

都市の緑のエネルギー利用方策に関する 技術的指針(案)

平成26年3月

国土交通省 都市局公園緑地・景観課

目次

1	はじめに	1
2	構想	5
2.1.	取組の意義	5
2.2.	導入シナリオと運用イメージ	11
3	計画	18
3.1.	エネルギー供給設備の方式・規模の検討	18
3.2.	エネルギー供給施設の設置可能性の検討	23
3.3.	対象とする木質バイオマスの検討	26
3.4.	コスト・CO ₂ 収支の検討	30
4	設計	37
4.1.	剪定・収集・運搬	37
4.2.	加工・保管・乾燥	43
4.3.	発電・熱供給・後処理	47
5	地域社会・民間事業者との連携	50
5.1.	実施・運営主体の検討	50
5.2.	事業スキームの検討と留意点	52
6	おわりに	55
	< 附録 >	57

1 はじめに

第1章（はじめに）では、本技術的指針の導入部分として、技術的指針の目的や対象、位置づけ、構成、検討範囲について示しています。

1) 技術的指針の目的

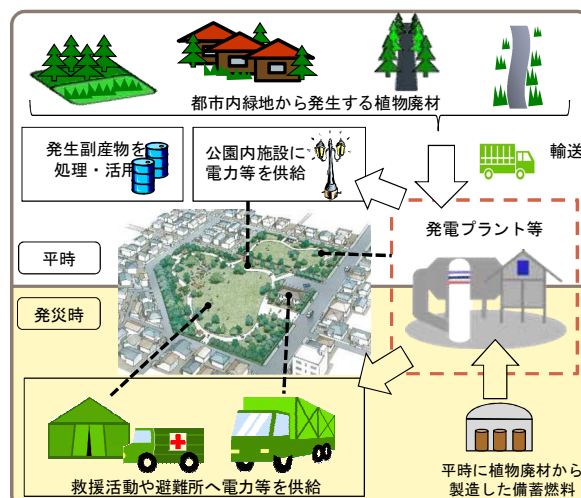
東日本大震災においては、電力供給が寸断され、避難・救援活動に大きな影響を及ぼしました。その教訓を踏まえて、大規模発電施設による一極集中型の電力供給を見直す動きがあります。また、地球温暖化への対応の観点から、「低炭素都市づくりガイドライン」（平成22年8月、国土交通省都市局）や「都市の低炭素化の促進に関する法律」（平成24年12月）、「都市の低炭素化の促進に関する基本的な方針」（平成24年12月）において、木質バイオマス等の利用の促進を図ることが明記されています。

災害時に必要なエネルギーを自立して供給できる都市の構築や地球温暖化への対応が重要になっていることを踏まえ、現在、大部分が焼却処分されており、都市の未利用エネルギーとして利用可能な公園・街路等から発生する植物廃材を、地産地消型自然エネルギーとして活用することで、災害にも強い低炭素・循環型都市の実現を図る必要があります。

このような背景から、都市の緑のエネルギー利用方策についての基本的な考え方や対策手法を体系的に示すことにより地方公共団体等の取組を支援することを目的に本技術的指針を作成しました。

なお、本技術的指針に盛り込まれた内容は、国土交通省都市局が平成24～25年度に実施した実証的調査¹の成果等を踏まえて作成しています。

図表1-1 都市の緑のエネルギー利用のイメージ



¹ 実証的調査は、長野県松本市と福岡県北九州市をモデル都市として実施しました。

＜自律・分散型エネルギー社会の構築＞

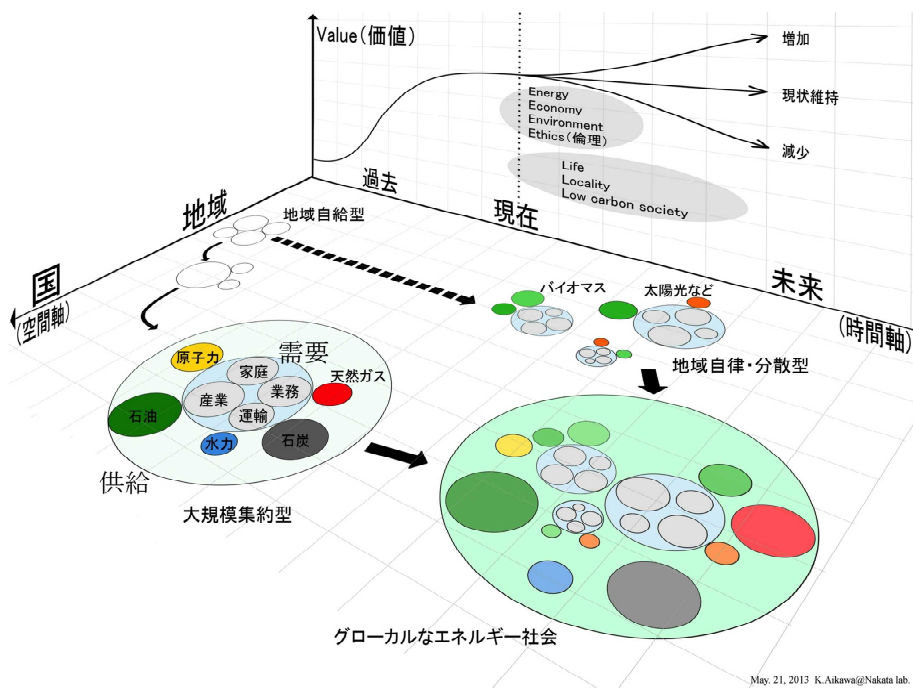
東日本大震災における教訓を踏まえ、都市においては“レジリエンス（強靭さ）”という観点から、自律・分散型エネルギー社会の構築が強く求められており、地方公共団体においてもエネルギーセキュリティの向上が課題となっています。

従来、エネルギー供給は効率性の観点から大規模集約的に行われてきましたが、IT等の発展に伴い、自律・分散型のエネルギー供給システムの効率化が図られています。

図表1-2は、地域の空間分布と其特征に根ざしたエネルギー社会設計の概念図を示しています。明治開国以来の大規模集約型のエネルギー供給と、自律・分散型システムの利点を兼ね備えたグローバル（global と local の混成語）なエネルギー社会設計は、地域の将来像を描く上での一つの解になると考えられます。

都市由来の植物廃材を活用したエネルギー利用は、まさに地産地消型の自然エネルギーであり、中長期的な視点から、都市における自律・分散型エネルギー社会の構築に向けたきっかけとして位置づけることができ、この視点から、都市の緑のエネルギー利用の導入効果を、中長期的に検討することも考えられます。

図表1-2 時間軸と空間軸を考慮したエネルギー社会の変遷



出所) 東北大学・中田委員プレゼンテーション資料

2) 技術的指針の対象

本技術的指針は、都市の緑のエネルギー利用を推進するために、地方公共団体の都市計画担当者や環境・エネルギー計画担当者等が、各都市における緑の賦存量やエネルギー需要等に配慮して、各都市の地域特性に合った効果的な対策を講ずるための取組を支援するものとして、地方自治法第 215 条の 4 の規定に基づき行う「技術的な助言」の性格を有するものです。

3) 技術的指針の位置づけ

本技術的指針は、都市の低炭素化の促進に関する法律（平成 24 年 12 月施行）の施行に併せ作成された「都市の低炭素化の促進に関する基本的な方針（平成 24 年経済産業省、国土交通省、環境省告示第 118 号）」及び「低炭素まちづくり計画作成マニュアル（平成 24 年 12 月国土交通省、環境省、経済産業省）」を補完する「低炭素まちづくり実践ハンドブック」（平成 25 年 12 月、国土交通省都市局）に関連し、都市の緑のエネルギー利用方策に関する技術的資料をまとめたものです。

4) 技術的指針の構成

本技術的指針は、「構想」→「計画」→「設計」→「地域社会・民間事業者との連携」という検討プロセスに沿って構成されています。都市の緑のエネルギー利用方策の検討において考慮すべき事項は多岐にわたるため、はじめに取組の枠組みを構想した上で、具体的な計画、設計に落とし込んでいくことにより、効率的に検討を進めることができます。

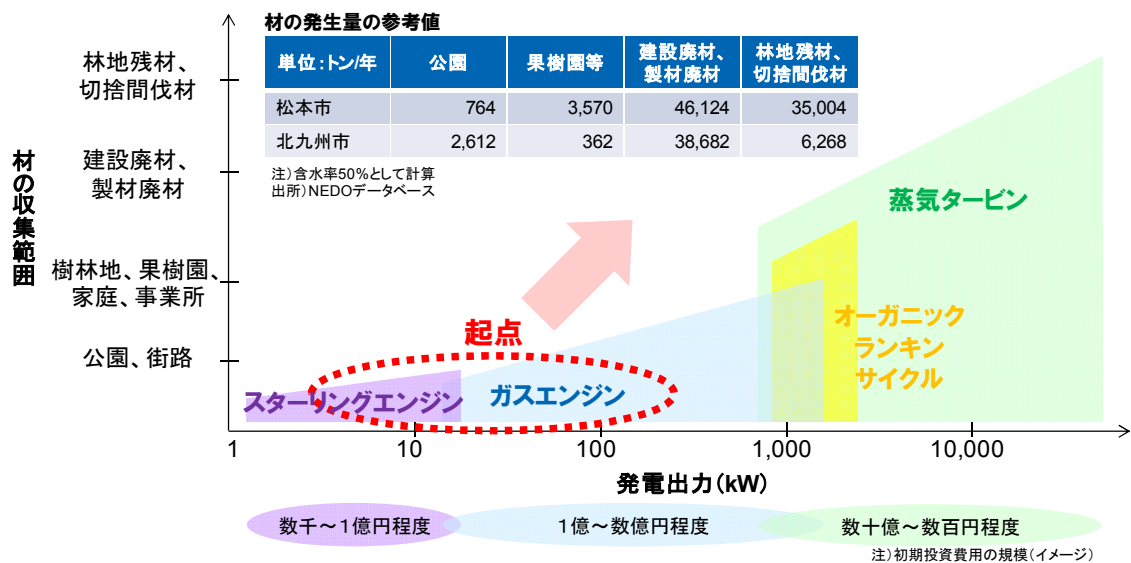
なお、各節の冒頭では、上記のプロセスにおいて検討を行うための着眼点を提示しています。

5) 技術的指針の検討範囲

本技術的指針では、公園・街路等から発生する剪定枝について、すでに地方公共団体により収集の仕組みが構築されている一方で、大部分が焼却処分されているという実態を踏まえ、地方公共団体の取組として扱いやすい公園・街路から発生する剪定枝の活用を取組の起点として徐々に収集の範囲を拡大していくという考えに立っています。また、災害時におけるエネルギー供給不足が課題となっていること等を踏まえ、電力・熱供給を行えることを前提としています。

そのため、エネルギー利用方式については、公園・街路から発生する剪定枝を中心とする少量の材（燃料）でも稼働させることができる、チップボイラーとスターリングエンジンの併用方式とガス化ガスエンジン発電方式を主な検討対象としています。ただし、熱供給のみを想定している地方公共団体においても、構想や計画に関する考え方、剪定・収集・運搬、加工・保管・乾燥、発電・熱供給・後処理といったエネルギー利用システムの設計における留意点、地域社会・民間事業者との連携等については、本技術的指針を活用することが可能と考えられます。

図表 1-3 発電方式と材の収集範囲の関係（イメージ）



注) 地方公共団体による収集の仕組みが構築されている公園・街路から発生する剪定枝等の利用を取組の起点として捉え、必要に応じて家庭、事業所、樹林地、果樹園からの剪定枝や建設廃材、製材廃材等にも検討対象を拡大する。

2 構想

第2章（構想）では、各地方公共団体の地域特性に合わせ、都市の緑を活用したエネルギー利用の導入意義を明確化するとともに、導入のシナリオや運用のイメージを作成し、導入の必要性を検討します。

2.1. 取組の意義

<ポイント>

- 現在、大部分が焼却処分されており、都市の未利用エネルギーとして位置づけられる公園・街路等から発生する剪定枝等は、バイオマスエネルギーとして発電や熱供給に利用することが可能です。
- バイオマス発電は、他の再生可能エネルギーと比較して天候等に左右されにくく、継続的に一定規模の発電・熱供給が可能という特長を有しています。
- はじめに取組の意義を明確にすることが重要です。都市の緑のエネルギー利用の取組の特徴として、環境的側面の効果、経済的側面の効果に加えて、“エネルギーの地産地消”による災害にも強い自律・分散型エネルギー社会の構築や、“緑地の管理・活用”による景観の形成や生物多様性の確保、“地域密着・地域協働型の取組”による地域コミュニティの活性化といった社会的側面の効果があることが挙げられます。
- 従来から行われてきた緑地管理や廃棄物処理の取組にエネルギー利用を加え、3つの課題に同時に取り組むことにより、導入の意義を高めることができます。

1) 剪定枝等のバイオマスエネルギーとしての利用

公園・街路等から発生する剪定枝等は、現在、大部分が焼却処分されており、都市の未利用エネルギーとして位置づけられます。

国土交通省都市局が平成 24～25 年度に実施した実証実験では、チップボイラーとスターリングエンジンの併用方式とガス化ガスエンジン発電方式について試験発電を行いました。図表 2-1 に、剪定枝チップを用いた試験発電の結果を示しています。実証実験の結果、加工や乾燥等の処理を適切に行うことで、公園・街路や家庭等から発生する剪定枝をバイオマスエネルギーとして利用できることが確認されました。

図表 2-1 剪定枝チップを用いた試験発電の結果

項目		チップボイラーとスターリングエンジンの併用方式		ガス化ガスエンジン発電方式
設備概要		無圧式バイオマス温水機(200kW) +スターリングエンジン(9.9kW)		ガス化システム+ コジェネレーションシステム (発電25kW、温水39kW)
燃料投入量		約80kg/h		約20kg/h
剪定枝 チップの 条件	形状	切削	破碎	破碎
	含水率	18.2%	15.3%	15%以下
	乾燥の有無	自然乾燥	自然乾燥	強制乾燥
エネルギー 供給量	発電	6.4kW	6.7kW	25kW
	熱供給	200kW	200kW	39kW
エネルギー効率 (システム全体)	発電効率	2.5%	2.6%	18.6%
	総合効率	79.4%	79.5%	47.7%

2) 小規模バイオマス発電の特徴

図表 2-2 に、エネルギー供給という観点からの各分散型電源の比較を示しています。小規模バイオマス発電は、発電規模、災害発生時等の発電維持日数という点で他の再生可能エネルギーより優れており、天候等の影響を受けにくいというメリットがあります。また、熱供給が可能であるという点も大きな特長の一つです。

図表 2-2 エネルギー供給という観点での各分散型電源の比較

分散型電源の種類	発電規模の目安			発電維持日数の目安			熱供給	備考 (特徴、留意点等)
	~10kW	~100kW	~1,000kW	~数日	~数週間	~数カ月		
バイオマス発電 (小規模)	[Bar chart showing scale from ~10kW to ~1,000kW]			[Bar chart showing maintenance days from ~数日 to ~数週間]			○	<ul style="list-style-type: none"> 気象条件に左右されにくく、継続的に発電・熱供給が可能
太陽光発電システム +蓄電池	[Bar chart showing scale from ~10kW to ~100kW]			[Bar chart showing maintenance days from ~数日 to ~数週間]			×	<ul style="list-style-type: none"> 気象条件に左右されやすい 技術的な成熟度が高い
小型風力発電機 +蓄電池	[Bar chart showing scale from ~10kW to ~100kW]			[Bar chart showing maintenance days from ~数日 to ~数週間]			×	<ul style="list-style-type: none"> 気象条件に左右されやすい
ガスコージェネレーションシステム	[Bar chart showing scale from ~10kW to ~1,000kW]			[Bar chart showing maintenance days from ~数日 to ~数週間] 都市ガス (short bar), LPガス (long bar)			○	<ul style="list-style-type: none"> 都市ガスは停止する可能性 / LPガスは燃料の備蓄が不可欠 技術的な成熟度が高い
家庭・業務用 発電発電機	[Bar chart showing scale from ~10kW to ~100kW]			[Bar chart showing maintenance days from ~数日 to ~数週間]			×	<ul style="list-style-type: none"> 燃料の備蓄が不可欠 (災害時に入手困難)

3) 災害発生時等におけるエネルギーの使用状況

図表2-3は、東日本大震災における住居・避難所での電気・ガス機器の使用状況を示しています。

電力は震災発生から数日程度で概ね復旧し、情報・通信機器や照明機器といった緊急性の高い電気機器の使用は必要最低限の範囲で可能となりましたが、給湯や厨房関連の緊急性の低い電気機器の使用は震災発生から1週間程度で徐々に使用できるようになりました。また、ガスの復旧には1カ月以上を要しており、ガスを使用する給湯器やガスコンロ等は震災発生から数週間経っても使用できない状況が続きました。

一般的には、震災発生から数日間程度は、情報の授受や通信、最低限の明かりを確保するため、電力に対する需要が大きいといえますが、避難生活が長引くと、時間の経過とともに「シャワーや入浴をしたい」、「温かいご飯を食べたい」等といった給湯や厨房を中心とする熱利用に対するニーズが大きくなります。

図表2-3 東日本大震災における住居・避難所での電気・ガス機器の使用状況

	用途	機器	震災発生直後～数日	～1週間	～2週間
電気機器	情報・通信	テレビ、ラジオ、電話等	△ ・一部、バッテリー駆動のものや非常用電源機で使用可	○	○ (同左)
	照明	照明器具等	△ ・避難所では非常用電源機で使用可	○	○ (同左)
	給湯	電気温水器、ポンプ等	× ・使用不可	△	△ (同左)
	厨房	冷蔵庫、電子レンジ、クッキングヒーター等	× ・使用不可	△	○ ・電気の復旧により使用可
ガス機器	給湯	給湯器	× ・使用不可	×～△ ・LPガス一部使用可、都市ガス使用不可 ・避難所では燃料不足により使用制限	×～△ (同左)
	厨房	ガスコンロ等	× ・使用不可	×～△ ・LPガス一部使用可、都市ガス不可 ・避難所では燃料不足により使用制限	×～△ (同左)

注) 青森県八戸市、岩手県久慈市、大槌町、宮城県仙台市、栗原市、福島県会津若松市、相馬市の自治体(一部企業・業界団体含む)へのヒアリング調査に基づく

出所) 東北経済産業局「東北地域のポテンシャルを活かしたスマートコミュニティ関連産業の創出促進に関する調査事業報告書」に基づき作成

4) 本取組の導入の意義の検討

本取組の導入の必要性を検討するためには、各地方公共団体の地域特性を踏まえ、どのようなメリットを重視するかを検討し、導入意義を明確化しておくことが重要です。

都市の未利用エネルギーである公園・街路等から発生する植物廃材を活用したエネルギー利用の特長として、CO₂削減、ごみの減量化・再資源化といった環境的側面の効果、廃棄物処理費用の軽減、光熱費削減といった経済的側面の効果に加えて、“エネルギーの地産地消”による災害にも強い自律・分散型のエネルギー社会の構築や、“緑地の管理・活用”による景観の形成や生物多様性の確保、“地域密着・地域協働型の取組”による地域コミュニティの活性化といった社会的側面の効果があることが挙げられます。

図表 2 - 4 に都市の緑のエネルギー利用による主なメリットを示しています。

図表 2 - 4 都市の緑のエネルギー利用による主なメリット

	主なメリット	概要
環境的側面	CO ₂ 削減	・バイオマスはカーボンニュートラルという特性をもち、エネルギー利用による化石エネルギー由来のCO ₂ 排出量の削減に貢献。
	ごみの減量化・再資源化	・ごみ(焼却施設へ持ち込まれるもの)の中で一定量を占める剪定枝ごみの削減に貢献。 ・バイオマスエネルギーとして利用することで、低炭素・循環型社会の構築に貢献。
経済的側面	廃棄物処理費用の軽減	・剪定枝等の処分にあたっては、焼却場へ持ち込む場合は処分費用が発生。 ・エネルギー利用により、これらの処分費用がかからなくなる可能性(条件次第では買い取ってもらえる可能性)。
	光熱費の削減	・エネルギー利用により、従来消費していた電力、ガス、灯油等の光熱費を削減。
社会的側面	非常時のエネルギー供給確保	・自律・分散型のエネルギー社会を構築することで、大規模災害等において系統電力等のエネルギー供給が寸断された場合への対応が可能。 ・避難所への電力・熱供給の他、熱エネルギーは温浴施設等にも活用可能で、被災者支援としても有効。
	緑地の管理・活用	・都市緑辺部に広がる里山等の管理は、景観の形成や生物多様性の確保等の観点から重要。 ・これらの取組を維持・推進するためには、地域やNPO、民間事業者等の参加が必要。木質バイオマスのエネルギー利用による発生材への価値の付加により、管理活動の経済性を高め、緑地の管理活動等のインセンティブとなる可能性。
	地域コミュニティの活性化	・家庭や果樹園等からの発生材の収集時に地域通貨等を発行する等、木質バイオマス利用を通じた地域コミュニティの活性化に貢献。

本取組は、都市における人や暮らし、資源との関わりが密接であることから、非常時のエネルギー供給の確保や緑地の管理・活用、地域コミュニティの活性化等、地域社会への貢献が特長といえます。また、地域密着・地域協働型の取組であることから、投資した資金が地域に還元される仕組みであるといえます。

5) 都市の緑のエネルギー利用による様々な相乗効果

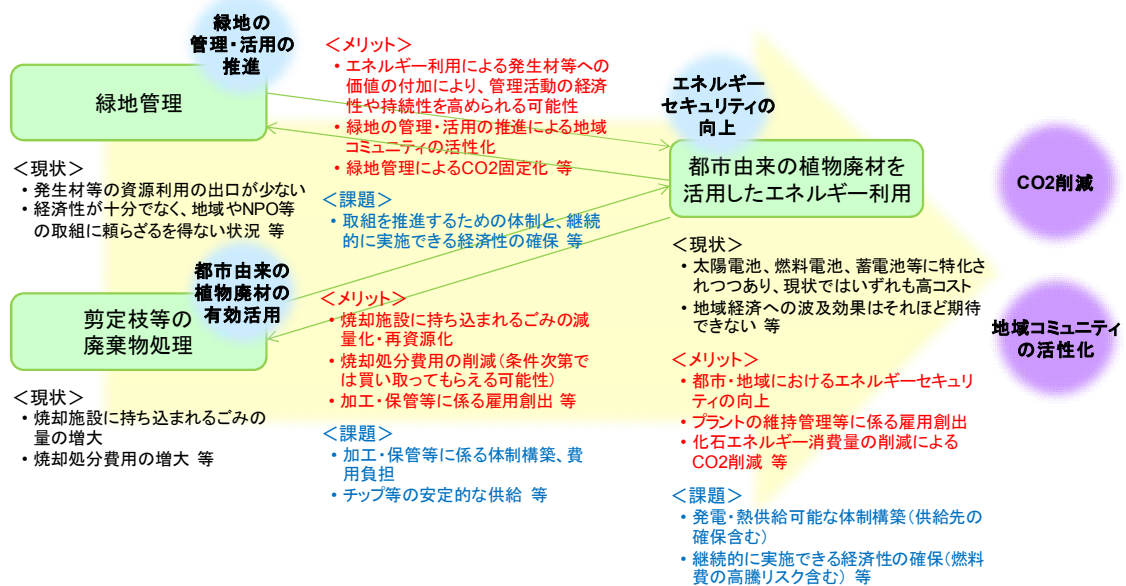
従来から行われてきた緑地管理や廃棄物処理の取組にエネルギー利用を加え、3つの課題に同時に取り組む政策として活用することにより、導入の意義を高めることができます。

従来の緑地管理や廃棄物処理の取組に、都市由来の植物廃材を活用したエネルギー利用の取組を加えることで、図表2-5に示すように様々な相乗効果が期待できます。

緑地管理の観点からは、エネルギー利用による発生材等への価値の付加により緑地管理の経済性・持続性を高められる可能性があります。また、廃棄物処理の観点からは、焼却施設に持ち込まれる剪定枝ごみの減量化・再資源化、焼却処分費用の軽減（条件次第では加工品として買い取ってもらえる可能性）等のメリットが考えられます。

さらに、都市由来の植物廃材を活用したエネルギー利用は、地産地消型自然エネルギーとして地域のエネルギーセキュリティの向上に資するとともに、3つの観点での取組を通して、都市におけるCO₂削減や地域コミュニティの活性化にもつながります。

図表2-5 都市の緑のエネルギー利用による様々な相乗効果



2.2. 導入シナリオと運用イメージ

<ポイント>

- 都市の緑のエネルギー利用の導入のおおよその実現可能性を検討するため、各都市の実状や課題等を踏まえて、導入シナリオや運用イメージを組み立てることが肝要です。
- その際は、はじめに都市内においてエネルギー需要（特に熱需要）の大きい施設等を抽出し、本取組の検討対象とする具体的な場所や施設を見極めることが重要です。
- 発生材の収集は、人口規模や産業構造等によって有望な対象が異なることに留意が必要となります。
- 地域が抱える課題の解決と結びつけて導入イメージや導入シナリオを検討すると、導入の意義がより高まります。

1) 検討対象とする場所・施設の抽出

木質バイオマスを利用したエネルギー利用の検討においては、一般的に入口としての材の確保と、出口としてのエネルギー需要の確保が論点となります。一方、都市由来の植物廃材を活用したエネルギー利用方策の検討については、公園や街路の整備が行われている都市では一定量の剪定枝が発生することから、入口としての材の確保よりも出口としてのエネルギー需要の確保の方が大きな課題となります。

そのため、本検討においては、はじめに都市内においてエネルギー需要の大きい施設や有効な用途等を把握し、災害時の利用可能性等も踏まえて、本取組の検討対象とする具体的な場所や施設を抽出することが重要です。

施設の抽出にあたっては、以下の2つの視点が特に重要と考えられます。

(1) エネルギー需要（特に熱需要）の大きな施設であること

熱需要の大きな施設としては、例えば温浴施設、スポーツ施設、医療・福祉施設、宿泊施設、公園（温室等を有するもの）、さらには面的利用等が考えられます。

地方公共団体において簡易に実施可能な方法として、ボイラーを設置している公共施設を抽出し、既設ボイラーの規模と更新時期（導入時期と耐用年数）を把握することが考えられます。地方公共団体においてボイラーの更新や新設の計画がある場合には、選択肢の一つとしてバイオマス発電・熱供給設備を採用することも考えられます。また、ボイラーが複数台設置されている場合には、すべてではなく一部のボイラーをバイオマス発電・熱供給設備に交換することも考えられます。

(2) 災害発生時等の非常時にも有効に利用できること

経済的及び環境的な側面からは、平常時において効率的に設備を稼働させることが重要となりますが、災害発生時等の非常時にもエネルギー利用可能であることは、地域のエネルギーセキュリティ向上の観点から社会的な意義が大きいといえます。

災害発生時等の非常時の利用可能性の検討においては、各地方公共団体の地域防災計画において、広域避難地と一次避難地が指定されており、検討対象とする具体的な場所や施設を検討する上での参考となります。

2) 地域特性に合った発生材収集の考え方

都市由来の植物廃材を活用したエネルギー利用の入口の視点からは、都市の中に賦存している木質バイオマスをどこから、どれだけ収集するかという検討が必要になります。

前述のとおり、都市計画等に基づき、公園や街路の整備が行われている都市においては、公園や街路から発生する剪定枝は、林地残材や切捨間伐材、建設廃材等といった他の木質バイオマスと比較すると相対的に量は少ないものの、一定量が都市内に賦存していると考えられます。

一方、林地残材や切捨間伐材、建設廃材等の賦存量は、人口規模や産業構造と密接に関連していることから、地域特性に合った検討が必要となります。地方の小規模な都市であれば、公園・街路、家庭等から発生する剪定枝に加えて、林地残材や切捨間伐材等が有望な対象となります。また、都心の中規模以上の都市になると、経済活動が活発になることから、建設廃材等も有望な対象となります。

3) 地域課題に即した導入シナリオ・運用イメージの策定

都市由来の植物廃材を活用したエネルギー利用の取組は、前述のとおり、緑地管理、廃棄物処理、エネルギー利用という3つの課題に同時に取り組むことによる様々な相乗効果が期待できる一方、現状においては、エネルギー利用に取り組まずとも、緑地管理、廃棄物処理の取組はある程度推進されていることから、エネルギー利用といった新たな取組を立ち上げるためのより強い動機づけが必要となります。

例えば、果樹剪定枝等の野焼きや管理放棄された都市緑地の拡大等、地域が抱える課題の解決と、都市由来の植物廃材を活用したエネルギー利用の取組を結びつけることで、本取組の意義を高め、取組をより強力に推進することができます。当然ながら、地域が抱える課題は各都市によって異なり、それらに応じた導入シナリオや運用イメージの策定が肝要となりますが、都市由来の植物廃材を活用したエネルギー利用は地域密着型の取組であるという特徴を有しており、地域が抱える課題の解決との関連性や親和性が高いと考えられます。

また、多くの都市において人口・世帯数の減少や少子高齢化の進展等に伴い、都市機能の集約化（コンパクト化）や過疎化への対応が求められています。将来的には、都市計画等と連動して、本取組をきっかけとする自律・分散型のエネルギー供給システムを構築し、これらをネットワーク化してエネルギーの面的な利用を推進していくことも考えられます。さらに、木質バイオマスの取組は、第一次産業である農林水産業との関連性や親和性が高いことから、これからの地場産業のあり方など、都市や地域の将来ビジョンにおいて本取組を位置づけていくことも考えられます。

【事例】温浴施設への導入シナリオ・運用イメージの例

(1) 現状

- A市では、一人当たりのごみの量が県内の他都市に比べて多く、公有の焼却施設に搬入するごみの減量化・再資源化、及び処理費用の削減が喫緊の課題となっている。
- 現状においては、ごみの中で一定割合を占める公園・街路、家庭・事業所等から発生する剪定枝の大半は焼却施設で処理されている。
- また、果樹園から発生する大量の剪定枝の中には野焼きされているものもあり、近隣住民から苦情が寄せられている。
- 市内にある公設民営の温浴施設のボイラーが交換時期を迎えている。

(2) 導入シナリオ・運用イメージ

- 公設民営の温浴施設のボイラーをチップボイラーに交換するとともに、スターリングエンジンを導入する（既設ボイラーは補助熱源設備として残す）。
- 公園・街路、家庭・事業所、果樹園から発生する剪定枝を対象として、市内のリサイクル事業者の加工場に集約し、リサイクル事業者に加工（チップ化）を業務委託する。公園・街路から発生する剪定枝は市の発注業務において搬入先を指定し、家庭・事業所、果樹園から発生する剪定枝は、一定量を地域通貨（温浴施設の入浴券等）と交換することにより、家庭や造園事業者、農家等からの持ち込みによる回収を実施する。
- 生産したチップは温浴施設に隣接する屋根付きストックヤードで保管し、温浴施設のチップボイラーの燃料とする。チップの保管やプラントの運用は温浴施設の指定管理者が担う。
- 熱（温水）と電力は、平常時だけでなく、災害発生時等の非常時にも供給することが可能。災害時には近隣住民の避難所として活用するとともに、一般市民にも広く開放する。

(3) 導入効果

- 公園・街路、家庭・事業所から発生する剪定枝ごみの減少、再資源化
- 廃棄物処理費用の削減
- 果樹剪定枝の野焼きの減少
- 温浴施設の光熱費削減や、サービス向上に伴う利用客の増加による収益の増大
- 災害時のエネルギー供給確保（特に一般市民に温浴施設を開放可能） 等

図表 2-6 温浴施設への導入シナリオ・運用イメージの例



【事例】大規模な公園への導入シナリオ・運用イメージの例

(1) 現状

- B市では、市内で管理放棄された都市緑地（特に放置竹林）の問題が深刻化している。地元NPO等による竹林管理等を支援しているが、伐採した竹の有効な活用方策（出口）が見つからず、対策が思うように進んでいない。
- また、7～8年前より、町内会単位で家庭から発生する剪定枝の収集・再資源化に取り組んでいるが、体制や予算等の制約上、現行の仕組みにおいて対象範囲を拡充していくことが難しい状況にある。
- 竹林のある緑地の近くに、温室を有する大規模な公園があり、既設ボイラーが交換時期を迎えている。

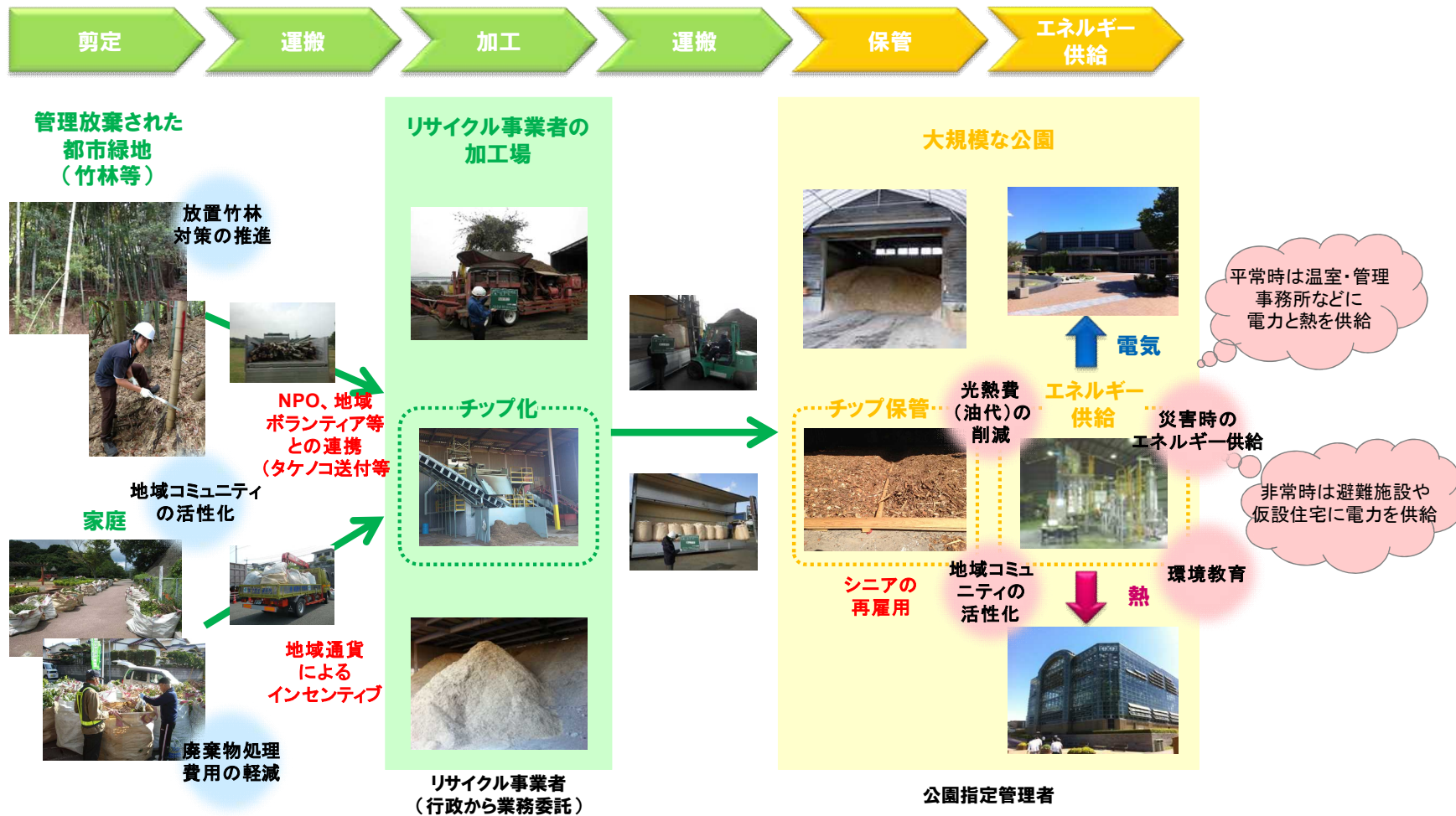
(2) 導入シナリオ・運用イメージ

- 温室を有する大規模な公園内に、ガス化ガスエンジン発電システムを導入する（既設ボイラーは補助熱源設備として残す）。
- 地元NPOや地域のボランティアとの連携により、発生した竹材について一定量を地方公共団体が買い取り、市内のリサイクル事業者の加工場に集約する。NPOは竹材の売却で得た収益を管理活動に充当し、地域ボランティアにはNPOが管理した竹林で収穫したタケノコを送付する。
- 家庭から発生する剪定枝も同様にリサイクル事業者の加工場に集約する。一定量を地域通貨（公園入場券等）と交換することにより、家庭からの持ち込みによる回収を実施する。加工（チップ化）はリサイクル事業者に業務委託する。
- 生産したチップは公園内の屋根付きストックヤードで保管し、ガス化ガスエンジン発電システムの燃料とする。チップの保管、プラントの運用は公園の指定管理者が担う。
- 平常時には、熱（温水）は温室に、電力は管理事務所に供給する。災害発生時等の非常時には、公園内の避難施設や仮設住宅に電力を供給する。

(3) 導入効果

- 家庭から発生する剪定枝ごみの減少、再資源化
- 廃棄物処理費用の削減
- 管理放棄された都市緑地に関する対策の推進（放置竹林問題等）
- NPO活動、地域ボランティア活動等の地域コミュニティの活性化
- 公園の光熱費削減
- 公園内へのバイオマス発電プラント設置による市民への環境教育
- 災害時のエネルギー供給確保（避難施設、仮設住宅等への電力供給） 等

図表 2-7 大規模な公園への導入シナリオ・運用イメージの例



3 計画

第3章（計画）では、エネルギー供給設備の方式・規模の検討、エネルギー供給施設の設置可能性の検討、対象とする木質バイオマスの検討、コスト・CO₂収支の検討を行い、構想の実現可能性について検証するとともに、構想段階における検討結果をより具体化します。

3.1. エネルギー供給設備の方式・規模の検討

<ポイント>

- 発電・熱源設備の特徴を踏まえて、電力・熱需要に見合った適切な方式・規模の設備を選定することが重要です。一般的には、熱需要が中心の場合にはチップボイラーとスターリングエンジンの併用方式、熱需要だけでなく一定の電力需要もある場合にはガス化ガスエンジン発電方式が適当と考えられます。
- 発電・熱源設備の方式・規模毎に、必要となる材（燃料）の量が異なる点に留意して下さい。
- 電力供給を別の方法（太陽光発電システムと蓄電池の組合せ等）で行う場合には、熱供給に限定（チップボイラーのみ導入）することも可能です。

1) 電力・熱需要の把握

平常時の電力・熱需要については、施設管理者等への問合せにより、電力、ガス、灯油等の使用量に関する情報を得ることができます。既設ボイラーがある場合には、既設ボイラーの規模を把握することで、規模の目安を知ることができます。また、月毎など、可能な範囲で詳細なエネルギー使用量の情報を把握することで、エネルギー需要の年間での変動等を考慮した、より詳細な設計が可能となります。さらには、GIS（地理情報システム）等を用いて、地域のエネルギー需要を可視化、デジタル化する研究や取組等も進められています。

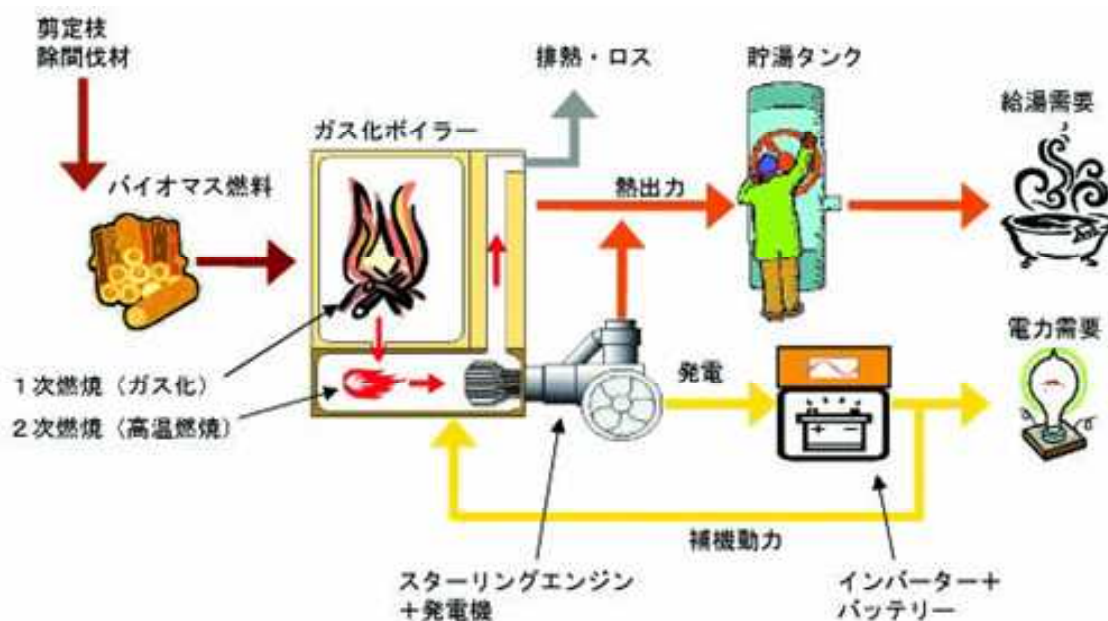
災害発生時等の非常時の電力需要については、施設の規模や非常時に最低限必要となる機器の消費電力等に基づき推計する必要があります。一例として、延床面積 4,000 m²、体育館 700 m²の小・中学校において、防災無線やテレビ、携帯電話の充電、夜間照明等の使用を想定した場合の 1 時間当たり非常電力需要は約 12kWh 程度と試算されます。

2) エネルギー供給設備の方式と特徴

(1) チップボイラーとスターリングエンジンの併用方式

スターリングエンジンは、外部から加熱・冷却を繰り返しピストン駆動させることで発電します。熱利用が主なシステムであり、小規模発電（数 kW～10kW 程度）に向いています。剪定枝チップをボイラーで燃焼できれば発電可能で、燃料条件（含水率等）が緩いのが特長です。

図表 3-1 チップボイラーとスターリングエンジンの併用方式のシステムフロー

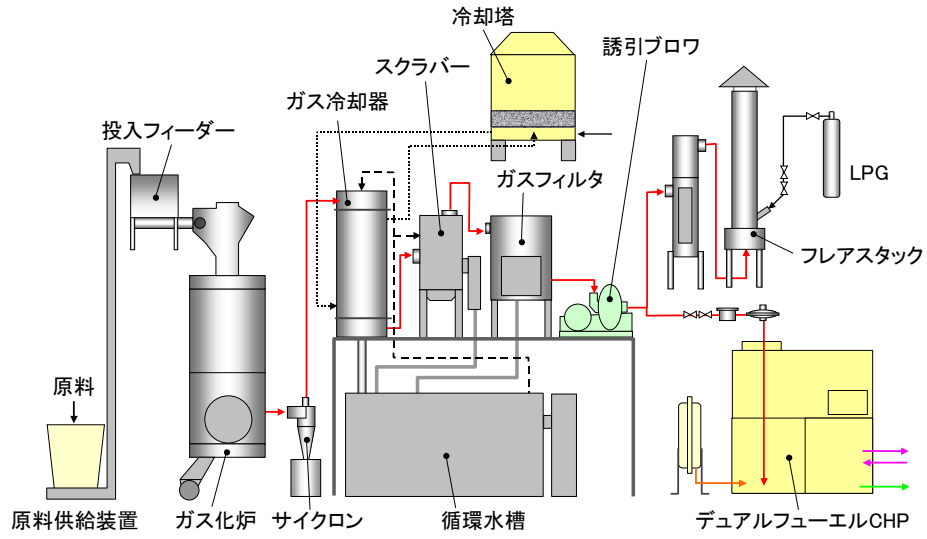


出所) NEDO 資料「公園内木質バイオマス有効活用システム実証実験事業
(NPO 里山倶楽部・大塚憲昭)」

(2) ガス化ガスエンジン発電方式

ガス化ガスエンジン発電方式は、木質バイオマスを熱分解によってガス化し、発電機（ガスエンジン）をまわし電気を発生させることで発電します。小規模な設備でも高い発電効率が期待できるという特長を有する一方、ガス中のタール成分により、ガス改質技術やガス洗浄が必要であり、その精度によりエンジンメンテナンスが煩雑です。また、燃料に対する条件（含水率、形状等）も厳しいといえます。

図表 3-2 ガス化ガスエンジン発電方式のシステムフロー



出所) メーカー提供資料

3) エネルギー供給設備の方式・規模の検討における留意点

図表3-3にチップボイラーとスターリングエンジンの併用方式とガス化ガスエンジン発電方式の比較を示します。いずれの方式においても、熱を有効に活用することで、エネルギー利用の総合効率を高めることができます。

一般的には、熱需要が中心の場合にはチップボイラーとスターリングエンジンの併用方式、電力と熱のバランスがとれている場合にはガス化ガスエンジン発電方式が適当と考えられます。また、燃料（チップ）条件や燃料の安定供給等の観点も踏まえた判断が求められます。

図表3-3 チップボイラーとスターリングエンジンの併用方式と
ガス化ガスエンジン発電方式の比較

方式	チップボイラーとスターリングエンジンの併用方式	ガス化ガスエンジン発電方式
内容・特徴	・外部から加熱・冷却を繰り返しピストン駆動させる。熱利用が主なシステムであり、小規模発電に向いている。	・木質バイオマスをガス化し、発電機(ガスエンジン)を回し電気を発生させる。
発電規模	・数kW～10kW程度	・25～2,000kW程度
システム発電効率	・2.6%(実証実験値、自然乾燥破碎チップ) ※スターリングエンジンの発電効率は11.2%(実証実験値)	・18.6%(実証実験値、強制乾燥破碎チップ) ※一般的には15～20%程度
総合効率	・79.5%(実証実験値、自然乾燥破碎チップ)	・47.7%(実証実験値、強制乾燥破碎チップ)
初期設備投資費	・数千万円～1億円程度	・1億～数億円程度
メンテナンス性	・熱交換部の灰の除去とクリンカ(灰のかたまり)対策が必要	・ガス中のタール成分により、ガス改質技術やガス洗浄が必要であり、その精度によりエンジンメンテナンスが煩雑
燃料条件	・緩い(ボイラーで燃焼可能なもの)	・厳しい(含水率、形状等)
必要チップ量	・約80kg/h(実証実験値) ・年間約360トン(1日12時間稼働を想定)	・約20kg/h(実証実験値) ・年間約90トン(1日12時間稼働を想定)

注) 実証実験値は、無圧式バイオマス温水機(200kW)＋スターリングエンジン(9.9kW)と、ガス化システム＋コジェネレーションシステム(発電25kW、温水39kW)による実証結果に基づく。

なお、電力供給を別の方法（太陽光発電システムと蓄電池の組合せ等）で行う場合には、熱供給に限定（チップボイラーのみ導入）することも可能です。

3.2. エネルギー供給施設の設置可能性の検討

<ポイント>

- エネルギー供給施設の設置場所の設定においては、設備導入に必要なスペースの確保、景観上の配慮や、安全性、騒音・異臭・白煙等、周辺環境への配慮が重要です。また、熱の利用に際しては、熱は電力に比べて輸送できる範囲が限定的である点に留意して下さい。
- エネルギー供給施設に隣接させる形で加工（チップ化）を行うことを想定している場合には、騒音や粉塵等の影響により、近隣に住宅地等がある場所での実施は困難と考えられます。

1) 設備導入に必要なスペース

エネルギー供給施設の設置に必要なスペースは発電・熱源設備の方式や規模により異なります。チップボイラーとスターリングエンジンの併用方式の場合で 50 m²程度、ガス化ガスエンジン発電方式の場合で発電規模が数 kW～数十 kW 程度であれば 100 m²程度、数百 kW 程度であれば 200～300 m²程度のスペースが必要となります（上記のスペースにストックヤードの面積も含まれます）。

図表 3-4 エネルギー供給施設の設置に必要なスペース

チップボイラー(260kW)
+スターリングエンジン(10kWe)
<スペース:7m×7m>



※実証実験実施場所(東京都江東区)

ガス化システム+コジェネ
レーションシステム(25kWe)
<スペース:11m×7.5m>



(岩手県奥州市)

ガス化システム+コジェネ
レーションシステム(290kWe)
<スペース:14m×17.5m>



(山梨県甲州市)

なお、熱供給を検討する際には、熱は電力に比べて輸送できる範囲が限定的（100m程度）である点に留意して、エネルギー供給施設の場所を判断して下さい。

2) 景観上の配慮・周辺環境への配慮

公園等にエネルギー供給施設を設置する場合には、周辺の緑化や地下化等、景観上の配慮が必要です。また、安全性の観点から関係者以外が容易に立ち入れないよう柵や囲いを設けることや、騒音や異臭、白煙（近隣住民等が火災と勘違いした事例あり）等、周辺環境への配慮も求められます。

エネルギー供給施設に隣接させる形で加工（チップ化）を行うことを想定している場合には、騒音や粉塵等の影響により、近隣に住宅地等がある場所での実施は困難と考えられます。

3) 都市公園法における規定

都市公園法では、都市公園の効用を全うするための目的に該当する範囲内で、発電施設の設置が認められています。したがって、発電施設を公園内に設置する場合には、原則として公園内へのエネルギー供給を目的とした施設のみ認められます。

一方、太陽電池発電施設（既設の建築物に設置するもの）と燃料電池発電施設（地下に設けられるもの）、災害応急対策に必要な発電施設で地下に設けられるものについては、一定の条件下で、公園管理者の許可を受けて設置することが認められています。

3.3. 対象とする木質バイオマスの検討

<ポイント>

- エネルギー供給設備の稼働に必要な材（燃料）を安定的に供給するために、対象とする木質バイオマスの種類（収集対象とする発生源）を検討する必要があります。
- 公園・街路から発生する剪定枝だけではエネルギー利用に十分な量の燃料を確保できないケースも想定されますが、その場合は、家庭や事業所、樹林地、果樹園から発生する剪定枝や建設廃材等を対象として捉えることも必要です。また、後背地に山林等を有する都市では、都市周辺の林地残材や切捨間伐材等も対象となる可能性があります。
- 剪定枝等の利用可能量については、発生場所である公園等で実測するほか、簡易な方法として、①地方公共団体における既存統計情報の参照、②既往調査研究における原単位を活用した推計等により確認することができます。
- 木質バイオマスの種類によって燃料としての適性が異なります。一般的に、葉や小枝の割合が大きくなると、エネルギー利用に向かなくなることから、太枝と合わせて利用するなどの工夫が必要です。
- 近隣の地方公共団体と広域連携できる可能性がありますが、廃棄物の処理及び清掃に関する法律の規定により、地方公共団体間での協議等が必要となります。

1) 木質バイオマスの種類（カテゴリー）と特徴

発電・熱源設備の稼働に必要な材（燃料）を安定的に供給するために、対象とする木質バイオマスの種類（カテゴリー）を検討する必要があります。

都市由来の植物廃材としては、公園・街路から発生する剪定枝に加えて、家庭や事業所、樹林地、果樹園から発生する剪定枝や建設廃材等があります。また、後背地に山林等を有する都市では、林地残材や切捨間伐材等も検討の対象となります。公園・街路から発生する剪定枝だけではエネルギー利用に十分な量の燃料を確保できないケースも想定されることから、地域特性に応じて、都市周辺の木質バイオマスにも目を向けることが重要です。

2) 剪定枝等の利用可能量の確認

剪定枝等の木質バイオマス賦存量や利用可能量の確認方法として、発生場所である公園等で実測するほか、簡易な方法として、①地方公共団体における既存統計情報の確認、②既往調査研究における原単位を活用した推計等が挙げられます。

図表3-5に、実証的調査によって得られた原単位を示しています。これらの原単位を用いる際には、剪定作業実施面積または道路延長を基に算出する必要がある点に留意が必要です。

図表3-5 既往調査研究における剪定枝発生量に関する原単位

発生地	原単位	算出方法
公園	・5.9 DW-t/ha/年	・長野県松本市での実証実験結果(平成24年度): 5公園、計0.7haを対象
街路	・3.8 DW-t/km/年	・福岡県北九州市での実証実験結果(平成24年度): 1.09kmを対象
家庭	・5~20 DW-kg/世帯/年	・福岡県北九州市「緑のリサイクル事業」実績値(平成23年度): 5.6kg/世帯/年 ・長野県塩尻市実績値(平成22年度): 16.7kg/世帯/年

出所) 国土交通省都市局「地産地消型自然エネルギーの有効活用方策検討業務」(平成24年度)

また、剪定枝以外の木質バイオマスも網羅したデータベースとして、NEDO バイオマス賦存量データベース (<http://app1.infoc.nedo.go.jp/biomass/>) があります。

3) 木質バイオマスの種類による燃料適正

図表3-6に、木質バイオマスの種類（収集対象とする発生源）と特徴を示しています。木質バイオマスの種類によって燃料としての適性が異なります。一般的に、葉や小枝の多い家庭等で発生する剪定枝の割合が大きくなると、チップの含水率が高くなりエネルギー利用に向かなくなることから、太枝のある公園・街路や樹林地等から発生する剪定枝と合わせて利用するなどの工夫が必要です。燃料としての利用が難しい場合には、堆肥やマルチング等としての活用を検討して下さい。

図表3-6 木質バイオマスの種類（収集対象とする発生源）と特徴

発生源	燃料としての適性	収集の容易性
公園・街路	○ ・太枝が一定割合を占める	○ ・地方公共団体にて収集プロセスが確立されている
家庭・事業所	△ ・葉や小枝が多い	△ ・収集に手間がかかる。インセンティブが必要となる可能性
樹林地	○ ・太枝が一定割合を占める	△ ・収集の担い手が少ない
果樹園	△~○ ・小枝が多いものの、含水率は低い	△~○ ・インセンティブが必要となる可能性
建設廃材	◎ ・含水率低い	○ ・収集プロセスが確立されている
林地残材、切捨間伐材	○ ・太枝が一定割合を占める	△ ・収集の担い手が少ない

4) 広域連携の可能性の検討

都市由来の植物廃材の活用について、近隣の地方公共団体と広域連携できる可能性があります。一般廃棄物の処理・リサイクルの委託先が他の市町村の区域内にあるときは、受入先市町村への事前通知が必要となります。また、一般廃棄物処理計画を定めるに当たっては、関係を有する他の市町村の一般廃棄物処理計画と調和を保つよう努めなければならないことから、地方公共団体間での協議等が必要となります。

なお、剪定枝ではなく、加工したチップ等として運搬する場合には、上記の事前通知や協議等は不要となる可能性があります。詳細は、以下の資料をご参照下さい。

- 「規制改革実施計画」（平成 25 年 6 月 14 日閣議決定）において平成 25 年 6 月中に講ずることとされた措置（バイオマス発電の燃料関係）について（通知）
http://www.env.go.jp/recycle/waste/reg_ref/no_1306281.pdf
- 平成 24 年度バイオマス発電燃料等に関する廃棄物該当性の判断事例集
<http://www.env.go.jp/recycle/report/h25-01.pdf>

3.4. コスト・CO₂収支の検討

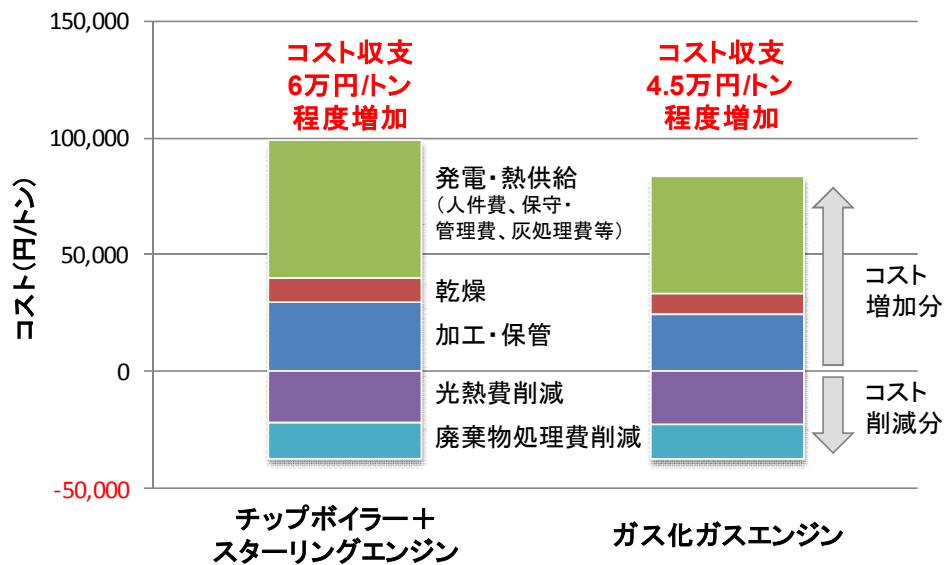
<ポイント>

- 剪定から収集、運搬、加工、保管、乾燥、発電・熱供給、後処理に至る一連のプロセスに沿って必要となるコストや化石燃料使用量を積算することにより、取組の従前・従後でのコスト・CO₂収支の簡易な比較が可能です。
- 実証実験の結果等を踏まえると、本取組の推進により、剪定枝等を焼却処分する場合と比べてCO₂の排出量を大きく削減することが可能ですが、コストは、剪定枝 1 トンあたり数万円程度の追加コストが必要となる可能性が高いと考えられます。
- ただし、地域コミュニティの活性化等、経済性の観点での評価が難しい要素もあることから、「2. 構想」の導入シナリオを踏まえた、定性的な評価も含めた検討が重要です。

1) コスト収支

図表3-7に、都市の緑のエネルギー利用に関するコスト収支の試算結果を示します。現状において、公園・街路等から発生する剪定枝を焼却処分していることを前提とした場合、現状との比較で剪定枝1トンあたり4~6万円程度の追加コストが必要となります。

図表3-7 コスト収支（焼却処分する場合との比較）の試算



注) スターリングエンジンは10kW、ガス化ガスエンジンは25kWとし、いずれも1日12時間稼働を想定

＜コスト収支の計算の考え方＞

【剪定・収集・運搬】

剪定・収集・運搬コスト（円/トン）＝剪定・収集・運搬に係る費用÷剪定枝発生量

剪定・収集・運搬に係る費用＝運搬費＋人件費

運搬費＝必要日数×トラック費用

必要日数＝収集必要回数÷トラック往復回数

収集必要回数＝植物廃材必要量÷トラック積載可能量

トラック往復回数＝（（収集半径÷トラック平均速度）＋積込・積降時間）
÷1人作業時間

収集半径＝ $\sqrt{\text{（収集面積）} \div \pi}$

収集面積＝植物廃材必要量÷発生原単位÷面積率（公園・街路等）

人件費＝必要日数×作業員単価

【加工】

加工コスト（円/トン）＝加工に係る費用÷チップ生産量

加工に係る費用＝燃料費＋人件費

燃料費＝軽油価格×時間あたり燃料消費量×運転時間

運転時間＝チップ生産量÷チップパー能力

人件費＝作業員単価×運転時間

チップ生産量＝チップ換算値×剪定枝発生量÷比重

【保管】

保管コスト（円/トン）＝保管に係る費用÷チップ生産量

保管に係る費用＝人件費

人件費＝作業員単価×運転時間

【乾燥】

乾燥コスト（円/トン）＝乾燥に係る費用÷チップ生産量

乾燥に係る費用＝燃料費＋人件費

燃料費＝電気料金×時間あたり燃料消費量×運転時間

運転時間＝チップ生産量÷乾燥機能力

人件費＝作業員単価×運転時間

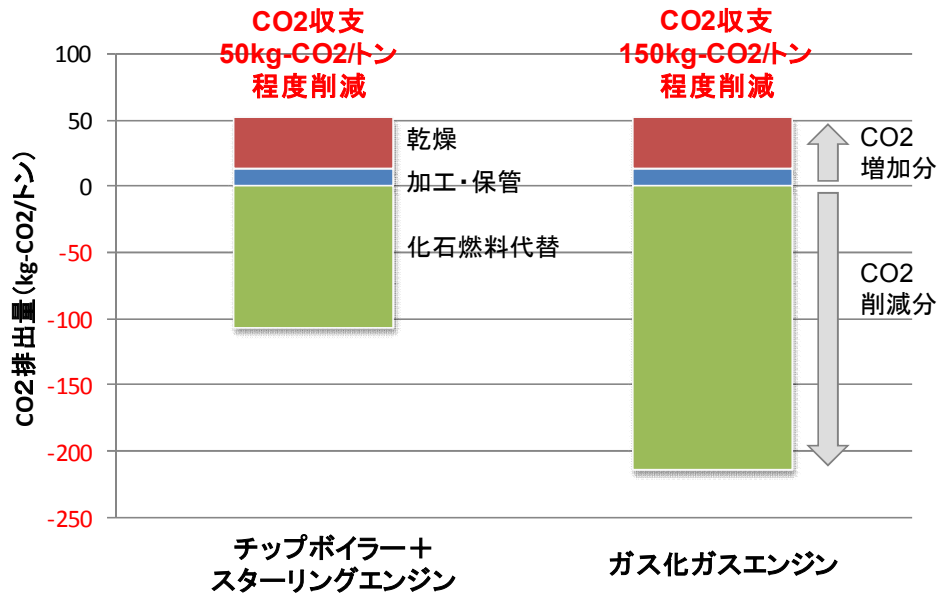
【発電・熱供給】

発電・熱供給コスト（円/トン）＝作業員単価×稼働日数×0.5÷チップ生産量

2) CO₂ 収支

図表 3 - 8 に、都市の緑のエネルギー利用に関する CO₂ 収支の試算結果を示します。現状において、公園・街路等から発生する剪定枝を焼却処分していることを前提とした場合、現状との比較で剪定枝 1 トンあたり 50～150kg-CO₂ 程度の CO₂ 排出量削減が見込まれます。

図表 3 - 8 CO₂ 収支（焼却処分する場合との比較）の試算



注) スターリングエンジンは10kW、ガス化ガスエンジンは25kWとし、いずれも1日12時間稼働を想定

<CO₂収支の計算の考え方>

【剪定・収集・運搬】

CO₂排出量＝運搬距離×CO₂排出原単位（トラック）

運搬距離＝収集半径×収集必要回数

CO₂排出原単位（4tトラック）：0.681 kg-CO₂/t・km

【加工・保管】

CO₂排出量＝燃料消費量×軽油の低位発熱量×CO₂排出原単位（軽油）

燃料消費量＝時間あたり燃料消費量×運転時間

運転時間＝チップ生産量÷チップパー能力

軽油の低位発熱量：38.2 MJ/L

軽油のCO₂排出原単位：0.074 kg-CO₂/MJ

【乾燥】

CO₂排出量＝電力消費量×CO₂排出原単位（電力）

電力消費量＝時間あたり電力消費量×運転時間

運転時間＝チップ生産量÷乾燥機能力

CO₂排出原単位（電力）：各電力会社のCO₂排出原単位を参照

【化石燃料代替】

CO₂排出削減量＝発電量×CO₂排出原単位（電力）

＋排熱回収量×CO₂排出原単位（排熱回収）

CO₂排出原単位（電力）：各電力会社のCO₂排出原単位を参照

CO₂排出原単位（排熱回収）：0.0509 kg-CO₂/MJ

【事例】長野県松本市での実証実験結果に基づく試算例

松本市では、平成 24 年度時点において、収集した公園剪定枝は市の焼却施設にて処理しており、実証実験で収集した公園剪定枝（8.3 トン）を焼却処分した場合と比較すると、CO₂ 排出量は 2,900kg-CO₂/トン削減されるが、コストは約 1.9 万円/トン増加となった。

図表 3-9 コスト収支の試算例（長野県松本市での実証実験結果）

コスト算出に必要な変数		① 実証	② 現状	③ 収支 (①-②)
剪定・収集	人件費単価×作業日数	382,800 円(全体)	382,800 円(全体)	0 円(全体)
		4120 円/トン	46,120 円/トン	0 円/トン
	人件費単価×作業日数	382,800 円	382,800 円/人・日	
	人件費単価	13,200 円/人・日	13,200 円/人・日	
	作業日数	29 人・日	29 人・日	
運搬	燃料使用量×燃料単価 (※人件費は剪定・収集を含む)	2,830 円(全体)	4,745 円(全体)	-1,915 円(全体)
		341 円/トン	572 円/トン	-231 円/トン
	燃料使用量×燃料単価	2,830 円	4,745 円	
	燃料使用量(※運搬トラックの燃費は5km/Lと想定)	22.6 L	38.0 L	
	燃料単価	125 円/L	125 円/L	
加工	人件費単価×作業日数+チップリース代+燃料使用量×燃料単価	164,200 円(全体)	0 円(全体)	164,200 円(全体)
		10,545 円/トン	0 円/トン	20,525 円/トン
	人件費単価×作業日数	79,200 円		
	人件費単価	13,200 円/人・日		
	作業日数	6 人・日		
	チップリース代	80,000 円		
	一日当たりのリース代	40,000 円/日		
	作業日数	2 日		
	燃料使用量×燃料単価	5,000 円		
	燃料使用量	40 L		
	燃料単価	125.0 円/L		
保管	人件費単価×作業日数	4,125 円(全体)	0 円(全体)	4,125 円(全体)
		516 円/トン	0 円/トン	516 円/トン
	人件費単価×作業日数	4,125 円		
	人件費単価	13,200 円/人・日		
	作業日数	0.3 人・日		
乾燥	人件費単価×作業日数	26,400 円(全体)	0 円(全体)	26,400 円(全体)
		3,300 円/トン	0 円/トン	3,300 円/トン
	人件費単価×作業日数	26,400 円		
	人件費単価	13,200 円/人・日		
	作業日数	2.0 人・日		
発電(実証のみ)	人件費単価×作業日数+維持管理費-光熱費削減額(発電量×電力購入単価+排熱回収量×熱購入単価)	84,358 円(全体)	0 円(全体)	84,358 円(全体)
		10,545 円/トン	0 円/トン	10,545 円/トン
	人件費単価×作業日数	21,054 円		
	人件費単価	12,000 円/人・日		
	作業日数	18 人・日		
	維持管理費	57,348 円		
	発電量当たりの維持管理費	8 円/kwh		
	発電量	7,168 kwh		
	光熱費削減額(発電量×電力購入単価+排熱回収量×熱購入単価)	188,043 円		
	電力購入単価	7,168 kwh		
	排熱回収量	15 円/kwh		
	熱購入単価	40,258 MJ		
	2 円/MJ			
灰処理(実証のみ)	灰量×灰処理単価+運搬費(燃料使用量×燃料単価+人件費)	4,658 円(全体)	円(全体)	円(全体)
		582 円/トン	円/トン	円/トン
	灰量×灰処理単価	1,470 円		
	灰量(チップ量の3.5%(DW))	0.140 トン		
	灰処理単価	10,500.0 円/トン		
	運送費	188 円		
	燃料使用量(※運搬トラックの燃費は5km/Lと想定)	1.5 L		
	燃料単価	125.0 円/L		
	人件費	3,000 円		
	人件費単価	3,000 円/人・時間		
	1 人・時間			
焼却(現状のみ)	剪定枝処理量×処理費用単価	0 円(全体)	124,500 円(全体)	-124,500 円(全体)
		0 円/トン	15,000 円/トン	-15,000 円/トン
	剪定枝処理量	8,300 kg		
	処理費用単価	15 円/kg		
合計		669,371 円(全体)	512,045 円(全体)	157,326 円(全体)
		80,647 円/トン	61,692 円/トン	18,955 円/トン

図表 3-10 CO₂ 収支の試算例（長野県松本市での実証実験結果）

CO ₂ 算出に必要な変数		① 実証	② 現状	③ 収支 (①-②)
剪定・収集	無し	0.0 kg-CO ₂ (全体)	0.0 kg-CO ₂ (全体)	0.0 kg-CO ₂ (全体)
		0.0 kg-CO ₂ /トン	0.0 kg-CO ₂ /トン	0.0 kg-CO ₂ /トン
運搬	運送距離×重量×CO ₂ 排出原単位	35.2 kg-CO ₂ (全体)	61.7 kg-CO ₂ (全体)	-26.5 kg-CO ₂ (全体)
		4.2 kg-CO ₂ /トン	7.4 kg-CO ₂ /トン	-3.2 kg-CO ₂ /トン
	運送距離×重量	51.7 t・km	90.6 t・km	
	CO ₂ 排出原単位(走行距離)	0.681 kg-CO ₂ /t・km	0.681 kg-CO ₂ /t・km	
加工	軽油使用量×CO ₂ 排出原単位(軽油)×軽油の熱量原単位	113.1 kg-CO ₂ (全体)	0.0 kg-CO ₂ (全体)	113.1 kg-CO ₂ (全体)
		13.6 kg-CO ₂ /トン	0.0 kg-CO ₂ /トン	13.6 kg-CO ₂ /トン
	軽油使用量	40.0 L		
	CO ₂ 排出原単位(軽油)	0.074 kg-CO ₂ /MJ		
保管	無し	0.0 kg-CO ₂ (全体)	0.0 kg-CO ₂ (全体)	0.0 kg-CO ₂ (全体)
		0.0 kg-CO ₂ /トン	0.0 kg-CO ₂ /トン	0.0 kg-CO ₂ /トン
乾燥	無し(自然乾燥を想定)	0.0 kg-CO ₂ (全体)	0.0 kg-CO ₂ (全体)	0.0 kg-CO ₂ (全体)
		0.0 kg-CO ₂ /トン	0.0 kg-CO ₂ /トン	0.0 kg-CO ₂ /トン
発電(実証のみ)	発電のCO ₂ (発電量×CO ₂ 排出原単位)+排熱回収のCO ₂ (排熱回収量×CO ₂ 排出原単位)	-5,497.2 kg-CO ₂ (全体)	0.0 kg-CO ₂ (全体)	-5,497.2 kg-CO ₂ (全体)
		-687.1 kg-CO ₂ /トン	0.0 kg-CO ₂ /トン	-687.1 kg-CO ₂ /トン
	発電量=(チップ生産量÷時間当たり利用剪定枝量)×発電規模	7168.5 kwh		
	チップ生産量	8000.0 kg		
	時間当たり利用剪定枝量	55.8 kg/h		
	発電規模	50.0 kw		
	発電CO ₂ 原単位	0.481 kg-CO ₂ /kwh		
	排熱回収量=(チップ生産量÷時間当たり利用剪定枝量)×排熱回収規模×kwhとMJの換算値	40258.1 MJ		
	チップ生産量	8000.0 kg		
	時間当たり利用剪定枝量	55.8 kg/h		
	排熱回収規模	78.0 kw		
	kwhとMJの換算	3.6 MJ/kwh		
排熱回収CO ₂ 原単位	0.0509 kg-CO ₂ /MJ			
焼却(現状のみ)	剪定枝処理量×CO ₂ 排出原単位	0.0 kg-CO ₂ (全体)	19,007.0 kg-CO ₂ (全体)	-19,007.0 kg-CO ₂ (全体)
		0.0 kg-CO ₂ /トン	2,375.9 kg-CO ₂ /トン	-2,375.9 kg-CO ₂ /トン
	剪定枝処理量	8300.0 kg		
	CO ₂ 排出原単位	2.29 kg-CO ₂ /kg		
合計		-5,348.8 kg-CO₂(全体)	18,088.7 kg-CO₂(全体)	-24,417.6 kg-CO₂(全体)
		-644.4 kg-CO₂/トン	2,297.4 kg-CO₂/トン	-2,941.8 kg-CO₂/トン

【事例】福岡県北九州市での実証実験結果に基づく試算例

北九州市では、現状において、収集した街路剪定枝は、市内のリサイクル事業者において再資源化されており、実証実験で収集した街路剪定枝（4.8 トン）を堆肥化した場合と比較すると、CO₂排出量は 560kg-CO₂/トン削減、コストは約 3,500 円/トン増加となった。

図表 3-1-1 コスト収支の試算例（福岡県北九州市での実証実験結果）

コスト算出に必要な変数		① 実証	② 現状	③ 収支 (①-②)
剪定・収集	人件費単価 × 作業時間	396,000 円(全体)	396,000 円(全体)	0 円(全体)
	人件費単価 × 作業時間	92,500 円/トン	92,500 円/トン	0 円/トン
	人件費単価	13,200 円/人・日	13,200 円/人・日	0 円/人・日
	作業時間	30 人・日	30 人・日	0 人・日
運搬	燃料使用量 × 燃料単価 (※人件費は剪定・収集を含む)	5,775 円(全体)	5,775 円(全体)	0 円(全体)
	燃料使用量(※運搬トラックの燃費は5km/Lと想定)	1,203 円/トン	1,203 円/トン	0 円/トン
	燃料使用量 × 燃料単価	5,775 円	5,775 円	0 円
	燃料単価	46.2 円/L	46.2 円/L	0 円/L
	燃費	125 円/L	125 円/L	0 円/L
加工	人件費単価 × 作業時間 + テッパーの減価償却費 + 燃料使用量 × 燃料単価	126,582 円(全体)	126,582 円(全体)	0 円(全体)
	人件費単価 × 作業時間	28,129 円/トン	28,129 円/トン	0 円/トン
	人件費単価	18,000 円	18,000 円	0 円
	作業時間	3,000 円/人・時間	3,000 円/人・時間	0 円/人・時間
	テッパーの減価償却費	77,332 円	77,332 円	0 円
	一時当たり減価償却費	19,333 円/時間	19,333 円/時間	0 円/時間
	作業時間	4 時間	4 時間	0 時間
	燃料使用量 × 燃料単価	31,250 円	31,250 円	0 円
	燃料使用量	250 L	250 L	0 L
	燃料単価	125.0 円/L	125.0 円/L	0 円/L
保管	無し	0 円(全体)	0 円(全体)	0 円(全体)
乾燥	人件費単価 × 作業時間	26,400 円(全体)	0 円(全体)	26,400 円(全体)
	人件費単価	5,887 円/トン	0 円/トン	5,887 円/トン
	作業時間	2.0 人・日	0 人・日	2.0 人・日
発電(実証のみ)	人件費単価 × 作業時間 + 維持管理費 - 光熱費削減額 (発電量 × 電力購入単価 + 排熱回収量 × 熱購入単価)	-13,032 円(全体)	0 円(全体)	-13,032 円(全体)
※100kWのガス化発電(自家消費)を想定)	人件費単価 × 作業時間	-2,896 円/トン	0 円/トン	-2,896 円/トン
	人件費単価	60,484 円	60,484 円	0 円
	作業時間	12,000 円/人・日	12,000 円/人・日	0 円/人・日
	維持管理費	5 人・日	5 人・日	0 人・日
	発電量当りの維持管理費	32,258 円	32,258 円	0 円
	発電量	8 円/kwh	8 円/kwh	0 円/kwh
	光熱費削減額 (発電量 × 電力購入単価 + 排熱回収量 × 熱購入単価)	4,032 kwh	4,032 kwh	0 kwh
	電力購入単価	105,774 円	105,774 円	0 円
	排熱回収量	4,032 kwh	4,032 kwh	0 kwh
	熱購入単価	15 円/kwh	15 円/kwh	0 円/kwh
	排熱回収率	22,645 MJ	22,645 MJ	0 MJ
	熱購入単価	2 円/MJ	2 円/MJ	0 円/MJ
灰処理(実証のみ)	灰量 × 灰処理単価 + 運搬費 (燃料使用量 × 燃料単価 + 人件費)	3,757 円(全体)	円(全体)	円(全体)
	灰量 × 灰処理単価	835 円/トン	円/トン	円/トン
	灰量(チップ量の3.5%(DW))	669 円	669 円	0 円
	灰処理単価	0.08 トン	0.08 トン	0 トン
	運搬費	8,500 円/トン	8,500 円/トン	0 円/トン
	燃料使用量(※運搬トラックの燃費は5km/Lと想定)	88 円	88 円	0 円
	燃料単価	0.7 L	0.7 L	0 L
	人件費	125.0 円/L	125.0 円/L	0 円/L
	作業時間	3,000 円	3,000 円	0 円
	人件費単価	3,000 円/人・時間	3,000 円/人・時間	0 円/人・時間
	作業時間	1 人・時間	1 人・時間	0 人・時間
堆肥化(現状のみ)	無し	0 円(全体)	0 円(全体)	0 円(全体)
	0 円/トン	0 円/トン	0 円/トン	0 円/トン
合計		545,482 円(全体)	528,357 円(全体)	17,125 円(全体)
		119,842 円/トン	110,074 円/トン	3,568 円/トン

図表 3-1-2 CO₂ 収支の試算例（福岡県北九州市での実証実験結果）

CO ₂ 算出に必要な変数		① 実証	② 現状	③ 収支 (①-②)
剪定・収集	無し	0.0 kg-CO ₂ (全体)	0.0 kg-CO ₂ (全体)	0.0 kg-CO ₂ (全体)
運搬	運送距離 × 重量 × CO ₂ 排出原単位	0.0 kg-CO ₂ /トン	0.0 kg-CO ₂ /トン	0.0 kg-CO ₂ /トン
	運送距離 × 重量	34.4 kg-CO ₂ (全体)	34.4 kg-CO ₂ (全体)	0.0 kg-CO ₂ (全体)
	CO ₂ 排出原単位(走行距離)	7.2 kg-CO ₂ /トン	7.2 kg-CO ₂ /トン	0.0 kg-CO ₂ /トン
加工	軽油使用量 × CO ₂ 排出原単位(軽油) × 軽油の熱量原単位	706.7 kg-CO ₂ (全体)	706.7 kg-CO ₂ (全体)	0.0 kg-CO ₂ (全体)
	軽油使用量(一次破砕)	147.2 kg-CO ₂ /トン	147.2 kg-CO ₂ /トン	0.0 kg-CO ₂ /トン
	軽油使用量(二次破砕)	250.0 L	250.0 L	0 L
	破砕時間(一次破砕)	50.5 t・km	50.5 t・km	0 t・km
	破砕時間(二次破砕)	0.681 kg-CO ₂ /t・km	0.681 kg-CO ₂ /t・km	0 kg-CO ₂ /t・km
	CO ₂ 排出原単位(軽油)	706.7 kg-CO ₂ (全体)	706.7 kg-CO ₂ (全体)	0.0 kg-CO ₂ (全体)
	軽油の熱量原単位	147.2 kg-CO ₂ /トン	147.2 kg-CO ₂ /トン	0.0 kg-CO ₂ /トン
	軽油の熱量原単位	250.0 L	250.0 L	0 L
	軽油の熱量原単位	38.2 MJ/L	38.2 MJ/L	0 MJ/L
保管	無し	0.0 kg-CO ₂ (全体)	0.0 kg-CO ₂ (全体)	0.0 kg-CO ₂ (全体)
乾燥	無し(自然乾燥を想定)	0.0 kg-CO ₂ (全体)	0.0 kg-CO ₂ (全体)	0.0 kg-CO ₂ (全体)
発電(実証のみ)	発電のCO ₂ (発電量 × CO ₂ 排出原単位) + 排熱回収のCO ₂ (排熱回収量 × CO ₂ 排出原単位)	-2,664.7 kg-CO ₂ (全体)	0.0 kg-CO ₂ (全体)	-2,664.7 kg-CO ₂ (全体)
※100kWのガス化発電(自家消費)を想定)	発電量 = (チップ生産量 / 時間当たり利用剪定枝量) × 発電規模	-592.2 kg-CO ₂ /トン	0.0 kg-CO ₂ /トン	-592.2 kg-CO ₂ /トン
	チップ生産量	4032.3 kwh	4032.3 kwh	0 kwh
	時間当たり利用剪定枝量	4500.0 kg	4500.0 kg	0 kg
	発電規模	111.6 kg/h	111.6 kg/h	0 kg/h
	発電CO ₂ 原単位	100.0 kw	100.0 kw	0 kw
	排熱回収率 = (チップ生産量 / 時間当たり利用剪定枝量) × 排熱回収規模 × kwhとMJの換算値	0.375 kg-CO ₂ /kwh	0.375 kg-CO ₂ /kwh	0 kg-CO ₂ /kwh
	排熱回収規模	22645.2 MJ	22645.2 MJ	0 MJ
	チップ生産量	4500.0 kg	4500.0 kg	0 kg
	時間当たり利用剪定枝量	111.6 kg/h	111.6 kg/h	0 kg/h
	排熱回収規模	156.0 kw	156.0 kw	0 kw
	kwhとMJの換算	3.6 MJ/kwh	3.6 MJ/kwh	0 MJ/kwh
	排熱回収CO ₂ 原単位	0.0509 kg-CO ₂ /MJ	0.0509 kg-CO ₂ /MJ	0 kg-CO ₂ /MJ
堆肥化(現状のみ)	無し	0.0 kg-CO ₂ (全体)	0.0 kg-CO ₂ (全体)	0.0 kg-CO ₂ (全体)
	0.0 kg-CO ₂ /トン	0.0 kg-CO ₂ /トン	0.0 kg-CO ₂ /トン	0.0 kg-CO ₂ /トン
合計		-1,923.8 kg-CO ₂ (全体)	741.1 kg-CO ₂ (全体)	-2,664.7 kg-CO ₂ (全体)
		-400.8 kg-CO ₂ /トン	154.4 kg-CO ₂ /トン	-555.2 kg-CO ₂ /t

4 設計

第4章（設計）では、剪定・収集・運搬、加工・保管、乾燥、発電・熱供給・後処理の各プロセスについて、現場での施工を想定し、運用可能な仕組みを構築するための留意事項を説明します。

4.1. 剪定・収集・運搬

<ポイント>

- 剪定・収集・運搬については、既存の仕組みの活用や地域社会と密着した取組等により、追加的な負担をできる限り回避する工夫が肝要です。
- 公園・街路から発生する剪定枝は、地方公共団体が実施している既存業務の運搬先を変更することで実施することが可能であり、地方公共団体にとって追加的な負担が少なくすみます。
- 公園・街路から発生する剪定枝の発生量には季節変動があります。燃料を安定的に供給するためには、チップのストック量の調整を行う必要があります。
- 家庭や事業所、樹林地、果樹園等から発生する剪定枝の効果的・効率的な収集のアプローチとして、地域の町会・自治会やNPO、ボランティア、大学等との連携、地域通貨（公共施設の利用券等）によるインセンティブの付与等が考えられます。

1) 公園・街路から発生する剪定枝の活用

公園・街路から発生する剪定枝は、地方公共団体が実施している既存業務の運搬先を変更することで簡易に活用することが可能です。

一般的に、公園・街路から発生する剪定枝の発生量には季節変動があります。例えば、台風や積雪の時期には剪定業務が行われなことから、剪定枝の発生量は少なくなります。また、年度初めは剪定枝の発生量が少ない傾向があります。

燃料を安定的に供給するための方策として、チップのストック量の調整等が重要になります。

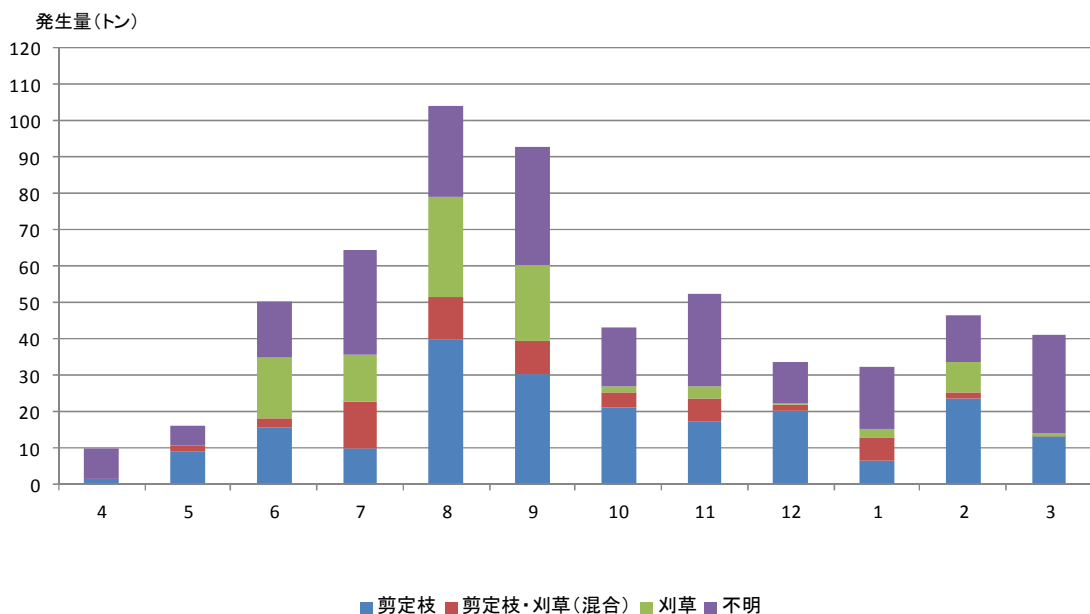
【事例】長野県松本市における公園・街路等からの剪定枝発生量

平成 23 年度に実施された、松本市における公園・街路等の公共施設から発生している植物廃材の量は、約 600 トンである。多くの植物廃材が 6 月から 9 月に発生している。

剪定枝のみに着目すると、8 月から 9 月にかけての発生量が最も多く、2 カ月間の合計で約 70 トンの剪定枝が発生している。11 月以降における植物廃材の発生量は全体的に少ないが、剪定枝については、10 月から 2 月にかけても小規模ではあるが発生している。

なお、松本市では、平成 25 年度より、公園・街路等の公共施設から発生する剪定枝はすべて資源化している。

図表 4 - 1 松本市における公園・街路等からの月別剪定枝発生量（平成 23 年度）



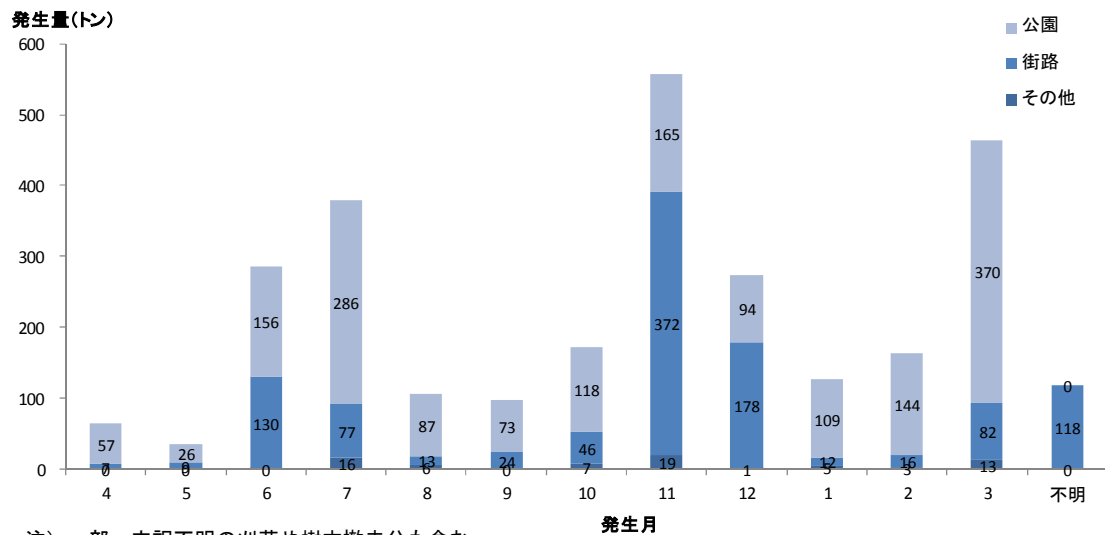
出所) 松本市提供データ

【事例】福岡県北九州市における公園・街路等からの剪定枝発生量

北九州市では、平成 23 年度に公園・街路等から約 5,400 トンの植物廃材が発生した（タケ、倒木、刈草等を含む）。そのうち、約 2,840 トンが剪定枝（一部、内訳不明の刈草や樹木撤去分も含む）となっている。

北九州市においては、11 月と 3 月に剪定枝の発生量のピークが生じている。この理由として、夏から秋にかけての台風シーズンには剪定作業を控え、11 月頃に公園や街路等の冬期剪定が実施されていること、3 月には集中的に枯れ木や支障木等の撤去が行われていることが挙げられる。

図表 4 - 2 北九州市における公園・街路等からの月別剪定枝発生量（平成 23 年度）



注) 一部、内訳不明の刈草や樹木撤去分も含む

出所) 北九州市提供データ

2) 樹種による燃料適正

図表4-3には、樹種による剪定枝の性状分析結果の比較を示しています。樹種による燃料適性の違いはそれほど大きくないことから、既存業務で行っている剪定に加えて樹種による仕分け作業を行う必要性は低いものと考えられます。ただし、枝に比べて葉の方が灰分、硫黄、窒素、塩素等を多く含む傾向があるため、できる限り幹や枝の割合が多い植物廃材を燃料として利用することが望まれます。

図表4-3 樹種による剪定枝葉の性状比較

	ブラタナス		イチヨウ		ムクノキ		ケヤキ		トウカエデ	
	枝	葉	枝	葉	枝	葉	枝	葉	枝	葉
含水率 %	42.0	49.1	54.4	72.5	39.1	57.7	31.2	50.9	38.9	59.0
高位発熱量 MJ/kg	11.5	10.5	9.0	5.5	11.5	7.0	13.0	8.5	12.0	7.5
低位発熱量 MJ/kg	10.5	9.5	8.5	5.0	10.5	6.5	12.0	8.0	11.0	7.0
灰分 %	1.2	5.3	2.1	9.2	2.2	21.5	2.3	17.5	2.1	10.5
硫黄 %	0.06	0.19	0.05	0.14	0.03未満	0.13	0.04	0.12	0.05	0.10
窒素 %	0.3	1.0	0.5	1.1	0.4	2.1	0.5	1.5	0.4	1.7
全塩素 %	0.02未満	0.27	0.02未満	0.44	0.02未満	0.17	0.02	0.28	0.02	0.37

	クスノキ		シラカシ		スダジイ		ユリノキ		昭和	みちのく
	枝	葉	枝	葉	枝	葉	枝	葉	枝	枝
含水率 %	30.2	9.8	31.7	7.4	37.2	7.2	24.0	11.1	29.0	15.4
高位発熱量 MJ/kg	14.0	19.0	13.0	18.5	12.0	19.0	14.5	17.0	17.3	20.0
低位発熱量 MJ/kg	13.0	18.0	12.0	17.0	11.5	18.0	13.5	15.5	16.5	18.6
灰分 %	1.9	6.1	2.7	9.4	2.3	5.6	1.3	7.5	2.3	2.6
硫黄 %	0.03未満	0.14	0.03未満	0.12	0.04	0.13	0.03未満	0.11	0.01未満	0.1未満
窒素 %	0.3	1.4	0.3	1.6	0.4	1.4	0.3	1.1	0.3	0.5
全塩素 %	0.02未満	0.04	0.02未満	0.02未満	0.02未満	0.02未満	0.02未満	0.14	0.02	0.1未満

ブラタナス～トウカエデ: 国総研敷地内の樹木(落葉樹)を剪定した植物廃材(2012年11月に剪定)

クスノキ～ユリノキ: 国総研敷地内の樹木(常緑樹)を剪定した植物廃材(2013年10月に剪定)

昭和・みちのく: 国営公園における実証実験に用いた植物廃材(2012年9月までの剪定等により発生した植物廃材が保管されていたもの)

出所) 国土技術政策総合研究所提供資料

3) 家庭や事業所、樹林地、果樹園等から発生する剪定枝

家庭や事業所、樹林地、果樹園等から発生する剪定枝を効果的・効率的に収集するためには、地域の町会・自治会やNPO、ボランティア、大学等との連携が重要です。地方公共団体等が直接収集することが難しい場合には、地域通貨（公共施設の利用券等）によるインセンティブの付与等も有効です。

家庭から発生する剪定枝の回収については、資源化（ごみの有料化が行われている場合）の取組の中で位置づけることも考えられます。

【事例】福岡県北九州市「緑のリサイクル事業」

「緑のリサイクル事業」は、100世帯程度の町内会等の地域団体で申し込みを行い、各家庭で剪定した枝等を回収日に回収場所まで持ち出し、民間のリサイクル事業者が処理を行う事業である。回収可能なものは剪定枝（長さ70センチメートル以内）、木の葉、草等であり、回収回数は概ね年2～6回程度で、回収場所は地域の公園や空き地等、市民がアクセスしやすい場所となっている。

平成23年度においては、14,581世帯を対象として、計約160トンの剪定枝が回収された。

図表4-4 北九州市「緑のリサイクル事業」による剪定枝回収量

単位:t

区	団体	世帯数	18年度	19年度	20年度	21年度	22年度	23年度
			11団体	12団体	11団体	19団体	21団体	22団体
門	萩ヶ丘校区自治連合会	3,967世帯	3.17	5.53	7.15	5.50	4.81	5.99
北	高尾台町内自治会	262世帯	8.54	10.40	9.17	8.14	9.92	9.61
東	清田4町会	291世帯	2.45		3.93	3.66	4.79	3.31
西	松寿山自治区会	750世帯	14.21	16.81	18.25	17.94	7.38	10.35
西	泉ヶ浦自治区会	834世帯					8.04	11.91
南	東朽網本町自治会	145世帯	1.90	2.18	2.44	2.48	2.62	2.23
東	東台良町会	105世帯	1.09	3.25	3.49	2.59	2.06	3.87
西	茶屋の原団地自治区会	487世帯	4.80	7.74	9.66	12.20	12.49	11.60
西	浅川エメラルド自治会	483世帯	3.28	5.33	6.61	7.67	7.51	7.56
西	大膳自治区会	900世帯	2.93	8.08	12.20	11.75	13.32	18.07
若	31区高須自治会	2,500世帯	-	11.89	20.28	18.10	21.84	25.18
南	津田グリーンタウン自治会	144世帯	-	-	-	4.93	5.13	6.28
南	貫弥生が丘自治会	550世帯	-	-	-	10.55	5.70	10.44
南	中貫しろはと自治会	192世帯	-	-	-	4.94	3.32	5.55
若	青葉台自治会南2組	310世帯	-	-	-	3.31	4.72	5.17
西	馬場山東自治区会	260世帯	-	-	-	3.46	3.20	1.99
西	石坂町内会	220世帯	-	-	-	0.84	1.04	1.84
南	貫カントリー町内会	104世帯	-	-	-	0.35	4.46	3.85
東	高見自治区会	792世帯	-	-	-	0.43	0.91	1.62
西	鷹見台自治区会	585世帯	-	-	-	-	7.09	9.21
南	中貫自治区会	390世帯	-	-	-	-	0.07	2.81
若	青葉台自治会南2組	310世帯	-	-	-	-	-	0.73
計		14,581世帯	42.37	71.21	93.18	118.84	130.42	159.17

※世帯数は、「H23年度剪定枝リサイクル事業に係る意向等調査」時のもの

出所) 北九州市提供資料

【事例】長野県松本市での家庭から発生する剪定枝の収集に関する実証実験結果

長野県松本市において、平成25年8月と10月に、今井地区の15町会の協力の下、家庭から発生する剪定枝の収集に関する実証実験を実施し、延べ31世帯より計1,340kgの剪定枝を回収した。また、アンケート・グループインタビューより、取組意義の明確化や地道な周知活動等による取組の浸透が重要であることが分かった。

図表4-5 家庭から発生する剪定枝の収集に関する実証実験の概要と結果

実証実験の概要

対象地区	今井地区
人口等	人口約4,100人、総世帯数約1,500世帯、15町会
選定理由	今井地区は、農村地域であり、果樹園の他、古くからの住宅群が多い。一方で、新興住宅地等も混在しており、様々なタイプの剪定枝の回収が可能と考えられるため。
回収場所	各地区のごみステーション(計19カ所)
回収時期	8月:10日、28日、10月:12日、30日(回収がない日を選定)
回収時間	8月:6時~7時、10月:6時半~7時

実証実験の結果

発生地	回収ごみステーション数	回収世帯数(世帯)	回収量(kg)
8月10日	5	6	300
8月28日	5	6	300
10月12日	7	10	240
10月30日	7	9	500
合計	24	31	1,340

今井地区にお住まいの皆様へ
家庭から発生した剪定枝の回収にご協力をお願いします

松本市では、国土交通省が行う事業のモデル都市として、公園や家庭等から発生する剪定枝を収集・加工し、発電を行う実証実験を実施しています。

剪定枝回収の概要

**日程: 10月12日(土)
10月30日(水)**

時間: 6:30~7:00

場所: ごみステーション

回収物: ご家庭で発生した剪定枝

回収方法: 麻製の袋の中に剪定枝を入れてください。



回収できるもの 剪定枝

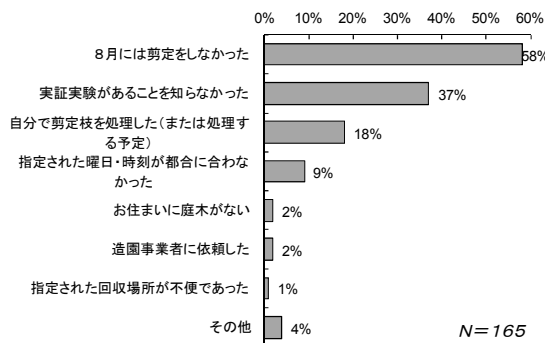
回収できないもの その他ごみ、木製家具、刈り草

注1) 剪定枝は1メートル未満程度の大きさにしてお持ちください。
注2) 剪定枝は(10月1日~10月29日)の間に剪定されたものに限ります。

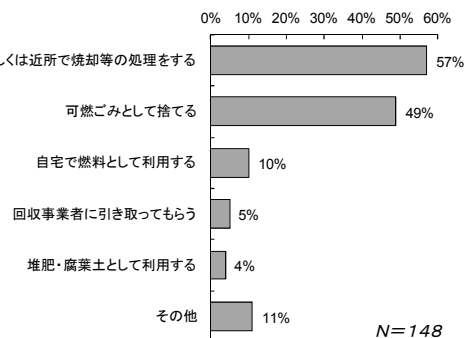
問合せ:
0263-34-3268 (松本市環境政策課 丸山、羽田野)
03-5533-2956 (野村総合研究所 石橋、木村) ※国土交通省モデル事業受託者

図表4-6 長野県松本市でのアンケート・グループインタビュー結果

実証実験(剪定枝の回収)に参加しなかった理由



普段の剪定枝の処理方法



<グループインタビューからの示唆>

- 周知の仕方がポイント。10月の実証時にチラシを回覧するだけでなく、ゴミステーションにポスターを掲示した点は効果的であった。
- 剪定枝の回収条件(長さ、枝葉でもよいか等)に制約がない方が出しやすい。
- 少しでもインセンティブ(地域通貨等)があると協力を得やすい。

<グループインタビューからの示唆>

- 農家の場合には、畑で野焼きしているケースが多い。
- 剪定枝が可燃ごみと一緒に捨てられているのもよく目にする。
- 剪定枝回収の取組の意義(ごみの減量化による行政コストの削減等)をより明確に打ち出すべき。意義を理解できれば、多少手間でも協力する。

注) モデル地区の住民を対象に実施。アンケートは8月、グループインタビューは11月に実施。

4.2. 加工・保管・乾燥

<ポイント>

- 燃料用チップとしてはピン状の破碎チップよりも均質な方形の切削チップの方が適しています。
- チップ化に際しては、剪定枝を同程度の長さに揃えておくと効率的に作業を行うことができます。また、葉や小枝は簡易的に除いた方が均質なチップができ、原木のまま天日乾燥してからチップ化すると、チップの含水率を低く抑えることができます。
- 騒音や粉塵等の影響が考えられるため、近隣に住宅地等がない場所で加工を行う必要があります。また、騒音対策として防音シートの設置等、粉塵対策として散水等が考えられ、必要に応じて周辺環境に配慮した対策が必要です。
- 一定量の剪定枝及びチップを保管するためには、日当たり、風通し、スペースの確保等が必要です。また、可燃物保管場所として消防への届出と対策が求められます。
- チップ保管時には、発火対策や異臭対策として、定期的な攪拌等が必要です。また、災害時に必要最低限のエネルギー供給を行うためには、一定量のチップをストックしておく必要があります。
- 自然乾燥の方法として、直射日光のあたる屋根付きの場所で乾燥させると、1カ月程度で含水率30%（湿潤）程度まで下げることが可能です。
- 残余チップは、燃料用以外の用途として、堆肥、マルチング、敷藁等が考えられます。一般的に剪定枝は堆肥としての活用に適しており、葉や小枝が多い場合には堆肥用、少ない場合には燃料用として仕分ける等、チップの品質によって用途（出口）を判断することも考えられます。

1) チップの種類と特徴

燃料用チップとしてはピン状の破砕チップよりも均質な方形の切削チップの方が適しています。ただし、現状において、切削チップを生産できる移動式の切削機は国内ではほとんど普及していません。

図表 4-7 チップの種類と特徴

種類	破砕チップ	切削チップ
形状	 <ul style="list-style-type: none"> • ピン状のササクレ立った破片。 • 長尺片や粉状の割合が多い。 	 <ul style="list-style-type: none"> • 均質な方形のチップ。 • 長尺片や粉状の割合が少ない。
製造方法	• ハンマーの打撃で破砕する。	• カッターで削り取っていく。
燃料としての適性	• △(絡みやすく、灰の量が多い)	• ○(絡みにくく、灰の量が少ない)
燃料以外の用途	• ボード原料 • 堆肥化副資材等、畜産資材 等	• ボード原料 • 製紙パルプ原料 等

図表 4-8 木質破砕機の種類と特徴

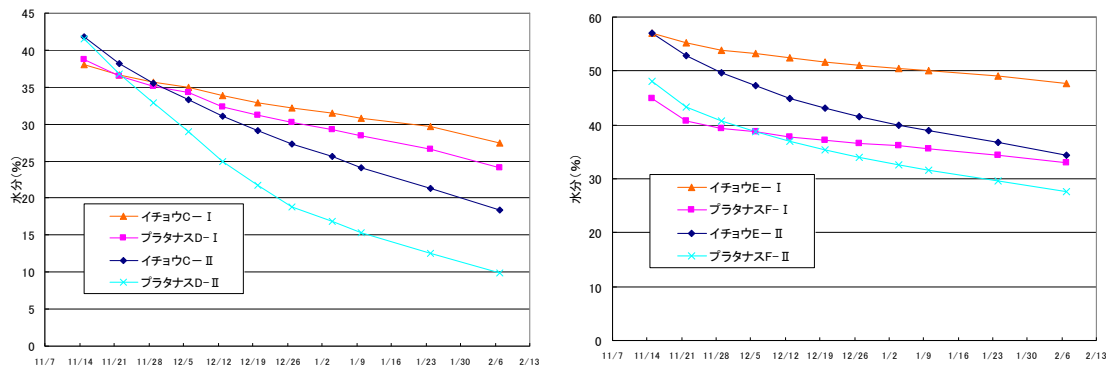
種類	破砕方式(高速打撃ハンマー方式)	切削方式(切削ナイフ方式)
形状		
破砕刃の構造	• 堅牢なハンマー歯	• 鋭利なナイフ(刃)
特徴	<ul style="list-style-type: none"> • メンテナンスにそれほど手がかからない。 • 生産効率は切削方式よりも劣る。 • 一般的に普及しており、リース等も可能。 	<ul style="list-style-type: none"> • 鋭利なナイフで切削するため、出力(馬力)あたりの生産効率が高い(破砕方式の1.3倍程度) • ナイフの消耗等により、メンテナンスが必要(交換コストも発生)。

2) チップ化の際の留意点

チップ化に際しては、剪定枝を同程度の長さに揃えておくと効率的に作業を行うことができます。また、葉や小枝は簡易的に除いた方が均質なチップができます。

なお、剪定枝のまま乾燥させてからチップ化する場合と、チップにしてから乾燥させる場合を比較すると、前者の方が含水率を低く抑えることができることから、スペースに余裕がある場合には、剪定枝のまま天日干しにしておき、ある程度まとめてチップ化した方が効率的といえます。

図表 4-9 剪定枝及び剪定枝チップ保管時の含水率の推移



※それぞれ I は屋外に、II は屋内に保管したものの。

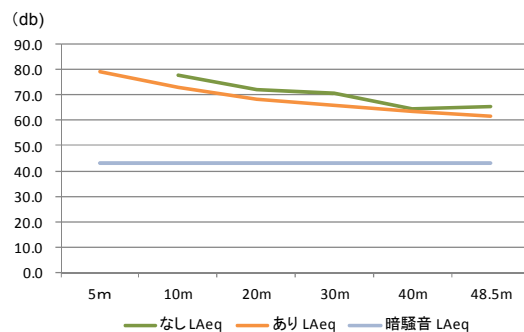
出所) 国土技術政策総合研究所提供資料

チップ化の際には騒音や粉塵等の影響が考えられるため、近隣に住宅地等がない場所で加工を行う必要があります。また、騒音対策として防音シートの設置等、粉塵対策として散水等が考えられ、必要に応じて周辺環境に配慮した対策が必要です。

図表 4-10 チップ化の際の騒音測定結果

単位	5m	10m	20m	30m	40m	48.5m (参考)
①防音なし LAeq	NA*	77.7	72.1	70.5	64.6	65.2
②防音あり LAeq	79.4	73.0	68.5	66.0	63.5	61.7
③暗騒音 LAeq	42.9	42.9	42.9	42.9	42.9	42.9
②-① 防音効果 (差分)		-4.7	-3.6	-4.5	-1.1	-3.5

*防音シートなしの5m0° 地点では、チップからのチップの飛散が非常に多く、測定が困難であった
LAeq: 等価騒音レベル。一定時間内の騒音の総エネルギーの時間平均値をレベル表示する量である。これは、レベルが変動する騒音を安定に表現でき、かつ人間がどの程度の騒音にどれだけの時間暴露されたかを表現する上で実態に即していると考えられ、国際的にも合意されている。



3) チップ保管時の留意点

一定量の剪定枝及びチップを保管するためには、日当たり、風通し、スペースの確保が必要です。また、可燃物保管場所として消防への届出と対策が求められます。

チップ保管時には、発火対策や異臭対策として、定期的な攪拌等が必要です。また、燃料の安定的な供給や災害時に必要最低限のエネルギー供給を行うためには、一定量のチップをストックしておく必要があります。

4) 自然乾燥

自然乾燥の方法として、直射日光のあたる屋根付きの場所で乾燥させると、1 カ月程度で含水率 30% (湿潤) 程度まで下げることが可能です。時間と手間を要しますが、乾燥に要する経費や環境負荷を低減し、エネルギー利用効率を高めることができます。ただし、自然乾燥には、プラントやストックヤード等の面積に加えて、スペースの確保 (100~300 m²程度) が必要となります。

最近では、太陽熱を活用してチップを乾燥させるシステムが欧州を中心に開発・実用化されており、我が国においても導入された事例があります。また、自然乾燥の他、機械的に強制乾燥させる方法もあります。

図表 4 - 1 1 剪定枝チップの自然乾燥の様子



5) 残余チップの活用

残余チップは、燃料用以外の用途として、堆肥、マルチング、敷藁等が考えられます。一般的に剪定枝は堆肥としての活用に適しており、葉や小枝が多い場合には堆肥用、少ない場合には燃料用として仕分ける等、チップの品質によって用途 (出口) を判断することも考えられます。

4.3. 発電・熱供給・後処理

<ポイント>

- エネルギー供給設備の性能によりますが、燃料用チップとして一定の含水率や形状の条件を満たす必要があります。
- エネルギー供給設備の選定に際しては、設備性能の他、メンテナンスの容易さやアフターサービスの充実度等を踏まえて判断することが重要です。
- 燃料用チップの供給は自動化されている設備が一般的です。ただし、週 1 回程度の焼却灰の処理等の作業と、年 1 回程度の定期的な点検・メンテナンスが必要となります。発電・熱供給設備の点検・メンテナンスについては、メーカー等との保守契約を結ぶことが推奨されます。
- 停電時における設備稼働の方法や、非常時における電力供給の優先順位等、非常時に備えた対応マニュアルの作成や定期的な訓練が必要です。
- タールや木酢液、灰等の副産物が生じることから、適切な処理や資源としての有効活用が重要です。

1) 燃料の条件

基本的に、一定の含水率の条件を満たさなければ、燃料用チップとして利用は困難です。チップボイラーとスターリングエンジンの併用方式の場合には含水率 33% (湿潤) 以下、ガス化ガスエンジン発電方式の場合には含水率 15% (湿潤) 以下に抑える必要があります。また、チップの含水率を低く抑えた方が、燃料用チップとしての品質は高くなります (エネルギー利用効率が向上します)。チップの乾燥が必要な場合には、前述の自然乾燥の他、機械的に強制乾燥させる方法があります。その際には、発電・熱源設備の排熱等を利用することも考えられます。

葉や小枝の成分が多いと、灰の発生が多くなり、燃焼を阻害しやすくなります。

「4. 2 加工・保管・乾燥」で説明したように、形状はピン状の破砕チップよりも均質な方形の切削チップの方が搬送性等の面で適しています。

2) 設備の選定

国内でこれまでに導入されているエネルギー供給設備は、国内製品とともに海外製品も見られます。エネルギー供給設備の選定に際しては、設備性能に加えて、メンテナンスの容易さやアフターサービスの充実度等も考慮する必要があります。

メーカーや商社等からの詳細な説明を受けるとともに、国内の導入・運用事例等を参考にすることが重要です。

3) 設備の保守・メンテナンス

発電・熱源設備の方式や規模によっては有資格者の配置等が必要となりますが、本技術的指針で想定しているチップボイラーとスターリングエンジンの併用方式やガス化ガスエンジン発電方式では基本的に不要です。

燃料用チップの供給は自動化されている設備が一般的です。ただし、週 1 回程度の焼却灰の処理等の作業と、年 1 回程度の定期的な点検・メンテナンスが必要となります。発電・熱供給設備の点検・メンテナンスについては、専門的な知識や技能が求められることから、メーカー等との保守契約を結ぶことが推奨されます。

4) 災害発生時等の非常時の運用ルール

停電時における設備稼働の方法や、非常時における電力供給の優先順位 (電力供給の必要のない部屋は遮断する等) 等、災害発生時等の非常時に備えた対応マニュアルの作成や定期的な訓練が必要です。

5) 副産物の活用方法

木質バイオマス発電や熱供給による副産物として、灰や木酢液、タール等が発生します。これらの副産物については、適切な処理を行うとともに、資源としての有効活用することも可能です。

図表 4-12 に副産物の主な処理・活用方法を示しています。

図表 4-12 副産物の主な処理・活用方法

発生副産物	概要	処理・活用方法
チャー(灰)	<ul style="list-style-type: none"> 木材などを燃やした後に残る固体 ✓ 燃焼効率を上げたり、ボイラーの通風口をふさいでしまったりする 	<ul style="list-style-type: none"> ボイラー燃料と合わせ灰として回収し、再利用(または販売) 固形化し土壌改良材として活用を検討 廃棄物処理 など
木酢液	<ul style="list-style-type: none"> 有機物を乾留した際に生じる上澄み 	<ul style="list-style-type: none"> 民間療法や厚生目的での活用を検討 など
タール	<ul style="list-style-type: none"> 有機物が熱分解する際に生じる油上の液体で、木酸液を除いた部分 ✓ 人体に悪影響を及ぼすものもある 	<ul style="list-style-type: none"> 燃料として再度発電に利用 殺菌作用を活用した利用を検討 など
排水 (タールを含む)	<ul style="list-style-type: none"> 各プロセスで生じる排水 ✓ 人体に悪影響を及ぼすものもある ✓ 環境に負荷を与えるものもある 	<ul style="list-style-type: none"> 希釈して防虫対策として試験利用 排水処理施設で処理 タールを捕集した水を処理し販売 廃棄物処理 など

5 地域社会・民間事業者との連携

第5章（地域社会・民間事業者との連携）では、地方公共団体とNPOや一般市民、町会・自治会、民間事業者等と連携した取組の推進方策を検討し、取組を地方公共団体の中で広く普及し、取組の効率を向上させるとともに、導入の意義を高めるための検討を行います。

5.1. 実施・運営主体の検討

<ポイント>

- 本取組を推進するためには、地方公共団体によるコミットメントとリーダーシップが求められます。また、公民の連携や役割分担等に関する整理が肝要です。
- 発生材の収集という観点では、地域の一般市民や町会・自治会、NPO等の参加を得る等、地域密着型の取組を推進することが重要です。
- 加工・保管・乾燥、発電・熱供給・後処理といった観点では、専門的な知識や技能を有する民間事業者との連携が考えられます。

1) 地方公共団体の役割

本取組は、環境的側面での効果（CO₂削減、ごみの減量化・再資源化等）及び社会的側面での効果（非常時のエネルギー供給確保、緑地の管理・活用、地域コミュニティの活性化等）があること、経済性の観点で現状において収益を上げることは難しいこと等を鑑みると、地方公共団体によるコミットメントとリーダーシップがなければ取組を推進することは難しいと考えられます。

取組の推進における実施・運営主体の検討に際しては、現状における剪定枝の収集やリサイクル等の状況を踏まえつつ、公民の連携や役割分担等に関する整理が重要です。

2) 地域社会との連携

都市の緑のエネルギー利用に関する取組は地域密着型であることがその一つの特徴であり、取組の推進においても、地域の一般市民や町会・自治会、NPO等と連携することが重要です。特に、家庭や樹林地、果樹園等からの剪定枝の収集においては、これらの関係主体と連携することで、都市の中で広く薄く分布する木質バイオマスを効率的に収集することができます。また、これらの取組を通して、地域コミュニティの活性化も期待できます。

さらに、地域のシニア層や若者層との連携の視点も重要です。シルバー人材センターや大学等と積極的に連携していくことが考えられます。

3) 民間事業者との連携

剪定枝の加工・保管・乾燥、発電・熱供給・後処理といった実務的な作業については、それらの専門的な知識や技能を有する民間事業者（例えば、リサイクル事業者や造園事業者、プラントメーカー等）との連携が必要です。

4) 有識者との連携

都市の緑のエネルギー利用方策の検討において考慮すべき事項は多岐にわたることから、技術的・経営的な観点等から、外部の有識者（学識経験者やコンサルタント等）と連携していくことも考えられます。

5.2. 事業スキームの検討と留意点

<ポイント>

- 想定される事業スキームとしては、地方公共団体が全体の計画・調整・管理を担い、必要に応じて業務毎に民間事業者等に業務委託したり、指定管理者制度を活用すること等が考えられます。
- 初期段階においては、技術的なリスク及び燃料の安定的な供給リスクは地方公共団体がカバーする必要があるとあり、エネルギー供給設備は地方公共団体が保有することが想定されます。
- 経営リスクについては、初期段階においては地方公共団体と民間事業者が分担することが考えられます。地域の中で取組の密度が高まることにより、事業の効率化や事業採算性の向上を図ることができれば、民間事業者が担う比率が高まっていくことも考えられます。
- 既存の取組が行われている場合には、既存事業者との関係性を考慮した上で、既存事業者との連携や役割分担等について検討する必要があります。
- 本取組が普及することで、事業採算性が向上し、将来的には民間事業者等による事業運営も想定される等、地域ビジネスの創出につながります。

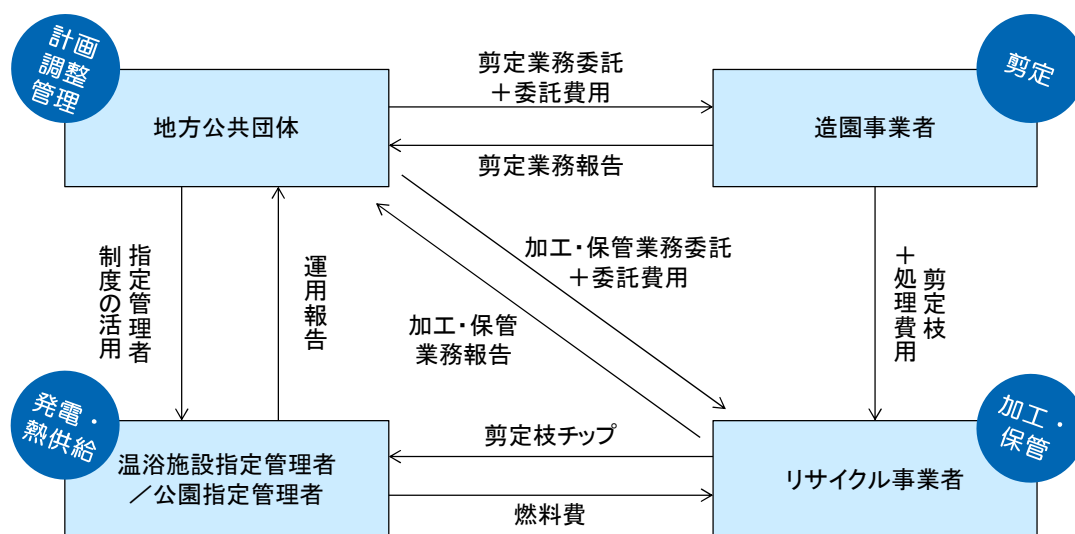
1) 事業スキームのイメージ

想定される事業スキームとしては、地方公共団体が全体の計画・調整・管理を担い、必要に応じて、加工・保管・乾燥や発電・熱供給・後処理等の業務について、専門的な知識や技能を有する民間事業者等に業務委託したり、指定管理者制度を活用すること等が考えられます。地方公共団体が直接実施することも可能です。

図表5-1には、地方公共団体が所有する温浴施設や公園にエネルギー供給設備を導入するケースを想定した事業スキーム（イメージ）を示しています。

図表5-1 想定される事業スキーム（イメージ）

例：剪定、加工・保管、発電・熱供給を地方公共団体からの委託等で実施するケース



注) 地方公共団体が所有する温浴施設や公園にエネルギー供給設備を導入するケースを想定

2) リスクへの対応

初期段階では、技術的なリスク（技術が確立されていないこと等によるリスク）及び燃料の安定的な供給に対するリスクについては、地方公共団体が責任を負う必要があります。そのため、エネルギー供給施設は地方公共団体が保有することが想定されます。

経営的なリスクについては、初期段階においては地方公共団体がある程度関わり、民間事業者と分担することが考えられます。地域の中で取組の密度が高まることにより、事業の効率化や事業採算性の向上を図ることができれば、民間事業者が担う比率が高まっていくことも考えられます。

3) 既存事業者との関係

既存の取組が行われている場合には、既存事業者との関係性を考慮した上で、既存事業者との連携や役割分担等について検討する必要があります。

4) 地域ビジネスの創出

都市の緑のエネルギー利用の取組が都市の中で普及していけば、取組の密度が高まることで事業の効率化により事業採算性が向上します。事業採算性の向上により、民間事業者による事業運営も想定されることから、地域ビジネスの創出につながります。

将来的には、例えば、燃料チップの供給やエネルギー供給施設の維持管理を専門に行う“エネルギープロバイダー”のような新たなプレイヤーの登場も考えられます。

6 おわりに

東日本大震災における教訓を踏まえ、都市においては“レジリエンス（強靱さ）”という観点から、自律・分散型エネルギー社会の構築が強く求められており、地方公共団体においてもエネルギーセキュリティの向上が課題となっています。

都市由来の植物廃材を活用したエネルギー利用は、地産地消型の自然エネルギーであり、自律・分散型エネルギー社会の構築に向けたきっかけとして位置づけることができます。また、都市の緑のエネルギー利用を推進することで、地球温暖化への対応やごみの減量化・再資源化、緑地の管理・活用の推進、災害時のエネルギー供給確保、地域コミュニティの活性化等の様々な効果が期待できます。

都市の緑のエネルギー利用方策の検討に際しては、各都市の地域特性や都市づくりのビジョンに合った、地域密着・地域協働型の取組を推進していくことが重要であり、特に以下の点に留意する必要があります。

【全般】取組の意義の明確化と着実な実施

都市の緑のエネルギー利用により、剪定枝等を焼却処分する場合と比べて CO₂ 排出量を大きく削減することが可能ですが、コストは剪定枝 1 トンあたり数万円程度の追加コストが必要となる可能性が高いと考えられます。財政への過度な負担は避ける必要がありますが、一方で、本取組は、緑地の管理・活用の推進や地域のエネルギーセキュリティの確保、地域コミュニティの活性化等といった経済性の観点のみでは評価が難しい要素が大きいことから、これらの要素も考慮した上で、本取組の意義を明確にすることが重要です。また、自律・分散型エネルギー社会やエネルギーの面的利用の実現に向けた、中長期的な視点での着実な取組の実施も求められます。

地域の総合計画や都市マスタープラン、緑の基本計画、環境基本計画、バイオマス活用推進計画等に位置づけることで、本取組の位置づけを高め、取組を強力的に推進することも重要です。

【剪定・収集・運搬】地域社会との協働

剪定・収集・運搬プロセスは、特に地域の一般市民や NPO 等とのつながりが深い分野であることから、地域密着・地域協働型の体制構築が肝要となります。

体制構築に際しては、既存の仕組みとの整合性や接続性等に配慮することが求められます。

【加工・保管・乾燥】燃料チップの質と量の安定的な確保

加工・保管・乾燥プロセスにおける最も大きな課題は、燃料チップの質と量の安定的な確保です。収集する剪定枝の性状等を踏まえて、チップ化やストック、搬入等の

タイミングの最適化等を図る必要があります。また、剪定枝や剪定枝チップの保管スペースの確保や、乾燥方法の検討も重要です。

将来的には、地域における新しいビジネスの創出につながるような環境整備も求められます。

【発電・熱供給・後処理】技術的な信頼性の確保と非常時への対応

発電・熱供給・後処理プロセスについては、最も技術的な知見が必要となる分野であり、メーカー等の専門家の適切な助言を受けつつ、検討を行うことが重要です。特に、プラントの技術的な信頼性の確保と、トラブル対応が肝要となります。そのためには、実用事例の蓄積や技術者の育成等も求められます。

また、災害発生時等の非常時に迅速かつ適切にエネルギー利用が可能となるよう、対応マニュアルの策定等の備えが求められます。

< 附録 >

1) ケーススタディ

国土技術政策総合研究所では、都市公園から発生する剪定枝等を活用した新たなガス化発電技術の導入可能性を検証するため、平成 24 年度に、民間企業等と協力し国営公園をモデルとした実証実験を実施しました。

① 国営みちのく杜の湖畔公園をモデルとした実験

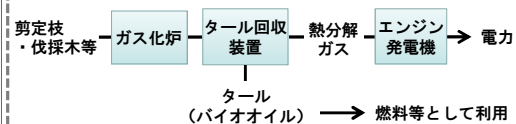
■ 技術面における提案のポイント

タール回収-利用技術を活用したガス化発電システム

特長：ガス化発電の副産物であるタールを物理的に回収し、燃料等に利用する技術を適用

⇒ システム全体のエネルギー効率の向上が見込まれる

⇒ 仕組みが単純なアップドラフト炉でのガス化が可能となり、設備の運転性やメンテナンス性等の向上が見込まれる



実験設備全体写真



粘度の低い状態のタールを回収

② 国営昭和記念公園をモデルとした実験

■ 技術面における提案のポイント

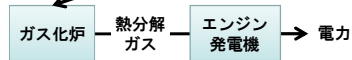
システムⅠ 剪定枝等の炭化

特長：前処理として炭化を採用

⇒ 剪定枝の輸送性、貯蔵性等の向上が見込まれる



システムⅡ 木炭のガス化発電

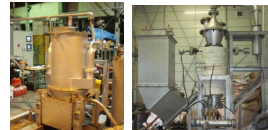


特長：木炭を原料としたタール分の少ないガスによる発電

⇒ 仕組みが単純なアップドラフト炉でのガス化が可能となり、設備の運転性やメンテナンス性等の向上が見込まれる



複数の炭化炉で木炭を製造

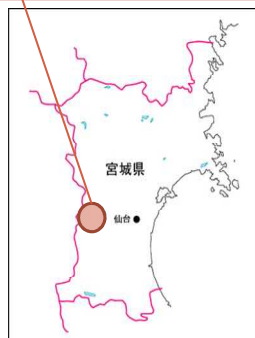


複数のガス化炉の性能を比較

■ 国営みちのく杜の湖畔公園 (宮城県川崎町)



公園位置図



■ 国営昭和記念公園 (東京都立川市)

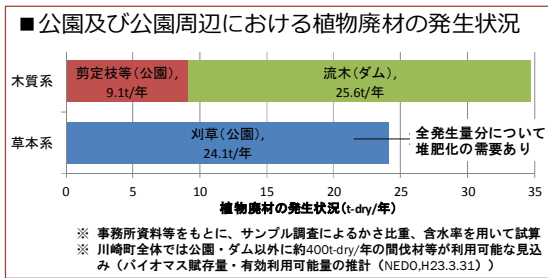


公園位置図



出所) 国土技術政策総合研究所プレゼンテーション資料

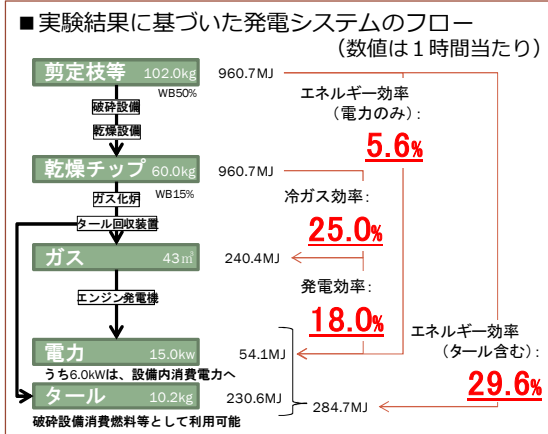
(1) 国営みちのく杜の湖畔公園での実証実験結果



■回収したタール (バイオオイル) の有用性

タール温度を70°Cに保つと、良好に燃焼した
 燃焼させた際の排気も、無煙であり問題なかった
 タールによるノズル等の閉塞は見られなかった

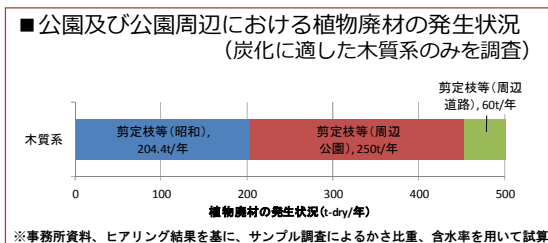
➡ 回収したタールは燃料として利用可能



- タール (バイオオイル) の燃料利用が見込まれる場合には、高効率化が可能。
- 園内剪定枝、隣接するダムの流木を含めても木質バイオマス量が不足するため、地域全体での供給システム検討が必要。

出所) 国土技術政策総合研究所プレゼンテーション資料

(2) 国営昭和記念公園での実証実験結果

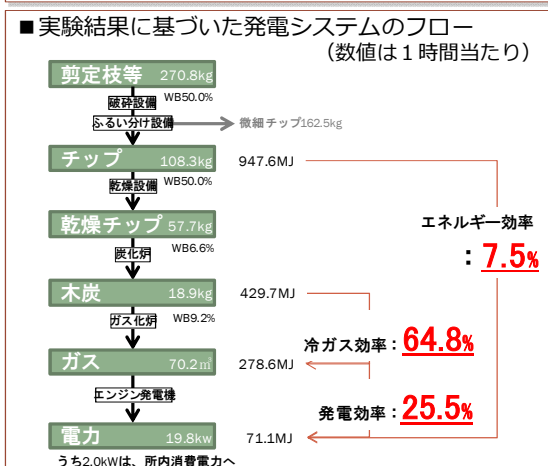


■炭化によるタール削減等の効果

ガス化炉形式 (原料)	タール量 (mg/Nm ³)
アップドラフト (生木) ※	30,000-150,000
アップドラフト (炭)	352-804
ダウンドラフト (生木) ※	15-500

➡ 実験用のアップドラフト炉でも通常のダウンドラフト炉並みのタール濃度に低減

※生木は『Energy from biomass (World Bank technical paper no.422)』より引用。


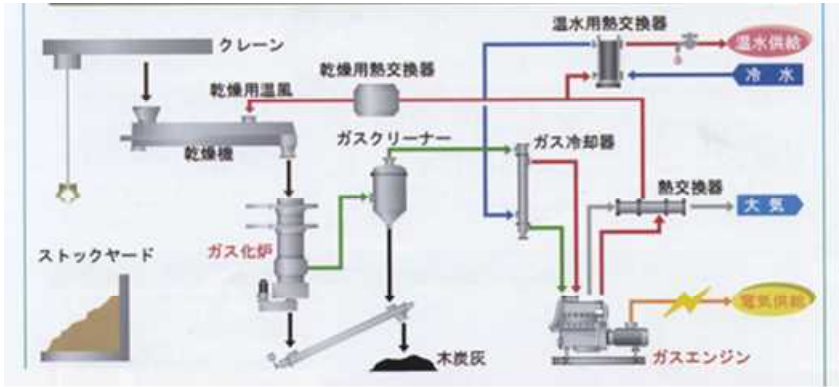


- 木炭を用いることにより、タール発生量は削減可能であり、比較的高効率でガス化発電を行うことが可能。
- 地域全体でのバイオマス供給システムを検討する必要。
- 剪定枝を効率よくエネルギー利用するためには適切な「破砕 (チップ化)」が重要。

出所) 国土技術政策総合研究所プレゼンテーション資料

2) 導入事例


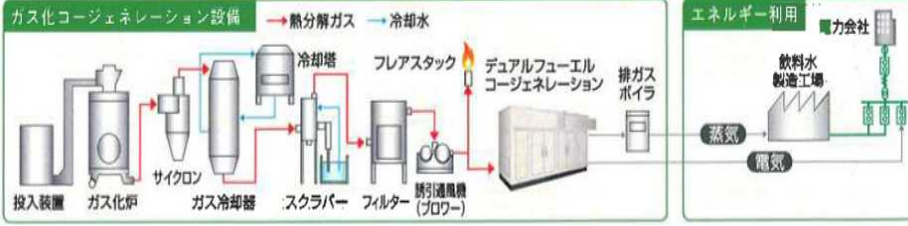
(1) ちちぶバイオマス元気村発電所

施設名称	ちちぶバイオマス元気村発電所	
事業主体	秩父市	
関連企業等	月島機械㈱	
設置場所	埼玉県秩父市	
稼働年月	平成 19 年 1 月	
施設概要	<p>利用技術：ガス化（ダウンドラフト式）</p> <p>木質バイオマスを蒸し焼きにして一酸化炭素や水素など可燃性ガスを発生させ、ガスインジンを燃焼させることで発電し、同時に熱を回収・利用。</p> <p>木質バイオマスをガス化する際に発生するタールを極力低減できるダウンドラフト炉を採用することにより、排ガス処理を簡略化することが可能となり、プロセスのシンプル化、設備のコンパクト化が実現（スペース：12×14m）。</p>	
施設能力	<p>発電能力：115kWe、360kWh/年</p> <p>発電端効率：23% 送電量：100kW（吉田元気村で自家消費、余剰電力は売電）</p> <p>熱回収率：-</p> <p>供給熱量：230Mcal/h（熱効率 50%） 吉田元気村で暖房として自家消費</p>	
施設稼働状況	300 日/年、12 時間/日（9 時～21 時）	
発電プロセスフロー		
利用バイオマス	<p>製材端材から製造したチップ、間伐材から製造したチップを利用。</p> <p>利用量：1.5t/日、125kg/h 約 450t/年(含水率 13%WB 時)</p>	
バイオマス収集	地元森林組合等より、間伐材チップを受け入れて利用。	
補助燃料の有無	炉の始動停止時に灯油にて加温。	
副産物	<p>木炭灰（チップ炭）発生量：800L/日（80kg）</p> <p>2,400 円/フレコン 1m³（=800L）で販売。木炭灰は土壌改良材として販売。</p> <p>タールについては、用途開発を検討中。</p>	
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・ガス化システムによる発電・熱は「吉田元気村」に供給。余剰電力は東京電力に売電。 ・低含水率、乾燥チップを利用することにより、連続稼働時間 10,000 時間達成。 	
着目すべき点	切削チップ、連続運転、副産物（有効利用）	


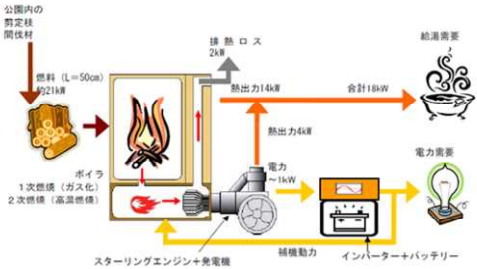
(2) 木質バイオマスガス化発電施設（黒滝温泉）

施設名称	木質バイオマスガス化発電施設 (黒滝温泉)	
事業主体	奥州市	
関連企業等	ヤンマー(株)	
設置場所	岩手県奥州市	
稼働年月	2010年7月竣工	
施設概要	ガス化(ダウンドラフト式)	
施設能力	発電量：25kWe ※所内電力は5kWe程度。 発電端効率：33%(エンジン効率) 供給熱量：－ 熱回収：39kW(総合効率52%、温水回収、直営温泉施設で自家消費)	
施設稼働状況	DSS 運転(毎日の発停)	
発電プロセス フロー		
利用バイオマス	間伐材チップ・廃食油・林地材等 投入量：20kg/h 約0.3t/日 年間72t/年	
バイオマス収集	森林組合等による、県内で発生する木質バイオマス間伐材等のチップ供給	
補助燃料の有無	平均で全体の熱量の20%程度のA重油が必ず必要。A重油はBDFでも代替可。	
副産物	<ul style="list-style-type: none"> 凝縮水・排水、チャー・灰等 高機能性カーボンとして製品化を検討 	
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 木質バイオマスをガス化したものと、廃食油をBDF化したものをデュアルフェューエルコージェネレーションシステムで電気と温水を発生させ、黒滝温泉で利用し灯油と電力使用量を低減している。 原料確保が容易な小規模発電施設 	
着目すべき点	切削チップ、小規模、副産物	


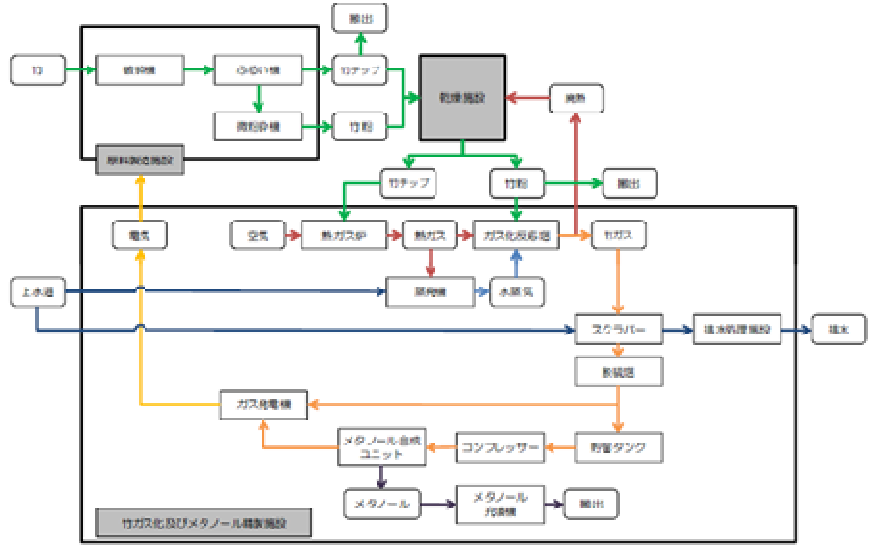
(3) 山梨地域バイオマス活用協議会

施設名称	山梨地域バイオマス活用協議会	
事業主体	山梨地域バイオマス活用協議会	
関連企業等	ヤンマー(株)	
設置場所	山梨県	
稼働年月	2010年10月	
施設概要	ガス化(ダウンドラフト式)バイオフェューエルエンジン発電システム、簡易ボイラ式排熱回収システム	
施設能力	発電能力 : 290kWe (145kWe×2基) ※所内電力は 30kWe 程度。 発電端効率 : 29% 熱回収率 : 33% (総合熱効率 62%) 供給熱量 : 324kW	
施設稼働状況	開始初年度 300h、1日8時間×200日を目指す将来的に 24時間	
発電プロセス フロー		
利用バイオマス	自社発生の製材端材、周囲の山林の林地残材等をチップ化して利用。 切削チップ(10~25mm、含水率10~15%WBを推奨)、破碎チップ(実証中) 利用量(投入量): 250kg/h (15%WB)	
バイオマス収集	自社発生の製材端材、周囲の山林の林地残材	
補助燃料の有無	18L/h 利用	
副産物	灰については現状では農地への肥料としての利用は行わず、セメント等の原材料として処理。	
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 木質バイオマスをガス化したものと、A重油をデュアルフェューエルコージェネレーションシステムで電気と蒸気を発生させ、隣接する飲料水製造工場で利用し、灯油と電力使用量を低減。 2種類のチップ(切削チップ、破碎チップ、混合比は容積比で50%)を混合して利用可能(ただし、混合チップを利用すると供給部分で詰まりやすくなるため、ブリッジを解消する部品を追加することになる)。 	
着目すべき点	切削チップ、破碎チップ、収集(林地残材や製材端材の有効利用)、前処理	

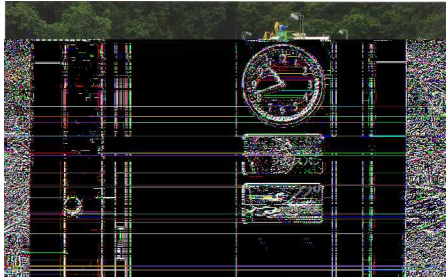
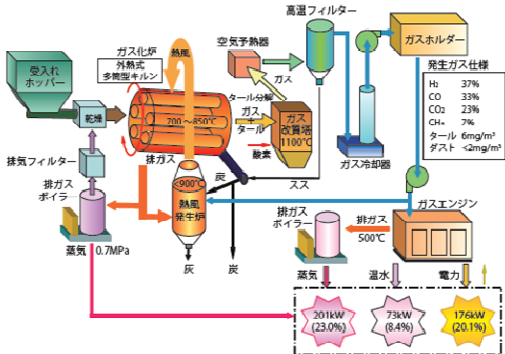
(4) 万博記念公園バイオマスコージェネシステム

施設名称	万博記念公園バイオマスコージェネシステム	
事業主体	特定非営利法人里山倶楽部	
関連企業等	サクシヨン瓦斯機関製作所	
設置場所	大阪府吹田市	
稼働年月	平成 18 年 3 月	
施設概要	<p>木質バイオマスを薪の状態（長さ 50cm 程度）でボイラーに投入、一次燃焼室でガス化、二次燃焼で 1,000℃以上の高温を得る。その燃焼熱によりスターリングエンジンを駆動し、コージェネレーションシステムとし、温水に加えて電力を回収する。</p> <p>薪燃焼ガス化ボイラ：ガシファイア HV14（スターリングエンジン（EPAS BM1000）付き） HELT 社製</p> <p>スターリングエンジン：AP1-1/250 サクシヨン瓦斯機関製作所製</p>	
施設能力	<p>発電能力 : 700We (実際の発電量: ave.422We、熱効率: ave.60%)</p> <p>発電端効率 : 1.4%(全体比)</p> <p>熱回収率 : -</p> <p>供給熱量 : 14kW (熱効率 76.8%)</p>	
施設稼働状況	稼働時間 7 時間/日 260 日/年稼働	
発電プロセス フロー		
利用バイオマス	公園内の剪定枝や間伐材等。 利用量 : 燃焼能力 10kg/h 程度	
バイオマス収集	公園内の剪定枝や間伐材等を収集し、利用。	
補助燃料の有無		
副産物	燃焼灰等の残渣が発生。園内還元する。	
その他の情報	<ul style="list-style-type: none"> ・熱需要先は万博記念公園内足湯施設、電力需要先はシステム補機動力用電力。 ・薪製造と乾燥のための十分なスペースが必要である。木質ボイラはドイツ製であるため、メンテナンスに時間と費用がかかる。薪の状態は長さ 50cm 程度以下、乾燥期間: 6 カ月～12 カ月。 	
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・コージェネレーションシステムは電熱を同時生産することが可能だが、出力構成比では熱出力がメイン。 ・木質温水ボイラーとしての熱効率は 80% 以上。発電出力は小さいが、総合効率は 80% 以上と高効率である。 	
着目すべき点	薪、小規模、備蓄、副産物	
参考資料	http://www.nedo.go.jp/content/100160860.pdf	

(5) 宮津バイオマスエネルギー製造事業所

施設名称	宮津バイオマスエネルギー製造事業所	
事業主体	宮津バイオマスエネルギー事業地域協議会	
関連企業等	太陽工業株式会社	
設置場所	京都府宮津市里波見 23 波見の里センター農村広場内	
竣工年月	2011 年 9 月 10 日 (本格稼働は 2012 年度以降になる予定)	
施設概要	利用技術: 農林バイオマス 3 号機ベースの浮遊外熱式ガス化とガスエンジン発電 バイオマス収集: 宮津地方森林組合より供給。将来的には他の供給システムを構築したい。	
施設能力	発電能力 : 30kw (一般家庭 10 世帯分) 発電端効率 : 未測定 熱回収量 : 未測定	
施設稼働状況	24 時間/日 (将来目標)	
発電プロセスフロー		
利用バイオマス	竹 (放置竹林) 利用量: 原料製造施設 1t/h、 発電プラント 35~36kg/h (含水率 15~20%)	
補助燃料の有無	始動停止時に LPG にて加温	
副産物	竹チップ 850kg/h、竹粉 150kg/h、メタノール 7リットル/h	
その他の情報	本施設は放置竹林から竹チップ、竹粉、およびメタノールを精製販売することを主目的としており、発電については副次的な位置付けとなっている。	
参考資料	http://www.city.miyazu.kyoto.jp/~chiiki/kyogikai/info/info20110914.htm	

(6) ガス化コージェネレーションによる中山間地域電熱供給システム

施設名称	ガス化コージェネレーションによる 中山間地域電熱供給システム	
事業主体	—	
関連企業等	中外炉工業㈱	
設置場所	山口県岩国市	
稼働年月	平成 19 年 7 月	
施設概要	<p>多筒型ロータリーキルンによるガス化。外熱方式により乾燥バイオマスを熱分解し、生成したガスは改質器でタールが燃焼され高温フィルターを通過してガスエンジンに供給される。ガス化炉で発生するチャーは燃焼され、熱風発生炉を通してガス化の加熱に用いられる。</p>	
施設能力	<p>発電能力 : 180kWe (うち 80kWe は所内消費)、温水供給熱能力 : 300kW、 発電端効率 : 約 16%、総合熱効率 : 約 45% (温水が 100%利用されたと想定)</p>	
施設稼働状況	<p>現在、冬季限定で稼働 (※平成 19 年稼働状況 : 稼働日数 107 日、累積発電量約 95,000kWh、バイオマス使用量は 666t)</p>	
発電プロセス フロー	 <p>発生ガス仕様</p> <ul style="list-style-type: none"> H₂: 37% CO: 33% CO₂: 23% CH₄: 7% タール: 6mg/m³ ダスト: <2mg/m³ <p>発電出力: 201kW (23.0%) 温水供給熱出力: 73kW (8.4%) 総合熱出力: 176kW (20.1%)</p>	
利用バイオマス	<p>水分を 50%の間伐材チップをガス化炉廃熱を利用した乾燥機で水分を約 20%まで乾燥させてガス化炉に投入。利用量 : 420kg/h (含水率 50%w.b.)</p> <p>※原料となる間伐材チップのコストダウン、熱需要の拡大が課題</p>	
バイオマス収集	<p>県内の間伐材等未利用資源を収集して利用</p>	
補助燃料の有無	<p>立ち上げ時に灯油および灯油点火用の LPG を使用</p>	
副産物	<p>木灰</p>	
その他の情報	<ul style="list-style-type: none"> ・ガス化発電施設の事業費: 約 3 億 6 千万円 (NEDO による全額補助) ・タール除去に使用する改質用酸素の製造のために電力を使用する 	
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・地元で収集される森林バイオマスを燃料とする発電設備を設置し、隣接する特別養護老人ホームや老人保健施設及び病院の 3 公共施設に電力と温水を供給 	
着目すべき点	<p>前処理、副産物</p>	
参考資料	<p>http://www.jema-net.or.jp/Japanese/res/biomass/pdf/p90-91.pdf</p>	

3) 関係法令

法令名	規制項目	許可・届出等	規制内容 許可・届出が必要となる条件	届出・許可先	備考
都市計画法	土地の開発行為	許可	市街化区域:開発面積 1,000m ² 以上/区域区分外の都市計画区域:開発面積 3,000m ² 以上/準都市計画区域:開発面積 3,000m ² 以上/都市計画区域、準都市計画区域外:開発面積 10,000m ² 以上	都道府県知事 ※指定都市等の場合は、その指定都市等の長	公益上必要な建築物と認められるものは許可は不要。 (例・電気事業法に規定する電気事業で、電気工作物を設置する施設の建築物)
都市公園法	工作物その他の物件または施設の設置	許可	都市公園の占有	公園管理者	占用目的、期間、場所、物件・施設の構造、条例(国の設置に係る都市公園にあつては、国土交通省令)で定める事項を記載した申請書を提出。
大気汚染防止法	ばい煙発生施設の設置	届出	伝熱面積 10m ² 以上又はバーナー燃焼能力 50L/h 以上のもの	都道府県知事	特定物質の排出は規制基準に従う。
消防法	貯蔵所の設置	届出	指定可燃物(木くず)の貯留 10m ³ 以上のもの	市町村長又は都道府県知事	設置後は保管と取り扱いの基準に従う。
騒音規制法	特定施設の設置	届出	・圧縮機、送風機等の原動機定格出力が 7.5kW 以上 ・木材加工機(チップパー)の原動機定格出力が 2.25kW 以上	市町村長	届出は工場開始時 30 日前まで。
振動規制法	特定施設の設置	届出	・圧縮機、送風機等の原動機定格出力が 7.5kW 以上 ・木材加工機(チップパー)の原動機定格出力が 2.2kW 以上	市町村長	届出は工場開始時 30 日前まで。
労働安全衛生法	建築物の設置	届出	電気業の事業場で、電気使用設備の定格容量の合計が 300kW 以上のもの	労働基準監督署長	届出は工事開始日の 30 日前まで。
廃棄物の処理及び清掃に関する法律	廃棄物収集運搬業、処分業(一廃、産廃)	許可	廃棄物を収集、運搬又は処分を自ら行わない場合は、許可業者に行わせることが必要。ただし一般廃棄物の処分等を市町村が行う場合又は市町村が委託した業者が行う場合は許可は不要。	一廃:市町村長 産廃:都道府県知事	剪定枝等が廃棄物に該当しない場合は許可不用となるが、廃棄物に該当するか否かについては、①その他の性状、②排出の状況、③通常の取扱い形態、④取引価値の有無及び⑤占有者の意思等を総合的に勘案して判断する必要がある。 相談窓口:都道府県、地方自治体
	廃棄物処理施設の設置(一廃、産廃)	許可	焼却施設:処理能力 200kg/時以上又は火格子面積 2m ² 以上 破碎処理施設:処理能力 5t/日以上	都道府県知事	
	生活環境影響調査	手続き	廃棄物処理施設に該当する場合		
電気事業法	特定電気事業	届出	50kW 以上の高圧電気需要家を市場とする一般事業者以外の電気供給事業者	経済産業大臣	
	電線路の設置	届出	自らが維持・運用する電線路を介して特定電気事業を行う場合	経済産業大臣	届出は事業開始の 20 日前まで。
熱供給事業法	熱供給事業	許可	熱源設備の加熱能力の合計が 21GJ/h 以上	経済産業大臣	供給区域ごとの許可が必要。 相談窓口:経済産業省、地方自治体、道路管理者
	供給規程	許可	熱事業を開始する者	経済産業大臣	
ダイオキシン類対策特別措置法	特定施設の設置	届出	廃棄物焼却炉で火床面積が 0.5m ² 以上又は焼却能力が 50kg/h 以上のもの	都道府県知事	届出は工場着手日の 60 日前まで。
建築基準法	許可、届出が必要な項目はないが、プラント建築の際に基準に従う必要がある。				

This page is intentionally left blank