

持続可能な森林育成を目指した 植林・伐採モデルの作成

川原栄喜¹・柳澤伸明²・金子泰純³・吉田登⁴・日下正基⁵

¹学生会員 和歌山大学大学院システム工学研究科博士前期課程（〒640-8510 和歌山市栄谷 930 番地）

²国土交通省関東地方整備局企画部（〒330-9724 埼玉県さいたま市中央区都心 2-1）

³正会員 工修 和歌山大学システム工学部助教授（〒640-8510 和歌山市栄谷 930 番地）

⁴正会員 工博 和歌山大学システム工学部助教授（〒640-8510 和歌山市栄谷 930 番地）

⁵工博 和歌山大学システム工学部教授（〒640-8510 和歌山市栄谷 930 番地）

本研究は、和歌山県施業体系を基に植林・伐採モデルを作成し、そのモデルを用いて森林蓄積量及び伐採可能材積を経年的・定量的に推計し、和歌山県における持続可能な森林育成方針を明らかにすることを目的としている。

研究成果としては、片寄った林分構成を早期に是正するための大規模な伐採が必要であることが明らかとなった。また、資源の有効利用方法として間伐材のエネルギー利用を検討したが、得られる間伐材の資源量は、県全体のエネルギー消費量の約 1.4%に過ぎないことがあることが明らかとなった。

Key Words : forest management, forest resources estimation model,
utilization of thinned wood

1. はじめに

戦後の拡大造林により、全国同様、和歌山県においても森林蓄積量は年々増加してきている。今後も森林蓄積量及び伐採材積の増加、需給構造の崩壊、間伐が十分に為されない林分の増加などが予想され、更なる森林環境の悪化が懸念されている。さらに、植林された時期が戦後の一時に集中し、森林蓄積量や伐採材積が大きく片寄っているために、持続可能な資源再生、資源利用が困難になりつつある。

健全な森林を維持していくためには、適正な間伐の実施、伐期を迎えた林分の伐採、成長の早い若齢林の育成、そして循環する資源として木材資源を有効利用していく持続可能な社会を形成することが必要である。

木材資源はエネルギー資源としての利用も可能で、再生可能でクリーンなエネルギーである。化石燃料の枯渇が懸念されている中、こうした再生可能な燃料資源の実用化を図ることは、この問題の解決のために必要である。

本研究は、和歌山県において主要な樹種であるスギ・ヒノキの森林蓄積量及び伐採可能材積を経年的・定量的に推計し、それに基づき、持続可能な森

林育成方針を見出す事を目的とし、そのために植林・伐採モデルを作成する。また、推計結果に基づき、和歌山県における木質系資源の有効利用方法について検討を加える。

なお本研究での森林蓄積量等は、人工林のスギ・ヒノキについてのみとし、以下の推計にあたってはスギとヒノキに分けてモデルを作成している。

2. 研究の方法

(1) 植林・伐採モデルの作成方法

和歌山県業務資料¹⁾により得られる胸高直径、樹高、残存本数、間伐率によって、任意の林齢における単木材積を推計する。その単木材積に伐採本数、残存本数を掛け合わせ、ha 当りの残存材積及び伐採材積を算出する。また、県が発行している「森林・林業及び山村の概況²⁾」から得られる 2001 年年齢別面積から林齢別面積を推計し、ha 当りの残存材積及び伐採材積に掛け合わせ 2001 年を基準とした植林・伐採モデルとした。モデル作成のフローを図-1 に、計算式を表-1 に示した。なお、林齢別面積の推計方法は、年齢別面積の平均値を各年齢の中間年にあたる林齢の面積とおき、中間年の間にあたる

林齢の面積は、中間年ごとの面積を結ぶ近似線上の値をとるものとした。

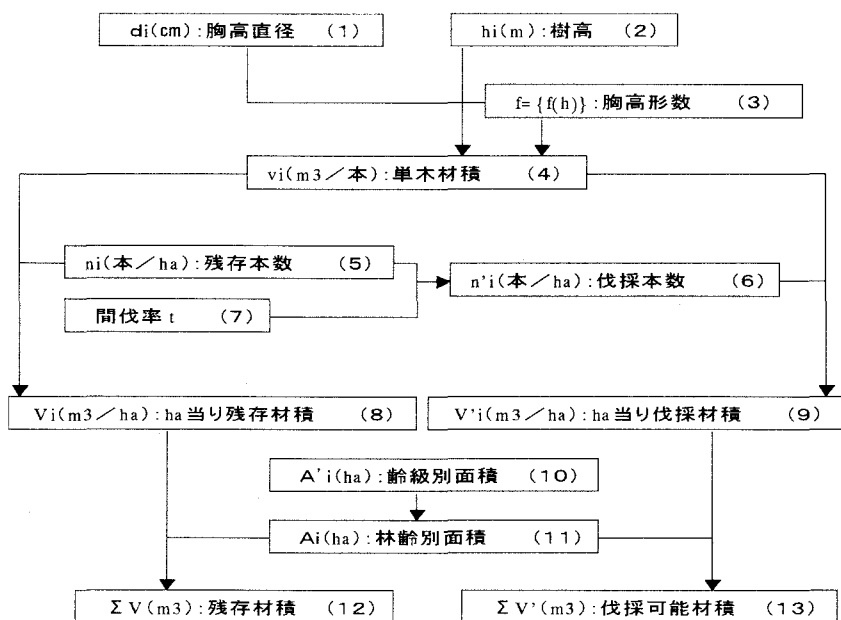


図-1 モデル作成のフロー

表-1 植林・伐採モデル計算式

式番号	計算式
1	$d=0.00003i^3 - 0.008479i^2 + 0.850619i - 0.267641$ $R^2(d)=9.999964$ (スギ) $d=0.000001i^3 - 0.003919i^2 - 0.632243i + 0.323562$ $R^2(d)=0.999966$ (ヒノキ)
2	$h=0.000049i^3 - 0.010337i^2 + 0.816994i - 0.983268$ $R^2(h)=9.999981$ (スギ) $h=0.000035i^3 - 0.007791i^2 + 0.64658i - 0.513542$ $R^2(d)=1$ (ヒノキ)
3	$f=(M \times N^M) / \{(M+1) \times (N^M - 1)\}$ $M=0.625$ (スギ), 0.800 (ヒノキ)
4	$v=\{(\pi \times d^2)/4\} \times (1/1000) \times h \times f$
5	$p=n / \{1 - (t/100)\}$
6	$n' = n \{t / (100 - t)\}$
7	「和歌山県施業体系」による
8	$V=v \times n$
9	$V' = v \times n'$
10	「森林・林業及び山村の概況」による
11	齢級別面積をもとに近似
12	$\Sigma V = \Sigma (Vi \times Ai)$
13	$\Sigma V' = \Sigma (Vi' \times Ai)$

(2) 2001 年における森林蓄積量、伐採可能材積

植林・伐採モデルによる 2001 年における森林蓄積量、伐採可能材積を推計した（図-2）。

これによると、植林・伐採モデルを使用して推計を行った場合には森林蓄積量合計は 29,825 千 m³ であり、県業務資料（森林資源構成表）で算出している合計値 30,711 千 m³ とほぼ同値であり、蓄積分布に

は若干の相違が見られるものの、ほぼ一致しているとみなせる。ただし林齢 41 年以降の部分は、40 年時での柱材主伐が十分に行われていないために誤差が生じている。また、林齢が 36 年から 45 年までの森林蓄積量は全体の約 39% を占めており、林分構成の片寄りが大きいことがわかる。

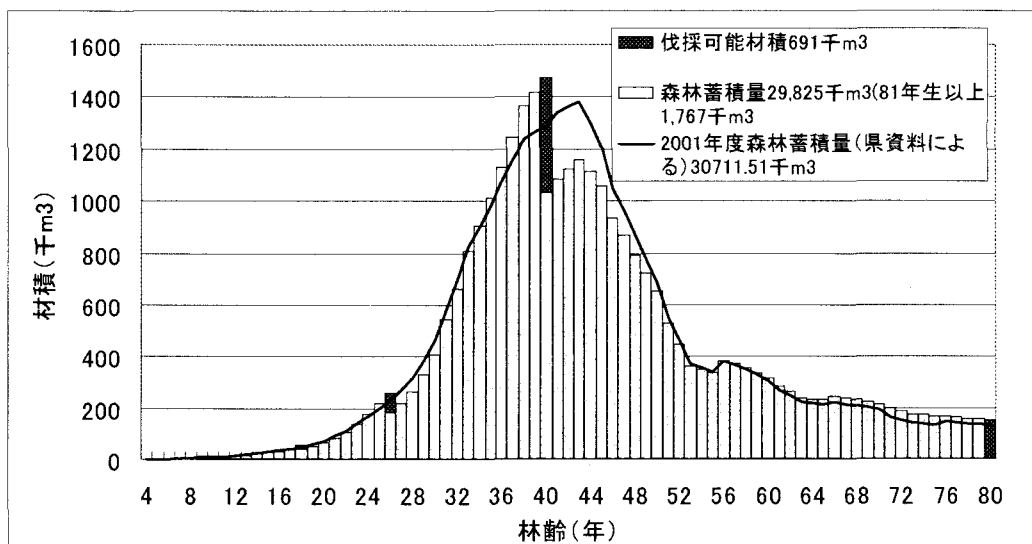


図-2 林齢別スギ森林蓄積量及び伐採可能材積（2001年）

3. 森林蓄積量、伐採可能材積の経年変化

この植林・伐採モデルは将来における蓄積分布や蓄積量及び伐採可能な材積を定量的に求めることが可能である。

2001 年を基準として表-2 に示す条件の下で推計した将来の林齢別蓄積分布を図-3 に、伐採可能材積の推移を図-4 に示す。

図-3 によると、森林蓄積量のピークの林齢は 10 年・20 年・40 年後には右に移動し、その材積も成長量の分だけ大きくなっている。また、50・60・70 年後には材積のピーク付近の林齢の森林すべてが伐採（大径材主伐）されるため、森林蓄積量は激減し、ピークも不明瞭になる。さらに 80 年後には 2001 年森林蓄積量と同値となり、以後この推移を繰り返すことになる。

図-4 を見ると 2030 年頃まで森林蓄積量は増加を続け、戦後の拡大造林時期にあたる林分が大径材主伐を受ける 2040～2050 年には大幅な伐採材積の増加と、それに伴う森林蓄積量の減少が予測され、

この間にスギの伐採材積は 2018 年の 389 千 m³ から 2043 年の 2,343 千 m³ に増加し、その後急激に減少する。森林経営を効率的に行う上では、毎年の作業量や収穫量がほぼ一定であることが望ましい。現状のまま施業体系に沿って施業を続けると、2040 年以降の伐採が膨大なものとなる。そうした事態を避けるためには、作成した植林・伐採モデルをそのまま適用して経年変化させるのではなく、間伐率、植林・伐採面積、伐採年、伐採回数などを段階的に変更し、望ましい施業形態にする必要がある。

表-2 経年変化をする際の条件

- i. y 年次の林齢 i 年における面積 A_i は、翌年の林齢 $(i+1)$ 年の面積とする。
- ii. y 年次の大径材主伐によって、林齢 80 年の面積 A_{80} は 0ha となる。
- iii. $y+1$ 年次の植林面積 A_1 は、 y 年次の A_{80} とする。

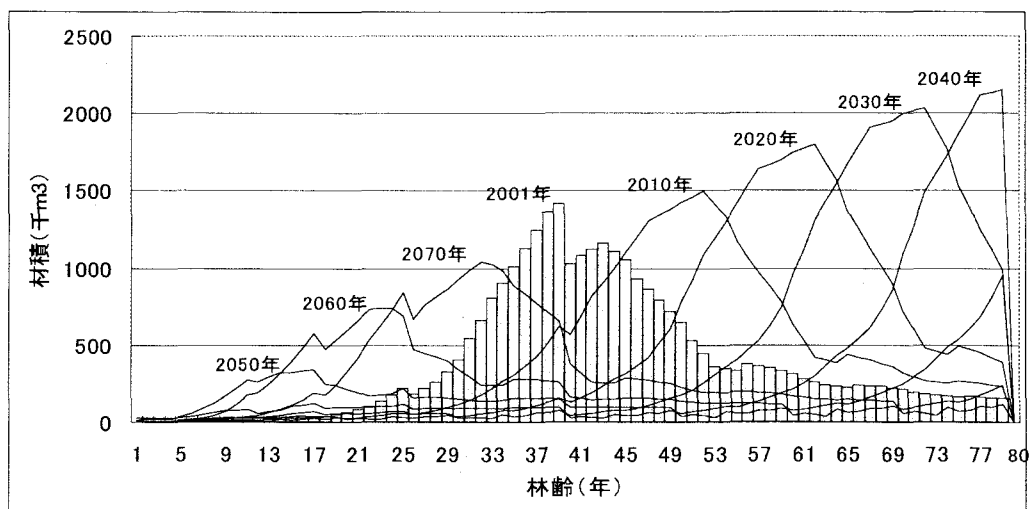


図-3 スギ森林蓄積量の林齢別分布の推移

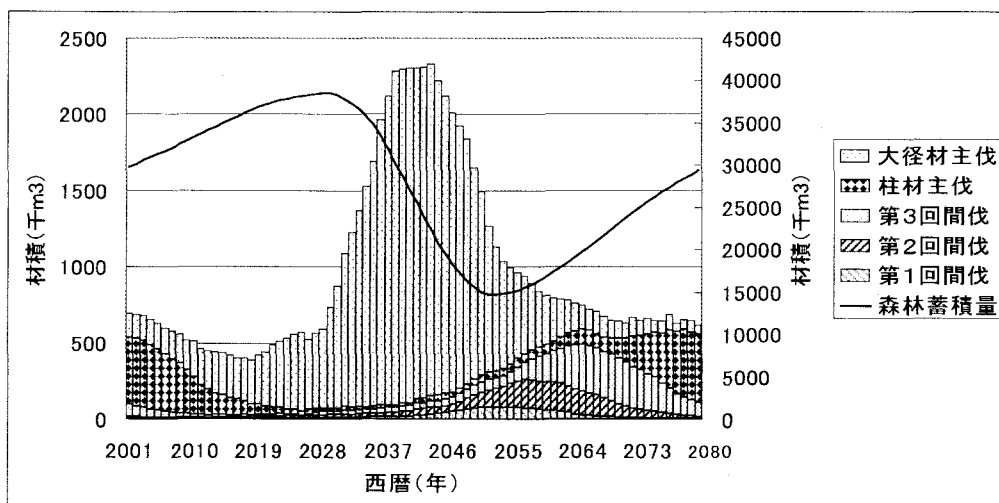


図-4 スギ森林蓄積量及び伐採可能材積の経年推移

4. 伐採材積の安定化

(1) 目的とする森林蓄積量及び伐採可能材積

伐採可能材積を安定的に導くためには、間伐率、植林・伐採面積、伐採年、伐採回数などの設定を変更しなければならない。ここでは、その中でも毎年の施業面積を一定とし、森林蓄積量及び伐採可能材積を安定的なものに導く。

その面積設定の条件を以下に示す。

- i. 面積の合計値（林齢1～80年）は2001年現在と同じである。

- ii. 大径材主伐によって面積は0haとなる。
- iii. iiの減少分が翌年の造林面積 A_i となる。

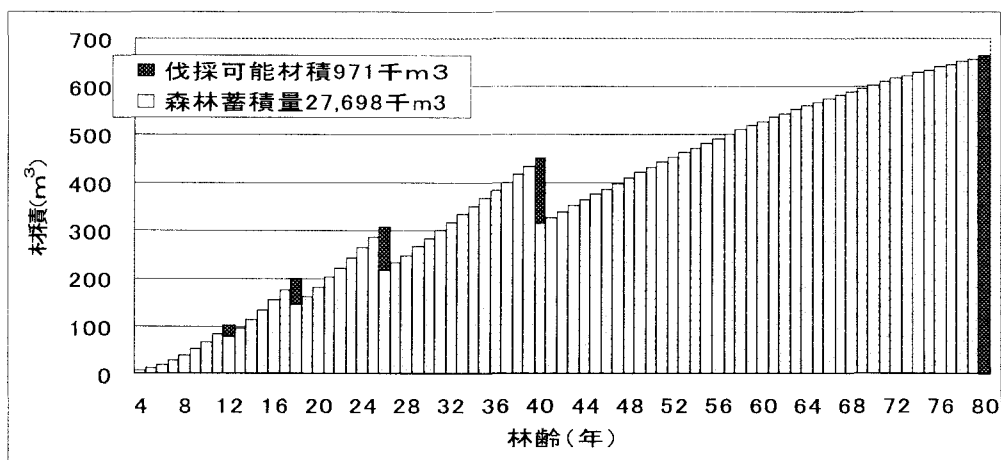
このとき、各林齢の面積 A_i は、

$$\begin{aligned} \text{2001年スギ面積合計値} &: 87569\text{ha} \\ \text{同ヒノキ} &: 114161\text{ha} \end{aligned}$$

であるので、

$$\begin{aligned} \text{スギ } A_i &= 87569/80 = 1095\text{ha} \\ \text{ヒノキ } A_i &= 114161/80 = 1427\text{ha} \\ (i=1, 2, 3, \dots) \end{aligned}$$

となる。この面積設定による任意の年次の林齢別蓄積分布を図-5に示す。



図－5 スギ任意の年次における林齢別材積

(2)間伐材のエネルギー利用

間伐材は再生可能でクリーンなエネルギー資源である。間伐材を全てエネルギー生産として利用した場合を考える。同章(1)で求めた間伐材積(表－3)を熱量換算する。

得られた間伐材積を熱量換算すると、78 万 Gcal(換算値=1890Mcal/m³)であり(表－4)、和歌山県全体のエネルギー消費量約 4900 万 Gcal³⁾の約 1.4%に過ぎず。県全体として見た場合、十分な受け皿があると考えられる。

ただし、資源供給のばらつきがあるのは資源の有効利用・エネルギー利用を考えるにしても不利な条件であるため、毎年安定した間伐量を確保できるよう施策計画を見直す必要がある。

さらに、建築廃材・製材くずをはじめ、他のバイオマス資源と合わせて利用することを検討していく必要がある。

表－4 スギ任意の林齢における間伐材積と熱量

間伐材積 単位:千m³	熱量 単位:万Gcal
413	78

5. 結果と今後の課題

植林・伐採モデルによる推計から、森林蓄積量は2030年頃をピークに、以降急激に減少すること、また間伐材の量は、熱量換算すると100万Gcalにも満たなく、県のエネルギー需給構造を大きく変えるものではないことがわかった。片寄った林分構成は将来の伐採材積に大きな変動を生じる原因であるから、それを出来るだけ早期に是正していくことが必要である。

最後に、植林・伐採モデルの間伐率や伐採年、伐採回数などのモデル操作の充実を図ること、また、和歌山県においては、資源不足によりエネルギー利用は難しいが、ペレット、RDFなどへの転用などを考慮しながら、伐採した後の間伐材等をどのようにして循環利用させていくのかも今後の課題として挙げる。

謝辞：本研究を遂行するに当たり、和歌山県農林水産林業振興課の皆様方には、資料等に関し多大な協力を頂いた。ここに記して、感謝の意を表す。

表－3 スギ任意の林齢における伐採可能材積
(単位:千m³)

	スギ	ヒノキ	合計
森林蓄積量	27,698	27,146	54,844
第1回間伐	23	53	76
第2回間伐	56	81	137
第3回間伐	92	108	200
間伐材集計	171	242	413
柱材主伐	135	130	265
大径材主伐	664	617	1,281
主伐材集計	799	747	1,546
伐採可能材積	970	989	1,959

参考文献

- 1) 和歌山県農林水産部林業振興課業務資料
- 2) 和歌山県：平成15年度 森林・林業及び山村の概況
P55・59
- 3) 金子泰純, 山本秀一：和歌山県におけるエネルギー消費・供給構造の分析 p19 和歌山大学経済研究所, 1994

ESTIMATION OF FOREST RESOURCES FOR SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT SYSTEM

In this research, Forest resources estimation model has been created based on reforestation , thinning and felling operation according to appropriate management plan of Wakayama prefecture.

Potential of woody resources of cryptomeria is estimated to vary from 389×10^3 to $2327 \times 10^3 \text{m}^3$ /year which less contributes to energy supplying system. And the necessity for big felling at an early stage became clear for sustainable forest management.