

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）
総括研究報告書

水道システムにおける生物障害の実態把握とその低減対策に関する研究

研究代表者 秋葉 道宏 国立保健医療科学院 統括研究官

研究要旨

本研究では、水道システムにおける生物障害の実態把握とその低減対策手法の提案を目的とした調査研究を実施した。

我が国の浄水場における生物障害の発生および対策実態を明らかとすることを目的に、全国 79 の水道事業体および 239 の浄水場を対象としたアンケート調査を実施した。その結果、平成 22 年 10 月から 24 年 9 月までの 2 年間に、生物障害が発生したのは、79 水道事業体のうち 49 事業体（62%）、239 浄水場中 102 浄水場（43%）であり、多くの水道事業体が生物障害に悩まされていることが明らかとなった。地域別の生物障害の発生割合は、水道事業体数をベースとして計算すると、北海道・東北で 50%、関東で 77%、中部で 33%、関西で 53%、中国・四国で 79%、九州・沖縄で 58%であり、多少の地域差はあるものの、全ての地域で生物障害が発生していた。障害の種類別の発生割合は、浄水場数をベースとして計算すると、異臭味障害が 63%、ろ過漏出障害が 17%、凝集沈殿処理障害が 9%、ろ過閉塞障害が 9%、その他の障害が 2%であり、異臭味障害の発生が特に多いことがわかった。

ろ過漏出障害対策に関する基礎的知見を得ることを目的として、相模湖を水源とする川崎市上下水道局長沢浄水場の各工程水を対象とし、分子生物学的手法を用いてピコプランクトンの生物相について解析した。その結果、ろ過水から 2013 年 6 月から 9 月にかけてオーストリアのモンド湖からの分離株である *Synechococcus* sp. MH305 に近縁なクローンが高い割合で検出され、主要なる過漏出障害の原因生物である可能性が示唆された。原水では *Synechococcus* sp. 0BB26S03 に近縁なクローンの割合が大きく、ろ過水では *Synechococcus* sp. MH305 に近縁なクローンの割合が大きくなる傾向があり、*Synechococcus* 属の種類によって処理工程における除去特性が異なる可能性が示唆された。また、次世代シーケンサーを用いた 16S rRNA 遺伝子アンプリコン解析により水道水源の微生物群集構造を門レベルから属レベルまで定量的に評価することが可能であった。

水道水源における障害生物の発生抑制手法として曝気循環設備に着目し、その効果を把握するため、9 ダム貯水池で実証実験を行った。その結果、貯水池総リン濃度が 0.04mg/L 以下のダム貯水池の場合は、年最大水温勾配を 0.1 /m 以下になるように曝気循環設備を運転すれば、*Microcystis* によるアオコを抑制することがわかった。一方、カビ臭原因藻類である *Anabaena*、*Phormidium* と *Oscillatoria* については、曝気循環設備を運転しても、抑制効果が見られるケースと見られないケースがあった。

ピコ植物プランクトンの凝集沈殿処理に及ぼす急速攪拌強度、攪拌時間および凝集剤種類の影響を検討し、*Synechococcus* sp. のフロックは、G 値の増加とともに増加する傾向を示し、ポリシリカ鉄(PSI)の場合 G 値 250s⁻¹、攪拌時間 90 秒、ポリ塩化アルミニウム(PACl)の場合 G 値 200s⁻¹、攪拌時間 60 秒で最大径を示すこと、それぞれ攪拌強度がさらに増加する、あるいは攪拌時間がさらに長くなるとフロック径の減少が起こることがわかった。また、PACl に比べて PSI においてフロック径の成長促進、沈殿除去性向上が認められたものの、フロックに取り込まれない粒子が多数存在し、除去限界

が存在する可能性も示唆された。

本研究では、災害の発生に対する浄水場の脆弱性を薬品確保の観点から検討するため、また、生物障害の発生対策の必要性などをエネルギー消費量および対策コストの観点から評価するために、昨年度実施した浄水場へのアンケート調査の結果を解析する。今年度は、浄水薬品の製造工場などの情報として、薬品工場名、取扱薬品、所在地、電話番号など、151項目を集約した。また、東日本大震災時の薬品確保状況の調査により、広範囲で浄水薬品の確保が問題となったこと、災害対策マニュアルの整備状況の調査により、その整備率が低く、整備の推進が必要であることが示された。さらに、生物障害の発生によって増加する浄水薬品製造量から、その増加量の生産に伴う電力消費増加量および二酸化炭素排出増加量をアンケート調査結果と各種原単位調査結果に基づいて推算したところ、浄水処理に要する電力消費量と二酸化炭素排出量の年間値は、それぞれ 0.11%、0.79%増加するという結果を得た。ただし、この推算結果は、浄水薬品の輸送による二酸化炭素排出量の変化を含んでおらず、これを推算する必要がある。そこで、地理情報システムを用いてこれを推算する方法を確立した。

研究分担者

| | |
|------|--------------------------------------|
| 西村 修 | 東北大学東北大学大学院 工学研究科 教授 |
| 藤本尚志 | 東京農業大学 応用生物科学部 醸造科学科 准教授 |
| 高梨啓和 | 鹿児島大学大学院 理工学研究科 准教授 |
| 岸田直裕 | 国立保健医療科学院 生活環境研究部水管理研究分野 主任研究官 |

A．研究目的

水道システムに危害を及ぼす生物には、病原微生物のほか、飲料水の異臭味や着濁原因となる生物、浄水処理を阻害する生物等（以降、障害生物）が存在する。障害生物が水道システムに及ぼす危害は「生物障害」と呼ばれている。研究分担者らが実施した予備調査によって、一部の浄水場では、生物障害の発生により薬剤・電力使用量が増加し、浄水処理コストが著しく増加することが明らかになっており、生物障害が水道システムに及ぼす影響は無視できない。しかしながら、健康に直接影響を及ぼす化学物質等のリスクと比較して、生物障害のリスクに関しては、その実態把握やリスク低減に関する検討が遅れているのが現状である。

そこで本研究では、東日本大震災により、浄水処理に使用する薬剤が逼迫し、

電力使用量の削減が強く求められている状況も鑑み、水道システムにおける生物障害の実態把握とその低減対策手法の提案を目的とした。

B．研究方法

1) 国内の浄水場における生物障害の発生および対策実態の把握

全国 79 の水道事業体および 239 の浄水場を対象としたアンケート調査によって、平成 22 年 10 月から 24 年 9 月までの 2 年間に発生した生物障害の発生および対策実態を明らかとした。また、水道事業体における生物試験の実施状況についても調査した。

対象事業体の選定にあたっては、各地域間に大きな偏りのないようにした。全対象浄水場の合計の平均送水量は約 22,000,000m³/d であり、日本全国の総平均給水量の約 41% を占めている。

2) 分子生物学的手法によるろ過漏出障害の原因生物の解明

相模湖を水源とする川崎市上下水道局長沢浄水場の各工程水を対象とし、分子生物学的手法を用いてピコプランクトンの生物相について解析した。また、次世代シーケンズによる詳細な群集構造解析法を確立するため、草木湖等水源の真正細菌の 16S rRNA 遺伝子アンプリコン解析を行った。

3) 曝気循環によるアオコ・カビ臭の抑制

水道水源における障害生物の発生抑制手法として曝気循環設備に着目し、その効果を把握するため、アオコ・カビ臭による水質障害が継続して発生している9ダム貯水池にて実証実験を行った。対象となるダム貯水池は、洪水期の貯水容量が4,000千 m^3 の小規模ダムから33,000千 m^3 の大規模ダムまで、貯水池総リン濃度は過栄養から中栄養のダムまで広範囲に及んでいる。

4) 生物障害を起こさないための浄水処理技術の開発

急速攪拌強度および急速攪拌時間がピコ植物プランクトンのフロック形成に及ぼす影響を明らかにすることを目的として、実験的検討を行った。ピコ植物プランクトンとして、国立環境研究所より入手した *Synechococcus* sp. (NIES-1348) を用いた。また、凝集剤としてポリ塩化アルミニウム(PACl) とポリシリカ鉄(PSI) を用いた。

5) 生物障害に対応した持続的な水道システムの検討

昨年度実施したアンケート調査を集計し、浄水薬品の製造工場または代理店の情報を集約(リスト化)した。また、東日本大震災が発生した際に薬品確保に支障が生じたか否かを調査するとともに、災害時の薬品確保マニュアルの整備状況を調査した。さらに、アンケート調査によって得られた生物障害発生時の浄水薬品注入率の変化から、必要な浄水薬品製造量の変化を算出し、その変化量の浄水薬品を製造するのに必要な電力消費量(以下、間接的な電力消費量)および二酸化炭素排出量(以下、間接的な二酸化炭素排出量)を推算した。なお、二酸化炭素排出量については、この間接的な二酸化炭素排出量だけでなく浄水薬品の輸送によっても発生するため、地理情報システム(Geographic Information System: GIS)を用いて、浄水薬品の輸送距離を推算する手法を検討し、予備的な解析を行った。

C. 研究結果およびD. 考察

1) 国内の浄水場における生物障害の発生および対策実態の把握

対象期間中に生物障害が発生したのは、アンケート対象79水道事業体のうち49事業体(62%)、239浄水場中102浄水場(43%)であり、多くの水道事業体が生物障害に悩まされていることが明らかとなった。また、全生物障害事例数は340であった。多少の地域差はあるものの、全ての地域で生物障害が発生していた。特に北海道・東北地域でも多くの生物障害が確認されたことから、水温が低い環境下でも生育可能な障害生物も多く存在していると考えられた。

生物障害が発生した浄水場の水源は98%が地表水であった。障害生物の多くが光合成能を持つ藻類、シアノバクテリア(藍藻類)であることから、地表水で特に障害生物が発生しやすいと考えられる。

生物障害の種類は、浄水場数をベースとすると、異臭味障害の割合が63%と最も多く、次いでろ過漏出障害17%、凝集沈殿処理障害9%、ろ過閉塞障害9%、その他の障害2%の順であり、肉眼的生物の流出障害は本調査では報告されなかった。

生物試験担当者の職種は、多く(71%)が化学職採用者であり、生物職採用者が担当できている事業体は一部(13%)に留まっていることが明らかとなった。その他16%の回答の中には、農学職採用者等、生物試験と関連があると予想される回答が多かったが、一部で一般職や電気職が担当しているとの回答があり、生物を専門とする職員を確保することの困難さが伺えた。本調査で明らかとなった通り、生物障害は全国的に発生頻度が高く、水道システムにおける重要な課題の一つであると考えられ、その対策には原因生物の同定が必須である。今後、生物職採用者の割合を増加させることが強く望まれる。

2) 分子生物学的手法によるろ過漏出障害の原因生物の解明

工程水において *Synechococcus* 属は 58

塩基配列が検出され、99%以上を同一の OTU としたところ 8 OTUs に分けられた。全工程水を解析できた月の *Synechococcus* 属の組成を比べたところ、原水では *Synechococcus* sp. 0BB26S03 に近縁なクローンの割合が多いことが明らかとなった。ろ過水では 7 月、10 月を除いて *Synechococcus* sp. MH305 に近縁なクローンの割合が大きく、*Synechococcus* 属の種類によって処理工程における除去特性が異なる可能性が示唆された。3、7、9、10、12 月はろ過水において真核藻類の葉緑体に含まれる遺伝子のクローンが多く検出された。

8 月の原水より一株 (N-1)、10 月の原水より一株 (N-2)、9 月の沈殿水より一株 (N-3) の計 3 株のピコシアノバクテリアの分離に成功した。N-1 株、N-2 株は PC-type の桿菌であった。N-3 株は PE-type の桿菌であった。分離株の遺伝子解析の結果、N-1 株は *Synechococcus* sp. 0BB26S03、N-2 株は *Synechococcus* sp. PS721、N-3 株は Uncultured *Synechococcus* sp. clone LS51 に近縁なピコシアノバクテリアであることが明らかとなった。N-3 株は未培養の系統である PD に位置する *Synechococcus* 属であることが明らかとなった。

草木ダム堰堤直上流の表層水を対象とした次世代シーケンズ解析では、1 試料あたりのリード数は 16 万リードから 20 万リードであった。各門のリード数の割合を評価したところ Proteobacteria 門のリード数は各月において 43~60% であり主要な微生物群であることが明らかとなった。Cyanobacteria 門のリード数は細胞数が $10^5 \sim 2 \times 10^5$ cells/ml と高い 7、8 月は 20% を占めたが、 4×10^4 cells/ml と低下した 10 月は 1% となった。Cyanobacteria 門に占める *Synechococcus* 属の割合は 70% 以上であり、細胞数の高い 7、8 月は約 90% となった。*Synechococcus* 属について種レベルで評価すると、細胞数が高い 7、8 月は *Synechococcus* sp. MH305 の割合が高く 90% 以上を占めた。細胞数が低下した 10

月は *Synechococcus* sp. PS721 が約 60% を占め、季節によって *Synechococcus* の種組成が変化することが示唆された。

3) 曝気循環によるアオコ・カビ臭の抑制

曝気循環設備増設 (設置) 後の月平均水温勾配は、洪水流入による影響で水温勾配が上昇している月を除けば全ダムで低下した。全ダムの年最大水温勾配の範囲は、曝気循環設備設置前が 0.39~1.54 /m、曝気循環設備増設前が 0.01~1.06 /m、曝気循環設備増設 (設置) 後が 0.00~0.13 /m の範囲となっており、循環が進んでいることが分かる。

曝気循環設備増設後、藍藻綱は多くのダムで細胞密度が低下した。細胞内にガス胞を持つ *Microcystis* は、全貯水池で細胞密度が低下した。一方、カビ臭原因藻類である *Anabaena*、*Phormidium* と *Oscillatoria* については、曝気循環設備を運転しても、抑制効果が見られるケースと見られないケースがあった。このことから、曝気循環設備の運転パターンとこれらの種の消長について更なる検討が必要であると考えられる。

年最大水温勾配及び貯水池総リン濃度とアオコ・カビ臭発生との関係を調べた結果、アオコの抑制を目指す場合は、貯水池総リン濃度が 0.04mg/L 以下であれば、年最大水温勾配を 0.1 /m 以下にすれば良いと考えられた。また、小規模なアオコの発生を許容する場合は、貯水池総リン濃度が 0.05mg/L 以下であれば、年最大水温勾配を 0.3 /m 以下にすれば良いと考えられた。なお、貯水池総リン濃度 0.05mg/L 以上の場合は、曝気循環設備を運転してもアオコの抑制に繋がらない可能性が考えられる。一方、カビ臭については、年最大水温勾配と貯水池総リン濃度との関係に一定の傾向がみられなかった。

4) 生物障害を起こさないための浄水処理技術の開発

フロック形成 (d50) に及ぼす急速攪拌強度および攪拌時間の影響について調べた結果、*Synechococcus* sp. のフロックは、

G 値の増加とともに増加する傾向を示し、PSI の場合最大で $238.8\mu\text{m}$ (G 値 250s^{-1} 、攪拌時間 90 秒)に達した。しかし、攪拌強度が 250 から 320s^{-1} とさらに大きくなるとフロック径は $174.3\mu\text{m}$ (G 値 320s^{-1} 、攪拌時間 90 秒)と小さくなった。さらに G 値が増加するとフロック径も再び増加し、 $197.2\mu\text{m}$ (G 値 $1,110\text{s}^{-1}$ 、攪拌時間 90 秒)になった。また、いずれの G 値においても攪拌時間としては 90 秒において最大のフロック径となり、それ以上の時間ではフロック系の減少、すなわちフロックの破壊が生じることが明らかであった。一方、PACl の場合も同様の傾向であったが、PSI と比較してフロック径は小さく、最大で $159.2\mu\text{m}$ (G 値 200s^{-1} 、攪拌時間 60 秒)であった。

フロックの成長・破壊に及ぼす攪拌強度と攪拌時間の影響は、PSI と PACl で同様の傾向であったが、基本的に PSI の形成するフロック径が大きいこと、一方で未凝集の *Synechococcus* が残存する傾向があることが明らかとなった。

5) 生物障害に対応した持続的な水道システムの検討

薬品工場等を所在地の情報を基に計数した結果、151 件の薬品工場を集約することができた。

東日本大震災が発生した際の薬品確保に関しては、広範囲で浄水薬品の確保が問題となったことが分かった。災害時の薬品確保マニュアルの整備状況については、その整備率が低く、整備推進の必要性がうかがえた。

生物障害の発生が報告された浄水場を対象として、原単位情報を用い、間接的な電力消費変化量を推算した。その結果、多くの浄水場・多くの障害発生ケースでは、生物障害の発生に伴って浄水薬品の注入率が上昇し、間接的な電力消費量が増加していた。一方で、障害発生時に薬品使用量が低下しているケースがいくつかみられたが、浄水場ごと、障害発生の事象ごとではなく、地域ごとの集計および日本全国の集計においては、生物障害

の発生に伴う間接的な電力消費量はすべて増加していた。間接的な電力消費量は、水道施設の電力使用量の年間値の 0.11% であった。同様に、間接的な二酸化炭素排出量の変化量を推算した。その推算結果は、間接的な電力消費変化量の推算結果とほぼ同様の結果となった。また、全国での間接的な二酸化炭素排出量の増加量は浄水処理による二酸化炭素排出量の年間値の 0.79% であった。なお、この推算結果は浄水薬品の製造による二酸化炭素排出量であり、浄水薬品の輸送による排出量を含んでいない。

さらに、障害の種類毎・必要となる浄水薬品の種類毎に間接的な電力消費量や間接的な二酸化炭素排出量を推算したところ、間接的な電力消費増加量への影響が大きいのは、障害の種類別では異臭味障害、浄水薬品の種類別では粉末活性炭および凝集剤であった。また、間接的な二酸化炭素排出増加量への影響が大きいのは、異臭味障害発生時の粉末活性炭であった。また、単位送水量あたりの影響を検討したところ、間接的な電力消費量の増加量は、凝集沈殿障害発生時の凝集剤が最も大きく、次いで異臭味障害発生時の粉末活性炭が大きかった。間接的な二酸化炭素排出量については、異臭味障害発生時の粉末活性炭使用量増加の影響が顕著であった。

構築した方法で浄水薬品の輸送に伴う二酸化炭素排出量の推算が可能なることを確認するため、各地域から無作為に 6 事業者の 13 浄水場を選択し、浄水薬品の輸送距離を予備解析した。その結果、浄水場と薬品工場等の組み合わせによっては、浄水薬品の輸送経路の解析ができない事例が生じたが、本年度は海上輸送の無視や、薬品工場等の所在地情報が不明、経路推察が不能、薬品工場が海外であるなどの解析不能な場合を解析対象から除外し、改良トンキロ法による二酸化炭素排出量を推算した。その結果、輸送距離を算出したすべての項目について推算が可能であった。

E. 結論

1) 多少の地域差はあるものの、全ての地域で生物障害が発生しており、国内広範囲の水道事業体が生物障害に悩まされていることが明らかとなった。障害の種類別に見ると、異臭味障害の発生が特に多いことがわかった。生物試験担当者の職種は、多くが化学職採用者であり、生物職採用者が担当できている事業体は一部に留まっていることが明らかとなった。今後、生物職採用者の割合を増加させることが強く望まれる。

2) 長沢浄水場の工程水についてクロロニングを行った結果、原水では *Synechococcus* sp. 0BB26S03 に近縁なクロロンの割合が大きく、ろ過水では *Synechococcus* sp. MH305 に近縁なクロロンの割合が大きくなる傾向があり、*Synechococcus* 属の種類によって処理工程における除去特性が異なる可能性が示唆された。工程水から 3 株のピコシアノバクテリアを分離し、そのうち一株は未培養の系統に位置する *Synechococcus* 属であることが明らかとなった。また、次世代シーケンサーにより水道水源の微生物群集構造を門レベルから属レベルまで定量的に評価することが可能であった。

3) 貯水池総リン濃度が 0.04mg/L 以下の場合、年最大水温勾配を 0.1 /m 以下になるように曝気循環設備を運転すれば、*Microcystis* によるアオコを抑制できることがわかった。一方、カビ臭原因藻類である *Anabaena*、*Phormidium* と *Oscillatoria* については、曝気循環設備を運転しても、抑制効果が見られるケースと見られないケースがあった。ダム貯水池でカビ臭が発生すると、下流浄水場に大きな影響を与えることが懸念されることから、曝気循環設備の規模や運転パターンとカビ臭原因藻類抑制との関係について、更に実証データを蓄積し検証していく必要がある。

4) ピコ植物プランクトン懸濁液の凝集処理性に関して、PAC に比べて PSI はより少量で荷電中和を可能とするとともにフ

ロック径の巨大化効果を有していることがわかったが、一方でフロックに取り込まれない粒子が、PAC よりも多く存在する可能性も示唆された。

5) 浄水薬品の製造工場または代理店の情報が集約された。また、東日本大震災時の浄水薬品の確保が広範囲で問題となったことが明らかとなった。さらに災害時の薬品確保マニュアル整備率が低く、マニュアル整備を推進する必要性が示された。また、生物障害が発生した際の薬品注入率の変化に伴う電力消費変化量、および薬品輸送に伴う排出を除く間接的な二酸化炭素排出量の変化を推算し、これらの値を浄水処理に伴う全電力消費量および二酸化炭素排出量と比較したところ、それぞれ 0.11%、0.79%であった。浄水薬品の輸送による二酸化炭素排出量の推算方法を確立し、予備的な解析を行った結果、薬品工場等の所在地情報が不明な場合などの一部の事例を除いたすべての事例について二酸化炭素排出量を推算できた。

F. 健康危険情報 なし

G. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Kishida N., Konno Y., Nemoto K., Amitani T., Maki A., Fujimoto N. and Akiba M. (2013) Recent trends in microorganism-related off-flavor problems in drinking water treatment systems in Japan. *Water Science and Technology: Water Supply*, **13**(5), pp.1228-1235.
- 2) 藤本尚志, 村田昌隆, 大西章博, 鈴木昌治, 矢島修, 岸田直裕, 秋葉道宏 (2013) 分子生物学的手法による浄水場における濁度障害原因生物の解明. *水道協会雑誌*, **82**(5), pp.2-10.
- 3) 今本博臣, 田作光良, 古里栄一 (2013) 曝気循環によるアオコ・カビ臭抑制の効果検証 9 ダム貯水池の実証実験

結果から . ダム工学 23(4) ,
pp.278-289 .

2. 学会発表

- 1) Kishida N, Sagehashi M, Takanashi H, Akiba M. Nationwide survey of oorganism-related off-flavour problems in Japanese drinking water treatment plants (2010-2012); The 10th IWA Symposium on Off-Flavours in the Aquatic Environment; 2013 Oct; Tainan; Taiwan.
 - 2) Aktas T.S., Fujimoto N., Kishida N., Akiba M., Aikawa Y. and Nishimura O. (2013) Comparison of coagulation performance and floc characteristics of polysilica iron (PSI) and poly aluminum chloride (PACl) for water treatment; Seventeenth International Water Technology Conference IWTC: 2013, Nov; Istanbul; Turkey.
 - 3) 岸田直裕, 下ヶ橋雅樹, 高梨啓和, 秋葉道宏, 藤本尚志 . 浄水場における生物由来の異臭味障害対応の全国実態調査 . 第 48 回日本水環境学会年会 ; 2014 年 3 月 ; 仙台 .
 - 4) 水野恵伍, 藤本尚志, 大西章博, 鈴木昌治, 岡崎慎一, 岸田直裕, 秋葉道宏, 野田尚宏, 松倉智子, 関口勇地 . クローニングおよび次世代シーケンサーによる宮ヶ瀬湖のピコシアノバクテリア群集構造解析 . 第 48 回日本水環境学会年会 ; 2014 年 3 月 ; 仙台 .
 - 5) 藤本尚志, 大西章博, 鈴木昌治, 岸田直裕, 秋葉道宏, 村田直樹, 野田尚宏, 松倉智子, 関口勇地 . 次世代シーケンサーによる鱒川の植物プランクトン生物相の評価 . 第 48 回日本水環境学会年会 ; 2014 年 3 月 ; 仙台 .
 - 6) 福田真美子, 藤本尚志, 大西章博, 鈴木昌治, 村田直樹, 岸田直裕, 秋葉道宏 . 分子生物学的手法による鱒川の植物プランクトン生物相の評価 . 第 48 回日本水環境学会年会 ; 2014 年 3 月 ; 仙台 .
 - 7) 遠藤沙紀, 藤本尚志, 大西章博, 鈴木昌治, 藤瀬大輝, 岸田直裕, 秋葉道宏 . 分子生物学的手法による浄水場におけるろ過漏出障害原因生物の評価 . 第 48 回日本水環境学会年会 ; 2014 年 3 月 ; 仙台 .
 - 8) 小高千裕, 藤本尚志, 大西章博, 鈴木昌治, 藤瀬大輝, 岸田直裕, 秋葉道宏 . 分子生物学的手法による相模湖のピコシアノバクテリア生物相の評価 . 第 48 回日本水環境学会年会 ; 2014 年 3 月 ; 仙台 .
 - 9) 今本博臣, 太田志津子, 田作光良 . 曝気循環設備を用いたアオコ・カビ臭抑制のための実証実験 . 応用生態工学会第 17 回研究発表会 ; 2013 年 9 月 ; 大阪 .
 - 10) 宮内悠馬, 高梨啓和, 中島常憲, 大木章, 下ヶ橋雅樹, 岸田直裕, 秋葉道宏 . 生物障害の発生に伴う浄水処理プロセスのエネルギー消費量の変化の解析 . 環境科学会 2013 年会 ; 2013 年 9 月 ; 静岡 .
 - 11) 高梨啓和, 宮内悠馬, 中島常憲, 大木章, 下ヶ橋雅樹, 岸田直裕, 秋葉道宏 . 生物障害の発生に起因する浄水処理プロセスのエネルギー消費量の変化の解析 . 平成 25 年度日本水環境学会九州支部研究発表会 ; 2014 年 3 月 ; 鹿児島 .
- H . 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む)
1. 特許取得
なし
 2. 実用新案登録
なし
 3. その他
なし