

Molecular-Level Characterization of Biodegradable Organic Matter Causing Microbial Regrowth in Drinking Water by Non-Target Screening Using Orbitrap Mass Spectrometry

春日 郁郎 (東京大学先端科学技術研究センター・准教授)

このたびは、栄誉ある日本水環境学会論文賞を授与いただき、関係者の皆様方に心より感謝申し上げます。

主要対象論文¹⁾は、水道水中の生分解性有機物(BOM: Biodegradable organic matter)の分子組成と生成メカニズムを、高分解能質量分析計であるOrbitrap質量分析計を活用して解析したものです。修士生である鈴木美有氏(現: 水ing株式会社)が、修士論文において精力的に取り組んだ成果であり、まさに同氏の努力の賜物と言えます。滞留が頻繁に発生する給水管では、残留塩素が消失しやすく、水道水中のBOMを利用して微生物が再増殖する現象が問題となります。従来、水道水中のBOMの評価には、細菌分離株の増殖量に基づく同化性有機炭素(AOC: Assimilable organic carbon)が用いられてきました。関連論文の一つ²⁾は、中村仁美氏(現: 株式会社国際協力銀行)の修士論文の成果であり、実際の浄水場におけるAOCの年間変動を報告しています。AOCはオゾン処理で増加した後、生物活性炭で除去されるものの、浄水中には一定量のAOCが常に残存することが明らかになっています。一体どのような成分が浄水中のAOCを構成しているのか、大きな関心をもってきました。

Orbitrap質量分析計などの高分解能質量分析計は、高分解能かつ高精度な解析が可能であるため、複雑な混合物である水中の溶存有機物を質量ベースで分離し、精密質量の測定や同位体パターンの情報を基に分子式を推定することができます。本研究では、水道水中の微生物群を水道水に接種し、微生物再増殖が生じた前後の溶存有機物組成をOrbitrap質量分析計で解析することで、BOMの候補分子をスクリーニングすることに成功しました。これらの候補分子は、塩素消毒によって副次生成していることも示唆され、給配水システムの微生物再増殖を理解する上で有用な知見を得ることができました。

高分解能質量分析計を用いた研究は、同じ研究グループの古米弘明教授(現: 中央大学)が代表を務める研究プロジェクトをきっかけに、栗栖太教授と連携して推進してきました。BODやCODにせよ、TOCにせよ、水環境中の有機物の中身はブラックボックスのまま扱われているのが現状です。我々は、Orbitrap質量分析計を活

用することで、環境水、水道水、下水に含まれる溶存有機物の組成解析を進めてきました。また、単に有機物を包括的に解析するだけではなく、特定の成分を抽出するための操作を組み合わせた解析手法の開発にも取り組んできました。例えば、もう一つの関連論文³⁾は、Vitharuch Yuthawong氏(現: カセサート大学(タイ)講師)の博士論文の一部であり、指定湖沼の溶存有機物の中からCODに寄与する成分を抽出するために、過マンガン酸カリウムによる酸化処理とOrbitrap質量分析計による解析を組み合わせたものです。受賞対象論文は、化学的酸化処理の代わりに、いわば生物学的酸化処理を組み合わせ、BOM画分を解析することを企図したものとも言えます。

現在、微生物の組成(microbial diversity)は、16S rRNA遺伝子という普遍的なコードを用いて簡単に把握することができるようになりました。溶存有機物の化学的多様性(chemical diversity)についても、高分解能質量分析計を用いることで組成情報のコード(分子式)を把握することが可能になりつつあります。微生物と溶存有機物の組成・多様性を根源的なレベルで扱うことで、微生物再増殖のような両者のダイナミックな相互作用を明らかにできることが期待されます。こうした新しいツールを活用することで、環境工学分野における「ブラックボックスの解明」にさらにチャレンジしていきたいと思えます。

参考文献

- 1) Kasuga, I., Suzuki, M., Kurisu, F., Furumai, H., 2020. Molecular-level characterization of biodegradable organic matter causing microbial regrowth in drinking water by non-target screening using Orbitrap mass spectrometry. *Water Research* 184, 116130.
- 2) Kasuga, I., Nakamura, H., Kurisu, F., Furumai, H., 2021. Characterization of microbial regrowth potential shaped by advanced drinking water treatment. *H₂ Open Journal* 4(1), 157-166.
- 3) Kasuga, I., Yuthawong, V., Kurisu, F., Furumai, H., 2020. Molecular-level comparison of dissolved organic matter in 11 major lakes in Japan by Orbitrap mass spectrometry. *Water Supply* 20(4), 1271-1280.