

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
年次報告書(本格研究)

令和4年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名:田中 宏明]

[信州大学工学部・特任教授]

[研究開発課題名:健全な社会と人を支える安全安心な水循環系の実現]

実施期間：令和6年4月1日～令和7年3月31日

§1. 研究開発実施体制

(1) 「研究代表グループ G-1」(信州大学)

① 研究開発代表者: 田中 宏明 (信州大学工学部、特任教授)

② 研究項目

・研究総括

(2) 「研究代表グループ G-2」(京都大学)

① 主たる共同研究者: 西村 文武 (京都大学大学院工学研究科、教授)

② 研究項目

・「重要管理点」におけるリスク評価 (POC1)

・リスクのコントロール手法の開発 (POC1)

・下水疫学の社会実装 (POC1)

(3) 「研究開発グループ A」(三菱電機(株))

① 主たる共同研究者: 坂本 博夫 (三菱電機(株)、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

・水質変換技術(水排出) (1) 革新的オゾン製造技術の開発 (POC2)

・水質変換技術(水排出) (2) オゾン水処理装置の開発 (POC2)

(4) 「研究開発グループ B-2～4」グループ(北海道大学)

① 主たる共同研究者: 木村 克輝 (北海道大学大学院工学研究院、教授)

② 研究項目

・リスクの検出技術 (POC2)

・水質変換技術(水供給) (POC2)

・水質変換技術(水排出) (3) ナノバブル-MBR (POC2)

(5) 「研究開発グループ C」(工学院大学)

① 主たる共同研究者: 永井 裕己 (工学院大学先進工学部、准教授)

② 研究項目

・水質変換技術(水排出) (1) 革新的オゾン製造技術の開発 (POC2)

・水質変換技術(水排出) (2) オゾン水処理装置の開発 (POC2)

(6) 「研究開発グループ D」(摂南大学)

① 主たる共同研究者: 水野 忠雄 (摂南大学理工学部、教授)

② 研究項目

・水質変換技術(水排出) (1) 革新的オゾン製造技術の開発 (POC2)

・水質変換技術(水排出) (2) オゾン水処理装置の開発 (POC2)

(7) 「研究開発グループ E」((株)ニュージェック)

① 主たる共同研究者: 五十嵐 徹 ((株)ニュージェック経営戦略本部 DX 推進部 研究開発グループ 研究開発チーム、主任研究員)

② 研究項目

・社会実装に関する検討 (POC2)

(8) 「研究開発グループ F」(高知大学)

① 主たる共同研究者: 井原 賢 (高知大学農林海洋科学部、教授)

② 研究項目

・下水疫学の社会実装(近畿地方における社会実装) (POC1)

(9) 「研究開発グループ B-1」(東京大学)

①主たる共同研究者:北島 正章 (東京大学大学院工学系研究科、特任教授)

②研究項目

・下水疫学の社会実装(POC1)

§2. 研究開発成果の概要

本研究課題は、人や社会と環境の間で循環する水を総合的に捉え、日常的に利用・飲食する水の安全、人や社会の活動に伴い水環境へ排出される水の安全を確保し、子供から高齢者までの誰もが、無意識に水に関わる様々な健康リスク(病原性微生物や化学物質等)から守られる社会を目指す。循環する「水」の安全レベルを科学技術により更に高次へと引き上げ、私たちを脅かす健康リスクの低減・制御に取り組む。

令和6年度の実施内容は以下の通りである。

POC1:重要管理点の明確化と人健康リスクの実態解明

① 水循環系における重要管理点の明確化とリスク実態の解明

水循環系の中の健康リスクの重要管理点を琵琶湖流域で把握するとともに、病院施設等の健康リスク実態把握を継続した。その結果、晴天時には浄化槽等が大きな大腸菌等に由来していることが推定された。また、オゾン処理による畜産排水や病院排水のバイオリスクの低減効果を検討し、下水を含めて、大腸菌、薬剤耐性菌を2 Log、薬剤を1 Log 削減に要するオゾン消費量を明らかにした¹⁾。さらに畜産排水を想定して下水汚泥を用いてオゾン・可溶化処理による耐性菌や耐性遺伝子の除去及びメタン生成量を評価し、エネルギー回収と薬剤耐性低下の両立でき得ることが分かった。

② 下水疫学の社会実装による感染症リスクヘレジリエントな社会の構築

下水から得られる公衆衛生情報を利用し、感染症の脅威から守られる社会の実現のため、新型コロナウイルスおよびその他のウイルスの感染情報を引き出す下水疫学の研究と調査²⁾を継続して実施し、下水からの検出対象病原体の拡張に取り組んだ。下水疫学の社会実装を進める先進自治体を支援するとともに、関心を持つ自治体の社会実装への支援を強化した。また日本下水サーベイランス協会等と連携して、国への下水サーベイランスの社会実装に向けた働きかけを継続するとともに海外諸国との連携を進めた。

POC2:重要管理点において健康リスクを許容可能なレベルにコントロールする手法の開発

薬剤耐性大腸菌検出システムを用いて MBR 処理水中の大腸菌数および大腸菌群数を測定した。

NF 膜ろ過処理あるいはイオン交換処理で濃縮される廃水中の PFAS を除去するため、VUV ベースの促進還元処理(VUV/sulfite 処理)の検討を開始した。その結果、NF ろ過よりもイオン交換処理と組み合わせる方がエネルギー的に有利になると推定された。

革新的オゾン処理の開発では、オゾン濃縮/供給システム検証機を製作し、オゾンガスの吸脱着制御手法や運転条件を明確化した。実下水に対するオゾン処理における大腸菌不活化特性を評価した。オゾン溶解速度の向上を目指したスタティックミキサーを用いた検討を行った結果、通常の気散方式よりもオゾン利用率を改善できることが明らかになった。

ナノバブル-MBR の膜洗浄の高効率化を目的とした検討を継続するとともに、ナノバブル-MBR 処理水の水質に運転条件が及ぼす影響を調査した。ナノバブルとポリウレタン製キューブ状スポンジを組み合わせ洗浄が優れていること、高感度な検出方法を用いた結果、MBR のウイルス除去率がこれまでよりも大きいことが明らかになった³⁾。

全国でのバイオリスクによる社会損失を推定する経済性評価モデルを改良した。また、社会実装のためのガイドラインについて全体構成案と項目ごとの概要を作成した。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Bo Zhao, Kyoungsoo Park, Daisuke Kondo, Hiroyuki Wada, Norihide Nakada, Fumitake Nishimura, Masaru Ihara, Hiroaki Tanaka(2024)Comparison on removal performance of virus, antibiotic-resistant bacteria, cell-associated and cell-free antibiotic resistance genes, and indicator chemicals by ozone in the filtrated secondary effluent of a sewage treatment plant, Journal of Hazardous Materials Vol. 465, 133347 <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.133347>
- 2) Noriko Endo, Aika Hisahara, Yukiko Kameda, Kaito Mochizuki, Masaaki Kitajima, Makoto Yasojima, Fumi Daigo, Hiroaki Takemori, Masafumi Nakamura, Ryo Matsuda, Ryo Iwamoto, Yasuhiro Nojima, Masaru Ihara, Hiroaki Tanaka (2024) Enabling quantitative comparison of wastewater surveillance data across methods through data standardization without method standardization, Science of The Total Environment, Vol. 953, 176073 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176073>
- 3) 中祖 惟月, 羽深 昭, 北島 正章, 木村 克輝 処理水に適した低濃度版 EPISENS-M 法の開発およびMBRによるウイルス除去性能の評価(2024)土木学会論文集 80 巻 25 号 論文 ID: 24-25026 <https://doi.org/10.2208/jscej.24-25026>