

「資源循環・エネルギーミニマム型システム技術」

平成12年度採択研究代表者

津野 洋

(京都大学工学研究科 教授)

「資源回収型の都市廃水・廃棄物処理システム技術の開発」

1. 研究実施の概要

本研究では、都市廃水や廃棄物を資源、あるいは資源材料として取り扱い、都市や地域内で資源を循環利用することをコンセプトに、生ゴミを下水道で収集し、エネルギーと資源を回収する一元化システムの確立を目指して、その要素技術を回収する。平成14年度は、平成12年度および13年度に設計・整備を行った機器による実験を平成13年度に引き続き行い、これら各要素技術開発に必要なデータを取得した。

尿からの磷資源回収技術の開発では、平成13年度までに得られた基礎実験結果を基に尿尿分離トイレと資源回収システムによる実尿尿による実験を行い、尿貯留槽での尿分解とpH上昇により、アルカリ材を投入せずともマグネシウム塩を加えることで遅効性肥料ストラバイトを回収しうると共に、曝気により残存アンモニウム塩も回収しうることを明らかにした。今後、連続パイロット実験を続け最適条件を明らかにする。下水管からの生ゴミの回収技術については、ディスポーザ処理廃水の固液分離技術の検討を行い、濾過やメッシュ0.5mmのスクリーンが適用可能であることを提示した。今後これらの設計・適用条件を明らかにする。回収生ゴミ等のメタン発酵については、引き続き高温高負荷メタン発酵を継続しており、汚泥返送を行う条件下で20kgCOD/(m³・d)以上まで負荷を上げることが可能で、メタンガス発生速度は7(m³/m³・d)程度が得られている。今後、下水汚泥のとの混合メタン発酵特性をも検討すると共に、設計・管理に資する動力学モデルを開発する。メタン発酵ガスを用いたマイクロタービンによる電気と熱の回収技術については、バイオガスと都市ガスの混合ガスについての連続実験を行い、発電効率は任意の混合ガス比率で24～25%と安定して運転可能で、比率の変更はタービンの運転停止をせずに可能であることを実証した。今後はバイオガス貯留量に応じた燃料流量比例バルブ調節技術の開発と、シロキ酸含有ガスへの対応について実運転により検討する。水資源回収技術については、平成13年度のパイロットプラントについて、一段目脱窒のための返流を凝集沈殿池に返す改善を行い、二段目脱窒でのメタノール添加量を2割低減する技術を開発した。このタイプの反応器のさらなる適用性を検討する。終末処理場での磷回収技術については、磷除去関与微生物のオゾン処理により、汚泥の可溶化・基質化、磷の可溶化が進行し、可溶化磷の60%がリン酸態磷であることを明らかとした。これらを踏まえ、有機性汚泥発生

量を90%削減し、燐を回収しうる技術を連続実験により開発する。

2. 研究実施内容

1) 研究目的

本研究では、都市廃水や廃棄物を資源、あるいは資源材料として取り扱い、都市や地域内で資源を循環利用することをコンセプトに、生ゴミを下水道で収集し、エネルギーと資源を回収する一元化システムの確立を目指して、その要素技術を回収する。すなわち、生ゴミを下水道で収集し、拠点で浮遊聖子系物質を回収し有機物の効率的な高温メタン発酵によりエネルギーを回収し、発電や熱利用を図ると共に、下水から地域の水循環を支える用水を生成する。また、糞尿分離トイレや資源回収型下水処理技術を開発することにより、尿中の資源である窒素・燐等の回収や終末処理場での汚泥発生量の減量と窒素・燐の回収を図る。

平成14年度は、平成12年度および13年度に設計・整備を行った機器による実験を平成13年度に引き続き行い、これら各要素技術開発に必要なデータを取得した。

2) 実験方法

尿からの燐資源回収技術の開発では、尿尿分離トイレ、貯留槽、ストラバイト反応槽よりなるパイロットプラントを用いて、実尿尿を対象とした実験を行い、貯留槽での尿の分解変質特性、反応槽でのストラバイト生成特性について実験的検討を行った。

下水管からの生ゴミの回収技術については、ディスポーザ処理廃水からの固液分離特性を、沈殿、濾過、浮上分離およびスクリーンについて適用性を比較検討した。

回収生ゴミ等のメタン発酵については、平成13年度と同様の実験装置および方法で、負荷を変えながら引き続き高温高負荷メタン発酵を継続した。

メタン発酵ガスを用いた発電特性を検討するため、耐腐食性に優れているマイクロタービン（発電容量28kW、排熱回収装置（出力56kW）を一体化したもの）を用いて、生ゴミメタン発酵ガスと都市ガスの混焼実証実験を、バイオガスと都市ガスの混合比率を変えて、適用性の検討を行った。これは、発生バイオガスを無駄にすることなく全て活用するために、また安定したエネルギーを得るために検討したものである。

水資源回収技術については、平成13年度のパイロットプラント（前凝集・沈殿池―無酸素ろ床―好気ろ床―仕上ろ床）において、一段目脱室のための返流を、凝集沈殿池に返す改善を行い、実下水処理場の沈砂池流出水を対象に連続処理実験を行った。

終末処理場での燐回収技術については、パイロットプラントで培養した燐除去関与細菌（燐蓄積細菌）を対象に、半回分式でオゾン処理を行い、その細菌の可溶化・基質化、活性度の変化などについて実験的検討を行った。

3) 結果および考察

尿からの燐資源回収技術の開発では、尿貯留槽で尿は分解しアンモニアが生成し、pHは9.2付近まで上昇する。その結果、ストラバイト反応器ではアルカリ材を投入せずともマグネシウム塩を加えることで遅効性肥料ストラバイトを回収しうる事が明らかになっ

た(図1)。また、曝気により残存アンモニウム塩も回収しうる事が明になった。

ゴミの回収技術については、濾過やメッシュ0.5mmのスクリーンが適用可能であり、回収されたSS濃度は10,000~20,000mg/Lであることを示した。また、回収SSのメタン発酵、メタンガス発生も良好になされることが示された(図2)。

回収生ゴミ等のメタン発酵については、引き続き高温高負荷メタン発酵を継続しており、汚泥返送を行う条件下で20kgCOD/(m³・d)以上まで負荷を上げることが可能で、メタンガス発生速度は7(m³/m³・d)程度が得られていた(図3)。

メタン発酵ガスを用いたマイクロタービンによる電気と熱の回収技術については、バイオガスと都市ガスの混合ガスについての連続実験を行い、発電効率は任意の混合ガス比率で24~25%と安定して運転可能で、比率の変更はタービンの運転停止をせずに可能であることを実証した(図4)。

水資源回収技術については、一段目脱室のための返流を凝集沈殿池に返す改善を行い、二段目脱室でのメタノール添加量を2割低減しうることを連続実験で明らかにした。

終末処理場での磷回収技術については、磷除去関与微生物のオゾン処理により、オゾン消費量30mgO₃/gSSで汚泥の30%程度の可溶化が生じ、また磷の可溶化も進行し、可溶化磷の60%がリン酸態磷であることを明らかとした。またオゾン処理により活性度も低下するがそれと汚泥の可溶化との関係も明らかにした(図5)。

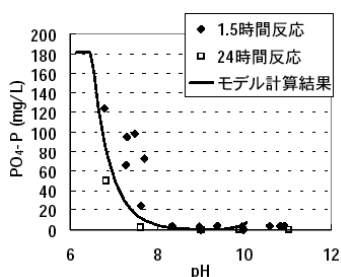


図1 流出水中リン濃度

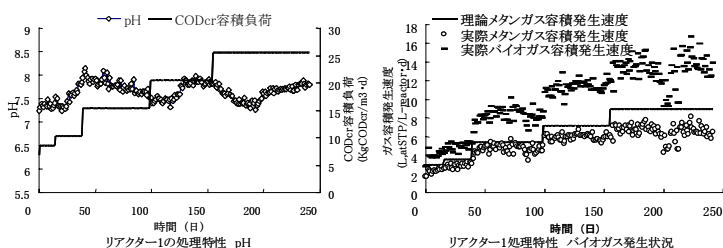


図3 リアクター1の運転状況

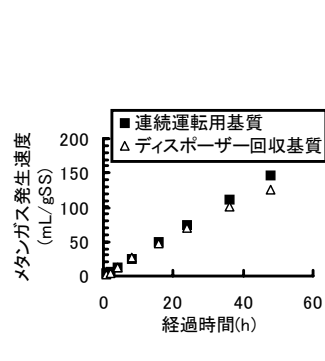


図2 メタン発酵回分実験結果

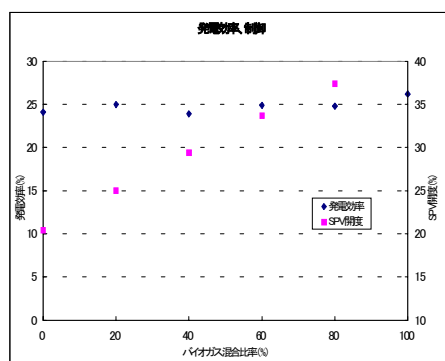


図4 マイクロタービンの発電効率

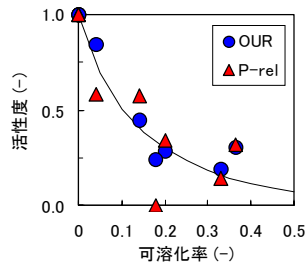


図5 可溶化に伴う生分解性の変化

3. 研究実施体制

(1) 糞尿分離型トイレと窒素・リン・尿素等の資源回収技術グループ

①研究分担グループ長：清水芳久（京都大学大学院工学研究科 助教授）

②研究項目：**糞尿分離型トイレと窒素・リン・尿素等の資源回収技術開発**：便器の形状の工夫により糞と尿を分離し、また尿からリン等の資源を回収しうるプロセスと組み合わせ、糞尿分離・資源回収水洗トイレ技術の開発を行う。

(2) 一元化下水道システム技術開発等グループ

①研究分担グループ長：津野 洋（京都大学大学院工学研究科 教授）

②研究項目：**一元化下水道システム技術開発**：下水道排出用生ゴミ粉碎ディスポーザと下水道からの浮遊固形物質回収技術、ならびに回収浮遊固形物質の高温高負荷メタン発酵とエネルギー回収技術の開発を行う。

効率的・省エネルギー型高度処理技術：健全な水循環の拠点で高度処理水を得るため、省スペース、省エネルギー、自動運転可能な、生物ろ床タイプの物理生物化学的処理プロセスの開発を行う。

汚泥発生抑制・リン回収型処理技術：リンの濃縮と溶出という生物学的リン除去生物の特性と汚泥の可溶化・基質化というオゾン処理の特性を組み合わせ、リンを結晶の形で回収する技術の開発を行う。

(3) 社会経済的評価グループ

①研究分担グループ長：宗宮 功（京都大工大学院工学研究科 教授）

②研究項目：**一元化下水道の社会経済的評価**：本研究で提案するシステムについて、将来システム像と社会的側面、発生エネルギーの利用形態、リサイクルシステムの規模と効果、適用条件などの検討を行う。

4. 主な研究成果の発表（論文発表および特許出願）

(1) 論文（原著論文）発表

- 日高 平，津野 洋，岸本 直之，中本 正明：前凝集・生物膜ろ過反応器とその運転制御法の開発，土木学会誌論文集No. 713/VII-24，pp. 159-170，2002.

(2) 特許出願

H14年度特許出願件数：0件（研究期間累積件数：1件）