

# 高山ダムにおけるカビ臭物質発生への対応状況 ～水質異常対応の一事例～

加村 拓也<sup>1</sup>・米澤 喜弥<sup>2</sup>

<sup>1</sup>独立行政法人水資源機構 木津川ダム総合管理所 高山ダム管理所  
(〒619-1421京都府相楽郡南山城村田山ツルギ43)

<sup>2</sup>独立行政法人水資源機構 木津川ダム総合管理所 高山ダム管理所  
(〒619-1421京都府相楽郡南山城村田山ツルギ43)

2024年5月中旬から6月中旬にかけて、高山ダム貯水池においてカビ臭物質を放出する植物プランクトン（*Pseudanabaena*※旧称*Phormidium*以下「スードアナベナ」）が急激に増殖し、2-MIB値が高濃度で確認された。ダム放流水の2-MIB値の上昇に伴い、ダム下流河川でも2-MIB値の上昇が確認され、沿川の浄水場では原水の2-MIB値に応じて浄水処理等を変更する対応がなされたが、ピーク時には水道水質基準を超え水道事業者が記者発表する事態に至った。本稿では水道事業者との水質調査の連携・情報共有、ダム運用の対応状況など事態収束までの経過と、異臭味等の発生を想定した平時からの連携のあり方について報告を行うものである。

キーワード 2-MIB, *Pseudanabaena*, カビ臭, リスクコントロール, 利水者との連携

## 1. はじめに

高山ダムは堤高67.0m、堤頂長208.7m、堤体積約214千m<sup>3</sup>、総貯水容量56,800千m<sup>3</sup>のアーチ重力式コンクリートダムである。木津川支川の名張川の最下流に位置し、上流にある3ダムと合わせ木津川全体の約40%にあたる流域からの流水をコントロールし、洪水調節、既得用水・水道用水の補給、発電、河川環境の保全等を事業目的とする多目的ダムである。1969年8月1日より管理を開始し、2025年8月に57年目を迎える。

高山ダム貯水池では、管理開始後15年が経過した1984年頃から、栄養塩の流入負荷量の増加に伴い、藍藻類の*Microcystis*（以下「ミクロキスティス」）を優占種とするアオコの発生が確認されており、毎年夏期には低層の溶存酸素(DO)の低下も見られていた。また、選択取水設備が無いため常に低層のEL.95.0m、99.0m（湖底標高概ねEL.90m程度）から放流をしているため、4～5月頃には流入水温に比べ低い温度の冷水を放流することがあった。そこで、2000年～2002年に、浅層曝気循環設備4基（コンプレッサー4台）を設置し、その後2012年に散気管のみを4基増設し、主に4月から11月の期間の貯水池表層の水温に応じて運転するコンプレッサー台数を調整し、アオコの発生抑制と共に低層DOの低下対策と冷水放流対策を図っている。（図-1）

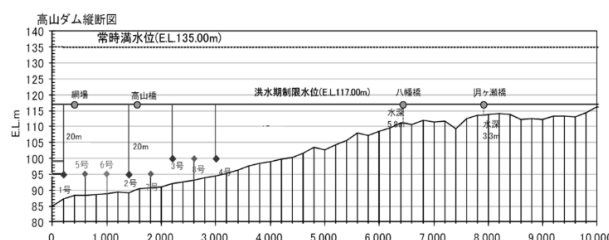
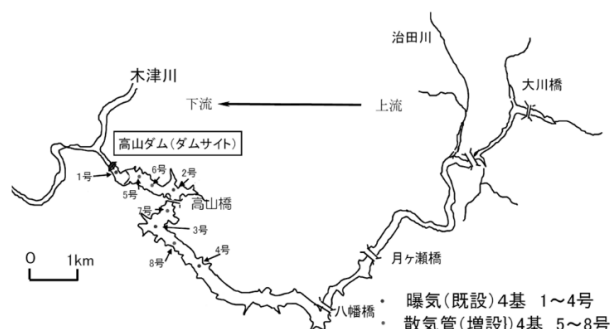


図-1 浅層曝気循環設備の設置位置

## 2. カビ臭物質の発生状況

### 2.1 カビ臭物質2-MIBの上昇確認と監視強化の経緯

2024年5月22日に下流河川で取水する水道事業者のもとに水道水からのカビ臭に関する苦情があり、水道事業者による追跡調査の結果、高山ダム貯水池内で2-MIBの値が211ng/Lと高くなっていることを確認され、5月24日に高山ダム管理所に連絡があった。

高山ダムでは毎月1回の定期水質調査において、4月から11月の間はカビ臭物質濃度の監視も行っており、直近の5月8日の調査結果においては、貯水池内は網場地点(表層)で8.4ng/L、ダム直下放流水は発電放流口で1.5ng/Lと低い値であった。

5月8日から24日までの短期間で値が大きく変化しており、水道事業への影響も拡大する可能性があることから、水道事業者と高山ダム管理所が連携して水質調査頻度を増やし、監視を強化、情報連絡を密に対応することとした。

### 2.2 調査地点・頻度の設定と採水・分析の分担連携

水道事業者から高山ダムに連絡があった5月24日時点では、ダム直下放流水の値が判明していなかったことから、高山ダム管理所が貯水池の鉛直方向の複数サンプル、ダム直下放流水のサンプルを水道事業者の水質管理センターに持ち込み分析を依頼し、翌25日に結果値を共有、監視に有効な調査地点・頻度と分担について打ち合わせで決定した。(図-2、表-1)。

調査頻度は概ね週1回とし、貯水池の調査では高山ダム管理所と水道事業者で調査日の重複を避けることとした。分析は迅速性の観点から、急を要する場合は、高山ダムが採水し、水道事業者の水質管理センターに持ち込むこととした。

#### (1)-1 貯水池内上流地点

(高山ダム管理所・水道事業者)

貯水池内の上流地点のカビ臭物質、生物相の変化を把握し貯水池内での遷移(流下)状況を監視する。

#### (1)-2 貯水池内網場地点(高山ダム管理所)

貯水池内鉛直方向のカビ臭物質変化を把握し、放流設備及び曝気循環設備の運用方法の変更の有効性を確認する。

#### (2) ダム直下放流水(高山ダム管理所)

放流設備の出口毎のカビ臭物質変化、下流河川への影響度を確認する。

#### (3) 下流河川・浄水場(水道事業者)

本川との合流前後と水道取水位置までのカビ臭物質変化、ダム放流の水質と水量、本川流量の関係からダム放流による影響を監視する。

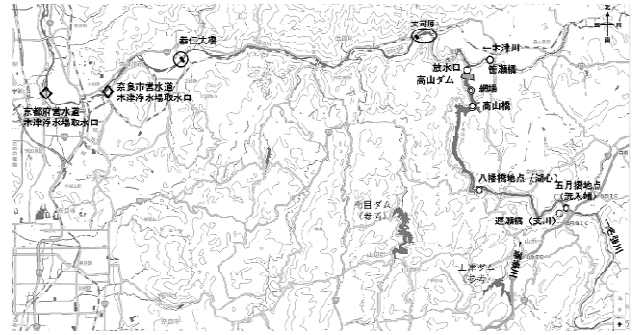


図-2 調査地点図

表-1 採水箇所の概要と採水分析頻度・分担

| 地点属性・地点名 |              |             | 頻度  |       | 採水者 | 目的                  |
|----------|--------------|-------------|-----|-------|-----|---------------------|
|          |              |             | 通常時 | 今回    |     |                     |
| (1)-1    | 貯水池内<br>上流地点 | 五月橋(表層)     | —   | 状況変化時 | 機構  | 本川流入水の監視            |
|          |              | 八幡橋(表層)     | —   | 週1回   | 機構  | 貯水池湖心部の監視           |
|          |              | 高山橋(表層)※1)  | —   | 週1回   | 水道  | 貯水池屈曲部の監視           |
| (1)-2    | 貯水池内<br>網場地点 | 網場(表層)      | 月1回 | 週1回   | 機構  | ダム水質管理の基準地点         |
|          |              | 網場(EL. 99m) | —   | 週1回   | 機構  | 発電・洪水吐の取水谷口標高       |
|          |              | 網場(EL. 95m) | —   | 週1回   | 機構  | 利水放流設備の取水谷口標高       |
| (2)      | ダム直下<br>放流水  | 発電放水口       | 月1回 | 週1回   | 機構  | 発電放流水の出口            |
|          |              | 減勢池※2)      | —   | 週1回   | 機構  | 利水放流設備・洪水吐ゲート放流水の出口 |
| (3)      | 合流前本川        | 笹瀬橋         | —   | 週1回   | 水道  | 木津川本川の水質把握          |
|          | 合流後本川        | 大河原         | 月1回 | 週1回   | 水道  | 合流後の水質把握            |
|          |              | 森仁大橋        | 月1回 | 週1回   | 水道  | 流下過程での把握            |
|          |              | 浄水場 原水・浄水   | 月1回 | 週1回   | 水道  | ピーク時は3回/日まで頻度増加     |

※1) 貯水池内の監視頻度を増やすため水道事業者が高山ダムの調査日以外に採水分析

※2) 利水放流設備・常用洪水吐ゲートから放流中のみ実施

### 2.3 2-MIB 値の推移と原因種細胞数の変化

今回のカビ臭発生から収束までの貯水池における 2-MIB 値の推移と貯水池表層の水温の変化、原因と見られる植物プランクトンの採水サンプル中の細胞数の変化を合わせて整理した。(図-3、図-4)。

カビ臭物質である2-MIBを放出する植物プランクトンとして知られる藍藻類のスードアナバナが、貯水池の水温の上昇に伴い5月中旬から下旬にかけて急激に増殖し、同種の増殖に適した水温(15℃~20℃)よりも高温となった時期から衰退し、原因種の盛衰に前後して2-MIB値も推移していたことが確認できる。

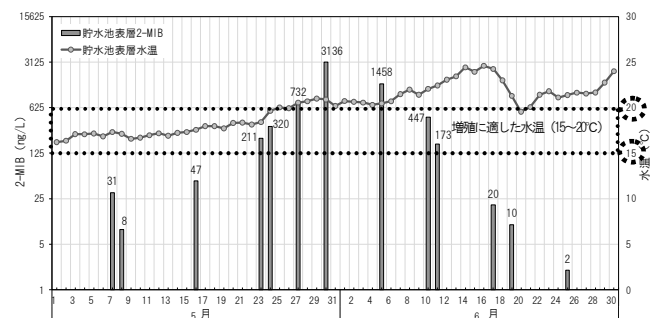


図-3 貯水池表層の2-MIB値と水温の推移

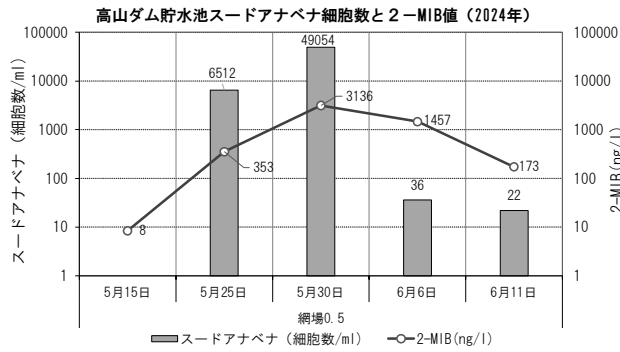


図-4 スードアナベナ細胞数と2-MIB値

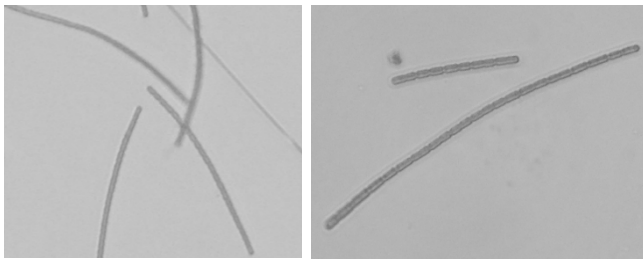


写真-1 確認されたスードアナベナの糸状体

## 2.4 原因種の異常増殖の要因に関する考察

今回の高山ダムでのカビ臭発生は、曝気循環設備の導入以降では例を見ない事象であり、総合技術センター及び関西支社・淀川本部等の協力を得て、気象、水象、流入負荷などの観点からデータを整理し、有識者への相談を踏まえ以下のとおり要因を考察する。

- ① 高山ダムは元々リン濃度の高い富栄養湖であるが、2024年は、過去5カ年と比較し、4月頃から流入量が多く、さらに5月19日の出水で、貯水池のリン濃度が高い状況であった。(図-5)

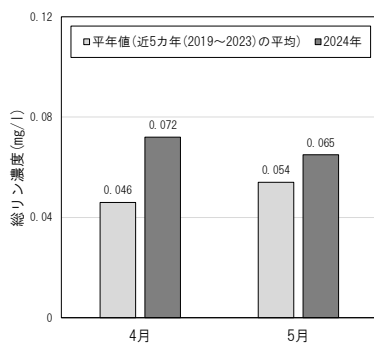


図-5 貯水池表層の総リン濃度の近5年5年比較

- ② 2024年は水温が、4月中旬以降から5月中旬は、スードアナベナの増殖する適温である15℃～20℃程度となっていた。(図-3)
- ③ 5月15日～5月25日の間に優占種が、スードアナベナに変わっており、この間に急激に増殖したと考えられる。(表-2)

表-2 カビ臭前後のプランクトン優占種の変遷

| 網場地点   |         | カビ臭発生時期 |         |
|--------|---------|---------|---------|
| 月日     | 種名      | 種名      | 種名      |
| 04月17日 | クリプト藻綱  | クリプト藻綱  | クリプト藻綱  |
| 05月15日 | クリプト藻綱  | クリプト藻綱  | クリプト藻綱  |
| 05月25日 | スードアナベナ | スードアナベナ | スードアナベナ |
| 05月30日 | スードアナベナ | スードアナベナ | スードアナベナ |
| 06月06日 | スードアナベナ | スードアナベナ | スードアナベナ |
| 06月11日 | スードアナベナ | スードアナベナ | スードアナベナ |

- ④ 曝気循環の運転により、循環効果は見られていたが、スードアナベナに対する曝気循環設備の効果は限定的であった。
- ⑤ 曝気循環設備の効果が及びにくい、中流部の八幡橋付近で滞留・増殖し、増殖しながら下流の高山橋～網場へ流下していったことが考えられる。(図-6)

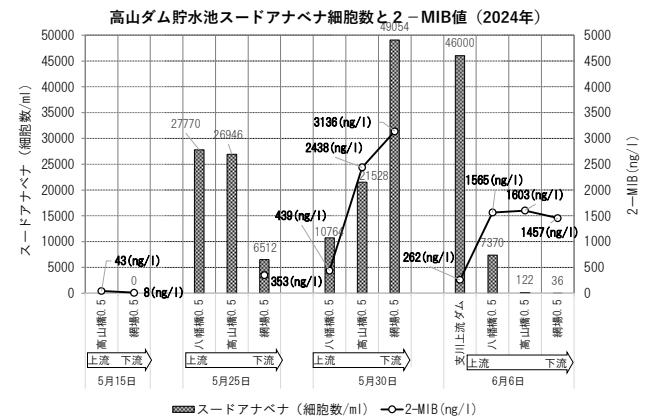


図-6 各地点のスードアナベナ細胞数と2-MIB値

- ⑥ スードアナベナは、曝気循環設備運転後の2004年以降は大幅に減少しており(図-7)、今年度の増殖は外部要因の影響も考えられた。支川上流ダムの協力を得て調査した結果スードアナベナの細胞数と2-MIBが高値であった(図-6)。流入支川のため池や貯水池からの流入も高山ダムでの増殖要因の一つと考えられるため、今後も継続して調査し把握が必要と考えられる。

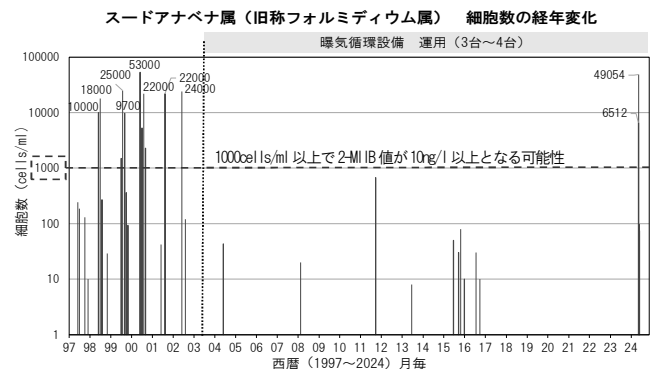


図-7 スードアナベナ属の細胞数の経年変化

### 3. 放流水の2-MIBを低減するための対応

下流河川での水道事業等への影響を極力低減するため、高山ダムでは放流量の調整、放流設備及び曝気循環設備の運用変更について可能な範囲で調整しつつ、運用状況について水道事業者への情報発信に努めた。

#### 3.1 放流量の調整

高山ダムからの放流水は、ダム直下で合流する木津川本川と混合されるため、木津川本川とダム放流水の各々の流量と水質から水道用水への影響を推定した。具体的には、木津川本川の2-MIB値を1ng/L未満としたときに、直近の高山ダム放水口の2-MIB値より、本川流量と放流水量の加重平均により合流後の2-MIB濃度を推定し、水道事業者の浄水処理状況を聞き取りしながら、浄水処理でのカビ臭除去が可能なレベルとなるように放流量の調整に努めた。

また、6月16日からの洪水期に向け貯水位低下中であつたことから、期間を通じ総流入量より多く放流する必要がある、水量による希釈を図るため、出水後に本川流量が多く、ダム放流の影響が比較的小さくなるときに水位低下を進めるように運用した。(図-8、図-9)

なお、水量による希釈という観点では、ごく短期間ではあるが、布目ダム、川上ダムと連携し両ダムの水位低下放流量も調整し下流河川の2-MIB値の低減を図った。

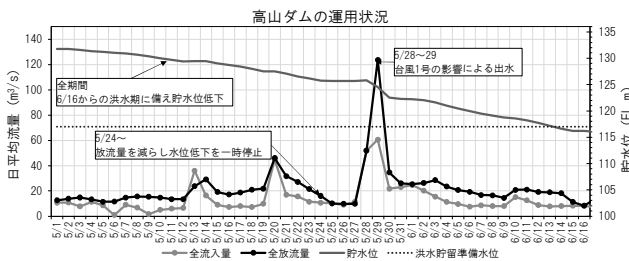


図-8 高山ダムの運用状況

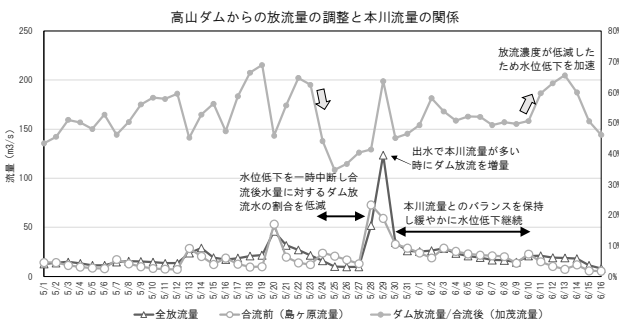


図-9 本川流量を考慮したダム放流量の調整状況

#### 3.2 曝気循環設備の運用方法の変更

曝気循環設備はミクロシスティス等の藍藻類による

アオコ発生を抑制するため、有光層以下の極力深い循環流を発生させ、光合成の阻害、表層付近の水温上昇を抑制する運用を基本としている。一方で、今回のカビ臭対応中は、2-MIB値が表層で高く、取水深付近(EL. 99～95m)で低い状況であつたため、鉛直方向への2-MIB拡散を回避するため、底層付近に固定された5号から8号の散気管の運用を停止し、ダム湖面から吊り下げ式で、散気標高を調整できる1号から4号の散気管のみを運用した。

(図-10)

なお、常用洪水吐きゲート放流(概ね毎秒 40m³ 以上の放流)を要する出水時には、ダム湖内の上下流方向の流れが卓越し、曝気循環効果が得られにくいので、曝気の運用を停止することとしているが、今回のカビ臭対応中は散気による2-MIBの蒸散作用を期待し、放流量毎秒100m³程度を運転・停止の閾値として運用した。

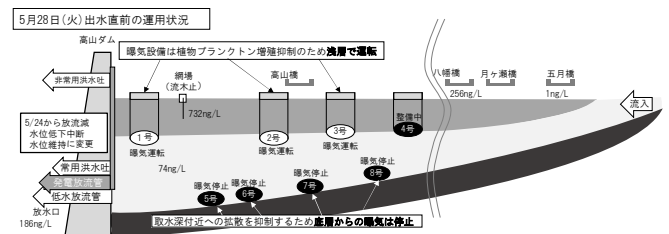


図-10 2-MIB 拡散防止を考慮した曝気循環設備運用

#### 3.3 放流設備の運用変更

5月29日の出水後は、低水温、高濁度の流入水が曝気運用標高の下層に潜り込む様相となった。放流水を目視すると利水放流設備の放流水の濁りが顕著であった。ダム上下流の水質自動観測では、ダム上流で発電設備取水口 EL. 99mと利水放流設備取水口 EL. 95mで水温、濁度に差がないが、ダム下流の発電放流口では取水口標高に比べ水温は高く、濁度は低いことを確認した。このことから、発電設備の取水は平常値最高貯水位付近まで設置された取水スクリーンの影響を受け表層付近までの温かく濁りの少ない水を引き込んでいるものと推定した。

実際に利水放流設備の放流水を採水分析した結果、発電放流水よりも2-MIB濃度が低かったため、発電事業者への説明後に協力を得て発電放流を段階的に減量、停止し、利水放流設備からの放流に切り替えて放流濃度の低減を図った。(図-11、図-12)



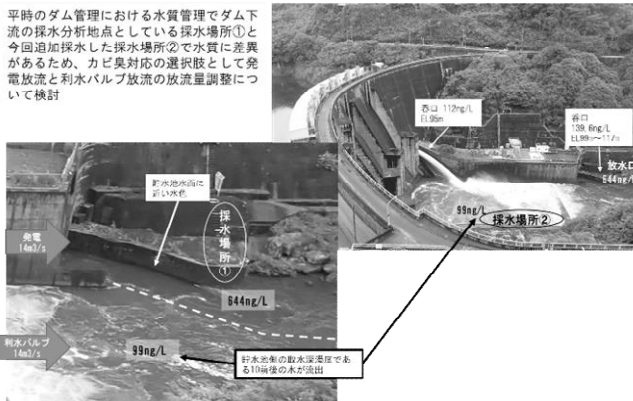


図-11 放流設備毎の放流濃度の確認

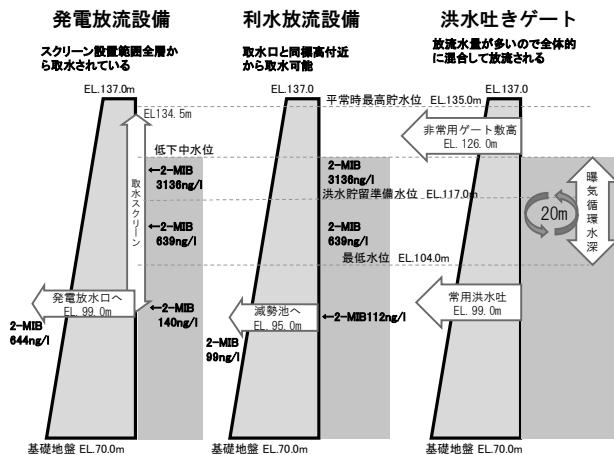


図-12 放流設備の配置と取水範囲

## 4. 水道事業者との情報連携と意見交換

### 4.1 情報連携の重要性

浄水場では原水の採水から分析までの数時間も取水、浄水処理を続けており、原水 2-MIB が高値と判明する前に上流河川の水質変化を早期に察知し、浄水処理過程でカビ臭除去のための粉末活性炭投入を先回りして措置する必要がある。

採水から分析完了までの時間差を埋めるためには、ダム放流の判断、操作、取水地点までの到達時間を猶予時間とし、粉末活性炭投入の措置を先回りすることが重要であることを確認した。

このため、原水 2-MIB 値を上昇させる可能性がある、出水時のダム放流量の増量操作、放流設備（取水深）の変更を伴う操作について、高山ダム管理所が判断時点で情報発信することとし、双方で 24 時間対応可能な連絡窓口を設定した。

平時の運用においては、水質・植物プランクトン調査結果や湖面の目視確認の状況など適時の連絡を密に実施した。下流河川での 2-MIB 値の変化については水道事業者から情報提供を参考に、3.1 放流量の調整や 3.3 放

流設備の運用変更を判断した。実運用では下流河川の調査結果、浄水場での原水と浄水の 2-MIB 検査値の実績から、浄水処理の限界濃度を 100ng/L 程度と推定し、出水時を除き、本川合流による混合を考慮した 2-MIB の推定濃度がこの値を超過しないように放流量を調整した。

### 4.2 水道事業者との意見交換・連携の継続

一連の対応を通じて、また、事象の再発に向けた取り組みとして、水道事業者とは以下のように連携の継続を確認した。

#### (1) 調査監視の協力継続

原因種の増殖要因を把握するため、双方協力して流域全体の状況について広域的・継続的に調査を行うことを確認した。

高山ダムではカビ臭項目について特に水温 15° から 20° となる時期（図-13）に着目して監視を強化し、毎月の速報を水道事業者への情報共有を行うこととした。カビ臭物質の濃度上昇が確認された際は、今回の対応のように水道事業者に分析を依頼し迅速に詳細な情報を掴み迅速な初動対応を可能とする。

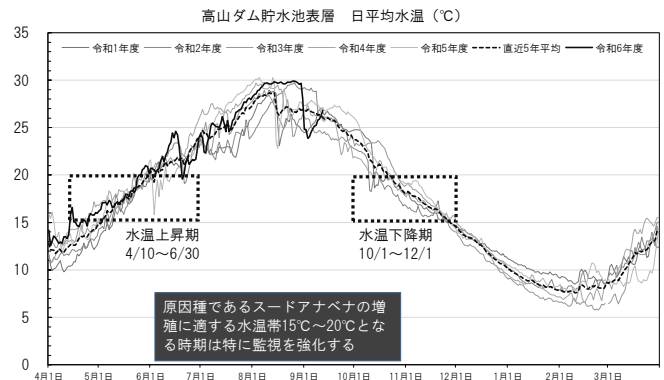


図-13 貯水池水温指標による監視強化時期の目安

#### (2) 定期的な意見交換会の実施

調査結果の共有や監視、連絡方法等について確認するため、最低でも 1 年に 1 回程度、定期的な意見交換の場を設けることとした。

#### (3) 双方の施設理解度の向上

ダム管理所の職員は、浄水処理によるカビ臭除去の仕組みを理解し、除去能力に限界はあるが、早めに対応することで限界に至る前に対応出来る可能性を理解する。

貯水池でのカビ臭発生を防止することは困難であるが、一方で水道事業者の協力を得ながら、運用を工夫することで放流濃度を低減出来る可能性があることについては、相互に理解を深める。

このために、双方の施設見学を継続的に実施するなど理解を深める機会を設ける。（写真-2、写真-3）



写真-2 8月24日の浄水場見学の様子



写真-3 9月5日の水道事業者によるダム視察の様子

#### (4) カビ臭対応のマニュアル化

##### (水質管理計画への追記)

双方の組織とも人事異動があるため、今回の対応について記録、整理しマニュアル化することにより事象の再発に備えること。前述の調査・監視の結果から意見交換を通じて見直しを行っていく。

高山ダムでは、カビ臭対応について水道事業者の動きを含め事象の深刻化度合いを時系列に整理しタイムラインを作成した。

## 5. おわりに

高山ダムは木津川流域の約40%を集水域としており、ダム貯留水に影響を及ぼす流入支川も多数あることから、リアルタイムで流入水、貯留水の水質を把握することは困難を極める。一方で、高山ダムの放流はダム下流の木津川を流下し、阪神地域の利水に供されている。ダムの放流水質の影響度が非常に大きく、広範囲に及ぶことから、ダム管理者としてのリスクコントロールの重要性を痛感した。

今回のカビ臭対応から今後のリスクコントロールに活かすための要点を整理した。

- カビ臭を放出する植物プランクトン増殖は10日間程度の非常に短期間で起こり、貯水池のカビ臭濃度を急激に上昇させる
- 毎月1回の定期採水では原因種の増殖、カビ臭濃度上昇の兆候を捉えきれない可能性がある
- 自動観測で常時監視可能な水温指標をトリガーとする採水頻度変更と、直営採水による検鏡・臭気試験で定期採水の間隔を補う必要がある
- 気象水象などの自然条件で原因種の増殖しやすい環境が続くと、ダム運用、曝気循環設備での抑制は難しく、カビ臭濃度の低減までに時間を要する
- 浄水場でのカビ臭除去にも限界はあるが、早期対応で限界を回避出来る場合がある
- ダムから水道事業者への早期の情報共有は、原水から浄水になる時間差、採水から分析までのタイムラグに対し、浄水処理の猶予時間を延ばす
- 流域面積比のとおり、下流河川では高山ダム放流水の閉める影響が大きい。出水時を除き、本川流量との混合割合で2-MIB値を一定程度に出来る
- 発電放流設備と利水放流設備の取水口標高は、ほぼ中層に位置するが、実際の取水範囲には差があり、水質を選択的に放流可能な場合がある
- 自動観測によるダム上下流の連続データや鉛直観測データを注視することにより、貯水池内の水質変化を推定することが出来る
- 流入河川等から供給された種が高山ダムで環境に適合し増殖する可能性があるため、支川上流のダムやため池などの水質にも注意が必要
- 支川上流ダムからの流入水の影響が懸念される場合は取水深変更などの協力を協議調整した

2025年も同時期に事象再発の懸念があることから、水道事業者との密な水質調査の実施・情報共有を行った。

幸いにもカビ臭障害が発生することはなかったが、昨年の発生状況とその対応を踏まえ、連携強化を図ることができた。今後も対応全般の記録・整理、有識者・水道事業者の意見を踏まえ作成したタイムラインに沿って対応し、監視体制、水運用・設備運用等について関係者と協力して検討と取り組みを継続する。

## 謝辞

京都府営水道事務所には、カビ臭物質発生時の対応として、迅速な水質分析にご協力頂きました。この場を借りて深く御礼申し上げます。

## 関連論文

高山ダムにおけるカビ臭物質発生への対応状況  
～水質異常対応の一事例～

2024年