

遺伝子・化学物質マーカーの測定に基づく 琵琶湖・淀川水系のふん便汚染評価

三浦 尚之（国立保健医療科学院生活環境研究部・主任研究官）

この度は、論文奨励賞（廣瀬賞）をいただき、大変光栄でございます。選考に関われた先生方をはじめ、日本水環境学会関係者の皆様に心より御礼申し上げます。この論文では、調査対象流域の表流水試料を用いてウイルス濃縮方法を最適化し、その方法を適用することで琵琶湖・淀川水系における病原ウイルス汚染の実態を明らかにしました。また、ウイルス・細菌の遺伝子に加えて医薬品を測定することでふん便汚染の起源やレベルを調査しました。共著者である国立保健医療科学院・研究生の瀧野博之氏（現所属：阪神水道企業団）が、コロナ禍初期の出勤制限がかかる中、条件検討の実験を繰り返し、丁寧に分析した結果を論文として取りまとめました。本論文は、その努力の賜物と考えています。

わが国の水道水源の4分の3は、河川、ダム、湖沼であり、ヒトや動物のふん便に由来する病原微生物に汚染されている場合が多いという特徴があります。近年では、気候変動の影響により、豪雨や台風による水災害が激甚化・頻発化しているのは明らかですが、同時に、積雪量の減少や無降水期間の増加による渇水被害が深刻化することも懸念されています。実際に令和元年東日本台風では、千曲川が氾濫したことにより長野市の下水処理場が被災し、復旧までの間、下水が消毒のみや簡易処理で河川に放流されました。わが国の水道水質は世界トップレベルですが、洪水や渇水時においても安全な水道水を供給し続けるためには、細菌よりも環境水中において生存性が高く、また浄水処理プロセスにおいて除去性が低い病原ウイルスについて、水源における汚染の実態を把握する必要があります。また、ふん便汚染の起源を追跡し、レベルを評価することで、水源管理、すなわち水道水質管理につなげることも重要です。ふん便汚染を評価するために、ふん便中に排出されるトウガラシ微斑ウイルス（PMMoV）や宿主に特異的なバクテロイデス目細菌などの微生物遺伝子マーカー、抗てんかん薬であるカルバマゼピンや畜産動物等の抗菌剤であるサルファ剤などの化学物質マーカーが研究レベルでは測定されていますが、それらを同時に調査した報告はほとんどありませんでした。

以上の背景のもと、この研究では、水道事業者の水質担当者が水源水質を監視する際の一助となるように、水試料からのウイルス濃縮方法として上水試験方法に掲載されている陰電荷膜法¹⁾の条件を検討すること、近畿地方の主要な水道水源である琵琶湖・淀川水系において病原ウイルスの汚染実態を明らかにすること、そして、ふん便汚染を微生物遺伝子マーカーと化学物質マーカーの両面から評価することを目的としました。

陰電荷膜法の条件としては、ウイルスを陰電荷膜に吸着されるために添加する塩化マグネシウムの濃度、その次に陽イオンを洗い流す希硫酸の溶液量、そして膜に吸着させたウイルス粒子を誘出する水酸化トリウム溶液の浸漬時間について、添加したマウスノロウイルスの回収率、試料に含まれるPMMoV、ロタウイルスAの濃度を比較しました。その結果、塩化マグネシウムの終濃度は元の条件（25 mM）よりも50 mMに高めた方が回収率が向上することなどがわかりました。

実態調査では、淀川表流水試料で最適な条件を適用することで、上流域の試料でも良好なマウスノロウイルス回収率が得られました。琵琶湖南湖では平均して 10^4 copies L⁻¹のオーダーで検出されたPMMoVが淀川では 10^6 copies L⁻¹と、およそ2オーダー増加すること、また、宇治川、桂川、木津川より下流では、ロタウイルスAやノロウイルスGII、ヒト・反芻動物・ブタに特異的なバクテロイデス目細菌遺伝子も検出されるようになることが示されました。さらに、宇治川、桂川、木津川の表流水試料中の医薬品濃度を測定したところ、桂川は、PMMoV、ノロウイルスGII、ヒトのバクテロイデス目細菌、カルバマゼピンの濃度が高く、ヒト下水由来の汚染が、木津川では、ブタのバクテロイデス目細菌、動物等の抗菌剤であるサルファモノメトキシシンの濃度が高く、畜産動物に由来する汚染が顕著であることがわかりました。

今後は、微生物リスクが高まる洪水や渇水時における病原ウイルス汚染を評価するとともに、水道水の安全性のレベルをさらに高めることができるよう、浄水処理プロセスにおけるウイルスの挙動²⁾やリスク管理に関する研究にも、一層取り組んで参りたいと思います。引き続きご指導いただけますと幸いです。

最後になりますが、本研究の遂行にあたり、共著者の小坂浩司先生、秋葉道宏先生には、丁寧にご指導、ご助言をいただきました。また、水試料の収集にあたり、水道事業者の関係者各位に多大なるご協力を賜りました。本研究の一部は、JSPS 科研費（JP20H00259；JP19K04680）の助成を受けて行いました。この場をお借りして、改めて御礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) Katayama, H., Shimasaki, A., Ohgaki, S., 2002. Development of a virus concentration method and its application to detection of enterovirus and Norwalk virus from coastal seawater. *Applied and Environmental Microbiology* 68(3), 1033-1039.
- 2) 瀧野博之、三浦尚之、浅田安廣、秋葉道宏、2022. クローズドシステムの高度浄水・排水処理プロセスにおけるトウガラシ微斑ウイルスの挙動. 土木学会論文集G（環境）78(7), III_1-III_10.