

6. 再生可能エネルギーや廃棄物系バイオマス由来肥料の利活用技術・地域への導入技術の研究

研究期間：平成 23 年度～27 年度

プロジェクトリーダー：技術開発調整監 石川博之

研究担当グループ：材料資源研究グループ、寒地農業基盤研究グループ（資源保全チーム）

1. 研究の必要性

低炭素・循環型社会を構築するために、都市や農村から発生するバイオマスを資源やエネルギーとして、地域で有効活用する技術開発が求められている。また、再生可能エネルギーを使った社会インフラ維持のための具体的な環境負荷低減技術の開発や導入が求められている。さらに、新しい技術や社会システムが実現した場合の環境改善性をスタンダードな指標で正しく評価し、技術普及を誘導する必要がある。

2. 研究の範囲と達成目標

本プロジェクト研究では、下水処理場や公共緑地、畜産場などから発生するバイオマスの効率的回収・生産・利用技術の検討を行うとともに、二酸化炭素やメタン、亜酸化窒素などの温室効果ガス排出量削減技術とその評価技術、バイオマスの地域循環型利用システムの検討を行い、さらに、再生可能エネルギーを使った社会インフラの維持システム構築のための技術開発と社会への導入技術の検討を行うことを研究の範囲とし、以下の達成目標を設定した。

- (1) 公共緑地などから発生するバイオマスの下水道等を活用した効率的回収・生産・利用技術の開発
- (2) 下水処理システムにおける省エネルギー・創資源・創エネルギー型プロセス技術の開発
- (3) 再生可能エネルギー等の地域への導入技術の開発
- (4) 廃棄物系改質バイオマスの大規模農地等への利用による土壌生産性改善技術の提案

3. 個別課題の構成

本プロジェクト研究では、上記の目標を達成するため、以下に示す研究課題を設定した。

- (1) 低炭素型水処理・バイオマス利用技術の開発に関する研究（平成 23～27 年度）
- (2) 下水道を核とした資源回収・生産・利用技術に関する研究（平成 23～27 年度）
- (3) 地域バイオマスの資源管理と地域モデル構築に関する研究（平成 23～27 年度）
- (4) 廃棄物系改質バイオマスの農地等への施用による土壌の生産性改善技術に関する研究
(平成 23～27 年度)

4. 研究の成果

本プロジェクト研究の個別課題の成果は、以下の個別論文に示すとおりである。なお、「2. 研究の範囲と達成目標」に示した達成目標に関して、平成 27 年度までに実施した研究について要約すると以下のとおりである。

(1) 低炭素型水処理・バイオマス利用技術の開発に関する研究

低炭素型・循環型社会の構築に向け、下水汚泥の有効利用方策として脱水汚泥を含む集約型混合嫌気性消化を想定し、設計・操作因子の検討に資する基礎的知見の収集を目的に、異なる下水処理場の各種下水汚泥を対象とした嫌気性消化実験を行った。標準活性汚泥法（循環式硝化脱窒法等の場合も含めて）の混合汚泥および脱水汚泥については 0.4～0.5NL/ gVS-投入 程度の、オキシデーションディッチ法の脱水汚泥については 0.1～0.2NL/ gVS-投入 程度のバイオガス転換率が得られた。投入汚泥の高濃度化で懸念されるアンモニア阻害や攪拌影響に対して、投入汚泥条件から消化汚泥のアンモニア性窒素濃度および粘度を推測する知見を整理した。集約型高濃度嫌気性消化手法をある一定の条件の下水処理場へ導入した場合のケーススタディを実施したところ、約 30%の温室効果ガス排出量の削減が可能であるという試算結果となった。

(2) 下水道を核とした資源回収・生産・利用技術に関する研究

白金コーティングチタン電極を用いた電気分解により、消化脱離液からのリン回収率 41%および回収析出物でのリン含有率 160 mg-P/g を達成し、回収リン資源の肥料利用の可能性を示した。エネルギー生産を目的として下水処理水を用いた土着藻類培養を実施し、屋外連続培養で SS 培養量 12.9 g/m²/day、高位発熱量 16.4 kJ/g を達成した。また、藻類増殖を表現する数理モデルを構築し、処理場へのモデルの適用手法を示した。全国 85 の処理場を対象としたアンケート調査の結果、処理場の下水汚泥焼却灰中のリン含有量 (P₂O₅ 換算値) は平均 19.9%-dry であった。肥料取締法に比して、電解法による消化脱離液からの回収リン資源、焼却灰および嫌気性消化液中の重金属濃度は概ね基準値以下であり、肥料利用の可能性を示すとともに、電解法による回収リン資源および焼却灰については可溶性リン供給のためのリン資材としての利用可能性を示した。

(3) 地域バイオマスの資源管理と地域モデル構築に関する研究

公共緑地等で発生する刈草等を資源として位置づけ、恒久的に利用していくための要素技術やシステムを提示するため、公共緑地で発生する刈草の性状を整理し、刈草の公共緑地から発生した刈草の処理方法（存置、野焼き、焼却(発電無し)、焼却(発電有り)、飼料化、堆肥化、バイオガス化) について、温室効果ガス(Greenhouse gas, GHG)排出量を算定し、焼却(発電有り)、飼料化、バイオガス化は、他の処理方法に比べて、正味の GHG 排出量が少なく、有効な利用方法と考えられた。

草木バイオマスの有望な利用方法の一つとして考えられる下水処理場での嫌気性消化技術導入に必要な知見を収集するために、刈草もしくは爆砕処理したコナラチップと下水汚泥の混合嫌気性消化に関する実験を行った。刈草と下水汚泥の混合嫌気性消化実験について、単独消化時よりも混合消化時に、メタンガス生成量の増加することが示された。コナラチップと下水汚泥の混合嫌気性消化実験について、従来の爆砕処理よりも弱い圧力 0.9 MPa および温度 178°C の条件下でも、50%程度のメタン転換率が得られた。また、公共用水域で大量に発生する水草バイオマスの有望な利用方法の一つとして考えられる下水処理場での嫌気性消化技術導入に必要な基礎的知見を収集するために、水草と下水汚泥の混合嫌気性消化に関する実験を行った。水草と下水汚泥の混合嫌気性消化実験では、単独消化時よりも混合消化時に、メタンガス生成量が増加することが示された。

(4) 廃棄物系改質バイオマスの農地等への施用による土壌の生産性改善技術に関する研究

本研究では乳牛ふん尿を主体とする廃棄物系改質バイオマス（家畜ふん尿、曝気スラリー、メタン発酵消化液等）の特徴を明らかにするため、有機物組成等の分析を実施した。また、廃棄物系改質バイオマスを土壌へ施用した場合の土壌生産性改善効果を検証するため、共同利用型バイオガスプラントから採取した原料液および消化液を 8 年間連用している圃場の土壌理化学性と牧草収量を調査した。さらに、廃棄物系改質バイオマスを施用した試験区において、温室効果ガス揮散量を測定した。地域で発生する有機性廃棄物の有効利用の検討では、バイオガスプラントの副原料としての利用を想定したシミュレーションを行い、エネルギー収支を求めた。

その結果、廃棄物系改質バイオマスのうち、嫌気発酵消化液の全炭素に占める腐植酸の割合が高く腐植化が進行していた。このため、他の廃棄物系改質バイオマスに比べ、土壌団粒形成にともなう土壌生産性改善能力が高いことが示唆された。また、廃棄物系改質バイオマス中の有機物含有量割合は、乾物率との間に有意な正の相関が認められた。既往の研究から、乾物率、電気伝導度 (EC)、水素イオン濃度 (pH) を用いて肥料成分を推定することが可能となっている。したがって、乾物率、EC、pH を測定することで、圃場に散布される有機物量を推定できる可能性が示唆された。土壌理化学性については、消化液を散布した試験区の表層 1 層目のマクロ団粒のうち、粗粒有機物画分に炭素が集積しており、消化液は土壌団粒化の促進効果が高いと示唆された。温室効果ガス揮散量は、化学肥料施用区の CO₂ フラックスが他の廃棄物系改質バイオマス施用区の CO₂ フラックスより小さい値を示した。エネルギー収支の検討では、エネルギー収支を評価指標とし、地域で発生する廃棄物系改質バイオマス量および運搬距離を設定条件とする広域利用モデルを提案した。

RESEARCH ON TECHNOLOGIES FOR UTILIZING AND INTRODUCING TO COMMUNITIES RENEWABLE ENERGY SOURCES AND FERTILIZERS DERIVED FROM WASTE MODIFIED BIOMASS

Research Period : FY2011-2015

Project Leader : Director for Cold Region Technology Development Coordination
ISHIKAWA Hiroyuki

Research Group : Material and Resources Research Group(Recycling Research Team)
Cold Region Agricultural Development Research Group
(Rural Resources Conservation Research Team)

Abstract : It is necessary for the realization of a low-carbon recycle-oriented society to develop technologies for effectively and locally utilizing biomass generated in urban and farm areas as resources and energy. So, in order to develop the Green Infrastructure, we are committed to research on several individual topics mentioned below with the objective to develop technologies for the collection, production (processing) and use of biomass and for the introduction of renewable energy sources into communities, thereby developing a low-carbon recycle-oriented society. Each output obtained from individual study by 2015 was described in the following section of this report.

- (1) Development of technologies to collect waste system biomass generated at city sewage treatment plants and to develop a sewage system highly effective in reducing emission of greenhouse gas.
- (2) Development of efficient elemental technologies (nutrient removal and collection from water and sludge, conversion of nutrient salts into energy by algae, techniques for the use of collected resources) taking advantage of the location of sewage treatment plants where massive amounts of nutrient salts are collected in urban areas.
- (3) Establishment of integrated assessment methods such as life cycle assessments for local use of biomass and a sustainable resource management system based on individual elemental technologies for the use of biomass.
- (4) Comparison of the soil productivity improvement impact of waste modified biomass (livestock slurry, compost, aerobically fertilized irrigation slurry, methane-fermented digested slurry, sewage nutrient salts, etc.) by application to farmland, and proposal of improvement technologies for effective soil productivity (e.g. drainage, water retention, Cation Exchange Capacity[CEC], crop yield, quality improvement, increased soil carbon storage amount).

Key words : renewable energy sources, waste modified biomass, sewage treatment plants, effective soil productivity