

## 持続可能な森林経営のための施業シナリオ —森林資源予測モデルを用いた愛媛県久万町での検証—

松本美香<sup>\*1</sup>, 泉 英二<sup>1</sup>, 藤原三夫<sup>1</sup>

松本美香・泉 英二・藤原三夫：持続可能な森林経営のための施業シナリオ—森林資源予測モデルを用いた愛媛県久万町での検証— 日林誌 89:31~38, 2007 持続可能な森林経営の実現には、量的に安定した木材供給が可能な森林への移行が必要不可欠である。本論では、そのための森林施業方式について、法正林誘導と伐期変更の二つを想定して検証した。対象地は愛媛県久万町の民有スギ林とし、森林資源予測モデルを用いて森林蓄積量および素材生産量の経年変化を推計し、それらの結果を比較した。モデルは森林を林分群として捉えて林分密度管理図を用いて構成しており、想定した施業下での森林推移を予測する。施業シナリオは、対象森林の齢級構成を法正配置へ誘導する場合としない場合の2方針のもとで、伐期の異なる2施業（50年伐期、100年伐期）を実施する、4シナリオを設定した。検証の結果、木材の安定供給を図る上で、法正林誘導の高い有効性と、伐期変更の影響の少なさが明らかになった。以上から、今後の久万町民有スギ林の取扱いにおいては、法正林誘導を基本に、森林蓄積量や素材生産量などの目標値は伐期で調整する方針を選択すべきと考えられる。

キーワード：愛媛県久万町、森林資源予測モデル、持続可能な森林経営、伐期、法正林

Matsumoto, M., Izumi, E., and Fujiwara, M.: **A Forest Management Plan for a Sustainable Forest Management : A Study of Forestry in Kuma-cho, Ehime Prefecture, Using a Forest Resources Prediction Model.** J. Jpn. For. Soc. 89: 31~38, 2007

It is necessary to establish stable timber production in order to have a sustainable forest. We investigated the stabilizing effect of two forest management policies: transformation into a normal forest and rotation change. We selected a Japanese cedar forest under private ownership in Kuma-cho, Ehime Prefecture, as the subject of our study. The annual changes in stand volume and timber production were estimated using our forest resources prediction model. The results were compared according to four forest management plans. When we made this model, we regarded the forest as a mass of stands, using the stand density control diagram as a theoretical base. This model predicted various quantities of forest under an assumptive forest management plan. Four forest management plans were compared: normal and pre-normal stand and 50-year and 100-year rotations. The results showed that the transformation into a normal forest was effective in stabilizing the quantity of timber production, while making adjustments in rotation alone was not as effective. Therefore, we propose a change from the present forest into a normal forest, accompanied by adjustment of the quantity of stand volume and timber production to demand by rotation in the Japanese cedar forest of Kuma-cho.

**Key words** : forest resources prediction model, Kuma-cho Ehime Prefecture, normal forest, rotation, sustainable forest management

### I. はじめに

地球温暖化の深刻化に伴ってその重要性を増している地球温暖化防止対策は、温室効果ガスを過剰放出する現行の化石資源依存型社会からバイオマス資源に基礎を置く循環型社会への移行を柱としている。この循環型社会では、森林は大気中の二酸化炭素濃度を適値で安定させるための二酸化炭素の吸収固定および貯留の場であり、また主要生活資材（木材）の供給源という重要な役割も与えられる。このような森林の重要性の高まりは、森林経営の社会的重要性の高まりを導き、その安定すなわち持続可能な森林経営の実現を求めることとなる。森林経営では生産対象である木材の生産期間が長いこと、経営の安定化を図るためにはまず生産基盤である森林資源の量的安定は必要不可欠となる。しかし、わが国の人工林の多くは第二次世界大戦後の

復旧造林およびその後の拡大造林により、ほぼ全国的に短期間で膨大な面積への植林がなされたことで、齢級構成に大きな偏りを持っており、量的な安定状態にあるとはいえない。すなわち、齢級構成に偏りを持つ森林状態から量的に安定した森林状態への移行こそが、今後の人工林施業の課題なのである。

近年の人工林施業の議論では、二酸化炭素の吸収源としての森林機能の増大策は何かという観点から、長伐期型複層林施業を理想型とする森林の高蓄積高循環志向が浮上してきている（小澤，1998）。ただし、保続を実現しうる複層林の面積を林齢単位で整理すれば、それは伐期を同じくする単層林分群から成る法正林の面積配置と酷似していると考えられる（内藤，2005）。つまり、法正林が単層林分群の法正化により保続を目指すのに対して、複層林施業は1林分を内部で分割（複層化）することにより林分での保

\* 連絡・別刷請求先 (Corresponding author) E-mail: mika-m@agr.ehime-u.ac.jp

<sup>1</sup> 愛媛大学農学部 (790-8566 松山市樽味3-5-7)

Faculty of Agriculture, University of Ehime, 3-5-7 Tarumi, Matsuyama 790-8566, Japan.  
(2005年12月2日受付; 2006年9月27日受理)

続を目指そうとするものであり、対象森林規模が異なるだけで、同一のアプローチと考えられる。このように、今日までの森林管理の歴史において「保続を達成する手段として完成された唯一の手段」(小沢, 1968)である法正林は、形を変えつつ今もお森林管理の根底に息づいていると考えられる。このため、量的に安定した森林状態への移行という目的にとって、法正林化は一つの有望な手段であるといえよう。他方で、人工林施業の議論で重要な伐期もまた森林状態に大きな影響を与えることから、量的に安定した森林状態への移行という目的にとって、伐期変更もまた一つの有効な手段と考えられる。このため本論では、現状森林に対して法正林化と伐期変更という二つのアプローチについてその有効性を検証することとした。

森林(林分群)単位で施業法を絡めて資源予測をしたこれまでの研究では、野田ら(1987)や竹内ら(1996, 1997)のように減反率もしくは減反率と皆伐率の組合せというような確率論で施業を表現する手法が主流である。このような手法は、森林管理の現状から将来を探る際には非常に有効であるけれども、今回の分析のような目標設定型の将来予測を行う場合には適当ではない。

また、林分単位では、林分における炭素循環プロセスをモデル化し、間伐を含めた施業影響のシミュレーション分析を試みた研究(千葉, 2001)や、二酸化炭素の吸収機能に対する助成を想定して伐期別の林業経営収支を検討した研究(坂田・木平, 2003)などがある。前者については、近年、類似のシミュレーション結果が、多間伐長伐期施業の推進データとして多数使用されている。しかし本来、森林管理は1林分だけで論じられるべきものではないはずである。伐期にしても、施業量や施業コストにしても、林分配置への言及と合わさって初めて現実的な議論となる。つまり、森林管理の是非は、森林を対象とした分析を基礎に展開されるべきである。

本論では、循環型社会への移行のためには持続可能な森林経営の実現およびその生産基盤である森林の量的安定化が必要不可欠と考え、現状森林を量的に安定した森林状態へと移行させる手法として、法正林誘導と伐期変更とについて有効性の検証を行った。検証のため想定したシナリオは、対象森林を法正林へ誘導する場合としない場合の二つの管理方針下において、それぞれ伐期の異なる二つの施業指針を実施する四つである。そして、対象森林を愛媛県久万町の国有スギ林に設定し、林分密度管理図を基に作成した森林資源予測モデルを用いて、設定シナリオ下における森林蓄積量および素材生産量の経年変化を推計し、その結果を比較検討することで手法の有効性を検証した。

## II. 森林資源予測モデルの説明

### 1. 森林資源予測モデルの作成ツール

森林資源予測モデルの作成には、システム・ダイナミックスの手法を用い、ソフトウェアはSTELLAを使用した。このシステム・ダイナミックスは、1956年にマサチュー

セツ工科大学のジェイ・フォレスター教授により創案された、システムの時系列での動きを分析する学問分野であり(Virginia and Lauren, 2001)、コンピュータ・シミュレーション・モデルを構築し、複数の政策的判断の妥当性を検証することに主眼を置いている(西村, 2004)。このシステム・ダイナミックスモデルの特徴は、線形および非線形の関係式のどちらも利用可能であること、フィードバックを構造に組み込むこと、そして、構造変化シナリオにも対応可能であることとである。

図-1に今回使用した森林資源予測モデルの一つ(シナリオA現状推移型長伐期)に説明を加えたものを示した。この図-1において、ストックは四角い容器で表現されて蓄積量を示し、フローはバルブ付き矢印で表現されて流量と方向を示し、コンバータは丸印で表現されてストックとフローで表現された以外の様々な要素を示す。コネクタは矢印で表現されて影響の方向を示す。また、関係式はストック、フローおよびコンバータにおいて設定されている。

### 2. 森林資源予測モデルの前提条件

モデル作成にあたっては、簡略化を目的として、いくつかの前提条件を設定した。まず、第1に対象森林を構成する林分の地位などの自然条件を同一とみなし、選択した上層樹高成長曲線に沿って上層樹高が伸長すると仮定した。第2に、分析対象を同一樹種とした。具体的には、対象にした森林は愛媛県久万町(現在の久万高原町の一部、平成16年合併)の国有スギ人工林のみである。スギ人工林への限定は、久万町の主要樹種がスギ(人工林面積11,731.63ha(人工林率90%)の68%, 人工林蓄積3,674,275m<sup>3</sup>の75%)であるためである。第3に、森林の構成林分を全て単層林と仮定し、森林を多数の林分からなる林分群として捉えた。これは、モデルにおいて林齢を単位として、使用する全ての数値を把握しており、重複を避ける必要があるためである。第4に、更新方法を皆伐後1年以内の一斉人工造林と仮定した。これは、施業比較に重点を置き、伐採後の放置期間の影響を排除するためである。第5に、間伐方式を下層間伐に限定した。下層間伐は、本研究で施業指針作成上の基礎を置いている林分密度管理図の利用上、上層樹高への影響がほとんどない間伐とされており、今回は推計式の単純化のために採用した。第6に、幹材積量をもって森林蓄積量および素材生産量とみなして表現した。これは、本論の論理展開において数値的厳密さの必要性が低いいため、モデルの単純化を優先した結果である。

### 3. 森林資源予測モデルの構成

モデルの構成については、まず、面積や蓄積および樹高や立木密度などの各林分情報を年齢別に区分した。次に、その中でも扱いやすい林分面積に着目し、その加齢変動をモデルに組み込むことで森林の年単位の時間変化を表現した。そして、林分密度管理図の各関係式を用いてその他の森林情報を林分面積に関連させることで、森林全体の年単位の数量変化を推計できるように構成した。図-1で説明すると、図の上段に配置しているのが林分面積の構成で、

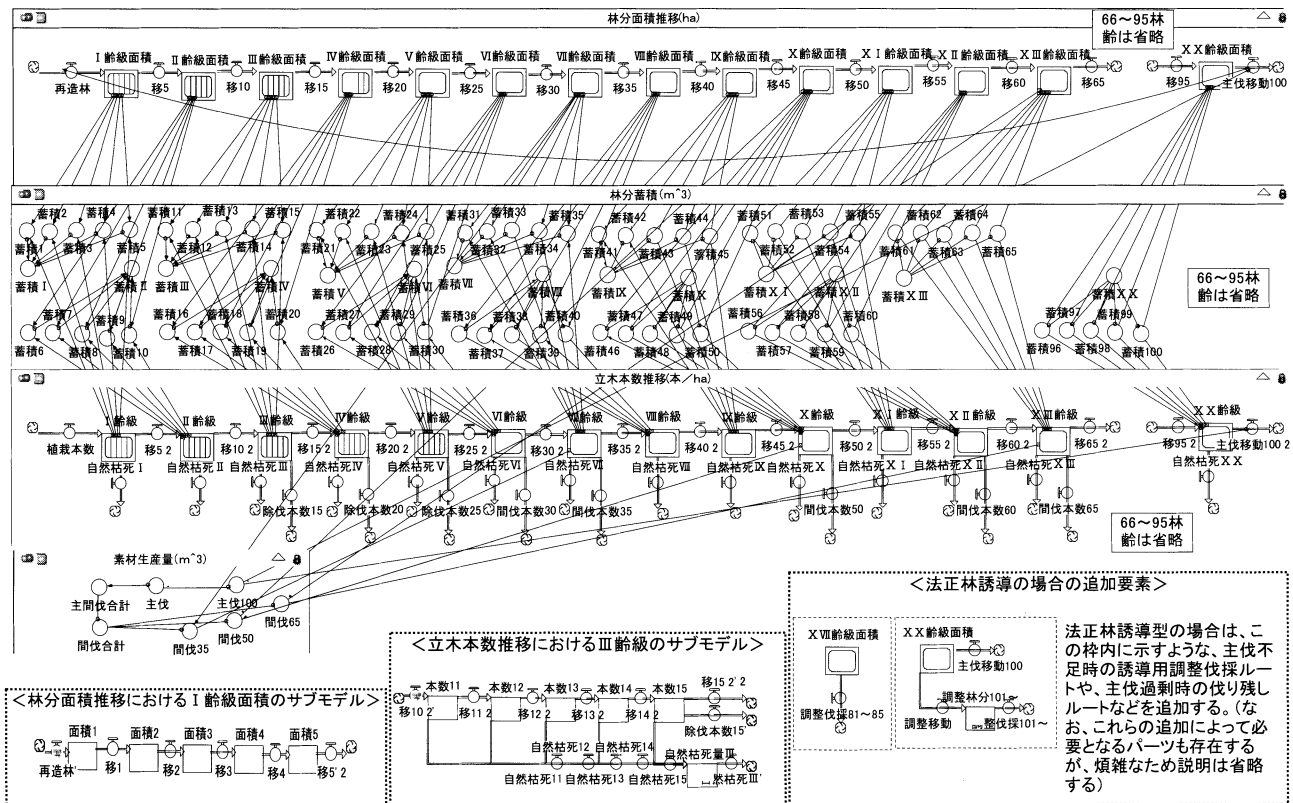


図-1. 森林資源予測モデルの説明—シナリオ A (現状推移型長伐期)—

中段には林齢別蓄積を、下段には立木密度の加齢変化を示している。コネクタは、被推計要素（終点側）とその基礎要素（始点側）とを連結することで、モデル内の要素間の関係を示している。

以下に具体的な作成手順を説明する。まず、分析対象森林に、基礎資料が比較的整っていた愛媛県久万町を選定する（ただし、モデルを単純化するため、町内森林のうちの民有スギ人工林のみを対象）。次に、対象森林の森林構成の現況を把握するため森林資源表（愛媛県，2004）を、また上層樹高成長曲線（豊田，2004）および林分密度管理図（林野庁，1980，1999）から以下の式(1)～(8)を用意する。

$$H = 46.5299(1 - 0.9736 \exp(-0.01886t)) \quad \text{地位 1} \quad (1)$$

$$H = 41.9956(1 - 0.9869 \exp(-0.01858t)) \quad \text{地位 2} \quad (2)$$

$$H = 37.4528(1 - 1.0028 \exp(-0.01824t)) \quad \text{地位 3} \quad (3)$$

$$H = 32.8356(1 - 1.0244 \exp(-0.01793t)) \quad \text{地位 4} \quad (4)$$

$$H = 28.2441(1 - 1.0533 \exp(-0.01753t)) \quad \text{地位 5} \quad (5)$$

$$v = (0.074343 H^{-1.388481} + 5065.0 H^{-2.900328})^{-1} \quad (6)$$

$$N^{-1} = N_0^{-1} + v / (3.42872 \times 10^6 N_0^{-0.9184}) \quad (7)$$

$$V = (0.074343 H^{-1.388481} + 5065.0 H^{-2.900328} / N)^{-1} \quad (8)$$

$t$ , 林齢 (年);  $H$ ,  $t$  における上層樹高 (m);  $v$ , 平均幹材積 ( $m^3$ );  $N$ , ha 当り本数 (本/ha);  $N_0$ , 植栽本数 (本/ha),  $V$ , ha 当り幹材積 ( $m^3$ /ha)。

次に、面積については、森林資源表から値を求めて、齢級から林齢への変換を行う。本モデルでは、変換方法は単

純平均 (1/5) を採用し、各林齢に均等配分した。単純平均の採用理由は、モデルの単純化にある。本論は、森林を林分群として捉えて分析する手法の紹介の意味合いも強いいため、精度よりも単純化を優先した。ただし、X V 齢級以上については現在の長伐期傾向を考慮して最終林齢を 100 年生と仮定し、X V 齢級以上の欄の値を単純平均 (1/30) として 71 から 100 年生までの各林齢に均等配分した。立木密度は、実際に調査するか、推定するか の 2 通りの方法があり、前者の場合はそのまま入力する。後者の場合は、森林資源表の森林蓄積と推計による森林蓄積との差が最も小さいことを決定基準とし、上層樹高成長曲線の決定 (地位の選択) と同時進行で行う。ただし後者の場合には、立木密度の推移を決定するため、初期値となる現況の森林を形成した施業履歴の検討を別途行う必要がある。本モデルでは後者の手法を採用し、久万林業の先行研究および歴史的背景を踏まえて (泉, 1980, 1995; 上浮穴郡林業振興協議会, 1987; 牧野ら, 2001), 図-2 のように整理した。その上で、施業履歴は、現在愛媛県が奨励している長伐期多間伐施業 (地位, 中; 樹種, スギ; 区分, 資源循環利用; タイプ, 長伐期林; 伐期, 100 年; 植栽本数, 3,000 本/ha; 除間伐回数, 6 回; 最大林分密度 ( $Ry$ ), 0.8; 伐期林分密度 ( $Ry$ ), 0.7) に類似した経過をたどっていると判断した。判断理由は、以下の通りである。

- ・ 下刈および除伐について: 現 V 齢級以下の林分の下刈および除伐については、昭和 60 年代以降の林業停滞期に

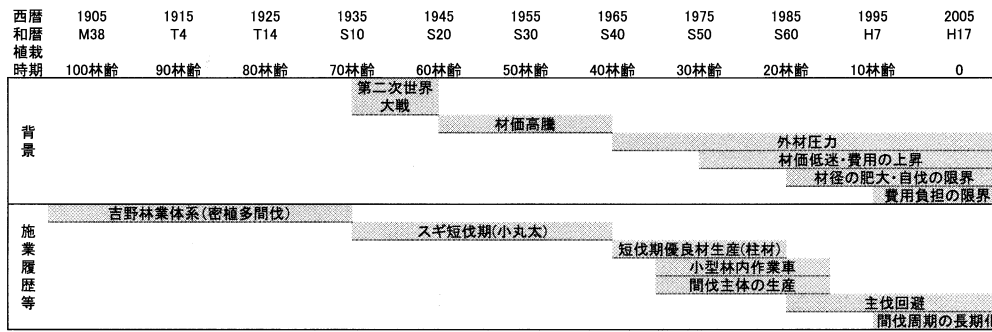


図-2. 久万町の民有スギ人工林における施業履歴

実施時期が掛かっているため実施状況を懸念したが、対象面積の植栽時期が再造林費負担の回避現象が現れた昭和50年以降であることから、比較的保育活動を重視している林家の所有林と考え、適正な施業がなされていたと判断した。また、現V齢級以下の面積が125.4haで全体の1.6%と少ないため、施業放棄の場合も面積は小さく推計への影響は少ないと判断した。

- ・間伐について：資源表などから、当初、久万で想定されていた短伐期施業が、材価低迷や費用急増を受けて、他地域と同様の主伐回避型の間伐生産による長伐期施業に移行していると考えられるため、長伐期多間伐型の間伐体系になっていると判断した。
- ・昭和50年代以前の戦後造林分の間伐について：実施時期が昭和60年代以降の林業停滞期に掛かっているが、行政の間伐補助施策が手厚く適切であったため、比較的適正に実施されてきたと判断した。
- ・主伐について：主伐回避型の伐期末設定の長伐期化が進んでいると考え、とりあえず伐期100年とした。

最終的に、植林は主伐跡地の再造林のみで、植栽本数は3,000本/ha、下刈はI齢級とII齢級で実施し、除伐は15年生と20年生、25年生の3回（本数に対する除伐率20%）、間伐は35年生と50年生と65年生の3回（本数に対する間伐率20%）、主伐は100年生という施業体系を設定した。

最後に、対象森林の地位を表現する上層樹高成長曲線の選定であるが、対象森林で実際に調査するか、対象森林の特徴に近い上層樹高成長曲線を選定して利用する場合がある。本モデルでは後者を選択し、先述の面積および立木密度の調査または推定データと、5区分された各地位の上層樹高成長曲線のデータとを用いて、林分密度管理図から推計した森林蓄積と、森林資源表の森林蓄積とを比較し、その差が最も小さい上層樹高成長曲線として、地位4の式(式(4))を採用した。誤差は4%である。

#### 4. 法正林への誘導方法

森林を法正林へ誘導する方法には、単純区画輪伐法の考え方を用いた。モデルでは、設定伐期を輪伐期とし、それと同数の伐区を各齢階に均等配置できるように、毎年の主伐量を調整するように設定した。

具体的には、森林面積を伐期齢で割り、その面積を目標とする1林分面積（年間主伐面積と同じ）に設定した。そして、主伐面積の不足時には「誘導用調整林分」（法正林誘導の場合にのみ設定。主伐の過剰分や初期にある伐期より高齢の林分をまとめたもので、伐期が100年の場合は101年生以上蓄積、50年の場合は51年生以上蓄積を意味する。）もしくは伐期齢以下の林分の持つ過剰面積（目標とする1林分面積以上の面積）から高齢級優先で不足面積分を伐採し、また、過剰時には過剰分を誘導用調整林分に算入するよう設定した。不足時に高齢級を優先伐採させたのには、分析対象である森林の齢級構成（面積）がⅧ～Ⅹ齢級付近の構成比率が極端に高い山形の分布（V齢級以下1.6%、Ⅵ～Ⅹ齢級が76.6%、Ⅺ齢級以上21.9%）となっていることに原因がある。つまり、伐期100年の法正林誘導の場合、過剰面積の伐採について、「その時点で最も大きい林齢からの伐採を優先させる設定」と「高齢林からの伐採を優先させる設定」が考えられるが、前者の場合はⅨ～ⅩⅡ齢級の伐採が主となるため、高齢級面積比率が後者よりも高くなり森林全体の成長量が低く抑えられてしまうデメリットがある。後者の場合はそういったデメリットはなく、モデルを大幅に単純化できるメリットが追加される。これらを踏まえて、本論では主伐面積の不足の場合には、高齢の過剰面積を優先して伐採する設定とした。

### III. シナリオの説明

今回、森林資源予測を行ううえで想定したシナリオは、対象森林の初期齢級配置に手を加えない方針（現状推移型）と法正配置へ誘導させる方針（法正林誘導型）において、それぞれ伐期の異なる2施業（50年伐期、100年伐期）を実施する計4パターンである（注1）。以下、それぞれシナリオA；現状推移型長伐期施業、シナリオB；現状推移型短伐期施業、シナリオC；法正林誘導型長伐期施業、シナリオD；法正林誘導型短伐期施業と表現する（注2）。

シナリオAは、「愛媛県森林管理モデル収穫表（提案）」（愛媛県林業試験場、2001）における、地位、中；樹種、スギ；区分、資源循環利用；タイプ、長伐期林；伐期、100年；植栽本数、3,000本/ha；除間伐回数、6回；最大

林分密度 ( $R_y$ ), 0.8; 伐期林分密度 ( $R_y$ ), 0.7 の森林管理例を参考にした施業である。植林は主伐跡地の再造林のみで、植栽本数は 3,000 本/ha, 下刈は I 齢級と II 齢級において実施するものとした。除伐は 15 年生と 20 年生, 25 年生の 3 回実施するものとし、本数に対する除伐率を 20% に設定した。間伐は 35 年生と 50 年生と 65 年生の 3 回実施するものとし、本数に対する間伐率を 20% とした。また、主伐対象林分は、100 年生である。

シナリオ B は、伐期による量的安定性の確保を検証するためのシナリオで、シナリオ A に対して伐期を 1/2 に短縮した、「愛媛県森林管理モデル収穫表 (提案)」(愛媛県林業試験場, 2001) における、地位, 中; 樹種, スギ; 区分, 資源循環利用; タイプ, 従来型一斉林; 伐期, 50 年; 植栽本数, 3,000 本/ha; 除間伐回数, 4 回; 最大林分密度 ( $R_y$ ), 0.8; 伐期林分密度 ( $R_y$ ), 0.8 の森林管理例を参考にした。本シナリオでは、間伐は 35 年生のみで実施するものとし、間伐率は 20% である。主伐は 50 年生を対象とする。ただし、初期に存在する 51 年生以上の林分については、「伐期調整林分」として一括りとし、初期の伐期調整林分面積の 1/50 ずつを主伐とは別に伐採して処理するものとした。伐期調整林分の蓄積量の推計には、51 年生から 100 年生までの ha 当り蓄積量の平均である 549.5  $m^3/ha$  を用いた。

シナリオ C は、法正林化による量的安定性の確保を検証するためのシナリオで、シナリオ A の設定を基本として、主伐量を調整して法正林へ誘導するというものである。この場合、伐期が 100 年であるため、全森林面積の 1/100 を 1 林分面積および年間主伐面積の目標値とした。

シナリオ D は、法正林化の過程における伐期の影響を検証するためのシナリオで、シナリオ B の設定を基本として、主伐量を調整して法正林へ誘導するというものである。この場合、伐期が 50 年であるため、全森林面積の 1/50 を 1 林分面積および年間主伐面積の目標値とした。

IV. シミュレーション結果および考察

地域の森林現況に対し、試行期間を 100 年とする四つの森林管理シナリオ (シナリオ A~D) を実施した場合の森林蓄積量および素材生産量を、森林資源予測モデルを用いて推計した。

1. 試行期間 (100 年) 後の森林齢級構成

森林面積の齢級構成については、図-3 に示したように、現状推移型の場合は、シナリオ A の構成は初期構成に等しく、シナリオ B では 50 年伐期の設定に伴って初期構成のうち 51 年生以上の林分に相当する面積が I から X の各齢級に均一に上乘せされた。また、法正林誘導型の場合は、シナリオ C では XX 齢級まで、シナリオ D では X 齢級までの法正林分配置が完成した。

次に、森林蓄積量の齢級構成については、図-4 に示したように、現状推移型の場合は、シナリオ A の構成は初期構成に等しく、シナリオ B は前述の 50 年伐期の設定に

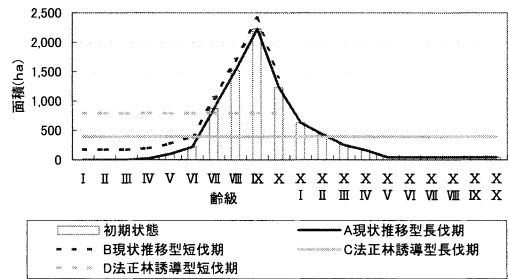


図-3. 初期値とシナリオ別試行結果 (100 年後) との齢級別面積の比較

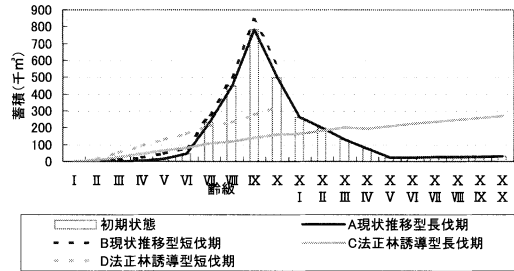


図-4. 初期値とシナリオ別試行結果 (100 年後) との齢級別蓄積量の比較

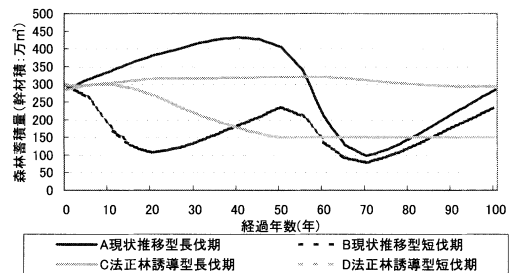


図-5. シナリオ別森林蓄積量の推移

よる影響を受けて X 齢級までの初期構成に上乘せされた形を示した。他方、法正林誘導型の場合は、法正林分配置が完成しているため、シナリオ C では XX 齢級まで、シナリオ D では X 齢級までの右肩上がり直線状を示した。

2. 森林蓄積量の推移

図-5 から経年変化をみると、現状推移型は、シナリオ A が長波形、シナリオ B が短波形と、ともに変動幅の大きい推移線形を示している。他方、法正林誘導型については、シナリオ C が法正林誘導期間中 (100 年後まで) はほぼ横一線で大きな変動はなく、高い量的安定性を示している。シナリオ D については、法正林誘導期間中 (50 年後まで) は高蓄積の伐期齢以上林分を主伐面積の不足時に補充する過程で森林蓄積量が減少するものの、法正林完成後は一定となり量的安定性は高い。

また、表-1 より、シナリオ A は、試行期間内平均値が 2,927,975  $m^3$  で、4 シナリオ中 2 番目に大きい。また、標準偏差 1,119,013  $m^3$  と変動係数 0.382 はともに 4 シナリオ

表-1. 試行期間内の森林蓄積量についての施業シナリオ比較

シナリオ		試行期間内						法正林完成後の	
		平均値(m <sup>3</sup> )		標準偏差(m <sup>3</sup> )		変動係数		森林蓄積量(m <sup>3</sup> )	
現状推移型	長伐期:A	2927975	100%	1119013	100%	0.382	100%	—	—
	短伐期:B	1625198	56%	539438	48%	0.332	87%	—	—
法正林誘導型	長伐期:C	3093114	106%	105874	9%	0.034	9%	2927979	100%
	短伐期:D	1945857	66%	580488	52%	0.298	78%	1499045	51%

中で最も高い値を示すため、量的安定性は最も低い。シナリオ B は試行期間内平均値が 1,625,198 m<sup>3</sup> とシナリオ A の 56% で 4 シナリオ 中最も少ない。また、標準偏差は 539,438 m<sup>3</sup> とシナリオ A の 48% と半減するが、変動係数は 0.332 とシナリオ A の 87% であるが量的安定性は低い。シナリオ C では、試行期間内平均値が 3,093,114 m<sup>3</sup> で 4 シナリオ 中最も多いが、シナリオ A の 106% であり大差はない。また、標準偏差が 105,874 m<sup>3</sup>、変動係数が 0.034 で、ともにシナリオ A の 9% でしかなく 4 シナリオ 中で最も低い値を示しており量的安定性は最も高い。また、法正林完成後は伐期および間伐計画が同じであるシナリオ A の平均森林蓄積量とほぼ等しい値 2,927,979 m<sup>3</sup> を示した。シナリオ D では、試行期間内平均値が 1,945,857 m<sup>3</sup> と 4 シナリオ 中 2 番目に少なく、シナリオ A の 66% である。また、標準偏差が 580,488 m<sup>3</sup> でシナリオ A の 52%、変動係数が 0.298 でシナリオ A の 78% を示し、法正林完成後は伐期および間伐計画が同じであるシナリオ B の平均森林蓄積量に近くシナリオ A のその 51% に当る 1,499,045 m<sup>3</sup> を示した。

3. 素材生産量の比較

図-6 から、素材生産量の経年変化をみると、現状推移型は、シナリオ A が 55~60 年後をピークとする極端な山形、シナリオ B が 5~10 年後と 55~60 年後の二つのピークを持つ山形で、ともに変動幅の大きな推移を示しており、素材生産量の安定性は低い。法正林誘導型の場合は、シナリオ C とシナリオ D ともにほぼ横一直線の安定した形状を示しており、素材生産量の安定性は比較的高い。

シナリオ C とシナリオ D の量的安定性がどのように形成されたのかは、シナリオ C とシナリオ D の法正林誘導過程における素材生産の対象林齢の推移を示した図-7 と 8 から読み取れる。まず、図-7 より、シナリオ C では 40 年後頃まで伐期を迎える 100 年生の林分が大幅に不足しており、その不足分の調整として XI~XVIII 齢級に属する林分が伐採されている。また、主伐面積は 31 年後以降徐々に増加し 40 年後には十分な主伐面積を確保できたが、71 年後には再び不足して 101 年生以上の誘導用調整林分から不足面積を補充している。間伐量合計の変動については、森林齢級構成の偏りが大きい試行期間初期の量的安定性は低いが、法正林化により齢級構成が整ってくる中盤以降の安定性は高くなっている。これらのことから、シナリオ C においては、初期の主伐不足時は補充林分の齢級が低く主伐による素材生産量は比較的少ないが間伐量の多い時期と重

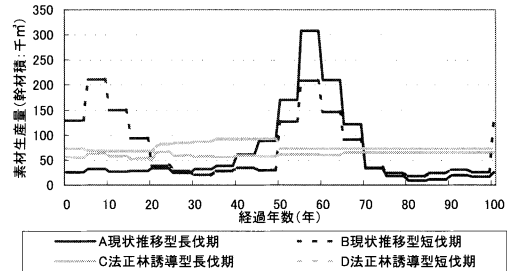


図-6. シナリオ別素材生産量の推移

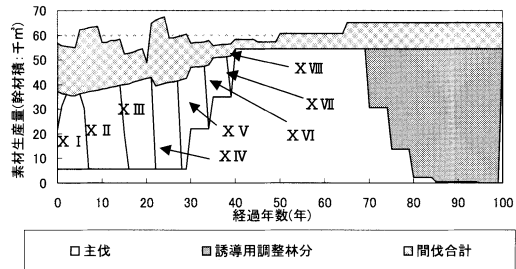


図-7. 間伐量および対象林齢別主伐量の推移 (シナリオ C: 法正林誘導型長伐期)

図中の XI~XVIII は、主伐面積の不足時にその補充のために伐採された林分の属する齢級を示している。

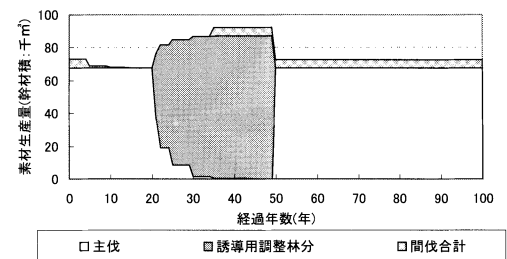


図-8. 間伐量および対象林齢別主伐量の推移 (シナリオ D: 法正林誘導型短伐期)

なるため、初期の素材生産量と中盤以降の素材生産量との格差が少なく、試行期間全体の量的安定性は高くなったことがわかる。次に、図-8 より、シナリオ D では 20 年後までは伐期を迎える 50 年生の面積の確保ができていたが、21~49 年後までは主伐面積が不足して 51 年生以上の誘導用調整林分から不足面積を補充していた。50 年後以後は法正林が完成され、主間伐ともに明らかな量的安定をみせている。なお、間伐量合計の変動について、11~34 年後

表-2. 試行期間内の素材生産量についての施業シナリオ比較

シナリオ	試行期間内						法正林完成後の 森林蓄積量(m <sup>3</sup> )			
	長伐期	短伐期	平均値(m <sup>3</sup> )	標準偏差(m <sup>3</sup> )	変動係数	変動係数	—	—		
現状推移型	長伐期：A		65088	100%	76952	100%	1.182	100%	—	—
	短伐期：B		74435	114%	63121	82%	0.848	72%	—	—
法正林誘導型	長伐期：C		60914	94%	4099	5%	0.067	6%	65088	100%
	短伐期：D		76536	118%	8030	10%	0.105	9%	72691	112%

に起きている減少の原因は、11～34年後に間伐対象となる初期のⅠ～Ⅶ齢級林分の面積が過小であったため、法正林化により間伐対象林齢の齢級構成が整ってきた35年後以降の間伐量合計は安定している。これらのことから、シナリオDにおいては、主伐不足時の補充対象である誘導用調整林分のha当り蓄積が主伐のそれより大きいことが素材生産量の変動（一時的な増加）の原因であることがわかる。

また、表-2より、シナリオAは、試行期間内の素材生産量平均値が65,088 m<sup>3</sup>で、4シナリオ中2番目に小さい。また、標準偏差76,952 m<sup>3</sup>と変動係数1.182は、ともに4シナリオ中で最も高い値を示し量的安定性は最も低い。シナリオBは、試行期間内平均値が74,435 m<sup>3</sup>でシナリオAの114%であり、4シナリオ中2番目に大きい。また、標準偏差63,121 m<sup>3</sup>と変動係数0.848は、それぞれシナリオAの82%と72%で数値は若干低くなっている。シナリオCは、試行期間内平均値が60,914 m<sup>3</sup>でシナリオAの94%であり、4シナリオ中最も小さい。また、標準偏差4,099 m<sup>3</sup>と変動係数0.067は、それぞれシナリオAの5%と6%しかなく、4シナリオ中最も小さい値を示し量的安定性は最も高い。また、法正林完成後は伐期および間伐計画が同じであるシナリオAの平均素材生産量と等しい65,088 m<sup>3</sup>を示した。シナリオDは、試行期間内平均値が76,536 m<sup>3</sup>でシナリオAの118%であり、4シナリオ中最も大きい。また、標準偏差8,030 m<sup>3</sup>と変動係数0.105は、それぞれシナリオAの10%と9%しかなく、4シナリオ中2番目に小さい値を示し量的安定性は高い。また、法正林完成後は伐期および間伐計画が同じであるシナリオBの平均素材生産量とほぼ等しい値72,691 m<sup>3</sup>を示した。

#### 4. 考 察

シミュレーション結果を纏めると、以下ようになる。

- 伐期を100年から50年に半減する（以下では「伐期調整」とする）場合、対象森林を法正林へ誘導するしないにかかわらず、試行期間内の平均森林蓄積量はほぼ半減する。
- 伐期調整を行った（伐期を100年から50年に半減する）場合、対象森林を法正林へ誘導するしないにかかわらず、試行期間内の平均素材生産量は10%程度増加する。
- 対象森林を法正林へ誘導する場合、伐期を100年から50年に半減するしないにかかわらず、現状維持型よりも試行期間内の森林蓄積量および素材生産量の変動係数

は減少し、量的安定性が高まる。

- 対象森林を法正林へ誘導する場合、現状維持型と比べると伐期調整が量的安定性に与える影響は強く、伐期を100年から50年に半減することで、試行期間内の森林蓄積量および素材生産量の両方において変動係数が大きく増加する。しかし、その値は現状維持型の水準よりも低くとどまる。

以上のことから、次の3点が導かれる。

- 伐期調整は、試行期間内の平均森林蓄積量と平均素材生産量に強い影響を与えるが、伐期調整のみで量的安定性を図るのは困難である。
- 法正林誘導は、試行期間内の変動係数を下げ、量的安定性を高める効果があり、しかも試行期間内の平均森林蓄積量と平均素材生産量にはほとんど影響を与えない。
- 法正林誘導と伐期調整の二つの調整方法は対立しないものであり、法正林誘導条件下での伐期調整は、森林蓄積量および素材生産量の調整手法として有効である。

#### V. お わ り に

本論では、循環型社会への移行のためには持続可能な森林経営の実現およびその生産基盤である森林の量的安定化が必要不可欠と考え、現状森林を量的に安定した森林状態へと移行させる手法として、法正林誘導と伐期調整とを想定し有効性の検証を行った。検証のため設定したシナリオは、対象森林を法正林へ誘導する場合としない場合の二つの管理方針下において、それぞれ伐期の異なる二つの施業指針を実施する場合のA～Dの四つの森林管理シナリオである。そして、対象森林を齢級構成に大きな偏りを持つ愛媛県久万町の民有スギ林に設定し、林分密度管理図を基に作成した森林資源予測モデルを用いて、設定シナリオ下における森林蓄積量および素材生産量の経年変化を推計し、その結果を比較検討することで手法の有効性を検証した。

検証の結果、分析対象森林のような齢級構成に大きな歪みを持つ森林を森林蓄積量と素材生産量の両方の指標において量的に安定した森林へ移行させる場合には、①法正林化が高い有効性を持つこと、②伐期調整のみでは量的安定性の確保において有効性が低いこと、③法正林誘導条件下では施業（伐期や間伐計画）が量の決定要因であること、の3点が抽出された。

以上のことから、森林資源を地域の主要な生活資材とする循環型社会に向けて、今後の久万町民有スギ林の管理方針は、法正林誘導を基本として展開すべきであるといえ

る。またその場合には、地域の木材需要の推移を想定した上で目標とする供給量を決定し、その実現に適切な施業を伐期や間伐率などを調整項目として策定すべきである。

### 引用文献

- Anderson, V. and Johnson, L.K. (2001) システム・シンキング. 伊藤武志訳, 195 pp, 日本能率協会マネジメントセンター, 東京.
- 愛媛県 (2004) 中予山岳流域森林計画書 (中予山岳森林計画区). 195 pp, 愛媛.
- 愛媛県林業試験場 (2001) 森林管理モデル収穫表 (提案). 176 pp, 愛媛.
- 千葉幸弘 (2001) 植物への炭素蓄積のメカニズムと評価. 森林科学 33: 18-23.
- 泉 英二 (1980) 久万林業の展開と現状. 林業経済 1376: 1-12.
- 泉 英二 (1995) 愛媛県久万林業の三十年. 山林 14: 13-22.
- 上浮穴郡林業振興協議会 (1987) 上浮穴地方育林技術とその体系. 76 pp, 上浮穴郡林業振興協議会, 愛媛.
- 牧野耕輔・藤原三夫・泉 英二 (2001) 農家林家による森林管理の可能性の検証—久万林業地を対象にして. 林業経済研究 146 (2): 43-48.
- 内藤健司 (2005) 次世代に伝えるべきこと. 山林 1456: 2-7.
- 西村行功 (2004) システム・シンキング入門. 203 pp, 日本経済新聞社, 東京.
- 野田 巖・天野正博 (1987) 民有林における木材供給予測 (Ⅲ)—木材需給予測システム—. 98 回日林論: 101-104.

- 小沢今朝芳 (1968) ドイツ森林経営史. 363 pp, 日本林業調査会, 東京.
- 小澤普照 (1998) 森林系炭素循環システムの構築に向けて—日本型林業からの脱皮と温暖化防止への貢献—. 林業経済 598: 1-13.
- 林野庁 (1980) スギ人工林林分密度管理図説明書北近畿・中国地方, 南近畿・四国地方, 九州地方. 84 pp, 林野庁, 東京.
- 林野庁 (1999) 人工林林分密度管理図. 全 22 図, 日本林業技術協会, 東京.
- 坂田景祐・木平勇吉 (2003) 森林の CO<sub>2</sub> 吸収機能に対する助成を想定した林業経営収支モデル. 日林誌 85: 7-11.
- 竹内公男・青柳修平 (1996) 地域の森林資源の構造分析への STELLA II の導入. 日林関東支部論 48: 17-20.
- 竹内公男・青柳修平 (1997) 蓄積級に基づく森林資源推移モデル. 日林論 108: 119-120.
- 豊田 (2004) 2004 年 10 月関西林学会口頭発表資料.

### 注 記

- (注 1) 今回分析に使用したシナリオは、本文中で示した四つのほか、それぞれで間伐強度 2 倍かつ間伐回数 1/2 とした四つを含む計八つであった。しかし、分析の結果、本文中で示したシナリオとそれ以外のシナリオとの間には、有意な差が出なかったため記述は省いている。
- (注 2) ここで対象としている森林は久万町の民有スギ林全体であるが、1 林分規模や法正林構成林分群などの施業単位の規模に関しては、同一林齢という条件のほかは、まったく限定しないものとする。