

日本—中国 国際共同研究 (都市における環境問題または都市におけるエネルギー問題に関する研究) 平成 29 年度 年次報告書	
研究課題名 (和文)	下水汚泥と食品廃棄物の共同処理による高度資源回収プロセスのための基盤技術開発とパイロット実証
研究課題名 (英文)	Key technology and pilot demonstration of resource recovered from synergetic treatment of urban sewage sludge and food waste
日本側研究代表者氏名	宝田 恭之 (たからだ たかゆき)
所属・役職	国立大学法人群馬大学大学院理工学府・教授
研究期間	平成 28 年 8 月 1 日～平成 31 年 3 月 31 日

#### 1. 日本側の研究実施体制

氏名	所属機関・部局・役職	役割
宝田恭之	群馬大学大学院理工学府・環境創生部門・教授	全体統括
野田玲治	群馬大学大学院理工学府・環境創生部門・准教授	各種バイオマスおよび混合物の基礎熱分解特性評価、熱分解プロセス検討
神成尚克	群馬大学大学院理工学府・環境創生部門・助教	バイオチャーの調製
久保田 健吾	東北大学 大学院工学研究科 土木工学専攻 准教授	微生物学的アプローチによるメカニズム解明
山田 真義	鹿児島工業高等専門学校 都市環境デザイン工学科 准教授	工学的アプローチによるプロセス開発
井口 晃徳	新潟薬科大学 応用生命科学部 助教	プロセス内の重要微生物の解析
Munehiro Uchida	Ph. D. student, Graduate School of Science and Technology, Gunma University	各種バイオマスおよび混合物の基礎熱分解特性評価
Chunti Chuntima	群馬大学大学院理工学府・環境創生理工学領域・博士後期課程	各種バイオマスおよび混合物の基礎熱分解特性評価
Tsedenbal Battsetseg	群馬大学大学院理工学府・環境創生理工学領域・博士前期課程	バイオチャーの吸着特性評価

孫燕	群馬大学大学院理工学府・環境創生理工学教育プログラム・修士課程	苗床製造プロセスの検討
Oidov Enkhsaikhan	群馬大学大学院理工学府・環境創生理工学領域・研究生	交番流造粒プロセスの開発

## 2. 日本側研究チームの研究目標及び計画概要

各ワークパッケージで確立しようとする要素技術について、根本的な現象の理解をすすめ、中国側の技術開発を支援する。

群馬大学は、WP3において、安価なバイオマスの添加が、生成したチャー中の重金属溶出挙動に及ぼす影響を検討し、その発現機構を明らかにする。WP4では、バイオマスの好適混合比を明確化するとともに、栄養塩類の溶出特性から添加物の粒径等の前処理条件を明確化する。WP5では、リン酸ストルバイトの造粒速度を向上させる交番流造粒装置を試作し、造粒試験を行い、造粒速度改善の可能性を検討する。WP6では、各ワークパッケージの成果を基に、全体システム最適化方法を提案する。

東北大学は、WP2において、メタン発酵プロセスにおけるウィルス様粒子の挙動を明らかにする。WP5では、下水処理水をモデル排水とし、植物性バイオマスによる窒素・リン・カリウム回収能を把握すると共に、水処理システムとしてのバイオペロセスを提案する。

鹿児島高専は、WP2において、実下水汚泥と模擬食品廃棄物を原料とした高濃度メタン発酵試験を開始し、高濃度メタン発酵のスタートアップ時の発酵挙動を把握する。

新潟薬科大学は、WP1において、ラボ試験によりプロセス最適運転条件を明確化するとともに、微生物群集中のキー微生物を明らかにする。

各ワークパッケージで確立しようとする要素技術について、根本的な現象の理解をすすめ、中国側の技術開発を支援する。

群馬大学は、WP3において、安価なバイオマスの添加が、生成したチャー中の重金属溶出挙動に及ぼす影響を検討し、その発現機構を明らかにする。WP4では、バイオマスの好適混合比を明確化するとともに、栄養塩類の溶出特性から添加物の粒径等の前処理条件を明確化する。WP5では、リン酸ストルバイトの造粒速度を向上させる交番流造粒装置を試作し、造粒試験を行い、造粒速度改善の可能性を検討する。WP6では、各ワークパッケージの成果を基に、全体システム最適化方法を提案する。

東北大学は、WP2において、メタン発酵プロセスにおけるウィルス様粒子の挙動を明らかにする。WP5では、下水処理水をモデル排水とし、植物性バイオマスによる窒素・リン・カリウム回収能を把握すると共に、水処理システムとしてのバイオペロセスを提案する。

鹿児島高専は、WP2において、実下水汚泥と模擬食品廃棄物を原料とした高濃度メタン発酵試験を開始し、高濃度メタン発酵のスタートアップ時の発酵挙動を把握する。

新潟薬科大学は、WP1において、ラボ試験によりプロセス最適運転条件を明確化するとともに、微生物群集中のキー微生物を明らかにする。

### 3. 日本側研究チームの実施概要

#### WP1: 油脂分離と PHA 転換

日本側は、PHA 生産プロセスからの油脂系発酵残渣の嫌氣的生分解処理プロセスの構築を目標として、油脂成分のひとつである n-アルカンを嫌氣的に代謝変換するメタン発酵プロセスの微生物群集構造解析を行った。結果、嫌気環境において n-アルカンの変換に関与すると思われる微生物群集を明らかにすることができた。さらに n-アルカンの変換に関わる重要な酵素 (アルキルコハク酸シンターゼ) をコードする遺伝子の多様性を調査した結果、n-アルカンの変換には複数の微生物種が存在している可能性が示された。

#### WP2: 食品廃棄物・汚泥処理排水の高濃度メタン発酵

鹿児島高専における高濃度メタン発酵試験では、下水汚泥及び模擬食品廃棄物を用いた中温、pH7~8 の条件下において、最大 COD 容積負荷  $1.07\text{g}/\text{m}^3/\text{日}$  の性能を確認した。また、投入基質を  $2\text{mol}/\text{L}$  の水酸化ナトリウム溶液を用いて pH11 に調整し、1 時間のアルカリ処理を行い、 $1.41\text{kg}/\text{m}^3/\text{日}$  まで COD 容積負荷を上昇させることが可能であった。今後、アルカリ処理条件などの前処理方法の検討を行い、より効率の良い条件の検討を行う。

東北大学で実施中のウイルス様粒子の解析では、嫌気性消化プロセスの消化汚泥、初沈汚泥、余剰汚泥からウイルス様粒子を回収し、その RNA について MiSeq シーケンサーを用いたショットガンシーケンスを行った。現在、得られたシーケンス情報を用いてメタゲノム解析を行っている。ウイルス様粒子の群集構造は、各汚泥によって異なるものの、主座標分析によれば消化汚泥と初沈汚泥はより近い構造を示していた。30 年度も引き続き詳細な解析を行っていく。

#### WP3 : 食品廃棄物および汚泥処理残渣からのチャー生成

群馬大学において、日本国内で採取した食品廃棄物由来の消化汚泥を異なる温度 (700, 800, 900℃) で熱処理することでバイオチャーを調製し、熱処理温度が細孔構造に及ぼす影響を検討した。その結果、熱処理温度の増加に伴い、ミクロ孔容積および BET 比表面積が増大することを明らかにした。

#### WP 4: バイオチャーの吸着剤および苗床利用

群馬大学では、WP3 で得られたバイオチャーのリン吸着特性を評価した。その結果、700℃と比較し、800、900℃で調製したバイオチャーが高いリン吸着特性を示すことを明らかにした。さらに、吸着したリンは、バイオチャー中の灰分であるカルシウムと化合し、リン酸カルシウムとして存在していることを明らかにした。

中国側で得られたバイオチャーへのリンの吸着挙動と日本側で得られた結果は大きく異なっていることも明らかとなった。これはバイオチャー中に含有する灰分組成の違いによるものと考察される。最終年度は、相互の知見を持ち寄り、バイオチャーのさらなる高性能化について検討を進める。

#### WP 5: 排水からの窒素およびリンの回収

東北大学において、下水処理水をモデル排水とし、植物性バイオマスによる窒素・リン・カリウム回収能力の調査を行った。下水処理水からの植物性バイオマスによる窒素・リンの除去率はそれぞれ 20-40%・50%程度となった。廃水からの安定した窒素・リン除去のためには特に廃水中に含まれる初期リン濃度が重要であり、リン濃度が低すぎるとバイオマスの生産性が悪化し、栄養塩類の除去効率が低下した。植物性バイオマスの安定的なプロセス構築に時間がかかったため、植物性バイオマスのメタン発酵プロセスの開発は、開始したところである。

群馬大学では、ストルバイト回収の効率化を目指した交番流造粒 (AFG) プロセスのプロトタイプを試作し、造粒実験を開始した段階である。

#### WP 6: パイロットプラントの建設と評価

群馬大学において、前年度に検討した全体プロセスのヒートインテグレーションによる効率改善を定量的に評価するための作業に着手した。具体的には、全体プロセスの効率を検討するためのプロセスシミュレータの開発を行い、シミュレーションに必要なデータの収集をすすめた。エネルギー効率評価のためのシミュレータ構造はおおむね完成し、必要なデータの30%程度まで作業を完了した。今後、エクセルギー評価を行うためにシミュレータの拡張ならびにシミュレーションに必要なデータの収集を完了し、パイロットプロセスのエネルギー評価およびプロセス改善点の提案を行う。

