

「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

(京都大学大学院工学研究科附属環境質制御研究センター 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、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、その要素技術を開発する。平成 13 年度は、平成 12 年度に整備した機器による実験を行うとともに、デイスポーザと生ゴミ等回収装置、メタン発酵器、バイオガスのコージェネシステムならびに尿尿分離トイレと磷資源回収システムの設計・整備を行った。

尿からの磷資源回収技術の開発では、基礎的実験により尿でのストラバイト生成条件と生成量予測式が得られた。回収生ゴミ等の高温メタン発酵については、前年度に引き続き生ゴミを対象に実験を継続をしている。汚泥の返送を行わない場合は、 $9\text{kgCOD}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ まで、また返送を行う場合は $15\text{kgCOD}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ までの負荷が可能で、メタンガス発生量は乾燥生ゴミ 1g 当たり $0.4\sim 0.5\text{L}$ であり、またメタンガス転換率は COD ベースで 80%であること等の有用なデータが得られている。水資源回収技術については、前凝集・生物ろ床タイプの物理生物化学的処理プロセスパイロットプラントの実験を 1 年近く継続実施した。その結果、ろ床部の空筒水理学的滞留時間 3.2 時間で、BOD は 5mg/L 程度、全窒素は 2mg/L 以下、SS は 3mg/L 以下、そして磷は 0.2mg/L 以下を、透視度は 100 度以上を、自動運転で安定して得られることが示された。終末処理場での磷回収技術開発については、磷含有率 4.5%まで濃縮できる微生物汚泥を得られており、その汚泥からの磷放出のためのオゾン処理技術について研究を進めている。

2. 研究実施内容

1) 研究目的

本研究では、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、その要素技術を開発する。すなわち、生ゴミを下水道で収集し、拠点で浮遊性固形物質を回収し有機物の効率的な高温メタン発酵等によりエネルギーを回収し、発電や熱利用を図るとともに、下水から地域の水循環を支える用水を生成する。また、糞尿分離型トイレや磷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・磷等の回収や終末処理場での汚泥生成量の減量と窒素・磷回収を図る。

平成 13 年度は、平成 12 年度に整備した機器による実験を行うとともに、デスポーザと生ゴミ等回収装置、メタン発酵器、バイオガスのコジェネシステムならびに尿尿分離トイレと磷資源回収システムの設計・整備を行った。平成 13 年度に行った実験的検討結果として、尿からのストラバイト回収の基礎研究、生ゴミの高温メタン発酵、水資源回収技術および終末処理場での磷回収技術について報告を行う。

2) 実験方法

尿からのストラバイト回収の基礎研究では、尿を対象とし、初期条件として温度、イオン強度、尿中のリン酸、アンモニア、マグネシウム、カルシウム、カリウム、硫酸イオンの濃度およびマグネシウム添加量を変え、種々の pH 条件下でのストラバイト生成量を実験的に検討した。

生ゴミ等の高温メタン発酵については、ポンプ場等の拠点で回収した浮遊性固形物質からエネルギー源を回収する技術の開発である。家庭生ゴミを模擬した人工ゴミを対象にデスポーザを模擬して粉碎して、1 日 1 回投入の半回分式完全混合反応器で嫌気性メタン発酵を行った。メタン発酵は、反応器内温度を 55℃に保って高温メタン発酵を行った。実験条件としては、実験Ⅰ(生ゴミ TS19%で汚泥返送無)、実験Ⅱ(生ゴミ TS19%で汚泥返送有)、実験Ⅲ(生ゴミ TS15%で汚泥返送有)を設定し、各実験で徐々に HRT を短く、すなわち COD 容積負荷率を上昇させて、メタン発酵特性等の把握を行った。

水資源回収技術については、ストックとフローを備えた地域の健全な水循環の核となるような地点で下水の高度処理を行う技術の開発であり、省スペース、省エネルギー、自動運転、高度処理などが技術開発課題である。開発を目途としているプロセスは、自動制御を有し自動運転可能な前凝集・生物ろ床タイプの物理生物化学的処理プロセス(前凝集槽－沈殿槽－無酸素ろ床－好気ろ床－仕上ろ床)である。この装置を、鴻池処理場に設置し、原水(沈砂池流出水)を対象に連続処理実験を行った。全ろ床での処理所要時間は、標準活性汚泥法より短い 6 時間(ろ床ベースでは 3.2 時間程度)に設定して、種々の操作因子の設定を変えた。生物処理が基礎となっているため、冬期も含め 1 年近く継続運転を行った。

終末処理場での磷回収技術については、生物学的磷除去法を模擬した fill-and-draw 型回分式反応器で、下水を模擬した人工下水を嫌気好気法で処理した。汚泥中への磷の濃縮特性を把握するとともに、これより発生する余剰汚泥に対してオゾン処理を行い、高濃度の磷を含む溶液を得るオゾン処理条件を検討した。

3) 結果および結論

尿からのストラバイト回収の基礎研究

尿からの磷資源回収技術の開発では、基礎的実験により尿でのストラバイト生成条件と生成量予測式が得られた。1L の尿に対する最適マグネシウム添加量は、pH が 8.8～9.0 の範囲にあり、その値は 0.15mol であることが明らかにされ、この最適条件下では磷を 100% 近く回収することが可能であった。

生ゴミの高温メタン発酵の研究で、実験Ⅰ～Ⅲで得られたデータを用いて、乾燥生ゴミ投入量とメタンガス発生速度との関係、および COD ベースでの生ゴミ容積負荷率とメタンガス発生速度との

関係をあわせて図1に示す。汚泥の返送を行わない場合は、9kgCOD/(m³・d)まで、また返送を行う場合は 15kgCOD/(m³・d)までの負荷が可能で、メタンガス発生量は乾燥生ゴミ 1g 当たり 0.4～0.5L であり、またメタンガス転換率は COD ベースで 80% であることが示されている。また、アンモニア性窒素の阻害は 2000mg/L 以上となると発現すること等が分かった。

水資源回収技術については、パイロットプラントの実験を1年近く継続実施した。その結果を、累積頻度曲線の形で図2に示す。ろ床部の空筒水理学的滞留時間3.2時間で、BODは5mg/L程度、全窒素は2mg/L以下、SSは3mg/L以下、そして磷は0.2mg/L以下を、透視度は100度以上を、自動運転で安定して得られることが示された。

終末処理場での磷回収技術開発については、流入水の磷濃度 5mg/L を安定して 0.5mg/L 以下に処理でき、また磷含有率 4.0%まで濃縮できる微生物汚泥を得られた。その汚泥からの磷放出のためのオゾン処理技術について、送入オゾン濃度、オゾン処理時間などの知見が得られつつある。

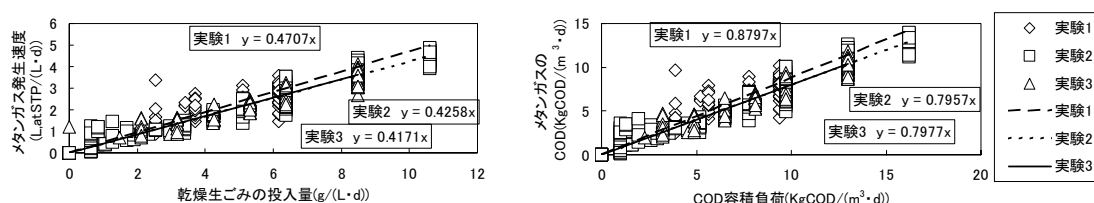


図1 乾燥生ゴミ投入量とメタンガス発生速度との関係

および COD ベースでの生ゴミ容積負荷率とメタンガス発生速度との関係

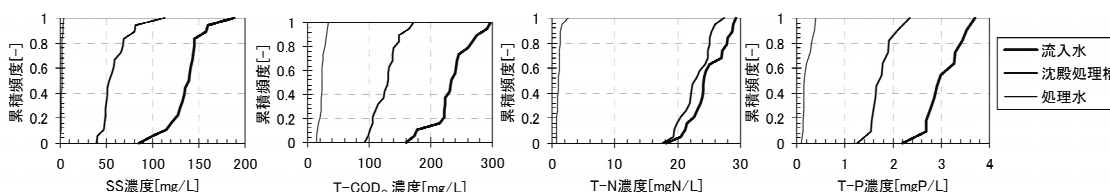


図2 下水の高度処理水の水質の累積頻度曲線

3. 研究実施体制

(1) 糞尿分離型トイレと窒素・磷・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・磷・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、尿から磷等の資源を回収しうる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砕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・燐回収型処理技術:燐の濃縮と溶出という生物学的燐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、燐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. 研究成果の発表

(1) 論文発表

なし

(2) 特許出願