

厚生労働科学研究費補助金

健康安全・危機管理対策総合研究事業

気候変動に伴う水道システムの生物障害等リスク評価と  
その適応性の強化に向けた研究

令和5年度 総括研究報告書

研究代表者 秋葉 道宏  
(国立保健医療科学院)

令和6(2024)年 3月



気候変動に伴う水道システムの生物障害等リスク評価とその適応性の強化に向けた研究

研究代表者 秋葉 道宏 国立保健医療科学院 生活環境研究部 特任研究官

研究要旨

本研究では「気候変動に伴う水道システムの生物障害等リスク評価とその適応性の強化に向けた研究」に資する成果を得ることを目指し、①気候変動条件下における障害生物発生ポテンシャル評価と将来発生予測モデルの構築、②障害生物発生時における分析方法の開発と効率的な浄水処理システムの提案、③気候変動により生じる生物障害等リスクに対する対応策の検討に関連する研究を実施した。

① 気候変動条件下における障害生物発生ポテンシャル評価と将来発生予測モデルの構築

WHO 飲料水水質ガイドラインの更新に伴い、日本全国の 21 水源について、Microcystin(MC)-LR、MC-RR、MC-YR、Cylindrospermopsin(CYN)、7-deoxy-CYN、Anatoxin-a について調査を行った。その結果、1 地点で、MC-LR、MC-RR が 1 µg/L 以上の濃度で確認されたが、浄水試料では非検出となり、浄水処理により Microcystin が十分に制御できていることが確認された。

水源流域における障害生物の発生ポテンシャルを評価することを目的として、河床付着物中のカビ臭原因物質産生藍藻類 *Microcoleus autumnalis* のカビ臭原因物質産生に関する表現形質について PCR およびクローニングにより流域での拡散について推定を行った。またカビ臭原因物質産生株と非産生株の比増殖速度の違い、複数の系統に位置する *M. autumnalis* についてカビ臭原因物質産生能力の比較および増殖・カビ臭原因物質産生に及ぼす温度の影響について検討を行った。その結果、気候変動にともなう水温上昇は、カビ臭被害の広域化や深刻化を引き起こす可能性があり、これらの知見を踏まえた上で、*M. autumnalis* 等障害生物の発生メカニズムをさらに解明し、水道水源における *M. autumnalis* 等障害生物の分布、季節的消長に関して知見を集積していくことが気候変動下の水道水質管理において重要であると考えられた。

気候変動により生じうる環境条件下(温度、光条件、日長)でのカビ臭産生藍藻類の増殖ポテンシャルとカビ臭物質産物産生能の変化やカビ臭発生メカニズムの解明を目的として、温度、光強度、日長の変化によるカビ臭物質産生藍藻類のカビ臭物質産生のメカニズムを解明に試みた。この結果、カビ臭物質産生藍藻類の同属・同種で、異なる株の場合、環境因子への応答は異なるものとなり、増殖に対しては、水温や日長条件が異なる結果を与えやすいことを明らかにした。得られた結果から、カビ臭発生予測手法の構築に貢献できるバイオマーカー、環境マーカーを見いだすことも試みた。その中で、カビ臭物質合成酵素遺伝子の発現量は、増殖期間において定量できるレベルで発現しており、一定レベルの発現をしているとカビ臭物質の産生量が多くなる傾向となった。とくに *geosmin* 合成酵素遺伝子 *geoA* の発現量が高くなる際は、細胞増殖が活発となる点を示すマーカーとなる可能性が見いだされた。

奈良県の室生湖を対象とし、浮遊性シアノバクテリアである *Microcystis* spp. の濃度の予測モデル構築及び気候予測データを用いた過去と将来の *Microcystis* spp. 濃度の推定を行った。その結果、過去実験の結果と比較した場合に、気温が 4 度上昇するシナリオにおける平均 *Microcystis* spp. 濃度が約 1.58 倍になる結果が示された。また機械学習モデルの不確実性を考慮するため、訓練データとテストデータの分割を 100 回繰り返した際の、予測モデルの構築及び *Microcystis* spp. 濃度の推定も行った。本研究手法を複数のダム湖に適用することで、将来的な藻類異常発生リスクの定量的な評価及びダム湖間の比較が可能となり、優先的に対処すべき水道水源の特定ができる可能性が示された。

全国 4 か所の水道水源ダム(室生ダム、阿木川ダム、一庫ダム、寺内ダム)に関して、気温から水温を予測する回帰モデルを作成した。室生ダムに関しては、曝気循環装置の運転や設定水位を考慮し、曝気循環の有無ならびに夏期・秋期それぞれの条件下での、流域気温からダム湖水温を予測する回帰式を作成し、将来の気候変動下での水温変化を予測した。また、流入河川流量が増加することで水温が有意に低下することを確認し、河川流量予測の重要性を示した。一方、準分布型水文水質モデル(SWAT+)を用いた室生ダムの水文水質再現において、ダム湖への流入河川流量については水田作付期となる 4~6 月期の再現性には向上の余地は残しつつも、それ以外の時期は十分に再現しうるパラメータ群を決定した。また同モデルを用いて窒素、リン濃度予測にも目途をたてることができた。さらに SWAT+によって将来の気候変動下での室生ダムへの流入河川流量をシミュレートし、過去から 2°C 上昇、4°C 上昇と進むにつれて 3~5 月は流入河川流量平均値が増加、7~9 月は減少する傾向を確認した。

② 障害生物発生時における分析方法の開発と効率的な浄水処理システムの提案

生ぐさ臭の機器分析による水質管理を可能とするために、原因物質の構造や分析条件を明ら

かにすることを目的とした。量子化学計算と高分解能 GC/MS を用いて水道水生ぐさ臭原因物質の構造を推定したところ、同物質は 6-メトキシ-3-(5-オキソヘキシル) シクロヘキサ-2-エン-1-オンと考えられることが明らかとなった。同物質を含む 20 物質を対象に、これまでに採取した 6 検体の水道原水における存在状況と水道原水の TON、*Uroglena americana* の細胞濃度との相関関係を調査したところ、水道水生ぐさ臭は 1-オクテン-3-オン、6-メトキシ-3-(5-オキソヘキシル) シクロヘキサ-2-エン-1-オン、ヘプタジエナールの 3 物質の混合臭気である可能性を示した。

実際の水源で増殖したラフィド藻を対象に、ラフィド藻に由来する有機物の精密質量分析による検知を精密質量スペクトルの差異解析により試みた。その結果、イオン化法に大気圧化学イオン化法 (APCI) を用いれば、環境水中でも 90 cells/mL 程度の藻類増殖に由来する有機物を分別可能な感度を達成できることを示した。

### ③ 気候変動により生じる生物障害等リスクに対する対応策

水道事業体の現場で実施している気候変動適応策についてヒアリング調査、データ解析により検証を行った。原水濁度の上昇に直接の関係があると推測される本川上流ダムの放流量と下流の取水場における原水濁度の関係を解析したところ、非常に高い相関が得られ、豪雨時にダム放流量 (m<sup>3</sup>/s) の数値の 10 分の 1 が取水場の数時間後の原水濁度の数値になるという仮説を立てることができた。また、原水濁度、カビ臭物質濃度の上昇への対処法として浄水施設における高塩基度 PAC、高機能粉末活性炭注入についてデータ解析を行ったところ、両者とも有効と考えられた。

全国の水道事業を対象に、豪雨による高濁度発生時の対応に関するアンケート調査を行い、回答を得た水道事業のうち、表流水が原水の浄水場について解析した。降雨による濁度への対応について、多くのところで複数のレベルを設定し、特に約半分のところで 5 段階に設定していることがわかった。また、監視方法、管理点、または重要管理点について明らかにした。200 度以上の高濁度を経験した事業体について、回答のあった事業体のほとんどが、高濁度時に水安全計画に基づいて監視強化、処理の強化ができたとの回答であった。しかし、一部、あるいは多くは対応措置どおりの対応は困難であったと回答した場合もあった。事象終息後に、水安全計画のレビューを行ったところは約半分であった。行わなかったところは、その多くが問題なく対応できたためであった。

#### 研究分担者

西村修	東北大学大学院工学研究科 教授
柳橋泰生	福岡大学工学部 教授
藤本尚志	東京農業大学応用生物科学部 教授
下ヶ橋雅樹	叡啓大学ソーシャルシステム デザイン学部 教授
高梨啓和	鹿児島大学大学院 理工学研究科 准教授
越後信哉	京都大学大学院地球環境学 教授
小坂浩司	国立保健医療科学院 上席主任研究官
清水和哉	東洋大学生命科学部 教授
浅田安廣	京都大学大学院工学研究科 准教授

が生じている。将来的にも気候変動に伴う生物障害事例、集中豪雨・台風による水害頻度の増加等が予想されることから、その生じるリスクに対して適応可能な水道システムを考え、将来にわたって安全で安心な水供給を実現する必要がある。本研究課題では、このような水道事業の背景を踏まえながら、このような水道事業の背景を踏まえながら、気候変動に伴う水道システムの生物障害等リスクへの適応性の強化に資する成果を得ることを最終的な目標とし、以下の 3 つの検討を実施した。

- ① 障害生物の発生メカニズムの把握や藻類発生予測システムを構築すること
- ② 障害生物発生時の分析方法の開発や効率的な浄水処理プロセスを構築すること
- ③ 気候変動に伴う水道事業の課題を抽出し、①、②と連携して、気候変動に伴う生物障害等リスクに適応した新たな水道システムを例示すること

#### B. 研究方法

①気候変動条件下における障害生物発生ポテンシャル評価と将来発生予測モデルの構築

日本全国の 21 水源について、Microcystin(MC)-LR、MC-RR、MC-YR、Cylindrospermopsin(CYN)、7-deoxy-CYN、Anatoxin-a について LC-MS/MS による調査を行った。

水道水源から単離された藍藻類株 (*Microcoleus* 属) を用いて、培地条件の変化 (CT 培地もしくは改変 CT 培地 (硝酸態窒素濃度を 0.2、0.4、0.6、

#### A. 研究目的

近年、地球温暖化の影響と考えられる生物障害や水道原水水質悪化の報告例が目立つ。さらに気候変動による集中豪雨の頻度・規模の増加が確認されており、それら水害による水道事業への影響

1.0mg/L)あるいは温度条件の変化に対して、カビ臭原因物質産生株、非産生株の比増殖速度、温度による影響を評価した。また、河床付着物中の *M. autumnalis* のカビ臭原因物質産生に関する表現形質について分子生物学的手法による検討を行った。さらに供試藍藻類に対して、温度、光強度、日長の変化によるカビ臭物質産生藍藻類のカビ臭物質産生のメカニズムを解明に試みた。

奈良県の室生湖を対象とし、2001年から2017年の *Microcystis* spp.濃度を目的変数とし、栄養塩データ、水理データ、気象データを説明変数として、機械学習アルゴリズムにより説明変数の選択及び予測モデルの構築を行った。構築された予測モデルに対して、気候予測データの2度及び4度上昇実験、過去実験の気象データを入力することで、将来と過去の *Microcystis* spp.濃度の推定を行った。

ダム貯水池での水温を気温から予測する数理モデル(回帰式)の構築を、全国4か所の水道水源ダム(室生ダム、阿木川ダム、一庫ダム、寺内ダム)に関して行った。また室生ダムに関しては、曝気循環装置の運転や設定水位を考慮し、曝気循環の有無ならびに夏期・秋期それぞれの条件下での、流域気温からダム湖水温を予測する回帰式を作成した。この回帰式に対して、将来の気温変化予測データを適用して、室生ダム貯水池の将来の水温変化を予測した。加えて、ダム湖流入河川流量の水温予測への影響の有意性を重回帰式で確認した。この流入河川流量と、藻類増殖の重要な因子である栄養塩濃度を推算する準分布型水文水質モデル(SWAT+)の構築を昨年度に引き続き行った。また、将来気象予測データを用いて、室生ダムへの流入河川流の変化を予測した。

## ②障害生物発生時における分析方法の開発と効率的な浄水処理システムの提案

6-メトキシ-3-(5-オキソヘキシル)シクロヘキサ-2-エン-1-オンを生ぐさ臭原因物質の推定構造と仮定した場合に、実験結果と量子化学計算結果が一致することの確認を試みた。また、一昨年度の文献研究の成果を基に、既往研究で生ぐさ臭原因物質と報告されている20物質について、水道原水中の存在量と原因生物濃度および臭気強度との相関関係を検討した。

特徴的な有機物を構成要素に含む藻類の早期検知を目標に、精密質量分析による高感度検知の可能性について、実際に国内の水源で増殖したラフィド藻を用いて、実験的検討を行った。

## ③気候変動により生じる生物障害等リスクに対する対応策

水道事業体の現場で実施している気候変動適応策についてヒアリング調査、データ解析により検証を行った。本検証では、原水濁度の上昇に直接の関係があると推測される本川上流ダムの放流量と下流の取水場における原水濁度の関係を解析した。また、原水濁度、カビ臭物質濃度の上昇への対処法として浄水施設における高塩基度PAC、高機能粉末活性炭注入についてデータ解析

を行った。

全国の水道事業を対象に、豪雨による高濁度発生時の対応に関するアンケート調査を行い、回答を得た水道事業のうち、表流水が原水の浄水場について解析した。

## C. 研究結果およびD. 考察

### ①気候変動条件下における障害生物発生ポテンシャル評価と将来発生予測モデルの構築

2023年9月に採水された全国21ヶ所の水道水源の試料の調査を行った結果、一つの水源から、MC-LRが1.8 µg/L、MC-RRが1.2 µg/Lと1 µg/L以上の高濃度で確認された。その他にも、MC-YRが0.24 µg/Lで確認された。そこで、MCが検出した水源を原水としている浄水試料(同時期に採水)について、測定対象の6物質について測定を試みた結果、浄水試料からは対象物質が検出されなかった。そのため、MCについては浄水処理で制御可能であると考えられた。

2021年8月、2022年8月にA川4地点について河床付着物中の *M. autumnalis* のカビ臭原因物質産生に関する表現形質について検討を行い、多くのOTU(Operational Taxonomic Unit)が両年で同地点で検出されていることが明らかとなった。上流と下流の *M. autumnalis* の生物相が異なること、地点特有のOTUが存在することや、ジェオスミン系統(WILD-106、WILD-110)に位置付けられるOTUは上流から下流にかけて広範囲に分布することが明らかとなった。また2022年8月では、A川A地点ではカビ臭原因物質非産生の *M. autumnalis* が優占していることが示唆され、培養実験の結果からカビ臭原因物質非産生株、2-MIB産生株の増殖速度の違いが一つの要因と考えられた。さらに、上流部、下流部からの単離株間、ジェオスミン産生株、2-MIB産生株間で増殖およびカビ臭原因物質産生に関する特性が異なることや温度の影響が大きいことが明らかとなった。

カビ臭物質産生藍藻類の同属・同種で、異なる株の場合、環境因子への応答は異なるものとなり、増殖に対しては、水温・日長の影響が光強度よりも異なる結果を与えやすいことを明らかにした。また本研究結果から、カビ臭発生を予測できる環境マーカーとして、カビ臭物質産生藍藻類のバイオマスのみを定量できるカビ臭物質合成遺伝子を用いたqPCR法による定量が挙げられ、環境マーカーの候補として *geoA* 遺伝子発現量が考えられることを見いだした。

奈良県の室生湖を対象とし、浮遊性シアノバクテリアである *Microcystis* spp.の濃度の予測モデル構築及び気候予測データを用いた過去と将来の *Microcystis* spp.濃度の推定を行った。その結果、過去と比較した場合に、4度上昇時に藻類濃度が約1.58倍になることが示された。また機械学習モデルの不確実性を考慮した解析では、*Microcystis* spp.濃度の平均値が過去と比較して、1.17~1.48倍になることが推定された。

全国4か所の水道水源ダム(室生ダム、阿木川ダム、一庫ダム、寺内ダム)に関して構築した水温を気温から予測する回帰式では、すべてのダム湖で  $R^2 > 0.946$  の回帰式が得られた。今回の検討では、

ダム水温を決定するダム内での熱挙動はブラックボックス化し、曝気循環の有無と季節による違いで場合分けしている。より厳密な水温予測を行うためには、河道での水温変化をより精密に予測し、またダム内での温度分布もモデリングするといった余地はある。そのためには流域熱収支解析の根拠となる、より局所的な水温情報など、モデル検証のためのデータが重要となる。また、流入河川流量が増加することで水温が有意に低下することを確認し、河川流量予測の重要性を示した。一方、SWAT+を用いた室生ダムの水文水質再現において、ダム湖への流入河川流量については水田作付期となる4~6月期以外の時期は十分に再現しうるパラメータ群を決定した。また同モデルを用いて窒素、リン濃度予測にも目途をたてることができた。さらにSWAT+によって将来の気候変動下での室生ダムへの流入河川流量をシミュレートし、過去から2°C上昇、4°C上昇と進むにつれて3~5月は流入河川流量平均値が増加、7~9月は減少する傾向を確認した。

## ②障害生物発生時における分析方法の開発と効率的な浄水処理システムの提案

生ぐさ臭の原因物質（以下、Fishy Smell X, FX）の構造を決定するために、量子化学計算を実行した結果、FXは6-メトキシ-3-(5-オキソヘキシル)シクロヘキサ-2-エン-1-オンと考えられた。続いて、生ぐさ臭原因物質と報告されている20物質について、水道原水中の存在量と原因生物濃度および臭気強度との相関関係を検討した結果、1-オクテン-3-オン、本研究で発見し構造を推定したFXおよびヘプタジエナールの3物質について相関関係が認められ、水道水生ぐさ臭原因物質は、これらの3物質の混合臭気の可能性が示された。

希釈、10倍希釈、100倍希釈試料（注：対照試料も同倍率で希釈していることに注意）について、対照試料とラフィド藻試料を大気圧化学イオン化法（APCI）のネガティブモード、ポジティブモードで比較した結果、対照試料にはなくて、ラフィド藻試料にある質量数（ピーク）が検出され、藻類由来の溶存有機物の検知にAPCIモードによる分析の有効性を示した。また、試料前処理を組み合わせれば、低濃度の藻類の存在を検知できることから、精密質量分析が高濃度に増殖する前の藻類の存在を検知できる実用的な感度を持つ可能性を示した。

## ③気候変動により生じる生物障害等リスクに対する対応策

原水濁度の上昇に直接の関係があると推測される本川上流ダムの放流量と下流の取水場における原水濁度の関係を解析した結果、ダム放流量のピークと原水濁度のピークがほぼ一致するのが明らかとなった。また、ダム放流量の時間修正を行った結果、放流量と原水濁度に非常に高い正の相関関係が確認でき、ダム放流量（m<sup>3</sup>/s）の数値の最大で10分の1の数値が取水場の原水濁度であると予測することができる可能性を示した。

また原水濁度、カビ臭物質濃度の上昇への対処法として、浄水施設における高塩基度PACの導入により、高濁度対策として処理水質の改善のみならず、薬品使用量や浄水汚泥の発生量を削減する効果を示した。また、カビ臭対策として高機能粉末活性炭注入についてデータ解析を行った結果、薬剤単価は約1.5倍に上昇したが、使用量が約3分の2に減少したことでほぼ相殺されたことが明らかとなり、将来の気候変動に伴う異臭味の増加に対処する適応策として有効と考えられた。

アンケートの結果、降雨による濁度への対応について、多くのところで複数のレベルを設定し、特に約半分のところで5段階に設定していることがわかった。また、監視方法として、濁度を選定していたのは96%、pHを選定していたのは88%、アルカリ度を選定していたのは72%であった。濁度を監視していた浄水場のうち、管理点または重要管理点を設定していたところの割合は80%、このうち4、5地点を設定していたところが多かった。管理点、または重要管理点として、取水地点、原水、沈殿水、ろ過水、浄水を選定していたところは、それぞれ34%、62%、60%、72%、56%であった。濁度と凝集剤注入率の関係式を作成しているか聞いたところ、61%が作成している、35%が作成していない、4%が無回答であった。200度以上の高濁度を経験した282件について、高濁度時に水安全計画に基づいて監視強化ができたか聞いたところ、回答のあった258件のほとんどは、完全に対応できたとの回答であった。しかし、一部、あるいは多くは対応措置どおりの対応は困難であったと回答した場合もあった。処理の強化として、凝集剤注入率の強化を行った282件の85%であった。このとき、水安全計画で設定した内容通りに対応できたか聞いたところ、回答のあった243件のほとんどは完全に対応できたが、一部、対応措置どおりの対応は困難であったと回答したところもあった。事象終息後に、水安全計画のレビューを行ったところは約半分であった。行わなかったところは、その多くが問題なく対応できたためであった。

## E. 結論

### ①気候変動条件下における障害生物発生ポテンシャル評価と将来発生予測モデルの構築

日本全国の21水源で6種類のシアノトキシンの調査を行った結果、MC-LRとMC-RRが1µg/L以上の高濃度で確認された水源が確認できた。一方、浄水試料では非検出であったため、浄水処理でMCは十分に制御可能であることが推察された。

付着性藍藻類 *M. autumnalis* の生物相が地点間で異なることや地点特有のOTUの存在が明らかとなり、*M. autumnalis* の生態に関する有用な知見が得られた。単離株に関する検討では、カビ臭原因物質産生株よりも非産生株のほうが増殖速度

が大きいこと、カビ臭産生株間で特性が異なること、増殖や溶存態カビ臭原因物質濃度に培養温度が影響することが明らかとなった。溶存態の 2-MIB 濃度は 20°C~30°C の温度範囲において、温度が高まるにつれて高まる傾向にあり、気候変動にともなう水温上昇は、カビ臭被害の広域化や深刻化を引き起こす可能性があることが示された。

気候変動に関連する環境条件（温度、光強度、日長）に対して、カビ臭物質産生藍藻類の同属・同種で、異なる株の場合、環境因子への応答は異なるものとなり、増殖に対しては、水温や日長条件が異なる結果を与えやすいことを明らかにした。また、カビ臭発生を予測できる環境マーカーとして、カビ臭物質産生藍藻類のバイオマスのみを定量できるカビ臭物質合成遺伝子を用いた qPCR 法による定量が挙げられた。

奈良県の室生湖を中心に構築した藻類発生予測モデルとその手順について、複数のダム湖に適用することで、将来的な藻類異常発生リスクの定量的な評価及びダム湖間の比較が可能となり、優先的に対処すべき水道水源の特定ができる可能性が示された。

全国 4 か所の水道水源ダム（室生ダム、阿木川ダム、一庫ダム、寺内ダム）に関して、気温から水温を予測する回帰モデルを作成し、すべてのダム湖で  $R^2 > 0.946$  の回帰式が得られた。また、室生ダムに関しては、曝気循環装置の運転や設定水位を考慮したモデルを構築し、将来の気候変動下での水温変化が予測可能とした。その際に、流入河川流量が増加することで水温が有意に低下することを確認し、河川流量予測の重要性を示した。一方、SWAT+を用いて室生ダムへの流入河川流量のシミュレーションを試みたところ、4~6 月には過大評価傾向にはあったが、おおむね十分な再現ができ、将来の気候変動下での室生ダムへの流入河川流量のシミュレーションを可能にした。

## ② 障害生物発生時における分析方法の開発と効率的な浄水処理システムの提案

量子化学計算と高分解能 GC/MS を用いた構造推定により、水道水生ぐさ臭原因物質の構造は 6-メトキシ-3-(5-オキソヘキシル) シクロヘキサ-2-エン-1-オンと考えられることが明らかとなった。そして、水道水生ぐさ臭は 1-オクテン-3-オン、6-メトキシ-3-(5-オキソヘキシル) シクロヘキサ-2-エン-1-オン、ヘプタジエナールの 3 物質の混合臭気である可能性を示した。

精密質量スペクトルの差異解析に基づき、ラフィド藻類の異常増殖の検知の可能性について検討した。その結果、イオン化法に APCI を用いることで、無濃縮であっても、藻類増殖に由来する有機物を検知可能であることを示した。また、試料前処理を組み合わせれば、低濃度の藻類の存在を検知できる可能性を示した。

## ③ 気候変動により生じる生物障害等リスクに対する対応策

原水濁度変動予測について、取水場のポンプ井水位の監視は有効であるが、上流のダム放流量の

方が相関が高く、ダム放流量 ( $m^3/s$ ) の数値の 10 分の 1 が取水場の数時間後の原水濁度の数値になるという仮説を立てることができた。また、気候変動に対する対策について、濁度除去対策として高塩基度 PAC、カビ臭除去対策として高機能粉末活性炭の使用は有効と考えられた。

全国の水道事業を対象に、豪雨による高濁度発生時の対応に関するアンケート調査を行い、回答を得た水道事業のうち、表流水が原水の浄水場について解析した結果、降雨による濁度への対応、監視方法、管理点、または重要管理点について明らかとなった。また、200 度以上の高濁度を経験した事業者について、回答のあった事業者のほとんどが、高濁度時に水安全計画に基づいて監視強化、処理の強化ができたとの回答であった。一方で、多くの事業者で問題なく対応できたことから、事象終息後の水安全計画のレビューを行ったところは約半分という結果となった。

## F. 健康危険情報

該当なし

## G. 研究発表

### 1. 論文発表

Miura Y, Imamoto H, Asada Y, Sagehashi M, Akiba M, Nishimura O, Sano D. Prediction of algal bloom using a combination of sparse modeling and a machine learning algorithm: Automatic relevance determination and support vector machine. *Ecological Informatics* 2023; 78: 102337(Article number).

藤本尚志, 浅田安廣, 大西章博, 曾厚嘉, 清水和哉, 秋葉道宏. 藍藻類単離株および水道水源試料のカビ臭原因物質合成酵素遺伝子の解析. *水道協会雑誌* 2023;92(10): 4-15.

浅田安廣, 神里良太, 三好太郎, 秋葉道宏. 非平衡条件下における粉末活性炭による 2-メチルイソボルネオール除去に対して *Microcystis aeruginosa* 産生有機物が及ぼす競合影響. *土木学会論文集* 2023;79(25):23-25005(論文番号).

早坂俊一, 三好太郎, 浅田安廣, 秋葉道宏. 2-メチルイソボルネオール除去に対する複数種の粉末活性炭混合注入がもたらす効果. *水道協会雑誌* 2023;92(12): 4-13.

### 2. 学会発表

Hanchen Miao, Chi Zhang, Ji Zhang, Zhenya Zhang, Zhongfang Lei, Tian Yuan, Naoshi Fujimoto, Yasuhiro Asada, Michihiro Akiba, Kazuya Shimizu, Effect of Light/Dark Cycle on the Growth and Expression of Genes Related to Geosmin from Cyanobacteria. *The 1st International Conference on Bioprocess and Sustainability (ICBS 2023)*; 2023.3.-25-26; 茨城県.

高梨啓和, 山下優輝, 新福優太, 中島常憲, 秋葉道宏. 質量分析, 非調和下方歪追跡-超球面探索と誘導体化反応による水道水生ぐさ臭原因物質の構造推定. 第 71 回質量分析総合討論会; 2023.5.15; 大阪.

浅田安廣, 松本 恭太, 藤本 尚志, 清水 和哉, 山口 晴代, 秋葉道宏. 水道水源でのカビ臭原因物質産生藍藻類監視に向けた定量 PCR 法の開発. 京都大学環境衛生工学研究会第 45 回シンポジウム; 2023.7.28-29; 京都.

王静怡, 柳橋泰生. 気候変動に関連した水道原水水質への影響の適応策に関するデータ解析による検証. 京都大学環境衛生工学研究会第 45 回シンポジウム; 2023.7.28-29; 京都.

下ヶ橋雅樹, 佐野大輔, 西村修, 浅田安廣, 秋葉道宏. 室生ダムの藻類増殖予測のための流域水文モデル作成. 化学工学会第 54 回秋季大会; 2023.9.12; 福岡.

藤田優里, 藤本尚志, 浅田安廣, 松本恭太, 藤原俊一郎, 大西章博, 曾厚嘉, 秋葉道宏. 分子生物学的手法による河床付着物中の *Microcoleus autumnalis* のカビ臭原因物質産生に関する表現形質の推定. 令和 5 年度日本水道協会全国会議; 2023.10.18-20; 東京.

三長裕, 吉野泰盛, 古口健太郎, 阿部春太, 浅田安廣. カビ臭原因藍藻類の監視強化に向けた迅速モニタリング手法の検討. 令和 5 年度日本水道協会全国会議; 2023.10.18-20; 東京.

藤田優里, 藤本尚志, 浅田安廣, 松本恭太, 大西章博, 曾厚嘉, 秋葉道宏. 道志川から単離した *Microcoleus autumnalis* の分子系統解析および増殖・カビ臭原因物質産生特性. 第 58 回日本水環境学会年会; 2024.3.6-8; 福岡.

高梨啓和, 高岩凜太郎, 小田伊吹, 中島常憲, 新福優太, 栗栖 太, 春日郁朗, 秋葉道宏. 量子化

学計算と機器分析による水道水生ぐさ臭原因物質の構造推定. 第 58 回日本水環境学会年会; 2024.3.6-8; 福岡.

Hanchen Miao, Chi Zhang, Ji Zhang, Marie Shimada, Yasuhiro Asada, Yuan Tian, Motoo Utsumi, Zhongfang Lei, Zhenya Zhang, Naoshi Fujimoto, Osamu Nishimura, Michihiro Akiba, Kazuya Shimizu. Regulation of geosmin production in *Dolichosperumu smithii* by the light-dark cycle. 第 58 回日本水環境学会年会; 2024.3.6-8; 福岡.

下ヶ橋雅樹, 三浦耀平, 佐野大輔, 西村修, 今本博臣, 浅田安廣, 秋葉道宏. 室生ダムにおける藍藻類異常発生評価のための水温予測. 化学工学会第 89 年会; 2024.3.20; 堺.

### 3. 図書

該当なし

### H. 知的財産権の出願・登録状況 (予定も含む。)

#### 1. 特許取得

該当なし

#### 2. 実用新案登録

該当なし

#### 3. その他

該当なし