

ダム貯水池におけるカビ臭の発生要因分析と対策効果のシミュレーション

(株)建設技術研究所 守谷 将史、堀田 哲夫、陳 飛勇、鶴田 泰士

1. はじめに

Aダムでは平成11年の竣工後、平成14～16年の3カ年にわたってカビ臭が発生し、水道利用者からの苦情が寄せられた。それ以降、カビ臭の発生は確認されていないが、流域からの汚濁負荷流入状況等は大きく変化しておらず、今後もカビ臭が発生する可能性が十分考えられることから、現在稼動している曝気施設に加えて追加対策が検討されている。

本研究は、カビ臭の発生状況を整理し、発生要因を分析するとともに、流況、気象状況等に応じて変化するカビ臭原因物質の変動を表現できるモデルを構築し、対策効果の予測評価を行うものである。

表1 Aダム(所在地:北海道)の概要

総貯水容量	108 百万 m ³
湛水面積	6.8km ²
流域面積	1,662km ²
回転率	32.9 回/年 ^{注1}
流入栄養塩濃度	T-N : 1.12mg/L、T-P : 0.055mg/L ^{注2}

注1: H12～18 平均、平均年流入量/常時満水位容量から算定

注2: H12～20 定期調査平均(調査地点:流入端)

2. カビ臭の発生状況と要因の分析

ここでは、既往の水質調査結果を収集し、カビ臭の発生状況を整理するとともに、発生要因を分析した。

(1) カビ臭の発生状況

カビ臭原因物質としてはジオスミンと2MIBが考えられるが、図2に示すように、平成15、16年のカビ臭発生時には高濃度の2MIB(最大40ng/L)が検出されていることから、Aダムにおけるカビ臭原因物質は2MIBであると考えられる。なお、平成14年にはカビ臭の発生が報告されているが、調査時には既に終息しており、高濃度のカビ臭原因物質は検出されていない。

カビ臭生成に関わる藍藻としてAダムで生息が確認されているのは *Oscillatoria*(オシラトリア属)と *Phormidium*(フォルミディウム属)である。平成15、16年のカビ臭発生時には、特に *Phormidium tenue*(フォルミディウム

tenue)の増加がみられ、図1に示すように2-MIBとの間に強い相関がみられることから、カビ臭発生の原因はフォルミディウムテヌエの増殖であると考えられる。ただし、クロロフィルaは最大でも39μg/Lであり、淡水赤潮やアオコの発生等はみられず、優占種も珪藻や黄色鞭毛藻となっている。フォルミディウムテヌエを含む藍藻は最大で全体の細胞数の約30%を占める程度であり、優占する状況はみられない。

なお、平成20年のようにフォルミディウムテヌエの増加時にもカビ臭発生がみられない場合がある。その原因は明確ではないが、他事例ではカビ臭を生じない株の存在も指摘されている¹⁾。

ダムでは発臭性の放線菌も確認されているが、培養試験の結果、2MIB生成能が小さいことが確認されており、カビ臭発生には関与しないと考えられる。

(2) カビ臭(フォルミディウムテヌエ)の発生要因

カビ臭モデルの構築を行うにあたって、Aダムにおけるカビ臭の原因と考えられる藻類(フォルミディウムテヌエ)の増殖に係わる滞留時間、栄養塩、水温等について整理し、カビ臭発生時の特徴を確認した。その結果、通常の藻類増殖と同様に、以下の3つの条件が揃う場合にカビ臭が発生すると考えられることから、カビ臭現象についても、通常用いられる富栄養化モデルである程度の表現ができると考えられる。

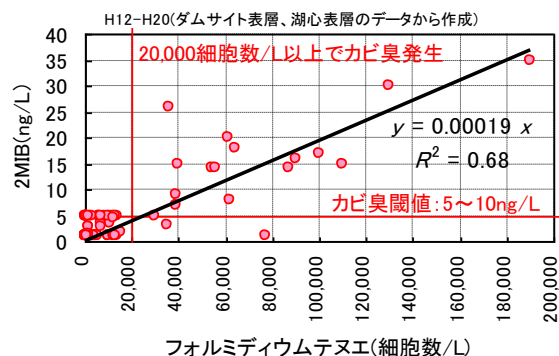


図1 フォルミディウムテヌエと2MIBの相関

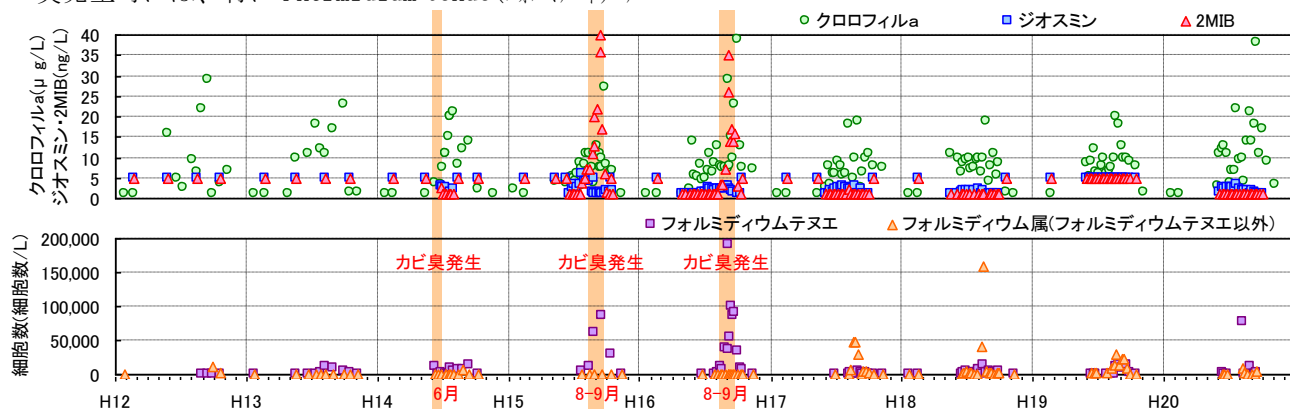


図2 クロロフィルa・ジオスミン・2MIB・フォルミディウムの経年変化(ダムサイト表層)

① 滞留時間が長い

カビ臭が発生した期間においては、平年の同じ時期に比べ、ダム流入量が少ない傾向がみられる(図 3)。

② 栄養塩濃度が上昇している

図 4 に示すように、ダムサイトの無機態リンは定常下限値程度で推移し、平常時にはほぼ枯渇した状態にあり、藻類の増殖はリン制限となっているものと考えられるが、カビ臭の発生に先立ち、出水等により貯水池内の栄養塩濃度が増加する傾向がみられる。

③ 水温が 15～22 度の範囲となっている

カビ臭発生は、表層水温が 15～22℃の範囲にある時に発生しており、有光層の水温がその範囲の場合にフォルミディウムテヌエが増殖すると考えられる。

3. 対策効果のシミュレーション

Aダムにおけるカビ臭現象を表現できるモデルを構築し、カビ臭対策効果の予測評価を行った。

(1) カビ臭現象の計算方法

水平 1 次元多層モデルにより、移流・拡散、藻類増殖・死滅等を考慮し、貯水池内のクロロフィル a を計算した。カビ臭発生時には図 5 に示すようにクロロフィル a とフォルミディウムテヌエの相関がみられるため、図 1 および図 5 に示す関係式を用いて、クロロフィル a 計算値から 2MIB を推定することとした。その結果、計算される 2MIB は、カビ臭が発生する可能性およびおよその発生量を示すものである。

図 6 に示すように 2MIB の計算値はカビ臭発生年の実測値の傾向を概ね再現することができている。

表 2 モデル概要

モデル	水平 1 次元多層モデル
計算メッシュ	水平方向 Δx : 200m、鉛直方向 Δy : 1m
流入量・放流量 取水位置・曝気	計算対象期間の実績を元に与えた。
流入水質	実測濃度と流量との関係式(C-Q 式)を用いて与えた。
気象条件	計算対象期間の実績を元に与えた。 (気温・湿度・風速・日射量・雲量)
計算水質項目	水温、SS、P、N、COD、Chl.a(2 種類)、2MIB 注

注: 2MIB はクロロフィル a から推定

(2) 対策効果の予測

カビ臭抑制対策として、現況の曝気 4 基から 6 基へ増設した場合のクロロフィル a、2MIB の予測結果を図 6 に示す。曝気による藻類の拡散、底層への連行効果の強化により、クロロフィル a の最大値を $3.1 \mu\text{g/L}$ 、2MIB の最大値を 3.0ng/L 低減できると予測された。

4. まとめ

本研究では、藻類の発生環境に着目することで、Aダムにおける主なカビ臭発生要因を推定することができた。また、藻類の発生と 2MIB を関連づけることで、カビ臭現象を表現し、対策効果を評価することができるモデルを構築することができた。

参考文献

- 1) 工藤勝弘: ダム貯水池におけるフォルミディウムとカビ臭, 水文・水資源学会誌 84, pp331-342, 2004. 7

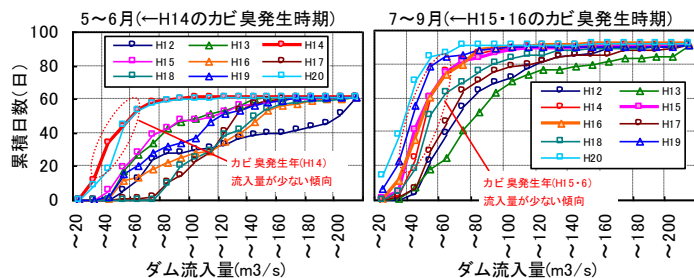


図 3 カビ臭発生期間の流量状況

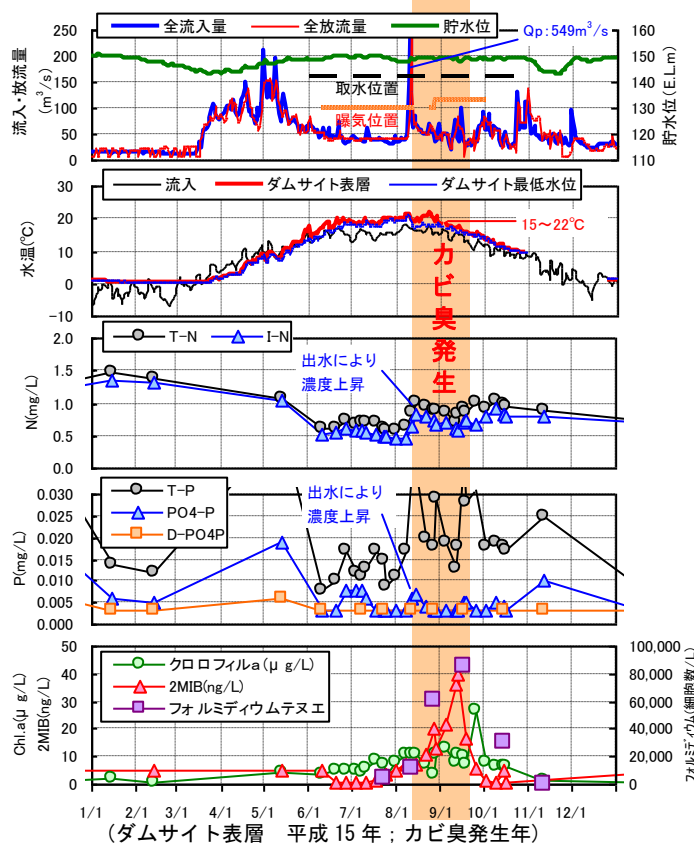


図 4 カビ臭発生年の水質状況

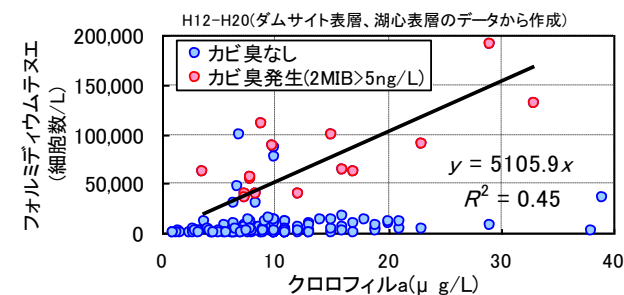


図 5 Chl.a とフォルミディウムテヌエの相関

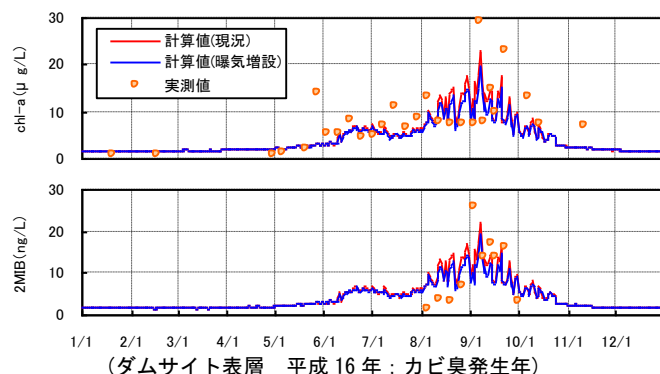


図 6 曝気増設による 2MIB 低減効果の予測結果