

## 6.3 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

研究予算：運営費交付金

研究期間：平 23～平 27

担当チーム：材料資源研究グループ（リサイクル）

研究担当者：内田 勉、日高 平、桜井健介、  
堀尾重人、王 峰

### 【要旨】

刈草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に関する基礎的知見を収集するために、刈草と下水汚泥の高温混合嫌気性消化に関する連続式実験および回分式実験を行った。その結果、高温条件下で安定した処理が可能であり、刈草のメタン転換率は COD ベースでおおむね 40%程度、および VS ベースで 0.19 L CH<sub>4</sub>/g VS・刈草程度であることが示された。また、LCCO<sub>2</sub> による評価手法の構築を目指し、原単位の設定を行った。

キーワード：(刈草と下水汚泥の) 混合消化、高温メタン発酵、インベントリ、LCCO<sub>2</sub>

### 1. はじめに

地球温暖化対策の推進の観点から、国は地方公共団体と連携を図りつつ、温室効果ガスの排出の抑制等のために必要な施策を推進するように努めるものとされている<sup>1)</sup>。また、地球温暖化の防止、循環型社会の形成、競争力のある新たな戦略点産業の育成などの観点からエネルギーや製品としてバイオマスを総合的に最大限活用し、持続的に発展可能な社会をできる限り早期に実現することが求められている<sup>2)</sup>。

一方で、河川、道路、公園、ダムなどの公物管理のため広大な緑地の除草などが行われている。河川の堤防法面等において、点検の条件整備とともに堤体の保全のために除草が定期的に行われている。河川管理上あるいは廃棄物処理上支障がなく刈草を存置できる場合を除いて、焼却などにより処理されているが、リサイクル及び除草コスト削減の観点から、有効利用等について取り組むこととされている<sup>3)</sup>。道路でも通行車両からの視認性を確保等のために除草が実施されている<sup>4)</sup>。例えば、国土交通省の109国道事務所、102河川事務所、17公園事務所、25ダム事務所に対して実施されたアンケート結果によれば、これらの定期的な除草を要する緑地の合計は約360km<sup>2</sup>であり、そのうち、河川事業が約290km<sup>2</sup>、道路事業が約60km<sup>2</sup>であった<sup>5)</sup>。

一般に、バイオマスは広く、薄く存在している上、水分含有量が多い、かさばる等の扱いづらいという特性のために収集が困難であることが、十分に活用されてい

ない原因の一つである<sup>2)</sup>。しかし、公物管理で発生する刈草は、毎年、一定量が発生し、管理責任者が明確であることから、比較的利用しやすいバイオマスと考えられ、有効利用が期待される。これらのバイオマスを効率的に活用していくためには、その特性に留意しつつ、できる限り既存の施設・システムを活用した利活用システムを構築することが有効であり、そのための要素技術の開発が望まれるところである。

本研究は、公共緑地等バイオマス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ことが目的である。平成24年度は、提示にあたり、刈草と下水汚泥の高温混合嫌気性消化実験を行った。また、LCCO<sub>2</sub>による評価手法の構築を目指し、原単位の設定を行った。

## 2. 刈草と下水汚泥の高温混合嫌気性消化に関する実験的検討

### 2.1 目的

公共緑地等バイオマスの有望な利用方法の一つとして下水処理場での嫌気性消化が考えられる。木質系バイオマスと下水汚泥の混合消化については、前処理技術として蒸煮・爆砕の技術を開発してきており、その適用性が示されているものの、前処理に要するエネルギーや費用の点が課題である<sup>6)7)</sup>。刈草については、中温(35℃)条件下での混合消化についての研究例はみられ、特殊な前処理を行わなくても裁断のみで、ある程度のメタン転換が

表1 連続式嫌気性消化実験の運転条件 (温度 55°C)

反応器	基質	経過日数 (日)				
		0~60	61~74	75~95	96~151	152~284
反応器1	混合汚泥	HRT 70~25 d	HRT 21 d	HRT 21 d	HRT 21 d	HRT 21 d
反応器2	混合汚泥+刈草 (25%*)	—	—	HRT 28 d 刈草 (A)	HRT 21 d 刈草 (A)	HRT 21 d 刈草 (B)
反応器3	混合汚泥+刈草 (50%*)	—	—	同上	同上	同上

\*混合汚泥 VS 量に対して

期待できるものの<sup>8),9)</sup>、高温 (55°C) 条件下での例はほとんど見られない。そこで、高温条件下での刈草の嫌気性消化に関する基礎特性を把握するために、混合汚泥および刈草を基質として、3 系列の連続式実験を行うとともに、消化汚泥を用いた回分式実験を行った。

## 2.2 実験方法

### 2.2.1 連続式実験

連続実験の運転条件を表1に示す。反応器1 (有効容積 10 L) として、55°Cの条件下で混合汚泥を基質とした連続運転をまず開始した。植種汚泥には、都市下水処理場の混合汚泥で運転していた嫌気性消化反応器から採取した消化汚泥を用いた。投入基質には、同じ下水処理場の混合汚泥を用いた。混合汚泥の固形物 (TS) 濃度は 1~2%程度であるので、実験室での遠心分離操作により、4%程度まで濃縮した。反応器1の水理学的滞留時間 (HRT) は、70日目で開始し、運転開始60日目にかけて徐々に25日まで低下させた。61日目以降のHRTは21日とした。その後75日目に、有効容積4.5Lの反応器2系列 (反応器2および反応器3) にて、混合汚泥と刈草の混合消化連続運転を、反応器1の消化汚泥を植種汚泥として、55°Cの条件下で開始した。実験に用いた刈草は、土木研究所内の草を使用した。刈草の投入量は、混合汚泥の有機物 (VS) に対して、反応器2では25%程度、反応器3では50%程度とした。運転開始当初は110°Cで乾燥して、長さ8.9mm、幅0.9mm程度に裁断した刈草 (A) を用い、152日目以降は乾燥させずに長さ13.2mm、幅1.0mm程度に裁断した刈草 (B) を投入した。基質投入および消化液の引抜操作は、平日1日1回の頻度で手動にて行った。

### 2.2.2 回分式実験

消化汚泥および投入刈草の混合比の影響を確認するために、刈草 (B) および反応器1の引抜消化汚泥を用いて、消化汚泥のみのブランク系、混合汚泥のみを添加した系、汚泥および刈草の混合消化系2段階、ならびに刈草のみの系2段階について、55°Cにて回分式実験を行った (表2)。ガラス瓶および攪拌機を組み合わせた反応器

を用い、消化汚泥 260 mL、混合汚泥を添加する場合は 40 mL、および刈草所定量を投入し、沸騰後冷ました水道水を加えて 500 mL とした。そして、経時的にメタンガスの発生量を測定した。

表2 回分式実験の設定条件

	基質
回分0	なし (コントロール系)
回分1	下水汚泥のみ
回分2	下水汚泥+刈草 (25%*)
回分3	下水汚泥+刈草 (50%*)
回分4	刈草のみ (25%*)
回分5	刈草のみ (50%*)

\*回分1の下水汚泥のVS量に対する割合

### 2.2.3 分析方法

汚泥性状の分析は、下水試験方法に従って行った。なお、COD<sub>Cr</sub> および有機酸の分析は吸光光度計 (DR2400、HACH 社) により、それぞれ COD<sub>Cr</sub> 試薬 (HR) および有機酸試薬 (TNT872) を用いた。アンモニアは自動比色分析装置 (TRAACS2000、BRAN LUEBBE 社) を用いた。発生ガスは、3M 水酸化ナトリウム水溶液を通過させることで二酸化炭素を除去し、メタンガス発生量として計量した。発生量は、連続式実験の場合ガスバックで採集し週に一回湿式ガスメータで測定し、回分式実験では水上置換で測定した。

## 2.3 結果および考察

### 2.3.1 連続式実験

連続式実験における、TS および VS の経時変化を図1に示す。反応器1のTSおよびVSの平均値は、投入汚泥ではそれぞれ3.8および3.0%、消化汚泥では152日目以降それぞれ2.1および1.4%であった。投入および消化汚泥のVSの差を投入汚泥のVSで除して算出したVSベースでの消化率は60%程度であり、一般的な混合汚泥の消化率と同等であった<sup>10)</sup>。アンモニア性窒素濃度はおおむね1,000 mgN/L以下であり、メタン発酵への阻害影響はなかった。有機酸濃度は徐々に低下し、152日目

以降には 1,000 mgHOAc/L 以下になった。

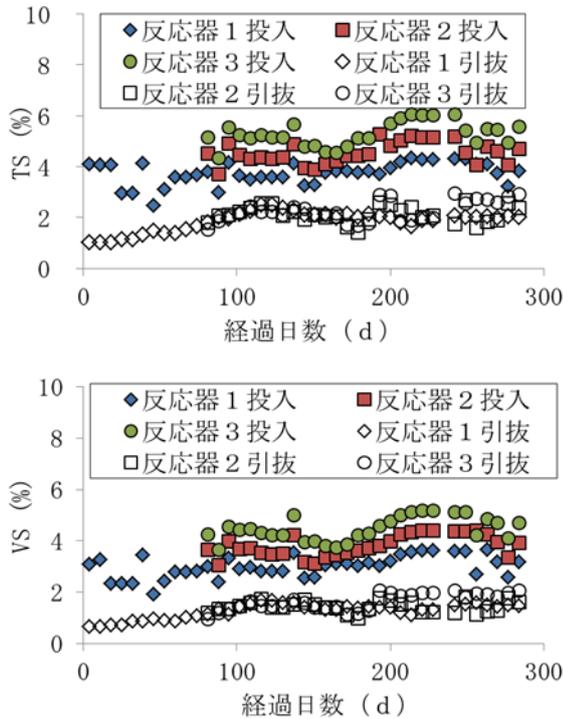


図1 連続式実験における TS および VS の経時変化

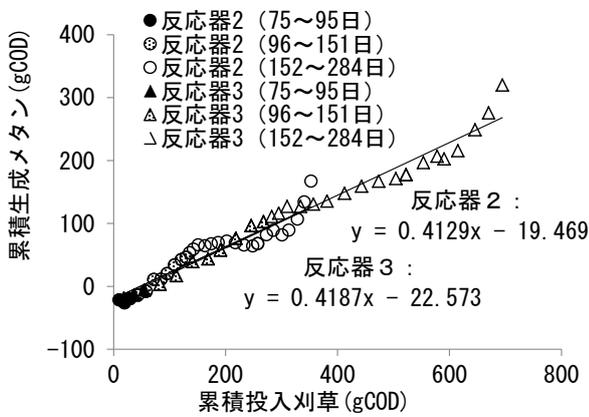


図2 連続式実験における累積投入刈草量と累積生成メタン量の関係

反応器 2 の消化汚泥では、HRT 21 日の条件で、TS および VS の平均値が、それぞれ 2.2 および 1.5% であった。反応器 3 での同じ条件では、それぞれ 2.3 および 1.7% であった。いずれも VS ベースでの消化率は 60% 程度であった。アンモニア性窒素濃度はおおむね 1,200 mgN/L 以下であり、メタン発酵への阻害影響はなかった。有機酸濃度は運転開始から 120 日目まで 4,000~5,000 mgHOAc/L 程度であり、250 日目以降 1,000 mgHOAc/L

程度以下まで低下した。

連続式実験における COD ベースの累積投入刈草量と累積生成メタン量の間を関係を図 2 に示す。刈草のメタン転換率は、反応器 1 における下水汚泥のメタン転換率分を差し引いて算出した。反応器 2 では、185 日目から 221 日目までの間攪拌が不安定であり、メタン転換率が低かった。攪拌機を交換して、222 日目以降、メタン転換率は回復した。いずれの反応器でも、刈草のメタン転換率は COD ベースでおおむね 40% 程度であった。草の VS ベースのメタン発生量では、0.19 L CH<sub>4</sub>/g VS 程度であり、中温での研究例とおおむね同程度である<sup>9)</sup>。異なる消化汚泥および投入刈草の混合比でも、同程度の値であった。

### 2.3.2 回分式実験

回分式実験における刈草からのメタン生成量の経時変化を、ブランク系での消化汚泥によるメタン生成量を差し引き、投入刈草 VS あたりに換算して図 3 に示す。回分式実験で用いた消化汚泥および混合汚泥の VS は、それぞれ 1.4 および 2.8% であった。回分式実験 2 および 3 における刈草のメタン転換率は、回分式実験 1 における下水汚泥のメタン転換率分を差し引いて算出した。

刈草のみの場合の COD ベースメタン転換率は 30% 弱であり、汚泥との混合消化で刈草のメタン転換率は、連続式実験と同じ 40% 程度であった。下水汚泥と混合することで刈草のメタン転換が促進されると考えられる。

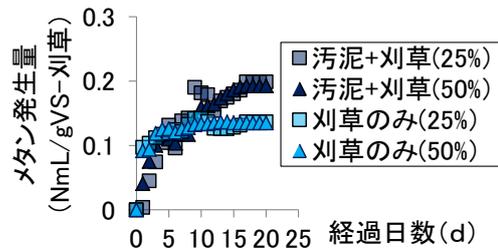


図3 回分式実験における刈草からのメタン発生量の経時変化

### 3. LCCO<sub>2</sub>による公共緑地等バイオマス利用の評価

刈草の特徴は木材に比べリグニンの含有量が少なく柔らかい点であり<sup>11)</sup>、生物による分解が比較的早い。この特徴を活かし、飼料化<sup>12),13)</sup>、堆肥化<sup>14),15)</sup>、下水処理場での嫌気性消化<sup>8),9)</sup>などが有望な処理方法と思われる。

刈草の処理による温室効果ガスの排出量は、処理方法毎に異なる。加えて、発生する刈草の性状、運搬距離、処理方法などに左右されるため、様々な処理シナリオ毎

に異なる。そのため、公物管理者が刈草の処理方法を検討するために温室効果ガスの排出抑制効果を評価することが困難となっている。そこで本研究では、想定されるシナリオ毎の温室効果ガス排出量を定量的に評価し、管理者の処理方法の判断材料を与えようとするものである。

平成24年度は、平成23年度の成果に加え、昨今の社会情勢を把握しつつ、原単位の設定を行った。以下に現在までにとりまとめたモデルケースでのLCCO<sub>2</sub>評価の試算例を示す。

本研究における処分・有効利用方法の温室効果ガス排出量の評価手順は、LCAの国際標準規格(ISO 14040:2006とISO 14044:2006)および伊坪らによる方法<sup>16)</sup>を参考にした。

### 3.1 目的と調査範囲の設定

目的は、公物管理者が刈草の処理を行う際に、処理経費に加えて、地球温暖化対策の効果を定量的に考慮して、処理方法を選択することである。評価対象とする機能単位は、「公共緑地1,000m<sup>2</sup>から発生する刈草の処理」とした。刈草の発生量は、既報<sup>9)</sup>を元に、緑地1,000m<sup>2</sup>の除草1回から発生し、数日間乾燥された状態とし334kg-wet(含水率18.0%)と設定した。

ここで刈草の処理とは、河川などの公物管理のために除草し、必要に応じ中間処理(焼却や資源化)の後、廃棄または利用され最終的に安定した状態となることとした。評価する環境影響の領域は、地球温暖化であり、温室効果ガス(GHG)排出量を評価した。

評価対象とするシナリオは図4に示すとおり、現状で現実的と思われる、(A)存置、(B)焼却(発電無し)、(B')焼却(発電有り)(C)飼料化、(D)堆肥化、(E)バイオガス化(下水処理場での嫌気性消化)とした。

シナリオ中の運用からのGHG排出量を対象とし、施設や設備の建設や廃棄は対象外とした。シナリオ内で生じる資源化物(焼却や嫌気性消化から発電した電力、飼料、堆肥)は同等の機能を提供するシステム(電力供給、飼料の供給、合成肥料の供給)を代替すると考え、このシステム分を差し引いた。データは、国内全域で適用可能なものを用いることとした。

### 3.2 インベントリ分析

インベントリ分析では、各シナリオ内のプロセス毎に分類した上で、消費量などの物理量にGHG排出量原単位を乗じ単位プロセス毎に算出し、それらを積み上げてシナリオ全体のGHG排出量とした。データの利用の優先順位は、自ら取得したデータ、業界の標準値、文献値、積み上げ法の基づくLCIデータベースの参照値とした。GHG排出量原

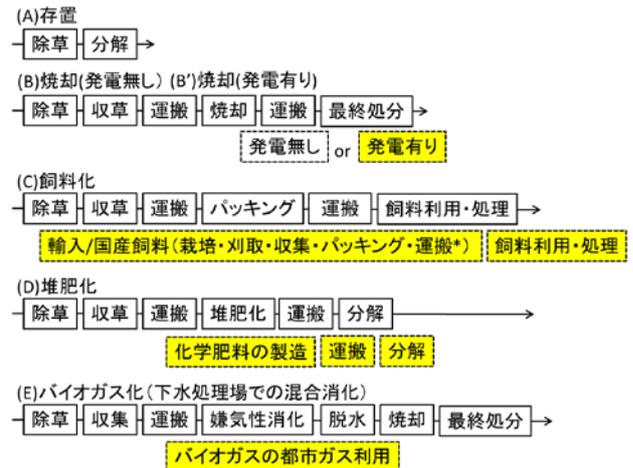


図4 計算された処理方法と構成プロセス(バウンダリ)着色されたセルはエネルギーや資源の代替による削減を示す。

単位は、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)、メタン(CH<sub>4</sub>)、一酸化二窒素(N<sub>2</sub>O)について設定した。

試算にあたって、除草・集草プロセスではハンドガイド式を用いることとした。運搬では、2tトラックに2m<sup>3</sup>積載することとし、積載刈草の体積で按分した。トラックへの積み込みや積み下ろしは人力とした。人力による作業は、GHG排出量が無いものとした。焼却施設1施設あたりの可住地面積の全国平均は、99.1km<sup>2</sup>(=12.1万km<sup>2</sup><sup>17)</sup>/1221施設<sup>18)</sup>であり、同面積の円の半径5.62kmの往復分を平均的な運搬距離として設定した。

焼却は、発生した刈草を既存のごみ焼却場で中間処理し、最終処分するシナリオを想定した。焼却のGHG排出量は、既報<sup>19,21)</sup>によると、炉の形式、炉の大きさ、発電効率、熔融の有無などにより異なる。本報告において焼却施設の処理方式は、全国で最多(1255施設中454施設<sup>22)</sup>の全連続運転のストーカ式施設とした。施設規模は200t/dとし、発電効率は10%とした。GHG排出量の算定は、実施において刈草の影響だけを取得するのは困難であるため、既報<sup>19)</sup>のモデルを参照した。本報中に特に記述の無いものはモデルのデフォルト条件を採用した。モデル中では、発電量は、主に施設規模に依存する場内蒸気使用量とごみの発生量に依存する発生蒸気量の差から使用可能蒸気量を求め、発電効率を用いて計算される。場内蒸気使用量は、ごみ処理分および集塵灰処理分等から計算される。本シナリオでは、既存の焼却処理場に刈草が追加的に投入されることを想定し、場内蒸気使用量は変わらず発生蒸気量が変化するものとして計算した。また、刈草の投入前の既存の状態から発生蒸気量は場内蒸気使用量を上回っていたものとした。なお、平成22年一般廃棄物処理実態調査結果<sup>22)</sup>から計算された全国の焼却施設に持ち込まれるごみの低位発熱量の平均は7.66MJ/kg-wetであり、補助燃料無しに焼却可能な熱

量(モデル中では4.18MJ/kg-wetが採用されている)を上回るため、既存施設では補助燃料を使用していないこととした。集塵灰は薬剤処理後セメント固化するものとした。

最終処分では焼却灰のセメント固化物を対象とした。処分場の設計条件はモデル<sup>19)</sup>中のデフォルトとした。すなわち、山間部での陸上埋立等とし、浸出水の排水基準はBOD20mg/L、COD20mg/L、T-N10mg/L等とした。なお、浸出水の処理は、追加的に処理された焼却灰から発生する分のみを対象とし、Ca前処理や脱塩素処理、酸性凝集処理、脱窒素型生物処理等の必要な処理を行うこととした。処分場の平均使用予定期間は10年とし、浸出水の処理はその後7年間行うこととし、その期間に要するエネルギー量を計上した。最終処分場1施設あたりの日本の総面積は、213.0km<sup>2</sup>(=37.8万km<sup>2</sup><sup>17)</sup>/1775施設<sup>18)</sup>)であり、同面積の円の半径8.23kmの往復分を平均的な焼却灰の運搬距離として設定した。

飼料利用は、刈草を乳牛等に飼料として利用することを想定し、同量のオーストラリア産輸入乾草<sup>23)</sup>および国産乾草を混合して、代替することとした。飼料中の国産乾草の混合の割合は仮想的に、平成23年度純国内産粗飼料自給率と同じ77.4%<sup>24)</sup>とした。代替分として計算された輸入乾草のGHG排出量は、耕作、肥料、輸送などの合計として計算されている。国産乾草は、それからオーストラリアから国内主要港への海上輸送分を引いたものとして計算した。

堆肥化については、堆肥の製造および利用にかかるGHG排出量から相応の化学肥料分を差し引くことで全体のGHG排出量を計算した。相応の化学肥料とは、既報<sup>24)</sup>中の稲わらやバーク堆肥の肥効を堆肥の養分に乘じて求めた有効養分量と同等の化学肥料である。

バイオガス化とは、刈草を数cmに破碎後、下水処理場

にて下水汚泥と混合して嫌気性消化し、メタンガスを回収した後、機械脱水後焼却して、焼却シナリオ中の最終処分と同様に埋め立てるものとした。また、刈草の追加によって発生したメタンガスを熱量にして等価の都市ガスと代替することを想定した。なお、メタンガスを元にガスエンジンにて発電する場合も考えられるが、計算値は都市ガスと大きく変わらなかった。

### 3.3 影響評価

GHGの地球温暖化係数は、京都議定書の前提となっているIPCC第二次報告書<sup>25)</sup>における積分期間100年の係数とし、重量当たりの温室効果が、CO<sub>2</sub>に対し、CH<sub>4</sub>は21倍、N<sub>2</sub>Oは310倍とし、CO<sub>2</sub>を基準物質として表現した。ただし、刈草の焼却や分解に伴うCO<sub>2</sub>の排出は、草の成長時に吸収したCO<sub>2</sub>を還元する効果とみなせるので、IPCCガイドライン<sup>26)</sup>と同様に、温室効果は無いものとした。

### 3.4 試算結果例

十分な情報が収集できなかったため一部(特に、バイオガス化中のメタン発酵残渣の脱水や焼却の具体的なプロセス、堆肥化中の化学肥料の施用に伴うN<sub>2</sub>Oの発生や堆肥の肥効率など)に大まかな仮定によって設定された暫定値を含むが、概況を把握するため、現在までの試算結果例を図5に示した。刈草の刈取場所から処理を行う場所までの運搬距離は、実情に合わせて設定されるべきだが、試算では一律に焼却シナリオで設定した5.62kmの往復分で計算した。なお、今後、本データは暫定値の見直しなどにより更新される可能性がある。

本試算におけるGHG排出量は、存置の場合に発電無し焼却処理の場合と同程度であった。ただし、生物反応および焼却による窒素のN<sub>2</sub>O転換率は、GHG排出量への寄与率が高い上に不確実性が大きいことから、継続

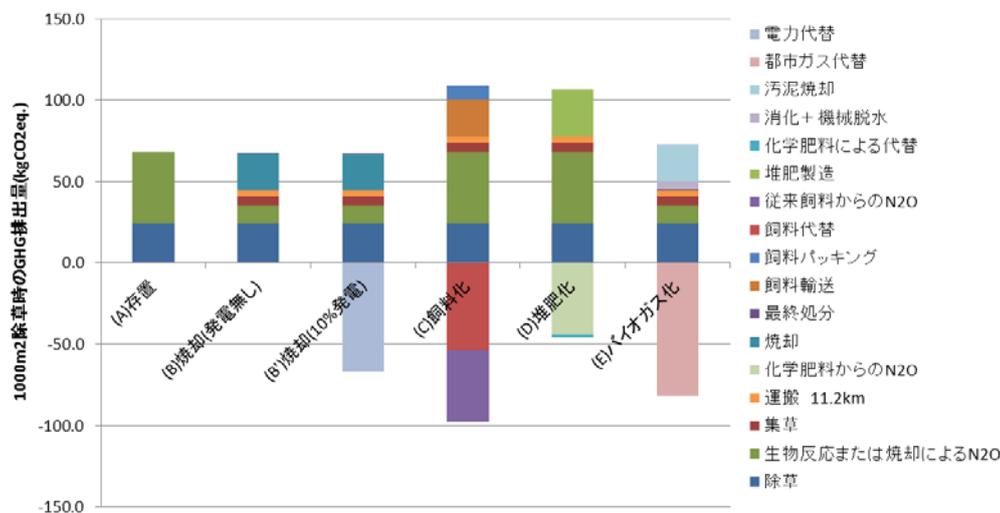


図5 1000m<sup>2</sup>の緑地から発生した刈草 334kg(含水率 18%)の各処分方法毎の GHG 排出量(バイオマスに由来する CO<sub>2</sub> 420kg-CO<sub>2</sub> は評価対象外、一部暫定値を含んでおり今後見直される可能性がある)

して研究の最新動向を調査していくことが重要と考えられる。また、発電有りの焼却、飼料化およびバイオガス化（下水処理場での混合嫌気性消化）の場合は、存置や発電無しの焼却の場合より GHG 排出量が低かった。また、除草作業の寄与は大きかった。

ここに暫定値を含む GHG 排出量を示したが、実際には、当然、各処理方法は GHG 排出量のみで選択されるものではなく、経済性や地域のニーズなどを考慮して選択されるものである。今後は、原単位のさらなる精度向上を図るとともに、より地域の実情を反映していく予定である。

#### 4. まとめ

刈草および下水混合汚泥を基質とした嫌気性消化の連続式実験を行ったところ、高温条件下で安定した処理が可能であった。混合消化における刈草の適用性が示され、例えば既設消化槽に投入負荷増加の余裕がある場合などに活用することが考えられる。また、LCCO<sub>2</sub> による評価手法の構築を目指し、原単位の設定を行い、一部暫定値が含まれるものの現時点での試算例を示した。

#### 謝辞

汚泥採取などでお世話になりました下水処理場関係各位に謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 地球温暖化対策の推進に関する法律（平成十年十月九日法律第十七号）、第 20 条の 1 第 1 項、最終改正：平成二三年六月二四日法律第七四号
- 2) バイオマス・ニッポン総合戦略、平成 18 年 3 月 31 日閣議決定
- 3) 国道（国管理）の維持管理等に関する検討会：国が管理する一般国道及び高速自動車国道の維持管理基準（案）、[http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/road\\_maintenance/pdf/32.pdf](http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/road_maintenance/pdf/32.pdf)
- 4) 独立行政法人土木研究所：公共事業由来バイオマスの資源化・利用技術に関する研究、平成 20 年度下水道関係調査研究年次報告書集、土木研究所資料 4157 号、2009。
- 5) 国土交通省：河川砂防技術基準維持管理編（河川編）[http://www.mlit.go.jp/river/shishin\\_guideline/gijutsu/gijutsukijunn/ijikanri/kasen/pdf/gijutsukijun.pdf](http://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/gijutsu/gijutsukijunn/ijikanri/kasen/pdf/gijutsukijun.pdf) [Accessed 1 February 2013]
- 6) 落 修一、鈴木 穰、南山 瑞彦、越智 崇：木質に蒸煮・爆砕を施すことによる木質と下水汚泥との混合・嫌気性消化法に関する研究、下水道協会誌論文集、41(498)、97-107、2004。
- 7) 落 修一、南山 瑞彦、長沢 英和、鈴木 穰：蒸煮・爆砕木質と下水汚泥とを混合・嫌気性消化した消化汚泥の処理性、下

- 水道協会誌論文集、42(508)、111-123、2005。
- 8) 独立行政法人土木研究所：平成 21 年度下水道関係調査研究年次報告書集、2010。
  - 9) 独立行政法人土木研究所：平成 22 年度下水道関係調査研究年次報告書集、2011。
  - 10) 日高 平、内田 勉：下水汚泥の性状および消化特性に関する処理場毎の比較調査：土木学会論文集 G（環境）、Vol. 68, No. 7, III\_325-III\_332、2012
  - 11) 公益社団法人化学工業会、一般社団法人日本エネルギー学会編：バイオマスプロセスハンドブック、株式会社オーム社、2012。
  - 12) 愛知県畜産総合センター：河川敷刈草飼料利用促進の取り組み、<http://www.pref.aichi.jp/0000022559.html> [Accessed 1 February 2013]
  - 13) 国土交通省関東地方整備局河川部河川管理課：堤防の刈草無償提供、[http://www.ktr.mlit.go.jp/river/shihon/river\\_shihon00000127.html](http://www.ktr.mlit.go.jp/river/shihon/river_shihon00000127.html) [Accessed 1 February 2013]
  - 14) 道路緑化保全協会：植物発生材堆肥化の手引き—緑のリサイクルの実現を目指して、1998。
  - 15) 環境省九州地方環境事務所：野草堆肥利用マニュアル、平成 18 年 3 月。
  - 16) 伊坪徳宏、田原聖隆、成田暢彦：LCA 概論、社団法人産業環境管理協会発行、2007。
  - 17) 総務省統計局：社会生活統計指標—都道府県の指標—2012 基礎データ <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?bid=000001036794&cycode=0>
  - 18) 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課：日本の廃棄物処理平成 22 年度版、平成 24 年 3 月
  - 19) 松藤敏彦：都市ごみ処理システムの分析・計画・評価—マテリアルフロー・LCA 評価プログラム—、技報堂出版株式会社、2005。
  - 20) 田畑 智博、李 一石、菱沼 竜男、楊 翠芬：統計資料を用いた一般廃棄物焼却施設の LCI データ簡易算定法に関する検討、第 21 回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集、2010。
  - 21) 楊翠芬、田畑智博、菱沼竜男、玄地裕：廃棄物由来 CO<sub>2</sub> 排出量を考慮した焼却施設の LCA 手法の検討—千葉県を事例に、都市清掃、61(283)、235-241、2008。
  - 22) 環境省：平成 22 年一般廃棄物処理実態調査結果、[http://www.env.go.jp/recycle/waste\\_tech/ippan/h22/index.html](http://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/ippan/h22/index.html) [Accessed 30 January 2013]
  - 23) 農林水産バイオリサイクル研究「システム化サブチーム」：バイオマス活用システムの設計と評価、資料 2 輸入飼料の地域別ライフサイクル・エネルギー消費量および GHG 排出量データベース、p.253-261。
  - 24) 農林水産省生産局畜産部畜産振興課、消費・安全局畜産安全管理課：飼料をめぐる情勢（平成 25 年 1 月）、[http://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/l\\_siryo/pdf/siryou\\_2501.pdf](http://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/l_siryo/pdf/siryou_2501.pdf) [Accessed 1 April 2013]
  - 25) 堆肥施用時の施肥設計 [http://www.maff.go.jp/j/seisan/kanryo/hozen\\_type/h\\_sehi\\_kizyun/pdf/tuti302.pdf](http://www.maff.go.jp/j/seisan/kanryo/hozen_type/h_sehi_kizyun/pdf/tuti302.pdf) [Accessed 1 April 2013]
  - 26) IPCC Second Assessment Report: Climate Change 1995 (SAR)

# A STUDY ON RESOURCE MANAGEMENT OF REGIONAL BIOMASS AND THE CONSTRUCTION OF A REGIONAL MODEL

**Budgeted** : Grants for operating expenses

**Research Period** : FY2011-2015

**Research Team** : Recycling Research Team,  
Materials and Resources Research Group

**Author** : UCHIDA Tsutomu, HIDAKA Taira,  
SAKURAI Kensuke, HORIO Shigehito, WANG  
Feng

**Abstract** : The applicability of grass to thermophilic co-digestion with sewage sludge was demonstrated in laboratory-scale continuous and batch experiments. The average methane production in the continuous co-digestion experiment with sewage sludge was 0.19 L CH<sub>4</sub>/g VS-grass, corresponding to a COD conversion ratio of around 40%. Using this technology, a wastewater treatment plant could become a regional energy hub that accepts various forms of organic waste, including vegetation from public spaces. In addition, some parameters for calculating greenhouse-gas emissions during the transportation, treatment and disposal processes were reviewed to evaluate accurately greenhouse-gas emissions throughout the life-cycle of plant waste.

**Key words** : Co-digestion of grass and sewage sludge, Thermophilic methane fermentation [co-digestion, thermophilic co-digestion], Inventory, Life-cycle greenhouse-gas emissions