

ダム貯水池におけるフォルミディウムとカビ臭に関する研究

中央大学大学院 学生員 ○河上 智行
水資源開発公団 正会員 工藤 勝弘

水資源開発公団 正会員 佐藤 直良
中央大学理工学部 正会員 山田 正

1. はじめに：水源となっているダム貯水池では，富栄養化に伴う水質の悪化が社会的な問題となっており，重要かつ緊急な課題となっている．富栄養化問題のなかでも，植物プランクトンによる異臭味の発生は特に大きな問題である．ダム貯水池における代表的な異臭味問題としては藍藻類の一種 *Phormidium* が生産する 2-MIB（2メチルイソボルネオール）という物質によるカビ臭障害がある．水資源開発公団が管理するダムでも草木ダム，室生ダム，一庫ダム，寺内ダムの4つのダム貯水池で藍藻類の *Phormidium* によるカビ臭障害が発生した．そこで本研究は，上記4ダムにおいて *Phormidium* とカビ臭の発生について考察することを目的とした．

2. *Phormidium* とカビ臭の調査：*Phormidium* の個々の細胞は，幅 1~2 μm ，長さ 2~5 μm の円柱状であり，数個~数十個が糸状につながって群体を形成する．公団では，*Phormidium* の発生がみられた4ダム貯水池を対象に1988~1990年に週2回程度で *Phormidium* とカビ臭の調査を実施した．4ダムの所在地とダムの諸元を表-1に示す．各ダムとも調査地点はダムサイト近傍とし，水深方向には，水面下 0.5m，2.5m，5.0m，10m，15mの5深度とした．また主な測定項目，測定方法は，表-2に示す．

3. 調査結果 a) *Phormidium* の発生量と 2-MIB の時系列変化：図-1に *Phormidium* の発生量と 2-MIB の時系列変化を示す．*Phormidium* の発生量や 2-MIB の濃度の変化はダムによって，あるいは年によって大きく異なり，2-MIB の濃度と *Phormidium* の発生量との関係も大きく異なっていた．しかし，いずれのダム貯水池においても初夏~盛夏にかけて *Phormidium* の発生量が増加しており，カビ臭物質 2-MIB の濃度は，*Phormidium* の変動とは必ずしも連動していないものの，*Phormidium* が発生している時に，あるいは *Phormidium* が発生した直後に高い値が検出されたことが明らかとなった．

b) *Phormidium* の1群体当たりの細胞数：図-2は4ダム貯水池のダムサイト地点の水面下 0.5mの表層において観測されたすべての1mlあたりの群体数と細胞数の関係を示している．図-2から1群体あたりの細胞数は大きくばらついており，群体数では *Phormidium* の発生量を正しく見積もれないと考えられる．よって以下では，*Phormidium* の発生量について1mlあたりの細胞数を用いることとする．

c) カビ臭物質 2-MIB の溶解成分：図-3は，カビ臭物質 2-MIB 濃度と溶解成分（d・2-MIB）の関係を示している．これよりカビ臭物質 2-MIB 濃度に占める溶解成分の割合は，おおむね70%であることがわかる．よって，細胞内で生産されたカビ臭物質の多くが水中に放出されていることがわかる．

d) カビ臭の閾値：図-4は，臭気強度（TON）と 2-MIB 濃度との関係を示したものである．なお，臭気強度および臭気の種類判定は上水試験方法によった．また，図-5には，カビ臭と判定された頻度と 2-MIB 濃度の関係を示した．図-4より 2-MIB の濃度が増加するとカビ臭と判定される検体数が増加していることがわかる．図-5より 2-MIB 濃度が 10 $\mu\text{g/l}$ を越えると急激にカビ臭と認識される頻度が増加する傾向がみられた．このことから，2-MIB によるカビ臭の閾値は，概ね 2-MIB 濃度 10 $\mu\text{g/l}$ 程度と考えられ上水試験方法（2001）の記載内容を現地の測定結果から確認することができた．また，図-6に 2-MIB 濃度と *Phormidium* の発生量（細胞数/ml）の関係を示し，図-7に

表-1 調査対象4ダム貯水池の所在地と諸元

ダム名	草木ダム	室生ダム	一庫ダム	寺内ダム
河川名	渡良瀬川	宇陀川	猪名川	佐田川
所在地	群馬県勢多郡	奈良県宇陀郡	兵庫県川西市	福岡県甘木市
管理開始年	1977年	1974年	1983年	1978年
総貯水容量（千 m^3 ）	60,500	16,900	33,300	18,000
年平均総流入量（千 m^3 ）	365.25	110.34	93.59	69.37
平均回転率（回転/年）	6.0	6.5	2.8	3.9

表-2 測定方法

測定項目	測定方法
<i>Phormidium</i> の細胞数	顕微鏡観察による個体数のカウント
<i>Phormidium</i> の群体数	顕微鏡観察による個体数のカウント
2-MIB 濃度	パージ・トラップガスクロマトグラフ質量分析法
溶解性 2-MIB 濃度	0.45 μm メンブランフィルターで濾過した後，パージ・トラップガスクロマトグラフ質量分析法
臭気強度(TON)	無臭味水による希釈倍数で表す方法
臭気の種類判定	検水を40~50に暖める方法

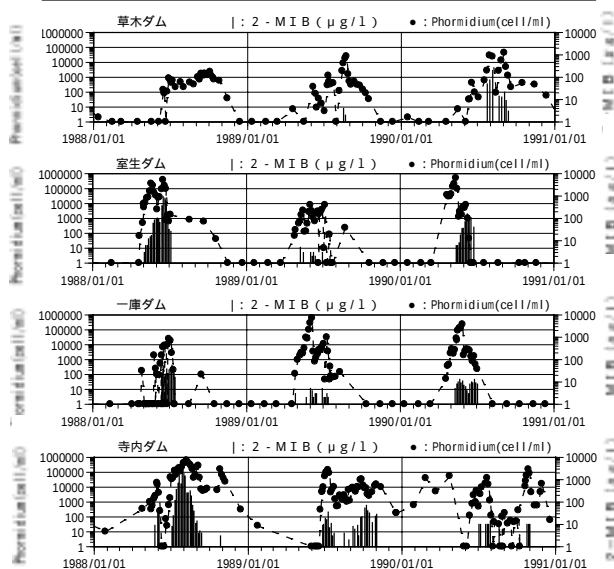


図-1 対象4ダムにおける *Phormidium* の発生量と 2-MIB 濃度の時系列変化

キーワード 2-MIB，フォルミディウム，カビ臭，富栄養化，ダム貯水池

連絡先 〒122-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部 TEL03-3817-1805 FAX03-3817-1803

は 10ng/ml 以上の 2-MIB が観測された頻度と Phormidium の発生量（細胞数/ml）の関係を示す。図-6 から 2-MIB 濃度と Phormidium の発生量の関係を単純にみるとばらつきが大きい、2-MIB 濃度が 10ng/l 以上となる頻度でみると、図-7 から Phormidium の発生量が 1000 細胞数/ml を越えると、2-MIB 濃度が 10ng/l 以上、すなわちカビ臭障害が発生する頻度が急激に増加することが明らかとなった。

e) Phormidium およびカビ臭発生と水温の関係：

Phormidium の発生量と水温の関係を図-8 に示す。

寺内ダムでは 10 以下で

も 1000 細胞数/ml を超えるような発生がみられ、25 を超える水温でも 100,000 細胞/ml 以上の発生が観測されているが、他の 3 つのダムを含め全体的には、100,000 細胞数/ml を超えるような発生は、おおむね 15~25 の範囲に集中している。室生ダム、一庫ダムでは 5 月以降の水温に、草木ダム、寺内ダムでは 7 月以降の水温に相当し、水温が Phormidium の発生に大きく関わっていることをしめすものである。一方、図-9 に示す 2-MIB と水温の関係をみると、15 以下では 2-MIB はほとんど観測されず、Phormidium の発生が多くみられた水温範囲と同じ 15~30 の範囲で高濃度の 2-MIB が観測された。

4. まとめ：本研究で得られた知見を以下に示す。1 群体あたりの細胞数は大きくばらついており、Phormidium の発生量については細胞数で表すことが妥当である。カビ臭物質 2-MIB の存在形態は溶解成分が全体の 70% であり、2-MIB の多くが水中に溶出している。2-MIB 濃度が概ね 10ng/l を越えるとカビ臭と認識される確率が高くなることがわかった。

Phormidium の発生量とカビ臭濃度との関係は必ずしも比例関係はないが、2-MIB によるカビ臭の閾値を 2-MIB 濃度 10ng/l とすると、Phormidium が 1000 細胞/ml を越えた場合、カビ臭問題が発生する可能性が高くなる。Phormidium の発生量が最も多くなるのは表層の水温が 15~30 となる時期であった。カビ臭の閾値を超える高い 2-MIB 濃度が観測されたのは、表層水温が 15~30 となる時期であった。

参考文献

- 1) 日本水道協会，異臭味水対策の指針，1979。
- 2) 田村光宏ら，谷根ダム（新潟県柏崎市）における放線菌のカビ臭発生と環境要因との関係，全国水道研究発表会講演集，52，pp.554-555，2001。

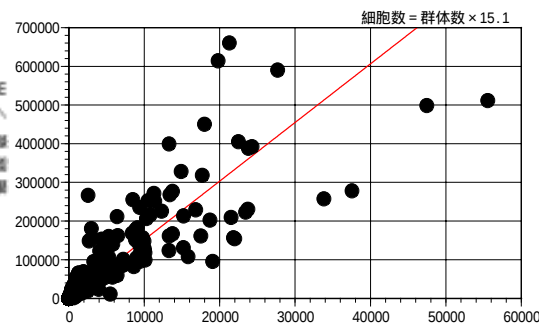


図-2 Phormidium 1ml あたりの群体数と細胞数の関係

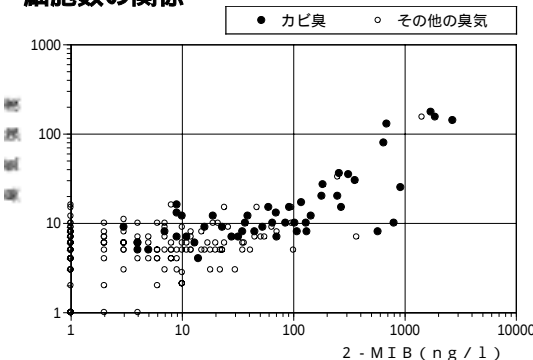


図-4 臭気強度と 2-MIB 濃度の関係

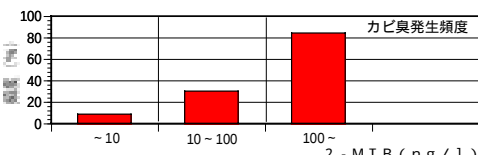


図-5 カビ臭発生と 2-MIB 濃度の関係

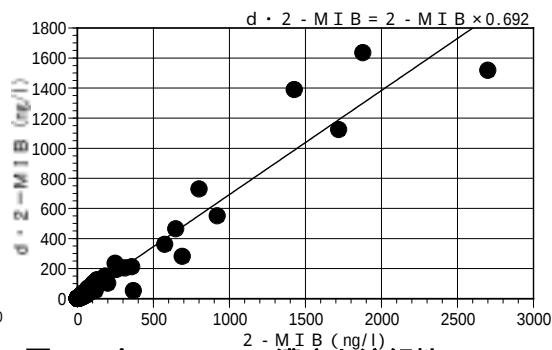


図-3 全 2-MIB 濃度と溶解性 2-MIB (d·2-MIB) 濃度の関係

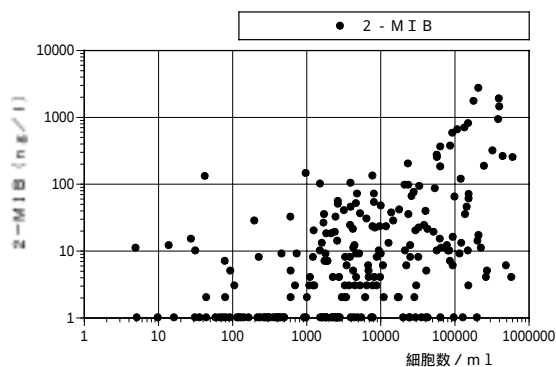


図-6 2-MIB 濃度と Phormidium 発生量の関係

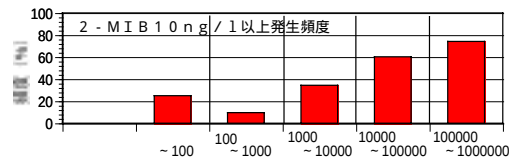


図-7 2-MIB 濃度 10ng/ml 以上の発生頻度と Phormidium 発生量の関係

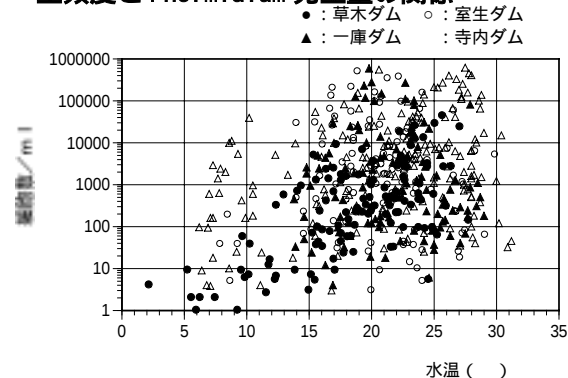


図-8 Phormidium の発生量（細胞数/ml）と水温の関係

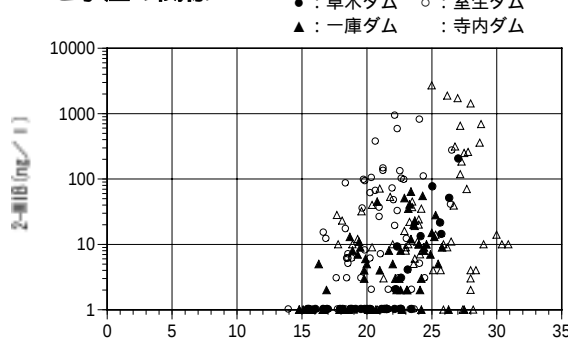


図-9 2-MIB (ng/l) と水温の関係