

第2章 都市由来植物廃材の性質

2.1 木質バイオマス燃料の種類及び基準

都市由来の植物廃材のエネルギー利用にあたっては、市場に流通している木質バイオマス燃料の種類や基準を把握しておくことが重要であると考えられる。そのため、2.1.1 で木質バイオマス固形燃料の市場流通調査を行い、2.1.2 で現在作成されている木質バイオマス燃料の基準について取りまとめた。

2.1.1 固形燃料の市場流通調査

(1) 薪

1) 材質

針葉樹、広葉樹ともに薪として使用することが可能である。それぞれの特徴を表 2.1-1 に整理する。

表 2.1-1 針葉樹・広葉樹の特徴

樹種		針葉樹	広葉樹
主な原料		モミ、アカマツ、スギ、ツガ、カラマツ、ヒノキ など	ナラ、ブナ、カシ、シラカバ、サクラ、リンゴ など
特徴	長所	<ul style="list-style-type: none"> ・材質がやわらかく、割りやすい。 ・重量が軽く、持ち運びが容易。 ・乾きやすい。 ・火つけに優れている。 ・火力が強い。 	<ul style="list-style-type: none"> ・密度が高く、火持ちが良い。 ・おき火になりやすい ・燃焼性に安定している。
	短所	<ul style="list-style-type: none"> ・火力は強いが、高温になりやすい。 ・油分を多く含んでおり、煤やタールの原因となる。 ・火持ちが悪い。 	<ul style="list-style-type: none"> ・硬木で、薪割りに手間がかかる。 ・乾燥に時間がかかる。
調達性		全国で調達が可能	調達が困難な地域もある
価格		比較的安価	比較的高価

九州薪・木質ペレット活用協議会ホームページ¹⁾を参考に作成 <http://qmaki.com/> (H25.2 参照)

2) 性状

(i) 形状

現在、市場に流通している形状を表 2.1-2 にまとめる。

表 2.1-2 薪の形状

形状	形状
原木	立木伐採した原木そのまま、長さ 2m~4m 程度。
玉切り原木	原木を 35cm~40cm 程度に玉切りしたもの。
割木	玉切り原木を割った薪。長さは玉切り原木と同様で 35cm~40cm 程度。
こわ	製材の端材。長物、これを薪用に切った短物がある。

岡崎森林組合ホームページ²⁾を参考に作成 <http://okamori.org/> (H25.2 参照)

(ii) 含水率

「森のバイオマスエネルギー（全国林業改良普及協会）³⁾」によると、煤やタールの発生原因となるので、天然乾燥で少なくとも 30%以下に下げて使用するのが良いとされている。

3) 品質基準

一律で定められた基準・規格はないが、「森のバイオマスエネルギー（全国林業改良普及協会）」³⁾によると、一般的に長さ 15cm～35cm、厚さ 6 cm～8 cm がストーブに適した形状とされている。また、含水率についても、上述したように 30%以下が良いとされている。

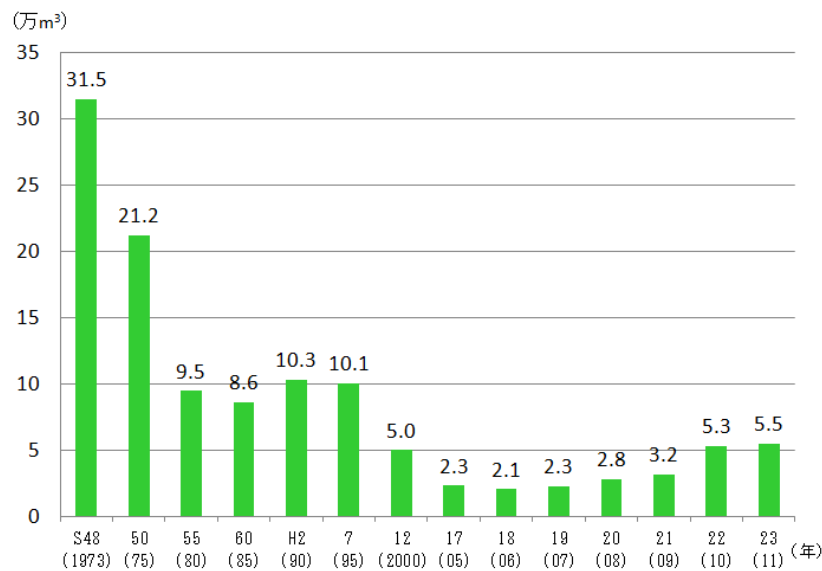
4) 価格

販売地域、原木の種類によって異なるが、関東近辺ではナラ材の割木（長さ 35cm 程度、一辺 15cm 程度）で 55,000 円/t 程度、原木玉切（玉切り寸法はユーザー希望）で 30,000 円/t 程度、原木（長さ 100cm 以上）で 22,000 円/t 程度である。いずれも乾燥薪である。

※薪 Club ホームページ⁴⁾ <http://www.makiclubshop.com/71.html> (H25,2 参照) を参考にした

5) 産地・供給元

全国の薪の生産量を図 2.1-1 に示す。平成 18 年まで減少傾向が続いていたが、平成 19 年以降は増加傾向にあり、平成 23 年には 5.4 万 m³ t となっている。



注：数値は丸太換算値。1 層積 m³ を丸太 0.625 m³ に換算。
資料：林野庁「特用林産基礎資料」

出典：平成 24 年度 森林・林業白書(林野庁ホームページ)⁵⁾

http://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/24hakusyo_h/all/a63.html (H26.3 参照)

図 2.1-1 薪の生産量の推移

全国の森林組合等で取扱いがある。

(2) チップ

1) 材質

平成 23 年度のチップの原材料は、原木が最も多く 42%、次いで工場残材 31%、解体材・廃材 25%の順となっている。針葉樹、広葉樹別では、針葉樹の需要が多く、広葉樹の 1.9 倍である。過去 5 年間の原材料別木材チップ生産量の推移を表 2.1-3 に示す。

表 2.1-3 木材チップの原材料別生産量（単位：千 t, ()内は%）

年度	木材チップ 生産量	原材料別				針葉樹・広葉樹別	
		原木	工場残材	林地残材	解体材廃材	針葉樹	広葉樹
平成 19	5,894 (100.0)	2,368 (40.2)	2,182 (37.0)	100 (1.7)	1,244 (21.1)	3,087	1,563
平成 20	5,797 (100.0)	2,676 (46.2)	1,913 (33.0)	104 (1.8)	1,104 (19.0)	2,918	1,775
平成 21	5,129 (100.0)	2,398 (46.8)	1,689 (32.9)	108 (2.1)	934 (18.2)	2,598	1,597
平成 22	5,406 (100.0)	2,409 (44.6)	1,837 (34.0)	133 (2.5)	1,027 (19.0)	2,784	1,595
平成 23	5,638 (100.0)	2,376 (42.1)	1,727 (30.6)	145 (2.6)	1,390 (24.7)	2,787	1,461

注：針葉樹・広葉樹別には解体材・廃材は含んでいない 出典：木材統計（農林水産省；平成 19～平成 23 年度版）⁶⁾

2) 性状

(i) 長さ、幅、厚さ、細長比

全国木材チップ工業連合会から、国内のチップ製造工場の中から 7 施設を対象とし、製紙用チップ、ボード用チップ、燃料用チップなど、様々な製品チップの品質を計測した調査結果が報告されている。このうち、長さや幅、厚さについては、スクリーン（ふるい）にかけ、おおよその大きさを区分しつつ、詳細寸法が計測されている。ここでは、燃料用チップの測定結果について表 2.1-4 に示す。

表 2.1-4 燃料用チップの長さ、幅、厚さと細長比の平均値

材料		長さ (mm)	幅 (mm)	厚さ (mm)	細長比 (長さ/幅)
16mm のふるいに 残ったチップ	無垢材	62.72	15.40	9.87	4.40
	合板	34.42	29.71	4.62	1.17
	パーティクルボード	39.18	23.83	7.04	1.65
8mm のふるいに 残ったチップ	無垢材	54.21	9.90	5.37	5.78
	合板	37.84	11.15	2.44	3.76
	パーティクルボード	17.78	16.89	5.21	1.05
	MDF	16.17	15.01	1.41	1.07
4mm のふるいに 残ったチップ	無垢材	47.43	4.63	2.97	11.01
	合板	30.36	4.95	2.31	7.38
	パーティクルボード	11.15	8.30	2.58	1.67

出典：木材チップ等原料転換型事業 調査・分析報告書（平成 23 年度；全国木材チップ工業連合会）⁷⁾をもとに作成

(ii) 含水率

含水率も、前述(i)と同様に、全国木材チップ工業連合会が実施した製品チップの品質調査において計測されている。ここでは、燃料用チップの測定結果について表 2.1-5 に示す。

表 2.1-5 広葉樹チップ、針葉樹チップの含水率（重量法）

採取工場	用途	原料・樹種等	含水率（％）	
			乾量ベース	湿量ベース
A 社	燃料用	建築解体材	31	24
B 社	燃料用	根株	31	24
C 社	燃料用	建築解体材	29	22

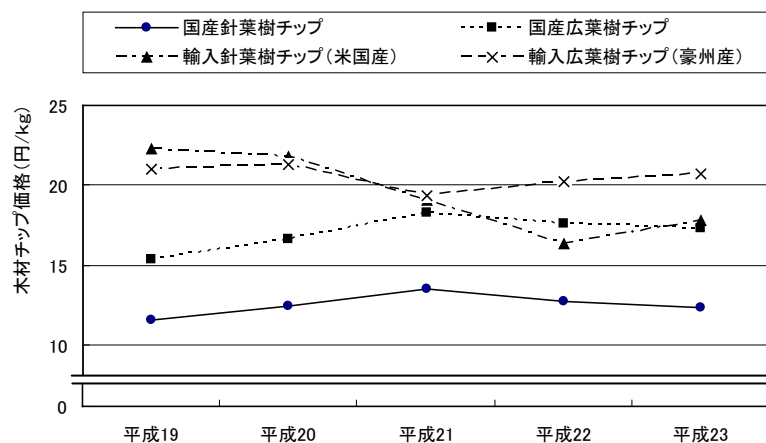
出典：木材チップ等原料転換型事業 調査・分析報告書（平成 23 年度；全国木材チップ工業連合会）⁷⁾ をもとに作成

3) 品質基準

後述 2.1.2(1)参照

4) 価格

平成 19 年から 23 年までの木材チップの価格の推移を図 2.1-2 に示す。全体的に国内産チップは輸入チップに比べて安価で、その中でも国産針葉樹チップが最も安価で 11.6 円/kg～13.5 円/kg で推移している。

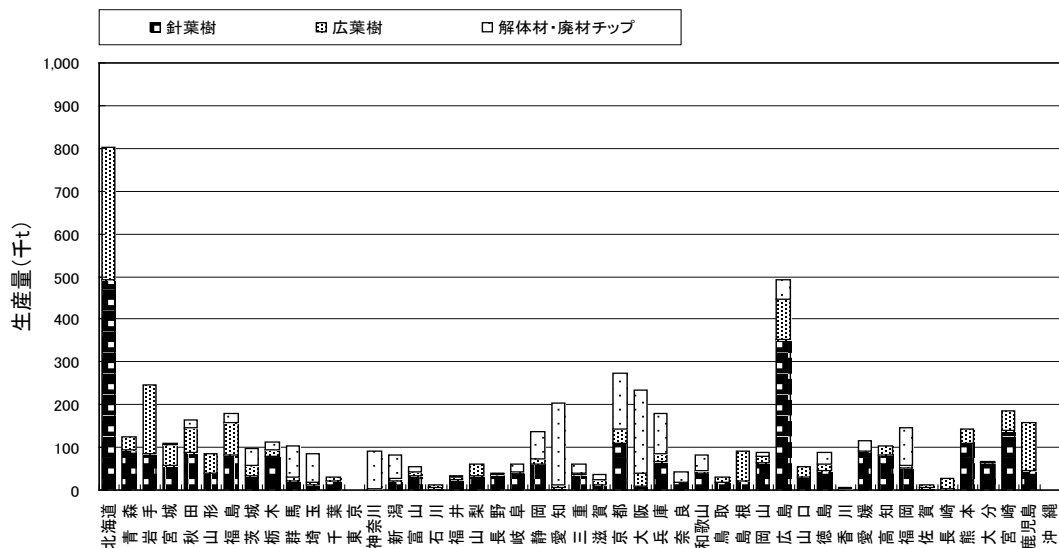


全国木材チップ工業連合会統計資料⁸⁾をもとに作成 <http://zmchip.com/toukeimokuji.html> (H25.2 参照)

図 2.1-2 木材チップ価格の推移

5) 産地・供給元

都道府県ごとの原材料別チップ生産量（平成 23 年度）を図 2.1-3 に示す。平成 23 年の都道府県ごとのチップ生産量は、北海道が全国一で 801 千 t/年、次いで広島県が 492 千 t/年である。原料別では、針葉樹、広葉樹ともに北海道が全国一で、それぞれ 493 千 t/年、308 千 t/年、これに対して解体材・廃材チップは、大阪府が 195 千 t/年、愛知県が 191 千 t/年となっている。なお、東京と沖縄は統計データの公表がなく、図中「0」で表現されている。



木材統計（農林水産省；平成 23 年度版）⁶⁾をもとに作成

図 2.1-3 都道府県ごとの原材料別チップ生産量（平成 23 年度）

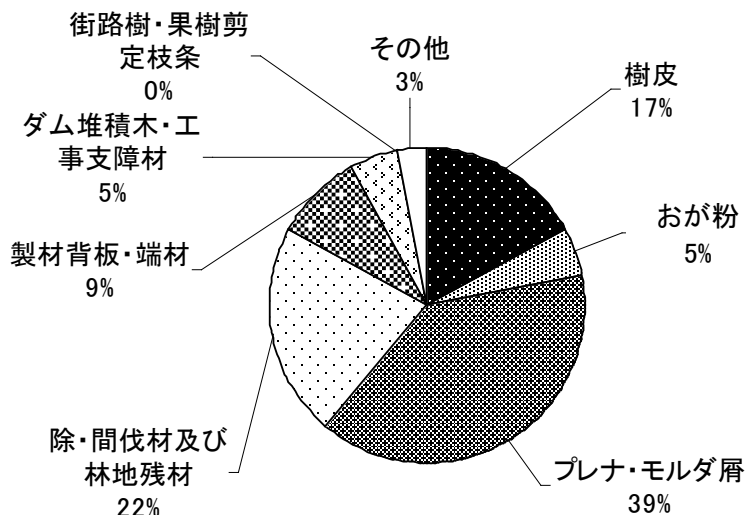
6) メーカー

団体・企業等の固有名称は公表しないが、平成 24 年 12 月現在、全国木材チップ工業連合会に正会員として 19 団体（協会・組合等の各種団体 16 団体、民間企業 3 団体）、賛助会員として 7 団体（協会・組合等の各種団体 4 団体、民間企業 3 団体）が加盟している。

(3) ペレット

1) 材質

樹皮、おが粉、プレナ・モルダ屑、除・間伐材及び林地残材、製材背板・端材、ダム堆積木・工事支障材などが主な材質である。それぞれの比率を図 2.1-4 に示す。



出典：木質ペレット及び燃焼機器の市場動向（日本木質ペレット協会セミナー資料；平成 21 年度実績）⁹⁾

図 2.1-4 木質ペレット原材料の種類別割合

2) 性状

一般社団法人日本木質ペレット協会が平成 23 年 3 月 31 日に制定した「木質ペレット品質規格」において、大きさや粒径、含水率など、性状に係わる基準値が定められている。これらについて、後述 2.1.2(2)にまとめて記載する。

3) 品質基準

後述 2.1.2(2) 参照

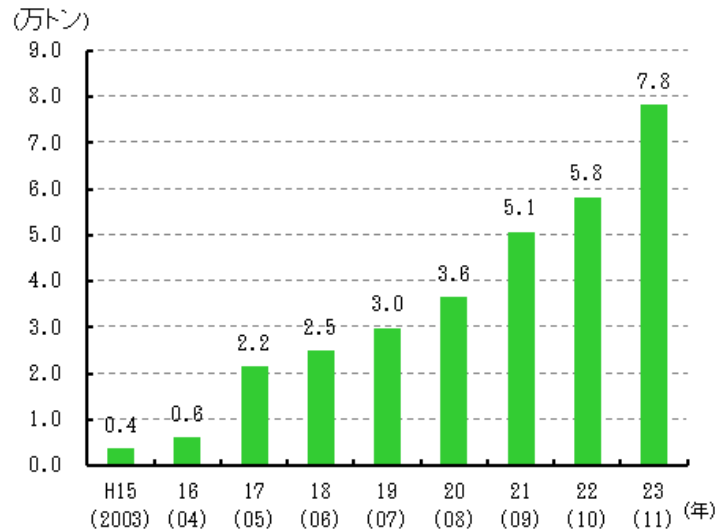
4) 価格

ペレットは原材料の種類により 3 つに分類され、それぞれ価格が異なる。平成 22 年度下期の価格は、ホワイト（木部）を原料としたペレットが最も高く 44 円/kg、次いでバーク（樹皮）を原料としたペレットが 43 円/kg、最も安価なのが全木（混合）を原料としたペレットで 33 円/kg である。※一般社団法人日本木質ペレット協会ホームページ¹⁰⁾を参考にした。

(<http://www.w-pellet.org/index1.html> (H25.2 参照))

5) 産地・供給元

木質ペレットの国内生産量は、図 2.1-5 に示すとおり平成 23 年まで増加の傾向を示し、平成 23 年には約 7.8 万 t となっている。



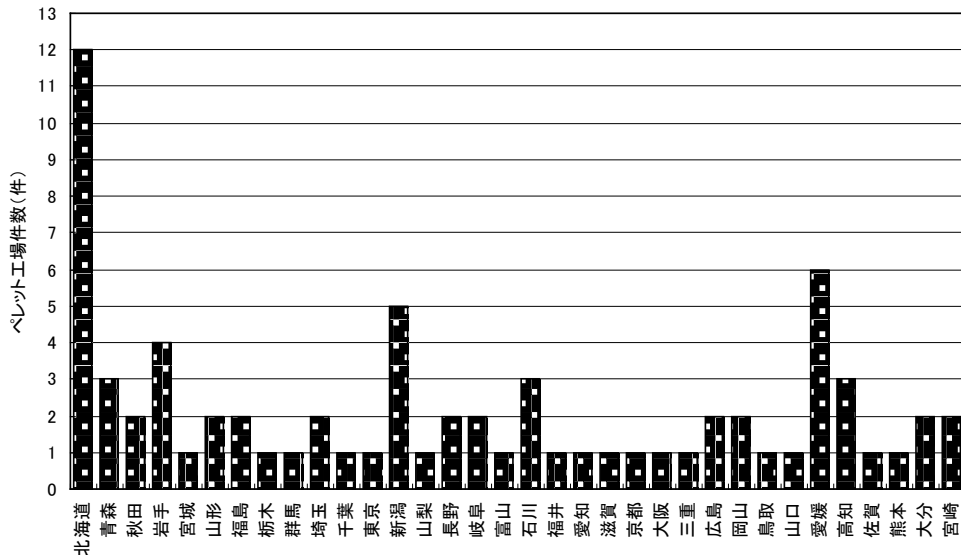
資料：平成 21 (2009) 年までは、林野庁木材利用課調べ。
平成 22 (2010) 年以降は、林野庁「特用林産基礎資料」。

出典：平成 24 年度 森林・林業白書(林野庁ホームページ)⁵⁾

http://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/24hakusyo_h/all/a63.html (H26.3 参照)

図 2.1-5 木材ペレット生産量の推移

都道府県ごとのペレット製造工場の立地数を図 2.1-6 に示す。平成 23 年 6 月現在、ペレットは 34 都道府県、73 工場で製造されている。工場が最も多く立地する地域は北海道、次いで愛媛、新潟、岩手が続いている。



平成 23 年 6 月現在 (一般社団法人日本木質ペレット協会調査結果)¹¹⁾

図 2.1-6 都道府県ごとのペレット製造工場の立地数

6) メーカー

団体・企業等の固有名称は公表しないが、平成 24 年 12 月現在、一般社団法人日本ペレット協会に正会員として 59 団体、賛助会員として 8 団体が加盟している。この中で、正会員としてペレット製造に関連する団体は 23 団体 (協会・組合等の各種団体 8 団体、民間企業 15 団体) である。

(4) 単位発熱量あたりの市場価格の比較

上記をもとに、単位発熱量あたり市場価格を比較する。原木（薪）やチップが安価であるが、そのほかの木質燃料においても単位発熱量あたりでは灯油と同等程度の価格である。

表 2.1-6 単位発熱量あたりの市場価格の比較

燃料	実勢価格	想定含水率	高位発熱量	熱量単価
薪(ナラ材)	玉切り：30,000 円/t ^{※1} 原木：20,000 円/t ^{※1}	30% ^{※3}	針葉樹木部：14.5MJ/kg ^{※4} 広葉樹木部：13.8MJ/kg ^{※4}	玉切り：2.1 円/MJ 原木：1.4 円/MJ
チップ	針葉樹：12.4 円/kg ^{※1} 広葉樹：17.3 円/kg ^{※1}	30% ^{※3}	針葉樹木部：14.5MJ/kg ^{※4} 広葉樹木部：13.8MJ/kg ^{※4}	針葉樹：0.9 円/MJ 広葉樹：1.3 円/MJ
ホワイトペレット	44 円/kg ^{※1}	—	18.4MJ/kg ^{※5}	2.4 円/MJ
灯油	84 円/L ^{※2}	—	36.7MJ/L ^{※6}	2.3 円/MJ

※1 本調査による（平成 23 年値もしくは平成 24 年値）

※2 建設物価（2013.2）¹²⁾

※3 ヒアリング調査をもとにした想定値

※4 木質バイオマスボイラー導入指針（楸森のエネルギー研究所）¹³⁾

※5 木質ペレット品質規格（A基準）¹⁰⁾

※6 地球温暖化対策地方公共団体実行計画（区域施策）策定マニュアル（環境省）¹⁴⁾

2.1.2 現在作成されている基準

現在日本で作成されている木質系の固形燃料（チップでは、一部燃料利用に限らない場合がある。）に関する基準としては以下のようなものがある。

(1) チップに関する品質規格

1) 木材チップの品質基準

(i) 木材チップ品質規格（全国木材チップ工業連合会 平成 24 年 5 月 23 日）

平成 24 年 5 月に、全国木材チップ工業連合会により、木材チップに係わる統一的な品質規格基準が定められている。主に製紙用を念頭に置いていると考えられるが、燃料用チップも対象にしていると考えられ、含水率の項目もある。

表 2.1-7 木材チップの品質規格

項目	内容	規格区分 (表示記号)	備考
樹種	①針葉樹チップを主体とするもの・・・ N. スギ、ヒノキ、カラマツ、アカマツ、エゾマツ、トドマツなど、樹種名の表記が必要な場合は主要構成樹種名をカタカナでNの右下に小さく表記する。	N	樹種名表記の例 N _{スギ} N _{アカマツ}
	②広葉樹チップを主体とするもの・・・ L サクラなど特別な記載が必要な場合は主要構成樹種名をカタカナでLの右下に小さく表記する。	L	樹種名表記の例 L _{サクラ}
	③針葉樹、広葉樹等混合チップを主体とするもの・ M	M	タケ等を含む
製造方法	①切削（刃物で切削したもの）・・・ S	S	スクエアチップ ピンチップ、クラッシャーチップ
	②打撃、破砕（ハンマー、クラッシャーなどで木質繊維に沿って砕いたもの）・・・ H	H	
樹皮	①皮無し（白チップ）・・・皮混入率1%以下	Bw	
	②皮付き（黒チップ）・・・皮混入率20%以下	Bb	
	③樹皮チップ・・・粉砕した樹皮を主体とするもの	Ba	
乾燥	乾燥程度（湿量基準の含水率）で4区分する	D1(20%未満) D2(20%以上、30%未満) D3(30%以上、50%未満) D4(50%以上)	湿量基準含水率
異物	金属、プラスチック、土砂など異物を含まないもの		

注1：この規格は流通取引単位の全量について定めるものとし、「主体とする」はその3分2以上を占めるものとする。

注2：湿量基準含水率 $U_w = (W - W_0) / W * 100$ 但し W：生重量、 W_0 ：絶乾重量
なお、乾量基準含水率 $U_d = (100 * U_w) / (100 - U_w)$

注3：需要先によって必要ない規格の表示は省略することが出来る。

記号表示例： スギ、切削、皮無し、未乾燥、のチップ … N_{スギ}SBwD4
広葉樹、破砕、皮付き、乾燥、のチップ … LHBbD1

出典：木材チップの品質規格規程について（全国木材チップ工業連合会）¹⁵⁾ <http://zmchip.com/chipkikaku.html> (H25.2 参照)
をもとに作成

(ii) 岩手県燃料用木材チップ品質・規格のガイドライン案（平成20年2月作成）¹⁶⁾

http://www.pref.iwate.jp/~hp0552/biomass/chip/chip_guide.pdf参照

岩手県が作成した燃料用木材チップの品質・規格のガイドライン案（表 2.1-8）。品質基準として、以下の掲載がある。

i) 品質基準

- ① 原材料
- ② 加工方法及び形状
- ③ 標準寸法
- ④ 樹皮含有区分（皮なしチップ、皮付きチップ、樹皮チップ）
- ⑤ 含水率区分（チップに含まれる水分により3種類に区分）
- ⑥ 発熱量（含水率区分に応じ、3種類に区分）
- ⑦ 品質表示

ii) 概要

加工方法及び形状は切削型チップパーで加工したものと規定している。標準寸法についての記載もある。含水率で最大で乾量基準で120%（湿量基準で約55%）であるのは、これ以上だと、ボイラーなどの機器側で利用不可能であるためと考えられる。

表 2.1-8 燃料用木材チップ品質・規格のガイドライン案（岩手県）

燃料用木材チップ品質・規格のガイドライン案	
1	<p>目的</p> <p>当該ガイドライン案は、チップボイラー[*]の燃料用として供する木材チップについて、これまでの燃焼実例等を基に、望ましい品質・規格を示したものである。</p> <p>県では、安全なボイラー運転に資するため、当該ガイドライン案に沿った燃料用木材チップの製造を推奨することとし、業界関係者に提案する。</p> <p>※チップボイラー：当該ガイドライン案でいうチップボイラーとは、主に施設等の暖房や給湯等の用途に用いられるものを指し、次のようなボイラーは含まない。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・製材工場等において、その生産工程から発生する、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行令」第2条第2号に規定する木くずに当たるおそれのあるものを燃料として自ら利用するボイラー
2	<p>原材料</p> <p>燃料用木材チップの原材料は、原木丸太、製材端材等森林より生産された無垢の一次生産材を用いることとする。</p>
3	<p>加工方法及び形状</p> <p>燃料用木材チップは、複数の平刃物が装着された切削型チップパーにより加工された短片状のものとする。</p>
4	<p>標準寸法</p> <p>縦・横 20±5mm、厚さ 4±2mmを標準寸法とする。なお、長尺チップ（長さ 200mm以上）の混入率は1%以下とする。</p>
5	<p>樹皮含有区分</p> <p>燃料用木材チップは樹皮の含有の有無により、以下の3種類に区分するものとする。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 皮なしチップ・・・樹皮を含まない木材チップ 2) 皮付きチップ・・・皮付き丸太を移動式チップパー等でチップ化した場合等に生産される重量比で20%未満の樹皮を含んだ木材チップ 3) 樹皮チップ・・・粉碎した樹皮を主体とする木材チップ（木部を20%以下含んだものも含む）
6	<p>含水率区分</p> <p>燃料用木材チップは含まれる水分の割合により、以下の3種類に区分するものとする。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 低含水率チップ・・・乾量基準の含水率[*]で40%未満 2) 標準含水率チップ・・・乾量基準の含水率で40%以上80%未満 3) 高含水率チップ・・・乾量基準の含水率で80%以上120%未満 <p>※乾量基準の含水率（%）＝$(m - m_0) / m_0 \times 100$</p> <p>m：水分を含んでいる木材の質量、m₀：水分を含んでいない木材の質量</p>
7	<p>発熱量</p> <p>燃料用木材チップの標準発熱量は含水率区分に応じ、以下のとおりとする。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 低含水率チップ・・・3,546Mcal/t（含水率20%相当） 2) 標準含水率チップ・・・2,510Mcal/t（含水率60%相当） 3) 高含水率チップ・・・1,888Mcal/t（含水率100%相当）
8	<p>品質表示</p> <p>燃料用木材チップの品質表示は以下のとおりとする。</p> <p>（表示例）生産工場名：〇〇木材、販売日：平成〇年〇月〇日、樹種：針葉樹^{ミックス}</p> <p>樹皮含有区分：皮なしチップ、含水率区分：標準含水率</p>

2) 木材リサイクルチップの品質基準

(i) チップの利用促進基準 建設発生木材勉強会暫定版¹⁷⁾

(建設副産物リサイクル広報推進会議 平成15年12月)

<http://www.suishinkaigi.jp/book/panel/pdf/39.pdf> 参照

建設発生木材のリサイクル率を向上させる目的で、チップを原料ごとに分類。A～Dチップ及びダストに分類。

(ii) 木質リサイクルチップの品質規格

(特定非営利活動法人全国木材資源リサイクル協会連合会 平成22年12月15日)

<http://www.woodrecycle.gr.jp/pdf/hinshitukikaku.pdf>参照

平成22年12月に、特定非営利活動法人全国木材資源リサイクル協会連合会により、品質確保を目的に、木質リサイクルチップの品質規格が定められた。これは、特定非営利活動法人全国木材資源リサイクル協会連合会が(i)チップの利用促進基準 建設発生木材勉強会暫定版を参考に、メーカーやユーザーの意見も踏まえて改良したもの。チップの利用促進基準 建設発生木材勉強会暫定版と同様に、A～Dチップ及Eチップの分類の他に、以下の記載がある。

i) 品質規格項目

- ①チップ区分と利用用途標準 (表 2.1-9、表 2.1-10)
- ②製造における留意点 (チップサイズ、伐採木・伐根材、含水率、竹材、CCA処理材、畳・草葉・腐朽材、土砂等)
- ③再資源化施設において明らかにする項目
- ④品質試験 (含有量試験・性状試験) 引用規格
 - ・必須試験 (共通: サイズ、全水分 サーマル: 発熱量、灰分AC、塩素分)
 - ・その他の試験 (重金属項目については、利用目的、ユーザー等の要求により実施する場合がある。)
 - ・品質報告書 (メーカー作成用)

表 2.1-9 木質リサイクルチップの品質基準

チップ区分	チップとなる原料	備考
Aチップ (切削チップ含む)	柱、梁材及び幹材等の断面積の大きいもの、無垢材	防腐剤、合板、ペンキ付着物、金属、プラスチック類、土砂等の全ての異物、または樹皮を含まないこと。
Bチップ (切削チップ含む)	Aチップと同様及びパレット、梱包材、解体材等の無垢材で比較的断面積の大きいもの	防腐剤、合板、ペンキ付着物、金属、プラスチック類、土砂等の全ての異物を含まないこと。
Cチップ	Bチップと同様及び合板等	防腐剤、ペンキ付着物、金属、プラスチック類、土砂等の異物を含まないこと。
Dチップ	Cチップと同様及び繊維板、ペンキ、接着剤等の付着したものなど(襖、障子等を含む。)、または枝、除根材等	CCA含有物、金属、プラスチック類、土砂等の異物を基本的に含まないこと。
Eチップ	チップ製造の際の副産物	有害物質、金属を含まないこと

(注) Dチップは、主に燃料に使用することから防腐剤の内CCA処理材のみを対象とする。

出典: 木質リサイクルチップの品質規格について¹⁸⁾ (特定非営利活動法人全国木材資源リサイクル協会連合会)

<http://www.woodrecycle.gr.jp/pdf/hinshitukikaku.pdf> (H25.2参照)

表 2.1-10 木質リサイクルチップの利用用途

チップ 区分	主な用途														
	マテリアル系 (原料)									サーマル系 (燃料)			その他 ^{※1}		
	MDF	エタノール	製紙	製紙 (板紙)	木炭	コンポスト	マルチング材	ハードボード・インシュレーションボード	パーティクルボード	燃料	セメント原燃料	高炉還元剤	敷料	水分調整材	培養土
Aチップ	○	○	○	○	○	△ ^{※2}	○	○	○	○	○	○			
Bチップ				○	○	△ ^{※2}	○	○	○	○	○	○			
Cチップ									○	○	○	○			
Dチップ									○	○	○	○			
Eチップ					○	△ ^{※2}				△	○	○	○	○	○

※1：利用目的に応じた品質の区分けを行う。また、C～Dチップの副産物を利用する場合は特に注意を払うこと

※2：コンポストにおいて利用する資材は、異物や防腐剤を含まない伐木材・除根材などとする。

出典：木質リサイクルチップの品質規格について¹⁸⁾ (特定非営利活動法人全国木材資源リサイクル協会連合会)

<http://www.woodrecycle.gr.jp/> (H25.2 参照)

ii) 概要

表 2.1-11 に必須試験項目を示す。共通でサイズ (長辺) と全水分、サーマルリサイクルとしては、発熱量、灰分、塩素分が示されている。

表 2.1-11 必須試験項目

区分	試験項目	引用規格	規格の名称	基準値
共通	サイズ	JIS Z 8801-1	試験用ふるい—第1部：金属製網ふるい	50 mm以下
	全水分 ^{※5}	JIS Z 7302 3	廃棄物固形化燃料 — 第3部：水分試験方法	25%以下
サーマルに限る	発熱量	JIS M 8814	石炭類及びコークス類 — ボンプ熱量計による総発熱量の測定方法及び真発熱量の計算方法	3000kcal/kg以上
	灰分	JIS Z 7302 4	廃棄物固形化燃料 — 第4部：灰分試験方法	2.0%以下
	塩素分	下水試験方法 2.4.20.1		0.1%以下

※ ボード類では、パーティクルボードが該当

(2) ペレットに関する品質規格

1) 木質ペレット品質規格（一般社団法人 日本木質ペレット協会 平成 23 年 3 月 31 日）

http://www.w-pellet.org/news/news_04.pdf 参照

一般社団法人日本木質ペレット協会が作成した木質ペレット品質規格。品質項目として、以下の記載がある（表 2.1-12）。

※木質ペレット品質規格（全文）は一般社団法人日本木質ペレット協会ホームページ参照
http://www.w-pellet.org/images/top/banner_hinshitsu.jpg (H26.12 参照)

表 2.1-12 木質ペレットの品質基準

品質基準	単位	基準		
		A	B	C
直径の呼び寸法 ⁽¹⁾ D	mm	6、(7)、8		
長さ ⁽²⁾ L	mm	L \leq 30mm が質量で 95%以上で、かつ L $>$ 40mm が無いこと		
かさ密度 BD	kg/m ³	650 \leq BD \leq 750		
含水率（湿量基準） U	% ⁽³⁾	U \leq 10		
微粉率 F	% ⁽³⁾	F \leq 1.0		
機械的耐久性 DU	% ⁽³⁾	DU \geq 97.5		
発熱量 Q	高位発熱量	MJ/kg ⁽³⁾	\geq 18.4 (4, 390kcal/kg)	\geq 17.6 (4, 200kcal/kg)
	低位発熱量	MJ/kg ⁽³⁾	\geq 16.5 (3, 940kcal/kg)	\geq 16.0 (3, 820kcal/kg)
灰分 AC	% ⁽⁴⁾	AC \leq 0.5	0.5 \leq AC \leq 1.0	1.0 \leq AC \leq 5.0
硫黄 S	% ⁽⁴⁾	S \leq 0.03		S \leq 0.04
窒素 N	% ⁽⁴⁾	N \leq 0.5		
塩素 Cl	% ⁽⁴⁾	Cl \leq 0.02		Cl \leq 0.03
ヒ素 As	mg/kg ⁽⁴⁾	As \leq 1		
カドミウム Cd	mg/kg ⁽⁴⁾	Cd \leq 0.5		
全クロム Cr	mg/kg ⁽⁴⁾	Cr \leq 10		
銅 Cu	mg/kg ⁽⁴⁾	Cu \leq 10		
水銀 Hg	mg/kg ⁽⁴⁾	Hg \leq 0.1		
ニッケル Ni	mg/kg ⁽⁴⁾	Ni \leq 10		
鉛 Pb	mg/kg ⁽⁴⁾	Pb \leq 10		
亜鉛 Zn	mg/kg ⁽⁴⁾	Zn \leq 100		

- (1) 6mmまたは8mmが望ましい。
(2) 円孔径3.15mmのふるいに残るものを測定対象とすること。
(3) 到着ベース（湿量基準）。
(4) ドライベース（乾量基準）。

2) 木質ペレット燃料に関するペレットクラブ自主規格（PC WPFS - 1:2011）¹⁹⁾

（ペレットクラブ 2011年6月6日）

出典：ペレットクラブホームページ <http://www.pelletclub.jp/> (H26.4 参照)

ペレットクラブが作成した自主規格。なお、ペレットクラブは、企業・団体会員として、ストーブ製造販売、ボイラ・バーナ製造輸入販売、燃料製造輸入販売、成形機・プラントエンジニアリング等のメーカー等、その他の企業団体として非営利団体が会員となっている。

(i) 品質項目

- ①物理的性質：直径 (D)、長さ (L)、かさ密度 (BD)、真発熱量（低位発熱量）(Q)、灰融点 (DT)、水分 (M)、微粉率 (F)、機械的耐久性 (DU)

②化学的性質：灰分 (A)、塩素 (Cl)、硫黄 (S)、窒素 (N)、銅 (Cu)、クロム (Cr)、ヒ素 (As)、カドミウム (Cd)、水銀 (Hg)、鉛 (Pb)、ニッケル (Ni)、亜鉛 (Zn)、鉄 (Fe)、アルミニウム (Al)、塩化ナトリウム (NaCl)

(3) 海外の各種木質バイオマス規格

ヨーロッパでは、欧州標準化委員会 (CEN) によって固形バイオマス燃料に関する規格が、欧州規格 (EN) として統一されつつあり、非産業用ペレット、非産業用木質ブリケット、非産業用木材チップ、非産業用薪、燃料草などの非産業用非木質ペレットなどの規格がある。さらに、これらの規格は、ISO17225 シリーズとして改定され平成 26 年 4 月に発行されている。

表 2.1-13 ISO17225 シリーズ

規格番号	標題	標題の邦訳
ISO 17225-1	Solid biofuels -- Fuel specifications and classes -- Part 1: General requirements	固形バイオ燃料－燃料の仕様及び分類－第 1 部：一般要求事項
ISO 17225-2	Solid biofuels -- Fuel specifications and classes -- Part 2: Graded wood pellets	固形バイオ燃料－燃料の仕様及び分類－第 2 部：等級別木質ペレット
ISO 17225-3	Solid biofuels -- Fuel specifications and classes -- Part 3: Graded wood briquettes	固形バイオ燃料－燃料の仕様及び分類－第 3 部：等級別木質ブリケット
ISO 17225-4	Solid biofuels -- Fuel specifications and classes -- Part 4: Graded wood chips	固形バイオ燃料－燃料の仕様及び分類－第 4 部：等級別木材チップ
ISO 17225-5	Solid biofuels -- Fuel specifications and classes -- Part 5: Graded firewood	固形バイオ燃料－燃料の仕様及び分類－第 5 部：等級別薪
ISO 17225-6	Solid biofuels -- Fuel specifications and classes -- Part6: Graded non-woody pellets	固形バイオ燃料－燃料の仕様及び分類－第 6 部：等級別非木質ペレット
ISO 17225-7	Solid biofuels -- Fuel specifications and classes -- Part7: Graded non-woody briquettes	固形バイオ燃料－燃料の仕様及び分類－第 7 部：等級別非木質ブリケット

注) 一般財団法人日本規格協会のホームページ²⁰⁾をもとに作成

2.2 都市由来植物廃材の木質バイオマス燃料としての適性について

対象とする都市由来植物廃材の分類を 2.2.1 のとおりとし、2.2.2 の文献調査及び剪定枝葉等の品質分析を行い、2.2.3 で公園等での植物由来植物廃材の固形燃料化の事例を整理した。それらをもとに、2.2.4 で都市由来植物廃材の燃料としての適性及び留意点についてとりまとめた。さらに、本技術資料で扱うエネルギー利用とは異なるが参考として、2.2.5 で再生可能エネルギーの固定価格買取制度と木質バイオマス、特に剪定枝についてとりまとめた。

2.2.1 対象とする都市由来植物廃材について

(1) 植物廃材の分類

植物廃材の分類としては、以下のとおりとした。落葉については、土等が混入する可能性があり、ここでは除外している。

1) 剪定枝・葉

剪定枝・葉は、剪定枝を一定の長さにするにより、薪としての利用、粉碎または切削することによるチップとしての利用、粉碎・乾燥・成形することによりペレットとしての利用が考えられる。ただし、燃料として用いるには、含水率が高いと考えられるので、乾燥等が必要になると考えられる。

2) 刈草

刈草は、刈草そのものの利用が考えられるが、草丈が長い場合、破碎等が必要である。さらには、減容及び固形燃料化等を目的としたブリケット化及びペレット化による利用が考えられる。刈草についても、含水率が高いと考えられるので、刈草そのものを利用するには、乾燥が必要である。

(2) 固形燃料化

植物廃材のエネルギー利用を行うに際して、以下の固形燃料化を考慮した。

1) 剪定枝・葉

①薪、②チップ化、③ペレット化、④炭化

2) 刈草

①刈草そのもの及び破碎したもの、②ペレット化（ブリケット化含む）、③炭化

刈草については、肩掛け式及び人力による草刈では、草丈が長い場合に、燃料として用いるには支障をきたす恐れがあるので、破碎等の処理が必要である。ただし、自走式の草刈り機では、草刈と同時に破碎も行っている場合がある。

2.2.2 文献調査及び剪定枝葉等品質分析

以下に、(1)文献調査及び(2)剪定枝葉等品質分析を行った。なお、ここでは、(1)及び(2)ともに2.1.2で示した規格のうち、(2)1)木質ペレット品質規格（一般社団法人 日本木質ペレット協会 平成23年3月31日）を用いて評価することとする。それは、木質ペレット品質規格が、NO_x、SO_x、HCl、ダイオキシンなどの環境汚染物質の起源となる硫黄、窒素、塩素、及びヒ素、カドミウム、全クロム、銅、水銀、ニッケル、鉛、亜鉛の各重金属に対しての含有量基準値を定めており、窒素の基準値が若干異なるのみで国際的な規格であるEN規格^{註)}に準じているからである。さらに、灰分、硫黄、窒素、塩素およびヒ素等の各重金属は、ドライベース（乾量基準）であり、木材を破碎・成型してペレット化する段階で変化はないと考えられ剪定枝葉、チップにも適用可能と考えられるからである。

注)現時点では、ISO17225シリーズに移行している。

(1) 文献調査

以下に、植物廃材の品質に関して収集した文献名、概要及び前述の木質ペレット品質規格（一般社団法人 日本木質ペレット協会 平成23年3月31日）（以下、規格という）を用いた評価を記載する。植物廃材のエネルギー利用に関連して、植物廃材の品質に関しての分析を行った文献はあまり多くないと考えられる。重金属に関連しては、大気汚染や公害等の影響が考えられるが、比較的新しい文献を対象にした。一部、文献内でも、国際的な基準に準拠して作成した木質ペレット品質規格を評価対象にしている文献もある。後述、表2.2-3に文献で調査した剪定枝葉等の品質分析結果を示す。

1) 独立行政法人土木研究所材料地盤研究グループリサイクルチーム(2008)：文献①²¹⁾

出典：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

(i) 概要

本資料は、草木系バイオマスの資源化・利用ための基本情報を得ることを目的に、公共の緑地から草本と木本を採取して、その元素分析を行った結果をとりまとめたものである。収録データは、約80種の草木類について、水分と強熱発熱量、高位発熱量のほか37元素の分析値である。

草木類は、北海道から九州までの国直轄の10河川と11国道、北海道南部陣屋川、長万部終末処理場敷地ならびに独立行政法人土木研究所構内から、83種98検体を採取した。採取した試料は、水分と強熱減量を測定するとともに、風乾して粗粉碎、微粉碎を施し、高位発熱量のほかN、C、H、S、Oなどの主要構成元素からCa、K、Mg、Na、P、Si、Fe、B、Al、Mn、Zn、Sr、Ba、Cr、Ni、Cu、Mo、Co、Pb、Li、V、Cd、As、Se、Sn、Be、Ag、In、Sb、Te、Tl、Uなどの微量ならびに極微量元素までを分析した。分析値の表示は、全て絶対乾燥重量当たりの含有量となっている。

ただし、木質ペレット品質規格に定められている灰分、塩素Cl、水銀Hgについての分析は行っていない。

(ii) 詳細及び結果

i) 草本類

- ・含水率（湿量基準）の平均は67.1%であった。
- ・高位発熱量は、強制乾燥後の計測であるが、平均で17.8MJ/kg-乾重であった。

- ・硫黄Sは、49検体のうち規格外であったものが3検体以外はすべてA規格を満たしていた。
- ・窒素Nは、49検体のうち、規格を満たしていたのが3検体だけであった。
- ・重金属は、すべての検体で規格を満たしていた。

ii) 木本類

同じ樹種でも部位毎に分析しており、樹種間より、部位毎の方が、差異が大きかったため、部位毎にまとめる。

- ・含水率（湿量基準）では、主幹及び枝22検体の平均は50.2%、枝葉及び小枝・葉19検体の平均は60.9%、全容4検体の平均は53.5%、樹皮3検体の平均は30.3%、落葉1検体の平均は1.1%であった。
- ・高位発熱量は、強制乾燥後の計測であるが、高位発熱量の計測を行った35検体の平均で18.6MJ/kg-乾重であった。
- ・硫黄Sは、部位別も含めた49検体のうちセンダンの小枝・葉だけが規格外であった。
- ・窒素Nは、主幹及び枝22検体中7検体が規格外、枝葉及び小枝・葉19検体すべてが規格外であった。葉が混じると窒素Nが規格外になることが分かった。その他、全容4検体すべてが規格外、樹皮3検体のすべて規格内、落葉1検体は規格外であった。
- ・重金属は、すべて規格内であった。

2) 独立行政法人土木研究所材料地盤研究グループリサイクルチーム(2009)：文献②²²⁾

出典：公共緑地・樹木の管理に由来する草木系バイオマスデータ集，土木研究所資料第4145号

(i) 概要

本資料は、公共緑地に由来する草木系バイオマスの資源化・利用のための基本情報を得ることを目的に、公共緑地から通常の管理の際に発生する複数種の草木類の混合試料145検体を採取して、その含水率、強熱減量、高位発熱量、元素分析の結果をとりまとめたものである。

本調査では、実際の緑地の草木類は複数種が混在することに配慮し、河川事務所および国道事務所等より、複数種が混合された145試料を採取して行った。分析項目は含水率、強熱減量、高位発熱量、主要構成元素（炭素C、水素H、窒素N、硫黄S、酸素O）である。本資料は、これらの結果をとりまとめたものである。

ただし、木質ペレット品質規格に定められている灰分AC、塩素Cl、ヒ素As、カドミウムCd、全クロムCr、銅Cu、水銀Hg、ニッケルNi、鉛Pb、亜鉛Znについての分析は行っていない。

(ii) 詳細及び結果

- ・含水率（湿量基準）は、検体収集後の日数も偏っているためかかなりばらつきがあったが、145検体の平均は45.5%であった。
- ・高位発熱量は、145検体を1週間ほどの風乾後に計測を行い、風乾後の含水率の平均が7.1%であったが、高位発熱量の平均は17.3MJ/kgであった。
- ・硫黄Sは、145検体中規格外であったのは、7検体であった。
- ・窒素Nは、刈草が多いためか145検体すべて規格外であった。

3) 霊山(2009)刈草等のバイオマス資源のボイラー燃料利用に着目したペレット製造試験について：文献③²³⁾

出典：平成21年度公園緑地研究所調査研究報告，(一社)日本公園緑地協会，pp.42-45

(i) 概要

試験対象としてNEXCOで発生した刈草及び剪定枝をもとに刈草、剪定枝、刈草と剪定枝の混合(1:1)の3種について、普及性も考慮し、簡易に製造できるシステムを用いてペレット製造試験及び性能比較を行っている。

分析の対象は、高位発熱量、低位発熱量、含水率、灰分AC、かさ密度、粉化度、ヒ素As、全クロムCr、銅Cu、全塩素分、硫黄分、窒素分、寸法である。

(ii) 詳細及び結果

表2.2-1にペレット成分分析結果を示す。この表では、品質規格基準として、財団法人日本住宅・木材技術センターの木質ペレット規格原案を参考に行っているが、その後、木質ペレット品質規格(一般社団法人日本木質ペレット協会 平成23年3月31日)として見直しが行われたため、木質ペレット品質規格を基準として、評価することとする。

- ・高位発熱量は、草ペレット、剪定枝ペレット、混合ペレットともC規格を満たしていた。低位発熱量については、草ペレット及び剪定枝ペレットは規格外、混合ペレットは、C規格を満たしていた。
- ・含水率は、草ペレット、剪定枝ペレット、混合ペレットとも規格を満たしていた。
- ・灰分ACは、剪定枝ペレットのみC規格を満たしていた。草ペレット及び混合ペレットは規格外であった。
- ・かさ密度は、草ペレットのみ規格を満たしていた。
- ・粉化度はここでは、評価方法について見直しが行われているため対象外とする。
- ・硫黄Sでは、剪定枝ペレット0.05%でややC規格($\leq 0.04\%$)を上回り、草ペレット(0.11%)及び混合ペレット(0.10%)も規格外であった。
- ・窒素Nでは、剪定枝ペレット0.63%でややC規格($\leq 0.5\%$)を上回り、草ペレット(1.13%)及び混合ペレット(0.86%)も規格外であった。
- ・全塩素については、草ペレット、剪定枝ペレット、混合ペレットとも規格外であった。
- ・ヒ素Asについては、剪定枝ペレット($< 1.0\%$)のみ規格内(≤ 1)、草ペレットはやや基準を上回り、混合ペレットも規格外であった。
- ・全クロムCrでは、草ペレット、剪定枝ペレット、混合ペレットとも規格内であった。
- ・銅Cuでは、剪定枝ペレット(4.9%)のみ規格内($\leq 10\%$)、混合ペレット(12%)はやや基準を上回り、草ペレット(17%)も規格外であった。

ただし、後述の2.2.2(2) 剪定枝葉等品質分析結果と比較すると、論文中の結果では、剪定枝ペレットで葉は混じっているせいか、硫黄S、窒素N及び全塩素Clで規格外になっている。

表 2.2-1 ペレット成分分析結果

分析の対象	分析の結果				単位
	草ペレット	剪定枝ペレット	混合ペレット	品質規格基準(参考)	
高位発熱量	17.8	18.1	18.3	16.9以上	MJ/kg
低位発熱量	15.3	15.6	16.0	—	MJ/kg
含水率	7.01	6.02	5.40	15.0未満	%
灰分	11.6	3.48	7.75	8.0未満	%
かさ密度	660	570	602	550以上	kg/m ³
粉化度	2.60	4.36	6.36	2.0未満	%
ひ素	1.1	<1.0	1.5	測定すること	mg/kg
全クロム	5.4	3.3	8.9	〃	mg/kg
銅	17	4.9	12	〃	mg/kg
全塩素分	0.22	0.10	0.17	〃	%
硫黄分	0.11	0.05	0.10	〃	%
窒素分	1.13	0.63	0.86	〃	%
寸法	区分2	区分2	区分2		

4) 佐藤ら(2012)街路樹から得られた木質バイオマス中の重金属汚染に対する磁気スクリーニング：文献④²⁴⁾

出典：日本エネルギー学会誌，91，118-126

(i) 概要

交通量の推定が可能な広島県内の国道8カ所、高速道路4カ所、東広島市市道3カ所からの街路樹剪定枝などと、汚染が少ないと考えられる東広島市憩いの森1カ所の小径木について、木質チップ、さらに、木質ペレットを製造した。これらの木質バイオマス試料(木質チップ、木質ペレット)について、15種類の金属成分(Na、Mg、Al、K、Ca、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Cd、Pb、Hg)の測定を行った。金属成分については、多くの剪定枝試料で全ての金属について、非産業用の木質ペレットに関する欧州規格(EN14961-2)を下回ったが、銅Cuで5カ所、亜鉛Znで2カ所、カドミウムCdで1カ所欧州規格を上回った。

(ii) 詳細及び結果

ここでは、木質ペレット品質規格に定められているCr、Ni、Cu、Zn、Cd、Pb、Hgの結果をもとに評価する。なお、木質ペレット品質規格については、EN規格の基準および文献値を参考に定めているため、Cr、Ni、Cu、Zn、Cd、Pb、Hgについての基準値は、非産業用の木質ペレットに関する欧州規格(EN14961-2)と同じである。

16カ所(Ni、Cr、Hgについては8カ所)のうち、銅Cuで5カ所、亜鉛Znで2カ所、カドミウムCdで1カ所で平均で木質ペレット品質規格を上回った。いずれかの基準で、木質ペレット品質規格を上回ったのは16カ所中6カ所であった。

5) 早福ら(2002) 落ち葉の焼却から生成するダイオキシン類に関する考察：文献⑤²⁵⁾

出典：大気環境学会誌, 37 (2), 122～130

(i) 概要

家庭用焼却炉を用いて3樹種の落ち葉(ケヤキ、スダジイ、シラカシ)について焼却実験を行い、ダイオキシン類の生成要因の考察を行った。その結果、「①焼却排ガス中のダイオキシン類濃度(Y :ng-TEQ/m³_N)と焼却物の塩素含有率(X :%)の間に $Y=308X^{1.3}$ ($R^2=0.9485$ $n=12$)の関係式が得られた。②都内の公園と街路の樹木から採取した14樹種の生葉や落ち葉中の塩素含有量比較を行った。その結果、ケヤキの葉は、他の葉に比べ塩素含有量が明らかに多い分布を示した。」などが明らかとなった。

(ii) 詳細及び結果

都内の公園と街路の樹木から採取した14樹種の生葉や落ち葉中の塩素含有量では、木質ペレット品質規格の全塩素C規格(≦0.03%、≦0.3mg/g-leaves)を満たすものは、ヤマザクラ、サクラ、クロマツの3種類だけであった。

ただし、後述の2.2.2(2) 剪定枝葉等品質分析結果と比較すると、論文中の結果では、ケヤキ 2.7mg/g-leaves、クスノキ 1.58mg/g-leaves、プラタナス 0.95mg/g-leaves、シラカシ 0.77mg/g-leaves、スダジイ 0.55mg/g-leaves、剪定枝葉等品質分析結果ではケヤキ 2.8 mg/g-leaves(0.28%)、クスノキ0.4mg/g-leaves(0.04%)、プラタナス2.7 mg/g-leaves(0.27%)、シラカシ0.2mg/g-leaves未満(0.02%未満)、スダジイ0.2mg/g-leaves未満(0.02%未満)であり、ケヤキではほぼ同様であったが、プラタナスでは論文中の数値が小さく、クスノキ、シラカシ及びスダジイでは論文中の数値が大きくなっていた。

(2) 剪定枝葉等品質分析

(i) 概要

国土技術政策総合研究所内で採取した、プラタナス、イチョウ、ムクノキ、ケヤキ、トウカエデ、クスノキ、シラカシ、スダジイ、ユリノキ 9 樹種の剪定枝葉及び刈草 2 サンプルについて、①含水率、②発熱量（高位発熱量及び低位発熱量）、③灰分 AC、④硫黄 S、⑤窒素 N、⑥塩素 Cl、⑦ヒ素 As、⑧カドミウム Cd、⑨全クロム Cr、⑩銅 Cu、⑪水銀 Hg、⑫ニッケル Ni、⑬鉛 Pb、⑭亜鉛 Zn の分析を行ったもの。なお、分析結果については、木質ペレット品質規格と比較を行った。

(ii) 調査方法

表 2.2-2 に採取したサンプル No.、樹種、採取日、分析結果日を示す。

i) No. 1~5 について

サンプルについては、平成 24 年 11 月に国土技術政策総合研究所構内緑化温室周辺の樹木から採取した。採取後、葉については冷蔵庫で保管、剪定枝については緑化温室観測室にビニール袋に入れ閉じて保管していたため剪定枝については、含水率が低くならず、少しカビが発生しているものも見られた。プラタナスの葉については、分量が少なかつたため、追加で採取したが、分析検体としては、混ぜ合わせ 1 検体として用いた。

ii) No. 6~10 について

クスノキ、シラカシ、スダジイについては、国土技術政策総合研究所構内の剪定作業の際に発生した剪定枝及び葉を採取した。ユリノキについては、構内緑化温室周辺から採取したが、すす病が見られたため、追加で構内のユリノキの剪定枝及び葉を採取し、混合して試料とした。採取した試料については、日当たりのよい緑化温室内で、ビニール袋に入れ、袋を閉じずに保管したため、前年度に採取した試料に比較し含水率が低くなっている。

刈草については、2 サンプルとし、サンプル 1 として、国土技術政策総合研究所構内実験水路前面及びサンプル 2 として構内新交通実験棟前面で採取した。主な草種の構成は以下のとおりである。

- ・サンプル 1（セイタカアワダチソウ：ヨモギ：クズ=8：1：1）
- ・サンプル 2（ススキ：クズ：メドハギ=7：2：1）

表 2.2-2 サンプル採取日

No.	樹種	採取日					分析結果日
		枝	枝(追加)	葉	葉(追加)	刈草	
1	プラタナス	2012.11.13		2012.11.13	12.11.22		2013.1.4
2	イチョウ	2012.11.14		2012.11.14			2013.1.4
3	ムクノキ	2012.11.14		2012.11.14			2013.1.4
4	ケヤキ	2012.11.22		2012.11.22			2013.1.4
5	トウカエデ	2012.11.22		2012.11.22			2013.1.4
6	クスノキ	2013.10.28		2013.10.28			2013.12.25
7	シラカシ	2013.10.28		2013.10.28			2013.12.25
8	スダジイ	2013.10.28		2013.10.28			2013.12.25
9	ユリノキ	2013.10.30	2013.11.1	2013.10.30	2013.11.1		2013.12.25
10	刈草					2013.11.1	2013.12.25

(iii) 結果

表 2.2-2 にサンプルの採取日及び分析会社へ委託した分析結果日を示す。表 2.2-4 に剪定枝葉等品質分析結果を示す。表 2.2-4 では、木質ペレット品質規格と比較を行っている。

- ・含水率では、平成24年度に採取したものは、剪定枝、葉ともに樹木によりばらつきがあったが、すべて規格外であった。これは、乾燥を行っていないからである。平成25年度に採取したものは、ガラス温室内で乾燥が進んだためか、葉では4樹種中3樹種が、刈草では、2サンプルともに規格内であった。剪定枝については、4樹種ともに規格外であった。
- ・総発熱量、真発熱量についても、乾燥させていないため、含水率が基準に満たないものは規格外となった。しかし、平成25年度に採取した葉では、乾燥が進んだ3樹種が総発熱量、真発熱量ともにA規格を満たしていた。刈草については、2サンプルともに含水率の規格を満たしていたが、サンプル1の真発熱量のみC規格を満たしていた。
- ・灰分ACについては、剪定枝では、すべてC基準であるが、規格を満たしていた。葉及び刈草では、すべて規格外であった。
- ・硫黄Sでは、剪定枝では、ムクノキ、クスノキ、シラカシ、ユリノキでA及びB規格、ケヤキ及びスダジイでC規格を満たしていたが、それ以外で、やや、規格外であった。葉及び刈草では、すべて規格外であった。
- ・窒素Nでは、剪定枝では、すべて規格を満たしていた。葉及び刈草では、すべて規格外であった。
- ・全塩素Clについては、剪定枝では、すべてA及びB規格を満たしていた。葉及び刈草では、シラカシ及びスダジイ以外はすべて規格外であった。9樹種の葉では、平成25年度に分析を行った常緑樹3樹種（クスノキ、シラカシ、スダジイ）で値が小さかった。
- ・ヒ素As、カドミウムCd、全クロムCr、銅Cu、水銀Hg、ニッケルNi、鉛Pb、亜鉛Znの重金属については、刈草のサンプル1で銅がやや規格を上回っていた以外は全て規格を満たしていた。

表 2.2-3 剪定枝葉等品質分析結果 (文献調査)

項目	単位	木質ペレット品質規格			文献①					文献②	文献③			文献④	文献⑤								
					草本類	木本類					複数種の草本類の混合	草ペレット	剪定枝ペレット			混合ペレット							
		A	B	C		主幹及び枝	枝葉及び小枝・葉	全容	樹皮	落葉													
検体数					49	22	19	4	3	1	145			16箇所	14樹種								
水分(含水率)	% ⁽¹⁾	≤10			平均67.1	平均50.2	平均60.9	平均53.5	平均30.3	平均1.1	平均45.5 (平均7.1) ^{注2)}	7.0	6.0	5.4	—	—							
総発熱量(高位発熱量)	MJ/kg ⁽¹⁾	≥18.4	≥17.6		平均17.8 ^{注1)}	上記検体のうち高位発熱量計測を行った35検体の平均18.6 ^{注1)}				平均17.3 ^{注3)}	17.8	18.1	18.3	—	—								
真発熱量(低位発熱量)	MJ/kg ⁽¹⁾	≥16.5	≥16.0		—	—				—	15.3	15.6	16.0	—	—								
灰分AC	% ⁽²⁾	≤0.5	0.5<AC≤1.0	1.0<AC≤5.0	—	—				—	11.6	3.48	7.75	—	—								
硫黄(S)	% ⁽²⁾	≤0.03	≤0.04		46/49が規格内	センダンの小枝・葉以外の48/49が規格内				138/145が規格内	0.11	0.05	0.1	—	—								
窒素(N)	% ⁽²⁾	≤0.5			3/49が規格内	15/22が規格内	全て規格外	全て規格外	全て規格内	規格外	全て規格外	1.13	0.63	0.86	—	—							
全塩素(Cl)	% ⁽²⁾	≤0.02	≤0.03		—	—				—	0.22	0.1	0.17	—	3/14が規格内								
ヒ素	mg/kg ⁽²⁾	≤1			全て規格内	全て規格内				—	1.1	<1.0	1.5	—	—								
カドミウム	mg/kg ⁽²⁾	≤0.5									—	—	—	—	—	—	—	—	15/16が規格内	—			
全クロム	mg/kg ⁽²⁾	≤10									—	—	—	—	—	—	—	—	5.4	3.3	8.9	全て規格内(8カ所)	—
銅	mg/kg ⁽²⁾	≤10									—	—	—	—	—	—	—	—	17	4.9	12	11/16で規格内	—
総水銀	mg/kg ⁽²⁾	≤0.1			—	—				—	—	—	—	—	—	全て規格内(8カ所)	—						
ニッケル	mg/kg ⁽²⁾	≤10			全て規格内	全て規格内				—	—	—	—	—	—	—	全て規格内(8カ所)	—					
鉛	mg/kg ⁽²⁾	≤10									—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	全て規格内	—
亜鉛	mg/kg ⁽²⁾	≤100									—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14/16で規格内	—

(1)到着ベース(湿量基準)
(2)ドライベース(乾量基準)
注1)強制乾燥後に計測したkg-乾重あたりの数値 *斜体*
注2)1週間ほど風乾した後に計測した数値 **斜体太字**
注3)1週間ほど風乾した後に計測した数値

A, B
C
規格外

表 2.2-4 剪定枝葉等品質分析結果

項目	単位	木質ペレット品質規格			1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
					プラタナス		イチヨウ		ムクノキ		ケヤキ		トウカエデ		クスノキ		シラカシ		スダジイ		ユリノキ		サンプル1	サンプル2
		A	B	C	剪定枝	葉	剪定枝	葉	剪定枝	葉	剪定枝	葉	剪定枝	葉	剪定枝	葉	剪定枝	葉	剪定枝	葉	剪定枝	葉	刈草	刈草
水分(含水率)	% ⁽¹⁾	≤10			42.0	49.1	54.4	39.1	72.5	39.1	50.9	38.9	59.0	30.2	9.8	31.7	7.4	37.2	7.2	24	11.1	9.6	8.7	
総発熱量(高位発熱量)	MJ/kg ⁽¹⁾	≥18.4	≥17.6		11.5	10.5	9.0	5.5	11.5	7.0	13.0	8.5	12.0	7.5	14	19	13	18.5	12	19	14.5	17	17.5	17
総発熱量(高位発熱量)	Kcal/kg ⁽¹⁾	≥4,395.8	≥4,204.6		2,747.4	2,508.5	2,150.1	1,314.0	2,747.4	1,672.3	3,105.7	2,030.7	2,866.8	1,791.8	3,400	4500	3,000	4400	2,900	4600	3,500	4,000	4,100	4,000
真発熱量(低位発熱量)	MJ/kg ⁽¹⁾	≥16.5	≥16.0		10.5	9.5	8.5	5.0	10.5	6.5	12.0	8.0	11.0	7.0	13	18	12	17	11.5	18	13.5	15.5	16	15.5
真発熱量(低位発熱量)	Kcal/kg ⁽¹⁾	≥3,941.9	≥3,822.4		2,508.5	2,269.6	2,030.7	1,194.5	2,508.5	1,552.9	2,866.8	1,911.2	2,627.9	1,672.3	3,100	4200	2,800	4100	2,700	4300	3,300	3,700	3,900	3,700
灰分AC	% ⁽²⁾	≤0.5	0.5<AC≤1.0	1.0<AC≤5.0	1.2	5.3	2.1	9.2	2.2	21.5	2.3	17.5	2.1	10.5	1.9	6.1	2.7	9.4	2.3	5.6	1.3	7.5	6.5	6.7
硫黄(S)	% ⁽²⁾	≤0.03	≤0.04		0.06	0.19	0.05	0.14	0.03未満	0.13	0.04	0.12	0.05	0.1	0.03未満	0.14	0.03未満	0.12	0.04	0.13	0.03未満	0.11	0.11	0.07
窒素(N)	% ⁽²⁾	≤0.5			0.3	1.0	0.5	1.1	0.4	2.1	0.5	1.5	0.4	1.7	0.3	1.4	0.3	1.6	0.4	1.4	0.3	1.1	1.3	0.7
全塩素(Cl)	% ⁽²⁾	≤0.02	≤0.03		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	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	0.47	0.31
ヒ素	mg/kg ⁽²⁾	≤1			0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.1未満
カドミウム	mg/kg ⁽²⁾	≤0.5			0.05未満	0.05未満	0.05未満	0.05未満	0.05未満	0.05未満	0.05未満	0.05未満	0.11	0.08	0.05未満	0.05未満	0.05未満	0.05未満	0.05未満	0.05未満	0.05未満	0.05未満	0.05未満	0.05未満
全クロム	mg/kg ⁽²⁾	≤10			1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満
銅	mg/kg ⁽²⁾	≤10			5	3	2	1	3	6	2	6	2	6	2	4	2	4	3	4	3	5	11	3
総水銀	mg/kg ⁽²⁾	≤0.1			0.01未満	0.03	0.01未満	0.06	0.01未満	0.08	0.01未満	0.08	0.01未満	0.08	0.01未満	0.04	0.01未満	0.07	0.01未満	0.04	0.01未満	0.05	0.02	0.01未満
ニッケル	mg/kg ⁽²⁾	≤10			1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満
鉛	mg/kg ⁽²⁾	≤10			1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満	1未満
亜鉛	mg/kg ⁽²⁾	≤100			10未満	11	10未満	10未満	10未満	22	10未満	17	31	24	10未満	13	10未満	18	10未満	28	10未満	22	32	28

(1)到着ベース(湿量基準)
(2)ドライベース(乾量基準)
注)1MJ = 239 KcalとしてKcalに変換

A, B
C
規格外

2.2.3 公園等での都市由来植物廃材の固形燃料化の事例

公園等での都市由来植物廃材の固形燃料化の事例を表 2.2-5 に整理した。

(1) 剪定枝・葉

剪定枝の葉については、葉のみの利用の想定はないため、主に剪定枝を対象に説明する。

1) 薪

北野清掃工場ポカポカ足湯、万力公園ふれあい動物広場及び万博記念公園で公園内で発生した剪定枝や間伐材を利用した薪の生産が見られた。薪は、薪ボイラーで熱利用の燃料として用いられ、足湯や動物広場内の温水として用いられている。



原料屋外保管場所



ボイラー室（建物左横が足湯）

図 2.2-1 北野清掃工場ポカポカ足湯



薪の保管場所全景



足湯施設全景

図 2.2-2 万博記念公園内木質バイオマス有効活用システム

2) チップ化

新宿御苑及び大井ふ頭中央海浜公園で公園内で発生した剪定枝や間伐材のエネルギー利用としてのチップ化が見られた。チップは、チップボイラーの燃料として、公園内の温室、公園内施設の暖房・給湯の熱源として利用されている。大井ふ頭中央海浜公園では、太陽熱を利用したチップ乾燥施設も設置されている（3.2.2(2)3）。



剪定枝ストックヤード（左側及び奥側）



チップ乾燥施設（ソーラードライシステム）

図 2.2-3 大井ふ頭中央海浜公園

3) ペレット化

本技術資料 2.2.2(1)3) 文献調査では、NEXCO プラントで発生した刈草、剪定枝をもとに、ペレット製造及び品質分析を行った結果を示した。

4) 炭化

公園や河川、道路事務所等で剪定枝等の炭化を行っている事例は見られなかったが、今後の可能性として、本技術資料 3.3.3 事例紹介：都市公園へのガス化発電導入に関する実証実験 で炭化を行ってからのガス化発電実験についての紹介を行っている。炭化することにより、ガス化発電で課題となっているタール分を少なくし、さらに燃料としての長期保存が可能になる。

(2) 刈草

1) 刈草そのもの及び破碎したもの

刈草については、肩掛け式及び人力による草刈では、草丈が長い場合に、燃料として用いるには支障をきたす恐れがあるので、破碎等の処理が必要である。ただし、自走式の草刈り機では、草刈と同時に破碎も行っている場合がある。

公園や河川、道路事務所等での直接の刈草のエネルギー利用の事例は見られなかったが、1.1 全国直轄事務所アンケート調査では、民間の刈草の処理業者の方で燃料として利用している事例が見られ、平成 24 年 7 月にスタートした再生可能エネルギーの固定価格買取制度により、今後、民間での刈草の利用も増加することも予想される。また、ヒアリング調査では、中外炉工業株式会社のロータリーキルン方式のガス化施設では、草本系バイオマスでも利用可能という結果が得られている。

2) ペレット化（ブリケット化含む）等

国土交通省中国地方整備局中国技術事務所では、平成 13 年度から官民共同により、多量に発生する刈草の有効利用を目的として、刈草を減容固形化(RDF)する装置[刈草 RDF 製造車]、刈草 RDF を炭化する装置[刈草 RDF 炭化製造車]の開発に成功した。ただし、多目的利用であり、固形燃料化のみを目的とするものではないが、作業効率やコスト、刈草 RDF 炭化製造車では関連法規の適用などで、実用化にはいたっていないということであった。しかし、前述した固定価格買取制度における刈草の需要が増加すれば、このような技術も利用されることが考えられる。

表 2.2-5 公園等での都市由来植物廃材の固形燃料化の事例

事例 No.	1	2	3	4	5	6	7
事業主体	八王子市	山梨市	NPO法人山里倶楽部	環境省	(株)日比谷アメニス・東京都港湾局	国土交通省中国地方整備局 中国技術事務所	2.2.2(1)3) 文献③ 注)
対象施設	北野清掃工場ボカボカ足湯	万力公園ふれあい動物広場 万力林カピバラの湯	万博記念公園内木質バイオマス 有効活用システム	新宿御苑	大井ふ頭中央海浜公園	刈草 RDF 製造車・刈草 RDF 炭化製 造車	ペレット製造試験
所在地	東京都八王子市 北野町 596 番地 3	山梨県山梨市万力 1828	大阪府吹田市 千里万博公園 1 番 1 号	東京都新宿区内藤町 11	東京都大田区、品川区	広島市安芸区船越南 2-8-1	実施場所： (南)東京木材資源活用センター
施設の概要	長池公園内の管理により発生する 剪定枝、間伐材を薪に加工した後、 直接燃焼し、足湯の熱源に利用。	公園内の管理により発生する剪 定枝、間伐材を薪に加工した後、 直接燃焼し、カピバラ園の冬の 温水の熱源に利用。カピバラは冬 期にあかぎれを起こしやすいの で温水を供給している。	公園内で発生する間伐材などを 薪に加工した後、木質ボイラー コージェネレーションシステム（ス ターリングエンジン付設）にて 利用することで、公園内足湯施設 熱源及び電力に利用。	公園内で発生する剪定枝等をチ ップ化・直接燃焼し、菊栽培の温 室の熱源に利用。	公園内で発生する剪定枝等をチ ップ化、太陽熱乾燥施設（ソーラ ードライシステム）で乾燥した 後、直接燃焼し、公園内施設の暖 房・給湯の熱源に利用。	平成 13 年度から官民共同により、 多量に発生する刈草の有効利用 を目的として、刈草を減容固化 (RDF)する装置[刈草 RDF 製造 車]、刈草 RDF を炭化する装置[刈 草 RDF 炭化製造車]の開発に成功 した。	(試験の概要) NEXCO プラントで発生した刈草、 剪定枝をもとに、ペレットプラ ントで、刈草ペレット、剪定枝ペ レット、刈草と剪定枝の混合ペレ ットを製造し、品質分析を行った。
受入れ原料	剪定枝、間伐材。樹種はコナラ、 クヌギなど。	剪定枝、間伐材	剪定枝、間伐材	剪定枝、間伐材	剪定枝、間伐材	刈草	刈草、剪定枝
原料供給元	市内長池公園	万力公園内	万博記念公園内	新宿御苑内	東京港南部地区海上公園 (主に大井ふ頭中央海浜公園)	河川堤防、道路のり面等	NEXCO プラント
製造する 固形燃料	薪	薪	薪	剪定枝チップ	剪定枝チップ（一部市販の木材チ ップも利用）	刈草 RDF、刈草 RDF 炭化物	刈草ペレット、剪定枝ペレット、 混合ペレット
エネルギー 利用機器	薪ボイラー	薪ボイラー	薪ボイラー（スターリングエンジ ン付き）	チップボイラー	チップボイラー	・刈草 RDF は、エネルギー利用の 他に、緑化基盤材、土壌改良材、 マルチング材等を想定。 ・刈草 RDF 炭化物は、水質浄化材、 土壌改良材、土工用材を想定。	—
加工の概要	・市内の長池公園で間伐材を薪の 大きさに加工 ・現在のところ、市内の長池公園 (20ha) から、年間約 20t の原 料が確保できている。	・公園内の剪定枝発生量及び薪ボ イラーでの使用量（量が少ないた め）は把握していない。	・12 月から 2 月にかけて間伐、 間伐材は年間 100t ぐらい発生 し、大半はチップとして利用さ れるが、うち 10～20t をボイラ 燃料に利用する。 ・6 月半ば以降に 2 週間ぐらいか けて薪割りをを行う。 ・広葉樹林なので、葉の少ない秋 から冬の時期に伐採している。	・年に一度剪定作業・チップ化を 実施（工事委託）。 ・H24 のチップ化実績は約 250m ³ 。	・乾燥処理に併せて移動式チップ パーでチップ化。 ・乾燥施設の処理能力は約 36m ³ / 回（年間 800～100m ³ の乾燥チ ップが生産可能）	・除草機により除草された刈草を 天日乾燥し、集草した後の乾燥 刈草を棒状に減容成形する。 ・刈草成形機は各種ユーティリ ティーとともに 1 台のトラック に乗せ、現地で作業を行う。 ・成形させた刈草 RDF は、炭化製 造車によって現地にて炭化を 行う。	(試験の概要) 同上
加工プロセス フロー	・剪定枝を枝と葉に分け、適度な 大きさに切る薪割り ・作業は、身障者の福祉団体に有 料で委託。	・公園内の整備で発生した剪定木 を適度な大きさにカット。 ・作業は公園管理担当者または業 者にて実施。	・木の伐採 → 玉切り(1m) → 集 材・搬出 → 薪割り → 山積み 乾燥 ・燃料生産は、市民ボランティア による作業実習の形で実施。	・移動式チップパーにより実施。 ・工事委託で実施している。	・破碎 → 乾燥（太陽熱）	・刈草 RDF 破碎機 → サイクロン → 前処 理機 → 成形機 → 排出ノズル ・刈草 RDF 炭化 燃焼（炭化） → 冷却	・NEXCO プラント 一次破碎 → 乾燥（→混合） ・ペレットプラント 二次破碎 → ペレット化
加工物の性状	・1 年以上乾燥した材、ボイラの 規模により、直径 10cm 程度、 長さ 50cm 程度の大きさにする 必要がある。 ・湿量基準含水率は、20%以下が 望ましい。	・ボイラーに入る程度の大きさ (直径 20cm 程度、長さ 50～ 60cm 程度)	・直径 10cm、長さは 50～60cm 程 度 ・保管開始時の薪の含水率は約 40 ～60%である。約 1 年保管して 乾燥させる。湿量基準含水率は 20%以下	・加工物の形状：切削チップ ・大きさ：揃えることが望ましい (現状は揃っていない)。 ・含水率：チップ化直後、乾量ベ ースで 100～110%。	・乾燥後の性状は以下のとおり。 ・高位発熱量：20.8MJ/kg(絶乾) ・湿量基準含水率：約 20% ・灰分：2.4%	・刈草 RDF： 約 φ35mm、長さ 100mm～200mm 程度の棒状	(試験結果) ・高位発熱量、低位発熱量、湿量 基準含水率：表 2.2-1 参照 ・かさ密度：表 2.2-1 参照
加工に必要な 設備、機器	・薪割り機	・チェーンソー、ノコギリ、ナタ、 軽トラック、台車など	チェーンソー、鋸、斧、ナタ、薪 割り機、メジャー、枕木、屋根用 トタン、軽トラック、台車	・工事委託で実施している。	・切削式チップパー（試験利用） ①コマツゼノア SR3000 (能力 2～3 m ³ /h) ②マルマテクニカ(能力 8 m ³ /h)	・刈草 RDF 製造車 ・刈草 RDF 炭化製造車	・一次破碎機 ・二次破碎機 ・乾燥機 ・ペレット成型機
貯蔵の概要	・貯蔵スペース(薪)：約 8 m ² (物 置及びシートを被せての屋外 保管)	・獣舎周辺に野積み	・薪は野積みで、雨よけ用にトタ ンを上にかけたただけであり、特 に対策等は講じていない。	・原木ヤード：150 m ² (野積) ・チップヤード：360 m ² (屋根付) ・貯蔵日数：チップ化は年 1 回・ 最大貯蔵日数は 1 年	・原木ヤード：420 m ² (14m×30m、野積) ・チップ乾燥・貯蔵施設：57 m ²	—	—

注) 事例 No. 7 は、文献調査での事例であるが、公園等でのペレット化の事例が見られなかったので掲載した。

2.2.4 都市由来植物廃材の燃料としての適性及び留意点

ここでも、基本として木質ペレット品質規格（一般社団法人 日本木質ペレット協会 平成23年3月31日）の基準をもとに評価を行うこととする。

(1) 剪定枝・葉

1) 剪定枝

剪定枝は、薪、チップ及びペレットとしての利用が考えられる。

- ・薪、チップとして利用する場合には、剪定枝の含水率は、剪定直後50%程度と考えられる。エネルギー利用の場合に機器側で高含水率に対応していない場合があるので乾燥が必要である。また、チップ化した場合は、高含水率の場合発酵が進むので、注意が必要である。通常、チップ化せずに剪定枝の状態を保管乾燥させ、利用段階でチップ化することが必要である。
- ・発熱量については、前述した霊山の調査研究によると、ペレット化したものではあるが、高位発熱量（18.1MJ/kg）ではC規格（ ≥ 17.6 MJ/kg）を満たしていたが、低位発熱量（15.6MJ/kg）ではC規格（ ≥ 16.0 MJ/kg）を満たしていなかった。
- ・灰分ACについては、木質ペレット品質規格のC規格を満たしていると考えられる。
- ・硫黄Sでは、樹種により木質ペレット品質規格を満たしている場合と満たしていない場合があるが、満たしていない場合でも規格を大幅に逸脱しているわけではない。
- ・窒素Nでは、国土技術政策総合研究所緑化生態研究室で行った調査では、全て木質ペレット品質規格を満たしていたが、他の文献では、満たしていない事例も見られた。これは、他の文献では、はっきりと枝と葉を区別していないため、葉が混入した可能性があることも考えられる。
- ・全塩素では、国土技術政策総合研究所緑化生態研究室で行った調査では、全て木質ペレット品質規格を満たしていたが、他の文献では、満たしていない事例も見られた。これも、他の文献では、はっきりと枝と葉を区別していないため、葉が混入した可能性があることも考えられる。
- ・木質ペレット品質規格で定められている重金属については、国土技術政策総合研究所緑化生態研究室で行った調査では、全て規格を満たしていたが、街路樹等を用いた一部の文献では、規格を満たしていない場合もあった。これは、緑化生態研究室の調査では、国土技術政策総合研究所構内で採取したため、本来植物体に含まれていない重金属は、検出されなかったが、公共事業で植栽されている場合は、道路等に面していることもあり、排気ガス等の大気由来の重金属が付着した可能性がある。そのため、注意が必要である。

以上より、剪定枝では、非産業用の木質ペレット品質規格を一部満たしていない場合もあったが、全般的には大きく逸脱することなく満たしており、エネルギー利用を目的とした燃料としての適性が比較的高いと考えられる。ただし、含水率低減のための乾燥が必要で、重金属については、自動車や工場の排ガス等の環境に左右されると考えられる。

2) 剪定した葉

- ・剪定した葉については、国土技術政策総合研究所緑化生態研究室で行った調査では、含水率は、剪定直後は剪定枝より高いと考えられる。
- ・灰分については、国土技術政策総合研究所緑化生態研究室で行った調査では、すべて木質ペレット品質規格を満たしていなかった。
- ・硫黄Sでは、国土技術政策総合研究所緑化生態研究室で行った調査では、すべて木質ペレット品質規格を満たしていなかった。
- ・窒素Nでは、国土技術政策総合研究所緑化生態研究室で行った調査では、すべて木質ペレット

品質規格を満たしていなかった。

- ・全塩素では、国土技術政策総合研究所緑化生態研究室で行った調査では、9樹種中シラカン及びビスタジイの2樹種を除く7樹種で木質ペレット品質規格を満たしていなかった。
- ・木質ペレット品質規格で定められている重金属については、国土技術政策総合研究所緑化生態研究室で行った調査では、剪定枝と同様に全て規格を満たしていた。

以上より、剪定した葉は、含水率が剪定枝よりも高く発酵しやすく、灰分 AC、硫黄 S、窒素 N、全塩素 C1 で規格を上回っていた。そのため、剪定枝葉をエネルギー利用する際には、剪定枝と葉を分別することが、品質確保につながると考えられる。分別した葉は、刈草とともに堆肥化等を行うことが考えられる。

(2) 刈草

- ・刈草の含水率は、土木研究所資料第 4095 号の研究結果では、平均で約 67%であった。刈草は、放置すると発酵が進むのでエネルギー利用を考える場合は、乾燥が必要であると考えられる。
- ・発熱量については、前述した霊山の調査研究によると、ペレット化したものではあるが、高位発熱量 (17.8MJ/kg) では C 規格 (≥ 17.6 MJ/kg) を満たしていたが、低位発熱量 (15.3MJ/kg) では C 規格 (≥ 16.0 MJ/kg) を満たしていなかった。国土技術政策総合研究所緑化生態研究室で行った調査では、2サンプル中1サンプルは、高位発熱量、低位発熱量とも規格を満たしていなかったが、1サンプルは、高位発熱量 (17.5MJ/kg) では C 規格 (≥ 17.6 MJ/kg) を満たしていなかったが、低位発熱量 (16.0MJ/kg) では C 規格 (≥ 16.0 MJ/kg) を満たしていた。
- ・灰分については、前述した霊山の調査研究によると、ペレット化したものではあるが、11.6%と木質ペレット品質規格 (≤ 5.0 %) を満たしていなかった。国土技術政策総合研究所緑化生態研究室で行った調査でも、2サンプルとも 6.5%、6.7%で規格を満たしていなかった。
- ・硫黄 S では、土木研究所資料第 4095 号の研究結果では、49 検体中3検体以外は、A 規格を満たしていたが、ペレット化したものではあるが前述した霊山の調査研究では規格を満たしていなかった。国土技術政策総合研究所緑化生態研究室で行った調査でも、2サンプルとも規格を満たしていなかった。
- ・窒素 N では、土木研究所資料第 4095 号の研究結果では、49 検体中3検体しか規格を満たしていなく、ペレット化したものではあるが前述した霊山の研究結果でも規格を満たしていなかった。国土技術政策総合研究所緑化生態研究室で行った調査でも、2サンプルとも規格を満たしていなかった。
- ・全塩素では、ペレット化したものではあるが前述した霊山の研究結果では規格を満たしていなかった。国土技術政策総合研究所緑化生態研究室で行った調査でも、2サンプルとも規格を満たしていなかった。
- ・木質ペレット品質規格で定められている重金属については、NEXCOプラントに持ち込まれた刈草をペレット化したものではあるが前述した霊山の研究結果では、ヒ素As、銅Cuで規格外であった。国土技術政策総合研究所緑化生態研究室で行った調査でも、2サンプル中1サンプルの銅Cuが規格をやや上回った。

以上より、刈草については含水率が高く発酵しやすく、灰分 AC、窒素 N、全塩素 C1 で規格を満たしていない場合が多い。重金属は自動車の排気ガス等の環境要因に左右されると考えられる。ヒアリングで得られた知見でも、刈草は、剪定した葉と同様に、燃焼した場合にクリンカが発生しやすいと言われており、エネルギー利用よりも堆肥化等の材料としての適性が高いと思われるものの、

草本系バイオマスでも利用可能なガス化発電技術（中外炉工業株式会社のロータリーキルン方式のガス化施設等）、トレファクション（半炭化）技術などの開発により、燃料利用の可能性もあると考えられる。

2.2.5 再生可能エネルギーの固定価格買取制度と木質バイオマス（特に、剪定枝）

電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法（平成23年法律第108号）に基づく平成24年6月18日経済産業省告示第139号（以下「告示」という。）において、再生可能エネルギー発電設備の区分ごとの調達価格等が定められ、木質バイオマスについても、告示の表第12号に掲げる「森林における立木竹の伐採又は間伐により発生する未利用の木質バイオマス（輸入されたものを除く。）」（以下「間伐材等由来の木質バイオマス」という。）を電気に変換する設備、同表第13号に掲げる「木質バイオマス」（以下「一般木質バイオマス」という。）を電気に変換する設備、同表第14号に掲げる「建設資材廃棄物」（以下「建設資材廃棄物」という。）を電気に変換する設備、同表第15号に掲げる「一般廃棄物発電設備又は一般廃棄物発電設備及び第11号から第14号までに掲げる設備以外のバイオマス発電設備」について、それぞれの区分ごとに調達価格等が定められた。

平成24年6月に林野庁が策定した「発電利用に供する木質バイオマスの証明のためのガイドライン」²⁶⁾では、間伐材等由来の木質バイオマス及び一般木質バイオマスについて調達価格が適正に適用されるように、これらの供給者が、間伐材等由来の木質バイオマスや一般木質バイオマス由来であることの証明に取り組むにあたっての留意事項等を取りまとめている。

この中で一般木質バイオマスとして、間伐材等由来の木質バイオマス及び建設資材廃棄物以外の木質バイオマスで、①製材等残材、及び②その他由来の証明が可能なバイオマス に由来するものとしている。さらに②その他由来の証明が可能なバイオマスとして（ア）森林からの伐採木材の他に（イ）伐採届等を必要としない木材等の例として、果樹等の剪定枝、ダム流木があげられている。さらに、林野庁発行の木質バイオマス発電・証明ガイドライン Q&A（平成24年8月31日版）²⁷⁾では、p29では、公園の剪定枝のことについても言及されている。

以上より、公園の剪定枝についても、再生可能エネルギーの固定価格買取制度のバイオマス燃料として対象になりうるが、通常、公園剪定枝については、一般廃棄物の扱いがなされており、上記の同表第13号（24円（税抜き）/kW）に該当する場合は、一般廃棄物ではないということが原則なので、一般廃棄物に該当するか否かは市町村判断となる。一般廃棄物に該当する場合は、同表第15号（17円（税抜き）/kW）となる。いずれにせよ、今後、木質バイオマスの固定価格買取制度における燃料としての需要が増大した場合には、公園の剪定枝等も固定価格買取制度における燃料としての利用といったことが考えられる。

参考資料リスト（文献・報告書・資料・ウェブサイト）

- 1) 九州薪・木質ペレット活用協議会ホームページ <http://qmaki.com/>
- 2) 岡崎森林組合ホームページ <http://okamori.org/>
- 3) 森のバイオマスエネルギー（（社）全国林業改良普及協会発行，2001）
- 4) 薪 Club ホームページ <http://www.makiclubshop.com/71.html>
- 5) 林野庁ホームページ 平成 24 年度 森林・林業白書 全文（HTML 版）p195, 196
http://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/24hakusyo_h/all/a63.html
- 6) 木材統計（農林水産省；平成 19～平成 23 年度版の各年）
- 7) 木材チップ等原料転換型事業 調査・分析報告書（平成 23 年度；全国木材チップ工業連合会），全国木材チップ工業連合会ホームページ(<http://zmchip.com/hyousi23.html>)
- 8) 全国木材チップ工業連合会ホームページ <http://zmchip.com/toukeimokuji.html>
- 9) 木質ペレット及び燃焼機器の市場動向（日本木質ペレット協会セミナー資料；平成 21 年度実績）
- 10) 一般社団法人日本木質ペレット協会ホームページ <http://www.w-pellet.org/index1.html>
- 11) 木質ペレット及び燃焼機器の市場動向（日本木質ペレット協会セミナー資料）
- 12) 月刊 建設物価（2013. 2）（一般財団法人 建設物価調査会）
- 13) 木質バイオマスボイラー導入指針（平成 24 年 3 月；(株)森のエネルギー研究所）
- 14) 地球温暖化対策地方公共団体実行計画（区域施策）策定マニュアル（環境省）
- 15) 全国木材チップ工業連合会ホームページ <http://zmchip.com/chipkikaku.html>
- 16) 岩手県ホームページ
http://www.pref.iwate.jp/~hp0552/biomass/chip/chip_guide.pdf（H25. 2 参照）
- 17) 建設副産物リサイクル広報推進会議ホームページ
<http://www.suishinkaigi.jp/book/panel/pdf/39.pdf>
- 18) 特定非営利活動法人全国木材資源リサイクル協会連合会ホームページ
<http://www.woodrecycle.gr.jp/>
- 19) ペレットクラブホームページ <http://www.pelletclub.jp/>
- 20) 一般財団法人日本規格協会のホームページ <http://www.jsa.or.jp/default.asp>
- 21) 草木系バイオマスの組成分析データ集（ISSN0386-5878 土木研究所資料第 4095 号）
- 22) 公共緑地・樹木の管理に由来する草木系バイオマスデータ集（ISSN0386-5878 土木研究所資料第 4145 号）
- 23) 霊山明夫（2009）刈草等のバイオマス資源のボイラー燃料利用に着目したペレット製造試験について，平成 21 年度公園緑地研究所調査研究報告，（一社）日本公園緑地協会，pp. 42-45
- 24) 佐藤高晴，佐久川弘，竹田一彦，近藤宏壮（2012）街路樹から得られた木質バイオマス中の重金属汚染に対する磁気スクリーニング，日本エネルギー学会誌，91，118-126
- 25) 早福正孝・辰市祐久・古明地哲人・岩崎好陽（2002）落ち葉の焼却から生成するダイオキシン類に関する考察，大気環境学会誌，37（2），122～130
- 26) 発電利用に供する木質バイオマスの証明のためのガイドライン，林野庁ホームページ
http://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/biomass/hatudenriyou_guideline.html（H26. 4 参照）

- 27) 林野庁発行の木質バイオマス発電・証明ガイドライン Q&A, 林野庁ホームページ
http://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/biomass/hatudenriyou_guideline.html (H26.4 参照)