

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

2017年3月

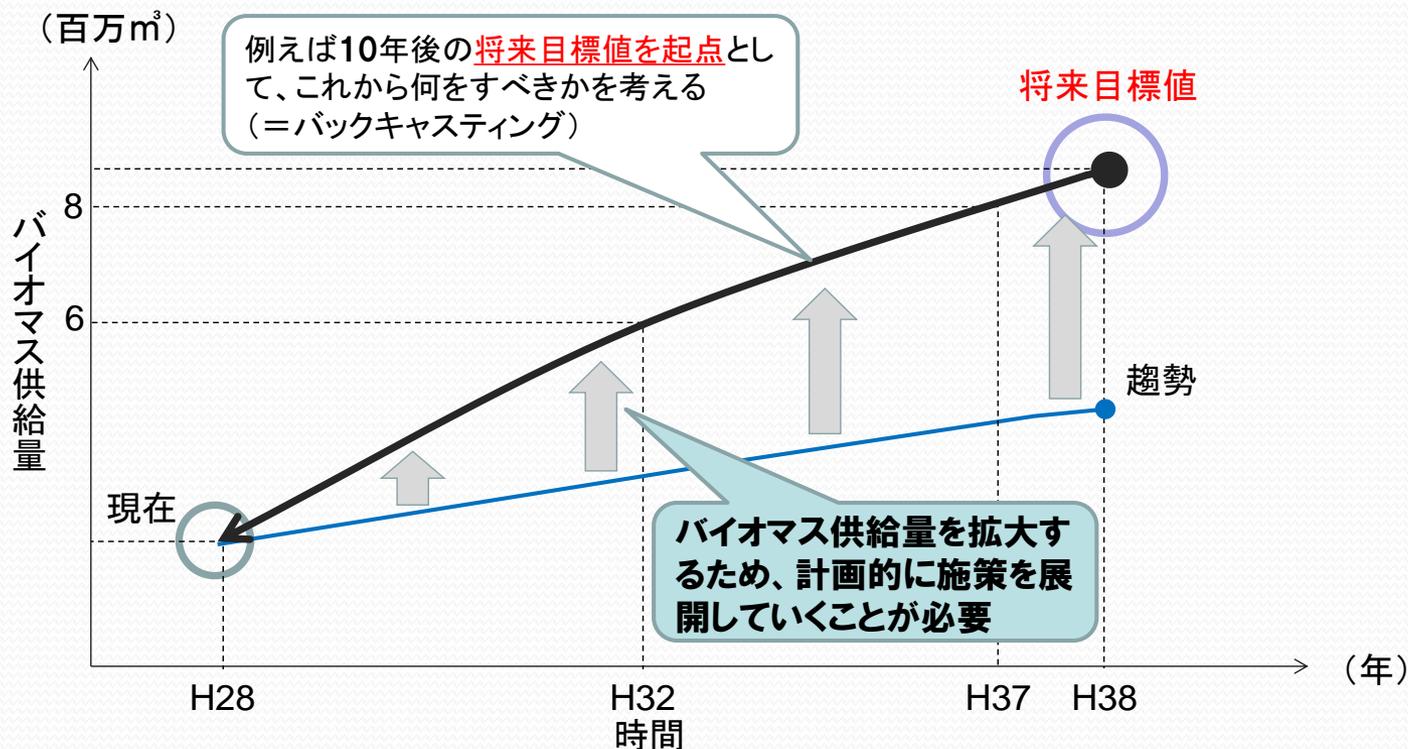
国際航業 株式会社

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

都道府県を単位として、政策効果が発現されていく15年を目安として将来の生産目標に対して実現可能性を持った供給計画を作成するために、関連因子の検討を行う。また、生産目標に対して実現可能性を持った推計を行うことで、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



1. 事業の概要

1.2 木質バイオマス燃料材を取り巻く背景

① 森林・林業基本計画における需要見通し

「森林・林業基本計画（H28年5月閣議決定）」によれば、
国産の木質バイオマス燃料材の利用目標は、需要の多くを国産材による供給で
満たすという計画

現状に比べ 素材生産量は2倍 燃料材は4倍

<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

いかにして目標を達成するか？

1. 事業の概要

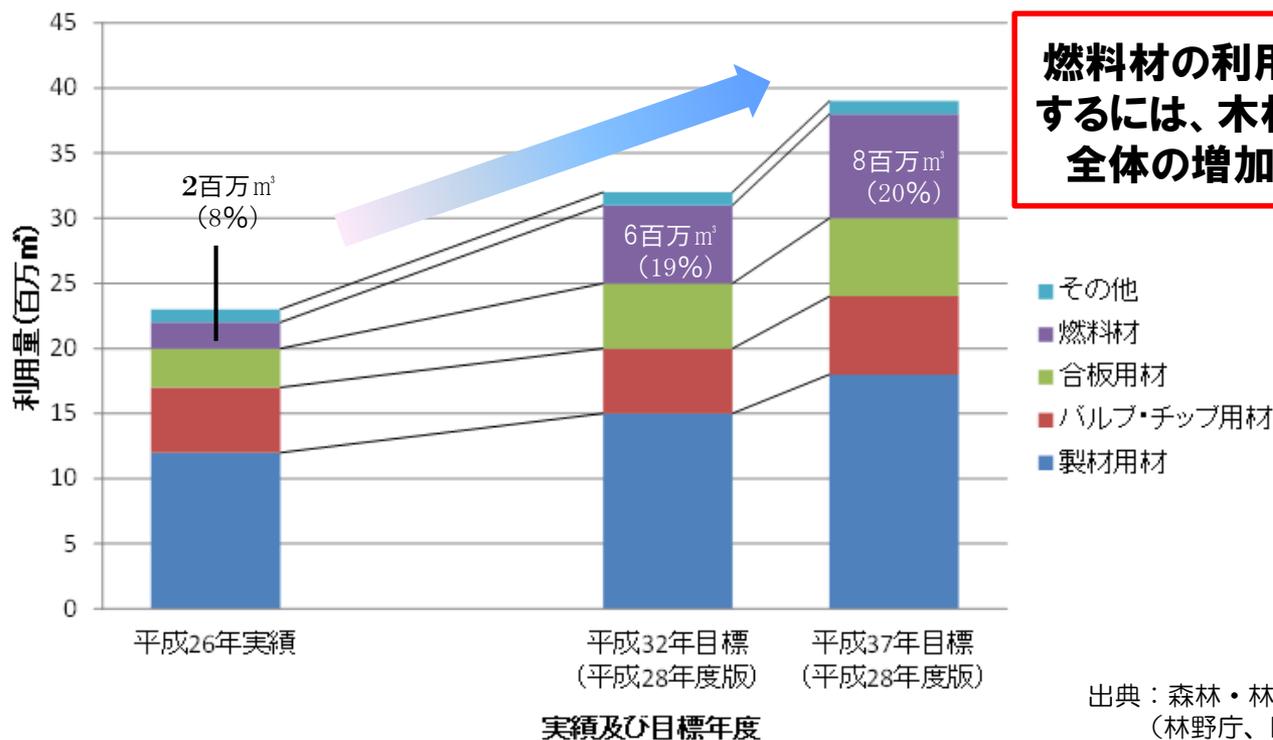
1.2 木質バイオマス燃料材を取り巻く背景

②燃料材としての位置づけと利用目標達成に向けた考え方

各地域市場においても生産量の増加にともない従来からの主要生産物である製材等向けの材も増加する

→中長期的な見通しをもって

需給をめぐるさまざまな課題に対し備える必要がある



1. 事業の概要

1.2 木質バイオマス燃料材を取り巻く背景

③燃料材の内容の整理

「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」が規程する木質材料の区分にしたがい、『国産材の森林由来（国有林・民有林）の主伐・間伐材』を対象とする。

発電用バイオマス証明ガイドラインが規定する、木質材料の区分

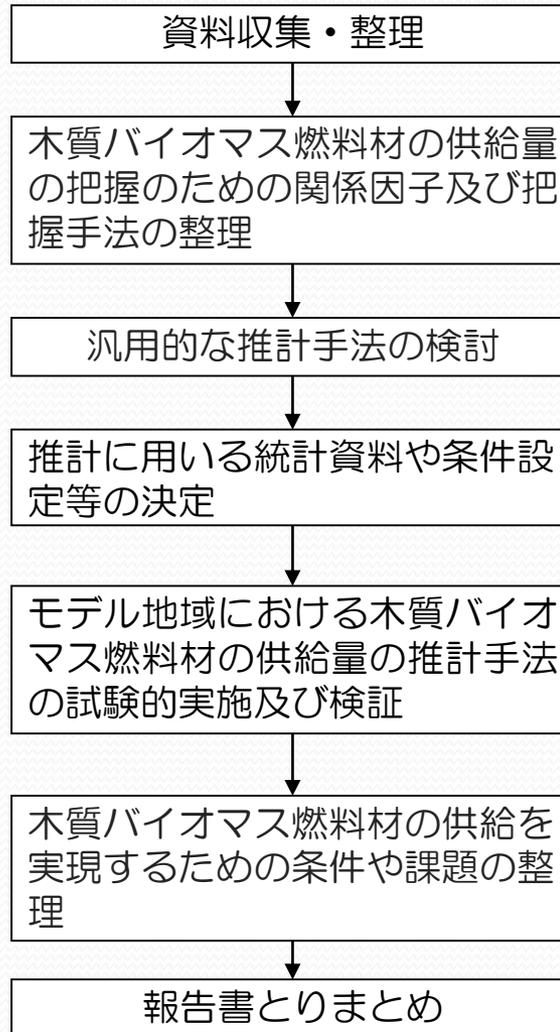
				直接燃料に加工		工場 廃材	建築 廃材
				間伐	主伐		
国産材	森林以外由来			[Green]		[Light Green]	[Orange]
	森林由来	民有林	その他	[Dark Green]	[Light Green]		
			経営計画外		[Light Green]		
	国有林	保安林	経営計画	[Dark Green]	[Light Green]		
			その他	[Dark Green]	[Light Green]		
				[Dark Green]	[Light Green]		
輸入材				[Green]	[Light Green]	[Orange]	

本事業の
検討範囲

-  証明書の連鎖があれば間伐材等由来の木質バイオマス、そうでなければ建築資材廃材
-  証明書の連鎖があれば一般木質バイオマス、そうでなければ同上
-  建築資材廃材

2. 木質バイオマス燃料材の推計方法

2.1 検討フロー



2. 木質バイオマス燃料材の推計方法

2.2 都道府県のバイオマス利活用計画等における推計

都道府県のバイオマス利活用計画（緑の分権改革事業）や有識者の研究論文からの方法を整理した結果を整理

① 推計の対象となる項目

② 主な推計方法（類型化）

対象
林地残材（主伐由来）
林地残材（間伐由来）
林地残材（樹種・林齢・地位）
土場の林地残材
製材残材

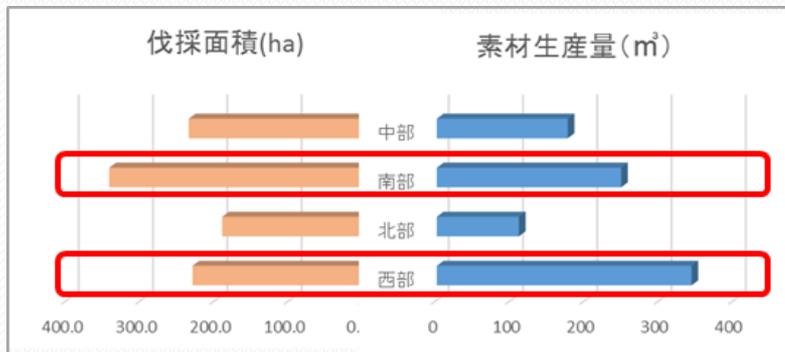


出力
利用可能量
賦存量
収穫量

推計パターン	概要
（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
素材生産量×残材率	樹木別生産量に残材率を乗じて算出
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
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
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

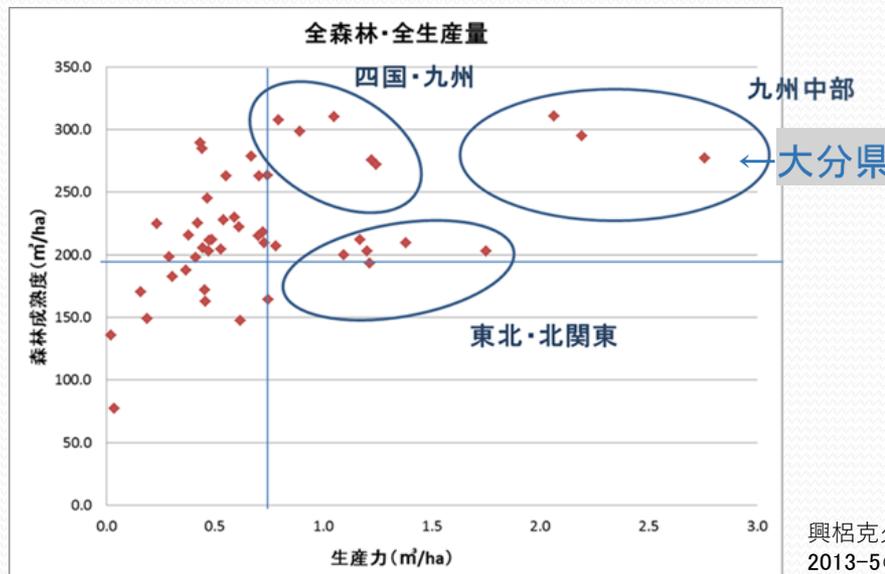
2. 木質バイオマス燃料材の推計方法

2.3 試算の前提 ①森林資源の生産力とは



いずれも平成25年度

なぜ、伐採面積と素材生産量が対応しないのか？

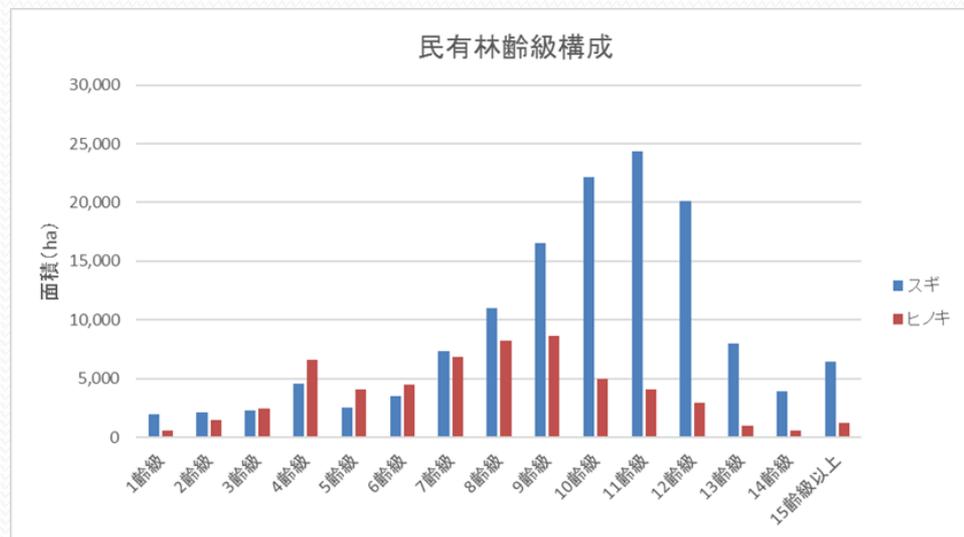
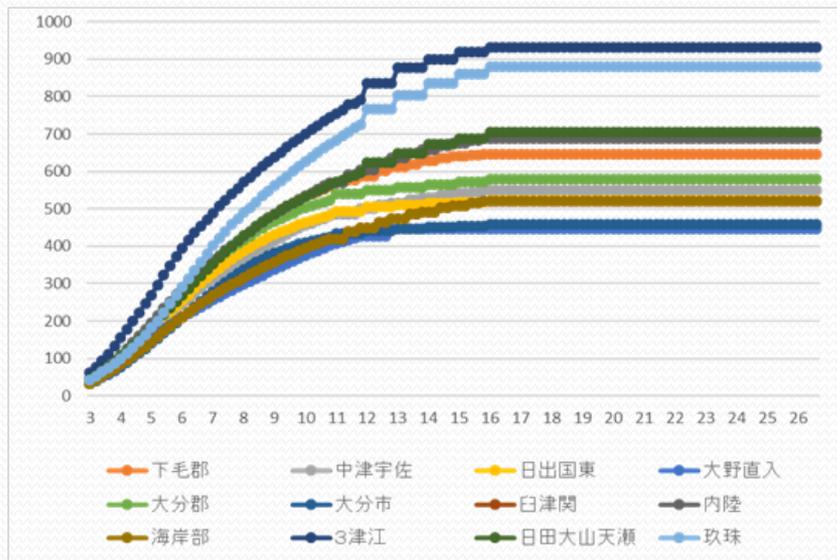


森林の生産ポテンシャルの違い

森林成熟度とは、蓄積/森林面積（全森林）、生産力を素材生産量（全樹種）/森林面積（全森林）であらわしたもの。haあたり蓄積は、資源の成熟状況を反映し、森林面積あたりの素材生産量は、その地域での実際の生産能力を示す（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。

2. 木質バイオマス燃料材の推計方法

2.4 試算の前提 ②森林の成長と齢級構成

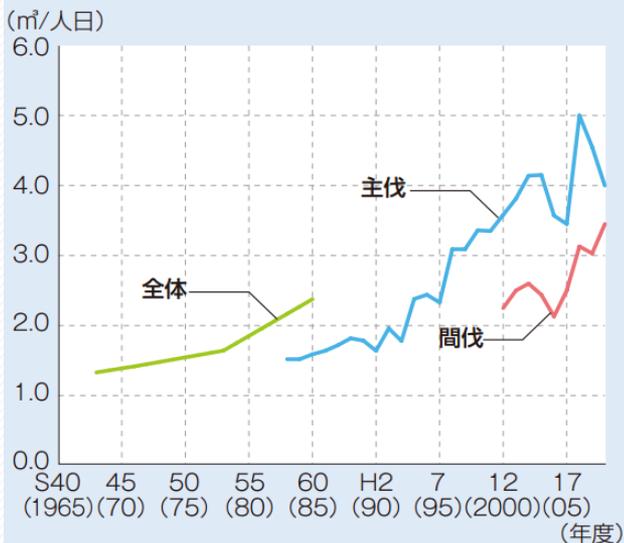


ポテンシャルを考えると
対象地域の成長予測と現況の齢級構成について把握することが重要

2. 木質バイオマス燃料材の推計方法

2.5 試算の前提 ③生産手段としての間伐と主伐

図 I-4 我が国の素材生産の生産性の推移



資料：農林水産省「林業動態調査報告書」、林野庁業務資料
注：昭和43(1968)年・昭和46(1971)年・昭和53(1978)年・昭和60(1985)年の数値(緑色)は主伐・間伐を含む全体の平均。これらの数値と、昭和57(1982)年以降の数値(赤色・青色)とは集計方法が異なる。

平成22年林業白書より

主伐（皆伐の場合）と間伐では、
m³あたりの労働生産性、haあたりの生産量が大きく異なる。
該当する地域の生産方針の確認が必要

主伐（皆伐）の場合、
haあたり400-500m³程度
（伐採林齢により異なる）



いずれも筆者撮影



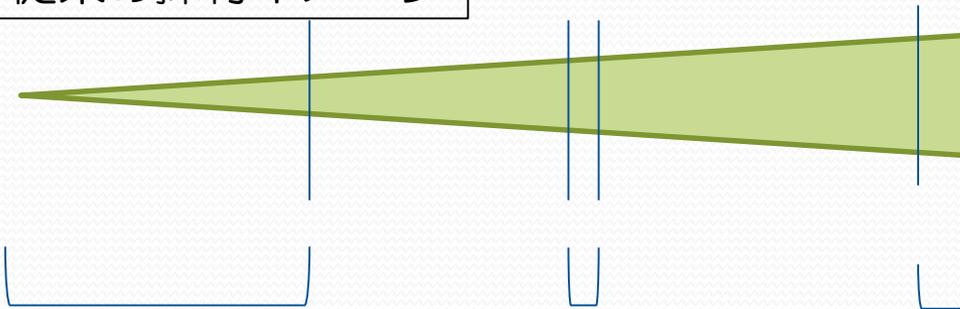
間伐の場合、
haあたり50-80m³
（間伐林齢、
間伐率により異なる）

2. 木質バイオマス燃料材の推計方法

2.6 試算の前提となる考え方

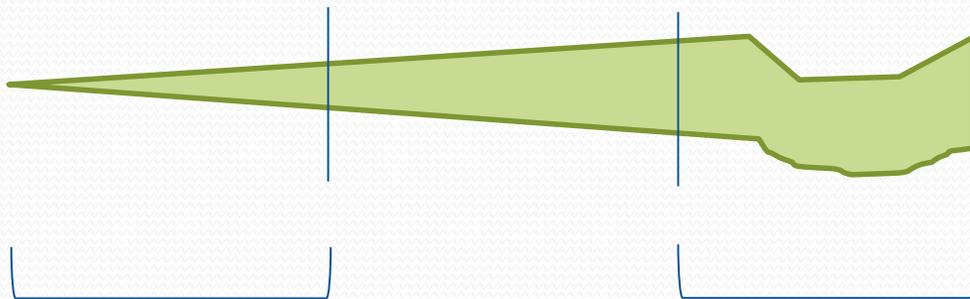
④燃料となる部分はどこか

従来の採材イメージ



従来の試算では、
製材向けの材長3,4m材を採るための
間の短材部分（タンコロ）、梢端部が
バイオマスとして認識され、
割合は5～10%程度

曲がり材の採材イメージ



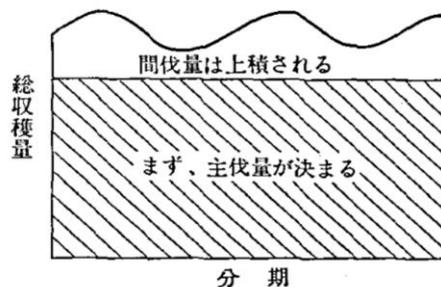
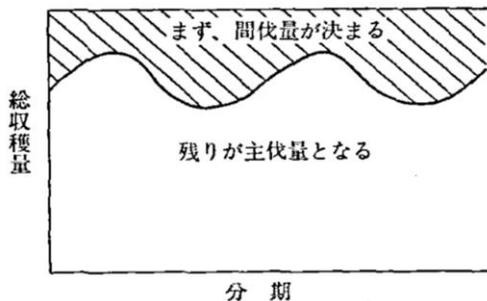
実際にバイオマス利用が始まっている
地域では、

- ・販売先ができたことで、歩留まりを向上させ搬出する低質材が増えた
- ・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

そのため割合として
燃料として利用される材の割合が向上
している可能性も指摘されている。

2. 木質バイオマス燃料材の推計方法

2.7 生産量を決定する(間伐量と主伐量の割り当て)



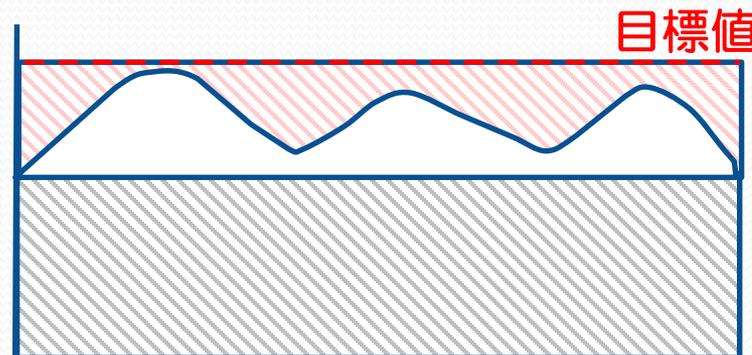
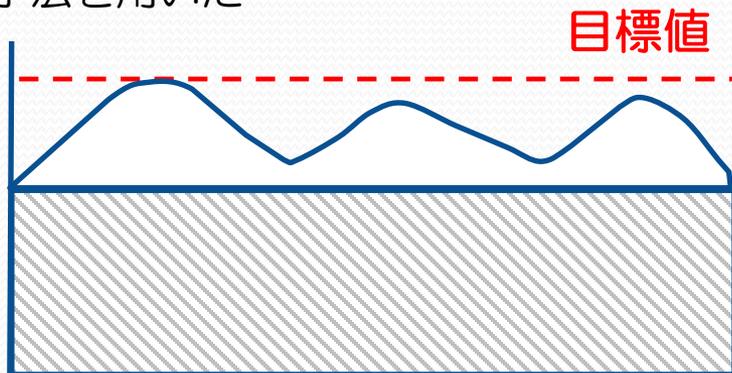
木平 (1978) より

間伐は、育林上の必要性に応じて必要な時期に必要な割合で行う
→目標を割り当てる性質のものではない

間伐実施時期の例

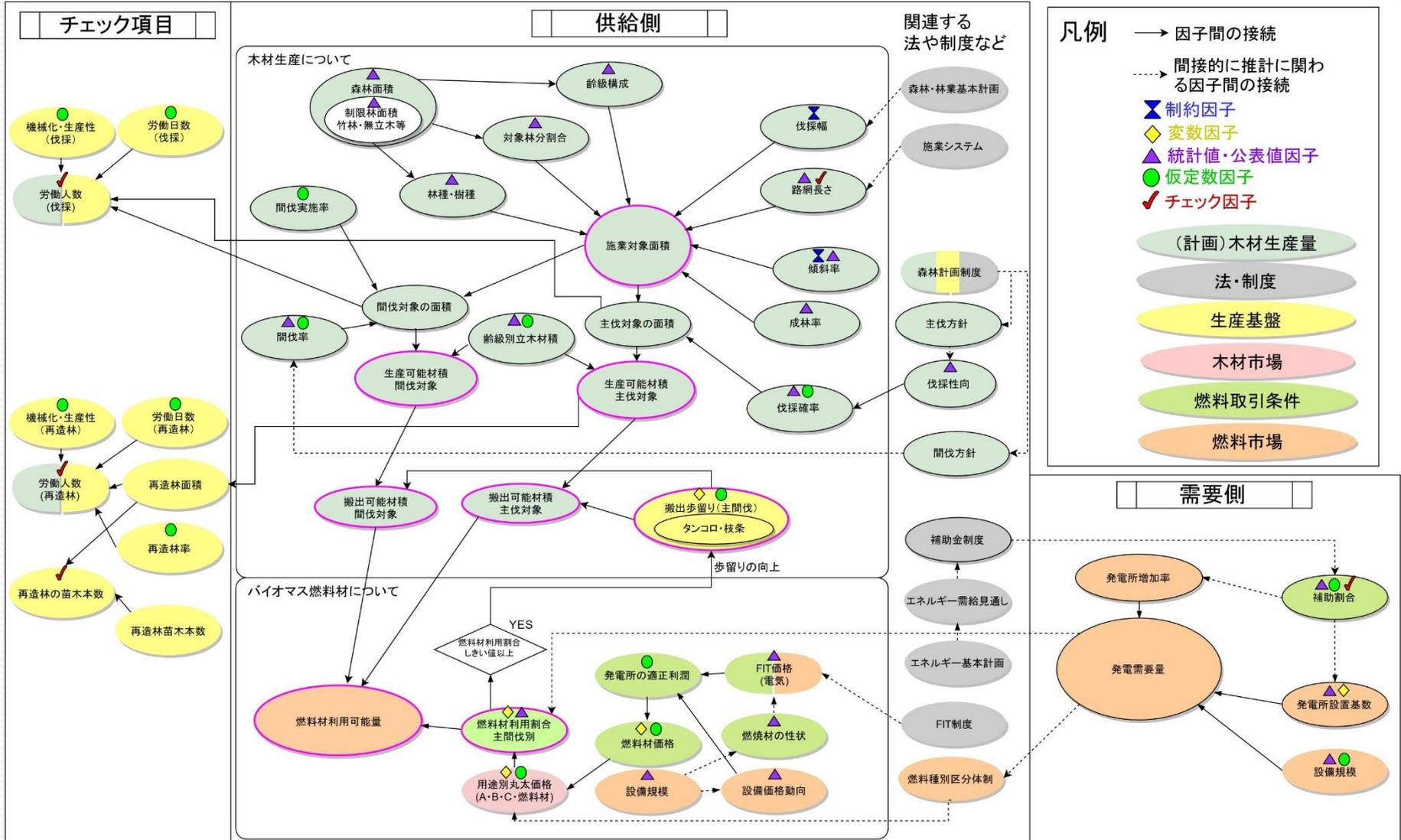
間伐実施時期					
樹種	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
スギ	15~20	20~30	30~40	(40~50)	(50~60)
ヒノキ	20~25	25~35	35~45	(45~55)	(55~65)

本検討では、主伐量（伐採性向から導いた伐採確率）と間伐量（スケジュールに応じた間伐）による収穫量を目標値に照らし合わせ、不足分を資源量の多い齡級から収穫することとした。2段階で、目標値を達成する割り当てを行うことで、伐採性向と実際の資源状況のギャップを埋める手法を用いた



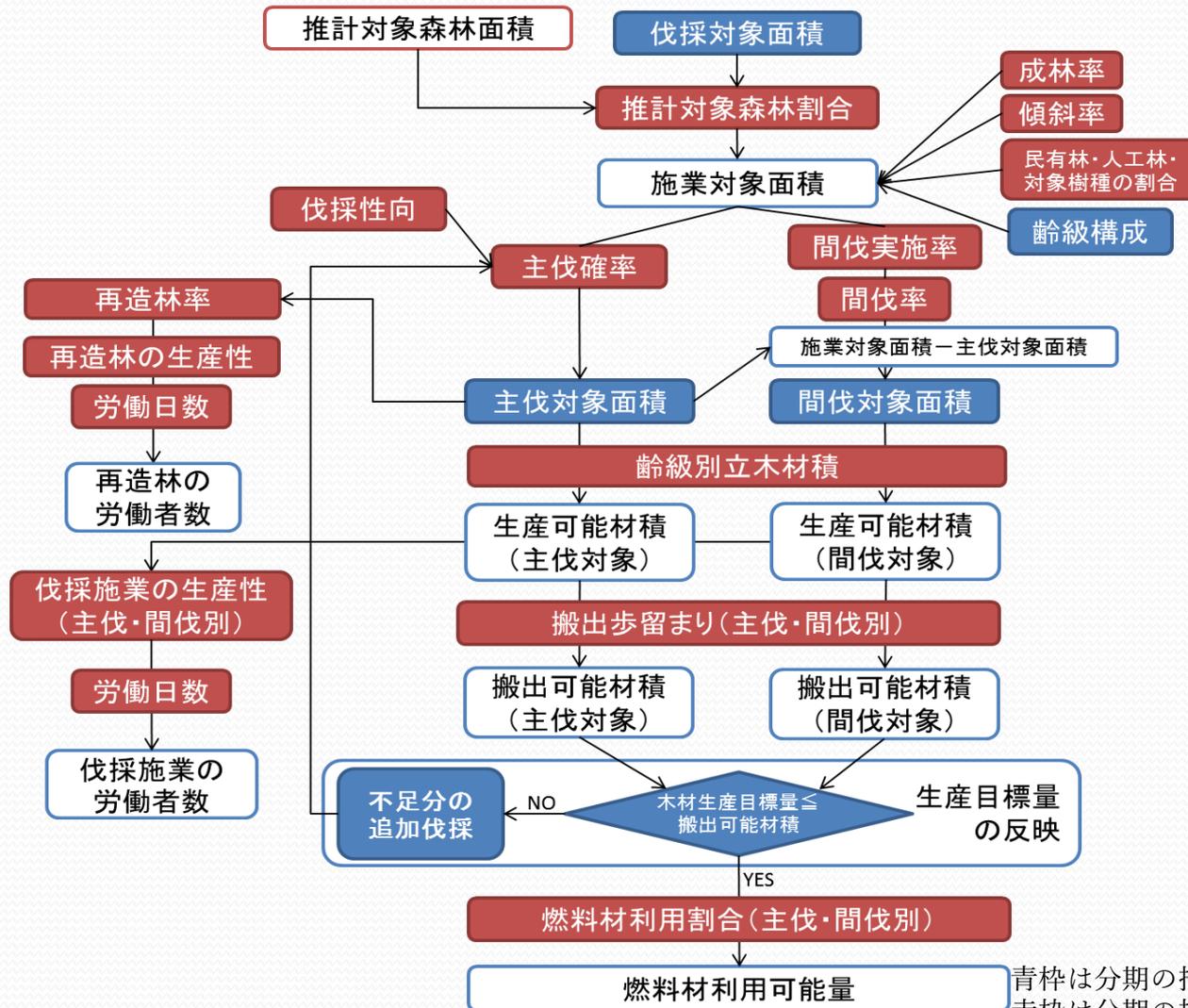
3. 推計ツールの作成

3.1 本件における推計方法(因子分析・連関図)



3. 推計ツールの作成

3.2 本件における推計方法(推計フロー)



3. 推計ツールの作成

3.3 具体的な都道府県を事例とした検討

本検討では、

- すでにバイオマス発電所が複数導入されている
- 素材生産が盛んである

という点から、大分県を事例として推計を行った

主な使用資料

①統計書

「大分県林業統計」（平成21年度版～平成26年度版）

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」

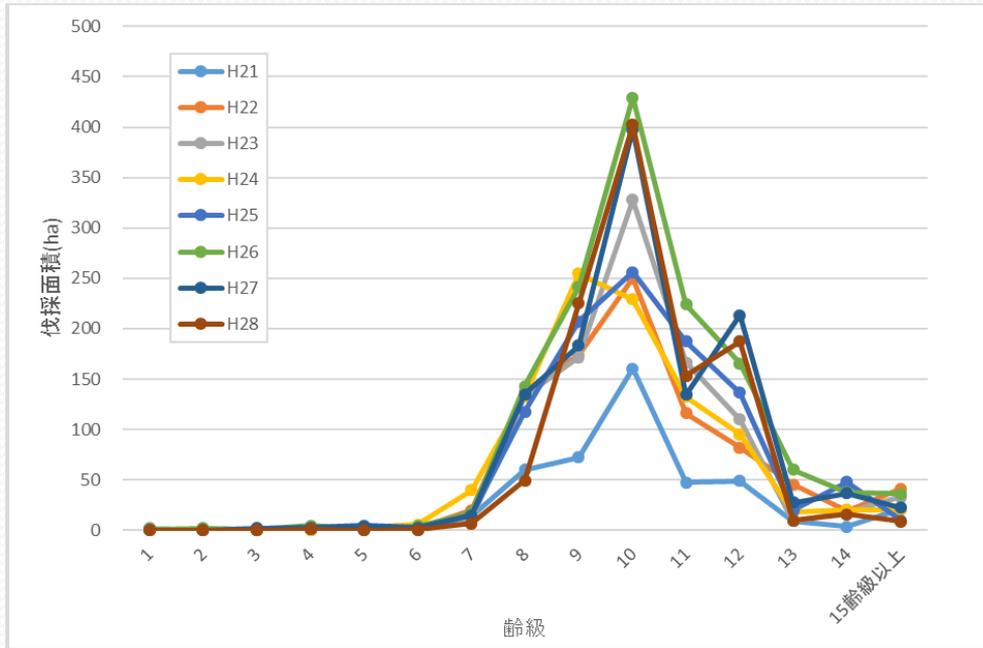
③その他管理方針に関する資料

「次世代の大分森林（もり）づくりビジョン」平成25年6月

このほか、伐採届データ、GIS（林道）データ等のご提供をいただいている。

3. 推計ツールの作成

3.4 対象地域の状況(伐採性向)



- 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%)を除き、スギ・ヒノキについての伐採届8717件（平成21～平成28年度）をサンプルとして抽出した。

地域性を反映した推計を行うために、実際の伐採届を提供いただき、樹種別、年齢別の伐採性向を求めた。

（傾向）

- スギの全県の平均では、10齡級をピークとして、紡錘型を示す（左上図）。ヒノキについてはスギに比べてやや9齡級よりのピークが見られた。

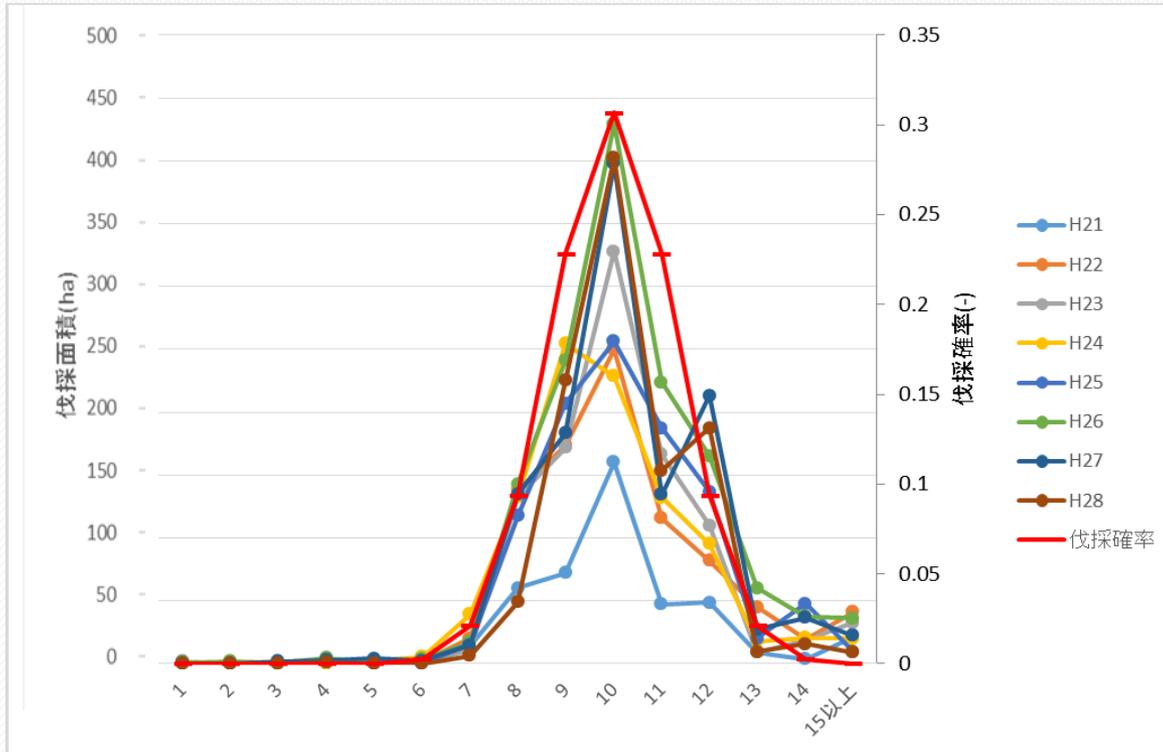
- 平成25年以降では、12齡級における伐採面積が増加している。

- 素材生産の推移を考慮すると平成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。

→平成22年～平成27年（うち後半5年間の平均）のデータを用いることとし、伐採確率を求めた

3. 推計ツールの作成

3.5 対象地域の状況(伐採確率)



正規分布式

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

樹種別係数

スギ $\sigma : 1.3$
 $\mu : 10$

ヒノキ $\sigma : 1.6$
 $\mu : 9.5$

・スギの齢級別伐採面積から年度に関わらず10齢級にピークがあることから、伐採確率を正規分布より作成した。ヒノキについても同様に作成した。ヒノキの場合は、9齢級よりにピークがあった。

・ただし、推計分期の推移による分布の変化は考慮していない。

3. 推計ツールの作成

3.5 生産量導出のための調整

算出方法

①不足分の算出

不足分 = 木材生産目標量 - 搬出可能材積量

②追加採材に用いる分布作成

該当分期の齡級面積分布より作成。

各齡級の採材分布 = 各齡級の面積 / 総面積

上記の採材分布を①の不足分に合わせて倍率修正し作成。

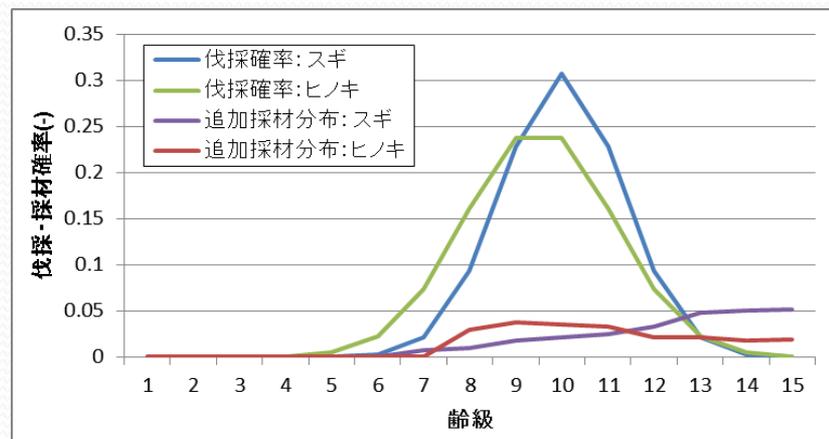
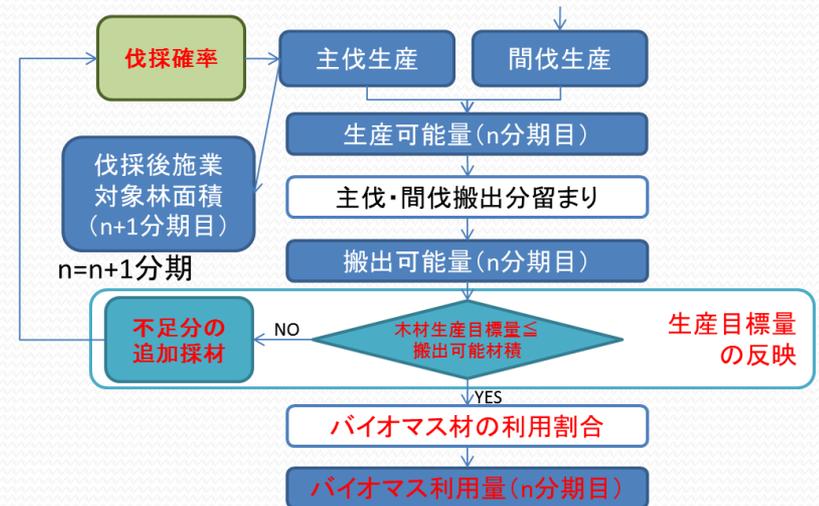
③追加採材の算出

②で作成した採材分布に施業対象面積を乗ずる。

各齡級の追加採材量 = 採材分布 × 施業対象面積

・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が変化し、搬出可能材積が木材生産目標量に正確に一致しない。エクセル上の計算で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として調整した。

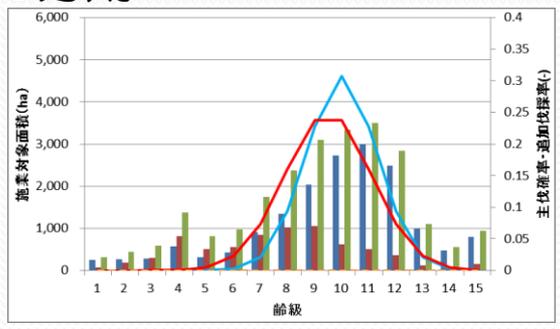
・追加採材によって、施業対象面積以上伐採してしまい伐採後の面積がマイナス値になるような場合は、「伐採の増加によっても到達できない」とし0となるよう設定した。



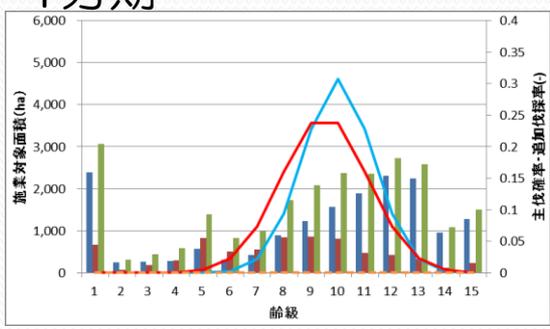
4. 推計結果と考察

4.1 基本ケースにおける対象面積と伐採確率の推移

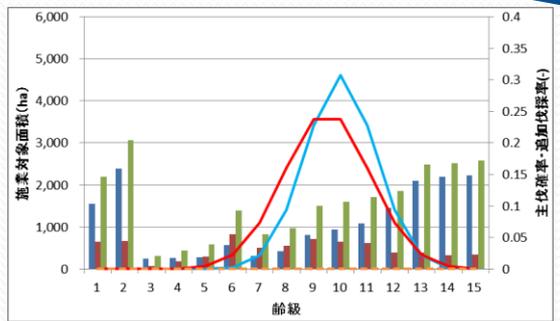
0分期



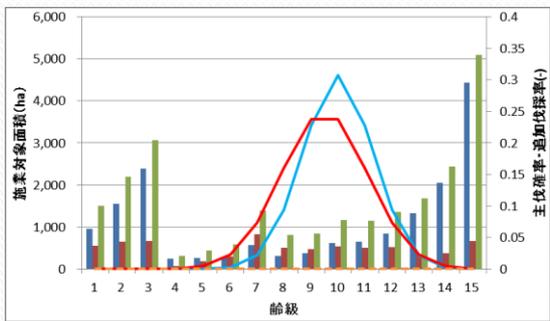
1分期



2分期



3分期



施業対象面積

- スギ
- ヒノキ
- 合計

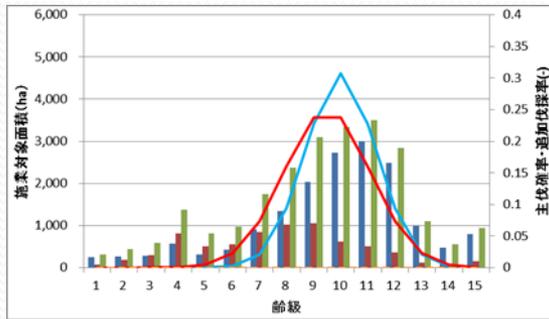
- 主伐確率分布: スギ
- 主伐確率分布: ヒノキ
- 追加伐採分布: スギ
- 追加伐採分布: ヒノキ

3. 推計結果と考察

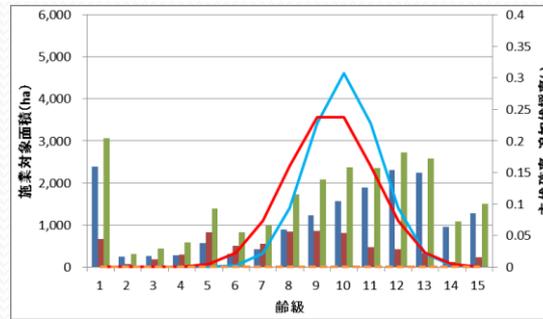
4.2 素材生産目標量100万 m^3 ケース

における対象面積と伐採確率の推移

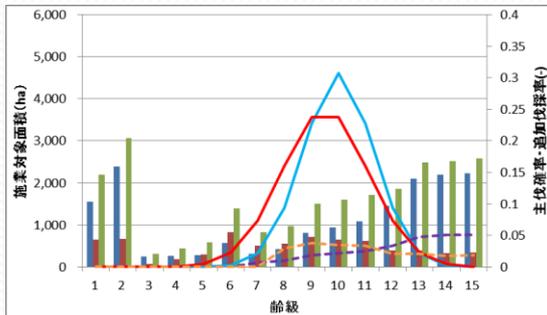
0分期



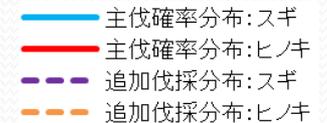
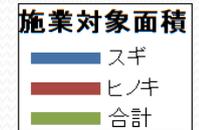
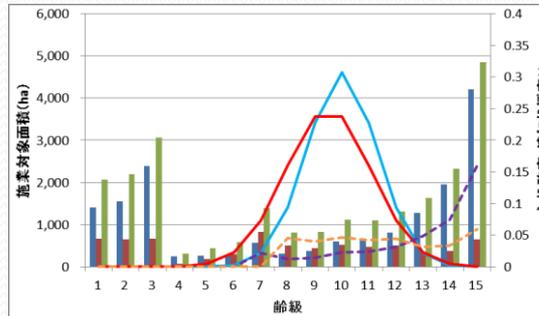
1分期



2分期



3分期

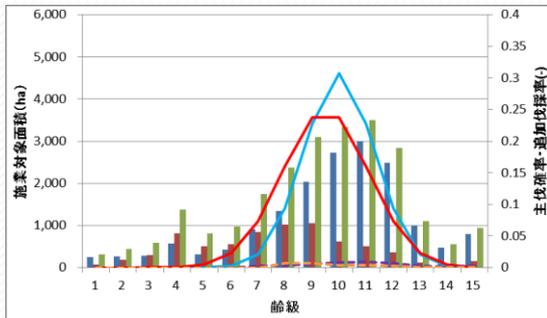


3. 推計結果と考察

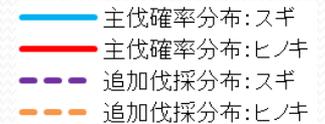
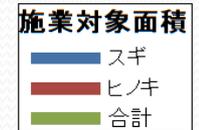
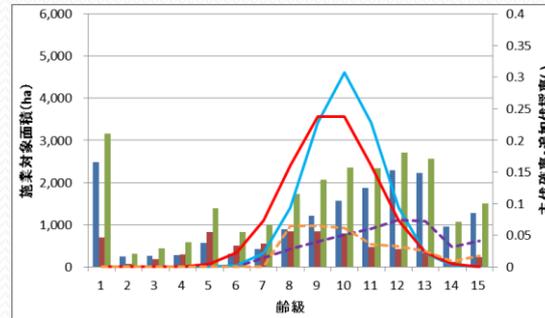
4.3 素材生産目標量140万 m^3 ケース

における対象面積と伐採確率の推移

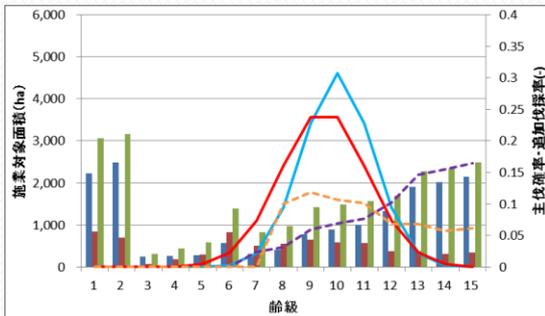
0分期



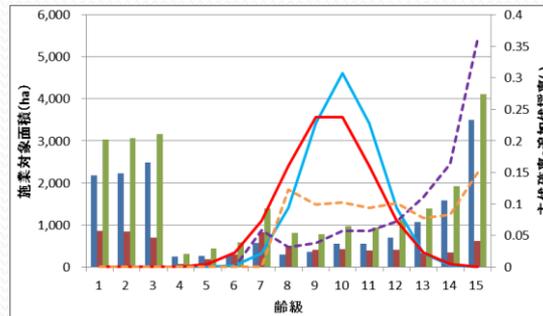
1分期



2分期

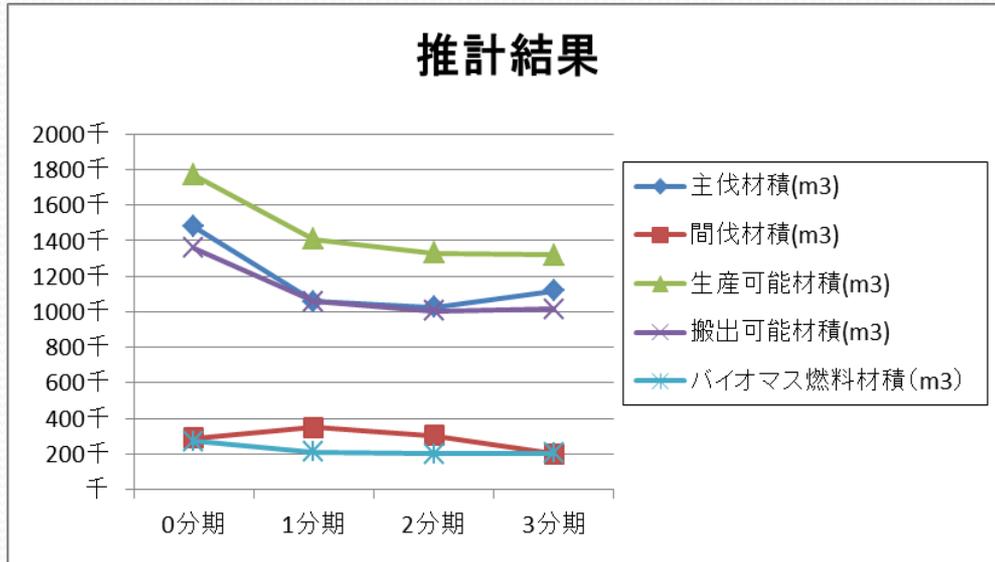


3分期



4. 推計結果と考察

4.4 現状の素材生産を用いた「目標」の適合性確認



- 主伐を優先とし生産量の調整を図る方式をとったため、間伐中心施業を行う都道府県でのあてはまりを検討する必要がある。

- 高齢での収穫間伐に対する考え方は都道府県によって傾向が分かれる点であり、年齢構成が高齢化した場合の間伐生産をどのように織り込むかは課題。

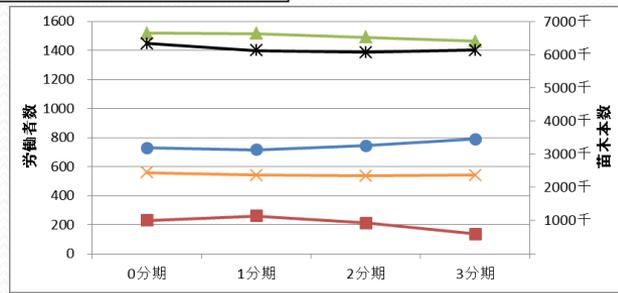
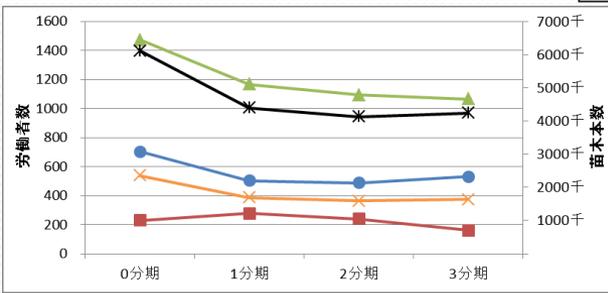
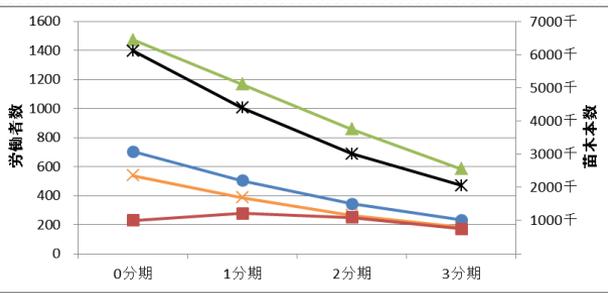
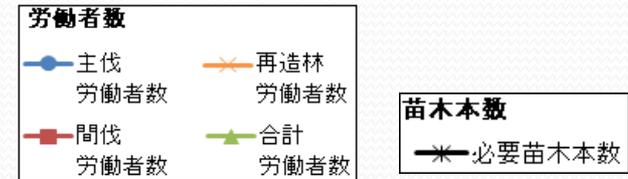
- 「目標」入力値として、現在の素材生産量100万m³を適用したところ、次のような結果となった。

- 素材生産量に相当する搬出可能材積は目標値をほぼクリアしている。
- 燃料材は20万m³となり、5.7MW規模の発電所2基分程度の量が確保される。

なお、「平成27年木質バイオマスエネルギー利用動向調査」では、調査期間内の稼働が5.7MW一基分(約5万絶乾 t)である。

4. 推計結果と考察

4.5 チェック因子との関係



ケースごとに並べ表示し、主間伐・再造林に関わる労働者数、再造林に必要な苗木本数を示す。再造林労働者数と苗木本数は主伐の面積に基づくものであり、主伐間伐の労働者数は主間伐の材積に基づく。

基本ケースでは、面積および材積の減少に従って合計労働者数が減少していることがわかる。ケース①の2分期と3分期とケース②の追加伐採を実施している分期において、分期が経過するにつれて合計労働者数が減少していく傾向があることがわかる。これは、分期が経過するにつれて追加伐採により主伐材積が増加し間伐材積が減少していることと、間伐対象に比べて主伐対象の生産性（m³あたりの人日）が良いため、同じ生産量を少ない労働者数で生産することによる。

4. 推計結果と考察

4.6 結果から導かれる課題

(1) 大径材の利用拡大

- ・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。特に3分期目では15齢級以上からの伐採量が7割を占める。
- ・15齢級以上の高齢級では大径材の割合が高いことが予想され、木材市場のニーズを考慮すると、現状では大径材は扱える製材工場に限られるため低い価格で取引されている地域も多い。
- ・時間の経過とともに資源量のピークはより高齢側にシフトしていくことが予想されるため、高齢級からの生産にあたり、生産性向上によるコスト低減と、用途開拓・設備の改善による大径材需要の拡大という政策課題が浮上してくる。

(2) 再造林上の課題

- ・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。
- ・対策として、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、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天然林に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。

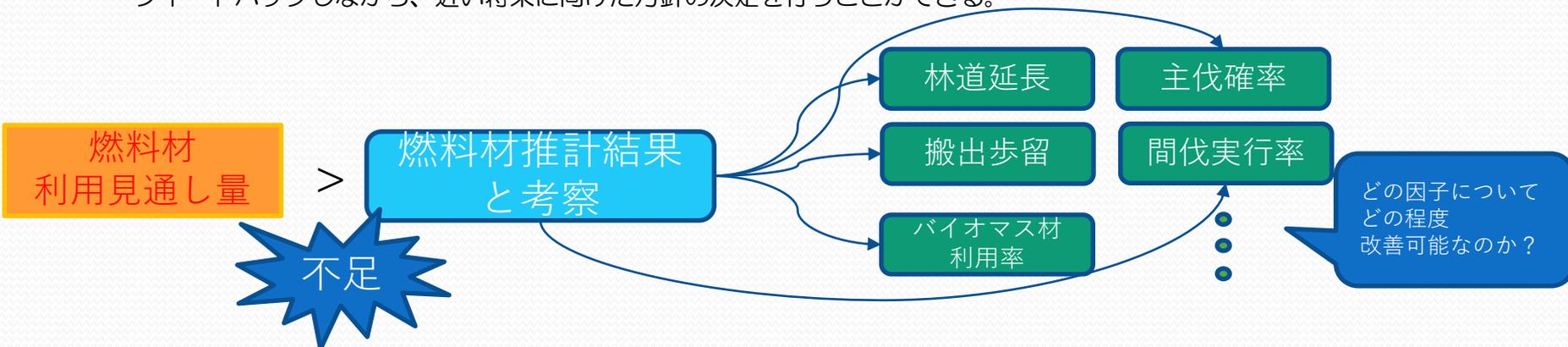
4. 推計結果と考察

4.7 地域の林業施策への適用

（増産目標を実現を行う上で、さまざまな課題が付随して発生するが、関連因子が十分に把握されているならば、目標量とその達成までの期間に応じて、追加的に講ずべき対策を確認することもできる。

本推計ツールは、入力条件に従い発生量を推計することも可能であるが、目標の設定に対し、実現可能性を高めるために打つべき施策を確認するためのツールとしての機能も期待することができると期待される。

- 例： ある条件下で「不足」という結果が出て、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、推計量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は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。



4. 推計結果と考察

4.8 今後の課題

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、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。今後の課題として以下の点について検討したい。

(今後の課題)

- 全体の傾向に対しマクロな視点で俯瞰する手法の模索
- 長期的な資源の保続、生産の保続との関連
- 地域ごとの木材市場、燃料需要の在り方への対応
- 伐採届、森林GIS等のデータの活用
- 全国各地域における成長モデルの適用（既存のシステム収穫表あるいは各都道府県の収穫表、密度管理図、樹高曲線式等、基本情報の利用）
- 他の樹種への対応。
- 間伐/主伐の割合、高齢での収穫間伐の影響

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. 総括

・本推計ツールは、都道府県を対象にその資源状況（私有林・人工林・スギ・ヒノキ）を背景（固定的な因子）として、基幹林道の状況、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、燃料材の量を推計を行い、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うことができる。

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。



ありがとうございました