

日本—トルコースロバキア 国際共同研究 「持続可能な社会のためのスマートな水管理」 2021 年度 年次報告書	
研究課題名（和文）	セラミック膜ろ過による持続可能な水再生技術
研究課題名（英文）	Sustainable Water Reclamation Based on Ceramic Membrane Filtration
日本側研究代表者氏名	中田 典秀
所属・役職	京都大学 大学院工学研究科附属流域圏総合環境質研究センター・講師
研究期間	2020 年 4 月 1 日 ~ 2023 年 3 月 31 日

1. 日本側の研究実施体制

氏名	所属機関・部局・役職	役割
中田 典秀	京都大学 大学院工学研究科附属流域圏総合環境質研究センター、講師	日本側研究統括 セラミック膜の輸出入、処理装置の設計・作製
田中 周平	京都大学 大学院地球環境学学、准教授	セラミック膜処理におけるマイクロプラスチック測定
竹内 悠	京都大学 大学院工学研究科附属流域圏総合環境質研究センター、助教	セラミック膜処理における運転性評価

2. 日本側研究チームの研究目標及び計画概要

アルミナ、チタニア、ジルコニアのコロイド重合体をゾルゲル法により基材にコーティング（WP 1）し、物理化学的特性を評価（WP 2）された内径 6 mm、長さ 25 cm の管状 UF セラミック膜を複数本トルコより日本に輸入し、純水を用いた透過速度より初期状態を把握する。その後、下水 2 次処理水の 1 ヶ月間の連続式ろ過試験ののち、使用した膜をトルコへ返送する。運転期間中、各種の水質項目の測定を行う。膜孔径が MF に対し微細であることから、研究の進展により更なる前処理を検討する。

3. 日本側研究チームの実施概要

物理・化学的強度の高いセラミック膜ろ過により、都市域で安定供給される下水処理水を再生処理し、持続的な水再生、再利用への適用を目指す。河川流域に発達した都市においては、上流で放流された下水処理水が下流で非意図的に再利用され、さらに、再利用された水が沿岸域へと流れている。昨今、微生物汚染や遺伝毒性の他、（マイクロ）プラスチックの流出が世界的な懸念事項となっている。下水処理場は、汚染物質の流出抑制の役割を担っているものの、上記のような汚染物質の全てを処理対象とはしていない。

このような背景から、本研究では、日本と欧州の研究チームによる国際連携により、長寿命、高強度のセラミック膜による安定的、持続的な下水処理水の高度処理を実現する。すべてのパートナーの専門分野は補完的であり、トルコ側がセラミック膜の開発、日本側がセラミック膜の運転・処理性能評価、スロバキア側が毒性試験を担当し、直接連携することによる包括的な研究成果より、直接的にも間接的にも都市部で使用される水の原水となり得る下水処理水の高度処理が可能になり、潜在するリスクの低減にも貢献できるものと考えられる。

2021年度は、2020年度に日本国内外で実施した試験の知見をもとに、トルコの研究チームが開発したセラミック精密ろ過（UF）膜による下水処理水の連続処理実験を行った。トルコ製のUF膜による処理性能は、各種の水質項目の測定や、処理効率を指標にするとともに、市販のセラミックUF膜による処理試験との比較により行った。

その結果、トルコ製のUF膜は、市販膜よりも透水性が低いことが判明した。前年度同様、膜の支持層（基材）の孔径や空隙径の違いが透水性に影響していると推察される。次年度はより孔径の小さい膜を検討するため、基材の改良（高空隙化）が課題としてあげられた。一方、実験環境の整備により、初年度の課題であった実験環境からのマイクロプラスチックの混入については低減できた。下水二次処理水のろ過条件を絞り込むための検討を行った。具体的には、ろ過開始後、膜面に蓄積するファウラントを透過とは反対側から逆洗するまでの時間（ろ過時間）と、逆洗量（逆洗時間）、上昇した膜間差圧（TMP）が逆洗により回復しない場合にオンラインにて行う次亜塩素酸ナトリウムによる薬液逆洗と浸漬（薬洗間隔）を検討した。トルコ製のUF膜の一部では、TMPは比較的安定しており、十分な洗浄効果が得られることが明らかとなった。なお、いずれの処理においても実験原水（下水二次処理水）の前処理を行わずにろ過が可能であった。水質については、総有機物指標や、微生物指標についても計測し、現在、薬剤耐性大腸菌、遺伝子の定量分析を行っている。トルコ製の膜は、日本への輸出前に物理的な性能試験が行われているが、日本での試験後にトルコに返送し、同様に性能試験が行われる予定である。