

## <ノート>

# 琵琶湖南湖の水道原水の臭気発生・終息因子の分析

隅 倉 みさき<sup>1)</sup>, 宮 川 浩 樹<sup>2)</sup>, 福 本 千 尋<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> ㈱日立製作所 研究開発グループ  
(〒319-1219 茨城県日立市大みか町7-1-1 E-mail:misaki.sumikura.mf@hitachi.com)

<sup>2)</sup> ㈱日立製作所 水・環境ビジネスユニット  
(〒101-0021 東京都千代田区外神田1-5-1 E-mail:hiroki.miyakawa.qr@hitachi.com)

<sup>3)</sup> ㈱日立製作所 水・環境ビジネスユニット  
(〒101-0021 東京都千代田区外神田1-5-1 E-mail:chihiro.fukumoto.xc@hitachi.com)

## 概要

粉末活性炭注入運転への活用に向け、琵琶湖南湖から取水するA浄水場の原水について、公開データを用いた臭気（生ぐさ臭、カビ臭物質）の発生時期と終息時期の予測に向け、過去データを整理・分析した。過去5年分の各臭気の発生期間と気象・水位等のデータを比較し、臭気の発生・終息への主な影響因子として水温、水位、放流流量、風速を選定した。これらの影響因子を入力とし各臭気の発生・終息可能性を示す指標として発生指数を定義した。実データを用いて試算し、生ぐさ臭は5年間の5割以上で予測日数差1週間以内となる結果を得た。

キーワード：カビ臭、生ぐさ臭、臭気発生予測

原稿受付 2024.7.8 原稿受理 2024.9.19

EICA: 29(2・3) 98-106

## 1. 緒 言

水道水の異臭味被害は各地で報告されており、厚生労働省の調査ではカビ臭等による被害を受けた水道事業者数は増加傾向にある<sup>1)</sup>。原水臭気の発生時は粉末活性炭注入、オゾン処理、前塩素処理の中止および中塩素処理への切替えといった対策が必要になる<sup>2)</sup>。このため、浄水場の安定した運転管理等に向け、特にカビ臭を対象に臭気発生を事前に予測する様々な手法が報告されている。多くは臭気の原因生物である藻類の増殖機構を基本としており、1) 気象や水質の蓄積データの統計解析、2) 発生メカニズムに基づくモデルを用いた分析、3) 臭気発生の予兆となるバイオマーカー（原因藻類のDNA等）の計測と環境条件の分析<sup>3-5)</sup>、等の取り組みがある。1) の例として、数年～10年以上程度の比較的長期の蓄積データ（臭気物質濃度を含む）を対象に統計的手法（回帰分析、長短期記憶ネットワーク、ランダムフォレストなど）や機械学習を用いた予測が国内外で実施されている<sup>6-13)</sup>。2) の例では、水理/水質/生態系モデル等を組み合わせたモデルを用いた臭気発生シミュレーションや、簡易な手法として、ダムや貯水池の臭気の発生条件を設定して発生可能性を判定する事例等が報告されている<sup>14,15)</sup>。本報告では、浄水場における運転現場での活用を想定し、上記2) に分類される予測手法に着目した。臭気の発生・終息条件の充足の有無に基づく簡易

な計算を用いた予測に向け、発生機構とその影響因子を分析し、発生可能性の算出を試みた。

## 2. 方 法

### 2.1 原水臭気の発生機構と影響因子の分析

#### 2.1.1 分析対象および方法

本報告では、琵琶湖（南湖）を水源とするA浄水場の原水臭気（生ぐさ臭とカビ臭物質（2-MIB、ジェオスミン））を分析対象とした。琵琶湖では、例えば北湖における全層循環（湖水の混合）の停滞や、植物プランクトンの優占種の変遷など、気候変動等の影響と考えられる様々な変化が報告されている<sup>16,17)</sup>。このことから、対象期間が長すぎると期間内で臭気の発生機構が変化している可能性が考えられた。このため、2018年の記録的な豪雨以降の2019年から2023年までの5年間のデータを分析した。臭気物質はいずれも原因生物（主に藻類）の産生物であるため、原因生物の増殖や存在に関わる琵琶湖での気象/水理現象、およびその影響因子を、臭気の発生・終息の予測に使用するという観点で文献調査から整理した。それらの影響因子と原水臭気データを比較し、相関を調べた。なお、原水臭気データは、生ぐさ臭は臭気強度（臭気の種類が生ぐさ臭と認知された場合のみを使用）、カビ臭はカビ臭物質濃度とした。

### 2.1.2 影響因子の選定

原水臭気の発生・終息への影響因子の選定にあたり、運転従事者が日常的に使用することを想定し、予測時の入力となる影響因子は全て公開データで入手できるものとした。原因生物の増殖／活性あるいは発生／消失に関わる影響因子として選定した項目と選定理由を以下に示す<sup>18-28)</sup>。

- ・水温：原因生物により増殖の至適範囲があり、季節による発生・終息、優占種の入替わりに関わる。
- ・日射時間：表層で増殖する藻類、底泥中の藻類、湖底に繁茂する沈水植物、沈水植物に付着した藻類、等へ到達する光量に関わり、表層以外は水位の影響を受ける。
- ・滞留時間：浮遊性の原因生物の増殖量に関わる。水位、放流流量が影響し低水位かつ高放流流量で短くなる。
- ・栄養塩類：藻類の増殖速度に関わり、流域河川等や底泥からの流出で供給される。
- ・水位：南湖での水理現象（南湖内の流速変化、湖水攪拌による底泥巻上げ、水平方向の環流等）に影響する。北湖を含む流域の降水量や放流流量の増減に伴い変化する。
- ・放流流量：水位と同様に、南湖での水理現象に影響する。琵琶湖の水位は、洪水回避や利水の目的で、南湖から流出する瀬田川の可動堰（瀬田川洗堰）での流量調節により制御されている。本報告ではこの流量を放流流量と呼ぶ。梅雨／台風などによる豪雨時の琵琶湖の水位上昇を緩和するため、降水量の少ない冬期に低下し春期に回復した水位を6月中旬頃までに低下させる<sup>29)</sup>。南湖は平均水深4mと浅く、放流流量の変化の影響を受けやすいと考えられる<sup>21)</sup>。

Fig. 1 に琵琶湖における取水場所と瀬田川洗堰の位置を示す<sup>30)</sup>。



Fig. 1 Location of water intake for A water treatment plant and movable weir at Lake Biwa

- ・風速：南湖での湖水攪拌による底泥巻上げ等に影響する。地理的な特徴として、冬期に強い北西風がある。

以上の影響因子と原水臭気の関連については、臭気の原因となる藻類の増殖、および、それら藻類の巻き上げ（湖水の攪拌）に着目した。4つの影響因子（水温、水位、放流流量、風速）について臭気発生・終息との関係性を検討した。各影響因子データは、以下のとおり公開データを加工して使用した。

- a) 水温：増殖に関連する。データは日平均気温（大津、気象庁データベース<sup>31)</sup>）を使用した。気温と原水水温との相関式を用いて日平均の原水水温に換算し、さらに先行10日間の平均値とした。対象の5年間では、同じ水温への到達日は1カ月弱の幅があった。
- b) 水位：増殖と攪拌の両方に関連する。データは南湖の日平均水位（三保ヶ崎、国交省データベース<sup>32)</sup>）を使用し、先行3日間の平均値とした。
- c) 放流流量：増殖と攪拌の両方に関連する。データは瀬田川洗堰の前後の日平均水位（鳥居川と関ノ津、同）を使用した。瀬田川洗堰前後の水位の差分と放流流量（琵琶湖河川事務所<sup>33)</sup>）との相関式を用いて日平均放流流量に換算した。最大値は同堰の流量調節の上限である300 m<sup>3</sup>/sとした。
- d) 風速：攪拌に関連する。データは日平均風速（大津、気象庁データベース<sup>31)</sup>）を使用し、先行3日間の平均値とした。

日射時間と放流流量はいずれも降雨量に影響を受けるため、一部期間（水位制御で水位を低下させる5-6月等）以外は相関が見られた。また、滞留時間は水位と放流流量で変化する。影響因子間の相関を低減するため、日射時間と滞留流量については直接影響を評価する因子には使用しないこととした。

栄養塩類は、現在提供されている計測値の公開データは予測に使用する際に必要な計測頻度と即時性が不十分なため、今回の検討対象外とした。

### 2.1.3 発生・終息機構の推定

2.1.2で述べた影響因子の過去データと、主に琵琶湖における臭気発生や水理的な現象に関する文献調査結果から、同浄水場の年間の原水臭気の発生・終息の機構について、以下の仮定を設定して、3.1で実績データを分析した。

- (1) 水理現象は年間の水位制御のサイクルに影響を受けるため、少なくとも水位制御の方針が切り替わる各期間で異なる臭気の発生・終息機構がある。期間として、水位上昇期（2-4月）、水位低下期（5-6月）、水位維持期第1期（6-8月）、同第2期（9-10月）、乾燥期（11-1月）が含まれる。
- (2) 水位上昇や放流流量増減に伴う南湖の流速増減に

**Table 1** Conditions of factors related to outbreak and termination of fishy odor for odor index calculation

|        |    | 水温 (10日平均値) [°C]   | 水位 (3日平均値) [m]                        | 放流流量 [m <sup>3</sup> /s]          |
|--------|----|--------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|
| 春<br>期 | 発生 | 先行 60 日間に 9.5°C 以上 | 先行 60 日間に -0.04 m 以上                  | —                                 |
|        | 終息 | 先行 7 日間に 14°C 以上   | —                                     | 先行 60 日間に 40 m <sup>3</sup> /s 以上 |
| 冬<br>期 | 発生 | 前日に 14°C 以下        | 前日に -0.4 m 以上<br>または 60 日間に -0.7 m 以下 | —                                 |
|        | 終息 | 前日に 7.3°C 以下       | —                                     | —                                 |

よる湖水攪拌で、巻上げが生じ底泥中の藻類（ウログレナやカビ臭産生藻類）等が水中に流出する。あるいは北湖や南湖沿岸部で増殖した藻類（同）が、同浄水場の取水場所付近に流入する。

- (3) 原因生物は、水温が増殖至適範囲に到達し所定日数以上維持されると増殖し、逸脱すると衰退する。また、降水量や水位制御に伴い放流流量が低くまたは高くなると滞留時間が伸長または短縮され原因生物の増殖が促進または抑制される。
- (4) 沈水植物は、上述の水位維持期に日射量が増加すると湖底に繁茂する。放流流量が減り滞留時間が増加すると、繁茂している沈水植物表面で付着性のカビ臭産生藻類が増殖しカビ臭物質を産生する。水温が低下し沈水植物あるいはカビ臭産生藻類の増殖至適範囲以下に達すると、沈水植物は枯死しカビ臭産生藻類も衰退する。

## 2.2 原水臭気の発生ポテンシャル指標の試算

粉末活性炭注入運転の判断材料に利用することを想定し、原水臭気の発生・終息または増減傾向の推定を検討した。原水臭気と影響因子の分析結果を用いて、臭気の発生・終息の可能性を示す指標の算出を試みた。臭気の試算対象は、ある程度各年で共通の発生パターンが見られた生ぐさ臭と 2-MIB とした。1 種類以上の影響因子がある条件を充足した場合に臭気が発生または終息したパターンを、単純な数式で表すこととした。計測式は、基本的に各影響因子の条件の充足有無（なし=0, あり=1）に係数を乗じて合計した簡易な構成とした。各臭気で、発生する時期ごとに異なる発生・終息機構があると想定し、計算式は時期ごとに作成した。生ぐさ臭では春夏期（3-5月）と秋冬期（10-1月）とした。各影響因子の条件の充足有無は臭気の発生・終息への関与の有無を示し、係数の絶対値で各影響因子の関与の大きさを示すこととした。また、係数は、発生を促進する条件は正の値、終息を促進する条件は負の値とした。式 1 に、例として春夏期の生ぐさ臭の発生指数の計算式を示す。

$$I_s = k \cdot f_{t1}(T_1) + l \cdot f_h(H) + m \cdot f_d(D) + n \cdot f_{t2}(T_2) \quad \dots \text{(式 1)}$$

ただし、

$I_s$  : 生ぐさ臭の発生指数 (春夏期),  
 $f_{t1}(T_1)$  : 水温条件 (発生) の充足有無 (0, 1),  
 $f_h(H)$  : 水位条件 (発生) の充足有無 (0, 1),  
 $f_d(D)$  : 放流流量条件 (終息) の充足有無 (0, 1),  
 $f_{t2}(T_2)$  : 水温条件 (終息) の充足有無 (0, 1),  
 $T_1$  : 水温 (発生),  $T_2$  : 水温 (終息),  $H$  : 水位,  
 $D$  : 放流流量,  $k, l, m, n$  : 係数, である。

各時期で発生指数が 0 から 1 以上になる日を発生日、1 以上から 0 になる日を終息日として、実績の発生日 / 終息日との差を予測日数差と定義した。発生指数は 5 年間で 1 年ごとに計算し、係数は、対象の年以外の 4 年間における各時期の発生・終息の予測日数差 (絶対値) の最大値が最小になるように調整した。Table 1 に試算に使用した生ぐさ臭の発生・終息に関する各影響因子の条件を示す。水温条件 (発生)  $f_{t1}(T_1)$  は先行 60 日間に  $T_1(=9.5)^\circ\text{C}$  以上、水位条件 (発生)  $f_h(H)$  は前日に  $H(=-0.04)\text{m}$  以上、水温条件 (終息)  $f_{t2}(T_2)$  は先行 7 日間に  $T_2(=14)^\circ\text{C}$  以上、放流流量条件 (終息)  $f_d(D)$  は先行 60 日間に  $D(=40)\text{m}^3/\text{s}$  以上とした。各条件は 3.2 で述べる分析結果から設定した。今回設定した条件では、係数  $k$  と  $l$  は、2019 年はいずれも 1、他の 4 年間は 2 と 1 となり、発生への影響度は水温が水位より高い結果となった。同じく係数  $m$  と  $n$  は、2021 年度以外はいずれも -1、あるいはいずれも -2 となり、終息への影響度は放流流量と水温で明確な差は見られなかった。

## 3. 結果と考察

### 3.1 原水臭気の発生状況

Fig. 2 に、生ぐさ臭、2-MIB、ジェオスミンの 5 年間の推移と原因生物の数を示す。横軸は月であり目盛は各月の 1 日を示す (Fig. 3~Fig. 6 も同様)。なお、臭気強度 / 臭気物質濃度 / 原因生物数は臭気発生期間中に毎日計測されてはならず、発生期間に臭気計測の計測値が無い日が含まれる。原因生物数のプロットが 0 の場合は不検出を示す。また、計測に供された試験水は塩素処理等を施さない湖水である。

生ぐさ臭は、基本的に春夏期 (3-5 月) と秋冬期 (10-1 月) に発生し、臭気強度は春夏期のほうが高い傾向であった。ただし 2019 年春夏期は最大 600 TON

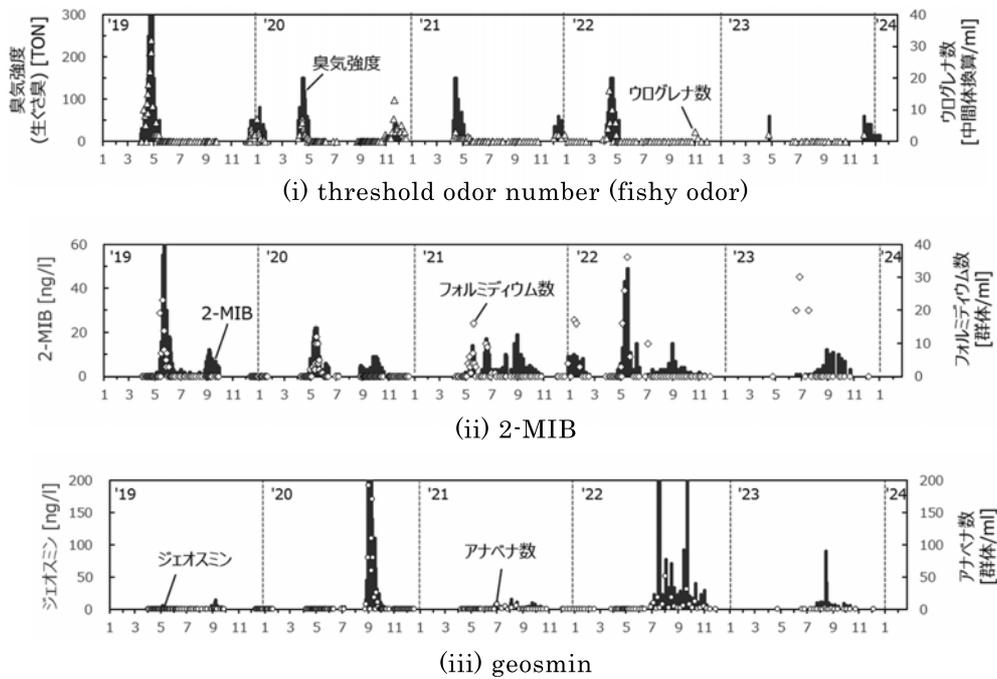


Fig. 2 Variation of threshold odor number (fishy), 2-MIB, and geosmin of raw water taken from the southern basin of Lake Biwa in 5 years

(図では範囲外)と高強度で、2023年春夏期は発生日が遅く、かつ1日という短期間で終息するなど、年による差が見られた。生ぐさ臭と2-MIBは数日間同時に発生する年もあったが、概ね入れ替わる形で発生・終息した。原因生物(ウログレナ)は年間通じて生ぐさ臭発生中には同時に確認された。

2-MIBは、基本的に春夏期(5-6月)と夏秋期(7-11月)に発生し、濃度は春夏期のほうが高い傾向であった。また、2022年のみ冬期(1月)にも発生し(同浄水場では初<sup>26)</sup>、2023年のみ春夏期に発生しなかった。原因生物(フォルミディウム)は夏秋期では2-MIB発生中でも原水中に確認されない傾向であった。

ジオスミンは、発生期間は2-MIBの夏秋期と重なる時期が多いが、生ぐさ臭や2-MIBのような明確な発生時期や濃度の傾向は見られなかった。また、2020年は最大690 ng/l(図では範囲外)と高濃度で、2022年は長期間発生する等、この5年間では毎年発生傾向が異なった。原因生物(アナベナ)は年間通じてジオスミン発生中には同時に確認されたが、種の構成は年により一部異なった<sup>34,35)</sup>。

このように、対象の5年間では、いずれの臭気も時期による変動パターンがある程度見られたが、各期の発生・終息日は年により最長1カ月以上の変動幅があり、かつ、単年のみの現象が複数含まれた。

### 3.2 発生・終息機構の推定

2.1で述べた、各影響因子と各原水臭気の対象5年間の推移を比較した。Fig. 3からFig. 5に、それぞれ生ぐさ臭、2-MIB、ジオスミンについて、発生期間、

臭気強度(生ぐさ臭)、2-MIB濃度、ジオスミン濃度(放流流量と風速の図除く)と水温、水位、放流流量、風速(相関が見られた2-MIBのみ)の推移を示す。水温の図中に、仮定の発生・終息の水温条件を破線で示し、各条件に到達した(すなわち水温のグラフが破線と交差した位置)時点を◇で示す。なお、生ぐさ臭(Fig. 3(a))は春夏期と秋冬期それぞれの発生・終息に水温条件との相関が見られたため破線は4本示した。また、水位の図中に水位制御の期間として、水位低下運転、水位維持運転(-0.2 m、琵琶湖基準水位、以下同様)、水位維持運転(-0.3 m)の目安となる期間を3階調の塗りつぶしで示す。

以下に、これらの実績結果を、2.1.3で述べた原水臭気の発生・終息に関する仮説を想定して分析し、機構を推定した。

#### (1) 水位上昇期(2-4月)

水位は冬期の年間最低水準(2021年以降では-0.6 m以下)から年間最高水準(夏-秋の大雨時を除く)まで上昇した後、基準水位(+0.3 m)以下に制御され、放流流量は低~高流量で増減された。ただし2023年は1-4月に変動の少ない低い放流流量(40 m<sup>3</sup>/s以下)で運転され、春夏期の生ぐさ臭発生は1日で終息した(Fig. 3(c))。これは、低水位からの水位上昇や、放流流量増減に伴う南湖の流速増減・湖水攪拌で巻上げや周辺からの流入が起こっており、それらが低調であった2023年はウログレナの初期の存在量が他の年に比べ少なかったことを示すと考えられる。

春夏期の生ぐさ臭は、水温が9℃に達した前後で発生し(2023年以外)、14℃に達した前後に終息した(Fig. 3(a))。

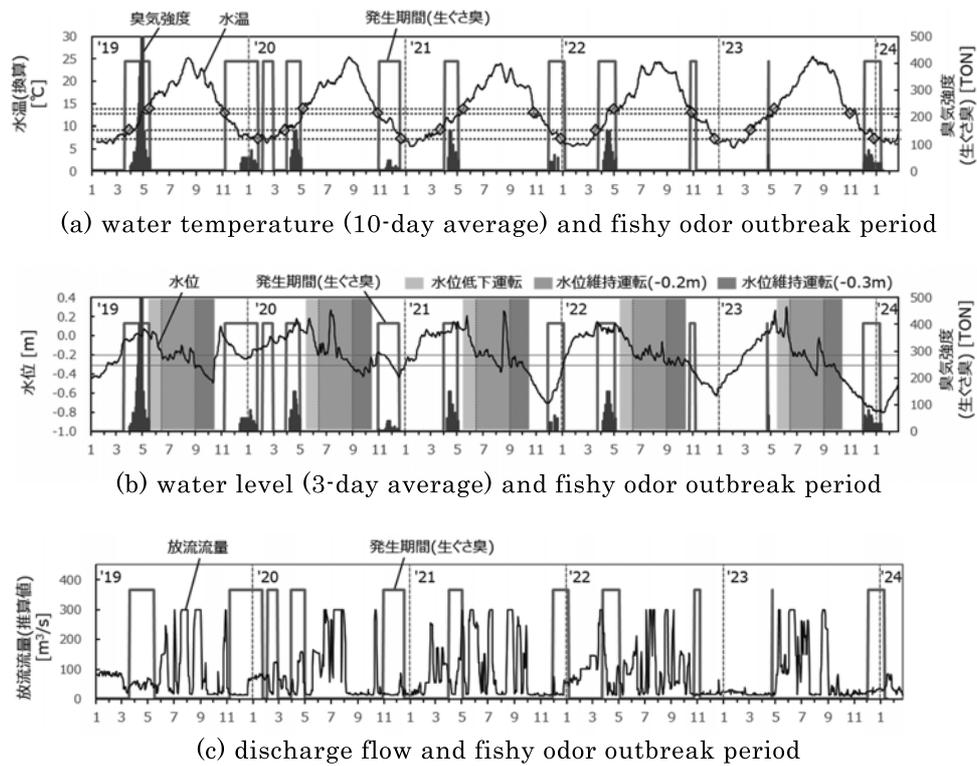


Fig. 3 Variation of odor outbreak period, threshold odor number and related factors for fishy odor in 5 years

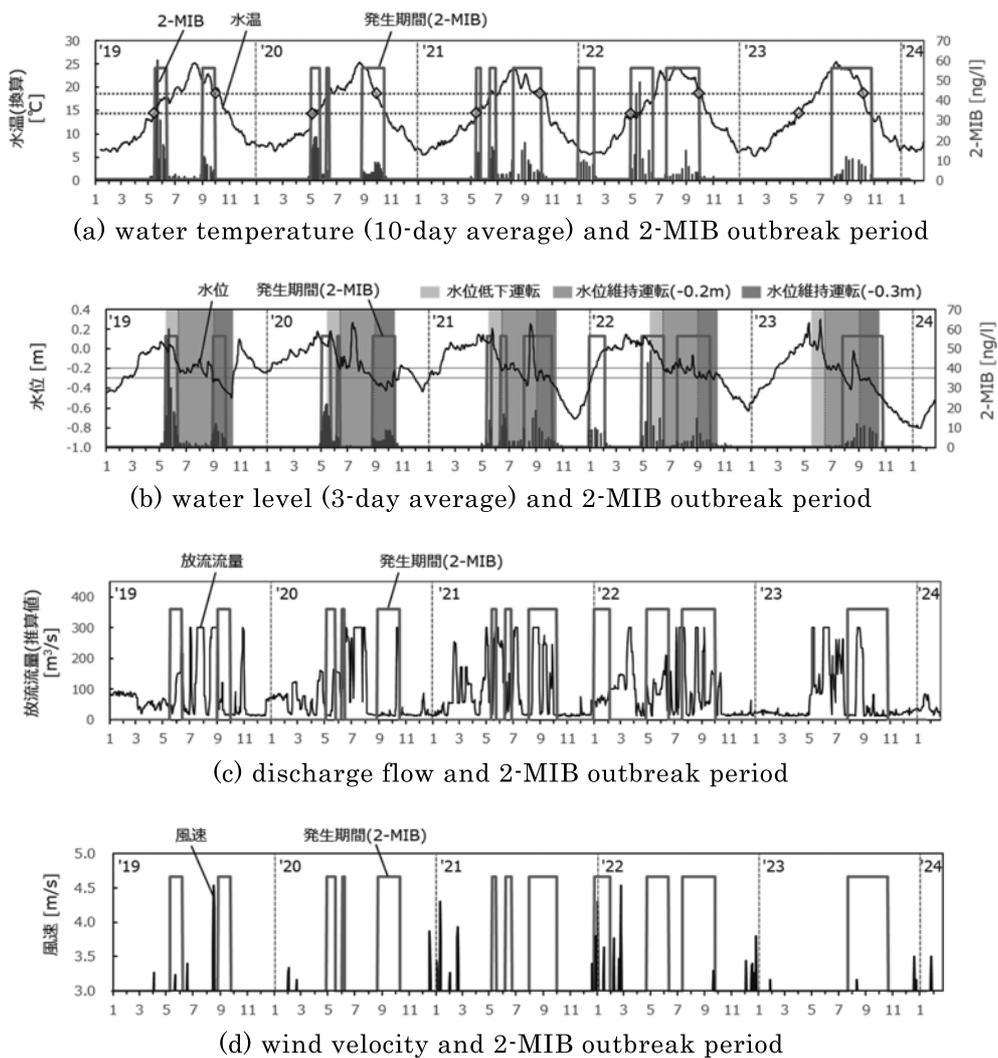


Fig. 4 Variation of odor outbreak period, concentration and related factors for 2-MIB in 5 years

(2) 水位低下期 (5-6月)

水位は0 m 以上から -0.2 m へ低下するように制御され、放流流量は中～高流量 (100 m<sup>3</sup>/s 以上) で増減された。

春夏期の2-MIBは、水位低下運転が開始する前の低い放流流量の時期に生ぐさ臭と入れ替わりで発生し(2023年以外)、高い放流流量 (100 m<sup>3</sup>/s 以上) が続くと終息した (Fig. 4(a) (c))。これは、水温が増殖至適範囲に入った2-MIB産生藻類が増殖を開始し、滞留時間の短縮で衰退したと考えられる。1-4月に変動の少ない低い放流流量 (40 m<sup>3</sup>/s 以下) で運転された2023年は、春夏期の2-MIB発生は無かった (Fig. 4(c))。これは、(1)のウログレナと同様に、巻上げや流入による2-MIB産生藻類の初期の存在量が他の年に比べ少なかった影響が考えられる。

(3) 水位維持期 (第1期6-8月, 第2期9-10月)

水位は-0.2 m あるいは-0.3 m 付近と低めに制御され、放流流量は低～高流量で増減された。

夏秋期の2-MIBは、放流流量が低下 (30 m<sup>3</sup>/s 以下) すると発生または増加した (2022年以外)。また、上述のとおりいずれの年も8月以降は2-MIBの発生時に原水中にフォルミディウムが見られなかった (Fig. 2(ii))。これは、原因生物が付着性の藻類である可能性を示すと考えられる。

夏秋期のジェオスミンは、高い放流流量 (200 m<sup>3</sup>/s 以上) から低い放流流量 (20 m<sup>3</sup>/s 以下) に移行した後に発生し (2019年以外)、中流量 (100 m<sup>3</sup>/s 以上)

が続くと終息した (Fig. 5(a) (c))。これは、放流流量の大幅な変化に伴う巻上げあるいは南湖沿岸部等からジェオスミン産生藻類が流入したことが考えられる。また、同浄水場の原水で夏期のカビ臭発生に先立ち濁度が上昇する傾向が報告されており<sup>31)</sup>、巻上げにより底泥とともに原因生物も水中に流出したことを示唆すると考えられる。

(4) 乾燥期 (11-1月)

降水量が少なく、放流流量は基本的に低～中流量 (100 m<sup>3</sup>/s 以下) で増減されたが水位はいずれの年も年間最低水準にまで低下した。

冬期の生ぐさ臭は、水温が14℃に低下した後に発生した。低い放流流量で運転されていた2021年と2023年は同水温への到達後1カ月以上経過した状態で放流流量の増加後に発生した (Fig. 3(a) (c))。これは、取水場所付近ではウログレナの増殖至適水温に達してもウログレナが十分存在しておらず、放流流量の増加に伴う底泥巻上げ、あるいは北湖や南湖沿岸部からの流入でウログレナが供給されて増殖したことを示すと考えられる。

冬期の2-MIBは、水位上昇期に強風と放流流量増加 (15 → 50 m<sup>3</sup>/s 以上) があつた翌日に発生、水位上昇の終了後に終息した (2022年1-2月) (Fig. 4(a) (b) (c) (d))。これは、低水位での強風や降雨による放流流量の増加に伴う巻上げや南湖の還流で、底泥中の、あるいは北湖や南湖沿岸部で増殖した2-MIB産生藻類と2-MIBが取水場所の付近の水中へ流出し

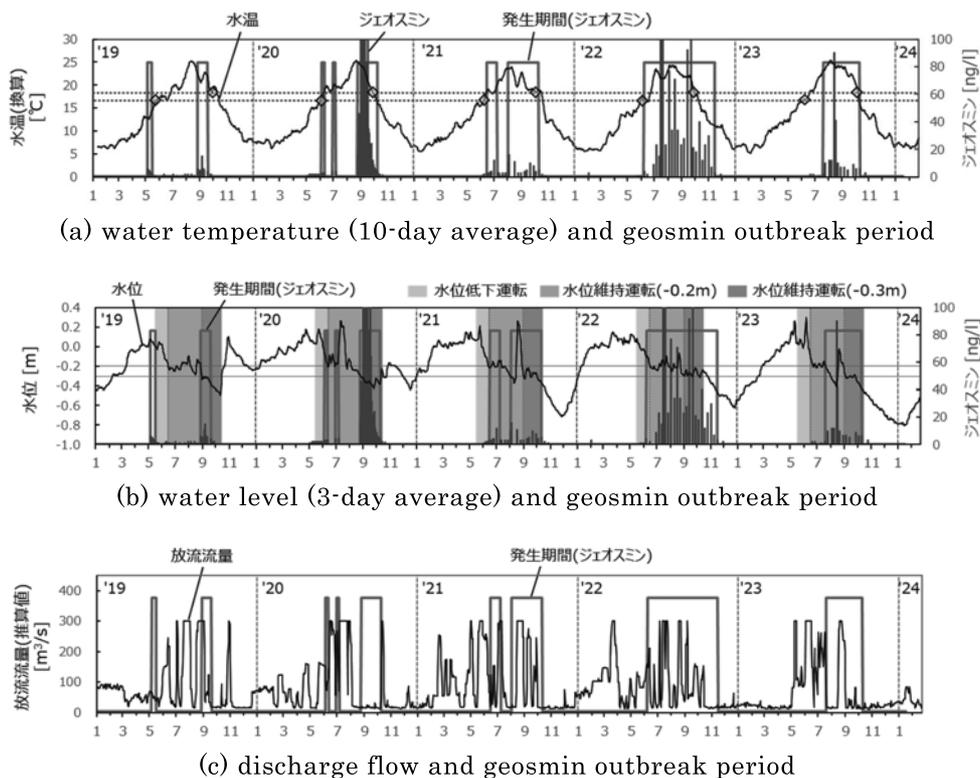


Fig. 5 Variation of odor outbreak period, concentration and related factors for geosmin in 5 years

たと考えられる。この場合、増殖至適水温範囲外のため増殖はせず、放流流量が低下して巻上げや流入が終了すると2-MIBも終息したと推測される。

以上の分析・推測は、基本的に影響因子と原水臭気の実績で複数回見られるパターンを基にしているが(単年の現象である冬期2-MIB等以外)、生ぐさ臭に比べカビ臭物質はパターンの種類が多い傾向であった。例えば水位維持期に、低い放流流量での運転が続く期間で2-MIBあるいはジェオスミンが発生する発端となる条件等は、今回選択した影響因子では共通の条件は見られず、他の因子の関与が推定された。例えば、今回の検討では放線菌によるカビ臭産生は考慮できていない。このように発生・終息の機構を十分な確度で想定することが前提であるが、各臭気物質は、影響因子とその複数の条件を適切に選定することで、各条件の充足の有無に基づいて発生・終息時期を推定できると考えられた。

### 3.3 原水臭気の発生ポテンシャルの試算

生ぐさ臭と2-MIBについて2.2で示した発生指数を算出した。前述のとおり実際の発生・終息日は各年で最大1カ月以上の差があり、現場で有用な予測日数差として、1週間以内と想定した。

Fig. 6(i) (ii)に生ぐさ臭と2-MIBの発生指数の試算例を示す。試算の結果、生ぐさ臭は5年間全体で、予測日数差1週間以内を春夏期で約5割、秋冬期で約8割達成した。一方、2-MIBは年ごとの差が大きかった。当年のみの気象イベントや臭気発生パターンが少なかった2020年と2021年のみでは春夏/夏秋/冬期全体で約8割、1週間以内を達成したが、特に2022年と2023年は、予測日数差が2週間以上の場合も多く、年間でほぼ1週間以上であった。この原因として、3.2で述べたとおり2-MIBの発生機構が生ぐさ臭に

比べ複雑であることや、2021年以降の冬期における最低水位の低下といった気候/環境の変化が影響していることが考えられる<sup>36,37)</sup>。

以上述べたとおり、実績データの分析に基づいて選定した影響因子の条件を用いた簡易な計算式により、原水臭気の発生・終息を評価できる可能性を確認した。

## 4. 結 言

琵琶湖の生態系は、気候や社会の変動を受け、冬期のカビ臭発生や従来見られなかった種の藻類発生など、様々な変化が報告されている。本報告では直近5年間のデータを使用した。その中でも水理現象/生態系ともに変化が生じている傾向が推察された。想定する実現象に基づく予測手法は、予測精度が影響因子や条件の設定に依存するため、原水臭気との関係を継続して監視し、必要に応じて係数をはじめ条件も含めて予測式を調整する必要がある。

## 謝 辞

本研究を実施するにあたり、データ提供やご助言等多大な協力をいただいた津市企業局の関係者の皆様と浄水場関係者の皆様に感謝の意を表す。

## 参 考 文 献

- 1) 国交省：水質汚染事故による水道の被害及び水道の異臭味被害状況について(令和4年度調査)
- 2) 秋葉道宏, 岸田直裕, 下ヶ橋雅樹, 田中和明：生物障害の発生および対策の実態, 水道における生物障害に関するシンポジウム(2013)
- 3) 国包章一, 秋葉道宏, 真柄泰基, 石橋良信, 細見正明：湖沼・貯水池におけるかび臭等の発生予測と制御に関する研究, 陸水系の水環境の保全に関する総合研究, 総合研究プロジェクト別環境保全研究成果集, 6.1-6.16(2003)

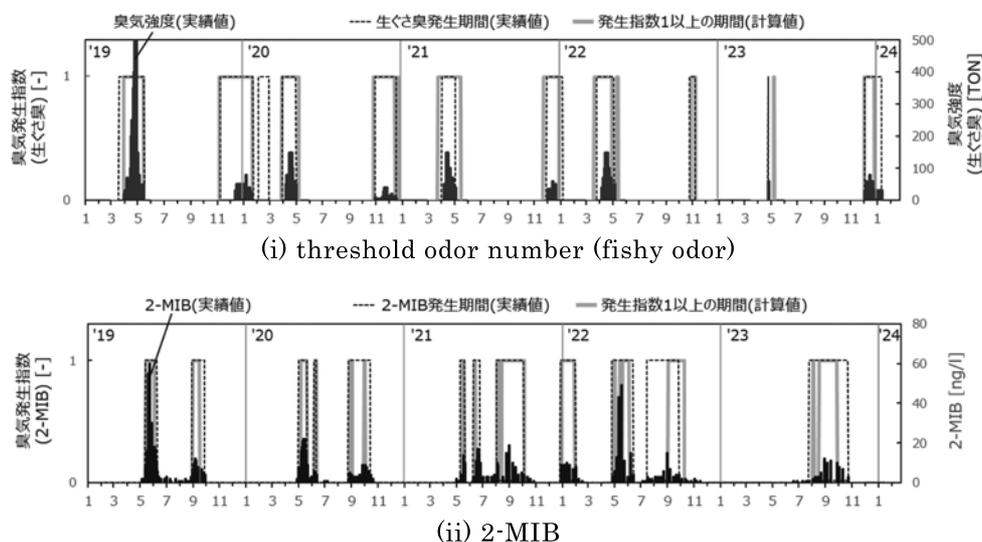


Fig. 6 Variation of calculation results of odor index and practical odor outbreak period for fishy odor and 2-MIB in 5 years

- 4) 末次竜太, 宇田川知穂, 中東寛和, 吉岡克英, 渡辺崇一, 三好幸一郎: 藍藻由来のかび臭合成酵素遺伝子簡易検出法の構築及び実態調査における検出結果の活用, 水道協会雑誌, Vol. 92, No. 11, pp. 22-31 (2023)
- 5) 永木正洋, 橋本久志, 浅田安廣: 淀川下流域に発生した2-MIBによるかび臭と原因藍藻類の調査, 水道協会雑誌, Vol. 92, No. 12, pp. 23-31 (2023)
- 6) 海野佑太, 藤田泰弥, 関広和, 猪股遼, 齊藤康, 島田大地: 道志川における2-MIB濃度の上昇・減少予測式の構築, 水道研究発表会講演集, pp. 204-205 (2023)
- 7) Kwon Yong-Su, In-Hwan Cho, Ha-Kyung Kim, Jeong-Hwan Byun, Mi-Jung Bae and Baik-Ho Kim: Prediction of Geosmin at Different Depths of Lake Using Machine Learning Techniques, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18 (2021)
- 8) 石井崇晃, 山村寛, 根本雄一: ニューラルネットワーク(FFANN)および長期短期記憶(LSTM)を用いた2-MIB/ジェオスミン濃度の簡易予測および将来予測モデルの構築, 土木学会環境工学研究論文集(Web), Vol. 7, pp. 303-310 (2021)
- 9) X. Shi, Q. Huang, J. Nan, J. Li, and C. Yang: Distribution, driving forces, and risk assessment of 2-MIB and its producer in a drinking water source-oriented shallow lake., *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 30, pp. 71194-71208 (2023)
- 10) Michael J. Kehoe, Kwok P. Chun, and Helen M. Baulch: Who Smells? Forecasting Taste and Odor in a Drinking Water Reservoir, *Environmental Science & Technology*, Vol. 49, No. 18, pp. 10984-10992 (2015)
- 11) M. Wang, C. Yoshimura, A. Allam, F. Kimura, and T. Honma: Causality analysis and prediction of 2-methylisoborneol production in a reservoir using empirical dynamic modeling, *Water Research*, Vol. 163, 114864 (2019)
- 12) Y. Shinfuku, H. Takanashi, T. Nakajima, I. Kasuga, and M. Akiba: The Status Quo of Causal Substance Exploration for Fishy Odor in Raw Water for Taps, *Journal of Water and Environment Technology*, Vol. 20, No. 2, pp. 29-44 (2022)
- 13) K. Shizuka, N. Maie, W. Kakino, H. Taruya and H. Tanji: Forecasting a 2-methylisoborneol outbreak in a brackish lake, *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. 193, No. 379 (2021)
- 14) 丹羽賢一, 岩崎健次, 酒井健寿: 貯水池における水質予測技術の向上 (JWA モデルの開発), 水資源機構技術研究発表会 (2013)
- 15) 本郷将輝, 藤田司, 櫛引英之: 滝里ダムにおける水質保全対策について — 水質予測によるカビ臭事前回避運用 —, 第62回北海道開発技術研究発表会 (2019)
- 16) 中田聡史: 深水湖において気候変動がもたらす全層循環への影響, *地球環境*, Vol. 25, No. 1 & 2, pp. 3-14 (2020)
- 17) 池田将平, 一瀬諭, 古田世子, 占部城太郎: 琵琶湖北湖における植物プランクトン群集の季節変化とその長期変動: PEGモデルとの比較, *水環境学会誌*, Vol. 41, No. 5, pp. 115-122 (2018)
- 18) 竹内洋祐, 橋詰和典, 吉田稔: 琵琶湖南湖のかび臭発生と水質及び気象との相関 — 大津市柳が崎浄水場原水におけるかび臭濃度と水質の関連性 —, 水道研究発表会講演集, pp. 672-673 (2023)
- 19) 吉田陽一: 琵琶湖北湖におけるウログレナの優先的発生と水質, 気象要因等との関係, *日本水産学会誌*, Vol. 63, No. 4, pp. 594-569 (1997)
- 20) 永松由有, 川口智哉, 碓智: 琵琶湖南湖における沈水植物の消長に伴う生態影響の分布特性に関する数値シミュレーション, *土木学会*, Vol. 67, No. 4 (2011)
- 21) 早川和秀, 辻村茂男, 石川俊之, 芳賀裕樹, 岡本高弘, 焦春萌, 石川可奈子, 熊谷道夫: 複数の定期調査データを用いた統合的な解析による琵琶湖における全リン, 硝酸態窒素濃度およびいくつかの水質項目の長期変化, *水環境学会誌*, Vol. 35, No. 6, pp. 89-100 (2012)
- 22) 国交省: 湖沼における水理・水質管理の技術 [https://www.mlit.go.jp/river/shishin\\_guideline/kankyokan/kyou/kosyo/tec/](https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/kankyokan/kyou/kosyo/tec/)
- 23) 山室真澄: 湖沼における大型植物の異常繁茂に関する国内外の状況, *応用生態工学*, Vol. 22, No. 1, pp. 51-60 (2019)
- 24) 大津市企業局: 水質試験年報 (令和元年度)
- 25) 大津市企業局: 水質試験年報 (令和2年度)
- 26) 大津市企業局: 水質試験年報 (令和3年度)
- 27) 横井貴大, 野口暁生, 古田世子, 池田将平, 一瀬諭, 竹本邦子, 勢川利治, 小倉明生: 2007年-2017年の琵琶湖南湖における, 溶存態かび臭物質2-メチルイソボルネオールの発生機構, *日本水処理生物学会誌*, Vol. 56, No. 3 (2020)
- 28) 山本桂詩, 野口暁生, 岩谷健斗, 藤原俊一郎: 近年のかび臭発生状況とその対応, 水道研究発表会講演集, pp. 212-213 (2023)
- 29) 国交省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所: 琵琶湖水位のコントロール, [https://www.water.go.jp/kansai/biwako/html/works/work\\_s\\_03.html](https://www.water.go.jp/kansai/biwako/html/works/work_s_03.html)
- 30) 国土地理院: 地理院地図 (電子国土 Web), <https://maps.gsi.go.jp/#9/35.234808/136.161905/&base=pale&ls=pale&disp=1&vs=c1g1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f1>
- 31) 気象庁: 気象データ (大津) <https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php>
- 32) 国交省: 水文水質データベース, <http://www1.river.go.jp/>
- 33) 国交省琵琶湖河川事務所: <https://www.kkr.mlit.go.jp/biwako/index.php>
- 34) 竹内洋祐, 橋詰和典, 吉田稔: 大津市の水道原水における植物プランクトンの変遷, 水道研究発表会講演集, pp. 676-677 (2022)
- 35) 野口暁生, 藤原俊一郎, 船岡英彰, 片岡稔之: Anabaena minisporaによる高濃度のかび臭の発生, 水道研究発表会講演集, pp. 156-157 (2021)
- 36) 滋賀県: 気候変動による琵琶湖の水環境への影響調査, [https://adaptation-platform.nies.go.jp/conso/adaptation/pdf/kinki/kinki\\_Poster\\_0406.pdf](https://adaptation-platform.nies.go.jp/conso/adaptation/pdf/kinki/kinki_Poster_0406.pdf)
- 37) 環境省: 気候変動影響評価報告書概要版 (令和4年)

## Analysis of Odor Outbreak and Termination Factors in Raw Water at the Southern Basin of Lake Biwa

Misaki Sumikura<sup>1)†</sup>, Hiroki Miyakawa<sup>2)</sup>, Chihiro Fukumoto<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> R&D Group, Hitachi, Ltd.

<sup>2)</sup> Water & Environment Business Unit, Hitachi, Ltd.

† Correspondence should be addressed to Misaki Sumikura:

R&D Group, Hitachi, Ltd.

E-mail: misaki.sumikura.mf@hitachi.com

### Abstract

In order to predict the outbreak and termination of odors (fishy and musty) using public data on the raw water of the A water treatment plant taken from the southern basin of Lake Biwa, past data was investigated and analyzed for utilization in operation of powdered activated carbon injection. The period of outbreak of each odor for the past five years was compared with data such as weather and water level, and water temperature, water level, discharge rate, and wind speed were selected as the main factors influencing the outbreak and termination of odors. Using these influencing factors as inputs, the outbreak index was defined as an index indicating the possibility of outbreak and termination of each odor. Calculations were made using actual data, and the result was that the fishy odor was within one week of the predicted difference of days in more than 50% of the 5 years.

**Key words:** musty odor, fishy odor, odor prediction