

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(京都大学)

- 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(国立保健医療科学院)

- 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領域・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(麻布大学)

- 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

(4)「大阪市水道局」グループ(大阪市水道局)

- ① 主たる共同研究者:柳生 眞喜男 (大阪市水道局・浄水統括担当部長)
- ② 研究項目

・生物高速ろ過＋凝集＋MF 膜ろ過（セラミック膜及び PTFE 膜）システムの開発

(5)「阪神水道企業団」グループ(阪神水道企業団)

① 主たる共同研究者:小林 健一（阪神水道企業団・技術部長）

② 研究項目

・生物高速ろ過＋凝集＋MF 膜ろ過（セラミック膜及び PTFE 膜）システムの開発

§ 2. 研究実施の概要

(1) 土壌浸透処理グループ

平成 26 年度は、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のうち、*N*-ニトロジメチルアミン(NDMA)生成能に着目し、その土壌浸透処理(SAT)による低減効果は平均滞留時間 3.5 日と短くとも 15 ヶ月以上の長期間に渡って維持できることを示した。さらに、処理水の安全性評価における含窒素および含臭素消毒副生成物の重要性を示した。

溶存有機物(DOM)に関しては樹脂分画と官能基解析を実施した。嫌気・無酸素・好気法(A2O)処理では親水性画分の除去が進む一方で、SAT では疎水性画分に含まれる高分子状の脂肪鎖などの除去が進むことを明らかとし、DOM 除去の観点から各処理プロセスの特徴付けに成功した。

病原微生物に関しては、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・不活化能データを蓄積した。土壌浸透処理による除去・不活化能は HAdV で $1.92 \sim 2.03 \log_{10}$ 、RV で $0.44 \sim 0.96 \log_{10}$ に分布した。加えて再生水飲用による年間感染確率 10^{-4} を達成するためには、安全側を考慮して浄水処理で $8 \log_{10}$ 以上の処理能が要求されることを示した。

最後に、これまでに構築した土壌浸透処理性能を表現する数理モデルについて、諸係数に与える環境因子の影響をモデルに組み込むとともに、対象として取り上げた化学物質や病原微生物の除去性を表現することで、実装化に向けてモデルの拡張を行った。同時に、限られた測定データから確率分布に係る種々のパラメータを推定する手法を示した。また、処理プロセスに係るエネルギー消費量を評価するモデルを構築した。さらに、桂川流域を対象として、SAT 実装シナリオを構築し、その利用可能性について考察した。

(2) 消毒副生成物評価グループ

平成 25 年度までの調査で、淀川流域でのオゾン処理による NDMA 前駆物質の主な発生源を特定し、新規前駆物質として 1,1,5,5-テトラメチルカルボヒドラジド(TMCH)を同定した。平成 26 年度は発生源からの排水が流入する下水処理場での TMCH の挙動を検討し、下水処理場での除去率は低いことを明らかにした。また同下水処理場における全 NDMA 前駆物質に占める TMCH の寄与率から、TMCH は淀川流域における主な NDMA 前駆物質であることを明らかにした。

(3) ウイルス処理評価グループ

平成 26 年度は、共存 DOM が土壌粒子へのウイルス吸着に及ぼす影響に着目し、DOM の物理化学的な性質に基づいてウイルス吸着阻害効果を検討した。その結果、疎水性高分子の DOM がウイルスの吸着阻害に大きく寄与することを示した。

(4) 大阪市水道局+阪神水道企業団グループ

大阪市水道局柴島浄水場に建設された最適先端処理技術実験施設に設置された生物高速ろ過、浸漬型ハイブリッド膜ろ過システム、ケーシング型ハイブリッド膜ろ過システムにより淀川表流水へのハイブリッド膜ろ過システムの適用性に関する調査を行った。

ハイブリッド膜ろ過システムとは、厳密な固液分離が可能となる膜ろ過に、活性炭吸着、生物処理を組み合わせた、高い水処理性、運転・維持管理性を備えた浄水処理システムである。そこで、次世代型の浄水処理システムとして、ハイブリッド膜ろ過システムに関する適用性について、水処理

性を中心に評価を行った。その結果、ハイブリッド膜ろ過システムが、表流水を含めた幅広い原水へ適用可能なシステムであり、加えて、追加処理及び微粉炭等の採用により、更に適用性が拡大可能であることを確認することができた。

【代表的な原著論文】

1) Takabe, Y., Kameda, I., Suzuki, R., Nishimura, F. and Itoh, S. (2014) Changes of microbial substrate metabolic patterns through a wastewater reuse process, including WWTP and SAT concerning depth, *Water Research*, 60, 105-117. (DOI: 10.1016/j.watres.2014.04.036)

2) Echigo, S., Nakatsuji, M., Takabe, Y. and Itoh, S. (2015) Effect of preozonation on wastewater reclamation by the combination of ozonation and soil aquifer treatment, *Water Science & Technology: Water Supply*, 15(1), 101-106. (DOI: 10.2166/ws.2014.089)

3) Kosaka, K., Asami, M., Ohkubo, K., Iwamoto, T., Tanaka, Y., Koshino, H., Echigo, S. and Akiba, M. (2015) Identification of a new *N*-nitrosodimethylamine precursor in sewage containing industrial effluents, *Environmental Science & Technology*, 48, 11243–11250. (DOI: 10.1021/es502284t)