		流入水質と期間別除去率（左：稼働後3年以内 右：稼働後4年以降）											維持管理内容				
浄化方式	事例No.	項目	BOD		COD		SS		T-N		T-KN		T-P		水面積負荷 (m ³ /m ² /日)	植生	底泥
湿地表面流れ方式	No.7	流入水質(mg/L)			7.5	6.0	21.5	19.0	2.77	2.08			0.175	0.114	0.48	なし	なし
		除去率(%)			8	-1	42	23	16	12			18	14			
湿地表面流れ方式	No.11	流入水質(mg/L)	2.7	2.5	6.3	6.3	19.3	13.6	1.73	1.72	1.22		0.123	0.122	0.06	刈り取り	なし
		除去率(%)	29	21	-5	-12	56	-46	37	2	27		35	3			
湿地ピオトップ方式	No.10	流入水質(mg/L)			19.2	12.2	65.8	39.8	3.78	3.00			0.432	0.270	0.28	一部刈り取り	なし
		除去率(%)			15	15	34	37	19	15			27	28			
湿地ピオトップ方式	No.17	流入水質(mg/L)	1.5	1.3	6.8	4.8	12.0	3.8	1.59	0.82	0.56	0.36	0.243	0.176	0.48	一部刈り取り	なし
		除去率(%)	27	13	17	-42	47	-326	36	30	30	4	28	38			
湿地浸透流れ方式	No.12	流入水質(mg/L)			6.8	7.2	14.3	17.8	2.88	1.35			0.275	0.188	0.13	刈り取り	土壌入れかえ、堆積物除去
		除去率(%)			35	19	74	28	32	46			34	44			

 除去率が10%以上上昇
 除去率が10%以上低下
 3年以内に比べ4年目以降の流入水質が、2割以上改善

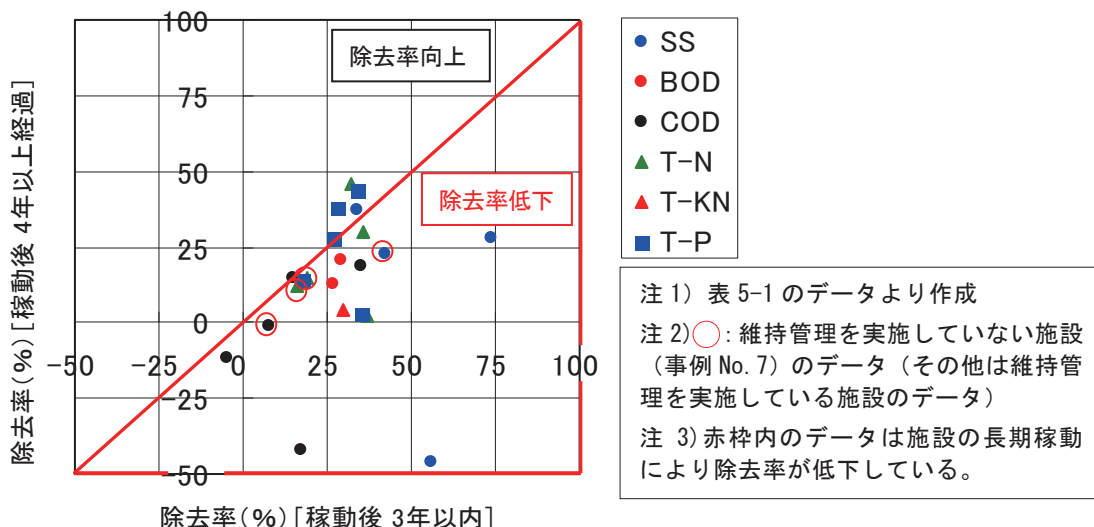


図5-3 長期稼働による除去率の変化

②維持管理の実施状況と除去率低下の関係

維持管理の実施状況と除去率低下の関係をみると、維持管理（植生・底泥等）を実施していない施設は1施設（事例 No. 7）であり、全ての水質項目で除去率が低下している。

維持管理を実施している施設でも、除去率が低下している施設もある。特に、植生の刈り取りは行っているが、底泥除去を行っていない施設（表面流れ方式（事例 No. 11）、表面流れピオトープ方式（事例 No. 17））では、除去率の低下が顕著な場合もある。

③流入水質と除去率低下の関係

長期稼動に伴い、流入水質の改善が除去率低下の要因になっている可能性がある。同一施設の流入水質と除去率について、施設稼動後3年以内と施設稼動後4年以上のデータを比較した。全窒素と全リンについては、流入水質が改善されているケースが多いが、流入水質が改善されたケースでも除去率が高くなっている場合もあり、流入水質低下と除去率変化の関係は明確ではない。

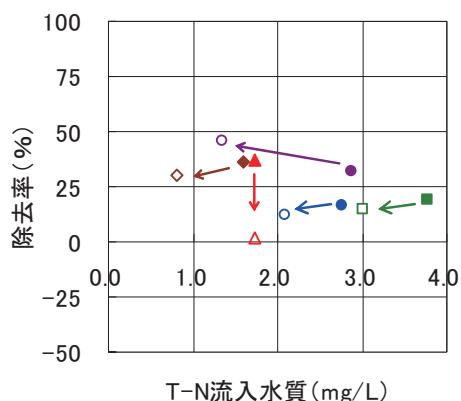


図 5-4 流入水質 (T-N) と除去率の関係

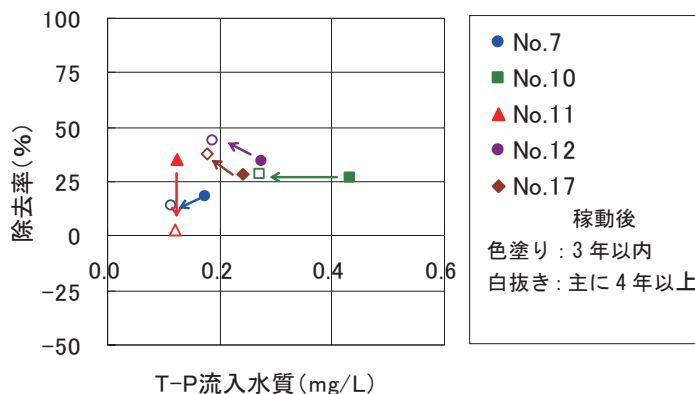


図 5-5 流入水質 (T-P) と除去率の関係

④水面積負荷と除去率低下の関係

窒素の硝化・脱窒機能やリンの吸着機能への影響、浸透流れ方式ではSSによる目詰まりの発生の可能性の観点から、大きな水面積負荷は、長期稼動による除去率低下の要因となる可能性がある。同一施設の水面積負荷と除去率について、施設稼動後3年以内と施設稼動後4年以上のデータを比較したが、水面積負荷と除去率変化の関係は明確ではない。

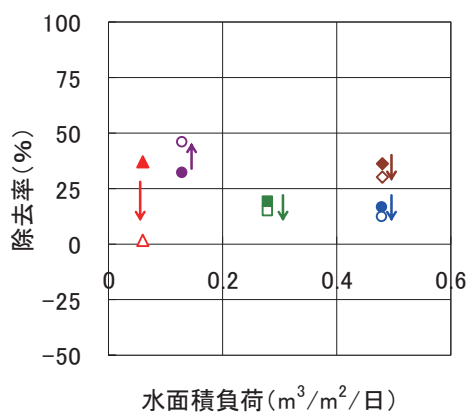


図 5-6 水面積負荷と除去率 (T-N) の関係

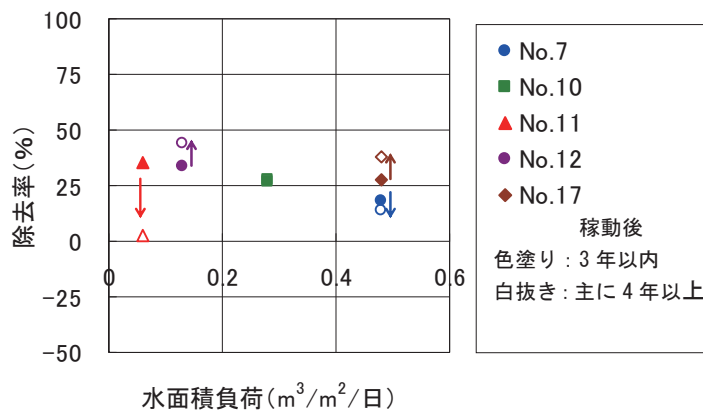


図 5-7 水面積負荷と除去率 (T-P) の関係

⑤ 植生・底泥の維持管理がなされた事例

山王川実験（事例 No. 18）では、ヨシ等を用いた表面流れ方式により5年間の長期浄化実験を行った。水面積負荷 $0.58\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ の実験条件で、維持管理として年1回～2回の植生管理（ヨシの刈り取り、オオフサモの間引き）と底泥が嫌気化した時の干し上げを実施した結果、当初の浄化効果がほぼ維持された。なお、3年目以降に主にリンの除去率が低下したが、干し上げ等の実施により浄化効果の回復がみられた。

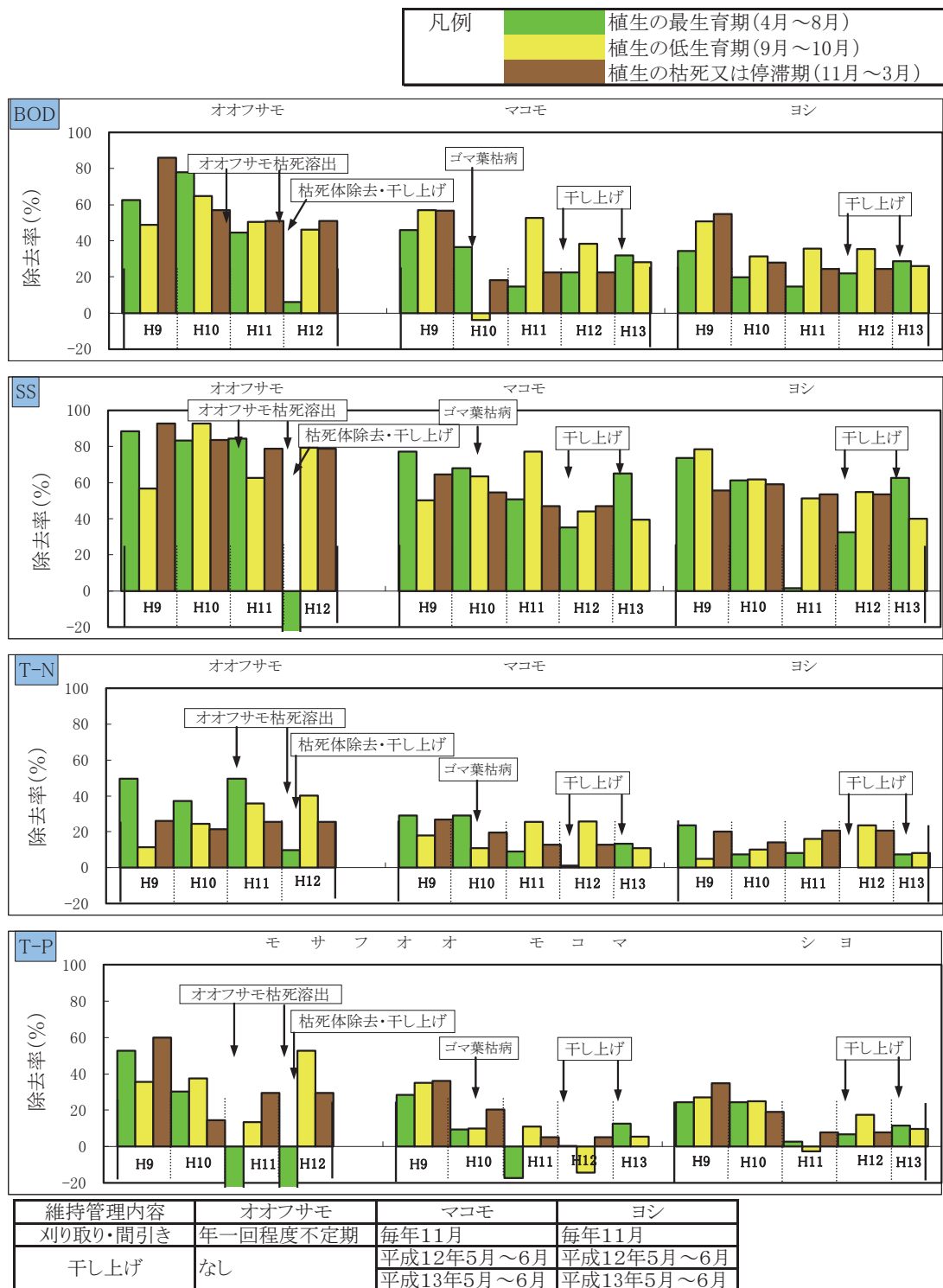
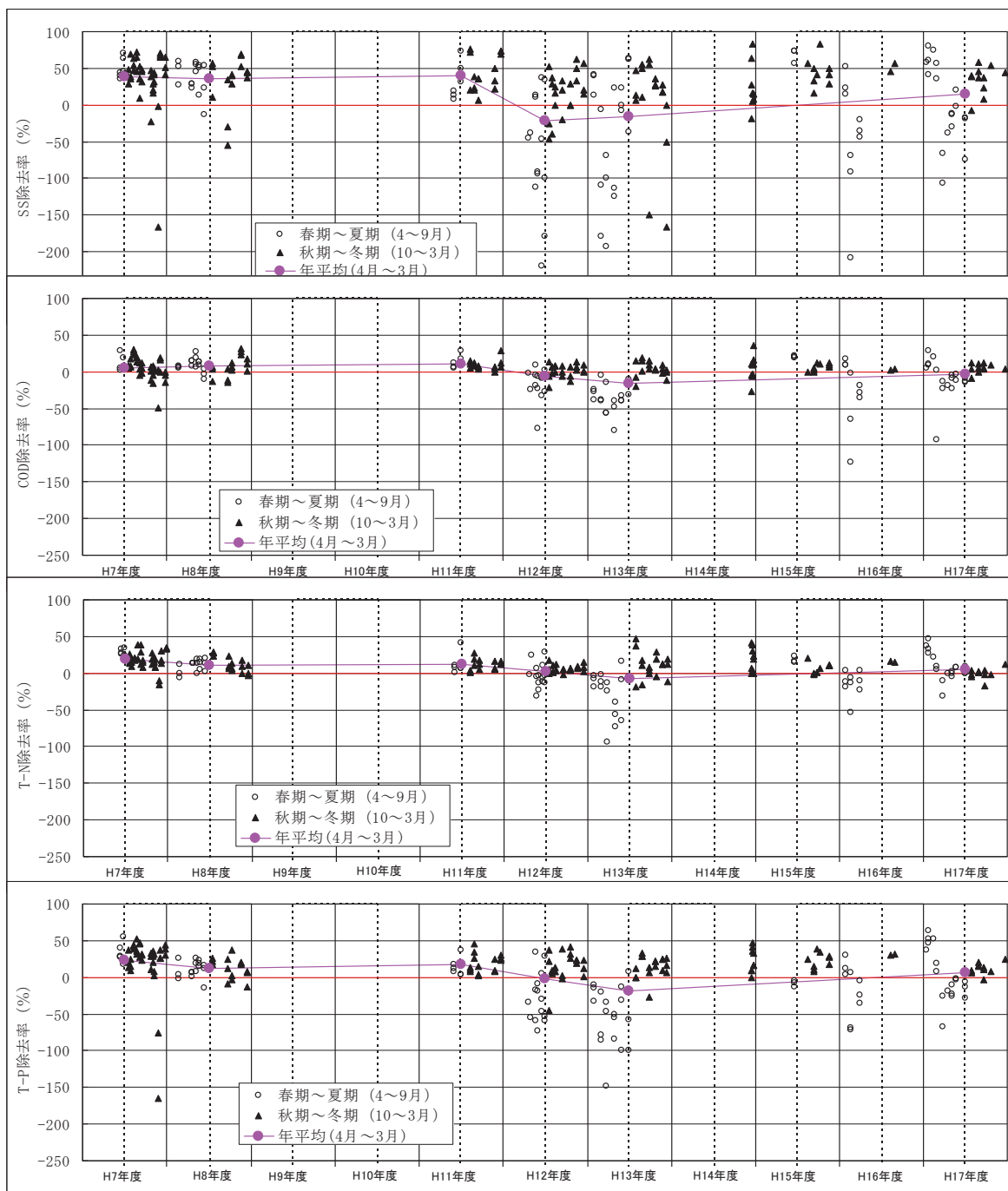


図 5-8 除去率の期別節変化（山王川実験、表面流れ方式）

⑥ 植生・底泥の維持管理がなされていない事例

清明川植生浄化施設（事例 No. 7、表面流れ方式、ヨシ）は稼動開始から 10 余年が経過している。この間、ポンプ点検や導水路清掃等の運転管理は行っているが、植生や底泥の維持管理は行ってきていない。平成 12 年度頃から春期～夏期に、各水質項目の除去率はばらつきが大きくなり低下している（図 5-9）。一方、秋期～冬期では、概ね安定してプラスの除去率が維持されている。長期稼動により流入 SS(有機・無機)やヨシ枯死体由来の堆積物が蓄積され、「溶存態と懸濁態の除去率」の季節変化の解析から、生物活性が高くなる春期～夏期に懸濁成分が遊離、浮上して、除去率がマイナスとなると考えられている。



* 実験諸元：水面積負荷 $0.48 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ 、ヨシ等、客土

図 5-9 除去率の経年変化と期別変化（清明川植生浄化施設、表面流れ方式）

5-2 浄化効果の季節変動

植生浄化施設の浄化効果の季節変動は、浄化方式により大きく異なる。

湿地法では通年の浄化効果が期待できるが、湿地法・表面流れ方式では、夏期に生物によるかく乱や底泥からの溶出により、除去率が低下するケースが見られる。一方、湿地法・浸透流れ方式では、夏期に硝化・脱窒の促進や植物による栄養塩の吸収により、除去率が向上するケースが見られる。

浮標植物法など植物による栄養塩の吸収を主たる浄化の原理とする浄化方式では、冬期における除去率の低下が顕著に見られる。

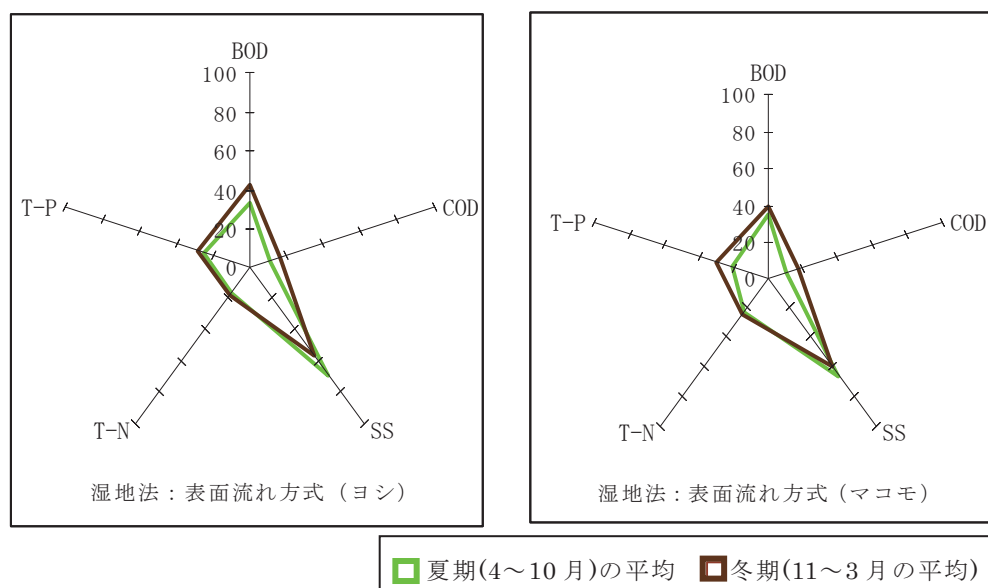
〔解説〕

浄化方式ごとに夏期と冬期の浄化効果の相違について以下に示す。なお、浄化効果の季節変動は植物生長、施設内の生物活動、気温等によるものが考えられるが、これらの区別は明確にできないため、ここでは便宜上、夏期（4～10月）と冬期（11～3月）に分け記述する。

①湿地法の表面流れ方式（山王川実験、休耕田土壌：ヨシ・マコモ）

夏期と冬期の比較では、ヨシ、マコモともに BOD、COD の除去率は夏期の方が若干低い。この要因として、当該実験が休耕田跡地を利用したため、土壌からの溶出が大きく、これが沈殿や生物分解による浄化効果を上回ったものと考えられる。

冬期の水温低下により硝化・脱窒能力が低下し、全窒素の除去率が低下することが報告されている¹⁾が、当該実験のヨシ、マコモでは通年の浄化効果が得られている。



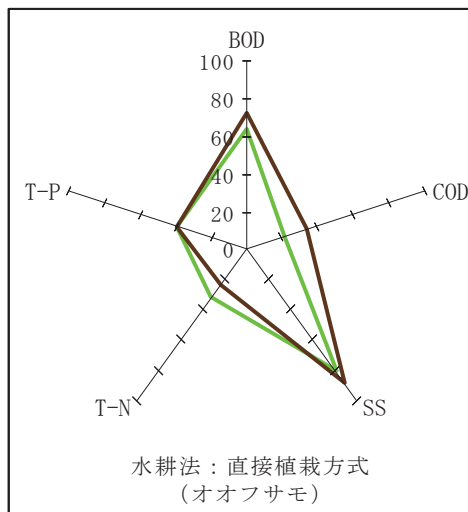
[平成9～10年度実験：水面積負荷 0.58m³/m²/日]

図5-10(1) 期別の除去率（山王川実験、表面流れ方式）

②水耕法の直接植栽方式（山王川実験、オオフサモ）

湿地法の表面流れ方式（ヨシ・マコモ、図5-10(1)）と同様、夏期にBOD、CODの除去率の低下が認められる。また、全窒素は夏期に除去率の向上が認められる。

通年の除去率は湿地法の表面流れ方式（ヨシ・マコモ）より高く、水中に高密度に繁茂した根茎によるろ過作用と根茎等に付着した微生物による分解が顕著であったためと考えられる。



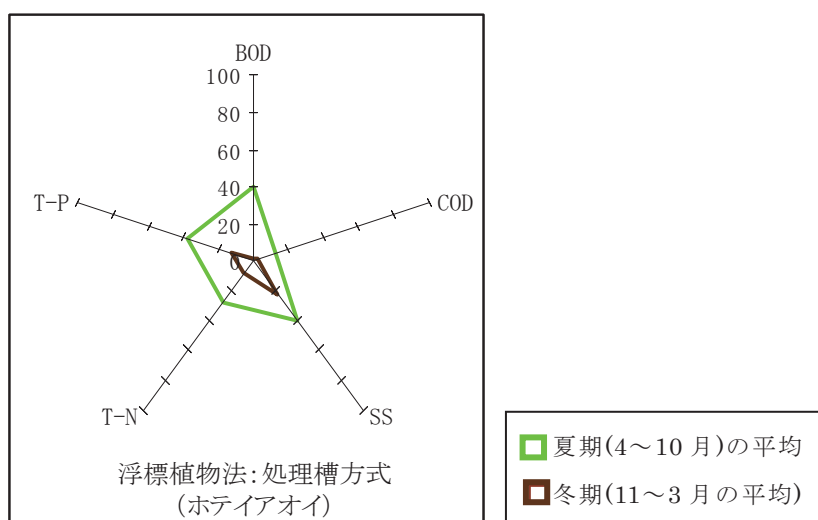
■ 夏期(4~10月)の平均 ■ 冬期(11~3月)の平均

[平成9~10年度実験：水面積負荷 0.58m³/m²/日]

図5-10(2) 期別の除去率（山王川実験、直接植栽方式）

③浮標植物法の処理槽方式（山王川実験、ホテイアオイ）

ホテイアオイの生長は15℃前後から始まり²⁾、浄化効果は水温に支配される。そのため、除去率は夏期と冬期で大きく異なり、冬期には枯死腐敗するためほとんど浄化効果が得られない。なお、9月~10月の間はホテイアオイの生長は旺盛であるにもかかわらず除去率の低下が認められた。ホテイアオイを利用した植生浄化における9月以降の除去率低下は文献³⁾でも報告されており、老化した根の剥離脱落が原因と考えられる。



■ 夏期(4~10月)の平均 ■ 冬期(11~3月)の平均

[平成9年度実験：水面積負荷 1.15m³/m²/日]

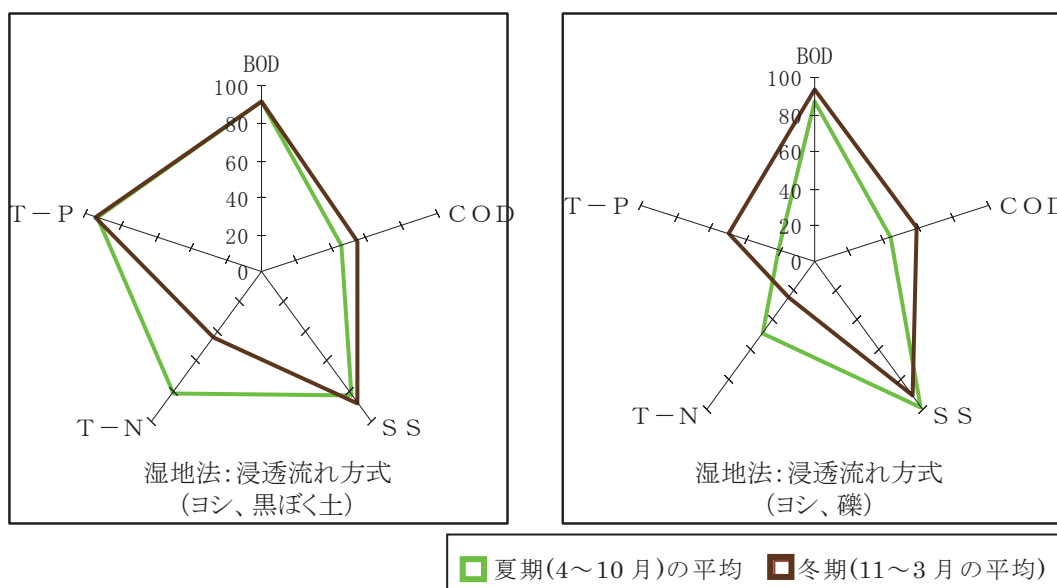
図5-10(3) 期別の除去率（山王川実験、処理槽方式）

④湿地法の浸透流れ方式（山王川実験、黒ぼく土・礫：ヨシ）

湿地法の浸透流れ方式の場合は、表面流れ方式（休耕田土壌：ヨシ、図5-10(1)）と比較すると、植生基材の黒ぼく土・礫ともに概ね高い除去率が得られている。

特に、黒ぼく土を用いた場合、表面流れ方式（休耕田土壌：ヨシ）と比較して、BOD、COD、全窒素、全リンは2倍以上の除去率となった。処理水を土壌浸透させることにより土壌での浄化効果（ろ過、硝化・脱窒、リンの土壌吸着）は通年発揮され、植物の浄化効果（ヨシの根茎による硝化・脱窒の促進）は特に夏期に発揮されたものと考えられる。

礫には土壌と異なりリン吸着能がないため、礫を植生基材に用いた場合には、溶解性リンの浄化は期待できない。



[平成 16~17 年度実験：水面積負荷 0.58m³/m²/日]

図 5-10(4) 期別の除去率平均（山王川実験、浸透流れ方式）

【参考：文献等での事例】

・夏期の土壌などからの溶出

文献等^{4),5)}では期別までは言及されていないが、滞留時間(流下距離)を長くした場合に、CODや全リンの溶解成分が増えることが確認されており、土壌などからの溶出が示唆されている。また、山王川実験(図5-10(1)(2))の平成11年度以降の結果では、ヨシ、マコモ、オオフサモを使用したいずれの槽でもT-Pの除去率が夏期に低下している。これは堆積した汚泥からの溶出が大きいと考えられる。

・冬期の除去率の低下

欧米の湿地法(表面流れ方式、浸透流れ方式)では、有機成分の多い下水処理水を対象としており、浄化機構は生物反応に依存するところが大きい⁶⁾。よって冬期に除去率が低下することは前提となっている。一方、日本では有機成分の少ない河川水と湖沼水を対象としている例が多く、浄化機構は欧米程生物反応に依存しないため、冬期の浄化効果の低下は欧米ほど顕著ではない。

参考文献

- 1) 細見正明 (1992) : ヨシ湿地による水質浄化, 水, Vol. 34, No.12, pp. 61~68
- 2) 茅野秀則・西原潔・中久喜康秀 (1986) : バイオフィルターシステム 水生植物による水域浄化, P P M, No.17, 8号
- 3) 岡本将宏・小林正幸・西川吉和・長谷川清善・大橋恭一 (1982) : 農業排水中におけるホテイアオイの生育と水質浄化について, 滋賀県農業試験場研究報告, No.24, pp. 51~64
- 4) 川村實・樋口澄男・清水重徳 (1995) : アシ原による水質浄化, 長野県衛生公害研究所研究報告, No.18, pp. 32~37
- 5) 井上博貴・川滝千香・沖野外輝夫 (1994) : ヨシ群落による水質浄化実験, 日本陸水学会甲信越支部会報, No.20, pp. 43~44
- 6) Sherwood C. Reed・Ronald W. Crites・E. Joe Middlebrooks (1995), 石崎勝義・楠田哲也監訳, (財)ダム水源地環境整備センター企画 : 自然システムを利用した水質浄化

Ⅲ . 植生浄化の浄化機構

III. 植生浄化の浄化機構

1. 浄化機構の内容

植生浄化の浄化機構を分類すると、沈殿効果、土壌の効果、植生の効果に大別される。一方、負の効果としては土壌や植物から系への回帰が考えられる。

①沈殿効果

植生浄化方式共通の浄化効果として、懸濁成分の沈殿が挙げられ、懸濁成分の多い流入水の場合には主要な浄化効果となる。沈殿効果の季節変化は小さい。

②土壌の効果(吸着、硝化・脱窒等)

ほとんどの植生浄化方式の植生基材として用いられる土壌には、リンの吸着効果がある。また、土壌(砂礫も含む)には微生物の作用による窒素の硝化・脱窒効果がある。これらは、無機態成分の多い流入水の場合には主要な浄化効果であり、土壌を用いた浸透流れ方式では、これらの効果がより促進される。また、浸透流れ方式の場合は土壌等の植生基材によるろ過効果がある。

③植生の効果(吸収、接触沈殿・ろ過、硝化・脱窒の促進等)

植物体による栄養塩の吸収の他に、植生の存在による接触沈殿・ろ過効果、付着した微生物の生物反応による分解効果及び地下部への酸素供給による硝化・脱窒の促進がある。なお、本資料ではヨシ等の抽水植物のように、懸濁物質が主に茎との接触後に沈殿する場合を「接触沈殿」、オオフサモ等の広義の抽水植物のように、懸濁物質が水中に密に繁茂した根茎により捕捉される場合を「ろ過」として考える。

④負の効果(土壌・植物からの回帰)

稼動初期の休耕田土壌、腐敗した植物や内部生産物等の堆積物、嫌気化した底泥等からの栄養塩の溶出や懸濁物質の遊離・浮上による系への回帰があり、植生浄化施設全体としての浄化効果はこれら負の効果を差し引いたものになる。なお、本資料では「底泥」とは懸濁物質(流入及び内部生産)と植物枯死体の一部をいう。

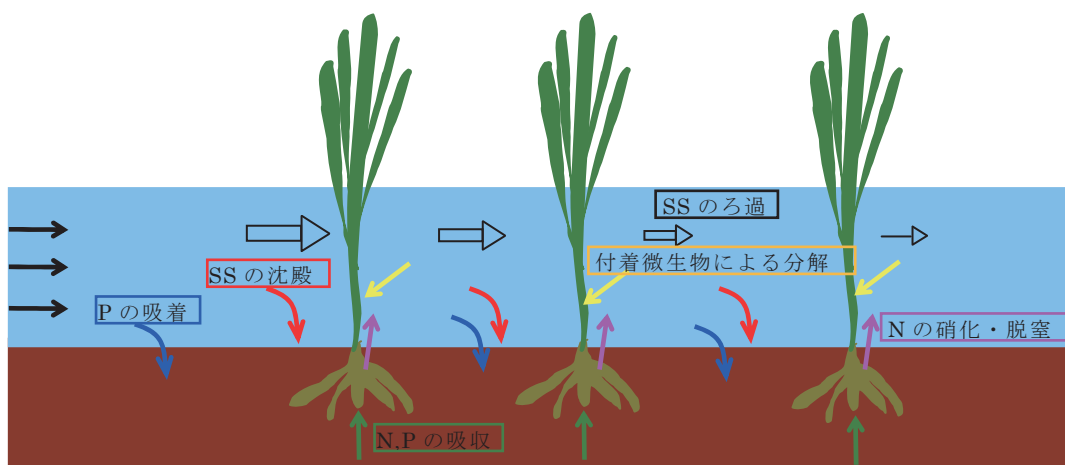


図 1-1 浄化機構の概念図

〔解説〕

各植生浄化機構による浄化効果を定量的に評価する場合の参考として、山王川植生浄化実験の例を示す。

山王川での実験（表面流れ方式、事例 No. 18）では、沈殿効果、土壌の効果及び植生の効果を定量的に把握するために、浄化水槽の躯体をゴムシート張りにした「コントロール槽」、それに休耕田土壌を入れた「休耕田槽」、さらに植物を植栽した「植生槽」を設けて（表 1 - 1）、流入水質と各槽の流出水質を測定した。

表 1 - 1 山王川での表面流れ方式の植生浄化実験の構成

槽の名称	槽の構成要素	槽の浄化機構
コントロール槽	浄化水槽（ゴムシート張り）	沈殿効果
休耕田槽	浄化水槽、休耕田土壌	沈殿効果、土壌の効果
植生槽	浄化水槽、休耕田土壌、植生	沈殿効果、土壌の効果、植生の効果

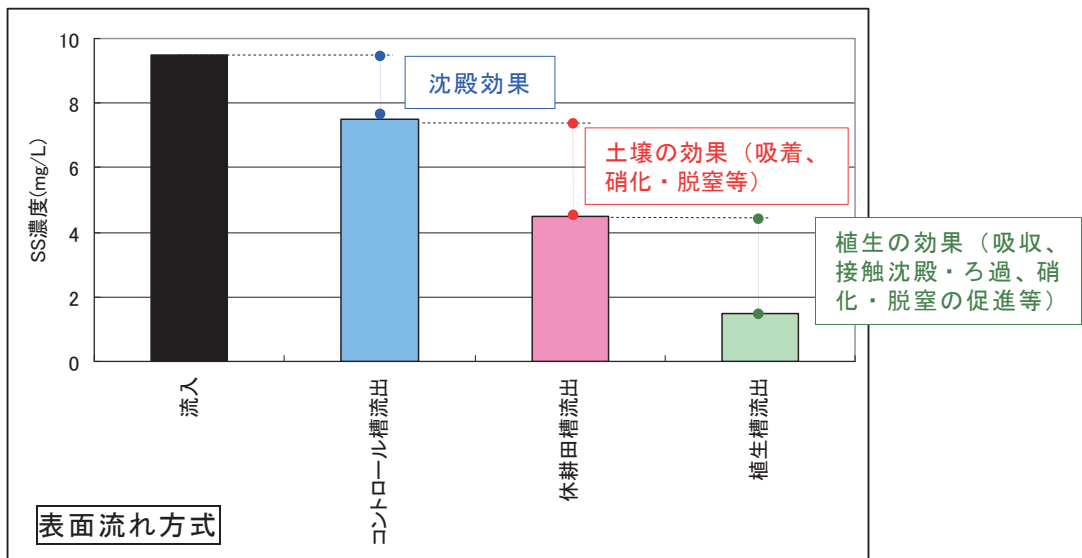


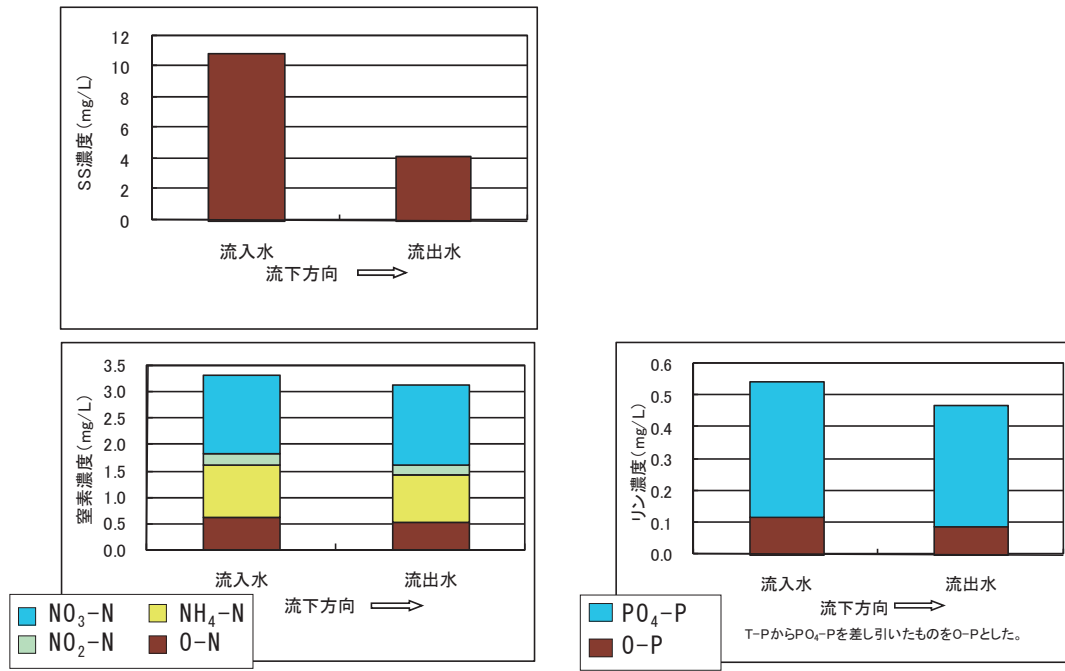
図 1 - 2 植生浄化実験による浄化機構別浄化効果の比較（概念図）

(1) 沈殿効果

植生浄化方式共通の浄化効果として、懸濁成分の沈殿が挙げられ、懸濁成分の多い流入水の場合には主要な浄化効果となる。沈殿効果の季節変化は小さい。以下に、植生浄化施設の調査結果から沈殿効果を考察する。

①湿地法の表面流れ方式（植生・土壌なしのコントロール槽）

山王川での実験（表面流れ方式、事例 No. 18）のコントロール槽実験の浄化効果は、沈殿効果のみと考えられ、SS（流入水平均濃度 11mg/L）の除去率は 62%であった。また、全窒素と全リンの除去率は、6%と 13%であった（図 1-3）。

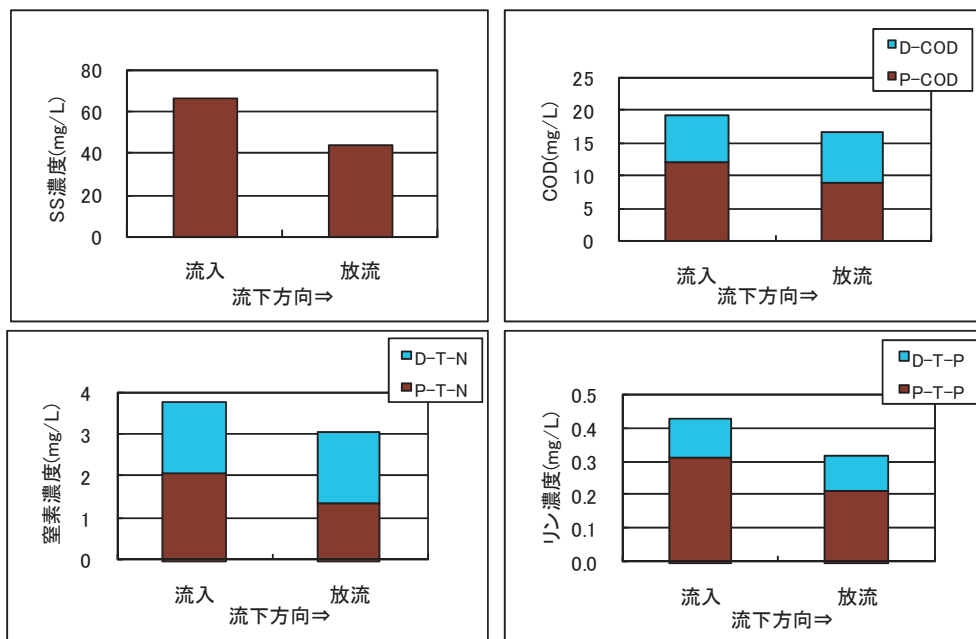


* 施設諸元：土壌・植生なし、ゴムシート張り（幅3m、長さ30m）で遮光、水面積負荷0.58m³/m²/日、水深10cm、滞留時間4時間、平成9年8月～平成11年3月のデータ

図1-3 流下方向の水質変化(山王川実験、表面流れ方式のコントロール槽)

②湿地法の表面流れビオトープ方式

手賀沼ビオトープ（事例 No. 10）は最大水深 2.5m の素掘りの池で、ヨシ等の植生の繁茂は岸边のみであり、主要な浄化効果は沈殿効果であると考えられる。流入水は SS 濃度が高く、COD、全窒素、全リンの 50% 以上が懸濁成分 (P-COD 等) である。放流水の溶解成分 (D-COD 等) はほとんど減少しないが、懸濁成分が減少している (図 1-4)。



* 水面積負荷 0.28m³/m²/日、ヨシ等、平成11年5月～平成13年2月のデータ

図1-4 流下方向の水質変化(手賀沼ビオトープ、表面流れビオトープ方式)

(2) 土壌の効果 (吸着、硝化・脱窒等)

ほとんどの植生浄化方式の植生基材として用いられる土壌には、リンの吸着効果がある。また、土壌(砂礫も含む)には微生物の作用による窒素の硝化・脱窒効果がある。これらは、無機態成分の多い流入水の場合には主要な浄化効果であり、土壌を用いた浸透流れ方式では、これらの効果がより促進される。また、浸透流れ方式の場合は土壌等の植生基材によるろ過効果がある。以下に、植生浄化施設の調査結果から土壌の効果を考察する。

①湿地法の表面流れ方式 (休耕田土壌・植栽なし)

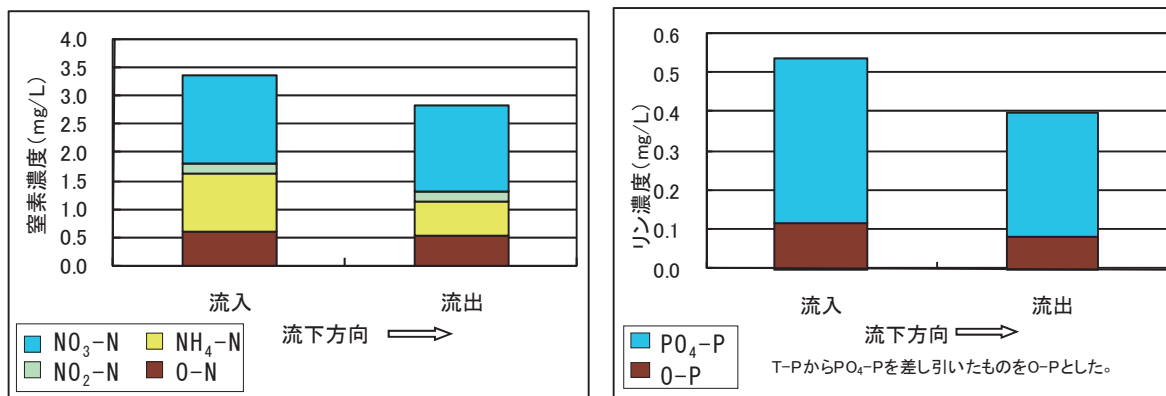
山王川での実験 (表面流れ方式、事例 No. 18) の休耕田土壌・植栽なし実験槽における流下方向の水質変化を図1-5に示す。

i) 窒素

無機態窒素の減少を脱窒と考えると脱窒速度は $0.249\text{g}/\text{m}^2/\text{日}$ (水面積負荷 $0.58\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ 、平均全窒素濃度 $3.3\text{mg}/\text{L}$) となり流入水の13%に相当する。この脱窒速度は文献¹⁾で示されている水田における事例の最大値 $0.236\text{g}/\text{m}^2/\text{日}$ とほぼ等しい。なお、脱窒速度は冬期に低くなることが報告されている²⁾が、山王川での実験では明確ではなかった。

ii) リン

$\text{PO}_4\text{-P}$ の減少を土壌への吸着と考えると吸着速度は $0.062\text{g}/\text{m}^2/\text{日}$ (水面積負荷 $0.58\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ 、平均全リン濃度 $0.54\text{mg}/\text{L}$) となり流入水の20%に相当する。



* 実験諸元：水面積負荷 $0.58\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ (流入水量 $0.6\text{L}/\text{s}$ 、面積 90m^2 、水深 10cm)
休耕田土壌、植栽なし、滞留時間4時間、平成9年8月～平成11年3月のデータ

図1-5 流下方向の水質変化 (山王川実験、表面流れ方式の休耕田土壌槽・植栽なし)

②湿地法の浸透流れ方式 (黒ぼく土・植栽なし)

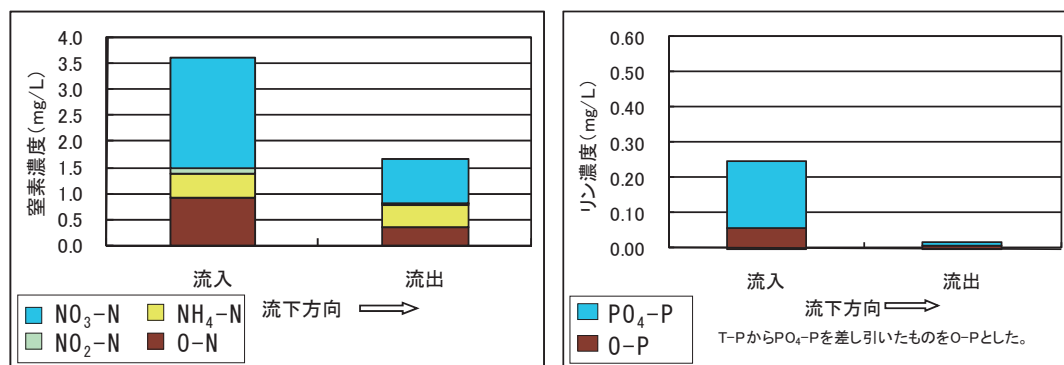
山王川での実験 (浸透流れ方式、事例 No. 19) の黒ぼく土・植栽なし実験槽における流下方向の水質変化を図1-6に示す。

i) 窒素

有機態窒素は、有機態窒素 (O-N) → アンモニウム態窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$) → 亜硝酸態窒素 ($\text{NO}_2\text{-N}$) → 硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) → 窒素ガス (N_2) と変化する。有機態窒素の濃度変化において、沈殿による減少分とアンモニウム態窒素への分解による減少分が未知であるため、単純に無機態窒素の減少を脱窒と考えると脱窒速度は $0.270\text{g}/\text{m}^2/\text{日}$ (水面積負荷 $0.19\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ 、平均全窒素濃度 $3.6\text{mg}/\text{L}$) となり、流入水の39%に相当する。

ii) リン

PO₄-P の減少を土壌への吸着と考えると吸着速度は 0.034g/m²/日（水面積負荷 0.19m³/m²/日、平均全リン濃度 0.25mg/L）であり、流入水の PO₄-P の 93%が除去されている。上記の吸着速度は、表面流れ方式（休耕田土壌、図 1-5）における吸着速度 0.062g/m²/日（水面積負荷 0.58m³/m²/日、平均全リン濃度 0.54mg/L）の約半分であるが、より高濃度の流入水の場合には、さらに吸着速度が大きくなると考えられる。



* 実験諸元：水面積負荷 0.19m³/m²/日（流入水量 0.2L/s, 面積 90m²）、黒ぼく土、植栽なし
平成 16 年 7 月～平成 18 年 3 月のデータ

図 1-6 流下方向の水質変化（山王川実験、浸透流れ方式の黒ぼく土槽・植栽なし）

参考文献

- 1) 尾崎保夫(1998)：農業生態系の浄化機能を活用した農山村地域の水質改善，農業及び園芸，Vol.73, No. 1, pp.3～8
- 2) 細見正明（1992）：ヨシ湿地による水質浄化，水，Vol.34, No.12, pp.61～68

(3) 植生の効果（吸収、接触沈殿・ろ過、硝化・脱窒の促進等）

植物体による栄養塩の吸収の他に、植物の存在による接触沈殿・ろ過、付着した微生物の生物反応による分解効果及び地下部への酸素供給による硝化・脱窒の促進がある。以下に、植生浄化施設の調査結果から植生の効果を考察する。

① 栄養塩の吸収

山王川での実験（表面流れ方式等、事例 No. 18）における植物のバイオマス量から推定したヨシ、マコモ等の栄養塩の吸収速度を表1-2に示す。同じ水面積負荷条件下で栄養塩の吸収速度と土壌の効果（脱窒速度・吸着速度）を比較すると、ヨシとマコモの栄養塩の吸収速度は「窒素の脱窒速度」や「リンの吸着速度」より小さい。しかも、土壌による脱窒や吸着は年間を通して効果があるのに対し、植物の吸収効果はオオフサモを除き効果のある時期は限られている。なお、栄養塩の吸収速度については、「IV. 植生浄化施設の計画と管理、2-2 植物の選定」に詳細に記載している。

吸収効果による窒素とリンの年間平均除去率は、ヨシとマコモが窒素・リンともに3%以下（図2-1）、オオフサモが窒素・リンともに10%程度（図2-4）、ホテイアオイが窒素・リンともに6%程度である。

表1-2 「栄養塩の吸収速度」と「土壌の脱窒・吸着速度」の比較（山王川実験）

分類	吸収・脱窒・吸着速度	窒素(N) (g/m ² /日)	リン(P) (g/m ² /日)	効果期間	水面積負荷 (m ³ /m ² /日)	浄化法	
植生の効果	吸収	ヨシ	0.034~0.157	0.001~0.010	4~10月	0.58	湿地法・表面流れ方式
		マコモ	0.056~0.141	0.004~0.013	4~10月	0.58	〃
		オオフサモ	0.039~0.478	0.016~0.081	年間	0.58	水耕法・直接植栽方式
		ホテイアオイ	0.425~0.787	0.056~0.125	6~10月	1.15	浮標植物法・処理槽方式
土壌の効果	脱窒(N) 吸着(P)	休耕田土壌	0.249	0.062	年間	0.58	湿地法・表面流れ方式 (コントロール槽)
		休耕田土壌	0.498	0.124	年間	1.15	上記値を水面積負荷見合いで推定(2倍)

注) 赤字：外来種（オオフサモ：特定外来生物、ホテイアオイ：要注意外来生物）

〔実験条件〕

- ・水面積負荷 0.58m³/m²/日：槽面積 90m² (W3m×L30m)、水深 10cm、処理水量 0.6L/s、滞留時間 4時間
- ・水面積負荷 1.15m³/m²/日：槽面積 45m² (W3m×L15m)、水深 20cm、処理水量 0.6L/s、滞留時間 4時間

②接触沈殿・ろ過、付着した微生物の生物反応による分解

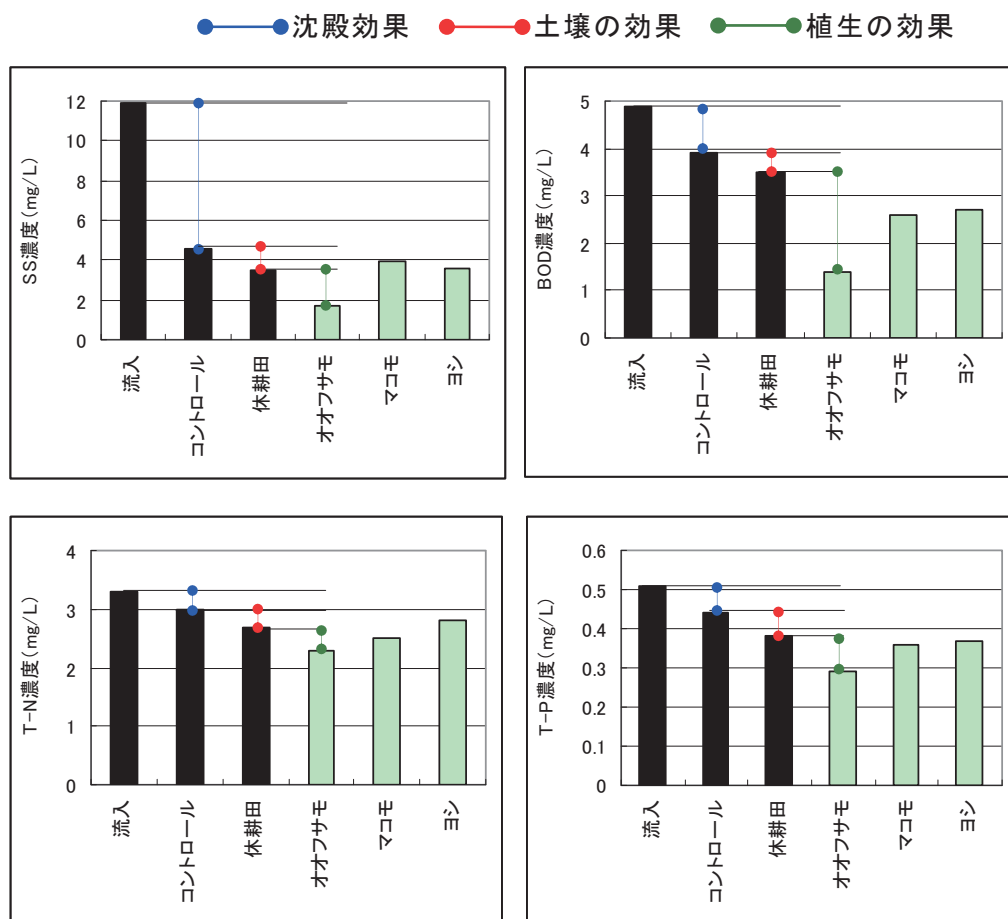
山王川での実験（事例 No. 18）では、図 1-2 に示した植生の有無（休耕田土壌）の比較実験を行っており、ここでは実験結果（図 1-7）から植生の効果を考察する。

i) ヨシ・マコモ（湿地法の表面流れ方式）

BOD に対する植生の効果が認められたが、SS に対する効果は認められない。すなわち、ここで示された BOD に対する植生の効果については、接触沈殿による効果は小さく、ヨシ等の水中部の茎に付着した微生物の生物反応による分解と考えられる。

ii) オオフサモ（水耕法の直接植栽方式）

窒素、リンに対する植生の効果がオオフサモでは認められる。後述の負荷収支算定期間（平成 10 年 3 月～平成 11 年 2 月）で植生の効果を算定すると窒素 13%、リン 15%となる。また、同期間の栄養塩吸収効果は窒素 10%、リン 9%である（図 2-4）。植生の効果から栄養塩吸収効果を差し引くと窒素 3%、リン 6%となり、この量はオオフサモの根茎による微細な懸濁成分のろ過や付着微生物の生物反応による分解と考えられる。



- *1 コントロール槽はゴムシート張り、植栽なし
- *2 休耕田槽は植栽なし、オオフサモ・マコモ・ヨシ槽は休耕田に植栽
- *3 実験諸元：水面積負荷 $0.58\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ 、水深 10cm、滞留時間 4 時間、
- *4 オオフサモ槽は水耕法・直接植栽方式、マコモ・ヨシ槽は湿地法・表面流れ方式
- *5 オオフサモは外来種（特定外来生物）である。
- *6 平成 10～11 年度データ

図 1-7 沈殿・土壌・植生の効果の比較（山王川実験）

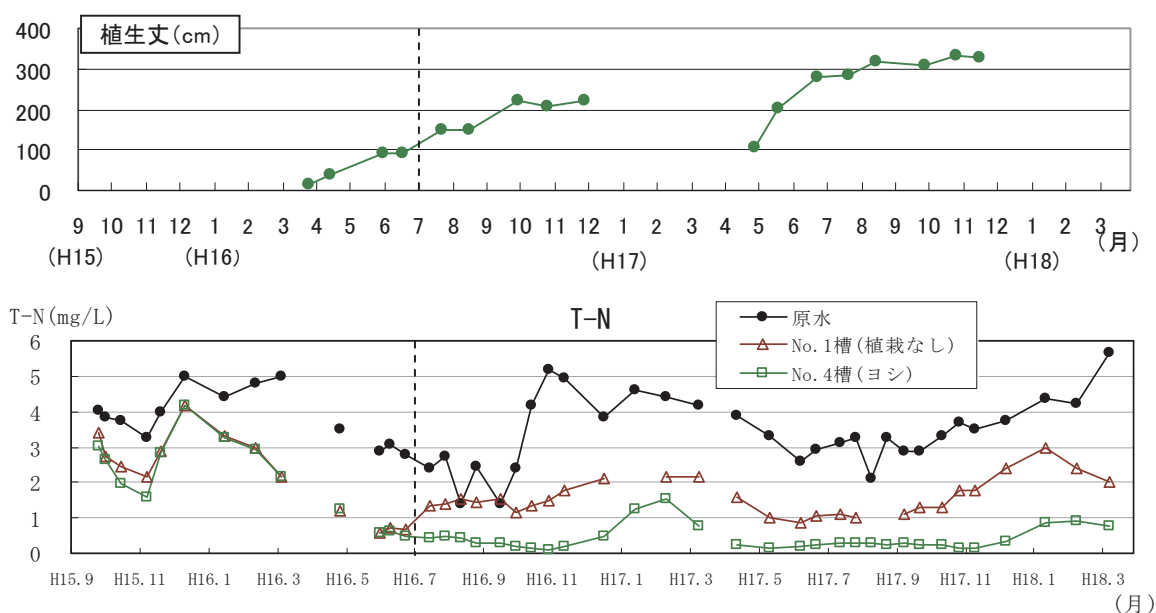
③地下部への酸素供給による硝化・脱窒の促進効果

抽水植物であるヨシは、冬季の立ち枯れ後も組織が硬く容易に分解しないこと、茎・地下茎を通して酸素を根に運ぶ能力があり、根の周辺で硝化・脱窒が促進される^{1),2)}。

山王川での実験（浸透流れ方式、黒ぼく土、水面積負荷 $0.19\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ 、事例 No. 19）では、ヨシ植栽の有無の比較実験を行った（図 1-8）。通水開始当初は、ヨシの有無での流出水質の差異は無いが、ヨシが生え揃った平成 16 年 7 月以降は、ヨシを植栽したほうが全窒素の流出水質が低く、植栽なしより浄化効果が高くなっている。

無機態窒素の浄化速度は、黒ぼく土・ヨシ植栽条件が $0.473\text{g}/\text{m}^2/\text{日}$ 、黒ぼく土・ヨシ植栽なし条件が $0.263\text{g}/\text{m}^2/\text{日}$ であり（後述の負荷収支算定期間である平成 16 年 9 月～平成 17 年 8 月、図 2-3）、その差 $0.210\text{g}/\text{m}^2/\text{日}$ がヨシの効果（栄養塩の吸収、付着微生物の生物反応及び硝化・脱窒の促進）と考えられる。このヨシの効果から栄養塩の吸収効果 $0.066\text{g}/\text{m}^2/\text{日}$ （同平成 16 年 9 月～平成 17 年 8 月）を差し引いた分を、単純にヨシの存在（酸素供給）による硝化・脱窒の促進効果と仮定すると、その値は $0.144\text{g}/\text{m}^2/\text{日}$ となる。

土壌の効果において述べたように、黒ぼく土・ヨシ植栽なし条件の無機態窒素の減少（ $0.263\text{g}/\text{m}^2/\text{日}$ ）をヨシなしの場合の脱窒量と仮定すると、ヨシの存在により脱窒量は 55% 増加することになる。



* 実験諸元：水面積負荷 $0.19\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ 、黒ぼく土

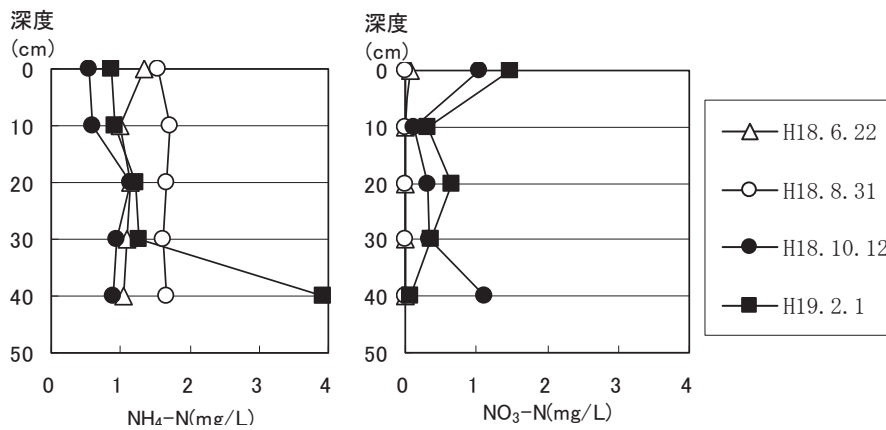
図 1-8 ヨシの有無による浄化効果の比較（山王川実験、浸透流れ方式）

ヨシ植栽による硝化・脱窒特性の違いを確認するために実施した季節別の間隙水窒素濃度の測定結果を図 1-9 に示す。流入原水の T-N 濃度は年平均で $3.5\text{mg}/\text{L}$ （約 $2\sim 6\text{mg}/\text{L}$ ）であり、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は $2\sim 3\text{mg}/\text{L}$ 前後、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度は冬期に高くなる（最大 $2\text{mg}/\text{L}$ 程度）。まず、硝化反応についてみる。ヨシ植栽（No. 4 槽）の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度は約 $0.5\text{mg}/\text{L}$ 以下の低濃度であり年間を通じて硝化が進行していると考えられる。一方、ヨシ植栽なし（No. 1 槽）では年間を通じて $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が約 $1\text{mg}/\text{L}$ 以上と高く、硝化の進行が不十分であると考えられる。

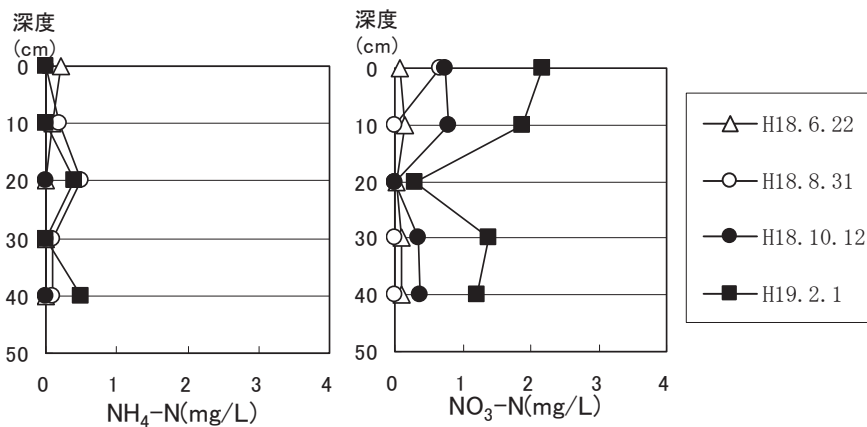
次に、脱窒反応についてみる。ヨシ植栽 (No. 4 槽)、ヨシ植栽なし (No. 1 槽) とともに、6 月と 8 月の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が低く (ほぼゼロ), 10 月と 2 月の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が高い傾向にあり、冬期には脱窒反応が低下している。

ヨシが存在することにより、地上部ヨシから根茎に輸送される酸素により、根の表面部分で硝化反応が生じ、その後、根周辺の嫌氣的な場所で脱窒すると考えられているが、山王川での実験のように有機物濃度が低い対象水では、水温低下する時期には、脱窒があまり進まないと考えられる。また、夏期の流入 D_0 濃度は 7mg/L 、冬期の流入 D_0 濃度は 10mg/L 程度であり、冬期に脱窒があまり進まない要因として、冬期に土壌中の D_0 濃度が若干高い可能性があることも考えられる。

[No. 1 槽, 黒ぼく土 (植栽なし), 水面積負荷 $0.19\text{m}^3/\text{m}^2/\text{day}$]



[No. 4 槽, 黒ぼく土・ヨシ, 水面積負荷 $0.19\text{m}^3/\text{m}^2/\text{day}$]



* 縦断方向 3 地点 (5m, 15m, 25m) の平均値

図 1-9 黒ぼく土槽の間隙水窒素濃度 (山王川実験、浸透流れ方式)

(4) 負の効果 (土壌、植物からの回帰)

稼働初期の休耕田土壌、腐敗した植物や内部生産物等の堆積物、嫌気化した底泥等からの栄養塩の溶出や懸濁物質の遊離・浮上による系への回帰があり、植生浄化施設全体としての浄化効果はこれら負の効果差し引いたものになる。

①稼働初期の休耕田土壌からの回帰

休耕田等の土壌を使用した場合には、以下の事例から、通水初期に COD 成分やリンが溶出する可能性がある。また、休耕田からの浸透水は植物体や土壌分解物の影響により TOC が上昇するとの報告もある³⁾。

- ・ 山王川実験 (湿地法の表面流れ方式、事例 No. 18) では、土壌のないコントロール槽と休耕田土壌槽の比較から、土壌からの COD 成分の溶出が推察され、休耕田に蓄積された難分解性の有機物が溶出したものと考えられた。
- ・ 河北潟生態系活用水質浄化施設 (事例 No. 11) は、レンコン畑に造成した流下距離 1,000m のヨシ原を利用した施設で、通水初期から COD の除去率のみがマイナス 10% 程度で推移し、2 年目以降はマイナスの程度が小さくなった。
- ・ 休耕田に自生したヨシ原を利用した城帰川の事例⁴⁾では図 1-10 に示すように、D-COD や PO_4-P がマイナスの除去率を示すとともに、滞留時間が長い程、よりマイナスの程度が大きくなった。
- ・ 諏訪湖のヨシを利用した事例⁵⁾では、流下距離 1,500m の施設で流下に従い溶解性の COD やリンが増加した。

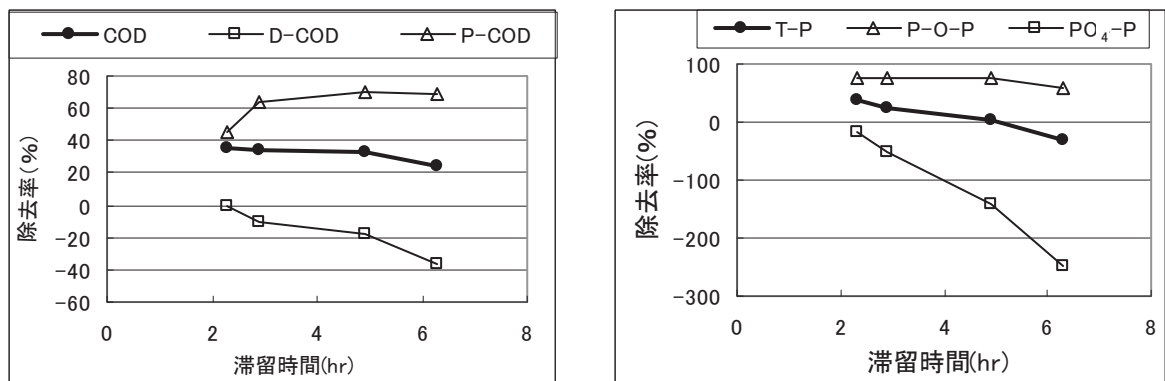


図 1-10 滞留時間と COD 及び T-P 除去率の関係 (城帰川)

②腐敗した植物等や嫌気化した底泥等からの回帰

施設の長期稼働に伴う、堆積物 (腐敗した植物、内部生産物及び流入 SS) の影響、底泥の嫌気化の影響により、有機物や栄養塩 (嫌気化の場合は特に PO_4-P) の溶出や懸濁物質の遊離・浮上が認められる場合がある。詳しくは、対策も含めて「IV. 植生浄化施設の計画と管理」において述べる。

参考文献

- 1) 細見正明・吉ヶ江隆廣・樫内孝信・須藤隆一 (1997) : 浚渫へドロを用いたウエットランドシステムの開発に関する基礎的実験 人工ヨシ湿地の創造, 用水と廃水, vol. 39, pp. 580～586
- 2) 須藤隆一 編集 (2000) : 環境修復のための生態工学, 講談社
- 3) 川西琢也・戸田任重・野村信博・田中高志・林良茂・小泉博・川島博之 (1998) : 湛水休耕田における炭素及び窒素収支, 環境科学会誌, Vol. 11, No.2, pp. 123～130
- 4) 川村實・樋口澄男・清水重徳 (1995) : アシ原による水質浄化, 長野県衛生公害研究所研究報告, No.18, pp. 32～37
- 5) 井上博貴・川滝千香・沖野外輝夫 (1994) : ヨシ群落による水質浄化実験, 日本陸水学会甲信越支部会報, No.20, pp. 43～44

2. 浄化機構の特徴

2-1 湿地法の表面流れ方式の浄化機構の特徴

湿地法の表面流れ方式の浄化機構のうち、窒素・リンの浄化については、植物の吸収効果は小さく、窒素は脱窒と底泥蓄積、リンは底泥・土壌蓄積(吸着が卓越)が主な浄化効果である。また、有機物の浄化については、付着微生物による分解も重要な効果として挙げられる。

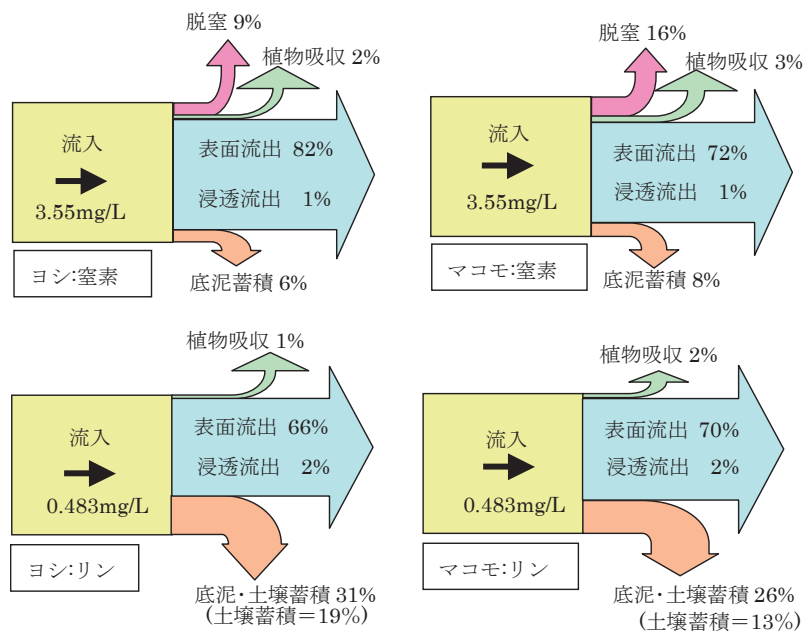
〔解説〕

表面流れ方式では、主に抽水植物（ヨシ、マコモ等）が用いられている。植物による窒素とリンの吸収は少なく、懸濁成分は物理沈降、溶解性の有機物は生物分解、窒素は生物学的硝化・脱窒、リンは土壌吸着・化学沈殿によるとされている¹⁾。

山王川での実験（表面流れ方式、ヨシ・マコモ）でも、以下に示すとおり同様な結果が得られている。また、表面流れビオトープ方式でも同様な浄化機構であると考えられる。

①ヨシ、マコモ

窒素・リンの負荷量収支における主な浄化効果は、窒素については脱窒と底泥・土壌蓄積（合計 20%程度）、リンについては底泥・土壌蓄積(吸着が卓越、30%程度)である。また、窒素、リンともに植物吸収は小さい（1%~3%）。なお、BODの浄化効果は、植物体に付着した微生物による分解効果が大きく、浄化効果は約 20%であることが推定された（図 1-7）。

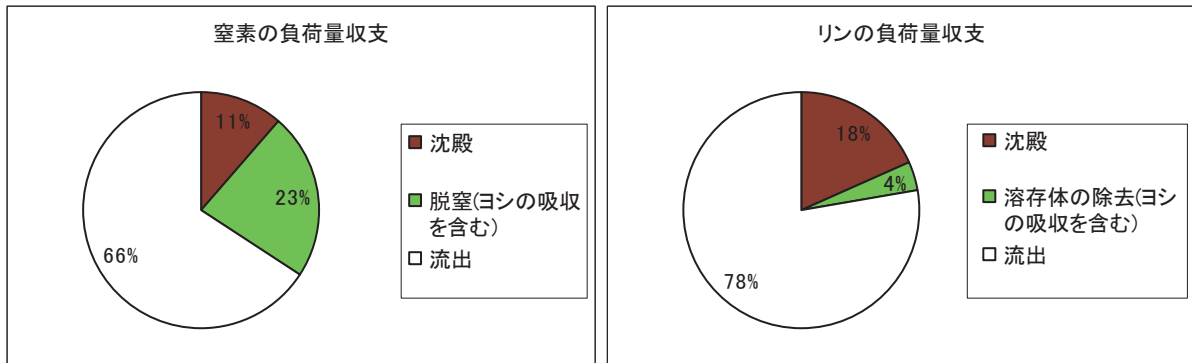


- *1 脱窒は無機態窒素の減少量より算出
窒素・リンの底泥・土壌蓄積は流入負荷量から流出負荷、植物吸収、脱窒を差し引き算出
底泥とは植生基材（土壌）上の懸濁物質の堆積物、土壌は稼動開始時の植生基材である
- *2 実験期間：平成 10 年 3 月 1 日～平成 11 年 2 月 28 日(1 年間)
- *3 実験条件：水面積負荷：0.58m³/m²/日、水深：10cm

図 2-1 負荷量収支（山王川実験、表面流れ方式）

②ヨシ

土木研究所が実施した実験（昭和 57 年～61 年）²⁾では、窒素の負荷量収支のうち沈殿が 11%、脱窒（ヨシの吸収を含む）が 23%である。また、リンの負荷量収支のうち沈殿が 18%、溶解成分の除去（ヨシの吸収を含む）が 4%である。



* 48 時間の連続水質調査から算定

図 2-2 負荷量収支(土木研究所による山王川での実験、表面流れ方式)

参考文献

- 1) 細見正明(1994)：特集 湿地と干潟による浄化と保全 ヨシ人工湿地による水質浄化法，用水と廃水，Vol.36，No.1，pp.40～43
- 2) 中村栄一・森田弘昭（1987）：低湿地浄化に関する調査，土木研究所資料，第2480号

2-2 湿地法の浸透流れ方式の浄化機構の特徴

湿地法の浸透流れ方式の浄化機構は、使用する植生基材で機能する効果が異なる。黒ぼく土を利用した場合には、表面流れ方式に比べ窒素の脱窒と底泥蓄積、リンの土壌吸着の効果はさらに大きくなる。礫を利用した場合には、表面流れ方式と同程度の効果である。

〔解説〕

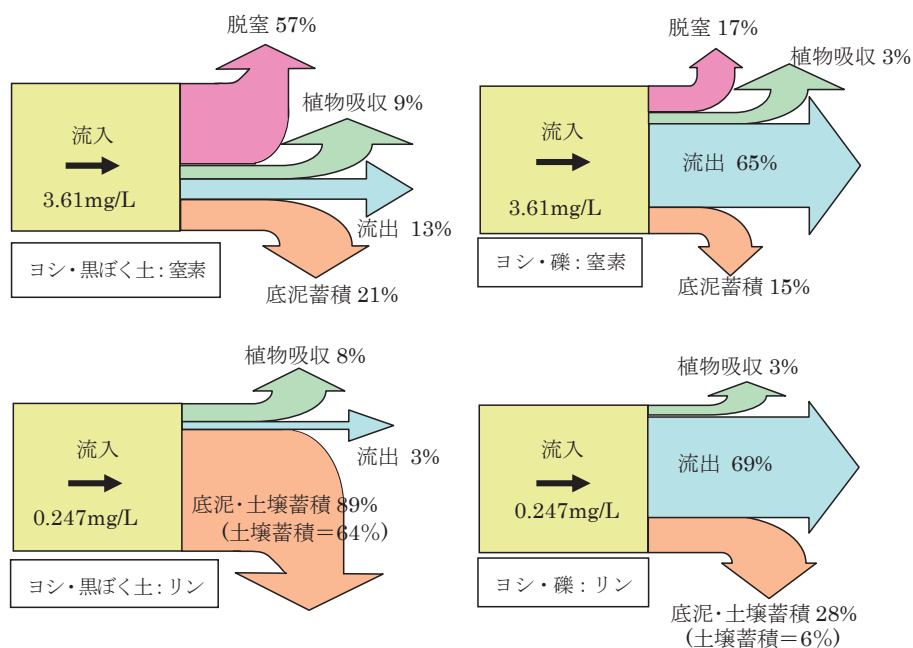
浸透流れ方式では、主にヨシが用いられている。山王川での実験（浸透流れ方式）において、ヨシを用いた場合の負荷量収支を以下に示す。

①黒ぼく土・ヨシ

主な浄化効果は、窒素については脱窒（57%）と底泥蓄積（21%）であり、リンについては底泥・土壌蓄積（吸着が卓越、89%）である。これらの浄化効果は、表面流れ方式より大きく、ヨシの地下部への酸素供給による硝化・脱窒の促進効果と土壌のろ過効果（リンは土壌吸着）によるものと考えられる。

②礫・ヨシ

黒ぼく土と比較して、窒素・リンの浄化効果はかなり小さく、表面流れ方式と同程度である。



- * 1 脱窒は無機態窒素の減少量より算出
窒素・リンの底泥・土壌蓄積は流入負荷量から流出負荷、植物吸収、脱窒を差し引き算出
底泥とは植生基材（土壌）上の懸濁物質の堆積物、土壌は稼動開始時の植生基材である
- * 2 実験期間：平成16年9月1日～平成17年8月31日(1年間)
- * 3 実験諸元：水面積負荷：黒ぼく土 0.19m³/m²/日、礫 0.58 m³/m²/日

図2-3 負荷量収支（山王川実験、浸透流れ方式）

2-3 水耕法の直接植栽方式の浄化機構の特徴

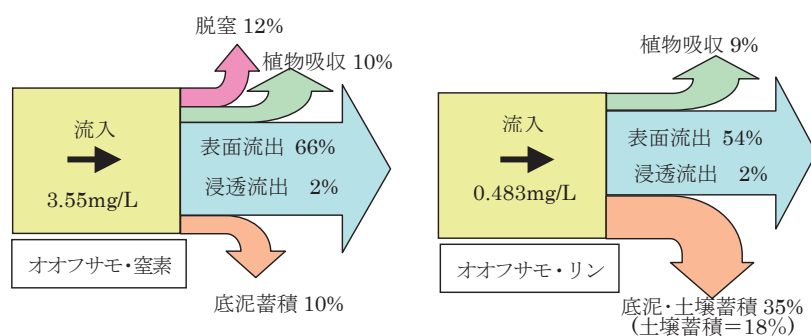
水耕法の直接植栽方式の浄化機構は、窒素の脱窒や底泥蓄積、リンの底泥・土壌蓄積に加え、植物の吸収効果が比較的大きい。

また、水中に密生した根茎によるろ過効果や、根茎に付着した微生物の生物反応による効果も大きいと考えられる。

〔解説〕

水耕法では広義の抽水植物（クレソン、オオフサモ、セリ等）、花卉が用いられる。オオフサモの浄化機構は、水中からの栄養塩の吸収と、水中の根に付着した微生物による分解が主で、クレソンも同様とされている¹⁾。

山王川での実験（直接植栽方式）では植物吸収が窒素とリンともに約10%で、全体の浄化効果に占める割合が表面流れ方式に比べて高くなっている（図2-4）。また、同実験では植生の効果として、SS除去率が15%、BOD除去率が43%あり（図1-7）、水中に密生した根茎によるろ過効果や、根茎に付着した微生物の生物反応によるものと考えられる。



- *1 脱窒は無機態窒素の減少量より算出
窒素・リンの底泥・土壌蓄積は流入負荷量から流出負荷、植物吸収、脱窒を差し引き算出
底泥とは植生基材（土壌）上の懸濁物質の堆積物、土壌は稼動開始時の植生基材である
- *2 実験期間：平成10年3月1日～平成11年2月28日(1年間)
- *3 実験条件：水面積負荷：0.58m³/m²/日、水深：10cm

図2-4 負荷量収支（山王川での実験、直接植栽方式）

参考文献

- 1) 桜井善雄(1998)：水辺の緑化による水質浄化，公害と対策，Vol. 24, No.9, pp. 899～909

3. 植生のその他の機能

植生には、直接的な浄化機能以外にも、浄化機構をサポートする機能がある。具体的には、風の減衰機能（底泥の巻き上げ抑制）、遮光機能（植物プランクトンの発生抑制）、整流機能（短絡流の防止）が挙げられる。

〔解説〕

ヨシ原が浄化環境を整える機能として以下のものがある。なお、以下の機能は植生浄化に用いられる植物全般に認められる。

- ①風の減衰機能：風を減衰させ、底泥の巻き上げを抑制する。¹⁾
- ②遮光機能：日照を妨げ、植物プランクトンの発生を抑制する。¹⁾
- ③整流機能：水の流れを一様にし、短絡流を防止する。¹⁾

以下に、山王川での実験（表面流れ方式）において確認された効果を示す。

①風の減衰機能による底泥巻き上げ抑制効果

植生がない休耕田槽に比べ植生槽では、流出水のSSが高くなる頻度が少なかった。植生槽では風が減衰され底泥の巻き上げが抑制されたものと考えられる。

②遮光機能による植物プランクトン発生の抑制効果

植生がない休耕田槽内のクロロフィルaは流入水と比較して高いが、植栽槽内（オオフサモ、ヨシ）のクロロフィルaは流入水以下であり（図3-1）、植栽槽内では植物プランクトンの発生が抑制されていると考えられる。なお、オオフサモの植栽槽はクロロフィルaが非常に低く、ろ過効果が大きいと考えられる。

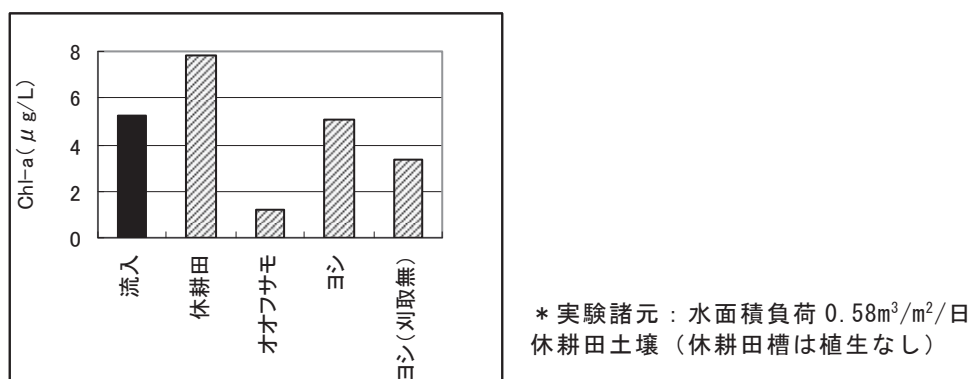
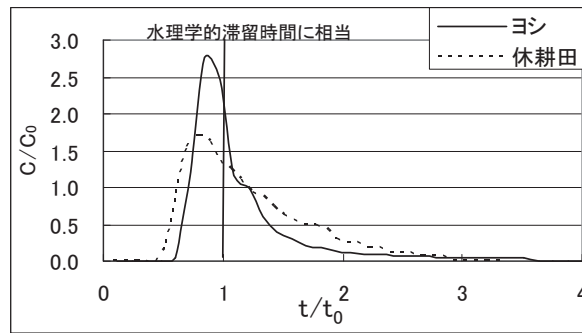


図3-1 浄化施設内のクロロフィルaの状況（山王川実験、表面流れ方式）

③整流機能による短絡流の防止効果

表面流れではヨシ槽の流出のピーク時間は、植生のない休耕田槽に比べ遅くなり（図3-2）、実滞留時間が長くなっている。ヨシ槽は植生のない休耕田槽に比べ、流出ピーク時間が水理滞留時間（ $t/t_0 = 1$ ）により近くなり、押し出し流れにより近くなっていると考えられる。



t/t_0 : トレーサー投入後の時間÷水理的滞留時間
 C/C_0 : 時間毎の流出のトレーサー濃度÷完全混合とした場合の濃度
 * 実験諸元 : 水面積負荷 $0.58\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ 、休耕田土壌 (休耕田槽は植生なし)

図 3-2 トレーサー調査における滞留時間の比較 (山王川での実験、表面流れ方式)

参考文献

- 1) 中村栄一・森田弘昭(1987) : 低湿地浄化 に関する調査, 土木研究所資料, 第 2480 号

IV . 植生浄化施設の計画と管理

IV. 植生浄化施設の計画と管理

1. 用語の定義

①除去率

浄化施設の浄化効果を示し、施設の流入水質と流出水質から計算できる。

$$\text{除去率 (\%)} = \frac{\text{流入水質 (mg/L)} - \text{流出水質 (mg/L)}}{\text{流入水質 (mg/L)}} \times 100$$

②水面積負荷

1日当たり単位面積当たりの処理水量(m³/m²/日)である。

$$\text{水面積負荷 (m}^3\text{/m}^2\text{/日)} = \frac{\text{流入水量 (m}^3\text{/日)}}{\text{水面積 (m}^2\text{)}}$$

③水理学的滞留時間

浄化施設に流入した水が流出するまでに要する時間を槽容量と流入水量から求めるものである。施設の計画・設計に一般に用いられる滞留時間である。

$$\text{滞留時間 (日)} = \frac{\text{槽容量 (m}^3\text{)}}{\text{流入水量 (m}^3\text{/日)}}$$

④実滞留時間

トレーサーの流出時間から求められる実際の滞留時間である。施設内に止水域や短絡がある場合には水理学的滞留時間より短くなる。

⑤負荷速度

1日当たり単位面積当たりの汚濁物質の負荷量を示し、面積負荷ともいう。

$$\text{負荷速度 (g/m}^2\text{/日)} = \text{水面積負荷 (m}^3\text{/m}^2\text{/日)} \times \text{流入水質 (g/m}^3\text{)}$$

⑥浄化速度

1日当たり単位面積当たりの汚濁物質の浄化量を示し、除去速度ともいう。

$$\text{浄化速度 (g/m}^2\text{/日)} = \text{水面積負荷 (m}^3\text{/m}^2\text{/日)} \times (\text{流入水質 (g/m}^3\text{)} - \text{流出水質 (g/m}^3\text{)})$$

2. 植生浄化法の選定

2-1 浄化方式の選定

植生浄化施設の浄化方式は、①施設の目的、②処理対象水の性質、③用地の制限、④建設コスト及び運転・維持管理コスト等を考慮して選定する必要がある。また、浄化方式の長所を組み合わせたハイブリッド方式も有効な場合がある。

〔解説〕

(1) 浄化方式の選定に際して考慮すべき事項

浄化方式の選定に際して考慮すべき基本事項は以下のとおりである。また、考慮すべき事項に対する各浄化方式の特性や課題を表2-1に示す。

①施設の目的

水質浄化については、BODの除去を主な目的とする場合と、下流の閉鎖性水域の水質保全を目的に窒素・リンを除去する場合に大きく分けて考える。また、浄化施設自体が生物の生息・生育の場となり、環境に対する教育・啓発や景観の形成に資することもできる。また、バイオマス等の有効利用により、資源循環型水環境改善システムの構築が可能である。

②処理対象水の性質

主に考慮すべき水質項目として、SS、有機物(BOD)、窒素及びリンがある。このうちSSについては、維持管理の観点からシルト・粘土に起因した無機性のものか、有機性のものかを明らかにしておくことが大切である。

③用地の制限

浄化方式により、用地面積、土地の高低差、水面利用、河川管理者や漁業権者との調整(水面利用の場合)等、考慮すべき事項が異なるので注意が必要である。

④建設コスト及び運転・維持管理コスト

本資料では、土木構造物(水路等)や機械電気設備(ポンプ等)の管理、水位管理等、施設の運転に必要な作業を「運転管理」といい、植生の維持管理(刈り取り、ヨシ焼き、間引き、侵入した外来種駆除等)、底泥の維持管理(堆積物除去、干し上げ等)、水質・底質調査等、浄化効果の持続に必要な作業を「維持管理」という。

建設コスト及び運転・維持管理コストを低減させる工夫として、ヨシ原等の自生地や休耕田の利用、自然流下方式による取水、ハイブリッド方式の導入等が挙げられる。植生浄化施設はメンテナンス・フリーというイメージがあるが、長期的に浄化機能を保つためには、これまでの経験から必要最低限の維持管理が必要であると考えられ、積極的に地域住民と協働して維持管理することが望まれる。また、維持管理の実施頻度を極力少なくし、数10年の運用の後、植生浄化施設を自然湿地に回帰させるという考え方もある。

⑤ハイブリッド方式

植生浄化施設の課題として、長期稼働による底泥堆積やリン除去率の低下が挙げられる。

これらの課題に対して、ハイブリッド方式の導入が有効な場合があり、以下のような浄化方式の組み合わせが考えられる。なお、ハイブリッド方式の詳細は、「6. ハイブリッド方式の設計の考え方」に記述している。

i) 沈殿池＋湿地法の表面流れ方式

湿地法の表面流れ方式では、流入 SS 濃度が高い場合に長期稼動により流入 SS 由来の底泥が堆積して、施設容量の減少（滞留時間の短縮）、有機性底泥による嫌気化及び栄養塩の溶出等が維持管理の課題となる。この場合、表面流れ方式の前に沈殿池を設置して、あらかじめ流入 SS を沈殿・除去することが有効な方策となる。

ii) 沈殿池/表面流れ方式＋湿地法の浸透流れ方式（黒ぼく土）

黒ぼく土を用いた浸透流れ方式では、長期稼動により流入 SS（シルト・粘土由来の無機性）による目詰まりが発生しやすい。この場合、浸透流れ方式の前に沈殿池や表面流れ方式を設置し、あらかじめ流入 SS を沈殿・除去することで、長期的に安定した透水性と浄化効果が得られる。

iii) 湿地法の浸透流れ方式（礫）＋リン吸着槽

砂礫を用いた浸透流れ方式は、大きな水面積負荷でも処理でき、ろ過効果に伴う SS や BOD の浄化効果が大きい。リンの浄化効果が低い。リン吸着槽（リン吸着材を充填した槽）を浸透流れ方式の後段に設置することで、高度なリン浄化が可能となる。このハイブリッド方式は山王川での実験で実証されている（補足資料 3 参照）。

【参考：黒ぼく土】

黒ぼく土は火山灰土を起源とする腐植土の一種であり、黒色をしている。日本では黒ぼく土は一般的な土壌である。黒ぼく土は多量の有機物を Al（一部 Fe）との腐植複合体として貯めており、その有機物のため土壌の団粒構造が発達し安定的であるため水はけも良く保水性にも優れている。黒ぼく土のリン酸吸収係数は、土壌 100g あたりリン酸 (P_2O_5) 1,500～2,500mg の値の範囲が普通であり、黒ぼく土以外の土壌では高くても 700～800mg 程度以下の値を示すものが大部分である。

（参考文献） 久馬一剛（2005）：土とはなんだろうか？、京都大学学術出版会

表2-1 浄化方式の選定に際して考慮すべき事項／各浄化方式の特性・課題

浄化方式	考慮すべき事項		施設の目的						処理対象水の性質		高負荷への適用性	用地の制限等	主な維持管理	ハイブリッド方式		
	窒素除去	リン除去	BOD除去	ビオトープ形成／環境学習	景観	SS多	有機物多									
湿地法	表面流れ方式	△	○	○	○	○	○	○	△	○	△	嫌気化	○	比較的広大な面積が必要	底泥除去・刈り取り・ヨシ焼き	高SSの場合は沈殿池を前置
	表面流れ ビオトープ方式	○	○	△	◎	○	◎	○	○	◎	○	○	○	植生管理(密度、外来種駆除)	植生管理(密度、外来種駆除)	
		浸透流れ方式	◎	◎	◎	-	-	×	×	×	×	△	×	△	干し上げ(浸透性・嫌気化回復)	干し上げ(浸透性・嫌気化回復)
	礫		○	×	◎	-	-	△	△	△	△	△	△	○	目詰まり後の掘り起こし	目詰まり後の掘り起こし
浮標植物法	処理槽方式	△	○	△	-	-	○	△	△	○	△	△	○	河川管理者・漁業者との調整が必要	底泥除去・植生管理(外来種除去)	
	水面利用方式	△	△	×	-	-	-	-	-	-	-	-	-	河川管理者・漁業者との調整が必要	植生管理(外来種除去)	
水耕法	直接植栽方式	△	○	◎	-	-	◎	○	◎	○	△	△	○	河川管理者・漁業者との調整が必要	底泥除去・植生管理(密度、外来種除去)	
	特殊基材方式	△	○	△	-	-	×	○	×	×	×	×	○	河川管理者・漁業者との調整が必要	同上	基材にリン吸着材を利用(目詰まりの可能性有)
	浮体方式	△	△	×	-	-	○	○	○	○	△	△	-	同上	同上	

◎：非常に適している、○：適している、△：あまり適していない、×：適していない、-：制限なし又は対象としない

(2) 浄化方式の選定フロー

浄化方式の選定フローを図2-1に示す。なお、実用性を考慮し、浮漂植物法と水耕法（特殊基材方式）は対象外としている。また、建設費及び運転・維持管理費については別途検討するものとし、ここでは考慮していない。

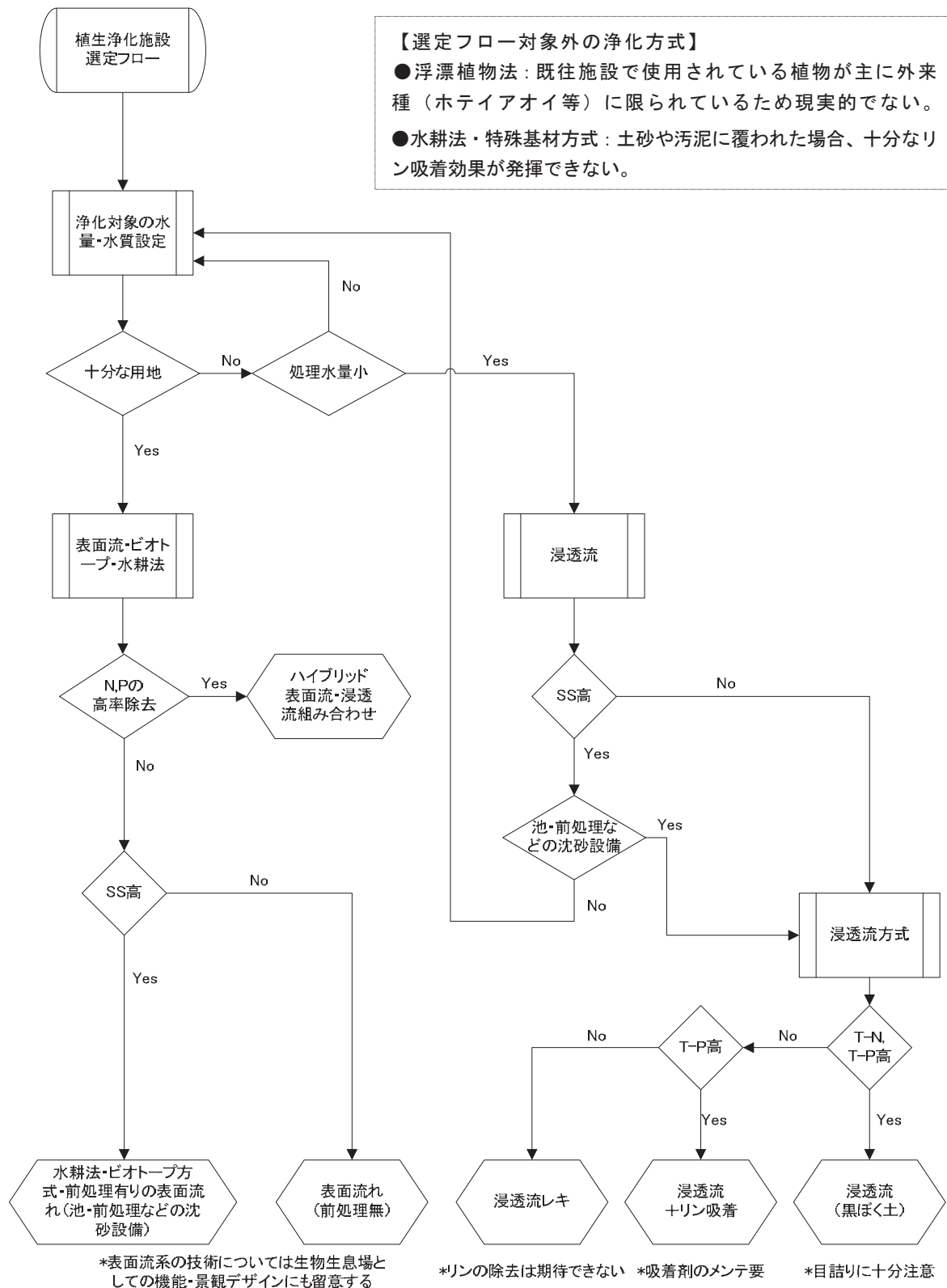


図 2-1 植生浄化施設の浄化方式の選定フロー

(3) 浄化方式の選定検討例

ここでは、植生浄化施設の基本計画段階の参考とするため、浄化方式選定に必要な基本情報及びコストの算定例を示す。なお、実施段階の計画を作成する場合には、前述の(1)と(2)の内容及び3章～9章の内容を十分に考慮して、詳細に検討する必要がある。

①浄化方式選定に必要な基本情報

各浄化方式の水面積負荷、建設コスト、運転・維持管理コスト、除去率の目安を表2-2に示す。

表2-2 各浄化方式の水面積負荷、単位面積あたりコスト、除去率の目安

浄化方式	水面積負荷(目安) (m ³ /m ² /日)	建設費単価(概算) (千円/m ²)	運転・維持管理費単価 (概算)(千円/m ² /年)	除去率の目安(%)				
				SS	BOD	T-N	T-KN	T-P
1.湿地法表面流れ方式	0.3-0.6	12.0	0.34	70	30	15	30	30
2.水耕法直接植栽方式	0.6-1.2	12.0	1.00	70	60	20	20	25
3.湿地法浸透流れ方式 (黒ぼく土)	0.2-0.6	20.0	1.20	80	85	85	75	90
4.湿地法浸透流れ方式 (礫)	0.6-1.2	20.0	1.20	90	80	25	60	0
5.湿地法浸透流れ方式 (礫)+リン吸着槽	0.6-1.2	20.0	1.30	90	80	25	60	75
6.湿地法表面流れ ビオトープ方式(沈殿池)	0.5-2.0	11.0	0.34	30	10	30	10	25

※1. 建設費は土木工事費と植栽費であり、ポンプ設備・取水施設の導水路等は含まない。ヨシ原等の自生地や休耕田を利用する場合には建設費用は低減できる。

※2. 運転・維持管理費の内訳

施設点検：年12人日（但し、浸透流れは年24人日）

リン吸着槽の交換：リン吸着槽がある場合（黒ぼく土を想定）

浸透流れ槽の基材の交換：10年に1回交換

植生管理：年1回（但し、水耕法は年2回）

底泥管理：5年に1回（但し、水耕法は年1回）

※3. は除去率50%以上を表す。

※4. 特に浸透流れ方式においては、SSが10mg/L以上の場合は、予め沈殿池や表面流れ方式でSSを除去することが望ましい。

②コストの算定例

表2-2をもとに、処理水量 $0.1\text{m}^3/\text{s}$ ($8,640\text{m}^3/\text{日}$) とした場合の施設面積と概算コスト（建設費及び運転・維持管理費）の算定例を表2-3に示す。

表2-3 各浄化方式の施設面積と概算コスト（処理水量 $0.1\text{m}^3/\text{s}$ ）

浄化方式	施設面積 (m^2)	建設費 (億円)	運転・維持管理費 (万円/年)	除去率の目安(%)				
				SS	BOD	T-N	T-KN	T-P
1.湿地法表面流れ方式	19,200	2.3	653	70	30	15	30	30
2.水耕法直接植栽方式	9,600	1.2	960	70	60	20	20	25
3.湿地法浸透流れ方式 (黒ぼく土)	21,600	4.3	2,592	80	85	85	75	90
4.湿地法浸透流れ方式 (礫)	9,600	1.9	1,152	90	80	25	60	0
5.湿地法浸透流れ方式 (礫)+リン吸着槽	9,600	1.9	1,248	90	80	25	60	75
6.湿地法表面流れ ビオトープ方式(沈殿池)	6,912	0.8	235	30	10	30	10	25

※1. 水面積負荷は表2-2の平均値を使用

※2. 施設面積 (m^2) = 処理水量 ($\text{m}^3/\text{日}$) \div 水面積負荷 ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$)

※3. 建設費 (億円) : 建設費単価 (千円/ m^2) \times 施設面積 (m^2) \div 100,000

建設費は土木工事費と植栽費であり、ポンプ設備・取水施設の導水路等は含まない。

※4. 運転・維持管理費 (万円/年) : 単価 (千円/ $\text{m}^2/\text{年}$) \times 施設面積 (m^2) \div 10

2-2 植物の選定

植生浄化に利用する植物は、原則、在来種を用いることとし、浄化方式、植物の生長特性（窒素・リンの現存量、吸収速度）、浄化以外の目的（ビオトープ、景観等）及び地域特性等を考慮して選定する。特定外来生物は用いてはならない。その他の外来種についても繁殖面積が拡大する種は原則的には用いるべきではない。

湿地法ではヨシ等の抽水植物が用いられ、植物の効果として、栄養塩吸収、水中部の茎による接触沈殿、水中の茎部に付着した微生物による有機物の分解、窒素の硝化・脱窒作用の促進が期待できるほか、基材が土壌の場合には芽吹きによる浸透性の維持回復効果がある。

植物の除去（収穫等）により窒素・リンの浄化を考える場合、窒素・リンの現存量や吸収速度の季節変化を考慮して除去（収穫等）の時期や頻度を定める必要がある。特に、ヨシについては、生長期（春期～秋期）に地上部に蓄積された窒素・リンが枯死期（冬期）には地下茎と根に移行するという特性も考慮する必要がある。

一方、植物の除去（収穫等）による浄化を主とせず、通年の浄化効果を期待する場合は、湿地法では立ち枯れ後も組織が硬く容易に腐敗しないヨシが望ましく、水耕法では越冬可能な植物が有利である。

〔解説〕

（1）浄化方式による植物の選定と外来種の取り扱いについて

各浄化方式で利用されている植物の事例を表2-4に示す。既往事例では、外来種を利用している場合が少なくない。特に、浮標植物法や水耕法の多くの事例は、ホテイアオイ、オオフサモ等の外来種を利用している。今後の施設計画に際しては、植生浄化に用いる植物が近隣の環境に与える影響を考慮し、植物を選定する必要がある。なお、特定外来生物は用いてはならない。植生浄化で使用されている外来種を表2-5に示す。

表2-4 植生浄化方式別の利用植物（事例）

浄化方式		利用植物（事例）		
		植物分類	在来種	外来種
湿地法	表面流れ方式	抽水植物	ヨシ、マコモ、ガマ、ショウブ、ハナショウブ等	キショウブ
		(抽水性)	飼料イネ	
	表面流れビオトープ方式	抽水植物	ヨシ、マコモ、ガマ、ショウブ、ハナショウブ等	
	浸透流れ方式	抽水植物	ヨシ等	
浮標植物法	処理槽方式	浮標植物	ウキクサ	ホテイアオイ
	水面利用方式			
水耕法	直接植栽方式	広義の抽水植物	セリ	クレソン、オオフサモ
		その他	花卉等	
	特殊基材方式	広義の抽水植物		クレソン
		その他	花卉等	ケナフ、シュロガヤツリ
浮体方式	その他	花卉等		

*1 太い文字の植物は利用事例が多いものである。

*2 通気組織を持つ抽水植物は有機汚濁のはげしい立地にも適応できる¹⁾

表 2-5 植生浄化で使用されている外来種

分類	外来種名
抽水植物	キシウブ
広義の抽水植物	オオフサモ、クレソン（オランダガラシ）
浮標植物	ウォーターレタス（ボタンウキクサ）、ホテイアオイ
沈水植物	オオサンショウモ、オオカナダモ、コカナダモ、ハゴロモモ
その他	ケナフ、シュロガヤツリ

- *1 外来生物法（特定外来生物による生態系等に関する被害の防止に関する法律）を参考
 太字四角囲み：特定外来生物（飼養や輸入等が規制されている生物）
 太字：要注意外来生物（規制は無いが、取り扱いに注意すべき生物）
 文字飾りなし：その他の外来生物（規制は無く、特定外来生物・要注意外来生物に指定されていない外来生物）
- *2 ケナフ、シュロガヤツリは水質浄化効果が高いとされている。

（2）植物の生長特性を考慮した植物の選定

植物の主な生長特性パラメータを以下に示す。生長特性パラメータは生長期、枯死期等の期別の特性を把握することが望ましい。さらに、植物の刈り取りにより栄養塩の除去を考える場合には、部位別（茎部、根部）の特性を把握することが望ましい。

①栄養塩（N, P）の含有量（%）

植物別の栄養塩含有量（バイオマス乾体当たり）を表 2-7 に示す。窒素は 1%～5% 程度、リンは 0.1%～1% 程度である。なお、同じ植物でも幅を持った値となっており、季節、土壌及び地域等の生育条件の違いによるものと考えられる。

②栄養塩（N, P）の吸収速度 [g/m²/日]

栄養塩の吸収速度は、単位面積当たり、1 日当たりに植物が吸収する栄養塩の量であり、以下の式から求まる。

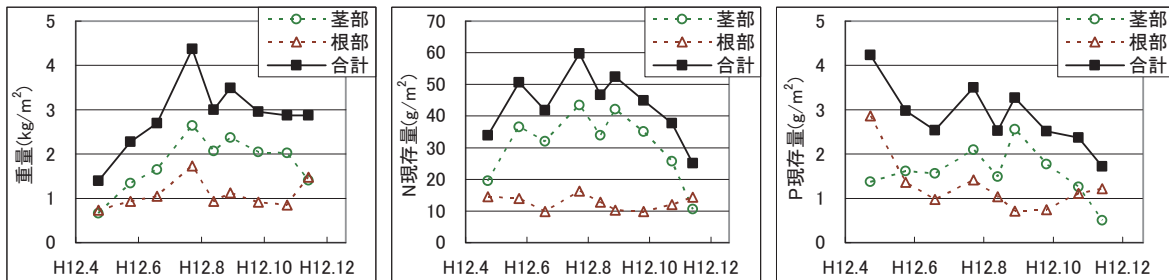
$$\text{栄養塩の吸収速度 [g/m}^2\text{/日]} = \Delta (\text{バイオマス量 [g/m}^2\text{]} \times \text{含有率 [\%]} / 100) \div \text{評価期間 (日)}$$

N, P の吸収速度の文献値と山王川での実験値を表 2-7 に示す。同じ植物でも、吸収速度が異なっているが、その要因として評価期間、土壌及び地域等の生育条件、植物の除去（収穫等）の頻度が考えられる。

③ バイオマス量 [kg/m²] 及び栄養塩の現存量 [g/m²]

一般に、バイオマス量（乾重量）は最生長期に大きく増加し、その後、平衡状態、または枯死等による減少に転じる。山王川でのヨシのバイオマス量の測定例では、4月から直線的に増加し7月末に最大となり、その後徐々に枯死し減少した。

一方、栄養塩現存量の経月変化は、バイオマス量と若干異なり、リンについては生長初期の5月（最初の測定）に最大値を示し、その後生長に従い減少した。



* 実験諸元：水面積負荷 0.58m³/m²/日、休耕田土壌

図 2-2 ヨシのバイオマス量（乾重量）と栄養塩現存量（山王川実験、表面流れ方式）

全国でのヨシ原での測定事例は表 2-6 に示すとおりであり、地域によりかなり異なった値となっている。

表 2-6 ヨシのバイオマス量（乾重量）と栄養塩現存量 [地上部（茎部）]

測定事例	バイオマス量		栄養塩現存量 (6~10月)		茎の本数 [本/m ²]
	最大時期	乾重量 [kg/m ²]	窒素 [g/m ²]	リン [g/m ²]	
山王川での実験	7月末	2.6	約30~約40	約1.5~約2.5	120~150
鳥取県の休耕田 ²⁾	6月末	2.7	約30	約1.0~約2.0	100~150
霞ヶ浦江戸崎の水草帯 ³⁾	7月末	0.8	最大12	最大0.5	23
琵琶湖岸のヨシ ⁴⁾	7月末~8月	0.73	—	—	25~100

表 2-7 植生浄化に用いられる植物の主な生長パラメータ

分類	植物名	バイオマス乾体当たりの含有量(%)		吸収速度(g/m ² /day)				
		N	P	文献値		山王川(実験値)		
				N	P	N	P	刈取り・間引きの時期
①抽水植物	ヨシ ^{5), 6)} <i>Phragmites australis</i>	0.8~3.5	0.1~0.4	0.269	0.027	0.034 ~ 0.157	0.001~0.010	年1回秋に刈取り (n=10)
	マコモ ⁶⁾ <i>Zizania latifolia</i>	0.8~2.8	0.1~0.5	0.49	0.104	0.141	0.013	年1回夏に刈取り (n=1)
	0.056					0.006	夏に刈取り後 秋に刈取り (n=1)	
	0.062 ~ 0.096					0.004~0.010	年1回秋に刈取り (n=4)	
	ヒメガマ ³⁾ <i>Typha angustifolia</i>	0.9~2.4	0.1~0.3					
	ガマ ^{5), 6)} <i>Typha latifolia</i>	1.0~2.0	0.1~0.3	0.61	0.107			
	ハス ^{5), 6)} <i>Nelumbo nucifera</i>	3.0~5.0	0.3~0.4	0.45	0.1			
フトイ ^{1), 6)} <i>Scirpus tabernaemontani Gmel</i>	2.0~3.0	0.3~0.5	0.416	0.016				
②広義の抽出植物	ケレソン ^{1), 5), 6)} <i>Rorippa nasturtiumaquaticum</i>	2.5~5.1	0.3~0.8	0.669	0.42			
	オオフサモ ⁷⁾ <i>Myriophyllum brasiliense</i>	1.5~3.7	0.1~0.9			0.478	0.081	3~6月の低密度からの生長 (n=1)
	0.365					0.063	7~8月の低密度からの生長 (n=1)	
	0.2					0.034	9~10月の低密度からの生長	
0.039	0.016					11~翌3月の高密度越冬時の生長 (n=1)		
③浮漂植物	ホテイアオイ ^{5), 6)} <i>Eichhornia crassipes</i>	2.1~4.0	0.4~0.9	1.104	0.205	0.787	0.079	6月の低密度からの生長 (n=1)
	0.425					0.056	7~8月の低密度からの生長 (n=1)	
	0.562					0.125	9~10月の低密度からの生長	
	ウキクサ ⁵⁾ <i>Spirodela polyrhiza</i>	2.8~4.6	0.3~0.5	0.24	0.059			
④浮葉植物	ヒシ ^{1), 5), 6)} <i>Trapa japonica</i>	1.2~4.0	0.1~0.7	0.363	0.1			
	アサザ ^{1), 5), 6)} <i>Nymphaeoides peltata</i>	3.0~3.9	0.3~0.4	0.5	0.1			
⑤沈水植物	オオカナダモ ^{5), 8)} <i>Egeria densa</i>	2.0~4.1	0.3~0.8	0.342	0.182			
	ホトケシザメ ⁶⁾ <i>Myriophyllum spicatum L</i>	2.5~2.9	0.3~0.4					
	ハゴロモモ ⁸⁾ <i>Cabomba caroliniana A. Gray</i>	2.4~3.3	0.3~0.7					

⑥その他	シュロガヤツリ ⁹⁾ <i>Cyperus alternifolius</i>	1	0.6	0.108	0.024		
	スイートピー ¹⁰⁾ <i>Lathyrus odoratus</i>	4.8	0.6				
	ケナフ ¹¹⁾ <i>Hibiscus cannabinus</i>			1.2	0.18		
	ユリウス・デージー ¹¹⁾ <i>Euryops pectinatus</i>			1.7	0.5		
	デージー ¹⁰⁾ <i>Bellis perennis</i>	3.9	0.4				

■ : 外来種

- *1 バイオマス乾体当たりの含有量は複数の文献等と山王川の実験データから最大値と最小値を採用した。
- *2 抽水植物やシュロガヤツリには収穫可能な地上部のみ値が含まれている。
- *3 その他の植物のデータは水耕栽培によるデータである。
- *4 吸収速度の文献値は、複数の文献から整理した文献 6)からの引用、また、山王川(実験値)は山王川の実験条件下で得られたデータである。
- *5 植物名は主に「河川水辺の国勢調査」で使用されている学名である。また、「河川水辺の国勢調査」に掲載されていない植物については、日本雑草学会¹²⁾または群馬大学社会情報学部の整理¹³⁾による学名である。

【参考：ヨシの栄養塩含有量の期別変化】

窒素・リン含有量（バイオマス乾体当たり%）は春に高く6月まで減少しその後ほぼ一定となる。また、生長期により部位別（葉を含む茎部、根部）の含有量が変化している。

〔含有量最大時（4月平均値）〕

N : 茎部 3% > 根部 2%
P : 茎部 0.2% < 根部 0.4%

〔含有量低下後（6月～9月の平均値）〕

N : 茎部 1.8% > 根部 1.1%
P : 茎部 0.1% = 根部 0.1%

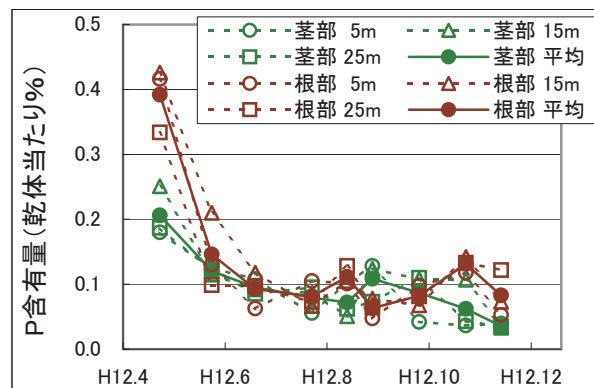
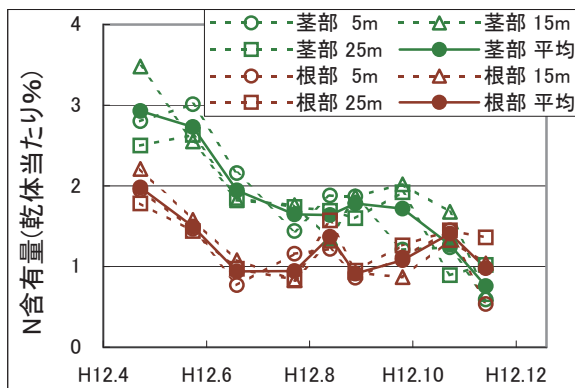


図 2-3 ヨシの乾体当たりの N, P 含有量(山王川実験、表面流れ方式)

(3) 維持管理等の観点からの留意点

①植物の除去（収穫等）によりN,Pの浄化を考える場合

植物を除去（収穫等）することにより窒素・リンの浄化を考える場合、一般に、吸収速度の高い植物は収穫の頻度を増やすことで浄化量を上げることができる。また、単位面積当たりの現存量（刈り取りの場合は茎部）が最も高い時に収穫するのが最も浄化効率が良い。ただし、栄養塩の除去効率を優先し、現存量が高い時期にヨシ等の刈り取りを行った場合、根部が栄養塩不足になり翌年の生長に影響を及ぼすので注意が必要である。また、刈り取る場合は根ぐされを防ぐために、水面より上で刈り取る必要がある⁴⁾。

②植物の除去（収穫等）による浄化を主とせず、通年の浄化効果を期待する場合

湿地法では立ち枯れ後も組織が硬く容易に腐敗しないヨシが望ましく、水耕法では越冬可能な植物が有利である。

湿地法に用いられる多くの抽水植物は多年草で、冬の立ち枯れ後、翌春は根茎や地下茎から発芽する。冬の立ち枯れ後に柔らかい組織を持ったアヤメ等は腐敗するが、硬い組織をもつヨシ、イグサ、ガマ等は容易に腐敗しない¹⁴⁾。

水耕法に用いられる広義の抽水植物であるオオフサモは、関東以南では常緑でそのまま越冬可能である。一方、浮標植物法に用いられるホテイアオイは冬季に枯死腐敗し翌年は種子や殖芽から発芽する。

③水質浄化以外の目的の場合

植生浄化施設を水質浄化以外の目的、例えば、ビオトープ、景観及び環境学習を目的とする場合は別の観点での植物の選定が必要である。景観については、菖蒲（湿地法・表面流れ）や花卉（水耕法）を利用することが考えられる。

【参考：枯死前の除去（ホテイアオイ）】

ホテイアオイ（外来種）の生長は15℃前後から始まるとされ、夏期の栄養塩の吸収能力が高く、頻繁な間引きで植生密度を保つ（月1～2回の間引きで生育密度10kg/m²とするのが平均的な実験値）ことにより浄化効果が維持される。しかし、日本ではほとんど越冬できず冬期に枯死腐敗するため枯死前に全量取り除く必要がある。また、翌春自然発生しない場合には再度植生を投入する必要がある。

参考文献

- 1) 桜井善雄(1988) : 水辺の緑化による水質浄化, 公害と対策, Vol. 24, No.9, pp. 899~909
- 2) 細井由彦・城戸由能・三木理弘・角田政毅(1998) : 刈り取りによる栄養塩除去を目的としたヨシの成長過程に関する現地観測, 土木学会論文集, No. 594, VII-7, pp. 45~55
- 3) 野原精一・土谷岳令・岩熊敏夫・高村典子・相崎守弘・大槻晃(1988) : 霞ヶ浦江戸崎入水草帯における栄養塩類の挙動, 国立公害研究所研究報告, No.117, pp. 125~139
- 4) 吉良竜夫(1991) : ヨシの生態おぼえがき, 滋賀県琵琶湖研究所報, No. 9, pp. 29~37
- 5) 鈴木興道(1991) : 河川生態系と水質浄化(その1), Hedoro, No.50, pp. 31~39
- 6) 大槻忠(1993) : 水生生物を用いた環境改善・創造-I 水生植物, Hedoro, No.58, pp. 25~29
- 7) 村越勇・松本誠・副田行夫・斉藤和季・立本英機(1987) : 水生植物オオフサモによる水質浄化に関する研究 第2報印旛沼及び手賀沼におけるオオフサモの成長, Vol. 13, pp. 39~42
- 8) 沖陽子(1990) : 水生雑草雑話, 水, Vol. 32, No.15, pp. 26~34
- 9) 桑野直迪(1995) : 河川、湖沼の水質改善と美化に効果的な水上栽培技術の確立に関する研究 (古賀ゴルフ・クラブにおける実規模水上栽培), 平成7年度河川整備基金助成事業調査・試験・研究報告書, pp. 8~14
- 10) 津野洋・宗宮功・深尾忠司・神村正樹(1990) : 花卉植物の水耕栽培による下水二次処理水からのリン及び窒素の除去に関する研究, 下水道協会誌, Vol. 27, No.36, pp. 53~60
- 11) 大阪大学 藤田研究室 HP「水質浄化に利用可能な植物データベース」,
<http://5host02.env.eng.osaka-u.ac.jp/NewHome/indexdb.html>
- 12) 日本雑草学会, 用語委員会 HP「雑草名リスト」,
http://wssj.jp/DB/weed_name/weed_name_list.html
- 13) 群馬大学社会情報学部, 青木繁伸 HP「Botanical Garden」,
<http://aoki2.si.gunma-u.ac.jp/BotanicalGarden/BotanicalGarden-F.html>
- 14) Sherwood C.Reed・Ronald W.Crites・E. Joe Middlebrooks(1995), 石崎勝義・楠田哲也監訳, (財)ダム水源地環境整備センター企画: 自然システムを利用した水質浄化

2-3 植物の植栽方法

植生浄化施設の整備は、自生地をそのまま利用して整備する場合と、新たに客土等を行い土地を造成し、特定の植物を植栽する場合がある。自生地を利用する場合には、植生への影響について十分な配慮が必要である。

植栽方法は、実績、移植先の環境条件（土壌、波浪等）、コスト、自生地への影響等を考慮して決定する必要がある。

〔解説〕

（1）自生地の利用

植生浄化施設を整備する場合には、在来種を用いた低コストな施設として、自生地を利用する方法が考えられる。自生地へ通水することによる影響としては、有機性の負荷やSSの流入により植生を衰退させる恐れがあるので、十分な配慮が必要である。

表 2-8 自生地を利用した植生浄化施設の事例と留意点

事例	自生地概要	工事の概要	工事後の植生	当該方法の留意点等
網走湖 (事例 No. 17)	湖岸のヨシ・ガマの植生帯	自生の植生帯に木柵(囲い堤)を設置し、河川水を導入	<ul style="list-style-type: none"> ■ヨシ・ガマ等の群落維持されている ■施設内の土砂堆積物の一部は、嫌気状態となっている 	<ul style="list-style-type: none"> ■有機汚濁の負荷が高すぎる場合（目安 BOD5g/m²/日^{1),2)}には底泥の嫌気化による植生衰退が懸念される ■SS 負荷が高すぎる場合^{注)}には底質変化や地盤高変化による植生種の変化が懸念される
北海道 南角田地区 (事例 No. 3)	ヨシ等抽水植物自生地	流入部→浄化部→流出部の機能を持たせるために、土工（現地土の掘削や盛土）を実施	■無植栽区にガマ群落が発生した	<ul style="list-style-type: none"> ■水深により優占種が異なる。 ■改変当初には、土壌の攪乱により以前生育していた貴重種（渡良瀬遊水地：ヒメシロアサザやミズアオイ、手賀沼：ガシヤモク）が発生した事例もある。
秋田県古川 (事例 No. 5)			■岸辺にヨシ群落が発生した	
渡良瀬遊水池 (事例 No. 9)			■3年目以降、ヨシ群落が安定した	
手賀沼ビオトープ (事例 No. 10)			■1年目以降、ヨシ群落が安定した	

*北海道南角田地区（事例 No. 3）の施設では、稲とヨシの植栽を行っている（稲植栽区、ヨシ植栽区）

*秋田県古川（事例 No. 5）の施設では、マコモとガマの植栽を行っている

注）SS 負荷 20g/m²/日、除去率 50%、堆積底泥含水率 80%の条件で年間約 3.2cm 堆積する。

参考文献

- 1) 細見正明(1994)：ヨシ人工湿地による水質浄化法，用水と廃水，Vol. 36, No. 1, pp. 40～43
- 2) Sherwood C. Reed・Ronald W. Crites・E. Joe Middlebrooks(1995)，石崎勝義・楠田哲也監訳，(財)ダム水源地環境整備センター企画：自然システムを利用した水質浄化，技報堂出版

(2) ヨシの植栽方法

土地を造成し特定の植物を用いる場合、対象の植物を植栽することになる。ここではヨシの植栽方法について記述する。この植栽方法は同じ抽水植物のマコモやガマにも適用が可能と考えられる。なお、広義の抽水植物や浮漂植物（セリ等）は、じか置きで繁殖できる。

①植栽方法の選定

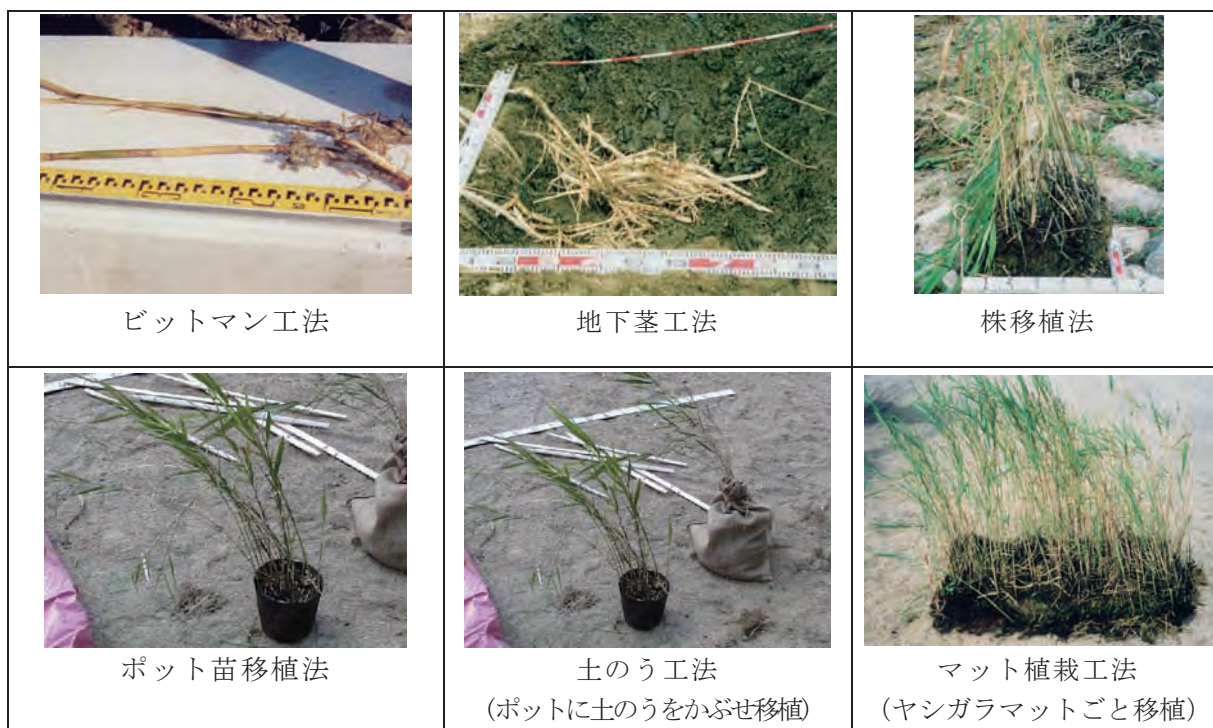
ヨシの植栽方法の種類は多く、表2-9のように分類できる。この中では移植法（茎植え、株植え等）が最も簡易であり、多くの植生浄化施設で実績がある。植栽方法は、実績、移植先の環境条件（土壌、波浪等）、コスト及び自生地への影響等を考慮して決定する必要がある。

表2-9 ヨシの植栽方法の分類

分類		概要	実績 (事例 No.)	留意事項
移植	①ピットマン工法（茎植え）	Bittmann が考案。ヨシ帯の中の若いヨシの茎を地中から切り取って苗として採取し、採取後の乾燥に注意して、苗を数本ずつ一部が土中になるように植え込む方法。	No. 18, 19	自生地への影響
	②地下茎工法	ヨシ群落の地下茎のみを適切な長さにして地中に埋め込む方法。		
	③株移植法（株植え）	古いヨシ群落から地下茎と根を株ごとサイコロ状に切り取り、植栽地に掘った穴に埋め込む方法。	No. 11, 12	
播種	④播種法	10～11月頃採取した種を直接植え付ける方法。	No. 1	・発芽や生長が劣る場合がある
苗移植	⑤苗移植法（ポット移植法等）	10～11月頃採取した種を苗床に播種し、発芽生長後、植栽地に移植する方法。ポット苗移植法等がある。	No. 3	・コストが高い ・ただし、市販苗の入手も可能 ・活着や生育がより確実 ^{1) 2)} ・波浪等の環境条件が厳しい場所でも適用可
	⑥土のう工法	基本的にポット苗移植法と同じだが、ポット苗の根に土のう袋をかぶせ、土のうごと植栽する方法。		
	⑦マット植栽工法	播種し発芽した苗を、まずヤシの実繊維のポットに植え生長させた後、ヤシの実繊維マットにさらに移し替え、育成したヨシマットを、植栽地に植える方法。		
一部植栽	⑧倒伏法	ヨシを人為的に倒伏して稈をツル状に変化させ、多数の節から発根を促すことで、多くの幼苗生産を行う方法。その後、植栽地に移植。		・コストが安い ・自生地への影響が小さい ・実用化は可能（山王川実験でも生長期の倒伏したヨシの節から根茎が発達することが確認）
	⑨刈取り法	刈取りにより頂芽を切断することで側枝（刈取り後地上部に残存する主稈から分けつした器官）を生長させ、それを切断分離し移植することで幼苗生産を行う方法。その後、植栽地に移植。		
	⑩浸漬法	ヨシの主稈を地際から刈り取りそれを水へ浸漬させることにより数本の側枝を出現させ、それを切断分離し移植することで幼苗生産を行う方法。その後、植栽地に移植。		

* 1 太文字で記した工法が最も簡易で、実績がある。

* 2 工法の⑧～⑩は内田・丸山が提案する方法³⁾である。



写真の出典：(財)琵琶湖・淀川水質保全機構 (<http://www.byq.or.jp/kaihatsu/p10.html>)

図 2-4 植栽工法の写真

【参考：植栽工法の比較実験結果】

琵琶湖南湖東岸（Biyo センター、わんど型実験施設）における植栽工法毎の比較実験結果⁴⁾を表 2-10 に示す。なお、実験は比較的厳しい環境条件下（波浪、水位変化、沖側に矢板を設置）で行われ、湖水位、植栽工法、地盤変化等の要因がヨシの生育に影響していると考えられる。

表 2-10 植栽工法毎の比較実験（実験条件・実験結果（1998 年 8 月））

植栽工法名	植栽密度	植栽面積 (m ²)	初期条件	活着率 (%)	平均ヨシ茎個体数密度 (本/m ²)
ビットマン工法	5 本/m ²	38.5	長さ 50cm	0.8	0.16
	4 本/m ²	53.0			
ポット苗移植法	4 株/m ²	53.0	4 年間育成苗	85.8	65.3
	2 株/m ²	38.5			
マット植栽法	0.5 枚/m ²	91.0	125cm×80cm	97.8	86.6
大株移植法	1 株/m ²	91.0	1 辺 50cm 角	91.2	20.6
土のう工法	4 株/m ²	50.0	4 年間育成苗	89.6	67.8
	2 株/m ²	41.0			
地下茎工法	10 根/m ²	10.0	—	10.0	0.7

*1997 年 10 月に植栽し、1997 年 12 月から 1998 年 8 月まで月 1 回の割合で観察



図 2-5 琵琶湖岸の実験の様子

出典：京都大学大学院工学研究科附属流域圏総合環境質研究センター
<http://www.eqc.kyoto-u.ac.jp/local/05reed.html>

②植栽の時期

i) ヨシを移植する場合

植栽の時期は、主に春又は秋が適していると考えられる。

- ・ビットマン工法（茎植え）では、Bittmann、桜井ともに春の植栽を提唱²⁾している。
- ・山王川の植生浄化実験（表面流れ方式、浸透流れ方式）では、ビットマン工法により、秋（9月）に植栽（密度4本/m²）した結果、翌春の3月から発芽し翌年の夏には150本/m²前後、植生丈も2m程度にまで生長した。これは、植栽後に冬までの間にある程度の活着が進み地下茎が発達したことにより、翌春の早い段階での発芽が可能になったものと考えられる。
- ・株移植法では、Bittmannは春と秋の移植を提唱している。

ii) ヨシの苗を移植する場合

苗植えの場合は、秋に種を採取し翌春に苗を作り、その後に移植することになる。移植の時期は夏前が一般的と考えられるが、ビットマン工法と同じ理由で秋でも可能と考えられる。

③植栽後の管理水位

山王川の浄化実験では、植栽当初のヨシの生育は水深を浅くした方（10cm以下）が良好で、少なくとも十分な発芽が得られるまでは水深を浅くコントロールする必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 細見正明・吉ヶ江隆廣・樫内孝信・須藤隆一(1997)：浚渫へドロを用いたウェットランドシステムの開発に関する基礎的研究 —人工ヨシ湿地の創出—, 用水と廃水, Vol. 39, No. 7, pp. 20～26
- 2) 徐開欽(2000)：浚渫へドロを用いた人工ヨシ湿地の創出に関する基礎的研究, 国立環境研究所ニュース, Vol. 19, No. 5, pp. 8～9
- 3) 内田泰三・丸山純孝(1998)：ヨシの幼苗生産に関する新たなる試み, 日本緑化工学会誌, Vol. 24, No. 2, pp. 104～108
- 4) 田中周平・藤井滋穂・山田淳・市木敦之(1999)：水ヨシ生育に及ぼす植栽条件の影響に関する研究, 環境工学研究論文集, Vol. 36, pp. 253～261

3. 湿地法の表面流れ方式の設計の考え方と維持管理

表面流れ方式の設計の考え方と維持管理の概要は、次のとおりである。

表 3 - 1 表面流れ方式の設計の考え方と維持管理の概要

項目	概要	参照節	
設計の考え方	表面流れ方式の設計の参考となる資料として、滞留時間と除去率の関係図、水面積負荷と除去率の関係図、負荷速度と浄化速度の関係図がある。より定量的に浄化効果を見積もる場合には、負荷速度と浄化速度の関係図を用いることが望ましい。ただし、これらの関係図はデータのばらつきがあることに留意する必要がある。	3-1	
施設構造の設計に関する留意事項	施設構造の設計に際しては、水深や流下距離、施設の縦横比等を考慮する必要がある。また、計画段階から底泥や植生の維持管理方法を検討し、維持管理が可能な施設構造とする必要がある。	3-2	
維持管理	維持管理の必要性	<p>植生浄化施設の長期稼動に伴い、流入懸濁態物質や植生の枯死体等による底泥が堆積して施設容量の減少（滞留時間の短縮）や陸地化（短絡流の発生）が発生したり、底泥が嫌気化している事例がある。これらは浄化効果の低下の原因となる。従って、浄化効果を継続的に維持するため、施設計画段階において維持管理方法を検討する必要がある。</p> <p>また、維持管理の実施頻度を極力少なくし、数 10 年の運用の後、植生浄化施設を自然湿地に回帰させるという考え方もある。</p>	3-3-1
	植生の維持管理	植生の維持や枯死後の浄化効果への悪影響を避けるために、利用する植生の生長特性や越冬形態を考慮して、維持管理を行うことが望ましい。また、除去（収穫等）した植物の利用と処理についても事前に検討することが重要である。	3-3-2
	底泥の維持管理	植生浄化施設の長期稼動に伴う底泥の堆積は、施設容量の減少や陸地化、底質への有機物・栄養塩の蓄積及び底泥・土壌の嫌気化を引き起こし、これらは浄化効果の低下の原因となる。底泥・土壌が嫌気化した場合には、底泥・土壌を乾燥させる「干し上げ」が有効であり、あわせて施設容量の回復も可能である。また、施設容量が減少した場合や有機物・栄養塩類が蓄積した場合には、「堆積物の除去」が必要である。	3-3-3
施設の運転管理	施設の正常な稼動のためには、取水部、導水部、分配部の監視と定期的な清掃が必要である。	3-3-4	

3-1 湿地法の表面流れ方式の設計の考え方

表面流れ方式の設計の参考となる資料として、滞留時間と除去率の関係図、水面積負荷と除去率の関係図、負荷速度と浄化速度の関係図がある。より定量的に浄化効果を見積もる場合には、負荷速度と浄化速度の関係図を用いることが望ましい。ただし、これらの関係図はデータのばらつきがあることに留意する必要がある。

〔解説〕

(1) 滞留時間・水面積負荷と除去率の関係

全国の表面流れ方式の 24 データ^{1)~8)} (稼動後 5 年以内が多い。BOD は 15 データ、T-KN は 8 データ)を用いて整理した滞留時間と除去率の関係を図 3-1 に、水面積負荷と除去率の関係を図 3-2 に示す。なお、補足資料 1 にデータ一覧を示す。

流入水質は 2 オーダーの範囲にあり、除去率のばらつきは比較的大きいものの、滞留時間と除去率は概ね比例関係、水面積負荷と除去率は概ね反比例関係が認められる。ただし、山王川での実験値 (平成 9 年, 10 年: 凡例△) については、流入水質条件、水深条件が同じであり、明確な関係が認められる。

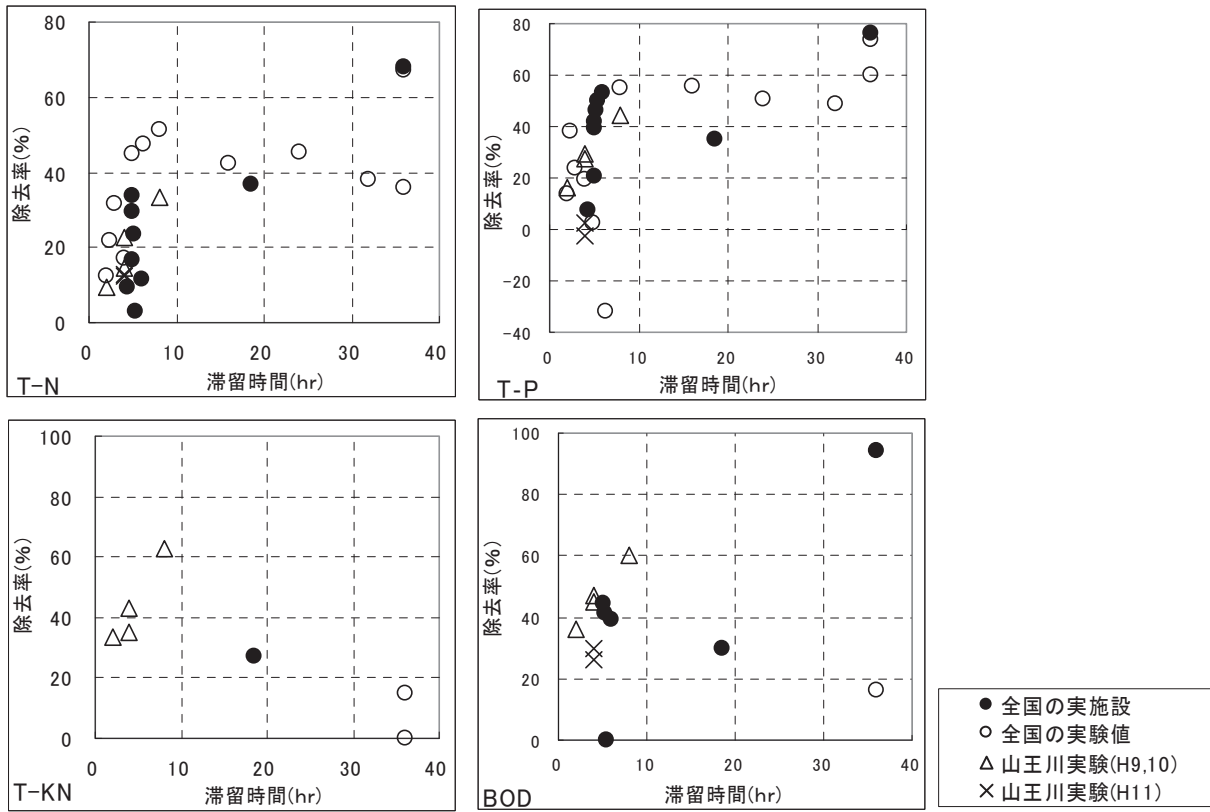


図 3-1 滞留時間と除去率の関係

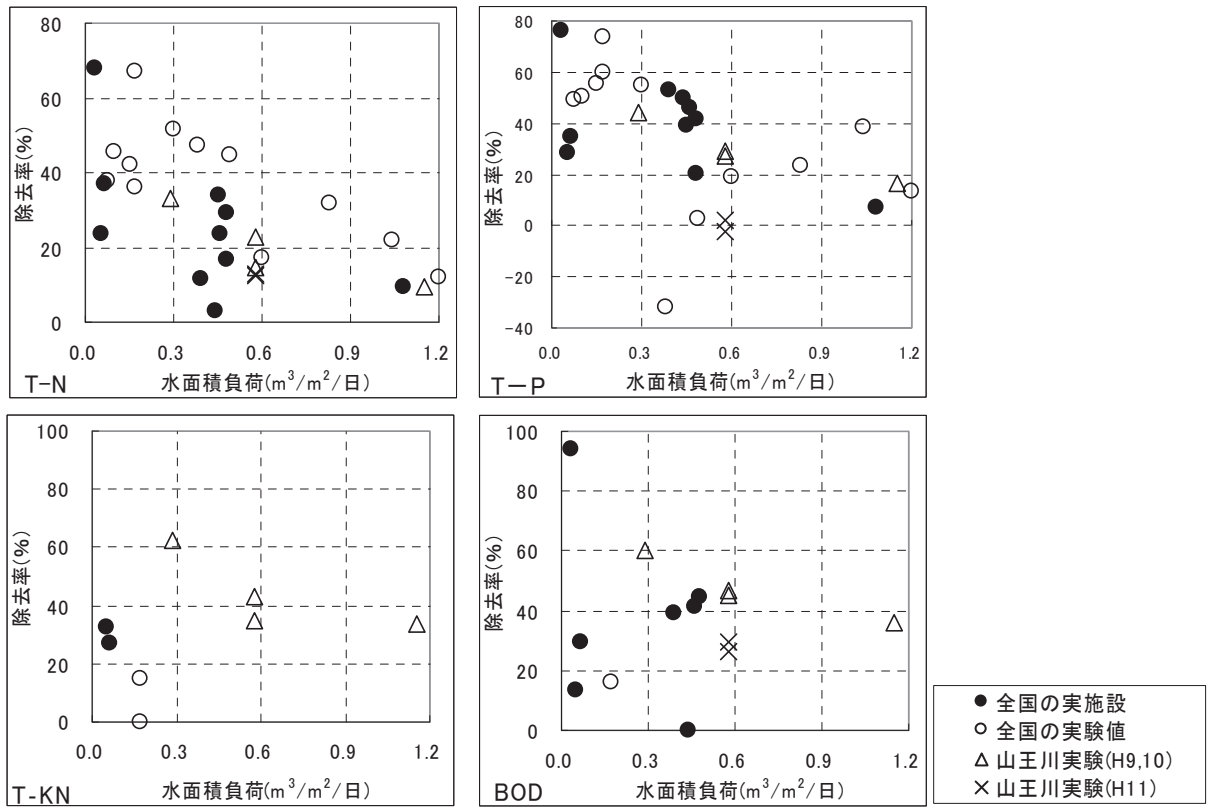


図 3-2 水面積負荷と除去率の関係

(2) 負荷速度と浄化速度の関係

負荷速度と浄化速度の関係を図3-4に示す。なお、図中には回帰式を示しているが、他の事例と大きく流入水質特性が異なる以下のデータは除外している（データ番号は補足資料1の番号である）。

- ・合併浄化槽の処理水を処理している施設データ（データ番号⑭）
- ・生活排水の流入が非常に多いと思われる河川水を処理している施設データ（データ番号⑩）
- ・長期稼動に伴い稼動初期より浄化効果が低下した山王川での実験の3年目以降のデータ（データ番号⑮-5、⑮-6）

リンに比べ窒素の関係がばらついているのは浄化機構の違いによると考えられる。リンは沈殿や底泥・土壌吸着により蓄積するのみであるのに対し、窒素はさらに脱窒の要素が関係するためと考えられる。

文献⁹⁾では、種々の植物を用いた水質浄化実験の成果をまとめた結果、施設設計に用いる指標としては面積負荷（負荷速度）が合理的との報告があり、適切な負荷速度は全窒素で $0.5\text{g}/\text{m}^2/\text{日} \sim 1\text{g}/\text{m}^2/\text{日}$ 、全リンで $0.05\text{g}/\text{m}^2/\text{日} \sim 0.15\text{g}/\text{m}^2/\text{日}$ とされている。図3-4に示した全国の事例では、上記の値以上の負荷速度で運転している施設（実験含む）もあるが、負荷速度が大きい領域では、負荷速度と浄化速度の関係は線形でなく、除去率は小さくなることを示している（回帰式と除去率の関係は図3-5に示す）。

【参考：全ケルダール窒素の負荷速度と浄化速度の関係】

全ケルダール窒素（T-KN）の負荷速度と浄化速度の関係を図3-3に示す。他の水質項目と同様に負荷速度の上昇とともに浄化速度は上昇するが、比較的low濃度でのデータが多く、施設設計に利用するにはデータ不足であり、参考データとする。

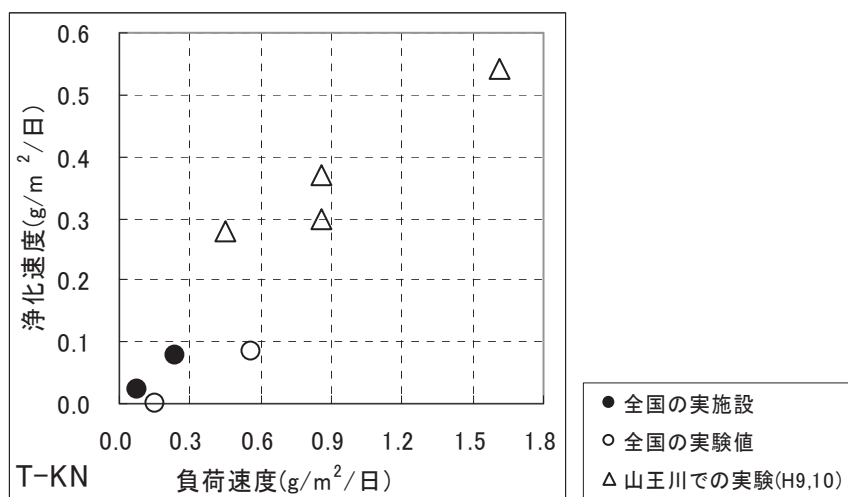
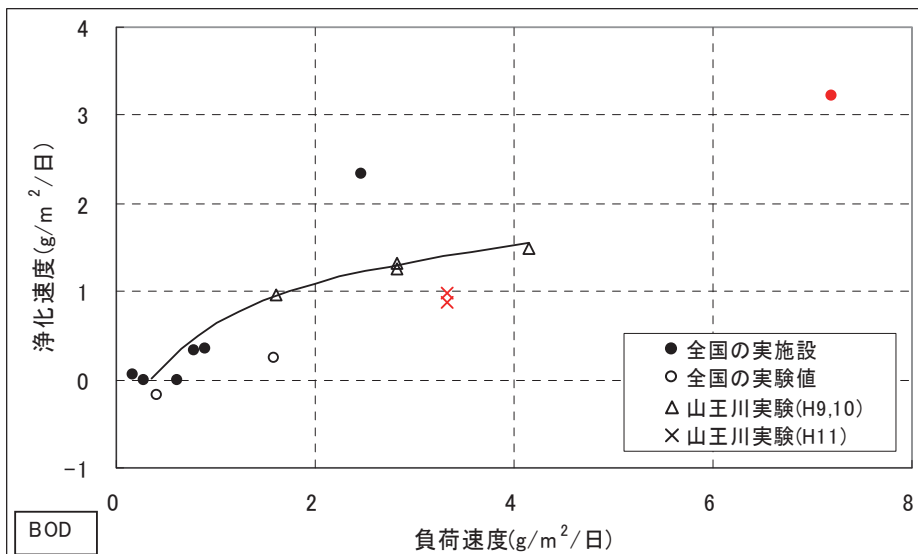
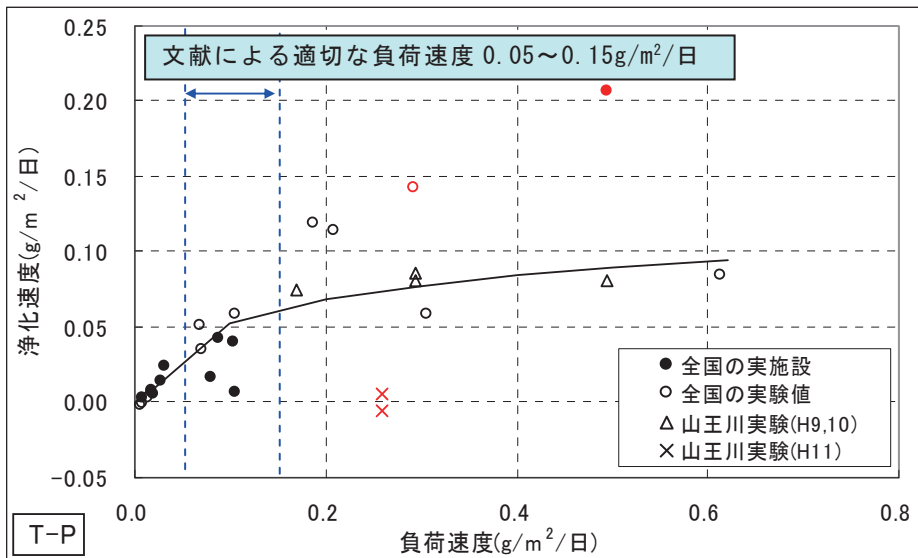
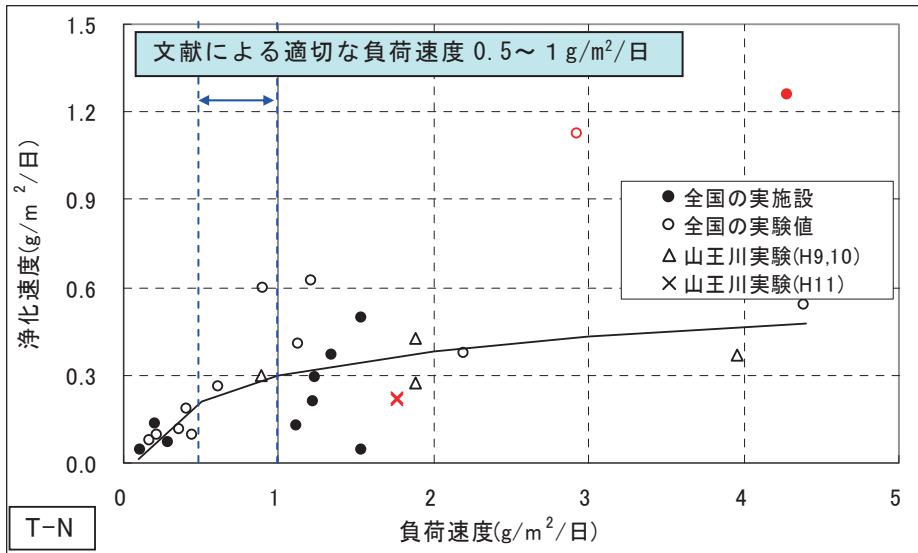


図3-3 負荷速度と浄化速度の関係（T-KN）

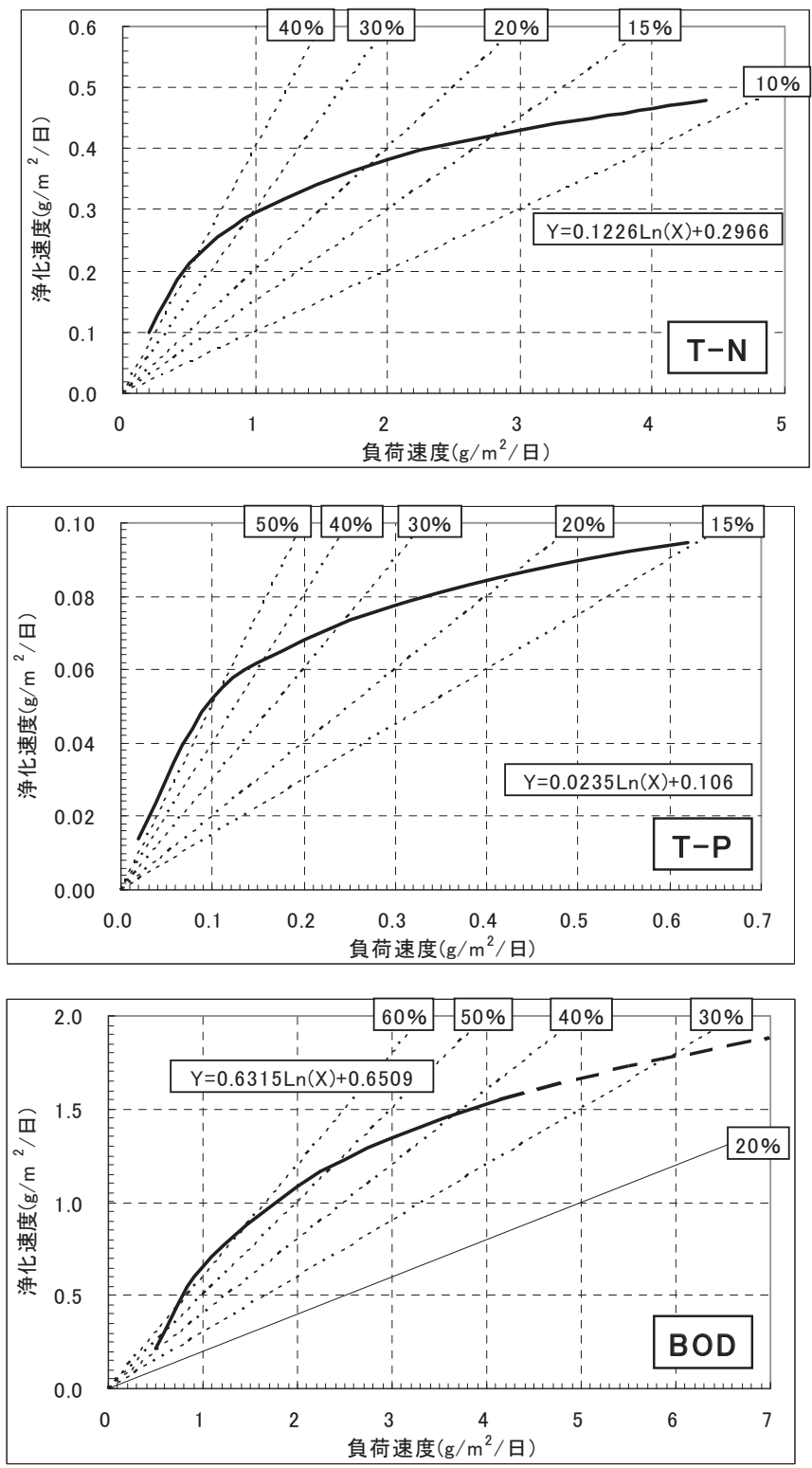


* 赤のプロットは回帰式から除外したデータ

図 3-4 負荷速度と浄化速度の関係

(3) 負荷速度と浄化速度の関係を用いた設計例

負荷速度と浄化速度の関係図を図3-5に示す。図中の%表示は除去率であり、簡易的な設計例を次頁に示す。



- *1 BODの負荷速度の実績は4.15g/m²/日まで、回帰式の点線は外挿である。
- *2 BODは負荷速度1g/m²/日以下では除去率が低下する回帰式となっているが、流入水質濃度が低く除去率が小さいデータがあるためである。

図3-5 負荷速度と浄化速度の関係図 (全国の実施設、実験施設)

①浄化目標で決める場合の計算例

全リンが 0.5mg/L の流入水 0.05m³/s を 0.3mg/L とするのに必要な水面積はいくらか。

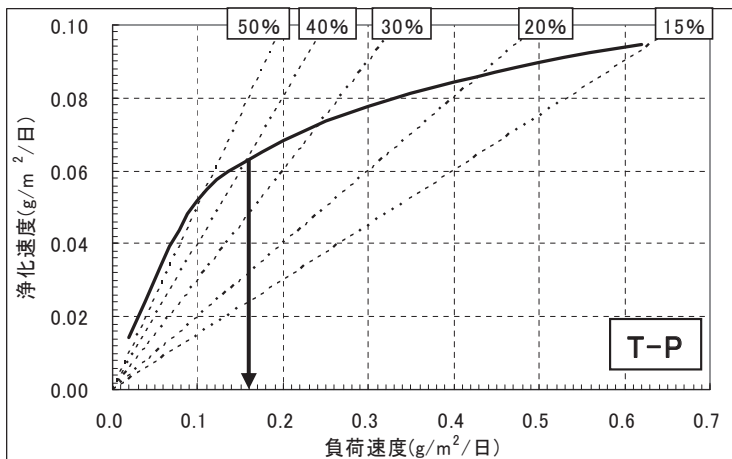
a) 除去率 40% であるから、関係図より負荷速度 0.16 (g/m²/日) を得る。

b) 負荷速度 (g/m²/日) = 流入水質 (g/m³) × 流入水量 (m³/s) × 86,400 (s/日) ÷ 水面積 (m²)

$$0.16 \text{ (g/m}^2\text{/日)} = 0.5 \text{ (g/m}^3\text{)} \times 0.05 \text{ (m}^3\text{/s)} \times 86,400 \text{ (s/日)} \div \text{水面積 (m}^2\text{)}$$

よって、水面積は 13,500 (m²) となる。

c) なお、複数の水質項目の浄化目標がある場合は各水質項目について計算し、全てを満たす条件を採用する必要がある。



②用地に制限がある場合の計算例

水面積 2,000m² の施設で全リンが 1mg/L の流入水 0.01m³/s を処理した場合の放流水質はいくらか。

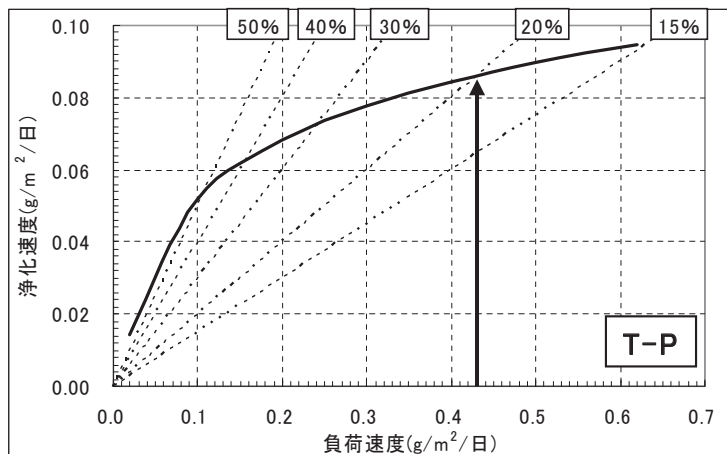
a) 負荷速度 (g/m²/日) = 流入水質 (g/m³) × 流入水量 (m³/s) × 86,400 (s/日) ÷ 水面積 (m²)

$$= 1 \text{ (g/m}^3\text{)} \times 0.01 \text{ (m}^3\text{/s)} \times 86,400 \text{ (s/日)} \div 2,000 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$= 0.432 \text{ (g/m}^2\text{/日)}$$

b) グラフから負荷速度 0.432 (g/m²/日) の時の除去率 20% を読み取る。

c) よって、放流水質 = 1 (mg/L) × (1 - 0.2) = 0.80 (mg/L)



参考文献

- 1) 細見正明 (1992) : ヨシ湿地による水質浄化, 水, Vol. 34, No.12, pp. 61~68
- 2) 田畑真佐子・加藤聡子・川村晶・鈴木潤三・鈴木静夫 (1996) : ヨシ植栽水路における河川水中の窒素・リンの除去効果, 水環境学会誌, Vol. 19, No. 4, pp. 83~90
- 3) 竹倉新吉 (1991) : 霞ヶ浦の水質浄化対策, 河川, No.539, pp. 37~44
- 4) 川村實・樋口澄男・清水重徳 (1995) : アシ原による水質浄化, 長野県衛生公害研究所研究報告, No.18, pp. 32~37
- 5) 荒木弘一・香林仁司 (1986) : 植生酸化池での処理効果, 下水道研究発表会講演集, Vol. 23, p. 467~469
- 6) 中村栄一・森田弘昭 (1987) : 低湿地浄化に関する調査, 土木研究所資料, 第2480号
- 7) 北詰昌義・野口俊太郎・島多義彦・倉谷勝敏 (1998) : 人工湿地による水質浄化, 用水と廃水, Vol. 40, No.10, pp. 51~57
- 8) 河川環境管理財団(2000) : 植生浄化施設の現状と事例, 河川環境総合研究所資料 3号 (2001年7月の調査結果を追加)
- 9) 尾崎保夫・阿部薫 (1993), 植物を活用した資源循環型水質浄化技術の課題と展望, 用水と廃水, Vol. 35, No. 9, pp. 5~17

3-2 施設構造の設計に関する留意事項

施設構造の設計に際しては、水深や流下距離、施設の縦横比等を考慮する必要がある。また、計画段階から底泥や植生の維持管理方法を検討し、維持管理が可能な施設構造とする必要がある。

〔解説〕

①水深

- i) 同じ水量を処理する場合には、水深を深く取った方が滞留時間を長くできるが、30cm以下が適切と考えられる。
- ・全国の表面流れ方式の事例では10cmの施設が多く、最大で30cmであった。
 - ・水深10cmの方が水深20cmより浄化効果が高かった¹⁾とあるが、山王川の実験では単位面積当たりで評価するとほぼ同等であった。
 - ・ヨシ、マコモはその生長特性から、水深は最大で30cm程度が適切である。

②流下距離

- i) 表面流れ方式の流下距離としては20m～100mが適切である。
- ・表面流れ方式の流下距離の事例は、20m～1,000mまで様々であるが、100m以上の長い流下距離の施設では、流下に従いCODやリン成分が増える現象が認められた。
 - ・山王川の実験は、滞留時間4時間で流下距離30mを基本としており、流下距離0～15mまでの範囲で堆積汚泥が多く、流下距離30mは十分であったと考えられる。また、水深によらず湛水すれば、滞留時間と実滞留時間に大きな隔たりがなく、流下距離が短いための偏流発生も認められなかった。
- ii) 地形上の制約もあるため、必要以上に流下距離を長くする必要はない。なお、仕切り板等を設け迂回流方式にする等の工夫も可能である。

③施設の縦横比

- i) 縦横比は10:1までは許容できると考えられる。
- ・施設の縦横比は、水流の様相に影響を与える。縦横比が大きい細長い施設は、止水域が発生しにくいいため短絡流が起こりにくいが、流体抵抗も増す。カルフォルニア州の細長い施設（縦横比約20:1）では、植物枯死体の堆積によって流体抵抗がさらに増し、稼動5年度に溢水が生じた²⁾。
 - ・海外の事例²⁾では、1:1以下から3:1あるいは4:1までの縦横比が推奨されているものの、山王川での実験では、縦横比10:1の施設を5年間運転しても植物枯死体の堆積による障害は生じなかった。
- ii) なお、横方向に広くする場合は、止水域が発生しにくくさせるため均一に流入させる必要があり、流入口を複数設ける等の配慮が必要である。

④流入水に懸濁成分が多い場合の工夫

流入水に懸濁成分が多い場合には、沈殿池を設けるか、あらかじめ泥を除去しやすいように導水部分や分配部分の構造を工夫した方が良い。

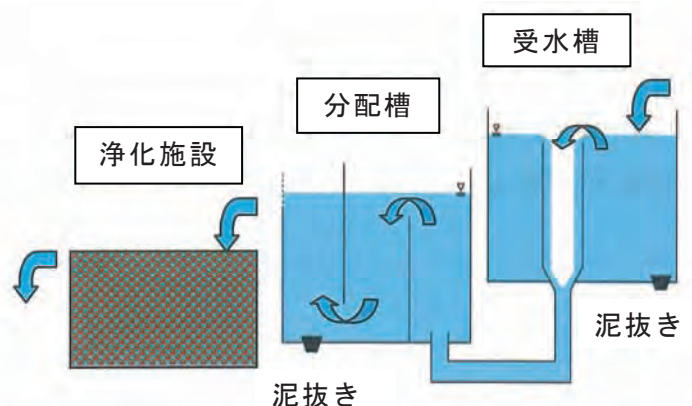


図 3-6 流入水に懸濁成分が多い場合の分配部分の構造例

⑤使用する土壌

使用する土壌が浄化効果に影響を及ぼすこともある。休耕田土壌を利用した例（山王川での実験（事例No. 18）、城帰川の事例³⁾）やレンコン畑を造成した例（河北潟生態系活用水質浄化施設（事例No. 11））ではCOD成分の溶出が認められた。

⑥維持管理の方法を想定した施設計画

計画段階から底泥や植生の維持管理方法を検討し、維持管理が可能な施設構造とする必要がある。

i) 底泥の維持管理を考慮した施設構造（例）

- ・干し上げを計画する場合には、ドレーンや釜場を設ける等、水を抜きやすい構造とする。
- ・長期稼動に伴う底泥の堆積により設計水深を確保できなくなる場合がある。設計水深を確保するための構造例として、堰板等により簡易に水深をコントロールできる構造（図 3-7）がある。
- ・重機等による汚泥の除去を計画する場合には搬入路をあらかじめ計画する。

ii) 植生の維持管理を考慮した施設構造（例）

- ・ヨシ焼きを計画する場合には、可燃性部材（木柵、塩ビ管、遮水シート等）を利用しないか、簡易に撤去できるようにする。

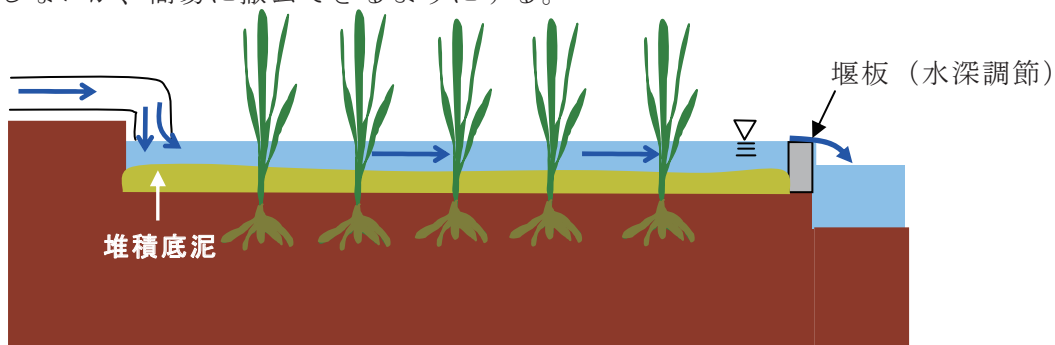


図 3-7 水深のコントロールが可能な構造

参考文献

- 1) 中村栄一・森田弘昭 (1987) : 低湿地浄化に関する調査, 土木研究所資料, 第2480号
- 2) Sherwood C.Reed・Ronald W.Crites・E. Joe Middlebrooks(1995), 石崎勝義・楠田哲也監訳, (財)ダム水源地環境整備センター企画: 自然システムを利用した水質浄化
- 3) 川村實・樋口澄男・清水重徳 (1995) : アシ原による水質浄化, 長野県衛生公害研究所研究報告, No.18, pp. 32~37

3-3 湿地法の表面流れ方式の維持管理

3-3-1 維持管理の必要性

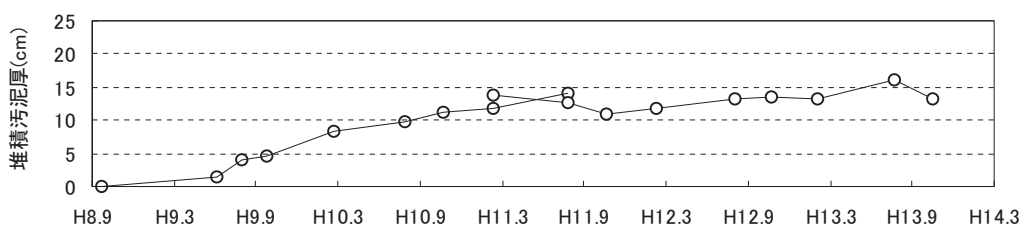
植生浄化施設の長期稼働に伴い、流入懸濁態物質や植生の枯死体等による底泥が堆積して施設容量の減少（滞留時間の短縮）や陸地化（短絡流の発生）が発生したり、底泥が嫌気化している事例がある。これらは浄化効果の低下の原因となる。従って、浄化効果を継続的に維持するため、施設計画段階において維持管理方法を検討する必要がある。

また、維持管理の実施頻度を極力少なくし、数10年の運用の後、植生浄化施設を自然湿地に回帰させるという考え方もある。

〔解説〕

(1) 底泥の堆積

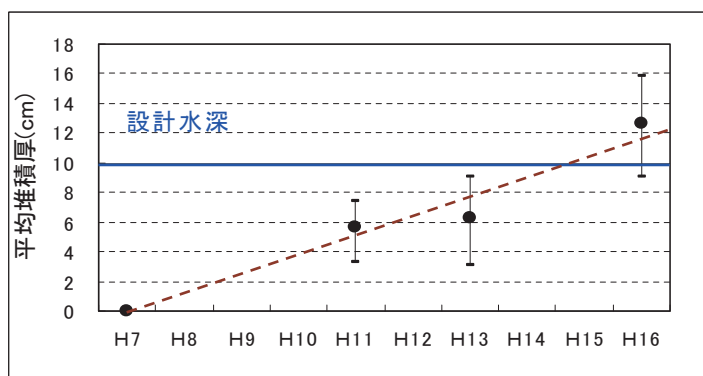
山王川での実験（表面流れ方式、ヨシ槽、事例 No. 18）における底泥堆積厚の経時変化を図3-8に示す。約5年の施設稼働で約15cmの底泥が堆積し実滞留時間の短縮が認められた。なお、運転管理として、底泥の堆積により水深が5cm以下となった場合には、堰板を上げ越流水深を調整し設計水深(10cm)を確保した。



- *1 実験諸元：水面積負荷 $0.58\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ 、ヨシ、休耕田土壌
- *2 平成11年に堆積厚の測定方法を変更(2つの測定データはほぼ整合した)

図3-8 ヨシ槽の底泥堆積厚の経年変化（山王川実験、表面流れ方式）

ヨシを用いた表面流れ方式である清明川植生浄化施設（事例No.7）は、平成7年度の稼働開始から約10年間、底泥や植生の維持管理を行わなかった。その結果、長期稼働に伴い施設内に底泥が堆積し、滞留時間の短縮が認められた。なお、本施設は越流部の水位はコントロールできず、水深調整はできない施設である。

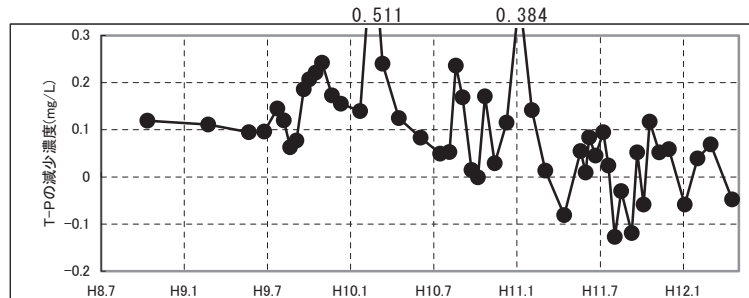


- *対象槽：unit 2, 5, 8, 11, 18、水面積負荷 $0.48\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ 、ヨシ等

図3-9 底泥堆積厚の経年変化（清明川植生浄化施設、表面流れ方式）

(2) 底泥の堆積による浄化効果の低下

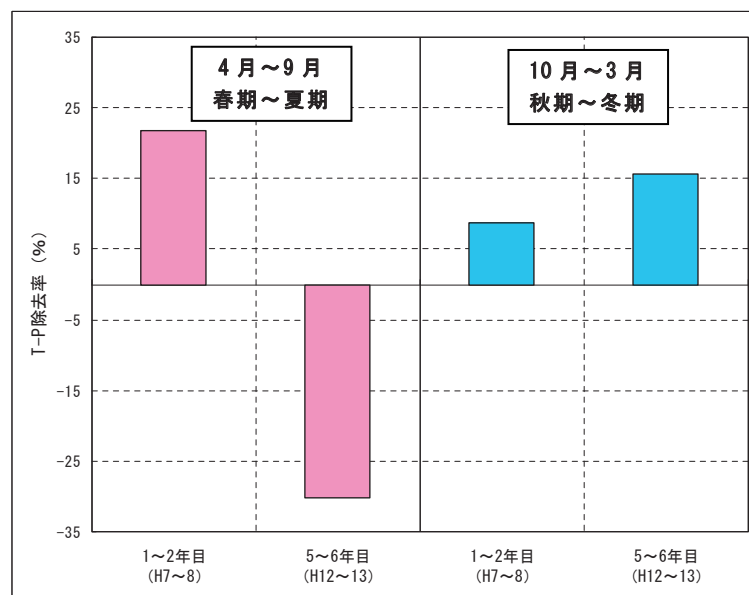
有機性の底泥が過剰に堆積すると、有機物の分解により酸素が消費され還元状態となりやすく、リンや COD 成分等の溶出の原因となる。山王川での実験（表面流れ方式、事例 No.18）では、BOD の負荷速度 $3\text{g}/\text{m}^2/\text{日}$ で各槽とも通水開始後 2 年を経過した平成 10 年 8 月頃から、特に夏期にリンの浄化効果が低下し、土壌からの溶出が生じていると考えられる。



- * 1 実験諸元：水面積負荷 $0.58\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ 、ヨシ、休耕田土壌
- * 2 減少濃度 = 流入水質濃度 - 流出水質濃度（正値が浄化）

図 3-10 ヨシ槽のリンの減少濃度の経年変化（山王川実験、表面流れ方式）

清明川植生浄化施設（表面流れ方式、ヨシ、事例No.7）では、春期～夏期にリンの除去率の低下（マイナスの除去率）が認められるようになった。一方、秋期～冬期では、概ね安定してプラスの除去率が維持されている。溶存態と懸濁態の除去率の季節変化の解析から、長期稼動により流入 SS(有機・無機)やヨシ枯死体由来の堆積物が蓄積され、生物活性が高くなる春期～夏期に懸濁成分が遊離、浮上して、除去率がマイナスとなると考えられている。



- * 諸元：水面積負荷 $0.48\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ 、ヨシ等

図 3-11 T-P 浄化効果の変化（清明川植生浄化施設、表面流れ方式）

(3) 底泥の堆積による陸地化、植生遷移等

清明川植生浄化施設（表面流れ方式、ヨシ、事例No.7）では、約 10 年の施設稼働に伴い、流入懸濁態物質やヨシ枯死体の堆積による陸地化や水みちの発生（図 3-1-2）、ヨシ単一相から他の植生への遷移（図 3-1-3）、有機物・栄養塩類の蓄積（図 3-1-4）が認められ、浄化効果の低下の要因として考えられている。

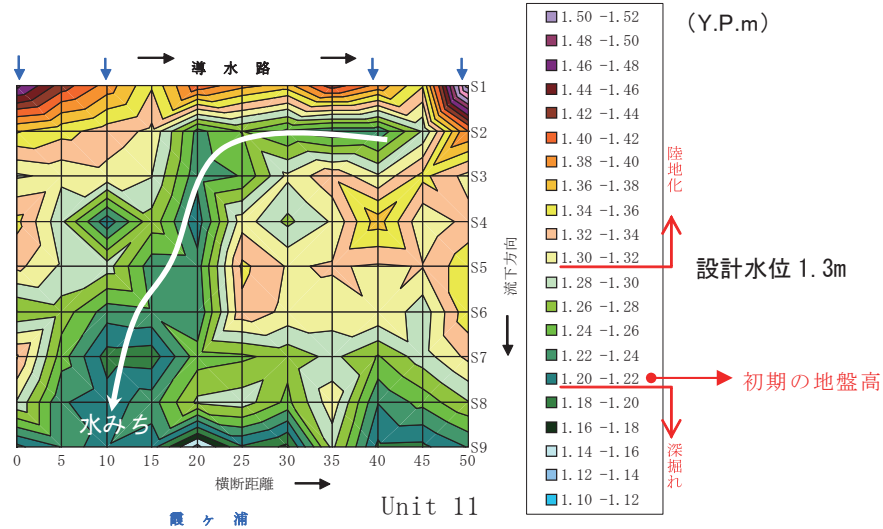


図 3-1-2 施設地盤高（清明川植生浄化施設、表面流れ方式、平成 17 年 2 月調査）

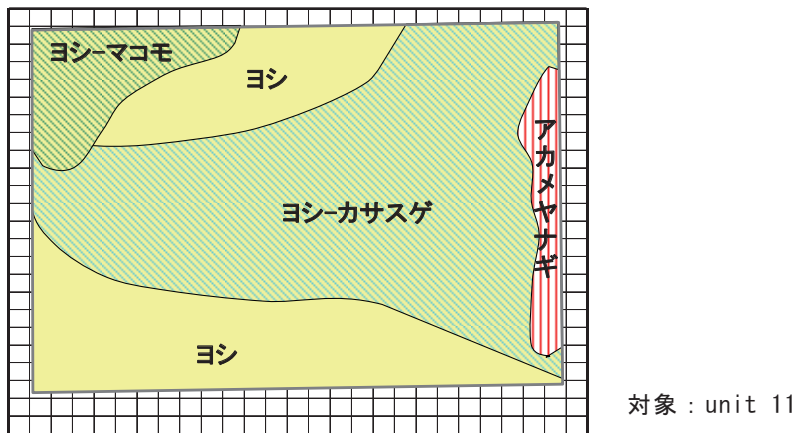
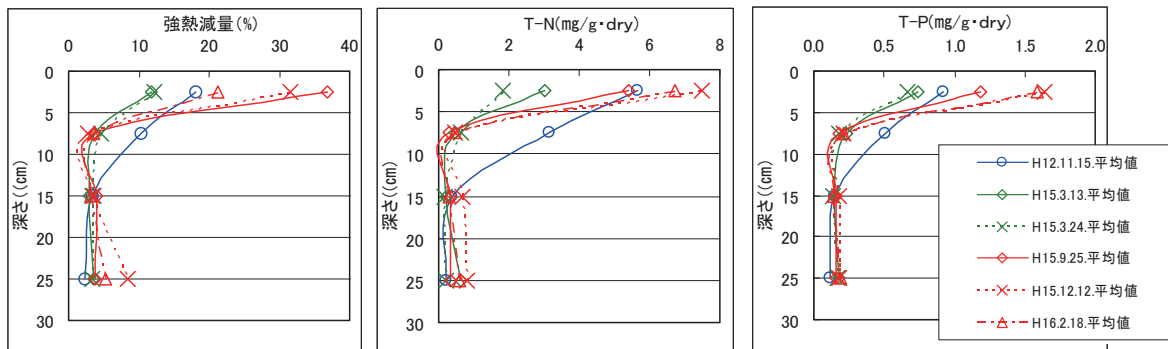


図 3-1-3 植生分布（清明川植生浄化施設、表面流れ方式、平成 16 年 8 月調査）



* Unit11、各層の流下距離別 3 地点 (5m, 15m, 25m) の平均値

図 3-1-4 底質調査結果（清明川植生浄化施設、表面流れ方式）

3-3-2 植生の維持管理

植生の維持や枯死後の浄化効果への悪影響を避けるために、利用する植生の生長特性や越冬形態を考慮して、維持管理をすることが望ましい。また、除去(収穫等)した植物の利用と処理についても事前に検討することが重要である。

〔解説〕

植生の維持管理は、植生の維持、植物枯死体の堆積に伴う浄化効果の低下防止の観点から、利用する植物の生長特性や越冬形態に合わせて定期的実施することが望ましい。具体的な手法としては、刈り取りとヨシ焼きがある。

(1) 刈り取り

① 刈り取りの頻度

ヨシについては、山王川での実験(表面流れ方式、事例 No. 18)におけるヨシ刈り取りの有無の実験結果(図 3-1 5)から、1~3年に1回の刈り取りが必要と考えられる。

マコモ等の組織の柔らかい植物は、枯死倒伏し水没すると茎葉部が腐敗するので、枯死倒伏する冬期前に年1回の刈り取りが必要である。

② ヨシ刈り取りの留意事項

ヨシは枯死前に茎葉部の栄養分を地下茎に送る性質がある。栄養塩除去の観点からは、刈り取り時期は、枯死後の秋冬より繁茂期(7~8月)の方が効果が高い。しかし、繁茂期にヨシの刈り取りをすると、越冬時に地下茎の栄養分が少なくなり翌年の生長に影響を及ぼすので冬の刈り取りが無難である¹⁾。また、水面下での刈り取りは中空の茎からの水の浸入により、地下部の壊死を起こす¹⁾ので、刈り取り後の水位管理に配慮が必要である。

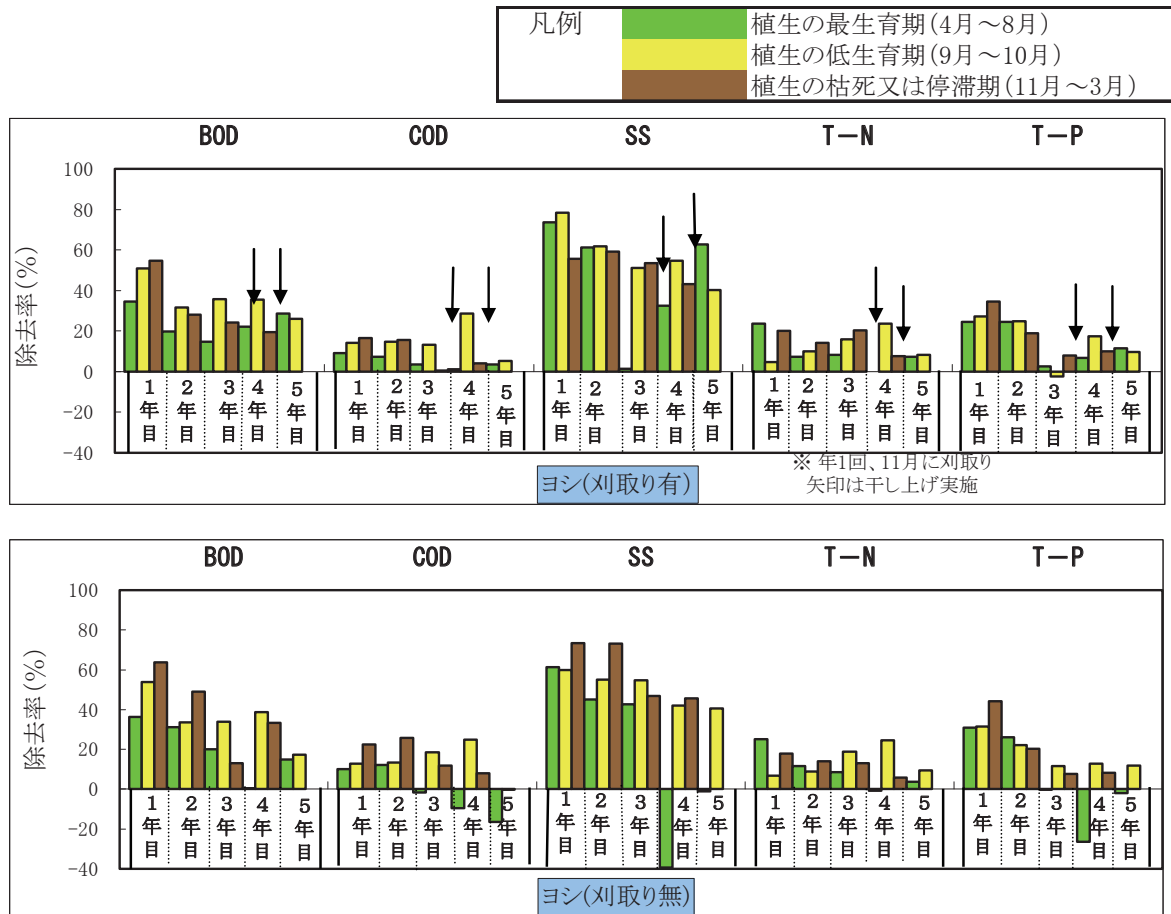
③ ヨシ刈り取りの効果

5年間刈り取りしていないヨシ槽と、年1回11月に刈り取りを行っているヨシ槽の除去率の比較を図 3-1 5に示す。3年目までは、両者は同等な効果が得られたが、4年目以降は刈り取りしていない槽で、特に T-P や COD の項目で浄化効果の低下が見られた。しかし、観察結果によれば堆積した植物体は腐敗しておらず、水質への影響は堆積した底泥の影響の方が強かったものと推定されている。実際、年1回の刈り取り槽は、4年目以降、底泥の干し上げを実施しており(図中の矢印がそれを示す)、水質の改善効果に対する刈り取りの有無の関与については厳密な比較はできていない。

また、刈り取りをしていないヨシ槽ではヨシ密度の低下(刈り取りなし: 50本/m²以下、刈り取りあり: 120~150本/m²)が認められたが、この要因も刈り取りの有無が原因というよりも、干し上げの有無(刈り取り・干し上げなしでは、土壌が嫌気化)が原因と考えられる。

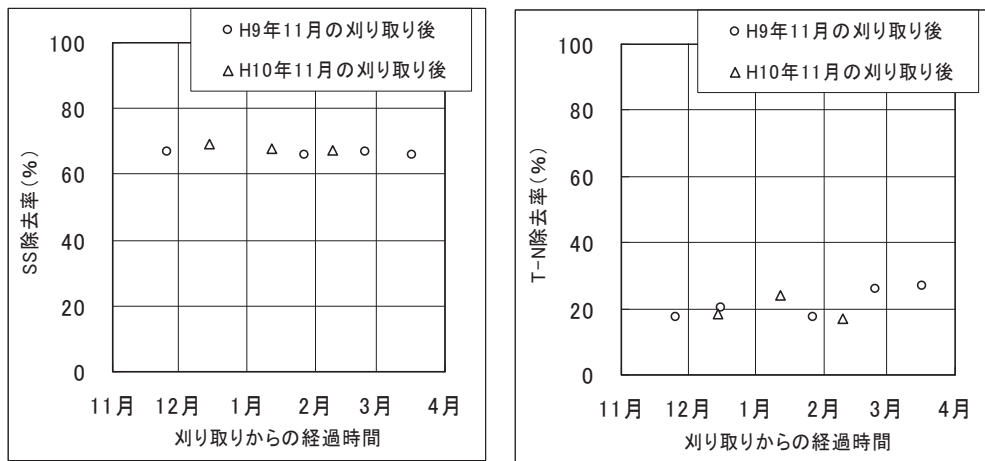
④刈り取りによる水質への影響

ヨシの刈り取り後は、底泥の巻上げや植物プランクトンの発生による浄化効果の変動が予想されたが、浄化効果の変動は認められず（図3-16）、マコモでも同様な結果であった。



* 実験諸元：水面積負荷 0.58m³/m²/日、休耕田土壌

図3-15 ヨシの刈り取りの有無による除去率の長期比較(山王川実験、表面流れ方式)



* 実験諸元：水面積負荷 0.58m³/m²/日、ヨシ、休耕田土壌

図3-16 ヨシ刈り取り後の経過日数と除去率の関係(山王川実験、表面流れ方式)

(2) ヨシ焼き

① ヨシ焼きの目的

ヨシ焼きは、翌年の発芽を促進しヨシ単一群落を維持すること、害虫・病原菌を駆除することを目的に実施される。また、枯死体由来の堆積物増加・底泥の栄養塩含有量の増加を防止する効果もあると考えられる。

② ヨシ焼きの留意事項

ヨシ焼きは発芽前の冬期に行われるのが一般的である。実施の際には、干し上げを行いヨシを乾燥させるとともに、周辺への延焼防止等、安全面に十分な配慮が必要である。

また、ヨシ焼き後の発芽までの期間における水位管理も重要であり、ヨシ焼き後は発芽まで湛水させない必要がある。毎年、冬期にヨシ焼きをしている渡良瀬遊水地のヨシ原浄化施設（事例 No. 9）や霞ヶ浦の妙岐の鼻では、ヨシ焼き前からヨシ焼き後の発芽まで土壌を乾燥状態としている。一方、試験的にヨシ焼きを実施した清明川植生浄化施設（事例 No. 7）では、ヨシ焼き後の発芽前に冠水してしまったこともあり、1年目におけるヨシ群落の回復が不十分であった。

③ 清明川植生浄化施設でのヨシ焼きの試行

清明川植生浄化施設（事例 No. 7）では、平成 18 年 2 月に「ヨシ焼き」を試行的に実施した。実施内容の概要は表 3-2 以下に示すとおりである。なお、ヨシ焼き直後の春期～夏期ではヨシの単一群落の回復が十分でなかった。その理由の一つとして、霞ヶ浦の湖水位がヨシ焼き直後に上昇し、施設が冠水したために、地下茎に水が入り腐敗したことが考えられる。ヨシ焼き後、ヨシが発芽するまでは施設内の水位管理に留意が必要である。

表 3-2 清明川植生浄化施設におけるヨシ焼きの実施方法(例)

実施項目	実施内容及び安全管理上の留意事項等
①施設の乾燥	<ul style="list-style-type: none">ヨシ焼き実施の約 1 ヶ月前に対象ユニット（40m×50m の区画）の流入水を停止した。
②事前準備	<ul style="list-style-type: none">〔防火帯の設置〕 周囲への延焼を防止するため、対象ユニットの周囲 2m 程度のヨシを刈り取り、防火帯を設置した。ヨシ焼きユニット内のヨシについても安全確保のため、肩掛け式の草刈機により、膝の高さまで刈り倒しを実施した。〔ゴミの撤去〕 ヨシ焼き時の悪臭、ダイオキシン類及び有毒ガスの発生を防止するため、ヨシ焼きユニット内のゴミを撤去した。〔周辺住民への周知〕 施設周辺にヨシ焼きのお知らせを掲示した。
③ヨシ焼きの実施	<ul style="list-style-type: none">〔当日の天候確認〕 当日の天候、風等に十分配慮し作業を実施した。〔消防機関への連絡〕 ヨシ焼き当日は、消防署等関係機関へ連絡し、地元の消防団の協力によりポンプ車を待機させ、不測の事態に備えた。〔散水〕 ヨシ焼き前に、延焼防止のため、周辺ユニットへ散水した。また、ヨシ焼き終了後、ヨシ焼きユニットに散水を行った。



清明川浄化施設におけるヨシ焼きの実施状況（平成 18 年 2 月 10 日）

（3）除去（収穫等）植物の利用と処理

植生浄化施設において、除去（収穫等）植物の有効利用している事例を表 3 - 3 に示す。文献²⁾では、水生植物の利用に関し、観賞用、食用、天然化学物質源（薬品、漢方薬を含む）、エネルギー源（アルコール、固形燃料）、飼料化、肥料化（堆肥化）、紙、工芸品等が挙げられている。しかし、現状では表 3 - 3 に示すように、有効利用されている事例は少なく、また、利用されている量も収穫したものの一部である。

植生浄化施設では植物生産が行われ、直接植物体として刈り取られる場合や枯死体を含めた腐葉土が肥料として用いられる場合が想定される。生産されるバイオマスをどう有効利用していくかは、植生浄化技術の重要な課題であり、生産と流通の問題を考慮した意欲的な取り組みが望まれる。また、河北潟生態系活用水質浄化施設（事例No.11）のように、収穫した植物の一部を利用してヨシ紙作りや菖蒲湯用に配布し地域住民との交流を図っている例もあり、浄化事業について住民の理解を得る良い機会となっている。

表 3 - 3 植生浄化施設で植物を有効利用している事例（表面流れ方式）

事例No.	施設名	利用している植物	利用方法
No. 9	ヨシ原浄化施設	ヨシ	ヨシズ
No. 10	手賀沼ビオトープ	ヨシ	ヨシズ
No. 11	河北潟生態系活用水質浄化施設	ヨシ	ヨシ紙作り、すだれ作り
		ショウブ	菖蒲湯用

参考文献

- 1) 吉良竜夫(1991)：ヨシの生態おぼえがき，滋賀県琵琶湖研究所報，No. 9，pp. 29～37
- 2) 中村栄一(1986)：水質改善に関する水生植物の利用可能性調査，土木研究所資料，No.2403，pp. 1～90

3-3-3 底泥の維持管理

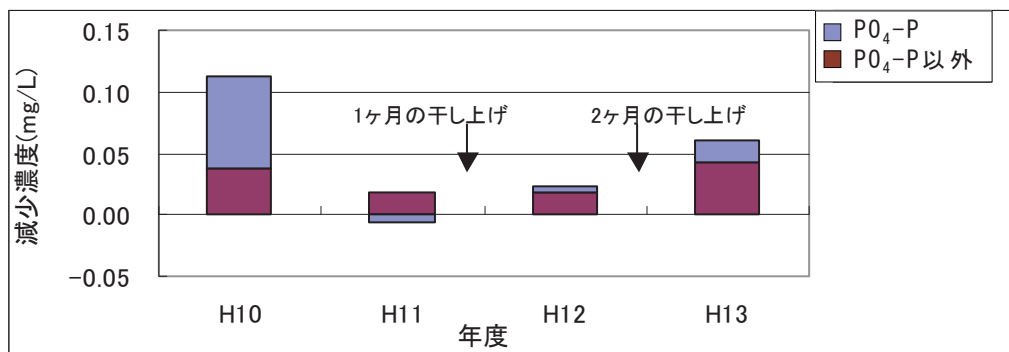
植生浄化施設の長期稼動に伴う底泥の堆積は、施設容量の減少や陸地化、底質への有機物・栄養塩の蓄積及び底泥・土壌の嫌気化を引き起こし、これらは浄化効果の低下の原因となる。底泥・土壌が嫌気化した場合には、底泥・土壌を乾燥させる「干し上げ」が有効であり、あわせて施設容量の回復も可能である。また、施設容量が減少した場合や有機物・栄養塩類が蓄積した場合には、「堆積物の除去」が必要である。

〔解説〕

(1) 干し上げ

山王川での実験（表面流れ方式、事例 No. 18）では、底泥の嫌気化に伴う栄養塩の溶出等により浄化効果が低下した。この状況に対処するため、平成 12 年度に約 1 ヶ月、平成 13 年度に約 2 ヶ月、流入水を入れない期間を設け、嫌気化した底泥・土壌を酸化状態とするための干し上げを実施した。干し上げ前後のリンの成分別の減少濃度の年間平均値を図 3-17 示す。干し上げにより、平成 12 年度ではリン除去能（減少濃度）の低下傾向を止めることができ、平成 13 年度ではリン除去能が回復している。

BOD や SS でも浄化効果の回復が確認された。底泥の締固めによる巻き上がりの抑制、及び底泥の減容（約 1/2 程度に減容した）による滞留時間の確保により、沈殿効果が回復したものと考えられる。

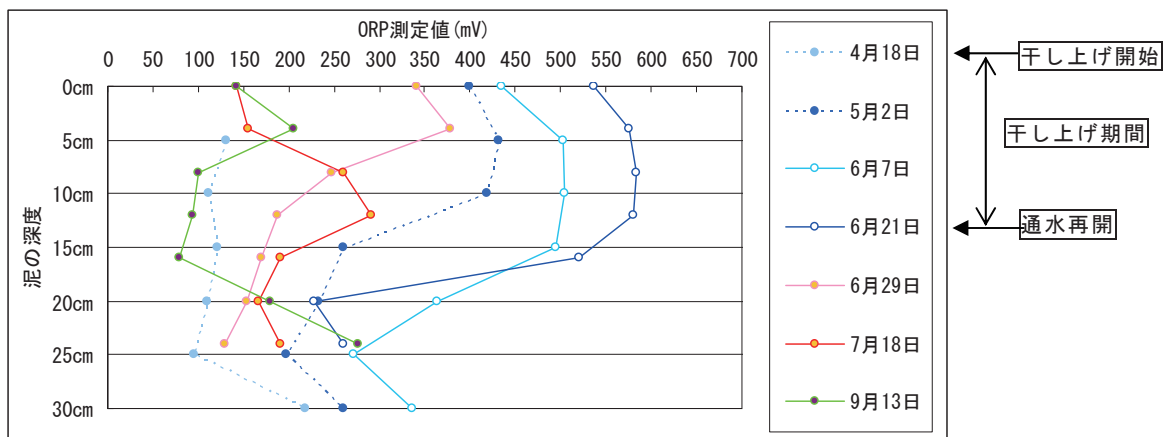


* 1 実験諸元：水面積負荷 0.58m³/m²/日、ヨシ、休耕田土壌

* 2 減少濃度 = 流入水質濃度 - 流出水質濃度（正值が浄化）

図 3-17 干し上げ対策前後のリンの成分別の減少濃度（山王川実験、表面流れ方式）

平成 13 年度の約 2 ヶ月間の干し上げ対策時の土壌の酸化還元電位（ORP）の変化を図 3-18 に示す。干し上げ開始後 ORP は上昇し始め、2 ヶ月後には表層 15cm まで酸化状態となっている。通水再開後には ORP は低下し、3 ヶ月後の値はほぼ干し上げ実施前の値に戻っているが、土壌への吸着が主因と考えられるリンの浄化効果は、図 3-17 に示したように維持されていると考えられる。



* 実験諸元：水面積負荷 0.58m³/m²/日、ヨシ、休耕田土壌

図 3-18 ヨシ槽の干し上げ前後の土壌の ORP (山王川実験、表面流れ方式)

(2) 堆積物の除去

清明川植生浄化施設（事例No.7）では、稼動開始約 10 年後（平成 18 年 2 月）に、施設容量の回復や底質の改善等を目的とし、重機を用いた「堆積物の除去」を試行的に実施した。実施内容と堆積物除去の効果確認結果を以下に示す。

表 3-4 清明川植生浄化施設における堆積物の除去の実施方法(例)

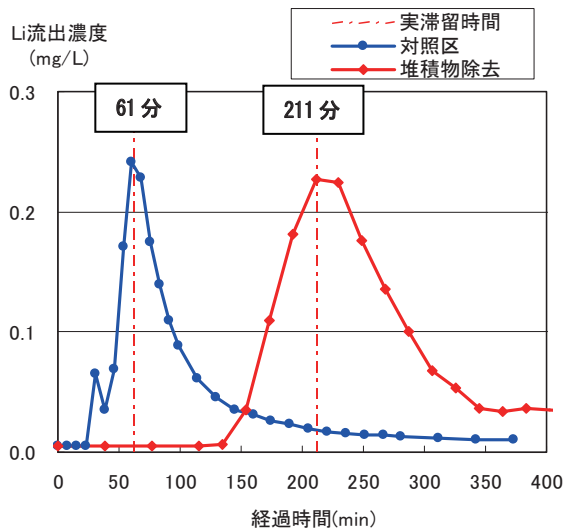
実施項目	実施内容及び安全管理上の留意事項等
① 仮設等準備	・ 仮設搬路の設置、重機の配置
② 堆積物の除去	・ 堆積物の除去前にユニット内数カ所に木杭を設置し、Y.P+1.4m の高さを測量によってマーキングし、掘削時は、近傍の木杭を水糸で丁張りし、水糸から-20cm を確認しながら堆積土砂を掘削した。
③ 掘削した堆積物の仮置き、処分	・ 掘削により発生した堆積物を施設内に仮置きし、乾燥減量した。 ・ 堆積物は乾燥後、場外処分とした。
④ 仮設搬路の撤去	・ 仮設搬路を撤去し、施設復旧した。



清明川植生浄化施設における堆積物除去の実施状況（平成 18 年 2 月 17～27 日）

①滞留時間の回復

実滞留時間をトレーサー調査により測定した。実滞留時間はリチウムトレーサーの流出ピーク濃度までの経過時間として定義した。堆積物を除去した区の実滞留時間は 211 分であり、堆積物を除去していない対照区 (61 分) に比べ、長い滞留時間が確認された。なお、設計滞留時間 (水理的滞留時間) は 300 分である。

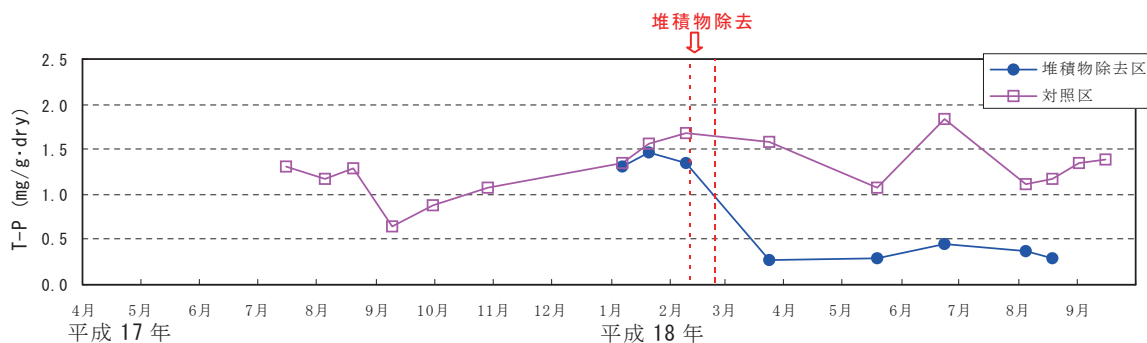


* 対照区には堆積物除去区の平均堆積厚 (0.148m) とほぼ同程度の堆積厚 0.158m の区を選定した。

図 3-19 堆積物の除去による滞留時間の変化 (清明川植生浄化施設、表面流れ方式)

②底質の改善

堆積物の除去後に底質の強熱減量・窒素・リン濃度が大幅に低減しており、表層底質の除去が、底質改善に大きく寄与した。



* 表層 0~5cm 程度の泥を採取し分析

図 3-20 堆積物の除去前後の底質の変化 (清明川植生浄化施設、表面流れ方式)

③浄化効果

堆積物の除去後は対照区に比較して、COD、SS、T-N、T-P、 PO_4 -P の除去率が、春期から夏期にかけて大きく改善され（図 3-2 1）、滞留時間の回復及び底質改善の効果と考えられる。

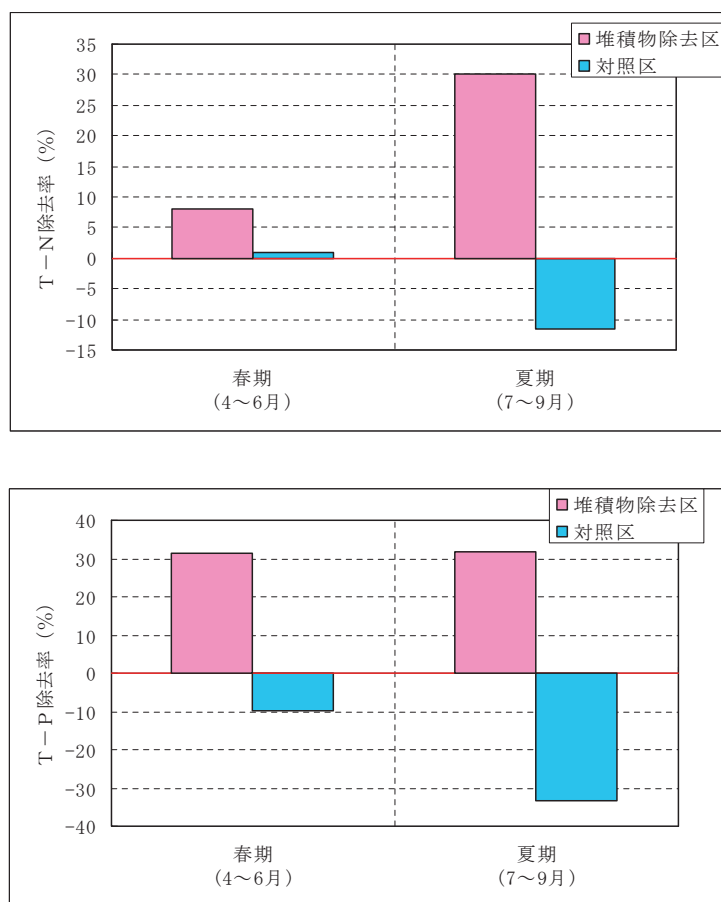


図 3-2 1 堆積物の除去後の除去率（清明川植生浄化施設、表面流れ方式）

④植生の回復

堆積物除去後の 1 年間では、ヨシ原の回復は一部分のみであった。この要因として、堆積物とともにヨシの地下茎も相当部分除去されたこと、発芽期に湖水位の上昇により施設が冠水したことが考えられる。

3-3-4 施設の運転管理

施設の正常な稼動のためには、取水部、導水路、分配部の監視と定期的な清掃が必要である。

〔解説〕

計画水量を適切に取水するためには、ポンプ取水の場合、ポンプの定期的な清掃やメンテナンスが必要である。堰等による自然流下での取水においても、取水部の土砂の堆積やスクリーン等へのゴミ蓄積等を監視し、定期的に清掃する必要がある。

また、正常に取水されていても、導水路への土砂の堆積、分配部での堰板の欠落や堰板でのゴミのつまりにより浄化区画等への流量配分にアンバランスが生じた事例があり、これらの流量管理も重要である。

4. 湿地法の浸透流れ方式の設計の考え方と維持管理

浸透流れ方式の設計の考え方と維持管理の概要は、次のとおりである。

表 4-1 (1) 浸透流れ方式の設計の考え方と維持管理の概要

項目		概要	参照節
設計の考え方	植物の選定	浸透流れ方式での植物の役割は、表面流れ方式での植物の役割（栄養塩の吸収、沈殿効果の促進、ろ過効果、付着微生物の効果、整流効果）に加え、土壤中へ酸素を移送することによる硝化・脱窒の促進、植生基材（土壌）の透水性の維持・回復が挙げられる。これらの観点から、ヨシを用いるのが望ましい。	4-1-1
	植生基材の選定	浸透流れ方式の植生基材としてはある程度の透水性を有する必要があるが、欧米では砂礫の使用が一般的である。しかし、砂礫を用いた場合には溶解性リンの浄化はほとんど期待できない。一方、黒ぼく土等の土壌の利用によりリン等の除去率を高めることが可能である。ただし、透水性が砂礫に比べ劣る。これらのことから、浄化対象水の水質・水量を踏まえ、植生基材の特性を考慮して、植生基材を選定する必要がある。	4-1-2
	通水・配水・集水・排水方法	浄化目的や使用する植生基材の透水性を考慮して、槽内の流れ（鉛直流、水平流）、通水方法、配水方法、集水方法、排水方法を適切に設定する必要がある。	4-1-3
	水面積負荷の設定	浸透流れ方式では、透水性の確保が重要であり、長期的な透水性の確保のための運転・維持管理計画を検討した上で、水面積負荷を設定する必要がある。また、透水性は植生基材や流入水の特性により変化する。 黒ぼく土を用いて維持管理を極力軽減したい場合には、水面積負荷は $0.2\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ 以下が目安となり、多量の水を処理したい場合には、年に1回の干し上げ実施を前提として、水面積負荷 $0.6\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ 程度が目安となる。また、礫を使用した場合の水面積負荷は、水平流れの通水方式では $0.6\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ 以下（平均粒径 10mm）、鉛直流れの通水方式では $1.2\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ 以下（平均粒径 30mm）が目安となる。	4-1-4
施設構造の設計に関する留意事項		施設構造の設計に際しては、水深や植生基材の厚さ、施設の平面形状等を考慮する必要がある。また、計画段階から底泥や植物の維持管理方法を検討し、維持管理が可能な施設構造とする必要がある。	4-2

表 4-1 (2) 浸透流れ方式の設計の考え方と維持管理の概要

項 目		概 要	参照節
維持管理	維持管理の必要性	<p>植生浄化施設の長期稼動に伴い、透水性の低下、底泥・土壌の嫌気化、土壌のリン吸着能力の低下、脱窒機能の低下に起因して、浄化能が低下することが想定される。</p> <p>従って、浄化効果を継続的に維持するため、施設計画段階において植生基材の入れ替えも含めて維持管理方法を検討する必要がある。</p>	4-3-1
	植生の維持管理	<p>植生の維持や枯死後の浄化効果への悪影響を避けるために、利用する植生の生長特性や越冬形態を考慮して、維持管理をすることが望ましい。また、水平流れの通水方式の場合、陸生植物が進入しやすく、陸生植物が進入した場合は除去した方が良い。</p>	4-3-2
	底泥・植生基材の維持管理	<p>植生浄化施設の長期稼動に伴う底泥の堆積は、植生基材の目詰まり（透水性の低下）及び底泥・土壌の嫌気化を引き起こし、これらは浄化効果の低下の原因となる。黒ぼく土等の土壌を用いた浸透流れ方式では、底泥・土壌を乾燥させる「干し上げ」が有効である。一方、礫を用いた浸透流れ方式では、干し上げの効果は低いため、水面積負荷を適切に設定することが重要である。</p> <p>また、土壌のリン吸着能力には限界があり、植生基材の入れ替えが必要となる場合がある。</p>	4-3-3
施設の運転管理		<p>施設の正常な稼動のためには、取水部、導水部、分配部の監視と定期的な清掃が必要である。</p> <p>浸透流れ方式特有の施設の運転管理として、水位監視を行うとともに、水位上昇が認められた場合には、必要に応じて排水位の調整を行うことが望ましい。また、留意事項として、鉛直流れにおいては短絡流を発生させないこと、植生が十分に生長していない稼動初期は透水性を確保するため、水面積負荷を小さくすることが挙げられる。</p>	4-3-4

4-1 湿地法の浸透流れ方式の設計の考え方

4-1-1 植物の選定

浸透流れ方式での植物の役割は、表面流れ方式での植物の役割（栄養塩の吸収、沈殿効果の促進、ろ過効果、付着微生物の効果、整流効果）に加え、土壌中へ酸素を移送することによる硝化・脱窒の促進、植生基材（土壌）の透水性の維持・回復が挙げられる。これらの観点から、ヨシを用いるのが望ましい。

〔解説〕

（1）植物の生長特性からの適用性

多くの水生植物は通気組織を持つものの、土壌中への酸素の移送能力は不明なものが多い。既往の文献等で明らかに酸素の移送能力があるとされている水生植物は、抽水植物のヨシ^{1)・2)}、マコモ³⁾、ガマ⁴⁾であり、これらの浸透流れ方式への適用性を表4-2に示す。

土壌浸透性の維持の点からは、マコモのように枯死時に倒伏する植物については、土壌表面の目詰まりが発生する可能性があり、立ち枯れするヨシ、ガマの方が有利と考えられる。また、大きな水位変動や乾燥等の環境変化への耐性も重要な点で、ガマよりヨシの方が根の深さが深く環境変化への耐性も強い。これらのことから、浸透流れ方式では、ヨシを用いることが望ましい。

表4-2 植物の浸透流れ方式への適用性

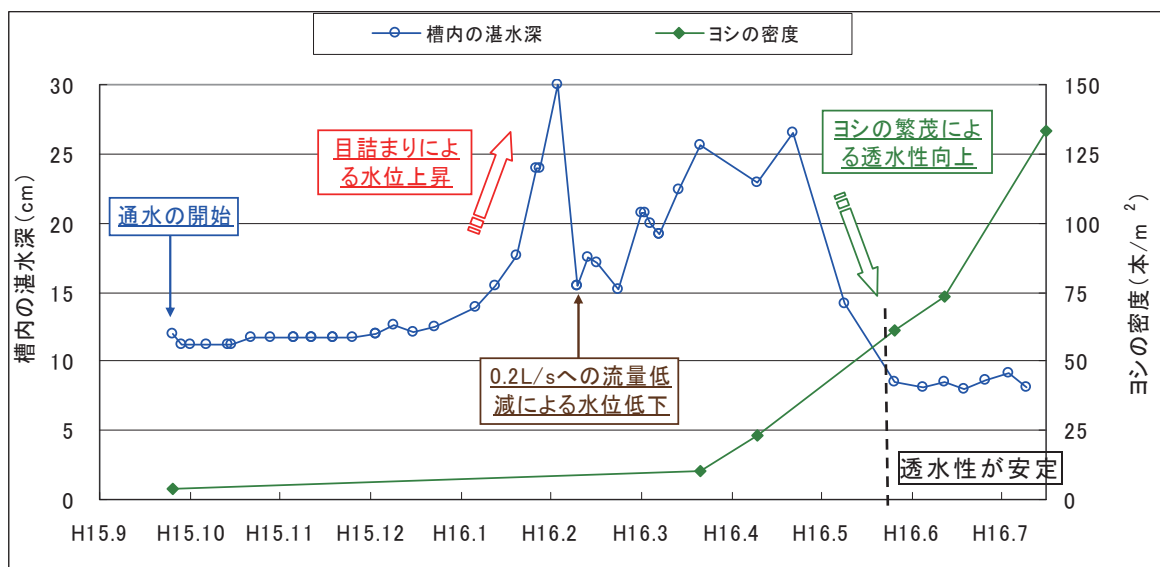
比較項目	ヨシ	マコモ	ガマ
酸素の移送能力	ヨシ<マコモ (地下茎にも通気組織がある)		不明 (地下茎には通気組織はない)
枯死時の状態	立ち枯れ	倒伏	立ち枯れ
根の深さ	60cm~1m	60cm	ヨシより浅い
環境変化への耐性	強い	弱い	弱い

(2) ヨシの土壤透水性の維持・回復能力

浸透流れ方式では微細な SS や生物膜等により、土壌や礫等の植生基材の表面で目詰まりを起こしやすく、長期運転により透水性が低下することがある。

植物による土壌透水性の維持・回復能力に関する既往知見では、「根や根茎が生長する際には、土壌をかく乱して土壌をゆるくする」、「根や根茎が腐朽すると、それらの管状孔隙や導管が奥に取り残されて土壌の透水係数を大きくする」との主張⁵⁾もあるが、5年後にはどんな土壌も植物の有無に係わらず透水係数一定になるとの主張⁵⁾あり、評価が一定していない。

ヨシを用いた山王川の浸透流れ方式の実験(事例 No. 19)では、図 4-1 に示すように、目詰まりにより上昇した水位が、ヨシの繁茂(新芽の生長)とともに低下して、ヨシの密度 60 本/m²程度から透水性が安定した。この結果から、ヨシには土壌透水性の維持・回復能力があると考えられる。



* 実験諸元：水面積負荷 0.58m³/m²/日、ヨシ、黒ぼく土

図 4-1 植生密度と浄化施設内の水深の関係 (山王川実験、浸透流れ方式)

参考文献

- 1) 細見正明 (1997) : 浚渫ヘドロを用いたウェットランドシステムの開発に関する基礎的実験 人工ヨシ湿地の創出, 用水と排水, Vol.39, No.7, pp580-586
- 2) 須藤隆一編集 (2000) : 環境修復のための生態工学, 講談社
- 3) 山崎史織 (1984) : マコモとヨシの帯状分布における Plant Aeration (植物体内通気) の役割, Aquatic Botany, Vol.18, 287-297
- 4) 角野康郎 (1994) : 日本水草図鑑, 文一総合出版
- 5) IWA マニュアル (Constructed Wetlands For Pollution Control)

4-1-2 植生基材の選定

浸透流れ方式の植生基材としてはある程度の透水性を有する必要があるが、欧米では砂礫の使用が一般的である。しかし、砂礫を用いた場合には溶解性リンの浄化はほとんど期待できない。一方、黒ぼく土等の土壌の利用によりリン等の除去率を高めることが可能である。ただし、透水性が砂礫に比べ劣る。これらのことから、浄化対象水の水質・水量を踏まえ、植生基材の特性を考慮して、植生基材を選定する必要がある。

〔解説〕

(1) 植生基材の選定の考え方

浸透流れ方式に利用する植生基材は、透水性、リンの吸着能及びコストの観点から評価する必要がある。休耕田土壌は透水性の観点から、リン吸着材と団粒ろ材はコストの観点から実施には不向きと考えられ、砂礫や黒ぼく土が適当であると考えられる。

浸透流れ方式が普及している欧米では、生活雑排水を処理対象とし透水性を確保するために礫が用いられる例が多い。ただし、礫を用いた場合には懸濁成分のろ過による浄化や硝化・脱窒が主な浄化機構となり、溶解性分を多く含む場合には浄化効果は劣り、特に溶解性のリンの浄化は期待できない。

日本における植生浄化法では、栄養塩類の除去を目的とする場合が多く、リン吸着能が高い土壌等を植生基材として用いることにより、高度なリン除去が可能となる。

① 礫の留意点

根を傷をつけないように砕石の使用を避け¹⁾、粒径が大きいと根茎の伸長する方向が制限され生長が悪くなるため、ある程度細粒にする必要がある。山王川実験では、玉石(φ7mm～φ13mm、平均10mm)を用い、植生密度は黒ぼく土の2/3程度であった。

② 黒ぼく土の留意点

山王川実験では複数の黒ぼく土(産地:鹿沼、茨城、阿蘇)を用いてリン吸着実験を行った結果、リン吸着能や透水性に大きな違いが認められ、粒径が小さいほどリン吸着能は高いが、透水性は小さくなる傾向があった。従って事前のリン吸着能の評価が必要である。

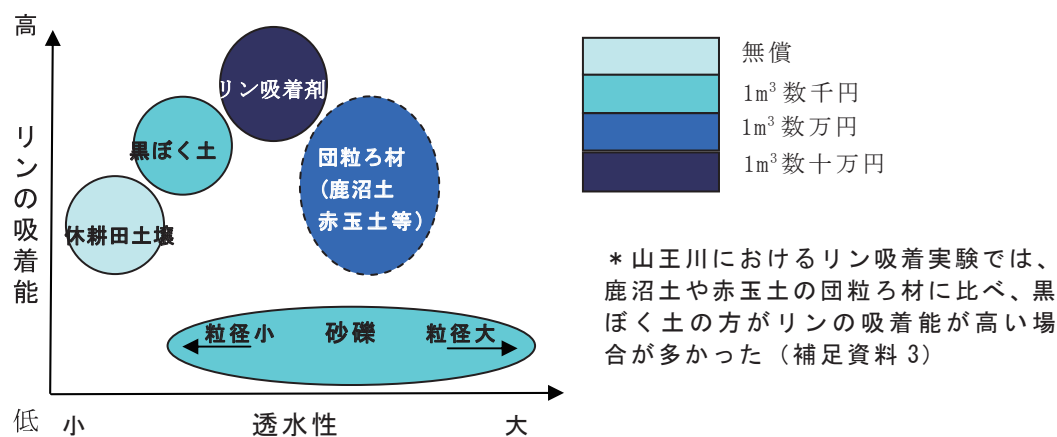
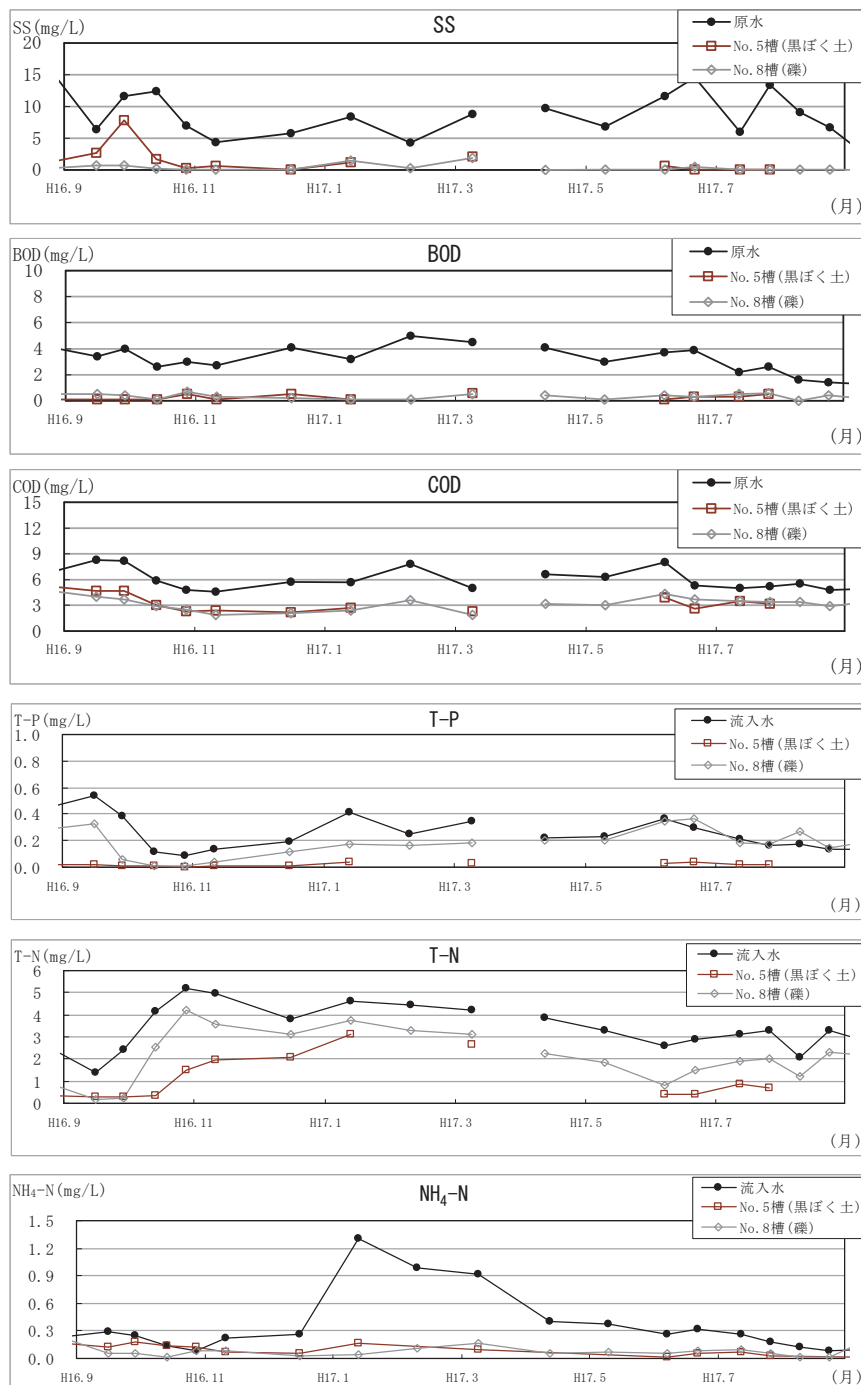


図4-2 植生基材の透水性・リンの吸着能・イニシャルコストの関係

(2) 礫と黒ぼく土の浄化効果の比較

山王川での実験（浸透流れ方式、事例 No. 19）では以下の結果が得られた。

- SS、BOD、COD については、礫槽と黒ぼく土槽ともに高い浄化効果が得られている。
- 礫槽はリンの浄化効果は非常に小さく、水質濃度の経年変化から当初懸濁態としてろ過されたリンが、徐々に溶出に転じていると考えられる。一方、黒ぼく土槽はリンの浄化効果は高く安定している。
- 窒素については黒ぼく土槽の方が高い浄化効果が得られている。



- * 1 実験諸元 (No. 5 槽) : 水面積負荷 $0.58\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ 、ヨシ、黒ぼく土
- * 2 実験諸元 (No. 8 槽) : 水面積負荷 $0.58\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ 、ヨシ、礫
- * 3 リンの溶解成分 : 約 70%以上

図 4-3 礫槽と黒ぼく土槽の浄化効果の比較（山王川実験、浸透流れ方式）

(3) 混合基材による透水性の向上

複数の植生基材を混合する場合には、必ずしも各基材単独での透水性から想定できない結果となる場合もあり、事前に混合した場合の透水性を評価する必要がある（参考参照）。

(4) 浄化方式の組み合わせによる最適化

黒ぼく土の透水性の低下は、主に無機 SS 成分による表面での目詰まりが原因と考えられ、予め無機 SS 成分を除去することにより透水性を持続させることが可能である。

山王川での実験（浸透流れ方式、事例 No. 19）では、礫槽の浸透流れ方式の処理水をさらに黒ぼく土を用いたリン吸着槽で浄化し、窒素・リンともに高い浄化効果が得られた。さらに、黒ぼく土の代わりに、透水性やリン吸着能の高い市販のリン吸着材を使用することでさらに浄化効率を高めることも可能となる。

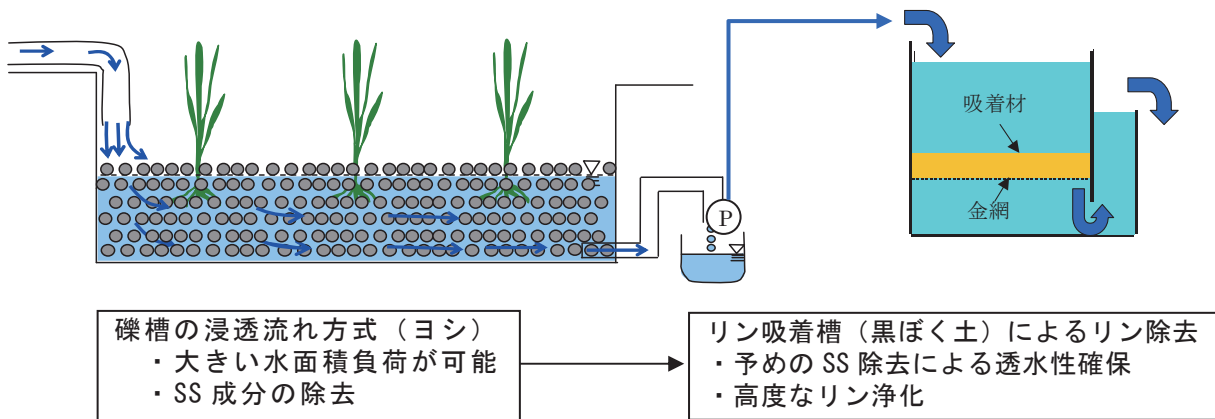


図 4-4 浄化方式の組み合わせによる最適化（礫と黒ぼく土の例）

【参考：混合基材による透水性の向上】

- ・ 袋川の土壌浄化施設（事例 No. 16）では、黒ぼく土と軽石を混合した浄化材（容積比 1 : 1）を用いており、黒ぼく土単独より高い透水性が得られている。
- ・ 一方、山王川での実験（事例 No. 19）では、黒ぼく土と透水性の大きい鹿沼土を容積比 1 : 1 に混合した実験も行ったが、黒ぼく土単独に比べわずかに透水性が低下した。黒ぼく土の細粒分が鹿沼土の空隙を埋め、かえって透水性が阻害されたものと考えられた。

参考文献

- 1) Development of Reed Bed Systems A Europe Perspective

4-1-3 通水・配水・集水・排水方法

浄化目的や使用する植生基材の透水性を考慮して、槽内の流れ（鉛直流、水平流）、通水方法、配水方法、集水方法、排水方法を適切に設定する必要がある。

〔解説〕

①通水方法

i) 鉛直流れの通水方式

- ・植生基材に透水性の小さい土壌等を用いるケースでは、鉛直流れが望ましい。
- ・施設内を常時湛水状態にする方法（図4-5）と配水管を植生基材の全面に配置する方法がある。ただし、後者の方法においても、配水する水面積負荷が植生基材の透水性を上回った場合には湛水することとなるので、注意が必要である。

ii) 水平流れの通水方式

- ・施設内水位を植生基材内に持たせる必要があり（図4-5）、植生基材に透水性が大きい砂礫を利用する。
- ・一般に植生浄化施設は槽厚に対し平面的（縦横）に長い構造であり、ろ過距離を長くとることができる。
- ・目詰まり等を起こし水面を持った場合には鉛直流れとなるので注意が必要である。

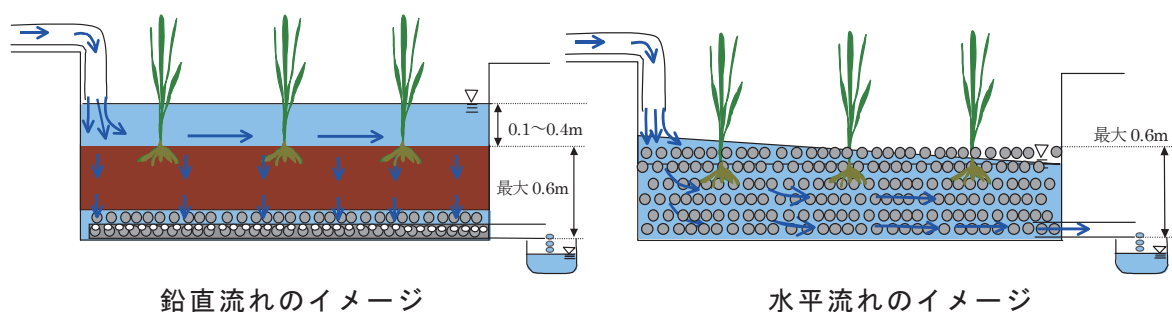


図4-5 鉛直流れと水平流れの通水・集水方式（山王川実験での例）

②配水方法

連続配水と間欠配水があり、運転管理が容易な連続配水が用られることが多い。ただし、連続配水では常に湿潤した状態にあるため、土壌が嫌気化しやすいので、定期的な干し上げが必要となる。間欠配水についての知見を以下に示す。

- ・間欠配水により土壌の嫌気化を防ぎ浄化効果が強化されることが示唆されている¹⁾。
- ・間欠配水を行うためには、常時湛水とにならないように水面積負荷を小さくする必要がある。
- ・間欠配水の方法としては、「ひとつの浄化施設で時間割りで配水する方法（貯水タンクに処理水をためサイホン等により配水）」と「複数の浄化施設に、ローテーションで配水する方法」の2通りが考えられる。

③集水方法

i) 鉛直流れの通水方式

- ・ 土壌を用いた鉛直流れの場合は施設下部全面から集水できる方法が必要である。
- ・ 具体的には、土壌層の下に透水性の高い素材を入れ、この時、施設の先端から末端まで集水管を敷設する方法を用いることにより、目詰まり等のトラブルが軽減できると考えられる。
- ・ 山王川での実験(事例 No. 19)では黒ぼく土層の下に $\phi 7\text{mm} \sim \phi 13\text{mm}$ の礫を入れ、集水管(マックスドレーン、メッシュ状(ϕ 約 0.2mm) でフレキシブルな暗渠排水管)を敷設した(図 4-5 の左図)。

ii) 水平流れの通水方式

- ・ 水平流れの場合は、集水管は出口のみの設置となる。
- ・ 山王川での実験(事例 No. 19)における礫槽では、実験槽下流端に集水管(排水管)を設置した(図 4-5 の右図)。

④排水方法

目詰まりにより透水性が低下することが想定されたため、排水管は水位調整(水頭差確保)できる機能とするとともに、干し上げが可能な構造とすることが望ましい。(図 4-6)。

山王川での実験(事例 No. 19)では、週一回を基本として、ポンプの点検等を行うとともに、各実験槽への流入水量、上流端と下流端の水位を測定して、実験槽内の水位が上昇した場合には、排水管の高さを下げて、実験槽内の水位と排水位の水頭差を大きくして流出量を確保した(補足資料 2 参照)。

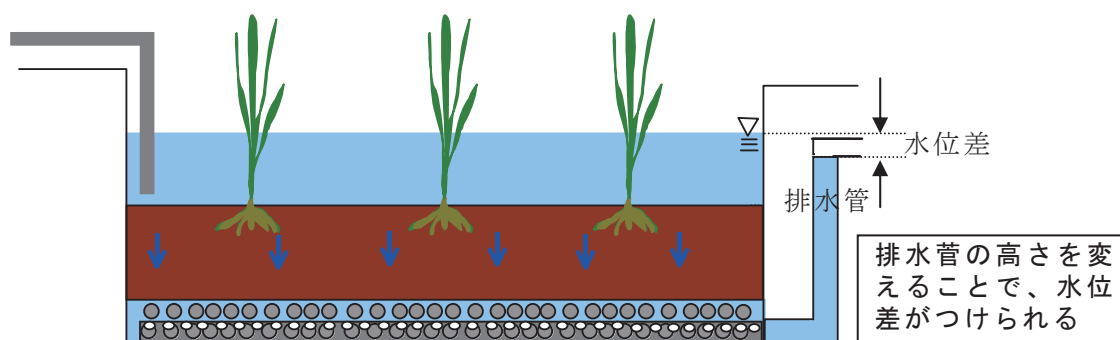


図 4-6 水位調整可能な排水構造

参考文献

- 1) 北詰昌義・野口俊太郎(1997): 人工ヨシ湿地による生活排水の高度処理, 用水と廃水, Vol. 39, No.11, pp. 41~45

4-1-4 水面積負荷の設定

浸透流れ方式では、透水性の確保が重要であり、長期的な透水性の確保ための運転・維持管理計画を検討した上で、水面積負荷を設定する必要がある。また、透水性は植生基材や流入水の特性により変化する。

黒ぼく土を用いて維持管理を極力軽減したい場合には、水面積負荷は $0.2\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ 以下が目安となり、多量の水を処理したい場合には、年に1回の干し上げ実施を前提として、水面積負荷 $0.6\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ 程度が目安となる。また、礫を使用した場合の水面積負荷は、水平流れの通水方式では $0.6\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ 以下（平均粒径 10mm）、鉛直流れの通水方式では $1.2\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ 以下（平均粒径 30mm）が目安となる。

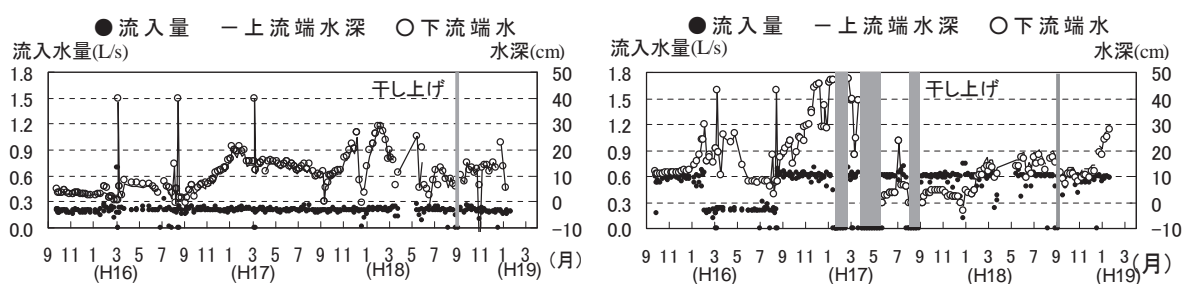
〔解説〕

浸透流れ方式における水面積負荷は浄化効果以上に透水性で制限される。透水性は植生基材により変化し、山王川での実験（事例 No. 19）等から得られた植生基材別の水面積負荷の目安を以下に示す。なお、長期的な透水性は流入水の特性（特に無機 SS 成分）に影響されることにも留意が必要であり、山王川実験での平均流入 SS は $7.1\text{mg}/\text{L}$ であった。

なお、山王川での実験では、水面積負荷を大きくすると、長期稼動に伴い窒素やリンの除去率が低下する傾向が認められ、長期間にわたり浄化効果（除去率）を安定させるためには、水面積負荷が小さい方が有利であると考えられる（「4-3-1 維持管理の必要性」を参照）。

①黒ぼく土を用いた場合の水面積負荷と透水性の関係

黒ぼく土を用いた浸透流れ方式（鉛直流れ、ヨシ）の水面積負荷 $0.19\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ のケースでは、実験期間中（3年5ヶ月）、計画水量で施設内設計水深（+10cm）をほぼ維持でき（図4-7の左図）、透水性が確保された。よって、運転・維持管理を極力軽減したい場合には $0.2\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ 以下が目安となる。



黒ぼく土・ヨシ, $0.19\text{m}^3/\text{m}^2/\text{day}$, 設計流入水量 $0.2\text{L}/\text{s}$ 黒ぼく土・ヨシ, $0.58\text{m}^3/\text{m}^2/\text{day}$, 設計流入水量 $0.6\text{L}/\text{s}$

図4-7 施設内水深の変化（山王川実験、浸透流れ方式・黒ぼく土）

多量の水を処理したい場合には、水面積負荷を大きくすることが考えられる。黒ぼく土を用いた浸透流れ方式（鉛直流れ、ヨシ）の水面積負荷 $0.58\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ のケースでは、

目詰まりが発生し、施設内水位の上昇が大きく（図4-7の右図）、透水性が低下した。透水性を回復させるために、夏期干し上げ（平成17年8月の1ヶ月間）を実施したところ、通水開始時とほぼ同程度の透水性に回復するとともに、干し上げ後1年間、計画水深(+10cm)がほぼ維持できた（図4-7の右図）。よって、多量の水を処理したい場合には、年に1回の干し上げ実施を前提して、水面積負荷 $0.6\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ 程度が目安となる。

②礫を用いた場合の水面積負荷と透水性の関係

i) 水平流れの通水方式

礫（粒径 $\phi 7\text{mm} \sim \phi 13\text{mm}$ 、平均 $\phi 10\text{mm}$ ）を用いた浸透流れ方式（水平流れ、ヨシ）の水面積負荷 $0.58\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ のケースは、施設内の下流水深を礫表面下（-10cm）とする運転であり、実験期間中（3年5ヶ月）、ほぼ安定した透水性が確保された。なお、3月頃に水面をもつ状態になることもあったが、5月にヨシの生長とともに透水性が回復した。

一方、水面積負荷 $1.15\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ のケースでは、通水開始直後から水位が上昇し、水面を持った鉛直流れとなった。さらに、礫表面で目詰まりが発生し透水性が低下し、排水位の調節や干し上げの透水性回復の対策を行ったが、透水性の回復ができなかった。よって、水平流れの通水方式で長期間連続運転するためには、 $\phi 10\text{mm}$ で水面積負荷 $0.58\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ が目安となる。

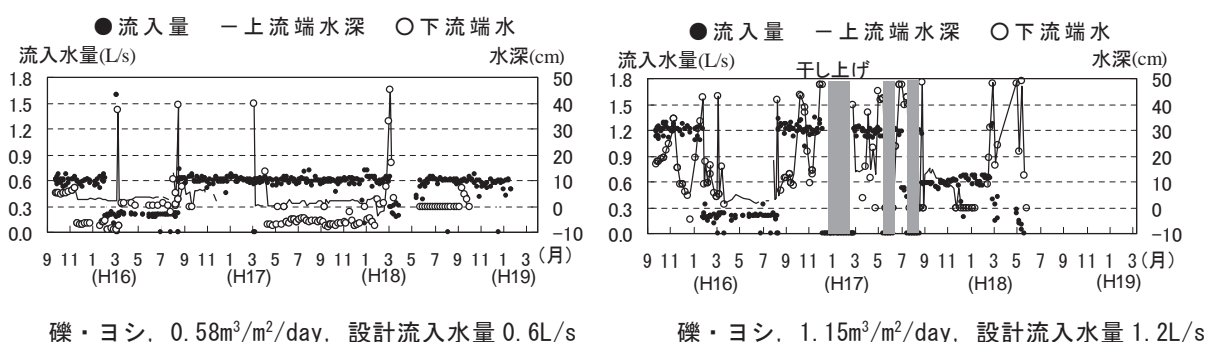


図4-8 施設内水深の変化（山王川実験、浸透流れ方式・礫）

ii) 水平流れの通水方式

中村ら(2001)の渡良瀬遊水地内での実験¹⁾から、礫（粒径 $\phi 20\text{mm} \sim \phi 40\text{mm}$ 、平均 $\phi 30\text{mm}$ ）を用いた浸透流れ方式（鉛直流れ、ヨシ）の水面積負荷 $1.2\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ のケースでは、実験期間中（1年6ヶ月）、施設内水位は安定していた。よって、鉛直流れでは $\phi 30\text{mm}$ で水面積負荷 $1.2\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ が目安となる。

参考文献

- 1) 中村圭吾・三木理・島谷幸宏（2001）：実大規模の浸透流方式湿地浄化法の開発とその評価，土木学会論文集，No. 678/VII-19，pp. 81-92

4-2 施設構造の設計に関する留意事項

施設構造の設計に際しては、水深や植生基材の厚さ、施設の平面形状等を考慮する必要がある。また、計画段階から底泥や植物の維持管理方法を検討し、維持管理が可能な施設構造とする必要がある。

〔解説〕

①水深

- ・ヨシ等の抽水植物を使用する場合には10cm～40cm程度が適当と考えられる。
- ・植生基材の目詰まりにより水深が大きく変化することを想定して、施設を設計する必要がある。
- ・具体的には、最大水深を設定し、最大水深を超過した場合にはオーバーフロー管等で越流する構造が必要である。

②植生基材の厚さ

- ・植生の生長に必要な基材厚を確保する必要がある、ヨシ等の抽水植物を使用する場合には40～60cm程度必要と考えられる。
- ・植生基材を厚くすれば、ろ過距離が長くなるとともに、土壌全体のリン吸着飽和容量が増大することから、高い浄化効果を長期間維持できると考えられる。

③施設の平面形状

- ・施設の平面形状は特に制限はない。
- ・但し、極端に細長い構造では、抵抗が少ない壁面に沿って短絡流が発生する可能性がある。

④基材の填圧

- ・土壌を用いた場合には、填圧は透水性の低下及び植物の根の進入を阻害する要因となるため、必要以上の填圧は行なわない方がよい。

⑤維持管理

- ・湿地法の表面流れ方式の「3-2 施設構造に関する留意事項」に記載している「流入水に懸濁成分が多い場合の工夫」や「維持管理の方法を想定した施設計画」を参考にする。

4-3 湿地法の浸透流れ方式の維持管理

4-3-1 維持管理の必要性

植生浄化施設の長期稼働に伴い、透水性の低下、底泥・土壌の嫌気化、土壌のリン吸着能力の低下、脱窒機能の低下に起因して、浄化能が低下することが想定される。

従って、浄化効果を継続的に維持するため、施設計画段階において植生基材の入れ替えも含めて維持管理方法を検討する必要がある。

〔解説〕

(1) 黒ぼく土槽の長期稼働によるリンの浄化効果の低下

山王川での実験（事例 No. 19）における黒ぼく土層・水面積負荷 $0.58\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ の実験条件では、T-P の除去率が徐々に低下した（図 4-9）。

リン除去率の低下の主要因は、溶解性リン（ $\text{PO}_4\text{-P}$ ）の土壌吸着能力が低下したことによるものと考えられ（参考参照）、水面積負荷 $0.58\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ では、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 除去率 80% 以上の処理持続期間（実績値）は 2 年、除去率 50% 以上のそれは 3.3 年であった（図 4-10）。この結果と負荷量条件から、水面積負荷 $0.19\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ の処理持続期間を推定すると 80% 以上は 6 年、50% 以上は 10 年となる。

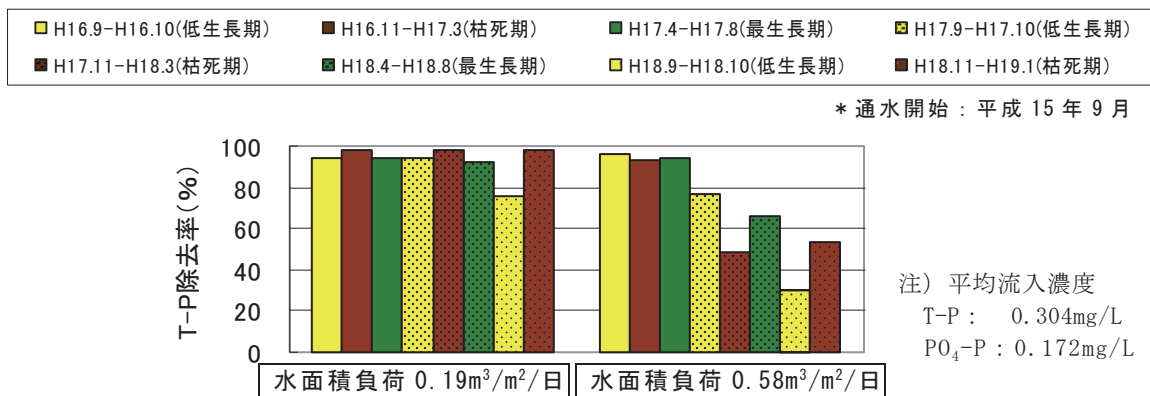


図 4-9 T-P 除去率の変化(山王川実験、浸透流れ方式・黒ぼく土・ヨシ)

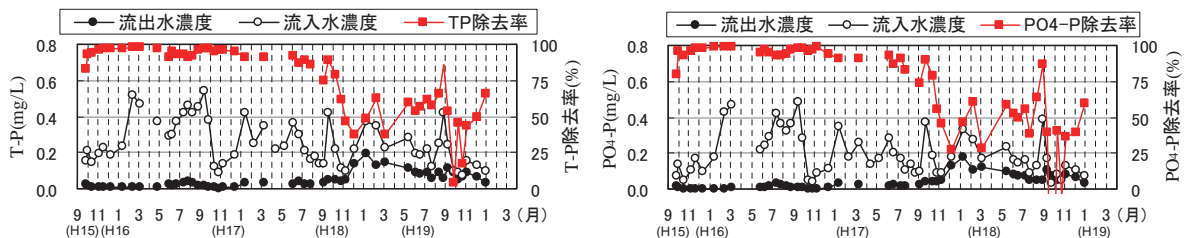


図 4-10 リン除去率の変化(山王川実験、浸透流れ方式・黒ぼく土・ヨシ・
 水面積負荷 $0.58\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$)

【参考：リン除去率低下の要因の考察】

リン除去率の低下要因として、土壌のリン吸着能の低下と嫌気化によりリンの溶出が考えられるが、除去率が急激に低下した平成 17 年 10 月時点での流出水の DO 濃度は 1mg/L 以下、ORP は 300mV 程度で低酸素ではあるが、土壌は還元状態にはなっていないと考えられ、溶出の影響は小さいと考えられる。

実験終了時（稼働後 3.5 年）の黒ぼく土のリンの含有量分布を図 4-1 1 に示す。実験開始時（平成 15 年 9 月）の黒ぼく土のリン含有量は 0.528mgP/g 乾泥であり、リン吸着飽和時の含有量は約 2.2mgP/g（リン吸着実験の飽和累積吸着量 1.711mgP/g、補足資料 3 参照）と推定される。

土壌表層には 3mgP/g 以上の高含有量域が広がり、上記の飽和時の推定含有量約 2.2mgP/g を超えているが、懸濁態リン（植物プランクトン等の有機物含む）の堆積による影響と考えられる。土壌下層（深度 30～40cm）の含有量（0.52～1.24mgP/g）から判断すると、土壌のリン吸着能力は低下しているもののまだ十分にあると考えられ、土壌中の短絡流の発生が示唆される。

以上のことから、リンの浄化効果の低下は溶解性リンの土壌吸着能力の低下が主な原因であり、長期的には徐々に除去率が低下し、土壌が飽和吸着量に達した場合には溶解性リンは除去されなくなるものと考えられる。

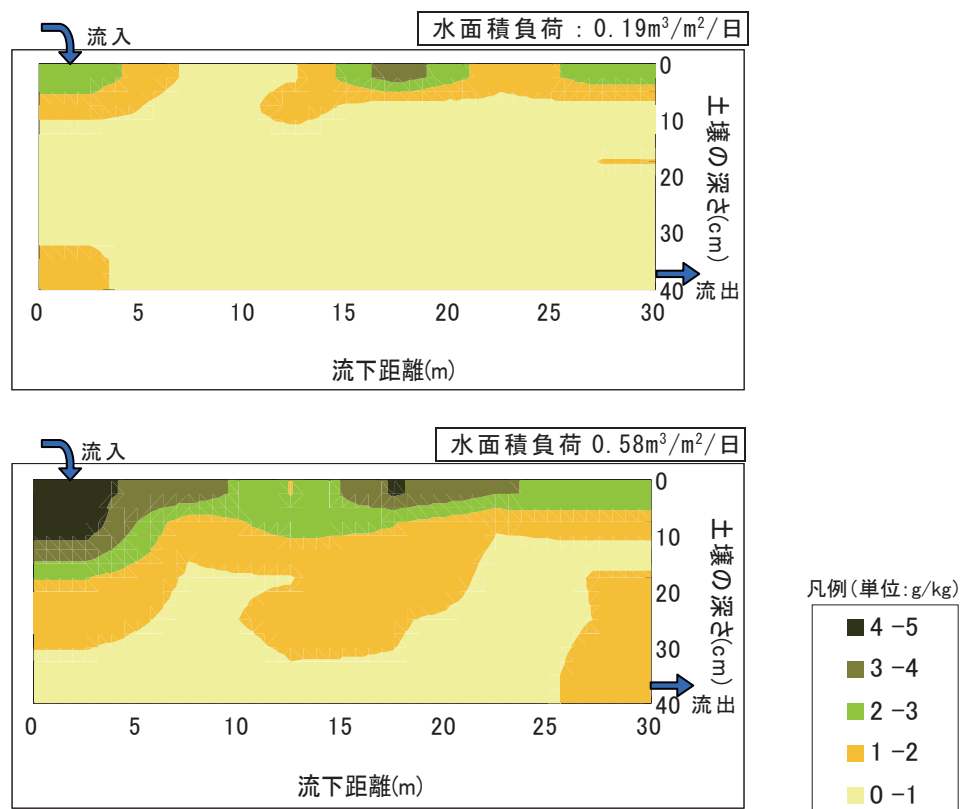


図 4-1 1 実験終了時（平成 19 年 2 月）の黒ぼく土の T-P 含有量
（山王川実験、浸透流れ方式・黒ぼく土・ヨシ）

【参考：黒ぼく土のリン除去持続期間の予測】

山王川での実験（事例 No. 19）で別途実施したリン吸着材の現地実験（補足資料 3 参照）から得られた黒ぼく土（鹿沼産）の $PO_4\text{-P}$ 吸着特性を図 4-1 2 に示す。リン吸着特性曲線の傾き（累積吸着量近似曲線の微分）を除去率と定義し、除去率と累積吸着量の関係を表 4 3 に示す。

さらに、表 4 3 の結果と式(4・1)により、リン除去持続期間を推定し、現地実験結果との比較を行った。その結果、現地植生浄化施設のリン除去持続期間は、リン吸着材実験結果による予測持続期間の約 7 割となったが（表 4 4）、比較的簡易なリン吸着実験から現地におけるリン処理持続期間を推定することがある程度可能であると考えられる。

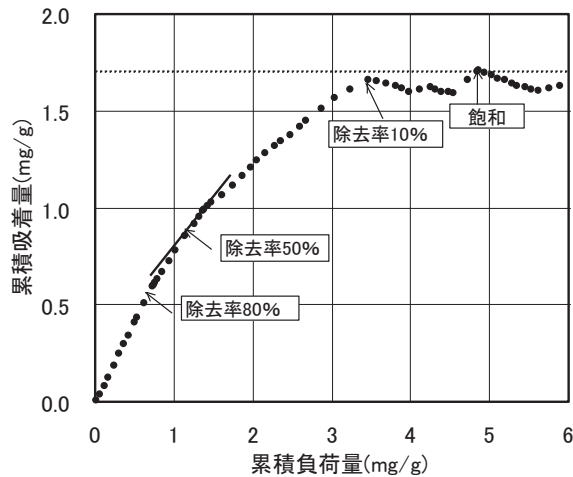


図 4-1 2 リン吸着材実験結果（黒ぼく土：鹿沼産）

表 4-3 黒ぼく土（鹿沼産）の除去率と累積吸着量

$PO_4\text{-P}$ 除去率 (%)	累積吸着量 (mg/g)
80	0.592
50	0.917
10	1.661
0	1.711

注)リン吸着材実験（図 4-1 2）より算定

$$(\text{持続期間 [日]}) = \frac{(\text{全土壌量 [kg 乾重]}) \times (\text{累積吸着量 [g/kg]})}{(\text{流入水濃度 [g/L]}) \times (\text{除去率}) \times (\text{処理水量 [L/s]}) \times 86,400 \text{ [s/日]}} \quad (4 \cdot 1)$$

表 4-4 リン除去持続期間（予測値，現地実績値）

[黒ぼく土・ヨシ, $0.58\text{m}^3/\text{m}^2/\text{day}$]

持続除去率	リン吸着材実験データによる予測値 t1	現地植生浄化施設の実績値 t2	t2/t1
80%以上	3.0 年	2.0 年	0.67
50%以上	5.1 年	3.3 年	0.65
10%以上	15.3 年	—	—

注 1)全土壌量：15,330kg 乾重（土壌体積：3×30×0.4m, 単体積重量：0.82g/cm³ 湿重, 含水率：48%）

注 2)流入水 $PO_4\text{-P}$ 濃度：0.20mg/L, 処理水量：0.6L/s

(2) 黒ぼく土槽の長期稼動による窒素の浄化効果の低下

山王川での実験（事例 No. 19）における黒ぼく土層・水面積負荷 $0.58\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ の実験条件では、T-N の除去率が徐々に低下した（図 4-1 3）。T-KN の除去率の低下は相対的に小さく、硝化（ $\text{NH}_4\text{-N}$ の減少）は進むが脱窒が進んでいないことを示している。脱窒機能の低下要因として有機物の減少、水温、溶存酸素の影響が考えられる。

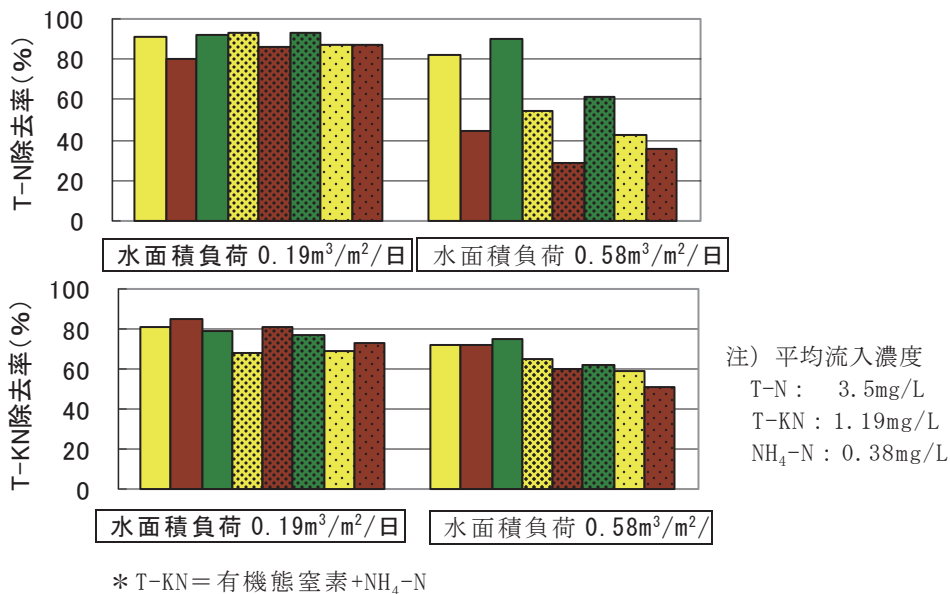


図 4-1 3 窒素除去率の変化（山王川実験、浸透流れ方式・黒ぼく土・ヨシ）

(3) 礫槽の長期稼動による窒素とリンの浄化効果の低下

山王川での実験（事例 No. 19）における礫層・水面積負荷 $0.58\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ の実験条件では、T-N の除去率が徐々に低下した（図 4-1 4）。黒ぼく土槽と同様に T-KN の除去率の低下は相対的に小さく、硝化（ $\text{NH}_4\text{-N}$ の減少）は進むが脱窒が進んでいないことを示している。なお、図 4-1 4 に示した窒素除去率は比較的低いが、実験水の有機物濃度が低いためと考えられ（平均 BOD 濃度 2.8mg/L ）、有機物濃度が高い生活雑排水や農業排水等ではより高い窒素除去率が期待できると考えられる。

また、全リンについては急激に除去率が低下したが、通水初期ではろ過効果により SS 性のリンが除去されるが、植生基材が土壌の場合のように $\text{PO}_4\text{-P}$ の吸着効果がないために、徐々に SS 性のリンが分解して溶出に転じたものと考えられる。

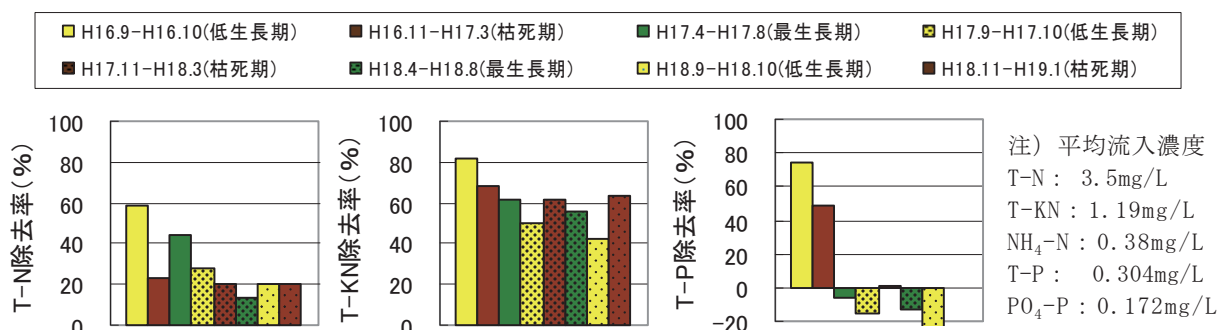


図 4-1 4 窒素除去率の変化（山王川実験、浸透流れ方式・礫・ヨシ・
水面積負荷 $0.58\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ ）

4-3-2 植生の維持管理

植生の維持や枯死後の浄化効果への悪影響を避けるために、利用する植生の生長特性や越冬形態を考慮して、維持管理をすることが望ましい。また、水平流れの通水方式の場合、陸生植物が進入しやすく、陸生植物が進入した場合は除去した方がよい。

〔解説〕

植生の維持管理は、基本的には表面流れ方式と同様であり、植生の維持、植物枯死体の堆積に伴う浄化効果の低下防止の観点から、利用する植物の生長特性や越冬形態に合わせて適切に実施することが望ましい。なお、浸透流れ方式では、浄化効果の低下防止の観点には、植生基材の目詰まり防止（透水性維持）も含まれている。具体的な手法としては、刈り取りと進入した陸生植物の除去がある。

（1）刈り取り

①刈り取りの頻度

山王川での実験（浸透流れ方式、事例 No. 19）から得られた以下の知見から、3年に1回程度の刈り取りが適当と考えられる。

- ・実験期間中（3年5ヶ月）、刈り取り等の植生の維持管理は行わなかったが、植生密度の低下は認められなかった（図4-15）。
- ・除去率が低下した実験ケース（図4-9、図4-13、図4-14）もあるが、植物枯死体の影響は小さいと考えられる。
- ・植生基材表面への枯死体（主に葉）の蓄積により、表層での目詰まりや干し上げ時の乾燥の遅延が生じている可能性があった。

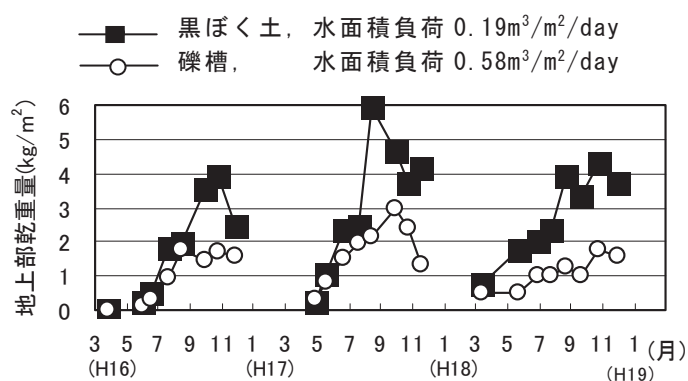


図4-15 ヨシの生長特性調査結果（地上部）

②ヨシ刈り取りの留意事項

- ・ヨシ刈り取りの留意事項は、表面流れ方式に準じる。

（2）陸生植物の除去

水平流れの通水方式の場合、植生基材表面下に水面があるため陸生植物の進入が顕著である。陸生植物は一年草が多く枯死体が多く堆積するため、除去することが望ま

しい。

4-3-3 底泥・植生基材の維持管理

植生浄化施設の長期稼動に伴う底泥の堆積は、植生基材の目詰まり（透水性の低下）及び底泥・土壌の嫌気化を引き起こし、これらは浄化効果の低下の原因となる。黒ぼく土等の土壌を用いた浸透流れ方式では、底泥・土壌を乾燥させる「干し上げ」が有効である。一方、礫を用いた浸透流れ方式では、干し上げの効果は低いため、水面積負荷を適切に設定することが重要である。

また、土壌のリン吸着能力には限界があり、植生基材の入れ替えが必要となる場合がある。

〔解説〕

（１）干し上げ

浸透流れ方式では長期間にわたり透水性を確保することが維持管理の基本であり、干し上げが有効である。また、干し上げは底泥・土壌の嫌気化を防止するための手法としても有効である。

山王川での実験（浸透流れ方式、事例 No.19）から、黒ぼく土等の土壌を用いた場合には、年1回、夏期干し上げを実施する必要があると考えられる。干し上げ期間は降雨状況にもよるが、最低1週間程度必要であり、土壌表面が乾燥状態となりひび割れを生じる程度を目安とする。礫を用いた場合には、干し上げによる透水性の回復効果は小さく、過負荷の流入をさけるべきである。

透水性を確保するための運転管理としては、水位監視を行うとともに、水位上昇が認められた場合には、必要に応じて排水位の調整を行うことが望ましい。これらの内容については、「4-3-4 施設の運転管理」において述べる。

①黒ぼく土槽の夏期干し上げ効果

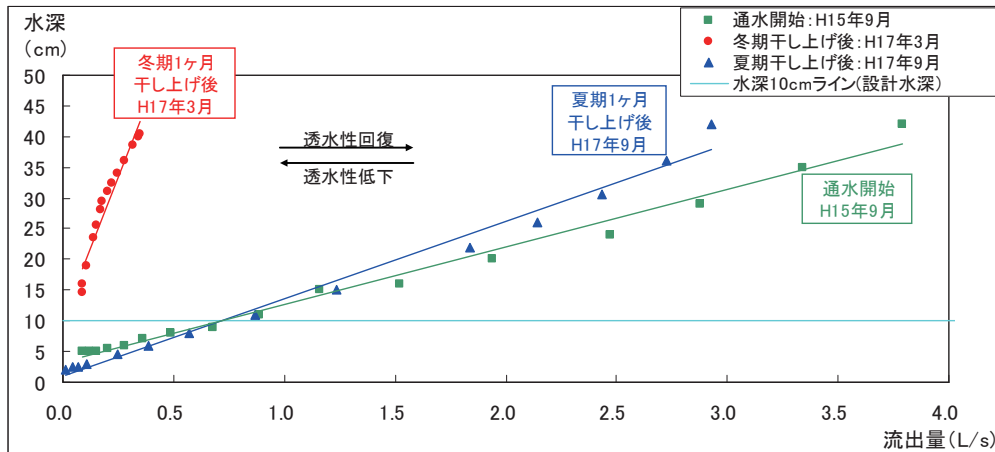
i) 透水性の回復・維持

水面積負荷 $0.58\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ （設計流量 $0.6\text{L}/\text{s}$ ）の実験条件において、透水性調査を実施した結果、冬期干し上げは透水性の回復効果が確認できなかったが、夏期干し上げは透水性の回復・維持効果が確認された。なお、透水性調査方法は、「7. 施設の効果の把握」において述べる。

- ・通水開始時（平成15年9月）には施設内設計水深（+10cm）で $0.7\text{L}/\text{s}$ の流出量が得られたが（図4-16）、徐々に透水性が低下して、平成16年12月には水深+40cmとしても設計流量（ $0.6\text{L}/\text{s}$ ）が得られない状況となった（図4-7）。
- ・平成17年1月から2月に1ヶ月の冬期干し上げを行ったが、透水性は干し上げ前と変わらず、平成17年3月では、水深+40cmの場合でも流出量は $0.4\text{L}/\text{s}$ 程度であった（図4-16）。この理由として、冬期は蒸発散量が少ないこと、ヨシの枯葉が土壌面を被い乾燥が阻害されていることが考えられた。
- ・平成17年8月に1ヶ月の夏期干し上げを行った結果、平成17年9月には通水開

始時同様に施設内設計水深（+10cm）で 0.7L/s の流出量が得られ、透水性が回復した。夏期は蒸発散量が大きく、目視でも土壌表面に冬期には見られなかったひび割れが生じていた。

- ・その後約 1 年間、透水性の低下はわずかであり、平成 18 年 8 月の時点で設計流量 0.6L/s が得られそのときの水深は+約 20cm であった（図 4-7）。



*実験諸元：水面積負荷 0.58m³/m²/日、黒ぼく土、ヨシ

図 4-16 黒ぼく土槽の透水性調査（山王川実験、浸透流れ方式）



黒ぼく土槽の夏期干し上げ終了時の土壌表面の状況

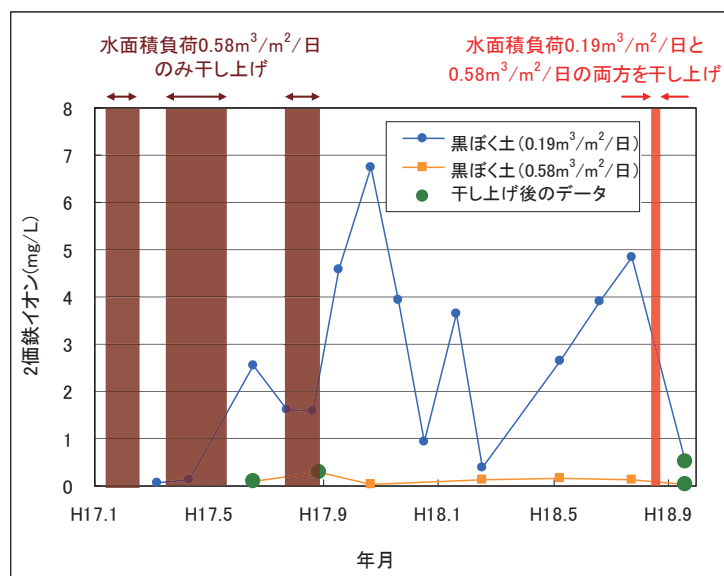
【参考：1 週間の夏期干し上げによる透水性回復効果（山王川実験、浸透流れ方式）】

- ・黒ぼく土槽（水面積負荷 0.58m³/m²/日）で、平成 18 年 8 月に 1 週間の夏期干し上げを実施した。
- ・ただし、平成 17 年 8 月の夏期干し上げ効果が持続し、干し上げ実施前においても設計流量 0.6L/s が得られ、そのときの水深は約 +20cm であった（図 4-7）。
- ・1 週間の夏期干し上げ後、流量 0.6L/s のときの水深は約 +12cm であり（図 4-7）、通水開始当初の水深（8cm）に近くなり、1 週間でもある程度の透水性の回復効果が認められた。

ii) 嫌気化の予防と改善の効果

夏期干し上げにより、浄化施設の嫌気化の予防と改善が確認された。

- ・ 水面積負荷 $0.19\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ の黒ぼく土槽では、透水性が良好なため干し上げは実施しなかった。通水開始後約 2 年（平成 17 年 6 月）で嫌気化による 2 価鉄イオン (Fe^{2+}) の流出が認められた（図 4-17）。平成 18 年 8 月の 1 週間の夏期干し上げ後に 2 価鉄イオンの流出が認められなくなり、嫌気化が改善された。
- ・ 水面積負荷 $0.58\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ の黒ぼく土槽では、透水性が低下したため数回の干し上げを実施しており、2 価鉄イオンの流出は認められなかった（図 4-17）。



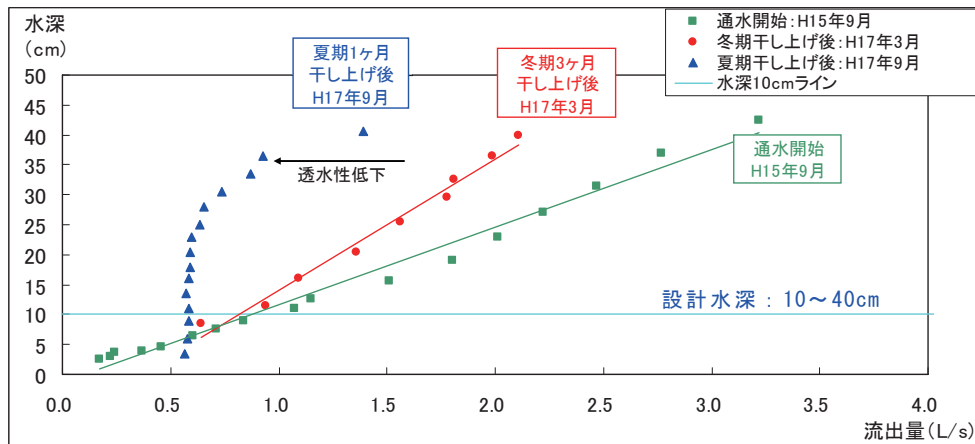
* 実験諸元：ヨシ、黒ぼく土

図 4-17 黒ぼく土槽の 2 価鉄イオン（嫌気化の指標）の流出濃度
（山王川実験、浸透流れ方式）

②礫槽の干し上げ効果

水面積負荷 $1.15\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ （設計流量 $1.2\text{L}/\text{s}$ ）の実験条件において、透水性調査を実施した結果、冬期干し上げ及び夏期干し上げによる透水性の回復効果は小さく、通水当初より水平流れが維持できる設計流量とし、水面を持たせないことが重要と考えられる。

- ・ 運用開始時（平成 15 年 9 月）から設計流量を確保するためには、水面を基材上に持たせる必要があり鉛直流れの通水方式とし、水深 10cm で約 $0.9\text{L}/\text{s}$ の流出量があった（図 4-18）。
- ・ 徐々に透水性が低下し、平成 16 年 12 月には槽内の水深を 40cm としても設計流量がやっと得られる状況であった（図 4-8）。
- ・ 平成 16 年 12 月から延べ 3 ヶ月の冬期干し上げ対策を実施した結果、水深 20cm まで透水性が回復したが長期的な安定は見られなかった（図 4-8）。
- ・ その後、平成 17 年 8 月に 1 ヶ月の夏期干し上げを行ったが、透水性の向上は認められなかった（図 4-18）。



* 実験諸元：水面積負荷 $1.15\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ 、礫（粒径 $\phi 7\sim 13\text{mm}$ 、平均 $\phi 10\text{mm}$ ）

図 4-18 礫槽の透水性調査結果（山王川実験、浸透流れ方式）



礫槽の夏期干し上げ終了時の礫表面の状況

（2）植生基材の入れ替え

黒ぼく土等の土壌を用いた場合、長期稼動に伴い、土壌のリン吸着能力の低下、脱窒機能の低下に起因して、浄化能が低下することが想定される。特に、土壌のリン吸着能力には限界がある。

一方、土壌のリン吸着能力については、「4-3-1 維持管理の必要性」の【参考：黒ぼく土のリン除去持続期間の予測】において述べたとおり、比較的簡易なリン吸着実験から現地におけるリン処理継続期間を推定することがある程度可能である。

これらのことから、簡易なリン吸着実験により現地施設における黒ぼく土等のリン処理継続期間を推定し、維持管理計画（土壌の入れ替え）に反映させることが必要であると考えられる。

4-3-4 施設の運転管理

施設の正常な稼動のためには、取水部、導水部、分配部の監視と定期的な清掃が必要である。

浸透流れ方式特有の施設の運転管理として、水位監視を行うとともに、水位上昇が認められた場合には、必要に応じて排水位の調整を行うことが望ましい。また、留意事項として、鉛直流れにおいては短絡流を発生させないこと、植生が十分に生長していない稼動初期は透水性を確保するため、水面積負荷を小さくすることが挙げられる。

〔解説〕

①取水部、導水部、分配部の監視と定期的な清掃

表面流れ方式の施設の運転管理に準ずる。

②排水位調整による透水性の確保

排水調整により透水性を確保するためには、排水位調整機能を付加した設備（図4-6）が必要となる。

基本的な調整方法は、日常的に施設内水位を監視して、目詰まりにより施設内水位が上昇した場合には、排水管の高さを下げて、施設内水位と排水位の水頭差を大きくして流出量を確保する。なお、調整方法は鉛直流れ（連続運転、間欠運転）と水平流れで基本的には同じであるが、維持管理を実施するための判断基準や留意点に相違があり、山王川実験での実施例（間欠運転は実施していない）を補足資料2に示す。

③短絡流の防止

浸透流れで短絡流が発生した場合には、植生基材の全量が有効に使われないことになる。特に、リンの吸着効果を期待して土壌を用いた場合には、リンの吸着能力が有効に発揮できない。

ヨシの刈り取り等で施設内に立ち入る場合に土壌の含水率が高いと、踏み跡等により局所的な短絡流が発生する可能性があるため、予め水抜きをして干上がった状態で作業を行う必要がある。

④植生繁茂前の通水方法

植生が十分に生長していない稼動初期は、目詰まりが発生し透水性が低下しやすいため（図4-1）、極力水面積負荷を低くした運転が望ましい。

5. 水耕法の直接植栽方式の設計の考え方と維持管理

直接植栽方式の設計の考え方と維持管理の概要は、次のとおりである。

表 5 - 1 直接植栽方式の設計の考え方と維持管理の概要

項目		概要	参照節
設計の考え方		直接植栽方式の設計の参考となる資料として、滞留時間と除去率の関係図、水面積負荷と除去率の関係図、負荷速度と浄化速度の関係図があり、懸濁成分の割合が同様な流入水に対しては、設計の参考とすることが可能である。	5-1
施設構造の設計に関する留意事項		施設構造の設計に際しては、水深や流下距離、施設の縦横比等を考慮する必要がある。水深は植生の根茎が土壌等の底面に固着できる最大水深にするとともに、同一施設面積では横断面を大きくする方が効率的な浄化ができる。	5-2
維持管理	維持管理の必要性	直接植栽方式では、湿地法の表面流れ方式と同様に植生浄化施設の長期稼動に伴い、流入懸濁態物質や植生の枯死体等による底泥が堆積して、短絡流の発生（滞留時間の短縮）や植生遷移が想定され、これらは浄化効果の低下の原因となる。従って、浄化効果を継続的に維持するため、施設計画段階において維持管理方法を検討する必要がある。	5-3-1
	植生の維持管理	植生の維持や枯死後の浄化効果への悪影響を避けるために、利用する植生の生長特性や越冬形態を考慮して、維持管理をすることが望ましい。また、除去(収穫等)した植物の利用と処理についても事前に検討することが重要である。	5-3-2
	底泥の維持管理	水耕法の底泥の維持管理では、定期的に底泥除去を行うことが必要である。	5-3-3
施設の運転管理		水耕法の施設の運転管理については、基本的には表面流れ方式と同様であり、計画流量を適切に施設に送水することが日常の運転管理において最も重要となる。	5-3-4

5-1 水耕法の直接植栽方式の設計の考え方

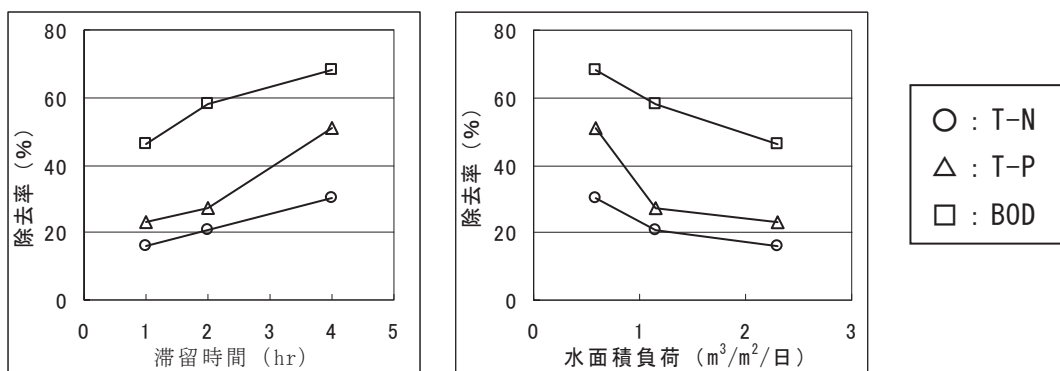
直接植栽方式の設計の参考となる資料として、滞留時間と除去率の関係図、水面積負荷と除去率の関係図、負荷速度と浄化速度の関係図があり、懸濁成分の割合が同様な流入水に対しては、設計の参考とすることが可能である。

〔解説〕

(1) 滞留時間・水面積負荷と除去率の関係

山王川での実験（直接植栽方式、事例 NO. 18）におけるオオフサモを用いた実験結果から整理した滞留時間と除去率の関係、水面積負荷と除去率の関係を図 5-1 に示す。

ヨシに比べ短い滞留時間、大きい水面積負荷でも高い除去率が得られている。また、滞留時間と除去率は明確な比例関係、水面積負荷と除去率は明確な反比例関係が認められる。



* 実験諸元：オオフサモ、休耕田土壌、水深 10cm

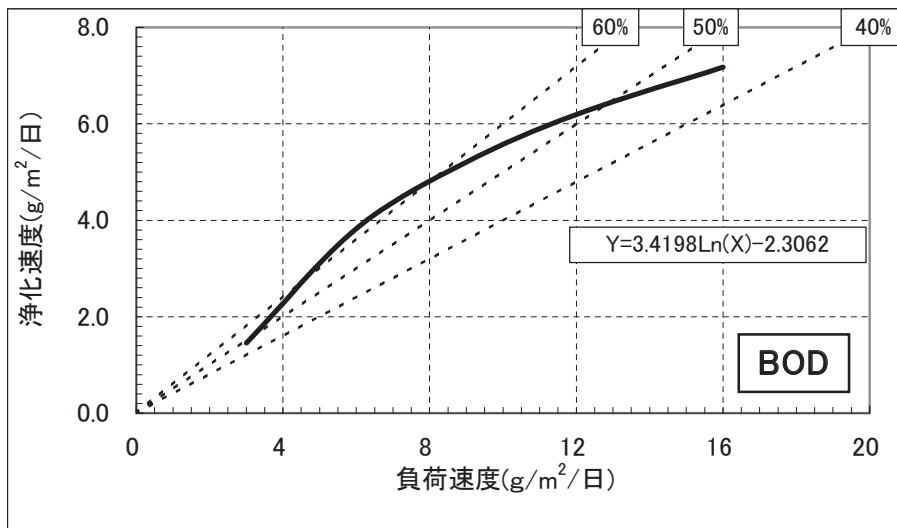
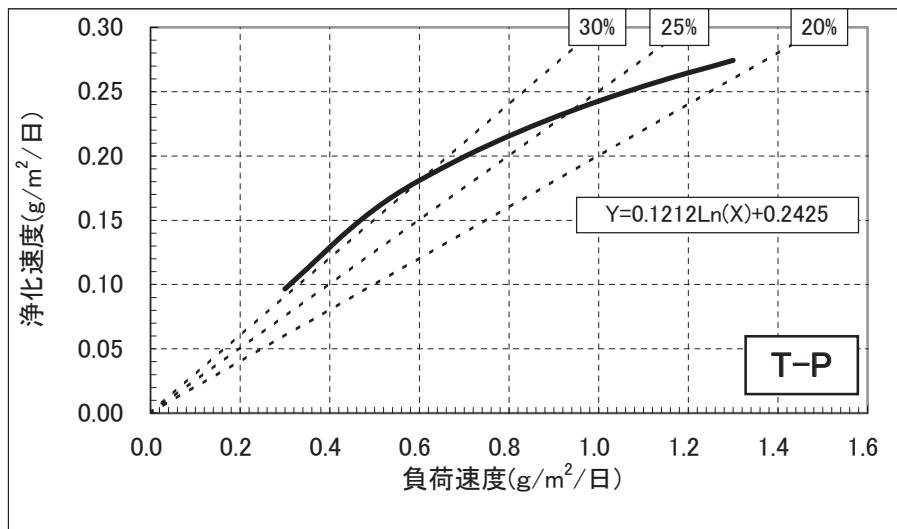
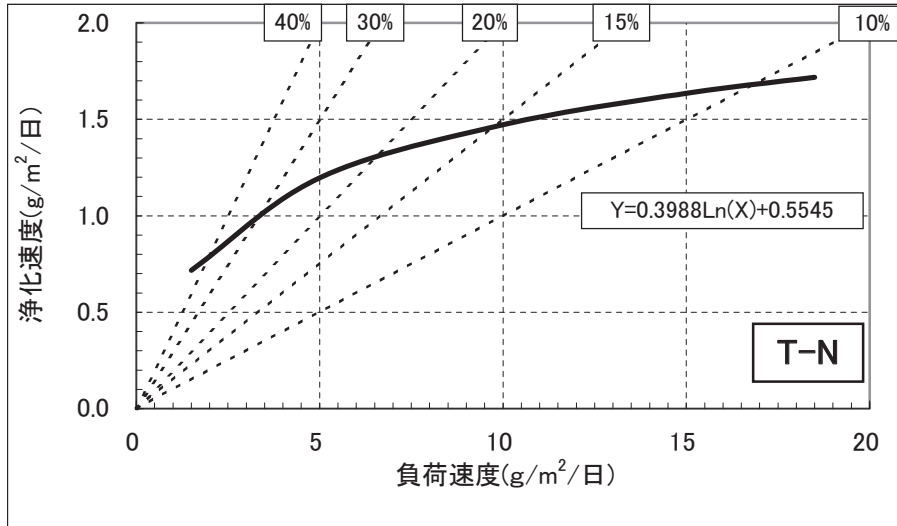
図 5-1 滞留時間・水面積負荷と除去率の関係 (山王川実験、直接植栽方式)

(2) 負荷速度と除去速度の関係

山王川での実験（直接植栽方式、事例 NO. 18）におけるオオフサモを用いた実験結果から整理した負荷速度と浄化速度の関係を図 5-2 に示す。

オオフサモを用いた直接植栽方式では、オオフサモの根茎による懸濁成分のろ過効果が大きいと考えられ、流入水の懸濁成分の割合により浄化効果が異なるといえる。本実験の流入水の懸濁成分は、T-N は 1 割、T-P は 3 割、BOD は不明であり、懸濁成分の割合が同様な流入水に対しては、図 5-2 を用いて負荷速度から簡便に除去率を求めることができる。

* %表示は除去率



* 実験諸元：オオフサモ、休耕田土壌

* 流入水の懸濁成分の割合により浄化効果が異なる。本実験の流入水の懸濁成分は、T-Nは1割、T-Pは3割、BODは不明である。

図5-2 負荷速度と浄化速度の関係図（山王川実験、直接植栽方式）

5-2 施設構造の設計に関する留意事項

施設構造の設計に際しては、水深や流下距離、施設の縦横比等を考慮する必要がある。水深は植生の根茎が土壌等の底面に固着できる最大水深にするとともに、同一施設面積では横断面を大きくする方が効率的な浄化ができる。

〔解説〕

①水深

直接植栽方式に用いられるクレソン、オオフサモ等は水中に根茎が密生するため、根茎が土壌等の底面に固着できる最大水深とすることにより、根茎によるろ過効果を最大限発揮させることができる。オオフサモでは水深 20cm が適当である。

- ・山王川での実験（オオフサモ、事例 No. 18、以下同様）では、水深 20cm が最も浄化速度が高かった。
- ・同実験で水深 40cm とし、流入水量を多くしても根茎が土壌に固着できていない場合には、浄化速度の上昇は認められなかった。
- ・同実験で、施設をゴムシート張りとし底面に土壌を敷設しなくても、偏流が発生しない程度の流速では、上記実験結果とほぼ同程度の浄化速度が得られた。

②流下距離と横幅

同じ施設面積では流下距離を短くして、ろ過断面（横断面）を大きくするところにより、浄化効果を高めることができ、詰まりも生じにくくなると考えられる。なお、横断面を大きくすると偏流が発生しやすくなるので、偏流が発生しないように均一に処理水を流入させる必要がある。

- ・山王川での実験は流下距離 30m で行ったが、上流から 5m の範囲で底泥の堆積が多く、ろ過は上流部で行われることが確認された。
- ・ただし、水耕法では脱窒やリンの土壌吸着、植物による栄養塩吸収による効果も大きく、20～30m の流下距離は必要と考えられる。

③特許に関する留意

水耕法に分類される浄化法には特許に抵触する工法（例えば、土浦バイオパークの水耕生物ろ過法：事例 No. 8）もあり、計画に際し注意が必要である。

④その他

湿地法の表面流れ方式の「3-2 施設構造の留意事項」を参考にする。

⑤水耕法のその他の方式に関する事項

- ・リン吸着剤等の特殊な基材を使用した特殊基材方式では、適切な維持管理を行えば浄化効果は付加されると考えられる。しかし、土砂等の流入により目詰まりを起こすことも想定され、機能が発揮されない場合もあり注意が必要である。
- ・浮体方式では、最も大きな浄化機構は植物の栄養塩吸収があげられると考えられ、栄養塩吸収の観点からの検討が必要である。

5-3 水耕法の直接植栽方式の維持管理

5-3-1 維持管理の必要性

直接植栽方式では、湿地法の表面流れ方式と同様に植生浄化施設の長期稼動に伴い、流入懸濁態物質や植生の枯死体等による底泥が堆積して、短絡流の発生（滞留時間の短縮）や植生遷移が想定され、これらは浄化効果の低下の原因となる。従って、浄化効果を継続的に維持するため、施設計画段階において維持管理方法を検討する必要がある。

5-3-2 植生の維持管理

植生の維持や枯死後の浄化効果への悪影響を避けるために、利用する植生の生長特性や越冬形態を考慮して、維持管理をすることが望ましい。また、除去(収穫等)した植物の利用と処理についても事前に検討することが重要である。

〔解説〕

水耕法の植生の維持管理として、間引き(刈り取り)と枯死体の除去が挙げられる。

(1) 間引き、枯死体の除去

オオフサモやクレンソウ等の広義の抽水植物は、少量の植物体を植生池に投入するだけで増殖が可能で、維持管理として一般的に行われているのは間引きである。

山王川実験(事例 No. 18)でのオオフサモの植生密度と除去率の関係を図5-3に示す。植生密度 $5\text{kg}/\text{m}^2$ 以上では比較的安定した浄化効果が得られ、ある程度の植生密度を維持することが必要である。オオフサモは、比較的生長速度が速く栄養塩の含有量も高いが、年2回程度の収穫(間引き)は浄化効果全体として寄与は低く、数年の間、間引きしなかった槽と比較して浄化効果に明確な差はなかった。

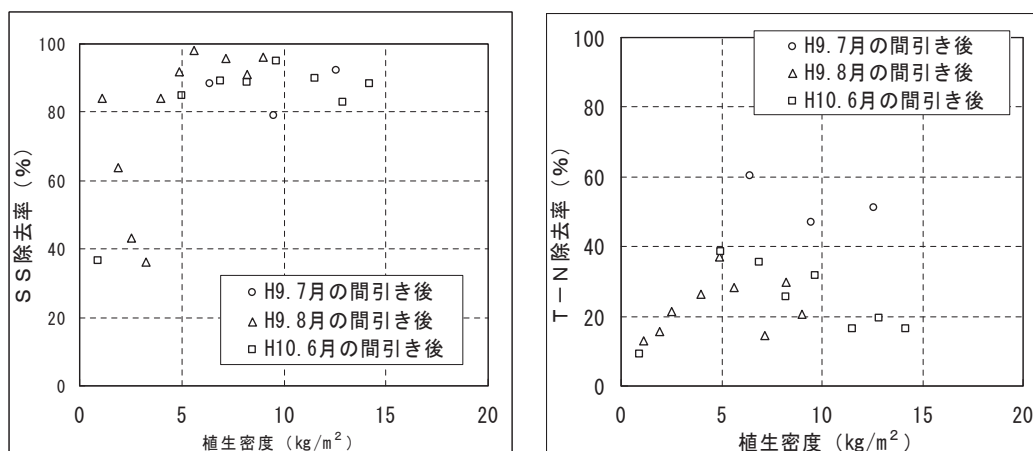


図5-3 オオフサモの植生密度と除去率の関係(山王川実験、直接植生方式)

オオフサモやクレソンは、関東地方では冬期も枯死せず、植物体による栄養塩の吸収を期待しない場合には、総合的に判断して頻繁な間引きは必要としない。ただし、霜や降雪により水面上の部分が枯死することがあり、その場合には翌春に枯死体を取り除く必要がある。なお、相野谷川生活排水浄化施設(事例 No. 6)では枯死後の池の水質悪化や特定外来生物(オオフサモ、ミズヒマワリ)の駆除を目的とした刈り取りが実施されている。

(2) 除去(収穫等)した植物の利用と処理

水耕法の全国の事例から、除去(収穫等)した植物を有効利用している事例を表5-2に示す。水耕法では食用・肥料として利用している例が挙げられる。食用とする場合には、水生植物は一般に重金属が生体内に濃縮される傾向にあり、流入水の重金属の含有に注意が必要である。また、生食用とする場合には、流入水の特徴を考慮し細菌等への注意が必要である。

表5-2 植物を有効利用している事例(直接植栽方式)

事例No.	施設名	利用している植物	利用方法
No. 6	相野谷川生活排水浄化施設	クレソン	肥料
No. 8	土浦バイオパーク	クレソン、セリ、ミント	食用、肥料

5-3-3 底泥の維持管理

水耕法の底泥の維持管理では、定期的に底泥除去を行うことが必要である。

〔解説〕

水耕法においても、流入懸濁態物質や植生の枯死体等による底泥の蓄積により、槽容量の減少や汚泥の流出により、放流水質が悪化する恐れがある。これを未然に防ぐために、定期的に底泥の除去を行うことが望ましい。

実施例としては、コンクリート槽に蓄積した底泥をパワーショベルで除去しているケース(土浦バイオパーク、事例 No. 8)、植生池に蓄積した底泥をバキューム車により浚渫しているケース(事例 No. 6: 相野谷川生活排水浄化施設)がある。

5-3-4 施設の運転管理

水耕法の施設の運転管理については、基本的には表面流れ方式と同様であり、計画流量を適切に施設に送水することが日常の運転管理において最も重要となる。

6. ハイブリッド方式の設計の考え方

浄化効果の向上策としては、複数の浄化手法の組み合わせによる処理（ハイブリッド方式）が有効である。組み合わせに際しては、それぞれの浄化手法の長所を活かし、「浄化効果に相乗効果を持たせる」、「維持管理性を向上させる」、「コスト削減」等の観点が重要である。

〔解説〕

（１）代表的な植生浄化手法の浄化効果に関する特徴

代表的な植生浄化手法の浄化効果に関する長所と短所を表 6 - 1 に示す。各浄化手法はある目的に対しては基本的には単独の手法で目的の達成が可能であるが、組み合わせによる処理（ハイブリッド方式）を行った方がより適切な場合がある。組み合わせによる処理の検討は、それぞれの浄化手法の短所を補いあい、浄化効果の向上や維持管理性の容易さ及びコスト削減等の観点が重要である。

表 6 - 1 代表的な植生浄化手法の浄化効果に関する長所と短所

浄化手法	長所	短所
湿地法の 表面流れ方式	<ul style="list-style-type: none"> ・ 比較的処理水量を大きくできる。 ・ SSの沈殿効果が大きく、それに伴い懸濁成分が浄化される。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 溶解成分の浄化効果が小さい。 ・ 有機性のSSが多い場合には底泥が嫌気化する。
湿地法の 浸透流れ方式 (黒ぼく土)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 懸濁成分、溶解成分ともに浄化され、浄化効果が大きい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ SSによる詰まりが発生しやすい。 ・ 処理水量は透水性により決まる。
湿地法の 浸透流れ方式 (礫)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 処理水量を大きくできる。 ・ SSのろ過効果が大きく、それに伴い懸濁成分が浄化される。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 特にリンの浄化効果が小さい(溶解成分は浄化されない)。
水耕法の 直接植栽方式	<ul style="list-style-type: none"> ・ 比較的処理水量を大きくできる。 ・ SSの沈殿・ろ過効果が大きく、懸濁成分が浄化される。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 溶解成分の浄化効果が比較的小さい。

(2) ハイブリッド方式の概念

① 沈殿池と湿地法の連続処理（ポンド・アンド・ウェットランド）

ハイブリッド方式として、欧米で最もポピュラーな方式が沈殿池と湿地法の連続処理（ポンド・アンド・ウェットランド）である。例えば、多くの都市雨水処理システムは、湿地法の表面流れ方式の前に沈降分離用のため池がある（Strecker et al. 1992；Schueluer 1992）。この直列の組み合わせは、沈殿した汚泥の容易な除去、植生浄化施設の減容や嫌気化の防止に有効である。

アメリカのNRCS（自然資源保全局）は、沈殿池、陸上流れ、表面流れ湿地、池、陸上流れの5つのシステムを直列に配列した水質浄化システムを提唱している。図6-1の例はフレンチフライを作る過程において出る廃液を処理するための水質浄化システムである。

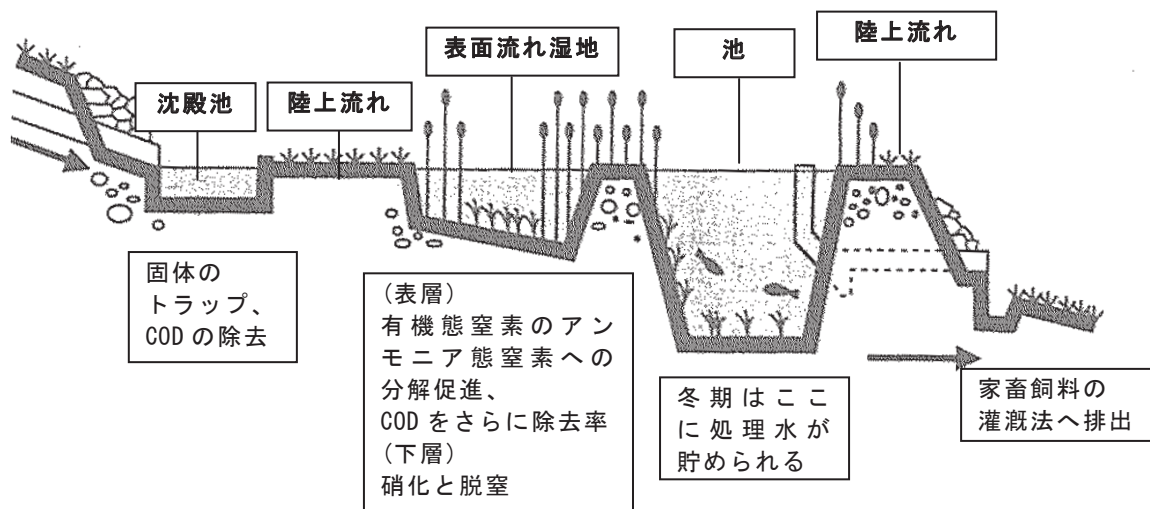


図6-1 ポンド・アンド・ウェットランドの一例

② 湿地法の表面流れ方式と浸透流れ方式（黒ぼく土）の連続処理

シルト、粘土に起因するSS負荷が大きい場合、湿地法の表面流れ方式で大部分のSSを除去した後に、湿地法の浸透流れ方式（黒ぼく土）で処理する。これにより、主要な汚濁物質（SS、BOD、COD、全窒素、全リン）を高い除去率で除去でき、かつ湿地法の浸透流れ方式（黒ぼく土）でも詰まりが軽減でき、長期間の透水性を確保できると考えられる。

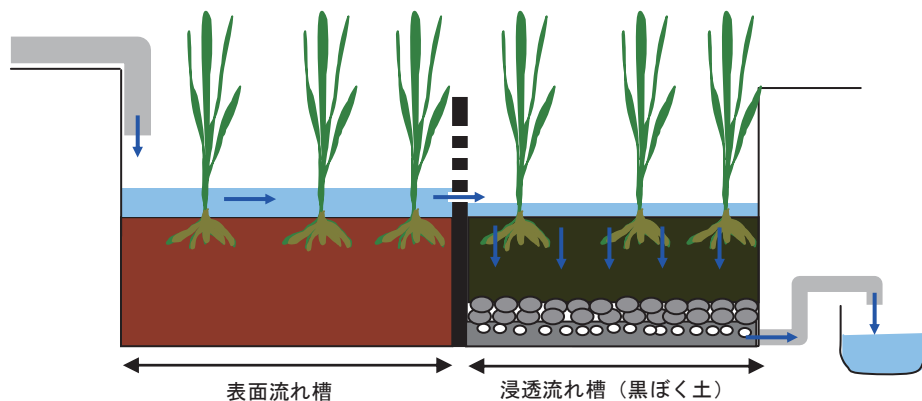


図6-2 湿地法の表面流れ方式と浸透流れ方式の連続処理のイメージ

③湿地法の浸透流れ方式（礫）とリン吸着槽の連続処理

処理水量を大きくし、SS、窒素及びリンの除去を行いたい場合には、湿地法の浸透流れ方式（礫）の処理水をリン吸着材（リン吸着槽）で処理する方式が有効である。

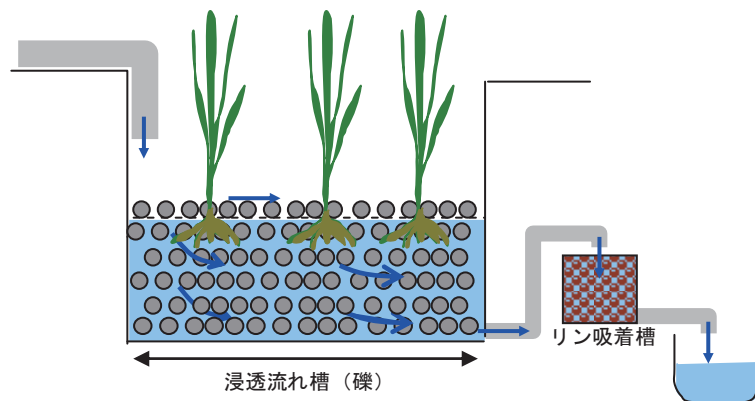


図 6-3 湿地法の浸透流れ方式（礫）とリン吸着槽の連続処理のイメージ

【参考：リン吸着材の選定（山王川実験、詳細は補足資料 3 参照）】

リン吸着材は、リン吸着材として開発された人工基材（酸化鉄とアルミナを主成分とした基材、イオン交換樹脂による基材等）、黒ぼく土等の火山灰土壌が有効である。一般的に、リン吸着材の吸着性能は室内試験（バッチ式）による平衡吸着量で評価されるが、現地では室内試験値よりも高い浄化能が期待できる場合が多い。よって、現地水を用いたカラム式実験（現地実験もしくは室内試験）を行い、処理目標水質（目標除去率）が維持できる持続時間（累積負荷量）に基づくコスト評価（表 6-2）を行い、リン吸着材を選定することが望ましい。

表 6-2 は、除去率の累積負荷量特性曲線（補足資料 3）を用いて任意の交換除去率での評価が可能であるが、流入水質濃度が山王川での実験条件（ PO_4-P 0.2mg/L 程度）と大きく異なる場合には、リン吸着実験を行う必要がある。また、リン吸着材の再生利用（イオン交換樹脂は再生利用が可能、黒ぼく土は農地還元が可能）や透水性（土壌系等粒子が小さい基材は透水性が悪い）についても留意が必要である。現地運用に関しては、リン吸着槽内に植物プランクトンや生物膜が発生して、目詰まりが発生した事例が多かったことから、リン吸着槽は遮光構造とすることが望ましい。

表 6-2 リン吸着材のコスト評価（10 年間運用、除去率 50%で交換）

吸着材	実験条件 PO ₄ -P 流入濃度 mg/L	吸着材性能 (現地実験結果)			10年間使用した場合のコスト評価 (交換回数には初期充填含む)					備考 60% 粒径 mm
		初期 除去率 %	飽和 吸着量 mg/g	性能 グループ	平均 除去率 %	密度 t/m ³	吸着材 単価 千円/m ³	交換 回数 回/10年	コスト 千円/m ³	
イオン交換樹脂(AKC-60)	0.223 SD:0.098	94	5.825	A	81	0.48	5,000	毎年5% 補充	7,500	
イオン交換樹脂(AKC-P60)	0.221 SD:0.105	93	6.445	A	89	0.48	5,000		7,500	
P-キャッチ(小) (鉄添加焼結火山灰土、1.2mm以下)	0.203 SD:0.102	93	1.846	B	67	0.99	400	22	8,800	
P-キャッチ(中) (鉄添加焼結火山灰土、1.2~2.5mm)	0.257 SD:0.111	90	1.282	B	72	0.95	400	33	13,200	
黒ぼく土(阿蘇産:3mmふるい品)	0.257 SD:0.111	92	0.946	B	69	0.95	120	45	5,400	0.057
P-キャッチ(大) (鉄添加焼結火山灰土、2.5~5mm)	0.190 SD:0.083	68	0.841	C	52	0.84	400	193	77,200	
赤玉土(小)(1.7~6mm)	0.190 SD:0.083	67	1.407	C	66	0.44	8	65	520	
黒ぼく土(鹿沼産)	0.183 SD:0.076	74	1.697	C	65	0.82	6	29	174	0.022

【検討条件】①流入水 PO_4-P 濃度 0.2mg/L。②流入量 0.6L/s。③リン吸着材量 1m³。④リン吸着槽関連費（筐体等）、吸着材再生コスト、交換にかかる人件費は考慮していない。⑤単価はイオン交換樹脂以外は購入実績、⑥イオン交換樹脂は再生可能、年間消耗率（補充率）を5%とした。

【性能グループ】A：高い除去率が長期間持続し性能が高い、B：高い除去率の期間は短く性能は中程度、C：除去率は中程度で、性能は中程度より低い

④湿地法の表面流れ方式と浸透流れ方式（黒ぼく土）の並列処理

連続処理では2つの異なった浄化手法の施設を作ることになり、広い施設面積が必要となり、また、建設費及び維持管理費が高価となる欠点がある。その場合に有効な方法として、黒ぼく土を使用した浄化施設で、一部は浸透流れ、残りは表面流れとする方法が考えられる。これにより表面流れ方式単独運用に比べ浄化効果は高くなる。ただし、浸透流れの処理水量をコントロールしなければ、詰まりにより徐々に表面流れに移行することになるので注意が必要である。

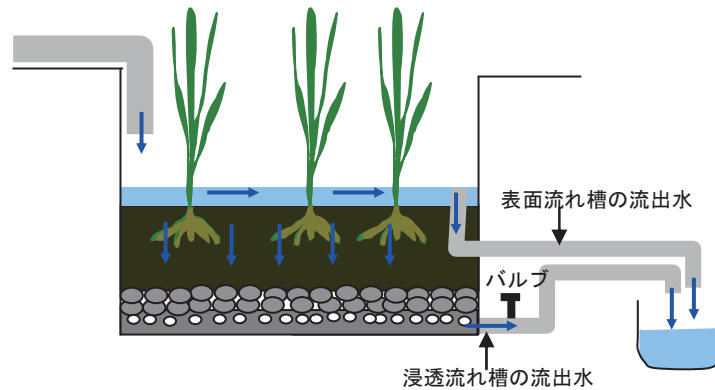


図 6-4 湿地法の表面流れ方式と浸透流れ方式（黒ぼく土）の並列処理のイメージ

⑤フランスにおける 2 段階 VFCW（鉛直流人工湿地システム）¹⁾

フランスにおける 2 段階 VFCW（鉛直流人工湿地システム）を図 6-5 に示す。第 1 ステージ（1 つめの VFCW）で生活污水を受け入れ、COD の除去率は約 80% であり、インホフタンクに匹敵する有機汚濁物の除去能力を有することが特徴的である。

近年では、第 1 ステージでは 3 つの植生浄化施設、第 2 ステージでは 2 つの植生浄化施設に分離することが推奨されており、この場合、ローテーションで各植生浄化施設へ負荷をかけることになる。

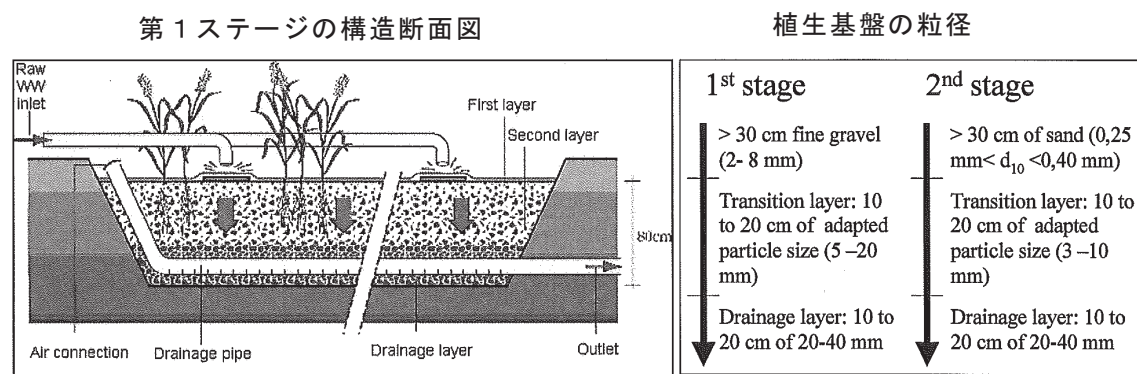


図 6-5 2 段階 VFCW（鉛直流人工湿地システム）の概要（フランス）

参考資料

- 1) 河川環境管理財団（2007）：湿地浄化システムに関する第 10 回国際会議調査報告書、河川環境総合研究所資料第 19 号

7. 施設の効果の把握

植生浄化法は、基本的に植物や土壌等の自然の力の助けを借りるため、諸条件により浄化効果の変化が大きい。そのため、植生浄化法は他の浄化法と比較して、計画・設計諸元を一義的に決めることは難しく、ある程度の幅の中で浄化目標を設定し、施設計画及び維持管理を行うことになる。

施設の運用に際しては、浄化目標を達成しているか浄化効果等を調査把握し、コストも考慮した適切な維持管理により浄化効果を持続させることが重要である。

〔解説〕

①水質調査

浄化効果（除去率、浄化速度等）、施設の稼働状況を把握するために水質調査を行う。

水質調査の基本項目として、現地での簡易測定装置による水温、DO、pHの測定や透視度の測定が有意である。また、浄化効果を把握するためにSS、BOD、COD、全窒素、全リン、及び各態の窒素・リン等、浄化目的に応じた水質項目を定期的に測定する。

調査頻度は、施設稼働時期に月1回程度が望ましい。

②底質調査

植生浄化施設は長期稼働により底泥が堆積する。底泥の堆積は浄化効果に影響を与えることになり、安定的な浄化効果を維持するために底質（底泥含む、以下同じ）の状況を把握し、適切な維持管理を行なう必要がある。

底質の含有量調査としては、浄化目的に応じて全窒素、全リン、TOC、強熱減量等を実施する。特に浸透流れ方式におけるリン浄化は、土壌への吸着を浄化原理としており、吸着能力を把握するための鉛直方向のリン含有量調査が重要である。

この他に、流入水のSS量や有機物量が多い場合には、底泥の堆積による槽の有効容量の減少や、底質の嫌気化によるリンやCOD成分の溶出が発生することがあり、底泥の堆積量や酸化還元電位の測定が必要である。底泥の堆積量は直接堆積厚を測るか基準面がある場合には水深を測ることにより把握できる。また、酸化還元電位は底泥内に電極を挿入し直接測定するか、底質の水分が少なく直接測定できない場合には、底質試料を少量の純水で懸濁させ測定する。

調査頻度は、季節別に年4回または冬季を除く年3回程度が望ましい。

③実滞留時間の確認調査

流入懸濁態物質や植生枯死体等による底泥の堆積、及び施設の構造的な止水域の存在により、有効な槽容量は減少し設計値と異なってくる。この槽容量の減少により、一般的に実滞留時間は水理学的滞留時間（槽容量と流入水量から算定）より短くなる傾向にある。

実滞留時間を確認するためには、流入地点にトレーサー物質を投入し、その流出波形から求める。トレーサー物質としては、処理対象水に含まれず低濃度で高い分析感度が得られるリチウム（たとえば塩化リチウムを使用）が適切である。トレーサー物質の流出のイメージを図7-1に示す。本資料では実滞留時間はトレーサー投入時刻から、流出点トレ

ーサー流出濃度ピーク時刻までの時間と定義する。押し出し流れに近く拡散現象を無視すれば、実滞留時間におけるトレーサー流出率は 50%となる。なお、完全な押し出し流れは拡散がない流れをいい、流出点トレーサー流出濃度ピーク時刻に 100%の流出となる。

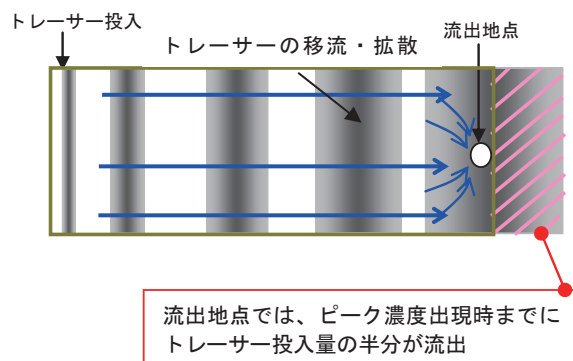
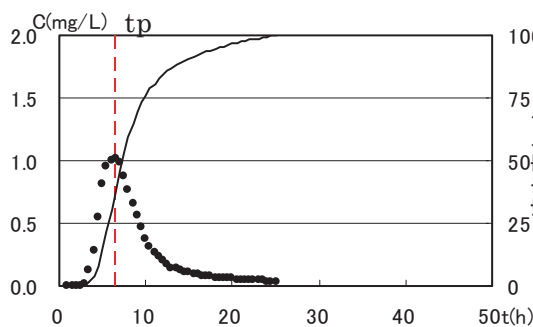


図 7 - 1 トレーサーの移流・拡散イメージ（表面流れ方式）

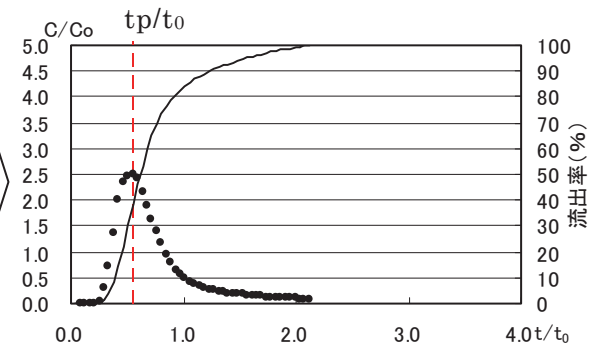
【参考：実滞留時間の確認調査結果の例】

山王川実験における表面流れ方式と浸透流れ方式（ともにヨシ植栽）のトレーサー試験の結果の例を図7-2と表7-1に示す。表面流れ方式における水の流れは、主に植生基材の上の平行移動であり、押し出し流れに近い結果が得られる。これに対し、浸透流れ方式における水の流れは、植生基材中を鉛直方向に移動するため、表面流れ方式と比較してゆっくり流出する傾向にある。また、浸透流れ方式のトレーサー流出率は調査終了時点で40%~70%であり比較的低い。これはバッチ式トレーサー吸着室内実験結果（初期濃度10mg/L、吸着率約40%）を考慮すると、土壤吸着が要因であると考えられる。

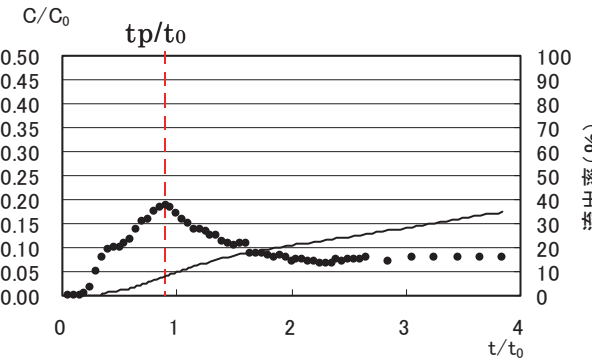
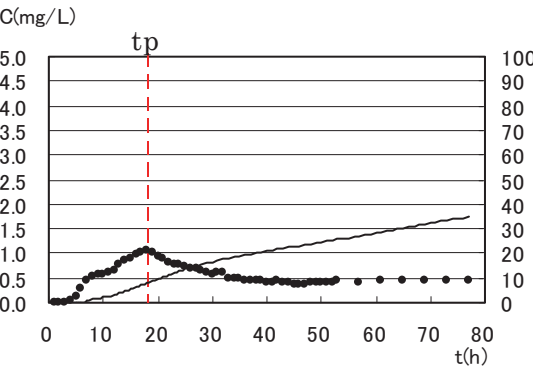
表面流れ方式（ヨシ、休耕田土壌）



正規化



浸透流れ方式（ヨシ、黒ぼく土）



注) 各記号の説明は表7-1を参照

図7-2 表面流れ方式・浸透流れ方式（ヨシ植栽）のトレーサー試験結果

表7-1 表面流れ方式・浸透流れ方式（ヨシ植栽）のトレーサー試験結果

浄化方式	トレーサー調査条件							調査結果			
	塩化リチウム投入量 (g)	流入水量 (L/s)	水深 (m)	槽容量 (m ³)	排水位 (m)	水頭差 (m)	リチウム完全混合濃度 C ₀ (mg/L)	水理的滞留時間 t ₀ (hr)	実滞留時間 t _p (hr)	t _p /t ₀	ピーク濃度時流出率 (%)
表面流れ方式	20	0.19	0.090	8.1	—	—	0.405	11.8	6.5	0.551	38.3
浸透流れ方式	1,500	0.61	0.249	44.0	-0.60	0.849	15.185	20.0	18.0	0.898	8.4

④透水性の確認調査（浸透流れ方式）

浸透流れ方式の場合は、透水性で処理水量が制限されるため、透水性の確認調査が重要である。透水性を定量的に評価する方法は、「4-4-3 底泥・植生基材の維持管理」に記述している。浸透流れ方式では滞留時間と透水性を同時に調査し、これらの結果を相互比較することにより短絡流の有無を判断することも可能である。

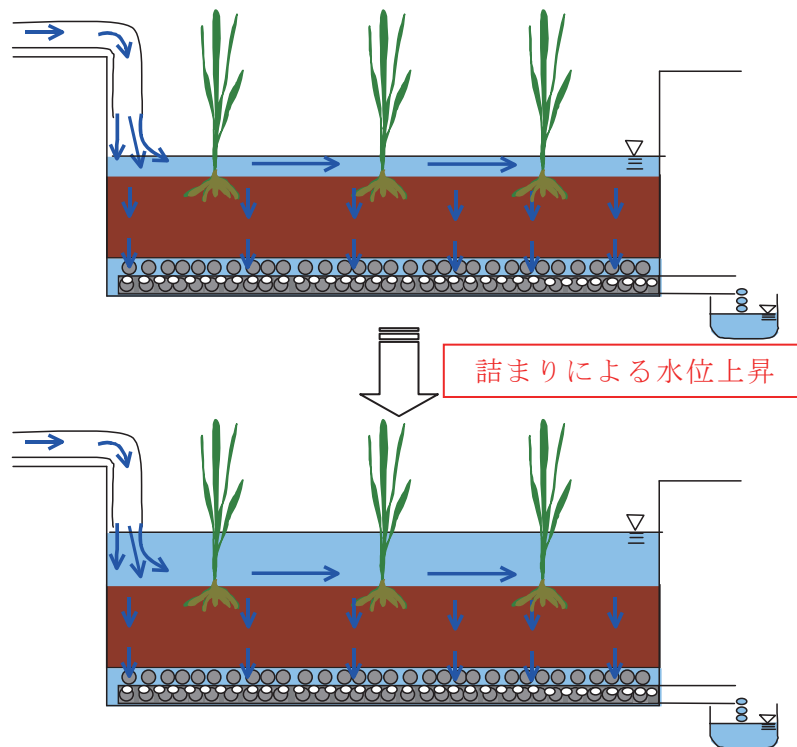


図7-3 浸透流れ方式の詰まりによる水位上昇の概念図

⑤生物調査

植物は植生浄化施設の最大の構成要素であり、特に植物が十分に繁茂するまでは計画的な生長調査等が重要である。また、定期巡回時や水質調査時には植生や生物などについても、気付いたことをメモしておく。特に、生物の生息・生育の場としての目的がある場合には、生物全般（動植物）の計画的な調査が望まれる。

⑥その他の留意事項

定期的な定点での写真撮影は、植物の生長状況や施設の概況を後日判断するのに有意である。また、親水や景観等を目的とする場合には、利用者数の把握や満足度の評価も考慮すべき点である。

8. コストについて

8-1 建設コスト

建設コストは、浄化池の土木工事費、植栽費、取水施設費、土地代に分けることができる。建設地の特徴を考慮し、より経済的な方法を選択した方が良い。

[解説]

(1) 総工費

全国の植生浄化施設の総工費と水面積の関係を図8-1に、総工費と計画水量の関係を図8-2に示す。総工費は、施設により含まれる範囲が異なり大体の目安とすべきであるが、小規模施設では湿地法の方が水耕法よりコストが安い傾向にある。また、施設規模に係わらず同じ湿地法は自生地を利用した方が、コストが安い傾向にある。

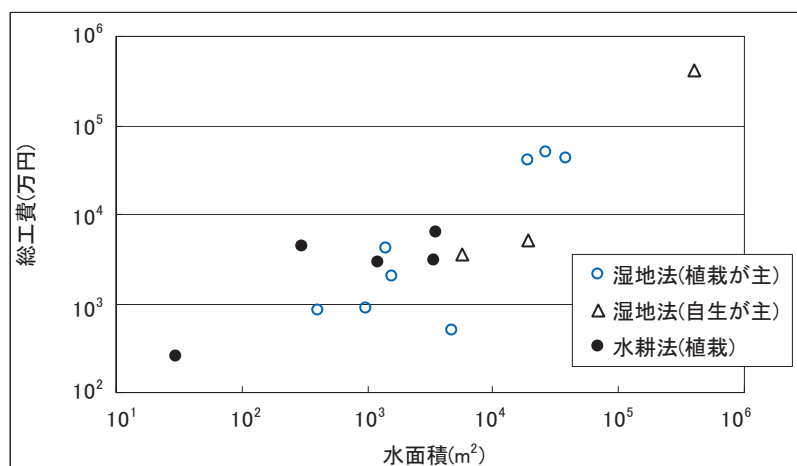


図8-1 植生浄化施設の水面積と総工費の関係

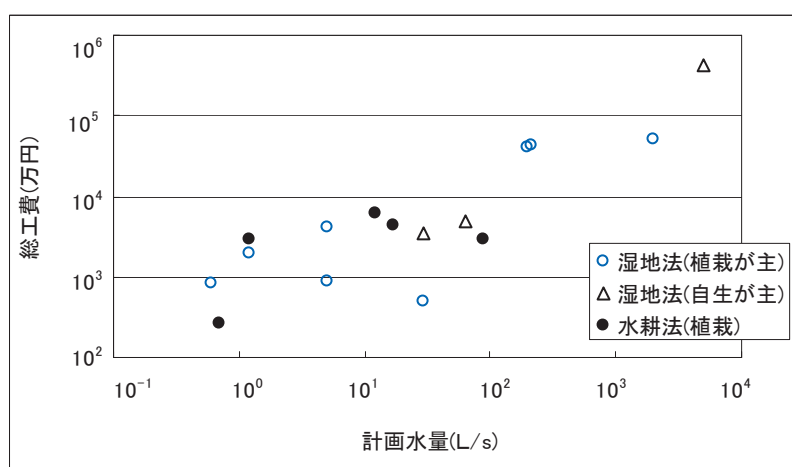


図8-2 植生浄化施設の計画水量と総工費の関係

(2) 項目別費用

① 浄化池土木工事費

全国の植生浄化施設の事例(湿地法と水耕法)では、総工費に占める浄化池の土木工事費は6割～10割である。浄化池土木工事費と水面積の関係を図8-3に、浄化池土木工事費と計画水量の関係を図8-4に示す。

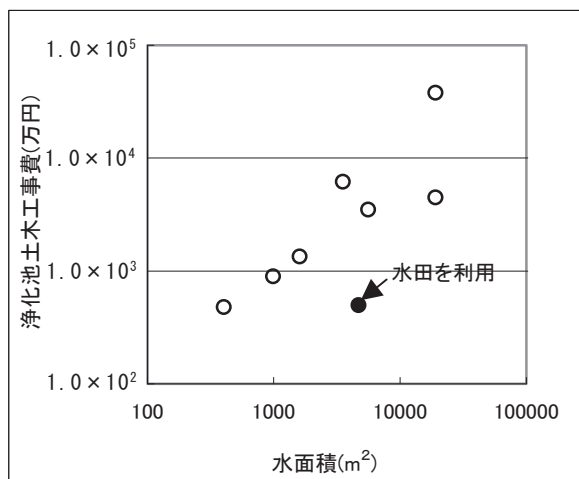


図8-3 土木工事費と水面積の関係

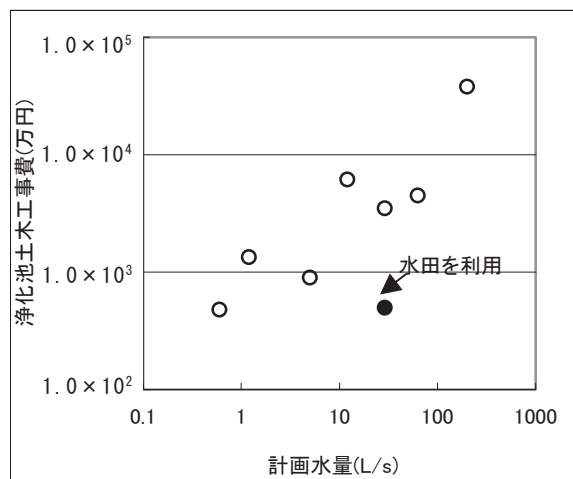


図8-4 土木工事費と計画水量の関係

1施設を除いて河川敷や水田等を盛土した施設である。1例のみ水田の地形を利用した施設で、河川敷や水田等を盛土した施設よりコストが1オーダー安くなっている。

水田の地形を利用した施設を除いた土木工事費の費用関数は以下のとおりであり、水面積1ha(10,000m²)につき1.1億円程度、計画水量100L/sにつき1.8億円程度である。

＜土木工事費の費用関数＞

$$\text{土木工事費 (万円)} = 1.1 \times \text{水面積 (m}^2\text{)}$$

$$\text{土木工事費 (万円)} = 180 \times \text{計画水量 (L/s)}$$

②植栽費

ヨシ等を利用した施設では、特に植栽は行わず自然発生によるものが多い。植栽したケースで植栽費が明確な例について表8-1に示す。植栽費が明確な例では総工費の3割以内である。ヨシ等の抽水植物は全事例とも近辺で採取し移植している。

表8-1 各施設の植栽費

施設名	分類	植物種	植栽方法	植栽面積 (m ²)	植栽費 (万円)	単位面積当たりの植栽費 (万円/m ²)
A施設	湿地法の表面 流れ方式	ヨシ、ショウ ブ、キショウブ * (ヨシは近辺 で採取)	根ごと掘り40cm 間隔で植栽	2,000	650	0.325
B施設	湿地法の表面 流れビオトー プ方式	マコモ、ガマ (近辺で採取)	計画の25%の密 度で植栽	4,500	940	0.209
C施設	湿地法の浸透 流れ方式	ヨシ(近辺で採 取)	株植えて20～ 30%を目安に植 栽(約100m ²)	401	100	0.249
D施設	水耕法の特殊 基材方式	クレソン*	リン吸着材に植 栽	308	10	0.032

※ 要注意外来生物

③取水施設費

自然流入や導水路のみで、特に取水施設費としてコストがかかっていない施設が多い。イニシャルコストが明確な例では、ポンプ取水(E施設;計画水量63L/s)で500万円、対象河川に堰を設置した例(B施設;計画水量200L/s)で1,000万円である。

④土地代

河川敷を利用し無償のケースが多い。農地利用の場合は借地のケースが多い。

8-2 維持管理コスト

維持管理（運転管理含む、以下同じ）は、施設に関する管理、植生の管理、底泥の管理、点検及び清掃、機能評価のための調査に分類できる。維持管理の中の作業には、地域の理解を得て、地域住民の協力による運営を行っている例がある。

〔解説〕

（1）維持管理コストの分類

植生浄化施設の維持管理費は土木的な施設自体に対するもの、植生に要するもの、底泥処理、点検や清掃、機能評価のための調査に分けられ、表8-2のように分類できる。

表 8-2 植生浄化施設の維持管理コストの分類

項目	内容	備考
施設維持管理	ポンプ等電気代	費用は水量や揚程に依存する
	機械設備の補修	ポンプ等、機械設備の修理など
	水路・植生槽の補修	水路や植生槽の土木的な修繕整備など
植生維持管理	植生の刈り取りやコン焼き作業	刈り取り後、コンズとしての活用やクレソン*などの食用利用の例がある
底泥維持管理	底泥の干し上げ作業	透水性の回復、嫌気化の予防
	底泥の除去や掻き起こし作業	植物槽に堆積した底泥の処理で、堆肥化し有効活用する場合もある
点検清掃	周辺の草刈りやゴミ除去	地域のボランティアや職員が実施し、実費を要しない場合もある
	ポンプ、導水路、水位等の点検や管理	定期、不定期のケースあり
水質・底質等調査	水質、底泥や透水性等の調査	機能評価が目的で、費用は調査精度に依存し、規模には無関係

* 要注意外来生物

（2）維持管理の作業状況

過去に調査した植生浄化施設¹⁾に、最近新たに設置された施設を加えた23施設を対象として、実施された維持管理作業の内容を調査した。植生浄化施設における主な維持管理作業の内訳を図8-5に示す。ポンプ代等費用は発生しても維持管理作業としては、生じない項目もあり、主に実施された作業内容は下記の項目である。

- ・ポンプや植生浄化槽等の修理等の施設維持管理の作業
- ・刈り取り等の植生維持管理の作業
- ・堆積した底泥除去等の底泥維持管理の作業
- ・施設や植生の点検清掃の作業
- ・水質、底質等調査の作業

施設の維持管理作業は23施設のうち5施設で実施されており、刈り取り等の植生管理は全体の約半分に当たる15施設で実施されている。底泥維持管理は9施設、点検清掃はほとんどの施設（19施設）で実施されている。点検清掃されている施設のうち、頻度を定めた定期的な点検清掃を実施しているのは、その内の半数に当たる10施設であった。水質等の調査は全体の半数弱の10施設で実施されている。

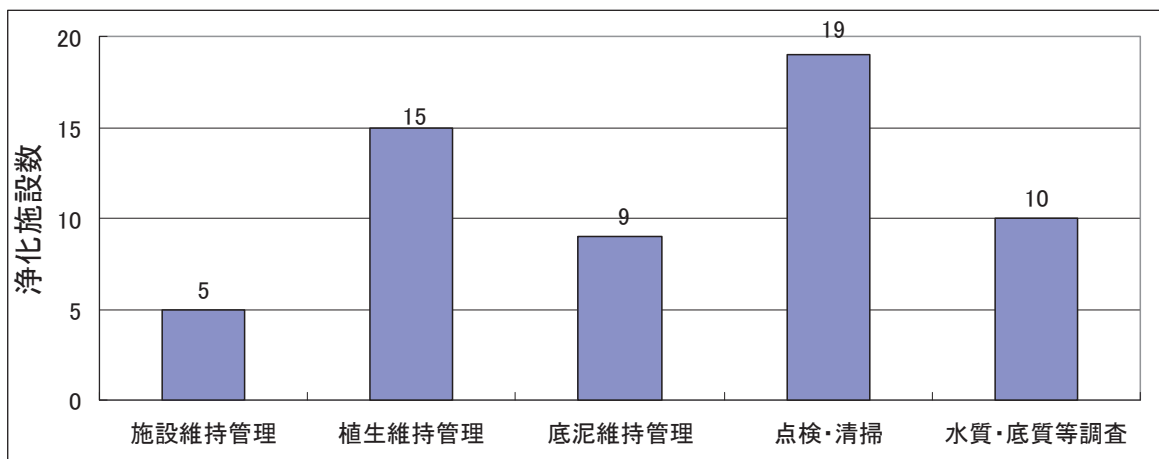


図 8-5 維持管理作業の実施状況

(3) 施設規模と維持管理コスト

維持管理の費用に関して回答が得られなかった3施設を除いた20施設の内、3施設は全てをボランティアで運営しており、また1施設では水質調査費しか発生しておらず、合計4施設においては浄化機能を維持させるための維持管理費は発生していない。

ポンプ取水している施設は電気代が最も維持管理費として高い施設が多い。維持管理費(水質調査等を含む)と水面積の関係を図 8-6 に、維持管理費と計画水量の関係を図 8-7 に示す。なお、水質等の調査費は、植生浄化施設の機能維持に関与しないため、維持管理費の内容分析からは除外して検討するが、アンケートの集計上、全ての水質等調査費を除外して検討することはできなかった。

ポンプ取水している施設は、水面積が大きくなると全体の維持管理費が高額になる傾向が見られるが、ポンプ取水しない施設(自然流下で流入させる施設)の場合には、施設の規模によらず概ね一定の維持管理費となる傾向が見られる。

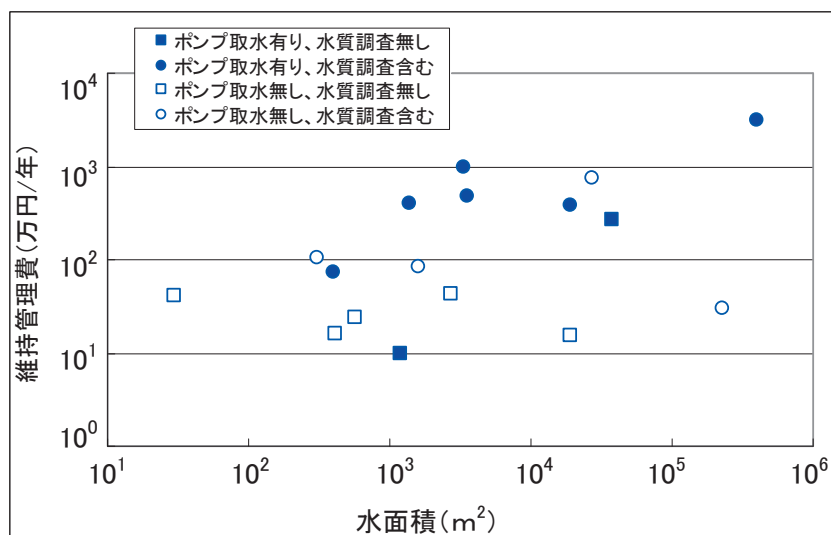


図 8-6 植生浄化施設の水面積と維持管理費の関係

同様にポンプ取水している施設では計画水量と維持管理費は概ね比例的な関係にあるが、ポンプ取水しない施設は計画流量と維持管理費に明確な関係は認められない。

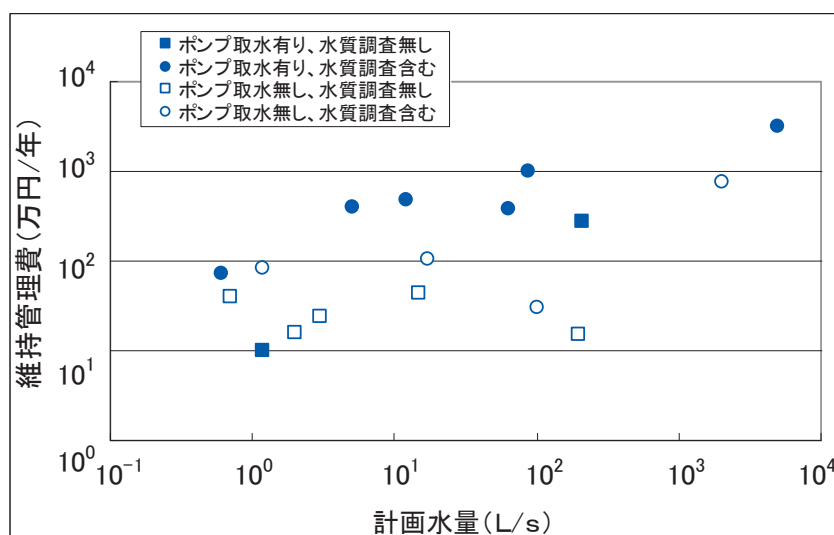


図 8-7 植生浄化施設の計画水量と維持管理費の関係

(4) 維持管理費用の内容

① 植生の維持管理費

植生の維持管理は直営（委託なし）の場合が多く、委託でコストが明確な場合における年間の維持管理費を表 8-3 に示す。作業歩掛かりとしては、A 施設は仕切りが多い施設であるため 1m^2 当たりでは約 438 円を要しているが、他の施設は 167~325 円である。また、ヨシ焼きしか行っていない施設は 1m^2 当たり 1 円と安価となっている。

表 8-3 植生の年間維持管理金額の例

施設名称	維持管理金額	施設面積	1m^2 当たり維持費	内 訳
A 施設	70 万円	1,600 m^2	438 円	刈取り、張替え
C 施設	7 万円	401 m^2	175 円	刈取り、張替え
D 施設	10 万円	308 m^2	325 円	刈取り、張替え
G 施設	45 万円	2,700 m^2	167 円	刈取り
H 施設	20 万円	200,000 m^2	1 円	ヨシ焼き
K 施設	750 万円	27,000 m^2	278 円	刈取り、水質調査を含む

② 底泥の維持管理費

底泥処理や堆積物の除去、土壌の入れ替費の実例を表 8-4 に示す。ショベルカーやバキュームで本格的に泥を処理しているのは、F 施設や I 施設で、C 施設では土壌の入れ替えを実施している。人力による排泥を行っている L 施設では、 1m^2 当たり 83 円で $1/2 \sim 1/14$ とかなり低い。また、土壌浄化施設である M 施設では土壌の掻き起こしを実施しており、単位面積当たりの費用は 54 円で、堆積物の除去や土壌の入れ替えに比べると $1/2 \sim 1/20$ 程度と最も安価である。

なお、干し上げ作業は流入を停止するだけの作業であり、特別なコストを必要としない。

表 8-4 底泥処理の年間維持管理金額の例

施設名称	維持管理金額	施設面積	1㎡当たり維持費	内 訳
C施設	13万円	401 m ²	324円	土壌の入れ替え
F施設	400万円	3,400 m ²	1176円	ショベルカーでの泥除去
I施設	60万円	3,521 m ²	170円	バキュームによる排泥
L施設	10万円	1,200 m ²	83円	人力による排泥
M施設	425万円	78,000 m ²	54円	土壌の掻き起こし（土壌浄化施設）

③点検・清掃費

定期巡回や草刈り・ゴミ拾いの点検・清掃費は、直営やボランティアによるものが多く、単独経費としては計上されていない施設がある。外部委託している例では、施設規模の大きいH施設（計画水量2,500L/s）で年間280万円を要している。

表 8-5 点検・清掃の年間維持管理金額の例

施設名称	維持管理金額	施設面積	1㎡当たり維持費	内 訳
C施設	6万円	401 m ²	150円	主に機械設備の点検
F施設	300万円	3,400 m ²	882円	点検以外に水質調査費を含む
H施設	280万円	200,000 m ²	14円	機械設備、土木施設の点検
I施設	98万円	3,521 m ²	278円	主に機械設備の点検
J施設	30万円	38,000 m ²	8円	取水ポンプのメンテナンス費

④電気代

ポンプ取水している施設で発生し、維持管理費の中で大きなウェイトを占めている。各施設の電気代は表 8-6 の通りである。計画水量1L/s当たりの年間の電気代は、ポンプのみの場合（I施設を除く）は0.6～3.8万円であり、コストが高い施設は揚程が相対的に高い施設である。

表 8-6 各施設の年間の電気代

施設名	計画水量 (L/s)	電気代 (万円/年)	計画水量当たりの電気代 (万円/年・(L/s))	ポンプ揚程 (m)	備考
I施設	12	197	20	不明	併設した接触酸化施設の電気代を含む
J施設	210	240	1.1	1	
F施設	83	300	3.6	3	
H施設	2,500	2,000	0.6	不明	
E施設	77	82	1.1	1	
C施設	0.6	2	3.8	3	タイマー設置による間欠式

参考文献

- 1) 河川環境管理財団(2000)：植生浄化施設の現状と事例,河川環境総合研究所資料3号

8-3 下水処理のコストとの比較

植生浄化法と下水処理場のコストを比較すると、水量あたりでは植生浄化施設の用地面積は下水処理場とほぼ同じ、建設コストと維持管理コストは1/15～1/20となる。リン除去量あたりの建設及び維持管理コストは、植生浄化施設の高除去率の場合には下水処理場の半分程度であるが、低除去率の場合にはほぼ同程度となる。

〔解説〕

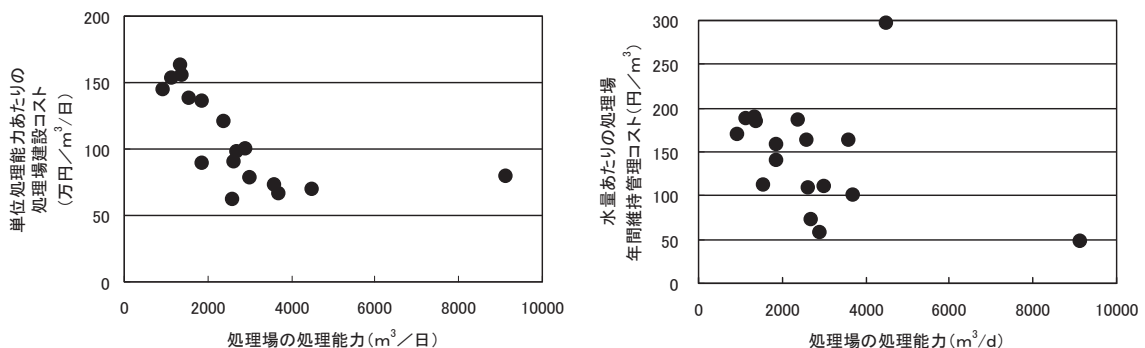
植生浄化施設と類似の役割を持つ施設として下水処理場を取り上げ、コストを比較した。浄化対象物質としては、植生浄化施設で比較的高度な除去が期待できるリンとし、比較した項目は用地面積、建設コスト及び維持管理コスト（ポンプ等の運転管理含む）である。

①検討条件

植生浄化施設については、浸透流れ方式で水面積負荷は $0.2\sim 0.6\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ とし、建設コストは水面積 1m^2 あたり概ね2万円、運転・維持管理コストは水面積 1m^2 あたり年間500円～1000円とした。なお、リン除去性能による差（黒ぼく土と礫）は考慮していない。

下水処理場については、最近整備が進められ、既存の統計資料から情報が得られる施設とした。平成15年度末の時点で該当する施設は17あり、その処理能力は $940\sim 9,150\text{m}^3/\text{日}$ と植生浄化施設の水量ベースの能力とほぼ同じオーダーである。下水処理場の処理能力 $1\text{m}^3/\text{日}$ あたりの建設コストと維持管理コスト（運転管理含む）を図8-8に示す。

処理能力 $1\text{m}^3/\text{日}$ あたりの建設コストは60～150万円、処理水量 1m^3 あたりの年間維持管理コストは50～200円といえる。下水処理場の用地面積は処理システムにより異なるので、小規模施設で採用されているオキシデーションディッチ法の場合を参考にすると処理能力 $1\text{m}^3/\text{日}$ あたり $2\sim 4\text{m}^2$ 程度である。



資料：建設費は下水道統計，維持管理費・有収水量・処理能力は地方公営企業年鑑
 データ：普及率80%以上，分流式，H2以降着手，単独公共のみ，雨水管なし，代行なし，1団体1施設

図8-8 下水処理場の建設コストと維持管理コスト

②検討結果

植生浄化施設と下水処理場の比較結果を表8-7に示す。水量あたりの比較では、植生浄化施設の用地面積は下水処理場とほぼ同じ、建設コストと維持管理コストは1/15～1/20となっている。

リン流入量あたりの比較では、植生浄化施設の用地面積は下水処理場の約10倍、建設コストと維持管理コストは約1/2となっている。リン除去量あたりの建設及び維持管理コストは、植生浄化施設の高除去率(90%)の場合には下水処理場の半分程度であるが、低除去率(40%)の場合にはほぼ同程度となる。

表8-7 植生浄化施設と下水処理場のコスト比較

		用地面積	建設コスト	維持管理コスト
水量あたり		m ² /(m ³ /d)	万円/(m ³ /d)	円/m ³
	植生浄化施設	1.7-5.0	3.4-10	2.3-13.7
	下水処理場	2.0-4.0	60-150	50-200
流入りん量 あたり		m ² /(g-P/d)	万円/(g-P/d)	円/g-P
	植生浄化施設	5.7-17	11-33	7.7-46
	下水処理場	0.7-1.3	20-50	17-67
除去りん量 あたり		m ² /(g-P/d)	万円/(g-P/d)	円/g-P
	植生浄化施設 高除去率	6.3-19	13-37	8.5-51
	低除去率	14-42	28-83	19-114
	下水処理場	0.8-1.7	25-63	21-83

注：植生浄化施設は、流入りん濃度は0.3mg/L、除去率は90%と40%、
下水処理場は、流入りん濃度は3mg/L、除去率は80%とした。
維持管理費は年間の値である。

参考文献

- 1) 下水道統計（平成15年度）：日本下水道協会
- 2) 地方公営企業年鑑（平成15年度）：総務省自治財政局編（同省ホームページ）
- 3) 流域別下水道整備総合計画調査指針と解説（平成11年版）：日本下水道協会

9. 計画を進めるに当たってのその他の留意点

9-1 循環型社会への取り組み

植生浄化に用いる植生・植生基材に関し、流域の畜産業・農業に直接利用できるものを選択することにより、資源循環型水環境改善システムの構築が可能である。植生浄化法を用いたバイオマスの有効利用（飼料用稲）、リンの回収等の観点が挙げられる。

〔解説〕

リン肥料や畜産飼料のほとんどは外国からの輸入に頼っているという状況である。流域において系外からの窒素・リンの持ち込みが、富栄養化問題を引き起こしているとも考えられる。こうした状況を改善すべく、流域での窒素・リンの健全な循環を推進するために、資源循環型の水環境改善システムの構築が必要であると考えられている。

(1) バイオマスの有効利用

環境に優しい水質浄化法として位置付けられている植生浄化法においては、施設計画段階で、バイオマスの有効利用まで含めた物質循環系としての位置付けが重要である。

このような中、牛の飼料として栽培が推進されている飼料イネを用いた水質浄化に関する検討が、東京農工大学の細見研究室で進められており概要を紹介する。

①実験の目的

飼料イネを生産調整水田で栽培し、窒素やリンの濃度が高い河川水や畜産排水処理水の水質浄化と資源循環型水環境修復システムの成立を図ることを目的に、霞ヶ浦流入支川の山王川での実験を行い、浄化効果を上げるための流入方法や水量負荷の検討、及びバイオマス生産量の検討を行ったものである。

②バイオマス量とN, P量

飼料イネの収穫時の地上部バイオマス量（乾重量）は、 $1.91\text{kg}/\text{m}^2$ 、窒素の現存量は $11.3\text{g}/\text{m}^2$ 、リンの現存量は $2.3\text{g}/\text{m}^2$ であった。ヨシの刈り取りは通常は枯死時に行なうため、ヨシの枯死時の値と比較すると、地上部バイオマス量と窒素の現存量は同等、リンの現存量は飼料イネの方が大きく、系外への栄養塩の持ち出しの観点では飼料イネが有利といえる。

③水質浄化結果の概要

流入水の全窒素濃度 $2.44\text{mg}/\text{L}$ に対し平均除去率は40.4%、全リン濃度 $0.38\text{mg}/\text{L}$ に対し平均除去率は34.8%であった。ただし、浄化できるのは飼料イネの植え付けから収穫の時期までである。

【参考：バイオマス・ニッポン総合戦略】

2002年12月にバイオマスの総合的な利活用（動植物、微生物、有機性廃棄物からエネルギー源や生分解素材、飼肥料等の製品を得ること）に関する戦略として「バイオマス・ニッポン総合戦略」が閣議決定された。この総合戦略の策定には農林水産省を中心として、文部科学省、経済産業省、国土交通省、環境省が関与している。

この中では、地球温暖化防止の取り組みとして二酸化炭素の排出源である化石資源由来のエネルギーや製品を、カーボンニュートラル（二酸化炭素の増減に関与しない）という特性を持つバイオマスで代替すること、また、循環型社会の形成、農林漁業・農山漁村の活性化、競争力ある戦略的産業の育成等の期待が寄せられているとし、2010年までに廃棄物系バイオマス全体の80%、未利用バイオマス全体の25%以上の利用を目指すとしている。

また、2006年3月には、これまでのバイオマスの利活用状況や2005年2月の京都議定書発効等の戦略策定後の情勢の変化を踏まえて見直しを行い、国産バイオ燃料の本格的導入、林地残材等の未利用バイオマスの活用等によるバイオマスタウン構築の加速化等を図るための施策を推進している。

参考文献

- 1) EICネット：<http://www.eic.or.jp/ecoterm/?act=view&serial=2151>
- 2) 農林水産省HP：<http://www.maff.go.jp/biomass/>

【参考：県レベルでのバイオマス資源の利活用の推進】

同総合戦略の閣議決定を受けて、県レベルでのバイオマス資源の利活用推進も活発に行われている。たとえば、霞ヶ浦を擁し植生浄化施設の多い茨城県では、「バイオマス総合利活用マスタープラン」を策定している。

この中では、発生する地域内での循環利用を基本とし、効果的な循環利用を促進するために、需要と供給の結びつきを強くする情報ネットワークを推進する。さらに、地域内での需要供給のアンバランスのあるバイオマスについては、広域的な利活用を促進していくと述べられている。

参考文献

- 1) 茨城県環境白書：
<http://www.pref.ibaraki.jp/kankyo/03paper/paper/h16/honpen.pdf>

【参考：飼料イネ】

現在、日本では飼料の増産や拡大、飼料自給率（平成17年度で25%；農林水産省）の向上が重要な課題になっている。一方で、日本の米の消費量は年々減少し生産過剰傾向にあり、水田では転作が求められている。その中で牛の飼料として全ての部分が利用できる飼料イネは、最も導入が簡単な転作作物として注目されている。



イネを丸ごと刈取る

ラップしてサイレージにする

牛に給与する

参考文献

- 1) 農林水産省HP：

<http://www.kanbou.maff.go.jp/www/jikyuuritsu/dat/H17sanko-2.pdf>

- 2) 東北農業研究センターHP：

<http://www.tohoku.affrc.go.jp/DB/kome/feed/feed.html>

(2) リンの回収

植生浄化施設の運用におけるリンの回収・循環として、リン吸着後の施設土壌の農地への還元、リン吸着材によるリンの回収が挙げられる。

①リンが吸着した施設土壌の農地への還元

浸透流れ方式に適している黒ぼく土は、透水性は良いが、リンを吸着するため、この土壌は農地で有効利用できる可能性がある。

②リン吸着材によるリンの回収

リンは将来的には希少資源になることが予測され、再資源化が期待される。浄化に用いたリン吸着材についても、回収試験が実施され高成績が得られている事例もある。

9-2 水質浄化と共に求められる機能

植生浄化施設の設置目的には、水質浄化以外にも、親水、教育・PR、景観等の機能が求められることが多い。また、生物の生息・生育の場等のビオトープとして位置付けている施設もある。

〔解説〕

全国の植生浄化施設を対象とした「設置目的のアンケート」の調査結果を表9-1に示す。実施設には、水質浄化以外の機能も求められ、親水、教育・PR、景観等に配慮しているケースも多い。

特に、植生浄化は他の水質浄化手法に比べ省エネルギーで自然に優しく、一般市民を対象とした親水や教育・PRの場として位置付けられている。住民の関心が得られ、維持管理への住民の参画により低コストで稼働している施設もある（事例No.3「南角田地区水質浄化施設」等）。

また、ビオトープとして位置付けられている植生浄化施設も多く、施設の一部に「生物の生息場」を設けている施設もある（事例No.10「手賀沼ビオトープ」）。

表9-1 植生浄化施設の設置目的別施設数

設置目的	実施設	実験施設	合計
水質浄化	34	25	59
親水	9	1	10
教育・PR等	8	1	9
景観	4	3	7
合計	55	30	85

* アンケート対象施設数は66、複数回答による

9-3 生物の生育・生息の場としての評価

植生浄化施設は、長期稼動に伴い、生物相が多様化し良好な生物の生息・生育の場を与える。底泥の除去等、比較的維持管理にコストがかかる場合もあるため、維持管理を極力少なくし、数10年の運用の後、植生浄化施設を自然湿地に回帰させるという考え方もある。

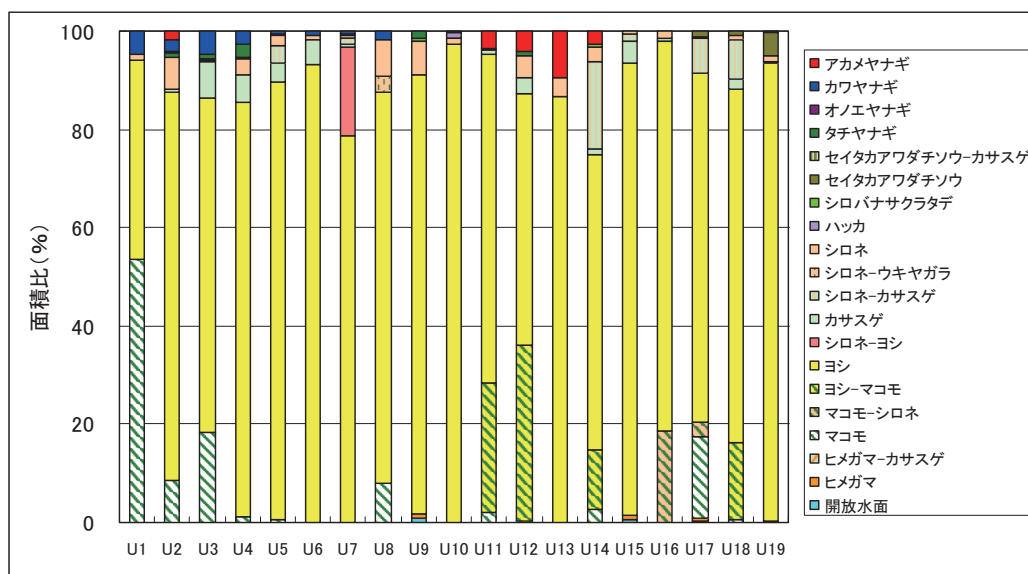
また、土木工事の際の土壌の攪乱や湿地的な環境の復元により、かつて周辺に存在し、現在少なくなっていた貴重種が発生した例もある。

〔解説〕

① 清明川植生浄化施設の例 (事例No.7)

i) ヨシ原の遷移

清明川植生浄化施設は、客土した上にヨシを植栽した施設である。施設供用開始4年後の平成12年度に実施したユニット毎の植物の群落比率を図9-1に示す。ヨシの単一群落に近いユニットや他の植物種が群落として形成されているユニットもあり、多様な植物相を呈している。また、地盤高がたかくなりヤナギの侵入しているユニットもある。



* 施設共用4年後、平成12年度調査、1ユニット2,000m²

図9-1 各ユニットの植物の群落比率 (清明川植生浄化施設)



清明川植生浄化施設 (ヤナギの侵入)

ii) 鳥類

一部供用開始2年後の平成7年度に実施された鳥類調査では、10目22科56種が確認された。サギ類、カモ類、セキレイ類等の水辺に生息する種、ヨシゴイ、オオヨシキリ、オオジュリン等のヨシ原に生息する種などのほか、草地・畑地・市街地などを生息環境とする種が確認された。

また、繁殖していた種としては、カイツブリ、バン、ヒバリ、オオヨシキリ、セッカ、ムクドリであった。繁殖の可能性がある種としては、キジ、キジバト、ホトトギス、ツバメ、ハクセキレイ、ホオジロ、スズメ、ハシボソガラスであった。

②全国の実施設での状況

水際の土壌を土木工事で攪乱したことにより、かつて周辺に存在していたが、水質の悪化等により少なくなっていた植物の貴重種が発生した施設が数例あった。

- ・ 渡良瀬遊水地(事例No.9)：ヒメシロアサザ、ミズアオイ
- ・ 手賀沼(事例No.10)：ガシャモク(右写真)



手賀沼でのガシャモク(貴重種)の発生

鳥類を含む動物については、施設の整備により種類が増えたとの例は無いが、自然環境が回復し動植物にとって良好な環境が得られたとしている例が多い。情報収集した43の実施設のうち10ヶ所は、水質改善効果とともに生物の多様性を求めた「表面流れビオトープ方式」の施設であり、それぞれの地域において生物の生息・生育の場としても重要な位置付けとなっている。

9 - 4 周辺環境への影響

植生浄化施設はゴミの投棄場所とされたり、流入部に河川から流下したゴミが溜まり易い。また、有機汚濁の高い水を浄化する場合には、汚物が蓄積され景観上の問題や悪臭の発生、ハエやカの発生の問題も指摘され、適切な対応が必要である。

〔解説〕

文献¹⁾では、表面流れ方式で流入口部に汚物が蓄積され、景観、悪臭の発生、ハエやカの発生の問題も指摘されている。

全国の事例では、周辺環境に良くない影響を与えたとの例はなかった。これは、比較的 low 負荷の河川水や湖沼水を対象としている施設が多かったことが理由と考えられる。ただし、ゴミの投棄や、流入部に河川から流下したゴミが溜まっている施設が数ヶ所あり、定期的なパトロールや周辺住民の協力が必要である。

参考文献

- 1) 細見正明(1994) : 特集 湿地と干潟による浄化と保全 ヨシ人工湿地による水質浄化法, 用水と廃水, Vol. 36, No.1, pp. 40~43

9-5 地域住民とのかかわり

植生浄化施設を適切に維持するためには、地域住民の理解と協力が重要である。そのためには、地域住民を対象としたさまざまな催しや啓発を通し、地域住民と協働して維持管理等を行うことが望まれる。

〔解説〕

平成11年度に調査した全国の植生浄化施設21施設について、地域住民との関わりを表9-2に示す。教育の場として活用されている施設が4施設、行事の場として活用されている施設が2施設あった。また、植栽・刈り取り・草刈りの維持管理に住民が参加している施設は約半数の11施設あったが、施設の定期巡回等の定常的な維持管理が住民で行われている例は少なかった。

表9-2 植生浄化施設と住民のかかわり

項目	施設数	内容
教育等	4施設	ボランティア団体や小学生が生物調査 動植物の観察会や水質調査視察会
行事	2施設	収穫野菜での料理実習 魚のつかみどり
維持管理	11施設	植栽に参加(5)：主に小学校単位 刈り取りに参加(2)：地域住民やボランティア 草刈りに参加(5)：地域住民やボランティア
特になし	8施設	



動植物の観察会(鎌倉瀬遊水地ヨシ原浄化施設)



収穫野菜での料理教室(土浦ジオパーク)



小学生が植栽に参加(南角田地区水質浄化施設)



小学生が植栽に参加(井上川浄化施設(きらり))

補足資料 1 表面流れ方式の施設諸元と浄化効果の一覧表

表 1 施設諸元と浄化効果の関係 (T-N)

分類	No.	施設名等	植生名	浄化対象水	施設諸元等					浄化効果					データの条件			出典		
					処理水量 (m ³ /日)	施設面積 (m ²)	流下距離 (m)	水深・設計値 (cm)	滞留時間・設計値 (h・r)	水面積・設計値 (m ² /m ² /日)	流入水質 (mg/L)	流出水質 (mg/L)	除去率 (%)	減少濃度 (mg/L)	負荷速度 (g/m ² /日)	浄化速度 (g/m ² /日)	通水から最初のデータまでの経過年数		調査期間	データ数
実 施 設	①	八郷町の浄化施設	ヨシ	生活雑排水	38.9	1,224	—	—	36.0	0.032	6.20	2.00	68.0	4.20	0.198	0.134	12年	4年間通年	45	1)
	②	水元公園の浄化施設	ヨシ	大場川(生活排水)	43.2	828	90	25	115.0	0.052	5.64	4.31	23.6	1.33	0.293	0.069	不明	1年間(4~12月)	7	2)
	③	山王川植生浄化施設	マコモ、ヨシ	山王川(生活排水)	2,500	5,600	40	10	5.0	0.450	3.40	2.30	34.0	1.10	1.530	0.495	0年	10月	4	3)、8)
	④	清明川植生浄化施設	ヨシ	清明川(生活排水)	18,144	38,000	40	10	5.0	0.480	2.82	2.35	16.7	0.47	1.354	0.226	0年	1.24年目通年	30	事例No.7
	⑤	ヨシ原浄化施設	ヨシ	渡良瀬貯水池	216,000	200,000	—	20	4.4	1.080	1.40	1.27	9.3	0.13	1.512	0.140	1年	1年間(4~10月)	19	事例No.9
	⑥	河北潟生態系生活用水質浄化	ヨシ	河北潟	103.7	1,600	1,000	5	18.5	0.065	1.73	1.09	37.0	0.64	0.112	0.042	0年	4年間(4~12月)	47	事例No.11
	⑦	アシ原浄化池(チャランケ川)No.1	クサヨシ	チャランケ川	86.4	220	22	10	6.0	0.39	2.87	2.54	11.5	0.33	1.119	0.129	2年	7年間(夏季)	9	事例No.1
	⑧	アシ原浄化池(チャランケ川)No.2	クサヨシ	チャランケ川	86.4	198	22	10	5.4	0.44	3.48	3.38	2.9	0.10	1.531	0.044	1年	4年間(夏季)	4	事例No.1
	⑨	アシ原浄化池(柏木川)	ヨシ	柏木川	259.2	569	21	10	5.2	0.46	2.68	2.05	23.5	0.63	1.233	0.290	2年	7年間(夏季)	10	事例No.2
	⑩	井上川浄化施設(きらり)	ヨシ	井上川	1,296	2,700	270	10	5.0	0.480	8.91	6.29	29.4	2.62	4.277	1.258	1.5年	3.5年間通年	5	事例No.13
実 験 施 設	⑪-1	フィールド実験(長野県)	ヨシ	城婦川(農地・山地)	156.5	150	100	10	2.3	1.040	0.43	0.34	22.0	0.09	0.447	0.094	1年	1年間(7~11月)	7	4)
	⑪-2	"	"	"	121.7	147	98	10	2.9	0.830	0.43	0.29	31.8	0.14	0.357	0.116	1年	1年間(7~11月)	7	4)
	⑪-3	"	"	"	156.5	320	213	10	4.9	0.490	0.43	0.24	44.9	0.19	0.211	0.093	1年	1年間(7~11月)	7	4)
	⑪-4	"	"	"	121.7	320	213	10	6.3	0.380	0.43	0.23	47.4	0.20	0.163	0.076	1年	1年間(7~11月)	7	4)
	⑫-1	下水道事業団の実験施設(夏)	ヨシ	灌漑用水+肥料	60.0	360	120	30	36.0	0.170	6.60	4.20	36.0	2.40	1.122	0.408	0年	1年間(夏)	不明	5)
	⑫-2	下水道事業団の実験施設(冬)	"	"	60.0	360	120	30	36.0	0.170	5.30	1.80	67.0	3.50	0.901	0.595	0年	1年間(冬)	不明	5)
	⑬-1	山王川の土木研究所の実験	ヨシ	山王川(生活排水)	12.5	124	31	10	24.0	0.101	4.04	2.20	45.5	1.84	0.407	0.185	1年	7月~翌3月	20	6)
	⑬-2	"	"	"	9.4	62	31	10	16.0	0.152	4.04	2.34	42.2	1.70	0.613	0.258	1年	7月~翌3月	20	6)
	⑬-3	"	"	"	18.7	62	31	10	8.0	0.300	4.04	1.96	51.5	2.08	1.211	0.623	1年	7月~翌3月	20	6)
	⑬-4	"	"	"	37.4	62	31	10	4.0	0.599	3.66	3.03	17.2	0.63	2.194	0.378	0	6月~翌3月	25	6)
⑬-5	"	"	"	149.8	124	31	10	2.0	1.200	3.66	3.21	12.2	0.45	4.392	0.540	0	6月~翌3月	25	6)	
⑭	佐渡の実験施設	ヨシ、他	合併浄化槽処理水	15.0	200	39	5	32.0	0.075	39.00	24.00	38.0	15.00	2.925	1.125	0	9月~翌6月	40	7)	
現 実 験	⑮-1	山王川植生浄化実験(H9,10年)	ヨシ	山王川(生活排水)	25.9	90	30	10	8.0	0.288	3.10	2.07	33.2	1.03	0.893	0.297	0.5年	1年間通年	15	事例No.18
	⑮-2	"	"	"	51.8	90	30	10	4.0	0.576	3.26	2.79	14.4	0.47	1.878	0.271	0.5年	2年間通年	29	事例No.18
	⑮-3	"	"	"	103.7	90	30	10	2.0	1.152	3.43	3.11	9.3	0.32	3.951	0.369	1.5年	1年間通年	14	事例No.18
	⑮-4	"	マコモ	"	51.8	90	30	10	4.0	0.576	3.26	2.52	22.7	0.74	1.878	0.426	0.5年	2年間通年	29	事例No.18
	⑮-5	山王川植生浄化実験(H11年)	ヨシ	"	51.8	90	30	10	4.0	0.576	3.06	2.68	12.4	0.38	1.763	0.219	2.5年	1年間通年	16	事例No.18
	⑮-6	"	マコモ	"	51.8	90	30	10	4.0	0.576	3.06	2.67	12.7	0.39	1.763	0.225	2.5年	1年間通年	16	事例No.18

表 2 施設諸元と浄化効果の関係 (T-P)

分類	No.	施設名等	植生名	浄化対象水	施設諸元等										浄化効果					データの条件		出典
					処理水量 (m ³ /日)	施設面積 (m ²)	水深: 股中 幅 (cm)	水深: 股中 幅 (cm)	滞留時間: 数 計値 (h)	水面積負荷 (m ² /m ² /日)	流入水質 (mg/L)	流出水質 (mg/L)	除去率 (%)	減少濃度 (mg/L)	負荷速度 (g/m ² /日)	浄化速度 (g/m ² /日)	流水から最 初のデータ までの経過 年数	調査期間	データ数			
実 施 設	①	八郷町の浄化施設	ヨシ	生活雑排水	38.9	1,224	—	—	36.0	0.032	0.970	0.230	0.740	0.031	0.024	12年	4年間通年	45	1)			
	②	水元公園の浄化施設	ヨシ	大場川(生活排水)	43.2	828	90	25	115.0	0.052	0.372	0.265	0.107	0.019	0.006	不明	1年間(4~12月)	7	2)			
	③	山王川植生浄化施設	マコモ、ヨシ	山王川(生活排水)	2,500	5,600	40	10	5.0	0.450	0.230	0.140	0.090	0.104	0.041	0年	10月	4	3), 8)			
	④	清明川植生浄化施設	ヨシ	清明川(生活排水)	18,144	38,000	40	10	5.0	0.480	0.185	0.147	0.038	0.089	0.018	0年	1.2,4年日通年	30	事例No.7			
	⑤	ヨシ原浄化施設	ヨシ	渡良瀬貯水池	216,000	200,000	—	20	4.4	1.080	0.095	0.088	7.4	0.007	0.103	0.008	1年	1年間(4~10月)	19	事例No.9		
	⑥	河北潟生態系活用浄化	ヨシ	河北潟	103.7	1,600	1,000	5	18.5	0.065	0.123	0.080	0.043	0.008	0.003	0年	4年間(4~12月)	47	事例No.11			
	⑦	アシ原浄化池(チヤランケ川):No.1	クサヨシ	チヤランケ川	86.4	220	22	10	6.0	0.39	0.070	0.033	0.037	0.027	0.014	2年	7年間(夏季)	9	事例No.1			
	⑧	アシ原浄化池(チヤランケ川):No.2	クサヨシ	チヤランケ川	86.4	198	22	10	5.4	0.44	0.197	0.099	0.098	0.087	0.043	1年	4年間(夏季)	4	事例No.1			
	⑨	アシ原浄化池(柏木川)	ヨシ	柏木川	259.2	569	21	10	5.2	0.46	0.037	0.020	0.017	0.017	0.008	2年	7年間(夏季)	10	事例No.2			
	⑩	井上川浄化施設(きらり)	ヨシ	井上川	1,296	2,700	270	10	5.0	0.480	1.031	0.599	41.9	0.432	0.207	1.5年	3.5年間通年	5	事例No.13			
実 験 設	⑩-1	フィールド実験(長野県)	ヨシ	城島川(農地・山地)	156.5	150	100	10	2.3	1.040	0.017	0.010	38.4	0.007	0.018	0.007	1年	1年間(7~11月)	7	4)		
	⑩-2	"	"	"	121.7	147	98	10	2.9	0.830	0.017	0.013	23.7	0.004	0.014	0.003	1年	1年間(7~11月)	7	4)		
	⑩-3	"	"	"	156.5	320	213	10	4.9	0.490	0.017	0.017	2.6	0.000	0.008	0.000	1年	1年間(7~11月)	7	4)		
	⑩-4	"	"	"	121.7	320	213	10	6.3	0.380	0.017	0.022	-32.0	-0.005	0.006	-0.002	1年	1年間(7~11月)	7	4)		
	⑩-1	下水道事業団の実験施設(夏)	ヨシ	灌漑用水+肥料	60.0	360	120	30	36.0	0.170	1.100	0.400	60.0	0.700	0.187	0.119	0年	1年間(夏)	不明	5)		
	⑩-2	下水道事業団の実験施設(冬)	"	"	60.0	360	120	30	36.0	0.170	0.400	0.100	74.0	0.300	0.068	0.051	0年	1年間(冬)	不明	5)		
	⑩-1	山王川の土木研究所の実験	ヨシ	山王川(生活排水)	12.5	124	31	10	24.0	0.101	0.695	0.344	50.5	0.351	0.070	0.035	1年	7月~翌3月	20	6)		
	⑩-2	"	"	"	9.4	62	31	10	16.0	0.152	0.695	0.310	55.4	0.385	0.105	0.058	1年	7月~翌3月	20	6)		
	⑩-3	"	"	"	18.7	62	31	10	8.0	0.300	0.695	0.312	55.1	0.383	0.208	0.115	1年	7月~翌3月	20	6)		
	⑩-4	"	"	"	37.4	62	31	10	4.0	0.599	0.511	0.413	19.2	0.098	0.306	0.059	0	6月~翌3月	25	6)		
⑩-5	"	"	"	149.8	124	31	10	2.0	1.200	0.511	0.441	13.7	0.070	0.613	0.084	0	6月~翌3月	25	6)			
⑭	佐渡の実験施設	ヨシ、他	合併浄化槽処理水	15.0	200	39	5	32.0	0.075	3.900	2.000	49.0	1.900	0.293	0.143	0	8月~翌6月	40	7)			
現 実 実 験	⑮-1	山王川植生浄化実験(H9,10年)	ヨシ	山王川(生活排水)	25.9	90	30	10	8.0	0.288	0.590	0.330	44.1	0.260	0.170	0.075	0.5年	1年間通年	15	事例No.18		
	⑮-2	"	"	"	51.8	90	30	10	4.0	0.576	0.510	0.370	27.5	0.140	0.294	0.081	0.5年	2年間通年	29	事例No.18		
	⑮-3	"	"	"	103.7	90	30	10	2.0	1.152	0.430	0.360	16.3	0.070	0.495	0.081	1.5年	1年間通年	14	事例No.18		
	⑮-4	"	マコモ	"	51.8	90	30	10	4.0	0.576	0.510	0.360	29.4	0.150	0.294	0.086	0.5年	2年間通年	29	事例No.18		
	⑮-5	山王川植生浄化実験(H11年)	ヨシ	"	51.8	90	30	10	4.0	0.576	0.450	0.440	2.2	0.010	0.259	0.006	2.5年	1年間通年	16	事例No.18		
	⑮-6	"	マコモ	"	51.8	90	30	10	4.0	0.576	0.450	0.460	-2.2	-0.010	0.259	-0.006	2.5年	1年間通年	16	事例No.18		

表 3 施設諸元と浄化効果の関係 (BOD)

分類	No.	施設名等	植生名	浄化対象水	施設諸元等				浄化効果				データの条件			出典				
					処理水量 (m ³ /日)	施設面積 (m ²)	流下距離・水深設計 (m)	水面積負荷 (m ² /m ² ・日)	滞留時間・設計値(hr)	流出水質 (mg/L)	除去率(%)	減少濃度 (mg/L)	最高速度 (g/m ² /日)	浄化速度 (g/m ² /日)	通水から最初のデータまでの経過年数		調査期間	データ数		
	①	八郷町の浄化施設	ヨシ	生活雑排水	38.9	1,224	—	0.032	36.0	77.3	4.4	94.3	72.9	2,474	2,333	12年	4年間通年	45	1)	
	②	水元公園の浄化施設	ヨシ	大場川(生活排水)	43.2	828	90	0.052	115.0	11.9	10.3	13.4	1.6	0.619	0.083	不明	1年間(4~12月)	7	2)	
実 施 設	⑥	河北潟生態系活用水質浄化	ヨシ	河北潟	103.7	1,600	1,000	0.065	18.5	2.7	1.9	29.6	0.8	0.176	0.052	0年	4年間(4~12月)	47	事例No.11	
	⑦	アシ原浄化池(チャランケ川):No.1	クサヨシ	チャランケ川	86.4	220	22	0.39	6.0	2.3	1.4	39.1	0.9	0.897	0.351	2年	7年間(夏季)	9	事例No.1	
	⑧	アシ原浄化池(チャランケ川):No.2	クサヨシ	チャランケ川	86.4	198	22	0.44	5.4	1.4	1.4	0.0	0.0	0.616	0.000	1年	4年間(夏季)	4	事例No.1	
	⑨	アシ原浄化池(柏木川)	ヨシ	柏木川	259.2	569	21	0.46	5.2	1.7	1.0	41.2	0.7	0.782	0.322	2年	7年間(夏季)	10	事例No.2	
	⑩	井上川浄化施設(きらり)	ヨシ	井上川	1,296	2,700	270	0.480	5.0	15.0	8.3	44.7	6.7	7,200	3,216	1.5年	3.5年間通年	21	事例No.13	
	実 験	⑫-1	下水道事業団の実験施設(夏)	ヨシ	灌漑用水+肥料	60.0	360	120	0.170	36.0	9.4	7.9	16.0	1.5	1.598	0.255	0年	1年間(夏)	不明	5)
		⑫-2	下水道事業団の実験施設(冬)	〃	〃	60.0	360	120	0.170	36.0	2.4	3.4	-41.7	-1.0	0.408	-0.170	0年	1年間(冬)	不明	5)
	現 実 験	⑮-1	山王川植生浄化実験(H9,10年)	ヨシ	山王川(生活排水)	25.9	90	30	0.288	8.0	5.6	2.2	60.0	3.3	1.604	0.962	0.5年	1年間通年	15	事例No.18
		⑮-2	〃	〃	〃	51.8	90	30	0.576	4.0	4.9	2.7	44.9	2.2	2.822	1.267	0.5年	2年間通年	29	事例No.18
		⑮-3	〃	〃	〃	103.7	90	30	1.152	2.0	3.6	2.3	36.1	1.3	4.147	1.498	1.5年	1年間通年	14	事例No.18
⑮-4		〃	マコモ	〃	51.8	90	30	0.576	4.0	4.9	2.6	46.9	2.3	2.822	1.325	0.5年	2年間通年	29	事例No.18	
⑮-5		山王川植生浄化実験(H11年)	ヨシ	〃	51.8	90	30	0.576	4.0	5.8	4.1	29.7	1.7	3.318	0.985	2.5年	1年間通年	16	事例No.18	
⑮-6		〃	マコモ	〃	51.8	90	30	0.576	4.0	5.8	4.3	26.2	1.5	3.318	0.870	2.5年	1年間通年	16	事例No.18	

表 4 施設諸元と浄化効果の関係 (TK-N)

分類	No.	施設名等	植生名	浄化対象水	施設諸元等				浄化効果				データの条件			出典			
					処理水量 (m ³ /日)	施設面積 (m ²)	流下距離・水深設計 (m)	水面積負荷 (m ² /m ² ・日)	滞留時間・設計値(hr)	流出水質 (mg/L)	除去率(%)	減少濃度 (mg/L)	最高速度 (g/m ² /日)	浄化速度 (g/m ² /日)	通水から最初のデータまでの経過年数		調査期間	データ数	
実 験 設	②	水元公園の浄化施設	ヨシ	大場川(生活排水)	43.2	828	90	0.052	115.0	4.61	3.10	32.8	1.51	0.240	0.079	不明	1年間(4~12月)	7	2)
	⑥	河北潟生態系活用水質浄化	ヨシ	河北潟	103.7	1,600	1,000	0.065	18.5	1.22	0.89	27.0	0.33	0.079	0.021	0年	4年間(4~12月)	47	事例No.11
実 験 設	⑫-1	下水道事業団の実験施設(夏)	ヨシ	灌漑用水+肥料	60.0	360	120	0.170	36.0	3.30	2.80	15.2	0.50	0.561	0.085	0年	1年間(夏)	不明	5)
	⑫-2	下水道事業団の実験施設(冬)	〃	〃	60.0	360	120	0.170	36.0	0.90	0.90	0.0	0.00	0.153	0.000	0年	1年間(冬)	不明	5)
現 実 験	⑮-1	山王川植生浄化実験(H9,10年)	ヨシ	山王川(生活排水)	25.9	90	30	0.288	8.0	1.55	0.58	62.6	0.97	0.446	0.279	0.5年	1年間通年	15	事例No.18
	⑮-2	〃	〃	〃	51.8	90	30	0.576	4.0	1.49	0.97	34.9	0.52	0.858	0.300	0.5年	2年間通年	26	事例No.18
	⑮-3	〃	〃	〃	103.7	90	30	1.152	2.0	1.40	0.93	33.6	0.47	1.613	0.541	1.5年	1年間通年	10	事例No.18
	⑮-4	〃	マコモ	〃	51.8	90	30	0.576	4.0	1.49	0.85	43.0	0.64	0.858	0.369	0.5年	2年間通年	26	事例No.18

参考文献

- 1) 細見正明 (1992) : ヨシ湿地による水質浄化, 水, Vol. 34, No.12, pp. 61~68
- 2) 田畑真佐子・加藤聡子・川村晶・鈴木潤三・鈴木静夫 (1996) : ヨシ植栽水路における河川水中の窒素・リンの除去効果, 水環境学会誌, Vol. 19, No. 4, pp. 83~90
- 3) 竹倉新吉 (1991) : 霞ヶ浦の水質浄化対策, 河川, No.539, pp. 37~44
- 4) 川村實・樋口澄男・清水重徳 (1995) : アシ原による水質浄化, 長野県衛生公害研究所研究報告, No.18, pp. 32~37
- 5) 荒木弘一・香林仁司 (1986) : 植生酸化池での処理効果, 下水道研究発表会講演集, Vol. 23, p. 467~469
- 6) 中村栄一・森田弘昭 (1987) : 低湿地浄化に関する調査, 土木研究所資料, 第2480号
- 7) 北詰昌義・野口俊太郎・島多義彦・倉谷勝敏 (1998) : 人工湿地による水質浄化, 用水と廃水, Vol. 40, No.10, pp. 51~57
- 8) 河川環境管理財団 (2000) : 植生浄化施設の現状と事例, 河川環境総合研究所資料 3号

（1）鉛直流れ（連続運転）の場合

鉛直流れで連続運転とするためには、常時、植生槽内を湛水状態（地表面に水面を持たせる）に保つ必要がある。一方、透水性が低下した場合にはオーバーフローすることとなりこの間で維持管理することとなる。

① 水深の確保

ヨシを利用する場合には水深 0.1m～0.4m 程度が適当と考えられる。山王川の浸透流れ方式の実験の例では、黒ぼく土を利用する場合、水面積負荷 $0.19\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ が上記の水深を維持できる水量であった。水量が大きすぎる場合にはオーバーフローすることとなり、設計水量の見直しを検討する。

② 水頭差の確保

水を浸透させるためには水頭差の確保が必要である。水頭差は植生槽内の水面高さと同排水管の水面高さで決まり、基材の透水性が大きい場合には水頭差を小さく、基材の透水性が小さい場合には水頭差を大きくする。

水頭差の調整は、植生槽内の越流管の高さと排水管の高さの調整で行う。当初の設定では植生槽内の越流管の高さを植生基材面から 0.4m 程度の高さ（最大水深）とし、植生槽内の水深が 0.4m に近くなった場合に、排水管の高さを徐々に下げ水頭差を大きくし透水性を確保するようにする（図 2）。

③ 干し上げ対策

水頭差の確保が限界に近づいた場合（排水管がそれ以上下げられない状態）、一旦水を完全に抜き干し上げ対策を実施する。干し上げ対策は、蒸発散の大きい夏期の実施が効率的で、植生基材表面が乾燥し、ある程度亀裂が生じる状態まで実施する。山王川の浸透流れ方式の実験では、夏期の 1ヶ月の干し上げで 1年間透水性が確保された。

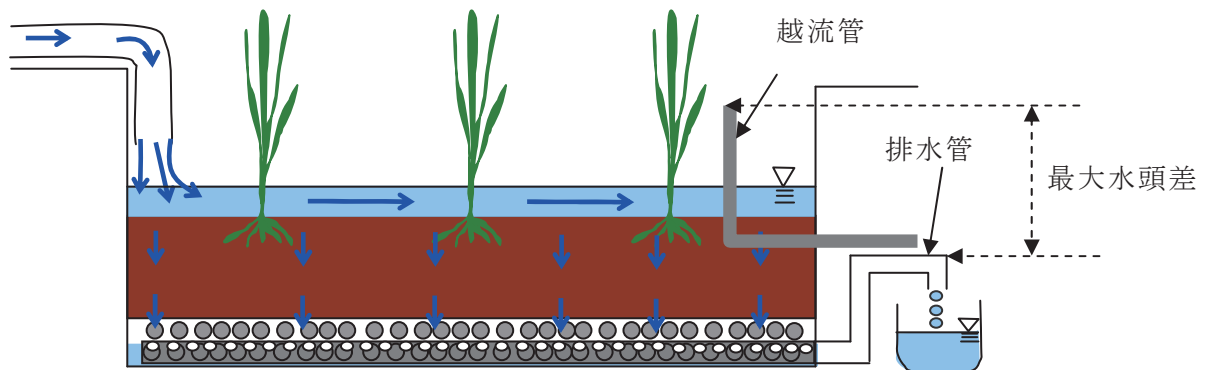
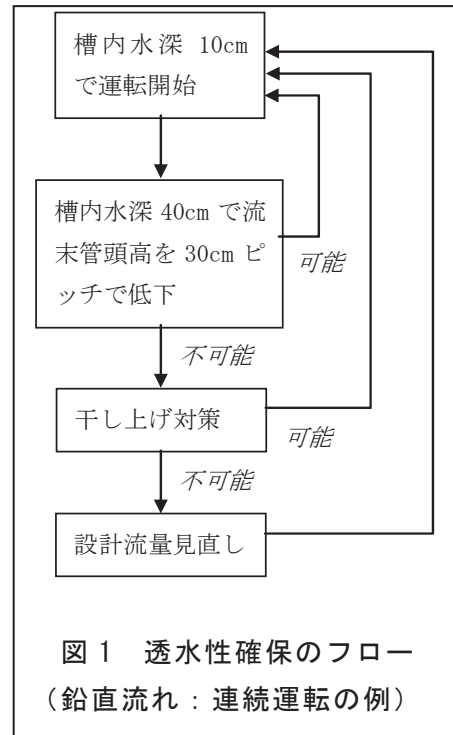


図 2 鉛直流れ（連続運転）の透水性の管理

(2) 鉛直流れ（間欠運転）の場合

鉛直流れで間欠運転とするためには、配水管を槽の全面に配置する方法がある。ただし、配水する水面積負荷が植生基材の透水性を上回った場合には湛水することとなり、湛水させない運転が必要である。

①水面の管理

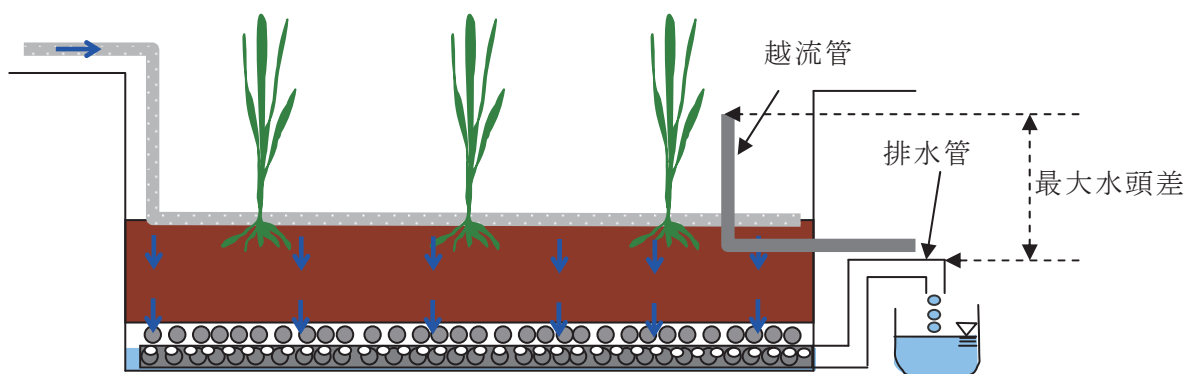
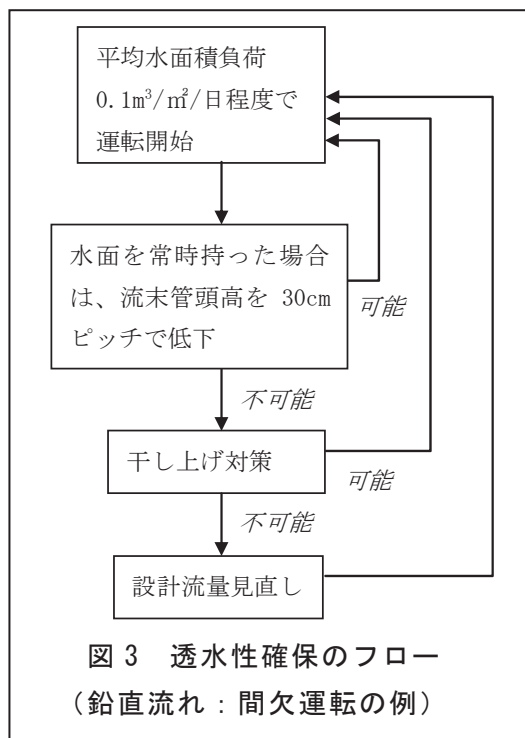
一旦配水し水面を持たせ、その後、配水を停止して基材面下までの排水することを繰り返す方法である。平均水面積負荷の目安としては黒ぼく土の場合 $0.1 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ 以下と考えられる。常時水面を持つ場合には間欠運転の目的が達せられないことになり、設計水量の見直しを検討する。

②水頭差の確保

水頭差の確保については、基本的に連続運転の場合と同様である。この場合、所定の水面積負荷で水面を持った場合の対処となり、排水管の調整を第一に考え、徐々に下げ水頭差を大きくし透水性を確保するようにする（図4）。

③干し上げ対策

干し上げ対策についても連続運転の場合と同様で、排水管を最低限まで下げて所定の水面積負荷で水面を持った場合に干し上げ対策を実施する。



(3) 水平流れの場合

水平流れにするには植生槽内の水位を地表下に持たせる必要があり、植生基材として透水性が高い砂礫等を利用する。目詰まり等を起こし水面を持った場合には鉛直流れとなるので水面を生じさせない管理となる。

① 水面の管理

槽の流入部分では水面を有するが、槽の後半部分では水面がない状態で運転する。山王川の浸透流れ方式の実験の例では、φ10mmの礫を利用した場合、水面積負荷 $0.6\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ が槽の後半部分で地表面下に水位を維持できる水量であった。最初から後半部分に水面を持つ場合には水平流れの目的が達せられないことになり、設計水量の見直しを検討すべきである。

② 水頭差の確保

水頭差の確保については、基本的に鉛直流れの場合と同様である。この場合、全面に水面を持った場合の対処となり、排水管の調整を第一に考え、徐々に下げ水頭差を大きくし透水性を確保するようにする（図6）。

③ 干し上げ対策

干し上げ対策についても鉛直流れの場合と同様であるが、山王川の浸透流れの実験では土壌に比べ表面が固化することにより亀裂を生じにくく、干し上げ対策の効果は小さかった。

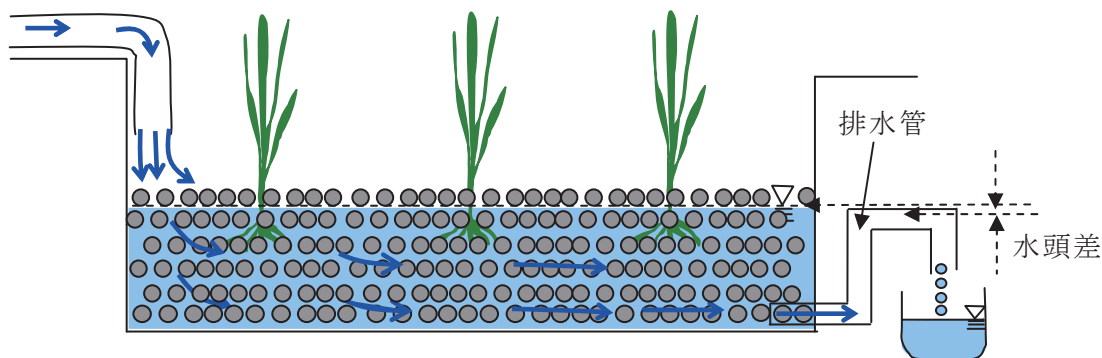
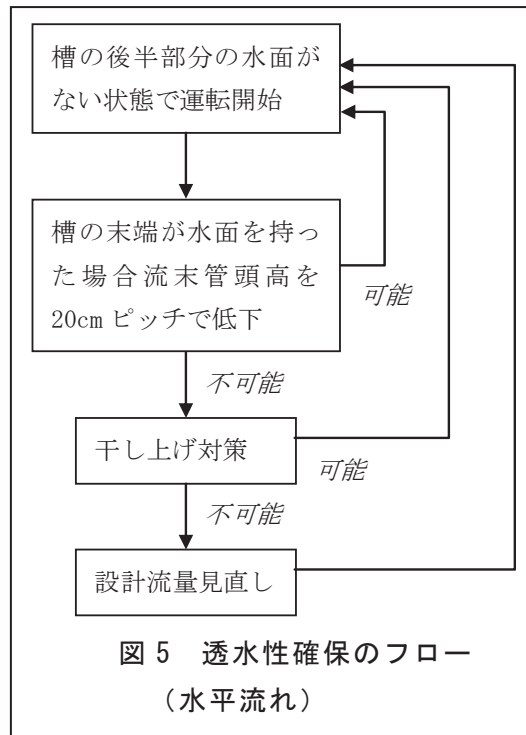


図6 水平流れの透水性の管理

補足資料 3 リン吸着材の評価について

湿地法の浸透流れ方式において植生基材として礫を使用した場合には、処理水量を多くすることが可能であると考えられるが、リン除去が期待できないため、「浸透流れ方式（礫）の処理水をリン吸着材で処理する方式」（ハイブリッド方式）が有効である。

山王川の実験（事例 No.19）では、浸透流れ方式（礫、ヨシ植栽）の処理水を用いて、リン吸着材の現地実験を行った。また、現地実験において高い性能を示した吸着材については、室内試験を別途行い、現地実験結果と室内試験結果を比較した。

（１）リン吸着材

リン吸着材としては、土壌系では黒ぼく土や鹿沼土等、リン吸着材として商品化されているもの（鉄添加焼結火山灰土－商品名：P-キャッチ等）及び開発中であるもの（イオン交換樹脂）を対象に粒径の違いを含め 19 種類の吸着材の実験を行った。なお、開発中のイオン交換樹脂については、旭化成ケミカルズ株式会社から提供を受けた。

（２）実験諸元

リン吸着材の吸着実験諸元を表 1 に、リン吸着槽の断面と全景を図 1 に示す。

表 1 リン吸着材の現地吸着実験諸元

項目	土壌以外の基本諸元	土壌の基本諸元
通水方式	鉛直流れ	鉛直流れ
処理水量	0.03L/s	0.015L/s
水面積負荷	14.4m ³ /m ² /日	7.2m ³ /m ² /日
吸着材容量	80L (W0.3m×L0.6m×H0.44m)	18L (W0.3m×L0.6m×H0.10m)
接触時間	18分(空隙率40%で計算)	8分(空隙率40%で計算)

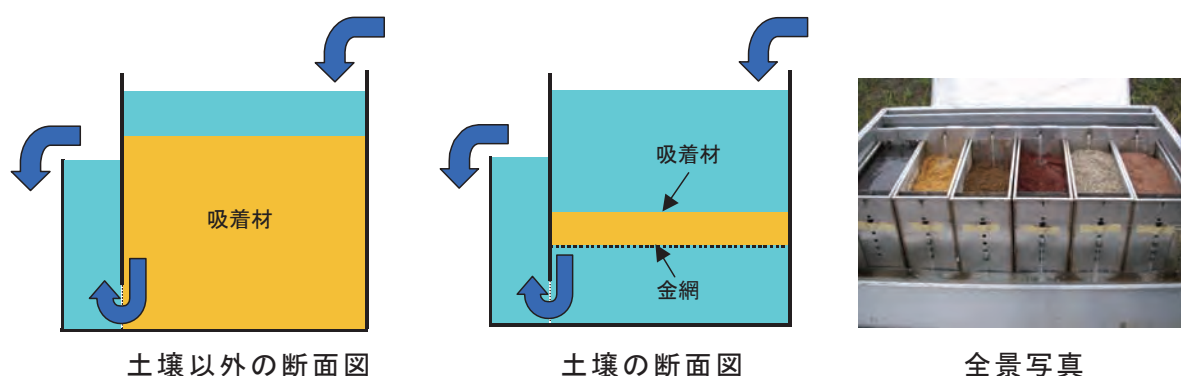
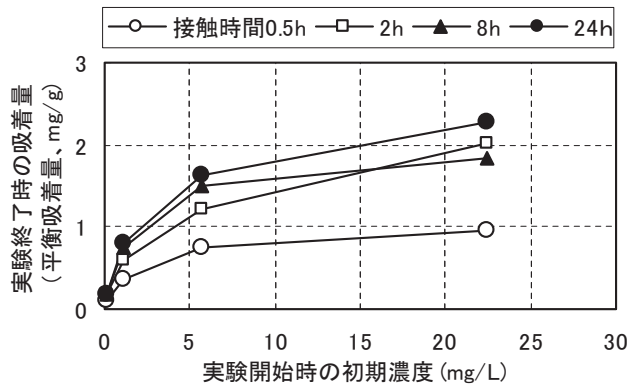


図 1 リン吸着槽の断面と全景

（３）リン吸着材の室内試験結果

①平衡吸着量

バッチ式室内試験（ビーカーに部材を入れ攪拌吸着）の結果の例を図 2 に示す。リン吸着材は初期濃度が高いと吸着量が多くなり、接触時間（実験時間）が長くなると吸着量が多くなるという基本的特性を有する。



* 実験条件：攪拌実験，土壌：溶液=1:2,000
 水温：25°C，pH：7.0

図2 リン吸着材の室内試験結果
 (黒ぼく土：鹿沼産)

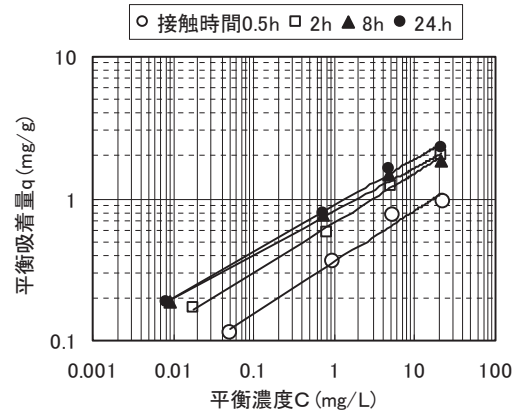


図3 Freundlichの吸着等温式
 (黒ぼく土：鹿沼産)

通常、室内試験結果は、Freundlichの吸着等温式(式(1)、式(2))で整理される。係数kとnが他の試料と比較できる指標となる。なお、接触時間24時間は土壤環境分析法(1997)に従った。室内試験結果の例として、黒ぼく土の結果を図3に示す。

$$\log q = \log k + 1/n \log C \quad (1)$$

$$q = kC^{1/n} \quad (2)$$

ここに、C：平衡濃度 (mg/L) [実験後の液層濃度]

q：平衡吸着量(mg/g 吸着材)

[(実験開始時のPO₄-P量 (mg) - 実験終了時のPO₄-P量 (mg)) / 吸着材量 (g)]

(4) カラム式現地実験

① 現地実験結果

現地水は水質濃度が変化するため、累積負荷量Q(mg/g)と累積吸着量q (mg/g、流入水質と流出水質より算定)の関係で現地実験結果を整理すると現象が理解しやすい(図4)。Δq/ΔQが除去率である。累積吸着量qの実験値は実験開始初期には1次式で、その後は2次式で概ね近似できる。qの近似式の微分式(q')が除去率の特性式となり、累積吸着量の最大値が飽和吸着量である。すなわち、リン吸着材の性能評価は、初期除去率、初期除去率の持続性、飽和吸着量の3指標から評価することが適切と考えられる。

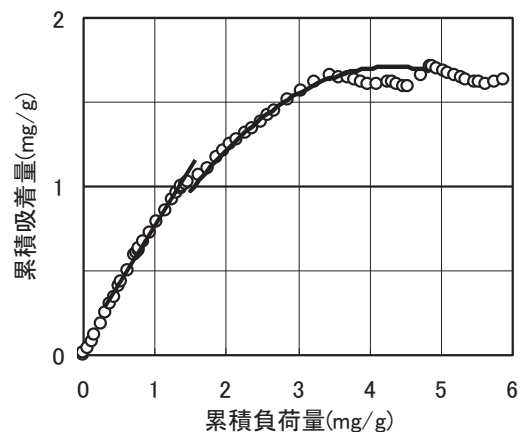


図4 リン吸着材現地実験結果
 (黒ぼく土：鹿沼産)

②初期除去率と飽和吸着量

粒径の違いを含め 19 種類の吸着材の現地実験を行い、表 2 及び図 5 に示すように 5 つのグループに分類した。黒ぼく土については粒径が小さい方が飽和吸着量が多い傾向が認められた (表 5)。性能が高かった部材の実験結果を図 6 に示す。

表 2 リン吸着材の性能評価 (現地実験)

分類	性能	吸着材	初期除去率	初期除去率の持続性	飽和吸着量
A	高	イオン交換樹脂 (AKC-60, AKC-P60)	90%以上	長い (累積負荷量 6mg/g 程度まで)	6mg/g 程度
B	中	P-キャッチ(小)、P-キャッチ(中) 黒ぼく土 (阿蘇産:3mm)	90%以上	短い (累積負荷量 0.5mg/g 程度まで)	1-2mg/g 程度
C	中	黒ぼく土 (鹿沼産) P-キャッチ (大)、赤玉土 (小)	70%程度	中 (累積負荷量 0.5-1.5mg/g 程度まで)	1-2mg/g 程度
D	低	赤玉土 (中)	25%	—	1mg/g 程度
E	低	赤玉土 (大) 黒ぼく土 (茨城産) 鹿沼土 (細粒, 硬質, 粉抜品) 黄土 (阿蘇産:3mm) アグリストーン (硫酸塩処理, 水の浄化用) 軽石 (小)、笠間焼の素焼きの破砕屑	10~80%程度	—	0.5mg/g 以下

注) Pキャッチは商品名, 酸化鉄とアルミナを主成分とした部材 (鉄添加焼結火山土) であり, 合併浄化槽等にて実績あり。

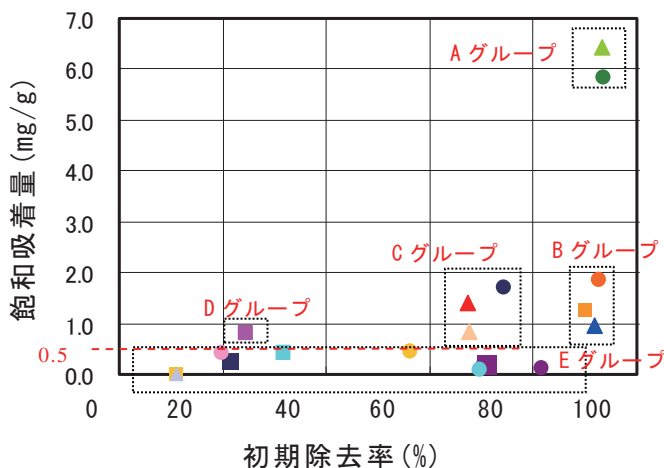


図 5 リン吸着材の性能評価 (現地実験)

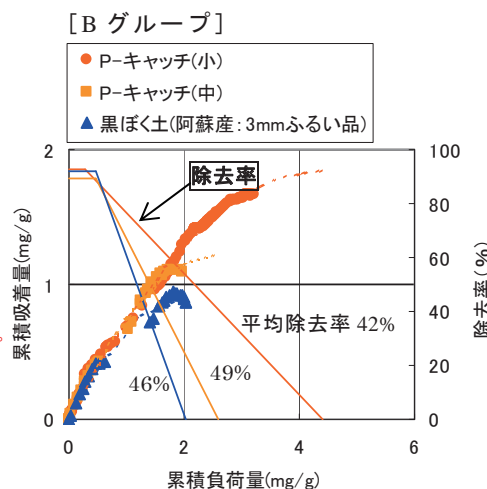
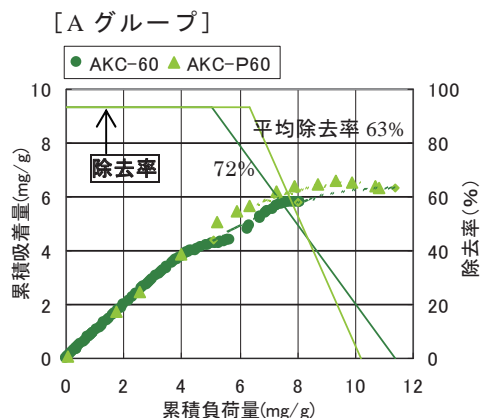


図 6 リン吸着材現地実験結果 (性能が高い部材)

(5) 現地実験結果と室内試験結果の比較

室内試験から算定した Freundlich の吸着等温式パラメータ k , n と現地原水濃度 (PO_4-P 0.2mg/L (平均値)) から、現地の飽和吸着量 (平衡吸着量) を推定し、現地実験で得られた飽和吸着量と比較した。現地流入原水 (濃度一定値) を吸着材に流し続ければ、いずれは吸着しなくなる。すなわち、流入原水濃度に対して吸着ゼロとなり、Freundlich の吸着等温式に代入する平衡濃度として、原水濃度は妥当であると考えられる。

室内試験で求められる平衡吸着量と現地実験 (カラム式) の飽和吸着量には、数倍の違いが認められ、現地実験の方が性能が良いケースが多い (表 3)、この理由としては現地水には鉄分が含まれ、リン酸鉄が形成されることが考えられる。ただし、P-キャッチ (小) については、反対に現地実験の飽和吸着量の方が小さいが、その理由として現地で目詰まりが頻繁に発生したこと、実験期間後半の水質濃度が若干低下したことの影響が考えられる。

表 3 室内試験結果と現地実験結果の比較

吸着材	室内試験 (接触時間: 24 時間)			現地実験
	K (mg/L)	n	推定飽和吸着量 (mg/g)	飽和吸着量 (mg/g)
イオン交換樹脂 (AKC-60)	4.72	4.27	3.24	5.83
イオン交換樹脂 (AKC-P60)	5.22	3.00	3.06	6.45
P-キャッチ (小)	7.70	2.90	4.42	1.85
黒ぼく土 (鹿沼産)	0.90	3.08	0.53	1.70

(6) リン吸着材のコスト評価

リン吸着材の選定は、処理目標水質 (目標除去率) とコストが目安となる。現地実験で得られたリン吸着材の性能データを用いて、飽和吸着量 1.0mg/g 以上のリン吸着材を対象にコストを評価した (表 5、除去率 50%以下で交換)。

リン吸着材の交換条件は除去率 50% 以下となった場合に交換としたが、除去率の累積負荷量特性式 (表 4) を用いて任意の交換除去率での検討が可能である (算定例を後述)。

また、表 5 の検討結果は、流入水質が山王川実験条件とほぼ同じ水質濃度 (PO_4-P 0.2mg/L 程度) の場合のみに適用可能であり、流入水濃度が大きく異なる場合には、リン吸着実験 (現地水を用いたカラム式実験が望ましい) を行う必要がある。

表 4 除去率の累積負荷量特性式 (現地実験結果)

吸着材	q (累積吸着量 mg/g)	除去率の時間特性式 (q')
イオン交換樹脂 (AKC-60)	$-0.0491Q^2 + 1.1167Q$	$-0.0980Q + 1.1167$
イオン交換樹脂 (AKC-P60)	$-0.0626Q^2 + 1.2802Q$	$-0.1252Q + 1.2802$
P-キャッチ (小) (鉄添加焼結火山灰土、1.2mm以下)	$-0.0944Q^2 + 0.8333Q$	$-0.1888Q + 0.8333$
黒ボク土 (阿蘇産: 3mmふるい品)	$-0.2183Q^2 + 0.8890Q$	$-0.4366Q + 0.8890$
P-キャッチ (中) (鉄添加焼結火山灰土、1.2~2.5mm)	$-0.1791Q^2 + 0.9330Q$	$-0.3582Q + 0.9330$
黒ぼく土 (鹿沼産)	$-0.0913Q^2 + 0.7904Q$	$-0.1826Q + 0.7904$
P-キャッチ (大) (鉄添加焼結火山灰土、2.5~5mm)	$-0.0946Q^2 + 0.5442Q$	$-0.1892Q + 0.5442$
赤玉土 (1.7~6mm)	$-0.1188Q^2 + 0.8189Q$	$-0.2376Q + 0.8189$

注) Q: 累積負荷量 (mg/g)

表5 リン吸着材のコストの評価結果（除去率50%以下で交換）

吸着材	実験条件		吸着材性能 (現地実験結果)			10年間使用した場合のコスト評価 (交換回数には初期充填含む)					備考
	PO ₄ -P 流入濃度	初期 除去率	飽和 吸着量	性能 グループ ²	平均 除去率	密度	吸着材 単価	交換 回数	コスト	60% 粒径	
	mg/L				%	mg/g	%	t/m ³	千円/m ³		
イオン交換樹脂(AKC-60)	0.223 SD:0.098	94	5.825	A	81	0.48	5,000	毎年5% 補充	7,500		
イオン交換樹脂(AKC-P60)	0.221 SD:0.105	93	6.445	A	89	0.48	5,000		7,500		
P-キャッチ(小) (鉄添加焼結火山灰土、1.2mm以下)	0.203 SD:0.102	93	1.846	B	67	0.99	400	22	8,800		
P-キャッチ(中) (鉄添加焼結火山灰土、1.2~2.5mm)	0.257 SD:0.111	90	1.282	B	72	0.95	400	33	13,200		
黒ぼく土(阿蘇産:3mmふるい品)	0.257 SD:0.111	92	0.946	B	69	0.95	120	45	5,400	0.057	
P-キャッチ(大) (鉄添加焼結火山灰土、2.5~5mm)	0.190 SD:0.083	68	0.841	C	52	0.84	400	193	77,200		
赤玉土(小)(1.7~6mm)	0.190 SD:0.083	67	1.407	C	66	0.44	8	65	520		
黒ぼく土(鹿沼産)	0.183 SD:0.076	74	1.697	C	65	0.82	6	29	174	0.022	
赤玉土(中)(6~13mm)	0.215 SD:0.117	25	0.811	D	—	0.71	10	—	—		
赤玉土(大)(13~20mm)	0.261 SD:0.104	20	0.424	E	—	0.94	10	—	—		
黒ボク土(茨城産)	0.257 SD:0.111	21	0.268	E	—	1.02	6.4	—	—	0.158	
黄土(阿蘇産:3mm造粒品)	0.221 SD:0.102	56	0.450	E	—	1.15	120	—	—	0.086	
鹿沼土(細粒)	0.096 SD:0.041	82	0.128	E	—	0.46	8	—	—		
鹿沼土(硬質)	0.294 SD:0.058	71	0.216	E	—	0.37	8	—	—		
鹿沼土(粉抜品)	0.221 SD:0.118	70	0.203	E	—	0.72	8	—	—		
土壤改良用セラミック (アグリストーン(硫酸塩処理))	0.294 SD:0.058	70	0.079	E	—	1.05	284	—	—		
土壤改良用セラミック (アグリストーン(水の浄化用))	0.190 SD:0.071	36	0.412	E	—	1.02	750	—	—		
笠間焼の素焼きの破碎屑	0.294 SD:0.058	11	0.012	E	—	0.44	0	—	—		
軽石(3.2~6mm)	0.096 SD:0.041	11	0.042	E	—	0.58	16	—	—		

[検討条件] ①流入水 PO₄-P 濃度 0.2mg/L. ②流入量 0.6L/s. ③リン吸着材量 1 m³. ④リン吸着槽関連費(筐体等), 吸着材再生コスト, 交換にかかる人件費は考慮していない。⑤単価はイオン交換樹脂以外は購入実績, ⑥イオン交換樹脂は再生可能, 年間消耗率(補充率)を5%とした。

(7) リン吸着材の選定・運用に際しての留意点

選定に関しては、初期除去率やコストによる評価の他、リン吸着材の再生利用（イオン交換樹脂は再生利用が可能、黒ぼく土と鹿沼土は農地還元が可能）や透水性（土壌系等粒子が小さい基材は透水性が悪い）についても留意が必要である。また、現地運用に関しては、今回の実験ではリン吸着槽内に植物プランクトンや生物膜が発生して、目詰まりが発生した事例が多かったことから、リン吸着槽は遮光構造とすることが望ましい。

【リン吸着材のコスト算定例：黒ぼく土（阿蘇産：3mmふるい品）】

[検討条件]

- ・ 流入水 $PO_4\text{-P}$ 濃度 0.2mg/L、流入量 0.6L/s
- ・ リン吸着材量 1 m³
- ・ 除去率 50%以下になった時に交換
- ・ リン吸着槽関連費（筐体等）、交換にかかる人件費は考慮しない。

[10 間の運転コスト計算例]

①交換条件時（除去率 50%）の累積負荷量 $Q_{50\%}$ (mg/g) の算定

* 表 4 の黒ぼく土（阿蘇産：3mmふるい品）の q' 式を利用（付図参照）

$$q' = 0.5 \text{ (50\%)} = -0.4366Q_{50\%} + 0.8890$$

$$Q_{50\%} = 0.8910 \text{ mg/g}$$

②単位吸着材当たりの流入負荷量 Q_{IN} (mg/日/g) の算定

* 表 5 の黒ぼく土（阿蘇産：3mmふるい品）の吸着材密度を利用

$$Q_{IN} = \text{流入水質 [0.2mg/L]} \times \text{水量 [0.6L/s]} \times 86,400\text{s} \div (\text{槽体積 [1m}^3\text{]} \times \text{吸着材密度 [0.95} \times 10^6 \text{ g/m}^3\text{]}) = 0.011 \text{ mg/日/g}$$

③交換日数 $D_{50\%}$ の算定

$$D_{50\%} = Q_{50\%} [0.890 \text{ mg/g}] \div Q_{IN} [0.011 \text{ mg/日/g}] = 81 \text{ 日}$$

④10 年間の交換頻度の算定

$$\text{交換頻度} = 365 \text{ 日} \times 10 \div D_{50\%} [81 \text{ 日}] = 45 \text{ 回/10 年}$$

⑤10 年間のコストの算定

* 表 5 の黒ぼく土（阿蘇産：3mmふるい品）の吸着材単価を利用

$$\begin{aligned} \text{10 年間のコスト} &= \text{吸着材単価 [120 千円/m}^3\text{]} \times \text{槽体積 [1m}^3\text{]} \times \text{交換頻度 [45 回/10 年]} \\ &= 5,400 \text{ 千円/10 年} \end{aligned}$$

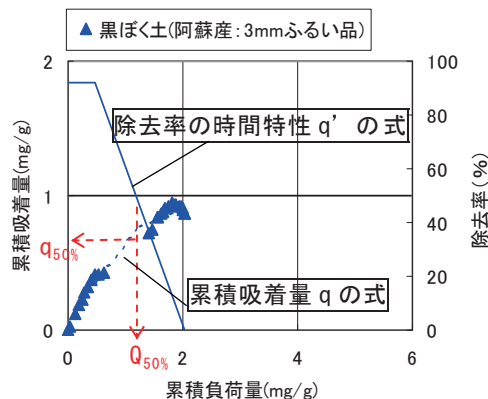
⑥平均除去率の算定

$$\text{平均除去率 (\%)} = \text{累積吸着量 } q \text{ (mg/g)} \div \text{累積負荷量 } Q \text{ (mg/g)} \times 100$$

* 累積吸着量は表 4 の黒ぼく土（阿蘇産：3mmふるい品）の q 式を利用して算定

$$\begin{aligned} \text{平均除去率} &= (-0.2183 \times Q_{50\%} [0.8910 \text{ mg/g}]^2 + 0.8890 \times Q_{50\%} [0.8910 \text{ mg/g}]) \\ &\div Q_{50\%} [0.8910 \text{ mg/g}] \times 100 = 69\% \end{aligned}$$

注) 1 次回帰式と 2 次回帰式の関係で、吸着開始初期においては平均除去率が初期除去率を上回ってしまう場合がある。その場合には、初期除去率を平均除去率とする。



付図 リン吸着材の現地実験結果

V . 植生浄化施設の個別事例

V. 植生浄化施設の個別事例

植生浄化施設の個別事例の調査経過は以下のとおりである。

(1) 平成 11 年度調査

河川環境管理財団では、平成11年9月に建設省関東地方建設局霞ヶ浦工事事務所（現：国土交通省関東地方整備局霞ヶ浦河川事務所）の委託業務として、わが国における植生浄化の取り組み状況について、下記の69機関（調査当時の機関名）にアンケートを依頼した。

- ①建設省地方建設局、北海道開発庁、沖縄開発庁
 - ②都道府県 河川部局
 - ③政令指定都市 河川部局
- }環境・農林部局にも照会依頼

回答は52機関からあり、植生浄化による稼働中の実施設は33事例、計画中又は工事中の実施設は8事例、実験施設は25事例、合計66事例であった。

アンケート調査結果より、稼働状況が比較的良好な21事例の実施設を選定してヒアリング調査を実施し、「植生浄化施設の現状と事例」（河川環境管理財団（2000）：河川環境総合研究所資料第3号）としてとりまとめた。

(2) 平成 13 年度調査

平成 13 年 7 月に霞ヶ浦河川事務所の委託業務として、平成 11 年度に実施したヒアリング調査 21 事例のうち湿地法及び水耕法の実施設 14 事例についてフォローアップ調査を実施するとともに、新たに実験施設 3 事例のヒアリング調査等を実施して、「植生浄化施設計画の技術資料」（河川環境管理財団（2002）：河川環境総合研究所資料第 5 号）の「Ⅲ. 植生浄化施設の個別事例」として整理した。

(3) 平成 17 年度調査

平成 18 年 1 月～2 月に霞ヶ浦河川事務所の委託業務として、「植生浄化施設計画の技術資料（2002）」に記載した施設 17 事例（実施設 14 事例、実験施設 3 事例）のうち、7 事例（実施設 6 事例、実験施設 1 事例）のフォローアップ調査を実施するとともに、実施設 2 事例について新規のヒアリング調査を実施した。なお、本調査では植生及び底泥の維持管理の状況について、特に詳しくヒアリングを行った。

本資料において対象とした事例は、平成 13 年度と平成 17 年度にヒアリング調査（フォローアップ調査を含む）を実施した 19 事例（実施設 16 事例、実験施設 3 事例）に、山王川植生浄化実験（湿地法・浸透流れ方式）を加えた計 20 事例（実施設 16 事例、実験施設 4 事例）である。対象事例の一覧表を次頁に示す。なお、事例において利用されている植生のうち、外来種については赤字で明記した。

植生浄化施設の対象事例一覧

No.	都道府県	施設名	分類		事業主体	施設置箇所		植生の種類 (赤字は外来種)	取水方式	施設規模	
			大分類	小分類		河川名	住所			面積 (m ²)	計画水量 (L/s)
1	北海道	アシ原浄化池(チャランケ川)	湿地法	表面流れ方式	釧路市	チャランケ川	釧路市	クサヨシ等	自然流下	418	2
2	"	アシ原浄化池(柏木川)	湿地法	表面流れ方式	釧路市	柏木川	釧路市	ヨシ等	自然流下	569	3
3	"	南角田地区水質浄化施設	湿地法	表面流れビ・トープ方式	北海道	農業用排水路	栗山町	稲、ヨシ、ガマ	自然流下	4,700	29
4	"	砂川遊水地バイパス水路	湿地法	表面流れビ・トープ方式	北海道開発局	砂川遊水地	砂川市	ヨシ、カキツバタ、キシヨウブ	自然流下	3,750	1,000
5	秋田県	古川水質浄化施設	湿地法	表面流れビ・トープ方式	東北地整	古川	秋田市	マコモ、ガマ、ヨシ	自然流下	19,000	200
6	茨城県	相野谷川生活排水浄化施設	水耕法	直接植栽方式	取手市	相野谷川	取手市	クレソン、ガマ、ホテイアオイ等	ポンプ	3,521	12
7	"	清明川植生浄化施設	湿地法	表面流れ方式	関東地整	清明川	美浦村	ヨシ等	ポンプ	38,000	210
8	"	土浦ビオパーク	水耕法	直接植栽方式	関東地整	霞ヶ浦	土浦市	クレソン、ミント、セリ等	ポンプ	3,400	87
9	栃木県	ヨシ原浄化施設	湿地法	表面流れ方式	関東地整	渡良瀬遊水地	藤岡町	ヨシ	ポンプ	400,000	5,000
10	千葉県	手賀沼ビオトープ	湿地法	表面流れビ・トープ方式	千葉県	手賀沼	我孫子市	ヨシ等	ポンプ	19,100	63
11	石川県	河北潟生態系活用木場浄化施設	湿地法	表面流れ方式	金沢市	河北潟	金沢市	ヨシ、シヨウブ、キシヨウブ等	自然流下	1,600	1.2
12	"	生態系活用木場浄化施設	湿地法	浸透流れ方式	小松市	木場潟	小松市	ヨシ	ポンプ	401	0.6
13	高知県	井上川浄化施設(きらり)	湿地法	表面流れ方式	四国地整	井上川	中村市	ヨシ、マコモ	自然流下	2,700	15
14	福岡県	水耕浄化施設	水耕法	特殊基材方式	九州地整	帝釈寺川	甘木市	クレソン	自然流下	308	17
15	福島県	浜尾遊水地植生浄化施設	湿地法	表面流れビ・トープ方式	東北地整	浜尾遊水地	須賀川市	ヨシ	自然流下	230,000	100
16	栃木県	袋川浄化施設	土壌浄化施設		関東地整	袋川	足利市	-	ポンプ	16,710	900
17	北海道	ヨシ原による浄化施設	湿地法	表面流れビ・トープ方式	北海道開発局	網走川	女満別町	ヨシ、ガマ	ポンプ	27,078	150
18	茨城県	山王川植生浄化実験施設	湿地法	表面流れ方式	関東地整	山王川	小美玉市	ヨシ、オオフサモ、マコモ等	ポンプ	810	5.4
19	"	山王川植生浄化実験施設	湿地法	浸透流れ方式	関東地整	山王川	小美玉市	ヨシ、飼料用稲	ポンプ	840	5.1
20	静岡県	佐鳴湖植生浄化実験水路	湿地法	表面流れ方式	静岡県	佐鳴湖	浜松市	ヨシ、マコモ、ヒメガマ	ポンプ	2,000	4

□ : 平成13年7月ヒアリング調査

■ : 平成18年1月～2月フォローアップ調査

■ : 平成18年2月ヒアリング調査

■ : 平成15年9月～平成19年1月に実験実施

■ : 平成18年10月～平成14年3月に実験実施

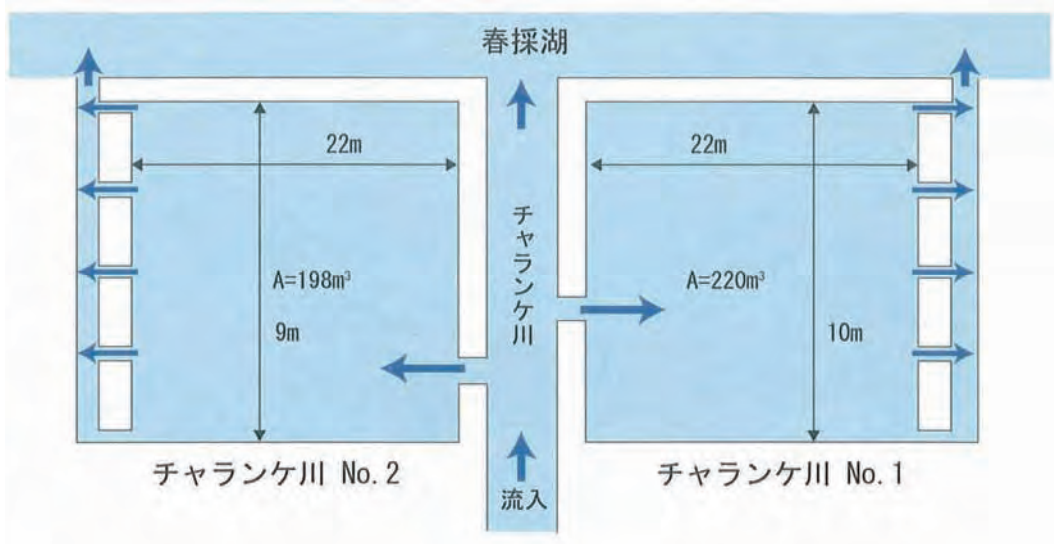
■ : 平成15年9月～平成19年1月に実験実施

No. 1	アシ原浄化池 (チャランケ川 No. 1) (チャランケ川 No. 2)			
所在地	北海道釧路市春湖台	事業主体	釧路市	
	供用開始		平成4年度 (チャランケ川 No. 1) 平成8年度 (チャランケ川 No. 2)	
	流入水		チャランケ川	
	放流先		春採湖	
	設置の背景			近年の春採湖は、社会経済発展の影響をうけて水質汚濁が進行し、様々な障害が発生している。このため湖に流入する河川の流入負荷の削減が必要とされた。
	目標水質			T-N除去率 40% T-P除去率 50%
計画水量			晴天時流量は共に 1.0 L/s (0.001m ³ /s) で合計は 2.0 L/s (0.002m ³ /s)	
施設諸元	面積	チャランケ川 No. 1 220 m ² チャランケ川 No. 2 198 m ² 合計 418 m ²	水深	0.1m
	水面積負荷 (m ³ /m ² /日)	チャランケ川 No. 1 0.39 チャランケ川 No. 2 0.44	稼動期間	5~11月
	取水方式	自然流下方式		
	備考			
植生	植生種	植栽：クサヨシなど		
	チャランケ川 No. 1：付近一帯に自生している植生を移植した。 チャランケ川 No. 2：クサヨシの種を植えた。			
建設費	柏木川の浄化施設（事例 No. 2）も含め 3 施設合計で約 900 万円			

No. 1	アシ原浄化池 (チャランケ川 No. 1) (チャランケ川 No. 2)
-------	--

施設の概要

<施設平面図>



チャランケ川



チャランケ川No.2 全景

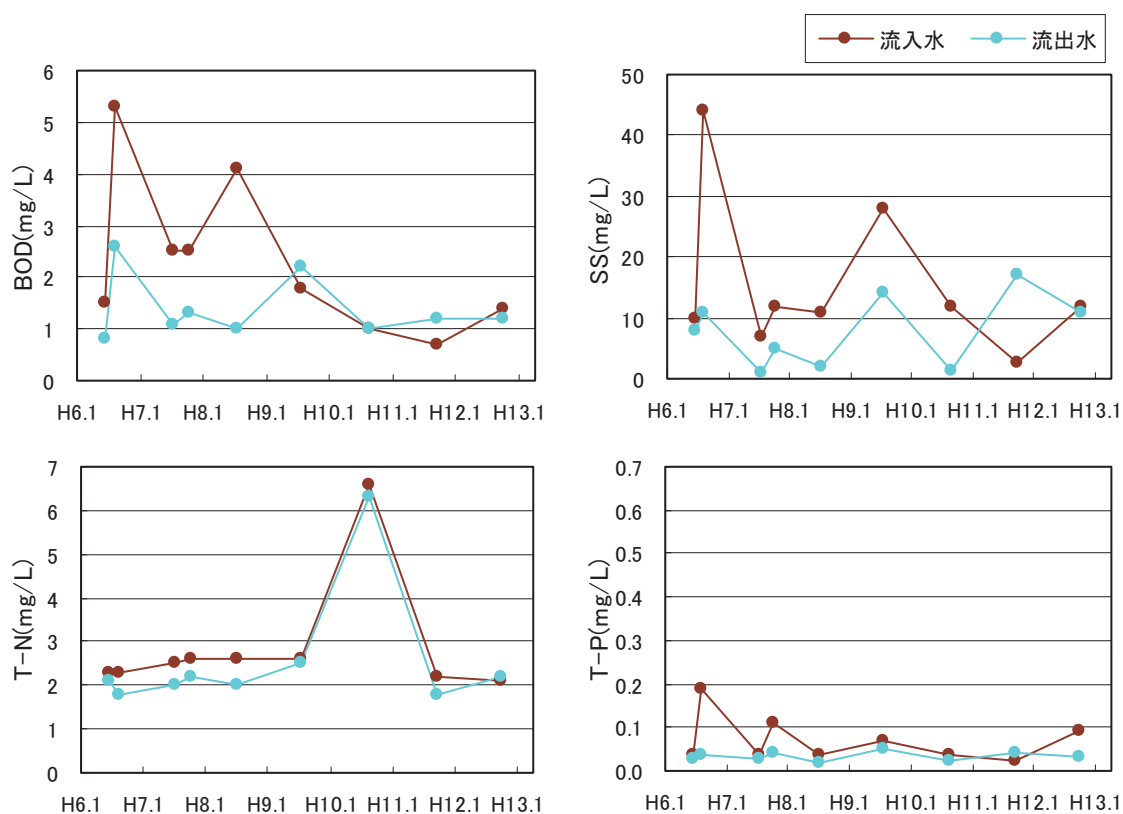


チャランケ川No. 2 流入



チャランケ川No.2 流出

No. 1	アシ原浄化池 (チャランケ川 No. 1)		
水質	調査頻度 及び項目	年1回(夏期) BOD、COD、SS、T-N、T-P	
項目	流入水質 (mg/L)	放流水質 (mg/L)	除去率 (%)
BOD	2.3	1.4	40
COD	5.6	5.0	11
SS	15.4	7.8	49
T-N	2.87	2.54	11
T-P	0.070	0.033	53
対象期間	H6年～H12年		
平均化対象データ数	n=9		



流入水の特徴	流域が住宅地として土地利用されているため、雨天時でも土砂の流入は少ない。	
放流水の特徴	底泥の堆積により設計滞留時間が得られなくなり、経年的に浄化効果が低下している。	
水量	流入水量	1.0 L/s (0.001m ³ /s)
	出水時の対応	施設の取水は、仕切り板の孔より行っており、出水時にも大量の水が入らないようになっている。

No. 1	アシ原浄化池 (チャランケ川 No. 2)																																																														
水質	調査頻度 及び項目	年1回(夏期) BOD、COD、SS、T-N、T-P																																																													
項目	流入水質 (mg/L)	放流水質 (mg/L)	除去率 (%)																																																												
BOD	1.4	1.4	-6																																																												
COD	3.9	4.6	-19																																																												
SS	10.8	11.0	-1																																																												
T-N	3.48	3.38	3																																																												
T-P	0.197	0.099	50																																																												
対象期間	H9年~H12年																																																														
平均化対象データ数	n=4																																																														
<p>Legend: 流入水 (Inflow), 流出水 (Outflow)</p> <table border="1"> <caption>BOD (mg/L) Data</caption> <thead> <tr><th>Year</th><th>Inflow</th><th>Outflow</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>H9.1</td><td>2.0</td><td>2.9</td></tr> <tr><td>H10.1</td><td>1.0</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>H11.1</td><td>0.8</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>H12.1</td><td>2.0</td><td>1.3</td></tr> </tbody> </table> <table border="1"> <caption>SS (mg/L) Data</caption> <thead> <tr><th>Year</th><th>Inflow</th><th>Outflow</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>H9.1</td><td>23</td><td>28</td></tr> <tr><td>H10.1</td><td>10</td><td>6</td></tr> <tr><td>H11.1</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><td>H12.1</td><td>9</td><td>10</td></tr> </tbody> </table> <table border="1"> <caption>T-N (mg/L) Data</caption> <thead> <tr><th>Year</th><th>Inflow</th><th>Outflow</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>H9.1</td><td>2.5</td><td>2.5</td></tr> <tr><td>H10.1</td><td>7.1</td><td>7.1</td></tr> <tr><td>H11.1</td><td>2.2</td><td>2.2</td></tr> <tr><td>H12.1</td><td>2.0</td><td>2.2</td></tr> </tbody> </table> <table border="1"> <caption>T-P (mg/L) Data</caption> <thead> <tr><th>Year</th><th>Inflow</th><th>Outflow</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>H9.1</td><td>0.08</td><td>0.08</td></tr> <tr><td>H10.1</td><td>0.05</td><td>0.05</td></tr> <tr><td>H11.1</td><td>0.03</td><td>0.03</td></tr> <tr><td>H12.1</td><td>0.68</td><td>0.28</td></tr> </tbody> </table>				Year	Inflow	Outflow	H9.1	2.0	2.9	H10.1	1.0	1.0	H11.1	0.8	0.8	H12.1	2.0	1.3	Year	Inflow	Outflow	H9.1	23	28	H10.1	10	6	H11.1	3	3	H12.1	9	10	Year	Inflow	Outflow	H9.1	2.5	2.5	H10.1	7.1	7.1	H11.1	2.2	2.2	H12.1	2.0	2.2	Year	Inflow	Outflow	H9.1	0.08	0.08	H10.1	0.05	0.05	H11.1	0.03	0.03	H12.1	0.68	0.28
Year	Inflow	Outflow																																																													
H9.1	2.0	2.9																																																													
H10.1	1.0	1.0																																																													
H11.1	0.8	0.8																																																													
H12.1	2.0	1.3																																																													
Year	Inflow	Outflow																																																													
H9.1	23	28																																																													
H10.1	10	6																																																													
H11.1	3	3																																																													
H12.1	9	10																																																													
Year	Inflow	Outflow																																																													
H9.1	2.5	2.5																																																													
H10.1	7.1	7.1																																																													
H11.1	2.2	2.2																																																													
H12.1	2.0	2.2																																																													
Year	Inflow	Outflow																																																													
H9.1	0.08	0.08																																																													
H10.1	0.05	0.05																																																													
H11.1	0.03	0.03																																																													
H12.1	0.68	0.28																																																													
流入水の特徴	流域が住宅地として土地利用されているため、雨天時でも土砂の流入は少ない。																																																														
放流水の特徴	当初より設計滞留時間が得られにくく、No. 1より浄化効果が低い。																																																														
水量	流入水量	1.0 L/s (0.001m ³ /s)																																																													
	出水時の対応	施設の取水は、仕切り板の孔より行っており、出水時にも大量の水が入らないようになっている。																																																													

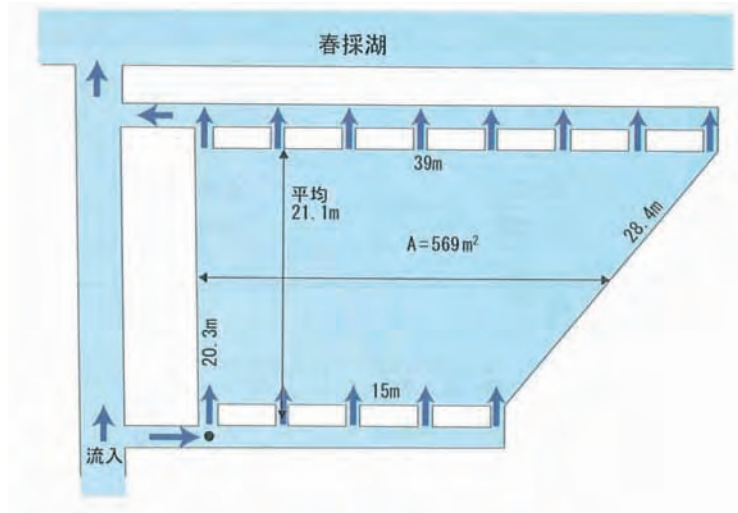
No. 1	アシ原浄化池 (チャランケ川 No. 1) (チャランケ川 No. 2)
植生の植付け	<p>① チャランケ川 No. 1 の施設は周辺の植生（クサヨシなど）を移植した。移植後、クサヨシが優占し、他にヨシやガマが認められる。</p> <p>② チャランケ川 No. 2 の施設はクサヨシの種を植えた。No. 1 に比べ生長は劣る。他にヨシやウキヤガラ属が認められる。</p>
住民参加	<p>特になし</p>
運転管理・維持管理	<p>①運転管理</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 傷んだ堰板・水路等の補修（年1回、冬期） ・ 定期巡回（5～11月、月2回） ・ 周囲の雑草の刈り取り（7月、8月の年2回） ・ 大雨後の水路内堆積土の除去（年2回） <p>②維持管理</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 枯死後のヨシの刈り取り（12月、年1回） <p>③運転管理・維持管理の費用</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 柏木川(事例 No. 2)を含む3施設の合計で40万円/年（右写真は柏木川）
工夫等	<p>①経済性を考慮し、素掘りの自然流下とし、導水・分配施設ともに木杭や木製の堰板を用いている。</p> <p>②堰板の孔で流量をほぼ一定に保ち、出水時に流入過多とならないようにしている。</p>



No. 2	アシ原浄化池（柏木川）			
所在地	北海道釧路市柏木町	事業主体	釧路市	
	供用開始	平成4年度		
	流入水	柏木川		
	放流先	春採湖		
	設置の背景	近年の春採湖は、社会経済発展の影響をうけて水質汚濁が進行し、様々な障害が発生している。このため湖に流入する河川の流入負荷の削減が必要とされた。		
	目標水質	T-N除去率 40% T-P除去率 50%		
	計画水量	晴天時流量 3.0 L/s (0.003m ³ /s)		
施設諸元	面積	569 m ²	水深	0.1m
	水面積負荷 (m ³ /m ² /日)	0.46	稼動期間	5～11月
	取水方式	自然流下方式		
	備考			
植生	植生種	植栽：ヨシなど		
	付近一帯に自生している植生を用いた。			
建設費	チャランケ川の2浄化施設（事例No.1）も含め3施設合計で約900万円			

施設の概要

<施設平面図>



柏木川

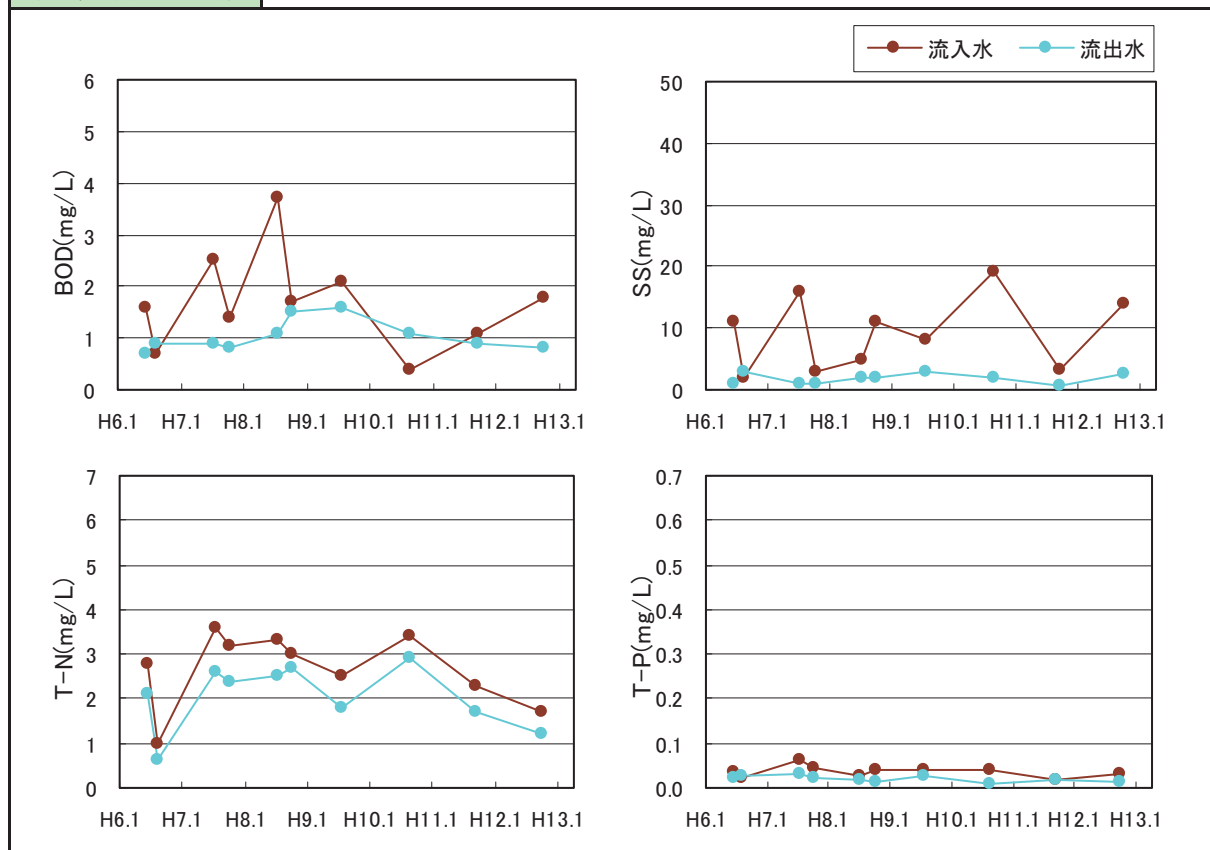


浄化池流入





浄化池流出

No. 2	アシ原浄化池 (柏木川)		
水質	調査頻度 及び項目	年1回(夏期) BOD、COD、SS、T-N、T-P	
項目	流入水質 (mg/L)	放流水質 (mg/L)	除去率 (%)
BOD	1.7	1.0	39
COD	4.7	4.5	3
SS	9.3	1.8	81
T-N	2.68	2.05	23
T-P	0.037	0.020	46
対象期間	H6年～12年		
平均化対象データ数	n = 10		



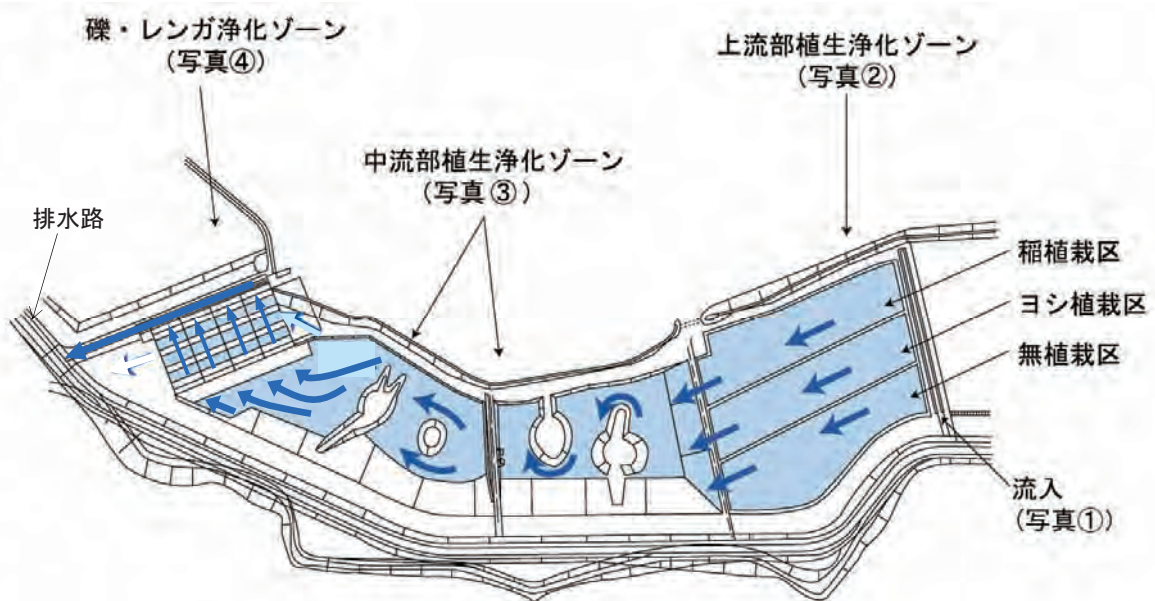
流入水の特徴	流域が住宅地として土地利用されているため、雨天時でも土砂の流入は少ない。	
放流水の特徴	底泥は堆積しているが、堰上げによりほぼ設計滞留時間が得られ、CODを除き比較的安定した浄化効果が得られている。	
水量	流入水量	3.0 L/s (0.003m ³ /s)
	出水時の対応	施設の取水は、仕切り板の孔より行っており、出水時にも大量の水が入らないようになっている。

No. 2	アシ原浄化池（柏木川）
<div data-bbox="188 264 472 331" style="background-color: #ADD8E6; padding: 2px;">植生の植付け</div> <ul style="list-style-type: none"> • No. 1 アシ原浄化池と同様に施設周辺の植生（ヨシなど）を移植した。 • 移植後、ヨシが優占し、他にクサヨシやウキヤガラ属が認められる。 	
<div data-bbox="188 667 472 734" style="background-color: #ADD8E6; padding: 2px;">住民参加</div> <p data-bbox="229 757 344 788">特になし</p>	
<div data-bbox="188 985 472 1052" style="background-color: #ADD8E6; padding: 2px;">運転管理・維持管理</div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div data-bbox="201 1070 826 1438" style="width: 45%;"> <p>①運転管理</p> <ul style="list-style-type: none"> • 傷んだ堰板・水路等の補修（年1回、冬期） • 定期巡回（5～11月、月2回） • 周囲の雑草の刈り取り（7月、8月の年2回） • 大雨後の水路内堆積土の除去（年2回） <p>②維持管理</p> <ul style="list-style-type: none"> • 枯死後のヨシの刈り取り（12月、年1回） <p>③運転管理・維持管理の費用</p> <ul style="list-style-type: none"> • チャランケ川(事例 No. 1)を含む3施設の合計で40万円/年 </div> <div data-bbox="836 1070 1390 1451" style="width: 50%; text-align: center;">  </div> </div>	
<div data-bbox="188 1464 472 1532" style="background-color: #ADD8E6; padding: 2px;">工夫等</div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div data-bbox="201 1550 826 1774" style="width: 45%;"> <p>①経済性を考慮し、素掘りの自然流下とし、導水・分配施設ともに木杭や木製の堰板を用いている。</p> <p>②堰板の孔で流量をほぼ一定に保ち、出水時に流入過多とにならないようにしている。 (写真はチャランケ川)</p> </div> <div data-bbox="815 1563 1396 1953" style="width: 50%; text-align: center;">  </div> </div>	

No. 3	南角田地区水質浄化施設			
所在地	北海道夕張郡栗山町南角田	事業主体	北海道	
	供用開始	平成 10 年度		
	流入水	農業用排水路		
	放流先	農業用排水路 (夕張川流域)		
	設置の背景	肥料・農薬および生活排水の流入により、水田用水の水質障害と農村環境が悪化している。このため農業用排水路の水質を浄化し、農業経営の安定化と環境保全を図ろうとするものである。		
	目標水質	T-N の除去率 40% T-N の水質 1.0 mg/ L		
	計画水量	29 L/s (0.029m ³ /s) 植生浄化池の滞留時間は 3 時間		
施設諸元	面積 (幅×長さ)	4,700m ² (30m×50m、25m×128m)	水深	0.1m
	水面積負荷 (m ³ /m ² /日)	0.53	稼動期間	4月下旬～11月上旬
	取水方式	自然流下 (オリフィスで流量調節)		
	備考	礫間浄化施設を併設		
植生	植生種	植栽：稲、ヨシ 自然発生植生群落：ガマ (無植栽のゾーン)		
	ろ過沈殿効果と分解吸収機能が発揮できる植生としてヨシ等を選定した。ガマ等は自然に発生した。			
建設費	約 500 万円 (礫間浄化施設(接触酸化)は 4,300 万円)			

施設の概要

<施設平面図>



①流入部



②上流部植生浄化ゾーン（稲植栽区）



③中流部植生浄化ゾーン



④礫・レンガ浄化ゾーン

No. 3		南角田地区水質浄化施設		
水質		調査頻度及び項目	年3回程度 BOD、COD、SS、T-N、T-P、N・Pの溶解成分等	
項目	流入水質 (mg/L)	植生流出水質 (mg/L)	礫間流出水質 (mg/L)	植生浄化除去率 (%)
BOD	2.4	2.0	1.4	18
COD	5.5	6.5	5.7	-18
SS	6.7	6.0	1.2	10
T-N	2.05	1.75	1.74	15
T-KN	0.39	0.47	0.42	-20
NH ₄ -N	0.14	0.11	0.09	21
T-P	0.040	0.068	0.046	-71
対象期間	H10年10月～H11年10月			
平均化対象データ数	n=6 (NH ₄ -Nのみn=3)			
<p>The figure contains four line graphs showing the concentration of different water quality parameters over time (from H10.7 to H11.10) for three types of water: Inflow (red line with circles), Plantation Outflow (cyan line with circles), and Gravel Interflow (purple line with circles). The parameters are BOD (mg/L), SS (mg/L), T-N (mg/L), and T-P (mg/L). The x-axis for all graphs is labeled with time points: H10.7, H10.10, H11.1, H11.4, H11.7, and H11.10. The y-axis scales vary by parameter: BOD (0-5), SS (0-30), T-N (0-5), and T-P (0.0-0.5). In all cases, the plantation outflow generally shows lower concentrations than the inflow, indicating some purification effect.</p>				
流入水の特徴		生活排水や農薬等を含むと考えられる排水である。畜舎排水を含みやや濁りが見られる。		
放流水の特徴		H10は植物の生育が十分でなく、また降雨のため水質にバラツキがあり期待した効果が得られなかった。平均的にはBOD, SS, T-Nで浄化効果が得られている。T-Nの浄化は、ほぼ脱窒と思われる。		
水量	流入水量	他の水田との取水の関係で、計画水量より少なくなる場合がある。滞留時間はH12年6月～8月の実績で15～17時間である。		
	出水時の対応	オリフィスで流量を制限しているため、出水による大量流入は生じない。		

植生の植付け

- ① 稲とヨシを植栽した。ヨシはポット植栽で2年目には生え揃った。
- ② 無植栽区にはガマが発生した。(下左写真が施設掘削当初、下右写真が植生発生後)
- ③ 中流部にもガマを中心とし、カンガレイ、サンカクイなど100種を超える植物が発生した。



住民参加

- ① ボランティア団体や近隣小学校の生物調査で、浄化施設周辺の自生水生植物・昆虫類等多数確認された。
- ② 稲の植付けには小学生も参加した。(右写真)
- ③ 維持管理は水質調査を除き全て地域ボランティアが行っている。また、体験学習の手伝い、浄化手法の検討なども地域ボランティアが行い活動が活発である。

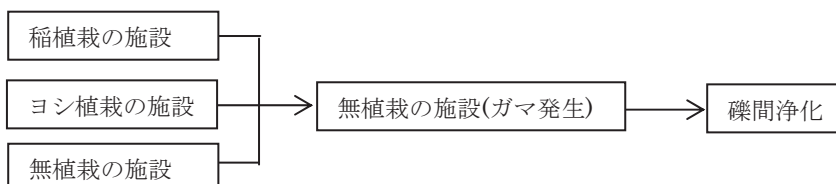


運転管理・維持管理

- ① 稲の刈り取りなど、維持管理はボランティアが実施した。
- ② 底泥の維持管理はしていないが、泥の堆積が一部認められ、場所によっては嫌気化が生じている。

工夫等

- ① 池にマウンド等を設け、均一流ではなく、瀬・淵など流速に変化をつけ浄化効果を図っている。
- ② 植生浄化と礫間浄化を組み合わせ、T-N, SS, BOD の改善を図っている。

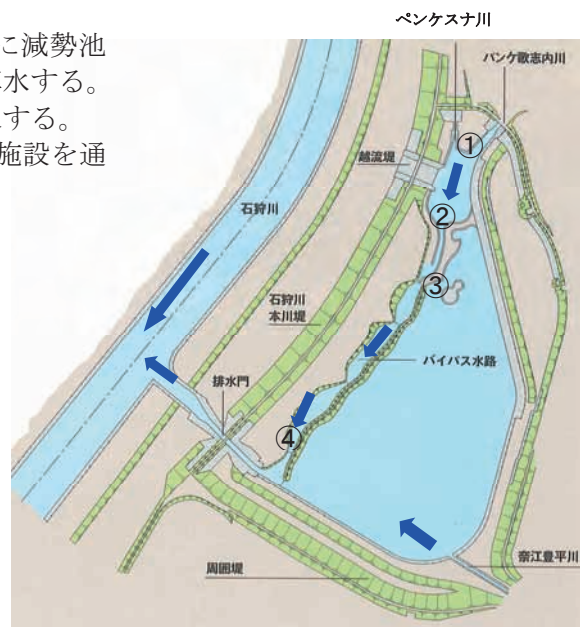


No. 4	砂川遊水地バイパス水路			
所在地	北海道砂川市	事業主体	北海道開発局石狩川開発建設部 滝川河川事務所	
	供用開始	平成 9 年		
	流入水	パンケ歌志内川 ペンケスナ川		
	放流先	石狩川		
	設置の背景	砂川遊水地に流入するパンケ歌志内川、ペンケスナ川の平常時の T-N、T-P 値が高いため、平常時の水は直接遊水地に入れず、バイパス水路を設置し、水路内の植生で浄化し石狩川に放流することにした。		
	目標水質	浄化目標は定めていない。		
計画水量	1,000 L/s (1 m ³ /s)			
施設諸元	長さ	約 1km	水深	0.2～0.5m
	水面積負荷 (m ³ /m ² /日)	—	稼動期間	通年
	取水方式	自然流下		
	備考	①植生群はバイパス水路の高水敷部にあり平常時は湛水しない。 ②同遊水地内に礫間浄化施設がある。		
植生	植生種	植栽：ヨシ、 キシヨウブ 、カキツバタ 自然発生植生群落：エゾミソハギ、ヤナギ		
	ヨシなどの在来種を中心とした湿性植物を繁茂させることで水質の浄化とともに、豊かな景観の創出も期待した。			
建設費				

施設の概要

パンケ歌志内川、ペンケスナ川の流入直後に減勢池（沈殿池）を設け、植栽したバイパス水路に導水する。増水時には、バイパス水路を越え遊水地へ流入する。なお、奈江豊平川からの流入水は、礫間浄化施設を通して放流される。

<遊水地平面図>



<バイパス水路断面図>



①パンケ歌志内川



②減勢池（奥は遊水地）




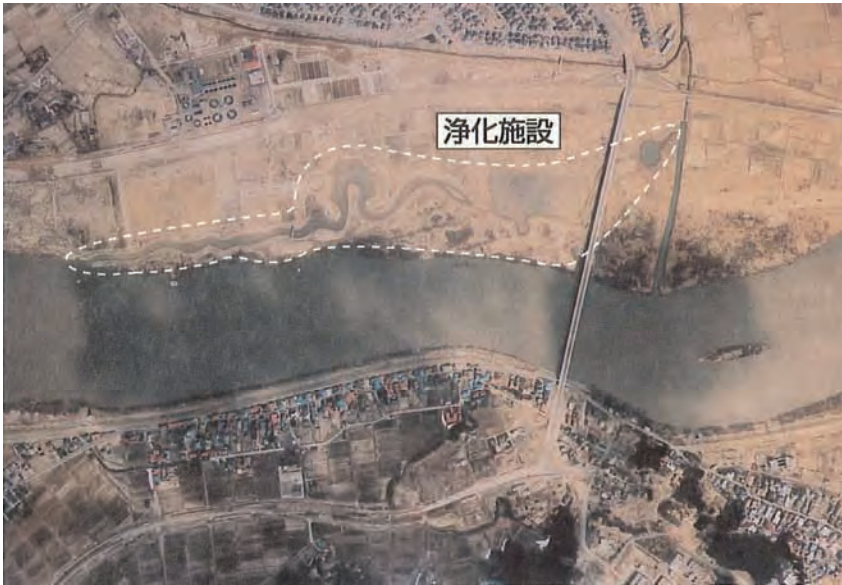
③バイパス水路流入



④放流部

No. 4	砂川遊水地バイパス水路			
水質	調査頻度 及び項目	7月～9月の期間、月1回 BOD、COD、SS、T-N、T-P、他生活環境項目		
バイパス水路水質分析結果 (平成13年度調査結果)				
	項目	地点	減勢池 (上流部) (mg/L)	第1池 (下流部) (mg/L)
7月 26日	BOD		1.1	1.0
	COD		5.2	4.2
	SS		16	15
	T-N		1.01	0.90
	T-P		0.083	0.075
	無機態窒素		0.953	0.656
8月 7日	BOD		2.3	2.0
	COD		5.5	5.0
	SS		25	12
	T-N		0.93	0.92
	T-P		0.090	0.084
	無機態窒素		0.788	0.718
9月 4日	BOD		3.0	2.6
	COD		4.8	5.2
	SS		8	15
	T-N		1.17	1.39
	T-P		0.122	0.121
	無機態窒素		1.064	1.333
9月を除いた調査結果では、水質の改善が見られる。				
流入水の特徴		バイパス水路への流入水は、T-N、T-Pの濃度が高い。		
放流水の特徴		—		
水量	流入水量	流量観測値 (平成13年8月調査値) パンケ歌志内川 1,066L/s (1.066m ³ /s) ペンケスナ川 62L/s (0.062m ³ /s) 合計 1,128L/s (1.128m ³ /s)		
	出水時の対応	バイパス水路は砂川遊水地内にあることから、遊水地の水門の操作と併せて管理を行う。		

No. 4	砂川遊水地バイパス水路
植生の植付け	<p>①自生の植生を主に利用し、一部自生した植生を移植した。</p> <p>②水路内に植栽した植生ではヨシ、キショウブ、カキツバタの生育状況がよい。水路河岸部の植生は自生植物と混在し植生範囲を拡大している。</p> 
住民参加	<ul style="list-style-type: none"> ・遊水地の水辺、水面は地域住民の利用に供されている。
運転管理・維持管理	<ul style="list-style-type: none"> ・モニタリングを行い、水質等の調査を行っている。
工夫等	<p>① 遊水地に流入する奈江豊平川は、SS や BOD 濃度が高いため礫間浄化施設を設置し流入水を浄化している。計画処理水量は最大 400L/s (0.4m³/s)。</p> <p>② バイパス水路の設計条件は、湿生植物の生育を考慮し水深 20~50cm とし、水路内に魚が遡上することを考慮して 20cm 以上の水深を確保するようにしている。</p>

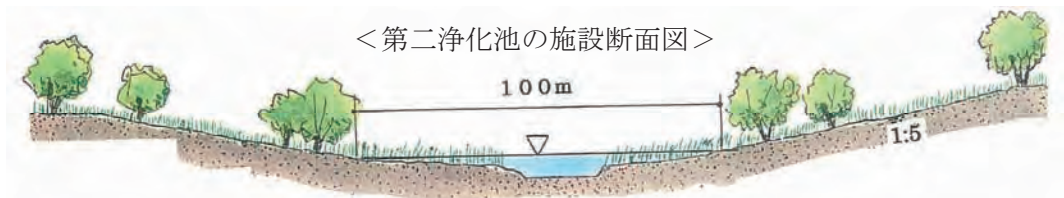
No. 5	古川水質浄化施設			
所在地	秋田県秋田市仁井田地内	事業主体	国土交通省東北地方整備局 秋田河川国道事務所	
	供用開始	平成 11 年 6 月		
	流入水	雄物川水系 古川		
	放流先	雄物川		
	設置の背景	古川は、雄物川河口から約 6.4 km 付近の秋田市仁井田地区住宅地を流れ雄物川に注ぐ普通河川であるが、周囲の住宅化等により近年水質の悪化が進んでいる。一方、合流地点直下には秋田市の上水道取水口等が位置している。本施設は、地域住民の水質浄化に対する強い要望等を受け流末の処理を対象に水質浄化事業として平成 6 年度に着手したものである。		
	目標水質	BOD, SS, T-N, T-P の除去率 50%		
計画水量	200 L/s (0.2m ³ /s) 非かんがい期には全量取水			
施設諸元	面積 (長さ)	19,000m ² 施設全長約 1.5km	水深	植生浄化池で最深 1.5m
	水面積負荷 (m ³ /m ² /日)	0.91	稼動期間	通 年
	取水方式	分流施設 (固定堰) での自然流下		
	備 考	ビオトープとして機能している。		
植 生	植生種	植栽：マコモ、ガマ 自然発生植生群落：ヨシ		
	既往の文献より N、P の吸収速度に着目し選定した。			
建設費	総事業費約 4 億円			

施設の概要

<施設概略平面図>



<第二浄化池の施設断面図>



①流入地点



②第一植生浄化池 (第二浄化)





③第二植生浄化池 (第四浄化)



④放流地点

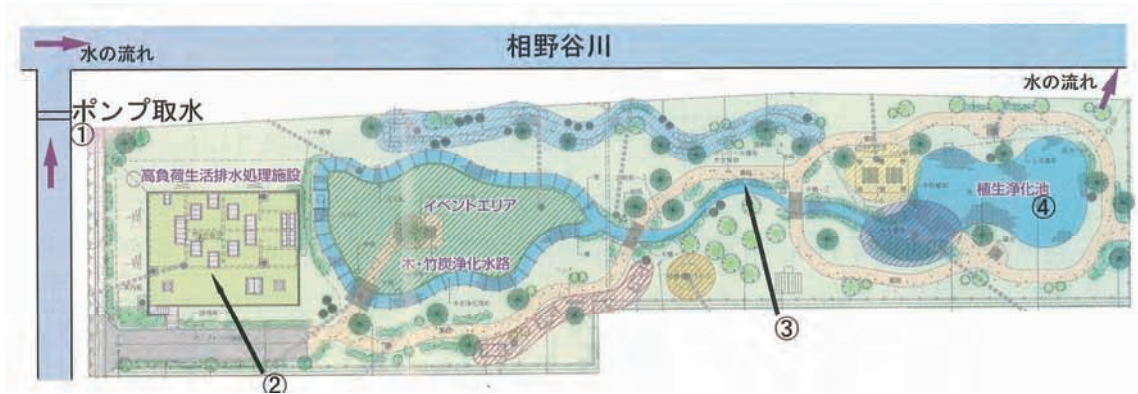
No. 5		古川水質浄化施設				
水質		調査頻度及び項目	H11年度は6月～12月の7回、H13年度は5月～12月の8回 BOD、COD、SS、T-N、T-P、EC、pH等、他に底質も実施			
項目	平成11年度			平成13年度		
	流入水質 (mg/L)	放流水質 (mg/L)	除去率 (%)	流入水質 (mg/L)	放流水質 (mg/L)	除去率 (%)
BOD	1.8	1.0	43	1.1	0.9	23
COD	5.0	4.4	11	4.3	4.4	-3
SS	4.3	5.7	-31	12.1	9.4	23
T-N	1.34	0.85	37	1.03	0.70	32
T-P	0.080	0.052	34	0.090	0.052	42
対象期間	平成11年10月～12月（通水初期は除外）、平成13年5月～12月					
平均化対象データ数	H11年 n=3, H13年 n=8					
<p>※H12年度は水質調査を行っていない。</p>						
流入水の特徴		① 夏は農水が主で、流入先の雄物川的环境基準（A類型）を満たしているが、冬季には生活排水が主となり、BODで基準を超えることがある。 ② 褐色に濁っていることが多い。				
放流水の特徴		① 通水初期は施設の法面が安定せず放流水質の悪化もあった。 ② 平成13年度現在、第一浄化池は植物の枯死体が堆積し嫌気状態となり浄化効果が低下している。				
水量	流入水量	① 平成11年度は200 L/s (0.2m ³ /s) より少ない場合には全量流入した。 ② 平成13年度の10月～12月は流入水量が低下し10 L/s (0.01m ³ /s) 以下であった。植生の過繁茂による水路の閉塞が原因とされている。				
	出水時の対応	特に対応はなく、通常時と同様に約200 L/s (0.2m ³ /s) 流入する。				

No. 5	古川水質浄化施設
植生の植付け	<p>写真は平成 10 年の植栽前の第一植生浄化池の状況である。植栽密度は計画の 25%程度であったが、表土（現地土）による覆土処理もあり、夏には植栽種のガマ、マコモの他、自生種のヨシも岸边に繁殖した。</p> 
住民参加	<p>特になし</p>
運転管理・維持管理	<p>①運転管理</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 運転管理は観察路の除草程度で 10～20 万円程度である。 ・ 平成 13 年春に観察路を簡易舗装した。 <p>②維持管理</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 維持管理法は確立されておらず、地元自治体や、地域住民との連携を模索中である。 ・ 植生の枯死体による嫌気状態や水路の閉塞が問題となっている。
工夫等	<p>工事期間中、地域住民に事業への理解を目的に見学会を実施した。柵や照明を求める意見も出された。</p> 

No. 6	相野谷川生活排水浄化施設			
所在地	茨城県取手市寺田 2372 地先	事業主体	茨城県取手市	
	供用開始	平成 11 年 4 月		
	流入水	新取手団地生活排水		
	放流先	利根川支川 相野谷川		
	設置の背景	相野谷川は利根川に流入する一級河川で、農業用排水路兼用となっている。しかし、現在は住宅開発等に伴い、大量の生活排水が流入し、農業用水として憂慮されているほか、非かんがい期には著しく水質が悪化している。本施設は、この生活排水が相野谷川に流入する前に浄化し、地域住民の水辺でのふれあいや親水公園として活用するものである。		
	目標水質	高負荷生活排水処理施設と植生浄化施設での浄化を合わせて、BOD 60→10mg/L を目標とする（除去率 83%）。		
計画水量	12 L/s (0.012m ³ /s)・・・1,000m ³ /日相当 現状の通常時の河川流量の全量処理する。給水実績は 1,100m ³ /日であるが、今後下水道の普及で減少の見込み。過大投資は避けた。			
施設諸元	面積	3,521m ²	水深	—
	水面積負荷 (m ³ /m ² /日)	0.28	稼動期間	通年
	取水方式	排水路からポンプ取水		
	備考	流入水は「高負荷生活排水処理施設」（ひも状バイオモジュール、ヤクルト容器使用）から植生池の順に流入する。		
植生	植生種	植栽：クレソン、ホテイアオイ、ガマ、カンガレイ、セイヨウモ、ハシロブ、アヤメ、ルトウヰジア・オハリス、ルトウヰジア・サンフランシスコなど		
		① クレソンは土浦ビオパークの事例を参考にした。 ② 四季を通じて花が見られるように配慮した。 ③ 浄化効果があるといわれるルトウヰジア・オハリス、ルトウヰジア・サンフランシスコを各 1m ² ずつ植栽した。		
建設費	高負荷生活排水処理施設も含め総事業費 3 億 7,365 万円（平成 9、10 年度環境庁補助事業） 内訳 土木・公園工事費 6,164 万円 用地取得費 4,654 万円 木炭は別途購入で 360 万円（木・竹炭浄化水路）			

施設の概要

<施設平面図>



①排水路取水部

②高負荷生活排水処理施設
と風力発電

③植生浄化水路流入部



④植生浄化池

No. 6		相野谷川生活排水浄化施設		
水質		調査頻度及び項目		
		月1回の年12回（平成16年度以降は年6回、CODは測定なし） BOD、COD、SS、T-N、T-P、pH、n-ヘキサン抽出物質		
項目	処理施設流入水質 (mg/L)	植生浄化流入水質 (mg/L)	植生浄化流出水質 (mg/L)	植生浄化除去率 (%)
BOD	30.0	6.8	5.2	24
COD	23.0	11.0	10.1	8
SS	13.5	6.9	6.8	1
T-N	10.35	9.28	7.82	16
T-P	1.522	1.326	1.118	16
n-ヘキサン抽出物質	3.1	0.0	0.1	—
対象期間		平成11年10月～平成14年6月		
平均化対象データ数		n=33		
<p>※流入水（処理施設）と流出水（植生浄化）のBOD、SS等は平成11年4月より測定</p>				
流入水の特徴		生活排水がほとんどで、BOD、CODが平均30mg/L及び23mg/Lと高く、T-N、T-Pも高い。前段の高負荷生活排水処理施設でBOD、COD、SSはかなり低減して目標水質（BOD10mg/L）を達成している。		
放流水の特徴		植生浄化施設での効果も全項目で認められる。		
水量	流入水量	計画水量は常に流入し、それ以上は越流する。通常720m ³ /日程度である。		
	出水時の対応	出水時にはポンプによる取水をストップする。		

植生の植付け

- ① H11年当初の植生はヤシロールに植栽した。
- ② 平成11年春に植栽し、各植生は順調に生長した。
- ③ 2月～6月は池に藻が大量発生した。
- ④ **ホテイアオイ**の新芽を室内で越冬させ、翌年の春に再度植生浄化施設に戻している。

工夫等

- ① 汚濁水の浄化具合を市民の視覚に訴えるために、水路、池等を多く取り入れ、水に係る生態系の学習広場とした。
- ② 平成11年度は植生浄化池に「魚の隠れ家」を設置していた。(右写真)



- ③ 風力エネルギーで高負荷生活排水処理施設内の機械室灯、太陽エネルギーで時計、庭園灯をまかなっている。(右写真)



No. 6		相野谷川生活排水浄化施設				
運転管理						
項目	対象箇所	管理・チェック内容	頻度	記録保存	実施体制	備考
土木構造物	流入水路 (スクリーン・土のう堰)	清掃	月1回 (不定期)	無	直営	取水のために流入部に設置した土のう堰に汚泥が溜まる
	高負荷生活排水処理施設浄化槽	点検	月2回	有	業者委託	
		汚泥処分	年3回 (不定期)	有	業者委託	
	浄化水路及び植生浄化池	ゴミ拾い, 草刈り	年1回 (不定期)	無	自治会委託	
	放流水路	清掃, ゴミ拾い, 草刈り		無	水路管理者※	※下水道組合及び取出事排水対策課
	水の公園(全域)	清掃, ゴミ拾い, 草刈り	年5回 (不定期)	無	自治会委託及び直営	
機械電気設備	取水ポンプ	運転状況 (振動・騒音・発熱・異常)	月2回	有	業者委託	
	配管、バルブ	異常の有無	月2回	有	業者委託	
	制御盤	異常の有無 (絶縁抵抗、運転電流と電圧)	月2回	有	業者委託	
	その他の計器類	異常の有無	月2回	有	業者委託	
維持管理						
項目	対象箇所	管理・チェック内容	頻度	記録保存	実施体制	備考
水質調査	処理施設流入水	採水・分析	年6回	有	業者委託	BOD、COD、SS、TN、TP、pH、n-ヘキサン抽出物質
	植生浄化流入水	採水・分析	年6回	有	業者委託	同上
	植生浄化流出水	採水・分析	年6回	有	業者委託	同上
底質調査	高負荷生活排水処理施設浄化槽	底泥含有量試験	年1回	有	業者委託	
		浄化後の放流水質で判断	年6回	有	業者委託	水質調査
その他調査	なし					

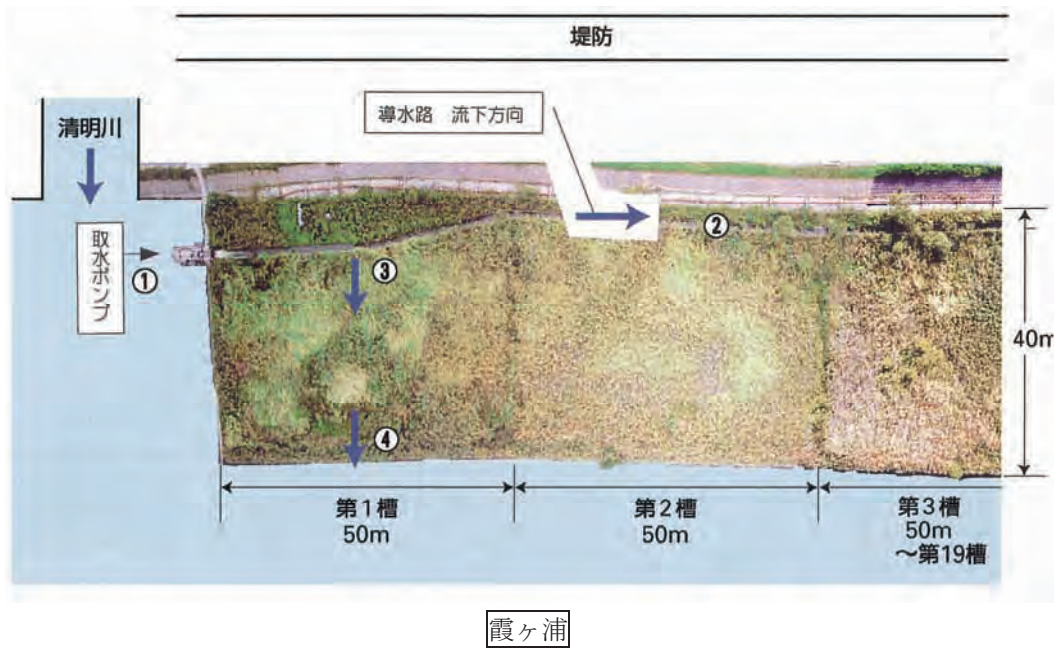
No. 6		相野谷川生活排水浄化施設		
植生の管理	背景	水質向上のために水草類を植栽した。 秋に水草類が枯れて池の水質が悪化しないよう枯れた植物を撤去している。		
	目的	池の水質悪化を防ぐ。		
	管理方法	人力、肩掛け式草刈機により、全面刈り取りし、干して可燃ごみ(一般ごみ)として処分している。	頻度	年1回(不定期)
	実施主体	直営及び一部自治会へ委託	留意点と課題	なし
	備考	この他に年間を通じてオオフサモ、ミズヒマワリ(特定外来生物)を不定期で撤去しているが、生命力が強く難しい。		
植生の再利用	再利用方法	なし	留意点と課題	なし
底泥の管理	背景	池に汚泥が蓄積される。		
	目的	汚泥が放流水に混入しないようにする。		
	管理方法	浚渫(バキューム車による排出)	頻度	年1回(不定期)
	実施主体	業者委託	留意点と課題	運搬費用の削減
備考	この他に、高負荷生活排水処理施設の汚泥は、年3回バキュームによる排出処分を実施している。			
底泥の処分	処分方法	濃縮・脱水・天日乾燥後、廃棄物処分	頻度	年1回(不定期)
	実施主体	業者委託	留意点と課題	処理費用の削減
底泥の再利用	再利用方法	なし	留意点と課題	なし

No. 6	相野谷川生活排水浄化施設
<p style="text-align: center;">運転・維持管理費用</p>	
<p>平成 16 年度実績： 1,088 万円</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 電気代 : 約 197 万円 ・ 水質調査委託 : 約 33 万円 ・ 汚泥分析委託 : 約 18 万円 ・ 汚泥処分委託 : 約 60 万円 ・ 点検、場内維持管理委託 : 約 98 万円 ・ 汚泥削減対策委託 : 約 60 万円 ・ その他 : 約 4 万円 ・ 修繕費, 揚水整備工事費など特例費用 : 約 618 万円 	
<p style="text-align: center;">生物の生息</p>	
<ul style="list-style-type: none"> ・ アメリカザリガニが多く確認されている他、コイ、フナ、メダカ、タニシ、亀も確認されている。 ・ 梅雨の時期には水没することがあり、隣接の農地及び水路を生物が出入りしているものと思われる。 	
<p style="text-align: center;">住民参加等</p>	
<ul style="list-style-type: none"> ・ 草刈り、花壇への植栽、ゴミ拾い（不定期 年 4 回）を自治会へ委託している。 ・ 竹炭づくり（年 1 回程度） ・ 近隣住民によるザリガニつり、バーベキューなどのイベント 	
<p style="text-align: center;">これまでの課題と対応</p>	
<ul style="list-style-type: none"> ・ ゴミが風で公園外に移動することによる景観への影響がある。（市職員及び自治会によるゴミ拾いの実施） ・ ゴミのポイ捨てが多くて困っている。（市職員及び自治会によるゴミ拾いの実施） ・ 春先にホテイアオイの苗を無断で持ち帰る人がいる。（池の中央に囲いをして入れて置いたが壊されてしまった） 	
<p style="text-align: center;">現状の課題と今後の方向性</p>	
<ul style="list-style-type: none"> ・ 水路改修工事により揚水が困難な状態である。秋冬は土のう堰により揚水しているが、稲作時期には用排水路の水位が上がり逆流してしまうため、今後の施設の運用については現在検討中である。 ・ 維持費として年間約 1,000 万円と高い。 ・ 新取手団地における下水道整備が 3 年後に完成する計画であり、今後は流入水質が良くなる可能性がある。 	

No. 7	清明川植生浄化施設			
所在地	茨城県稲敷郡美浦村舟子地先	事業主体	国土交通省関東地方整備局 霞ヶ浦河川事務所	
	供用開始			
	平成 8 年 (全槽供用、平成 3 年から造成開始し、完成したユニットから順次供用)			
	流入水			
	霞ヶ浦流入河川 清明川河口			
	放流先			
霞ヶ浦				
設置の背景	<p>霞ヶ浦の水質は、流域の開発により生活排水や工場排水、農地排水等からの栄養塩の流入が増加し、停滞水域のため植物プランクトンが異常発生するなど、富栄養化の様相を呈しており、霞ヶ浦へ流入する汚濁負荷の削減が必要とされている。</p> <p>本施設はこの霞ヶ浦の流入支川対策として、生活排水の流入の多い清明川の栄養塩の負荷削減を目的に設置されたものである。</p>			
目標水質	<p>T-N、T-Pの除去率 50%</p> <p>T-N 3.05→1.53mg/L、T-P 0.28→0.14mg/L</p>			
計画水量	<p>210 L/s (0.21m³/s)</p> <p>河川流量は豊水年で 0.52m³/s (昭和 58 年)</p>			
施設諸元	面積 (幅×長さ)	38,000m ² (50m×40m×19槽)	水深	0.1m
	水面積負荷 (m ³ /m ² /日)	0.48	稼動期間	通年
	取水方式	ポンプ取水		
	備考	霞ヶ浦の湖水位が Y.P. 1.2m より高い場合、取水ポンプ停止		
植生	植生種	<p>植栽：ヨシ</p> <p>自然発生植生群落：マコモ、ウキヤガラ、カサスゲ、ガマ、ヒメガマ、クサヨシ、セイタカアワダチソウ、アカメヤナギ、カワヤナギ</p>		
	霞ヶ浦に自生しているヨシを利用した。			
建設費	約 42,000 万円			

施設の概要

<施設上流部の概略>



①取水部



②導水路 (右が植生槽)



③槽流入部 (手前が導水路)



④槽流出部 (右が湖面)

No. 7	清明川植生浄化施設								
水質	調査頻度 及び項目	月1回～2回 COD, SS, T-N, T-P 他							
項目	平成7年～9年			平成11年～14年			平成15年～19年		
	流入水質 (mg/L)	放流水質 (mg/L)	除去率 (%)	流入水質 (mg/L)	放流水質 (mg/L)	除去率 (%)	流入水質 (mg/L)	放流水質 (mg/L)	除去率 (%)
BOD	—	—	—	—	—	—	—	—	—
COD	7.5	6.9	8	6.5	7.0	—9	6.0	6.0	—1
S S	21.5	12.5	42	17.9	18.4	—3	19.0	14.7	23
T-N	2.77	2.31	16	1.73	1.66	4	2.08	1.82	12
T-P	0.175	0.143	18	0.152	0.161	—6	0.114	0.098	14
対象期間	平成7年9月～平成19年1月								
平均化対象データ数	H7～H9: n=24、H11～H14: n=32、H15～H19: n=38 (水質データは第2, 5, 11槽の平均値)								
流入水の特徴	T-N, T-Pとも冬期高く夏期に低い傾向にある。								
放流水の特徴	目標除去率には達していないが、SS, T-N, T-Pではある程度の浄化効果が認められる。								
水量	流入水量	平成7～8年度: 0.22m ³ /s (実測値)、平成15～17年度: 0.29 m ³ /s (実測値) なお、湖側からの越波の影響も大きいと考えられる。							
	出水時の対応	施設は清明川河口に位置し、出水時には霞ヶ浦の水位の影響を受ける。 水位がY. P. 1.2mを超えた場合、取水ポンプが自動停止する。							

植生の植付け

- ①客土した上にヨシを植えた。
- ②ヨシの生育密度は槽により異なる。
- ③他の植物種が混在しているところもあり、ヨシの他に、マコモ、ウキヤガラ、カサスゲ、ガマ、ヒメガマ、クサヨシ、**セイタカアワダチソウ**、アカメヤナギ、カワヤナギ等が確認された。
- *右写真はヤナギ類 (H18年7月に撮影)



工夫等

- 平成16年度から平成18年度にかけて、維持管理対策として、「堆積物の除去（冬期）」、「ヨシ焼き（冬期）」及び「干し上げ（夏期）」を試行的に実施し、浄化機能の回復状況について調査・検討を行った。

「堆積物除去（冬期：平均約20cm）」

- 底質の改善及び滞留時間の回復が認められるとともに、堆積物除去後の除去率が向上した。
- 半年後の夏期のヨシ再生はまばらであり、ヨシが再生しなかった大きな要因として、約20cm近い堆積物の除去に伴うヨシ地下茎の除去が考えられる。

「ヨシ焼き（冬期）」

- ヨシ焼き後の除去率がやや改善した。
- 半年後の夏期にはヨシ単一群落の回復が認められなかった（マコモ、カサスゲ等の侵入）。
- ヨシ焼き直後の冠水の影響が考えられ、ヨシ焼き後は水位管理が重要である。

「干し上げ（夏期）」

- 枯死倒伏したヨシが地表面を覆っている状況では、干し上げによる土壌の乾燥が難しかった。
- 堆積物がかなり堆積した後では、干し上げによる除去率向上は期待できない。



干し上げ



ヨシ焼き



地均し

No. 7		清明川植生浄化施設				
運転管理						
項目	対象箇所	管理・チェック内容	頻度	記録保存	実施体制	備考
土木構造物	導水路	堆積土砂除去	月1回	有	業者委託	
	流入スリット	清掃 流入量の把握・調整	月1回	有	業者委託	
機械電気設備	ポンプ	稼働状況の確認 吐出量の確認	月1回	有	業者委託	
	ポンプ・スクリーン	ゴミ除去	月1回	有	業者委託	
維持管理						
項目	対象箇所	管理・チェック内容	頻度	記録保存	実施体制	備考
水質調査	流入水質調査 (代表槽)	採水・分析・ 流量観測	月1~2回	有	業者委託	COD, Chl-a, SS, VSS, T-N, NH ₄ -N, NO ₂ -N, NO ₃ -N, T-P, PO ₄ -P, 流入量
	放流水質調査 (代表槽)	採水・分析	月1~2回	有	業者委託	COD, Chl-a, SS, VSS, T-N, NH ₄ -N, NO ₂ -N, NO ₃ -N, T-P, PO ₄ -P
	湖水水質調査	採水・分析	月1~2回	有	業者委託	同上
底質調査	底質調査 (代表槽)	採泥・分析	月1~2回	有	業者委託	含水率, 強熱減量, T-N, T-P 定期調査は干し上げ 調査と合せ、H16年度 以降実施
その他調査	生物調査 (代表槽)	鳥類調査	H7年度	有	業者委託	
		植生・底生生物	H11, 12, 13, 16, 18年度	有	業者委託	底生生物調査は H13年度のみ実施
	測量 (代表槽)	陸地化調査	H11, 13, 16, 17年度	有	業者委託	

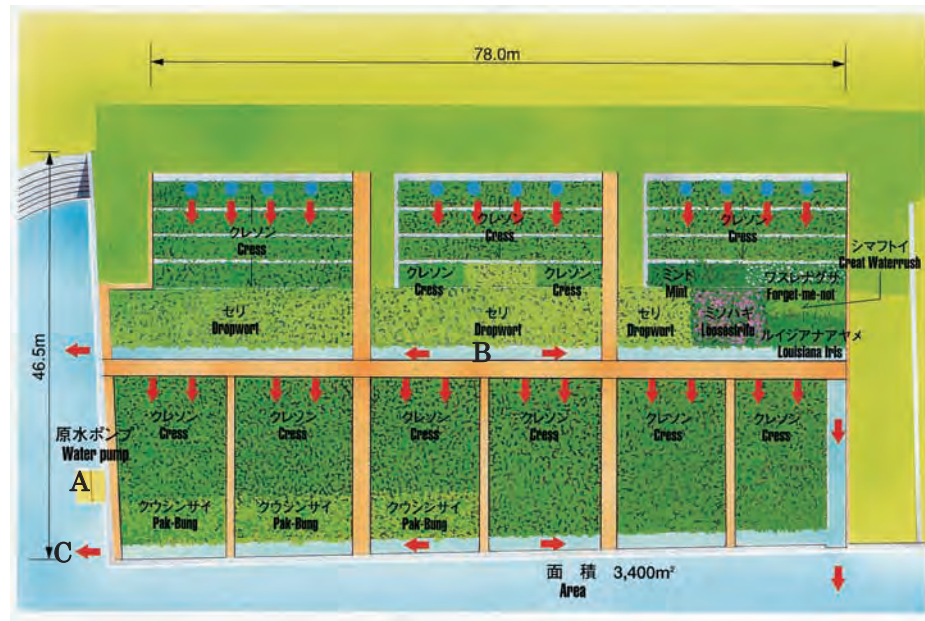
No. 7		清明川植生浄化施設		
植生の管理	背景	長期運転により近年、春期から夏期の除去率の低下（マイナスの除去率）が認められる。この要因として、①底泥からの溶出、②陸地化の進行による滞留時間の短縮、③ヨシから他の植生への遷移が考えられる。そのため、浄化効果回復のための維持管理手法として、ヨシ焼きを試行的に実施し、その効果を検討した。		
	目的	浄化効果の回復		
	管理方法	ヨシ焼き	頻度	1回（H18年2月）
	実施主体	業者委託	留意点と課題	<ul style="list-style-type: none"> 干し上げ後、乾燥させた後に実施した。 延焼防止、周辺住民への周知等を行い、安全管理に十分に留意した。
	備考	ヨシ焼き後の水質・底質改善効果を毎月1回の調査により確認した。例年春期～夏期にかけて低下していた除去率がやや改善された。		
植生の再利用	再利用方法	—	留意点と課題	—
底泥の管理	背景	長期運転により近年、春期から夏期の除去率の低下（マイナスの除去率）が認められる。この要因として、①底泥からの溶出、②陸地化の進行による滞留時間の短縮、③ヨシから他の植生への遷移が考えられる。そのため、浄化効果回復のための維持管理手法として、堆積物の除去と干し上げを試行的に実施し、その効果を検討した。		
	目的	浄化効果の回復		
	管理方法	堆積物の除去（表層約20cm） 干し上げ	頻度	堆積物の除去：1回（平成18年2月実施） 干し上げ：4回（季別）
	実施主体	業者委託	留意点と課題	ヨシ焼き後に堆積物除去を行った。
	備考	堆積物除去後、干し上げ後の水質・底質改善効果を毎月1回の調査により確認した。堆積物除去後は除去率が大きく改善された。干し上げはヨシ枯死体が地表を覆っていたことから十分な効果が認められなかった。		
底泥の処分	処分方法	霞ヶ浦底泥浚渫土のストックヤード	頻度	堆積物の除去後：1回（H17年度）
	実施主体	業者委託	留意点と課題	なし
底泥の再利用	再利用方法	なし	留意点と課題	なし

No. 7	清明川植生浄化施設
<p>運転・維持管理費用</p> <ul style="list-style-type: none"> 取水ポンプの電気代 240 万円/年 取水ポンプのメンテナンス 30 万円/年 	
<p>生物の生息</p> <ul style="list-style-type: none"> 建設当初はほぼヨシ群落の単独であったが、年を経るにつれヤナギ類等の樹木の侵入や遷移を生じて浄化施設内の植生の構成種が多様化している。平成 12 年度の調査では 18 科 54 種であったが、平成 16 年度の調査では 40 科 119 種であった。平成 16 年度には、ヨシ単独群落の他、ヨシマコモ群落やカサスゲ群落、ヨシカサスゲ群落等が確認されている。 平成 13 年度の底生生物調査では、オオタニシ、ドブガイ、イシガイ、マシジミ、スジエビ、アメリカザリガニ、アメンボ、ヒメゲンゴロウの 8 種が確認された。優占するのはアメリカザリガニやマシジミであった。 平成 7 年度の鳥類調査では、サギ類、カモ類、セキレイ類の水辺に生息する種、ヨシゴイ、オオヨシキリ、オオジュリン等のヨシ原に生息する種、スズメ、ツバメ、ハト等の草地・畑地・市街地等を生息環境とする種等、10 目 22 科 56 種が確認された。 	
<p>住民参加等</p> <ul style="list-style-type: none"> 浄化施設導水路に生息するイサザアミやシジミを地域住民が捕りに来ている。 	
<p>これまでの課題と対応</p> <ul style="list-style-type: none"> 導水路に土砂が堆積し、流入量が各槽均等にならないため、導水路の土砂除去を行っている。 各槽の流入部の堰板がとれ、流入量が不均一になる部分があり、堰板操作により流量の均一化を図っている。 	
<p>現状の課題と今後の方向性</p> <ul style="list-style-type: none"> 除去率に季節変動があり、春期から夏期にかけて除去率が低下する傾向がある（マイナスの除去率の発生）。 モニタリング結果から、除去率低下の原因（仮説）としては、次の 3 点が考えられる。 <ul style="list-style-type: none"> ①ヨシ枯死体等の有機物の堆積→底泥 N, P の含有量の増加→春～夏での生物活性化→懸濁態成分の遊離・浮上（N, P の溶出）→除去率低下 ②ヨシ枯死体・流入 SS による堆積（年間約 1cm）→陸地化の進行→施設容量の減少→短絡流の発生→滞留時間の低下→除去率低下 ③ヨシから他の植生への遷移→除去率低下 浄化機能維持のための堆積物対策が重要である。試行的に実施した「堆積物除去」では、底質改善、滞留時間の回復、除去率の向上が明確に認められた。 「ヨシ焼き」では、春期～夏期の除去率にやや改善傾向が見られるとともに、定期的なヨシ焼きは堆積物の軽減対策に有効であると考えられる。 	

No. 8	土浦バイオパーク			
所在地	茨城県土浦市港町地先	事業主体	国土交通省関東地方整備局 霞ヶ浦河川事務所	
	供用開始	平成7年8月		
	流入水	霞ヶ浦		
	放流先	霞ヶ浦		
	設置の背景	<p>霞ヶ浦の水質は、流域の開発により生活排水や工場排水、農地排水等からの栄養塩の流入が増加し、停滞水域のため植物プランクトンが異常発生するなど、富栄養化の様相を呈しており、霞ヶ浦へ流入する汚濁負荷の削減が必要とされている。</p> <p>本施設は霞ヶ浦で行われた第6回世界湖沼会議環境フェアの一拠点として、親水公園及び浄化に対するPR用に設置されたものである。</p>		
	目標水質	SS 約70%、Chl-a 約60%、N,P 約20~40%の削減、及び透視度50~100cmを目標とする。		
計画水量	87 L/s (0.087m ³ /s) 程度			
施設諸元	面積 (幅×長さ)	3,400m ² W78m×L46.5m	水深	0.05~0.10m
	水面積負荷 (m ³ /m ² /日)	2.21	稼動期間	通年
	取水方式	ポンプ取水		
	備考	1/100の傾斜度がつけられている。		
植生	植生種	植栽：クレソン、ミント、セリ、クウシンサイ、ミソハギ、ワスレナグサ		
	<p>選定基準は以下の3点</p> <p>① 植物プランクトンが溜まりやすいように、根が細かく株が横に広がる。</p> <p>② 生長が早く栄養分としてN,Pを良く吸収する。</p> <p>③ 浅い水流部でよく育ち、施設の構造に適している。</p>			
建設費	約3,000万円			

施設の概要

＜施設概略図＞



＜採水地点＞
A：流入水質
B：中間水質
（パーク中央）
C：放流水質
（下湾寄）



取水地点（原水ポンプ）



流入部

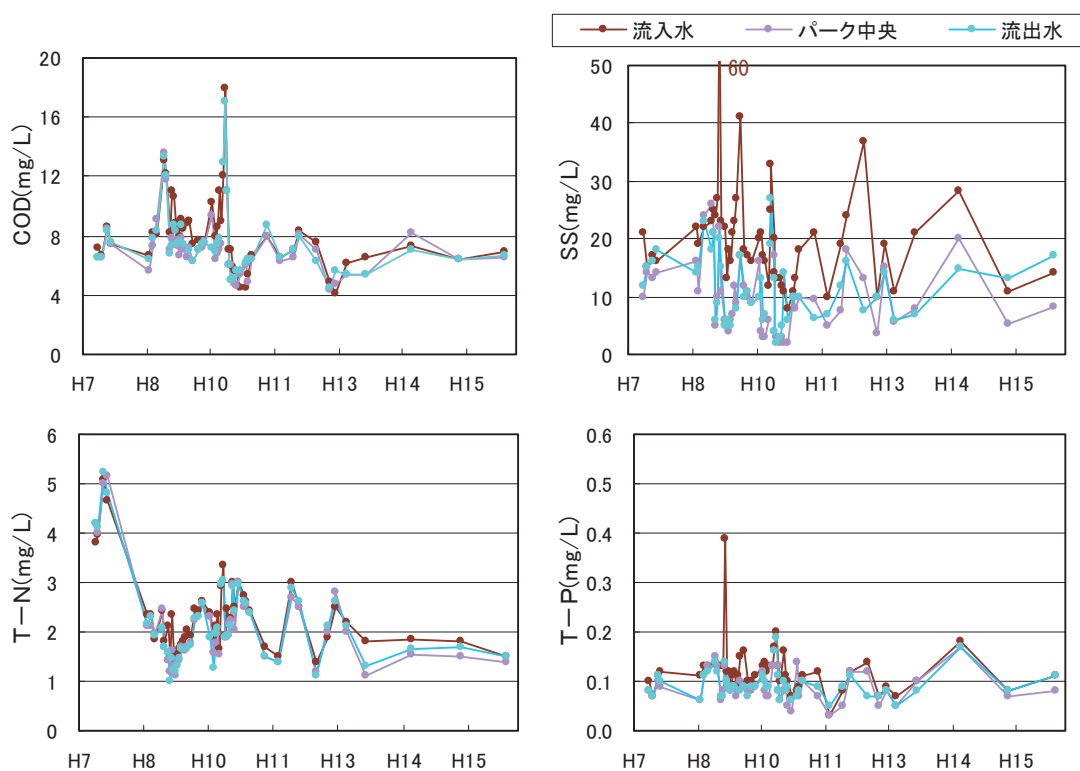


管理用木道



放流口（手前は湖面）

No. 8	土浦バイオパーク			
水質	調査頻度及び項目	H7年11月～H11年3月は月1回(夏期は月2回)、以降は年数回 COD、SS、T-N、T-P、クロロフィルa、N・P溶存態等		
項目	流入水質 (mg/L)	中間水質 (パーク中央) (mg/L)	放流水質 (下湾寄) (mg/L)	除去率 (%)
BOD	—	—	—	—
COD	8.1	7.0	7.5	7
SS	19.8	9.9	11.4	43
T-N	2.31	2.12	2.18	6
T-P	0.120	0.089	0.094	22
対象期間	平成7年11月～平成16年8月			
平均化対象データ数	n = 53			



※地点名は前ページ参照

流入水の特徴	各項目とも夏期に高く、特にCOD, SSで顕著である。	
放流水の特徴	SSの浄化効果が高く、透明感が得られる。施設周辺ではアオコが減少している。	
水量	流入水量	平成10年度の実績で83 L/s (0.083 m ³ /s)
	出水時の対応	湖水を対象としているので特にない。

植生の植付け

種々の有用植物を植栽し、順調に生育している。たとえば、食用になるものとして、クレソン、セリ、ミント等がある。



ミント (シソ科)



クレソン (アブラナ科)



セリ (セリ科)

住民参加

クレソンなど食用になるものは、市民が採取するなどによって適当な密度に維持されている。また、住民の一部が組織化し、植生の堆肥化などに参加している。



運転管理・維持管理

- ① 植生管理 50回/年
- ② ゴミ除去 50回/年 (人力)
- ③ 泥土除去 2回/年 (パワーショベル)

[費用]

- ① 水質調査を含む維持管理費 年 1,000万円
- ② 泥土処理 1回 200万円
- ③ ポンプ電気代 年 300万円

工夫等

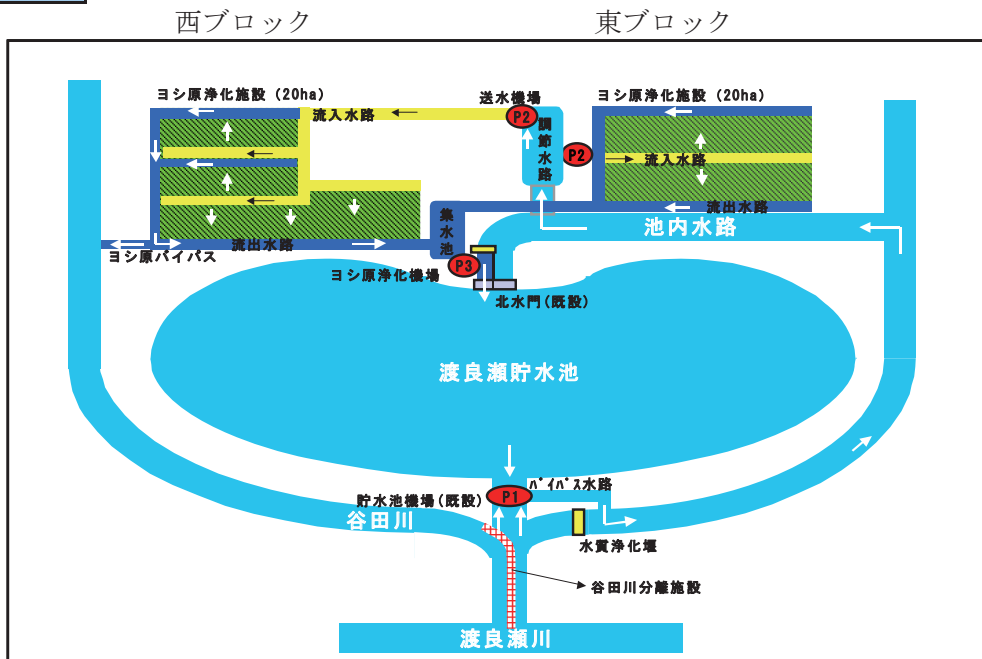
- ① 市民が中心となり、収穫した野菜で、料理実習も開催された。
- ② 本施設は特許工法(水耕生物ろ過法)を使用した施設である。



No. 9	ヨシ原浄化施設			
所在地	栃木県藤岡町	事業主体	国土交通省関東地方整備局 利根川上流河川事務所	
	供用開始			
	平成 10 年 7 月 (西ブロック) 平成 14 年 4 月 (東ブロック)			
	流入水			
	渡良瀬遊水地			
	放流先			
渡良瀬遊水地				
設置の背景	渡良瀬遊水地には広大なヨシ原があるが、近年ヨシ原の乾燥化が進んでいるといわれており、この貴重なヨシ原の湿地環境の復元や環境教育の場の創出を行っている。また貯水池の水質浄化を図るためヨシ原浄化施設が平成 10 年度から一部供用され、平成 14 年度より全稼動している。			
目標水質	クロロフィル a の削減 (流入水平均 90 μ g/L \rightarrow 50 μ g/L)			
計画水量	5,000 L/s (5.0 m^3 /s)			
施設諸元	面積	40ha	水深	0.2m
	水面積負荷 (m^3/m^2 /日)	1.08	稼動期間	5月～10月
	取水方式	貯水池水を地内水路経由でポンプ取水し、流入水路を経て各植生池に流入する構造		
	備考	平成 13 年度に東ブロックが完成、平成 14 年 4 月より運用開始		
植 生	植生種	自生地：ヨシ		
	自生地を利用			
建設費 (単位：億円)	工事名	西ブロック	東ブロック	合計
	土木工事	8.3	5.2	13.5
	取水施設	3.1	2.8	5.9
	排水施設等	2.4	1.4	3.8
	共用部 (バイパス水路～調節水路)	9.4	9.4	18.8
	総工費	23.2	18.8	42.0

施設の概要

<施設概略平面図>



調節水路



流れ込み部 (西ブロック)



流出部 (西ブロック)



流出水路 (西ブロック)



流れ込み部



流出部



流出部



流出水路

東ブロックの流れ込み部・流出部・流出水路

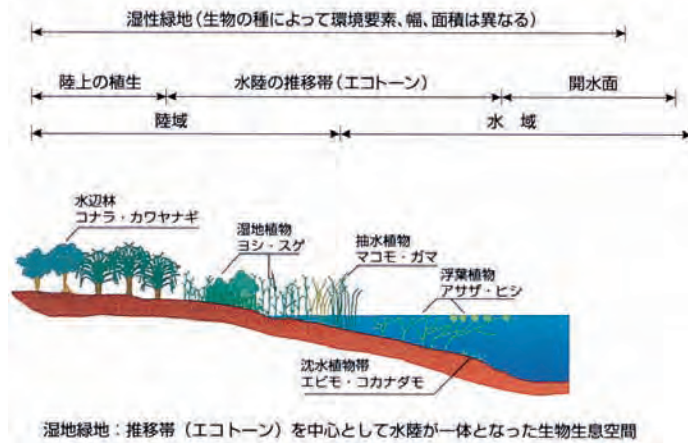
No. 9		ヨシ原浄化施設				
水質		調査頻度及び項目 5月～10月の年間約20回 富栄養化項目及びクロロフィルa、カビ臭				
項目	H11～H13			H14～H17		
	流入水質(調節水路)(mg/L)	放流水質(集水池)(mg/L)	除去率(%)	流入水質(調節水路)(mg/L)	放流水質(集水池)(mg/L)	除去率(%)
BOD	—	—	—	—	—	—
COD	—	—	—	—	—	—
S S	—	—	—	—	—	—
T-N	—	—	—	—	—	—
T-P	0.095	0.088	8	0.089	0.072	19
クロロフィルa	0.033	0.025	26	0.034	0.018	47
対象期間		平成11年～平成17年				
平均化対象データ数		T-PはH11～H13:n=66、H14～H17:n=77 クロロフィルaはH11～H13:n=65、H14～H17:n=79				
<p style="text-align: right;">※冬期は水質調査を実施していない</p>						
流入水の特徴		富栄養化により植物プランクトンが発生し、カビ臭を発生することが問題となっている。				
放流水の特徴		平成14年以前は西ブロックにおいて短絡流が発生して適正な滞留時間が維持できなかったため、浄化効果が安定していなかったが、平成14年に施設改良として畦を作ったため、以降安定した浄化効果がでている。				
水量	流入水量	5,000 L/s (5.0m ³ /s)				
	出水時の対応	遊水地内にあるため、遊水地内に水が流入した場合は取水ポンプを停止する。				

植生の植付け

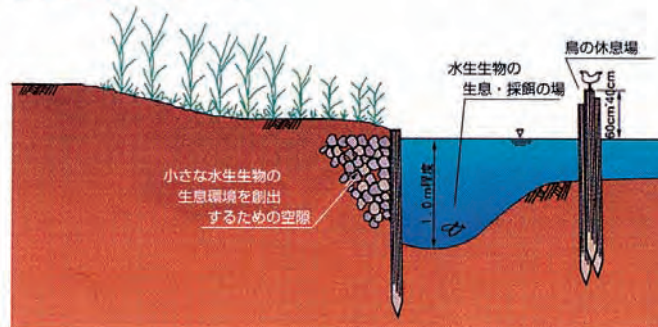
- ① 自生地を利用し植付けは特にしていない。水辺はヨシが殆どであるが、陸地はオギ（カヤ）が優占している。
- ② 工事に伴う土壌のかく乱により貴重種（ヒメシロアサザ、ミズアオイ、シロネ、ミゾコウジュ等）も発生した。
- ③ フジバカマは播種している。
- ④ 施設全体にエコトーン（生態系）の創出に配慮している（下図）。

自然環境を多様化するための水辺環境づくり

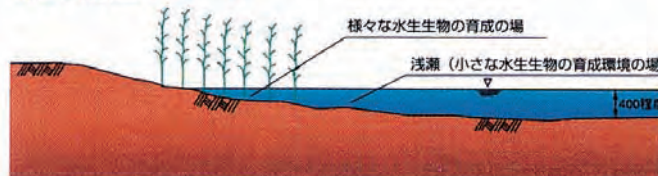
ヨシ原に水を通し、ヨシ原を湿地化させ、生息種の多様化の回復を図ります。ヨシ原の一部を掘削し池・小山を造成することにより自然環境を多様化します。



淵の構造イメージ



瀬の構造イメージ



工夫等

特になし

No. 9		ヨシ原浄化施設				
運転管理		ヨシ原浄化施設の稼働は毎年5月～10月としている。その他の期間は水を止めている（乾燥している）。				
項目	対象箇所	管理・チェック内容	頻度	記録保存	実施体制	備考
土木構造物	流入水路	清掃（堆積土砂等）	不定期		業者委託	この他に河川巡視時に、除塵機によりゴミ拾いを実施
	植生浄化槽	管理道路周辺及び池内水路の除草	年2回		業者委託	夏期及びヨシ焼き時（3月頃）に防火帯用に実施
機械電気設備	取水ポンプ	運転状況 （振動・騒音・発熱・異常）	定期点検 年7回 （月1回）		業者委託	定期点検では基本項目のチェックのみ実施し、年間点検では細部までチェックを実施
	配管、バルブ	異常の有無			業者委託	
	制御盤	異常の有無	年間点検 年1回		業者委託	
	流量計測器	異常の有無			業者委託	
維持管理						
項目	対象箇所	管理・チェック内容	頻度	記録保存	実施体制	備考
水質調査	施設上流	採水・分析	年 約20回	有	業者委託	pH、BOD、TN、TP クロロフィル a、2-MIB ジオスミン
	流入水	採水・分析	年 約20回	有	業者委託	同上
	流出水	採水・分析	年 約20回	有	業者委託	同上
底質調査	なし					
その他調査	なし					

No. 9		ヨシ原浄化施設		
植生の管理	背景	ヨシ原浄化施設のある渡良瀬遊水地は、以前から地域のヨシ組合を中心として毎年3月下旬にヨシ焼きを実施している。 ヨシ原浄化施設についても植生管理の観点から渡良瀬遊水地と同一日にヨシ焼きを実施している。		
	目的	害虫、病原菌、競合種(オギ等)の除去、新芽を出すためのリターの除去		
	管理方法	ヨシ焼き	頻度	年1回(定期)
	実施主体	業者委託 (渡良瀬遊水地はヨシ組合)	留意点と課題	<ul style="list-style-type: none"> ・事前に目につくゴミは拾う。 ・建物、手すりなどの施設や重要生物種の周囲は、あらかじめヨシを刈り取っておく(防火帯、3~5m)。 ・ヨシ焼き当日は渡良瀬遊水地全域を立入禁止とする。 ・ヨシ焼き後の灰は放流水とともに支川に流出させている。このため、灰の流出に伴う水質への影響をモニタリングしている。
	備考	ヨシ焼き及びヨシ原浄化施設の通水条件の違いによるヨシの生育状況の差異を把握するためにコドラート調査を実施し、ヨシ焼きを行った上で通水するのがヨシの植生維持において最も好ましいという結果を得た。		
植生の再利用	再利用方法	浄化施設ではなし。 なお、渡良瀬遊水地全体では、ヨシ組合によりヨシズで作成・再利用が行われている。	留意点と課題	なし
底泥の管理	背景	なし		
	目的			
	管理方法		頻度	
	実施主体		留意点と課題	
	備考			
底泥の処分	処分方法	なし	頻度	
	実施主体		留意点と課題	
底泥の再利用	再利用方法	なし	留意点と課題	

No. 9	ヨシ原浄化施設
<p style="text-align: center;">運転・維持管理費用</p>	
<p>① 運転管理費</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 電気代：約 2,000 万円/年（5 月～10 月） ・ 土木構造物管理費：約 100 万円/年 （浄化施設内管理道路及び池内水路の除草） ・ 機械電気設備の点検：約 180 万円/年 <p>② 維持管理費</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ヨシ焼き（火付け、消火）：約 20 万円/年 ・ 水質調査：約 800 万円/年 	
<p style="text-align: center;">生物の生息</p> <p>特に調査は実施していない。</p>	
<p style="text-align: center;">住民参加等</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 行政機関、一般希望者及び学校関係者を対象に、ヨシ原浄化施設を含む遊水地内現場案内、及び透視度・パックテスト等の水質試験を実施している（平成 17 年度は 27 回実施）。 ・ なお、対応はアクリメーション振興財団（学校、一般向け）、利根川上流河川事務所（行政向け）が行っている。 ・ ウォッチングタワーを設置 ・ 施設の概要と効果についての看板を設置 ・ パンフレットの作成と配布 	
<p style="text-align: center;">これまでの課題と対応</p> <p>・平成 14 年以前は西ブロックにおいて短絡流が発生して適正な滞留時間が維持できなかったため、浄化効果が安定していなかったが、平成 14 年に施設改良として畦を作ったため、以降安定した浄化効果がでている。</p>	
<p style="text-align: center;">現状の課題と今後の方向性</p> <p>特になし</p>	

No. 10	手賀沼ビオトープ			
所在地	千葉県我孫子市岡発戸新田地先	事業主体	千葉県 東葛飾地域整備センター	
	供用開始	平成 11 年 5 月		
	流入水	利根川水系 手賀沼		
	放流先	手賀沼		
	設置の背景	千葉県が汚濁した手賀沼を浄化するための事業として進める、「手賀沼流域総合浄化計画」の一環として行われた事業である。また、水質浄化の他に市民参加による浄化活動を通じ、自然環境に関する学習、啓発の場とすることも目的の一つである。		
	目標水質	COD、SS、T-N、T-P の除去率 30%		
計画水量	63 L/s (0.063m ³ /s)			
施設諸元	面積 (幅×長さ)	19,100 m ² W40m×L500m	水深	H14 時点 2.5m(最深) H17 現在 約 1.5m(最深)
	水面積負荷 (m ³ /m ² /日)	0.28	稼動期間	通年
	取水方式	手賀沼の水をサイホンでポンプピットに流入させ、ポンプ取水している。		
	備考			
植生	植生種	自生：ヨシ等		
	自然のままの在来の種子などに期待し、特に植栽していない。			
建設費	約 5,000 万円			
	内訳	取水施設 (取水ポンプ～沈殿池)	2,540 万円	
		その他土木工事	2,460 万円	

施設の概要

<施設概略図>



①取水地点からの沼全景



②生物を観察するゾーン



③生物の生息場とするゾーン



④放流水

No. 10	手賀沼ビオトープ					
水質	調査頻度 及び項目	月1回で年12回(平成11年～平成15年) 2ヶ月に1回で年6回(平成16年) COD、SS、T-N、T-P、N・P溶解成分等				
項目	H11.5～H13.2			H13.6～H16.3		
	流入水質 (mg/L)	放流水質 (mg/L)	除去率 (%)	流入水質 (mg/L)	放流水質 (mg/L)	除去率 (%)
COD	19.2	16.4	15	12.2	10.4	15
D-COD	7.4	7.7	-5	4.6	4.8	-6
SS	65.8	43.6	34	39.8	25.0	37
T-N	3.78	3.08	19	3.00	2.56	15
T-P	0.432	0.316	27	0.270	0.193	28
D-T-N	1.68	1.69	0	1.93	1.77	8
D-T-P	0.120	0.104	14	0.072	0.051	30
対象期間	平成11年5月～平成16年3月					
平均化対象データ数	H11.5～H13.2: n=20、H13.6～H16.3: n=26					
流入水の特徴	流入水のCOD及びT-Pは平成11年から徐々に低下している。これは、北千葉導水の施設が利根川の水を手賀沼に注水しているためと推察される。					
放流水の特徴	浄化効果は比較的安定し、流入水質と同様に低下傾向にある。SSの除去率が高く、浄化機構は主に沈降によるものと考えられる。					
水量	流入水量	平成11,12年度実績 2ヵ年平均0.069m ³ /s 平成17年度実績 単年平均0.03m ³ /s				
	出水時の対応	浄化対象水が湖沼水であり、出水時の影響は特になく通常通り取水する。				

No. 10

手賀沼ビオトープ

植生の植付け

- ①特に植付けは行わず、自然の生長によった。
- ②昔の沼底を掘り起こしたことにより、以前沼に繁殖していたガシャモクが復元した（写真）。しかし、平成17年までに再び消滅した。



工夫等

- ①ガシャモク池には、堀削により湧き出た水を堪水している。カエルが生息し、「カエルの道」を設置する等の工夫がなされている。



- ②遊歩道が設置され、市民に利用されている。



No. 10		手賀沼ビオトープ				
運転管理						
項目	対象箇所	管理・チェック内容	頻度	記録保存	実施体制	備考
土木構造物	沈殿池内	ゴミの有無 (ある場合は除去)	月1回	有	業者委託	この他に、我孫子市及び市民団体が巡視を実施
	落水口の堰	はずれていないか	月1回	有	業者委託	同上
	沈殿池から水路	流れの有無	月1回	有	業者委託	同上
	手作りゾーン (合流部分)	ゴミの有無 (ある場合は除去)	月1回	有	業者委託	同上
	手作りゾーン (水路)	流れの有無	月1回	有	業者委託	同上
機械電気設備	1号、2号 水中ポンプ	運転状況 (異常・停止・運転)	月1回	有	業者委託	
	異常ランプ	異常の有無	月1回	有	業者委託	
	スイッチ	状態の確認 (試験・切・自動)	月1回	有	業者委託	
維持管理						
項目	対象箇所	管理・チェック内容	頻度	記録保存	実施体制	備考
水質調査	流入口	採水・分析	月1回	有	業者委託	SS、COD、D-COD、TN、D-TN、TP、D-TP
	水路口	採水・分析	月1回	有	業者委託	同上
	群落内	採水・分析	月1回	有	業者委託	同上
	放出口	採水・分析	月1回	有	業者委託	同上
底質調査	施設内	採泥・分析 (底泥含有量試験)	月1回	有	業者委託	COD、TN、TP
その他調査	施設内	生物調査(魚類、陸上昆虫類、底生動物、鳥類)	年1回	有	業者委託	平成15年まで毎年実施(鳥類調査のみ平成16年も継続)
	施設内	植物貴重種 位置確認調査	H16年	有	我孫子市野鳥の会	手作りゾーン
業者委託					手作りゾーン以外	

No. 10		手賀沼ビオトープ		
植生の管理	背景	ヨシ・ガマが繁茂しすぎて、自然観察の場から観察ができなくなった。		
	目的	自然観察の場としての機能の改善		
	管理方法	人力（肩掛け式草刈り機）、バックホウにより部分刈り取りを実施	頻度	年1回（H16～）
	実施主体	業者委託	留意点と課題	3年でヨシ原全体が刈り取れるように刈り取り区画を設定（シフティングモザイク）
	備考			
植生の再利用	再利用方法	工作でヨシズ作りに一部活用している	留意点と課題	
底泥の管理	背景	なし		
	目的			
	管理方法		頻度	
	実施主体		留意点と課題	
	備考			
底泥の処分	処分方法	なし	頻度	
	実施主体		留意点と課題	
底泥の再利用	再利用方法	なし	留意点と課題	

No. 10	手賀沼ビオトープ
<p>運転・維持管理費用</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・電気代：82 万円／年 ・土木構造物管理、電機設備点検、水質調査、鳥類調査、植生の管理：約 300 万円／年（平成 16 年度実績）
<p>生物の生息</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ガシャモク池にカエルが生息している。
<p>住民参加等</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・観察を主体とした利用が多い（遊歩道）が、積極的な住民参加として次の取り組みがある。 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 小中学生・市民による植栽（手作りゾーン） ✓ PR として体験水田への参加呼びかけ（駅への看板の設置） ✓ 体験水田の市民への貸し出し（2 年サイクルで市民に貸し出し） ✓ 学校の授業としての観察会を開催 ✓ エコアップ懇談会の開催（学識者、市民、行政） <ul style="list-style-type: none"> * 一般市民からホタルを飼いたいとの要望があり、エコアップ懇談会委員の意見を聞く予定となっている。
<p>これまでの課題と対応</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・水田は漏水していたが、2 年経過して泥がたまり漏水はなくなった。 ・ヨシ、ガマが繁茂しすぎて観察ができなくなったため、刈り取りを実施している。
<p>現状の課題と今後の方向性</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・底泥の堆積により池が浅くなってきた。底泥の除去が前提であるが方法などは今後検討する。 ・夏季に若干アオコが発生する。

No. 11	河北潟生態系活用水質浄化施設			
所在地	石川県金沢市湖南町 366	事業主体	金沢市	
	供用開始	平成 9 年 4 月		
	流入水	河北潟からの農業用水		
	放流先	河北潟		
	設置の背景	河北潟は生活排水などの影響で水質汚濁が進み、COD の環境基準 5 mg/L に対しかなり超えている。この河北潟の浄化対策とともに、水質保全の普及・啓発も目的としている。		
	目標水質	T-N 除去率 70% T-P 除去率 60%		
	計画水量	1.2 L/s (0.0012m ³ /s)		
施設諸元	面積 (幅×長さ)	ヨシ原水路 1,600m ² (水路 1.6m×1000m)	水深	0.05m
	水面積負荷 (m ³ /m ² /日)	0.06	稼動期間	通年
	取水方式	三角堰から自然流入		
	備考	ヨシ原のほかにショウブ、 キショウブ 水路がある。		
植生	植生種	植栽：ヨシ、ショウブ、 キショウブ 、カキツバタ		
		① 文献で研究の進んでいるヨシと ホテイアオイ に絞り、さらに比較検討し維持管理の容易さでヨシを選定した。 ② ショウブ及び キショウブ は、切花や菖蒲湯への有効利用を通し、水質浄化意識の普及啓発に適すと判断し選定した。		
建設費	総工費約 2,000 万円で国、県、市が 1/3 ずつ負担した。 内訳 土木工事 1,340 万円(内板柵工 2,000 円/m×1,500m=300 万円) 植栽 630 万円			

施設の概要

<施設概略平面図>



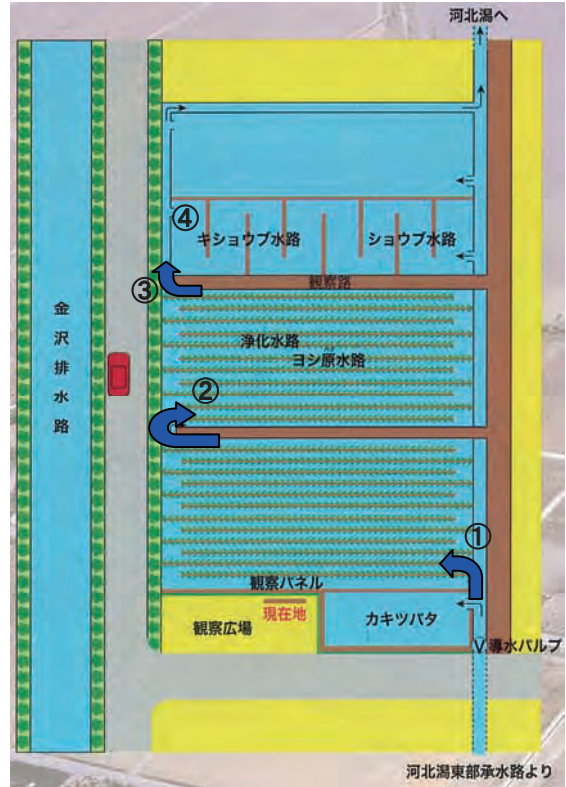
①流入部



②ヨシ原浄化水路



③放流部



④キシウブ水路

No. 11		河北潟生態系活用水質浄化施設				
水質		調査頻度及び項目	現在、6月から12月頃まで毎月1回程度（年7回程度）調査 BOD、COD、SS、T-N、T-P等			
項目	H9～H12			H13～H16		
	流入水質 (mg/L)	放流水質 (mg/L)	除去率 (%)	流入水質 (mg/L)	放流水質 (mg/L)	除去率 (%)
BOD	2.7	1.9	29	2.5	1.9	21
COD	6.3	6.6	-5	6.3	7.0	-12
SS	19.3	8.5	56	13.6	20.0	-46
T-N	1.73	1.09	37	1.72	1.68	2
T-KN	1.22	0.89	27	—	—	—
NH ₄ -N	0.14	0.06	59	—	—	—
T-P	0.123	0.080	35	0.122	0.119	3
対象期間		平成9年4月～平成16年11月				
平均化対象データ数		H9～H12: n=47、H13～H16: n=25				
<p style="text-align: right;">※冬期は水質調査を実施していない</p>						
流入水の特徴		流入水はやや褐色に濁り、SSが高かった。また、流入口付近での植物・土砂の堆積あるいは台風等の天候要因に伴う濁りも見られた。				
放流水の特徴		施設稼働当初は、主要水質項目の多くが施設内水路を通過することにより減少していたが、3年目頃をピークに除去率は低下傾向にあり、ここ数年では除去率がマイナスに転ずる水質項目もあった。				
水量	流入水量	導水バルブによって流入量は調節可能であるが、水圧の変動や天候要因により流入量は変動することがあった。				
	出水時の対応	台風接近等の際には給水停止で対応した。				

植生の植付け

- ① 施設内には、ヨシ (1,600 m²)、ショウブ・キショウブ (各 400 m²)、カキツバタ (160 m²) が植え付けられている。
- ② 1年目にはアオミドロが発生し、ヨシはあまり生育しなかったが、2年目以降は順調に生育し、密度も高く茎も比較的太くなった。
- ③ 一方、平成11年度にはショウブ、カキツバタが一部欠株していたため、施設補修工事と同時に補植した。



ヨシ原水路



ショウブ・キショウブ水路

工夫等

- ① 河北潟干拓地内のレンコン畑（私地）を賃借し施設を設置した。
- ② 施設内のヨシやショウブを刈り払い、ヨシは紙作りやすだれ作りに利用し、ショウブは老人センター等へ提供するなど有効利用を図っている。
- ③ 近隣町会や地域の小中学校などに対し、説明会や視察会を実施した。また、啓発のための説明会と併せたヨシ紙作り体験などのイベントも行った。
- ④ 市民向けパンフレットの作成や報道への資料提供など啓発に努めている。

No. 11		河北潟生態系活用水質浄化施設				
運転管理						
項目	対象箇所	管理・チェック内容	頻度	記録保存	実施体制	備考
土木構造物	流入水路	清掃・ゴミ拾い・草刈り	不定期	無	直営	周辺が畑地であり、風雨の影響を受けやすいため、木製の施設内水路や観察路の損傷が激しい。
	植生浄化水路	水位チェック	不定期	無	直営	
	放流水路	清掃・ゴミ拾い・草刈り	不定期	無	直営	
機械電気設備	設備なし					
維持管理						
項目	対象箇所	管理・チェック内容	頻度	記録保存	実施体制	備考
水質調査	流入水	採水・分析	月1回 (年7回)	有	直営	BOD, COD, SS, TN, TP 等 6月～12月に実施
	放流水	採水・分析	月1回 (年7回)	有	直営	同上
底質調査						
その他調査						

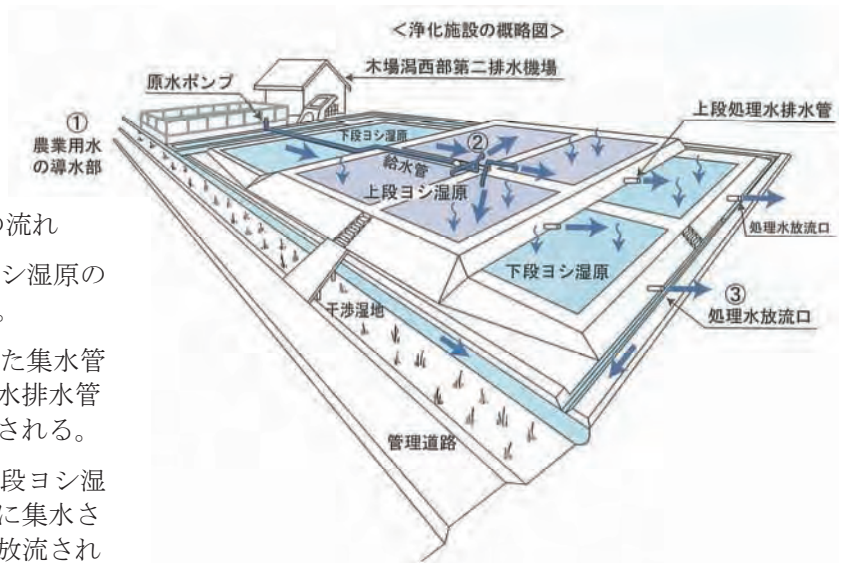
No. 11		河北潟生態系活用水質浄化施設		
植生の管理	背景	次の点から施設及び周囲のり面の維持管理として、植生の刈り払い、搬出処分が必要である。		
	目的	①施設内で伸長したヨシの堆積による浄化効果への影響 ②施設水路及び観察路への影響 ③施設脇のり面に伸長したヨシによる周辺道路への影響		
	管理方法	人力による全面刈り取り	頻度	年1回（定期）
	実施主体	業者委託	留意点と課題	刈り払い残さの処分方法または有効活用方法が課題である。
	備考	<ul style="list-style-type: none"> ・ ショウブ水路については、施設の稼動当初から花粉や種子がたくさん見られ、SSが高かった。また、ヨシ水路についても「水路内に堆積するヨシの葉や茎などの分解に由来するSS」や、「水路内及び周辺に大量に見られるアメリカザリガニや、ヨシ原内で営巣・繁殖するオオヨシキリなどの動物の死骸及び糞などに由来すると思われるSS」が放流水に混ざり、全窒素及び全リンの値を高めている恐れがある。 ・ 安定的な窒素・リンの除去を目的とするのであれば、浄化施設の状態を常に一定のレベルに保つため、土壌の入れ替え等のメンテナンスを定期的に行う必要があると思われる。また、ヨシは多年草であるが、冬になると地上部は枯れてしまうため、冬季も浄化可能なシステムを併用することも効果的であると思われる。 		
植生の再利用	再利用方法	ヨシ紙作り、ヨシすだれ作り、菖蒲湯（老人センター等へ提供）等	留意点と課題	イベント等では少ししか利用できず、定期的に大量に再利用するルートが確保できなかった。
底泥の管理	背景	なし		
	目的			
	管理方法		頻度	
	実施主体		留意点と課題	
	備考			
底泥の処分	処分方法	なし	頻度	
	実施主体		留意点と課題	
底泥の再利用	再利用方法	なし	留意点と課題	

No. 11	河北潟生態系活用水質浄化施設
<p style="text-align: center;">運転・維持費用</p>	
<p>① 運転・維持管理費（総額：約 82 万円/年）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 水質調査：約 4 万円/年（分析用薬品など） ・ 植生の管理：約 70 万円/年 ・ その他（施設用地貸借料）：8 万円/年 <p>② 補修工事費等</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 施設補修工事費：190 万円/年（平成 11 年実施） （施設水路、散策路の補修及び欠株の移植（委託）） 	
<p style="text-align: center;">生物の生息</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ハクセキレイ、マガモ、ヒドリガモ、オナガガモ、カルガモ、アオサギ、コサギ、カイツブリ、トビ、ミヤマガラス、チュウヒ、ノスリ、バン等 <p style="text-align: center;">注）「河北潟水辺の野鳥観察会」で見られた種である。（観察地点は 1 地点）</p>	
<p style="text-align: center;">住民参加等</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 毎年、刈り払いしたショウブを 6 箇所程度の施設（老人センター等）へ無償提供し、菖蒲湯用として利用していただいている。 ・ 近隣小中学校による浄化施設の視察見学を実施している（年 1～2 回、1 回 40～100 名程度参加）。 ・ 生活排水浄化の啓発のため、毎年、水質浄化モデル町会を 2 地区選定して、その登録町会による活動の一環として浄化施設の見学会を実施している。 ・ 啓発説明会に合わせ、ヨシ紙づくり、ヨシのれん作りなどのイベントを行い、施設を紹介している。（年 2 回程度実施） 	
<p style="text-align: center;">これまでの課題と対応</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 河北潟干拓地内にあり、風雨の影響を受けやすい立地条件のため、予想以上に水路や散策路の損傷が激しかった。また、ヨシの侵食や種子の飛来による多種雑草の繁殖のため、本来の植生の生長が妨げられる事態となった。 ・ 平成 11 年度には補修及び補植等を行ったが、その後も施設の損傷等が激しく、補修等に係る経費が確保できなかつたため、市職員が可能な範囲での微少な補修作業のみで管理している。 	
<p style="text-align: center;">現状の課題と今後の方向性</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 生活排水対策の効果の把握は難しく、また、当施設の能力は河北潟の容量に対し極めて小さく、浄化効果の調査や普及啓発に限られた内容となっている。今後ともこの実験を基に、河北潟への流入河川の護岸工事等の際には、水生生物を植栽できる空間が確保されるよう指導するなど、水質浄化への一層の努力が求められる。 ・ なお、当施設は老朽化や地主への用地の返還を理由に稼働を停止し、原状回復のための農地整備作業を行うこととなっている。 	

No. 12	生態系活用木場潟水質浄化施設			
所在地	石川県小松市木場町ら 16	事業主体	小松市	
	供用開始	平成 10 年 3 月		
	流入水	木場潟		
	放流先	木場潟		
	設置の背景	木場潟は、平成 5 年度に石川県より生活排水対策重点地域の指定を受け、木場潟流域生活排水対策推進計画を策定し、木場潟の水質浄化を図ることとした。当施設はその一環として、生態系を活用した水質浄化施設で、啓発及び生態系維持を目的としている。		
	目標水質	COD 10mg/L → 3mg/L (除去率 70%) SS 50mg/L → 5mg/L (除去率 90%) T-N 2mg/L → 1mg/L (除去率 50%) T-P 0.5mg/L → 0.1mg/L (除去率 80%)		
計画水量	0.6 L/s (0.0006m ³ /s=50m ³ /日)			
施設諸元	面積	401m ² (7.6m×6.6m×8 区画)	水深	0.15m
	水面積負荷 (m ³ /m ² /日)	0.13	稼動期間	3 月～12 月
	取水方式	木場潟に通じている農業用水導水部からポンプ取水している。		
	備考	本施設は浸透流れ方式の施設である。		
植 生	植生種	植栽：ヨシ		
	付近にヨシが自生しているので、ヨシを使用した。			
建設費	総工費 842 万円 内訳 浄化施設土木工事 480 万円 植栽 100 万円 機械設備 222 万円 (内、据付費 96 万円)			

施設の概要

<浄化施設の概略図>



浸透流れ方式の水の流れ

- 1) 原水は給水管で上段ヨシ湿原の中央に間欠給水される。
- 2) 土壌浸透後に埋設された集水管で集水され、上段処理水排水管で下段ヨシ湿原に給水される。
- 3) 下段ヨシ湿原でも、上段ヨシ湿原と同様に土壌浸透後に集水され、処理水放流口から放流される。



① 農業用水の導水部



② 給水管



③ 処理水放流口



④ 処理水が流入する水路

No. 12		生態系活用木場瀉水質浄化施設				
水質		調査頻度及び項目	年9回(冬期を除く) COD、SS、T-N、T-P			
項目	H10～H11			H14～H17		
	流入水質(mg/L)	放流平均水質(mg/L)	平均除去率(%)	流入水質(mg/L)	放流平均水質(mg/L)	平均除去率(%)
BOD	—	—	—	—	—	—
COD	6.8	4.4	35	7.2	5.9	19
SS	14.3	3.8	74	17.8	12.8	28
T-N	2.28	1.55	32	1.35	0.73	46
T-P	0.275	0.183	34	0.118	0.066	44
対象期間		平成10年3月～平成17年12月				
平均化対象データ数		H10～H11: n=8～10、H14～H17: n=35～36 放流水質は東水路と西水路の平均値である				
流入水の特徴		CODは環境基準3mg/Lに対し、5～10mg/Lとかなり高い。T-N、T-Pも比較的高濃度である。但し、下水道整備により平成14年以降のT-NとT-Pは、平成10～11年に比べ50%程度低減している。				
放流水の特徴		平成14年以降、COD除去率は20%程度、SS除去率は30%程度、T-NとT-P除去率は45%程度である。				
水量	流入水量	ポンプ能力が低下した場合には、タイマーを用いて、間欠給水の運転時間を長くしコントロールしているので、ほぼ設計通りと思われる。				
	出水時の対応	木場瀉から直接取水していることから出水の影響が少なく、通常通り運転する。				

植生の植付け

休耕田を盛土し整地した後に、付近に生育しているヨシを株植えた。



工夫等

本施設は通常のヨシ原浄化施設と異なり、土壌浸透流れ方式を用い、土壌による浄化機能、接触酸化機能等を期待したものである。



No. 12		生態系活用木場湧水質浄化施設				
運転管理						
項目	対象箇所	管理・チェック内容	頻度	記録保存	実施体制	備考
土木構造物	流入水路	草刈り	不定期	無	業者委託	H14年度に雑草の間引を行った。
	放流水路	草刈り	不定期	無	業者委託	同上
機械電気設備	水中ポンプ	オーバーホール	年1回	無	業者委託	H13、H14年度のみ実施
	給排水管	清掃	年1回	無	業者委託	H13、H15、H17年度のみ実施
	給排水管	露出部交換	年1回	無	業者委託	
維持管理						
項目	対象箇所	管理・チェック内容	頻度	記録保存	実施体制	備考
水質調査	流入原水	採水・分析	月1回	有	業者委託	冬期以外実施
	放流水(西水路)	採水・分析	月1回	有	業者委託	同上
	放流水(東水路)	採水・分析	月1回	有	業者委託	同上
底質調査						
その他調査						

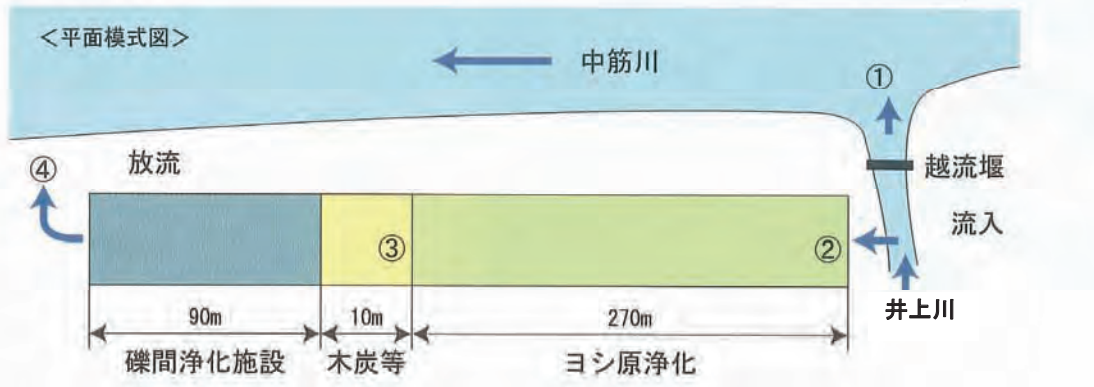
No. 12		生態系活用木場湧水質浄化施設		
植生の管理	背景	水質浄化能力の低下		
	目的	水質浄化能力の改善		
	管理方法	人力、肩掛け式草刈り機による全面刈り取り	頻度	年1回（12月頃）
	実施主体	業者委託	留意点と課題	
	備考			
植生の再利用	再利用方法	なし	留意点と課題	刈り取る植生の量が少なく再利用が難しい
底泥の管理	背景	水質浄化能力の低下		
	目的	水質浄化能力の改善		
	管理方法	<ul style="list-style-type: none"> ・土壌入れ替え ・植生面均し 	頻度	<ul style="list-style-type: none"> ・土壌入れ替え1回（H14年度） ・植生面均し（H16, H18年度）
	実施主体	業者委託	留意点と課題	
	備考	<ul style="list-style-type: none"> ・土壌全体の入れ替えは、49m²×8面の植生帯全面を約1m×1mの格子に分割し施設全体の1/3をヨシの根ごと掘り起こして土壌及び根を撤去の上、新たな土壌を充填した。 ・植生面均しは、植生面の凹凸をなくすための凹部に土を補充した。 		
底泥の処分	処分方法	不明	頻度	上記の土壌入れ替え時
	実施主体	業者委託	留意点と課題	
底泥の再利用	再利用方法	なし	留意点と課題	

No. 12	生態系活用木場潟水質浄化施設
運転・維持管理費用	<p>①運転管理</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 電気代：24,352 円/年 ・ 機械電機設備の点検：58,800 円/年 <p>②維持管理費</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 水質調査：446,250 円/年 ・ 植生の刈り取り：73,550 円/年 <p>③土壌入れ替え：130,000 円/回（H14 年度実績）</p>
生物の生息	<ul style="list-style-type: none"> ・ ヨシキリ、カイツブリなどが確認されている。
住民参加等	<ul style="list-style-type: none"> ・ 施設周辺に看板を設置するとともに、パンフレットを作成している。 ・ 平成 16 年 10 月より、木場潟再生プロジェクト（自主研究会）を毎月開催している。木場潟再生プロジェクトは、小松市、小松市議（2 名）、流域市民から構成されており、多いときは 20 名程度の参加がある。
これまでの課題と対応	<ul style="list-style-type: none"> ・ 水質浄化能力の低下から、ヨシの間引き（土壌入れ替え）を行った（平成 14 年度）。
現状の課題と今後の方向性	<ul style="list-style-type: none"> ・ 平成 14 年度にヨシの間引き（土壌入れ替え）を行ったものの、再び水質浄化能力が落ちてきている。今後の施設の位置づけや改良方法について、木場潟再生プロジェクトを含めて検討していく予定である。

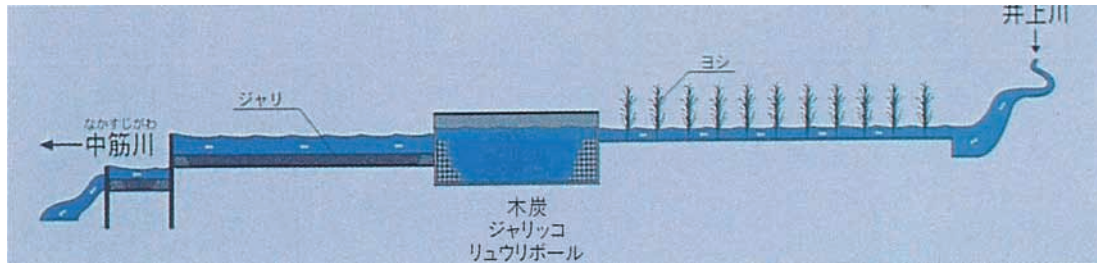
No. 13	井上川浄化施設（きらり）			
所在地	高知県中村市	事業主体	国土交通省四国地方整備局 中村河川国道事務所	
	供用開始	平成8年4月		
	流入水	渡川水系 中筋川支川 井上川		
	放流先	中筋川		
	設置の背景	四万十川支川の中筋川に流入する井上川は、近年流域の市街地化に伴い生活排水で水質が悪化している。この井上川の浄化対策を目的とする。		
	目標水質	T-N、T-P の除去率 50%		
計画水量	15 L/s (0.015m ³ /s)・・・井上川の低水流量			
施設諸元	面積 (幅×長さ)	2,700m ² (10m×270m)	水深	0.1m
	水面積負荷 (m ³ /m ² /日)	0.48	稼動期間	通年
	取水方式	井上川に固定堰を設け、その直上流で施設に自然流下させる。		
	備考	木炭・ジャリッコ・リュウリボール浄化、及び礫間浄化施設が併設されている。		
植生	植生種	植栽：ヨシ 自然発生植生群落：マコモ		
	有機物や栄養塩の浄化効果及び自然との調和を考慮し、河川敷に従来からあるヨシを用いた。			
建設費	狭い高水敷に 50cm の掘り込みで設置したため、堤脚保護の費用が多く全体としてコスト高となっている。			

施設の概要

<施設平面模式図>



<施設断面模式図>



①井上川の流下水



②植生槽流入地点

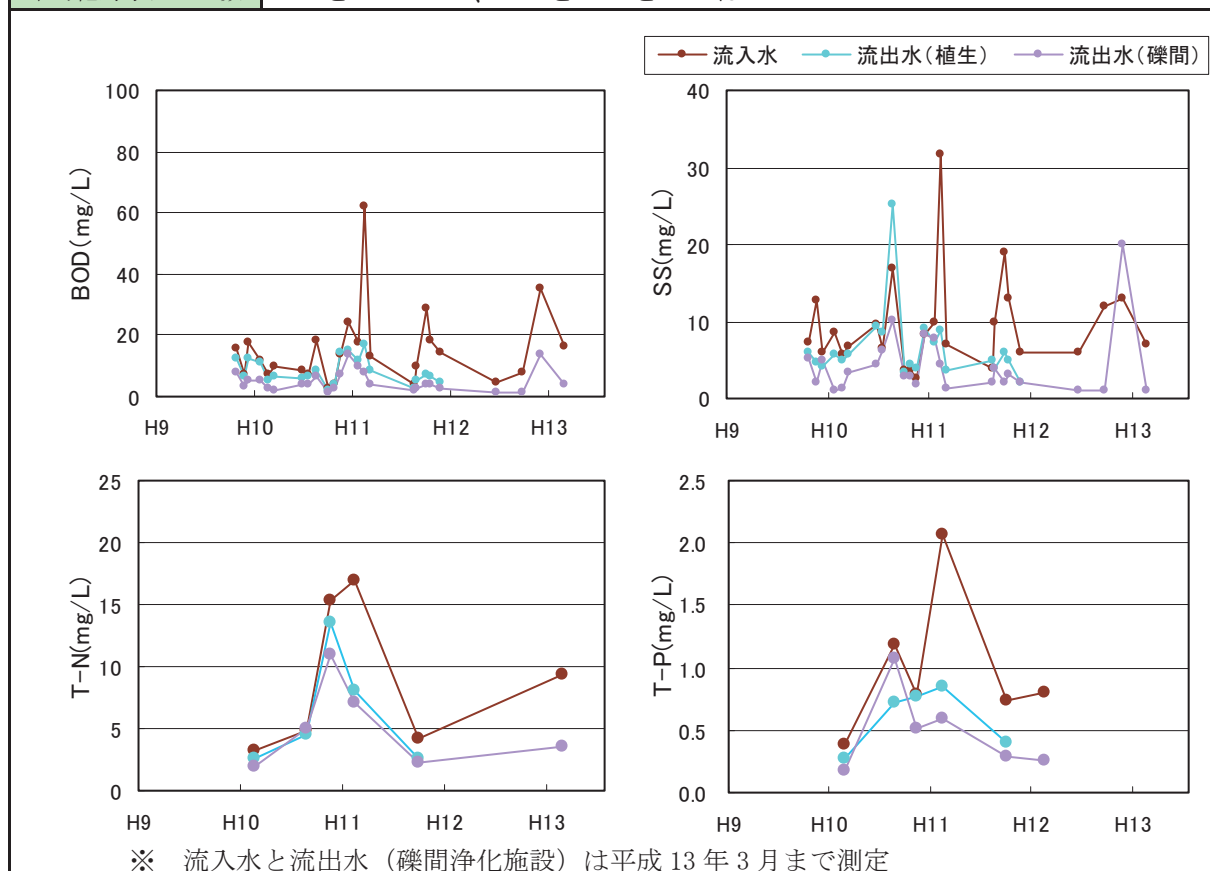


③木炭槽等（3槽）流入地点



④放流地点（放流水は透明）

No. 13	井上川浄化施設（きらり）			
水質	調査頻度及び項目	H9、10年度は月1回、H11、12年度は年4～5回 BOD、COD、SS、T-N、T-P		
項目	流入水質 (mg/L)	放流水質 植生浄化 (mg/L)	放流水質 礫間浄化施設 (mg/L)	植生浄化除去率 (%)
BOD	15.0	8.3	4.8	45
COD	22.3	14.9	10.6	33
SS	9.5	6.5	3.9	31
T-N	8.91	6.29	5.46	29
T-P	1.031	0.599	0.530	42
対象期間	平成9年10月～11年11月			
平均化対象データ数	BODとSS n=21、CODとT-NとT-Pはn=5			



流入水の特徴	井上川の最上流は四万十川旧河道の池であるが、施設の取水地点では通常生活排水がほとんどであり、T-N、T-Pが高い。また、発泡や白濁が認められる。	
放流水の特徴	①植生浄化で各項目30～50%の除去率が得られている。さらに、礫間浄化等でも効果が得られ、施設全体としては40～70%の除去率である。 ②河川への放流水は透明で、また濁った中筋川に流入するため目視で効果が確認できる。	
水量	流入水量	計画の15 L/s (0.015m ³ /s) に対し、実績は10 L/s (0.01m ³ /s) である。
	出水時の対応	特に対応はなく、通常通り流入する。また、河川敷にあるため1年に3～4回冠水する。

No. 13	井上川浄化施設（きらり）
--------	--------------

植生の植付け

- ①ヨシは約1mピッチで植栽し、1年後には密生した（写真は植栽初期のまばらな状態）。
- ②H13の調査では、水路の中流約100mまでは両サイドでヨシが繁茂していたが、流心は植生が繁茂していない。また、中流以後は全面マコモが繁茂していた。



住民参加

- ① 愛称「きらり」は地元の小学校から応募し決定した。
- ② ヨシの植付けにも小学生が参加した。



維持管理

- ① 維持管理は年1回の植生の刈り取りのみで費用は40～50万円である。
- ② 泥の除去は現状では行っていないが、土の入れ替えの必要性を指摘されていた。ただし、N、Pの蓄積状況を調査した結果、施設外の方が高く実施していない。

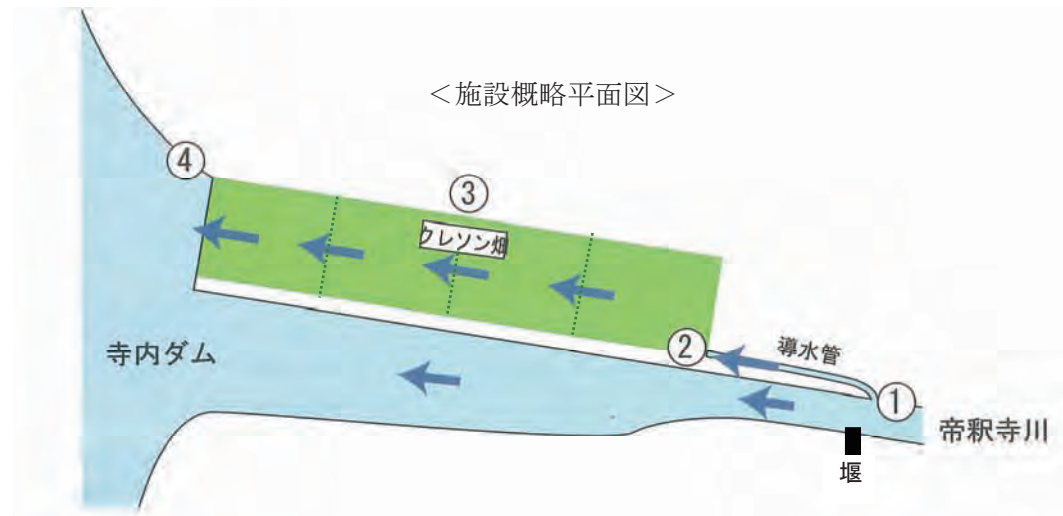
工夫等

渡川流域では、水質浄化施設が多く、四万十川方式の他、種々の方法で浄化が行われている。



No. 14	水耕浄化施設			
所在地	福岡県甘木市大字荷原	事業主体	国土交通省九州地方整備局 筑後川河川事務所	
	供用開始	平成 5 年 9 月		
	流入水	筑後川水系 佐田川支川 帝釈寺川		
	放流先	佐田川 (寺内ダム)		
	設置の背景	運用開始当初から、富栄養化しカビ臭障害が発生した寺内ダムの「クリーンアップレイク事業」の一環で、栄養塩のリンを流入河川の帝釈寺川で除去するものである。		
	目標水質	寺内ダムの水質目標値は T-P が 0.02mg/L 以下		
計画水量	17 L/s (0.017m ³ /s)			
施設諸元	面積 (幅×長さ)	307.5m ² W7.5m×L10.25m×4槽	水深	0.5m
	水面積負荷 (m ³ /m ² /日)	4.8	稼動期間	通年
	取水方式	固定堰による自然流入		
	備考	リン吸着材(焼成鹿沼土)を植生基材と兼ねて利用している。		
植生	植生種	植栽：クレソン 自然発生植生群落：ウキクサ(一時的)		
	現地実験や過去の調査結果から、クレソン、ホテイアオイ、ドクダミ等を比較検討し、浄化効果の最も高いクレソンに決定した。			
建設費	総工費 3,570 万円(リン吸着材を含む) 内 植栽費 10 万円 他に 遮光シート 800 万円			

施設の概要



①取水部は堰が設けられ塩ビパイプで導水



②施設への流入部



③繁茂期のクレソン（施設下部より）



④放流部

No. 14		水耕浄化施設	
水質		調査頻度及び項目	H7年4月までは月1~2回、以後は2ヶ月に1回 T-P、D-PO ₄ -P
項目	流入水質 (mg/L)	放流水質 (mg/L)	除去率 (%)
BOD	—	—	—
COD	—	—	—
S S	—	—	—
T-N	—	—	—
T-P	0.153	0.089	42
D-PO ₄ -P	0.115	0.061	48
対象期間		平成5年9月~平成12年9月	
平均化対象データ数		n = 57	
流入水の特徴		上流に畜産業があり、出水時には高負荷が流入する。	
放流水の特徴		比較的長期間で安定した浄化効果が得られており、溶解成分も除去されている。しかし、目標水質(T-P 0.02mg/L)は達成されていない。	
水量	流入水量	—	
	出水時の対応	特に対応せず、通常通り流入する。	

No. 14	水耕浄化施設
--------	--------

植生の植付け

- ①リン吸着材（焼成鹿沼土）に直接植栽し初期は生育不良であったが、その後、腰の丈位に全面繁茂した。
- ②夏の日差しで枯れたために遮光シート（右写真は折りたたんだ状態）を設置し対策を講じている。
- ③クレソンのほかにセリも自生している。
- ④平成 13 年 7 月の調査時には殆んどウキクサであった。



住民参加

特にないが、たまにクレソンを採取している。

維持管理

- ①クレソンは伸びたら刈ることにしている。
- ②平成 11 年度に土砂撤去を実施した。また、第 1 槽を沈殿池とした。
- ③植生管理及びゴミ除去を年 2 回程度実施し、維持管理費は数万円である。
- ④水質調査は年 100 万円程度である。

工夫等

寺内ダムは「クリーンアップレイク事業」により湖内対策や流入河川対策を行っている。



No. 15	浜尾遊水地植生浄化施設			
所在地	福島県須賀川市大字浜尾地内	事業主体	国土交通省東北地方整備局 福島河川国道事務所	
 <p style="text-align: center;">  内が植生浄化施設 </p>	供用開始	平成 16 年 3 月		
	流入水	農業用排水路		
	放流先	阿武隈川		
	設置の背景	浜尾遊水地内の河川水辺の環境復元・再生及び水質浄化を図ることを目的した。		
	目標水質	設定していない		
	計画水量	平均 0.1m ³ /s		
施設諸元	面積	2.3ha (220m×104m)	水深	0.1m
	水面積負荷 (m ³ /m ² /日)	0.38	稼動期間	通年
	取水方式	自然流下方式		
	備考			
植生	植生種	植栽：ヨシ		
	遊水地内に自生している植生を移植した。			
建設費	約 22,000 万円（堤防事業費含む）			

施設の概要

<施設平面図>



全 景



流入部 (栈橋及びスクリーン)



ヨシ原浄化池



ヨシ原浄化池

No. 15		浜尾遊水地植生浄化施設	
水質		調査頻度 及び項目	月1回(年12回) BOD、SS、T-N、T-P、大腸菌群数など (平成16年はNH ₄ -N、NO ₂ -N、NO ₃ -Nも調査実施)
項目	流入水質 (mg/L)	放流水質 (mg/L)	除去率 (%)
BOD	2.6	1.8	32
COD	—	—	—
SS	10.3	13.9	-34
T-N	3.09	2.16	30
T-KN	1.39	0.80	43
NH ₄ -N	0.72	0.31	57
T-P	0.118	0.091	23
対象期間	平成16年3月～平成17年12月		
平均化対象データ数	n=22 (ただしT-Nはn=16、T-Pはn=17、各態窒素はn=8)		
<p>※) 調査は浄化施設供用前の平成13年から実施されているが、ここでは施設供用開始後である平成16年以降の調査結果のみを掲載した。</p>			
流入水の特徴		阿武隈川本川の水質に比べ、T-PやT-Nなどで高い傾向が見られる。	
放流水の特徴		—	
水量	流入水量	設計平均流量 0.11m ³ /s 設計最大流入量 1.0m ³ /s 設計滞留時間 5時間 農業用排水のため、流量はかんがい期(4～10月)に多く、冬期(11～4月)は少ない。	
	出水時の対応	流入水路と浄化池の間は函渠で接続されており、出水時においても一定流量以上の流入はない。ただし、遊水地内にあることから阿武隈川本川の水位上昇により水没(確率1/10程度)する。	

No. 15

浜尾遊水地植生浄化施設

植生の植付け

遊水地内のヨシを使用することとし、地下茎移植はヨシの量が制約されることから、下記のとよりの植付けを実施した。

- ・ヨシ採取箇所の土ごと植栽：概ね $1\text{ m}^2 / 9\text{ m}^2$
- ・ヨシ地下茎のみ植栽：概ね 1 m^2 当たり地下茎 1 本以上

工夫等

- ・ 定量流入：一定量(水位)以上の流入は分派
- ・ ゴミ流入防止：木杭によるスクリーン設置
- ・ 流入流速低下：整流板の設置
- ・ 排水路：蛇行水路設置による環境創出及び水質改善効果

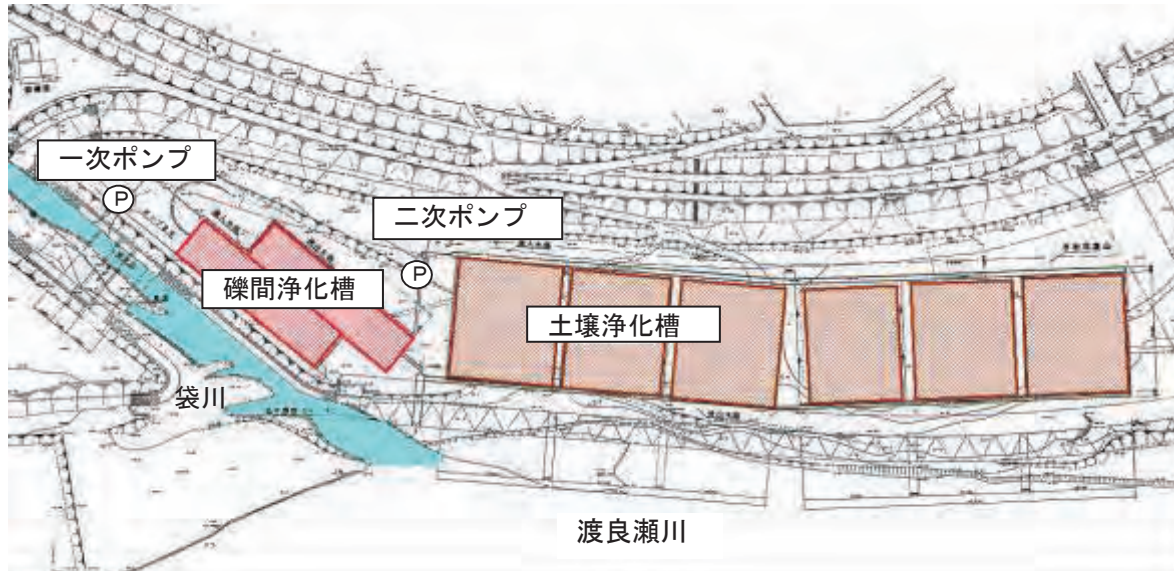
No. 15		浜尾遊水地植生浄化施設				
運転管理						
項目	対象箇所	管理・チェック内容	頻度	記録保存	実施体制	備考
土木構造物	流入水路 (スクリーン)	清掃	月1回	無	直営	
	流入樋門	見回り、点検	月1回	無	直営	浜尾遊水地全体の 管理の一環で実施
機械電気設備	設備なし					
維持管理						
項目	対象箇所	管理・チェック内容	頻度	記録保存	実施体制	備考
水質調査	流入水 (浜尾1)	採水・分析	月1回	有	業者委託	BOD、SS、T-N、T-P、 大腸菌群数など
	放流水 (浜尾2)	採水・分析	月1回	有	業者委託	同 上
底質調査	今後実施予定					
その他調査	なし					
植生の管理	稼動後、期間が短いため実施していない					
底泥の管理	同 上					

No. 15	浜尾遊水地植生浄化施設
運転・維持管理費用	<ul style="list-style-type: none"> ・水質調査：30万円/年
生物の生息	<ul style="list-style-type: none"> ・ヨシ原をシロサギが利用している。
住民参加等	<ul style="list-style-type: none"> ・浜尾遊水地についての看板を設置している。 ・自然保護協会による自然観察が行われている（不定期：月1回程度）。具体的には、周辺堤天端を歩きながら、ワシタカ類やサギ類を中心に観察を行っている。
これまでの課題と対応	<p>特になし</p>
現状の課題と今後の方向性	<ul style="list-style-type: none"> ・水量の確保（付け替え水路とのバランス）が課題である。 ・現状ではヨシの追加移植などの計画はない。

No. 16	袋川浄化施設			
所在地	栃木県足利市川崎町	事業主体	国土交通省関東地方整備局 渡良瀬川河川事務所	
	供用開始	平成4年（一部） 平成11年		
	流入水	袋川		
	放流先	渡良瀬川		
	設置の背景	袋川は地場産業である染色工場等の排水の影響により汚濁していた。また、都市化に伴い、工場排水や生活雑排水の影響により更に河川の汚濁が深刻となった。そのため、袋川の水質をよくするために本施設の設置が進められた。		
	目標水質	浄化対象水質：BOD12mg/L 色度13度 放流目標水質：BOD10mg/L 色度10度（清流ルネッサンス目標値）		
計画水量	0.9m ³ /s（78,000m ³ /日）			
施設諸元	面積	礫間槽：3,050m ² 土壌槽：16,710m ²	槽厚	礫間槽：4.3m 土壌槽：1.5m
	水面積負荷 (m ³ /m ² /日)	礫間槽：25.6 土壌槽：4.7	稼動期間	非灌漑期
	取水方式	ラバー堰でポンプによる汲み上げ取水		
	備考	浄化方法は礫間接触酸化施設と土壌浸透施設の2段階である。		
植生	植生種	なし		
	建設費	建設費合計：約20億円 <ul style="list-style-type: none"> ・ 土木費：1,243百万円（袋川浄化施設全体、施設改良を含む） ・ 設備費：317百万円（礫間接触） 317百万円（土壌浸透） 注）袋川浄化施設全体費用を按分 ・ 周辺設備費102百万円（袋川浄化施設全体） 		

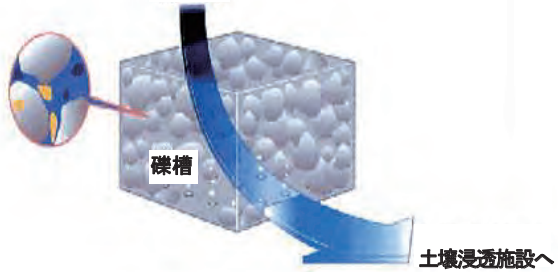
施設の概要

<施設平面図>



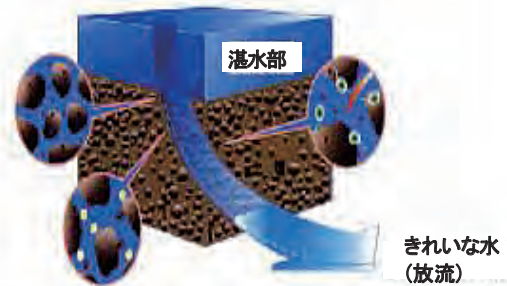
礫間浄化（礫により主にSSとBODの除去）

汚れた水



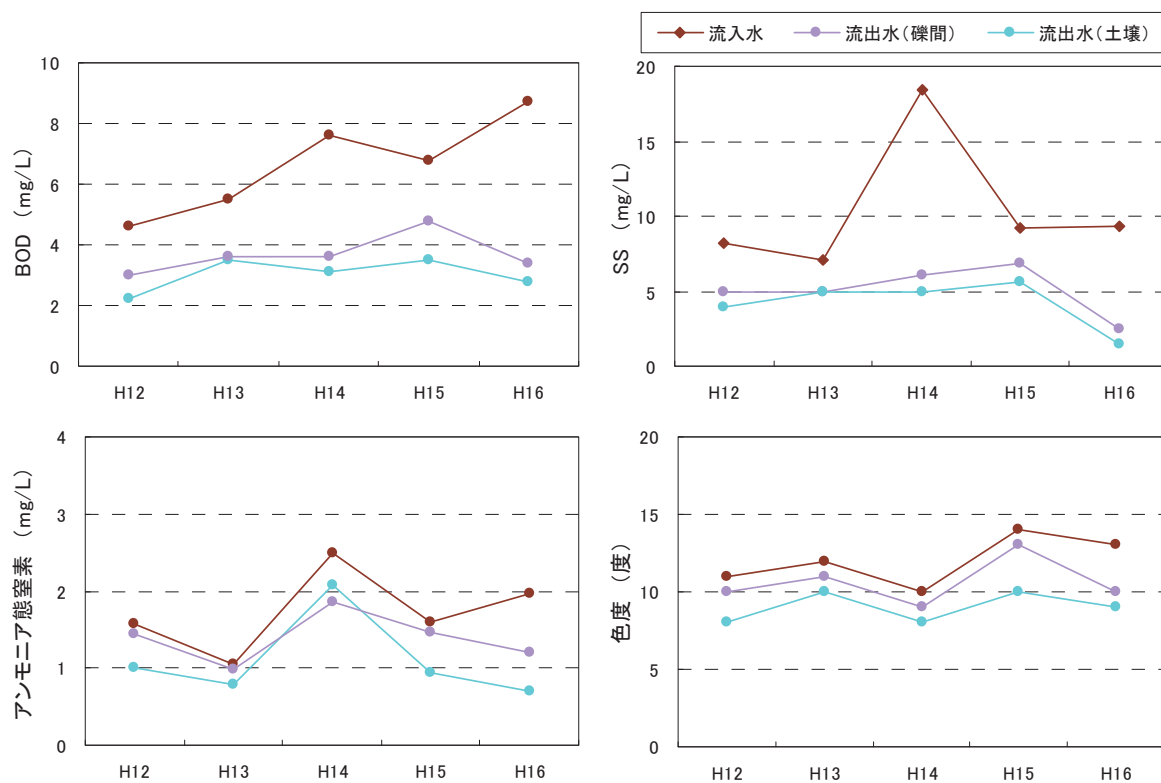
土壌浄化（黒ボク土により主に色度の除去）

* 透水性を向上させるため軽石を50%混ぜている。



袋川の汚濁状況

No. 16	袋川浄化施設			
水質	調査頻度及び項目	月1回(9月~3月) BOD、SS、アンモニウム態窒素、色度、DO		
項目	流入水(mg/L)	流出水(礫間)(mg/L)	流出水(土壌)(mg/L)	除去率(土壌槽)(%)
BOD	6.6	3.7	3.0	18
COD	—	—	—	—
SS	10.4	5.1	4.2	18
T-N	—	—	—	—
T-P	—	—	—	—
アンモニウム態窒素	1.74	1.39	1.10	21
色度	12	11	9	15
DO	5.6	5.1	7.0	—
対象期間	平成12年度~平成16年度(5ヶ年)			
平均化対象データ数	n=28~35			



注) グラフの値は、年度平均値である。

流入水の特徴	地場産業の染色工場や製紙工場の排水により、色度の高い河川水が施設に流入する。	
放流水の特徴	礫間接触酸化法によりSS及びBODを除去する。 土壌浸透法により色度やリンの除去をする。	
水量	流入水量	0.9 m ³ /s (78,000 m ³ /日)
	出水時の対応	袋川の水位が高くなると、取水口の下流にあるラバー堰が転倒し、ポンプによる取水が不可能になる。

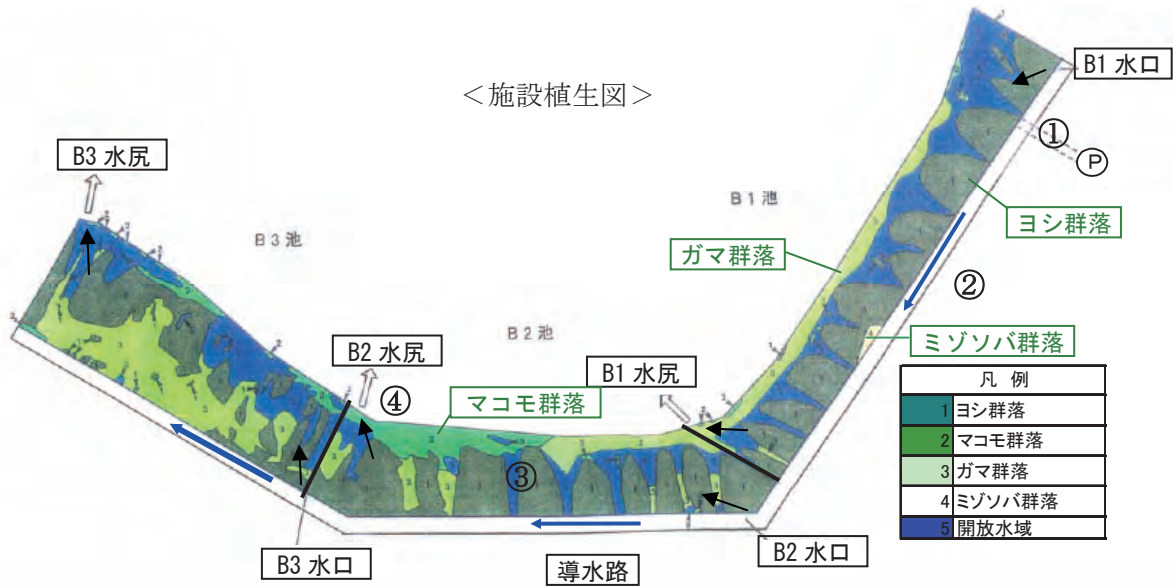
No. 16		袋川浄化施設				
運転管理						
項目	対象箇所	管理・チェック内容	頻度	記録保存	実施体制	備考
土木構造物	流入水路	清掃、ゴミ拾い	月1回	有	業者委託	
	土壌槽	水位チェック 水位調整	月1回	有	業者委託	
	放流水路	清掃、ゴミ拾い	月1回	有	業者委託	
機械電気設備	取水ポンプ	運転状況 (音・異常の有無・ 保護回路点検)	月1回	有	業者委託	・年に年点検を1回、 月点検を11回実施し ているため、点検費用 が非常にかかる。
	配管、バルブ	異常の有無	月1回	有	業者委託	
	監視操作 制御装置	異常の有無 絶縁抵抗、運転電流・電圧	月1回	有	業者委託	・水中ポンプのグラ ンドパッキンの交換 を定期的に行う必要 があり、修繕費もか かる。
維持管理						
項目	対象箇所	管理・チェック内容	頻度	記録保存	実施体制	備考
水質調査	施設上流	採水・分析	月1回	有	業者委託	BOD、SS、DO、pH、 NH ₄ -N、色度
	流入水	採水・分析	月1回	有	業者委託	同 上
	礫間槽処理水	採水・分析	月1回	有	業者委託	同 上
	各土壌槽処理水	採水・分析	月1回	有	業者委託	同 上
	礫間槽処理水 (曝気排泥時)	採水・分析	年1回	有	業者委託	出水時に実施
底質調査	施設本体内	堆積厚の測定		無	業者委託	
その他調査						

No. 16		袋川浄化施設		
植生の管理	背景	植生浄化を利用していないため実施なし		
	目的			
	管理方法		頻度	
	実施主体		留意点と課題	
	備考			
植生の再利用	再利用方法	なし	留意点と課題	
底泥の管理（土壌槽）	背景	施設の運用に伴う土壌槽の目詰まりが想定された		
	目的	土壌槽の目詰まりの防止		
	管理方法	表層の泥を掻き取り、掻き起こし	頻度	年1回（定期）
		土壌の入れ替え		3年に1回（定期）
	実施主体	業者委託	留意点と課題	なし
備考	事前に除草を行う			
底泥の処分	処分方法	産廃処分	頻度	年1回 （掻き起こし時）
	実施主体	業者委託	留意点と課題	なし
底泥の再利用	再利用方法	土壌入れ替え時に、除去した土壌を天日乾燥後、防災ステーションの盛土材、高水敷の造成用材として利用する。	留意点と課題	なし

No. 16	袋川浄化施設		
<table border="1"> <tr> <td data-bbox="188 259 568 331"> <p>運転・管理維持費用</p> </td> <td data-bbox="568 259 1406 981"> <p>①運転管理費（合計：15,300,000円）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・電気代 <ul style="list-style-type: none"> 6,050,000円/年（礫間接触） 6,050,000円/年（土壌浸透） ・機械電機設備点検 <ul style="list-style-type: none"> 1,600,000円/年（礫間接触） 1,600,000円/年（土壌浸透） <p>②維持管理費（合計：10,300,000円）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水質調査 <ul style="list-style-type: none"> 3,900,000円/年（礫間接触） 3,900,000円/年（土壌浸透） ・底泥の管理 <ul style="list-style-type: none"> 1,250,000円/年（礫間接触：曝気排泥） 1,250,000円/年（土壌浸透：土壌槽の管理（掻き起こし、掻き取り、除草、集草）） <p>注）費用は袋川浄化施設全体費用を按分（概算値）</p> </td> </tr> </table>		<p>運転・管理維持費用</p>	<p>①運転管理費（合計：15,300,000円）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・電気代 <ul style="list-style-type: none"> 6,050,000円/年（礫間接触） 6,050,000円/年（土壌浸透） ・機械電機設備点検 <ul style="list-style-type: none"> 1,600,000円/年（礫間接触） 1,600,000円/年（土壌浸透） <p>②維持管理費（合計：10,300,000円）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水質調査 <ul style="list-style-type: none"> 3,900,000円/年（礫間接触） 3,900,000円/年（土壌浸透） ・底泥の管理 <ul style="list-style-type: none"> 1,250,000円/年（礫間接触：曝気排泥） 1,250,000円/年（土壌浸透：土壌槽の管理（掻き起こし、掻き取り、除草、集草）） <p>注）費用は袋川浄化施設全体費用を按分（概算値）</p>
<p>運転・管理維持費用</p>	<p>①運転管理費（合計：15,300,000円）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・電気代 <ul style="list-style-type: none"> 6,050,000円/年（礫間接触） 6,050,000円/年（土壌浸透） ・機械電機設備点検 <ul style="list-style-type: none"> 1,600,000円/年（礫間接触） 1,600,000円/年（土壌浸透） <p>②維持管理費（合計：10,300,000円）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水質調査 <ul style="list-style-type: none"> 3,900,000円/年（礫間接触） 3,900,000円/年（土壌浸透） ・底泥の管理 <ul style="list-style-type: none"> 1,250,000円/年（礫間接触：曝気排泥） 1,250,000円/年（土壌浸透：土壌槽の管理（掻き起こし、掻き取り、除草、集草）） <p>注）費用は袋川浄化施設全体費用を按分（概算値）</p>		
<table border="1"> <tr> <td data-bbox="188 981 568 1052"> <p>生物の生息</p> </td> <td data-bbox="568 981 1406 1207"> <p>特になし</p> </td> </tr> </table>		<p>生物の生息</p>	<p>特になし</p>
<p>生物の生息</p>	<p>特になし</p>		
<table border="1"> <tr> <td data-bbox="188 1207 568 1279"> <p>住民参加等</p> </td> <td data-bbox="568 1207 1406 1485"> <ul style="list-style-type: none"> ・清流ルネッサンスⅡの関連施設として、案内看板等でPRしている。 ・関係自治体の現地見学会（不定期、年約4～5回/平成17年度実績） </td> </tr> </table>		<p>住民参加等</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・清流ルネッサンスⅡの関連施設として、案内看板等でPRしている。 ・関係自治体の現地見学会（不定期、年約4～5回/平成17年度実績）
<p>住民参加等</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・清流ルネッサンスⅡの関連施設として、案内看板等でPRしている。 ・関係自治体の現地見学会（不定期、年約4～5回/平成17年度実績） 		
<table border="1"> <tr> <td data-bbox="188 1485 568 1556"> <p>これまでの課題と対応</p> </td> <td data-bbox="568 1485 1406 1762"> <ul style="list-style-type: none"> ・ランニングコストが高いため、運用方法の検討（稼動総数の検討等）して効率的に運転している。 </td> </tr> </table>		<p>これまでの課題と対応</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ランニングコストが高いため、運用方法の検討（稼動総数の検討等）して効率的に運転している。
<p>これまでの課題と対応</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ランニングコストが高いため、運用方法の検討（稼動総数の検討等）して効率的に運転している。 		
<table border="1"> <tr> <td data-bbox="188 1762 568 1834"> <p>現状の課題と今後の方向性</p> </td> <td data-bbox="568 1762 1406 1993"> <ul style="list-style-type: none"> ・現在、流入水質が良くなっており、より効率的に運用することが重要である。 </td> </tr> </table>		<p>現状の課題と今後の方向性</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・現在、流入水質が良くなっており、より効率的に運用することが重要である。
<p>現状の課題と今後の方向性</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・現在、流入水質が良くなっており、より効率的に運用することが重要である。 		

No. 17	ヨシ原による浄化施設			
所在地	北海道女満別町	事業主体	北海道開発局 網走開発建設部	
	供用開始	平成 12 年 8 月		
	流入水	網走川		
	放流先	網走川 (網走湖)		
	設置の背景	<p>網走湖は、網走国定公園の中央部に位置し、豊かな自然が残されているとともに、多様な生態系はシジミ、ワカサギ、シラウオといった水産資源を生み出し、地域経済と深いかかわりをもっている。一方、近年では、青潮やアオコの発生が自然環境と水産資源を脅かすことが懸念され、早急な水質改善が望まれていた。</p> <p>このような中、網走開発建設部では、網走川からの窒素、リンの直接流入負荷の削減を目的として、湖畔のヨシ原を活用した水質浄化施設を建設した。</p>		
	目標水質	T-N 除去率 30% (1.067→0.747mg/L) T-P 除去率 40% (0.065→0.039mg/L)		
計画水量	150 L/s (0.15m ³ /s)			
施設諸元	面積 (幅×長さ)	27,078m ² 9,026m ² 区画×3区画 (湖岸に沿って約50m×540m)	水深	0.1~0.4m
	水面積負荷 (m ³ /m ² /日)	0.48	稼動期間	6~10月
	取水方式	ポンプ取水		
	備考			
植生	植生種	自生地：ヨシ、ガマ		
	自然のヨシ原をそのまま利用した。			
建設費	建設費（総事業費：約1億1千万円） 内訳 土木費：約1億円 設備費：約1千万円			

施設の概要



①ポンプ取水の施設側



②各池への導水路

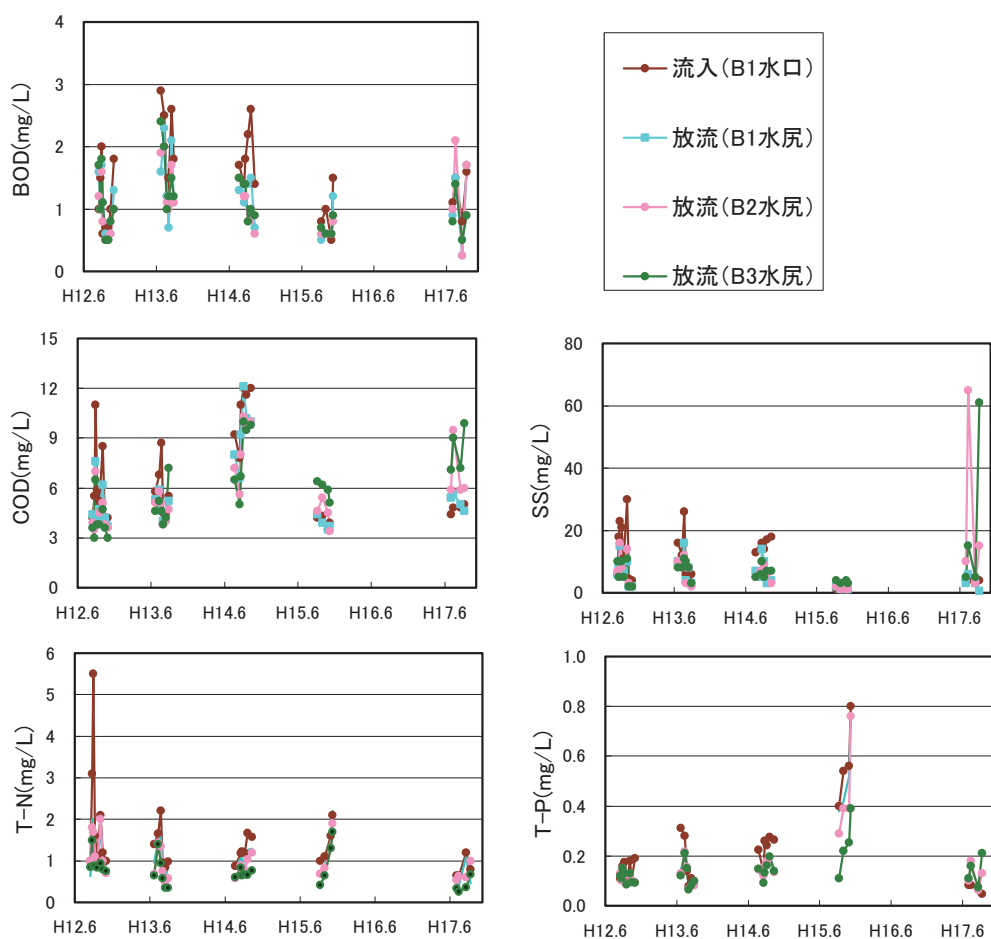


③自然の植生帯



④放流部

No. 17	ヨシ原による浄化施設					
水質	調査頻度及び項目	平成12年～平成17年(7月～10月) BOD、COD、SS、T-N、T-P、各態N、P				
項目	H12～H15			H17		
	流入水質(mg/L)	放流水質(mg/L)	除去率(%)	流入水質(mg/L)	放流水質(mg/L)	除去率(%)
BOD	1.5	1.1	27	1.3	1.1	13
COD	6.8	5.6	17	4.8	6.8	-42
SS	12.0	6.4	47	3.8	16.0	-326
T-N	1.59	1.02	36	0.82	0.57	30
T-KN	0.56	0.39	30	0.36	0.35	4
NH ₄ -N	0.11	0.07	33	0.04	0.02	54
T-P	0.243	0.174	28	0.176	0.109	38
対象期間	H12年～平成17年					
平均化対象データ数	H12～H15: n=24、H17: n=4					



※H16年度は未調査のためデータなし。

流入水の特徴	上流に畜産業があり、流入水の濃度が大きく変動している。	
放流水の特徴	放流水の水質は変動が少なく、濃度変化を緩和する働きがある。	
水量	流入水量	
	出水時の対応	

植生の植付け

自生の植生帯に柵（囲い堤）を設けそのまま利用した。



ガマ



ミクリ

工夫等

自生の植生帯に柵（囲い堤）を設けそのまま利用した。整地のための掘削等をしないで自然湿地を利用した唯一の施設である。

No. 17		ヨシ原による浄化施設				
運転管理						
項目	対象箇所	管理・チェック内容	頻度	記録保存	実施体制	備考
土木構造物	流入水路	清掃、ゴミ拾い	不定期	無	業者委託	機械技術係からの委託でメンテナンスを実施
機械電気設備	取水ポンプ	運転状況 (振動・騒音・発熱・異常)	不定期	無	業者委託	
維持管理						
項目	対象箇所	管理・チェック内容	頻度	記録保存	実施体制	備考
水質調査	流入水	採水・分析	月1回	有	業者委託	7～10月のみ実施
	放流水	採水・分析	月1回	有	業者委託	7～10月のみ実施
底質調査	施設本体内	底泥含有量試験	年1回 (不定期)	有	業者委託	平成12～14年度に実施
その他調査	ヨシ植生調査	地上高、茎径、生育密度の測定、写真撮影	月1回	有	業者委託	

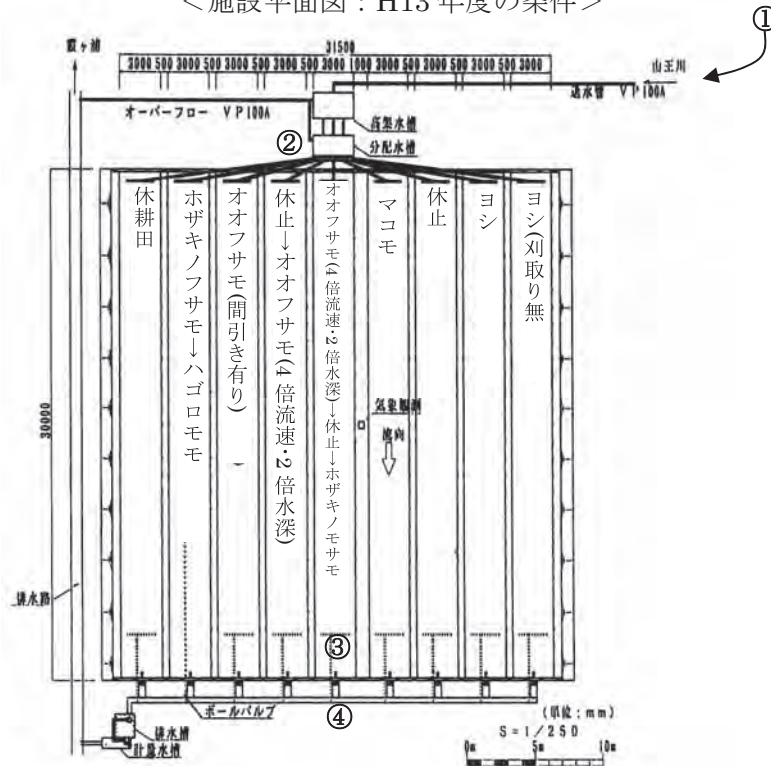
No. 17		ヨシ原による浄化施設		
植生の管理	背景	<p>植生（ヨシ）を用いた浄化施設では、水質浄化効果を継続させるため、植生の維持・管理が必要となる。</p> <p>植生の維持にあたっては、ヨシ刈り、ヨシ焼き等があるが、ヨシによって吸収された栄養塩類（窒素、リン）を系外に持ち出すには、ヨシ刈りが最も効果的といえる。このため、ヨシによる浄化効果を損なうことなく、ヨシを継続させて生育させる刈り取り手法が必要と考えられる。</p>		
	目的	<p>ヨシの刈り取り高さの違いによる生育状況の違いを把握することを目的として、植生浄化施設内の部分的な試験刈り取りを行った。</p>		
	管理方法	部分刈り取り（人力）	頻度	平成 13 年 10 月
	実施主体	業者委託	留意点と課題	<p>現在ヨシ原浄化施設は、施工後約 5 年が経過している。途中、施設の改良等も行っており、植生の遷移（ヨシの定着）をみるために、全面刈り取りは実施していない。</p>
	備考	<ul style="list-style-type: none"> ・刈り取り高さは水面上+20cm、水面上+10cm、水面高、水面下-20cm の 5 条件とし、方形枠（3m×3m）ごとに刈り取り高さを設定し、刈り取った（平成 13 年 10 月）。 ・平成 14 年 6 月にヨシの生育状況について調査した結果、ヨシの刈り取りを行ったコドラートと行わなかったコドラートを比較し、刈り取りを行った方が比較的生育状況が良い傾向があった。 ・ヨシの茎体積は、概ね刈り取り無し、+20cm、+10cm、水面高、-20cm の順に生育状況が良好となる結果があった。 ・ヨシの茎高、茎径及び茎本数には、ヨシの刈り取りの高さの違いによる明確な影響はみられなかった。 ・現在ヨシ原浄化施設は、施行後 5 年を経過したが、現在も遷移段階にあると考えられる。 		
植生の再利用	再利用方法	なし	留意点と課題	<p>網走湖内で刈り取った水草の堆肥化が行われており、刈り取ったヨシも同様に処理できる可能性はある。</p>
底泥の管理	背景	なし		
	目的			
	管理方法		頻度	
	実施主体		留意点と課題	
	備考			
底泥の処分	処分方法	なし	頻度	
	実施主体		留意点と課題	
底泥の再利用	再利用方法	なし	留意点と課題	

No. 17	ヨシ原による浄化施設
<p style="text-align: center;">運転・維持管理費用</p>	
<p>①運転管理費</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 電気代：約 30 万円/年 ・ 土木構造物管理、機械電機設備の点検費：約 80 万円/年 (周辺施設と合わせて計 5 施設で 400 万円/年) <p>②維持管理費</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 水質調査、底質調査：約 500 万円/年 	
<p style="text-align: center;">生物の生息</p>	
<p>確認されている貴重種：</p> <p>ゴキズル（希少種^{*2}）、トモ（絶滅危惧Ⅱ類^{*1}）、ミクリ（準絶滅危惧^{*1}、希少種^{*2}）、ジョウロウスゲ（希少種^{*2}）、エゾノマズタデ（絶滅危急種^{*2}）、イダオウ（絶滅危惧Ⅱ類^{*1}）</p> <p>*1「改定・日本の絶滅のおそれのある野生生物－レッドデータブック－ 8 植物Ⅰ（維管束植物）」（2000年、環境庁）</p> <p>*2「北海道の希少野生生物北海道レッドデータブック」2001</p>	
<p style="text-align: center;">住民参加等</p>	
<p>行政関係者への水質浄化見学会依頼の対応をしている。 (船上調査、浚渫見学、不定期年 7～8 回/平成 17 年度実績)</p>	
<p style="text-align: center;">これまでの課題と対応</p>	
<p>浄化施設を効率的に活用するため、水の流動を施設内で均一にする必要があり、施設内に壁を設け、流水が施設内を蛇行するように施設の改築を行った（平成 16 年度施工）。</p>	
<p style="text-align: center;">現状の課題と今後の方向性</p>	
<p>除去率をみると、T-N30%、T-P38%であり（平成 17 年調査）、浄化効果があることが伺える。しかし、浄化施設の流入水質と放流水質を比較すると、放流水の SS、COD 濃度が流入水の各濃度より高い傾向にある。また、施設内の流動調査を行った結果、流水が施設内全体を流動していないことが解った。さらに、施設内の土砂堆積箇所の一部は、嫌気的狀態となっており、強い硫化物臭がある。</p> <p>これらのことから、ヨシ刈り、地均し、水位調整などの維持管理手法を検討する予定である。</p>	

No. 18	山王川植生浄化実験施設（表面流れ方式）			
所在地	茨城県小美玉市	事業主体	国土交通省関東地方整備局 霞ヶ浦河川事務所	
	実験期間	平成8年10月 ～平成14年3月		
	流入水	霞ヶ浦流入支川 山王川		
	放流先	霞ヶ浦 堤脚水路		
	設置の背景	<p>霞ヶ浦の水質は、流域の開発により生活排水や工場排水、農地排水等からの栄養塩の流入が増加し、停滞水域のため植物プランクトンが異常発生するなど、富栄養化の様相を呈しており、霞ヶ浦へ流入する汚濁負荷の削減が必要とされている。</p> <p>本植生浄化実験は、今後の霞ヶ浦の水質保全のために植生浄化法の浄化機構を明確にし浄化効果の評価を行い、浄化手法として確立するために実施したものであり、植生浄化施設の設計・管理等についての実用化の検討を目的としている。</p>		
	目標水質	設定していない		
計画水量	1槽当たり 0.6 L/s を基本とし、全9槽で 5.4 L/s (0.0054m ³ /s)。 (1槽当たり 0.3～4.8 L/s の条件も検討している。)			
施設諸元	面積 (幅×長さ)	810m ² (W 3m×L 30m×9槽)	水深	0.1m (0.2m, 0.4m も検討)
	水面積負荷 (m ³ /m ² /日)	0.58 (0.29～4.6 も検討)	稼動期間	通年
	取水方式	矢板工による既存の堰を利用しポンプ取水している。		
	備考			
植生	植生種	植栽：ヨシ、マコモ、オオフサモ、ホザキノフサモ ホテイアオイ、ハゴロモモ		
	霞ヶ浦の周辺で自生し、かつ全国的にも一般的な水生植物の中から選定した。			
建設費				

施設の概要

<施設平面図：H13年度の条件>



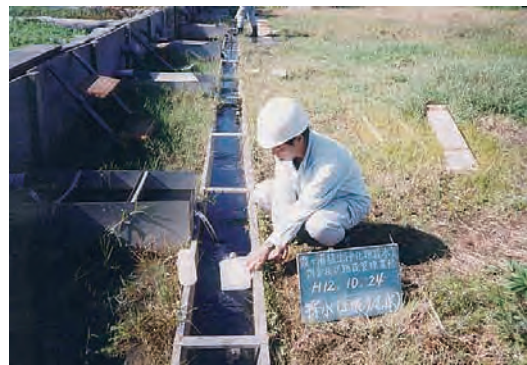
①山王川の取水地点



②各槽への分配



③各槽からの越流部

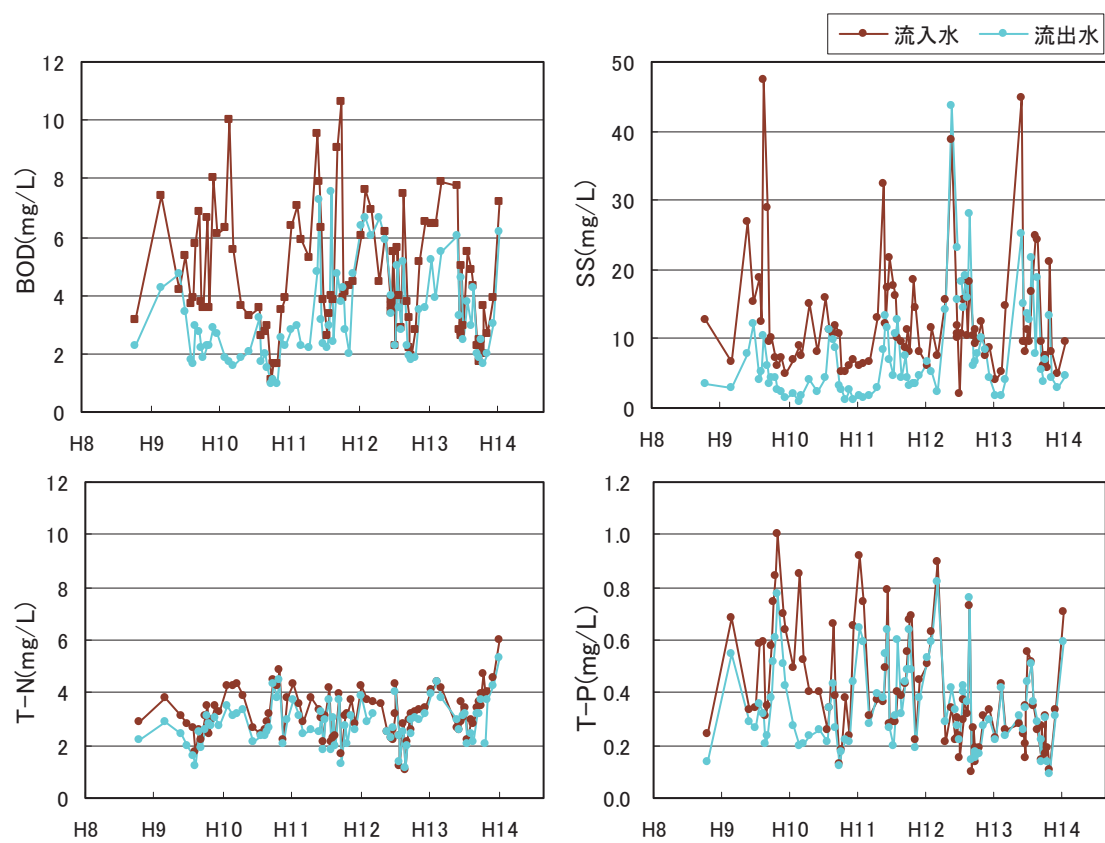


④各槽からの放流部

No. 18		山王川植生浄化実験施設（表面流れ方式、No. 1 槽：休耕田）	
水質		調査頻度及び項目 H8. 10～（本格的には H9. 5～）、原則夏期 2 回/月、冬期 1 回/月 BOD、COD、SS、T-N、T-P、N・P の各態、クロロフィル a 等	
項目	流入水質 (mg/L)	放流水質 (mg/L)	除去率 (%)
BOD	4.7	3.6	24
COD	7.9	7.9	-1
SS	12.1	5.2	57
T-N	3.21	2.76	14
T-KN	1.51	1.23	19
NH ₄ -N	0.91	0.70	23
T-P	0.418	0.333	20
対象期間	H8 年 10 月～H14 年 1 月		
平均化対象データ数	n = 80（ウキクサ枯死流出時の異常値 1 回を除く、T-KN, NH ₄ -N は n = 63）		
流入水の特徴		生活排水が多く流入している。	
放流水の特徴		経年的に、特に夏期に T-P で浄化効果が低下する傾向にあるが、平成 11 年以後の 4 回の底泥の干し上げ対策で低下傾向が抑えられた。	
水量	流入水量	ほぼ計画通り 0.58 L/s	
	出水時の対応	通常通り取水する。	

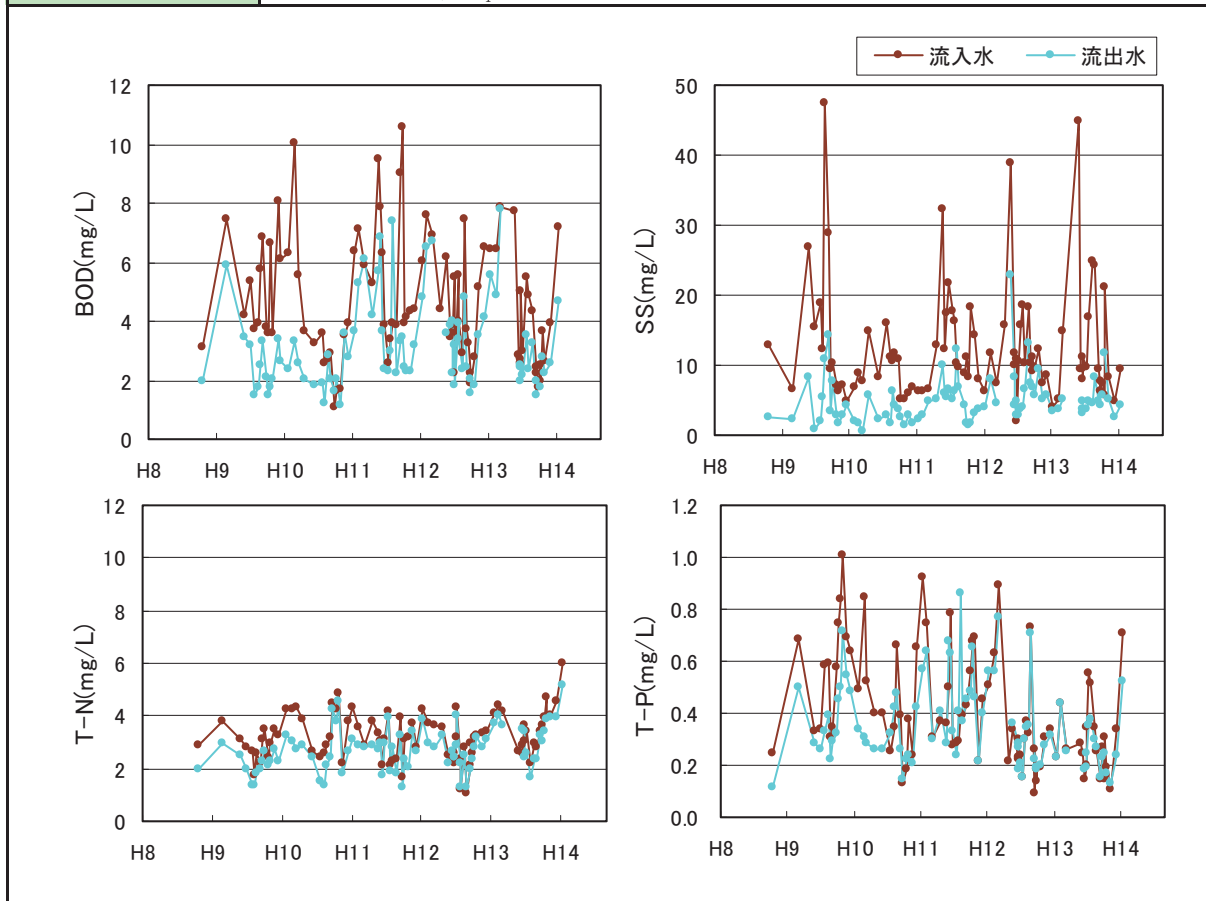
No. 18		山王川植生浄化実験施設（表面流れ方式、No. 8 槽：ヨシ）	
水質		調査頻度及び項目	H8. 10～（本格的には H9. 5～）、原則夏期 2 回/月、冬期 1 回/月 BOD、COD、SS、T-N、T-P、N・P の各態、クロロフィル a 等
項目	流入水質 (mg/L)	放流水質 (mg/L)	除去率 (%)
BOD	4.7	3.3	31
COD	7.9	7.3	8
SS	12.3	5.7	54
T-N	3.21	2.85	11
T-KN	1.51	1.14	24
NH ₄ -N	0.90	0.67	26
T-P	0.417	0.348	17
対象期間		H8 年 10 月～H14 年 1 月	
平均化対象データ数		n = 83 (T-KN, NH ₄ -N は n = 66)	
流入水の特徴		生活排水が多く流入している。	
放流水の特徴		経年的に、特に夏期に T-P で浄化効果が低下する傾向にあるが、平成 12 年以後の 2 回の底泥の干し上げ対策で低下傾向が抑えられた。	
水量	流入水量	ほぼ計画通り 0.59L/s	
	出水時の対応	通常通り取水する。	

No. 18	山王川植生浄化実験施設（表面流れ方式、No. 9 槽：ヨシ(刈取無)）		
水質	調査頻度及び項目	H8. 10～（本格的には H9. 5～）、原則夏期 2 回/月、冬期 1 回/月 BOD、COD、SS、T-N、T-P、N・P の各態、クロロフィル a 等	
項目	流入水質 (mg/L)	放流水質 (mg/L)	除去率 (%)
BOD	4.8	3.2	32
COD	8.0	7.4	7
SS	12.9	8.0	38
T-N	3.21	2.83	12
T-KN	1.55	0.97	38
NH ₄ -N	0.93	0.56	40
T-P	0.422	0.355	16
対象期間	H8 年 10 月～H14 年 1 月		
平均化対象データ数	n = 81 (T-KN, NH ₄ -N は n = 63)		



流入水の特徴		生活排水が多く流入している。
放流水の特徴		当初は年 1 回刈り取りを行っているヨシ槽より浄化効果が高かったが、刈り取り及び干し上げ対策もしておらず、経年的に浄化効果が低下した。
水量	流入水量	ほぼ計画通り 0.59L/s
	出水時の対応	通常通り取水する。

No. 18	山王川植生浄化実験施設（表面流れ方式、No. 6槽:マコモ）		
水質	調査頻度及び項目	H8. 10～（本格的にはH9. 5～）、原則夏期2回/月、冬期1回/月 BOD、COD、SS、T-N、T-P、N・Pの各態、クロロフィルa等	
項目	流入水質 (mg/L)	放流水質 (mg/L)	除去率 (%)
BOD	4.7	3.2	33
COD	7.9	7.3	8
SS	12.3	5.1	59
T-N	3.21	2.72	15
T-KN	1.51	1.05	30
NH ₄ -N	0.90	0.60	33
T-P	0.419	0.353	16
対象期間	H8年10月～H14年1月		
平均化対象データ数	n = 82 (T-KN, NH ₄ -N は n = 65)		



流入水の特徴	生活排水が多く流入している。	
放流水の特徴	経年的に、特に夏期に T-P で浄化効果が低下する傾向にあるが、平成 12 年以後の 2 回の底泥の干し上げ対策で低下傾向が抑えられた。	
水量	流入水量	ほぼ計画通り 0.59L/s
	出水時の対応	通常通り取水する。

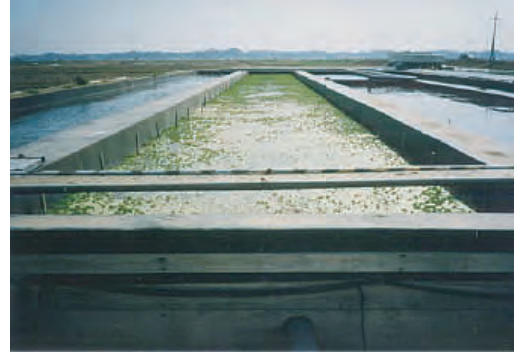
No. 18	山王川植生浄化実験施設（水耕法・直接植栽方式、No. 2 槽:オオフサモ）		
水質	調査頻度及び項目	H8. 10～（本格的には H9. 5～）、原則夏期 2 回/月、冬期 1 回/月 BOD、COD、SS、T-N、T-P、N・P の各態、クロロフィル a 等	
項目	流入水質 (mg/L)	放流水質 (mg/L)	除去率 (%)
BOD	5.0	2.0	60
COD	8.2	6.6	19
SS	12.4	2.1	83
T-N	3.22	2.24	31
T-KN	1.59	0.66	58
NH ₄ -N	0.95	0.31	68
T-P	0.450	0.334	26
対象期間	H8 年 10 月～H13 年 3 月		
平均化対象データ数	n = 62（オオフサモの枯死流出時の異常値 5 回を除く、T-KN, NH ₄ -N は n = 51）		
流入水の特徴	生活排水が多く流入している。		
放流水の特徴	利用した植生のうちで最も浄化効果が高く、植生が枯死した場合は枯死体を除去することにより浄化効果は回復した。T-P は他槽と同様に経年的に浄化効果が低下する傾向が見られた。		
水量	流入水量	ほぼ計画通り 0.59L/s	
	出水時の対応	通常通り取水する。	

植生の植付け

- ①槽はゴムシート張りにし、土壌厚は 60cm（下部に山砂 40cm、上部に現地土 20cm）とした。植生を用いた槽はこれに植栽したもので、休耕田槽は植栽をしなかった。
- ②ヨシ、マコモ槽は平成 8 年 10 月に近辺から採取した植生を、4 株/m²の密度（縦横 50cm 間隔）で 90m²の槽当たり 360 株移植した。
- ③オオフサモ槽（水耕法・直接植栽方式）は平成 8 年 10 月に近辺の堤脚水路から植生を採取し、0.11kg/m²の密度で 90m²の槽当たり 10kg 移植した。



植栽当初のヨシ槽



植栽当初のオオフサモ槽

住民参加

実験施設のため、特に行っていない。

運転・維持管理


- ①運転管理
- ・週 1 回を基本とし、ポンプの点検・清掃や施設の状況把握を行った。
- ②維持管理
- ・ヨシ、マコモは年 1 回（11 月）の刈り取りを基本とした。オオフサモは枯死した場合のみ除去することを原則とした。
 - ・泥の除去は行っていないが、還元状態となった底泥対策として干し上げを実施した。（右写真は休耕田槽の干し上げ状況）



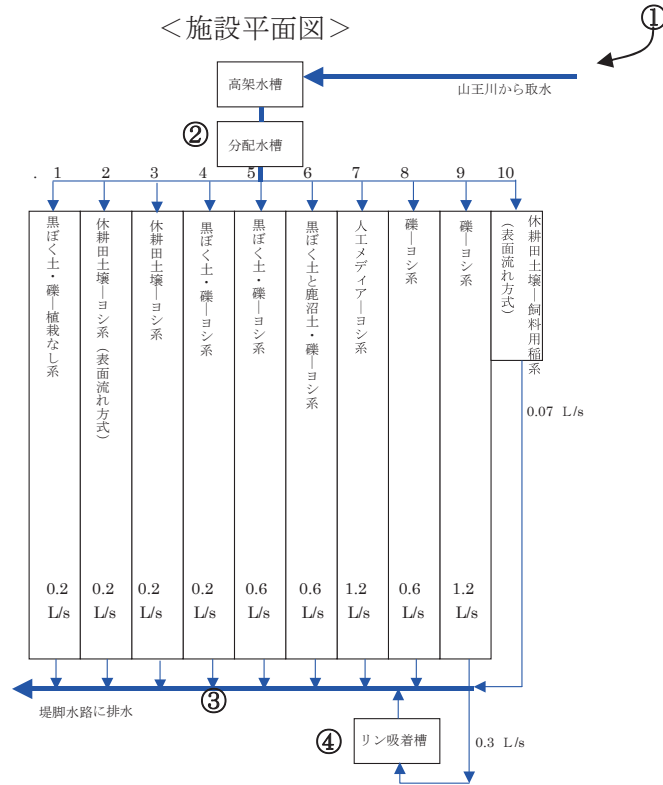
工夫等

- ①実施として休耕田を利用した場合を想定し、浸透集水管を入れ約 5%の水量（減水深として 29mm）を浸透流出水として取り出し負荷量収支を把握した。（下左写真は浸透流出水）
- ②自動観測装置を設置し、気象情報や取水状況を監視した。（下右写真は気象情報の自動観測装置）



No. 19	山王川植生浄化実験施設（浸透流れ方式）			
所在地	茨城県小美玉市	事業主体	国土交通省関東地方整備局 霞ヶ浦河川事務所	
 <p>施設設置当初の全景</p>	実験期間	平成 15 年 9 月 ～平成 19 年 1 月		
	流入水	霞ヶ浦流入支川 山王川		
	放流先	霞ヶ浦 堤脚水路		
	設置の背景	<p>霞ヶ浦の水質は、流域の開発により生活排水や工場排水、農地排水等からの栄養塩の流入が増加し、停滞水域のため植物プランクトンが異常発生するなど、富栄養化の様相を呈しており、霞ヶ浦へ流入する汚濁負荷の削減が必要とされている。本植生浄化実験は、今後の霞ヶ浦の水質保全のために植生浄化法の浄化機構を明確にし浄化効果の評価を行い、浄化手法として確立するために実施したものであり、植生浄化施設の設計・管理等についての実用化の検討を目的としている。</p> <p>本実験施設は平成 8 年から平成 14 年に実施した山王川表面流れ方式実験に対し、更に浄化効果の高い手法を検討する目的で計画されたものである。</p>		
	目標水質	T-N 及び T-P の除去率が、表面流れ方式以上（20～最大 40%）とし、目安として 50%以上を設定した。		
計画水量	土壌を用いた浸透流れ槽：0.2L/s を基本、他に 0.6L/s 礫を用いた浸透流れ槽：0.6L/s を基本、他に 1.2L/s 全 10 槽で 5.07 L/s (0.00507m ³ /s)			
施設諸元	面積 (幅×長さ)	840m ² (W 3m×L 30m×9槽、 W 3m×L 10m×1槽)	水深	土壌槽:0.1～0.4m 礫槽：基材面以下
	水面積負荷 (m ³ /m ² /日)	土壌槽:0.19、0.58 礫槽：0.58、1.15	稼動期間	通年
	取水方式	矢板工による既存の堰を利用しポンプ取水している。		
	備考	植生基材として、礫や人工メディアを用いた場合、溶解性リンの浄化効果は期待できないため、後段にリン吸着材を設けるハイブリッド構造を前提としている。		
植生	植生種	植栽：ヨシ（他に飼料用稲を使用）		
	霞ヶ浦の周辺での自生を前提とし、浸透流れ方式において浄化効果を高める要因となる地下への酸素の移送能力の観点でヨシを選定した。また、水質浄化とともにバイオマスの有効利用の観点から飼料用稲を選定した。			
建設費				

施設の概要



①山王川の取水地点



②各槽への分配



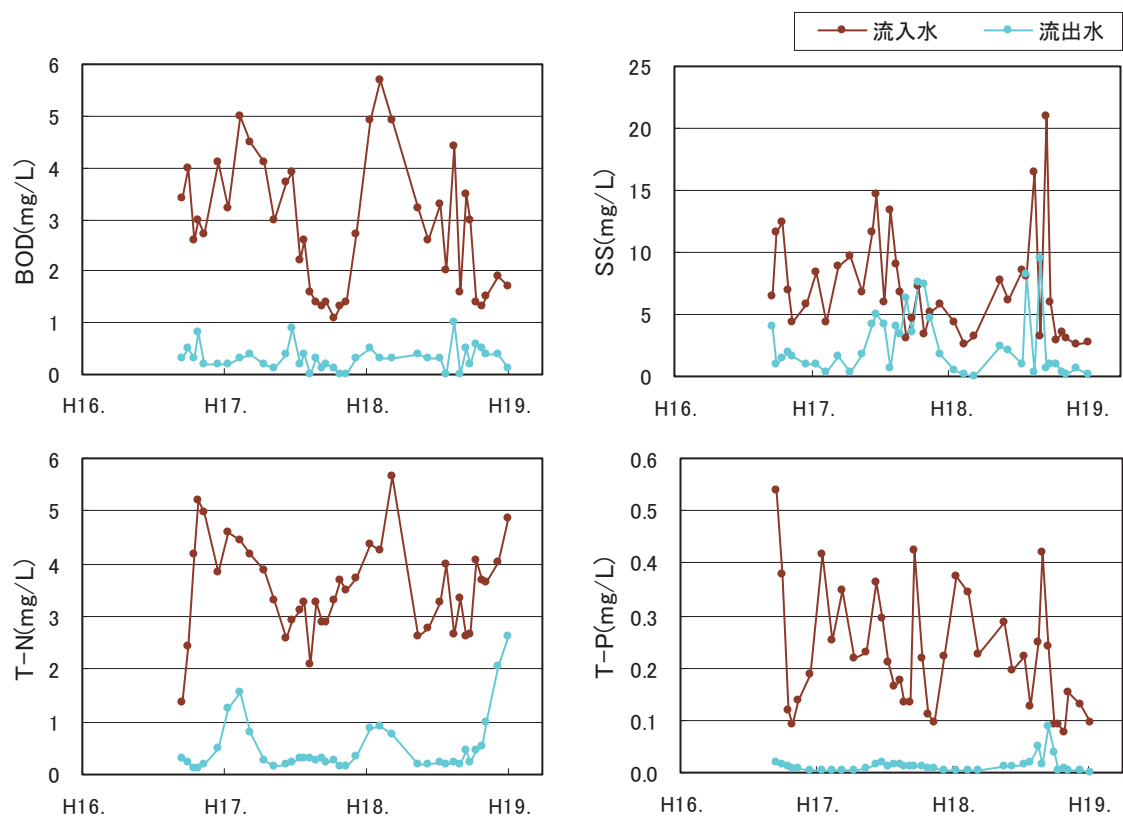
③浸透流れ槽からの流出部



④リン吸着実験槽

No. 19		山王川植生浄化実験施設 (浸透流れ方式、No. 1 槽: 黒ぼく土、植生なし、 水面積負荷 0.19m ³ /m ² /日)	
水質		調査頻度 及び項目	
		H16. 9～、原則夏期 2 回/月、冬期 1 回/月 BOD、COD、SS、T-N、T-P、N・P の各態、クロロフィル a 等	
項目	流入水質 (mg/L)	放流水質 (mg/L)	除去率 (%)
BOD	2.9	0.6	78
COD	5.7	3.6	37
SS	7.0	0.5	92
T-N	3.53	1.52	57
T-KN	1.19	0.74	37
NH ₄ -N	0.37	0.50	-36
T-P	0.223	0.022	90
対象期間	H16 年 9 月～H19 年 1 月		
平均化対象データ数	n = 37		
流入水の特徴		生活排水が多く流入している。 経年的には、水質は改善傾向にあり、特に T-P で顕著である。	
放流水の特徴		冬期に T-N、夏期に T-P で浄化効果が僅かに低下するが、経年的には安定している。ただし、植生がない場合にはつまり易く、透水性回復のための干し上げ対策が年 1 回程度は必要である。	
水量	流入水量	ほぼ計画通り 0.19 L/s	
	出水時の対応	通常通り取水する。	

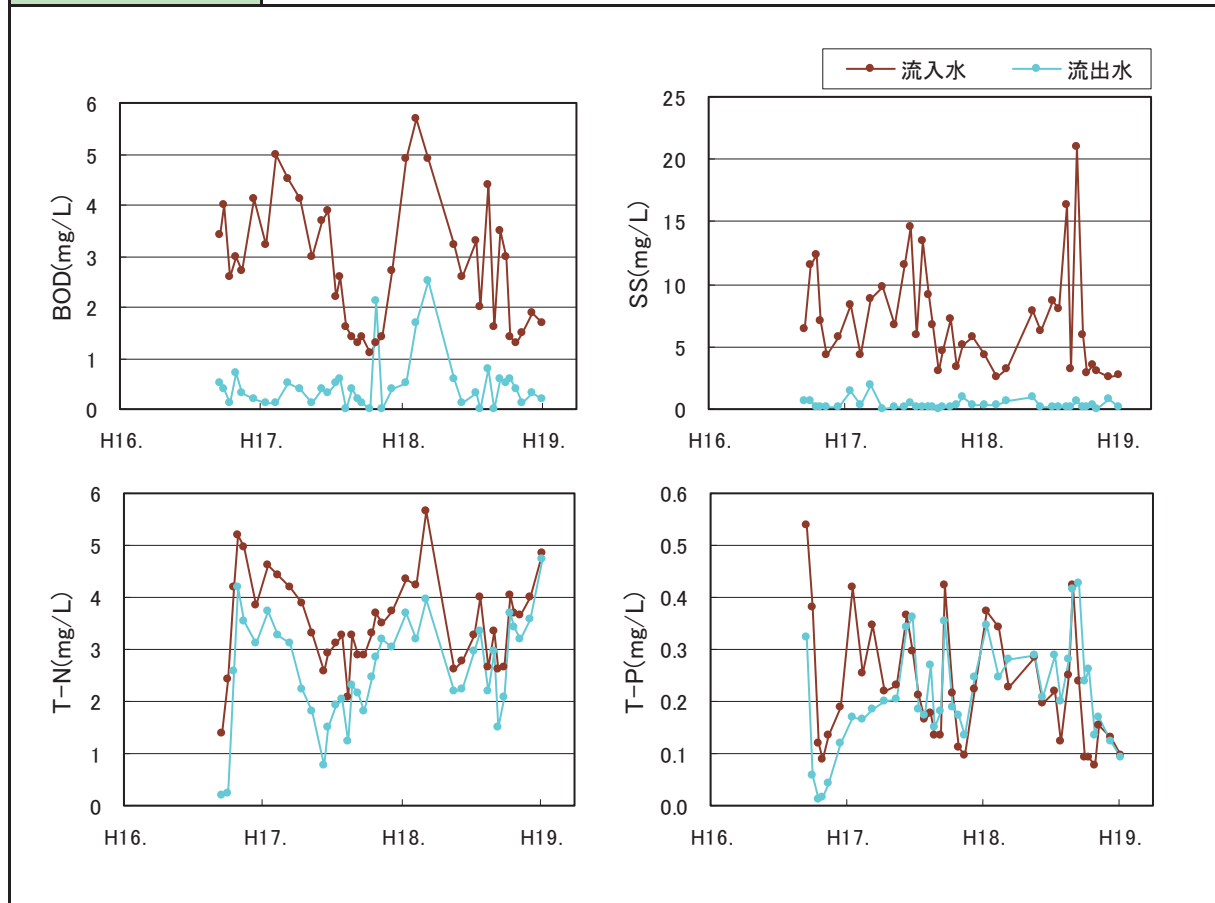
No. 19	山王川植生浄化実験施設（浸透流れ方式、No. 4 槽：黒ぼく土、ヨシ、 水面積負荷 0.19m ³ /m ² /日）		
水質	調査頻度 及び項目	H16. 9～、原則夏期 2 回/月、冬期 1 回/月 BOD、COD、SS、T-N、T-P、N・P の各態、クロロフィル a 等	
項目	流入水質 (mg/L)	放流水質 (mg/L)	除去率 (%)
BOD	2.8	0.3	89
COD	5.7	3.5	38
SS	7.1	2.5	64
T-N	3.52	0.49	86
T-KN	1.19	0.24	80
NH ₄ -N	0.38	0.08	78
T-P	0.225	0.013	94
対象期間	H16 年 9 月～H19 年 1 月		
平均化対象データ数	n = 40		



流入水の特徴	生活排水が多く流入している。 経年的には、水質は改善傾向にあり、特に T-P で顕著である。	
放流水の特徴	ヨシの存在により T-N, T-P で No. 1 槽（植生なし）より効果が高い。 連続運転の為、主に夏期に鉄の溶出に伴う SS の上昇が見られたが、平成 18 年 8 月の 1 週間の干し上げ対策で改善できた。	
水量	流入水量	計画通り 0.2L/s ヨシの存在により、透水性が維持され、連続運転が可能であるが嫌気化改善の為の干し上げ対策は必要である。
	出水時の対応	通常通り取水する。

No. 19		山王川植生浄化実験施設（浸透流れ方式、No. 5 槽：黒ぼく土、ヨシ、 水面積負荷 0.58m ³ /m ² /日）	
水質		調査頻度及び項目 H16. 9～、原則夏期 2 回/月、冬期 1 回/月 BOD、COD、SS、T-N、T-P、N・P の各態、クロロフィル a 等	
項目	流入水質 (mg/L)	放流水質 (mg/L)	除去率 (%)
BOD	2.8	0.4	86
COD	5.6	3.3	41
SS	7.0	1.0	86
T-N	3.54	1.80	49
T-KN	1.17	0.44	63
NH ₄ -N	0.37	0.07	82
T-P	0.228	0.061	73
対象期間	H16 年 9 月～H19 年 1 月		
平均化対象データ数	n = 35		
流入水の特徴		生活排水が多く流入している。 経年的には、水質は改善傾向にあり、特に T-P で顕著である。	
放流水の特徴		高負荷条件のため基本条件（No. 4 槽）に比べ T-N の浄化効果が低く、また T-P の浄化効果の低下が見られた。	
水量	流入水量	計画（0.6L/s）より 2 割減の 0.45L/s 透水性の維持のために年 1 回の夏期の干し上げ対策が必要である。	
	出水時の対応	通常通り取水する。	

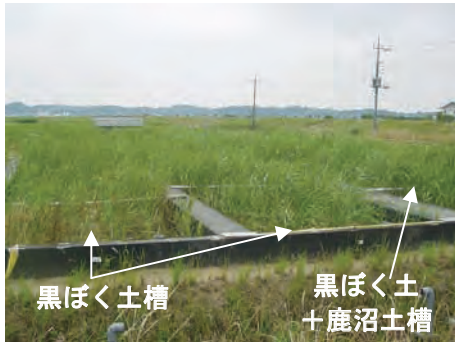
No. 19	山王川植生浄化実験施設（浸透流れ方式、No. 8 槽：礫、ヨシ、 水面積負荷 0.58m ³ /m ² /日）		
水質	調査頻度 及び項目	H16. 9～、原則夏期 2 回/月、冬期 1 回/月 BOD、COD、SS、T-N、T-P、N・P の各態、クロロフィル a 等	
項目	流入水質 (mg/L)	放流水質 (mg/L)	除去率 (%)
BOD	2.8	0.5	84
COD	5.7	3.2	44
SS	7.1	0.3	95
T-N	3.52	2.62	26
T-KN	1.19	0.45	62
NH ₄ -N	0.38	0.09	77
T-P	0.225	0.212	6
対象期間	H16 年 9 月～H19 年 1 月		
平均化対象データ数	n = 40		



流入水の特徴	生活排水が多く流入している。 経年的には、水質は改善傾向にあり、特に T-P で顕著である。	
放流水の特徴	T-N や T-P の除去率は黒ぼく槽より低いが、T-P は後段にリン吸着槽を 設ける事により、目標水質が得られた。	
水量	流入水量	計画 (0.6L/s) の 1 割減の 0.52L/s 水面を持たせないことにより、透水性は維持された。
	出水時の対応	通常通り取水する。

植生の植付け

- ①槽はゴムシート張りにし、黒ぼく土槽は集水部に礫（ $\phi 10\text{mm}$ ）を20cm、その上の黒ぼく土厚は40cmとした。前施設（H8.10～H14.3の実験）のヨシから苗を採取し、4株/ m^2 の密度（縦横50cm間隔）で90 m^2 の槽当たり360株移植した。
- ②礫層は礫のみ60cmの厚さとし、黒ぼく土槽と同様の方法で植栽した。
- ③人工メディア槽は直径5cm、深さ10cmの穴を開け、その中に礫を詰め、そこにヨシを植栽したが、活着が悪く活着したヨシも3年目には殆ど枯死した。



植栽当初の黒ぼく土槽



植栽当初の人工メディア槽と礫槽

住民参加

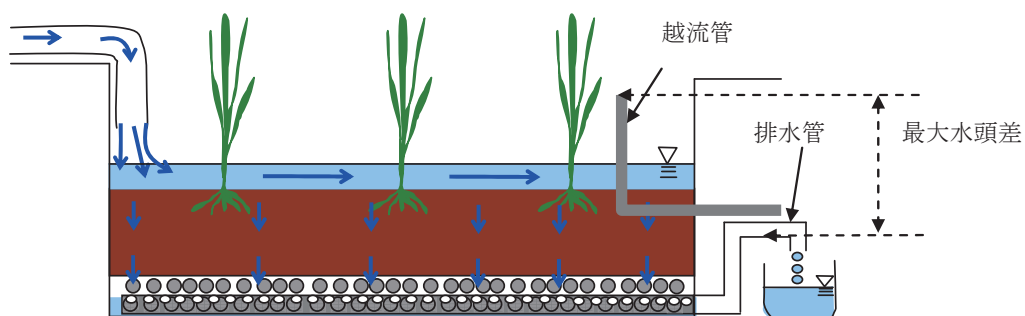
- ・実験施設のため、特に行っていない。

運転・維持管理

- ①運転管理
 - ・週1回を基本とし、ポンプの点検・清掃や施設の状況把握を行った。
 - ・透水性が低下し水深が大きくなった場合は、排水位を低下させた。
- ②維持管理
 - ・植生の維持管理は行っていない。（ただし、飼料用稲のみは毎年の植え付けと収穫を実施）
 - ・排水位を低下させても改善されない場合は干し上げ対策を実施した。
 - ・干し上げ対策は、嫌気化した土壌の改善にも効果があった。

工夫等

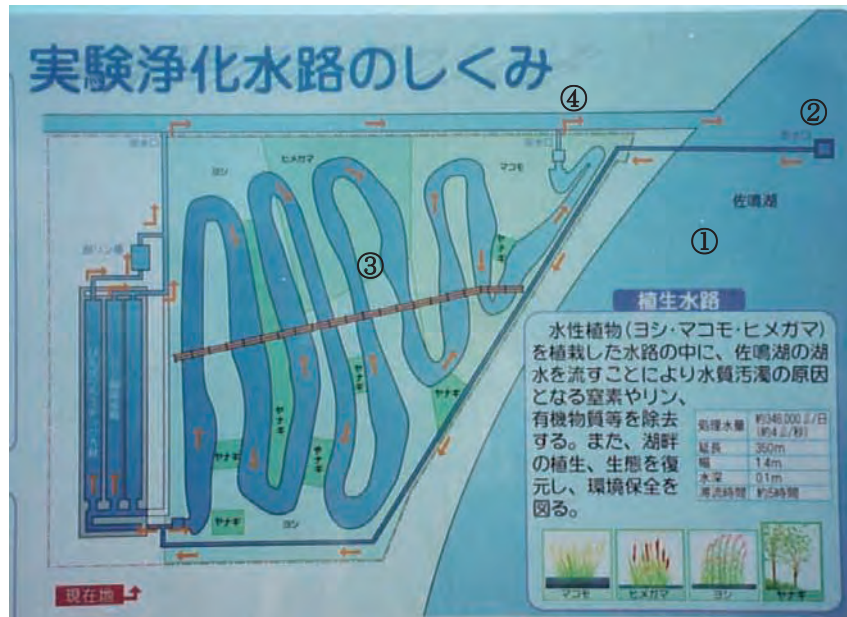
- ①透水性の低下を想定し、排水位の調整と干し上げができる構造とした（下図）。
- ②礫槽の処理水について様々な吸着材を用いたリン吸着実験を実施した。



No. 20	佐鳴湖植生浄化実験水路			
所在地	静岡県浜松市	事業主体	静岡県 浜松土木事務所	
	供用開始			
	平成9年5月			
	流入水	都田川水系 新川 (佐鳴湖)		
	放流先	都田川水系 新川 (佐鳴湖)		
設置の背景	湖内の水質は、昭和40年代以降の周辺地域での開発により生活雑排水等の流入で悪化した。そこで、水質改善の一手法として、水生植物による植生施設での浄化対策を図るため北岸で実験を行った。また、試験的に南岸では植栽を行い、これらの実験、試験結果を踏まえた植生施設を一部南岸に完成させた。			
目標水質	—			
計画水量	4 L/s (0.004m ³ /s)			
施設諸元	水路面積 (施設面積)	490m ² (350m×1.4m) (2,000m ²)	水深	0.1m
	水面積負荷 (m ³ /m ² /日)	0.71	稼動期間	通年
	取水方式	ポンプ取水		
	備考			
植生	植生種	植栽：ヨシ、マコモ、ヒメガマ		
建設費	総工費 1,921 万円 内訳 土工・水路工 445 万円 取水・導水施設等 291 万円 植栽工 895 万円 管理用通路・外柵等 290 万円 他に、併設の浄化実験水路は 1,432 万円			

施設の概要

植生浄化水路の施設概要



①施設周辺の佐鳴湖の状況



②取水地点

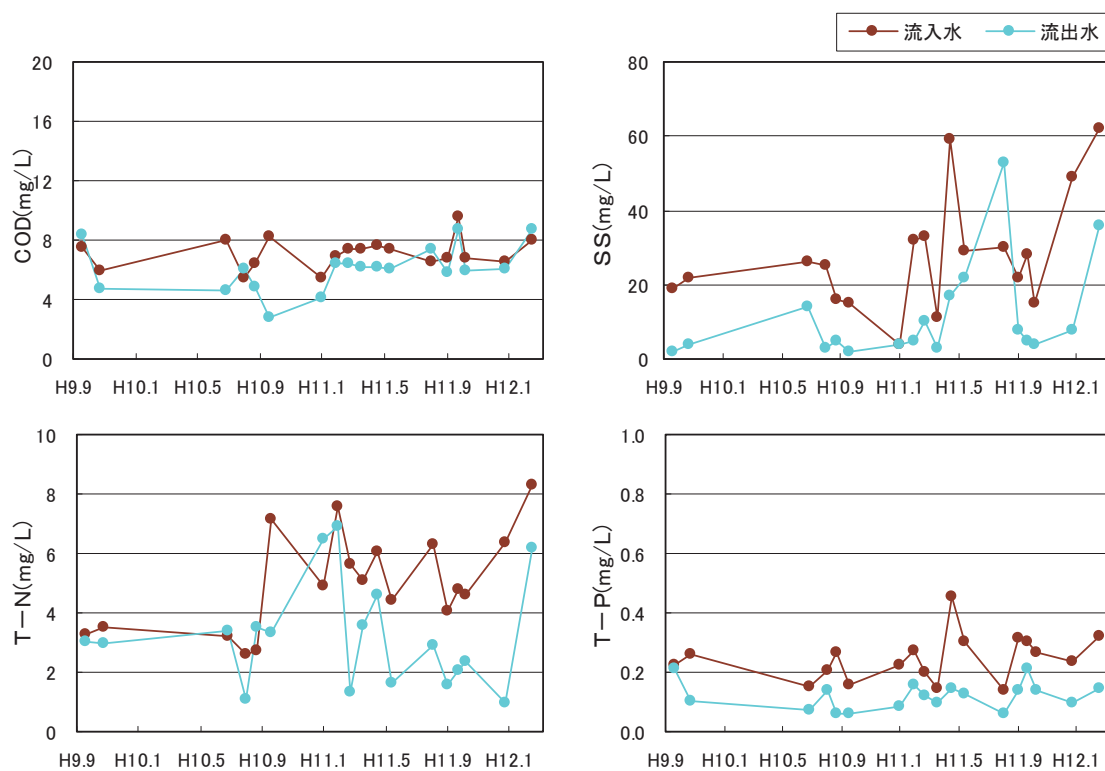


③施設内部



④放流される水路

No. 20	佐鳴湖植生浄化実験水路		
水質	調査頻度及び項目	平成9年10月より開始し、平成10,11年度は1回/月の調査。BOD、COD、SS、T-N、T-P、N・Pの各態等	
項目	流入水質 (mg/L)	放流水質 (mg/L)	除去率 (%)
BOD	5.8	4.6	21
COD	7.1	6.1	14
SS	27.6	11.4	59
T-N	5.04	3.22	36
T-P	0.247	0.121	51
D-T-N	4.29	2.81	34
D-T-P	0.098	0.060	39
対象期間	平成9年10月～平成12年3月		
平均化対象データ数	n=18 (ただし、BODのみn=10)		



流入水の特徴	汽水域であり塩分が0.01～0.5%程度である。また、窒素が高く溶解性の窒素がほとんどである。	
放流水の特徴	N, Pの浄化効果は通年であり、特に溶解成分の浄化効果が高い。	
水量	流入水量	1.5 L/s (0.0015m ³ /s)
	出水時の対応	通常時と同様にポンプ取水をしている。

No. 20	佐鳴湖植生浄化実験水路
植生の植付け	<p>①特にヨシの生長が良く、植栽後 3 年目までは年度を経過する毎に春先の伸張速度が大きくなり、N,P の取り込み量の増加も確認された。</p> <p>②ヒシとツルヨシは汽水性の流入水に適応できなかった。</p> <p>③植生の安定とともに施設内の魚類や底生生物なども多様化した。</p>
住民参加	<p>①水質浄化実験には、2 つの住民団体が関与している。</p> <p>②佐鳴湖をフィールドとして環境保全などをテーマに 19 の住民団体が活動している。</p>
維持管理	<p>年 1 回刈り取りを実施し、刈取り費用は 120 円/m²。刈り取った植生は産廃処理を行っている。</p>
工夫等	<p>①流入水量はバルブで調整</p>  <p>②汚泥回収のための U 字溝の設置</p>  <p>③南岸での試験的な植栽</p> 

財団法人 河川環境管理財団
河川環境総合研究所

編集者：久保田 一

小島 富士夫

〒103-0001

東京都中央区日本橋小伝馬町 11-9

住友生命日本橋小伝馬町ビル

TEL 03-5847-8304

FAX 03-5847-8309

<http://www.kasen.or.jp>