

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

Investigation of musty odor caused by 2-MIB and the causal cyanobacteria
in the lower reaches of Yodo River

○永木正洋*、橋本久志*、浅田安廣**

*：阪神水道企業団、**：国立保健医療科学院

本文要旨

本研究では、淀川下流域に発生した 2-MIB によるかび臭の原因藍藻類を同定することを目的に藻類存在調査を行った。形態観察および PCR によるかび臭原因藍藻類の同定の結果、これまで淀川で報告事例のなかつた河床付着性藍藻類 *Phormidium autumnale* が淀川下流域に存在することがわかった。

In this study, we conducted an algal bloom survey in the lower reaches of Yodogawa River to identify the cyanobacteria responsible for the 2-MIB-induced musty odor. Morphological observation and PCR identification of cyanobacteria causing musty odor revealed the presence of riverbed-associated cyanobacterial *Phormidium autumnale*, which had never been reported in the Yodo River before.

キーワード : *Phormidium autumnale*、2-MIB、PCR

1. はじめに

阪神水道企業団（以下「企業団」という。）は、かび臭による水道水への異臭問題や微生物の不活化、塩素消毒により生成されるトリハロメタン低減対策として、従来の凝集沈殿と砂ろ過にオゾン・活性炭処理を付加した高度浄水処理を導入している。これまでのかび臭は、琵琶湖淀川水系上流の琵琶湖で増殖したかび臭物質産生藍藻類由來のかび臭物質（ジェオスミン、2-MIB）が流下することにより、企業団の水源である淀川原水中の濃度が上昇した。しかし、2018年8月に発生した 2-MIB（基準値 10ng/L）によるかび臭では、淀川最下流に位置する企業団淀川取水場から取水している尼崎浄水場（以下「尼崎」という。）のかび臭濃度が、琵琶湖や淀川上流域よりも高くなる状況がみられた。かび臭濃度の上昇原因について、現地で藻類存在状況調査を行い、さらに PCR によるかび臭原因藍藻類の同定を行った結果、これまで淀川で報告事例のなかつたかび臭を産生する河床付着性藍藻類 *Phormidium autumnale*（以下「*P. autumnale*」という。）が淀川下流域に存在することがわかった。以下にかび臭の発生状況および藻類存在状況調査の結果を報告する。

2. オゾン設備の概要

企業団のオゾン発生器の概要を表-1 に示す。接触方式やオゾン原料は尼崎と猪名川浄水場（以下「猪名川」という。）で方式が異なる。注入制御は、後段の活性炭吸着槽流入渠末端における溶存オゾン濃度（設定値(0.25mg/L)）によるフィードバック制御を行っている。注入量の増減は、オゾン化空気量を一定として、発生濃度を変化させることにより行う。猪名川III系は 1993 年の稼働から 25 年経過し各機器の劣化が進行し、今後部品製造の終了に伴い部品供給も

表-1 オゾン発生器の諸元

	尼崎	猪名川	
		I II 系	III 系
接触方式	下方注入式	上下迂流3段向流式	
発生方式	酸素原料	空気原料	
		円筒多管無声放電	
発生濃度	148g/Nm ³	20g/Nm ³ **	
発生量	16kg/h	12.4kg/h	10.0kg/h**
最大注入率		3mg/L	
接触時間	6min	10min	
			※更新工事中

困難になり、維持管理費用も増加傾向となる。そのため、2019年度から設備更新を実施しており、2022年度に完成予定である¹⁾。

3. かび臭発生状況

高度浄水処理が一部導入された1993年から2020年までの尼崎および猪名川の原水と浄水のかび臭最高濃度を図-1に示す。原水においては、期間中に10ng/Lを超過したのは12回あった。高度浄水処理導入初期の1993年および1994年を除き、浄水中には検出されなかつた。また、かび臭発生時にオゾン注入率の增量等の対策は取られなかつた。

次に、2018年のかび臭発生時における尼崎原水、大道取水場から取水している猪名川原水の2-MIB濃度および琵琶湖全放流量の推移を図-2に示す。かび臭発生期間は、琵琶湖放流量が少なく、淀川下流域の流れは停滞していた。尼崎原水と猪名川原水の比較では、より下流側で取水している尼崎原水が常に高い濃度を示し、最高115ng/Lに達した。以後、かび臭濃度は、台風20号の通過や秋雨前線の影響による河川流量増量の結果低下し、終息に至つた。この期間中、浄水では2-MIBは検出されなかつた。なお、オゾン注入率増量等の対策は行われなかつた。

4. 藻類存在状況調査

4. 1 調査方法

調査地点は、企業団の大通取水場から淀川大堰までの約5kmの範囲の、取水口、淀川大堰上流、水の流れが穏やかなワンド内および河川に入つて礫石を採取することができる9地点とした(図-3)。調査期間は、2018年8月から2020年9月であった。各地点で採取した礫石は、コドラー法により生物膜を剥離し、顕微鏡により明視野で形態観察を行つた。

従来は、かび臭発生時には顕微鏡による形態観察を行つてかび臭産生藍藻類を同定していた。しかし、最近の研究において、かび臭産生藍藻類にはかび臭産生株と非産生株が存在し、形態観察のみによる同定は困難とされている²⁾。そこで、2018年8月かび臭発生時に採取した試料についてPCRによるかび臭原因藍藻類の同定を行つた。同定は、松本らの方法により行つた³⁾。

4. 2 調査結果

礫石から採取した生物の顕微鏡による形態観察の結果、下流域の⑤⑥⑦の3地点で*P. autumnale*(写真1)

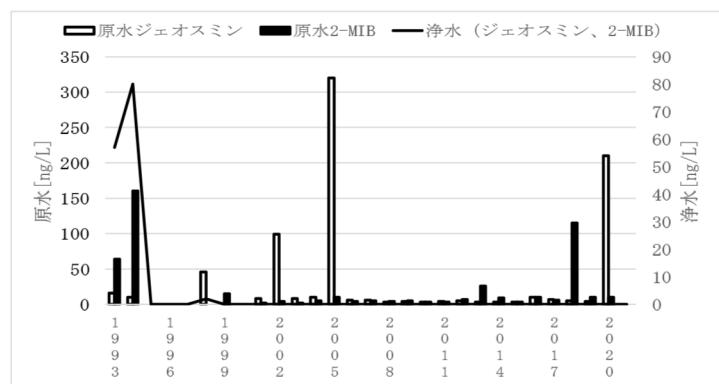


図-1 原水と浄水のかび臭最高濃度

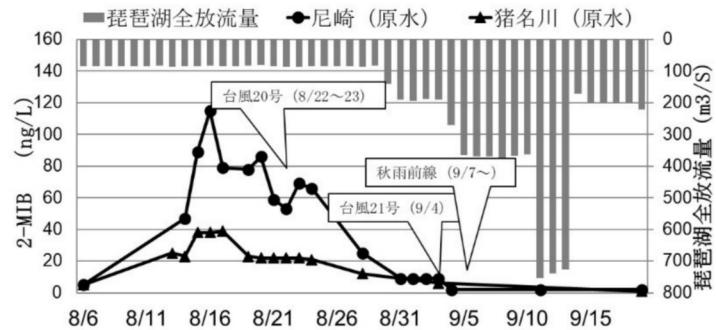


図-2 浄水場原水2-MIB測定結果および琵琶湖全放流量



図-3 藻類存在状況調査調査地点

を確認し、その存在量は最大 34,000 糸状体/ cm² であった。しかし、同じ調査地点で採取した礫石にも、生息が確認できた石とできなかった石があり、生物の分布にはムラがあり、局在化していると思われた。

次に、2018 年 8 月に採取した礫石および尼崎原水から抽出した DNA 試料に対する PCR による遺伝子検出結果を図-4 に示した。図中の 3, 4, 8, 9 のマーカーは、Positive control と同じ位置に出現する遺伝子が検出したことを示し、両試料中から *P. autumnale* の 2-MIB 産生株に関連する 2 種類の対象遺伝子（16SrRNA 遺伝子、2-MIB 合成遺伝子）のみが同時に検出された。形態観察でも *P. autumnale* が多く確認できたことから、かび臭の主な原因生物は *P. autumnale* であると判断した。

5. おわりに

今回、最下流域で 2-MIB 濃度が最大濃度となつことを受けて調査を行ったところ、形態観察および PCR によるかび臭原因藍藻類の同定結果から淀川下流域でこれまで報告事例のなかつた *P. autumnale* の生息が確認された。これまで流域上流域で発生したかび臭物質が流下して下流域に影響したが、琵琶湖放流量が減少し停滞状態になった時には、下流域でかび臭が発生する可能性が示された。今後もかび臭原因藍藻類の監視を行い、最適なオゾン処理に努めたい。



写真 1 *P. autumnale*

1,6,11DNA マーカー、2,7Positive control
3,8 磯石、4,9 尼崎原水、5,10 Negative control

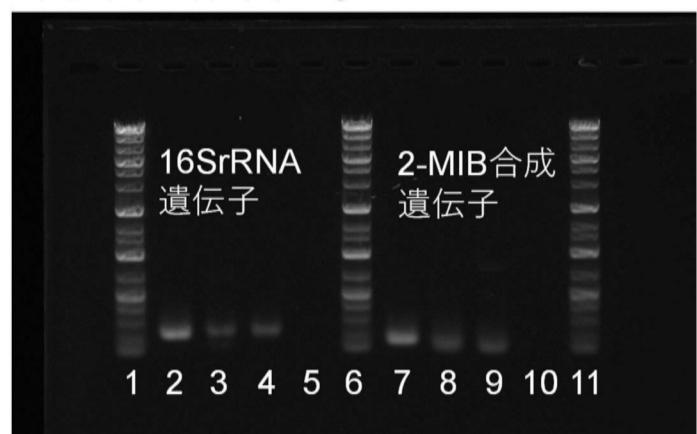


図-4 PCR による遺伝子検出結果

謝辞

本調査に御協力をいただいた神戸市水道局水質試験所に感謝の意を表す。

【参考文献】

- 1) 近藤努ら, 猪名川浄水場におけるオゾン設備の更新事例, 第 30 回日本オゾン協会年次研究講演会講演集, pp69, 2021
- 2) 江崎敦ら, 形態学的特徴と遺伝子解析に基づく全国水道水源でもカビ臭原因物質産生藍藻類の存在調査, 水道協会雑誌, 第 90 卷, 第 5 号, pp2, 2021
- 3) 松本恭太ら, カビ臭原因藍藻類の簡易同定に向けた合成酵素遺伝子検出の有用性評価, 第 55 回日本水環境学会年会講演集, pp97, 2021