

## 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（リサイクルチーム）、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、亜酸化窒素などの二酸化炭素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 26 年度に実施した研究と今後の課題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、下水処理場に設置している嫌気性消化槽を活用した、低炭素型水処理・バイオマス利用技術を開発するための調査を行った。脱水汚泥の中温嫌気性消化について、投入基質濃度が消化特性に及ぼす影響を調査したところ、投入基質 TS が 10%以下の場合、安定した中温嫌気性消化が可能であり、投入有機物 (VS) あたりのバイオガス発生率は 0.47 NL/gVS 程度、粘度は 5 dPa・s 以下、アンモニア性窒素濃度はおおむね 3,000 mgN/L 以下であった。実下水処理場の消化汚泥の脱水ろ液で藻類を培養し、メタン転換率を回分式実験にて測定したところ、培養藻類濃度は 0.7 gCOD/L 程度、生成メタンガス量は 0.13 NL・メタン/L・

培養液程度であった。嫌気性消化前段の処理である重力濃縮法の機能改善手法であるみずみち棒について、現場の維持管理データを整理したところ、標準活性汚泥法では水温が濃縮汚泥濃度に影響を及ぼしており、オキシデーションディッチ法では汚泥容量指標が濃縮汚泥濃度に影響を及ぼしていることが明らかになった。

### (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

有機物・栄養塩が集約される下水処理場の資源、施設を活用した資源回収・生産・利用技術に関する調査・研究を行った。効率的なリン回収方法の開発を目的に、白金コーティングチタン電極を用いた下水脱水分離液の電気分解実験を行い、時間経過とともに電気分解によるリン回収量が低下するため、電極での回収量の維持・回復がリン回収率向上において重要であることを明らかにした。また、下水処理水を直接利用した上で培養される微細藻類を利用したエネルギー生産システムの構築を目的に、自然条件下での Raceway 型藻類培養装置を用いた培養実験を行い、CO<sub>2</sub>添加により培養藻類中の高位発熱量が向上することを明らかとするとともに、藻類増殖を表現する数理モデルを構築し、実験データを用いて、数理モデルの再現性を確認した。

### (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

社会資本のグリーン化に向け公共緑地で大量に発生する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、地球温暖化対策として有効な刈草の収集範囲を明らかにするため、嫌気性消化槽を有する既存の下水処理場で、刈草を下水汚泥と混合して嫌気性消化する事業の実施に伴う追加的な温室効果ガス排出量、および、刈草を嫌気性消化しメタンガスを得て、発電することによる温室効果ガス排出削減量を試算したところ、地球温暖化対策として有効な刈草の収集範囲は、下水処理場から直線距離で 31km 以下の地域であった。

### (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7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、施用7年目では表層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、また、消化液を施用した試験区の容積重は低下傾向にあることから、土壌の堅密化は認められなかった。温室効果ガス揮散量は、化学肥料施用区の CO<sub>2</sub> フラックスが他の廃棄物系改質バイオマス施用区の CO<sub>2</sub> 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、各種副原料を対象とした検討や、運搬距離を変化させた場合の検討などを行い、産出エネルギーが投入エネルギーを上回るケースを明らかにした。

# 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 in 2014 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