

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：津森ジュン、日高 平、桜井健介

【要旨】

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℃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。

キーワード：爆砕処理、メタン発酵、地球温暖化対策、温室効果ガス、刈草

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¹⁾。

一方で、河川、道路、公園、ダムなどの公物管理のため、草や木が多量に伐採・処分されている。それらをエネルギーや堆肥などの有機資材として有効利用し、化石資源由来のエネルギーやそのエネルギーの消費により製造される製品を代替できれば、温室効果ガスの排出を削減し、地球温暖化対策として貢献が可能である。

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 26 年度は、提示にあたり、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実験を行った。また、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地球温暖化対策として有効な刈草の収集範囲を試算した。

2. 草木バイオマスと下水汚泥の混合嫌気性消化に関する実験

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、新潟市での検討事例も報告されている^{2),3)}。刈草については、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期待できることが示されている^{4),5)}。刈草単独よりも下水汚泥との混合条件下で、刈草のメタン転換率向上が示されているものの、混合比の影響についての詳細は不明である。また、草木バイオマスの種類によりメタン転換率は異なり、刈草よりも頑丈な構造のイタドリや木質バイオマスなどでは、前処理が必要であると考えられる。メタン転換率向上のための前処理手法として、土木研究所では木質系バイオマスを対象とした蒸煮・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^{6),7)}ものの、200℃および 2 MPa 以上での処理となり、必要となるエネルギーや圧力容器管理の点が課題である。

そこで本年度は、異なる刈草と下水汚泥の混合条件下での混合嫌気性消化特性、ならびに異なる条件の爆砕処理を施したコナラチップと下水汚泥の混合嫌気性消化特性を、室内実験により調査した。

2.2 実験方法

2.2.1 刈草と下水汚泥の混合嫌気性消化

用いた下水汚泥および刈草の性状は、昨年度と同様である⁴⁾。下水汚泥は、標準活性汚泥法を採用している都

市下水処理場のものである。混合汚泥の固形物 (TS) 濃度は 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。刈草は、土木研究所内で採取し、10 mm 程度に裁断した。

刈草と下水汚泥の混合比の影響を確認するための回分式実験を、高温 (55℃程度) 条件下で行った。実験条件は、表 1 に示すとおりである。種汚泥 (高温消化汚泥) 1.14 gVS に対して、刈草 (4 段階) × 下水汚泥 (3 段階) で、混合影響を調査した。それぞれの実験を、3 ケースずつ行った。用いたバイアルの容積は 130 mL で、消化汚泥、下水汚泥および刈草を投入後イオン交換水で 100 mL にそろえた。そして、窒素ガスで 3 分間ヘッドスペースを置換し、恒温振とう器にて培養しながら、メタンガス発生量の経時変化を測定した。

表 1 刈草と下水汚泥の混合比影響調査実験条件

	種汚泥 (gVS)	刈草 (gVS)	下水汚泥 (gVS)	種汚泥/ 基質比 (-)
C ₁₋₁ (ブランク)	1.14	0	0	-
C ₁₋₂	1.14	0.09	0	13
C ₁₋₃	1.14	0.18	0	6.5
C ₁₋₄	1.14	0.26	0	4.3
C ₂₋₁	1.14	0	0.18	6.5
C ₂₋₂	1.14	0.09	0.18	4.3
C ₂₋₃	1.14	0.18	0.18	3.2
C ₂₋₄	1.14	0.26	0.18	2.6
C ₃₋₁	1.14	0	0.35	3.2
C ₃₋₂	1.14	0.09	0.35	2.6
C ₃₋₃	1.14	0.18	0.35	2.2
C ₃₋₄	1.14	0.26	0.35	1.9

2.2.2 コナラチップと下水汚泥の混合嫌気性消化

コナラチップを対象にした爆砕処理の効果を確認するための回分式実験を、中温 (35℃程度) および高温 (55℃程度) 条件下で行った。

コナラチップの爆砕条件は表 2 に示すとおりで、W1～W4 の 4 種類を設定した。W4 が、従来の爆砕処理と同様の条件である。対して、W1 および W2 は、圧力を 0.9 MPa、温度を 178℃に設定し、処理時間をそれぞれ 60 分および 180 分とした。W3 については、まず圧をかけずに従来と同様の 213℃程度 15 分間の処理を行い、その後 W1 と同様の爆砕処理を行った。

爆砕したコナラチップ 0.53 gVS および種汚泥 0.86 gVS を混合し、前述の刈草の実験と同様に回分式実験を行った。

表 2 コナラチップの爆砕条件

試料	段階	圧力 (MPa)	温度 (°C)	処理時間 (分)
W1	—	0.9	178	60
W2	—	0.9	178	180
W3	1	圧をかけずに	213	15
	2		178	60
W4	—	2.0	213	15

2.2.3 分析方法

汚泥性状の分析は、主として下水試験方法に従って行った。なお、COD_{cr} は吸光光度計 (DR2400、HACH) により分析し、その際にはそれぞれ COD_{cr} 試薬 (HR) を用いた。アンモニアの分析は自動比色分析装置 (TRAACS2000、BRAN LUEBBE) を用いた。発生ガスの分析は、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、水上置換で測定した。

2.3 結果および考察

2.3.1 刈草と下水汚泥の混合嫌気性消化

刈草と下水汚泥の混合比影響調査実験結果を、図 1 に示す。ここでは、ブランク (C₁₋₁) における種汚泥からのメタンガス生成量、および下水汚泥のみ (C₂₋₁、C₃₋₁) の場合のメタンガス生成量を差し引き、刈草からのメタン生成量としてまとめている。

刈草の投入量 3 段階いずれについても、下水汚泥 0 gVS の場合よりメタン生成量が増加していた。刈草と下水汚泥を混合した実験なので、刈草からのメタンガス生成、もしくは下水汚泥からのメタンガス生成どちらが向上したのかは区別できないものの、混合により個別に嫌気性消化する場合よりもメタンガス生成量の総和は増加していることが示された。

混合によりメタンガス生成量が増加する傾向は、異なる下水処理場の汚泥を用いた過去の実験⁴⁾でも同様である。汚泥採取処理場が異なっても、刈草との混合消化特性への影響は少ないことが、示されている⁵⁾。混合消化による促進効果は、栄養バランスの改善や、下水汚泥の酸発酵で活性化する微生物群により刈草の可溶化および酸発酵を促進することなどが、その理由に考えられる。このような観点でも、下水処理場に刈草を受け入れることは、相乗効果が期待できる。

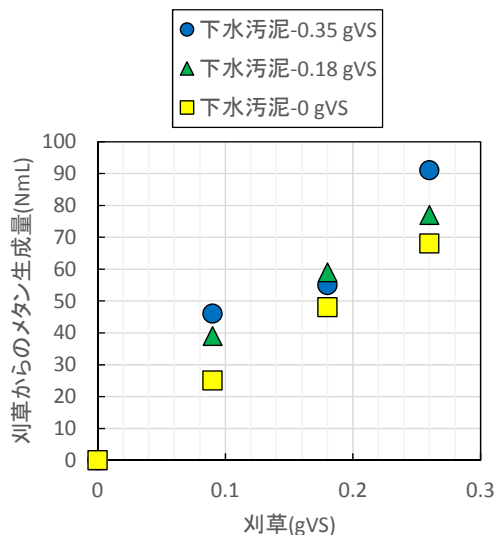


図1 刈草と下水汚泥の混合比影響調査実験結果

2.3.2 コナラチップと下水汚泥の混合嫌気性消化

4種類の爆砕条件を施したコナラチップについて行った回分式実験の結果を、図2に示す。ここで、メタン転換率とは、投入基質量(gCOD)に対する、精製メタンガス量(gCOD)の割合である。ここでは、コナラチップからの寄与分のみとして示している。従来の爆砕処理条件であるW4のメタン転換率が最も高かった。弱い爆砕条件であるW1～W3では、メタン転換率がやや低下したものの、50%程度のメタン転換は可能であった。中温条件と高温条件を比較すると、高温条件でのメタン転換率がやや高かった。

下水の余剰汚泥を対象とした嫌気性消化では、中温消化での仕上げ処理によりメタン転換率が向上することが報告されている⁹⁾のに対して、刈草を対象とした混合嫌気性消化でも高温条件下でより安定していたことが報告されている⁹⁾。草本系バイオマスの嫌気性消化では、高温嫌気性消化が有効であることが考えられる。高温条件下ではアンモニア性窒素の阻害を中温条件下よりも受けやすいものの¹⁰⁾、草本系バイオマスの場合は窒素含有率が低いことから、アンモニア性窒素の阻害影響は少ないと考えられる。

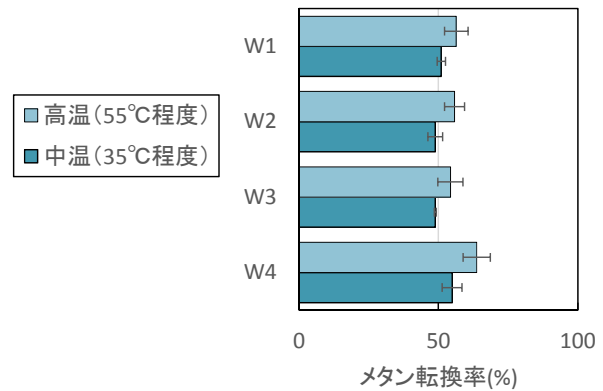


図2 爆砕処理コナラチップと下水汚泥の混合嫌気性消化実験結果

3. 地球温暖化対策として有効な刈草の収集範囲の検討

3.1 目的

地球温暖化対策として、下水処理場の周辺で発生する刈草を、下水汚泥と混合して嫌気性消化する場合、刈草の運搬距離が、地球温暖化対策としての効果に、大きく影響を与えると考えられる。しかしながら、刈草の収集範囲の影響を検討した報告は、ほとんど見当たらない。そこで、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へ刈草を運んで、下水汚泥と混合して嫌気性消化する事業を一般的と思われる条件で仮定して、実施に伴う追加的な温室効果ガス(Greenhouse gas, GHG)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GHG排出削減量を試算した。

3.2 方法

評価対象とした事業は、図3に示したとおり、灰色で着色した11個のプロセスで構成することとした。刈草、発生したメタンガス、および、消化残渣は以下の条件で処理されることと仮定した。

- 除草場所は、肥料や農薬が施用されていない。
- 除草は、1年に2回行われ、発生した刈草はその都度処理される。
- 刈草は、草刈機で除草・回収された後に、トラックで運搬され、嫌気性消化槽を有する既存の下水処理場へ運搬される。
- 運搬された刈草は、下水処理場内で機械破碎後、下水汚泥と混合して嫌気性消化される。
- 発生したメタンガスは発電に使われ、発電の排熱は刈草と下水汚泥の加温に利用される。
- 消化残渣は脱水後に焼却されて、灰は埋め立て処分場へ運搬し、埋め立てられる。

GHG 排出量、および、GHG 排出削減量は、除草面積 1000m²、1 年間あたりを単位として、計算した。1000m² は、除草工の積算に使われる単位である。嫌気性消化以後の各プロセスでは、刈草の追加によって新たに消費した化石燃料、電力、化学薬品、または、発生した電力に着目し、既存の下水処理場で汚泥処理に伴い排出されていた GHG は評価対象外とした。

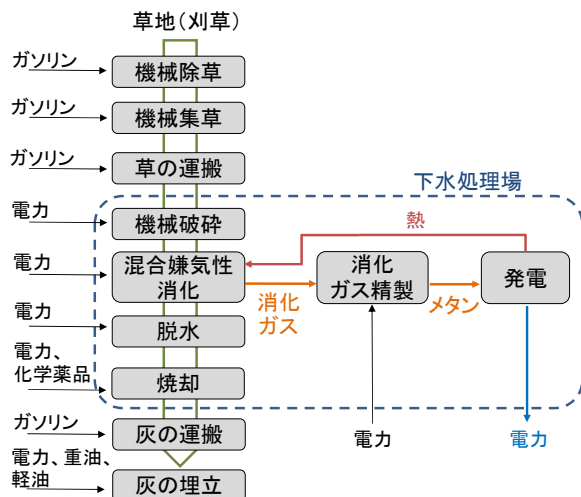


図3 評価対象とした刈草と下水汚泥の混合嫌気性消化のフロー（灰色で着色された角丸の長方形は、構成するプロセスを示す）

集計する GHG は、二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素とした。これらを合計する時には、メタンと一酸化二窒素の放出量に、温暖化係数(GWP₁₀₀)¹¹⁾である 28 と 265 をそれぞれ乗じることで二酸化炭素換算量として計算した。GHG 排出量と排出削減量を、プロセス毎に算出した。プロセス毎の GHG 排出量を、活動に伴って消費された化石燃料、電力、化学薬品の量に GHG 排出係数¹²⁾(表 3)を乗じ、それらを合計して計算した。ただし、化学薬品の GHG 排出係数は、LCA ソフトウェア(MiLCA, 一般社団法人産業環境管理協会)を参照した。一方、発電機を用いてメタンガスで発電するプロセスでは、発電された電力が有効利用されたことにより、消費されなかった電力量に GHG 排出係数を乗じ、GHG 排出削減量を計算した。

表3 化石燃料、電力、化学薬品の使用による GHG 排出係数

分類	項目	温室効果ガス		
		CO ₂ (kg)	CH ₄ (g)	N ₂ O(g)
化石燃料	ガソリン (L)	2.32	1.87*	0.0215*
	軽油(L)	2.58	-	0.0641
	重油(L)	2.71	-	0.0665
電力	電力(kWh)	0.550	-	-
化学薬品	消石灰(kg)	1.05	-	-
	セメント(kg)	0.86	-	-
	キレート剤(kg)	1.37	-	-

*トラックの場合は含まない

除草および集草プロセスでは、刈幅150 cmのハンドガイド式の草刈り機を用いることとした。草刈り機の性能は、表4の値を用いた¹³⁾。土木研究所の過去の調査¹⁴⁾から、1,000 m²あたり、1回の除草から、数日乾燥させた状態(含水率18%)で334 kg-wetが発生するものとした。

表4 草刈機の性能

項目	作業効率 (h/1000m ²)	ガソリン燃費 (L/h)
除草	1.28	9.2
集草	1.04	3.0

運搬プロセスでは、1,000 m²で発生した刈草につき、2トントラック1台¹⁵⁾を計上し、走行距離を変数とした。トラックへの積み込みや積み下ろしは人力とし、GHG 排出量は無しとした。走行速度を30 km/h¹³⁾とし、ガソリン燃費4.9 L/h¹⁶⁾から、ガソリン使用量を算出した。

破碎プロセスでは、刈草を数cmに破碎できる電気式の破碎機を使うこととし、その効率は、既報¹⁷⁾を参照して、0.023 kWh/kg-dryと設定した。

消化、脱水プロセスは、高温消化、遠心脱水によるものとした。高温消化は、昨年度の実験¹⁸⁾において安定したメタン転換が行われたことから選択した。消化、脱水による電力消費量は、処理体積に比例するものと仮定し、汚泥体積と電力消費量の実測値¹⁹⁾から、それぞれ7.2、7.6 kWh/m³と設定した。刈草の比重は、220 kg/m³として計算した²⁰⁾。脱水プロセスでは、刈草の含水率が下水汚泥と比べてかなり低いいため、刈草が保持していた水分は、脱水後も変化しないことと仮定した。

焼却プロセスは、100 t/dの流動床式焼却炉を使用することを仮定した。焼却プロセスのGHG排出量は、電力と化学薬品の使用に伴うGHG排出量に、刈草が焼却される

際に生じるメタンと一酸化二窒素の発生量を二酸化炭素に換算して、加えて計算された。刈草のメタンと一酸化二窒素の発生係数は、一般廃棄物のそれらと同じと仮定し、それぞれ、 $0.046 \text{ g-CH}_4\text{-C/kg-C}$ と $0.35 \text{ g-N}_2\text{O-N/kg-N}$ とした。これらは、一般廃棄物を連続燃焼式の流動床焼却炉で燃焼した時の重量あたりのメタンと一酸化二窒素の発生係数²⁰から一般廃棄物の炭素と窒素の含有率²⁰で除して計算された。刈草の投入による、電気と化学薬品の増加量は、都市ごみの量と質に応じた電気量と化学薬品量が計算可能なプログラム²⁰を利用して計算した。焼却灰のうち、集塵灰は、キレート剤による処理後、セメント固化されるものとした。

嫌気性消化槽で発生した消化ガスは、精製された後に、発電機で使用されることとした。メタン発生量は、昨年度の実験結果¹⁸より、 1 kg-VS の刈草の投入につき、 0.19 Nm^3 のメタンが得られることとし、刈草のVS分解率は40%とした。発電プロセスでは、刈草の追加によって増加したメタンガスを使ってガスエンジンで発電し、従来の化石燃料由来の電気と代替することを想定した。発電機に関する設定値は、既報¹⁹でとりまとめられた値(表5)を用いた。ガスエンジンの排熱は、刈草と下水汚泥の加温(20°C から 55°C を想定)に利用されることとした。これにより、従来、下水汚泥の加温に使われていたメタンガスの一部が不要になり、それらは、発電機で使われることとした。刈草の比熱は、既報²⁰を参考に、 $4 \text{ kJ/(kg-dry} \cdot \text{K)}$ と設定した。

表5 発電機に関する設定値

項目	値
消化ガス精製 ($\text{kWh/Nm}^3\text{-CH}_4$)	0.387
メタン低位発熱量 (MJ/Nm^3 , LHV)	35.9
ボイラー熱効率 (%)	87.0
ガスエンジン発電効率 (%)	33.0
ガスエンジン排熱回収率 (%)	34.0

刈草の焼却灰は、下水汚泥の焼却灰と混合されて、4トンダンプを用い、埋め立て処分場への運搬されることとした。刈草の焼却灰の運搬によるガソリン消費量は、4トンダンプのガソリン消費量に占有率(最大積載量4tに占める刈草の焼却灰重量 33 kg/1000m^2 の割合)を乗じて算出した。4トンダンプのガソリン消費量は、燃費を 6.9 L/h ¹⁶、走行速度は 30 km/h とし、算出した。1回除草あたりの焼却灰の運搬距離は、日本国内の標準的な値として、往復で 21 km とした。これは、国内の総面積 378 千

km^2 ²⁴を、国内の灰埋め立て処分場数 $1,742$ 施設²⁵で除した値と同面積の円の半径の往復分に、迂回率(直線距離に対する道路距離の比)を乗じて計算した。迂回率は、既報²⁶を参考に 1.3 を使用した。灰の埋め立て処分場への運搬は、刈草の発生場所から下水処理場までの運搬と異なり、温室効果ガスの排出量の全体(刈草の運搬に伴う分は除く)に対し、1%以下で小さいため、固定して計算した。

灰の埋め立てプロセスは、焼却灰のセメント固化物を陸上埋め立てすることを想定した。計算には、既往のプログラム²⁰を使用した。このプログラムでは、浸出水の処理に電気および重油が使用され、埋め立て用の重機に軽油が使用されることを想定している。

刈草の下水汚泥への追加的な投入による脱水性の改善¹³、焼却炉の補助燃料削減の効果(脱水汚泥に刈草のメタン発酵残渣が含まれることによる保有熱量増加)も期待されるが、定量的な効果に関する知見が十分でなく、過剰な評価になることを避けるため、本計算には含めなかった。

3.3 結果

図4に各プロセスのGHG排出量と発電された電力によるGHG排出削減量を示した。破線は、GHG排出削減量、すなわち発電された電力量をGHGに換算した値、を示す。GHGの排出削減量が排出量を上回るのは、年間走行距離が 163 km (1回の除草につきトラックの走行距離 81 km)以下のケースであった。迂回率を 1.3 とした場合、本結果から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 31 km 以下の地域であった。運搬プロセスを除いたGHGを排出したプロセスのうち、GHG排出量は、除草、焼却、消化ガス精製の順に大きかった。

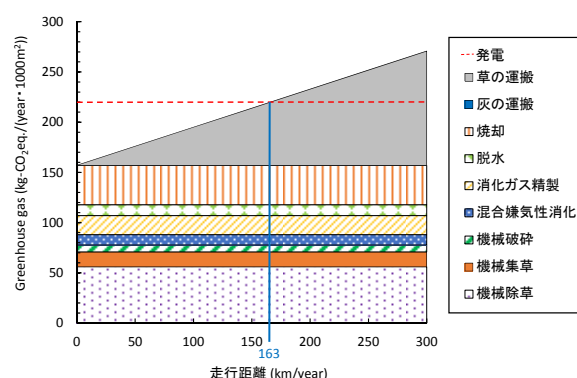


図4 走行距離に応じた各プロセスの温室効果ガス排出量と発電された電力による温室効果ガス排出削減量

4. まとめ

本研究では草木バイオマスに関する嫌気性消化実験を行った。その結果、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へ刈草を運んで、下水汚泥と混合して嫌気性消化する事業を仮定して、実施に伴う追加的な GHG 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 GHG 排出削減量を計算した。その結果、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。

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、および爆砕実験でお世話になりました東京ガス株式会社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百十七号）、第 20 条の 1 第 1 項、最終改正：平成二六年五月三〇日法律第四二号
- 2) 山本茂浩：新潟市における再生可能エネルギーの取組み、第 50 回下水道研究発表会講演集、pp.916-918、2013。
- 3) 山本茂浩：下水汚泥と刈草等の混合消化実証実験、第 51 回下水道研究発表会講演集、pp.937-939、2014。
- 4) 独立行政法人土木研究所：平成 24 年度下水道関係調査研究年次報告書集、土木研究所資料、第 4275 号、2013。
- 5) 栗田雄佑、小松俊哉、姫野修司：異なる下水汚泥を用いた刈草と混合嫌気性消化における分解特性の把握、第 51 回下水道研究発表会講演集、pp.940-941、2014。
- 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、Vol.41、No.498、pp.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、Vol.42、No.508、pp.111-123、2005。
- 8) 小林拓朗、李玉友、原田秀樹、安井英斉、野池達也：温度フェーズと中間オゾン処理を組合わせたプロセスによる余剰汚泥嫌気性消化の促進効果、環境工学研究論文集、Vol.44、pp.703-712、2007。
- 9) Feng Wang, Taira Hidaka, Jun Tsumori : Enhancement of anaerobic digestion of shredded grass by co-digestion with sewage sludge and hyperthermophilic pretreatment, Bioresource Technology, Vol.169, pp.299-306, 2014.
- 10) Taira Hidaka, Feng Wang, Taketo Togari, Tsutomu Uchida, Yutaka Suzuki : Comparative performance of mesophilic and thermophilic anaerobic digestion for high-solid sewage sludge, Bioresource Technology, 149, pp.177-183, 2013.
- 11) Myhre, G., D. Shindell, F.-M. Bréon, W. Collins, J. Fuglestedt, J. Huang, D. Koch, J.-F. Lamarque, D. Lee, B. Mendoza, T. Nakajima, A. Robock, G. Stephens, T. Takemura and H. Zhang. : Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 659-740, 2013.
- 12) 環境省：温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル(Ver3.5)、2014。
- 13) 一般財団法人建設物価調査会：国土交通省土木工事標準積算基準書（河川・道路）、p.III-2-①-2、2013。
- 14) 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、土木研究所資料第 4157 号、pp.38-46、2011。
- 15) 公園緑地維持管理研究会：公園・緑地の維持管理と積算、p. 303、2005。
- 16) 一般財団法人経済調査会：月刊積算資料、2010。
- 17) 藤原宣夫：植栽樹木の二酸化炭素固定量からみた都市緑化施策の評価に関する研究、千葉大学博士論文、pp.37-50、2005。
- 18) 津森ジュン、日高平、桜井健介、堀尾重人、王峰：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、土木研究所資料第 4249 号、pp.7-11、2013。
- 19) 惣田訓、池道彦：処理規模を考慮した様々な下水汚泥処理システムのエネルギー消費量の比較評価、再生と利用、Vol.34、No.129、pp.6-15、2010。
- 20) Onoda, Y., Westoby, M., Adler, P. B., Choong, A. M., Clissold, F. J., Cornelissen, J. H., Diaz, S., Dominy, N. J., Elgart, A., Enrico, L., Fine, P. V., Howard, J. J., Jalili, A., Kitajima, K., Kurokawa, H., McArthur, C., Lucas, P. W., Markesteijn, L., Perez-Harguindeguy, N., Poorter, L., Richards, L., Santiago, L. S., Sosinski, E. E., Jr., Van Bael,

- S. A., Warton, D. I., Wright, I. J., Wright, S. J., Yamashita, N.: Global patterns of leaf mechanical properties, *Ecology letters*, Vol.14, Issue 3, pp.301-312, 2011.
- 21) 環境省温室効果ガス排出量算定方法検討会：温室効果ガス排出量算定方法に関する検討結果（平成 22 年 3 月）、2010.
<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/santeiho/kento/h2203/7.pdf>
- 22) 社団法人全国都市清掃会議：ごみ処理施設整備の計画・設計要領、改訂版、p.36、2006.
- 23) 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、2005.
- 24) Jones H.G. : *Plants and Microclimate*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1992.
- 25) 国土交通省国土地理院：平成 25 年全国都道府県市区町村別面積調、2013. <http://www.gsi.go.jp/KOKUJYOHO/MENCHO/201310/opening.htm>
- 26) 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 24 年度版、2014. http://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/ippan/h24/data/disposal.pdf
- 27) 西沢明：道路距離と直線距離による道路網の利便性評価、*地域学研究* Vol.18, pp. 145-164, 1987.

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 : TSUMORI Jun, HIDAKA Taira, SAKURAI Kensuke

Abstract : As for developing a biomass resource management system of local authorities, we have been conducting the following studies. Applicability of grass or steam-treated *Quercus serrata* to co-digestion with sewage sludge was demonstrated in laboratory-scale experiments. Co-digestion with grass promoted the methane production yield. The methane conversion ratio of *Quercus serrata* treated by steam explosion at 0.9 MPa, which was lower than that of the typical treatment, was approximately 50%. The application of co-digestion of sewage sludge and weeded grass in a wastewater treatment plant was evaluated by greenhouse gas balances. As a result, the distance of grassland to a wastewater treatment plant, which is effective as a means of global warming prevention, is revealed to be under 31 km in the direct distance from the plant.

Key words : Co-digestion with sewage sludge, steam-treated *Quercus serrata*, global warming prevention, greenhouse gas, weeded grass