

氏名 (本籍)	劉 春光 (中国)		
学位の種類	博 士 (環境学)		
学位記番号	博 甲 第 6731 号		
学位授与年月日	平成 25 年 1 月 30 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
審査研究科	生命環境科学研究科		
学位論文題目	Degradation of Waste Activated Sludge by Combination of Photocatalysis and Anaerobic Digestion (光触媒法と嫌気性消化法を組合せた方法による廃棄活性汚泥の分解)		
主 査	筑波大学教授	博士 (農学)	張 振亜
副 査	筑波大学准教授	博士 (理学)	内海 真生
副 査	筑波大学准教授	工学博士	雷 中方
副 査	筑波大学准教授	博士 (生物工学)	楊 英男

論 文 の 要 旨

廃水処理工場から発生する余剰活性汚泥の処分、再利用、減量化は世界的な環境課題となっている。嫌気性消化プロセスは汚泥からバイオガスを回収でき、CO₂排出の削減にもつながる技術として注目されている。しかしながら、脂質や多糖類やタンパク質のような水の不溶性性の高分子物質の加水分解速度は低いため、バイオガス化プロセスを律速することになる。一方、汚泥の高圧、高熱前処理法が開発されている。しかし、高いエネルギー消費のため、バイオガス生産性を向上させるための有効な汚泥前処理方法の研究開発が望まれる。異種混合の光触媒の酸化は一般環境における圧力で操作できることや酸化効率が高いことから、有効酸化技術として注目されている。加えてTiO₂酸化法は触媒の化学的な安定性、安価、無毒性や高い酸化率などの利点を持つことから、難分解性物質や高分子物質の加水分解に期待される。本研究は余剰活性汚泥中の高分子物質に対し、光触媒固定床式リアクターを開発し、CODの分解速度やバイオガスの生産性を向上させ、実用性のある前処理方法の確立を目指すものである。

まずは、TiO₂をベースとした光触媒をリアクター中に懸濁させ、紫外線照射の下で余剰汚泥の前処理を330 mlの流動床リアクターにより6時間の処理を行った。前処理した活性汚泥を用いて35日間、35℃での水素発酵を行った結果、対照系では僅か3.1 ml H₂/l-sludgeの水素回収率に対し、光触媒前処理した汚泥の場合、53.2 ml H₂/l-sludgeの水素回収率が得られた。

さらに、光触媒懸濁リアクターの場合の光触媒と汚泥の分離の欠点を克服するため、同時に可視光照射の下で光触媒の反応効率を上げるため、AgをTiO₂にドーピングしてAgX/TiO₂を合成した。AgX/TiO₂をガラスチューブの裏側にコーティングさせ、有効容量500 mlの光触媒固定床式リアクターを開発した。1日6時間(朝の9時—15時までの間)の太陽光照射で12日間処理した結果、汚泥中のCODの分解率は69.1%、光触媒処理過程で発生した水素の収率は7866.7 μmol H₂/l-sludgeに達成した。

最後に、AgX/TiO₂を柱状ガラスの裏側にコーティングさせ、光触媒前処理ユニットと嫌気性メタン発酵ユニットをハイブリッドさせ、1500 mlの光触媒固定床式リアクターを構築した。このリアクターを用いて一日4時間の紫外線照射、35日の回分式発酵では、汚泥中の60.5%のCOD除去率、57.7%のVS分解率、1266.7 ml CH₄/l-sludgeのメタン回収率が得られ、対照系の場合の43.5%のCOD分解率、48.9%のVS分解率及び932.2 ml CH₄/l-sludgeのメタン回収率より遥かに高いことがわかった。本研究で開発した固定床光触媒リアクターは、高分子量難分解性物質を含んでいる高いCOD活性汚泥の処理に高いCOD分解率を示し、バイオガスの生産性も向上させた。

本研究で得られた成果は、今後省エネ的かつ高効率な余剰汚泥の消化やエネルギー回収リアクターの開発に有用な情報として、廃棄活性汚泥の浄化や再生エネルギー技術の研究開発分野において、実用化にも期待される。

審 査 の 要 旨

本研究は廃水中の高分子量の物質や難分解性物質であるタンパク質、リグニン、多糖類などに対し光触媒固定床式リアクターの研究開発に着目し、光触媒反応により難分解物質の加水分解速度、CODの分解速度やバイオガス生産性を向上させ、実用性のある処理方法の確立を実現したものである。

研究の成果として、AgX/TiO₂ を柱状ガラスの裏側にコーティングさせ、廃棄活性汚泥をカラムに循環させる固定床式リアクターを構築した。難分解物質の触媒分解への影響要素などを検討し、最適難分解物質の分解条件を確立した。これらの最適条件を用いて高濃度のCOD活性汚泥を前処理した結果、高いCOD分解率が得られ、さらに前処理した廃棄活性汚泥のメタン発酵を行ったところ、コントロールより遥かに高いメタン収率が得られた。

本研究からは貴重な実験データが得られ、廃棄活性汚泥の浄化やバイオガス生産技術の研究開発への応用に科学的かつ技術的な助言が提供できた点をオリジナリティに富む研究として高く評価する。

平成25年10月3日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査および最終試験を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判断された。

よって、著者は博士（環境学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものとして認める。