

水環境の課題と対策



一庫ダム 知明湖



灰塚ダム ハイヅカ湖



株式会社 NBH

Nippon Business Cooperation Hub

障 害 の 現 状

下水道整備の進捗や水質浄化施設の高度化により、河川水質は改善傾向にありますが、外部との水の交換が行われにくい閉鎖性水域の水質はなかなか改善できていないのが実態です。

全国のダム湖を含む湖沼をみると、植物プランクトンの異常増殖による富栄養化現象や淡水赤湖が発生している湖沼は少なくありません。これらの水質障害の根本対策は下水道整備や生活排水対策等の流域対策ですが、汚濁源が点在化している場合もあり、多大な費用と長い年月を要することになります。

また、わが国は地形、地質、気象条件からみて、濁水長期化現象が生じやすいといった特徴を有しています。そのため、いくつかのダム湖では濁水長期化現象にある生物への影響や景観上の点から早急の対策が求められています。



A アオコ（ミクロキスティス）



B 淡水赤湖



C ダムの濁水状況



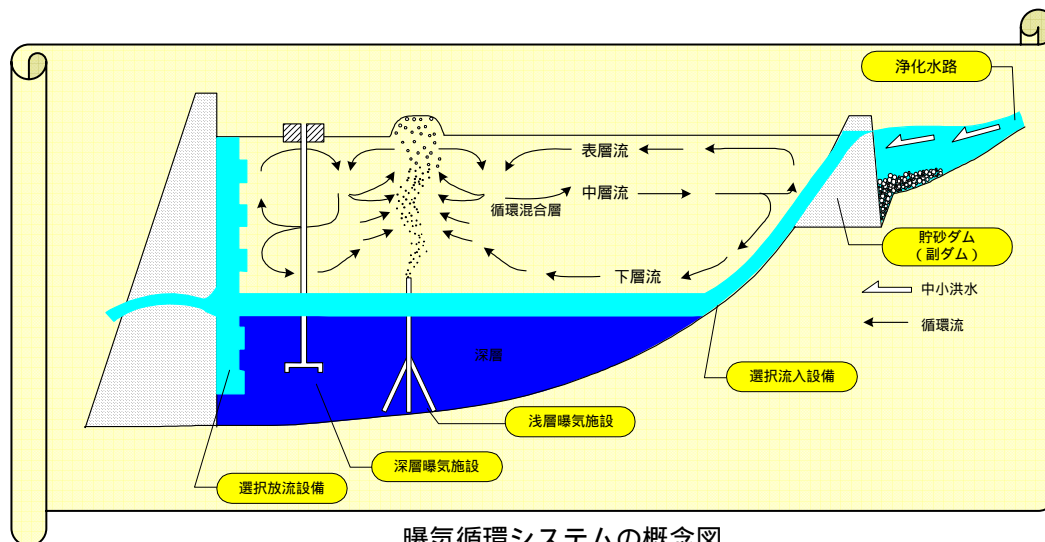
D ダム流入端堆砂状況

ここでは、深い湖沼と浅い湖沼の流動特性を踏まえ、それぞれの対策についてご説明します。

曝気循環システム

曝気循環システムは表層の水質を改善する浅層曝気と深層の水質（D0）を改善する深層曝気とがあります。浅層曝気はダム湖や水深の深い湖沼に散気管方式の曝気循環施設を設置し、平常時においては表層に温水で、しかも水温分布が均一な循環混合層を厚く（15～20m）形成させ、表層で生息する藍藻類や鞭毛類への光と栄養塩類の供給を制御し、異常増殖を抑制するものです。浅層曝気により強固な躍層を形成することで、中小出水は躍層上を滑らかに流下することができ、表層で生息する藻類への栄養塩供給を軽減できます。また、放流位置に躍層を形成することで、中小出水時の濁水を湖内から速やかに排除することも可能です。

深層曝気は湖底の嫌気化を抑制し、底泥からの栄養塩の溶出を抑えるものです。

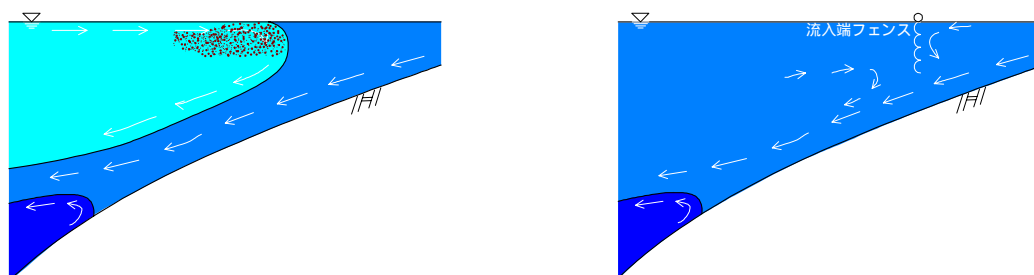


曝気循環システムの概念図

流入端フェンスシステム

流入端フェンスシステムは、流入端に集積する淡水赤潮を防いだり、中小出水時の多量流入土砂が湖内へ拡散するのを防止するのに役立ちます。

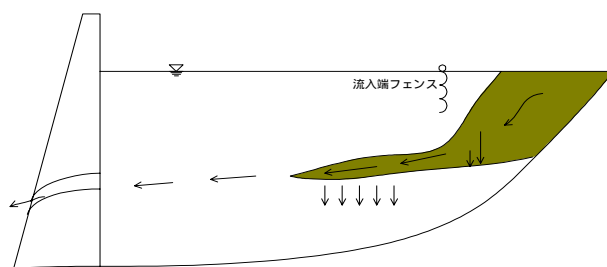
淡水赤潮を生じさせる主な藻類は、ペリディニウム、ケラチウム等の鞭毛藻類で、これらは昼間表面に浮上し、夜間は中層へ沈むという日周期性をもっています。表面に浮上した赤潮は流入水のもぐり込みによって生じる連行性により、流入端に集積します。流入端フェンスは、この連行現象を弱め藻類の集積を防止します。また、流入水を下層へ貫入することができるため、藻類への栄養塩類を断つことが可能です。



流入端フェンスによる淡水赤潮抑制効果概念図

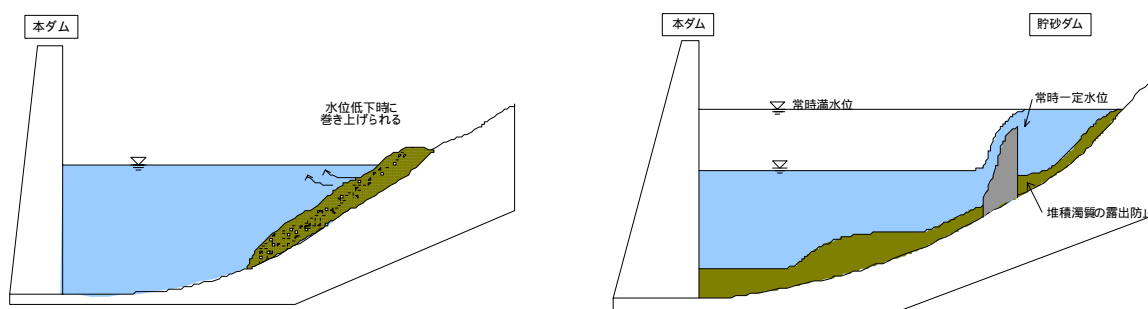
また、濁水に対しては、流入位置を下層にすることによって、次の2つの効果が期待できます。

沈降距離の減少による沈降促進
フェンス下流側表層水への濁質拡散抑制



貯砂ダム

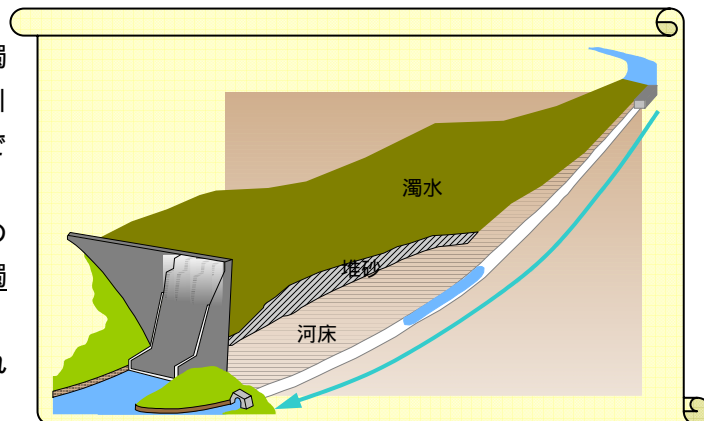
貯砂ダムは、ダムの堆砂軽減に有効であるのみならず、水位低下時には貯水池流入端の露出を防止し、堆積濁質の再懸濁を抑制します。(濁水濁水の抑制) また、沈降による富栄養塩等の除去効果も期待できます。



バイパス

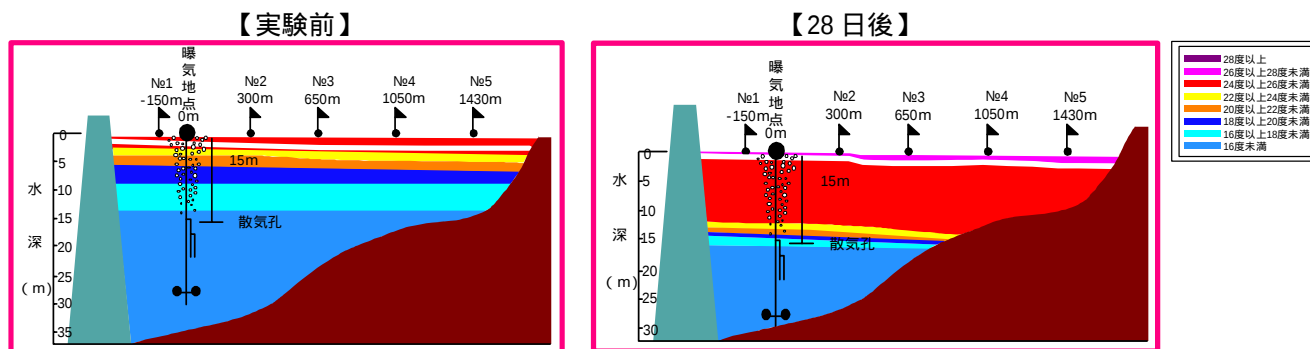
バイパスは、その機能によって清水バイパス、濁水（土砂）バイパスに大別されます。いずれも河川水を貯水池に流入させることなく流下させるものですが、前者は洪水後、湖内が濁水化している場合、清澄な河川水をバイパスすることを目的としたもので、後者は洪水時の濁水をバイパスし、湖内への濁水流入を抑制する働きを持ちます。

また、両者の機能を併せ持つような運用が行われることもあります。



流動制御システム（現地実験）

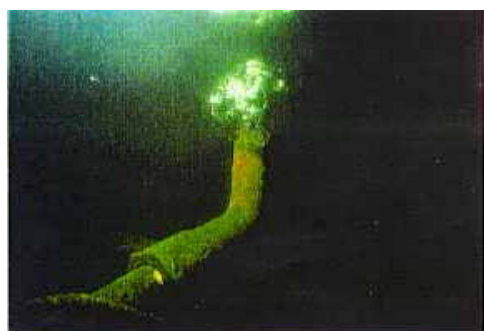
シミュレーション結果より得られた概略の曝気施設規模配置位置等を踏まえ、現地に簡易曝気循環施設を設置し、水質改善効果の現地観測を行います。下図は E ダムで得られた水温分布の形成状況です。夏期において約 1 ヶ月で循環混合層が湖内全域にされています。



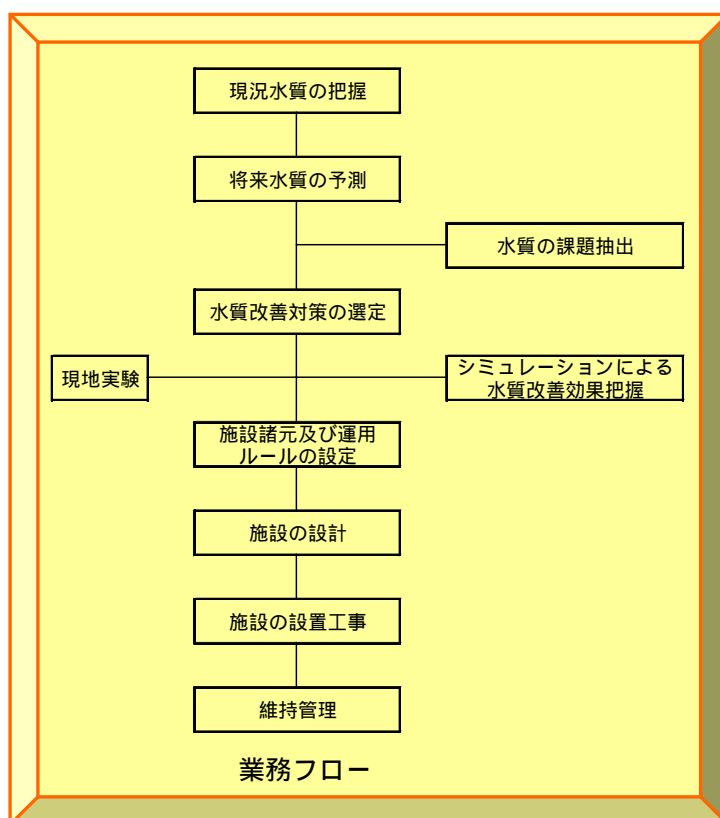
E ダム貯水池縦断方向水温鉛直分布図



曝気流動把握実験



浅層曝気 通気テスト中（簡易曝気装置）





シミュレーションモデルの開発

(1) モデルの特徴

従来の大型計算機を用いた計算精度を保持しつつPCで実行可能なシステム

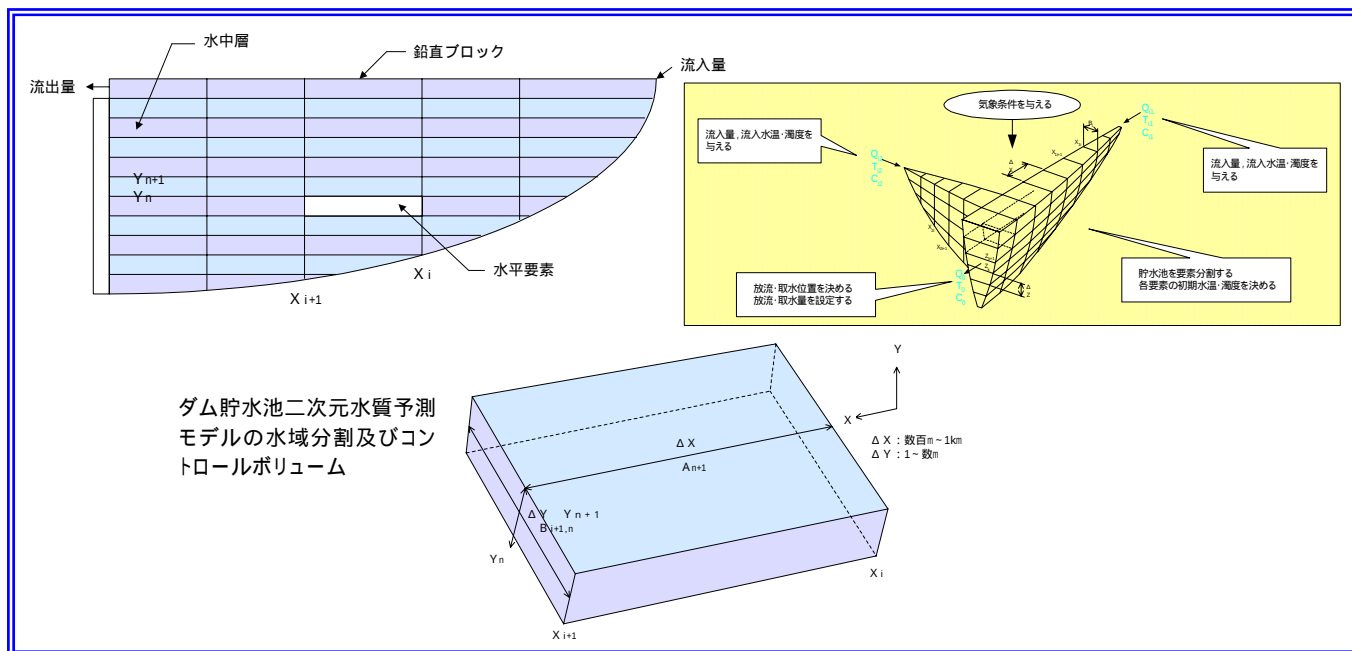
最新研究成果に基づいて水質予測及び水質改善効果検討が可能

本モデルを用いることにより、迅速かつ最適な貯水池管理に資することが可能

(2) モデルの構成

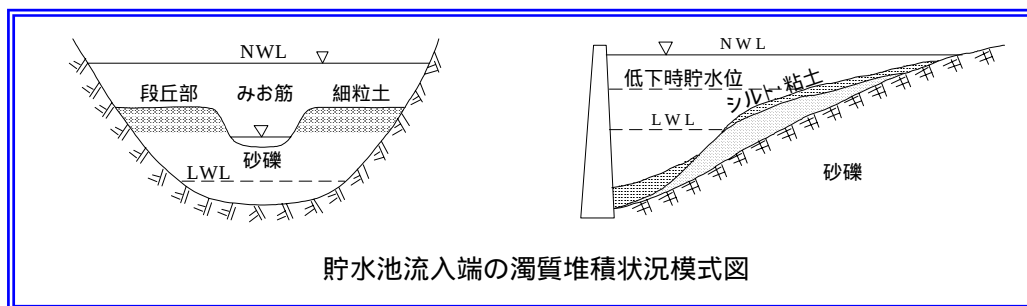
貯水池モデル

貯水池モデルは、下図に示すように水域を分割（縦断方向：数100m，鉛直方向：1～2m）し、貯水池内（枝分かれも可能）及び放流水の各種水質項目を予測するものです。また、曝気施設やフェンス等の各種水質保全施設を組み込むことができ、それらの最適規模・配置が検討可能です。



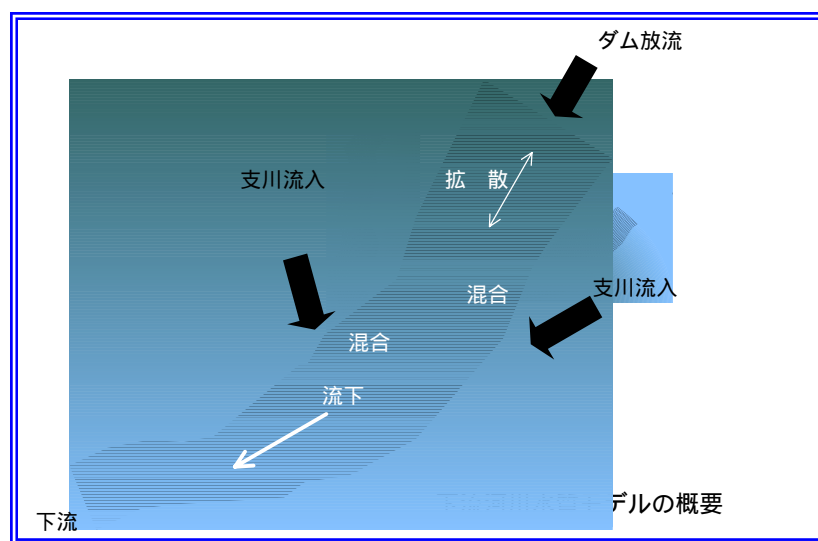
濁水濁水モデル

濁水濁水現象とは、貯水位の低下時に露出した微細堆積物が、中小洪水によって再懸濁し、貯水池を濁水化する現象です。本モデルでは、この現象を流水による掃流力と関連づけ、さらにこのモデルとリンクさせ、流入した濁質の沈降・再懸濁現象を表現します。



下流河川水質追跡モデル

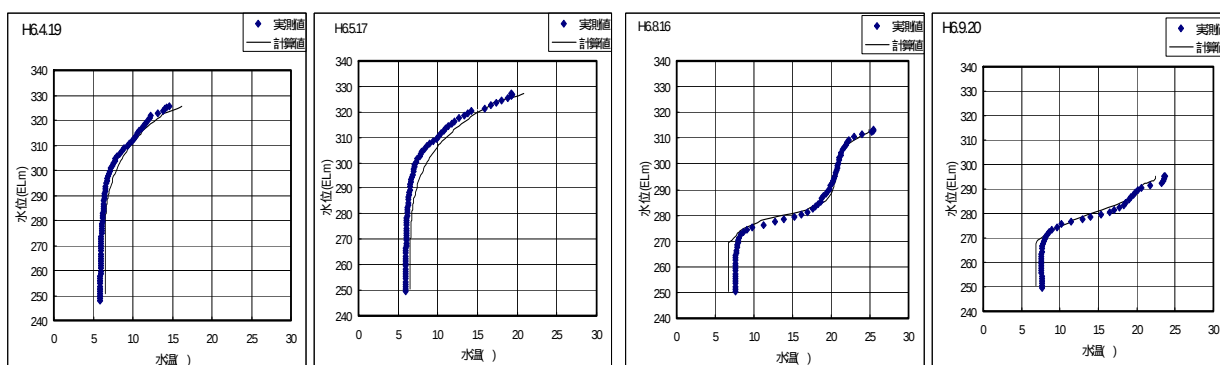
で得られた放流水質が流下に伴う希釈、拡散、沈降等によって変化する様子を一次元移流拡散モデルを用いて計算し、ダムが下流河川の水質に与える影響を予測します。



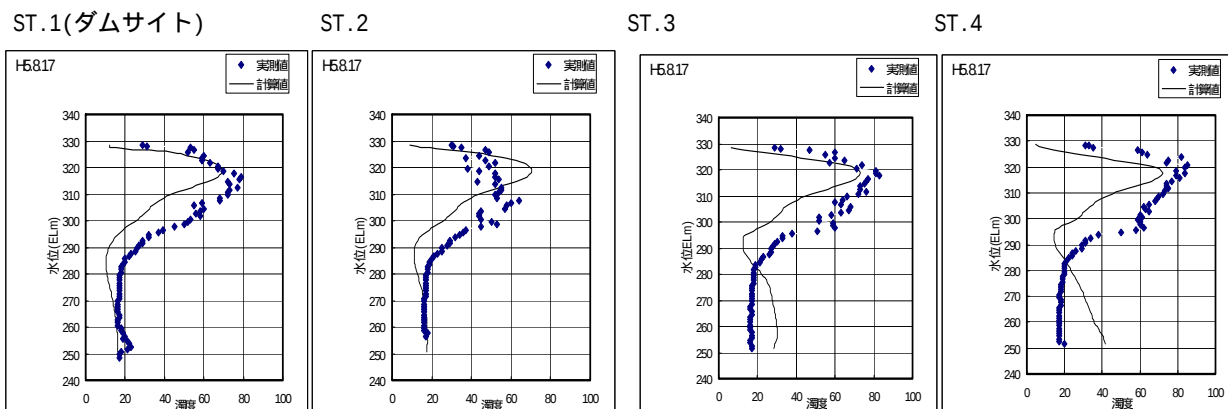
(3) 再現結果の例

E ダムにおける水温検証結果

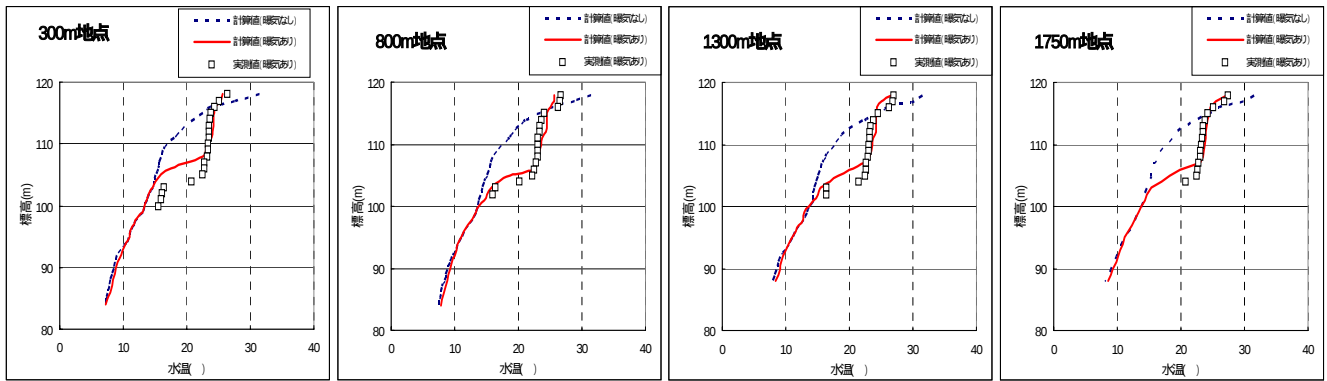
ダムサイト



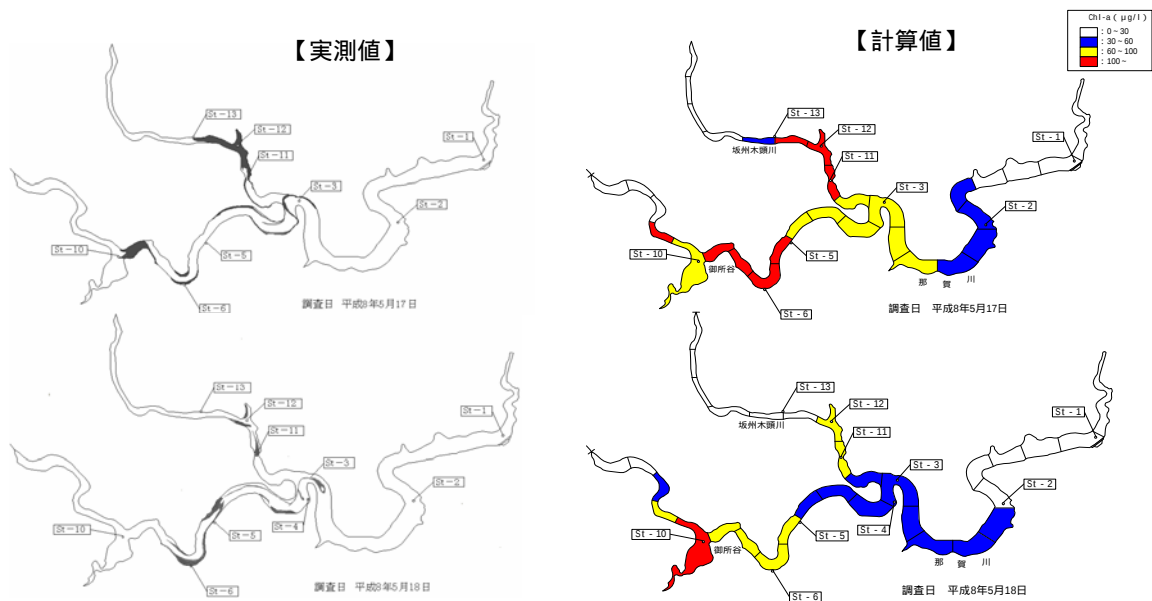
濁度鉛直分布の検証 (E ダム, 出水時)



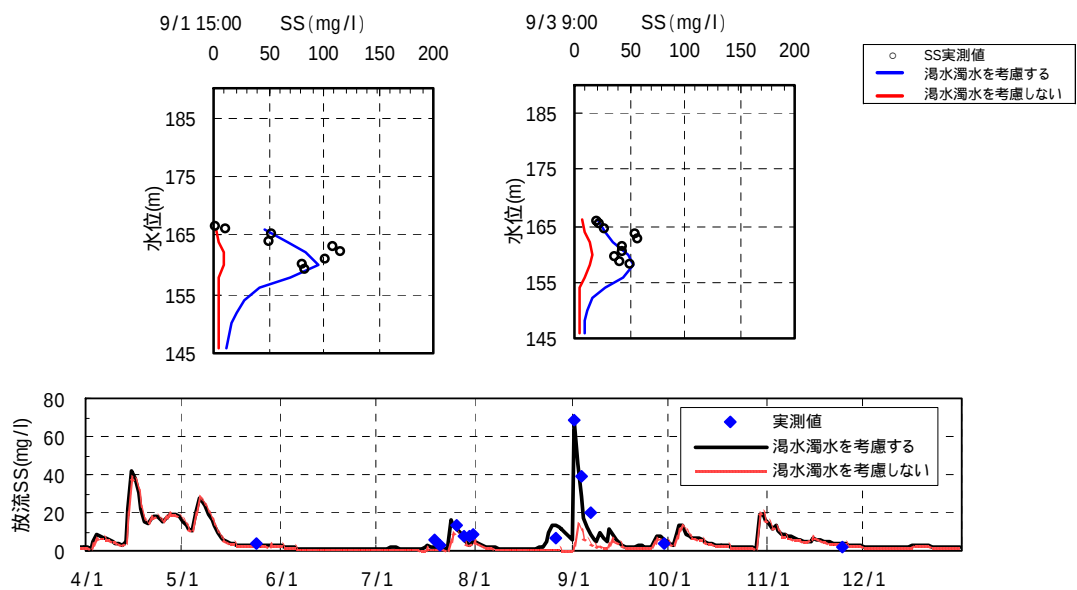
曝気による水温成層の制御 (F ダム, H7.8.22)



淡水赤潮の検証結果 (G ダム)

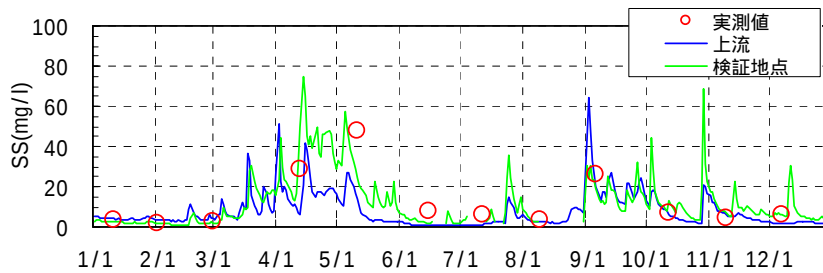


湧水濁水現象の検証結果 (H ダム, 出水時)



湧水濁水モデルの比較

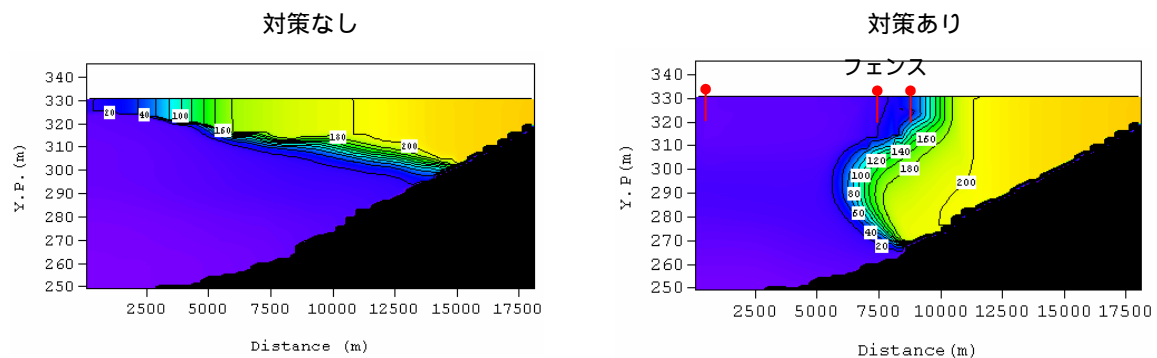
下流河川の検証結果（H ダム下流）



（４）各種対策の検討例

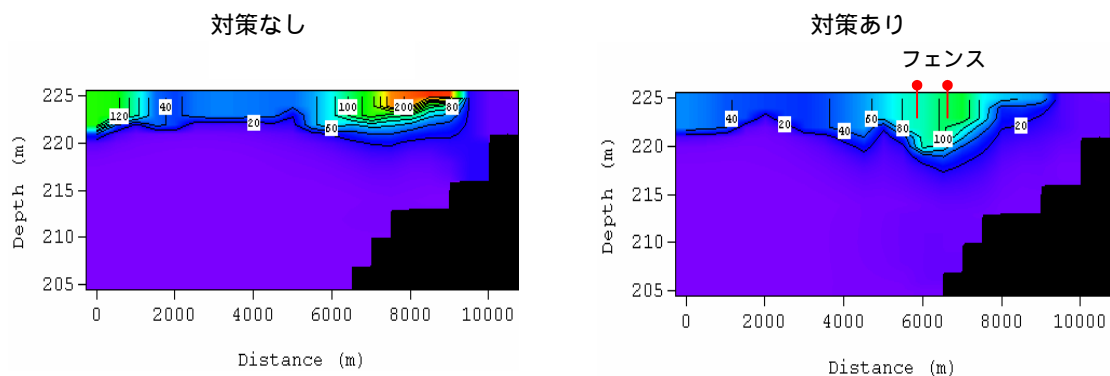
選択取水＋フェンスによる濁水対策（I ダム）

選択取水の取水口を下げ、躍層低下を図ります。また、上流にはフェンスを設置し、流入濁質の下層侵入を促進します。出水時は躍層付近に濁質が流入してくるため、洪水吐がこの付近に設置されていれば、早期排除が可能となります。下図はIダムの対策なし、ありの濁質挙動ですが、対策ありでは濁水のピーク層は下層に侵入していることが読み取れます。



フェンスによる淡水赤潮の対策検討（J ダム，Chl-a： $\mu\text{g/L}$ ）

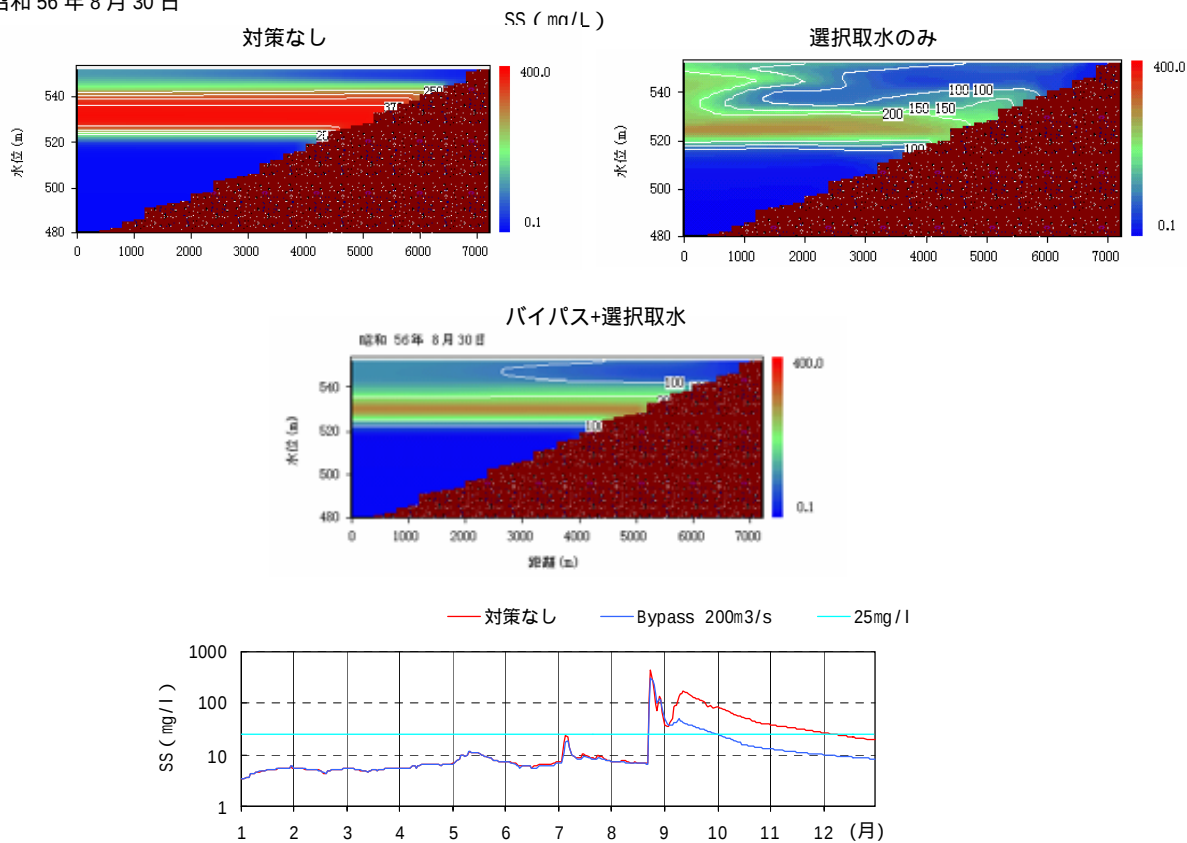
淡水赤潮は流入端付近に発生するケースが多く、これは流入水による潜り込みとその補償流による淡水赤潮の集積のためと考えられます。そのため、流入端付近にフェンスを設置し集積を抑える対策が考えられます。下図はJダムの対策なし・ありを比較したのですが、対策なしでは $200\mu\text{g/L}$ 以上であったものが $100\mu\text{g/L}$ 程度に減少すると予測されます。



バイパスによる濁水対策検討（K ダム）

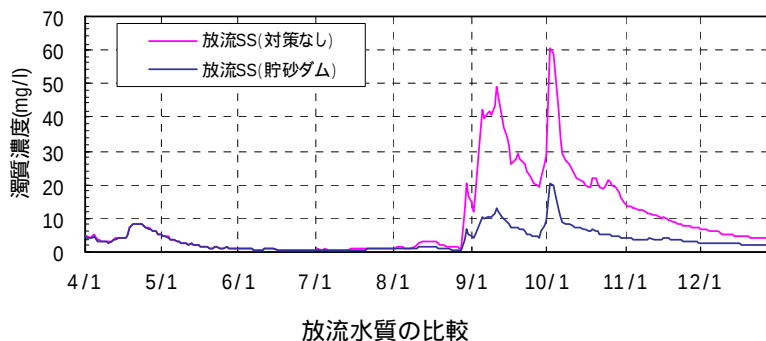
バイパスは流入負荷量そのものを削減することが可能なため、効果は大きいと考えています。ただ、バイパス規模をどの程度にすれば良いかシミュレーションを通して設定します。下図は K ダムの湖内及び放流水質の比較を示したのですが、バイパス 200m³/s 規模では秋季の放流混合期の濁水長期化現象を軽減しています。

昭和 56 年 8 月 30 日



貯砂ダムによる濁水軽減効果（L ダム，H11）

水位低下時には流入端付近が露呈し、微細土砂を巻き上げる現象があります。（濁水濁水）その対策として、貯砂ダムを設置し、露呈面積を減少させる対策が考えられます。下図は L ダムに貯砂ダムを設置した場合としない場合を比較したのですが、大幅な改善が期待されます。





施 設 の 詳 細 設 計

シミュレーション結果を基に施設基数、曝気諸元(吐出し量、吐出し位置)、配置位置等の検討を行います。



浅層曝気施設の外観



深層曝気施設の外観

また、フェンスについても最適な施設基数、設置位置、スカート幅(フェンスの鉛直幅)をシミュレーションによって検討します。



その他、選択取水の運用方法、選択取水+曝気施設、又は+フェンス等の連携運用についても、シミュレーションモデルで検討することが有効です。

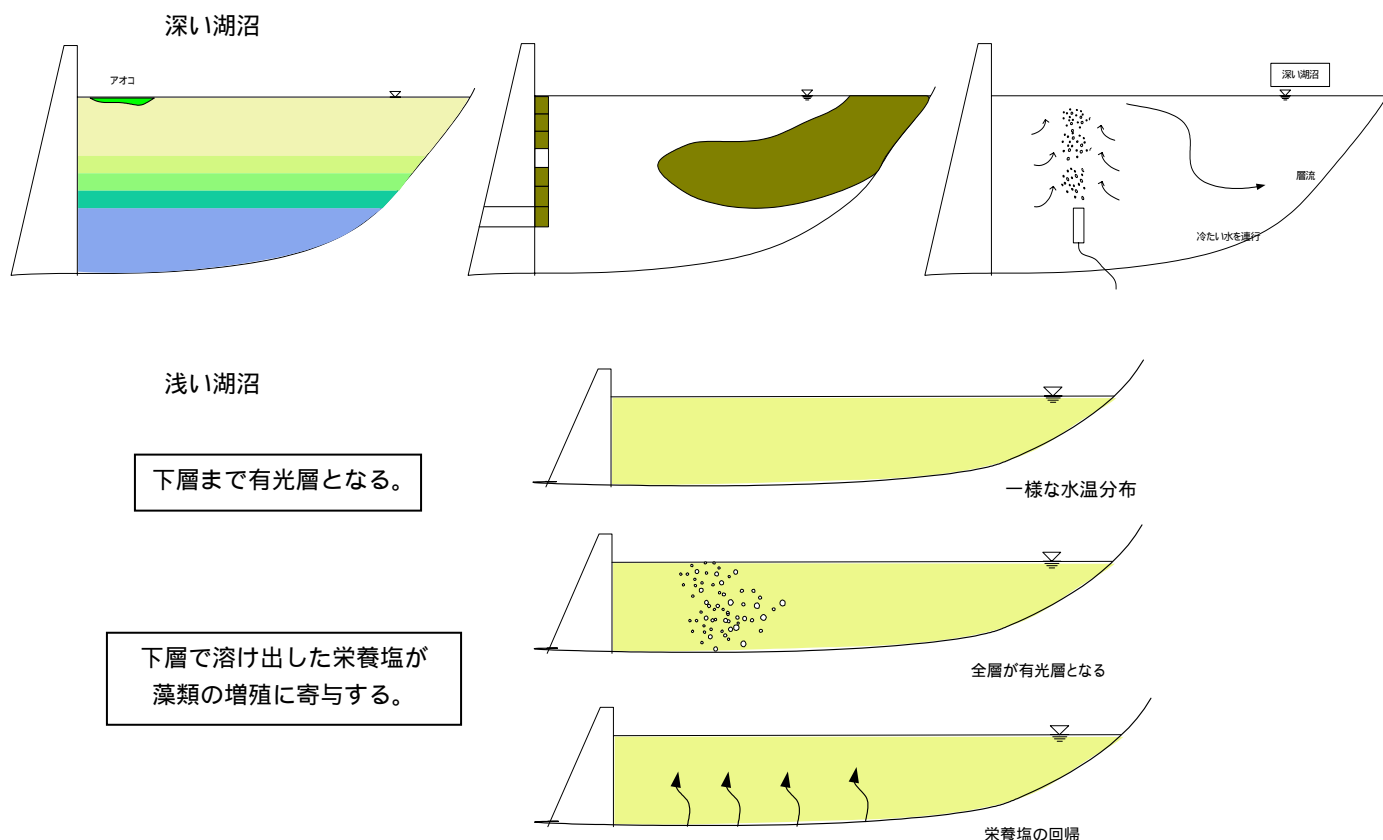
浅い湖沼の水質改善の概要

浅い湖沼においては、前述の深い湖沼に比べ、対策が取りづらいついた面を持っています。その理由としては以下の要因が挙げられます。

水温成層を形成しづらいつ

選択取水のように、清澄水取水濁水層からの取水ができない。

曝気循環施設のように、密度流効果が期待できない。

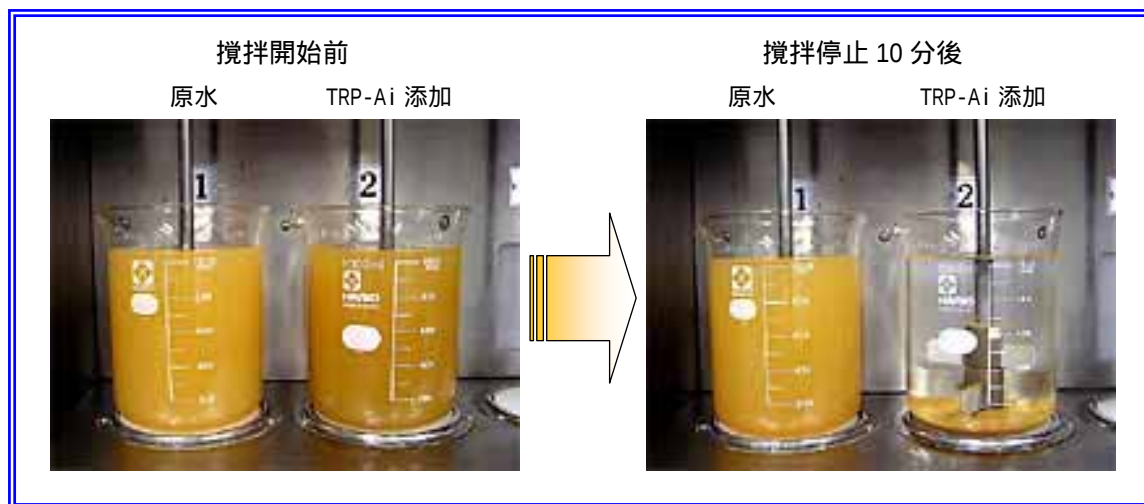


そのため、従来は対症療法的な凝集剤の散布や覆砂といった方法がとられてきました。

自然に優しい凝集剤：TRP-Ai

従来の凝集剤は鉄やアルミニウムを含んだ無機凝集剤や有機高分子凝集剤が主であり、環境への影響が懸念されています。そのため、環境や人体へ負荷を与えない凝集剤が求められてきました。

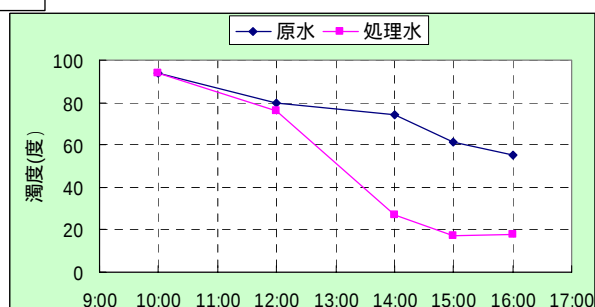
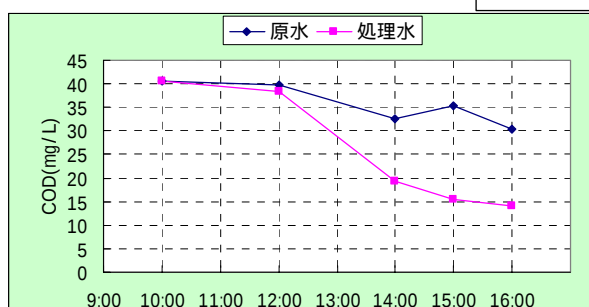
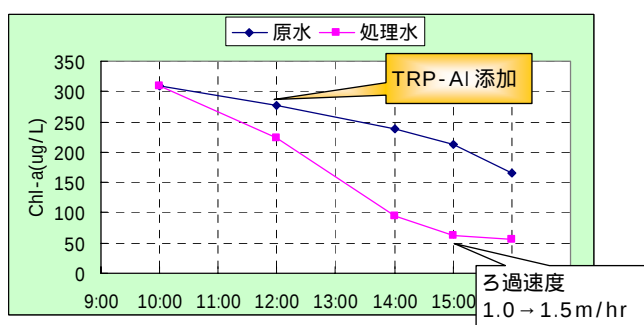
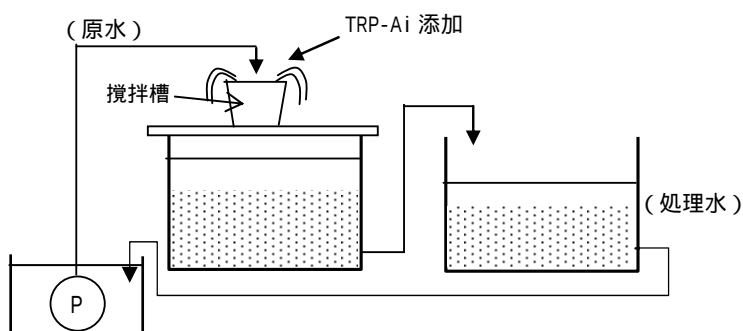
TRP-Ai の主原料は自然界に存在する火山灰土と水であり、処理水の BOD、COD、電気伝導度を上昇させることなく、汚濁物質を凝集させることが可能です。建設土木工事に伴うあらゆる濁水処理、河川や沿岸での浚渫汚泥処理、池や湖沼の富栄養化対策、飲料水水源ダム・調整池の長期化濁水対策等、幅広く水処理・水質浄化の現場で利用できます。汚染水中の汚濁物質を効率良く凝集するため従来の凝集剤より使用量が少なくて済み、低コストでの処理が可能です。しかも、鉄やアルミニウム系の無機凝集剤や有機高分子凝集剤等の化学薬品は一切使用していないため有害性や毒性が全く無く、安全で人体や環境にやさしい凝集剤です。



< TRP-Ai + 軽石による藻類除去実験 >

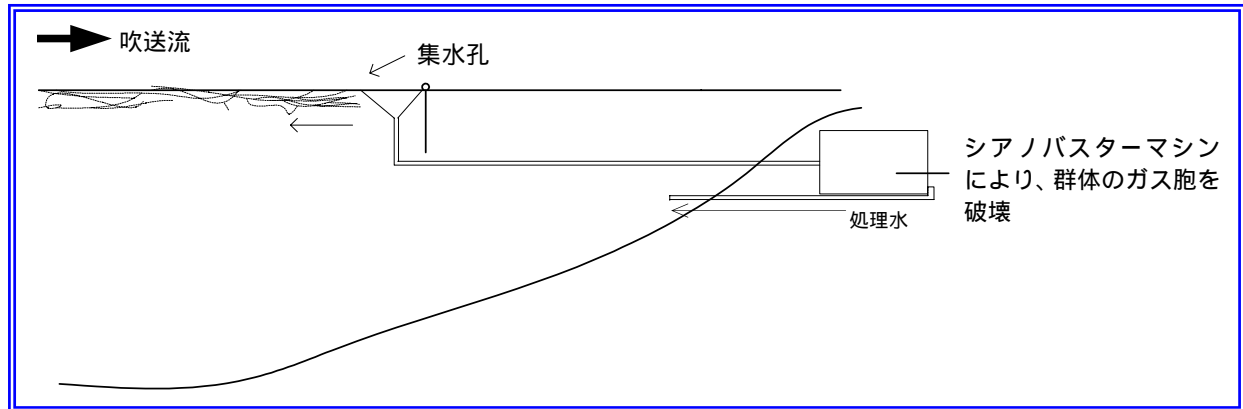
【TRP-Ai による凝集 + 軽石層によるろ過効果（除去率）】

・ Chl-a TRP-Ai 添加前：約 23 %	➡	添加後：約 80 %
・ COD TRP-Ai 添加前：約 7 %		添加後：約 65 %
・ 濁度 TRP-Ai 添加前：約 19 %		添加後：約 78 %



シアノバスター

シアノバスターシステムは、ダム湖の入江や浅い湖沼に有効なシステムです。シアノバスターの特徴は自然界の風応力を利用するため、ランニングコストが安く、また PAC 等の薬品を用いないため、自然界の環境に優しいといった点が挙げられます。



<シアノバスター稼動前>



8/1 10:35

1 時間後

<シアノバスター稼動後>



8/1 11:35

スーパーウェルポイント工法（SWP 工法）による 鉱山跡地残留物質又は地下ダム水の浄化

< 鉱山跡地及び地下ダム水等の水環境の現状 >

【鉱山跡地の水環境の現状と課題】

鉱山跡地等からの酸性水や金属イオン及び有害物質（砒素、フッ素、アンチモン等）の浸出が顕在化しています。

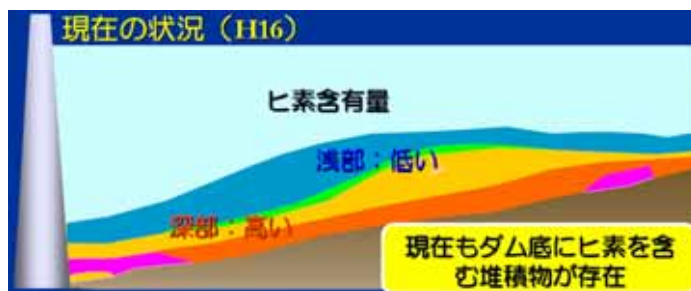
酸性水対策としては、松尾鉱山中和処理施設、玉川ダム中和施設、草津中和処理施設等により対策が実施されています。

金属イオンや有害物質に関しては、中和処理の過程で一部除去されるものの、環境基準を上回る場合があります。

砒素や鉛は魚類により蓄積され、それが人の健康にも被害を及ぼすことがあるため、早急な対策が望まれます。

下図は四十四田ダムの砒素の堆積状況ですが、現状においては濃度の低い層が上部に堆積しており、下流への影響は少ないとされています。

他ダムにおいては、ダムの縦断形状や流入砒素の組成、水利用等が異なることから、四十四田ダムのように影響が少なくなるとは限らず、流域からの流入を抑制する抜本的な対策が必要と考えられます。



四十四田ダム堆砂委員会資料より

【地下ダムの現状と課題】

一般に地下ダム貯留域には地表部から農薬や化学肥料、畜産廃棄物また生活排水などの浸透により、貯留される地下水には硝酸態窒素や他の有害物質による汚染が見られます。貯留水は揚水して飲用水や灌漑等に使用されるため適切な水質の確保が必要であり、汚染源対策とともに汚染浄化（環境修復）が課題となっています。

新聞記事（右上）によると、鹿児島県のある離島で、慢性化する水不足のため地下ダムの開発が進められ、一方で貯水流域は特産物である花卉の栽培に大量の農薬が使用された結果、地下水中に水道水の安全基準を達しないものの、農薬（ダイアジノン）が検出されました。

このように地下ダムがあるところでは地下水の水質問題が指摘されます。地下ダムでは水循環利用を基本としており、肥料や農薬の使用削減と合わせて地下水浄化が望まれています。

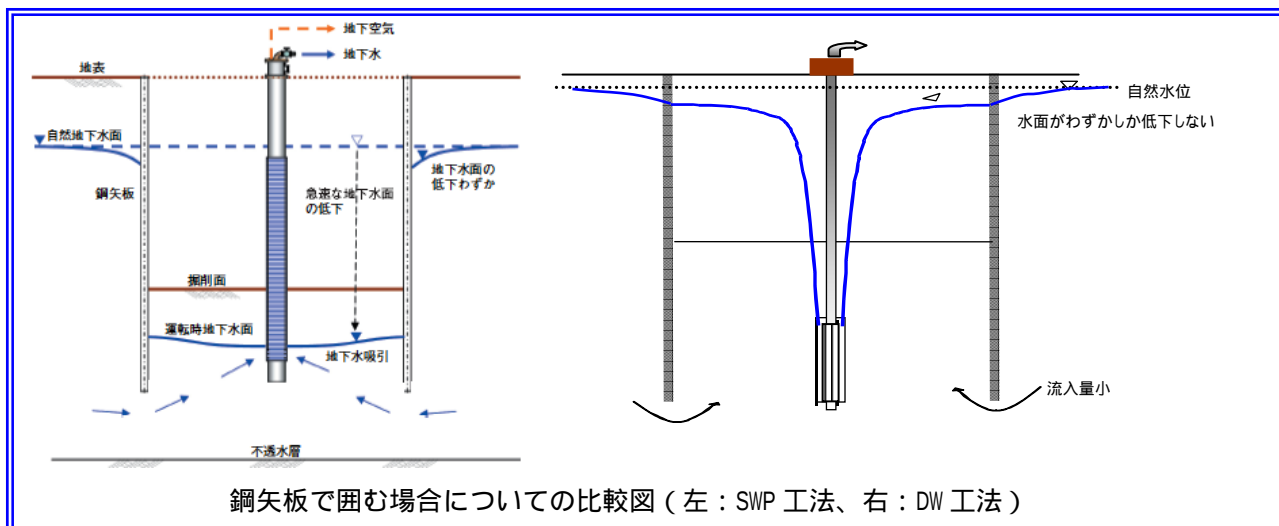


南日本新聞 1997.2.5

SWP 工法

SWP 工法は近年開発された真空ポンプを利用した地下水位低下工法（地下水揚水技術）です。その揚水能力は既存技術であるディープウェル工法（DW 工法）の数倍に及び、そのため、地下水位の低下は DW 工法より大きくなりますが、鋼矢板で囲むことにより、外部の地下水位低下を抑制できます。

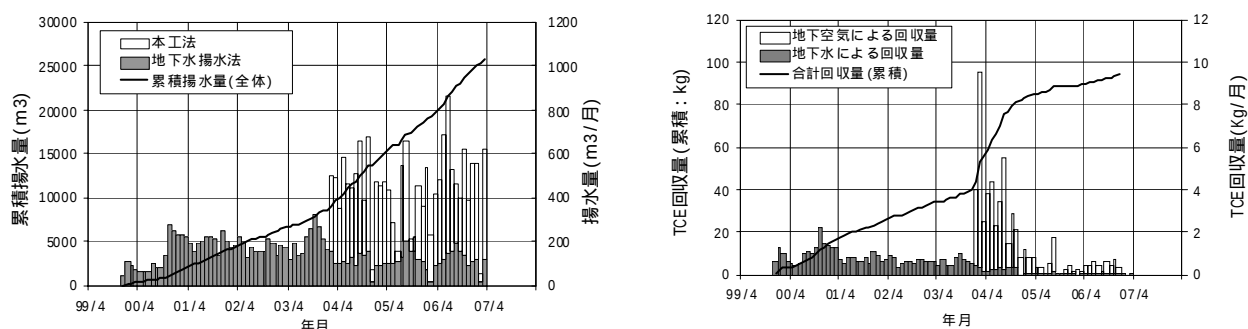
この工法では、地下水揚水のみならず同じ井戸にて行う水質洗浄（スイング洗浄等）や地下空気吸引による土壌浄化が可能です。



< SWP 工法による地下水の汚染浄化（環境修復） >

SWP 井戸を地下水の汚染濃度の高い場所に設置し、汚染水を回収します。必要に応じて土壌浄化も可能です。揚水した汚染地下水は水処理施設で浄化後、処理水を河川へ戻し清澄な河川水を復元します。

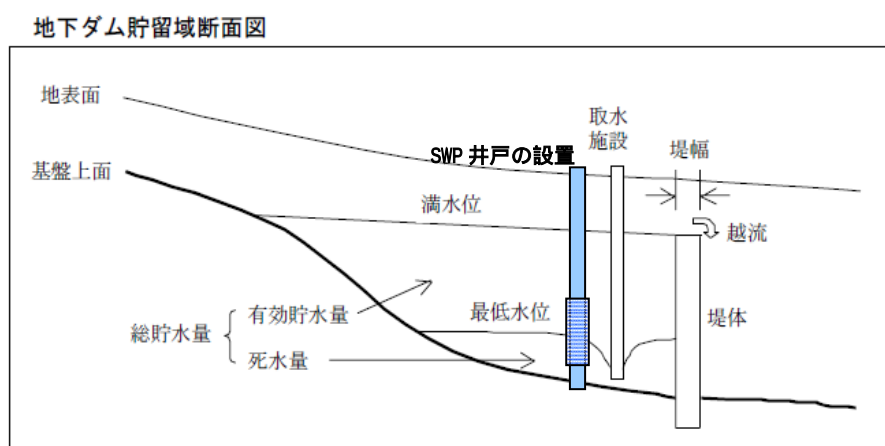
下図は汚染土壌の浄化事例について、DW 工法と SWP 工法による揚水量及び TCE（トリクロロエチレン）の回収量を示したものです。DW 工法に比べ揚水量、TCE 回収量ともに高い結果が得られています。



< SWP 工法による地下ダムの水質浄化 >

SWP 井戸の吸水口を基盤上面直下になるように設置し、最低水位（湧水期）が生じる時期に揚水し、基盤上部に堆積している（と推定される）有害物質を除去します。SWP 井戸の設置数、設置場所等は各地下ダムごとにそれぞれ検討します。

揚水した汚染地下水は、地上に設置する水処理プラントで処理し、処理水は灌漑に使用できます。



(株)NBH (エヌ・ビー・エイチ)

〒111-0041 東京都台東区元浅草

2-7-14 保坂ビル 4F

Tel. 03-3831-5640 Fax. 03-3831-5638

E-mail. info@nbh.co.jp