



Title	水域直接浄化に関する事例解析とデータベースシステムの構築
Author(s)	綿谷, 寿美; 石垣, 智基; 森, 一博 他
Citation	環境工学研究論文集. 2000, 37, p. 247-258
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/2915
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

(26) 水域直接浄化に関する事例解析とデータベースシステムの構築

Useful Database of On-site Water Area Purification Systems

綿谷寿美*, 石垣智基**, 森一博***, 池道彦**, 藤田正憲**

Hisami Watatani*, Tomonori Ishigaki**, Kazuhiro Mori***, Michihiko Ike**, Masanori Fujita**

ABSTRACT; In recent years, various on-site water purification systems have been introduced to cope with water pollution in urban areas. In spite of a large number of construction of the systems, engineering of the systems has not been developed and still been in immaturated stage since database of experiences from previous works has not been established. Establishment of the database was done and then publicized in a WWW, which will help an engineering planner avoiding from an arbitrary decision and client to make construction orders toward an ideal picture. The database system included databases of previous works, technical reports and research papers from academic journals and search systems for selecting appropriate processes and providing how to manage the processes for users.

KEYWORDS ;On-site water area purification, City bound water, Database, Internet

1 はじめに

都市近郊水域においては生活系排水や下水道二次処理水等のポイントソースに加え、流域のノンポイントソースを汚濁源とした水質汚濁が慢性化しており、良好な水源および親水性の確保、保全が自治体にとっての重要な行政課題の一つとなっている¹⁾。さらに、良好な水辺環境や貴重な水系生態系の保全に対する市民の関心とニーズの高まりを受けて、健全な水環境を回復するための対策が早急に求められている。こうした背景から水域そのものを対象として、オンラインで、もしくは水をくみ上げバイパス的に水質浄化を行う水域直接浄化事業が注目されている²⁾。これは汚濁水域の改善に即時的な効果が期待できるばかりでなく、親水空間の創造や市民の環境教育・啓蒙にも有益な事業であると位置づけられている。本事業の範疇には、小型水処理プラントから多自然型の生態工学を活用した工法まで多種多様な手法が含まれるため、その計画の際には、目的や水域の汚濁状況、規模、形態に応じて適切な浄化法を選択し、配置することがきわめて重要である。これまでに様々な水域直接浄化事業が実施されてきたが、そうした事例の設計や運転管理に関するデータは統合化されておらず、有用な技術情報がフィードバックされていない³⁾ため、新たに事業計画を行うにあたっては分散した過去の事例を個別に参照し、経験や勘にもとづいて試行錯誤的に設計を進めていかなければならないのが現状である。結果として、設計された浄化施設が適切なものとならず、かえって景観の破壊や水質の悪化を招いている事業も少なくない⁴⁾。従って、今後は直接浄化事業の合理的な計画指針や手法を確立していく必要がある。そこで本研究では、適切な直接浄化事業の計画および運営管理に必要な過去の事例データを、設計者にわかりやすい形で提供する事を目的とし、水域直接浄化事業に関するデータベースの構築を試みた。さらに、構築されたデータベースを発展させ、積極的な情報共有を行うことを目的としてインターネット上で公開した。

2 水域直接浄化事業に関するデータベースの構築

2.1 水域直接浄化事業の事例調査およびデータの収集

水質浄化、直接浄化、公共水域、および後述する各浄化法の名称などをキーワードにした JICST による文献検索と、新聞、雑誌、年報などの記事データベースおよびインターネットを対象にした建設省および都道府県によるプロジェクトの検索により、水域直接浄化の既往事例に関する情報収集を行った。浄化事例としては、実規模で実際の河川水や湖沼などの環境水を対象とし、水質浄化を目的として行われた浄化実験および浄化事業を対象とした。収録したデータ件数は浄化事例 112 件、参考文献 98 件、浄化法 14 件にのぼった。検索によって得られたデータから本データベースに収録した項目を表 1 に示した。浄化の評価指標としては、多くの事例でデータの得られていた生物化学的酸素要求量(BOD)、化学的酸素要求量(COD)、懸濁性物質(SS)、全窒素(T-N)および全リン(T-P)を対象とし、その除去率(流入水中および処理水中濃度より算出)を収録した。その他、設計および維持管理において重要であると考えられる、処理水量、滞留時間など運転パラメータ、施

*日本技術開発株式会社 (Japan Engineering Consultants Co., LTD.)

**大阪大学大学院工学研究科環境工学専攻 (Dept. of Environ., Eng., Graduate School of Eng., Osaka Univ.)

***山梨大学工学部土木工学科 (Dept. of Civil and Environ. Eng., Faculty of Eng., Yamanashi Univ.)

設や浄化法の特徴、建設費および維持管理費などコスト面に関するデータはできる限り掲載した。

2.2 データベースの構造

図1に本データベースシステムの構造を示す。データベースシステムには、水域直接浄化事例、浄化法および参考文献の3つのデータベースが含まれる。浄化事例データベースは、過去に行われた水域直接浄化事業および実験の個々に対して、その概要を示したものであり、今後同様の事業の設計・計画を行おうとする場合の有用な参照データとなる。各事例ファイル内にはデータの出典を示しており、該当する参考文献データベースを参照することで、より詳しいオリジナルデータの入手も可能である。参考文献と浄化事例は一對または一對多（一報の文献で複数の浄化事例を扱っている場合）の対応関係が成立している。一方、浄化法データベースは水域直接浄化の各種手法を紹介したもので、14種の浄化法の概要と特徴を示している（表2参照）。また、各浄化法が適用された過去の浄化事例を掲載し、関連する浄化事例データベースの参照を可能とした。データの入力にはパーソナルコンピュータ Power Macintosh 8500 (Apple Computer, Inc., PowerPC604/120MHz, メモリ 48MB, HDD 2.0GB, OS MacOS8) を用い、FileMaker Pro 4.0 (Claris Co. Ltd.) によって各データベースの作成を行った。

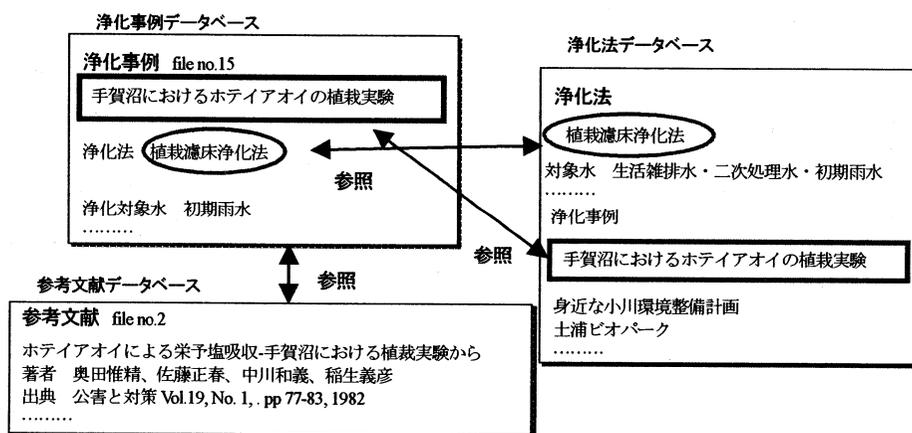


図1 各データベースの構造

表1 データベースに収録したデータ項目一覧

データベース	収録項目
浄化法 (14件)	対象水, ランドスケープ型, 目的型, 汚濁適応度, 設置条件, 浄化原理, 植物使用の有無, BOD・SS・T-N・T-P 除去率 (%), イニシャルコスト, 維持管理の相対的難易度, 施設例の写真・図
浄化事例 (112件)	実施年, 浄化水域名, サイト状況, 目的, 浄化法名, ランドスケープ型, 対象水, BOD・COD・SS・T-N・T-P の流入・流出濃度 (mg/l)・除去率 (%), 滞留時間 (hour), 処理水量 (m ³ /day), 施設規模, 建設費 (円), 維持管理費 (円/年), 維持管理の相対的難易度, 地図, 施設例の写真・図
参考文献 (98件)	タイトル, 著者, 著者所属部署, 出典等

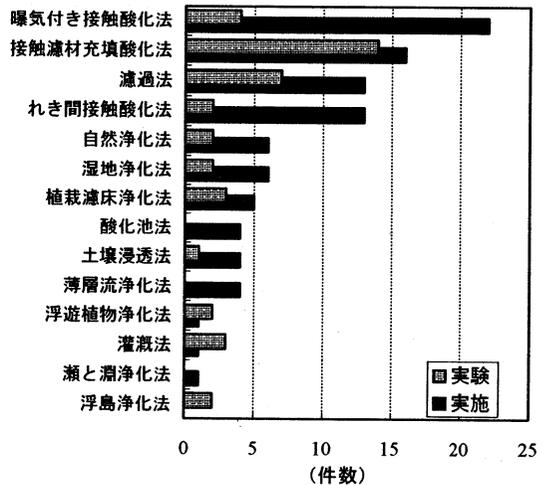
2.3 浄化法の分類

ここでは直接浄化法を、既往の分類⁴⁾に著者らが一部手を加えた分類体系に基づいて表2のように分類した。各々の概略は以下の通りである。生物学的処理のうち、付着生物による有機物等の吸着、酸化、分解を浄化の基本プロセスとする⁵⁾接触酸化法は、生活排水対策事業においてバイパス式を中心に多く採用されている。このうち接触濾材充填酸化法では、水産加工廃棄物や建設廃材等の様々な濾材の使用が試みられている⁶⁾。その他、水深を10cm程度とし、河床にれきなどを敷き、接触面を大きくし生物膜を付着させる薄層流浄化法、自然素材に生物膜を付着させ、自浄能力を強化する自然浄化法（多自然型護岸）が付着生物による浄化法として分類された。浮遊生物を用いる酸化池法は、藻類や細菌など水中に懸濁している微生物によって、有機物の酸化、分解と沈殿による浄化法⁷⁾で、古くから用いられている方法の一つである。植物を用いた浄化法は、

植物の根や茎による SS の接触沈殿と窒素、リンの直接吸収を基本プロセスとしており⁸⁾、湿地浄化法、植栽濾床浄化法、浮遊植物浄化法が分類された。物理的処理に分類される灌漑法、土壤浸透法、濾過法では物理的に SS を濾過するほか、土壤および濾材に付着した微生物による酸化、分解による⁹⁾浄化も行われる。瀬と淵浄化法の基本プロセスは、瀬での生物膜による酸化と淵での沈殿であり、自然河川の自浄作用そのものを再現したものといえる¹⁰⁾が、主な浄化原理は沈殿と捉え、物理的処理に分類した。

表 2 直接浄化法の分類

基本プロセス	浄化法
生物学的処理	れき間接触酸化法
	接触濾材充填酸化法
	曝気付き接触酸化法
	薄層流浄化法
	自然浄化法
浮遊生物	酸化池法
	湿地浄化法
	植栽濾床浄化法
	浮遊植物浄化法
植物	浮島浄化法
	灌漑法
	土壤浸透法
	濾過法
物理的処理	沈殿
	瀬と淵浄化法



3 水質直接浄化事例の現状分析および評価

3.1 各種浄化法の採用状況

浄化事例データベースに掲載した水域直接浄化の実験および事業実施件数を、各浄化法毎に分類し図 2 に示した。事業実施の際に採用されているものはバイパス型の接触酸化法が圧倒的に多く、現状では処理水の流入量のコントロールが可能で、維持管理が比較的容易なものが採用されていた。収集された事例の多くは、水質改善対策の一環として直接浄化を導入し、試行錯誤の中で取り組みが進められていた。また、全体の約 4 分の 1 にあたる 27 件の事例では、複数の浄化法を組み合わせで使用していた。そのうち 14 件は生物膜濾過や木炭浄化といった濾過法を組み合わせしており、接触酸化法等で汚濁負荷を軽減し、濾過法を後処理として採用する事例が多かった。また景観に配慮して、濾材を充填した水路の上部空間に植物を植栽するなど、多自然型の浄化法との組み合わせ使用をしていたものが 9 件あった。こうした創意工夫は、都市景観も考慮した地域特性に適した浄化法を模索する上で重要であると思われる。

以下には各浄化法の事例について水質浄化機能を中心とした分析と評価を行っている。浄化法によっては適用事例が少なかったり、あるいは事例が比較的多い場合でも個々の運転条件が異なっていたうえ、データのばらつきもかなりあったことから、十分な分析・評価を行うことは困難であったが、データが複数得られたものについては各水質項目の除去率の平均値を求めて (表 3) 評価の指標とした。現状では、各浄化法について公表されているデータは豊富なものではなく、平均除去率を用いるだけでは、必ずしも正確な浄化性能の評価が行えたとはいえないものの、各浄化法の水質浄化特性は概ね以下のようにまとめられる。

3.2 接触酸化による浄化法を用いた事例¹²⁻²²⁾ (図 3A)

れき間接触酸化法は流入水 BOD 濃度が 20mg/l 以下の水域で採用されており、その除去率は 30% から 95% とばらつきがみられたが、平均では 61.7% であった。平均 SS 除去率は 63.7% であり、BOD を含めた有機性汚濁の除去には比較的有効であったといえるが、平均 COD 除去率は 29.7% と低かった。また栄養塩類 (T-N, T-P) の除去率は概ね 20% 以下と低かった。従って、生活雑排水等による有機性汚濁負荷が高い水域には有効であるが、栄養塩類濃度の高い二次処理水や比較的 COD 濃度が高い初期雨水には不適な浄化法と考えられる。接触濾材充填酸化法もれき間接触酸化法と類似の浄化特性を示したが、れき間接触酸化法と比較して各

項目に対して若干高い除去率が得られていた。これは濾材を使用することで接触面積を増やす事ができた結果と考えられる。また、比較的広範な流入水質（流入BOD濃度5-40mg/l）に対して採用されていたが、除去率は5%から80%と事例によって大きく異なっていた。ここで、上述した両接触酸化法において浄化率が低い事例の多くは、水域に直接設置されたオンサイト方式を採用した場合であった。本方式はバイパス式と仕組み自体は同じであるものの、自然流下式では概して滞留時間が短かく、また安定しないため、十分な浄化効果が得られなかったものと推測される。一方、曝気付き接触酸化法は、流入BOD濃度25mg/lから90mg/lと幅広い汚濁負荷の水域で用いられていたが、除去率は40%から90%となり、比較的安定した浄化効果が得られていた。このことから、バイパス式の曝気付き接触酸化法が、有機性汚濁に対する直接浄化技術として極めて有効であることが推測された。

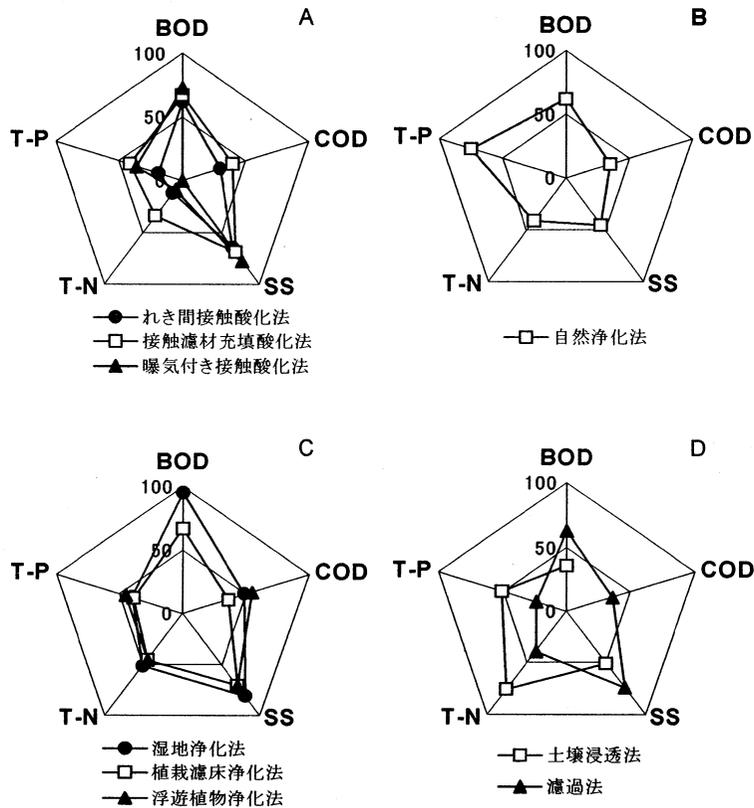


図3 各浄化法の水質浄化特性, A: 接触酸化による浄化法 (単位: 除去率, %), B: その他の付着生物法, C: 植物による浄化法, D: 濾過による浄化法, 土壌浸透法のCOD除去率および浮遊植物浄化法のBOD除去率は記載データなし

3.3 その他の付着生物による浄化法を用いた事例¹⁵⁾²³⁾²⁴⁾ (図3B)

自然浄化法は、全事例の平均BOD除去率が62.0%、平均T-N除去率が40.5%、平均T-P除去率が75.0%と、有機性汚濁のみでなく栄養塩類の除去にも比較的優れた浄化性能を示した。一方、薄層流浄化法についてはBOD除去以外の水質浄化機能について報告例がなかったが、主に流入BODが15mg/l以下のあまり汚濁の進んでいない水域に適用されており、BOD10mg/l前後の流入水を対象とした事例の4件中3件では70%以上の除去率が達成されていた。この事から、薄層流浄化法は低濃度の有機性汚濁に対しては、効果的である事が示唆された。

3.4 植物による浄化法を用いた事例¹³⁾¹⁵⁾²⁵⁾³⁴⁾(図 3C)

植栽濾床浄化法は平均 BOD 除去率 66.2%、平均 SS 除去率 69.8%と有機性汚濁の除去に非常に優れており、また平均 T-N 除去率は 44.7%、平均 T-P 除去率は 39.1%であったことから、栄養塩類に対してもかなり効果的であることが明らかとなった。湿地浄化法も、植栽濾床法と類似の浄化特性を有していたが、各項目について 0.9~28.8 ポイント高い除去率を示した。両浄化法とも根圏での SS 濾過と植物による栄養塩除去が主な浄化原理とされているが、湿地浄化法では土壌による濾過や微生物による有機物の分解効果が加えられた結果、より高い除去効果が示されていたものと考えられる。事例の少なかった浮遊植物浄化法を含め植物による浄化法では、事例によって浄化機能にばらつきが見られたものの、半数以上の事例で BOD、SS、T-N、T-P に対して 50%以上の除去率が示されていた。浄化性能が一定していない主な理由としては、事例ごとに余剰植物の刈り取り時期や滞留時間の調整といった施設の運転管理条件が大きく異なっていた事があげられている⁴⁾。植物による水質浄化は、欧米では多数の実用事例³⁵⁾がある一方、国内ではほとんどがラボスケールでの実験³⁶⁾にとどまっており、実施実績は少ない。また、水域浄化を主目的としたものよりも、周辺景観への配慮のため補助的に用いられている事例が多い。このように、植物を用いた水質浄化法の普及が進まない原因としては、安定した浄化効果を得るために、植物種の選択や施設の維持管理に豊富な経験を必要とする事が第一に考えられる。一方、国内でも土浦ビオパークのように周辺住民の協力を得て運営されている事例もあり³⁷⁾、その浄化能の高さを考慮すれば、今後様々な水域に導入されていく事が期待される。

3.5 濾過による浄化法を用いた事例³⁰⁾³⁸⁾(図 3D)

土壌浸透法では平均 BOD 除去率は 35.0%にとどまっているが、平均 T-N 除去率は 75.0%、平均 T-P 除去率は 50.0%であり、栄養塩の除去には比較的高い浄化効果が示されていることから、二次処理水など比較的营养塩類濃度の高い水域への適用に向いているといえる。また濾過法では平均 SS 除去率 74.7%と、特に浮遊物質の除去に対して高い浄化効果が示されている。実施例の少なかった灌漑法を含め、土壌を用いた浄化法は、栄養塩除去に有効であることが報告されている^{35, 39)}が、導入に際しては広大な土地を必要とするため、我が国における実用化は進んでいないものと考えられる。

4 検索システムの構築とデータベースの公開

4.1 検索項目の設定と分類

本データベースは、直接浄化事業を計画・設計する際に有用な情報をわかりやすい形で提供する事を目的としたものであるが、総ファイル数は 224 件にも及んでいるため、使用者(浄化施設の設計・計画に関わる人)が必要な情報を効率よく得るには困難を伴う。そこで本データベースの目的を実現するために、浄化施設の設置条件、形態、浄化対象水など、種々の選定条件に応じて、該当する浄化事例や浄化法のファイルを簡便に検索できるシステムを構築し、データベースに関連付けた。検索に用いる事のできる項目には、表 3 に示した都道府県、浄化法、浄化対象水、目的、景観類型の 5 つの選択項目以外に、使用された植物名(表 4)および濾材名(表 5)、収録した施設の関連水域名(表 6)の一覧を各々キーワードとして設定し、利用者が優先したい項目を用いてフレキシブルに検索が行えるようにした。ここで、各浄化法およびこれに該当する浄化事例の検索は、表 7 にまとめた選択条件に基づいて行われる。この選択条件は、以下のような基準で設定し、各浄化法の適合性は前項の事例解析と既往研究からの知見に従って定めた。

表 3 検索条件の選択項目

検索条件	選択項目
都道府県名	各都道府県
浄化法	表 2 を参照
浄化対象水	生活雑排水、初期雨水、二次処理水、湖沼水、河川水、海水
目的	機能型、環境整備型、自然型
景観類型	自然河川型、自然湿地型、地下埋設型、緑地型、浮島型、自然湖沼型、人工水路型、プラント型

表 4 キーワード検索の対象植物名

植物名
キシノウブ、クレソン、ハナナッカ、カラー、チルド、シアナ、水生ワスレナグサ、セリ、マリーゴールド、サルビア、キンギョソウ、ヨシ、セスバニア、ハス、枝豆、ホテイアオイ、アシ、マコモ、オオフサモ、ミソハギ、ミント、シマフトイ、ルイジアナ、ワスレナグサ、イグサ、ミゾソバ、スイレン、ショウブ、ネコヤナギ、ガマ、コカナダモ

表5 キーワード検索の対象濾材名

濾材名	
自然素材	赤貝殻, 建築資材廃棄物, マサ土, 黒ボク土, 鹿沼土, ゼオライト, 木炭, G 活性炭, 珊瑚石, 脱油石炭, ベントナイト, バーム椰子繊維マット, 活性炭, 赤玉土, 栗石濾材
人工素材	ハニカム状プラスチック製接触材, 不織布接触材, バイオフレックス, プラスチックネット状接触材, プラスチック波板, バイオモジュール, 球状接触材, プラバイオ, バイオフロア, 波形接触板, プラスチック製接触材, ポリアクリルアミドゲル固定化微生物担体, 紐状接触材, 紐状特殊担体, プラスチック性球状担体, 塩化ビニデリン製織布, バイオコード, バイオオブロンク, 膜モジュール, ポリプロピレン浄化網, ワイヤロック網, リングレース, 塩化ビニデリン系サラン繊維マット

表6 キーワード検索の対象水域名

件数	湖沼・内湾	河川
6		大和川
5		綾瀬川, 都川
4	霞ヶ浦	
3	印旛沼	桑納川
2		利根川, 山王川, 竜田川, 谷地川, 多摩川, 渡良瀬川, 新川, 高屋川
1	野尻湖, 手賀沼, 洞峰沼, 八郎潟, 茨戸湖, 三河湾, エカイ沼, 川平湾, 富山湾, 児島湖, 大阪湾	深作川, 篠路川, 大柏川, 高根川, 海老川, 富雄川, 芦田川, 境川, 早川, 梓川, 志路原川, 榎野川, 飛鳥川, 曾我川, 道頓堀川, 北野川, 別府川, 谷古田用水, 不老川, 春木川, 新坂川, 川戸落し, 黒部川, 西除川, 東除川, 王水川, 佐保川, 岩井川, 神田川, 四万十川

表7 各浄化法の検索時の選択条件一覧

浄化法	浄化対象水					目的			景観類型
	生活雑排水	二次処理水	河川水	湖沼水	初期雨水	自然型	環境整備型	機能型	
湿地浄化法	○	○		○	○	○			自然湿地
植栽濾床浄化法	○	○			○		○		人工水路
浮遊植物浄化法	○	○		○	○	○	○		自然湖沼
灌漑法	○	○			○	○	○		緑地
薄層流浄化法			○			○	○		自然河川 人工水路
接触濾材充填酸化法	○	○	○				○	○	人工水路 地下埋設 プラント
曝気付き接触酸化法	○		○				○	○	人工水路 地下埋設 プラント
れき間接触酸化法	○	○	○				○	○	人工水路 地下埋設 プラント
浮島浄化法				○		○			浮島
瀬と淵浄化法			○			○			自然河川
自然浄化法		○	○	○	○	○			自然河川 自然湖沼
土壌浸透法	○	○			○		○	○	空地
濾過法	○	○	○	○				○	人工水路 プラント
酸化池法	○	○			○	○			自然湖沼

(1) 目的

水域直接浄化は、水質浄化、生態空間の保全、豊かな自然の創出など多様なニーズのもとに計画されてお

り¹⁰⁾、重視する目的によって採用すべき浄化法が異なると考えられる。そこで直接浄化事例および浄化法を実施目的に応じて、環境水の質的改善に重点を置いた機能型、人や地域の活動空間改善に重点を置いた環境整備型、自然生態系および循環系の健全化に重点を置いた自然型の3つの目的に分類し検索条件の一つとした(図4)。各目的の特性は表8のように定義した。

(2) 浄化対象水

水域直接浄化の浄化対象水は、水質、水量および水域の形態を各々考慮して、河川水、湖沼水、生活雑排水、初期雨水、下水二次処理水および海水の6つに分類した。生活雑排水は主に排水路で浄化されるもので、河川水と比較して水量が少なく汚濁度が高いという特徴を有すると定義した。河川、湖沼、内湾等の汚濁は主に生活排水に起因するが、希釈されて水量が多くなっており、採用される浄化法も異なる事から、生活雑排水と区別した。下水二次処理水とは、処理場の放流口から自然水域に至るまで、もしくは処理場内で直接浄化が実施されるものを意味する。初期雨水にはSSや低濃度の有機物の他に細菌や重金属等の微量汚濁物質も含有されているため、独立した一つの項目として取り扱った。表7中における各浄化法の適合性は、既往事例で適用された実績があり、ある程度浄化効果の確認されたものとして定めた。



図4 水域直接浄化事例の目的による分類の例, A: 自然型, 瀬と淵浄化法, 大和川, 大阪府 B: 環境整備型, 接触濾材充填酸化法, 排水路, 新潟県, C: 機能型, 曝気付き接触酸化法, 都川, 千葉県

表8 水域直接浄化の目的と空間特性

目的	特性	空間利用	形態の自由度	自然度
自然型	水際、河床、湖底が自浄能力を保ち、自然の生態系を保持できる	自然保持	中	高
環境整備型	公園・緑地など生活環境にアメニティ空間を提供できる	多目的利用	高	中
機能型	水処理施設としてのみ供与される	水処理のみ	低	低

表9 直接浄化施設の景観類型による分類

景観類型	バイパス式への適応	オンライン式への適応
自然河川型		○
自然湖沼型		○
自然湿地型	○	○
浮島型		○
地下埋設型	○	○
緑地型	○	
空地型	○	
プラント型	○	
人工水路型	○	○

(3) 景観類型

水域直接浄化事業の実施は周辺環境へ与える影響が大きく、また用地の確保に大きな制約を受けるため、水域の規模、形態や事業目的の差が施設形態に強く反映されることとなる。そこで、既往の浄化事例の形態を、自然河川型、自然湖沼型、自然湿地型、浮島型、地下埋設型、緑地型、空き地型、プラント型および人工水路型の9種の景観類型に分類し(表9)、検索条件の一つとした。表9中には各景観類型が、水域に直接設置さ

れるオンライン式か、あるいは水域から一部または全量を取水して浄化、放流するバイパス式に適しているか併記し、用地確保における参照事項とした。

4.2 検索システムの構築

上述の検索項目の入力による浄化法および浄化事例データベースの検索フローを図5に示した。検索条件入力ページ(図6)において検索条件を選択すると、該当する項目の検索が行われ、条件を満たす浄化法または浄化事例がある場合には結果の一覧が表示される。一覧の中から一件を選択すると、浄化法または浄化事例の詳細が表示され、事業計画・設計の参考となるデータが与えられる。該当するデータがなかった場合には、該当なしのメッセージが表示され、再度検索条件の設定を行う。検索の際には、設定した条件のすべてを満たすデータのみを表示する「and」検索と、設定した条件のどれかを満たすデータをすべて表示する「or」検索のどちらかを選択できるようにした。

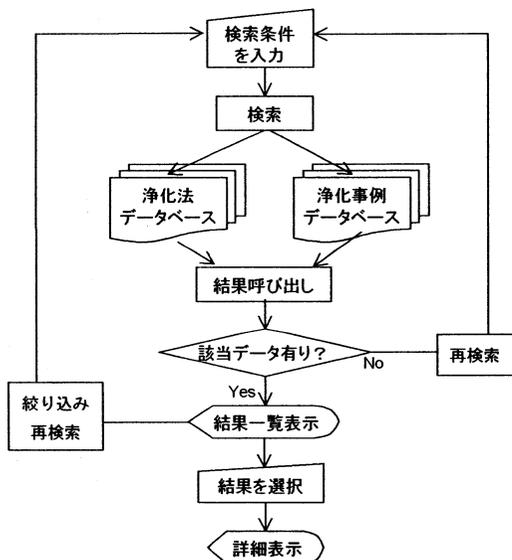


図5 データベースの検索フロー

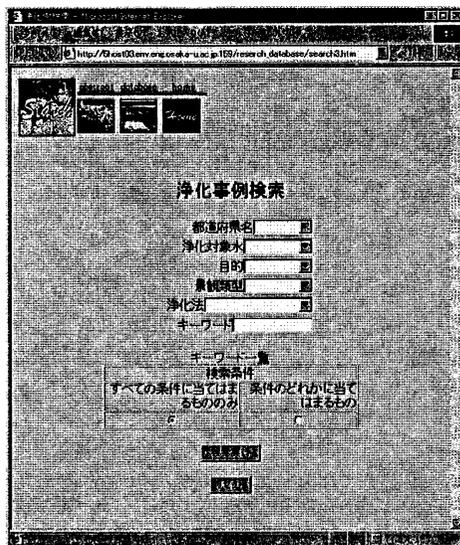


図6 検索条件選択画面

本データベースシステム(検索機能を含む)をより利用しやすくするとともに、今後公開されるデータや現段階で十分得られていないデータを収集し追加して、データベースを充実・更新させていく必要があることから、本データベースは広く一般に公開されることが有効であると考えられた。そこで、これらの目的を達成するツールとしてWWW(World Wide Web)を想起し、インターネット経由でデータベースを公開する試みを行った。WWWはインターネットを利用したマルチメディア情報発信サービスで、画像、文字、音声、動画データなどを用いた感覚的な情報発信が可能だけでなく、インタラクティブな情報共有が行える事が大きな特徴の一つである。つまり利用者による閲覧だけでなく、作成者と利用者、あるいは利用者間における情報交換といった様々な展開が期待され、積極的な情報共有と情報提供の円滑化、さらにはそのフィードバックが期待できるメリットがある。また、HTMLドキュメントとして保存された各データベース間の情報がハイパーリンクにより容易に関連づけられるため、複雑な情報をわかりやすく提供できるという利点もある。実際に本データベースはインターネット上のURL <http://5host03.env.eng.osaka-u.ac.jp> において公開されており、多くの利用者によりアクセスされ、水域直接浄化への関心の高さを裏付けるものとなっている。また特にコンサルタント会社や自治体からの質問や感想が多く寄せられており、情報交換・更新の場としても利用されうる事が明らかとなっている。

5 ケーススタディによるデータベースの機能検証

ここでは、構築したデータベースシステムの機能を検証する事を目的とし、架空の水域直接浄化計画を立案する際に、ブラウザを通して本システムにアクセスし、その計画支援への有用性を調べるケーススタディを行った。

5.1 地区および現状設定

ここでのケーススタディでは図7に示す仮想の都市型水系（I川流域）に水域直接浄化を導入する事とした。I川の流況は以下のように設定している。I川は、複数の都府県及び市町村にまたがって流れる都市河川で、流域には工業地帯や多数の都市群を擁しているばかりでなく、流域内の資産集中、人口密度も著しく高いと想定した。都市化と産業経済活動の活発化に伴って水質汚濁が進行し、その後下水道整備と工場排水の規制による水質改善が試みられてきたが、市街地の拡大と水利用の高度化によりさらなる水質汚濁の進行が憂慮されている。また、親水機能向上のための河川整備が進められているが、流域の急激な市街化により、下水道整備が追いつかず、開発地域を流れる支流 M 川からの生活排水の流入により、下流域ではむしろ親水機能が低下する傾向にある。また、市街地からの下水二次処理水の流入も水質悪化の一因と推測されている。そのような中、工業用水需要の増加に伴い、A 地点で新規水源の確保が必要となったが、河川水は水源としての水質基準を満たしていない。これらの問題解決のため、水域の直接浄化事業を実施する事と仮定した。また、直接浄化施設を設置可能な敷地が確保できるのは、河川の一部と下水処理場の余剰スペースとした（図7参照）。

以上の想定より、I川流域で顕在化している水環境問題としては、下水道未整備地域からの生活排水流入による親水機能の低下ならびに河川水質悪化による利水障害の2点が挙げられる事になる。そこで、生活排水による汚濁負荷削減、下水二次処理水による汚濁負荷削減、親水機能の向上の3点を、直接浄化施設導入の達成目標として、以下のように計画立案を試みた。

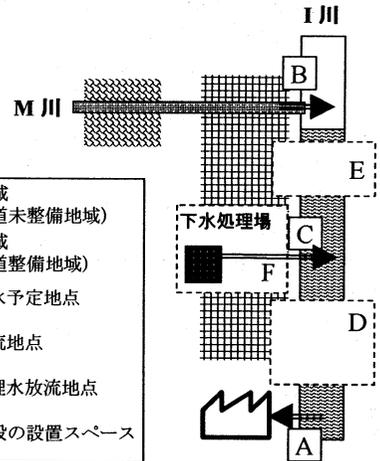


図7 モデル水域I川の流域設定

5.2 水域直接浄化事業案の作成

上記の目標を達成するための事業案として、まず2つの事業案XおよびYを想定し、各々を具体化するための浄化法の選定を行うために本データベースシステムを利用した。浄化法の選定は図8に示したとおり、まず計画条件の入力により浄化法および浄化事例データベースのファイルを検索し、それによって得られる情報を参照しながら絞り込む流れで行った。以下に本過程の詳細を示す。

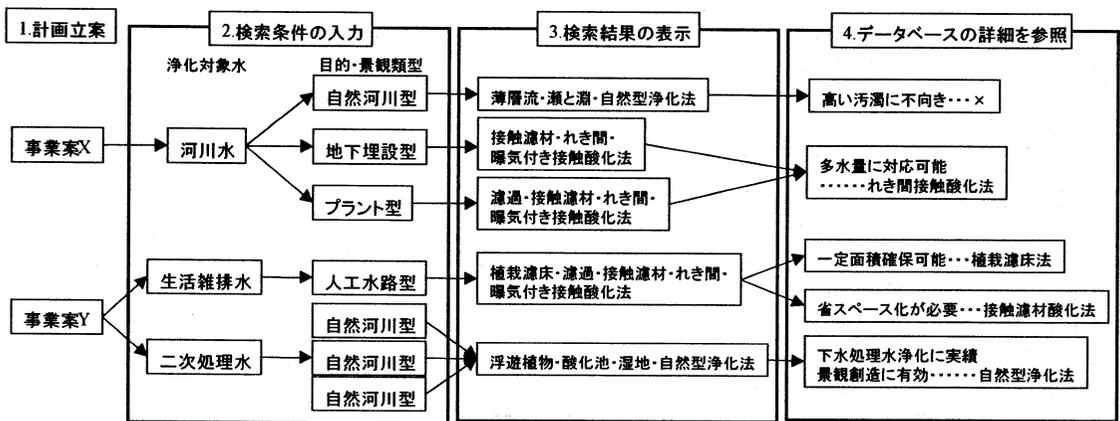


図8 データベース検索による計画案作成のフロー図

(1) 事業案 X：新規取水予定地点 A の上流に浄化施設 D を設置する場合

I 川は一級河川であり、水質汚濁の改善と同時に良好な景観形成も重要な要素となってくる。そのため景観を考慮した河川づくりに有効と考えられる自然河川型、また広い河川敷の利用を考慮した地下埋設型およびプラント型を景観類型として選択し、浄化対象水を河川水として複数の検索を行った。その結果、河川水＋自然河川型では薄層流浄化法、瀬と淵浄化法、自然浄化法の3件、河川水＋地下埋設型では接触濾材充填酸化法、れき間接触酸化法、曝気付き接触酸化法の3件、河川水＋プラント型では濾過法、接触濾材充填酸化法、れき間接触酸化法、曝気付き接触酸化法の4件が適当な浄化法として示された。さらに各浄化法について浄化法データベースを参照した結果、汚濁の高い水域に適さない薄層流浄化法、瀬と淵浄化法、自然浄化法を除外した。その他の浄化法の特性を比較すると、多水量の I 川に対応でき、汚濁の進んだ河川への適用実績のあるれき間接触酸化法が最も適当と考えられた。具体的には、施設を地下埋設型とし、上部を親水公園として活用する事が計画できる。

(2) 事業案 Y：M 川との合流地点 B の下流に浄化施設 E を、下水処理場敷地内地点 C に浄化施設 F を設置する場合

浄化施設 E は市街地内での計画であり設置面積が十分確保できないという制約があるため、コンパクト化が可能な人工水路型を景観類型とし、また、本流域の一部では下水道が整備されていないことを考慮し、生活雑排水を浄化対象としてデータベース検索を行った。その結果、接触濾材充填酸化法、れき間接触酸化法、曝気付き接触酸化法、濾過法、および植栽濾床法の5件が得られた。さらに各々の浄化法データベースを参照し、ある程度の面積が確保できる場合には景観保全効果の高い植栽濾床法が、最大限の省スペース化が必要な場合には接触濾材充填酸化法が有効と考えられた。このように、本データベースの情報からは、一方に決断することは出来ないものの、実際の用地確保や地勢などの状況に応じて適切な選択が行えると考えられる。

一方、浄化施設 F は、下水処理場施設内の親水公園として、市民の憩いの場とすることを視野に入れ、景観類型として自然河川型、自然湖沼型、自然湿地型を選択し、浄化対象水は二次処理水として検索を行った。その結果、自然型浄化法、浮遊植物浄化法、酸化池法、および湿地浄化法の4件が得られた。浄化法および浄化事例データベースの情報から、自然景観の形成やビオトープの創造に有効であり、また下水処理水浄化に実績があることを踏まえ、自然型浄化法の適用が最も適切であると考えられた。

5.3 事業案の比較

以上のように、本データベースの活用が具体的な事業案を合理的に立案するための有効なツールとなる事が示されたと言える。浄化法検索の段階では、各事業案において複数の選択肢が得られたが、いずれの浄化法を選択するかは、流域環境の十分な調査を行ってから決定することになる。この際、浄化事例データベースから類似の事業を参照し、その有効性や問題点を十分に吟味して、最適なものを選択する事が必要である。状況によっては、複数の候補を示す事になり、どの計画案を採用するかは最終的に設計者および自治体（市民）の目的や意向によって異なる。

6 本データベースの評価と将来展望

水域直接浄化事業は、健全な水環境を早期に回復しうる手法として注目されているが、その設計や維持管理に関するデータは統合されておらず、有用な技術情報がフィードバックされていないのが現状である。例えば、過去のアンケート調査³⁾の結果から、事業主体の多くは維持管理が容易で安価かつ有効な浄化法の導入を望んでいるものの、実際の水質改善効果や維持管理に関する情報が充分得られておらず、適正な浄化法の選定が行われていない可能性が示唆されている。実際に、各浄化法に対する知識・情報の欠如から、不適切な計画や維持管理が行われ、深刻な問題となっている事も明らかにされている。過去の事例を概観すると、汚泥処分をしていない施設は全体の45.6%で、全く維持管理を行っていない施設も20.6%あるといわれ³⁾、また、ゴミや汚泥の除去が適正に行われず、かえって悪臭やユスリカ、チョウバエ等衛生害虫の発生源となっている施設も少なくない⁴⁾。本データベースの構築および公開によって、施設の設計・管理に必要な情報を設計者にわかりやすく提供することは、このような問題点の解決や発生防止につながるものと期待される。

本データベースの構築においては、公開されているすべてのデータを掲載することを試みたが、ランドス

ケーブ研究や住民参加型町づくりの試行に関連して行われている水辺再生計画については対象外となってしまう。これは、これらの計画が他の直接浄化事業と同様に、水質改善を考慮しているとうたっているにもかかわらず、具体的な水質浄化効果に関する情報が公開、または記載されていなかったためである。このような対象外とした事業については、ヒアリング調査などを行い情報を取り入れる事によって、データベースのさらなる充実を図る必要がある。

ケーススタディの結果から、本システムは現時点でも事業計画立案の一助となりうる事が示された。その一方で、各浄化法によって得られる処理水質の一部や、施設のイニシャルおよびランニングコストなど、事業実施に不可欠な技術情報がまだ十分に得られておらず、本データベースの一つの限界となっている事も否めない。このような情報の欠如を補うには、本システムを情報共有の場として活用していくことが有効であると考え、双方向での情報発信が可能な WWW によるインターネット上への公開を行った。データベースの公開により広く一般に対する情報の提供が行える事はもちろん、利用者の意見や情報の共有、さらに事例データのフィードバックが可能となるものと考えている。また、速やかな情報の更新や機能強化が可能である事も利点として挙げられる。これまでの公開で、すでに検索エンジン等からのリンクをたどってのアクセスが多数あり、本システムを利用された環境コンサルタントや関連メーカーの方などから寄せられた反応から、このような情報提供システムに高いニーズがあることが明らかになっている。

水辺空間の利用計画には、サービスの享受者であり、地域特性に通じた流域住民が参加する事が望ましい。直接浄化に関しては、専門家と非専門家間の情報格差が大きく、環境計画への住民参加を妨げる一因となっている。これに対し、本システムのようにインターネットでわかりやすく専門情報を提供する事は、浄化手法の選択、維持管理計画の検討に民意を反映させる一助になると期待される。特に、植物や自然の浄化能を活用した物質循環型浄化法の導入においては、地元住民の参加・協力が、その実現に不可欠な要素となっており、本データベースのようなオープンな情報が良好な水環境維持への住民意識の啓発にも役立つ事が期待される。

謝辞

水域直接浄化に関し、御助言を頂きました熊本大学教授古川憲治博士に感謝いたします。またデータベースの作成にあたり貴重なデータの利用を快諾していただいた関係機関各位に深謝いたします。

参考文献

- 1)西田耕之助, 石川義紀, 樋口能士, 西田耕治, 疋昭三: 市街地の小川や生活雑排水路の浄化と水環境の課題, 地球環境, 5, 52-56, 1998
- 2)渡辺吉男: 汚濁河川水路の直接浄化技術, 用水と廃水, 40, 58-63, 1998
- 3)白崎亮: 水域の直接浄化施設へのアンケート調査, 用水と廃水, 40, 43-47, 1998
- 4)本橋敬之助, 立本英機: 湖沼・河川・排水路の水質浄化—千葉県の実施事例—, 海文堂出版, 1997
- 5)中村一樹, 山田樹: 都市域流出汚濁物のリアルタイム制御に関する基礎的研究, 土木学会第 53 回学術講演会概要集, 300-301, 1998
- 6)崎村誠三, 福井宏海, 森田祐三: ひも状接触材バイオコードによる河川の直接浄化について, 第 30 回日本水環境学会講演集, 80, 1996.
- 7)池ヶ谷貴之, 小野寺誠, 箱石和幸, 相沢次郎, 海田輝之, 大村達夫: カキ殻接触材反応水路による低有機物濃度河川水の水質浄化, 土木学会第 51 回学術講演会概要集, 370-371, 1996
- 8)奥田惟精, 佐藤正春, 中川和義, 稲生義彦: ホテイアオイによる栄養塩吸収, 公害と対策, 77-83, 19, 1983
- 9)副島正道, ハウステンボスの自然環境に優しい下水道, 下水道協会誌, 33, 29-35, 1996
- 10)埼玉県自然環境創造研究会, 自然と共生する環境をめざして—ビオトープ事業の手引き, 1992
- 11)稲森悠平, 西村浩, 須藤隆一, 生態工学を活用した水環境修復技術の開発動向と展望, 用水と廃水, 40, 855-866, 1998
- 12)山田真理, 松浦元雄, 堀江毅, 北沢壮介, 大槻忠: れき間接触酸化法による海水浄化施設に関する研究, 土木学会第 53 回学術講演会概要集, 444-445, 1998
- 13)環境庁水質保全局水質規制課, 水環境保全施設整備事業集 (健全な水環境の保全を目指して), 1996

- 14)宮岡修二, 辻博和, 石垣衛, 小林真: 石積み浄化堤による海水浄化工法の開発, 土木学会第 52 回学術講演会概要集, 248-249, 1997
- 15)河川環境総合研究所: 下水処理水の”なじみ易い”放流のためのアイデア事例集, 1998
- 16)和田安彦: 透過性石積み堤による水質浄化対策と今後の課題, 水, 40, 24-30, 1998
- 17)野村和弘, 山口修一: 接触酸化を応用した河川浄化法について, 土木学会第 53 回学術講演会概要集, 426-427, 1998
- 18)松尾保成, 荒木宏之, 古賀憲一: 赤貝殻を用いた接触酸化法の水質浄化特性に関する基礎的研究, 土木学会第 53 回学術講演会概要集, 434-435, 1998
- 19)尾島勝, 藤田英樹: 芦田川支流高屋川の水質浄化について, 土木学会第 51 回学術講演会概要集, 366-367, 1996
- 20)岩崎達行, 森一郎, 小野健一郎: 紫外線併用接触酸化法による河川水の水質浄化, 土木学会第 52 回学術講演会概要集, 240-241, 1997
- 21)金子吉昭, 勝畑喜雄, 長谷川修司: 都市排水路における水質浄化について, 第 32 回日本水環境学会講演集, 385, 1998
- 22)森嶋章, 奥田信康, 辻本幸夫: 担体投入型超深層曝気法による都市河川水の水質浄化実験, 土木学会第 51 回学術講演会概要集, 37, 1996
- 23)柳田努, 島谷幸宏, 中村圭吾: 調整池における雨天時流入水質汚濁削減能力, 土木学会第 53 回学術講演会概要集, 754-755, 1998
- 24)磯部典弘, 山田真義, 青井透: 合併浄化槽膜分離水を原水とした小川作りによる水質の浄化と環境復元, 第 34 回環境工学研究フォーラム講演集, 55-57, 1997
- 25)須藤隆一, 徐関欽, 山田一祐, 千葉信男, 熊谷幸博: ヨシ原の創出手法の確立及びその水質浄化機能の評価, 建設工学研究振興会年報, 31, 54-62, 1996
- 26)福島忠雄, 岩田雄三: 生活雑排水が混入するため池の植生(ハス)による水質改善効果について, 農土論集, 142, 99-105, 1989
- 27)長野県: 湖沼植物水質浄化検討調査報告書, 1994
- 28)北詰昌義, 倉谷勝敏, 野口俊太郎, 島多義彦: 人工湿地による生活排水の高度処理, 第 32 回日本水環境学会講演集, 392, 1998
- 29)両角陽子, 小林創, 阿部隆, 橘治国, 佐藤隆一: 水耕栽培による水辺環境の創造, 土木学会第 53 回学術講演会概要集, 428-429, 1998
- 30)阿部薫, 尾崎保夫: 有用植物を用いた生活排水の循環・共生型水質浄化システムの開発, 日本水処理生物学会誌, 33, 97-107, 1997
- 31)古川憲治, 重村浩之, 藤田正憲: 各種接触担体と水生植物の組み合わせによる生活汚水汚濁水路浄化施設の処理特性, 日本水処理生物学会誌, 33, 161-170, 1997
- 32)奥田惟精, 佐藤正春, 中川和義, 稲生義彦: ホテイアオイによる栄養塩吸収, 公害と対策, 19, 77-83, 1982
- 33)茅野秀則, 西原潔, 中久喜康秀: バイオジオフィルターシステムについて, PPM, 8, 2-9, 1986
- 34)細見正明: ヨシ人工湿地による水質浄化法, 用水と廃水, 36, 40-43, 1994
- 35)Dinges, R.: Natural systems for water pollution control, Van Nostrand Reinhold Co., New York, U.S., 1990
- 36)藤田正憲, 森本和花, 河野宏樹, 森一博, 池道彦, 山口克人, 惣田訓: 水質浄化に利用可能な植物データベースの構築, 環境科学会誌(審査中)
- 37)茨城県環境白書平成 10 年版, 1998
- 38)島多義彦, 北詰昌義, 野口俊太郎: 植栽護岸・擁壁を利用した水質浄化に関する実験, 土木学会第 53 回学術講演会概要集, 430-431, 1998
- 39)柳田努, 鈴木宣人, 島谷幸宏, 中村圭吾: 日本における人工湿地の事例と浄化能, 土木学会第 53 回学術講演会概要集, 740-741, 1998