

氏名（本籍）	李 大偉 （ 中国 ）		
学位の種類	博 士（環境学）		
学位記番号	博 甲 第 6692 号		
学位授与年月日	平成 25 年 7 月 25 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	<b>TiO<sub>2</sub> Photocatalytic Degradation of Waste Activated Sludge and Potassium Hydrogen Phthalate in Wastewater for Enhancing Biogas Production</b> （廃活性汚泥及び廃水中のフタル酸水素カリウムの酸化チタン光触媒的分解によるバイオガス生産性の向上）		
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、CO<sub>2</sub>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解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、水環境中に含まれる有機色素、殺虫剤および抗生物質などの難分解物質は生物圏環境に悪影響を与える。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TiO<sub>2</sub>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や水環境中の難分解性物質であるローダミンB、メチルオレンジおよびフタル酸水素カリウムに対し、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、ナノサイズのTiO<sub>2</sub>顆粒状触媒を余剰活性汚泥溶液に懸濁させ、ウシ血清アルブミンをモデル蛋白質（500mg/l）として加水分解を行ったところ、25℃、12時間のUV照射で98.1%のたんぱく質が分解され、その最適条件はTiO<sub>2</sub>の投入量が5.0 mg/l、光強度が2.4 w/m<sup>2</sup> UVであることがわかった。得られた触媒分解最適条件を用いて処理した余剰活性汚泥の中温水素発酵を行った結果、水素回収率 11.7 mL-H<sub>2</sub>/g-VSとなり、未処理の廃棄活性汚泥の場合と比べて2.2倍高いことがわかった。

さらに1つの、TiO<sub>2</sub>を直径3mmのガラスビーズに上塗りし、カラムに充填した固定床光触媒リアクター（800ml）（TBIPR）を試作した。モデル化合物としてローダミンB（RhB）およびメチルオレンジ（MO）を分解に使用した。それぞれの染料溶液（10mg/l）1200mlを、800mlの固定床光触媒反応器へ連続的に循環させ、25℃、10w/m<sup>2</sup> UV照射の下で循環流速、初期濃度およびリアクターの繰返し使用時の効率低下度合を検討した結果、最適循環流速は50ml/minとなった。5回目の繰返し使用時には、分解効率は僅か0.32%に低下した。

最後に固定床光触媒リアクター（TBIPR）を用いて高いCODの人工廃水の処理に使用した。フタル酸水素カリウム（KHP）をモデル有機物として使用した。KHP（5000mg/l）の光触媒分解は、50ml/minの循環流速で30日の前処理によって57.26%のCOD除去率に達成した。これらの前処理

した液をさらに14日間の中温メタン発酵行い、メタン収率は146.70のmL-CH<sub>4</sub>/g-CODに達した。この結果は、コントロールの場合の6.99のmL-CH<sub>4</sub>/g-CODよりはるかに高いことが分かった。

本研究で開発したTBIPRは、難分解性物質KHPを含んでいる高いCOD廃水の処理に高いCOD分解率を示し、バイオガスの生産性も向上させた。

## 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、ローダミンB、メチルオレンジおよびフタル酸水素カリウム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、TiO<sub>2</sub>触媒をコーティングしたビーズをカラムに充填させ、廃水をカラムに循環させる固定床式TBIPR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廃水を前処理した結果、高いCOD分解率が得られ、さらに前処理した廃水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集率が得られた。

本研究からは貴重な実験データが得られ、高濃度廃水の浄化やバイオガス生産技術の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6月5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。