

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年6月26日現在

機関番号：32641

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H04440

研究課題名(和文)分離膜を用いた都市下水を原料とする高タンパク質・油脂含有微細藻類生産システム

研究課題名(英文) Micro algae production system using purified municipal wastewater by membrane bioreactor

研究代表者

渡辺 義公 (Watanabe, Yoshimasa)

中央大学・研究開発機構・機構教授

研究者番号：00040999

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,200,000円

研究成果の概要(和文)：都市下水をMBRで処理し、処理水と残存する窒素とリンを活用して微細藻類を培養しそれを魚介類養殖のためのタンパク質・油脂飼料生産システムに導入することを目的とした。研究成果は、1) MBR：渡辺が特許を所有する単槽式仕切り板挿入型MBR(bMBR)の実験により仕切り板内のORPとサイクル時間を調整すれば、処理水の全窒素濃度を微細藻類の培養に最適な値に調整できた。膜の長尺化と高充填密度化によって、運転動力を0.2 kWh/m³まで低下できた、2)微細藻類：MBR処理水により培養した微細藻類はタンパク質含有量がカタクチイワシと同等であり、有害金属濃度も飼料基準値以下であった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果により、「水・エネルギー・食料」のNEXUSに、都市下水を膜分離活性汚泥法(MBR)で処理し、処理水により微細藻類を培養するシステムを導入できる可能性が示唆された。今後は、生産した微細藻類の価値とコストの検討が必要である。なまこ、牡蠣の養殖に使用できる可能性は確認できた。鮎が少ない河川では川底に付着藻類が繁茂して景観を損ねる問題が生じている。微細藻類により稚鮎を養殖し、河川放流すればこの問題も解決し、鮎資源の確保による経済効果も見込める。

研究成果の概要(英文)：Treated municipal wastewater by MBR was reused for the cultivation of microalgae. Microalgae can be used as the source of protein for the aquaculture. The results obtained in the research can be summarized as follows:

1) MBR: Buffled MBR can be operated by controlling the cycle time in bMBR and ORP in the inner part of baffles to maintain the optimum nitrogen concentration for the microalgae cultivation. Operation energy of bMBR was reduced to 0.2 kWh/m³ by using the long (3 m) and high density PTFE membrane module, 2) Microalgae: *P. Ellipioidea* was selected which has the optimum growth pH of 3.0. Protein content of about 18% was obtained, which is almost the same as a sardine.

研究分野：水環境工学

キーワード：都市下水 膜分離活性汚泥法 処理水再利用 微細藻類培養

1. 研究開始当初の背景

水に関する既往の研究は水資源の量・質の確保、水環境の保全と創出を主目的とした。副次的に、下排水の再利用やリンなどの有用資源とエネルギーの回収も研究された。国内的には、多くの下水処理場や類似施設の更新が課題であるが、更新においては、処理施設の効率化、低コスト化の従来の視点のみではなく、下水の資源価値を考慮して新しい社会共有資本の構築を視野に入れる必要がある。

2. 研究の目的

国内的には、多くの下水処理場や類似施設の更新が課題であるが、更新においては、処理施設の効率化、低コスト。化の従来の視点のみではなく、下水の資源価値を考慮して新しい社会共有資本の構築を視野に入れる必要がある。本課題では「水・エネルギー・食料問題」の NEXUS に、都市下水を膜分離活性汚泥法 (以下 MBR) 処理し、処理水と残存する窒素とリンを活用して微細藻類を培養しそれを養殖のためのタンパク質・油脂飼料生産システムに導入することを目的とする。これは下水処理と食料生産を直接繋ぐ新たな分野を拓く斬新な発想である。この発想はこれから下水道システムの構築に向かう発展途上国にも適用できる概念である。申請者は既に培養液を創出する下水処理技術と微細藻類培養技術の研究について顕著な成果を挙げている。本課題ではこの二つを融合して、提案する微細藻類生産システムの実用化を目指す。

3. 研究の方法

3-1) 微細藻類 (*Pseudococcomyxa ellipsoidea*) の最適培養条件 (窒素濃度) の決定: 回分培養装置により培養液の窒素濃度と微細藻類の増殖速度と窒素・アミノ酸・油脂含有量の関係を明らかにする。

3-2) bMBR の操作条件 (MLSS 濃度、baffle 内部の ORP、サイクル時間) と処理水の窒素濃度の関係: 図 - 4 の手順で下水を処理する小型 bMBR を下水処理場に設置し実下水を原水として bMBR の操作条件と処理水の窒素濃度の関係を明らかにする。既往の研究によって bMBR では好気部の ORP とサイクル時間を制御して処理水の窒素とリン濃度を設定できる可能性が示されたので、本課題ではこの点中心に研究する。

3-3) bMBR と微細藻類連続培養システムによる実用化実験: 最適条件で操作する図 7 のような本課題の最終目的を達成するためのパイロット・トータルシステムを栃木県真岡下水処理場に設置 (予定) の実験を行い、培養微細藻類の飼料としての資源価値と安全性を確認して本申請課題の実現性を実証する。

4. 研究成果

本研究課題では、「水・エネルギー・食料」の NEXUS に、都市下水を膜分離活性汚泥法 (以下、MBR) で処理し、処理水と残存する窒素とリンを活用して微細藻類を培養し、それを魚介類養殖のためのタンパク質・油脂飼料生産システムに導入することを目的として、以下の研究成果を得た。

4-1) 渡辺が特許を所有する単槽式仕切り板挿入 MBR の実験により、仕切り板内の ORP とサイクル時間を調整すれば、処理水の全窒素濃度を微細藻類の培養に最適な値に調整できた。PTFE 中空糸膜の長尺化 (3m) と高充填密度化によって、運転電力を 0.2 kWh/m³ にできた。

4-2) MBR 処理水により培養した微細藻類のタンパク質含有量はカタクチイワシと同等であり、有害金属濃度も飼料基準値以下であった。

4-3) 珪藻土のボディ - フィ - ドと孔径 2 μm の膜により培養微細藻類を分離・濃縮する技術を開発した。その結果、微細藻類と同程度の寸法の珪藻土が膜ろ過抵抗の制御に最適であると明らかにし、実規模の膜ろ過実験により膜ろ過流束 4.3 m/日 で安定運転が可能であることを示した。

本研究の成果により、「水・エネルギー・食料」の NEXUS に、都市下水を MBR で処理し、処理水により魚介類養殖のタンパク質・油脂飼料となる微細藻類を培養するシステムの導入を可能にした。

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 5 件)

1) Kimura,K. and Oki,K.; Efficient control of membrane fouling in MF membrane by removal of biopolymers, *Water Research*, 115, 172-179

2) Kimura,K., Honoki,D. and Sato,T.; Effective physical cleaning and adequate membrane flux for direct membrane filtration of municipal wastewater, *Separation & Purification Technology*, 181, 37-43, 2017

3) Fyruya,K., Hafuka,A., Watanabe,Y. and Yamamura,H.; Development of novel polysulfone membrane with embedded zirconium surfate-surfactant micelle mesostructure for phosphorous recovery from water through membrane filtration, *Water Research*, 124, 521-526, 2017

4) Miyoshi,T., imura,K., Watanabe,Y. and three others; Effect of recirculation and separation to me on nitrogen removal in submerged buffled MBR, *Water Science & Technology*, 77(12), 2803-2811, 2018

5) Qing Ding, Yamamura,H., Watanabe,Y.; Difference in behavior of three biopolymer constitutions in coagulation with polyaluminum chloride. *Water Research*, 133, 255-263, 2018

〔学会発表〕(計 4 件)

1) 山村 寛、後藤圭佑、渡辺義公 ; MBR 処理水を用いた好酸性微細藻類の屋外培養、平成 28 年度下水道研究発表会、名古屋市

2) 山村 寛、五来延仁、渡辺義公 ; 珪藻土をポデイフィ - ドした *Pseudococci myxa ellipsoidea* の高 Flux 膜分離回収技術の開発、第 51 回日本水環境学年会、熊本市

3) 三好太郎、木村克輝、渡辺義公 ; 仕切り板挿入型 MBR による汚泥越流/分断時間比が窒素除去に及ぼす影響、平成 28 年度下水道研究発表会、名古屋市

4) 山村 寛、渡辺義公、バチルス菌優占化による MBR の膜ファウリング制御効果、平成 28 年度下水道研究発表会、名古屋市

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称 :

発明者 :

権利者 :

種類 :

番号 :

出願年 :

国内外の別 :

取得状況 (計 0 件)

名称 :

発明者 :

権利者 :

種類 :

番号 :

取得年 :

国内外の別 :

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

研究は以下の3グループによって遂行した

グループ 1 ; 微細藻類最適培養法

担当 ; 山村 寛 羽深 昭

グループ 2 : 微細藻類生産システム

2 - 1 bMBR の運転・管理 ; 渡辺義公、木村克輝、羽深 昭

2 - 2 大孔径膜濃縮装置 ; 山村 寛

2 - 3 培養微細藻類の安全性評価 ; 山村 寛、羽深 昭

グループ 3 bMBR の機能

3 - 1 : 操作条件と処理水質・消費動力の測定 ; 渡辺義公、木村克輝

3 - 2 : 最適インライン膜洗浄方 ; 渡辺義公、木村克輝

3 - 3 : 膜ファウリング物質の同定 ; 木村克輝、山村 寛、羽深 昭

(1)研究分担者

研究分担者氏名 : 木村克輝

ローマ字氏名 : **Kimura Katsuki**

所属研究機関名 : 北海道大学

部局名 : 工学研究院

職名 : 教授

研究者番号 (8桁) : 10292054

研究分担者氏名 : 山村 寛

ローマ字氏名 : Yamamura Hiroshi

所属研究機関名 : 中央大学

部局名 : 理工学部

職名 : 准教授

研究者番号 (8桁) : 40515334

研究分担者氏名 : 羽深 昭

ローマ字氏名 : Hafuka Akira

所属研究機関名 : 中央大学、国立環境研究所(平成30年9月以降)

部局名 : 理工学部、水環境部

職名 : 助教、研究員

研究者番号 (8桁) : 30735353

(2)研究協力者

研究協力者氏名 :

ローマ字氏名 :

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。