

特集：地球温暖化問題に立ち向かう

公共事業由来バイオマスの資源化・利用技術の開発

落 修一* 岡本誠一郎**

1. はじめに

2008年より京都議定書で定められた第1約束期間がスタートし、わが国においても国際公約として温室効果ガス排出量を1990年比で6%削減する義務が課せられることとなった。世界的に地球温暖化対策への取り組み強化が求められる状況となり、それに伴ってバイオエタノールの増産などに見られるように、バイオマスの生産利用が世界的に注目され、我が国においてもその利用促進が期待されている。

一方、河川や道路、鉄道、空港、下水道、公園などの公共施設、公共空間からは、その機能維持や環境・景観保全のために毎年定期的に大量のバイオマスが草木や下水汚泥(Bio-solids)として発生している。これらは質・量・発生場所などの面からみると非常に優良な資源であり、今後はこれを適切に管理し、持続的な利用に繋げていくことが、わが国の地球温暖化対策の面から重要である。

本稿では、これら公共事業由来のバイオマスの資源化に向けて、これまでに(独)土木研究所が行ってきた研究の概要を報告する。

2. 対象とするバイオマス

本研究で対象とするバイオマスとその利用方法を図-1に示す。

対象としたバイオマスは、公園・緑地管理から発生する除草材、剪定枝葉、伐採木、土木工事からの抜根材、それに下水処理から発生する汚泥である。また、将来の可能性として有用植物の新規栽培も対象となる。

この他にも、海洋バイオマスや食品残渣・生ごみ等のバイオマス等があるが、いずれもそれぞれの分野で発生抑制、資源利用を進めるべきものとして本研究では対象外としている。

3. 研究の概要

3.1 インベントリーシステム

刈草・剪定などにより発生する草木を資源として取り扱うためには、その量や性状、発生場所、発生時期等を正確に把握して、数量管理していくことが必要である。また、その利用を安定的、恒常的なものとしていくためにはこれらのバイオマス発生に係る数量管理データと合わせて、利用状況管理データも整備し、双方の情報を公開していくことが重要である。

このようなシステム構築に必要な基礎情報を整備するために草木類の組成性状調査と発生量原単位調査を行った。

(1) 組成性状調査

国土交通省直轄の一級河川と直轄管理国道ほか数箇所より69種98検体の草木試料を採取して(写真-1)、37元素の分析を行った。これらの分析値は水分や強熱減量、高位発熱量とともに土木研究所資料「草木系バイオマスの組成分析データ集」¹⁾にとりまとめた。草木系バイオマスの資源化を検討する際には、草木類の伐採時における生の資材の性状として、得られたデータの中央値±10%から求めた値が活用できる(表-1)。なお、表中の強熱減量の値は、[100%-強熱減量]が灰分に相当することとなる。

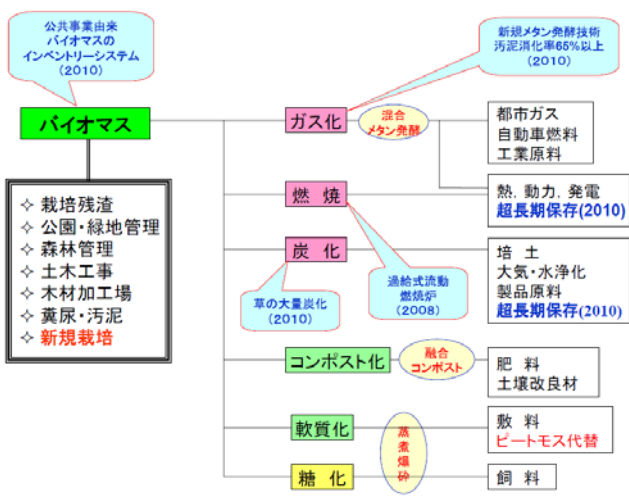


図-1 研究対象とするバイオマスと利用方法



写真-1 採取した草木試料と組成分析結果

	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

表-1 草木類バイオマスの発熱量等

(2) 発生量原単位調査

草地・緑地の管理における年間の刈り取りの時期や回数は、管理者により現地の状況に応じて決定されている。

調査は、北海道から九州までの1開発局、8地方整備局管内の河川と道路事務所のフィールドを原則1箇所ずつ選定し、平成19年度の緑地管理(写真-2)で発生した草木を対象に行った。



筑後川河川、花月川(日田市内)



北九州国道、国道3号線福岡バイパス



酒田河川国道、赤川(内川)



青森河川国道、浪岡バイパス

写真-2 公共施設等の維持管理作業の状況

河川、道路のそれぞれ10ヶ所の事務所から延べ126検体の試料を採取しており、現在、試料に対応する維持工事等の施工実績データを収集整理中である。

さらに、除草に関しては年間の刈草回数と発生量の関係の調査も行っており、現在、調査結果の解析を進めているところである。

3.2 実用システム

3.2.1 輸送収集システム

これまでの国内のバイオマス利用については、発生場所が点在し発生量が少ないなど、収集運搬が課題となる場合が多かった。

本研究で対象とする草木系バイオマスの発生元はいずれも公共施設・公共空地であり、その整備や管理は公的セクターが担っている。発生バイオマスは、ほとんどの場合、管理者である公的セクターが専門業者・団体に委託して処分等を実施している。このため資源として活用するために収集・運搬しようとするれば、毎年の管理業務のなかで、管理者が単に委託業者等に指示すれば事足りることとなる。このことが国内の各種のバイオマス資源の中でも公共事業由来バイオマスが利用可能性が高い優れた資源とする一要因となっている。

3.2.2 利用方法と利用先

主な利用メニューは前掲の図-1に示した。利用方法や利用先は、個々の地域の社会・産業構造により決まるものである。

河川や道路管理の現地調査結果では、刈草の全量が畜産に利用されている箇所もあった。一方、都市部に近いほど発生材は処分の対象とされ、本来、管理主体が適正に行うべき処分工程も、施設の容量不足や経費難から支障が生じている事例も多く聞かれた。

一般的に、草木系バイオマスは燃料・エネルギー源としての期待が大きい。都市部にはエネルギー消費型の事業所が存在することから、そこへの供給が利用先として有望である。その一つとして、都道府県や市町村が管理、運営している下水処理場がある。下水処理場は多くのエネルギーを必要としている。その一方で、メタン発酵や燃焼プロセス、コンポスト化施設など資源化に繋がる施設を有する場合も多く、下水道が有する資産はバイオマスの資源化に大きく寄与するポテンシャルを有している。

3.3 個別技術の開発

(独) 土木研究所では、バイオマスの資源化・利用のための各種の技術開発を行ってきた。これらの多くは当研究所固有の開発技術である。

3.3.1 これまでに開発した技術

(1) 加工改質技術

木質バイオマス利用のために推奨される改質技術として、E. A. Delongにより1975年にカナダ国において開発された爆砕技術がある。本技術は、木質チップを高温高压の水蒸気下に置き、瞬時に圧力を開放するものであり、開発当初はポップコーン技術の愛称で呼ばれた。木質の用途により、与える高温高压の程度を変化させるものである。

農林水産省の研究機関は27年ほど前に木材資源の活用のための大規模なプロジェクト²⁾に着手、家畜飼料化の研究を行い給餌マニュアルまで整備した。(独) 土木研究所は、抜根材をピートモス代替として直接に法面緑化の厚層基盤材とする技術³⁾やメタン発酵の原料とする技術⁴⁾を整備してきた。

(2) 混合メタン発酵技術

下水汚泥が持つ微生物資源の特長を生かして、他の有機物からのメタンガス生産を効率的に行う方法である。実用検討の際のメタン発酵成績を表-2に示す。特に刈草からのメタン生成が注目されると予測されたことから、そのためのリアクターも検討している。小規模な下水処理場しかない地域であっても刈草が主体となるメタン発酵が成立することとなる。

なお、下水汚泥は好気性の微生物反応にも効果的に作用する。有機物の堆肥化においては融合コンポスト化法として認知されている。

	ガス発生率(m ³ /t-DS)		消化率 (DS減少率: %)	脱水汚泥 (含水率: %)	備考
	全ガス	CH ₄			
爆砕・木質	700	300	66	75	中温消化
厨芥	1000	680	100	80	中温消化
	800	480	95	80	高温消化
産菌床	200	120	39	75	中温消化
干草	390	200	59	75	中温消化

表-2 混合発酵によるメタン発酵成績

(3) バイオガス利用技術

バイオガスは天然ガスと同様に活用することが可能である。社会的に最も効果的な利用方法は自動車燃料であると分析し、関係者との勉強会から

スタートして技術開発を進め、先般、神戸市において市営バスに利用するためのプラントが完成し本格的に実用化された⁵⁾ (写真-3)。

また、利用を支援する技術として、バイオガスを効果的に大量貯蔵する吸着貯蔵技術も整備している⁶⁾。

(4) エネルギー転換技術

下水汚泥は石炭に類する熱量を保有しているが、脱水物でも高含水であるために相当のエネルギーを投入して焼却されている。こうした状況を踏まえ、保有熱量を最大限に活かせること、下水処理場に集積されるバイオマスの加工残渣や発酵残渣から更にエネルギーを開発利用すること、バイオマスに含まれている灰分の資源利用をも図ることが可能なシステムを中核技術とした、新しいタイプの焼却炉である過給式流動炉を開発した⁷⁾。



写真-3 こうべバイオガスステーション

3.3.2 開発中の技術

(1) 大量炭化技術

刈草・剪定等で発生し回収された草木は完全に生の状態であり、集積先での保管は直ちに腐敗に繋がる。

バイオガス生産等、生の状態で直ちに資源化できるものは支障ないが、そうでない場合はある程度の期間、安定的に貯留しておく必要がある。その方法として炭化、それも一度に大量の生草を炭化することを想定した開発に取り組んでいる。

これまでの基礎的な実験からは、炭化工程で発生する乾留ガス成分対策がポイントとなることが示され、現在、効果的な炭化方法、炉形式について検討を進めているところである。

(2) バイオガスエンジンシステム

バイオガスの生産が拡充されつつあるが、その用途の一つとしてガスエンジン発電等の燃料とするものがある。しかし、現状では規模の大きな施設でスケールメリットを働かせないと、ガスエンジンシステムの整備に要するコストの面で不利となり、普及が進んでいない。そこで、安価な汎用型エンジンを活用したシステムの開発を行っている。既に通常のバイオガスの組成であるCH₄濃度：55%-v/vでも安定稼動するエンジンシステムを開発しており、今年度は長期実証運転を行うこととしている。

(3) その他の技術

本研究の対象バイオマスに含まれる灰分には、リンなどの資源的価値を有する成分が含まれる。これらを直ちに利用しない場合に、処分するのではなく、資源として利用ニーズが高まる時期まで保存して残していくことが重要であり、現在、その長期保存技術について検討を進めている。

また、新たに特別にエネルギー投入をすることなく、メタンガスの増産に繋げる技術開発を行っている。基礎的な実験からは良好な結果が得られており、現在、その安定性を確認している段階である。

4. 今後の課題

今後、地球温暖化対策の取り組み強化などとも相まって、地域の関係者間でバイオマスの重要性が認知されるにつれて、緑地に対する認識や価値観が大きく変わっていくことも予想される。特に公共緑地や公共空地は、管理面積が大きく、管理されるバイオマス量も大きいことから注目度が高まると考えられる。

これまで、主に景観保全、環境保全の視点から管理のあり方が検討されてきたが、今後はバイオマス資源の生産という視点が重視されることも予想される。その際、地域に適合する有用種、優先栽培種の開発や、環境・景観との調和のあり方等の検討が重要となると思われ、早期の検討が望まれる。

謝 辞

ここに報告した成果は、多くの関係機関、団体、組織の参画と協力に基づいて得られたものである。ここに記してご協力、関係して下さった方々に感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 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、平成20年2月
- 2) 農林水産省農林水産技術会議事務局編：バイオマス変換計画－豊かな生物資源を活かす－、光琳、1991
- 3) 牧孝憲、高橋徳、舛田智江、根本健児、落修一：木質爆砕物の法面緑化資材としての利用、土木学会論文集G、Vol.62、No.2、pp.220-228、2006
- 4) 落修一、南山瑞彦、長沢英和、鈴木穰、越智崇：木質系廃棄物の爆砕による下水汚泥との混合・メタン発酵技術、土木技術資料、Vol.46、No.1、pp.56_61、2004
- 5) 村越浩二、宮本博司、寺岡宏、落修一：消化ガスのバイオ天然ガス化、学会誌「EICA」、Vol.12、第2/3合併号、pp.53-60、2007
- 6) 落修一、丸山勝美、金森聖一：消化ガスの吸着貯蔵法、土木技術、Vol.58、No.11、pp.93-102、2003
- 7) 落修一、岩井良博、寺腰和由、鈴木善三、大庭賀夫：過給式（加圧）流動炉の開発、土木技術資料、Vol.50、No.6、pp.32-35、2008

落 修一*



(財)下水道新技術推進機構,工博 (前独立行政法人土木研究所つくば中央研究所材料地盤研究グループリサイクルチーム総括主任研究員)
Dr. Shuichi OCHI

岡本誠一郎**



独立行政法人土木研究所つくば中央研究所材料地盤研究グループリサイクルチーム上席研究員
Seiichiro
OKAMOTO