ISSN 0386 - 586X

土 木 研 究 所 彙 報

TECHNICAL NOTE OF PUBLIC WORKS RESEARCH INSTITUTE

第 66 号
Vol. 66

河川、湖沼、ダム貯水池等の浄化手法についての総合的検討

Publication of Conprehensive Countermeasure in River and Then River Basin

平成 10 年 3 月
March 1998

建 設 省 土 木 研 究 所

PUBLISHED BY
PUBLIC WORKS RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF CONSTRUCTION

1, Asahi, Tukuba-Shi, Ibaraki-ken, 305-0804 Japan

Copyright © (1998) by P. W. R. I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P. W. R. I.

この報告書は，土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載，複製は，土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

土木研究所彙報
第66号1998年3月

Technical Note of PWRI
Vol. 66 March 1998

河川、湖沼、ダム貯水池等の浄化手法についての総合的検討

田中宏明*
横田敏宏**

Publication of Conprehensive Countermeasure in River and Then River Basin

Hiroaki TANAKA
Toshihiro YOKOTA

要旨

本報告は、水質連絡会を通して研究を行った「河川・湖沼・ダム貯水池等の浄化手法についての総合的検討」をとりまとめたものである。

本書は、これまで全国各地で実施されてきた各種水域浄化手法をとりまとめた上で，そのうち河川、湖沼等公共用水域で一般的に適用実績の多い手法についての事例も交えての概説、さらに、新しい取り組みとして行われた研究成果及び各地の浄化施設の稼働状況についてまとめたものである。

キーワード：河川直接浄化、維持管理、アンケート、汚泥

Synnopsis:

The present report describes "Publication of Comprehensive Countermeasure In River And Then River Basin" which was taken by the joint research in the water quality meeting.
This report.

It has been carried out so far in each place in the whole country, variously, waters purification technique.

Summary about the general technique which actual results are abundant in.

The research result done as a new engaging, and the operating conditions of River water purification plants of each place.

Key words: River water purification plants, maintenance, questionnaire, sludge

---

平成10年1月22日原稿受理日 (Received on January 22, 1998)

* 下水道部水質研究室長
** 下水道部水質研究室研究員

目　　次

はじめに

第Ⅰ編　総　　論……1
1．水域浄化手法の基礎知識……1
1.1　水域浄化の目的……1
1.2　水質浄化に係わる各種事業……1
2．水域浄化手法の概要……5
2.1　水域浄化手法の原理……5
2.2　水域浄化手法の分類……6
2.3　水域における浄化対象項目とその特性……9
2.4　浄化水質項目と水域浄化手法……9
2.5　水域浄化手法の内容……12
2.5.1　各種の水域浄化手法……12
2.5.2　流域内対策各論……15
2.5.3　河川内対策各論……21
2.5.4　湖沼内対策各論……37
3．河川等で使われる水域浄化手法……52
3.1　接触酸化法……52
3.1.1　礫間接触酸化法……52
3.1.2　木炭接触酸化法……62
3.1.3　その他の接触酸化法……65
3.2　土壌浸透法……70
3.2.1　トレンチ方式……71
3.2.2　オーバーランド方式……73
3.3　植生浄化法……77
3.3.1　抽水植物……78
3.3.2　浮標植物……84
3.4　凝集沈殿法……89
3.5　その他の水処理技術……94

第Ⅱ編　浄化手法各論……97
はじめに……97
1．都市排水路における浄化手法（土木研究所）……99
1.1　はじめに……99
1.2　実験装置……99
1.3　実験結果……101
1.4　考　察……103
1.5　まとめ……104
1.6　今後の課題……104
2．家畜・畜産排水における浄化手法（北海道開発局）……105
2.1　概要および目的……105
2.2　畜産排水の性状……105

2.3 土壌の持つ浄化能……106
2.4 土壌浸透法による影響……108
2.5 実験結果および考察……110
2.6 土壌浸透法の浄化効果……112
2.7 土壌浸透法適用に関わる費用……114
2.8 土壌浸透法の問題点……114
3．都市排水路における浄化手法（東北技術事務所）……115
3.1 調査目的……115
3.2 調査概要……115
3.3 各接触材による浄化効果……116
3.4 汚泥堆積による滞留時間減少の影響……119
3.5 堆積汚泥や接触材の処理・再利用方法……121
3.6 接触酸化法の適用性（接触材、流入水質、流量、維持管理）……123
4．農業排水における浄化手法（関東技術事務所）……127
4.1 はじめに……127
4.2 調査の目的……127
4.3 調査結果……128
5．家庭雑排水における浄化手法の検討（北陸技術事務所）……133
5.1 はじめに……133
5.2 調査概要……133
5.3 既存施設の調査及び現地調査の概要……133
5.4 各手法における特徴と効果……133
5.5 啓蒙・啓発活動……141
6．農業排水における浄化手法（中部技術事務所）……149
6.1 はじめに……149
6.2 調査方法及び調査結果……149
6.3 まとめ……157
7．都市排水路における浄化手法（近畿技術事務所）……159
7.1 調査背景及び目的……159
7.2 調査方針及びフロー……159
7.3 室内予備実験……160
7.4 連続通水プラント実験……163
7.5 実験結果の総括……170
8．家庭における浄化手法（中国技術事務所）……171
8.1 はじめに……171
8.2 浄化実験概要……171
8.3 浄化実験結果及び考察……176
8.4 浄化実験のまとめ……179
8.5 今後の課題と展望……179
8.6 生活雑排水の戸別および集合処理の概要……181
9．農業排水における浄化手法（四国技術事務所）……185
9.1 調査目的……185
9.2 調査概要……185
9.3 調査結果および考察……188
9.4 実際の浄化システムの検討……195

9.5　今後の検討課題……197
10. 家畜・畜産排水における浄化手法（九州技術事務所）……199
10.1　調査の目的……199
10.2　実験で用いる浄化手法の選択……199
10.3　室内実験……201
10.4　野外実験結果……202
10.5　有用微生物菌による効果確認実験……204
10.6　処理槽の維持管理……206
10.7　畜産農家への施設の適応性……206
10.8　今後の課題……206

第III編　水質浄化施設の実態調査……209
1．実態調査の方法と内容……209
2．河川及び水路での直接浄化事業のアンケート結果……214
2.1　アンケート調査の目的と方法……214
2.2　アンケート結果……214
2.3　まとめ……220

平成６，７，８年度　共同研究テーマ

河川，湖沼，ダム貯水池等の浄化手法についての総合的検討

平成９年９月

建設省 技術管理部会

水 質 連 絡 会

はじめに

近年、河川・湖沼の水質は徐々に改善されているが、生活雑排水、農業排水、畜産排水などの対策の遅れから、都市や農村を問わずに未だBODに代表される有機物の汚濁が著しい中小河川、水路が多くみられる。

しかしながら、最近は地域住民の環境問題への関心の高まりとともに、身近な水環境の回復・創出や生態系の保全への期待がますます高まっている。河川では、水利用の高度化、取排水地点の複雑化および水道の水質の安全性や快適性に対する要請への高まりに伴い、微量化学物質や異臭味原因物質など水質管理が多様な水質項目に関して行われる必要性も高まっている。

また、湖沼・ダム貯水池では、富栄養化現象により藍藻類や鞭毛藻類などが異常増殖し、アオコ、淡水赤潮による景観障害、水道水の異臭味障害などの問題を引き起こしており、早急な解決が望まれている。

このような背景のもと、より早急な浄化対策を実施するためには、生活雑排水、農業排水、畜産排水が流入する中小河川、水路そのものの水を浄化対象とし、中でも比較的汚濁物質の濃度が高い少量の水を浄化することが有効となる。したがって、有機物、栄養塩類などの汚濁物質の除去効率がすぐれ、維持管理も容易な浄化手法の開発が重要な課題となってきている。

水質改善が遅れている河川、湖沼等の水質改善を図るためには、下水道整備を早急に行う必要がある。また、一方で、下水道未整備地域を中心に家庭雑排水や小規模工場排水に対して、河川や水路で直接浄化事業が展開されている。さらに、閉鎖性水域の富栄養化対策として、このような事業が行われることもある。このような河川および水路での直接浄化事業は近年、増加の一途をたどっているが、効果評価が十分になされているとはいいがたく、また既存の浄化施設に関する情報も限られている。

そこで、建設技術協議会技術管理部会水質連絡会（建設省河川局河川環境課、土木研究所水質研究室、建設省各地方建設局技術事務所水質試験課、北海道開発局開発土木研究所環境研究室で構成）では、平成6年度から平成8年度までの3年間に河川、水路での直接浄化事業に対し、その現状を調査し、効果の評価を行うとともに、必要に応じて改善策を検討すること、さらには「清流ルネッサンス21」をはじめとする河川の総合的な水質保全計画立案と緊急対策の実施に資することを目的とした調査を行った。

本書は、この3年間の研究内容をまとめたものである。まずこれまで全国各地で実施されてきた各種水域浄化手法をとりまとめた上で、そのうち河川・湖沼など公共用水域で一般的に適用実績の多い手法について事例も交えて概説している。また、新しい取組みとして行われた研究成果および各地の浄化施設の稼働状況についても、併せて報告する。

本書が、河川・湖沼・ダム貯水池などにおける水域浄化対策の担当者をはじめ、水質浄化に関係する技術者に広く活用されますとともに、水環境保全に対する理解の一助となることを期待する。

本報告書は、次の3編から構成されている。

I　総論：水域浄化手法の基礎知識

II　浄化手法各論：水域浄化計画の事例とポイント

III　水質浄化施設の実態調査：水域浄化事業の現状

I　総論は、水域浄化対策に関する基本的な事項をまとめたものである。一般的な水域浄化手法を浄化機能、適用水域の観点から分類、整理し、さらにその中で主要な浄化手法について、既往の調査・研究から得られた知見をもとに概説する。

II　浄化手法各論においては、各地で設置・稼働している浄化施設で得られている知見をもとに、浄化施設を計画・設計する際の具体的な手順、留意事項をまとめる。

III　水質浄化施設の実態調査では、今後の浄化施設の維持管理に資するよう、各浄化施設を対象として実施したアンケート調査をもとに、浄化施設の稼働状況、浄化効果、問題点などを整理している。

本報告書は、河川、湖沼、ダム貯水池の水域浄化に係わる計画、浄化技術、設計に当って参考とするものである。

水域浄化手法は、(1)流域内における汚濁流出抑制技術、(2)河川における水質改善技術、(3)湖沼における水質改善技術に分類される。水域の水質改善という点では、既に下水道をはじめとして、浄化槽、あるいは排水規制などの各種施策が実施されており、技術的に確立されているものも少なくないが、ここでは河川、湖沼、ダム貯水池を対象とした「水域直接浄化手法」を対象とする。

なお、本報告書の利用にあたっては、次のような点に留意する必要がある。

◎「水域直接浄化手法」の対象は、汚濁の主要な原因となっている生活排水、農業畜産排水などを多く含む中小支川、用排水路である。これらは、一般に流量が小さく汚濁負荷が大きい特徴を有しているもので、浄化施設の設置が効果的な対策として期待できるものである。

◎下水道などの他の浄化施策の進捗状況・計画により、水域浄化事業の内容は異なったものとなる。このため、当該水域の特性を十分に考慮し、また各水域に求められている治水、利水機能に支障のないように検討する必要がある。

◎浄化効果は対象とする水質（例えば、有機物のBOD／COD比、有機物や栄養塩類に含まれる浮遊性成分の割合など）により異なる。このため、実際に水質浄化施設を設置するに当たっては、ここに示した事例を参考に、各水域の特性を十分に把握することが必要である。

Ⅰ 総　論

1．水域浄化手法の基礎知識

1.1 水域浄化の目的

■目的

水域浄化とは、下水道整備や排水規制など汚濁負荷を削減するための抜本的な汚濁源対策だけでは、十分な効果を発揮していない段階にある場合等で、河川や湖沼等の水域そのものの浄化機能を促進するか、直接的に浄化し、その水質改善を図り、水環境を保全しようとするものである。

■背景

公共用水域（河川、湖沼、ダム貯水池など）においては、水量の確保とともに水質浄化および保全が水域環境の向上において重要な課題となっている。特に、水遊びや魚釣りなどの親水活動に対する要望や生活環境としての水辺における清澄な水の確保が求められている。

また、河川、湖沼、ダム貯水池における水域浄化対策は、平成９年９月に改正された河川法第１条の目的の１つに「流水の正常な機能が維持され、及び河川環境の整備と保全がされるように、これを総合的に管理すること」により規定されている。

■現状

公共用水域の水質汚濁の状況(平成６年度)をみると、環境規準類型があてはめられている河川2,447水域、湖沼128水域、海域581水域での生活環境項目（BOD, COD)の環境規準達成状況は、それぞれ79.2%, 40.6%, 67.9%となっている。これは、一時に比べれば改善されてはいるものの、都市周辺部の中小河川においては水質汚濁問題が深刻なところは少なくない。

ポイント：最近の水質汚濁問題

近年，飲料水としての安全でおいしい水の供給が重要な課題となっている。

① 安全な水

平成５年度に新たに農薬，ハロゲン化合物などの水質項目が環境基準に追加された。さらに，発癌性が指摘されているトリハロメタンなどの微量有害物質の浄水過程における生成(フミン質などの有機物と塩素が反応)の問題も生じている。

② おいしい水

異臭味の発生は，フミン質や藻類由来の2-ＭＩＢやジオスミンが主たる原因物質といわれており，湖沼を水源とする河川や有機汚濁の著しい小河川などで問題が生じている。

1.2 水質浄化に係わる各種事業

水環境の改善を図るため、河川においても様々な事業が実施されている。

●清流ルネッサンス21

水質汚濁の著しい河川、湖沼などのうち、地元市町村や地域住民が中心となって良好な水環境の創出によって生活環境を改善すべく様々な取組みが展開されている水域を選定し、今世紀中に良好な水環境への改善を図るため、河川事業、下水道事業を緊急的、重点的に実施し、積極的に支援していく仕組みである。

●水質浄化対策

■河川環境整備事業

▼浄化用水導入

水量が小さく汚濁した河川に対し清浄な河川水あるいは下水の高度処理水を導水

▼浚渫

悪臭や栄養塩類の溶出による富栄養化の原因になる河床、湖底に堆積した汚泥を除去。

▼直接浄化

流水から直接汚濁負荷を取り除く施設（礫間接触酸化浄化施設など）を設置。

■総合浄化対策特定河川事業

本川に流入する負荷のうち一定以上の割合をもつような汚濁の著しい普通河川に、本川浄化を目的とした浄化施設（河川管理施設）を設置するものである。

■ダム貯水池水質保全事業

水質汚濁の著しいダム貯水池における水質保全対策として、富栄養化や濁水の長期化などの防止、軽減を図る。

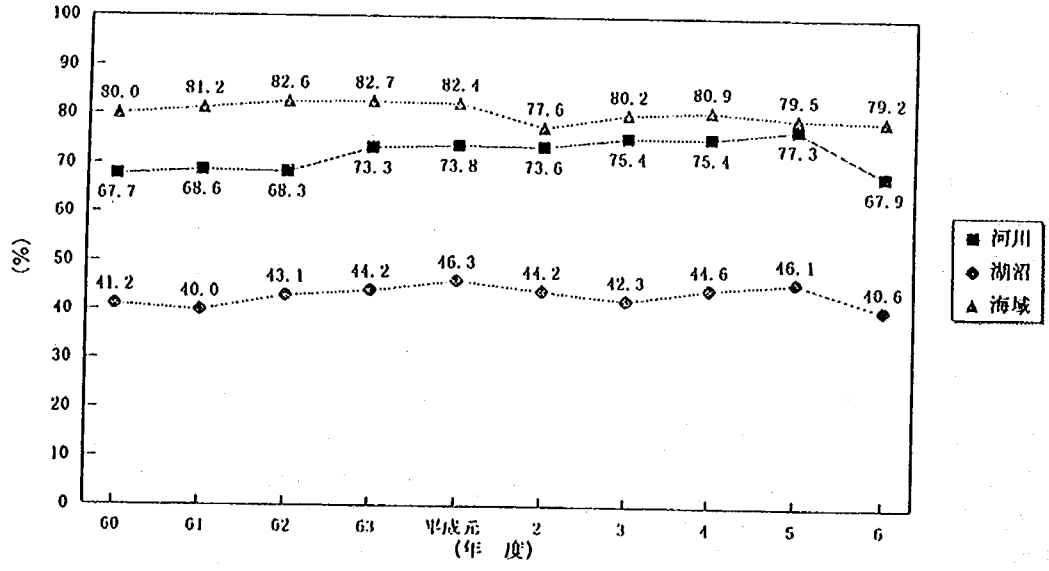
■流水保全水路整備事業

水利用が高度化している河川において、河道内に新たに低水路を設置して清浄な水と汚濁した水を分離することにより、河川の清浄な流れを創出する。

水質問題の変遷と法律，水域浄化の沿革

	●水質問題	●法律の整備	●水域浄化
昭和30年代	水俣病，イタイイタイ病などの発生 公害，水質汚濁が表面化		
昭和40年代	都市域の有機汚濁の顕在化	昭和42年　公害対策基本法 昭和45年　水質汚濁防止法 昭和46年　水質環境基準設定	(1) 発生源対策 ・排水規制 ・下水道などの整備 (2) 河川環境の改善 ・河床の浚渫 ・浄化用水導水
	水質は若干改善されたが， 環境基準達成率は低い．		昭和48年　多摩川での浄化実験開始
昭和50年代	閉鎖性水域の富栄養化現象が社会問題となる．	昭和52年　水質汚濁防止法に総量規制が導入 昭和57年　窒素，リンの環境基準設定 昭和59年　湖沼水質保全特別措置法	昭和52年　淀川で水質保全水路を検討 河川，水路で浄化実験が各地で実施される． 昭和58年　野川浄化施設運用開始
昭和60年代	環境基準達成状況が横ばい傾向となる．		各種の浄化事業が計画される． ・浚渫 ・浄化用水導水 ・流水保全水路 （江戸川，淀川，石狩川） ・河川直接浄化
			河川直接浄化手法の多様化
平成元年以降	環境問題の多様化 （安全で美味しい水）	平成5年　環境基本法 平成6年　水道水源二法	河川直接浄化に係わる建設技術評価

水域浄化の目的



環境基準（BOD，COD）達成率の推移（水域別）

ポイント：清流ルネッサンス21における河川事業

●北海道開発局

・春採川水系春採川・春採湖：底泥浚渫，植生浄化池，流入河川流路切替，接触酸化施設

●東北地方建設局

・気仙川水系川原川　　：底泥浚渫

●関東地方建設局

・利根川水系備前川：浄化用水導入，底泥浚渫

・　〃　巴波川（うずまがわ）：木炭浄化試験装置，河床整備，簡易浄化装置，支川合流部改築，汚泥堆積が著しい堰の改良
（予定）植生浄化，直接浄化装置，導水工（地下水利用）

・　〃　渡良瀬川上流部支川：礫間接触酸化槽＋土壌浸透施設，浄化用水導入，底泥浚渫

・　〃　鶴生田川：浄化用水導入，礫間接触酸化施設，植生浄化施設，底泥浚渫

・　〃　綾瀬川　：礫間接触酸化施設，浄化用水導入，底泥浚渫

・　〃　江戸川中流部および松戸市河川網：流水保全水路，浄化用水導入，礫間接触酸化施設，底泥浚渫

・　〃　黒部川　：ひも状浄化施設

・荒川水系不老川　　：計画策定中

●北陸地方建設局

・信濃川水系鳥屋野潟（鳥屋野潟，通船川，栗の木川）：汚泥浚渫，浄化用水導水

●中部地方建設局

・木曽川水系長良川　　：接触酸化施設（計画策定中）

●近畿地方建設局

・大和川水系大和川　　：接触酸化施設，薄層流浄化施設，浄化用水導水

・紀ノ川水系和歌山市内河川網：底泥浚渫，浄化用水導水，接触酸化水路

・揖保川水系揖保川，林田川　：底泥浚渫，堰設置，噴水，植生浄化施設

・淀川水系室生ダム貯水池　　：副ダム

●中国地方建設局

・芦田川水系芦田川　　：浄化用水導水，触酸化河道内浄化施設，支川分離水路，リン除去施設，底泥浚渫，藻体除去，底泥ＤＯ改善（エアレーション）

・斐伊川水系松江堀川　　：河川改修（底泥掘削），浄化用水導水，底泥浚渫

・千代川水系千代川　　：計画策定中

●四国地方建設局

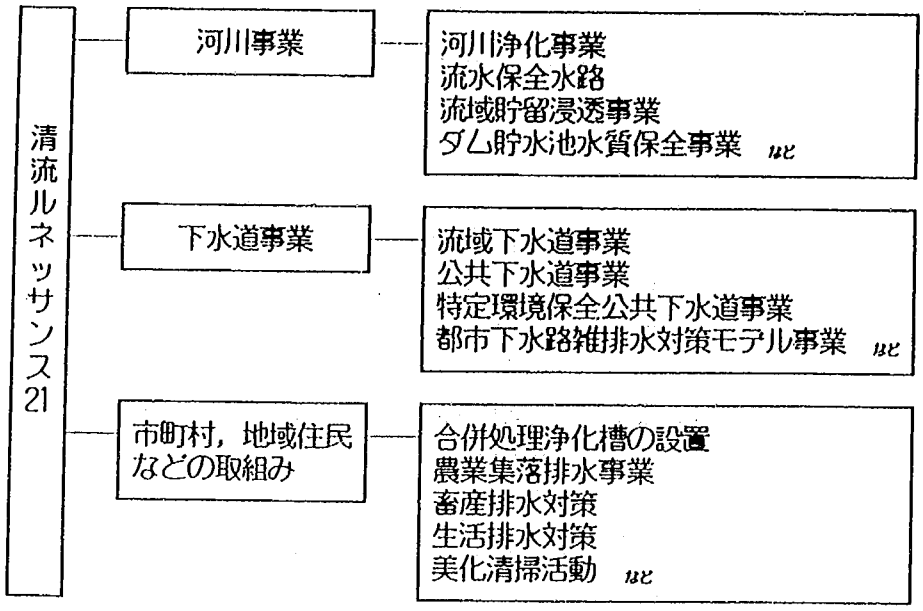
・吉野川水系新町川　　：計画策定中

・仁淀川水系宇治川　　：接触酸化施設，植生浄化（多自然型川づくり）

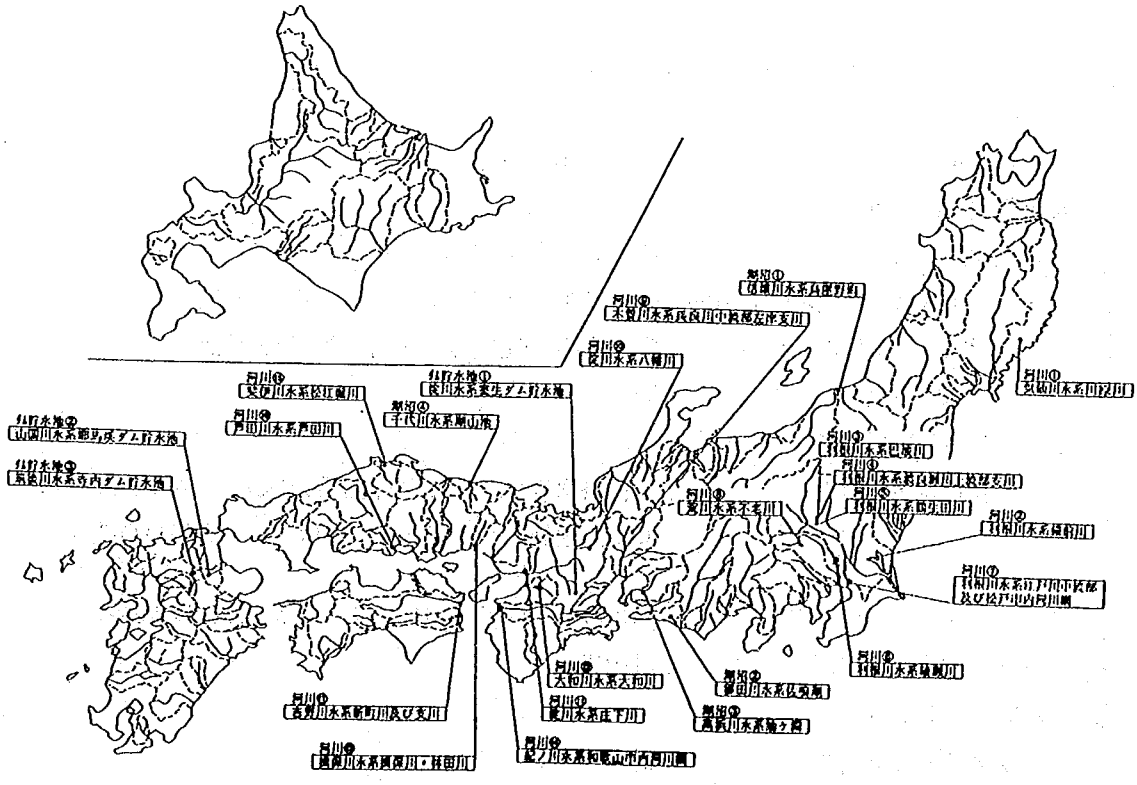
●九州地方建設局

・筑後川水系寺内ダム貯水池　：直接浄化施設，曝気循環施設（リン吸収施設，土壌浄化施設，水耕浄化施設）

・山国川水系耶馬渓ダム貯水池：曝気循環施設（浅層，深層）



清流ルネッサンス21の役割分担



清流ルネッサンス21計画対象水域

《参考文献》黒川純一良(1996)：都市河川の水質現況と水環境改善への取り組み，
雨水技術資料，Vol.23，pp.9-13.

2．水域浄化手法の概要

2.1　水域浄化手法の原理

2.1.1　水域の自然浄化機能（自浄作用）

水域には、本来自然浄化機能（自浄作用）があり、水は流れながら汚濁物質の沈殿、吸着、微生物による生物酸化作用などにより浄化される。主な、自浄作用は図－1.2.1に示す次の要因がある。

① 沈殿、ろ過、浸透

水中の浮遊物質が流速の低下や土壌間隙への浸透により固液分離される作用。

② 希釈、移流・拡散

汚濁した水に清澄な水が合流することにより、水量が増加して汚濁物質の濃度が低下することにより水質が改善される作用。

③ 生物による吸着、酸化、吸収、分解、硝化・脱窒

微生物や水生植物の働きにより、主に溶解している汚濁物質を吸着したり、生体内に吸収して酸化、分解する作用。一般に、生物の吸収、同化により生物量が大きくなるが、脱窒反応のようにガス化して空気中に飛散させる作用もある。

④ 曝気

大気中の酸素が溶解して水中の溶存酸素が保持される作用。溶存酸素により、NO_2-N の硝化反応が促進されたり、底沼からの栄養塩類の溶出、嫌気性分解が抑制される。

2.1.2　藻類の増殖要因

富栄養化現象を抑制する対策では、藻類（植物プランクトン）の増殖要因を制御することが重要となる。藻類の増殖要因には、①水の滞留、②栄養塩類、③光、④藻類細胞の存在、⑤水温（気温）が挙げられるが、⑤水温の制御は難しいため、他の4要因の制御が浄化手法となりうる。

① 水の滞留の短縮

導水により水の滞留時間を短縮する方法である。ただし、湖沼や貯水池ではその貯水量が大規模であるため、滞留時間を短縮するためには大規模導水が必要となることから、実際には適用できないことが多い。

② 栄養塩類の削減

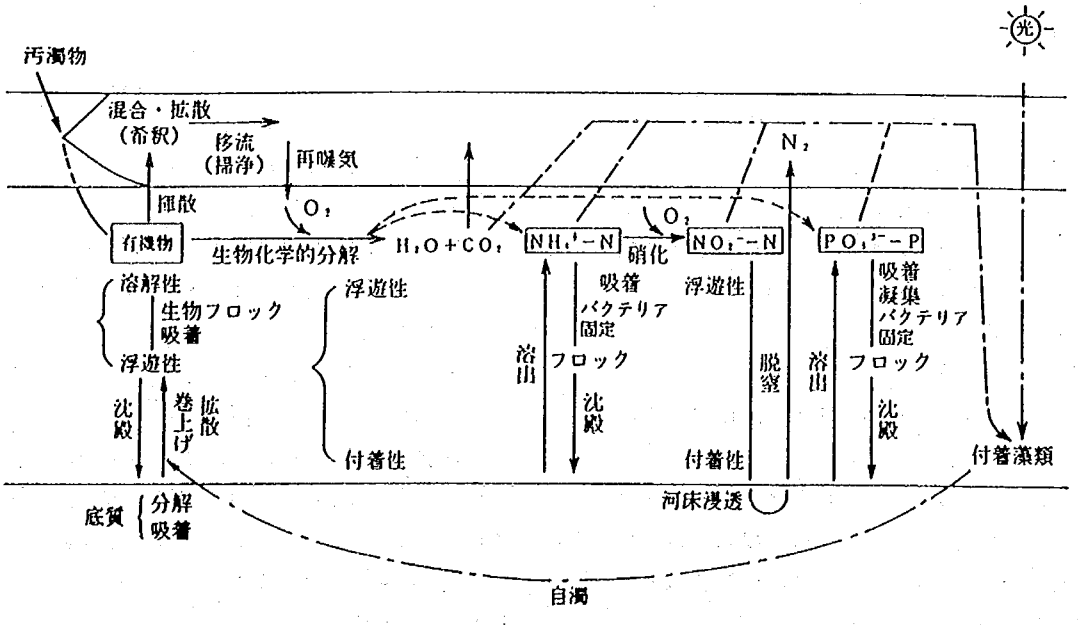
一般的には流入負荷の削減、底泥からの溶出対策などがある。

③ 光の遮断

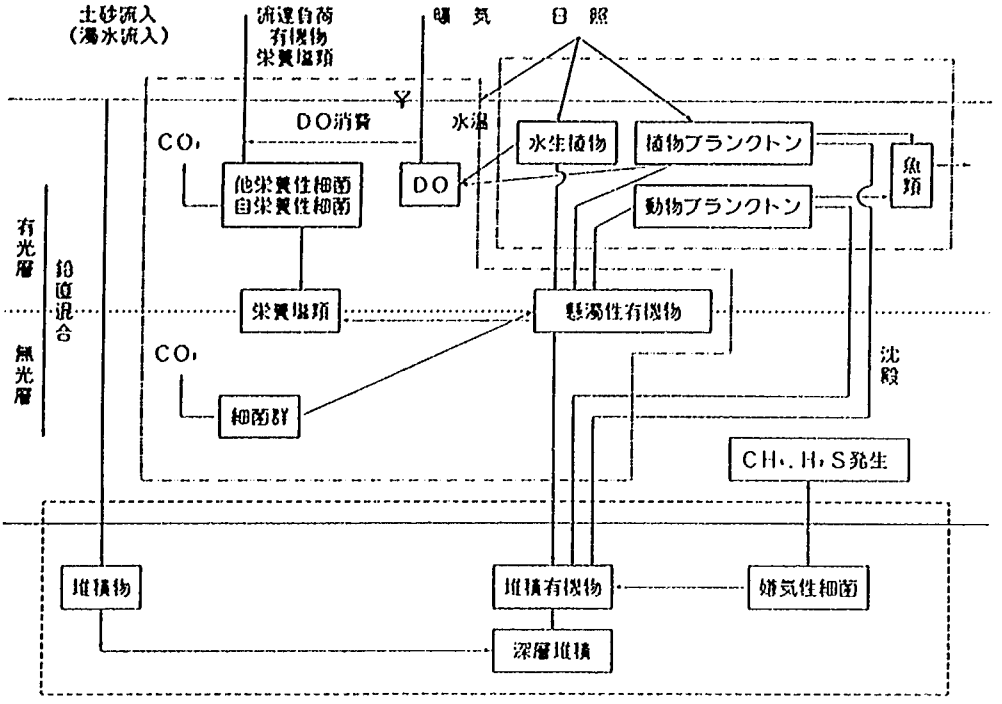
表層水を光の透過しない水深まで強制的に循環させることによって、藻類の増殖を抑制する方法である。

④ 藻類の除去

藻類を直接除去する方法であり、対症療法的な対策である。ろ過や回収により藻類を物理的に除去する方法と殺藻剤などにより藻類を死滅させる化学的除去に大別される。



図－1.2.1　河川の自然浄化機能に関与する要因



図－1.2.2　湖沼、貯水池における富栄養化に関わる水質変化

2.2　水域浄化手法の分類

2.2.1　浄化原理による分類

水域浄化手法とは、できるだけ少ない管理の手間とエネルギーを加えることにより、河川および湖沼が本来有している自然浄化作用（自浄作用）を人為的により促進させるものである。有機物の減少過程は、以下のような作用に分類される。

①　物理的作用：河川水の物理的作用によって生じる浄化作用

《沈殿、ろ過、希釈など》

②　化学的作用：汚濁物質の化学的反応や接触材などによる化学的作用による浄化作用

《酸化還元、凝集、吸着など》

③　生物的作用：水中や接触材などに存在する微生物や水生植物の働きによる浄化作用

《生物酸化、吸収など》

2.2.2　適用水域による分類

(1)　流域内対策（水域の外部における浄化対策：流域負荷対策）

生活排水については、下水道や合併浄化槽などの未整備地域では家庭に対して水質規制を行うのが困難な状況を踏まえ、発生源に近いところで汚濁物質の制御を行う対策手法。

(2)　河川内対策

河川内もしくは高水敷などに浄化施設を設置して河川水を直接浄化する対策手法。これまで実施されてきた主な浄化対策としては、①浄化用水の導入、②浚渫、③河川水の直接浄化などに大別される。

さらに河川水の直接浄化は、河川や水路そのものを浄化する方式（直接方式）と、河川水を汲み上げて装置化された施設の中で浄化する方式（分離方式）に分けられる。

(3)　湖沼内対策

湖沼やダム貯水池のような滞留している水を浄化する対策手法。湖沼、貯水池のような閉鎖性水域では水が長時間滞留する間に、藻類が光エネルギーや栄養塩類（窒素、リン）を利用して異常増殖する富栄養化現象が大きな問題となるため、主に富栄養化現象の抑制を目的としたもので、水質の浄化だけでなく水域に堆積している底泥に対する対策や生態系の制御なども重要となる。

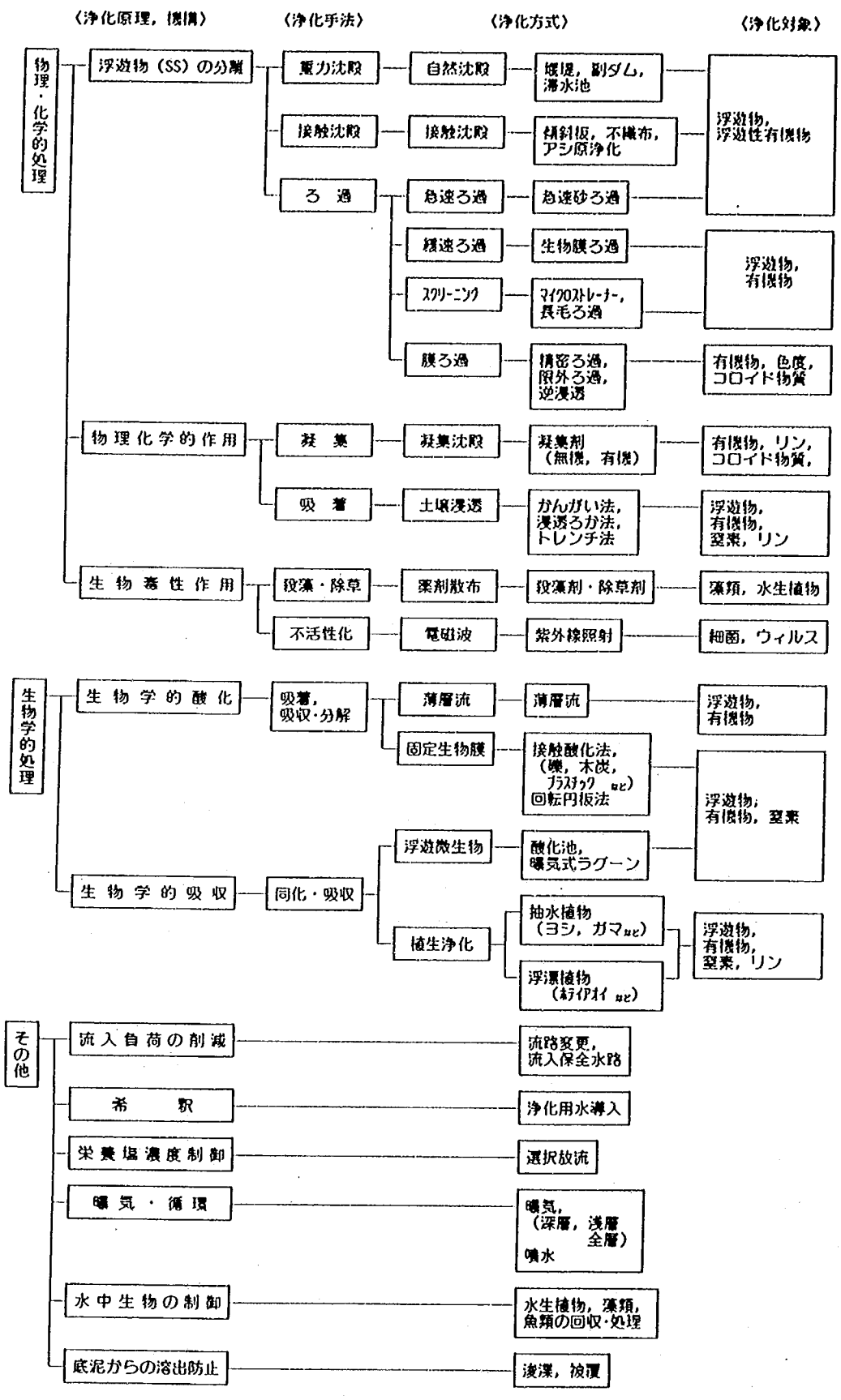
2.2.3　規制・指導・啓蒙活動

発生源での対策として、下水道や合併浄化槽の設置といった構造的対策の他、規制の実施、住民や事業者の協力によって行う非構造的な対策も重要である。

2.2.1から2.2.3をまとめたものを**表－1.2.1**と**図－1.2.3**に示した。

表－1.2.1　水域浄化手法の分類

対象水域 / 浄化機構	流域内対策	河川内対策	湖沼内対策
物理的手法	流域変更 （流水保全水路）	河道浚渫 堰設置 副ダム 滞水池 砂ろ過 マイクロストレーナー 長毛ろ過 膜ろ過 生物膜ろ過 接触沈殿	選択放流 希釈（浄化用水導水） 日照遮断 曝気（全層、中層、深層） 噴水 底泥処理（浚渫、被覆） 水生植物、藻類回収
化学的手法		凝集沈殿 紫外線照射	凝集沈殿 殺藻剤・除草剤処理 酸化剤による底泥酸化 栄養塩類不活性化
生物的手法	土壌浸透	水生植物利用 低温地導入 接触酸化 礫間接触酸化 薄層流浄化	水生植物利用（植生湖岸） 生態系制御 なぎさ型湖岸
規制・指導 啓蒙活動など	水利用合理化 PR 肥料の使用削減 排水規制 立地規制（土地利用） 合成洗剤の使用削減 食用油、調理くずの排出削減	不法投機防止 PR	不法投機防止 PR 水産養殖対策



図－1.2.3　水域浄化手法の浄化原理による分類

2.3 水域における浄化対象項目とその特性

2.3.1 水域浄化目的と水質項目

河川、湖沼、ダム貯水池の水質環境を考える場合、①環境基準の達成、②水遊び、景観保全などの親水性の向上、③魚など水生生物の生息環境の保全、④利水水質の確保、などの目的があり、それぞれに関連する主な水質項目は以下のとおりである。

表－1.2.2 水域の保全目標と対象水質項目

保全目的	河川	湖沼、貯水池
環境基準の達成	BOD、SS、DO, 大腸菌群数等	COD、窒素、リン 大腸菌群数等
親水性の向上	BOD、SS、DO、大腸菌群数 色度、陰イオン界面活性剤等	COD、SS、透視度 クロロフィルa、大腸菌群数等
水生生物の生息環境保全	DO、BOD、NH_4-N, 農薬、水温等	DO、COD、農薬、水温等
利水水質の確保	異臭味物資（2-MIB、ジオスミン）、NH_4-N, 有機物（BOD、COD）トリハロメタン、生成能、有害物質等	

2.3.2 水域浄化対策における対象項目

最近では、発癌性が指摘されているトリハロメタンなどの有機塩素化合物やゴルフ場における農薬散布などによる水質汚濁が問題視されてきたこと、また、環境基準や要監視項目にこれらの物質が追加されたことにより、水環境を保全する立場からは微量有害物質の監視は重要な意味をもってきている。

しかしながら、水域浄化手法では、異臭味物質や有害物質を除去することは難しく、また突発的に混入することがあるため、本報告書での対象水質項目は、主にBOD、SS、DOなどの生活環境項目および窒素、リン、クロロフィルaなどの富栄養化項目とする。

ただし、水域浄化手法は、前述のように自然浄化機能を活用したものなので、同じ有機物を表す指標でも溶解性COD(色度成分：フミン質など)は大きな浄化効果が期待できないことなどにも留意する必要がある。

2.4 浄化水質項目と水域浄化手法

2.4.1 浄化目標に応じた浄化手法の選定

水域浄化手法は、基本的に自然浄化機能(自浄作用)を利用するものであり、浄化機能はそれぞれの水質項目により異なるため、所定の浄化目標を達成するには、浄化目標のレベルに応じて浄化手法を選定する必要がある。

(1) レベル1：固液分離（対象水質項目：SS、浮遊性BOD、COD、窒素、リン）

固液分離を目的とした代表的な手法には、ろ過、沈殿などが挙げられる。水の粒子を除去するという最も基本的な目的に対する手法であるとともに、より高度な浄化手法を採用する際の前処理としても位置づけられる。

一般に、砂・シルトなどの無機物を除去することが目的となるが、同時に浮遊性（懸濁性）の有機物や栄養塩類も除去される。

(2) レベル2：易分解性有機物の除去（対象水質項目：溶解性BOD)

微生物の働きにより溶解性有機物の除去を目的とした手法には、活性汚泥法などの浮遊生物法と、散水ろ床法や接触酸化法などの生物膜法に大別される。

このうち、浮遊生物法は浄化施設内の微生物量の維持管理が難しく、汚泥の発生量が大きいため、通常、水域直接浄化では生物膜法が採用される。

(3) レベル3：栄養塩類の除去（対象水質項目：窒素、リン)

微生物や水生植物などの働きにより栄養塩類を吸収・同化、酸化・分解する生物学的手法と凝析・凝集作用によりリンを除去するような物理・化学的手法がある。

いずれの方法も、自然界中では起こりにくい浄化機能を利用した手法であるため、安定した浄化効果を保持するためには、一定の維持管理が必要になる。

(4) レベル4：難分解性有機物の除去（対象水質項目：溶解性COD)

①動植物に由来する分解生成物であり、トリハロ

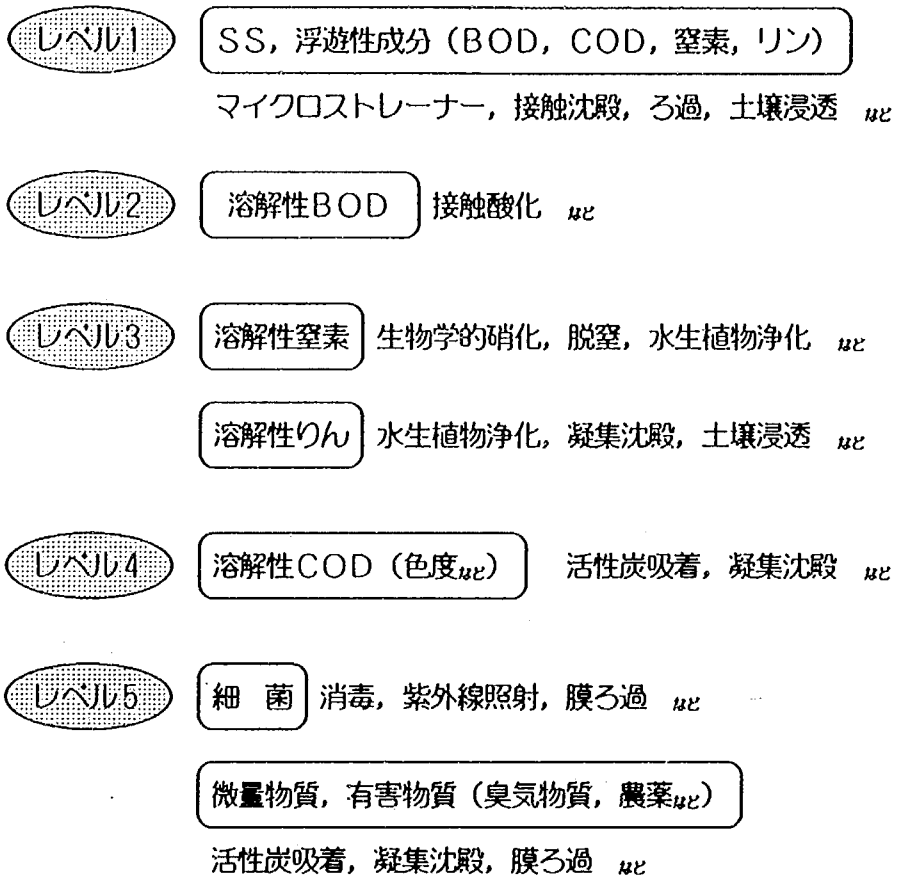
表－1.2.3　水域浄化における浄化対象項目の判断基準と特性

水質項目	判断の基準	水質特性	浄化の基本的考え方
BOD	(1) 河川の環境基準の主項目 (2) 他の利水基準の主項目 (3) DO低下の原因となる	BODの形態は SS性BOD　50～70% 溶解性BOD　30～50% 程度	BOD浄化の場合、以下の状況に応じて方式選定をする。 ①低BOD（10mg/ℓ程度以下） ②高BOD（10mg/ℓ程度以上） ③溶解性BODが多い ④N-BOD（硝化菌による酸化）
DO	(1) DO 2 mg/ℓ以下となると嫌気性が増大し、 ・底泥リンの溶出大となる ・臭気が起こりやすくなる (2) 魚の生息には飽和度30%以上必要 おおよそDO 3 mg/ℓ以上 条件によっては8 mg/ℓ程度の場合もある	(1) 水中生物に不可欠な物質 (2) 消費者…水中の動物、夜間の水中植物、有機物の分解 供給者…再曝気、風、昼間の水中植物	DOを供給するには ①水を混合、撹拌する ②曝気する
SS	(1) 水の汚れ、景観を最も視覚的に左右する物質	(1) SSを大別すると ①比重の大きいもの ②比重の小さいもの ③帯電して反発し合うもの	(1) SS除去によりSS性BODなども同時に除去できる (2) 粒度分布、物質組成などSSの特性により浄化方式が異なる
NH_4-N	(1) 水産用水基準では0.1mg/ℓ以下 （日本水産資源保護協会） pHが高いと魚毒性が高くなる (2) 浄水での塩素消毒で着臭物質クロラミンを作る。	(1) 有機物が分解するとNH_4-Nが発生する (2) NH_4-Nは酸化してNO_3-Nとなる この2者が溶解性のNで植物が利用する形態	NH_4-Nを除去するには ①NH_4-N⇨NO_3-N（硝化） ②NH_4-N⇨直接吸収
T-N	(1) 湖沼法に定めるT-N濃度 (2) 富栄養化現象の発現するT-N濃度 (3) 単位水面積当たりの流入負荷量 (4) NO_3-N10mg/ℓ以上は飲料不適 (5) 農業用水基準(T-N 1 mg/ℓ以下) （農林水産省） (6) NH_4-Nは前述の通り	(1) T-NはOrg-N（有機態） NH_4-N, NO_2-N, NO_3-N の4態の合計 (2) Org-NがSS性と溶解性に分かれる	T-Nを除去するには ①N_2ガスにする ②SS性NはSSに同じ ③NH_4-Nは前述 ④NO_3-NはN_2にするか植物吸収
リン	(1) 湖沼法に定めるリンの環境基準 (2) 富栄養化現象の発現するリン濃度 (3) 単位水面積当たりの流入負荷量	(1) T-Pの形態は SS性　・有機態 溶解性　・無機態 (2) 植物プランクトンの増殖要因でPO_4-Pを吸収 (3) 一級河川でPO_4-Pは約60%	SS性Pと溶解性Pで方法が異なる ①SS性リンはSSと同様 ②溶解性リン、PO_4-Pは凝集 植物吸収、土壌吸着など
大腸菌群数	(1) 河川の環境基準に設定されている (2) 水浴場プール等に設定されている (3) 飲料水中に含まれてはいけない	(1) 病源菌の拡散防止の指標である (2) 人や動物以外からも由来する	大腸菌除去： ①生物酸化 ②殺菌
MBAS	(1) 発泡により景観低下 (2) 生物に対する影響	(1) MBAS 0.3～0.5mg/ℓで発泡する (2) 洗剤や蛋白質で発泡する	アワの除去： ①生物酸化 ②分解
色度	(1) 水道基準では色度は5度以下 (2) 水が着色し、景観上問題がある	(1) 人為的な汚濁で最も多いのは染色剤の着色、し尿排水、養豚排水など (2) 自然界ではフミン質による茶褐色の着色がある	色度の除去： ①吸着 ②分解 ③凝集
2-MIB ジオスミン	人がカビ臭として感ずる 濃度は（50%人が感ずる） 2-MIB　10～20mg/ℓ ジオスミン　20～50mg/ℓ	主に藍藻類の3種がカビ臭物質を出す ・ホルミディウム ・オシラトリア ・アナベナ	臭気の除去： ①カビ臭を出すプランクトンを抑制する ②カビ臭物質を吸着する ③カビ臭物質を分解する
有害物質	(1) 人の健康に係わる環境基準及び要監視項目に設定されている (2) 水道水の水質基準及び監視項目に設定されている (3) 生物に対して各種の毒性がある	有害物質： カドミウム、シアン、鉛、六価クロム、ヒ素、水銀、PCB、フェノール、EPN、農薬など	各有害物質毎にそれぞれ有効な処理法は存在する。しかし、河川では定常的に流入しないので、突発的、短時間の流入のため浄化することは困難。

メタン生成前駆物質であるとされているフミン質、②染料のような高分子有機化合物など、一般に自然浄化機能を利用した手法では除去できないような有機物を対象とするもので、凝集沈殿、活性炭吸着、膜ろ過など、より高度な物理・化学的手法を採用する必要がある。

(5) レベル5：微量汚染物質の除去（対象水質項目：細菌、農薬、有害物質全般）

高度な維持管理を必要とする処理装置でしか除去できないような微量物質を対象とするものである。



図－1.2.4　水域浄化における浄化対象項目と浄化手法

2.5 水域浄化手法の内容

2.5.1 各種の水域浄化手法

ここでは、水域浄化計画の策定などに資するよう、現在まで実施されてきた各種の水域浄化手法の概要を整理するとともに、浄化原理、技術的要件および特徴などをまとめた。

表－1.2.4は流域内対策を、表－1.2.5は河川内対策を、表－1.2.6は湖沼内対策をまとめている。ここで浄化可能な水質項目の除去率は、対象とする原水の性状や、設計条件、維持管理条件によって異なるため、概ねの値であると理解していただきたい。

表－1.2.4 主な水質改善対策の浄化効果・特性（その１：流域内対策）

浄化手法		浄化原理・特徴	浄化可能水質項目（除去 %）	設計・運転条件	利点	問題点・管理のあり方	事例
流域変更	流路転換	流入負荷の大きい河川水をバイパスすることにより、汚濁水の流入を回避する	流入水に含まれる全汚濁物質	・汚濁水放流先での水質汚濁状況	・効果はバイパス対象河川の汚濁負荷量によって左右される	・一部流入水を系外に放流するため水量保全の問題がある ・水路あるいは埋管の敷設が必要	・マジソン湖群（米国） ・ミシガン湖（米国） ・ワシントン湖（米国） ・テーガン湖（旧西独）
土壌浸透	かんがい法 表面流下法	土壌への表面散水による、ろ過、吸着作用を活用する	BOD：20～40% SS　：40～50%	・散布負荷量 ・土壌性状	・地下水の汲み上げによる地盤沈下や塩水浸入が問題となっている地域では、特に効果的	・広大な面積（用地）が必要 ・土壌間隙の目詰まり ・表層のかきとりが必要 ・地下水汚染が懸念される	・ライン川（仏国） ・ミシガン州（米国）
	浸透ろ過法	散水浸透によるろ過、吸着作用を活用する	BOD：80～90% SS　：80～95% T-N：10～20% T-P　：60～90%	・浸透水量 ・土壌性状	・地下水の滋養 ・リンの土壌における吸着除去効果が大	・同上	・フェニックス（米国）
	トレンチ法	地下埋管により土壌浸透を図る	BOD：80～90% SS　：80～95% T-N：10～20% T-P　：60～90%	・浸透水量 ・土壌性状	・地下水の滋養 ・リンの土壌における吸着除去効果が大	・広大な用地の確保が必要 ・注水管・集水管の目詰まり ・地下水汚染が懸念される	・セプティックタンクシステム（米国） ・ニイミシステム（日本）

参考文献）廣木建造(1992)：水質浄化手法の概要について，ヘドロ No. 53, pp.15-20.

表－1.2.5　主な水質改善対策の浄化効果・特性（その２：河川内対策）

浄化手法		浄化原理・特徴	浄化可能水質項目（浄化効率%）	設計・運転条件	利　点	問題点・管理のあり方	事　例
重力沈降	堰設置	流入水を一時滞留させることにより，SSを沈殿・除去する．また，堰直下でのエアレーション効果も期待する．	BOD　：20～40% SS　：20～40%	・河床勾配 ・滞留時間	・堰面積により水質変動の平滑化が可能となる． （時間変動--小）	・除去率は小さい． ・沈殿汚泥の腐敗により悪臭が発生 ・出水時の汚泥の巻き上げ ・堰上げによる水位上昇 ・沈殿汚泥の浚渫が必要．	・ルール川流域 （18百妙）
	副ダム	流入水を一時滞留させることにより，SSを沈殿・除去する．また，副ダム越流部でのエアレーション効果も期待する．	BOD　：20～40% SS　：20～40%	・滞留時間	・副ダム表面を多目的に活用できる．	・沈殿物や流木などの除去が必要．	・ルール川流域 （18百妙） ・淀川水系　宝生ダム
	滞水池	流入水を一時滞留させることにより，SS成分を沈殿・除去する．	BOD　：20～40% SS　：20～40%	・滞留時間 ・水面積負荷	・用地が確保できれば設置上の制限は少ない．	・除去率は小さい． ・沈殿汚泥の腐敗により悪臭が発生 一沈殿物の定期的な除去が必要． ・沈殿汚泥の浚渫が必要．	・ルール川流域 （18百妙）
接触沈殿	傾斜板の利用	傾斜板を設置し，水面積負荷を小さくすることにより，沈殿効率を向上させる．	BOD　：　50% SS　：70～90% T-N　：10～20% T-P　：10～20%	・水面積負荷 ・滞留時間 ・流速	・水面積負荷を小さくできるため，効率のよい除去が可能．	・特定の施設が必要． ・沈殿汚泥の浚渫が必要．	水処理施設などで多数あり
	不織布の利用	河川内に不織布を設置し水面積負荷を小さくすることにより沈殿効率を向上させる． また，不織布のろ過効果も期待する（一河川内に設置）	BOD　：　50% SS　：　50%	・流速 ・水面積負荷	・簡易な施設である．	・沈殿汚泥の浚渫が必要． ・出水時の対策が必要．	・霞ヶ浦山王川 ・石神井川
スクリーニング	マイクロストレーナー	回転するドラムにはった微細網によって浮遊物質を除去する．	BOD　：　50% SS　：　70%	・水量負荷（ろ過速度）（処理能力はストレーナー面積により決定される．） ・メッシュサイズ	・敷地面積はそれほど必要なく，維持管理も比較的容易．	・機械施設のため冠水について注意が必要となる． ・逆洗排水の処理が必要． ・維持管理費は安価．	・東横堀川
	長毛ろ過	回転するドラムにはった繊維によって浮遊物質を除去する．	BOD　：40～50% SS　：70～80%	・水量負荷（ろ過速度）（処理能力は布面積により決定される．） ・ろ布材質	・敷地面積はそれほど必要ない（マイクロストレーナーよりも小さい）．	・機械施設のため冠水について注意が必要となる． ・逆洗排水の処理が必要． ・維持管理費は安価．	・霞ヶ浦 （アオコ回収船：美浦）
膜ろ過	精密ろ過(MF) 限外ろ過(UF) 逆浸透(RO)	ろ過膜を用いて，直接汚濁水をろ過する．	BOD　：80～95% SS　：80～95% T-N　：20～40% T-P　：20～40%	・ろ過速度 ・ろ過膜性状	・栄養塩類，COD，色度の安定して浄化可能	・汚濁負荷が大きいと浄化能力の維持が困難（ろ過膜の目詰まり） ・ろ過膜など維持管理は高価．	河川での適用例は少ない
接触ろ過	生物膜ろ過	ろ材表面に形成された生物ろ過膜の作用により，水中の浮遊物質，有機物，細菌などを抑留，除去する．	BOD　：75～90% SS　：75～90% T-N　：10～20% T-P　：10～20%	・ろ過速度 ・ろ材性状	・浄水処理での事例が多い． ・異臭味の除去が可能	・ろ層内が嫌気性状態にならないよう注意が必要．	水処理施設などで多数あり
生物毒性	紫外線照射	紫外線（波長 240～280nm）により細胞の遺伝情報を担うDNA，ウィルスのRNAを損傷することにより消毒力を発揮する（不活性化）．	細菌 ウィルス	・照射時間 ・照射量	・小規模な施設に適用しやすい． ・塩素消毒のように，有機塩素化合物を生成しない．	・紫外線でDNAが損傷を受けた場合でも，そのまま微生物が死ぬとは限らないので再活化（光回復）が起こる可能性がある．	河川での適用例は少ない
化学沈殿	凝集沈殿	凝集剤（Fe塩，Al塩）などを添加し，SSおよび溶解性リンを沈殿除去する．	BOD　：40～60% SS　：80～95% T-P　：　90%	・滞留時間 ・凝集剤添加量	・浄水処理での事例が多数あり，浄化効果が確認されている． ・SS，栄養塩類の同時除去が可能．	・沈殿汚泥の処理処分 ・pH調整が必要である．	・バーンバッハ貯水池 （18百妙）
固定生物膜法	薄層流法	水深を浅くして河床の礫に付着した生物膜により有機物の酸化分解する．	BOD　：20～40% SS　：20～40%	・流下距離 ・水深 ・滞留時間	・流れによって自然にDOが供給できる．	・除去率は小さい． ・数kmの流下が必要． ・剥離汚泥処理・処分が必要．	・大和川水系西除川
	接触酸化法	プラスチック材（ひも状，ハニカム）などの接触材を利用し，接触沈殿および接触材表面の生物膜による生物酸化を期待する．	BOD　：75～90% SS　：75～90% T-N　：10～20% T-P　：10～20%	・接触時間 ・接触材表面積負荷 ・流下距離 ・水深	・浮遊物質の浄化効果が大きい．	・DOの回復が必要． ・溶解性物質の除去効果は小． ・汚泥処理・接触材洗浄が必要． ・水温の低い時期に浄化効率が低下する．	・元吉原排水路 ・神通寺川排水路 など多数
	礫間接触酸化	礫間を流下する間における沈殿・吸着，礫表面の生物膜による酸化分解で有機物，浮遊物質を除去する．	BOD　：75～80% SS　：85～90% T-N　：10～20% T-P　：10～20%	・礫表面負荷 ・水深 ・空隙率	・維持管理が容易． ・高水敷の地下に設置すると，上部利用が可能となる．	・窒素，リン，溶解性物質は，ほとんど除去されない． ・比較的広い面積が必要となる．	・野川浄化施設 ・平瀬川浄化施設 ・古ヶ崎浄化施設 など多数
	回転円板法	円板上に形成された生物膜によって，流入水中の有機物などを吸着分解する．	BOD　：85～95% SS　：85～95% T-N　：10～20% T-P　：10～20%	・滞留時間 ・円板面積	・大きな動力を使用せずに酸素供給が可能となる．	・汚泥の腐敗により悪臭が発生． ・機械で動かすため冠水に弱い． ・汚泥処理・処分が必要．	水処理施設などで多数あり
	木炭浄化法	汚濁水を木炭層の間を通過させ，木炭による吸着および木炭表面の微生物による生物分解	BOD　：75～90% SS　：75～90% T-N　：10～20% T-P　：10～20%	・接触時間 ・接材表面積負荷 ・流下距離 ・水深	・間伐材を有効利用できる．	・木炭の入手方法と使用後の処理・処分方法に検討が必要． ・窒素，リン，溶解性物質は，ほとんど除去されない．	都市排水路で数例あり

参考文献）高木敏通(1992)：水質浄化手法の概要について，ヘドロNo53，pp.15-21．

表－1.2.6　主な水質改善対策の浄化効果・特性（その３：湖沼内対策）

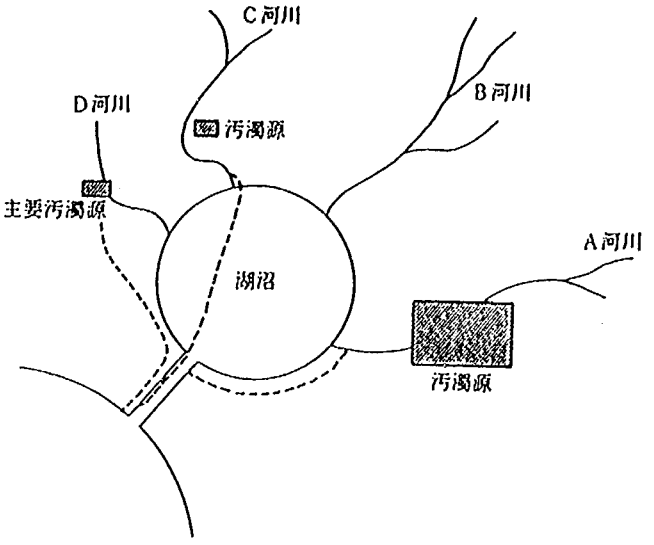
浄化手法		浄化原理・特徴	浄化対象水質項目（水質改善効果）	設計・運転条件	利点	問題点・管理のあり方	事例
選択放流	選択放流	貯水池内で水温，汚濁物質の拡散分布に差がある場合，その状況に応じて水深を選択的に放流する．	SS	・選択放流量 ・選択放流標高	・選択放流施設を設置していれば操作は比較的容易．	・南畑ダム（福岡県） ・フォックス湖（米国）	
希釈	浄化用水導水	清澄な水を導入し，希釈により水質改善を図る．	希釈される水に含まれる全汚濁物質	・導水量	・沈没が安定するので滞留時間の短縮化による藻類増殖抑制効果も期待できる．	・少量の導入では大きな効果は期待できない．	・グリーン湖（米国） ・淀川水系淀川
曝気循環	全層曝気	曝気による全層を混合撹拌し，表層に異増する藻類の増殖・異増を抑制する．	・藻類の増殖抑制 ・DO供給	・曝気空気量 ・空気揚水筒形状 ・吐出量	・水温躍層の破壊による底層溶存酸素の改善効果が大	・表層水温が低下するおそれがある ・成層破壊により，生態系への影響が懸念される． ・曝気動力が必要．	・釜房ダム ・室生ダム ・琵琶湖
	浅層曝気	水温躍層を破壊しないよう浅層部を曝気により混合，撹拌し，表層部の藻類の増殖・異増を抑制する．	・藻類の増殖抑制 ・DO供給	・曝気空気量 ・曝気装置形状	・成層破壊がないため表層水温低下を防止できる．	・全層曝気に比べて混合・撹拌水深が浅く，底層への酸素供給能力も小さい ・曝気動力が必要．	
	深層曝気	水温躍層下の底層水を曝気することにより，底層の溶存酸素を回復させ，栄養塩類の溶出を防止する．	・DO供給 ・栄養塩類の溶出抑制	・曝気空気量 ・曝気装置形状	・大きな成層破壊がないため，表層水温の低下が防止できる．	・藻類に対する直接的な効果は期待できない． ・曝気動力が必要	・ワッカバック湖（ニューヨーク州）
	導　水	導水施設を設置し，水面撹乱，水圧による増殖抑制，既光層への運行により藻類増殖を抑制する．	・藻類の増殖抑制	・取水水量 ・取水箇所	・湖水面環境の保全が可能	・水質浄化の効果が不明． ・ポンプ動力が必要．	・霞浦等湖
底泥処理	底泥浚渫	底泥を浚渫し，栄養塩類の溶出を抑制する．	・栄養塩類の溶出抑制	・底泥浚渫量	・底泥からの栄養塩類溶出が水質に大きく寄与している場合に有効．	・底質表面の乱れにより，一時的な水質悪化が懸念される． ・時間経過により再び底泥が堆積する場合は根本的な解決とならない	・諏訪湖（長野県） ・湖山池（鳥取県）など
	底泥被覆	底泥を被覆することにより底泥からの栄養塩類の溶出を抑制する．	・栄養塩類の溶出抑制	・底泥被覆厚 ・被覆材材質	・底泥からの栄養塩類溶出が水質に大きく寄与している場合に有効．	・底生生物への影響が懸念される． ・時間経過により再び底泥が堆積する場合は根本的な解決とならない	・ストーン湖（米国） ・広島湾 ・英虞湾（三重県）
	栄養塩類不活性化処理	薬品を投入することにより水中のリンを凝集沈殿させると同時に，底泥中の栄養塩類の溶出を抑制させる．	・藻類の増殖抑制 ・栄養塩類の溶出抑制	・薬剤投入量 ・薬剤投入頻度	・底泥からの栄養塩類溶出が水質に大きく寄与している場合に有効．	・薬品による水質の変化および生態系への影響が懸念される．	・アナベサクック湖（米国） ・メディカル湖（米国）
藻類の抑制	藻類除去	湖内に発生した藻類を回収し，分離・濃縮・焼却などの処理を行う．	・藻類の増殖抑制	・回収水量 ・分離，濃縮，焼却方法	・藻類が高濃度になった場合には有効	・回収した藻類の処理・処分が必要 ・処分用地の確保が必要	・霞ヶ浦（清掃船：清明，美浦）
	殺藻剤・除草剤処理	薬剤を湖内に散布し，藻類あるいは水草の生長を抑制させる．	・藻類の増殖抑制	・散布薬剤 ・薬剤散布量	・効果は確実	・魚類などをふくめた生態系を破壊するおそれがある． ・特定薬剤への耐性種の出現など，効果が小さくなるおそれがある．	・千苅ダム（兵庫県） ・南畑ダム（福岡県）
植生浄化	抽水植物浄化 低湿地導入	流入河川水を湿地に導入し抽水植物（アシ）の中を流下させ，水中の窒素・リンを吸収，SSを沈殿させる．	BOD　：　40% SS　：　50% T-N　：20～40% T-P　：20～40%	・水生植物種 ・滞留時間 ・池水深 ・生育密度 ・水面積負荷	・沿岸の景観，生態系保全に有効	・管理が適正でないと，栄養塩類の溶出など汚濁を助長する． ・植物の刈り取り・処分が必要． ・自然環境条件による適用上の制約がある．	・霞ヶ浦山王川 ・清明川
	浮漂植物浄化	浮漂植物（ホテイアオイ）により，水中の窒素・リンを吸収させる．	BOD　：30～40% SS　：30～40% T-N　：10～20% T-P　：10～20%	・水生植物種 ・滞留時間 ・生育密度	・自然池，湖沼を利用できるので，広く活用できる可能性がある．	・広大な用地が必要． ・N，Pの除去効果は小さい． ・管理が適正でないと，栄養塩類の溶出など汚濁を助長する． ・植物の刈り取り・処分が必要．	・手賀沼 ・児島湖流入支川
その他	生態系制御	藻類を好んで食べる魚などの移入などの方法によって，生物相をコントロールし，藻類の繁殖を抑制する．	・藻類の増殖抑制	・移植生物種 ・移植生物量	・移植生物種に留意すれば，生態系への影響はそれ程大きくない．	・生態系の物質収支から考え，効果に限界がある．	・諏訪湖（ユスリカ類の幼虫，ハクレン，ソウギョ）
	なぎさ型湖岸	砂浜を創出することにより自浄作用の効果を期待する． 相をコントロールし，藻類繁殖を抑制する．	・DO供給 ・生態系の保全	・湖岸形状	・豊かな水辺環境が創出され，景観，生態系が保全される．	・浄化効果を定量的に把握することが難しい．	実績はあまり多くない．

参考文献）藤本尚治(1992)：水質浄化手法の概要について，ヘドロNo53，pp.15-21．
建設省(1987)：湖沼水質改善技術適用マニュアル（案），土木技術センター，319p．

2.5.2　流域内対策各論

(1)　流路変更

1）浄化原理…流入負荷比率の高い流入河川水もしくは汚濁源排出水を、人工水路・管路などを用いてバイパスさせ下流に放流する手法。栄養塩負荷の削減、濁水の流入回避が可能となり、湖沼の富栄養化防止あるいは濁水長期化防止につながる。



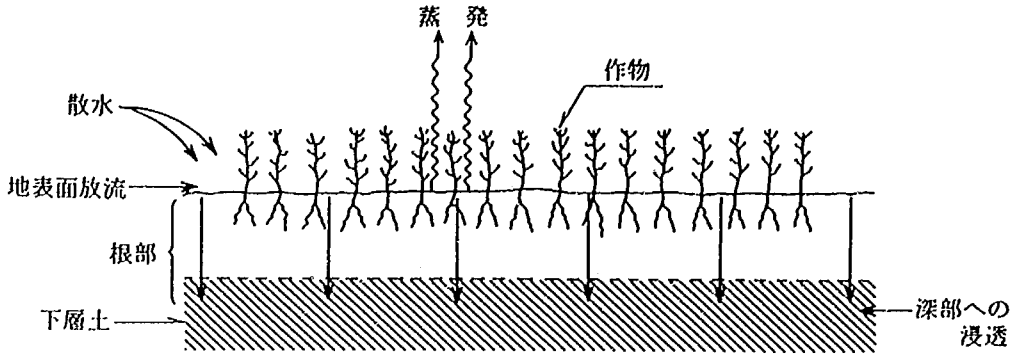
図－1.2.5　流路変更の概念

2）概要と特性

項　　目	摘　　要
技術的基本要件	・高濃度、高負荷の汚濁流入水が存在すること。 ・対象となる水量が流入水量に比べて小さく、利水計画に影響を及ぼさないこと。 ・汚濁源位置および変更流路が地勢上の条件に適合すること。
計画のための設計諸元	・水路、管路長 ・放流水量
浄化効果	・対象水に含まれる負荷はその全量を削減できる。
施工・維持管理性	・通常の管路施工技術で対応が可能である。 ・洪水時も含めた流路転換は大規模な河川改修となる。 ・流路内に底泥が堆積する場合には、この除去の維持管理が必要となる（年１回程度）。
適用上の留意点	・流入水の一部を他水域に放流することにより、水量が減少するため利水計画上、調整が必要となる。 ・洪水時を含めた流路転換は治水面からの検討も必要となる。 ・下流側では、放流水による２次公害が発生するおそれがある。 ・異常渇水が長期化すると、湖沼での滞留時間が長くなり、湖沼内の汚濁が進行する可能性がある。 ・各水質項目の24時間連続調査から、時間変動を把握し、これを考慮した運用が利水計画とのからみで有効な手段となる。
参考文献	田中修三（1990）：排水の流路変更による湖沼水質の回復。用水と廃水、32(8)、48-54.

(2) 土壌浸透（かんがい法）

1）浄化原理…スプリンクラーまたはスプリンガンなどによって、傾斜の少ない畑地、芝生などに間欠的に地表に散布し、土壌によるろ過・吸着作用を活用する手法。また、汚濁水をかんがい用水として利用するだけでなく、汚濁水中の肥料成分も植物に利用・吸収させ、あわせて地下水涵養源として水質保全と水資源管理に寄与させる。



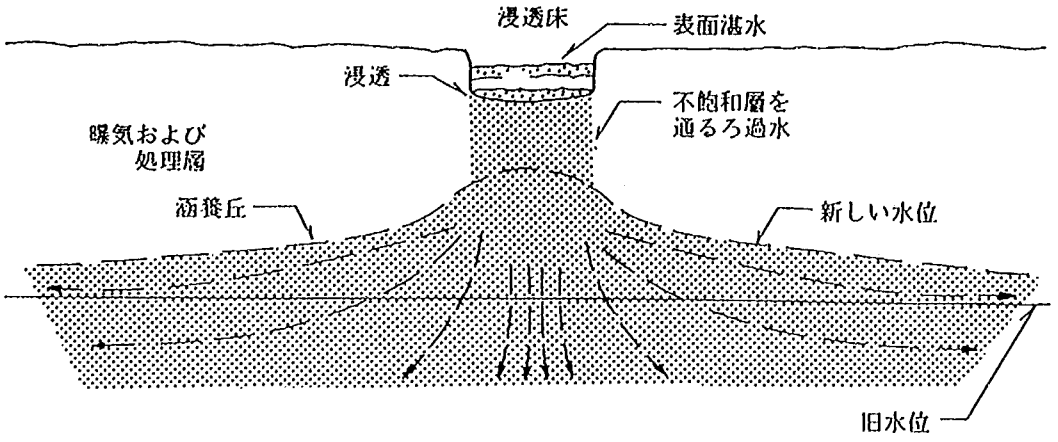
図－1.2.6 かんがい法の概念

2）概要と特性

項目	摘要
技術的基本要件	・充分な用地（数ha）が確保できること。 ・リン除去に適した高負荷水の流入があること。 ・土壌間隙の閉塞を防止するため，汚濁水の懸濁性成分が少ないこと（ＳＳ 5 mg/ℓ以下） ・浸透性の良好な土壌であること。
計画のための設計諸元	・散布水量 ・散水面積 ・散水頻度 ・土壌表面状態（植生，土壌性状）
浄化効果	・ＢＯＤ 20～40%，ＳＳ 40～50%
施工・維持管理性	・自然の浄化作用を利用した手法であるため，地形を考慮した設計が望ましい。 ・懸濁物質の除去による目詰まり対策が重要である（年に数回程度の表層のかきとり）。 ・生育した植物を回収する必要がある。
適用上の留意点	・地下水の２次的汚染のおそれがある。 ・土壌への散水により植生の変化および周辺への臭気拡散の可能性がある。 ・土壌中の微生物による有機物分解機能，土壌粒子のリン吸着機能および懸濁成分ろ過機能は，各々相反する部分があるため，土壌特性（浸透性，腐植量，粘土量）および運転方法などについて検討する必要がある。 ・地下水汲み上げによる地盤沈下や塩水浸入が問題となる地域では効果的である。 ・エアロゾルによる汚染物質の飛散のおそれがある。
参考文献	石崎勝義（1985）：米国における土壌式処理技術．公害と対策，12，52-59.

(3) 土壌浸透（浸透ろ過法、浸透水路法）

1）浄化原理…土壌によるろ過・吸着、植物への取り込みなどの土壌浄化作用の中のろ過を積極的に活用し、浸透性を良くした複数の水路・浸透井を設置して自然の浄化作用の促進を図る手法。急速浸透法とも呼ばれ、地下水の涵養を念頭において実施される。



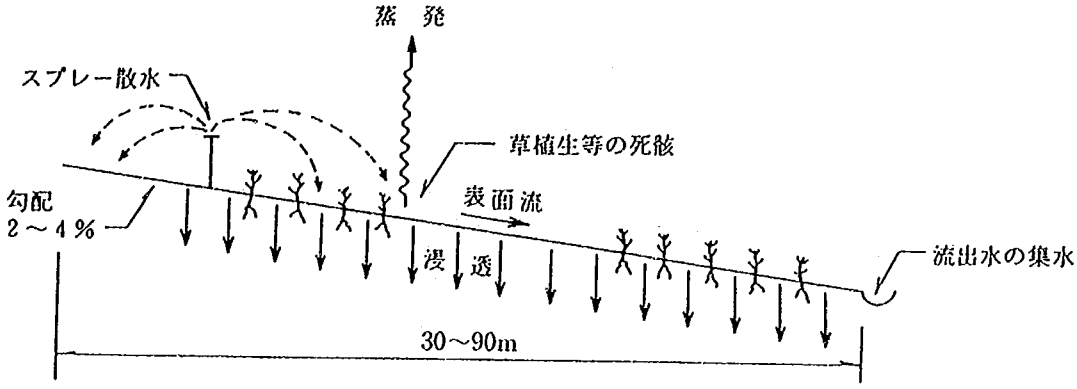
図－1.2.7　浸透ろ過法の概念

2）概要と特性

項目	摘　要
技術的基本要件	・適用土壌の透水能力がある適度大きいこと（10～30mm/day）。 ・リン除去に適した高負荷水の流入があること。 ・土壌間隙の閉塞を防止するため，汚濁水の懸濁性成分が少ないこと（ＳＳ　5 mg/ℓ以下）。 ・浸透性の良好な土壌であること。
計画のための設計諸元	・浸透水路長 ・浸透水量 ・土壌表面状態（植生，土壌性状）
浄化効果	・ＢＯＤ　80～90%，ＳＳ　80～95%，Ｔ-Ｎ　10～20%， Ｔ-Ｐ　40～50%
施工・維持管理性	・簡易的な掘削などの施工のみで，設置が簡便である。 ・浸透水路表面に汚泥が堆積するため，月１回程度の汚泥のかきとりが必要となる。
適用上の留意点	・所要土地面積は小さくてすむが前処理が必要となる。 ・懸濁性成分を中心とした除去であり，溶解性成分の除去はあまり期待できない。 ・浄化原理が生物分解でないため汚泥の処理が必要となる。
参考文献	石崎勝義（1985）：米国における土壌式処理技術．公害と対策，12，52-59. 須藤隆一（1987）：汚水の土壌処理に関する技術指針(5)．用水と廃水，29(12)，46-48. 工業技術会（1993）：河川・湖沼・水辺の水質浄化，生態系と景観設計．研修社，463p. 長谷川清（1984）：汚水の土壌浸透による浄化法．地下水と井戸とポンプ，26(8)，9-19. 洞沢　勇（1984）：土壌処理の設計指針．用水と廃水，29(12)，23-28.

(4) 土壌浸透（表面流下法）

1）浄化原理…緩傾斜地の畑地などに適用される方法で、簡単な散水装置によって傾斜地の上端から汚濁水を一様に散布し、斜面の全表面を均等に流れる間に浄化する手法。斜面を流下する汚濁水は、蒸発散による大気への揮散、植物による吸収ならびに地下浸透などによって減少する。そのまま地表面を流下した汚濁水は開水路に放流される。



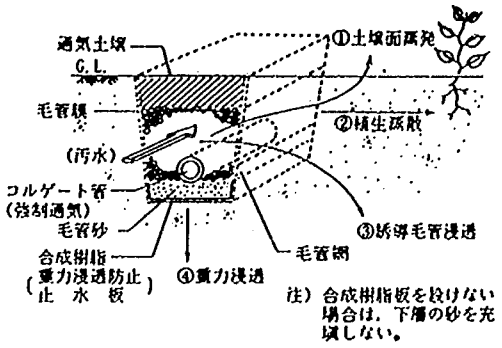
図－1.2.8 表面流下法の概念

2）概要と特性

項目	摘 要
技術的基本要件	・傾斜面の地勢条件が処理に適合すること。 ・土壌間隙の閉塞を防止するため，汚濁水の懸濁性成分が少ないこと（ＳＳ 10mg/ℓ以下）。
計画のための設計諸元	・散布水量 ・傾斜角度（２～４％）および斜面長（30～90m） ・散布頻度 ・土壌表面状態（植生，土壌性状）
浄化効果	・ＢＯＤ 20～40%，ＳＳ 40～50%
施工・維持管理性	・自然の浄化作用を利用した手法であるため，地形を考慮した設計が重要となる。 ・土壌の押し固め，懸濁性成分の蓄積などの物理学的要因，および植物・微生物による生物学的要因を原因とする目詰まりのため汚泥のかきとりが必要となる。 ・生育した植物の回収が必要である。
適用上の留意点	・散水により，植生の変化および周辺への臭気拡散のおそれがある。 ・使用頻度の増加により浄化効果が急激に低下する。 ・降雨時の地表面堆積物の流出防止を配慮する必要がある。
参考文献	石崎勝義（1985）：米国における土壌式処理技術．公害と対策，12，52-59. 楠本正康（1987）：汚水の土壌処理に関する技術指針(1)．用水と廃水，29(6)，48-54. 松本 聰（1987）：汚水の土壌処理に関する技術指針(3)．用水と廃水，29(9)，39-49. 科学技術庁資源調査会（1985）：自然浄化機構を生かした水質改善策．環境技術，20，14-24. 寺西靖治（1984）：下水２処理水の土壌処理．用水と廃水，26(4)，43-49.

(5) 土壌浸透（トレンチ法）

1）浄化原理…汚濁水をトレンチ（Trench：溝）を通して直接土壌中に導入、浸透させて、(a)土壌粒子による物理化学的なろ過・吸着作用、(b)土壌微生物および植物による有機物の分解・吸収、(c)土壌中で行われる非生物学的な酸化・還元作用などを活用する手法。通常、目詰まりなく長期間安定した水質を得るために、砕石や砂を充填し、複数の土壌トレンチをつくり、交互に利用することが多い。



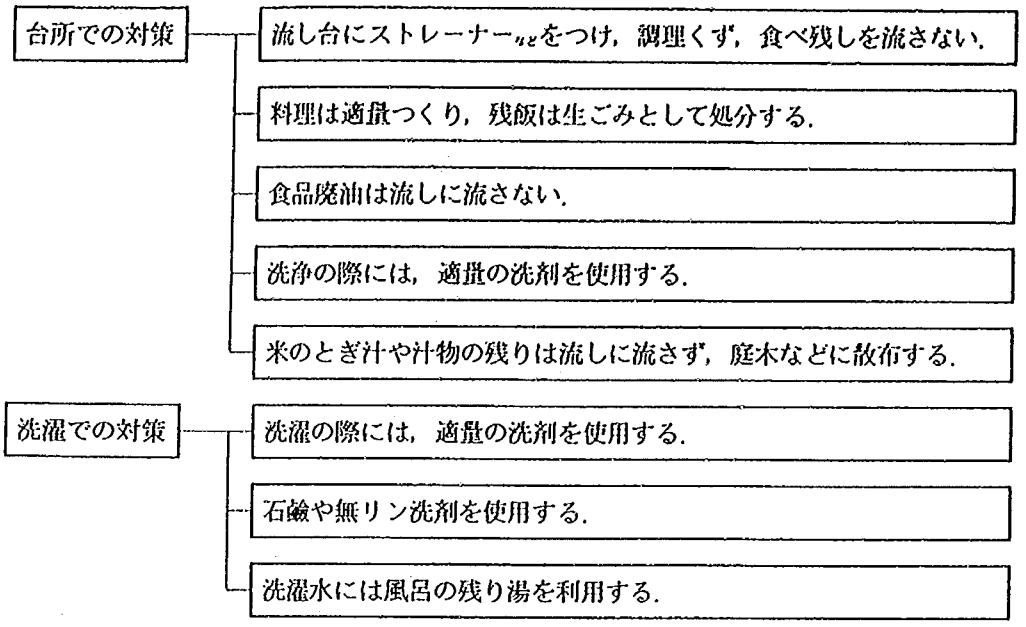
図－1.2.9 トレンチ法の概念

2）概要と特性

項目	摘要
技術的基本要件	・リン除去に適した高負荷水の流入があること。 ・土壌間隙の閉塞を防止するため，汚濁水の懸濁性成分が少ないこと（ＳＳ 5 mg/ℓ以下） ・処理水量が少ないため，浄化対象の規模が適当であること。
計画のための設計諸元	・トレンチの本数，長さおよび深さ ・浸透水量 ・散水管の埋設状態（砂利層，不透水シート，不織布など） ・浸透性の良好な土壌であること。
浄化効果	・ＢＯＤ 80～90%，ＳＳ 80～95%，T-N 10～20%， T-P 60～90%
施工・維持管理性	・構造上，汚濁水の浸潤面が土壌中に埋設されているために，常時，処理の状態・状況を把握できないことから，過度の負荷などにより土壌生態系が乱されないよう施工にあたって十分な検討が必要となる。 ・土壌の目詰まりを解決するためには，トレンチの交互使用と同時に土壌微生物の生息する環境条件を調整する必要がある。 ・トレンチの構造には， ①主に土壌の浸透能を活用する在来法（構造基準トレンチ） ②トレンチの底部に不透水性シートを敷き，水の重力浸透を遮断して毛細管浸透を活用する毛管浸潤トレンチ法 ③散水管に合成繊維を素材とするマットをつけて，その毛細管浸透を応用してより広く散水する浸潤マット法 がありそれぞれ土壌の通水性を保持するなどの維持管理が必要となる。
適用上の留意点	・砂質土壌のような土壌に対して，汚濁水の散布量を極端に増量すれば，地下水の２次汚染を起こす原因となる。 ・一般に，連続的に散水されるため，土壌の団粒構造の乱れによる目詰まりが大きな問題となる。
参考文献	寺西靖治（1987）：汚水の土壌処理に関する技術指針(3)．用水と廃水，29(9)，39-49．

(6) 啓蒙・啓発活動

1）浄化原理…各家庭で実施できる生活雑排水対策として実施されているもので、①台所での対策、②洗濯や入浴時の対策、③河川美化・愛護活動、などが挙げられる。



図－1.2.10 対策の一例

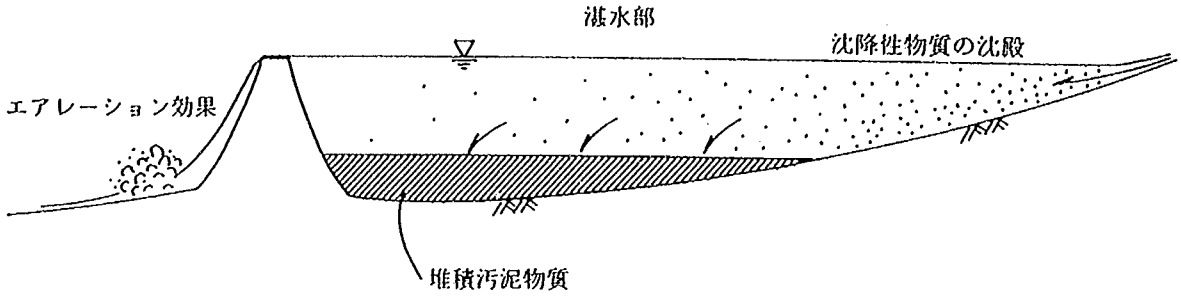
2）概要と特性

項目	摘 要
技術的基本要件	・生活雑排水の流入があること。 ・下水道，合併処理浄化槽が未整備の地域であること。
計画のための設計諸元	・流域フレーム(人口，家庭数など) ・対象水量
浄化効果	・流域特性による。
施工・維持管理性	・周辺住民による長期的な対策が重要となる。
適用上の留意点	・工場排水，農業排水の汚濁負荷が大きな割合を占める流域には不適当である。 ・即効的な効果はあまり期待できない。
参考文献	金子幸実（1987）：長野市における生活雑排水対策，用水と廃水，29(5)． 池内仁英（1986）：諏訪湖における水質保全対策，用水と廃水，28(8)． 橋本孝一（1991）：生活雑排水の負荷削減に関する住民運動の成果，用水と廃水，33(7)． 細見正明（1988）：生活雑排水の汚濁負荷原単位と発生源対策，用水と廃水，30(6)，39-49． 樋野輝夫（1992）：愛媛県における生活排水対策，用水と廃水，34(1)． 田辺顕子（1994）：台所排水浄化対策における汚濁負荷削減効果用水と廃水，36(12)．

2.5.3　河川内対策各論

(1)　堰設置

1）浄化原理…流入河川の河床勾配を利用して堰を設置し、流入水を一時滞留させることによって河川水中の懸濁態有機物ならびに栄養塩を沈殿・除去する手法。また、堰直下での水叩きにより、エアーレーション効果も期待できる。



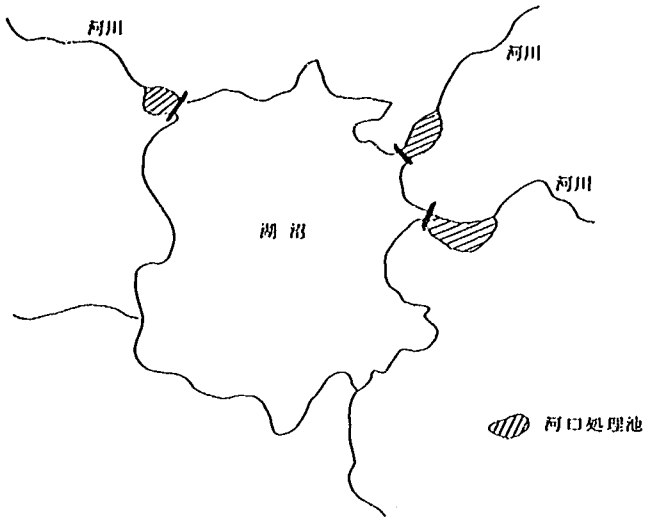
図－1.2.11　堰の浄化機構

2）概要と特性

項目	摘　要
技術的基本要件	・堰設置が可能な河床勾配があり，治水上，新堰設置・建設に問題がないこと。 ・懸濁性成分の除去に適した高負荷水の流入があること。 ・ＳＳ　100～200mg/ℓ以上，Ｐ-ＣＯＤ　5～10mg/ℓ以上 Ｐ-ＴＮ　1～3 mg/ℓ以上，Ｐ-ＴＰ　0.2～0.5mg/ℓ以上
計画のための設計諸元	・流入水量 ・滞留時間 ・堰高さ（水位）
浄化効果	・河川水中の懸濁態物質量，滞留時間，沈殿物除去頻度に依存する。 ・Ｐ-ＣＯＤ　20～40%，Ｐ-ＴＮ　20～40%， Ｐ-ＴＰ　20～40%
施工・維持管理性	・施工は，通常のコンクリート堰建設技術で対応可能である。 ・出水時の巻き上げによる沈殿物の越流を防止するため，汚泥を除去する必要がある。 ・建設費，維持管理費が高いことから，水質浄化対策として設置した事例は少ない。
適用上の留意点	・湛水区間の形成による在来渓流魚および遡上魚種への影響に配慮する必要がある。 ・出水時の堰上げ水位上昇による治水上の安全性に留意する必要がある。
参考文献	廣木謙三（1992）：水質浄化手法の概要について． ヘドロ，53，15-21.

(2) 副ダム

1）浄化原理…湖沼流入部に小規模なダムを建設し、流入河川水を一時滞留させることにて河川水中の懸濁態有機物ならびに栄養塩を沈殿・除去する手法。またダム越流部においてのエアレーション効果も期待できる。



図－1.2.12 副ダムの概要

2）概要と特性

項目	摘要
技術的基本要件	・流入河川水中の懸濁態負荷が平水時にも高く，沈殿効果が予測されること。 ・ＳＳ 100～200㎎/ℓ以上，Ｐ-ＣＯＤ 5～10㎎/ℓ以上 Ｐ-ＴＮ 1～3㎎/ℓ以上，Ｐ-ＴＰ 0.2～0.5㎎/ℓ以上 ・流入河川の河口域の地形が副ダム建設に適合すること。
計画のための設計諸元	・流入水量 ・滞留時間 ・副ダム貯留量
浄化効果	・河川水中の懸濁態物質量，滞留時間，沈殿物除去頻度に依存する。
施工・維持管理性	・施工は，通常のダム建設技術で対応可能である。 ・流木などの除去に加え，沈殿状況を確認しながら年数回の沈殿除去が必要となる。
適用上の留意点	・遡上魚種に影響が出現するが魚道設置により対応可能である。 ・副ダム水面を多目的に活用することができる。 ・治・利水容量の減少に留意する必要がある。 ・浄化機構は堰設置による浄化と基本的に同様であるが，容量の大きい施設の建設が可能となるため，浄化効果，沈殿物除去頻度の面から有利である。
参考文献	建設省（1987）：湖沼水質改善技術適用マニュアル（案）．(財)土木研究センター，319p. 廣木謙三（1992）：水質浄化手法の概要について．ヘドロ，53，15-21.

(3) 滞水池

1）浄化原理…雨水時初期流出(ファーストフラッシュ)など汚濁負荷の多い流入河川水を一時貯留し、流速の低下などにより、自然重力沈殿を促進させ 固液分離を図った上で放流する手法。滞水池としては、一時貯留型、流下貯留型、完全貯留型の3種がある。

①一時貯留型

雨天時の河川水をある容量貯留する施設であり、施設が満水になると取水を停止する。

②流下貯留型

雨天時河川水を全量ではなく、一定量取水し、施設流下中に強制沈降を図る。

③完全貯留型

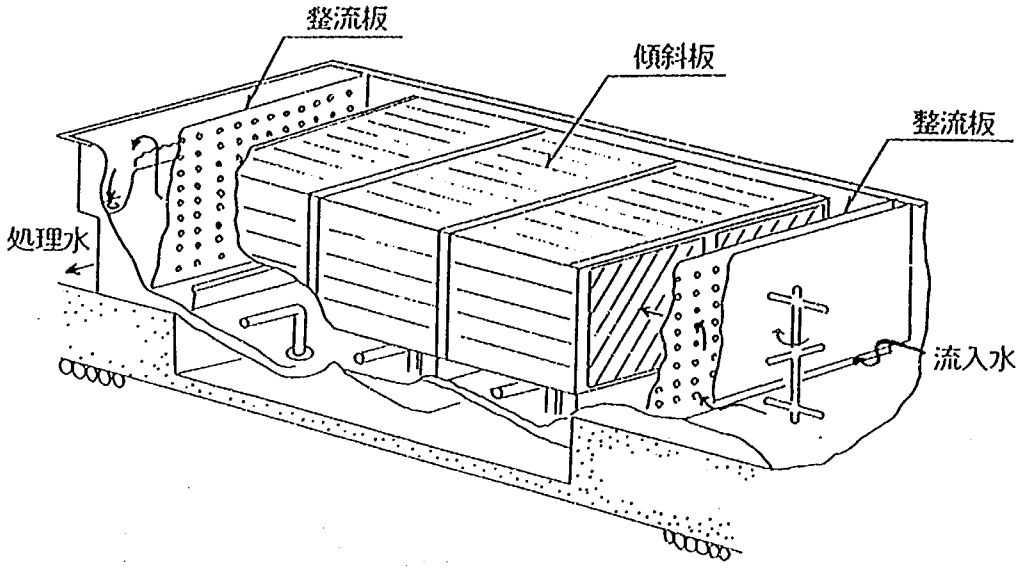
雨天時河川水を全量流入させ、施設内は常に滞水状態で流入水量と同量を洪水出水中に放流する。

2）概要と特性

項目	摘　要
技術的基本要件	・懸濁性成分の除去に適した高負荷水の流入があること。 ・ＳＳ 100～200mg/ℓ以上，Ｐ-ＣＯＤ　5～10mg/ℓ以上 Ｐ-ＴＮ　1～3 mg/ℓ以上，Ｐ-ＴＰ 0.2～0.5mg/ℓ以上
計画のための設計諸元	・貯留水容量 ・滞留時間 ・有効水深 ・水面積負荷
浄化効果	・河川水中の懸濁態物質量，滞留時間，沈殿物除去頻度に依存する。
施工・維持管理性	・出水時の巻き上げによる沈殿物の越流を防止するため，定期的に汚泥を除去する必要がある。 ・河道内への施設は困難であるため，隣接地への建設となる場合が多い。
適用上の留意点	・洪水時の初期流出からピーク流量までの流入水の取水について検討が必要となる。 ・流量のピークカットとの同時処理を行うと，治水効果も期待できる。
参考文献	建設省（1987）：湖沼水質改善技術適用マニュアル（案）． ㈱土木研究センター，319p. 廣木謙三（1992）：水質浄化手法の概要について． ヘドロ，53，15-21.

(4) 傾斜板の利用

1) 浄化原理…河川または人工水路内に、傾斜板を水流方向に沿って平行等間隔に設置し、下降流を発生させ、また水面積負荷を小さくすることにより懸濁態物質の沈殿を促進させる手法。傾斜板の底部において懸濁態物質が濃縮され、そのうちのかなりの量が河床に滞留・沈殿し、残りか流れとともに流出する。



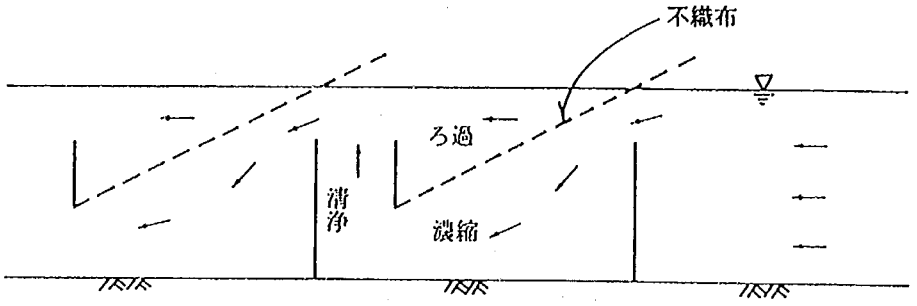
図−1.2.13 傾斜板装置の概要

2) 概要と特性

項目	摘 要
技術的基本要件	・浄化原理が流況変化による懸濁性成分の沈降分離であるため，懸濁性成分を含んだ高負荷水の流入であること。 ・適当な流速 (0.1～0.5cm/sec)，水深 (0.5m以上) であること。 ・河川の水量変動が小さいこと。
計画のための設計諸元	・水面積負荷 ・有効水深 ・池内流速 ・滞留時間 ・傾斜板ピッチ
浄化効果	・河川水中の懸濁態物質量，流速に依存する。 (SS 70～90%，BOD 50%)
施工・維持管理性	・簡易な施設の設置で可能となる。 ・晴天時の流量変動および水質特性の把握が必要である。 ・沈降汚泥の処理の他に洪水前撤去，洪水後再設置が繰り返し必要となる。
適用上の留意点	・出水時には，流入水を阻害するおそれがあり，治水機能との調整が大きな問題となる。
参考文献	吉田龍夫 (1984)：河川水の直接浄化工法に関する研究. ヘドロ，31，43-53. 丹保憲仁 (1985)：浄水の技術. 技報堂出版，390p. 岩井重久監修 (1979)：下水・廃水・汚泥処理ガイドブック. 環境技術研究会，1138p.

(5) 不織布の利用

1）浄化原理…不織布によるろ過作用および下降流の発生による沈殿促進作用を応用し、懸濁態物質を沈殿・除去する手法。不織布の底部において懸濁態物質の濃縮が行われ、そのうちのかなりの量が河床に留まり、上澄水が流速にしたがって流出する。



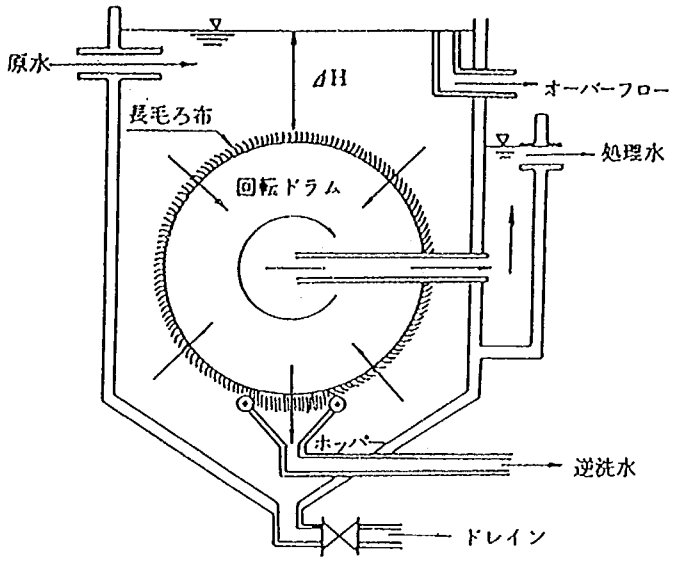
図－1.2.14 不織布による浄化の概要

2）概要と特性

項目	摘　要
技術的基本要件	・浄化原理が流況変化による懸濁性成分の沈降分離であるため，懸濁性成分を含んだ高負荷水の流入であること。 ・適当な流速　(0.1～0.5cm/sec)，水深（0.5m以上）であること。 ・河川の水量変動が小さいこと。
計画のための設計諸元	・水面積負荷 ・有効水深 ・池内流速 ・滞留時間 ・不織布ピッチ
浄化効果	・河川中の懸濁態物質量，流速に依存する。 （P-COD，10～50%，P-TN　5～50%， P-TP　　5～50%）
施工・維持管理性	・簡易な施設の設置で可能となる。 ・晴天時の流量変動および水質特性の把握が必要である。 ・沈降汚泥の処理の他に洪水前撤去，洪水後再設置などの対策が必要である。
適用上の留意点	・不織布は極端に大きな流速に耐用できないため，出水時にはろ過施設を退避させるなどの対応も考慮しておく必要がある。 ・出水時には，河川の疎通能力の低下のおそれがあり，治水機能との調整が問題となる。
参考文献	吉田龍夫（1984）：都市河川水の直接浄化工法に関する研究．ヘドロ，30，53-58. 吉田龍夫（1984）：河川水の直接浄化工法に関する研究．ヘドロ，31，43-53. ㈱底質浄化協会（1981）：都市河川水の直接浄化実験について．ヘドロ，22，4-9.

(6) 長毛ろ過

1）浄化原理…長毛ろ布をドラムの外側に張り、ドラムを低速で回転させながら、流入水をろ過する手法。ドラムの回転によりろ過と洗浄が連続的、部分的に行われているので、洗浄のための特別な設備や操作が不要である。



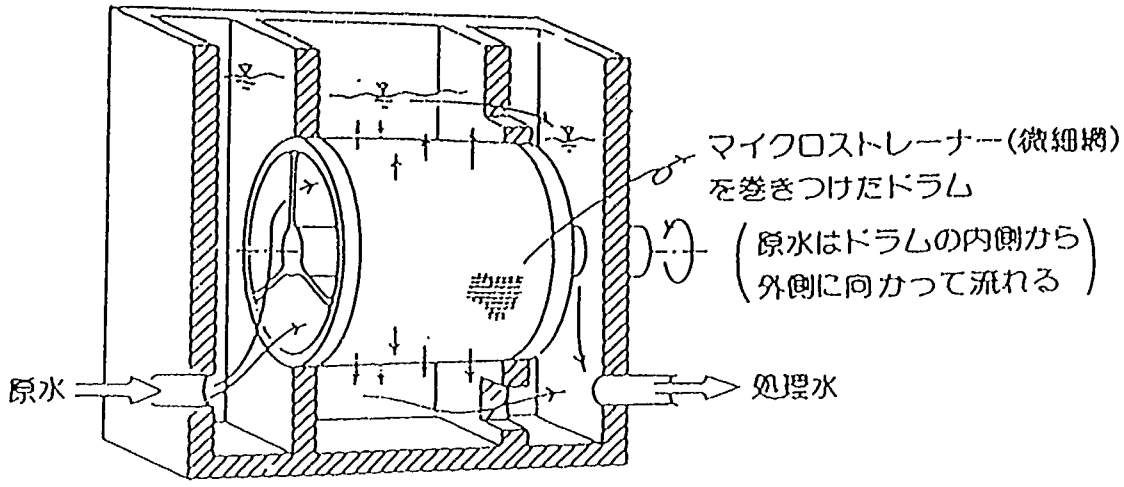
図－1.2.15 長毛ろ過の概念

2）概要と特性

項目	摘　要
技術的基本要件	・河川水中の懸濁態負荷が大きいこと（ＳＳ 100mg/ℓ以下）。 ・栄養塩によって大量に発生したプランクトンによる障害（水の華）が発生していること。
計画のための設計諸元	・ろ過過度（400～800m/day） ・ろ過圧力（10～40cmH_2O） ・ろ布の有効径 ・ろ布材質 ・ろ布面積
浄化効果	・ＢＯＤ 40～50%，ＳＳ 70～80% （藻類およびブロック状の浮遊物まで効率よく除去できる）
施工・維持管理性	・ろ布は自動的に連続で洗浄されるため，自動運転で人手を必要とせず維持管理は容易である。 ・設備費も安く工事も簡単である。
適用上の留意点	・構造，機構が単純かつコンパクトであるため，設置面積が小さくてすみ，建設費および維持管理費も安価であるが，逆洗水の処理が必要である。 ・機械設備のため冠水に弱い。
参考文献	森　裕昭（1983）：富栄養化対策総合資料集（須藤隆一編）．サイエンスフォーラム，538p. 廣木謙三（1992）：水質浄化手法の概要について．ヘドロ，53，15-21.

(7) マイクロストレーナー

1）浄化原理…水中に含まれる藻類などの微生物や浮遊物を回転するドラムに張った微細な金網によって連続的にろ過・除去する手法。ろ過はドラムの内側から外側に向かって行われ、洗浄は外側から内側に向かって圧力水を連続的に吹きつけることによって行われる。



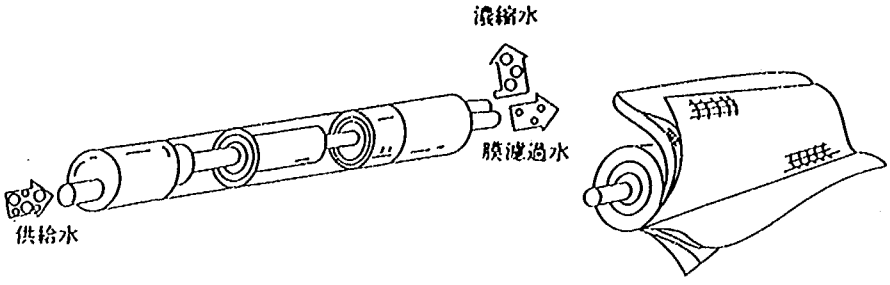
図－1.2.16 マイクロストレーナー装置の概要

2）概要と特性

項目	摘　要
技術的基本要件	・河川水中の懸濁態負荷が大きいこと（ＳＳ 100mg/ℓ以下）。 ・栄養塩によって大量に発生したプランクトンによる障害（水の華）が発生していること。
計画のための設計諸元	・ろ過過度（250～1,000m/day） ・ろ過圧力（10～15cmH_2O） ・網目の目幅 ・ろ材材質 ・ろ布面積
浄化効果	・ＢＯＤ　50%，ＳＳ　70%
施工・維持管理性	・逆洗圧力水用ポンプ，逆洗ノズルなどの洗浄装置の設置が必要となる。 ・設備費も安く工事も簡単である。 ・ろ材（金網）の交換を現場で行うのは困難である。
適用上の留意点	・構造，機構が単純かつコンパクトであるため，設置面積が小さくてすみ，建設費および維持管理費も安価であるが，逆洗水の処理が必要である。 ・機械設備のため冠水に弱い。
参考文献	森　裕昭（1983）：富栄養化対策総合資料集（須藤隆一編）．サイエンスフォーラム，538p. 名取　眞（1981）：都市河川の浄化工法に関する研究 ヘドロ，20，16-20. 廣木謙三（1992）：水質浄化手法の概要について．ヘドロ，53，15-21.

(8) 膜ろ過

1）浄化原理…膜(membrane)をろ材として圧力差により水を通し、水中に存在する汚濁物質や不純物をろ過する方法である。膜の種類から、精密ろ過 (microfiltration, MF)，限外ろ過 (ultrafiltration, UF)，逆浸透 (reverse osmosis, RO) に大別される。



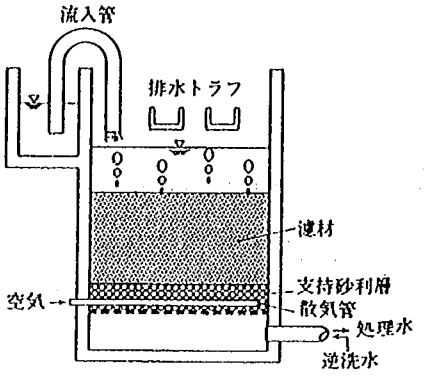
図－1.2.17 膜モジュール（スパイラル型）

2）概要と特性

項目	摘　要
技術的基本要件	・懸濁態負荷があまり大きくないこと（ＳＳ 5mg/ℓ以下）。 ・原水の水量，水質変動があまり激しくないこと。 ・生物処理では除去が困難な色度（溶解性ＣＯＤ）を除去する必要性があること。
計画のための設計諸元	・ろ過膜 【主な対象物質】ＭＦ：0.01～10μm程度の微粒子 ＵＦ：分子量1000以上の高分子物質 ＲＯ：分子量1000以下の低分子物質，溶存塩類 ・膜面積 ・ろ過速度 ・操作圧力
浄化効果	・ＢＯＤ　80～95%，ＳＳ　80～95%，Ｔ-Ｎ　20～40%， Ｔ-Ｐ　20～40%
施工・維持管理性	・通水ポンプなどの設備が必要となる。 ・膜の素材，耐久性などが問題となる。 ・汚濁負荷が大きいと膜モジュールの交換が頻繁となる。
適用上の留意点	・装置がコンパクトであるため，設置面積が小さくてすむが，建設費および維持管理費がやや高価となる。 ・機械設備のため冠水に弱い。
参考文献	藤田賢二（1994）：急速濾過，生物濾過，膜濾過．技報堂出版，301p. 田井慎吾（1988）：限外ろ過法による富栄養化湖水の浄化に関する実験研究．水処理技術，29(5)，16-20. 廣木謙三（1992）：水質浄化手法の概要について．ヘドロ，53，15-21.

(9) 生物膜ろ過

1）浄化原理…ろ材粒子表面に微生物を生息させることによって、浮遊物質をろ別するとともに、付着した微生物の働きにより各種の溶解性物質も除去する方法で、代表的なものに緩速ろ過法がある。ろ材粒子総表面積が大きいため、付着生物濃度が高められた粒状層は、特に増殖速度が小さい微生物を活用する場合や濃度の小さい汚濁水を対象とする場合に適している。



図－1.2.18 生物ろ過膜施設の概要

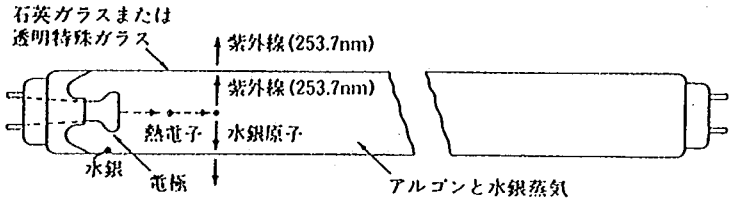
2）概要と特性

項目	摘　要
技術的基本要件	・懸濁態負荷があまり大きくないこと（ＳＳ 20mg/ℓ以下）。 ・原水の水量，水質変動があまり激しくないこと。 ・特殊機能（硝化や臭気除去など）を持ち，かつ増殖速度の遅い微生物をろ過層内に保持する目的があること。 ・生物処理では除去が困難な色度（溶解性ＣＯＤ）を除去する必要性があること。
計画のための設計	・ろ材（砂，アンスラサイト，活性炭，プラスチックなど） ・利用微生物 （好気性従属栄養細菌，硝化菌，脱窒菌，臭気除去細菌など） ・ろ過速度 ・反応条件（好気式，嫌気式） ・ろ過方式（上向流，下向流，固定床式，浮上床式など）
浄化効果	・ＢＯＤ　30～80%，ＳＳ　60～80%，Ｔ-Ｎ　10～20%， Ｔ-Ｐ　10～20%
施工・維持管理性	・通水ポンプなどの設備が必要となる。 ・ろ層の目詰まり，生物膜の剥離などが起こらないように，ろ層内の生物量を管理する必要がある。
適用上の留意点	・ろ過速度をそれほど大きくとれない場合には，やや広い面積が必要となる。 ・機械設備のため冠水に弱い。
参考文献	藤田賢二（1994）：急速濾過，生物濾過，膜濾過． 技報堂出版，301p. 廣木謙三（1992）：水質浄化手法の概要について． ヘドロ，53，15-21.

(10) 紫外線照射法

1）浄化原理…人工的な光源でより効果的に照射できる紫外線ランプを用いて、細胞の遺伝情報を担う遺伝子である核酸のDNAを、RNAからなるウィルスに対してはRNAを損傷させることによって消毒力を発揮させる方法である。

紫外線でDNAが損傷を受けた場合、増殖はできないが、必ずしも致死ではない場合もあるので、紫外線の効果は「殺菌」よりも「不活性化」として取り扱われ、光による再活化（光回復）が起きる可能性もある。



図－1.2.19 紫外線発光管（紫外線ランプ）

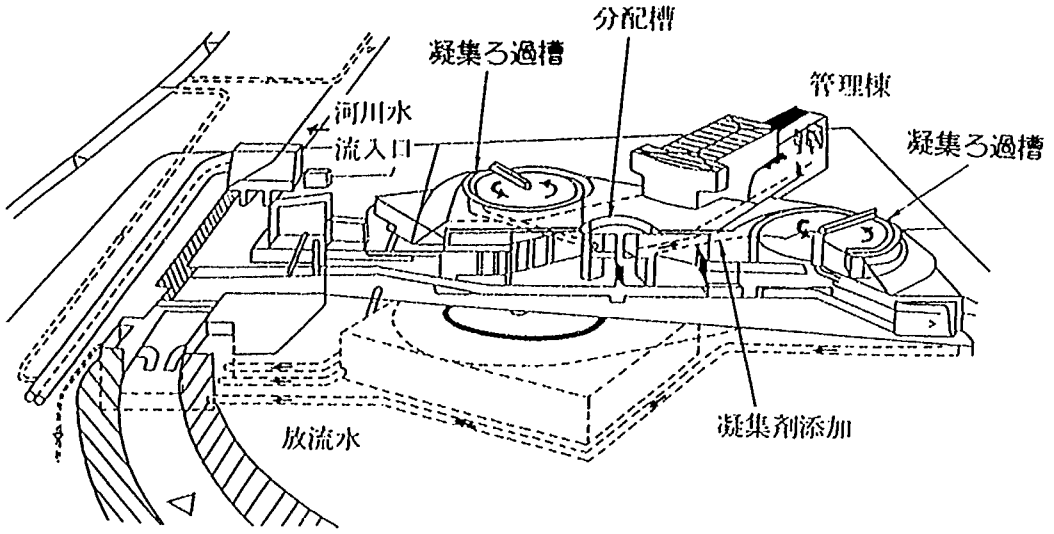
2）概要と特性

項目	摘 要
技術的基本要件	・対象水量があまり大きくなく，小規模な施設であること。 ・懸濁態負荷があまり大きくないこと（ＳＳ 10mg/ℓ以下）。 ・ウィルスや細菌が問題となっており，原虫が問題とならないような水であること。
計画のための設計	・照射量（照射強度，照射時間） ・照射方法（非浸漬型，開渠浸漬型，閉鎖浸漬型） （好気性従属栄養細菌，硝化菌，脱窒菌，臭気除去細菌など）
浄化効果	・殺菌効果
施工・維持管理性	・小規模であれば，簡単に適用でき維持管理も容易である。 ・物質を添加しないので，副生成物を生じない。 ・過剰照射しても，エネルギーのロスはあるが薬剤のような害はない。 ・エネルギー消費量が多く電気代が大きくなる。
適用上の留意点	・ＳＳ，濁度，色度および溶存有機物濃度の高い水には不適当である。 ・紫外線照射量の決定では，実験により効果を確認することが望ましい。 ・残留効果がないので，光回復現象を考慮した消毒効果を与える必要がある。
参考文献	金子光美（1996）：水質衛生学，技報堂出版，579p. 廣木謙三（1992）：水質浄化手法の概要について． ヘドロ，53，15-21.

(ii) 凝集沈殿処理

1）浄化原理…河川水に鉄塩またはアルミニウム塩を直接添加し、水中に溶存している無機態リンを不溶性のリン酸化合物として沈殿・除去する手法。水中の微細な懸濁物質はその表面に負電荷を帯びており、電気的に反発して水中に分散している。

そのため、凝集剤を添加することにより、表面電荷を中和し、接触・結合させて沈降を促進させる。



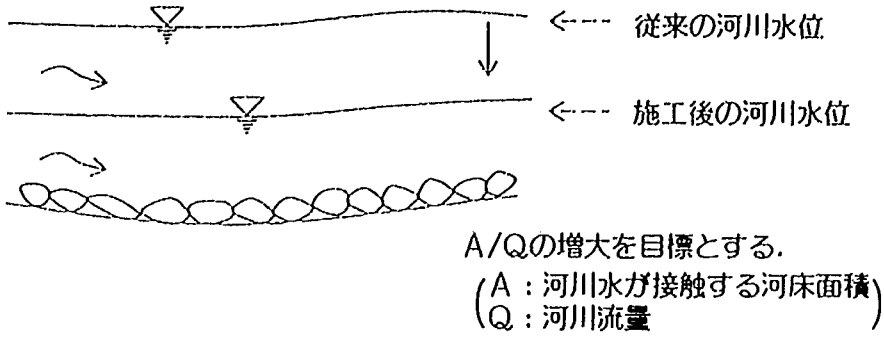
図－1.2.20　処理システムの概要

2）概要と特性

項目	摘　要
技術的基本要件	・湖沼の富栄養化が流入河川からのリン負荷によって生起していること。 ・懸濁性成分の除去に適した高負荷水の流入があること。
計画のための設計諸元	・水面積負荷 ・滞留時間 ・有効水深 ・凝集剤の添加量
浄化効果	・ＢＯＤ　40～60%，ＳＳ　80～95%，Ｔ-Ｐ　90%
施工・維持管理性	・流入部に混和池，フロック形成池，沈殿池などのプラント建設が必要。 ・凝集剤の注入および汚泥の処理・処分など日常的な維持管理が必要。
適用上の留意点	・凝集剤としては，河川水の酸化・還元条件によって変化せず，また生物に対する毒性や環境破壊の危険性の少ないものを用いる。 ・凝集剤添加量および攪拌混和時間と浄化効果の関係について把握する必要がある。 ・懸濁性成分とリンの同時除去が可能となるが薬剤の使用のため運転費・維持管理費が大きくなる。
参考文献	工業技術会（1993）：河川・湖沼・水辺の水質浄化，生態系と景観設計．研修社，463p. 国包章一（1985）：西ドイツにおける水源保全対策．第８回日本水質汚濁研究セミナー講演集，80-94.

(12) 薄層流法

1）浄化原理…流入河川の川幅を拡張し、水深を浅くすることにより、河床の付着生物膜のもつ接触酸化効果を高めて有機物分解を促進させる手法。流量を減らして付着面積あたりの水量を減少させることによって、河川において直接浄化能を向上させることを期待するものである。



図－1.2.21 薄層流法の概念

2）概要と特性

項目	摘要
技術的基本要件	・水質浄化対象が有機物であること。 ・河川形状改変のための用地が確保できること。
計画のための設計諸元	・流下距離 ・流量水量 ・有効水深
浄化効果	・ＢＯＤ　20～40%，ＳＳ　20～40% （ただし，具体的な浄化効果の把握は困難）
施工・維持管理性	・施工は通常の河川改修技術で対応可能である。 ・出水後は河道整備を行う必要がある。
適用上の留意点	・浄化機能が流況などの環境条件に左右されやすく，安定した浄化効果を期待することは難しい。 ・浄化機構上，窒素・リンに対する有効な効果は期待できない。 ・計画水量を確保する上での困難も考えられる。 ・対象区間において景観や生態系が変化するおそれがある。 ・親水機能があり，河川景観保全施設としても利用できる。
参考文献	和田安彦（1984）：河川の水質浄化法とその問題点．環境技術，13(3)，211-217. 中曽根英雄（1985）：農業技術者のための水質入門．農業土木学会誌，53(5)，57-62. 工業技術会（1993）：河川・湖沼・水辺の水質浄化，生態系と景観設計．研修社，463p. 稲森悠平（1986）：水路における浄化とその意義．国立公害研究所研究報告，第97号，5-33. 廣木謙三（1992）：水質浄化手法の概要について．ヘドロ，53，15-21. 須藤隆一（1990）：水域の直接浄化の意義と展望．用水と廃水，32(8)，3-7.

(13) 接触酸化法（プラスチック等を用いた接触材）

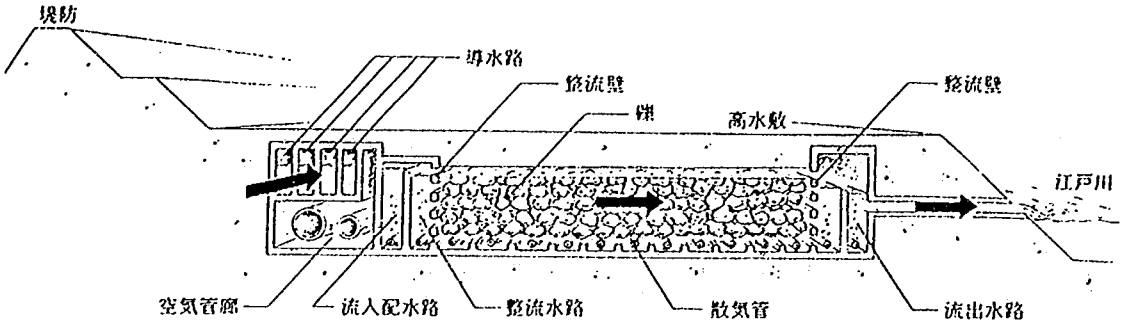
1）浄化原理…河川あるいは人工水路内にプラスチック接触材を充填して、接触材表面に形成された付着生物膜を利用して水中の有機物などを吸着・分解により除去する手法。接触材としては、水深が浅い場合はひも状接触材、水深が深い場合は波板状接触材が利用されている。

2）概要と特性

項目	摘　要
技術的基本要件	・有機物などの除去に適した汚濁水の流入があること。 （ＳＳ　30～100 ㎎/ℓ以下，ＢＯＤ　5～15㎎/ℓ） ・滞留時間を確保できる充分な敷地があること。
計画のための設計諸元	・滞留時間（最低１時間） ・接触槽形成 ・接触材材料 ・接触材表面負荷 ・有効水深（曝気装置がない場合，ひも状接触材で10㎝以下，波板状プラスチック接触材で30㎝以下） ・流速（１～５㎝/sec程度）
浄化効果	・ＢＯＤ　70～90%，ＳＳ　75～95%，Ｔ-Ｎ　10～20%，Ｔ-Ｐ　10～20% （水温が浄化効果に著しく影響する）
施工・維持管理性	・河道内に直接設置すれば，用地が不要となる（但し，洪水対策が必要）。 ・日常の巡視に加え，数年に一度汚泥回収・接触材洗浄が必要である。
適用上の留意点	・設備を地中に設置すれば敷地上部の有効利用が可能である。 ・接触材の種類・充填密度および滞留時間と浄化効果の関係を把握する必要がある。 ・汚泥発生量を抑えるため，光を遮断する必要がある。 ・洪水時流入水量が増加すると浄化はあまり期待できない。 ・高負荷の場合，水深が深い場合には好気性を維持し，処理効率を向上させるために曝気装置を組み込む必要がある。 ・悪臭および衛生害虫の発生が認められるため覆蓋する必要がある。
参考文献	永松啓至（1984）：自然流下型接触酸化による池の浄化システム．用水と廃水，26(5)，42-49. 下井洋一（1984）：生物ろ材充填槽の設計方法に関する研究．用水と廃水，26(11)，52-54. 藤木　修（1984）：都市下水路における雑排水処理．ヘドロ，29，11-15. 稲森悠平（1986）：水路における浄化とその意義．国立公害研究所研究報告，第97号，5-33. 須藤隆一（1986）：接触材を充填した水路における排水の浄化．第３回自然浄化シンポジウム，39-47. 麻生昌典（1983）：自然流下型接触酸化による排水処理システムについて．環境研究，45，12-26.

(14) 礫間接触酸化法

1）浄化原理…礫充填層をつくり、河川水を通過させることにより、礫表面に形成された付着微生物膜による浄化能力を利用し、水中の有機物などを吸着・分解する手法。実用化する場合は、汚泥による礫間の閉塞を防止するために、汚泥堆積時に礫をとりのぞき洗浄するか、逆洗用として礫層底部に散気管を設置し、定期的な逆洗を行う。



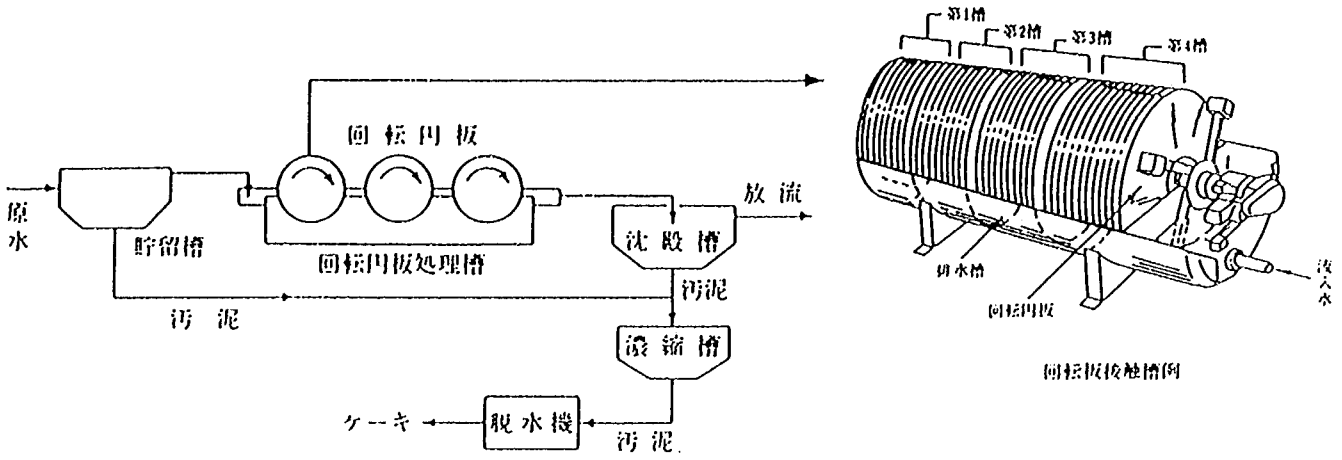
図－1.2.22 礫間接触酸化装置（曝気付）の概要

2）概要と特性

項目	摘　要
技術的基本要件	・有機物などの除去に適した汚濁水の流入があること。 （ＳＳ 30 ～100㎎/ℓ以下，ＢＯＤ 5～15㎎/ℓ） ・滞留時間を確保できる充分な敷地があること。
計画のための設計諸元	・滞留時間 ・礫の形状および空隙率 ・礫表面負荷 ・流速 ・有効水深 ・曝気空気量
浄化効果	・ＢＯＤ　75～80%，ＳＳ　85～90%，Ｔ-Ｎ　10～20%， Ｔ-Ｐ　10～20%
施工・維持管理性	・河川敷地で適用すれば，別途用地を確保する必要がない。 ・堆積汚泥の自然分解が大きく，汚泥発生量が小さいため，低負荷で運転すれば汚泥の回収はあまり必要ない。 ・揚水が必要な場合，あるいは曝気が必要な場合は維持管理費が大きくなる。 ・地中に設置できるので素堀りの断面とでき，また，河床の礫を利用できるために施設自体は安価である。
適用上の留意点	・施設を埋設すれば敷地上部の有効利用が可能となる。 ・溶存ＢＯＤのレベルが高いと好気性状態を保つために曝気を必要とする。 ・懸濁態の窒素・リンは除去されるが，再溶出するので，結果的に窒素・リンはほとんど浄化されない ・流入水中の溶存酸素が小さいと，浄化施設内が還元状態になり浄化水がH_2Sの異臭を放ち，流出口部周辺にイオウ細菌が発生（白濁化）するおそれがある
参考文献	建設省河川局監修（1981）：1980日本河川水質年鑑 （参考編：多摩川の浄化実験と事業化），山海堂，990p.

(15) 回転円板法

1）浄化原理…円板の回転により、円板表面の好気性微生物群に人為的に酸素を供給し、水中の有機物などを吸着・分解により除去する手法。処理操作が単純で、酸素供給にさほど動力を必要としない。



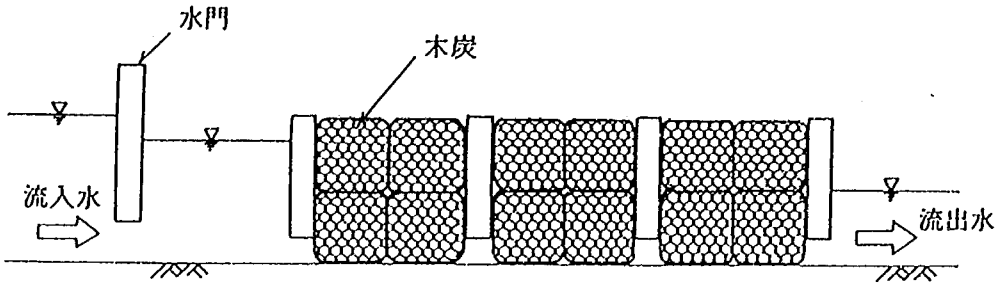
図－1.2.23 回転円板法の処理フロー

2）概要と特性

項目	摘要
技術的基本要件	・有機物などの除去に適した汚濁水の流入があること。 （ＢＯＤ，ＳＳ 200mg/ℓ程度）
計画のための設計諸元	・滞留時間 ・円板面積・枚数 ・円板表面負荷 ・円板浸水面積
浄化効果	・ＢＯＤ 85～95%，ＳＳ 85～95%，Ｔ-Ｎ 10～20%， Ｔ-Ｐ 10～20%
施工・維持管理性	・機械施設のため，建設費は若干高くなる。 ・回板させるだけの動力で済むため，維持管費に大きな比率を占める電力費が小さい。
適用上の留意点	・処理操作が単純で，安全度が高く，接触酸化法などの酸素供給方法として有効である。
参考文献	森 裕昭（1983）：富栄養化対策総合資料集（須藤隆一編）．サイエンスフォーラム，538p. 廣木謙三（1992）：水質浄化手法の概要について．ヘドロ，53，15-21.

(16) 木炭浄化法

1）浄化原理…河川あるいは人工水路内に木炭を充填して、木炭表面に形成された生物膜を利用して水中の有機物などを吸着・分解により除去する手法。木炭は多孔質で内部表面積が大きいため吸着性に富み、微生物が生息しやすい性質を有している。また、化学的に非常に安定した物質であるため、酸・アルカリによって表面がイオン化することなく、生物活性を高める接触材となる。



図－1.2.24 木炭浄化装置の概要

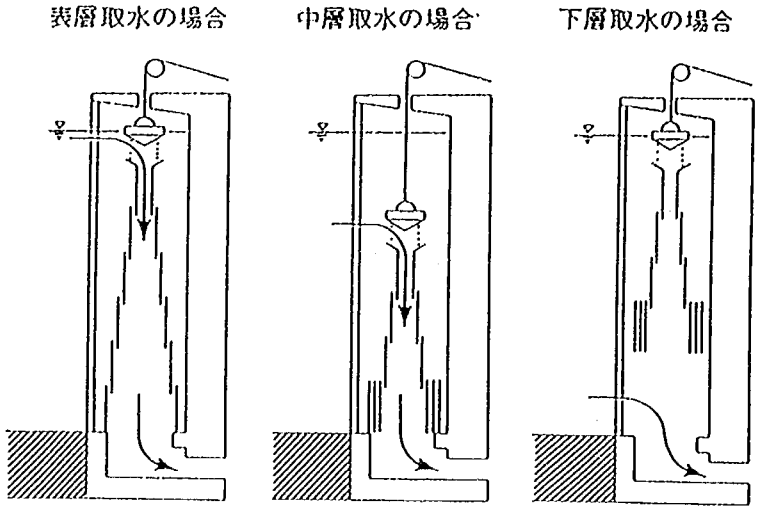
2）概要と特性

項目	摘 要
技術的基本要件	・有機物などの除去に適した汚濁水の流入があること。
計画のための設計諸元	・滞留時間 ・有効水深 ・木炭表面負荷 ・木炭形状および充填量 ・接触槽形状
浄化効果	・ＢＯＤ　75～90%，ＳＳ　75～90%，Ｔ-Ｎ　10～20%，Ｔ-Ｐ　10～20% ・悪臭の除去にも効果的である。
施工・維持管理性	・木炭層を河底部に設置すれば新たな用地を必要としない。 ・目詰まりにより数ヶ月に一度木炭を交換する必要がある。
適用上の留意点	・木炭層中の流れは水路方式のような水平方向ではなく，ろ過方式のような鉛直方向の方が有効である。 ・洪水時には木炭流出防止対策，施設の流亡対策が必要となる。 ・経済的には安価であるが，学術的な立証が遅れており，浄化効果について不明な点が多い。 ・流入負荷変動の対応性および浄化効果の接続性について把握が必要である。 ・維持管理上，木炭の入手方法ならびに使用済木炭の処理・処分方法について検討が必要である。
参考文献	新船智子（1991）：木炭による水質浄化実験とその評価．用水と廃水，33(12)，3-11.

2.5.4　湖沼内対策各論

(1)　選択放流

1）浄化原理…汚濁の状況に応じて汚濁原因水塊を選択的に排除し水質改善を図る手法。表層放流式のダム貯水池において、底層に高濃度栄養塩水塊あるいは溶存酸素低濃度水塊が滞留し、表層水質に悪影響を及ぼす場合は底層から、また、底層放流式のダム貯水池において、表層に水の華が発生している場合は表層から選択的に放流する。



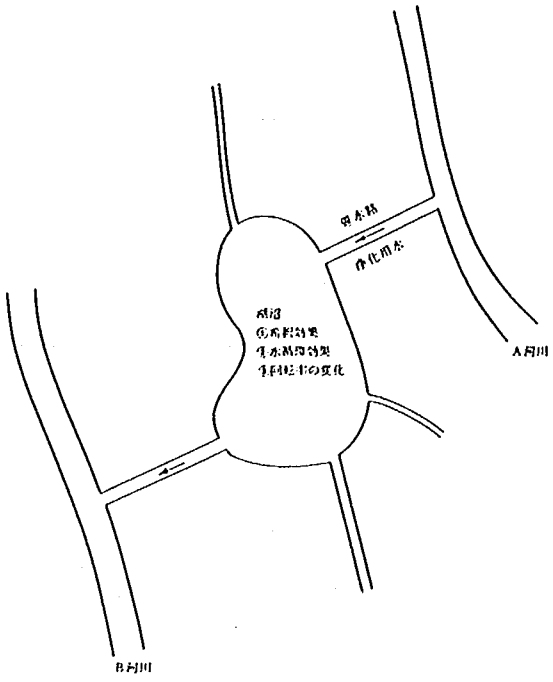
図－1.2.25　選択放流装置の概要

2）概要と特性

項目	摘　要
技術的基本要件	・湖の形態として湖面積が小さく水深が深いこと。 ・湖内の水質・生物分布の鉛直分布較差が大きく，成層が形成されていること。 ・ゲート操作やポンプにより選択取水が容易にできること。
計画のための設計諸元	・取水口標高 ・選択取水量
浄化効果	・過去の事例においても明確な評価が少なく，定量的な把握は困難である。
施工・維持管理性	・施設・装置として特殊施工を要する。 ・水理条件に応じた選択ゲートの運用が必要であるが，通常のダム管理運用で対応が可能である。
適用上の留意点	・下流水域の水環境への影響（水温変化・水質悪化）に配慮した選択ゲートの運用が重要となる。 ・平水時には，貯留量の関係で実施が困難な場合もあり，洪水時のみの実施も考えられる。 ・放流口下流での悪臭発生，Fe, Mn 濃度の上昇などの障害が予測される場合には，深層曝気法などと併用するとその効果は増大する。
参考文献	水資源開発公団一庫ダム管理所：一庫ダムパンフレット，22p. 建設省（1987）：湖沼水質改善技術適用マニュアル（案）， ㈶土木研究センター，319p.

(2) 浄化用水導水（希釈）

1）浄化処理…湖沼水に比べて清澄な河川水を導入することによる希釈効果、湖水循環の促進、回転率の変化によって流況を改善し水質浄化を図る手法。滞留時間を短縮し、植物プランクトン、栄養塩を洗い出すことにより湖内の生物増殖能力を抑制する。



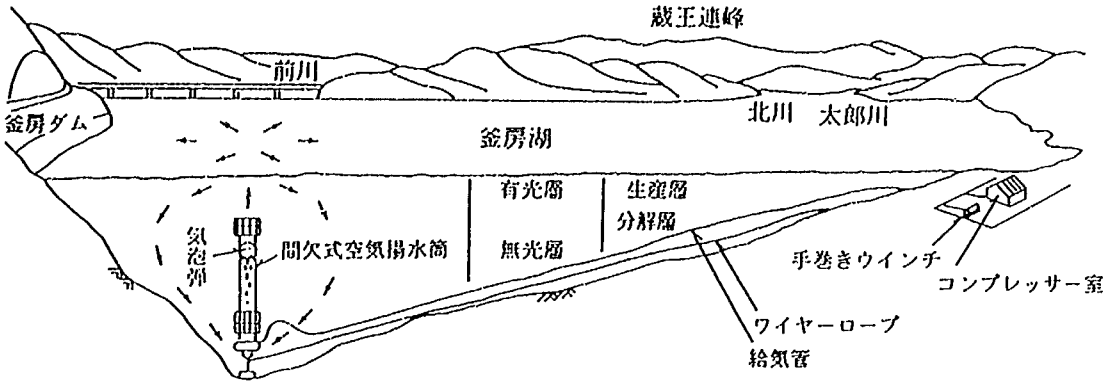
図－1.2.26　浄化用水導水の概念

2）概要と特性

項目	摘　要
技術的基本要件	・浄化用水として導入可能な河川あるいはこれに準じる余剰水があること。 ・浄化用水の水質および可能導水量が把握でき，導水効果が期待できること。 ・対象湖沼および導水路が地勢上の条件に適合すること。
計画のための設計諸元	・導水路長 ・浄化用水量
浄化効果	・浄化用水の水量・水質および湖沼の容積・水質に依存する。（但し，定量的な把握は困難）
施工・維持管理性	・通常の管路施工技術で対応が可能である。 ・導水路内に底泥が堆積する場合にはこの除去が必要となる。 ・導水路と湖水位の標高関係よりポンプを使用する場合は電気エネルギーの常時多量使用となる。
適用上の留意点	・少量の導入では内部生産に解消されてしまい浄化効果が期待できない場合がある。 ・導水路のための用地の確保の必要がある。 ・洪水時対策など治水面からの検討も必要となる。
参考文献	建設省（1987）：湖沼水質改善技術適用マニュアル（案），(財)土木研究センター，319p.

(3) 全層曝気

1）浄化原理…間欠式空気揚水筒などにより低層水を揚水し湖沼内全層を循環させる手法。水温躍層を破壊し、底層水の溶存酸素改善効果による底泥からのリン溶出抑制、植物プランクトンへの光遮断効果による植物プランクトンの増殖抑制を図る。



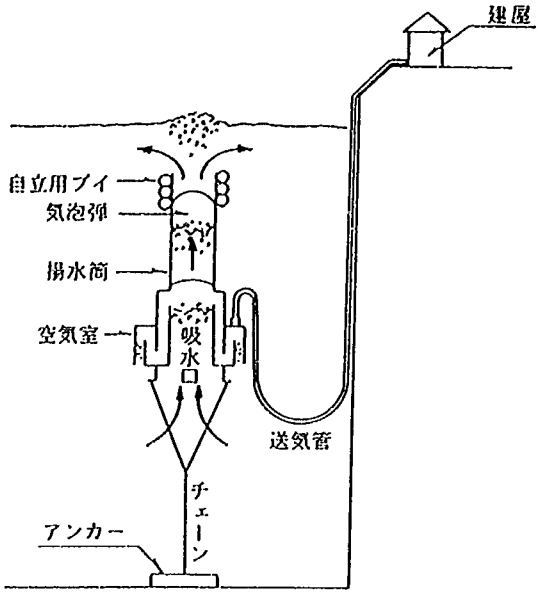
図－1.2.27　全層曝気施設の概要

2）概要と特性

項目	摘　要
技術的基本要件	・表層における植物プランクトンの集積が顕著であること。 ・無光層が存在し，水温躍層が形成されるような深い湖沼であること。 ・底泥からのリン溶出負荷の影響が大きいこと。
計画のための設計諸元	・空気揚水筒あるいは散式空気装置の形式・規模 ・曝気空気量 ・吐出水量（揚水量）
浄化効果	・植物プランクトンの表層集積現象の緩和が期待される。 ・浄化効果は湖沼特性により大きく異なり完全に把握できない。
施工・維持管理性	・曝気施設としてコンプレッサー，送気管，散気装置などが必要となる。 ・日常巡視程度で運転可能である ・大型機械の稼働のため，常時多量の電力エネルギーを要する。
適用上の留意点	・夏季には表層水温の低下現象が発生するため，表層放流ダムでは放流水温低下による下流への影響に配慮する必要がある。 ・底泥まき上げによる栄養塩の表層部への回帰および濁度の増加が懸念される。 ・表層水の溶存酸素低下による魚の酸欠死などのおそれがある。 ・成層破壊による底層水温の上昇に伴い，底泥からの栄養塩溶出も考えられる。 ・全層曝気により，成層化している濁水と湖水を混合することになり，濁水対策としては有害な場合がある。
参考文献	丹羽　薫（1989）：ダム貯水池の富栄養化対策を進める．土木技術資料，31(10)，10-11. 丹羽　薫（1992）：ダム貯水池の水質保全対策．ヘドロ，53，8-14. 小島貞男（1984）：かび臭対策としての湖水人工循環法の経験．用水と廃水，26(8)，27-34.

(4) 浅層曝気

1）浄化原理…湖沼の水温躍層を破壊することなく、比較的浅層部分を曝気により混合、撹拌する手法。主に、表層に集積する植物プランクトンを有光層以下に引き込むことによって増殖・集積の抑制を図る。水温躍層を破壊しないため、表層放流ダムでは放流水温の低下を抑制できる。



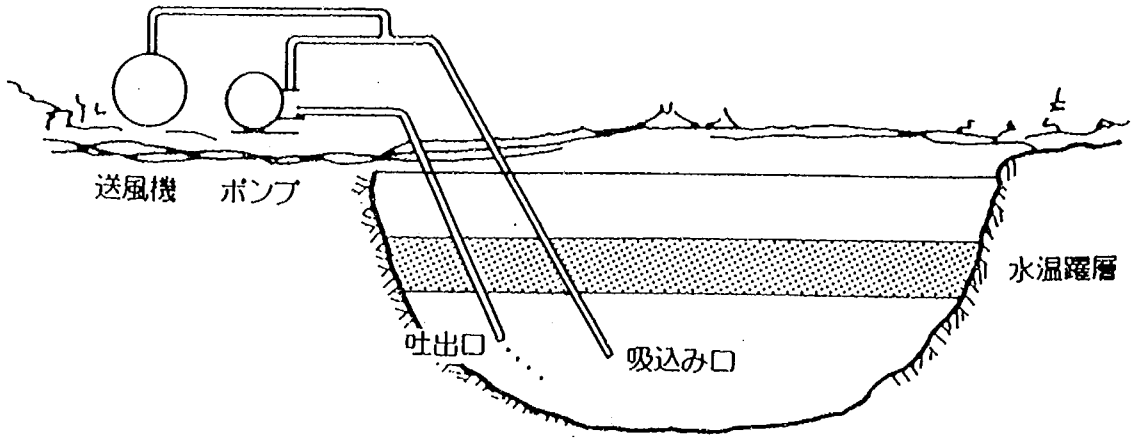
図－1.2.28 浅層曝気施設の概要

2）概要と特性

項目	摘 要
技術的基本要件	・対象が表層放流ダムであり，かつ放流水温の低下を利水上の問題から避ける必要があること。
計画のための設計諸元	・曝気装置の形式・規模 ・曝気空気量
浄化効果	・植物プランクトンの表層集積現象の緩和が期待される。 ・浄化効果は湖沼特性により大きく異なり完全に把握できない。
施工・維持管理性	・曝気施設としてコンプレッサー，送気管，散気装置などが必要となる。 ・日常巡視程度で運転可能である。 ・大型機械の稼働のため常時多量の電力エネルギーを要する。
適用上の留意点	・全層曝気などに比べ混合・攪拌水深が浅いため底層に酸素供給が行えない。
参考文献	小島貞男（1984）：かび臭対策としての湖水人工循環法の経験．用水と廃水，26(8)，27-34. 小島貞男（1984）：富栄養化対策としての湖水人工循環法．日本水処理生物学会誌24(1)，1-19. 水資源開発公団木津川ダム管理所：布目ダムパンフレット．22p.

(5) 深層曝気

1）浄化原理…成層状態にある湖沼の深水層を好気化することにより、リンなどの溶出を抑制する手法。また、鉄・マンガン・硫化水素などを酸化することにより、悪臭の発生や水の着色を防止することもできる。



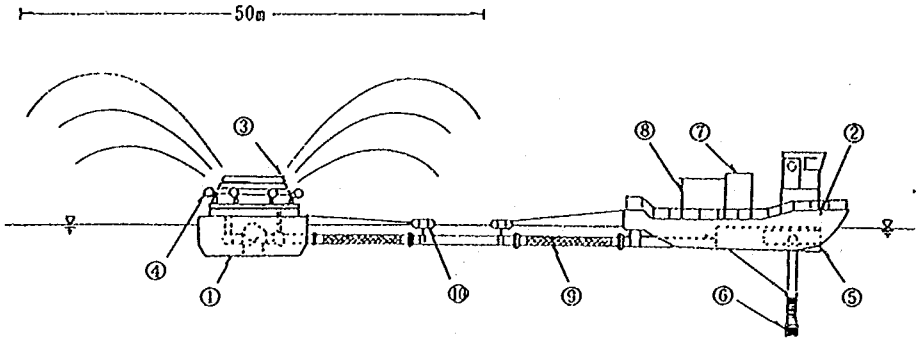
図－1.2.29 深層曝気装置の概要

2）概要と特性

項目	摘 要
技術的基本要件	・底泥からのリンの溶出が水質に大きく寄与していること。 ・対象が表層放流ダムであり，かつ放流水質の低下を利水上の問題から避ける必要があること。
計画のための設計諸元	・曝気装置の形式・規模 ・曝気空気量 ・湖水容量に対して深水層の容量が小さいこと。
浄化効果	・底泥からの２次溶出が抑制されるため，湖沼特性が大きく異なること，成層湖沼にあってはその効果が循環期以降に表れることなどから浄化効果の確認には長期的なデータにもとづく必要がある。
施工・維持管理性	・曝気施設としてコンプレッサー，送気管，散気装置などが必要となる。 ・大型機械の稼働のため常時多量の電気エネルギーを要する。 ・日常巡視程度で運転可能である。
適用上の留意点	・曝気量が大きすぎると底層水の表層への回帰のおそれがある。
参考文献	小島貞男（1983）：富栄養化対策総合資料集（須藤隆一編）．サイエンスフォーラム，538p. 丹羽　薫（1992）：ダム貯水池の水質保全対策．ヘドロ，53，8-14. 小島貞男（1984）：かび臭対策としての湖水人工循環法の経験．用水と廃水，26(8)，27-34. 小島貞男（1984）：富栄養化対策としての湖水人工循環法．日本水処理生物学会誌，24(1)，1-19.

(6) 噴水

1）浄化原理…水の華の発生水面に比較的大規模な噴水を設置・運転し、主に、植物プランクトンの増殖・集積を抑制する手法。噴水圧力による殺藻効果および鉛直循環による植物プランクトンの無光層への連行効果を期待する。



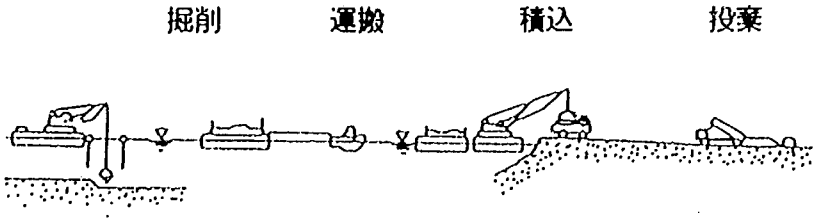
図－1.2.30 噴水装置の概要

2）概要と特性

項目	摘 要
技術的基本要件	・水の華などが局所的に発生していること。
計画のための設計諸元	・散水径 ・散水水量
浄化効果	・散水区域内での水の華現象の解消が期待できる。
施工・維持管理性	・噴水船など散水施設が必要となる。 ・日常巡視程度で対応可能である。 ・稼働のため電気エネルギーが必要となる。
適用上の留意点	・広域的な対策手法ではない。 ・表層水温低下のおそれがある。 ・景観面では観光資源効果・親水効果がある。
参考文献	寺西靖治（1982）：噴水による富栄養化対策. 1989日本河川水質年鑑（山海堂），997-1004.

(7) 底泥浚渫

1）浄化原理…有機物および栄養塩含有率の高い底泥を湖外へ排出して、溶出・まい上がり負荷の削減を図る手法。また、底水層の溶存酸素の回復、水深の維持・確保などにも有効である。



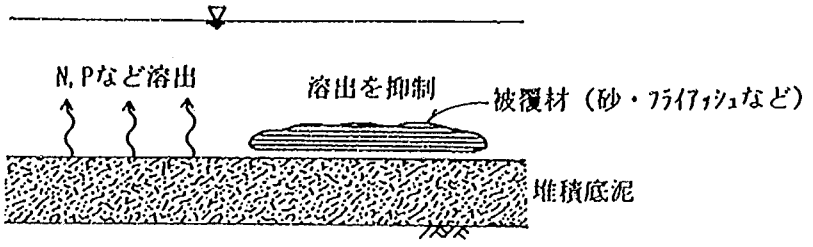
図－1.2.31 浚渫工法の実施例

2）概要と特性

項目	摘　要
技術的基本要件	・底泥からの栄養塩溶出が水質に大きく寄与していること。 ・汚濁底泥の堆積状況が浚渫による除去に適していること。 ・浚渫土の処理・処分地の確保が可能であること。
計画のための設計諸元	・底泥浚渫工法（掘削，運搬，投棄） ・底泥浚渫量
浄化効果	・底泥浚渫量，底泥中有機物・栄養塩含有率に依存する。 （定量的な浄化効果の把握は困難）
施工・維持管理性	・浚渫船方式など各種の方式がある。 ・浚渫・運搬工ではエネルギーの使用が必要不可欠となる。 ・浚渫後の底泥再堆積の防止が重要となる。
適用上の留意点	・底生生物への影響が懸念される。 ・浚渫土量が多いため処理・処分地の確保が計画上重要となる。 ・浚渫時・浚渫直後は，底質表面の乱れにより栄養塩溶出量が増大し一時的に水質が悪化するおそれがある。 ・湖沼容量の確保となり治・利水面での改善が期待される。 ・時間の経過により再び底泥が堆積する場合は抜本的な解決とならない。 ・底泥の性状（粒径分布，含水率など）および有機物，栄養塩含有量を把握して浚渫の区域や深度を決定しなければならない。
参考文献	細見正明（1983）：富栄養化対策総合資料集（須藤隆一編）．サイエンスフォーラム，538p. 丹羽　薫（1992）：ダム貯水池の水質保全対策．ヘドロ，53，8-14. 本橋敬之助（1989）：浚渫跡地における底泥の堆積と底質．水処理技術，30(8)，31-35.

(8) 底泥被覆

1）浄化原理…有機物や栄養塩の溶出負荷の大きい底泥の上に化学的に安定な物質（個体）を被覆し、底泥からの溶出を抑制することによって湖沼の水質改善を図る手法。被覆材料としては湖内材料の砂、土壌、粘土などを使用する場合と湖外の材料として砂、粘土、プラスチック、フライアッシュなどを使用する場合とがある。



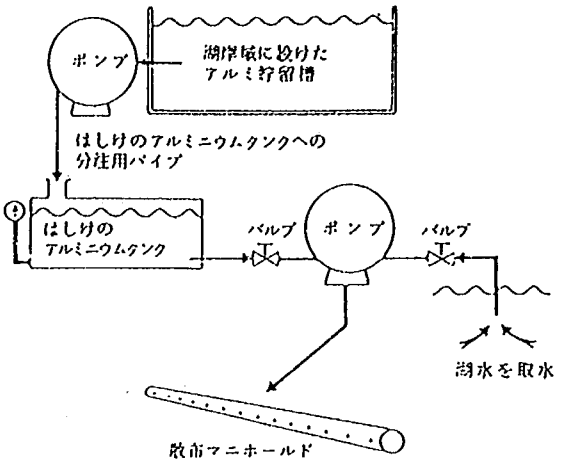
図－1.2.32 底泥被覆の概要

2）概要と特性

項目	摘　要
技術的基本要件	・底泥からの栄養塩の溶出が水質に大きく寄与していること。 ・廉価な被覆材料が入手できること。
計画のための設計諸元	・底泥被覆厚 ・被覆材材質
浄化効果	・定量的な浄化効果の把握は困難である。
施工・維持管理性	・底泥被覆工ではバージあるいはポンプなどによる運搬が必要となる。 ・被覆後底泥が再堆積する場合は同手法を繰り返す必要がある。
適用上の留意点	・底生生物への影響が懸念される。 ・各種被覆材を用いて様々な被覆厚を形成した場合の効果を検証する必要がある。 ・被覆材料に重金属などの有害物質が含まれている場合は２次公害のおそれがある。 ・被覆材投入により治・利水容量が若干減少する。 ・時間経過により再び汚泥が堆積する場合は抜本的な解決とならない。 ・被覆する前に底泥の浚渫または水生植物の刈り取りが必要となる。
参考文献	細見正明（1983）：富栄養化対策総合資料集（須藤隆一編）．サイエンスフォーラム，538p.

(9) 栄養塩不活性化処理

1）浄化原理…湖沼内に鉄塩またはアルミニウム塩などの薬剤を投入し、水中の溶存無機態リンを不溶性のリン酸化合物として凝集沈殿させると同時に、リンの底泥溶出量を削減する手法。凝集剤としては、通常、硫酸アルミニウム（硫酸バンド）を用いる場合が多い。これは、アルミニウムは湖水の酸化・還元条件によって変化せず、また生物に対する毒性や2次的な環境破壊の危険性が少ないためである。



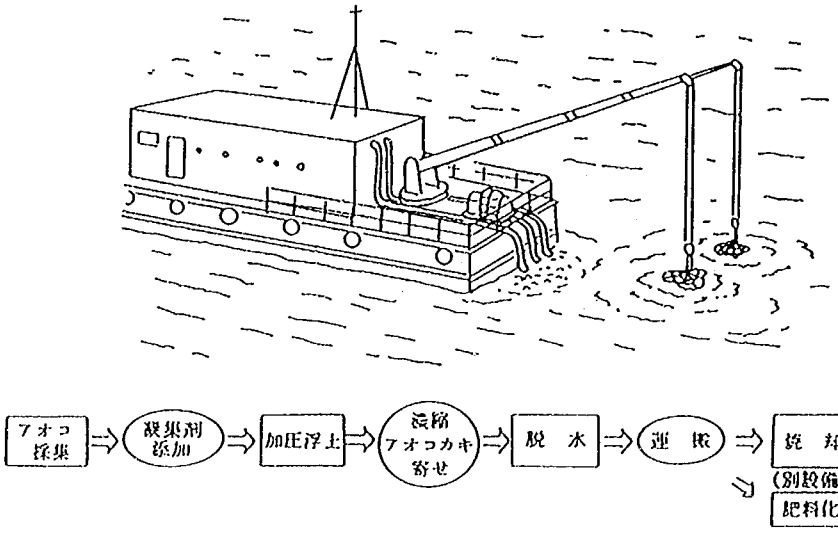
図－1.2.33 凝集剤散布装置の概略

2）概要と特性

項目	摘　要
技術的基本要件	・比較的湖面積の小さい湖沼であること。 ・底泥のまい上がりや移動が少ないこと。 ・水深がある程度深いこと。
計画のための設計諸元	・投入薬剤 ・薬剤投入量 ・薬剤投入頻度 ・薬剤投入時期
浄化効果	・凝集剤散布濃度に依存する。
施工・維持管理性	・狭い水域が対象となる場合が多いため，散布の装置は比較的簡易なものでよい。 ・投入後，富栄養化の状況を監視しながら，定期的な対応が必要となる。 ・投入後は，汚泥の除去，人為的な制御の必要はない。 ・投入時の動力として電気エネルギーを要する。
適用上の留意点	・投入する薬剤によるｐＨなどの水質変化のおそれがある。 ・底生生物への影響が懸念される。 ・投入時期の決定のためには，水質・生物の季節的特性把握が必要である。
参考文献	森　裕昭（1983）：富栄養化対策総合資料集（須藤隆一編）．サイエンスフォーラム，538p.

(10) 藻類除去

1) 浄化原理…湖内に発生した藻類を採取し、分離・濃縮・焼却などの処理により水質改善を図る手法。藻類を回収して濃縮する方法には、遠心分離式、加圧浮上式および長毛ろ過式などの方式がとられている。



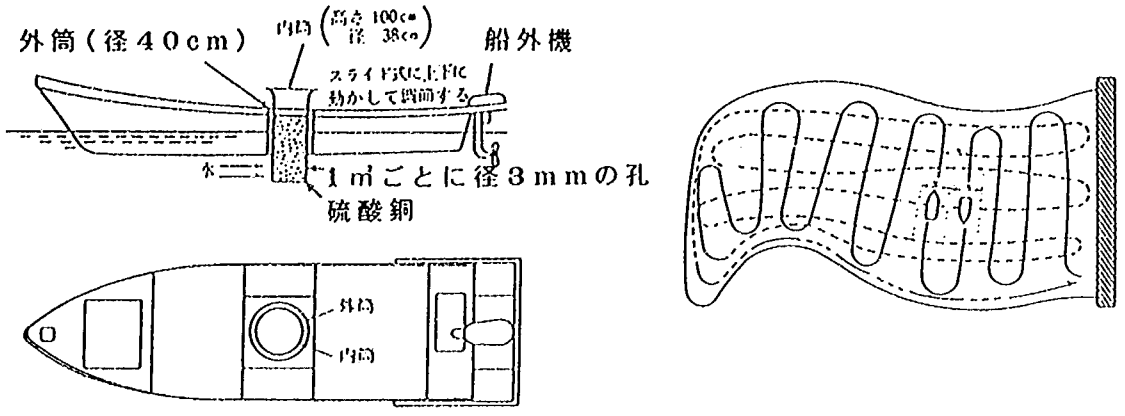
図－1.2.34 藻類回収船および処理工程

2) 概要と特性

項目	摘 要
技術的基本要件	・水の華など藻類の大量発生あるいは死滅による悪臭が環境問題を引き起こしていること。 ・発生した藻類が風や湖流により特定区域に吹き寄せられて高濃度となっていること。
計画のための設計諸元	・藻類回収量 ・濃縮・焼却処理能力
浄化効果	・藻類回収率，藻類中栄養塩含有量に依存する。
施工・維持管理性	・装置は回収船と処理装置を組み合わせたものが合理的である。 ・回収および処理装置を稼働させるため，多量の電気エネルギーが必要である。
適用上の留意点	・漁業権が設定されていない水域にのみ適用が可能となる。 ・低濃度レベルの藻類の効果的な回収が重要となる。 ・最終処分の段階で悪臭の発生が予想される場合は，高温焼却および脱臭対策が必要となる。 ・湖沼内の藻類の鉛直ならびに平面分布特性，発生に関する季節特性を把握する必要がある。
参考文献	丹羽 薫（1992）：ダム貯水池の水質保全対策．ヘドロ，53，8-14. 吉野善彌（1986）：底泥およびアオコの回収・脱水ならびに再資源化．水処理技術，28(8)，36-54.

(11) 殺藻剤・除草剤処理

1）浄化原理…水の華・異臭味など水質障害事象に対して薬剤を散布し、藻類および水草の生長を抑制あるいは死滅させ水質改善を図る方法。薬剤としては、硫酸銅、次亜塩素酸ソーダ、塩化銅などが使用される。



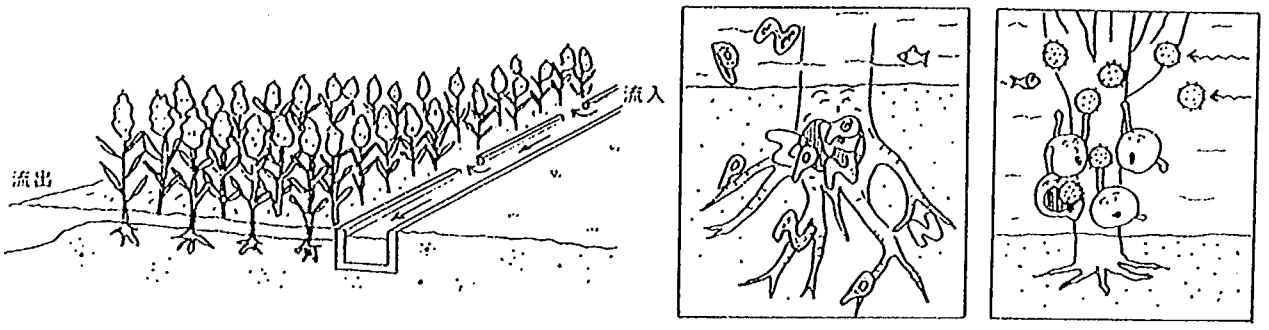
図－1.2.35　硫酸銅を用いた殺藻剤の散布例

2）概要と特性

項目	摘　要
技術的基本要件	・藻類が大量に発生し，異臭味などに伴う利水障害が生じていること。 ・天然湖ならびに多目的ダムにおいては湖沼の水利用に影響を及ぼさないこと。
計画のための設計諸元	・散布薬剤 ・薬剤散布量 ・薬剤散布頻度 ・薬剤散布時期
浄化効果	・薬剤散布率および藻類の耐性獲得の程度に依存する。
施工・維持管理性	・散布方法には溶液散布法，粉末散布法，連続散布法があり簡単な機械装置が必要となる。 ・船上からの散布作業のため容易である。 ・散布後，湖内の植物プランクトンの個体数および生理機能を継続的に調査し，効果・復元性を明らかにする必要がある。
適用上の留意点	・藻類・水草などの生長および増殖時期の把握が必要である。 ・湖沼内の魚類，下流域の農作物への影響が懸念される。 ・散布量，散布場所の選定にあたり，湖容量，放流量および流速などの把握が必要である。 ・魚類の斃死などによる心理的影響にも配慮が必要となる。
参考文献	小島貞男（1983）：富栄養化対策総合資料集（須藤隆一編）．サイエンスフォーラム，538p.

(12) 抽水植物浄化（低湿地導入）

1）浄化原理…アシなどの抽水植物が繁茂した湖岸の低湿地帯に、河川・湖沼水を導入することにより水質改善を図る手法。水中の懸濁態の有機物や栄養塩は抽水植物に接触・沈降し、また、溶存態のものは土壌に吸着した後、植物の吸収、底質中微生物の分解により除去される。天然湖沼ではその水質改善効果を目的としてアシ帯の保全・管理を実施している事例もある。



図－1.2.36　低湿地浄化施設の概要

2）概要と特性

項目	摘　要
技術的基本要件	・湖岸に充分な低湿地が確保できること。 ・低湿地帯の植生が主に抽出植物（アシ，ガマなど）で構成されていること。 ・簡易な取水施設で河川・湖沼水を導入できるような地理的条件であること。 ・リン除去に適した高負荷流入水があること。
計画のための設計諸元	・滞留時間 ・池内水深 ・流下距離 ・生育密度 ・水面積負荷
浄化効果	・ＢＯＤ　40%，ＳＳ　50%，Ｔ-Ｎ　20～40%， Ｔ-Ｐ　20～40%
施工・維持管理性	・自然の低湿地を利用すれば，取水装置，導水管，集中管などの簡易な施設・装置の敷設となる。 ・日常巡視および植生維持作業に加え，浄化機能を保つために年１回の刈り取りが必要である。 ・汚泥の堆積が大きくなった場合のみ底泥除去を要する。
適用上の留意点	・自然条件（植生，気象，地形）に適用上の制約がある。 ・自然の生態系を利用するため周辺環境への影響は小さい。 ・管理が適正でないと，栄養塩の溶出など水質汚濁を助長するおそれがある。 ・治水上の問題には設計上の工夫により対応できる。
参考文献	建設省関東地方建設局霞ヶ浦工事事務所（1991）：霞ヶ浦の自然を生かした「植生浄化施設」．ヘドロ，56，10-23.

(13) 浮漂植物浄化

1) 浄化原理…湖沼流入部などに浮漂植物あるいは沈水植物の栽培区画を設けて、栽培、刈り取り・回収を実施し、植物の栄養塩吸収能により水質改善を図る手法。適用植物種としては、浮漂性のホテイアオイなどがある。



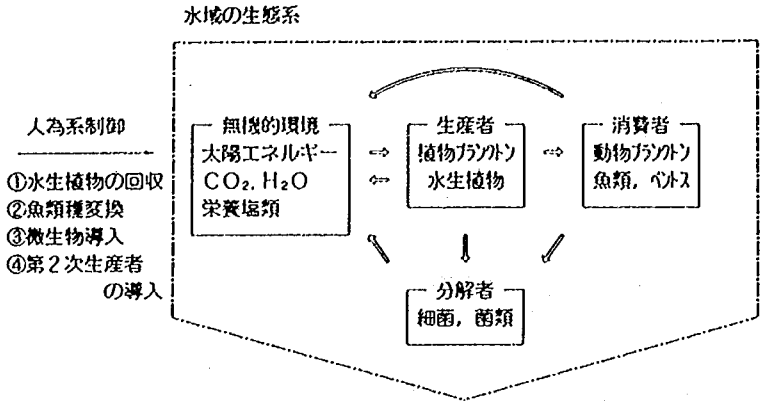
図－1.2.37 浮漂植物（ホテイアオイ）

2) 概要と特性

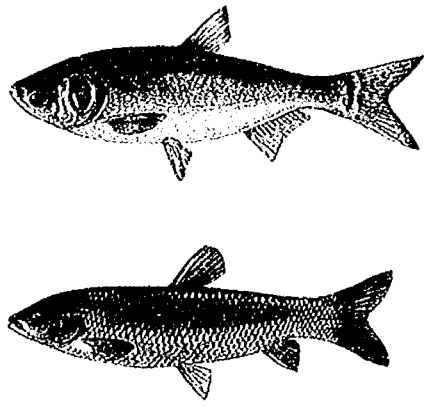
項目	摘　要
技術的基本要件	・水生植物が充分植栽できる沿岸帯が確保できること。 ・水生植物の植栽に適した生育環境であり，洪水時にも安全に係留できること。
計画のための設計諸元	・滞留時間 ・池内水深 ・流下距離 ・生育密度 ・水面積負荷
浄化効果	・ＢＯＤ　40%，ＳＳ　50%，T-N　10～20%， T-P　10～20%
施工・維持管理性	・流出防止のため栽培区を囲む簡易な仕切り設備が必要である。 ・洪水時など栽培中の管理および刈り取りが必要となる。
適用上の留意点	・水中の栄養塩類濃度およびその他の環境条件と植物の生長速度との関係が定量的に明らかでない。 ・冬期には生育が悪いため，年間を通じての安定的な処理法となりにくい。 ・水生植物の栽培に伴い治水への影響が考えられるため，自然条件に配慮した栽培区域の設計が必要である。 ・刈り取り後，栽培した水生植物自体が廃棄物となるが，含水率が高いため，再処分，再利用に技術開発が必要となる。
参考文献	沖　陽子（1991）：水生雑草が有する機能の活用．農業技術，46(12)，1-6. 廣木謙三（1992）：水質浄化手法の概要について．ヘドロ，53，15-21. 徳永隆二（1981）：水生植物の水質汚濁防止の利用．用水と廃水，23(2)，3-11.

(14) 生態系制御

1）浄化原理…藻類を好んで摂食する魚類の移入などの方法によって生物相を制御し、藻類の繁殖を抑制する手法。代表的な方法としては、(a)水草の抜き取り、(b)藻類を好んで食べる魚（ハクレン・ソウギョなど）の移入、(c)動物プランクトンなど第二次生産者による捕食、(d)生物の生息場所の管理、などが挙げられる。



図－1.2.38 生態系制御の概念



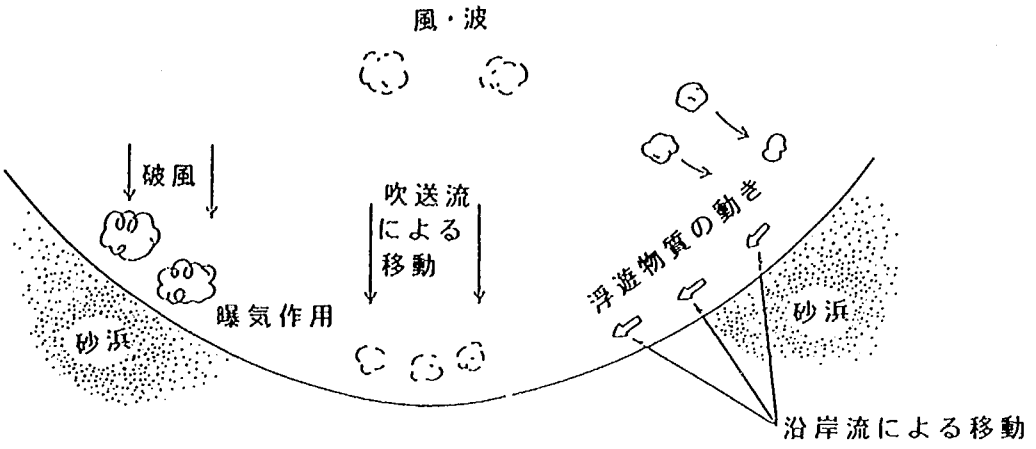
図－1.2.39 移植魚類
上：ハクレン、下：ソウギョ

2）概要と特性

項目	摘　要
技術的基本要件	・水理，水文および水質条件が魚類などの生息に適合していること。 ・生態系への影響がそれほど大きくないこと。
計画のための設計諸元	・移殖生物種 ・移殖生物量
浄化効果	・植物プランクトン量の減少はみられるが，浄化効果の定量的な把握が困難である。
施工・維持管理性	・制御手法によっては，湖水域の仕切りなどの施設が必要な場合がある。 ・イケス養殖の場合は状況変化への対応が必要となる。
適用上の留意点	・植物プランクトンなど人間が制御したいものが選択的に摂取されるとは限らず，制御するのが難しい。 ・対象湖沼の自然条件あるいは水利用などの把握を充分に行う必要がある。 ・生態系のバランスを崩すおそれがある。 ・湖内生物の生長・増殖期などの季節特性ならびに分布特性の把握が重要となる。
参考文献	建設省（1987）：湖沼水質改善技術適用マニュアル（案），(財)土木研究センター，319p.

(15) なぎさ型湖岸

1）浄化原理…砂浜の自浄作用、砕波現象による自然曝気作用ならびに湖岸流あるいは吹送流による浮遊性物質の集積作用に期待した手法。良好な水辺空間を形成し、豊かな自然水系環境の創造効果を期待できる。



図－1.2.40 なぎさ型湖岸の概要

2）概要と特性

項目	摘　要
技術的基本要件	・湖岸形状および護岸構造が砂浜湖岸の創出に適していること。
計画のための設計諸元	・砂浜湖岸形状 ・護岸構造
浄化効果	・浄化効果は不明瞭である。
施工・維持管理性	・自然湖岸の高度利用の他に，部分的な湖岸整備が必要である。 ・浮遊物の集積に伴い，これらの処理・処分が必要となる。
適用上の留意点	・湖沼の水位および波高などの水理条件，風向・風速などの気象条件の把握が必要である。 ・治水への影響にも配慮が必要である。
参考文献	建設省（1987）：湖沼水質改善技術適用マニュアル（案），(財)土木研究センター，319p.

3．河川等で使われる水域浄化手法

(1) 河川浄化の沿革

これまで、河川水を直接浄化する試みが、多摩川の支川野川における河川浄化施設の建設を皮切りに、全国各地で行われてきた。この水域浄化手法については、礫間接触酸化法をはじめとする数多くの手法が試みられ、浄化効果の安定性、施工・維持管理性などの面からみた河川、湖沼などの水質浄化への適用性、有効性に関する数多くの知見が得られている。

一方、上下水道処理の分野などにおいては、既往の水処理技術に加えて、膜ろ過、オゾン酸化、紫外線照射など、既往の技術の改良、あるいは新しい水処理方法の開発が続けられており、このような他の分野における水処理技術の水域浄化施設への適用可能性についても検討されている。

(2) 浄化手法の選択

こうした状況を踏まえ、比較的多くの実績を有する既往の浄化手法、ならびに現在、適用可能性が検討されているもので今後適用が期待されている手法をとりあげて、その内容を概説する。

3.1 接触酸化法
3.2 土壌浸透法
3.3 植生浄化法（抽水植物、浮漂植物の利用）
3.4 凝集沈殿法
3.5 その他の浄化手法(膜ろ過、紫外線照射など)

3.1 接触酸化法

(1) 概要

接触酸化法は、礫、木炭、プラスチック、合成繊維などの接触材の表面に付着した微生物群の働きを活用した浄化手法である。

担体に付着した生物膜法の一種であり、好気的にも嫌気的にも計画しうる。

(2) 特徴

既往の水域浄化施設で最も一般的な浄化手法であり、主な特徴としては次の事項が挙げられる。

① 生物膜内に多種多様な微生物、後生生物が生息し、食物連鎖が長く、汚泥の槽内での滞留時間が長いため、汚泥の発生量が比較的小さい。

② 運転管理が容易で、比較的安定した浄化が可能である。

(3) 分類

接触酸化法は、接触材の種類、水の流れ方、反応条件などの違いにより多くの形式が考案されている。

表－1.3.1 接触酸化法の分類のカテゴリー

分類項目	形　式
通水方式	横流れ式、下向流式、上向流など
接触材	礫、木炭、プラスチック、合成繊維など
接触材保持形式	固定床式、流動床式など
反応条件	好気式、嫌気式など
酸素供給方式	接触材直接曝気式、前曝気式など
利用微生物	好気性従属栄養細菌、硝化細菌、脱窒細菌など

3.1.1 礫間接触酸化法

(1) 概要

接触材として礫を用い、礫と礫の間隙を流下する間に懸濁成分の沈降作用と礫表面に付着した微生物の生物膜による有機物の吸着・酸化分解作用を原理とした接触酸化法である。

(2) 分類

礫間接触酸化法は、礫槽内に曝気装置を設けた「曝気付き礫間接触酸化法」と曝気装置を持たない「礫間接触酸化法」に分類される。

浄化対象とする水の汚濁レベルが大きい場合は、礫に付着した好気性生物膜の活性を維持するために溶存酸素を補給する「曝気付き礫間接触酸化法」が一般的となっている。なお、曝気装置の必要性は主に以下の目的に応じて決定される。

① BODレベルが10mg/ℓ程度以上あり、水中のDOだけでは無機化に必要な酸素が不足する場合。

② 下流に浄水場があり、利水面から NH_4-N を硝化する必要がある場合。

③ 滞留時間が長く、施設放流口でDO濃度が低下して放流先でのDO低下が問題になる場合。

(3) 浄化原理

接触沈殿：水中の汚濁物質が礫間隙を流れることにより礫に接触、沈殿する。

吸　　着：礫表面に付着した生物膜の接触・ろ過・吸着作用により、生物膜表面に吸着される。

酸化分解：礫表面の生物膜は、好気条件下で沈殿、吸着した懸濁性有機物を酸化分解するとともに、溶解性の有機物、栄養塩類を吸収、同化する。

汚泥剥離：生物膜の底層は酸素が供給されないため嫌気状態となる。生物膜が肥厚するとこの嫌気層が増大して、礫表面の生物膜が嫌気分解されて生物膜が剥離する。これが剥離汚泥として蓄積する。

(4) 施設構成

取水堰　　：原水を安定して取水するとともに、河川などにおいては比較的大きな懸濁物質を沈降分離する。

スクリーン：目詰まりの原因となるビニール、空き缶、枯れ草など大きな夾雑物を除去する。

分水槽　　：複数系列の処理槽に一定量送水するために原水を分配する。

整流槽　　：接触酸化槽において偏流を生じないように原水を送水する。

礫間接触槽：礫を充填し、礫表面に付着した生物膜の浄化機能により浄化する。

曝気装置　：処理槽内を好気状態に維持するためのブロワー、送気管、散気装置など。

汚泥溜め　：剥離した生物膜や無機質の泥などを貯留する部分で、定期的な排泥が必要となる。

礫径　　：既設の礫間接触酸化施設で用いられている礫は、曝気の有無にかかわらず、20～150mmであり、空隙率は35～40%である。

【礫間接触酸化】

野川浄化施設　：20～120mm
平瀬川浄化施設：20～150mm
谷地川浄化施設：20～150mm

【曝気付礫間接触酸化】

吉ヶ崎浄化施設：100～150mm

(5) 礫間接触酸化法と曝気付き礫間接触酸化法

① 礫間接触酸化法：礫表面に付着した微生物による吸着や酸化分解と接触沈殿が同時に進行する手法であり、BOD、SSの除去には比較的高い効果が期待できる。ただし、微生物によるBOD浄化効果は、処理施設のDOレベルに左右される。

② 曝気付き礫間接触酸化法：礫表面に付着した微生物の活性を高めるために礫層前部で曝気を行い、BOD、NH_4-Nの除去効果を高めた方法である。SSについては、曝気により撹拌されるため、接触沈殿用の容量を確保する必要がある。

(6) 曝気の必要性の判断

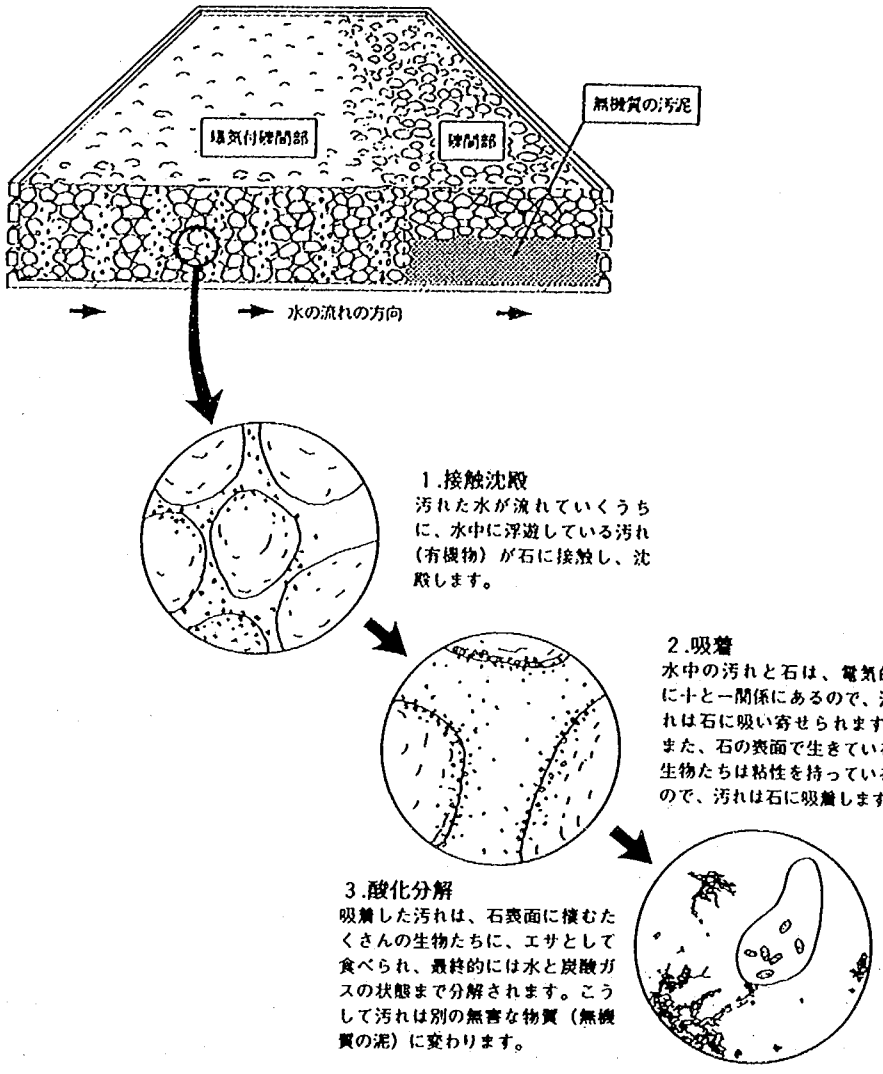
① 溶存酸素濃度の確保

礫表面に生息する微生物は好気性であるため、溶存酸素(DO)が微生物活性の維持に不可欠である。また、生物膜に吸着した有機物を摂取し、二酸化炭素と水に分解する過程でもDOを消費する。したがって、有機物の流入負荷が大きくなると、DOが欠乏して微生物による浄化効果が低下する。

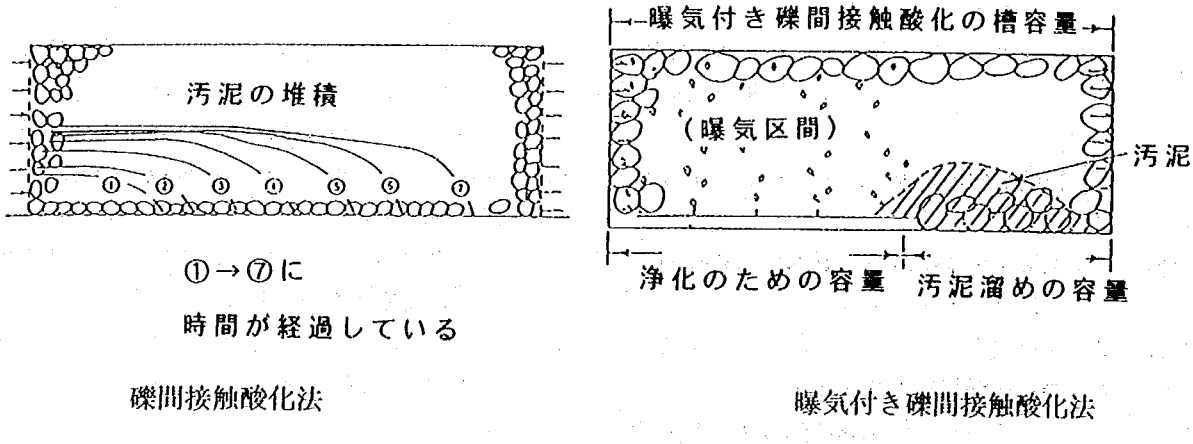
通常、微生物が消費する酸素量は生物膜に存在する微生物の呼吸量と有機物の代謝分解に必要なDOであり、原水レベルのDOが数mg/ℓ程度であれば、接触酸化法により微生物分解できる有機物濃度の限界は、同等程度以下のBODである。

② 浄化処理への NH_4-N 負荷の軽減

水中の NH_4-N は、浄水処理における塩素投入量の目安となる。NH_4-N が多いと塩素投入量が大きくなり、カルキ臭の発生、トリハロメタンの生成が問題となる。

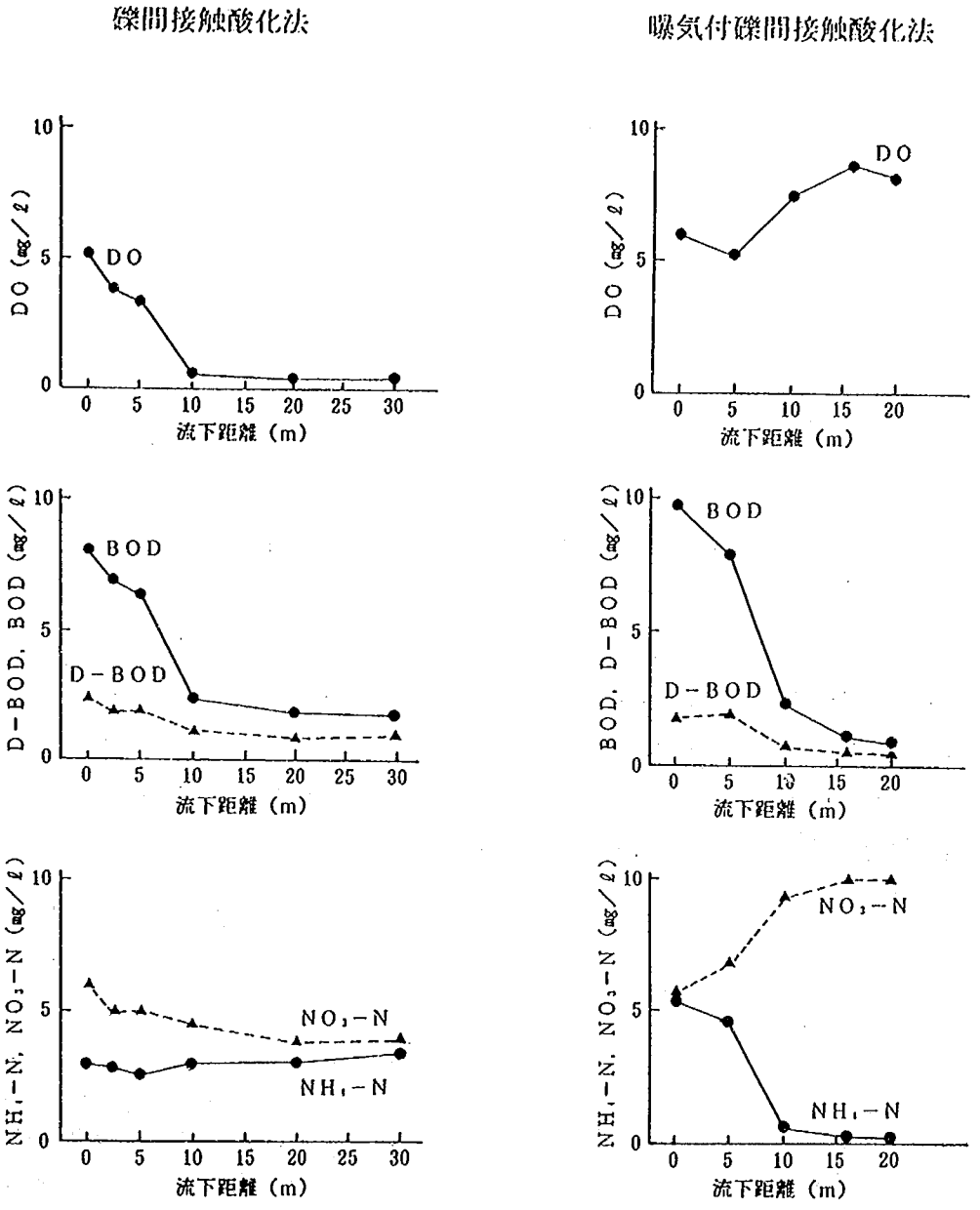


図－1.3.2　曝気付礫間接触酸化法の概要と浄化原理



図－1.3.3　曝気の有無による礫間接触酸化法の汚泥堆積状況の違い

曝気を行うと、硝化細菌の働きにより NH_4-N が酸化されて NO_2-N から NO_3-N となるため、水道での浄水処理の負荷を軽減する対策として効果がある。ただし、脱窒反応は嫌気条件下で進むため、好気条件下では T-N の除去には効果は小さい。



図－1.3.4　礫間接触酸化法、曝気付き礫間接触酸化法の比較

(7)　礫間接触酸化法の流下方向の水質の変化

図－1.3.4は礫間接触酸化と曝気付き礫間接触酸化法での流下方向での水質の変化を示したものである。

①　礫間接触酸化法

・流下するにつれてDOが消費され、流下10mでDOが極めて低くなる。BOD、特に溶解性BODの浄化効果も流下10m以降小さくなる。

・NH_4-N の硝化も進まず、NH_4-N の若干の上昇が見られる。一方、NO_3-N は若干低下が見られる。

②　曝気付き礫間接触酸化法

・DO の供給により DO のレベルで維持できる。

また、流下距離が長くなるほどBODが除去されており、溶解性BODも、流下方向での低下が見られる。

・NH_4-Nの硝化も進み、NO_3-Nの上昇が見られる。

(8) 設計諸元と浄化効果

ここでは、各種設計諸元と浄化効果（除去率）との関係を示す。ただし、この内容は河川の汚濁成分、施設構造の違いにより、異なる可能性もあるので各施設での状況を踏まえて設定する必要がある。

① 礫間接触酸化施設：BOD除去率 75%

代表的滞留時間：1.5時間

流下距離：10～20m

原水水質：3～5mg/ℓから

10～30mg/ℓの範囲で使われる

② 曝気付き礫間接触酸化施設：BOD除去率 75%

代表的滞留時間：1.5時間

流下距離：10～20m

原水水質：3～5mg/ℓから

30～50mg/ℓの範囲で使われる

(9) 事業費と維持管理費

表－1.3.2に代表的な礫間浄化施設の計画処理水量の違いにより施設規模が異なり、事業費にバラツキがあるが浄化水量1m³/sec当たりに換算すると、事業費は概ね以下のようになる。

礫間接触酸化施設　　：5～10億円

曝気付き礫間接触酸化施設：　20億円

ここで、平瀬川、谷地川浄化施設は、浄化過程で曝気は行わないが、一部曝気機能を備えているので、野川浄化施設よりも事業費が高くなっている。これらの施設は運用開始時期が異なるため、一概に比較できないものの、曝気設備を設置すると事業費は2～4倍となっている。

なお維持管理費用は400～600万円／年と、施設規模によって大きな相違はみられない。

表－1.3.2　代表的な礫間浄化施設の事業費、維持管理費

	野　川	平瀬川	谷地川	古ヶ崎
浄化手法	曝気なし	曝気機能あり		曝気あり
運用開始時期[1]	昭和58年度	平成元年度	平成4年度	昭和63年度
計画浄化水量	1.0m³/sec	1.8m³/sec	0.5m³/sec	2.5m³/sec
事業費（百万円）	約500	約1,700	約450	約5,500
1m³/sec当たりの事業費（百万円）	約500	約940	約900	約2,200
維持管理費（百万円／年）	約5	約6	約4.5	調査中

1）古ヶ崎浄化施設は一部稼働（1m³/sec）

(10) 代表的な施設の事例

1）特徴

代表的な施設の水質変化、特徴と適用性を表－1.3.3及び図－1.3.5～1.3.6に示した。

2）野川浄化施設（礫間接触酸化法：事例1）

① 施設概要

多摩川の広大な河川敷と豊富な砂利を利用した浄化施設である。多摩川の水質浄化を目的として多摩川との合流点に設置され、親水性も考慮して設計されている。

なお、この施設は礫間接触酸化法を本格的な河川の浄化対策に用いた日本で最初の河川内浄化施設である。

② 浄化効果

昭和58～平成7年の調査結果を計画値と比較すると、流入水量は計画値を下回っている。

BODの除去率は、計画値の75%に対して17～74%となっており、経年的に変動がみられるものの、浄化効果は概ね良好といえる。

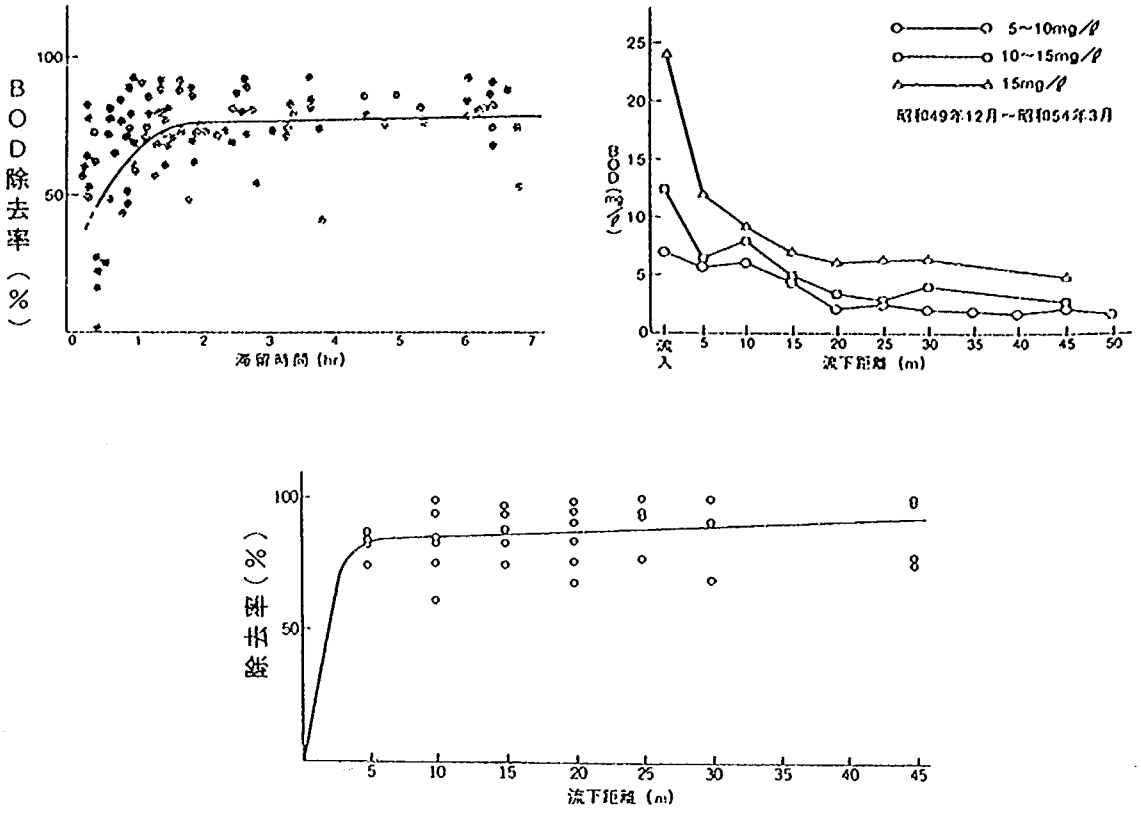
③ 維持管理上の問題点と課題

○堆積汚泥の増加に伴う浄化能力の低下

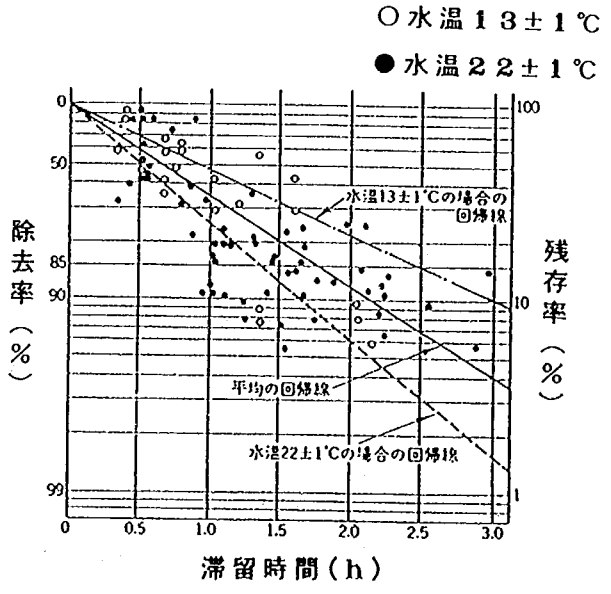
この施設は、運用開始以降、現在までの十数年間、汚泥の排出を1度も行っていないため、2～3年前から堆積汚泥の増加（目詰まり）による浄化効果の低下傾向がみられる。今後は、堆積汚泥の排出が需要な課題となる。

○礫の交換、汚泥の処理方法

礫の交換、堆積汚泥の処理方法を検討する必要



図－1.3.5　滞留時間、流下距離と除去率の関係（礫間接触酸化法）



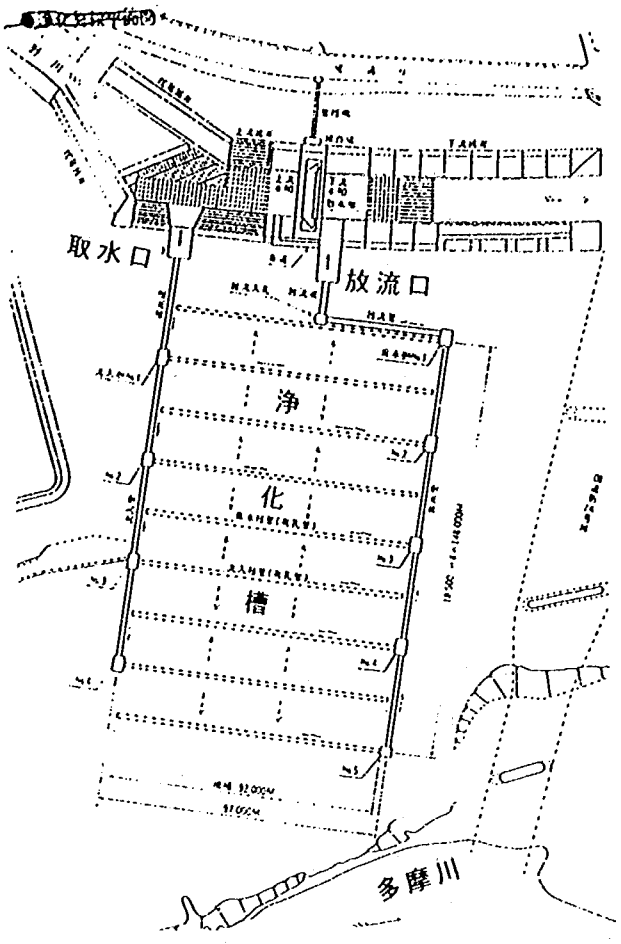
図－1.3.6　滞留時間とBOD除去率（残存率）の関係（曝気付礫間接触酸化法）
（出典：解説　河川環境、(財)河川環境管理財団　編、山海堂、299p.、1983.）

表－1.3.3　代表的な施設での礫間接触酸化法の特徴および適用条件

項　　目	礫間接触酸化法（野川浄化施設）	曝気付き礫間接触酸化法
礫　　径	20～150mm（空隙率35～40%）	
浄化機能	・接触沈殿と微生物への吸着、酸化分解が同時に進行する。 ・接触沈殿による固液分離の寄与が大きい。 ・微生物による酸化分解は原水のDO濃度に制限される。	・前部の曝気付礫槽では酸化分解、後部の礫槽では接触沈殿による浄化効果を期待する。 ・DOを供給するため、原水のDO濃度による制限は受けにくい。
浄化対象水質項目 （目標除去率%）	SS　　85% BOD　　75% 大腸菌群数	吉ヶ崎浄化施設： SS　　70% BOD　　75% NH_4-N　70% 2-MIB　60% 大腸菌群数
適用可能な原水水質	・BOD、SS 低濃度で：3～5mg/ℓから 高濃度で：20～30mg/ℓ ・DO 数mg/ℓ以上 （嫌気性条件になると、浄化能力が低下し、臭気が発生）	・BOD 低濃度で：3～5mg/ℓから 高濃度で：30～40mg/ℓ ・DO 曝気を行うため、原水DO濃度が低くても浄化可能
接触槽	・浄化に必要な容量に加えて、堆積汚泥量も含めた槽容量が必要。	・酸化分解に必要な曝気槽容量と沈殿に必要な接触沈殿槽容量が必要
事業費	・動力を使わずに浄化することも可能であるため、施設費用は曝気付の1/4～1/2程度	・曝気なしの2～4倍となる。
維持管理	・流入部の定期的清掃が必要。 ・礫槽内は汚泥の堆積が大きくなるまで基本的に維持管理の必要がない。 ・排泥方法は曝気付に比べて難しい。	・流入部の定期的清掃が必要。 ・礫槽内の排泥を定期的に実施するため、放流部の清掃も必要となる。 ・曝気なしに比べて電気代が大きくなる。 ・排泥は曝気装置を利用するので比較的容易。 ・排出された汚泥の処理方法を検討する必要がある。

表－1.3.4　野川浄化施設の浄化効果（計画値と調査結果）

項　　目			計画値	調査結果
				(S58～H7)
流入水量		m^3/s	1.00	0.16～0.89
流入水質	BOD	mg/ℓ	13.0	6.9～19.4
放流水質		mg/ℓ	3.3	2.3～9.9
除去率		%	75%	17～74%



図－1.3.7　野川浄化施設の平面図

表－1.3.5　野川浄化施設の諸元および事業費

浄化手法				礫間接触酸化法
計画処理水量			m^3/日	86,400
			m^3/秒	1.0
浄化槽形状	接触槽容量		m^3	21,600
	空隙率		%	35.0
	計画滞留時間		時間	1.3
計画水質	流入	BOD	mg/ℓ	13.0
		SS	mg/ℓ	16.0
	放流	BOD	mg/ℓ	3.3
		SS	mg/ℓ	2.4
目標除去率	BOD		%	75.0
	SS		%	85.0
流域特性	流域面積		km^2	69.9
	敷地面積		m^2	13,600
事業費	全体事業費		億円	5.5
	維持管理費		万円／年	500
共用開始年				昭和58年度

がある。例えば、地下埋め込み式の構造ではなく、礫を籠などに入れて交換しやすくすることや、汚泥は天日乾燥等により減容化し、コンポストや土壌改良材等への有効利用を考える必要がある。

○スクリーンの清掃

スクリーンの清掃、点検を定期的に行い、大きな夾雑物が施設に流入するのを防止する必要がある。

○出水時におけるラバー堰の運用

出水時にラバー堰が適正に転倒、復元されない場合があるため、管理方法を改良する必要がある。

3）古ヶ崎浄化施設（曝気付き礫間接触酸化法：事例2）

① 施設概要

坂川から江戸川に流れ込む汚濁水を曝気付き礫間接触酸化法により浄化し、江戸川の水質改善を図り、施設下流にある浄水場におけるカビ臭や塩素臭などの問題を軽減する目的で建設された浄化施設である。

② 浄化効果

表－1.3.6に示す平成6年6月～平成8年11月の調査結果を計画値と比較すると、流入水質は各項目とも計画値を下回っている。

除去率については、計画目標を満たしていない項目もあるが、放流水質は概ね計画値以下であり、良好な浄化効果が得られている。ただし、NH_4-Nは除去率、放流水質とも季節変化が大きく、冬季に硝化反応が低下する傾向がみられている。

表－1.3.6　古ヶ崎浄化施設の浄化効果（計画値と調査結果）

	項目		流入原水	放流水	除去率
計画諸元値	BOD	mg/ℓ	23.0	5.7	70%
	D-BOD	mg/ℓ	—	—	—
	SS	mg/ℓ	24.0	9.1	65%
	NH_4-N	mg/ℓ	7.6	2.2	70%
	2-MIB	μg/ℓ	0.55	0.22	60%
	大腸菌群数	MPN/100mℓ	—	—	—
調査結果の平均値（H6.6～H8.11）	BOD	mg/ℓ	7.2～14.9	3.3～6.5	52～66%
	D-BOD	mg/ℓ	3.6～7.6	1.9～3.5	43～52%
	SS	mg/ℓ	14.9～15.6	4.0～5.9	56～70%
	NH_4-N	mg/ℓ	3.6～6.4	0.6～4.2	43～85%
	2-MIB	μg/ℓ	0.16～0.74	0.03～0.14	77～81%
	大腸菌群数	MPN/100mℓ	19,000～28,000	1,400～2,800	85～89%

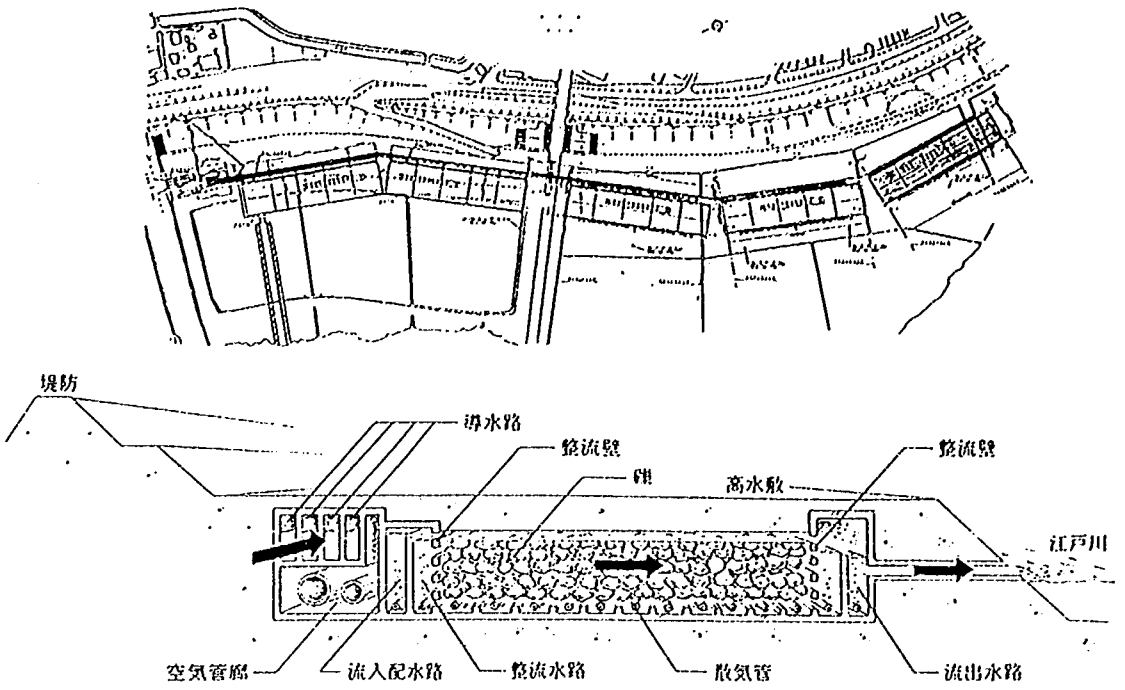
③ 維持管理上の問題点と課題

○冬季のNH_4-N除去率の低下

活性汚泥法でも問題となっているように、硝化細菌は一般的な従属栄養細菌よりも増殖速度が小さく、かつ温度依存性も大きいため水温が低下すると除去率の低下がみられる。したがって、冬季はNH_4-Nの低下を念頭に置く必要がある。

○余剰汚泥対策

排泥作業は3～4回／年実施されており、排泥時の水は河川に直接放流している。堆積汚泥は無機化が進んでおり、下流への影響は小さいと考えられるが、今後は、堆積汚泥を河川に放流せずに定期的に処分する計画についても検討する必要がある。



図－1.3.8　古ヶ崎浄化施設の平面図、断面図

表－1.3.7　古ヶ崎浄化施設の諸元および事業費

浄化手法				曝気付き礫間接触酸化法
計画処理水量			m^3/日	216,000
			m^3/秒	2.5
浄化槽形状	接触槽容量		m^3	52,500
	空隙率		%	約40
	計画滞留時間		時間	2.0
計画水質	流入	BOD	mg/ℓ	23.0
		SS	mg/ℓ	24.0
		NH_4-N	mg/ℓ	7.6
		2-MIB	μg/ℓ	0.55
	放流	BOD	mg/ℓ	5.7
		SS	mg/ℓ	9.1
		NH_4-N	mg/ℓ	2.2
		2-MIB	μg/ℓ	0.22
目標除去率	BOD		%	75
	SS		%	65
	NH_4-N		%	70
	2-MIB		%	60
流域特性	流域面積		km^2	54
	敷地面積		m^2	17,500
事業費	全体事業費		億円	55
	維持管理費		万円／年	－
共用開始年				昭和58年度 現在1.0m^3/sec 稼働 平成9年3月完成予定

3.1.2 木炭接触酸化法

(1) 概要

接触材として木炭を用いて、木炭間隙での接触沈殿と木炭表面に付着した微生物による有機物の吸着、酸化分解を浄化原理とした接触酸化法である。

(2) リアクター構造の分類

1）水平流式（横流式）

水平流式のリアクター構造は礫間接触酸化施設をはじめとして、接触酸化法で一般的に採用されている方式である。特に木炭接触酸化法に用いる場合は、図－1.3.9に示すような木炭を充填した蛇籠やフトン籠を直接、小河川、用排水路に設置した小規模な浄化施設が各地に設置されている。

浄化施設の構造は単純であり建設費用は比較的小さくなるが、浄化を継続すると木炭充填部の下層に汚泥が堆積して充填部内に止水域、短絡流が発生するおそれがある。また図－1.3.9ではほとんどの水は施設の上を流れてしまうため、効果は小さい。

2）上向流式

接触材の目詰まり、堆積汚泥の排泥方法など従来の接触酸化施設上の問題点を解決するものとして提案された「上向流木炭接触酸化法」は、図－1.3.10に示すように①流入部、②木炭充填部、③汚泥堆積部から構成されている。

① 流入部

懸濁物質の沈殿を促進し、木炭充填部への懸濁物質流入量を低減することにより、木炭間隙の目詰まりを軽減する。

② 木炭充填部

充填した木炭による接触沈殿および生物膜による酸化分解、吸着によって汚濁物質を除去する。

③ 汚泥堆積部

流入懸濁物質、剥離生物膜を沈降、堆積させ、木炭間隙の目詰まりを軽減し、汚泥の減量化、汚泥引抜の簡略化を図る。

木炭充填部の目詰まり問題は軽減され、水が充填部全体に均一に流れるため接触材（木炭）を有効に使うことができるが、木炭充填部に補足された懸濁物や微生物から汚泥がつまり、木炭充填層の抵抗が上昇する。

この結果、充填部にクラックが生じ、短絡流が起こり、除去率が低下する場合がある。これを防ぐためには、逆洗を定期的に行うことが必要となる。

(3) 浄化原理

上向流木炭接触酸化法における主な浄化原理は以下のとおりである。

① 重力沈降、接触沈殿

流入部において、土砂などの夾雑物の除去が促進され、木炭流入部への流入負荷が低減される。木炭充填部には大小の木炭間隙が連続して存在し、この間隙を水が通過すると水中に含まれている懸濁物質が木炭に接触し、沈殿が促進される。

② 吸着

浄化の継続により木炭表面に生物膜が形成され、この生物膜によって溶解性汚濁物も吸着される。

③ 酸化分解

木炭表面の生物膜は、沈殿・吸着した懸濁性の有機物を分解するとともに、溶解性の有機物を吸収・分解して、好気的条件下では水と二酸化炭素にまで分解する。

④ 窒素の硝化・脱窒、リンの吸収

散気管の曝気により好気・嫌気的条件を調整すると、生物膜の働きにより窒素はN_2ガスとして大気中に放出され、リンは微生物中に吸収されやすくなる。

⑤ 汚泥の分解

木炭表面に形成された生物膜および堆積汚泥中の有機成分は、微生物の働きにより部分的に分解、減量化、無機化が図られる。

(4) 水質浄化用木炭の要件

木炭の水質浄化機能を十分に活用するための要件としては、次のものが挙げられる。

① 逆洗時の摩擦に耐えられる物理的強度を有すること。

② 600～800℃で炭化された木炭であること。
（吸着能力が高く、弱アルカリ性で微生物の増殖に適している）

③ 目詰まりを起こさないように長い方の径が30 mm以上の塊状木炭であること。

④ 短期間に一定量入手でき、経済的な価格であること。

マレーシア産	黒炭	110～120円/kg
国内産	黒炭	200～300円/kg、
	白炭	450～550円/kg

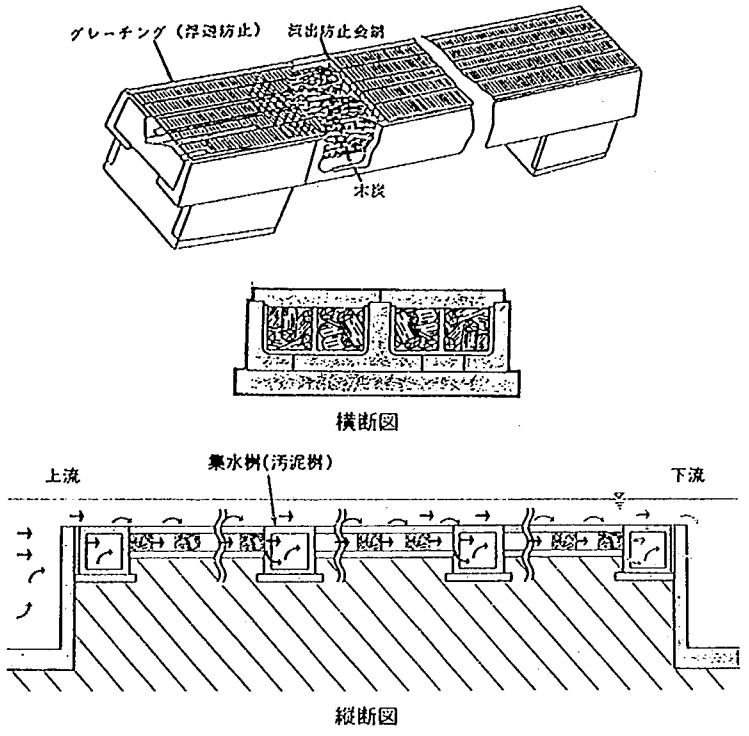
(5) 使用済み木炭の再利用

使用された木炭は、大量の水分を含み表面は汚泥で覆われており、水を吹きつけた程度では洗浄はできないことから、次のような有効利用が考えられる。

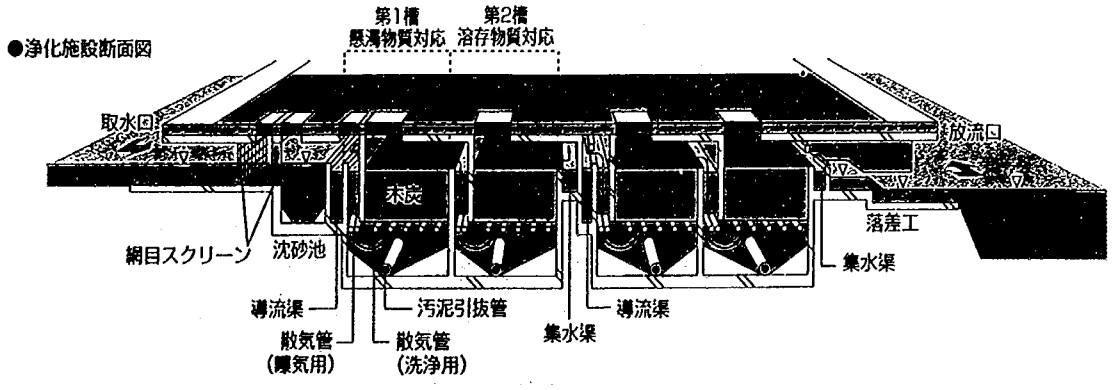
① 土壌改良資材用、園芸・緑化用
木炭のもつ通気性、透水性、保水性などを活用して植物の栽培に利用する。

② 融雪、温度上昇用
木炭粉を融雪剤として使用する。土壌改良剤も兼ねる。

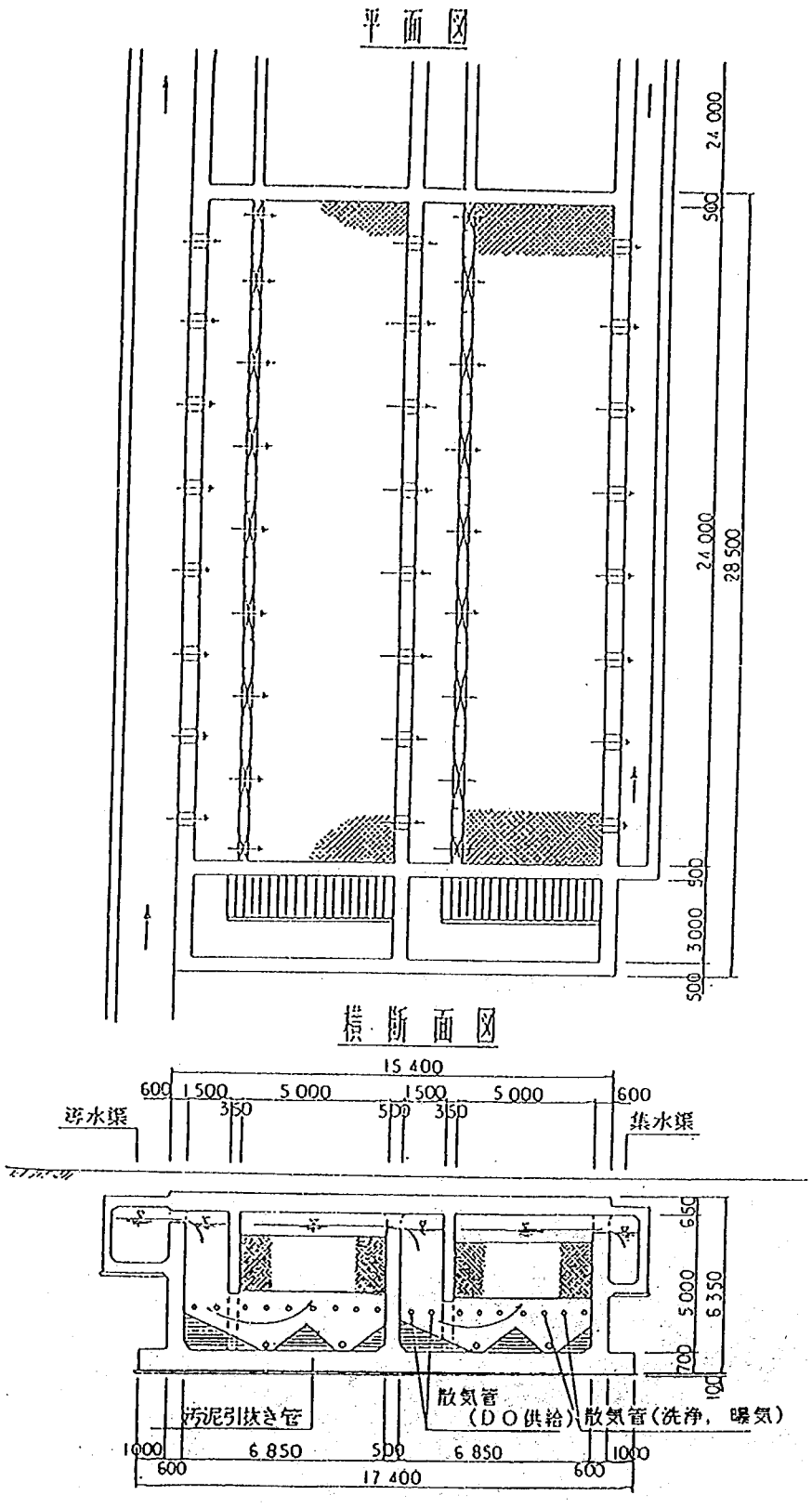
③ 木炭堆肥用
木炭粉に有機物などを加え、醗酵させて有機肥料として利用する。



図－1.3.9　水平流式（横流式）施設



図－1.3.10　上向流式施設



図－1.3.11　鳥羽上向流木炭浄化施設（淀川流水保全水路整備事業）

3.1.3 その他の接触酸化法

(1) 概要

接触材として、プラスチック、化学繊維、不織布、成型クロボク土、廃材、自然素材など様々な物質を用いるが、3.1.1と3.1.2で述べた礫や木炭を用いた場合と同じく基本的には接触沈殿と接触材表面に付着した微生物群（生物膜）による有機物の吸着・分解を利用した接触酸化法である。

(2) 接触材に必要な特性

北尾（1981）によれば接触材として用いるには、以下に示す特性を有することが望ましい。ただし、すべての条件を満足するのは難しいので、使用目的、入手のしやすさ、などを考慮して選定する。

・生物膜が付着しやすい（形状、表面の凸凹などが影響）。
・比表面積（単位容積当たりの表面積）が大きい。
・空隙率が大きく、通水抵抗が小さい（施設内で均一な流れを得やすく、汚泥を堆積できる。）
・ある程度の物理的、化学的強度を有する。
・有害物質を含有しない。
・比重が小さい(施設の構造、施工や接触材の輸送、交換など維持管理面において重要)。
・安価で入手しやすい。
・吸着能力が高い（リンなどの除去に有効)。

（北尾高嶺：用水と廃水，23(4)，1981，一部改変）

(3) 形状、素材による分類

接触材の種類は非常に多く、簡単に分類することは困難であるが、形状と素材に着目すると、概ね以下に示すとおりとなる。ただし、ここでは特別な微生物、酵素などを固定化した物質は省略している。

表－1.3.8 接触材の分類

形状		素材
不定型粒状（自然素材）		礫、砂、木炭、コークス、軽石、かき殻、火山灰ろ材など
合成素材	均一粒状	多孔質セラミック球、造粒化クロボク土、化学繊維球など
	プラスチック容器	乳酸菌飲料容器、ペットボトル、フィルム容器など
	専用成型接触材	プラスチック（ポリプロピレン、ポリエチレン）など
	ひも状、パイプ状	化学繊維、プラスチックなど
	網状、芝状	化学繊維、プラスチックなど
	平板、波板、マット	化学繊維、不織布、プラスチックなど

接触材としての性能(通水性能、生物膜の保持能力、耐久性、交換など維持管理の難易度など）は、形状、材質、比重、比表面積、空隙率に大きく影響される。また、クロボク土のように素材の特性（リン等の吸着能力）を活用するものもある。

これまでは、自然素材である礫や木炭が多く用いられてきたが、合成素材でもプラスチック容器、専用成型接触材、ひも状接触材などが多く用いられている。

(4) 接触材の使用事例

以下、異なる接触材を使用した事例及びその除去効果の例を述べるが、これらは単に接触材の違いによって生じているわけではなく、反応槽の形状、運転条件、原水の性状等を含めた総合的な違いであることに注意されたい。

1）プラスチック成型接触材（境川河川浄化施設）

専用の接触材として開発された中空球状で、比表面積を大きくするために単純な球形ではなく、ひれが多数突起した形状をしている。空隙率が極めて大きく、目詰まりが生じにくい。後段の木炭浄化の前処理として使われている材質は、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリ塩化ビニルなどが使用されている。

《浄化効果》(調査期間：平成7年6月2日～9月8日)

前段で再生ポリプロピレン製の接触材、曝気槽をはさんで後段は木炭で浄化しているが、原水のBODが2～5mg/ℓと低濃度であったため、あまり高い除去率は得られていない。

平均除去率：SS 86%、BOD 50%、
T-N 12%、T-P 33%

（鈴木正典：中部地方建設局管内研究発表論文集 施設管理部会編、1996）

2）ペットボトル（建設省中部技術事務所の野外実験

施設)

ペットボトルを切断して使用しており、材質はポリエチレンテレフタレート(PET)である。容量が小さいほど比表面積が大きくなる。比重は1よりもやや大きい。

《浄化効果》

空隙率が大きく比表面積が小さいためほとんど目詰まりしないが、浄化効率はあまり良くない。

除去率：BOD　約40%

滞留時間：1時間、流入BOD：15mg/ℓ、
曝気なし
1～2ℓのボトルを3つに切断して充填、ポリエチレンびんも併用

(園田顕彦：建設技報、第9号、1996)

3）乳酸菌飲料容器

合併浄化槽の接触材として用いられているのは、容量65mℓのヤクルト容器の底を抜いたものであり、材質はポリスチレンである。回収容器の利用も可能だが、接触材としても市販されている。同一形状でも容量の大きいものは効果が劣る。

他の乳酸菌飲料容器も使用されているが、材質と表面の微細構造の差異により、接触材としての性能はかなり異なる場合がある(石井勲他：土木学会関西支部研究発表会概要集、1994)。

素材としての特徴は、SS補足能力大、生物膜の保持能力大、汚泥発生量小、閉塞しにくいなどである。ただし、高負荷にするとこれらの特徴の幾つかは失われるようである。

《浄化効果》

乳酸菌飲料容器ろ材を使用する合併浄化槽としては、通称「石井式浄化槽(第一工大方式)」が開発されている。この装置は砂ろ過が付けられており、製品の型式や運転条件にもよるが、処理BODが5mg/ℓ以下に抑えられる場合が多い。

BODの除去性能は優れているが、CODや窒素の浄化効果はあまり期待できない(石井勲、山田國廣：浄化槽革命、合同出版、1994など)。また、SS負荷を抑えること、流入BODが高い場合には曝気すること、が必要となる。なお、回分式運転により窒素除去率60～70%を達成したという報告もある(中江兼二：都市河川セミナー資料、1994)。

4）造粒クロボク土(草津市伯母川浄化施設)

大山山麓の黒ボク土にクン炭(モミを比較的低温で炭化したもの)を混ぜ、高分子系バインダーで造粒したもの(特開平1-104343)で、ボルカナイトと呼ばれている。

元々は臭気除去のために開発されたものであるが、水質浄化にも有効であることが認められている。球状で大きさには幅があるが、河川浄化ではφ8～16mmのものが使用されている。

(西田耕之助他：造粒化土壌ボルカナイトを用いた小河川の水質浄化の実験例、水処理技術、34(6)、1993)

クロボク土を使用した接触材としては、クロボク土に少量のセメントを混合して、こぶし大の不定形粒状にしたものもある。これは、主に合併浄化槽に使用されているが、水路水質浄化に使用された事例(国営木曽三川公園アクアワールド)もある。

5）不織布接触材(千葉県N市内河川)

不織布接触材は軽く、比表面積が極めて大きいのが特徴である。河川浄化では、菊花状の接触材を転倒式に配置して、ろ過効果を高めるとともに、降雨増水時に流下断面積を確保する方式が開発されている(布村明彦他：土木学会第51回年次学術講演会概要集、1996)。

また、湖沼、ダム貯水池などの浄化用に植生と不織布接触材を組み合わせた「浮島式システム」も開発されている。

《浄化効果》(水温約10℃)

除去率：SS　66%、BOD　45%、T-P　29%、
PO_4-P　19%(滞留時間　126分間)
SS　97%、BOD　80%、T-P　49%、
PO_4-P　12%(滞留時間　224分間)

6）ひも状接触材(合併浄化槽二次処理水の高度処理実験)

ひも状接触材は浄化槽の接触材として使用されるほか、簡単に取り付けられることができて維持管理も比較的容易であることから、小規模な河川浄化施設に多用されている。しかし、ほとんど清掃せずに放置すると浄化効果が得られないのは、他の接触材と同様である。

《浄化効果》

既設の合併浄化槽(長時間曝気方式、処理対象人員2800人)の二次処理水を導入して4種類の条件下で運転した。滞留時間はいずれも1時間である。

(北尾高嶺他：水処理技術、36(8)、1995)

窒素、リンはほとんど除去されていないが、BODは41～65%、SSは42～62%除去されており、滞留時間が1時間と短いことを考慮すれば概ね良好な結果であると考えられる。なお、滞留時間を2時間に

すると、BOD除去率は約70%とやや向上した。

7）多孔質セラミックス接触材(養殖水槽の浄化実験)

多孔質セラミックス接触材は、礫よりも微生物保持能力が大きいと考えられている（村上他：水処理技術、29(9)、1988)。

《浄化効果》

粒径4～6mmの多孔質セラミックスあるいは同じ粒径の玉砂利をミニプラント浄化装置に充填し養殖水槽の水を通水した。その結果、多孔質セラミックスは従来から用いられている玉砂利の6倍の微生物保持能力を示した。また、比重が水に近く、曝気撹拌による再生が容易である。

(8) 廃材の接触材への有効利用

最も一般的なものとしては乳酸菌飲料容器が挙げられる。これは、浄化槽の他にも河川、池、養殖用イケスの浄化施設、中水道設備の接触材としても応用されている。

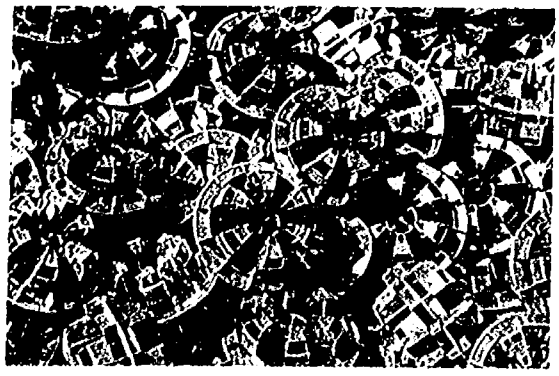
河川浄化施設への最近の適用例としては、中部地方建設局木曽川上流工事事務所が境川浄化施設で採用している。

この際、岐阜市など境川、長良川沿川の小学校90校を対象に“ふるさとの川を守ろう”キャンペーンを展開して、乳酸菌飲料の空容器を約30万本収集している。

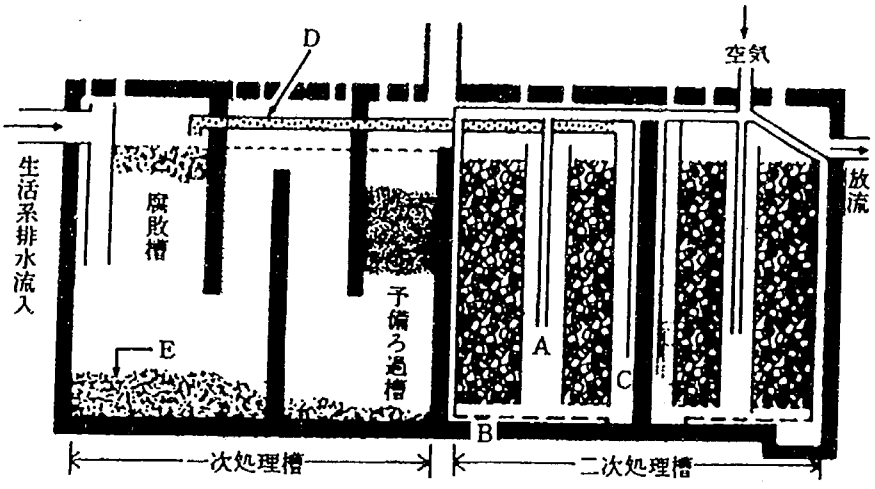
(鈴木正典：中部地方建設局管内研究発表論文集　施設管理部会編、1996)

表－1.3.9　合併浄化槽の高度処理実験結果

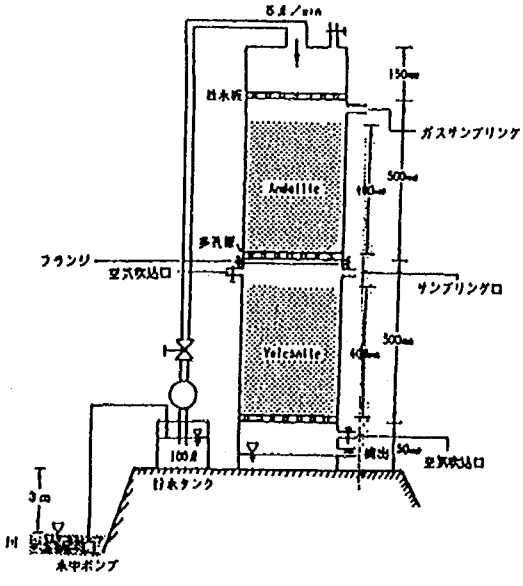
水質項目	実測例 I			実測例 II			実測例 III			実測例 IV		
	流入水 (mg/ℓ)	処理水 (mg/ℓ)	除去率 (%)	流入水 (mg/ℓ)	処理水 (mg/ℓ)	除去率 (%)	流入水 (mg/ℓ)	処理水 (mg/ℓ)	除去率 (%)	流入水 (mg/ℓ)	処理水 (mg/ℓ)	除去率 (%)
BOD	8.5	5.0	41	57	20	65	45	23	49	27	16	42
COD	9.4	8.2	13	21	16	24	119	100	16	20	18	10
SS	8.8	3.8	57	29	11	62	90	52	42	34	18	47
T-N	8.9	7.7	13	12.7	11.9	6	367	342	7	15	14	7
T-P	0.7	0.7	0	6.7	6.7	0	47	47	0	2.1	2.0	5



図－1.3.12　プラスチック成型接触材の例

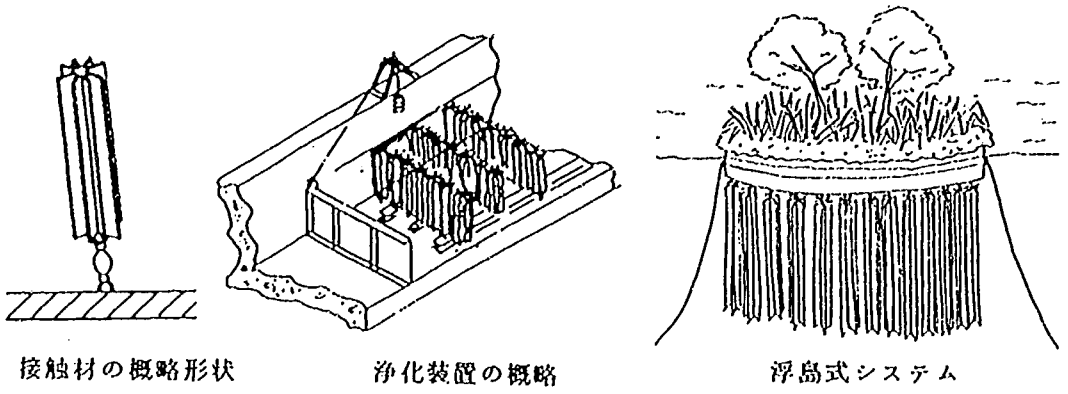


図－1.3.13　乳酸菌飲料容器を利用した合併浄化槽の概要

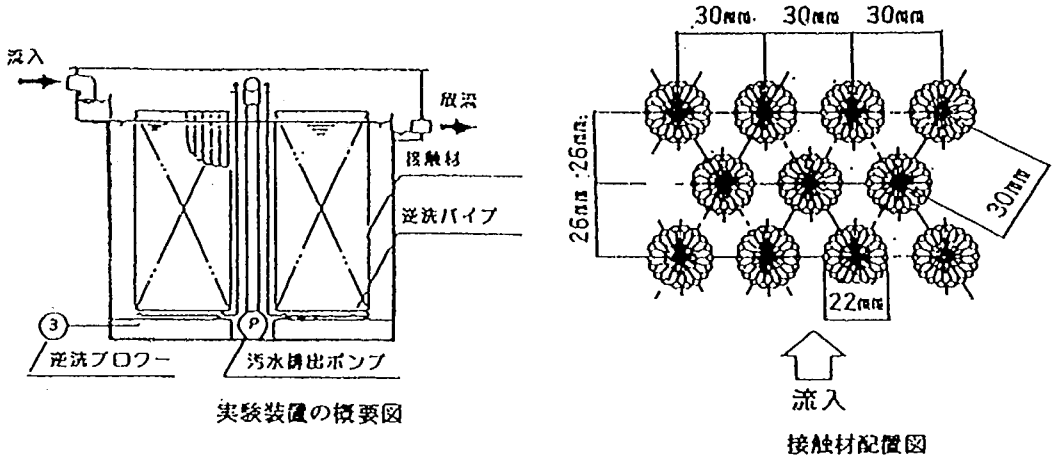


	水質範囲	平均水質	平均除去率
流量（m³/分）	1.0～ 7.1	1.9	－
通水量（ℓ/分）	5（一定）	5	－
水温（℃）	17 ～27	21	－
pH	6.3 ～ 7.1	6.8	－
BOD (mg/ℓ)	6.0 ～14.9	6.5	72%
COD (mg/ℓ)	5.6 ～15.0	7.8	49%
SS (mg/ℓ)	6.5 ～16.4	7.6	75%
T－N (mg/ℓ)	1.5 ～ 5.2	2.2	41%
T－P (mg/ℓ)	0.15～ 0.6	0.3	64%

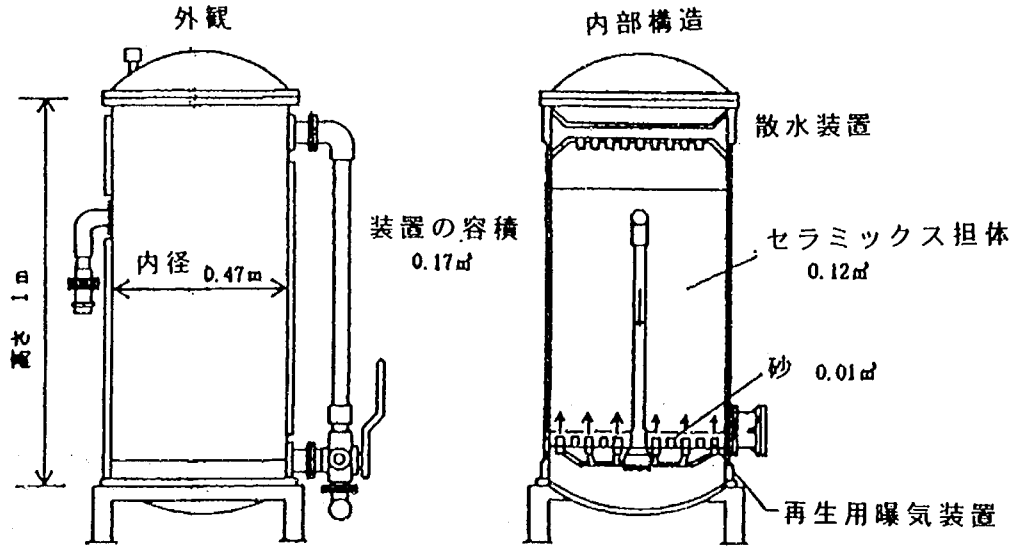
図－1.3.14　造粒クロボク土浄化実験装置と浄化効果



図－1.3.15　不織布接触材浄化装置の例



図－1.3.16　ひも状接触材浄化装置の例



図－1.3.17　多孔質セラミックス浄化実験装置の例

3.2 土壌浸透法

(1) 浄化原理

土壌浸透法は、表層土壌における浄化機能を活用した浄化手法である。土壌の浄化作用は水分（汚濁物質）が土壌中を浸透する過程で行われる。水分の移動には次に示す現象に分類される。

飽和浸透　：間隙が水で完全に飽和された状態での浸透現象

不飽和浸透：間隙が気相を含む状態での浸透現象

一般に、土壌による水質浄化は不飽和浸透条件下で行われる。

(2) 分類

土壌による浄化方法には、図－1.3.18に示すように汚濁水を散布する場所の地質、地形、植生状態によって、基本的には以下に示す4つの方法に分類される。

① トレンチ方式…地面に溝を掘り、砕石を敷いてこの溝の表面か中心に汚水管を埋設して、汚濁水を土壌に散布する方式（浸透方式、trench：掘割溝）

② 毛管浸透方式…地表面に溝を掘り、底砂を敷いた上部に多孔管を埋設し、人工土壌で埋め戻す。汚濁水をこの中に流し周囲同上へ毛管浸透させる方式。

③ オーバーランド方式…傾斜した地表面に汚濁水を直接散布し、流下過程に地下浸透して行く過程で植生帯によるろ過や栄養分吸収による浄化機能を期待する方式。

④ スプリンクラー方式…散布装置で直接地表に散布し、植生帯によるろ過や栄養分吸収による浄化機能を期待する方式。

(3) 特徴

① 用地が十分確保できる場合、経済的に安価であり、相応の浄化効果を有すること。

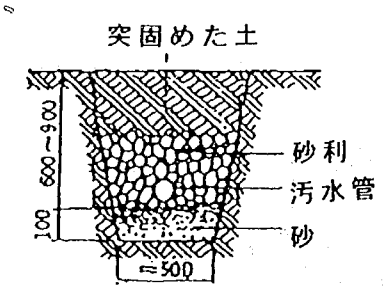
② 維持管理が容易であること。

③ 汚泥発生などに伴う二次的汚染の発生が少ないこと。

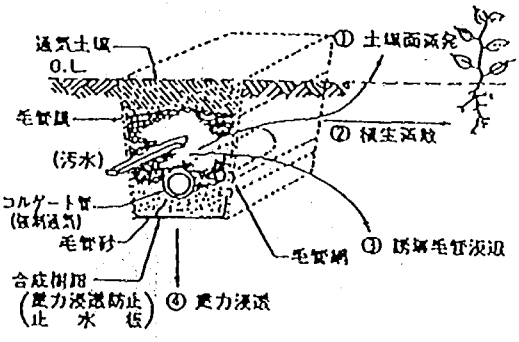
(4) 土壌の浄化能力の定量的評価方法

土壌の有する浄化機能を定量化する評価項目としては次のものが考えられる。

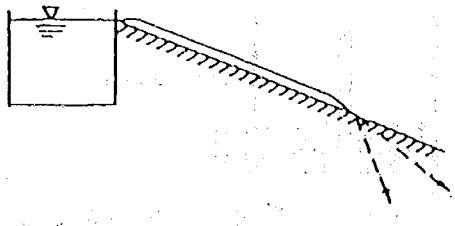
・土壌粒子の粒径組成…ろ過機能の評価項目
・陽イオン交換容量…NH_4-Nの吸着機能の評価項目
・リン酸吸収係数…リンの吸着機能の評価項目
・pH…有機物分解機能の評価項目
・地盤高と地下水位の差…浄化する土壌の堆積の評価項目



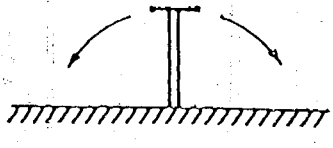
(1)トレンチ方式



(2)毛管浸透方式



(3)オーバーランド方式



(4)スプリンクラー方式

図－1.3.18　土壌浸透法の基本手法

表－1.3.10　土壌浸透法の長所と短所

項　目		トレンチ方式	毛管浸透方式	オーバーランド方式	スプリンクラー方式
施設の簡便性		中間	否	良	良
浄化性能	BOD, COD, SS, Pなど	良	良	良	良
	N（硝化）	良	良	良	良
	N（脱窒）	普通	普通	普通	普通
	重金属類	不明	不明	不明	不明
臭　気		普通	良	否	否
ウィルス飛散		普通	良	否	否
植物へのN吸収		否	普通	良	良

3.2.1　トレンチ方式

(1)　概要

地面に溝を掘り、砕石を敷いてこの溝の表面または中心に設けた散水管を埋設して、そこから汚濁水を土壌に分散、浸透させて処理する。トレンチ法は図－1.3.19に示すように構造上、３種類に分けられる。

１）在来法（構造基準トレンチ）

し尿を含む排水を対象とする在来法の構造は、あらかじめ、生物処理として消化槽（腐敗槽）を通過した汚濁水を前処理として沈殿分離槽（ろ過槽）で浮遊物質を除去する。沈殿分離槽を流出した汚濁水は地下に埋設された散水管に入り、土壌中に浸透拡散されて浄化される。散水管の埋設位置は地表面下の約40cm で、管周を砂利か砕石で囲み、その下層には砂を20cm の厚さに敷く。

２）毛管浸透トレンチ法

土壌の毛管湿潤作用を利用し、微生物の働きにより浄化しようとする方法である。コルゲート管の下部に不透水溝が埋設されて水の浸透を遮断している。同管の周りに砂利を敷き、この砂利を網囲いにする。

管からの汚濁水は不透水溝の縁を側方か上部方向に乗り越え、土壌表層部付近で微生物に分解、浄化される。汚濁水の処理量は30～40ℓ/(m･日)である。

３）湿潤マット法

毛管浸透トレンチ法より毛管湿潤作用に重点をおき、処理水は土壌表層部に均等に湿潤される。マットの側方に不織布が垂れているため、マット内に流下してきた処理水はサイフォン流動によって不織布からも土壌に毛管湿潤される。

この方法は、構造が一体化されているという特徴を有している。

(2)　浄化原理

汚水をトレンチ（散水管）を通して直接土壌中に誘導・浸透（湿潤）させて処理するもので、土壌の浄化機能を活用するものである。浄化効果に関しては以下の原理が挙げられる。

①　土壌粒子によるろ過

②　土壌粒子への吸着

③　土壌微生物、植物による有機物の吸収、分解、同化

④　物理化学的な酸化還元作用

(3)　土壌浸透能の測定

土壌浸透面積に対する過度の負荷により浄化機能の低下、土壌間隙の目詰まりが生じる。このため、施設内の好気性維持のため適正な負荷水量を把握することが必要となる。

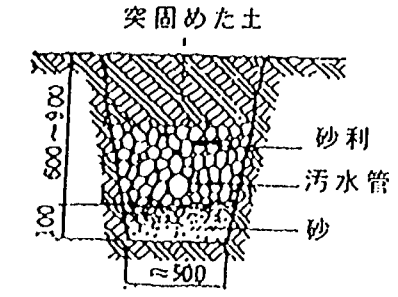
ここでは、畑地灌漑計画で用いられているインテークレート(intake rate)に準じた土壌浸透能の測定方法を紹介する。排水を用いる場合、排水に含まれる懸濁物の影響があるので、長期的な浸透能を評価する必要がある。

手順１：底のない金属円筒管を裸地の土壌に打ち込み、管中の灌漑水を常水位に保持し水の浸入強度の経時変化を計測する。浸入速度が安定した状態での浸透能を最終浸透能という。

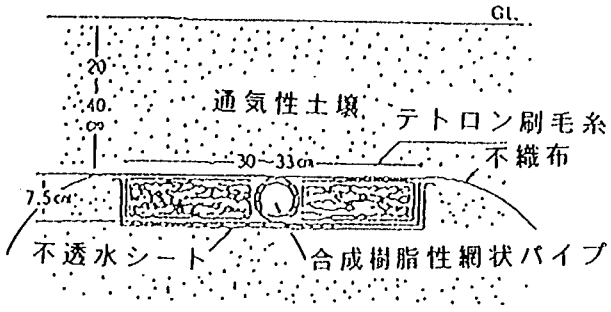
手順２：最終浸透能に達してから、図－1.3.20に示すように円筒の内外部に10cm 高の水を張り、両部の水位が25mm 低下するのに要した時間を計測する。

手順３：図－1.3.21から浸透速度を算出する。この例の場合、浸透速度 Pmm/日と水量負荷 Lmm/日は次式のような関係があった。

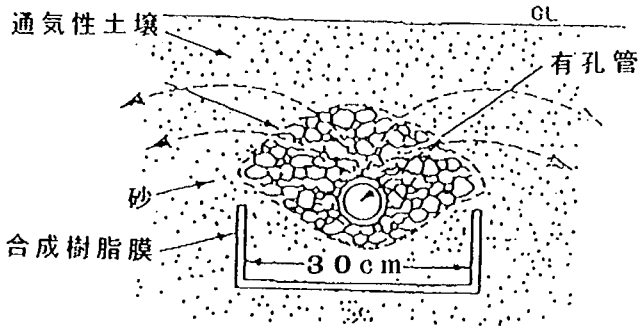
$$L = 1,208P^{0.492}$$



在来法（構造標準トレンチ）

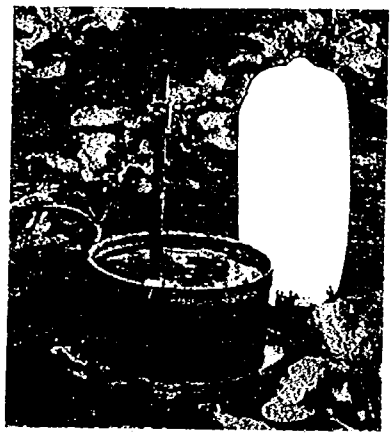


湿潤マット法

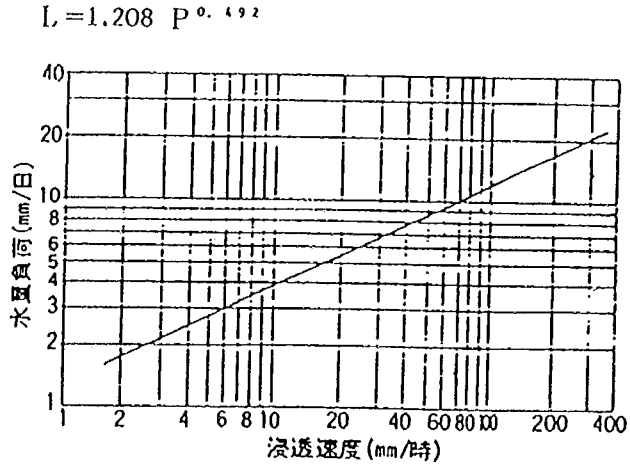


毛管浸透トレンチ法

図－1.3.19　トレンチ方式の概要



図－1.3.20　計測状況



図－1.3.21　浸透速度と水量負荷の関係

3.2.2 オーバーランド方式

(1) 概　要

図－1.3.22のように裸地が牧草地の傾斜面を利用して、草種、樹木などの植栽を行って浄化機能を高め、汚濁水は傾斜面上部のスプリンクラーまたは貯留槽から供給する。

傾斜面（30～90m）に汚水を散布する。汚水の流下過程での水量損失は、大気への蒸発散、植物による吸収、地下浸透があり、一部は末端まで流下する。

下流端には集水施設として溝を設ける場合と流域内の河川などに放流する場合がある。

(2) 北海道網走管内　肥育センター（肥培灌漑による土壌浸透法：事例１）

１）調査地の概要

調査地の概要を図－1.3.23に示す。

A地点：灌漑していない地点の丘陵頂部（非灌漑区）

B地点：傾斜３度以下の丘陵頂部のほぼ平坦な地点（灌漑区）

C地点：傾斜３～５度の凹形緩斜面の斜面中央部（灌漑区）

B地点とC地点の土壌の理化学特性を表－1.3.11示す。

２）畜産排水の水質

浄化対象として散布する畜産排水は図－1.3.24に示すように曝気層などで前処理を行い、土壌に散布される。

３）浄化調査結果(BOD)

《河川への流出率》18%

《流下方向の分布》

・流下距離：200～300mに分布。

・約２ヶ月で初期状態となる。

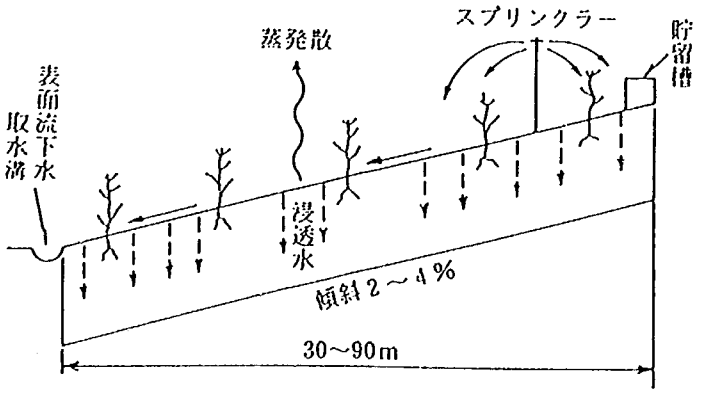
表－1.3.11　土壌の理化学特性

地点	深度	比　重	pH		CEC	P_2O_5	全塩基
	cm	(g/cm^3)	(H_2O)	(KCl)	(me/100g)	mg/100g	(me/100g)
B	～93	1.33～1.51	5.02～5.70	3.98～4.42	13.45～20.27	tr～1.9	0.99～11.32
C	～47	1.47～1.48	4.97～6.05	3.92～4.53	14.04～15.02	tr～0.3	2.18～11.59

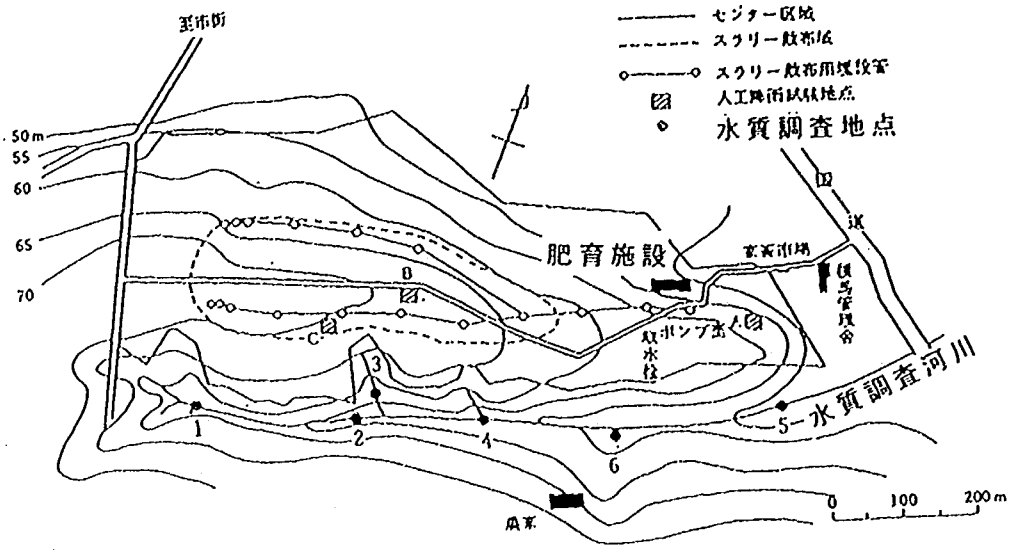
表－1.3.12　畜産排水の水質

(単位　mg/ℓ)

種　類	BOD	COD	SS	NH_4-N	NO_2-N	NO_3-N	T-N	PO_4-P	T-P
牛　糞	23,900	11,400	31,500	5,420	0.03	0.03	5,520	144	290
貯溜槽	1,804	2,731	2,530	814	0.16	5.89	867	63.6	81.3
スラリー	1,068	—	3,520	190	0.03	2.29	442	63.8	—
希釈水	0.4	—	0	0.01	0.0	0.30	0.51	0.02	—



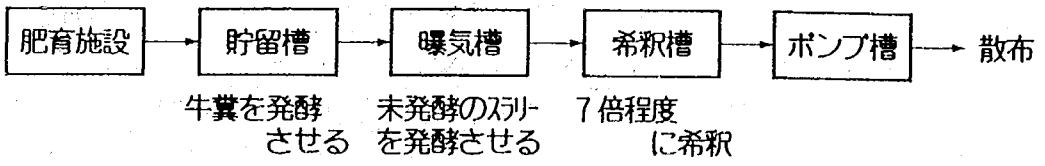
図－1.3.22　オーバーランド方式



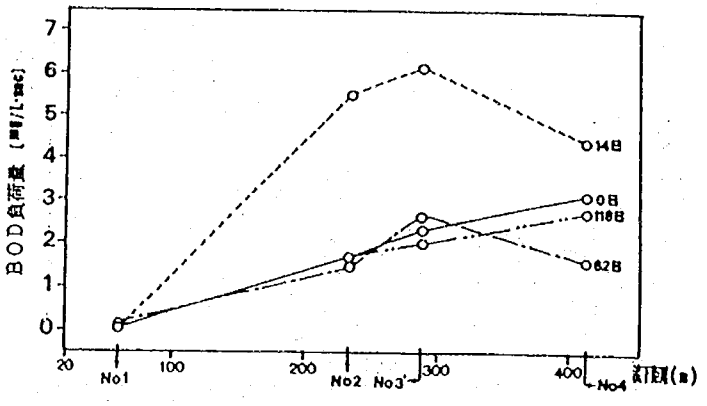
調査地概要

(牧場面積：20.0ha，畜舎面積： 330m²，牛数：30頭，糞尿貯留槽： 340m²
散布面積： 2.7ha，散布水量：20.25t)

図－1.3.23 調査地概要



図－1.3.24 土壌浸透施設のフロー



図－1.3.25 BOD 負荷量の流下方向分布
注 No. 1～4は図－1.3.23の水質調査地点を示す

(3) 漢那川浄化施設（礫間接触法と組み合わせた高速土壌浸透法：事例２）

１）施設概要

東部河川総合開発事業（水質保全対策）の流入河川対策に位置づけられ、図－1.3.26に示すように曝気付礫間接触酸化法および高速土壌浸透法を行なうことにより、主に畜産排水を浄化対象としている。

浄化施設の平面図を図－1.3.27に、施設のフローを図－1.3.28に示している。

２）設計諸元

礫間接触法及び高速土壌浸透法の設計諸元を次表に示す。

（出典：漢那ダム水質保全対策に関する報告書）

表－1.3.13 曝気付礫間接触酸化施設の諸元

項目	諸元
礫形状	100～150mm 割栗石
空隙率	40%
曝気槽	191m³
礫間槽	376m³
所要滞留時間	2.8時間
曝気槽	1.5時間
礫間槽	1.3時間
所要流下距離	
曝気槽	10m
礫間槽	10～20m

表－1.3.14 高速土壌浸透施設の諸元

項目	諸元
面積	475m³
土壌容量	475m³
土壌槽厚	1.0m
礫槽容量	142m³
礫槽厚	0.3m
計画通水速度	1.5m／日

３）計画水質および調査結果

施設の計画水質及び除去率と調査によって得られた水質及び除去率を表－1.3.15に示す。

《平均原水水質》計画値の50%以下

《除去率》

BOD、COD、SS：概ね計画値を満たしている。

T-N、T-P　　：原水水質濃度が高い場合には浄化効果がみられる。

４）土壌の選定

土壌改良のために、５種類のろ材を４通りに配合して比較検討した結果、海砂（粗砂）とクロボク土（鹿児島産）を配合したろ材が最適であるという結果が得られている。

表－1.3.15 計画水質および調査結果

		項目	原水	希釈混合	礫間浄化	高速土壌浄化	希釈水-放流水
計画諸元	水質 mg／ℓ	BOD	160	39	10	5	
		COD	105	23	16	8	
		SS	220	50	10	2	
		T-N	100	23	20	14	
		T-P	17	3.8	3.3	0.33	
	除去率	BOD			73%	50%	85%
		COD			30%	50%	65%
		SS			80%	80%	96%
		T-N			15%	30%	40%
		T-P			15%	90%	92%
調査結果	水質及び除去率	BOD	81(390)	9.1(46)	75(90)%	30(26)%	82(93)%
		COD	47(140)	12(26)	30(62)%	1(－)%	31(62)%
		SS	42(150)	8(21)	86(63)%	30(67)%	75＜(95＜)%
		T-N	38.2(78.7)	5.7(12.0)	(2)%	(25)%	0(34)%
		T-P	8.1(25.7)	1.1(3.9)	15(9)%	(10)%	0(72)%

備考

項目		基礎数値	備考
計画水量 m³/日	豚舎排水量	25	豚：1000頭
	河川自流量	249	流域面積：0.12km² 比流量：241/s・km²
	希釈水量	936	
	浄化対象水量	1210	希釈倍率4.4
	高速土壌浄化対象水量	605	曝気付礫間処理水の50%

原水流入量（曝気付礫間接触浄化水量）

平均値（実測から希釈水量936m³/日を引いた値）

285m³/日（計画値：274m³/日）

*1 調査結果は平成７年度実績であり、左は平均値、右の( )内は、原水濃度が最も高かったときの値を示した。

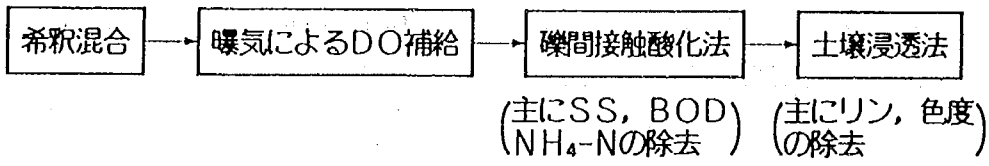
*2 調査結果の原水及び希釈混合水は濃度を、それ以外は除去率を示した。

表－1.3.16　選定したろ材の物理化学特性および評価

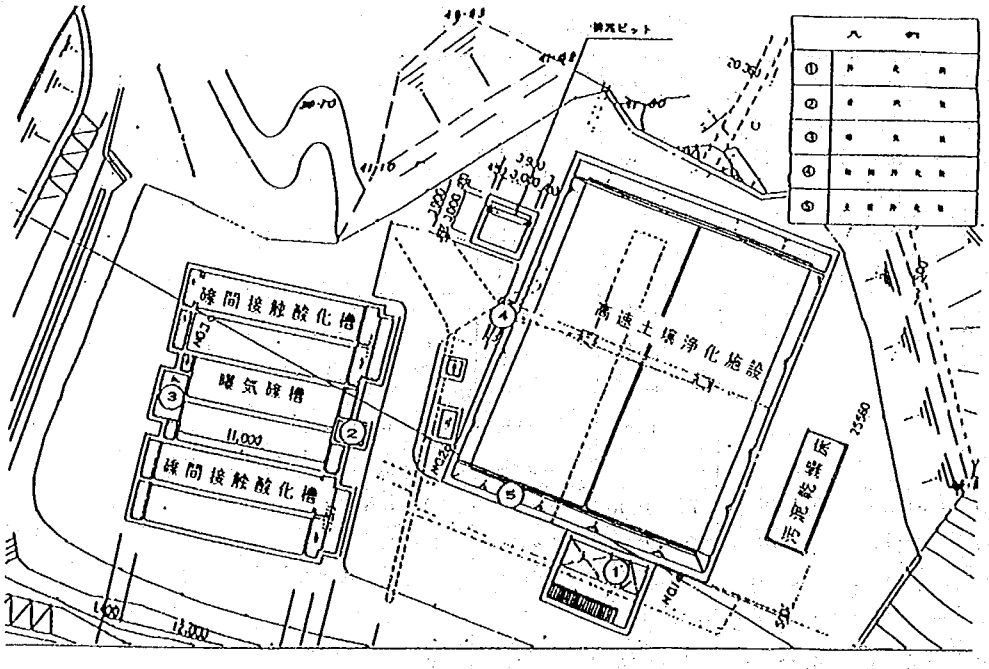
物理化学性等	粘土(園芸マーク)	火山灰	ベントナイト	クリンカ	海砂
有機物質等汚染物の吸着性	△～×	◎	◎	－	－
油脂吸収性	○	◎	◎	－	－
有害生物の繁殖性	○～△	◎	◎	－	－
透水性	×	○	△	◎	◎
ハンドリングの容易性	○	○	○	○	○
入手の容易性	◎	×	○	○	○
安価性	○	－	△	◎	△

（備考）これらの資材はいずれも現地調達が可能である。

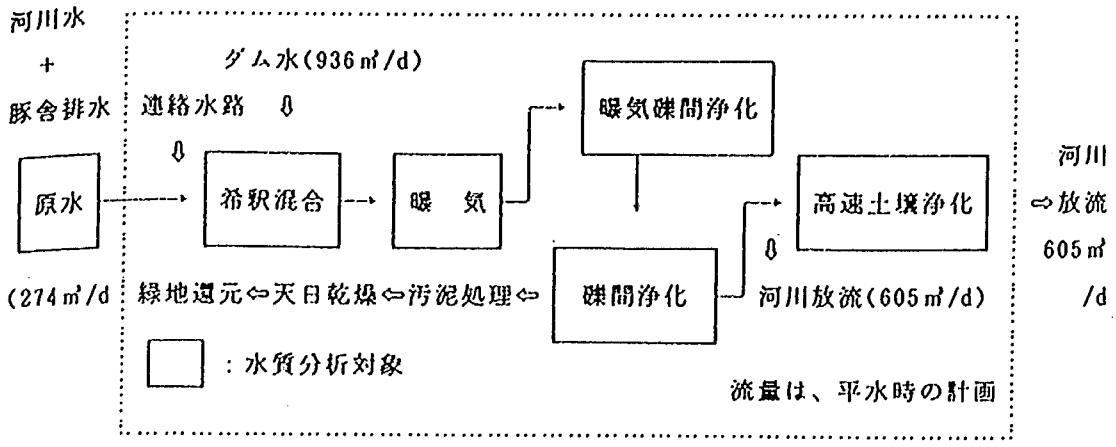
凡例
◎：非常に良好
○：良好
△：普通
×：悪い
－：評価の対象外



図－1.3.26　浄化フローの概要



図－1.3.27　水質浄化施設（礫間接触酸化法＋高速土壌浸透法）



図－1.3.28　水質浄化施設フロー

3.3　植生浄化法

(1)　概　要

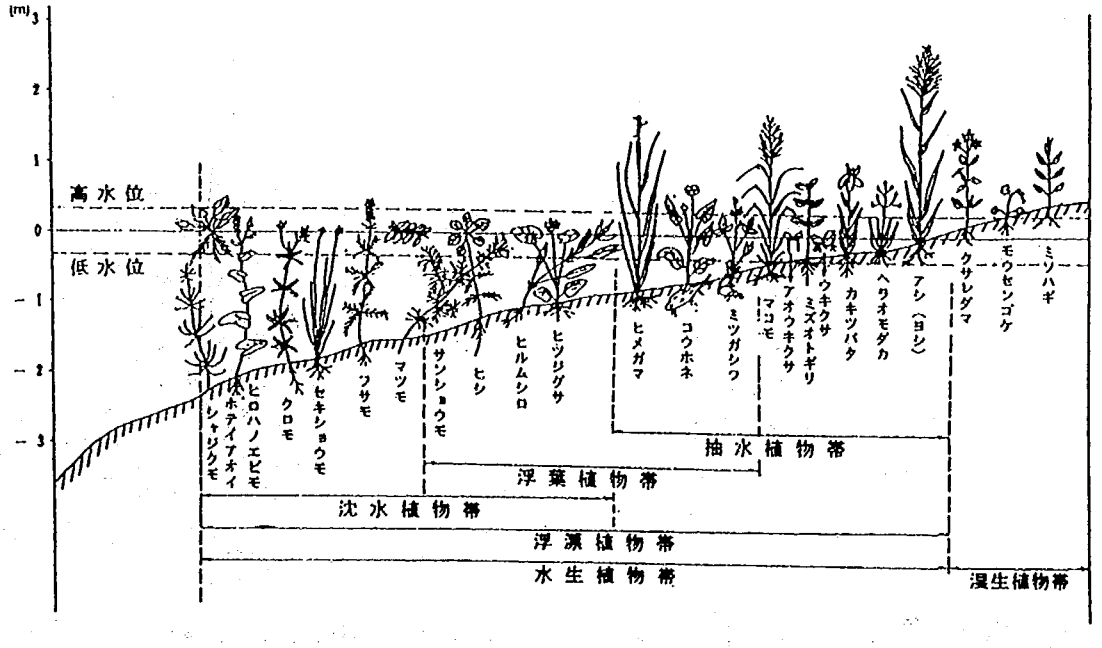
水生植物による吸収同化と、植物茎根部に付着した微生物群の働きなどによる浄化手法である。自然の生物活動を活用した手法であるため、その浄化性能は環境条件に大きく左右され、他の物理的または化学的手法に比べ、大きな浄化効果を安定して期待することは難しい。しかしながら、生態系を利用した多面な浄化手法として注目されている。

(2)　役　割

水生植物を利用した植生浄化法は直接的な水質浄化としての役割だけでなく、植生を豊かにすることで多くの生物が生息できる環境を創出できる。良好な生態系は物質循環が盛んで、自然浄化作用が発揮され、健全な水環境が形成される。

また、緑や水鳥、トンボなどは人々に親しみと安らぎを与え、水環境に対する意識の高揚は水系の汚濁防止に大きく貢献することになる。

水生植物植栽法は、このような観点からも健全な水環境を創造する浄化手法として評価されている。



図－1.3.29　水生植物帯の垂直分布

表－1.3.17　水生植物の窒素、リン含有量

植　物	部　分	窒素（対乾物%）	リン（対乾物%）	生育地、その他
抽水植物				
ヨ　シ	地上部	1.46	0.17	霞ヶ浦
〃	〃	3.41	0.24	印旛沼
〃	〃	2.24	0.38	〃
〃	〃	1.58	0.17	鳥屋野潟
〃	地下部	0.64	0.08	〃
マコモ	地上部	1.55	0.21	霞ヶ浦
〃	〃	2.27	0.26	印旛沼
〃	〃	1.91	0.52	〃
〃	〃	1.39	0.17	鳥屋野潟
〃	地下部	1.47	0.27	〃
ヒメガマ	地上部	1.23	0.16	霞ヶ浦
〃	〃	1.87	0.24	鳥屋野潟
〃	地下部	0.96	0.20	〃
ガ　マ	地上部	1.95	0.32	印旛沼
コウホネ	地上部	4.00	0.35	〃
〃	〃	2.88	0.55	〃
〃	〃	2.83	0.35	鳥屋野潟
〃	地下部	0.86	0.18	〃
ハ　ス	地上部	2.98	0.31	〃
〃	地下部	1.07	0.28	〃
ウキヤガラ		2.3	0.43	浜松市、実験池
フトイ		2.0	0.33	〃
オランダガラシ		4.03 (3.07～5.10)	0.74 (0.69～0.80)	生活雑排水処理池
〃		3.53 (2.9～4.3)	0.41 (0.34～0.47)	生活雑排水処理水路
〃		3.25 (2.5～4.0)	0.41 (0.28～0.56)	〃
〃		3.2	0.61	浜松市、実験池
セ　リ		3.52 (2.5～4.4)	0.36 (0.15～0.57)	生活雑排水処理水路
〃		2.62 (2.1～3.3)	0.29 (0.17～0.45)	〃

（出典：桜井善雄「水位の緑化による水質浄化」公害と対策　Vol. 24 No. 9）

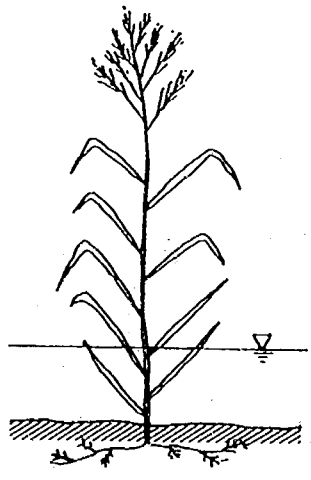
3.3.1　抽水植物

(1)　概要

アシなどの抽水植物が繁茂した低湿地帯に、河川、湖沼水を導水することにより水質改善を図る手法である。

(2)　抽水植物

抽水植物は延水植物、水沢植物といわれ、図－1.3.30のように根と茎の一部が水中にあり、その他はすべて水面上に突出している植物である。水面上に突出する茎葉は外見上、陸上植物と変わらないが、内部は通気組織が発達し、根茎の酸素欠乏時に葉から酸素供給できる構造を有している。このため、酸素が欠乏しやすい汚濁の著しい水域にも成育可能な適応性を備えている。



図－1.3.30　抽水植物

(3)　浄化原理

水中の懸濁態の有機物や栄養塩類は抽水植物に接触沈殿し、また、溶存態成分は土壌に吸着した後、植物の吸収同化、底質微生物の分解により除去される。

(4) 抽水植物の働き

抽水植物は多様な機能を持ち、水質浄化に利用する場合はこれらの機能を総合的に考慮する必要がある。

① 水質の浄化
- 流入するシルトや浮遊物の捕捉
- 植物体に付着した微生物による流入有機物の分解
- 遮光、阻害物質生産による植物プランクトンの増殖抑制
- 底質への酸素供給による有機物の分解促進
- 有害物質の吸収

② 動物生息環境の保全
- 魚類、エビ類の産卵、仔稚魚、幼生の生育場所
- 鳥類の営巣、育雛、避難場所
- 昆虫類、両生類の生育場所
- 貝類、底生動物への餌の供給（分解過程で）
- 着生生物の着生基体

③ 湖岸の保護
- 密生群落による波消し作用
- 密生する根茎の緊縛作用による浸食防止

④ 資源の供給
- 食物、生活用品の材料、家畜飼料、農地肥料の提供

⑤ 景観形成
- 局部的もしくは広域的な景観形成

(5) 水質浄化に用いられる水生植物の要件

水質浄化に必要な水生植物の要件は次のような点が挙げられる。
- 汚濁物質の吸収分解能力が高い。
- 収穫作業が容易である。
- 資源利用が可能である。
- 年間を通して成育して安定処理が可能である。

代表種として、アシ、マコモ、ガマ、オランダガラシなどがある。

これらについての概要を図－1.3.31，図－1.3.32に示している。

(5) 生育環境要因

抽水植物の生育環境に影響を与える要因には物理的、化学的、生物的なものがある。

物理的要因：温度、光量、水深、水流
化学的要因：栄養塩類、pH、DO、塩分濃度
生物的要因：生育密度、他種との競争（外来種による在来種の駆逐など）、食害、富栄養化現象による植生単純化、人為的な影響（改修工事など）

(6) 手法適用にあたっての評価項目

表－1.3.18に評価項目を整理したが、実際の適用に関しては浄化の目的や立地条件（生育環境要因を含む）などを踏まえた上で、どの項目を重視するかにより決定していくことになる。

(7) 事　例

1）伊豆沼環境保全型供餌システムにおける浄化田

冬季にハクチョウなどの生息活動により汚濁した水を、夏季にマコモの栽培に利用している。また、生育したマコモの地下茎が冬季に再び飛来するハクチョウなどの餌となっている。



図－1.3.31　抽水植物の代表例

抽水植物の生態と環境条件

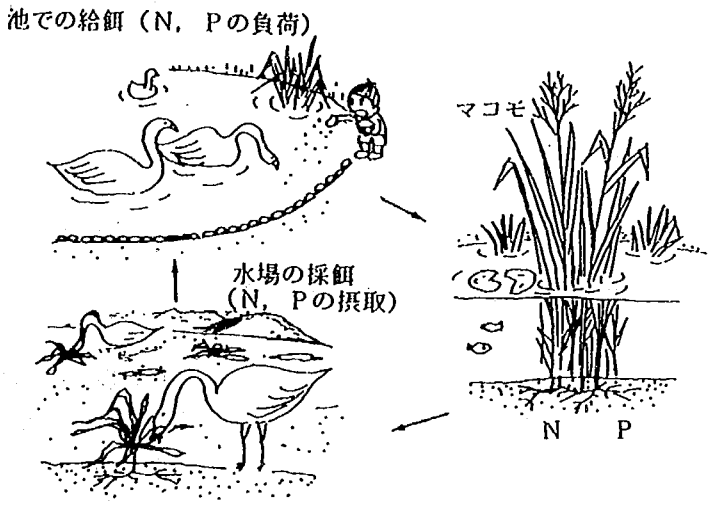
	アシ（いね科）	マコモ　（いね科）
学名	Phragmites communis *Trius*	Zizania latifolia *Turcz.*
別名	ヨシ、ハマオギ	ｶﾜﾐ、ｺﾓ、ﾏｺﾓｸﾞｻ、ﾊﾅｶﾞﾜﾐ
分布	全国各地	全国各地
花期	８～１０月	８～１０月
花の色	紫褐色～黄褐色	雄性小穂は紫褐色 雌性小穂は淡紫色～淡緑色
生活型	多年草　種子または根茎で越冬	多年草　種子または根茎で越冬
草丈	草丈１～３ｍ	草丈１～３ｍ
環境条件	水深０～０．２ｍが良好 底質として50~60cm以上の厚さが必要 低温に強い 耐塩分性（0.06~0.03%） 強酸性や有機汚濁に強い 風波に強い	水深０．２～０．５ｍが良好 低温に強い アシより風波に弱い　止水性
その他	根茎がよく発達し、地下茎の伸長次第で新たに根茎から植生を拡張（底質の浄化） 合成洗剤除去能あり	

	ガマ（がま科）	オランダガラシ（あぶらな科）
学名	Typha latiforia L.	Rorippa nasturtium-aquaticum Hayek
別名	ヒラガマ、ミスクサ	クレソン
分布	全国各地	全国各地
花期	６～８月	４～９月
花の色	雄性花穂は淡黄色 雌性花穂は緑褐色～赤褐色	白色
生活型	多年草　種子または根茎で越冬	多年草　種子または茎はそのままで越冬
草丈	草丈１～３ｍ	草丈　１５～１５０ｃｍ
環境条件	アンモニアに弱い	低温に強い 生育 最適２５～３０℃、最低５℃ 生存０～５℃
その他	合成洗剤除去能あり	合成洗剤除去能あり

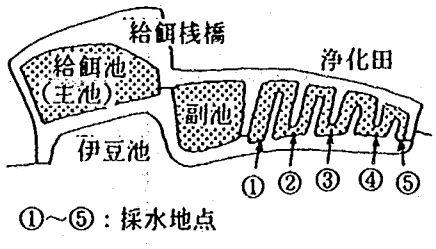
図－1.3.32　抽水植物の生態・環境条件

表－1.3.18　抽水動物と水質浄化に当っての評価項目

評価項目		評価内容
浄化効果	浄化能力	・除去物質と除去速度，除去率 ・最適条件を把握する。 地理的条件，汚濁負荷量への適用性，滞留時間など
	維持管理性	・省力，維持管理や対処が容易であること。
経済性	施工規模 (主に施工費)	・地理的条件，土地代などから，設置場所や浄化能力に見合った処理設計を行う。
	維持管理費	・省力，維持管理や対処が容易であること。
安全性	治水，利水	・障害にならない設計，安全対策
	環境	・２次汚染防止 浄化能力の限界を把握し，適切な処理条件を設定生物の移植導入による生態系の変貌が生じないこと。 施設設置による生態系の変貌が生じないこと。
	公衆衛生	・臭気，発泡，害虫，病源菌の飛散を防止する。
付加価値	親水	・景観形成，アクセス
	植物の利用	・植物，花卉，加工品
	空間利用	・公園などの有効利用



《マコモを用いた水質浄化事例》



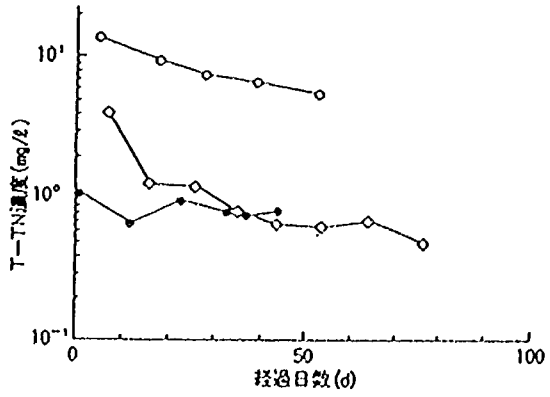
①～⑤：採水地点

主池（給餌池）
約５０ｍ×１００ｍ、水深約０．７ｍ
６月下旬～１１月下旬まで天日干し
それ以外の季節は、給餌池として利用

副池
約４５ｍ×５０ｍ、水深約１ｍ
主池の水をストックし、浄化田へ自然流下

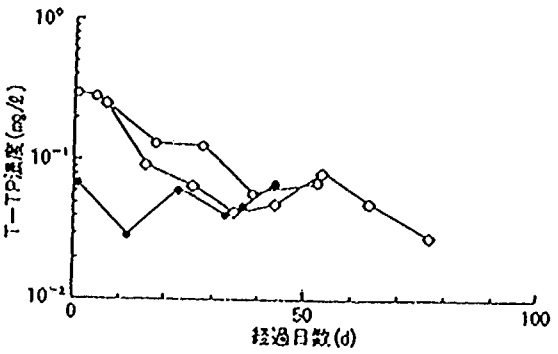
浄化田
延長約220m、水深約30~40cm、約40m×120m
マコモにより窒素、リン成分を吸収する
6月下旬~11月下旬まで汚水で通水状態とする
8月はじめに浄化田の水を入れ替え
（入れ替え前を1期、その後を0期とする）

図－1.3.33　環境保全型供餌システムの概略



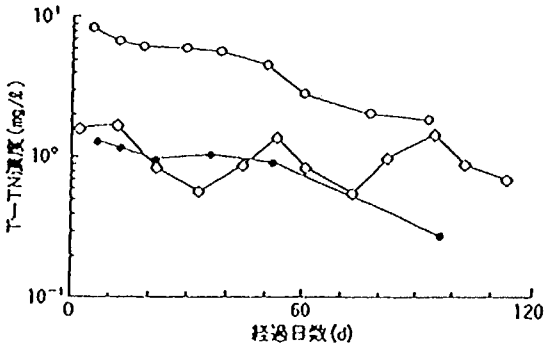
測定年　○：94年，◇：93年，●：92年

浄化田水質変化(T−TN 濃度，92~94年第Ⅰ期)



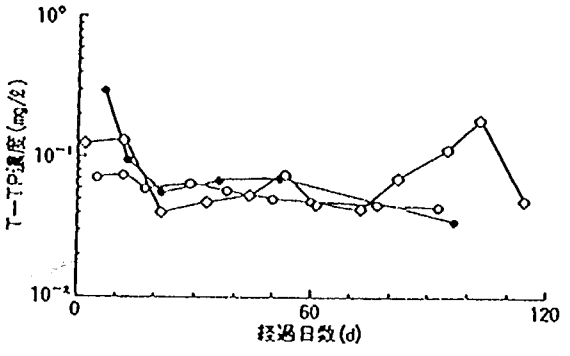
測定年　○：94年，◇：93年，●：92年

浄化田水質変化(T−TP 濃度，92~94年第Ⅰ期)



測定年　○：94年，◇：93年，●：92年

浄化田水質変化(T−TN 濃度，92~94年第Ⅱ期)



測定年　○：94年，◇：93年，●：92年

浄化田水質変化(T−TP 濃度，92~94年第Ⅱ期)

図−1.3.34　浄化田における T-N、T-P の変化

2）アシによる霞ヶ浦の浄化

霞ヶ浦に流入する河川（山王川、清明川）の河口近くに人工のアシ原を設置した植生浄化施設と霞ヶ浦沿岸の水域に浮きアシ原を整備した植生回復施設がある。以下、山王川と清明川の浄化施設の概要を表−1.3.19と表−1.3.20に示す。

3）アシ原による渡良瀬貯水池の浄化

渡良瀬貯水池の水を貯水池北側のアシ原に導入し、アシ原を通過させたあと再び貯水池に戻している。

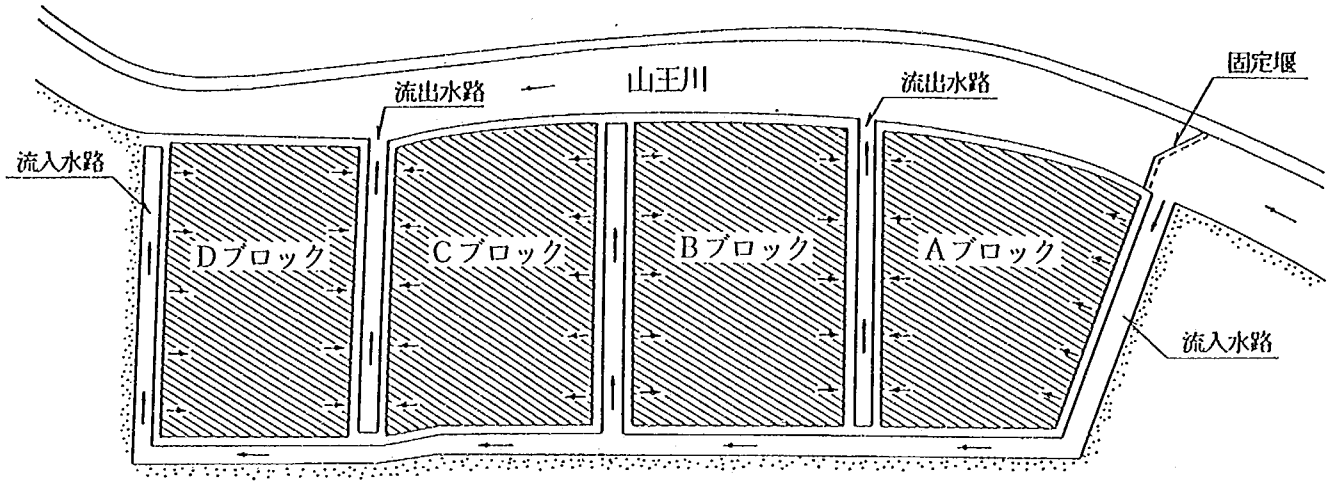
表−1.3.19　山王川植生浄化施設の概要（昭和63年度から実施）

計画流入水質	T-N　3.20mg/ℓ，T-P　0.51mg/ℓ
計画除去率	T-N　50%，T-P　50%
計画浄化水量	0.03㎥/sec
施設延長	165m
アシ原面積	5,600㎡
植生密度	200本/㎡
実績除去率	T-N　60%，T-P　10%

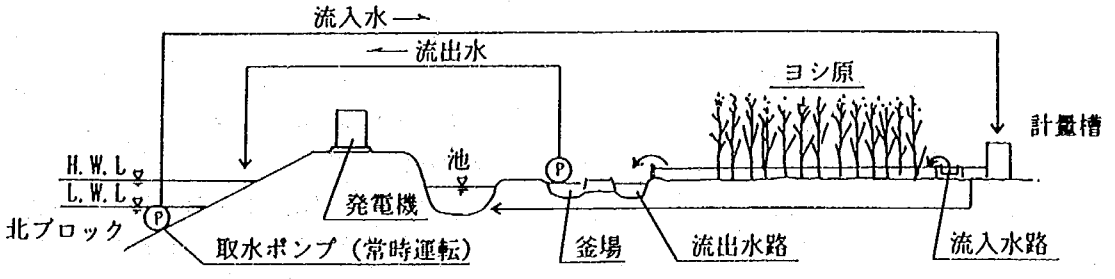
表－1.3.20　清明川植生浄化施設の概要（平成３年度から着手）

計画流入水質	T-N　3.05mg/ℓ，T-P　0.28mg/ℓ
計画除去率	T-N　50%，T-P　50%
計画浄化水量	0.45㎥/sec
施設延長	河口部の上下流１km
アシ原面積	81,000㎡（上流の38,000㎡のみ完成）
植生密度	60本/㎡

（完成区間データによる）



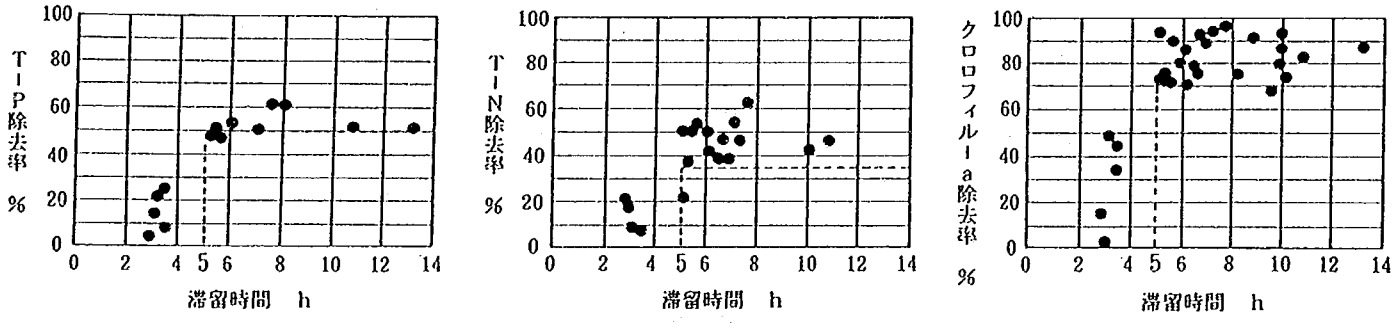
図－1.3.35　山王川植生浄化施設の概要



図－1.3.36　渡良瀬貯水池浄化実験装置の概要

表－1.3.21　渡良瀬貯水池のアシ原浄化施設の概要

計画流入水質	クロロフィルa　51～　80 μg/ℓ T-N　1.35～ 1.78 mg/ℓ T-P　0.058～0.102 mg/ℓ
施設面積	7,000㎡ (H4), 14,100㎡ (H5, 6)
植生密度	64～124本/㎡
流　速	0.19～1.67cm/sec
水　深	10～20cm
滞留時間	2.5～10時間
水面積負荷	0.24～1.92㎥/㎡/日
実績除去率	クロロフィルa　10～90% T-N　0～60% T-P　0～60% PO_4-P　増加の傾向あり



図－1.3.37　滞留時間と除去率

② 浄化効果

・PO_4-P 量は流下とともに増加する傾向がみられる。

・流速が0.8cm/sec 以下の場合、クロロフィルa 70%以上、T-N20～60%、T-P30～60%の除去率が得られている。

・水深の違いによる除去率に有意な差はみられない。

・実験施設内のアシは、施設外のアシが枯死した後もかなりの期間、緑の状態が続いていた。

(8) 参考文献

1）東北地方建設局　東北技術事務所：平成4年度水質浄化に関する調査研究.

2）桜井善雄：水辺の緑化による水質浄化、公害と対策、24(9)、1988.

3）江成敬次郎ら：水生植物を利用した水質改善の試み、用水と廃水、38(8)、15～23、1996.

4）関東地方建設局　霞ヶ浦工事事務所資料

5）関東地方建設局　利根川工事事務所「1995世界湖沼会議」提出論文.

3.3.2 浮漂植物

(1) 概要

湖沼流入部などに浮漂植物の栽培区画を設けて、栽培、刈り取り・回収を行い、植物の栄養塩類吸収能により水質改善を図る手法である。

(2) 浄化原理

浮漂植物は図－1.3.38に示すような代表的なものがあり、その特徴を表－1.3.22にまとめている。

① 根からの栄養塩類の吸収

植物は生長に必要な栄養塩類（窒素、リン）を吸収し、その吸収速度は表－1.3.23の値が報告さ

れている。また、植物体に含まれるN、Pの含有量のホテイアオイの例を表－1.3.24に示している。

② 根圏微生物の働き

根に付着した細菌が有機物酸化、硝化・脱窒を行なう。

(3) 藻類の増殖抑制効果

① 遮光効果

浮漂植物は水面に葉を拡げるため、光を遮り植物プランクトンの増殖を抑える。

② 化学物質による効果

浮漂植物などの高等植物は、藻類抑制物質を分泌し、藻類の増殖を抑制する。

③ ビオトープの創造

魚、昆虫、水鳥などの生息環境を創出するので、生態系の多様化が図れる。

(4) 問題点と対策

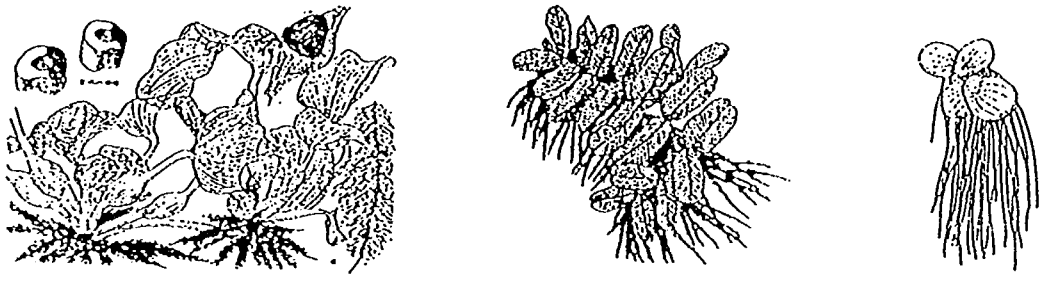
表－1.3.25に浮漂植物を利用する際の主な問題点と対策を示した。

(5) 水生植物の収集、処理方法

浮漂植物をはじめとした水生植物の処理と有効利用の方法を図－1.3.39に示す。

また、浮漂植物を大規模に回収するためのシステムの例を図－1.3.40に示す。

水生植物を処理し、有効利用する用途ごとの定性的評価のまとめを表－1.3.26に示す。



図－1.3.38 水質浄化に用いられる浮漂植物

表－1.3.22 浮漂植物の生態

	ホテイアオイ（ミズアオイ科）	サンショウモ（サンショウモ科）	ウキクサ（ウキクサ科）
学名	*Eichhornia crassipes Solms-Laub.*	*Salvinia natans (L.) All.*	*Spirodela polyrhiza Schleid.*
別名	ホテイソウ タイワンナギ	ムカデモ	カガミグサ ウラベニグサ
分布	本州・四国・九州・沖縄	本州・四国・九州	北海道・本州・四国・九州・沖縄
花期	6～10月	胞子のう果 9～10月	7～8月
花の色	淡紫色	胞子のう果 茶褐色	白
生活型	多年草（寒地では一年草）	一年草	多年草
大きさ	草高 0.3～1.5m 葉身縦 5～20cm 幅 8～18mm	茎5～10cm 葉長さ1から2cm 幅1cm 厚さ1mm	葉状体 長径5～10mm 短径 4～8mm 厚さ1mm

表－1.3.23　浮漂植物の窒素、リン除去速度

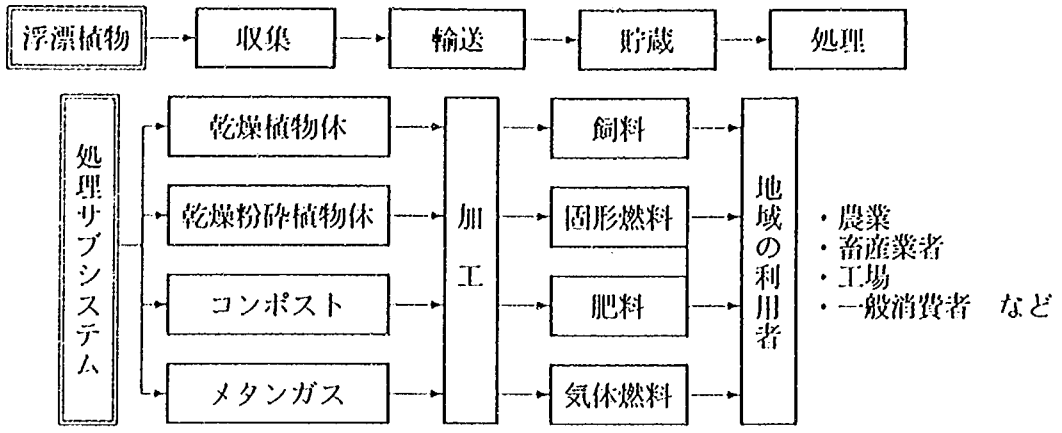
植物	N(g/㎡・日)	P(g/㎡・日)	備考
ホテイアオイ	1.11	0.207	児島湖、倉敷川の実験区。上から収穫量(kg乾/a・日)309、5.35、7.5の場合。(青山、沖、西崎、1981)
	1.89	0.352	
	2.70	0.503	
〃	0.68～1.47	0.19～0.35	(Reddy. K. R. &D. L. Sutton. 1984
〃	1.2	0.3	大型水槽。上は夏好適条件での最高値。下は冬(15℃)(佐原、近藤、1983)
	0.45	0.1	
ウキクサ	0.260～0.278	0.04～0.065	(汐見、鬼頭、1986)
〃	0.291±0.158	0.111±0.035	(Reddy. K. R. 1984)
コウキクサ	0.245～0.268	0.038～0.058	(汐見、鬼頭、1986)
〃	0.426±0.279	0.119±0.033	(Reddy. K. R. 1984)
サンショウモsp	0.255±0.207	0.100±0.042	
ボタンウキクサ	0.880±0.588	0.150±0.038	
アカウキクサ	0.181	0.055	下水二次処理水 5～10月 (汐見、鬼頭、1986)
	0.132～0.252	0.022～0.073	
オオアカウキクサ	0.180	0.060	
	0.141～0.228	0.031～0.075	

表－1.3.24　ホテイアオイの窒素、リン含有量

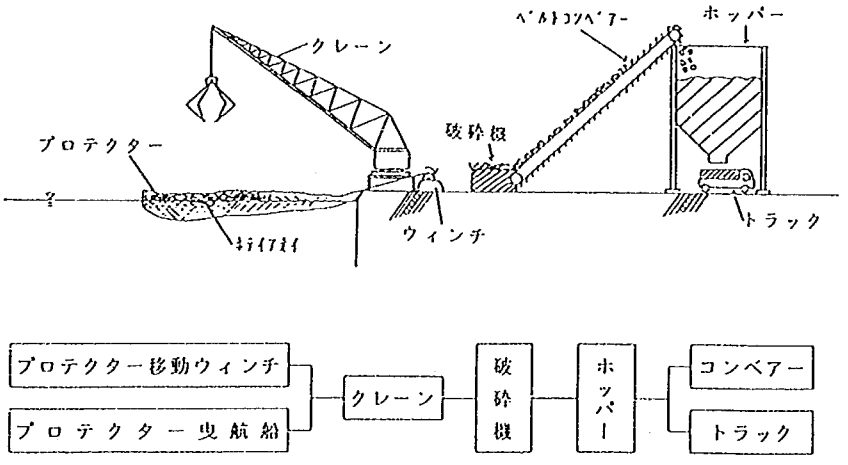
部分	N(対乾物%)	P(対乾物%)	生育地、その他	報告者
葉	3.73	0.722	池	徳永隆司ら 1978
根	3.04	0.589	〃	
葉	4.07	0.573	川	
根	1.81	0.275	〃	
	3.06±0.42	0.540±0.199	児島湖	青山　勲 1982
	3.57±0.23	0.696±0.088	倉敷川	
	3.26±0.43	0.602±0.179	全平均	
	3.76±0.13	0.696±0.074	川(実験区、湖　7-10月)	沖　陽子ら 1981
	3.18±0.42	0.651±0.146		
全体	3.44	0.76	手賀沼	奥田惟精ら 1983
茎葉	3.68	0.81		
根	3.43	0.52		
	3.36～4.75	0.67～1.21	N・P濃度の異なる実験	Sato. H. & T. Kondo 1981

表－1.3.25　浮漂植物を浄化に利用する際の問題点と対策

問題点		対策
異常増殖	浮漂植物は水面全域に広がりやすい	植栽区画内で生育させる
冬季の枯死	浮漂植物は寒さに弱く、冬季は枯死するものが多いため、年間を通じて安定した浄化効果が得られない。	多年草植物と組合せて植栽する。
枯死による汚濁	枯死した植物体が汚濁源となる。	秋に回収する。
回収が困難	回収には、クレーン車などの大規模な設備が必要になる。	新しい自動回収システムなどを検討する。
再利用が困難	植物体は水分が多く、輸送が困難である。また、需要のある有効利用法が存在していない。	有効な再利用方法などを検討する。
密生による酸素不足	繁殖力が大きいため密生し、酸素不足となる。	適宜に回収する。
広大な面積が必要	浮漂植物は面的に広がって生息するため、広大な植栽面積が必要となる。	特になし。



図－1.3.39　水生植物の処理と有効利用



図－1.3.40　収集システムの概要

表－1.3.26　処理有効利用システムの評価

評価項目		飼料	固形燃料	肥料	気体燃料
処理	処理率	◎	◎	◎	△
	処理速度	◎	◎	○	△
	技術の熟度	◎	◎	○	○
	処理コスト	◎	◎	○	△
再利用	貯蔵，輸送の容易さ	○	○	○	△
	需要の有無	◎	○	○	○
	法的問題点	△	○	△	○
	再利用プラントコスト	○	○	◎	○
	製品価値	◎	○	○	○

(6) 浄化事業事例（手賀沼）

手賀沼浄化事業（千葉県と手賀沼流域の5市3町共同）の1つとして、昭和57年にホテイアオイによる浄化事業が開始され、毎年実施されている。昭和57年度の植栽面積は50,400m²であったが、現在では5,400m²である。施設は、図－1.3.41に示す手賀沼内に図－1.3.42に示すようにホテイアオイが流出しないような簡易な囲いであり、1ユニットが30m×30mである。

1）浄化効果

回収したホテイアオイの総量と窒素、リンの含有量から吸収量を求めた結果を表－1.3.27に示す。

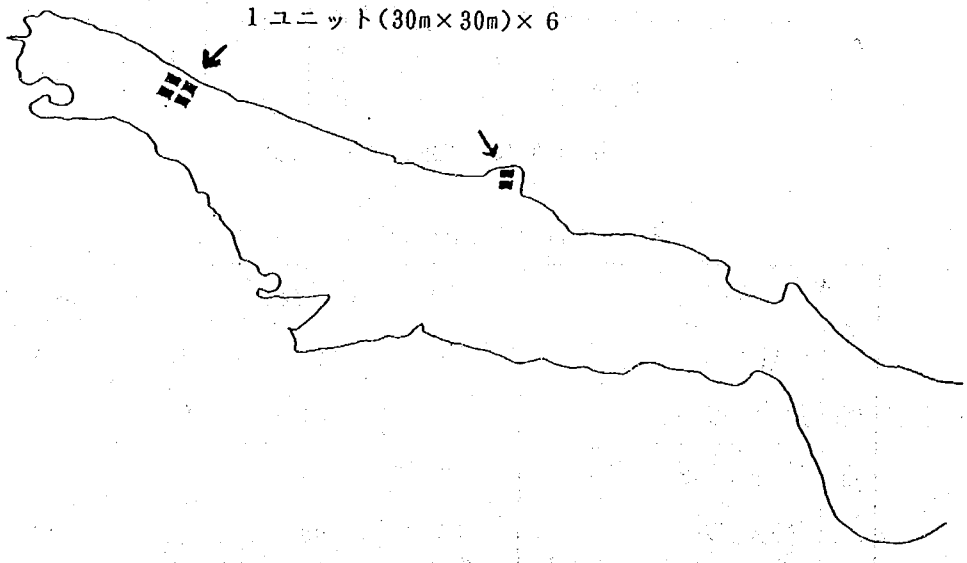
ホテイオアイは水鳥などの餌となるため、実際の増殖量は回収量を上回ると考えられる。また、植生浄化は根による効果や根圏微生物による効果も付加されるものと考えられる。

2）回収作業

6月頃に植栽し、10月前後に回収を行っている。回収には、水面清掃船「みずすまし号」が用いられている。回収したホテイアオイは農地に還元している。

表－1.3.27 ホテイアオイによる窒素、リンの吸収

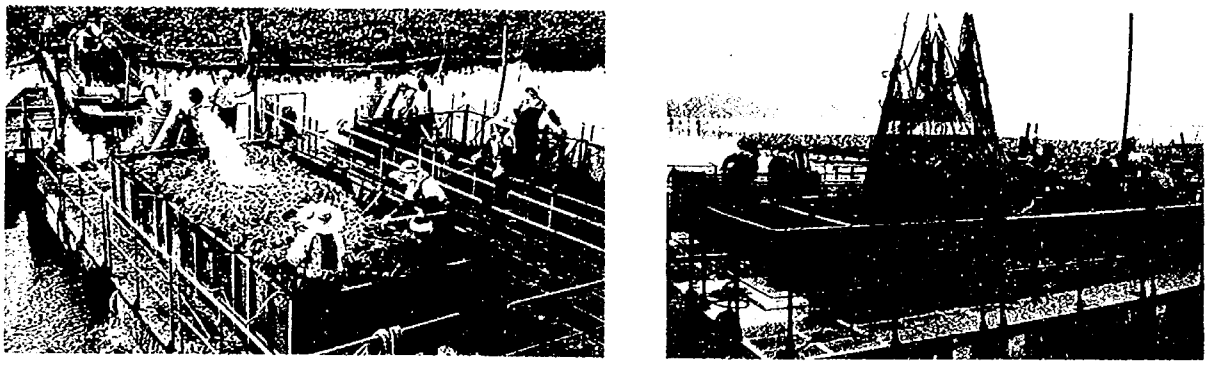
実施年度	植栽面積 (m²)	回収総量 (t)	栽培日数 (日)	植物吸収量（kg）		吸収速度(g/m²/day)	
				リン	窒素	リン	窒素
平成6年度	5400	410	125	114.8	656.0	0.17	0.97
平成7年度	5400	182	121	51.0	291.2	0.08	0.45
平成8年度	5400	100	119	28.0	160.0	0.04	0.24



図－1.3.41 ホテイアオイの植栽位置



図－1.3.42　ホテイアオイの繁殖状況



図－1.3.43　ホテイアオイの回収作業

3）事業費

(単位：千円)

実施年度	植栽費	管理・回収費	分析費
平成7年度	2,500	4,300	79
平成8年度	2,500	4,500	80

植栽費　　：圃場準備、設置、植栽、種株10,000株
管理・回収費：圃場管理、点検、回収、処分(農地還元)
分析費　　：ホテイアオイの組成分析(種株、回収時)

3.4　凝集沈殿法

(1)　概要

通常の沈殿分離法では沈降しにくい粒子状の汚濁物質を、汚濁水に薬品（凝集剤）を加えることにより、沈殿除去するとともに凝集フロックに吸着される溶解性の汚濁物も除去する浄化手法である。

(2)　特徴

・効率よく懸濁物質を除去できる。
・凝析反応により、重金属、リン、コロイド物質(着色成分）を除去できる。
・安定した浄化効果が得られる。

(3)　留意点

・無機性汚泥が多量に発生する。
・凝集剤のみを添加するとpHが低下する。
・運転操作、維持管理に一定の技術を要する。

(4)　浄化原理

①　凝集（懸濁性物質）

図－1.3.44に示すように、水中に浮遊している粒子は通常マイナスに荷電しており、粒子は互いに電気的斥力により結合しにくい状態にある。そこに凝集剤を加えると、凝集剤のプラス電荷が粒子のマイナス電荷と電気的に中和される。

この結果、粒子は反発する力を失い、分子間力(Van der Waals力）や衝突により結合して大きな粒子(フロック)に成長して沈降が促進される。

②　凝析（溶解性物質）

凝集剤の金属イオン(＋)、オルトリン酸イオンや水酸化物イオン(－)と反応して溶解度の小さい難溶解性物質を生成する。この粒子は、さらに凝集、フロック形成を経て、大きな粒子となり沈降する。

③　凝集沈殿の有効な粒径

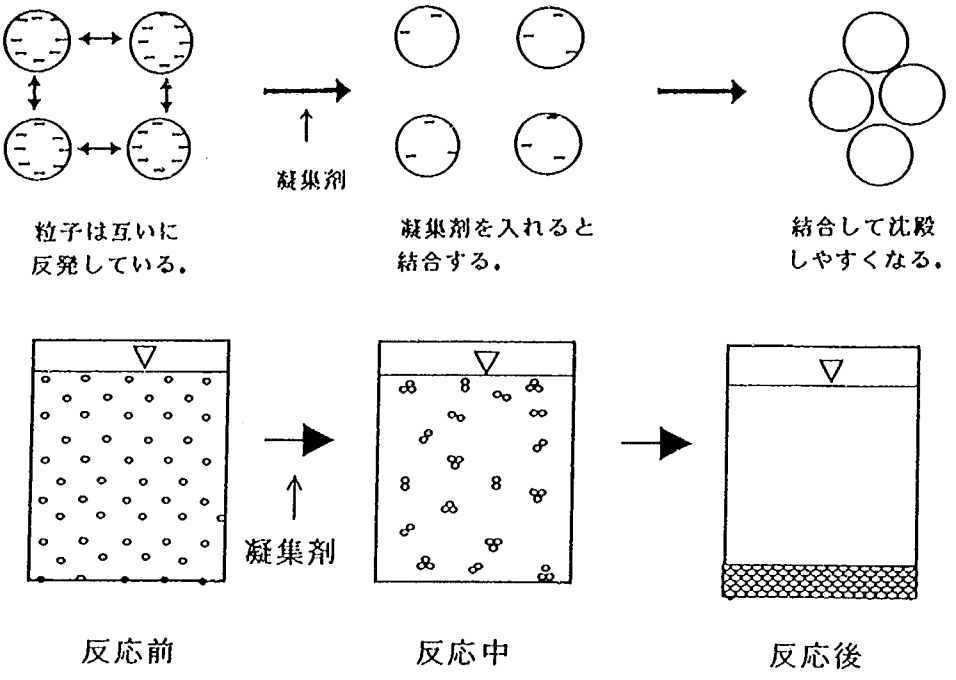
汚濁物質は様々なサイズをもっており、凝集による粒子の沈降が有効な場合と、溶解態の凝析により除去が可能なサイズとは定性的には図－1.3.45に示す関係がある。

(5) 凝集剤

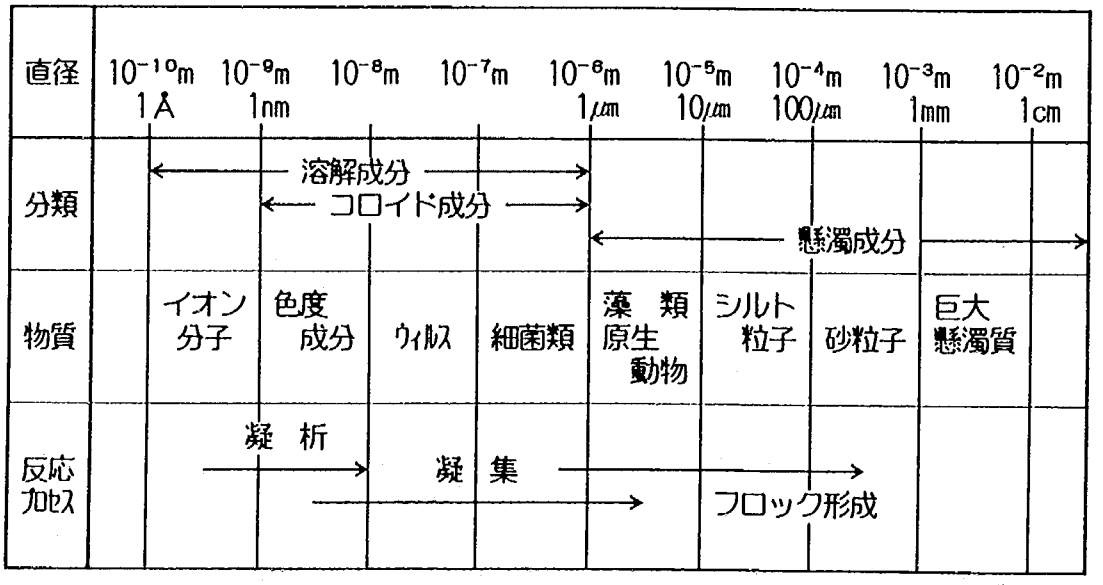
一般には水に溶解して加水分解し、＋電荷の金属酸化物のコロイドを生じるような金属塩であれば、凝集剤としての機能を果たすことができる。しかし、水処理で用いる場合は安価で無害であることが必要で、鉄またはアルミニウム塩類が通常用いられる。

① 無機凝集剤

表－1.3.28に無機凝集剤でよく用いられるアルミニウム塩：硫酸アルミニウム（硫酸バンド）、ポリ塩化アルミニウム（PAC）
鉄塩：塩化第二鉄
の特徴をまとめている。



図－1.3.44 凝集反応のイメージ



図－1.3.45 物質の大きさと凝集反応プロセス

なお、硫酸バンドとPACは併用できない。また、鉄塩の方がフロックの沈降性が良いが着色性がある。

② 有機凝集剤

無機凝集剤で形成された微小フロックをより沈降しやすい大きなフロックとするために添加される。しかし、浄水処理では微小フロックでも除去できる急速砂ろ過法を併用しているため、通常用いられていない。また、ポリアミド系有機高分子凝集剤は人体への影響を考慮して現在でも浄水処理では使用されていない。

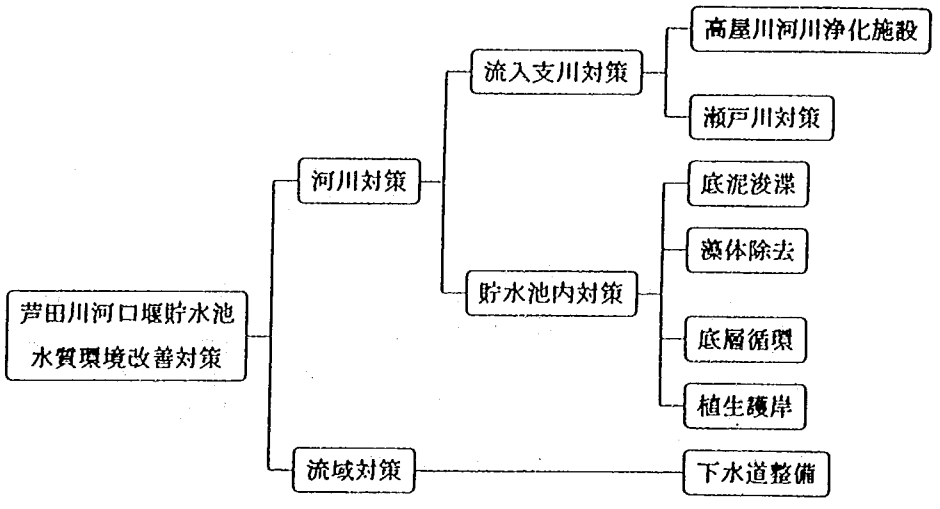
(6) 高屋川河川浄化施設（リン除去施設）

1）計画概要

広島県備後地方の一級河川である芦田川の中下流部においては、流域の都市化の進展などにより、現在、中国地方の中で最も汚濁の著しい河川となって

表－1.3.28 一般的な無機凝集剤の特性

種　類	有効なpH域	特徴		費用比較等 ①設備面 ②維持管理面	使用事例
		長所	短所		
硫酸アルミニウム（硫酸バンド）	4.5~8.0	除濁性が高い 腐食性、刺激性が少ない ポリ塩化アルミニウムより安価 中和剤が少なくてよい	フロックがやや軽い pH 8 以上では効果が低い	①薬品（固体）を溶かす施設等が必要 ②溶解作業が必要になりやや難	浄水施設等で使用事例はあるが、あまり多くない。
ポリ塩化アルミニウム（PAC）	4.5~8.0	凝集性が硫酸アルミニウムより良い 腐食性、刺激性が少ない	硫酸アルミニウムより高価 フロックがやや軽い pH 8 以上では効果が低い	①10%液体なので保存施設のみ必要 ②維持管理しやすく、安価	浄化施設等で最も使用事例が多い。
塩化第二鉄	4.5~11.5	フロックが重い（沈降圧密良） アルカリ性域でも有効 3つの中で最も安い	中和剤を多く必要とする 腐食性が高い 処理水が着色することがある	①施設規模が大きくなる ②腐食性が高く、設備の維持管理費が他の2つの方法に比べ、高価	産業廃棄物排水処理等で使用されているが、使用事例は少ない。



図－1.3.46 芦田川河口堰貯水池水質改善対策

いる。

特に、芦田川の最下流部に位置する芦田川河口堰貯水池内では、富栄養化現象の進行に伴い、藻類の異常増殖などがみられ、図－1.3.46に示すような水質改善対策を立案し、早急な水環境の改善が望まれている。

「高屋川河川浄化施設」は、芦田川水域の中で水環境に大きな汚濁原因を占めている支川高屋川において、富栄養化の原因物質であるリンを除去し、河口堰貯水池の水環境改善に資するものである。

2）施設概要

この施設は図－1.3.47に示すように大きく次の3つの部分から構成されている。

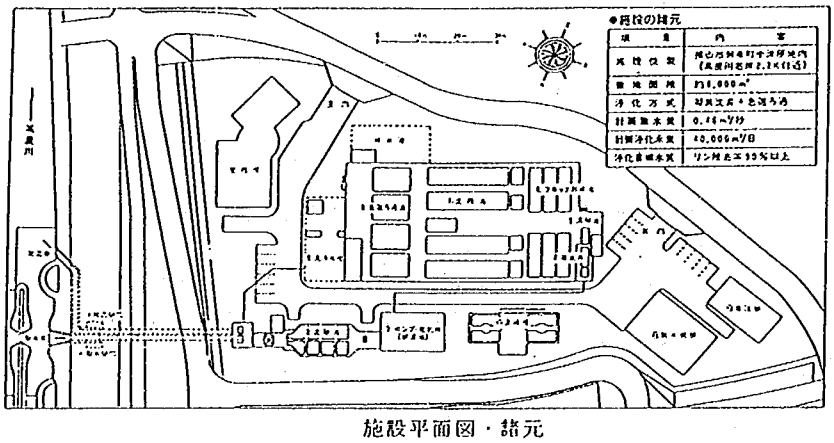
① 流入部(取水樋門、沈砂池、ポンプ室、着水井)
懸濁物質流入量を低減することにより、反応部への負荷を低減する。

② 反応部（混和池、フロック形成池）
凝集剤を添加することにより、フロックを形成させる。

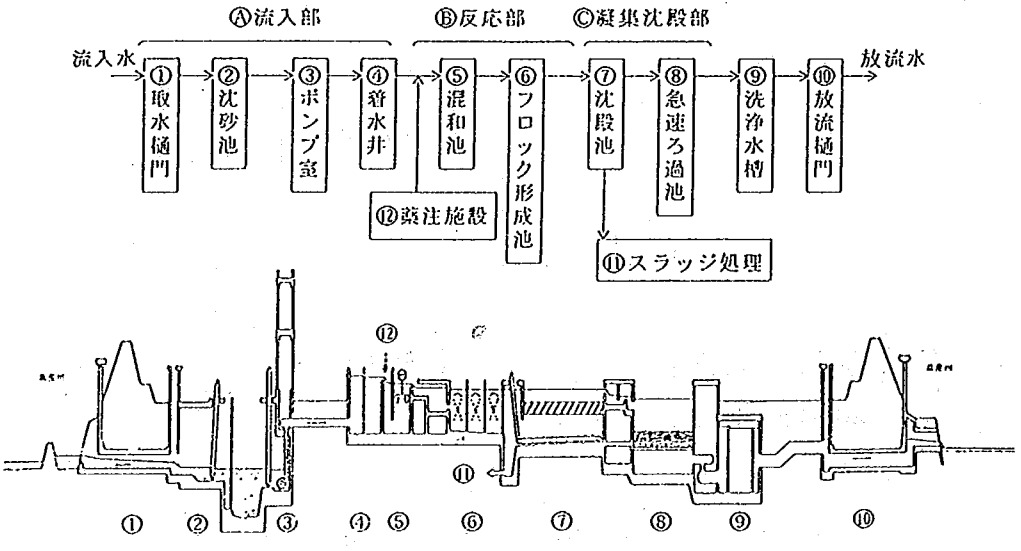
《設計諸元》混和池：混和時間 1 ～ 5 分間
フロック形成池：凝集時間20～40分間

③ 凝集沈殿部（沈殿池、急速ろ過池）
沈殿池、急速ろ過池でフロックを沈降、ろ過して固液分離を図る。

《設計諸元》沈殿池：滞留時間　2 ～ 3 時間
急速ろ過：ろ過速度　200m³/日



施設平面図・諸元



図－1.3.47　高屋川河川浄化施設の概要

3）事業費、維持管理費（計画）

建設費：40億円

維持管理費：120.7百万円／年

【内訳】

電気料金　16.1百万円／年

平均稼働日数　200日／年

浄化能力　40,000m³／日

薬品料金　22.5百万円／年

（硫酸アルミニウム、PAC）

汚泥処理費　4.3百万円／年

（ケーキ発生量：4.29t／日）

保守点検費　2.0百万円／年

（設置後3年程度）

その他　75.8百万円／年

（人権費など）

4）浄化効果

建設省福山工事事務所によって行われた硫酸バンドを用いた実験の結果を表－1.3.29に示す。

この実験の結果、得られた凝集剤の注入率を表－1.3.30に示す。

表－1.3.29　予備実験装置の運転条件と水質浄化特性

運転条件			水温	原水	凝集沈殿流出水		砂ろ過水	
	流量（㎥/日）	硫酸バンド（mℓ/㎥）	（℃）	（mg/ℓ）	（mg/ℓ）	除去率（%）	（mg/ℓ）	除去率（%）
S	50	60	20	26	7	73.1	3	88.5
	80	60	20	24	9	62.5	4	83.3
	110	60	20	23	9	60.9	2	91.3
	100	40	15	29	17	41.4	4	86.2
S	100	20	7	21	20	5.0	7	66.7
	100	50	7	16	15	6.3	2	87.5
	100	60	7	28	16	42.9	2	92.9
	100	40	7	10	8	20.0	1	90.0
T	50	60	20	0.286	0.034	88.1	0.017	94.1
	80	60	20	0.260	0.060	76.9	0.019	92.7
	110	60	20	0.267	0.076	71.5	0.022	91.8
I	100	40	15	0.403	0.199	50.6	0.055	86.4
	100	20	7	0.403	0.241	40.2	0.085	78.9
P	100	50	7	0.380	0.242	36.3	0.021	94.5
	100	60	7	0.382	0.133	65.2	0.020	94.8
	100	40	7	0.499	0.261	47.7	0.036	92.8

表－1.3.30　最適凝集剤注入率

（単位：mℓ/m³）

項目	硫酸バンド注入率		PAC注入率	
	SS除去	T－P除去	SS除去	T－P除去
低水温時	60	60	40	40
高水温時	40	40	（30）	（30）

＊PAC，高水温時はジャーテスト結果より推定している。

3.5 その他の水処理技術

3.5.1 膜分離法

より清浄度の高い水を得る方法として、膜を介して圧力差や濃度差などの推進力により物質を分離する膜分離法がある。

精密ろ過（Microfiltraion：MF）
：孔径の小さい膜を用いる膜ろ過
限外ろ過（Ultrafiltraton：UF）
：コロイドや高分子化合物を分離する膜ろ過
逆浸透（Reverse Osmosis：RO）
：イオンまで分離する膜ろ過

膜分離法を用いた下水処理水の処理例を図－1.3.48に示す。

3.5.2 オゾン酸化法

オゾンの強い酸化力を利用して、水中の有機物の酸化分解、大腸菌や一般細菌の殺菌、ウィルスの不活性化、脱色、脱臭を行うものである。

オゾンは、気体で微青色を呈するが、通常の濃度では無色で特異な臭気を持つ。空気中のオゾンは常温では安定しているが、水中の溶解オゾンは不安定で酸素に変化しやすい。

オゾンの微生物に対する殺菌力は、塩素や二酸化炭素に比べて数十倍強いといわれている。これは、塩素剤が細菌の細胞膜を透過して吸収系酵素の働きを阻害し、同化作用を停止させる形で殺菌を行うのに対し、オゾンの場合は細胞膜そのものを強力な酸化力で分解もしくは破壊するためである。有機物に対しては、不飽和結合を持つオレフィン系、アセチレン系および芳香族化合物、炭素と窒素の不飽和結合を持つ化合物、アミン、硫化物、アルコール、エーテル、アルデヒドなどを酸化する。オゾン酸化法は脱色にも有効である。図－1.3.49にオゾン発生機を用いたオゾン酸化法の例を示す。

3.5.3 紫外線照射法

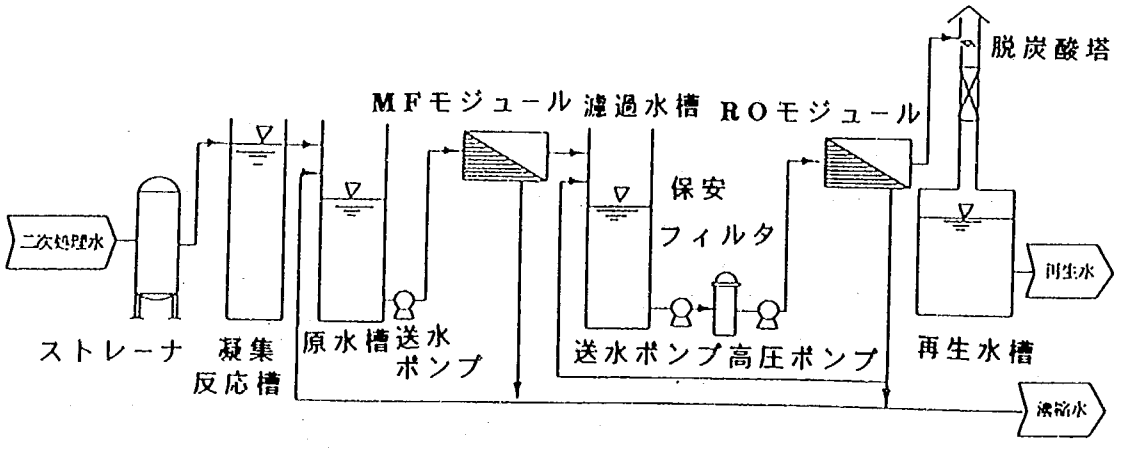
紫外線（UV）はX線と可視光線との間、約100～400nmの波長域の電磁波を総称したものである。エネルギー量は286～72,000cal/mol（1.2～301kJ/mol）と赤外線（波長1,000nmでエネルギー量が286～72,000cal/mol（1.2～301kJ/mol））に比較して大きい。このため、分子が赤外線を吸収しても熱運動しか生じないのに対して、紫外線を吸収するといろいろな結合の解離を伴う化学反応を生じる。

紫外線による消毒効果は細胞内のDNA（デオキシリボ核酸）を損傷することによって生じる。DNAによる吸収は図－1.3.50に示すように260nm付近で最大値を示し、殺菌効果曲線も同様となっている。

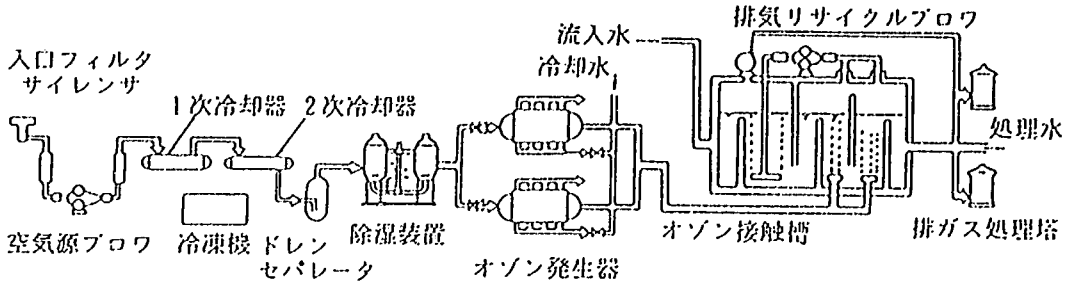
3.5.4 生物膜ろ過法

生物膜ろ過法は、緩速ろ過法における微生物の働きを種々の方法で高めたものである。

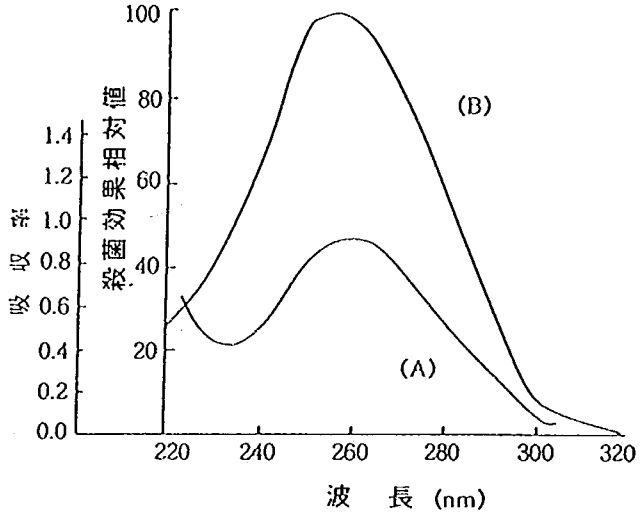
代表的な曝気ろ過法では、微生物の浄化能力を高めるためにろ床下部から酸素を供給し、さらにろ層全体にわたって微生物が均等に付着するように粒径3～6mm程度の比較的大きなろ材を用いている。



図－1.3.48 膜ろ過法の概略フロー



図－1.3.49　オゾン酸化法の概略フロー



図－1.3.50　紫外線の吸収曲線(A)と殺菌効果曲線(B)

II　浄化手法各論

はじめに

II編では、建設省技術管理部会　水質連絡会が平成６、７、８年度の共同研究テーマ『河川、湖沼、ダム貯水池等の浄化手法についての総合的検討』の中で都市排水、畜産排水、農業排水、家庭雑排水等を対象に土木研究所水質研究室、北海道開発局開発土木研究所、各地方技術事務所が取り組んだ各種浄化実験装置の概要を報告する。

浄化手法	カテゴリー	担　当
①　接触酸化法	都市排水路浄化	土木研究所　水質研究室
②　土壌浸透法	畜産排水浄化	北海道開発局　開発土木研究所
③　接触酸化法	都市排水路浄化	東北地方建設局　東北技術事務所
④　接触酸化法	農業排水浄化	関東地方建設局　関東技術事務所
⑤　簡易沈殿法	家庭雑排水浄化	北陸地方建設局　北陸技術事務所
⑥　接触酸化法	農業排水浄化	中部地方建設局　中部技術事務所
⑦　凝集沈殿法	都市排水浄化	近畿地方建設局　近畿技術事務所
⑧　簡易沈殿法	家庭雑排水浄化	中国地方建設局　中国技術事務所
⑨　接触酸化法	農業排水浄化	四国地方建設局　四国技術事務所
⑩　接触酸化＋土壌浸透	畜産排水浄化	九州地方建設局　九州技術事務所

1．都市排水路における浄化手法

（土木研究所）

1.1 はじめに

平成6年度に行ったアンケート調査から、全国の河川および水路の直接浄化事業の現状を把握した結果、これらの事業は生活排水で汚濁した河川や水路に対して実施されており、BOD、SS濃度の低減を目標に行われているケースが多いこと、また、施設の維持管理として汚泥除去を行っている施設は約半数程度であることが明らかになった。このため、直接浄化施設の評価にあたっては、技術的かつ財政的見地から維持管理に焦点を当てた調査が必要であることが報告されている。そこで、維持管理の作業内容により河川直接浄化施設の処理機能にどのような影響を及ぼすかを明らかにするために、千葉県松戸市の坂川ポンプ場に実験装置を設置し運転を行った。

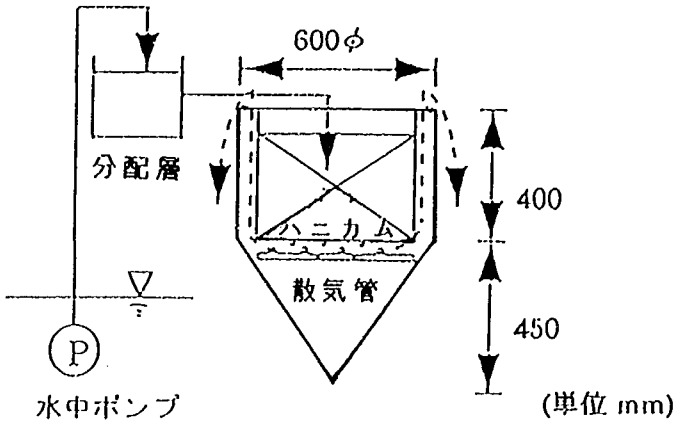
1.2 実験装置

実験装置（図－2.1.1）は同じ構造のものを3基製作した。実験装置は上部の反応槽と下部沈殿槽が一体となった構造となっており、反応槽には接触材として、比表面積200m²/m³、重量20kg/m³、空隙率98.5%、硬質塩化ビニル製のハニカムを内径450mm、高さ350mmに加工し図－2.1.1のように充填した。

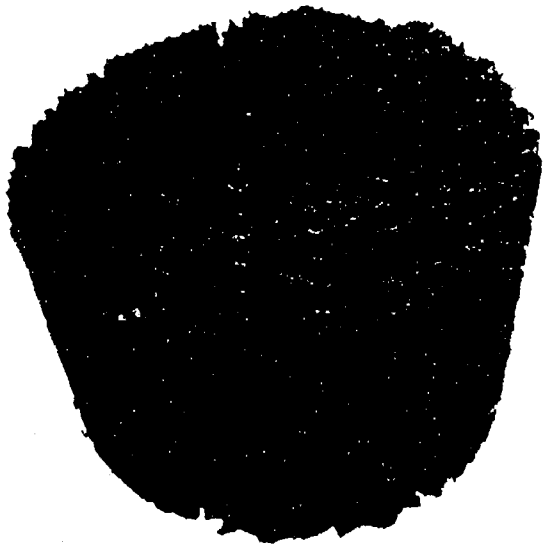
なお、ハニカムは生物膜採取作業ができるように平面方向に6分割して用いた。処理原水として坂川からポンプアップした河川水を実験装置に下向流で流入させた。

実験は1995年5月30日～10月3日までの期間（実験前期）と1995年10月20日～1996年1月23日までの期間（実験後期）に分けて行った。実験条件は表－2.1.1のとおりである。

なお、本実験では散気管下部の沈殿槽に溜まった浮遊性物質(SS)および実験装置内壁に付着したSSを汚泥と定義し、ハニカムに付着したSSを生物膜と定義する。表－2.1.1の水理学的滞留時間は実験装置全体の容量を流入水量で割算することにより求めた。



図－2.1.1 実験施設の概要



図－2.1.2 ハニカム接触材

表－2.1.1 実験条件

	実験期間	流入水量（l／分）	水理学的留時間（h）	維持管理の有無	ハニカムの有無
①	1995/5/30-1995/10/20	1	2.6	なし	あり
②	1995/5/30-1995/10/20	1	2.6	あり	あり
③	1995/5/30-1995/10/20	2	1.3	あり	あり
④	1995/10/20-1996/1/23	2	1.3	なし	なし
⑤	1995/10/20-1996/1/23	2	1.3	なし	あり
⑥	1995/10/20-1996/1/23	2	1.3	あり	あり

また、維持管理とは、実験装置内の汚泥を引抜き、装置内壁をブラシと水道水を用いて洗浄するとともに、ハニカムは装置から取り出し、約5cmの高さから数回、落下させながら、約20ℓの蒸留水をハニカム上約50cmの高さから流下させ、過剰な生物膜を取り除く操作をいう。流入水量は実験期間中、表－2.1.1の値を保つように1～2回／週、水中ポンプおよび配管の清掃を行ったが、若干の流入水量の減少があった。したがって、実際の滞留時間は表－2.1.1のものよりやや長くなっていた。

流入水と処理水の水質分析、汚泥および生物膜の蓄積量、性状分析を表－2.1.2の期日に行った。

この際、前述した維持管理を行い、汚泥と生物膜の調査用試料の採取を行った。

生物膜の蓄積量、性状分析として、ハニカムの1/6を実験槽から取り出し、バケツ内で約5cmの高さから落下させるとともに、10ℓの蒸留水を上部から注いで、生物膜を剥離し、洗浄水を均一に撹拌した後、水質分析を行ったうえ、ハニカム全体の相当量に換算した。なお、生物膜採取後は実験槽にハニカムをすみやかに戻した。

表－2.1.2　調査実施日

	水質調査	汚泥・生物膜調査
1995年5月30日		
6月6日	○	
6月20日	○	○
7月4日	○	
7月18日	○	○
8月1日	○	
8月22日	○	○
9月5日	○	
9月19日	○	○
10月3日	○	
11月7日	○	
11月14日	○	○
12月5日	○	
12月12日	○	○
1996年1月9日	○	
1月23日	○	○

表－2.1.3　分析項目と分析方法

	流入水、処理水の分析方法
生物化学的酸素消費量（ＢＯＤ）	JIS K 0102(1993年)21.
N-アリルチオ尿素により硝化作用を抑制した状態のBOD(C-BOD)	下水試験方法(1984年版)第3章第18節
二クロム酸カリウムによる酸素消費量(COD_{Cr})	JIS K 0102(1993年)20.
100℃における過マンガン酸カリウムによる酸素消費量(COD_{Mn})	JIS K 0102(1993年)17.
浮遊物質量（ＳＳ）	環境庁告示第16号(平成5年)付表9
総窒素（Ｔ－Ｎ）	河川水質試験方法（案）(1982年版)46.5.3.2
総リン（Ｔ－Ｐ）	河川水質試験方法（案）(1982年版)47.2.3.1
アンモニア性窒素(NH_4-N)	上水試験方法(1993年版)VI-2 9.3
硝酸性窒素(NO_3-N)	上水試験方法(1993年版)VI-2 11.3
亜硝酸性窒素(NO_2-N)	上水試験方法(1993年版)VI-2 10.4
オルトリン酸態リン (PO_4-P)	河川水質試験方法（案）(1982年版)47.1.3.1

	底泥、生物膜の分析方法
生物化学的酸素消費量（ＢＯＤ）	JIS K 0102(1993年)21.
二クロム酸カリウムによる酸素消費量(COD_{Cr})	JIS K 0102(1993年)20.
浮遊物質量（ＳＳ）	環境庁告示第16号(平成5年)付表9
強熱減量（ＶＳＳ）	下水試験方法(1984年版)第3章第10節
全窒素（Ｔ－Ｎ）	下水試験方法(1984年版)第3章第26節
総リン（Ｔ－Ｐ）	建設省河川砂防技術（案）水質・底質調査表14-5(その2)

実験槽内の汚泥の蓄積量、性状分析用試料としてハニカムを実験槽から取り出した後、容器底部に堆積した汚泥を含む水を槽内が均一となるよう撹拌した。水と汚泥の混合液の一部を分取し、水質分析を行った上、分取前の汚泥を含む水の容量を勘案し、汚泥量および含有量を換算した。

流入水、処理水、汚泥および生物膜の分析項目と分析方法は表－2.1.3のとおりである。ただし、COD_{Mn}

表－2.1.4　平均流入水質、平均処理水質、平均除去率

		SS			BOD		
		流入水質(mg/ℓ)	処理水質(mg/ℓ)	除去率(%)	流入水質(mg/ℓ)	処理水質(mg/ℓ)	除去率(%)
実験前期	①	16.7	6.94	58.4	7.65	6.56	14.3
	②	〃	7.47	55.3	〃	6.92	9.58
	③	〃	5.88	64.8	〃	5.89	23.1
実験後期	④	14.3	7.47	47.8	13.7	10.3	25.3
	⑤	〃	6.65	53.6	〃	9.74	29.1
	⑥	〃	7.10	50.4	〃	9.71	29.3
前期＋後期(③と⑥の平均)		15.5	6.49	57.6	10.7	7.80	26.2

		COD_{Cr}			D-COD_{Mn}		
		流入水質(mg/ℓ)	処理水質(mg/ℓ)	除去率(%)	流入水質(mg/ℓ)	処理水質(mg/ℓ)	除去率(%)
実験前期	①	25.8	21.5	16.7	8.53	7.97	6.50
	②	〃	20.2	21.7	〃	8.34	2.19
	③	〃	22.9	11.1	〃	8.45	0.90
実験後期	④	35.2	27.0	23.3	12.8	12.6	1.54
	⑤	〃	25.6	27.2	〃	12.9	-1.02
	⑥	〃	28.7	18.5	〃	12.9	-0.547
前期＋後期(③と⑥の平均)		30.5	25.80	14.8	10.7	10.66	0.2

		T-P			NH_4-N		
		流入水質(mg/ℓ)	処理水質(mg/ℓ)	除去率(%)	流入水質(mg/ℓ)	処理水質(mg/ℓ)	除去率(%)
実験前期	①	0.827	0.727	12.1	3.14	1.29	59.0
	②	〃	0.731	11.5	〃	1.77	43.7
	③	〃	0.710	14.1	〃	2.21	29.5
実験後期	④	1.33	1.30	1.76	6.54	6.84	-4.54
	⑤	〃	1.28	3.77	〃	6.91	-5.66
	⑥	〃	1.31	1.01	〃	6.87	-5.12
前期＋後期(③と⑥の平均)		1.1	1.01	7.5	4.8	4.54	12.2

		NO_3-N			NO_X-N		
		流入水質(mg/ℓ)	処理水質(mg/ℓ)	除去率(%)	流入水質(mg/ℓ)	処理水質(mg/ℓ)	除去率(%)
実験前期	①	0.907	3.28	-262	1.04	3.79	-263
	②	〃	2.41	-166	〃	2.91	-178
	③	〃	1.92	-112	〃	2.37	-127
実験後期	④	0.0850	0.110	-29.4	0.38	0.34	9.76
	⑤	〃	0.0817	3.92	〃	0.27	27.8
	⑥	〃	0.133	-56.9	〃	0.38	-0.754
前期＋後期(③と⑥の平均)		0.5	1.03	-84.5	0.7	1.37	-63.8

は溶解性 COD_{Mn}(D—COD_{Mn})として、SS 分析後のろ液を分析試料とした。また、NO_2-N と NO_3-N の和を NO_X-N とした。

1.3　実験結果

実験前期（①～③の実験条件に対応）の平均水温は23.6℃、実験後期（④～⑥の実験条件に対応）の平均水温は10.3℃であった。

各実験条件でのそれぞれの実験期間の平均流入水質、平均処理水質、平均除去率を表－2.1.4に示す。

平均硝化率を表－2.1.5に示す。なお、硝化率は処理水中の NH_4-N、NO_X-N の和に対する NO_X-N の割合を百分率で表した。

表－2.1.5　平均硝化率

		硝化率（%）
実験前期	①	74.7
	②	62.2
	③	51.7
実験後期	④	4.73
	⑤	3.78
	⑥	5.22

また、各調査期間の累計の汚泥の生成量（汚泥引き抜きを行ったものはその相当量を含む）とその性状を表－2.1.6に示す。

なお、維持管理しない実験条件に対しては実験期間での最終日での汚泥堆積量を、維持管理をする実験条件では引き抜いた汚泥量の総和を示す。

汚泥中のSS、VSSに対するBOD、COD_{cr}、T-N、T-P、VSSの割合を表－2.1.7に、生物膜の実験期間中の平均VSSと平均付着量を表－2.1.8に示す。表－2.1.6と表－2.1.8を比べると、汚泥成分のほとんど

表－2.1.6　汚泥生成量とその性状

		BOD(g)	COD_{cr}(g)	SS(g)	VSS(g)	T-N(g)	T-P(g)
実験前期	①	65.2	228	558	222	8.52	9.76
	②	137	341	882	388	24.7	8.73
	③	330	1579	2492	1028	73.0	20.1
実験後期	④	96.2	224	286	192	33.3	2.58
	⑤	173	511	567	386	39.0	6.79
	⑥	245	375	730	517	33.5	11.1

表－2.1.7　汚泥中のSS、VSSに対するBOD、COD_{cr}、T-N、T-P、VSSの割合

		BOD/SS	COD_{cr}/SS	T-N/SS	T-P/SS	VSS/SS
実験前期	①	0.152	0.271	0.0235	0.00950	0.398
	②	0.247	0.334	0.0386	0.0119	0.440
	③	0.232	0.723	0.0411	0.00922	0.413
実験後期	④	0.334	0.814	0.0733	0.0133	0.673
	⑤	0.298	1.12	0.0682	0.0145	0.680
	⑥	0.410	0.652	0.0558	0.0147	0.709

		BOD/VSS	COD_{cr}/SS	T-N/VSS	T-P/VSS
実験前期	①	0.397	0.671	0.0604	0.0230
	②	0.540	0.761	0.0852	0.0258
	③	0.584	1.78	0.105	0.0226
実験後期	④	0.503	1.23	0.105	0.0204
	⑤	0.446	1.68	0.100	0.0225
	⑥	0.564	0.879	0.0764	0.0218

表－2.1.8　生物膜のVSSと付着量

		BOD(g)	COD_{cr}(g)	SS(g)	VSS(g)	T-N(g)	T-P(g)
実験前期	①	9.75	22.9	35.8	1.61	1.25	0.604
	②	4.27	10.3	24.5	1.04	0.665	0.259
	③	8.71	16.5	33.4	1.65	1.16	0.349
実験後期	⑤	14.0	50.1	57.7	3.90	3.30	0.753
	⑥	29.5	68.7	56.7	3.96	5.05	0.975

表－2.1.9　生物膜中のSS、VSSに対するBOD、COD_{Cr}、T-N、T-P、VSSの割合

		BOD/SS	COD_{Cr} SS	T-N/SS	T-P/SS	VSS/SS
実験前期	①	0.450	0.732	0.0438	0.0166	0.480
	②	0.290	0.411	0.0312	0.0106	0.453
	③	0.334	0.566	0.0492	0.00972	0.493
実験後期	⑤	0.245	0.853	0.0563	0.0146	0.670
	⑥	0.544	1.43	0.103	0.0183	0.692

		BOD/VSS	COD_{Cr} SS	T-N/VSS	T-P/VSS
実験前期	①	0.855	1.50	0.0874	0.0332
	②	0.627	0.858	0.0668	0.0239
	③	0.691	1.11	0.0949	0.0201
実験後期	⑤	0.371	1.28	0.0847	0.0227
	⑥	0.766	2.05	0.145	0.0274

は生物膜ではなく沈降し堆積した汚泥中に存在してあることが分る。

生物膜中のSS、VSSに対するBOD、COD_{Cr}、T-N、T-P、VSSの割合を表－2.1.9に示す。

1.4　考　察

4.1　全実験期間中での処理性能

同一の水量負荷率で実験を行った実験③、⑥を、全ての実験期間を通して評価する場合、各水質項目ごと除去率の平均値はSS、BOD、C-BOD、COD_{Cr}、D-COD_{Mn}、T-N、T-P、NH_4-H、PO_4-P、それぞれ57.6%、26.2%、38.3%、14.8%、0.2%、1.8%、7.5%、12.2%、－1.1%であった。本実験施設はSSや浮遊性の有機物の除去、硝化の促進の効果に比べ、溶解性の有機物や栄養塩類の除去効果は小さい。

4.2　維持管理の処理性能への影響

SS、BOD、C-BODの実験②が実験①に比べ、3.1%、4.7%、4.4%小さく、COD_{Cr}の除去率は実験②が実験①に比べ、5.0%高い。SS、COD_{Cr}の除去率は実験⑥が実験⑤に比べ、3.2%、8.7%小さく、BOD、C-BODの除去率は0.2%、1.7%高い。SSの除去に関して維持管理が処理性能の向上をもたらさなかった。

硝化率は実験①が実験②に比べ、12.5%大きかった。本実験の維持管理方法は、増殖性の低い硝化細菌を大量に除去したためか、硝化を阻害していた。

4.3　水温の処理性能への影響

実験③は実験⑥に比べてC-BODの除去率が15.7%高かった。NH_4-Hの除去率は実験③で29.5%、実験⑥では－5.1%であり、また硝化率は実験③で51.7%、実験⑥で5.22%であったことから、硝化作用に水温が影響していた。

実験③の汚泥は実験⑥に比べて、VSS/SSが30%低く、またBOD/SSが43%小さい。つまり、実験前期の高水温時の汚泥は、実験後期の低水温時の汚泥に比べ、有機物濃度が低い。

実験③の生物膜は実験⑥に比べ、VSS/SSが20%低く、またBOD/SSが39%小さく、実験③の生物膜は実験⑥より有機物濃度が低い。

4.4　ハニカムの処理性能への影響

実験⑤は実験④に比べ、BOD、COD_{Cr}、SS除去率がそれぞれ、3.8%、3.9%、5.8%高かった。実験⑤の汚泥発生量は実験④の汚泥発生量に比べ、VSS/SSが20%低く、またBOD/SSが39%小さく、実験③の生物膜は実験⑥より有機物濃度が低い。

4.5　水量負荷の処理性能への影響

実験前期では実験③は実験②に比べ、水量負荷が2倍であるが、SS、BODの除去率が9.5%、13.5%高く、C-BODの除去率は、ほぼ同じである。一方、硝化率は実験②が実験③より10.5%高い。実験③汚泥発生量は実験②に比べ、BOD、COD_{Cr}、SS、T-N、T-Pでそれぞれ2.41倍、4.63倍、2.83倍、2.96倍、2.30倍であり、水量負荷条件は2倍であるにもかかわらず、それ以上の汚泥発生量があった。

1.5 まとめ

維持管理が河川直接浄化施設の処理機能にどのような影響を及ぼすのかを明らかにするために、千葉県松戸市の坂川ポンプ場に実験装置を設置して運転を行った結果、以下に示す内容が明らかになった。

① 除去率の最も高い水質項目はSSであるにもかかわらず、維持管理がSSの除去率の向上をもたらさないケースがある。

② 生物膜の剥離により維持管理が硝化の促進を阻害するケースがある。

③ 水量負荷が増加しても除去率がかえって改善する場合がある。

④ 低水温時には硝化は進まない。

1.6 今後の課題

今後、処理機能の維持あるいは改善に向けて、河川浄化施設に対して、どのような時期にどのような方法で維持管理を行うのが効果的であるか、検討する必要がある。

参考文献

1) 田中 他：河川とその流域における総合的な浄化対策に関する調査、土木研究所資料第3374号、1995. 10.

2) Matsumiya, Y. and Tanaka, H.: Direct Purification of Polluted River. *6th International Conference on the Conservation and Management of Lakes-Kasumigaura'* 95.

2．家畜・畜産排水における浄化手法

（北海道開発局　開発土木研究所）

2.1　概要および目的

土壌浸透法（農地還元法）は土壌の持つ物理化学的な浄化能（各種イオン類）と、微生物による分解能を利用した浄化手法の一つである。この手法では利用できる土地面積の制約を受けるものの、特別の施設を設置することなしに汚水を浄化することができるという利点がある。

ここでは、北海道の畜産農家が一般的に行っている家畜糞尿の農地への散布を土壌浸透法の事例として取り上げ、調査のモデル地区を選定した。調査は畜産排水の散布と浄化能の関係把握に主眼を置き、以下の項目について成果をとりまとめた。

① 土壌浸透法による水質影響

② 土壌浸透法による浄化効果

③ 土壌浸透法による問題点

2.2　畜産排水の性状

畜産排水には、家畜の糞尿とともに畜舎の清掃などに利用された雑用水も混入するが、汚濁成分としては糞尿に含まれるものが圧倒的に多い。しかし、家畜糞尿の性状及び排泄量は、飼料や飼育環境、家畜の状態によって異なり、これらの詳細な調査事例は知られていない。

表－2.2.1に示す家畜糞尿の一般的な汚濁負荷量から、牛、豚ともに汚濁成分の大半が糞に含まれているため、糞と尿を分離することで排水に含まれる汚濁成分の濃度を低下させることが可能であると判断される。北海道内の畜産農家を対象に行った実態調査でもほとんどが糞と尿を分離し、尿成分を尿溜に貯留していることが知見として得られている。

表－2.2.1　家畜糞尿の汚濁負荷量（成畜１頭当たり）

家畜（区分）		排泄量 (kg/日)	BOD 濃度 (mg/ℓ)	BOD 負荷量 (g/日)	SS 濃度 (mg/ℓ)	SS 負荷量 (g/日)	COD 濃度 (mg/ℓ)	COD 負荷量 (g/日)	N 濃度 (mg/ℓ)	N 負荷量 (g/日)	P 濃度 (mg/ℓ)	P 負荷量 (g/日)
豚	ふん	1.9	60,000	114	220,000	418	27,000	51	10,000	19	7,000	13.3
	尿	3.5	5,000	18	4,500	16	3,300	12	5,000	18	400	1.4
	混合	5.4	24,000	130	80,000	430	12,000	63	6,800	37	2,700	14.7
牛	ふん	30	24,000	720	120,000	3,600	12,000	360	4,300	129	1,700	51
	尿	20	4,000	80	5,000	100	3,000	60	8,000	160	150	3
	混合	50	16,000	800	74,000	3,700	8,400	420	5,800	290	1,100	54

（畜産環境対策大事典：中央畜産会，1989）

しかし、尿溜の成分はその管理方法によって異なり、８カ所の畜舎（乳牛用畜舎）を対象に調査した分析結果は表－2.2.2に示す。尿溜の管理と尿の分解が良好と推定される試料６と最も原尿の性状に近い試料７を比較した場合、BODで約1/1,000、CODで約1/25、T-N で約1/6、T-P では約1/75にまで分解が進んでいることがわかる。

したがって、畜産排水は良好な管理下（好気条件）で一定期間蓄積することで、汚濁負荷量を軽減することが可能であることが考えられる。

表－2.2.2　畜産排水分析結果

(mg/L)

試料＼項目	pH	BOD	COD	SS	T-N	K-N	NH_4-N	NO_3-N	NO_2-N	T-P	PO_4-P
試料1	8.0	1,080	1,290	9,100	1,350	1,350	1,340	0.12	0.05	182	174
試料2	8.1	168	817	367	675	675	670	<0.01	0.02	21.3	12.9
試料3	8.2	7,072	9,530	7,200	1,880	1,880	1,600	0.09	<0.01	233	162
試料4	8.1	1,020	2,180	180	738	738	723	<0.01	0.08	31.2	15.7
試料5	7.9	3,220	4,680	830	977	977	961	0.06	<0.01	77.8	61.5
試料6	8.1	15	416	2	338	297	296	40.6	0.87	7.21	5.38
試料7	6.7	16,100	10,000	39,200	1,890	1,890	1,460	0.11	<0.01	546	356
試料8	7.9	102	202	28	114	114	105	0.10	0.06	16.4	13.9
平　均	7.9	3,590	3,640	7,110	995	990	894	5.14	0.14	139	100

2.3　土壌の持つ浄化能

(1)　化学的浄化能

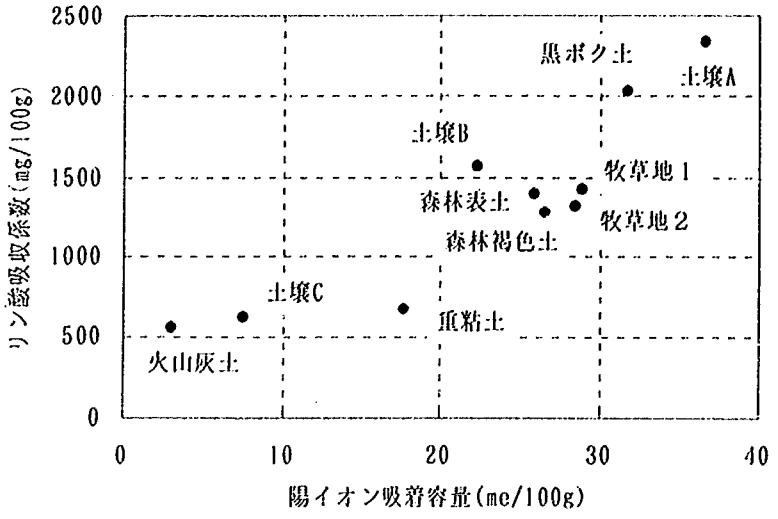
土壌の化学的な浄化能は陽イオン吸着容量とリン酸吸収係数によって規定される。つまり、汚水中に含まれる窒素成分のアンモニア態窒素（NH_4-N）は陽イオン吸着容量によって土壌に化学的に吸着（浄化）される量が決まり、リン成分はリン酸吸収係数によって土壌に化学的に吸着される量が決定されるが、その量は必ずしも大きくない。化学的浄化能は各土壌の性状によって異なるため、種々の土壌を分析した結果を表－2.2.3、図－2.2.1に示す。

表－2.2.3　各土壌の化学的浄化能

項目＼試料名	重粘土	黒ボク土	森林表土	森林褐色土	火山灰土
陽ｲｵﾝ吸着容量(me/100 g)	17.67	31.38	26.00	26.61	2.98
リン酸吸収係数(mg/100 g)	670	2,020	1,386	1,270	552
項目＼試料名	牧草地1	牧草地2	土壌A	土壌B	土壌C
陽ｲｵﾝ吸着容量(me/100 g)	28.88	28.59	36.64	22.34	7.42
リン酸吸収係数(mg/100 g)	1,417	1,316	2,337	1,564	615

土壌A：表土を剥離した農耕土壌
土壌B：黒ボク土と森林土壌の混合
土壌C：火山灰の混入土壌
*採取地：牧草地土壌（幌延地区）、その他土壌（札幌近郊）

陽イオン吸着容量、リン酸吸収係数ともに高い数値を示したのは図－2.2.1からもわかるように黒ボク土と土壌Aであり、これらの土壌では窒素成分及びリン成分を他の土壌よりも効率よく浄化する可能性がある。また、農地還元で重要となる牧草地の化学的浄化能は黒ボク土と比較して陽イオン吸着容量やリン酸吸収係数は低いものの、他の土壌に比較すると高い数値を示しており、十分な浄化能を有していることが示されている。

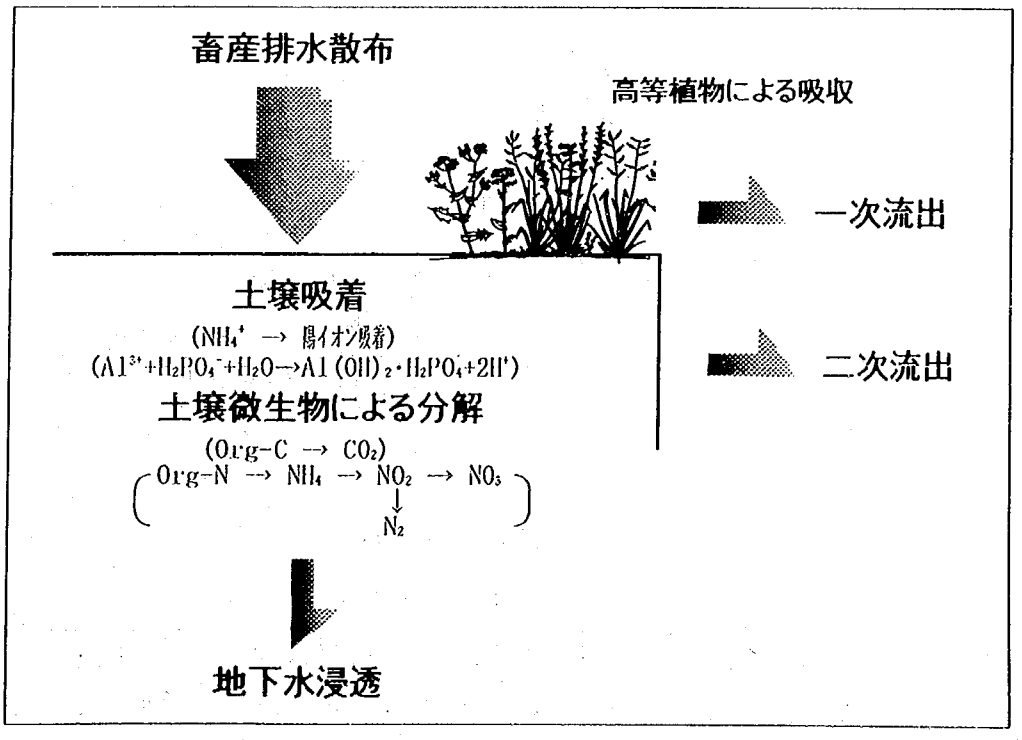


図－2.2.1　土壌の化学的浄化能比較図

(2)　微生物分解能

土壌には、化学的な浄化能とは別に土壌微生物が関与する有機物の分解能（浄化）があり、汚濁の著しい畜産排水を浄化することができると考えている。この微生物による分解能の調査事例は少ないが、汚水灌漑による実験ではCODを基準として120g/(m²・年）の浄化能を土壌は有しているといわれている。

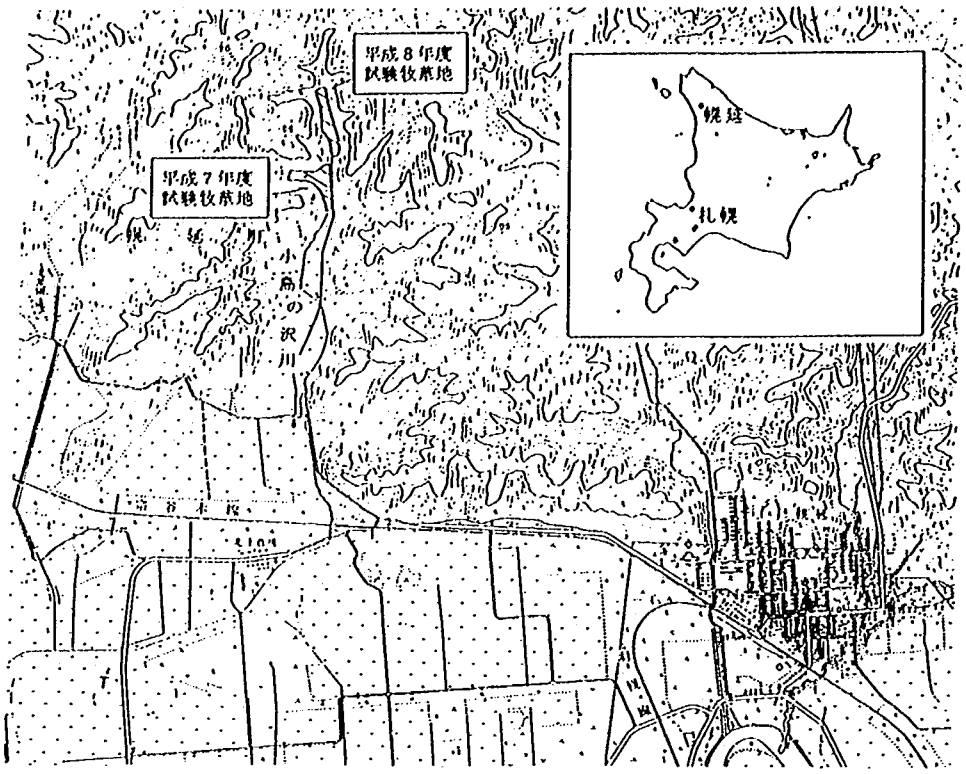
さらに、高等植物（牧草）に吸収される浄化能が上積みされるが、草地の生産量から推定される窒素及びリンの除去量はそれぞれ10～36g/(m²・年)、0.8～3g/(m²・年）程度とされており、微生物による浄化に比較して極めて小さいとされている。



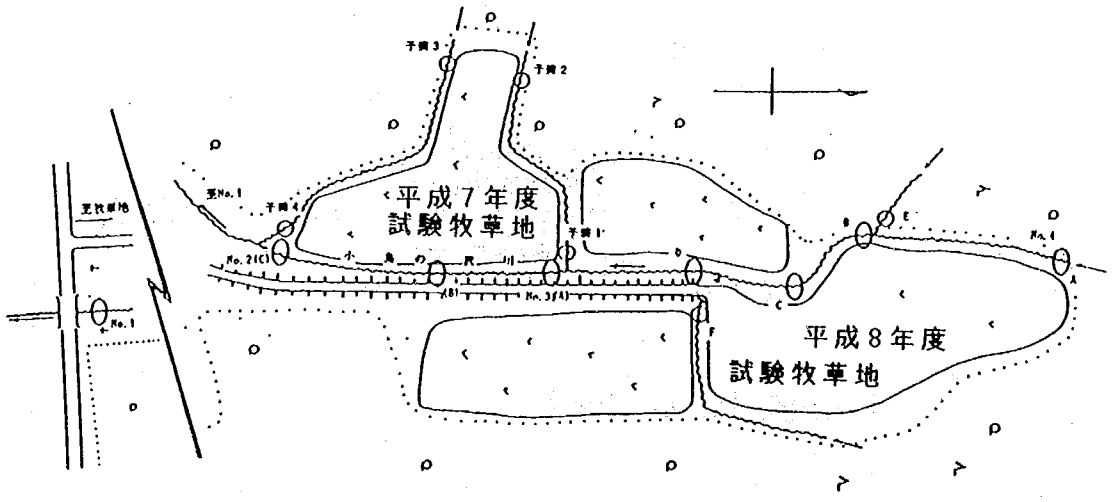
図－2.2.2　土壌浸透法による浄化概念図

2.4 土壌浸透法による影響

(1) 実験地の概要（実験期間：平成７～８年）



図－2.2.3 浄化実験地位置（天塩郡幌延町 牧草地）



図－2.2.4 浄化実験地の概要

表－2.2.4 浄化実験地の諸元

農地	農地面積	土質分類	陽ｲｵﾝ吸着容量	リン酸吸収係数
平成７年試験地	23,000㎡	細砂	28.74(me/100g)	1,367(mg/100mg)
平成８年試験地	20,200㎡			

(2) 調査方法および内容

調査は試験農地に隣接する小島の沢川に水質調査地点を設置し、畜産排水散布後の河川水質をモニターするとともに、農地土壌の栄養塩類濃度変化、牧草の栄養塩吸収量、土壌浸透水の水質濃度について測定を行った。なお、畜産排水の散布量は表－2.2.5に示す。

表－2.2.5 水質調査内容

項目 / 種別	有機物			栄養塩類									その他				調査頻度（散布日=0）							
	BOD	COD	TOC	T-N	NH_4-N	NO_2-N	NO_3-N	K-N	DT-N	T-P	PO_4-P	DT-P	pH	SS	DO	大腸	前	1	2	3	4	7	14	21
河川水＊	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
土壌分析	—	—	—	○	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○	○	—
牧草分析	—	—	—	○	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	○	○	—
土壌浸透水	○	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○

＊：散布後の降雨条件によって調査頻度を増加

表－2.2.6 土壌浸透の試験条件

項目＼調査回		H7.8	H7.10	H8.5	H8.8	H8.10＊
畜産排水散布量(m^3)＊＊		27	30	27	24	24
負荷量	BOD (kg)	9.2	135.0	70.2	5.5	11.5
	COD (kg)	48.6	117.0	86.4	36.0	10.3
	TOC (kg)	-	-	88.6	20.1	5.6
	SS (kg)	1809	-	70.2	7.7	2.7
	T-N (kg)	2.81	69.00	40.77	4.85	8.33
	NH_4-N (kg)	1.12	66.00	29.97	3.24	6.17
	NO_3-N (kg)	0	0.02	0.01	0.01	0.01
	NO_2-N (kg)	0	0.02	0.01	0.02	0.01
	K-N (kg)	2.81	69.00	40.77	4.82	8.33
	T-P (kg)	0.79	1.56	2.46	1.38	0.36
	PO_4-P (kg)	0.44	0.87	1.95	1.08	0.15

＊土壌浸透試験のみ実施

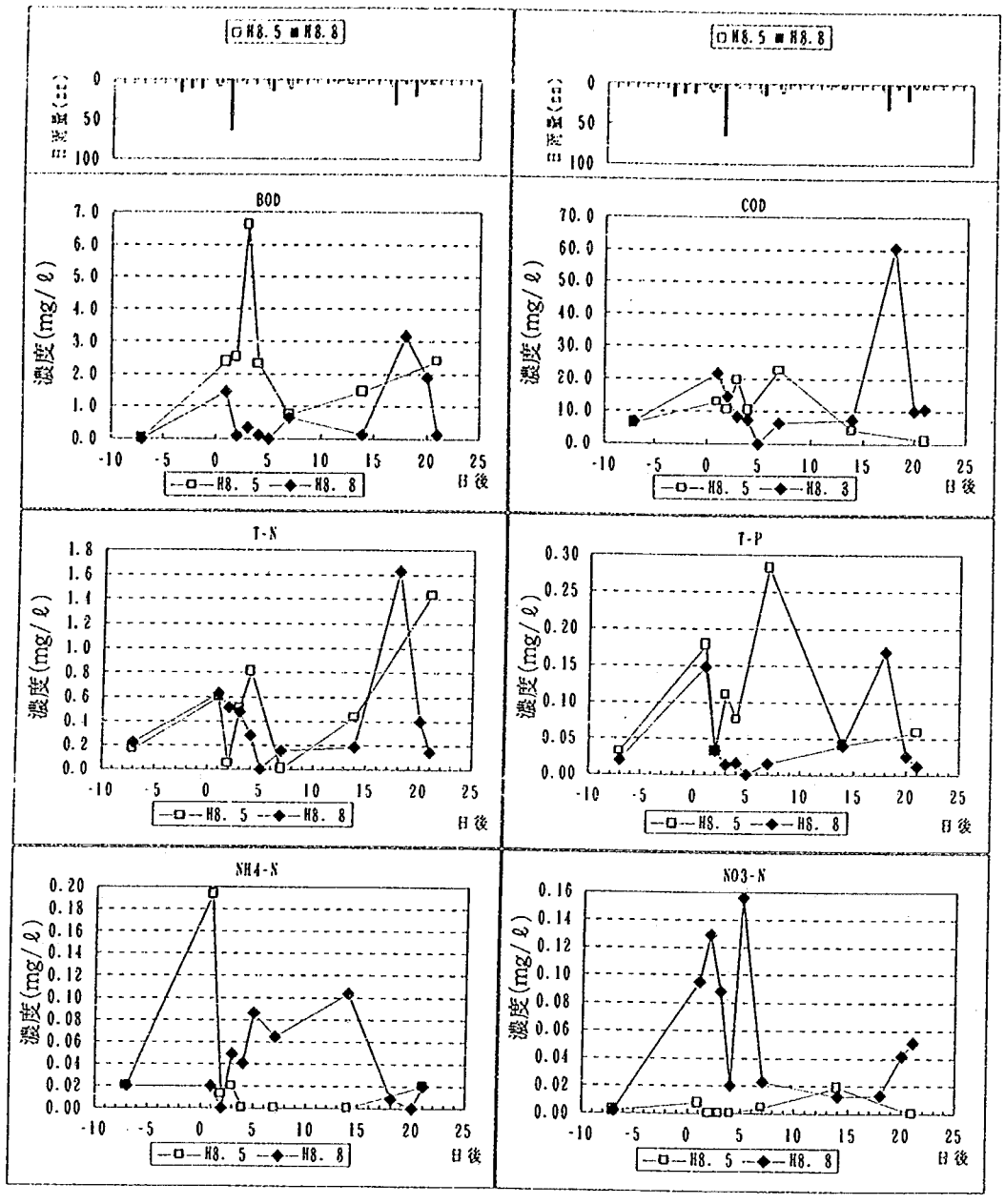
＊＊当試験地では通常18m^3の畜産排水を年２回散布しており、試験はそれより多く設定した。

2.5 実験結果および考察

(1) 河川への流出

散布地からの流出水の水質変化を図－2.2.5に示す。散布直後と降雨直後には濃度の上昇が見られるが、21日後はほぼ散布前の水準にまで低下している。

これは、一次流出成分として河川に流出するスラリー成分は21日までの累加量に相当することを意味している。



図－2.2.5 試験農地流出水の水質変化

また、散布負荷量に対する試験農地流出負荷量の割合を表－2.2.7、図－2.2.5に示す。結果は、スラリー散布量及び散布後の降雨量によってその割合が大きく変動した。

なお、各畜産排水成分の散布後21日までの流出結果は以下の通りである。

①有機物

ＢＯＤ：緩やかな流出が継続し、散布後21日で10～35%が直接流出する。

ＣＯＤ：降雨直後の流出が多く、散布後21日で20～70%が直接流出する。

②栄養塩類

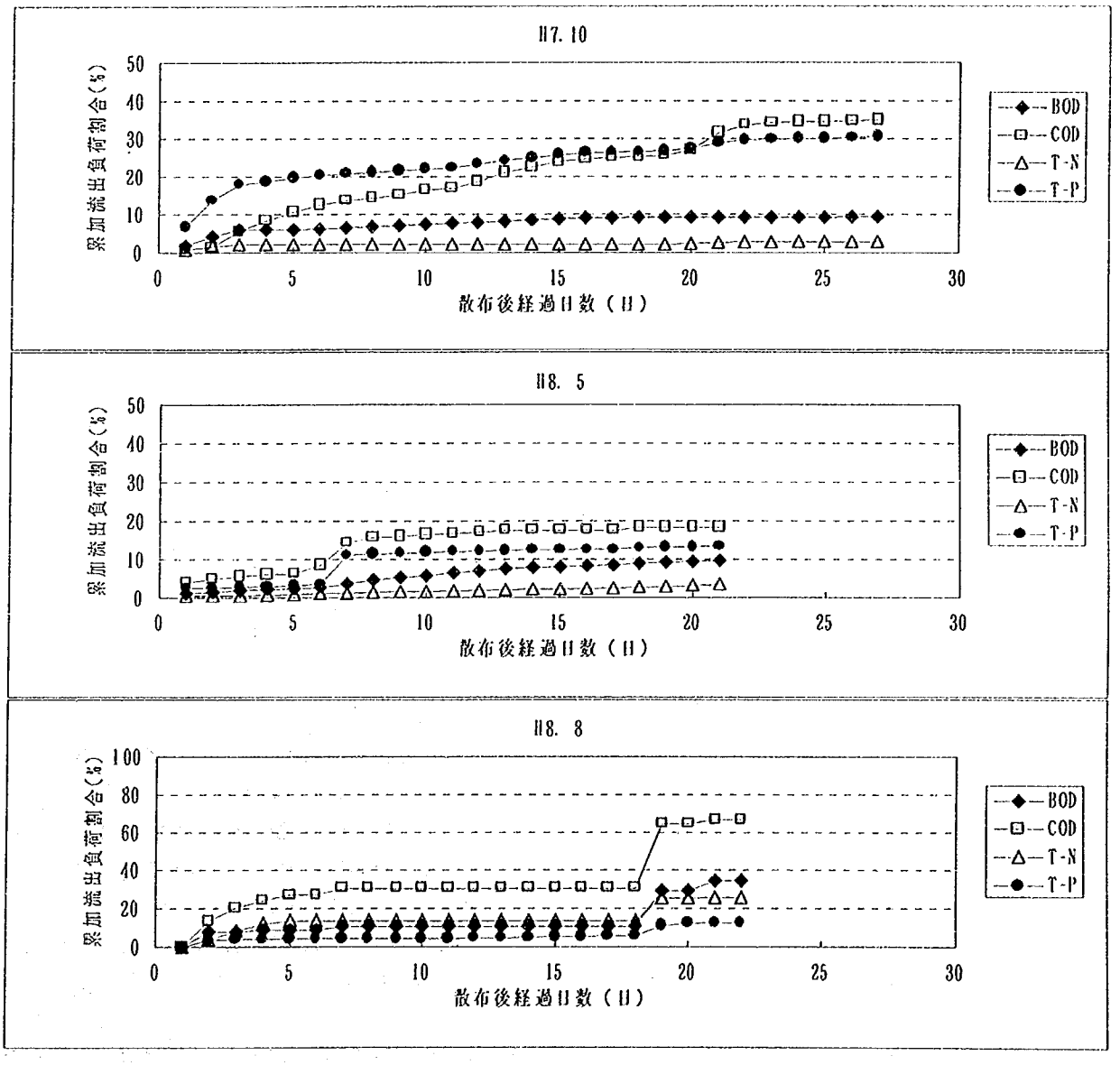
Ｔ－Ｎ：緩やかな流出が継続し、散布後21日で3～25%が直接流出する。

Ｔ－Ｐ：降雨直後の流出が多く、散布後21日で15～30%が直接流出する。

表－2.2.7　試験農地流出割合の経時変化

(%)

項目＼日		1日目	2日目	3日目	4日目	7日目	14日目	21日目
H7.10 累加雨量 53mm	BOD	1.7	3.9	-	5.5	6.0	7.7	8.4
	COD	0.6	1.2	-	7.5	12.2	20.2	28.4
	T-N	0.7	1.3	-	1.9	1.9	1.9	2.3
	T-P	6.2	12.3	-	16.9	18.7	22.4	26.0
H8.5 累加雨量 52mm	BOD	1.0	1.3	1.9	2.1	2.8	7.8	9.7
	COD	4.1	4.9	5.6	6.0	8.4	17.5	18.4
	T-N	0.5	0.5	0.5	0.6	1.0	2.1	3.1
	T-P	2.5	2.6	2.9	3.0	3.6	12.4	13.5
H8.8 累加雨量 138mm	BOD	8.1	8.1	8.9	8.9	10.9	10.9	34.4
	COD	13.7	20.2	24.0	27.0	30.7	30.7	66.5
	T-N	3.7	8.5	12.1	13.5	13.5	13.5	25.7
	T-P	3.4	4.1	4.1	4.3	4.3	5.2	12.5



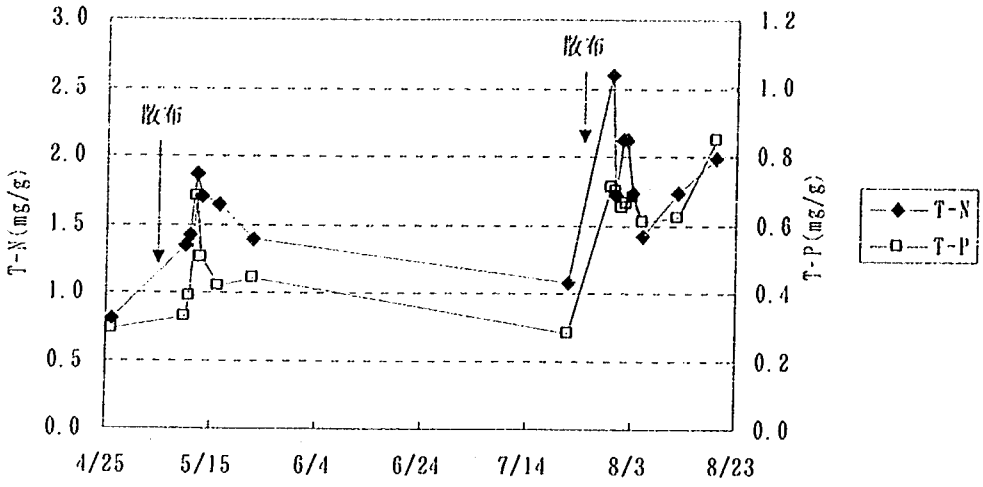
図－2.2.6　試験農地流出負荷量割合の経時変化

(2) 農地土壌への栄養塩類の蓄積

土壌に含まれる栄養塩濃度の変化を図－2.2.7に示す。

散布直後と降雨直後に濃度の上昇が見られた。なお、降雨直後の濃度の上昇は降雨による窒素の負荷も一部影響していることが考えられる。一般に、降雨に含まれる窒素成分は全国平均で0.52mg/Lといわれている。

また、第2回散布前のデータを見ると、総リン濃度はほぼ第1回散布前の水準まで濃度が低下している。一方、総窒素は散布前より0.27mg/gまで上昇し、逐次土壌に蓄積されていることが推定される。ただし、窒素成分は降雨による負荷も受けており、吸着量に占める降雨による負荷と散布による負荷の割合を分離することは困難である。



図－2.2.7 土壌の栄養塩濃度変化

(3) 牧草の栄養塩吸収

夏季に行った牧草の測定結果(表－2.2.8)では、単位面積当たり総窒素が約10g/m²、総リンが約2g/m²牧草に吸収されている。試験農地全体では全窒素は約200kg、全リンは約40kgが牧草に吸収されたことになる。

また、散布直後に測定された土壌内栄養塩賦存量(土壌表層から30cmまでを対象、土壌密度を2.65として算出)は、全窒素が約2,000g/m²、全リンが約560g/m²であることから、牧草の除去量はそれぞれ0.5%、0.4%に過ぎないことがわかる。

表－2.2.8 牧草の栄養塩吸収量

	T－N(g/m²)	T-P(g/m²)
初期値(7/22)	16.7	2.0
終了値(8/12)	27.2	4.5
全吸収量	10.5	2.5

(4) 土壌浸透水の水質変化 (図－2.2.8、図－2.2.9)

土壌浸透水の水質は降雨に応答した濃度変化を示し、雨水の浸透によって土壌表面及び土壌中の種々の物質が地下水成分として流出することが示されている。ただし、各調査後半のNO_3-Nの挙動は他の項目と異なり、降雨終了後にも濃度の上昇が見られる。

これは、土壌中のアンモニア態窒素が分解されて硝酸態窒素として流出しているものと推定され、地下水汚染を引き起こす可能性がある。

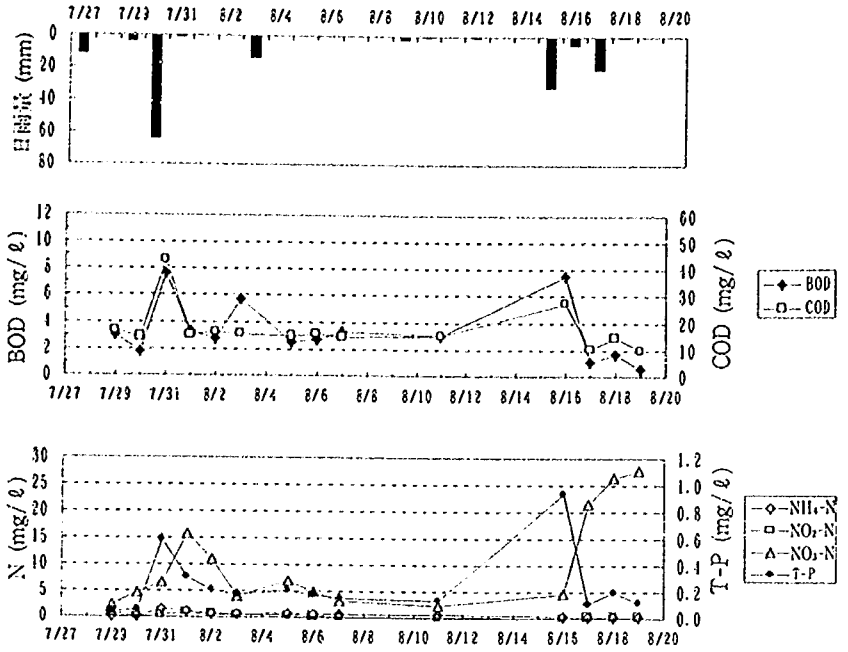
2.6 土壌浸透法の浄化効果

(1) 浄化効果 (表－2.2.9)

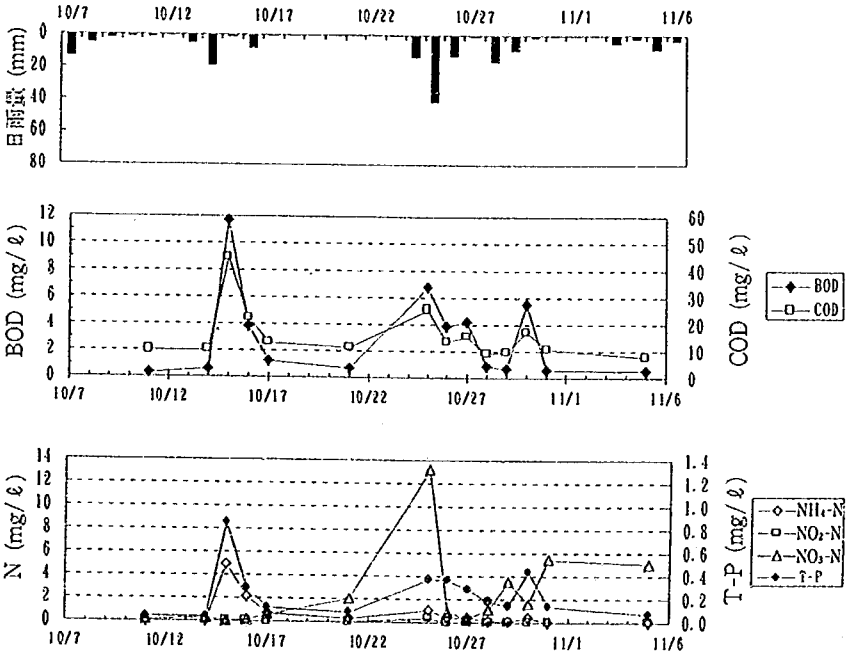
浄化率は散布量及び散布後の降雨によって影響を受け、特にCODは降雨時に高い濃度で流出するため浄化効果が他の項目より低くなっている。このような理由として、CODは比較的懸濁物質に由来するものが多く、そのために降雨による表面流出によって河川に流出しやすいためと考えられる。

今回の調査では試験農地に直接スラリーを散布することでBOD、T-N、T-Pを比較的効率よく浄化することができた。しかし、一般的に土壌浸透ではT-Nの除去効果は低いとされ、散布前に脱窒のプロセスを考慮する必要が指摘されている。

今回の実験では河川に流出したT-Nが少ないため

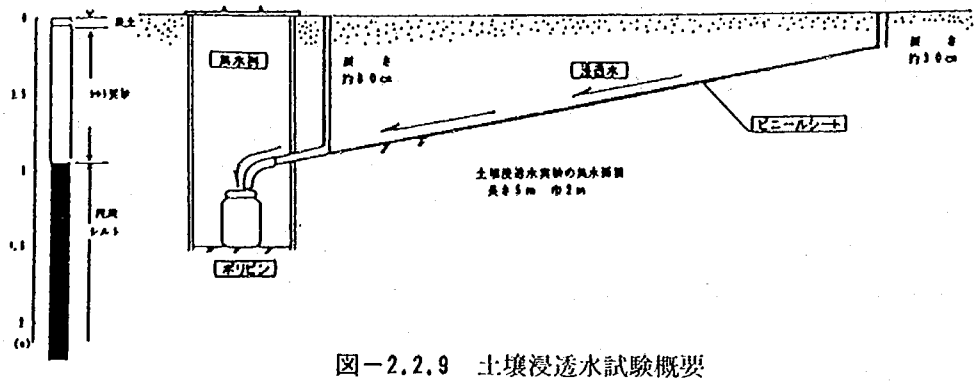


① 平成８年第１回調査結果



② 平成８年第２回調査結果

図－2.2.8 土壌浸透水水質変化



図－2.2.9 土壌浸透水試験概要

表－2.2.9　農地還元による浄化効果

項目	散布負荷量(kg)	流出負荷量(kg)	浄化率(%)
BOD	5.5～135.0	1.9～11.3	65～90
COD	36.0～117.0	15.9～33.2	30～80
T－N	4.85～69.00	1.25～1.59	75～95
T－P	1.38～2.46	0.17～0.41	70～85

に浄化効果が高いという結果を得たが、土壌浸透水の硝酸態窒素濃度は高くなっており、見かけ上浄化されたとした窒素成分が形態を変えて地下水に流出していることが示された。このことは硝酸態窒素による地下水汚染の進行を示唆するものであり、今後その対応策を検討する必要があると考えられる。

2.7　土壌浸透法適用に関わる費用

表－2.2.10　設備及び機材費

設備及び機材	概算費用(千円)	備　考
尿溜(貯留槽)	－	規模によって異なる
農業用バキュームカー	2,800	トレーラー積載式
トラクター	5,500	平均的な仕様

2.8　土壌浸透法の問題点

農地への継続的な畜産排水の散布は、硝酸態窒素による地下水汚染以外にも様々な問題を引き起こすことが知られており、適正な散布量及びその散布頻度を得るためには浄化効果とともにこれらの問題についても調査、検討を加えることが必要である。以下に、その諸問題の概要を示す。

(1)　窒素の過剰施用による影響

C/N 比の低い生糞尿や未熟な堆肥を多量に施用した場合に以下の障害が発生する。

①土壌中の無機態窒素濃度が上昇し、作物根に悪影響を与えて生育障害が発生する。

②作物体中の硝酸態窒素濃度が高くなり、それを飼料とする家畜に硝酸中毒が発生する。

(2)　窒素飢餓による影響

C/N 比の高い堆肥などを多量に施用した場合、土壌微生物にほとんどの窒素成分が取り込まれ、結果として作物は窒素を吸収することが出来ずに窒素欠乏症状を生じる。

(3)　土壌の異常還元による影響

易分解性有機物が土壌中に増えると微生物が急激に増殖し、土壌中の酸素を消費して土壌が極度の還元状態になる。還元状態の土壌では作物の根に障害が生じるとともに、嫌気性微生物によって有機酸などの生育阻害物質が生成される。

(4)　ミネラルの過剰による影響

糞尿に含まれる多量のカリウムが作物に吸収され、それを飼料とする家畜は低マグネシウム血症を起こす場合がある。

参考文献

1）農文教編：畜産環境対策大事典，社団法人農山漁村文化協会，1995.

2）國松孝男・菅原正孝編著：都市の水環境の創造，技法堂出版，1988.

3）環境庁水質保全局水質管理課・土壌農薬課監修：土壌・地下水汚染と対策，社団法人日本環境分析協会，1996

3．都市排水路における浄化手法

（東北技術事務所）

3.1 調査目的

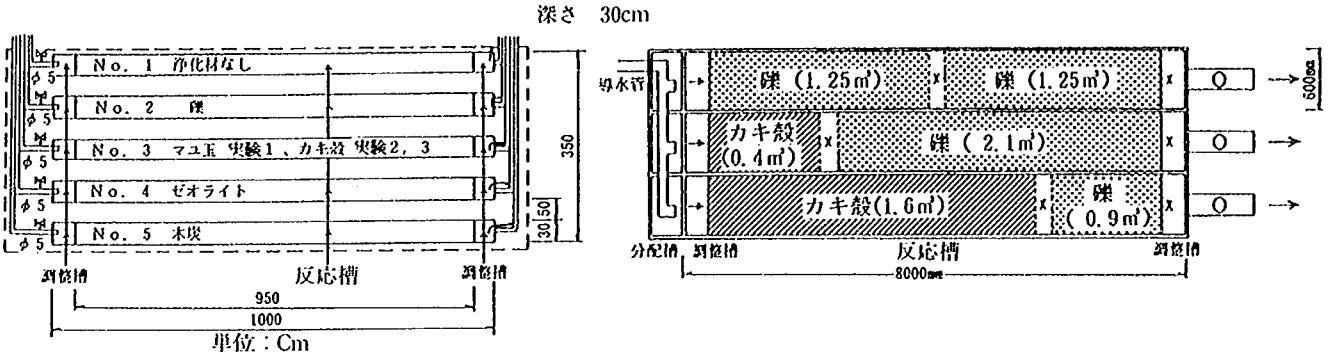
本調査は，良好な水環境改善を図るために，種々の接触材を使用して，各地域において自治体や住民レベルで実施可能な水質浄化手法について提案を行うことを目的とする。

3.2 調査概要

(1) 実験地（実験装置）(図－2.3.1)

実験１～３：東北技術事務所構内に設置した浄化装置（５槽）を用いて実験を行った。原水は近傍小河川よりポンプで汲み上げ使用した。なお，接触材は各槽単独の材料で充填した。

実験４　：実際の都市排水路（小河川）に実験装置を設置して実施した。なお，接触材は礫とカキ殻を組み合せた形とした。礫1.25m³と礫1.25m³を組み合せた槽を「礫のみ槽」，カキ殻0.4m³と礫2.1m³を組み合せた槽を「礫多槽」，カキ殻1.6m³と礫0.9m³を組合せた槽を「カキ殻多槽」と呼ぶ。



図－2.3.1　浄化実験施設

(2) 実験期間と内容（表－2.3.1）

表－2.3.1　実験期間と実験仕様

	実験内容	接　触　材	滞留時間	実験期間
平成６年度	実験１（秋冬季）	礫，木炭，ゼオライト，まゆ玉	0.6～1.3　hr	H6.9～12月
平成７年度	実験２（夏季）	礫，木炭，ゼオライト，カキ殻	0.6～1.3　hr	H7.6～９月
	実験３（秋冬季）			H7.10～12月
平成８年度	実験４（秋冬季）	礫＋カキ殻，礫	1.3　hr	H8.10～H9.2月

(3) 調査検討内容

① 各接触材による浄化効果について

② 汚泥堆積による滞留時間の減少

③ 堆積汚泥および接触材の処理，再利用について

④ 流入水質，流量，維持管理などからの浄化の適用性

(4) 水質分析項目は表－2.3.1に示すものである。

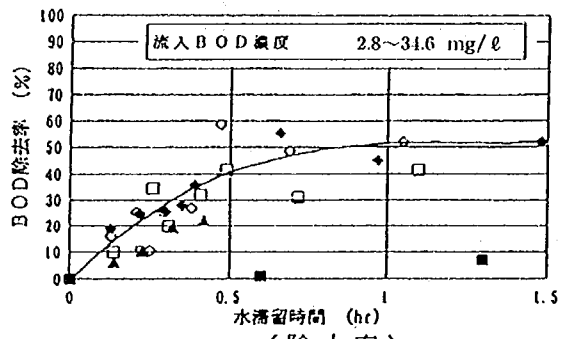
表－2.3.1　水質分析項目

実験No.	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	備　考
pH	○	○	○	○	
DO	○	○	○	○	
SS	○	○	○	○	
BOD	○	○	○	○	
D-BOD	○	○	○	×	浮遊性BODが主であるため，実験4より削除
ATU-BOD	×	×	×	○	生物による有機物分解を把握するために実験4から追加
COD	○	○	○	○	
T-N	○	○	○	○	
D-T-N	×	×	×	○	富栄養化関連項目として実験4より追加
NH_4-N	○	○	○	○	
NO_3-N	×	×	×	○	富栄養化関連項目として実験4より追加
NO_2-N	×	×	×	○	富栄養化関連項目として実験4より追加
T-P	○	○	○	○	
D-T-P	○	○	○	×	T-Pでリンの挙動を把握できるため実験4より削除
MBAS	○	×	×	○	合成洗剤の指標として追加

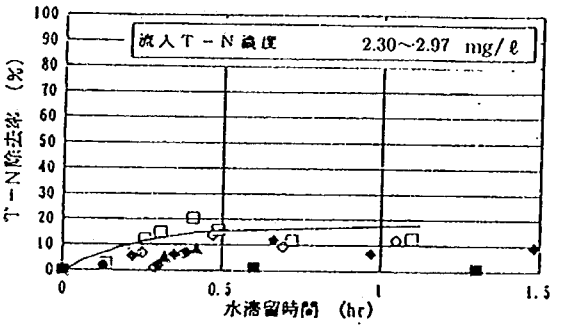
3.3　各接触材による浄化効果

3.3.1　各接触材を単独に用いた場合の浄化効果

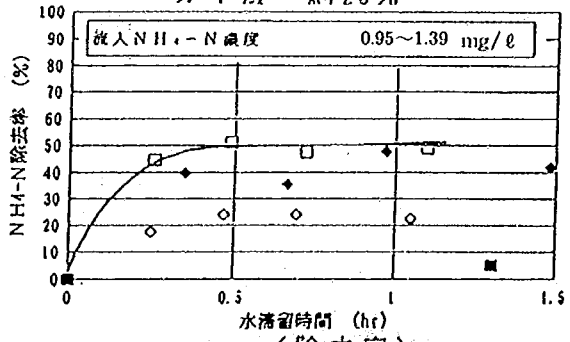
(実験1～3，秋冬季：図－2.3.2)



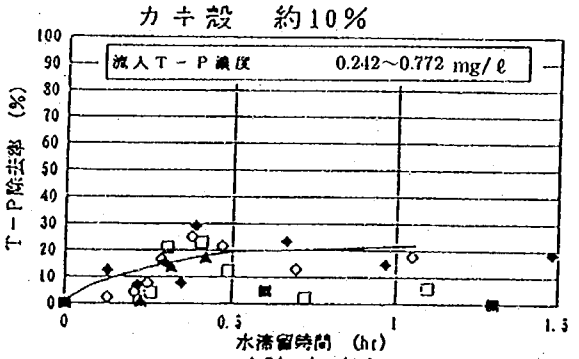
(除去率)
礫　約40%
木　炭　約40%
ゼオライト　約30%
カキ殻　約20%



(除去率)
礫　約10%
木　炭　約10%
ゼオライト　約15%
カキ殻　約10%



(除去率)
礫　約40%
木　炭　約25%
ゼオライト　約50%
カキ殻　－



(除去率)
礫　約20%
木　炭　約20%
ゼオライト　約15%
カキ殻　約20%

■：水質浄化材無し　◆：礫　▲：カキ殻　□：ゼオライト　◇：木炭

図－2.3.2　各接触材における滞溜時間と除去率の関係

水理滞留時間を一定として行った実験期間は80日程度と汚泥の滞積による効果は無視しうる程度であった。

(1) BOD

流入BOD2.9～34.6mg/ℓの範囲で滞留時間0.5hrの場合，除去率は礫，木炭で約40%程度，ゼオライトで約30%，カキ殻で約20%であった。

(2) 栄養塩類(T-N, T-P)

T-Nは除去率は，どの接触材でも10～15%と低かったが，ゼオライトが相対的にはやや高い除去率を示した。T-Pの除去率も15～20%とどの接触材でも低い値であった。NH_4-Nについてはゼオライトと礫で高い硝化率が認められ，NH_4-Nの減少が認められた。

(3) 接触材としての適用性

マユ玉は材質が有機物で腐敗するため，接触材として用いることは適用ではない。

(4) 季節別の浄化効果

礫間接触酸化法では，秋冬季（水温9.8～20.8℃）は滞留時間0.5時間でBOD除去率約40%，滞留時間1.0時間で約50%を示し，0.5時間でも高い除去率が得られた。夏季（水温19.0～26.3℃）は，滞留時間0.5時間でBOD除去率約40%であり，秋冬季の約1.5倍であった。

この傾向は他の接触材，水質でも同様であったが，ゼオライトのNH_4-Nの除去率だけは秋冬季でも夏季と同等の浄化効果を示した。

表－2.3.2 各水質項目の除去率（秋冬季：滞留時間0.5時間）

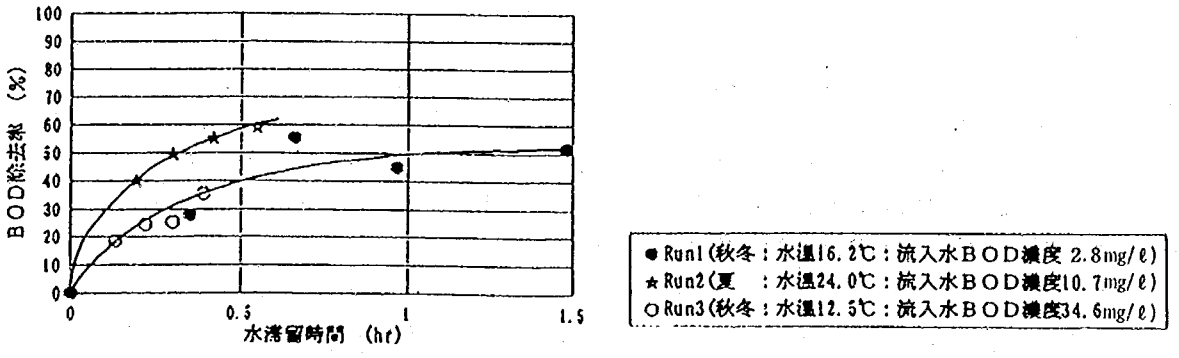
		BOD	T-N	NH_4-N	T-P
秋冬季	礫	40%	10%	40%	20%
実験1	木炭	40%	10%	25%	20%
実験3	ゼオライト	30%	15%	50%	15%
	カキ殻	20%	10%	—	20%

実験1：水温 9.8～20.8℃，流入BOD 2.8～8.4mg/ℓ
実験3：水温11.5～18.2℃，流入BOD 9.4～34.6mg/ℓ

表－2.3.3 各水質項目の除去率（夏季：滞留時間0.5時間）

		BOD	T-N	NH_4-N	T-P
夏季	礫	60%	30%	40%	50%
実験2	木炭	60%	30%	30%	20%
	ゼオライト	60%	50%	50%	30%
	カキ殻	50%	40%	10%	50%

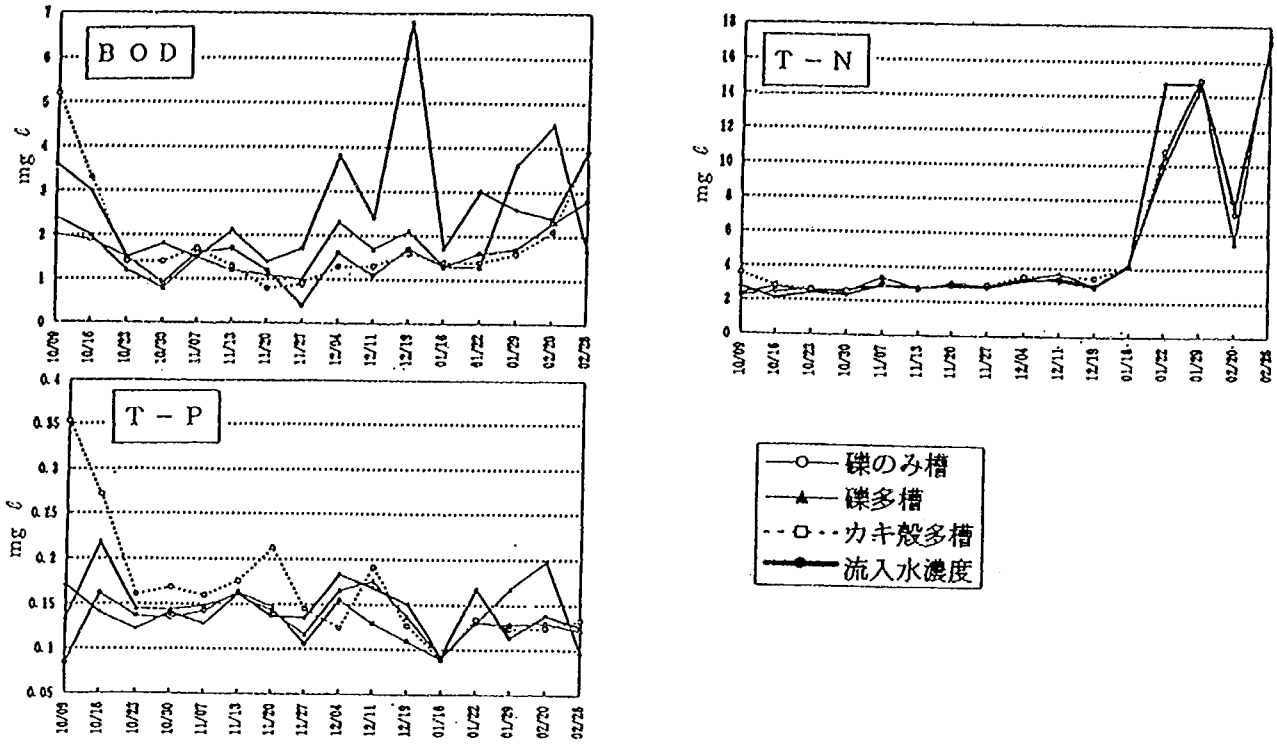
実験2：水温19.0～26.3℃，流入BOD 3.1～17.5mg/ℓ



図－2.3.3 季節別のBOD浄化効果（接触材：礫）

3.3.2 接触材を組合せた場合の浄化効果（実験4：礫＋カキ殻）

実験3までの調査結果より，接触材として最も良い結果が出た「礫」及び廃物利用等の観点から優れていると考えられる「カキ殻」を組み合わせた形を接触材とし，その浄化効果について図－2.3.4に示す。



図－2.3.4 各水質項目の浄化後の処理水質（実験4）

(1) BOD

礫のみ槽及び礫多槽では概ね実験期間を通じてBODの除去がみられたが，カキ殻多槽では実験当初に除去率が負の値となった。これはカキ殻付着物からの有機物流出のためと思われる。

なお，1月29日以降は採水地点に糸状藻類が増殖しており，藻類の藻体および代謝産物による影響と思われる除去率の低下が礫多槽でみられた。除去が安定していた11月13日～1月22日における除去率の平均は，礫のみ槽で45.9%，礫多槽で40.4%，カキ殻多槽で48.4%であり，礫多槽で40.4%，カキ殻多槽で48.4%であり，礫多槽で多少低めの値になったが，礫のみ槽とカキ槽多槽に関してはほぼ同程度の除去率であった。

(2) 栄養塩類(T-N, T-P)

T-Nに関しては，各槽ともほとんど除去されておらず，T-Pについても採水日により25%程度の除去率を示したものの，各槽ともに安定した除去はみられなかったが，礫のみ槽だけが約15%の除去率を示した。これらの除去率について表2.3.4に示す。

また，3槽を比較してみると，礫のみ槽のT-P除去率以外は大きな違いはなかった。

実験4のほとんどの槽において，実験1,3で得られた除去率よりも除去率が低下している。これは，実験1，3と比較して，実験4では負荷の流入濃度が低いこと，水温が低かったため生物が付着しにくかったこと，また，カキ殻について付着物の流出等が除去率を低下させたことが原因と考えられる。

また，実験4のN，Pに関しては，流入水はほとんどが溶存態のNやPと考えられて接触酸化による浄化では，溶存態のN，Pの除去は困難であるため，これも除去率が低下した一因と考えられる。

表－2.3.4　各水質項目の除去率（夏季：滞留時間0.5時間）

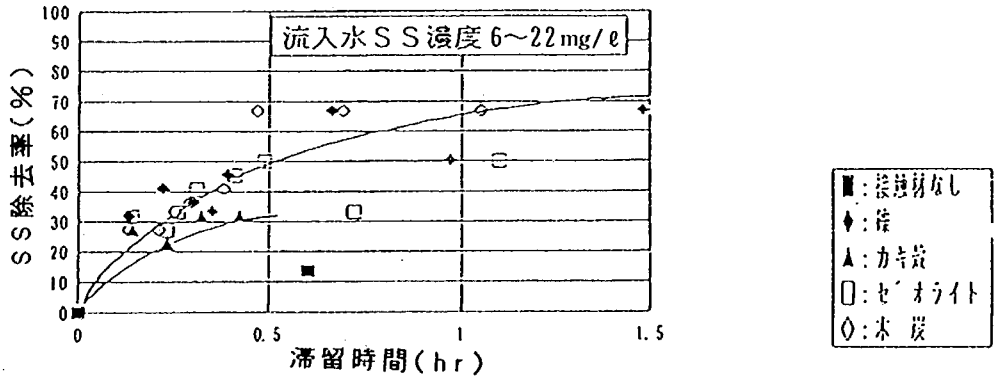
	槽	滞留時間	除去率（%）		
			BOD	T-N	T-P
秋冬期	礫のみ槽	全　槽 1.3時間	45(50)	5(10)	15(25)
実験4	礫多槽	前段槽 0.3時間	45(15)	0(5)	0(15)
		礫　槽 1.0時間	30(45)	0(10)	0(20)
		全　槽 1.3時間	40	0	0
	カキ殻多槽	前段槽 1.0時間	30(25)	0(10)	0(20)
		礫　槽 0.3時間	25(30)	0(5)	5(15)
		全　槽 1.3時間	50	0	0

実験4　：水温 1.3～15.9℃，流入ＢＯＤ 1.5～6.8mg/ℓ
（　）内は実験１，３で得られた除去率.

3.4　汚泥堆積による滞留時間減少の影響

3.4.1　接触材単独の場合（実験３）

秋冬季（実験３）における各接触材のSS除去率を図－2.3.5に示す。



図－2.3.5　各接触材のSS除去率（実験３）

各接触材におけるSS除去率は，礫及び木炭で約40%，ゼオライトで約35%，カキ殻で約25%であり，カキ殻の除去率が低い結果となった。カキ殻は，空隙率が大きいため通水抵抗が小さく（通水流量を大きくできる）等の利点はあるが，SS除去率は小さいといえる。

表－2.3.5に示すようにカキ殻及び木炭における滞留時間の減少率は約70%であり，カキ殻，ゼオライトの接触材よりも小さい結果となった。また，総除去SS量においては，見かけ上カキ殻が他の接触材よりも約1.4～1.9倍の除去量になっていたが，これは通水量が他の槽よりも大きいためである。カキ殻は空隙率が大きいため，堆積汚泥による閉塞がしにくいといえる。有機性汚泥(VSS)の分解係数は，ゼオライトのみ0.017と低かったが，ゼオライト自身の破砕分が堆積汚泥に混入していたためと考えられる。

通水直後，72日後の滞留時間の変化などについて表－2.3.5に示す。

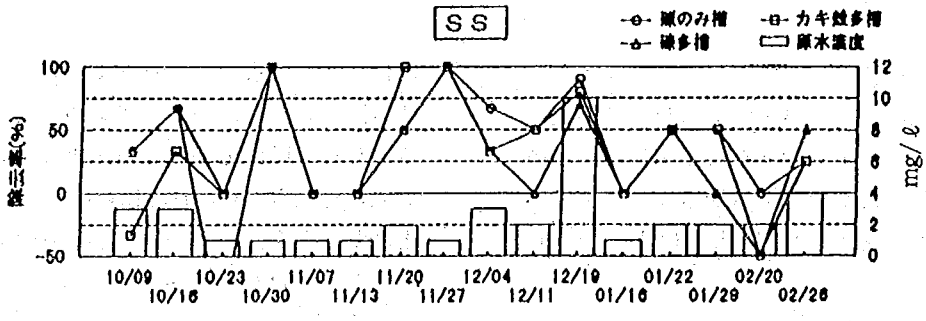
表－2.3.5　滞留時間の変化等（実験３）

					接触材				
					なし	礫	カキ殻	ゼオライト	木炭
滞留時間	a	計画流量		m³/日	22.75	10.51	18.43	10.51	12.38
	b	開始滞留時間		時間	0.601	0.62	0.64	0.64	0.60
	c	終了滞留時間		時間	0.595	0.17	0.22	0.19	0.18
	d	減少滞留時間	b－c	時間	0.006	0.45	0.42	0.45	0.42
	e	滞留時間減少率	d÷0.6×100	%	1	75	70	75	70
除去SS	①	総通水流量		m³	1185	510	1193	500	719
	②	通水日数		日	72	72	72	72	72
	③	平均流量	①÷②	m³/日	16.46	7.08	16.57	6.94	9.99
	④	平均流入SS濃度		mg/ℓ	18.4	18.4	18.4	18.4	18.4
	⑤	平均処理SS濃度		mg/ℓ	15.0	9.6	12.0	10.4	10.8
	⑥	平均除去SS濃度	④－⑤	mg/ℓ	3.4	8.8	6.4	8.0	7.6
	⑦	平均VSS/SS	(③－⑱－⑲×⑲/100)÷③×100	%	83	85	80	80	67
	⑧	平均除去SS量	③×⑥	g/日	56.0	62.3	106.0	55.5	75.9
	⑨	総除去SS量	②×⑧	g	4032	4486	7632	3996	5465
堆積SS	⑩	開始浄化槽容量		m³	0.571	0.570	0.570	0.570	0.570
	⑪	終了浄化槽容量	通水振盪により増加注1)	m³	0.571	0.818	0.691	0.624	0.631
	⑫	開始空隙率	⑩÷⑩×100	%	100	48	86	49	54
	⑬	終了空隙率	⑮÷⑪×100	%	99	9	24	13	15
	⑭	開始空隙容量	a×b÷24	m³	0.570	0.272	0.491	0.280	0.310
	⑮	終了空隙容量	a×c÷24	m³	0.564	0.074	0.169	0.083	0.093
	⑯	総堆積SS容量	⑭－⑮	m³	0.006	0.198	0.322	0.197	0.217
	⑰	総堆積SS濃度	⑱÷⑯	mg	268500	10854	11829	13589	14124
	⑱	総堆積SS量		g	1611	2149	3809	2677	3065
	⑲	総堆積VSS/SS		%	57	69	60	70	41
	⑳	分解係数	注2)	1/日	0.049	0.032	0.034	0.017	0.038
堆積SS/総除去SS量			⑱÷⑨×100	%	40	48	50	67	56

注１）浄化槽容量は槽の底面積×水位で出したため、目詰りによる水位上昇で容量が増した。
　　SSのうち、有機物(VSS)のみ分解すると考え、１日当たりの減量割合で示している。
注２）⑱＝③×⑦/100/⑳×(1－exp(－⑲×②))－⑧×(1－⑦/100)×②

3.4.2　接触材の組合せの場合（実験４）

秋冬季（実験４）における各接触材のSS除去率を図－2.3.6に示す。



図－2.3.6　SS除去率の推移（実験４）

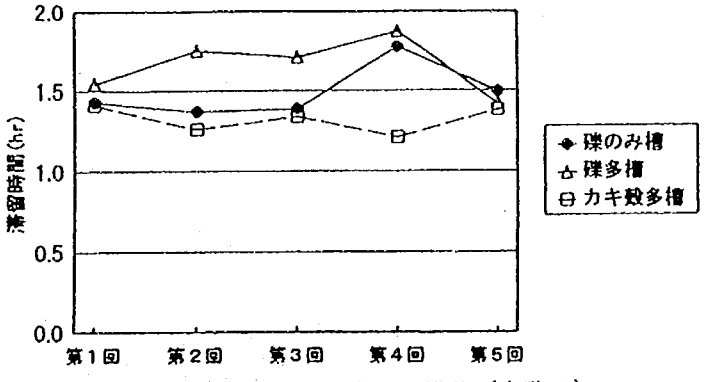
原水のSS濃度が1～3mg/ℓと低濃度を示す場合がほとんどであり，除去率は0～100%の広範囲で不安定に変動した。11月13日以降の平均除去率は礫のみ槽で50.8%，礫多槽で37.9%，カキ殻多槽で51.7%であり，BODとほぼ同様の傾向を示した。ただし，12月19日に原水濃度が10mg/ℓと高い値を示し，そのときのSS除去率が各槽とも70%以上であったことから，礫にカキ殻を加えても礫のみの場合と同様のSS除去効果が得られるものと考えられる。

また，表－2.3.6に汚泥堆積量調査結果，図－2.3.7に滞留時間調査結果を示す。実験期間が5ヶ月に及んだにも関わらず，各槽ともに大幅な滞留時間の減少は見られなかった。これは原水のSS濃度が低かったので顕著な汚泥堆積がなかったことと，水温が低かったため浄化槽内の生物汚泥の増加が顕著でなかったことが原因と考えられる。従って，SS濃度が低い条件であれば，空隙率の低い礫のみの場合でも比較的長時間の浄化機能の維持が見込める。終了時におけるカキ殻多槽と礫のみ槽を見てみると，SS除去率は同程度の値を示しているが，汚泥捕捉量は礫のみ槽が多い結果となった。逆にSSに対する強熱減量（有機物量）の占める割合はカキ殻多槽が多い結果となり，カキ殻槽において生物による有機物の分解が進んでいた。

表－2.3.6　汚泥堆積量（実験4）

		中間時	終了時	
		前槽	前槽	後槽
礫のみ槽	SS	3,100	4,067	2,380
	強熱減量	1,600 (52%)	587 (14%)	235 (10%)
礫多槽	SS	4,000	3,400	4,200
	強熱減量	1,800 (45%)	1,320 (39%)	750 (18%)
カキ殻多槽	SS	3,800	4,570	5,320
	強熱減量	1,200 (32%)	1,610 (35%)	1,100 (21%)

1)単位：mg/ℓ
2)（ ）内は強熱減量/SS



図－2.3.7　滞留時間の推移（実験4）

なお，参考として終了時におけるカキ殻槽の有害物質の汚泥性状について表－2.3.7に示す。

表－2.3.7　カキ殻槽の汚泥性状

カドミウム	mg/kg	0.90
鉛	mg/kg	74.1
総クロム	mg/kg	13.9
ヒ　素	mg/kg	7.04

3.5　堆積汚泥や接触材の処理・再利用方法

3.5.1　礫間接触酸化施設での排泥対策の必要性

礫間接触酸化施設においては，汚泥が閉塞した場合，礫を洗浄する必要がある。例えば，浄化槽内低部に散気管を通し，ある程度汚泥が溜まった場合に逆洗するような構造を有する施設などでは汚泥の洗浄水は河川に放流されてしまうことがある。

接触酸化法は，主に浄化対象河川水中の有機物を分解し無機化することによりBODを低減するとともに，浮遊物質を捕捉・分解し，SSを低減することを目的としている。除去された有機物や浮遊物質量に比べれば，洗浄時の汚泥による負荷は小さいとの評価もあるが，余剰汚泥は別途処理する必要がある場合も考えられる。

3.5.2 下水処理場余剰汚泥の再利用方法

下水処理場の余剰汚泥は，焼却減容し焼却灰として埋め立てや建設資材に利用される割合が大きいが，脱水ケーキを好気的消化するコンポスト化により，緑農地への有効利用も促進されている。いずれの場合も，重金属含有量の制御等の品質管理が必要となる。

3.5.3 カキ殻の再利用

都市排水路での直接浄化手法としての接触酸化法は，下水処理場のように余剰汚泥だけを単体として取り出し処理することは困難であり，接触材の再利用を考えた場合には，汚泥が付着した接触材を取り出し洗浄することが必要となるが手間がかかる。使用済みの接触材を汚泥付着のままで処分しようとすれば，産業廃棄物と同様の扱いとなるので処分費が大きくなる。

また，散気装置を底部に配した施設であれば，汚泥沈澱槽に下流に設け，逆洗時に発生する汚泥を含む洗浄水を沈澱槽に溜めて上澄水を河川に放流し，沈澱し濃縮した汚泥は引き抜き，脱水した上で堆肥化することも可能であるが，都市排水路での用地確保や手間の問題がある。

接触材の中で，接触材として利用した後の処理・再利用が比較的容易なものとして「カキ殻」が挙げられる。カキ殻は現状でも廃棄物のため，これを接触材として利用し，更に余剰汚泥と共に有効利用すれば，未

表－2.3.8 使用後の接触材利用方法

			利用方法	適　用	評価
礫	分離	汚泥	コンポスト	・汚泥を単独でコンポストにするために，礫と汚泥を分離，洗浄する必要がある.	△
		礫	建設資材 接触材として再利用	・洗浄すれば砕石として再利用可能.	△
	礫，汚泥混合		高水敷への敷き均し （肥料）	・産業廃棄物として処分すると，費用が大きくなる.	×
カキ殻	分離	汚泥	コンポスト	・汚泥を単独でコンポストにするために，カキ殻と汚泥を分離，洗浄する必要がある.	△
		カキ殻	土壌改良材 接触材として再利用	・カキ殻の主成分は炭酸カルシウムのため，酸性土壌の中和，団粒構造の促進などを目的とした土壌改良材として利用できる.	△
	カキ殻，汚泥混合		肥料成分を含む 土壌改良材	・カキ殻に汚泥が付着した状態で粉砕し，コンポスト化することにより，肥料成分を含む土壌改良材として利用できる.	○
木炭	木炭，汚泥混合		肥料成分を含む 土壌改良材	・機械的強度が弱く，浄化施設内で破砕され，閉塞までの時間が短くなる欠点がある. ・従来から土壌改良材として使用されており，汚泥と混合したままコンポスト化して利用可能.	△
ゼオライト	ゼオライト， 汚泥混合		コンポスト	・機械的強度が弱く，浄化施設内で破砕され，閉塞までの時間が短くなる欠点がある. ・アンモニアを選択的に吸着するため接触材として利用した後に汚泥と混合したままコンポスト化し，利用可能と考えられるが，ゼオライトの量および粒子の大きさによっては利用が困難な場合もある.	△

使用資源の利用，ごみの減量化などの観点から評価されることとなる。

カキ殻は，礫に比べ機械的強度が弱いため，比較的容易に細かく砕くことが可能であり，また見かけの比重が軽く取扱が比較的容易である。また，その主成分が炭酸カルシウムであるため，酸性土壌中和や団粒構造の促進等を目的とした土壌改良材として利用される可能性も考えられる。また，汚泥と共に粉砕し好気醗酵することにより肥料成分を含む土壌改良材として利用することも考えられる。

表－2.3.8は、ここで検討を行った接触材ごとに、汚泥を分離、あるいは汚泥と接触材を一体的に混合処理する場合の有効利用性を定性的に評価したものである。

3.6　接触酸化法の適用性

（接触材，流入水質，流量，維持管理）

3.6.1　接触材の浄化特性などからの評価

実験結果をまとめると表－2.3.9のように定性的に評価できる。5種類の接触材のうち，総合的に最も優れているのは「礫」と考えられる。礫はゼオライトのように自己崩壊性がなく，それによる閉塞は起こられない。また，価格も安く，入手しやすい。

表－2.3.9　各接触材の浄化特性などからの評価

接触材	浄化特性	評価	
礫	除去率が高い（ＢＯＤ：40～60%，ＳＳ：45～60%）.	○	◎
	ＳＳの除去率が高いため，閉塞までの時間が短くなる.	△	
	価格が安い（2,700円/m³）.	○	
	物理的強度が高く，自己破砕による閉塞が起こらない.	○	
カキ殻	除去率は比較的低い（ＢＯＤ：20～50%，ＳＳ：20～50%）.	△	○
	空隙率が大きく通水抵抗が小さいため，閉塞までの時間が長くなる.	○	
	廃棄物の再利用(リサイクル)となる.	○	
	価格が安い.	○	
ゼオライト	ＢＯＤ，ＳＳについては礫と同程度の浄化効果がある.	○	×
	NH_4-Nの除去に優れている（除去率　50%程度）.	○	
	自己破砕しやすく，閉塞が促進される.	×	
	価格が高い（35,000円/m³）.	×	
木　炭	ＢＯＤ，ＳＳについては礫と同程度の浄化効果がある.	○	△
	ゼオライトほどではないが，自己破砕しやすく，閉塞が促進される.	△	
	価格が高いが，間伐材などの利用によりある程度は価格を下げられる.	△	
	比較的軽量(比重 0.6程度)であり，礫などに比べて取扱いが容易.	○	
マユ玉	マユ玉自身の分解により，有機成分が溶出して水質を悪化させる.	×	×
	価格が非常に高い（500,000円/m³）.	×	
カキ殻＋礫	ＢＯＤ，ＳＳについては礫と同程度の浄化効果がある.	○	◎
	礫のみと比較して空隙率が大きくなるため，浄化水量を増加させることが可能であり，また，閉塞までの期間も長くなる.	○	
	廃材の有効利用となる.	○	

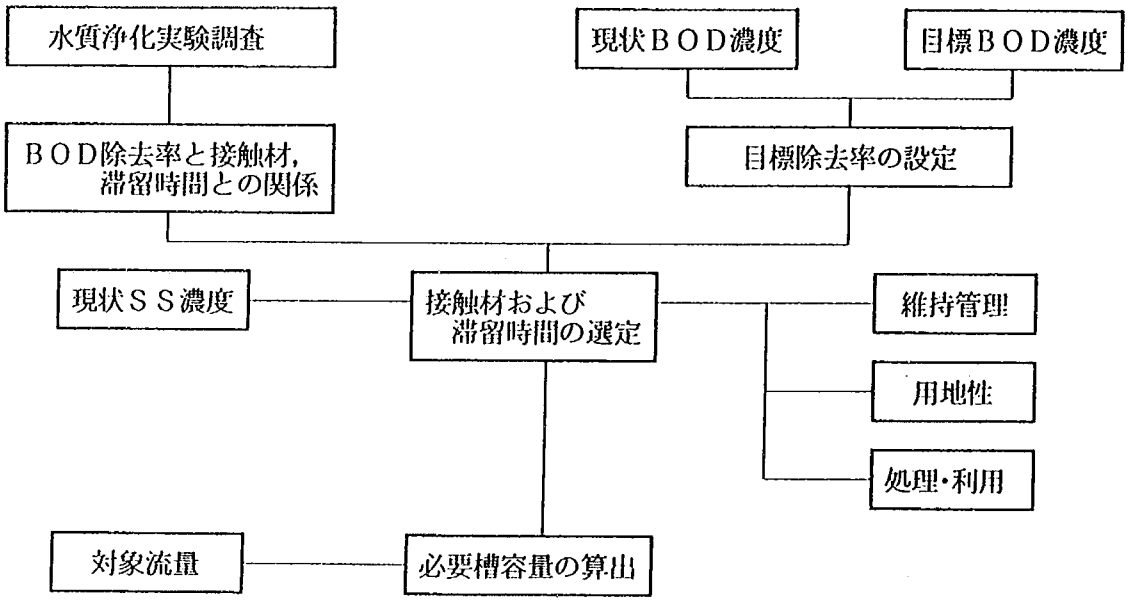
「カキ殻」は浄化効果は礫に比べ劣るものの，空隙率が高く（84%，礫は46%）閉塞までの時間が長い利点がある。これは，接触材の交換の手間が少なくすむことにつながり，維持管理が容易になる。また，カキ殻は廃棄物の再利用という視点からも用いる価値があると考えられる。

浄化施設の浄化機能を長期にわたって安定的に維持するためには，接触材間つまり空隙に堆積するSS(余剰汚泥等）をできるだけ少なくすることが肝要であるが，この点，礫及びカキ殻は汚泥の消化率が大きく，結果として空隙への堆積量が小さいとされる点でも有利である。

接触材を組み合わせた場合では，カキ殻と礫の組み合わせでも礫のみの場合と同様のBOD除去効果が得られた。また，カキ殻を組み合わせることは，空隙率が大きいため流量を大きく設定できる結果として除去能力が高まり，また廃材利用になるためコストが低く，住民のリサイクル意識を高める効果がある等の点でも有利である。この様なことから，少なくとも実験4のような低BOD，低SS濃度の水質の河川における礫間浄化については，カキ殻が手に入りやすい地域ならば，接触材として積極的に用いることが望ましい。

3.6.2 施設諸元設定について

実際の河川に接触酸化システムを適用する際に，接触材や必要槽容量等の施設諸元の設定手順を図－2.3.8のフローに示す。



図－2.3.8 施設諸元検討フロー

(1) BOD除去率と接触材及び滞留時間との関係

実験1～4の実験結果より，接触材として礫及びカキ殻を用いた場合（秋冬季）のBOD除去率と接触材及び滞留時間の関係を表－2.3.10に示す。実際の河川への適用にあたっては，その用地性や維持管理の手間等を勘案して，目標とする除去率を達成できる接触材を表－2.3.10より選択することとなる。

(2) 目標水質及び除去率の設定

浄化対象河川の現状BOD濃度及び目標BOD濃度から，目標除去率を設定する。ただし，目標水質は目標除去率が50%を超えないように設定する。

(3) 接触材及び滞留時間の選定

① 接触材と除去率の関係

礫，礫＋カキ殻，カキ殻の順で浄化効果が高い。しかし，効果持続時間は逆にカキ殻，礫＋カキ殻，カキ殻の順で長くなるため，この2つの関係を勘案して接触材を選択することとなる。ここでは，原水のSS濃度を1つの目安として考慮する。すなわちSS濃度が高い（概ね10mg/ℓ）と接触材が閉塞しやすく効果維持時間が短くなるため，カキ殻を主体として接触材を選択することが考えられる。SS濃度が低い場合は，礫単独でもある程度の効果維持時間は得られるものと考えられる。

表－2.3.10　BOD除去率と接触材および滞留時間の関係

接触材 滞留時間	礫	礫＋カキ殻	カキ殻
0.3時間	30%	20%	10%
0.5時間	40%	30%	20%
1.0時間	50%	40%	30%

必要施設面積　小 ↕ 大
除去率　低 ↕ 高

除去率　高 ←→ 低
効果持続時間　短 ←→ 長

② 滞留時間と除去率の関係

滞留時間を大きくとる程除去率は高くなる。しかし，それに比例して必要な槽の容量が増大するため，必要設置面積や維持費が増大することとなる。施設規模を小さくすることを優先させたい場合は，接触材としては滞留時間を短くとることになる。この場合，除去率をある程度確保するためには，礫を主体に選択することなる。

③ カキ殻の利点

カキ殻を接触材として用いる場合は，礫に対して以下のような利点がある。

・廃材利用でありコストが低く，住民等のリサイクル意識を高める。

・閉塞後の処理，利用が比較的容易である

以上のような関係を考慮しながら，求める除去率が達成可能な接触材及び滞留時間を選定することとなる。

(4) 槽容量の算出

選定した接触材及び滞留時間に浄化対象流量を設定して，必要槽容量を下式により算出する。

槽容量(m^3)＝対象流量(m^3/時)×滞留時間(時間)
÷接触材空隙率

3.6.3 設計時の留意点

設計時の留意点としては，以下の項目があげられる。

・流入水量の定量化(時間変動性が大きい場合がある)

・異物（ごみ，滓渣），および高濁度水の流入防止

・DOの供給→落差を設けて取水する。BOD20mg/ℓ以上が流入する時は，曝気が必要。

・カキ殻の投入法→カキ殻に付着している有機物を取り除く（天日干し，焼却など。）

・汚泥の堆積は，接触材の空隙率部分しかないので，SSの除去量と空隙の大きさを考慮し，接触材の交換あるいは洗浄時期を念頭に置く。

3.6.4 維持管理項目

都市排水路等における接触酸化法の浄化施設に係る維持管理項目について，日常管理と非日常管理に分けて表－2.3.11に示す。

表－2.3.11　維持管理項目

維持管理項目	管理項目	備　考
日常管理	(1) 流入，処理水量の確認	週1回程度
	(2) ごみ，滓渣の除去	〃
	(3) 浄化槽の破損，漏水の有無の確認	〃
	(4) 流入，処理水質の確認	月1回程度(水温，DO，SS，BOD)
	(5) 汚泥，砂の堆積状況の確認	〃
非日常管理	(1) 接触材の交換	・処理水質が流入水質と同程度に低下した状況が続いた時点 ・接触材の空隙に砂や汚泥の詰まりが確認された時点
	(2) 使用済み接触材，汚泥の処理	・礫：大河川の高水敷へ肥料として散均し ・カキ殻：肥料成分を含む土壌改良剤として利用.
	(3) 出水後の点検	日常管理項目の入念なる確認.

4．農業排水における浄化手法

（関東技術事務所）

4.1 はじめに

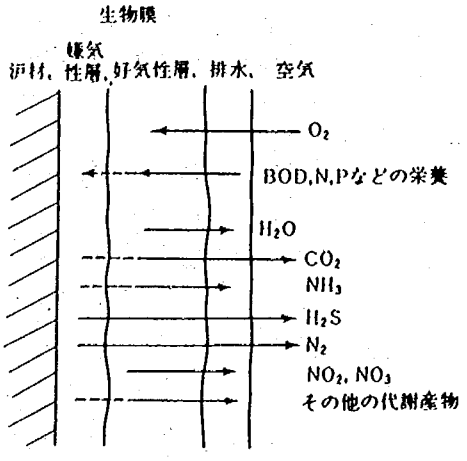
河川の自浄作用については、大きく①希釈、②沈殿、③濾過、④生物酸化の4段階が知られており、接触酸化法は、このうち沈澱・濾過及び生物酸化の各機能を処理槽内で効率良く実施し、汚濁河川の浄化に寄与しようとするものである。

接触酸化法の処理槽内での沈殿、濾過、生物酸化の各作用についてみると、「沈殿」・「濾過」は基本的には汚濁水中からの粒子性物質の物理的捕捉現象と捕らえることができる。また、この過程では、「生物的吸着」と呼ばれる生物膜への粒子の吸着現象も寄与している。「生物的酸化作用」では、物理的あるいは生物的に捕捉された原水中の粒子性有機物成分や溶解性成分を生物的に酸化水無機化あるいは生物化し、生物体として同化する現象である。

原水中のBODに代表される有機物の除去（浄化）の原理は、接触材（主に礫）の表面に付着した好気性の生物膜により、酸化分解し浄化しようとするものであり、化学量論的には次の様に示すことができる。

$$C_xH_yO_z+\left(x+\frac{y}{4}-\frac{z}{2}\right)O_2 \longrightarrow xCO_2+\frac{y}{2}H_2O-\Delta H$$

生物膜による浄化機能は、図－2.4.1の模式図に示した様に表すことができる。また、礫表面に付着した生物膜層の断面は図－2.4.2に示すような模式図で表すことができる。



図－2.4.1 生物膜における代謝の模式図

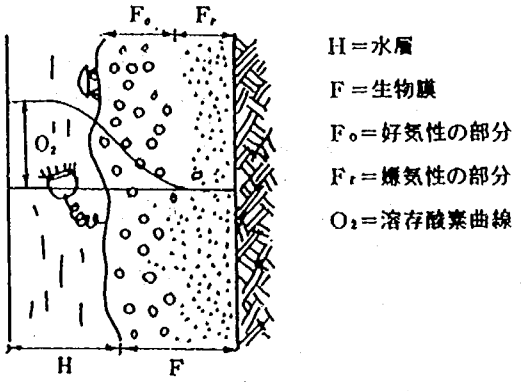
4.2 調査の目的

これまで浄化施設でも物理的作用と生物学的作用の相乗効果としての除去率を確認する浄化機能の実験・事例は多いものの、処理槽内の生物膜自体の浄化能力や浄化限界等を調査した事例は少なく、ここではこの点に着目した調査結果を整理する。

前述したように、これまでに河川の直接浄化に用いられている接触酸化法で確認されている浄化機能は、施設の流入水と処理水の水質を比較することにより得られた処理システム全体として滞留時間と汚濁物(SS、有機物、栄養塩等）の除去率の関係を求める等の経験的な知見であり、接触槽に生息し浄化に寄与している生物膜としての浄化機能を直接調査した事例は少ない。

一方、微生物による排水の水質浄化機構はすでに明らかにされつつあり、下水処理等の処理施設に応用されている。特に活性汚泥法は、浮遊性の微生物群（活性汚泥）の持つ吸着能力、酸化分解作用、凝集沈殿による固液分離能力を利用し、汚水を浄化する優れた手法である。

活性汚泥法と接触酸化法では、浄化に利用する微生物群が浮遊性であるか付着性（接触材に付着する生物膜）であるかの違いにより、微生物の構成種等に差違が生じているが、微生物による水質浄化という機能では両者の浄化機構は概ね同じであるものと考えられる。ただし、活性汚泥法と比べ、接触酸化法の運用条件を調べた実験例は少ない。



図－2.4.2 生物膜における断面模式図

そこで本章では、活性汚泥法を参考にし、接触酸化法の運用条件に則した室内実験を行い、微生物（生物膜）の浄化機能を調査し、施設設計のための基礎資料とすることとした。

4.3 調査結果

生分解試験は、平成6～8年度の3年度にわたり行い、生物膜の機能を次の3点について調査することとした。

・生物膜によるDO消費量（平成6年度）
・生物膜による水質浄化能力（平成7、8年度）
・余剰汚泥の発生機構の確認と発生量（平成7、8年度）

各年度の実験条件は次の表－2.4.1に整理した通りである。

表－2.4.1 生分解試験の目的及び条件（平成6～8年度）

		平成6年度	平成7年度	平成8年度
実験目的		DO消費速度の把握	生物膜の微生物の浄化速度と汚泥の発生量の把握	
実験概要	試験水	各河川の水質の違いに着目し、松戸市内の3都市河川を対象	各河川の水質の違いに着目し、松戸市内3都市河川水を対象	都市河川の負荷変動に着目し、BOD負荷条件を4ケース設定
	微生物	II.1.2に述べた土木研究所から提供された硬質塩化ビニル製ハニカム担体（接触材）に生物膜を自然着生	既設の浄化施設から生物膜を採取し、対象河川水で7～10日程度馴養	
	接触条件	生物膜の着生した担体と試験水を接触	馴養した浮遊性の微生物と試験水を完全接触	
飼料の採取	微生物	松戸市の二ツ木浄化施設に担体を設置し、生物膜を自然着生させた。	松戸市の坂川浄化実験施設（II.1.2に述べた土木研究所の実験施設）	立川市下水処理センター
	馴養河川水		対象河川の表面水	坂川の表層水に合成下水を添加
生物の馴養	馴養期間	着生期間は25日間とした。また、期間中の施設流入水のBOD濃度は10～20mg/ℓ程度であった。	馴養期間：生物膜採取日より室内曝気槽で7～10日間程度	
	馴養条件		BOD濃度：30～40mg/ℓ程度 MLSS濃度：1,000mg/ℓ程度	BOD濃度：90mg/ℓ程度 MLSS濃度：4,000mg/ℓ程度
生分解試験	試験条件	河川別 対象河川水： 坂川、新坂川、春木川 3河川の表層水 試験水量 MLSS量：0.1～0.15mg/ℓ担体程度 （担体は各条件50個ずつ使用）	河川別 対象河川水： 坂川、新坂川、春木川 3河川の表層水 試験水量 MLSS濃度：200mg/ℓ程度	濃度ケース別 （対象河川水は坂川の表層水） 河川水に合成下水を添加し、 BOD：10，20，30，50mg/ℓ程度の4ケース 試験水量 MLSS濃度：1,000mg/ℓ程度
	分析頻度	実験開始，終了時の2回 実験開始から 0時間，7時間後	概ね1時間毎 実験開始から 0，1，2，3，4，5時間後の6回	概ね1時間毎 実験開始から 0，1，2，3，4，6時間後の6回

4.3.1 生物膜によるDO消費量の結果

図－2.4.5に示すプラスチック材（φ5mm程度）に着生した生物膜を用いて室内実験を行い、生物膜のDO消費量を把握した。接触時間は予備実験を行い、DOが無くなるまでの7時間とした。結果は以下の通りである。

接触時間7時間で6.8mgの生物膜が消費した酸素量は0.164～0.248mg-O_2であった。通常1gの生物膜が1時間に消費する酸素量は7mg（7mg-O_2/g/hr）とされているため、本実験条件では7時間で0.33mg-O_2/g/hrとなるはずであるが結果は予想値と比べやや低い値を示していた。また、CODの除去率を見ると10～20%と低いものであった。以上から、本実験条件での生物膜は浄化能力が低く本来の機能を十分に発揮していないことがわかる。この原因としては、試験水に含まれる有機物量（生物膜の栄養分）が少ない事に加えて、生物膜と試験水の接触が十分でなかった事が考えられる。

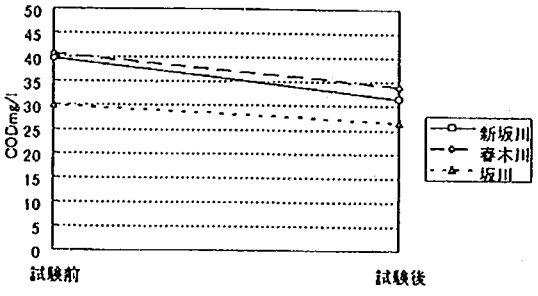
表－2.4.2 生物膜による実験結果

（平成6年度）

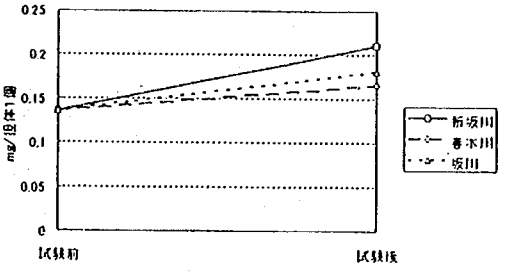
		新坂川	春木川	坂川
COD (mg/l)	初期	39.73	40.67	29.98
	終了時	31.54	33.93	26.46
	除去率(%)	24%	20%	10%
DO消費量 (mg-O_2)		0.164	0.258	0.248
生物膜量 (mg)	初期	6.8	6.8	6.8
	終了時	9.75	7.0	6.85

表－2.4.3 除去量と生物膜の関係

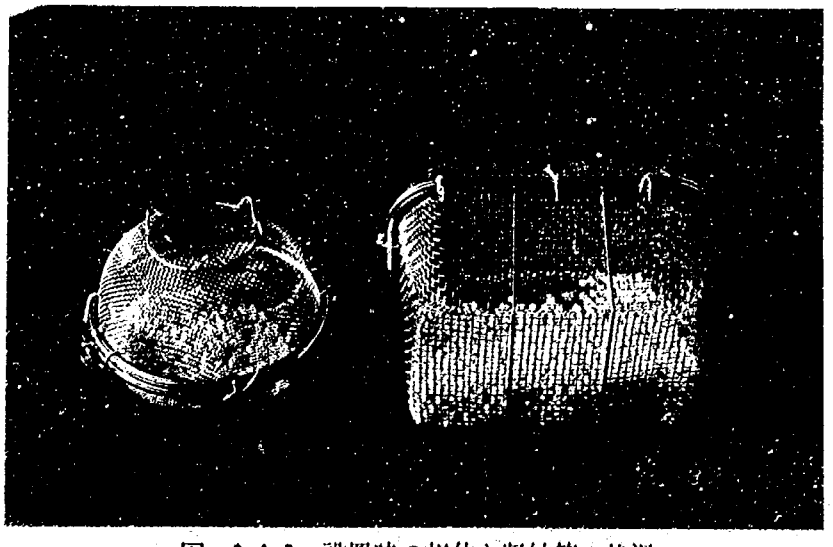
	COD除去量 (mg/ℓ)	生物膜量当たりのCOD除去量(kg/kg)
新坂川	8.19	0.24
春木川	6.74	0.2
坂 川	3.52	0.1



図－2.4.3 試験前後のCOD濃度



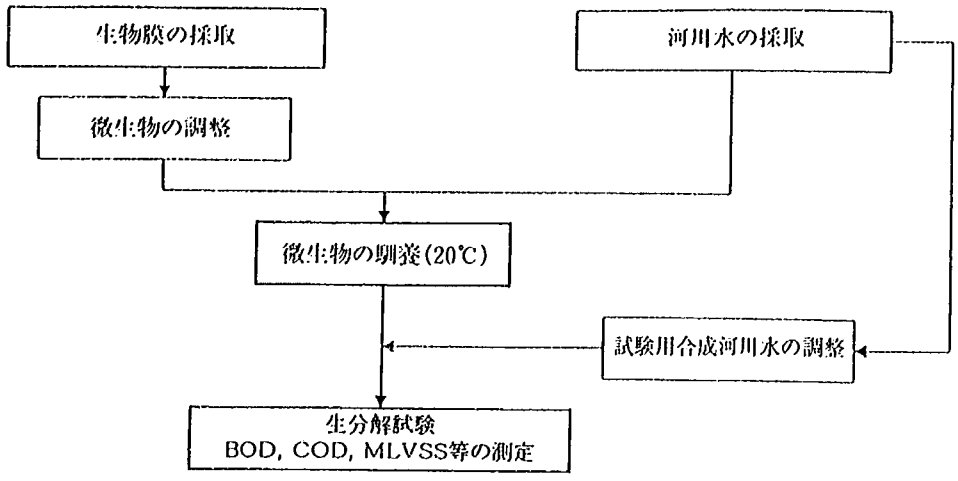
図－2.4.4 試験前後の担体1個当たりの生物膜量(VSS)



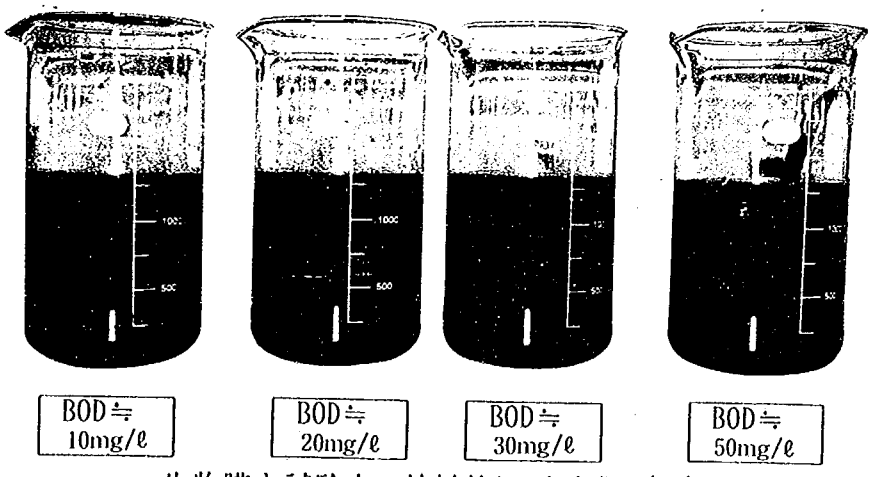
図－2.4.5 設置時の担体と収納篭の状況

4.3.2 馴養微生物による人工河川水の分解実験

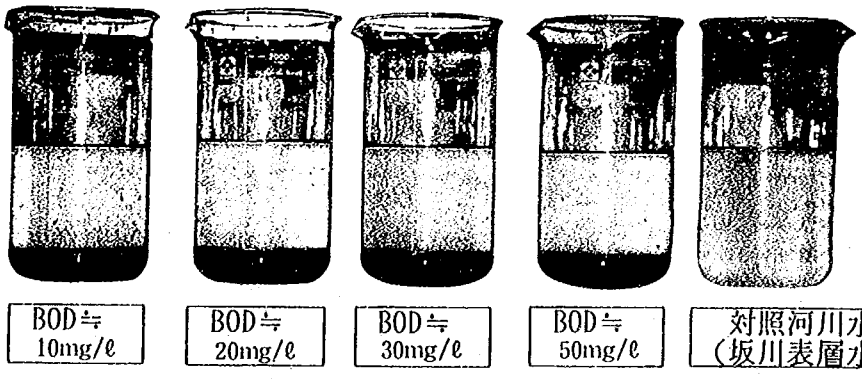
①生物膜の微生物の浄化速度の把握、②余剰汚泥の発生機構の確認と発生量の把握を目的に生物膜に由来した微生物を用いて生分解実験を行った。実験の概略フローは以下の通りである。また、試験水と生物膜の接触状況及び30分静置後の実験状況を写真に示した。



図－2.4.6　生分解試験の実験手順



生物膜と試験水の接触状況（平成８年度）



３０分静沈後

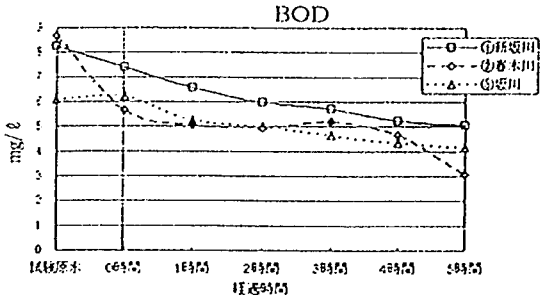
図－2.4.7　生分解試験状況

河川別（平成７年度）及び濃度別（平成８年度）に行った結果から、以下の事項を確認した。

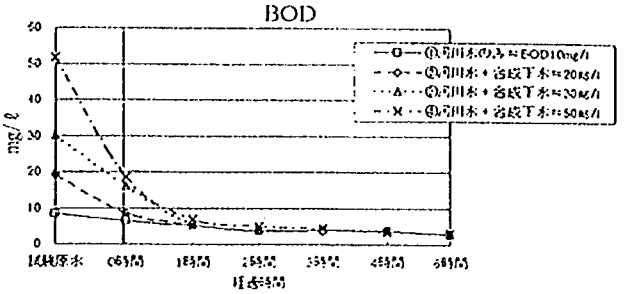
①試験水の条件にかかわらず、試験水と微生物を接触させた直後にBOD濃度が大きく減少した。これは、試験水中の浮遊性や溶存性の有機物の微生物への吸着（初期吸着）によるものである。

②試験水の濃度が比較的高い場合（例えばBOD≒50 mg/ℓ）、短時間の曝気で効率的に除去され、２時間以上接触させても大きな浄化効果は見込めなかった。試験水濃度が低い場合には、大きな浄化効果は見込めず処理水濃度は時間と共に緩やかに減少した。

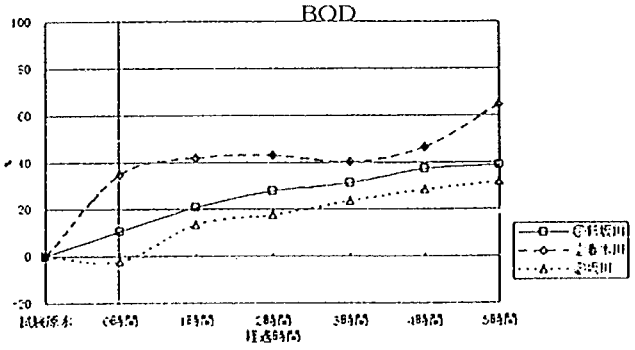
③接触時間を６時間（接触酸化法の計画滞留時間の３倍程度）と十分に長くした場合でも、処理水のBODは３mg/ℓ程度残存していた。この値は試験水濃度に依らず概ね同じであるため、微生物による浄化には限界があることを示している。



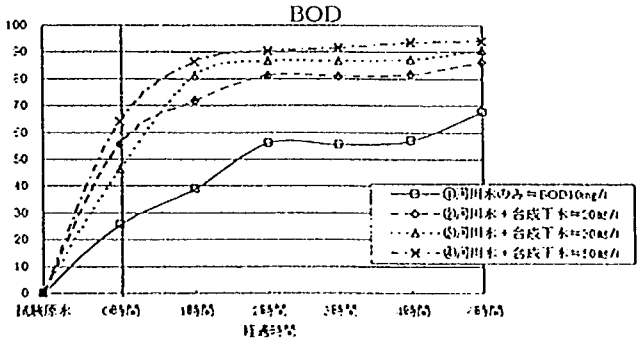
図－3.4.8　濃度の経時変化(BOD)



図－2.4.9　濃度の経時変化(BOD)



図－2.4.10　除去率の経時変化(BOD)

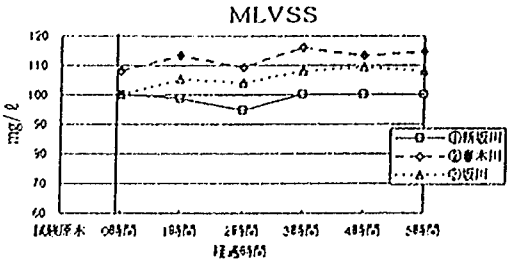


図－2.4.11　除去率の経時変化(BOD)

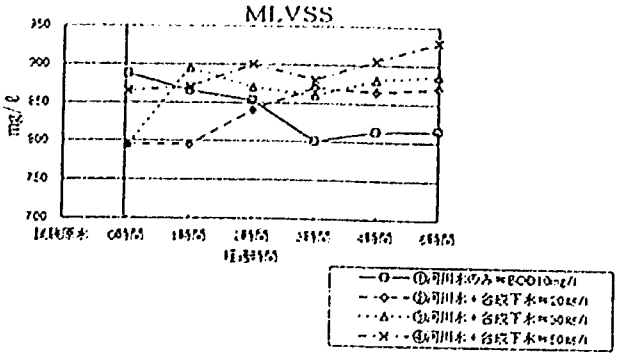
④余剰汚泥の発生機構であるBODの除去量と生物膜(MLVSS)の増加量の関係を明らかにすることはできなかった。これは、本実験が数時間レベルの比較的短時間の実験であったこと、MLSSに対する基質濃度が小さく分析誤差の範囲に入っていることから、初期吸着によって得た栄養分（有機成分）を用いて自己増殖を確認するまでに至らなかったためと考えられる。

4.3.3　実験結果のまとめ

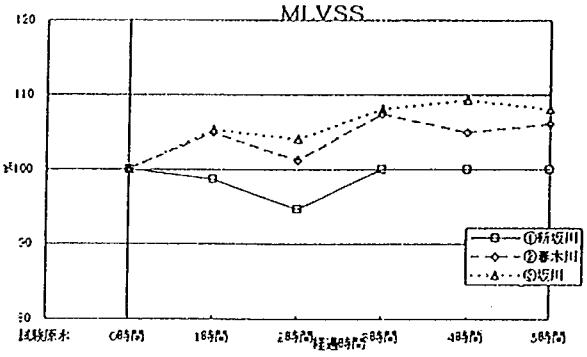
微生物による浄化は、吸着による浮遊物の除去能力が高く、接触時間を長くすると浄化効果も上がるが、本実験では２時間以上接触させてもBODの低減には大きな効果が見込めなかった。したがって水温℃での代表的な接触酸化法の計画滞留時間（１～２時間程度）は、生物膜の浄化過程から見ても概ね適当であると考えられる。試験水の濃度が高いほど効率的に浄化されるが、濃度に依らず処理水のBODレベルには限



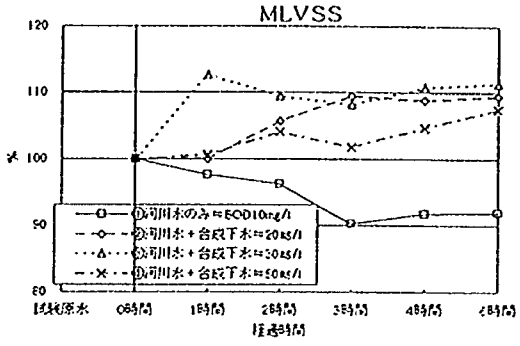
図－2.4.12　濃度の経時変化(MLVSS)



図－2.4.13　濃度の経時変化(MLVSS)



図－2.4.14　増加率の経時変化(MLVSS)



図－2.4.15　増加率の経時変化(MLVSS)

界があり、BOD 3 mg/ℓ程度が限度であると推定される。余剰汚泥の発生機構であるBODの除去量と生物膜(MLVSS)の増加量の関係を明らかにするためには、今後、実施設を用いた長期的な定期調査を行う必要があるものと考えられる。

4.3.4　施設設計への応用

これまでの接触酸化法は主にSSの除去に重点が置かれており、必ずしも浄化のメカニズムから判定した最適条件ではないため、生物膜の浄化機能を効果的に発揮していないものと推察できる。一方、生分解試験の結果から、微生物と試験水が十分に接触すれば、微生物の持つ浄化能力は高いことを確認した。実際の接触酸化法では、固定型の生物膜であり、ここで実験を行った浮遊型の処理とは相異がある。今後は処理槽内での生物膜と処理水との接触状況の改善が課題となるものと考えられる。

4.3.5　今後の課題

浄化のメカニズムの解明には、現在明らかにされていない生物膜についてのデータの蓄積が必要であり、本業務で実施した接触酸化法の滞留時間程度の時間スケールの室内実験に加えて、別途、既設浄化施設での長期の定期調査等を行うとともに、接触槽内での生物膜の変化の細かな調査を実施すべきと考えられる。

今後施設設計の指針検討のためには以下のような課題があると考えられる。

- 接触槽内の表面積と単位面積当たりの生物膜量の把握
- 生物膜量当たりのBOD負荷量の把握
- BOD除去量と余剰汚泥発生量の関係把握
- 生物種別にみた有機物の分解能力の比較
- 接触槽内での生物膜と処理水の接触状況（処理槽内での流動特性）

5．家庭雑排水における浄化手法の検討

（北陸技術事務所）

5.1 はじめに

下水道の早急な整備を望めない地域においては、地元市町村や地域住民が中心となって様々な水環境改善への取り組みが各地で行われているが、現段階においては試行錯誤の状況下にある。こうした地域に対して、河川管理者としても指導的な立場で技術支援・助言を行っていく必要がありそのため、地元市町村や住民レベルで実施可能な家庭（生活雑排水）における浄化方策について、既存事例を含め現地実験・現地調査等を行い検討を行ったものである。

5.2 調査概要

本調査は、地建課題として平成5年度に小規模排水路の浄化方策について調査を開始したが、平成6年度より全国共通課題『河川、湖沼、ダム貯水池等の浄化方策についての総合検討』として取り組み、北陸地建ではその中で「家庭（生活雑排水）における浄化手法の検討」について調査研究を実施したものであり、下記にこれまでに実施した調査概要を示す。

平成5年度……文献・メーカ資料・新聞記事等から実際に住民レベルで実施している浄化対策事例の調査。

平成6年度……一次調査（都道府県の環境部局を対象）及び二次調査（市町村の担当部局を対象）としてアンケートを実施し、さらに一部詳細調査としてヒアリングを実施した。

平成7～8年度…既存施設での実態調査及び既往の手法に基づいた現地実験を行い、施設の処理特性、運転手法による効果の違いから浄化効果の把握や汎用性の検討を行った。

平成5年度、6年度に行った結果を5.5に、平成7～8年度の結果を5.3～5.4に示す。

5.3 既存施設の調査及び現地調査の概要

平成7、8年度に実施した実験及び現地調査の対象とした手法を表－2.5.1に示す。また、この中から住民レベル（家庭）で実際に可能と思われる簡易沈殿法及び日培式についてその特徴と実験で得られた効果について次に記述する。

表－2.5.1 実験及び実態調査を行った手法

	手　　法	種　別	実施場所
1	小型簡易沈殿槽	実　験	埼玉県与野市
2	日培式簡易沈殿槽（バイヨウＰＤ型，６人槽及び業務用大型）	実　験 現地調査	埼玉県与野市 新潟県関川村
3	浄化ブロック工法	現地調査	新潟県村上市
4	土壌トレンチ法	現地調査	栃木県真岡市
5	土壌被覆型礫間接触ばっ気法	ﾃﾞｰﾀ収集	長野県飯田市

5.4 各手法における特徴と効果

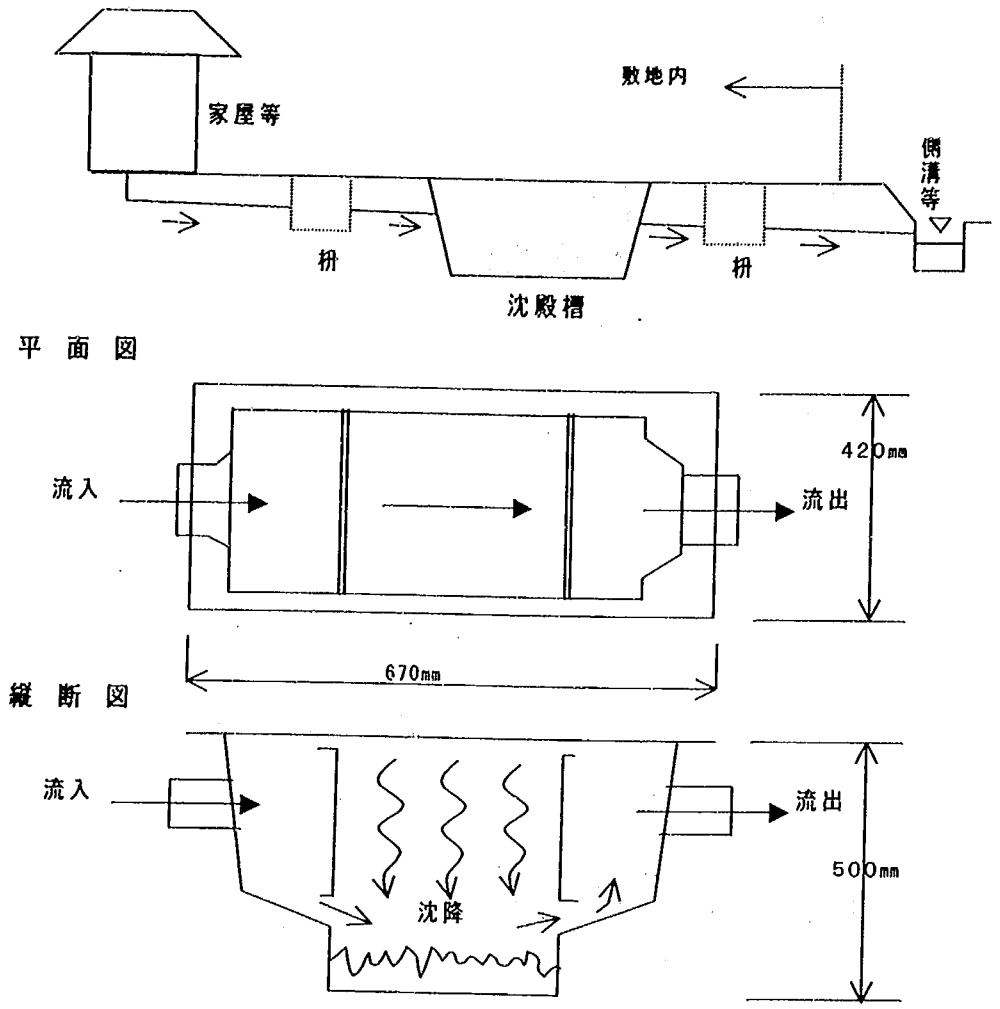
5.4.1 簡易沈殿法

(1) 原理と特徴

簡易な沈殿槽に生活雑排水を通すことにより、沈殿可能な物質を除去する物理的浄化手法である。

通常戸別処理に用いられ、流入水質が高い排水を対象とするのが特徴である。

処理の流れは図－2.5.1に示すとおりで、設置場所の面積や流入・放流地点の状況等により、枡を設けることがある。



図－2.5.1 簡易沈殿施設

(2) 適用範囲

① 設置場所

各家庭や事業所において、厨房等の排水位置から放流先までの距離および周辺の敷地がある程度確保できることが望ましいが、施設を地中に埋設し、強固な蓋をすることにより上部は歩行可能となるので、基本的には処理槽そのものが設置できる大きさがあれば問題はない。

② 流入水質

通常、対象とする排水は厨房（台所）からの生活雑排水であるので、濃度としては非常に高く、各排水により幅があると考えられるが、概ね以下のとおりである。

ＢＯＤ……50～200mg／ℓ程度

ＳＳ……50～200mg／ℓ程度

本法は、物理的沈殿による浄化手法なので、流入水が一旦止ってもその後再び流入水が流入しても除去には影響を及ぼさないが、長時間にわたって沈殿槽内の水が停滞すると、処理水の溶存酸素(DO)の不足が生じることがある。

流入水に野菜くず等の大型の浮遊物が流入する場合は、あらかじめ除去しておくことが望ましいと思われる。

(3) 効果

効果は、主に流入水質、滞溜時間および維持流量の状況によって大きく異なるが、生物的除去が行われる手法のように水温による除去率の変動はない。

除去率の目安としては、以下のとおりである。

平成７～８年度にかけて実施した埼玉県与野市内での実験による結果のうち、標準タイプの沈殿槽における実験結果からは

ＢＯＤ……　0～70%程度

ＣＯＤ……－10～70%程度

ＳＳ……－10～70%程度

T－N……－10～40%程度
T－P……－20～40%程度

(4) 費　用

① 建設費

処理槽費：2万円程度
施設工事費：最大で数万円程度（施設周辺の施工の程度により異なり、埋設しなければ費用はほとんどかからない。）

② 維持管理費

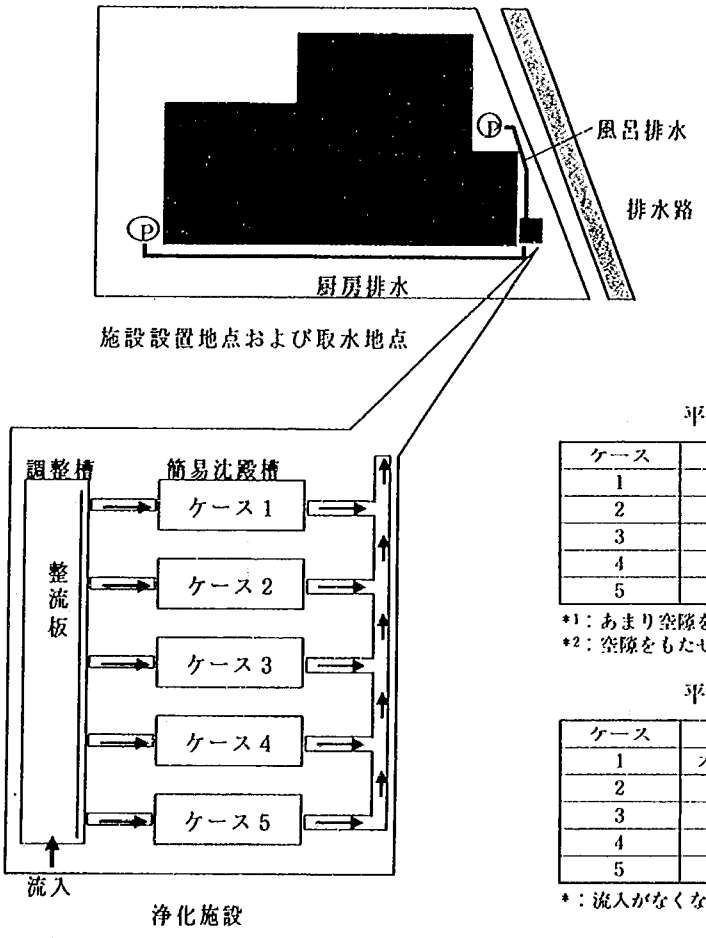
月1回を目安として必要となる処理槽内の汚泥の排出・処分は、基本的に設置者（住民）に委ねられるの自治体側では費用はかからないが、自治体で回収・処分を行う場合は人件費等の費用が必要となる。

(5) 調査結果

① 実験の概要

実験施設として設置した埼玉県与野市内の施設概略図と平成7、8年度実施した各運転条件を図－2.5.2に示す。

実験施設は、ある独身寮から出される生活雑排水を対象とし、厨房排水と風呂排水をポンプによって取水し、並列に設置した簡易沈殿槽に流入させて行った。



平成7年度実験ケース

ケース	接触材	メンテナンス	滞溜時間
1	あり*1	毎月実施	通常
2	なし	〃	1/2
3	〃	〃	通常
4	〃	実施せず	〃
5	あり*2	毎月実施	〃

*1：あまり空隙をもたせずに充填する
*2：空隙をもたせて充填する

平成8年度実験ケース

ケース	接触材	滞溜時間	
1	木炭充填	標準	
2	なし	2倍	
3	〃	1/2	
4	〃	標準	
5	〃	〃	間欠型*

*：流入がなくなると処理槽内の水がなくなる

図－2.5.2　実験施設概要要因及び実験条件

② 実験結果

平成7、8年度の水質測定結果から得られた除去率を、それぞれ表－2.5.3及び表－2.5.4に示す。2ヶ年における実験結果から、以下のことが分った。

a）平成8年度の実験から、滞溜時間と除去率の関係について図－2.5.3のような関係が得られている。このことから滞溜時間による影響をみると、標準型および滞溜時間2倍のケースと滞溜時間半分のケースの効果の差が比較的どの水質項目でも大きい。このことから標準型よりも滞溜時間を半分にすると効果は落ちるが、滞溜時間を標準型以上確保しても効果にはそれほど反映されないと考えられる。

b）溶存態の除去を期待するのは難しい。とくに窒素、リンで顕著である。

c）流入水質により、除去効果の変動が大きく、粒子性の汚濁物の割合が少ない場合は効果が少ない。

d）木炭充填槽は汚濁物の除去に改善をもたらさない。

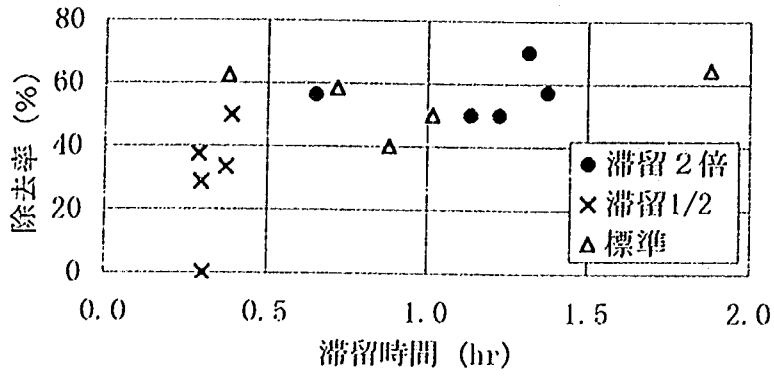
e）汚泥の引き抜きと槽内清掃というメンテナンスを行っていればメンテナンスを行わない場合に比べ、時間的に処理能力の低下は特にみられない。ただし、1ヶ月に一度というメンテナンスの頻度はあくまで目安に過ぎず、対象排水の特性や沈殿槽内の状況をみながら適時実施する必要がある。

表－2.5.3　除去率整理表（平成7年度）

項目	処理槽		流入水質（mg/ℓ）		除去率（%）	
	ケース	条件	範囲	平均値	範囲	平均値
SS	1	木炭密充填	44.5 ～134.0	90.50	20.2～88.4	61.5
	2	滞留時間短			52.1～87.1	72.1
	3	基本ケース			55.1～86.2	74.5
	4	メンテなし			16.4～85.8	57.4
	5	木炭疎充填			27.2～87.3	61.1
BOD	1	木炭密充填	46.0 ～136.3	91.17	2.3～56.3	35.1
	2	滞留時間短			-9.8～68.6	40.5
	3	基本ケース			-5.0～72.2	39.2
	4	メンテなし			-32.2～66.8	26.6
	5	木炭疎充填			-34.3～54.2	18.4
COD	1	木炭密充填	26.6 ～ 70.7	48.31	-7.4～62.0	36.6
	2	滞留時間短			-9.9～69.4	41.9
	3	基本ケース			-10.9～68.9	39.5
	4	メンテなし			-21.1～68.0	30.6
	5	木炭疎充填			-19.9～59.4	29.0
T－N	1	木炭密充填	4.0 ～ 8.4	6.88	1.0～49.1	21.8
	2	滞留時間短			8.6～50.1	36.1
	3	基本ケース			5.8～53.9	37.3
	4	メンテなし			4.8～48.5	33.3
	5	木炭疎充填			3.0～47.3	25.4
T－P	1	木炭密充填	0.37～ 0.78	0.59	-36.5～ 0.0	-12.2
	2	滞留時間短			2.7～52.6	29.0
	3	基本ケース			8.1～43.6	30.5
	4	メンテなし			-5.4～47.4	24.6
	5	木炭疎充填			-50.8～35.9	-7.7
MBAS	1	木炭密充填	0.45～ 1.69	1.10	-146.7～34.9	-81.6
	2	滞留時間短			-300.0～47.3	-68.9
	3	基本ケース			-311.1～64.3	-73.8
	4	メンテなし			-293.3～36.5	-76.3
	5	木炭疎充填			-337.8～42.6	-141.6
n－ヘキサン	1	木炭密充填	11.9 ～ 53.0	29.35	38.1～83.9	57.6
	2	滞留時間短			44.5～77.0	60.6
	3	基本ケース			46.4～82.4	60.6
	4	メンテなし			34.1～77.8	51.7
	5	木炭疎充填			29.6～84.3	54.8

表－2.5.4　除去率整理表（平成８年度）

項目	処理槽		流入水質（mg/ℓ）		除去率（%）	
	ケース	条件	範囲	平均値	範囲	平均値
ＳＳ	1	木炭充填槽	18.0 ～ 32.0	25.0	10.0～57.1	34.3
	2	滞留時間大			50.0～70.0	56.7
	3	滞留時間小			0.0～50.0	29.9
	4	標　準　型			40.0～64.3	55.0
	5	間　欠　型			0.0～37.5	15.6
ＢＯＤ	1	木炭充填槽	32.6 ～ 68.3	52.0	-7.4～28.2	15.8
	2	滞留時間大			12.8～43.0	30.3
	3	滞留時間小			12.3～24.4	17.7
	4	標　準　型			19.3～41.3	32.2
	5	間　欠　型			-25.3～ 5.5	-2.3
ＣＯＤ	1	木炭充填槽	21.0 ～ 27.7	24.8	4.1～34.6	17.9
	2	滞留時間大			16.2～33.5	26.8
	3	滞留時間小			1.4～26.1	16.8
	4	標　準　型			15.7～34.7	26.5
	5	間　欠　型			-24.0～16.7	-1.7
Ｔ－Ｎ	1	木炭充填槽	3.12～ 4.63	3.67	-28.8～18.4	3.3
	2	滞留時間大			-24.9～27.4	6.4
	3	滞留時間小			-16.3～22.2	5.6
	4	標　準　型			-7.0～34.6	11.7
	5	間　欠　型			-26.9～18.8	0.3
Ｔ－Ｐ	1	木炭充填槽	0.26～ 0.50	0.41	-50.4～39.2	-0.3
	2	滞留時間大			3.5～43.2	17.9
	3	滞留時間小			-16.1～36.8	8.2
	4	標　準　型			-15.5～45.2	19.6
	5	間　欠　型			-38.7～26.6	3.2
ＭＢＡＳ	1	木炭充填槽	0.93～ 2.94	2.12	-86.0～30.6	-1.1
	2	滞留時間大			13.6～37.5	30.5
	3	滞留時間小			5.6～26.1	12.8
	4	標　準　型			22.7～57.4	33.6
	5	間　欠　型			-16.6～23.7	8.2
n－ヘキサン	1	木炭充填槽	7.5 ～ 14.1	10.6	14.7～46.8	32.7
	2	滞留時間大			24.5～49.4	39.2
	3	滞留時間小			11.8～37.0	26.8
	4	標　準　型			32.7～49.6	43.0
	5	間　欠　型			-11.8～35.0	14.6



図－2.5.3　滞溜時間とSS除去率の関係

(6)　適用に当たっての技術的特性

a）滞溜時間が0.3hr以下となる場合を除いて流入水量の変動による効果への影響はほとんどない。

b）簡易沈殿槽の運転に当たっては、沈殿のための時間及び空隙を十分確保しなくてはならない。

c）流入水質による除去効果が大きく影響を受け、粒子性の汚濁物の割合が少ない場合は除去効果が小さい。

d）窒素、りんについての除去はあまり期待できない。

e）陰イオン界面活性剤(MBAS)、油分(n－ヘキサン抽出物)については、ある程度効果が期待できる。

f）接触材を導入する場合は、前処理槽を設置するか、沈殿槽を通した後に設置することが望ましい。

g）接触材を入れて複合的な目的とした場合、容量を大きく減らすようなことは望ましくない。

h）放流水のDOはある程度確保されるが、放流時の水域を考慮すると、落差工等の簡易な方法で曝気をし、DOを回復してやるとよい。この場合、洗剤の泡立ちも同時に起こる可能性があることを考慮する。

i）水温による影響は、ほとんどない。

j）排水を滞溜させかつ設置場所が宅地内であるため、臭気の問題があるが、処理槽部分に蓋をすることと、定期的なメンテナンスで低減できる。

k）建設費は安価であるが高価と感じる人もおり、設置の際に自治体が補助制度を検討するべきである（実際に制度を設けている自治体がある）。

l）維持管理は月1回程度の頻度で必要となるが、住民が実際に行っているケースは少なく、施設の設置とともにメンテナンスを行うように住民意識の高揚を図るとともに、自治体によりメンテナンスを行うことが必要である。

5.4.2　日培式簡易沈殿法

(1)　原理と特徴

物理的な接触・沈殿によって浄化をはかる手法で、簡易沈殿槽の一種であるが、5.4.1の簡易沈殿とは処理の流れが異なる。

処理の流れは図－2.5.4に示すとおりで、複数の沈殿槽に軽石を充填し、そのうちの1つの槽に対象排水を流入させ、粒子性の汚濁物質が軽石に接触することにより、沈殿・捕集される。

(2)　適用範囲

①　設置場所

各家庭や事業所において、厨房等の排水位置から放流先までの距離及び周辺の敷地がある程度確保できることが望ましい。施工に当たっては、排水の流入部と流出部に若干の加工をする必要があるが、土木工事を伴うものではない。

②　流入水質

通常、対象とする排水は厨房（台所）からの生活雑排水であるので、濃度としては非常に高く、各排水により幅があると考えられるが、概ね以下のとおりである。

ＢＯＤ……50～　600mg／ℓ程度

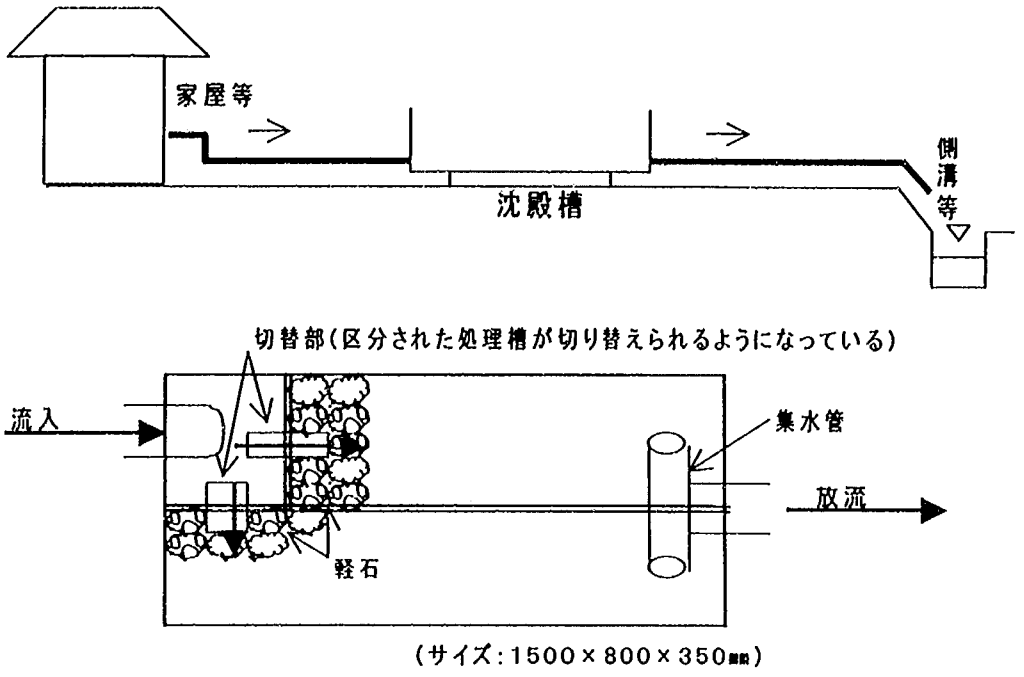
ＳＳ……50～1,200mg／ℓ程度

物理的沈殿による浄化手法なので、流入が一旦なくなっても、その後の除去には影響を及ぼさないが、長時間にわたって沈殿槽内の水が停滞すると、溶存酸素(DO)の不足が生じることがある。

流入水に野菜くず等の大型の浮遊物が流入する場合、切り替え槽に詰まるおそれがあるので、前処理もしくは、メンテナンスとして除去する必要がある。

(3)　効　果

効果は、汚泥の堆積状態、滞溜時間（軽石上の流



図－2.5.4　日培式簡易沈殿法概略図

れ方）により左右される。水温による除去効果への影響は特にみられない。

除去率の目安としては、以下のとおりであるが、調査時の採水方法等の影響によりバラツキが大きい。

ＢＯＤ……－200～90%程度
ＣＯＤ……－400～90%程度
ＳＳ……－400～90%程度
Ｔ－Ｎ……－400～90%程度
Ｔ－Ｐ……－500～90%程度

（平成７～８年度にかけて新潟県関川村での現地実態調査による結果）

(4)　費　用

①　建設費

処理槽費：80千円程度（６人槽の場合）
施設工事費：若干（施設のまわりの施工の程度による）

②　維持管理費

６人槽の場合を例にとると、１つの槽に汚泥が堆積し一杯になるのがおよそ２ヶ月であり、その際流入部で流下させる処理槽の切り替えを行う必要がある。

(5)　調査結果

①　実態調査の概要

実態調査は、新潟県関川村において実際に住人レベルで使用されている、日培式簡易沈殿槽について、その効果と運転の把握を行った。

調査の対象とした処理層は、一般家庭（個人）の厨房排水を対象とした並列二層式（６人槽）と小学校給食センターの厨房排水を対象として四槽並列槽（大型槽）とで実施した。

②　実態調査結果

平成７，８年度の水質測定結果から得られた除去率を、それぞれ表－2.5.5及び表－2.5.6に示す。２ヶ年における実態結果から、全般にいえることは以下のとおりである。

a）SSとn－ヘキサン抽出物において安定した効果を示しており、有機物については流入水質が高いとき及び流入水の懸濁濃度が高いときには良好な結果を示す。

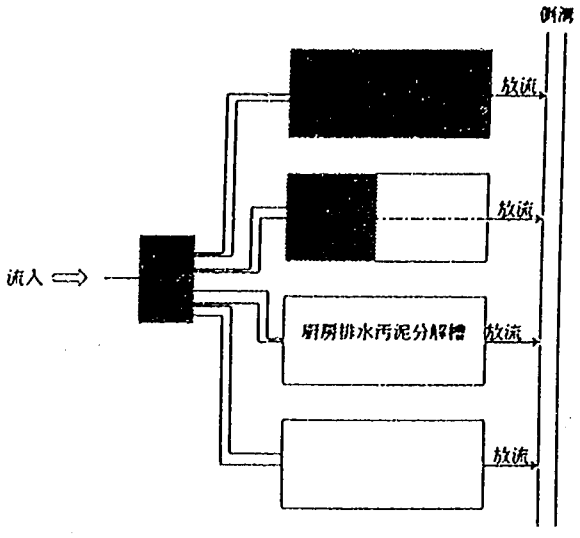
b）窒素、りんについての浄化はあまり期待できない。

c）処理水のDOが低くなる傾向にあるので、落差工等放流時の工夫が必要である。

d）全体的として処理槽切り替え直後に効果は向上せず、むしろ施設の不安定化によって効果が大き

く低下している。

このことから、運転中の処理槽の汚泥の堆積状況、及び切り替え処理槽の汚泥の分解状況をみながら、切り替えを行う必要がある。



図－2.5.5　日培式簡易沈殿槽（大型）概略図

表－2.5.5　除去率整理表（平成７年度）

項目	施設	流入水質（mg／l）		除去率（%）	
		範囲	平均値	範囲	平均値
ＳＳ	６人槽	26.0～ 260.0	105.5	-72.7～82.7	28.9
	業務用大型	70.0～1200.0	432.9	4.2～94.4	71.6
ＢＯＤ	６人槽	84.9～ 630.1	333.7	-85.4～52.1	24.5
	業務用大型	35.3～ 445.8	226.6	-111.9～88.3	29.0
ＣＯＤ	６人槽	54.9～ 480.5	219.4	-32.2～57.0	27.7
	業務用大型	16.0～ 296.4	145.3	-441.7～95.6	19.8
Ｔ－Ｎ	６人槽	6.18～ 91.97	19.99	-227.5～89.8	35.1
	業務用大型	0.95～ 53.34	14.58	-529.5～76.6	70.2
Ｔ－Ｐ	６人槽	0.47～ 7.53	3.90	-150.0～64.5	-11.8
	業務用大型	0.02～ 10.06	2.16	-833.7～73.5	52.8
ＭＢＡＳ	６人槽	0.5 ～ 93.1	12.28	-280.0～73.9	57.4
	業務用大型	0.0 ～ 0.5	0.29	-300.0～33.3	-110.3
n-ヘキサン抽出物	６人槽	6.4 ～ 79.1	34.71	-18.0～93.2	55.4
	業務用大型	2.7 ～ 100.0	34.10	-400.0～97.9	42.7

表－2.5.6　除去率整理表（平成８年度）

項目	施設	流入水質（mg/ℓ）		除去率（%）	
		範囲	平均値	範囲	平均値
ＳＳ	６人槽	44.0～ 300.0	154.0	-377.3～76.0	-54.2
	業務用大型	36.0～ 280.0	139.0	-30.6～95.0	54.7
ＢＯＤ	６人槽	142.3～ 198.6	178.5	19.3～72.0	44.4
	業務用大型	88.9～ 372.7	178.7	-222.9～74.5	-9.3
ＣＯＤ	６人槽	83.2～ 157.8	106.8	30.6～50.0	40.3
	業務用大型	81.0～ 216.1	116.0	-165.7～73.6	10.2
Ｔ－Ｎ	６人槽	4.53～ 5.36	5.09	-53.0～34.6	-7.5
	業務用大型	1.25～ 13.40	5.81	-149.4～60.5	-9.7
Ｔ－Ｐ	６人槽	0.67～ 7.31	2.45	-117.4～78.4	-15.1
	業務用大型	0.13～ 2.05	0.90	-191.5～63.1	-27.9
ＭＢＡＳ	６人槽	0.6 ～ 4.4	0.4	-266.7～61.4	-77.0
	業務用大型	0.3 ～ 0.7	0.29	0.0～66.7	28.6
n-ヘキサン抽出物	６人槽	9.6 ～ 32.0	16.1	12.5～73.8	47.5
	業務用大型	27.0 ～ 390.0	125.3	3.7～99.2	64.4

(5)　適用に当たっての技術的特性

a）切り替え槽から、処理槽部分に排水を流入させる際には、処理槽を有効に活用するために軽石の上に広く流れるようにさせなければならない。ある地点に流れが集中するようにすると、一ヶ所に汚泥が堆積し、排水がその上を流れ、軽石に接触しない状態となってしまう。

b）日培式は、処理槽の表面積が浄化効果に大きく影響するので、水量（もしくは負荷量）を踏まえて処理槽の大きさ及び切り替えの頻度を十分に検討する必要がある。

c）設置は容易であるが、１世帯80千円程度価格がかかるので、市町村レベルでの補助制度について検討の必要がある。

d）維持管理として処理槽の切り替えは２ヶ月に１回程度の頻度を目安として行う必要があるが、ときどき汚泥の堆積状況をみて、必要であれば切り替えを行う。

5.5　啓蒙・啓発活動

水質浄化対策で最も基本的かつ効果的な手段は、いうまでもなく汚濁発生源対策である。その中でも人間の日常生活において排出される汚濁負荷（いわゆる生活系負荷）の占める割合は高く、地域住民の関心を高めることは具体的施策の第一歩であるといえる。

5.5.1　活動内容

(1)　意識啓発のための施策メニュー

生活雑排水の浄化に対する住民の意識啓発のために行い得る実践的な施策としては、以下の１）～２）に述べる方法が挙げられる。

また、アンケートによる主な啓蒙・啓発活動実施状況を表－2.5.7に示す。

１）パンフレットやポスターの作成と配布

水質汚濁の現状とその原因が個々の家庭から排出される生活雑排水等にあることを図や表などで示し、住民の意識を高めてもらう方法である。実際的な方法については、具体的に写真や絵でわかりやすく示し、実践を呼びかけやすい内容をもつものとする。

また、実際の作成にはそれぞれの地域特性、水質の汚濁現状に応じた内容を盛り込む必要がある。

２）映画やスライドの上映

地域住民の集まりなどにおいて、水質汚濁の現状とその対策について、映画やスライドを上映し啓発を促す方法である。

３）見学会の開催

各家庭から排出された汚水の行方については、

表－2.5.7　啓蒙・啓発活動実施状況

活動項目	活動内容	実施数※
配布物等による情宣活動	パンフレットの作成、配布	14
	三角ｺｰﾅｰ、ｽﾄﾚｰﾅｰ、ｷｯﾁﾝﾍﾟｰﾊﾟｰ、ﾍﾗの配布	10
	広報紙等による啓発	7
	施設内容看板の設置	6
	水切り袋の配布	6
	チラシの配布	5
	イベント時にパンフレットやポケットティッシュの配布	1
	ろ紙袋等の啓発品の配布	1
	のぼり旗の設置	1
	標語入りウチワによる啓発	1
イベント開催等による住民参加活動	生活雑排水負荷削減の実践活動	8
	水生生物観察会、勉強会等（ﾋﾞﾃﾞｵ、ﾊﾟﾝﾌﾚｯﾄによる学習）	7
	廃食油の回収	7
	展示会、講演会等の開催	4
	浄化施設の見学会、公民館の説明会	4
	河川清掃	4
	キャンペーンの実施	3
	各種イベントの参加等で河川浄化のＰＲ	3
	コイの放流、アヒルの放鳥	3
	環境ｼﾝﾎﾟｼﾞｳﾑを開催して環境問題全般について啓発活動を実施	2
	廃食油から石けんを作る指導	2
	施設に描画する絵の募集	2
	環境美化推進員を設置	2
	健康フェスティバルにおいて生活排水対策コーナーを設置	1
	接触材の住民からの収集・提供	1
	調理くずの流出防止	1
	アンケート調査の実施	1
	水路浄化実験	1

※複数回答あり

住民のほとんどが無関心な場合が多い。特に、汚濁した河川・湖沼・海域などの水域が遠隔地で、目に触れることのない場合などである。

このような時には、見学会を開催し、その水域を直接みてもらい、また生活排水処理施設をみることによって水域の汚濁と生活雑排水の関連を深く認識してもらうことである（数値によって寄与率を明確にすることも一つの方法）

4）三角コーナーやろ紙袋などの配布

生活雑排水からの汚濁負荷削減の方法の一つとして、厨房雑芥を回収する三角コーナー及びろ紙袋、廃食用油を抜き取るキッチンペーパーなどを住民に試行的に配布し、住民への啓発運動とする方法である。

5）アンケート調査

水質汚濁や生活雑排水への関心及び理解度、厨房排水や廃食用油の処理方法、洗剤の種類などの内容についてアンケート方式で問うことによって、住民の生活雑排水に対する認識を高め、同時に浄化方法について示唆する方法である。

6）講演会やシンポジウムの開催

住民参加による講演会やシンポジウムを開催し、その中で汚濁の現状報告などを行うとともに、水質浄化の方策について住民と討議し、そして実践を呼びかける方法である。

7）生活雑排水対策の推進に係る住民組織の育成及びその活動への援助

地域住民を主体とした生活雑排水対策推進の組織の育成や、その活動への援助をはかる方法である。

(2) 啓発活動推進の流れ

図－2.5.6に啓発活動推進のフローの例を示す。

各種の浄化対策は住民の活動に直接かかわることが多いため、市町村当局がそれらを実施する際には、町内会などを通じ住民に協力と要請を求める必要がある。そしてこの場合、町内会との窓口となるような組織を定め、住民の手による浄化対策が恒久的に推進されることが望ましい。

5.5.2 住民ができる具体的な対策とその効果

生活雑排水の用途別負荷割合については、SS、BOD、COD、T-Nは炊事に伴って排出される割合が高い。このことから、以下に個々の家庭での実施が可能と考えられる諸対策について、排出負荷削減方法の主要な事項としては、次のものが挙げられる。

(1) 台所での対策

台所から発生する負荷量(BOD)は雑排水が負荷量の半分以上を占めているといわれている。このように雑排水中の負荷に対して占める割合が高いのは、台所で使用される調味料や油脂類等の濃度の高いものが含まれているためである。これらのものは、公共用水域における環境基準の数千～数万倍におよぶ濃度のものである。これら負荷の高い物質をできる限り排出しないことが、公共用水域の水質保全につながる。

具体的なメニューとしては、次のような項目とする。

1）食べかす等
- ・三角コーナーによる回収
- ・金網による回収
- ・ストレーナーによる回収
- ・三角コーナー＋ろ紙の利用による回収
- ・汚れものの抜き取り（へら、キッチンペーパー、新聞法）
- ・米のとぎ汁の回収（庭、植木への散布）
- ・漬物はぬかをよくとって洗う
- ・酒、ビールなどは流さない
- ・煮汁、みそ汁は流さない
- ・ディスポーザーを使用しない

2）廃食用油の回収
- ・抜き取り（キッチンペーパー、新聞紙等）
- ・回収（廃油入れ、回収袋等）
- ・固形剤の使用

3）回収物の処理
- ・廃棄物の回収（市町村）
- ・堆肥化
- ・庭に埋める

これらをまとめると概ね次のようになる。

①食べ残しのないように必要量を調理する（負荷発生源の削減）

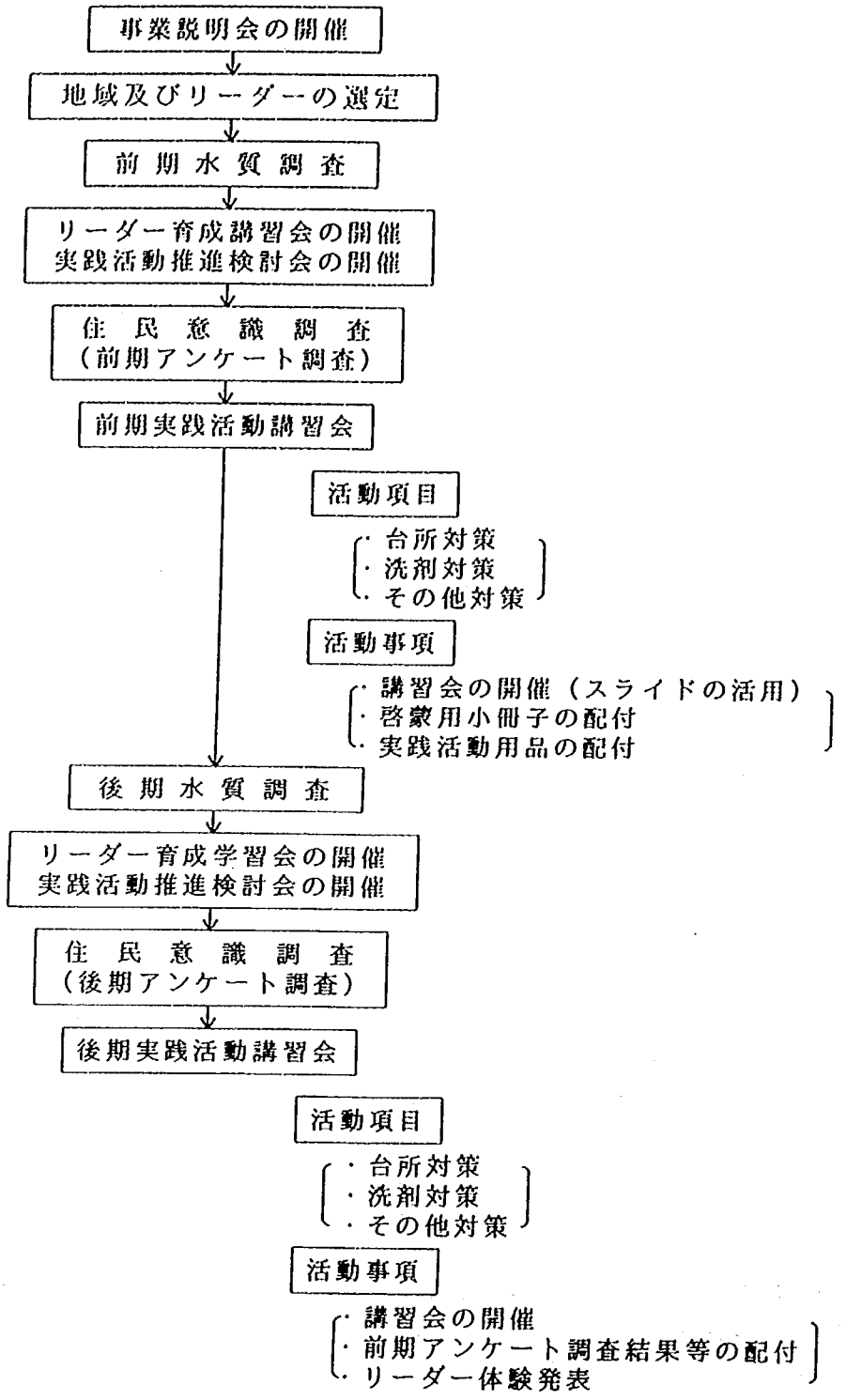
②固形物はできるだけ回収、生ゴミとして処分する。そのためには、

a．流しの中に三角コーナーを置き、ろ紙袋等をセットする。

b．流しの目皿は、目の細かいものを使用する。

c．流しの落下口ストレーナーには目の細かいものを使用する。

固形物については、目の細かいものでろ過することによりSS成分をできるだけ回収するこ



図－2.5.6　啓発活動推進フロー

とを原則とするが、以下のような点に留意する。

SS成分のみを捕捉する場合には目の細かいほど効果を挙げるが、現実的には一度捕捉したものが、その中を排水が通過することにより溶出し、排水中の負荷量を高めることがある。

ゴミ受けに入っているゴミの種類によっても、水の汚れ具合が異なる。また、いろいろなゴミを入れて、上から水を流し、BODがどのくらい流出するかをみると、おかずの食べ残し等は汚濁物質が溶出してくるため、最初からゴミ処理用のゴミ箱に捨てるか、流しのゴミ受け

に捨てて、水を切ったらすぐにゴミ箱にあける必要がある。

目の細かさの異なるゴミ受けや水切袋を使うと、汚濁物はどの程度削減できるかを調べた。比較的大きな穴のあいたゴミ受けから、なかなか水の切れないような目の細かい水切袋まで4種類のものに同じゴミを入れ、水を流してみた。目の細かい水切袋では、浮遊物質は減る傾向がみられたが、BOD等の汚濁物量は、余り変わらなかった。また、目の細かい水切袋の場合、袋がカラの場合は油を吸うなどの効果もみられるが、ゴミが詰まっていると、水の滞溜時間が長くなるため、かえって汚濁物質が溶出する傾向があり、注意を要する。

③ 廃食用油は流しに捨てずに使いきる工夫をする。やむを得ず捨てる場合には紙にしみ込ませるなどしてゴミとして処理する。

④ 調理用具、食器類について油分は紙などで拭き取ってから洗う。

(2) 洗濯時の対策

洗濯排水から栄養塩類であるりんの負荷を削減するのに有効な方法は、主に無りんの洗濯用洗剤や粉石鹸を使用すること及び洗剤を計量して使いすぎないようにすることである。洗剤の種類（無りん洗剤の使用、粉石鹸の使用）の他に次のような対策もある。

・溜めすすぎの励行
・部分洗いの励行
・２槽式洗濯機の利用

(3) 風呂対策

風呂対策としては、残り湯を洗濯に利用するなどがある。

(4) 効　果

具体的な効果として定量的に把握するのは難しいが、以下のような調査事例がある。

1）“ろ紙袋”などによる効果事例（メニューの(1)3）②のａ）

表－2.5.8は、まず厨房排水の中に含まれる大きなゴミを三角コーナーを通して除去したものを原水として、それをさらに、“ろ紙袋”および“網”（女性用のストッキング）のそれぞれを通して排水に含まれる汚濁物の除去率を示したものである。

結果は、SSで“ろ紙袋”が52%、網が31%、n－ヘキサン抽出物はそれぞれ41%、29%、また、T-Nについてはそれぞれ22%、15%の除去率が得られている。しかし、COD及びT-Pはともに除去率が10%以下であった。

表－2.5.8　台所用“ろ紙袋”および網による除去率

（単位：%）

項目＼ろ過材	台所用ろ紙	網
S　S	52.1	30.9
C O D	7.0	2.8
T － N	21.5	15.0
T － P	4.1	2.0
n － h e x	40.7	29.3

2）ストレーナーの交換による効果事例（メニューの(1)3）②のｃ）

備え付けのストレーナーの目合いは、一般的に数mmと大きいものが通常用いられていることから、滋賀県草津市では、目合いの細かい（ϕ＝1mm）ストレーナーを試作して、使いやすさと汚濁除去率について調査を行った。

その結果、使い易さについては「備え付いているストレーナーと余り変わりがない」という回答が多く、汚濁物質の除去率については、表－2.5.9に示すように、目合いの細かい試作ストレーナーの方がかなり良い結果が得られている。

この結果の中で1）の事例と比較してみるとSSの除去はどちらも比較的良好であるが、CODはストレーナーによる方法の方がかなり高い除去率が得られている。

3）“ろ紙袋”と新型ストレーナーの除去効果の比較事例（メニュー(1)3）の②のａとｃ）

表－2.5.9　ストレーナーの目合いの違いによる汚濁物質除去率

（単位：mg／ℓ）

ストレーナーの種類 ＼ 月日 ＼ 項目	従来のストレーナー						φ1mmストレーナー						平均値からみた除去率
	10月31日	11月1日	11月2日	11月3日	11月4日	平均値	11月7日	11月8日	11月9日	11月10日	11月11日	平均値	
S　S	117	28	182	104	50	96	45	23	31	51	33	36	（%）62.0
BOD	162	—	159	315	447	271	144	—	163	129	239	169	37.6
COD	96	35	135	187	191	129	80	25	83	37	125	70	45.7

表－2.5.10は、ある食堂で昼食をとった5人分の食器を洗剤は使用せずに10ℓの水で洗ったのち粗大ゴミを目合い13mmの網を通して除去したものを原水として、それをさらに“ろ紙袋”及び新型ストレーナー（2）の事例2における試作ストレーナーとほぼ同型）を通した排水の汚濁除去率を示したものである。

結果は、SS、COD及びBODともに、“ろ紙袋”の方が新型ストレーナーに比べ、いくぶん除去率が高かった。

このことは、1）及び2）の結果と逆の傾向を示している。

表－2.5.10　“ろ紙袋”と新型ストレーナーの汚濁物質除去率

ろ過方法		SS	COD	BOD
原水	濃度（mg／ℓ）	109	1,401	1,621
ろ紙袋	濃度（mg／ℓ）	73	1,305	1,388
	除去率　（%）	33.0	6.9	14.4
新型ストレーナー	濃度（mg／ℓ）	85	1,342	1,404
	除去率　（%）	22.0	4.2	13.4

4）調査用具及び食器類の拭き取り効果の事例（メニュー(1)3）の④）

表－2.5.11は、各家庭で一般的に作られる調理品の料理材料、調理器具及び食器類のそのまま洗った場合（無処理）とそれらの調理くず、食べ残しなどをゴムべらや紙で拭き取ってから洗った場合（処理）における汚濁負荷量の比較から汚濁除去効果（改善効果）を示したものである。

結果は、透視度、SS、COD、BOD、T-N及びT-Pのいずれの負荷も拭き取りによる除去効果がみられ、調理品によってはかなりの除去がされている。

表－2.5.11　調理用具および食器類の拭き取りによる負荷削減効果

分類	めん類				汁もの		肉類		煮物				揚げもの			
調理名	煮込うどん		天ぷらそば		みそ汁		ビーフシチュー		ポークカレー		さばのみそ煮		八宝菜		魚のから揚げ		ミックスフライ	
材料	うどん 500 g げわぎ 80 g 汁 1,200 ml しょうゆ 120 ml みりん 20 ml 塩 2 g 干しいたけ 5 g ねぎ 20 g だしの素 5 g		そば 300 g えび 120 g かき 15 g ねぎ 160 g 粉 120 g 汁 1,200 ml しょうゆ 130 ml みりん 60 ml 小麦粉 20 g だしの素 5 g		豆腐 2枚 あかみそ 80 g 油揚げ 60 g 煎 5 g		牛肉 400 g ねぎ 300 g 玉ねぎ 250 g じゃがいも 120 g にんじん 80 g マッシュルーム 30 g しいたけ 25 g 一粉 15 g ソース 15 g ケチャップ 100 ml ワイン 15 ml しょうゆ 少々 ローリエ 5 枚 千切り 少々 パセリ 少々 小トマト 5 白ごま 少々		豚肉 200 g じゃがいも 250 g にんじん 120 g 玉ねぎ 300 g カレールウ 250 g		中ばさ 1尾 酒 15 ml しょうゆ 30 ml みりん 30 ml 赤みそ 30 ml		豚肉 100 g えび 100 g かまぼこ 100 g 卵 3個 たけのこ 70 g にんじん 40～60 g カリフラワー 1/2個 さやえんどう 1個 ピーマン 1個 しょうが 20 g にんにく 1片 酒 10 ml しょうゆ 10 ml こしょう 少々 粉 10 ml サラダ油 10 ml		魚(すずき) 500 g ねぎ 1/2本 しょうが 1/2個 しょうゆ 20 ml みりん 15 ml 粉 15 ml 揚げ油 30 ml		えび 4尾 豚かたロース 100 g 豚こま 100 g 卵 1個 パン粉 15 g 揚げ油
処理の有無	無処理	処理	無処理	処理	無処理	処理	無処理	処理	無処理	処理	無処理	処理	無処理	処理	無処理	処理	無処理	処理
測定項目	改善効果（%）		改善効果（%）		改善効果（%）		改善効果（%）		改善効果（%）		改善効果（%）		改善効果（%）		改善効果（%）		改善効果（%）	
水量（ℓ）	14.0	7.2	20.5	16.0	5.0	4.0	27	21	9.5	9.2	9.5	8.5	16.5	13.5	12.0	4.0	10.5	10.0
透視度（cm）	12	22	1.5	6.5	1.8	6.0	1.5	5.0	1.5	2.8	3.3	8.5	2.0	3.0	3.0	12.0	4.0	8.0
S S（g）	21.5	21.3	35.3	21.9	3.7	0.3	6.6	3.2	8.6	3.1	2.1	0.7	4.5	2.4	25.0	1.4	6.1	0.6
	0.9		38.0		91.8		51.5		64.0		68.3		46.7		94.4		90.2	
COD（g）	33.7	20.0	40.1	20.5	6.0	0.2	14.5	3.1	7.7	2.4	6.9	5.7	4.6	3.2	18.0	1.3	2.3	0.9
	40.7		48.9		96.6		78.6		69.6		75.4		30.8		92.7		60.9	
BOD（g）	40.3	19.5	40.8	18.0	10.8	0.4	30.1	5.2	18.1	5.8	10.1	2.7	8.1	4.8	21.0	1.8	6.0	1.6
	51.6		55.9		96.2		82.7		68.0		73.3		40.7		91.4		73.9	
T－N（mg）	1,620	463	1,830	666	540	18	590	227	330	213	550	258	193	93	1,200	58		
	71.4		63.6		96.6		61.5		35.5		53.1		52.5		95.1			
T－P（mg）	905	589	866	376	180	5	335	47	135	61	215	118	143	81	500	21		
	34.9		56.6		97.2		86.0		54.8		45.1		43.5		95.8			
備考	食器等をゴムべら紙で拭いた場合と流し捨てた場合の比較		同左		紙で拭いた場合と流しに捨てた場合との比較		ゴムべらで拭いた場合と流し捨てた場合との比較		同左		骨等をとり除き紙で拭いた場合と拭かない場合を比較		汁が残り処理しにくい紙で拭いた場合と拭かない場合を比較		紙で拭いた場合と拭かない場合の比較		同左	

5）家庭内発生源での対策の総括的な効果事例

表－2.5.12は、千葉県にある二つの団地の住民に生活雑排水対策実施の重要性とその対策のための各家庭でできる具体的な方法について十分に説明し、そして協力を願い、それらを実施した場合としない場合における水質浄化効果について汚濁負荷原単位で示したものである。

なお、ここで、調査を行った団地の排水は、A団地（23世帯、90人）が生活雑排水と単独し尿浄化槽の排水を同時に含んだもの、そしてB団地（10世帯、34人）は生活雑排水のみ（し尿はくみ取り）である。また、住民に協力要請した生活雑排水対策としては、メニューの②のa、③、④のほかに、さらに、

◎　米のとぎ汁や酒、ビールの飲み残しは、流しに流さず庭の植木にかけるなどする。

◎　洗剤は、無りんのものを正しく計って使う。また、洗濯機には、糸くずフィルターをつけること。

の２つの事項を加えた。

表－2.5.12　住民による生活雑排水対策実施前後における削減効果

団地＼項目 / 対策		排水量 (ℓ/人・日)	SS (g/人・日)	COD (g/人・日)	BOD (g/人・日)	T－N (g/人・日)	T－P (g/人・日)
A団地	対策前	343	27.0	18.8	42.0	7.47	0.95
	対策後	343	13.6	12.7	26.0	5.27	0.73
	削減率	—	49.6	32.4	38.1	29.5	23.2
B団地	対策前	195	14.7	22.5	39.7	1.07	0.20
	対策後	206	9.3	13.1	18.8	0.56	0.12
	削減率	—	36.7	41.8	52.6	47.7	40.0

両団地とも良好な結果を得ているが、SSについてはA団地のほうが効果が大きいにもかかわらず、BOD、COD、T-N、T-Pともすべて B団地のほうが削減率が高く、BOD、CODでは削減量もA団地を上回っている。

6．農業排水における浄化手法

（中部技術事務所）

6.1 はじめに

共同研究「河川、湖沼、ダム貯水池等の浄化方策についての総合検討」において、当地建の担当分野は農業排水路の浄化手法であり、平成6年度から8年度にかけて調査を行った。しかし、純粋に農業排水のみが流れる水路は、仮に存在したとしても、特に浄化を必要とするほど有機汚濁が進行しているとは考えられない。化学肥料や農薬の過使用による問題はあり得るが、それらへの対策は有機汚濁対策と比較して技術的に難しく、3年間の調査期間で中小の地方自治体や流域住民レベルで実施可能な浄化手法をとりまとめることは極めて困難と予想された。特に農薬対策となると、室内実験ならともかく、現地実験を行うのは容易でなく、浄化手法を考案できたとしても検証困難である。

したがって本調査では、浄化対象水域を「生活排水が混入している農業排水路」とし、浄化対象項目として「有機汚濁を主、窒素・リンを従」と決め、農薬対策は検討対象から外した。この観点から、浄化手法は接触酸化法を基本として、植生と特殊な微生物を併用した場合とも効果を比較しようと考えた。

6年度は室内実験より、接触材の選定と浄化装置の設計を行った。7年度は現地施設を設置し、2種類の接触材（成型クロボク土及び多孔質セラミック球）と水生植物（シュロガヤツリ及びパピルス）、EM菌を組合せた実験を行った。8年度は、前年度実験で効果を確認できなかったEM菌を除外する一方、接触材として乳酸菌飲料容器を追加して、現地実験を行った。これらの結果から浄化効果を検討するとともに、浄化シュミレーションモデルを作成して実験結果の普遍化を図った。

表－2.6.1 各年度の主要な検討項目

平成6年度	平成7年度	平成8年度
室内実験 現地実験準備	実験施設設置 現地実験（実験1）	現地実験（実験2） 実験結果整理解析 浄化ｼﾐｭﾚｰｼｮﾝﾓﾃﾞﾙ 作成

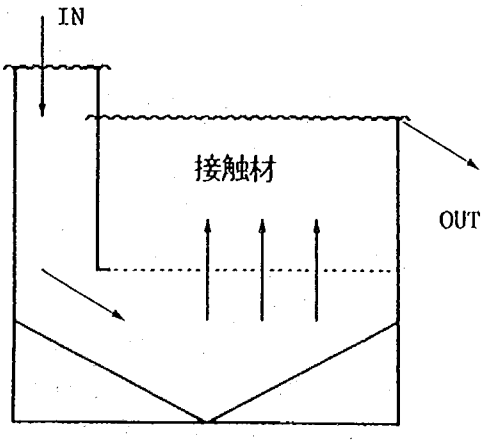
6.2 調査方法及び調査結果

6.2.1 室内実験

(1) 浄化係数

成型クロボク土、多孔質セラミックス球、木炭、底を抜いた要量65mℓ乳酸菌飲料容器の4種類の接触材について、人工下水（残留塩素を除いた水道水にペプトン、肉エキス、尿素、牛乳、無機塩類を添加；BOD約50mg/ℓ、COD約30mg/ℓ、波長660nmの吸光度約0.04）を使用して、BOD浄化係数とCOD浄化係数を求めた。また多孔質セラミックス球と木炭にEM菌を添加したケースについても実験した。実験方法は、図－2.6.1に示す上向流式浄化ユニット（外寸L 0.27m×W0.25m×H0.15m）に接触材を詰め、人工下水を1週間循環させた後、8日目に人工下水を交換し、その直後及び1日後、2日後、4日後、6日後の水質を測定した。その結果、BODの浄化係数は、木炭、成型クロボク土、多孔質セラミックス球、乳酸菌飲料容器の順に高かった。EM菌添加（以下EM固定という）の効果は認められなかった。

なお、本実験で使用した成形クロボク土は鹿児島産のクロボク土にセメントを少量バインダーとして添加したものであり、合併浄化槽の接触材等に使用されて



図－2.6.1 浄化ユニット

いる。大きさは挙大であるが、比較的容易に分割できる。また、多孔質セラミックス球は水耕栽培に使用されている直径10～20mmの多孔質のセラミック球であり、堅く壊れにくい。

CODの浄化係数は、木炭、乳酸菌飲料容器、多孔質セラミックス球、成型クロボク土の順であり、EM固定化は逆効果であった。なおCODについては、不思議な現象があり、成型クロボク土及びEM固定多孔質セラミックス球、EM固定木炭において、1日目にはCODが低下するが、2日目以降は逆に増加した。一方、通常の多孔質セラミックス球と乳酸菌飲料容器ではこのような増加現象は認められなかった。このCOD増加の原因としては、成型クロボク土においては接触材からの溶出が、またEM固定多孔質セラミックス球と同木炭においては内部生産が考えられるが、BODには表れるなど、説明しにくい点が多い。

EM固定による効果は、有機物処理に対しては初めの実験では認められなかったが、濁度（波長660nmにおける吸光度で測定）については明らかに認められた。また有機物に対する浄化係数も、固定1ヵ月後に行った再実験ではかなり改善されており、長期間に渡って使用すれば、効果も表れる可能性は残った。

表－2.6.2に室内実験による接触材の浄化係数と性質をまとめて示す。

表－2.6.2　室内実験から求めた各接触材の浄化係数と性質

接触材の名称	浄化係数1/h		濁り除去	EM固定化	形状・性質	総合評価
	BOD	COD				
なし（対照実験）	0.035	0.015	小	－	－	－
成型クロボク土	0.090	0.027	中	可	不定形、やや強い	○
木炭	0.091	0.058	大	可	脆く、目詰りしやすい	△
EM固定木炭	0.095	0.04	大	－	－	－
乳酸菌飲料容器	0.075	0.044	小	不可	プラスチック、空隙率大、軽量	△
多孔質セラミックス球	0.085	0.037	中	可	硬質の球、多孔質	○
EM固定多孔質セラミックス球	0.041	0.023	大	－	－	－
〃　（1ケ月後）	0.066	0.05	中	－	－	－

注：BOD、CODの浄化係数は自然対数eをベースとしたものである。

(2)　接触材選定

木炭はバランスの取れた浄化能力を有するが、脆く崩れやすい性質があり、かつ目詰りしやすいため、接触材としての寿命が短い欠点がある。成型クロボク土はBODの除去能力は木炭に匹敵し、やや脆いものの木炭より丈夫である。また、クロボク土自体がリンと農薬に対する吸着能力が優れている利点がある。乳酸菌飲料容器はBOD、CODに対しては有効であり、目詰りしにくく軽量であるなど利点も多いが、濁りの除去能力は小さく（ただしこれは透過光濁度として表れる微小粒子に対してであり、SS分の除去能力は別であるが）、素材が多孔質でないためEM固定には向かない。多孔質セラミックス球はBOD、CODの除去能力に加えて濁りの除去能力もあり、多孔質であるからEM固定にも適する。さらに水生植物の基としても最適である点も評価できる。以上の検討から、成型クロボク土と多孔質セラミックス球を現地浄化実験の接触材として採用することにした。なお、現地実験では室内実験の4倍スケールの浄化ユニットを使用したが、接触材の充填量は1ユニット当たり約180Lである。

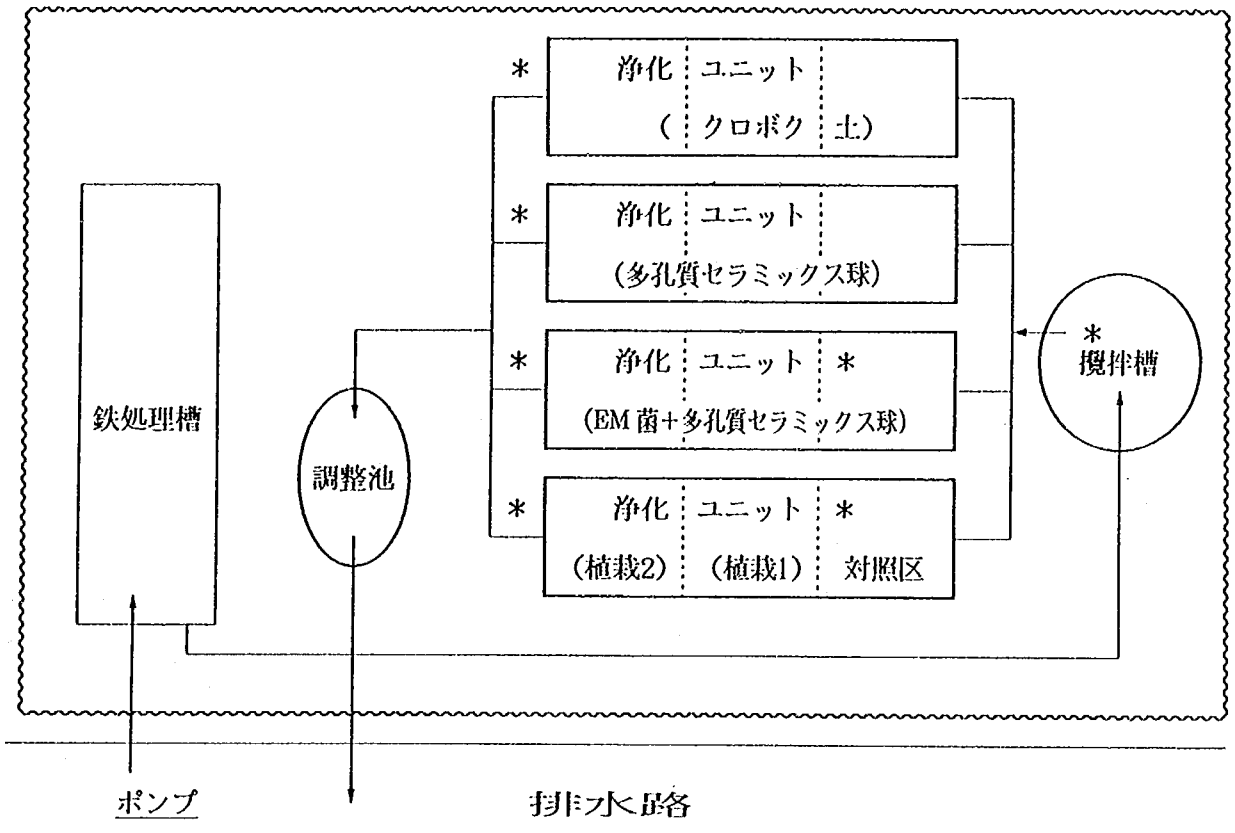
6.2.2　現地実験

(1)　現地実験施設

岐阜県海津町内の、生活排水も流入する農業排水路に接して現地実験施設を設置した。浄化方式はポンプアップによる接触酸化方式で、上向流式の浄化ユニット（外寸L1.1m×W1.0m×H0.6m）を3段直列につないだ試験区を4系列作成し、それぞれに**表－2.6.2**に示す接触材及び水生植物を使用して実験した。いずれの系も送水量は毎分約4Lであり、1ユニット当たりの滞留時間は1時間である。なおこの浄化ユニットのデザインは近畿技術事務所が寺内谷川で使用した実験施設にヒントを得ているが曝気はしていない。

表－2.6.3　試験系列別の接触材及び水生植物

試験区名	第1段ユニット	第2段ユニット	第3段ユニット
クロボク土区	成型クロボク土(バインダー：セメント)	同左	同左
多孔質セラミックス球	多孔質セラミック球(φ20mm)	同左	同左
EM固定区	多孔質セラミックス球+EM固定	同左	同左
対照区・植栽区	接触材なし（対照区）	多孔質セラミックス球+シュロガヤツリ（植栽1）	多孔質セラミックス球+パピルス（植栽2）

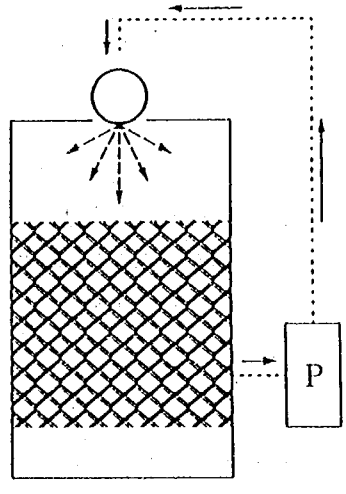


図－2.6.2　現地浄化実験施設配置模式図（平成7年度、＊採水箇所）

施設の概略を図－2.6.2に示す。ここで鉄処理槽を設置したのは、当該排水路の底層に、地下水由来の溶解性鉄を多量に含む低温水塊が滞留しており、この溶解性鉄が酸化されることによって浄化施設の配管・接触材等に目詰りを生じるのを防ぐためである。この水塊の存在は事前に行った現地踏査では発見できず、現地実験施設の試運転によって判明したものである。

(2)　EM菌固定

EMは有用微生物群(Effective Micro-organisms)を表す造語であり、性質の異なる数十種類の細菌を混合したものと言われている。生ごみ処理等にEMを利用する試みは各所でなされているが、水質浄化への利



図－2.6.3　EM固定方法

用事例は比較的少なく評価は分かれている。

本実験では、接触材の多孔質セラミック球（表面から内面にφ40ミクロン程度の細孔が通じており、この中に微生物が生育できる）を洗浄、乾燥した後に、容積600Lのポリタンクに入れ、1昼夜EM液200ℓを循環散布して固定した。

(3) 現地実験（実験1）

1）実験内容

平成7年9月から平成8年2月の間に、水質分析、生物調査等を計7回（水質分析は1回に付き7検体）実施した。また、汚泥発生量等の施設管理調査も実施した。

・水質項目：水温、濁度、pH、電気伝導度、塩分濃度、SS、DO、BOD、溶解性BOD、COD、溶解性COD、総窒素、有機態窒素、アンモニウム態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素、総リン、リン酸態リン、総鉄、溶解性鉄

・生物項目：顕微鏡観察、細菌類、植物体湿重量、植物体成分

・その他：気温、日射量、風速、降水量、付着物、小動物、臭気等

2）実験結果

7回行った現地調査において、各浄化ユニットへの平均流入水質は、BOD2.2mg/ℓ、COD5.8mg/ℓ、総窒素2.1mg/ℓ、総リン0.22mg/ℓ、溶解性鉄4.3mg/ℓであり、有機物濃度はかなり低かった。これは主に、排水路の底層に滞留する溶解性鉄を多く含む水塊を避けるために、表面水付近の水をポンプアップして使用したこと（この排水路は表層水の方が汚濁されている）と、鉄処理槽で溶解性鉄を除去する際に粒子性有機物を一部が鉄とともに沈澱除去されてしまったことによると考えられる。浄化施設の目詰まりを防ぐために取った処置であるが、そのため浄化実験を行うにはきれい過ぎる水質となって、実験精度の低下を招いたと思われる。

水質調査結果から計算した除去率を表－2.6.4に示す。BODとCOD、総窒素の除去率はバラツキが大きく、除去率の平均値と標準偏差とが同程度となっているため、接触材や植栽による浄化効果はごく大雑把な比較しかできない。これに対して、総リンと溶解性鉄の除去率は安定している。

溶解性鉄を除く全ての項目で、クロボク土・多孔質セラミックス球・EM固定多孔質セラミックス球の3試験区に対して、植栽1・植栽2・対照区の3試験区の除去率が約半分以下となっている。これは前3試験区の滞留時間は3時間であるのに対して、後3試験区の滞留時間は1時間であることによる影響が大きい。

BODの除去率は、EM固定多孔質セラミックス球試験区がクロボク土試験区と多孔質セラミックス球試験区より大きいが、この差は統計的に有意とは言えない。これら3試験区の除去率（40%余）は3時間という比較的長い滞留時間の割には低いようであるが、現地実験の半数以上が低水温で微生物による浄化効率が悪い冬季に行われたことを考慮すれば、そう悪い結果ではない。植栽1及び植栽2試験区は対照区と比較して同程度であり、対照区（接触材を使用しない、空の浄化ユニット）が持つ浄化能力以上の効果は表れなかった。

CODの除去率はBODの半分程度であり、接触材による差は認められなかった。CODの除去率がBODより低いのは、接触酸化法に共通の現象である。

総窒素の除去率は滞留時間3時間の試験区で20%弱とまずまずの結果であるが、植栽試験区では対照区より悪く、浄化効果は表れなかった。植栽試験区は他の試験区より生物相が豊かであるため、内部生産により窒素が増加した可能性も考えられるが、単に実験誤差に埋もれてしまったのかもしれない。

総リンの除去率は滞留時間3時間の試験区で約80%と、接触酸化法といては驚異的な結果であり、1時間の試験区でさえも約40%の高い除去率を示した。接触材と植栽による差は誤差の範囲内である。

これは、溶解性鉄が対照区を除いて約90%除去されていることと関係があると思われる。溶解性鉄が酸化され、水酸化鉄として沈澱除去される際に、リンが水酸化鉄の沈澱に取り込まれて除去されたものであろう。本実験において溶解性鉄は邪魔な存在であったが、リンの除去に関しては予想外の好結果をもたらしたようである。さらに言えば、溶解性鉄が含まれない排水中のリンを除去したい場合は、溶解性鉄を数mg/ℓ添加すれば、高い除去効果が期待できると考えられる。

なお植栽区の浄化効果は、対照区と同程度であり、実験誤差に埋もれてしまった。パピルスは冬季に枯死したが、シュロガヤツリは根が生き残り、再利用可能であった。

(4) 現地実験（実験2）

1）実験施設の改造

平成8年度の現地実験には前年度に設置した施設を利用したが、実験1の結果を踏まえて、接触材の構成

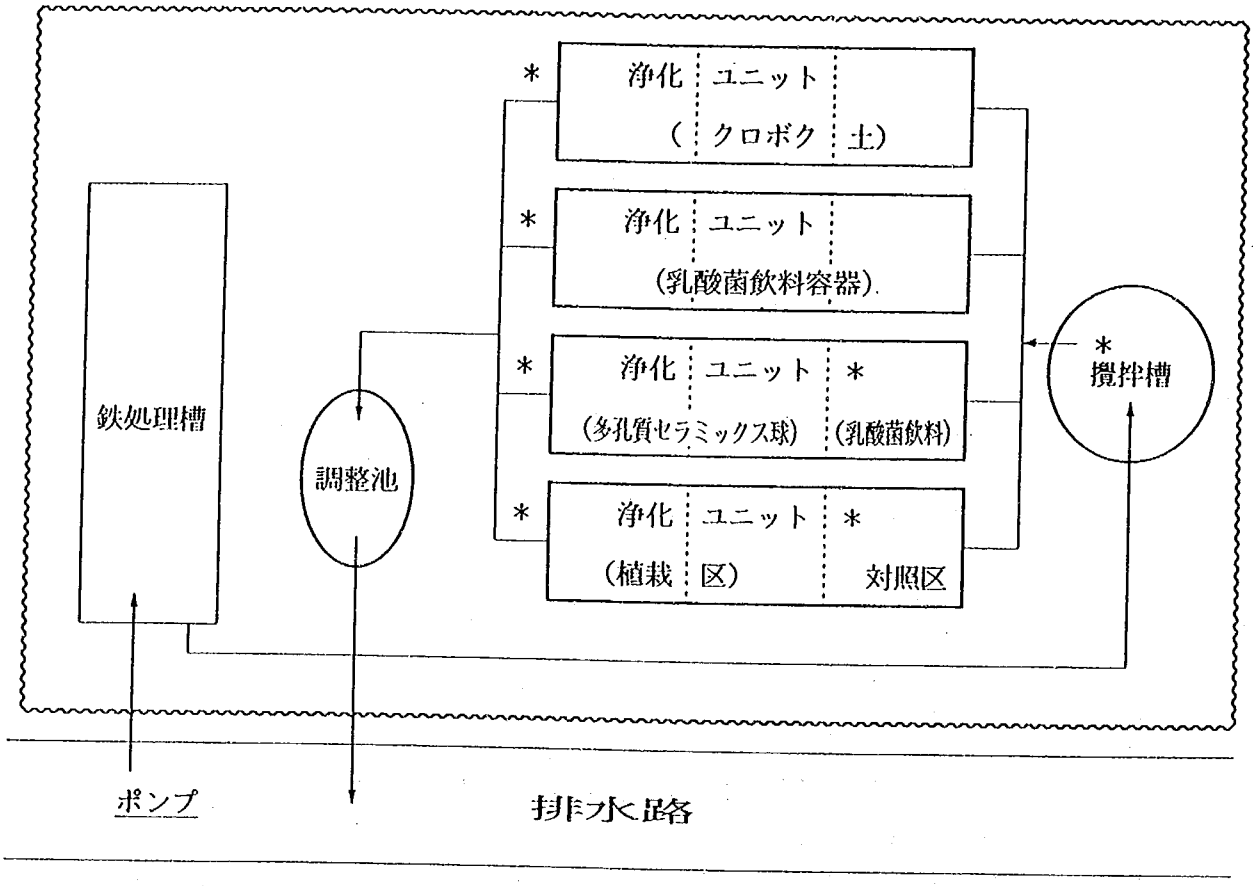
表－2.6.4　現地実験除去率一覧表（実験１）(単位：%)

項目	試　験　区	第１回 9/20	第２回 10/20	第３回 11/21	第４回 12/6	第５回 12/21	第６回 1/25	第７回 2/8	平均	標準偏差	滞留時間
BOD	クロボク土	-21	50	46	82	-9	46	85	40	41	
	多孔質セラミックス球	6	50	63	93	0	69	46	47	34	3 hr
	多孔質セラミックス球+EM	21	61	54	93	55	73	85	63	24	
	植栽１シュロガヤツリ	62	-5	7	63	50	-15	13	19	31	
	植栽２パピルス	19	50	7	67	0	47	14	29	25	1 hr
	対照区	21	-6	38	41	-9	50	39	25	24	
COD	クロボク土	18	-9	30	20	2	45	65	24	25	
	多孔質セラミックス球	18	9	26	27	36	44	61	32	17	3 hr
	多孔質セラミックス球+EM	20	-4	28	27	10	46	65	27	23	
	植栽１シュロガヤツリ	-2	2	11	20	11	14	-6	7	9	
	植栽２パピルス	10	8	10	5	3	9	30	11	9	1 hr
	対照区	3	-11	0	-2	-5	21	37	6	17	
T-N	クロボク土	4	23	1	20	16	23	17	15	9	
	多孔質セラミックス球	25	16	-10	35	33	23	17	20	15	3 hr
	多孔質セラミックス球+EM	21	7	1	26	30	26	22	19	11	
	植栽１シュロガヤツリ	20	23	-15	15	4	-4	-3	6	14	
	植栽２パピルス	-8	-7	6	5	6	-13	4	-1	8	1 hr
	対照区	3	1	13	10	7	31	22	12	11	
T-P	クロボク土	72	69	68	93	75	78	90	78	10	
	多孔質セラミックス球	84	260	82	99	84	83	88	87	6	3 hr
	多孔質セラミックス球+EM	85	60	74	97	86	90	87	83	12	
	植栽１シュロガヤツリ	58	51	35	68	43	44	32	47	13	
	植栽２パピルス	12	29	13	63	58	33	49	37	21	1 hr
	対照区	37	33	40	39	52	37	27	38	8	
溶解性鉄	クロボク土	90	99	74	97	97	77	89	89	10	
	多孔質セラミックス球	99	99	96	99	99	82	96	96	6	3 hr
	多孔質セラミックス球+EM	98	99	99	99	99	96	96	98	1	
	植栽１シュロガヤツリ	93	97	69	90	89	59	13	83	15	
	植栽２パピルス	97	99	95	99	96	75	80	92	10	1 hr
	対照区	68	62	15	44	45	25	16	43	20	

注：網かけのデータは異常値とみなして計算から除外した。

表－2.6.5　試験系列別の接触材及び水生植物

試験区名	第1段ユニット	第2段ユニット	第3段ユニット
クロボク土区	成型クロボク土	同左	同左
乳酸菌飲料区	乳酸菌飲料容器	同左	同左
混　合　区	乳酸菌飲料容器	多孔質セラミックス球（下層に成型クロボク土少量使用）	同左
対照区・植栽区	接触材なし（対照区）	多孔質セラミックス球＋シュロガヤツリ（植　栽　区）	同左



図－2.6.4　現地浄化実験施設配置模式図（平成8年度、＊は採水箇所）

等を一部変更して実施した。（表－2.6.5参照）。

まず、EM固定による効果は明確でなかったので廃止し、代りに室内実験で検討した乳酸菌飲料容器の試験区を設置した。実験1で乳酸菌飲料容器を採用しなかった主な理由はEM固定に向かないことであり、EM固定をしないのであれば、空隙率が大きく目詰りしにくい乳酸菌飲料容器の特徴が活きてくると考えられた。また多孔質セラミックス球の目詰まりを防ぐ目的で、混合区の第1段ユニットにも充填した。

実験1では接触材を載せる底板の穴（直径1cm）が汚泥で目詰りすることがあった。この対策として底板の直径を大きくしたが、このために多孔質セラミックス球が落下しては困るので、成型クロボク土を底板に敷き詰め、その植土に多孔質セラミックス球を充填した。

植栽は、冬季に枯死するパピルスをやめ、シュロガヤツリに統一した。

さらに、実験1では有機汚濁が低レベルであり、実験結果のバラツキが非常に大きかった。この対策として、攪拌槽に常時有機物溶液（糖蜜の原液及び希釈液）

を滴下するとともに、袋入りの鶏糞を浸漬することによって、BODを2～100mg／ℓという広範囲に調整した。現地実験というより室内実験に近い手法であるが、調査最終年度に至って、より適切な水路を新規に探し出して実験施設を移設するのは極めて困難であり、やむを得なかった。

2）実験内容

平成8年8月から10月の間に、実験1と同様の観察・分析を5回実施した。

3）実験結果

表－2.6.6にBODとCODの除去率を示す。平成7年度と比べてバラツキは小さく、標準偏差は平均値の半分程度におさまった。滞留時間3時間でBOD除去率は約40%、COD除去率は約30%であり、平成7年度とほぼ同程度である。クロボク土区と乳酸菌飲料区とでは大差ないが、クロボク土区の方が幾分良好のようである。

表－2.6.6　現地実験除去率一覧表（実験1）(単位：%)

項目	試　験　区	第1回 8/15	第2回 9/12	第3回 9/19	第4回 9/26	第5回 10/3	平均	標準偏差	滞留時間
BOD	クロボク土区	62.2	47.2	36.7	5.9	67.7	43.9	24.5	3 hr
	乳酸菌飲料区	26.1	44.9	38.2	23.5	69.2	40.4	18.3	3 hr
	混合区（乳酸菌飲料）	37.4	6.3	45.6	17.6	44.6	30.3	17.5	1 hr
	〃（多孔質セラミックス球）	32.7	55.0	49.3	42.9	33.3	42.6	9.8	2 hr
	植栽区（シュロガヤツリ）	50.2	51.7	54.7	72.2	46.3	55.0	10.1	2 hr
	対照区	33.0	13.2	10.3	-5.9	36.9	17.5	17.6	1 hr
COD	クロボク土区	49.2	35.7	24.5	27.6	29.9	33.4	9.7	3 hr
	乳酸菌飲料区	27.9	31.5	7.5	18.4	21.1	21.3	9.3	3 hr
	混合区（乳酸菌飲料）	21.5	-7.8	14.8	5.3	25.9	11.9	13.5	1 hr
	〃（多孔質セラミックス球）	31.9	49.4	18.8	15.3	5.5	24.2	17.0	2 hr
	植栽区（シュロガヤツリ）	26.0	46.6	24.0	9.5	15.4	24.3	14.1	2 hr
	対照区	47.2	-0.9	8.2	17.1	20.4	18.4	18.1	1 hr

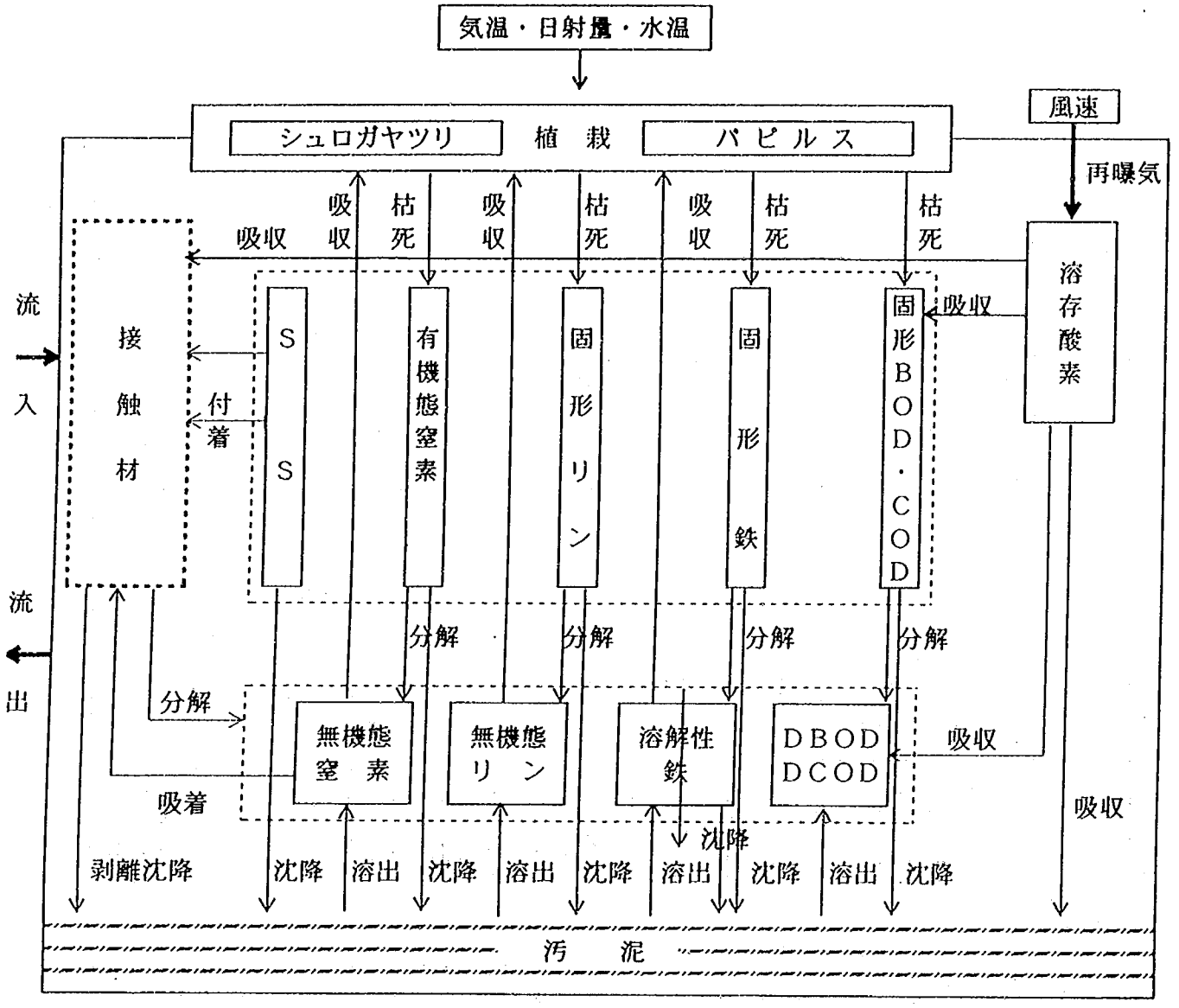
また、植栽による浄化効果を把握するために、植栽区に植えたジュロガヤツリーの一部をマーキングし、その湿重量の変化を追跡した。1つの株は、実験を開始した7月12日から終了時の10月3日の間に、湿重量は40.7gから850gへと21倍増加した。もう1つの株は同じ期間に17.6gから580gへと33倍増加した。さらに、これらの株の化学組成を分析した結果から、浄化ユニット1基（20株）当たりの栄養塩類除去量を算出した。その結果は、T-N25.1g/基/83日、T-P3.2g/基/83日であった。

この間の全給水量は約480,000ℓであるから、1基当たりの濃度低減効果は、T-Nで約0.05mg/ℓ、T-Pで約0.007mg/ℓとなる。これは除去率に換算すると2%程度であり、1基だけではほとんど誤差の範囲でしかない。本実験で使用したシステムで、植栽によって窒素・リンを有効に除去するには、浄化ユニットを少なくとも5基以上連結する必要がある。

6.2.3　浄化シュミレーションモデル

ボックスモデルを用いて、現地実験に適用すべき、浄化シュミレーションを作成した。本モデルは、パソコン（WINDOWS3.1及びWINDOWS95）上で動作し、水質、生物、気象等の多数の項目が連動して、与えられた条件下における浄化効果を予測あるいは再現することができる。浄化モデルのイメージを**図－2.6.5**に示す。

現地実験結果の再現計算により、モデルはおおむね妥当に構築されていることが確認された。このモデルを愛知県内のＳ川（平成７年度の水質は、BOD4.5～43mg/ℓ、総窒素4.3～12.5mg/ℓ）に適用し、浄化効果の推定を行った。多孔質セラミックス球にシュロガヤツリを組み合せた場合の除去率予測計算結果を表－2.6.7に示す。



図－2.6.5 浄化モデルのイメージ

表－2.6.7　S川に浄化ユニットを適用した場合の除去率予測結果（接触材：多孔質セラミックス球、植栽：シュロガヤツリ）

対象項目	滞留時間0.5 時間	滞留時間1.0 時間	滞留時間2.0 時間
溶存酸素　(%)	12.3	17.4	21.0
S　S　(%)	90.0	97.7	99.5
溶存BOD (%)	50.1	71.7	88.7
固形BOD (%)	53.0	75.0	90.4
溶存COD (%)	34.3	54.2	75.1
固形COD (%)	50.8	72.0	87.0
無機態窒素 (%)	4.9	9.7	18.5
有機態窒素 (%)	33.6	54.6	77.4
無機態リン (%)	14.5	19.0	25.1
固形リン　(%)	54.5	77.2	93.2

注１：平均除去率は年間平均値からの試算,　注２：溶存酸素は悪化率と考える

6.3　まとめ

本調査では、生活排水が混入する農業排水路の簡易浄化システムを検討した。上向流浄化ユニットを３個連結（滞留時間３時間）すると、曝気なしでもBODを約40%、CODを約30%、窒素を約20%除去できた。また、溶解性鉄が数mg／ℓ共存するという特殊な条件下ではあるが、リンを約80%除去できた。ただし、この極めて高いリンの除去効果は、一般的に得られるものとは考えられない。現に、平成８年度に行った高負荷条件下での実験では、平成７年度と基本的に同じ浄化システムを用いたにもかかわらず、リンの除去率は－35%から＋80%の広い範囲に分布しており、一定の傾向を示さなかった。

7．都市排水路における浄化手法

（近畿技術事務所）

7.1 調査の背景及び目的

凝集沈殿法は一般的な物理化学的方法であり、特に浮遊物質，リンの除去ではかなりの効果が期待できる手法である。また、小規模で、かつ効率的な浄化施設となるため、都市排水路に浄化施設を設置する際の用地上の問題も、ある程度は解消できる。

ここでは、凝集沈殿法を都市排水路の浄化手法として適用し、良好な浄化効果を維持するために必要な技術的要件を明らかにすることを目的としている。近畿技術事務所構内で実施した浄化実験結果をもとに得られた知見を、以下の項目について知見を取りまとめた。

(1) 水質浄化効果と運転条件の関係（浄化処理水量，凝集剤及び凝集助剤の種類，最適注入率）

(2) 発生汚泥量と汚泥処理・処分方法の検討

(3) 施設稼動に伴う影響検討（臭気，凝集剤及び凝集助剤注入による影響）

7.2 調査方針及びフロー

本実験では、主に以下の３つに示す制御因子をパラメータとし、種々の条件下における水質浄化特性，汚泥特性に係わるデータを収集するものである。

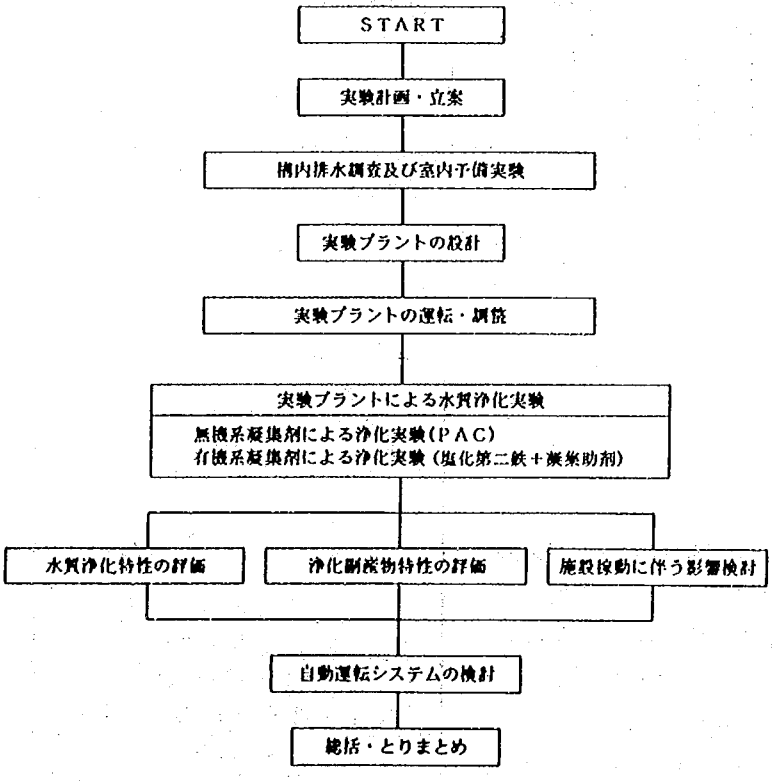
◎実験施設処理水量

◎凝集剤の種類…PAC：ポリ塩化アルミニウム
塩化第二鉄＋高分子凝集剤（ポリアクリル酸ナトリウム）

◎凝集剤注入率

また、流入原水の汚濁レベルに応じた薬品注入を行なうことを目的とした自動運転システムの確立を行なう。

なお、調査フローを図－2.7.1に示す。



図－2.7.1 凝集沈殿法による水質浄化実験調査フロー

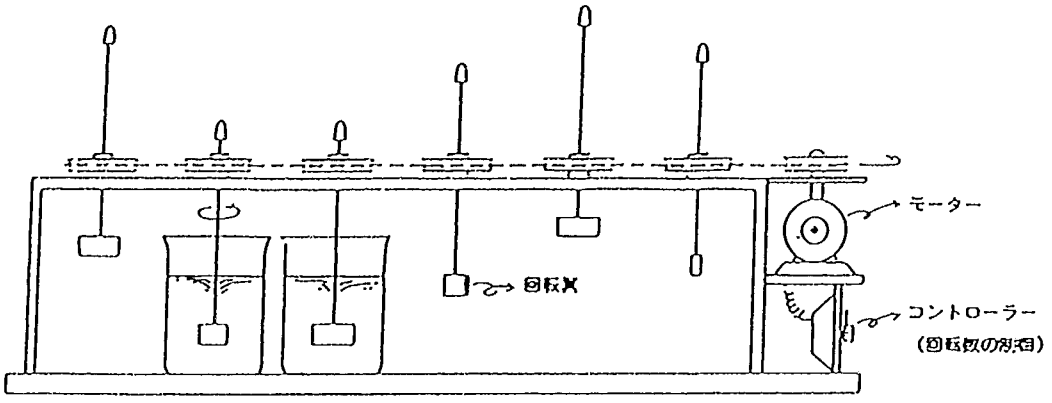
7.3 室内予備実験

7.3.1 実験方法

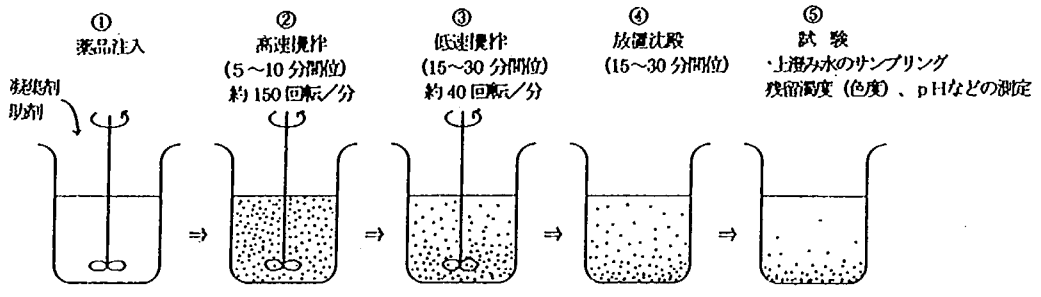
プラント実験を行なうにあたり、運転条件の概略を把むために室内予備実験(ジャーテスト)を行なった。各凝集剤を段階的に設定した注入率において生成するフロックの凝集，沈降特性及び水処理特性を参考とする。室内予備実験の実験器具及び手順を図－2.7.2及び図－2.7.3に示す。なお、以下の３つのケースについて実験を行なった。

① PAC注入率を変えたケース
② 塩化第二鉄注入率を変えたケース
③ 塩化第二鉄（固定）＋凝集助剤注入率を変えたケース※

《水質分析項目》pH，濁度，T-P，溶存態T-P(D-T-P)



図－2.7.2 実験器具（ジャーテスター）



図－2.7.3 ジャーテストの手順

※ 凝集剤の生態への影響を配慮して、天然系の凝集助剤を用いることとした。ここで使用する高分子凝集助剤は、数種候補として挙げられた高分子凝集剤の中から、事前に行なったジャーテストの水質浄化効果と運用コストの観点から選定したものである。この凝集剤の性状を右表－2.7.1に示す。

表－2.7.1 凝集助剤の特徴

商品群	ポリアクリル酸ナトリウム系
特性	タンパク回収用
比重	0.80±0.10
有効ｐＨ域	4～6
水溶液ｐＨ(0.1%)	9.5±1.0
水溶液粘度 mPa・s(cP)(0.1%)	300±100
使用溶液濃度(%)	0.05～0.15
添加量(ppm)	1
単価(円/kg)	900
処理水 1m3 当たりのコスト(円)	1
包装(Kg)	15

※ コストは凝集助剤のみ(条件:1l/m3)の金額である

7.3.2 ジャーテスト実験結果

PAC，塩化第二鉄，高分子凝集助剤に対するジャーテスト結果の概要は次のとおりである。

① PAC

◎注入率が高いほど除去効果は優れるが、注入率が40～60mℓ/m³では注入率増加の割に差が出ていない。

◎注入率が高いほど、pHは低下する

② 塩化第二鉄

◎注入率を100mℓ/m³以上とするとpHの低下幅が大きくなる。

◎リン，濁度については100mℓ/m³の注入率で最も良好な効果が得られる。

◎凝集剤を過剰に注入すると、逆に水質が悪化する傾向がみられる。

③ 塩化第二鉄＋凝集助剤

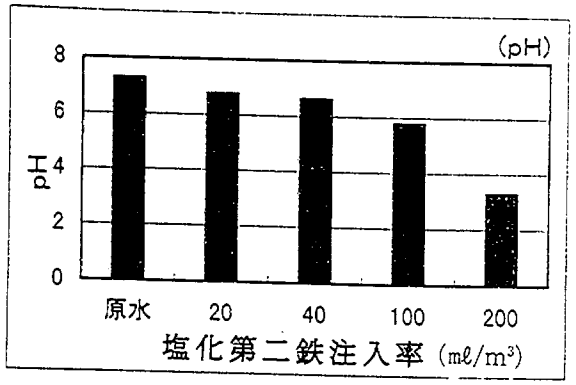
◎凝集助剤注入率を増加させると、pHは若干ながら上昇する。

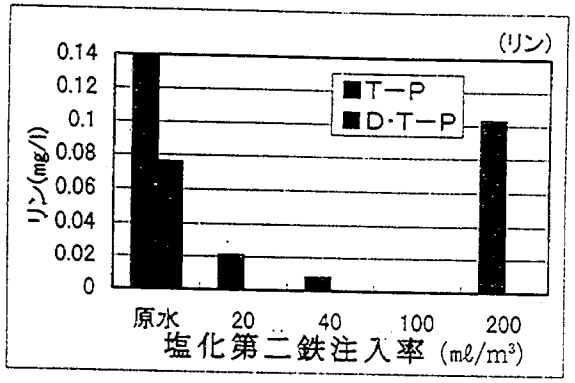
◎リン，濁度については各注入率で同等の効果が得られ、大きな差異はみられない。

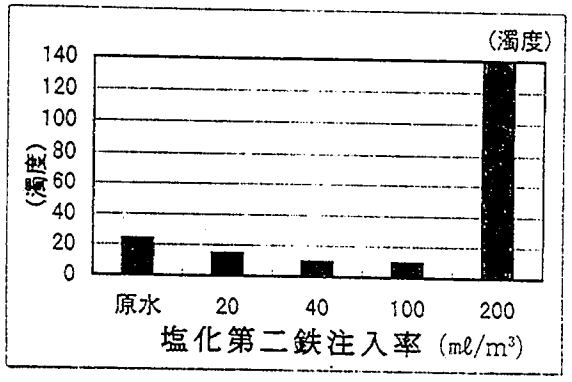
この実験結果をもとに、PAC，及び塩化第二鉄＋凝集助剤を用いた連続通水プラント実験では次の注入率で行なうこととした。

① PAC使用時
PAC注入率：20～60mℓ/m³

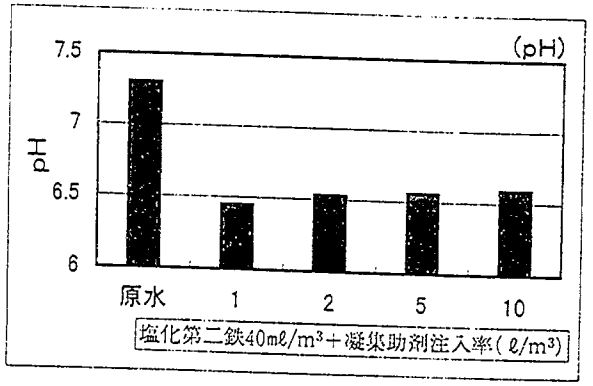
② 塩化第二鉄＋凝集助剤
塩化第二鉄：40ml/m³
凝集助剤：0～2l/m³

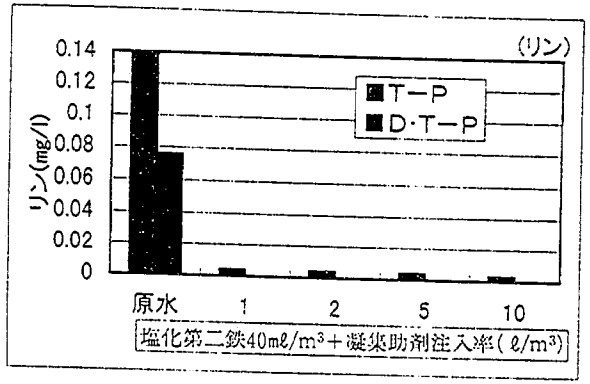


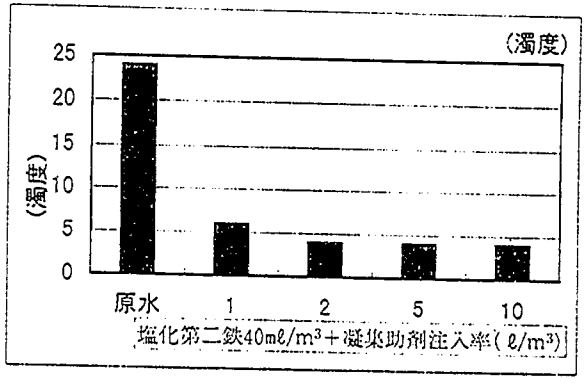




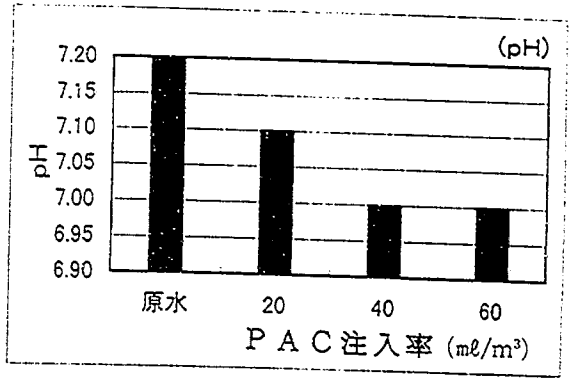
《塩化第二鉄 注入率を変えたケース》

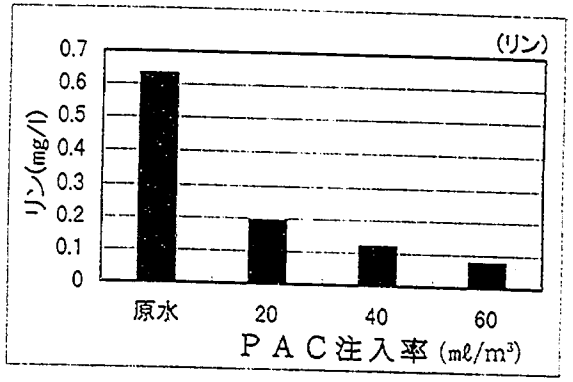


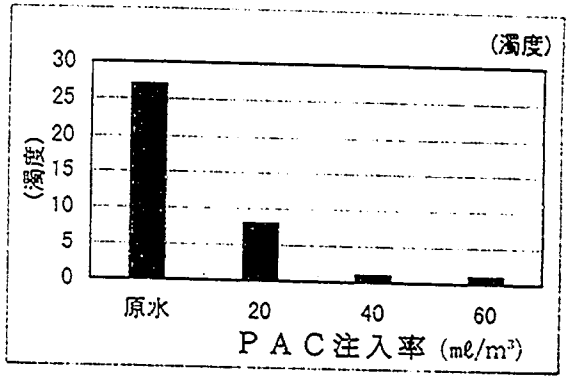




《凝集助剤 注入率を変えたケース》







《PAC 注入率を変えたケース》

図−2.7.4 室内予備実験結果

7.4 連続通水プラント実験

7.4.1 プラント概要

実験プラントは、大きく凝集沈殿ユニット，汚泥濃縮槽，風乾床から構成されている。

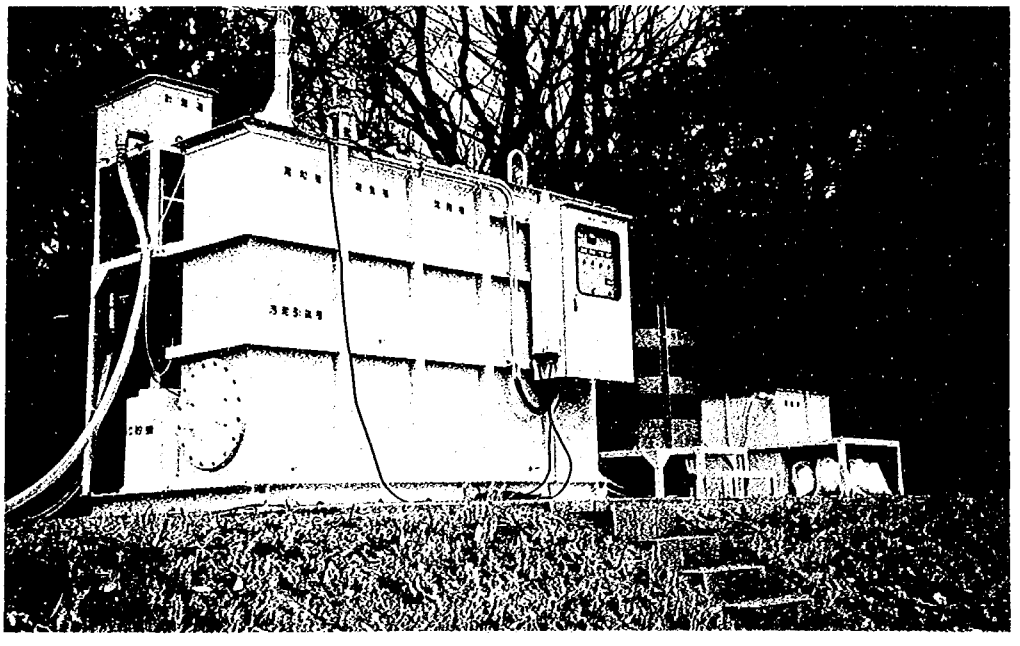
取水された原水は、混和槽において凝集剤と混合・急速撹拌され、その後に凝集槽において緩速撹拌され、フロックが形成させる。生成したフロックは沈殿し、水質は浄化される。本実験プラントは、凝集槽に凝集助剤として高分子凝集剤を加えることにより、フロック形成を促進できる施設となっている。処理水は自然放流され、沈殿した汚泥は汚泥濃縮槽で濃縮後、風乾床で乾燥される。

この実験プラントは近畿技術事務所構内に設置しており、実験に用いた浄化対象汚水は近畿技術事務所の下水２次処理水である。

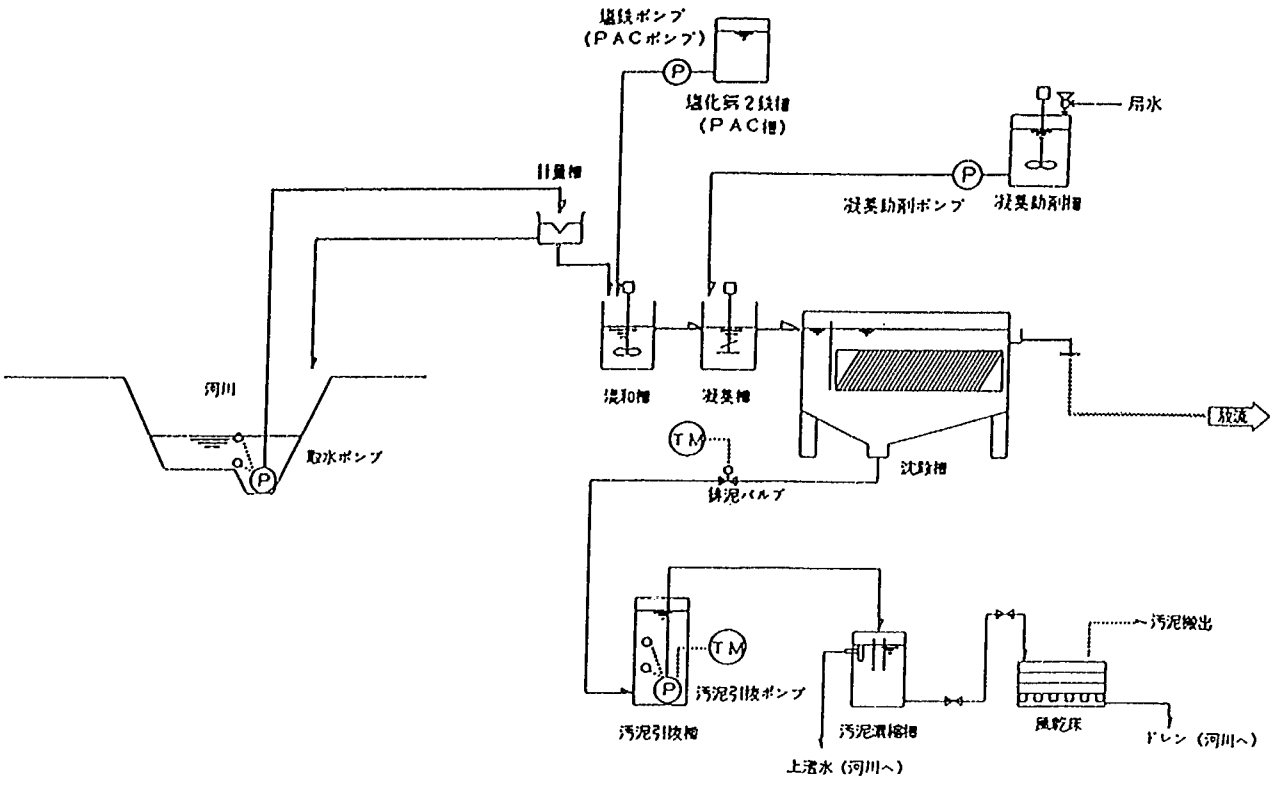
実験プラントの概要及び仕様を図－2.7.5及び表－2.7.2に示している。また、凝集沈殿処理フローを図－2.7.6に、設備構成機器を表－2.7.3に示す。

表－2.7.2 実験プラントの仕様と方式

設計処理水量	10m³/H (24時間連続処理)
水処理工程	凝集沈殿処理（混和＋凝集＋沈殿）
	滞留時間…混和槽 5.04分間 凝集槽 40分間 沈殿槽 2.35時間 合計3.43時間
凝集剤	① PAC 10%溶液 ② 塩化第二鉄（38%溶液）＋高分子凝集剤（38%溶液）
汚泥処理工程	濃縮＋風乾



図－2.7.5 凝集沈殿実験プラント概要



図－2.7.6　凝集沈殿処理フロー

表－2.7.3　設備構成機器

NO.	設備名称	能力	数量
1	取水ポンプ	20 l／min×8 mH(40A)	1台
2	計量槽	0.417m³／hr.　30度堰	1基
3	混和槽	0.035m³，攪拌機：300rpm	1基
4	凝集槽	0.278m³，攪拌機：72rpm 回転数可変用インバーター付	1基
5	沈殿槽	0.7m³，　0.6m²	1基
6	汚泥引抜バルブ	50 A　電動バルブ	1台
7	汚泥引抜槽	0.44m³	1基
8	汚泥引抜ポンプ	22 l／min×5 mH(40A)	1台
9	汚泥濃縮槽	1m³	1基
10	風乾槽	0.2m³，　1m³	1台
11	PAC貯槽 (塩化第二鉄)	50 l	1基
12	PACポンプ (塩化第二鉄)	0.26 l／hr.×5 kg／cm² = 4.3 cc／min	1台
13	凝集助剤槽	100 l　攪拌機：300rpm	1基
14	凝集助剤ポンプ	27.8 cc／min	1台

7.4.2 プラント実験の調査内容

室内予備実験結果をもとに以下に示す条件で連続通水プラント実験を実施した。測定する水質項目及び実験条件は表－2.7.4，表－2.7.5のとおりである。

凝集沈殿法では、主にSS，リンが高い割合で除去されるので、浄化効果を評価するにあたってはこの2項目を用いることとした。また、凝集沈殿法により、その他の水質項目（BOD，COD，PO４-P，総窒素及び各項目の溶存態）についてもどの程度の浄化効果があるか、及びその浄化効果の内訳(溶存態，懸濁態)を把握するため、これらの項目についても分析を行なうこととした。なお、アルミニウム（Al）の測定は、生態への影響を勘案して行なった。

表－2.7.4 測定水質項目 (D・は溶存態)

有機物	BOD、D·BOD、COD、D·COD
栄養塩類	T-P、D·T-P、PO４-P、D·PO４-P、T-N、D·T-N
その他	pH、SS、Al

表－2.7.5 連続通水プラント実験条件

項目		運転条件	備考
浄化水量		5～15m³/日	－
注入率	PAC	20～60mℓ/m³	10%液体
	塩化第二鉄	40mℓ/m³	38%液体
	凝集助剤	0～2ℓ/m³	0.1液体

7.4.3 水質浄化特性

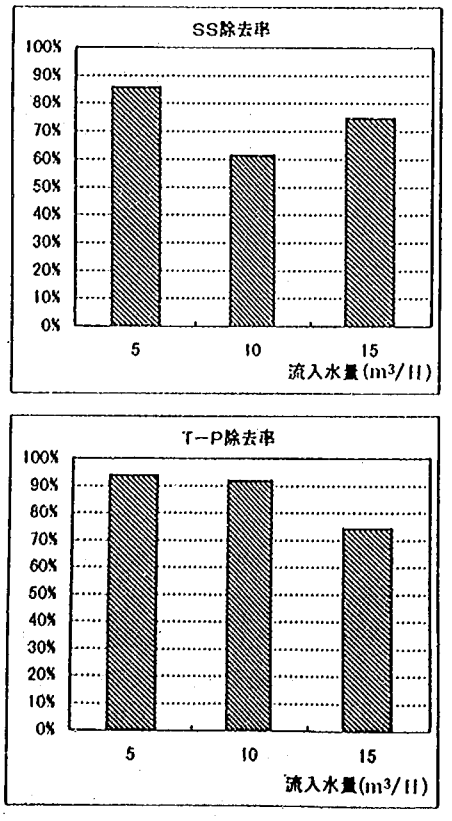
プラント実験の調査結果を、以下の3項目についてまとめた。

(1) 処理水量と水質浄化効果
(2) 凝集剤の違いと季別(水温)による水質浄化効果
(3) 成分比率にみる水質浄化特性

(1) 処理水量と水質浄化効果

実験プラントへの処理水量を変えて、水質浄化効果へ及ぼす影響をT-P、SSについて図－2.7.7に示している。処理水量は、5、10、15m³/日の3ケースで行なった（設計流量10m³/日）。SSについては結果にばらつきがみられるが、T-Pの結果等から次のことが推測される。

◎流入水量（水面積負荷）を増やすことにより除去率は低下する。設計どおりの流入水量が適切である。なお、水面積負荷は流入水量を沈殿池表面積0.6m²で割ったものであり、流入水量5、10、15m³に対して8.3m/日、16.7m/日、25m/日



図－2.7.7 流入水量の違いによる水質浄化効果への影響

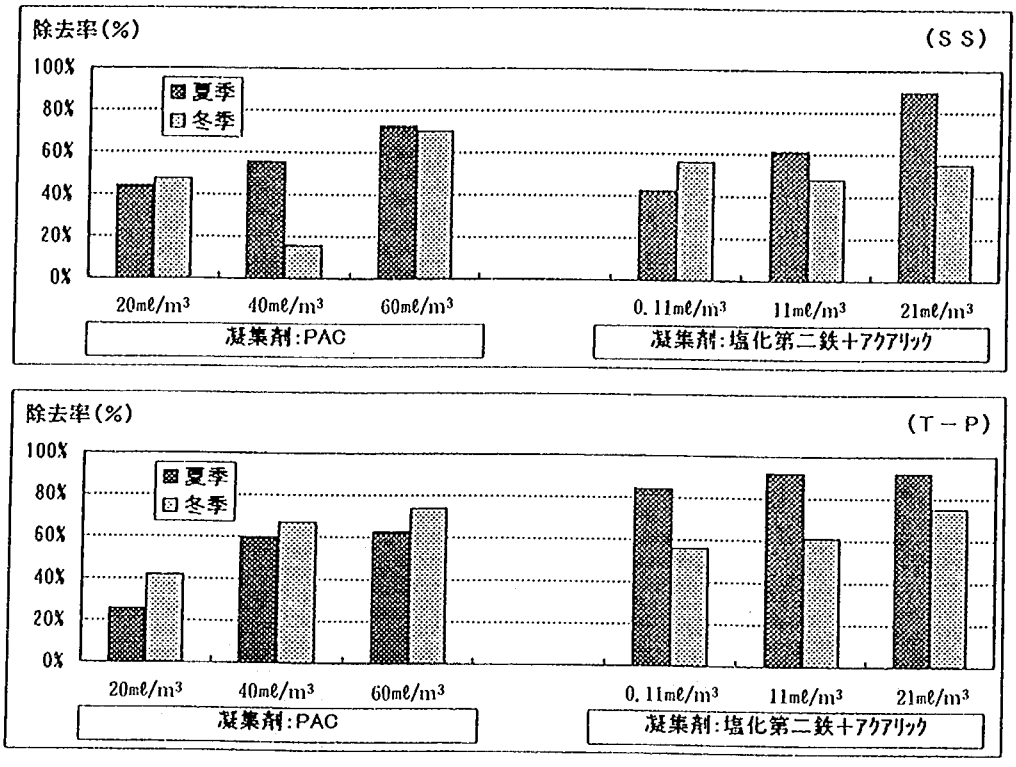
(2) 凝集剤の違いと季別による水質浄化効果

処理水量10m³/日での凝集剤の違いと季別による水質浄化効果を図－2.7.8にまとめた。

凝集剤として塩化第二鉄＋凝集助剤を用いたケースでの夏季実験が最も水質浄化効果が高く、リンについては80%以上の除去率であった。しかし、冬季実験では、夏季実験ほどの効果はみられておらず、SSではPACを用いたケースより浄化効果は低くなると推測される。

塩化第二鉄＋凝集助剤を用いたケースの冬季実験のSS除去効果が低くなるのは、凝集作用により生成したフロックの流出が処理水中に確認されていたことと、凝集助剤は密度が水よりも低く粘性は高いために水表面を浮遊しやすいことが推測されることから、生成したフロックが凝集助剤とともに表面流出したことによることが原因であると考えられる。

PACでは、水温の低下による浄化能力の低下はほとんど見られていないのに対し、塩化第二鉄＋凝集助剤とした場合では、水温の影響を受けやすく、冬季の浄化能力の低下が大きいことが分かった。



冬季実験では、凝集助剤注入率を0.1l/m³の代わりに0l/m³で行った。

図－2.7.8 凝集剤の違いと季別による水質浄化効果

(3) 成分比率にみる水質浄化特性

水質浄化特性を、水質項目の成分比率についてみることにより評価を行った。つまり、流入水質の構成成分を、懸濁態と溶存態に分類し、各実験条件での水質浄化特性をみた。

この成分比率についてまとめたものを表－2.7.6に、また、各水質項目毎の成分比率の浄化効果について定性的にまとめたものを表－2.7.7に示す。

これらの表から、次のことが分かる。

◎懸濁態の占める割合が高い水質項目の除去率が高くなっていることがよく分かる。リンを除いて懸濁態の成分が沈降により除去されていることがいえる。

◎リンについては、凝集剤により溶存態のリンが懸濁態のリンとともにフロック吸着されるため溶存態についても高い除去率が得られている。

表－2.7.6 流入水の各水質項目の溶存態の占める割合

水質項目	溶存態の占める割合
BOD	20～50%
COD	50～90%
T-P	50～90%
PO_4-P	70～90%
T-N	約90%

表－2.7.7　成分比率にみる浄化効果

		凝集剤	
		PAC	塩化第二鉄＋凝集助剤
BOD	懸濁態	○	○
	溶存態	×	○
COD	懸濁態	○	○
	溶存態	×	○
T—P	懸濁態	○	○
	溶存態	○	◎
PO_4-P	懸濁態	○	○
	溶存態	○	◎
T-N	懸濁態	△	△
	溶存態	×	×

◎：高い除去効果が見られる（７割以上）
○：除去効果が見られる（２～７割）
△：除去効果がわずかに見られる（２割未満）
×：除去効果が見られない

今回の実験結果には、汚泥系からの返流水負荷は考慮されていないことに注意が必要である。

7.4.4　汚泥特性の評価

汚泥特性について、以下の２項目について評価する。

(1)　汚泥成分分析結果

凝集沈殿により発生する汚泥の成分は概ね表－2.7.8に示すとおりであり、この結果をもとにして同表に示す堆きゅう肥との比較を行なった。

表－2.7.8　汚泥成分及び堆きゅう肥との比較（夏季と冬季の結果より求めた結果）

	汚泥分析結果		堆きゅう肥成分	堆きゅう肥との適合性	
	PAC	塩化第二鉄＋凝集助剤		PAC	塩化第二鉄＋凝集助剤
強熱減量(%)	39～42	33～41		－	－
T-P(mg/kg)	25,000～70,000	19000～31000	10,000～60,000	○	○
T-N(%)	1.8～2.5	1.4～2.1	1.5～3	○	○
T-C(%)	12～19	14～19	28～35	不足気味	不足気味

この結果から、凝集沈殿により発生する汚泥は概ね堆きゅう肥としての利用が可能であると思われるが、不足成分を含む肥料との組み合わせの必要性も考えられる。

なお、夏季と冬季の汚泥の比較では、両凝集剤においてT-Pについて冬季の方が汚泥成分が高い点が見られた。

(2)　汚泥生成量の推定

汚泥生成量は、除去されるSS量と凝集剤注入率により乾燥重量として推定される。この内訳を次の３つに分類した。

Ｓ１：SSからの固形物量
Ｓ２：凝集剤からの転換量(PACまたは塩化第二鉄)(100%回収されると仮定)
Ｓ３：天然凝集剤により生成する汚泥（100%回収されると仮定)
Ｓ：総発生固形物量

この乾燥重量で表示される汚泥量をベースに、含水率ならびに汚泥比重をもとに汚泥量（ボリューム）が

推定できる。汚泥の生成量の推定結果について凝集剤がPACの場合と塩化第二鉄＋凝集助剤の場合について表－2.7.9及び表－2.7.10に示す。

これらの結果から分かるように、塩化第二鉄＋凝集助剤のケースの方が汚泥生成量が多くなっている。これは表－2.7.10のS2を見て分かるように、主に凝集剤（塩化第二鉄）から汚泥に転換する量が多くなることに起因している。そして、それに比べて凝集助剤が汚泥に転換する量は、塩化第二鉄と比べて少ない事が分かる。以上の結果をまとめると、

◆塩化第二鉄を凝集剤として用いた場合、PACの時と比較すると、2倍程度汚泥量が増加する。

ことがいえる。

表－2.7.9　汚泥生成量の推定結果(PAC)

PAC注入率	発生固形物質 (g/日)				引き抜き汚泥量 (ℓ/日)
	S1	S2	S3	合計S	
20mℓ/m³	100	43	—	143	14
40mℓ/m³	150	86	—	236	23
60mℓ/m³	175	130	—	305	30

表－2.7.10　汚泥生成量の推定結果(凝集助剤＋塩化第二鉄)

凝集助剤注入率	発生固形物質 (g/日)				引き抜き汚泥量 (ℓ/日)
	S1	S2	S3	合計S	
0.11ℓ/m³	100	383	1	484	47
1 ℓ/m³	150	383	10	543	53
2 ℓ/m³	225	383	20	628	62

※　両凝集剤とも夏季実験でのケースで算出した。

7.4.5　周辺環境への影響検討

周辺環境への影響を以下の項目について検討した。

(1)　汚泥臭気

(2)　凝集沈殿処理水への影響

(3)　凝集沈殿処理システムにおける生物の発生状況

(1)　汚泥臭気

本実験施設により、発生する汚泥の臭気について調査を行なった。臭気の調査結果を表－2.7.11に、臭気強度規制基準を表－2.7.12に示す。これらの比較から以下のことが考察できる。

○　夏季の汚泥については特に臭気の問題となることはないといえるが、冬季の汚泥では住宅地の臭気強度規制基準を超えている。

これは、冬季の汚泥については、冬季の方が家庭排水からの臭気原因物質が高い割合で含まれていたものと思われる。このため、凝集沈殿施設での汚泥処理施設の設置には臭気への対策として、次のような検討が必要となる。

①　汚泥処理施設の覆蓋

②　散気による嫌気化の防止

③　脱臭施設の設置

④　汚泥の長期貯留をさける

表－2.7.11　夏季と冬季の臭気強度結果の比較

運転条件	夏季実験	冬季実験
PAC注入率 20mℓ/m³	40～60	20～740
凝集助剤 21mℓ/m³ 塩化第二鉄 40mℓ/m³	30～170	20～930

表－2.7.12　事業場からの排出口における臭気強度規制基準

区域の区分		臭気濃度
種　別	該当地区	
第一種区域	専用地域	300
第二種区域	近隣商業地域	500
第三種区域	工業地域	1000

(備　考)

1．臭気強度とは、臭気のある空気を無臭の空気で臭気の感じられなくなるまで希釈した場合の当該希釈倍数をいう。以下同じ。

2．悪臭の測定は、知事が告示により定める方法により行うものとする。

3．表中の臭気強度は排出口から大気中に排出される悪臭の一作業期間の平均の状態のものを表示している。

(2) 凝集沈殿処理水への影響

凝集剤としてPACを用いたとき、人や魚類等の生態影響が報告されているアルミニウムの流出が懸念される。処理水中に含まれるアルミニウム濃度についての結果を表－2.7.13に示している。

結果から、以下のことが考察される。

◇飲料水としての基準値0.2mg/l(WHO)は達成できており、今回実験程度の注入率では問題となることはない。しかし過剰な凝集剤注入は環境に影響を与えることにつながると予測される。

表－2.7.13 アルミニウム分析結果（平成７年度）

	アルミニウム濃度（mg/ℓ）
原水	０．００
ＰＡＣ 20mℓ/m³	０．０４
ＰＡＣ 40mℓ/m³	０．１１
ＰＡＣ 60mℓ/m³	０．１６

(3) 凝集沈澱処理システムにおける生物の発生状況

夏季実験，冬季実験ともに目立った不快生物の異常繁殖は見られていない。実施設での運用では、凝集沈殿槽の水面積の広大化されることから、各種対応策も必要となる可能性がある。

表－2.7.14 生物の発生状況

	発生状況
凝集槽におけるスカムの発生	該当なし
沈殿槽における藻類の増殖	該当なし
ユスリカ等の昆虫の発生	該当なし

7.5 実験結果の総括

実験プラント実験結果を表－2.7.15にまとめた。

表－2.7.15 実験結果のまとめ

		凝集剤の種類			
		PAC 60mℓ/m³		塩化第二鉄40mℓ/m³ 凝集助剤2 ℓ/m³	
		夏季	冬季	夏季	冬季
除去率(%)	SS	70%	70%	90%	60%
	BOD	40%	45%	60%	50%
	COD	25%	25%	50%	40%
	T-P	60%	70%	90%	70%
	T-N	15%	15%	10%	10%
汚泥生成量 (g/日) <処理水量10m³/日>		305	305	628	553
凝集剤のコスト ※ (上段：円/㎥, 下段：円/日)		71.4 (47.6)		71.5 (36.8)	
		42.8 (28.7)		47.8 (33.9)	
周囲への影響	汚泥臭気	夏季実験では基準を下回っていたが、冬季実験では基準を上回ることがあった。臭気について2凝集剤に明確な差はみられない。			
	不快生物の発生	両季、2凝集剤とも不快生物の発生は確認されていない。			
	凝集剤の流出	実験の範囲ではアルミニウムは飲料水の基準(WHO)を超えることはなかった。		鉄分の健康上の問題となることはないといえるが、フロックの流出がみられた冬季実験では着色が懸念される。	
特記事項		SS、T-P共に70%と高い除去率をえている。砂ろ過装着との組み合わせにより、より高い除去能力とすることができる。		この凝集剤の実験結果は、砂ろ過処理後に匹敵するほど高い除去能力を示していた。処理水の環境への影響も認められていない。しかし、発生汚泥の量が、PAC使用時の約2倍となる。	

(上記内容は2種類の凝集剤の浄化効果の高かった条件で表示し、除去率は実測結果と全体の傾向を考慮して設定した)

※一日当りのコストは、上記の各運転条件で算出した。( ) 外の値は、25kg缶にて購入時の、( )内の値は、タンクローリーにて購入時の金額。また、塩化第二鉄＋凝集助剤のケースは、双方の金額の合計である。

この表から、2種類の凝集剤は、水質浄化効果，汚泥生成量，コストについて一長一短があることがわかる。実施設への適用に当っては、実施設での諸条件を考慮しながら、この調査結果をもとに最適な凝集剤，運転条件を選択していくことが望ましいといえる。

8．家庭における浄化手法

（中国技術事務所）

8.1 はじめに

「清流ルネッサンス21」等の河川の総合的な水質保全計画の立案と緊急対策の実施に資することを目的に各地建が共同・分担して調査を実施しており、中国地建は家庭雑排水を担当した。

近年、公共用水域の水質改善に対する社会的な関心と要望が高まっているが、水域に流入する全汚濁負荷量のうち大きな割合を占めているが生活排水であり、生活排水系の汚濁負荷量の削減が早急な課題となっている。全国的にみれば、下水道はまだまだ普及率の向上に投資を集中せざるを得ず、全国の既設し尿単独浄化槽は700万基にのぼることから、下水道が整備されるまでおよび下水道未計画地区の代替処理対策として、既存し尿単独浄化槽に別途雑排水専用処理施設を設け生活排水系の汚濁負荷量を削減させることが提案されている。

中国技術事務所では、平成６年～８年度に事務所構内の浄化槽に研修所の調理場排水を導入した浄化実験を実施しており、実験結果について報告するとともに、生活雑排水の戸別及び共同処理の概要について報告する。

8.2 浄化実験概要

8.2.1 実験条件

(1) 浄化装置の選定

浄化装置の選定に当たっては「家庭に普及できる雑排水対策としての浄化装置」が条件であり、下記の選定条件をみたすものを選定した。

① 維持管理が容易である。
② 浄化装置自体が簡易な構造である。
③ 浄化装置及び設置費用が安価である。

選定の条件をある程度満たす浄化装置を研修所の人数等に合わせ、40人用に浄化装置等改良し、浄化実験に使用することとした。表－2.8.1に浄化槽の概要を示す。ただし、接触材、構造条件等は実験毎に異なる。

表－2.8.1 浄化装置の概要

浄化装置	名　称	簡易沈殿槽　　対象人員　40名
	大きさ	長3.5ｍ×幅1.5ｍ×深さ0.4ｍ×２槽
	容　量	槽内容量　　約2100ℓ 接触材容量　　約1000ℓ （20cm厚に充填した場合）
	材　質	ＦＲＰ
	設計方式	地表部埋込み式
接触材		軽石（浅間山のホタル石）
値段（工費）		浄化装置（5人槽）価格10万円（工事５～６万円）

注）接触材，構造条件などは実験毎に異なる．

本浄化装置における浄化機構は、接触材表面に発育する生物相（生物膜、原生動物、微細後生動物等）の吸着・分解作用による生物学的手法である。これは槽内に接触材を充填することにより単位表面積を増加させ、排水との接触効率を高めるとともに、浄化を担う微生物の生育場所となり浄化を促進するものである。

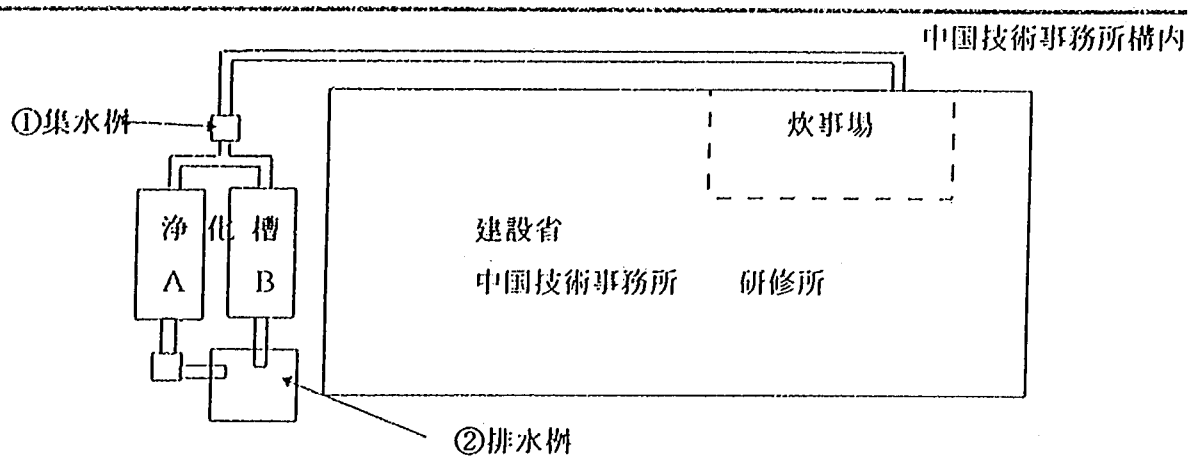
メーカーの本浄化装置の評価には次に示す特徴がある。

① 維持管理が容易である。（汚泥の回収が不要である）
② 設置費用が安く工事が簡単である。
③ 占有面積が少ない。
④ 悪臭が少なく衛生的である。

(2) 浄化装置の設置場所

浄化実験施設は、隣接する研修施設で発生する厨房排水を対象とするもので、ＡＢ２つの浄化槽及び集水桝により構成されている。なお、この手法では処理可能な汚濁物質負荷に限界があり、それを超えると生物

膜としての浄化能力を失うため通水は2槽交互に行い、約2ヶ月に一度通水槽を切り替え、接触材を撹拌した後、静置し汚泥を分解する。浄化装置の配置図を図－2.8.1に示す。



図－2.8.1　浄化装置の配置図

(3) 対象排水等

本実験では中国技術事務所構内にある研修所の厨房排水を対象排水とした。なお、研修所の厨房排水は月曜日から金曜日まで使用されており、原則として土・日曜日及び祭日は排水はない。

また、研修所の食堂利用人数は一定ではなく大きな変動があり、夏場に多く冬場は少ない。

① 流量

使用人数が変化するので水の使用量及び浄化装置内の通水量は大きく変動する。そこで通水量を把握するために、実験1～3ではデジタル積算流量計、実験4では水位計を排水桝に設置し、測定した。

② 採水箇所

・原　水……流水箇所（実験1では原水集水桝、実験2以降は貯留槽にて採水）

・処理水……排水箇所（処理水排水桝への流入口にて採水）

③ 採水頻度

・通常採水（実権1～4）

実験1、3、4では1週間に1回（原則として水曜日）、実験2では2回（原則として火、木曜日）採水を行った。また原水及び処理水の採水方法としては、12：30から14：30まで浄化装置に流入する原水及び浄化装置から排出される処理水を各々均等に混合し、各1試料とする。なお採水時間は、原水は12：30～13：30、処理水は12：30～14：30とした。

・通日採水（実験4のみ）

1日の水質変化を正確に把握するため、1日の排水パターンにあわせ試料を調整する。なお試料は排水量の比率が朝、昼、晩毎に混合したものとし、1日の試料調整は3回（朝、昼、晩）×2試料（原水及び処理水）の6試料とした。

④ 現地観測及び分析項目

(a) 観測項目

・水温
・流量
・DO
・導電率
・浄化装置の目視観察

(b) 分析項目

・pH
・SS
・BOD_5
・BOD_S
・COD
・D-COD
・MBA
・n—ヘキサン抽出物質
・形態別窒素
T-N、NH_4-N、Org-N
NO_3-N、NO_2-N
（一般稀釈法）
（微生物電極法）
・形態別リン
T-P、PO_4-P
Org-N

注）BOD_Sは実験2、3、4、n—ヘキサン抽出物質は実験3、4で実施した。

8.2.2 浄化実験の内容

表－2.8.2に示すように、次の述べる実験１～４を行った。

表－2.8.2 浄化実験内容

	接触材	浄化手法
実験１	軽　石	ろ過＋吸着
実験２	カキ殻	沈殿＋ろ過
実験３	カキ殻	沈殿＋嫌気生物
実験４	カキ殻，まさ土	沈殿＋ろ過，生物

8.2.3 実験１（平成６年度）

軽石の接触材としての効果を把握し、次に示すメーカーが評価している簡易浄化装置（市販品）の性能を確認した。

浄化装置の評価（メーカー）

・悪臭はなく、極めて衛生的である。
・汚泥の汲み取りは必要ない（２ヶ月毎に系列を切り替えて交互使用）。
・BOD除去率は60％以上
・維持管理が容易

8.2.4 実験２（平成７年度）

廃棄物利用の観点から、広島県で多量に発生するカキ殻の接触材を用いて市販浄化装置を改良する実験を行い、その効果を把握した。

１）市販浄化装置の改良点

①　流入水質の均一化

原水の負荷変動が大きいことから、各100ℓの沈殿槽と貯留槽を設置することで、原水のSS除去と水質の均一化を図り、ポンプにより浄化槽へ20ℓ／分で送水する。

②　滞留時間の確保

滞留時間が10～30分程度と短いことから、下部に通水穴を設けた整流板を設置して迂流水路で滞留時間を確保する。

③　浄化装置の縮小

排水量に比べ浄化装置が大きく、接触材の上部が利用されていないため、排水量を勘案して浄化装置の大きさを(1)実験１の60％とする。

２）カキ殻の前処理

カキ殻に付着している有機物（BODの一時的な上昇）と塩分（微生物による分解作用の阻害）を除去するために以下の前処理を行った。

①　カキ打ち場でむき身を取った後の廃棄物であるカキ殻を、広島湾内島部の干満帯の中間部に半年間静置し、カキ殻に付着した貝柱などの肉部とムラサキイガイなどを除去する。

②　次に、陸上に半年間静置し、フジツボ、藻類の除去、脱塩する。

③　その後、清水によるドラムでの回転洗浄、乾燥を経て、カキ殻の「ふた」と呼ばれる上部の薄い殻を除去し、「み」と呼ばれる下部の厚い殻を破砕し、カキ殻の1/4程度の大きさのものを選別する。

8.2.5 実験３（平成８年度）

実験２の結果を踏まえ、排水が浄化装置内に長く滞留する構造とし、カキ殻に繁殖、付着する微生物によって有機物が分解されたことを期待し、カキ殻の浄化効果を把握した。

浄化装置の改良

滞留時間が40分程度と短いため、整流板などを改造して滞留時間が１～３日間となる押し出し流れになるように、浄化装置を再改良して約３ヶ月間（６月下旬～10月上旬）実験を行った。

①　隔壁板下部の３穴のうち２穴を塞ぐ。

②　処理水の集水口高さを接触材高さとする。

8.2.6 実験４（平成８年度）

実験３の結果を踏まえ、カキ殻の充填槽を好気的条件に保つことによって、好気性微生物による酸化分解、硝化反応が促進され、より高い浄化効果が得られることを確認する。そこで、カキ殻を透水性の低いまさ土と混合することにより浄化効果を検証する。

使用する接触材

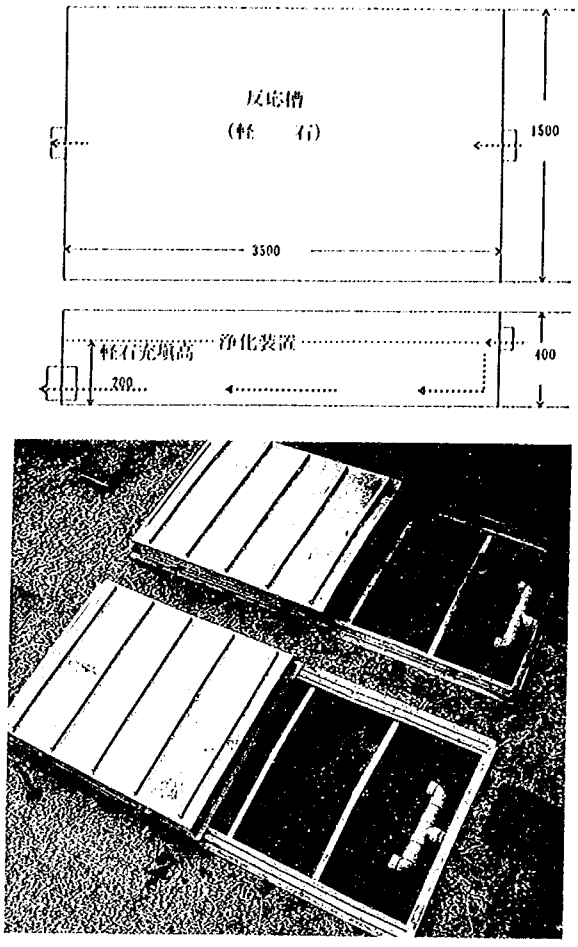
①　まさ土

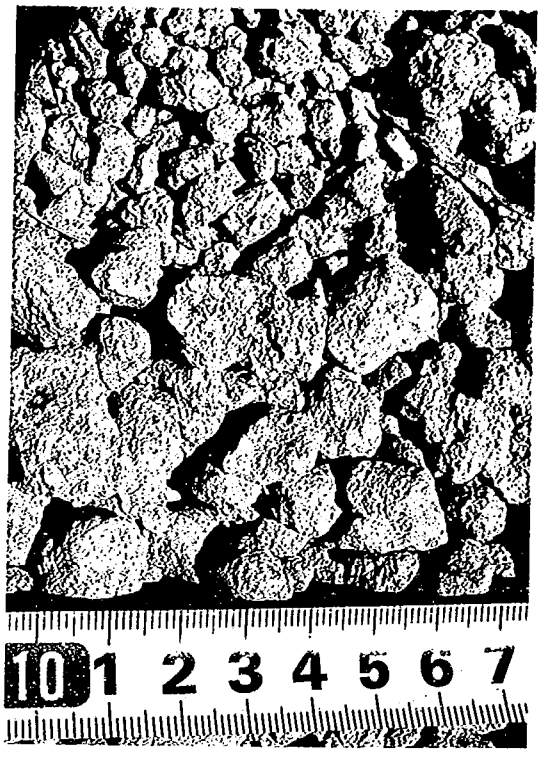
均一なまさ土を使用するため２mmのふるいで選別し、２mm以下の粒径のものを使用する。

②　カキ殻

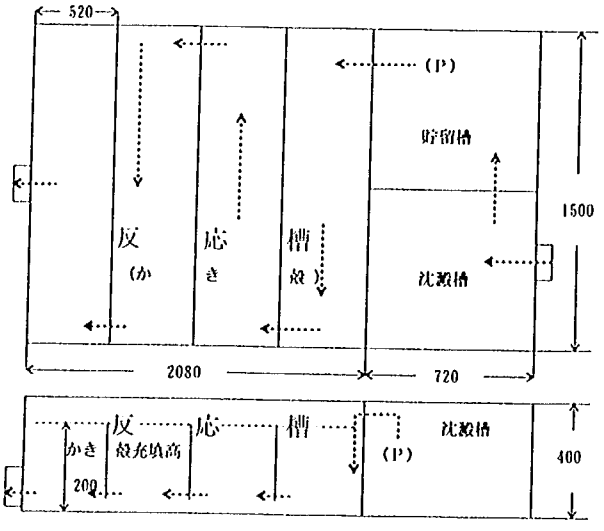
③　AGロック（発砲性セラミックス）

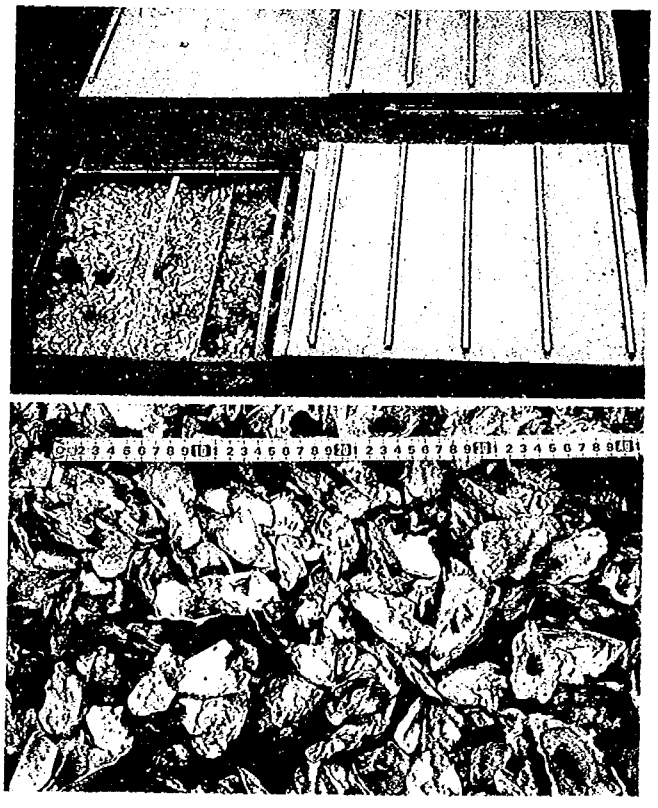
まさ土とカキ殻の接触材としての性能を確かめるため透水性を確保し、吸着効果などの化学的に特徴のない材料として使用した。粒径は平均３～５mm、透水係数は1.7×10^{-1}cm/secである。



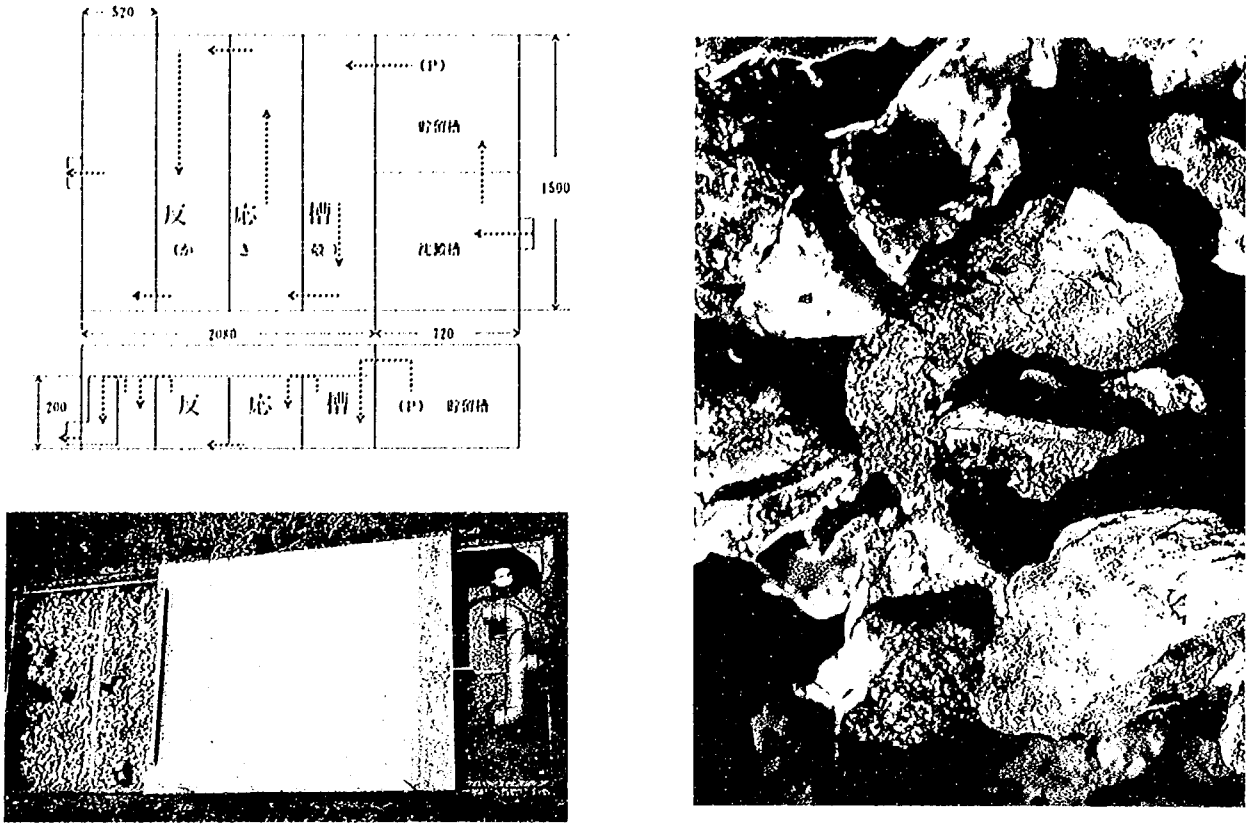


図－2.8.2　浄化装置構造（実験１）

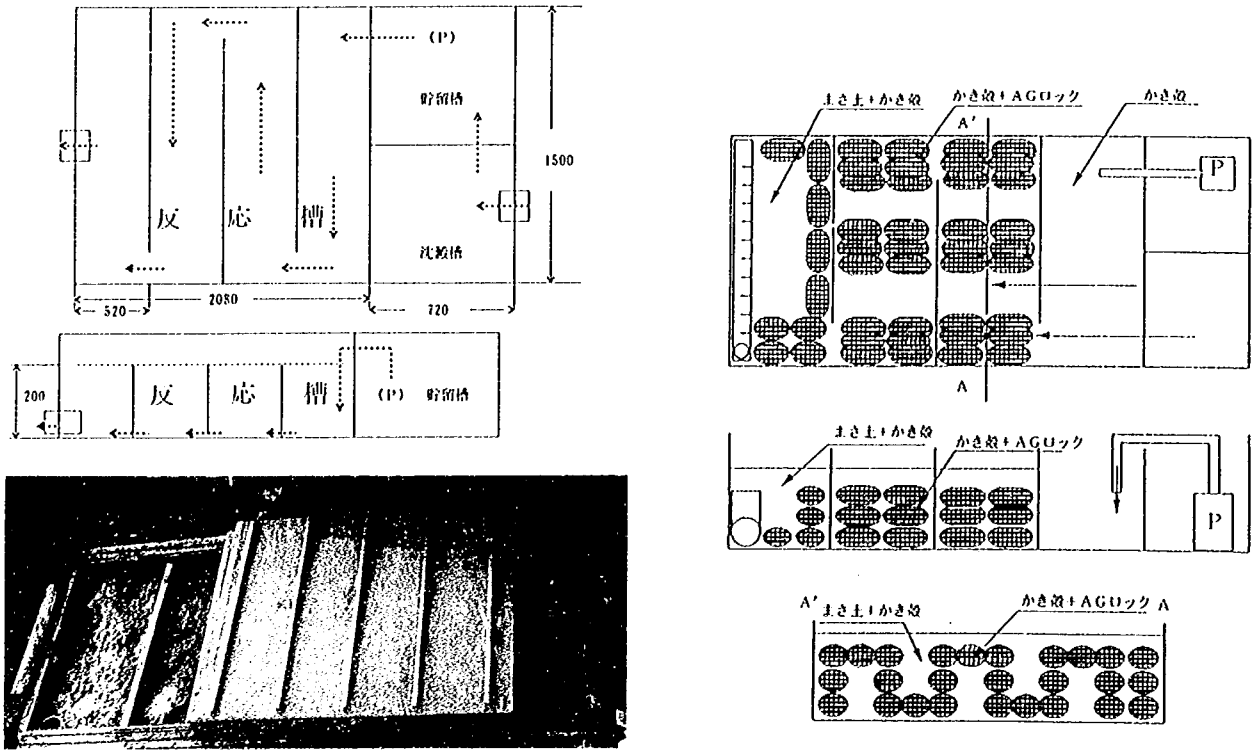




図－2.8.3　浄化装置構造（実験２）



図－2.8.4　浄化装置構造（実験３）



図－2.8.3　浄化装置構造（実験４）

8.3 浄化実験結果および考案

8.3.1 実験1（市販浄化装置、軽石）

(1) 浄化実験結果

浄化効果は主にろ過作用であり、SSの平均除去率は80%であった。表－2.8.3に示すように、BOD. COD、T-N、T-Pについては見かけ上の除去率は高いが、処理水濃度は良好とはえいない状況であった。

滞留時間が短いため生物分解作用は機能していないものと考えられるが、無機態リンは89%と高い除去率を示しており、この作用は、軽石による吸着効果と思われる。また休止していた浄化装置に存留する捕捉された有機物の自己分析状況は、外観観察の結果では良好であった。

表－2.8.3 浄化実験結果（実験1：平均値）

項目	原水（mg/ℓ）	処理水（mg/ℓ）	除去率（%）
BOD_5	661	238	64
COD	327	153	53
SS	135	27	80
T-N	21.5	9.3	55
T-P	2.00	0.7	67

8.3.2 実験2（改良浄化装置、カキ殻）

(1) 浄化実験結果

浄化装置の通水量は、浄化槽容量600ℓの30%程度である平均184ℓ/日と少なく、また、カキ殻充填率が20%程度であったため、当初想定していた鉛直方向への水の移動は少なく、平面的に蛇行するたけで水は接触材上部には触れず、下部1/3程度の接触に止まり、槽容量が十分に処理に使われず滞留時間は40分程度であった。

表－2.8.4に示す除去率をみると、SSは平均70%程度示したものの、BOD、COD、T-N、T-Pについては低い値を示した。これは、①実験時の水温が低く、滞留時間が短いため、生物分解作用が有効に作用しない、②カキ殻は空隙率が高いのでろ過作用も軽石より劣っていたことが挙げられる。なおカキ殻では、水素イオン濃度の中和作用がみられた。

表－2.8.4 浄化実験結果（実験2：平均値）

項目	原水（mg/ℓ）	処理水（mg/ℓ）	除去率（%）
BOD_5	473	238	39
COD	300	158	48
SS	157	50	68
T-N	19.6	14.4	27
T-P	2.59	1.66	36

(2) 今後の課題

処理方法としてろ過作用を採用する場合には、ろ過機能を向上させる改良が必要である。カキ殻を非常に細かい粒径にする、もしくは他の充填率の高い接触材を使用するなどして、空隙率を低くする必要がある。

また、接触材としてカキ殻を使用する場合、カキ殻はろ過効果が期待できないため、生物処理主体と考え、滞留させる構造にする必要がある。

8.3.3 実験3（改良浄化装置、カキ殻）

(1) 浄化実験結果

時間が経過するにつれて、汚泥が堆積していき、2ヶ月後には浄化装置全体で上部から確認できるようになった。また同時に実験開始当初、カキ殻の表面は白色であったが、時間が経過するにつれて浄化装置上部のカキ殻には微生物が付着し、表面が褐色になった。しかし、底部のカキ殻に微生物が付着した様子はなかった。

実験開始後、2週間頃から処理効果が高くなった。滞留時間を長くしたこと（約6時間以上）で沈殿作用によるSS除去の増加、生物分解作用、窒素、リンの除去作用も確認された。特に有機態窒素からアンモニア態窒素への分解が顕著であった。しかし、浄化装置の排出側は嫌気的になっており、アンモニア性窒素から硝酸態窒素への硝化反応は進行していなかった。

表－2.8.5 浄化実験結果（実験3：平均値）

項目	原水（mg/ℓ）	処理水（mg/ℓ）	除去率（%）
BOD_5	800	283	65
COD	262	48	82
SS	254	22	91
T-N	21.3	10.0	53
T-P	3.3	1.8	44

(2) 今後の課題

硝化反応を進行させるには、酸素を供給(好気条件)する必要があると考えられる。

① ばっ気を行い容存酸素を増加させる。

② 実験槽を直列に連結させて空気との接触面を増大させる。

③ カキ殻と透水率の低い接触材を混合することにより、滞留時間を調整するとともに、好気。嫌気状態を交互に生ることで窒素等の除去も期待できる。

④ 除去率をあげる対策として酸素供給以外にも、特異的にNH_4-N吸着するゼオライト等の吸着材を充填する（排水中のNH_4-N濃度を下げる）方法があり、排水口前にゼオライト等の吸着材を入れることが考えられる。

8.3.4　実験4

（改良浄化槽、カキ殻＋まさ土＋発砲性セラミックス）

(1)　浄化実験結果

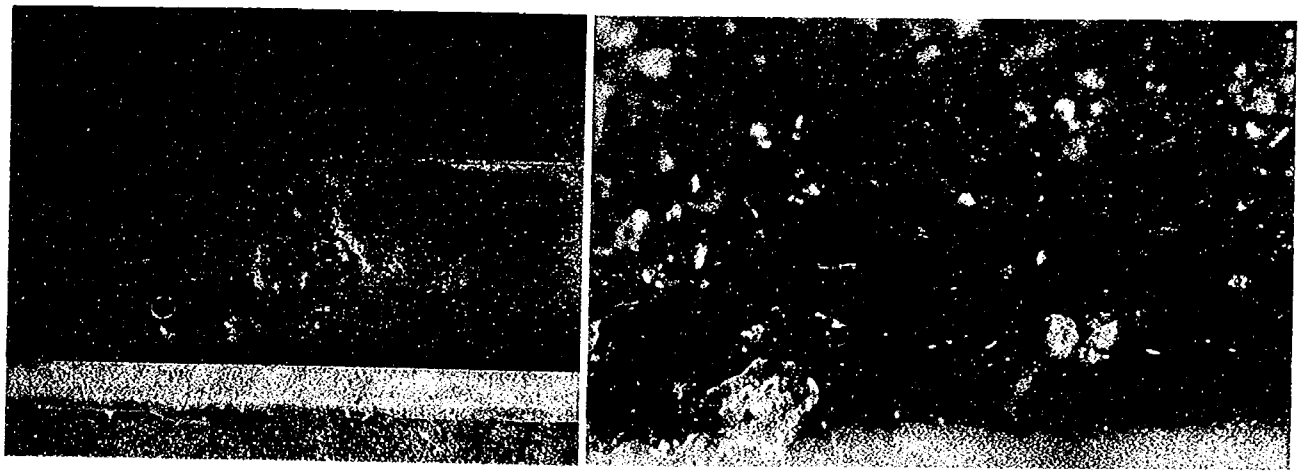
従来、土壌浄化は適切な設計と管理のもとでは処理機能が高いといわれており、この実験でも処理効果は実験開始当初から高かった。これは、まさ土によるろ過作用があったためと考えられる。しかしながら、ろ過効果が大きいため、捕捉された有機物等の蓄積が透水率の低下を招き、通水7週間後から目詰まり現象がみられた。

その間の処理効果については高い除去率を示し、処理水濃度も低く保たれた。実験3までの実験結果とは違い、窒素の除去率86%と高く、計算すると窒素の30～40%程度は硝化、脱窒反応によって窒素ガスに変換、放出されたものと考えられる。また、リンも高い除去率が確認された。この実験では実際の一般家庭と比べると負荷量が高い条件であったが、一般家庭の負荷量程度の条件下でかつ目詰まりに対する適切な対策を講じれば、約1年間は使用可能であると考えられる。

目詰まりの原因調査の結果、まさ土の粒度組成分析から、浄化装置のまさ土は使用前のまさ土と比較してまったく変化がなく、自己破砕による粘土化はなかったので物理的現象ではないことを確認し、また、窒素、リンなどの分析結果、あるいは観察結果からも、まさ土に有機物などが溜まっていることが明白であった。これが目詰まりの主要な原因と考えられる。

表－2.8.6　浄化実験結果（実験4：平均値）

項目	原水（mg/ℓ）	処理水（mg/ℓ）	除去率（%）
BOD_5	1,073	145	86
COD	527	32	94
SS	386	18	95
T-N	34.3	4.9	86
T-P	4.25	0.51	88



図－2.8.6　目詰まり、湛水状態

(2)　今後の課題

土壌を利用した従来の浄化方法は、主に重力による垂直方向の浸透を利用しており、充填資材の交換（目詰まり等による）に多大な労力を要するが、本実験の浄化装置では汚水は横方向に浸透するため浄化装置の深度が浅く、充填資材の交換や充填資材の状態の確認が容易である。それに加え、充填資材をユニット化すれば実用性という観点からも、非常に有効である。また従来の土壌浄化装置の欠点でもある地下水汚染の懸念は、汚水を地下に浸透させないことにより解決できる。

本実験のような土壌浄化装置は安価に製作でき、使用後接触材は土壌改良材として活用するなど維持管理面（汚泥処理）からも有用と考えられる。しかし、一番に目詰まりが問題となり、この現象を解決することが大きな課題である。またどの浄化装置にも維持管理が必要であり、より簡単な維持管理方法が求められる。

8.4 浄化実験のまとめ

8.4.1 SS

(1) 実験１、２：処理水濃度の変動幅が大きい。これは主に大きなSSはろ過除去されるが、接触材より小さなSSは、通過するためと考えられる。

(2) 実験３：処理水濃度は15～40mg/ℓであり安定していた。これは、滞留時間増加による微細SSの沈澱除去効果、あるいは微生物膜との接触増加による効果が考えられる。

(3) 実験４：処理水濃度は10～30mg/ℓの範囲で変動幅も少なく安定した。接触材の粒径が小さく、微細はSSもろ過除去されたものと考えられる。

総合的にみて、簡易浄化槽では10～30mg/ℓの処理水濃度が処理限界とみてよく、この濃度を維持することが重要である。

8.4.2 BOD

(1) 実験１、２：処理水濃度の変動幅が大きい。

(2) 実験３：原水濃度の変動は激しいが、処理水濃度の変動が少ない。接触材は同一（カキ殻）で、滞留時間の異なる実験２との比較から滞留時間が長い程、処理水濃度は安定、特に高負荷濃度に対し、安定するといえる。

処理水濃度は安定しており、200mg/ℓ前後の低い値を示した。この傾向はSSと同様であり、浄化槽内での接触時間（滞留時間）が短い場合、BODの除去は接触材の材質ではなく粒径による差異がみられ、粒径が大きい程、処理水濃度の変動が激しい。

8.4.3 COD

処理水濃度は、実験３、４が低い濃度で安定していた。これは微生物に分解作用が進んだ結果であると考えられる。

8.4.4 T－N

(1) 実験１、２：主にろ過効果による有機態窒素の除去効果であると考えられる。

(2) 実験３：処理水はアンモニア態窒素濃度が多かった。これは微生物による分解作用で有機態窒素がNH_4-Nに分解した結果であるが、嫌気条件であり、硝化反応は進行していなかった。

(3) 実験４：高い除去率と断定した処理濃度を示した。まさ土による有機態窒素除去、微生物によるアンモニア窒素への分解、硝化及び脱窒反応と窒素形態の変換が進行した結果である。目詰まりが進行した実験後半ではNH_4-Nの割合が増加した。これらの結果から有機態窒素の除去には接触材の粒径が大きく関係してくるが、最終的な変換までには至らず、変換には浄化装置の構造などが大きく関与するといえる。

8.4.5 T－P

処理水濃度を比較すると、実験2、3では濃度が高く、実験1、4は濃度が低い。これは接触材のPO_4-P吸着能力の差と考えられる。

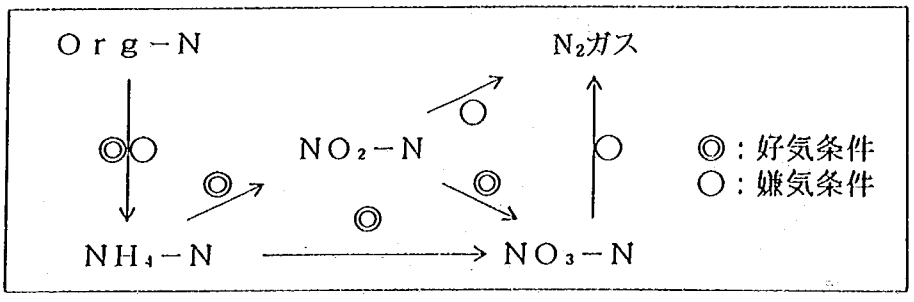
カキ殻に比べ、軽石、まさ土はPO_4-P吸着効果が高いことが知られている。有機態リンの除去は、接触材のろ過、生物膜による分解効果と考えられ、粒径が小さいほど高い除去効果を示している。今回の実験は厨房排水であり有機態リンが多く、その結果、実験４の処理濃度が著しく低い値で維持された。

8.5 今後の課題と展望

8.5.1 窒素とリンの除去

現在普及している浄化槽はBOD除去を主に目的としており、窒素、リンの除去は十分でないものが多い。従来のBOD除去対策では、湖沼、河川の富栄養化の原因となる窒素、リンの除去が十分でなく結局浄化槽から放流後、藻類に起因するCODの再生産の原因とされており、「現状の浄化策では近い環境がきれいにされるだけで遠い環境は変わっていない。」との指摘もある。

そこで窒素、リンの性質を考慮に入れ、それらの除



図－2.8.7 窒素の循環

去を考える。

(1) 窒素

窒素は図－2.8.7のように複雑な形態変化をし、ほとんどの存在形態は気体である。排水中に窒素量は多く、接触材による吸着除去は難しいと考えられている。NH_4-N はゼオライトにより吸着されるが時間経過すると急激に吸着効果が落ちることが知られている。

現在一部高度処理が導入され始めた浄化槽は、微生物による窒素ガスへの変換除去といった方法が用いられている。このため窒素除去に関して好気、嫌気の両方の条件を満足する構造条件が必要となっている。

(2) リン

リンの形態変化は大きくみて有機態リン、リン酸態リンに分けられ、リンは窒素に比べると量は少なく、リン酸態リンは軽石及び土壌に吸着されることが、この実験結果でも観察できた。この結果から接触材によるリンの吸着除去は高い割合で可能であると考えられるが、好気的な条件である必要があり、嫌気的条件では微生物から再溶出することが知られている。

8.5.2 有効な浄化装置

(1) 有効な接触材

今回の実験結果より、ろ過作用の利用による浄化効果が大きいことが分かった。粒径が小さい程処理水濃度も向上する。特に厨房排水のような懸濁物質が多い場合、粒径が重要な要素となる。

そのため、接触材としてろ過作用の高いものが有効ではないかと考えられる。また、軽石や土壌はリンの吸着効果が認められる。

(2) 構造条件

・水が流れる間隙が閉塞しない構造であること。
・接触材のろ過効果が高いこと。
・接触材との接触率を向上させること。
・維持管理（汚泥処理を含め）が容易であること。

(3) 汚泥

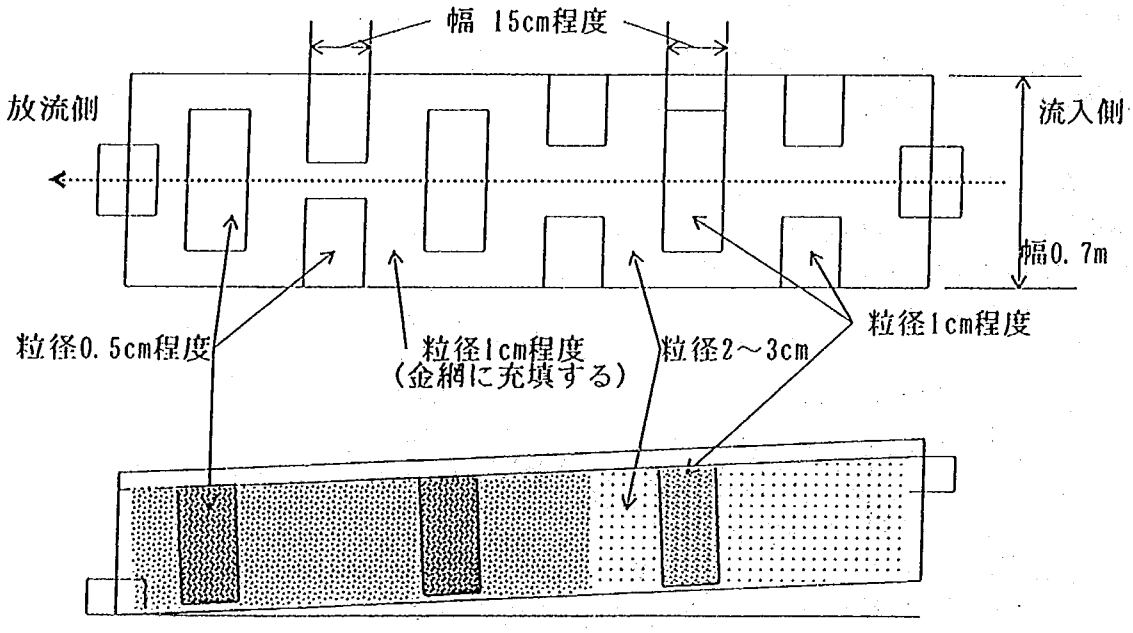
ろ過作用が大きいほど汚泥が溜まりやすく、汚泥発生量は時間が経つほど増加する。発生した汚泥は蓄積し、目詰まり、除去率の低下等の原因となる。好気条件では嫌気条件に比べ、汚泥発生量は多いが汚泥分解量も多いことも知られており、構造条件も十分考慮する必要がある。

土壌浄化装置、軽石浄化装置のように過剰な汚泥が蓄積しないように２ヶ月、半年毎に交互に使用し、汚泥を自己分解させるといった条件を選定する必要がある。

(4) 浄化装置の改良

対象排水の濃度及び種類により、接触材の大きさ、種類を変えることが必要であり、接触材としてはリンを吸着させる効果をもつ軽石及び土類が有効である。構造としては清掃等、維持管理がしやすいように取り外し可能な構造が必要である。

汚泥の引抜は行わず、３ヶ月～６ヶ月の交互運転を原則とする汚泥自己分解型とし、接触材は使用後、土壌改良材として使用する等の接触材、汚泥の回収等の維持管理を前提とした浄化装置の開発が必要である。



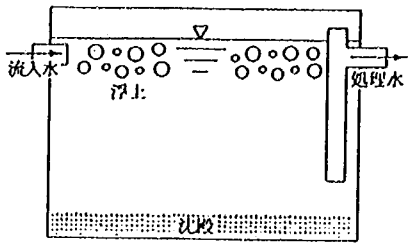
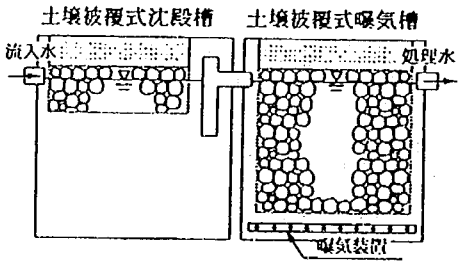
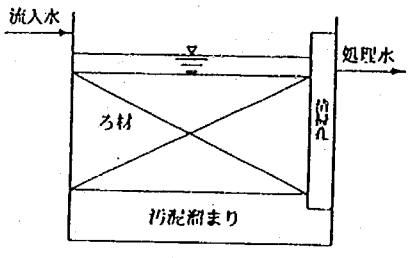
図－2.8.8 改良型浄化装置の案

8.6 生活雑排水の戸別及び集合処理の概要

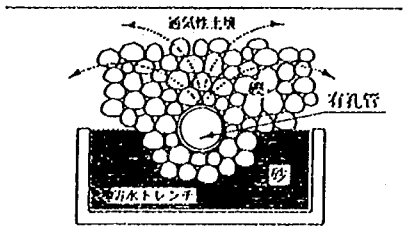
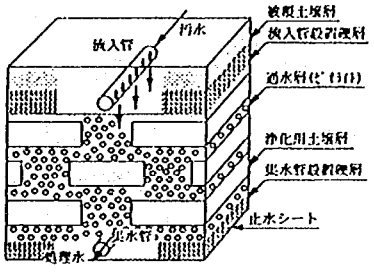
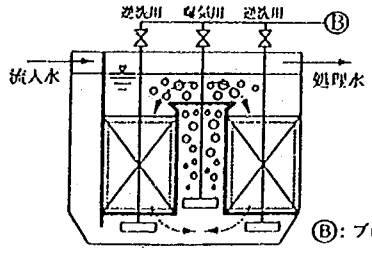
生活雑排水の処理のうち、各戸別ないし、集合処理に使われている浄化装置の事例を表－2.8.7にとりまとめた。なお、表中の項目については、以下の内容を参照する。

①処理方式，②処理形態，③対象人員・戸数，④対象排水，⑤処理水量，⑥接触材種類，⑦滞留時間，⑧施工費用，⑨管理者，⑩維持管理方法，⑪維持管理費用，⑫浄化目標，⑬汚濁物質除去率，⑭設置場所

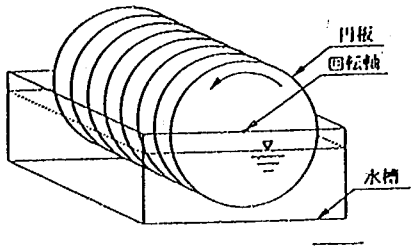
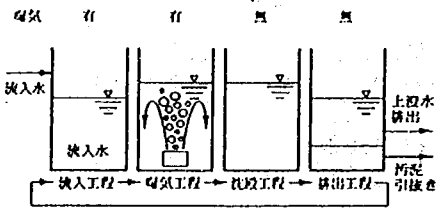
表－2.8.7　生活雑排水の戸別または集合処理方法（その1）

項目	概略	一般的実施例	特徴 問題点
簡易沈殿法	簡易沈殿法は，汚水を浄化槽内に滞留させて水より比重の大きい浮遊物質は沈殿，水より比重の軽い油等は水面に浮上させ，沈殿物と浮上物との中間にできた清浄度の高くなった水を処理水として得るという処理方式である。  	①沈殿分離 ②戸別処理 ③１家庭 ④生活雑排水 ⑤－ ⑥－ ⑦－ ⑧３万円程度～ ⑨各家庭 ⑩汚泥処理：３回／年 ⑪13,800円／年 ⑫BOD除去率50%以上 SS除去率80%以上 ⑬－ ⑭長野県諏訪郡富士見町	1)沈殿槽は安価（１基数万円）なので普及が容易である。 1)汚濁物除去率が，他の生物処理に比べて低い。 2)汚泥の引き抜き頻度が高い。 3)スカムや汚泥が過剰に蓄積すると沈殿効果が低下する。 4)維持管理により汚濁物除去率が変動する。
土壌被覆法	土壌被覆法は，沈殿槽を被覆する形で土壌を敷設したものを土壌被覆型沈殿槽，また曝気槽を被覆する形で土壌を敷したものを土壌被覆型曝気槽としたものである。  	①土壌被覆型循環接触曝気方式 ②共同処理 ③800人（152戸） ④生活雑排水 ⑤平均128m³/day ⑥，⑦－ ⑧7,000万円 ⑨施設設置地区 ⑩管理者による委託 ⑪1,325,180円／年 ⑫BOD:80%，SS:81% ⑬BOD:93%，COD:77%，SS:95%，T-N:52%，T-P:21% ⑭長野県佐久市	1)余剰汚濁発生量の減少を図ることができる。 2)汚泥のスカム化防止に有用である 修理に時間がかかる。
嫌気性ろ床	嫌気性ろ床法は，濾材を充填し，そこに汚水をゆっくりと流して濾材の表面に付着した嫌気性微生物により有機物等を分解，除去するという処理方式である。この処理方法は有機物の大半がガスになってしまうので汚泥の発生量が少ない。  	①嫌気性ろ床法 ②－ ③－ ④－ ⑤－ ⑥－ ⑦61.6時間 ⑧－ ⑨－ ⑩－ ⑪－ ⑫－ ⑬BOD:83%，COD:71%，T-N:(-)，SS:91% ⑭滋賀県	1)汚泥発生量は極めて少ない。 2)脱窒機能もある。 3)BODの除去率は50%程度である。 4)排水の前処理として適当である。 1)汚濁物質除去能力があまり高くない。 2)分解生成物である硫化水素等の悪臭が発生する。

表－2.8.7　生活雑排水の戸別または集合処理方法（その2）

項目	概略	一般的実施例	特徴 問題点
毛管浸潤トレンチ法	毛管浸潤トレンチ法は，汚水が毛管浸潤現象によって土壌粒子中に浸透する間に汚濁物質を捕捉，分解，吸着除去するという処理方式である。有機物の除去率は高いが，窒素及びリンの除去率は高くない。  	①土壌トレンチ方式 ②共同処理 ③1家庭（6人） ④生活雑排水＋し尿単独浄化槽排水 ⑤,⑥,⑦,⑧,⑨,⑩－ ⑪,⑫－ ⑬BOD:95%，COD:82%，T-N:(-)，SS:81%，T-P:44%，MBAS:10% ⑭兵庫県三日月町	1)構造物が見えない 2)維持管理に高度な技術を要しない。 3)エネルギーの投入の必要がない。 4)高汚濁物除去率でリンの除去も可能。 1)浄化メカニズムの詳細が不明。 2)時間の経過に従い浄化能力が衰退する。 3)排水による地表水，地下水の汚濁化といった懸念がある。
多段土壌浄化法	多段土壌浄化法は、通水層としてのゼオライト層と，炭素源（脱窒反応の炭素源），金属鉄粒（リン除去の触媒）及び黒ボク土等を混合した浄化用土壌層を積層させたものである。  	①多段土壌浄化方式 ②戸別処理 ③1家庭（5人） ④生活雑排水＋し尿単独浄化槽排水 ⑤約1,000ℓ／day ⑥土壌，ゼオライト ⑦約10時間程度 ⑧－ ⑨施設設置家庭 ⑩送気調節，装置の切り換え ⑪,⑫－ ⑬BOD:90%，COD:70~80% SS:82~89%，T-N:28~66%，T-P:44~58% ⑭島根県松江市	1)有機物，窒素及びリンが同時に除去できる。 2)高度処理と同程度の処理水質を得ることが可能である。 3)煩雑な維持管理が不要である。 4)自然景観を損ねない 1)長期連続使用すると目詰まり発生の可能性がある。 2)汚水の流動状態が肉眼で観察できないので維持管理上不安が残る。
接触曝気法	接触曝気法は，濾材の充填された処理槽内に汚水を満たして底部の曝気装置から散気すると、矢印のような水流が生じる。これにより汚水が濾材の表面に付着した好気性微生物と接触して汚濁物質が分解除去される。  	①接触曝気 ②戸別処理 ③1家庭（2～6人） ④生活雑排水，⑤－ ⑥プラスチック接触材 ⑦－ ⑧14万円（工事費含） ⑨施設設置家庭 ⑩ろ過網の交換，汚泥の引き抜き ⑪ブロア電力消費量 ⑫－ ⑬BOD:81~97%，COD:69~89%，SS:82~89%，T-N:28~66，T-P:44~58% ⑭静岡県小山町	1)処理効果が確実で安定している。 2)ﾊﾞﾙｷﾝｸﾞや汚泥解体の問題がない。 3)生物膜と汚水との接触効率が高い 1)過負荷になると接触材が閉塞する。 2)過大な曝気が必要である。 3)生物膜除去のための逆洗が必要である。

表－2.8.7　生活雑排水の戸別または集合処理方法（その３）

項目	概略	一般的実施例	問題点 特徴
回転円板法	回転円板法は，下図に示すように汚水で満たされた水槽に多数の円板を設置し，１～数（回／分）で回転させるという処理方式である。これによって円板の表面に発生付着した微生物膜が汚水と空気に交互に接触して汚濁物質が分解除去される。  	①回転円板方式 ②共同処理 ③700人（138戸） ④生活雑排水 ⑤平均112m³/day ⑥－ ⑦－ ⑧6,000万円 ⑨施設設置地区 ⑩管理者による委託 ⑪1,028,165円／年 ⑫BOD:83%，SS:87% ⑬BOD:85%，COD:58%，T-N:30%，SS:4%，T-P:23% ⑭長野県佐久市安原	1)流入負荷変動に強い 2)曝気，汚泥の返送を必要としない。 3)ろ床の閉塞の心配がない。 4)運転管理が容易である。 1)窒素，リンの除去率が低い。 2)増殖した微生物膜が剥離，流出することがある。
回分式活性汚泥法	活性汚泥法の処理槽内で汚水を曝気し続けると，微生物，有機物等の凝集体（フロック）を形成する。このフロックを曝気槽内に保持しながら，溶存酸素の存在下で汚水とフロックとを十分接触させて酸化分解する処理方法である。  	①回分式活性汚泥法 ②共同処理 ③250人 ④－ ⑤82.5m³/day ⑥，⑦，⑧－ ⑨施設設置地区による委託 ⑩，⑪，⑫－ ⑬BOD:90% ⑭鳥取県東郷町	1)有機物の吸着力，凝集力，酸化力が強く，浄化能力が高い。 2)沈殿による分離性が良好である。 3)様々な処理方式が確立されており，技術的に安定している。 1)余剰汚泥が多量に発生する。 2)活性汚泥の沈降性が悪化すると処理水質が大きく影響を受ける。 3)小型化すると維持管理技術が難しくなる 4)流入水が連続して入ってくる場合は２槽又は一次貯留槽が必要

9．農業排水における浄化手法

（四国技術事務所）

9.1　調査目的

従来、農業地域における汚濁負荷は、農地から流出する肥料や畜産排水等が主なものであったが、近年の生活様式や環境の変化によって、生活排水が農業用・排水路に流入し、水質を悪化させるケースがしばしばあり、特に、都市近郊の宅地化が進んでいる地域でこの傾向が著しい。

農業用水路の水質汚濁は、農作物にとって生育障害を及ぼすとともに、水路から河川・湖沼・海域へと流下し、公共用水域の水質汚濁を進行させる原因となっている。健全な水循環系を確保するために、総合的な水質保全計画を策定して、良好な水環境の保全と創造を行うことが急務となっている。

四国技術事務所では、農業用の水路の水質浄化について、接触材及び水生植物を用いた浄化実験を平成6～8年度に実施しており、実験結果及び実験から得られた知見について報告する。

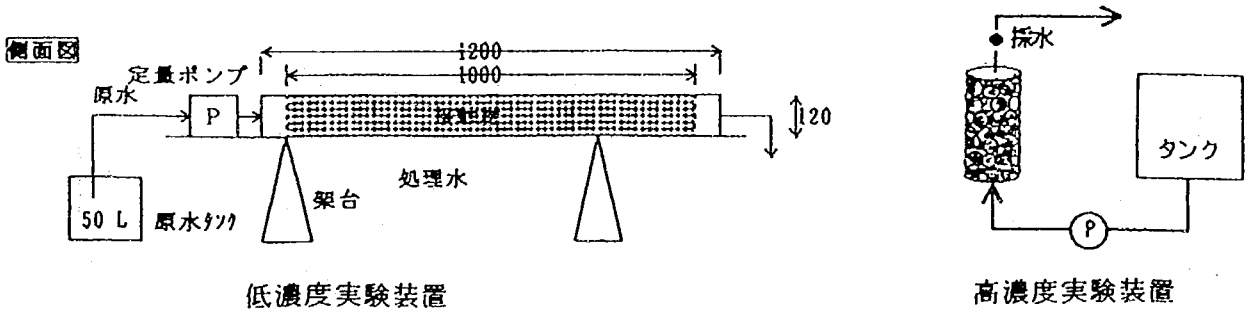
9.2　調査概要

9.2.1　実験装置

(1)　室内実験

農業排水の主要な汚濁負荷である生活環境項目について、接触材による除去特性を把握し、浄化実験で使用する接触材を選択した。接触材は、①農村周辺から調達しやすいもの、②使用後自然界へ還元するもの、という観点から選定し、実験を行った。

室内実験はPVC製の矩形水路と円筒カラムを用い、実験水は低濃度排水として現地水、高濃度排水として人工下水を使用した。室内実験装置概要を図－2.9.1に示す。



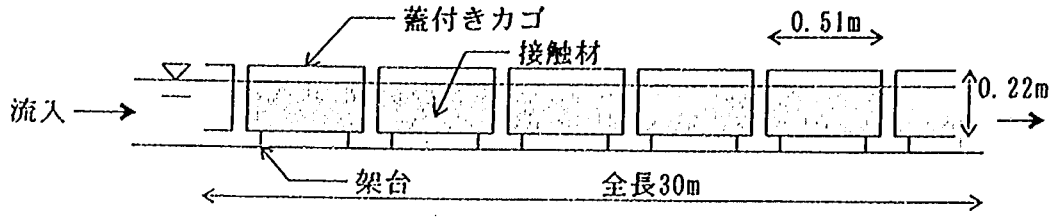
図－2.9.1　室内実験装置概要

(2)　現地実験

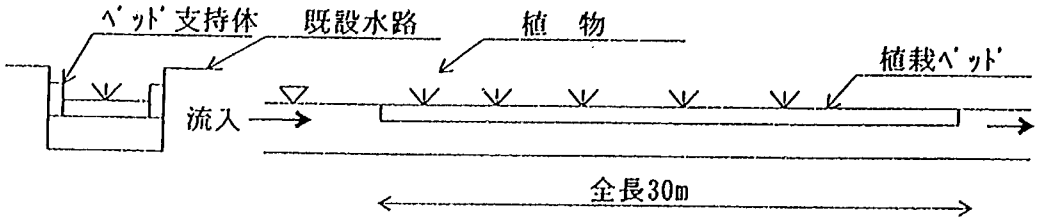
1）現地実験1

現地実験1では、農業用排水路内に植物、接触材を直接充填した上で通水実験を行った。接触材は蓋付きカゴに入れて連結して水路内に設置した。水生植物については植栽ベットに固定した上で水路内に設置した。

［接触材設置概略］



［植物設置概略



図－2.9.2　実験装置設置状況（現地実験１）

2）現地実験２

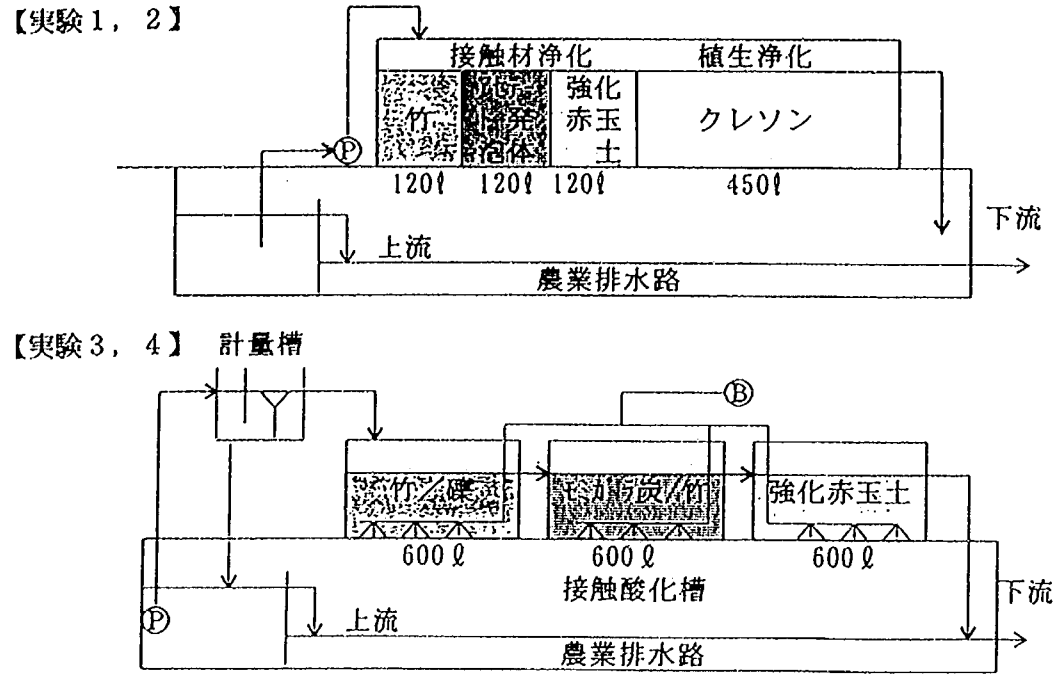
表－2.9.1　実験装置設置状況（現地実験２）

実験１	槽寸法	W300～410×H300×L9,000×１基
実験２	接触材	竹，発泡アセテート，強化赤玉土（各L7,000），クレソン（L7,000）
実験３	槽寸法	W300～410×H300×L7,000×３基
	接触材	竹，モミガラ炭，強化赤玉土（各L7,000）
実験４	槽寸法	W300～410×H300×L7,000×３基
	接触材	礫，竹，強化赤玉土（各L7,000）

表－2.9.2　実験に用いた接触材一覧

接触材	形状及び特性
竹	径70mm程度の青竹を長さ100mm程度の筒状に切ったもの。
発泡アセテート	アセテートとポリエチレングリコールを使用し、ガス発泡させ、多孔体に成形したもの。径10mm程度のひも状。生分解性を有し、炭酸ガスと水に自然分解されるため、環境に優しい。
強化赤玉土	赤玉土をバインダーで強度を大きくしたもの。５～８mmの粒状。
モミガラ炭	モミガラ燻炭をバインダーで固め、５～10mmの粒状にしたもの。木炭と同様の効果が期待でき、使用後は肥料として農地に還元できる。
礫	100～150mmの礫。

現地実験２では、農業排水路からポンプ取水を行　　い、バイパス方式で実験を行った。



図－2.9.3　設置概略図（現地実験３）

9.2.2　調査方法と内容

(1)　室内実験

①　室内浄化実験

低濃度排水としては現地水、高濃度排水としては人工下水を用いて表－2.9.3の条件で実験を実施した。

表－2.9.3　室内浄化実験の実験条件

	低濃度実験	高濃度実験
水路形状・容量	100W×120H×1200L，　10ℓ	48φ×430H，0.78ℓ
実験水	農業排水現地水	人工下水
接触材	ひも状接触剤，水処理用充填材，強化赤玉土，ﾓﾐｶﾞﾗ炭球，発泡ｱｾﾃｰﾄ，光合成細菌	ﾓﾐｶﾞﾗ炭球，強化赤玉土，発泡ｱｾﾃｰﾄ
滞留時間	0，2，5，10，30，60分間に設定	10分間

②　農薬除去実験

農業排水の汚濁負荷は、BODや窒素、リン以外に残留農薬も考えられる。農業排水浄化対策として接触材の農薬除去能を求めた。実験方法は実験水中に接触材を添加し、回分法により経過時間毎に採水・分析を行い、処理性能を確認した。表－2.9.4に実験条件を示す。

表－2.9.4　農薬除去実験の実験条件

	予備実験	本実験
対象接触材	ｸﾚｿﾝ，ﾍﾟﾊﾟｰﾐﾝﾄ，発泡ｱｾﾃｰﾄ，強化赤玉土，ﾓﾐｶﾞﾗ炭，（竹）	
実験水	チウラム約20μg/ℓ，チオベンカルブ約100μg/ℓ	
生物膜の付着	なし	あり，なし
採水時間	0，24時間	0，1，2，4時間

(2)　現地実験

①　現地実験1

表－2.9.5　実験条件（現地実験1）

	実験1	実験2	実験3	実験4
設置場所	牟礼町大町下井手川			
対象排水	農業排水			
水路形状	W400×H350×L30000			
浄化材料（1.6m³）	水生植物	発泡アセテート	モミガラ炭	強化赤玉土
通水量	適時変更			
通水方法	連続処理			
実験期間	H7.6.31～8.6	H7.8.17～9.7	H7.9.26～10.24	H7.11.20～11.22

注）水生植物：ｸﾚｿﾝ，ﾍﾟﾊﾟｰﾐﾝﾄ，ｽﾍﾟｱﾐﾝﾄ，ｲﾎﾞｸｻ，ﾐｿﾞｿﾊﾞ，ﾛｰｽﾞﾏﾘｰ，ｾｷｼｮｳ，ｾﾘ，　ｼﾊﾞ

②　現地実験2

現地実験2は、現地実験1の結果から接触材の組み合せを決定し、バイパス方式で実験を行った。農村周辺から入手しやすい素材として新たに竹を接触材に加えた。実験1、2は低濃度排水、実験3、4は高濃度排水を対象とした。

③　追加実験

現地実験2で窒素の除去効果が高かった竹についてその脱窒効果を調べるためにBOD、T-N、T-Pの溶出試験、溶出液の脱窒実験を室内で行った。

9.3　調査結果および考察

(1)　室内実験

①　接触材の除去性能の確認

資料収集により選定した接触材を低濃度（牟礼町現地水）と高濃度（人工下水）の排水を用いて実験した。

②　農薬除去実験

植物種による比較ではペパーミントの方が除去速度が速く、チウラムにおいて開始1時間後約90%の除去があった。チオベンカルブでもペパーミントの方が浄化が速く、4時間で26%除去された。

試験終了後、植物体の残留農薬を分析したが、検出されなかった。農薬の分解が起こったと推定される。植物が安全かつ有効な農薬除去の手段として利用できることが示唆された。

接触材として農薬除去性能が高かったのはモミガラ炭で、生物膜が発生していない場合、実験開始1時間でチウラムは不検出、チオベンカルブは76μg/ℓで、24%の除去であった。また、生物膜がある場合、全ての接触材でチウラムの除去能が改善したが、チオベンカルブはアセテートを除いて除去能力の向上が認められなかった。

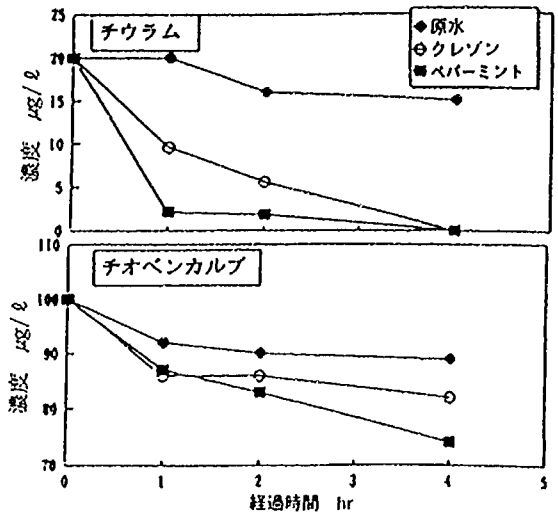
表－2.9.6　実験条件（現地実験２）

		実験１	実験２	実験３	実験４
礫	滞留時間（min）	—	—	—	14.4
	線速度(cm/min)	—	—	—	48.6
竹	滞留時間（min）	38.1	19.5	26.3	26.3
	線速度(cm/min)	3.54	6.92	26.6	26.6
発泡ｱｾﾃｰﾄ	滞留時間（min）	51.1	26.1	—	—
	線速度(cm/min)	2.64	5.17	—	—
ﾓﾐｶﾞﾗ炭	滞留時間（min）	—	—	2.79	—
	線速度(cm/min)	—	—	25.1	—
強化赤玉土	滞留時間（min）	36.5	18.7	28.1	28.1
	線速度(cm/min)	3.70	7.22	24.9	24.9
植生浄化（ｸﾚｿﾝ）	滞留時間（min）	195.7	100	—	—
	線速度(cm/min)	2.53	4.35	—	—
設置場所		牟礼町大町下井出川		志度町塩屋弁天川	
実験期間（平成８年度）		6.20-7.24	7.25-9.5	10.2-10.31	11.29-12.18

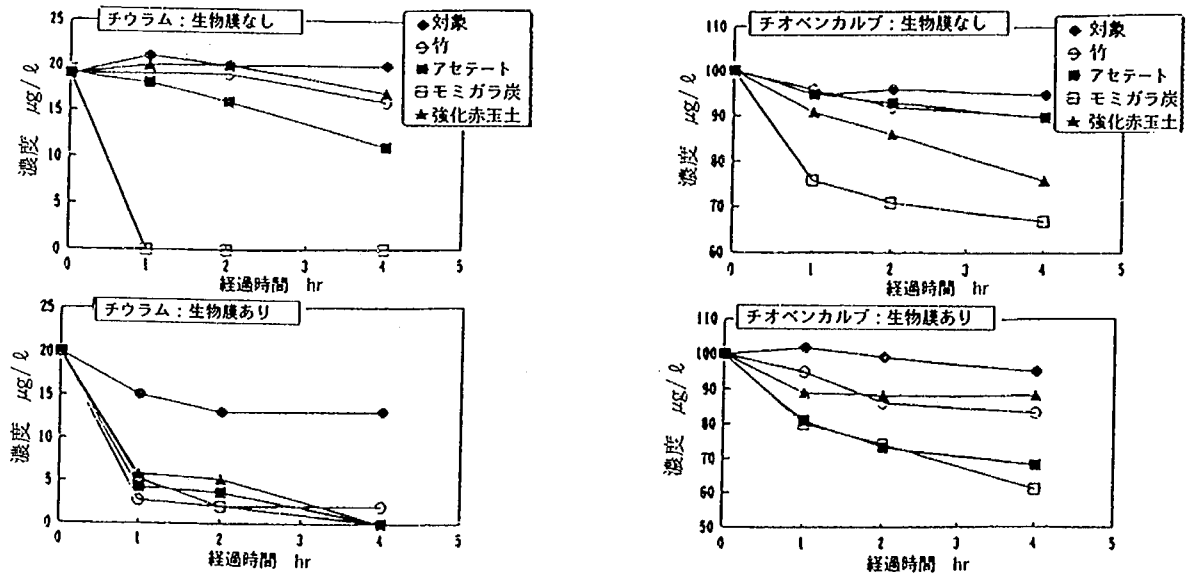
表－2.9.7　各接触材の浄化性能（室内実験）

項　目			SS	BOD	COD	T-N	T-P
水質	低濃度排水：mg/ℓ		2～9	1.3～2.3	5.8～6.8	1.13～1.25	0.53～0.59
	高濃度排水：mg/ℓ		—	44～52	9.1～10.1	8.01～8.90	1.66～1.80
処理性能	ひも状接触剤	（低）	65.0	0	0	1.8	0
	水処理用充填材	（低）	95.6	0	2.9	2.5	15.8
	モミガラ炭	（低）	70.0	0	0	3.2	0
		（高）	—	61.2	42.6	72.7	10.0
	強化赤玉土	（低）	55.0	15.4	0	4.0	67.4
		（高）	—	51.9	26.3	12.1	81.3
	発泡ｱｾﾃｰﾄ	（低）	0	0	0	0.8	10.2
		（高）	—	40.9	15.4	68.8	43.5
	光合成細菌	（低）	6.7	0	0	1.8	1.8

注1)カッコ内の高，低は高濃度排水，低濃度排水を示す．
2)処理性能の数値は処理時間２時間後の除去率（%）を示す．



図－2.9.4　植物による農薬除去



図－2.9.5　接触材の農薬除去

(2)　現地実験

1）現地実験1

①　原水水質と処理水質

表－2.9.8に示すように原水水質（平均）のBOD：T-N：T-Pの比率は11：7：1であった。BODに対し窒素、リンの比率が高いという、農業排水の特性を示していた。この組成からは生物学的な栄養塩類の除去は起こりにくい排水組成と考えられた。

②　浄化性能比較

モミガラ炭、強化赤玉土、発泡アセテートを接触材として用いた場合の除去率の大小をまとめたものを表－2.9.9に示す。また、除去量を滞留時間で割ったものを浄化速度と定義し、接触材の違いによりどのような浄化速度の相違があるかを図－2.9.6に示した。

また水質浄化に用いる植物として浄化性能、生長速度、付加価値、有効利用の点からペパーミント、クレソンが浄化材に適すると判断し、現地浄化実験に採用した。

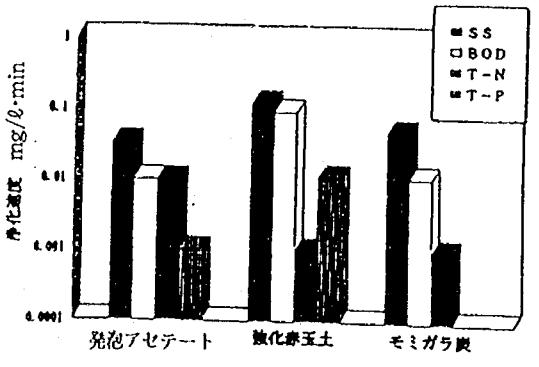
表－2.9.8　現地浄化実験１

（単位：mg/ℓ）

			SS	BOD	COD	T-N	T-P
植物浄化	原水	範囲	1.8～13.0	2.6～ 3.6	6.0～ 8.0	1.6～ 2.9	0.39～0.69
		平均	6.0	3.2	7.2	2.2	0.48
	処理水	範囲	1.2～11.0	2.3～ 3.5	5.8～ 7.6	1.2～ 2.7	0.36～0.76
		平均	5.3	2.7	6.8	2.1	0.45
モミガラ炭	原水	範囲	4.0～13.0	3.8～ 5.7	5.8～ 7.1	2.89～4.02	0.25～0.36
		平均	7.4	4.7	6.6	3.6	0.33
	処理水	範囲	2.8～ 6.8	28 ～ 4.7	5.2～ 8.3	2.84～3.76	0.31～0.54
		平均	4.6	4.1	6.6	3.5	0.39
強化赤玉土	原水	範囲	3.6～23.0	2.8～ 5.0	5.5～ 6.6	1.48～2.12	0.36～0.49
		平均	9.2	5.8	6.8	2.9	0.34
	処理水	範囲	32 ～ 7.6	2.9～ 5.1	5.6～ 7.4	2.75～3.15	0.11～0.30
		平均	4.9	3.7	6.5	2.9	0.20
発泡アセテート	原水	範囲	3.2～ 6.2	2.8～ 5.0	5.5～ 6.6	1.48～2.12	0.36～0.49
		平均	4.6	3.6	6.2	1.8	0.41
	処理水	範囲	2.2～ 6.8	2.4～ 4.9	5.5～ 6.8	1.48～1.92	0.37～0.47
		平均	4.8	3.4	6.3	1.7	0.41

表－2.9.9　接触材の浄化性能

SS除去性能	強化赤玉土＞モミガラ炭＞発泡アセテート
BOD除去性能	強化赤玉土＞モミガラ炭＞発泡アセテート
T-N除去性能	発泡アセテート ＞強化赤玉土，モミガラ炭
T-P除去性能	強化赤玉土＞発泡アセテート



図－2.9.6　接触材の浄化速度

2）現地実験2

現地浄化実験1から判断した有効な浄化材と天然素材である礫，竹を組み合せて浄化実験を行った。

① 組合せシステムにおける処理性能

表－2.9.6に示した接触材の実験条件を変えた実験1～4の結果得られた原水処理水の水質の経時変化を図－2.9.7に、実験期間の結果のまとめを表－2.9.10に示す。

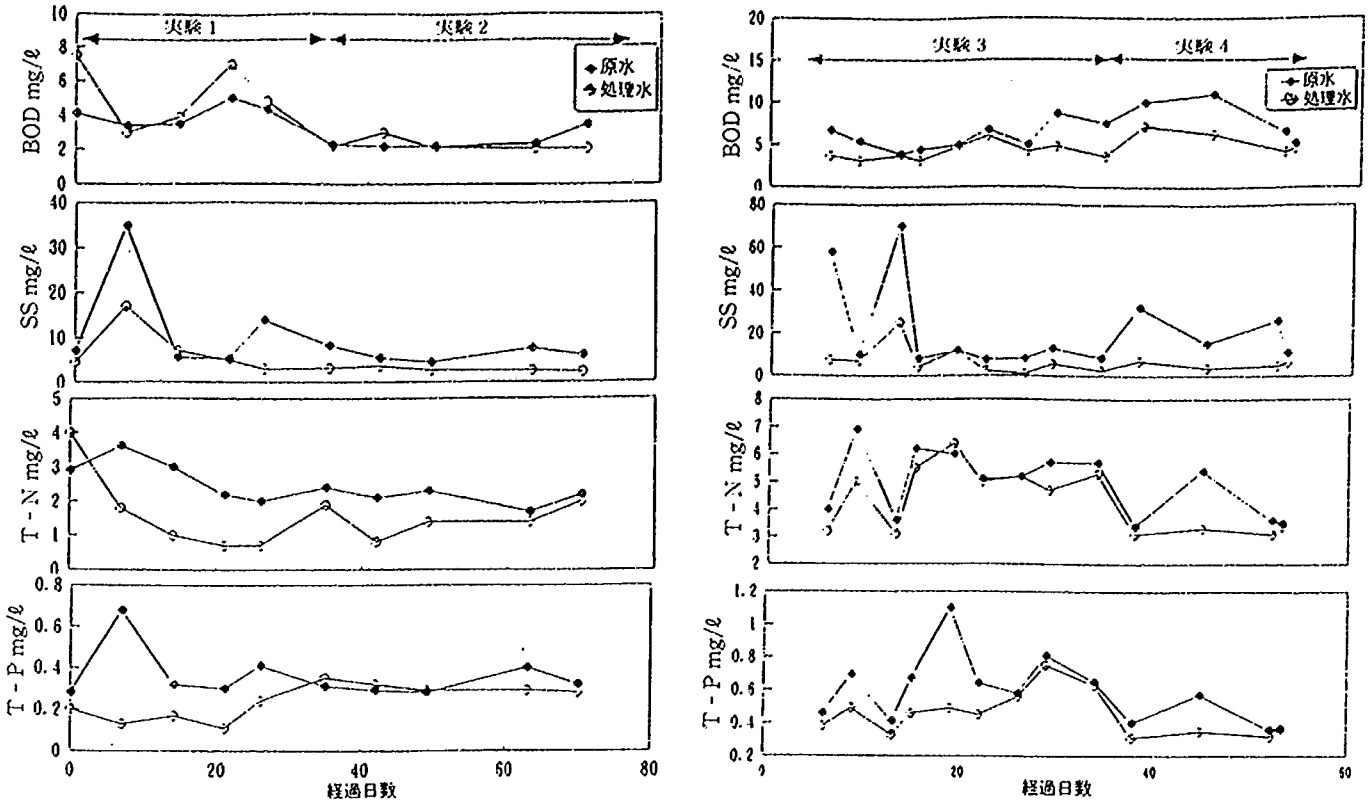
実験1ではT-N、T-Pの浄化性能が高く、実験2ではSS、T-Nの浄化効果が高かった。実験3、4では全項目で浄化効果を示し、特にSS除去の安定性が確認された。

表－2.9.10 浄化実験結果

（単位：mg/ℓ）

			SS	BOD	T-N	T-P
実験1	原水	濃度範囲	5.3～35	3.4～5.0	2.0～3.6	0.28～0.68
		平均値	7.9	4.1	2.74	0.398
	処理水	濃度範囲	3.0～17	3.0～7.5	0.7～4.0	0.11～0.24
		平均値	7.3	5.24	1.6	0.17
	平均除去率		7.8	-29	40	57
実験2	原水	濃度範囲	4.4～8.3	2.2～3.5	1.7～2.4	0.28～0.40
		平均値	6.3	2.5	2.08	0.32
	処理水	濃度範囲	2.3～3.6	2.1～3.0	0.8～2.0	0.28～0.35
		平均値	2.9	2.3	1.5	0.31
	平均除去率		55	8.7	27	4.4
実験3	原水	濃度範囲	7.6～70	3.9～8.6	3.6～6.9	0.41～1.10
		平均値	22	5.9	5.4	0.70
	処理水	濃度範囲	1.0～25	3.1～6.0	3.1～6.4	0.33～0.75
		平均値	7.5	4.1	4.82	0.50
	平均除去率		57	28	11	22
実験4	原水	濃度範囲	11～32	4.2～11.0	3.4～5.4	0.36～0.57
		平均値	21	8.2	3.98	0.43
	処理水	濃度範囲	3.6～ 7.0	4.2～ 7.2	3.1～3.4	0.31～0.36
		平均値	5.5	5.6	3.23	0.34
	平均除去率		74	32	19	21

注）実験条件は表2.9.1



図－2.9.7　現地浄化実験２の経日変化

② 各接触材の浄化特性

平均的な除去率をもとに接触材の浄化特性を分類した結果を表－2.9.11に示す。ここで反応速度係数は、平均的な除去率をもとに浄化時間を考慮し、仮に除去が一次反応であると仮定した場合の反応定数であり、ｅを底としている。

この反応速度係数を用いて推定した滞留時間と除去率の関係を計算した結果を図－2.9.8に示す。

接触材の除去性能では、窒素については竹が、リンについては強化赤玉土が高い除去性能を示した。

表－2.9.11　接触材の浄化特性

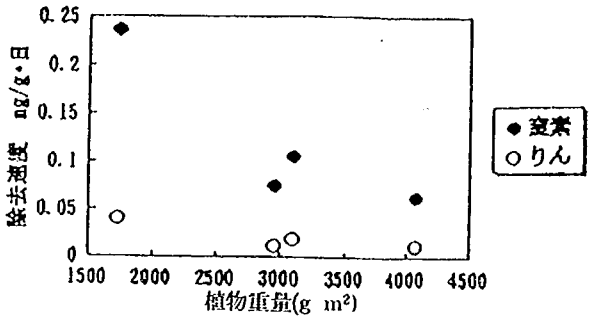
		BOD	SS	T－N	T－P
礫	除去性能判定	○	◎	○	●
	反応速度係数	0.329	9.952	0.771	-0.23
竹	除去性能判定	●	◎	◎	●
	反応速度係数	-0.26	8.223	2.337	0.145
発泡アセテート	除去性能判定	●	●	●	●
	反応速度係数	-0.07	-4.11	-4.71	-0.17
強化赤玉土	除去性能判定	◎	○	●	◎
	反応速度係数	0.577	4.446	0.25	0.554
モミガラ炭	除去性能判定	◎	◎	●	●
	反応速度係数	0.654	17.42	0.071	0.007

注1)●：除去性能なし，○：除去性能あり，◎：特に高い除去性能あり．
除去性能は，相対的な反応速度から判定したものである．
2)相関式としてSS，T-N除去は0次反応，その他は1次反応式での速度を求めた．(単位：$g/m^3 \cdot H$)

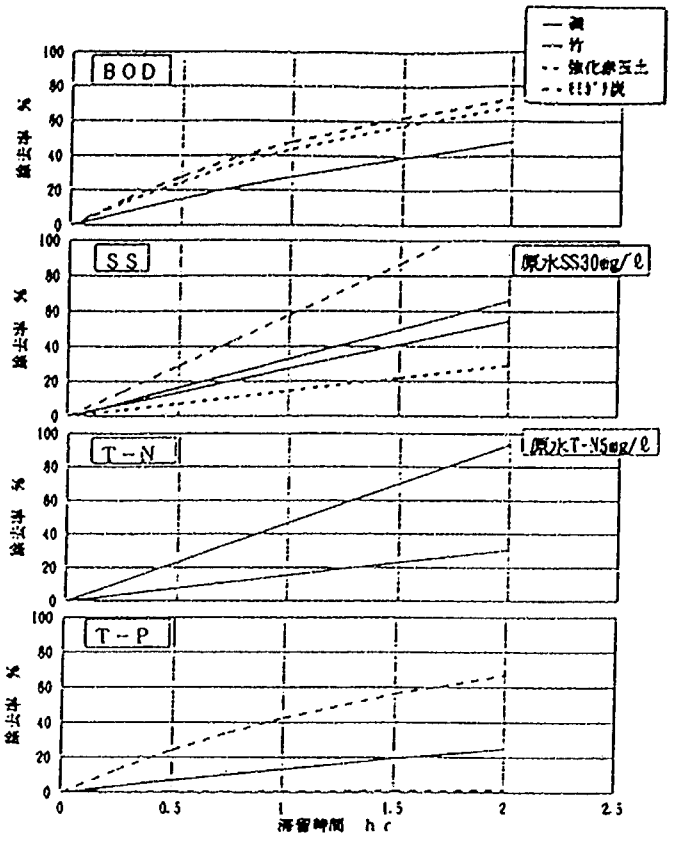
③ 水生植物の浄化特性

図－2.9.9はクレソンを用いた時にクレソンが単位面積当たりに占める植物重量（湿重量）と水から除去された窒素リンの量を水質分析から求め滞留時間を考慮し、算定した除去速度の関係をプロットしたものである。

クレソンは植栽密度が低いほど窒素、リンの除去効果が高いことが分かる。植物は浄化と景観の双方の観点から適正な植栽密度を検討する必要があり、植物体の回収が必要であると考えられた。



図－2.9.9 クレソンの浄化速度



図－2.9.8 各接触材の浄化性能

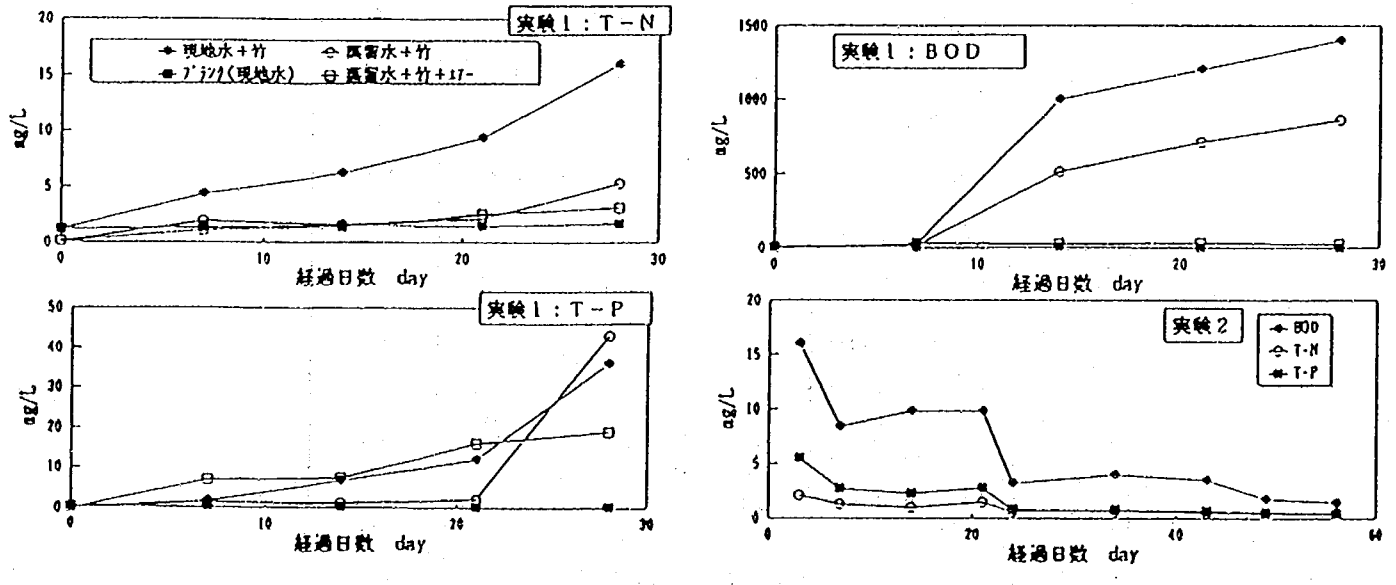
3）追加実験

① 竹の溶出実験

現地実験２で脱窒効果の高かった竹について行った溶出実験結果は図－2.9.10のとおりである。

・BOD：嫌気条件では14日目で1000mg/ℓとなりその後も上昇したが、好気条件ではほぼ一定値（約30mg/ℓ）であった。

・T-N、T-P：嫌気条件および好気条件ともT-N、T-Pが徐々に上昇したが、嫌気条件の方がやや高い値を示した。



図－2.9.10 竹の溶出実験結果

② 竹溶出液の脱窒実験

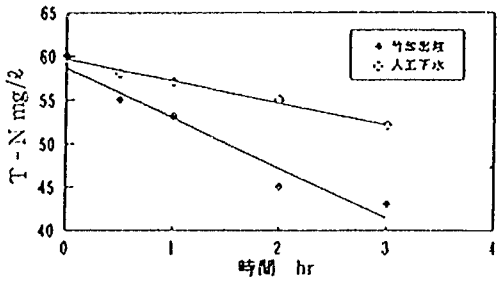
竹からの溶出液の脱窒効果について調べるため、硝化細菌を含む活性汚泥を加えた硝酸溶液を試験水とし、一方に竹溶出液(200ml/ℓ)を、他方にメタノール(1ml/ℓ)を添加して脱窒速度を比較した。結果を図－2.9.11に示す。

竹溶出液の脱窒速度はメタノールの約2倍でありこの実験で使用した濃度のメタノールよりも脱窒速度の向上に有効であることが分かった。

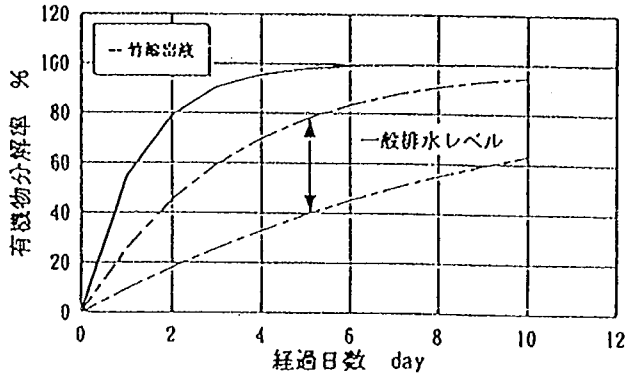
③ 竹溶出流液の生分解性

竹の溶出液を脱窒に利用した場合に脱窒工程で利用されずに残留した竹溶出液の処理が容易であるかを確認するために、竹溶出液の分解性について実験を行った。

竹溶出液の反応速度係数は、Eckenfelder が調査した一般排水の有機物分解速度の2～8倍となり、竹溶出液の BOD 分解性が高いことが分かった。(廃水の生物学的処理, コロフ社)



図－2.9.11 硝酸含有排水の脱窒速度



図－2.9.12 竹溶出液の有機物分解速度

9.4 実際の浄化システムの検討

本浄化実験の実験結果から実際の水路に適用する場合に考えられる浄化システムについて検討を行った。

実験結果から得られた各接触材の代表的な水質除去特性は表－2.9.12のとおりであり、その結果表－2.9.13に示す4段よりなる浄化装置での接触材の組み合せが浄化システムとして効果的と考えられる。

表－2.9.12 接触材の除去適性

目的	接触材
SS除去	礫
BOD除去	モミガラ炭
T-N除去	竹
T-P除去	強化赤玉土
農薬除去	モミガラ炭

浄化施設をより効率化するには、浄化部分の前段に取水設備を設け、沈殿槽を経由して浄化部へ送水する方法が望ましい。また雨天時の濁水は取水しない方がよい。さらに排泥設備、放流設備も必要であるが、汚泥は槽内での貯留を考え、放流に関しては処理水の DO が少なくなることが考慮されるため、部分曝気を行ったり、段差水路等を設けることを考慮する必要がある。

表－2.9.13　接触材の組合せ

設置順位	必要機能	浄化材
初段	空隙率が大きく、SS除去性性能が高い	礫
2段	窒素除去能力が高い	竹
3段	BOD除去能力が高い	モミガラ炭
4段	高度処理としてりん除去能力が高い	強化赤玉土（景観的には水生植物を利用することも考えられる）

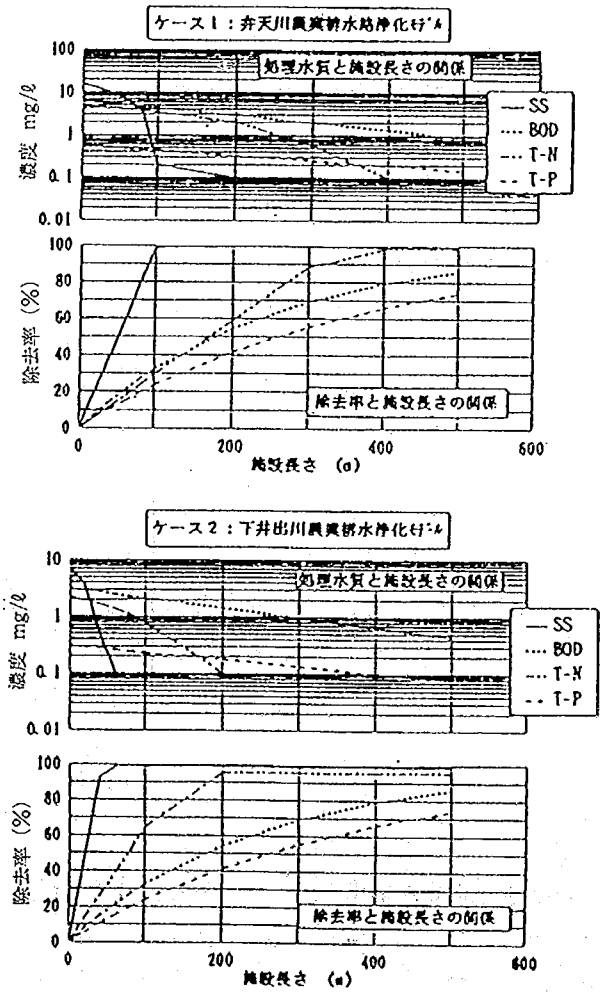
次に、上記の効果的な組み合せから香川県における平均的な農業用水路（断面：50×50cm）に施設を設置する場合の施設の長さと処理性能を検討した。検討条件を表－2.9.14に、表－2.9.11での分解速度定数を仮定した検討結果を表－2.9.15、図－2.9.13に示す。

表－2.9.14　検討条件

項目		検討条件	
検討ケース		1. 志度町	2. 牟礼町
原水水質	SS	15.8mg/ℓ	6.7mg/ℓ
	BOD	6.3mg/ℓ	3.1mg/ℓ
	T-N	4.8mg/ℓ	2.2mg/ℓ
	T-P	0.56mg/ℓ	0.32mg/ℓ
排水路の形形状，流況		幅50cm，高さ50cmの小水路．水深50mm，粗度係数0.05，勾配(1/300)	
処理水量		300 m³/day	
施設の長さ		0 ～1000m	
設置条件		既設水路を利用した直接浄化方式	

表－2.9.15　T-Nの処理水質1mg/ℓの場合

検討ケース		ケース1	ケース2
施設の長さ		269m	85m
必要容量	礫	3.1m³	1.0m³
	竹	27 m³	8.7m³
	モミガラ炭	17 m³	7.1m³
	強化赤玉土	11 m³	4.5m³



図－2.9.13　各ケースの浄化性能

9.5 今後の検討課題

本調査で検討した組み合せ浄化システムは、窒素、リンが主な汚濁負荷となる農業排水の浄化方法として有望と考えられる。本システムを実用化するに際し、検討すべき今後の課題として以下の事項が挙げられる。

9.5.1 浄化システムの設計諸元に関して

(1) 竹接触材の特性検証

脱窒に適すると判明した竹接触材の寿命、能力向上の検討。

●竹接触材の長期実験状況確認 → 施設内での減容量詳細把握

●竹接触材の環境制御 → 竹が持つ脱窒活性の実証

(2) 植物の有効活用

植物の農薬除去は速く、浄化として新たな手段となる可能性がある。

●農薬除去メカニズムの解明 → 代謝による中間生成物の安全性確認と除去能力の継続性

●リサイクル資源としての有効活用 → 食料・堆肥・飼肥料としての安全性検証

(3) 設計データとしての補充項目

本実験のデータだけでは信頼性に乏しく、補完できていない項目があるため、以下に示すデータ蓄積が必要である。

●余剰汚泥発生量の確認

●各接触材の脱離減少の有無確認・エアレーションによる流動に対する強度保持能力の把握

9.5.2 処理システムの改良

実験施設を稼働した結果から、次に述べる新たな改良・改善を図る必要がある。

●高い空隙を有する接触財の開発 → SS 濃度の高い排水での閉塞防止対策

●施設躯体構造 → 形状・施工方法改善

●水深・流速と除去性能の定量化・係数化●処理機能の改善

9.5.3 実証施設での確認

実験で確認できなかったスケールアップした実証施設での検証

●排泥の操作確認 → 配管・機器類の設置・使用方法・施工性の難易を把握

●濁質流入時の対策

●渇水時の安定処理性能の把握

●農業排水路に与える影響の確認 → 生態系の変化・周辺地域への影響

9.5.4 その他農業の水質保全の関連調査事項

水質保全・浄化に利用できる農業上有用な未確認項目を調べる必要がある。

●休耕田の浄化性能

●畑地休閑の水質への影響

●土壌浄化法による農業排水浄化

●水田周辺の小規模排水路の簡易浄化対策 → 沈澱構造の設置等

●水田・畑地の外部環境効果の定量化 → 貯水効果・地下水涵養・温暖調整

10. 家畜・畜産排水における浄化手法

（九州技術事務所）

10.1 調査の目的

本調査では、流域内対策の一環として、特に家畜・畜産排水に対する浄化手法について整理・検討を行い、市町村や事業者、地域住民等が容易に取り組むことが可能な対策を抽出し、その浄化手法の検討を行うものである。

調査の内容としては、畜産事業者に対し、①経営形態に即した対策、②コストの安価な対策、③メンテナンスが容易な対策、④臭気へも考慮した対策等の観点からアドバイスできるものとするために

① 室内実験での浄化効果の確認
② 近年注目されている有用微生物菌の効果の確認
③ 野外実験での浄化効果と実施設としての運用の可能性の確認

を行うものである。

10.2 実験で用いる浄化手法の選択

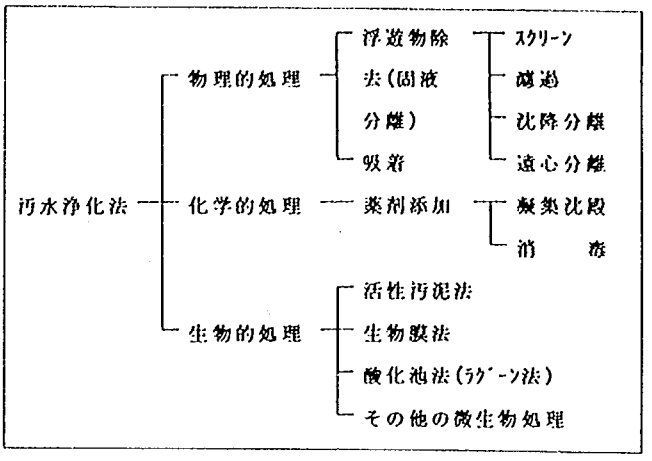
10.2.1 家畜排水処理法の概要

家畜排水のような高濃度の汚水を浄化する手法としては、その基本原理から図－2.10.1に示すように、物理的処理、化学的処理、生物学的処理に分類することができる。このうち有機物分解による浄化手法としては生物学的処理が一般的である。

生物学的処理の中にも、活性汚泥法をはじめ生物膜法や酸化池法等各種の手法があり、それぞれの特性は、おおむね表－2.10.1に示した差がある。

10.2.2 活性汚泥法

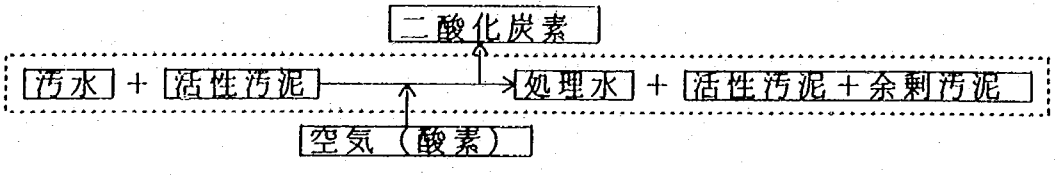
この中で、本実験ではもっとも一般的で、高い浄化効率をもつ活性汚泥法を基本手法として採用するものとした。活性汚泥法の原理は、図－2.10.2に示すように汚水の浄化能力をもつ微生物の固まりである活性汚泥を用いるものであり、曝気槽と呼ばれる処理槽内において、多量の活性汚泥により汚水中の汚濁成分（有機成分）を摂取・分解することにより、浄化を進めるものである。



図－2.10.1 畜産汚水の主な浄化法

表－2.10.1 浄化手法別の比較

処理方法		適用規模	BOD 除去率	敷地面積	維持管理		建設費
					技術	経費	
活性汚泥法		連続式：小～大	90～95%	小 オキシデーションディッチは中	難	大	大
		回分式：小～中			中	中	中～大
曝気式ラグーン法		小～大	80～95%	大	易	中	中～大
生物膜	散水ろ床法	小～大	80～90%	小	中	中	中
	回転円板法	小～大	80～90%	小	中	中	中
	接触酸化法	小～大	80～90%	小	中	中	中



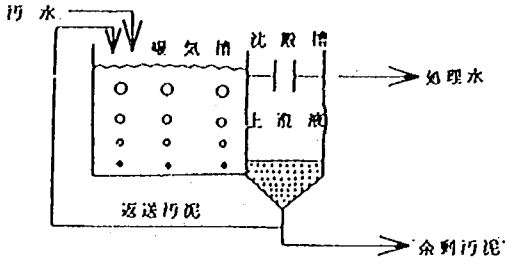
図－2.10.2 活性汚泥法による汚水浄化の流れ（羽賀、1992）

処理槽内（曝気槽内）では、生物の活性に必要な酸素（空気）を供給する必要があり、活性汚泥が増殖していく過程で新たな活性汚泥を発生し、これが余剰汚泥を生むことになる。浄化機能の維持のためには、この余剰汚泥の除去が重要な要素（管理項目）となる。

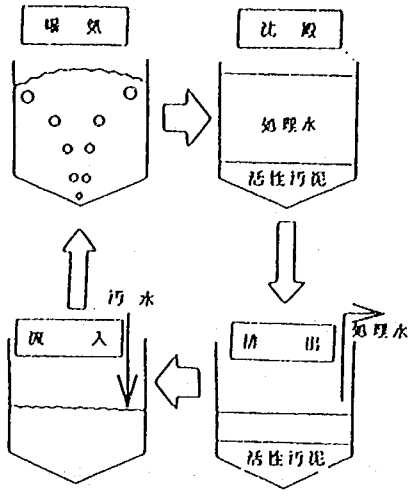
活性汚泥法についても、「標準活性汚泥法」、「回分式活性汚泥法」、「連続式活性汚泥法(図－2.10.3)」等の各種の手法があるが、ここでは、装置が比較的単純で、維持管理が比較的容易とされている、「回分式活性汚泥法」を採用した。

10.2.3 回分式活性

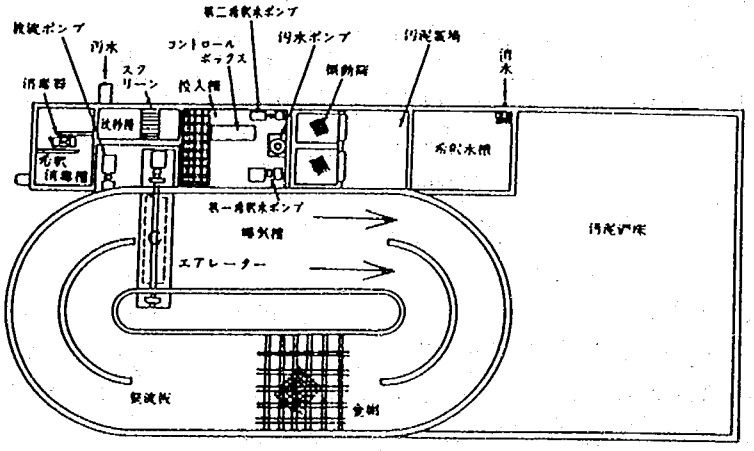
回分式活性汚泥法は、図－2.10.4に示すように、1つの処理槽内で、曝気→沈澱→排出→流入→曝気といったサイクルを繰り返すものである。この手法の事例としては、図－2.10.5と図－2.10.6に示す「全自動回分式活性汚泥法」と呼ばれ、別名「神奈川方式」と呼ばれるシステムがあり、本実験では、この全自動回分式活性汚泥法と同様の機能を持つ実験施設を作成し、その負荷条件、浄化効果、運転状況、維持管理状況等の確認を行うものである。



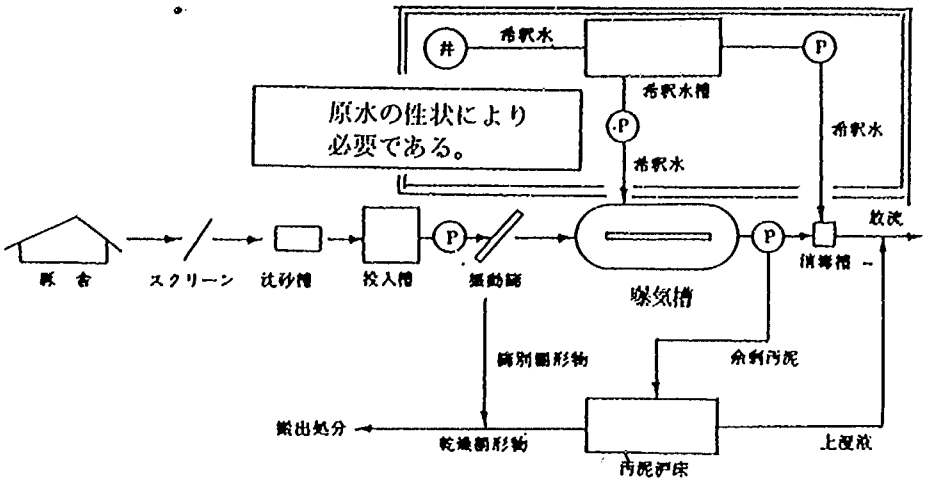
図－2.10.3 連続式活性汚泥法の仕組み



図－2.10.4 回分式活性汚泥法の仕組み



図－2.10.5 代表的な回分式活性汚泥法平面配置図



図－2.10.6　全自動回分式活性汚泥法フローシート

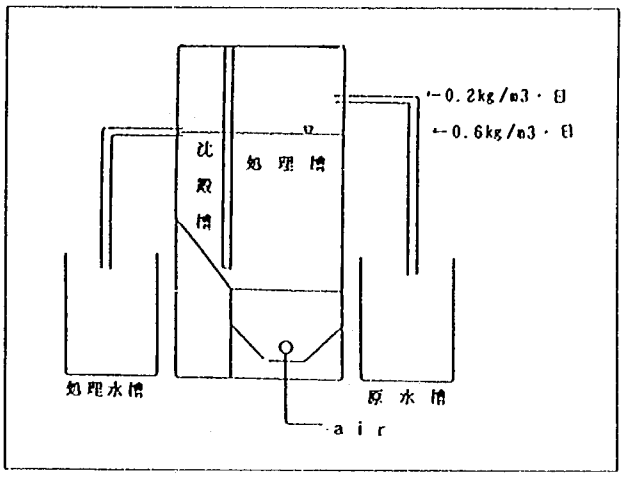
10.3　室内実験

室内実験では、活性汚泥を用いた最も基本的な処理手法である「連続式活性汚泥法」と「回分式活性汚泥法」について、実際の畜産排水を用いて効果の確認を行った。実験装置を図－2.10.7に示し、装置による実験条件を表－2.10.2に示す。

表－2.10.2　室内実験の実験条件（H７年11月）

			回分式	連続式
計画	処理槽容量		1.71ℓ	
	BOD容積負荷		0.2kg/m³・日 0.6kg/m³・日	
	処理水量		0.3ℓ/日 0.9ℓ/日	
	原水BOD濃度		1,000mg/ℓ	
実施	BOD容積負荷 kg/m³・日	1バッチ/日	0.17～0.23	0.17～0.36
		3バッチ/日	0.51～0.69	0.51～1.14
	原水濃度 mg/ℓ		870～1,185	872～1,965

実験結果を負荷条件（BOD容積負荷）別の除去率でみると、図－2.10.8に示したように、回分式と連続式共に、BODでおおむね90～95%以上が得られた。SSについては、回分式の除去率にばらつきが大きくなっている。この原因としては、汚泥の沈降性が低下したためであり、野外実験での実験条件を設定する際，この点について考慮する必要があるものといえ

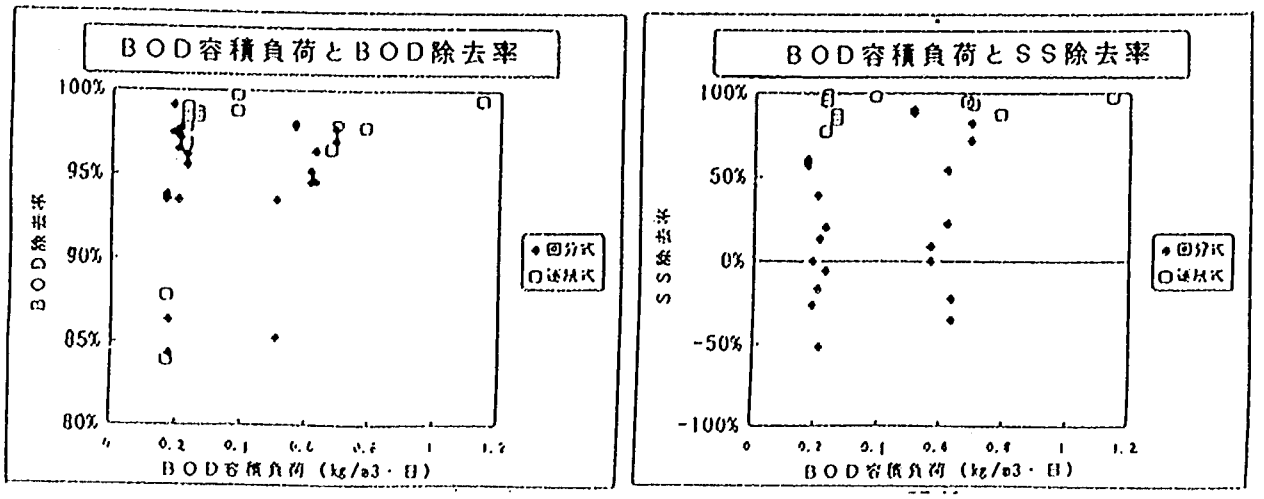


図－2.10.7　実験概略

る。原水濃度が日々異なっているため、処理槽内のBOD容積負荷は0.2～1.2kg/m³・日の間で大きく変動しており、1日に3バッチの処理（以後「3バッチ処理」という。）を行う処理のような過剰な負荷条件下ではBOD除去率が低下する。

処理水のBOD濃度は、1日に1バッチの処理（以後「1バッチ処理」という。）では、最良時には5mg/ℓ又は8mg/ℓとなっており、標準的な負荷設定が維持できれば、良好な処理が可能であるといえる。

通常の「全自動回分式活性汚泥法」でも、1バッチ処理が標準とされており、3バッチ処理は負荷の面で問題があるが、処理サイクルの設定は求める処理水の濃度により選択することが可能である。



図－2.10.8　室内実験における処理条件と除去率の関係

10.4　野外実験結果

10.4.1　野外実験の概要

野外実験では実際の畜産排水を対象に、「全自動回分式活性汚泥法」を基本原理とした簡易実験装置を作成し、平成７年度、平成８年度の２カ年において夏期・冬期の水温変化も考慮した効果確認実験を行った。

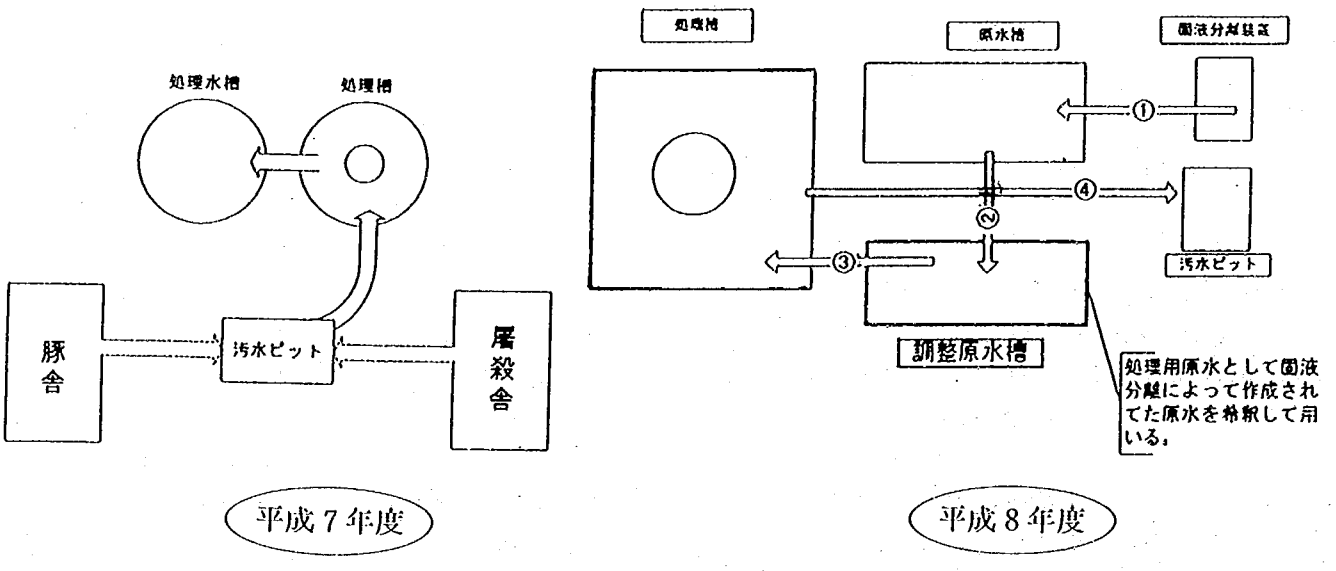
実験の条件は表－2.10.3のとおりである。

表－2.10.3　野外実験の内容

年度	実験場所	運転サイクル	実験装置	処理量
平成７年度	畜産試験場畜舎	1～3バッチ/日	円形水槽	57～117ℓ/日
平成８年度	一般畜産農家	1バッチ/日	方形水槽	22～ 44ℓ/日

平成８年度には、処理槽の水深をやや深くするために方形の槽としたが、基本的な処理工程や全自動運転のための制御装置は同様のものとした。

畜産排水については、畜舎の管理が良好で、安定的な処理原水が得られることを条件とし、平成７年度は福岡県農業試験場内の養豚畜舎の排水を、平成８年度は福岡県内の2,500頭飼育の比較的規模の大きな農家を対象とした。



図－2.10.9　野外実験施設の概要

10.4.2 平成7年度の野外実験における浄化効果

夏期、冬期に実施した実験結果をみると、夏期実験時の原水BODは、2,000～18,000mg/ℓと大きく変動し、計画時の原水水質の安定性を保つことができなくなった。これは、畜舎内の清掃や気温の高い時期の冷却水（畜舎内に散布）の使用の有無に加え、屠殺舎からの血液の流入等、悪条件の重なった結果であった。この原水濃度の急増に加え、処理サイクルの1バッチから3バッチへの設定移行も影響し、処理のBOD負荷条件（容積負荷）は、0.2kg/m³・日～3.0kg/m³・日と非常に大きくなった。通常活性汚泥法での容積負荷は0.2～0.25kg/m³・日が適当とされており、この点からも2バッチ、3バッチ時の負荷条件はさらに過酷であったといえる。

BODの除去率でみると、1バッチ処理時の0.2kg/m³・日前後の負荷では、約97%程度の除去率が得られておりおおむね良好といえる。

冬期実験時においても原水濃度は10,000～20,000mg/ℓと高く、流入量を絞り負荷調節を行っても処理負荷は0.4～2.0kg/m³・日と標準に比べ非常に高くなっていたが、夏期に比べれば日々の変動は比較的なかったものといえる。

冬期実験時の浄化効果をみると、1バッチ処理時でのBOD除去率が約80%、2バッチ処理時で70%前後、3バッチ処理時で約60%となっており、負荷条件の悪化とともに処理効果も低下している。

夏期と冬期の実験結果を1バッチ処理時の値で比較すると、夏期と冬期で原水濃度に大きな差があるため、単純に比較はできないが夏期の平均除去率はBODで98%、T-Pで45%、T-Nで52%と除去率としては概ね良好といえる。しかし、処理水濃度は、夏期でもBOD90mg/ℓ、冬期ではBOD2,654mg/ℓと高く放流可能な水質とはいいがたい。

このため、原水濃度の調整あるいは、処理槽への希釈水の注入等、処理工程に操作・工夫を加える必要があった。

10.4.3 平成8年度の野外実験での処理効果

平成8年度においても処理槽内の負荷設定は必ずしも計画とおりの安定した状況ではなかった。この原因は、畜舎内の洗浄や冷却用の管理用水の使用量が季節により大きく変動するためである。特に秋期から春期までは冷却水を使用しないため、管理水は極端に減少し、そのため排水は、家畜の糞尿の濃度とほぼ同程度のBOD濃度で、10,000～20,000mg/ℓまで上がることになった。

秋期と冬期の曝気槽内の容積負荷の変化を図－2.10.10に示した。回分式活性汚泥の場合、0.2kg/m³・日が最適で、高くても0.4kg/m³・日とされており、秋期の初期は非常に高い設定となっていた。

原水と処理水の変化及び除去率を別紙のデータ編の表・図(H8年度野外実験結果参照）に示した。

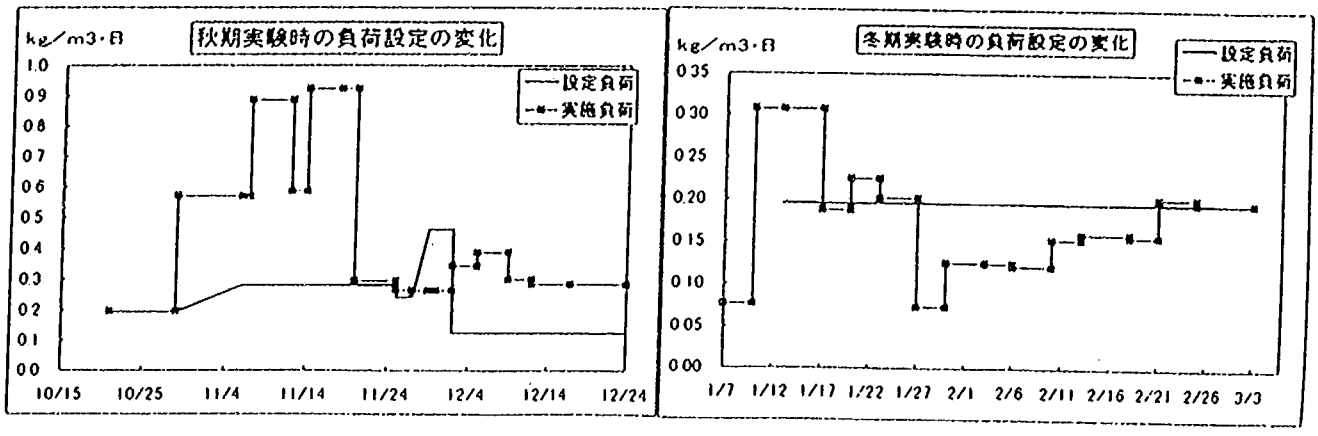
秋期11月～12月に実施した実験では曝気槽内のBOD容積負荷は0.3～0.4kg/m³・日とやや高い設定のなかでの処理を行う結果となった。

除去率はBODで99%以上となっているが、処理水濃度は、BOD100mg/ℓを超える状況も見られており処理装置としてはやや不適当な状況であった。ただし、畜舎の排出規制BOD120mg/ℓはクリヤーできる状況であった。

冬期の1月～2月に実施した実験では、負荷設定は概ね0.2kg/m³・日前後で安定しており、水温が低く活性汚泥の浄化能力としては必ずしも最適とは言えないものの運転条件としては良好と考えられる。BODの除去率で99%を超える高い浄化効果が得られ、処理水のBOD濃度でも原水約4,000mg/ℓに対し処理水は8～20mg/ℓと、十分放流可能な水質まで浄化される結果が得られた。

畜舎排水として大きな問題となる、窒素、リンについても90～95%との結果がえられた。リンについては、本実験装置のような活性汚泥による浄化手法では高い除去率は得られないのが普通であるが、本実験では、SSの除去率が非常に高く、粒子性のリンの除去が大きく寄与しているものと考えられる。窒素については、回分式処理槽内で好気・嫌気が繰り返されることにより、硝化・脱窒の過程が繰り返されていたためと考えられる。

本実験装置は簡易型であるため、今後いくつかの改良点はあるが、「全自動回分式活性汚泥法」を基本原理とした本浄化実験装置においても十分効果的な処理が可能であるため、実施設として適応可能と考えられる。



図－2.10.10　平成８年度実験時のBOD容積負荷の変化

10.4.4　曝気槽内の性状

これまでの実験では、原水濃度の急変により浄化施設の稼働が必ずしも正常な状態ではなかったため、汚泥の発生状況を把握することができなかった。平成８年度の冬期実験では、固液分離装置や原水調整槽（排水原水の希釈用井戸水を利用）を用いることにより、処理負荷を安定させることに成功したため、容積負荷を0.2kg/m³・日前後で安定した状態で推移した。

処理条件が安定したため、初期活性汚泥量を処理可能な最小量まで減少させ、BOD除去量と活性汚泥の増加量との関係を明らかにすることが可能になった。

処理槽内の性状の変化は、別紙のデータ編の図(H８年度　野外実験結果の曝気槽内の状況参照）に示したように初期MLSS量1,000mg/ℓ、SV値（汚泥沈降量）約７％であった汚泥は、処理の継続とともに徐々に増加していくのが見られ、順調な浄化処理が行われていることが確認できた。

処理水のBODが最も良好であった１月下旬～２月初旬の曝気槽内は、MLSS量は2,000～3,000mg/ℓ、SV値で20～30％となっており、この状況を維持することが良好な処理水を得る条件となる。

BOD除去量と汚泥の発生量との関係は一般に一次式で表すことができる。

（汚泥増加量）＝a×（除去BOD量）－b×（初期MLSS量）

ここで実験から、a＝0.55～0.63、b＝0.04～0.28の値が得られた。

10.5　有用微生物菌による効果確認実験

近年汚水処理や臭気対策として、各種の有用微生物の活用が注目されている。

有用微生物については、その種類により効果や成分が異なっているとされているが共通する特徴として、①自然界に存在するものの活用、②簡易な散布や取扱いで効果がある、③汚水浄化や臭気対策に有効、等がある。しかし、個々の製品についてその成分や使用方法は明確でなく、効果についも具体的な条件と数値については不明な点がある。

実験には知名度が高く、比較的効果があるとされているEM菌、オーレス菌、アガリエ菌の３つのタイプの微生物を用いた。

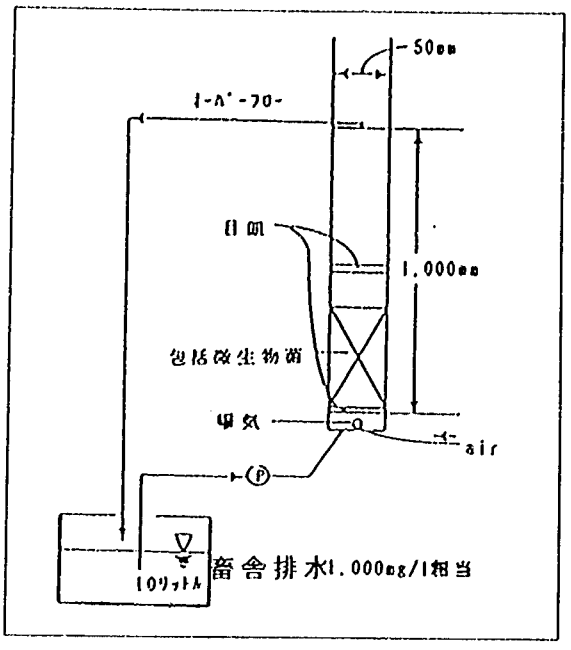
10.5.1　平成７年度実験

実験は原水の性状を安定させることを目的とし表－2.10.4に示す人工汚水を用いた。実験方法としては、図－2.10.11に示すようなカラム内に各微生物をアルギン酸で包括固定化し充填した。

①　EM菌　　：液体
②　オーレス菌　：粉体
③　アガリエ菌　：粉体

表－2.10.4　原水として用いた人工畜産汚水

項　　目	添　加　量
Peptone	1.0g/ℓ
肉エキス	0.6g/ℓ
NaCℓ	0.05g/ℓ
Mg	0.02g/ℓ
Na_2HPO_4	0.02g/ℓ
KCℓ	0.03g/ℓ
$CaCℓ_2 \cdot 2H_2O$	0.03g/ℓ
BOD濃度：1,000mg/ℓ	



図－2.10.11　カラム実験装置概要図

初回実験で包括固定化したアガリエ菌が崩壊する等のトラブルがあったため、再実験も行った。

BODの除去では、各微生物間で特に大きな差は見られないものの、各有用微生物菌ともブランクに比べ低い除去率しか得られなかった。初回実験では、オーレス菌が　BODやT-Pの浄化でやや効果があるように見られたが、再実験では同様な傾向がでていない。ブランクでの除去は、原水の循環・曝気中に空気中の微生物等の混入により結果的にカラム内に活性汚泥が発生したことが要因していると考えられる。BOD以外のCODやT-P、T-Nについても、ブランクに比べ必ずしも有為な効果が見られる結果ではなかった。

平成7年度の実験では、通常提供されている菌体が純粋な微生物ではなく菌体の生息床と呼ばれる「液」や「粉」と混在していることから、包括固定化といった充填法の実験では、有用微生物の効果を明らかにすることができないことも推測される。

10.5.2　平成8年度実験

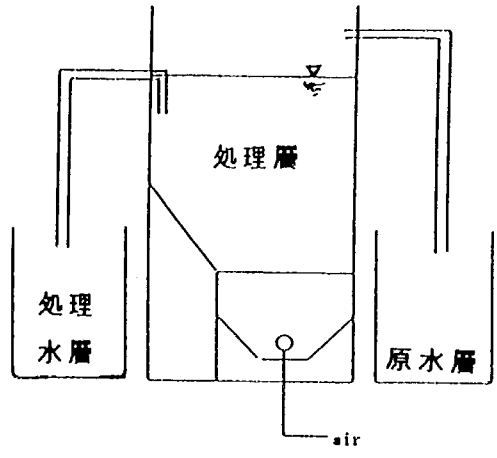
有用微生物の使用方法には、汚水槽や畜舎内への直接散布、あるいは処理槽内への添加であることが多い。処理槽内での添加により、活性汚泥との相乗効果による微生物菌の浄化効果を室内実験で確認するとともに、処理水の臭気の除去効果についても確認を行った。

実験は、平成7年度に室内実験で浄化機能が確認でき、かつ野外実験と同一処理原理となる、回分式活性汚泥実験装置に、EM菌、アガリエ菌、オーレス菌をそれぞれ添加する方法とした。

実験装置と実験条件は図－2.10.12及び表－2.10.5に示すとおりである。

表－2.10.5　実験条件

項目	内　　容
実験原理	回分式活性汚泥法
運転条件	1バッチ／日 (20時間曝気)
BOD容積負荷条件	0.2kg／m³・日
使用微生物	EM菌 オーレス菌 アガリエ菌
添加濃度	原液の100倍希釈 〃　500倍希釈 〃　1,000倍希釈



図－2.10.12　実験概略図

EM菌、アガリエ菌、オーレス菌とも、ブランク(活性汚泥のみ)に比べ、BOD、CODやT-P、T-Nとも浄化効果を促進させるような差は見られない結果となっている。また、希釈倍率での差も見られず、この実験結果からは、有用微生物による浄化の促進効果は必ずしも明確ではないと考えられる。

同時に調査した臭気についても、臭気強度や臭気成分（メリルメルカプタン、トリメチルアミン）では、活性汚泥のみの処理の方が除去効果が高くなる状況が見られたが、アンモニアの除去については、EM菌やアガリエ菌にややブランクより低下する傾向が見られた。ただし、アガリエ菌は、添加直後には大きく除去効果を示すものの持続性に疑問が残る結果となった。

次に、原水に有用微生物を直接添加した時の臭気除去については、臭気強度では、EM菌がブランクを下回る結果が見られており、畜舎等への直接散布での効果の可能性が伺える。

10.6 処理槽の維持管理

平成7年度、平成8年度の野外実験では、畜舎排水の性状が畜舎の管理水の増減で大きく変化し、安定処理条件を保てなかったこともマイナス要因であったが、本実験施設に関する要管理項目として以下のような内容があった。①ブロワー（曝気装置）の目詰まり解消、②過剰負荷による処理槽での以上な泡の発生に対する清掃・排除、③水位制御スイッチ等の制御装置の不調であった。

これらは、全て原水濃度が非常に高いことに起因しており、特に平成7年度の実験で多発した。しかし、平成8年度の冬期実験では固液分離装置や原水調整槽（原水希釈槽）を用いたことにより、このようなトラブルがほとんど発生することなく、かつ良好な水質（BOD20mg/ℓ以下）を得ることができている。したがって、本実験施設の実用化は、このような管理をいかに簡易な施設、小労力で実施できるかによるものと考えられる。

平成8年度の実験結果からみると、固液分離装置や原水調整槽等の比較的簡易な設置でも、十分に排水中の固形分や体毛などが除去できることが確認された。これにより同時に処理原水の性状も安定することになり、処理も安定する結果となる。

表－2.10.6 実験施設の維持管理内容

現　象	原　因	対　応
ブロワーの目詰まり	・豚の体毛のペラ部へのからまり ・飼料粕の吸引口の目詰まり	・分解・掃除 ・吸引口のメッシュの除去 ・本体の引き上げ掃除
ブロワー停止	・目詰まりにより過剰負荷による過通電→ブレーカー作動	・ブロワー本体の清掃
泡の異常発生	・高濃度原水の注入 ・ブロワーの過剰供給	・消泡剤の添加 ・空気量の調整・バルブの設置
レベルスイッチの不調	・泡の発生による電極の短絡 ・微少水位変化設定による誤作動	・電極の清掃 ・消泡剤の添加
余剰汚泥の除去	・長期間運転による、蓄積	引き抜き、搬出
制御装置の停止	・ブレーカー作動	
制御装置の不調	・タイマー，水位計の不連動	

10.7 畜産農家への施設の適応性

これまでの実験結果や検討結果から、全自動回分式活性汚泥法を基本手法とした本実験装置においても公共水域へ放流可能な処理水を得ることが確認できた。

一般の畜産農家、中でも小規模農家での浄化設備の導入の条件はおおむね以下のような内容となる。

・イニシャルコストが低いこと。
・メンテナンスコストが低いこと。
・維持管理に過剰な労力がかからないこと。
・施設構造が簡易でかつ必要面積が少ないこと。

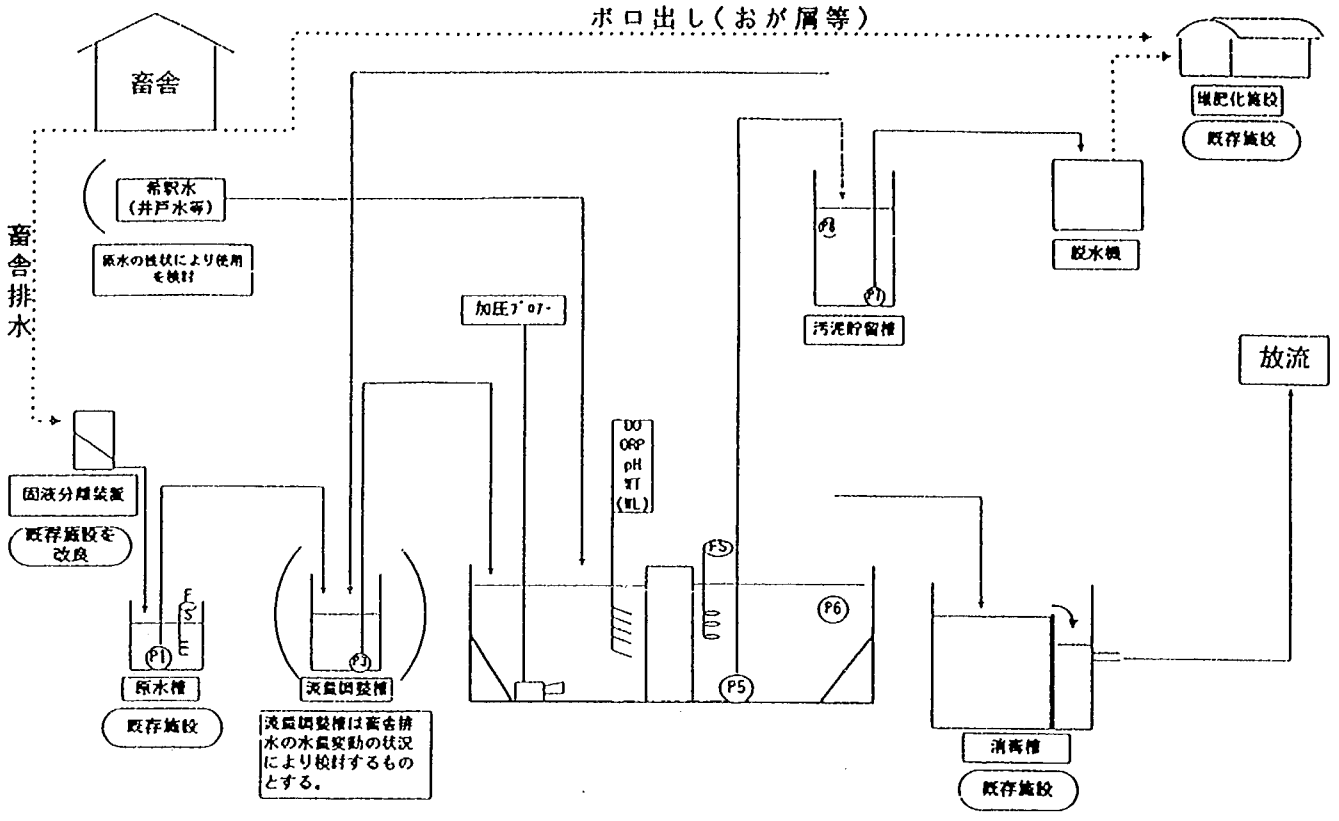
全自動回分式活性汚泥法は、基本的に比較的単純な施設構造の上に、全自動で稼働するため労力は少ない利点がある。さらに通常の維持管理費は主に電気代であり、十分に一般農家でも適応可能と考えられる。小規模農家での施設構造とコストの概略は表－2.10.7及び図－2.10.13のとおりである。

10.8 今後の課題

本調査では、一般畜産農家にも推薦あるいはアドバイスできる浄化手法や浄化施設を検討することを目的として実施した。室内実験、野外実験により、「全自

表－2.10.7　畜産農家の規模別の概算事業費

算出条件	飼育規模	100頭	500頭
	処理水質	BOD：6,000mg/ℓ	
	処理水量	1.5m³／日	7.5m³／日
	処理負荷設定	0.2～0.4kg／m³・日	
概算事業費		2,000千円	10,000千円
維持管理費		9,000円／月	45,000円／月



図－2.10.13　一般畜産家向けの推奨浄化施設フロー

動回分式活性汚泥法」による浄化手法を用いた実験装置が、畜産排水の浄化処理に適用できることが確認できたと考えられる。したがって今後、本手法を一般農家へも推薦できるものと考えられるが本施設を正常に稼働させるために以下のような点についての留意が必要である。

① 余剰汚泥の処分

処理過程での余剰汚泥の発生は回避することができない。しかし、余剰汚泥の処分あるいはコンポスト化による活用の施設の設置管理を個々の農家が行うのは非常に困難なものである。したがって、地域毎あるいは大規模経営者等と連帯して処理；処分や有効利用の経路の開発が必要となる。

② 維持管理の習得

本施設は維持管理が通常の汚水処理施設に比べかなり簡易にはなっているが、それでも処理槽の管理・確認のためには最低限の施設管理・浄化原理についての学習も必要である。今後、施設の推薦と合わせた、マニュアルの作成や指導体制の確立が必要と考えられる。

③ 有用微生物の活用

有用微生物については、その成分や浄化のメカニズムその効果については、必ずしも明らかになっていないのが現状である。また、本実験結果でも明ら

かな効果の差は見られない。

したがって、畜産排水の浄化方策の一つとして挙げることには現時点では疑問が残るものであり、今後の使用事例の動向を見守る必要があると考えられる。

III　水質浄化施設の実態調査

1．実態調査の方法と内容

本アンケート調査は、全国のどこで、直接浄化事業がどのように行われ、また維持管理されているのかを把握することを目的に実施したものである。アンケートは建設省の各地建設局から都道府県の土木部河川課を通じて、市町村も含めて関係する部局のすべてに依頼するようにつとめた、調査対象の一例として、『長良川支川浄化施設』、『高屋川河川浄化施設』等の概要、ならびに、アンケート調査用紙を示す。

水域直接浄化事業についてのアンケート調査

1．事業名等	
1.1．事業名，施設名	
1.2．事業主体	
1.3．全体事業費	千万円
1.4．事業完了年度	昭和・平成　　年度
1.5．事業実施河川（施設設置河川）	
1.6．担当部局	
1.7．担当者	
1.8．電話番号	
1.9．FAX番号	

2．流域特性等
2.1．流域面積
2.2．流域人口
2.3．生活環境の保全に関する環境基準（　　）AA・A・B・C・D・E　類型
2.4．川を舞台に行われている行事等がありましたらご記入願います。

3．浄化施設
3.1．敷地面積　　㎡
3.2．前処理施設（複数回答可） ① スクリーン ② 沈砂池 ③ その他（　　） ④ な　し
3.3．浄化手法 ① 礫間接触酸化法 ② 接触酸化法（木炭・竹炭） ③ 接触酸化法（プラスチック接触材）（* ④ 接触酸化法（ひも状担体）（* ⑤ 接触酸化法（その他の接触材）（* ⑥ 水生植物植栽法 ⑦ その他（　　） *メーカー及び製品名がわかれば記入してください。

3.4．浄化手法の選定理由（複数回答可）
① 一般的で実績があるから
② 維持管理が容易であるから
③ 維持管理費が安いから
④ 礫，木炭等地元の資源を有効活用できるから
⑤ 安定した浄化効果が期待できるから
⑥ 河川公園等周辺環境と調和するから
⑦ その他（　　）

3.5．浄化施設の設置場所
① 河道，水路内
② 高水敷等
③ 河川区域外
④ その他（　　）

3.6．計画浄化水量等
① 計画浄化水量
　　㎥／日
② 実際の浄化水量
　　㎥／日

3.7．計画滞留時間
　　時間

3.8．施設容量（接触槽容量）
　　㎥

3.9．計画流入出水質又は計画除去率
流入流入出水質

	流入		流出
① BOD	mg／L	→	mg／L
② SS	mg／L	→	mg／L
③ 窒素	mg／L	→	mg／L
④ リン	mg／L	→	mg／L
⑤ その他（　　）	mg／L	→	mg／L

除去率

① BOD	%
② SS	%
③ 窒素	%
④ リン	%
⑤ その他（　　）	%

＊設定しているものに○をつけて数値を記入してください。

3.10. 曝気強度（曝気風量）
① ㎥／分
② 浄化水量の 倍
③ 曝気はしていない
＊設定しているものに○をつけて数値を記入してください。

3.11. 浄化フロー，一般平面図を別紙１，２に添付願います。

4．水量・水質調査

4.1．調査箇所
① 流入点
② 流出点

4.2．流出入水質

流入水質（過去３年分の生データを添付してください。）

	測定回数	平均値 H5	H6	H7
① BOD	回／年	mg／L	mg／L	mg／L
② SS	回／年	mg／L	mg／L	mg／L
③ DO	回／年	mg／L	mg／L	mg／L
④ 窒素	回／年	mg／L	mg／L	mg／L
⑤ リン	回／年	mg／L	mg／L	mg／L
⑥ pH	回／年	mg／L	mg／L	mg／L
⑦ 流量	回／年	mg／L	mg／L	mg／L
⑧ その他（ ）	回／年	mg／L	mg／L	mg／L

流出水質（過去３年分の生データを添付してください。）

	測定回数	平均値 H5	H6	H7
① BOD	回／年	mg／L	mg／L	mg／L
② SS	回／年	mg／L	mg／L	mg／L
③ DO	回／年	mg／L	mg／L	mg／L
④ 窒素	回／年	mg／L	mg／L	mg／L
⑤ リン	回／年	mg／L	mg／L	mg／L
⑥ pH	回／年	mg／L	mg／L	mg／L
⑦ 流量	回／年	mg／L	mg／L	mg／L
⑧ その他（ ）	回／年	mg／L	mg／L	mg／L

5．維持管理

5.1．維持管理の内容

	頻度
① 水路・スクリーン等の清掃	回／月
② 電気，機械設備の点検	回／月
③ 汚泥の処理・処分	回／年
④ 接触材の入替え	回／年
⑤ その他（　　）（　　）	

5.2．維持管理の

① 水路・スクリーン等の清掃	直営	・	業者委託	・	周辺住民	・	その他（
② 電気，機械設備の点検	直営	・	業者委託	・	周辺住民	・	その他（
③ 汚泥の処理・処分	直営	・	業者委託	・	周辺住民	・	その他（
④ 接触材の入替え	直営	・	業者委託	・	周辺住民	・	その他（
⑤ その他（　　）	直営	・	業者委託	・	周辺住民	・	その他（

5.3．維持管理費用

		人件費
① 水路・スクリーン等の清掃	万円／年	含む ・ 含まない
② 電気，機械設備の点検	万円／年	含む ・ 含まない
③ 汚泥の処理・処分	万円／年	含む ・ 含まない
④ 接触材の入替え	万円／年	含む ・ 含まない
⑤ 水質調査	万円／年	含む ・ 含まない
⑥ 電気代	万円／年	含む ・ 含まない
⑦ その他	万円／年	含む ・ 含まない
合計	万円／年	

＊個別に分けられない場合，該当する項目に丸をつけ合計欄にのみ金額記入してしてください。

5.4．汚泥の排出方法

① バキュームカー等による引き抜き・搬出
② 曝気排泥
③ その他（　　）

5.5．汚泥の処分方法

① 廃棄物処分業者に委託
② 緑地還元
③ その他（　　）

炭等の接触材について，有効利用している事例がありましたら回答願います。

5.6．汚泥処理量

㎥／年

＊2年に1回行った場合は1/2の量を計上してください。

5.7．汚泥の性状

① ＳＳ　　mg／L

② ＶＳＳ　　mg／L

6．その他の事業効果

① 住民の水域・水質に関する関心が高まった。

② 親水性が高まった。

③ 水質に関する住民の苦情が減った。

④ 臭気に対する住民の苦情が減った。

⑤ 魚のへい死事故がなくなった又は減った。

⑥ 住民の憩い（水遊び等）の場となった。

⑦ 蚤等の虫がよみがえった。

⑧ その他（　　）

7．問題点及び解決策

8．今後の課題

浄化施設のパンフレットあるいはリーフレットがございましたら同封して下さい。

アンケートにご協力ありがとうございました。

2．河川及び水路での直接浄化事業のアンケート結果

2.1 アンケート調査の目的と方法

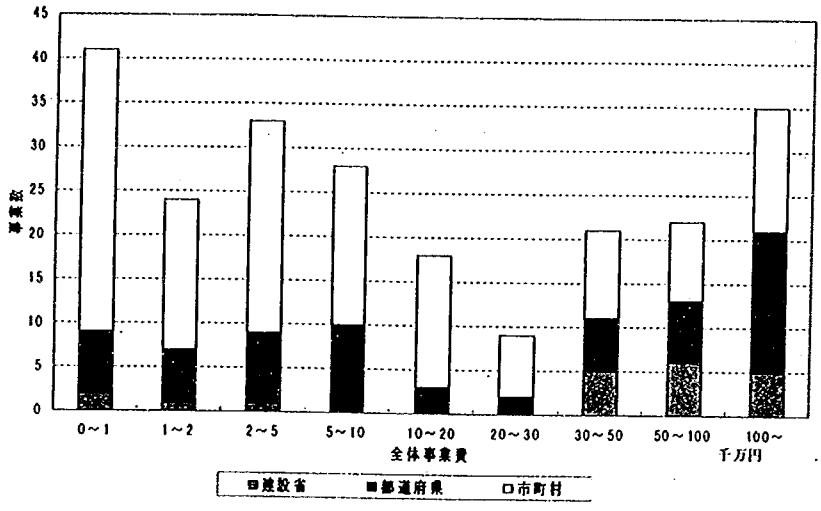
本アンケート調査は全国のどこで、直接浄化事業がどのように行われ、また維持管理されているのかを把握するために行った。アンケートは建設省の各地方建設局から都道府県の土木部河川課を通じて、市町村も含めて関係する部局のすべてに依頼するようにつとめた。

2.2 アンケート結果

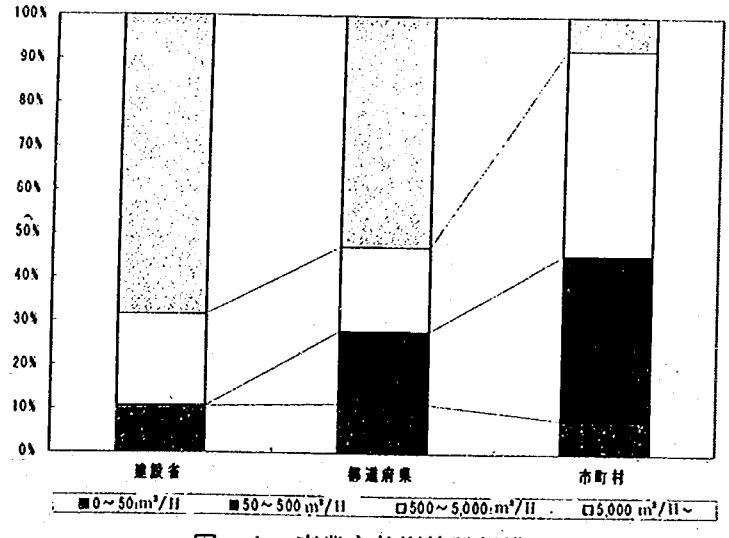
2.2.1 事業主体等

事業主体について、約6割が市町村であった。また、全体事業費でみると建設省事業では3億円以上の事業が80.0%を占める。市町村事業では3億円以下の事業が77.3%である一方、10億円以上の事業が都道府県で16事業、市町村で14事業ある。(図－1) しかしながら、浄化事業だけではなく護岸整備等の事業費も含んでいるものもあるので注意を要する。

また、事業主体別の施設規模（計画浄化水量）を見ると管理する河川の規模を反映して5,000m³／日以上の施設では建設省事業で68.4%、都道府県事業で52.8%に対し市町村事業では7.7%となっている。(図－2) その一方、50～500m³／日，500～5000m³／日の施設は建設省事業で0%、21.0%、都道府県事業で16.7%，19.4%に対し市町村事業では37.7%、46.9%となっている。さらに、50m³／日未満の施設はそれぞれ10%前後であまり差がない結果となっている。



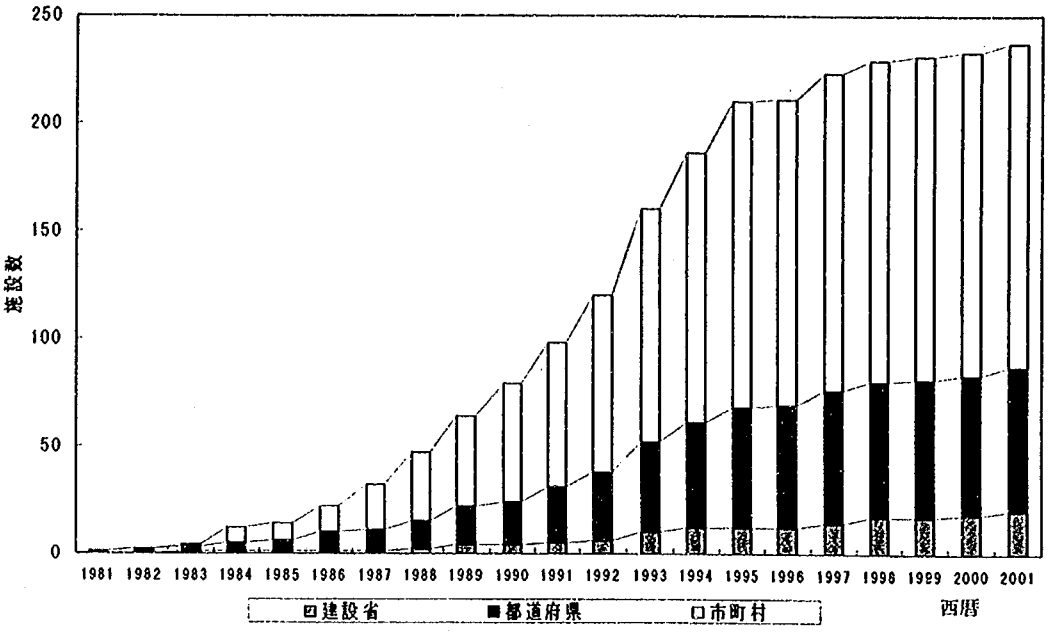
図－1 事業主体別全体事業費



図－1 事業主体別施設規模

2.2.2 事業実施個所数

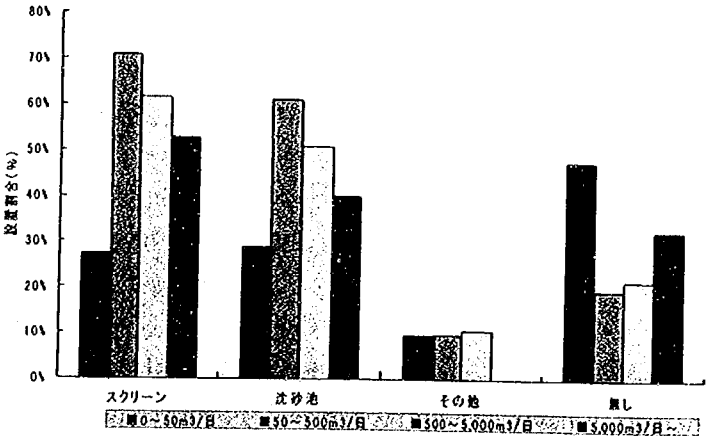
事業実施個所数は平成8年度末時点で完了のものを含めて224事業で、現在事業実施中のものを含めると242事業に上る。(図－3)



図－3 事業実施個所数の推移

2.2.3 前処理施設

スクリーン、沈砂池は同じ傾向を示し、割合が多い順にスクリーン、沈砂池それぞれ50～500m³／日が70.6%、60.8%、500～5,000m³／日 が61.5%、50.8%、5,000～m³／日 が52.5%、40.0%、0～50m³／日が27.0%、28.6%となっている。(図－4) 小さい規模(0～50m³／日)もしくは大きい規模(5,000～m³／日)の施設で前処理施設の設置率が低くなっている。(それぞれ無い割合が47.6%、32.5%)

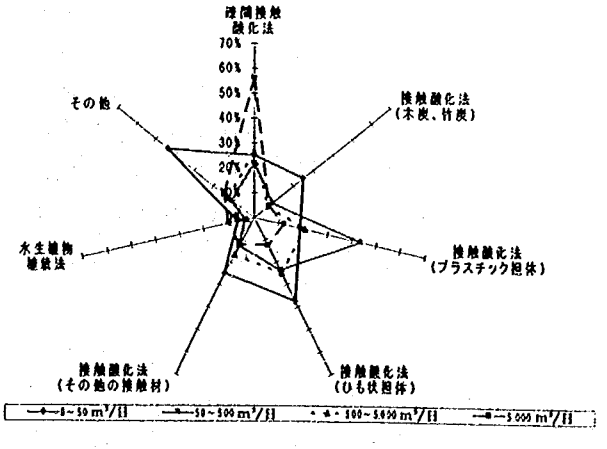


図－4 規模別前処理施設の設置率

2.2.4 浄化手法等

浄化手法は浸漬型接触酸化法(れきや浄化用の特殊材等を水中に浸漬して生物膜の働きにより浄化を行う方法)が約8割を占める。用いられている接触材としては栗石、砕石等のれきが23.1%で最も多く、続いてひも状担体が20.1%、プラスチック等の特殊な形状をした担体が17.3%、木炭・竹炭が8.1%、またヤクルト容器やかき殻等その他の接触材が10.9%ある。

施設規模を見ると、5,000m³／日以上の施設では56.1%がれきを、50～500m³／日の施設では43.6%がプラスチック接触材を選択しているが、一方、500～5,000m³／日の施設ではれき・プラスチック担体・ひも状担当体・その他の接触材がそれぞれ26.4%、20.8%、25.0%、16.7%、0～50m³／日の施設ではひも状担体が37.5%、れき、木炭・竹炭、その他の接



図－5 規模別浄化手法割合

触材が25.0%と浄化手法が分散している。(図－5)また、0～50m³／日の施設では他の比較して2つ以上の接触材を組み合わせている施設が多い。また、事業主体別で見ると、建設省事業ではれきが70.0%で圧倒的に多く、都道府県事業ではれきとひも状担体がそれぞれ33.3%、24.6%、市町村事業ではプラスチック担体とひも状担体がそれぞれ28.5%、27.2%で多い。(図－6)

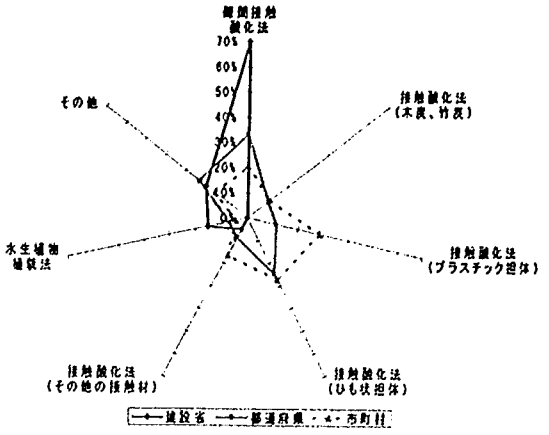
2.2.5 浄化手法の選定理由

施設規模別に見ると、どの規模でも「① 一般的で実績があるから」「② 維持管理が容易であるから」を選択理由に挙げているものが多い。(図－7) 0～50m³／日の施設では「⑥ 河川公園等周辺環境と調和するから」を選択しておらず、50～500、500～5,000m³／日の施設でもそれぞれ9.4%、10.0%しか選択していないが、5,000m³／日の施設では28.6%が選択している。また、50～500、500～5,000m³／日の施設では「⑤ 安定した浄化効果が期待できるから」を50.9%、40.0%が選択しているが0～50、5,000～m³／日では20.0%、23.8%しか選択していない。

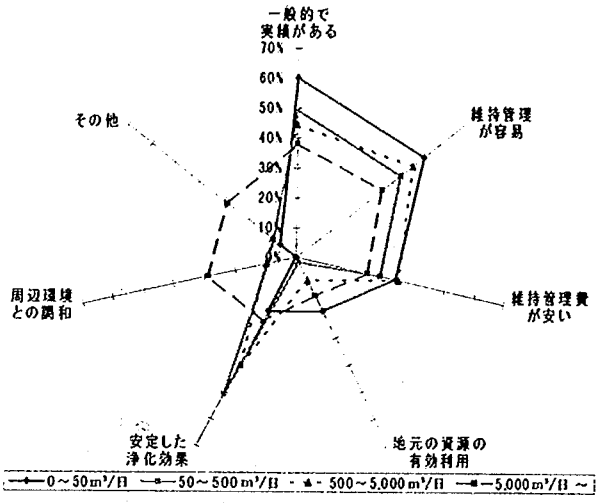
事業主体別に見ると、建設省では「① 一般的で実績があるから」を都道府県、市町村がそれぞれ34.3%、41.2%のところ68.4%が選択しており、「④ 礫、木炭等地元の資源を有効活用できるから」「⑥ 河川公園等周辺環境と調和するから」も都道府県が9.0%、13.4%、市町村が6.1%、10.1%のところ建設省では21.1%、31.6%が選択している。(図－8) 逆に、「② 維持管理が用意であるから」は都道府県、市町村が56.7%、50.0%に対し建設省では26.3%しか選択していない。

2.2.6 設置場所

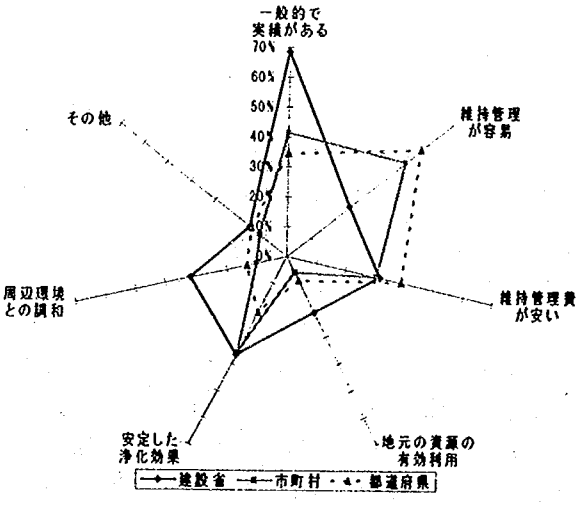
59.4%の施設が河道・水路内もしくは高水敷に設置されている。規模別に見ると、規模が大きくなるほど河川内に設置する割合が高くなる傾向がある。(図－9) 事業主体別に見ると河道・水路内では建設省が21.1%、都道府県、市町村がそれぞれ65.2%、57.3%、高水敷等では建設省が57.9%、都道府県、市町村が13.6%、2.7%と逆の傾向が見られる。(図－10)



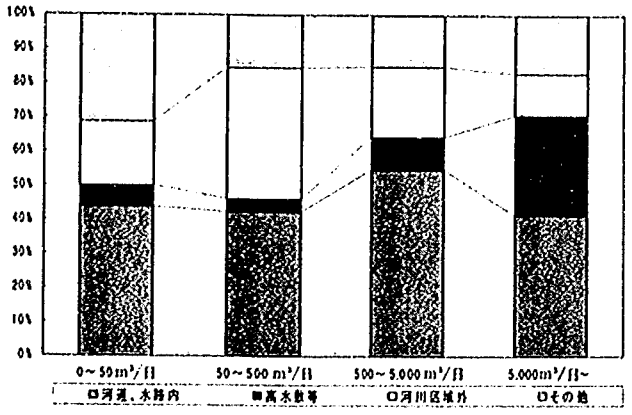
図－6 事業主体別浄化手法割合



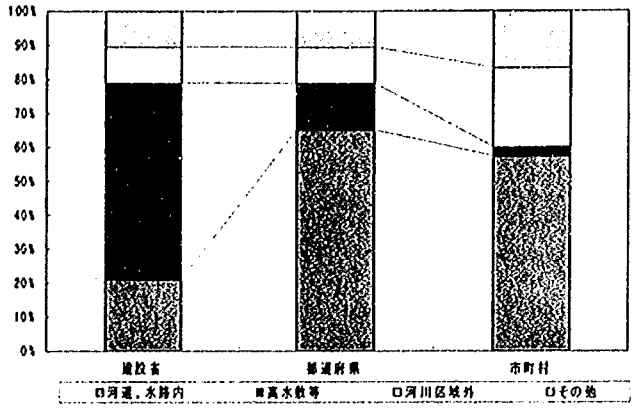
図－7 規模別選定理由割合



図－8 事業主体別選定理由割合



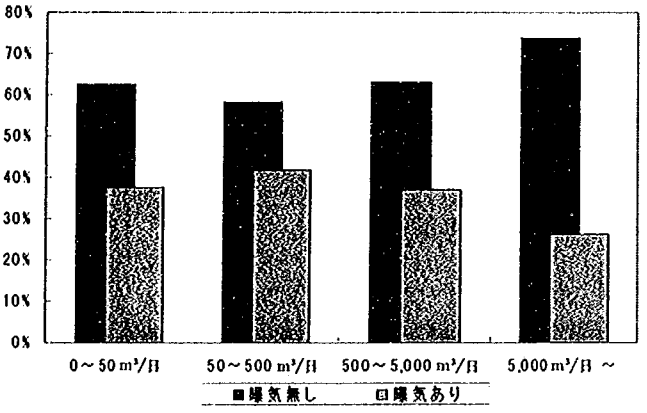
図－9　規模別設置場所割合



図－10　事業主体別設置場所割合

2.2.7　曝気施設の有無別割合

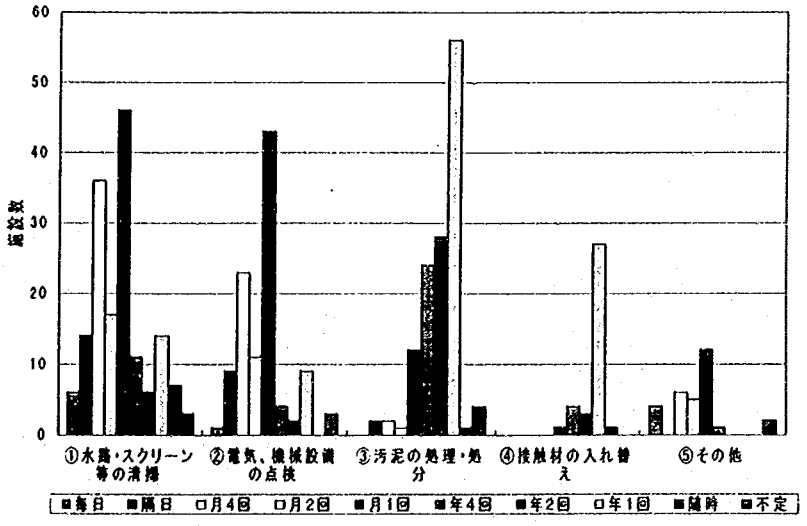
記入されていない回答を曝気施設がないとすると、曝気を使っている施設は36.0%である。施設規模別に見ると0～50、50～500、500～5,000m³／日の施設がそれぞれ37.5%、41.8%、37.0%曝気を行っているのに対し5,000～m³／日の施設では26.2%しか曝気を行っていない。(図－11)



図－11　規模別曝気施設有無割合

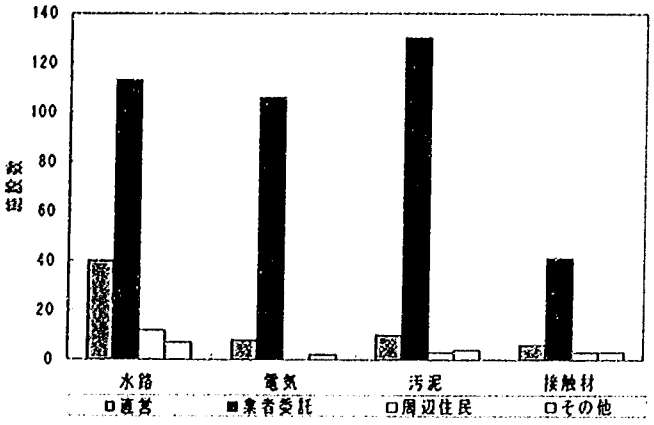
2.2.8　維持管理の頻度等

水路・スクリーン等の清掃については月1回の頻度が一番多く46施設、次が週1回で36施設となっており、この2つで回答の半数を占める。(図－12) 電気・機械設備の点検については、月1回が43施設あり回答の半数近くになっている。汚泥の処理・処分については年1回が56施設、続いて年2回、年4回、月1回の順に28回、24回、12回となっており、この4つで回答の9割以上を占める。接触材の入れ替えについては回答の約8割、27の施設が年1回行うとしている。入れ替えを行う接触材の3分の1は木炭・竹炭であるが、残りは他の接触材となっている。



図－12　内容毎の維持管理頻度施設数

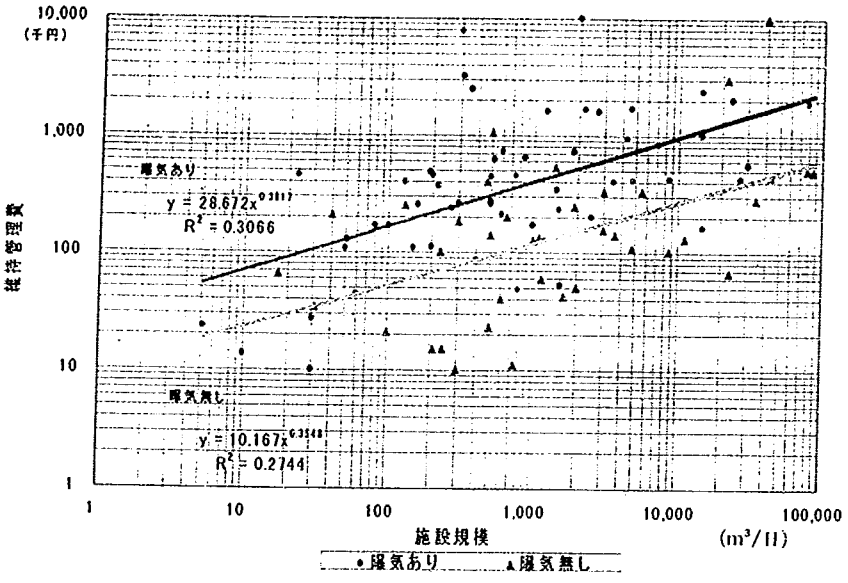
また、「水路・スクリーン等の清掃」が113施設、「電気・機械設備の点検」が106施設、「汚泥の処理・処分」が130施設、「接触材の入れ替え」が41施設と大半の施設がどの維持管理内容も業者に委託しているが、「水路・スクリーン等の清掃」は直営が40施設、周辺住民が12施設あり、他との比較して直営、周辺住民の割合が多い結果となっている。(図－13)



図－13　維持管理実行者別の施設数

2.2.9　維持管理費用

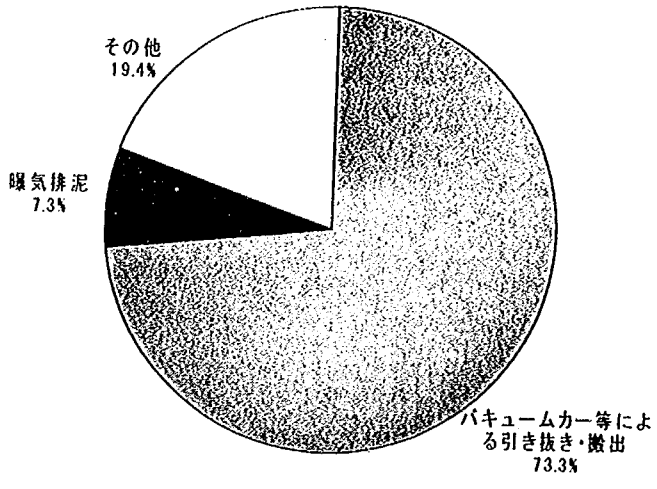
曝気の有無別に浄化水量あたりの維持管理費の平均を見ると、曝気ありの場合1.99千円／m³／日、無しの場合0.49千円／m³／日と4倍程度の差がある。しかしながら曝気の有無に関わらず浄化水量と維持管理の相関が非常に低く、曝気の有無別にしても浄化水量によって維持管理費を推計することは困難ある。(図－14)また、浄化方法・曝気の有無別の浄化水量と維持管理費にも相関関係は見られなかった。



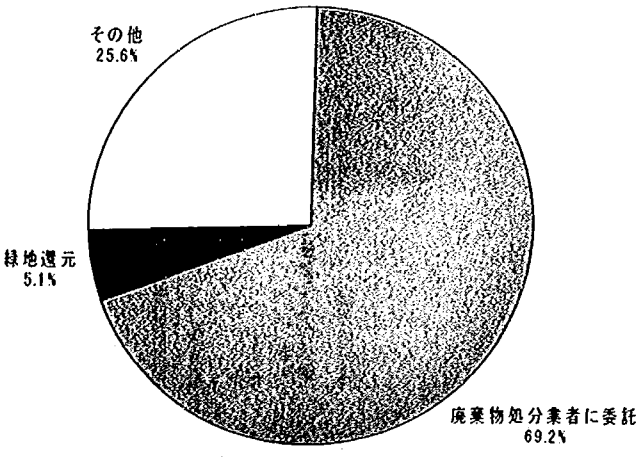
図－14　施設規模と維持管理費の相関関係

2.2.10　汚泥の処理

汚泥の排泥方法についてみると「バキュームカー等による引き抜き・搬出」が73.3%、「曝気排泥」が7.3%、その他が19.4%となっている。(図－15)また、汚泥の処分方法についてみると「廃棄物処分業者に委託」が69.2%、「緑地還元」が5.1%、「その他」が25.6%であった。(図－16)



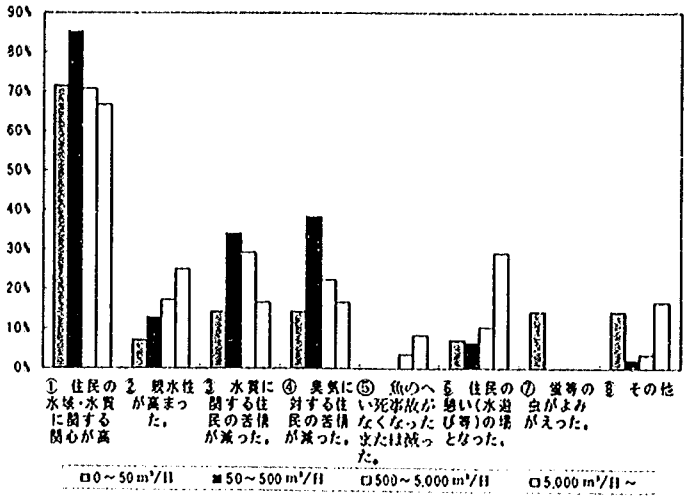
図－15　汚泥の排泥方法割合



図－16　汚泥の処分方法割合

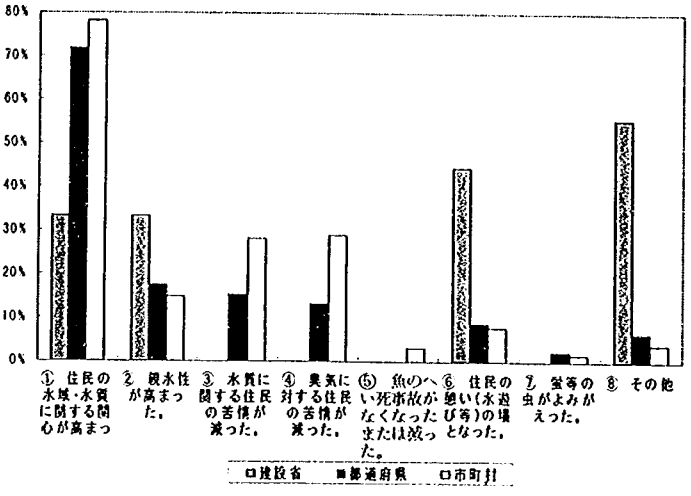
2.2.11 その他の事業効果

施設規模別に見ると、「① 住民の水域・水質に関する関心が高まった」は、すべての施設規模において他の項目と比べて高い比率で選択されている。(図－17) 5,000m³／日以上の施設では「② 親水性が高まった」「⑥ 住民の憩い（水遊び等）の場となった」を選択した回答が25.0%、29.2%と他の規模と比べて多い。また、50～500、500～5,000m³／日の施設では「③ 水質に関する住民の苦情が減った。」「④ 臭気に対する住民の苦情が減った。」を選択した回答がそれぞれ34.0%、29.3%及び38.3%、22.4.%となっており他の施設規模と比べて高い比率となっている。



図－17 規模別事業効果割合

事業主体別に見ると、建設省事業では「① 住民の水域・水質に関する関心が高まった」が33.3%と他の項目と比べて高い値となっているほか、他の事業主体と比べて「② 親水性が高まった」「⑥ 住民の憩い(水遊び等) の場となった」がそれぞれ33.3%、44.4%との選択した比率が高くなっている。(図－18) それに対し市町村事業で「① 住民の水域・水質に関する関心が高まった」が78.1%を示すほか、他の事業主体、項目と比較して「③ 水質に関する住民の苦情が減った。」「④ 臭気に対する住民の苦情が減った。」がそれぞれ28.1%、28.9%と高い値を示している。



図－18 事業主体別事業効果割合

2.2.12 問題点及び解決策

問題点及び解決策には回答が112件あった。内容としては土砂の流入等による目詰まりが29件で一番多く、維持管理費が24件、ゴミの流入が17件で続いている。

回答事例

「河床に作ったため、堆積土砂撤去に費用がかかる。汚泥の排出ができない。目詰まりの心配がある。」

「ゴミ等によりスクリーンが目詰まりを起こす。」

「野菜くず、ビニール等がひも状担体に引っかかり、悪臭を発することがある。」

「住宅に近接した場所では貯留した汚泥の臭気が問題になる。」

「黒ボク土の処理は、産業廃棄物として処理予定であったが、一般公募による売り払いで維持管理費の軽減」

「財源の不足により施設のフォローアップ調査、維持管理を行えない。」

今後の課題には回答が103件あった。内容としては維持管理費が32件で一番多く、浄化手法の検討が17件、下水道整備が15件、住民の意識向上（維持管理への参加）が12件で続いている。

回答事例

「管理コストの削減」

「大雨時の土砂の流入と堆積に対する対処法」

「洗浄しやすい接触材の開発」

「集水地域の下水道の早期供用開始」

「下水道が整備されてから、いつまで施設を維持するか。」

「地域住民による維持管理、身近な環境問題に対する意識向上をさらに促進する必要がある。」

2.3 まとめ

・浄化手法としては、れきや浄化用の特殊材を用いた浸漬型接触酸化法が主流である。5,000m³／日以上の施設ではれき、50～500m³／日の施設ではプラスチック接触材を約半数が選択している。また、前処理施設として、スクリーンを設置しているのは52.1%、沈砂地では44.7%である。

・約半数の施設が、水路・スクリーン等の清掃は月1回もしくは週1回、電気・機械設備の点検は月1回、汚泥の処理・処分は年1回行っている。また、汚泥はバキュームカーで引き抜き、廃棄物処分業者に委託することが主流になっている。

・浄化手法別、曝気の有無別にしても計画浄化水量と維持管理費との相関が悪く、維持管理の費用関数を求めることはできなかった。

・事業規模が大きくなるほど、水質のみならず水辺空間の整備を意識して河川浄化施設を整備している。

・スクリーンの目詰まり、雨天時の土砂流入による接触槽の閉塞が問題になっているとする回答が多くみられ、それに対応するためには前処理施設も含めシステム全体として施設構成を考慮する必要がある。

用語の解説

〔あ〕

悪臭：嫌な臭いを強調するときに使い，生理的な面よりもむしろ心理的な不快感を起こさせる臭いを称することが多い。水質浄化にともなって発生する異臭は，微生物が炭水化物や蛋白質あるいは脂肪などを分解するときに発生し，嫌気的な状態のとき特に強い悪臭を発生する。

悪臭を有するものについては，悪臭防止法でアンモニア，メチルメルカプタン，硫化水素，硫化メチル，二硫化メチル，トリメチルアミン，アセトアルデヒド，スチレン，n－酪酸，イソ吉草酸，n－吉草酸，プロピオン酸の12物質が定められている。

亜硝酸態窒素，硝酸態窒素：接触酸化などの好気性浄化をうけるとアンモニア態窒素は生物学的酸化をうけて亜硝酸や硝酸態窒素に変化する。

具体的には，アンモニア態窒素が酸化をうけて中間生成物として亜硝酸態窒素を生成する。亜硝酸およびその塩類は不安定な物質で，容易に酸化をうけて硝酸およびその塩類に変化する。

この反応は，生物化学的な酸化によって進むので，処理水中に亜硝酸や硝酸態窒素が存在していることは水が生物化学的酸化をうけたことを示すことになる。

好気性浄化によってアンモニア化合物が亜硝酸や硝酸態窒素に変化した後，再び嫌気性状態におかれると窒素ガスあるいはアンモニア態窒素に還元される。

圧密現象：沈澱槽において，汚泥粒子が液中に少ないあいだはStokesの法則どおり沈降するが，多くなると，粒子間の力が働いて沈降しにくくなる。この段階（障害沈降）において粒子の重さで粒子間の水が粒子間をぬって上昇し，汚泥層の要領を減少することを圧密現象という。沈澱槽の設計汚泥の堆積層を大きくとれば，この圧密現象によって汚泥濃度は上昇する。

アルカリ度：水中に含まれる重炭酸塩，炭酸塩および水酸化物による総アルカリ分の量を炭酸カルシウム($CaCO_3$)に換算して表わしたもの。

アンモニア態窒素：有機態窒素が酸化・分解された窒素の1形態であり，水中においてアンモニア態窒素という。

し尿とその処理水は，一般にアンモニア態窒素の含有量が多い。これは尿素の分解や蛋白の分解によって生ずる。たとえば尿素は微生物の作用によってつぎのように分解してアンモニアに変化する。

$CO(NH_2)_2$（尿素）＋$2H_2O$（水）⇔$(NH_4)_2CO_3$（炭酸アンモニウム）

アレロパシー：allelopathy 他感作用。植物体が出す化学物質によって他種または自らが影響を受ける作用。

〔い〕

陰イオン界面活性剤：界面活性剤のうち，電離して陰イオンになる性質のものをいい，通常使用されている合成洗剤は，陰イオン活性剤を主成分をするものが多い。その代表は，ABS（アルキルベンゼンスルホン酸塩）である。

蝟集効果：生物が一時的に群がり集まる効果。

EM菌：Effective Microorganisms（有効微生物群）の略語である。EM菌の中には好気性菌と嫌気性菌が共存しており，主な微生物として乳酸菌群，光合成細菌群などが含まれている。これらの微生物の働きを活用し，生ごみの分解剤，土壌改良資材などとして用いられている。

〔え〕

栄養塩類：窒素化合物やリン化合物のように，植物の生育を促進する成分を通常栄養塩という。多量の栄養塩類を放流すると，水辺植物および水中植物，植物プランクトンなどが多量に発生し，次にこれらが死滅して，水底に沈積すると底質を悪化し，水中の溶存酸素を消費したり，有機物が水中に再溶出するなど，水質汚濁の二次汚濁の原因となる。

SS：Suspended Solidsの略，浮遊物質と同じ。

SS負荷：沈澱槽や汚泥濃縮槽の単位水面積，単位時間当りに負荷される浮遊物質量で，kg／（m^2・日）またはkg／（m^2・時）で表す。

ABS：アルキルベンゼンスルホン酸塩の略。陰イオン界面活性剤の一つで，合成洗剤の主成分として用いられていた。一般にABSと記す場合は，側鎖を有するハード型のABSを示し，これは生物化学的に分解されにくいため，ばっ気槽や放流河川で泡が発生する。最近は分解性のよい直鎖型のLASに切りかえられている。

〔お〕

汚濁指標：水の汚れの程度を判定するために用いられる指標で，BOD, COD, N, P, DO, SS, 大腸菌群数などの項目がある。河川水質浄化においては通常BOD, SS, N, Pを一般的な判定指標をしている。

汚泥含水率：汚泥中の水分含有量を百分率%で表したもの。

汚泥処分：処理および未処理の汚泥を投棄（海洋，埋設）または肥料などに利用するなどの方法で最終的に処分することをいう。

汚泥処理：汚泥処理設備によって汚泥を減量化，安定化を図ることで，方法としては消化，濃縮，脱水，または乾燥焼却などをすることをいう。

汚泥濃縮槽：汚泥の容量を減少させるため，重力沈降等により濃縮を行うための槽をいう。

〔か〕

下向流式：接触剤，ろ材を充填して上から下へ向かって通水する方式で，浮遊物質のほとんどは最上層で除去される。

界面活性剤：溶液に溶け，気相－液相，液相－液相または固相－液相の界面に吸着してこれらの界面の性質を著しく変える物質，石けんや洗剤なども界面活性剤のうちの一つである。

化学的酸素要求量(COD)：水中の比較的酸化されやすい物質（主として有機物，無機性被酸化物）によって消費される酸素量をいい，単位はmg／ℓで表す。この量は，水中の有機物濃度を表す尺度として用いる。

その測定方法は，使用する酸化剤，加熱方法，加熱時間，試薬濃度，残留酸化剤の定量方法などによって必ずしも同一とはならないが，水質汚濁防止法に基づく環境庁告示では，JIS K0102の13に定める100℃における$KMnO_4$による酸素要求量を測定する方法が検定方法として定められている。

化学的処理：排水処理において化学的方法を用いる浄化法。物理的処理，生物化学的処理に対する語。

主な化学的処理には，中和，凝集・吸着，脱色，脱臭，イオン交換などがある。

間欠式空気揚水曝気循環法：湖沼，ダム貯水池中に空気を吹き込むことによって，水を循環させ夏季でも全層循環状態に保ち成層させない方法である。この方法を用いると，すでに富栄養化した湖沼でも植物プランクトンの増殖が抑制され，かつその種類も変えられ，湖水の水質が改善させられることが知られている。

〔き〕

逆浸透法：半透膜を用いて溶解性物質の持つ浸透圧以上の圧力を加え，溶媒（水）のみを透過分離する方法をいう。

凝集剤：水中の不純物を沈殿しやすいフロックに凝集させて除去するために添加する薬剤をいう。無機凝集剤としては，PAC（ポリ塩化アルミ），硫酸バン土（硫酸アルミ），塩化第二鉄などがある。また，有機凝集剤（高分子凝集剤）としては，ポリアクリルアミドが主流である。この電荷により汚濁水中の浮遊性物質の電荷を中和し，反発力を失わせ高分子物質特有の長い鎖と粘性により，浮遊性物質をからめて，大きな塊（フロック）として沈降を促す。

凝集槽：汚水または汚泥に凝集剤を添加してかき混ぜることによって凝集作用を生じさせる槽をいい，一般に急速撹拌槽と緩速撹拌槽から成り立っている。

凝集法：液態に分解している微粒子が衝突して大きな粒子をつくる現象。一般に水中の浮遊性物質粒子はマイナスに荷電していて，それにプラスに荷電した凝集核をあたえると，それを母体に大きな粒子になりフロックを形成する。汚濁水の化学処理はこの現象を応用したもので，この処理方法は凝集沈澱法あるいは薬品沈澱法ともいわれている。

機械脱水：一般に過塩化鉄，明ばん，硫酸バン土，硫酸鉄，石灰などの凝集性のある電解質を汚泥固形物量の10～20%

量を加えてろ過の原理を応用して脱水を行う。この方法には真空濾過，圧縮脱水，遠心力利用脱水などがある。

吸　着：物質が相の界面と内部とでその濃度または密度を異にして平衡にある場合に，界面の濃度が内部より大きい場合をいう。屎尿の化学処理での凝集や活性汚泥または消化汚泥が新しい屎尿または汚水と混合した場合にみられる。

強熱減量：強熱減量は蒸発残留物を強熱したとき減少した重量をいい，蒸発残留物から強熱残留物を差し引いて求められる。

強熱減量は生物学的に利用しうる有機物の全量を示しているわけではないが，通常強熱減量で有機物の減少率をみることができる。

〔け〕

限外ろ過法：溶液中の溶解性物質を半透膜を用いて加圧し，水中のコロイド状物質，微生物および高分子物質を除去する方法である。ultra filtration, UF 法ともいう。

嫌気性浄化：浄化装置を酸素の存在がないように密閉して，嫌気性微生物を増殖させ，汚水中の汚濁物質の還元分解を行う処理法。

嫌気性微生物：メタン生成菌のように，汚濁物質中に含まれる酸素（分離酸素：硝酸，硫酸など）を利用して，生育や増殖する微生物で嫌気性処理に働く。好気性微生物に対する語で酸素の存在しない状態において生育，増殖する微生物。

〔こ〕

好気性浄化：酸素が十分ある状態で好気性微生物の存在のもとに，汚濁水を酸化して浄化する方法。接触酸化法などは代表的な好気性浄化である。

好気性微生物：遊離酸素の存在のもとで生育・増殖する微生物である。

コンポスト（堆肥化）：汚泥に含まれる有機物を主として好気性の高温微生物群に発酵させ，好気的に分解して安定化させる操作のことである。コンポスト化は埋立地の不足，脱水汚泥の焼却処理による大気汚染の二次公害の発生，化学肥料の連用による土壌の質の低下などの観点から，時代に即応した省エネルギー的汚泥の処理処分方法として従来にも増して見直されている。しかし，さらに発展させていくためには，コンポストの流通経路，コンポスト原料からの重金属など有害物質の除去，コンポスト⑫生息する微生物相および量の制御法などを確立させることが必要である。

〔さ〕

酸　化：物質に酸素が結合すること，または物質から水素が離れることも酸化といい，電子が失われて物質原子が正の電気量を増すことを酸化という。なお，「還元」は，酸化とは逆の過程をいい，酸化と還元は，系内で同時に行われる。

酸化池：排水を池に滞留させて藻類の光合成によって発生した酸素と空気中から溶解した酸素とにより好気性状態を維持して，排水中の有機物を生物学的に分解する処理法である。酸化池では光合成が活発になるほど藻類の増殖能も高まり窒素，リンも除去されるようになるが，増殖した藻類の回収法についての検討が必要となる。

酸素供給：曝気槽において，好気性微生物を常に活発に働かせておくために，たえず空気（酸素）を十分に供給すること。なお，DO が0.3mg／ℓ以上保たれるよう定められている。

〔し〕

色　度：水の色合いを示すもので，標準液に比較して色合を度数で表す。標準液には，塩化白金カリウム(K_2PtCl_4)と塩化コバルト($CoCl_2$) が用いられ，蒸溜水１ℓ中に白金(Pt) 1 mg，コバルト(Co)0.5mg を含む場合の色度を１度として，溶解性物質による類黄色，黄褐色の度合を表す。

自浄作用：河川や土壌などの自然界で生物学的作用，化学的作用，物理的作用によって汚濁が浄化される現象である。自然浄化機能ともいわれている。

浄化効率：ある1つの浄化工程での浄化対象水中の汚濁物質の除去率をいう。

硝酸態窒素：硝化の最終段階でできる無機態の窒素化合物。生物学的酸化ではアンモニア態窒素がすべて硝酸態窒素になるのが窒素化合物の安定化の理想である。

蒸発残留物：水を完全に蒸発させると一部ガスは揮散して，固形物が残る。これを蒸発残留物といい浮遊物質と溶解性物質とからなり，また成分的には無機物と有機物の混合物である。

除去率：ある浄化工程において，汚濁水中の浮遊物質，BOD，CODなどが減少した変化を百分率で示したもの。各種浄化手法では，一般にBODやSS除去率が用いられる。

COD：Chemical Oxygen Demandの略で化学的酸素要求量のことである。

上向流式：接触剤，ろ材を充填し，下から上に向かって通水する方式で，大型の浮遊物がまず下層で除かれ，下層を通過した細かい浮遊物質が上層で除去される。

〔す〕

水　温：水温は水中の溶存酸素，塩類の化学変化に影響し，同時に細菌類，生物等の働きにも関係するので，汚水，汚物の生物学的処理と密接な関係がある。一般の微生物の反応速度は水温が低下すると遅くなる。

水素イオン濃度：溶液中の水素イオン(H^+)の濃度で，1ℓの溶液中に存在する水素イオンのグラムイオン数を意味する。通常1ℓ中の水素のグラムイオン数の常用対数をとり，pHの記号で表す。

スクリーン：粗大浮遊物（紙，綿，固形物）を浄化工程の最初で除去する装置である。

スクリーンかす：スクリーンで除去された夾雑雑物をいう。

〔せ〕

生物膜：好気的な条件下で，浄化装置の中に充填した接触材の表面に形成されるゼラチン状の微生物層の膜で、汚濁水がこの表面と接触する間に有機性の浮遊物や溶解物は吸着され、微生物によって酸化分解される。接触酸化法は、この生物膜を応用した浄化法である。

生物学的処理：細菌や原生動物などの微生物により汚水中の汚濁物質を生物化学的に酸化または還元し、安定化させる処理法である。

接触材，接触ろ材：水質浄化機能を有する生物膜を付着させる基材である。礫，木炭，プラスチックなど種々の材質のものが利用されている。プラスチック系接触材にも，ハニカム形状，鞍型形状，波板貼合せ形状，ひも状など様々な種類があるが，いずれも生物膜による閉塞が生じにくい形状で，かつ，生物膜が付着しやすいものである。

接触酸化法：生物膜法の一種である。曝気槽の中に接触材を充填し、溶存酸素を供給した汚濁水を接触材と循環接触させ、その表面に生成した生物膜によって浄化を行う。一般に汚泥返送は不要であり、余剰汚泥発生量が少ないのが特徴である。

全窒素，総窒素：有機態窒素化合物および無機態窒素化合物（アンモニア態窒素，亜硝酸態窒素，硝酸態窒素）に含有される窒素の総量のことである。

全リン，総リン：種々のリン化合物中に含有されるリンの総量をいう。例えば、有機態リン、オルトリン酸(PO_4^{3-})，ピロリン酸（$P_2O_7^{4-}$），トリポリリン酸（$P_3O_{10}^{5-}$）など種々のリン化合物の全量という。表示はPとして表わす。

〔た〕

大腸菌群：グラム陰性，無芽胞性の桿菌で，乳糖を分解して酸とガスを形成するすべての好気性または通性嫌気性の菌の総称である。①腸内大腸菌，②穀物，土壌などに広く分布するエロゲネスおよび③中間型の3種に大別だれる。

濁　度：試料の濁り度合を示すもので，一般に二種類の方法が用いられる。白陶土を蒸溜水中に一定量混合した標準液と比色して度数で表す方法と，光の透過度を光電光度計，または積分球式濁度計を用いて測定し，同様に度数で表す方法とがある。比色法における濁度1度は，白陶土1mgを蒸留水1ℓ中に懸濁させたときの濁りを

いう。

滞留時間：槽の有効容量を単位時間当たりの流入量で除したものをいう。

脱　窒：生物学的脱窒と物理化学的脱窒とに分けることができる。前者は水中の亜硝酸態窒素，硝酸態窒素を嫌気性条件において脱窒菌により還元して窒素ガスにする処理法である。後者はアンモニアストリッピング法，ゼオライト法，ブレークポイント塩素処理法がある。

脱リン：汚水中に石灰，アルミニウム塩，鉄塩などの金属塩類の凝集剤を添加し，難溶性のリン化合物を形成させ，沈澱除去する方法である。

TOC (Total Organic Carbon：全有機性炭素)：水中の有機物中に含まれる炭素の量をいう。普通は，水中に溶けている炭酸塩などの無機性炭素を前もって除いておき，検水を燃焼させて生じる二酸化炭素を測定して求める。

従来，BOD やCODが水の有機物による汚濁の指標とされてきたが，これらは，必ずしも有機物による汚濁を正しく示さないことがわかってきた。そこでBOD やCODに代わる指標として，全ての有機物に含まれている炭素を直接測定して汚濁物の量とするのが，TOCの考えである。

TOD (Total Oxygen Demand：全酸素要求量)：水中の全有機物を酸化分解するのに必要な酸素量のことで，検水を酸素とともに，900℃で白金触媒を用いて完全に燃焼させ，消費された酸素の量を測定して求める。この値は，水中の有機物を最大限に酸化するのに必要な酸素量を示す。

DO (Dissolved Oxygen：溶存酸素)：水中に溶けている酸素ガスのことであり，水の汚れを示す1つの指標である。酸素は1気圧，20℃で1ℓの水に8.84mg溶けるが，この量は，気圧が低くなったり，温度が高くなったり，塩素イオンなどが増えるに従って減少する。

〔ち〕

沈澱槽：流速を緩めて汚水または雨水に含まれている浮遊物を沈澱除去させるための槽。

〔と〕

トレンチ：土壌浸透法に用いられ掘割の溝の意で，散水管，集水管を置いて砂利を充填し，埋戻しをしたものをいう。土壌トレンチにおける浄化は生物学的浄化と物理化学的浄化の2つに分けられる。物理化学的浄化はCa, Mg, Alなどを構成成分とする土壌成分と土壌鉱物粒子の立体配列した団粒構造のろ過，吸着などの機能に依存している。特に，汚水中に含まれるリンが土壌トレンチで除去されるのは，土壌の吸着能が重要な要因となっている。

〔の〕

濃　度：単位容積中に存在する成分の割合い。濃度を示す単位には，パーセント，mg/ℓ(ppm)またはμg/ℓ(ppb)などがあり，重量比又は容量比で表される。パーセントは百分の一，ppmは100万分の1，ppbは10億分の1の意である。

〔は〕

曝　気：気相と液相の2相間において十分に接触させる操作であり，水中に酸素を供給すること。

バルキング：汚濁水を活性汚泥法により処理する際に，活性汚泥が「膨化」し最終沈澱槽で沈澱しにくくなり，処理水と汚泥の分離ができなくなる状態をいう。この原因の1つとして，正常な活性汚泥微生物にかわって糸状性細菌が異常に増殖することがあげられる。

〔ひ〕

BOD (Biochemical Oxygen Demand：生物化学的酸素要求量)：水中に含まれる有機物などが微生物によって分解する過程で消費される酸素量，20℃で5日間に消費される酸素量で表され，水中に含まれる有機物の指標として用いられる。

pH：水素イオン濃度といい，通常は，その濃度の逆数を常用対数($pH=-\log[H^+]$)で表したものをいう。常温付近の希薄溶液ではpHが7のとき中性，7より大きいとアルカリ性，7より小さいと酸性をしめす。

微生物：一般に肉眼では確認しにくい微小な生物を総称して言う。水中の有機物の除去には，細菌、原生動物などの微生物の働きが利用されるが，浄化に有効な微生物の種類は限られている。一般に微生物は環境によって優先種や数が変化するので，水質の変化や浄化施設の運転条件を調節する必要がある。

〔ふ〕

浮遊物質(SS：Suspended Solids)：水中に懸濁している主として粒径1 μm程度～2 mmの有機性，無機性の浮遊物質をいい，水の汚濁状態を視覚的に判断する指標の1つとして用いられている。単位はmg/ℓで表す。

フロック：凝集作用によって生成した大きな粒子で，浮遊物質の集合体をいう。

富栄養化：汚濁水の流入により閉鎖系水域内の栄養塩類の濃度が高まることにより，植物性プランクトン（藻類）や水生植物が異常増殖して次第に水質汚濁が進行してゆく現象で，沿岸，海域の赤潮や湖沼のアオコの異常増殖を起こす。

一般に藻類の増殖には，窒素，リン，鉄，マグネシウム，カリウム，イオウなどの多くの塩類，各種のビタミン，プリンやグルタミン酸などの特殊な有機物が必要である。このうち，特に多量に必要な栄養塩類は窒素とリンである。

物理的処理：汚濁水中の沈澱性浮遊物質を除去することをいう。その方法として沈澱分離，浮上分離，ろ過，遠心分離，蒸発，乾燥などがある。

フレキュレーション：イオンや分子より大きいが長時間放置しても沈澱しない微粒子をコロイド粒子というが，これに適当な凝集剤を添加すると互いに結合して集合体をつくる現象で，「凝結」，「凝集」(フレキュレーション)と呼ばれる。

水質浄化においてはさらに広い意味に用いられ，化学処理における金属イオンの沈澱精製や共沈現象または生物処理におけるフロック形成もフレキュレーションと呼ばれることもある。

〔ほ〕

膨　化：バルキングと同意語。

〔ま〕

膜処理法：高分子膜を用いるろ過方法であり，逆浸透法(RO：Reverse Osmosis)，限外ろ過過去(UF：Ultra Filtration)，精密ろ過法(MF：Micro Filtration)などに分類される。

〔み〕

水面積負荷：沈殿槽に流入する水量を沈殿槽の表面積すなわち水面積で割った値であり，単位水面積当たりに負荷される水量のことである。水面積負荷は沈殿槽における汚水の流速を沈降させるべき浮遊物質粒子の沈降速度より小さくすることを原則としている。下水道の終末処理場における最終沈殿槽では30m^3/(m^2・日)程度が標準とされているが，小規模処理場では流量変動が大きいことにより汚泥の沈降性が悪化することも考えて8 m^3/(m^2・日)以下になるように設定されている。

〔め〕

メタン発酵：有機酸，アルコールなどを基質として，分子状酸素，結合酸素が存在しない絶対嫌気性条件下でメタン細菌群の働きにより，メタンガスを生成する反応のことである。メタン発酵の関与する嫌気性処理は，従来，増殖・代謝活性が35℃付近で最も高まる細菌（中温メタン発酵細菌）55℃付近で最も高まる細菌（高温メタン発酵細菌）が用いられていたため，加温が必須であるといわれていた。しかし，最近，加温しなくても菌体濃度を高めれば，常温の20℃前後でも十分反応が進行することが分かってきている。

〔も〕

モジュール：膜処理装置の耐圧構造物を主体とした構成成分をいう。

〔ゆ〕

有機態窒素：蛋白質，アミノ酸，尿素などのような有機体窒素化合物中に含有される窒素のこと。

有機態リン：溶解性のものには，有機リン系農薬類の他に，工場排水および動植物の死骸や排泄物などに起因する含リン有機化合物（エステル類，リン脂質など）があり，浮遊性ものには，藻類をはじめとする水中の微生物体またはその死骸の成分として存在しているものがある。

有機炭素：TOC に同じ。

有機物：従来は，有機体，即ち生物の働きによらなければ生成されない物質を「有機物」と呼び，それ以外を「無機物」と呼ばれていた。しかし，現在では，炭素の酸化物や炭酸塩を除く，すべての炭素化合物「有機物」と呼ぶ。生物に関する物質としては，炭水化物，脂肪，タンパク質その他がある。

〔よ〕

溶存酸素：DO に同じ。

溶解性物質：孔径 1 μm のろ過材に通し，通過した試料を蒸発乾固したとき残る物質をいう。

〔り〕

リン酸イオン：発生源の中で人為的なものは，主として洗剤，汚水，工場排水などの混入に起因している。生物の生育の重要な役割を果たしているリンは生物処理を行うためには必須であるが，放流水域の富栄養化をもたらす。

硫酸ばん土：硫酸アルミニウムのことで，純水なものは無色の結晶である。工業製品は不純物が多く，固形化品はアルミナ分14～17%の塊状物又は粉末として，液状製品はアルミナ分８%以上の液体として市販されている。主として上水道や工業用水の浄化および工場排水の処理に，凝集沈降剤として使用される。

索　引

〔あ〕
アガリエ菌 ……204, 205, 206

〔い〕
EM 菌 ……151, 204, 205
移流 ……5
陰イオン界面活性剤 ……138

〔え〕
栄養塩類……5, 6, 9, 22, 43, 44, 45, 48, 49, 79, 84, 103, 109, 112, 165, 190

〔お〕
オゾン酸化法……94
オーレス菌 ……204, 205

〔か〕
回分式活性汚泥法 ……184, 200, 202, 203, 206, 207
カキ殻……115, 116, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 173, 175, 176, 177, 178, 179
化学的処理 ……8
拡散 ……5
河川環境整備事業 ……1
環境基準……1, 2, 9, 10
簡易沈殿法……97, 133, 182

〔き〕
希釈 ……5, 6, 8, 14, 74, 75, 76, 127, 201, 205
凝集剤 ……8, 45, 90, 91, 93, 161, 167, 170
吸収 ……5
吸着 ……5, 6, 8, 16, 62, 180, 199
強化赤玉土 ……186, 188, 189, 191, 196

〔く〕
クロボク土……66, 106, 107, 149, 150, 151, 153, 154, 155

〔こ〕
コンポスト化（堆肥化）……87, 122

〔さ〕
酸化還元 ……6
三角コーナー ……142, 143, 145

〔し〕
ジオスミン……1, 9, 10
紫外線照射法 ……30, 94
色度 ……10, 11
自浄作用 ……5, 6
ジャーテスト ……160, 161
硝化……5, 11, 52, 62
植物プランクトン……5, 6, 39
浚渫……1, 3, 6, 8, 43
浄化用水導入，導水……2, 3, 8, 14
浸透 ……3, 16, 71, 109

〔す〕
スプリンクラー ……16, 70, 71, 73

〔せ〕
生物膜 ……7, 128, 129, 130, 131, 132, 199
生物学的処理 ……8
清流ルネッサンス ……1, 3, 4, 171
接触材，接触ろ材……122, 123, 124, 125, 127, 149, 180, 188, 217
ゼオライト …115, 116, 117, 119, 120, 122, 123, 180, 183
接触酸化法……3, 7, 8, 9, 52, 123, 127, 132, 209, 215

〔そ〕
ソウギョ……50
総合浄化対策特定河川事業 ……1
藻類……1, 5, 6, 8, 14, 46, 50

〔た〕
大腸菌群数……9, 10, 58, 60
竹 ……186, 187, 194, 195, 196, 197
脱窒……5, 52, 197
ダム貯水池水質保全事業 ……1, 4

〔ち〕
直接浄化 ……1
沈降 ……89, 91, 199

〔て〕
DNA ……94

〔と〕
トリハロメタン……1, 9, 53
トレンチ……8, 12, 19, 70, 71, 72, 133, 183

〔に〕
2－MIB ……1, 9, 10, 60, 61

〔は〕
ハクレン……50
曝気……3, 7, 8, 10, 14, 17, 34, 39, 40, 41, 53, 54, 55, 56, 58, 61, 63, 74, 75, 77, 94, 125
ハニカム……99, 100

〔ふ〕
フロック ……89, 90, 91, 92, 163, 166
富栄養化 ……1, 2, 6, 116
物理的処理 ……8
フミン質 ……1, 10, 11

〔ほ〕
ポリ塩化アルミニウム……90, 91, 93, 159

〔ま〕
まさ土 ……173, 175, 179
マユ玉 ……115, 117, 123

〔も〕
もみがら炭 ……186, 187, 188, 189, 191, 196

〔よ〕
陽イオン吸着容量 ……108

〔り〕
流水保全水路 ……1, 3, 4, 7
リン酸吸着係数 ……106, 108
硫酸アルミニウム ……45, 90, 91, 93

〔ろ〕
ろ過 ……5, 6, 8, 11, 16, 92, 94, 127, 199
ろ紙袋 ……142, 143, 145, 146

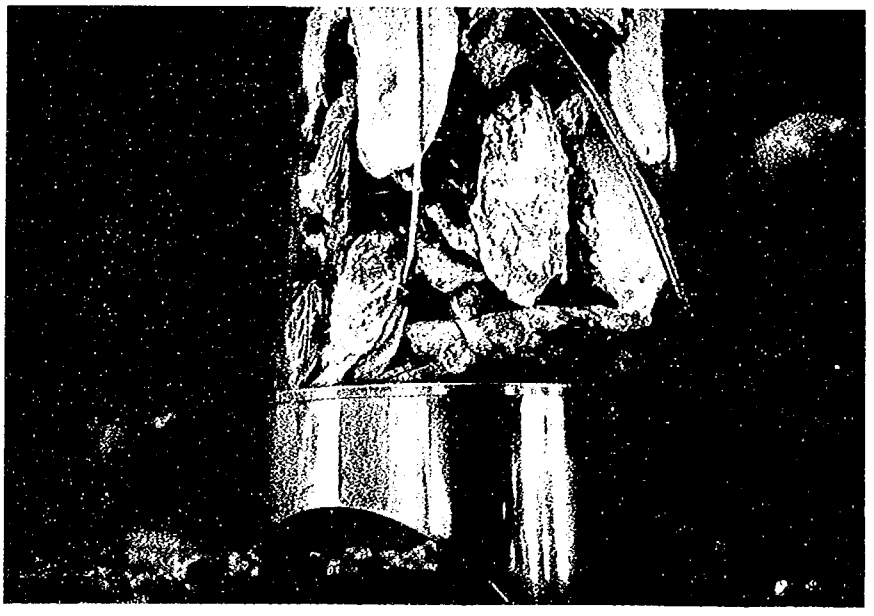
事例紹介

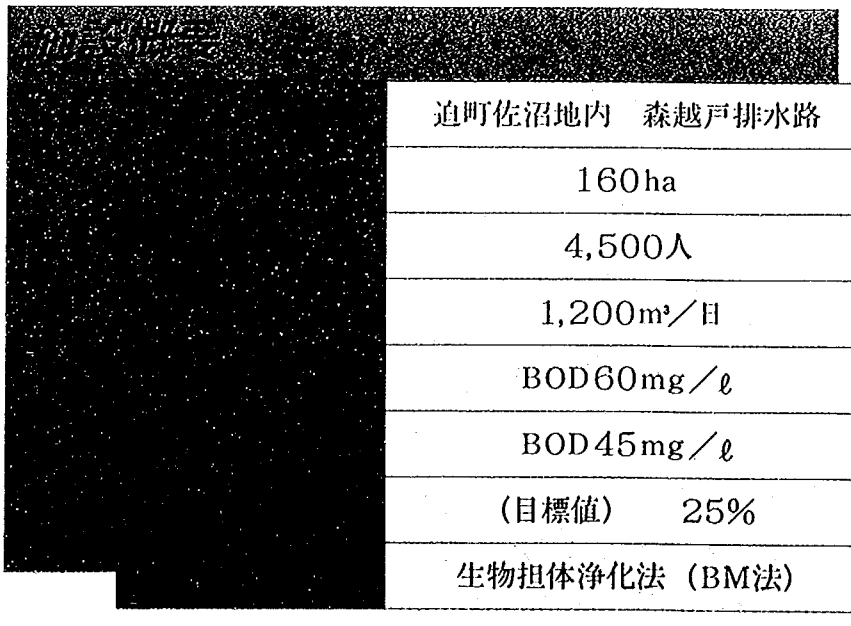
森越戸排水路浄化施設

浄化のしくみ

水路の中に接触材（表面積が広くとれる材料）としてプラスチック袋に詰めたカキ殻を敷き込みます。この中を汚水が流れると、汚水の中の有機物（汚れの原因となる物）を栄養とする好気性微生物（生きるために酸素を必要とする）が増殖し、接触材に微生物が膜をつくります。この膜が少しづつ成長し、ある程度の厚さになるとはげ落ちて汚泥となります。

この浄化のしくみによって、栄養分（有機質による汚れ）が少なくなった水が下流に流れていきます。



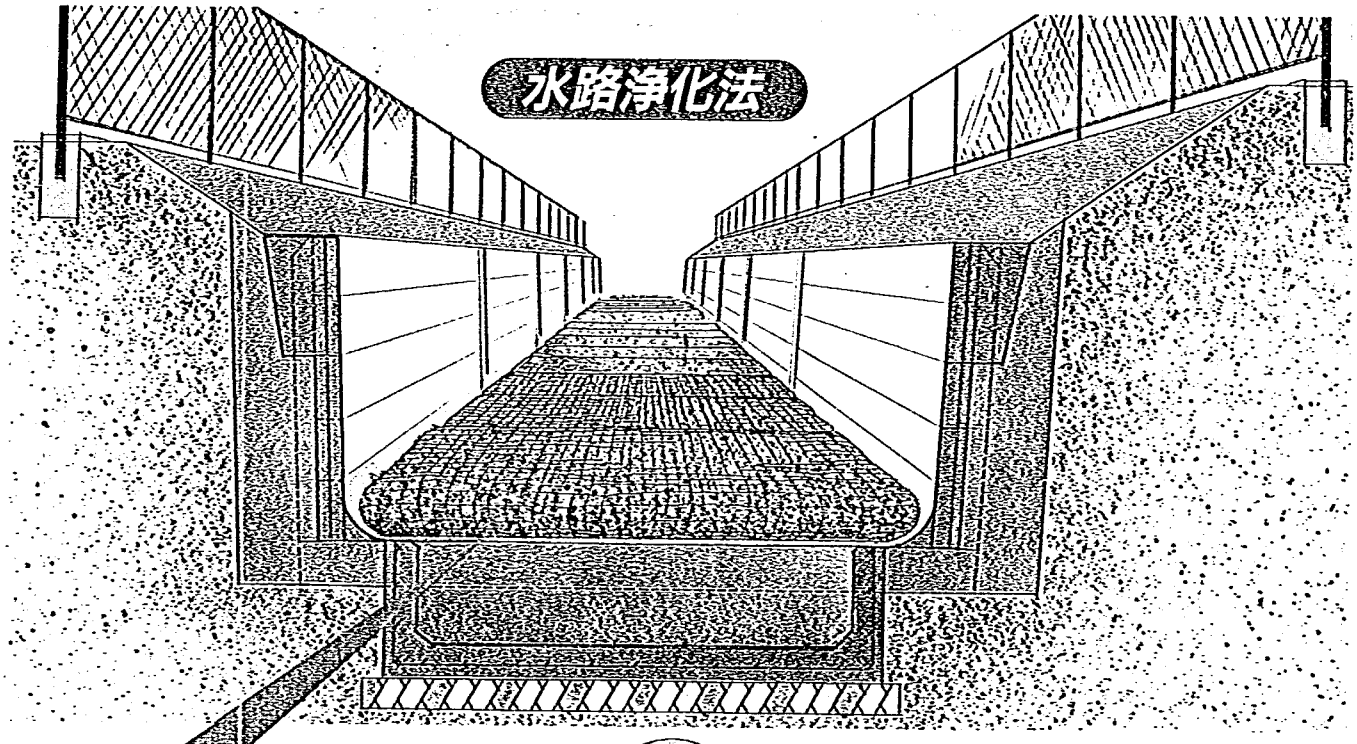


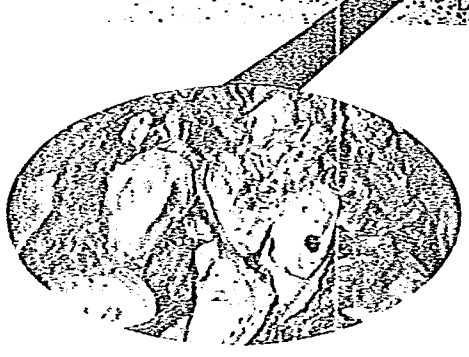
追町佐沼地内　森越戸排水路
160ha
4,500人
1,200m³／日
BOD60mg／ℓ
BOD45mg／ℓ
（目標値）　25%
生物担体浄化法（BM法）

東北地建

生活排水対策推進計画

はさまクリーン2013プラン



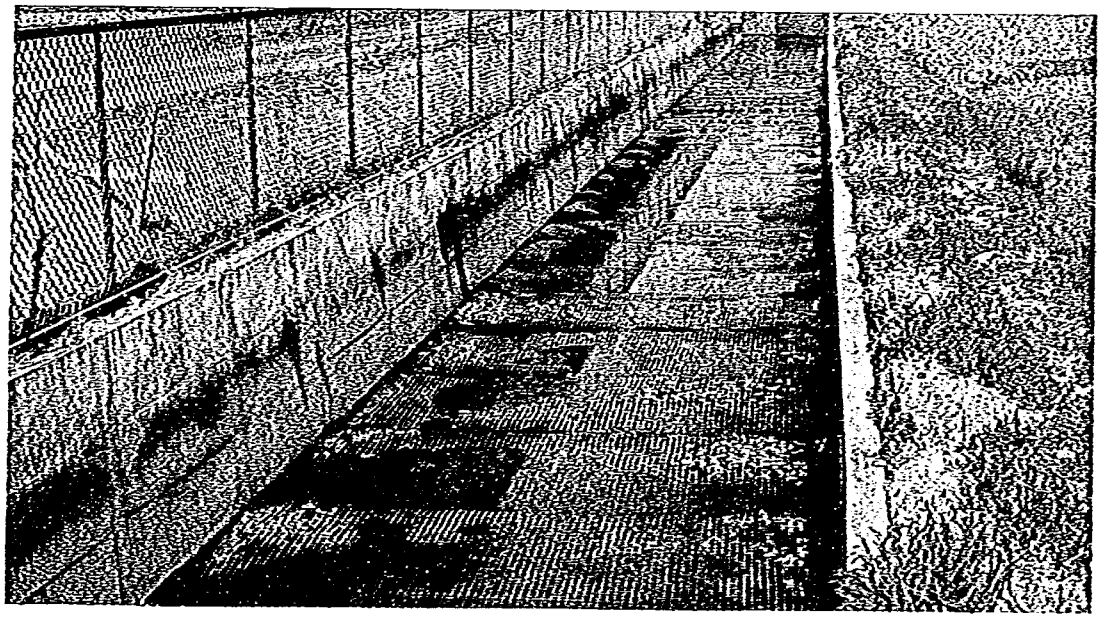


『一石二鳥』

県内海岸部で排出され処理に困っているカキ殻を、排水処理材として利用します。

カキ殻の堆積による多重構造によって水流の速度が緩和され、微生物の接触が良好となり、活動しやすい環境となります。



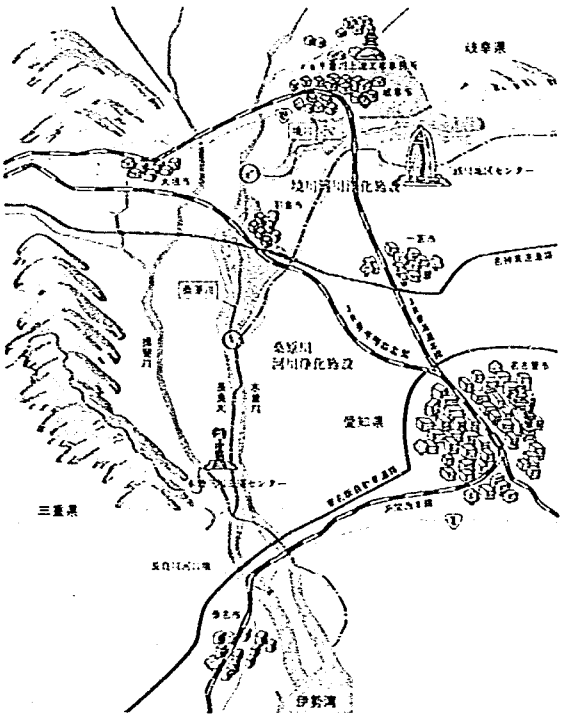


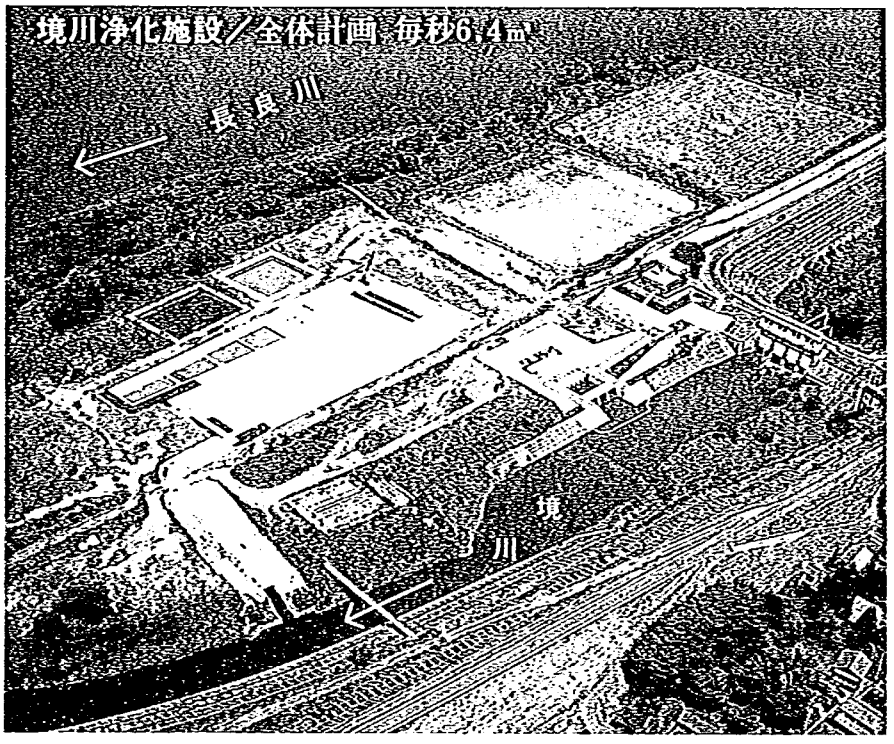
あらまし

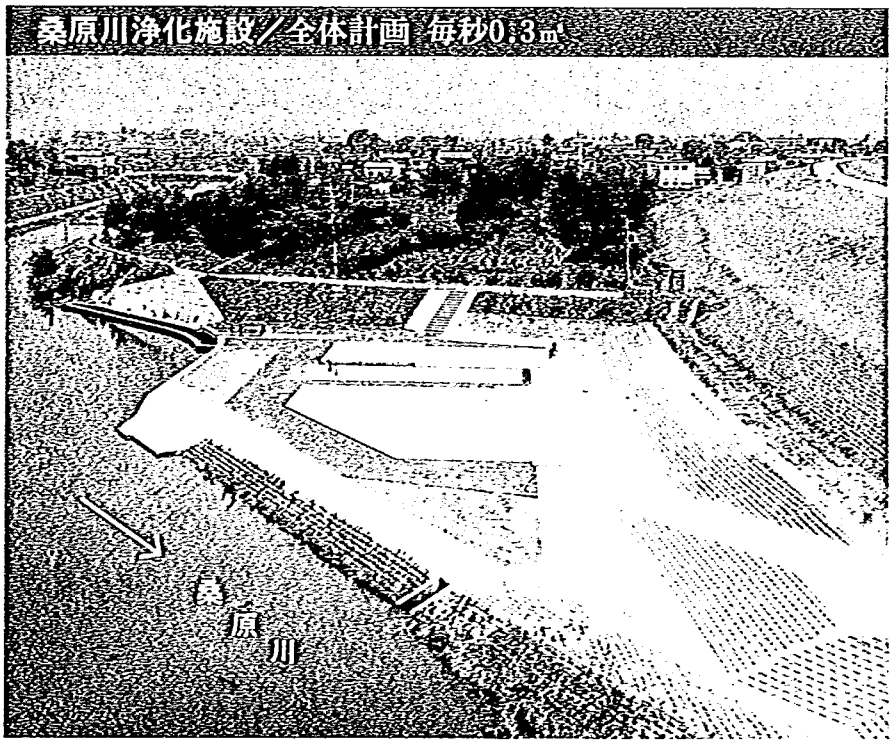
境川は、岐阜市など3市3町を流域(流域面積約54㎢)とする、汚濁負荷量が大きい長良川の支川です。

また、桑原川は、羽島市南部を流域(流域面積約24㎢)としており、汚濁が著しい長良川の支川です。

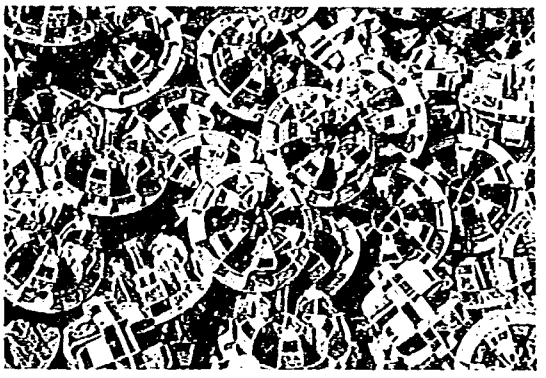
これらの長良川に流入する汚濁の進んだ支川において、河川を浄化する施設を整備することにより、水質の改善を図り、より一層良好な長良川の水環境の創出を目指していきます。





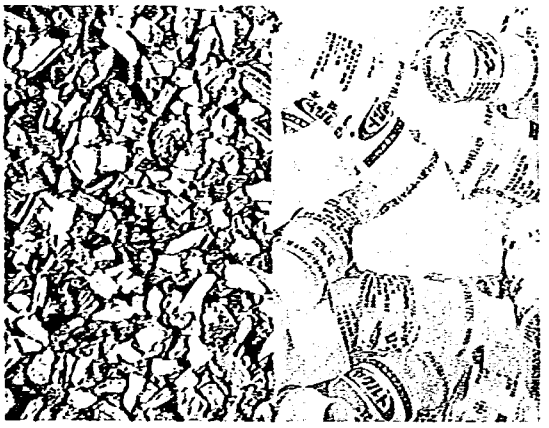


■第1段階処理〈再生ポリプロピレン〉



第1段階処理は、主にSS除去を目的としており、ろ材には、「再生ポリプロピレン(直径20cm程度)」を使用しています。車のエンジンカバー、バンパー等のプラスチック系の廃材を再生したものです。

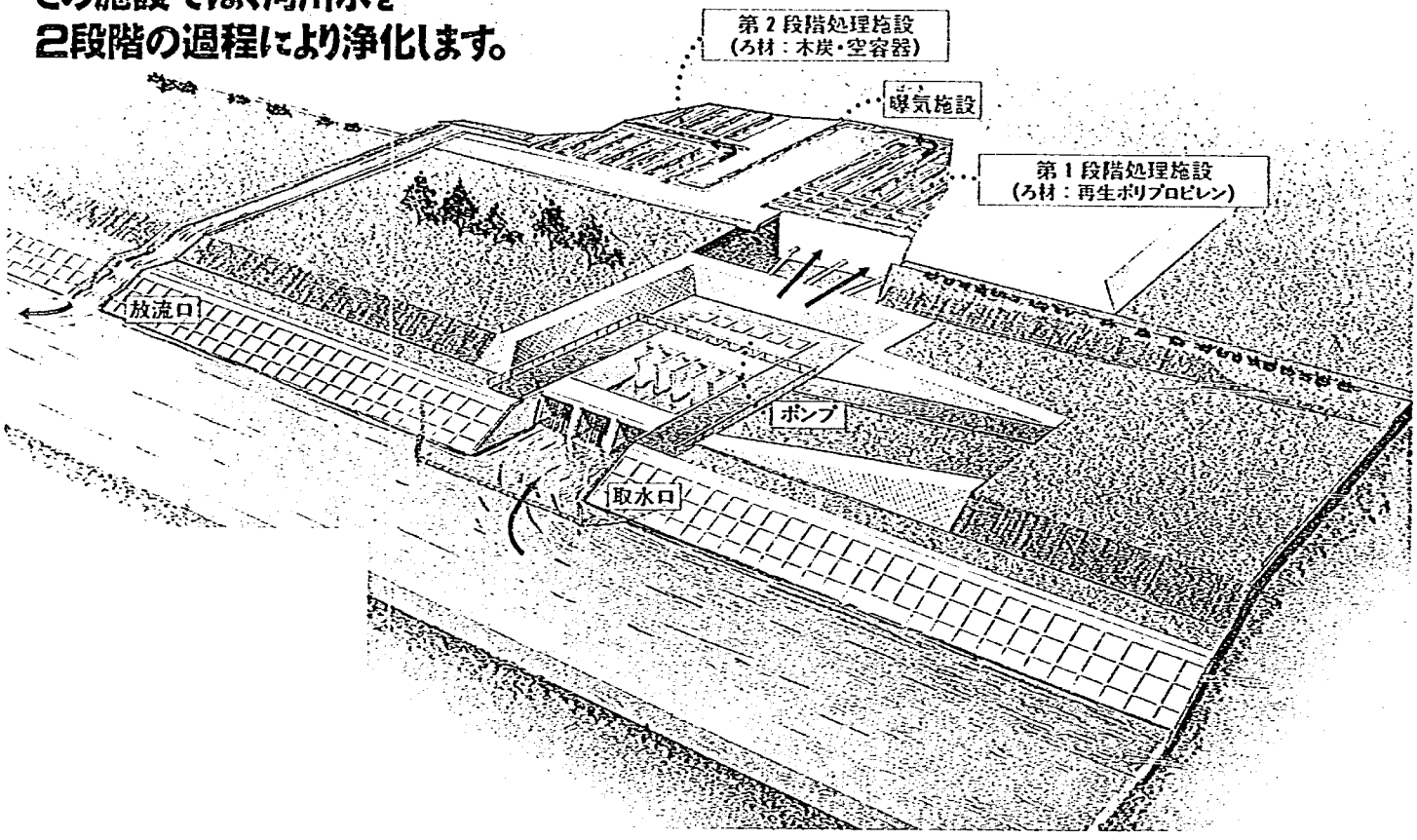
■第2段階処理〈木炭・空容器〉



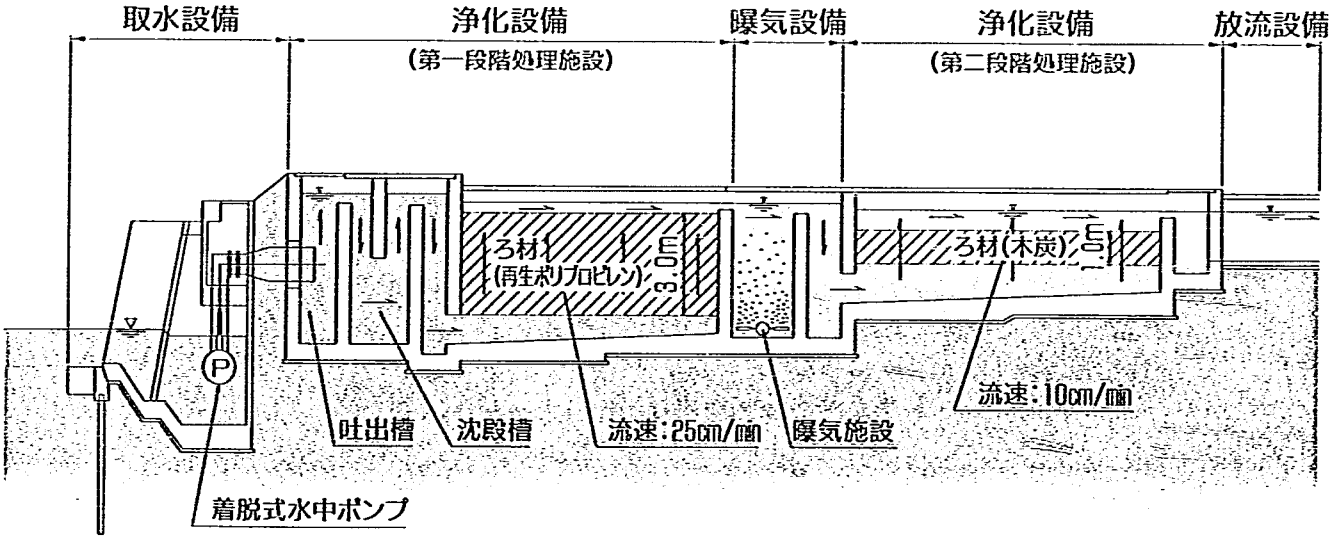
第1段階処理に続いて、第2段階処理を行います。ろ材に「木炭(粒径2cm程度)・空容器」を使用し、クロロフィルa等を除去します。

中部地建

この施設では、河川水を
2段階の過程により浄化します。



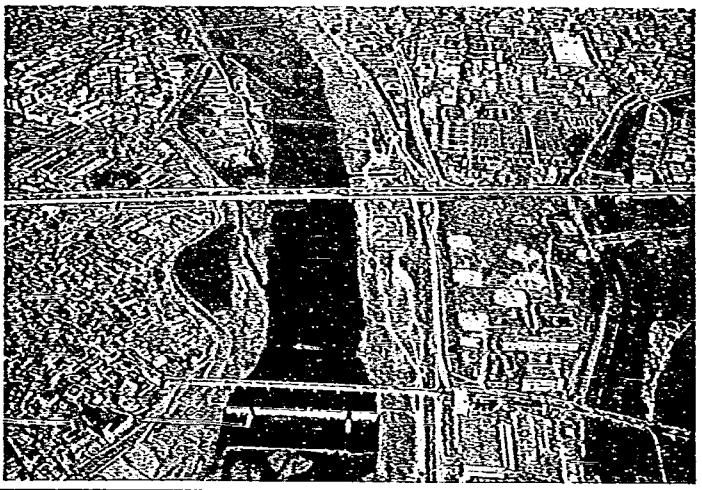
■浄化施設断面模式図

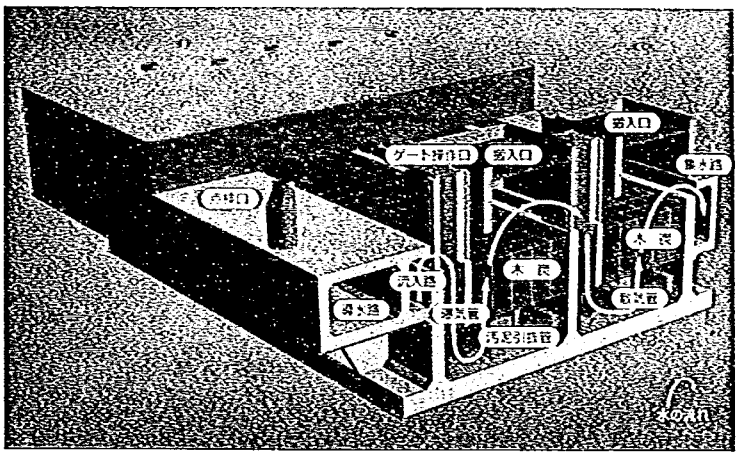


淀川流水保全水路整備事業

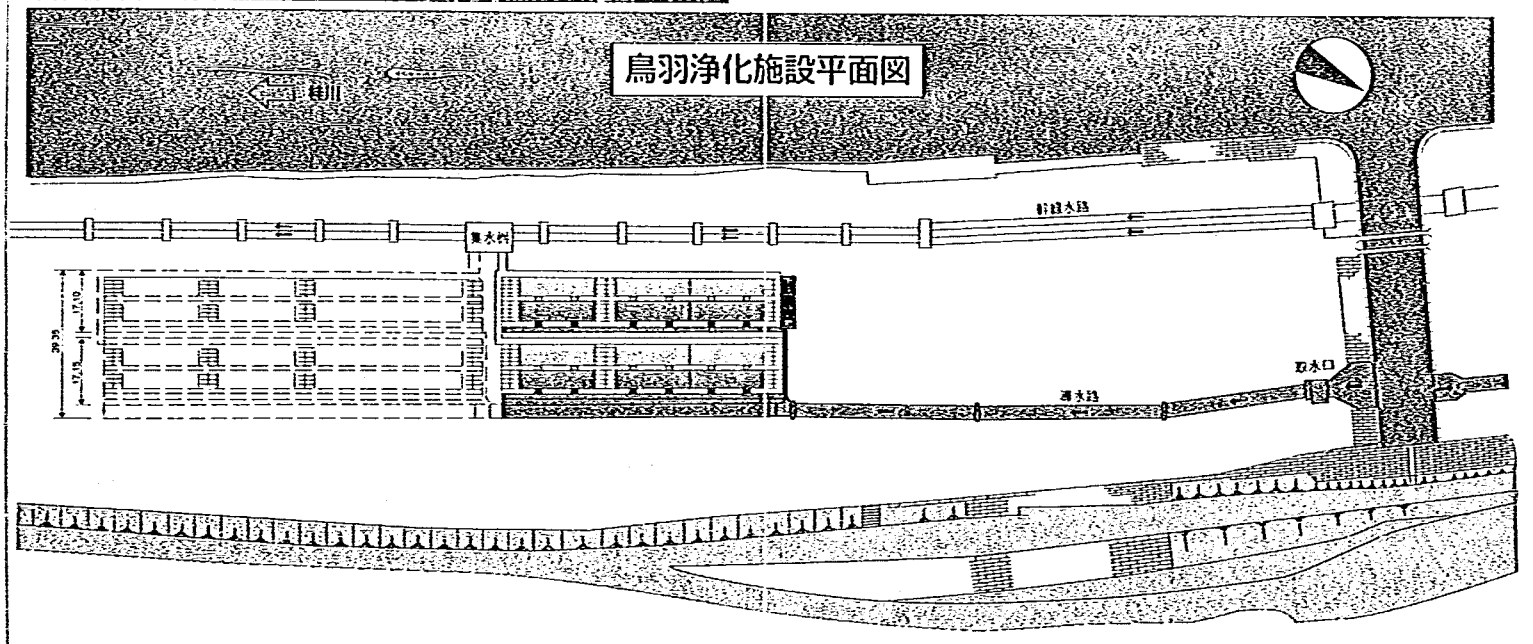
鳥羽木炭浄化施設

事例紹介

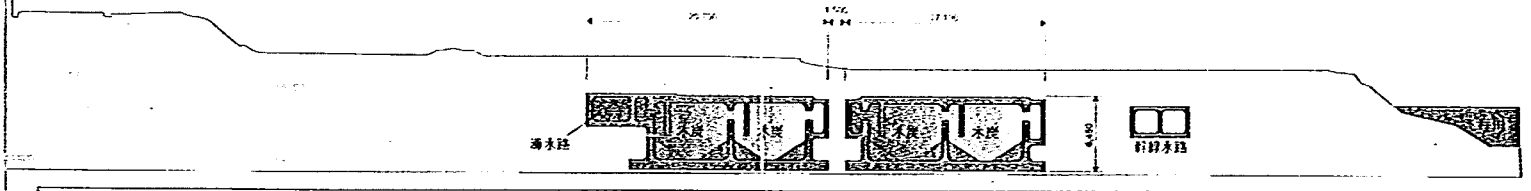




鳥羽浄化施設平面図

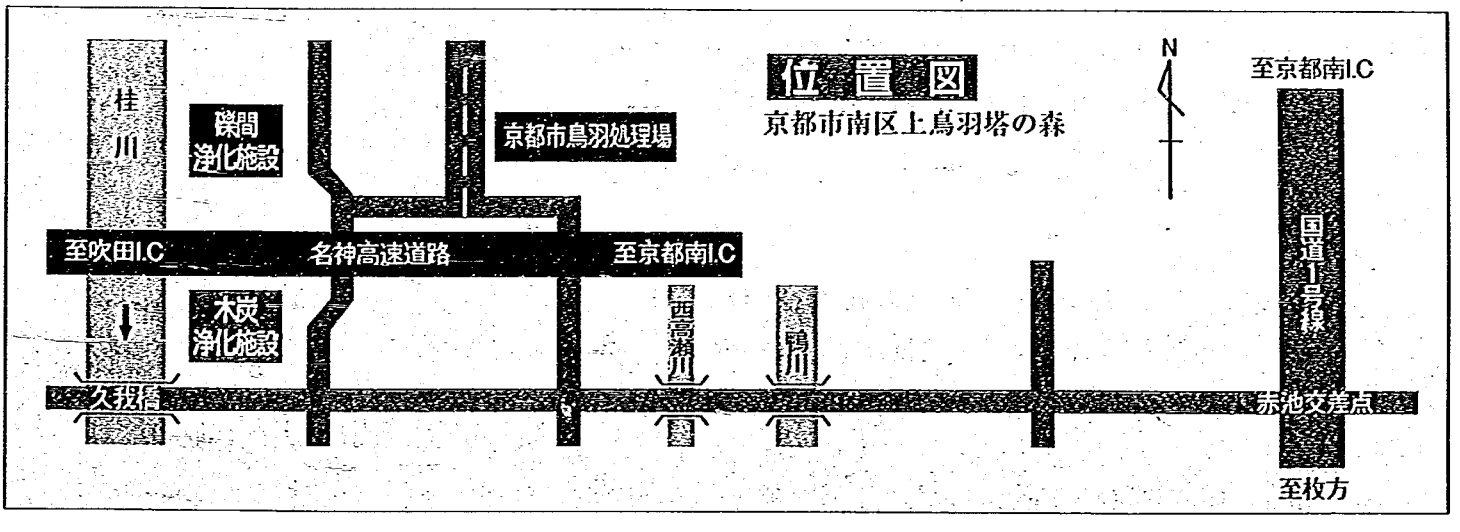


鳥羽浄化施設断面図



位置図

京都市南区上鳥羽塔の森



浄化施設の諸元

● 浄化方法　上向流木炭浄化法（地下構造式）

● 浄化水量　全体水量は5.56㎥/S、その内今回は0.6㎥/Sを施工する。

● 浄化効果

流入水質	BOD	7.1mg / ℓ	計画除去率	BOD	75 %
	SS	11.0mg / ℓ		SS	85 %
	T-N	10.0mg / ℓ		T-N	30～50 %
	T-P	1.1mg / ℓ		T-P	30～50 %

注）BOD（生物化学的酸素要求量）、SS（浮遊物質）、T-N（全（総）窒素）、T-P（全（総）りん）

● 取水方式　自然流下方式

● 放流方式　流水保全水路（幹線水路）～自然流下により放流

● 滞留時間　40分（1槽当り20分×2槽）

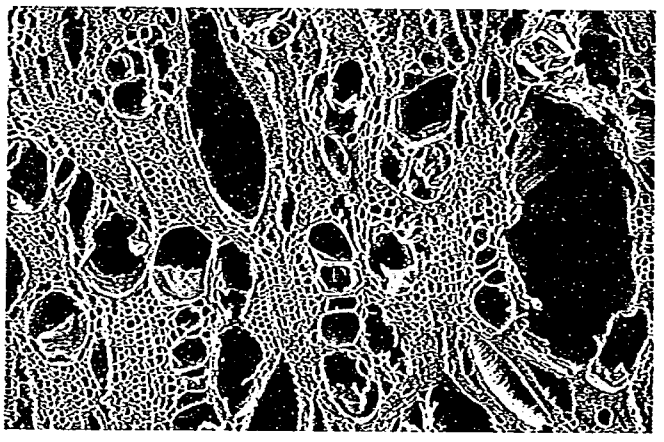
● 木炭の仕様

	第一槽	第二槽
(1) 原　木	広葉樹製材端材	広葉樹製材端材
(2) 標準寸法	50～100mm	20～50mm
(3) 炭化温度	600～800℃	600～800℃
(4) 産　地	マレーシア国	マレーシア国

浄化の原理

上向流木炭浄化法は、汚濁した河川の原水を下から上向きに流し、上部に充填してある接触層を通る間に汚れを分解する方法です。

接触材に間伐材や製材端材等を原料にした木炭を使っています。この木炭は、廃棄物の有効利用ということで森林破壊等の心配もなく、比較的安価で、容易に入手することができます。また、木炭は多孔質で内部表面積が大きいため吸着性に富み、しかも微生物が生息しやすいことから接触材としては優れたものと考えられます。



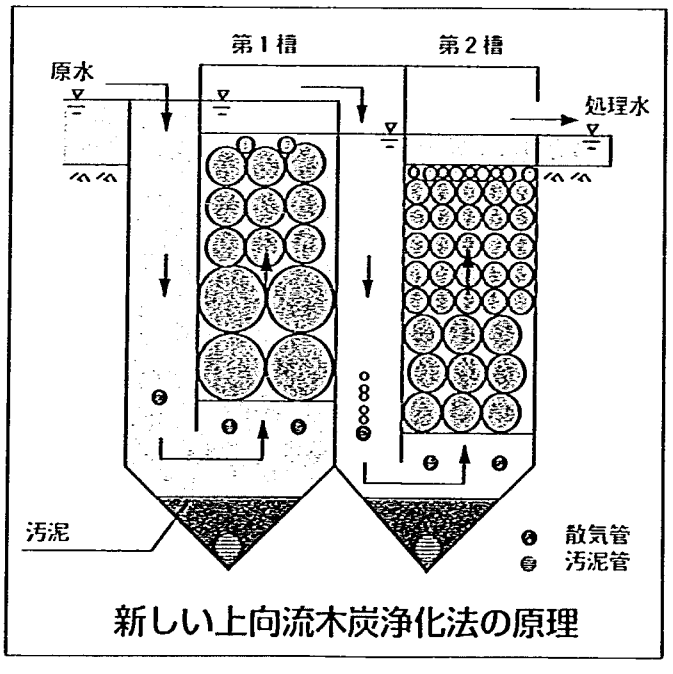
間伐材木炭電子顕微鏡

浄化効率の高度化

現在の河川浄化施設の接触材中の流れは水平流がほとんどです。上向流木炭浄化法は鉛直流（上向流）にすることにより死水域をなくし汚水流入断面積を増大させています。これにより汚水が接触材全体に均一に流れるため、有効に接触材の施設面積を使うことができます。

目詰まり・汚泥対策

上向流木炭浄化法は、底部に広い三角形の空間を持っており、流入してくるSS等は沈澱し汚泥管による引抜処理が容易です。また、散気管を装備して接触材部分の全面曝気による目詰まり抑制も行えます。



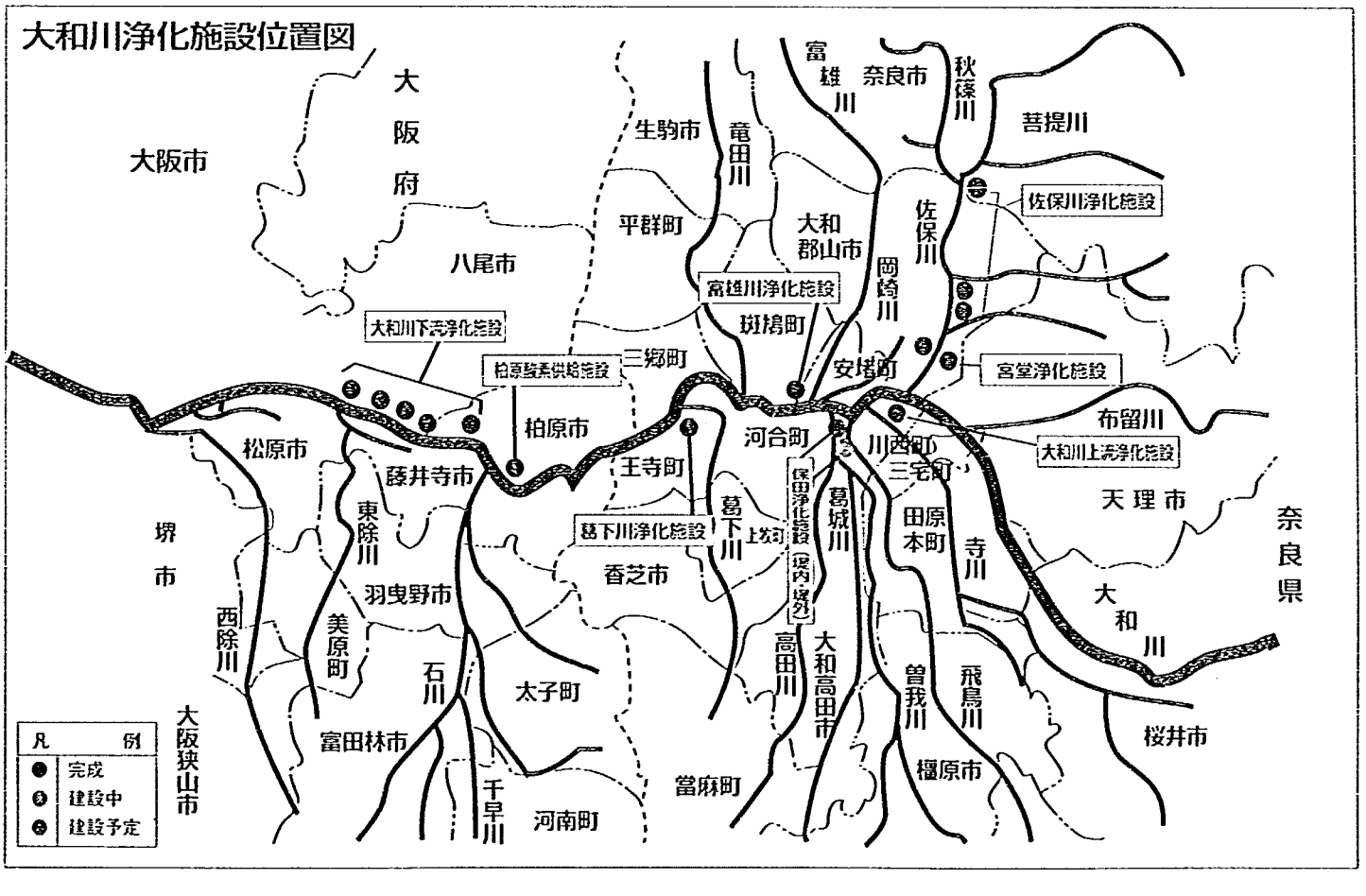
新しい上向流木炭浄化法の原理



大和川は「大和」と「河内」を結ぶ河川として、古来より人々の生活に親密に関わってきた母なる川です。その流れの美しさは万葉の歌にも登場するほどでした。昭和の半ばまでは鮎が棲み、子どもたちの泳ぐ姿をしばしば見かけることもありました。しかし、社会や経済の発展にともなって流域の都市化が進み、その結果、家庭や工場からの排水によって水質が急速に悪化しました。近年では水質は良くなりつつありますが、まだまだ充分なレベルとはいえません。そこで大和川に清流を取り戻し、人々に愛される川を早急に回復するため従前よりいろいろな取り組みをしてきました。

特に最近では建設省、大阪府、奈良県、流域の38市町村及び関係住民の方々が一体となり「大和川清流ルネッサンス21（大和川水系水環境改善緊急行動計画）」を策定し、河川浄化事業、下水道事業、その他関連する各種施策により水環境改善に取り組んでいます。

この多自然型浄化施設は大和川下流に5箇所整備する「瀬と淵」浄化施設計画のうち平成6年度に完成した最初の施設です。これは本来、川がもっている自浄作用を利用した多自然型の浄化施設です。



近畿地建

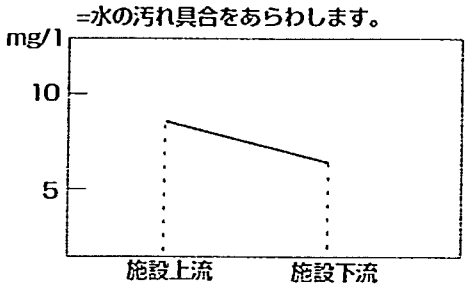
浄化のしくみ

淵での流速変化	流速の低下～汚濁物質の沈殿、分解
堰の落差による曝気	空気中の酸素が水中に溶解 ↓ 河床に生息するバクテリア、微生物などの生物活動の活性化 ↓ 生物酸化により汚濁物質が分解
瀬での礫間接触	沈殿及び礫表面での生物による汚濁物質の吸着、酸化
瀬の河床ろ過	汚濁物質のろ過

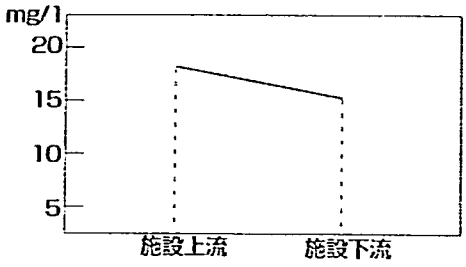
浄化効果

※各値は平均的な実績

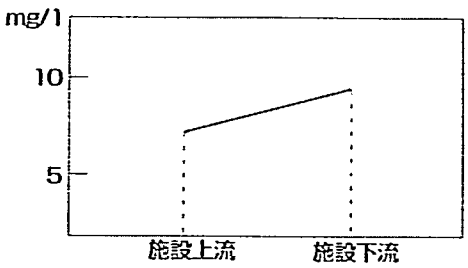
BOD（生物化学的酸素要求量）
=水の汚れ具合をあらわします。



SS（浮遊物質量）

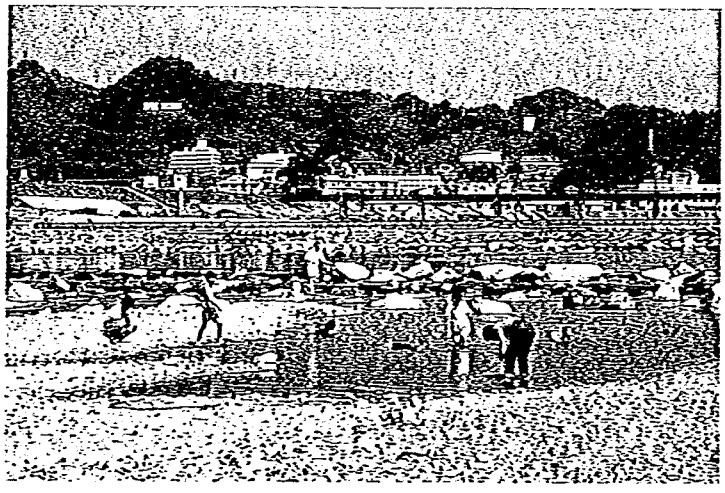


DO（溶存酸素量）



豊かな自然環境の回復を図る施設です。

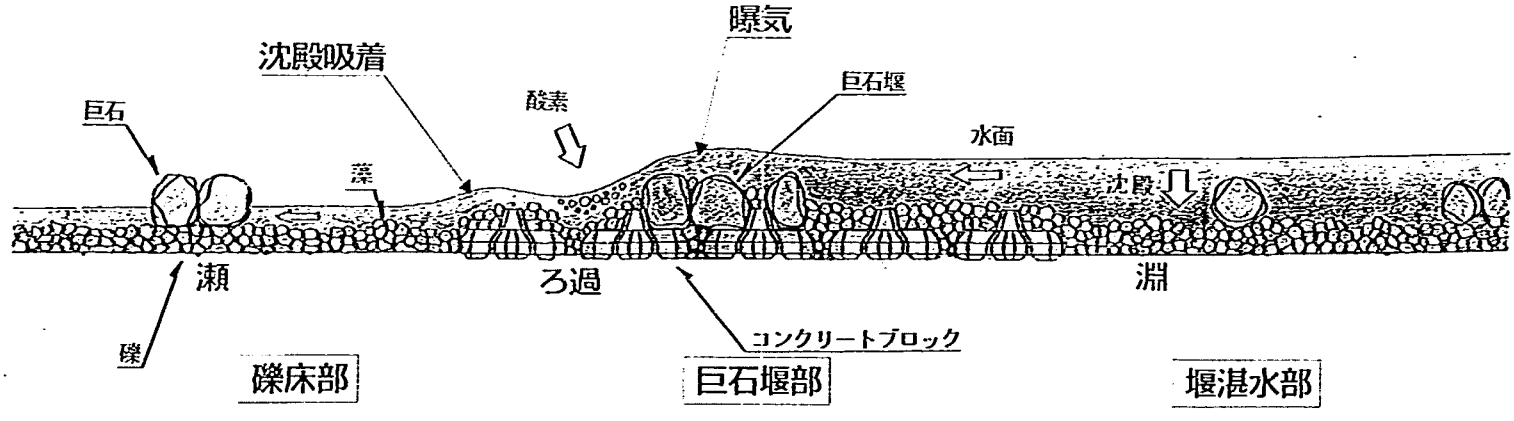
瀬と淵をつくりさまざまな生物が生息できるように、またせせらぎ水路をつくることにより魚ののぼりやすい施設です。



河川の利用を高める施設です。

ゆるやかな傾斜で自然石を敷き、人々が川に親しめるように計画しています。子どもたちが遊べるせせらぎ水路、水辺の散歩が楽しめる自然石護岸の施設です。

瀬と淵 浄化のしくみ



ASHIDA RIVER

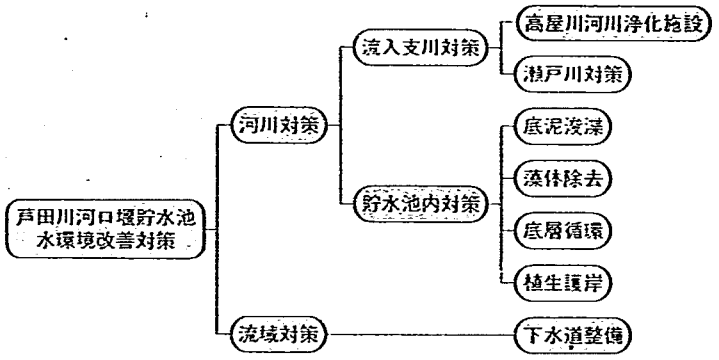
芦田川水系 高屋川
河川浄化施設

計画概要

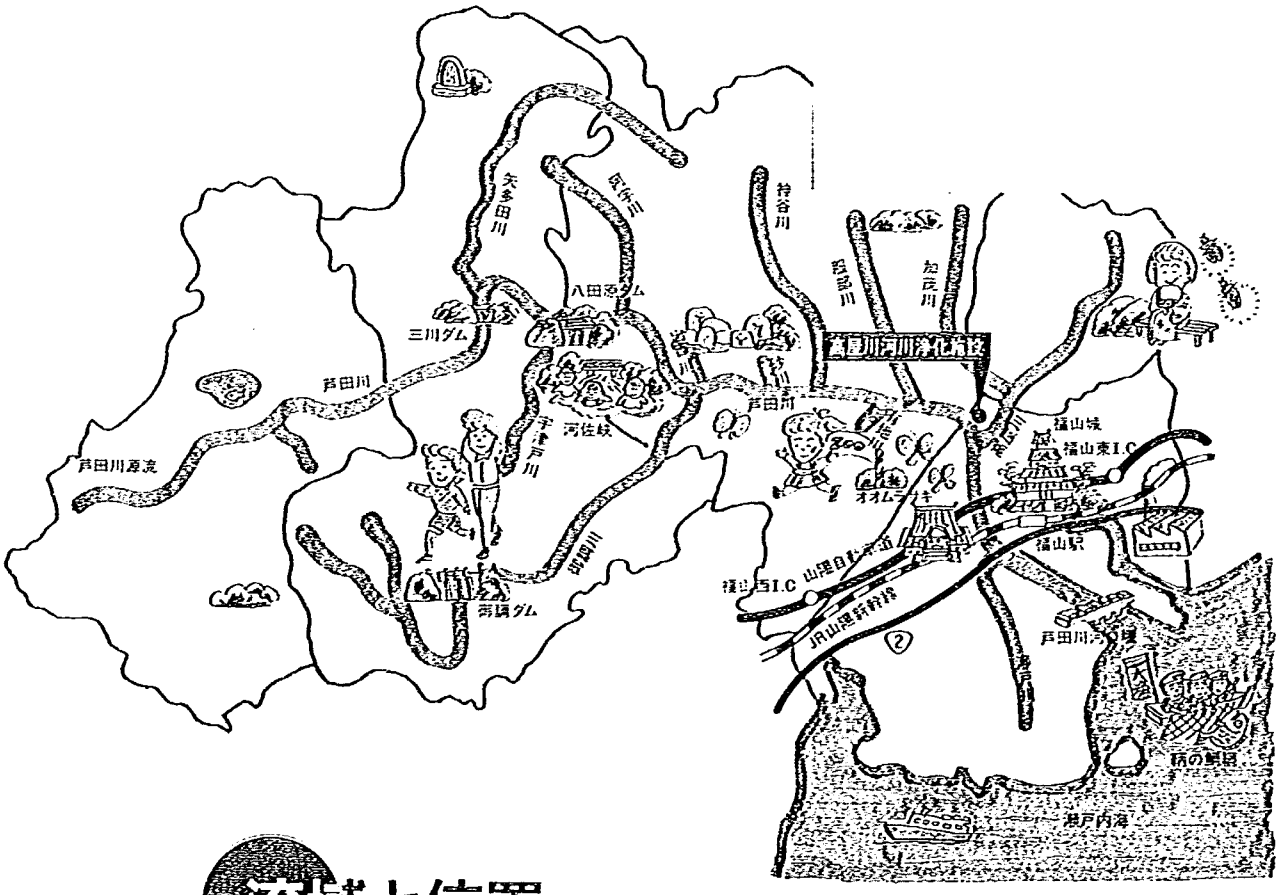
備後地域の一級河川である芦田川の中下流部においては、流域の都市化の進展などにより、現在、中国地方の中で最も汚濁の著しい河川となっています。

とくに、芦田川の最下流に位置する芦田川河口堰貯水池内では、富栄養化※の進行に伴い藻類の異常増殖などがみられ、早急な水環境の改善が望まれています。

高屋川河川浄化施設は、芦田川水系のなかで水環境上重要な位置を占めている支川高屋川において、富栄養化の原因物質であるリンを除去し、河口堰貯水池の水環境の改善に資するものです。



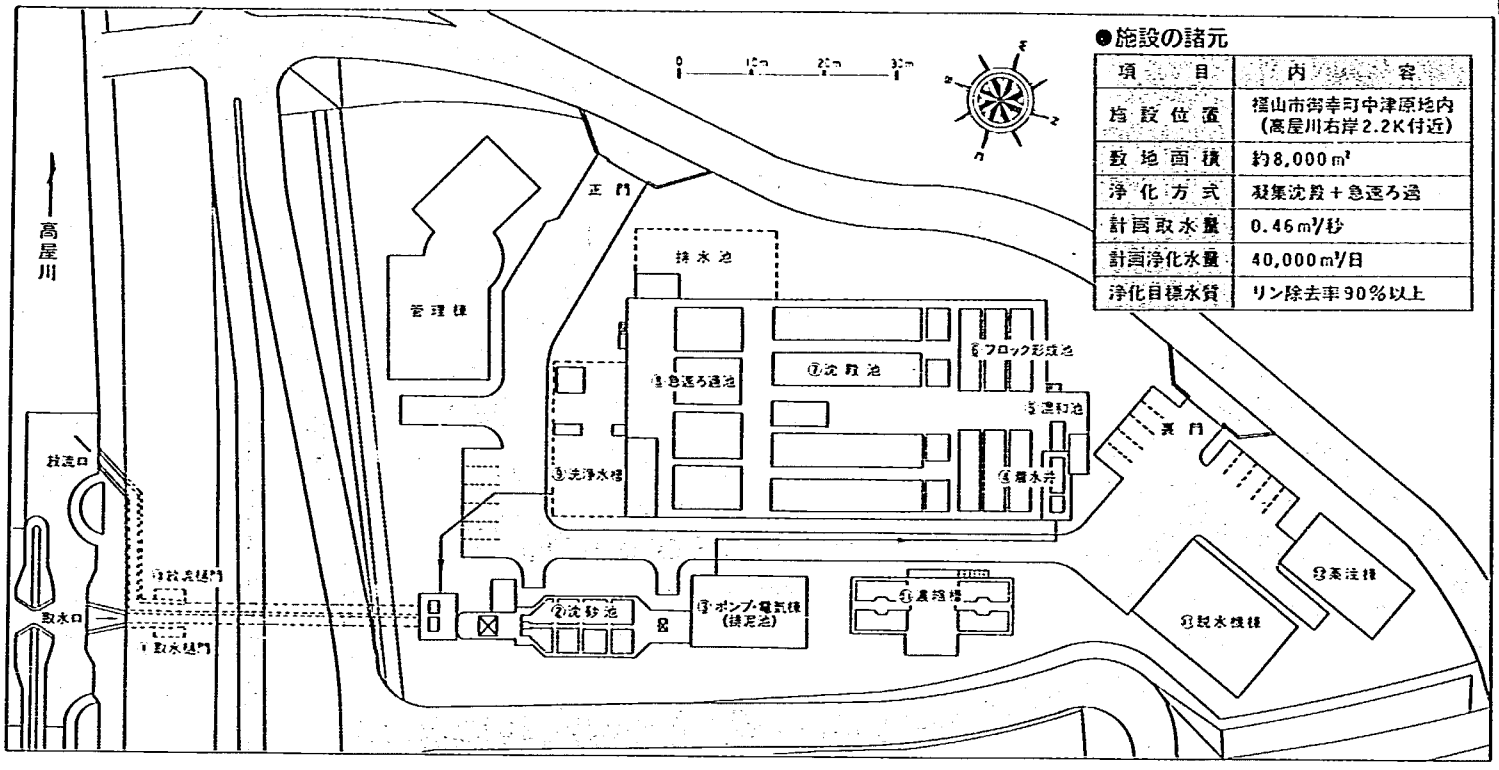
※富栄養化：窒素、リンなど栄養塩類と呼ばれる物質が水域内で豊富になり、生物の生産活動が活発になる現象をいいます。



流域と位置

中国地建

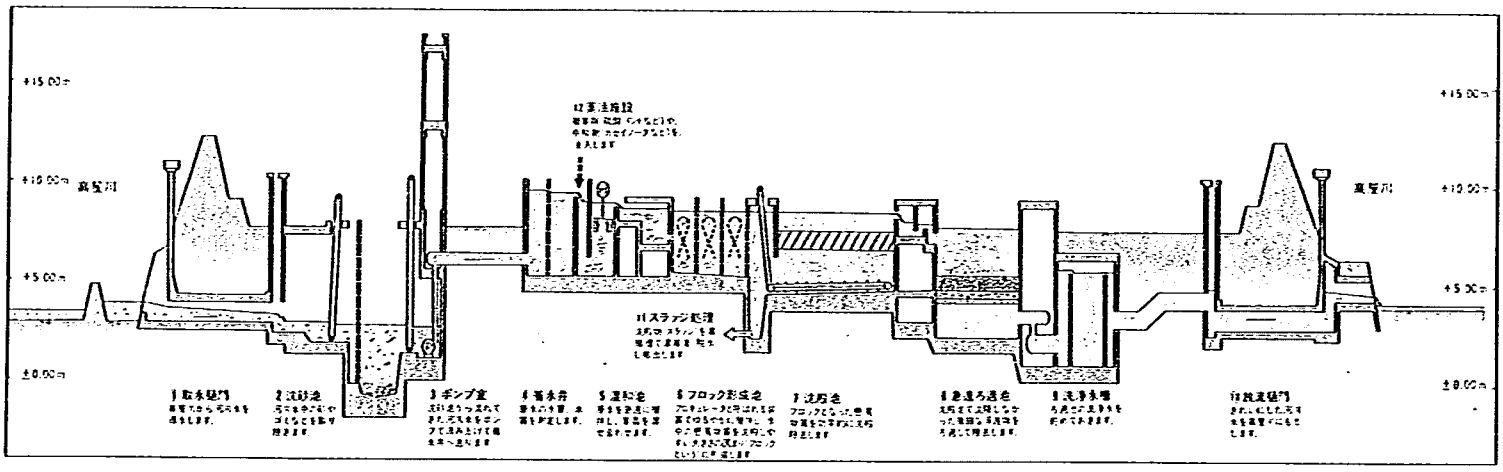
施設平面図



●施設の諸元

項　目	内　容
施設位置	福山市御幸町中津原地内 (高屋川右岸2.2K付近)
敷地面積	約8,000㎡
浄化方式	凝集沈殿＋急速ろ過
計画取水量	0.46㎥/秒
計画浄化水量	40,000㎥/日
浄化目標水質	リン除去率90%以上

浄化のしくみ



TECHNICAL NOTE OF PUBLIC WORKS RESEARCH INSTITUTE

Vol. 66

Publication of Conprehensive Countermeasure in River and Then River Basin

March 1998

PUBLISHED BY
PUBLIC WORKS RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF CONSTRUCTION

1, Asahi, Tukuba-shi, Ibaraki-ken, 305-0804 Japan