

12.6 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

研究予算：運営交付金（一般勘定）

研究期間：平 18～平 20

担当チーム：材料地盤研究グループ（リサイクル）

研究担当者：尾崎正明、落修一、山下洋正、宮本豊尚

【要旨】

国土交通省管轄の公共事業からは、毎年定期的に大量のバイオマスが発生している。本研究は、これらを資源と位置付け、安全性を確保しつつ積極的な利用推進に繋げることを目的に、バイオマスインベントリーシステム開発のための基礎調査や微量有害物質試験方法の開発を行うとともに、資源化技術や利用技術に関する開発実験を行った。その結果、インベントリーに必要なバイオマス種毎の組成性状を明らかとした。また、公共緑地管理から発生するバイオマスからは微量有害物質は検出されなかった。開発実験からはエネルギー変換技術とバイオガスエンジンは完成が近いと思われた。

キーワード：バイオマス、公共緑地、エネルギー、ガスエンジン、微量有害物質

1. はじめに

地球温暖化対策、エネルギー対策に大きく貢献することからバイオマス利用が世界的に注目され、我が国においても積極的な取り組みが期待されている。国土交通省管轄の公共事業からは毎年定期的に大量のバイオマスが発生しており、これを資源化・利用に繋げて行くことが重要であり、そのための具体的な施策・技術を提供していく必要がある。

2. 研究の目的

本研究は、目的達成のために大きく3つから構成され、それぞれ取り組み方法が異なる。一つは、バイオマスを資源管理するインベントリーシステムの開発であり、そのためのデータ収集とシステム検討を行う。二つ目はバイオマスの安全性に係わるものであり、微量有害物質に関する情報収集と試験方法の開発である。三つ目は資源化・利用技術に関するものであり、エネルギー変換技術と大量炭化技術およびバイオガスエンジンの開発を行うとともに、緑化基盤用ピートモス代替開発品の現地適用評価研究を行う。

3. 結果

3.1 バイオマスインベントリーシステム

草地・緑地の管理における年間の刈り草の時期や回数は、管理者により現地の社会的、自然的環境状況等を勘案して決定されている。緑地管理から発生

する刈り草を資源として位置付けるデータ・情報整備は行われていない。このために、緑地管理方法と刈り草発生量の関係を把握するための基礎調査を行った。調査は、刈り草回数と発生量の関係を知る調査と、国土交通省地方整備局における除草管理からの発生量に関する調査を行った。

3.1.1 調査方法

刈り草回数と発生量に関する調査は、北海道長万部町の下水道終末処理場と土木研究所の敷地内に試験フィールドを設定して行った。各フィールドには年間に1回刈り、2回刈り、3回刈りを行う3つの試験区を併設して設け、それぞれ道南地方や関東地方で行われている刈り草時期に合わせて草刈りを実施した。草刈りは肩掛け式刈払い機で行い、全量を回収、重量を測定した。試験区の大きさは、長万部町下水道終末処理場フィールドが6.5m×20m×3区、独立行政法人土木研究所フィールドが3.3m×23.7m×3区である。

国土交通省地方整備局の除草管理発生量調査は、河川事務所や国道事務所が行っている堤防法面や道路法面の除草管理に合わせて発生量を調べる調査を北海道開発局から九州地方整備局までの各局管内の任意の1カ所ずつで行った。

3.1.2 調査結果

刈り草回数と発生量の関係を長万部町下水道終末処理場フィールドの結果を図-1に、土木研究所フィールドの結果を図-2に示す。刈り草の発生率は、

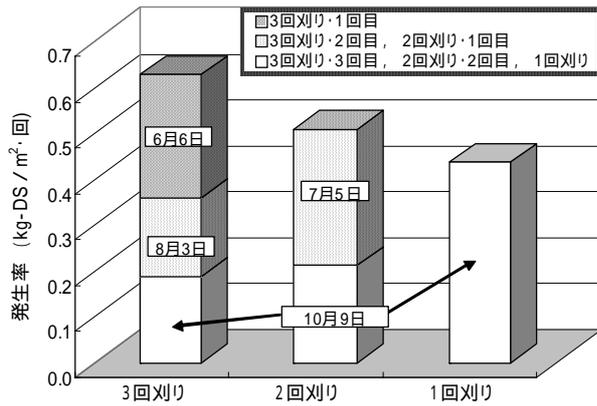


図 - 1 長万部町フィールドにおける刈草回数と発生量の関係

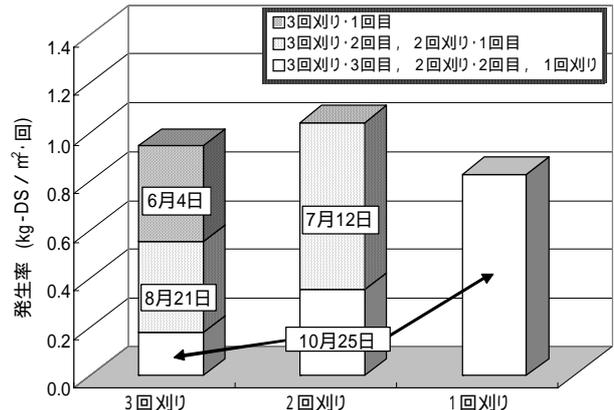


図 - 2 土木研究所フィールドにおける刈草回数と発生量の関係

1 回当たりでみた場合は年間の刈り草回数が少ない方が高く、年間では刈り草回数が多い方が高くなる傾向にあるとして良いものと思われる。ここで、2つのフィールドには緑地管理上の特徴として、前者が毎年3回の除草が行われているのに対して後者は年1回のみでの除草となっていることがあり、このために、前者は3回刈り緑地管理に馴染んだ安定した植生のもとでの結果であり、後者は2回や3回刈りの経験がない1回刈り管理に馴染んでいる植生のもとでの結果といえる。

国土交通省地方整備局の一部の河川および道路事務所における一部除草管理区間の発生率の結果を図 - 3 に示す。結果は0.05~1.17 kg-DS / m²・回と大きな範囲の中にあるが、1回当たりの発生率としては、傾向から、或は平均的にみて0.2~0.3 kg-DS / m²・回にあるとして良いものと思われる。これらの人工法面の植生は大部分がイネ科主体の混合植種となっているが、現地調査からは時間経過とともに自然に単一種優先となってきている緑地も多く存在した。特徴的に北海道地区で見られたオオイタドリ群生地とクマザサ群生地の生育状況を調べた結果、それぞれオオイタドリ：1.34 kg-DS / m²、クマザサ：1.11 kg-DS / m²と大きな値が得られた。これらの値は緑地をバイオマスの資源地として管理していくとした際の参考値となる。

3.2 微量有害物質の試験方法の開発

刈り草等のリサイクル資材に含まれる可能性のある微量有害物質を把握するために、含有量の分析方法の検討および実態調査を行った。国土交通省地方整備局の河川および道路事務所より入手した刈り草試料 10 検体について、殺菌剤等の農薬 23 種類の含有量を、高速液体クロマトグラフ - タンデム型質量

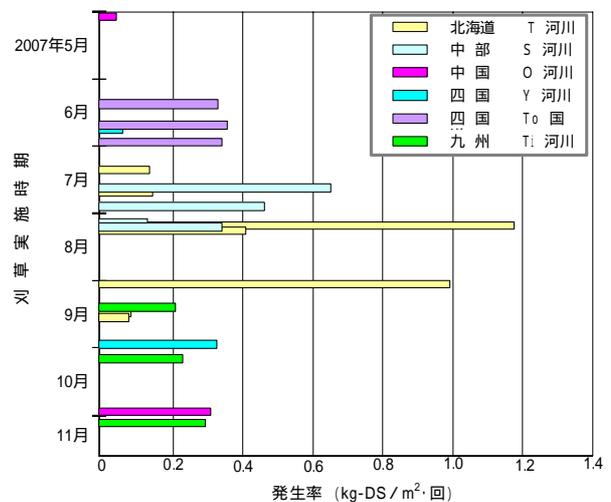


図 - 3 河川及び道路の法面除草における1回当たりの刈草発生量

表 - 1 刈り草試料中の殺菌剤等農薬の分析結果

ID番号	農薬	物質名	用途	添加回収試験結果 回収率(%)	CV	検出下限値 LOD(ng/g)	10検体中 検出率(%)
1	36	asulam	除草剤	124	1.3	11.5	0
2	74	methomyl	殺虫剤	128	1.4	11.5	0
3	87	tricyclazole	殺菌剤	101	4.0	1.9	0
4	82	probenazole	殺菌剤	86.5	1.2	0.0	0
5	55	thiophanate-methyl	殺菌剤	84.2	2.6	5.1	0
6	96	thiodicarb	殺虫剤	39.1	1.5	31.6	0
7	18	carbofuran	殺虫剤	80.2	1.4	9.1	0
8	48	carbaryl	殺虫剤	79.5	7.3	8.7	0
9	1	thiram(thiuram)	殺菌剤	41.8	12.5	7.3	0
10	68	diuron	除草剤	45.5	8.4	12.1	0
11	86	bensulfuron-methyl	除草剤	126	3.4	9.9	0
12	95	flazasifuron	除草剤	132	6.3	5.4	0
13	98	siduron	除草剤	49.4	8.0	7.6	0
14	90	azoxystrobin	殺菌剤	77.6	4.4	7.6	0
15	84	daimuron(dymron)	除草剤	64.1	4.3	8.4	0
16	26	iprodione	殺菌剤	36.2	18.3	27.1	0
17	58	carpropamid	殺菌剤	35.1	8.0	4.7	0
18	42	bensulide	除草剤	36.4	7.1	44.6	0
19	17	bentazone	除草剤	61.2	1.3	4.0	0
20	94	halosulfuron-methyl	除草剤	60.2	13.7	5.9	0
21	19	2,4-D	除草剤	25.3	16.5	5.2	0
22	20	triclopyr	除草剤	35.8	5.7	11.7	0
23	45	mecoprop	除草剤	40.5	15.9	2.6	0

農薬番号:厚生労働省水質管理目標設定項目15の対象農薬リストにおける番号
検出率:10検体中の検出下限値以上の検体数の割合(%)

分析計(LC/MS/MS)により分析した。

結果は表 - 1 に示す通りであり、分析法の回収率

が40%未満と低い物質が一部あるものの、ng/gオーダーの検出下限値が得られており、LC/MS/MSを用いる本分析法は、スクリーニング目的に実用可能であると考えられた。調査対象農薬はLC/MS/MSで分析可能な比較的親水性を有した物質であるが、全て検出下限値未満であったことから、刈り草試料中にこれらの農薬が含まれている可能性は低く、リサイクル由来の環境影響の可能性も低いと考えられた。

今後は、親水性が低い物質の分析に適したガスクロマトグラフ質量分析計(GC/MS)でも調査を行う予定である。また、下水汚泥中に抗菌剤等が含有されている場合があることが分かっており、下水汚泥単独あるいは刈り草と混合して堆肥化・緑農地還元する際の微量有害物質の土壌生物への影響把握に適した試験方法も開発する予定である。

3.3 資源化・利用技術

3.3.1 エネルギー変換技術の開発

エネルギー変換技術の開発は、独立行政法人産業技術総合研究所と月島機械株式会社ならびに三機工業株式会社との共同研究「高含水バイオマスの熱化学的エネルギー直接変換技術に関する研究」において下水汚泥の従来の焼却炉に替わる新しい省・創エネルギー型の燃焼炉を開発しているものである。さらにその実用化を目指して、平成17年3月より、これらの共同研究者と独立行政法人新エネルギー・産業技術総合研究機構との間において共同研究「都市バイオマス収集システムを活用するためのエネルギー転換要素技術開発」に取り組んだ。

1) 開発

開発技術は「過給式(加圧)流動炉」と称するものである¹⁾。長万部終末処理場内に設置した実証プラント(処理能力：約5t-脱水汚泥/日)の概要およびフローを図-4に示す。開発技術は主に加圧流動炉、空気予熱機(熱交換機)、高温集塵機および過給機から構成される。そのシステムは、汚泥又は汚泥と草木系バイオマスの混合物が定量フィーダから加圧流動炉に送られ0.2MPaほどの圧力下で燃焼される。そこからの燃焼ガスは空気予熱機、高温集塵機(セラミックフィルター)を介して過給機を稼働させる。過給機で得られた圧縮空気は空気予熱機を介して流動炉に供給するとともに、余剰となった圧縮空気は他に有効利用されるとともに、過給機を稼働した約

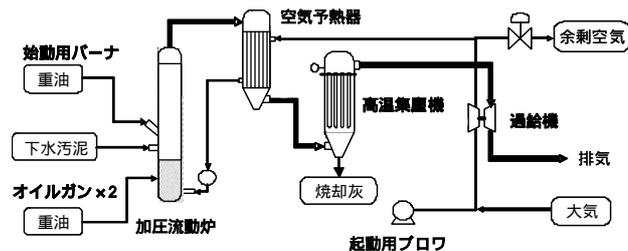


図-4 実証プラントの概要及びフロー

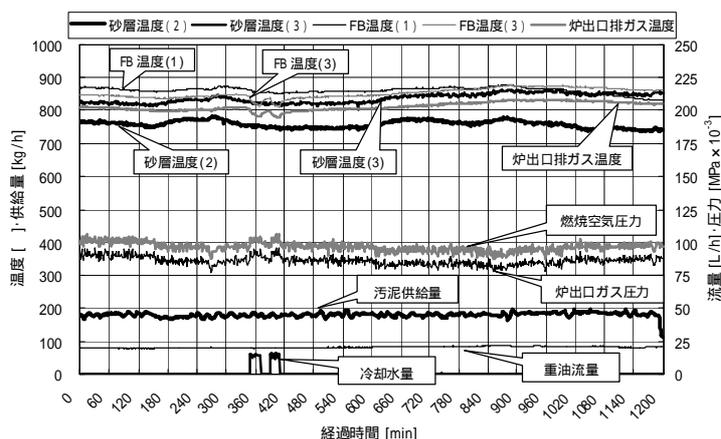


図-5 下水汚泥専焼時の炉内温度や圧力の変化

表-2 草木類の資源化検討のための代表的な値

	水分 (% - 全重)	強熱減量 (% - 乾重)	高位発熱量 (kJ / kg - 乾重)
草本	67~73	91~93	17,500~18,100
木本(木幹)	48~52	91~97	18,700~19,100
木本(小枝・葉)	58~62	89~94	19,000~19,600

500 の高温廃熱も有効利用が図れるものである。

平成19年度は、実証プラントにおいて、下水汚泥の専焼実験と、下水汚泥と草木系バイオマスの混焼実験を行った。下水汚泥専焼時における炉内温度や圧力などの変化を図-5に示す。各指示値は非常に安定したものであり、円滑な燃焼が維持されていたものである。また、下水汚泥とバイオマスの混焼実験においても円滑な安定した燃焼が得られた。

2) バイオマス分析

エネルギー資源、無機物資源さらにプロセスの制御や開発の基礎データを整備するために各種のバイオマスを採取して、組成・性状を分析した²⁾。草木類バイオマスの資源化を検討する際の伐採時における生資材の値としては中央値から±10%の範囲内にある表-2に示す値を用いてよいものと思われた。

3.3.2 大量炭化技術の開発

これまでの研究から、草本類の炭化は極低温域で行う方が効果的であろうとの示唆³⁾を得ている。こ

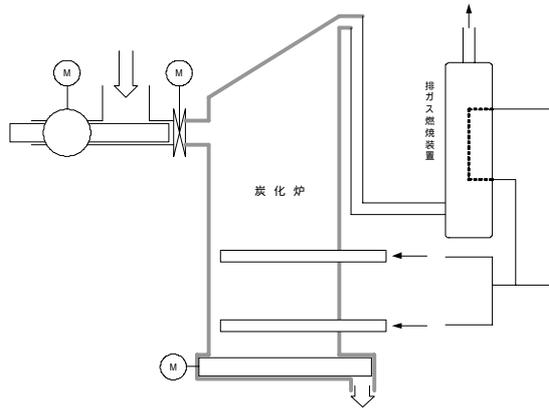


図 - 6 炭化装置の検討結果の概要図

の知見に基づいて炭化炉・装置の具体化について検討した。条件は、原料が一度に大量に集積される生の刈草であること、炭化に際しては乾燥物である必要があること、炭化の過程で発生するタール分の対策が十分に取れることの大まか3つである。検討結果を図 - 6 に示す。成案を得るまでには構造的、機械的要因も含めて更に検討を重ねる必要がある。

3.3.3 バイオガスエンジンの開発

バイオガスエンジンの開発は、ライト工業株式会社と株式会社井上政商店との共同研究「消化ガスエンジン動力システムの開発」で行っているものである。平成 19 年度は、土木研究所の屋外試験場において工業用メタンガスと炭酸ガスを用いた基礎的な稼働実験を行うとともに、鶴岡市浄化センターにおいて実ガスを用いた稼働実験を行った。

1) 人工ガスを用いた実験

ガスエンジンが CH_4 濃度範囲：100～50%-v/v で始動、安定稼働するための開発実験を行った。実験には CH_4 ガスと CO_2 ガスを圧力計と流量計で一定濃度となるよう調整し、エンジンに供給する方法を取った。結果は、燃料ガスの供給圧力が 0.3～0.4 MPa の範囲において始動と安定稼働を達成できた。0.3 MPa 以下の実験は装置の制約から実施できなかった。

2) 実ガスを用いた実験

開発の消化ガスエンジン発電機を鶴岡市浄化センターに設置して平均 CH_4 濃度 60.3 v/v-% の消化ガスによる稼働実験を行った。実験では、供給圧力を 0.4, 0.3, 0.2, 0.15, 0.1, 0.08, 0.06 MPa と随時低下させ、エンジンの始動と安定稼働を調べた。

エンジンは、全ての供給圧力で始動が可能であった。しかし、0.08, 0.06 MPa では燃料供給が間に合わず、発電の負荷運転は不可能であった。実験結果の一例として供給圧力 0.4, 0.3 MPa における 50 Hz

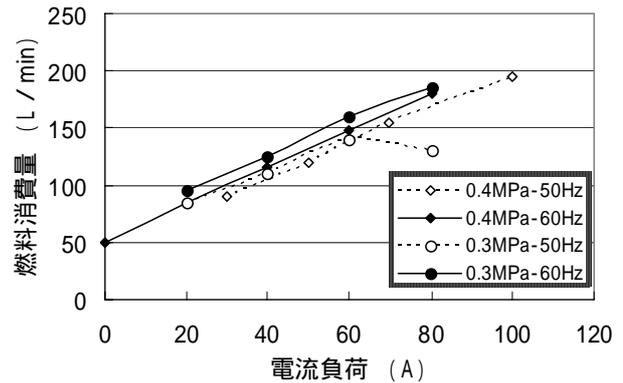


図 - 7 実ガスによる電流負荷と燃料消費量の関係

と 60Hz の場合の電流負荷と燃料消費量の関係を図 - 7 示した。これらの結果における発電熱効率は約 20% ほどである。

4. まとめ

- 1) バイオマスの発生量に関して、緑地からの草類の発生は 0.2～0.3 kg-DS / m^2 ・回にあると思われた。また、単一種群生地の値としてオオイトドリ：1.34 kg-DS / m^2 、クマザサ：1.11 kg-DS / m^2 が得られた。
- 2) 公共緑地管理から発生するバイオマスである刈り草中に含まれる可能性のある微量有害物質（殺菌剤等農薬）の試験方法を開発した。実試料中からは殺菌剤等農薬は検出されなかった。
- 3) 過給式(加圧)流動炉の開発に関して、実証プラントにより下水汚泥専焼実験および下水汚泥と草木系バイオマスの混焼実験を行い、安定燃焼を確認した。また、草木系バイオマスの資源化検討のための性状を明らかとした。
- 4) 大量炭化装置・システムの概略設計を行った。
- 5) 実ガスを用いたエンジン開発実験を行い、円滑な始動と安定稼働を確認した。

参考文献

- 1) 山本隆文, 小関多賀美, 落修一, 村上高広: 下水汚泥とバイオマスの加圧流動燃焼によるエネルギー回収, 日本エネルギー学会・三部会合同シンポジウム講演集, pp.15-20, 2007
- 2) 独立行政法人土木研究所: 草木系バイオマスの組成分析データ集, 土木研究所資料第 4095 号, 2008
- 3) 尾崎正明, 落修一, 宮本綾子, 牧孝憲: 草木廃材の緑化資材としての有効利用技術に関する研究, 土木研究所成果報告書, 平成 17 年度(2 分冊-2), pp. 995-1002, 平成 18 年 3 月

TECHNOLOGIES AND SYSTEMS TO EFFECTIVELY USE BIOMASS RESOURCES PRODUCED BY THE MAINTENANCE OF PUBLIC GREEN SITES

Abstract : Maintaining public green sites produces large quantities of biomass resources in the form of waste wood and grass. The aims of this study are the formation of an inventory system and the development of effective biomass resource use technologies. Eighty kinds of wood and grass were used for chemical analysis performed to investigate fifteen constituents. Three experiments were carried out to develop an energy conversion system, biogas-engine system, and micro organic-pollutant analysis methods.

Key words: biomass, public green sites, energy, gas-engine, micro organic-pollutants