

令和2年度「地域内エコシステム」サポート事業

# 放置薪炭林活用実態調査 成果報告書

2021（令和3）年3月

一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会

# 目次

要旨.....	1
1. 本事業の目的と概要.....	2
1.1. 事業の目的.....	2
1.2. 想定する林分と材の利用.....	2
1.3. 事業の概要.....	4
2. 薪炭林の状況調査.....	6
2.1. 調査方法.....	6
2.1.1. 法令などの伐採制限のない民有林の広葉樹林面積の推定.....	6
2.1.2. 資源成長量.....	6
2.1.3. 齢級別蓄積.....	7
2.2. 調査結果.....	7
2.2.1. 法令などの伐採制限のない民有林の広葉樹林面積の推定.....	7
2.2.2. 資源成長量.....	8
2.2.3. 齢級別蓄積.....	8
2.3. 更新に関する文献調査.....	9
2.4. 広葉樹材のエネルギー利用について.....	9
3. 放置薪炭林の利用状況実態調査.....	10
3.1. 調査方法.....	10
3.2. 調査結果.....	11
3.2.1. 施業システム.....	11
3.2.2. 広葉樹材の販路.....	15
3.2.3. 生産性に関わる項目.....	16
3.2.4. 林地残材の活用.....	16
3.2.5. 更新について.....	19
4. 調査結果の分析・評価.....	21
4.1. 採算性の試算.....	21
4.1.1. 方法.....	21
4.1.2. 結果.....	24
4.2. 利用可能資源量の推定.....	26
4.2.1. 方法.....	26
4.2.2. 結果.....	31
5. 成果の普及活動.....	36
6. まとめと今後の課題.....	38
6.1. 本事業成果のまとめ.....	38
6.2. 今後の課題.....	38
巻末資料.....	40

## 要旨

本報告書の掲載内容は次のとおりである。

まず、「1 本事業の目的と概要」では事業の目的と考え方、事業概要を記載した。本事業では、放置薪炭林の活用に資するため、放置薪炭の実態を調査するとともに、利用に向けた施業方法について検討した。かつて薪や炭を採取するために管理・利用されてきたが、現在は放置され、ナラ枯れや景観劣化につながる恐れのある森林を対象として想定した。また、施業については、燃料材生産だけを目的とするのではなく、用材や薪、炭など付加価値の高い製品を供給した上で、最終的な受け皿として燃料材の利用を検討することを前提とした。

「2 薪炭林の状況調査」では、既往の統計資料等を用いて、全国の薪炭林の面積や資源状況を整理した結果を示した。これにより、全国には法令等の伐採制限がかかっていない広葉樹林は約 474 万 ha 存在し、その成長量は年間約  $5\text{m}^3/\text{ha}$  であること、10 齢級程度で約  $220\text{m}^3/\text{ha}$  であり、10 齢級以降は成長が緩慢になることが推測できることを示した。

「3 放置薪炭林の利用状況実態調査」では広葉樹施業に取り組む事業者の実態調査の結果を整理し、造材工程が施業時のボトルネックとなっているが、プロセッサやハーベスタの送材機能が活用できないことから生産効率を上げることは難しいこと、事業者では販路の拡大・確保により採算性を確保していること、枝部の多い広葉樹を最大限利用するためには全木集材が必要となることが分かった。

以上の結果から、「4 調査結果の分析・評価」では枝部を利用する場合とそうでない場合の採算性を試算し、枝部を活用することで採算性が向上する可能性があることを明らかにするとともに、利用可能可能資源量を推定するため、岡山県真庭市、岩手県盛岡市、久慈市で GIS 解析を実施し、それぞれ 20%、25%、49%の広葉樹林が活用可能であることが分かった。

「5 成果の普及活動」では、以上の結果を整理し、成果の普及活動としてパンフレットを作成するとともに、成果報告会を開催した旨を記載した。

以上の旨を整理し、課題として車両系施業における全木集材用の林業機械が国内で流通していない点、枝部をチップ化し、効率的に運搬のためのシステム構築が必要である点を課題として「6 まとめと今後の課題」に記載した。

# 1. 本事業の目的と概要

## 1.1. 事業の目的

近年、人工林資源の充実等により、我が国の木材の供給量・自給率は増加してきているが、かつては地域の重要なエネルギー資源であった旧薪炭林のうち人工林化されなかったものの多くは、有効に活用されずに放置されている。その結果として、ナラ枯れの拡大等による森林の健全性低下や、若齢林の減少に伴うランドスケープレベルでの生物多様性の低下等も懸念されている。

一方、放置された旧薪炭林（以下「放置薪炭林」という）は、50年生を上回る状況となり、有用樹種や相当量の蓄積を有する地域資源としてのポテンシャル、また、収穫後は天然力を活用した低コストでの再生も期待される。

木質バイオマスエネルギーの利用が拡大する中で、放置薪炭林を構成する広葉樹は、針葉樹に比して材積当たりの熱量が大きく、燃料材としての需要が期待されることから、これまで人工林から生産される未利用材が主体であった燃料材の供給を拡大できる可能性がある。

しかし、放置薪炭林を構成する広葉樹は、一般に、枝張りが大きく通直でないため、プロセッサ等の造材機が使用できないこと、玉切り材がかさばるため運搬効率が悪いことから生産コストの低減が課題である。また、放置薪炭林は、品質が確保される用材向け木材比率が小さいことも想定される。以上が放置薪炭林の活用を妨げていると想定される。

本事業は、以上を踏まえ、地域内エコシステムの基盤となる資源としての放置薪炭林の有効活用に向け、需要に応じた効率的な生産・供給体制の構築のための調査を実施し、その成果を普及することを目的とする。

## 1.2. 想定する林分と材の利用

本事業が対象とするのは、かつて薪や炭を採取するために管理・利用されてきたが、現在は放置され、ナラ枯れや景観劣化につながる恐れのある森林である（図 1、図 2）。広葉樹林には生物多様性の保全や市民のレクリエーション上、重要な森林も存在しているが、このような森林は現在も利用、または管理、保全されていることから、本事業の対象として想定しない。

また、施業については、燃料材は最も低い単価で取引されるため、全ての材を燃料材として利用すると採算性が確保されない。採算性を確保するためにも、燃料材生産だけを目的とするのではなく、用材や薪、炭など付加価値の高い製品を供給した上で、最終的な受け皿として燃料材の利用を検討した。施業の採算性が確保されることで、放置薪炭林の活用が促進され、燃料材生産量も安定して増加することを期待した。



図 1 ナラ枯れ木が発生している広葉樹林



図 2 常緑低木が密生し、林内への立ち入りが困難となっている広葉樹林

### 1.3. 事業の概要

本事業の実施内容の概要を図 3 に示す。本事業は「2 薪炭林の状況調査」、「3 放置薪炭林の利用状況実態調査」、「4 調査結果の分析・評価」、「5 成果の普及活動」、「6 まとめと今後の課題」により構成される（図 3）。

「2 薪炭林の状況調査」として、森林生態系多様性基礎調査をはじめとした既往の統計資料から放置薪炭林の状況を把握するとともに、広葉樹の更新に関する既往の研究成果を文献調査した。「3 放置薪炭林の利用状況実態調査」として、全国の広葉樹施業を実施している事業体を訪問し、ヒアリングするとともに、施業地、更新状況を確認した。「4 調査結果の分析・評価」として、「3 放置薪炭林の利用状況実態調査」の結果を活用し、広葉樹施業の採算性を試算した上で、採算性が確保される広葉樹林が地域にどの程度存在するのか把握するため、GIS 解析を用いて利用可能資源量を推定した。「5 成果の普及活動」では以上の結果をとりまとめ、普及するため、成果報告会を開催するとともに、パンフレットを作成し、配布した。「6 まとめと今後の課題」では、以上の結果を整理するとともに、今後の課題を考察した。

なお、事業の実施に当たっては、有識者で構成する検討委員会を開催し、事業進行の各段階で専門的観点からの助言を受けた。委員名簿を表 1 に示す。令和 2 年 7 月 30 日（第 1 回）、令和 3 年 1 月 21 日（第 2 回）、2 月 18 日（第 3 回）に開催し、第 1 回では調査方法について、第 2 回では調査結果のとりまとめ方針について、第 3 回ではとりまとめについて議論した。

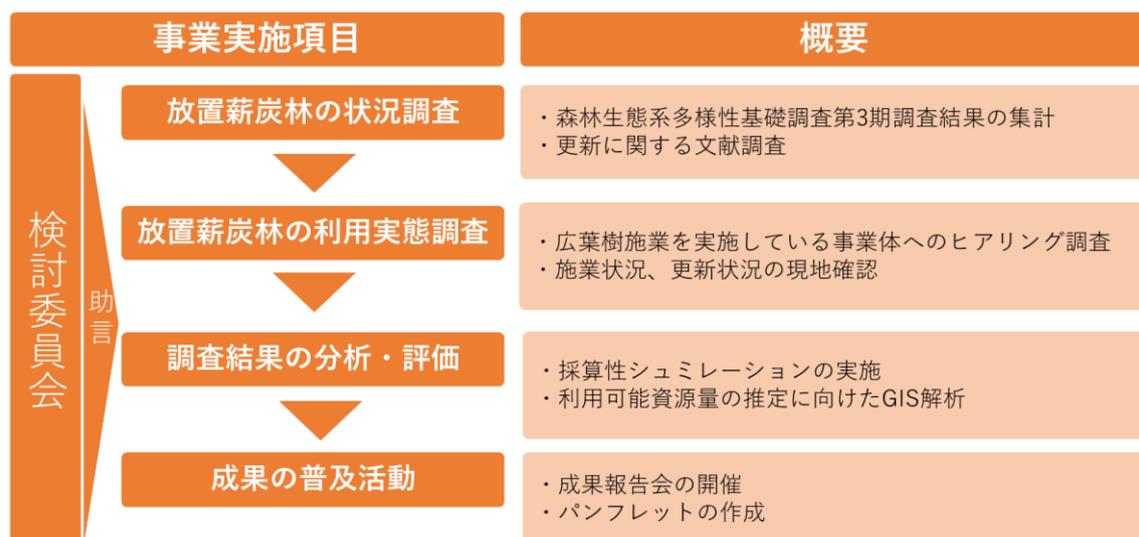


図 3 事業の概要

表 1 委員名簿

氏名	所属・役職
石山 浩一	株式会社森林環境リアライズ 専務取締役
宇都木 玄	国立研究開発法人森林整備・研究機構 森林総合研究所 研究ディレクター (林業生産技術研究担当)
高下 貴史	真庭木材事業協同組合 木材事業部 部長
駒木 貴彰	ノースジャパン素材流通協同組合 経営企画管理部長 (元・(国研) 森林総合研究所東北支所長)
太刀川 寛	日本製紙株式会社 原材料本部 林材部長代理
千葉 幸司	岩手県 農林水産部 林業振興課技術主幹 兼 林業・木材担当課長
新田 直人	真庭市 産業観光部長
山田 貴敏	笠原木材株式会社 代表取締役

## 2. 薪炭林の状況調査

### 2.1. 調査方法

全国の薪炭林の状況を調査するため、林野庁が公開している森林生態系多様性基礎調査<sup>1</sup>の結果を活用した。この調査の旧称は森林資源モニタリング調査であり、日本のNFI(National Forest Inventory:国家森林資源調査)である。全国の森林を対象とした現地調査を実施しており、全国4km間隔の格子点が調査対象地となる。全国に格子点は約23,000点存在し、森林は約16,000点である。また、森林であっても到達不可能な地点が約3,000点含まれているため、約13,000点のプロット調査が実施されている。この調査は5年で1巡するよう設計されており、2021年3月時点では、調査が開始された1999年から2014年までの3期間の結果が公開されている。この結果を活用し、放置薪炭林と想定される、「法令などの伐採制限のない民有林の広葉樹林面積の推定」、「資源成長量」、「齢級別蓄積」を推定した。

#### 2.1.1. 法令などの伐採制限のない民有林の広葉樹林面積の推定

全格子点のうち、現地調査が実施されたプロットのみを対象とした。森林生態系多様性基礎調査には森林簿調査も含まれており、各格子点の森林簿情報が記録されている。面積を推定するにあたり、この森林簿情報のうち、「土地所有区分」、「森林タイプ」、「伐採方法の指定」を用いて、民国別、針広別、伐採方法の指定の有無ごとにプロット数を集計し、プロット数の割合を求めた。これらの割合に日本の森林面積である約2,510万haを乗じることでそれぞれの面積を推定した。

#### 2.1.2. 資源成長量

全格子点のうち、無立木地などの優占樹種が特定できないプロットを除外し、時系列で比較するため、3期連続で現地調査が継続され、伐採方法の指定がされておらず、プロット的位置を示す中心杭の位置が変更されていない点のみを対象とした。また、調査者が記録した優占樹種(調査プロット内の材積最大樹種)を元に広葉樹と針葉樹に分類し、調査期ごとの平均蓄積を比較した。

---

<sup>1</sup> 林野庁 森林生態系多様性基礎調査

<https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/tayouseichousa/index.html>

### 2.1.3. 齡級別蓄積

「2.1.2 資源成長量」で抽出したプロットのうち、優占樹種が広葉樹であるプロットについて、第三期調査結果の蓄積と齡級を整理した。森林生態系多様性基礎調査の結果では、蓄積は幹材積(m<sup>3</sup>/ha)を示しており、末木枝条は含まれていない。

## 2.2. 調査結果

### 2.2.1. 法令などの伐採制限のない民有林の広葉樹林面積の推定

森林生態系多様性基礎調査結果を用いて推定した面積の結果を表 2 に示す。資源として利用が可能であると推定される民有林の法令などの伐採制限のない広葉樹面積は 474 万 ha と推定された。

この中に放置されている薪炭林が含まれると推定されるが、市民のレクリエーション活動の場となっている森林や生物多様性・生態系保護の観点から保全されている森林が含まれると考えられる。また、全ての放置薪炭林が利用可能ではなく、地形等の条件により利用できる資源は限定されることが想定されることに注意する必要がある。

表 2 面積推定結果

区分		面積(万 ha)	割合(%)
国有林		766	30
民有林	針葉樹	969	39
	広葉樹	742	—
	<b>法令などの伐採制限なし</b>	<b>474</b>	<b>19</b>
	法令などの制限あり	268	11
	その他（竹林、外来種など）	33	1

## 2.2.2. 資源成長量

資源成長量の推定結果を図 4 に示す。各調査期間は 5 年であることから、針葉樹林は約  $12\text{m}^3/\text{ha}\cdot\text{年}$ 、広葉樹林は約  $5\text{m}^3/\text{ha}\cdot\text{年}$  成長していることが伺える。また、広葉樹林の成長量は針葉樹林の約半分であるものの、資源量は着実に成長しており、第一期～第二期間よりも第二期～第三期間の方が大きかった。

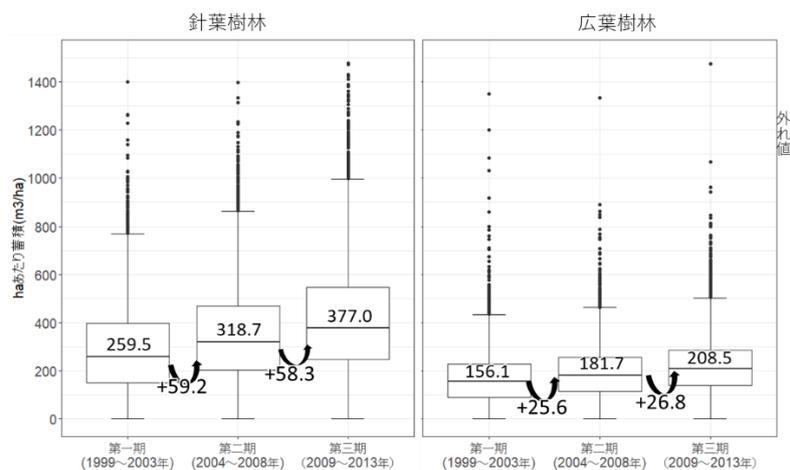


図 4 調査期別資源量の推移 (資源成長量)

## 2.2.3. 齢級別蓄積

広葉樹林の齢級別蓄積量を図 5 に示す。約 10 齢級以降、成長は緩やかとなっていることが伺える。10 齢級時の蓄積量の平均は  $219.5\text{m}^3/\text{ha}$ 、標準偏差は  $113.3\text{m}^3/\text{ha}$  だった。

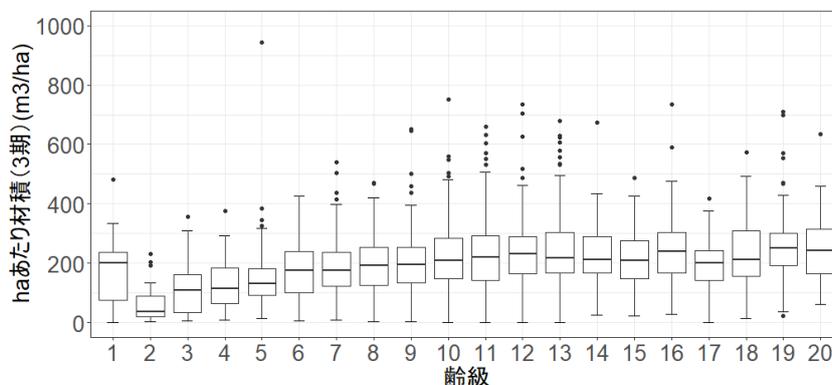


図 5 広葉樹林の齢級別蓄積

## 2.3. 更新に関する文献調査

広葉樹の更新に関して、調査した文献を表 3 に、これらの内容は次のとおりである。

- ・ 高齢化、大径木化した立木は萌芽更新に期待できない。萌芽した場合であっても、根部の維持呼吸量が大きく、萌芽枝の光合成量と釣り合わず、枯死する場合がある。
- ・ アカメガシワやカラスザンショウなどの先駆樹は埋土種子の寿命が長い、高木性樹種の種子は寿命が短い。
- ・ シカの生息密度が高い場合や、下層植生（ササ類、シダ類）が密生している場合は稚樹の成長だけでなく定着も阻害する

以上のことから、放置薪炭林の更新を考える上で、萌芽枝が健全に成長するか、どのような立木が次世代樹種となるか、更新阻害要因が存在するかが重要であることが分かった。

表 3 調査文献

文献名	発行年度	発行機関
広葉樹の利用と森林再生を考える ～中山間地での広葉樹林の取り扱いについて～	2018	国研)森林研究・整備機構 森林総合研究所関西支所
中山間地で未利用な広葉樹資源をむだなく循環利用 するために！	2019	国研)森林研究・整備機構 森林総合研究所
中山間地で広葉樹林を循環利用するための ハンドブック	2019	国研)森林研究・整備機構 森林総合研究所関西支所

## 2.4. 広葉樹材のエネルギー利用について

広葉樹材のエネルギー利用を検討する上で、広葉樹と針葉樹の単位あたりエネルギー量について、文献調査した（調査した文献は脚注参照）。結果を表 4 に示す。広葉樹は針葉樹と比べて含水率が低く、密度（体積あたりの重量）が高いため、体積あたりの保有熱量が高くなる。原木丸太 1m<sup>3</sup>につき、広葉樹 11.0MJ に対し、針葉樹 9.8MJ と約 1.1 倍のエネルギーがあり、燃料として優れているといえる。

表 4 広葉樹と針葉樹のエネルギー密度の比較

項目	広葉樹	針葉樹
丸太原木 1m <sup>3</sup> に対する乾燥重量(t/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>	0.6	0.5
絶乾状態における樹木部の低位発熱量(MJ/kg) <sup>3</sup>	18.4	19.5
1m <sup>3</sup> に対する熱量(MJ/m <sup>3</sup> )	11.0	9.8

<sup>2</sup> 出典：全国木材チップ工業連合会 木材チップ換算表

<https://www.rinya.maff.go.jp/kanto/apply/publicsale/wood/attach/pdf/sisutemu20200225-5.pdf>

<sup>3</sup> 出典：社団法人農山漁村文化協会 木質資源とことん活用読本 薪、チップ、ペレットで燃料、冷暖房、発電

### 3. 放置薪炭林の利用状況実態調査

#### 3.1. 調査方法

広葉樹施業を実施している事業体を対象として実態調査を実施した。訪問した事業体を表 5 に示す。事業体の選定にあたっては、地域、施業方法（車両系、架線系）、用途（用材、製紙向けチップ、燃料利用など）が重複しないよう留意した。調査は訪問し、施業地を現地確認するとともに、過去の施業地の更新状況を確認、事業体へ生産性に関わる項目や施業システムをヒアリングした（表 6）。本項目以降では事業体の経営に関わる情報も存在することから、事業体名は伏せて整理する。

表 5 訪問した事業体一覧

訪問日	事業体名	都道府県	特徴
8/26	真庭木材事業協同組合	岡山	高品質のチップを生産している事業体であり、末木枝条も含め、地域の木質バイオマス発電所にチップを出荷している。
9/28	笠原木材	岐阜	集材機を活用し、伐採した広葉樹はキノコ用の菌床チップ向け原木供給に充てている。
10/14	日本製紙木材	北海道	紙器原紙生産の広葉樹チップ需要があり、素材生産事業体に広葉樹施業を委託している。
10/21	砂子澤林業	岩手	原木の販売価格を高めるため、市場の広葉樹価格の動向を把握し、造材方法を決定している。
10/22	谷地林業	岩手	用材、パルプ、炭製品の販売など多様な販路を持っている。特に炭製品は良質なものを製造している。
11/10	鶴居村森林組合	北海道	良質な材を生産できる森林づくりを念頭に広葉樹の定性間伐、主伐を実施している。

表 6 ヒアリング内容

<p><b>資料提供</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 伐採時の林況が分かる資料</li> <li>✓ 伐採搬出コスト：日報や事業実施記録等の人工数、出材量が分かる資料</li> <li>✓ 販売数量と価格：出荷時の伝票等、材の価格の実態が分かる資料</li> <li>✓ 現地図面：索設した路網延長と配置、または架線線形（概要）が分かる資料</li> <li>✓ 更新作業：なんらかの作業を実施した場合、人工数の分かる資料</li> </ul> <p><b>現地案内と現地作業員へのヒアリング</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 施業上の工夫点</li> <li>✓ 既に施業が完了した林分：更新状況の確認</li> <li>✓ 現在施業を実施している林分 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 現地作業員へのヒアリング：ボトルネック、積込量の確認など</li> <li>• 造材時間の確認</li> </ul> </li> </ul> <p><b>管理者クラスの方へのヒアリング</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 施業上の工夫点</li> <li>✓ 山林調達費用（概数で構いません）</li> <li>✓ 更新方法、条件</li> <li>✓ その他不明点等</li> </ul>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## 3.2. 調査結果

### 3.2.1. 施業システム

調査した事業体の生産システムを以下に整理する。また、それぞれの事業体で使用していた林業機械を表 7 に示す。

表 7 事業体が使用していた林業機械

事業体	①伐採	②集材	③造材	④積込
A	チェーンソー	グラップル	プロセッサ	グラップル
B	チェーンソー	ウィンチ付 ブルドーザー	プロセッサ	グラップル
C	チェーンソー	フェラー バンチャー	フォワーダ グラップルソー	グラップル
D	チェーンソー	林業用 トラクター	プロセッサ	グラップル
E	チェーンソー	集材機	チェンソー	グラップル
F	チェーンソー	フェラー バンチャー	フォワーダ グラップルソー	グラップル

## 1) 伐採

全ての事業者がチェーンソーを使用していた。作業道際の立木ではフェラーバンチャー等を使用することもあるが、限定的であるとのことだった。

広葉樹はその形状から林冠の重心と幹の中心点がずれていることが多い。そのため、搬出しやすい方向に伐倒をコントロールすることが困難、伐倒中に幹が縦に裂けるといったことが起こる。特に伐倒中に幹が裂けた場合、チェーンソーが稼働しているため、思わぬ怪我につながる可能性がある。ビール瓶程度の太さの立木であっても労働災害につながる可能性があるため、経験が浅い作業員を伐倒させる場合には十分に研修・指導しなければならないとの意見も得られた。

## 2) 集材・小運搬

チップ材を有効に収集するため、土場まで全木で集材していた。全木集材に用いる林業機械は様々であり、架線系では集材機、車両系ではウィンチ付ブルドーザー（図 6）、ウィンチ付トラクター（図 7）、グラップルでの全木集材（図 8）が確認された。



図 6 全木集材に使用されていたウィンチ付ブルドーザー



図 7 林業用トラクターによる全木集材

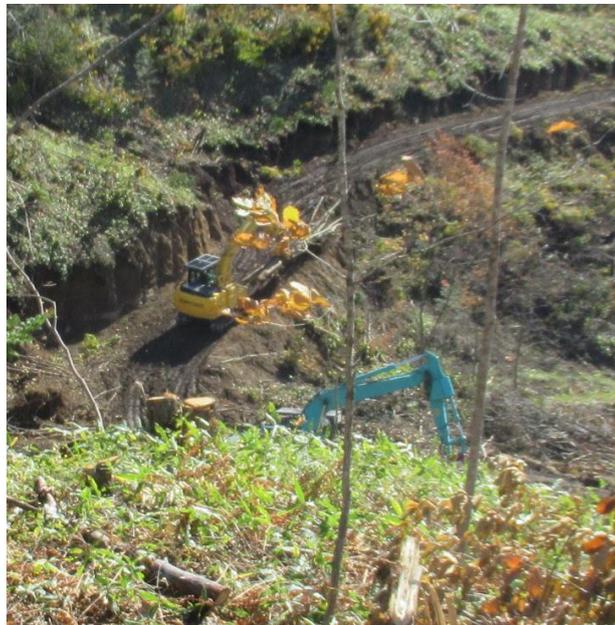


図 8 グラップルを用いた全木集材

### 3) 造材

造材機はプロセッサを使用している事業者が 3 社、グラップルソーを使用している事業者が 2 社、チェーンソーを使用している事業者が 1 社だった。プロセッサを使用している事業者は、広葉樹に対してプロセッサの送材機能を使うことは難しく、ヘッドの軽さによる扱い易さや機械価格の観点からグラップルソーを使用することが望ましいと考えていたが、針葉樹施業での利用も想定し、プロセッサを使用していた。

### 4) 積込

枝葉も搬出している事業者は、スタンション型のトラックでなく、フックロールコンテナやオープンバン型のトラックで運搬していた。移動式チップパーを活用し、枝葉を施業地でチップ化している事例も存在した。

また、「4.2 利用可能資源量の推定」に向けて、これらの事業者が施業対象とする広葉樹林分の条件もヒアリングした（表 8）。これらの条件は施業対象とするための条件、つまり採算性が期待される条件であり、条件を満たさないものは施業が不可能というわけではない。条件を満たさない場合、生産性が低下する等の理由により採算性が期待できなくなることの意味している。

事業者の施業方法や使用する林業機械、販路により条件は様々であるが、大きく分けて以下の 4 つの条件により採算性が期待できるか否かを決定していると考えられる。

- 作業道の始点から一定の距離以内に対象地が存在すること
- 作業道の作設、作業効率から傾斜が一定値以下であること
- 生産効率の観点から ha あたり材積が豊富であること
- 一定以上の施業面積が確保できること

表 8 ヒアリングにより把握した事業体別施業条件

事業体	施業条件
A	車道からの距離は問わない、団地として5ha以上存在すること、 用材として高価値の樹種が生育していること
B	急傾斜地でも対応可能、 2~3人の所有者で3ha以上の面積となること
C	林齢55年生以上 傾斜30°以下、車道から500m以内
D	傾斜15°以下、所有面積の大きさは問わない
E	資源量が200t/ha以上、面積としてのまとまりが1ha以上 林齢60年生以上
F	300t/ha以上の資源量が存在すること、 既存道から350m以上は難しい

### 3.2.2. 広葉樹材の販路

各事業体の販路を表 9 に示す。広葉樹材のうち、チップ材の販路は事業体により様々であり、地域の特性に合わせた需要に応じることで採算性を確保していた。

また、用材比率は地域により差があるが、比率が高い地域でも 3 割程度だった(「3.2.3 生産性に関わる項目」,表 10)。

表 9 各事業体のチップ材の販路

事業体	施業種	経営計画	チップ材の販路
A	主伐 (車両系)	無	製紙用パルプ(原木)
B	主伐 (車両系)	無	製紙用パルプ(原木)
C	主伐 (車両系)	無 (一部有)	製紙用パルプ(チップ) 発電向け:未利用材区分(チップ)
D	定性間伐、主伐 (車両系)	有	製紙用パルプ(原木) 発電向け:未利用材区分(原木)
E	主伐 (架線系)	無 (一部有)	キノコ菌床用チップ(原木) 製紙用パルプ(チップ) 発電向け:未利用材区分(チップ)
F	主伐 (車両系)	有	発電向け:未利用材区分(チップ)

### 3.2.3. 生産性に関わる項目

各事業体からの資料提供、ヒアリングにより把握した生産性に関わる項目を表 10 に示す。事業体 F は相対的に搬出量が多いが、これは発電用チップ生産のため、末木枝条も搬出しているためであった。この結果をもとに、「4.1 採算性の試算」を実施した。

表 10 各事業体の生産性に関わる項目

事業体	施業種	生産性 (m <sup>3</sup> /人日)	搬出量 (m <sup>3</sup> /ha)	立木購入 価格 (千円/ha)	用材 比率	用材単価 (千円/m <sup>3</sup> )	チップ 材単価 (千円/Wt)
A	主伐	6	100	200	0.1	15	9.5 (原木)
B	主伐	5	150	200	0.3	20	10 (原木)
C	主伐	4.5	80	350	0.3	15	9.5 (チップ)
D	定性 間伐	5	30	5	0.2	20	8 (原木)
E	主伐	5	150(t)	200	0.05	20	12 (原木)
F	主伐	7.7	300(t)	150	0.1	15	12 (チップ)

### 3.2.4. 林地残材の活用

「3.2.2 広葉樹材の販路」の表 9 に示したとおり、施業地の森林経営計画を作成している事業体とそうでない事業体が存在した。事業体が施業地の森林経営計画を作成していない場合、末木枝条は集積され、残置されていた (図 9)。

森林経営計画は一団の森林を対象とすることとされているが、放置薪炭林は小規模分散的に存在することが多いこと、また、認定基準において主伐量の上限が対象となる森林の成長量に応じて決定されるが、広葉樹の成長量は想定的に小さいことが多いことから、主伐量の上限が低く設定される。そのため、皆伐が困難となることから、森林経営計画を作成していないとのことだった。ただし、森林経営計画を作成することで、チップ材が FIT 制度の未利用材区分として取り扱えるようになることから、該当する事業体全てが森林経営計画を作成したい意向を持っていた。



図 9 林地に残地された末木枝条

また、森林経営計画を作成している事業者へのヒアリングにより、移動式チップパーを活用し、末木枝条を現地でチップングしている事例が複数存在した。これらの事例では、素材生産者がチップ化する事業者に残材を売り渡していた。北海道では該当する素材生産者からヒアリングするとともに、売り渡す予定の残材を現地確認した。また、岡山県ではチップ化している事業者にヒアリングするとともに、作業を現地確認した。

岡山県でチップ化している事業者へのヒアリング結果は以下のとおりだった。チップ化の様子を図 10 から図 12 に示す。

【林地残材をチップングしている事業者へのヒアリング内容】

- チップ化しているのは自社施業地と他社 1 社の施業地のみ
- 作業時間：10t 用 25m<sup>3</sup> のコンテナに満載するのに(7~9t)に約 40 分、作業者は 1 名
- 以下の点を独自に改良・工夫していた
  - 牽引式だったものをトレーラに搭載
  - リモコン操作を可能にした（一人作業が可能）
  - 投入口の高さが変更可能
  - コンテナに FRP 製の屋根を取り付けており、チップ投入時に飛散せず、搬送時の飛散も防止していた
- 直径 20cm 程度の立木に対応、20cm を超える原木はスプリッタ（ドリル型）を使用し、割っている。スプリッタは通常、グラップルの排土板上向きに装着している（視察時はメンテナンスのため、アームに装着していた）
  - 材が短いと効率が悪いので、施業者にはできる限り全木の状態で土場まで運搬するよう要請している
  - 広葉樹の場合、グラップルで枝が又になっている箇所をつかみ、折ることで投入しやすくしていた

また、北海道で確認したチップ化する事業体に売り渡す予定の残材は、チップパーに投入しやすいよう、元口を集積する方向に揃えられていた。また、素材生産業者のヒアリングでは、末木枝条を販売するようになり、全幹集材が全木集材となるなど、施業方法が変化したとのことだった。また、残材の置き場所や置き方、チップ化・集荷のタイミングは施業前に素材生産業者とチップ加工業者による現地打合せで決定されるとのことだった。



図 10 移動式チップパーの活用



図 11 チップパーに投入する原木



図 12 チップが飛散しないよう開発された FRP 製の屋根



図 13 現地でチップ化される原木、末木枝条（北海道）

### 3.2.5. 更新について

今回、ヒアリングした全ての事業者では、萌芽や下種による天然更新を主としていた。ただし、稀であるが、所有者の意向により、皆伐後、造林樹種を植栽している事例も存在するとのことだった。過去、施業した林分では順調に更新が進んでおり、更新不良はほとんど存在しないとのことだった。ただし、シカ食害、ササ被覆により立木が生育しなかった事例も過去に存在するとのことだった。

それぞれの事業者で 1～3 箇所、皆伐してから 2～5 年程度経過した林分を現地確認した（図 14）。萌芽や木本の実生・稚樹が確認されない林分は存在せず、また、確認した全ての林分でマツ実生を確認した（図 15）。現地確認した林分は 50～70 年生であるが、伐株の太さは多様であり、伐採前には高齢級の林分内にも若齢立木が存在したと考えられる。



図 14 岡山県真庭市における 50 年生の林分の皆伐跡地、皆伐から約 1 年程度



図 15 施業地で確認されたマツの実生

## 4. 調査結果の分析・評価

### 4.1. 採算性の試算

放置薪炭林を活用する上で、施業の採算性を確保することが重要である。しかし、「3 放置薪炭林の利用状況実態調査」のヒアリングにより、事業体から単純に生産性を上げることは難しく、多くの事業体では材の付加価値を高める、できる限り資源を有効に活用するなど、販売面を工夫することにより採算性を確保していることが分かった。

広葉樹は枝部の比率が造林樹種よりも多いことから、枝部まで活用することで採算性が確保できる可能性がある。通常、製紙用チップは剥皮する必要があるため、一定以上の末口径が求められるが、燃料用チップは剥皮する必要がないことから、より細かい材も使用が可能となる。

本項では、枝部を使用する場合と使用しない場合の採算性を試算し、比較することで、放置薪炭林施業の可能性の検討について整理した。

本試算では「3 放置薪炭林の利用状況実態調査」の調査結果をパラメータとして使用しているが、諸条件の一部は事業体の実態を問わず、一般的な価格で統一するなど、いくつかの条件を仮想していることに注意する必要がある。

#### 4.1.1. 方法

ヒアリングにより把握した森林概況や生産性、搬出材積等の値を元に事業体別の施業システムを想定し、採算性として収支を試算した。今回は車両系施業による全木集材を想定した（表 11）。

表 11 想定した施業条件とシステム

想定する施業条件	車両系による主伐施業、傾斜 25～30°、路網密度 150m/ha、経営計画は策定済み
施業システム	<p>施業システムと林業機械</p> <p>①伐採（チェンソー）</p> <p>②集材・小運搬（スキッド）</p> <p>ウィンチで作業道まで集材し、そのまま土場（造材・トラック積込地点）まで小運搬する。</p> <p>④造材・積込（グラップルソー）</p> <p>⑤運搬（移動式チップパー、トラック）</p> <p>燃料材となる特に末木枝条については運搬効率向上のため、移動式チップパーにてチップ化する</p> <p>施業地にコンテナを、チップをためておき、フックロール型のトラックにて回収する</p>

採算性(収支)の計算に用いた式を表 12 に、それぞれのパラメータを表 13、機械経費の設定に用いた値を表 14 に示す。今回は枝部を使用する場合と枝部を使用しない場合の 2 パターンを想定した。枝部を使用する場合の搬出量は使用しない場合の 1.3 倍とした。

表 12 採算性の試算に用いた式

<p>採算性(円/ha) = ①販売収益(円/ha) - ②経費(円/ha)</p> <p>①販売収益(円/ha) = 用材比率 × 用材単価(円/m<sup>3</sup>) × 搬出量(m<sup>3</sup>/ha) + (1-用材比率) × チップ材単価(円/生 t) × 搬出量(m<sup>3</sup>/ha) × 変換係数(t/m<sup>3</sup>)</p> <p>②経費(円/ha) = 立木購入費用(円/ha) + ③伐採・搬出費用(円/ha) + ④運送費用(円/ha) + ⑤諸経費(円/ha)</p> <p>③伐採・搬出費用(円/ha) = 作業道等作設費用(円/ha) + ⑥人件費(円/ha) + ⑦機械経費(円/ha) + チップ化費用(t/ha)</p> <p>⑥人件費(円/ha) = 搬出量(m<sup>3</sup>/ha) ÷ 生産性(m<sup>3</sup>/人日) × 人件費単価(円/人日)</p> <p>⑦機械経費(円/ha) = 搬出量(m<sup>3</sup>/ha) ÷ {生産性(m<sup>3</sup>/人日) × 施業班人数(人/日)} × 機械単価(円/日)</p> <p>④運送費用(m<sup>3</sup>/ha) = 搬出量(m<sup>3</sup>/ha) × 運送単価(円/m<sup>3</sup>) × 搬出量(m<sup>3</sup>/ha)</p> <p>⑤諸経費 = 経費(円/ha) × 諸経費率</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

表 13 採算性の試算に用いたパラメータ

項目・単位	値
用材比率	0.1
用材単価(円/m <sup>3</sup> )	20,000
幹部のみの搬出量 (m <sup>3</sup> /ha)	220
枝部を含む場合の搬出量 (m <sup>3</sup> /ha)	280
チップ販売単価(円/生 t)	10,000
変換係数(t/m <sup>3</sup> ) <sup>4</sup>	1.3
立木購入費用(円/ha)	200,000
作業道作設費用(円/ha)	300,000
生産性(m <sup>3</sup> /人日)	5
人件費(円/人日)	15,000
チップ化費用(円/生 t)	2,000
人件費(円/人日)	15,000
施業班人数(人/日)	3
機械単価(円/日)	56,000
運送費用(円/m <sup>3</sup> )	2,500
諸経費率	0.05

<sup>4</sup> 出典：全国木材チップ工業連合会 木材チップ換算表

<https://www.rinya.maff.go.jp/kanto/apply/publicsale/wood/attach/pdf/sisutemu20200225-5.pdf>

表 14 機械経費の設定

機械種	日額換算 (千円/日)	備考
チェンソー	0.3	ヒアリング内容を参考に設定
<b>グラップル</b>	<b>15.9</b>	<b>森林施業プランナー テキスト記載内容</b>
トラクター	22	ヒアリングによる購入価格を 参考に設定
フェラーバンチャー	24.3	プロセッサと同じ金額を設定
<b>プロセッサ</b>	<b>24.3</b>	<b>森林施業プランナー テキスト記載内容</b>
グラップルソー	18	グラップル金額を参考に設定
<b>フォワーダ</b>	<b>13.6</b>	<b>森林施業プランナー テキスト記載内容</b>
集材機	5	ヒアリング内容を参考に設定

#### 4.1.2. 結果

採算性の試算計算を図 16 に示す。幹部のみを想定した場合の経費の合計は 3,003 千円/ha、収益の合計は 3,014 千円/ha、収支は+11 千円/ha だった。それに対し、枝部も使用した場合の経費は 3,695 千円/ha、収益の合計は 3,794 千円/ha、収支は+13 万 6 千円/ha だった。以上から、今回の試算条件では、枝部も利用することで採算性が約 12 万 5 千円/ha 向上することが分かった。ただし、枝部を効率的に搬出・運搬するためには、全木集材や移動式チップの導入、中間土場の活用による運搬効率の向上が必要となることに留意する必要がある。

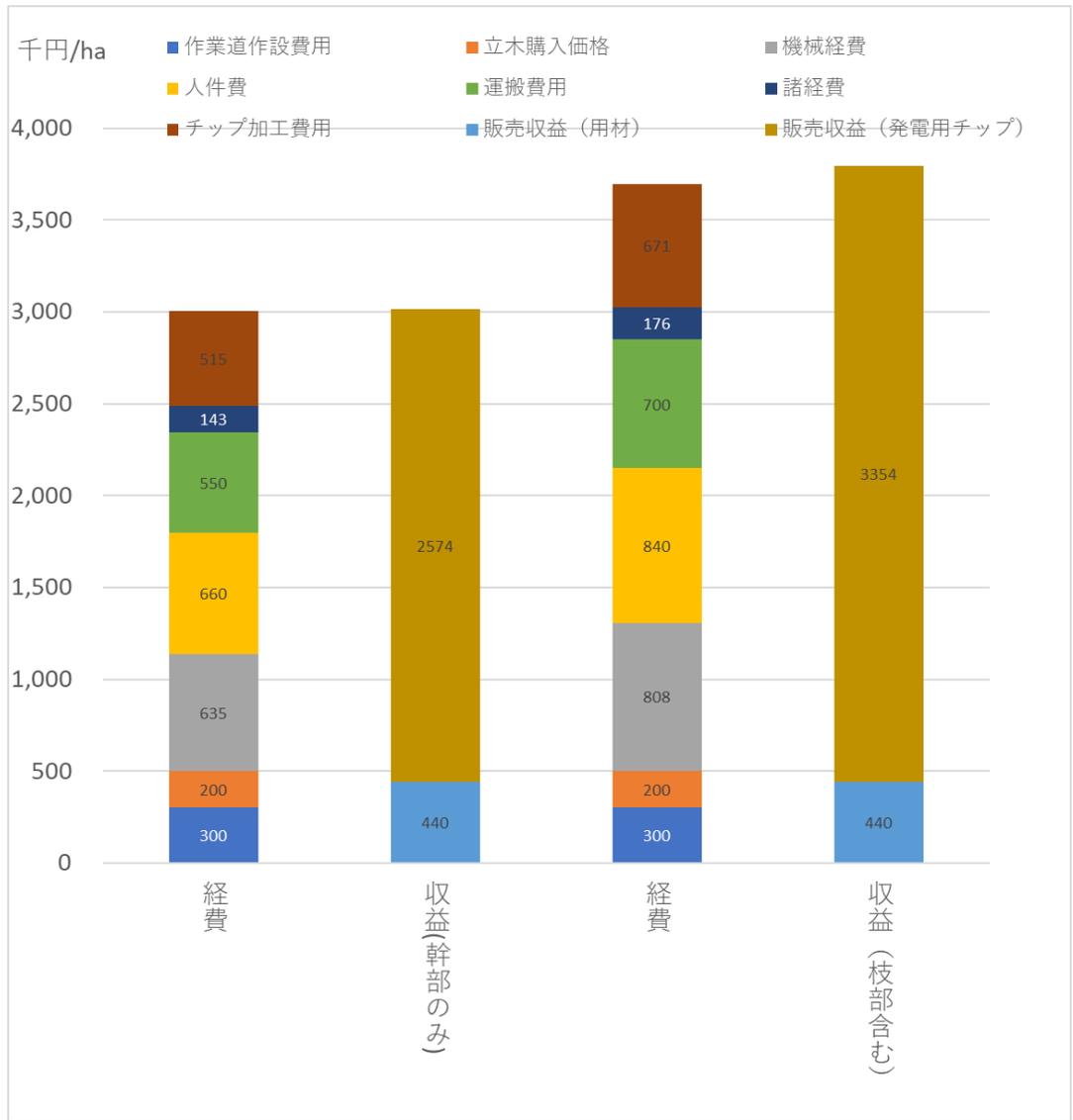


図 16 採算性試算結果

## 4.2. 利用可能資源量の推定

森林資源が利用可能かどうかは、法令などの制限といった社会的条件や傾斜、路網からの距離といった地理条件が大きく影響する。放置薪炭林の資源がどの程度利用可能か推定するため、「4.1 採算性の試算」で想定した施業方法を前提として、GIS 解析により利用可能資源量を推定し、放置薪炭林の活用可能性を検討した。また、今回の解析では、岡山県真庭市と岩手県盛岡市、久慈市の3市の民有林を対象とした。

### 4.2.1. 方法

「3.2.1 施業システム」の表 8 に事業者へのヒアリングにより把握した採算性が期待される施業条件の一覧を示し、共通していた項目として以下の4項目を挙げた。

- 作業道の始点から一定の距離以内に対象地が存在すること
- 傾斜が一定値以下であること
- ha あたり材積が一定値以上であること
- 一定以上の施業面積が確保できること

以上に加え、「対象地が広葉樹林であること」、「法令などによる伐採制限がかかっていないこと」を条件として追加し、GIS 解析を実施した。条件などを表 15 に示すとともに、各条件の詳細について、解説する。

表 15 GIS 解析に用いた条件と使用データ

条件	GIS解析上の考え方	使用するデータ
広葉樹であること	樹種が広葉樹であること	森林簿、計画図
作業道の始点から一定の距離以内に対象地が存在すること	車道から300m以内	国土基盤情報 基本項目 道路線データのうち、「真幅道」であること
傾斜が一定値以下であること	傾斜30°以下の箇所であること	基盤地図情報 数値標高モデル(10mDEM) から傾斜図を作成
haあたり材積が一定値以上であること	森林簿林齢が50年生以上	森林簿、計画図
保安林、国立公園などの制限林を除外する	国立公園、保安林等の区域のうち禁伐、択伐規制のかかっている森林を除外する	森林簿、森林計画図
一定以上の施業面積が確保できること	上記条件を満たすエリアが連続して3ha以上存在すること	

1) 作業道の始点から一定の距離以内に対象地が存在すること

作業道の始点から対象林分までの距離に応じて、作業道の作設距離、作業道走行距離が決まる。実際には、素材生産者が 10t トラックの走行が可能な森林作業道を作設し、恒久的に維持管理する場合もあるが、森林作業道の GIS データについては自治体により整備状況が様々であることから、森林作業道は一般道、林道、林業専用道を始点に作設されるものとした。車道と作業道の区分については平成 22 年の路網・作業システム検討委員会のとりまとめに準拠した(表 16)。

表 16 車道と森林作業道の区分について

区分		位置づけ
車道	林道	原則として不特定多数の人が利用する恒久的公共施設であり、森林整備や木材生産を進める上での幹線となるもの。
	林業専用道	主として特定の者が森林施業のために利用する恒久的公共施設であり、幹線となる林道を補完し、森林作業道と組み合わせ、森林施業の用に供する道をいい、普通自動車(10トン積程度のトラック)や林業用車両(大型ホイールタイプフォワード等)の輸送能力に応じた必要最小限の規格・構造を持つことにより、森林作業道の機能を木材輸送の観点から強化・補完するものである。
森林作業道		特定の者が森林施業のために利用するものであり、主として林業機械(2トン積程度の小型トラックを含む。)の走行を予定するものである。

出典：路網・作業システム検討委員会 最終とりまとめ(平成 22 年)

設定する閾値として、ヒアリングでは始点から 500m 以内、または 350m 以内という意見が得られたが、若干低めの 300m を設定した。これは作業道の始点からの直線距離であり、カーブやつづら折りを考慮すると森林作業道の走行距離は 500m 程度になると想定される。

また、公道を含む車道のデータとして、国土基盤情報 基本項目 道路縁データを使用した。本データには、道路種別として「真幅道」、「軽車道」、「徒歩道」、「トンネル内の道路」、「建設中の道路」、「その他」、「不明」に分類されているが、このうち、「真幅道」のみを車道のデータとして使用した。この国土基盤情報 基本項目 道路縁データのうち、「真幅道」がどの程度の車道をカバーするか確認するために、岡山県真庭市の林道を確認した。結果を図 17 に示す。すべての林道がカバーされているかは確認できなかったが、ある程度の林道はカバーされていると考えられる。

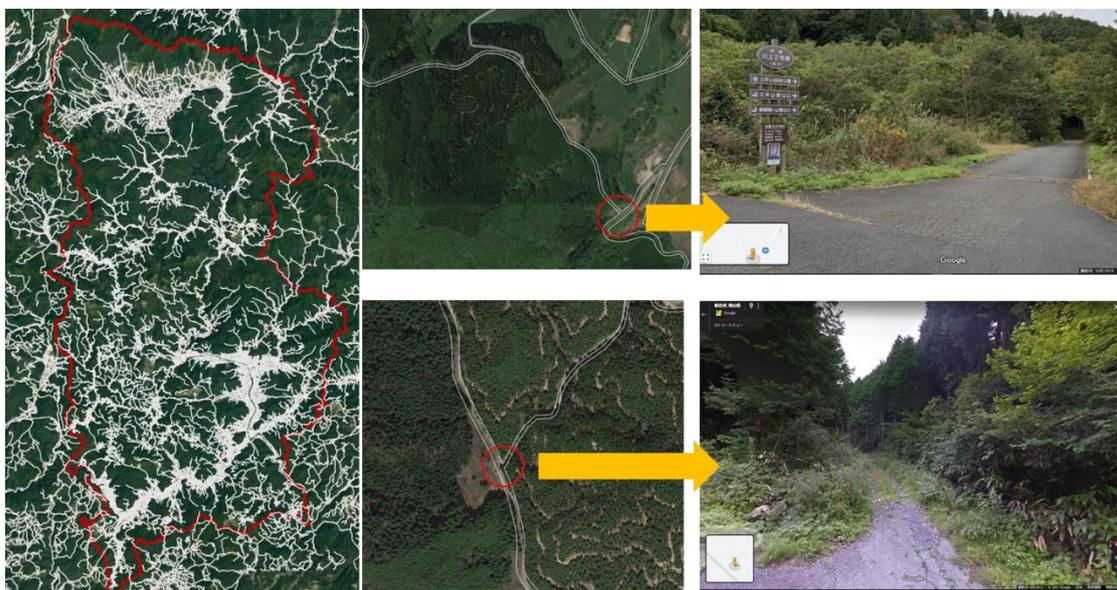


図 17 岡山県真庭市での確認例  
(左：全景、中：確認地点、右：Google ストリートビュー)

## 2) 傾斜が一定値以下であること

車両系施業において、傾斜は施業コストを増加させる要因となる。急傾斜地では、作業道を作設する際の土工量（切土量、盛土量）が増加するとともに、作業道の崩壊のリスクも増す。また、伐倒や荷掛けなどの作業時間も増加することとなる。

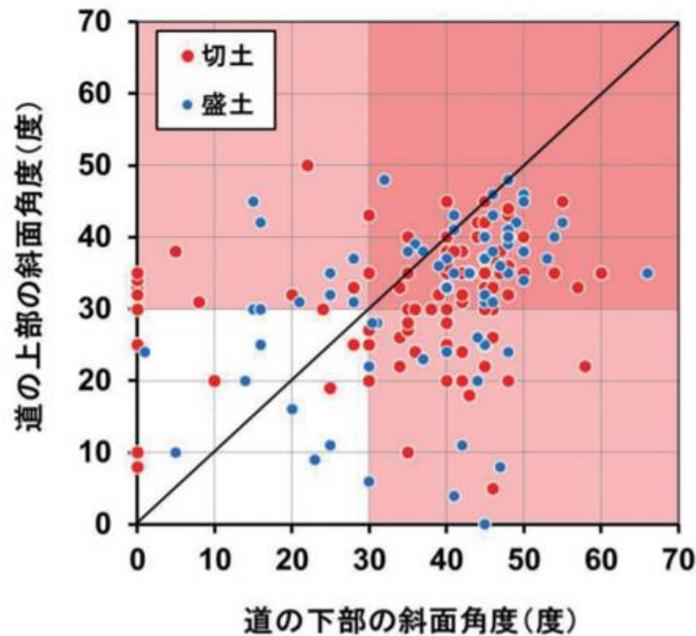
一般的に車両系施業では傾斜 35° まで対応可能とされている(表 17)。しかし、傾斜 30° を超えると森林作業道の作設コストは増加し、崩壊のリスクも生じる(図 18)ことから、今回は傾斜 30° を閾値として設定した。また、傾斜の計算は 50m×50m のグリッドでの傾斜角を計算した。

表 17 地形傾斜・作業システムに対応する路網整備水準の目安

(単位 : m/ha)

区分	作業システム	基幹路網			細部路網	路網密度
		林道	林業専用道	小計	森林作業道	
緩傾斜地 (0~15°)	車両系	15~20	20~30	35~50	65~200	100~250
中傾斜地 (15~30°)	車両系	15~20	10~20	25~40	50~160	75~200
	架線系				0~35	25~75
急傾斜地 (30~35°)	車両系	15~20	0~5	15~25	45~125	60~150
	架線系				0~25	15~50
急峻地 (35° ~)	架線系	5~15	—	5~15	—	5~15

出典：路網・作業システム検討委員会最終とりまとめ（平成 22 年）



出典：壊れにくい道づくりのための森林作業道作設の手引き（岐阜県森林研究所,2017）

図 18 道の崩壊箇所における道の上部および下部の自然斜面の角度

### 3) ha あたり材積が一定値以上であること

作業道作設費用など、材積に関わらず一定の費用が必要となる費目が存在する。ha あたり材積が小さい場合、これらの費目を収入で補うことが難しくなるが、ha あたり材積が大きい場合には、投入するコストに対してより多くのリターンを期待することができる。

一般的に一定程度の成長が見込めるのは10 齢級程度であり、その平均蓄積は約 220m<sup>3</sup>/ha である(図 5)。これは幹材積であり、末木枝条が 30%と仮定すると約 280m<sup>3</sup>/ha となる。この値は「4.1 採算性の試算」で設定した数値であり、一定程度の採算性が確保できる可能性があることから、10 齢級（45～50 年生）以上を採算の見込める条件とした。

## 4.2.2. 結果

### 1) 作業道の始点から一定の距離以内に対象地が存在すること

車道から 300m 以内の地点を図 19 に示す。真庭市、盛岡市ではほとんどの森林が範囲内に存在するのに対し、久慈市はカバーできていない森林が存在しており、その多くが広葉樹であることが分かる。このような箇所においては、例えば林業専用道を作設することで利用可能資源量を増加させることが可能であると考えられる。

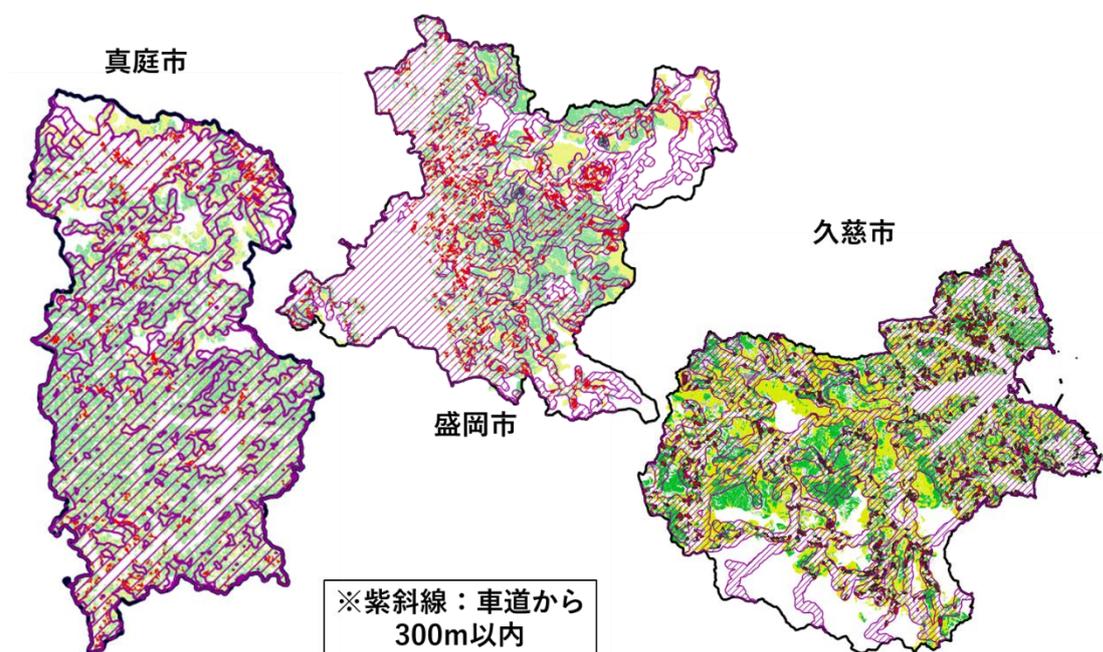


図 19 車道から 300m 以内の地点  
(赤：利用可能広葉樹林、黄：広葉樹林、緑：その他の森林)

## 2) 制限林と林齢

3市における傾斜30°以上の箇所を図20に示す。真庭市は傾斜30°以上の箇所が全体的に多く、久慈市は市の西側に多い、盛岡市では市の南部に限られることが分かる。傾斜は同じ県であっても、地域によって傾向が異なるといえる。

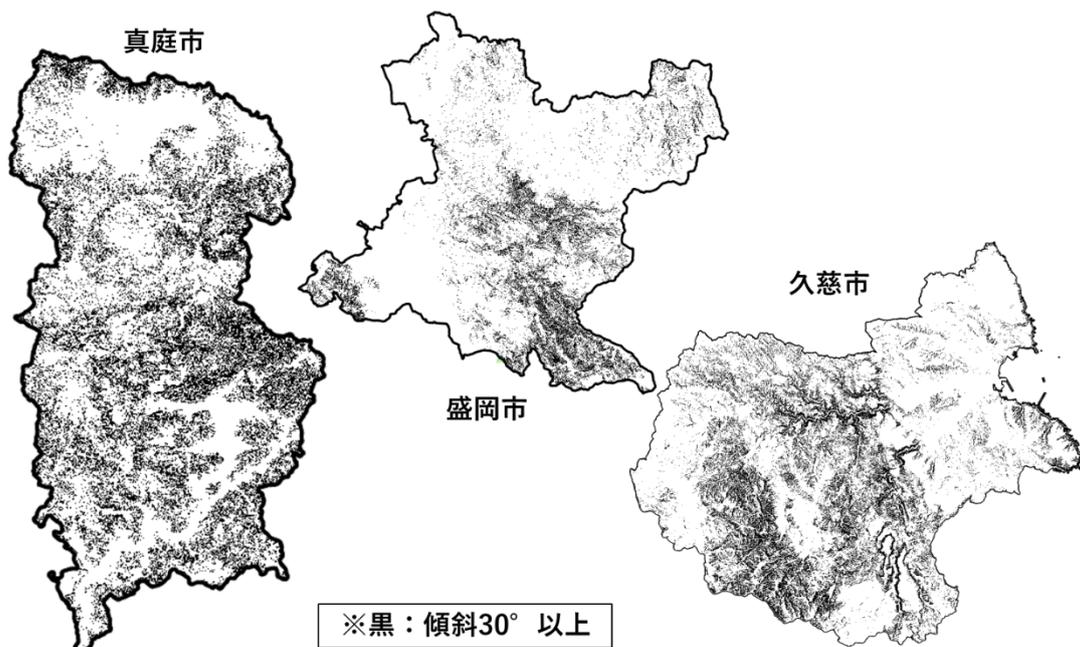


図20 3市における傾斜30°以上の箇所

## 3) 制限林と林齢

3市における制限林と林齢の関係を図21に示す。真庭市と盛岡市、久慈市では異なる傾向を示すこととなった。真庭市では広葉樹林面積のうち、10歳級以上の森林は約9割を占めることとなった。一方、制限林を除いた広葉樹林面積は全体の7割程度に留まり、法令等による伐採制限が限定要因となっていた。一方、久慈市、盛岡市では制限林を除いた広葉樹林面積は全体の9割程度だったが、若い林分が多く、10歳級以上の林分は久慈市では約5割、盛岡市では約7割だった。

以上の差は地域性が大きく影響していると考えられる。真庭市には蒜山高原を始めとする自然公園が多く存在しているが、これまで広葉樹材への需要は高くなく、広葉樹林は放置されていたと想定される。一方、岩手県は地域的に広葉樹材への需要が高い地域であり、炭や薪、キノコ原木などの利用が盛んであったことから、10歳級以上の林分が少ないと思われる。

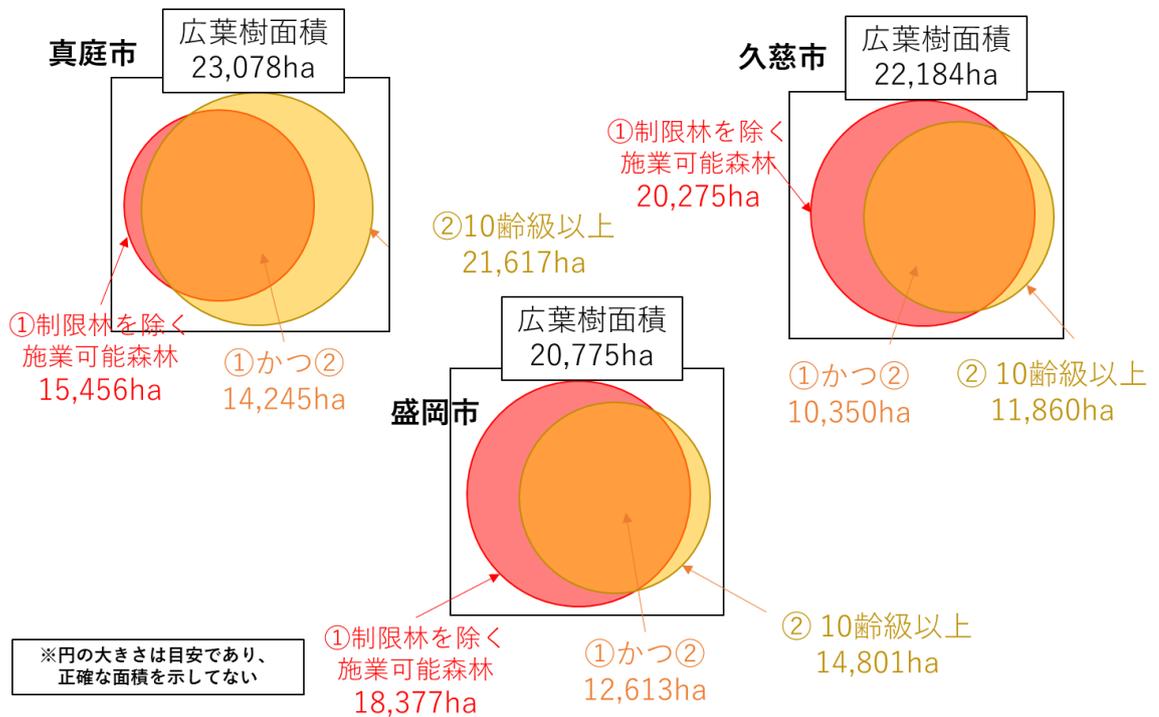


図 21 3市における制限林と林齢の関係

#### 4) 3市の利用可能面積

GISによる解析結果を表18、図22～図24に示す。広葉樹林面積に対する利用可能面積率は岡山県真庭市が最も低く20%なのに対し、久慈市は25%、盛岡市が最も高く50%となった。それぞれの市で限定要因が様々であり、複合的な要因により、利用可能面積率に差が生じており、影響力の強い要因を特定することは困難だった。

今回は3市を比較する意図もあり、同一の条件で解析を実施した。しかし、本来はそれぞれの地域で詳細な条件を変更することが望ましいと考えられる。例えば、施業方法や使用する林業機械は地域によって異なり、その差により傾斜や車道からの距離の閾値は変化する。また、今回は法令による伐採制限のかかっている森林は除外したが、地域市民のレクリエーション活動の場となっている森林や生態系の保全上、重要な森林も存在する。各地で利用可能資源量を推定する場合には、以上のことを考慮に入れる必要がある。

表 18 利用可能面積の比較と各市の特徴

項目		真庭市	盛岡市	久慈市
①全民有林面積(ha)		58,875	48,197	42,435
②①のうち、広葉樹森林面積(ha)		23,078	20,775	22,184
③②のうち、林齢50年生以上、かつ、制限林を除外した面積(ha)		14,245	12,613	10,350
④③のうち、利用可能広葉樹面積(ha)		4,592	10,260	5,561
広葉樹林面積に対する利用可能面積率(%)(④/②×100)		20	49	25
特徴	制限林	多い	少ない	少ない
	林齢	ほぼ高齢	若齢が多い	若齢が多い
	地形	急峻	緩やか	やや急峻
	路網	密	密	疎

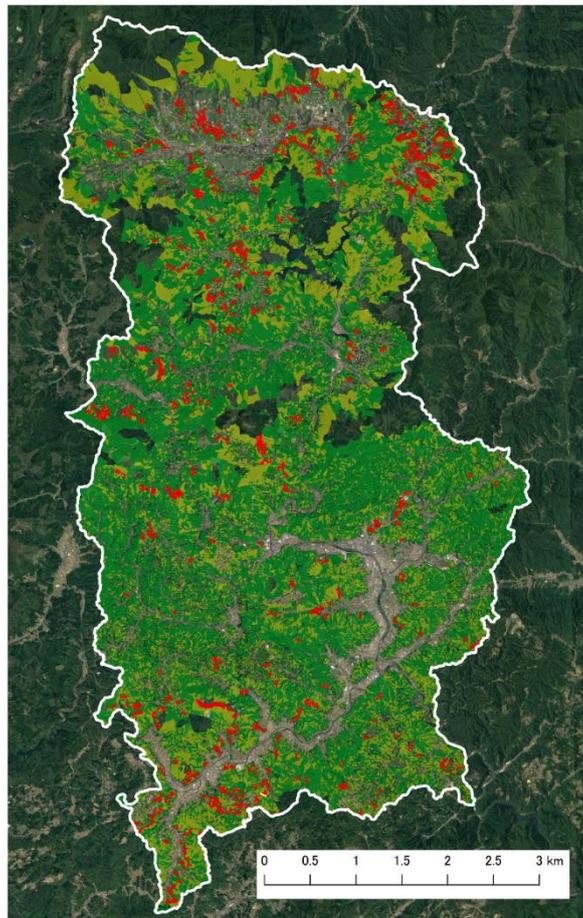


図 22 真庭市の利用可能広葉樹林の分布  
(赤：利用可能広葉樹林、黄：広葉樹林、緑：その他の森林)

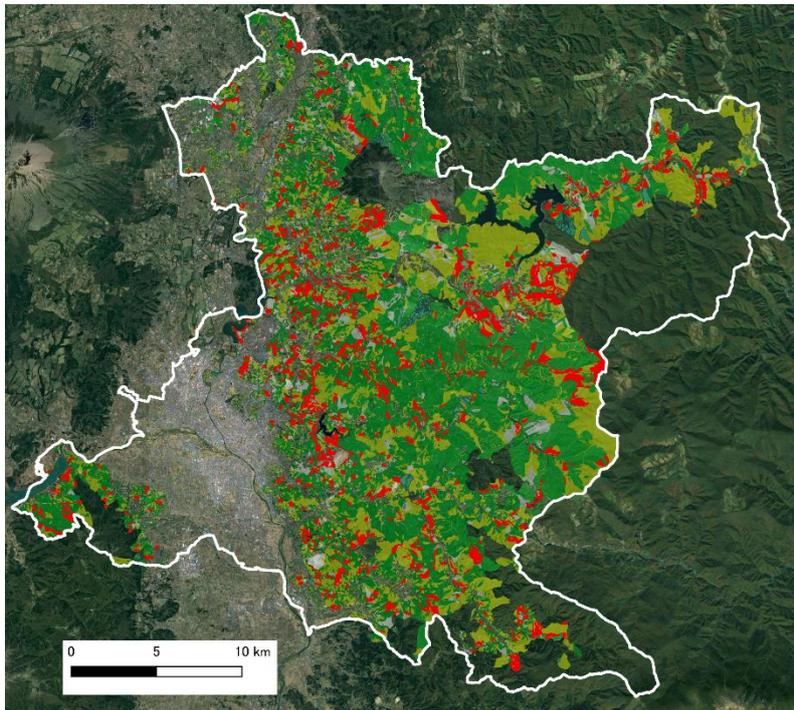


図 23 盛岡市の利用可能広葉樹林の分布  
 (赤：利用可能広葉樹林、黄：広葉樹林、緑：その他の森林)

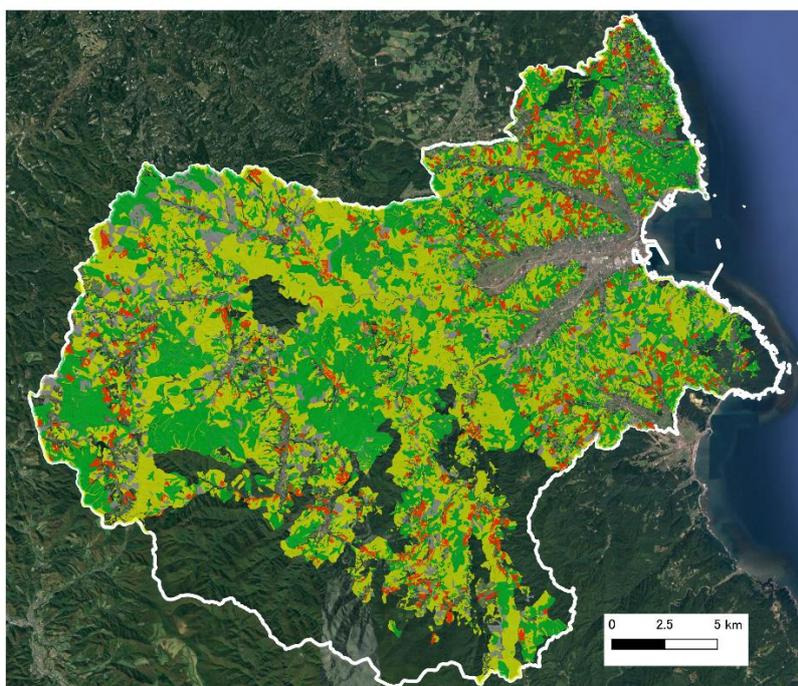


図 24 久慈市の利用可能広葉樹林の分布  
 (赤：利用可能広葉樹林、黄：広葉樹林、緑：その他の森林)



# かつて薪や炭の生産に利用されていた 旧薪炭林の燃料等への活用



放置された旧薪炭林の資源を有効に活用するため、採算性が期待される広葉樹材生産システムを提案するとともに、生産のポイント等を整理しました。

一般社団法人  
日本木質バイオマスエネルギー協会  
Japan Woody Bioenergy Association

図 26 作成したパンフレット表紙

## 6. まとめと今後の課題

### 6.1. 本事業成果のまとめ

本事業により、放置されている薪炭林は一定程度の面積が存在しており(表 2)、資源は成長し続けている(図 4)こと、また、10 齢級程度で資源量は平均 220m<sup>3</sup>/ha に達し、その後の成長緩やかとなることが分かった(図 5)。

これらの豊富な資源を有効に活用する上でネックとなるのが、放置されている薪炭林を構成する立木の形状である。放置薪炭林を構成する広葉樹は曲がりが大きく、枝部が多いため、歩留まりが低く、作業生産性を伸ばすことが難しい。特にハーベスタやプロセッサといった造材機の送材機能が活用できないことで造材工程がボトルネックとなってしまう。

一方、全国で広葉樹施業に取り組んでいる事業体を調査すると、生産性を上げるのではなく、販路を確保し、採算性を確保していることが分かった。販路として地域の需要に応えることで材の価値を高くしている事例や燃料材としても活用することで搬出量を増加させている事例を確認した。

用材利用はもとより、薪や炭、製紙用チップでは一定以上の太さが求められるが、燃料材は剥皮する必要がないため、小径であっても利用することができる。燃料材として枝部も利用することで歩留まりは改善される。試算により、チップ加工費用を考慮しても枝部を燃料材として活用することにより、採算性が向上することが分かった(図 16)。また、採算性が期待できる条件の広葉樹林を真庭市、久慈市、盛岡市で GIS 解析により抽出したところ、それぞれ 20%、25%、49%が利用可能と推定された(表 18)。

上記から、燃料材としての利用を受け皿として活用することで、放置されている薪炭林が地域の重要な資源として活用できる可能性があるといえる。

### 6.2. 今後の課題

「4.1 採算性の試算」、「6.1 本事業成果のまとめ」に示したとおり、放置薪炭林施業では枝部まで利用することで採算性を高めることが期待できる。しかし、枝部まで利用するためには全木集材する必要がある。架線系施業であれば全木集材を実施する上で支障はないが、車両系施業ではフォワーダでなく、スキッドヤ林業用トラクターなどの活用が必要となる(図 27)。しかし、国内ではこれらの林業機械は一般的でなく、ほとんど流通していない。海外製の林業機械を輸入するためには代理店を通さねばならず、機械調達費用が高くなってしまったといった課題がある。



図 27 スキッダによる全木集材の様子

また、枝部を効率よく運搬するためにはチップ化する必要があることから、施業地に移動式チップパーを導入する、または中間土場でチップ化するといったことが必要となる。燃料材を前提とした運送システム、サプライチェーンの構築が必要となるが、これらのコスト構造は明らかになっていない。効率的な集材・運搬に向けた運送システム・サプライチェーンを構築し、コストを明らかにする必要がある。

## 巻末資料

### (1) 成果報告会資料

以下は2021年3月3日に第6回国際バイオマス展にて開催した成果報告会資料である。



「地域内エコシステム」サポート事業 成果報告会（バイオマス展 林野庁事業成果報告セミナー）

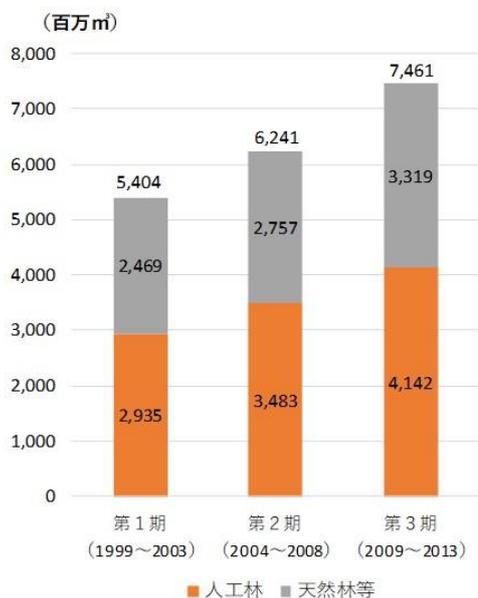
## 放置薪炭林の燃料材としての活用



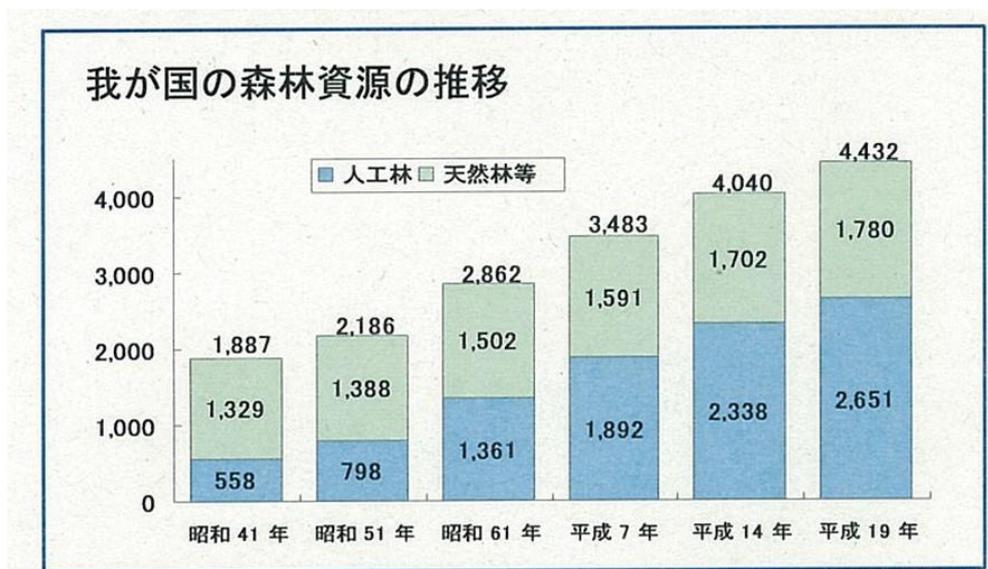
2021年3月3日（水） 12：30～14：30  
東京ビッグサイト 西展示棟1階

（一社）日本木質バイオマスエネルギー協会

## 森林生態系多様性基礎調査による森林蓄積



出典：林野庁「森林生態系多様性基礎調査」





## 薪炭林施業





## 用材になる優良木



### 報告内容

- 事業の背景
- 全国の広葉樹林の状況把握
- 実態調査結果報告
- 利用可能資源量の推定に向けたGIS解析
- 更新について
- まとめ

# 1.事業の背景：広葉樹林と薪炭林



広葉樹林には生態系の保全や景観を維持する上で重要な森林も存在  
 上記以外でも、里山林は景観構成やレクリエーション利用など様々な役割がある



かつて薪や炭の原料を採取するために利用された森林の多く（薪炭林）は  
 1960年代以降のエネルギー革命以降、多くが管理・利用されなくなった  
 ⇒ナラ枯れの発生や景観の変化

区分		面積(万ha)	割合(%)
国有林		766	30
民有林	針葉樹	969	39
	広葉樹	742	—
	<b>法令などの伐採制限なし</b>	<b>474</b>	<b>19</b>
	法令などの制限あり	268	11
	その他（竹林、外来種など）	33	1

※全国森林資源現況調査、森林生態系多様性基礎調査結果を集計し、作成

2020/7/30

JWBA Proprietary

8

## ナラ枯れの深刻化



2020/7/30

JWBA Proprietary

9



2020/7/30

JWBA Proprietary

10

## 事業の背景：放置された薪炭林の活用に向けて

### 広葉樹材への需要の高まり

用材、チップ材需要ともに高まっている

- フローリング材や家具材としての新たな需要
- 再生可能エネルギーとしての燃料材需要

### 広葉樹施業の困難さ

広葉樹は曲がりが多く、枝が張っている

- 製材用材として利用できる部分は限られる
- 伐採・搬出作業の採算性が低い

放置された薪炭林施業の採算性が確保できれば活用が広がる可能性がある

文献調査、ヒアリング調査、現地確認などにより、以下の調査を実施

- 全国の広葉樹の状況把握
- 事業者を対象とした実態調査
- 採算性のシミュレーション
- GIS解析による利用可能資源量の推定

2020/7/30

JWBA Proprietary

11

## 全国の広葉樹の状況把握 ～第三期森林生態系多様性基礎調査結果集計結果～

参考：森林生態系多様性基礎調査（旧：森林資源モニタリング調査）について  
日本のNFI(National Forest Inventory:国家森林資源調査)であり、全国の森林を対象とした現地調査  
全国4km間隔の格子点が調査対象地となる（約23,000点の対象地のうち、森林は約16,000点）  
5年1巡とし、1999年から調査開始、現在、2014年までの第3期調査結果が公開されている

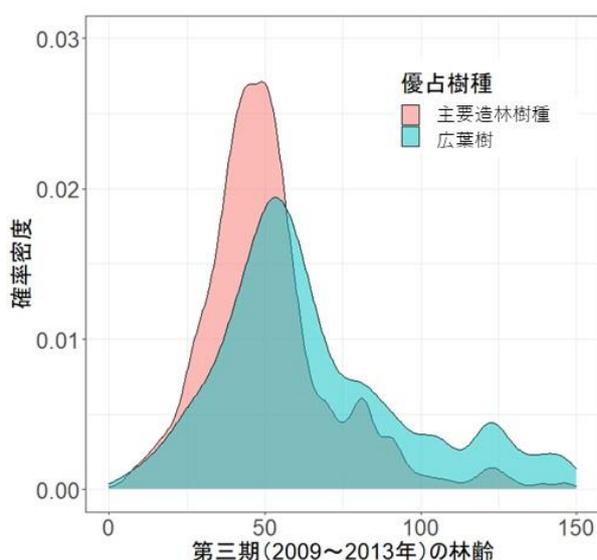
2020/7/30

12

### 林齢構成



優占樹種：広葉樹林の齢級構成は針葉樹よりも高齢化がより顕著



#### 左図について

使用データ：

森林生態系多様性基礎調査結果（公開版）

#### 集計条件

- ① 全調査地点(23,270点)のうち、「森林」である調査点(16,139点)
- ② 無立木地などの優占樹種が特定できない林分は除外（309点）
- ③ 3期連続で現地調査が継続された調査点（11,141点）
- ④ 優占樹種（プロット内の材積最大樹種）で針葉樹・広葉樹を判断
- ⑤ 集計方法
  - ✓ 第3期調査時に調査団体が参照し、記録した森林簿の林齢を使用
  - ✓ 優占樹種（調査プロット内の材積最大樹種）で以下のように分類
    - ・ 主要造林樹種(5,800点)
    - ・ 広葉樹(5,032点)

2020/7/30

JWBA Proprietary

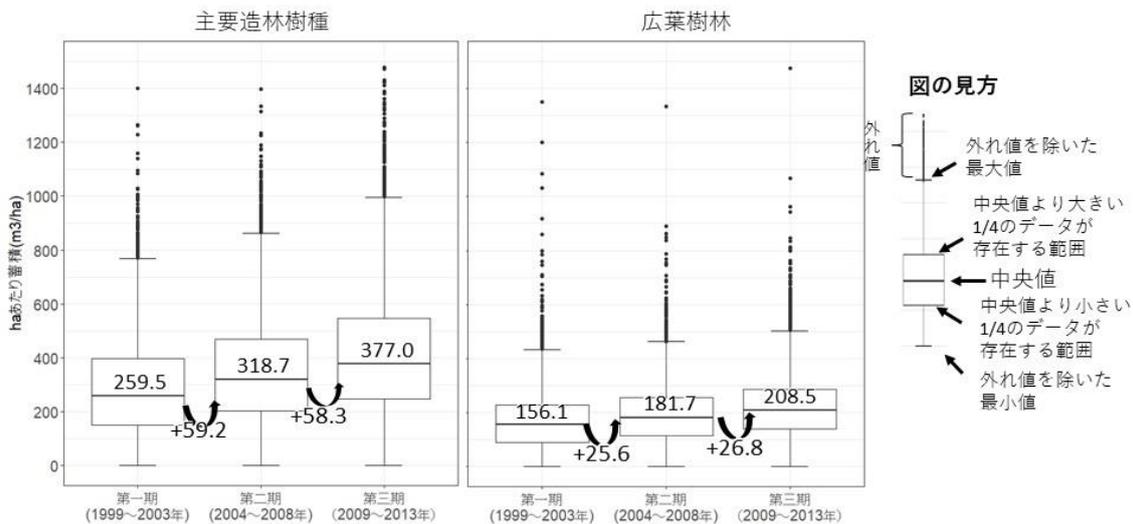
13

# 放置薪炭林の資源成長量



広葉樹林は年間約5m<sup>3</sup>/haの速度で資源成長している

データ、条件、分類はスライド13と同様。直径、樹高計測の現地調査による材積(m<sup>3</sup>/ha)を集計



2020/7/30

JWBA Proprietary

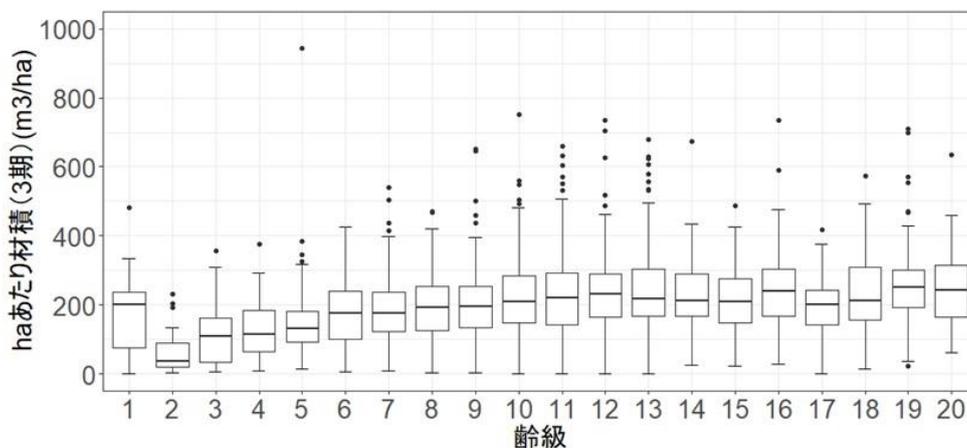
14

# 齢級別蓄積



2~6齢級は成長が旺盛であり、10齢級以降、材積成長は緩やかとなる。  
 10齢級の材積は約220m<sup>3</sup>/ha (標準偏差 102.1)。  
 ※林分材積であり、単木材積でない。用材生産のためには更に長伐期とすることが必要となる可能性がある

優占樹種が広葉樹である林分の齢級と蓄積



2020/7/30

JWBA Proprietary

15

## 実態調査結果報告 ～事業体へのヒアリング、現地確認結果～

2020/7/30

16

### 実態調査の対象事業体



次の6事業体を訪問し、施業地を視察するとともに、担当者にヒアリングした  
また、別途、伐採跡地を確認し、更新状況を確認した

訪問日	事業体名	都道府県	特徴
8/26	真庭木材事業協同組合	岡山	高品質のチップを生産している事業体であり、末木枝条も含め、地域の木質バイオマス発電所にチップを出荷している。
9/28	笠原木材	岐阜	集材機を活用し、伐採した広葉樹はキノコ用の菌床チップ向け原木供給に充てている。
10/14	日本製紙木材	北海道	紙器原紙生産の広葉樹チップ需要があり、素材生産事業体に広葉樹施業を委託している。
10/21	砂子澤林業	岩手	原木の販売価格を高めるため、市場の広葉樹価格の動向を把握し、造材方法を決定している。
10/22	谷地林業	岩手	用材、パルプ、炭製品の販売など多様な販路を持っている。特に炭製品は良質なものを製造している
11/10	鶴居村森林組合	北海道	良質な材を生産できる森林づくりを念頭に広葉樹の定性間伐、主伐を実施している。

## 使用していた林業機械



### ①伐採

全ての事業者がチェーンソーを使用していた。作業道際の立木ではフェラーバンチャー等を使用することもあるが、限定的であるとのことだった。

### ②集材・小運搬

チップ材を有効に収集するため、土場まで全木で集材していた。全木集材に用いる林業機械は様々であった（次スライド以降、写真を整理）。

### ③造材

造材機はプロセッサを使用している事業者が3社、グラップルソーを使用している事業者が2社、チェーンソーを使用している事業者が1社だった。プロセッサを使用している事業者は、広葉樹に対してプロセッサの送材機能を使うことは難しく、取り回しや機械価格の観点からグラップルソーを使用することが望ましいと考えていたが、針葉樹施業での利用も想定してプロセッサを導入していた。

### ④積込

枝葉も搬出している事業者は、スタンション型のトラックでなく、フックロールコンテナやオープンバン型のトラックで運搬していた。移動式チップパーを活用し、枝葉を施業地でチップ化している事例も存在した。

JWBA Proprietary

18

## 使用する林業機械（ウィンチ付トラクター）



↑農業用トラクターがベース  
ホイールタイプであるため、  
走行速度が高い。

林業用トラクターがベース→  
ウィンチのリモコン操作が可能



JWBA Proprietary

19

## 使用する林業機械（ウィンチ付ブルドーザー）

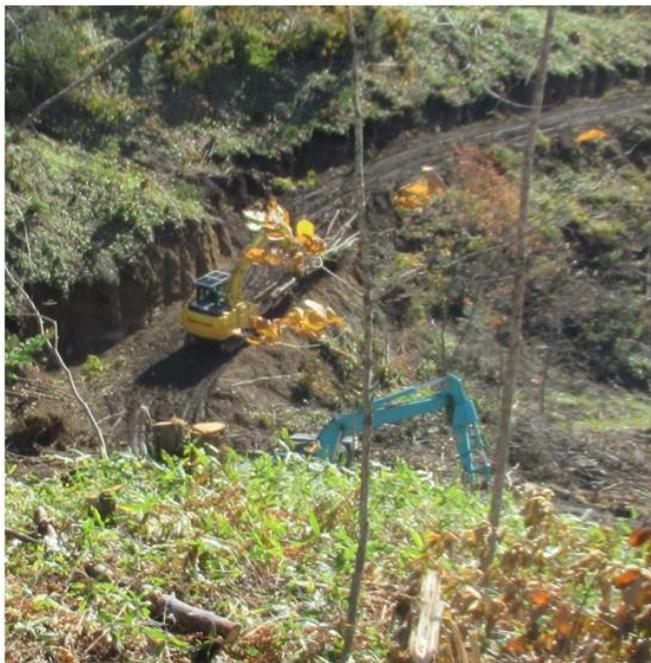


クローラタイプであり、走破性は高いが、  
走行速度は限定される

JWBA Proprietary

20

## 使用する林業機械（グラップル集材）



←グラップルによる全木集材

JWBA Proprietary

21

## 末木枝条の残置について



- 森林経営計画が作成されていない場合、末木枝条は集積され、残置されていた  
⇒該当する事業体では森林経営計画を作成したい意向だったが、諸条件により、経営計画を立てていなかった
- 森林経営計画が作成されている森林では、移動式チッパーで末木枝条を回収している事例が複数存在した（北海道、岩手県、岡山県）  
⇒移動式チッパーを用いて他社の施業地の末木枝条をチップ化している事業体にヒアリングした（岡山県 向井林業）、また、北海道鶴居村では他社によりチップ化される予定の材が残置されている林地を視察した



JWBA Proprietary

22

## 移動式チッパーについて（岡山県の事例）



← 残置されていたチップ用材  
チップングしやすいよう、向きが揃えられ、長い状態で残置されていた

FRP製の屋根が取り付けられたトラック→  
チップ投入口が空けられたFRP製の屋根。  
投入時、運搬時の飛散を防止する



JWBA Proprietary

23

## 移動式チップパーについて（岡山県の事例）



岡山県真庭市にて移動式チップパーを用いて、土場に残置された材をチップ化している向井林業にヒアリングした。

- チップ化しているのは自社施業地と他社1社の施業地のみ
- **作業時間：10t用25m<sup>3</sup>のコンテナに満載(7～9t)するのに約40分、作業者は1名**
- 以下の点を独自に改良・工夫していた
  - ✓ 牽引式だったものをトレーラに搭載
  - ✓ **リモコン操作を可能にした**（一人作業が可能）
  - ✓ 投入口の高さが変更可能
  - ✓ **コンテナにFRP製の屋根を取り付けて**おり、チップ投入時に飛散せず、搬送時の飛散も防止していた
- 事業者から山土場にて6,000円/tで買い取り、チップ化している。その後、発電所に12,000円/tで販売
- 直径20cm程度の立木に対応、**20cmを超える原木はスプリッタ（ドリル型）を使用し、割っている**。スプリッタは通常、グラップルの排土板に上向きに装着している（視察時はメンテナンスのため、アームに装着）
- 材が短いと効率が悪いので、施業者には**できる限り全木の状態で土場まで運搬**するように要請している
- 広葉樹の場合、**グラップルで枝が又になっている箇所をつかみ、折ることで投入しやすくしていた**

JWBA Proprietary

24

## 末木枝条の活用(北海道の事例)



北海道の鶴居村森林組合では移動式チップパーを用いてチップ化している業者に残材を販売していた

- 移動式チップパーで末木枝条を搬出するようになり、全幹集材が全木集材となるなど、施業方法が変化したとのことだった
- 施業前に素材生産業者とチップ加工業者が打合せし、残材の置き場所や置き方を決定し、チップ加工業者のタイミングで集荷が行われる



← ↓施業地に残置されたチップ材  
チップパーに投入しやすいよう、元口を集積する方向に揃えられていた



JWBA Proprietary

25

### 森林経営計画の作成について

多くの事業体は森林経営計画の作成に意欲的であったが下記の課題を抱えていた。

- 資源の保続性を担保するため、計画区域内の資源成長量に応じて伐採量の上限が決まるため、広い面積を集約化する必要があることが障害となっていた
- 北海道では、広葉樹の標準伐期齢が80年に設定されており、対象林が限られていた

### 安全性について

広葉樹伐採は針葉樹伐採以上に安全上の注意が必要であるとの意見があった。

- 広葉樹は慣れていない者が伐採すると、チェーンソーが稼働している最中に裂けることがあり、思わぬ労働災害につながる恐れがある。
- 広葉樹の樹形上、伐倒中に他の立木等にひっかかることが多く、予想外の方向に倒れることがある。

⇒多くの事業体では、広葉樹専門の作業班を保有していた。

### 生産性について

広葉樹は樹形が多様であり、針葉樹のように生産性を上げることは難しいとする意見があった。

- 造材時にハーベスタやプロセッサの送材機能が使用できない。
- 幹が傾いて生育していることが多く、伐倒可能な方向が限られており、集材に効率的な方向に伐倒できることが少ない。

⇒多くの事業体は、生産性を向上させるのではなく、販路の開拓により販売単価を上げることで採算性を確保していた。

## 実態調査まとめ

### 放置薪炭林は、次の特徴を生かして有効利用できる可能性がある

- 末木枝条の比率が針葉樹よりも多く、従来は利用が低位にある。これを収集し、燃料材として利用することで採算性を向上させることが可能となる
- 伐採後の天然更新が可能となる場合が多く、造林コストが低位である

### 上記の特徴を生かすための作業システムの条件

- 車両系施業における全木集材可能な林業機械（ホイール式スキッド）の導入
- 末木枝条の運搬効率を高めるための移動式チップパーの導入

### 作業システムの実現に向けての留意点

- 森林経営計画を策定する必要がある
  - 資源の保続性確保の観点からも広面積の対象地を確保し、計画を立てることが望ましいが、体制整備が必要となる
  - 標準伐期齢が高く設定されている地域では資源利用の観点から検討の余地がある
- 高齢林においても天然更新の可能性はあるものの、林分状況によっては高木性の立木が生育しない可能性もあることから、適切な更新がはかられない場合、補植などの追加作業が必要となる

## 採算性のシミュレーション結果について ～車両系全木集材を前提として～

2020/7/30

28

### ヒアリング調査結果に基づく採算性の試算



#### 採算性の試算について

ヒアリングにより把握した森林概況や生産性、搬出材積等の値を元に一般的なモデルを想定し、概算での収支を試算した

#### 試算上の留意点

- 諸条件の一部は事業体の実態を問わず、一般的な価格で統一した  
⇒次スライドに詳述
- 生産性、立木購入価格、用材価格等は各事業体の一般的な数値を使用した
- 補助金等は試算に組み込んでいない

### 3-1. 放置薪炭林施業に適した林業機械と作業システム



採算性をシミュレーションするための  
 放置薪炭林における広葉樹施業に適した作業システムとして以下を想定

#### 想定する施業条件

車両系による主伐施業、傾斜25~30°、路網密度150m/ha、経営計画は策定済み

**ポイント**：末木枝条の搬出のためには、トラック積込地点まで全木で集材・小運搬し、造材する  
 造材は燃料材の場合、おおよその長さに造材することで作業を効率化する

#### 施業システムと林業機械

##### ①伐採（チェーンソー）

チェーンソーを使用し、伐倒する。支障がない限り、枝は払わない

##### ②集材・小運搬（スキッド）

ウィンチで作業道まで集材し、そのまま土場（造材・トラック積込地点）まで小運搬する  
 末木枝条活用のため、全木で集材する必要があることから、スキッドを使用する

##### ④造材・積込（グラブソー）

材の質ごとに造材することが効率的だと思われる

用材：従来どおり尺を取り、造材する

チップ材（幹部）：ポールなどの目印を設置し、目検討で造材することで効率化可能と想定

チップ材（枝、梢端部）：できる限り長い状態で積み上げることでチップ化が効率化される

##### ⑤運搬（移動式チップパー、トラック）

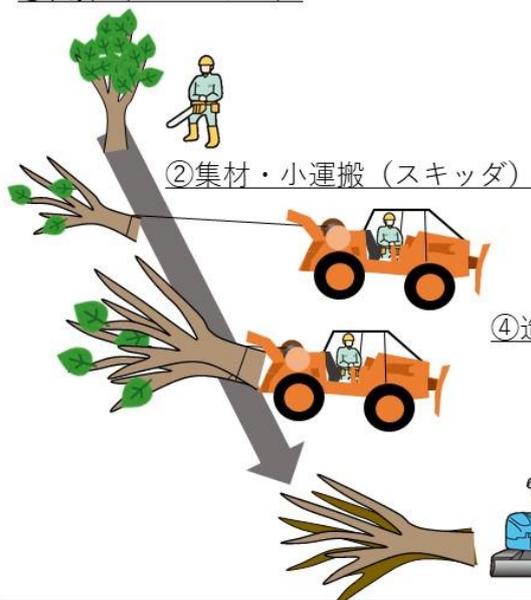
燃料材となる特に末木枝条については運搬効率向上のため、移動式チップパーにてチップ化する  
 施業地にコンテナを、チップをためておき、フックロール型のトラックにて回収する

### 放置薪炭林施業に適した車両系林業機械と作業システム



#### 前スライドに示した施業システムのイメージ

##### ①伐採（チェーンソー）



##### ②集材・小運搬（スキッド）

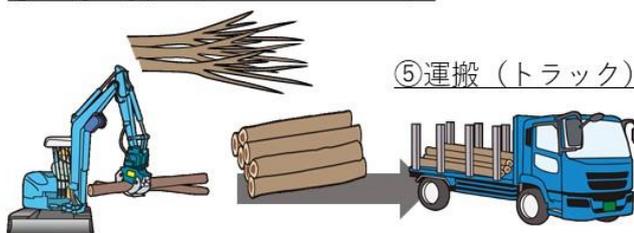
##### ⑤運搬（トラック）



##### ⑤運搬（移動式チップパー）



##### ④造材・積込（グラブソー）



##### ⑤運搬（トラック）

## 1-2 ヒアリング調査結果に基づく採算性の試算



### 仮想値の設定について

以下の項目は、事業体の状況や林況によって様々であるため、一般的な数値を仮想値として設定した。

【作業道等作設費用】：車両系では一律で30万円/ha、架線系では50万円/haを設定  
⇒作業道や架線の作設費用は施業地の形状や作業の段取りにより金額が変動することから、今回は標準的と考えられる金額を想定  
(作業道作設費用：2,000円/m、150m/ha 架線索設費用：3ha、80人日を想定)

【機械経費】：機械ごとに設定した費用を使用（詳細は後述）

【人件費】：1万5千円/人日

【施業班人数】：3人/班を想定

⇒車両系：伐倒1名、集材・小運搬1名、造材・積込1名、  
架線系：伐倒1名、荷掛け1名、造材・積込1名を想定

【燃料、消耗品等】：経費合計の5%を設定

【運送費用】 2,500円/m<sup>3</sup>

【チップ化費用（自社でチップ化している場合）】 2,000円/m<sup>3</sup>

JWBA Proprietary

32

## 1-2 ヒアリング調査結果に基づく採算性の試算



### 採算性の評価方法

$$\text{採算性(円/m}^3\text{)} = \text{販売収益(円/m}^3\text{)} - \text{経費(円/m}^3\text{)}$$

用材販売価格 + チップ材販売価格

$$\text{用材比率} \times \text{用材単価(円/m}^3\text{)} + \text{(1-用材比率)} \times \text{チップ材単価(円/m}^3\text{)}$$

立木購入費用 + 伐採・搬出費用 + 運送費用 + 諸経費等

- ①立木購入費用(円/m<sup>3</sup>)  
ヒアリングにより把握、森林組合による定性間伐の場合は所有者への還元費用として3,000円/haを想定
- ②伐採・搬出費用(円/ha)  
作業道等作設費用(円/ha)+人件費(円/ha)+機械経費(円/ha)+チップ化費用(m<sup>3</sup>/ha)  
※詳細は後述
- ③運送費用(円/ha)  
搬出量(m<sup>3</sup>/ha)×運送単価(円/m<sup>3</sup>)
- ④諸経費等  
①～③の経費合計の10%

JWBA Proprietary

33

## 1-2 ヒアリング調査結果に基づく採算性の試算



### ②伐採・搬出費用(円/ha)の計算について

$$\text{②} = \text{作業道等作設費用(円/ha)} + \text{人件費(円/ha)} + \text{機械経費(円/ha)}$$

人件費(円/ha)

$$\frac{\text{搬出量(m}^3\text{/ha)}}{\text{生産性(m}^3\text{/人日)}} \times \text{人件費単価(円/人日)}$$

機械経費(円/ha)

$$\frac{\text{搬出量(m}^3\text{/ha)}}{\text{生産性(m}^3\text{/人日)} \times \text{施業班人数(人/日)}} \times \text{機械単価(円/日)}$$

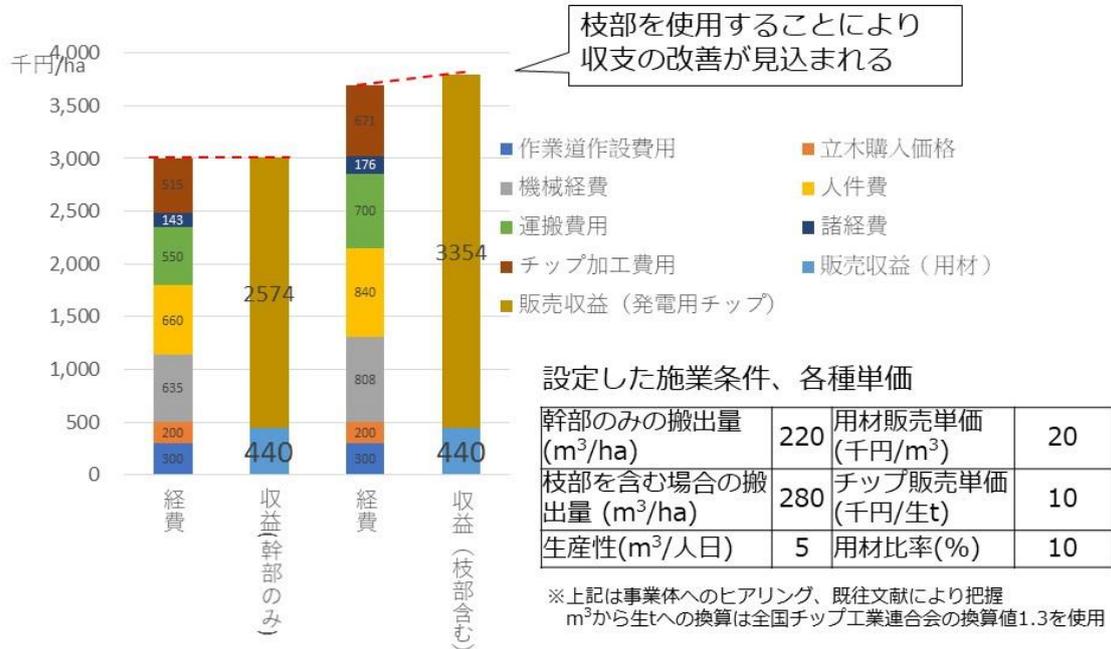
## 1-2 機械単価について



機械単価は「森林施業プランナーテキスト改訂版、(森林施業プランナー協会.234p.2016)」に記載されている内容を参考にし、以下のように設定した  
 ⇒テキストに記載のある林業機械は記載されている金額を使用、  
 記載のない林業機械は下記のとおり設定した

機械種	日額換算 (千円/日)	備考
チェンソー	0.3	ヒアリング内容を参考に設定
グラップル	15.9	森林施業プランナー テキスト記載内容
トラクター (スキッド)	22	ヒアリングによる購入価格を 参考に設定
フェラーバンチャー	24.3	プロセッサと同じ金額を設定
プロセッサ	24.3	森林施業プランナー テキスト記載内容
グラップルソー	18	グラップル金額を参考に設定

# シミュレーション結果



JWBA Proprietary

36



利用可能資源量の推定に向けたGIS解析  
～真庭市と久慈市、盛岡市の3市を事例として～

37

## 解析条件の設定



- ヒアリングによる施業可能条件
  - ヒアリングにより、施業可能条件として挙げた項目を下表に示す。条件として共通していたのは以下のとおり。
    - 作業道の始点から一定の距離以内に対象地が存在すること
    - 作業道の作設、作業効率から傾斜が一定値以下であること
    - 生産効率の観点からhaあたり材積が豊富であること
    - 一定以上の施業面積が確保できること

事業者	施業条件
日本製紙木材	車道からの距離は問わない、団地として5ha以上存在すること、 用材として高価値の樹種が生育していること
砂子澤林業	急傾斜地でも対応可能、 2~3人の所有者で3ha以上の面積となること
谷地林業	林齢55年生以上 傾斜30°以下、車道から500m以内
鶴居村 森林組合	傾斜15°以下、所有面積の大きさは問わない
笠原木材	資源量が200t/ha以上、面積としてのまとまりが1ha以上 林齢60年生以上
真庭木材 事業協同組合	300t/ha以上の資源量が存在すること、 既存道から350m以上は難しい

JWBA Proprietary

38

## 解析条件の設定



### 条件① 森林作業道の始点から一定の距離以内に対象地が存在

素材生産者が10tトラックの走行が可能な森林作業道を作設し、恒久的に維持管理する場合もあるが、森林作業道のGISデータについては自治体により整備状況が様々であることから、今回は森林作業道は公道を含む車道を始点に作設されるものとした。公道を含む車道のデータとして、国土基盤情報 基本項目 道路縁データを使用した。本データには、道路種別として「真幅道」、「軽車道」、「徒歩道」、「トンネル内の道路」、「建設中の道路」、「その他」、「不明」に分類されているが、このうち、「真幅道」のみを車道のデータとして使用した。また、ヒアリングから500m以内、または350m以内という意見があったが、若干低めの300mと閾値に設定した。これは林道の始点からの直線距離であり、カーブやつづら折りにより、森林作業道の走行距離は500m程度になると想定される。

### 路網・作業システム検討委員会 最終とりまとめ（平成22年）を整理

区分	位置づけ	
車道	林道	原則として不特定多数の人が利用する恒久的公共施設であり、森林整備や木材生産を進める上での幹線となるもの。
	林業専用道	主として特定の者が森林施業のために利用する恒久的公共施設であり、幹線となる林道を補完し、森林作業道と組み合わせ、森林施業の用に供する道をいい、普通自動車（10トン積程度のトラック）や林業用車両（大型ホイールタイプフォワード等）の輸送能力に応じた必要最小限の規格・構造を持つことにより、森林作業道の機能を木材輸送の観点から強化・補完するものである。
森林作業道	特定の者が森林施業のために利用するものであり、主として林業機械（2トン積程度の小型トラックを含む。）の走行を予定するものである。	

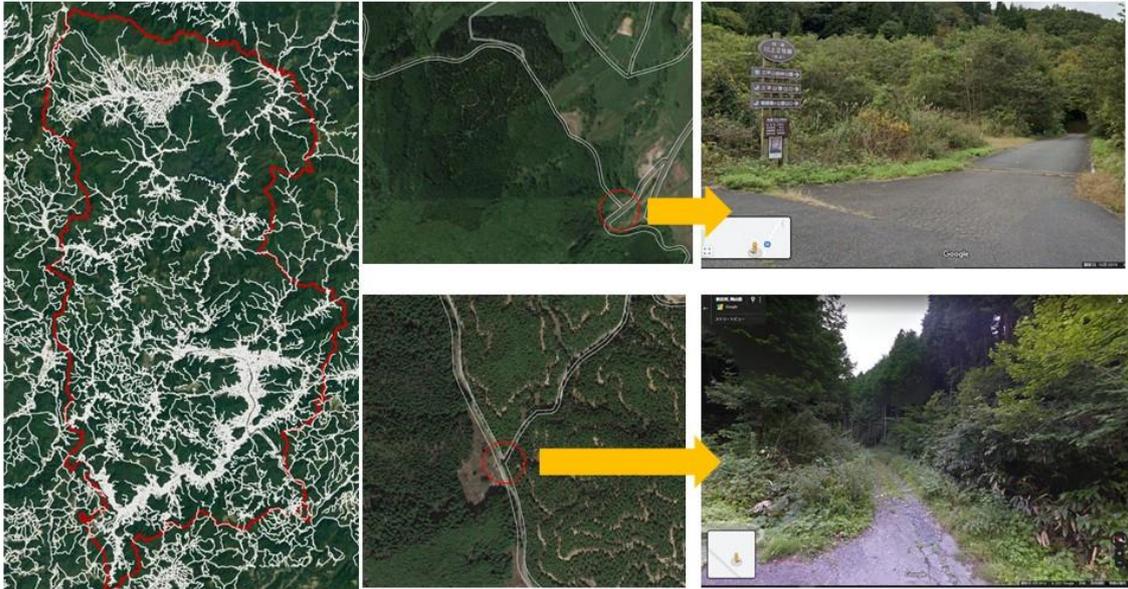
JWBA Proprietary

39

## 解析条件の設定



条件① 森林作業道の始点から一定の距離以内に対象地が存在  
国土基盤情報 基本項目 道路縁データの例 (真庭市)



JWBA Proprietary

40

## 解析条件の設定



条件② 傾斜角が一定以下

一般的に車両系施業では傾斜 $35^{\circ}$  まで対応可能とされている。しかし、傾斜 $30^{\circ}$  を超えると森林作業道の作設コストは増加し、崩壊のリスクも生じることから、今回は傾斜 $30^{\circ}$  を閾値として設定した。また、傾斜の計算は $50\text{m} \times 50\text{m}$ のグリッドでの傾斜角を計算した。

路網・作業システム検討委員会  
最終とりまとめ (平成22年) より引用

(別表) 地形傾斜・作業システムに対応する路網整備水準の目安 (単位: m/ha)

区分	作業システム	基幹路網			細部路網		路網密度
		林道	林業専用道	小計	森林作業道		
緩傾斜地 ( $0 \sim 15^{\circ}$ )	車両系	15~20	20~30	35~50	65~200	100~250	
	架線系	15~20	10~20	25~40	0~35	25~75	
中傾斜地 ( $15 \sim 30^{\circ}$ )	車両系	15~20	10~20	25~40	50~160	75~200	
	架線系	15~20	0~5	15~25	45~125	60~150	
急傾斜地 ( $30 \sim 35^{\circ}$ )	車両系	15~20	0~5	15~25	0~25	15~50	
	架線系	5~15	—	5~15	—	5~15	

「壊れにくい道づくりのための  
森林作業道作設の手引き  
(岐阜県森林研究所,2017)」より引用

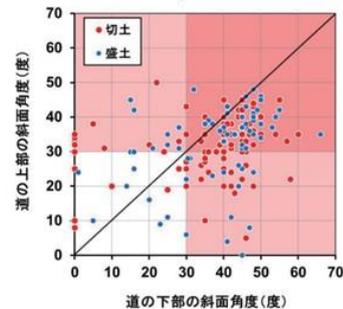


図4 道の崩壊箇所における道の上部および下部の自然斜面の角度

JWBA Proprietary

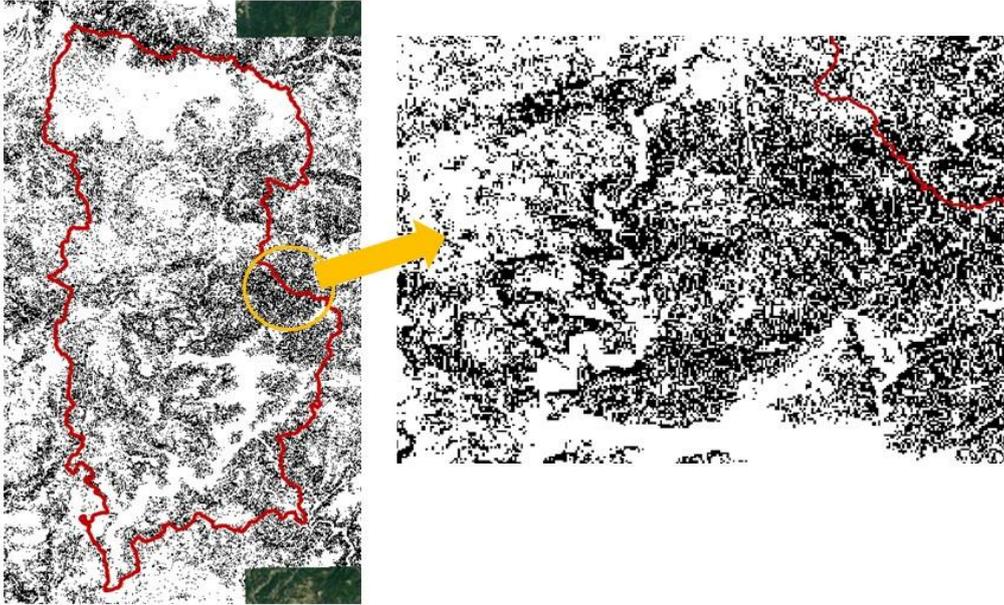
41

## 解析条件の設定



条件②傾斜角が一定以下

閾値：傾斜30度（傾斜30度以下：白、傾斜30度より大：黒）



JWBA Proprietary

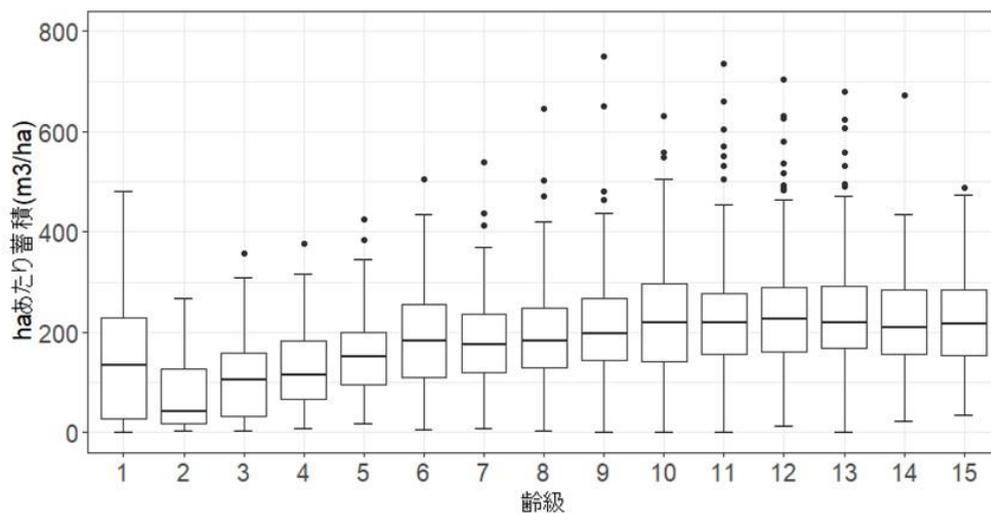
42

## 解析条件の設定



条件③haあたり材積が豊富

10齡級の平均蓄積は220m<sup>3</sup>/haであり、これは幹材積であることから、末木枝条が30%と仮定すると約280m<sup>3</sup>/haとなる。この値は前章のシミュレーションで使用した数値であることから、10齡級（45～50年生）以上を採算の見込める条件とした。



JWBA Proprietary

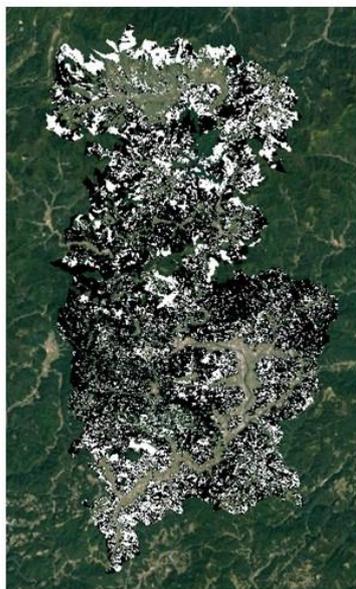
43

## 解析条件の設定



条件③haあたり材積が豊富

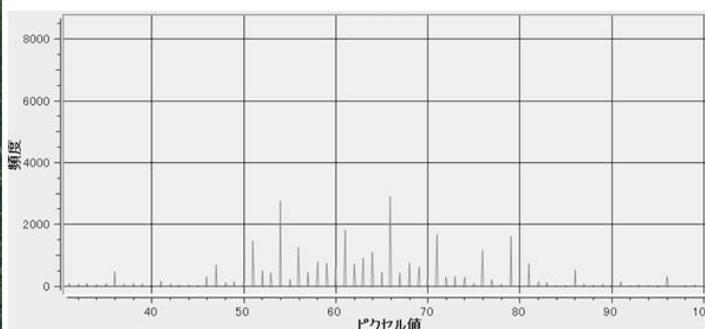
↓真庭市での試行（白：広葉樹かつ林齢50年生以上、黒：左記以外）



↓広葉樹林齢の出現頻度

頻度：10m解像度のピクセル数（1ピクセル:100m<sup>2</sup>）

ピクセル値：林齢



JWBA Proprietary

44

## GIS解析条件の改訂について

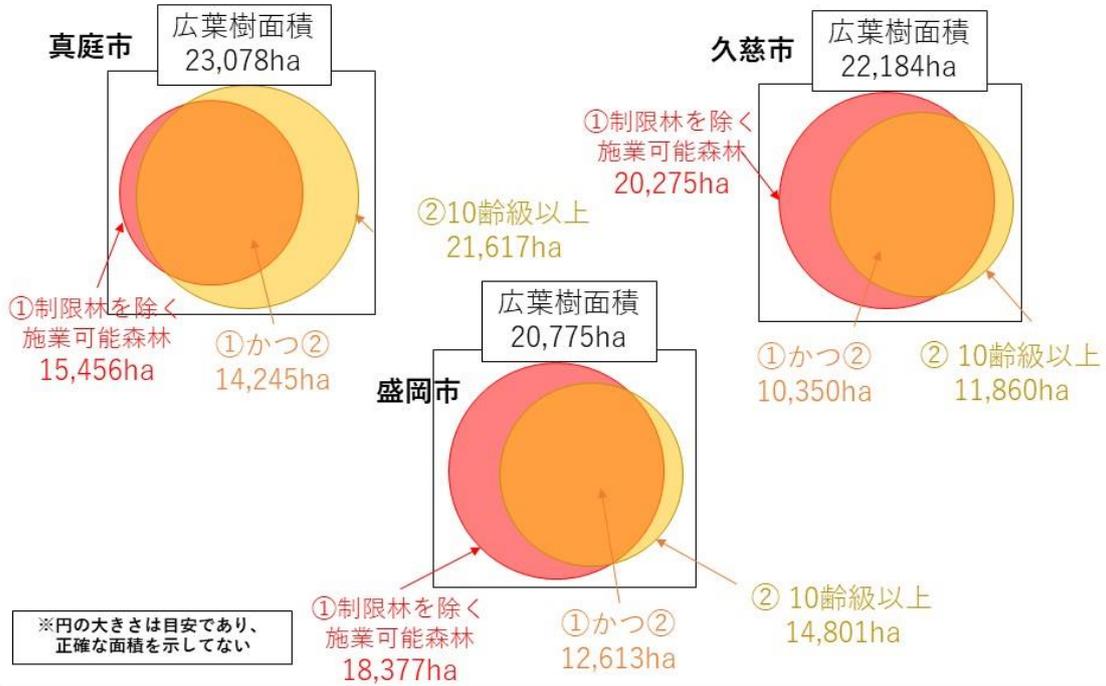


条件	GIS解析上の考え方	使用するデータ
広葉樹であること	樹種が広葉樹であること	森林簿、計画図
作業道の始点から一定の距離以内に対象地が存在すること	車道から300m以内	国土基盤情報 基本項目 道路縁データのうち、「真幅道」であること
傾斜が一定値以下であること	傾斜30°以下の箇所であること	基盤地図情報 数値標高モデル(10mDEM) から傾斜図を作成
haあたり材積が一定値以上であること	森林簿林齢が50年生以上	森林簿、計画図
保安林、国立公園などの制限林を除外する	国立公園、保安林等の区域のうち禁伐、択伐規制のかかっている森林を除外する	森林簿、森林計画図
一定以上の施業面積が確保できること	上記条件を満たすエリアが連続して3ha以上存在すること	

JWBA Proprietary

45

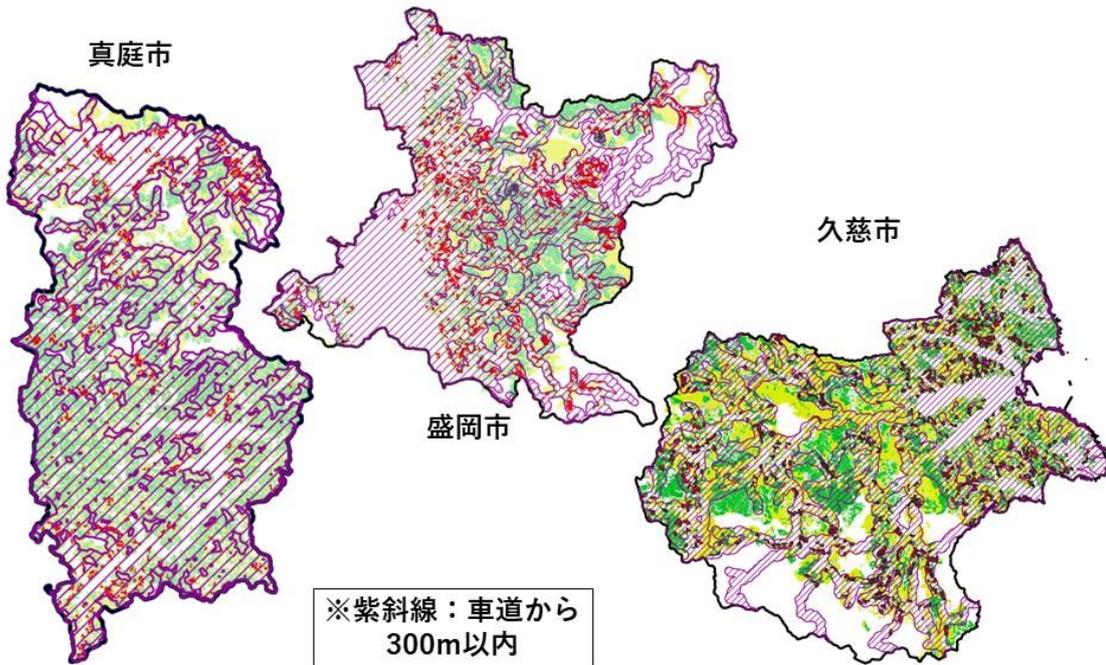
# 制限林と林齢の関係



JWBA Proprietary

46

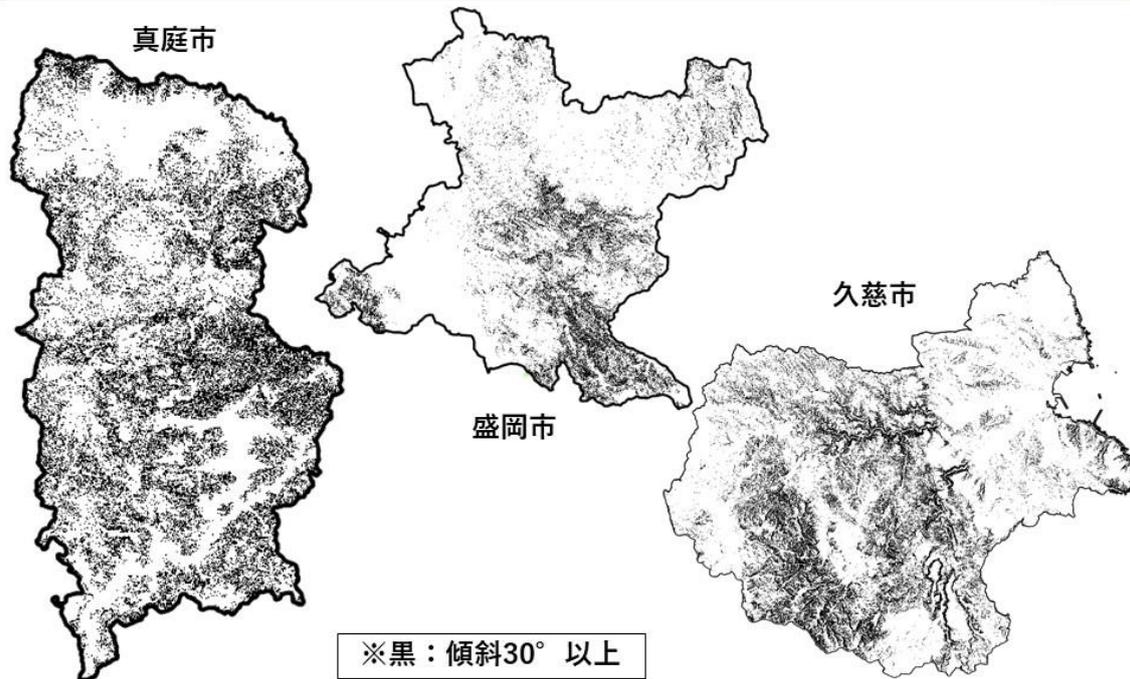
# 車道から300m以内 比較



JWBA Proprietary

47

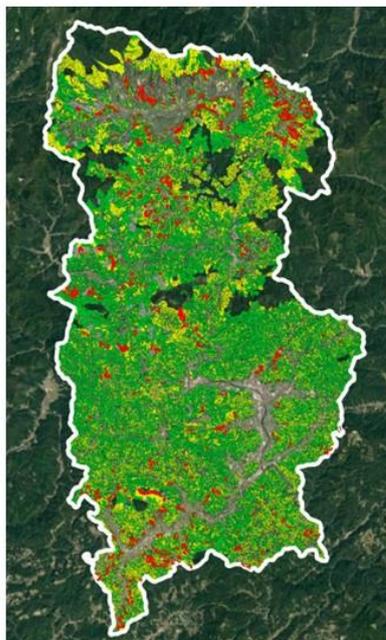
## 傾斜30°以下 比較



JWBA Proprietary

48

## GISによる利用可能資源量解析結果（真庭市）



### ←解析結果

- 赤：条件を満たす広葉樹
- 緑：針葉樹
- 黄：条件を満たさない広葉樹

### 集計結果

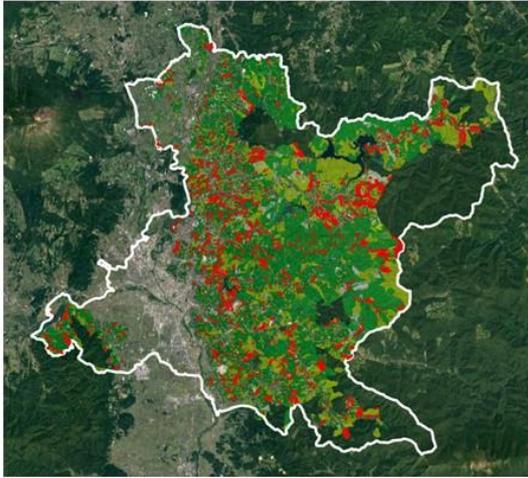
計画対象森林(5条森林)面積：58,875ha  
上記のうち、広葉樹林面積：23,078ha  
上記のうち、条件を満たす広葉樹林面積：4,592ha  
※集計方法が異なることから、既存の統計情報とは値が一致しない場合があります。

⇒真庭市の利用可能な広葉樹資源のポテンシャルは約140万t（生重量）と試算される  
※ただし、所有者の意向など、社会的な条件により伐採できない可能性があります。

JWBA Proprietary

49

## GISによる利用可能資源量解析結果（盛岡市）



### ←解析結果

赤：条件を満たす広葉樹  
緑：針葉樹  
黄：条件を満たさない広葉樹

### 集計結果

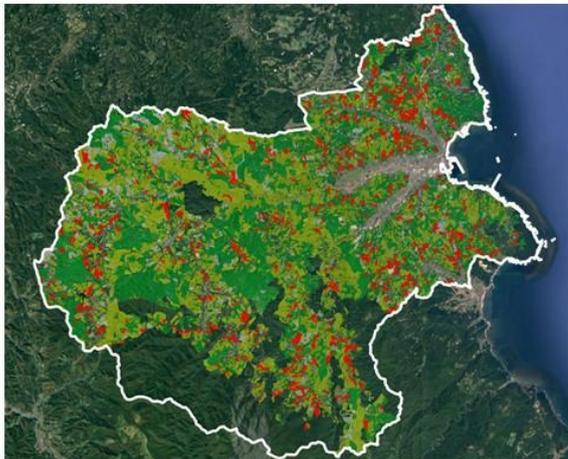
計画対象森林(5条森林)面積：48,197ha  
上記のうち、広葉樹林分面積：20,775ha  
上記のうち、条件を満たす広葉樹林分面積：10,260ha  
※集計方法が異なることから、  
既存の統計情報とは値が一致しない場合があります。

広葉樹資源のポテンシャル：  
約310万t（生重量）  
※ただし、所有者の意向など、社会的な条件により伐採できない可能性があります。

JWBA Proprietary

50

## GISによる利用可能資源量解析結果（久慈市）



### ←解析結果

赤：条件を満たす広葉樹  
緑：針葉樹  
黄：条件を満たさない広葉樹

### 集計結果

計画対象森林(5条森林)面積：42,435ha  
上記のうち、広葉樹林分面積：22,184ha  
上記のうち、条件を満たす広葉樹林分面積：5,561ha  
※集計方法が異なることから、  
既存の統計情報とは値が一致しない場合があります。

広葉樹資源のポテンシャル：  
約170万t（生重量）  
※ただし、所有者の意向など、社会的な条件により伐採できない可能性があります。

JWBA Proprietary

51

## GISによる利用可能資源量解析まとめ



- 広葉樹林のうち、約2～5割が利用可能であると推定された
- 利用可能な面積率は複合的な要因で変動するため、地域ごとに推定する必要がある
- 今回は比較のため、統一的に解析したが、実態にあわせ抽出条件を調整することが望ましい
- 法令等により伐採が規制されている森林は除外したが、市民のレクリエーション利用や保全活動の場となっている森林が含まれているため、そのような森林を除外する必要がある

項目		真庭市	盛岡市	久慈市
①全民有林面積(ha)		58,875	48,197	42,435
②①のうち、広葉樹森林面積(ha)		23,078	20,775	22,184
③②のうち、林齢50年生以上、 かつ、制限林を除外した面積(ha)		14,245	12,613	10,350
④③のうち、利用可能広葉樹面積(ha)		4,592	10,260	5,561
広葉樹林面積に対する利用可能面積率(% (④/②)×100)		20	49	25
特徴	制限林	多い	少ない	少ない
	林齢	ほぼ高齢	若齢が多い	若齢が多い
	地形	急峻	緩やか	やや急峻
	路網	密	密	疎

JWBA Proprietary

52



更新について  
～天然更新の注意点～

53

## 更新について～文献調査より～



### 下線部は調査した文献より引用

- 高齢化、大径木化した立木は萌芽更新に期待できない  
⇒萌芽するものの、根部の維持呼吸量が大きいため、萌芽枝の光合成量と釣り合わなくなり、枯死する場合がある
- 埋土種子や母樹から落下する種子による更新は困難であり、前生稚樹の存在が重要  
⇒アカメガシワやカラスザンショウなどの先駆樹は埋土種子の寿命が長いが、高木性樹種の種子は寿命が短い
- シカ害、密生する下層植生（ササ類、シダ類）は稚樹の成長だけでなく定着も阻害
- 落葉広葉樹からなる森林を持続的に維持管理するうえでは小面積皆伐と萌芽更新によるかつての薪炭林施業が最適

### 調査した文献

文献名	発行年度	発行機関
広葉樹の利用と森林再生を考える ～中山間地での広葉樹林の取り扱いについて～	2018	国研)森林研究・整備機構 森林総合研究所関西支所
中山間地で未利用な広葉樹資源をむだなく循環利用 するために！	2019	国研)森林研究・整備機構 森林総合研究所
中山間地で広葉樹林を循環利用するための ハンドブック	2019	国研)森林研究・整備機構 森林総合研究所関西支所

## 更新について～現地確認とヒアリング～



### 施業跡地の現地確認

- 萌芽や木本の実生が確認されない林分は存在しなかった。
- 確認した全ての林分でマツ実生を確認した。
- 萌芽枝以外の実生稚樹も確認した。
- 伐株の太さは多様であり、高齢級林分内にも若齢木が存在したと考えられる

### ヒアリングにより把握した知見

- 訪問したすべての事業者が天然更新を主としていた
- 稀であるが、所有者の意向により、植栽している事例があった
- 過去、施業した林分はほとんど更新が進んでおり、更新不良林分はほとんど存在しないとのことだった
- ただし、シカ食害、ササ被覆により立木が生育しなかった事例もあった

# 更新について～現地調査写真～



JWBA Proprietary

56

# 更新について～現地調査写真～



JWBA Proprietary

57

- シカの生息密度が高くなく、ササや多年生草本が覆っていない場合、伐採後には先駆種を中心に立木が生育する
- 広葉樹林は構成する立木の樹齢が多様であり、林分が高齢であっても若齢木が存在し、萌芽更新が期待できる場合がある
- 大径木の萌芽も確認されたが、その後、健全に成長するかは不明



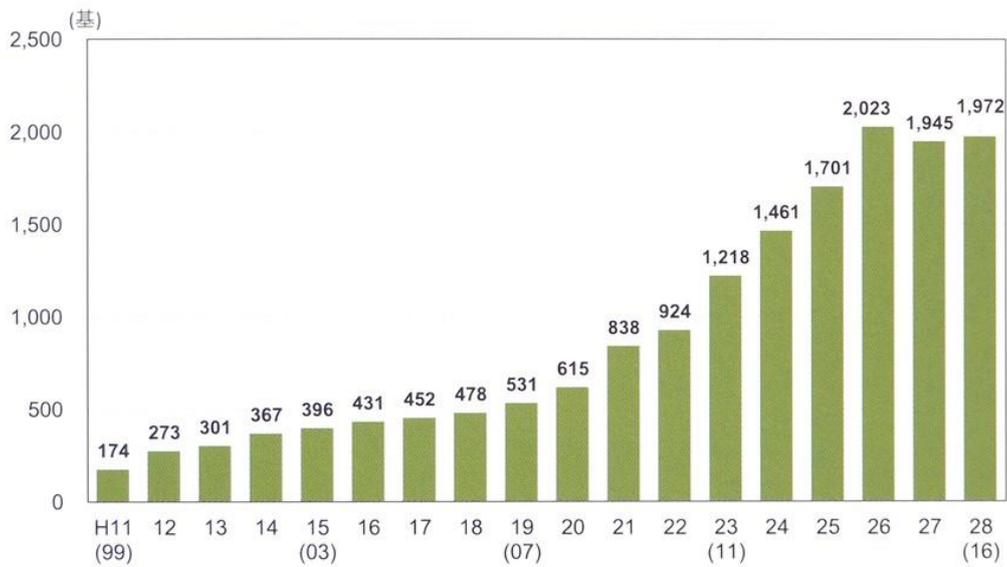
- 単一林齢、樹種で構成される針葉樹人工林と異なり、前生樹の萌芽や先駆種の下種による更新が期待される場合が多い
- 主に燃料材生産を目的とすれば、生産の持続性が確保されると期待される
- ただし、広葉樹の更新は不確定要素が多いことに注意が必要であり、萌芽を主とした更新を期待しつつ、適期に更新状況を確認し、状況に応じて補植などの対応を検討する必要がある
- ササや多年生草本が密生している、シカ密度の高いなど、更新が難しいと判断される場合には施業の可否を検討する必要がある

- 施業の採算性を考慮した場合、放置薪炭林の広葉樹はその形状から、幹部以外の資源をいかに搬出するかが重要  
⇒直径40cmのコナラで枝部を含めると、幹部だけの場合の1.2倍の資源量となる。  
(「中山間地で広葉樹林を循環利用するためのハンドブック」より：この調査では末口6cm以下の枝は対象となっていない。製紙用パルプを想定したものと思われるが、燃料材は末口6cm以下の材も活用可能であることから、さらに資源量が多くなる可能性がある。)
- 末木枝条まで搬出するためには全木集材する必要があり、幹部のみ収穫することを目的とした従来の施業システムとは異なるシステムを運用する必要がある。  
⇒ホイールタイプのスキッドを想定し、試算したところ、末木枝条を含めて280m<sup>3</sup>/haの搬出材積を前提とすると、生産性5m<sup>3</sup>/人日でもチップ価格10,000円/生tでの搬出が可能と試算された。  
⇒スキッドによる全木集材、効率的な造材、移動式チップパーの導入と効率的な運用が必要
- より高い生産性を目指す工夫の余地がある。  
⇒生産性を向上させるための工夫例
  - グラップルソーで造材する場合に、長さの目安を機械や地面に取り付ける
  - 運搬効率を向上させるため、移動式チップパーを活用する。その場合、材はできる限り長い状態を保つとともに、向きを揃えて土場に残置しておくが良い。またチップパーはリモコン操作可能であるとより効率的である。
  - 地形によっては林内走行可能な林業機械の活用を検討する

- 全木集材による採算性の確保には森林経営計画の作成が必須条件である。持続可能な森林資源活用の観点からも森林経営計画の作成が望まれる。  
⇒旧薪炭林は小規模分散的に存することが多く、また、認定基準において主伐量の上限が成長量に応じて決定されるが、広葉樹の成長量は低相対的に小さいことが多い。周辺の針葉樹人工林と一体的な経営計画を作成し、計画的な利用を進めることが重要。
- 広葉樹全体の約2～5割が上記の施業システムで利用することが可能な資源として抽出された。

# 効率的な生産システムに向けて

## 木質資源利用ボイラー数



林野庁 2016年度



2013



## バイオマスはサイエンス

- ・バイオマスは輸送
- ・チップングコストは一定
- ・無駄なコストはかけない  
(作業を特化しない)  
(副産物はボーナス)
- ・コスト目標の設定

### コスト目標の設定が大事

— 米国におけるチップ生産の例 —

	集材	破碎	輸送	破碎	輸送	計 (ドル/トン)
枝条残材	0	11			29	40
間伐材利用	40	11			29	80
工場破碎	40		34	37	29	140
中間土場	40		34	11	29	114

チップングコストをベースに輸送範囲が決まる。  
山元でのチップングが重要



山元でのチップングにより、空気を運ばない。原木の乾燥により水を運ばない。

## 国内の切削式小型チッパー



フィンランドFarmi 2018

## 国内の切削式小型チッパー



デンマーク・Lindana社  
TP250

## 海外の切削式小型チッパー



デンマーク・Lindana社 TP250

## 国内のけん引式切削式小型チッパー



フィンランドKesla社 2016

## 海外トラック搭載中型チッパーの活躍(欧州)



## 国内の切削式中型チッパー



デンマーク・Lindana社TP450  
(三好産業・南国興産)



オーストリアMUS-MAX  
(鹿角森林組合)

## 国内の中型チッパーの活躍



オーストリア  
MUS-MAX



北海道2018

## 海外の切削式大型チップパー



米国Peterson

## 国内の大型チップパー

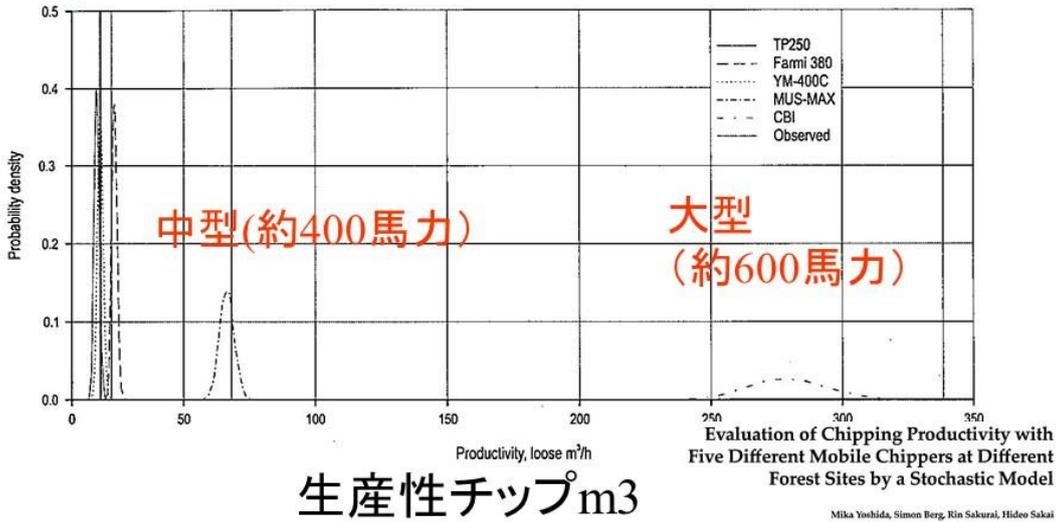


Doppstadt  
和歌山県  
2020

# チップングの生産性

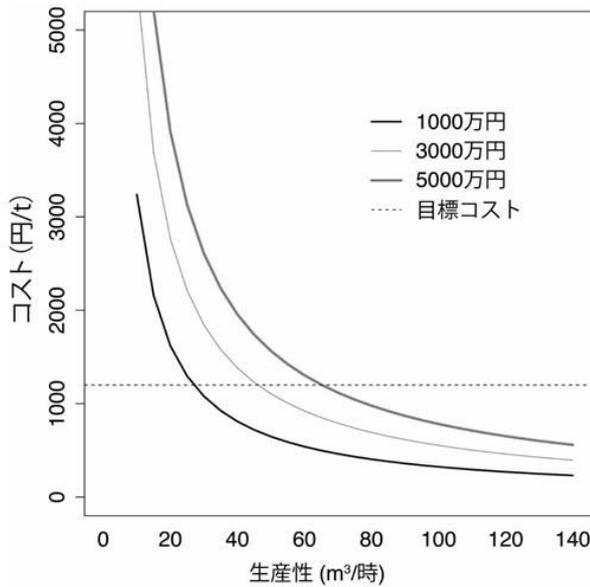
出力によって生産性は一定

小型  
(約150馬力)



## 高い生産性 ≠ 低コスト

・事業規模にあった機械化！



チップングのコスト目標を1200円/tにすると(人件費を含む)、1000万円の機種は30m<sup>3</sup>/時、5000万円の機種は70m<sup>3</sup>/時生産する必要がある。5000万円の機種が40m<sup>3</sup>しか処理できないとするとコストは2000円/m<sup>3</sup>近くにはねあがる。

5000万円あれば、1000万円の機種を5台揃え、4台が稼働しても120m<sup>3</sup>/時生産でき、5000万円の70m<sup>3</sup>/時よりも多い。

事業規模に応じた資本装備と大小チップターの地域内での配置が重要。



安定供給に向けて



中間土場が移動式チップパーでチップ工場に  
岐阜2019

## 原木での乾燥も重要



## 天然乾燥の復活 –メリット–

天然素材である木材の近自然  
材質(色合い、木の特徴)維持

省エネ林業の推進化  
トラック輸送の省エネ  
CO2排出量の削減

含水率(Moisture Content, MC)を  
10%下げる=5.10~12.00ユーロ/トン  
の利益向上  
CO2排出を4%低減  
トラック積載量を7%節減  
トラック台数を削減  
発電効率・燃焼効率向上

### 具体例

最大積載量12,800kgの25トン車  
生材だとチップ容積では24m<sup>3</sup>  
含水率半分にすれば、48m<sup>3</sup>



大径木は割って乾燥  
⇒はやく乾き小型チップパーでも処理可能



## 現状



車両系集材システムでは全木集材できないため、大量の枝条残材が発生し未利用の状態(全国で8割にのぼる)。出しても遠くへは運べない。

## 解決するには



架線による全木集材



汎用性の高い農業用トラクタによる全木集材？



2011

A<A+B+C+D材(売上げ)  
**全木集材の確立**

m<sup>3</sup>/日 (量) から円/m<sup>3</sup> (質、売り上げ) の時代へ



山土場では大量の枝条残材が発生  
⇒土場が欲しい・その場でチップ化したい



# 国産チップターの開発ステップ 1

けん引式切削式小型チップター: 森林組合、小規模事業者  
動力は汎用性の高い農業用トラクタまたはエンジン搭載  
作業道全木集材 ⇒ 林業専用道で破砕  
林業専用道を8~10t車でチップを運搬。15kmの距離なら  
2時間で往復可能(1台のチップターで2車分生産可能)



8t車

90

将来的には直載式の他にコンテナ式も可能



直載式



コンテナ式

## 2. トラック搭載切削式小型チッパー



トラック搭載型チッパー Wood Chipper Truck Mounted Type		
仕様 Specifications		
チッパー	Chipper	
メーカー	Manufacturer	JUNKKARI
型式	Model	HJ500C
チップング容量	Chipping Capacity	50 ~ 100m <sup>3</sup> /h
材最大直径	Max Wood Diameter	450mm
投入開口部	Feed Opening Size	450x450mm
チップサイズ	Chip Size	5 ~ 30mm
推奨馬力	Recommended Power	80 ~ 150kW
ナイフ数	Number Of Blades	4
PTO 回転数	PTO Revolution	540 ~ 1,000rpm
質量	Weight	2500kg
トラック	Truck	
メーカー	Manufacturer	日野自動車 HINO
型式	Model	2PG-FHJAGA 改
エンジン型式	Engine Model	A09C
全長	Overall Length	8,670mm
全幅	Overall Width	2,490mm
全高	Overall Height	3,660mm
車両重量	Vehicle Weight	13,350kg
最大積載量	MAX Load Capacity	8,000kg

全高3.8m以下(公道可)  
14t以下(林道2等橋で可)

チッパーはフィンランド・  
ユンカリ社製



メンテナンスキット



蓋をあけると修理工具一式

チッパーはメンテナンスが重要

## 効率的な燃料材供給システム

形質の差が小さく汎用性・互換性の高い切削チップの生産＝チップを融通しあうことで、双方の輸送距離の短縮が可能。  
そのためには**品質判定システム**が不可欠。

山元の天然乾燥により、輸送コストの低減  
(水を運ばない)

### *When Pay to the Owner*

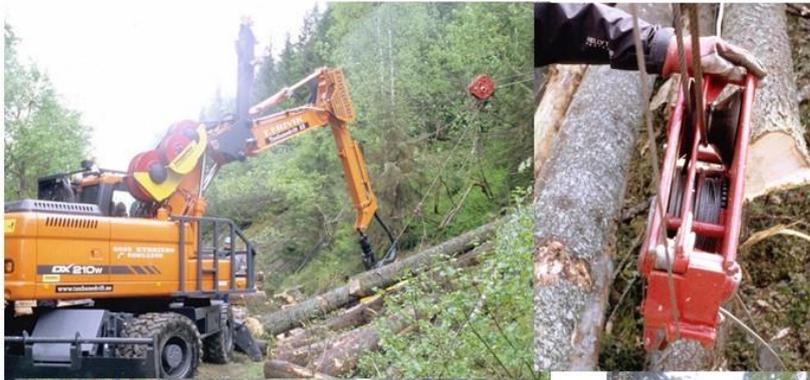
(誰がいつ支払うか)



提案型集約化施業で請負う業者に対して、乾燥期間の立替分をファイナンスするシステムを作らないと、民有林からバイオマス原料は集まらない？



林地残材はボーナス！



Zöggeler



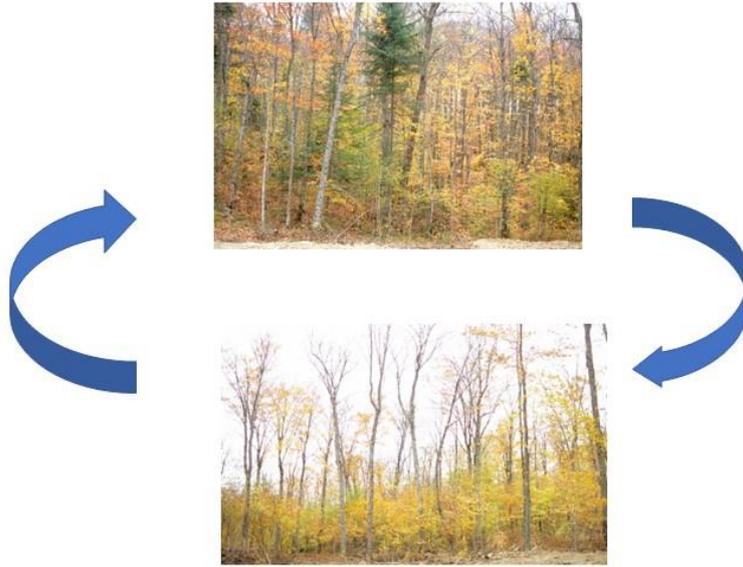
ロングアーム  
伐倒機  
ブラキオEX  
Brachio EX





## 木材供給コストの半分は輸送費！

- ・林業・バイオマスは輸送
  - ➡天然乾燥、中間土場、移動式チップパー、大型トラック、配車システム（ICT）
- ・大径化・奥地化
  - ➡林業専用道の活用、路網高規格化への整備、長寿命化対策
- ・末木枝条の集荷圏確立（ビジネスチャンス）



## 択伐林化

### 木質バイオマスエネルギー利活用 相談窓口

当協会では、木質バイオマスの利活用をお考えの皆様の様々な疑問やお悩みに答えるため、相談窓口を設置しています。ぜひご利用ください。



！ 木質バイオマスエネルギーに関するスペシャリストが、相談にお答えします。

ノウハウ、専門的な知見をまとめた導入サポート資料を作成して、マニュアルとして公表しています。

！ 実際の現場にて、直接アドバイスを受けることも可能です。

ヒアリング後、内容に応じて技術者を選定して、現地に派遣します。現地派遣後のアフターフォローも致します。

！ 専用サイトで、木質バイオマスエネルギー利活用のための情報提供をします。

ご相談内容などをよくあるご質問としてまとめ、回答を当協会のホームページに随時掲載致します。

疑問や悩みに  
アドバイス！

ホームページに「ご相談お問合せフォーム」を掲載していますので、ご記入の上ご相談ください。

<http://www.jwba.or.jp/support/>



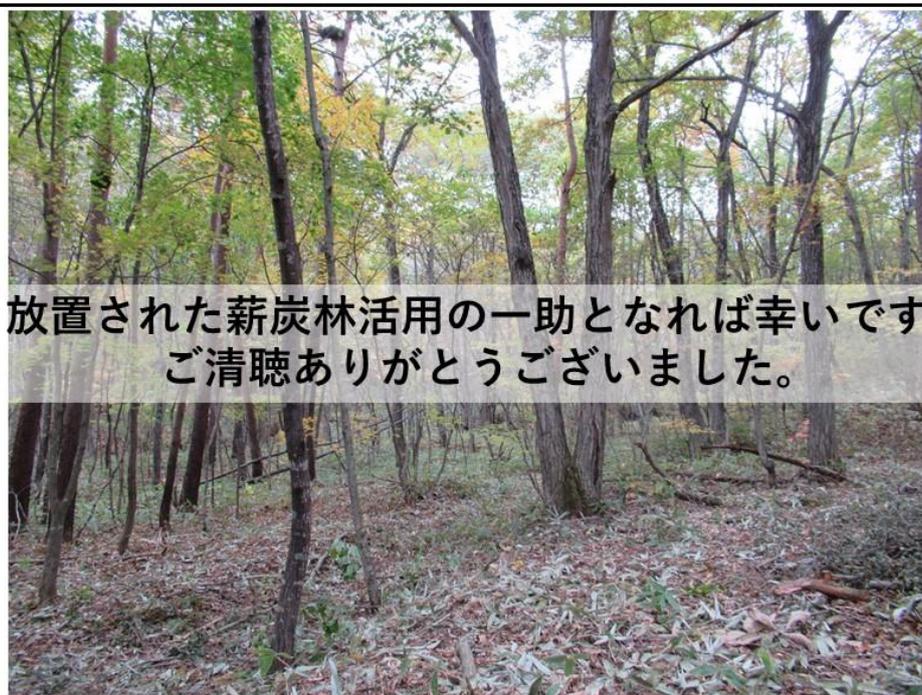
サポートページQRコード

当協会ホームページに、よくある質問 (FAQ) などを掲載しておりますので、ぜひご覧ください。

ご相談は原則としてメールで受け付けています。  
メールが困難な場合は電話でも受け付けます。

▶ E-mail | [mail@jwba.or.jp](mailto:mail@jwba.or.jp)  
▶ 相談窓口TEL | 03-6240-1234 [受付時間 9:30 - 17:30 (平日のみ)]

\* 専門家による支援を実施しますが、事業計画書の作成等の実務を行うものではないので、あらかじめご了承ください。



放置された薪炭林活用の一助となれば幸いです。  
ご清聴ありがとうございました。

JWBA Proprietary

## 放置薪炭林活用実態調査 報告書

2021年3月 発行

発行： (一社)日本木質バイオマスエネルギー協会

<http://www.jwba.or.jp>

〒110-0016

東京都台東区台東3丁目12番5号 クラシックビル 604号室

電話:03-5817-8491 FAX:03-5817-8492

Email:mail@jwba.or.jp

本書は、令和2年度林野庁補助事業「地域内エコシステム」サポート事業(放置薪炭林活用実態調査支援)により作成しました。