

未来社会創造事業 探索加速型
「世界一の安全・安心社会の実現」領域
終了報告書(探索研究期間)

令和3年度
研究開発終了報告書

平成30年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名：田中 宏明／Hiroaki TANAKA]

[京都大学 名誉教授／Professor Emeritus, Kyoto University]

[研究開発課題名：重要管理点での高規格水処理によるバイオリスク低減
／ Reduction of Bio-Risk at Critical Control Points by High-Standard Water
Treatment]

実施期間：平成30年11月15日～令和4年3月31日

§ 1. 研究実施体制

(1) 「リスク評価」グループ(京都大学・三菱電機)

①研究開発代表者:田中 宏明(京都大学大学院 工学研究科教授/名誉教授)

②研究項目

- ・感染性ウイルス濃縮法開発、
- ・大腸菌起源解析、
- ・琵琶湖バイオリスク調査
- ・新型コロナウイルス調査

(2) 「オゾン発生器」グループ(三菱電機・工学院大学)

①主たる共同研究者:和田 昇(三菱電機株式会社 先端技術総合研究所 環境システム技術部 部長)

②研究項目

- ・低 LCC オゾン発生器の実現可能性評価
- ・分子プレカーサ法による電極管内面への導電性薄膜形成技術の開発

(3) 「オゾン水処理装置開発」グループ(摂南大学・三菱電機)

①主たる共同研究者:水野 忠雄(摂南大学 理工学部 准教授)

②研究項目

- ・反応装置設計のための反応量論、速度、限界性評価
- ・反応加速化手段の一次検討

(4) 「社会実装」グループ(ニュージェック)

①主たる共同研究者:五十嵐 徹(ニュージェック 経営戦略本部 経営企画部 研究開発グループ長)

②研究項目

- ・オゾン処理システムの導入シナリオの策定
- ・社会経済性インパクトの定量評価

§ 2. 研究実施の概要

- ① 感染性ウイルスの濃縮法の開発として、ヒト免疫グロブリン製剤を用いた免疫沈降を流入下水に適用した結果、ノロウイルスを免疫沈降後に qPCR で定量出来ることを確認した。また、モデルウイルス MS2 を用いて、感染性のウイルスを抗体で濃縮できることを抗体濃縮実験と培養法により実証した。
- ② 下水処理場、琵琶湖南湖でのノロウイルス、大腸菌、薬剤耐性大腸菌の調査を雨天時も含めて行った。琵琶湖南湖の大腸菌の遺伝子解析を行い、起源解析手法と組み合わせて解析した。流入下水中の使用量が多い薬剤に対する大腸菌の薬剤耐性率は、医療分野での薬剤ごとの薬剤耐性大腸菌の動向と類似しており、下水道での病院廃水の薬剤耐性制御の重要性が示唆された。さらに下水処理場放流水と琵琶湖南湖から単離されたアンピシリン耐性大腸菌は由来が似ており、下水処理場放流水から水環境への薬剤耐性の伝播が示唆された。琵琶湖南湖周辺の河川での調査から、雨天時に河川中の薬剤耐性大腸菌数が大きく上昇することがわかった。琵琶湖南湖と河川の薬剤耐性大腸菌の遺伝子解析から、下水道や病院でのヒトだけでなくトリやウシ、ブタなど、畜産由来の薬剤耐性大腸菌が上昇することを示すデータが得られた。流域でバイオリスクを低減させるには、雨天時を含めた下水処理場の制御に加え、畜産施設や畜産廃棄物を堆肥利用する農地からの流出を低減する必要があることが示唆された。
- ③ オゾン発生器における酸素循環、無効エネルギー消費抑制および電極製造プロセスの最適化による高効率化・低コスト化の実現可能性を見極めた。その結果、オゾン発生システムの LCC を 55% 低減できる目途を得た。
- ④ 対象水とオゾンもしくはオゾンから生成する酸化種との反応を把握し、反応装置設計モデルの構築を行うとともに、下水処理を対象とした設計・操作因子に関する検討を行った。その結果、SS を除去することで目標水質を達成するために必要なオゾン注入率を約 1/3 に削減でき、オゾン発生にかかる電力コストを約 1/3 に削減できることが判った。
- ⑤ 水環境中からの直接経口摂取による腸管性感染症による国内の経済性損失を推定し、琵琶湖流域を対象とした場合では、下水処理場水量あたりに換算すると 17 円/m³ と試算された。この結果は、開発目標オゾン処理 LCC を大きく上回り、合理的なコストで社会実装が可能となると推定された。
- ⑥ 下水から新型コロナウイルス遺伝子の存在を高感度で判定する方法を同一試料で PCR 検査を繰り返し、陽性率で判定する方法を開発し、下水処理場での長期かつ高頻度のモニタリングによってウイルス遺伝子の変動を詳細に把握した。その結果、下水でのウイルス遺伝子変動と医療機関での日々の新規感染者数と関係があり、陽性確定日よりも推定発症日と強い関係があることを明らかにした。また下水道マンホールや個別施設からも新型コロナウイルスを検出することができ、感染者追跡に利用しうることが明らかになった。

【主な関連論文】

- 杉江由規, 井原賢, 馬緻宇, 田中宏明(2020)琵琶湖南東部の河川における薬剤耐性大腸菌の存在実態と降雨の影響, 土木学会論文集 G(環境)76(7) III_431-III_440
- 西田光希, 張浩然, 井原賢, 田中宏明(2020)下水処理場から水域へ放流される年間微生物負荷量の推定, 土木学会論文集 G(環境)76 (7) III_441-III_448
- K. Park, D. Kondo, B. Zhao, H. Wada, N. Nakada, F. Nishimura, M. Ihara, H. Tanaka(2021) Evaluation of Ozonation on Removal Efficiency of Antibiotic Resistant Bacteria and Genes, and Chemical Indicators in Secondary Effluent at a Sewage Treatment Plant, Proceedings of 58th Annual Conference on Sewage Works held by Japan Sewage Works Association on August 18, 2021, Osaka.
- 井原賢, 八十島誠(2021)下水処理場および個別施設を対象とした新型コロナウイルスの下水疫学調査、

日本水環境学会誌 11 月号.

八十島 誠,友野 卓哉,醍醐 ふみ,嶽盛 公昭,井原 賢,端 昭彦,本多 了,田中 宏明(2021)個別施設での SARS-CoV-2 感染者の早期発見に適したパッシブサンプラー開発と有効性の検証,土木学会論文集 G(環境) 77(7) III_179-III_190

田中宏明, 井原賢, 西村文武(2021)社会実装を目指す新型コロナ下水サーベイランスの動き, 月刊下水道 45(1) 64-67

Bo Zhao, Zaizhi Yu, Tomonori Fujita, Yoshiaki Nihei, Hiroaki Tanaka, Masaru Ihara (2021) Tracking community infection dynamics of COVID-19 by monitoring SARS-CoV-2 RNA in wastewater, counting positive reactions by qPCR, medRxiv <https://doi.org/10.1101/2021.12.23.21268343>.

Chih-Yu Ma, Masaru Ihara, Siyao Liu, Yoshinori Sugie, Hiroaki Tanaka(2022) Tracking the source of antibiotic-resistant Escherichia coli in the aquatic environment in Shiga, Japan, through whole-genome sequencing, Environmental Advances <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2022.100185> 202207 8 July 100185.