

論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨の公表

学位規則第 8 条に基づき、論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨を公表する。

○氏名	TRAN THI TUYET (とうらん てい とうえつ)
○学位の種類	博士 (工学)
○授与番号	甲 第 848 号
○授与年月日	2012 年 9 月 25 日
○学位授与の要件	本学学位規程第 18 条第 1 項 学位規則第 4 条第 1 項
○学位論文の題名	Membrane Fouling Mitigation in Advanced Membrane Bioreactor (膜分離活性汚泥法の高度化による膜ファウリング抑制)
○審査委員	(主査) 中島 淳 (立命館大学工学部教授) 天野 耕二 (立命館大学工学部教授) 神子 直之 (立命館大学工学部教授)

<論文の内容の要旨>

世界各国の下排水の処理および再生・再利用プロセスにおいて、膜分離活性汚泥法 (MBR) はますます広範に用いられるようになってきているが、その最大の課題である膜ファウリング (閉塞障害) については、解決されない問題点が多数残されている。本論文は、凝集および吸着といった既存の単位処理プロセスを MBR に適用し、処理を高度化することによって、膜ファウリング抑制効果が得られることを実験的に明らかにし、その運転条件等を検討したものである。第 1 章では研究の背景、目的および論文の構成が述べられている。第 2 章では、MBR の膜ファウリングとその抑制に関する文献レビューから、今日の MBR が有する課題が考察されている。第 3 章では、凝集剤の鉄塩と凝集助剤であるポリシリカを混合添加した MBR の室内実験から、混合添加が膜ファウリング抑制に効果的であることを明らかにした。また、市販の凝集剤であるポリシリカ鉄凝集剤 (PSI) についても、高い膜ファウリング抑制効果が示された。さらに、反応槽内の細胞外ポリマー濃度の変化を測定して、細胞外ポリマー (とくにタンパク質) の凝集によって、これらの膜ファウリング抑制が起こることを明らかにした。第 4 章では、下水余剰汚泥から作られる汚泥炭化物を MBR 反応槽に添加する一連の室内実験の結果、汚泥炭化物の添加が細胞外ポリマー (とくに炭水化物) を減少させること、さらに膜ファウリング抑制効果も有することが明らかになった。これらから、余剰汚泥から生成された炭化物を脱臭等に用いた後、再び MBR に添加する循

環システムが提案された。第 5 章では、本論文で得られた成果を総括し、膜分離活性汚泥法の高度化による膜ファウリング抑制の課題と展望が述べられている。

<論文審査の結果の要旨>

本論文は、MBR に凝集および吸着プロセスを組み合わせ高度化することによって、膜ファウリングのリスクを大きく低減させ、実施設での運転管理への効果的な応用が可能であることを示した点から、新規性および有用性を有するといえるが、さらに以下の点において、とくに優れた内容と判断される。

(1) 膜ファウリング抑制効果の検討においては、バッチ実験による細胞外ポリマー減少効果の検討と、長期にわたる MBR 実験による膜ファウリングの実測を行い、膜ファウリング抑制効果を実証するための詳細で信頼性の高い検討手法を確立したといえる。

(2) 凝集剤の鉄塩と凝集助剤のポリシリカを組み合わせた混合添加が、膜ファウリング抑制の効果を高めることを見出したことから、他の凝集剤と凝集助剤の組み合わせの可能性も示唆され、多種多様な膜ファウリング物質に対する今後の凝集対策の最適化に向けて、大きく貢献したといえる。

(3) 吸着性能が高い活性炭とは異なる汚泥炭化物であっても、細胞外ポリマー（とくに炭水化物）を減少させることを明らかにしたことから、これまでにない汚泥炭化物の有効利用方法を提案した。これによって、汚泥減量対策としての炭化処理法についても新たな付加価値を与えたといえる。

(4) 余剰汚泥から生成された炭化物を再び MBR に添加する循環システムを提案したことに加えて、そのモデル化と循環システム成立の条件等を示したことは、その実用化に大きく貢献しているといえる。また、MBR 導入によってこうした循環システムが可能になったといえることから、MBR の有する炭化物分離特性とその有効活用が、本研究によって再認識されたと評価できる。

本論文の審査に関して、2012 年 8 月 3 日（金）13 時 40 分～15 時 00 分、イーストウイング 3 階 環境都市系第 2 演習室において公聴会を開催し、申請者による論文要旨の説明の後、審査委員は学位申請者 TRAN THI TUYET 氏に対する口頭試問を行った。各審査委員および公聴会参加者より、汚泥炭化におけるエネルギー消費に関する課題、実施設への応用方法、凝集と吸着の併用方法などの質問がなされたが、いずれの質問に対しても申請者の回答は適切なものであった。よって、以上の論文審査と公聴会での口頭試問結果を踏まえ、本論文は博士の学位に値する論文であると判断した。

<試験または学力確認の結果の要旨>

本論文の主査は、本論文提出者と本学大学院理工学研究科総合理工学専攻博士課程後期課程在学期間中に、研究指導を通じ、日常的に研究討論を行ってきた。また、本論文提出後、主査および副査はそれぞれの立場から論文の内容について評価を行った。

本論文提出者は、本学学位規程第 18 条第 1 項該当者であり、論文内容および公聴会での質疑応答を通して、本論文提出者が十分な学識を有し、博士学位に相応しい学力を有していることを確認した。

以上の諸点を総合し、本論文提出者に対し、本学学位規程第 18 条第 1 項に基づいて、「博士（工学 立命館大学）」の学位を授与することが適当であると判断する。