

河川支障木チップ製造  
調査研究事業  
【令和2年度調査報告書】



2021（令和3）年2月

当別町



# 目次

1.	はじめに.....	1
1-1.	事業の背景.....	1
1-2.	事業の目的.....	1
1-3.	「調査研究会」の設置・開催の状況.....	1
2.	地域における課題・問題点.....	2
3.	昨年度の調査実施内容.....	3
4.	分析サンプル一覧.....	4
5.	河川支障木の状態把握調査.....	5
5-1.	成林した河川支障木の状態把握調査.....	5
5-2.	河川支障木乾燥試験区の状態把握調査.....	8
6.	河川支障木の運搬調査.....	14
6-1.	令和元年度調査研究事業における運搬コストについて.....	14
6-2.	令和元年度調査研究事業における運搬コストの課題について.....	15
6-3.	令和元年度運搬コストの精査結果.....	16
7.	河川支障木のチップ化調査.....	17
7-1.	スクリーンの選定(チップ燃料寸法区分適合性調査).....	18
7-2.	チップへの異物混入.....	21
7-3.	チップ化コスト((中間)土場から需要先).....	21
8.	チップの分析.....	24
8-1.	チップの成分分析.....	24
8-2.	河川支障木の成分分析.....	25
8-3.	チップの価格設定等の検討に係る調査.....	25
9.	実機による燃焼試験.....	33
9-1.	実機による燃焼試験.....	33
9-2.	焼却灰の重金属分析.....	37
10.	調査研究会の運営.....	51
11.	本事業成果のまとめ.....	52
12.	本事業の課題と今後の展望.....	53



# 1. はじめに

## 1-1. 事業の背景

本町では、平成 30 年度に「当別町木質バイオマス熱利用事業化計画」を策定し、公共施設等への木質バイオマスボイラの導入や地域における木質燃料（チップ）の製造・供給体制の構築を進めています。このような「再生可能エネルギー利用の推進」は、令和 2 年 3 月に策定した「当別町第 6 次総合計画」において「活力のあるまちづくり」を進めるために定められた施策の一つとなっています。

本年度は、西当別小学校及び中学校に導入した木質バイオマスボイラの安定的な運転に必要な課題等を具体的に解決するとともに、地域の関係者によるコンソーシアム（共同体）によるチップ製造体制の構築や廃校舎を活用したチップ製造拠点の整備などを実施し、木質バイオマス資源の活用に向けた連携体制構築の取組を進めています。

## 1-2. 事業の目的

本事業では、本町が進めている木質バイオマス活用の一環として、通常産業廃棄物などで処分されている「河川支障木」などのバイオマス資源を利用した木質燃料（チップ）製造及び成分分析やボイラによる燃焼試験など専門的な調査研究を行うこととしています。本調査研究成果によって、公共施設等において河川支障木由来のチップとして使用することを想定した地域内における木質燃料製造など、地域の資源を活かした新産業の創造や雇用の創出による地域活性化の動きを拡大するとともに、他自治体などにおいて本調査研究内容を活用した取組を波及させることにより、道内における地域資源の活用に資することを目的として実施します。

## 1-3. 「調査研究会」の設置・開催の状況

本事業をはじめとする木質バイオマス活用に向けた取組を進めるに当たっては、地域の中での関係者間の連携体制、いわゆる「地域アライアンス」の構築が最も重要であると考えます。

本町では、本事業の実施に先立ち、町、町内事業者、国や北海道などの公的機関及び研究機関によって構成する「当別町木質バイオマス地域アライアンス調査研究会」を設置しました。

本年度の本調査研究会は、新型コロナウイルス感染症対策の一環として、書面会議により本事業の実施における事業内容の検討などを行っています。

### 【開催状況】

第 1 回 令和 2 年 5 月 本事業の内容・方向性について意見聴取

第 2 回 令和 2 年 12 月 12 月までの事業内容について中間報告・意見聴取

第 3 回 令和 3 年 2 月 本事業の実施内容について報告

※開催状況の詳細は、第 10 章を参照。

## 2. 地域における課題・問題点

近年、固定価格買取制度（FIT）による売電を目的とした大規模バイオマス発電所が道内各地に計画、建設されている影響もあり、林地未利用材・間伐材等の丸太（主にパルプ材）の価格が高騰している状況があります。

本町において、間伐材由来の木質燃料（チップ）を利用する場合、上記の状況は、燃料価格の高騰につながり、木質バイオマスの地域利用を阻害する要因になる恐れがあります。

一方、本町は、石狩管内に位置し、札幌市や江別市等の規模の大きな自治体に隣接しているという地理的条件があります。

これらの地域には、公園や街路樹のほか、近年管理の必要性が高まっている防風林、河川の維持管理で発生する河川支障木など、FIT では価格の高い区分とならない木質バイオマス資源が多く存在しています。

本町において、安定的で持続可能な木質バイオマス活用を進めるためには、FIT の影響を色濃く受ける林業・林産業の現状を踏まえ、その時代のニーズに適合する仕組みを構築する必要があります。

本事業は、その第一歩として、これまで廃棄物として処理されていた「河川支障木」に着目し、その有効利用に向け、分析試験やコスト計算など必要な調査を実施するものです。



写真 2-1 チップ製造作業（令和 2 年 10 月 30 日撮影）

### 3. 昨年度の調査実施内容

本事業において、昨年度に行った調査内容を表 3-1 に示します。

表 3-1 昨年度調査実施内容一覧

No.	題目	目的	調査内容	調査結果
①	河川支障木の 状態把握調査	チップ製造及び分析等 に向け、チップ化前の河 川支障木の状態を把握 するために必要な調査 を実施しました。	現場確認、輪切サン プル分析、チップ化サン プル分析	本調査では、地域内における河川支 障木の状況を把握しました。河川支 障木は間伐材と比較して性質上の 大きな差は見られませんでした。が、 伐採後の河川支障木は含水率が非 常に高いことが確認されました。
②	河川支障木の 運搬調査	河川支障木を伐採し、チ ップ化作業場所まで運 搬する際の手順の確認 や、必要コストを算出 するため、実際の作業現場 での作業確認及びコス ト計算に係るデータの 収集を行いました。	伐採・運搬手順の整理、 作業時間の記録、運搬 コストの試算	本調査では、河川支障木の伐採～一 次集積～運搬の工程を明らかにし ました。今後は、試算したコストに 不足していた情報を改めて調査し、 より具体的なコスト試算を行う必 要があります。
③	河川支障木の チップ化調査	チップ製造に必要な調 査を実施しました(岩見 沢市北村地区で実施さ れたチップ化作業につ いて実施)。	チップ化手順の確認、 作業時間の記録、チ ップ化コストの試算	本調査では、河川支障木由来のチ ップ化及び運搬の工程を明らかにし ました。今後、地域内利用を具体的 に進めていく場合は、需要先施設に 応じたチップの品質確保を行う必 要があります。
④	チップの分析 調査	河川支障木由来のチ ップの性質を把握する ための分析調査を実施 しました。	簡易分析(含水率、灰 分、発熱量、かさ密度)、 性状分析(窒素分、塩素 分、硫黄分)、重金属分 析(ヒ素、カドミウム、 全クロム、銅、全水銀、 鉛、亜鉛、ニッケル)	本調査では、間伐材と比べると河川 支障木は灰分がやや高いが、大きな 性質の違いは見られないという結 果を得ました。重金属などの成分に ついては、本町が目指す焼却灰の利 用に当たり影響があることから、引 き続き分析等を行う必要があります。
⑤	河川支障木の 乾燥調査	低コストな自然乾燥法 で河川支障木を合理的 かつ効率的に乾燥させ る手法を検討しました。 また、需要施設にて機械 による送風乾燥を行う ことを想定した機械乾 燥試験も行いました。	ブルーシートを被せる 等の処置による乾燥に ついての調査、乾燥試 験区の設置 実際の乾燥施設を想定 した試験装置を設置 し、燃料室に木質チ ップを充てんした状態 での乾燥試験の実施	本調査では、自然乾燥でもブルーシ ート等の活用により効率よく含水 率を低下させられることが分かり ました。引き続き、設置した試験区 の経過を観察するなど効率化に向 けた調査を進める必要があります。 また、機械乾燥については、送風 によるチップの乾燥について知見 を得ました。

## 4. 分析サンプル一覧

河川支障木の有効利用に向け、その性質を明らかにするため、複数のサンプルを採取し、分析を行いました。本事業において現在までに分析を行ったサンプルは表 4-1、写真 4-1 のとおりです。サンプルの分析目的及び掲載している章を一覧表に記載しました。

表 4-1 分析サンプル一覧

No.	種別	分析サンプル	樹種	分析目的	章	調査内容
①	河川支障木	R1 当別川 河川支障木 (輪切)	ヤナギ、 ハンノキ	乾燥試験（乾燥試験区） 及び チップ化前材料の性質把握	8	含水率、灰分、発熱量
②	河川支障木	R1 当別川 河川支障木 焼却灰	ヤナギ、 ハンノキ	河川支障木焼却灰の 重金属等含有量 ・溶出量の把握	9	重金属等含有量 重金属等溶出量



写真 4-1 サンプル状況

(①：令和 2 年 8 月 27 日、②令和 2 年 12 月 7 日 撮影)

## 5. 河川支障木の状態把握調査

河川支障木の状態把握調査は、成林した河川支障木の現地状態を把握する「成林した河川支障木の状態把握調査」及び乾燥試験を実施した河川支障木の状態を把握する「河川支障木乾燥試験区の状態把握調査」の2通りを行いました。

### 5-1. 成林した河川支障木の状態把握調査

令和2年度の調査では、河川支障木生育環境を把握するため、令和元年度に引き続き当別川河川敷における河川支障木の樹種確認及び UAV（ドローン）空撮を行いました。

河川管理者による令和2年度の伐採範囲は図 5-1 に示しました。



図 5-1 令和2年度の伐採範囲位置図



写真 5-1 成林した河川支障木の状態把握調査の実施状況

本調査では、当別川河川敷を踏査し、生育している河川支障木の中から無作為に 10 本程度の樹木を選択し、樹種の確認を行いました。

踏査範囲を図 5-2 に、確認結果は表 5-1 に示しました。

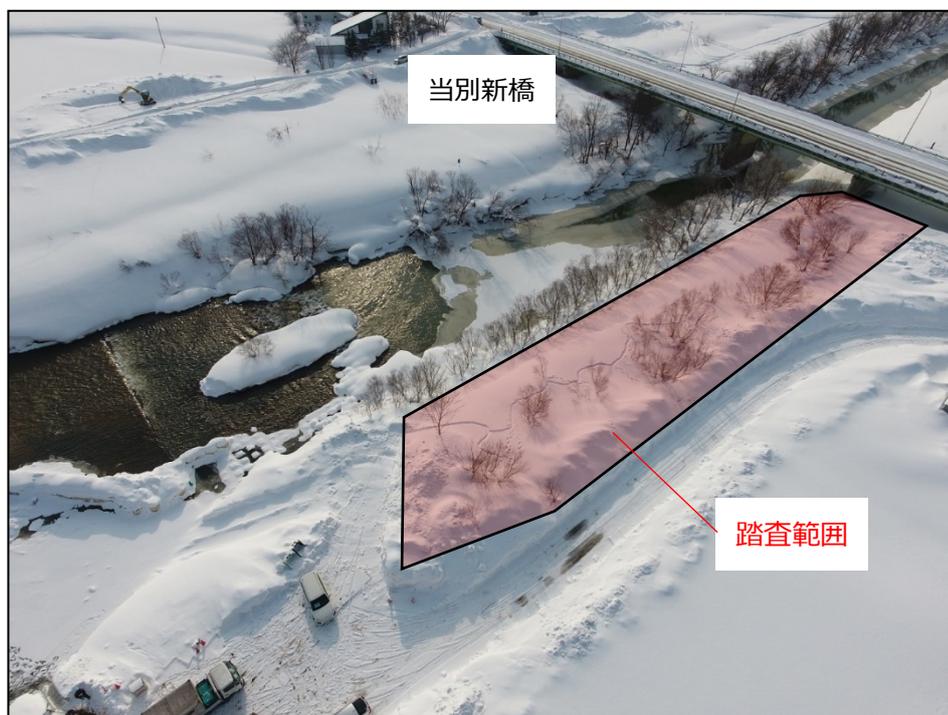


図 5-2 踏査範囲（当別新橋付近の箇所）

表 5-1 成林した河川支障木の状態把握調査結果

調査箇所	確認番号	樹種
当別川 河川敷	①	ヤチダモ
	②	ヤナギ類
	③	ヤナギ類
	④	ヤナギ類
	⑤	ヤナギ類
	⑥	ヤナギ類
	⑦	ヤナギ類
	⑧	ヤナギ類
	⑨	エゾノカワヤナギ
	⑩	ヤナギ類
	-	*ハンノキ

※ハンノキは UAV による当別川河川敷の空撮時に生育を確認

踏査による樹種確認の結果、ヤチダモが 1 本確認された他は全てヤナギ類の確認となりました。また、UAV の調査によってハンノキが生育していることも確認されました。

本調査の結果から、当別川河川敷にはヤナギ類を中心として、湿った土地に多いとされるヤチダモやハンノキ等の樹種が生育していることが確認されました。

<p>金沢橋付近から当別新橋までの風景 (手前側が上流、矢印箇所が当別新橋)</p>	<p>当別新橋付近から金沢橋までの風景 (手前側が下流、矢印箇所が金沢橋)</p>
<p>当別新橋付近の風景 (手前側が上流)</p>	<p>当別新橋付近の風景 (上空約 300 mより鉛直方向に撮影)</p>
<p>金沢橋付近の風景</p>	<p>ハンノキの生育状況 (点線箇所)</p>
<p>ヤチダモ</p>	<p>ヤナギ類 (葉がついたものはエゾノカワヤナギと同定)</p>

写真 5-2 河川支障木の状態把握調査

## 5-2. 河川支障木乾燥試験区の状態把握調査

### 1) 調査概要

河川支障木を含めた自然由来のチップを使用する場合には、その用途により原木又はチップを乾燥させ、含水率を低下させる必要があります。本事業では、低コストで河川支障木の原木を乾燥させるため、令和元年度より河川支障木乾燥試験区を設置し、ブルーシートやパレットを使用した場合の乾燥効率の違いについての検証を行い、実際の集積作業時の作業効率やコストを加味した乾燥方法を検討しました。なお、パレットは高さ15cm程度のものを使用しました。

河川支障木乾燥試験区は、中間土場である旧中小屋中学校に設置しており、表 5-2 に示した通り条件ごとに4つの試験区を設置しました。使用したのは、令和元年度に伐採した当別川河川支障木で、これを自然乾燥させ、含水率の変化を確認しました。

なお、一般社団法人（以下、（一社）とする）日本木質バイオマスエネルギー協会が示す「燃料用木質チップの品質規格」（p10）では、木質チップの含水率（WB）（以下、本報告書で取り扱う含水率はWB（湿量基準含水率）とする）が35%以下であれば、通常のボイラで良好な燃焼状態を示すとされていることから、含水率35%を目安として乾燥試験を行いました。また、検証を行う際には、パレットを設置することによって集積作業の邪魔にならないよう、留意して実施しました。

表 5-2 乾燥試験区一覧

区分		ブルーシート	
		無し	有り
パレット	無し	試験区①	試験区②
	有り	試験区③	試験区④



試験区①（シート無・パレット無）  
（令和2年8月27日撮影）



試験区②（シート有・パレット無）  
（令和2年8月27日撮影）



試験区③（シート無・パレット有）  
（令和2年8月27日撮影）



試験区④（シート有・パレット有）  
（令和2年8月27日撮影）



試験区全体の状況  
（令和2年8月27日撮影）



使用したパレット  
（令和元年1月10日撮影）

写真 5-3 河川支障木乾燥試験区の状況

## 【参考】燃料用木質チップの品質規格について

引用：(一社)日本木質バイオマスエネルギー協会 HP

表 木質チップの水分区分

水分区分	水分(wb)M	含水率(db)U	状態
M25	≦25%	≦33%	乾燥チップ
M35	25~35%	33~54%	準乾燥チップ
M45	35~45%	54~82%	湿润チップ
M55	45~55%	82~122%	生チップ
不燃域 水分55%以上のチップは燃料として不適			

表 木質チップの寸法区分

区分	微細部 投入チップ重量の 10%未満	主要部 投入チップ重量の 80%以上	粗大部 投入チップ重量の 10%未満	最大長
P16	<4mm	4-16mm	16-32mm	<85mm
P26	<4mm	4-26mm	26-45mm	<100mm
P32	<8mm	8-32mm	32-63mm	<120mm
P45	<16mm	16-45mm	45-90mm	<150mm

注)寸法:ふるいの目開き寸法

表 木質チップの品質規格区分

品質項目	単位	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4			
原料		幹、全木 未処理工場残材 	Class 1 + 灌木・枝条・末木 欠陥材・根張り材など 	Class 2 + 剪定枝等 樹皮 未処理リサイクル材 	Class 3 + 化学的処理工場残材 化学的処理リサイクル材 			
チップの種類		切削チップ	切削または破碎チップ					
チップの寸法 P			P16	P26	P32	P45	から選択	
水分 M	w-%	M25	M35	M25	M35	M45	M55	から選択
灰分 A	w-% dry <sup>(1)</sup>	A1.0 ≦1.0%	A1.5 ≦1.5%	A3.0 ≦3.0%	A5.0 ≦5.0%			
N(窒素)、S(硫黄)、Cl(塩素)	w-% dry <sup>(1)</sup>				N≦1.0、S≦0.1、Cl≦0.1			
重金属	mg/kg dry				As≦4.0、Cd≦0.2、Cr≦40、Cu≦30、 <sup>(2)</sup> Pb≦50、Hg≦0.1、Zn≦200			
異物 <sup>(3)</sup>		含まないこと						

(1) w-%dry: 質量パーセント(乾量基準)

(2) As(ヒ素)、Cd(カドミウム)、Cr(クロム)、Cu(銅)、Pb(鉛)、Hg(水銀)、Zn(亜鉛)

(3) 金属、プラスチック類、擬木(合成木材、複合木材)、土砂、石など

## 2) 調査結果

河川支障木乾燥試験区における調査結果を表 5-3 及び図 5-3 に示します。試験は令和 2 年 1 月 17 日より開始し、5 月 19 日、8 月 27 日、10 月 30 日に各試験区より 3 試料ずつ採取し、含水率を測定しました。試験を開始した 1 月調査での含水率は 52.5%でした。

5 月調査では、平均含水率はシート及びパレットを両方使用した試験区④が最も低く、次いでシートのみを使用した試験区②及びパレットのみを使用した試験区③の含水率が低く、最後にシートもパレットも使用しなかった試験区①、という順になりました。

8 月調査では、すべての試験区の平均含水率はほぼ 35%以下となり、含水率は試験区④が最も低く、次いで試験区②、試験区③、試験区①の順でした。8 月調査では、試験区④と試験区②の含水率の差は僅差であり、試験区①と試験区③の含水率は同程度でした。

10 月調査では、これまでとは異なり含水率は試験区②が最も低く、次いで試験区④、試験区③、試験区①の順であり、試験区②、試験区④は 8 月調査よりも含水率が減少しましたが、試験区①、試験区③は上昇しました。

表 5-3 河川支障木乾燥試験区における含水率の変化 (列の色はグラフ凡例と対応)

試験区	サンプル番号	含水率 (WB) (%)							
		1月17日	5月19日		8月27日		10月30日		
試験区① シート無パレット無	①	52.5	44.3	平均 47.1	22.8	平均 35.4	28.1	平均 45.4	
	②		51.8		45.8		55.2		
	③		45.2		37.5		53.0		
試験区② シート有パレット無	①S		49.6	平均 45.8	39.7	平均 29.0	30.1	平均 23.1	
	②S		43.5		21.7		18.4		
	③S		44.4		25.7		20.8		
試験区③ シート無パレット有	①P		50.4	平均 45.8	38.4	平均 34.9	44.2	平均 41.0	
	②P		41.9		30.2		39.1		
	③P		45.0		36.0		39.8		
試験区④ シート有パレット有	①SP		41.1	平均 44.0	25.4	平均 27.3	35.5	平均 26.7	
	②SP		40.5		19.5		19.8		
	③SP		50.3		37.1		24.9		

※サンプル番号の S はブルーシート有、P はパレット有を示す。

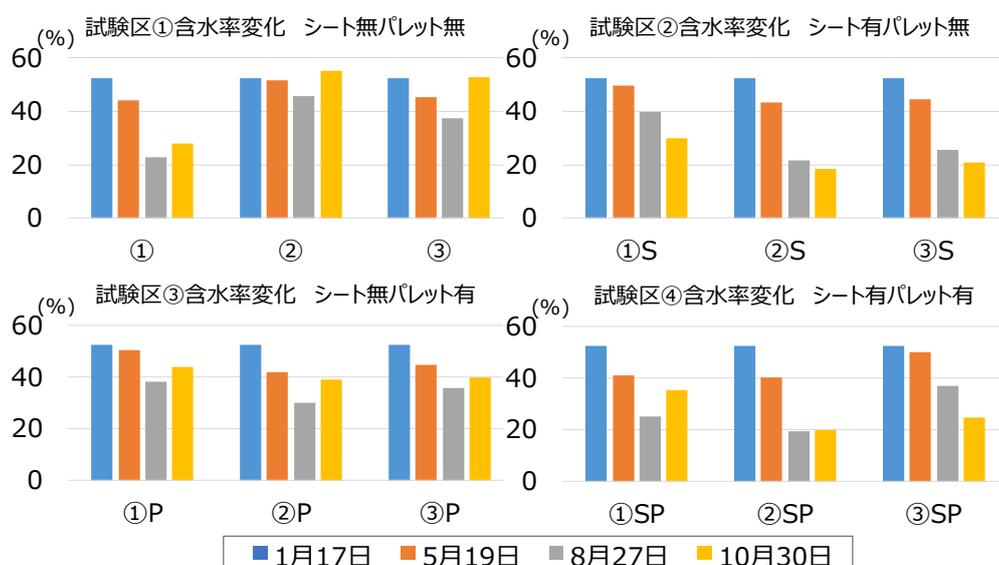


図 5-3 河川支障木乾燥試験区の調査結果

※ 1 月 17 日の含水率は令和元年度調査研究事業より、5 月 19 日及び 8 月 27 日の含水率は林産試験場成績書 (試験) 「林産試第 2003-14-2 号」 (巻末参照) を引用、10 月 30 日の含水率は林産試験場未発表データ

含水率の減少は、1)時間経過による影響、2)季節的な気象条件による影響、3)天候及び気象条件による影響が考えられます。試料採取前の天候及び気象条件を表 5-4 に示しますが、5 月及び 8 月の調査では試料採取前は 5～6 日間の晴天が続き、試料の含水率は 3)の天候及び気象条件による影響が小さいものと考えられます。一方、10 月調査では、試料採取前の 1 週間に降雨が続いたことから、天候及び気象条件による影響は大きいものと考えられます。10月の調査では、試験区②、試験区④は8月調査よりも含水率が減少し、試験区①、試験区③は上昇しましたが、これはブルーシートの有無によるものと推測され、ブルーシートを設置することにより、天候及び気象条件による影響を小さくすることができ、降雨等による含水率の上昇を抑えられるものと考えられます。なお、どの調査月、どの試験区でも確認された含水率のばらつきは大きくなっており、試料の採取位置によるもの（図 5-4 参照）と考えられます。

表 5-4 試料採取前の天候及び気象条件（気象庁石狩観測所）

採取日	天候条件	採取前 5 日間の平均気温 (°C)	採取前 5 日間の平均日照時間 (時間/日)	採取日前 5 日間の平均風速 (m/s)
R2.5.19	5/13 に 1mm の降雨有、その後 5 日間晴れが続いた後に採取	10.9	5.6	2.78
R2.8.27	8/20 に 2mm の降雨有、その後 6 日間晴れが続いた後に採取	21.0	10.7	1.86
R2.10.30	10/23 より降雨が続き（合計雨量 32.5mm）、当日にも 1mm の降雨有り。	9.2	4.5	2.22

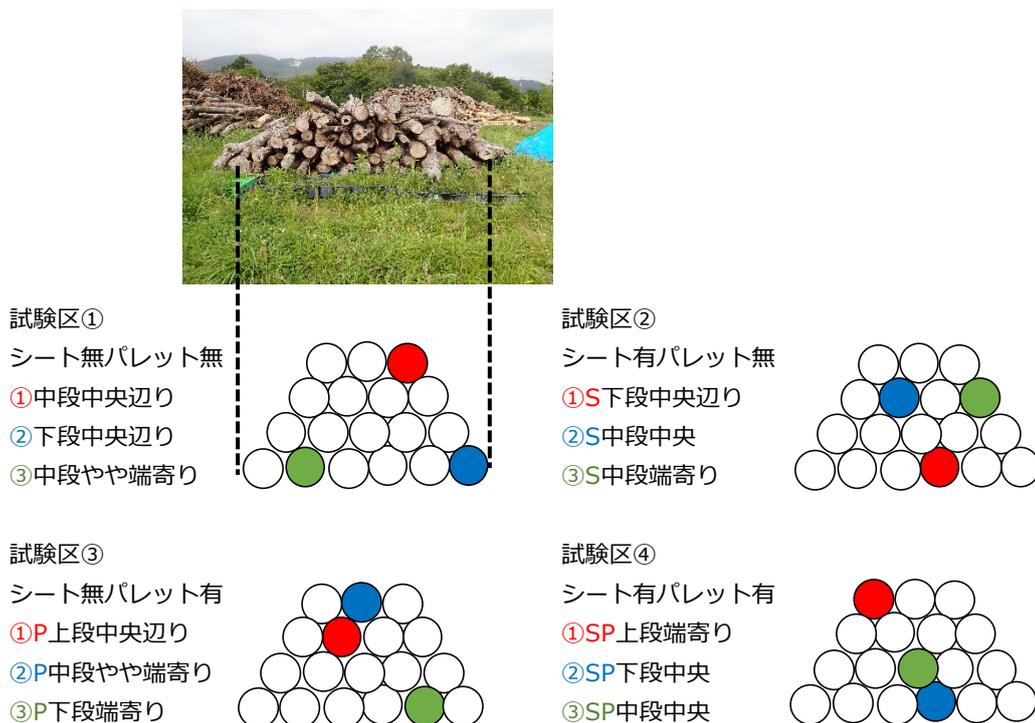


図 5-4 各試験区の試料採取位置イメージ図

(写真のように積み上げた河川支障木を真横から見た図をイメージ)

また、1)の時間経過による影響について、含水率が35%程度になるまでにかかった期間をみるため、すべての試験区の平均含水率がほぼ35%以下となった8月までの試験結果より得られた平均重量減少率（初期重量に対する重量減少率）の推移を図 5-5に示します。試験開始時の含水率が52.5%の場合、含水率が35%相当となる重量減少率は26.9%となります。図より、重量減少率が26.9%に到達したのは、試験区④は7月13日付近、試験区②は7月25日付近であり、これらの試験区では含水率が35%程度になるまでにかかった期間は約6か月でした。一方、試験区①、試験区③は8月27日の調査で重量減少率が26.9%に到達しており、これらの試験区では含水率が35%程度になるまでにかかった期間は約7か月でした。

$$\text{重量減少率 (\%)} = ( (\text{初期水分(\%)} - \text{水分(\%)}) \times 100 ) / \text{重量 (100(\%) - 水分(\%))}$$

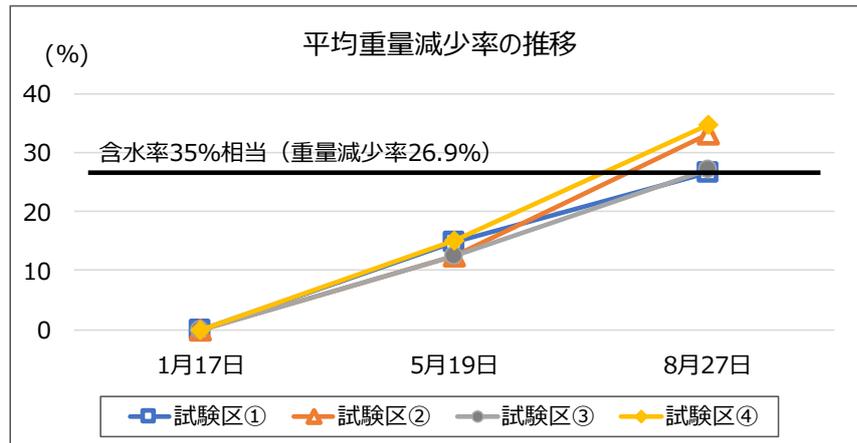


図 5-5 平均重量減少率の推移 (1月～8月)

本町での河川支障木のチップ化のサイクルは、本試験と同様に冬季に伐採後、春季～夏季に乾燥させ秋季にチップ化を行うものであり、2)の季節的な気象条件による影響については問題ないものと判断されます。また、このチップ化のサイクルであれば 1)時間経過による影響について十分満足できるものと考えられます。3)天候及び気象条件による影響についてもブルーシートの設置により影響を小さくすることができるため、本試験の試験区②、試験区④の条件であれば、天候及び気象条件の変化にも対応できるものと考えられます。

## 6. 河川支障木の運搬調査

### 6-1. 令和元年度調査研究事業における運搬コストについて

令和元年度事業における運搬調査では、河川支障木を伐採箇所から中間土場まで運搬する作業についてコストを算出しました。

コスト算出に当たっては、表 6-1 に示す事項を現場で記録し、河川支障木運搬に係る作業ごとの人件費及び車両・機械に使用した燃料費等について算出しました。

人件費については「令和元年度 公共工事設計労務単価表（国土交通省）」を引用しました。10t ダンプの積込、輸送、荷卸し、帰路における単価は運転手（一般）17,200 円/日（1 日 8 時間分の労務単価）を、グラブによる仕分・投入における単価は同様の基準から運転手（特殊）20,200 円/日（1 日 8 時間分の労務単価）を用いました。また、燃料単価については、ダンプ分の最終的な燃料費 123,704 円を使用量 1,316（L）で除して算出しました（表 6-2 参照）。

表 6-1 令和元年度調査時の記録項目

①	河川支障木の積込に要した時間
②	運搬に要した時間
③	荷卸しに要した時間
④	車両回送に要した時間
⑤	移動距離
⑥	燃料使用量（ダンプ、グラブ）

※運搬調査は令和 2 年 1 月 13 日～1 月 25 日のうち 8 日間実施



図 6-1 当別川河川敷（伐採箇所）～中小屋中学校（中間土場）（約 12.5km）の経路図

令和元年度に算出した運搬コストは表 6-3 の通りです。なお、この時運搬した河川支障木の総量は、1652.1 $m^3$ でした。運搬に係るコストは、合計 856,968 円、1 日当たり 107,123 円となりました。河川支障木体積（ $m^3$ ）当たりの単価は 519 円/ $m^3$ となりました。

表 6-2 令和元年度の運搬コスト計算に使用した単価

項目		単価	換算	備考
人件費	運転手（一般）	17,200 円/日	36 円/分	ダンプ運転手
	運転手（特殊）	20,200 円/日	42 円/分	グラップル運転手
燃料費	軽油	123,704 ÷ 1,316 =	94 円/L	ダンプの燃料費総額から合計使用量(L)で割り出した

※人件費は「令和元年度 公共工事設計労務単価表（国土交通省）」より引用

表 6-3 令和元年度作成の運搬コスト計算表

項目	経費	単位	数量	単価	金額	日平均額	備考
10t ダンプ	積込	min	923	36	33,228	4,154	8 日間（計 12 台）稼働
	輸送	min	1,774	36	63,864	7,983	
	荷卸	min	237	36	8,532	1,067	
	帰路	min	1,771	36	63,756	7,970	
	燃料	L	1,316	94	123,704	15,463	
グラップル	仕分・投入	min	11,040	42	463,680	57,960	8 日間（計 16 台）稼働
	燃料	L	1,066	94	100,204	12,526	
運搬コスト合計					856,968	107,123	
運搬した河川支障木総量		m <sup>3</sup>	1652.1	-	-	-	
河川支障木体積当たり費用					519	-	(円/m <sup>3</sup> )

## 6-2. 令和元年度調査研究事業における運搬コストの課題について

令和元年度の運搬調査では、機械損料及び燃料費（L 当たり単価）を反映していなかったため、これらの値を追加し、より実態に近い河川支障木の運搬コストを算出する必要があります。そこで、町内にてチップ運搬を行っている事業者にてヒアリングを行い、聞き取り結果を元にそれぞれの単価を見直しました。

また、下記に示す項目を加え、令和元年度に算出した運搬コストの精査を行いました。使用した数値は表 6-4 に示す通りです。

- ・機械損料（10t ダンプ、グラップル、掴み装置（バックホウ用アタッチメント））
- ・燃料費（軽油標準価格：「石油製品価格調査週次ファイル（経済産業省資源エネルギー庁）」より調査時期に近い令和 2 年 1 月 14 日～1 月 26 日のものを引用）

表 6-4 追加項目の単価

項目		単価	単位
機械損料	10t ダンプ	19,700	円/日
	グラップル	12,948	円/日
	掴み装置	5,918	円/日
燃料費	軽油標準価格（令和 2 年 1 月 14 日～26 日）	134.4	円/L

※10t ダンプは事業者所有のものを使用していたが、損料が発生することを想定し、文献の値（10t ダンプ機械損料：令和元年度版 建設機械損料表（一社）日本建設機械化協会）を設定した。

※グラップル及び掴み装置の機械損料については、月間、又は年間費用を聞き取り、日当たり費用を算出した。

※軽油標準価格は「石油製品価格調査週次ファイル（経済産業省資源エネルギー庁）」より、引用した。

### 6-3. 令和元年度運搬コストの精査結果

項目の追加及び修正をした結果を表 6-5 に示します。

運搬に係るコストは、合計 1,491,456 円、1 日当たり 186,434 円となりました。また、河川支障木体積 (m<sup>3</sup>) 当たりの費用は 903 円/m<sup>3</sup>となりました。なお、この費用を丸太換算率 (林野庁「木材需給表」より) を用いて換算すると、1,535 円/t (絶乾状態) となります。

表 6-5 運搬コストの精査結果

項目	経費	単位	数量	単価	金額	日平均額	備考
10t ダンプ	積込	min	923	36	33,228	4,154	8 日間(計 12 台) 稼働
	輸送	min	1,774	36	63,864	7,983	
	荷卸	min	237	36	8,532	1,067	
	帰路	min	1,771	36	63,756	7,970	
	燃料	L	1,316	134.4	176,870	22,109	
	機械損料	日	12	19,700	236,400	29,550	
グラップル	仕分・投入	Min	11,040	42	463,680	57,960	8 日間(計 16 台) 稼働
	燃料	L	1,066	134.4	143,270	17,909	
	機械損料	日	16	18,866	301,856	37,732	
運搬コスト合計					1,491,456	186,434	8 日間稼働
運搬した河川支障木総量	m <sup>3</sup>		1652.1	-	-	-	
河川支障木体積当たり費用					903	-	(円/m <sup>3</sup> )
河川支障木重量当たり費用 (換算率 : 広葉樹 1t = 1.7m <sup>3</sup> )					1,535	-	(円/t (絶乾状態) )

※赤字は本年度更新箇所

令和元年度の運搬コスト計算結果に本年度のヒアリング結果を元に機械損料や燃料単価を追加し、実態に近い条件でのコスト計算を行いました。

本調査結果における留意事項として、機械損料には修理費や消耗品費を見込んでいることから、運搬コストは年度ごとに変動することが考えられます。また、軽油についてもその時々原油価格に応じて変動します。そのため、運搬コストを考慮してチップ価格の設定を行う場合は、定期的に事業者へのヒアリングを実施する、又は公共単価を引用するなどにより、価格の定期的な見直しを行うことが望ましいと考えられます。

## 7. 河川支障木のチップ化調査

河川支障木のチップ化は、以下の手順で実施しました。

### 1) 河川支障木の仕分け・整理

チップパーに河川支障木を効率的に投入するため、必要に応じて、グラブ等を用いて集積された河川支障木の整理や、幹部分・枝条部分の仕分け作業を行います。

### 2) チップパーへの投入・チップ化

必要に応じてサイズ調整等の前処理を行い、投入量を調整しながらグラブなどを使用して河川支障木をチップパーへ投入し、チップ化を行います。なお、本事業でのチップ化作業は、自走式チップパーである「Wood Hacker MEGA 561」（最大生産能力／～150m<sup>3</sup>/h、最大供給径／Φ56cm）を用いて行っています。なお、チップの種類は、多くの木質バイオマスボイラに適合する切削チップです。

### 3) ダンプへの積み込み

チップ化を行うと同時に、チップパーのチップ排出口をダンプ荷台の上部に設置し、ダンプへの積み込みを行います。ダンプへの積込量の確認は目視で行い、荷台が満杯になるとチップパーを停止させます。

これらの手順でチップ化を行う上での課題として、ボイラに適したサイズのチップを製造することや、チップによってボイラに不具合を起こさせないようにすることが挙げられます。またチップ化にかかるコストを把握し効率化を図ることも必要になります。このため、以下のような河川支障木のチップ化調査を行いました。

## 7-1. スクリーンの選定（チップ燃料寸法区分適合性調査）

チップの寸法は、ボイラの仕様に合わせたものであることが必要です。ボイラは機種によって搬送装置や燃烧方式、除塵装置等がそれぞれ異なるため、チップはそれに対応したものにしなければ、搬送詰まりや不完全燃烧等の不具合が生じてしまいます。このチップの寸法については、（一社）日本木質バイオマスエネルギー協会でも規格が定められていますが、本町で導入したボイラ（Herz firematic301）はオーストリア製であるため、日本国内の規格ではなくオーストリアの規格に定める「G50」（表 7-1）が要求されます。

チップ化を行う際には、チップを製造するチップパーに均一なチップを製造するための「スクリーン（写真 7-1 参照）」を設置します。本事業で使用しているチップパーのスクリーンは 35mm、60mm の 2 通りがあり、どちらがチップ製造に適しているか、また、製造されたチップが表 7-1 の規格を満たしているかを確認するため、チップ燃料寸法区分適合性調査を行いました。

表 7-1 オーストリアの木質チップのサイズ規格（ÖNORM M7133 : G50）

規格	微細部 < 4 %	微細部 < 20 %	主要部 60 - 100%	粗大部 < 20 %	長さ	最大断面積
G50	< 1 mm	1 - 6 mm	6 - 32 mm	> 32 mm	120mm	5cm <sup>2</sup>



写真 7-1 チップパーに設置する「スクリーン」

## 1) 調査方法

寸法区分適合性調査では、目開きが1mm、6mm、32mmのふるいを準備し、3kg程度の試料を目開きの大きいものから小さいものへの順にふるい分け、ふるい分けされた試料ごとに質量を測定しました。また、長さが120mmを超えるチップについても質量を測定しました。

調査を行ったチップは、間伐材と河川支障木を材料とし、前述したとおり35mmと60mmの2種類のスクリーンを用いて製造しました。また、チップターの稼働状況の差異により製造されるチップが影響を受ける可能性があることから、材料やスクリーンを変更しチップターを稼働させてからそれぞれ最初、中間、最後に製造された3検体、合計12検体について調査しました。調査を行った試料の一覧を表7-2、調査状況を写真7-2に示します。

表 7-2 寸法区分適合性調査試料一覧

原料	目皿	検体数
河川支障木	Φ35mm	各 3 検体 (チップター稼働後の最初、中間、最後)
	Φ60mm	
間伐材	Φ35mm	
	Φ60mm	



写真 7-2 寸法区分適合性調査の状況 (令和2年10月30日撮影)

## 2) 調査結果

調査結果を表 7-3、図 7-1 に示します。なお、これらの図表では各試料について 3 検体ずつ調査を行った結果について平均しています。調査結果を要求規格である G50（表 7-1）と照らし合わせると、以下のような結果となり、35mm、60mm のスクリーンを用いた間伐材、河川支障木チップは、ボイラが要求するサイズ規格をほぼ満足しており、本事業のボイラに適したチップであると判断されました。

また、製造されたチップは、チップ稼働後の最初、中間、最後のどの時期に製造したものであっても大きな差はみられず、ボイラでの使用に問題ないことが確認されました。

- 1mm 未満の微細部では、割合が最大となったのは 35mm のスクリーンを用いた河川支障木チップの 1.1%であり、すべてのチップでその割合は規格が求める 4%未満で、規格を満足しました。
- 1mm から 6mm の微細部では、割合が最大となったのは 35mm のスクリーンを用いた間伐材チップの 9.4%であり、すべてのチップでその割合は規格が求める 20%未満で、規格を満足しました。
- 6mm から 32mm の微細部では、割合が最小となったのは 35mm のスクリーンを用いた間伐材チップの 89.1%であり、すべてのチップでその割合規格が求める 60%を超過し、規格を満足しました。
- 32mm より大きな粗大部では、割合が最大となったのは 60mm のスクリーンを用いた間伐材チップの 3.4%であり、すべてのチップでその割合は規格が求める 20%未満で、規格を満足しました。
- 長さ 120mm 以上のチップについては、割合が最大となったのは 60mm のスクリーンを用いた間伐材の 0.4%であり、すべてのチップで微量でした。

表 7-3 木質チップ燃料寸法区分適合性調査結果

目 皿	原 料	<1mm (%)	1-6mm (%)	6-32mm (%)	>32mm (%)	120mm超の試料 (%)
φ35	間伐材	1.0	9.4	89.1	0.5	—
	河川支障木	1.1	7.6	90.0	1.3	0.1
φ60	間伐材	0.8	5.2	90.5	3.4	0.4
	河川支障木	1.0	3.9	92.7	2.4	0.2

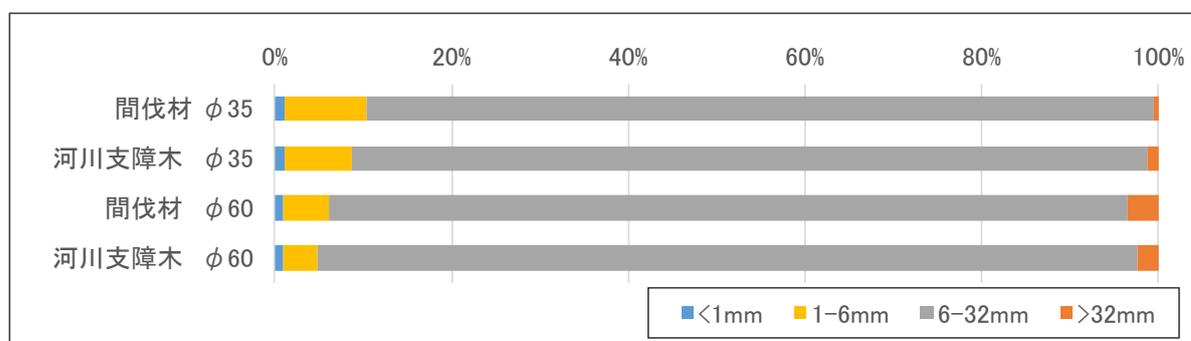


図 7-1 木質チップ燃料寸法区分適合性調査結果 (120mm 超の試料は含まない)

## 7-2. チップへの異物混入

チップサイロからボイラへのチップの搬送はスクリーコンベアで行いますが、チップに異物が混入している場合にはスクリーコンベアに詰まることにより、ボイラへのチップの供給が止まってしまうことがあります。また、異物によっては、スクリーコンベアの故障の原因になる場合もあります。

本調査で対象としている河川支障木は天然木であるため、リサイクル材とは異なり、スクリーコンベア故障の大きな要因となる釘や金属部品等は含まれていません。しかし、前項で行った寸法区分適合性調査で確認された長さ 120mm 以上のチップ（以下、「オーバー材」といいます）は、スクリーコンベア部分の搬送詰まりを生じさせる可能性があります。

前項の寸法区分適合性調査でのオーバー材が含まれる割合は表 7-3 に記載している通りであり、オーバー材が含まれる割合は全試料で小さく、本事業で使用するチップパーではオーバー材は製造され辛いことが分かります。しかし、35mm と 60mm のスクリーンを比較すると、60mm スクリーンを使用した場合の方がオーバー材が発生しやすく、また含まれる割合も多くなっています。このため、オーバー材を発生させないためには、35mm スクリーンを用いてチップを製造することがより望ましいと判断されます。

なお、河川支障木には砂や泥が付着している場合があります。砂や泥は多量でなければスクリーコンベアを詰まらせることはほぼありませんが、燃焼灰の量を増加させるため、可能な限り落としてから使用することが望ましいと考えられます。

## 7-3. チップ化コスト（（中間）土場から需要先）

### 1) 令和元年度調査研究事業におけるチップ化コスト試算

令和元年度事業におけるチップ化コスト（（中間）土場から需要先）試算では、中間土場（又は伐採現場）において河川支障木をチップ化し、需要先まで運搬する際のコストを試算しました。コスト算出に当たっては、表 7-4 に示す事項を現場で記録し、作業人件費、ダンプ及びグラップルの燃料費から、チップ製造・運搬作業にかかったコストを算出し、チップの輸送量からチップ重量当たりのコストを試算しました。

10t ダンプの積込、輸送、荷卸、帰路における単価は、「令和元年度 公共工事設計労務単価表（国土交通省）」より、運転手（一般）17,200 円/日（1 日 8 時間分の労務単価）を参考に算出しました。また、グラップルの仕分作業、チップパー作業における単価も同様の基準にて定められた運転手（特殊）20,200 円/日を参考に算出しました。燃料単価については、最終的な燃料費を使用量（L）で割ることで算出しました。

表 7-4 令和元年度調査時の記録事項

No.	記録内容	説明	備考
①	積込に要した時間	チップパーからダンプに積込を行う際の所要時間	
②	運搬に要した時間	中間土場から発電所までのダンプの移動時間	グラップルは仕
③	荷卸しに要した時間	発電所にて、チップを下ろす際の所要時間	分け・整理作業
④	車両回送に要した時間	発電所から中間土場までダンプが戻る際の移動時間	のため、1 日常
⑤	燃料使用量	各車両（ダンプ、グラップル、チップパー）における日ごとの燃料使用量	に稼働していたとする。
⑥	チップ輸送量	日ごとのチップを運搬した重量	

これらの結果から求められたチップ化・チップ運搬に係る総コストは、人件費、燃料費から 144,932 円となりました。また、1 日当たりでは 72,466 円、絶乾チップ 1 t 当たりの製造コストは約 5,195 円/t（絶乾状態）となりました。

## 2) 令和元年度調査研究事業におけるチップ化コストの課題について

令和元年度のチップ化コストでは、機械損料及び燃料費（L 当たり単価）を反映していなかったため、これらの値を追加し、より実態に近いチップ化コストを算出する必要があります。そこで、町内にてチップ製造を行っている事業者にてヒアリングを行い、聞き取り結果を元に単位当たり価格を見直しました。

また、下記に示す項目を加え、令和元年度に算出したチップ化コストの精査を行いました。使用した数値は表 7-5 に示す通りです。なお、人件費については、運搬コストの精査において求めたものを使用しました。

- ・機械損料（10t ダンプ、グラップル、掴み装置（バックホウ用アタッチメント））
- ・輸送費（チップパー・グラップル等を現場に移動させる際の輸送）
- ・燃料費（軽油標準価格：「石油製品価格調査週次ファイル（経済産業省資源エネルギー庁）」より調査時期に近い令和 2 年 1 月 14 日～1 月 26 日のものを引用）

表 7-5 追加項目の単価

項目		単価		単位
機械 損料	10t ダンプ	19,700		円/日
	チップパー	64,400		円/日
	グラップル	12,948	18,866	円/日
	掴み装置	5,918		円/日
輸送費	チップパー・グラップル等輸送費	4,000		円/日
燃料費	軽油標準価格	134.4		円/L

※10t ダンプ、チップパーは事業者所有のものを使用していたが、損料が発生することを想定し、文献の値（10t ダンプ機械損料：令和元年度版 建設機械損料表（社）日本建設機械化協会）を設定した。

※グラップル及び掴み装置の機械損料については、月間又は年間費用を聞き取り、日当たり費用を算出した。

## 3) 令和元年度調査研究事業におけるチップ化コストの精査結果

項目の追加及び修正をした結果を表 7-6 に示します。

チップ化に係るコストは、合計 376,761 円、1 日当たり 188,381 円となりました。また、この 2 日間で製造したチップ量は絶乾状態で 27.9 t でしたので、これで総コスト 376,761 円を除すると、絶乾チップ 1 t 当たりの製造コストは約 13,504 円/t（絶乾状態）となりました。

表 7-6 チップ化コストの精査結果

項目	経費	単位	数量	単価	金額	日平均額	備考
10t ダンプ	加工・積込・ 輸送・荷卸・ 帰路	min	1,125	36	40,500	20,250	2日間(計2台)稼働
	燃料	L	150	134.4	20,160	10,080	
	機械損料	日	2	19,700	39,400	19,700	
チップパー	チップ加工	min	370	42	15,540	7,770	2日間(計2台)稼働
	燃料	L	168	134.4	22,579	11,290	
	機械損料	日	2	64,400	128,800	64,400	
グラップル 及び 掴み装置	仕分・投入	min	1,125	42	47,250	23,625	2日間(計2台)稼働
	燃料	L	125	134.4	16,800	8,400	
	機械損料	日	2	18,866	37,732	18,866	
チップパー・グラップル等輸 送費		日	2	4,000	8,000	4,000	2日間(計2台)
チップ化コスト合計					376,761	188,381	2日間稼働
運搬した河川支障木総量	絶乾 t		27.9	-	-	-	
河川支障木重量当たり費用					13,504	-	(円/t (絶乾状態))

※赤字は本年度更新箇所

運搬コストと同様にチップ化コストについても、本年度のヒアリング結果を元に令和元年度の計算結果に機械損料や燃料単価を追加し、実態に近い条件でのコスト計算を行いました。

本調査結果における留意事項として、機械損料には修理費や消耗品費を見込んでいることから、チップ化コストについては運搬コストと同様に、年度ごとに変動することが考えられます。町内事業者に発注する際には、必要に応じて価格の定期的な見直しを行うことが望ましいと考えられます。

また、令和元年度の第3回調査研究会において、チップ製造を実施した町内事業者より、チップ製造を行う際の課題を以下の通りヒアリングしており、チップ化コストを抑えるためにはこれらの点についても考慮し、チップ受入施設側の設備についても検討する必要があります。

- ◆ ホッパーの受け口サイズが小さいと、ダンプからチップを投入する際に、チップが溢れる、ホッパーが詰まるといったトラブルに繋がる上、ホッパー詰まりを解消しながらゆっくりと投入した場合には荷卸し作業に必要以上に時間がかかってしまい、効率が低下します。
- ◆ ダンプからホッパーへの直接投入が上手くいかない時は、場合によっては、サイロの付近に一度チップを広げ、タイヤショベル等で投入するといった2度手間をかける必要も出てきます。
- ◆ 10t ダンプを使用した場合、ホッパー位置が高く、あおりがホッパーに当たるケースが発生します。その場合には、事前にホッパー手前にスロープを取り付け、高さを確保する必要があります。

## 8. チップの分析

### 8-1. チップの成分分析

本年度は、昨年度伐採し、乾燥させた木材について、チップ化する前にサンプリングし、含水率、灰分、発熱量について調査を行いました。調査結果については、5章、8章で取り上げています。

表 8-1 チップ化前の木材の分析結果

区分	サンプル番号	樹種	5月19日				8月27日			
			含水率 <sup>※1</sup> WB(%)	灰分 <sup>※2</sup> (%)	発熱量 <sup>※2</sup> (MJ/kg)	低位発熱量 <sup>※3</sup> (MJ/kg)	含水率 <sup>※1</sup> WB(%)	灰分 <sup>※2</sup> (%)	発熱量 <sup>※2</sup> (MJ/kg)	低位発熱量 <sup>※3</sup> (MJ/kg)
試験区① シート無パレット無	①	ハノキ	44.3	0.5	20.13	8.75	22.8	0.6	19.63	13.23
	②	ヤナギ	51.8	1.0	19.94	6.97	45.8	1.4	19.69	8.18
	③	ヤナギ	45.2	1.4	19.74	8.34	37.5	1.4	19.68	10.01
	平均	—	47.1	1.0	19.94	8.02	35.4	1.1	19.67	10.47
試験区② シート有パレット無	①S <sup>※4</sup>	ヤナギ	49.6	1.3	19.91	7.44	39.7	1.5	19.54	9.44
	②S <sup>※4</sup>	ヤナギ	43.5	1.2	19.49	8.57	21.7	1.2	19.22	13.16
	③S <sup>※4</sup>	ヤナギ	44.4	1.2	19.57	8.42	25.7	1.5	19.47	12.47
	平均	—	45.8	1.2	19.66	8.15	29.0	1.4	19.41	11.69
試験区③ シート無パレット有	①P <sup>※4</sup>	ヤナギ	50.4	1.2	19.26	6.94	38.4	1.2	19.06	9.43
	②P <sup>※4</sup>	ヤナギ	41.9	1.6	19.51	8.94	30.2	1.5	19.49	11.50
	③P <sup>※4</sup>	ヤナギ	45.0	0.8	19.31	8.15	36.0	0.9	19.42	10.18
	平均	—	45.8	1.2	19.36	8.01	34.9	1.2	19.32	10.37
試験区④ シート有パレット有	①SP <sup>※4</sup>	ヤナギ	41.1	1.0	19.93	9.36	25.4	1.3	19.23	12.36
	②SP <sup>※4</sup>	ハノキ	40.5	0.7	19.96	9.51	19.5	0.9	19.58	13.92
	③SP <sup>※4</sup>	ヤナギ	50.3	0.6	19.20	6.93	37.1	1.0	19.74	10.14
	平均	—	44.0	0.8	19.70	8.60	27.3	1.1	19.52	12.14

区分	サンプル番号	樹種	10月30日
			含水率 <sup>※2</sup> WB(%)
試験区① シート無パレット無	①	ハノキ	28.1
	②	ヤナギ	55.2
	③	ヤナギ	53.0
	平均	—	45.4
試験区② シート有パレット無	①S <sup>※4</sup>	ヤナギ	30.1
	②S <sup>※4</sup>	ヤナギ	18.4
	③S <sup>※4</sup>	ヤナギ	20.8
	平均	—	23.1
試験区③ シート無パレット有	①P <sup>※4</sup>	ヤナギ	44.2
	②P <sup>※4</sup>	ヤナギ	39.1
	③P <sup>※4</sup>	ヤナギ	39.8
	平均	—	41.0
試験区④ シート有パレット有	①SP <sup>※4</sup>	ヤナギ	35.5
	②SP <sup>※4</sup>	ハノキ	19.8
	③SP <sup>※4</sup>	ヤナギ	24.9
	平均	—	26.7

※1 林産試験場成績書(試験)「林産試第 2003-14-2 号(林産試験場)」(巻末参照)を引用

※2 灰分(無水ベース)、発熱量(無水ベース総発熱量)及び10月30日の含水率は林産試験場未発表データ

※3 低位発熱量は発熱量より以下の式を用いて計算した。

$$\text{低位発熱量(MJ/kg)} = \text{発熱量(MJ/kg)} \times (1 - \text{含水率}(\%) \times 0.01) - 2.5 \times (9 \times 6 + \text{含水率}(\%)) / 100$$

ただし、水の蒸発潜熱を 2.5GJ/t、含有水素量を 6wt%とした。

※4 S はブルーシート有、P はパレット有を示す

## 8-2. 河川支障木の成分分析

河川支障木の成分分析については、「5-2.河川支障木乾燥試験区の状態把握調査」にて掲載しています。

## 8-3. チップの価格設定等の検討に係る調査

チップの価格設定は、主に重量を基準として価格を設定する重量価格（円/t）、容積を基準とする容積価格（円/m<sup>3</sup>）、熱量を基準とする熱量価格（円/MJ）の3つの方法が考えられます。また、熱量価格については、更にチップの発熱量から計算して取引する方法と実際に使用した熱量（送水熱量）に価格を設定して取引する方法に分かれています。表 8-2 にそれぞれの価格設定方法及びその利点、欠点についてまとめました。

なお、本町でチップの取引を行う際の前提条件として、受入施設側の状況から以下の2点が挙げられます。

- ◆ トラックスケール等の大掛かりな装置を使用しない。
- ◆ できるかぎり正確に取引を行う。

これらの条件を満たすには、送水熱量価格に応じた取引が最も適していると考えられます。しかし、送水熱量はチップの発熱量にボイラ効率（熱損失を含む）を乗じたものであり、ボイラ効率の取扱いが課題となります。

表 8-2 木質チップ価格設定方法と利点・欠点

価格設定方法	取引方法	利点	欠点
重量価格 (円/t)	全含水チップ重量と含水率から全絶乾重量を求め、取引を行う。	絶乾重量は樹種に係らず一定であるため、様々な樹種のチップが混在しても対応できる。	トラックスケール等重量を量る大掛かりな装置が必要。
容積価格 (円/m <sup>3</sup> )	チップの全総積を測定し、先に求めた実績率を乗じて全実容積を算出し、取引を行う。	取引時には全層積を測定するだけなので、取引が容易になる。	容積の正確な計量は困難であり、また、かさ密度が樹種によって異なるため、様々な樹種のチップが混在すると対応できない。
熱量価格 (円/MJ)	チップの発熱量を重量又は容積ごとに求めて取引を行う。	チップの発熱量で取引するため、正確な取引ができる。	トラックスケール等による計量や、樹種によるかさ密度の違いに対応する必要がある。
	実際に使用した熱量（送水熱量）に応じて取引を行う。	トラックスケール等の大掛かりな装置を必要とせず、また、送水熱量として正確な取引ができる。	熱量計の設置が必要となり、送水熱量はチップの発熱量にボイラの効率を掛け合わせたものであるため、真の発熱量と異なる。

#### 【積算熱量計について】

送水熱量は、ボイラ送返水の温度と流量から下記の式によって求めることができます。

$$\begin{aligned} \text{送水熱量 (MJ/日)} = & (\text{送水温度 (}^\circ\text{C)} - \text{返水温度 (}^\circ\text{C)}) \times \text{流量 (m}^3\text{/日)} \\ & \times \text{水の比熱 (J/kg}\cdot\text{K)} \times \text{水の密度 (g/cm}^3\text{)} \times \text{係数} \end{aligned}$$

上記の式で求める送水熱量は、送水温度及び返水温度の変動が小さい場合には問題ありませんが、大きく変動する場合には、誤差が大きくなる可能性があります。このような場合、「積算熱量計」を用いると、流量や水温の変動に対応して演算を行うため、求められる送水熱量の誤差は小さくなります。

熱量の測定など、物象の状態の計量については計量法で定められていますが、取引では法的にも正確な計量が求められる（計量法第 10 条、以下に抜粋）ため、可能であれば積算熱量計の設置が望ましいと考えられます。

#### 計量法第 10 条

第一項 物象の状態の量について、法定計量単位により取引又は証明における計量をする者は、正確にその物象の状態の量の計量をするように努めなければならない。

第二項 都道府県知事又は政令で定める市町村若しくは特別区の長は、前項に規定する者が同項の規定を遵守していないため、適正な計量の実施の確保に著しい支障を生じていると認めるときは、その者に対し、必要な措置をとるべきことを勧告することができる。

ただし、積算熱量計はメンテナンス等が必要になるため、空間に余裕のある場所に設置する必要があり、その設置については十分に検討する必要があります。

なお、積算熱量計は口径 40mm 以下のもののみが検定を行う必要がある「特定計量器」とされており、これは小口取引保護のために定められました。口径が 40mm よりも大きい積算熱量計を用いる場合には検定は不要となります。

## 1) 地方自治体・森林組合等へのヒアリング結果

本町の木質チップ価格の参考とするために、北海道内の木質チップを取り扱う地方自治体及び森林組合に、木質チップ価格の設定方法についてヒアリングを行いました。結果は表 8-3 の通りであり、北海道内では重量価格での取引が多く確認されました。

次に、全国的な情報を多く持っている（一社）日本木質バイオマスエネルギー協会に、木質チップについて熱量価格を設定している団体についてヒアリングを行ったところ、道外の自治体 D が温泉施設に熱利用版の FIT 制度（使用した熱利用量に対応して、固定価格で買い取る形）を行っている、との情報が得られたため、自治体 D にもヒアリングを行いました。これらのヒアリングの結果については表 8-4 にまとめましたが、自治体 D ではボイラが業者の所有となっているため、ボイラ効率等の要因及びボイラのメンテナンス費用も含めた形での熱量価格で取引しているとの回答を得ました。

表 8-3 北海道内地方自治体・森林組合へのヒアリング結果

ヒアリング先	ヒアリング結果	
	価格設定方法	備考
自治体 A	重量価格	含水率を 40%としており、取引時に測定。
自治体 B	重量価格	取引時に含水率を測定。
森林組合 A	重量価格	納入先により、絶乾重量もしくはそのまま納品。絶乾重量の場合は納品時に含水率を測定。そのまま納品の場合は納品先が絶乾重量を計測し、価格を計算。
森林組合 B	容積価格	含水率を調整してから納品。
自治体 C	重量価格	森林組合が温泉に納品しており、取引時に含水率を測定。熱量価格の検討は行った。
森林組合 C	重量価格	町内公共施設への納品は、含水率調整後に行っている。他の納品先へは測らず納品し、納品先が絶乾重量を計測し、価格を計算している。

表 8-4 木質チップ価格についてのヒアリング結果

ヒアリング先	ヒアリング結果
(一社)日本木質バイオマスエネルギー協会	<ul style="list-style-type: none"> <li>・熱利用の取引は、重量による単一価格での取引になっていることが多い。</li> <li>・熱量での単価取引は、自治体 D が温浴施設で事例がある。取組としては熱利用版の FIT 制度（温浴施設で使用した熱利用量に対応して、固定価格で買い取る形）、ボイラ選定の際にも、決定した単価で燃料供給が可能で、採算がとれるかどうかを評価基準としていた。</li> <li>・熱の供給単価は、灯油価格との比較で設定されている。</li> <li>・その他の事例では、発電所での買取価格を含水率によって差をつけている事例は複数みられるが、熱利用という見当たらない。</li> </ul>
自治体 D	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ボイラは業者の所有となっており、メンテナンスもすべて業者が行っている。自治体 D は使用熱量を積算熱量計で計測し、業者と取り決めた熱量価格で購入している。</li> <li>・単価についてはプロポーザル公募の際に募集し、灯油価格と比較し検討した。</li> </ul>

## 2) 送水熱量による熱量価格の設定

送水熱量は、送水温度と返水温度の差及び流量から実際に得られた熱量を下式により計算するものであり、実際の測定及び計算によって求めることができます。また、表 8-2 でも述べたとおり、チップの送水熱量は低位発熱量にチップボイラのボイラ効率を乗じた値となります。

送水熱量は、ボイラ送返水の温度と流量を測定すれば求めることができるため、送水熱量価格を定めれば、問題なく取引を行うことができます。しかし、チップボイラのボイラ効率が不明であることから、価格の妥当性の判断が難しいことが問題となります。

$$\begin{aligned} \text{送水熱量 (MJ/日)} &= (\text{送水温度 (}^\circ\text{C)} - \text{返水温度 (}^\circ\text{C)}) \times \text{流量 (m}^3\text{/日)} \\ &\quad \times \text{水の比熱 (J/kg}\cdot\text{K)} \times \text{水の密度 (g/cm}^3\text{)} \times \text{係数} \\ &= \text{低位発熱量 (MJ/kg)} \times 1 \text{日に使用したチップの重量 (kg/日)} \times \text{ボイラ効率} \end{aligned}$$

このため、まずチップの低位発熱量当たりの価格を設定し、妥当性を検証した後、そこから送水熱量価格の推定を行いました。

## 3) 低位発熱量価格の設定

木質バイオマスボイラは重油ボイラと比較すると、一般的にインシャルコストが高額となることから、ライフサイクルコストの観点からも優位性を確保するためには、燃料費などのランニングコストを重油ボイラよりも割安にする必要があります。

したがって、ランニングコストの削減のため、重油の低位発熱量価格と比較して、木質チップの低位発熱量価格を何パーセントにする必要があるか（以下「低減率」と言います。）という視点から考えると、低減率を考慮した価格の算出式は次のようになります。

$$\text{チップの低位発熱量価格 (円/MJ)} = \text{低減率 (\%)} \times 0.01 \times A / 36.73$$

A=重油価格 (円/L)。また、重油の低位発熱量は、36.73MJ/L と設定（税抜価格。出典：資源エネルギー庁資料）。

なお、チップの高位発熱量と含水率 (WB%) からチップの低位発熱量を求める場合の算出式は次のようになります。

$$\begin{aligned} \text{低位発熱量 (MJ/kg)} &= \text{高位発熱量} - 2.5 \times (9 \times 6 + \text{含水率 (WB)}) / 100 \\ &= -0.2172 \times \text{含水率 (WB)} + 18.065 \end{aligned}$$

※水の蒸発潜熱2.5GJ/t、含有水素量6wt%と設定。

※水素1kgから生成される水の量(kg)を9kgと設定

参考：「平成23年度 林野庁補助事業 地域材供給倍増事業 木質バイオマス利用に係る環境影響評価調査等支援のうち 木質バイオマスLCA評価事業報告書」  
(株式会社森のエネルギー研究所、平成24年3月)

なお、上記報告書に記載された低位発熱量計算式は下式の通りである。

$$\text{使用時低位発熱量 : } H_l \text{ (MJ/kg)} = H_h - 2.512 \times (9h + w)$$

※  $H_h$  : 使用時高位発熱量 (MJ/kg)

$h$  : 水素量 (使用時) (kg/kg)

$w$  : 水分量 (質量基準) (kg/kg)

なお、「使用時」は木質バイオマスを使用するときの含水率での値

また、前頁の算出式を基にして本事業で調査したチップの含水率と低位発熱量の関係は、図8-1に示すとおりであり、相関式を用いて簡易的に含水率から低位発熱量を求めることもできます。

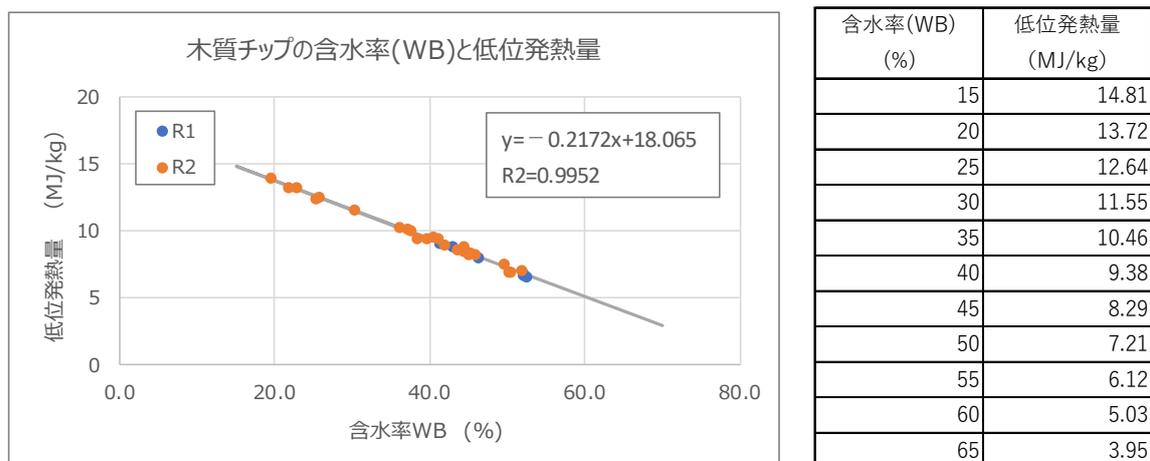


図 8-1 チップ含水率と低位発熱量の関係

※ 発熱量は林産試験場未発表データ、低位発熱量は発熱量 (= 高位発熱量) より上記の式を用いて計算した

#### 4) 低減率の検証

公表されている燃料用チップの価格と前述の算出式により計算したチップの低位発熱量価格を比較し、低減率の目安の算定を行いました。

一般的な燃料用チップの価格（絶乾t当たり）の推移を図 8-2 に示します。下図中における「調査・針葉樹未利用チップ（全国平均）」が燃料用チップとして示されています。平成 29 年 1 月から平成 30 年 8 月までの調査・針葉樹未利用チップ（全国平均）の価格は 17,000～20,000 円/絶乾 t 程度で推移しており、この期間の重油価格は平均で 74.5 円/L でした。

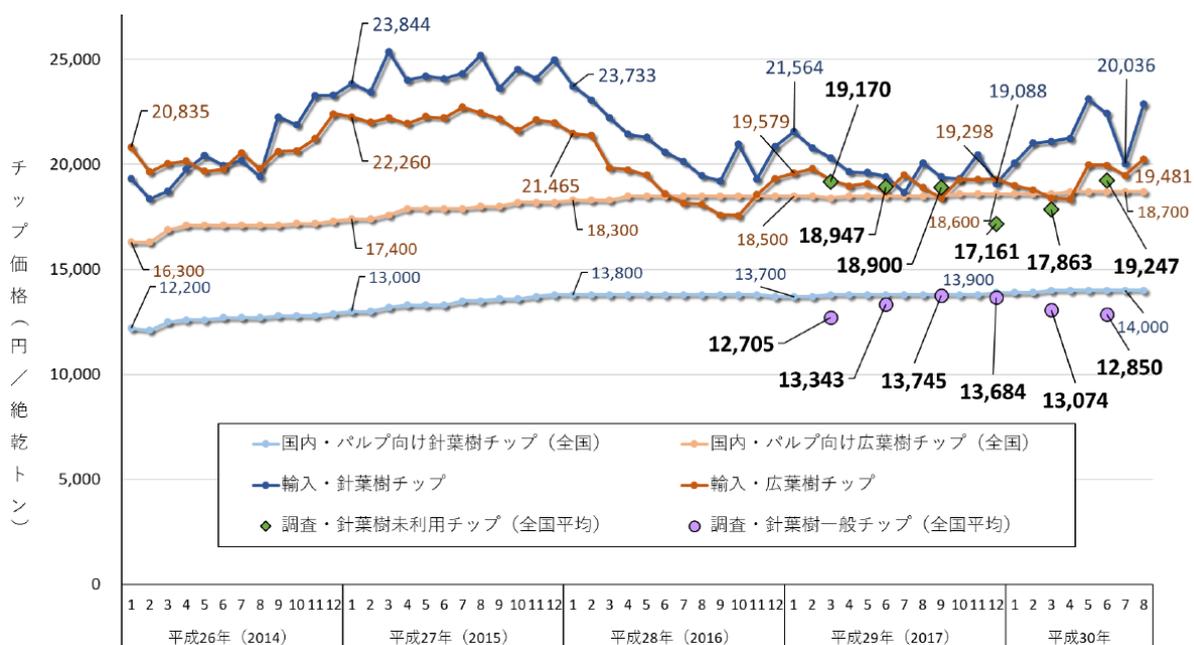


図 8-2 製紙用チップ（月別）及び燃料材チップ（四半期）の価格推移（絶乾 t 当たり）

（出典：（一社）日本木質バイオマスエネルギー協会 HP）

表 8-5 に重油価格（65～90 円）及び低減率（90～50%）を変化させた場合の木質チップの低位発熱量価格及び絶乾 t 当りの価格の計算結果を示しました。なお、計算に際して含水率 35%、低位発熱量 10.46MJ/kg（図 8-1 参照）は固定値としました。絶乾 t 当りの価格が 17,000～20,000 円となる範囲を黄色の着色で表しています。

なお、表 8-5 は、あらかじめ低減率、すなわち木質チップの低位発熱量価格を重油の低位発熱量価格と比較して何パーセントにするのかが決まっている場合にも利用することができます。具体例を挙げると、重油価格が 74～75 円/L の場合、木質チップの低位発熱量価格を 1.21～1.22 円/MJ に設定すれば、その時の低減率は 60%となります。

表 8-5 重油価格と低減率から算出されるチップの低位熱量価格（税抜価格）  
（含水率 35%、低位発熱量 10.46MJ/kg）

	低減率										
	90%		80%		70%		60%		50%		
	木質チップ の熱量価格 (円/MJ)	絶乾 t 当り の価格 (円/t)									
重 油 価 格	65円	1.58	25587	1.41	22690	1.23	19794	1.06	17058	0.88	14161
	66円	1.61	25909	1.43	23012	1.25	20115	1.07	17219	0.90	14322
	67円	1.64	26391	1.46	23334	1.27	20437	1.09	17541	0.91	14644
	68円	1.67	26713	1.48	23817	1.30	20759	1.11	17862	0.93	14805
	69円	1.68	27196	1.50	24138	1.31	21081	1.12	18023	0.94	14966
	70円	1.71	27518	1.52	24460	1.33	21403	1.14	18345	0.95	15288
	71円	1.74	27840	1.54	24782	1.35	21725	1.16	18506	0.97	15449
	72円	1.76	28322	1.57	25104	1.37	22046	1.18	18828	0.98	15770
	73円	1.78	28644	1.58	25426	1.39	22368	1.19	19150	0.99	15931
	74円	1.81	29127	1.61	25909	1.41	22690	1.21	19311	1.01	16092
	75円	1.84	29449	1.63	26230	1.43	22851	1.22	19633	1.02	16414
	76円	1.85	29932	1.65	26552	1.44	23173	1.24	19954	1.03	16575
	77円	1.88	30254	1.67	26874	1.46	23495	1.25	20115	1.05	16736
	78円	1.91	30736	1.70	27196	1.48	23817	1.27	20437	1.06	17058
	79円	1.94	31058	1.72	27679	1.51	24138	1.29	20759	1.08	17219
	80円	1.95	31541	1.74	28001	1.52	24460	1.30	20920	1.09	17380
	81円	1.98	31863	1.76	28322	1.54	24782	1.32	21242	1.10	17702
	82円	2.01	32185	1.78	28644	1.56	25104	1.34	21403	1.12	17862
	83円	2.03	32667	1.80	28966	1.58	25426	1.35	21725	1.13	18023
	84円	2.05	32989	1.82	29288	1.60	25748	1.37	22046	1.14	18345
85円	2.08	33472	1.85	29771	1.62	25909	1.39	22207	1.16	18506	
86円	2.11	33794	1.87	30093	1.64	26230	1.40	22529	1.17	18828	
87円	2.12	34277	1.89	30414	1.65	26552	1.42	22851	1.18	18989	
88円	2.15	34598	1.91	30736	1.67	26874	1.43	23012	1.20	19150	
89円	2.18	35081	1.94	31058	1.69	27196	1.45	23334	1.21	19472	
90円	2.21	35403	1.96	31541	1.72	27518	1.47	23656	1.23	19633	

一方、表 8-6 に示した間伐材由来チップの熱量当たり単価は、含水率 50%（生チップ）で 1.44 円/MJ、含水率 30%（純乾燥チップ）で 1.69 円/MJ でした。本事業で取り扱うチップは河川支障木由来ですが、含水率 35%として計算した表 8-5 の結果が 1.44～1.69 円/MJ の範囲となると仮定すると、その範囲は緑色着色部分となり、範囲が広がった低減率は 70～80%でした。

表 8-6 チップや一般的な燃料の熱量当たりの単価  
(出典：特定非営利活動法人農都会議編 「バイオマス熱利用の理論と実践」)

	熱量当たり 単価 (円/MJ)	重量当たり 単価	低位発熱量	備考
剪定枝系チップ	0.17	1.5 円/kg	8.4 MJ/kg	WB50%
建築廃材系チップ	0.25	4 円/kg	16.1 MJ/kg	WB15%
石炭	0.33	8.4 円/kg	25.1 MJ/kg	
製材端材系チップ	1.08	9 円/kg	8.4 MJ/kg	WB50%
間伐材由来生チップ	1.44	12 円/kg	8.4 MJ/kg	WB50%
ボイラー用の薪(針葉樹)	1.44	20 円/kg	13.9 MJ/kg	WB25%
間伐材由来準乾燥チップ	1.69	21.6 円/kg	12.8 MJ/kg	WB30%
都市ガス(業務用)	1.89	78 円/m <sup>3</sup>	41 MJ/m <sup>3</sup>	
A重油	1.94	72 円/L	37.1 MJ/L	小型ローリー配達価格(H21-30平均)
灯油(家庭用)	2.50	87 円/L	34.9 MJ/L	民生用配達価格(18L/H21-30平均)
国産全木ペレット	2.72	45 円/kg	16.5 MJ/kg	
ストーブ用の薪(広葉樹)	4.81	68 円/kg	14.2 MJ/kg	WB20%
プロパンガス(家庭用)	5.75	590 円/m <sup>3</sup>	102.6 MJ/m <sup>3</sup>	

以上の検証から、公表されている燃料用チップの価格と比較すると、チップの低位発熱量価格は重油の低位発熱量価格の60～80%程度が妥当であると考えられます。

## 5) チップにかかる作業経費の確認

木質チップの熱量価格は、チップ化作業にかかる作業費や運搬費、使用機器の維持費を賄える価格であることが必要です。このため、チップ化作業にかかる経費を合計し、換算して、チップの熱量価格が経費換算額以上であることを確認する必要があります。

チップ化にかかる作業経費をチップの運搬費用、チップ化にかかるコストから求めると、それぞれの絶乾 t 当たりの価格は 1,535 円/ t (絶乾状態)、13,504 円/ t (絶乾状態) ですので、合計すると 15,039 円/ t (絶乾状態) となります。これを表 8-7 のように熱量価格に換算すると、作業経費は、0.93 円/MJ と求められました。表 8-5 に示した重油価格の変動範囲(65～90 円/L) では、低減率が 60%以上であれば、チップの発熱量価格はチップ化作業にかかる経費を賄うことが可能です。

表 8-7 絶乾 t 当たりの価格の熱量価格(含水率 35%)への換算

<p>15,039 円/t (絶乾状態) の含水率 35%での t 当たり価格は、          含水率 35% t 当たり価格 = <math>15,039 / (1 + 0.35/0.65)</math>  <math>= (0.65 \times 15,039)</math> 円/ t (含水率 35%)  <math>= 9,775</math> 円/ t (含水率 35%)</p> <p>含水率 35%での低位発熱量は <math>10.46 \text{ MJ/kg} = 10.46 \times 1000 \text{ MJ/ t}</math> なので、この時の熱量価格は、          熱量価格(含水率 35%) = <math>9,775 \text{ 円} / (10.46 \times 1000) \text{ MJ}</math>  <math>= 0.93 \text{ 円/MJ}</math></p>
---

## 6) 低位発熱量価格からの送水熱量価格の推定

送水熱量価格は、低位発熱量価格をボイラ効率で除したものです。一般的に、重油ボイラは温水を貯めずに直接温水を供給しますが、チップボイラは貯湯槽等に温水を貯めておくため、チップボイラの方が放熱ロスは少なく、ボイラ効率が良いと言われています。本事業で想定する重油ボイラ効率は0.5~0.7（実測値）であることから、チップボイラの効率については0.5~0.8と仮定しました。この条件で、重油価格を65~90円、低減率を70%~80%とした場合、チップの熱量価格から求めた送水熱量価格は表 8-8 の通りとなります。

送水熱量価格の最大値は、低減率 80%では 3.92（円/MJ）、70%では 3.43（円/MJ）となり、上記の条件ではこれらの価格以上であれば重油価格やボイラ効率の変動に対応できる送水熱量価格を設定できるものと考えられます。

ただし、ボイラ効率がさらに低下すると有効利用される熱量が減少し、結果として算出される送水熱量価格がさらに上昇することから、ボイラ効率を低下させないために定期的なメンテナンスの実施及びボイラに適した含水率のチップを使用することが重要です。

表 8-8 低位発熱量価格から算出されるチップの送水熱量価格（税抜価格）  
（「低減率」は「重油の低位発熱量価格」から「チップの低位発熱量価格」にかかる）

		木質チップの送水熱量価格(円/MJ)									
		低減率80%					低減率70%				
		ボイラ 効率 0.8	ボイラ 効率 0.7	ボイラ 効率 0.65	ボイラ 効率 0.6	ボイラ 効率 0.5	ボイラ 効率 0.8	ボイラ 効率 0.7	ボイラ 効率 0.65	ボイラ 効率 0.6	ボイラ 効率 0.5
重 油 価 格	65円	1.76	2.01	2.17	2.35	2.82	1.54	1.76	1.90	2.05	2.46
	66円	1.79	2.05	2.20	2.39	2.86	1.57	1.79	1.93	2.09	2.51
	67円	1.82	2.08	2.24	2.43	2.91	1.59	1.82	1.96	2.12	2.55
	68円	1.85	2.11	2.28	2.47	2.96	1.62	1.85	1.99	2.16	2.59
	69円	1.87	2.14	2.30	2.49	2.99	1.64	1.87	2.01	2.18	2.62
	70円	1.90	2.17	2.34	2.53	3.04	1.66	1.90	2.05	2.22	2.66
	71円	1.93	2.21	2.38	2.57	3.09	1.69	1.93	2.08	2.25	2.70
	72円	1.96	2.24	2.41	2.61	3.14	1.72	1.96	2.11	2.29	2.74
	73円	1.98	2.26	2.44	2.64	3.17	1.73	1.98	2.13	2.31	2.77
	74円	2.01	2.30	2.47	2.68	3.22	1.76	2.01	2.16	2.35	2.81
	75円	2.04	2.33	2.51	2.72	3.26	1.79	2.04	2.20	2.38	2.86
	76円	2.06	2.35	2.54	2.75	3.30	1.80	2.06	2.22	2.40	2.88
	77円	2.09	2.39	2.57	2.79	3.34	1.83	2.09	2.25	2.44	2.93
	78円	2.12	2.42	2.61	2.83	3.39	1.86	2.12	2.28	2.47	2.97
	79円	2.15	2.46	2.65	2.87	3.44	1.88	2.15	2.32	2.51	3.01
	80円	2.17	2.48	2.67	2.89	3.47	1.90	2.17	2.34	2.53	3.04
	81円	2.20	2.51	2.71	2.93	3.52	1.93	2.20	2.37	2.57	3.08
	82円	2.23	2.55	2.74	2.97	3.57	1.95	2.23	2.40	2.60	3.12
	83円	2.25	2.57	2.77	3.00	3.60	1.97	2.25	2.42	2.63	3.15
	84円	2.28	2.61	2.81	3.04	3.65	2.00	2.28	2.46	2.66	3.19
85円	2.31	2.64	2.84	3.08	3.70	2.02	2.31	2.49	2.70	3.23	
86円	2.34	2.67	2.88	3.12	3.74	2.05	2.34	2.52	2.73	3.28	
87円	2.36	2.70	2.90	3.15	3.78	2.07	2.36	2.54	2.75	3.30	
88円	2.39	2.73	2.94	3.19	3.82	2.09	2.39	2.57	2.79	3.35	
89円	2.42	2.77	2.98	3.23	3.87	2.12	2.42	2.61	2.82	3.39	
90円	2.45	2.80	3.02	3.27	3.92	2.14	2.45	2.64	2.86	3.43	

## 9. 実機による燃焼試験

ボイラに適したチップを製造するための河川支障木やチップの調査及びそのためのコストについて調査を実施していますが、ボイラで実際にチップを燃焼させるには、燃焼時やその前後のボイラの状態把握も必要になります。

このため、実際に使用するボイラについて、チップ投入時やボイラ操作時の課題や故障リスクを把握するとともに、チップ燃焼後に発生する燃焼灰について資源としての活用を踏まえた重金属等の分析を実施しました。

### 9-1. 実機による燃焼試験

実機による燃焼試験は、本町が本年度公共施設（西当別小学校及び西当別中学校）に導入した木質チップボイラ（写真 9-1）を使用して行いました。

なお、導入した設備は、事業費削減の一環として、建屋を使用せず、輸送用の海上コンテナ内部を加工して、チップサイロ及びボイラ設置スペースを整備しています。

燃焼試験は、河川支障木由来のチップをサイロ内に投入し、ボイラへの搬送や炉内での燃焼状況を目視により確認した結果、ボイラは正常に稼働しました。

燃焼試験の実施状況について、写真 9-2 にまとめました。



写真 9-1 導入した木質チップボイラ



写真 9-2 ボイラ燃焼試験の状況 (令和 2 年 11 月 21 日撮影)

木質チップボイラを実際に運用する場合、チップのサイズや性状によるトラブルなど、様々なリスクが存在しています。このため、チップボイラ運用時に想定されるトラブルについて 10 項目を抽出し、チェック表として表 9-1 にまとめました。

なお、チェック表作成に際しては、(一社)日本木質バイオマスエネルギー協会 HP に加え、「木質バイオマスボイラー導入・運用にかかわる実務テキスト」(林野庁)や「木質バイオマスボイラー導入指針」(株式会社森のエネルギー研究所)を参考としました。

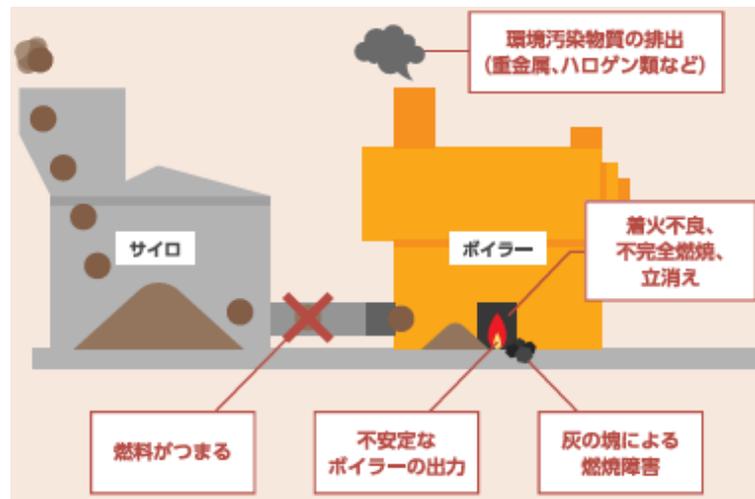


図 9-1 木質チップボイラ燃焼時の課題・リスク  
( (一社)日本木質バイオマスエネルギー協会 HP より引用)

表 9-1 木質チップボイラ運用時に想定されるトラブルについてのチェック項目

番号	チェック項目	
1	チップに関する事項	チップの含水率はボイラの要求を満たしているか。
2		チップに凍結は見られないか。
3	施設に関する事項	サイロ部に結露は生じていないか。
4		ボイラの操作は難解ではないか。また、誤った操作が生じやすい箇所はあるか。
5		ボイラ着火の際に、着火不良や立消え等は見られていないか。
6		ボイラ部が過度に加熱されていないか。また、出力は安定しているか。
7		スクリュウコンベアにチップの詰まりは生じていないか。
8		黒煙と煤塵が多量に発生していないか。
9		燃焼しきっていない灰が残留していないか。
10		クリンカ (灰が溶融固化したもの) の発生は見られないか。

実際に西当別小学校・西当別中学校に導入したチップボイラについて、表 9-1 のチェックを行った結果を表 9-2 に示します。チェックの結果、10 項目中 3 項目を満たさなかったため、改善のための対応を以下の通り検討しました。

チップの凍結については、サイロ内の内壁のうち、コンテナの扉部分の隙間から外気が侵入することに起因するものと考えられます。この対策として、設備の一部として導入した送風乾燥装置（校舎内の空気をサイロ内に送り込みチップの乾燥を促す装置）を常時稼働させたことにより、改善が見られました。

また、サイロ内部の結露については、上記の送風乾燥装置を稼働させ、チップを乾燥させることにより湿気が多くなったことによるものと考えられます。この対策として、サイロの通気口を常時開口することにより、その軽減を図りました。

クリンカについては、発生が見られたものの少量であり、当初から計画している年 1 回の清掃で対応可能なものでした。ただし、今後発生量の増加が確認された場合は、清掃回数を増やすなどの対応が必要です。

なお、他の項目については、異常は確認されませんでした。

上記のうち、チップの凍結及びサイロ内部の結露については、河川支障木由来のチップを使用したことに起因するものではなく、クリンカについても間伐材由来のチップを燃焼した場合でも少量発生することから、河川支障木由来のチップは、本町が導入した木質チップボイラでは、間伐材由来のチップとほぼ遜色なく燃焼することが確認できました。

表 9-2 西当別小学校・西当別中学校導入チップボイラについてのチェック結果

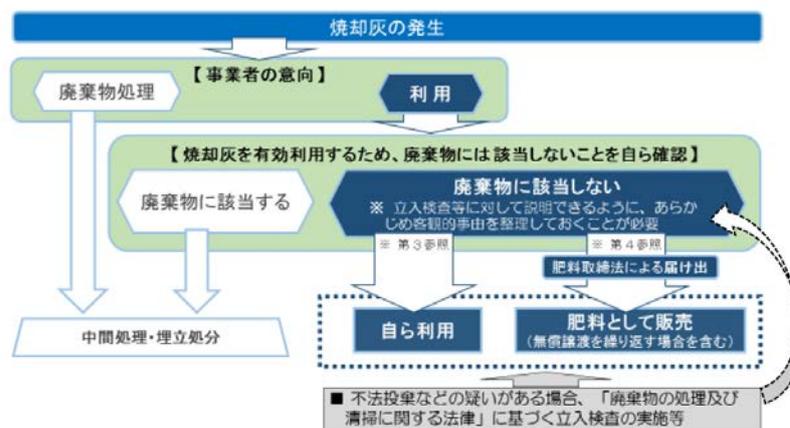
番号	チェック項目		本事業での チェック結果
1	チップに 関する事項	チップの含水率はボイラの要求を満たしているか。	○
2		チップに凍結は見られないか。	×
3	施設に 関する事項	サイロ部に結露は生じていないか。	×
4		ボイラの操作は難解ではないか。また、誤った操作が生じやすい箇所はあるか。	○
5		ボイラ着火の際に、着火不良や立消え等は見られていないか。	○
6		ボイラ部が過度に加熱されていないか。また、出力は安定しているか。	○
7		スクリーコンベアにチップの詰まりは生じていないか。	○
8		黒煙と煤塵が多量に発生していないか。	○
9		燃焼しきっていない灰が残留していないか。	○
10		クリンカ（灰が溶融固化したもの）の発生は見られないか。	×

## 9-2. 焼却灰の重金属分析

### 1) 焼却灰の有効利用について

「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」では、木質バイオマスを含めた樹木の焼却灰を産業廃棄物として位置付けています。しかし、「規制改革実施計画」（平成 25 年 6 月 14 日閣議決定）において、木質専焼ボイラで燃焼させて生じた焼却灰について、有効活用が確実で、かつ不要物と判断されない焼却灰は、産業廃棄物に該当しない旨を各自治体に通知するとしました。これを受けて環境省では、環廃産発第 1306282 号環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部産業廃棄物課長通知（平成 25 年 6 月 28 日）において、「木質ペレット又は木質チップを専焼ボイラで燃焼させて生じた焼却灰（塗料や薬剤を含む若しくはそのおそれのある廃木材又は当該廃木材を原料として製造したペレット又はチップと混焼して生じた焼却灰を除く。）のうち、有効活用が確実で、かつ不要物とは判断されない焼却灰は、産業廃棄物に該当しないものである。」と通知しました。なお同通知の中で、焼却灰が産業廃棄物に該当するか否かについて事業者が行政等に相談する場合は、許可権者である各都道府県・政令市に相談する必要がありますが、必要に応じて環境省にも相談できるように、産業廃棄物規制係を相談窓口として設置しています。

このような規制緩和が行われる中で、北海道では「焼却灰（天然木由来）の利用の手引き<sup>1</sup>」、北海道立総合研究機構では「木質バイオマス燃焼灰の融雪資材としての利用法<sup>2</sup>」、高知県では「木質バイオマス燃焼灰の自ら利用の手引き<sup>3</sup>」が作成されており、本事業で焼却灰利用を検討するに当たり、これらに準拠した整理を行うことが望ましいと考えました。「焼却灰（天然木由来）の利用の手引き」で整理されている焼却灰の有効利用に向けた取扱いの流れは、図 9-2 のとおりであり、焼却灰が廃棄物には該当しないことを自ら確認した上で、自ら利用か、他人に譲渡又は販売するかで対応を検討する必要があります。



出典：焼却灰（天然木由来）の利用の手引き，北海道，平成 29 年 3 月

- <sup>1</sup> 焼却灰（天然木由来）の利用の手引き～塗料や防腐剤、接着剤などの化学物質を一切使用していない木質バイオマスを専焼ボイラで燃焼させて生じた焼却灰について～，北海道 水産林務部林務局林業木材課 環境生活部環境局循環型社会推進課 農政部生産振興局技術普及課，平成 29 年 3 月
- <sup>2</sup> 利用者向け資料 木質バイオマス燃焼灰の融雪資材としての利用法，地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 森林研究本部 林産試験場 環境・地質研究本部 環境科学研究センター，令和元年 5 月
- <sup>3</sup> 木質バイオマス燃焼灰の自ら利用の手引き，高知県 林業振興・環境部 木材利用推進課 林業振興・環境部 環境対策課 農業振興部 環境農業推進課，平成 26 年 7 月

## 2) 産業廃棄物の判定

焼却灰が産業廃棄物と判定されるかについては、環産産発 1303299 号環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部産業廃棄物課長通知（平成 25 年 3 月 29 日）に基づき、ア-物の性状、イ-排出の状況、ウ-通常の取扱形態、エ-取引価値の有無、オ-占有者の意思を勘案して総合的に判断します（表 9-3）。

これらについて、第三者からの疑義に対しても客観的事由を用いるなど明確に説明ができるように整理しておく必要があります。「焼却灰（天然木由来）の利用の手引き」では、整理例としてフォーマットを定めています。表 9-4 は、そのフォーマットを基に、本事業において利用している河川支障木由来のチップから発生する焼却灰を融雪剤として利用する場合の整理結果の例です。

表 9-3 産業廃棄物に該当しないことを説明するための整理事項

項目	整理すべき内容（環産産発 1303299 号）	焼却灰利用の際の留意点
物の性状	利用用途に要求される品質を満足し、かつ飛散、流出、悪臭の発生等の生活環境の保全上の支障が発生するおそれのないものであること。実際の判断に当たっては、生活環境の保全に係る関連基準（例えば土壌の汚染に係る環境基準等）を満足すること、その性状について J I S 規格等の一般に認められている客観的な基準が存在する場合は、これに適合していること、十分な品質管理がなされていること等の確認が必要であること。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・重金属等についての性状確認を行い、利用目的や製品基準に照らし、生活環境保全上支障が発生しないようにすること。</li> <li>・他のものと混合して有害物質等を希釈することは認められない。</li> <li>・生活環境保全上の支障を生じさせることの有無と、そのような性状がある場合は必要な措置の内容。</li> </ul>
排出の状況	排出が必要に沿った計画的なものであり、排出前や排出時に適切な保管や品質管理がなされていること。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・燃料の種類や木質バイオマスボイラ形式などの使用形態から発生状況や発生量、保管状況等を整理。</li> </ul>
通常の取扱形態	製品としての市場が形成されており、廃棄物として処理されている事例が通常は認められないこと。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・製品としての販売状況や利用実績を整理。</li> <li>・自ら利用の場合は、事例など、社会通念から逸脱した利用方法ではないことを整理。</li> </ul>
取引価値の有無 <sup>4</sup>	占有者と取引の相手方間で有償譲渡がなされており、なおかつ客観的に見て当該取引に経済的合理性があること。実際の判断に当たっては、名目を問わず処理料金に相当する商品の受領がないこと、当該譲渡価格が競合する製品や運送費等の諸経費を勘案しても双方にとって営利活動として合理的な額であること、当該有償譲渡の相手方以外の者に対する有償譲渡の実績があること等の確認が必要であること。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・類似する製品と比較した場合の価値の有無を整理。</li> </ul>
占有者の意思	客観的要素から社会通念上合理的に認定し得る占有者の意思として、適切に利用し若しくは他人に有償譲渡する意思が認められること、又は放置若しくは処分が認められないこと。したがって、単に占有者において自ら利用し、又は他人に有償で譲渡することができるものであると認識しているか否かは廃棄物に該当するか否かを判断する際の決定的な要素となるものではなく、上記の各種判断要素の基準に照らし、適切な利用を行おうとする意思があるとは判断されない場合、又は主として廃棄物の脱法的な処理を目的としたものと判断される場合には、占有者の主張する意思の内容によらず、廃棄物に該当するものと判断されること。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・使用者が適切に利用する又は製品として販売する意思を確認し、整理。</li> </ul>

<sup>4</sup> 取引価値の有無については、次のとおり必ずしも有価物であることが要件ではないとしている。「占有者と取引の相手方間における有償譲渡の実績や有償譲渡契約の有無は、廃棄物に該当するか否かを判断する上での一つの簡便な基準に過ぎず、場合によっては必ずしも市場の形成が明らかでない物については、法の規制を免れるため、恣意的に有償譲渡を装う場合等も見られることから、当事者間の有償譲渡契約等の存在をもって直ちに有価物と判断することなく、各種判断要素の基準により総合的に判断されたいこと。さらに、排出事業者が自ら利用する場合における廃棄物該当性の判断に際しては、必ずしも他人への有償譲渡の実績等を求めるものではなく、通常の取扱い、個別の用途に対する利用価値並びに上記ウ及びエ以外の各種判断要素の基準に照らし、社会通念上当該用途において一般に行われている利用であり、客観的な利用価値が認められなおかつ確実に当該再生利用の用途に供されるか否かをもって廃棄物該当性を判断されたいこと。」

表 9-4 産業廃棄物に該当しないことを説明するための整理結果

焼却灰の性状	※利用目的に応じた分析結果や品質基準を添付	利用目的に応じた品質や製基準等 <b>満たしている</b> 満たしていない 生活環境保全上の支障を発生させないために必要な措置 ・重金属は基準値内である。
	排出の状況	<p>使用燃料 種類：木質ペレット <b>木質チップ</b>・その他（ ） 原料：<b>道産材</b>・道外産材・輸入材（産出国名）（ ） 樹種：ヤナギ類 使用部位：<b>全木</b>・ホワイト・バーク 塗料や薬剤を含む若しくはそのおそれのある廃木材使用の有無：有・<b>無</b></p> <p>燃料購入業者及び使用（予定）量 購入業者名：当別町 所在地：〒061-0292 北海道石狩郡当別町白樺町 58 番地 9 年間使用予定量：210t</p> <p>燃料製造業者 製造業者名：株式会社 ●● 所在地：石狩郡当別町 ●●</p> <p>ボイラ型式名 メーカー：Herz 型式：firematic 301</p> <p>焼却灰の保管場所 所在地：西当別小学校 〒061-3776；石狩郡当別町太美町 1481 番地 西当別中学校 〒061-3772；石狩郡当別町獅子内 5134 番地 面積：西当別小学校 ●m<sup>2</sup> 西当別中学校 ●m<sup>2</sup> 保管方法等：専用の蓋つきドラム缶に保管</p>
利用計画	焼却灰の年間発生（予定）量	$1.5t (210 \times [(100-30)/100] \times (1/100) = 1.5)$ ※灰年間発生（予定）量 = 木質燃料使用量 × [(100-a)/100] × (b/100) a(%) = 木質燃料中の水分（ウェットベース） = 30 不明な場合は次を標準とする 木質チップ：a=30~35、木質ペレット：a=10、 よく乾燥された薪：a=18~22 b(%) = 木質燃料（絶乾）中の灰分 = 1 不明な場合は b=1 とする
	焼却灰の利用目的	草木灰（特殊肥料）・ <b>その他（融雪材）</b>
	焼却灰の運搬	排出業者が自ら運搬 ・ 利用者が運搬 ・ <b>第3者に運搬を委託</b> 運搬社名：株式会社 ●●（燃料製造業者） 運賃：無し 運搬負担者：
利用計画	自ら利用	利用者名：当別町 番地・地番：石狩郡当別町 ●●（町有地） ・草木灰として利用 使用作物名： 使用面積： 施用量 ・ <b>その他の利用</b> 利用方法：融雪材 年間利用（予定）量：1.5t
	販売（無償譲渡を繰り返す場合を含む）	年間販売（予定）量： 年間譲渡（予定）量： 販売額： ・草木灰として利用 年間利用（予定）数量： ・その他の利用 利用方法： 年間利用（予定）量： 肥料取締法に基づく特殊肥料生産業者届出書の有無： 有・無 肥料取締法に基づく肥料販売業務開始届出書の有無： 有・無

### 3) 産業廃棄物として処分する場合

焼却灰を産業廃棄物として処分する場合は、産業廃棄物収集運搬業や処分業の許可を持つ収集運搬事業者及び処分業者に委託する必要があります。当別町周辺で委託可能性のある収集運搬業者は表 9-5、最終処分業者は表 9-6 のとおりです。

下記の産業廃棄物の収集運搬業者、処分業者に間取りした結果では、収集運搬を依頼する場合、5,000円～6,000円/時の費用が生じます。なお、輸送の際にはフレコンバックに詰める、散水するなど、飛散防止対策が求められますが、専用車両の準備を求められることは少ないと考えられます。最終処分には、25,000～60,000円/tの処分費用が生じます。なお、最終処分を行う際には管理型最終処分場の溶出基準を満たす必要があり、基準値よりも低いものであるほど安く受入される場合があります。

表 9-5 周辺で燃え殻の運搬作業が可能な収集運搬業者

処理業者	本社住所	事業の範囲
町内企業ア	石狩郡当別町	燃,汚,油,酸,ア,プ,紙,木,織,残,固,ゴ,金,陶,鉍,が,糞,体,ば
町内企業イ	石狩郡当別町	燃,汚,油,酸,ア,プ,紙,木,織,残,固,ゴ,金,陶,鉍,が,糞,体,ば,
町内企業ウ	石狩郡当別町	燃,汚,プ,紙,木,織,ゴ,金,陶,が

出典：産業廃棄物処理業者名簿,

北海道 HP:[http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ks/jss/sanpai\\_1/meibo01/meibo\\_main.htm](http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ks/jss/sanpai_1/meibo01/meibo_main.htm)

表 9-6 周辺で燃え殻の受け入れが可能な処分業者

処理業者	本社住所	事業の範囲 (最終)
町外企業工	札幌市厚別区	埋立：燃,汚,紙,木,織,鉍,ば,㊦,プ,ゴ,金,陶,が,油(タールピッチ類に限る)
町外企業オ	江別市	埋立：油(タールピッチ類に限る。),プ,金,陶,が,燃,汚,紙,木,織,残,鉍,ば,ゴ,㊦,Hg製(水銀回収義務がないものに限る。),Hgば(燃,汚,鉍,ば。水銀回収義務がないものに限る。)

出典：産業廃棄物処理業者名簿,

北海道 HP:[http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ks/jss/sanpai\\_1/meibo01/meibo\\_main.htm](http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ks/jss/sanpai_1/meibo01/meibo_main.htm)

#### 4) 肥料・土壌改良資材・融雪剤として有効利用する場合

産業廃棄物に該当しない焼却灰は、肥料・土壌改良資材・融雪剤として有効利用している事例が多くみられます。有効利用するには、自ら利用と、販売又は無償譲渡の、大きく二種類に分けられますが、いずれにおいても、手続きや安全性の確認方法を規定する法令等はありません。ただし、利用先の土壌や地下水等は、各基準を満たしている必要がある点に留意が必要です。利用先の土壌や地下水等を汚染しないための基準として、「木質バイオマス燃焼灰の融雪資材としての利用法」より、農用地に利用する際は、焼却灰と同様に産業活動等で発生した産物で資源化され利用されているものとして、汚泥肥料の規格要件を、農用地以外では、土壌含有量基準を準用することで、土壌や地下水等の汚染防止を証明できます。なお、他自治体の事例は表 9-10 のとおりです。

表 9-7 焼却灰有効利用の手続き等

	販売・無償譲渡	自ら利用				
特殊肥料(草木灰)	<p>・成分分析を行い、下記の要件を満たしていることを証明する必要がある。</p> <table border="1"> <tr> <td>溶出量</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>・金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準（汚泥肥料の要件となっている）を満たすこと。</li> <li>※分析方法：昭和 48 年環境庁告示第 13 号</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td>含有量</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>・汚泥肥料に係る有害成分の許容最大量を満たすこと。</li> <li>※分析方法：肥料等試験法</li> <li>・銅、亜鉛の含有量。</li> <li>※分析方法：肥料等試験法</li> </ul> </td> </tr> </table> <p>・特殊肥料生産業者届、肥料販売業務開始届を届け出る必要がある（相談先：北海道農政部生産振興局技術普及課農業環境・バイオマスグループ）。なお、登録や保証票添付の必要はない。※1</p>	溶出量	<ul style="list-style-type: none"> <li>・金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準（汚泥肥料の要件となっている）を満たすこと。</li> <li>※分析方法：昭和 48 年環境庁告示第 13 号</li> </ul>	含有量	<ul style="list-style-type: none"> <li>・汚泥肥料に係る有害成分の許容最大量を満たすこと。</li> <li>※分析方法：肥料等試験法</li> <li>・銅、亜鉛の含有量。</li> <li>※分析方法：肥料等試験法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・販売又は無償譲渡と同様の内容の成分分析を行い、重金属等の溶出量や含有量を確認することが望ましい。</li> <li>・利用先の土壌や地下水について、土壌汚染対策法、環境基本法、ダイオキシン類対策特別措置法、農用地の土壌の汚染防止等に関する法律、農用地における土壌中の重金属等の蓄積防止に係る管理基準を満たす必要がある。</li> </ul>
溶出量	<ul style="list-style-type: none"> <li>・金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準（汚泥肥料の要件となっている）を満たすこと。</li> <li>※分析方法：昭和 48 年環境庁告示第 13 号</li> </ul>					
含有量	<ul style="list-style-type: none"> <li>・汚泥肥料に係る有害成分の許容最大量を満たすこと。</li> <li>※分析方法：肥料等試験法</li> <li>・銅、亜鉛の含有量。</li> <li>※分析方法：肥料等試験法</li> </ul>					
土壌改良資材※2 融雪材	<p>・成分分析を行い、下記の要件を満たしていることを証明する必要がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■農用地に散布する場合 特殊肥料（草木灰）と同様</li> <li>■農用地以外に散布する場合</li> </ul> <table border="1"> <tr> <td>溶出量</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>・金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を満たすこと</li> <li>※分析方法：昭和 48 年環境庁告示第 13 号</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td>含有量</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>・土壌含有量基準を満たすこと</li> <li>※分析方法：平成 15 年環境省告示第 19 号</li> </ul> </td> </tr> </table> <p>※農用地に関する要件を満たす場合はその結果を使用可能</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・有効成分（窒素、リン酸、カリウム）の含有量によって肥料取締法の適用を受ける可能性がある。</li> </ul>	溶出量	<ul style="list-style-type: none"> <li>・金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を満たすこと</li> <li>※分析方法：昭和 48 年環境庁告示第 13 号</li> </ul>	含有量	<ul style="list-style-type: none"> <li>・土壌含有量基準を満たすこと</li> <li>※分析方法：平成 15 年環境省告示第 19 号</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・販売又は無償譲渡と同様の内容の成分分析を行い、重金属等の溶出量や含有量を確認することが望ましい。</li> <li>・利用先の土壌や地下水について、農用地以外は、土壌汚染対策法、環境基本法、ダイオキシン類対策特別措置法を、農用地はこれに加えて、農用地の土壌の汚染防止等に関する法律、農用地における土壌中の重金属等の蓄積防止に係る管理基準を満たす必要がある。</li> </ul>
溶出量	<ul style="list-style-type: none"> <li>・金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を満たすこと</li> <li>※分析方法：昭和 48 年環境庁告示第 13 号</li> </ul>					
含有量	<ul style="list-style-type: none"> <li>・土壌含有量基準を満たすこと</li> <li>※分析方法：平成 15 年環境省告示第 19 号</li> </ul>					

※1：特殊肥料のうち、堆肥（汚泥を原料とする物を除く）と動物の排せつ物については品質表示が必要だが、焼却灰はその必要はない。

※2：地力増進法で定められた 12 の土壌改良資材（泥炭、パークたい肥、腐植酸質資材、木炭、けいそう土焼成粒、ゼオライト、パーミキュライト、パーライト、ベントナイト、VA 菌根菌資材、ポリエチレンイミン系資材、ポリビニルアルコール系資材）については、原料・用途・使用方法などを表示する必要があるが、焼却灰を主成分とする限りは当てはまらない。

出典：木質バイオマス燃焼灰の融雪資材としての利用法，地方独立行政法人 北海道立総合研究機構，令和元年 5 月を基に作成

表 9-8 土壌や地下水等に係る基準値(含有量)

項目	含有量の参考基準				
	適用法規	肥料取締法	土壌汚染対策法	農用地の土壌の汚染防止等に関する法律	農用地における土壌中の重金属等の蓄積防止に係る管理基準
基準	含有を許される有害成分の最大値 <sup>※1</sup> (昭和 61 年農林水産省告示第 284 号)	土壌含有量基準 (平成 15 年環境省告示第 19 号)	農用地土壌汚染対策地域の指定の要件(昭和 46 年政令第 204 号)	管理基準(昭和 59 年環水土 149 号)	土壌環境基準 (平成 11 年環境庁告示第 68 号)
単位	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	ng-TEQ/g
対象	汚泥肥料等	土壌	土壌・米	土壌	土壌
四塩化炭素	-	-	-	-	-
クロロエチレン(塩化ビニルモノマー)	-	-	-	-	-
1,2-ジクロロエタン	-	-	-	-	-
1,1-ジクロロエチレン	-	-	-	-	-
1,2-ジクロロエチレン <sup>※2</sup>	-	-	-	-	-
1,3-ジクロロプロペン	-	-	-	-	-
ジクロロメタン	-	-	-	-	-
テトラクロロエチレン	-	-	-	-	-
1,1,1-トリクロロエタン	-	-	-	-	-
1,1,2-トリクロロエタン	-	-	-	-	-
トリクロロエチレン	-	-	-	-	-
ベンゼン	-	-	-	-	-
カドミウム及びその化合物	5	150	米 1kg につき 0.4mg 以上	-	-
六価クロム化合物	-	250	-	-	-
シアン化合物	-	50(遊離シアン)	-	-	-
水銀及びその化合物	2	15	-	-	-
アルキル水銀	-	-	-	-	-
セレン及びその化合物	-	150	-	-	-
鉛及びその化合物	100	150	-	-	-
砒素及びその化合物	50	150	土壌 1kg につき 15mg 以上(農用地(田に限る)) <sup>※3</sup>	-	-
ふっ素及びその化合物	-	4000	-	-	-
ほう素及びその化合物	-	4000	-	-	-
シマジン	-	-	-	-	-
チオベンカルブ	-	-	-	-	-
チウラム	-	-	-	-	-
ポリ塩化ビフェニル(PCB)	-	-	-	-	-
有機りん化合物	-	-	-	-	-
ダイオキシン類	-	-	-	-	1ng-TEQ/g <sup>※4</sup>
銅及びその化合物	-	-	土壌 1kg につき 125mg 以上(農用地(田に限る))	-	-
亜鉛	-	-	-	乾燥土壌 1kg につき 120mg	-
1,4-ジオキサン	-	-	-	-	-
ニッケル	300	-	-	-	-
クロム	500	-	-	-	-
硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	-	-	-	-	-

※1 金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準に適合する原料を使用すること。

※2 シス-1,2-ジクロロエチレンとトランス-1,2-ジクロロエチレンの和

※3 その地域の自然的条件に特別の事情があり、この値によることが適当でないと認められる場合には、知事が 10mg 以上 20mg 以下の範囲で別に定めることができる。

※4 環境基準が達成されている場合であって、土壌中のダイオキシン類の量が 250pg-TEQ/g 以上の場合には、必要な調査を実施することとされている。(備考 1,000pg = 1ng)

表 9-9 土壌や地下水等に係る基準値(溶出量) (1/2)

項目	溶出量の参考基準					
	廃棄物の処理及び清掃に関する法律	土壌汚染対策法	環境基本法	環境基本法	土壌汚染対策法	水質汚濁防止法
基準	金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準(昭和48年総理府令第5号)	土壌溶出量基準(平成15年環境省告示第18号)	土壌環境基準(平成3年環境庁告示第46号)	地下水環境基準(平成9年環境庁告示第10号)	土壌汚染対策法施行規則別表第二(平成14年環境省令第29号)	水質汚濁防止法施行規則(別表第二)(昭和四十六年総理府・通商産業省令第2号)
単位	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
対象	燃え殻・ばいじん	土壌	土壌・米	地下水	地下水	地下水
四塩化炭素	-	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
クロロエチレン(塩化ビニルモノマー)	-	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
1,2-ジクロロエタン	-	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
1,1-ジクロロエチレン	-	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
1,2-ジクロロエチレン※1	-	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
1,3-ジクロロプロペン	-	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
ジクロロメタン	-	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
テトラクロロエチレン	-	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
1,1,1-トリクロロエタン	-	1	1	1	1	1
1,1,2-トリクロロエタン	-	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
トリクロロエチレン	-	0.03	0.03	0.01	0.03	0.03
ベンゼン	-	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
カドミウム及びその化合物	0.09	0.01	0.01 0.01 (0.03) <sup>※3</sup> 米1kgにつき0.4mg以下(農用地)	0.003	0.01	0.003
六価クロム化合物	1.5	0.05	0.05 (0.15) <sup>※3</sup>	0.05	0.05	0.05
シアン化合物	-	検出されないこと	検出されないこと	検出されないこと	検出されないこと	検出されないこと
水銀及びその化合物	0.005	0.0005	0.0005 (0.0015) <sup>※3</sup>	検出されないこと	0.0005	0.0005
アルキル水銀	検出されないこと	検出されないこと <sup>※4</sup>	検出されないこと	検出されないこと	検出されないこと <sup>※4</sup>	検出されないこと
セレン及びその化合物	0.3	0.01	0.01 (0.03) <sup>※3</sup>	0.01	0.01	0.01
鉛及びその化合物	0.3	0.01	0.01 (0.03) <sup>※3</sup>	-	0.01	0.01
砒素及びその化合物	0.3	0.01	0.01 (0.03) <sup>※3</sup> 土壌1kgにつき15mg未満(農用地(田に限る))	0.01	0.01	0.01

※1 シス-1,2-ジクロロエチレンとトランス-1,2-ジクロロエチレンの和

※2 有機りん化合物：パラチオン、メチルパラチオン、メチルジメトン、EPNに限る

※3 汚染土壌が地下水水面から離れており、かつ、原状において当該地下水中のこれらの物質の濃度がそれぞれ地下水1リットルにつき環境基準値を超えていない場合に適用

※4 水銀の測定を行なって検出されない場合は、アルキル水銀の測定はしなくてもよい

表 9-9 土壌や地下水等に係る基準値(溶出量) (2/2)

項目	溶出量の参考基準					
	廃棄物の処理及び清掃に関する法律	土壌汚染対策法	環境基本法	環境基本法	土壌汚染対策法	水質汚濁防止法
基準	金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準(昭和48年総理府令第5号)	土壌溶出量基準(平成15年環境省告示第18号)	土壌環境基準(平成3年環境庁告示第46号)	地下水環境基準(平成9年環境庁告示第10号)	土壌汚染対策法施行規則別表第二(平成14年環境省令第29号)	水質汚濁防止法施行規則(別表第二)(昭和四十六年総理府・通商産業省令第2号)
単位	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
対象	燃え殻・ばいじん	土壌	土壌・米	地下水	地下水	地下水
ふっ素及びその化合物	-	0.8	0.8 (2.4) <sup>※3</sup>	0.8	0.8	0.8
ほう素及びその化合物	-	1	1 (3) <sup>※3</sup>	1	1	1
シマジン	-	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
チオベンカルブ	-	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
チウラム	-	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
ポリ塩化ビフェニル(PCB)	-	検出されないこと	検出されないこと	検出されないこと	検出されないこと	検出されないこと
有機りん化合物	-	検出されないこと <sup>※2</sup>	検出されないこと <sup>※2</sup>	-	検出されないこと <sup>※2</sup>	検出されないこと
ダイオキシン類	3ng-TEQ/g	-	-	-	-	-
銅及びその化合物	-	-	土壌1kgにつき125mg未満(農用地(田に限る))	-	-	-
亜鉛	-	-	-	-	-	-
1,4-ジオキサン	0.5	-	0.05	0.05	-	0.05
ニッケル	-	-	-	-	-	-
クロム	-	-	-	-	-	-
硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	-	-	-	10	-	10

※1 シス-1,2-ジクロロエチレンとトランス-1,2-ジクロロエチレンの和

※2 有機りん化合物：パラチオン、メチルパラチオン、メチルジメトン、EPNに限る

※3 汚染土壌が地下水から離れており、かつ、原状において当該地下水中のこれらの物質の濃度がそれぞれ地下水1リットルにつき環境基準値を超えていない場合に適用

※4 水銀の測定を行なって検出されない場合は、アルキル水銀の測定はしなくてもよい

表 9-10 道内の他自治体の処理・活用例 (1/2)

聞取り先	灰処理・利用方法	廃掃法適用有無の確認	成分分析の項目・結果	灰の保管・運搬方法	その他
自治体 E	直営で堆肥化施設を運営していた時には水分調整剤として利用していたが、民間に委託するようになってから、産廃の許可について北海道と協議するようになり、家畜糞尿も混ぜていたこと、焼却灰に肥料効果もないことから混入できなくなった。それ以来産廃処理をしていた (t で 4 万と運賃、年間 11~12t で年間約 60 万円の処分費)。2020 年から特殊肥料を作っている会社に取り替えてもらおうとなり、鶏糞の水分調整剤として使えることとなった。有価物として、何百円単位で引き取ってもらえるが、自分たちで持ち込みとなるので、年間 30 万円くらいの支払いとなる。なお、民間会社から環境セクションに営業で来たのがきっかけ。融雪材として撒くことも検討したが、粉上のため撒くのも大変であり、固めると産廃以上に費用が掛かるため、地域での利用が難しくかった。	北海道のマニキュアルに沿って整理し、振興局にも相談している。	成分分析はしていたが、特殊肥料の生産量に比べると焼却灰の量は微量であるため、受け入れの制限はない。	各施設で保管しているのを、一か所にフレコンに集積。各施設からは、ゴミ袋などで飛散しないよう月に 1 回程度の頻度で持ち運搬する。肥料会社へはフレコンで運搬。灰が多くなるとときには運搬を委託することもある。	・民間の肥料会社は、他の地域からの焼却灰の引き取りもあること。 ・使用ボイラは、育苗施設以外はシユミット。育苗施設は業者が行ったが、廃業のためまとめて (株) 巴商会でメンテナンス。灰だし等の作業は各施設の職員が日常業務の中で行っている。
自治体 F	産業廃棄物として処理を受けている。処分の単価は量によって異なる。	-	産廃として受けてもらいうる。土田等に調査を受けている。土田等によりリンなどが出る可能性があるが、数回計測してくれるが数値に問題はない。	大きなトロッコのような金属製の箱を自作して灰を溜めている。運搬は廃棄物運搬業者が行うので問題は無い。	・使用ボイラは (株) 巴商會が保守点検。灰出し等の作業は町内ホテルの従業員が行うほか、木質バイオマス協会で手伝えることもある。 ・年間 3000t のチップを使用しており、12000~13000 円 / t 程度である。
自治体 G	生チップしか燃やしていないため、溜めて融雪材に利用している。通常の融雪材と違って汚いものが残るため、公園や農地などではなく、人が使わない町有地に撒いている。	産廃にあたらなかったことについて、振興局と確認している。	成分分析を行っており、問題ないことを確認している。特に高い値の成分は無かった。	ボイラ室内で、漬物の容器やゴミ袋に入れ、溜まった町の保管場所に置いていく。含水率が 50%程度と高い生チップであるため、40L 程度のゴミ袋が週 1 回程度出るイメージ。	・使用ボイラは (株) 巴商會が保守点検。年 3 回程度。灰だし等の作業は温泉の職員が日常業務の中で行っている。

表 9-10 道内の他自治体の処理・活用例 (2/2)

聞取り先	灰処理・利用方法	廃掃法適用有無の確認	成分分析の項目・結果	灰の保管・運搬方法	その他
自治体 H	冬場の融雪剤として利用している。指定管理者の取引先に提供しているとのこと。	産廃には当たらないと認識しており、特段の確認等は行っていない。	成分分析は実施していない。	4 か月に 1 回の保守点検の時に、肥料袋 4 つくらいに入れて提供している。	
自治体 I	灰は産廃として処分している。今は使えるような道筋もできているが、導入当初は使いみちが無く、当初の対応が継続されている。	-	林産試験場で燃焼灰の活用を研究していたので、サンプルとして提供した。また、導入当初に燃焼灰の分析を行った。六価クロムが多かった。	運搬は業者をお願いしている。灰出し等の作業は施設の管理担当が行っており、オイル缶に溜めている。	・使用ボイラは、代理店が神奈川県にあるイギリスのタルボット社のもの。メンテナンスに呼んでも来てくれないことが多い、軽微な修理なら地域の機械の修理ができる会社をお願いしている。導入当初は含水率が高い時に凍ってダメになり、スクリーナーが破損した。扱える業者がそんなないことが課題である。
自治体 J	産業廃棄物として処分している。隣接する自治体の業者に依頼しており、運搬費も込みで昨年は 0.39t で 31740 円。昨年度はコロナの影響で学校の稼働時間も少なく、灰も少ない状況。	-	産廃として受け入れてもらうのに成分分析をしているはずだが、特に高い値が出る等は聞いていない。	灰はポリ袋に移して保管している。前年度に出た灰を次年度に処分する。昨年度はポリ袋で 16 袋くらいのポリユームであった。	・使用ボイラはシユミット。

## 5) その他の利用の可能性

石炭灰は表 9-11 のとおり土木や建築分野等に利用されています。道内のフライアッシュコンクリート出荷可能生コン工場、フライアッシュ使用コンクリート二次製品工場の分布は図 9-3 のとおりであり、焼却灰を産業廃棄物として処分する場合は、近隣施設に受け入れを依頼する必要があります。なお、木質バイオマス発電所からの主灰は、建材（屋根材等）の増量材、地盤改良材などに利用されている実績があります<sup>5</sup>。日本製紙北海道工場旭川事業所では、バイオマスボイラから排出される焼却灰セメントに、砂利、水を加えて混練、振動加圧成型機で成型したものを乾燥・養生、破碎して、再生骨材を製造しています<sup>6</sup>。

表 9-11 石炭灰の有効利用法

利用分野・項目	用途
○セメント分野 セメント原料 セメント混合材	粘土代替 フライアッシュセメント
○コンクリート分野 コンクリート混和材	ダムコンクリート、吹付けコンクリート、海洋コンクリート、プレパックドコンクリート、グラウト、高流動コンクリート、中流動コンクリート、FEC コンクリート、コンクリート二次製品
○土木分野 道路材料 埋戻し材 充填材 地盤改良材 盛土材 地盤補強材	アスファルトフィラー材、路盤材、路床材 管路等埋戻し材 スラリー材、流動化埋戻し材(CLSM)、高流動埋戻し材 浅層改良工法、深層混合処理工法、固化盤 軽量盛土、気泡混合軽量土 FGC 深層混合処理工法
○建築分野 人工骨材 建築材	軽量骨材 瓦、セラミックス（粘土瓦、レンガ、タイル）、コンクリート二次製品、内外壁材、フロア・パネル材
○農林・水産分野 農業用資材 海洋構造物	肥料（特殊肥料、けい酸加里肥料）、土壌改良材、パドック改良材、人工培土、屋上緑化材、融雪促進材 人工漁礁、人工藻礁、人工湧昇流用海底構造物
○その他 吸収材・吸着灰 環境浄化材 その他	石炭灰ゼオライト 水質・底質浄化材、覆砂材 乾式用脱硫剤、ゴム・プラスチック充填材、水処理剤、トイレ用汚水処理材

出典：石炭灰混合材料有効利用ガイドライン，（統合改訂版），一般財団法人石炭エネルギーセンター，平成 30 年 2 月

※フライアッシュ：石炭を燃焼する際に生じる微細な灰の一種。セメント等の製造に使用される。  
（出典：フライアッシュ，日本フライアッシュ協会 HP）

<sup>5</sup> 木質バイオマス発電事業における燃焼灰の有効利用に関する調査（一般社団法人新技術振興渡辺記念会 HP：<http://www.watanabe-found.or.jp/pdf/gaiyou/S-H29-455.pdf>）

<sup>6</sup> 北海道環境企業データ 2017（北海道経済産業局 HP：[https://www.hkd.meti.go.jp/hokni/hkd\\_data2017/detail/332.html](https://www.hkd.meti.go.jp/hokni/hkd_data2017/detail/332.html)）

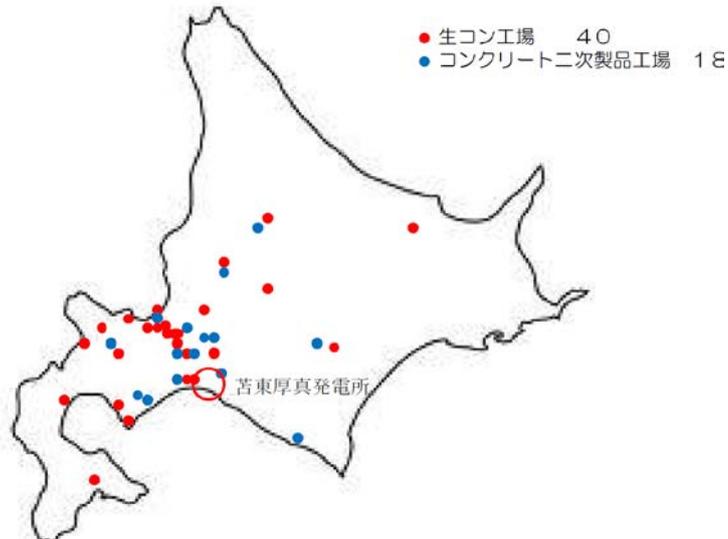


図 9-3 フライアッシュコンクリート出荷可能生コン工場  
及びフライアッシュ使用コンクリート二次製品工場の分布

出典：石炭灰の土木・建築資材への利用拡大に向けて～北海道の事例から～，北電興業株式会社，2017年  
11月21日 石炭灰シンポジウム資料

## 6) 当別町における焼却灰有効利用の可能性

当別町で燃料として使用する木質チップは天然木である河川支障木及び間伐材であり、有効利用が可能であると考えられます。そこで、使用用途として最も可能性が高いと考えられる融雪剤としての利用に着目し、前述の「木質バイオマス燃焼灰の融雪資材としての利用法」を参考として、焼却灰を融雪剤として利用する場合にその安全性を確認するための試験の考え方について図 9-4 のように整理しました。また、農用地及び農用地以外についての基準は、「木質バイオマス燃焼灰の融雪資材としての利用法」に記載された項目に必要な項目を追加し、表 9-12 の通りとしました。

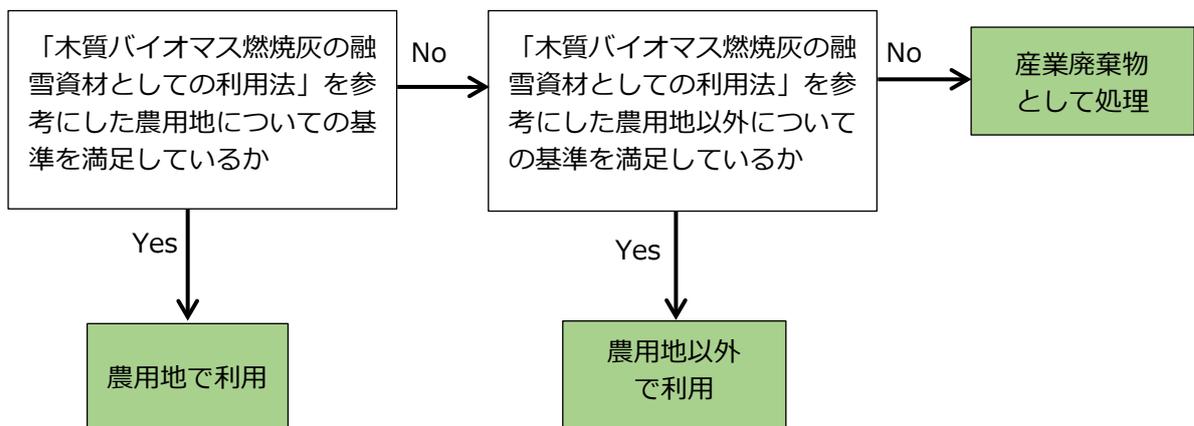


図 9-4 焼却灰を融雪剤として利用する場合の安全性確認試験についての考え方

表 9-12 農用地及び農用地以外についての焼却灰の基準

農用地についての基準	肥料取締法に基づき普通肥料の工程規格を定める等の件のうち汚泥肥料の規格 <含有量試験>							
	基準値	水銀	カドミウム	鉛	クロム	ヒ素	ニッケル	
	mg/kg	2	5	100	500	50	300	
	金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を定める省令 <溶出量試験>							
基準値	水銀	カドミウム	鉛	六価 クロム	ヒ素	セレン	1,4- ジオキサン	
mg/L	0.005	0.09	0.3	1.5	0.3	0.3	0.5	
農用地以外についての基準	土壌汚染対策法 <含有量試験>							
	基準値	水銀	カドミウム	鉛	六価クロム	ヒ素	セレン	
	mg/kg	0.1	150	150	250	150	150	
	基準値	シアン	フッ素	ホウ素				
	mg/kg	50	4,000	4,000				
	金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を定める省令 <溶出量試験：「農用地についての基準」と同様>							
基準値	水銀	カドミウム	鉛	六価 クロム	ヒ素	セレン	1,4- ジオキサン	
mg/L	0.005	0.09	0.3	1.5	0.3	0.3	0.5	

本事業で製造した河川支障木チップの焼却灰について、表 9-12 の項目について試験を行った結果を表 9-13 に示します。試験結果は、農用地及び農用地以外についてすべての項目で基準値を満足しました。このため、河川支障木チップの焼却灰は農用地及び農用地以外で融雪資材として安全に利用できるものと判断されました。

表 9-13 河川支障木焼却灰の試験結果

農用地についての基準

<含有量試験>

項目	単位	分析結果	基準値
水銀	mg/kg	<0.01	2
カドミウム	mg/kg	<0.1	5
鉛	mg/kg	<1	100
クロム	mg/kg	51	500
ヒ素	mg/kg	1.6	50
ニッケル	mg/kg	120	300

<溶出量試験>

項目	単位	分析結果	基準値
水銀又はその化合物	mg/L	<0.0005	0.005
カドミウム又はその化合物	mg/L	<0.001	0.09
鉛又はその化合物	mg/L	<0.005	0.3
六価クロム又はその化合物	mg/L	0.14	1.5
ヒ素又はその化合物	mg/L	<0.005	0.3
セレン又はその化合物	mg/L	<0.002	0.3
1,4-ジオキサン	mg/L	<0.005	0,5

農用地以外についての基準

<含有量試験>

項目	単位	分析結果	基準値
水銀及びその化合物	mg/kg	<0.1	0.1
カドミウム及びその化合物	mg/kg	<1	150
鉛及びその化合物	mg/kg	<10	150
六価クロム化合物	mg/kg	8.4	250
ヒ素及びその化合物	mg/kg	2	150
セレン及びその化合物	mg/kg	<1	150
シアン化合物	mg/kg	<1.2	50
フッ素及びその化合物	mg/kg	92	4,000
ホウ素及びその化合物	mg/kg	200	4,000

<溶出量試験>

「農用地についての基準」と同様

## 10. 調査研究会の運営

本事業の実施に当たり、本町では「当別町木質バイオマス地域アライアンス調査研究会」を設置しています。本年度の研究会は、新型コロナウイルス流行の影響により、すべて書面にて開催しました。

### 第1回当別町木質バイオマス地域アライアンス調査研究会

■実施日：令和2年5月

■議 題

- ・コンソーシアム「当別町木質バイオマス地域アライアンス」の本年度事業について
- ・当別町における本年度事業について  
(事業内容・方向性について意見聴取)

### 第2回当別町木質バイオマス地域アライアンス調査研究会

■実施日：令和2年12月

■議 題

- ・12月までの事業内容について中間報告・意見聴取

### 第3回当別町木質バイオマス地域アライアンス調査研究会

■実施日：令和3年2月

■議 題

- ・本事業の実施内容について報告

## 11. 本事業成果のまとめ

本事業では、河川支障木の利用可能性や、河川支障木由来のチップ製造及びその利用に向けての課題を抽出し、課題解決に向けた調査を実施することができました。また、実際に使用するボイラについてチップ投入時やボイラ操作時の課題や故障リスクを把握し、チップ燃焼灰の資源としての活用に向けた調査を行いました。

調査内容及び調査によって得られた結果等を、表 11-1 に示します。

表 11-1 事業成果のまとめ

実施年度	実施内容	事業成果総括
令和元年度 ～ 令和2年度	河川支障木の状態把握調査	本調査では、地域内における河川支障木の状況を把握することができました。河川支障木は間伐材と比較して性質上の大きな差は見られませんでした。伐採後の河川支障木は含水率が非常に高く、燃料利用前に十分乾燥させる必要があることが分かりました。
令和元年度 ～ 令和2年度	河川支障木の乾燥調査	乾燥試験区における調査では、河川支障木を自然乾燥させることで含水率を35%以下まで乾燥することができ、パレットやブルーシートを用いることによって乾燥効率が上昇することが分かりました。また、機械乾燥調査では、モックアップ試験により、チップ乾燥のデータ収集を行い、それを基に本年度公共施設に導入したボイラ設備の一部として送風乾燥装置を設置しました。
令和元年度 ～ 令和2年度	河川支障木の運搬調査	本調査では、河川支障木の伐採～1次集積～運搬の工程を明らかにし、実際の10tダンプの損料・諸経費や人件費を考慮した運搬コストを求めました。
令和元年度 ～ 令和2年度	河川支障木のチップ化調査	本調査では、河川支障木由来のチップ化及び運搬の工程を明らかにし、実際の機器の損料・諸経費や人件費を考慮したチップ化コストを求めました。また、チップ化を行う際のスクリーン選定についても調査を行い、35mmスクリーンの使用でボイラの規格に合った大きさのチップをオーバー材も少なく製造できることが分かりました。
令和元年度 ～ 令和2年度	チップの分析調査① (チップの価格設定等の検討に係る調査)	本調査では、チップの価格設定方法や他地域の状況、河川支障木由来のチップの価格設定に当たり重油価格との比較を考慮する場合の考え方などについて調査しました。これらの調査で得られた知見なども踏まえ、本町では本年度から送水熱量による取引を開始しました。
	チップの分析調査② (性状分析)	本調査では、河川支障木は間伐材と比較すると灰分がやや高い傾向があるものの、大きな性状の違いは見られず、本年度公共施設に導入したボイラにより実施した実機による燃焼試験においても、河川支障木由来のチップは問題なく燃焼することが分かりました。また、河川支障木由来のチップの燃焼灰について、成分分析を行った結果、農地及び農地以外で融雪資材として使用しても問題がないことを確認しました。

## 12. 本事業の課題と今後の展望

本事業を通して抽出された課題は、表 12-1 のとおりです。本事業は本年度で終了となりますが、当別町における木質バイオマス資源の更なる活用に向け、引き続き検討を行うことが必要です。

表 12-1 今後の課題と展望

実施年度	実施内容	挙げられた課題・展望
令和元年度 ～ 令和2年度	河川支障木の状態把握調査	・当別川と環境が異なる別の河川にて伐採された河川支障木を使用する場合、樹種や性状の違いを改めて把握、検証
令和元年度 ～ 令和2年度	河川支障木の乾燥調査	・水分透過シートや建屋の利用など、高品質な乾燥チップ取扱量の増加に向けたより効果的な自然乾燥・保管方法の検討、検証
令和元年度 ～ 令和2年度	河川支障木の運搬調査	・間伐材についての運搬コストの把握 ・河川支障木及び間伐材の双方を使用する場合の運搬コストの把握
令和元年度 ～ 令和2年度	河川支障木のチップ化調査	・間伐材についてのチップ化コストの把握 ・河川支障木及び間伐材の双方を使用する場合のチップ化コストの把握 ・チップの保管方法についての検討
令和元年度 ～ 令和2年度	チップの分析調査① (チップの価格設定等の検討に係る調査)	・本事業にて算出したチップの熱量価格について、事業終了後に事業者へヒアリングを行い、価格の妥当性等について確認
令和元年度 ～ 令和2年度	チップの分析調査② (性状分析)	・木質チップボイラの状態についての把握及び状態に合わせた清掃方法等の検討 ・焼却灰を融雪資材として有効利用する際の散布方法についての検討

---

〈 参考文献 〉

- ・ 燃料用木質チップの品質規格（一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会,公式 HP)
- ・ 木質バイオマスボイラー導入・運用にかかわる実務テキスト（林野庁(平成 24 年実施事業)
- ・ 木質バイオマスボイラー導入指針（株式会社森のエネルギー研究所(平成 24 年 3 月))
- ・ 木質バイオマス燃焼灰の融雪資材としての利用法（独立行政法人北海道立総合研究機構 森林研究本部 林産試験場 環境・地質研究本部 環境科学研究センター(令和元年 5 月))
- ・ 焼却灰（天然木由来）の利用の手引き（北海道 水産林務部林務局林業木材課 環境生活部 環境局循環型社会推進課 農政部生産振興局技術普及課(平成 29 年 3 月))
- ・ 木質バイオマス燃焼灰の自ら利用の手引き（高知県 林業振興・環境部 木材利用推進課 林業振興・環境部 環境対策課 農業振興部 環境農業推進課(平成 26 年 7 月))
- ・ 「木質燃焼灰の雪上散布における融雪水の安全性の検討」（折橋 健ら、第 29 回廃棄物資源循環学会研究発表会講演集,平成 30 年 9 月)
- ・ 「木質バイオマス燃料を乾燥する」（山田 敦、林産試だより令和 2 年 7 月号)
- ・ 「やさしい木質チップ燃料の検収マニュアル」（美深町,平成 28 年 3 月)
- ・ 「木質チップ燃料調達のガイドライン」（山形県最上地域,平成 26 年 3 月)
- ・ 「北海道における木質バイオマス発電所向け未利用材の供給ポテンシャルの試算」（酒井 明香、日林誌(令和 29 年)99:233-240)
- ・ 「バイオマス熱利用の理論と実践」（特定非営利活動法人 農都会議 編,日本工業出版,令和 2 年 7 月)
- ・ 「平成 23 年度 林野庁補助事業 地域材供給倍増事業 木質バイオマス利用に係る環境影響評価調査等支援のうち 木質バイオマス LCA 評価事業報告書」（株式会社森のエネルギー研究所、平成 24 年 3 月)

# 成績書（試験）

林 産 試 第 2003-14-2 号

令和2年（2020年）12月2日

パシフィックコンサルタンツ株式会社 北海道支社

支社長 大住 勉 様

地方独立行政法人北海道立総合研究機構

理事長 田中 義克



試験等の依頼事項 含水率試験

試験等の提出試料 別紙のとおり

試験等の期間  
自 令和 2 年 8 月 20 日  
至 令和 2 年 11 月 26 日

試験等の結果 別紙のとおり

試験等の担当者の職・氏名 森林研究本部 林産試験場  
利用部 バイオマスグループ 主任主査 山田 敦

なお、この成績書（試験）を他に転用もしくは掲載するときは、必ず全文を記載してください。

林 産 試 験 場

## 河川支障木の含水率の測定

## 1 試料

旧中小屋中学校に保管された河川支障木12本から、令和2年5月19日及び8月27日に採取した円板を試料とした（写真1,2参照）。

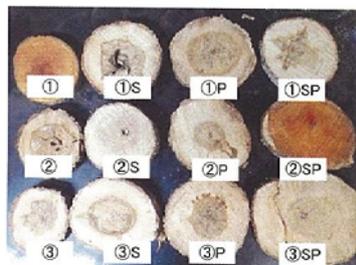


写真1 供試試料（5月19日採取）

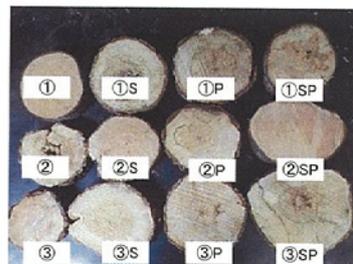


写真2 供試試料（8月27日採取）

## 試験方法

試料を105℃で恒量となるまで乾燥し、その減量の試験体に対する質量百分率をもって含水率（湿量基準）とした。

## 3 結果

下表のとおり。

区 分	No.	樹 種	含水率[%]	
			5月19日	8月27日
シート無 <sup>ハ</sup> レット無	①	ハンノキ	44.3	22.8
	②	ヤナギ	51.8	45.8
	③	ヤナギ	45.2	37.5
	平均	-	47.1	35.4
	標準偏差	-	3.3	9.5
シート有 <sup>ハ</sup> レット無	①S	ヤナギ	49.6	39.7
	②S	ヤナギ	43.5	21.7
	③S	ヤナギ	44.4	25.7
	平均	-	45.8	29.0
	標準偏差	-	2.7	7.7
シート無 <sup>ハ</sup> レット有	①P	ヤナギ	50.4	38.4
	②P	ヤナギ	41.9	30.2
	③P	ヤナギ	45.0	36.0
	平均	-	45.8	34.9
	標準偏差	-	3.5	3.4
シート有 <sup>ハ</sup> レット有	①SP	ヤナギ	41.1	25.4
	②SP	ハンノキ	40.5	19.5
	③SP	ヤナギ	50.3	37.1
	平均	-	44.0	27.3
	標準偏差	-	4.5	7.3
総平均	-	-	45.7	31.6
総標準偏差	-	-	3.7	8.2

# 成績書（分析及び試験）

林産試第 2003-14-1 号

令和2年（2020年）12月2日

パシフィックコンサルタンツ株式会社 北海道支社

支社長 大住 勉 様

地方独立行政法人北海道立総合研究機構

理事長 田中 義克



試験等の依頼事項 木質燃料に関する工業分析及び発熱量の測定試験

試験等の提出試料 別紙のとおり

試験等の期間 自 令和 2 年 8 月 20 日

至 令和 2 年 11 月 26 日

試験等の結果 別紙のとおり

試験等の担当者の職・氏名 森林研究本部 林産試験場  
利用部 バイオマスグループ 主任主査 山田 敦

なお、この成績書（分析及び試験）を他に転用もしくは掲載するときは、必ず全文を記載してください。

林産試験場

## 木質チップ燃料に関する工業分析及び発熱量の測定試験

## 1 試料

間伐材チップ及び河川支障木チップを試料とした  
(写真参照)。水分測定後、試料を粉碎し、粒径 $250\mu\text{m}$   
以下としたものを工業分析及び発熱量測定に供した。



写真 供試試料

## 2 試験方法

JIS-M8812「石炭類及びコークス類－工業分析法」およびJIS-M8814「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」に従い、工業分析（水分・灰分・揮発分・固定炭素）および発熱量の測定試験を行った。試験方法を以下に示す。

## (1)水分定量方法

試料を $105^{\circ}\text{C}$ で恒量となるまで乾燥し、その減量の試験体に対する質量百分率をもって水分とした。

## (2)灰分定量方法

試料約 $1\text{g}$ を空气中で $815^{\circ}\text{C}$ に加熱灰化し、残留した灰の量の試料に対する質量百分率を灰分とした。

## (3)揮発分定量方法

試料約 $1\text{g}$ をふた付きのつぼに入れ、空気の接触を避けるようにして $900^{\circ}\text{C}$ で7分間加熱したとき、その加熱減量の試料に対する質量百分率を求め、これから同時に定量した水分を差し引いて揮発分とした。

## (4)固定炭素百分率算出方法

上述の方法で求めた水分・灰分・揮発分の定量値を差し引いて固定炭素量を算出した。

## (5)発熱量測定方法

カロリーメータ（IKA社製C5000）を用いて試料の総発熱量を測定した。

## 3 結果

下表のとおり。ただし（ ）内は無水ベース（水分0%に換算した値）を示す。

	間伐材チップ	河川支障木チップ
(1)水分 [%]	40.2 ( 0.0 )	43.3 ( 0.0 )
(2)灰分 [%]	0.3 ( 0.4 )	0.5 ( 0.9 )
(3)揮発分 [%]	49.7 (83.2)	47.0 (82.8)
(4)固定炭素[%]	9.8 (16.4)	9.2 (16.3)
(5)発熱量 [MJ/kg]	12.19 (20.39)	11.26 (19.84)



# 河川支障木チップ製造調査研究事業 【令和 2 年度調査報告書】

発行 令和 3 年 2 月

発行元 当別町

〒061-0292 北海道石狩郡当別町白樺町 58 番地 9

T E L 0133-27-5089

F A X 0133-23-3206

<http://www.town.tobetsu.hokkaido.jp/>

この報告書は、公益財団法人北海道市町村振興協会（サマージャンボ宝くじの収益金）の助成を受けて作成しています。

