

「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）

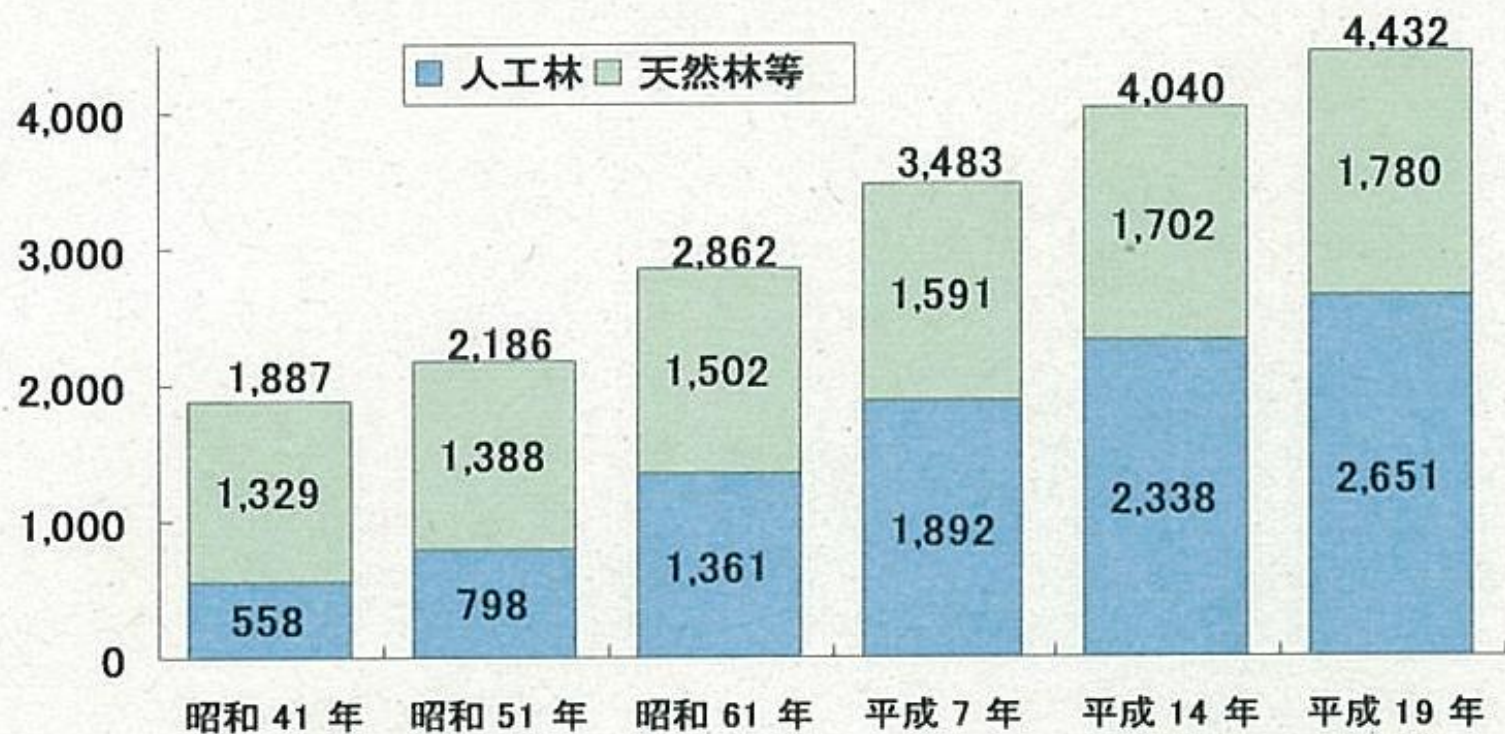
## 放置薪炭林の燃料材としての活用



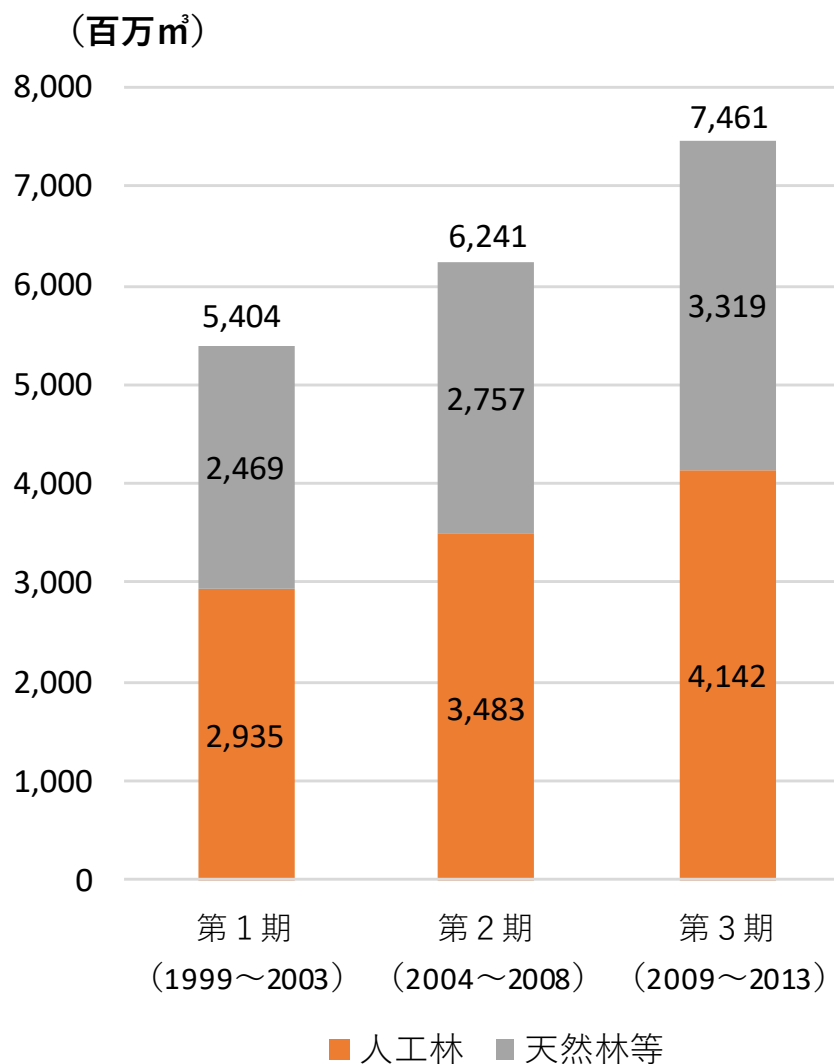
2021年3月3日（水） 12：30～14：30  
東京ビッグサイト 西展示棟1階

（一社）日本木質バイオマスエネルギー協会

# 我が国の森林資源の推移



# 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



# ナラ枯れの深刻化



# 低木が密生し、侵入困難となった森林



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されれば活用が広がる可能性がある**

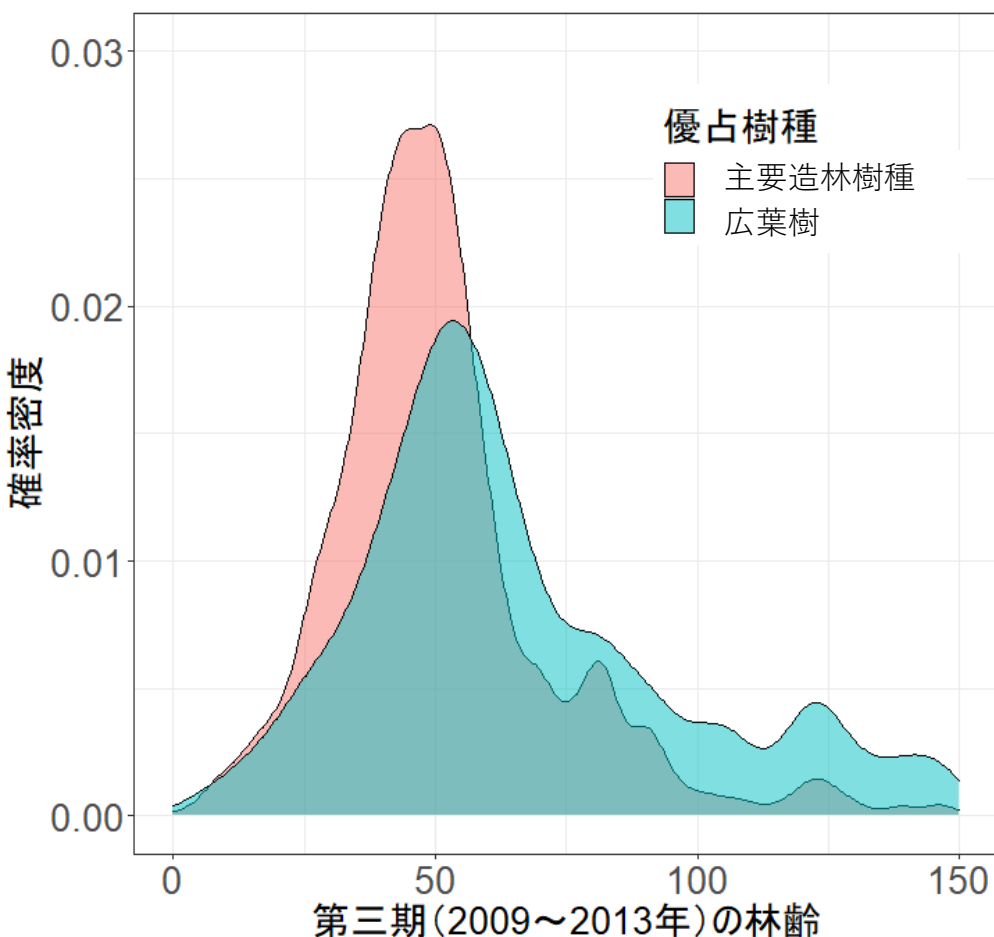
文献調査、ヒアリング調査、現地確認などにより、以下の調査を実施

- 全国の広葉樹の状況把握
- 事業体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

# 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

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)
  - ✓ 法令による伐採制限のある森林は除外

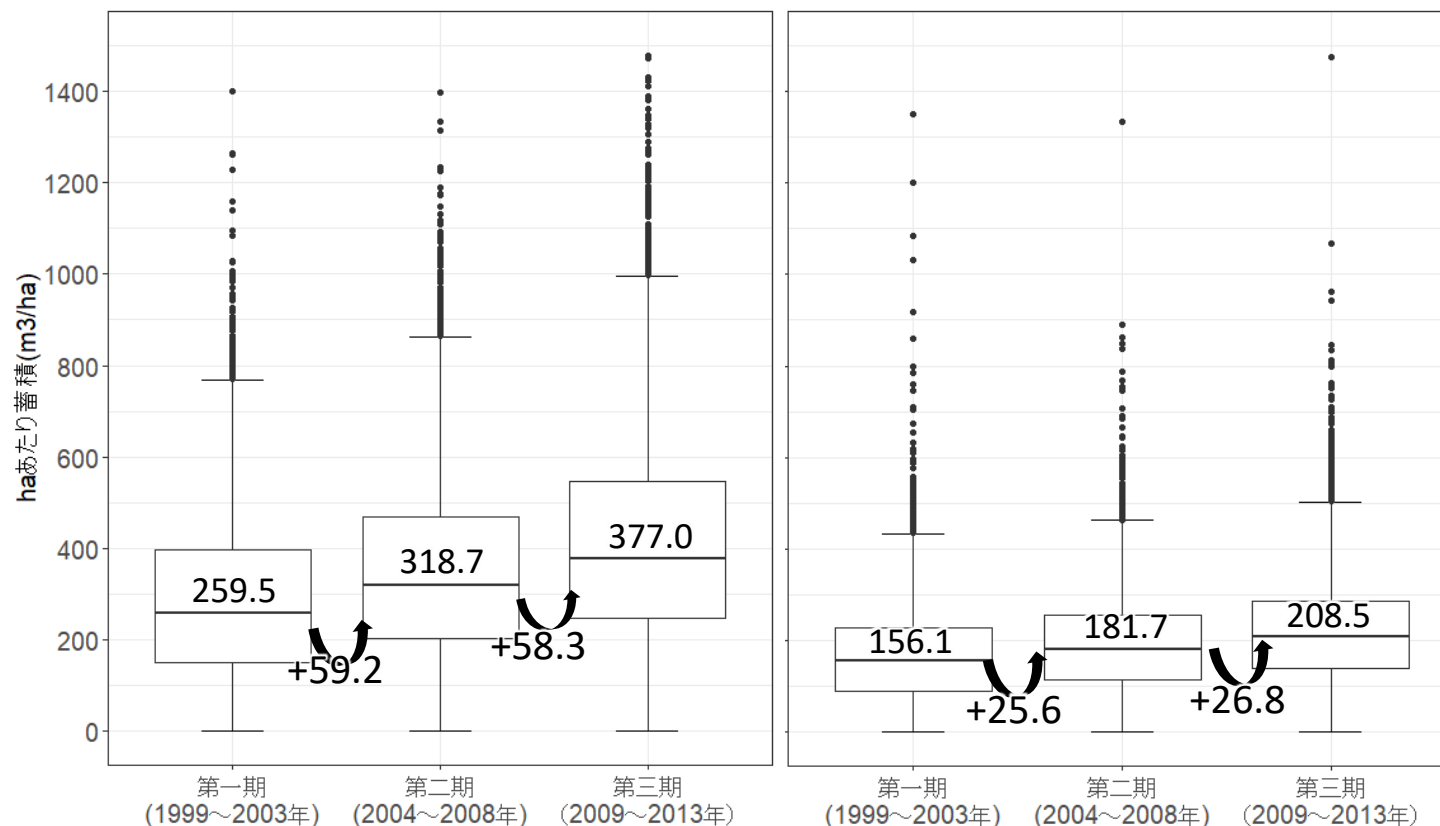
# 放置薪炭林の資源成長量

広葉樹林の資源成長は年間約5m<sup>3</sup>/ha

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)を集計成長量は主要造林樹種の約半分であるものの、着実に資源成長している

主要造林樹種

広葉樹林

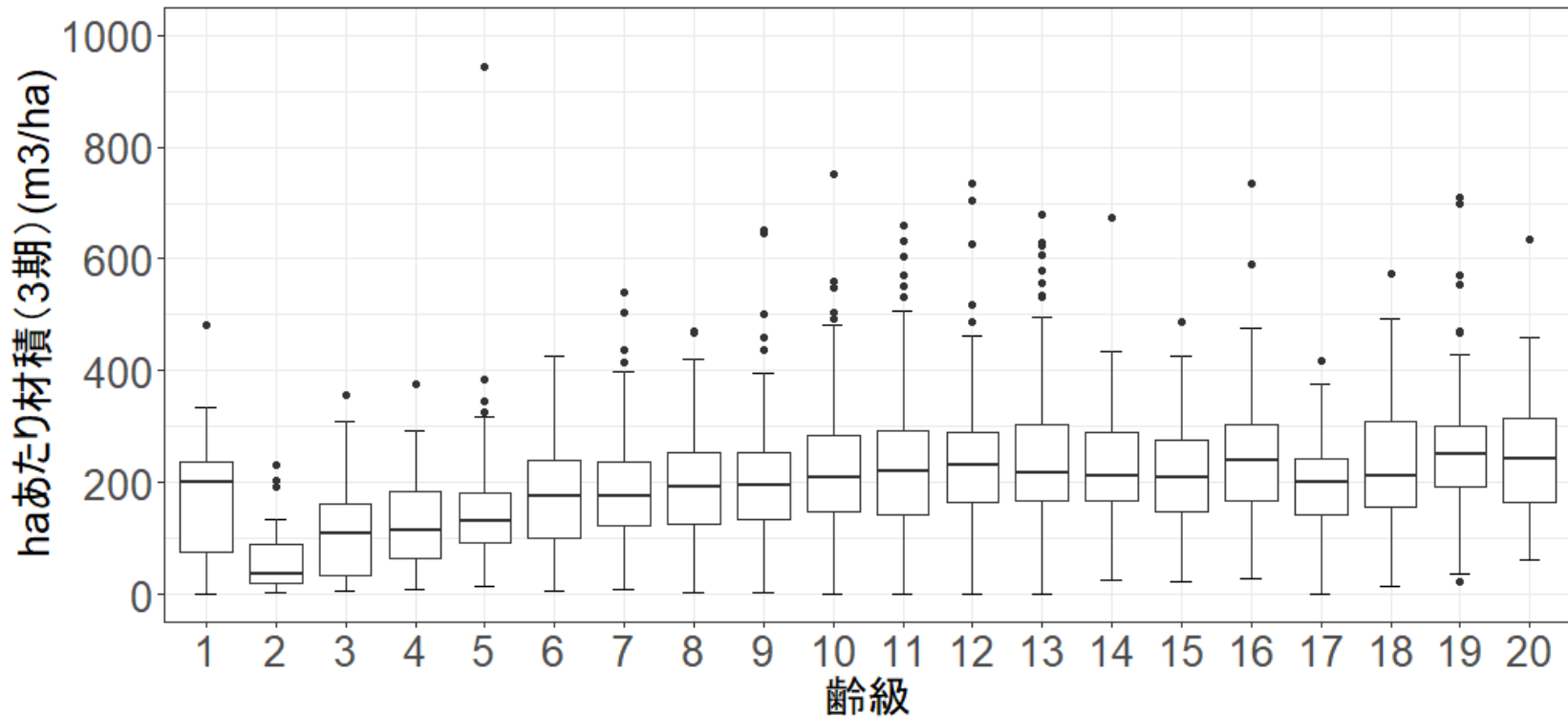


## 図の見方

- 外れ値を除いた最大値
- 中央値より大きい1/4のデータが存在する範囲
- 中央値
- 中央値より小さい1/4のデータが存在する範囲
- 外れ値を除いた最小値

2～6齡級は成長が旺盛であり、10齡級以降、材積成長は緩やかとなる。  
10齡級の材積は約220m<sup>3</sup>/ha（標準偏差 102.1）。

優占樹種が広葉樹である林分の齡級と蓄積



# 実態調査結果報告

## ～事業体へのヒアリング、現地確認結果～



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。

## 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。

# 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。

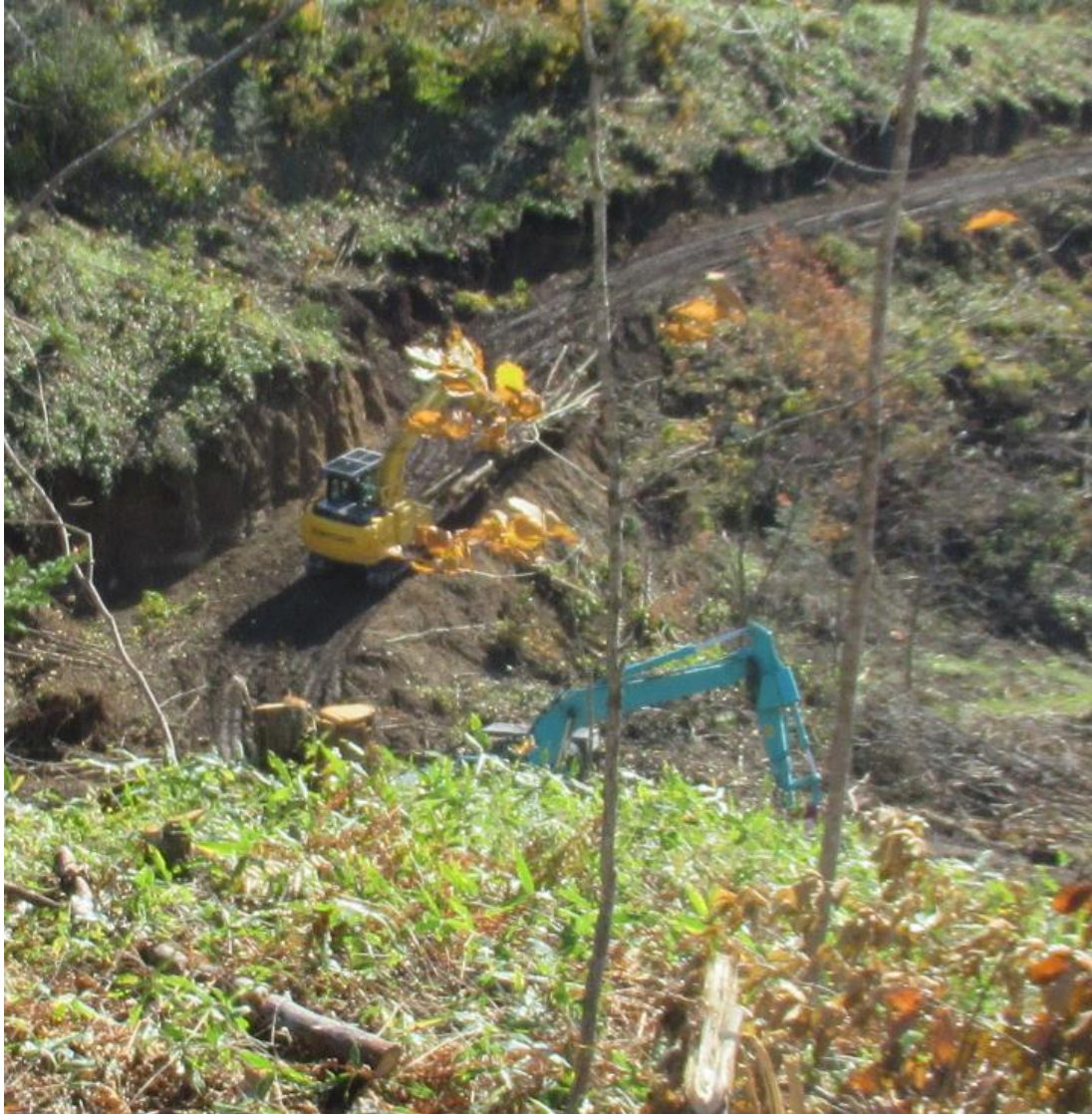
林業用トラクタがベース→  
ウィンチのリモコン操作が可能

# 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

# 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

# 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、移動式チップ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）  
⇒移動式チップ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



# 移動式チップパーについて（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



# 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いため、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



# 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



## 森林経営計画の作成について

多くの事業者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。

- 経営計画の認定基準において、資源の持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。広葉樹の成長量は針葉樹と比べて低く設定されていることから、伐採量の上限値は低く設定され、皆伐が困難となる。

⇒経営計画を作成している事業者は針葉樹と広葉樹をあわせた広域の計画を立てていた

## 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。

⇒多くの事業者では、広葉樹専門の作業班を保有していた。

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～



## 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した

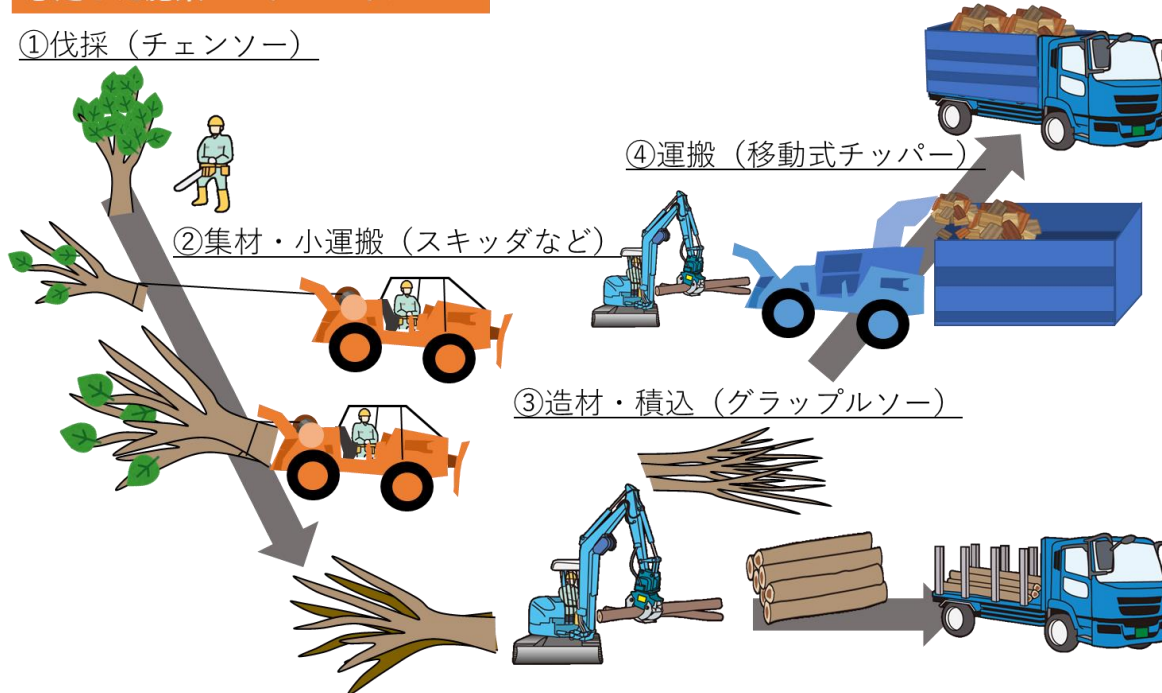
## 想定する施業条件

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

## 施業システムと林業機械

- ①伐採（チェーンソー）、②集材・小運搬（スキッダ）、  
 ③造材・積込（グラップルソー）、④運搬（移動式チップパー、トラック）

### 想定した施業システムのイメージ



## 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

⇒作業道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：伐倒1名、集材・小運搬1名、造材・積込1名

【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>

## 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

用材比率 × 用材単価(円/m<sup>3</sup>) +  
(1-用材比率) × チップ材単価(円/m<sup>3</sup>)

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%

## 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)

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

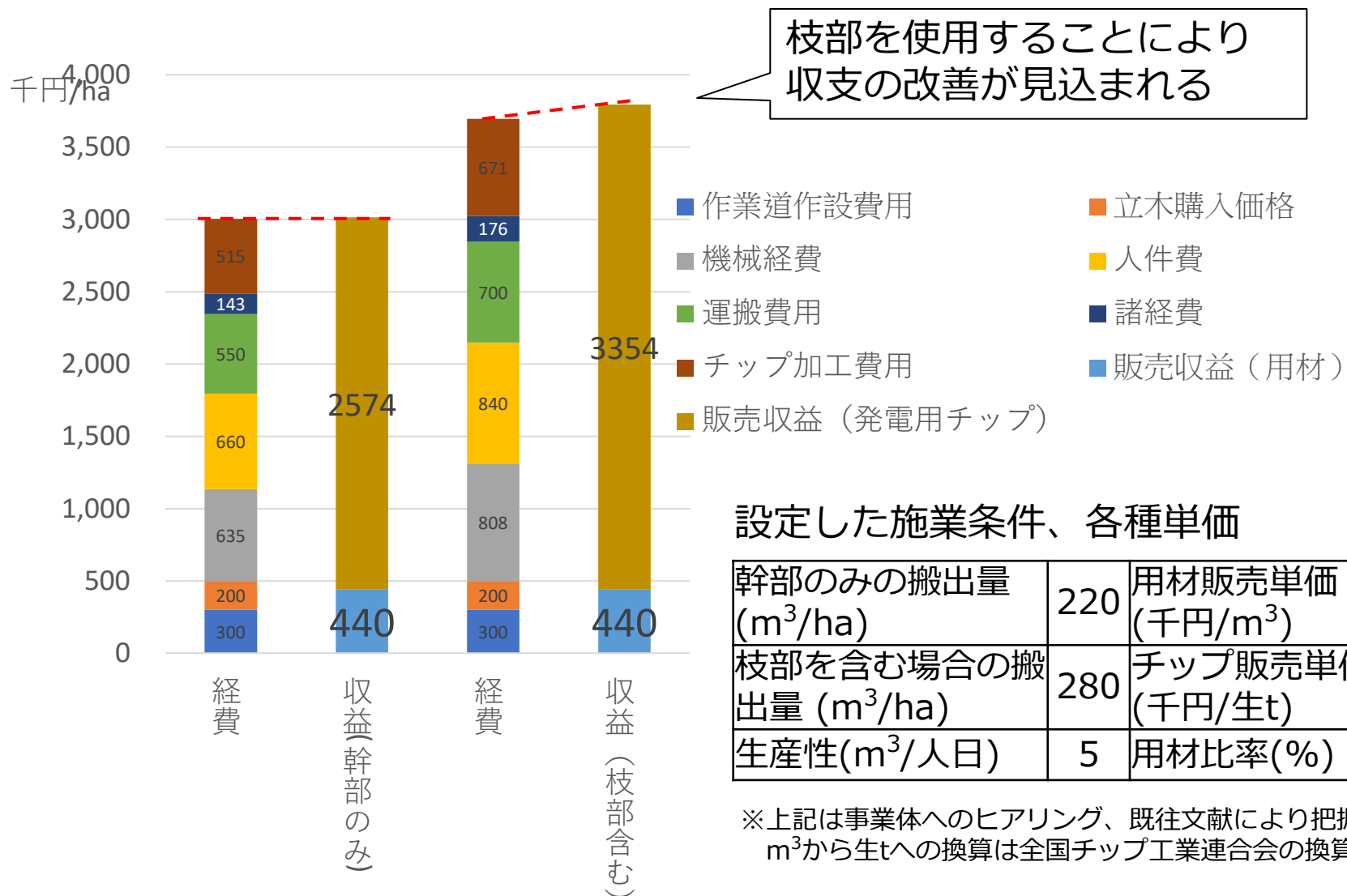


# 1-2 機械単価について

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
チェーンソー	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 (スキッダ)	22	ヒアリングによる購入価格を 参考に設定
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



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～

- 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られ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

事業体	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

## 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。

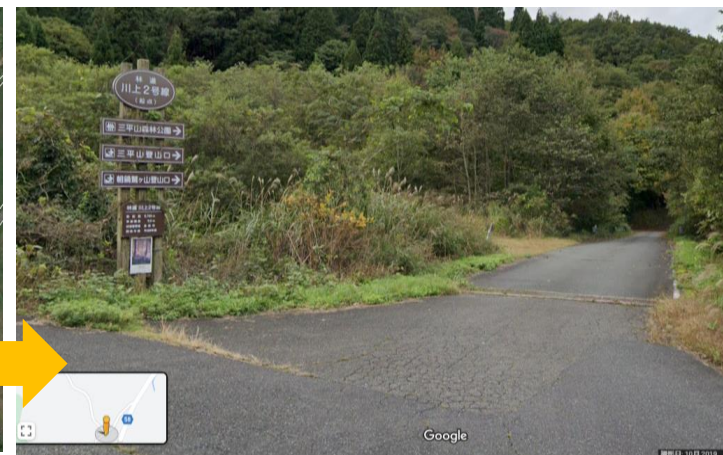
公道を含む車道のデータとして、国土基盤情報 基本項目 道路縁データを使用した。本データには、道路種別として「真幅道」、「軽車道」、「徒歩道」、「トンネル内の道路」、「建設中の道路」、「その他」、「不明」に分類されているが、このうち、「真幅道」のみを車道のデータとして使用した。また、ヒアリングから500m以内、または350m以内という意見があったが、若干低めの300mと閾値に設定した。これは林道の始点からの直線距離であり、カーブやつづら折りにより、森林作業道の走行距離は500m程度になると想定される。

### 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て、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。

# 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)



## 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
中傾斜地 ( $15 \sim 30^{\circ}$ )	車両系	15~20	10~20	25~40	50~160	75~200
	架線系				0~35	25~75
急傾斜地 ( $30 \sim 35^{\circ}$ )	車両系	15~20	0~5	15~25	45~125	60~150
	架線系				0~25	15~50
急峻地 ( $35^{\circ} \sim$ )	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

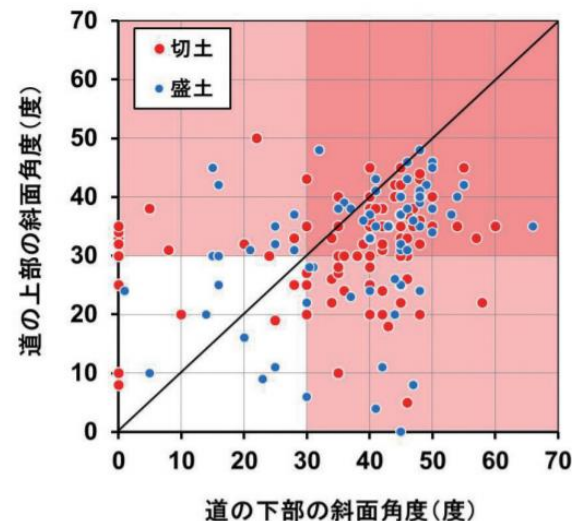
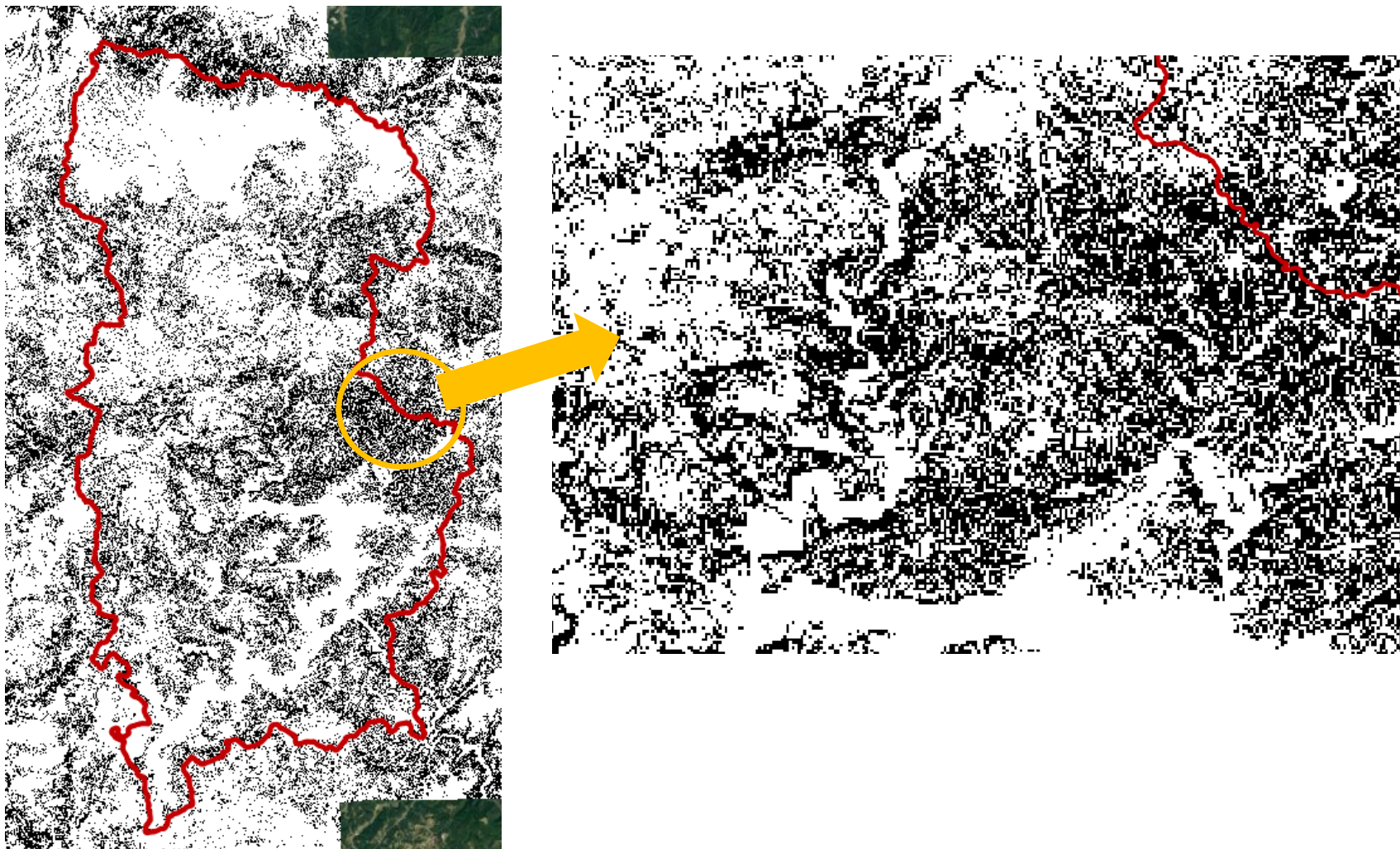


図4 道の崩壊箇所における道の上部および下部の自然斜面の角度

# 解析条件の設定

条件②傾斜角が一定以下

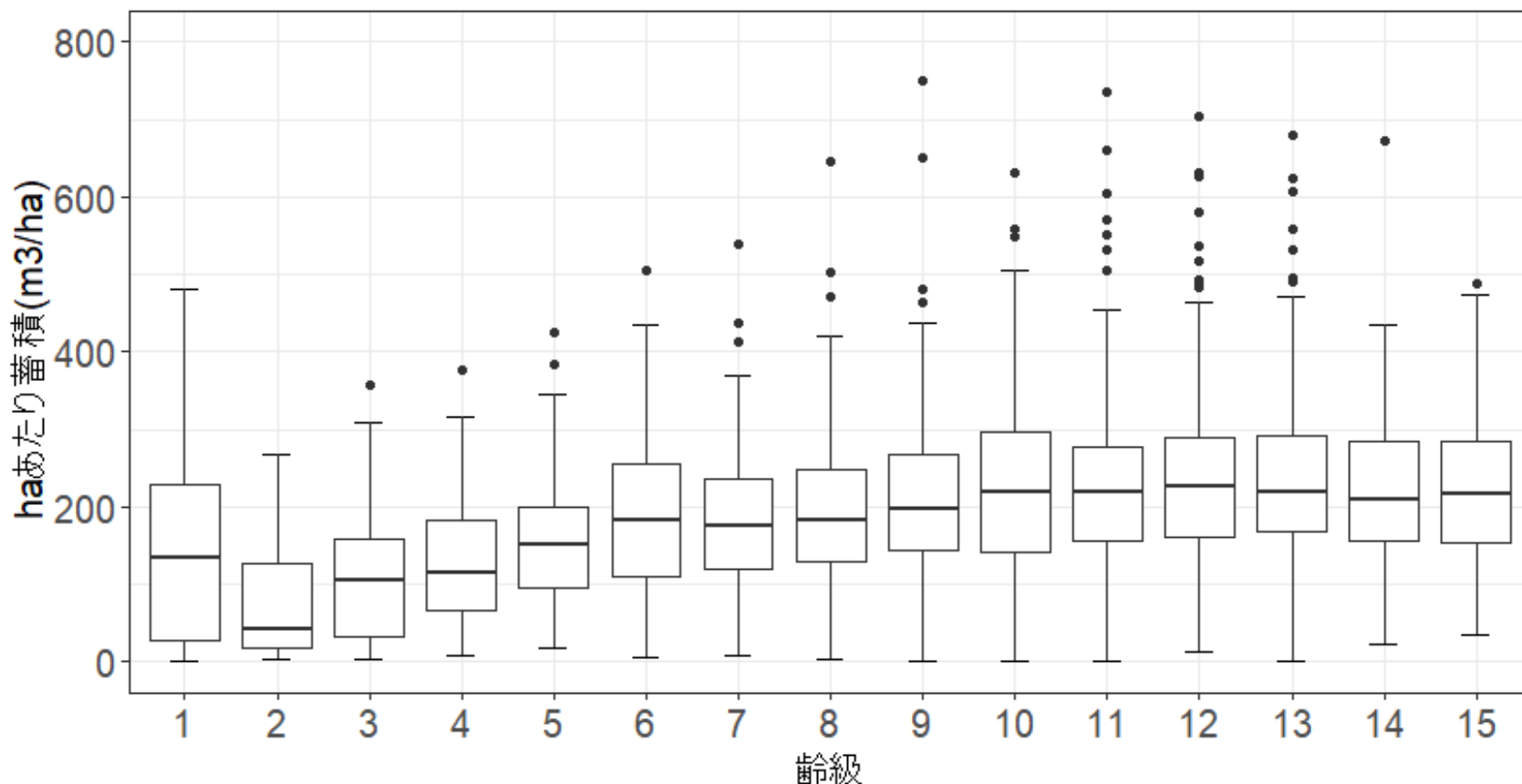
閾値：傾斜30度（傾斜30度以下：白、傾斜30度より大：黒）





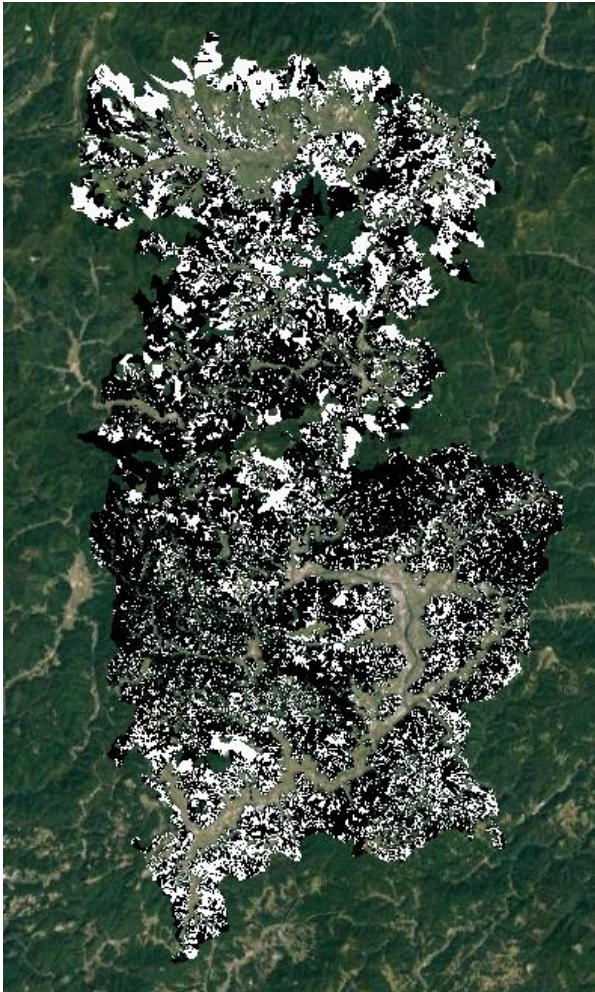
## 条件③haあたり材積が豊富

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。



条件③haあたり材積が豊富

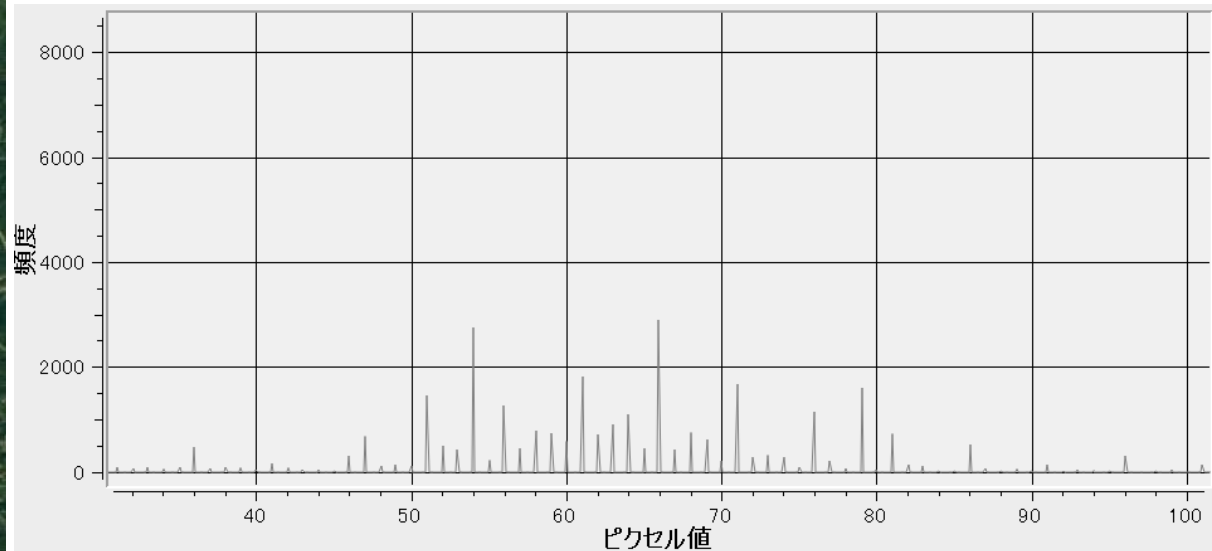
↓真庭市での試行（白：広葉樹かつ林齢50年生以上、黒：左記以外）



↓広葉樹林齢の出現頻度

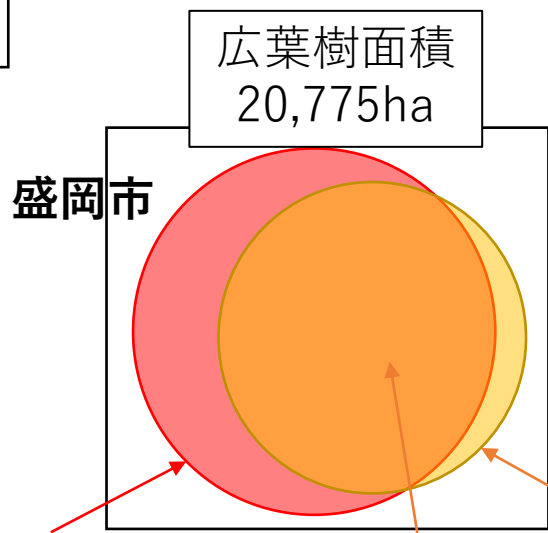
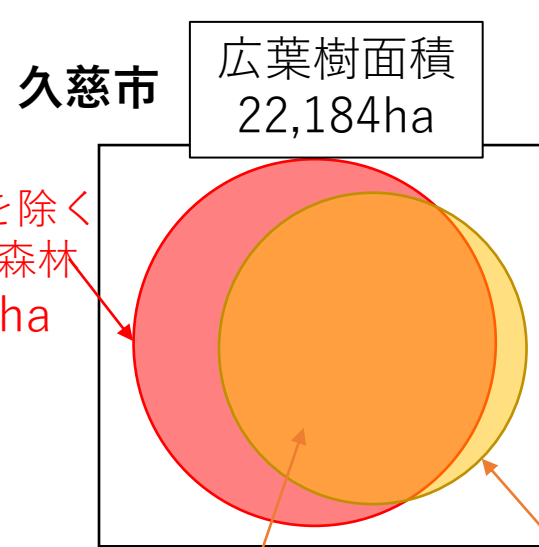
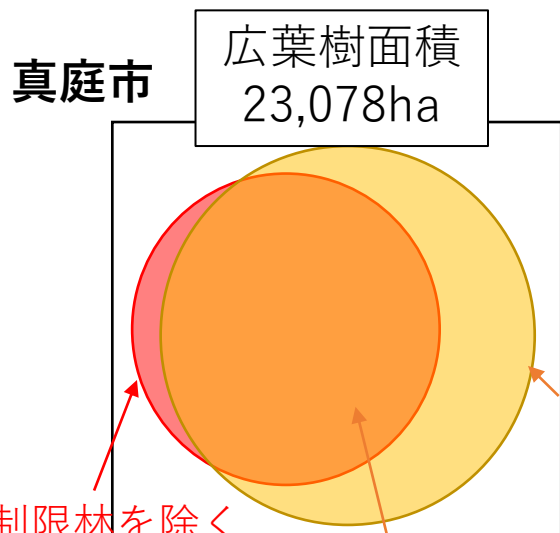
頻度：10m解像度のピクセル数（1ピクセル:100m<sup>2</sup>）

ピクセル値：林齢



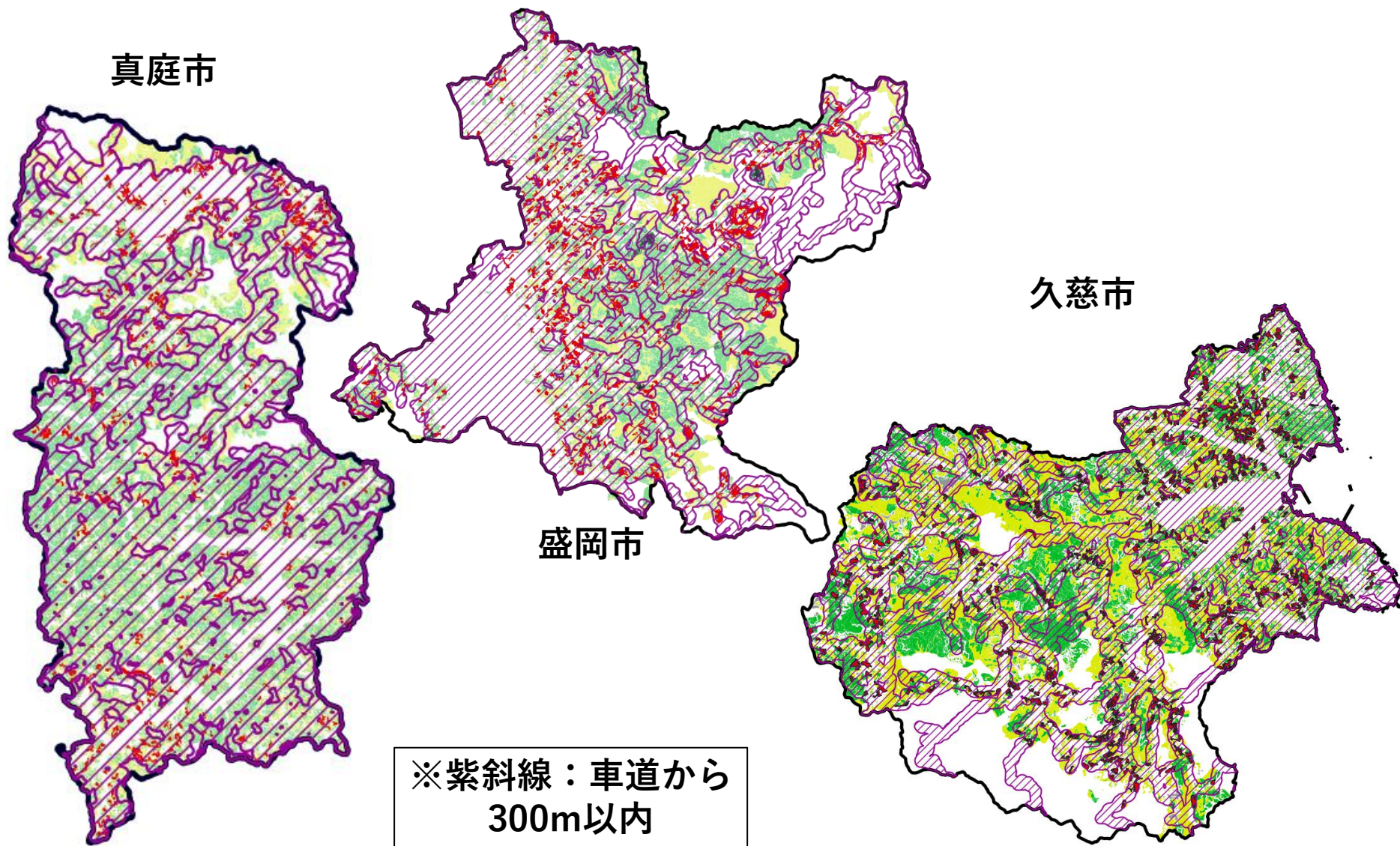
条件	GIS解析上の考え方	使用するデータ
(①広葉樹であること)	樹種が広葉樹であること	森林簿、計画図
①作業道が作設可能	車道から300m以内	国土基盤情報 基本項目 道路縁データのうち、「真幅道」であること
②施業可能な傾斜	傾斜30°以下の箇所であること	基盤地図情報 数値標高モデル(10mDEM) から傾斜図を作成
③haあたり材積が豊富	森林簿林齢が50年生以上	森林簿、計画図
④保安林、国立公園などの制限林を除外する	国立公園、保安林等の区域のうち禁伐、択伐規制のかかっている森林を除外する	森林簿、森林計画図
⑤一定以上の施業面積が確保	上記条件を満たすエリアが連続して3ha以上存在すること	

# 制限林と林齢の関係



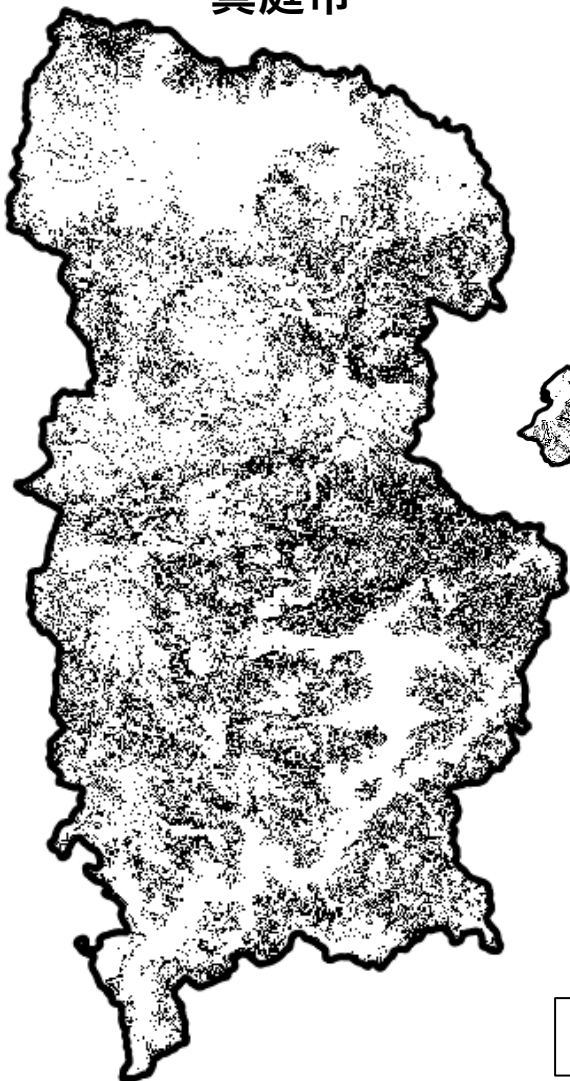
※円の大きさは目安であり、  
正確な面積を示していない

# 車道から300m以内 比較

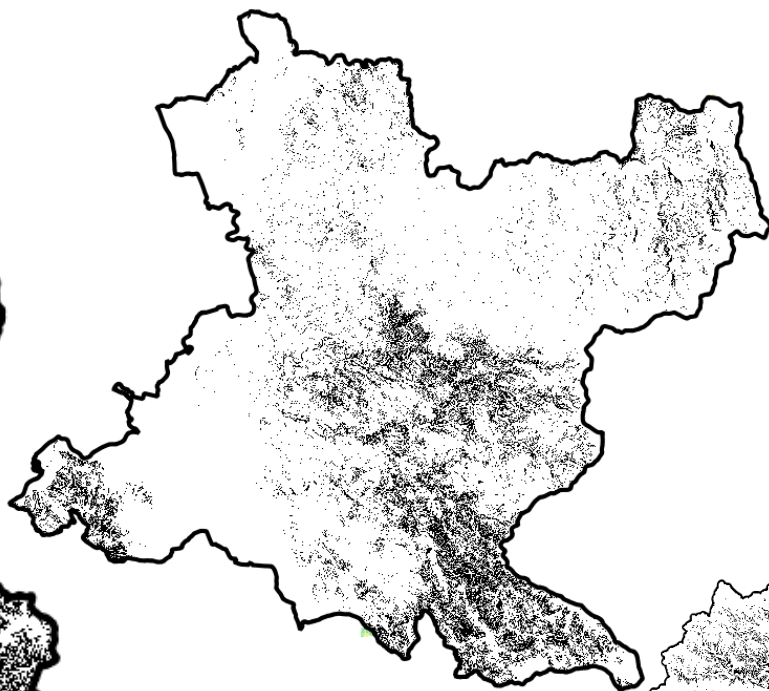


# 傾斜30°以下 比較

真庭市



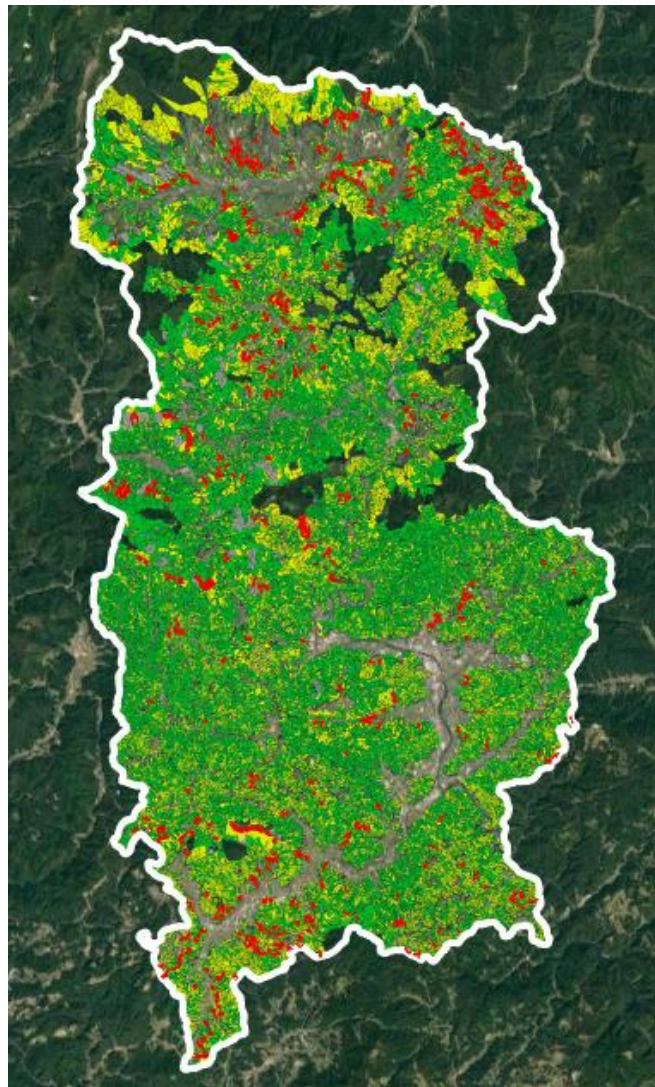
盛岡市



久慈市



※黒：傾斜30° 以上



## ←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

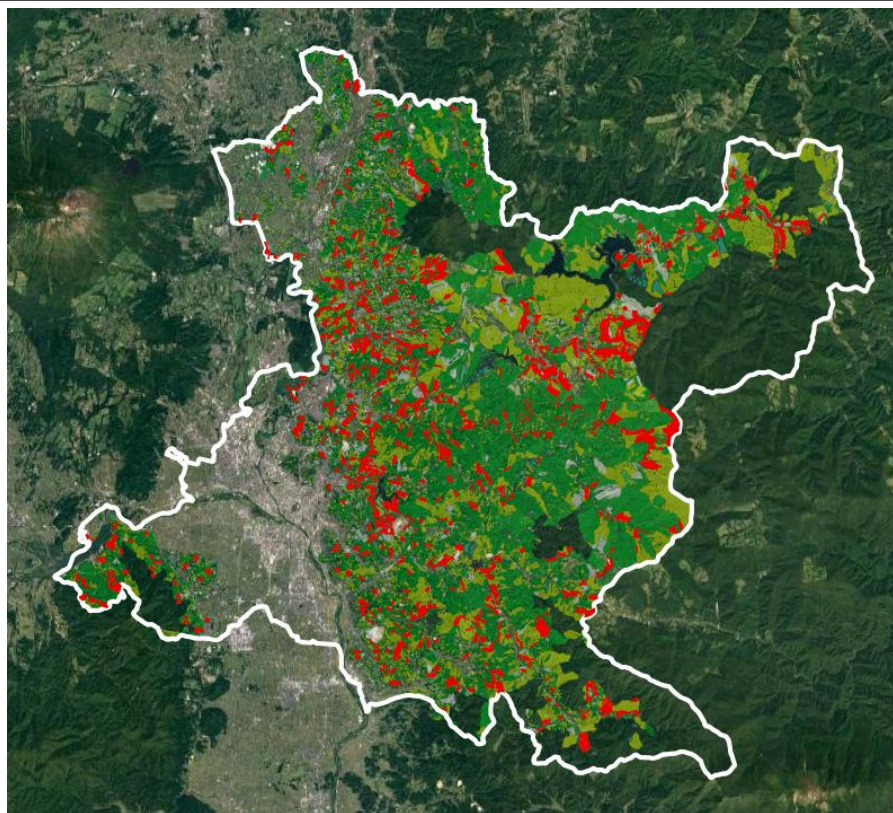
上記のうち、広葉樹林面積：23,078ha

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。



## ←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

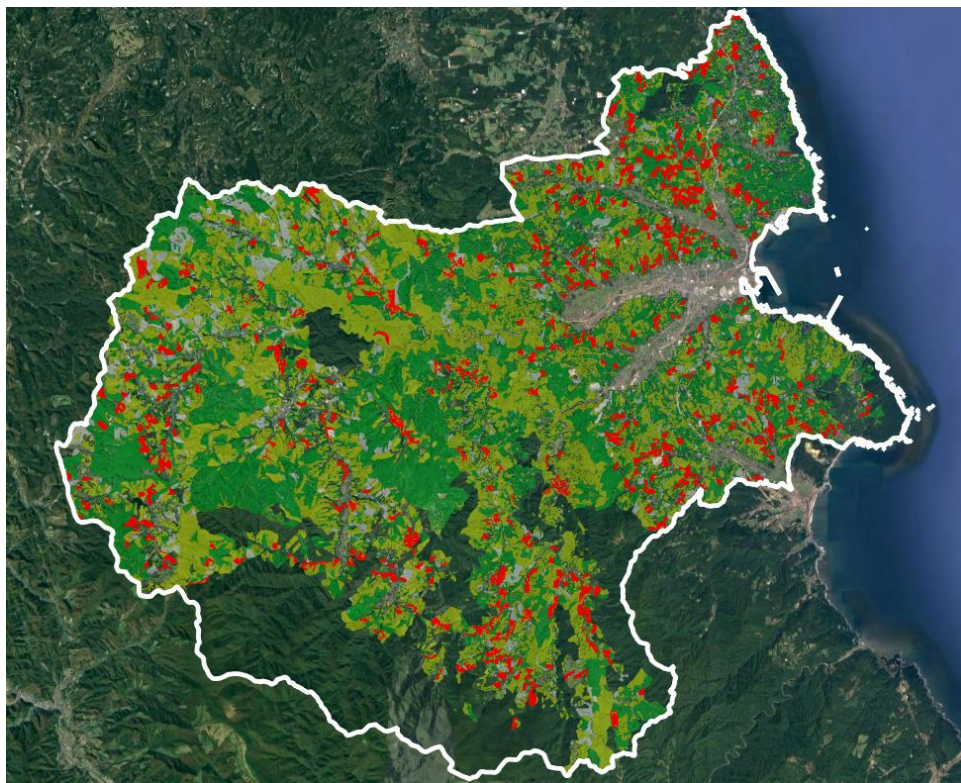
上記のうち、条件を満たす広葉樹林分面積：10,260ha

※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。





## ←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。

# 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)		<b>4,592</b>	<b>10,260</b>	<b>5,561</b>
広葉樹林面積に対する利用可能面積率(%) (④/②×100)		<b>20</b>	<b>49</b>	<b>25</b>
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

# 更新について

## ～天然更新の注意点～

## 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

## 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、高齡級林分内にも若齡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

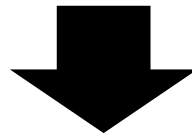
# 更新について～現地調査写真～



# 更新について～現地調査写真～



- 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

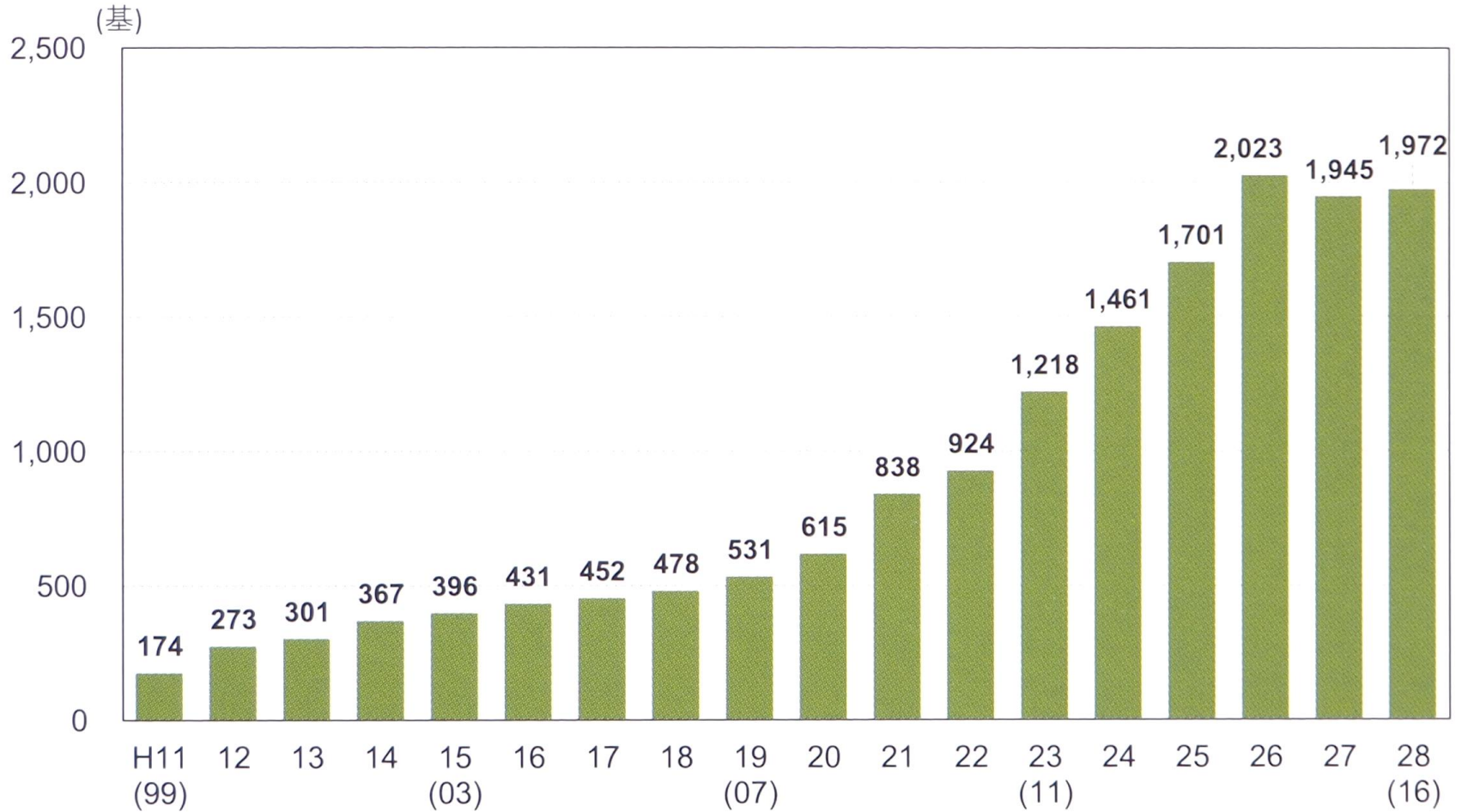


# 総括

- 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ダを想定し、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。
  - ⇒スキッダによる全木集材、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
- 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





2013



# バイオマスはサイエンス

- ・バイオマスは輸送
- ・チップニングコストは一定
- ・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

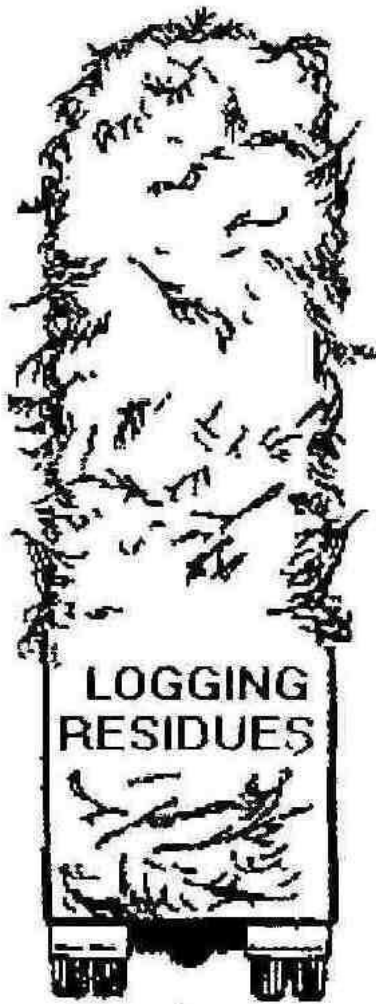
# コスト目標の設定が大事

— 米国におけるチップ生産の例 —

	集材	破砕	輸送	破砕	輸送	計 (ドル/トン)
枝条残材	0	11			29	40
間伐材利用	40	11			29	80
工場破砕	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





LOGGING RESIDUES

15 - 20 %

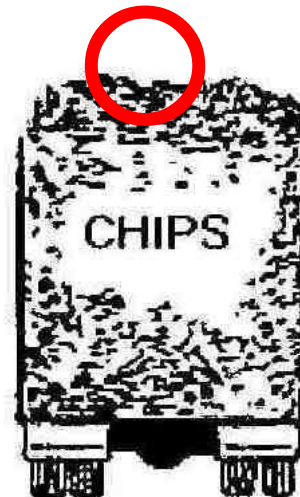


⇒  
山元での  
チップング  
により1/2.5  
に減容



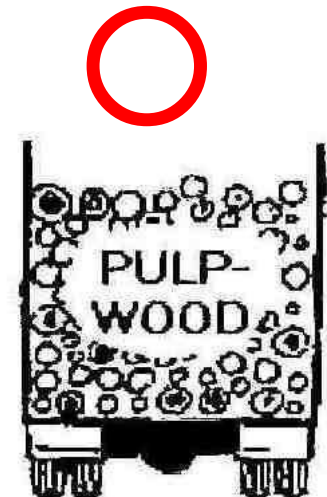
TREES AND TREE SECT'S

35 - 40 %



CHIPS

~ 40 %



PULP- WOOD

60 - 70 %

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パー



米国Peterson

# 国内の大型チツパー

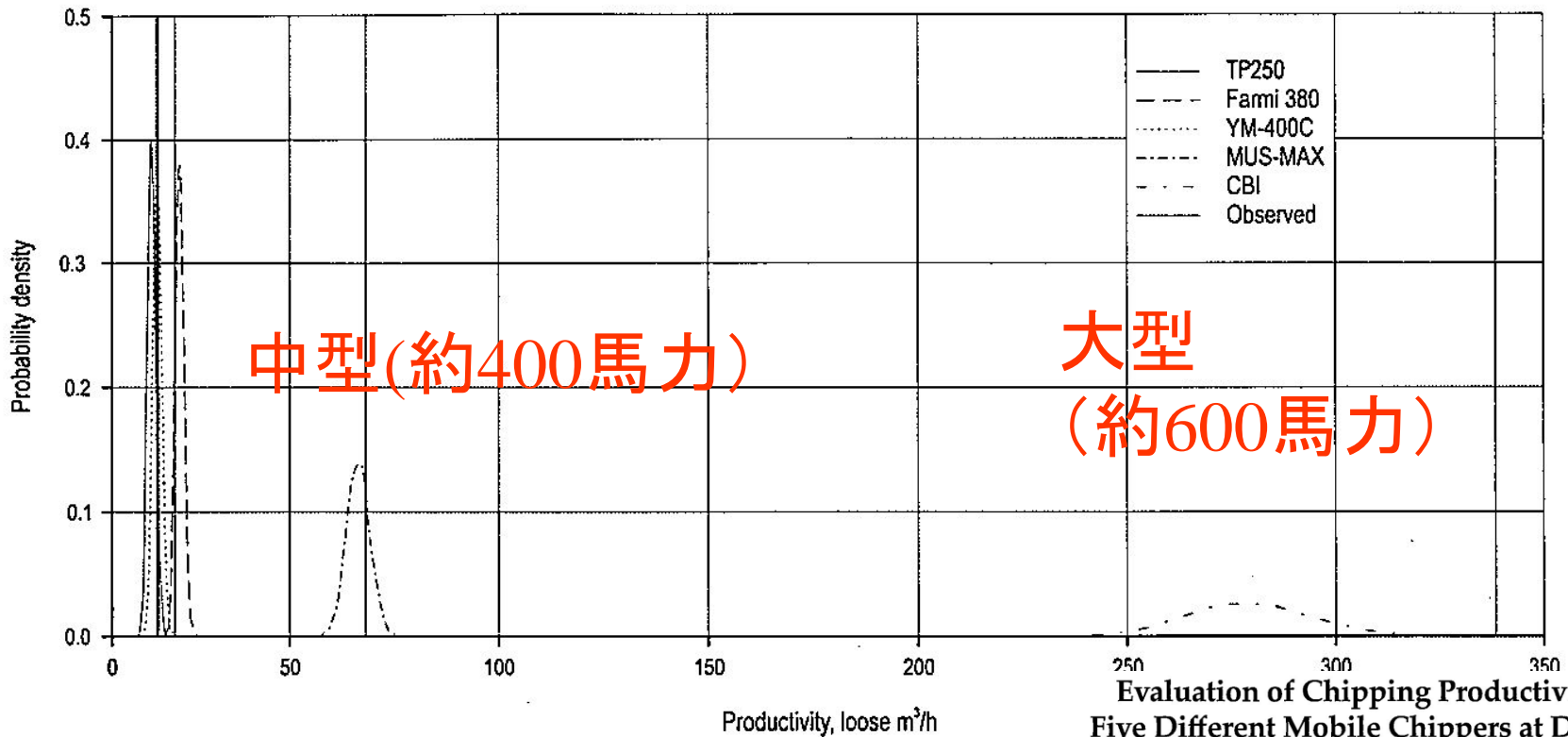


Doppstadt  
和歌山県  
2020

# 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)

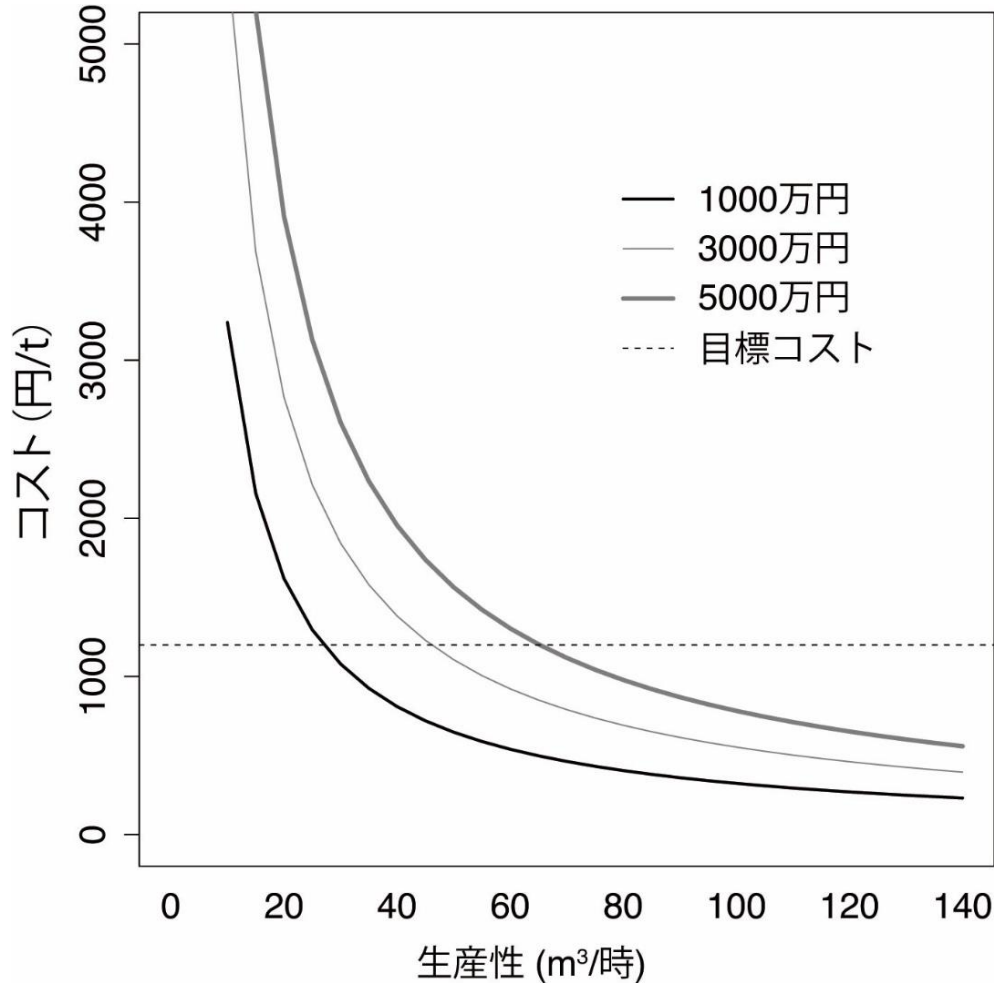


生産性チップm<sup>3</sup>

Evaluation of Chipping Productivity with  
Five Different Mobile Chippers at Different  
Forest Sites by a Stochastic Model

# 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パ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**

$m^3/日$  (量) から円/ $m^3$  (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





東京 2018

# 国産チッパーの開発ステップ 1

けん引式切削式小型チッパー: 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 ⇒ 林業専用道で破碎  
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台のチッパーで2車分生産可能)



8t車

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




全高3.8m以下(公道可)  
14t以下(林道2等橋で可)

### トラック搭載型チッパー Wood Chipper Truck Mounted Type

仕様 Specifications

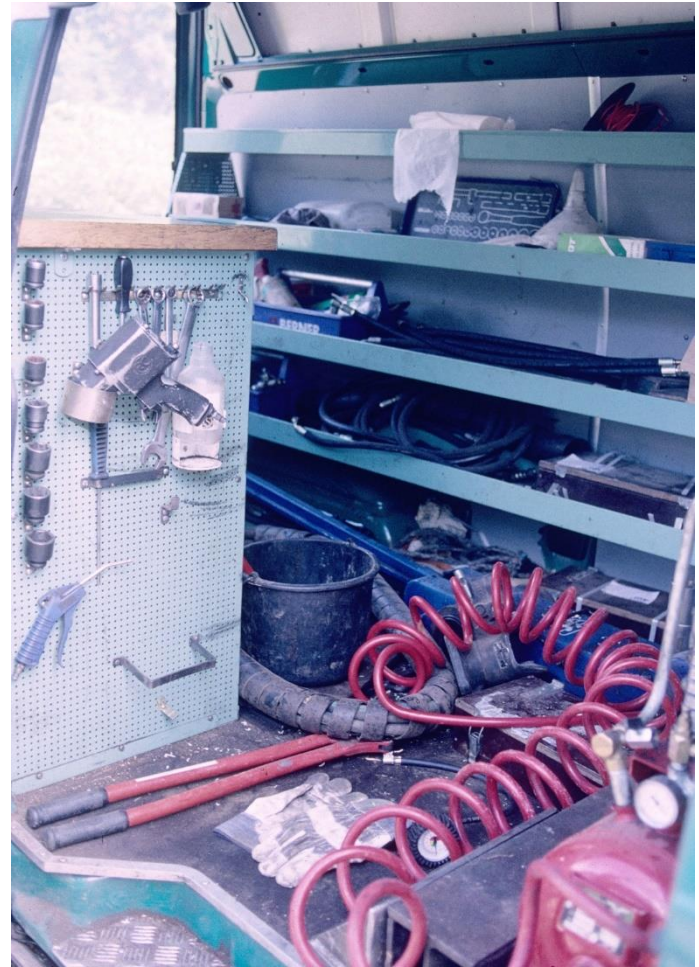
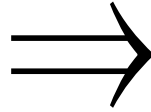
チッパー	Chipper	
メーカー	Manufacturer	JUNKKARI
型式	Model	HJ500C
チッピング容量	Chipping Capacity	50 ~ 100m <sup>3</sup> /h
材最大直径	Max Wood Diameter	450mm
投入開口部	Feed Opening Size	450x450mm
チップサイズ	Chip Size	5 ~ 30mm
推奨馬力	Recommended Power	80 ~ 150kW
ナイフ数	Number Of Blades	4
PTO 回転数	PTO Revolution	540 ~ 1,000rpm
質量	Weight	2500kg
トラック	Track	
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

 NIKKEN CORPORATION

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？

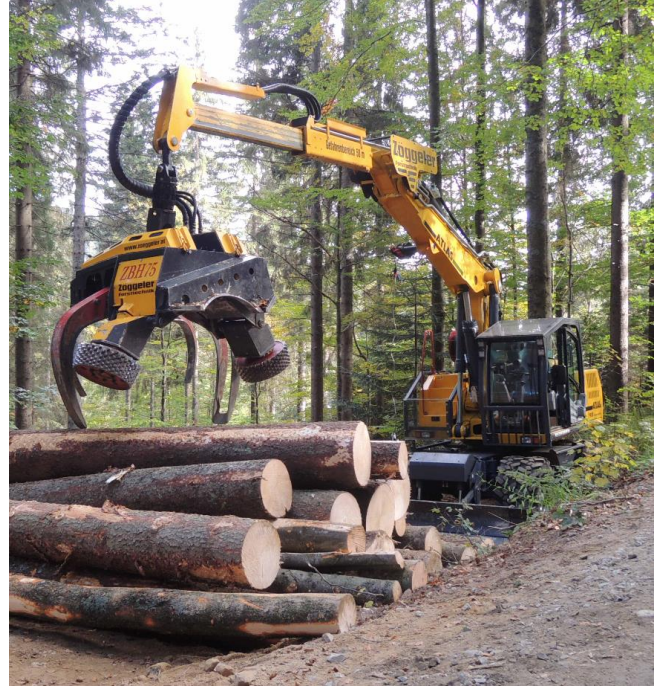




林地残材はボーナス！



Zöggeler



ロングアーム  
伐倒機

# ブラキオEX

Brachio EX

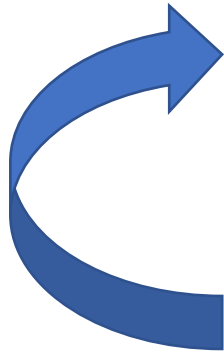






# 木材供給コストの半分は輸送費！

- **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/>



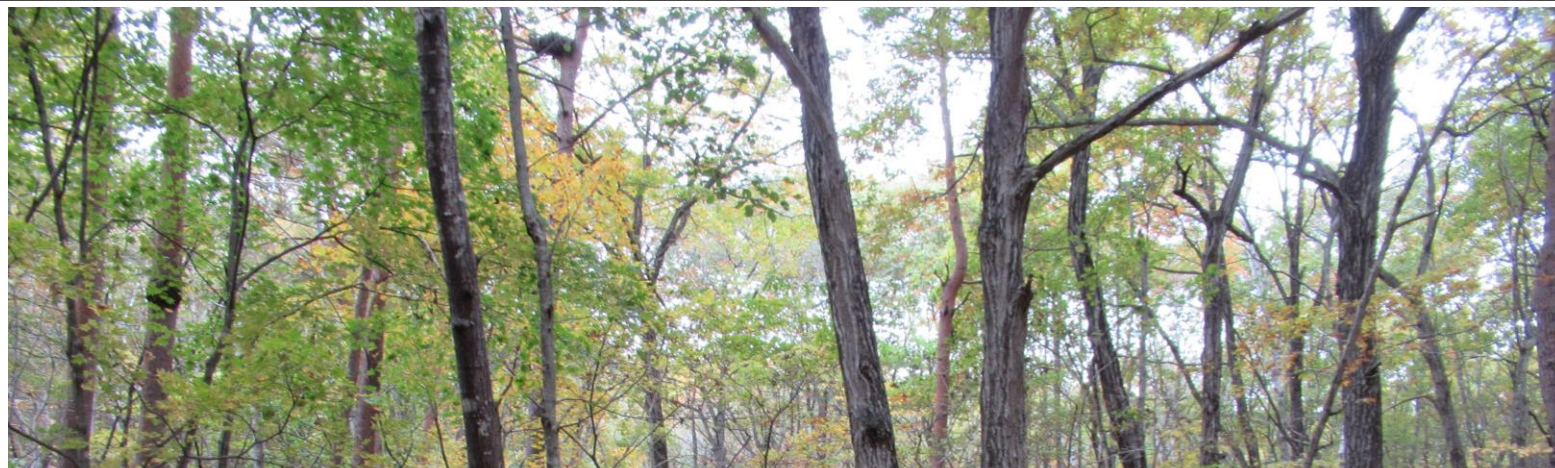
サポートページQRコード

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。

