

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：松井 佳彦／Yoshihiko MATSUI]

[北海道大学 大学院工学研究院 教授／Professor, Division of Environmental  
Engineering, Hokkaido University]

[研究開発課題名：誰からも信頼される「水」を創る新規 VUV／MBR  
／Novel VUV/MBR for Production of Water with Reliable Quality]

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

開発代表者: 松井 佳彦 (北海道大学大学院工学研究院、教授)

- ① ナノマイクロバブル-VUV に関する研究
  - ・分解モデルによるシステム最適化の検討
  - ・消毒副生成物に生成に関する検討
- ② ナノマイクロバブル-MBR に関する研究
  - ・ナノマイクロバブル膜洗浄による MBR 送風量の削減
  - ・薬剤耐性菌検出システムの開発
  - ・ノロウイルスセンサー技術の開発
- ③ 新型コロナウイルス下水疫学に関する研究
  - ・下水中の新型コロナウイルスの濃縮回収率の評価と濃縮法の検討
  - ・都市下水中の新型コロナウイルスの定量調査と変異株検出
  - ・感染者のウイルス排出濃度の経時変化の解析

## § 2. 研究実施の概要

ナノマイクロバブル-VUV に関する研究: 運転条件 (流速と VUV 照射強度) が対象物質の分解に与える影響を組み込んだモデルを構築し、モデル解析を通じてシステムの最適化を試みたところ、処理流速が小さい場合には照射強度の低い VUV ランプを、処理流速が大きい場合には照射強度の高い VUV ランプを用いることが推奨された。また、VUV 処理により消毒副生成物濃度が高まる可能性が示唆されたため、後段の粒状活性炭処理と組み合わせることが望ましいことが明らかとなった。

ナノマイクロバブル-MBR に関する研究: ナノバブルを混入した水を用いて MBR の逆洗に用い、粒状担体による物理洗浄と併用することで大きな膜洗浄効果を得られることを前年度までに見出している。本年度はナノバブル水に少量の次亜塩素酸を添加して逆洗を行うことで、さらに洗浄効果を向上させることに成功した。ナノバブル逆洗により膜表面に形成されるゲル層構造が大きく変化することが明らかとなった。ゲル層構造の変化は、担体による剥離を促進させることが示唆された。薬剤耐性大腸菌検出システムを開発し、MBR 処理水中の大腸菌 (4 cfu/L) を 16 時間で、分析コスト約 20 円で検出できた。本システムは下水処理水や河川水中の薬剤耐性大腸菌数を公定法と同程度の精度で検出できた。

新型コロナウイルス下水疫学に関する研究: 本年度から新型コロナウイルスの下水疫学に関する研究を開始した。下水試料中の新型コロナウイルスの濃縮回収率を検討するとともに、感染流行期に実下水処理場から採取した流入下水および下水処理水から新型コロナウイルスを公開されている技術レベルを遥かに上回る感度での定量検出ならびに変異株の検出に成功した。さらに、患者数推定のための基礎データとなる感染者糞便中のウイルス濃度の経時変化についても詳細に解析した。

(主要な論文のリスト)

木内壮一郎, Fernandes Helmano, 羽深昭, 木村克輝 (2020) セラミック平膜 MBR におけるマイクロバブル・ナノバブルを用いた膜洗浄の可能性. 土木学会論文集 G 76 (7)

Satoh, H., Kikuchi, K., Katayose, Y., Tsuda, S., Hirano, R., Hirakata, Y., Kitajima, M., Ishii, S., Oshiki, M., Hatamoto, M., Takahashi, M., Okabe, S. (2020) Simple and reliable enumeration of *Escherichia coli* concentrations in wastewater samples by measuring  $\beta$ -D-glucuronidase (GUS) activities via a microplate reader. *Science of The Total Environment*, 715, 136928.

Ahmed, W., Bertsch, P., Bivins, A., Bibby, K., Farkas, K., Gathercole, A., Haramoto, E., Gyawali, P., Korajkic, A., McMinn, B.R., Mueller, J., Simpson, S., Smith, W.J.M., Symonds, E.M., Thomas, K.V., Verhagen, R., Kitajima, M. (2020) Comparison of virus concentration methods for the RT-qPCR-based recovery of murine hepatitis virus, a surrogate for SARS-CoV-2 from untreated wastewater. *Science of The Total Environment*, 739, 139960.

Shi, G., Nishizawa, S., Matsushita, T., Kato, Y., Kozumi, T., Matsui, Y., Shirasaki, N. (2021) Computational fluid dynamics-based modeling and optimization of flow rate and radiant exitance for 1,4-dioxane degradation in a vacuum ultraviolet photoreactor. *Water Research*, 197, 117086.