

主論文審査の要旨

中国やインド等アジア地域における経済活動の急速な発展により、国際社会におけるエネルギー需要の急増と資源権益確保をめぐる各国間の競合が激化する一方、日本では 2010 年に「エネルギー基本計画」の第二次改正が行われ、非化石燃料における再生可能エネルギー普及への期待が高まっている。中でもガソリン代替燃料としてバイオエタノールが注目を集めているが、現在、トウモロコシやサトウキビを原料として生産されており、食糧との競合が大きな問題となっている。そこで、本研究では食糧と競合しない食品廃棄物（生ゴミ）、特に都市部で大量に発生し、ほとんどが焼却処分されている生ゴミに着目し、これを都市型バイオマス資源と位置づけ、エタノール・メタン二段発酵により高効率のエネルギー回収システムを構築するために、実験室規模から実証試験まで実施した。

本論文は 6 章から構成されており、第 1 章の序論に続き、第 2 章では生ゴミは非常に腐敗しやすいので鮮度保持試験を行った結果、乳酸菌培養液を生ゴミの表面に散布することにより鮮度保持が可能となった。酵素糖化でのグルコース回収率は、鮮度保持していない場合と比較して 85.5%と大幅に向上した。糖化した生ゴミを固液分離して得られる糖化液を用いて連続エタノール発酵試験を行った結果、耐酸性・凝集性酵母 KF-7 を用いることにより、希釈率 0.8 h^{-1} の連続発酵により 24.0 g/l/h のエタノール生産が可能であった。また固液分離後の固形分とエタノール発酵液の蒸留残渣を混合してメタン発酵を行うことで、1 kg の生ゴミから約 30g のエタノールと 65 l のバイオガス（メタン 50%）を回収するプロセスを構築できた。しかし、固液分離残渣に糖分が残存することによるエタノール収量の低下などの問題を有していた。そこで、第 3 章ではさらなる効率化を目指し、希釈および固液分離することなく同時糖化・発酵（SSF）の検討を行った。原料生ゴミにセルラーゼとグルコアミラーゼを添加し処理した後、酵母培養液を加え繰返し SSF を行った結果、エタノール濃度と発酵収率はそれぞれ、 44 g/l と 81.3%であり、その際のエタノール生産性は 17.7 g/l/h と高い値を示した。さらに、SSF と乾式メタン発酵の組み合わせにより最終的に生ゴミのエネルギーの約 85%を燃料用エタノールおよびバイオガス（メタン）として回収することが可能となった。第 4 章では高温乾式メタン発酵法を安定した処理プロセスにするために、メタン発酵槽内の菌叢解析を 16SrRNA 遺伝子のクローン解析で行った。紙ゴミから生ゴミ蒸留残渣に切り替え長期間供給していくと、アンモニア性窒素や有機酸の蓄積が見られ、同時にメタン生成古細菌およびバクテリアの構成が著しく変化したことから、阻害によるメタン発酵の性能低下を菌叢面からも予測することができた。一方紙ゴミの処理は、長期間安定していたことから、アンモニア阻害を軽減するために、蒸留残渣の C/N 比の調整が重要であることが分かった。第 5 章では、生ゴミのエタノール・メタン二段発酵プロセスを実用化するために東京都で実証試験結を行い、その結果も踏まえ経済性評価を行い、都市型バイオマス資源である生ゴミからのエタノール・メタン二段発酵による高効率エネルギー回収システムが実用的に有効なプロセスであることを確認した。第 6 章では以上の結果を総括した。

以上、基礎研究によるプロセスの確立と実証試験による本プロセスの優位性を確認しており、学術面および実用化面から高く評価できる。したがって、本論文は博士論文として学位授与に値するものと判定した。

審査委員	産業創造工学専攻物質生命化学講座	教授	木田 建次
審査委員	産業創造工学専攻物質生命化学講座	教授	栗原 清二
審査委員	複合新領域科学専攻複合新領域科学講座	准教授	森村 茂