

**平成 30 年度**

**木質バイオマス資源活用促進事業  
（林地未利用材集荷システム実証事業）**

**事業実施結果報告書**

**北 海 道**

**（業務受託者：株式会社森林環境リアライズ）**

本事業は、「電源立地地域対策交付金」を活用して実施しています。

# 目次

<b>1. 業務の概要</b> .....	<b>1</b>
1.1. 委託業務概要 .....	1
<b>2. 調査計画検討</b> .....	<b>2</b>
2.1. 調査実証に係る背景 .....	3
1) 林地未利用材の利用動向 .....	3
2) 北海道における林地未利用材の課題 .....	6
2.2. 調査実証コンセプト .....	9
1) 平成 29 年度調査結果概要 .....	9
2) 林地未利用材の集荷・搬出に係る実証コンセプト .....	11
2.3. 集荷・搬出の実証計画 .....	13
1) 実証地の選定 .....	13
2) 実証の作業データ取得 .....	14
3) 分析評価方法検討 .....	14
<b>3. 林地未利用材の集荷・搬出の実証</b> .....	<b>16</b>
3.1. 林地未利用材の集荷・搬出の実証事業の協力先との調整 .....	16
3.2. 実証事業 .....	16
1) 道北地区（中頓別町） .....	17
2) 道北地区（上川町） .....	18
3) 道央地区（京極町） .....	19
3.3. 実証地の主伐前の現地調査 .....	20
1) 道北地区（中頓別町） .....	20
2) 道北地区（上川町） .....	22
3) 道央地区（京極町） .....	23
3.4. 実証地の主伐・集材・搬出・地拵え作業システム .....	24
1) 道北地区（中頓別町） .....	24
2) 道北地区（上川町） .....	30
3) 道央地区（京極町） .....	37
3.5. 現地実証におけるデータ集計・分析・評価 .....	44
1) 道北地区（中頓別町） .....	45
2) 道北地区（上川町） .....	48
3) 道央地区（京極町） .....	51
3.6. 現地実証のまとめとこれまでの施業との比較分析・評価 .....	54
1) 伐採から地拵え、未利用材活用の一貫作業収支 .....	54
2) 伐木から地拵えまでの実証データの比較分析・評価 .....	57
3) 林地未利用材の集荷および木くず化 .....	61
3.7. 林地未利用材の水分変化 .....	66
<b>4. 関係者への意見聴収</b> .....	<b>71</b>
4.1. 意見交換会の開催 .....	71
1) 開催概要 .....	71
2) 意見交換会実施状況 .....	74
4.2. 開催概要整理 .....	83
<b>5. 事業実施成果まとめ</b> .....	<b>85</b>
5.1. 収益性を確保可能な集荷搬出手法 .....	87
5.2. 林地未利用材の資源活用促進方法 .....	90

# 1. 業務の概要

## 1.1. 委託業務概要

### (1) 委託業務名

平成 30 年度木質バイオマス資源活用促進事業（林地未利用材集荷システム実証事業）委託業務

### (2) 業務の目的

北海道内の人工林が利用期を迎える中、「再生可能エネルギーの固定価格買取制度（FIT 制度）」の創設後、大規模な木質バイオマス発電事業等により、木質バイオマスの需要が急増しており、これまで利用が低調だった林地未利用材（細い間伐材や枝・葉など）の供給を促進することが必要となっている。

伐採作業で発生する林地未利用材は、集荷・搬出のコストに見合った収益を得ることが難しく、その利用が伸び悩んでいる状況にある。

このため、伐採から地拵えまでの一連（伐木、集材、搬出、地拵え）の作業において、これまで搬出が進んでいなかった林地未利用材の搬出率の向上をはかり、収益性を確保できる集荷・搬出手法の実証、並びに施業コストの削減効果といった経済的な分析を行い未利用材の利用を促進する。

集荷・搬出手法の実証にあたっては、素材生産事業者や造林事業者などの地域の関係者から意見聴取を行い、地域的な課題と解決策など、その結果について広く普及をはかることを目的とした。

### (3) 契約期間

平成 30 年 6 月 26 日から平成 31 年 2 月 28 日まで

### (4) 受託者

〒064-0821 札幌市中央区北 1 条西 21 丁目 3-35  
株式会社 森林環境リアライズ  
代表取締役 堀 東 恭 弘

## 2. 調査計画検討

2012年の再生可能エネルギーの固定価格買取制度（以下、FIT）施行以降、全国で木質バイオマス発電所が多く建設され、計画段階のものも含めるとその件数は210件以上<sup>a</sup>（2018年1月現在）になると見込まれている。

木質バイオマスエネルギー利用は天候に左右されない安定エネルギーのため、社会インフラとして他の再生可能エネルギーよりも優位であり、今後も施設整備が増えることは確実である。特に、FIT価格が割高な森林整備由来の原料による木質バイオマス発電と、木質バイオマス本来のエネルギー転換率の高い熱利用の地域一体を取りまとめたマイクロネットワーク（地域熱供給）が急速に普及する可能性がある。

2017年木質バイオマスエネルギー利用動向調査（林野庁 平成30年12月20日発表）によると、2017年に利用された木くず燃料量は873万t（前年比12.8%増 絶乾t）、木くず燃料以外では木質ペレット38万t（同75.2%増）、薪6万t（同27.5%増）、おが粉41万t（同25.8%増）で、FIT対応の間伐材および未利用材由来するものは263万t（同37.4%増）で、シェアを30%までに高めた。一方、前年より16万t増えた木質ペレットは8割弱が輸入となっている。

北海道内では、表2.1に示す14施設の道産材を利用する木質バイオマス発電が稼働および予定されているとともに、木くず焚ボイラ124基<sup>b</sup>が稼働している。これら木質バイオマス施設の原料の利用量の推移は、図2.1に示すとおり、平成28年から未利用材が大規模発電に利用されているが、バイオマス発電事業に伴うFITの「事業計画策定ガイドライン（バイオマス発電）」（資源エネルギー庁、平成29年3月）の通達にある「既存の事業への影響を及ぼさない」ように定められている。しかし、本調査に伴う事業者へのヒアリングでは、パルプ材の品不足や価格高騰、山林を買い取り皆伐して、再造林しないグレーゾーンの森林伐採などの情報も多く、持続可能な森林資源利用として、用材とパルプ材以外の林地未利用材（以下、D材（根元未利用部、曲がり、腐朽・割れ材、末口6cm以下の梢端）および枝条の積極的な利用推進が緊急な課題となっている。



図 2.1 木質バイオマス利用量の推移

資料：北海道水産林務部林務局林業木材課木質バイオマスグループ

<sup>a</sup> 平成29年度木質バイオマス利用支援体制構築事業のうち発電・熱電併給等推進のための調査報告書（平成30年3月（株）森のエネルギー研究所）

<sup>b</sup> 出典：北海道水産林務部林務局林業木材課木質バイオマスグループ 平成30年8月時点データ

表 2.1 北海道内の道産材を使用するバイオマス発電施設稼働状況および計画案件一覧  
(2019年1月現在)

No	市町村	事業者名	名称	出力	稼働・予定
上川					
1	旭川市	日本製紙(株)		不明	2008
2	下川町	北海道バイオマスエネルギー	下川森林バイオマス熱電併給施設建設プロジェクト	1,815kW (165kW×11)	2019 予
オホーツク					
3	網走市	WIND SMILE		1,955kW	2019
4	紋別市	紋別バイオマス発電(株)	紋別バイオマス発電所	50,000kW	2016
5	津別町	津別単板共同組合	津別単板共同組合バイオマスエネルギーセンター	4,700kW	2007
十勝					
6	帯広市	(株) サトウ		不明	2008
釧路					
7	白糠町	(株) 神戸物産	白糠バイオマス発電所	6,250kW	2018
石狩					
8	江別市	王子グリーンエナジー江別		25,400kW	2016
9	石狩市	エネサイクル(株)	石狩バイオマス発電所	1,000kW	2017 予
胆振					
10	苫小牧市	王子製紙(株)		不明	不明
11	苫小牧市	苫小牧バイオマス発電(株)	苫小牧バイオマス発電	5,900kW	2017
12	苫小牧市	日本製紙(株)		74,900kW	2021 予
13	白老町	日本製紙(株) 北海道工場白老事業所		不明	不明
渡島					
14	北斗市	京葉ガス, JMH		2,000kW	2021 予

※資料：北海道地方環境事務所調べの他に既知情報を加筆

## 2.1. 調査実証に係る背景

### 1) 林地未利用材の利用動向

現在、北海道内ではFIT制度による発電設備は、4箇所（紋別バイオマス発電所、王子グリーンエナジー江別、苫小牧バイオマス発電所、神戸物産）の大規模な木質バイオマス発電施設が稼働しており、表 2.2 に示すとおり、この4施設のみで必要原料が約55万t/年となっている。

木くず燃料となる低質材と木くずは、既存の製紙用チップやパーティクルボード（木材の小片を接着剤と混合し熱圧成型した木質ボード）など多産業の資源との競合が激しく、原料価格の高騰とともに、他産業は原料調達を海外や、農業系未利用資源に求める方向にシフトしている。また、地域的にはトドマツ製材原木不足や畜産用の敷料の原料不足などの情報もある。

表 2.2 北海道内で稼働する2017年以降FIT制度運用木質バイオマス大型発電所規模等

区分	王子グリーンエナジー江別	紋別バイオマス発電(株)	苫小牧バイオマス発電(株)	(株) 神戸物産
営業運転	H28年1月～	H28年12月～	H28年12月～	H30年10月～
発電規模	2.5万kW 木質バイオ80% 石炭20%	5万kW 木質バイオ：23万t/年 PKS・石炭：59万t/年	0.62万kW 木質バイオ専焼	0.63万kW 木質バイオ専焼
必要燃料	木質バイオ 約19万t/年	木質バイオ 約22万t/年	木質バイオ 約6万t/年	木質バイオ 約8万t/年
集荷範囲	全道一円	紋別市から75km圏内	苫小牧市から150km圏内	道東中心

FIT 制度は 2012 年 7 月からスタートし、2017 年に一般材を燃料にした出力 2 万 kW 以上の調達価格の切り下げを行った。その後 2018 年度から 1 万 kW 以上の一般材発電に入札制度を導入し、コストの安いパームオイルなど液体燃料について別区分とした。その一方で 2015 年度から 2,000kW 未満の発電には 40 円/kW という価格を設定したため、全国的に 2,000kW 級の木質バイオマス発電計画が急速に進んでいる。

経済産業省の調達価格等算定委員会では、表 2.4 に示す 2019 年から 2021 年度までの調達価格が示された。基本的には現状維持の FIT 価格である。1 万 kW 以上の入札価格は上限 20.6 円/kWh のところ、19.6 円/kWh で落札しており、より安価に未利用材を集積することが必要とされる。

表 2.3 国内の木質バイオマス発電所の認定状況（2018 年 6 月末）

主な燃料	未利用木材（間伐等）			一般木材・農業残差 （輸入材・製材端材）	リサイ クル材	計
	小計	2 千 kW 未満	2 千 kW 以上			
設備認定済	109 件	57 件	52 件	201 件	6 件	316 件
内 稼働中	56 件	20 件	36 件	36 件	4 件	96 件

表 2.4 2019 年度以降の木質バイオマス発電調達価格（案）（4 月以降）

調達区分		1kW 当りの調達価格					調達期間
		2017 年度	2018 年度	2019 年度	2020 年度	2021 年度	
未利用材	2 千 kW 以上	32 円+税	32 円+税				20 年
	2 千 kW 未満	40 円+税	40 円+税				
一般材等	20 千 kW 以上	21 円+税	入札制度（応札 7 件）上限 20.60 円/kWh				
	20 千 kW 未満	24 円+税	落札 19.60 円/kWh				
	10 千 kW 未満		24 円+税	—	—		
バイオマス液体燃料		24 円+税	入札制度（応札 0 件）上限 20.60 円/kWh				
廃棄物		17 円+税	17 円+税				
リサイクル材		13 円+税	13 円+税				

また、平成 30 年 7 月には、総務省は「森林の管理・活用に関する行政評価・監視」結果に基づき林野庁に対して「警告」を発した。この警告は、「木質バイオマスの証明のためのガイドライン」が厳守されていないことが、総務省の調査で明らかになったためである。全国 19 の木質バイオマス発電所 98 の調達ルートの調査結果、3 分の 2 の調達ルートで、一般材由来の燃料材を未利用材燃料としたこと、証明書や書類が無かったことが明らかになった。このため、林野庁は「木質バイオマスの証明のためのガイドライン」を厳守するよう発電事業者に通達を発するとともに、不定期的な監視を実施する検討を行っている。

さらに、この警告を受けて、経済産業省の調達価格等算定委員会では、以下の対策を 2018 年 12 月及び 2019 年 1 月に打ち出した。なお、以下の各事項の実施時期は木質バイオマスの普及と FIT の双方を勘案して実施するとしており、石炭混焼案件については、一般木材等・未利用材・建設資材廃棄物との混焼を行うものは 2019 年度より FIT 制度の新規認定対象としない。また、2018 年度以前に認定を受けた案件が容量市場の適用を受ける場合は FIT 制度の対象から外す。一般廃棄物その他バイオマスとの混焼を行うものは、2021 年度より FIT 制度の新規認定対象から除き、2020 年度以前に認定を受けた案件が容量市場の適用を受ける場合は FIT 制度の対象から外すこととしている。

## (1) 2018年12月経済産業省調達価格等算定委員会意見

- ① 今後、木質バイオマスと石炭を混焼する発電所はFIT制度の対象から外す方針。
- ② 使用するバイオマスの燃料種ごとの混焼比率について、計画段階の混焼比率を守ることを強く規制する。
- ③ 計画段階の混焼比率を守れない場合は、新しい価格に移行する。

## (2) 2019年1月経済産業省調達価格等算定委員会意見

- ① 新規燃料（副産物系：EFB、燃料用草類：ネピアグラス、種子：葛芋など）については、既存燃料と同様に認定時に現地燃料調達者等との安定調達契約書等の確認を行う方向で今後検討して、FIT制度の対象として認める。

以上のように、発電事業のFIT活用に伴う原料調達方法の厳守が厳しくなるなか、多くの発電事業者は、一般材よりFIT価格の高い森林施業計画に則った低質材や未利用材を現状より集荷することとなる。

今後、未利用材の取引価格が急激に向上することが推察され、新たなビジネスチャンスを的確に捉えるために、林地未利用材の安定量確保と高効率・低コスト生産技術の構築やそのシステムの普及が急務となっている。

なお、バイオマス発電事業に伴う固定価格買取制度（FIT）における「事業計画策定ガイドライン（バイオマス発電）」（平成29年3月 資源エネルギー庁）の抜粋は表2.5に示すとおりである。

表 2.5 燃料の安定調達に関する計画の策定および体制の構築

### 「事業計画策定ガイドライン（バイオマス発電）」（平成29年3月 資源エネルギー庁）抜粋

- 1) 安定的にバイオマス発電を行えるよう、安定的に調達可能なバイオマス燃料およびその調達ルートについて検討を行い、燃料調達および使用計画を策定すること。
- 2) 国内森林に係る木質バイオマスの燃料調達および使用計画の策定にあたっては、当該計画が既存用途との関係で与える影響を最小限にするようにつとめること。また、他の事業との競合可能性が高い種類のバイオマスの利用を計画している場合、当該種類のバイオマスを利用している既存事業者に対して、燃料調達に関する説明および確認を行うようにつとめること。
- 3) 国内森林に係る木質バイオマスの燃料調達および使用計画の策定にあたっては、調達予定先となる全ての都道府県林政部局（国有林の場合は森林管理局等）に対して事前の説明を行うこと。また、当該計画の妥当性について指導・助言を受けた場合、適切な措置を講じること。
- 4) 輸入木質バイオマスの場合、加工・流通を行う取扱者において、その木質バイオマスが由来証明されたものであり、かつ発電用途以外の木質バイオマスと混合することなく分別管理されていることを証明する書類の交付を受けること。

## 2) 北海道における林地未利用材の課題

日本木質バイオマスエネルギー協会では、平成 31 年 2 月 27 日に木材需給に大きなウエイトを占める状況となっている木質バイオマス発電所における燃料の需要動向調査結果を発表した。これによると、北海道の原木需給状況は主要樹種であるカラマツ、トドマツは 2018 年から原木不足が続き、伐採にかかわる人材、トラック不足とともに、北海道内の木くず燃料需要はバイオマス、製紙ともに引き合いが強い状況が継続している。胆振東部地震による被害木の処理や、地震により損壊した林道の修復などが優先される事情もあり、伐採量が増加する見込みは乏しい。

今後の北海道内の原木需給動向は、今後稼働する発電所が 2019 年 4 月に北海道バイオマスエネルギー 1,815kW が見込まれている。また、新設工場の動きとしては王子木材緑化が「函館北斗王子林産」を設立して、道南地域の未利用森林資源を年間、燃料材が 3 万 t (生トン)、製紙用 6 千 t を目標に集荷して、東北地方に出荷する予定としている。

北海道の木質バイオマス発電所の針葉樹木くず燃料調達価格の推移は、図 2.2 および図 2.3 に示すとおり、平成 30 年度の未利用材針葉樹価格は上四半期 17,288 円/絶乾 t (10,373 円/t (水分 40%w.b.) から下四半期 18,148 円/絶乾 t (10,889 円/t (水分 40%w.b.) と上昇傾向にある。また、一般針葉樹木くず燃料価格も上四半期 8,593 円/絶乾 t (5,156 円/t (水分 40%w.b.) から下四半期 12,070 円/絶乾 t (7,242 円/t (水分 40%w.b.) と価格が 1.4 倍の価格上昇となっている。製紙用チップとの価格差を見ると針葉樹の一般材では、製紙用チップとの価格差はほとんどなく、平成 29 年度の下半期では木くず燃料の取引価格の方が高値となっている。針葉樹未利用材の価格は、針葉樹製紙用チップ価格より木くず燃料の方が平均 5,000 円/t の高値であり、ほぼ広葉樹製紙用チップ価格に匹敵する価格で取引されている。

北海道の未利用針葉樹木くず燃料の調達価格を全国的な取引価格と比較してみると、中部地方 25,501 円/絶乾 t (15,301 円/t (水分 40%w.b.) で最も高値で、次いで中国地方 22,742 円/絶乾 t (13,645 円/t (水分 40%w.b.)、第三位の高値で北海道 21,453 円/絶乾 t (12,872 円/t (水分 40%w.b.) となっている。なお、全国的な木くず燃料調達価格は、発電所着価格であるため輸送費も含まれる。従って、輸送費の高騰による燃料価格の上昇も含まれる。

北海道の針葉樹未利用材の木くず燃料価格に平均は 21,453 円/絶乾 t で、全国平均値 19,260 円/絶乾 t (11,556 円/t (水分 40%w.b.) と比較すると高値となっている。

北海道内の未利用材の山元価格は、500~1,000 円/t (水分 30~50%w.b.) が上限で、一部には山林の美化や自然景観を理由に、木くず燃料生産・販売業者が林地未利用材の無償提供を受けて、集荷・木くず燃料化して発電事業者に販売しているケースも散見され、実質的な山林所有者の収益とはなっていない。

全国的にも高値で取引される未利用材のメリットが山側の収益につながっていない理由は、次に 2 項と考える。

- ① 未利用材は山のゴミと言う意識があること。
- ② 全木集材後の造材で土場に貯まった未利用材は、これまでは林業機械を使って山に散らす作業を行っており、その経費を考えると“ただで持って行ってくれ



るなら処分費が掛からない” という思いがある。

以上のように、未利用材の価値を認識していないことが大きな理由と考えられる。

また、木くず燃料を製紙用チップと同様なものと考えている山林所有者と林業者が多く、丸太を運んで樹皮を剥いて、切削するという認識が強い。製紙用チップは樹皮が入ると「黒チップ」と区分されチップ価格が極端に安価になる。このため、樹皮を剥く作業が必須となり、どうしても工場のバーカー（樹皮を剥く機械）を通すことが必要で、このために丸太を工場に運ぶ必要がある。

他方、木くず燃料は樹皮も燃料であるため、バーカーを通す必要が無く、丸太の移動工程を極力なくした生産工程が木くず生産コストを安価に導く。

今後、林地未利用材価値の普及啓発や生産性の高い木くず生産機械の普及などで、山側でも未利用材の魅力は増すと考える。また、発電事業や地域的な熱利用の動向から、未利用材の活用は加速的に進むものと考えられる。

このため、伐採から地拵えまで一連の森林施業において、高効率・低コストで未利用材を集荷・搬出するシステムと、素材生産および造林事業者が未利用材の活用に積極的に取り組むコスト的なメリットを検証して、未利用材の活用を広く普及することが急務である。

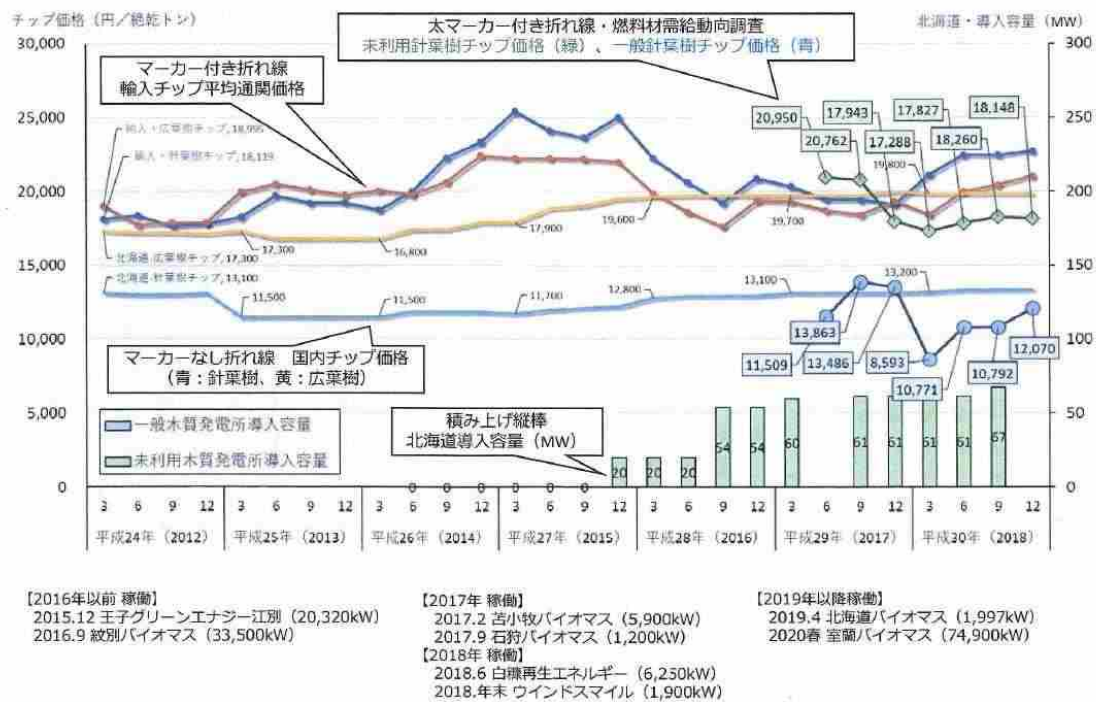


図 2.2 発電所における針葉樹木くず燃料調達価格の推移 (絶乾トン) 北海道  
 出典：平成 30 年度発電用木質バイオマス燃料の需給動向調査 (2019 年 2 月 27 日、JWBA)

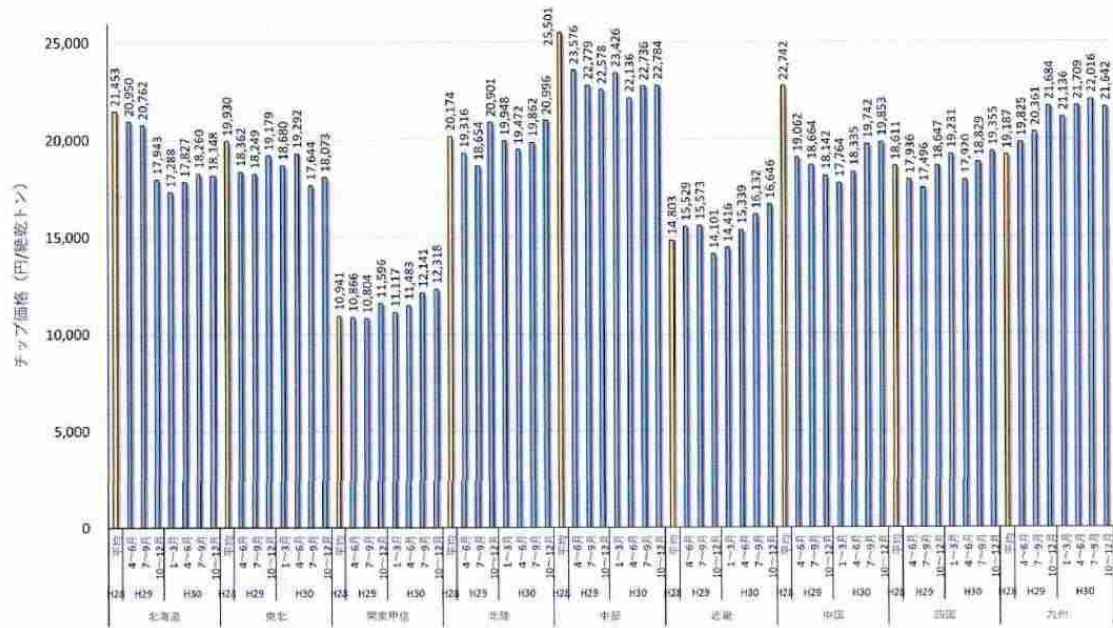


図 2.3 発電所における未利用針葉樹木くず燃料調達価格の推移（絶乾トン）地方別比較  
 出典：平成 30 年度発電用木質バイオマス燃料の需給動向調査（2019 年 2 月 27 日、JWBA）

※【参考】木くず燃料と製紙用チップは異なる

- ・木くず焚きボイラの燃料を製紙用チップと同様にチップと称することが多い。
- ・しかし、製紙用チップは基本樹皮無しホワイトチップが主流で黒チップ（樹皮付き製紙用チップ）の流通は少なく、取引価格も安価である。
- ・樹皮の有る無しで製紙用チップと木くず焚きボイラの木くず燃料の基本的な生産方法が異なる。
- ・木くず焚きボイラ燃料の生産・流通を製紙用チップと分類して普及啓発するため、燃料の名称を「木くず燃料」と定義している。
- ・ボイラの種類は木くず焚きボイラであるため、その燃料を木くず焚きボイラ燃料＝「木くず燃料」と定義する。

## 2.2. 調査実証コンセプト

### 1) 平成 29 年度調査結果概要

平成 29 年度の取り組みは、実証に伴うコンセプトを明らかにして、道東・道央・道南の 3 地区で、北海道内において最も先進的で生産力が高い作業システムを選択して、それぞれの地域のプランナー的存在の事業者で実証を行っている。

各地区のシステムと実証結果は、表 2.6 に示すとおり、道東地区では道内トップクラスの生産性と伐出コストが示され、道央地区はグラップル用大型レーキによる低コスト地拵えがクローズアップされた。道南地区では道内初導入のトラクター牽引式チップパー機の能力の高さと、林地未利用材の国内トップレベルの経済的な木くず生産データが得られた。

実証により得られた低コスト・高効率で経済性に優れる結果は、道内の先進的な事業者の生産性の高いシステムを選定したため、何処でもこの結果が得られるわけではない。しかし、伐採から地拵えまでの高効率・低コスト生産のコンセプトは変わらない。このため、地域の地形・林況に対応する手持ちの作業システムをベースに、検証されたコンセプトの横展開をはかった取り組みが必要と考える。

また、平成 29 年度の実証は、降雪の影響を考慮して実証地を選定したため、地形・植生などが類似し、実証結果の多様性に欠けることと、関係者の意見聴取として道北およびオホーツク地域での取り組みの必要性などの課題も整理している。

- ① 多様な環境における実証
  - 地形が 10 度以上の斜面地、腰丈程度のササ地、搬出路を使った集材地など、厳しい環境における実証が必要。
- ② 車両系以外の作業システムによる実証
  - 簡易架線系（スイングヤーダ・タワーヤーダ）の作業システムにおける全木集材の実証。
- ③ 従来システムの改変による実証
  - 他県事例にある現場技術者の通勤車両を未利用材運搬トラックとして、日常的な集荷運搬や、既存のチップセンターを中核として、移動式チップパー機による巡回木くず生産の実証。
- ④ 複数市町村を循環利用するシステム実証
  - 移動式チップパー機の広域利用および自伐林家に対応した実証。
- ⑤ 有識者によるセミナーや講演会と意見交換会の同時開催
  - 地域参加者をより多く確保して多様な意見収集と先進的な取り組みの普及啓発。

表 2.6 平成 29 年度の取り組み結果概況

区 分		道東地区	道央地区	道南地区
森林面積 (実証面積)		全面積 5.92ha (0.93ha)	全面積 0.81ha (0.81ha)	全面積 4.04ha (1.89ha)
林 種 (林齢等)		カラマツ (53~57 年生)	カラマツ他 (52、64 年生)	スギ (60 年生)
地形概況		10 度以下 一部 20 度以上	平地	10 度以下
作業システム		<ul style="list-style-type: none"> <li>全木集材(フェラバンチヤ→グラップル→プロセッサ)</li> <li>地拵え(林業用トラクタークラッシャー)</li> <li>木くず現場生産(クローラー型)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>全木集材(フェラバンチヤ→グラップル→プロセッサ)</li> <li>地拵え(グラップル大型レーキ)</li> <li>木くず現場生産(クローラー型)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>短幹集材(ハーベスターフォワード)</li> <li>地拵え(グラップル)</li> <li>木くず現場生産(トラクター牽引式)</li> </ul>
出材積	用材	186 m <sup>3</sup>	221 m <sup>3</sup>	1,100 m <sup>3</sup>
	未利用材	26 m <sup>3</sup> 層積(おが粉)	303 m <sup>3</sup> 層積	632 m <sup>3</sup> 層積
生産性 コスト	生産性	24.28 m <sup>3</sup> /人日	20.10 m <sup>3</sup> /人日	12.64 m <sup>3</sup> /人日
	伐出コスト	2.8 千円/m <sup>3</sup>	3.0 千円/m <sup>3</sup>	4.4 千円/m <sup>3</sup>
	地拵えコスト	131 千円/ha	107 千円/ha	309 千円/ha
	木くず生産性 コスト	2,126 円/m <sup>3</sup> 層積	1,537 円/m <sup>3</sup> 層積	982 円/m <sup>3</sup> 層積
事業費		1,284 千円	1,907 千円	9,448 千円
販売費	用材・パルプ	1,590 千円	2,200 千円	10,300 千円
	未利用材 (木くず)	189 千円	390 千円	620 千円
山林所有者還元金 (ha 換算)		400 千円	840 千円	780 千円
利用材 生産の みの事 業収益		未利用材価格	2,300 円/m <sup>3</sup> 層積(おが粉)	木くず燃料 5,000 円/t
収益	林内に散 在した未 利用材の 集荷	あり	—	-76.6 千円
		なし	14.3 千円	14.9 千円
				437.2 千円

※道東地区販売費未利用材(木くず)189千円は、おが粉用原木を全て販売した経費

## 2) 林地未利用材の集荷・搬出に係る実証コンセプト

### (1) 平成 29 年度業務の継続と連携した取りまとめ

本業務は平成 29 年度同業務の継続事業のため、作業システム検証のコンセプトは昨年調査と同様とするとともに、平成 29 年度業務の実証結果の課題として取り上げられている前項の内容を踏まえて実証候補地の選定と調査結果を統合した取りまとめを行った。

### (2) 作業システム検証のコンセプト

未利用材の利用の拡大は、木くず燃料となる未利用材を如何に効率よく集荷するかが第一のポイントで、未利用材を効率よく集荷可能な森林施業の作業システムの導入が必要となる。

効率的な作業システムは、伐採から集荷までの人と林業機械のシステムと、伐採から造林に伴う地拵え・植栽までの一貫した総合的な取り組みの 2 通りがある。

本事業では、伐採から未利用材集荷までの作業システム検証と、造林に伴う地拵えを含めた一連の作業システムまでの取り組みの検証を対象範囲とする。

現在、全国で低コスト作業システムとして、伐採から植林まで一貫した作業システムが試行されている。一貫作業システムは、図 2.4 に示すとおり、伐採時に使用した林業機械を造林の地拵えに使用するなど、林業機械の効率的、かつ多彩な活用をはかり、機械回送経費の削減などで、総合的に林業事業費の低減をはかるものである。

これまで道内で実証されている一貫作業システムは、基本的に CTL (Cut to Length : 短幹集材) を基本とし、林内に D 材や枝条が広域に散在するため、未利用材を集荷するために、新たにグラップルやフォワーダによる集荷作業が発生し、燃料材としてのコストが割高となるために未利用材の集荷と活用は少ない。また、CTL システムの場合には、散在する枝条が林業機械により踏み固められるため、従来の肩掛け式ブラッシュカッターでは地拵えが難しく、機械による地拵えが必要となるなどの課題が指摘される。

これまでの一貫作業システムによる伐採と地拵えの一貫作業の実施に伴う効果や課題が整理されているため、これらのポイントを考慮した実証を検討した。

### (3) 伐採と地拵えの一貫作業に伴う実践的なポイント

- ① 伐採・搬出で用いた機械を活用して、伐採・搬出と連携した地拵えを実証する。
- ② ササ地は、主伐前に実証範囲のササ・低木類を機械式クラッシュャや肩掛け式ブラッシュカッターで全刈して、地拵えの低コスト化を実証する。
- ③ 平成 29 年度の実証結果から全木集材を基本として、集材後の造材とする。
- ④ 短幹集材実証地は、製品と未利用材集荷を同時作業とし、集材効率の低コスト化をはかる。
- ⑤ 伐採時の切高は低くして、伐根が集材時の障害にならないように配慮する。
- ⑥ 伐採は低コスト集材に配慮して、集材距離が短くなるよう工夫した伐木を行う。
- ⑦ 主伐前に造林ラインを決定し、植栽列を認識できる現地表示をしたうえで、地拵えを容易にする木寄せ・集材を行う。
- ⑧ 造材時の梢端部は、枝払いおよび細かくきざまず（造材しない）、日射・風通しの良い場所に堆積させ、未利用材の早い自然乾燥を誘導する。

- ⑨ 作業道の造成は、植付に伴う地拵え・苗木運搬等も考慮したルートで開設する。
- ⑩ 地拵えは機械使用することを基本とし、作業効率が高い大型レーキや、トラクターPTOを使用した林業クラッシャの使用を推奨する。
- ⑪ 未利用材は、土場で自然乾燥させた枝条等を、トラクター牽引式チッパー機を導入して、その場で木くず化し、木くずをトラックで運搬する。



図 2.4 一貫作業システムフロー図

資料：一貫作業システムで地拵え～植栽の大幅な作業効率の向上 (独) 森林総合研究所

## 2.3. 集荷・搬出の実証計画

未利用材の集荷・搬出に係る実証は、前項に示す仕様書に準拠した業務項目・調査内容で計画実行した。詳細な計画内容は次のとおりである。

### 1) 実証地の選定

実証地は3箇所を設定した。設定地は表 2.7 に示すとおり、昨年度の実証地の条件とは異なるように、地形や路網条件などを十分配慮して選定した。

実証地設定にあたっては、①主伐施業地であること、②補助事業による事業地でないこと、③実証地のうち少なくとも1か所は昨年度実証地以外の地域で実証、④実証のうち少なくとも1箇所は短幹集材によるもの、⑤実証のうち少なくとも1か所は既存システムの一部変更による有効活用方法の実証など、新たな試みに取り組み、以上の内容を踏まえて候補地を選定した。

さらに、意見交換会の開催に考慮して施業地は、公共交通機関からのアクセスが良く、室内で行う意見交換会会場に近いこと、また、施業地には参加者の車両駐車スペースが確保できることを条件に実証地を選定した。

表 2.7 実証候補地

区 分	道北地区(中頓別町)	道北地区(上川町)	道央地区(京極町)
所 在	・中頓別町敏音知 ・31 林班 52-57, 60 小班 ・個人有林	・上川町菊水 ・31 林班 10, 11 小班 ・個人有林	・京極町錦 ・72 林班 47 小班 ・個人有林
森林所有区分 協力事業体	・中頓別・浜頓別町森林 組合	・上川町森林組合	・ようてい森林組合
森林面積 実証面積	・全面積 1.32ha ・うち実証 1.32ha	・全面積 0.64ha ・うち実証 0.64ha	・全面積 4.04ha ・うち実証 1.89ha
林 種 林齢等	・カラマツ ・54-61 年生	・カラマツ・シラカンバ ・61, 62 年生	・カラマツ ・58 年生
地形概況	・尾根地形で 15 度以上	・平地で 5 度以下	・尾根地形で 10 度以上
主伐施業予定	・ 8 月下旬から伐採	・ 7 月下旬から伐採予	・ 9 月上旬から伐採

## 2) 実証の作業データ取得

実証は主伐作業と地拵えまでの一体施業（一貫作業システム）として、伐採、木寄せ集材、造材運搬に使用した林業機械で地拵えまで行う作業システムの工程別データを取得整理した。

道北地区の中頓別・浜頓別町森林組合は、トラクター（ブルドーザー）の地引き全木集材を行っているが、作業効率の改善のために、グラップル全木集材をテスト的に導入して取り組み作業性の改善データの取得を行った。

道北地区の上川町森林組合は、先進的に木質バイオマス生産販売事業を手掛けており、短幹集材（CTL）の木くず燃料生産データを有する。このため、本事業では主伐前の林業機械によるササ全刈りと全木集材、現地木くず生産の実証を行い、既知のCTLシステム、丸太運搬、チップセンターでの木くず生産販売との生産工程および生産コストの比較検証を行った。

道央地区のようてい森林組合は、木質バイオマス生産は初めての取り組みのため、CTLシステムと大型レーキ地拵え、現場木くず生産に取り組んだ。また、低コストな地拵えのデモンストレーションとして、大型トラクターによるクラッシュ地拵えも実証した。

また、木くず燃料の生産工程は、昨年同様に林地未利用材の自然乾燥後の切削（木くず燃料生産）工程としたため、伐採等の林業機械の撤収2か月後を目途に、移動式切削機械（チップパー機）を持ち込んで作業を実施してデータを取得した。

また、道北地区の中頓別・浜頓別町森林組合では、燃料用の木くず需要が無いため、地域で木くずが高利用される牛の敷藁代替品として出荷することで試算を行った。

各地区の作業工程で取得したデータは表 2.8 に示すとおりである。

表 2.8 実証に伴い取得したデータ

区 分	取得するデータ
実証箇所の林況等	面積、傾斜、植栽樹種、林齢、平均胸高直径、樹高、立木材積、最小利用径級、林床植生、路網状況
実証作業	作業手順、作業機械、集材距離、伐採本数、伐採材積、搬出材積、林地未利用材の発生量、作業工程（人・機械稼働時間、工程別作業量、日生産性等）、留意点、その他について調査結果の記載

## 3) 分析評価方法検討

### (1) 伐採と地拵えの一貫作業の実施

主伐作業と地拵えまでの一体施業は全国的に行われているが、まだ試行錯誤の段階である。これまでの試行においては、林業機械の回送費や、後続作業を念頭にした計画的な主伐施業による効果が散見される。

他方、近年の高性能林業機械を使用したCTL作業システムでは、林内に枝条や追上材が広域に散在して、未利用材の集荷ができない。また、それら枝条が機械により踏み固められるため、従来の肩掛け式ブラッシュカッターでは地拵えが不可能となり、枝条と追上材を人力



で処理するなどの余計な労力と経費の掛かり増しも指摘される。結果的に、CTL 作業システムで伐出を行った施業地は、機械による地拵えが必要となる傾向がある。

以上のように、伐採と地拵えの一体作業においては、林床の状態が重要であり、ササの生育の有無によって、全体の作業内容が変わってくるため、前項 4) (3)「伐採と地拵えの一貫作業に伴う実践的なポイント」①～⑥を基本に実証を行った。

## (2) 林地未利用材集荷システム実証

林地未利用材集荷システム実証は、「直接供給方式」(未利用材の現地における自然乾燥→移動式チップパー機による現地での木くず生産→生産した木くず燃料のトラック運搬)で実証することとして、機械・人件費の削減効果の検証を行った。

- ① コスト把握
  - (A) 作業日報から作業時間、生産量、現場経費、賃金に係るデータを取得整理してコスト・生産性等を分析
  - (B) 機械の稼働状況の把握はビデオ撮影によるランタイム分析でチェック
  - (C) また、作業実施中に調査員が1～2日終日立ち会って、各工程のサイクルタイムを計測して作業日報を検証
  - (D) なお、生産性は、主伐施業地全体の生産工程と実証地範囲のみの分析を行い評価
- ② 集荷量
  - (A) 実践区域(1.0ha程度)は、毎木調査により主伐前の立木本数・材積を把握
  - (B) 出材積(用材)は、製品丸太の検知により材積を把握
  - (C) 林地未利用材は、木くず燃料 t(トン)とチップm<sup>3</sup>層積、並びに水分率(W.B.)を把握
- ③ 検証方法
  - (A) 道内のこれまでの類似調査データや、弊社の全国的な調査データとの比較検証
  - (B) 伐採、集材・木寄せは、主伐施業地全体との検証分析
  - (C) 本事業地3箇所の比較検証で分析

## (3) コスト削減効果の検証方法

- ① 各事業体の実績ヒアリングを基に、実証データとの比較検証
- ② 現場技術者へのヒアリングにより、作業効率や安全性、労働強度について比較検証
- ③ 道内のこれまでの類似調査データや、弊社の全国的な調査データを基にしたコスト削減効果を検証

### 3. 林地未利用材の集荷・搬出の実証

#### 3.1. 林地未利用材の集荷・搬出の実証事業の協力先との調整

実証事業に協力を頂く事業体と実証方法への理解と協議のため、以下の日程で各事業体との調整・協議を実施した。

実証地の選定にあたっては、前章 2.3.1) に記載する選定条件に適合する主伐施業地を提供いただいた。

表 3.1 協力事業体との協議状況

地区	日付	協力事業体	内容
道北	7月7日	中頓別・浜頓別町森林組合	実証地の決定および実証方法の調整・協議
道北	7月7日	上川町森林組合	
道央	7月6日	ようてい森林組合	

#### 3.2. 実証事業

林地未利用材の集荷・搬出等にかかる現地実証については、今年度9～10月頃までに主伐予定のある林業事業体に協力を受けて、前章 2.3.1) に示す実証地条件に合致する事業地を選定した。

主伐施業および地拵え地の実証面積は、主伐事業前の毎木調査や、地拵え経費負担、移動式チップー機のリース・回送費負担の関係から、実証面積を 1.0ha 程度で実施することとした。

また、未利用材集積後、2か月の自然乾燥後に、移動式チップー機を実証地に持ち込み、木くず燃料の生産・運搬・販売も行い施業コストの削減効果の検証を行う同意を得た。

以下に、実証地の地区と協力事業体および概況を表 3.2 に示す。

表 3.2 実証地概況

地区	協力事業体	施業団地	林況
道北	中頓別・浜頓別町森林組合	中頓別町敏音知	カラマツ 12 齢級
道北	上川町森林組合	上川町菊水	カラマツ 12 齢級
道央	ようてい森林組合	京極町錦	カラマツ 12 齢級

## 1) 道北地区（中頓別町）

道北地区（中頓別町）の実証地は、今年度施業が予定されている中頓別町敏音知の31林班52-57, 60小班の林分とした。

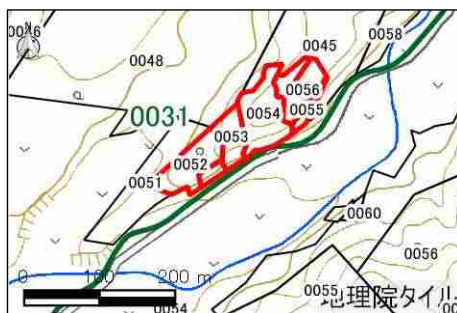
当該地は頓別丘陵の南部に位置しており、土壌は褐色低地土壌であり、地質は先第三紀の泥岩や礫・砂・粘土が分布している。斜面方位は南～西、斜面傾斜は1～34°と尾根地形のため等高線沿いに急傾斜地形がみられる。

また、林況はカラマツ人工林の54～61年生で、林床は稈高が1.5m程度のクマイザサやチシマザサが密生している。

なお、実証地の状況等は表3.3および図3.1に示すとおりである。

表 3.3 道北地区（中頓別町）の実証地林分状況

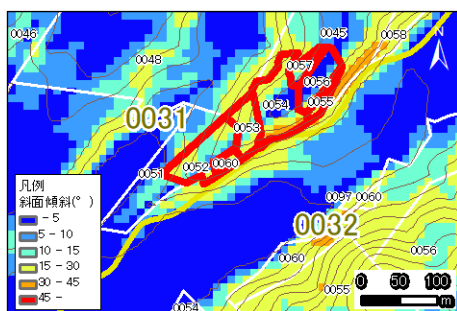
住 所	枝幸郡中頓別町敏音知
森林区分	31林班52-57, 60小班（ともに個人有林）
森林面積	小班全体1.32ha
樹種・林齢	カラマツ（54-61年生） 樹高21m
路 網	町道に隣接



地形図



空中写真



斜面傾斜



林況

図 3.1 道北地区（中頓別町）実証地状況

## 2) 道北地区（上川町）

道北地区（上川町）の実証地は、今年度施業が予定されている上川町菊水の31林班10,11小班の林分とした。

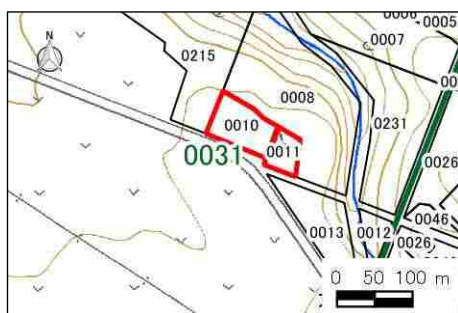
当該地は上川中部台地群の上川台地のほぼ中央部に位置しており、土壌は褐色森林土であり、地質は礫・砂が分布している。斜面方位は北～北東、斜面傾斜は1～4°と全体的に平坦な地形を呈する。

また、林況はカラマツ人工林の61、62年生で、林床は稈高が1.5m程度のクマイザサやチシマザサが密生している。

なお、実証地の状況等は表3.4および図3.2に示すとおりである。

表 3.4 道北地区（上川町）の実証地林分状況

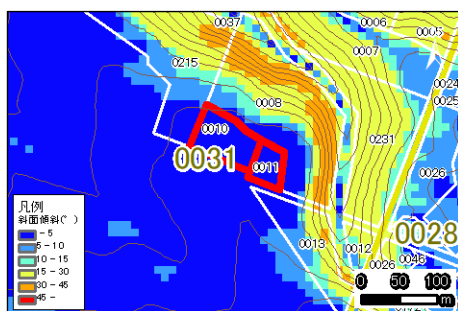
住 所	上川郡上川町菊水
森林区分	31林班10,11小班（ともに個人有林）
森林面積	小班全体0.64ha
樹種・林齢	カラマツ・シラカンバ（61,62年生） 樹高25m
路 網	町道に隣接



地形図



空中写真



斜面傾斜



林況

図 3.2 道北地区（上川町）実証地状況

### 3) 道央地区（京極町）

道央地区（京極町）の実証地は、今年度施業が予定されている京極町錦の72林班47小班の林分とした。

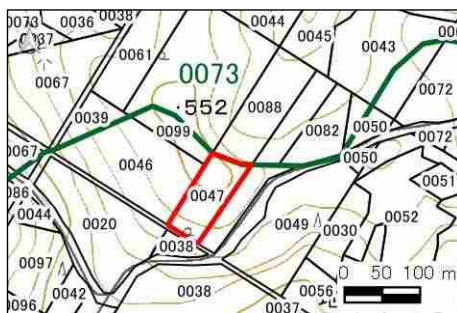
当該地は半島北部山地である余市山地の中央部に位置しており、土壌は褐色森林土であり、地質は安山岩質岩石が分布している。斜面方位は北～北東と南西、斜面傾斜は1～23°と尾根地形のため等高線沿いに急傾斜地形がみられる。

また、林況は58年生のカラマツ人工林で、林床は稈高が1.2m程度のクマイザサが密生している。

なお、実証地の状況等は表3.5および図3.3に示すとおりである。

表 3.5 道央地区（京極町）の実証地林分状況

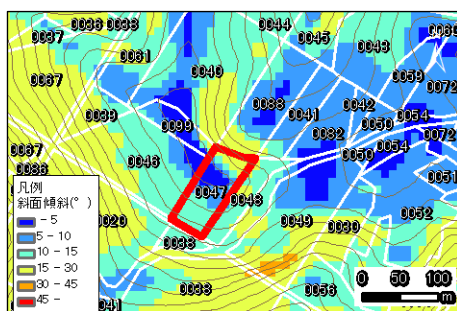
住 所	虻田郡京極町錦
森林区分	72林班47小班（個人有林）
森林面積	47小班0.63ha
樹種・林齢	カラマツ（58年生） 樹高25m
路 網	林道に隣接



地形図



空中写真



斜面傾斜



林況

図 3.3 道央地区（京極町）実証地状況

### 3.3. 実証地の主伐前の現地調査

現地調査は、施業対象の林分のうち実証データ分析を行う実証地範囲の確定と、主伐施業前に立木材積把握のため、範囲内の全立木について毎木調査を実施した。

現地調査実施状況は、表 3.6 に示した。

表 3.6 実証地における事前調査

地区	日付	実証面積	調査項目
道北（中頓別町）	8月22日	1.32ha	実証範囲の確定、範囲内の全木毎木調査
道北（上川町）	7月18日	0.64ha	〃
道央（京極町）	7月11日	0.63ha	〃

#### 1) 道北地区（中頓別町）

実証範囲内で毎木調査を実施した結果は表 3.7 に示すとおり、実証範囲には、針葉樹 900 本、広葉樹 475 本の合計 1,375 本の立木が確認された。カラマツとトドマツの針葉樹以外に、シラカンバやイタヤカエデといった広葉樹が混じる林況となっていた。

立木材積は針葉樹 553.47 m<sup>3</sup>、広葉樹 47.67 m<sup>3</sup>の合計 601.14 m<sup>3</sup>であった。枝条量材積は北海道森林管理局の収穫調査規程に基づき算出すると、針葉樹 83.02 m<sup>3</sup>、広葉樹 11.44 m<sup>3</sup>の合計 94.46 m<sup>3</sup>であった。

表 3.7 道東地区（鶴居村）実証範囲の毎木調査結果

樹種	32cm 下		34cm 上		計		枝条量 <sup>c</sup> 材積 m <sup>3</sup>
	本数	材積 m <sup>3</sup>	本数	材積 m <sup>3</sup>	本数	材積 m <sup>3</sup>	
針葉樹	696	303.03	204	250.44	900	553.47	83.02
広葉樹	469	44.20	6	3.47	475	47.67	11.44
計					1,375	601.14	94.46

<sup>c</sup> 枝条量：北海道森林管理局収穫調査規程（同運用 20）第 26 条による 【立木枝条材積＝立木幹材積×（針葉樹 15%、広葉樹 24%）】



調査状況



対象林分外観



対象林分林床（クマイザサ）



対象林分樹冠

写真 3.1 道北地区（中頓別町）現地調査状況

## 2) 道北地区（上川町）

実証範囲内で毎木調査を実施した結果は、表 3.8 に示すとおり、実証範囲には、針葉樹 133 本、広葉樹 156 本の合計 289 本の立木が確認された。カラマツ以外に、シラカンバが混じる林況となっていた。

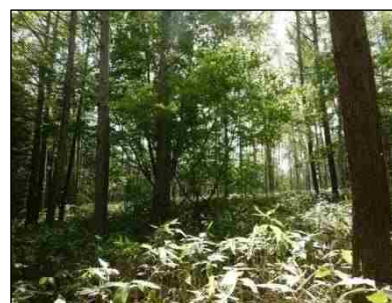
立木材積は針葉樹 214.65 m<sup>3</sup>、広葉樹 72.51 m<sup>3</sup>の合計 287.16 m<sup>3</sup>であった。枝条量材積は針葉樹 32.20 m<sup>3</sup>、広葉樹 17.40 m<sup>3</sup>の合計 49.60 m<sup>3</sup>であった。

表 3.8 道北地区（上川町）実証範囲の毎木調査結果

樹種	32cm 下		34cm 上		計		枝条量 材積m <sup>3</sup>
	本数	材積m <sup>3</sup>	本数	材積m <sup>3</sup>	本数	材積m <sup>3</sup>	
針葉樹	22	17.91	111	196.74	133	214.65	32.20
広葉樹	151	65.32	5	7.19	156	72.51	17.40
計					289	287.16	49.60



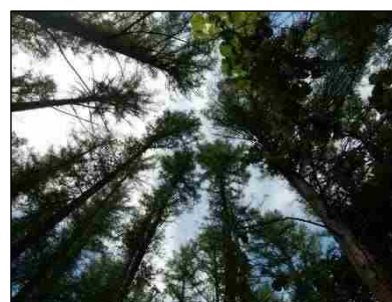
調査状況



対象林分外観



対象林分林床（クマイザサ）



対象林分樹冠

写真 3.2 道北地区（上川町）現地調査状況



### 3) 道央地区（京極町）

実証範囲内で毎木調査を実施した結果は、表 3.9 に示すとおり、実証範囲には、針葉樹 244 本、広葉樹 7 本の合計 251 本の立木が確認された。カラマツ以外に、わずかにシラカンバなどの広葉樹が混じる林況となっていた。

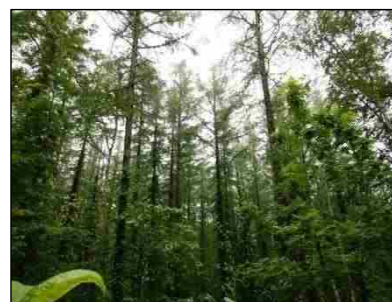
立木材積は針葉樹 207.80 m<sup>3</sup>、広葉樹 3.75 m<sup>3</sup>の合計 211.55 m<sup>3</sup>であった。枝条量材積は針葉樹 31.17 m<sup>3</sup>、広葉樹 0.90 m<sup>3</sup>の合計 32.07 m<sup>3</sup>であった。

表 3.9 道央地区（京極町）実証範囲の立木調査結果

樹種	32cm 下		34cm 上		計		枝条量 材積m <sup>3</sup>
	本数	材積m <sup>3</sup>	本数	材積m <sup>3</sup>	本数	材積m <sup>3</sup>	
針葉樹	190	132.63	54	75.17	244	207.80	31.17
広葉樹	7	3.75	0	0	7	3.75	0.90
計					251	211.55	32.07



調査状況



対象林分外観



対象林分林床（クマイザサ）



対象林分樹冠

写真 3.3 道央地区（京極町）現地調査状況