

# 漁川ダムにおけるカビ臭防止対策とその効果について

Research on Prevention Measure for Musty Odor in the Izarigawa Dam Reservoir

石狩川開発建設部 漁川ダム管理所 ○正員 玉川 尊(Takashi Tamagawa)  
 村椿健治(Kenji Muratsubaki)  
 小倉和紀(Kazunori Ogura)  
 三俣晴由(Haruyoshi Mitsumata)

## 1. まえがき

恵庭市及び近隣市町村の水道水源となっている漁川ダムでは、平成5年より顕著にカビ臭が発生し、水道利用者より早急な対策が求められていた。そこでH13年度よりカビ臭の発生原因を究明した結果、ダム上流域から流出してくる崩壊土砂がダム貯水池内に堆積し、この土砂の棚上に繁殖した放線菌が移動して、貯水池深層部の嫌気層で死滅することによってジェオスミンを発生することが判明した。

原因となる放線菌の増殖を抑止する方法として、貯水池内に堆積した土砂を除去することが基本となる。そこでH13年度より5ヶ年計画で堆砂掘削を実施している。一方、体内にジェオスミンを生成する好気性の放線菌を、体外に放出させない方法としては、貯水池内に形成される嫌気層を好気化することが最前の策である。

この手法として有効なものに間欠曝気方式によるものがあり、漁川ダムでは湖水循環装置として導入した。その結果、カビ臭の予測改善率が高いことが判った。

本論文はこれらの防止対策を踏まえて、H13年度より堆砂掘削の実施に加えてH15年度より導入した湖水循環装置を設置後のカビ臭の発生防止効果について検証した結果を報告する。

## 2. カビ臭の原因究明と防止対策法の検討概要

### 2.1 カビ臭発生メカニズム<sup>1)</sup>

#### 1)貯水池の堆砂状況

漁川ダムではダム完成の翌年、S56年8月洪水によって計画堆砂量120万m<sup>3</sup>の44%に相当する36万m<sup>3</sup>が堆砂した。その後、毎年約3万m<sup>3</sup>程の流入があり、H10年度の累積堆砂量は約87万m<sup>3</sup>(堆砂率73%)に達している。また、堆砂形状はテラス状の堆砂棚が縦断的に不連続な形状で発達し、棚と制限水位161mとの水深差は2~3mとなっている。さらに、堆砂棚の下流端からダムサイトまでは13~15mの深度が続くため水循環が鈍く、嫌気層を形成している。

#### 2)カビ臭発生の特長

一般にカビ臭物質の種類の中で、ジェオスミンを生成能としてもつのは藻類か放線菌である。漁川ダムではジェオスミンが大半を占め、かつ、藻類の発生が見られないことから放線菌と推定された。

しかし、放線菌量は図-1に示すように道内ダムにお

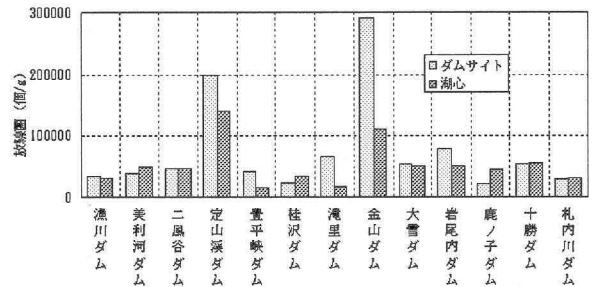


図-1 道内主要ダムの放線菌量

いて一般的に見られるものであり、特に漁川ダムが顕著に高い値を示してはいない。

このため、漁川ダムの堆砂形状に着目して推測した結果、棚状に広域的に放線菌が分布していることが明らかとなった。また、ジェオスミンの発生時期が6月から9月に見られることから、カビ臭発生のメカニズムは次のように推定される。図-2にそのイメージ図を示す。

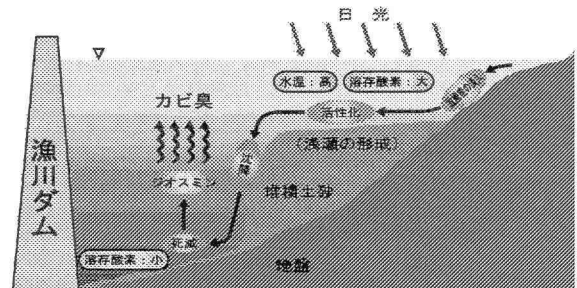


図-2 カビ臭発生のメカニズム

カビ臭発生のメカニズムを要約すると以下となる。

- ①ダム上流部より供給された放線菌が、堆積土砂の棚上の浅水部で日光による水温上昇で増殖する。
- ②増殖された放線菌は移流して嫌気化された深層部に沈降して死滅する。
- ③放線菌は体内にジェオスミンを生成しており、死滅によって細胞内部から放出されて貯水に拡散される。
- ④拡散されたジェオスミンは、ダム下流の浄水施設を通じて利水者に配給され苦情の要因となった。

### 2.2 カビ臭の防止対策<sup>2)</sup>

前述のカビ臭の原因を踏まえ、カビ臭発生を抑制するためには、底層のジェオスミン濃度の急激な上昇を抑制することが不可欠である。このためには底層の好気化を優先とした次の二つの主要な対策について検討した。

### 1) 堆積土の掘削除去対策

カビ臭物質を生成する放線菌の繁殖を抑制するため、増殖域である堆積土砂を掘削除去する。土砂の除去により流入河川水と湖水の混合促進が図られ、貯水池最深部の好気化と希釈効果を高めることができる。また同時に有効貯水量の復元ともなる。

### 2) 湖水循環装置の導入

貯水池最深部が嫌気層であるため、放線菌が死滅しジェオスミンを放出させる。この状況を解消するため、人為的に深層部を好気化して、放線菌の死滅を抑制する方法として曝気装置を検討した。また、貯水池内の水循環が鈍いため曝気に加えて湖水の循環機能を兼ねた装置を検討した。その結果、間欠式曝気装置が漁川ダムにおける水質改善に有効な方法であると考え、この装置の採用を決定した。図-3にそのイメージ図を示す。

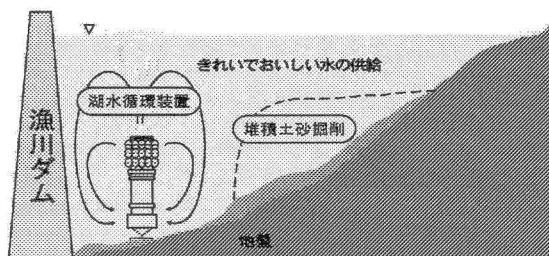


図-3 カビ臭防止対策のイメージ図

## 2.3 防止対策における水質改善効果の予測

### 1) 水質の目標値の設定

カビ臭による利水者の苦情から石狩東部水道企業団は、その時点の供給水のジェオスミン濃度を随時に測定している。その結果から概ね 5ng/L が苦情での最小濃度であろうと推定している。この濃度はジェオスミン分析における定量限界でもある。

また、図-4に示すように、貯水池のジェオスミン濃度と DO の関係からジェオスミンが 5ng/L を境に急激に変動する。この時、DO は 5mg/L を境に変動するため、ジェオスミン 5ng/L をカビ臭の改善目標とし、貯水池内の好気化に必要な DO を 5mg/L 以上に保つことが防止対策の必要条件として設定した。

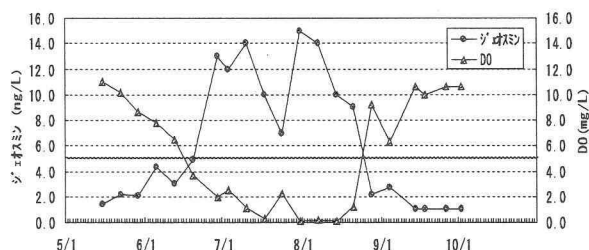


図-4 ジェオスミン濃度と DO

### 2) 鉛直二次元生態系モデル構造

貯水池水質予測モデルは、図-5に示すように、漁川ダム貯水池流下方向に 100m 間隔、鉛直方向に 1m 間隔で分

割した二次元貯水池形状モデルを用いて、水理・水温の解析、および富栄養化解析を行う鉛直二次元生態系モデルを基礎モデルとした。これに、新たに放線菌の増殖、ジェオスミンの放出過程を考慮した仮定をこの基礎モデルに追加し、放線菌とジェオスミンの放出量の解析を行っている。

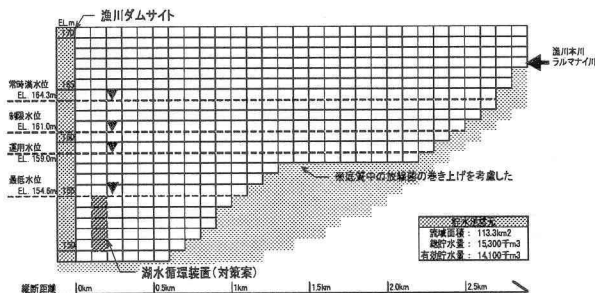


図-5 鉛直二次元地形モデルのイメージ

### 3) 堆砂除去による効果予測

当初計画では堆砂土の除去量は 37 万 m<sup>3</sup> を想定していたが、土砂の搬出先等を変更するなどによって最終年までには 46 万 m<sup>3</sup> が可能である。堆砂除去は水深の改善による放線菌の増殖を抑制する効果は高い。また、掘削によって河床横断の勾配が緩やかになるため、河床面の土粒子が流出しにくくなり、懸濁粒子に付着して生息する放線菌の下流移動を抑制する効果がある。

図-6に堆砂の掘削前後におけるダムサイト地点の DO とジェオスミンの変化を示す。前述の予測モデルを用い堆砂除去の改善率を予測した結果、15%程度の効果が得られる。

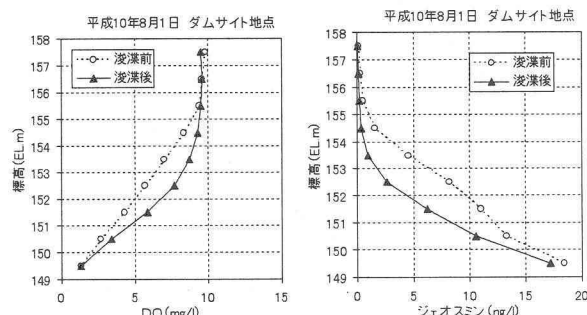


図-6 堆砂除去による効果予測結果

### 4) 湖水循環装置による効果予測

湖水循環装置の運用方法から、DO 条件による次の2ケースの予測を行った。その結果を図-7に示す。

【ケース1】運転: 5mg/L < DO > 8mg/L; 停止

【ケース2】運転: 8mg/L < DO > 9mg/L; 停止

ケース1の場合は、循環によって下層の水温と DO が上昇するため放線菌が活性化し、ジェオスミン濃度を一時的に高くなる傾向を示した。また、ケース2の場合はジェオスミンの上昇がない。これは DO > 8mg/L の状態では放線菌の増殖は有っても死滅傾向が鈍化して、ジェオスミンの放出を抑制する効果と考えられる。

湖水循環装置がない場合にはジェオスミンは 12.5 ~ 26.1ng/L となる。ケース1でのジェオスミンの予測濃度は 6.6 ~ 15.3ng/L まで低下する。また、ケース2では 0.0 ~ 1.1ng/L となった。その改善率は次のとおりである。

【ケース1】40%(1-12.0/20.1[ng/L])、

【ケース2】99%(1-0.3/20.1[ng/L])

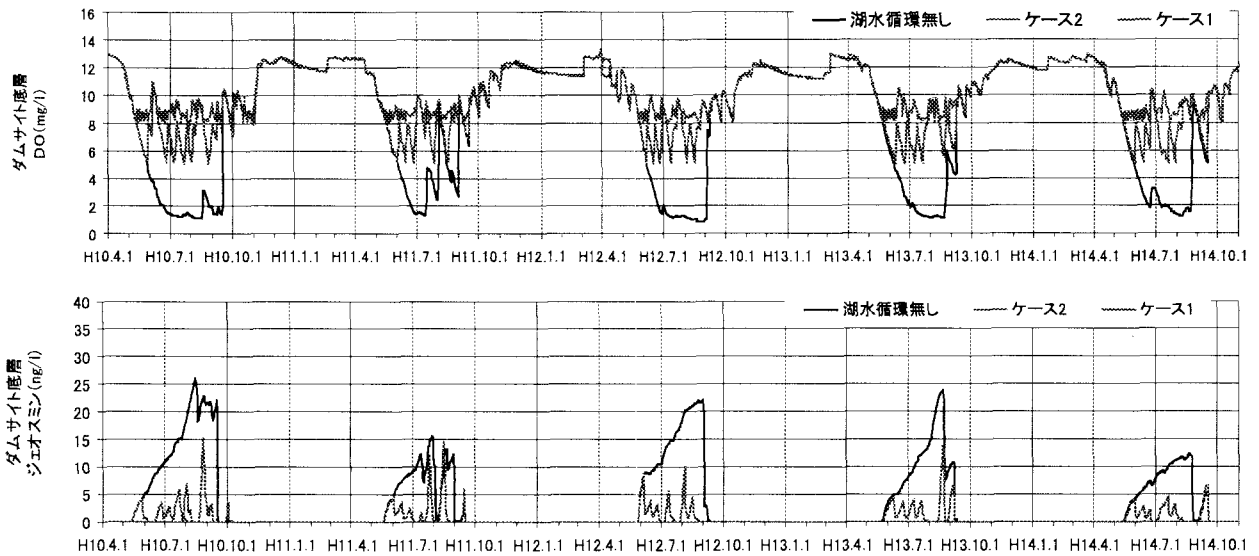


図-7 湖水循環装置による効果予測結果

### 3. 防止対策の実施とその効果の検証

#### 1) 水質モニターによる貯水池の嫌気化の予測

H15年6月に設置した湖水循環装置の運用に必要な水質モニターの設置をH15年3月に行った。しかし、モニターの設置位置はメンテナンスの関係から取水塔側壁に設置せざるを得ないため、最深水位より3m高い位置の観測となっている。このため、嫌気層の形成を顕著に監視するためには水質モニターの最深水位のデータと貯水池最深部の実測値を求め、その相関から推定することとした。その結果を図-8に示す。

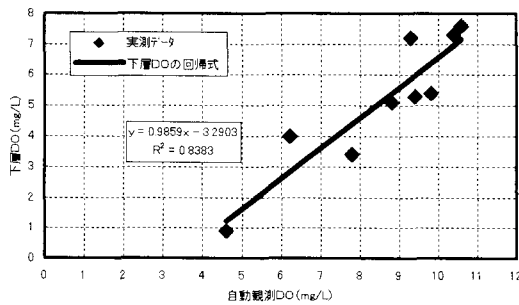


図-8 水質モニターによる下層 DO 値の予測

#### 2) H15年度におけるカビ臭発生簡易予測

漁川ダムにおけるカビ臭発生年のデータと水文資料をもとに、重回帰分析によって当該年度の発生傾向について

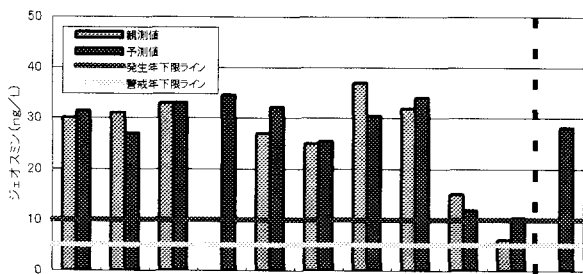


図-9 カビ臭発生簡易予測結果

いて簡易予測を行った。その結果、H15年度の予想はジェオスミン濃度で28ng/Lが推定された。図-9にその結果を示す。

#### 3) 湖水循環装置の稼働状況と水質測定結果による予測

##### (1) 湖水循環装置の設置後の稼働状況

- 第1回目: ①6/3(15:00)~6/4(13:00)
- 第2回目: ②6/13(9:00~14:00)
- 第3回目: ③6/23(13:40)~7/4(16:10)
- 第4回目: ④7/14(14:30)~7/24(16:30)
- 第5回目: ⑤8/20(16:00)~9/16(9:00)

①は設置の動作確認、②は装置の安定性確認のための試運転。従って、試験運用の実稼働は③からとなっている。③の稼働条件はジェオスミン濃度が5ng/Lに上昇したためによる。④はDOが5mg/Lを下回ると予想されたため。⑤はDOの降下限界に達するまで装置の稼働を抑えた後に稼働させ、どれだけの稼働時間で貯水池内の水質の復元が図れるかを試みた。

##### (2) 水質測定結果による予測変化図

湖水循環装置の稼働が③と④のように10日間程度の場合、DOは停止後に降下し始める。しかし、⑤の26日間稼働の場合、その後、1~2週間程度はDO値の維持が可能であった。

ジェオスミン濃度はDOと逆比例している。また、放線菌量は装置の稼働とともに増殖する傾向を示すことから、湖水循環装置によって嫌気層を好気化し、放線菌の死滅を抑制するとともに、ジェオスミンの発生を防止する効果に働いていること示している。

予測モデルを用いて、湖水循環装置の稼働によって下層のジェオスミン濃度の抑制効果について推定したのが図-12にある。なお、図中に、ダム下流部で取水している石狩東部水道事業団で観測<sup>3)</sup>しているジェオスミン濃度をプロットしている。曝気なしの場合は22ng/Lのところ、曝気によって9ng/Lに低下しており水質の改善率は約59%となった。

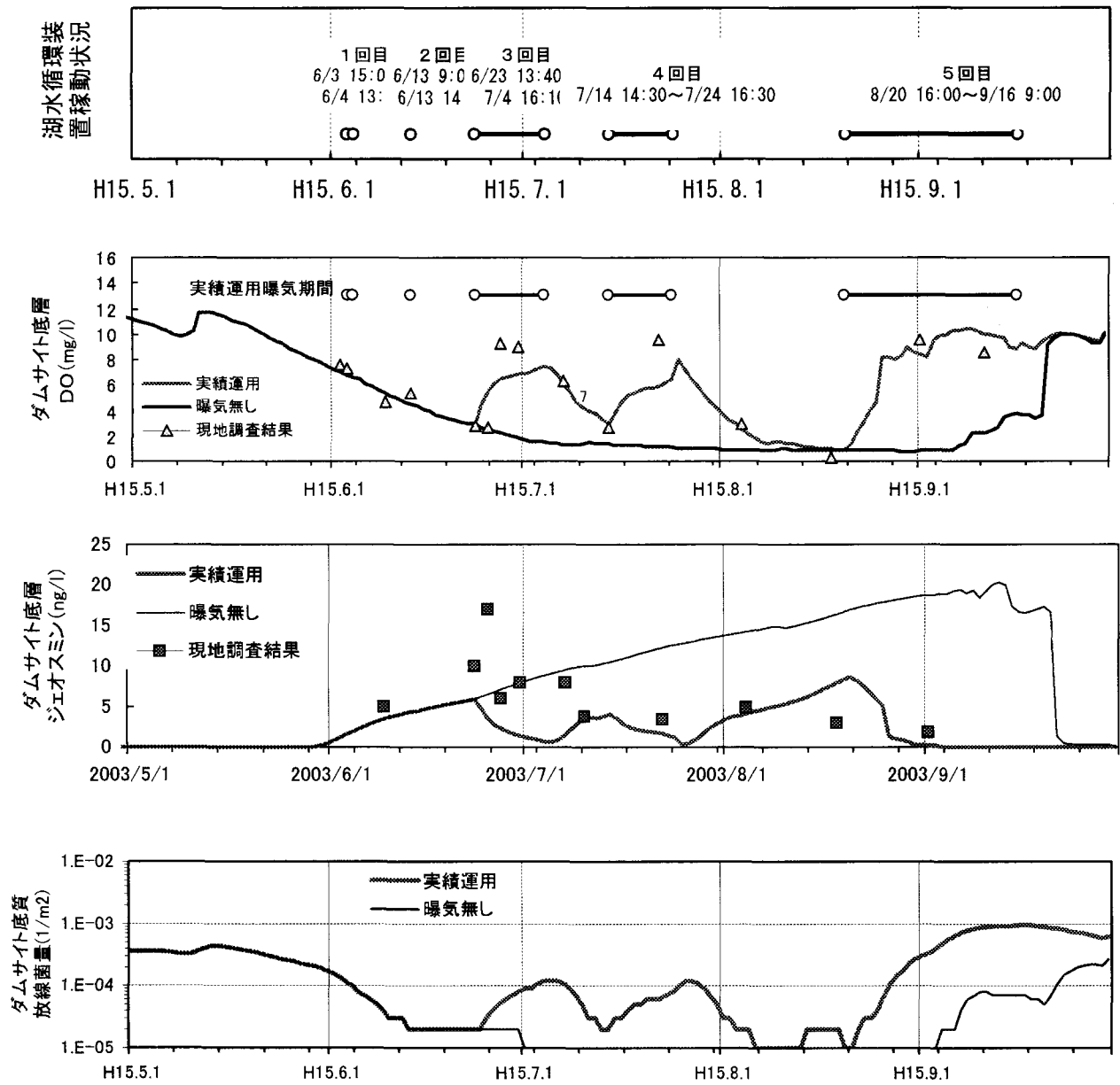


図-12 湖水循環装置の稼働状況と予測モデルによる装置の効果

#### 4. あとがき

漁川ダムにおけるカビ臭発生の原因物質であるジェオスミンの消長を、鉛直二次元生態系モデルに、原因となる放線菌の増殖・死滅のモデルを付加して再現した場合、その水質の改善率はケース1で40%、ケース2で99%が予測された。

この成果を踏まえて、堆砂土と湖水循環装置の試験運用による稼働では、DOで5mg/L以上の好気条件を保つことにより、カビ臭の発生を防止することができるものと考えられる。

また、1週間程度の短期的な稼働より2~3週間の長期的な稼働の方が停止後もカビ臭の発生を長く抑えている働きがあるものと考えられる。さらに、湖水循環装置によって放線菌を死滅させずに生菌のままダム下流の浄水施設での処理工程に影響を及ぼす恐れのないことも判明した。

今後は、湖水循環装置の運用にあたって省エネルギー

化を図って行く必要が考えられる。

謝辞：本報告にあたって石狩東部広域水道企業団のご協力を頂いた。ここに記して謝意を表す。

#### 参考文献

- 1) 小森太一、稲澤豊、鈴木将：漁川ダムにおけるカビ臭発生原因の究明、第回北海道開発局技術研究発表会概要(ダム・砂防部門),調査計画、ダ-17,2003.
- 2) 鈴木将、稲澤豊、三田村宏二：漁川ダムのカビ臭の改善方法と防止対策、第回北海道開発局技術研究発表会発表概要集(ダム・砂防部門),調査計画、ダ-18,2003.
- 3) 石狩東部広域水道企業団：水質測定記録より