

平成 28 年度木質バイオマス利用支援体制構築事業

木質バイオマス燃料の供給可能性量推計手法の検討事業
成果報告書

平成 29 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

1. 事業の概要.....	- 1 -
1. 1. 事業の目的.....	- 1 -
1. 2. 木質バイオマス燃料材を取り巻く背景.....	- 2 -
1. 2. 1. 木質バイオマス発電所の導入状況.....	- 2 -
1) 新規設備認定の状況.....	- 2 -
2) 木質バイオマス発電所の需要特性.....	- 4 -
2. 木質バイオマス燃料材供給量検討.....	- 6 -
2. 1. 検討の流れ.....	- 6 -
2. 1. 1. 検討の体系.....	- 7 -
1) 検討の範囲.....	- 7 -
(1) 対象地域の考え方.....	- 7 -
(2) 対象期間.....	- 7 -
(3) 対象となる資源.....	- 8 -
2) 利用可能量を算定するための条件とは.....	- 8 -
2. 2. バイオマス燃料材の既存推計手法.....	- 9 -
2. 2. 1. 既存推計手法と関連因子の抽出の整理.....	- 9 -
1) 主な推計方法.....	- 10 -
(1) 素材生産量からの推計.....	- 10 -
(2) 伐採可能量（森林成長量）からの推計.....	- 10 -
(3) 生産予定量からの推計.....	- 10 -
(4) 対象森林の立木幹材積からの推計.....	- 11 -
(5) 独自データに基づく推計.....	- 11 -
2. 2. 2. 燃料材としての利用状況.....	- 13 -
1) 都道府県ごとの燃料材（木材チップ）利用状況.....	- 13 -
2) 2030年時点におけるバイオマス需要見通し.....	- 14 -
2. 3. 本検討におけるバイオマス燃料材の推計手法.....	- 15 -
2. 3. 1. 推計フロー.....	- 15 -
2. 3. 2. 分期の推移における推計の流れ.....	- 16 -
2. 3. 3. 必要な入力データ.....	- 17 -
2. 3. 4. 燃料材生産に関連する各因子の整理.....	- 18 -
1) 推計対象森林面積.....	- 18 -
(1) 総森林面積.....	- 18 -
(2) 制限林面積.....	- 18 -
2) 施業対象面積.....	- 18 -
(1) 伐採対象面積.....	- 19 -
(2) 成林率.....	- 19 -

(3) 傾斜率	- 20 -
3) 生産可能材積（立木幹材積）	- 20 -
(1) 主伐確率	- 21 -
(2) 齢級別立木幹材積	- 21 -
(3) 間伐率	- 21 -
(4) 間伐実施率	- 21 -
4) 搬出可能材積（丸太材積）	- 22 -
(1) 搬出歩留まり（主伐対象）	- 22 -
(2) 搬出歩留まり（間伐対象）	- 22 -
5) 燃料材利用可能量	- 23 -
(1) 燃料材採材割合（主伐対象）（間伐対象）	- 23 -
2. 4. チェック因子の抽出	- 24 -
2. 4. 1. チェック因子の整理	- 24 -
1) 伐採・搬出工程における労働者数	- 24 -
(1) 労働生産性（伐採・搬出）	- 24 -
(2) 労働日数	- 25 -
2) 再生林の労働者数	- 25 -
(1) 再生林率	- 25 -
(2) 労働生産性（再生林）	- 25 -
3) 必要な苗木本数	- 26 -
(1) 再生林苗木本数	- 26 -
2. 5. 因子の連関図	- 26 -
3. モデル地域の情報を用いた推計ツールの作成	- 28 -
3. 1. モデル地域の情報（大分県）	- 28 -
3. 1. 1. 推計対象地域における適応範囲	- 28 -
3. 2. 現地情報に基づく推計の試行（大分県ケース）	- 29 -
3. 3. 現地情報の整理	- 31 -
3. 3. 1. 森林資源の状況	- 31 -
1) 樹種構成	- 31 -
2) 齢級構成	- 32 -
3) 制限林の状況	- 33 -
3. 3. 2. 素材生産の状況	- 33 -
3. 3. 3. 森林計画制度	- 35 -
1) 地域森林計画制度	- 35 -
2) 民有林の森林経営計画認定状況	- 37 -
3. 3. 4. 生産目標	- 37 -

3. 3. 5. 労働生産性と林業就業者数	- 40 -
3. 3. 6. 再生林の動向	- 40 -
3. 3. 7. 大分県におけるバイオマス発電の導入状況	- 42 -
1) バイオマス燃料材の需要に関する情報	- 42 -
(1) 木質バイオマスエネルギー利用動向調査による利用状況	- 42 -
(2) 導入済み発電所における利用量	- 43 -
3. 3. 8. 素材生産におけるバイオマス燃料材の発生割合	- 43 -
1) 大分県における発生状況	- 43 -
(1) 燃料材の出荷状況	- 43 -
2) 大分県の素材生産における燃料材割合の推定	- 45 -
(1) 原木丸太の品質による分類	- 45 -
(2) 歩留まりの変化	- 45 -
(3) 燃料材の利用割合	- 46 -
3. 4. 大分県の地域別特徴	- 46 -
3. 4. 1. 素材生産量	- 48 -
3. 4. 2. 齢級構成と成長	- 49 -
3. 4. 3. 森林成熟度と生産力	- 50 -
3. 5. 伐採届データを用いた全県伐採性向の分析	- 53 -
3. 5. 1. 使用データの概要	- 53 -
3. 5. 2. 全県における伐採性向	- 54 -
1) 齢級別伐採面積（伐採性向）の推移	- 54 -
2) 林種別伐採性向	- 55 -
3. 5. 3. 県内地域ごとの伐採性向	- 56 -
1) 地域別の状況	- 56 -
2) 期間の違いによる傾向	- 57 -
3. 6. 地域情報を用いた推計	- 58 -
3. 6. 1. 伐採対象面積についての検証	- 58 -
3. 6. 2. 主伐確率の作成と設定	- 59 -
1) 正規分布による主伐確率の作成方法	- 59 -
2) ワイブル分布による主伐確率の作成方法	- 61 -
3. 6. 3. 生産可能材積の計算	- 62 -
1) 簡易収穫表を用いる手法	- 62 -
(1) 齢級別立木幹材積の作成と設定	- 62 -
(2) 間伐スケジュールの決定	- 63 -
2) システム収穫表 LYCS を用いた作成方法	- 63 -
3. 6. 4. 間伐率の設定	- 64 -

3. 6. 5. 燃料材採材割合の設定.....	- 64 -
3. 7. 目標生産に対する設定.....	- 65 -
4. 結果と考察.....	- 67 -
4. 1. 入力データの設定.....	- 68 -
4. 2. 推計シートを用いたケース分析.....	- 69 -
4. 2. 1. 現状生産維持ケース.....	- 69 -
(1) 結果と考察.....	- 69 -
4. 2. 2. 目標素材生産量を達成するための伐採行動の検討.....	- 73 -
1) 主伐確率を拡張する手法.....	- 73 -
(1) 手法.....	- 73 -
(2) 結果.....	- 73 -
2) 現状の伐採面積水準に追加して伐採を行う手法.....	- 77 -
(1) 手法.....	- 77 -
(2) 結果.....	- 77 -
4. 3. 感度分析.....	- 80 -
4. 3. 1. 林道の延伸.....	- 80 -
(1) 手法.....	- 80 -
(2) 結果.....	- 80 -
4. 3. 2. 伐採可能幅の拡大.....	- 83 -
(1) 手法.....	- 83 -
(2) 結果.....	- 83 -
4. 4. 抽出された課題.....	- 85 -
4. 4. 1. 高齢化の影響.....	- 85 -
4. 4. 2. 再生林との関係.....	- 85 -
5. 課題と総括.....	- 86 -
5. 1. 推計シート活用上の課題.....	- 86 -
5. 1. 1 推計シートにおける設定上の課題.....	- 86 -
1) システム上の課題.....	- 86 -
(1) 林道の設定と施業対象面積の考え方.....	- 86 -
(2) 伐採可能幅の設定.....	- 86 -
(5) 間伐スケジュールの設定.....	- 87 -
(4) 燃料材利用割合の設定.....	- 87 -
(5) 都道府県内の地域性の考慮.....	- 87 -
2) 入力データ上の課題.....	- 88 -
(1) 収穫表と実際の蓄積の差異.....	- 88 -
(2) 伐採性向の把握.....	- 88 -

5. 2 今後の課題	- 88 -
参考文献	- 91 -
参考資料	- 92 -

木質バイオマス燃料の供給可能性量推計手法の検討事業

1. 事業の概要

1. 1. 事業の目的

平成 24 年に「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」(以下、FIT 制度) が導入されたことを契機として、全国各地で木質バイオマス燃料とする発電所の計画が相次いでいる。最近では、地域分散型エネルギーとして、木質バイオマスの熱利用や熱電併給への関心も高まりつつある。

地域資源である木質バイオマスを効果的に利用するためには、ポテンシャルを把握することが不可欠であり、地域で利用可能な燃料材の量を知ることは活用設備の規模や導入形態を検討する際の目安にもなる。

特に森林由来の資源である未利用材については、現実的に生産可能な量と燃料材としての需要量のバランスを図ることが、林業の持続可能性の観点からも重要となる。

日本は国土面積の約 7 割が森林であり、戦後植えられた人工林は成熟し全国的に森林資源は豊富に存在する。

その一方で森林の生物学的様態(成長)、林道の延伸、生産体制といった林業生産を支える条件、木材市場等は地域により大きく異なる。

FIT 制度における買取期間を一つの目安とするならば「20 年間、一定量の燃料を年間を通じて継続的かつ安定的に利用する」という需要の姿は、従来の林業生産物にはなかった需要特性である。新たな需要である燃料材を地域の林業が受容していくためには既存需要と燃料材生産が両立しうる生産水準を検討し、関係者間で共有できる目標を設定することが有効である。

ひとたびバイオマス発電所が地域内に導入されると、当該地域においては一定量の需要を満たすために生産目標の達成への要請が高まる。また、地域の林業行政には、生産目標量を確保するために関連する因子を把握し、必要な施策を着実に講じていくことが求められる。

そこで本事業では、行政施策を実行する都道府県を一つの単位として、政策効果が発現されていく 15 年を検討期間とし、将来の生産目標に対応し実現可能性を持った供給計画立案のための関連因子の検討を行う。

また、都道府県の生産目標量を確保するための条件を検討する素材生産量・燃料材利用可能性推計ツールを作成し、充足すべき各因子の条件と課題の抽出を行う。

さらに地域における生産目標に対する実現のため地域の林業施策に反映すべき課題を明確にし、実現に向けた取り組みを可能とすることを目的とする(図-1 参照)。

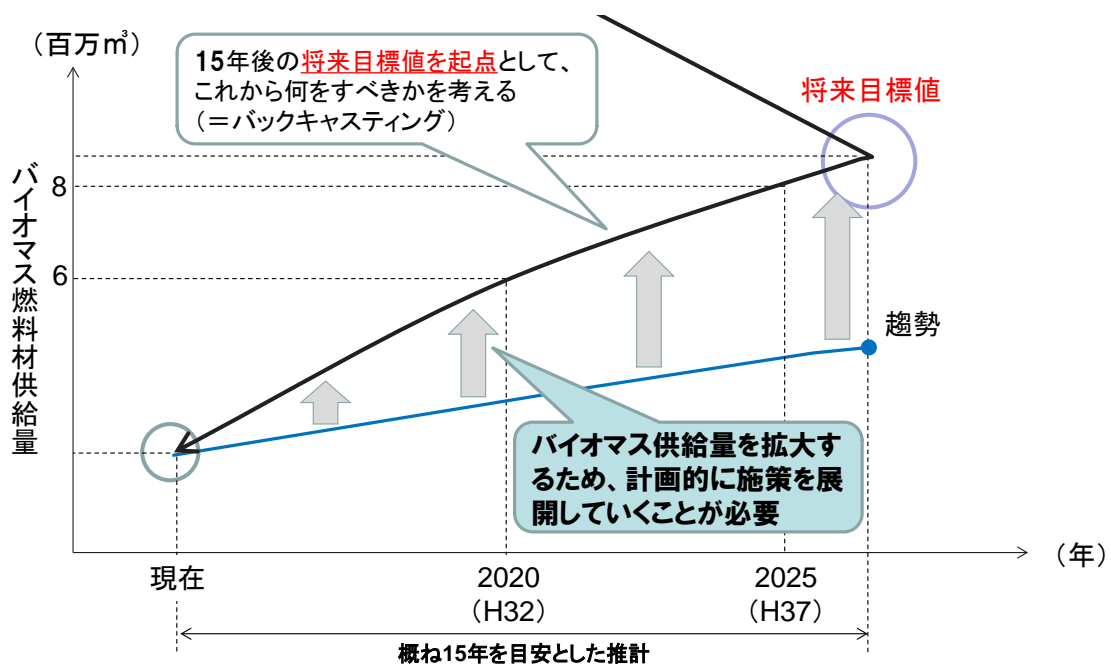


図-1 将来目標値を起点とするバックキャストの概念図

1. 2. 木質バイオマス燃料材を取り巻く背景

1. 2. 1. 木質バイオマス発電所の導入状況

1) 新規設備認定の状況

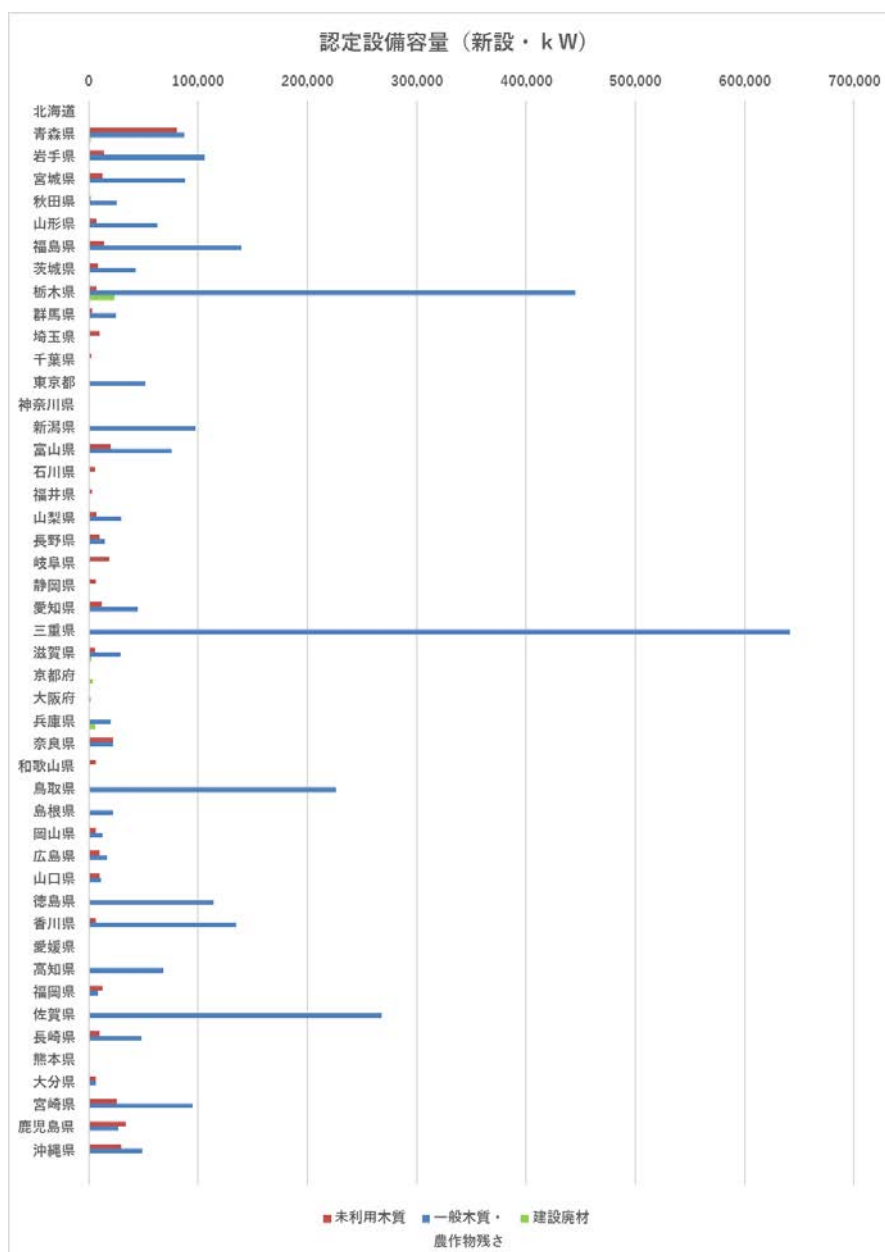
平成 24 年の FIT 制度導入以来、平成 28 年 10 月末までに新規に稼働を始めた木質バイオマス発電所は、未利用木質、一般木質・農作物残さ、建設廃材を燃料とするものを合計すると 54 件、561MW に上る。

表-1 FIT 制度における新規発電所認定状況

	未利用木質		一般木質・ 農作物残さ	建設廃材
	2,000kW 未満	2,000kW 以上		
都道府県別導入容量（新規認定分：kW）	6,240	272,156	273,769	9,300
都道府県別導入件数（新規認定分：件数）	5	29	18	2

「固定価格買取制度 情報公表用ウェブサイト」より平成28年10月末時点の設備情報 A表より作成
導入容量はバイオマス比率考慮されたもの

FIT 制度導入以降平成 28 年 11 月までに新規に計画され設備認定を受けた設備の認定容量¹を各都道府県別に示したのが図-2 のグラフである。緑で示した一般木質・農作物残さを利用する発電所が大きな容量を示しているが、これらの多くは輸入される木質ペレットおよび農作物残さを燃料として予定している。未利用木質を利用する発電所（図中の赤）も多くの地域で立地が計画され、設備認定を受けていることがわかる。



「再エネ設備認定状況」平成 28 年 11 月末時点 A 表都道府県別認定・導入量より作成

図-2 都道府県別設備認定状況

¹ 平成 28 年 11 月末までに新規設備認定を受けた発電所について、都道府県別に集計されたもの。(未稼働含む、バイオマス比率考慮あり)

2) 木質バイオマス発電所の需要特性

木質バイオマス発電所は、バイオマスの持つ熱量を取り出し効率的にエネルギーに変換する火力発電プラントであり設備投資額も大きいことから、一定以上の稼働率を維持することで採算性を確保する、という運営方針を持つ傾向がある。

また、5MW 以上では直接燃焼方式による汽力発電が経済合理性から選択される傾向があるが、この技術は、ガスエンジン等内燃機関を用いるものと異なり負荷追従性は低く DSS (Daily Start Stop；日間起動停止) 運転も難しい。

FIT 制度によって、電気そのものの価格よりも再生可能エネルギーとしての付加価値が高く評価されているため、既存電源のように時間帯別の電力価格を考慮した負荷変動は行わずに一日を通じて高負荷での稼働を行う方が高い収益が期待できる。

一旦起動すれば可能な限り連続運転を行うことが望ましく、年 1, 2 回程度の点検のための停止時期以外の停止は行わず、連続的に稼働するという運転パターンが一般に選択され、事業期間中には一定の燃料需要が継続的に発生する。

そのため、木質バイオマス発電所の立地により、これまで林業生産における副産物の位置づけであった未利用燃料材が、大きな存在感を持つ需要の一つになると考えられる。

しかも、燃料材は、ひとたび発電が開始すれば需要量が大きく変動することなく消費されていく、従来にはない需要特性を示すものである。

新たな森林・林業基本計画では、平成 37 年度の見通しとして、8 百万 m³ という燃料材利用量を目標として設定しているが、これは、現時点でのパルプ、合板用材の利用量合計に匹敵する資源量である。こうした新たな燃料材の需要に応え新たな収益源とするためには、地域の森林・林業の産業として基礎的要件 (ファンダメンタルズ) が充実していることが必要である。

今後の国産材生産の拡大に向けて、森林資源の保続を損なうことなく持続可能な利用を実現することは、地域の林業行政における重要な課題の一つとなると考えられる。

表-2 森林・林業基本計画における木材利用目標と見通し

＜木材の用途別利用量の目標と総需要量の見通し＞ (単位:百万m³)

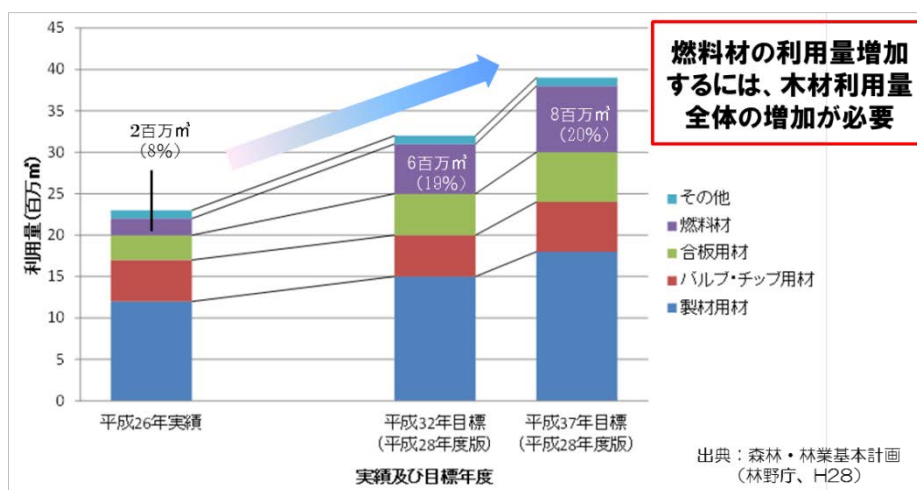
用途区分	利用量			総需要量		
	H26年 (実績)	H32年 (目標)	H37年 (目標)	H26年 (実績)	H32年 (見通し)	H37年 (見通し)
製材用材	12	15	18	28	28	28
パルプ・チップ用材	5	5	6	32	31	30
合板用材	3	5	6	11	11	11
燃料材	2	6	8	3	7	9
その他	1	1	2	1	2	2
合計	24	32	40	76	79	79

出典：森林・林業基本計画 (林野庁、H28)

とはいえ、他の用途に比べて高くない価格水準にある燃料材だけでは林業側も採算を確保することは難しい。従来からの主要用途である製材等への供給については人口の減少による住宅需要の減少も懸念されており、木材生産を拡大していくと同時に長期的な視点からバランスの良い需給の姿を実現する中で、大きな課題になっている。

今後、バイオマス燃料材という新たな需要を含め大きく木材需給構造が変化する中で、木材価格の在り方も変化すると考えられる。

生産側においては、路網の効果的な延伸、低コスト林業の導入、教育・訓練、技術革新による生産性の向上など、林業の経済性を確保し合理的かつ持続可能な経営を獲得していかなければならない。その実現可能性を高めるために、各地域の特性を考慮し長期的な視点からの効果的な林業施策の実行が求められる。



出典：森林・林業基本計画 (林野庁、H28)

図-3 森林・林業基本計画における木材利用量目標

2. 木質バイオマス燃料材供給量検討

2. 1. 検討の流れ

検討の流れを以下に示す。

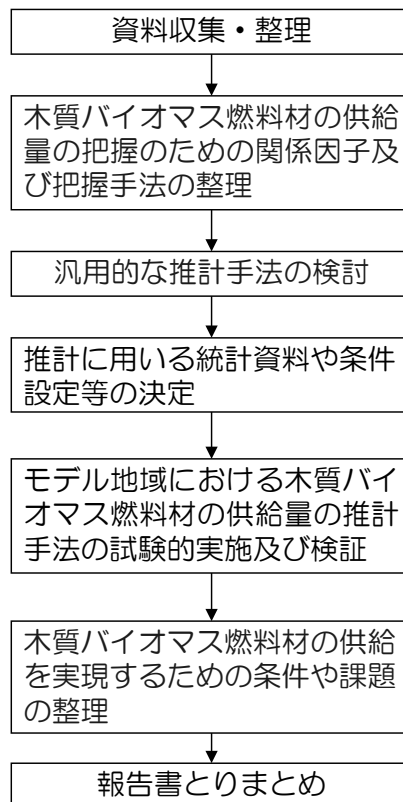


図-4 検討の流れ

なお、検討においては汎用性を考慮し、統計資料および国や県が行う調査資料を活用し、推計の入力条件を決定することとした。

一方、バイオマスの実際の利活用情報に関しては、都道府県により導入の様相が異なるため、実績に基づき確認を行うべき要素に関しては、ヒアリング等により確認を行っている。

2. 1. 1. 検討の体系

林業活動に伴う木質バイオマス燃料材の発生量を推計するにあたり、検討の方向性を確認する必要がある。

1) 検討の範囲

(1) 対象地域の考え方

本推計においては、検討対象としての地域について、都道府県を一つの単位とする。その理由としては、以下の点が挙げられる。

- ・地域の林業生産に対し、政策効果の発現を期待し必要な施策を立案し実行する行政単位であるため
- ・検討に使用する各種統計・調査における集計単位であるため

なお、必要に応じて地域森林計画区、市町村別のデータを活用することもあるが、検討の単位は都道府県とする。

(2) 対象期間

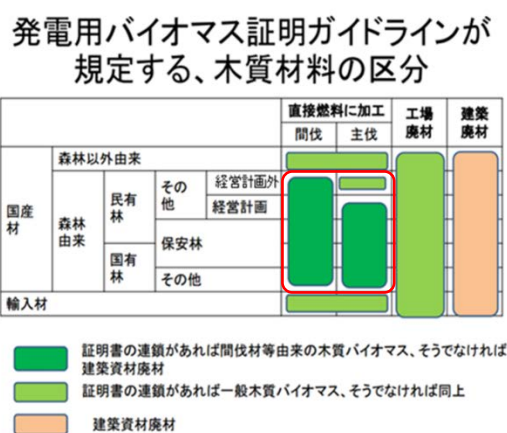
本推計においては、検討対象期間として、2030年までの15年（1分期5年、3分期）とする。その理由としては、以下の点が挙げられる。

- ・政策効果の発現が期待できる期間であるため
- ・森林・林業に関する検討単位として、5年を一つのまとまりのある期間と考えることが一般的であるため

(3) 対象となる資源

本推計においては「発電利用に供する木質バイオマスの証明のためのガイドライン」が規定する木質材料の区分のうち、未利用木質を対象とする。

なお、都道府県を区画として捉えると、国有林もその中に所在しているが、行政単位としての都道府県の施策で扱う範囲として、民有林・人工林（森林法第5条森林、第10条8森林）を対象とする。（図-5 参照）



「個体バイオマスの持続可能性確保に関する調査研究・啓発活動キックオフセミナー」一般社団法人林業経済研究所 藤原敬 より

図-5 森林・林業基本計画における木材利用量目標

2) 利用可能量を算定するための条件とは

資源として期待される理論上のポテンシャルである賦存量から、現実的に利用することができる利用可能量を求める上で重要となるのは、利用における条件設定である。条件となる要素は、実際の林業活動における燃料材の発生状況を参考にして定量化を行い、関係性を明らかにすることが望ましい。

そこで、はじめにこれまでの各都道府県における利活用計画等において扱われてきた推計および有識者・学術経験者の研究論文に示された推計の方法論を整理し、どのような因子が取り上げられ、条件付けがなされてきたかを概観する。

2. 2. バイオマス燃料材の既存推計手法

地域における燃料材利用可能量の推計を行うにあたり、その発生背景となる地域の森林資源状況および林業の産業として基礎的要件（ファンダメンタルズ）を把握することが必要となる。

燃料材は単独で発生するものではなく林業における様々な施業から発生するものである。背景となる森林から、どの林分を選択し伐採するか、またそこからどのようにして素材生産が行われ、燃料材として利用可能な材が採材されるかという発生メカニズムを、構成する因子とその関係性を明らかにすることにより、燃料材生産を取り巻く状況を推計上に再現することが可能となる。

2. 2. 1. 既存推計手法と関連因子の抽出の整理

都道府県のバイオマス利活用計画（緑の分権改革事業等）において用いられている推計方法について確認した。

推計の方法については、各都道府県でさまざまな手法が適用されているが、大きく分けて以下の推計パターンに分類することができる。

対象	出力	推計パターン	概要
林地残材（主伐由来）	× 利用可能量 賦存量 収穫量	（素材生産量→立木に換算）×残材率	素材生産量から立木材積を逆算し残材率を乗じて算出
林地残材（間伐由来）		素材生産量×残材率	樹木別生産量に残材率を乗じて算出
林地残材（樹種・林齢・地位）		森林成長量（二年間伐採可能量）×端材発生率	森林の成長量を基本にして、端材発生率を乗じて算出
土場の林地残材		主伐・間伐計画材積量－素材生産量	森林組合における実際の主伐・間伐計画材積量から素材生産量を控除して算出
製材残材		対象森林立木材積×伐採・搬出率×林地残材率×面積	森林簿に基づく立木材積に林齢別の伐採・搬出・林地残材率と対象面積を乗じて算出
		県などで独自に調査しているデータを活用	各都道府県独自で調査しているデータ（利用可能量、搬出コストなど）を活用し算出

※既往の研究、自治体による推計手法を類型化し整理

図－6 推計手法の整理²

² なお、参考とした研究、推計等については、「参考資料」表 i～iii に一覧として示す。

1) 主な推計方法

(1) 素材生産量からの推計

「木材需給報告書」等に示された素材生産量を用いて、搬出・造材時の歩留から逆算し、立木における材積を求め、そこに林地残材部分（梢端部、枝葉、タンコロなど）の比率を乗じることで、林業生産の対象となった立木から発生する林地残材を求める推計手法である。

$$\text{林地残材量} = \text{素材生産量} / \text{歩留まり} \times \text{林地残材部の比率}$$

注意点：素材生産量は丸太材積（末口二乗法）で計算されており、立木幹材積とは異なる求積式が用いられていることに注意しなければならない。

(2) 伐採可能量（森林成長量）からの推計

現在の資源状況を基礎とし、保続の指標として年成長量を用い、それを生産可能材積と仮定して、生産時に発生する林地残材部分（梢端部、枝葉、タンコロなど）の比率を乗じることで、林業生産の対象となった立木から発生する林地残材を求める推計手法である。

また、ここで扱われる成長量はいくまでも森林簿上のものであるため、地域によっては森林簿のデータが更新されていない、地域の収穫表が古く、実際の成長を反映していないという問題がある。

これらを考えると、成長量を保続の指標とみることの妥当性については慎重に検討する必要がある。

$$\text{林地残材量} = \text{森林成長量} \times \text{林地残材部・端材部の比率}$$

注意点：成長量は、森林の齢級構成によっても異なる（若齢～壮齢林分が多ければ、成長量は増えるが、高齢林分が多ければ成長量は低下する）。拡大造林時には、新植面積の拡大により見た目の成長量が増加したという現象も発生している。

(3) 生産予定量からの推計

森林組合の主伐・間伐における計画生産量に基づき、そこから既存用途の素材生産量を控除して算出する。

$$\text{林地残材の賦存量} = \text{主伐・間伐計画材積量} - \text{素材生産量}$$

注意点：既存用途以外の材積量はすべて燃料材、としているが、そもそも既存用途自体が毎年変動している場合が多く、また、林地残材部分に関しては、実際にはコスト面や搬出手段の問題ですべて搬出できるものではないため、地域の現状に合わせた搬出可能性を考慮する必要がある。

(4) 対象森林の立木幹材積からの推計

森林簿（対象林分の面積・樹種・林齢データ・地位）および収穫表を用いて立木蓄積を求め、伐採率、搬出率、残材発生率を乗じて燃料材発生量を推計している。事例では、残材発生率を施業種により分けており、初回間伐ではすべて伐り捨てとし全量を林地残材に、二回目以降は利用間伐とし、主伐と同様に、林内や土場に放置される小径木、曲り材、末木枝状を林地残材として燃料材として計算している。

$$\text{燃料材発生量} = \text{対象森林立木材積} \times \text{伐採率} \times \text{搬出率} \times \text{残材発生率}$$

注意点：林地残材の発生部位、扱いは地域によって差があり、燃料材の実需要が発生している地域でも、発電所により「材長 2m 以下は受け入れられない」等の条件が付されている場合は条件に適合しない部位が利用されていない。

(5) 独自データに基づく推計

各都道府県の林業試験・研究機関、大学等と連携し、地形、生産システム、集材方法によるコストの違いについて、実際に計測された独自のデータに基づく推計も行われている。

注意点：独自データの収集には当然のことながらコストがかかる。試験地・サンプルの採り方、解析手法が適切でない場合、結果の信頼性を損なうため、実績のある研究者による、十分に検討された手法を用いる必要である。また、今後の利活用の進展のために広く他の地域へ有用な示唆を与えるものであることが望ましい。

以上、推計手法のパターンについて整理した結果をもとに、燃料材生産に関連する因子について表-3 にまとめた。

表-3 燃料材生産に関する因子

大項目	必要因子
施業対象森林面積	総森林面積
	制限林面積
施業対象面積	伐採対象面積
	成林率
	傾斜率
生産可能材積	伐採確率
	齢級別立木材積
	間伐率
	間伐実施率
搬出可能材積	搬出歩留まり(主伐対象)
	搬出歩留まり(間伐対象)
燃料材利用可能量	燃料材採材割合(主伐対象)
	燃料材採材割合(間伐対象)

ただし、生産対象を人工林に限定するか、天然林も対象にするかで、資源背景は大きく異なる。また発生背景となる林業のあり方についても、発展可能性も含めた成長型か、現状を背景とした現状維持型かでも推計の基礎となる条件は異なる。

また、これらの多くが FIT 制度導入以前のものであり、特に燃料材となるものが何を示すのか、という点において、現実の取引を反映していない可能性が高い³。

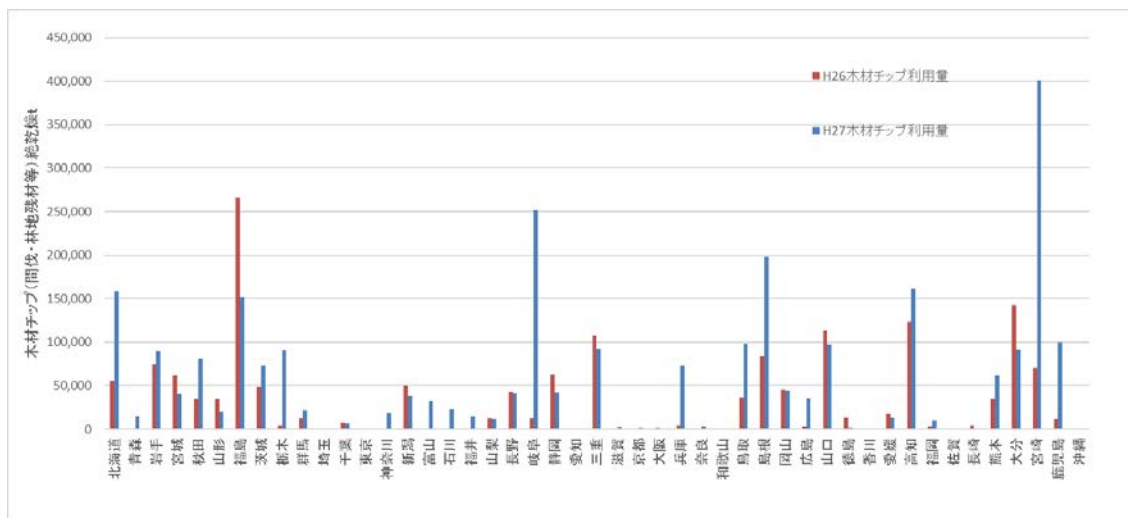
³燃料原木の調達、発電事業の開始前から実施されていることが多いが、FIT 制度導入後、発電所計画としては 2015 年・2016 年運転開始予定案件が最も多く、工事期間 2 年とすれば、事業計画としてはかなり早期であっても、FIT 制度導入の 2012 年以前から原木調達を開始しているとは考えにくい。

2. 2. 2. 燃料材としての利用状況

各地域における木質バイオマス燃料材を取り巻く環境を理解するために、検討時点における都道府県ごとの木質バイオマス燃料材利用状況と、推計の対象となる2030年時点における見通しについて確認する。

1) 都道府県ごとの燃料材（木材チップ）利用状況

検討時点における都道府県ごとのバイオマス発電設備のチップ利用量として、平成26年度時点から平成27年度時点での変化を見ると全体として増加傾向にある。



「平成27年 木質バイオマスエネルギー利用動向調査」の結果（速報）平成28年8月にに基づき作成
 図-7 都道府県ごとのバイオマス発電設備のチップ利用量の一覧

2) 2030年時点におけるバイオマス需要見通し

資源エネルギー庁では、「長期エネルギー需給見通し」では2030年の見通しを検討し、バイオマス全体では602万～728万kWと公表している。

うち未利用間伐材等については、既導入量3万kWに対し24万kWに増加する見通しとしている。これは現状の約8倍の水準である。

表-4 2030年におけるバイオマス導入見通し

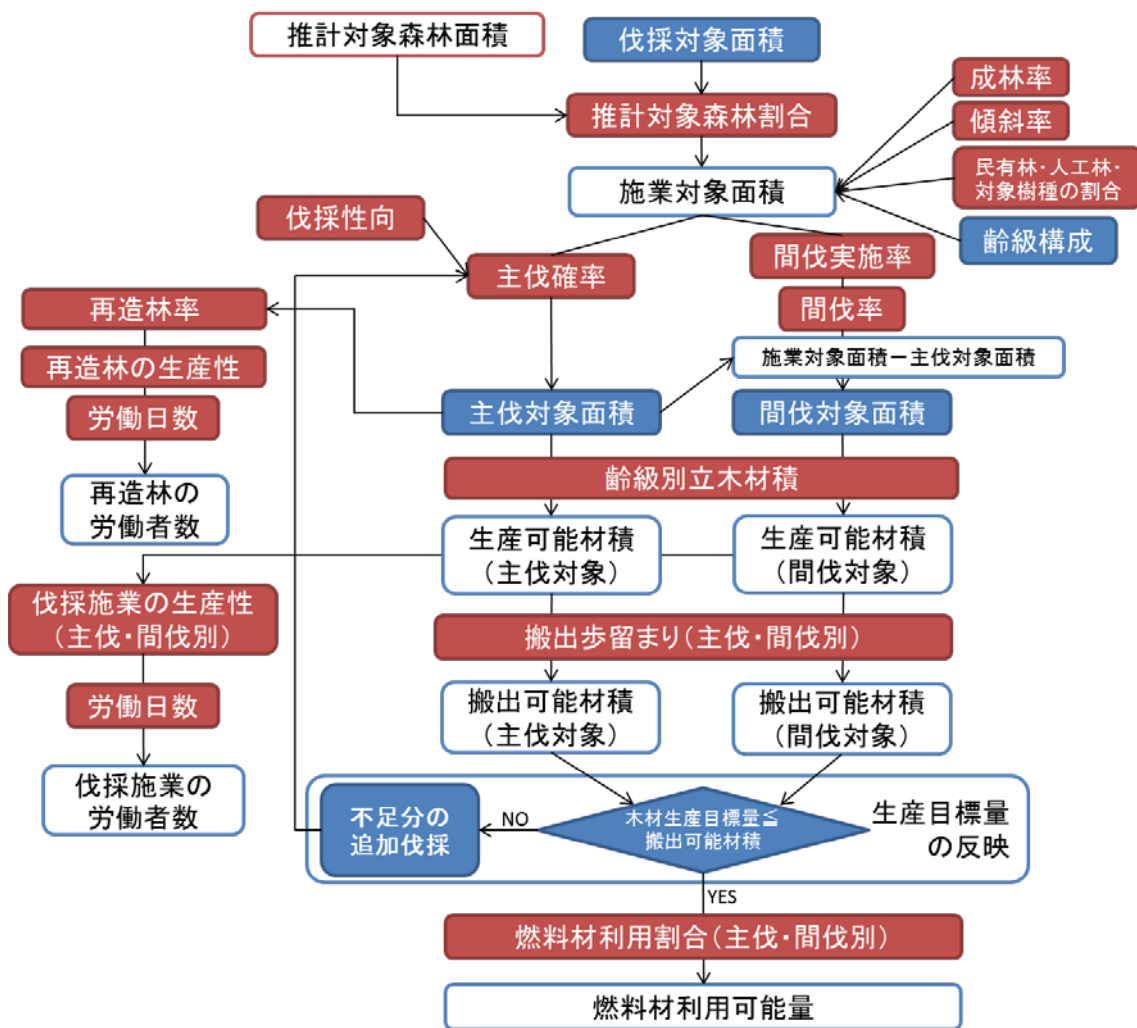
	既導入量	導入見通し
未利用間伐材等	3万kW	24万kW
建設資材廃棄物	33万kW	37万kW
一般木質・農作物残さ	10万kW	274万kW～400万kW
バイオガス	2万kW	16万kW
一般廃棄物等	78万kW	124万kW
RPS	127万kW	127万kW
合計	252万kW	602万kW～728万kW
	(177億kWh)	(394億kWh～490億kWh)

経済産業省資源エネルギー庁「長期エネルギー需給見通し 関連資料」平成27年6月に基づき作成

2. 3. 本検討におけるバイオマス燃料材の推計手法

2. 3. 1. 推計フロー

2. 2. 1. を参考に推計フロー及び分期の推移における推計手法の検討を行った。
推計フローを図-8、分期の推移における推計の流れを2. 3. 2. に示す。



※青枠は分期の推移により値が変化する項目

※赤枠は分期の推移により値が変化しない項目

図-8 推計フロー

2. 3. 2. 分期の推移における推計の流れ

本推計では、対象期間を15年とし、1分期5年・3分期間の推移における推計を実施している。以下に分期の推移における推計の流れを下述する。

***n* 分期計算開始**

- ① 伐採対象面積の算出
- ② 推計対象森林面積を算出し、推計対象森林割合を算出
- ③ ①、②の算出結果、成林率、傾斜率、民有林・人工林・対象樹種の割合、齢級構成を用いて施業対象面積を算出
- ④ ③から主伐確率を用いて主伐対象面積を算出
- ⑤ ③、④の算出結果、間伐実施率、間伐率を用いて間伐対象面積を算出
- ⑥ ④と⑤の算出結果、齢級別立木幹材積を用いて生産可能材積を主伐・間伐それぞれで算出
- ⑦ ⑥の算出結果、搬出歩留まりを用いて搬出可能材積を主伐・間伐それぞれで算出
- ⑧ ⑦の主伐・間伐の算出結果の合計値が木材生産目標以下の場合、不足分の追加伐採面積にあたる追加伐採面積分布を主伐確率に加えて④に戻る。
- ⑨ ⑦の主伐・間伐の算出結果の合計値が木材生産目標以下の場合は、⑦の算出結果と燃料材利用割合を用いて燃料材利用可能量を算出。

***n* 分期計算終了 → *n*+1 分期目の計算データ作成**

- ⑩ ③から④×5⁴を引き、主伐後残った伐採対象面積を算出する。
- ⑪ ④の計算結果から*n*分期において主伐された総面積を算出し、それに再造林率を掛け合わせ*n*+1分期目での1齢級の林分に再造林する面積を算出する。
- ⑫ ⑩の算出結果を用いて、分期に合わせて齢級構成を1齢級分推移させ*n*+1分期目の齢級構成を作成する⁵。この際、15齢級の林分については、15齢級以上として積み重さなり伐り残しとなる。1齢級に関しては⑪の結果を用いる。
- ⑬ *n*+1分期の伐採対象面積は、(0分期での路網長さ+各分期での路網延伸分)×伐採可能エリアより算出する。この際の路網追加分の成林率、傾斜率、民有林・人工林・対象樹種の割合は*n*分期と同一とし、齢級構成については⑫で作成した齢級構成を用いる。

***n*+1 分期目の計算データ作成終了 → *n*=*n*+1**

- ⑭ ⑫、⑬で再作成した*n*+1分期のデータを用いて①に戻る。

⁴ ④で算出した面積は、単年での面積分であるため次分期までに伐採された面積は、分期の関係から④で算出された主伐対象面積に5を乗じたものとなる。また、主伐対象面積で伐られた面積により次分期の施業対象面積がマイナスとなる場合は、そうならないように設定した。

⁵ 例えば10齢級の林分面積が0分期目で500haあった場合、0分期目の主伐により100ha伐られ400haになったとすると翌1分期には1齢級分推移し11齢級400haとなる。

また、推計に必要な入力データ、燃料生産に関連する因子、算出方法および生産目標量の反映（＝チェック因子）について後述する。

2. 3. 3. 必要な入力データ

推計する上で必要な入力データを表-5 にまとめた。主伐確率、齢級別立木幹材積、間伐率、燃料材採材割合の詳細な求め方について2. 3. 4. 以降に後述する。

表-5 推計における入力データとその設定

大項目	入力項目	入力するデータ
施業対象森林面積	総森林面積	統計データ
	制限林面積	地域森林計画
施業対象面積	成林率	調査データまたは任意
	路網長さ	統計データ
	伐採対象エリア	車両系では200m、架線系では800mと設定。それぞれの導入割合に比例(ex:車両系:50%、架線系:50%=500m) 導入割合は統計データ
	傾斜率	調査データまたは任意
	路網の延伸	調査データまたは任意
	主伐確率	標準伐期齢以降の各齢級面積に対し伐採が行われる確率
生産可能材積 (立木幹材積)	実績ベースの 伐採面積	伐採届から作成
	齢級別立木材積	収穫表またはデータ作成
	間伐率	間伐方針に従って収量比数が0.8以下になるように決定
	間伐実施率	統計データまたは任意
	搬出歩留まり (主伐対象)	調査データまたは任意
搬出可能材積 (丸太材積)	搬出歩留まり (間伐対象)	調査データまたは任意
	燃料材採材割合 (主伐対象)	調査データまたは任意
燃料材利用可能量	燃料材採材割合 (間伐対象)	調査データまたは任意
	生産性	統計データ、調査データまたは任意
伐採施業の労働者数	労働日数	統計データ、調査データまたは任意
	生産性	統計データ、調査データまたは任意
再造林の労働者数	労働日数	統計データ、調査データまたは任意
	再造林率	統計データ、調査データまたは任意
	再造林苗木本数	統計データ、調査データまたは任意
	目標設定	木材生産目標量

2. 3. 4. 燃料材生産に関連する各因子の整理

1) 推計対象森林面積

はじめに推計を実施する地域において推計の対象となる森林の面積を算出する。

定義

- 民有林（うち5条森林（地域森林計画の対象）・人工林・推計対象樹種に該当する総森林面積から、地域森林計画において伐採の方法を禁伐あるいは択伐によるものとの指定を受けている森林および竹林・無立木地・更新困難地等の制限林面積を除いた面積とする。

考え方

$$\text{推計対象森林面積} = \text{総森林面積} - \text{制限林面積}$$

(1) 総森林面積

- 都道府県別「森林資源現況総括表」に基づき、民有林（うち5条森林）、人工林、推計対象樹種の面積とする。
- 地域により偏りはあるものの、全国的には素材生産の9割は針葉樹に由来するものであり、また成長等に関するデータも充実している。本推計では、対象樹種をスギ、ヒノキの2種類としている。

(2) 制限林面積

- 地域森林計画において伐採の方法を禁伐あるいは択伐によるものとの指定を受けている森林および竹林・無立木地・更新困難地等の面積とする。
- 制限林とされている防風保安林、国立公園・国定公園第二種特別地域、など、ある条件を満たせば「伐採種を定めない」とされるものについても、内訳として不明なため控除せず制限林に含めている。
- 「森林資源総括表」において、竹林・無立木地に区分されている面積は、推計時点での生産への寄与は考えにくいいため、制限林と合わせて扱う。

2) 施業対象面積

地域における施業システムや森林の状況を考慮し、林業における地域の実態に沿って施業可能な面積を算出する。

定義

- 推計対象森林面積内で成林率、傾斜、路網長さ、路網からの伐採対象エリアを考慮し施業対象林を設定した際の面積⁶。
- 施業対象林は、ベースとなる対象森林面積のもつ森林構造(林種・樹種・齢級構成)と同じ構造を持つこととした。(全体(総森林)と部分(施業対象林)が同じ森林構造を持つ)

考え方

$$\text{施業対象面積} = \text{伐採対象面積} \times (\text{推計対象森林面積} / \text{総森林面積}) \times \text{成林率} \times \text{傾斜率}$$

(1) 伐採対象面積

伐採対象面積は以下の考え方に基づき設定する。

- 路網長さに路網からの伐採対象エリアを乗じた面積とする。
- 路網長さは、林道(民有林内の公道を含む)を対象とし設定する。
- 路網からの伐採対象エリアは、推計対象地域での生産システム(車両系または架線系)の導入状況を考慮するために可変とする。

設定する上での課題として以下の点が挙げられる。

- 路網は曲がっているため、長さ×幅で面積を算出すると曲部において面積を重複して計算することになり実際の面積と乖離がでる可能性があり、曲部の重なり率による面積変化分をどのように考慮するか。
- 林道の経年延伸分をどのように考慮するか。
- 実態として林道から伐採対象エリアより離れた場所でも作業道を敷き伐採している可能性があり、現実の伐採対象面積と乖離がある可能性がある。
- 林道からの距離と伐採性向は関係があると考えられるが、この関係の実態を空間的に把握できていない。

(2) 成林率

成林率は以下の考え方に基づき設定する。

- 北海道におけるクマイザサの更新阻害や、全国的に課題となっている獣害の影響などによる、成林状況に関する要素である。
- 造林面積に対する成林していない面積の割合とした。

⁶下記の研究論文を考え方の参考とした。

白石(1994)、松下ら(1995)

設定する上での課題としては、以下の点が挙げられる。

- 面積と材積のどちらをベースとして割合を算出すべきか
- 都道府県単位という大面積における把握をいかなる手法を以てすべきか。
- 更新不良が顕在化している北海道以外での適用の必要があるか。

(3) 傾斜率

傾斜率は以下の考え方にに基づき設定する。

- 傾斜地分布図に基づいた、急峻地（35度以上）を除く緩・中傾斜（0～30度）および急傾斜（30～35度）までを対象とした施業可能な傾斜地の割合。

設定する上での課題としては、以下の点が挙げられる。

- 傾斜地分布の把握をどうするか。すべての都道府県において利用可能なデータが開示されているか。

3) 生産可能材積（立木幹材積）

推計対象地域の主伐方針と間伐方針の要素を考慮し、主伐と間伐により発生する材積を算出する。

定義

- 主伐対象材積と間伐対象材積を足し合わせて、施業対象面積内で生産可能な材積とする。
- 主伐対象材積は、実績ベースの伐採面積に主伐確率を乗じた面積に齢級別立木幹材積を乗じたものとする。実績ベースの伐採面積は、伐採届より把握する。間伐対象材積は、施業対象面積から主伐対象面積を控除した面積に対して、間伐実施率と間伐率を乗じた面積に齢級別立木幹材積を乗じたものとする⁷。

考え方

$\begin{aligned} \text{生産可能材積} &= \text{主伐対象材積} + \text{間伐対象材積} \\ \text{主伐対象材積} &= \text{実績ベースの伐採面積} \times \text{主伐確率} \times \text{齢級別立木幹材積} \\ \text{間伐対象材積} &= (\text{施業対象面積} - \text{主伐対象面積}) \times \text{間伐率} \times \text{間伐実施率} \times \text{齢級別立木幹材積} \end{aligned}$

⁷木平（1978）を考え方の参考とした。

(1) 主伐確率

主伐確率は以下の考え方にに基づき設定する。

- 標準伐期齢以降の各齢級面積に対し主伐（皆伐）が行われる確率とする⁸。
- 地域の伐採性向を考慮した上で設定する。

(2) 齢級別立木幹材積

齢級別立木幹材積は以下の考え方にに基づき設定する。

- 主副林木の齢級別の ha あたり材積（立木幹材積ベース）とする。
- 齢級別の ha あたり材積（立木幹材積ベース）は成長曲線分布より求める。

設定する上での課題として下記が挙げられる。

- 地位、間伐方針、初期立木本数等の違いにより同一都道府県内でも地域別にみて成長に大きな差異がある場合、伐採面積に対して適用する ha あたり材積をどのように設定するか。

(3) 間伐率

間伐率は以下の考え方にに基づき設定する。

- 推計対象地域の間伐方針（上層、下層、全層、間伐対象齢級など）に従って収量比数が 0.8 以下になるように、間伐実施齢級における材積のうち、間伐を行う材積として設定する。

設定する上での課題として下記が挙げられる。

- システム収穫表 LYCS 等を用いる場合、比較的簡単に間伐時期、間伐率を確認することができるが、密度管理図を用いる場合には作業は煩雑になる。

(4) 間伐実施率

間伐実施率は以下の考え方にに基づき設定する。

- 間伐実施率は、間伐遅れ、集約化、間伐未実施など、間伐が必要であるにもかかわらず実施されていない林分が存在する実状を反映するものとして考慮した。

⁸ 下記の研究論文を考え方への参考とした。

鈴木（1966）、鈴木（1972）、鈴木（1973）、松下ら（1992）、籠原（1992）、藤掛（1999）

- 間伐が必要な面積に対する実際の間伐実施面積の割合。
設定する上での課題として下記が挙げられる。
- 間伐実施面積は統計情報あるいは一次資料としての伐採届等により把握可能だが、対象期間に間伐が必要な面積の総数については、個々の森林の条件によっても異なるため、把握は難しい。

4) 搬出可能材積（丸太材積）

主伐と間伐によって伐採された材のそれぞれの搬出状況を考慮し、主間伐において実際に搬出される材積を算出する。

定義

- 主間伐により生産対象となる立木幹材積に搬出歩留まりを考慮した丸太材積とする。
- 搬出歩留まりは目標設定時において素材生産量として扱う。（燃料材を含む製材等用材向け丸太生産量であり、ここでは工場着ベースではないが、搬出したものはすべて用材向けに利用されると考え、素材生産量と同義とした）
- 搬出歩留まりは、採材時の歩留まりと幹材積・丸太材積の求積方法の違いも考慮したもの。主伐と間伐では値に差がある。

考え方

$\begin{aligned} \text{搬出可能材積} &= \text{主伐対象材積} \times \text{搬出歩留まり（主伐対象）} \\ &+ \text{間伐可能材積} \times \text{搬出歩留まり（間伐対象）} \end{aligned}$
--

(1) 搬出歩留まり（主伐対象）

搬出歩留まり（主伐対象）は以下の考え方に基づき設定する。

- 主伐の搬出割合と造材歩留まりに加え、立木幹材積から丸太材積への換算も考慮する。
- 間伐方針、集材方法、バイオマス利活用の有無、採材方針等によって影響を受ける。

(2) 搬出歩留まり（間伐対象）

搬出歩留まり（間伐対象）は以下の考え方に基づき設定する。

- 間伐の搬出割合と造材歩留まりを考慮した割合。
- 間伐方針（上層、下層、全層など）、集材方法、バイオマス利活用の有無、小径木の需要、採材方針等によって影響を受ける。

- 従来は初回・若齢級での間伐材は持ち出されない傾向があったが、今後、燃料需要があれば小丸太は搬出される可能性がある。

5) 燃料材利用可能量

主伐と間伐での品質区分の違いを鑑みた上で、バイオマス発電の燃料材としての採材割合を設定し、バイオマス発電の燃料材として利用可能な量を算出する。

定義

- 搬出可能材積のうち燃料材として利用可能な材積。
- 主伐と間伐の搬出可能材積に実際の利用状況に基づく燃料材採材割合を乗じて足し合わせた材積。

考え方

$\begin{aligned} \text{燃料材利用可能量} &= \text{搬出可能材積 (主伐対象)} \times \text{燃料材採材割合 (主伐対象)} \\ &+ \text{搬出可能材積 (間伐対象)} \times \text{燃料材採材割合 (間伐対象)} \end{aligned}$
--

(1) 燃料材採材割合 (主伐対象) (間伐対象)

燃料材採材割合 (主伐・間伐対象) は以下の考え方に基づき設定する。

- 主伐と間伐を対象としてそれぞれのバイオマス材としての採材割合を設定する。

設定する上での課題として下記が挙げられる。

- バイオマス発電所およびチップ工場では、原木丸太受け入れ基準として材長 (2 m 以上など) の条件を設けている。搬出可能材積に対する燃料材採材割合の決定においては、燃料材向けの採材方針および燃料材を含めた木材の需要の増加に伴う主間伐方針として実態を反映したものである必要がある⁹⁾。
- バイオマス利活用の進展による需要の変化と、それに伴う主間伐における採材方針の変化に影響を受ける。

⁹⁾佐藤 (2016) では、発電所側の受入れ条件が「曲がりでも 2 m 以上 5 m 未満」であるため、割合として A,B 材の一部が C,D 材とともに燃料に向かっている可能性が指摘されている。

2. 4. チェック因子の抽出

燃料材生産の各因子の変化に付随して必要な労働量など政策課題の指標となるための確認項目をチェック因子として設けた。

チェック因子を表-6にまとめた。

表-6 チェック因子

大項目	必要因子
伐採施業の労働人数	生産性
	労働日数
再造林の労働人数	生産性
	労働日数
	再造林率
再造林の苗木本数	再造林苗木本数

2. 4. 1. チェック因子の整理

1) 伐採・搬出工程における労働者数

主伐・間伐時の伐採・搬出工程において必要となる労働者数を推計対象地域の労働生産性などを考慮した上で算出する。

定義

- 主伐と間伐により生産可能な材積分を伐採・搬出（土場まで）するために必要な労働者数。
- 主伐と間伐の生産可能材積に対して、推計対象地域の1人日あたりの生産可能材積と伐採・搬出工程従事者の労働日数を乗じたもので除して求める。

考え方

$$\begin{aligned} & \text{伐採・搬出の労働者数} = \text{生産可能材積（主伐対象）} \\ & \quad \div (\text{労働生産性（主伐対象）} \times \text{労働日数}) \\ & + \text{生産可能材積（間伐対象）} \div (\text{労働生産性（間伐対象）} \times \text{労働日数}) \end{aligned}$$

(1) 労働生産性（伐採・搬出）

労働生産性（伐採・搬出）は以下の考え方に基づき設定する。

- 林業機械の性能や労働従事者の技能を鑑みた上での、伐採・搬出従事者が1人日あたりに生産可能な材積量。

- 間伐と主伐では生産性に違いがあるためそれぞれについて設定する。

設定する上での課題として下記が挙げられる。

- 林業機械の技術革新による性能向上や、労働従事者の技能など労働生産性の長期的かつ不確実な推移をどう考慮するか。

(2) 労働日数

- 伐採・搬出に関わる労働従事者の年間の労働日数。

2) 再生林の労働者数

再生林に必要な労働者数を推計対象地域の再生林の実態を考慮した上で算出する。

定義

- 主伐された面積に対して、再生林の各工程（地拵え・植栽、下刈り）を総括した上で必要な労働者数。
- 主伐対象の生産可能材積に該当する面積のうち再生林を実施する面積分に対して、推計対象地域の再生林の生産性と再生林に関わる労働従事者の労働日数を乗じたもので除した人数。

考え方

$$\text{再生林の労働者数} = \frac{\text{生産可能材積} / \text{齢級別立木幹材積} \times \text{再生林率}}{\text{労働生産性（再生林）} \times \text{労働日数}}$$

(1) 再生林率

再生林率は以下の考え方にに基づき設定する。

- 主伐された面積に対して天然更新等を考慮した上で、再生林を実施する面積割合。
- 再生林に関わる労働者数を把握することに主眼を置いているため、再生林率以外の天然更新分などの面積は考慮しない。

(2) 労働生産性（再生林）

労働生産性（再生林）は以下の考え方にに基づき設定する。

- ha あたりの再生林本数や労働従事者の技能、再生林施業の効率を鑑みた上で、再生林の従事者が1人日あたりに再生林可能な面積とする。
- 作業工程としては地拵え・植栽・下刈りまでとし、除伐等の育林作業は含めない。

- 近年では疎植造林化、コンテナ苗の導入、下刈り作業の効率化など再造林施業の効率化による労働生産性の向上が地域によっては見込まれる。

設定する上での課題として下記が挙げられる。

- 技術革新による労働生産性の向上をどのように扱うか。
- 疎植造林の推進による成長曲線の変化についてはどのように想定するか。

3) 必要な苗木本数

再造林率を考慮した上で、再造林面積に対して必要な苗木本数を算出する。

定義

- 主伐された面積に対して、再造林率を考慮した再造林面積に必要な苗木本数。
- 主伐対象の生産可能材積に該当する面積のうち、再造林を実施する面積分に対して、再造林時の苗木植栽本数（haあたり）を乗じたもの。
- スギ、ヒノキについてそれぞれに植栽本数の設定を行い、必要な苗木本数を計算する。

考え方

$\text{再造林の苗木本数} = (\text{生産可能材積} / \text{齢級別立木幹材積} \times \text{再造林率}) \times \text{再造林苗木本数}$
--

(1) 再造林苗木本数

再造林苗木本数は以下の考え方に基づき設定する。

- 再造林時における1 haあたりの苗木植栽本数。

設定する上での課題として下記が挙げられる。

- 樹種ごとに植栽本数には施業慣行に基づく地域性がある。
- 苗木本数が不足している実態をどのように考慮するか。

2. 5. 因子の連関図

2. 2及び2. 3で挙げられた各因子の連関について次頁に一覧図としてまとめた。

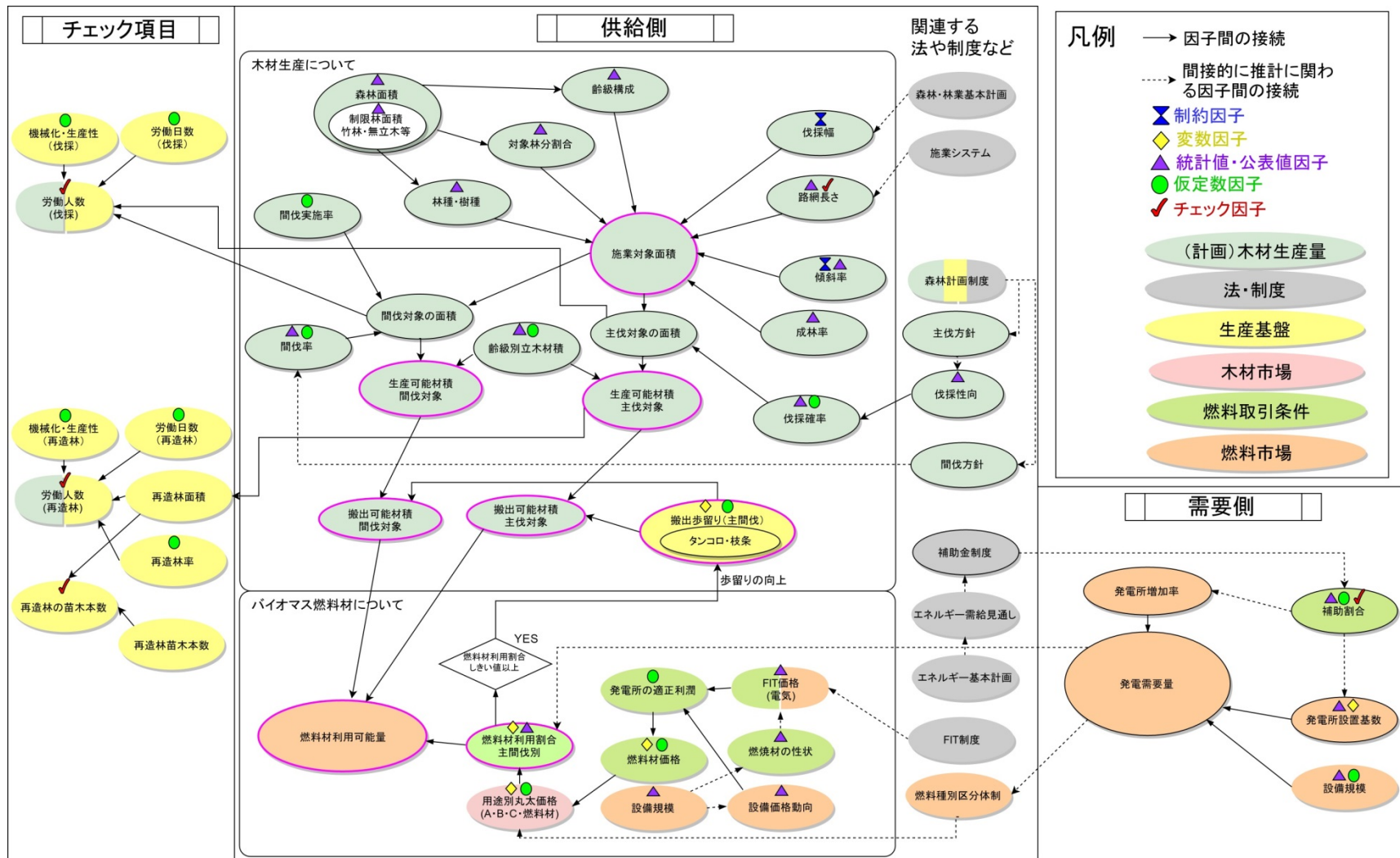


図-9 連関図

3. モデル地域の情報を用いた推計ツールの作成

2. 2 及び 2. 3 で整理した因子に基づいて、推計対象地域を決め各因子の算出方法について詳細に設定し、推計手法の検討を行った。

推計対象地域は、バイオマス発電の導入が進んでいることと、林業県であり推計に用いる統計データ等が揃っていることから大分県とした。

生産目標量の達成に向けての政策課題を明らかにするために、推計において木材生産目標量が反映できる要素を考慮した。詳細については後述する。

3. 1. モデル地域の情報（大分県）

3. 1. 1. 推計対象地域における適応範囲

推計対象地域において下記の条件で適応し具体的な推計手法の検討を行った。

- 推計範囲：大分県全域
- 推計期間：5 年 1 分期とし 0 分期、1 分期、2 分期、3 分期目（15 年後まで）
- 対象林種：民有林（第 5 条森林）の人工林
- 対象樹種：スギ、ヒノキ
- 対象齢級：1 から 15 齢級まで（15 齢級以上については 15 齢級分の林分として扱う）

3. 2. 現地情報に基づく推計の試行（大分県ケース）

事例として推計を行うにあたり、大分県の林業の現況の把握を行うとともに入力値となる因子について情報の収集を行った。

参照した資料は以下のとおりである。

① 統計書

「大分県林業統計」（平成 21 年度版～平成 26 年度版）

「木質バイオマスエネルギー利用動向調査」（平成 27 年度）

② 地域森林計画

「大分中部地域森林計画書 変更計画書（計画期間 自平成 24 年 4 月 1 日 至平成 33 年 3 月 31 日）」平成 28 年 2 月変更

「大分中部資料編」

「大分南部地域森林計画書」（計画期間 自平成 27 年 4 月 1 日 至平成 36 年 3 月 31 日）

「大分南部資料編」

「大分北部地域森林計画書 変更計画書（計画期間 自平成 26 年 4 月 1 日 至平成 35 年 3 月 31 日）」平成 28 年 2 月変更

「大分北部資料編」

「大分西部地域森林計画書 変更計画書（計画期間 自平成 25 年 4 月 1 日 至平成 36 年 3 月 31 日）」平成 28 年 2 月変更

「大分西部資料編」

③ その他管理方針に関する資料

「次世代の大分森林（もり）づくりビジョン」平成 25 年 6 月

「大分県林業労働力の確保の促進に関する基本計画[第 4 次]」平成 28 年 3 月

「おおいた農林漁村活性化戦略 2005 アクションプラン 2015」平成 27 年

「おおいた農林水産業活力創出プラン 2015」平成 28 年 2 月更新版

④ 立木成長に関する資料

「大分県簡易収穫表」（収穫表調整年度 日田・玖珠地域：昭和 42 年度。大分北部地域：昭和 38 年度、大分南部地域：昭和 44 年度、大野川地域（大分中部へ編入）：昭和 45 年度、大分中部地域：昭和 46 年度）

「人工林分密度管理図」林野庁 日本森林技術協会発行 1999 年 7 月復刻版

上述資料の閲覧に加え、同県の基本的な方針および関連情報について確認するために、以下の日程でヒアリングを実施した。

ヒアリング実施日　：　平成 28 年 12 月 8 日

ヒアリング先　　：大分県農林水産部　林産振興室

また、このほか、伐採届集計表、林道に関する GIS データ等の貴重なデータを提供していただき、分析に活用している。(資料の概要については該当する章名)にて詳述する)

3. 3. 現地情報の整理

3. 3. 1. 森林資源の状況

1) 樹種構成

大分県「平成 26 年度林業統計」によると、大分県の森林面積は 44 万 ha で県土面積の 70%を森林が占める。森林面積のうち国有林は 10%であり残り 90%の民有林のうち、93%が私有林である（森林面積全体の 84%）。民有林面積の大部分が人工林針葉樹であり、スギ・ヒノキだけで民有林の 90%を占めている。

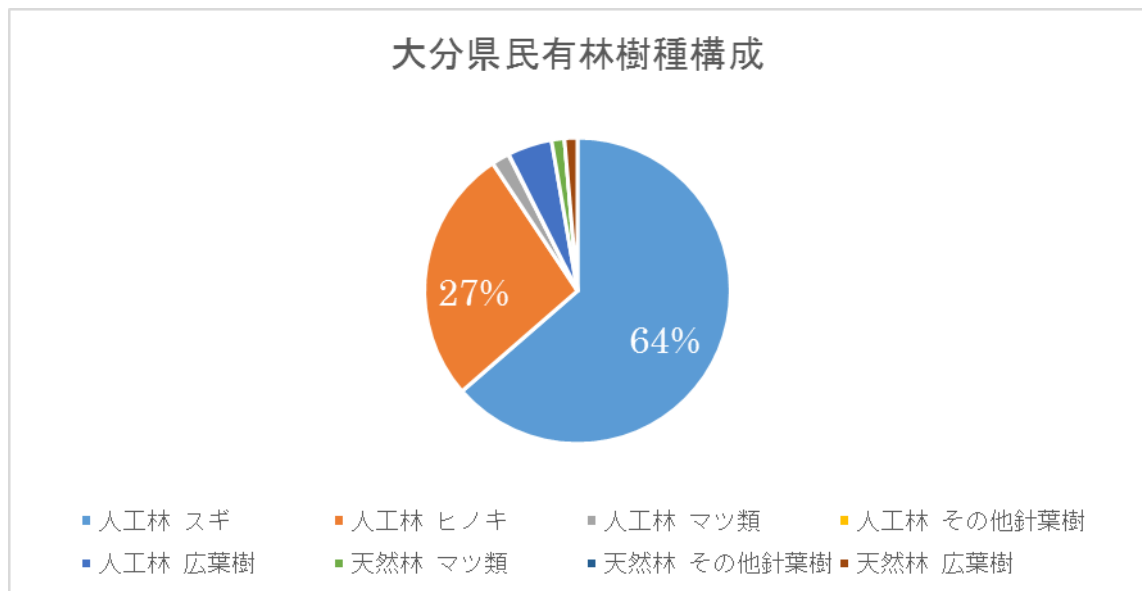


図-10 大分県 樹種構成（民有林）

2) 齢級構成

図-11は、民有林におけるスギ・ヒノキの齢級構成を示したものである。全国的な傾向と同じく、10～11 齢級にピークを持つ単峰型である。4 齢級が前後の齢級に比べやや面積が多くなっているのは、平成2～5年の時期に台風により県北西部を中心に山林が甚大な被害を受け、回復のための新植が行われたことに起因する。(図-12 参照)

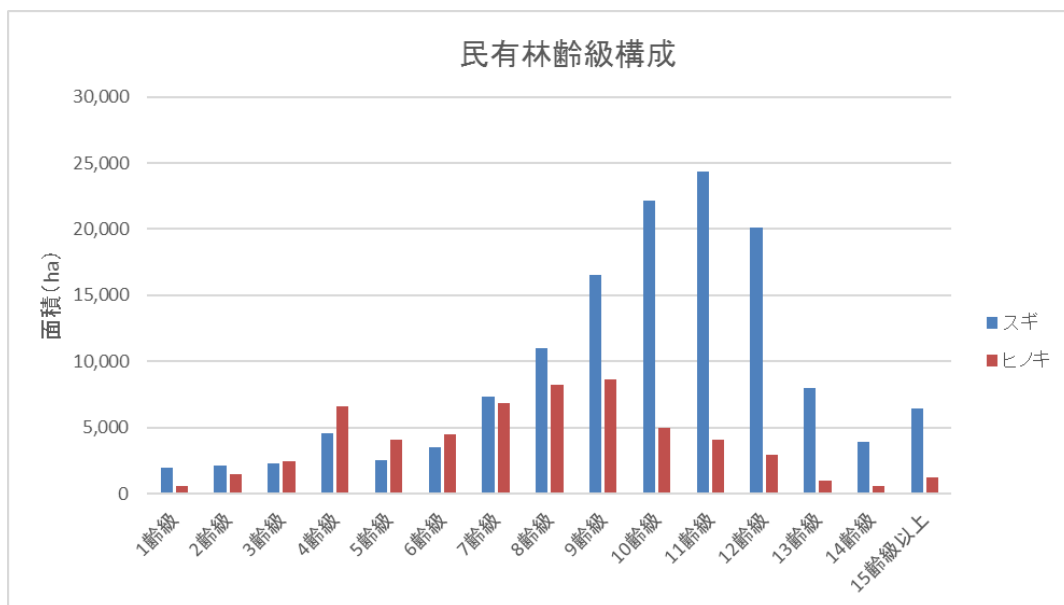


図-11 齢級構成 (スギ・ヒノキ)

【近年の主な災害歴】	
年次	災害の状況
H 2	梅雨期の集中豪雨により、竹田市を中心に林地崩壊が多数発生した。河川に流れ出た流木が下流域の被害の拡大を招いた。
H 3	台風17・19号の猛烈な強風により、県北西部を中心に未曾有の風倒木被害が発生した。
H 5	梅雨期及び台風13号の集中豪雨により、県北西部を中心に林地崩壊が多数発生した。特に平成3年の風倒木が河川やダムに流出する等、流木被害が多数発生した。
H11	台風18号の強風により、県北西部を中心に風倒木被害が多数発生した。
H16	台風18号の強風により県北西部を中心に風倒木被害が多数発生した。台風23号の集中豪雨により、県中西部を中心に林地崩壊が多数発生した。
H24	梅雨期の集中豪雨により、竹田市、日田市、中津市を中心に林地崩壊が多数発生した。特に竹田市では河川に流れ出た流木が下流域の被害の拡大を招いた。




次世代の大分の森づくりビジョン パンフレットより

図-12 大分県の森林における災害履歴

3) 制限林の状況

地域森林計画において伐採の方法を禁伐あるいは択伐によるものとの指定を受けている森林を確認したところ、合計で4万6千haとなった。これは大分県の森林面積の約1割に当たる。ただし、防風保安林、国立公園・国定公園第二種特別地域、など、ある条件を満たせば「伐採種を定めない」とされるものが含まれているが、この内訳として伐採種を定めないものの割合は開示資料だけでは確認することはできない。

なお、保安林と国立公園・国定公園に対象林班の重複がみられたが、資料とした地域森林計画書の記述では重複林班の面積を確認することはできなかつたため、制限林面積には重複分が含まれている。

表－7 制限林の状況

(単位:ha)

保安林その他の法令により施業について制限を受けている森林の施業方法
ア制限林の地域別面積

	土壌流出防	土砂崩壊防備防風	水害防備	保健	風致	国立公園特別	国立公園1種	国立公園2種	国定公園特別	国定公園1種	国定公園2種	実跡名勝	天然記念物	計	
中部地域	6,478	142	46	1	554	0	59	18	1,284	0	0	194	5	0	8,780
南部地域	4,751	188	0	0	35	31	0	0	0	0	0	2,482	15	15	7,517
北部地域	4,456	140	131	0	239	313	0	36	2,721	142	0	4,410	2,022	7	14,614
西部地域	3,462	113	0	0	291	130	0	771	3,001	97	447	7,085	20	66	15,483
計	19,147	582	177	1	1,118	474	59	824	7,006	239	447	14,171	2,062	88	46,395

大分県各地域森林計画書に基づき、集計したもの。

3. 3. 2. 素材生産の状況

大分県は全国有数の林業県であり、平成26年木材需給報告書によると素材生産量は全国5位であった。樹種別の内訳では、特に針葉樹からの生産が多いことが特徴的であり、スギ・ヒノキを合わせて素材生産量の99%を占める。

3. 3. 1. で確認した資源状況から、同県では生産のほとんどが人工林・針葉樹（スギ・ヒノキ）を背景にして行われていることがわかる。

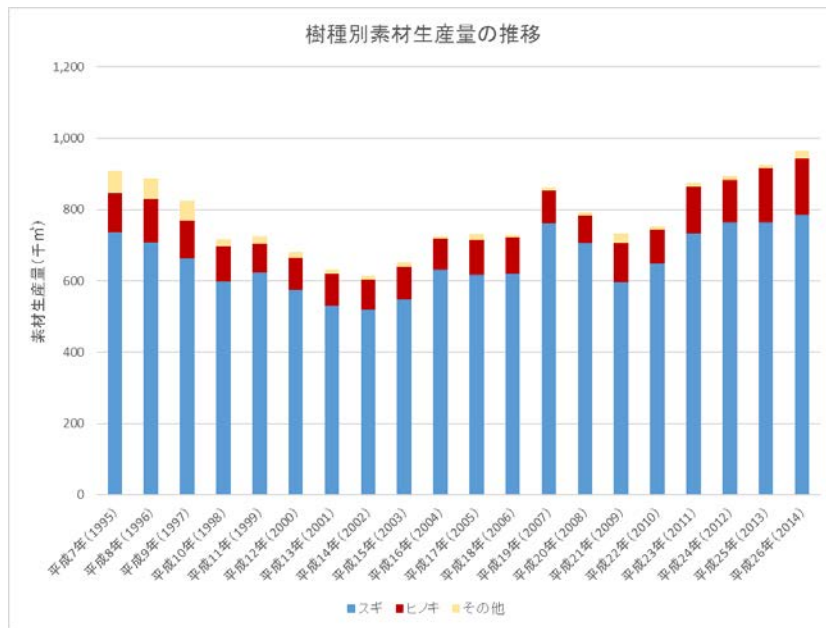


図-13 樹種別素材生産量の推移

3. 3. 3. 森林計画制度

1) 地域森林計画制度

現行の森林計画制度においては、都道府県が立てる地域森林計画は、「全国森林計画に即して、私有林について地域森林計画区(全 158 森林計画区)別に 5 年ごとに 10 年を一期としてたてる計画で、都道府県の森林関連施策の方向及び地域的な特性に応じた森林整備及び保全の目標等を明らかにするとともに、市町村森林整備計画の策定に当たっての指針」であると規定されている。(森林法第 5 条)

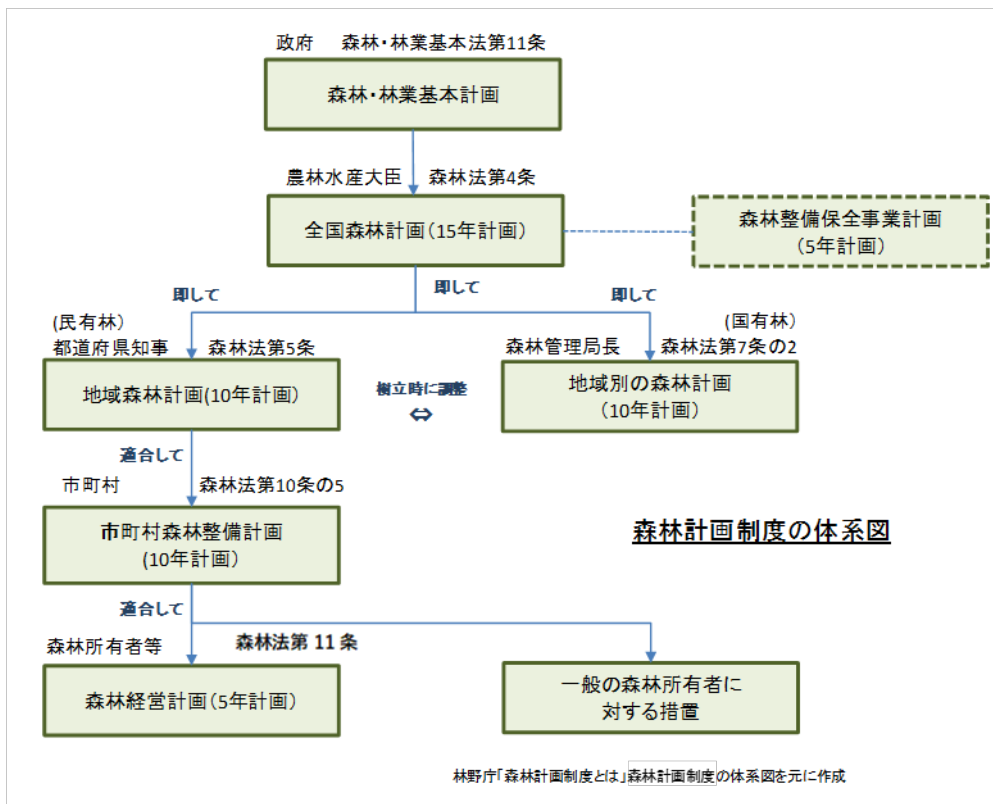


図-14 森林計画制度の体系図

現在、以下の計画が実行中である。

「大分中部森林計画区森林計画書 変更計画書 (計画期間 自平成 24 年 4 月 1 日 至平成 33 年 3 月 31 日)」平成 28 年 2 月変更

「大分南部森林計画区森林計画書」(計画期間 自平成 27 年 4 月 1 日 至平成 36 年 3 月 31 日)

「大分北部森林計画区森林計画書 変更計画書 (計画期間 自平成 26 年 4 月 1 日 至平成 35 年 3 月 31 日)」平成 28 年 2 月変更

「大分西部森林計画区森林計画書 変更計画書（計画期間 自平成 25 年 4 月 1 日 至平成 36 年 3 月 31 日）」平成 28 年 2 月変更

なお、これらの各地域森林計画書が平成 28 年 2 月に一斉に変更されているのは、全国森林計画（平成 25 年 10 月策定、平成 28 年 5 月変更）の変更を反映したものである。

2) 民有林の森林経営計画認定状況

大分県の民有林における森林経営計画の認定率は、県全体で面積比 54%であり、全国平均値に比べ、高い水準となっている。

なかでも西部森林計画区は 76%と突出している。同地域では平成 25 年に未利用材専焼バイオマス発電所が開業しているが、同地域は森林施業計画の段階においても 60%（平成 21 年度大分県林業統計より）と認定率が高い地域ではあったが、さらに認定率は上昇傾向にある。

表－8 森林経営計画の認定状況

(単位:ha)

	森林経営計画			森林施業計画	民有林面積
	属地計画	属人計画	計		
大分県全体	192,221	26,164	218,385	1,567	401,842
認定率	48%	7%	54%	0.4%	
大分県北部流域	40,731	6,312	47,043	118	116,266
認定率	35%	5%	40%	0%	
大分県中部流域	62,100	8,640	70,740	1,411	133,046
認定率	47%	6%	53%	1%	
大分県西部流域	59,732	6,886	66,618	38	88,226
認定率	68%	8%	76%	0%	
大分県南部流域	29,658	4,326	33,984	-	64,304
認定率	46%	7%	53%	-	

大分県林業統計(平成26年度)より

3. 3. 4. 生産目標

大分県では、県独自の目標として「次世代の大分森（もり）づくりビジョン」（以下、森づくりビジョン）¹⁰を策定している。同ビジョンでは、生産林と環境林のバランスを考慮した将来林型を想定し、条件の良い森林は長伐期化に移行、地形やこれまでの手入れ状況によっては長伐期化が難しい森林¹¹は皆伐・再造林を行いつつ一部天然林に誘導することで、生産を積極的に行いながら林齢構成の平準化を図りつつ「50年後の人工林の姿を階層豊かな森林構造に導く」としている。

また、中期的な目標としては、「おおいた農林水産業活力創出プラン 2015」において、生産量を段階的に向上させ、現状の素材生産量（約 100 万 m³）から、平成 31 年には 130 万 m³、平成 35 年には 140 万 m³に拡大することを目指している。

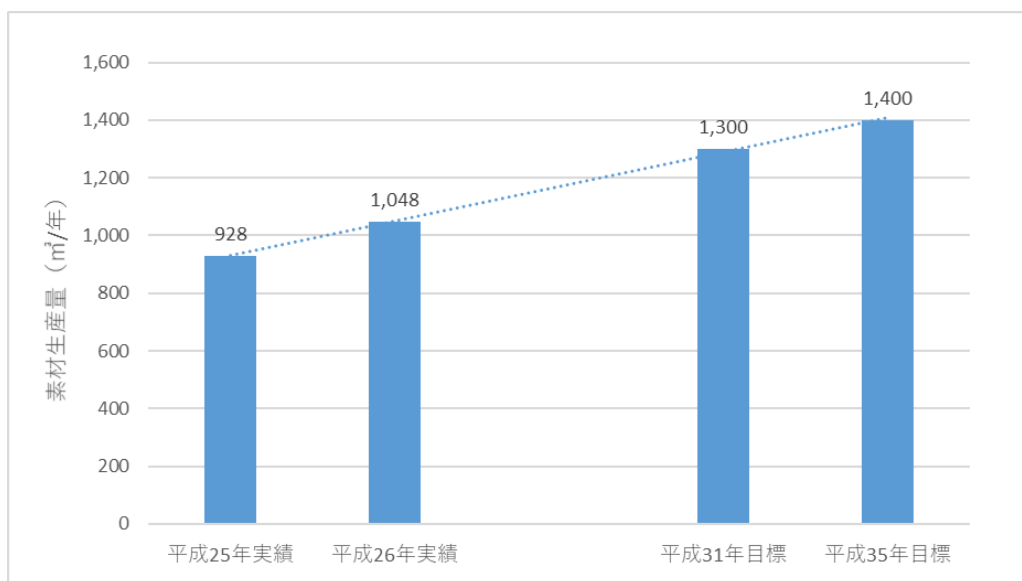
¹⁰ 「次世代の大分森林（もり）づくりビジョン」は、林業関係者の森林づくりの指針として平成 25 年 6 月に策定されている。

¹¹ 森づくりビジョンでは、長伐期化について「県内の利用時期を迎えたスギ・ヒノキの人工林の多くは、標準的な伐期（35～50 年生）での皆伐を目的に植栽（3,000 本 /ha）されたが、間伐等の施業の遅れから樹冠長率が低く長伐期（標準伐期の 2 倍程度）に向かない森林が多くなっている。」とし、樹冠長を目安として自然災害の影響を受けやすい森林を「長伐期移行が困難な森林」と位置付けている。



出典：次世代の大分森（もり）づくりビジョン

図-15 「次世代の大分森（もり）づくりビジョン」に示された50年後の森林の姿



「おおいた農林水産業活力創出プラン 2015」に基づき作成

図-16 大分県の素材生産量（実績と目標）

3. 3. 5. 労働生産性と林業就業者数

大分県では、労働生産性目標として、主伐 10 m³/人日、間伐 6 m³/人日¹²としている。大分県林業統計によると、現状の労働生産性は、平成 26 年時点で主伐 7.6 m³/人日、間伐 4.2 m³/人日という状況であった。

また、林業就業者数に関しては大分県林業統計によると、約 1900 人（平成 22 年（2010））であったが、うち、50 歳以上の就業者が 6 割を占めており、林業就業者も高齢化が進んでおり、若手の育成や就業者の確保が課題となっている。

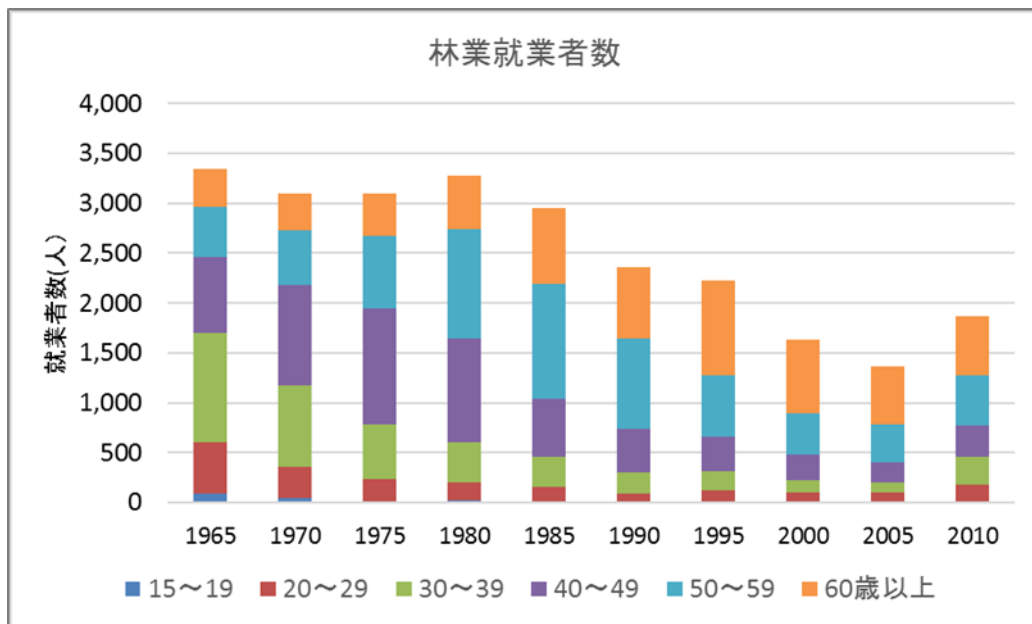


図-17 大分県林業就業者数

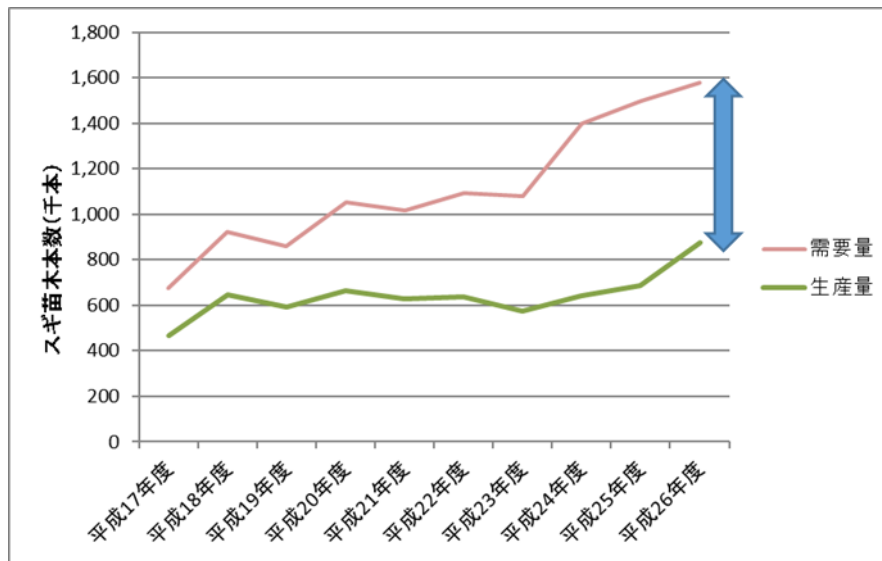
3. 3. 6. 再造林の動向

苗木の需給状況について示したものが図-18 である。大分県林業統計によれば、スギについては、山行苗木の需要量は年々伸びており平成 26 年度には約 160 万本にまで需要が増加している。

一方、生産量は近年増加傾向にあるものの、平成 26 年時点でスギの山行苗木の生産量は 87 万本、うち挿木苗がほとんどを占めており、ほかコンテナ苗 4 万本、実生苗 0.2 万本という状況である。

恒常的に苗木の不足状況が続いており、生産量の増加を図るうえでは、苗木の不足による再造林遅れが懸念される。

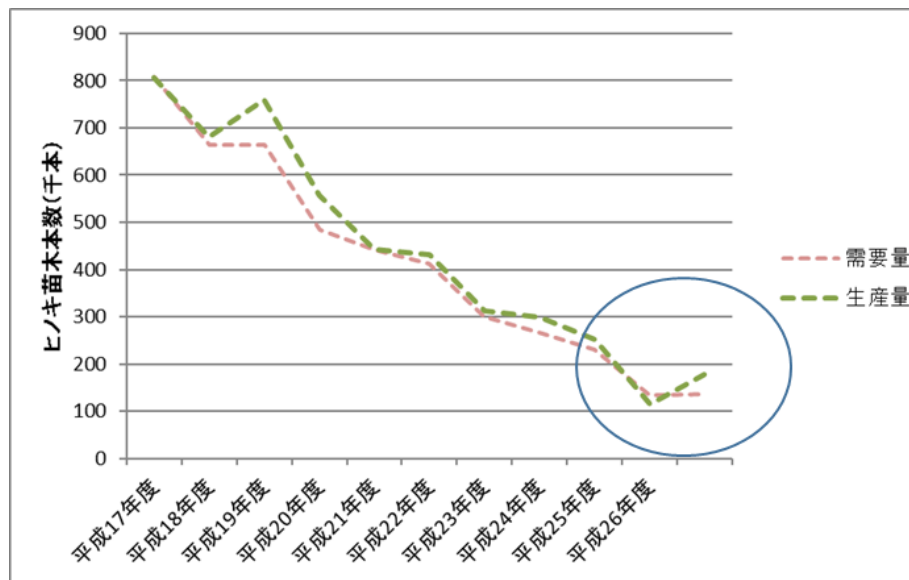
¹² 「大分県林業労働量の確保の促進に関する基本計画」平成 27 年度より



「大分県林業統計」に基づき作成

図-18 苗木の需給状況（スギ）

ヒノキはスギに比べ生産量が少なく苗木の需要も近年 10 万本～20 万本の間で推移している。この 10 年の間の需給は、ともに減少傾向をたどりつつもほぼ均衡しており、需要に応じた供給がなされていると考えられる。直近の状況からも、単年度のわずかな差異も 3 年程度の期間で見るとほぼ解消されていることがわかる。



「大分県林業統計」に基づき作成

図-19 苗木の需給状況（ヒノキ）

3. 3. 7. 大分県におけるバイオマス発電の導入状況

1) バイオマス燃料材の需要に関する情報

(1) 木質バイオマスエネルギー利用動向調査による利用状況

表-9は平成27年度木質バイオマスエネルギー利用動向調査による大分県の木質バイオマス利用状況である。調査対象時期（平成27年1月～平成27年12月）における未利用材使用量は50,212t（絶乾）であった。

同調査時点において稼働している未利用材を利用するバイオマス発電所は、日田市のグリーン発電大分（5,700kW、平成25年11月）大分市の新日鐵住金（1,716kW、平成26年12月混焼開始）、の二か所である。

表－9 大分県における燃料材利用状況

都道府県	木材チップ (絶乾 t)	木質 ペレット	薪	木粉 (おが粉)	左記以外の 木質バイオ マス(t)
大分	50,212	-	-	-	15,061

出典：林野庁「平成 27 年度木質バイオマスエネルギー利用動向調査」より

(2) 導入済み発電所における利用量

現在までに、移行認定分を含め以下の発電所が稼働しており、合計で 31 万 m³の未利用材燃料の需要が発生するとみられている。¹³

表－10 大分県における燃料材利用状況

	発電出力 (KW)	使用量 (m ³)	備考
グリーン発電大分	5,700	90,000	FIT 新設
新日鐵	1,716	10,000	FIT 後混焼開始
エフオン日田	12,000	60,000	RPS からの移行認定
エフオン豊後大野	18,000	150,000	FIT 新設
合計		310,000	

※大分県ヒアリングより

3. 3. 8. 素材生産におけるバイオマス燃料材の発生割合

1) 大分県における発生状況

(1) 燃料材の出荷状況

平成 25 年から市内で木質バイオマス発電所が稼働している日田市では、既往調査（佐藤ら（2016））により以下の利用状況が報告されている。（表－11 参照）平成 26 年度において西部森林計画区(日田)の 2 つの森林組合における素材出荷量に占める燃料材の割合は平均 13.5%である。なお、この数値は 2013 年事業年度(20137 月～2014 年 6 月末)の数字を示したものであるということであり、この時期はグリーン発電大分（日田市天瀬町）がま

¹³ 大分県ヒアリングより

だ開業していない時期であることに留意しなければならない。¹⁴

日田郡森林組合ホームページによると、平成 27 年度の木質バイオマス証明材取扱実績は、「間伐材等由来（原木）」で 2 万 7 千 t、「間伐材等由来（チップ）」で 7 万 9 千 t となっている。（表-12）

表-11 大分県西部森林計画区（日田）における燃料材出荷状況

	日田郡森林組合	日田市森林組合
素材出荷量（m ³ ）	55,000	49,800
うちバイオマス発電向け 出荷量（生 t）	7,500	6,656
うち主伐割合	60%	65%
「未利用材」適用割合	100%	100%
燃料材発生割合	13.6%	13.4%

※佐藤ら（2016）より¹⁵

表-12 大分県西部森林計画区（日田）における燃料材出荷状況

取扱量（単位：t）	
間伐等由来 （原木）	27,481.09
間伐材等由来等 （チップ）	79,443.01
一般木質バイオマス （原木）	0.00
一般木質バイオマス （チップ）	947.73
総量	107,871.89

期間：平成27年4月1日～平成28年3月31日

¹⁴ グリーン発電大分は 2014 年（平成 26 年）11 月運転開始している。

¹⁵ 燃料材発生割合は、表中に示す「素材出荷量」に占める「バイオマス発電向け出荷量」から算出した。事業年度は 2013 年（2013 年 7 月～2014 年 6 月）を対象としている。

2) 大分県の素材生産における燃料材割合の推定

(1) 原木丸太の品質による分類

大分県では、原木丸太をその品質に応じて「A～D材」¹⁶と区分している。A、B材は主に製材向け、C、D材から燃料材が供給されている。

D材は従来、家畜敷料、熱ボイラ燃料として利用されてきたが、バイオマス導入後、D材搬出がより盛んになっている。同県内の素材生産の中心地の一つである日田森林計画区ではC、D材率が高い。これは、同森林計画区ではスギの品種として選好されてきたヤブグリが、比較的根曲がりを起こしやすいという性質を持つことにも起因すると考えられる。

これは、同森林計画区で植栽されるヤブグリという品種が、曲がりを生じやすいためである。

表－13 大分県における丸太品質区分と県内・日田森林計画区の発生状況

区分	基準※1	県全域発生割合※1	日田地区発生割合※2
A材	直+直・小曲	34%	5%
B材	小曲+曲がり	16%	25%
C材	大曲+痛み+芯黒+枯れ	32%	40%
D材	その他林地残材	18%	30%

※1 大分県提供資料より ※2 佐藤ら(2016)より

(2) 歩留まりの変化

大分県では、バイオマス発電導入後の変化として、従来75%程度であった平均歩留まり（搬出・造材における歩留まり）が、燃料材としての利用が進むことで95%まで改善している¹⁷。歩留まり20%の上昇分は、従来搬出されず使われていなかったC、D材部分からの出材が増えている可能性がある。

また、発電所側の受入れ条件が「曲がりでも2m以上5m未満」であるため、根元の曲がり部分を含めて2mの採材をすることで、割合としてA、B材の一部がC、D材とともに燃料に利用される可能性も指摘されている。¹⁸

¹⁶ 素材を「A～D材」などと3、4種類程度に区分する慣行は全国で見られるが、地域より各区分が示す内容は異なり、品質による区分、需要先による区分など様々である。また、同じ需要先による区分であっても、必ずしも同じ内容でないこともあるため、その地域における定義を確認し使用する必要がある。

¹⁷ 大分県ヒアリングより

¹⁸ 佐藤ら(2016)でもその可能性が示されているが、大分県ヒアリングでも現在の傾向として同一の現象が確認されている。

(3) 燃料材の利用割合

表―13 で確認したように、大分県全県の状況としては、曲がり強く痛みや芯黒、枯れなどがみられる C 材が 32%、その他林地残材とされている D 材が 18%と比較的高い割合で発生している。

また、歩留まりの向上は、従来搬出されていなかった未利用低質材が搬出されるようになった結果と考えると、燃料材としての利用割合は、歩留まり向上分として立木幹材積の 20%程度から、C 材+D 材比率として素材生産量（丸太材積）の 50%（歩留まり 95%の場合で、立木幹材積の 47%程度）までの範囲とみなすことができる。¹⁹

そこで、今回は立木幹材積ベースでの生産可能材積に対する 20%を燃料材の割合として設定することとした。

3. 4. 大分県の地域別特徴

大分県では4つの地域森林計画区を設定し、地域森林計画を策定している。

4つの地域はさらに12の森林計画区に区分され、それぞれの地理・気象条件に応じ、異なる特徴を有する。表―14に各地域森林計画区と市町村²⁰の対応関係について示す。

¹⁹ なお、大分県ヒアリングでは「現状において30%程度は燃料材に回っているのではないか」、という見解も示されているが、燃料材発生量を過大に見積もることを避けるため、20%の値で試算を行うこととした。

²⁰ 各地域森林計画区は平成の大合併（平成17年度）前の旧市町村で構成されていることに留意。

表-14 大分県における丸太品質区分と県内・日田森林計画区の発生状況²¹

大分県簡易収穫表 地区・旧市町村対照表

樹種	計画区	ヒノキ	スギ	地区	旧市町村																
					前津江村	中津江村	上津江村														
すぎ	大分西部		1	3 津江地区	前津江村	中津江村	上津江村														
			2	日田大山天瀬地区	日田市	大山町	天瀬町														
			3	玖珠地区	九重町	玖珠町															
			4	下毛郡地区	三光村	本耶馬溪町	耶馬溪町	山国町													
	大分北部		5	中津宇佐地区	中津市	宇佐市	安心院町	院内町	豊後高田市	真玉町	香々地町	大田村									
			6	日出国東地区	別府市	杵築市	山香町	日出町	国見町	国東町	武蔵町	安岐町	姫島村								
			7	内陸地区	佐伯市	弥生町	本匠村	宇目町	直川村												
	大分南部		8	海岸部地区	上浦町	鶴見町	米水津村	蒲江町													
			9	大野直入地区	三重町	清川村	猪方町	朝地町	大野町	千歳村	犬飼町	竹田市	狹町	久住町	直入町	野津町					
			10	大分郡地区	野津原町	狭間町	庄内町	湯布院町													
			11	大分市地区	大分市																
			12	臼津関地区	臼杵市	津久見市	佐賀関町														
ひのき	大分西部	21	1,2,3	全域	日田市	大山町	天瀬町	前津江村	中津江村	上津江村	九重町	玖珠町									
	大分北部	22	4,5	中津・宇佐・西高	中津市	三光村	本耶馬溪町	耶馬溪町	山国町	宇佐市	安心院町	院内町	豊後高田市	真玉町	香々地町	大田村					
	大分南部	23	6	国東・別杵	別府市	杵築市	山香町	日出町	国見町	国東町	武蔵町	安岐町	姫島村								
	大分南部	24	7,8	全域	佐伯市	弥生町	本匠村	宇目町	直川村	上浦町	鶴見町	米水津村	蒲江町								
	大分中部	25	9	大野直入地区	三重町	清川村	猪方町	朝地町	大野町	千歳村	犬飼町	竹田市	狹町	久住町	直入町	野津町					
	大分中部	26	10,11	大分市郡地区	大分市	野津原町	狭間町	庄内町	湯布院町												
	大分中部	27	12	臼津関地区	臼杵市	津久見市	佐賀関町														

※スギ地域コードとの対応

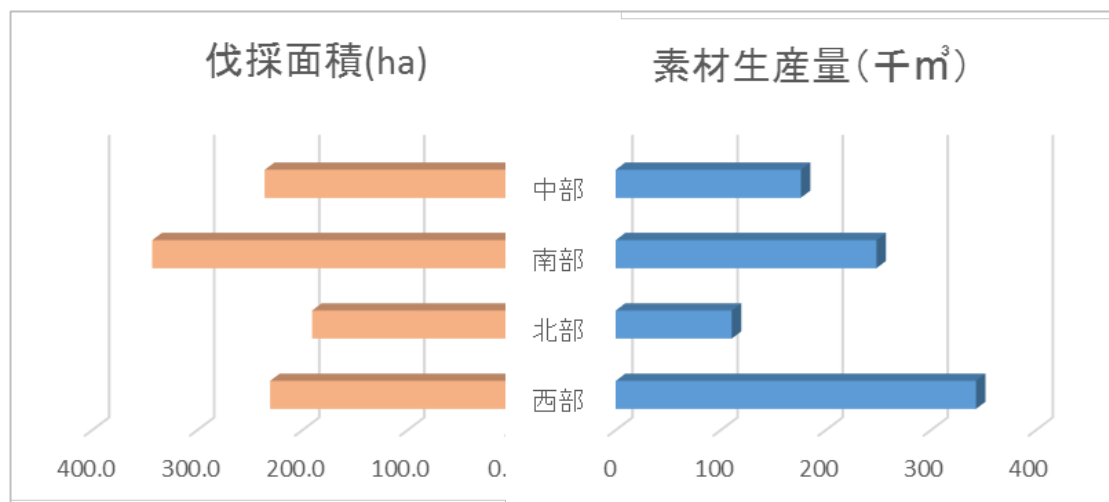
各地域森林計画区では林業生産に関する基礎的な条件において異なる特徴を持つ。以下にその特徴について述べる。

²¹ 大分県提供資料より。なお、計画区は平成17年度に実施された合併以前の市町村で構成されており、現在の市町村単位でみると、別の計画区に区分されている市町村もある。そのため、今回は旧市町村に対応させて地区コードを作成し、伐採届データ等の分類の際に用いている。

3. 4. 1. 素材生産量

伐採面積では、南部森林計画区が最も多く全体の 34%を占め、ついで中部森林計画区、西部森林計画区となっている。

素材生産量ではこの関係は逆転しており、素材生産量は西部森林計画区が最も高い。西部森林計画区は成長がよく単位あたり蓄積量が高い特徴があり、また県平均に比べやや高齢寄りの齢級構成を示しており、伐採齢級も他の地域に比べ高齢寄りであるため、伐採面積あたりの生産量が高いことが要因として考えられる。



図－20 大分県地域別伐採面積と素材生産量²²

²² 素材生産量は平成 25 年度民有林由来の生産量。大分県 各地域森林計画書に元づき作成。伐採面積は大分県伐採届集計表（普通林・保安林）平成 25 年分に基づき、各地域別伐採面積を集計して求めた。

3. 4. 2. 齢級構成と成長

地域別の齢級構成をみると、県全体では 10-11 齢級にピークがある単峰型であるが、南部、中部森林計画区はやや若齢寄り（9-10 齢級）、西部、北部森林計画区はやや高齢寄り（11-12 齢級）にピークがあり、地域によって齢級構成に違いがみられる。

なお、西部において 3-4 齢級が多いのは、H2~5 年に発生した大規模風水害（被災林分がこの時期に再造林されている）の影響である。

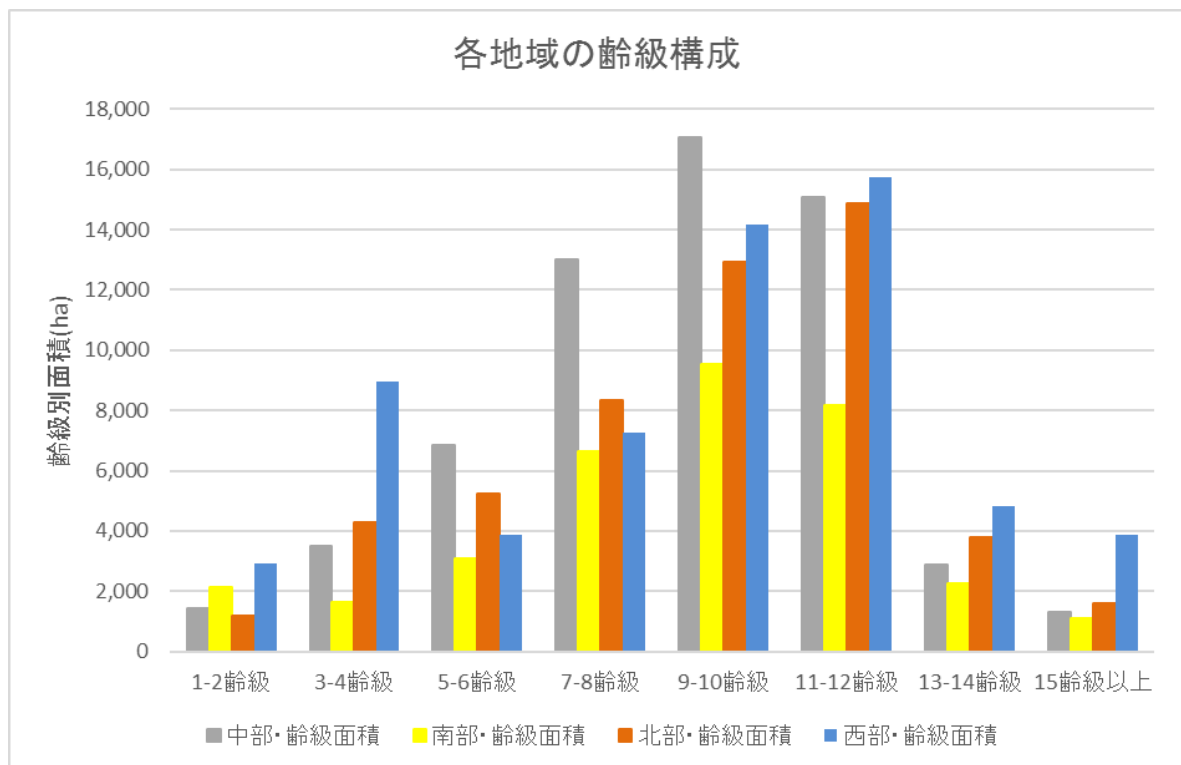


図- 2 1 大分県各地域の齢級構成²³

地域別の簡易収穫表では、西部森林計画区（3 津江、玖珠、日田大山天瀬）の成長率が高く、3 津江・玖珠森林計画区は 15 齢級において ha あたり 800-900 m³の高い水準を示している。これは最も成長率が低い中部森林計画区に比べ約 2 倍となる。

このように地域によって大きく成長が異なる場合、面積を基準とした推計に一律の収穫表を適用すると、実際の生産量とは異なる傾向を示すことが懸念される。

²³ 各地域森林計画書に記載された平成 25 年度の民有林齢級構成に基づき作成

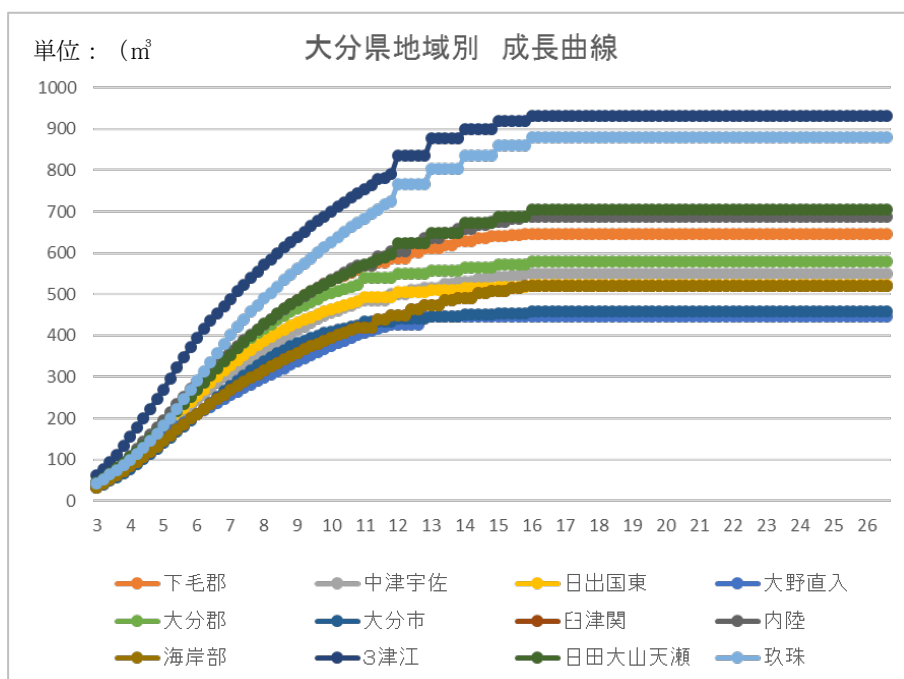


図- 2 2 大分県地域別（森林計画区別）成長曲線

3. 4. 3. 森林成熟度と生産力

地域の生産ポテンシャルを把握する指標として「森林成熟度」と「生産力」のマトリックスを用いる方法がある。

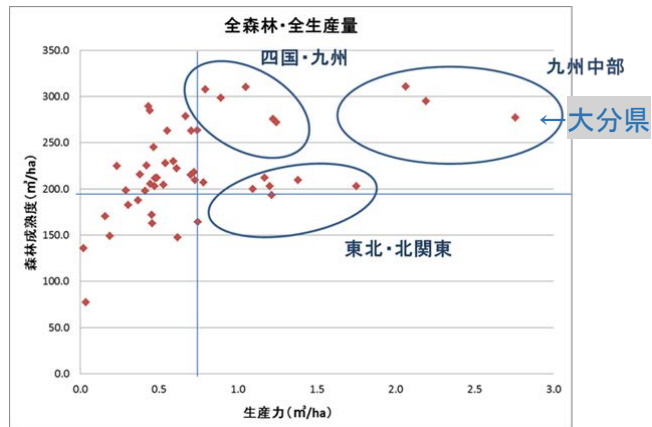
森林成熟度は蓄積/森林面積（全森林）で ha あたり蓄積の値を求めることで資源の成熟状況を示すものであり、生産力は森林面積あたりの素材生産量を求めることでその地域での実際の生産能力を示している（興梠（2013））。各県の比較をすることで、生産ポテンシャルの地域性を説明することができる。

「九州中部」（宮崎・大分・熊本）²⁴は、森林成熟度・生産力ともに高い地域であり、実際に国内の素材生産をけん引する地域である。

「四国・九州」（愛媛・佐賀・鹿児島・高知・徳島）、東北・北関東（茨城・秋田・宮城・岩手・栃木）がそれに次いで森林成熟度・生産力が高いが、東北・北関東の成熟度が四国・九州よりも低いことは実際の成長を反映しているとみることができる。

なお、北海道については、森林成熟度(136 m³/ha)、生産力 (0.6 m³/ha) といずれも全国平均を下回っているが、これは気候条件・樹種等の要因で成熟に時間がかかること、生産量に対し森林面積も本州とは比較にならない広大な面積であるため、本州の各地域と同じ基準で比較することが難しい。

²⁴ () 内の順序は、生産力の数値に従う。



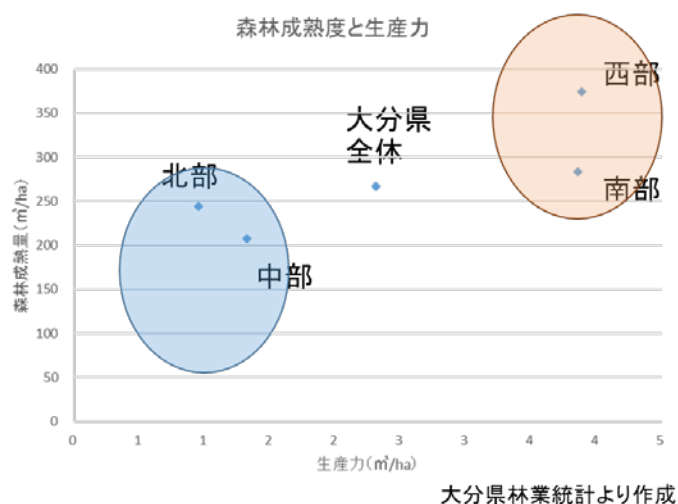
興梠克久『日本林業の構造変化と林業経営体－2010年林業センサス分析－』/pp.81-108, 2013-5
 の手法に基づき作成、加筆。

図－23 森林成熟度と生産力（全国）

この指標を用いて、大分県内の地域別状況を確認したところ、次のような特徴がみられた。

大分県は森林成熟度・生産力ともに全国でも高い水準にあるが、特に生産力は全国で最も高い。県内の地域別状況を見ると、特に生産が盛んな西部・南部森林計画区は成熟度、生産力ともに非常に高い水準を示している。この両地域が県内の素材生産を牽引する存在であることがここからもわかる。一方、中部森林計画区については、伐採面積は西部森林計画区と遜色がない（後述）ものの素材生産量は同森林計画区の半分程度にとどまる要因として、資源状況を示す森林成熟度の違いが大きく影響していることがうかがえる。

森林成熟度は、齢級構成の高齢化（成熟）により高い値を示すが、地位・成長率にも影響を受ける。大分県において西部森林計画区がより高い数値を示すのは、これらが反映したものであり、同地域が高い成長力を持ち、かつ十分に成熟した森林を擁し、生産も盛んであるという状況をよく表しているとみることができる。



図－２４ 森林成熟度と生産力（大分県内）

3. 5. 伐採届データを用いた全県伐採性向の分析

大分県における伐採性向（各齢級面積に対する伐採が、実際にどのような特徴を以てなされているのか）を確認するために、伐採届データを用いてその分析をおこなった。年度ごとの傾向を確認するため、各年度別にスギ・ヒノキそれぞれに各齢級における伐採面積を取りまとめ、集計している。

3. 5. 1. 使用データの概要

使用したデータは以下の通りである。

- ・平成 21 年度～平成 24 年度、普通林（15 条、10 の 8 条関係）伐採届集計表および保安林伐採許可一覧表
- ・平成 25 年度（平成 25 年 4～10 月まで）新伐採届集計表
- ・平成 25 年 9 月～平成 28 年 3 月末伐採届集計表
- ・平成 28 年度（11 月末時点・約 8 か月分）伐採届集計表

※これらの資料から、重複データ、欠損データ(全体の、面積比 0.16%、件数比 0.13%)を除いた 8717 件（平成 21～平成 28（年度途中））を使用した。

なお、これらのデータは通常開示されていないが、本検討のために大分県庁より提供を受けている。

3. 5. 2. 全県における伐採性向

1) 齢級別伐採面積（伐採性向）の推移

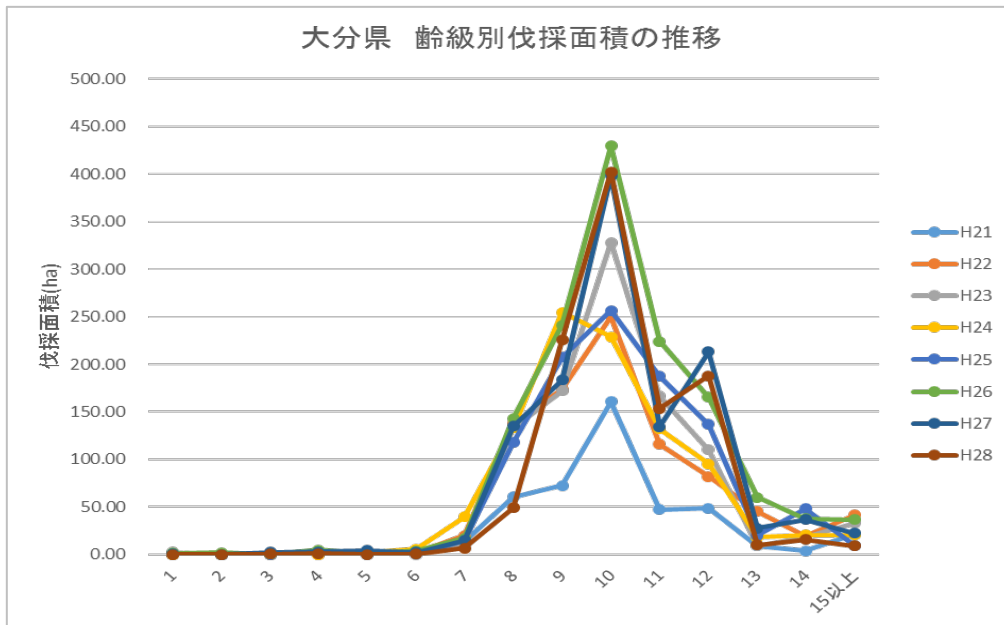


図-25 大分県 齢級別伐採面積の推移

スギの全県の平均では、10 齢級をピークとして、紡錘型を示す（上図）。ヒノキについてはスギに比べてやや 9 齢級よりのピークが見られた。通常、ヒノキはスギよりも成長が遅いこともあり伐期が長い傾向があるが、大分県においては柱材需要に向けるためにやや若齢よりで伐採されていると考えられる。

図-25 では、平成 21 年度データが他の年度に比べ伐採面積合計が少なくなっているが、実際の素材生産の推移²⁵を考慮すると、平成 21 年度は伐採届がまだ十分に徹底されていなかったと推察される。

時系列で見ると、平成 25 年度以降、徐々に 12 齢級前後の生産量が増加し、平成 27 年～平成 28 年では、12 齢級に小ピークがみられるようになる。平成 25 年～26 年は住宅着工において消費税増税前の駆け込み需要があった時期であり、全国的にスギ中目材の需要が高まったことが影響していると考えられる。

（参考：「平成 26 年度版 大分県の森林・林業、木材産業の動向」平成 28 年 3 月より）

²⁵ 大分県統計によると、平成 21 年度の素材生産量（スギ）は 596 千 m^3 、平成 22 年度は 648 千 m^3 と、1 割程度の違いだが、伐採届の面積では平成 21 年度が 441ha、平成 22 年度が 891ha と約 5 割の開きが生じている。

2) 林種別伐採性向

平成 21 年度から平成 28 年度の合計を用いて、普通林と保安林の傾向の違いを比較した。

伐採齢級のピークは普通林と保安林ともに 10 齢級となり大きな違いはみられなかったが、保安林の方がピーク前後（8～12 齢級）を含めやや幅のある伐採を行っている。

また、普通林において、12 齢級付近の小ピークが確認できる。



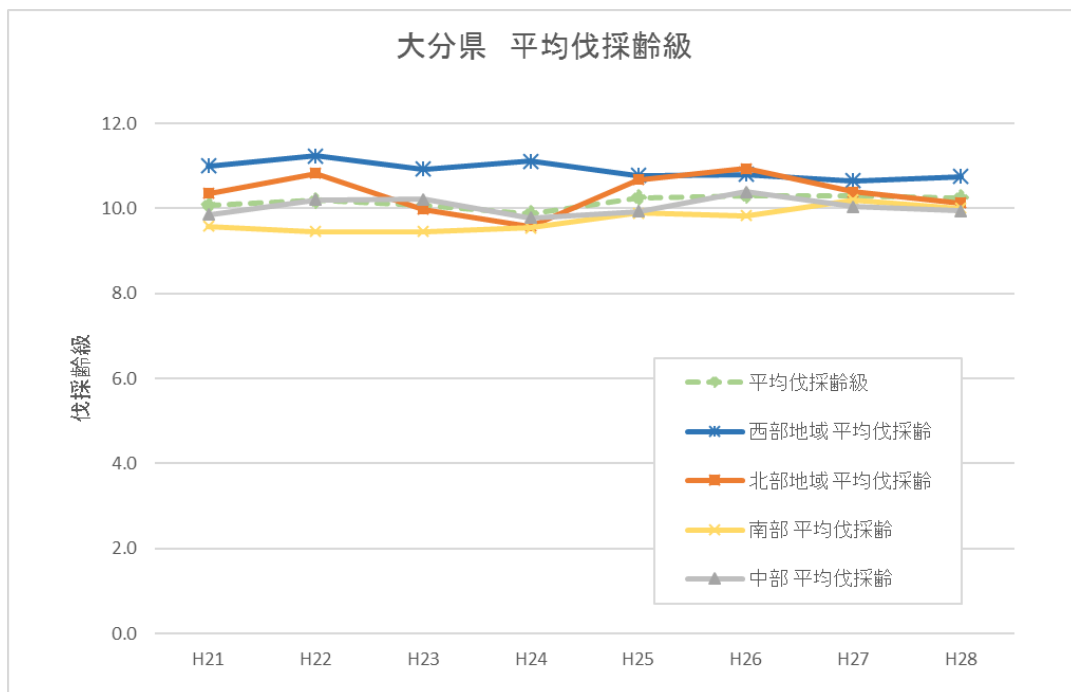
図-26 林種別伐採性向の比較

3. 5. 3. 県内地域ごとの伐採性向

1) 地域別の状況

平成 21 年から平成 28 年度における平均伐採齢は 50.38（10 齢級）であった。期間内では、平成 24 年度を除き、若干の変動は見られるものの、齢級で見るとほぼ同じ傾向を示している。

地域森林計画の森林計画区別にみると、伐採のさかんな西部森林計画区・南部森林計画区の比較では、南部においてやや若齢寄りの傾向（齢級 9）がみられるが、これは、南部森林計画区の齢級構成が西部に比べやや若齢寄りであることと影響があると考えられる。



図－27 地域別平均伐採齢級

2) 期間の違いによる傾向

平成22年から平成26年の5年間と、平成23年から平成27年の5年間の比較を行うと、伐採性向に大きな差はないが、後年に行くほど増産傾向にあることがわかる。

しかし、年齢ごとの伐採傾向には大きな違いは見られなかった。

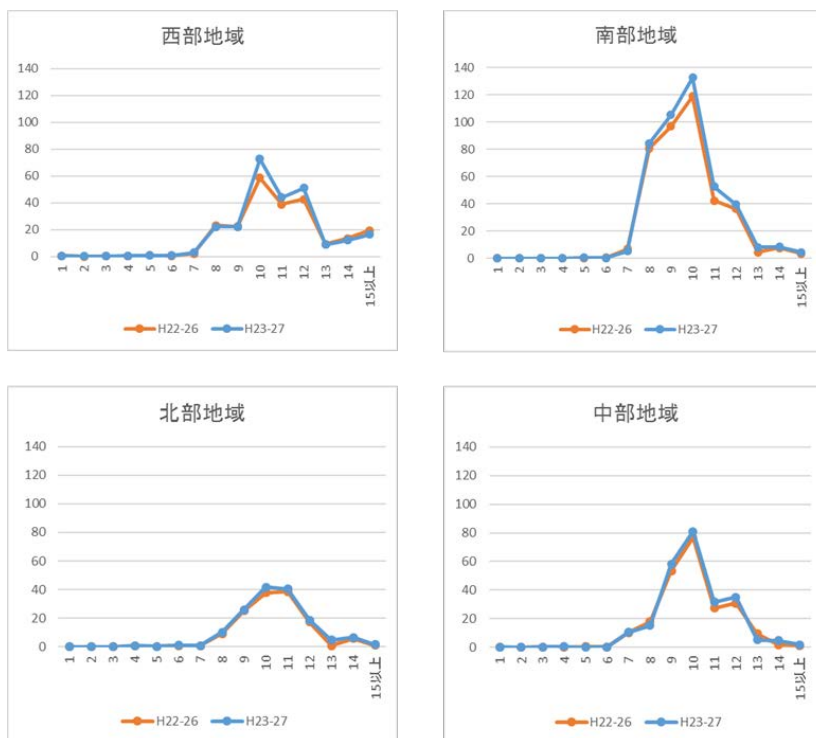


図-28 各地域における伐採性向 (時期による違い)

3. 6. 地域情報を用いた推計

2. 1. 2及び2. 1. 3に示す推計フローを用いて、大分県を対象として各種分析・検討を行った。

3. 6. 1. 伐採対象面積についての検証

伐採対象面積を求める際に、路網長さ×伐採対象エリアで面積を算出すると曲部が存在する実際の路網面積とは重複部で差異がでる可能性があり、推計上どのように考慮するかが課題となっていた。そこで、曲部の重なり率による面積の重複の影響を、実際の路網データを用いて検証した。

路網の曲部での重なり率による面積変化分について、①路網×伐採対象エリアでの伐採対象面積と、Geographic Information System (GIS) 上で整備された林道に②バッファエリアを設け路網の曲がりによる変化を考慮した面積(図-29)とで比較し検証した。²⁶

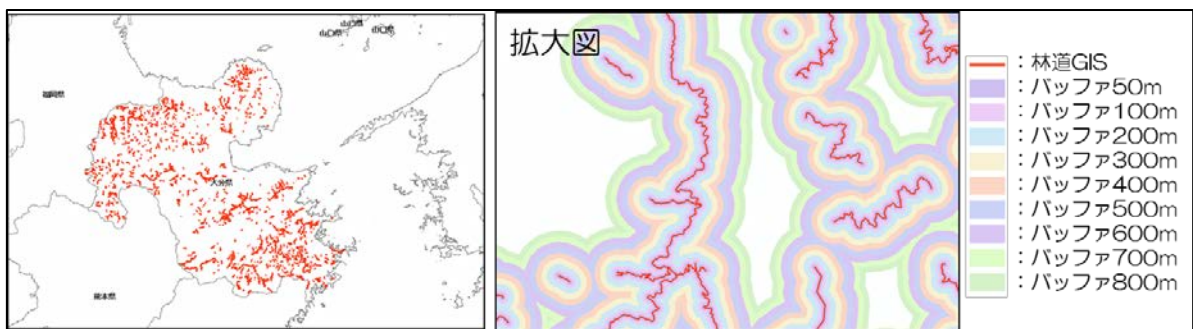


図-29 路網の曲部での重なり状況 (GIS 上での確認例)

伐採対象エリア(林道からの距離に従う)を50m~800mまで変化させ、①と②で比較した表を下記に示す。

表-15 伐採エリアと重なり状況

伐採対象エリア		50m	100m	200m	300m	400m	500m	600m	700m	800m
面積(m ²)	①路網延長×伐採対象エリア	18,726	37,452	74,905	112,357	149,809	187,262	224,714	262,167	299,619
	②GIS上のバッファ範囲	18,441	35,927	71,124	107,335	143,575	178,983	213,237	246,025	277,019
誤差(%) (①-②)/{(①+②)/2}		1.5%	4.2%	5.2%	4.6%	4.2%	4.5%	5.2%	6.4%	7.8%

伐採対象エリアが増えると重なり率による差が増加する傾向にある。しかしながら、架線系システムを導入した際の最大幅として設定した800mであっても誤差10%未満のた

²⁶ 林道に関するGISデータは大分県より提供。

め入力値の簡便性のため①を採用することとした。

また、林野庁資料「路網整備の考え方」平成 27 年 9 月²⁷によると、生産における条件の良い林地として「車道からの距離 200m」が一つの指標として挙げられていることから、本検討では、車道からの距離 200m を施業対象面積の設定に用いている。

3. 6. 2. 主伐確率の作成と設定

主伐確率は、伐採性向と近似した線分を作成することで作成する。下記に正規分布及びワイブル分布による作成方法をそれぞれ示す。

ここで作成する主伐確率は、全齢級の面積に対する各齢級の面積の比率であり、伐採性向の形を数式で置きなおしたものである。そのため、主伐確率を各齢級で積分すると 1 となる。ゆえに、地域の実績ベースでの主伐対象の面積を設定する必要があり、それが推計上で作成した主伐確率における主伐対象面積となる。

今回、実績ベースの伐採面積は、伐採届より把握した平成 26 年度の主伐対象のスギとヒノキの伐採面積（スギ：1,096ha、ヒノキ：122ha）を設定した。

また、目標生産量に達成させるために各分期ごとに主伐確率を増加させる項目を設けた²⁸。これにより、主伐する面積を徐々に増加させた場合の、分析が可能となる。

1) 正規分布による主伐確率の作成方法

スギ、ヒノキの 2 樹種について、3. 5. で確認した大分県の伐採性向から主伐確率を作成した。(図-30)。

正規分布式

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} \cdot \exp\left(-\frac{(x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

スギとヒノキのそれぞれの標準偏差と平均は下記である。

スギ：標準偏差 σ ：1.3 、 平均 μ ：10

ヒノキ：標準偏差 σ ：1.6 、 平均 μ ：9.5

²⁷ <http://www.rinya.maff.go.jp/j/rinsei/singikai/pdf/15093013.pdf> 平成 29 年 3 月閲覧

²⁸ 例えば、各分期で伐採確率の全体の割合を 10% ずつ上げていく場合に、0 分期→1.0 倍、1 分期→1.1 倍、2 分期→1.2 倍、3 分期→1.3 倍となるよう設定した。

伐採性向と今回検討した正規分布で決定係数を求めたところそれぞれ、スギ： $R^2=0.94$ 、ヒノキ： $R^2=0.86$ であり、精度良く近似しているといえる。

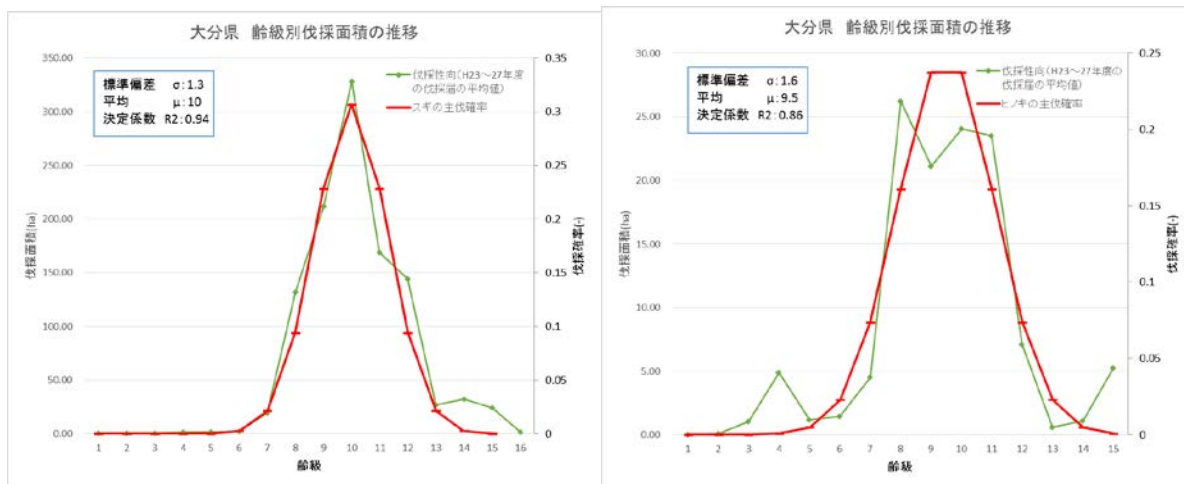


図-30 主伐確率 (左:スギ、右:ヒノキ)

2) ワイブル分布による主伐確率の作成方法

大分県の場合では、スギとヒノキともに 10 齢級付近でピークが来ており、正規分布で近似しやすくなっていた。しかしながら、大分県の以外で正規分布に即した伐採性向になっているとは限らない。そこで、推計システム上では、適用の汎用性向上のためワイブル分布による主伐確率の入力項目も設け、ユーザーが任意で正規分布またはワイブル分布で主伐確率を入力可能なように設定した。使用したワイブル分布式を下述する。

ワイブル式

$$f(x) = 1 - \exp\left\{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^m\right\}$$

ここで、 m ：形状パラメータ, η ：尺度パラメータ, γ ：位置パラメータ

各パラメータを推計対象地域の伐採性向に沿った形で設定し、主伐確率を作成する。

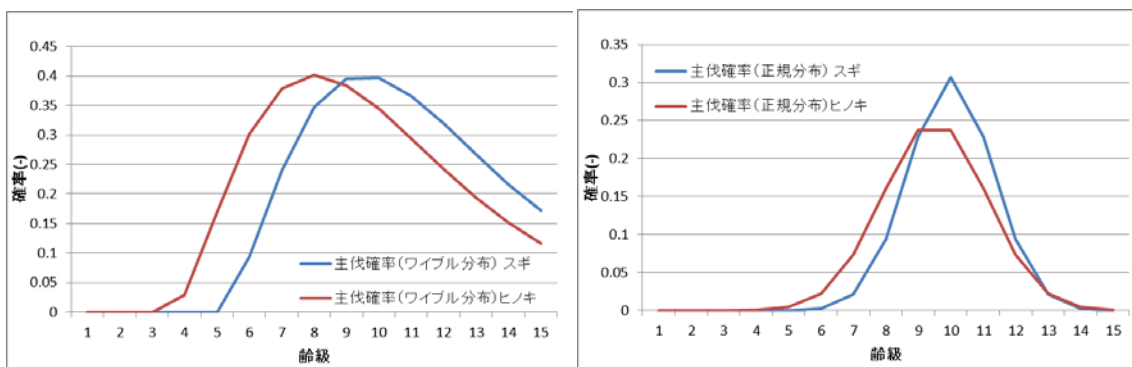


図-3 1 主伐確率分布 (左：ワイブル分布、右：正規分布)

ワイブル分布と正規分布では、分布の曲率が大きく異なる。齢級全体で伐採性向がなだらかな地域についてはワイブル分布を利用し、ある齢級付近で大きなピークがあるような伐採性向を示す地域では、正規分布を利用したほうが適合すると考えられる。

3. 6. 3. 生産可能材積の計算

大分県においては、haあたりの齢級別立木材積について、「大分県簡易収穫表」から作成した成長曲線を用いて作成している。その際の作成方法について記載する。

また、推計システムの汎用性も考慮し、システム収穫表 LYCS を用いた作成方法についても記述する。

1) 簡易収穫表を用いる手法

(1) 齢級別立木幹材積の作成と設定

図-19 で確認したように、大分県簡易収穫表は4森林計画区（旧市町村に従い12地区に区分）に調整されている。

そこで、大分県の旧市町村別の森林面積データを用いてその割合で按分し、4森林計画区別の成長曲線を作成した。

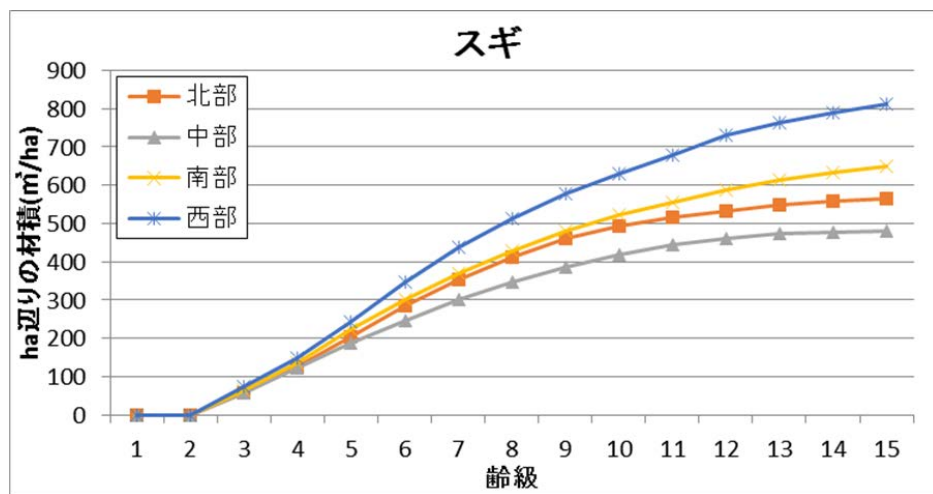


図-32 調整後の地域ごとの成長曲線²⁹

²⁹ 収穫表は4地域12森林計画区に分かれているため、各地域を構成する森林計画区ごとの面積で按分し、地域の平均成長曲線を作成している。なお、森林計画区は合併前市町村による区分であるため、旧市町村ごとの面積情報については大分県より提供を受けている。

また、生産可能材積の算出にあたっては、4つの森林計画区の齢級別素材生産割合と収穫表の値から各森林計画区の寄与度を係数化し、全県における各齢級別 ha あたり生産可能材積を算出した。

ただし、間伐による成長率の向上については、標準的施業を前提に作成されている簡易収穫表には既に考慮されており、増加分を与えると過大に評価する恐れがあるため考慮しないこととした。

表-16 森林計画区ごとの ha あたり収穫材積への寄与度

haあたり収穫材積 地区別割合(%)	北部	中部	南部	西部
	13	20	28	39

(2) 間伐スケジュールの決定

大分県地域森林計画書に基づき、以下の通り間伐実施時期を設定した。

表-17 大分県における間伐実施時期

間伐実施時期					
樹種	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
スギ	15~20	20~30	30~40	(40~50)	(50~60)
ヒノキ	20~25	25~35	35~45	(45~55)	(55~65)

大分県 地域森林計画書に基づき作成

2) システム収穫表 LYCS を用いた作成方法

システム収穫表 LYCS (ver.3.3) を用いて大分県全体の齢級別立木幹材積を求める方法について記述する。

システムの汎用性のため、(1)、(2) いずれのデータを使用可能なように選択可能とした。各回における間伐強度を材積間伐率 30%とし、収量比数 (Ry) が 0.8 以下となるよう時期を選択し、主副林木の成長曲線を算出することで齢級別立木幹材積を設定した。

3. 6. 4. 間伐率の設定

間伐実施齢級および材積間伐率を、地域森林計画における標準的な間伐林齢を参考に LYCS (Ver.3.3) を用いて収量比数 0.8 以下となるように設定した。

3. 6. 5. 燃料材採材割合の設定

搬出可能材積量から木質バイオマス燃料材の生産可能性量を求める。大分県のケースでは、大分県では、バイオマス発電導入後の変化として、従来 75%程度であった平均歩留まり（搬出・造材における歩留まり）が、燃料材としての利用が進むことで 95%まで改善していること、県内で発生する原木丸太のうち、C材（大曲+痛み+芯黒+枯れ）の割合が 30%程度、D材（その他林地残材）の割合が 20%程度であることを考慮して、燃料材の採材割合を 20%（主伐、間伐とも）と設定した。

なお、曲がりの発生状況、採材の方針により採材割合は変動すると考えられるため、推計を行うにあたり、地域の材質特性、燃料材の発生状況について確認を行うことが望ましい。

3. 7. 目標生産に対する設定

搬出可能材積量が目標生産量に達しない場合（2. 1. 3. の⑧に該当）は、標準伐期齢以降の齢級構成に応じて資源量の多い齢級から選択していく方針で、搬出可能材積量に対し追加で伐採を行い、目標生産量に達成するように設定した。

ある分期のスギに対する目標生産量に達成するための算出方法を以下に記す。いずれの分期および対象樹種に対しても同様の方法を適用する。

なお、目標生産量は、分期ごとに設定できるものとした。例えば、目標生産量が徐々に増加し3分期目で、目標生産量達成するような場合は、0分期の搬出可能材積量と目標生産量の中間値を1分期、2分期にて設定する。今回は、「おおいた農林水産業活力創出プラン2015」に沿って1分期目で120万 m^3 、2分期目で130万 m^3 、3分期目で140万 m^3 とした。

算出方法

① 不足分の材積量の算出

間伐および主伐方針に従い算出した搬出可能材積量が、設定した目標生産量に対し不足する場合、不足分の材積量を算出する。

$$\text{不足分の材積量} = \text{木材生産目標量} - \text{搬出可能材積量}$$

② 資源量の多い齢級に対する重み付け分布の作成

資源量の多い齢級から選択的に追加伐採するために、面積の齢級構成分布から、資源量の多い齢級に対する重み付けを考慮した重み付け分布を作成する。

$$\text{各齢級の重み付け率} = \text{各齢級的面積} / \text{全齢級の総面積}$$

標準伐期齢未満は、資源はあっても伐採を行わないため、重み付け率を0とする。

③ 重み付け分布を不足分の材積量に合うように補正した追加伐採分布の作成

②で作成した重み付け分布は、資源量に対する重み付けのみであるため、この分布を用いて施業対象面積に対して主伐の追加面積をおよび生産量を算出しても、不足分の材積量とは必ずしも一致しない。

そのため、重み付け分布により生産される材積量と不足分の材積量が一致するように補正倍率を作成し、それを重み付け分布に乗じることで不足分のみを伐採する追加伐採分布を作成する。

補正倍率は、不足分の材積量を重み付け分布により生産される材積量で除して作成する。

$\text{補正倍率} = \text{重み付け分布により生産された材積量} / \text{不足分の材積量}$

この補正倍率を各齢級における追加伐採率を求め、追加伐採分布を作成する。

$$\text{各齢級の追加伐採率} = \text{補正倍率} \times \text{各齢級の重み付け率}$$

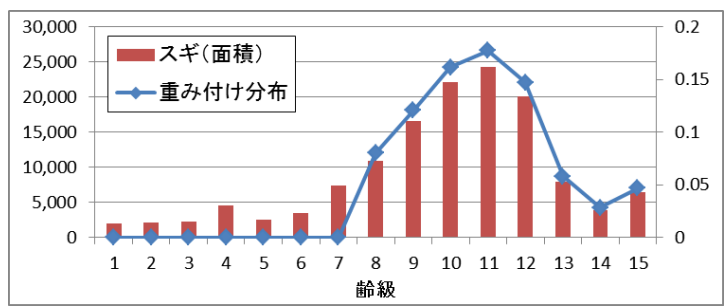


図- 3 3 資源状況を反映した重み付け分布の例

④ 追加伐採面積の算出

齢級ごとの施業対象面積に③で作成した追加伐採率を乗じて各齢級における追加伐採面積を求める。

$$\text{各齢級の追加伐採面積} = \text{各齢級の施業対象面積} \times \text{各齢級の追加伐採率}$$

なお、主伐を実施した後、主伐後の施業対象面積に対して間伐を実施するとしているため、主伐が変化すると間伐も連動して変化するため、先に求めた間伐由来の搬出可能材積が変化してしまう。簡易な手法をとるという観点から、間伐の変化分を見越した、見なし倍率の項目を設定し合わせることで調整した。

また、追加伐採面積によって、施業対象面積以上伐採してしまい伐採後の面積がマイナス値になるような場合は、「伐採の増加によっても到達できない」とし0となるよう設定した。

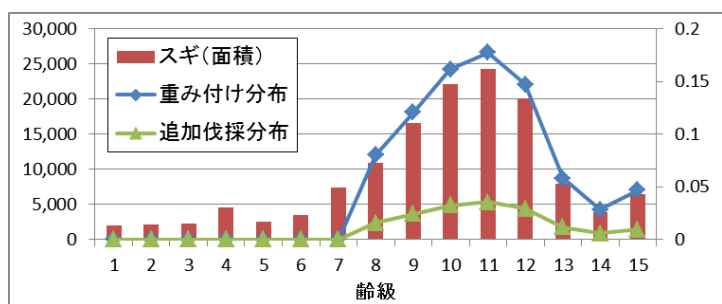


図- 3 4 資源状況を反映した重み付け分布および追加伐採分布の例

4. 結果と考察

前章までに確認した、木材生産についての因子、バイオマス燃料材についての因子とその関係性および大分県の林業に関する諸データを用いて、推計シートを作成した。

まず、作成した推計シートが大分県の現在の生産状況を反映しているかどうかについて確認を行った。

次に、作成した推計シートを用い、大分県が持つ素材生産量目標 140 万 m^3 達成時の燃料材利用可能量を推計し、その達成を可能とするための伐採行動および林道の延長について検討を行った。なお、伐採行動の検討にあたり、各ケースにおける計画期間の生産量、期首・期末の蓄積 (m^3/ha)、期末の齢級構成の様相について確認を行った。

また、素材生産量目標の達成時において、チェック因子である労働量および労働者数、苗木の需要量の確認を行った。

<推計結果において確認する要素>

- ① 素材生産量（スギ・ヒノキ）および燃料材利用可能量
- ② 主伐面積および主伐材積（立木幹材積）
- ③ 素材生産量に占める主伐・間伐の寄与度
- ④ 計画期初と計画期末における蓄積量 (m^3/ha) の変化
- ⑤ 計画期初と計画期末における齢級構成の変化

4. 1. 入力データの設定

大分県の推計に用いた入力データを表-18に示す。

表-18 大分県の推計における入力データとその設定

大項目	入力項目	入力データ	データ緒元
施業対象森林面積	総森林面積	401,842㎡	大分県林業統計(H26年度)
	制限林面積	80,369㎡	地域森林計画(大分県中部・南部・北部・西部)
施業対象面積	成林率	100%	任意
	路網長さ	7,028,194m	大分県林業統計(H26年度):公道と林道分
	伐採対象エリア	導入割合:車両系100%、架線系0% 200m	大分県のヒアリング結果より
	傾斜率	80%	森林林業白書
	路網の伸長	0m	任意
生産可能材積 (立木幹材積)	主伐確率	正規分布を用いて作成	大分県の伐採届から作成
	実績ベースの伐採面積	スギ:1096.17ha、ヒノキ:121.95ha	大分県の伐採届から作成
	年齢別立木材積	簡易収穫表を用いて作成	大分県の簡易収穫表から作成
	間伐率	スギ:4年齢級30%、6年齢級30%、8年齢級30%、13年齢級30% ヒノキ:4年齢級30%、6年齢級30%、8年齢級30%、12年齢級30%	LYCS上で設定
	間伐実施率	スギ:20%、ヒノキ:20%	0分期での間伐材積と大分県林業統計(H26年度)の除間伐実績がおおむね一致するように設定
搬出可能材積 (丸太材積)	搬出歩留まり (主伐対象)	スギ:90%、ヒノキ:90%	任意
	搬出歩留まり (間伐対象)	スギ:60%、ヒノキ:60%	任意
燃料材利用可能量	燃料材採材割合 (主伐対象)	スギ:20%、ヒノキ:20%	任意
	燃料材採材割合 (間伐対象)	スギ:20%、ヒノキ:20%	任意
伐採施業の労働者数	生産性	主伐対象:10㎡/人日、間伐対象:6㎡/人日	大分県林業労働量の確保の促進に関する
	労働日数	210日/年	基本計画(H27年度)
再造林の労働者数	生産性	0.027ha/人日	大分県林業労働量の確保の促進に関する
	労働日数	90日/年	基本計画(H27年度)
	再造林率	100%	基本計画(H27年度)
	再造林苗木本数	2000本/ha	任意
目標設定	木材生産目標量	現状維持ケース 目標生産140万㎡ケース 0分期:0万㎡、見なし倍率:1.15倍 1分期:120万㎡、見なし倍率:1.15倍 2分期:130万㎡、見なし倍率:1.15倍 3分期:140万㎡、見なし倍率:1.15倍	大分県林業労働量の確保の促進に関する 基本計画(H27年度)

4. 2. 推計シートを用いたケース分析

推計シートを用いたケース分析として、まず、現状の素材生産量である 100 万 m^3 を維持する場合について検討を行った。これにより、生産に関連する因子の動きを確認する。

現状素材生産水準を維持するケース（以下、現状生産維持ケース）は、現状の伐採性向を維持しながら伐採していく方針であり、分期の推移に関わらず主伐対象面積を一定とする。

4. 2. 1. 現状生産維持ケース

(1) 結果と考察

現状生産維持ケースにおいて、燃料材利用可能量は 15~20 万 m^3 程度となった。これは、平成 28 年のエフオン豊後大野の開業以前の状況としては、県内の大型木質バイオマス発電施設の需要を満たすことのできる量である。また素材生産量（図-35）は、0 分期から 2 分期までは実績ベースの伐採面積と同量の面積を伐採できているが 3 分期目では、減少していることが分かる。

推計においては、伐採届で確認した平均的な主伐面積を用いて収穫表の蓄積を当てはめて主伐材積を求め、それに応じた素材生産量を計算している。しかし、推計上の素材生産量は実績値に比べ 1~2 割低い数値となった（いずれも統計上の素材生産量に燃料材利用量を合計したもの）。実績では年生産量 100 万 m^3 が達成されていることを考えると、面積あたりの生産量がやや過小となっている。大分県では地域森林計画区ごとに素材生産への寄与度、面積あたり蓄積（収穫表上の成長モデル）が異なるため、実際に近いものとなるように、4つの地域森林計画区の配分を実際の主伐面積、生産量を考慮して按分しているが、面積あたりの生産量自体の差を解消することはできなかった。

また、主間伐の割合では、間伐の搬出材積は素材生産量の 2 割程度であるのにたいし、本推計では間伐と主伐の時期が重なった場合は主伐を優先する、という方針を置いたため、伐採面積に占める間伐の割合が小さくなっている。

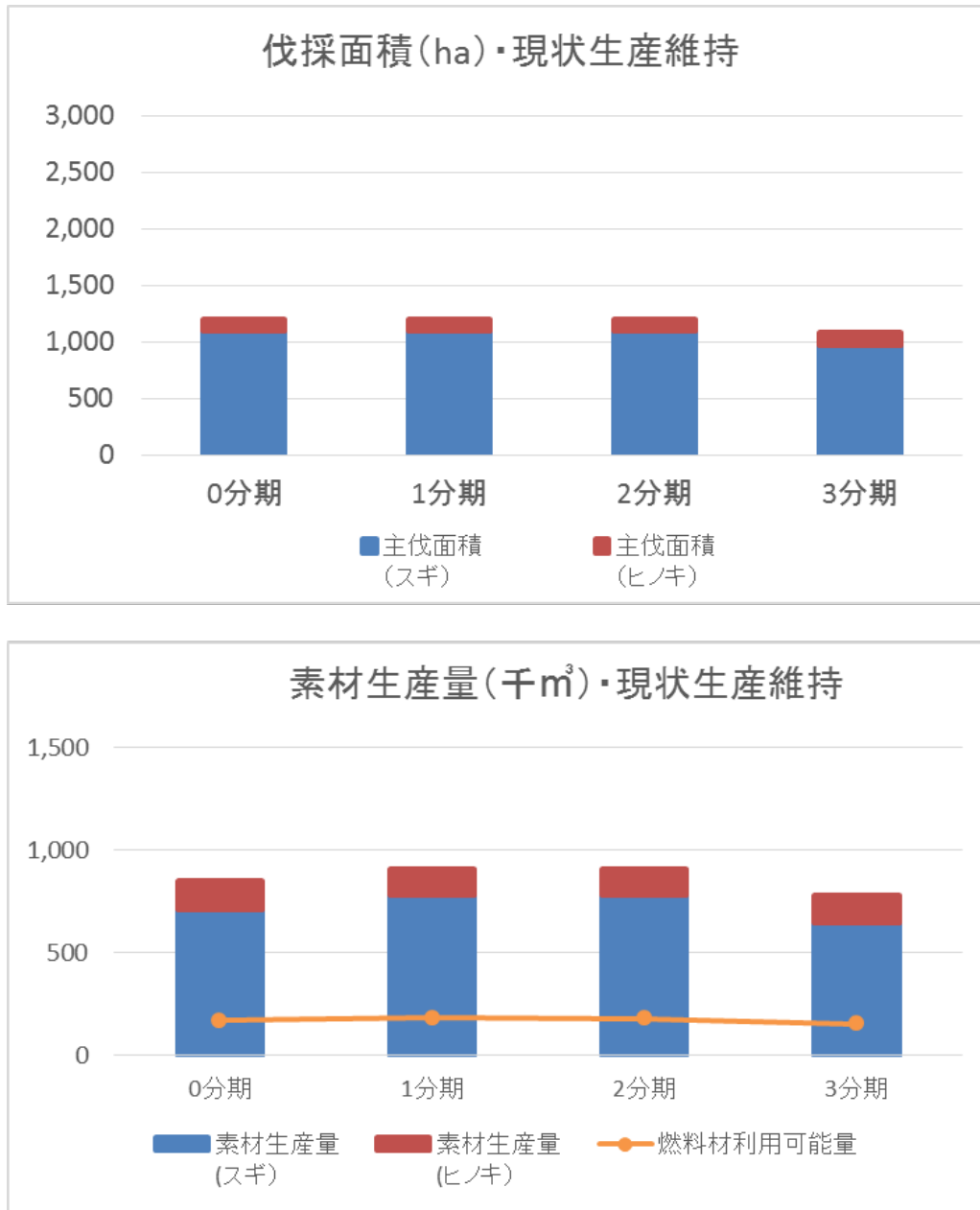


図-35 伐採面積に占める主間伐の割合と 素材生産量 (現状生産維持ケース)

また、齢級を横軸にとり0分期の期初から3分期の期末までの施業対象面積の齢級構成の推移について図-36に示す。

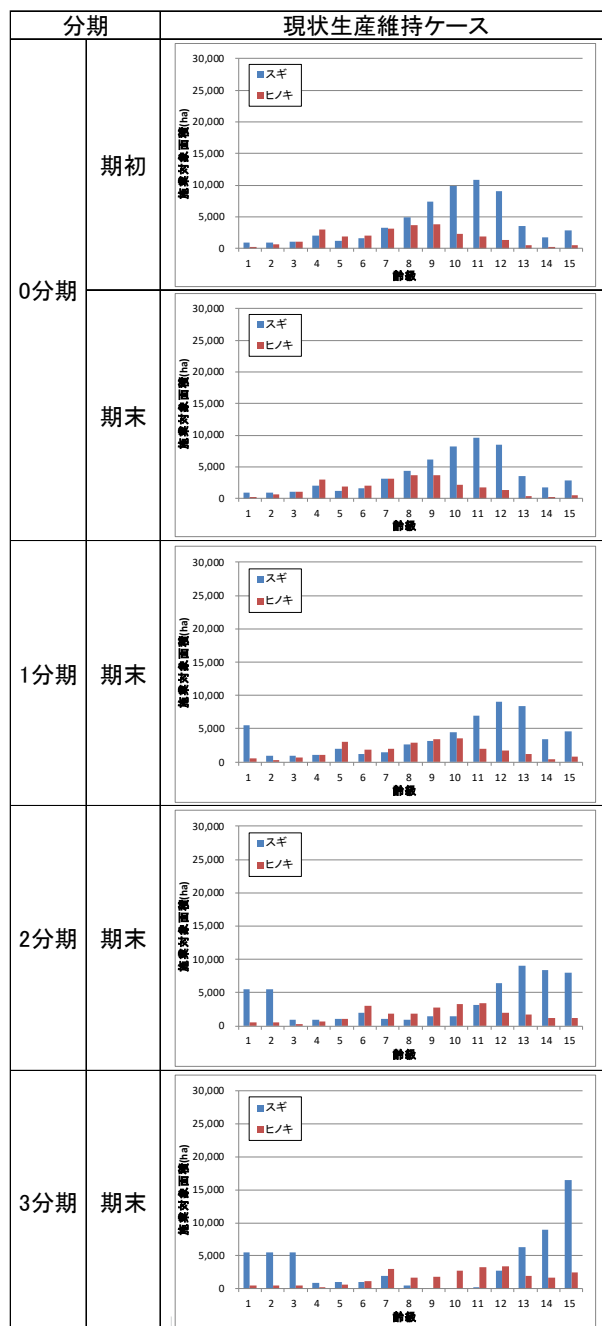


図-36 分期期初から3分期期末までの齢級構成の推移

また、この時の労働量を見ると、現状生産量維持ケースでは、間伐がそれほど多くないにもかかわらず、全体の労働量に占める間伐の割合が高いことがわかる。これは、間伐の労働生産性の低さが影響していると考えられる。

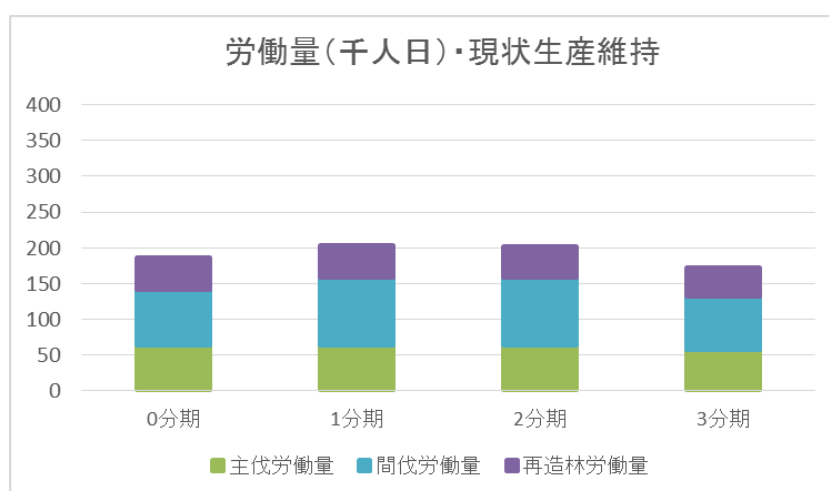


図-37 労働量・現状生産維持ケース

苗木生産については、スギは現状の苗木需要とほぼ同じ値であることが確認できた。

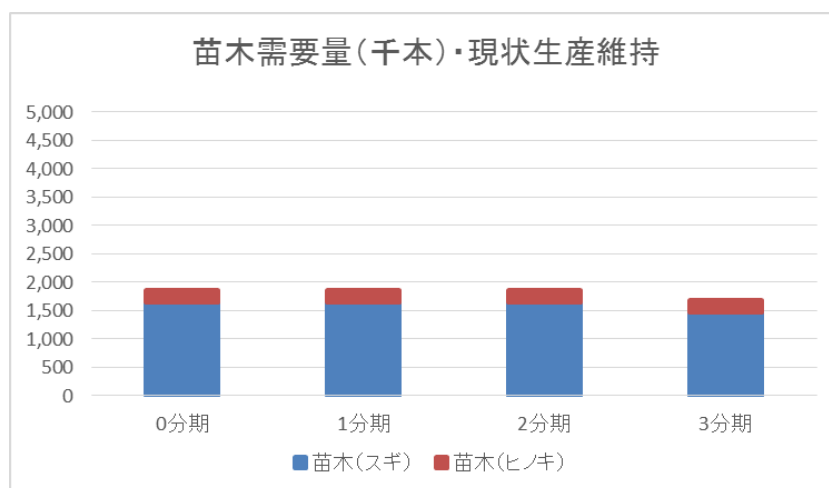


図-38 苗木需要量・現状生産量維持ケース

以上の結果から、作成した推計シートが現状生産量を維持する場合において、関連する因子を反映することができているといえる。

4. 2. 2. 目標素材生産量を達成するための伐採行動の検討

1) 主伐確率を拡張する手法

現状の伐採確率を、目標となる素材生産量に向けて分期の進展に合わせて徐々に拡張する手法について確認する。

(1) 手法

素材生産量目標に合わせて主伐面積の増加を行うにあたり、以下の手法を用いた。

現状の伐採性向から導出した伐採確率は3. 6. 2. 主伐確率の作成と設定において確認した。現状生産維持ケースでは、現状の主伐面積水準（スギ 1,096ha、ヒノキ 122ha）を適用し、各齢級における主伐対象面積を各分期で等しく配分したが、素材生産量の目標値が現状の素材生産量 100 万 m^3 に対し、40%増の 140 万 m^3 であるため、0 分期目から素材生産量を毎分期ごとに増加させることを条件とし、主伐の確率分布を維持しつつ主伐面積を拡張し、各齢級に割り当てを行った。

今回は、1 分期進むごとに、主伐面積が 13%ずつ増加するように設定した³⁰。

(2) 結果

素材生産量（スギ・ヒノキ）および燃料材利用可能量については、主伐確率の拡張を行っただけでは、目標の素材生産量を達成することはできなかった。（図-39 参照）燃料材生産量も 14~17 万 m^3 となり、利用量の目安である 31 万 m^3 には遠く及ばなかった。

³⁰ 増加割合は線形に増加するように設定した。例えば 13%ずつ増加する設定では、1・2・3 分期目でそれぞれ、現状主伐面積水準に対して 13%増・26%増・39%増となり、最終的に約 40%増加する。

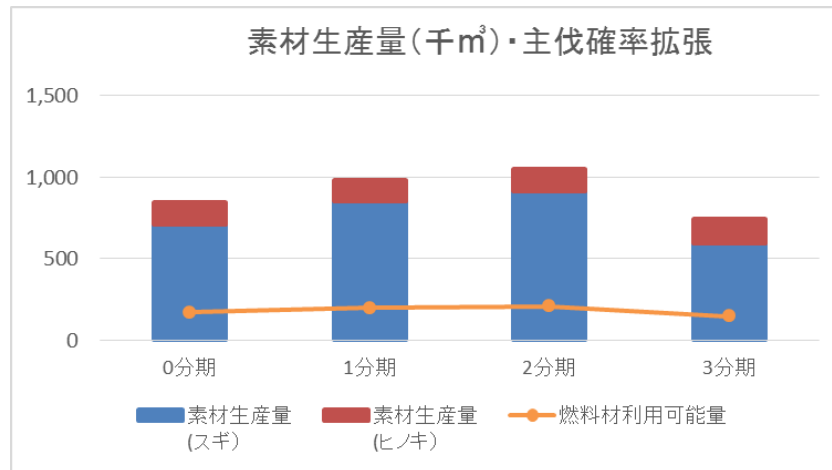


図- 39 素材生産量の推移 (主伐確率拡張ケース)

これは、現状の伐採性向が10 齢級にピークを持つ正規分布であるため、高齢化に伴い主伐確率が最も高い齢級面積が減少してしまい、確率分布に従って伐採を行には対象齢級面積が不足することに起因する。スギではそれが顕著となり、素材生産量の目標を達成できていないにもかかわらず、「高齢級での伐り残し」が発生している。(図- 40 参照)

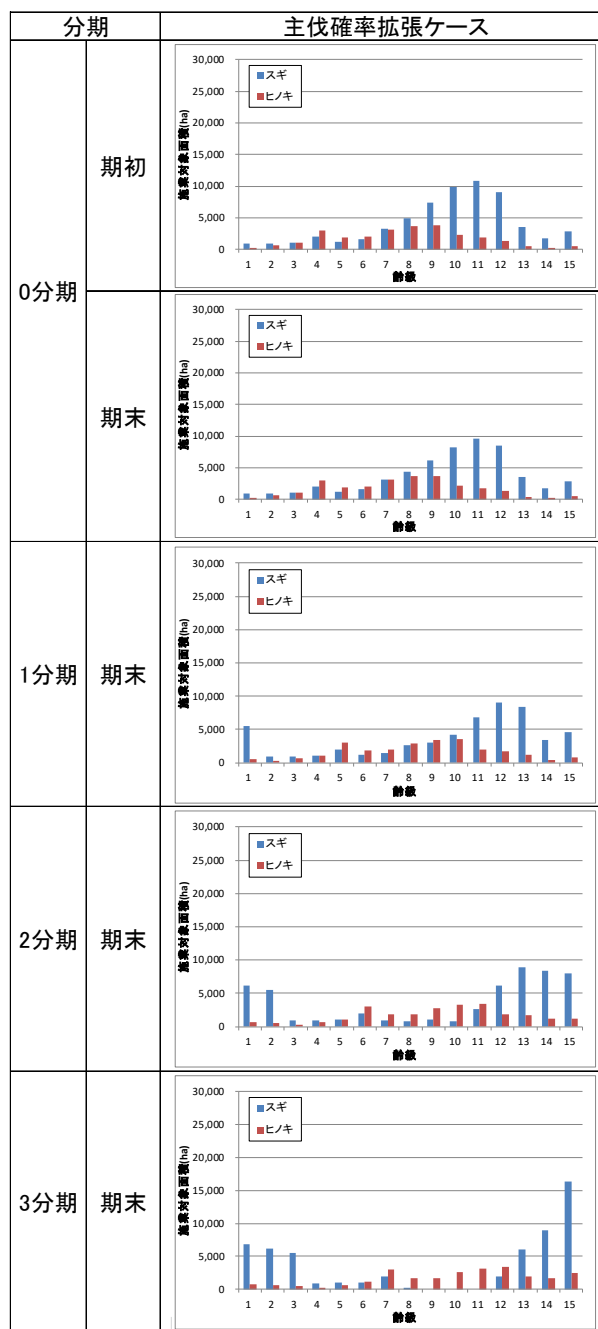
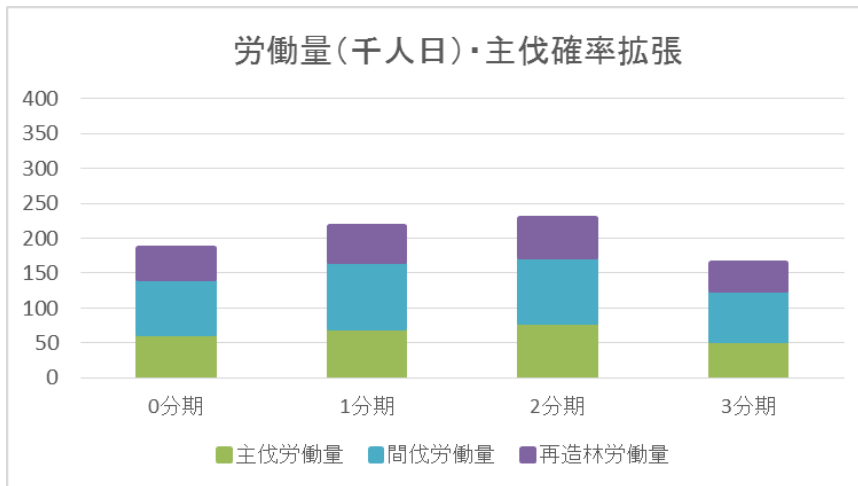


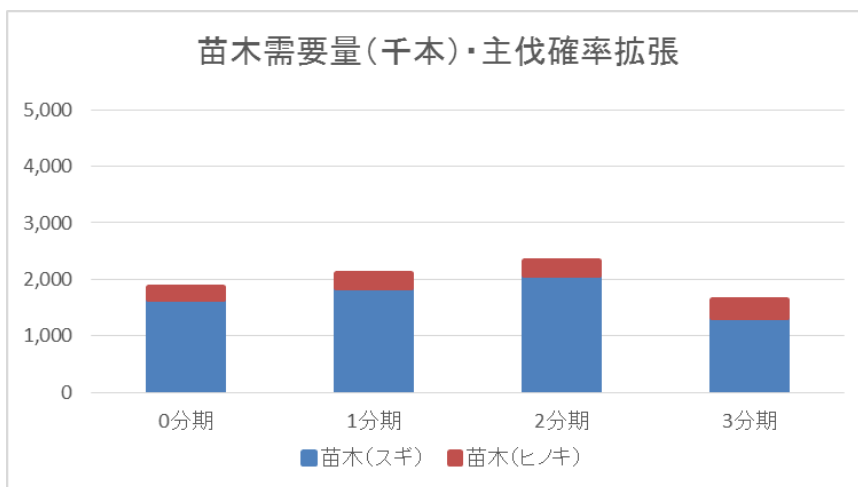
図-40 年齢構成の推移（主伐確率拡張ケース）

また、労働量については、素材生産目標を達成することができなかったため、現状生産維持ケースとほとんど変わらない結果となった。



図一 4 1 労働量・主伐確率拡張ケース

一方、苗木の需要量については、素材生産目標が達成できず主伐面積も上昇しないため、需要はそれほど伸びなかった。



図一 4 2 苗木需要量・主伐確率拡張ケース

2) 現状の伐採面積水準に追加して伐採を行う手法

(1) 手法

素材生産量目標に合わせて主伐面積の増加を行うにあたり、以下の手法を用いた。

現状の伐採面積水準（スギ 1,096ha、ヒノキ 122ha）では素材生産量に不足が生じるため、追加伐採を行う必要がある。追加伐採は、当該分期の資源状況を確認し、資源量の多い齢級から選択的に実施する。なお、目標は大分県森づくりビジョンに示された増産計画に従い、各分期ごとに 10 万 m³ ずつ増加させ、3 分期目に素材生産量を 140 万 m³ 達成するものとする。

(2) 結果

素材生産量（スギ・ヒノキ）および燃料材利用可能量について、追加伐採を行うケースでは、目標の素材生産量を達成することが可能となった。この時の燃料材利用可能量は 1 分期目では 21 万 m³ で、分期ごとに 2 万 m³ ずつ増加し 3 分期目で 28 万 m³ に達する。この時点では利用の目安である 31 万 m³ の 9 割近くが確保できる。試算の前提とした燃料材採材割合が 20% で設定したが、実際には 30% 程度とより高い可能性も指摘されており、1 割という不足分は調整が可能な範囲と考えることができる。しかし、現状すでに利活用が始まっており、より実態に即した燃料材採材割合を適用し、燃料材利用可能量を把握する必要がある。

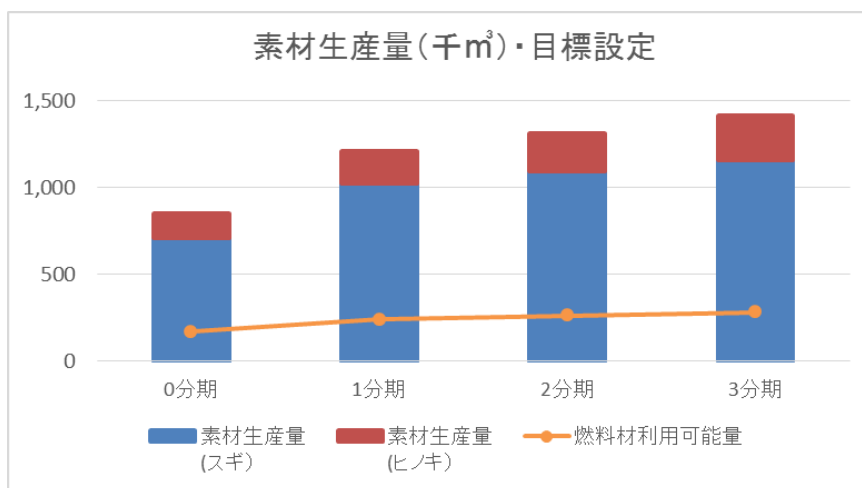


図-43 素材生産量の推移（追加伐採ケース）

また、この時の齢級別伐採面積を確認すると、現状の主伐の水準では不足する資源を、資源量の多い齢級から追加伐採するにあたり、分期の移行に伴い高齢化が進むことで、より高齢級からの追加伐採が進んでいることがわかる。(図-44 参照)

特に、スギにおいては3分期目には、従来の生産の主力であった9-11 齢級における伐採量がやや低下し、その分を高齢級から伐採しているため、素材生産に占める材の径級に変化が生じ、より大径な材の割合が徐々に増加していくと考えられる。

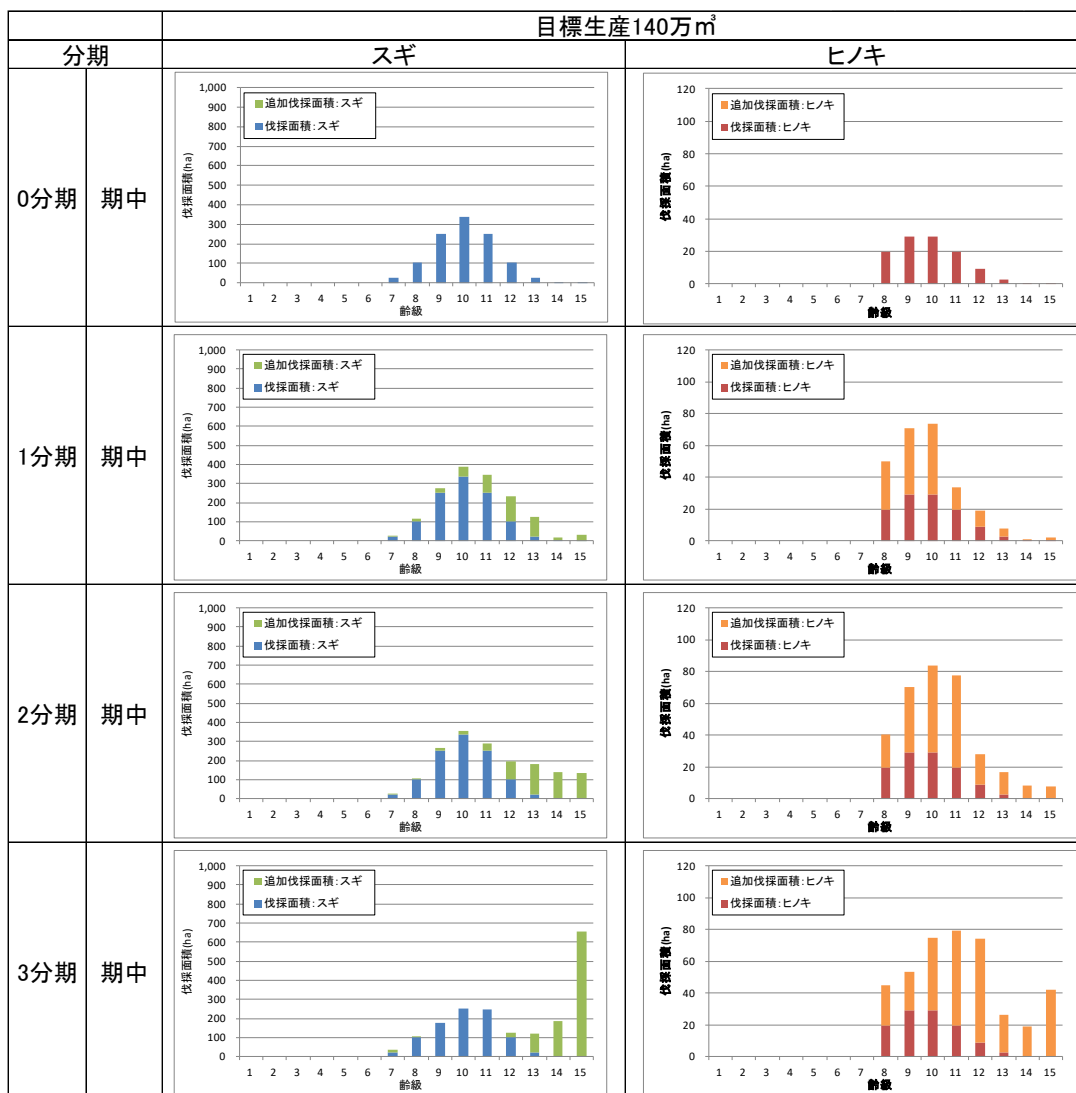


図-44 各分期における齢級別伐採面積 (追加伐採ケース)

また、この時の伐採対象面積における齢級構成を確認すると、分期が進むにつれ、従来の生産の中心であった齢級の面積が大幅に減少してしまう。特に計画期末である3分期末では、9-11 齢級の面積は0 となり、計画期間の翌期には、主力であった径級の材の供給が難しいという状況が発生するという懸念が生じることが分かった。

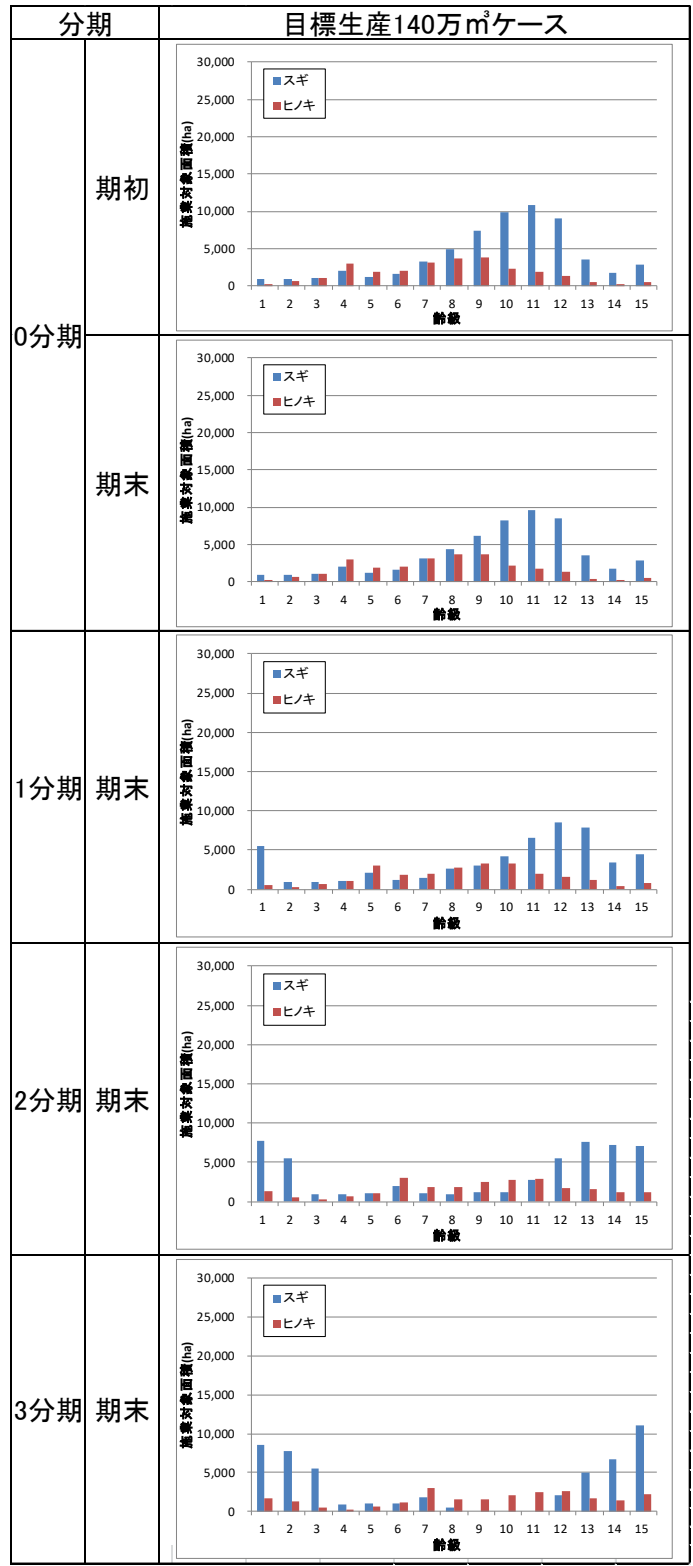


図-45 齢級構成の推移（追加伐採ケース）

4. 3. 感度分析

4. 2. 2. において、現在の施業対象面積の設定では、計画期間後（3分期末）において、これまで生産の中心を担っていたスギの9、10 齢級において面積が減少し、翌分期（計画期間外であるが）においては十分な生産を見込むことができないことが分かった。

そこで、施業対象面積を拡大するために、林道の延伸、伐採可能幅の拡大の2つの方策を実施した場合の影響について確認する。

4. 3. 1. 林道の延伸

(1) 手法

素材生産量目標に合わせて主伐面積の増加を行うにあたり、以下の手法を用いた。

現状の伐採面積水準（スギ 1,096ha、ヒノキ 122ha）では素材生産量に不足が生じるため、追加伐採を行う必要がある。追加伐採は、当該分期の資源状況を確認し、資源量の多い齢級から選択的に実施する。

(2) 結果

目標素材生産量 140 万 m^3 の場合において、基本の試算前提では、期初（0 分期日期初）の蓄積が 441 m^3/ha であったのに対し、期末（3 分期日期末）では 275 m^3/ha まで低下し、現在の生産の中心となっている 10 齢級前後の蓄積が大幅に減少し、次の分期での生産量が減少することが懸念された。

そこで、各分期において林道（車道）を延伸する方策をとったところ毎分期 500km（毎年 100km）を延伸しても期末の蓄積は 394 m^3/ha となり、十分な蓄積の増加が見込まれないという結果となった。（図—46 参照）

要因としては、延伸により追加される面積に対しても、全体と同様に制限林の割合（2 割程度）、急傾斜地（2 割程度）、針葉樹の比率（5 割程度）が施業対象外として控除されること、また、追加された面積も同様に 3 分期分高齢化しており、資源のピークが 10 齢級近辺から外れていく（高齢化）していくことに起因すると考えられる。（図—47 参照）

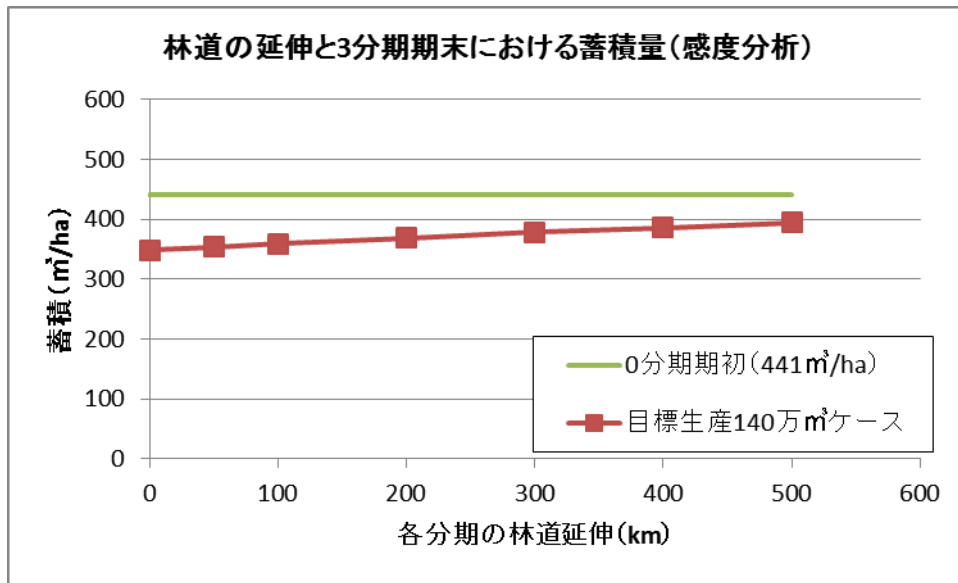


図-46 林道(車道)の延伸と蓄積の変化

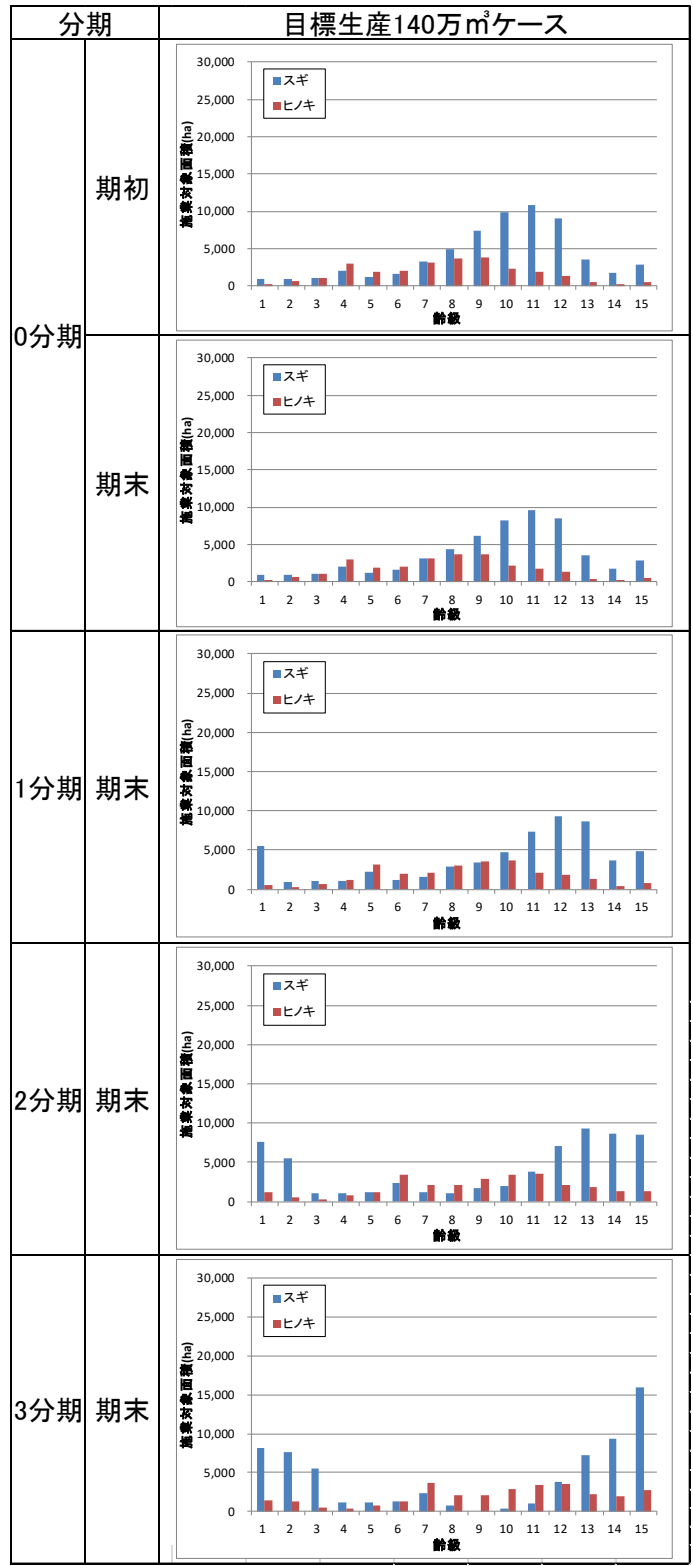


図-47 林道(車道)の延伸と齢級構成の変化

4. 3. 2. 伐採可能幅の拡大

(1) 手法

素材生産量目標に合わせて主伐面積の増加を行うにあたり、以下の手法を用いた。

現状の伐採面積水準（スギ 1,096ha、ヒノキ 122ha）では素材生産量に不足が生じるため、追加伐採を行う必要がある。追加伐採は、当該分期の資源状況を確認し、資源量の多い齢級から選択的に実施する。

(2) 結果

基本の試算前提では、期初（0分期期初）の蓄積が 441 m³/ha であったのに対し、期末（3分期期末）では 348 m³/ha まで低下し、現在の生産の中心となっている 10 齢級前後の蓄積が大幅に減少し、次の分期での生産量が減少することが懸念された。

そこで、林道（車道）からの距離で設定している伐採可能幅を設定の 200m から 50m ずつ拡大したところ、300m を少し超えたところで、期初の蓄積の水準を回復し蓄積は 441 m³/ha となった。（図-48 参照）

また、この時の齢級構成を確認すると、10 齢級前後の面積が回復しており、翌期の生産における懸念は当面解消され则认为られる。

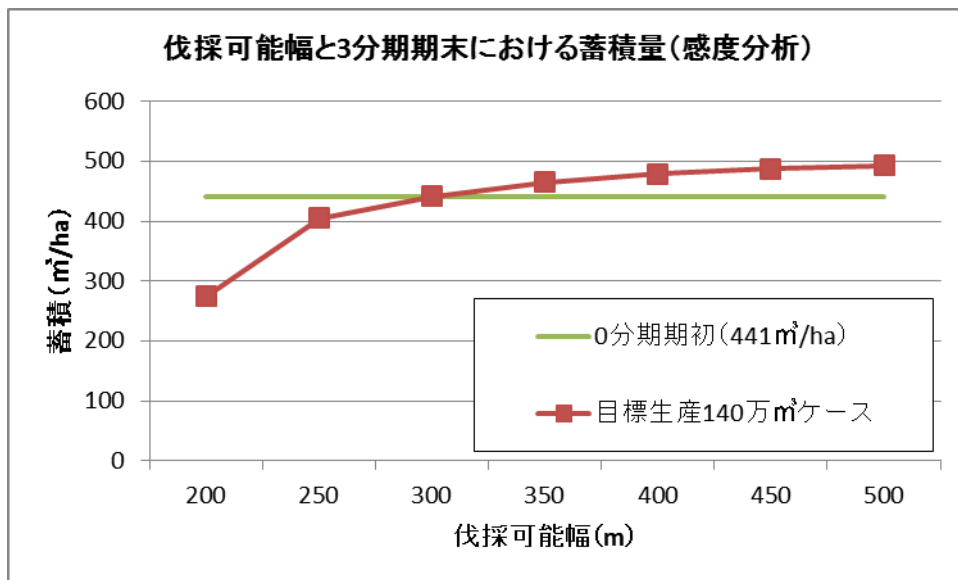


図-48 伐採可能幅の拡張と期末蓄積の変化

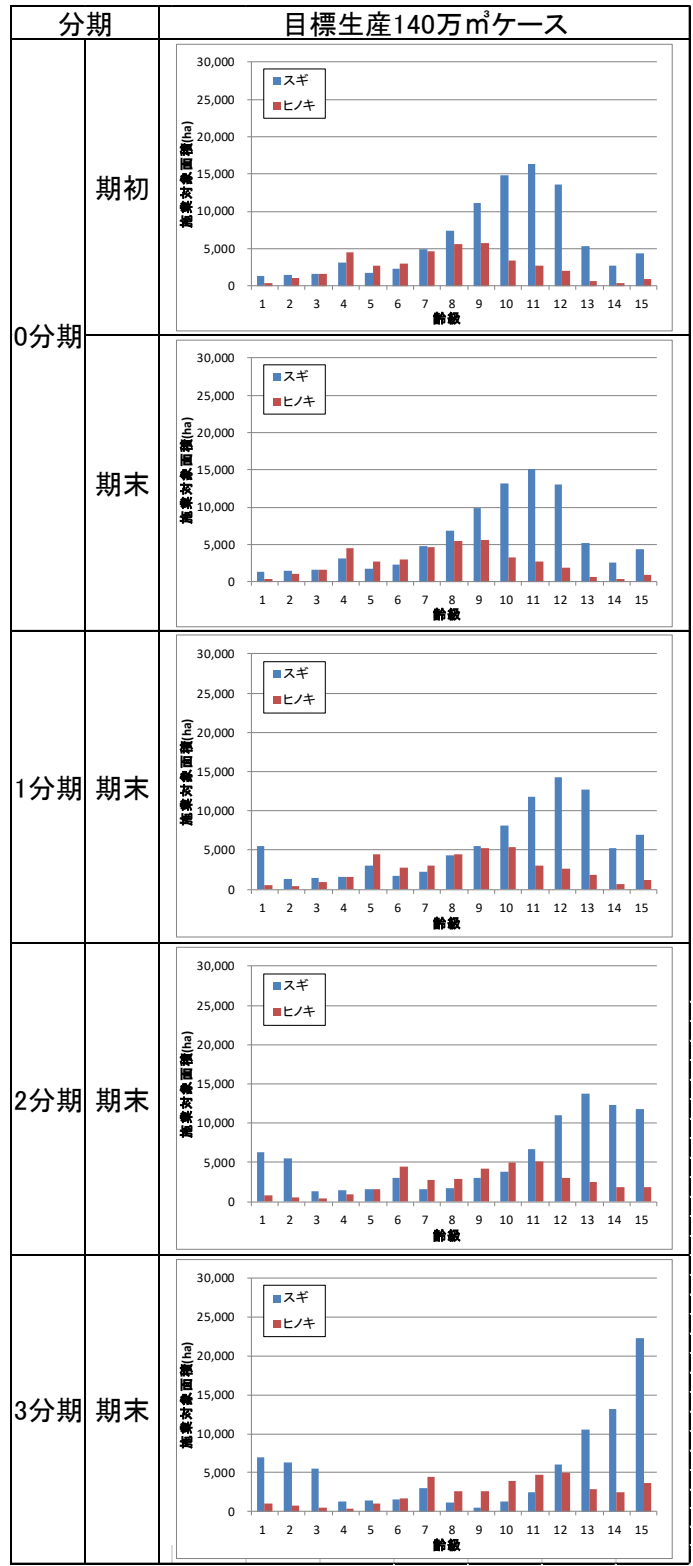


図-49 伐採幅300mまで拡張した場合の齢級構成

4. 4. 抽出された課題

推計シートを用いた分析を行った結果、推計の背景となる事象について、いくつかの課題が抽出された。

4. 4. 1. 高齢化の影響

生産目標量 140 万 m^3 を設定した場合において、分期が進むにつれ、伐採対象がより高齢側にシフトしていくことが確認された。また、効果的な施業対象面積の拡張がなければ、計画期間の翌期以降の生産に大きな影響があることが分かった。

この大きな要因は、高齢化により従来の生産の中心を担っていた 9-11 齢級の面積が減少していくことによる。素材生産量を目標に従い向上させるにあたり、従来通りの伐採性向を維持したまま伐採を拡大していけば、その齢級の資源は不足することとなる。

一方、高齢級には伐り残しが発生し、高齢化が一層進む上、災害リスクも増大すると懸念される。

現在、生産の主力となっている径級の材を確保しつつ素材生産目標を達成し、持続可能な林業を進展させるためには、各齢級の資源状況に配慮したバランスの良い生産を行い主力の生産材向けの資源を確保しながら、高齢級にも効果的に手を入れ新植も増加させていくということが可能となると考えられる。

4. 4. 2. 再造林との関係

増産を行うことで、主伐（皆伐）後の再造林にかかる労働量の増加、苗木の需要の増加が発生する。

これらの課題に対しては、低コスト造林が普及することで ha あたりの労働量、苗木の本数等が軽減されるという期待がある。

一方で、3. 3. 5. で確認したように現状でも苗木の需給はひっ迫しており、一部を人工造林せずに天然林へと誘導することで負担を軽減することも方策の一つと考えられるが、将来の生産基盤として生産と更新を計画的に行うことも重要な課題となる。

5. 課題と総括

5. 1. 推計シート活用上の課題

搬出可能材積量（素材生産量に相当）について目標値を設定した場合、現在の水準から増産を行う上での課題がこの推計シートを用いることで確認することができる。

一方、林道からの距離など設定上の課題がいくつか明らかになっており、実用化を進める上で解決すべき課題となる。

5. 1. 1 推計シートにおける設定上の課題

1) システム上の課題

(1) 林道の設定と施業対象面積の考え方

感度分析の結果から、林道の延伸の効果は制限林や天然林の割合などの影響で減衰してしまう結果となった。実際には人工林の所在を意識しながら林道の作設がなされていること、また林道に近くアクセス条件の良いところは優先的に人工林として利用されている可能性があると考えerことは経済合理性からも無理がない。一方で、GIS等の空間情報によらなければ都道府県という広い範囲で傾向をつかむことも難しい。

また、GIS情報と伐採届による施業履歴を重ね合わせることで、実際の伐採行動と林道からの距離の関係を確認することも技術的には可能である。

都道府県により森林GISデータの整備状況、利活用状況は異なるが、条件を整えばより現実に近い施業対象面積の抽出が可能となる。

また、制限林の重複についても、該当する地番等情報があれば、森林簿データとの照らし合わせで排除できると考えられる。

(2) 伐採可能幅の設定

伐採可能幅（林道（車道）からの距離）については、「路網整備の考え方」（林野庁資料平成27年9月）において、「立地条件等の良い森林の車道からの距離」は「200～300m程度」とされているが、4. 3. 2. に示した方策では350m～400m程度まで広げることになるため、コスト的に条件が変わる可能性がある。また、大分県では機械化が進んでいるため林道からの距離200mとなったが、架線系システムの場合は労働生産性とコストの面について見直す必要がある。

(3) 間伐スケジュールの設定

本推計では、間伐スケジュールは、大分県の各地域森林計画書に示された標準的な間伐林齢を参考に、システム収穫表 LYCS において、材積間伐率 30%とし収量比数が 0.8 以下となるように設定した場合の結果として示される間伐林齢を用いている。

本来は、地域の密度管理図を用いてスケジュールを作成する予定であったが、樹高曲線の入手ができなかったため、上述の手法を用いている。

LYCS で用いたデータは大分県収穫表と比較して成長率に違いがあるため、より厳密には樹高曲線式あるいはそれに代わるデータを用いて調整した方がより現実に近い値を得ることができる。

また、間伐実施率について、大分県では実際に主伐の割合が比較的高い水準にあるが、全国的な状況を考えると他の都道府県では、間伐中心の施業を実施している地域や、高齢級での収穫間伐を実施している地域もあるため、間伐についての地域の実情を考慮する必要がある。

(4) 燃料材利用割合の設定

本推計では、試算の前提とした燃料材採材割合が 20%で設定したが、実際には 30%程度とより高い可能性も指摘されており、1 割という不足分は調整が可能な範囲と考えることができる。しかし、現状すでに利活用が始まっており、実際の燃料材生産の現場への聞き取りなどにより実態に即した燃料材採材割合を把握し、燃料材利用可能量試算に適用する必要がある。

(5) 都道府県内の地域性の考慮

本推計シート上は、大分県の 4 つの地域森林計画区それぞれの成長モデルの差異を平均化せずに、計画区ごとの値を素材生産量への寄与度（素材生産に占める割合）で按分している。県内でも地域森林計画区ごとに成長モデルや生産の状況に地域差が大きい場合、県全体に一律の値を適用することで、推計値が実態から大きく乖離する可能性がある。

一方で単位を細分化しすぎると作業が煩雑になる上、俯瞰的な分析視点から逸脱し議論がより細部に入り込むことも懸念される。

既存のデータセット（齢級別資源状況、収穫表など）を用いて推計を行うにあたり、俯瞰的かつ現実をできる限り反映するために都道府県内の地域性を効果的な方法で試算に盛り込む必要がある。

2) 入力データ上の課題

(1) 収穫表と実際の蓄積の差異

今回の推計では大分県のデータを事例として参照したが、現状生産維持ケースにおいて、現状の伐採面積を適用した場合の主伐材積は実際の素材生産量よりも1割程度小さい値となった。

成長量の大きく異なっている4つの地域森林計画区の割合を現実の素材生産量への寄与度に基づき按分して、各齢級における面積あたりの蓄積を推計して用いても実際の素材生産量との乖離が生じてしまうことは推計上の課題である。

この背景として、当該地域の収穫表の蓄積 (m^3/ha) が現実よりも過小であることが想起される。収穫表が調整されてからかなりの年月が経過しており、収穫表作成以降の森林施業のあり方等によって収穫表と現実には差が生じること等があり、実際の蓄積は収穫表に比べ多いともいわれている。³¹

面積あたり蓄積が過小である中で目標となる素材生産量を確保しようとする、より多くの面積を主伐対象に組み入れる必要が生じてしまうため、資源状況による生産ポテンシャルを過小評価してしまう恐れがある。

今後、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）およびその他の調査・研究に基づく各都道府県における収穫表の見直しが実施されていけば、より現実に近い推計が可能となる。

(2) 伐採性向の把握

大分県では、近年、伐採届の取り扱いを強化しており、届出が徹底されていることから、集計データを用いて伐採性向の確認を行うことが可能となった。

しかし、伐採届はそもそも市町村に管理権限があるため、都道府県が直接管理するものではない。そのため、都道府県によってはデータの把握が同様にを行うことができない可能性がある。標準伐期齢自体も地域性があり、伐採性向も全国一律とは限らないため、当然のことながら大分県のデータを全国の代表値として用いることはできない。

例えば、都道府県を林業の産地特性で累計化し、伐採届データが充実した都道府県があればそれをモデルとして類型別の伐採性向を調整するなど、標準的な伐採性向を作成する手法およびその適用については今後の課題となる。

5. 2 今後の課題

³¹ 大分県ヒアリングより

本検討では、大分県を事例として、スギ・ヒノキを主体とした民有林・人工林からの木材生産量、燃料材供給可能量の推計は、現状生産量に対しても一応の適合性を持つと確認されたが、汎用的なモデルとするために、その他の都道府県を事例としてその有効性を確認する必要がある。

都道府県単位としたマクロな視点からこの推計ツールを用いるためには、細部に入り過ぎず、全体の傾向を俯瞰的に扱うことのできるモデリングを志向することが重要である。

5. 3. 総括

FIT 制度の導入により、これまで利用が進まなかった、間伐材等の林業由来の資源が活用されるようになり、地域資源である木材の有効利用のさらなる進展につながると期待されている。

一方で、燃料材の需要特性は、「20 年間、一定量の燃料を年間を通じて継続的かつ安定的に利用する」ものであるため、ひとたび発電所が稼働すれば、地域の林業関係者は長期に渡り燃料需要への対応が求められる。とはいえ価格水準としては他の用途に比べけっして高くない燃料材だけでは林業側も採算を確保することは難しいため、路網の効果的な延伸、低コスト林業の導入、教育・訓練、技術革新による生産性の向上など、長期的な視点での効果的な行政支援が不可欠となる。

本推計ツールは、都道府県を対象にその資源状況（民有林・人工林・スギ・ヒノキ）を背景（固定的な因子）として、林道の状況、機械化の進展度合い、生産目標、歩留、A～D 材比率等の設定条件（可変な因子）を用いて燃料材利用可能性量の推計を行い、その結果に連動して増減する労働量、苗木数などチェック項目（連動して変化する因子）を検討することで燃料材生産量と関連して想起される地域の課題の確認を行った。

正確な燃料材の推計が目的ではなくパラメータとして可変な因子とそれに連動する因子と燃料材発生量との関係性を明らかにすることで、対象地域において政策目標を検討する際の目安に資することに主眼を置いて作成をおこなった。

例えば、ある条件下で「不足」という結果が出ても、施業可能な条件の見直し、搬出歩留の向上、バイオマス材利用率の向上など設定条件の変更により推計精度の向上が見込めるが、重要なのはそれを地域で実現するための政策や行動にいかに関わり付けるかということであり、15 年という短い期間で対応が難しい場合はそこが制約となるため、利用見通しの見直しを行うなど結果と設定をフィードバックしながら、近い将来に向けた方針の決定を行うことができると期待される。

大分県を事例として、スギ・ヒノキを主体とした民有林・人工林からの木材生産量、燃料材供給可能性量の推計は、現状生産量に対しても一応の適合性を持つと確認されたが、樹種、主伐・間伐の比率等、全国各都道府県に適用するにはいまだ課題が多いものとなった。

戦後最大といわれる森林資源の充実を背景とし、燃料材をはじめとする木材資源の需要はますます高まりを見せている。この流れに翻弄されるのではなく、林業側が自律的に対応し活力ある成長産業として発展するためにも、中長期的な木材供給可能性量の把握は重要な課題となる。各地域の特性を考慮し長期的な視点からの効果的な林業施策が導入されることで、持続可能な森林資源の利活用に向けた環境作りが進展することが望まれる。

参考文献

- 興梠克久 (2013) 日本林業の構造変化と林業経営体－2010 年林業センサス分析－, pp.81-108, 2013-5
- 龍原哲, 小幡浩司, 箕輪光博 (1992) 流域における伐採の動向と素材生産量の予測: 福島県奥久慈川流域の事例. 森林計画学会誌, (19): 1-30.
- 木平勇吉 (1978) 現行保続計算の問題点. Diss. Shinshu University Library
- 久保山裕史ら (2012) 改訂 森林・林業・木材産業の将来予測
- 佐藤宣子, 中川遼, 正垣祐太郎 (2016) 木質バイオマス発電所稼働後の素材生産事業体の経営動向-大分県日田地域を事例に-. 林業経済研究, 62(1): 108-115
- 白石則彦 (1994) 林道からの距離別にみた森林施業の実態解析. 日本林學會誌 76.3: 218-223.
- 白石則彦, 大久保圭, 広嶋卓也 (2006) 森林資源の成熟度および保続可能性の評価手法に関する研究 森林計画誌, 40 No.2, '06
- 鈴木太七 (1972) 林業における確率過程論の応用 (I). 日本林學會誌, 54(7): 234-243.
- 鈴木太七 (1973) 林業における確率過程論の応用 (II). 日本林學會誌, 55(7): 234-237.
- 鈴木太七 (1966) 確率過程としての林分の遷移 (I). 日本林學會誌, 48.12: 436-439.
- 藤掛一郎 (1999) 伐採齢分布を用いた森林所有者の伐採行動への接近 (統一テーマ: 転換期における林業経済研究の課題, 1999 年春季大会論文). 林業経済研究, 45(1): 27-32.
- 藤澤秀夫 (1996) 「現代森林計画論」-その理論と実態分析-, 1996-10
- 松下幸司, 枚田邦宏, 藤掛一郎, 小野理 (1992) 伐採動向と木材供給予測方法に関する研究: 熊本県小国町の近年の動向. 鹿兒島大學農學部學術報告, 42: 149-163.
- 松下幸司, 藤原三夫, 岩田浩和 (1994) 伐採行動の統計的研究: 岐阜県における伐採齢の現状. 鹿兒島大學農學部演習林報告, 22: 51-67
- 松下幸司, 藤原三夫, 岩田浩和 (1995) 伐採行動の指標化に関する研究: 岐阜県の地域森林計画区別・市町村別伐採動向と地利条件. 鹿兒島大學農學部學術報告, 45: 97-109.

参考資料

表-i 既往検討における資源量推計方法一覧 その1

名称	対象	出力(単位)	算式	算式	算式	算式	算式	算式	算式	算式	
改訂試算手法	バイオマスタウン構想策定マニュアル(2008年3月)	林地残材	残材量(t)	-	$= \text{高材生産に伴う切捨て分} + \text{間伐事業に伴う切捨て分} \\ = \text{針葉樹高材生産由来}① + \text{広葉樹高材生産由来}② + \text{間伐由来}③ \\ ① 針葉樹高材生産由来の林地残材量 \\ ② 広葉樹高材生産由来の林地残材量 \\ ③ 針葉樹高材生産由来の林地残材量 \\ = \text{市町村別高材生産量}(m^3) \div \text{立木換算係数}(-) \times \text{未利用率}(-) \times \text{重量換算}(m^3 \rightarrow t)$	市町村高材生産量	-	一般社団法人木材産業振興会(製材統計調査・木材流通調査)結果)など	-	-	-
		間伐由来の林地残材	残材量(t)	-	$= \text{市町村別間伐面積}(ha) \div \text{残材発生率}(-) \times \text{重量換算}(m^3 \rightarrow t)$	市町村別間伐面積	-	一般社団法人木材産業振興会「森林センサス」など	-	-	-
	NEDO「バイオマス(2006年)」 http://apl.info.nedo.go.jp/biomass/about/06_kok.html	市町村別の林地残材	残材量(DW-t/年)	-	$= \text{都道府県別残存量}(DW-t/年) \times \text{当該市町村別森林面積}(m^2) \div \text{当該都道府県別森林面積}(m^2)$ $\text{都道府県別残存量}(DW-t/年) = (\text{ア} + \text{イ} + \text{ウ} + \text{エ} + \text{オ} + \text{カ} + \text{キ} + \text{ク} + \text{ケ} + \text{コ}) \div \text{当該都道府県別森林面積}(m^2)$ $\text{ア} = \text{主要樹種別残存量}(DW-t/年)$ $\text{イ} = \text{主要樹種別立木重量}(DW-t/年)$ $\text{ウ} = \text{主要樹種別立木重量}(DW-t/年) \times \text{密度}(t/m^3) \div 100(\%) - \text{含水率}(\%)$ $\text{エ} = \text{主要樹種別高材生産量}(t/m^3/年) \times 10^3(\text{単位換算 } m^3 \rightarrow t) \div \text{立木換算係数}(-) \times \text{密度}(t/m^3) \div 100(\%) - \text{含水率}(\%)$	主要樹種別高材生産量	-	一般社団法人木材産業振興会(製材統計調査)2009年度 18 年 木材需給報告書	-	-	-
		林地残材率	残材率	-	$= \text{針葉樹材率} \\ = \text{針葉樹材率} \div \text{針葉樹材率}$	針葉樹材率	-	一般社団法人木材産業振興会「森林センサス」など	-	-	-
緑の分岐改革推進機構第4分科会(第3回)資料(2011年2月)	林地残材	残存量	-	$= \text{市町村別森林面積}(\text{市町村別}) \times \text{市町村別残材率}(ha) \times \text{残材発生率}(-) \times \text{単位換算}(t/m^3)$	市町村別森林面積	-	一般社団法人木材産業振興会「森林センサス」など	-	-	-	
				$= \text{市町村別森林面積} \times \text{市町村別残材率}(ha) \times \text{残材発生率}(-) \times \text{単位換算}(t/m^3)$	市町村別森林面積	-	一般社団法人木材産業振興会「森林センサス」など	-	-	-	
	林地残材率	残材率	-	$= \text{市町村別森林面積} \times \text{市町村別残材率}(ha) \div \text{市町村別森林面積}(ha)$	市町村別森林面積	-	一般社団法人木材産業振興会「森林センサス」など	-	-	-	
	林地残材率	残材率	-	$= \text{市町村別森林面積} \times \text{市町村別残材率}(ha) \div \text{市町村別森林面積}(ha)$	市町村別森林面積	-	一般社団法人木材産業振興会「森林センサス」など	-	-	-	
千葉県「バイオマス活用推進計画(資料編)(2008年)」	主伐由来の林地残材	主伐林地残材量	-	$= \text{樹種別高材生産量}(m^3/ha) \times \text{樹種別人工林面積}(ha) \times \text{地上部バイオマスの残存率} \cdot 0.3 \times \text{各木材比重}$	樹種別高材生産量	-	一般社団法人木材産業振興会「森林センサス」など	-	-	-	
				$= \text{樹種別高材生産量}(m^3/ha) \times \text{樹種別人工林面積}(ha) \times \text{地上部バイオマスの残存率} \cdot 0.3 \times \text{各木材比重}$	樹種別人工林面積	-	一般社団法人木材産業振興会「森林センサス」など	-	-	-	
	間伐由来の林地残材	間伐林地残材量	-	$= \text{間伐位未利用材量}(m^3/ha) \times \text{間伐位面積}(ha) \times \text{材種に対する地上部バイオマス比率} \cdot 0.3 \times \text{生材比重} \cdot 0.81$	間伐位未利用材量	-	一般社団法人木材産業振興会「森林センサス」など	-	-	-	
	間伐由来の林地残材	間伐林地残材量	-	$= \text{間伐位未利用材量}(m^3/ha) \times \text{間伐位面積}(ha) \times \text{材種に対する地上部バイオマス比率} \cdot 0.3 \times \text{生材比重} \cdot 0.81$	間伐位面積	-	一般社団法人木材産業振興会「森林センサス」など	-	-	-	
千葉県「バイオマス活用推進計画(資料編)(2008年)」	主伐由来の林地残材	主伐林地残材量	-	$= \text{樹種別高材生産量}(m^3/ha) \times \text{樹種別人工林面積}(ha) \times \text{地上部バイオマスの残存率} \cdot 0.3 \times \text{各木材比重}$	樹種別高材生産量	-	一般社団法人木材産業振興会「森林センサス」など	-	-	-	
				$= \text{樹種別高材生産量}(m^3/ha) \times \text{樹種別人工林面積}(ha) \times \text{地上部バイオマスの残存率} \cdot 0.3 \times \text{各木材比重}$	樹種別人工林面積	-	一般社団法人木材産業振興会「森林センサス」など	-	-	-	
	間伐由来の林地残材	間伐林地残材量	-	$= \text{間伐位未利用材量}(m^3/ha) \times \text{間伐位面積}(ha) \times \text{材種に対する地上部バイオマス比率} \cdot 0.3 \times \text{生材比重} \cdot 0.81$	間伐位面積	-	一般社団法人木材産業振興会「森林センサス」など	-	-	-	
	間伐由来の林地残材	間伐林地残材量	-	$= \text{間伐位未利用材量}(m^3/ha) \times \text{間伐位面積}(ha) \times \text{材種に対する地上部バイオマス比率} \cdot 0.3 \times \text{生材比重} \cdot 0.81$	間伐位面積	-	一般社団法人木材産業振興会「森林センサス」など	-	-	-	
千葉県「バイオマス活用推進計画(資料編)(2008年)」	林野用バイオマス発生率	発生量	-	$= \text{高材生産量}(m^3/年) \div \text{市町村別森林面積}(m^2/年) \div \text{材種別森林面積}(m^2/年)$	高材生産量	-	一般社団法人木材産業振興会「森林センサス」など	-	-	-	
				$= \text{高材生産量}(m^3/年) \div \text{市町村別森林面積}(m^2/年) \div \text{材種別森林面積}(m^2/年)$	市町村別森林面積	-	一般社団法人木材産業振興会「森林センサス」など	-	-	-	
	林野用バイオマス発生率	発生率	-	$= \text{高材生産量}(m^3/年) \div \text{市町村別森林面積}(m^2/年) \div \text{材種別森林面積}(m^2/年)$	高材生産量	-	一般社団法人木材産業振興会「森林センサス」など	-	-	-	
	林野用バイオマス発生率	発生率	-	$= \text{高材生産量}(m^3/年) \div \text{市町村別森林面積}(m^2/年) \div \text{材種別森林面積}(m^2/年)$	市町村別森林面積	-	一般社団法人木材産業振興会「森林センサス」など	-	-	-	
地域独自の推定手法	福島県「バイオマス安定供給計画(2013年3月)」	林地残材+燃料用木材	利用可能量	-	$= \text{木材生産における林地残材量} + \text{森林再生事業による利用可能量}$ $\text{木材生産における林地残材量} = \text{高材生産量}(m^3/年) \times \text{林地残材率} \times \text{針葉樹の割合}$ $\text{森林再生事業(民有林)による利用可能量} = \text{産出量}(m^3/年) \times \text{燃料利用割合}$	木材生産量	-	一般社団法人木材産業振興会「森林センサス」など	-	-	-
		林地残材+燃料用木材	利用可能量	-	$= \text{木材生産における林地残材量} + \text{森林再生事業による利用可能量}$ $\text{木材生産における林地残材量} = \text{高材生産量}(m^3/年) \times \text{林地残材率} \times \text{針葉樹の割合}$ $\text{森林再生事業(民有林)による利用可能量} = \text{産出量}(m^3/年) \times \text{燃料利用割合}$	木材生産量	-	一般社団法人木材産業振興会「森林センサス」など	-	-	-
	福島県「バイオマス安定供給計画(2013年3月)」	林地残材+燃料用木材	利用可能量	-	$= \text{木材生産における林地残材量} + \text{森林再生事業による利用可能量}$ $\text{木材生産における林地残材量} = \text{高材生産量}(m^3/年) \times \text{林地残材率} \times \text{針葉樹の割合}$ $\text{森林再生事業(民有林)による利用可能量} = \text{産出量}(m^3/年) \times \text{燃料利用割合}$	木材生産量	-	一般社団法人木材産業振興会「森林センサス」など	-	-	-
		林地残材+燃料用木材	利用可能量	-	$= \text{木材生産における林地残材量} + \text{森林再生事業による利用可能量}$ $\text{木材生産における林地残材量} = \text{高材生産量}(m^3/年) \times \text{林地残材率} \times \text{針葉樹の割合}$ $\text{森林再生事業(民有林)による利用可能量} = \text{産出量}(m^3/年) \times \text{燃料利用割合}$	木材生産量	-	一般社団法人木材産業振興会「森林センサス」など	-	-	-
福島県「バイオマス安定供給計画(2013年3月)」	主伐由来の林地残材	利用可能量(m ³ /年)	-	$= \text{針葉樹材率} \times \text{針葉樹材率} \times \text{針葉樹材率}$	針葉樹材率	-	一般社団法人木材産業振興会「森林センサス」など	-	-	-	
				$= \text{針葉樹材率} \times \text{針葉樹材率} \times \text{針葉樹材率}$	針葉樹材率	-	一般社団法人木材産業振興会「森林センサス」など	-	-	-	
	主伐由来の林地残材	利用可能量(m ³ /年)	-	$= \text{針葉樹材率} \times \text{針葉樹材率} \times \text{針葉樹材率}$	針葉樹材率	-	一般社団法人木材産業振興会「森林センサス」など	-	-	-	
	主伐由来の林地残材	利用可能量(m ³ /年)	-	$= \text{針葉樹材率} \times \text{針葉樹材率} \times \text{針葉樹材率}$	針葉樹材率	-	一般社団法人木材産業振興会「森林センサス」など	-	-	-	
福島県「バイオマス活用推進計画(2013年3月)」	森林系(土壌残材、主伐の切捨て材、赤利用位材)	利用可能量(気量)	-	$= \text{針葉樹材率} \times \text{針葉樹材率} \times \text{針葉樹材率}$	針葉樹材率	-	一般社団法人木材産業振興会「森林センサス」など	-	-	-	
				$= \text{針葉樹材率} \times \text{針葉樹材率} \times \text{針葉樹材率}$	針葉樹材率	-	一般社団法人木材産業振興会「森林センサス」など	-	-	-	
	森林系(土壌残材、主伐の切捨て材、赤利用位材)	利用可能量(気量)	-	$= \text{針葉樹材率} \times \text{針葉樹材率} \times \text{針葉樹材率}$	針葉樹材率	-	一般社団法人木材産業振興会「森林センサス」など	-	-	-	
	森林系(土壌残材、主伐の切捨て材、赤利用位材)	利用可能量(気量)	-	$= \text{針葉樹材率} \times \text{針葉樹材率} \times \text{針葉樹材率}$	針葉樹材率	-	一般社団法人木材産業振興会「森林センサス」など	-	-	-	

表- ii 既往検討における資源量推計方法一覧 その2

名称	対象	出力(単位)	機能	推定式	推測入力値	入力値	出典	特記事項			
緑の分枝改革推進事業	栃木県「緑の分枝改革推進事業」	製材残材	利用可能量 (t/年)	-	【製材残材】 利用可能量(t/年)＝貯存量(t/年)×残材の利用率※(%) ※貯存量(貯蔵材)＝貯蔵材の利用率×貯蔵材の貯蔵量(貯蔵材)×貯蔵材の貯蔵期間(年) ※貯蔵材の貯蔵期間(年)＝貯蔵材の貯蔵量(貯蔵材)÷貯蔵材の貯蔵期間(年)×貯蔵材の貯蔵期間(年) ※貯蔵材の貯蔵期間(年)＝貯蔵材の貯蔵量(貯蔵材)÷貯蔵材の貯蔵期間(年)×貯蔵材の貯蔵期間(年)	残材未利用率	5.30%	-	-		
					製材品出荷量	0.55t/m3	-	-	-	-	
	静岡県「緑の分枝改革推進事業」	緑材 (=製材残材)	利用可能量 (GJ/年)	-	【緑材】 発電利用可能量(GJ/年)＝貯存量(GJ/年)×緑材等発生率(30%)×発電効率(17%) 熱利用可能量(GJ/年)＝貯存量(GJ/年)×緑材等発生率(30%)×ボイラ効率(85%) ※貯存量(年間の伐採量÷年間の森林成長量)×貯蔵期間(年) ※貯蔵期間(年)＝貯蔵材の貯蔵量(貯蔵材)÷貯蔵材の貯蔵期間(年)×貯蔵材の貯蔵期間(年) ※利用可能量には、年間の伐採量を1年間の森林成長量(貯蔵量)と仮定して、その値に緑材等発生率及び発電効率(熱利用の場合はボイラ効率)を乗じて算出。	緑材発生率	30%	-	出典不明		
					発電効率	17%	-	出典不明			
	富山県「緑の分枝改革推進事業」	スギの林地残材	利用可能量 (GJ/年)	-	利用可能量(t)＝貯蔵量※－マテリアル利用量－エネルギー利用困難量 ※貯蔵量(t)＝ha当りの材積×各市町村の対象面積(ha)×スギの全乾比重(0.37) ※スギの約8割にあたる284千haが森林であり、その約2割がスギを主体とした人工林であると記載あり 利用可能量(GJ/年)＝各バイオマスの乾重量(t)×単位発熱量(GJ/t)×0.85(ボイラ効率)	マテリアル利用量	-	-	-		
					エネルギー利用困難量	-	-	-			
	愛媛県「緑の分枝改革推進事業」	製材残材	利用可能量 (t/年)	-	【製材残材】 貯蔵量(t)＝発生量(t)－(製材工場原木消費量－製品出荷量)×比重(0.7t/m3) 利用可能量(t)＝貯蔵量－再利用率	製材工場原木消費量	-	-	-		
					製品出荷量	0.7t/m3	-	-	-		
		林地残材	利用可能量 (t/年)	-	【林地残材】 貯蔵量(t)＝発生量(t)－(各森林組合における主伐・間伐計画材積量－素材生産量)×比重(0.8t/m3) 利用可能量(t)＝貯蔵量－再利用率	発生量	-	-	-		
					発生量	0.8t/m3	-	-	-		
学術論文の推計手法		持続可能な森林経営を考慮した森林バイオマス収穫の可能性－栃木県東部地区の森林バイオマス資源を例として－ 山田ら(2012)、宇大環境 第48号(2012)論文 科上ら(2012)、宇大環境 第48号(2012)論文	森林バイオマス	伐採緑材ごとの収穫量 (m ³)	-	小班ごとの幹材積 (m ³ /ha) × 伐採率 × 抽出率 × 面積(ha) × バイオマス率 ※森林バイオマスとは、初期間伐では、切捨て間伐によって林内に放置される幹材。 また2 間目間伐(利用間伐)、主伐では、用材として輸出できず、林内や土場に放置される小径木、曲り材、束木残材である。	小班ごとの幹材積	-	独自データ	栃木県より提供された小班別のshapeデータに樹種、林齢、樹高の属性を付けたもの	収穫量を参考に、樹種、林齢、地位からそれぞれ小班ごとに幹材積(m ³ /ha)を算出
						抽出率	林齢25: 25% 林齢40: 35% 林齢60: 100%	独自データ	栃木県内で伐採市町村の森林組合の調査資料より	2 間目間伐と主伐の抽出率100%は、材積表の値が幹材積であるため、抽出率を算出することを考慮したため	
		栃木県東部地区における木材と林地残材の資源推定モデルの構築 山口ら(2010)、Journal of the Japan Institute of Energy, 2010 89, 982-995 (2010)	林地残材	伐採緑材ごとの収穫量 (t)	-	樹種・林齢・地位ごとの蓄積 (m ³ /ha) × 伐採率 × 抽出率 × 面積(ha) × 林地残材率 × 容積比 (t/m ³) ※林地残材とは、初期間伐では、切捨て間伐によって林内に放置される束木。 また2 間目間伐(利用間伐)、主伐では、用材として輸出できず、林内や土場に放置される小径木、曲り材、束木残材である。	樹種・林齢・地位ごとの蓄積	独自データ	スギ林分: 北関東・阿武隈低地スギ林分分枝残材より ヒノキ林分: 関東地方ヒノキ林分分枝残材より	-	-
						抽出率	林齢25: 25% 林齢40: 35% 林齢60: 100%	独自データ	栃木県内で伐採市町村の森林組合の調査資料より	2 間目間伐と主伐の抽出率100%は、材積表の値が幹材積であるため、抽出率を算出することを考慮したため	
		栃木県における森林資源管理を用いた林地残材発生量と収穫可能量推定モデルの構築 山口ら(2011)、Journal of the Japan Institute of Energy, 2011 90, 982-990 (2011)	林地残材	発生量 (t)	-	各小班の幹材積 (m ³) × 伐採率 × 抽出率 × 材種率(C・D材) × 容積比 (t/m ³)	容積比	0.68	みかも森林組合、住友大森メント「木質バイオマス資源」調査に関する調査報告(非公開)	-	-
						材種 (C・D材)	-	-	-	-	

表- iii 既往検討における資源量推計方法一覧 その3

学舎、論文の推計手法	名称	対象	出力(単位)	数値	推定式	推測入力値	入力値	抽出	推定基準
		福島県いわき相双地域における木質バイオマス利用システムの検証 小山S(2013),農村計画学会誌 Vol. 32, No. 1 2013年6月	木質バイオマス	利用可能量 (dry t/年)	-	=各樹種の[年間利用可能量(m ³ /年)×容積密度(dry t/m ³)]の和	年間利用可能量	小班の材積量	統計データ
						容積密度	-	-	-
						樹種別齢級別面積 (ha)	-	独自データ	福武地区の森林簿のデータ
						材積間伐率	7.9, 11齢級=30% 14, 17齢級=25%	-	-
						短伐期面積	林齢70年生以下の人工林の総面積から林齢71年生以上の人工林の面積割合を控除した面積	独自データ	福武地区の森林簿のデータ
						長伐期面積	林齢71年生以上の人工林の面積	独自データ	福武地区の森林簿のデータ
						用材・土壌残材割合	65%, 35%	独自データ	豊田森林組合の聞き取り調査より

