

平成18～19年度研究成果の概要

各年度の研究成果目標	各年度の研究成果（成果の活用状況を含む）
<p>平成18年度</p> <p>① 炭素サイクル型エネルギー循環利用技術システムの開発と評価</p> <p>バイオマス資源・廃棄物のガス化-改質から十分な熱エネルギー（発電効率・発熱量）をもつガスが得られること、触媒の長時間耐久性試験評価により触媒活用のための基礎的知見を得ること、有効なガス精製技術の開発を進めることを主な目標とする。また、バイオフィューエル製造技術の高度化等の多様な利用技術開発にも着手する。水素・メタン2段発酵プロセスに関しては、対象バイオマスの発生特性等に応じたガス発生の解析・評価を行うほか、阻害アンモニアの制御手法開発を進める。</p>	<p>平成18年度</p> <p>① 炭素サイクル型エネルギー循環利用技術システムの開発と評価</p> <p>従来のガス化-改質法における改質温度より比較的低温（850℃）の操作を前提に、建築廃木材を用いて無触媒条件で熱分解ガス化-水蒸気改質試験を行い、発電等によるエネルギー利用が可能と考えられる発熱量（1,000 kcal (4.2MJ) /m³_N）以上の熱量をもつ燃料ガスを生成可能であることを示した。改質触媒の適用に必要な長時間性能の評価を行うため、タール模擬成分（ナフタレン）の供給試験による同成分除去性能の変化に係る特性を把握した。一方、約15kg/hの処理能力を持つ大型実験プラントを用いたガス化-改質特性の経時変化特性を各種ガス成分の測定データに基づいて解析し、酸化カルシウムと触媒の複合的な適用（特許出願）およびその最適組み合わせ比率の評価を行い、さらに次段階への課題を抽出した。また、バイオディーゼル燃料（BDF）に関する相平衡データの測定とその推算モデルの評価を行い、BDF製造プロセスの設計に最も有用な相平衡推算モデルを選定した。さらに、未利用バイオマスの発酵プロセスへの受け入れに関して、液状廃棄物としての生ごみ等の基質特性を評価し、炭水化物、蛋白質、脂質等の割合に応じて水素/メタン2段発酵システムにおける分解率、ガス発生量、水素収率等が異なること、炭水化物分解細菌の多様性は超高温の方が低く、炭水化物中心とする廃棄物からの水素回収においては超高温の効果は小さいことなどが示唆された。MAP-ANAMMOX アンモニア除去システムの実証実験に向けて、MAPによるアンモニア除去・再溶解・部分亜硝酸化・ANAMMOXの各リアクターの設計・運転パラメータを決定した。すなわち、MAP単位重量当たりアンモニア吸収量と放散量がともに質量5%になること、アンモニアガス濃度3,500ppm、二酸化炭素濃度2.5%、ガス流速5000m/d、液流速1000m/dの条件で、良好なアンモニア吸収が可能なこと、揺動床部分亜硝酸リアクターの処理能力が3.5～4.0kg-N/m³・dまで窒素負荷量を高められること、ANAMMOXリアクターは十分な微生物ベッドを發展させることにより、1～2kg-N/m³・dの高速かつ脱酸素不要の運転が可能となった。</p>

② 潜在資源活用型マテリアル回収利用技術システムの開発と評価

乳酸発酵残さの養鶏飼料へのカスケード利用における各種条件を整理する。高効率リン回収技術・システムの規模要件および廃液特性等に応じた現状分析を行う。

③ 動脈-静脈プロセス間連携/一体化資源循環システムの開発と実証評価

廃棄物系バイオマス等の地域賦存量等を把握しデータベース化とシステム基本設計、水熱反応処理等の要素技術開発等を行う。

また、実証施設のいくつかの候補の中から、垂水市大隅ミート産業に設置されたバイオガス実証実験設備を選定した。

② 潜在資源活用型マテリアル回収利用技術システムの開発と評価

食品廃棄物を用いた連続回分方式の乳酸培養実験において、全プロセスの物質収支を明らかにすることにより発酵廃液を全く出さないゼロエミッション型の食品廃棄物バイオプラスチック生産・飼料化技術システムの基盤を構築した。すなわち、含水率 80%の食品廃棄物を原料とした乳酸発酵システムは、糖質を乾重ベースで 50%含む原料では約 5%、98%光学純度の L-乳酸、14%（含水率 14%）のリサイクル製品を生産することを明らかにした。液状廃棄物処理システムにおける長期安定的なリン除去のための適正な維持管理技術を検討すると同時に、枯渇性リン資源の回収技術として、分散・集中のスケールに応じた吸着法、鉄電解法および汚泥減容化とのハイブリッド化等のプロセス開発を進めた。すなわち、実家庭に設置した鉄電解脱リン法における余剰汚泥のリン含有率が通常よりも高濃度であり、かつ、不溶性となっていること、溶出した鉄のほとんどが汚泥中にリン酸鉄、酸化鉄等の形態で存在していること、酸性条件において余剰汚泥からリンを溶出可能であることなどを明らかにした。集中処理に対応したオンサイトの吸着リン回収法としては、中規模浄化槽（30 人槽）との組み合わせによる生活排水からのリン回収ミニパイロットシステムを構築できた。また、活性汚泥法とマイクロバブル化オゾンとの組み合わせでは、汚泥中の約 65～70%のリンがリン酸態として溶出し、吸着剤により効率的に回収可能となるなど、処理プロセスの基盤を構築できた。

③ 動脈-動脈プロセス間連携/一体型資源化・処理処分技術研究室循環システムの開発と実証評価

大量に発生している下水汚泥を対象とし、バイオマス固形燃料への質転換プロセス（乾燥、水熱処理、炭化）とセメント製造プロセスを連結した動脈-静脈一体化システムを評価した。対象システムについて、物質収支、エネルギー収支、燃料の性状デ

平成 19 年度

① 炭素サイクル型エネルギー循環利用技術システムの開発と評価

ガス化・改質プロセス開発において、改質触媒の高度活用技術開発を進めるとともに、触媒の長時間耐久性試験評価および再生による繰り返し利用試験評価を行い、ガス化性能維持のための知見を得る。

未利用の低品質廃油脂類からバイオディーゼル燃料を製造するための製造技術を開発し、その技術特性を明らかにする。

2 相式酸発酵プロセスを水素発酵との共存型にすることによりエネルギー回収効率の向上を図ると同時に、脱離液処理を一体化したプロセス技術の開発を行う。

ータ等を取得し、下水汚泥焼却システムと比較した結果、水熱処理のケースが乾燥に要するエネルギー消費量が少なく、石炭代替効果等に相当する量の CO₂ 削減効果が最も高くなった。

平成 19 年度

① 炭素サイクル型エネルギー循環利用技術システムの開発と評価

18 年度の検討よりさらに比較的低温 (650-850°C) の条件まで幅を広げ、主に木質バイオマスを原料とした水蒸気ガス化・改質試験を実施し、Ni-Ca 系改質触媒の適用により 40% 以上の水素濃度と 2,000 kcal/m³_N (8.4MJ/m³_N) 以上の発熱量を有する燃料ガスを得ることに成功し、カーボンガス化率 95% 以上を達成した (図 1)。また、触媒にカルサイトを原材料とする酸化カルシウムを併用することで、タール成分の分解を促進し、酸化カルシウムの炭酸化反応に基づく CO₂ 吸収による水素組成または発熱量・燃焼特性制御が可能となることを明らかにした (図 2)。一方、触媒の耐久性向上については、改質温度 850°C において十分な耐久性を有すること、同温度において空気酸化により触媒再生を行った場合、触媒活性が十分に回復することを実験的に明らかにした (図 3)。15kg/h 規模のベンチスケール流動層によるガス化改質実験の結果から、酸化カルシウムの使用量の増大に比例して水素濃度が増加しタール成分濃度が減少することを明らかにし (図 4)、生成ガスの選択的制御に関する技術的要件を取得した。

未利用の低品質廃油脂類であるトラップグリースや廃食用油固化物に液化ジメチルエーテル (DME) を抽出溶媒として添加し、それらの廃油脂類からバイオディーゼル燃料 (BDF) 原料成分を選択的に 99.9% 以上抽出できる技術を新たに開発した (図 5、特許出願)。また、液化 DME を用いた BDF 超高速合成技術を新規に開発し (特許出願)、従来法の 1/2 の温度においても、新技術は従来法の 100 倍以上の反応速度を有することが明らかにされ (図 6)、本技術が小型かつ高効率な BDF 製造技術へ展開できる可能性が得られた。

食堂残飯 (TS10% 程度) を対象とした水素/メタン二段発酵プロセス (図 7) におい

て、水素発酵槽の微生物濃度を高く維持し、pHを5.5に制御する等の適正条件の把握により、長期間の連続水素発酵が可能となり、酢酸、酪酸を主な中間代謝産物とする発酵パターンの有機物負荷特性、温度特性に応じた変化をモニタリングすることができた。水素発酵槽では41kg-COD_C/m³・dの負荷条件においても発酵効率が高く維持されており、更なる高負荷運転が可能であると同時に、メタン発酵槽との二段発酵システム化の設計に資する成果が得られた。また栄養塩類除去機能等の解析を実施し、発酵阻害物質であるアンモニアの酸化プロセスにおいて、通常微生物保持担体としてのプラスチック担体と比較して、硝化細菌を高濃度に固定化したゲル担体を用いることで、硝化効率が著しく向上可能であるなど、発酵プロセスと一体化したシステムとしての最適運転条件の基盤を構築することができた。

② 潜在資源活用型マテリアル回収利用技術システムの開発と評価

既設のセミパイロット装置による食品廃棄物の乳酸発酵試験に基づき、乳酸回収性能の向上と発酵分離ケーキの飼料としての品質の最適処理条件について検討を行うとともに、これらの発酵製品を用いた地域循環システム作りを推進する。

液状廃棄物中リンに対する吸着/脱離/資源化/吸着剤再生の技術因子を求めるとともに、リン酸鉄含有汚泥からの回収効率向上、汚泥減容化とのハイブリッド化における最適運転条件の確立を図る。

② 潜在資源活用型マテリアル回収利用技術システムの開発と評価

循環資源としての食品残さに排出段階でL-乳酸菌を植種することで、腐敗菌や常在ラセミ乳酸菌による原料劣化を防止することにより生成乳酸の品質保全を確保できるように、生成L-乳酸の品質を98%以上のレベルで維持できることを示した。また、オートクレーブ代替殺菌法として安価な過熱蒸気噴射法を検討し、蒸気温度150℃、接触時間5分の最適殺菌条件を実験的に明らかにした。さらに、18年度の予備実験を踏まえて肉用鶏への発酵残さ飼料の飼養実験を行い、発酵残さ飼料の鶏へのプロバイオティック効果や遊離グルタミン酸の増加による旨味成分の増加および鶏肉中の抗酸化ペプチドの増加ならびにコレステロールの低下などの高付加価値鶏肉生産効果を検討し、食品残さを原料としたゼロエミッション型乳酸発酵技術が実用性の高い循環技術であることの評価を前進させた。

分散および集中処理に対応したリン除去・資源回収技術（図8）として、吸着法、鉄電解法が実過程における分散型処理システムとして安定なリン除去を行い得ることの長期モニタリングを実施すると同時に、リン含有汚泥からの効率的リン回収技術要素開発を行い、0.05M程度の硫酸により数十分で80%程度のリンを溶出させることができた。各処理プロセスにおける物質収支解析の結果、投入リン量に対する68%程

度（汚泥に対して77%程度）の回収が見込まれることが明らかとなった。中規模浄化槽（30人槽）との組み合わせによるリン回収ミニパイロットシステムにおいては、物質収支解析を進めるとともに、吸着帯と飽和帯の解析に基づく吸着効率化試験等を行い、2系連結運転等の最適条件の確立に目処をつけた。これらの結果を基に、詳細設計因子の抽出およびコスト試算等を進める段階にある。また、活性汚泥プロセスにおける微生物解析に基づき、汚泥転換率が低く、リン含有率の高い複数の微生物群が検出されたことから、有用微生物を活用した運転条件確立のための汚泥濃度条件等に関する基礎的知見を得た。

③ 動脈-静脈プロセス間連携/一体化資源循環システムの開発と実証評価

関東エリアを中心にして廃棄物系バイオマスの需給状況をデータベース化し、特定の地域を想定したシステム設計を行い、ライフサイクルアセスメントの手法により評価を行う。

③ 動脈-静脈プロセス間連携/一体化資源循環システムの開発と実証評価

動脈-静脈プロセス間連携のパターンを類型化し、類型ごとの既存システムについて実態調査を行い、地域の需給特性に応じたシステムの技術的、社会経済的な成立条件を整理した。エネルギーの需要特性から見た場合、需要側のポテンシャルは膨大であり、鉄鋼や製紙などの産業プロセスが一つあれば広域的に存在するバイオマス資源を一挙に受け入れ可能である一方、発電による電気エネルギーの系統との接続は分散型でも対応可能であるが、バイオガスのガス導管との接続はガス製造設備の立地特性に依存することが明確になった。また、熱需要は温度や時間的な特性がさまざまであり、エネルギー供給側との相互受容性について十分に検討する必要がある。それらの知見を基に、有効利用が十分に進んでいない湿潤系バイオマス（下水汚泥、食品廃棄物、廃油脂等）を対象として、主要な連携システムを設計し、評価のためのインベントリーデータの収集および関東エリア内特定地域での二酸化炭素削減効果を試算し、従来型の処理処分システムに対する優位性を確認した。バイオマス存在量については、NEDOのデータベースに加えて、新たに関東エリアにおける市町村別の廃油脂存在量のデータベースを構築した。LCAによる二酸化炭素削減については、例えば下水汚泥については、バイオガス化による都市ガス利用と残さの炭化燃料化を組み合わせたケースが最も効果が高くなることを明らかにした（図9）。