

持続可能な水利用を実現する革新的な技術とシステム
平成 22 年度採択研究代表者

H25 年度
実績報告

伊藤 禎彦

京都大学 大学院工学研究科
教授

都市地下帯水層を利用した高度リスク管理型水再利用システムの構築

§1. 研究実施体制

(1)「土壌浸透処理」グループ

- ① 研究代表者:伊藤 禎彦 (京都大学大学院工学研究科, 教授)
- ② 研究項目
 - ・化学物質および病原微生物の土壌浸透処理性能の把握
 - ・システムの数値モデル化に基づく流域への実装シナリオの作成

(2)「消毒副生成物評価」グループ

- ① 主たる共同研究者:浅見 真理 (国立保健医療科学院・生活環境研究部水管理研究分野・上席主任研究官)
- ② 研究項目
 - ・消毒副生成物の生成ポテンシャル評価とその制御

(3)「ウイルス処理評価」グループ

- ① 主たる共同研究者:大河内 由美子 (麻布大学 生命・環境科学部・准教授)
- ② 研究項目
 - ・ウイルス除去・不活化能に与える影響の評価

§2. 研究実施の概要

(1) 土壌浸透処理グループ

下水処理水再利用においてヒトへのリスクが懸念される化学物質を平成 24 年度に選定した。このうち、塩素消毒副生成物であるトリハロメタン生成能などの化学物質は、土壌浸透処理により、効果的に除去されることが分かった。また、土壌浸透処理が有さない処理機構として化学酸化処理(オゾン処理)を土壌浸透処理の前段に組み込むことで、再利用水の安全度が高まることを明らかにした。下水処理、土壌浸透処理では、微生物による有機物分解が重要となるが、土壌層の 5 cm 以深に生息する微生物によって、下水処理における活性汚泥が分解対象とする有機物とは異なる有機物の分解が期待できることを示した。さらに、別の形態に変化していた物質が土壌浸透処理過程で再度原体に戻る場合があることを明らかにし、下水の再利用においては、化学物質原体のみならず、リスク管理の観点から、代謝物にも着目する必要があることを指摘した。

平成 24 年度に構築した土壌浸透処理数値モデルについて、土壌浸透処理系内での評価対象物質溶存有機炭素(DOC)、エストロゲン性物質やエチレンジアミン四酢酸(EDTA)等の微量汚染物質)の挙動や変動を表現するため、物理化学的プロセスや生物学的プロセスを組み入れたモデルに拡張するとともに、実装化に向けてモデル精度を向上させた。実装モデル構築の例として、京都桂川流域をとりあげ、地下水解析モデル MODFLOW を用いた解析を実施した。地下への涵養と揚水を表現するとともに、周辺地域における地下水位変化を推定することができた。

(2) 消毒副生成物評価グループ

平成 24 年度までの調査で、オゾン処理による *N*-ニトロソジメチルアミン (NDMA) の前駆物質の発生源となっている地点を特定した。平成 25 年度は、排出源直下の下水を濃縮・分画し、どの画分から NDMA 前駆物質が存在しているか特定した。続いて、NDMA 前駆物質が存在している画分を分取、濃縮した後、超高速液体クロマトグラフータンデム型質量分析計 (UPLC-MS/MS)、超高速液体クロマトグラフー飛行時間型質量分析計 (UPLC-TOF/MS)、核磁気共鳴 (NMR) を用いて、その画分に存在している前駆物質の同定を試みた。その結果、新規の NDMA 前駆物質の同定に成功した。この前駆物質のオゾン処理による NDMA モル生成率は、これまで報告されていた前駆物質よりも非常に高いことがわかった。

(3) ウイルス処理評価グループ

平成 24 年度までにリスク制御強化の必要性が明らかとなったウイルスを対象として、アデノウイルス(HAdV)およびロタウイルス(RV)の土壌浸透処理による除去・不活化能評価に資するデータ蓄積を継続するとともに、土壌浸透処理後の浄水処理に対して要求される除去・不活化能の推算を行った。平成 25 年度から着手した RV ゲノムを指標とした定量 PCR 測定の結果、土壌浸透処理による除去能は $0.05 \sim 1.34 \log_{10}$ に分布し、HAdV と同程度の除去能が得られた。一方、土壌浸透処理水を原水とした再生水飲用による HAdV 年間感染確率 10^{-4} を達成するためには、浄水処理で $6 \log_{10}$ 以上の処理能が要求され、オゾン処理や紫外線消毒等、ウイルス不活化強化のための処理プロセス導入が必要であることを指摘した。

§3. 成果発表等

(3-1) 原著論文発表

論文詳細情報(国内)

特になし

論文詳細情報(国際)

[proceedings(査読審査の入るものに限る)]

1. Echigo S., Nakatsuji M., Takabe Y. and Itoh S. (2013) Effect of Pre-ozonation on the Wastewater Reclamation by the Combination of Ozonation and Soil Aquifer Treatment 9th IWA International Conference and Exhibition on WaterReuse, Proceedings & Abstracts, 73.
2. Takabe Y., Suzuki R., Nishimura F., Kameda I., Kurita N., Mizuno T. and Itoh S. (2013) Water quality change of sewage effluent treated by A2O/O3 process in soil aquifer treatment 9th IWA International Conference and Exhibition on WaterReuse, Proceedings & Abstracts, 74.
3. He K., Yonetani T., Takabe Y., Rahmawati S., Echigo S., Itoh S. (2014) Removals of pharmaceuticals and personal care products in reclaimed water during soil aquifer treatment with different soil types, hydraulic retention time, and saturated condition, The 5th International Slow Sand and Alternative Biological Filtration Conference, In press.
4. Rahmawati S., Wang X., Phattarapattamawong S., Suzuki R., Echigo S., Takabe Y., Itoh S. (2014) Reduction of the formation potentials of trihalomethanes (THMs) and haloaceticacids (HAAs) in reclaimed water by soil aquifer treatment, The 5th International Slow Sand and Alternative Biological Filtration Conference, In press.
5. Nishimura F., Kurita N., Takabe Y., Mizuno T., Hidaka T., Itoh S. (2014) Behavior of trace organic contaminants in soil aquifer treatment (SAT) process for reuse of secondary sewage effluent, The 5th International Slow Sand and Alternative Biological Filtration Conference, In press.

(3-2) 知財出願

- ① 平成 25 年度特許出願件数(国内 0 件)
- ② CREST 研究期間累積件数(国内 0 件)