

Ⅲ 調査研究

東ティモール民主共和国における浄水場の水質管理指導（Ⅳ）

－高濁水対応及び水質管理指導－

○浅川 達志（千葉県企業局） 西野 友祐（千葉県企業局）
 宮崎 文男（千葉県企業局） 益子 裕堯（千葉県企業局）

1. はじめに

千葉県企業局では、独立行政法人国際協力機構(JICA)からの要請を受け、2012年から東ティモール民主共和国（以下「東ティモール」）への技術支援を行っており、給水改善アドバイザーとして1名を現地に長期派遣している。また、2014年から行っている短期派遣は、2018年12月までに浄水場の運転管理及び水質管理の向上を目的として5回実施した。

本稿では、2019年1月末から2月中旬までの短期派遣で実施した、浄水場における水質管理に関する技術支援について報告する。



図1 東ティモールの位置



図2 集合研修の様子

2. 東ティモールの概要

東ティモール(図1)は、2002年にインドネシアから独立し、面積は14,954平方キロ(岩手県とほぼ同じ)、全人口は約129.6万人(2017年世界銀行調査)、首都であるディリの人口は23万人で、近年ディリの人口が急増中である。水道事業は公共事業・運輸・通信省水道局(DNSA:National Directorate of Water Supply)が管轄しており、ディリには表流水又は地下水を水源とする浄水場4箇所及び、地下水を水源とする井戸施設がある。

3. 東ティモールにおける水質管理上の主な活動内容

今年も前年と同様に、DNSAが管理している首都ディリの4つの浄水場にて技術支援を行った。

高濁水の対応に係る指導、水質機器の校正方法の指導、これまで指導してきた水質検査技術の定着の確認及び改善等が主な活動内容であった。

また、今年も浄水場職員及び監督職員等に向けて集合研修を行った。(図2)研修の内容としては、浄水処理工程及び凝集剤・塩素剤に関する講義、水質検査項目・水質基準・検査方法に関する講義、水質検査方法に関する実習を行った。

4. 首都ディリの浄水場における水質管理指導

(1) 高濁水の対応の指導及び対応マニュアルの作成

雨期はスコールの影響で、原水が高濁度となることが頻繁に発生する。派遣期間中、セントラル浄水場で高濁水の影響により取水停止している状態から、浄水処理を再開した直後に立ち会う機会があった。ろ過池まで高濁水が流入している状態であり、原因を確認したところ、浄水処理を再開する際に原水濁度を確認していないこと及び、ポリ塩化アルミニウム(以下「PAC」)の注入状況を確認していないといった点が挙げられた。そのため、濁度の確認やPACの注入状況確認等の注意点を指導した。また、高濁水を用いて凝集試験を行うとともに、濁度に応じた高濁水対応マニュアル

東ティモール民主共和国における浄水場の水質管理指導（Ⅳ）

－高濁水対応及び水質管理指導－

を作成した。なお、マニュアルは英語と現地公用語の2パターンを作成し、現地職員が使いやすい形にした。

（2）水質機器の校正方法の指導

効率的な浄水処理を行うため、今年度は、昨年度指導を実施していない浄水場で濁度計の校正方法を指導するとともに、pH計がある浄水場については、pH計の校正方法を指導した。また、水質機器ごとに図を取り入れた校正方法のマニュアルを英語と現地公用語の2パターンを作成した。

（3）月報の作成

水質変動や浄水処理状況を可視化することを目的として、3回/日実施した水質試験結果をそのまま入力すると月報が作成され、また、取水量と濁度の日変動がグラフに自動出力される様式に変更した。このことで、取水量や浄水処理の状況が逐次確認できるようになり、浄水処理状況の管理が行いやすくなった。

5. 集合研修

（1）浄水処理工程及び凝集剤・塩素剤に関する講義

浄水場で使用する凝集剤がすべてPACになったことや、塩素消毒の重要性を理解してもらうために、凝集剤及び塩素剤の性質や役割等についての講義を行った。また、水の一連の流れについての理解を深めるために、水循環や水の利用方法についての講義を行った。

（2）水質検査項目・水質基準・検査方法に関する講義

水質検査で測定している項目についての理解を深めるために、WHOの水質基準や水温、濁度、pH値等の検査項目について講義を行った。また、普段の水質検査の復習を兼ねて、目盛りの読み方や凝集試験の手順等の講義も行った。

（3）浄水処理に関する実習

凝集、沈澱及びろ過についての理解を深めるために、高濁水を用いて原水から水道水になるまでの一連の処理工程の実習を行うとともに、濁度とpH値の測定を行い、測定操作を確認した。高濁水を対象に凝集試験を行い、適切なPAC注入率を決定した後、簡易的なろ過塔を用いてろ過を行った。ろ過後の水に塩素を添加して水道水とすることで、各処理の原理や必要性について指導を行った。

6. 活動成果及び報告

- （1）濁度に応じた高濁水対応マニュアルを英語と現地公用語の2パターンで作成することにより、現地職員にとって使いやすいマニュアルとした。また、浄水処理再開時の注意点を指導することによって、処理再開時の改善を図った。
- （2）各浄水場において水質機器の校正方法を指導した。また、校正方法をマニュアル化することによって、職員自身で適切な校正を行えるようになった。
- （3）集合研修において、凝集剤及び塩素剤の役割や必要性、水質検査で測定している検査項目についての講義を行うことで、普段の業務の重要性を理解してもらった。また、実習を通じて凝集処理や沈澱、ろ過の役割について修得し、浄水処理の健全性を理解してもらった。
- （4）水質検査に関して、これまでの指導により適切な測定操作ができていたことが確認できた。

7. 今後の課題

これまでの指導により、首都ディリにおける水質管理の改善を図ってきたが、まだ残された課題も多い。

例えば、高濁時における取水停止・取水再開の連絡体制、浄水薬品や水質機器等の管理及び計画的な購入などが挙げられる。さらに、4つの浄水場のうち2つの浄水場においては、配水管路における漏水が多く、浄水処理した水の供給量だけでは不十分となり、浄水に原水を混入させて給水している状況も挙げられる。今後、さらに安定的な給水を行っていくためには、様々な課題を解決していく必要がある。

水道水の塩素臭を含む臭気強度に関する調査（Ⅱ）

○川田 裕紀子（千葉県企業局） 濱口 健太郎（千葉県企業局）
 雲岡 秀樹（千葉県企業局） 水野 俊彦（千葉県企業局）
 吉田 岳己（千葉県企業局）

1. はじめに

千葉県企業局では、水道水を安心しておいしく飲んでいただくことを目的として、平成19年3月に、「おいしい水づくり計画」（計画期間：平成18年度～平成27年度）を策定し、当局独自の水質目標を設定するなど、安全でおいしい水づくりに向けた各施策を推進してきた。

一方で、計画の推進に伴う新たな課題や継続すべき事業が残されており、また、お客様の満足度を今後も高いレベルで維持していくため、「第2次おいしい水づくり計画」（計画期間：平成28年度～平成32年度）を策定し、引き続きおいしい水づくりに取り組んでいる。

「第2次おいしい水づくり計画」では、当局独自の水質目標としてカルキ臭を不快と感じないことを目安として、「塩素臭を含む臭気強度」（以下「臭気強度」）という新たな指標による目標値の設定を試みている。

平成28年度から調査方法の検討や当局職員で基礎的な調査を実施し、その結果を基に平成29年度は一般の方を対象に調査を実施した¹⁾。本報告ではその追加調査の結果について報告する。

2. 調査方法

石本ら2013²⁾は、塩素臭を含む臭気の強さとそれをどの程度の人が不快に感じるか（以下「不快確率」）の関係について用量反応関係を適用し、その結果を基に目標値設定の考察を行っている。この事例を参考にし、臭気強度の目標値設定に向け、以下の方法で調査を行った。

（1）臭気試験及び不快確率の算出

試料水として柏井浄水場東側施設の給水栓水を使用した。また、当局では、給水地域で受水槽方式と直結給水方式の二つの給水方式が混在していることから、両給水方式の試料を用いて試験を行った。臭気強度の算出方法は表1のとおり実施した。試料水を1、3、10、30倍と段階的に希釈した試験水200mLを300mL共栓付き三角フラスコに入れ、常温のまま、希釈倍率の高い順に臭気試験を行った。その被験者が初めて臭気を感じた希釈倍率を被験者毎の臭気強度とした。そして、被験者全員の臭気強度の幾何平均値を、その水道水の臭気強度とした。さらに、求めた水道水の臭気強度を希釈倍率で除して、各希釈倍率での臭気強度を算出した。


また、1～30倍の各希釈段階で初めて臭気を不快に感じた人数を算出し、その人数を臭気強度の小さい順に累積して各希釈倍率の臭気強度において臭気を不快に感じた人の累積人数を算出した。そして、各希釈段階における累積人数を総被験者数で除することで、各臭気強度における不快確率を算出した。

（2）用量反応曲線の推定及びブートストラップ法を用いた信頼区間の決定

（1）で算出した臭気強度及び不快確率を用いて対数ロジスティックモデル、対数プロビットモデル、ワイブルモデルへの適合性を検討した。適合性の検討は、各モデルに臭気強度を代入して算出される推定の不快確率と臭気試験により算出した実際の不快確率との乖離を逸脱度と呼ばれる数値で表し、逸脱度が最も小さいモデルを曲線として採用した。

次に、採用した用量反応モデルの不確実性を評価するために、ブートストラップ法を用いて1000個のデータセットを作成し各臭気強度の2.5パーセンタイル値及び97.5パーセンタイル値を求め、モデル曲線の95%信頼区間を決定した。

表1 臭気試験実施方法



	においがない水	30倍希釈	10倍希釈	3倍希釈	1倍（希釈なし）	臭気強度
被験者A	×	×	×	×	○	1
被験者B	×	×	×	○	○（不快）	3
被験者C	×	×	○	○	○（不快）	10
被験者D	×	○	○	○（不快）	○（不快）	30
		各希釈倍率の臭気強度				↓ 幾何平均
		A/30	A/10	A/3	A	臭気強度:A
臭気を不快と感じた人数		0	0	1	3	

×:におわない ○:わずかにでも感じる

水道水の塩素臭を含む臭気強度に関する調査（Ⅱ）

3. 調査結果

(1) 臭気試験の実施

平成 29 年度から平成 30 年度にかけて、一般の方を被験者として実施した臭気試験の概要を表 2 に示す。調査は当局主催のイベント等に合わせて 10 回実施し、イベントに参加した一般の方に協力を仰ぎ計 248 名を対象に実施した。

(2) 臭気強度及び不快確率の算出

臭気試験により得られたデータから、表 3 のとおり臭気強度と不快確率を算出した。

(3) 用量反応モデル当てはめによる用量反応曲線の推定

(2) で求めたデータをもとに臭気強度と不快確率の関係を 3 種類の用量反応モデルに当てはめ逸脱度を算出し逸脱度が最も低い対数プロビットモデル(式(1))を採用した。

2. (2) の方法で算出した信頼区間と合わせて推定した曲線のグラフを図 1 に示す。平成 29 年度のデータ(イベント①~③)で作成した曲線(図 2)と比較して被験者数が 61 名から 248 名に増加した結果、信頼区間の幅が狭くなり、受水槽方式と直結給水方式の試料水が混在していても曲線の精度が向上した。

また、先行事例²⁾と図 1 の信頼区間を比較した場合、先行事例では臭気強度 4 のとき信頼区間の幅が 3-5 の間であり、今回作成した曲線も同程度の幅となっていることから先行事例と同程度の精度が確保できたと見える。よって、今後の目標値の取扱いについては、図 1 の曲線を採用して検討を行っていくこととする。

4. まとめ

今回の一般の方を対象とした調査により、塩素臭を含む臭気強度と不快確率の関係についてグラフを作成することができた。今後は、お客様アンケート調査の結果等を踏まえながら、妥当な不快確率とそれに応じた塩素臭を含む臭気強度の暫定目標値について検討を行う。

【参考文献】

- 1) 水野俊彦, 石橋美幸, 関桂子, 水道水の塩素臭を含む臭気強度に関する調査, 平成 30 年度全国会議(水道研究発表会)講演集, p798-799, 日本水道協会
- 2) 石本知子, 伊藤禎彦, 官能試験による水道水臭気(カルキ臭)の制御目標値の設定, 水道協会雑誌, 第 82 巻, 第 9 号, p10-21, 日本水道協会, 平成 25 年 9 月 1 日

表 2 臭気試験実施概要

イベント番号	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
日付	H29.7.22	H29.8.5	H29.8.9	H29.10.9	H30.6.3	H30.7.21	H30.8.4	H30.10.8	H30.11.19	H30.11.19
参加人数	25人	22人	14人	38人	19人	28人	19人	44人	19人	20人
給水方式	受水	受水	受水	直結	直結	直結	直結	受水	直結	受水
臭気強度	10.81	8.91	15.13	15.04	16.91	16.29	25.08	12.30	8.74	19.33

表 3 臭気強度と不快確率

イベント番号	臭気強度	不快確率	イベント番号	臭気強度	不快確率	イベント番号	臭気強度	不快確率	イベント番号	臭気強度	不快確率
30倍希釈			10倍希釈			3倍希釈			1倍希釈		
⑩	0.29	0.0%	⑩	0.87	8.5%	⑩	2.91	15.7%	⑩	8.74	36.3%
②	0.30	0.4%	②	0.89	8.9%	②	2.97	16.5%	②	8.91	37.1%
①	0.36	1.6%	①	1.08	9.3%	①	3.60	19.8%	①	10.81	37.9%
⑧	0.41	1.6%	⑧	1.23	11.3%	⑧	4.11	21.0%	⑧	12.32	39.5%
④	0.50	2.8%	④	1.50	12.1%	④	5.01	21.4%	④	15.04	41.5%
③	0.50	3.2%	③	1.51	12.5%	③	5.04	23.4%	③	15.13	42.3%
⑥	0.54	5.2%	⑥	1.63	13.3%	⑥	5.43	24.2%	⑥	16.29	46.8%
⑤	0.56	6.0%	⑤	1.69	13.3%	⑤	5.64	25.0%	⑤	16.91	48.4%
⑨	0.64	6.9%	⑨	1.93	14.9%	⑨	6.44	29.4%	⑨	19.33	49.2%
⑦	0.84	7.7%	⑦	2.51	15.3%	⑦	8.36	32.7%	⑦	25.08	50.4%

$$P(d) = \int_{-\infty}^{2.142 \ln \frac{d}{21.24}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right) dx = \Phi\left(\frac{1}{2.142} \ln \frac{d}{21.24}\right) \dots \text{式(1)}$$

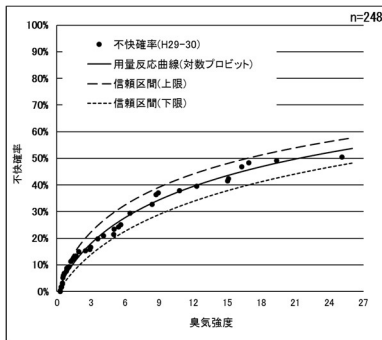


図 1 臭気強度と不快確率の関係(H29-H30)

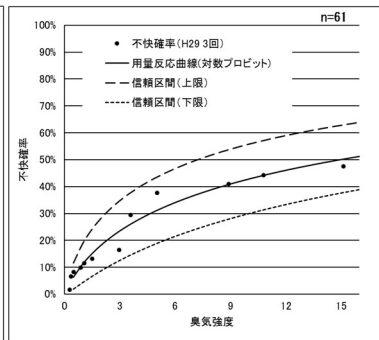


図 2 臭気強度と不快確率の関係(H29)

かび臭発生藻類の遺伝子検査法の検討

○雲岡 秀樹 (千葉県企業局) 西野 友祐 (千葉県企業局)
 西井 淳雄 (千葉県企業局) 石橋 美幸 (千葉県企業局)

1. はじめに

当局の浄水場の水源である印旛沼及び高滝ダム湖では、春から秋にかけてかび臭の原因物質であるジェオスミンの濃度が上昇し浄水処理上の問題となっているため、ジェオスミンの発生状況を早期に予測することが出来れば浄水処理に反映できるものと考えられる。ジェオスミンは主に *Anabaena* 属の植物プランクトン（最新の分類学では *Dolichospermum* 属等に分類されているがここでは日本水道協会の「日本の水道生物」¹⁾ にしたがって *Anabaena* 属とし以降アナベナと表記する）により産生されることが知られており、印旛沼と高滝ダム湖でも度々アナベナの増殖が観察されている。アナベナにはジェオスミンを産生する種としない種がいるが、形態検査によりこの判別を行うことは熟練した知識と経験が必要となる。そこで、当局では遺伝子の違いに着目し、ポリメラーゼ連鎖反応法（PCR 法）を用いた遺伝子検査法によりジェオスミン産生種のアナベナのみの定量を行うことを目標に検討を行っている。今回、定量試験の前段階として水源の原水を用いた PCR 阻害の確認及び水源の原水からジェオスミン産生種が持つジェオスミン合成遺伝子の検出を行ったので報告する。

2. 方法

(1) DNA 抽出及びリアルタイム PCR

DNA 抽出及びリアルタイム PCR は Tsao らの方法を参考にした²⁾。DNA 抽出は、試料水を孔径 5 μm の親水性 PTFE フィルターでろ過・濃縮し、リゾチームを添加して Blood & Tissue Kit (Qiagen 社) で行った。リアルタイム PCR は SYBR Premix Ex Taq (Takara 社) を用いて Light Cycler96 (Roche 社) で行った。検出に用いたプライマーを表 1 に示す。

表 1 ジェオスミン合成遺伝子検出プライマー

	配列 (5' - 3')	標的遺伝子
Forward	ctagaccmatgCGGGTTTta	geosmin synthase
Reverse	ctcaactacaagcacaca	geosmin synthase

(2) PCR 阻害の確認

当局の水源水である印旛沼の原水を用いて、遺伝子検査の障害となる PCR 阻害が起こり得るかを確認した。印旛沼の原水 50mL から DNA を抽出し、溶出 Buffer 50 μL または 100 μL で溶出した。得られた DNA 溶液について、精製水で 2 倍に希釈した試料と希釈を行わない試料をリアルタイム PCR で分析し、Ct 値 (Threshold Cycle) を測定した。

(3) 原水からのジェオスミン合成遺伝子の検出

(2) で得られた結果を基に印旛沼及び高滝ダム湖の原水からジェオスミン合成遺伝子の検出を試みた。4月～12月までの印旛沼及び高滝ダム湖の原水 50～100mL から DNA を抽出し、DNA 溶液を精製水で 2 倍に希釈しリアルタイム PCR 法によるジェオスミン合成遺伝子の検出を行った。

かび臭産生藻類の遺伝子検査法の検討

3. 結果

(1) PCR 阻害の確認

印旛沼の原水 50mL から DNA を抽出し、リアルタイム PCR を行った (表 2)。PCR 阻害の有無は 2 倍希釈後の試料の Ct 値から希釈前の試料の Ct 値を減じて評価した。本来、リアルタイム PCR では試料を 2 倍に希釈して検査を行うと Ct 値が約 1 増加する。ところが、溶出量を 50 μ L とした試料では希釈前の試料で Ct 値が得られず希釈後に Ct 値が得られ、溶出量 100 μ L では 2 倍希釈後に Ct 値が減少した。このことから、これらの試料は希釈前の段階では DNA の増幅効率が著しく低い状態であり PCR 阻害が生じていると考えられた。そのため、以後の検討では PCR 阻害の影響を抑えるために、溶出量を 100 μ L とし得られた DNA 溶液を精製水で 2 倍に希釈して検出を行うこととした。

表 2 PCR 阻害の有無

	溶出量	
	50 μ L	100 μ L
希釈なしCt値	不検出	31.36
2倍希釈Ct値	32.65	30.26
差	-	-1.1
阻害の有無	有	有

(2) 原水からのジェオスミン合成遺伝子の検出

4 月から 12 月までの印旛沼及び高滝ダム湖の原水 50~100mL から DNA を抽出し、リアルタイム PCR 法によるジェオスミン合成遺伝子の検出を行った。その結果、印旛沼の原水では 4 月から 12 月までジェオスミン合成遺伝子が検出され、高滝ダム湖では、5 月及び 7 から 12 月でジェオスミン合成遺伝子が検出された (図 1)。

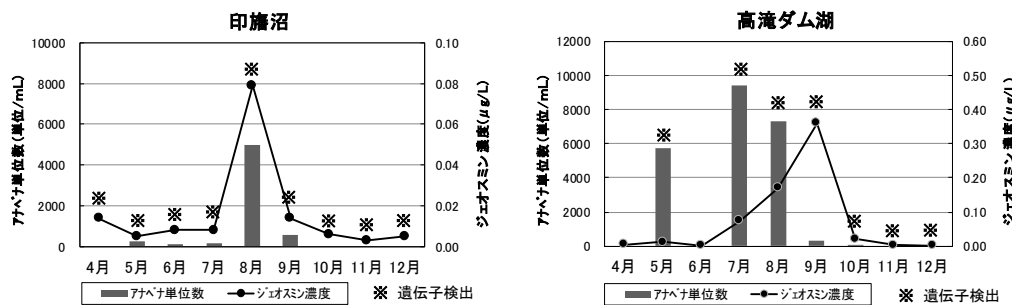


図 1 ジェオスミン合成遺伝子検出状況

4. まとめ

遺伝子検査法によるジェオスミン合成遺伝子の検出法を検討した結果、印旛沼の原水を用いた遺伝子検査で PCR 阻害を確認した。このため、定量試験を行う際には、PCR 阻害が生じない条件で検査をする必要があることが示唆されたが、希釈条件までは決定することができなかった。また、原水からのジェオスミン合成遺伝子の検出では印旛沼及び高滝ダム湖のいずれの原水からもジェオスミン合成遺伝子を検出できた。

今後は、遺伝子検査の定量性を確認して定量試験方法として確立すると共に、継続的に水源の調査を行いアナバネアやジェオスミンの発生状況と遺伝子検査方法の結果との比較を行う予定である。

【参考文献】

- 1) 日本水道協会：日本の水道生物-写真と解説-改訂版
- 2) Monitoring of geosmin producing *Anabaena circinalis* using quantitative PCR (Tsao HW et al., Water Research Vol. 49 pp. 416-425, 2014)

印旛沼におけるかび臭の発生状況

○西井 淳雄（千葉県企業局） 茂野 誠一（千葉県企業局）
島本 卓弥（千葉県企業局）

1. はじめに

千葉県企業局の水源の1つである印旛沼（図1）は、富栄養化が進んでおり、例年、春から初秋にかけて主に2-メチルイソボルネオール（以下「2-MIB」）を産生する植物プランクトンの *Phormidium* 属、及びジェオスミンを産生する *Anabaena* 属、2-MIB、又はジェオスミンを産生する *Oscillatoria* 属（*Planktothrix* 属も含むものとする）が発生する。しかし、平成30年度の冬季において、例年には見られない高濃度のジェオスミンの発生が印旛沼で見られた。本稿では、平成30年度の印旛沼における、高濃度のジェオスミンの発生に伴う調査の結果を報告する。



図1 千葉県の水域模式図

2. 印旛取水場におけるかび臭の濃度及び植物プランクトン数の推移

平成30年度の7月～3月における印旛取水場の沈砂池について、ジェオスミン濃度の測定、並びに植物プランクトンの *Anabaena* 属及び *Oscillatoria* 属の計数を行った結果を図2に示す。

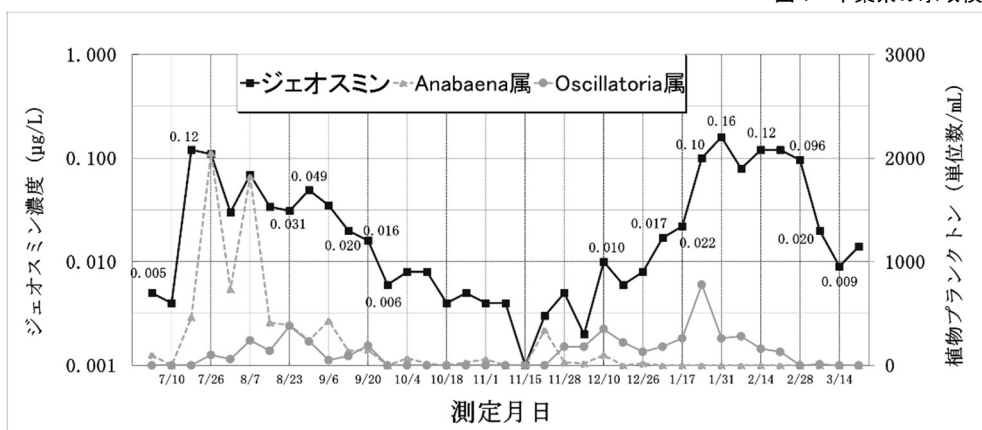


図2 平成30年度7月～3月における印旛取水場沈砂池のジェオスミン濃度、植物プランクトン計数結果

※植物プランクトンの単位数は、直鎖型：100µm=1 螺旋型：1巻=1とする

印旛取水場の沈砂池では、7月中旬頃にジェオスミン濃度が0.004µg/Lから0.12µg/Lまで急激な上昇が見られた。7月上旬は *Anabaena* 属が0～100単位数/mL程度であったが、7月19日には460単位数/mLに、7月26日には2050単位数/mLへと増加していた。その後、9月27日には *Anabaena* 属は見られなくなり、沈砂池でのジェオスミン濃度は0.010µg/L以下に低下した。しかし、1月10日から徐々にジェオスミン濃度が上昇し始め、1月31日には平成30年度での最高濃度である0.16µg/Lまで上昇した。この間、*Oscillatoria* 属の増加が見られていたが、1月31日には減少し始めた。その後も2月末まで高濃度のジェオスミンが確認されたが、*Anabaena* 属、*Oscillatoria* 属の数は低いままであった。

3. 印旛沼の調査

当局では、1月の急激なジェオスミン濃度の上昇を受け、図3に示す採水地点でジェオスミン濃度の測定と植物プランクトンの計数を行った。その結果を表1に示す。

印旛沼におけるかび臭の発生状況

表1 印旛沼におけるジェオスミン濃度、植物プランクトンの結果

採水場所	取水ゲート前	一本松機場前		甚兵衛大橋		双子橋
		1月28日	1月28日	1月28日	2月7日	2月7日
ジェオスミン	μg/L	0.12	0.19	0.25	0.17	0.25
<i>Anabaena</i> 属		0	0	0	0	0
<i>Oscillatoria</i> 属		260	220	160	160	80
<i>Phormidium</i> 属	単位数/mL	780	1160	2620	1480	1200
<i>Aphanizomenon</i> 属		1320	2080	2860	1900	2520
その他藍藻類		20	60	20	80	200

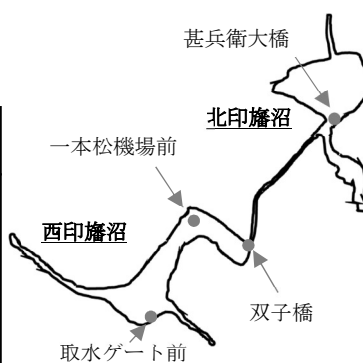


図3 印旛沼採水地点図

表1から、甚兵衛大橋と双子橋でジェオスミン濃度が高いため、北印旛沼から高濃度のジェオスミンが発生しているのではないかと考えられた。しかし、植物プランクトンの計数結果では、印旛沼のジェオスミン発生時によく見られていた *Anabaena* 属、及び *Oscillatoria* 属が少なく、*Phormidium tenue*、及び *Aphanizomenon* 属が多数見られるという結果となった。かび臭発生の原因特定のため、2月7日採水の甚兵衛大橋について、2通りの方法で遠心分離（以下「遠沈」）、ろ過処理を行った試料水についてジェオスミン濃度を測定した。

- ・2050×gで10分間遠沈後、自然ろ過（5A、5Cのろ紙による二重ろ過）をした試料水
- ・2050×gで10分間遠沈後、1.0μm シリンジフィルター（PES）でろ過した試料水

遠沈、ろ過処理後のかび臭測定結果を表2に示す。この結果から、原水中におけるジェオスミンの8割程度が遠沈、ろ過処理で除去されたため、原水中の生物体内にジェオスミンが多く存在していることがわかった。表1より、2-MIB 産生種である *Phormidium tenue* 及び数の少ない *Anabaena* 属、*Oscillatoria* 属が高濃度のジェオスミン発生の原因とは考えにくいことから、原水中に多数見られた *Aphanizomenon* 属に着目した。原水中の *Aphanizomenon* 属は、休眠胞子を確認できず、同定できなかったが、1月28日採水の甚兵衛大橋の原水（500mL ペットボトル）を25℃、2000ルクス、6時-18時を明期とする環境に1週間程度静置した試料水については、図4のように休眠胞子を形成している個体が観察できるようになった。検鏡の結果、以下の3つの特徴が確認できた。

①トリコームは単独かつ直鎖であり、両端に向かって徐々に細くなる
 ②異質細胞は長球形である
 ③休眠胞子は長楕円形、長円筒形であり、異質細胞から1-5個隔てたところに1個または2個形成している

- ①トリコームは単独かつ直鎖であり、両端に向かって徐々に細くなる
- ②異質細胞は長球形である
- ③休眠胞子は長楕円形、長円筒形であり、異質細胞から1-5個隔てたところに1個または2個形成している

①～③の特徴から、ジェオスミン産生種である *Aphanizomenon gracile*^{1) 2)} であると同定した。計数された単位数を考慮し、印旛沼のジェオスミン濃度の上昇は *Aphanizomenon gracile* が原因であることが示唆された。

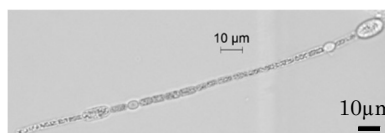


図4 同定した *Aphanizomenon gracile*

4. 結論

調査の結果、平成30年度の冬季の印旛沼におけるジェオスミンの発生の原因は *Aphanizomenon gracile* であることが示唆された。本調査では、この種が冬季に発生した原因は特定できなかったが、印旛沼でジェオスミンを発生させる種として新たな知見を得ることができた。今後もかび臭の発生が懸念されることから、引き続き印旛沼における植物プランクトン及びかび臭の発生状況について、継続的に調査・監視を行っていく。

【参考文献】

- 1) 国立科学博物館、浮遊性藍藻データベース、ネンジュモ目、*Aphanizomenon gracile*
- 2) 藤本、寺下：水道における障害微生物と対策、日本醸造協会誌第110巻第10号、p.688

高塩基度 PAC を用いた 4 水源の浄水処理試験

水質センター

1. はじめに

高塩基度 PAC(塩基度 70%)は、現在当局で使用している塩基度 50%の PAC(以下「通常 PAC」という。)と比較して、①有機物の除去に優れる、②残留アルミニウム濃度が低い、③低注入率で凝集可能などの特徴があると言われている。そこで、当局の 4 原水において、凝集処理性能試験を行い、有機物除去性能と PAC 注入率について高塩基度 PAC と通常 PAC の性能の比較検証を行ったのでその結果を報告する。

2. 調査方法

(1) 調査対象及び試験実施日

調査対象は、当局浄水場の 4 原水とした。具体的には、河川系原水のちば野菊の里浄水場原水(江戸川)・北総浄水場原水(利根川)と、湖沼系原水の柏井浄水場東側施設原水(印旛沼)・福増浄水場原水(高滝ダム湖)である。以下、それぞれの原水を「野菊」「北総」「柏井東」「福増」という。

表 1 期間の区分及び試験実施日

区分	期間	実施日			
		野菊	北総	柏井東	福増
春期	H30/3~H30/5	欠測	H30/5/1	H30/5/23	H30/5/17
夏期	H30/6~H30/8	H30/8/23	H30/7/30	H30/8/21	H30/8/9
秋期	H29/9~H29/11	H29/10/19	H29/11/27	H29/9/26	H29/11/30
冬期	H29/12~H30/2	H30/1/24	H30/1/29	H30/2/7	H30/1/31

表 1 のように、春期・夏期・秋期・冬期を区分し、各原水について、各期 1 回ずつ表中の記載した実施日に試験を実施した。

(2) 試験操作及び測定項目

試験には、粉末活性炭・硫酸・苛性ソーダ・次亜塩素酸ナトリウム等の PAC 以外の薬品が注入された急速攪拌池直前の水(以下「急攪原水」という。)を用い、以下の①~④の手順で試験操作を行った。

- ①ビーカーに分取した急攪原水 1L に、PAC を数段階の注入率で添加する。
- ②ジャーテスターにより急速攪拌(120rpm、3 分間)、緩速攪拌(60rpm、15 分間)を行う。
- ③攪拌後 15 分間静置し、上澄水を採取する。
- ④上澄水をガラス繊維ろ紙(GF/B)でろ過する。

表 2 各試料の測定項目

急攪原水	濁度、全有機炭素 (TOC)
上澄水	濁度
ろ過水	全有機炭素 (TOC)

急攪原水、上澄水及びろ過水の各試料について、表 2 に示す項目を測定した。

3. 結果

(1) 有機物の除去性能

ろ過水の TOC 除去率 $\{(\text{急撹原水 TOC} - \text{ろ過水 TOC}) / \text{急撹原水 TOC}\} \times 100(\%)$ を用いて評価した。

試験期間中の河川系の TOC 除去性は、いずれの PAC 注入率でも高塩基度 PAC では通常 PAC と比較して同等または高い除去性を示した。最も顕著だった秋期の結果を図 1 (上) に示す。秋期は野菊・北総共に、高塩基度 PAC と通常 PAC の TOC 除去率の差は 10~25%程度であった。秋期以外では TOC 除去率の差は約 0~15%であった。

湖沼系では春期福増は、高塩基度 PAC の TOC 除去率が通常 PAC の TOC 除去率を 5%~10%程度上回ったが、他では高塩基度 PAC と通常 PAC で顕著な差はなかった。例として、図 1 (下) に春期湖沼系の結果を示す。

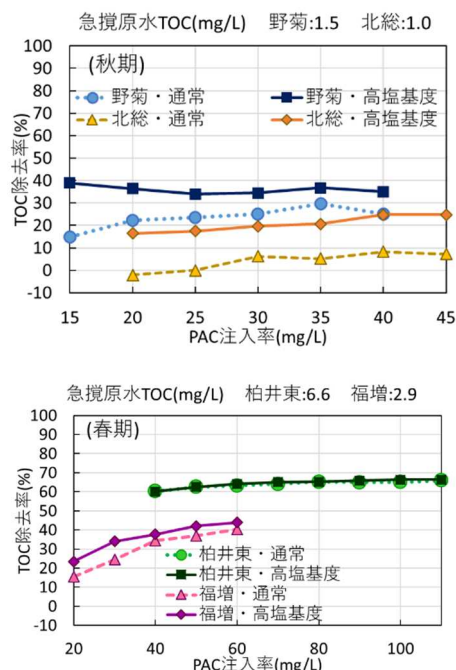


図 1 (上) 秋期河川系の結果
(下) 春期湖沼系の結果

(2) PAC 注入率の比較

ア. 検証方法

上澄水の濁度の結果から、通常 PAC の最適注入率と、同程度の処理性能を示す高塩基度 PAC の必要注入率を以下の手法で求めた。

まず、通常 PAC において、上澄水濁度が下げ止まった注入率 (※) を通常 PAC の最適注入率とした。なお、通常 PAC における上澄水濁度が下げ止まらないものは、試験における PAC 注入率の中で最も高い PAC 注入率を通常 PAC の最適注入率とした。

次に、高塩基度 PAC の必要注入率は下記の手法 (a) で求めた。手法 (a) で求まらない場合は手法 (b) で求めた。

手法 (a) : 図 2 に示すように通常 PAC の最適注入率①での上澄水濁度②を下回る高塩基度 PAC の注入率で、最も低注入率となるものを高塩基度 PAC の必要注入率③とした。

手法 (b) : 通常 PAC の最適注入率の求め方と同様に上澄水濁度が下げ止まった注入率 (※) を高塩基度 PAC の必要注入率とした。

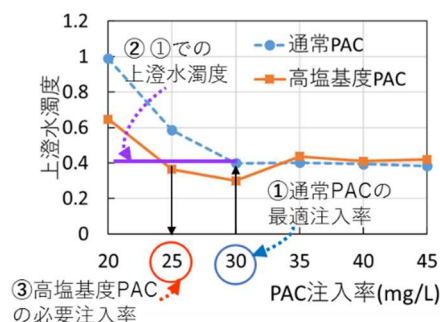


図 2 手法(a)の高塩基度 PAC の必要注入率の求め方

※ 具体的には、「ジャーテストにおいて、PAC 注入率を段階的に増やしていき、その際上澄水の濁度減少量が 0.05 度を下回った時、その直前の PAC 注入率」とした。

イ. 手法(b)を設定した理由

はじめに手法(a)で高塩基度 PAC の必要注入率を求められなかった試験結果について説明をする。

全試験を通し、高塩基度 PAC の上澄水濁度は、概して 0.1~0.2 度付近で下げ止まる傾向が見られた。そのため、通常 PAC の最適注入率の上澄水濁度が 0.1 度未満になる場合、高塩基度 PAC の上澄水濁度の最低値より低くなるため、高塩基度 PAC の必要注入率が手法(a)では求まらない。

今回の調査では、図 3 に示すように、夏期北総試験・夏期福増試験で、高塩基度 PAC の必要注入率が手法(a)で得られなかったため、手法(b)で高塩基度 PAC の必要注入率を求めた。

この場合、夏期北総試験では 30mg/L、夏期福増試験では 50mg/L となる。

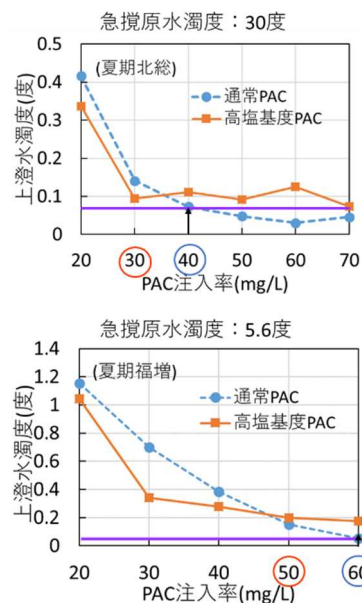


図 3 手法(a)で高塩基度 PAC の必要注入率が求まらなかった試験のグラフ

ウ. 通常 PAC と高塩基度 PAC の最適注入率及び低減率

以上の手法で求めた通常 PAC の最適注入率、高塩基度 PAC の必要注入率および低減率を表 3 に示す。

表 3 通常 PAC 最適注入率と高塩基度 PAC 必要注入率と低減率

	野菊				北総				河川系 平均	柏井東				福増				湖沼系 平均	全体 平均
	春期	夏期	秋期	冬期	春期	夏期	秋期	冬期		春期	夏期	秋期	冬期	春期	夏期	秋期	冬期		
通常PAC最適注入率(mg/L) A		30	30	30	35	40	45	30		70	100	70	50	50	60	60	50		
高塩基度PAC必要注入率(mg/L) B		30	15	20	25	30	35	25		50	100	70	50	40	50	60	40		
低減率(%) (A-B) / A × 100		0	50	33	29	25	22	17	25	29	0	0	0	20	17	0	20	11	17

注入率の低減率は0~50%(平均17%)となり、高塩基度 PAC は、通常 PAC と比較して等率または低注入率での濁度低減が可能であった。低減率は、河川系では0~50%(平均25%)であり、湖沼系では0~29%(平均11%)であった。この結果から、高塩基度 PAC にしたときに、注入率を低減できる可能性があることが推察される。

4. まとめと今後の展望

TOC の除去性能は、河川系では高塩基度 PAC の方が通常 PAC と比較して高かった。一方、湖沼系では高塩基度 PAC と通常 PAC との間に顕著な差は見られなかった。

また、今回の PAC 注入率の比較検証結果から高塩基度 PAC にしたときに、PAC 注入率を削減できる可能性が示された。

今後は浄水場の実施設においてろ過後の水質など各浄水処理工程での評価を行い、硫酸や苛性ソーダの注入率の削減等浄水処理全体で導入メリットがあるか検証したい。