

# 釜房湖における 2-MIB の増加要因の検討

東北大学工学部 鈴木淳士

東北大学大学院工学研究科 梅田 信

国土交通省釜房ダム管理所 松川正彦

## 1. はじめに

2-MIB (2-メチルイソボルネオール) は飲料水におけるカビ臭原因物質の一つである。無毒性であるが、少量であってもカビ臭が発生する特徴がある。この物質は貯水池の富栄養化に伴って増加する傾向が高い藍藻類の一種である *Phormidium tenue* などが産出することが知られている<sup>1)-2)</sup>。

2-MIB 濃度増加時の対策として浄水場における活性炭の投入をすることにより、水中から 2-MIB を除去させる方法がとられている。また、ダム湖内の藍藻類の増殖を抑制するための対策として、曝気循環施設の運用により湖水を循環させ、植物プランクトンを表層から無光層へ送ることによって増殖を抑える方法などがなされている。これらの対策をより効果的に実施するためには、2-MIB の発生、増加要因について把握することが重要である。

## 2. 研究対象の概要

本研究の対象領域は宮城県柴田郡川崎町に位置する釜房湖である。1970 年の釜房ダム竣工によってできたダム湖であり、流域面積 195.25km<sup>2</sup>、総貯水容量 4.53×10<sup>7</sup>m<sup>3</sup> を持つ、洪水調節、灌漑、発電、水道用水、工業用水のために建設された多目的ダムである。ダム湖の平面図を図-1 として示す。仙台市の水道水供給量の約 36 パーセントを占め、仙台市の最大の水がめと呼ぶことができる。その一方、釜房ダムの供用を開始した 1971 年に仙台市上水道にカビ臭が発生した。湖水の循環を強化して植物プランクトンの増殖を抑制する対策として、間欠式空気揚水筒を導入した。この対策により、いったんはカビ臭の発生が抑制されたものの、

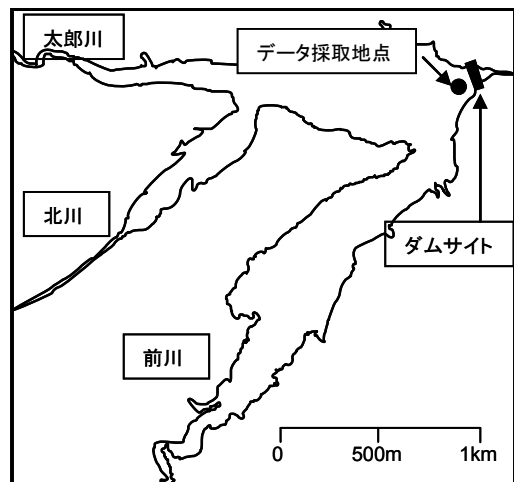


図-1 釜房湖の概要とデータ採取地点

1996 年からカビ臭が再発生している。そのため、湖水の循環効率がより大きい散気式の曝気循環装置へと対策の改良を図った。しかし、依然として 2-MIB の発生が確認される。

### 3. データの概要

本研究では、釜房ダム管理所および仙台市水道局によって測定されたデータを用いた。このデータの測定は、次のように行われたものである。測定地点は湖内に多数設定されているが、そのうち図-1 に示したダムサイト付近の表層で実施されたデータに注目した。また項目は、2-MIB 濃度、*Phormidium* 属細胞数、クロロフィル a 濃度(Chl-a), BOD, COD, 総窒素(T-N), 硝酸性窒素(NO<sub>3</sub>-N), 亜硝酸性窒素(NO<sub>2</sub>-N), 総リン(T-P), について本研究では整理を行った。測定頻度は、ダム管理所 が月 1 回, 水道局ではカビ臭の発生状況に応じて月 1 回から週 2 回程度までの間隔で不定期に実施された。本論文では、1997 年 1 月から 2008 年 12 月までの 12 年間のデータを対象として解析を行った。図-2 に各水質項目の時系列を示す。2-MIB 濃度は 98 年, 99 年において大きく上昇しており, 01 年, 03 年, 05 年においてもわずかに上昇している。この 2-MIB 濃度と比較して増減の傾向が一致しているものとしてクロロフィル a 濃度が挙げられる。98 年, 01 年, 03 年, 05 年において増加している点が一致している。また, BOD, COD についても 2-MIB 濃度の上昇時には上昇しており, 増加時の傾向が一致している。他の要因については 2-MIB 濃度と増減の挙動が一致する点がなく, 2-MIB の増加要因と推定することができない。

### 4. 2-MIB と水質項目の相関

採取データを用いて 2-MIB 濃度と相関がある項目の調査をする。縦軸に 2-MIB 濃度, 横軸に採取データの項目をとることによって, 単相関を調べる。単相関を調査し, 関係性を持つものがあれば, その項目は 2-MIB 増加と相関を持つと考えることができる。図-3 に 2-MIB 濃度と他の要因との相関を示す。全ての要因を調査したが, 相関があると考えられる項目は見られなかった。これより, 2-MIB は 1 つの要因に対して増減するのではなく, 様々な要因が影響を与えることによって 2-MIB が増減するということが考えられる。

### 5. 解析方法

2-MIB は, *Phormidium tenue* が生産すると考えられる生物学的な現象であるため, 前章で調べたとおり, 単純な相関解析から濃度の予測を行うことが難しいと考えられる。しかし, 図-2 で概略的に確認されたように, いくつかの水質項目と増減する時期が対応しているようである。そこで本研究では 2-MIB 濃度よりも, 増加する時期をより重視した解析を試みる。

まず図-2 より 2-MIB の増加と時期的な対応が比較的良好に見られる項目は, クロロフィル a, COD, BOD などが挙げられる。このことから, 2-MIB は植物プランクトンの増殖に同期している可能性が高いと推測できる。一方, 別途でダム管理所が測定している植物プランクトンの種別細胞数のデータと照らし合わせると, クロロフィル a および 2-MIB 濃度の上昇時には, 藍藻類(特に *Phormidium* 属) が優占している場合が多いことが分かった。そこで, クロロフィル a 濃度と *Phormidium* 属の細胞数を説明変数として解析に用いることにする。

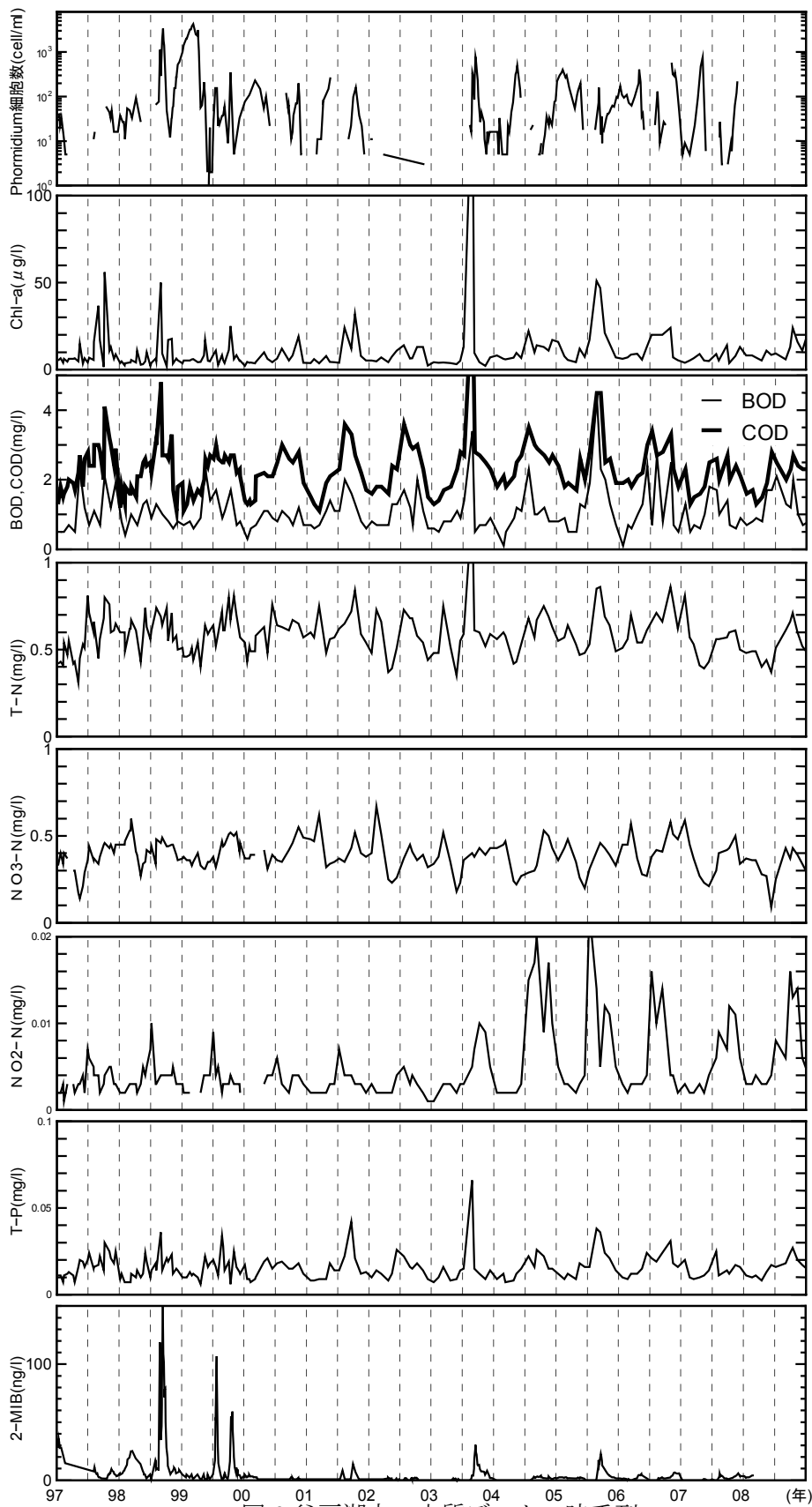


図-2 釜房湖内の水質データの時系列

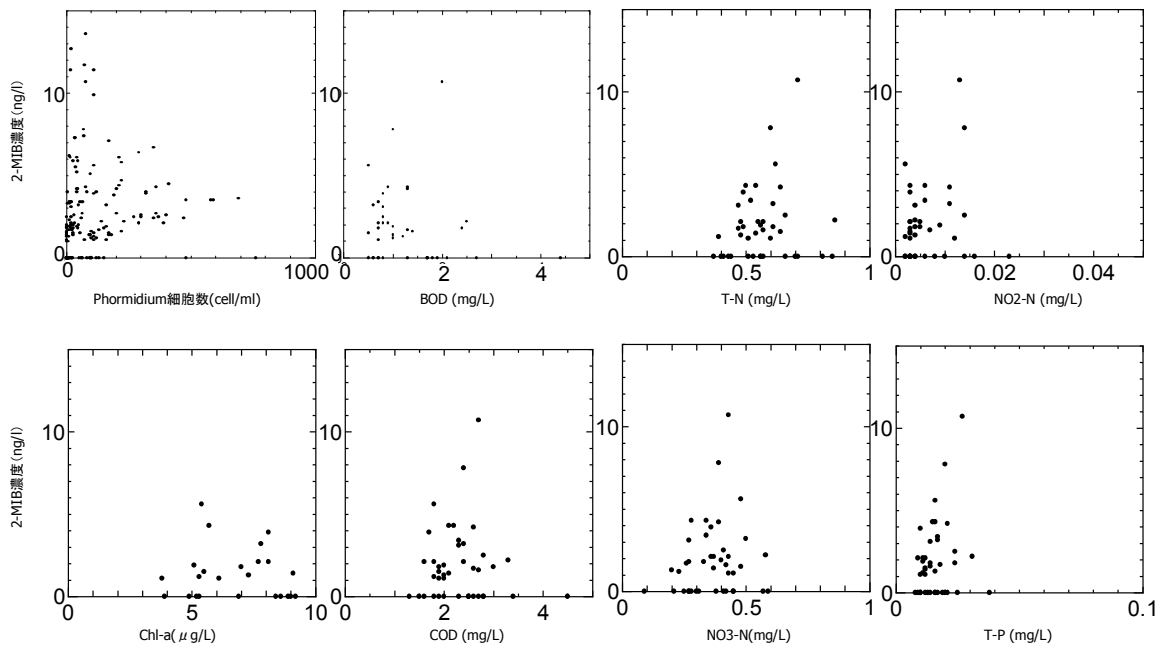


図-3 2-MIB と水質項目の相関

次に、これらのデータはそれぞれ測定の高頻度や日にちが異なる場合が多いため、若干の前処理を行ったうえで解析を行うことにした。第3章で記載したように、クロロフィルaは概ね月1回の分析であるのに対して、2-MIBと*Phormidium*属細胞数は、時期によってさらに高頻度が高い場合もある。そこで、本研究では月ごとの最大値を抽出するといった処理を行った。その結果を図-4に示す。

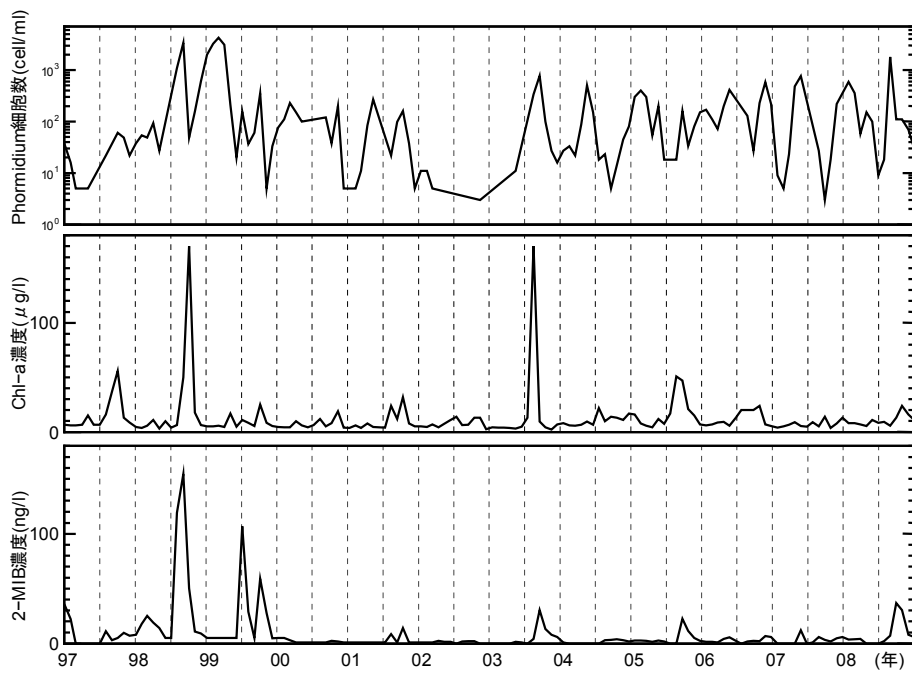


図-4 月別の値（月最大値の抽出）の時系列

このような処理を施したデータに対して、ニューラルネットワークを用いた解析を行った。2-MIB 濃度に対して *Phormidium* 属細胞数とクロロフィル a 濃度は正の相関を持つと予想されるが、4 章で示したように、必ずしも線形的な相関は見られない。そこで、非線形的な関係を考慮できるようにニューラルネットワークを用いた。図-5 に示すように、入力は *Phormidium* 属細胞数とクロロフィル a 濃度、中間層は 4 ノード、出力は 2-MIB 濃度とする回路を構築した。

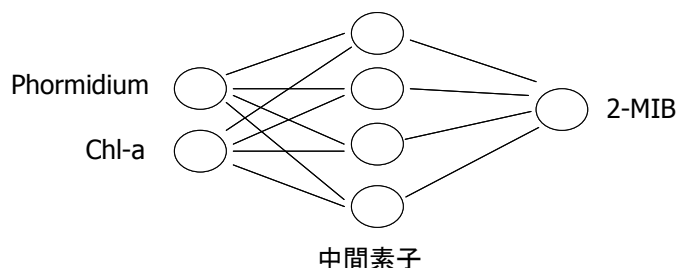


図-5 ニューラルネットワークの概要

## 6. 結果

図-6 に 2-MIB 濃度の測定値と推定値を示す。98 年、99 年秋期、03 年における 2-MIB の増加イベントには推定値においても増加している。一方で 99 年の夏期における 2-MIB の増加に対して推定値は推測できていないという点もあるものの、概ね 2-MIB の増加時の推定はできたと考えられる。

## 7. まとめ

2-MIB 濃度との相関として *Phormidium* 属細胞数よりもクロロフィル a 濃度の方が高いことが推測された。そして、*Phormidium* 属細胞数とクロロフィル a 濃度を利用して、2-MIB の増加時期を概ね推定できることが確認された。

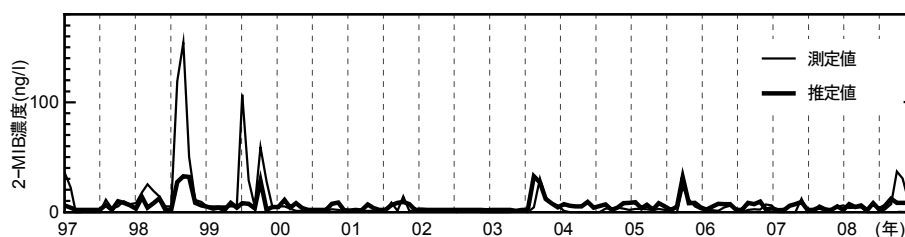


図-6 推定と実測 2-MIB 濃度の時系列

### 謝辞

本研究は科研費(21760380)の助成を受けたものである。

### 参考文献

- 1) 横山 洋, 山下 彰司: ダム貯水池におけるカビ臭発生要因の検討, 河川技術論文集, 第 13 巻, pp23-28, 2007
- 2) 河上 智行, 佐藤 直良, 工藤 勝弘, 山田 正: 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: 土木学会年次学術講演会講演概要集, 58 巻, pp433-434, 2003