

---

**論 文**

---

**育林投資の最適化に関するシステム論的研究  
—系列的多段決定モデルの検討—**

黒 川 泰 亨\*

**Studies of a System Model of Silvicultural Investment  
—A Case Study on the Multistage Serial Decision Model—**

Yasuaki KUROKAWA\*

**Summary**

One of the most important decisions that a forest owner must make is to determine whether a forest stand should be cut or reserved or when it should be cut in accordance with the estimation of its financial maturity period with the maximization of the total net present value of the whole forestry stand. As for financial maturity, there exist a traditional forest valuation studies which can give computationally precise calculations. However the actual application of these to practical forest management is ineffective because they use static models.

In this paper, we deal with multistage serial decision making models and we can apply the multistage linear programming method to these problems. This paper deals with a network planning model of silvicultural investment at first, and then discusses how to apply this network planning model, multistage linear programming methods and some applications for deciding the financial period of the individual forest stands. This model can provide effective information for deciding the financial maturity period and maximization of the net present value of entire forestry stands under the upper limitations of labor utilization and cutting area and lower limitation of the forest stands area that can be created at the end of the planning period. According to this planning method, we can concretely predict the long term treatment of forest stands more than 30 years into the future. This model can therefore furnish more effective information on the long term forest management decision making of private forest owners.

---

\* 鳥取大学農学部 附属演習林

University Forests, Faculty of Agriculture, Tottori University

## I 緒言

一般に、森林管理学は、森林の造成・利用・保全に関する意思決定の術であり科学であると言えよう。森林は極めて多様かつ複雑な系を持つものであり多くの変数を含んでいる。変数と変数とを結びつける関係式は1つのシステムを構成するが、森林は極めて複雑な系を持つため、森林に関するシステムは工場管理のシステム等とは比較にならないほど複雑なものとなる。複雑な系を持つ森林の管理に関する意思決定を合理化しようとする場合、マネジメント・サイエンス（経営科学）の方法が有効となることが多い。マネジメント・サイエンスはオペレーションズ・リサーチ(OR)と良く似た内容を持つ研究分野であるが、通常一般にはオペレーションズ・リサーチよりも広い意味に解されている。

マネジメント・サイエンスの主要な目的は、経営管理者に対して適切な指針や情報を提供し、経営に関する意思決定行動を改善することにあると言えよう。<sup>10)</sup> 従来から育林経営に関する意思決定の大部分が、いわゆる勘と経験によるものであったことは否めない。そして林業の長期性という曖昧な言葉によって、この勘と経験に依存した決定を正当化してきたように思われる。経営に関する意思決定行動から勘と経験を排除するには、意思決定問題自体を詳細に分析し、その問題点を明確にし、この意思決定問題を解決しうる手段を計画し、この計画案をモデル化し、さらに机上実験ならびに実地評価を経て最後に最適な計画案を採択するといった、一連のマネジメント・サイエンスの方法を使用することが必要となってくる。

森林の造成は、当然ながら投資を伴うことになり、経営経済的側面からは重要な問題を提供することになる。林業家の行なう行為の多くは投資であると言っても過言ではない。また育林投資は遠い将来において成果の出るプロジェクトであるとも言える。投資に関する計画は、利用可能な資源を効果的かつ能率的に配分するための選択決定のプロセスであると考えられる。投資計画は経営構造を長期的に規定するため、各種の経営活動に対して決定的な影響を及ぼすものである。投資という観点から育林の場合とその他の経済行為とを比較すると、育林の場合、商業的価値を持つまでに林木を育成するのに超長期間を必要とする点が大きな特徴である。つまり、育林投資の場合には時間の要素が極めて重要な役割を果たすことになる。時間要素が重要な役割を果たすということは、投入と産出の間における時間経過が長いことを意味し、それだけリスクや不確実性が大きいことを示すものでもある。

従来から育林経営における指導原則として、収益性の原則、経済性の原則、生産性の原則、厚生原則、保続の原則などがあげられてきた。収益性の原則は、最大の純収益あるいは利潤を獲得するよう経営を行なうことを要請するものである。経済性の原則は、最大の経済性を実現するよう経営を行なうことを要請するものであるが、要するに収益と費用の比率を最大化することを意味するものと理解できる。生産性の原則は、生産された財の数量と消費された財の数量との比を最大化ならしめることを求めるものである。厚生原則は、林業または森林生産の社会的意義を最も良く発揮し人類生活の福利を最も良く増進しうよう経営を行なうことを要請するものである。さらに、保続の原則は、森林における収穫を連年均等的かつ永久に保持するような経営を

実行することを要請するものである。

上記の指導原則はとくに林業経営だけに限定されたものではなく、あらゆる経営に共通する原則でもあるが、経営経済的観点からすれば、かかる林業経営の指導原則のなかでも収益性の原則と保続性の原則がとくに重要な意義を持つものと考えられる。収益性の原則は最大の純収益を獲得するよう経営を行なうことを要請するものであるが、広義に解すれば、この中に経済性の原則あるいは生産性の原則の考え方が包含されているとも考えられる。一方、保続の原則は極めて多義的であるが、これを包括的に述べると、森林から得られる便益を連年均等的かつ永続的に維持するよう育林経営を行なうことを要請するものである。従って以上2つの指導原則に依拠するならば、育林経営は、森林の発揮する多様な便益を可能な限り大きくし、かつ森林資源を永久に保持するよう森林を制御する行為であると理解できる。<sup>11)</sup>

各種の森林施業は森林を制御する手段であるが、なかでも植栽は育林投資の開始行為として、伐採は育林投資の回収行為としてとくに重要な意義を持つ。投資の観点からすれば育林経営は林地に対する林木の植栽で始まり収穫をもって終了すると言えるが、林木は育成期間が超長期に及ぶため、その成熟期も農作物などと比較して広範囲にある。また収穫時期も明確に定まらない場合が多い。従って育林経営主体が行なうべき経営上の最も重要な意思決定の1つは「どの林分をいつ伐採し、どの林分を残すかを明確にし、各林分の保有期間を決定すること」であると言えよう。

森林は、森林を構成している個別林分の保有期間の変動に伴って費用ならびに収益の額と発生時点の変動するため、森林は林分の保有期間の変動によって異なる純収益を生み出す資産となる。よって、育林投資の最適化システムとは、個別林分の保有に関する時間配分についての経営上の意思決定問題をシステム化すること、つまり林齢の異なる多数の個別林分をどのように組み合わせてどの期間保有するのが育林投資の実行において最適であるかに関する決定問題をシステム化することであるとも考えられる。

本稿では育林投資の最適決定システムに関する問題を検討するが、育林投資の最適決定においては、立地や地利の問題、森林生態あるいは施業実行上の制約、森林の持つ各種の公益的機能の問題なども考慮すべき重要な要件となり、複雑な問題を内包している。本稿ではかかる問題への第1次接近として、主として経済的成果を考慮する場合に限定している。なお本稿は先に発表した論文を別の観点から再検討したものであるが、兵庫県神崎郡下における個別育林経営に関するデータの一部をそのまま使用している。<sup>7)</sup> これは既発表の論文と本稿の結果とを比較する便宜を考慮したものである。このことを最初にお断わりしておきたい。

## II 育林投資の系列的多段決定モデル

### 1. 育林経営における系列的多段決定過程

育林投資の最適化システムは、結局、多重期間にわたる林分選択の最適化問題として構成できることは上で検討したとおりである。従来から育林投資に関連した多重期間にわたる林分選択の

問題は、育林経営における経済的伐期決定の問題として主として林価算法較利学の中で取り扱われてきた。育林投資は数十年という超長期に及ぶため投資の経済性計算を困難なものにしていたが、過去の多数の学者研究者がこの困難な問題の解決のために努力した結果が林価算法較利学として体系化されたとも言える。

林価算法較利学は、長期に及ぶ育林投資の経済性計算をその内容とし計算の厳密さと論理の整合性の点では優れたものであるが、林業較利学に対する批判も多くある。その批判の主なものとして、与件の動的変化を無視した静態経済を前提としたものであること、経営実行上の諸制約を無視した抽象次元の計算であり経営モデルが欠如していること、単純投資を対象としており複数投資の取り扱いが困難であること、等をあげることができる。<sup>6)</sup> 林価算法較利学の最大の欠点は経営モデルが欠如していることであると考えられ、この点の克服が課題となるが、育林経営における個別林分の保有期間に関する決定つまり個別林分の伐採や植栽の時間的配置に関する決定は、多段決定過程として捉える必要がある。また、育林経営における各種の意思決定は、つねに長期にわたる全体への影響を十分考慮して行なわれなければならない。

この多段決定過程を構成する各段階は、入力状態ベクトル、出力状態ベクトル、決定ベクトル、状態変換、段階利得の5つの要素によって規定される。<sup>8)</sup> 育林経営に関する多段決定過程においては、前段階の出力状態ベクトルがそのまま次段階の入力状態ベクトルを形成することになるからいわゆる系列的である。このような系列的多段決定過程を以下のように考える。

任意の時期  $t$  における森林の状態は、状態変数ベクトル  $A_t$  として(1)式のように表現することができる。

$$A_t = (a_{t1}, a_{t2}, \dots, a_{tm}) \quad (1)$$

ここで、ベクトル  $A_t$  の成分  $a_{t1}, a_{t2}, \dots, a_{tm}$  は、段階  $t$  における森林の状態を、樹種、林齢、面積、本数、樹高、材積などに関する  $m$  個の状態変数で表わしたものであり、森林の状態を具体的に表現するものである。従って初期(0期)から任意の  $n$  期に至る各段階での森林の状態は(2)式のように表わすことができる。

$$\begin{aligned} A_0 &= (a_{01}, a_{02}, \dots, a_{0m}) \\ A_1 &= (a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1m}) \\ A_2 &= (a_{21}, a_{22}, \dots, a_{2m}) \\ &\dots\dots\dots \\ A_n &= (a_{n1}, a_{n2}, \dots, a_{nm}) \end{aligned} \quad (2)$$

森林の状態に関する成分は、森林に対して全く人為的操作が加わらない自然放置の場合でも時間経過に伴って変化していく。すなわち、少なくとも  $t$  期から  $t+1$  期にかけて林齢が1期分進み、それに応じて樹高、本数、材積等が変動する。 $t$  期から  $t+1$  期へ森林が推移する過程に森林に対して何んらかの人為的操作が加えられるのが一般的である。これがいわゆる森林施業と呼ばれるものであるが、任意の森林に対する  $t$  期の施業は森林施業ベクトル  $S_t$  として(3)式のように表わすことができる。

$$S_t = (s_{t1}, s_{t2}, \dots, s_{tp}) \quad (3)$$

ここで、ベクトル $S_t$ の成分 $s_{t1}, s_{t2}, \dots, s_{tp}$ は $t$ 期における $p$ 種類の森林施業を表わす。具体的には植栽, 補植, 下刈, 枝打, 除伐, 間伐, 主伐などを各々意味し, いわゆる森林施業の内容を表現するものである。この $S_t$ が決定ベクトルに相当し, 1期から任意の $n$ 期に至る森林施業は(4)式のように表わすことができる。

$$\begin{aligned} S_1 &= (s_{11}, s_{12}, \dots, s_{1p}) \\ S_2 &= (s_{21}, s_{22}, \dots, s_{2p}) \\ S_3 &= (s_{31}, s_{32}, \dots, s_{3p}) \\ &\dots\dots\dots \\ S_n &= (s_{n1}, s_{n2}, \dots, s_{np}) \end{aligned} \quad (4)$$

一方,  $t$ 期から $t+1$ 期への森林の推移は状態変換 $\tau$ を用いて(5)式のように表現できる。ここで $A_{t-1}$ が入力状態ベクトル,  $A_t$ が出力状態ベクトルに相当する。つまり $A_{t-1}$ の入力状態であった森林に $S_t$ の施業を加えた結果として $A_t$ が出力されることになる。

$$A_t = \tau_t(A_{t-1}, S_t) \quad (5)$$

(5)式から明らかなおり, このモデルでは, 今期の森林状態は前期の森林状態と今期の森林施業に完全に依存して決定されることになる。(6)式に示すとおり, 初期状態として $A_0$ の状態であった森林は $n$ 期中に $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$ と順々に施業が加えられた結果, 終端状態としての $A_n$ へ逐次変換されていく。

$$\begin{aligned} A_1 &= \tau_1(A_0, S_1) \\ A_2 &= \tau_2(A_1, S_2) \\ A_3 &= \tau_3(A_2, S_3) \\ &\dots\dots\dots \\ A_n &= \tau_n(A_{n-1}, S_n) \end{aligned} \quad (6)$$

(6)式に示す森林の変換過程において, 森林施業に伴って費用ならびに収益が発生するが,  $t$ 段階における森林施業 $S_t$ に伴って発生する段階費用を(7)式のように考える。

$$C_t = \xi_t(S_t) \quad (7)$$

また, 森林の間伐や主伐に伴って得られる段階収益を(8)式のように考える。

$$R_t = \pi_t(S_t) \quad (8)$$

すると, 初期状態から終端状態へ $n$ 段階にわたって森林が変換されていく間に各段階における負の段階利得として(9)式に示す費用系列が得られる。

$$\begin{aligned}
C_1 &= \xi_1(S_1) \\
C_2 &= \xi_2(S_2) \\
C_3 &= \xi_3(S_3) \\
&\dots\dots\dots \\
C_n &= \xi_n(S_n)
\end{aligned} \tag{9}$$

また同様に、各段階における正の段階利得として(10)式に示す収益系列が得られ、これらがいわゆる利得系列となる。

$$\begin{aligned}
R_1 &= \pi_1(S_1) \\
R_2 &= \pi_2(S_2) \\
R_3 &= \pi_3(S_3) \\
&\dots\dots\dots \\
R_n &= \pi_n(S_n)
\end{aligned} \tag{10}$$

当然ながら経営内部における費用ならびに収益の発生は連続的なものであるが、ここでは各段階の初めにその総額が同時一斉に発生するものと考え、いわゆる費用系列ならびに収益系列として置換している。<sup>1)</sup> 以上のように構成した系列的多段決定過程において、計画当初に予め決めた  $n$  期間を通して(9)式に示す  $C_n$  と(10)式に示す  $R_n$  の対比から、純収益の最大化が達成できる決定ベクトル列(11)式を求めたとき、育林投資の最適計画が策定されたことになる。

$$S^* = (S_1, S_2, \dots\dots\dots, S_n) \tag{11}$$

任意の森林の状態を、現実に即してより具体的に表現するには(1)式の状態変数ベクトルの成分を多くする必要があるし、(3)式の森林施業ベクトルの成分も多くしなければならない。しかし、ベクトルの成分を多くすれば(5)式において森林施業と森林状態の関連づけが極めて困難になる。そこでモデルを簡単化するために、樹種を特定した一斉人工林の場合を対象にし、林分毎の地位、地利あるいは施業法に大差がないものとする、森林状態は林齢別面積で表現でき、その他の森林状態に関する成分は一意的に決定されるとしても差し支えない。

そこで、状態変数ベクトルを  $A_t = (g_{t1}, g_{t2}, \dots\dots\dots, g_{tm})$  とし、ベクトル  $A_t$  の成分  $g_{tm}$  を  $t$  期における林齢  $m$  年の林分面積とすると、上記のモデルは極めて単純化され、最終的には個別林分の保有期間とその面積に関する最適化問題として構成できることになる。さらに、伐採跡地の植栽を伐採直後(伐採年と同年)に実行するものと仮定すると、裸地の発生や林地転用を考慮する必要もなく上記モデルは一層簡単となり、求めるべき決定ベクトル列  $S^*$  は個別林分の保有期間とその面積に関する最適解を示すことになる。

## 2. 伐期決定基準に関する予備的考察

育林経営において個別林分の保有期間つまり個別林分に関する伐期の最適決定を考える場合、上記(3)～(6)式に示すような系列的多段決定過程における費用と収益の時間的な対応関係は、両者に係わる価格条件が不変であるとする、(9)式に示す森林の更新と保育に要する費用の時間

的分布としての費用系列，ならびに(10)式に示す森林の主間伐によって実現される収益に関する時間的分布としての収益系列によって提示されることになる。<sup>4)</sup>

当然ながら，初期状態としての森林の状態 $A_0$ やその後の施業 $S_t$ の相違によって費用系列ならびに収益系列は異なるものになる。育林経営における1つの林分の造成から伐採に至る間の一般的な費用系列は次のようなものである。つまり，森林造成の初期段階での費用が極端に大きく，その後徐々に減少し，とくに下刈過程を終了した段階以降の費用は3～4回の除間伐費用とごく少額の管理費用が毎年必要となるのみであり，森林造成の初期段階の費用と比較すればその額は極めて小さいものである。

例えば，農水省統計情報部平成3年度育林費調査報告によれば，植栽前年からその後50年間における育林費（労務費＋諸材料費）についてみれば，スギ（全国平均）の場合，累積費用額は1年目までに24.3%，2年目までに28.8%，3年目までに35.7%，4年目までに42.2%，5年目までに49.3%，10年目までに66.2%に達している。同様にヒノキ（全国平均）の場合も1年目までに29.7%，2年目までに38.2%，3年目までに43.1%，4年目までに47.6%，5年目までに52.2%，10年目まで67.2%に達する。このように育林投資の場合は初期段階における投資額が極端に大きくなる点に特徴がある。

一方，一般的な収益系列は次のようなものである。すなわち植栽後20～30年の間に1，2回の間伐収入があり，伐期に達した段階で1回限りの主伐収益が期待できる。最近では伐出コストの上昇と素材価格の低迷で間伐収益が殆ど期待できず，収益は主伐時の1回限りとするタイプの育林経営が多くなっている。かかる特徴を備えた育林経営では，収益系列に比較して費用系列が時間的に大きく先行することになる。従って両者の差である純収益系列は森林造成の初期段階では負となり30年を経過した段階あたりから漸く正に転じる形態となる。

育林投資の最適化に関するシステム論的アプローチに関する議論の展開を容易にするため，いま一度原点に立ち返り，投資決定の基準に関して2，3の検討を加えておきたい。一般に投資決定の理論は，50年代の現在価値と収益率を中心とした決定理論，60年代の線形計画あるいは整数計画を中心とした数理計画法を利用した資金制約下で投資決定理論，70年代の投資における危険評価理論といった形で発展してきたと言われている。

投資決定基準として利益率法と現在価値法の2つの大きい立場があることは周知のとおりであるが，利益率法は，従来から経済学者が好んで使用してきた考え方と言えよう。これは資本の内部効率，資本の限界効率あるいは資本の内部収益率と同じ概念であり，実務においては利回り法や利回り率法とも呼ばれるものである。要するに(9)，(10)式に示した費用系列ならびに収益系列から，(12)式を満足する $x$ の値をもって資本の内部効率とし，この値を投資の選択基準とする考え方である。各投資案についてこの値の高い順に配列するとともに，調達する資金もそれぞれの資本費用率の低い順に配列し，両者の交点を切捨率とし，この切捨率を指標として投資の最適規模を決定しようとする考え方である

$$\sum \frac{R_j}{(1+x)^j} - \sum \frac{C_j}{(1+x)^j} = 0 \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (12)$$

一方、現在価値法の考え方は、所与の計算利子率  $i$  において次の(13)式に示した NPV の値を投資基準とする考え方である。現在価値法はまた資本価値法、正味現在価値法など種々の名称で呼ばれるが、この現在価値法の考え方は L. & W. ルツにその原初的形態を見出すことができる。つまり、投資案から期待される収益の系列を資本費用率で割り引いた資本価値から、費用の系列を現在価値に割り引いた値、を差し引いたものとして示される正味現在価値 (Net Present Value: NPV) を計算し、正味現在価値が存在する投資案を採択することによって投資の最適規模を決定しようとする考え方である。

$$NPV = \sum \frac{R_j}{(1+i)^j} - \sum \frac{C_j}{(1+i)^j} = \sum \frac{R_j - C_j}{(1+i)^j} \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (13)$$

現在価値法では上に示した利益額の一つを基準として投資計画を決定するが、この背後に存在する企業観は、いかなる投資目的に資本が投下されようとも企業が指向するのは利益額の最大化のみであり、この場合の目的とする利益は投資主体が将来稼得する利益の現在価値のことであり、この値を最大化することが投資目的とされる。<sup>2)</sup>

利益率法ならびに現在価値法の考え方に関する経営経済学上の優劣論争には長い歴史的な経過があるが、いまだ決定的な結論は得られていないと言えよう。両者の優劣比較は専門の文献に譲ることにするが、大勢としては現在価値法を支持する学者研究者が多く、現在価値法が優位であると見られているため、本稿でも実務的にも比較的難点が少なく計算が容易である(13)式に示した現在価値法の立場をとって以下の議論を進めることにした。この現在価値法は、現在価値に割り引く計算利子率決定のための合理的基準が明確でないこと、資本市場の完全性を前提とするものの、実際には資金の調達に制約があること、将来に関する予測に危険ならびに不確実性が伴うこと等いくつかの問題点が指摘されている。

しかしながら、具体的に利益率法を採用する際には  $n$  次方程式 ( $n \geq 100$  となる場合もある) の解を求めることが要求され、計算技術的に困難な問題が存在すること、同時に 2 つ以上の解が存在し唯一の解が決まらない場合があること等が利益率法に比較して現在価値法を優位とする大きな理由になっている点は否めない。なお、利益率法を採用する際に複数の解を持つ問題に関しては多くの論者によって論じられているが、複数の解を持つと、育林投資のように複合タイプの投資の場合、利益率が投資の効率を示すという機能を完全に喪失してしまうことがあり、そこには複数の解のうちのどれを選択すれば良いかという手続き上の問題ではなく、利益率が大きいほど有利な投資であるという一意性がなくなるという本質的な難点がある。

上に示した費用系列ならびに収益系列をもとにして、林分の伐期決定の基準を検討してみる。既に検討したとおり NPV は林分保有期間  $t$  の関数となるが、費用系列と収益系列が各々 1 系列しか存在しない場合は林分の最適保有期間を決定することは比較的容易である。しかし、系列が多数存在し連鎖している場合は最適解を見出すことは極めて困難な問題となり、他の方法に頼らざるを得なくなる。現在価値法の立場をとると最も有利な経済的利益をもたらす林分保有期間すなわち最適伐期の決定に関する定義そのものは明確であるが、1 つの経営体の中に樹種や林齢の異なる多数の個別林分が連鎖しながら複数個存在している現実の育林経営に即してオペレーショ



ナルに扱えないという実践上の欠点を持っている。この欠点は、従来からの林価算法較利学の持つ欠点と同様のものと言えよう。

育林経営の計画のように超長期に及ぶ計画では、ゴーイング・コンサーンとしての育林経営の1断面から出発し、将来の1断面を結んだ過程において最適化が行なわれる。従って当然ながら、樹種、林齢、地位、地利などの条件が違い、費用系列ならびに収益系列を異にする多数の個別林分が計画対象に入ってくる。また資金や利用可能労働量にも制約があり常に変動しているのが普通である。かかる場合には(13)式は実践力を喪失し、結局、数理計画手法に頼らざるを得なくなる。次節においてその数理計画手法モデルについて検討する。

### 3. 育林経営の多段階構造と最適決定

#### (1) 育林経営の多段階構造

先に検討したように、育林経営主体が行なうべき経営上の最も重要な決定の1つは、どの林分をどの期間保有するかを明確にすること、つまり林齢の異なる多数の林分をどの様に組み合わせてどれだけの期間保有するのが自己の経営にとって最適であるかに関する意思決定を行なうことであると言える。この場合、(6)式でも示したとおり育林経営は系列的多段決定過程であり、ある段階での決定が次の段階の決定に影響を及ぼす状態を考慮する必要がある。

(1)式に示した状態変数ベクトルを $A_t = (g_{t1}, g_{t2}, \dots, g_{tm})$ とし、ベクトル $A_t$ の成分 $g_{ij}$ を*i*分期における林齢*j*年の林分面積とすると、育林経営に関する系列的多段決定過程のベーシック・モデルは、図1のような有向ネットワーク（アークに対して流れの方向が限定されているネットワーク）で表現できる。ネットワークはノードと呼ばれる元の集合とアークと呼ばれる順序付けられた対の集合から構成されている。任意のノードへ流入するフローとノードから流出するフローの総量は等しく、いわゆるフロー保存の条件を満足している。<sup>9)</sup> 各フローは非負の値をとり、ここでのフローは林分面積に相当している。

図1においてAは任意の林分を表わす。計画分期1において伐採可能林齢に到達している林分A00は、計画分期2へ進む際には伐採されずに進階して林分A11に変換されるアークを選択するか、あるいは伐採されその直後に更新されて林分A12に変換されるアークを選択するかの何れかである。伐採されずに進階する林分は右水平方向へ移行するアークを選択し、伐採され更新される林分は右下方へ移行するアークを選択することになる。伐採可能林齢に到達した林分は必ず分岐する2本のアークを持ち何れかの選択を求められる。伐採可能林齢に未到達の林分は1本のアークしか選択できず分岐するアークを持たない。この1例がA12, A23, …, A67へ達するアークである。また所定の林齢に達した林分は必ず伐採することを条件として付加する場合は、右水平方向へ移行するアークを持たず、右下方へ進むアークのみを持つことになる。

アークの数は伐採可能林齢に未到達の林分については分期の進行には無関係に1本であるが、伐採可能林齢に到達した林分については分期毎に1本ずつ増加する。従って林齢に上限を設定しない場合は、任意の1つの林分は*n*分期後には最大限*n*個のノードを持つことになる。計画開始時における計画対象林分が多いほど複雑なネットワークが構成され、また計画分期数を長くとり

場合は伐採され更新された林分が再び伐採対象林分のグループに加わり、より複雑なネットワークが構成されるが基本的構造は変わらない。最終的には制約条件下で図1に示すネットワークにおける各アークの最適フロー決定すれば、先に述べた育林経営の最適計画  $S^* = (S_1, S_2, \dots, S_n)$  を決定したと同じことになる。

図1に即して考えれば、計画当初に存在した1つの林分は、多段決定過程における状態変換を受けた結果、計画期末には最大限7つの林分に変換される可能性を持つ。このとき計画期末に形成される林分がいかなる状態変数を持つか、つまり終端状態としてのA61, A62, …, A67の構成割合すなわち年齢級分配が保続原則の観点から重要となってくる。計画期間中に強度の伐採を行えば多額の収益が得られるが、それだけ若齢林分が多く形成されることになり、育林経営の保続原則に反する結果になるため、計画期末に形成される林分について林齢と面積を指定し、これを制約条件として設定することも必要となる。また景観維持や公益的機能発揮の点から、伐採・更新に相当するアークのフローに一定の上限制約を設定すること等も必要となる。

伐採跡地を裸地のまま放置したり一定期間経過後に再生林を開始する場合、林種転換や樹種転換を行なう場合、さらには他作目への林地転用を考える場合には、それに相応した数のノードとアークを設ける必要があり一層複雑なネットワークを構成することになるが、基本的な考え方は全く変わらない。なお、図1のネットワークにおいては計画分期の長さは1年単位で任意に設定可能であるが、育林経営を考える場合、現実の施業計画の分期に相当するものとして5年単位に設定するのが一般的であり、本稿でも1分期を5年間に設定している。

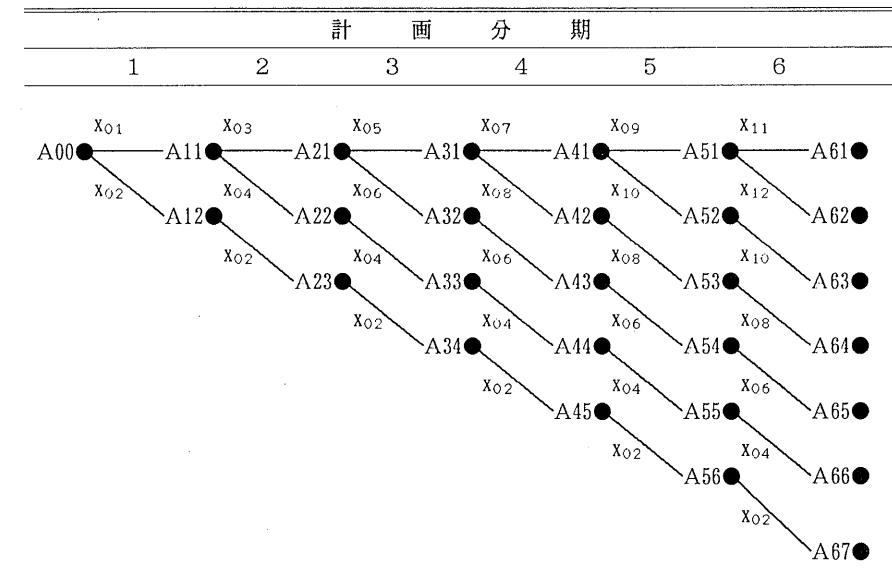


図1 多段決定過程のネットワーク図

表1は、図1に示した多段階決定のネットワーク図に従って6分期間にわたる正の段階利得としての収益系列と負の段階利得としての費用系列の対応関係を示したものである。ここではモデ

ルを単純化するため40年生の林分が1つ与えられた場合を考えるが、各変数と各アークとの対応関係は図の左側に示してある。例えば、変数  $x_{01}$  はアーク A00～A11のフローに対応し非負の値を持つ。アーク A00～A11のフローは40年生林分のうち伐採せずそのまま保有して45年生へシフトさせる林分の面積に相当するから、第1分岐に  $C_{40}$  (添字は林齢を示す) の保育費用が発生することになる。

次に変数  $x_{02}$  はアーク A00～A67のフローを示すが、これは40年生林分を伐採しその直後(同一分岐内)に更新してその後保育を継続していくことに対応しているから、第1分岐に主伐収益  $R_{40}$  が発生し同時に  $M_{00}$  の更新費用が発生する。その後第2分岐から第6分岐までの各分岐において育林費用として  $C_{05}$ ,  $C_{10}$ , …… $C_{25}$  が発生し、これらが費用系列となる。以下同様に収益系列と費用系列の時間的対応関係を見ることができる。

計画目的として NPV の最大化を設定した場合、(13)式からも明らかとなり、費用系列を伴わない収益系列だけについて考えると、分岐毎の収益の増加率が割引率よりも小さい場合は、分岐のより早い段階における収益の発生を期待する力が作用する。反対に分岐毎の収益の増加率が割引率より大きい場合は、分岐のより遅い段階における収益の発生を期待する力になる。収益の増加率は林分の材積成長率と価値成長率との関数であると考えられ、また材積成長と価値成長は樹種、地位、地利とも深く関係している。従って収益の増加率が林齢の進行とともにいかなる変化を示すかについては一概には論じることは困難であり、割引率との関係は極めて複雑なものとなる。このことは費用系列についても当てはまる問題である。

ところで、収益を獲得するために一度伐採を行えば、その後30年間以上にわたり更新と保育のための費用が継続して発生することになるため、上でみた収益の発生に対する期待はそれに続く費用系列との関係で論じなければならない。1回の収益の獲得に対して30年間以上にもわたる保育経費が必要となり、育林投資の場合は典型的な多点投入・1点産出の形態をとる。表1は1つ

表1 多段決定過程と費用収益系列

変数	アーク	収 益						費 用												
		分 期						分 期												
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6							
$x_{01}$	A00 : A11																			
$x_{02}$	A00 : A67																			
$x_{03}$	A11 : A21																			
$x_{04}$	A11 : A66																			
$x_{05}$	A21 : A31																			
$x_{06}$	A21 : A65																			
$x_{07}$	A31 : A41																			
$x_{08}$	A31 : A64																			
$x_{09}$	A41 : A51																			
$x_{10}$	A41 : A63																			
$x_{11}$	A51 : A61																			
$x_{12}$	A51 : A62																			

注) R : 主伐収益、M : 更新費用、C : 保育費用 (添字は林齢を示す)

の林分に関する費用系列と収益系列の対応関係を示したものであり比較的単純な形となるが、幾つもの林分が計画対象となり連鎖している場合は費用系列と収益系列の対応関係は極めて複雑となり、各フローの最適決定は数理計画法に頼らざるを得なくなる。

## (2) 線形計画法による最適フローの決定

本稿では、ネットワークにおける最適フローの決定に有効に利用できる数理計画手法として多段階線形計画法の適用を考える。線形計画法は、いかなるモデルが与えられてもそれを解くことは理論的に可能であるが、大規模システムを解く場合にはそれなりの工夫が必要となる。この工夫の1つとして分解アルゴリズムの考え方があつた。つまり、制約条件の全体が比較的多数の独立したグループに分けられ、各グループはそれぞれが同一期間もしくは同一資源の制約だけに係わる制約式からなっているような形の問題の場合である。

この種の問題ではいくつかの個別の線形計画問題が1つの線形計画問題の中に含まれているような形を持ち、個別問題の解が全体として一連の付加的な制約条件を満足することが求められる。多段階線形計画法は上記のような形式を持つものであり、部分計画問題と部分計画問題とを結びつける統合計画問題があるような問題を取り扱うものであると言える。

多段階線形計画法では複数年度にまたがる計画期間内の各年度において生産要素やその他の制約要素の存在を仮定し、各年度の生産過程には通常の線形計画法がそのまま適用できるが、経営活動には時間要素が考慮されており、この時間に関係づけられた経営活動が決定すべきプロセス稼働水準となる場合を問題とする。かかる多段階線形計画ではある年度のプロセス稼働水準は他の年度のプロセス稼働水準と相互に依存関係にある制約条件下において、複数年度にあげられるプロセス純収益現在価値合計を最大化する計画を作成するときに有効に利用できる方法であるといわれている。多段階線形計画法は、育林投資のような超長期間における最適経営戦略を導き出す場合にとくに有効に利用できる。<sup>3)</sup>

ところで、育林経営に関する計画は長期計画と短期計画の2つに大きく区分できる。長期計画では、経営全体として与えられた制約下で経営目標の最大化（本稿ではNPVの最大化）を達成する過程において、計画当初の林分状態から出発してあらかじめ設定された目標とする林分状態へ森林を誘導してゆくことが主要な課題となる。この長期計画は先に(1)～(6)式で示したような系列的な多段階決定過程としての複数分期にまたがる計画となる。一方、短期計画では長期計画を実行する場合の任意の分期における最適な資金循環や就労配分などが主な課題となってくる。多段階線形計画法の適用によって両者が並行して処理できるようになる。

育林経営の場合、各分期のプロセス稼働水準を関連させる繰越制約条件として重要な意味を持つのは林齢別の林分面積であることは上述のとおりである。この制約条件は育林経営に関する計画の基本条件を構成する最も重要な要素となる。なお本稿では1分期を5年間としているが、各分期内の伐採プロセスと育林プロセスとの間ならびに各分期内における個々の経営諸活動の間には時間的経過はないものとし、各々の分期の開始時に瞬間的に行なわれるものとする。つまり、同一分期内ではプロセス間における時間の経過はないものとし、分期内の活動のすべてが分期始めに同時一斉に実行されるものとする。ことによって分期計画を大幅に容易化できる。

各分期の経営活動を関連づける繰越制約要素については林齢別の林分面積のみとし、また各分期のプロセスによって直接に使用される共通的な制約要素は存在しないものとする。第1分期の繰越制約要素の制約量は計画直前からの繰越量であり、ここでは計画対象となる林齢別の林分面積がこれに相当する。第2分期以降の繰越制約量は0となる。先に示したネットワーク図からも明らかなように、各アークに対応する繰越制約は林分単位に設定する。なお伐採可能な林分が分期の早い段階に存在するとき、繰越制約条件を等号制約または上限制約にする必要がある。なぜなら、下限制約にすれば伐採プロセスは稼働されるが、これに続く育林プロセスが稼働されない場合があり、結果的に林地が裸地化することが発生するためである。

表2 線形計画タブロー

変数	X <sub>01</sub>	X <sub>02</sub>	X <sub>03</sub>	X <sub>04</sub>	X <sub>05</sub>	X <sub>06</sub>	X <sub>07</sub>	X <sub>08</sub>	X <sub>09</sub>	X <sub>10</sub>	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	
目的関数													
分期 1	-C	R-M											
2		-C	-C	R-M									
3			-C	-C	R-M								
4			-C	-C		-C	-C	R-M					
5			-C	-C		-C		-C	-C	R-M			
6			-C	-C		-C		-C		-C	-C	R-M	
制約式													
林分面積バランス													
分期 1	1	1											= D
2	-1		1	1									= 0
3			-1		1	1							= 0
4					-1		1	1					= 0
5							-1		1	1			= 0
6									-1		1	1	= 0
伐採面積													
分期 1		1											≤ E <sub>1</sub>
2				1									≤ E <sub>2</sub>
3					1								≤ E <sub>3</sub>
4								1					≤ E <sub>4</sub>
5										1			≤ E <sub>5</sub>
6												1	≤ E <sub>6</sub>

注) 1) 目的関数の係数には、割引係数(分期jのとき  $1/1.0p^{(j-1)*5}$ ) を乗ずる。  
 2) Dは計画対象林分の面積  
 3) Eは伐採面積の上限

図1と表1をもとに、基本的な多段階線形計画のタブロー形式を示したものが表2である。12変数×12制約式のタブローとして構成された最大化計画である。このタブローでは、制約式として計画対象林分の面積、分期間の林分面積バランス、分期毎の伐採面積の上限のみに限定しその他の制約式はすべて省略した。このタブローでは与件としての計画対象林分面積はDであり、各分期における林分伐採面積の上限はE<sub>1</sub>~E<sub>6</sub>である。

目的関数については紙副の関係で表1に示したような林齢を示す添字を省略したが、表1の行

要素と列要素とを入れ替えたものが表2の目的関数となっており両者が完全に整合している。また費用についてはマイナスの記号を付けて表示した。任意の変数に対する目的関数の係数には、注に示したとおり各分期に対応する割引係数を乗ずる必要がある。なお伐採可能林齢に達している1つの林分に関して、少なくとも表2のうちの目的関数と林分面積バランスに関する制約式の2つを持つタブローが必要となる。

### Ⅲ 最適計画の決定と評価

#### 1. 計画目標の設定と条件の整備

経営全体の森林を小区域に区分することがこの種の計画の重要な要素となり、変数決定の前提条件となるものである。一般に計画上の森林区分と実行上の森林区分が一致することは森林の区分において重要な問題となる。計画を作成するための森林区分については、少なくとも経営主体がその森林をどのように区分けしたいのか、また計画の決定に当たって先に見た段階費用や段階収益を見積もり、段階利得を評価するのに森林をどのレベルにまで区分けしなければならないか、が重要な役割を果すことになる。

育林経営における個別林分の最適伐期を具体的に決定する際には、計画対象となるすべての林分について、先に検討した系列的多段決定過程における段階費用ならびに段階収益の系列に関するデータを準備し、利得系列を明示する必要がある。この他にも計画決定に影響を及ぼすと考えられる必要労働量などに関するデータも準備する必要がある。しかし、現実の育林経営における各林分についてこれらのデータを収集することは到底困難であるため、本稿では、地位、地利、施業法等が概ね同じと見なされる林分については育林投資に関する基礎的データは同じとし、これを林分群として扱うことにした。林分群については米国合衆国国有林の森林計画システムにおいてもいわゆるストラタ(strata)という概念で取り扱われている。<sup>5)</sup>

ストラタはいわば類地概念であり、森林のカテゴリーのことを意味する。同じカテゴリーに属す森林は、その存在場所の如何にかかわらず同じ経営活動から同じ利得系列が得られるものとして取り扱う。さらに、同じストラタに属す森林の利得系列は面積当たり同一レベルにあると仮定する。つまり、面積規模と利得系列のレベルに線形の関係が成り立つとする。よって利得系列は円/haという単位で定義される値となる。ストラタ法の場合2つの大きな欠点があるとされている。欠点の1つは、最適解として与えられた行為の地理的実行位置が不明であり位置を具体的に特定することが困難なこと、欠点の2つは、利得系列を単位面積当りで表現しなければならないので数値の把握が不明瞭になる危険性があることである。

実行位置が特定できないという欠点は、ストラタに対して地形的な定義を与えることによってかなり克服できる。ストラタと地形とを完全に一致させれば現場における位置の特定は容易となり混乱の生ずる余地はないが、利得系列を森林の単位面積当りの数値として把握することの困難性の克服については、今後の研究に待つところが大きい。例えば、林道維持費の把握には円/m/年という単位を使用するのが好都合であるし、素材搬出費は円/m<sup>3</sup>として定義するのが取り扱い

が容易となる。これらの費用項目を最終的に円/haに換算するには、換算に伴う技術係数の具体的な把握ならびに係数の安定性の確保が重要となるが、現段階ではこれらの技術係数が満足できる程度にまで十分把握されているとは言い難い。

本稿はあくまで当該モデルの有効性の検討に重点を置くものであり、多段系決定過程における利得系列に関する諸数値については信頼できる程度にまで把握されていることを前提としている。表3は昭和60年度に行なった兵庫県神崎郡下における個別育林経営の実態調査をもとに、その後の変化を統計資料を参考に補正し整理したものである。ここでは地位を基準にして大きく2つの施業タイプに区分している。原則としてタイプ1は地位の比較的高い林分を対象とする集約施業、タイプ2は地位の比較的低い林分を対象とする普通施業に対応させてある。また間伐収益は考慮せず、経常的管理費も少額であるため考慮していない。

表3 育林費、伐採収益、必要労働量に関する基礎データ

施業の タイプ 区分	林 齢	育 林 費	伐 採 収 益	伐 採 収 益 標 準 偏 差	必要労働量
	(年)	(千円)	(千円)	(千円)	(人日)
1	1- 5	1,261.9	-	-	85.0
	6- 10	455.1	-	-	35.1
	11- 15	196.6	-	-	18.3
	16- 20	124.6	-	-	9.8
	21- 25	77.6	-	-	6.6
	26- 30	74.1	-	-	3.9
	31- 35	44.2	4,888.5	974.8	1.7
	36- 40	57.3	5,741.4	1,149.5	1.6
	41- 45	30.0	6,970.0	1,441.8	1.6
	46- 50	48.4	7,327.8	1,421.6	1.4
	51- 55	18.6	8,717.5	2,085.3	1.2
56- 60	-	8,791.6	2,105.3	-	
61- 65	-	9,595.4	2,418.7	-	
2	1- 5	852.6	-	-	60.5
	6- 10	376.7	-	-	29.2
	11- 15	161.0	-	-	15.1
	16- 20	121.3	-	-	8.9
	21- 25	63.0	-	-	6.1
	26- 30	59.1	-	-	1.5
	31- 35	44.6	3,293.9	683.3	1.4
	36- 40	47.7	4,144.3	952.7	1.2
	41- 45	30.8	4,504.4	973.8	1.2
	46- 50	48.6	4,809.2	998.7	1.2
	51- 55	17.8	5,153.7	1,094.8	1.0
56- 60	-	5,743.9	1,293.8	-	
61- 65	-	5,833.3	1,299.8	-	

注) 昭和60年度の調査結果による標準的なヒノキ造林(兵庫県神崎郡下)の場合である。調査時点から年数が経過しているため育林費用ならびに労働投入量については平成3年度育林費調査報告(農水省統計情報部)を参考にして数値を修正した。伐採収益については大阪管林局調整の現実林分収穫予想表から利用材積を求め、地域における平均的な材価を乗じ算出した。費用ならびに収益は各林齢の最初に一括して発生するものとする。施業を2つのタイプに大区分し、タイプ1は地域における集約的な施業、タイプ2は地域における粗放的な施業に対応させている。

調査対象の個別経営では、山林面積約75haで、ヒノキ31%、スギ62%、残り7%はその他広葉樹、雑木となっている。この林分を、家族労働力を主体とし補助的に森林組合作業班を使用して経営している。表4はこの内の主要林分を施業のタイプと地形を基準にしてグルーピングしたものであり、これを計画対象林分（アナリシスエリア）とする。なお、ここでいう林分はいわゆる林分群に相当するものである点に留意する必要がある。本稿ではこのデータを使用して当該育林経営における各林分の最適保有に関する最適決定のモデル分析を行なう。再造林林分の場合は、一般に地力減退などによる林地生産力の低下が認められ、利得系列あるいは必要労働量等が元の林分のそれと異なることになるが、ここでは表3の関係が繰り返し適用されるものとする。また計画期間内には技術進歩などによる技術係数の変化もなく、素材価格や賃金水準等の相対的変動による純収益係数の変化もないものとする。これらの前提条件は、何れも当該システムモデルの有効性の検討においては許されるものであろう。

表4 計画対象林分（アナリシスエリア）

林分番号	施業のタイプ区分	林齢(年)	面積(ha)
A 1	1	10	3.7
A 2	1	25	1.9
A 3	1	30	2.6
A 4	1	40	2.7
A 5	1	55	1.8
B 1	2	5	3.3
B 2	2	15	4.1
B 3	2	30	3.5
B 4	2	35	3.1
合計			26.7

注) 樹種はヒノキ。施業と地形の類似性を基準にして林分に区分した。施業のタイプ区分は主として地位の差に基づく区分であり、原則としてタイプ1は集約的な施業、タイプ2は粗放的な施業に対応している。林齢は5年単位に括約した。

計画目標は先に検討した理由からNPVの最大化とする。割引計算に使用する利率を年5.0%と措定する。超長期にわたる林業経営計画の場合には、この計算利率をいかなるレベルに設定するかが重大な問題となり従来からこれに関する議論は多い。しかし、定性的な議論に留まっていると言っても過言ではなく、計算利率レベルが経営計画の結果にいかなる影響を与えるかに関する定量的な分析は比較的少ない。本稿ではこの計算利率のレベル設定に関する定性的な問題には直接触れる余裕はないが、あとで計算利率を変化させてシミュレーションを行ない、計算利率に関するパラメトリック操作による分析を行なった結果について検討し、計算利率のレベルがこの種の長期経営計画に及ぼす効果について考察することにしたい。

なお、計画期間を6分期30年とし、この期間内に経営規模つまり林分面積の増減がないことを前提としている。表4の林分群は表3の投入産出関係を持つ。また地元での伐採慣行を斟酌し35年生以下の林分は伐採対象外とする。過熟林分の形成を回避するために65年を超過する林分は必



ず伐採対象とするものとする。伐採林分はその分期内に必ず植栽するものとし、裸地の発生や林地の転用は認めない。さらに分期内での利用可能労働量に関する上限制約ならびに分期内での林分伐採面積に上限制約を設定する。この林分伐採面積の上限制約は、林分が一度に大きく伐採され、林地保全、環境保護あるいは景観維持上の問題が発生することを避けるために設定するものであるが、同時に特定分期内に経営活動が集中することを回避し、各分期内に平準化させる効果も持たせている。さらに、系列的多段決定過程の終端条件として、期末に成立する林分の年齢分配に関する制約も設定する。この年齢分配に関する制約を設定することによって収益性の原則と持続性の原則がモデルの中に具体的に表現されることになる。

## 2. 最適計画の決定と検討

最適計画の結果について検討してみる。表5、表6、表7は、1)各分期内における利用可能労働力が第1分期は600人日、以後各分期毎に利用可能労働力が15%ずつ減少する、2)各分期内における1林分当り伐採面積は計画当初の当該林分面積の30%以下とする、3)計画期末における25年生以上の林分面積が計画当初の当該林分面積の60%以上確保されている、という3条件を付加した場合の最適計画（この場合をケース1とする）について、林分A3、A4、B4に関する林分保有計画を示したものである。

この計画は変数66×制約式82の線形計画問題として構成され、イタレーション72で最適解に達した。目的関数値であるNPVは3,888万3千円となった。この計画では、先に示した2)の条件によって各分期内における1林分当り伐採面積は計画当初の当該林分面積の30%以下としているから、伐採可能林齢に達した林分は少なくとも3分期以上にまたがって伐採が行なわれなければならないことになる。また3)の条件によって計画期末には計画当初林分面積の60%以上が25年生以上の林分となっていることを保証している。

表5 林分A3の最適保有計画

林 齢 (年)	計 画 分 期						
	0	1	2	3	4	5	6
5	-	-	0.78	0.26	0.78	-	-
10	-	-	-	0.78	0.26	0.78	-
15	-	-	-	-	0.78	0.26	0.78
20	-	-	-	-	-	0.78	0.26
25	-	-	-	-	-	-	0.78
30	2.60	-	-	-	-	-	-
35	-	2.60	-	-	-	-	-
40	-	-	1.82	-	-	-	-
45	-	-	-	1.56	-	-	-
50	-	-	-	-	0.78	-	-
55	-	-	-	-	-	0.78	-
60	-	-	-	-	-	-	0.78
65	-	-	-	-	-	-	-

注) 単位; ha。ケース1の場合。

表6 林分A4の最適保有計画

林 齢 (年)	計 画 分 期						
	0	1	2	3	4	5	6
5	-	0.81	0.81	0.81	0.27	-	-
10	-	-	0.81	0.81	0.81	0.27	-
15	-	-	-	0.81	0.81	0.81	0.27
20	-	-	-	-	0.81	0.81	0.81
25	-	-	-	-	-	0.81	0.81
30	-	-	-	-	-	-	0.81
35	-	-	-	-	-	-	-
40	2.70	-	-	-	-	-	-
45	-	1.89	-	-	-	-	-
50	-	-	1.08	-	-	-	-
55	-	-	-	0.27	-	-	-
60	-	-	-	-	-	-	-
65	-	-	-	-	-	-	-

注) 単位 ; ha 。ケース1の場合。

表7 林分B4の最適保有計画

林 齢 (年)	計 画 分 期						
	0	1	2	3	4	5	6
5	-	0.93	0.93	0.93	-	0.31	-
10	-	-	0.93	0.93	0.93	-	0.31
15	-	-	-	0.93	0.93	0.93	-
20	-	-	-	-	0.93	0.93	0.93
25	-	-	-	-	-	0.93	0.93
30	-	-	-	-	-	-	0.93
35	3.10	-	-	-	-	-	-
40	-	2.17	-	-	-	-	-
45	-	-	1.24	-	-	-	-
50	-	-	-	0.31	-	-	-
55	-	-	-	-	0.31	-	-
60	-	-	-	-	-	-	-
65	-	-	-	-	-	-	-

注) 単位 ; ha 。ケース1の場合。

表5において林分A3の動きに注目すると次のようになる。計画当初の30年生の林分2.60haは第1分期ではそのまま進階させて35年生の林分2.60haとし、この林分を第2分期で0.78ha伐採しその直後に再造林して0.78haの新生林分を造成するとともに残りの1.82haは40年生の林分に進階させる。さらに第3分期で40年生の林分1.82haのうち0.26haを伐採し、その直後に再造林して0.26haの新生林分を造成し、残りの1.56haは45年生の林分に進階させる。第4分期においてこの1.56haのうち0.78haを伐採し、その直後に再造林して0.78haの新生林分を造成し、残りの0.78haはそのまま50年生の林分に進階させる。さらに第5分期と第6分期はそのままの形で維持し各林分を単純に進階させるのが当該林分の保有に関する最適計画となる。

なおこの最適計画は上述の3つの条件を完全に満足させている。各分期における1林分当りの

伐採面積は計画当初の当該林分面積の30%以下という制約条件が付加されており、 $2.60\text{ha} \times 0.3 = 0.78\text{ha}$ となる。表3からも明らかなどおり、各分期における伐採面積は0.78ha以下に抑えられている。また3)の条件から計画期末における25年生以上の林分が計画当初の当該林分面積の60%以上、つまり $2.6 \times 0.6 = 1.56\text{ha}$ 以上確保されている必要があるが、表5から明らかなどおり20年生の林分が0.78ha、60年生の林分が0.78ha、合計1.56ha存在しており、この条件も完全に満足されている。利用労働力の制約についてはこの表から陽表的には確認できないが、検討の結果完全にこの条件も満足している。

次に表6において林分A4の動きに注目したい。計画当初の40年生の林分2.70haは第1分期に0.81ha伐採しその直後に再造林して0.81haの新生林分を造成し、残りの1.89haは45年生の林分に進階させる。この林分を第2分期で0.81ha伐採しその直後に再造林して0.81haの新生林分を造成して、残りの1.08haは50年生の林分に進階させる。さらに第3分期では50年生の林分1.08haのうち0.81haを伐採しその直後に再造林して0.81haの新生林分を造成し、残りの0.27haは55年生の林分に進階させる。第4分期で残りを皆伐して0.27haの新生林分を造成する。これが当該林分の保有に関する最適計画となる。表5の場合と同様にこの計画に関する制約条件も完全に満足されている。

さらに表7において林分B4の動きを追跡してみたい。計画当初の35年生の林分3.10haは、第1分期で0.93ha伐採しその直後に再造林して0.93haの新生林分を造成するとともに、残りの2.17haは40年生の林分に進階させる。この林分を第2分期で0.93ha伐採しその直後に再造林して0.93haの新生林分を造成し、残りの1.24haは45年生の林分に進階させる。第3分期では40年生の林分1.24haのうち0.93haを伐採しその直後に再造林して0.93haの新生林分を造成し、残りの0.31haは50年生の林分に進階させる。第4分期ではそのまま維持し、第5分期において残りを皆伐し再造林して0.31haの新生林分を造成する。その後は各林分を単純に進階させるのが当該林分の最適保有計画になる。表5の場合と同様に、この計画に関する制約条件も完全に満足されている。

表8、表9は計画対象とした全林分の最適保有計画であり、各計画分期における全林分の齢級分配が示されている。両表からも明らかなどおり、林分A1やB1のように計画当初の林齢が低い林分についてはそのまま進階させる以外に採りうる経営上の戦略がないため、林分の取り扱いは極めて単純なものとなる。しかしA4林分やA5林分のように計画当初から伐採対象となり得る林分に関しては多様な戦略が採用可能であるため、林分の取り扱いに関する戦略は制約条件の内容によって複雑な変化を示すことになる。

先に示した制約条件下では、この表のとおり各林分を保有した場合に経営全体として最適化が達成され最大のNPVが得られることになる。森林の保続と保全を重視する立場から各分期における伐採面積に上制限を設定し、かつ計画期末に形成される林分の齢級分配にも制約を設定した関係から、各林分が徐々に複雑な齢級分配を持つ方向に誘導されていくことが分かる。とくに計画期末に存在する林分の齢級分配を見ると、当初の期待どおりの効果が十分現われていることが確認できる。

表8 全林分の保有計画(A)

林分番号	計 画 分 期						
	0	1	2	3	4	5	6
A 1	3.70 (10)	-	-	-	-	-	1.05 ( 5)
	-	3.70 (15)	-	-	-	-	-
	-	-	3.70 (20)	-	-	-	-
	-	-	-	3.70 (25)	-	-	-
	-	-	-	-	3.70 (30)	-	-
	-	-	-	-	-	3.70 (35)	-
	-	-	-	-	-	-	2.65 (40)
A 2	1.90 (25)	-	-	-	0.19 ( 5)	0.57 ( 5)	-
	-	1.90 (30)	-	-	-	0.19 (10)	0.57 (10)
	-	-	1.90 (35)	-	-	-	0.19 (15)
	-	-	-	1.90 (40)	-	-	-
	-	-	-	-	1.71 (45)	-	-
	-	-	-	-	-	1.14 (50)	-
	-	-	-	-	-	-	1.14 (55)
A 3	-	-	0.78 ( 5)	0.26 ( 5)	0.78 ( 5)	-	-
	2.60 (30)	-	-	0.78 (10)	0.26 (10)	0.78 (10)	-
	-	2.60 (35)	-	-	0.78 (15)	0.26 (15)	0.78 (15)
	-	-	1.82 (40)	-	-	0.78 (20)	0.26 (20)
	-	-	-	1.56 (45)	-	-	0.78 (25)
	-	-	-	-	0.78 (50)	-	-
	-	-	-	-	-	0.78 (55)	-
A 4	-	0.81 ( 5)	0.81 ( 5)	0.81 ( 5)	0.27 ( 5)	-	-
	-	-	0.81 (10)	0.81 (10)	0.81 (10)	0.27 (10)	-
	2.70 (40)	-	-	0.81 (15)	0.81 (15)	0.81 (15)	0.27 (15)
	-	1.89 (45)	-	-	0.81 (20)	0.81 (20)	0.81 (20)
	-	-	1.08 (50)	-	-	0.81 (25)	0.81 (25)
	-	-	-	0.27 (55)	-	-	0.81 (30)
	-	-	-	-	-	-	-
A 5	-	0.60 ( 5)	0.60 ( 5)	0.60 ( 5)	-	-	-
	-	-	0.60 (10)	0.60 (10)	0.60 (10)	-	-
	1.80 (55)	-	-	0.60 (15)	0.60 (15)	0.60 (15)	-
	-	1.20 (60)	-	-	0.60 (20)	0.60 (20)	0.60 (20)
	-	-	0.60 (65)	-	-	0.60 (25)	0.60 (25)
	-	-	-	-	-	-	0.60 (30)
	-	-	-	-	-	-	-

注) 単位; ha。括弧内の数字は林齢(年)を示す。ケース1の場合。

表9 全林分の保有計画 (B)

林分番号	計 画 分 期						
	0	1	2	3	4	5	6
B 1	3.30 ( 5)	-	-	-	-	-	-
	-	3.30 (10)	-	-	-	-	-
	-	-	3.30 (15)	-	-	-	-
	-	-	-	3.30 (20)	-	-	-
	-	-	-	-	3.30 (25)	-	-
	-	-	-	-	-	3.30 (30)	-
	-	-	-	-	-	-	3.30 (35)
B 2	4.10 (15)	-	-	-	-	1.17 ( 5)	0.47 ( 5)
	-	4.10 (20)	-	-	-	-	1.17 (10)
	-	-	4.10 (25)	-	-	-	-
	-	-	-	4.10 (30)	-	-	-
	-	-	-	-	4.10 (35)	-	-
	-	-	-	-	-	2.93 (40)	-
	-	-	-	-	-	-	2.46 (45)
B 3	-	-	1.05 ( 5)	0.15 ( 5)	1.05 ( 5)	0.20 ( 5)	-
	3.50 (30)	-	-	1.05 (10)	0.15 (10)	1.05 (10)	0.20 (10)
	-	3.50 (35)	-	-	1.05 (15)	0.15 (15)	1.05 (15)
	-	-	2.45 (40)	-	-	1.05 (20)	0.15 (20)
	-	-	-	2.30 (45)	-	-	1.05 (25)
	-	-	-	-	1.25 (50)	-	-
	-	-	-	-	-	1.05 (55)	-
B 4	-	0.93 ( 5)	0.93 ( 5)	0.93 ( 5)	-	0.31 ( 5)	-
	-	-	0.93 (10)	0.93 (10)	0.93 (10)	-	0.31 (10)
	3.10 (35)	-	-	0.93 (15)	0.93 (15)	0.93 (15)	-
	-	2.17 (40)	-	-	0.93 (20)	0.93 (20)	0.93 (20)
	-	-	1.24 (45)	-	-	0.93 (25)	0.93 (25)
	-	-	-	0.31 (50)	-	-	0.93 (30)
	-	-	-	-	0.31 (55)	-	-

注) 単位 ; ha. 括弧内の数字は林齢 (年) を示す。ケース 1 の場合。

表10と表11は各分期における林分の齡級分配を示したものである。計画当初における齡級分配は比較的単純であったが、分期の進行とともに齡級構成の平準化が行なわれ、いわゆる保続原則がよく発揮されることがわかる。なお当該計画は6分期30年間を計画期間としたものであるが、この計画期間を延長すれば、さらに当初に期待した保続原則が一層よく発揮されるような齡級分配が達成されることが確認済みである。

次に与件変化の効果を検討してみたい。表12、表13はケース1の場合の制約条件を以下のように変更して最適計画を求めたものである。すなわち、1)各分期における利用可能労働力が第1分期は600人日、以後各分期毎に利用可能労働力が10%ずつ減少する、2)各分期における1林分当り伐採面積は計画当初の当該林分面積の40%以下とする、3)計画期末における25年生以上の林分面積が計画当初の当該林分面積の70%以上確保されている、という3条件を設定した場合の最適計画(この場合をケース2とする)にもとづいて、全林分の保有計画を示したものである。

制約条件1)と2)が緩和され3)が強化された結果、この線形計画はイタレーション82で最適解に

表10 林分の齢級分配 (A)

林 齢 (年)	計 画 分 期						
	0	1	2	3	4	5	6
5	-	1.41	2.19	1.67	1.24	0.57	1.05
10	3.70	-	1.41	2.19	1.67	1.24	0.57
15	-	3.70	-	1.41	2.19	1.67	1.24
20	-	-	3.70	-	1.41	2.19	1.67
25	1.90	-	-	3.70	-	1.41	2.19
30	2.60	1.90	-	-	3.70	-	1.41
35	-	2.60	1.90	-	-	3.70	-
40	2.70	-	1.82	1.90	-	-	2.65
45	-	1.89	-	1.56	1.71	-	-
50	-	-	1.08	-	0.78	1.14	-
55	1.80	-	-	0.27	-	0.78	1.14
60	-	1.20	-	-	-	-	0.78
65	-	-	0.60	-	-	-	-
合計	12.70	12.70	12.70	12.70	12.70	12.70	12.70

注) 単位 ; ha。林分A 1～A 5を合計した全体の齢級分配を示す。ケース1の場合。

表11 林分の齢級分配 (B)

林 齢 (年)	計 画 分 期						
	0	1	2	3	4	5	6
5	3.30	0.93	1.98	1.08	1.05	1.68	0.47
10	-	3.30	0.93	1.98	1.08	1.05	1.68
15	4.10	-	3.30	0.93	1.98	1.08	1.05
20	-	4.10	-	3.30	0.93	1.98	1.08
25	-	-	4.10	-	3.30	0.93	1.98
30	3.50	-	-	4.10	-	3.30	0.93
35	3.10	3.50	-	-	4.10	-	3.30
40	-	2.17	2.45	-	-	2.93	-
45	-	-	1.24	2.30	-	-	2.46
50	-	-	-	0.31	1.25	-	-
55	-	-	-	-	0.31	1.05	-
60	-	-	-	-	-	-	1.05
65	-	-	-	-	-	-	-
合計	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00

注) 単位 ; ha。林分B 1～B 4を合計した全体の齢級分配を示す。ケース1の場合。

達し、目的関数値であるNPVは3,865万8千円となった。制約条件を変更したことによりNPVは22万5千円だけ減少した。各林分の保有に関する戦略はケース1の場合と比較して解り易い内容となっている。因に制約式について有効制約となっているもの(資源残量が0のもの)の数を比較すると、ケース1では利用可能労働力の上限制約が2、伐採面積の上限制約が20、期末残存林分面積の下限制約が4となっているが、ケース2では利用可能労働力の上限制約が2、伐採面積の上限制約が28、期末残存林分面積の下限制約が0となっており、利用可能労働力に関する上限制約が緩和された結果このような最適解が得られたものと推定できる。

表12 全林分の保有計画 (A)

林分番号	計 画 分 期						
	0	1	2	3	4	5	6
A 1	3.70 (10)	-	-	-	-	-	1.11 ( 5)
	-	3.70 (15)	-	-	-	-	-
	-	-	3.70 (20)	-	-	-	-
	-	-	-	3.70 (25)	-	-	-
	-	-	-	-	3.70 (30)	-	-
	-	-	-	-	-	3.70 (35)	-
A 2	1.90 (25)	-	-	-	0.57 ( 5)	-	-
	-	1.90 (30)	-	-	-	0.57 (10)	-
	-	-	1.90 (35)	-	-	-	0.57 (15)
	-	-	-	1.90 (40)	-	-	-
	-	-	-	-	1.33 (45)	-	-
	-	-	-	-	-	1.33 (50)	-
A 3	-	-	1.04 ( 5)	-	0.78 ( 5)	-	-
	2.60 (30)	-	-	1.04 (10)	-	0.78 (10)	-
	-	2.60 (35)	-	-	1.04 (15)	-	0.78 (15)
	-	-	1.56 (40)	-	-	1.04 (20)	-
	-	-	-	1.56 (45)	-	-	1.04 (25)
	-	-	-	-	0.78 (50)	-	-
A 4	-	1.08 ( 5)	0.81 ( 5)	0.81 ( 5)	-	-	-
	-	-	1.08 (10)	0.81 (10)	0.81 (10)	-	-
	2.70 (40)	-	-	1.08 (15)	0.81 (15)	0.81 (15)	-
	-	1.62 (45)	-	-	1.08 (20)	0.81 (20)	0.81 (20)
	-	-	0.81 (50)	-	-	1.08 (25)	0.81 (25)
	-	-	-	-	-	-	1.08 (30)
A 5	-	0.72 ( 5)	0.54 ( 5)	0.54 ( 5)	-	-	-
	-	-	0.72 (10)	0.54 (10)	0.54 (10)	-	-
	1.80 (55)	-	-	0.72 (15)	0.54 (15)	0.54 (15)	-
	-	1.08 (60)	-	-	0.72 (20)	0.54 (20)	0.54 (20)
	-	-	0.54 (65)	-	-	0.72 (25)	0.54 (25)
	-	-	-	-	-	-	0.72 (30)

注) 単位 ; ha。括弧内の数字は林齢 (年) を示す。ケース2の場合。

線形計画法の性質から、当該モデルにおいては、各分期における林分の伐採面積、利用可能労働力に関する制約、あるいは計画期末に残存する林分の齢級分配等に関する制約条件の数を増加させれば、林分が次第に細分化されていく潜在的な可能性を持っている。しかし、すべての齢級に林分が完全に分配され尽くせば、それ以上細分化されることにはならないから、この点に関する問題でこのモデルが実践力を喪失することにはならない。

なお本稿で検討中の育林投資に関する系列的多段決定モデルでは、分期内における利用可能労働量の上限、分期内における1林分当り伐採面積の上限、計画期末に残存する一定林齢以上の林分面積の下限に関して制約条件を設定としているが、育林経営の保続という観点からは計画期末に残存させるべき林分の状態、つまり計画期末残存林分の齢級分配に関する制約条件の設定が極めて重要な意味を持つことになる。さらに森林保全という観点からは分期内における各林分の伐

表13 全林分の保有計画 (B)

林分番号	計 画 分 期						
	0	1	2	3	4	5	6
B 1	3.30 ( 5)	-	-	-	-	-	-
	-	3.30 (10)	-	-	-	-	-
	-	-	3.30 (15)	-	-	-	-
	-	-	-	3.30 (20)	-	-	-
	-	-	-	-	3.30 (25)	-	-
	-	-	-	-	-	3.30 (30)	-
	-	-	-	-	-	-	3.30 (35)
B 2	4.10 (15)	-	-	-	-	1.23 ( 5)	-
	-	4.10 (20)	-	-	-	-	1.23 (10)
	-	-	4.10 (25)	-	-	-	-
	-	-	-	4.10 (30)	-	-	-
	-	-	-	-	4.10 (35)	-	-
	-	-	-	-	-	2.87 (40)	-
	-	-	-	-	-	-	2.87 (45)
B 3	-	-	1.06 ( 5)	1.05 ( 5)	-	-	-
	3.50 (30)	-	-	1.06 (10)	1.05 (10)	-	-
	-	3.50 (35)	-	-	1.06 (15)	1.05 (15)	-
	-	-	2.44 (40)	-	-	1.06 (20)	-
	-	-	-	1.39 (45)	-	-	1.05 (20)
	-	-	-	-	1.39 (50)	-	1.06 (25)
	-	-	-	-	-	1.39 (55)	-
-	-	-	-	-	-	1.39 (60)	
B 4	-	1.24 ( 5)	0.93 ( 5)	0.93 ( 5)	-	-	-
	-	-	1.24 (10)	0.93 (10)	0.93 (10)	-	-
	3.10 (35)	-	-	1.24 (15)	0.93 (15)	0.93 (15)	-
	-	1.86 (40)	-	-	1.24 (20)	0.93 (20)	-
	-	-	0.93 (45)	-	-	1.24 (25)	0.93 (20)
	-	-	-	-	-	-	0.93 (25)
	-	-	-	-	-	-	1.24 (30)

注) 単位 ; ha. 括弧内の数字は林齢 (年) を示す。ケース2の場合。

採面積の上限に関する制約が大きい意義を持つことになる。何れにせよ、計画期末に残存する林分の齢級分配は系列的多段決定過程の終端条件を構成するものであるが、次ステージの計画を策定する場合の系列的多段決定過程の初期条件を形成することにもなるため、ゴーイング・コンサーンとしての育林経営を考える場合にはとくに重要な意義を持っている。

既述のとおり、育林投資のような超長期間に及ぶ投資の成果を評価する場合には、計算利率をいかなるレベルに設定するかが大きな問題となり、従来からこれに関する議論は結構多い。しかし概ね定性的な議論の段階に留まっていると言っても過言ではなく、計算利率のレベルが経営計画の結果にいかなる影響を与えるかに関する定量的な分析は比較的少ないと言えよう。そこで、本稿では計算利率に関するパラメトリック操作によるシミュレーションを行なった結果について考察し、計算利率のレベルがこの種の長期経営計画に及ぼす効果について検討することにした。なお、林業に関する経営計算の分野では、計算利率を一般に林業利率と呼称しているので以後この名称を使用することにした。



林業利率を3～9%の範囲で変動させた場合、全林分から得られるNPVは次のとおり変動する。すなわち、林業利率が3%の場合は4,545万円、5%の場合は3,888万3千円、7%の場合は3,388万1千円、さらに9%の場合は2,998万9千円となる。林業利率の上昇に伴ってNPVが減少を示すのは(13)式から当然であるが、林業利率の変動に伴って個別林分の保有に関する戦略も相当違ったものになる。表14～表17はケース1について林業利率が3%～9%の範囲で変動させた場合の林分B4の保有に関する最適計画を示したものである。各林分に関してこの種の表が作成可能であるが、紙数の関係からとくに当該林分に限定して掲げた。

表14～表17から当該林分の保有に関する最適計画を検討すると、林業利率が上昇するに従って林分の保有期間を諸制約の許す範囲で短縮させることが望ましいことになる。林分の取り扱いは第3分期までは全く同じであるが、林業利率が3%の場合は林齢60年にまで林分の保有期間が延びている。5%の場合は林分の保有期間は林齢55年にまで短縮されているが、林分面積は0.31haと大きくなっている。7%の場合は5%の場合と比較して林齢55年まで保有する林分の面積

表14 林分A3の最適保有計画 (林業利率=3%)

林 齢 (年)	計 画 分 期						
	0	1	2	3	4	5	6
5	-	0.93	0.93	0.93	0.13	0.10	0.08
10	-	-	0.93	0.93	0.93	0.13	0.10
15	-	-	-	0.93	0.93	0.93	0.13
20	-	-	-	-	0.93	0.93	0.93
25	-	-	-	-	-	0.93	0.93
30	-	-	-	-	-	-	0.93
35	3.10	-	-	-	-	-	-
40	-	2.17	-	-	-	-	-
45	-	-	1.24	-	-	-	-
50	-	-	-	0.31	-	-	-
55	-	-	-	-	0.18	-	-
60	-	-	-	-	-	0.08	-
65	-	-	-	-	-	-	-

注) 単位; ha。ケース1の場合。

表15 林分A4の最適保有計画 (林業利率=5%)

林 齢 (年)	計 画 分 期						
	0	1	2	3	4	5	6
5	-	0.93	0.93	0.93	-	0.31	-
10	-	-	0.93	0.93	0.93	-	0.31
15	-	-	-	0.93	0.93	0.93	-
20	-	-	-	-	0.93	0.93	0.93
25	-	-	-	-	-	0.93	0.93
30	-	-	-	-	-	-	0.93
35	3.10	-	-	-	-	-	-
40	-	2.17	-	-	-	-	-
45	-	-	1.24	-	-	-	-
50	-	-	-	0.31	-	-	-
55	-	-	-	-	0.31	-	-
60	-	-	-	-	-	-	-
65	-	-	-	-	-	-	-

注) 単位; ha。ケース1の場合。

表16 林分B4の最適保有計画（林業利率＝7％）

林 齢 (年)	計 画 分 期						
	0	1	2	3	4	5	6
5	-	0.93	0.93	0.93	0.16	0.15	-
10	-	-	0.93	0.93	0.93	0.16	0.15
15	-	-	-	0.93	0.93	0.93	0.16
20	-	-	-	-	0.93	0.93	0.93
25	-	-	-	-	-	0.93	0.93
30	-	-	-	-	-	-	0.93
35	3.10	-	-	-	-	-	-
40	-	2.17	-	-	-	-	-
45	-	-	1.24	-	-	-	-
50	-	-	-	0.31	-	-	-
55	-	-	-	-	0.15	-	-
60	-	-	-	-	-	-	-
65	-	-	-	-	-	-	-

注) 単位 ; ha。ケース1の場合。

表17 林分B4の最適保有計画（林業利率＝9％）

林 齢 (年)	計 画 分 期						
	0	1	2	3	4	5	6
5	-	0.93	0.93	0.93	0.31	-	-
10	-	-	0.93	0.93	0.93	0.31	-
15	-	-	-	0.93	0.93	0.93	0.31
20	-	-	-	-	0.93	0.93	0.93
25	-	-	-	-	-	0.93	0.93
30	-	-	-	-	-	-	0.93
35	3.10	-	-	-	-	-	-
40	-	2.17	-	-	-	-	-
45	-	-	1.24	-	-	-	-
50	-	-	-	0.31	-	-	-
55	-	-	-	-	-	-	-
60	-	-	-	-	-	-	-
65	-	-	-	-	-	-	-

注) 単位 ; ha。ケース1の場合。

が0.15haと小さくなる。さらに林業利率が9％の場合は林齢50年以上の林分は保有しないのが最適戦略となる。

同様の变化は他の林分についても認められるが、林業利率の変動に対する林分保有の対応は、林齢30年以下の若齢林分に関しては極めて安定しており、林業利率が3～9％の範囲で変動しても林分保有に関する戦略に変化は認められない。林業利率の変動に対して敏感に反応するのは林齢35年以上の高齢林分であり、高齢林分の取り扱いを変化させることによって林業利率の変動に対する経営的対応が図られることになる。

割引計算の性質から、林業利率が大きくなるほど早い時点で収益の獲得を行ない、費用の発生

を遅い時点へ繰り延べようとする力が作用するため、このような結果が得られたものと考えられる。林業利率が変動した場合における各林分の保有に関する最適戦略は諸制約条件を満足させつつ経営全体を通して調整されているが、総じて林業利率の変動に対する林分保有の最適戦略の変化は、その他の制約条件の変化の場合と比較して緩やかなものであり、林業利率の変動に対する対応は高齢林分の保有期間を伸縮するという比較的単純な対応方策がとられることになる。

以上の方法は、線形計画法におけるいわゆるパラメトリック目的関数と同じ考え方に立つものである。線形計画において費用係数が変化する場合を扱ったパラメトリック計画法については生産のスケジューリング問題に多く見られるが、本稿で試みたように費用係数を全面的に変化させるようなパラメトリック操作の場合には、最初から線形計画問題を解き直した方が遙かに容易に最適解を得ることができる。

次に林業利率を変動させた場合における各林分のシャドウ・プライスの変動について検討してみたい。表18はケース1について、林業利率を3～10%の範囲で変動させた場合の各林分の持つシャドウ・プライス（潜在価格）を示したものである。当然ながら林業利率が大きくなればシャドウ・プライスは減少する。ここで示したシャドウ・プライスは各林分の面積に関する単位制約量の変動に伴って変動するNPVの値を意味するものであるから、このシャドウ・プライスは所与の林業利率で割り引いたときの各林分の持つha当りの潜在的評価額に相当するものと考えられる。またこのシャドウ・プライスは、計画時点における限界純収益力による各林分の評価額の現在価とも解釈できよう。

表18 林分のシャドウ・プライス

林分番号	林業利率							
	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%
A 1	-645.1	-619.5	-586.8	-558.0	-533.0	-509.0	-486.7	-466.0
A 2	1,135.1	799.8	637.8	496.4	372.8	278.6	205.1	145.8
A 3	1,699.1	1,321.2	1,110.8	902.6	729.4	592.4	482.0	390.9
A 4	2,527.5	2,009.2	1,689.9	1,413.2	1,173.2	978.7	818.5	684.3
A 5	4,744.9	4,092.8	3,626.6	3,210.1	2,831.3	2,513.3	2,239.3	2,000.3
B 1	-930.2	-906.9	-870.9	-838.6	-810.3	-782.0	-755.1	-729.8
B 2	-309.0	-316.8	-317.2	-315.4	-312.2	-307.4	-301.7	-295.6
B 3	701.4	480.4	372.1	285.1	215.0	158.9	114.0	77.9
B 4	939.4	718.0	569.6	449.6	352.3	276.9	216.9	167.8

注) 単位; 千円。ケース1の場合。

このシャドウ・プライスは林価算法で言う林木収益価あるいは林木期望価に相当するものとも考えられる。林木期望価の一般的定義としては次のようなものである。つまり評価対象の林木が

将来の一定年度に伐採されるものと予定し、その伐採に至るまでの予想収益より、その費用を控除した残額を名目的林業利率によって割引計算した現在価が林木期望価とされている。従来から単独林分に関する林木期望価の計算はよく行なわれてきたところであるが、本稿で検討したような経営全体を通して諸制約条件を完全に満足させた状態における個別林分に関する林木期望価の計算は、林価算法でも極めて困難であったと言えよう。線形計画法のもつシャドウ・プライスの機能によって、経営全体における個別林分に関する林木期望価ないし林木収益価の計算が付随的、自動的に行なえることになる。本稿で検討した計画モデルはまた従来の林価算法を側面から補完することにもなり、当該モデルの有効性を一層高めることになるものと考えられる。

#### IV 結 言

育林投資主体が行なうべき重要な経営上の意思決定の一つは、どの林分をいつ伐採し、どの林分を保残するかを明確にして、各林分の伐期を判断することであると言えよう。本稿では、育林経営を系列的多段決定過程として捉えネットワーク構造に展開した場合、上記の問題に対して有効な策が提供できることを確認した。このモデルによって林分の経済的成熟期の決定をオペレーショナルに行なえるとともに、与件変化によるパラメトリック操作によって動的な決定が可能となり、育林投資に関するいわゆるシステム化が推進されるものと考えられる。

なおこの種のモデルが持つ問題点について若干の検討を加えておきたい。超長期に及ぶ育林投資において林分の最適保有期間を決定する場合には、何れの方法を採用にせよ計画の前提となる諸数値はあくまで期待値でありリスクや不確実性の支配下に置かれている。諸数値の持つリスクや不確実性は、現在の計算時点より未来へ遠ざかるほど増大するが、実際には計算時点で全計画期間にわたる数値を推定せざるを得ず、計算そのものが多くの困難に直面することになる。

不確実性下では時間経過に伴って不確実性が解消されるまで、特定の意思決定の結果は明らかにならないが、ここで検討したモデルが無力になるわけではない。このような場合には計画作成のための基礎的諸数値について当初から確定値を与えるのではなく、この数値自身を変数と見なして初めて実的な意味を持たせることになる。育林投資のように超長期間に及ぶ場合には、この問題は極めて重要であり、与件変化による最適計画の動きを事前に十分チェックし、諸々の試行実験を繰り返しその後最終的な意思決定を行なうことが重要となる。

林業に関するマネジメント・サイエンスの応用は比較的古くから試みられているが、その応用の範囲が狭く研究者も少ないことは否めない。投資期間が長くリスクや不確実性が大きく支配する林業ほどマネジメント・サイエンスの応用が強く求められている分野はなかろう。本稿では育林投資の最適化を目的として系列的多段決定モデルの適用に関する検討を行なったが、ここで検討したモデルは育林経営に関する経営主体の意思決定を側面から支援するものとして有効に利用できるものと考えられる。

## 文 献

- 1) E. シュナイダー著, 島野卓爾訳, 経済計算論, ダイヤモンド社, 東京, pp. 4~8 (1963)
- 2) F. & W. ルッツ著, 後藤幸男訳: 投資決定の理論, 日本経営出版会, 東京, pp. 19~25 (1969)
- 3) 今村幸生: 農業経営設計の理論と応用, 養賢堂, 東京, pp. 207~213 (1969)
- 4) 亀谷 昶: 農業投資の経済理論—農業投資の決定・効率・計算論—, 農林統計協会, 東京, pp. 144~149 (1975)
- 5) K. N. ジョンソン, T. W. スチュアート, S. A. クリム著, 農水省森林総合研究所北海道支所訳: FORPLAN Version 2 (アメリカ合衆国国有林の森林計画システム), pp. 46~50 (1993)
- 6) 栗村哲象: 林業経営計算学, 養賢堂, 東京, pp. 10~17 (1970)
- 7) 黒川泰亨: 多段階線形計画法による育林投資の最適化, システム農学 4(1), pp. 74~86 (1988)
- 8) OR事典編集委員会: OR事典, 日科技連, 東京, pp. 79~80 (1975)
- 9) S. I. ガス著, 小山昭雄訳: 原書第3版—線形計画法<方法と応用>, 好学社, 東京, pp. 296~300 (1972)
- 10) 田杉 競: 経営管理総論, 有斐閣, 東京, pp. 188~194 (1979)
- 11) 吉田正夫: 改訂理論森林経営学, 地球出版, 東京, pp. 42~60 (1950)