

都市における再生可能エネルギー活用の推進 —都市の植物廃材の利用—

曾根直幸* 山岸 裕** 栗原正夫***

1. はじめに

様々な活動が集約的に展開され、大量のエネルギーが消費されている都市では、地球温暖化問題の主要因である温室効果ガスが大量に排出されている。このため国土交通省は、都市の低炭素化の促進に関する法律（平成24（2012）年8月29日成立）等により、低炭素都市づくりを推進している。

低炭素都市づくりの方策の一つに、公園緑地や街路樹等から発生する剪定枝・刈草等（以下「都市由来の植物廃材」という。）のエネルギー源としての活用がある¹⁾。また都市由来の植物廃材の活用は、東日本大震災以降、災害時における自立的なエネルギー確保の観点からも期待されている。都市由来の植物廃材をエネルギー源として活用する一連のプロセスは、図-1に示すイメージとなる。

本稿では、このような背景のもとに国総研緑化生態研究室で取り組んでいる「都市における地産地消型再生可能エネルギー活用の推進」を目標とした研究の内容について報告する。

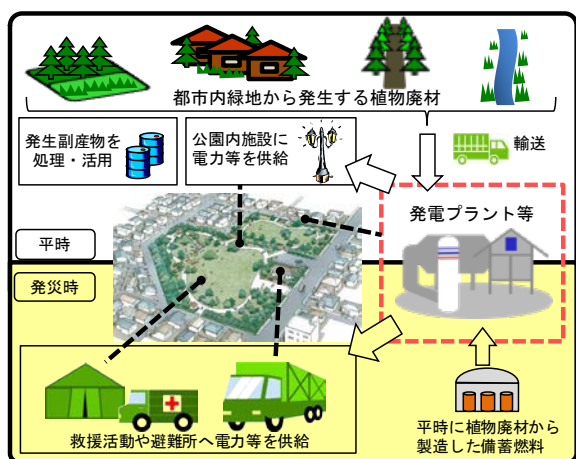


図-1 都市由来の植物廃材の活用に係るプロセス

2. 研究の背景と目的

2.1 都市におけるバイオマス活用推進の必要性

(1) 地球温暖化への対応

化石資源を除く動植物に由来する有機物、

すなわちバイオマスは、生命と太陽エネルギーがある限り再生可能な資源であるため、バイオマスのエネルギー源としての利用は、地球温暖化の防止や循環型社会の形成に大きく貢献するものである²⁾。

地球温暖化への対応としては、第四次環境基本計画（平成24（2012）年4月27日）で2050年までに温室効果ガス排出量を80%削減する目標が設定されているが、これを踏まえて策定された革新的エネルギー・環境戦略（平成24（2012）年9月14日）において、バイオマス発電は2010年144億kWhから2030年328億kWhと2倍以上の成長が見込まれている³⁾。

(2) 災害時の自立したエネルギー源の確保

東日本大震災においては、東北・関東の広い範囲で停電が発生し、東北電力管内の復旧率は、地震発生3日後に約80%、8日後でも約94%だった⁴⁾。阪神・淡路大震災では発災6日後に電力供給の100%が復旧完了した⁵⁾が、いずれも発災数日間の停電により避難生活や救援活動等に影響が生じた。また、東日本大震災では東京都心部でも地震により公共交通機関が麻痺し、多くの帰宅困難者が発生した。

このため、地域の避難施設等において、災害時のライフライン復旧までの数日間、最低限必要な電力等を自立的に確保することの重要性が再認識され、再生可能エネルギーであるバイオマスにも注目が集まっている。

2.2 都市由来の植物廃材の現状と課題

都市由来の植物廃材は、森林で発生する間伐材等と比べ、エネルギー消費地である都市内やその周辺に存在するため、搬出や搬送に係るエネルギーやコストを抑制でき、地産地消型の再生可能エネルギーとしての利点を有している¹⁾。一方、土木研究所の推計によれば、都市由来の植物廃材の発生量は全国で約1,986千t/年（dry）であり、下水汚泥とほぼ同量とされている⁶⁾が、エネルギー源としての利用は進んでいない。

The promotion of the use of locally produced and consumed renewable energy in cities ~ Research on technology of making energy locally from pruning and mowing waste ~

都市由来の植物廃材は、これまで主に廃棄物の削減、循環型社会の実現の観点から、堆肥やチップ舗装材料等としての利活用が進められ、国営公園においては、約47,000㎡の植物廃材のうち約90%が堆肥化またはチップ化されている。しかし、年度内に活用されるものはそのうち約5割程度であり、需給バランスの改善が課題とされている⁷⁾。また、地方公共団体でも、横浜市では、毎年約20,000t発生している植物廃材のうち、約12,000tが焼却処分されている⁸⁾。

2.3 本研究の目的

地球温暖化への対応、災害時における自立型エネルギー源の確保のため、都市におけるバイオマスの活用が求められている一方、都市由来の植物廃材の多くが焼却処分されている。

本研究は、このような現状と課題を踏まえ、国や地方公共団体が都市由来の植物廃材を地産地消型再生可能エネルギーとして活用するにあたり必要な科学的・技術的知見をとりまとめることを目的としたものである。具体的には、各種エネルギー利用手法による都市由来植物廃材の利活用の可能性を検討するとともに、特に都市由来の植物廃材に適していると考えられるガス化発電技術の実証実験を行う。

3. 都市由来の植物廃材のエネルギー利用手法に関する検討

3.1 植物廃材の発生状況等に関する基礎調査

都市由来の植物廃材の発生状況については、これまで全国規模での詳細な実態調査はほとんど行

われていないため、最新状況について把握しておく必要がある。現在、地方整備局等において道路、河川、公園の管理を担当している事務所と、一部の地方公共団体にご協力をいただき、年間の植物廃材発生量や季節変動、また、管理施設等におけるエネルギー需要等について調査を行っている。

3.2 技術開発動向に関する調査

バイオマスのエネルギー利用手法に関しては、国内外で技術開発が進められており、例えば製材所や工事現場等で大量に発生する廃材を直接燃焼し蒸気タービンで電力を生み出す技術が実用化されている。また、ペレットボイラーによる熱利用をはじめ、発電以外のエネルギー利用技術も多い。

このため、各分野で開発・実用化されている技術について、稼働状況や実際に生じている課題等も含めて情報収集し、都市由来植物廃材を原料とした場合の活用可能性を検討することとしている。

3.3 都市由来の植物廃材に適したエネルギー利用手法に関する科学的・技術的知見のとりまとめ

都市由来の植物廃材を地産地消型再生可能エネルギーとして活用するために最適な手法は、植物廃材の発生量やエネルギー需要、土地利用など、各都市の状況により一つではない。また、研究・実証段階の技術も数多く、新たな課題が生じることも想定される。

このため、とりまとめにあたっては、幅広い選択肢について、都市の性格やエネルギー利用施設設置場所の規模、周辺環境等により分かりやすく、想定される課題も含めて整理したい。

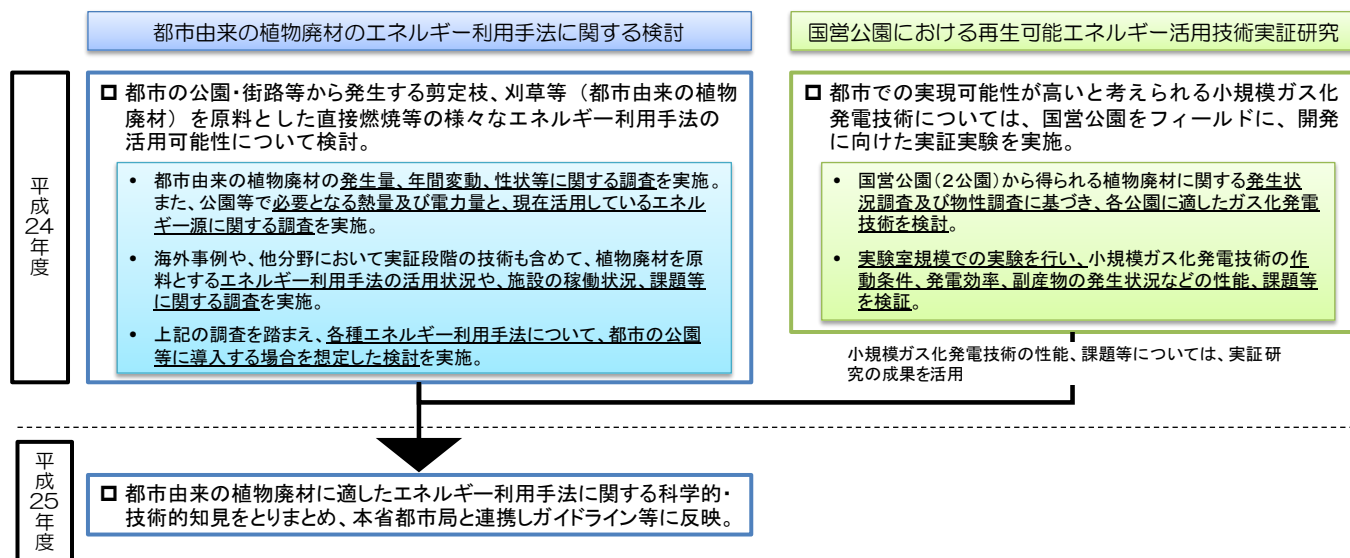


図-2 都市における地産地消型再生可能エネルギー活用の推進に係る研究の全体フロー

4. 国営公園における再生可能エネルギー活用技術実証研究

4.1 実証研究の対象とする技術

土地利用の稠密な都市において植物廃材を再生可能エネルギーとして活用するためには、用地取得や植物廃材の輸送に係るコストを低減するため、小規模分散型の発電方式とすることが有効である。

バイオマスの種類、変換方式、発電設備の組み合わせにより様々なものが存在するバイオマス発電システム(図-3)の中で、現在、主に行われている発電システムは、直接燃焼・水蒸気タービン発電とメタン発酵・ガスエンジン発電であるが、実証段階のシステムにガス化発電がある¹⁰⁾。

ガス化とは、木質等のバイオマスを低酸素又は無酸素条件下で熱分解し、水素、一酸化炭素、メタン等の可燃性ガスを発生させるもので、発生したガスをエンジン発電機等で電力に変換する。バイオマスから可燃性ガスを発生させる際のエネルギー効率が約70%であり、エンジン発電機の効率が約30%と高いことから、小規模なシステムでも20%の発電効率が得られることとなる¹¹⁾。

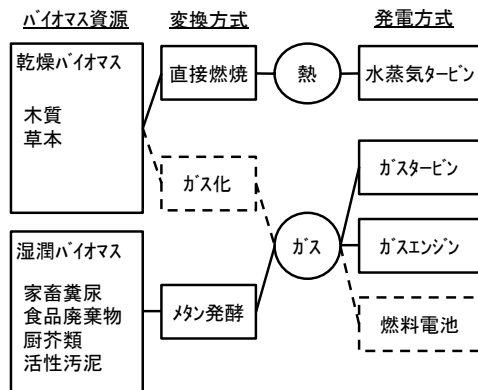


図-3 バイオマス発電システム1

ガス化に関する技術開発における課題としては、タール等の抑制・除去・利用技術、ガス化原料調整のための効率的なバイオマス粉碎技術等が挙げられる¹²⁾。タールとは、ガス化の際に可燃性ガスと一緒に発生する高分子炭化水素であり、沸点(200~800℃)以下で黒い油状の液体となり、配管閉塞や機器トラブルの原因になるものである。

そこで本研究では、都市由来の植物廃材に適した小規模ガス化発電技術を検討し、その性能(発

電効率、作動条件等)や課題(ランニングコスト、CO₂排出量等)を検証するため、2箇所の国営公園をフィールドとした実証研究にも取り組んでいる。

4.2 国営みちのく杜の湖畔公園における実証研究

国営みちのく杜の湖畔公園(宮城県柴田郡川崎町、開園面積約320ha)で発生する植物廃材は主に刈草であり、年間で剪定枝・伐採木(写真-1左)約160m³、刈草等(写真-1右)約2,500m³が発生している(H20~H22の平均)。また、公園に隣接するダム湖(釜房湖)では洪水等の際に流木が発生しており(写真-2)、流木を含めたエネルギー利用について検討を行うことも考えている。

技術的には、タールの燃料等としての利用を想定し、タール回収・利用技術を導入した小規模ガス化発電システムの実用可能性を検証することとしている。



写真-1 園内で発生した剪定枝・伐採木(左)、刈草(右)



写真-2 公園に隣接するダム湖で回収された流木

4.3 国営昭和記念公園における実証研究

国営昭和記念公園(東京都立川市・昭島市、開園面積約165ha)では、年間で剪定枝・伐採木約1,100m³、刈草等1,400m³が発生している(H20~H22の平均)。

当公園をフィールドとした実証研究では、剪定枝をガス化炉に投入する前に炭化することで炭素以外の成分を除去し、ガス化炉でのタールの発生を抑制する技術の導入を想定している。

この炭化・ガス化の2段階システムは、不安定な含水率の安定化、運転容易性の向上といった課題を解決することも期待でき、システム全体の実用可能性の検証を行うこととしている。(写真-3)。

¹ 河本(2011)¹⁰⁾をもとに作成。破線で示した技術は実用に至っていない(ガス化は実証段階、燃料電池は将来的に期待される技術)とされている。



写真-3 公園の植物廃材を用いた炭化試験の様子

5. 都市域における植物廃材利活用プロセスの検討について

都市由来の植物廃材は、都市内で広く薄く分散して発生するものであるため、その発生量や特性に適した技術を開発することに加えて、施設の配置、収集・運搬など、都市域全体での植物廃材利活用プロセスの検討も重要である。

このような課題に対して、現在、国土交通省都市局公園緑地・景観課緑地環境室において、モデルとなる地方公共団体（北九州市及び松本市）と協力し、実証実験が進められている。

最終的には、本研究の成果である植物廃材のエネルギー利用手法に関する科学的・技術的知見を国土交通本省における検討に反映し、都市における地産地消型再生可能エネルギーの導入に関するガイドライン等を作成する予定である。

6. おわりに

都市における地産地消型再生可能エネルギー活用を推進するための科学的・技術的知見は、地球

温暖化への対応、災害に強い都市の実現が強く求められるなか、持続可能な社会を実現するために、早急に確立していかなければならない土木技術の一つである。

都市や公園緑地以外の分野でも技術開発が進められている状況下での研究であり、関連する分野に協力いただきながら研究を進めてまいりたい。

参考文献

- 1) 国土交通省都市・地域整備局：低炭素都市づくりガイドライン、2010
- 2) 農林水産省：バイオマス活用推進基本計画（平成22年12月閣議決定）、2010
- 3) 2012年10月24日環境省中央環境審議会地球環境部会（第111回）参考資料5
- 4) 2012年4月25日経済産業省総合資源エネルギー調査会総合部会電力システム改革専門委員会（第4回）資料5
- 5) 2011年5月28日内閣府中央防災会議東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会（第1回）参考資料2
- 6) 木原均、長沢英和、落修一、鈴木善三：高含水バイオマスの熱科学的エネルギー直接変換技術に関する研究報告、環境システム計測制御学会誌、pp189～196、2006
- 7) 柳原季明：公園緑地における緑のリサイクルの動向、資源環境対策41（5）、pp.2～7、2005
- 8) 平山実：横浜市における緑のリサイクル施策、資源環境対策41（5）、pp.13～17、2005
- 9) 大阪府：大阪府バイオマス利活用推進マスタープラン、2006
- 10) 河本晴雄：バイオマス発電システムの設計、バイオマスを利用した発電技術、シーエムシー出版、pp.3～13、2011
- 11) 吉川邦夫：バイオマスの低カロリーガス化と分散型発電、バイオマスを利用した発電技術、シーエムシー出版、pp.74～87、2011
- 12) バイオマス活用推進会議：バイオマス事業化戦略、2012

曾根直幸*



国土交通省国土技術政策総合研究所環境研究部緑化生態研究室
研究官
Naoyuki SONE

山岸 裕**



国土交通省国土技術政策総合研究所環境研究部緑化生態研究室
主任研究官
Yutaka YAMAGISHI

栗原正夫***



国土交通省国土技術政策総合研究所環境研究部緑化生態研究室
長
Masao KURIHARA