

水道水源におけるシアノトキシン調査

研究代表者	秋葉	道宏
研究分担者	浅田	安廣
研究協力者	佐野	友春

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
分担研究報告書

研究課題：水道水源におけるシアノトキシン調査

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
研究分担者 浅田 安廣 京都大学大学院 工学研究科 准教授
研究協力者 佐野 友春 国立環境研究所 環境計測研究センター シニアスタッフ

研究要旨

WHO 飲料水水質ガイドラインの更新に伴う変更点の一つとして、シアノトキシンに関するガイドライン値の変更が記載された。その中で特に大きな変更点としては、ガイドライン値として新たに Anatoxin-a variants、Cylindrospermopsins、Saxitoxins が追加されたことである。そこで、この変更に伴い、シアノトキシンに関する調査を行うことが重要となる。そこで、水道水源でのシアノトキシンの調査を実施した。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 地点を除いて、対象のシアノトキシンは非検出であった。検出した水源では、MC-LR、MC-RR について 1 µg/L 以上の濃度が確認されたが、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。

A. 研究目的

湖沼の富栄養化等による水源水質の悪化に伴う藻類の異常増殖により、水道水の水質悪化、異臭味問題などが生じている。一方、世界では藻類の異常発生に伴う健康影響として、シアノバクテリア（藍藻類）が産生する毒性物質（シアノトキシン）について着目している。その中でも WHO 飲料水水質ガイドラインで記載されていた Microcystin-LR は、日本においても要検討項目として暫定目標値が記載されている。シアノトキシンの中ではガイドライン項目として Microcystin-LR のみを取り上げられていたのは、シアノトキシンに関する毒性評価の情報が限定されていたことによるものである。

令和 4 年 3 月に更新された WHO 飲料水水質ガイドライン第 4 版（第 1 及び第 2 補遺を含む）¹⁾が公表され、ガイドライン値の修正、追加が行われた。更新された項目にはシアノトキシンに関する内容が組み込まれており、ガイドライン値等が大幅に更新された。シアノトキシンについて、主な変更点は下記の通りである。

- ・ Microcystin-LR を Total Microcystins に変更
- ・ シアノトキシンとして、Anatoxin-a variants、Cylindrospermopsins、Saxitoxins が新たに追加
- ・ シアノトキシンのガイドライン値として短期曝露によるガイドライン値を新たに設定

一方、日本国内ではシアノトキシンの追加項目に対する調査自体があまり進められておらず、情報が非常に限定されていることから、これらの情

報収集が今後の水質基準等での検討において重要となると言える。そこで、今後の検討に向けた情報収集として、水道水源でのシアノトキシンの調査を行った。

B. 研究方法

測定対象としたシアノトキシンを表 1 にまとめる。選択したシアノトキシンの基準としては、水源での検出実績があり、かつ標準品とその安定同位体標識化合物（サロゲート物質）が購入可能である 6 物質を選定した。

本調査では、2023 年 9 月に採水された全国 21 ヶ所の水道水源の試料を用いて、シアノトキシンの調査を行った。試料の前処理については、Matsuki らの前処理手順¹⁾に従った。その後、各試料について、LC-MS/MS により測定を行った。用いた機器は 3200 QTRAP LC-MS/MS System(Sciex)で、用いたカラムは CAPCELL CORE ADME 2.1×150 mm HPLC COLUMN, 2.7 µm (大阪ソーダ)である。分析条件についても、Matsuki らの分析条件¹⁾を参考に、使用機器での最適条件を決定した。各物質の定量下限については表 1 にまとめる。各物質のピーク位置の判断は、サロゲート物質として添加した安定同位体標識化合物のピークと重なりに基づいて判定した。

C. 研究結果および D. 考察

WHO 飲料水水質ガイドライン第 4 版（第 1 及び第 2 補遺を含む）に記載されたシアノトキシンのガイドライン値²⁾を表 2 にまとめる。本調査で

使用した機器では、ガイドライン値のおおよそ10分の1の濃度レベルまで検出可能であることが確認された。

続いて、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、20ヶ所では対象6物質は検出されなかった。一方で、一つの水源からは、Microcystin(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。

2022年に行った調査では、別の水源でMC-RRの検出が確認されたことから、MCについては様々な水源で検出する可能性が示唆された。一方で、2022年の調査でも浄水試料からは対象物質は検出されなかったことから、MCについては浄水処理で制御可能であると考えられた。

E. 結論

WHO 飲料水水質ガイドライン第4版（第1及び第2補遺を含む）で新たに変更があったシアノトキシンについて、日本全国の21水源で調査を行った。その結果、MC-LRとMC-RRが1 µg/L以上の高濃度で確認された水源が一つ存在した。ただし、浄水試料では検出されなかったことから、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。

F. 健康危険情報

該当なし

G. 研究発表

1. 論文発表

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

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.

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.

H. 知的財産権の出願・登録状況（予定も含む。）
該当なし

I. 参考文献

1) Matsuki, M., Shimizu, N., Tobiishi, K., Tanaka, Y., Yamaguchi, H., Sano, T. (2022) An Analytical Method for Simultaneous Measurement of Various Cyanotoxins Using Stable Isotope-Labeled Surrogates and a Microbial Flora Analysis to Assign Each Cyanotoxin to its Source. *Journal of Water and Environment Technology*, 20(6), 261-272.

2) WHO (2022) Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporating the first and second addenda, WHO, Switzerland, 583p.

表 1 測定対象としたシアノトキシン 6 物質

物質名	購入先	定量下限(μg/L)*
Microcystin-LR	富士フイルム和光純薬	0.1
Microcystin-RR	富士フイルム和光純薬	0.1
Microcystin-YR	GOLD STANDARD DIAGNOSTICS	0.1
Cylindrospermopsin	GOLD STANDARD DIAGNOSTICS	0.1
7-Deoxy-Cylindrospermopsin	GOLD STANDARD DIAGNOSTICS	0.1
Anatoxin-a	GOLD STANDARD DIAGNOSTICS	0.1

*3200 QTRAP LC-MS/MS System(Sciex)での定量下限

表 2 シアノトキシンに関するガイドライン値一覧²⁾

	MCs	CYNs	ATXs	STXs
	(μg/L)			
AL1	1 (lifetime pGV)	0.7 (lifetime pGV)	3 (1/10 of AL2)	0.3 (1/10 of AL2)
AL2	12 (short-term pGV)	3 (short-term pGV)	30 (short-term provisional reference)	3 (acute GV)

*長期曝露に対するガイドライン値ではなく、短期曝露の 1/10 の濃度である

