

(様式 4)

別紙 2

論文審査の結果の要旨

学位申請者 滝本 祐也

本論文は、「Membrane fouling development and biofilm-forming bacteria in anoxic/oxic-MBR under low organic loading rate conditions (低有機物負荷A/O-MBRにおける膜ファウリングの発生機構とバイオフィーム形成細菌に関する研究)」と題し、6章より構成されている。第1章では緒論として、本研究の意義と目的について述べ、本論文の構成を記述している。

第2章では、MBRの排水処理プロセスとしての特徴と膜ファウリング発生に寄与する様々な運転パラメータを整理するとともに、バイオフィーム形成に関与する物質と細菌群などについて既往の知見を記述している。

第3章では、MBRの低有機物負荷条件の膜ファウリングへの影響を評価し、膜面のバイオフィーム形成を担う細菌群を16S rRNA遺伝子に基づく細菌群集構造解析によって明らかにした。通常条件のMBRでは、60日間安定して運転できた一方で、低有機物負荷条件下でMBRを運転することで、運転開始後2週間で膜ファウリングが発生することを見出した。この急激な膜ファウリングは溶菌に起因するものと推察され、膜面のバイオフィーム形成にはTM6およびOD1門に属する未培養細菌が寄与する可能性を示した。

第4章では、低有機物負荷MBRで発生する膜面バイオフィームを共焦点レーザー顕微鏡による観察と16S rRNA遺伝子解析を実施し、膜面で発生するバイオフィームの形成機構を明らかにした。バイオフィーム形成初期には、低有機物負荷の影響で発生した死細胞由来物質が付着し、それらの物質を細菌床として生細菌が付着・マイクロコロニーを形成することを明らかにした。さらに、マイクロコロニーを形成する細菌種は *Neisseriaceae* 科および未培養門細菌群などの共生・もしくは寄生性細菌である可能性を示した。

第5章では、低有機物負荷MBRを異なる温度で運転した結果、高温では膜ファウリングの発生がMBR活性汚泥の細菌群集構造に依存している可能性を明らかにした。膜ファウリングが緩和されたMBRでは、活性汚泥の細菌多様性が高く維持され *Chitinophagaceae* 科などの特定の細菌が溶解性有機炭素の分解に寄与していることを見出した。さらに、活性汚泥上清と膜透過水における溶解性有機炭素の濃度差は膜透過性能に負の相関があり、膜ファウリング発生の指標に使用できることを示した。

以上のように本論文は、実規模スケールでしばしば発生する低有機物負荷条件での膜ファウリングの発生機構および、膜面バイオフィーム形成に関与する細菌種を明らかにした。これら研究成果は膜ファウリング防止技術を開発する上で有用な知見となり、MBRプロセスの普及に寄与することが期待される。

よって、本論文は工学上及び工業上貢献するところが大きく、博士(工学)の学位論文として十分な価値を有するものと認める。

審査委員主査 山口 隆司 印