

4 3 . 木質バイオマス実証実験

(1) 林地残材チップ化実験の実施結果

森林組合と協議し、切り捨て間伐を実施予定の山林(エリア)を特定した。さらに、選定したエリアの間伐材を土場まで集積してもらい、それぞれの工程にかかる労働力と時間を計測する実証実験を行い、集積方法や集積場所の検討を行った。

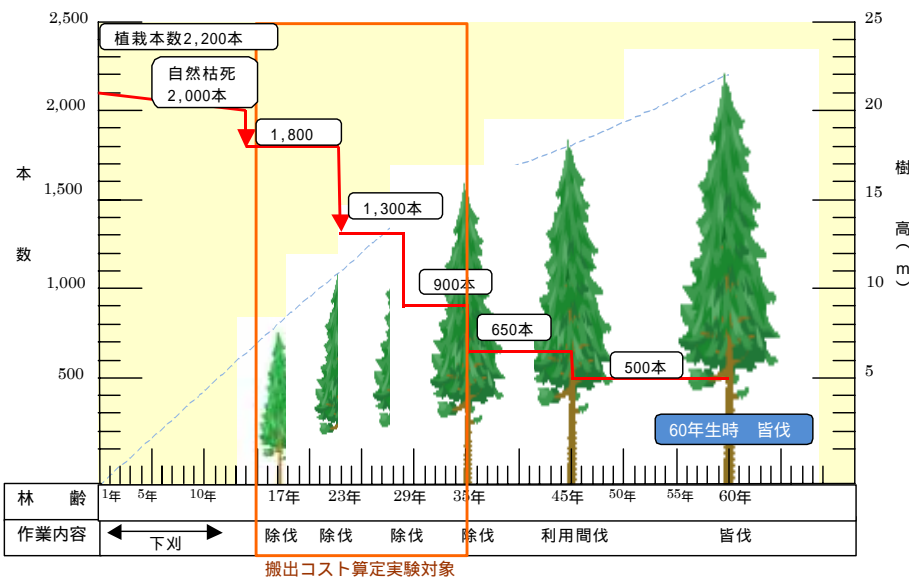
1) 間伐の概要

種類	項目	内容	備考
間伐	時期	4月、7月、12月頃の短期間	植栽(5-6月、10-11月)と下草刈り(7-8月)が優先
	作業人数	4~5人で1チーム構成	全2チーム
	伐採方法	1人が1台のチェーンソーを持ち作業	使用機械など
	集積方法	皆伐の場合、機械で一定エリアの樹木を全て搬出	間引き(除伐、利用間伐)では機械が入れないため集積は難しい
	樹種	カラマツ、トドマツが主	

2) 現状の間伐手法の整理

種類	樹齢	回数	林地残材	備考
除伐	15~35年程度	4回程度 最低5年間隔	全木	間伐材発生量が多いので搬出コスト算定実験対象とする 機械が入れないので現在集積・搬出していない
利用間伐	35~55年程度	1~2回程度	先端部分、根元部分 皮・枝	幹の部分は製材として搬出している
皆伐	60年程度	1回	全木	細い樹木や不整形の樹木は搬出せず、林地残材となる
			皮・枝	基本的に林地残材となる

時間経過と間伐手法の変化の関係イメージ



3) 伐材搬出コスト調査実験

実験実施時期、場所

実施時期	間伐・伐倒・収集	平成 22 年 9 月 3 日
	運搬	平成 22 年 9 月 6 日
	チップ化	平成 22 年 9 月 10 日
実施場所	ニセコ町西富地区（私有林）	

実証実験実施箇所図



作業手順と結果

実証実験は、林地残材発生量の多い除伐エリアにおいて行った。作業方法は、ニセコ町の現在の間伐方法に即して、伐採と収集は手作業にて行い、積込と運搬は地元の産業廃棄物事業者が所有している重機を用いて行った。

なお、作業面積は、工程に手作業（過大な疲労を避けて）が含まれるため、1日で作業を完了できる0.05haと小さな面積設定を行った。

北海道全体の林地残材発生量推計値	
間伐手法の種類	林地残材発生量
利用間伐・皆伐	218.3千t
除伐	1,112.6千t

実験対象とする間伐手法の設定
林地残材発生量の多い除伐の搬出コストを実証調査

出典 平成20年度林地残材の効率的な集荷システムづくりモデル事業報告書（北海道）

作業条件の設定

項目	作業条件	備考
対象面積	0.05ha = 20m × 25m 全間伐面積 1.4ha	一日で作業を完了できると想定した面積
伐採本数	26本	全76本（全体の34%伐採）
樹種、樹齢	カラマツ 18年生	
集材方法	短幹・枝条の仕分け集材	除伐現場で切り捨てる際の基本形式

間伐作業フロー

工程	時間	対応数	使用機械	作業内容	対応者
伐倒	40分	2人	チェーンソー	根元部分から伐倒	南しりべし森林組合
枝払い 玉切り			チェーンソー	枝払い、玉切り（2m間隔切断）	
集積	1時間 30分	6人	手作業	伐採場所から土場へ間伐材を収集 樹木は林道際法面、枝葉は林道上に収集 樹木の密度が高いため機械使用不可	
積込	50分	1台	バックホー	幹：ワイヤーで吊るして積込（3回） 枝葉：バケットでつかんで積込（5回）	(有)中野産業
運搬	10km	1台	大型トラック	前方に枝葉、後方に幹を仕分けて積込み 最大26m ³ 積込対応	
重量測定			車重測定器	車重の事前・事後の差	
チップ化		1台	大型チップ製造機	大きな粒度（30～70mm）のチップを製造	
含水率測定				チップの乾燥前後の重要差から木材の含水率を測定	

コスト・材量の調査

伐採～収集～運搬～チップ化までのコストと材量を実証調査

< 費目 > 労務費（人件費） 機械損料 重機運搬費 試算項目（諸経費、付帯人件費）

< 材量 > 伐倒本数：26本 運搬体積：20 m³、運搬重量：2440kg チップ体積：
幹 7.9 m³・枝葉 2.9 m³ 含水率

既存の研究資料との比較

北海道での研究結果との比較（林地残材の効率的な集荷システムづくりモデル事業）

実験の様子

) 伐倒、枝払い・玉切り



チェーンソーで樹木を根元から伐倒



枝払いをしながら2m 間隔に切断



) 収集



6人かかりで幹と枝を収集



) 積み込み



収集した樹木をバックホーで積み込み 枝葉はバケットでつかみ、幹はワイヤーで吊下げる



大型トラックに枝葉と幹を分けて積み込み

) チップ化



大型チップパーに材料を投入 材料が高速ハンマーで砕かれ、チップとなる



チップ化された樹木は体積が減少する 体積は幹の方が多く、枝葉のチップは緑色となった

(2) 林地残材チップの燃焼実験結果

1) 実証実験の実施概要

林地残材チップ化実験でつくったチップを実際にチップボイラーで燃焼させて、効率やボイラーとの適合性などを検証するため、チップボイラーの実験機にて燃焼実験を行った。

実施概要

- ・実施時期 平成 22 年 12 月 6 日
- ・実施場所 芦別温泉スターライトホテル(芦別市旭町油谷)
- ・測定項目 チップ投入量(重量) / チップ含水率 / 排気ガス温度 / 排気ガス成分

実施場所



2) 実証実験の実施方法

施設配置

本実証実験は、芦別温泉スターライトホテルに設けられた仮設のボイラー室内で行った。



仮設のチップ貯蔵庫(左)
とボイラー室(右)



仮設ボイラー室内の様子 (東側)



仮設ボイラー室内の様子 (西側)

実証実験の様子



チップの計量

電子天秤とバケツを用いてチップを計量し、燃焼炉に投入した。

本実証実験では、チップが貯蔵庫からボイラーへと向かう途中の開口部からチップを投入した。



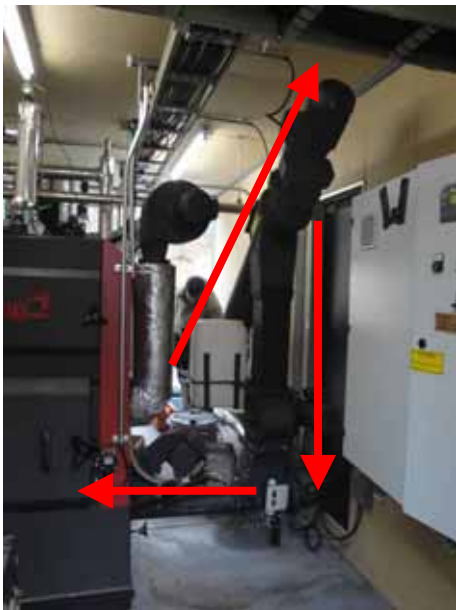
チップ挿入の様子



チップ挿入の様子



チップ投入口内部



チップの流れ

投入されたチップは、自動的に燃焼炉まで運ばれる。

チップの送り速度は、試料の量に合わせて自動的にコントロールされる。

含水率が高いチップを燃やすと、不完全燃焼が起き、煙突から黒い煙が立ち上る様子が観察された。(完全燃焼しているときには、無色の煙)

燃焼炉脇の箱には、灰が蓄積した。

今回得られた灰には、土砂などの不純物が含まれており、灰を二次利用するためには、このような不純物を取り除く必要がある。



煙突から出た黒煙の様子



燃焼炉脇の灰蓄積部

測定項目

含水率測定

ザルトリウス(Sartorius)社製 分水計 MA40 を使用。

上部の蓋部に取り付けられたヒーターで加熱し、サンプルの重量変化を測定することで、含水率を自動で計算する。



温度測定

排気ガス、ボイラー入口付近の湯温、ボイラー出口付近の湯温、室温の 4 か所の温度を測定した。

排気ガス成分分析



排気ガスの成分分析装置



排気口からガスを採取

株式会社堀場製作所(HORIBA)社製のポータブルガス分析計 PG-250 を使用。燃焼排気ガス中の 5 成分 (NO_x、SO₂、CO、CO₂、O₂) を 1 台で高精度に測定することができる。

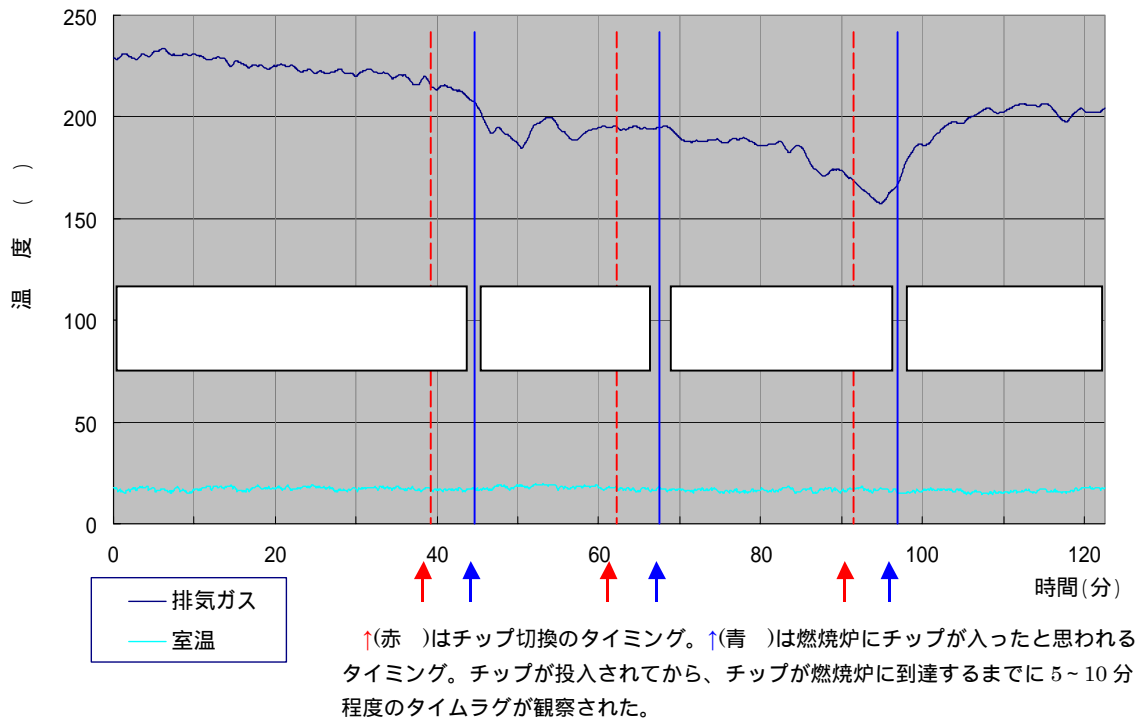
排気口にある計測用窓からパイプを通して排気ガスをガス分析計へ誘導した。

3) 実験結果

温度(排気ガス、室温)測定値

投入したチップは、全部で4種類である。チップ投入後およそ10分程度で燃焼炉に到達する。

二次破碎と乾燥させた一次破碎のチップを燃焼させた場合の排気ガス温度が高い。



投入したチップ形状

定格チップは、切削チップパーでチップ化されているため、50mm程度で概ね均一である。これに対して、実験で使用する二次破碎チップはおがくず状のチップを含めて5mm以下程度となっており、非常に細かい粒状となっている。一次破碎チップは、100mm以上のチップも混在しており、粒度は非常に不均一である。100mm以上のチップは導入部分で詰まる可能性が高いため、取り除きながら投入した。

	(定格チップ)	二次破碎	一次破碎 枝条	一次破碎 幹	一次破碎 乾燥
写真					
粒度	概ね均一 50mm以下程度 (切削チップ)	概ね均一 5mm以下程度 (おがくず状含む)	不均一 50mm以下程度 (径は不均一)	不均一 50mm以下程度 (破碎チップ)	不均一 50mm以下程度 (破碎チップ)
投入方法	実験では不使用	そのまま投入	100mm以上のチップを排除して投入		

チップ含水率・排気ガス成分

排気ガス平均温度を見ると二次破碎チップが 224 と最も高く、乾燥させた一次破碎チップが 203 と次いで高い。枝条と幹の一次破碎チップは 180～190 程度と低い排気ガス温度となっている。排気ガス温度が低下するにつれて排気ガスに含まれる CO 濃度が高くなり、不完全燃焼していることが確認できる。

	排気ガス平均温度	含水率	排気ガス成分	参考値 (その他排気ガス成分)		
			CO(ppm)			
2次破碎チップ	223.6	52.24%	324～3,788	NO _x SO ₂ CO ₂ O ₂	44～134 ppm 1～7 ppm 6.66～9.09 vol% 10.46～13.00 vol%	
1次破碎チップ	枝条	193.0	51.29%	5,000 以上	NO _x SO ₂ CO ₂ O ₂	66～110 ppm 18～23 ppm 3.81～5.30 vol% 13.94～15.60 vol%
	幹	183.0	59.87%	4,190～4,800	NO _x SO ₂ CO ₂ O ₂	39～43 ppm 21～28 ppm 3.91～4.64 vol% 14.93～15.60 vol%
	乾燥	203.0	35.57%	316～586	NO _x SO ₂ CO ₂ O ₂	122～158 ppm 5 ppm 6.29～7.37 vol% 12.22～13.44 vol%
定格チップ 燃焼時	230.5	18.87%	500 以下		-	

株式会社 NERC データ提供

完全燃焼時の排気ガスに含まれる CO 排出量は、1,000ppm 以下となる

(参考) 残材の乾燥

伐採後の残材は、湿潤含水率で 40%～60%もの水分を含む。伐採時期にもよるが、山土場で数か月放置することで、残材の含水率は半分程度に低下することが多い。本州では伐採時期をずらして残材を収集する事業者もある。ただし、その場合は重機の運搬費がもう一度かかることになるため、収集量が少ない場合には、伐採直後に需要先に運んでストックヤードで乾燥させる方が効率的と考えられる。

4) 考察

いずれも定格チップ燃焼時と比較すると排気ガス温度は 10 以上低い結果となっている。これは、主に含水率が基準値よりも高いことが原因であり、チップ形状に問題はない。含水率が高く、粒度の大きなチップに対応するように設計されたボイラーであれば、問題なく完全燃焼させることは可能である。

最も良好な燃焼が確認されたのは、一次破碎チップ(乾燥)であった。これは、ボイラー設計時に設定されている含水率とチップ粒度が基準値に近いためである。その他チップの燃焼が安定しなかった理由は、チップ自体に問題があるのではなく、ボイラー設計時に含水率やチップ粒度を設定することで安定した完全燃焼にすることができる。

ただし、含水率が高いチップを使用すると燃焼効率が低下するため、30%程度以下のチップを燃焼させることが望ましい。

チップ燃焼状態の考察(定格チップ燃焼時との比較)

		定格チップ燃焼時との比較		考察
2次破碎試料	チップ粒度	5mm 以下程度 (おがくず状含む)		・含水率が基準値より高いが、チップ粒度が細かいため、炉内での乾燥効率が良く、部分的に完全燃焼が確認された ・不完全燃焼は、基準値より含水率が高く、粒度が細かすぎることが原因と想定される
	含水率	52.24%と基準値より高い		
	排気ガス温度	定格燃焼時よりも 7 程度低い		
	CO 排出量	300 ~ 4,000ppm 程度と燃焼が安定しない		
1次破碎試料	枝条	チップ粒度	50mm 以下程度 (径は不均一)	・含水率が基準値より高く、粒度が大きく乾燥効率が低いため、常時不完全燃焼であった
		含水率	51.29%と基準値より高い	
		排気ガス温度	定格燃焼時よりも 38 程度低い	
		CO 排出量	5,000ppm(測定限界)以上のCOが検出された	
	幹	チップ粒度	50mm 以下程度 (破碎チップ)	・含水率が基準値より高く、粒度が大きく乾燥効率が低いため、常時不完全燃焼であった
		含水率	59.87%と基準値よりも高い	
		排気ガス温度	定格燃焼時よりも 48 程度低い	
		CO 排出量	4,000 ~ 5,000ppm の高濃度のCOが検出された	
	乾燥	チップ粒度	50mm 以下程度 (破碎チップ)	・含水率が基準値以下で、チップの粒度も定格チップに近いことから、安定的な完全燃焼を得ることができた
		含水率	35.57%と基準値よりも低い	
		排気ガス温度	定格燃焼時よりも 28 程度低い	
		CO 排出量	CO の濃度は、300 ~ 600ppm とわずかであった	
備考		チップ形状による出力の低下については、設計時の調整で対応する必要がある		

(3) 林地残材チップ化コストの検証

1) 林地残材チップ化コストの算出

今回の実証実験で要したコストを下記に示す。なお、手作業で行う伐採と集積については、当初の想定より短時間で完了した。

面積 0.05ha あたりの林地残材チップ化コスト

工程		数量 1	数量 2	単価	実験費用	備考
伐採		40分	2人	14,500円/人区	2,417円	= 40/60/8*14,500*2
集積		90分	6人	14,500円/人区	16,313円	= 90/60/8*14,500*6
積込	重機稼動	50分	1台	6,500円/時間	5,417円	= 50/60*6,500*1
	重機運搬	-	-	28,000円/往復	28,000円	= 28,000
運搬	産廃車運搬	1.5時間	1台	10,000円/時間	15,000円	= 1.5*10,000、10km
(その他)	(満載率)		20m ³	26m ³ 上限	77%	= 20/26*100
チップ化		10.8m ³		5,000円/m ³	43,200円	= 10.8*4,000
合計					110,347円	収集重量 2.44t

1人区は1人が8時間作業する場合

2) 既存研究資料との比較

1haあたりのチップ化コストは、実証実験が約33,000円/t、林業試験場研究結果が約28,000円/tとなり、林業試験場研究結果の方が5,000円/t程度安価となった。

コスト差の最も大きな要因は、チップ化コストの単価の違いによるところが大きい。なお、実証実験ではチップ化工場でチップ化したため、生産量に応じてコストが加算された。一方、研究結果では現地で移動式チップパーを用いてチップ化したため機械損料と燃料費に応じてコストが加算された。

収集・積込コストについては、同程度のコストとなった。

なお、伐採費用が実証実験の方が安価な理由は、熟練工が効率よく伐採作業を進めたためと考えられる。

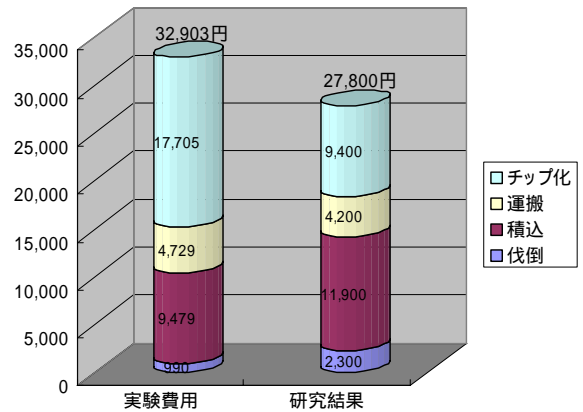
面積 1ha あたりの林地残材チップ化コスト比較

実証実験結果				林業試験場研究結果	
工程	0.05ha あたり 実験費用	1ha あたりのコスト試算		工程	作業費用
		作業費用	1 t 当り		
伐採	2,417 円	48,333 円	990 円/t	伐採	2,300 円/t
集積	16,313 円	326,250 円	6,685 円/t	集積	10,100 円/t
積込(稼働)	5,417 円	108,333 円	2,220 円/t	チップ積込	1,800 円/t
(機械運搬)	28,000 円	28,000 円	574 円/t		
運搬	15,000 円	230,769 円	4,729 円/t	運搬	4,200 円/t
(満載率)	(77%)				
チップ化	43,200 円	864,000 円	22,131 円/t	現地チップ化	9,400 円/t
合計	110,347 円	1,605,686 円	32,903 円/t		27,800 円/t
収集重量	2.44 t	48.8t			

林業試験場研究結果:「林地残材の効率的な集荷システムづくりモデル事業報告書(平成21年、北海道)」
 実験面積は0.05haから1.0haに拡大してコスト試算(林業試験場の研究結果の面積に合わせた)
 研究結果は運搬距離50kmだが、ニセコ町内の移動は10km程度で済むため、運搬距離の設定は実験結果と研究結果で異なる

面積 1t あたりの林地残材チップ化コスト比較：工程別

工程	実験費用	研究結果
伐採	990 円/t	2,300 円/t
収集・積込	9,479 円/t	11,900 円/t
運搬	4,729 円/t	4,200 円/t
チップ化	17,705 円/t	9,400 円/t
計	32,903 円/t	27,800 円/t



3) 林地残材搬出・チップ化に関する課題と対策

使用機械、作業内容に関する課題と対策

作業面積が大きくなった際の課題と対策

実証実験では、人力により集積を行ったため、作業面積 0.05ha が限界値となった。通常、間伐の作業面積は、数 ha 以上となり、この場合、人力で集積を行うことは困難となる。このため、グラップルなどの機械を使用して集積することが必要となるが、機械を使用するためには一定幅の作業道を人工林の中に確保する必要がある(実証実験では森林育成のための間伐が主目的であったため、作業道を確保することができなかった)。

チップパー使用によるコスト削減対策

実証実験と研究結果のコスト比較では、チップ化コストで最も大きな差が生じた。これは、チップ化コストの単価の違いによるところが大きい。チップパーを確保して機械損料と燃料費を負担する形式にすることで大きなコスト削減で期待できる。

さらに、現地にてチップパーを用いてチップ化することにより、作業場所からチップ工場へ林地残材を幹のまま運搬する工程が省けるほか、トラックで運搬する際に密度を高めることができるため(枝葉と幹を運搬すると隙間が多くなり密度が下がる)、効率的な運搬が可能となる。

実証実験と林業試験場研究結果との作業内容の比較

工程	実証実験	林業試験場研究結果	課題と対策
伐倒	人力作業(チェーンソー)による伐倒	人力作業(チェーンソー)による伐倒	差異はない
集積 (枝払い 玉切り)	機械が入れないため人力作業(チェーンソー)	枝払いは行わない 列状間伐により作業道を作り、機械(グラップル)による玉切りと集積の同時作業	コスト面では大きな差はないが、作業面積が広くなると人力作業による集積は困難となる 作業道を事前に確保して、機械による作業の効率化を行う必要がある
積込	枝葉と全幹をバックホーでトラックへ積込	不要(現地チップ化)	集積と同時に現地でチップ化することによる作業効率化を行う必要がある
運搬	枝葉と全幹を大型トラックで運搬	チップを大型トラックで運搬	現地でチップ化することにより密度が高くして、トラックに積み込む木材量を増やす工夫が必要
チップ化	チップ工場へ運搬した後、大型チップ製造機を用いてチップ化	(現地でチップ化するため不要)	チップ工場へ運搬することにより工程が増加する



集積機械: グラップル



チップパー

林地残材収集のための仕組みに関する課題

企業活動として林地残材を大量に集荷し、収益を確保するには、長期間にわたる効率的な手法の検討や、重機購入などの初期投資が必要となる。

しかし、徳島県上勝町で行われているような有償ボランティアによる林地残材の集荷システムを整えることにより、格段にコストを削減することができる。上勝町では、有償ボランティアと地域通貨を組み合わせ、1kg 当たり 1pt (1 円の町内商品券相当) を付与している。

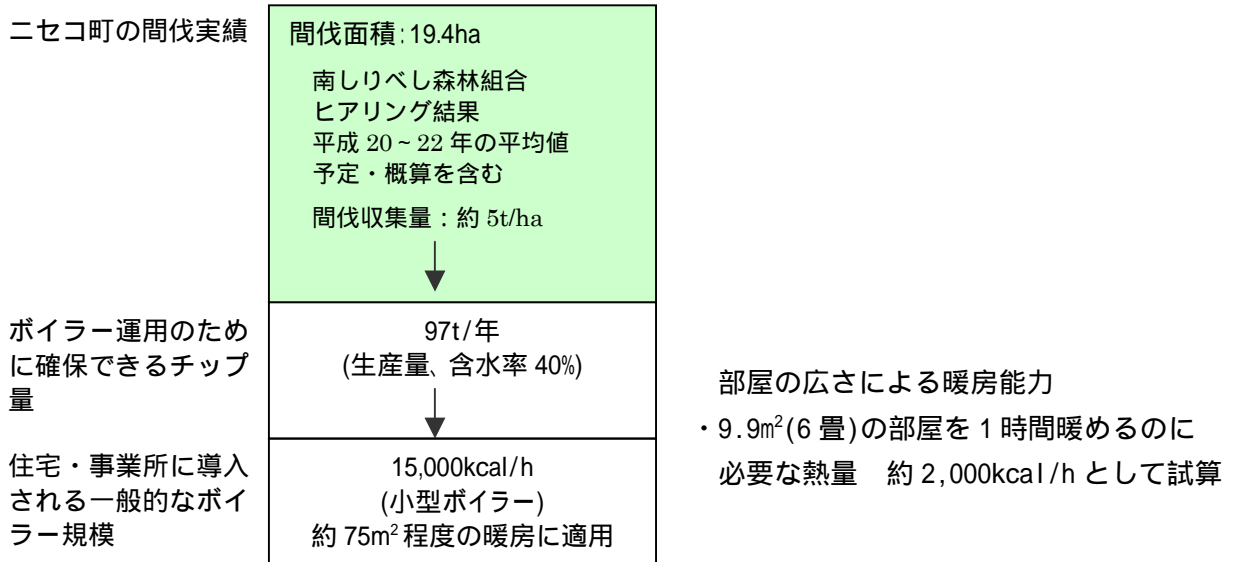
このように町民活動と連動した仕組みを地域に根付かせることで、抜本的な対策と町民意識の醸成を進めることも考えられる。

木質チップボイラーの導入可能性の検討

ニセコ町の間伐実績は 19.4ha 程度であり、林地残材を収集した場合、年間 97t 程度の木質チップが確保されることとなる。これに対応するチップボイラーの規模は、出力 15,000kcal/h 程度となり、一般的に一般住宅や事業所など 75m² 前後の暖房に適用される。

仮に、公共施設等へ中型チップボイラー(100 万 kcal/h クラス)を導入する場合には、700t/年程度のチップが必要となるため、ニセコ町の近隣市町村からチップを運搬するか、製紙工場からチップを購入する必要があるものと考えられる。

ニセコ町の林地残材による木質チップボイラーの導入可能性



林業試験場研究結果:

「林地残材の効率的な集荷システムづくりモデル事業報告書
(平成 21 年、北海道)」より

取引可能な林地残材活用コストの実現に向けて

林業試験場研究結果では、林地残材活用コストの目標値を 10,000 円/t として、目標達成のため、様々な手法の研究が進められている。下記に実証実験を行った未利用間伐（立木密度が高く、機械が入れない現場）における林地残材集荷モデルの研究例を示す。

< 販売価格の目標 >

製紙用チップの価格は、10,000 円/t 前後であり、林地残材を利用しているボードメーカーも林地残材チップを 10,000 円/t 程度にすることを目指しているとのことである。

仮に 10,000 円/t とし、A 重油の価格と比較試算すると、次のとおりとなり、化石燃料との優位性も確保することができる。

以上のことから、林地残材チップの価格は、8,000 円～10,000 円/t に設定するのが現実的であると考える。

燃料の種類	価格	発熱量	発熱量当たり単価
A 重油	69 円/λ	39.1MJ/λ	1.8 円/MJ
林地残材チップ	10 円/kg	12.2MJ/kg	0.8 円/MJ

A 重油価格は石油情報センター調べ（H20 年 12 月、運賃込み）による。

チップの発熱量は含水率 25～35%のもの

出典「林地残材の効率的な集荷システムづくりモデル事業報告書（平成 21 年、北海道）」

未利用間伐における林地残材集荷システムモデル（残材収集量 40～80t/ha）
 （基本的な条件）

- ・ 多大な初期投資を必要としない効率的な機械を使用する（下写真参照）
- ・ 作業道（4m 程度）を確保して機械収集を行う
- ・ 質の良い部位は用材として高い単価で販売する



土そり
 木材を引きずりながら
 大量に集積できる



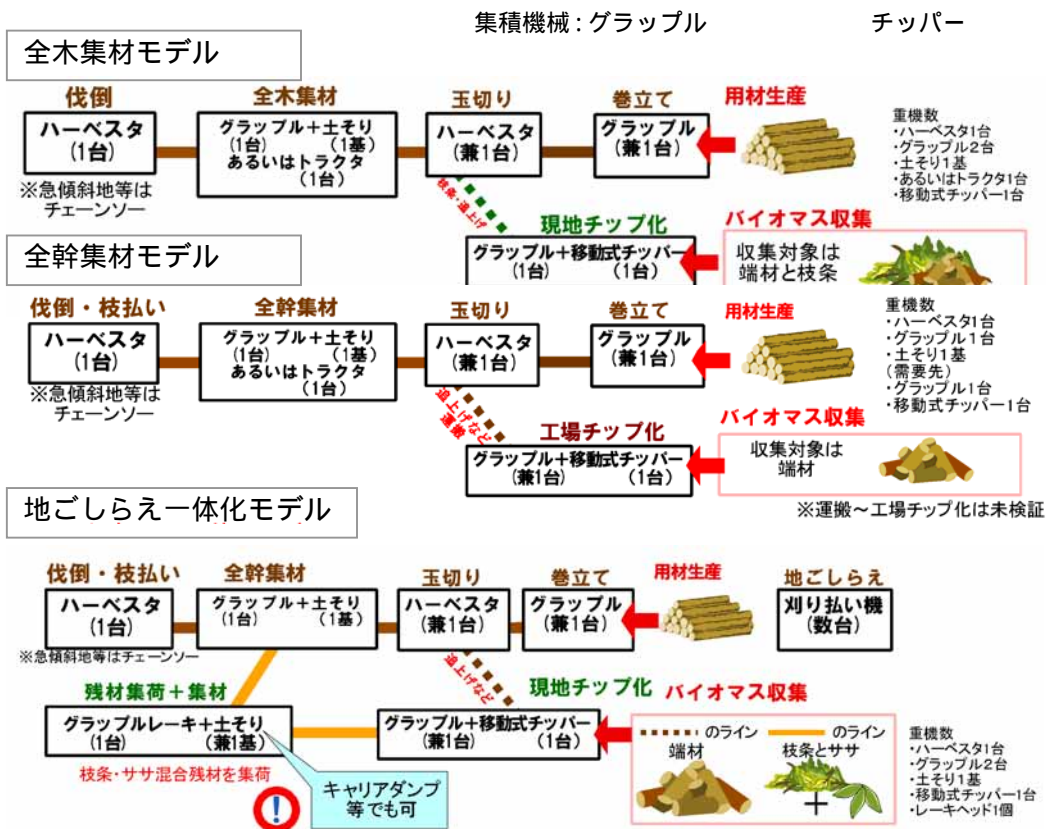
ハーベスタ
 伐倒と枝払いを同時
 に行う



グラップル
 つかむと同時に切
 断できる



チップパー
 現地でチップ化し
 て密度を高めて運
 搬できる



4) チップ購入による調達可能性の検討

近隣の森林組合の搬入コスト

実証実験の結果、ニセコ町における林地残材のチップ化コストは、取引可能な価格よりも3倍以上高いことがわかった。加えて、ニセコ町における林業の産業別人口比率は0.7% (2005年国勢調査)であり、林業従事者が非常に少ないことを考慮すると、木質バイオマスの活用にあたっては、町外からチップを購入することを検討する必要がある。

ようにて森林組合(京極町)へのヒアリング結果によれば、チップ単価は8,000円/t前後(年によって変動する)とのことである。なお、中型(100万kcalクラス)のチップボイラーの稼働に必要なチップ600~800t/年前後を調達するには、事前に体制を整えるなどの準備が必要であるので、調整が必要との事である。

産廃チップの購入可能性の検討

町内の産廃処理業者からチップを購入すると1,550円/m³の単価で5,000m³/年のチップを調達することができる(堆肥センターへの納入実績:JAヒアリング結果)。

なお、このチップは、すでに堆肥として使用しているチップであり、ボイラーを用いた燃焼に対しても特に問題はない。

堆肥センターへの納品実績

年度	納品量(m ³)	納品量(t)	単価
平成20年度	5,272	96.5	1,150円/m ³
平成21年度	4,871	89.1	4,713円/t
平均	5,072	92.8	

密度0.244t/m³で計算(平成20年度林地残材の効率的な集荷システムづくりモデル事業報告書より、カラマツ幹・枝条混合チップ、含水率43~46%)

チップ化コストの検証

先に整理したとおり、チップを実際に取り引する場合は、チップの市場価格及び重油価格との優位性を考慮して1万円/t程度が目安となる。

町外の森林組合からチップを購入する場合、そのコストは、8,000円/t程度で、中型(100万kcal/hクラス)のチップボイラーに必要なチップ量600~800t/年前後を確保する場合は事前に調整が必要である。

(4)木質バイオマス活用のコスト調査

1) 想定される需要施設とエネルギー消費量

ニセコ駅前温泉「綺羅乃湯」にチップボイラーを導入した場合について検討を行う。

現在の稼働状況

項目		備考
ボイラー稼働時間	平日 7:00 ~ 21:30	<ul style="list-style-type: none"> ・ピーク：冬季の16-17時と、朝方はフル稼働 ・暖房用ボイラーは、夏季はほぼ使用なし ・水曜定休日
	木曜 5:00 ~ 21:30	
営業時間	10:00 ~ 21:30	
年間稼働日数	313日程度	

既存ボイラーの設備概要

名称	台数	設計仕様	製品仕様
HB - 1 暖房温水ボイラー	1台	形式：真空式(1回路) 高出力型 暖房能力：400,000kcal/H 最高使用圧力 50mAq 伝熱面積：9.9m ² 熱源：灯油 53.5L/H 3 × 200V × 1.9kW	(株)タクマ((株)昭和プラント) HKFL-400AL 型(灯油用) 出力：400,000kcal/H (60 ~ 80) 最高使用圧力 50mAq 灯油焚：53.5L/H 3 × 200V × 1.9kW 寸法：1,708H × 770W × 2,088L 運転重量：1.6t (H17.5 ~ A 重油に変更)
HBR - 1 給湯温水ボイラー	1台	形式：真空式(2回路) 高出力型 出力：800,000kcal/H 給湯コイル：600,000kcal/H 温水コイル：200,000kcal/H 最高使用圧力 50mAq 伝熱面積：13.5m ² 熱源：灯油 109.4L/H 3 × 200V × 3.7kW	(株)タクマ((株)昭和プラント) HKFL-800BL 型(灯油) 出力：800,000kcal/H (56 ~ 90) 最高使用圧力 50mAq 灯油焚：109.4L/H 3 × 200V × 4.5kW 寸法：1,775H × 770W × 2,675L 運転重量：1.95t (H17.5 ~ A 重油に変更)

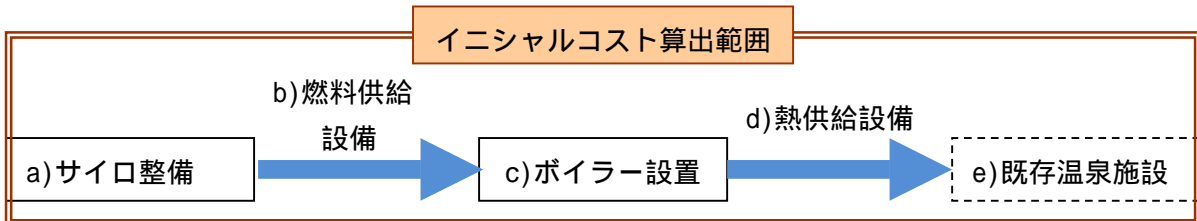
エネルギー使用量

		平成 21 年度		平成 22 年度	
		4/1 ~ 3/31	1 日平均	4/1 ~ 10/31	1 日平均
電力(kWh)	施設	253,876	695.55	145,070	677.90
	源泉	11,139	30.52	8,694	40.63
	合計	265,015	726.07	153,764	718.52
A 重油(L)					
	使用量	167,390	458.60	80,373	375.57

2) チップボイラー導入の設備規模想定と概算費用の整理

ニセコ駅前温泉「綺羅乃湯」の現在の稼働状況をもとに、チップボイラーメーカー(A社、B社、C社)が算出した概算整備コストを以下に示す。メーカーごとのコストや性能などについて比較・検討を行う。

設備イメージ図



設備概要の比較

	A社(スイス製)	B社(ドイツ製)	C社(オーストリア製)
型式	チップ焚きボイラー	木質燃料焚き 無圧式温水ボイラー	無圧開放型 温水ボイラー
使用ボイラー	定常時:チップボイラー ピーク時:既存重油ボイラー併用	チップボイラーのみ	定常時:チップボイラー ピーク時:既存重油ボイラー併用
出力	360kW	700kW	500kW
寸法	2600H×3450L×1250W	2335H×5335L×1730W	4000H×3000L×1400W (概略寸法)
重量	7,010kg	約15t	約15t(ファーンレス含)
燃料	・乾燥チップ、生チップ、 バーク(20%以下) ・チップサイズ 80×20×10mm (ダスト状の微粉チップは 不可)	・生チップ、ペレット、プリ ケット	・バーク100%でも可 ・生木、生チップも可
含水率	43%~100%(生チップ)	30%~100%(生チップ)	~100%(生チップ)
その他	・燃焼効率80% ・燃料投入は、スイベル アームによる投入 ・独自の燃焼炉構造で生 チップの乾燥完全ガ ス化を実現した	・燃焼効率90% ・自動燃料供給システム ・メンテナンスが容易 ・排気が少ない	・燃焼効率80% ・遠隔監視システム ・燃料供給がプッシュフィ ダー方式なので、チップ の大きさ、形状を問わな い

イニシャルコストの比較

ニセコ駅前温泉「綺羅乃湯」の平成 21 年度、平成 22 年度のエネルギー使用量の実績から求められる熱負荷量は、約 4,000～5,000kWh/日(熱負荷 = 発熱量×使用量)となる(A 重油の発熱量：10.9kWh/λ)。また、ボイラーの稼働時間が 14.5～16.5hr であることから、単位時間あたりの熱負荷は、250～350kWh/h となる。

A 社、B 社、C 社いずれも現在の熱需要を前提とした上で、今後の熱需要、季節変動・時間変動等を考慮し、設備の設計・選択を行った。

その結果、9,000 万円～1 億 5,000 万円程度の費用を要するものとなった。なお、A 社、C 社の費用には、土木基礎工事や既存温泉施設への接続工事に関する費用は含まれていない。また、今回のチップボイラーの導入コストの試算は、概算の検討であり、詳細な検討によりコストは変動するものである。

タイプ別コスト比較表

(単位：円)

項目	A 社 (スイス製)	B 社 (ドイツ製)	C 社 (オーストリア製)
定格ボイラー出力	360kW	700kW	500kW
土木建築工事	25,000,000 (基礎工事は除く)	14,300,000	25,000,000 (基礎工事は除く)
燃料供給設備	25,500,000	7,800,000	54,000,000
ボイラー設備		72,200,000	
熱供給設備	1,900,000	8,200,000	4,500,000
電気工事	1,200,000 (一次側電気工事は除く)	2,500,000	10,000,000 (一次側電気工事は除く)
配管工事	3,500,000	3,000,000	12,000,000
諸経費 (設計・管理費等)	36,500,000	31,960,000	36,500,000
計(税抜)	93,600,000	139,960,000	142,000,000

A 社の 土木費用、 諸経費については、C 社の見積もり金額を適用

A 社、C 社では、前ページの図で示す e)既存温泉施設への接続に関する費用は除く

(参考) 重油式ボイラーの価格

チップボイラーと同出力程度の灯油式ボイラーについてメーカーヒアリングを行い、得た回答を以下に示す。

定格出力			350kW	470kW	580kW	760kW(X社) 730kW(Y社)
価格	本体 試運転調整費 運送費	X社		455万円 6万円 18万円	570万 6万円 18万円	670万 6万円 18万円
	本体 試運転調整費	Y社	530万円 10万円	610万円 10万円	720万円 10万円	870万円 10万円

燃料コストの試算

綺羅乃湯の燃料使用量をもとに、チップボイラーを導入した場合の燃料費を試算した。

チップ価格を 10 円/kg として試算すると、チップ燃料費は、年間 800 万円～940 万円程度となる。

チップボイラーの燃料費

チップボイラー	A社設備導入後 (チップ式+重油式)	B社設備導入後 (チップ式のみ)	C社設備導入後 (チップ式+重油式)
定格ボイラー出力	360kW	700kW	500kW
必要熱量(kWh/年) (想定平均負荷×年間稼働時間)	1,495,000 (= 325kW/h × 4,600hr)	1,824,551	1,734,200 (= 377kW/h × 4,600hr)
ボイラー効率	80%	90%	80%
必要量(kg/年) (チップ発熱量 2.32kWh/kg)	805,496	873,827	934,375
燃料費(円/年) (単価 10 円/kg)	8,054,960	8,738,270	9,343,750

綺羅乃湯の必要熱量を 1,824,551(kWh/年)として試算(平成 21 年度実績値)

想定平均負荷、ボイラー効率は、各メーカーによる設定

チップ必要量(kg/年) = 必要熱量(kWh/年)÷チップ発熱量(2.32kWh/kg)÷ボイラー効率(%)

また、A社、C社のボイラーを導入した場合には、ピーク対応を重油式ボイラーで行うこととなり、重油式ボイラーの必要熱量は、綺羅乃湯の必要熱量からチップボイラーの熱量を差し引くことで求められる。

重油価格を 75 円/λとして試算すると、重油燃料費は、年間 62 万円～230 万円程度となる。

重油式ボイラーの燃料費

重油式ボイラー	既存設備 (重油式のみ)	A社設備導入後 (チップ式+重油式)	B社設備導入後 (チップ式のみ)	C社設備導入後 (チップ式+重油式)
必要熱量(kWh/年)	1,824,551	329,551		90,351
必要量(λ/年) (重油発熱量 10.9kWh/kg)	167,390 (H21年度実績)	30,234		8,289
燃料費(円/年) (単価 75 円/kg)	12,554,250	2,267,550		621,675

イニシャルコスト回収期間の試算

重油価格を 75 円/λ、チップ価格を 10 円/kg として試算すると、チップボイラーの導入により燃料費用は、年間 220 万円～380 万円程度安価となる。

重油価格とチップ価格は変動するが、この条件でイニシャルコストの回収期間を試算すると A 社 (チップ式+重油式) で 41.9 年、B 社 (チップ式のみ) で 36.7 年、C 社(チップ式+重油式) で 54.9 年となるが、補助金を活用することで回収期間は小さくなる。

燃料費削減効果とコスト回収期間

		既存設備 (重油式のみ)	A社設備導入後 (チップ式+重油式)	B社設備導入後 (チップ式のみ)	C社設備導入後 (チップ式+重油式)
燃料費計(円/年)		12,554,250	10,322,510	8,738,270	9,965,425
費用削減効果(円/年) (既存-導入後)			2,231,740	3,815,980	2,588,825
イニシャルコスト(円)			93,600,000	139,960,000	142,000,000
イニシャルコスト 回収期間(年)	補助金 無		41.9	36.7	54.9
	補助金 50%		21.0	18.3	27.4

補助金・交付金の例

補助金・交付金名	事業内容	管轄	補助率
地域バイオマス熱利用フィールドテスト事業	フィールドテスト	NEDO	1/2
地域バイオマス利活用交付金	施設整備	農林水産業	1/2、1/3
地域新エネルギー導入促進事業 (～H20年 NEDO) (H21年度～新エネルギー導入促進協議会)	施設整備・普及啓発	一般社団法人 新エネルギー導入 促進協議会	1/2(1/3)、 普及啓発は 定額
業務部門対策技術率先導入補助事業	施設整備	環境省	1/2

(2) チップボイラー導入コストに関する考察

A 社、C 社では、チップボイラーを中心にしながら、ピーク時（季節・時間変動等）への対応は既存の重油式ボイラーを併用する方式であり、これらの設備導入後の燃料費は、チップが 800～940 万円程度、A 重油が 60～230 万円程度と試算される。一方、B 社では、ピーク時対応も含めチップボイラー単独運用の方式であり、設備導入後の燃料費は、チップが 880 万円程度と想定される。

重油ボイラー併用方式では、CO₂ 削減の効果が小さくなる一方で、チップボイラー単独運用方式では、ピーク時対応は可能だが夏季の需要が少ない時期に燃焼効率が低下してしまう。このため、設備規模の選定にあたっては、熱の最大需要・最小需要について詳細な検討を行う必要がある。

また、メーカーによって投入可能なチップの形状や含水率が異なるため、調達するチップの特徴と同じ品質のチップの調達安定性を加味したボイラーの選定が必要となることにも留意が必要である。

	特徴	コスト 調査結果	仁シャルコスト 回収期間	対応可能な チップ形状
A 社	<ul style="list-style-type: none"> ・チップ式+重油式ボイラー ・360kW(スイス製) ・高い含水率でも燃焼可能 ・燃焼効率 80% ・チップ形状は規定あり ・ピーク対応：重油式ボイラー 	仁シャルコスト 93,600,000 円	50%補助活用 21.0 年	チップ形状 が限定
		燃料費削減効果 2,231,740 円/年		
B 社	<ul style="list-style-type: none"> ・チップ式ボイラーのみ ・700kW(ドイツ製) ・高い含水率でも燃焼可能 ・燃焼効率 90% ・チップ形状による設計条件設定が必要 ・ピーク対応：チップボイラー 	仁シャルコスト 139,960,000 円	50%補助活用 18.3 年	一定程度チ ップ形状が 限定
		燃料費削減効果 3,815,980 円/年		
C 社	<ul style="list-style-type: none"> ・チップ式+重油式ボイラー ・500kW(オーストリア製) ・高い含水率でも燃焼可能(バーク含む) ・燃焼効率 80% ・チップ形状を問わない(20cm 以上も可) ・メンテナンスはほとんど不要(年 1 回) ・遠隔監視システム ・ピーク対応：重油式ボイラー 	仁シャルコスト 142,000,000 円	50%補助活用 27.4 年	チップ形状 を問わない
		燃料費削減効果 2,588,825 円/年		

また、導入コストについては、イニシャルコストのみではなく、燃焼効率(チップ消費量)やランニングコストも含めた投資回収期間で検討することも必要となる。

今回の試算では、15年程度でイニシャルコスト+燃料費の合計は、チップ単独式のB社が最も安くなり、20年前後で既存の重油式ボイラーを使用し続けた場合のコストを下回るという結果を得た。チップボイラーの耐用年数は、25~40年(メーカーへヒアリング)であることから、補助金を活用することで投資回収が見込める可能性がある。

30年後のコスト試算

