

日本—中国 国際共同研究「環境・エネルギー分野」 2019年度 年次報告書	
研究課題名（和文）	下水再生利用におけるエネルギー回収と健康リスク管理の実現
研究課題名（英文）	Energy recovery and pathogen risk management in wastewater reclamation by anaerobic membrane bioreactors
日本側研究代表者氏名	佐野大輔
所属・役職	東北大学大学院環境科学研究科・准教授
研究期間	2019年4月1日 ～ 2020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
佐野大輔	東北大学・大学院環境科学研究科・准教授	嫌気性膜分離法によるウイルス除去効率評価
李 玉友	東北大学・大学院工学研究科・教授	嫌気性膜分離法による下水水質の改善とエネルギー回収
アマラシリ モハン	東北大学・大学院工学研究科・助教	嫌気性膜分離法によるウイルス除去効率評価

2. 日本側研究チームの研究目標及び計画概要

実下水を処理する嫌気性膜分離法のパイロットプラントの立ち上げを行う。嫌気性処理の安定化（安定したメタンガス発生と膜間差圧）を達成した際の未処理下水水質・処理水水質（pH、水温、アルカリ度、窒素、BOD、COD）、メタンガス発生量および運転条件（水理学的滞留時間、水温、膜間差圧）を得る。同時に、未処理下水中の複数種のウイルス濃度を定量する。未処理下水中のウイルス濃度は季節により変動することが予想されるので、1年を通じて定期的に定量を行い、未処理下水中ウイルス濃度を確率分布として表現する。

3. 日本側研究チームの実施概要

本研究では浸漬型の一体型嫌気性 MBR を宮城県内の下水処理場内に設置し実験を行った。HRT24、12、8、6、及び 4 h における処理水 COD 濃度はそれぞれ 64.6、42.6、52.5、42.7、及び 52.6 mg/L であり、除去率は 87.0、90.4、86.9、86.8、及び 84.2 %であった。また、処理水 BOD 濃度は 19.6、11.7、12.5、11.2、及び 12.2 mg/L であり、除去率は 89.7、94.1、89.5、92.9、及び 87.5 %であった。HRT4 h において若干の除去率の低下が見られたが、HRT24-6h では処理水質へ大きい影響がなかった。これらの結果より、標準活性汚泥法と同等の HRT (6~8 h) であっても、嫌気性処理と膜分離技術を組み合わせた AnMBR により、BOD 濃度が 20 mg/L 以下、COD 濃度が 60 mg/L 以下の比較的によい水質が得られることが明らかとなった。また、約 1 年間の連続実験より、性状が複雑で変動がある実下水処理において安定した有機物除去が可能であることが示された。

バイオガス生成に関しては、HRT24、12、8、6、及び 4 h において発生したバイオガスの生成量はそれぞれ 0.067、0.081、0.096、0.081、及び 0.063 L/L-下水であった。また、HRT24、12、8、6、及び 4 h のメタンガス含有率は 75.3、77.6、81.3、79.2、及び 78.3 %であった。HRT8 h で一番高いガス生成率が得られた。また HRT8、6 及び 4 h で比較すると、HRT が短いほどバイオガス生成量が低くなり、特に HRT4 h において顕著な低下が見られた。嫌気性処理は反応が遅いため十分な HRT が必要であり、HRT の長さは基質の分解と深く関係していることから、SS を多く含み性状が複雑な実下水の嫌気性処理には十分な HRT が必要であると考えられた。

本装置はプロジェクト 2 年目も継続して運転し、バイオガス生成及び処理水質の観点から運転条件の最適化を目指す。

下水中ウイルス定量に関しても、宮城県内の下水処理場から得られたサンプルを用いて調査を行った。ポリエチレングリコール沈殿法によって下水中のウイルスを濃縮し、ウイルス濃縮液から QIamp® Viral RNA Mini kit を用いて RNA を抽出して、iScript™ Adv cDNA Kit を用いて cDNA 合成を行った。ウイルスに由来する遺伝子の定量にはリアルタイム定量 PCR を使用した。

代表的な胃腸炎ウイルスであるノロウイルス GII に関する定量結果を以下に示す。合流式下水道サンプル数 56 のうち、陽性サンプル数は 26、陽性サンプルにおける定量値は 0.122 - 1.37 \log_{10} -copies/mL、ウイルス回収率換算後においては 2.13 - 9.39 \log_{10} -copies/mL の範囲であった。分流式下水道サンプル数 56 のうち、陽性サンプル数は 25、陽性サンプルにおける定量値は 0.71- 5.38 \log_{10} -copies/mL、ウイルス回収率換算後は 2.85- 8.63 \log_{10} -copies/mL であった。

下水中ノロウイルス濃度は微生物の濃度データを表すために比較的多く用いられる対数正規分布に従うと仮定し、流入下水中ノロウイルス GII 濃度分布を推定した。その結果、合流式流入下水中ノロウイルス GII 濃度 (\log_{10} -copies/mL) は平均 (μ) = 2.6、標準偏差 (σ) = 1.4、プロセスコントロール回収率による濃度換算後においては平均 (μ) = 4.6、標準偏差 (σ) = 1.6 と推定された。合流式流入下水中ノロウイルス GII 濃度 (\log_{10} -copies/mL) は平均 (μ) = 2.9、標準偏差 (σ) = 1.2、ウイルス回収率換算後においては平均 (μ) = 5.0、標準偏差 (σ) = 1.5 の対数正規分布となった。