

経 営	1 6 7
経 営	4 8

計 画 モ デ ル の 概 要

造林事業における技術選択と投資配分の最適化

昭 和 4 7 年 3 月

農林省林業試験場経営部

ま え が き

昭和45, 46年度における林業試験場のプロジェクト研究課題「造林事業における技術選択と投資配分の最適化」において、筆者はおもに計画モデルにかゝわる部分を担当した。本報告書は、参加メンバーの共同討論に供するため、これまでに得た成果をとりまとめて印刷したものである。研究・実務両面からの積極的な批判と提言を期待したい。

昭和47年3月

熊 崎 実

目

次

§ 1 造林事業における計画問題	1
§ 2 線型計画法による接近	4
§ 3 簡単な計画モデル (I)	10
§ 4 簡単な計画モデル (II)	21
§ 5 造林事業の計画モデル	36
§ 6 基礎データの収集と加工	52
§ 7 思考実験としての計画	62
参考 中之条営林署における計画モデル	69
(1) 計画の枠組み	69
(2) 基礎調査	72
(3) 結果と分析	85

§ 1. 造林事業における計画問題

一般に計画の問題というのは、限られた資源を使って、なんらかの望ましい目的を達成しようとする場合に、それらの資源をどのように使ったらよいか、あるいは、どのように配分したらよいかといったことがらと関連して生ずる問題である。これらの問題には、それぞれの問題の特徴づける基本的な条件があり、そしてそのような条件をみたす解は、通常1つだけではなく、数多く存在する場合が多い。われわれはこのなかから特定の解を最善のものとしてえらぶわけだが、いずれが最善であるかは、全体の目標にてらしてきめられよう。つまりその問題のもつ諸条件と与えられた目的の双方をみたす解が求めるべき最適解である。

造林事業計画にそくして考えてみよう。いま、ある営林署を想定してみる。おそらくこの営林署が管理する山林のなかには、適切な育林施業を加えることによって、蓄積の量や質を改善しうる林分が広く残されているであろう。造林の担当者にしてみれば、かれが理想とする施業をすべての林分に適用し、できるだけよい森林を仕立てようとするにちがいない。しかし、かれは同時に、造林事業が服すべきいろいろな制約につきあたる。まず何よりも年々の造林予算の大きさを無視するわけにはゆかない。場合によっては予算不足のために、施業を見合わせる林分もでてくる。また予算制約がきびしくなるにつれて、新植を実行するにしても、理想どりの植栽・保育方法がとれなくなるであろう。ここで必要なことは、さまざまな施業についての費用と効果の厳密な比較である。そのうえで、限られた予算が全体として最大の効果を生みだすように、資金の配分と技術の選択がおこなわれる。

さらに毎年の季節別利用可能労働量に制約があるときには、問題はいつそう複雑になる。投資効果の大きい施業がかならず選択されるとは限らない。その施業のもつ労働需要の季節的な特性が考慮さるべきいまひとつの要因である。投資効率が上位であつても、労働需要が全体として集中する時期に多

くの労働投入を要するような施業は実行しにくくなるであろう。逆にひまな時期の労働力ですますことのできる施業は投資効率が低くても選択される可能性がでてくる。

もちろんこうした制約は、資金や労働力の利用可能性だけにとどまるものではない。ほかにも制約となる要素がいくつかある。たとえば長期的な収穫規制によって造林面積の下限が規定されることもあるし、自然保護や公益性の視点から森林施業に特定の枠がはめられることもあろう。いずれにせよ、いかなる計画であれ、それが実行可能であるためには、当該経営に課せられたさまざまな基本的諸条件が満たされていなければならぬ。制約条件に矛盾があると、実行可能な解がなくなってしまうこともあるが、一般には可能な解（計画）は無数に存在する。どの解が最善であるかは森林経営の目的に依存することはいうまでもない。

ここで個々の計画を評価するものさしが問題になってくる。通常の私有林にあっては、将来に期待される利益総額で評価することが多い。この場合の利益額は一定の割引率で割引いた現在価値で示されることもあるし、伐期までの利益額を年数で割って表示することも可能であろう。将来の価格や割引率に不安があれば、収穫伐積の総量を目安にしてもかまわない。公的な森林経営では、私経済的な利益よりも、生態系としての森林の物的生産量とか森林の保水機能による貯留水量の極大化をとるかも知れない。

目的が複数になると多少めんどろである。もちろんこの場合でも、1つの目的の達成が他の目的をも同時に満たしているか、あるいは森林から得られるさまざまな効用を一元的な尺度で計測・集計しうるならば、目的達成度はかる基準が簡単に得られる。ところが、ある目的が他の目的の犠牲においてのみ達成され、かつ両者の効用が加算できないとすると、計画の評価がきわめてむづかしくなる。このような局面で、しばしば使われるやりかたは、最も重要な目的を1つだけ残し、ほかの目的については特定の満足基準をもうけて制約条件のなかにいれてしまうことである。

さいきん、木材生産と森林の公益的諸機能との調和が主張されているが、これなどは満足基準による調整が比較的うまくゆく例だと思ふ。森林が果たすべき公益的な諸機能については、たとえ完全に満足とはいえないまでも、最低限この程度なら満足できるという目安が、法律によってか、あるいは地域住民の総意によるかしてきめることができるであろう。これは個別経営にとって1種の社会的な制約である。つまり、かれの造林計画は何よりもまずこれらの基準をみたしていなければならず、そのうえで主目的（たとえば木材生産）についての最適化がはかられる。

以上の論議をとおして造林事業計画のおおよその輪郭が明らかになったと思ふ。計画の内容としては、「いつ、どの林分に、どのような施業を加えるべきか」をきめることになるのだが、いろいろな制約条件が加わってくると、最適計画の立案が非常にむづかしくなる。その最大の原因は、個々の林分の最適の施業は全体との関連においてのみきまってくる、という事実による。

かりにいま試行錯誤のやりかたで造林計画を作成するとしよう。予算の枠がきめられているから、まず林分ごとに施業効果を計算して優先順位をつけ、ちょうど全部の予算を使い切るところまで実行することにする。これで施業対象林分はいちおうきめられることになるわけだが、特定の林分について植栽本数、植付けの方法、春植秋植の植栽時期などを決定する段になると、季節別の労働制約のゆとりを勘案しなければならない。だが全体としてどの時期にゆとりが生ずるかは、ほかの林分の具体的な施業方法が全部きまったときにはじめて明らかになることであろう。しかるにすべての林分がほかの林分の決定待ちの状態にあるわけだから、結局何も決定できないことになる。

しかも悪いことに、育林労働の投入は多年度にわたる。かりに植付年度の植栽労働が確保できたとしても、翌年の下刈作業がその年の夏期労働の制約量の範囲におさまるかどうかわからない。そしてある将来年度たとえば2年先の夏期労働の需給関係は、過去何か年かの造林実績のみならず、こんど1

～2年先に植えられであろう新植面積にも依存する。つまり次年度以降に植えられべき林分とそこでの技術がきまらなないと、特定年度の植栽が実行可能かどうかの判断ができないのである。

こうした奇妙なジレンマからのがれる唯一のてだては、あたかも連立方程式を解くように、すべてを同時に決定するような、意志決定のモデルを考えるとであろう。多分そのようなモデルはかなり大がかりなものになると思う。営林署単位で考えても、施業の種類はきわめて多い。新植のみならず、除間伐、枝打、施肥、天然更新の補助作業などがあり、さらに、同じ種類の施業でも代替的なやりかたがいくつかある。新しい育林技術の開発はそのメニューをますますふやしてゆく。また育林施業の対象となる林地は立地条件を異にする多様な林分で構成され、林分がちがうと、とりうる技術がちがってくるし、同一技術でも投入量や産出量はかわってくる。とすれば、同時に決定すべき変数の数は増加せざるをえない。

他方、育林労働力や資金のスムーズな調達はいよいよ困難になることが予想される。森林施業への社会的な規制はさらにきびしくなるであろう。意志決定者が考慮すべき要因の数がいよいよ多くなった。いずれにせよ、はっきりしていることは、もはや、直観や試行錯誤による最適計画の立案は望めないということである。

§ 2. 線型計画法による接近

前節でみてきたように、造林事業計画の問題は予想外に複雑な性格をもっている。もし一貫して合理的な決定をのぞむのであれば、全体についてははっきりした見通しをたて、組織だったやりかたで接近する必要がある。いわゆるシステムの思考がそれである。一般に物事をシステムとして見るということは、つぎのようなことを意味する。

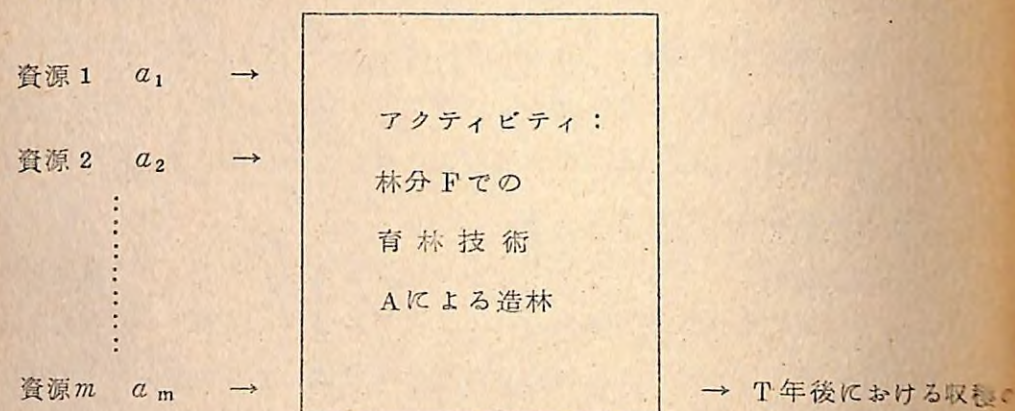
- (1) まず第1に、すべてのシステムは複数の「要素」から構成されていると考える。要素とは、なんらかの意味でインプットをアウトプットに変換する単位である。この場合のインプットやアウトプットには物質・エネルギー・情報のいずれもがなりうる。
- (2) 各々の要素、つまりインプットとアウトプットの変換単位のあいだに固有の相互関係を想定する。固有の関係とは、因果関係、均衡関係、フィードバック関係などのことである。
- (3) 上記の複雑な相互関係から1つの秩序ができあがるが、この秩序をとおして各要素とそれらの要素から成るシステム全体との間にも固有の関係が生れてくる。システムの思考のきわだった特徴、すなわち個々の要素の働きをシステム全体の働きの尺度にてらして評価するという視点はここに根ざしている。

この研究でもシステムズ・アプローチを柱にしているが、直接的な武器は線型計画法である。

線型計画法においては、システムを「アクティビティ」と呼ばれる要素に分解する。前述の要素の定義からすでに明らかなことであるが、アクティビティというのは、インプットをアウトプットに変換する「ブラック・ボックス」と考えてよからう。ブラックボックスのなかで何が起っているかは、技術者の関心事であるにしても、ここでの問題ではない。計画者にとって大切なのは、入っていくインプットと出てくるアウトプットの流量である。こうした流れの種類を「アイテム」とよぶ。またアクティビティの量的な大きさを表わすのにレベルあるいは稼働水準という言葉が使われる。

いまある特定の条件をそなえた林分Fにスギを一定のやりかたAにしたがって1単位造林するとする。このためには土地を含めて m 種類の資源を $a_1, a_2, \dots, a_m$ だけ必要とし、 T 年後に c 単位の収穫が得られるとしよう。ただし同じ種類の資源（たとえば労働エネルギー）であっても、投入する年度や季節がちがうと別のものでとりあつかう。林分Fに育林技術Aで造

林するというアクティビティはつぎのようなブラック・ボックスで表わすことができる。



$a_1, a_2, \dots, a_m, c$ の値は当該アクティビティに特有の係数であって、林分がちがったり、育林技術がかわったりすると、この特性値も当然かわってくるから、それはまた別のアクティビティとして区別されなければならない。

アクティビティはきわめて抱括的な概念である。われわれが後に取扱う問題のなかにいろいろなものがあらわれてくる。40年生のスギ林に労働、資材、費用を投入して、伐出をおこない、一定の収入を得るのも1つのアクティビティであるし、また山土場の素材を工場に運ぶのは、山土場の素材と運送費をインプットとし、工場土場での素材をアウトプットとするアクティビティである。同様にして素材を山土場に一時保管するのは、 t 期の材(インプット)を $t+1$ 期の材(アウトプット)にかえるアクティビティである。このほか、手持の資源を外部へ販売する販売アクティビティやある資源を外部から買入れる購入アクティビティなど数えあげればきりがなし。要するにすべての経営活動はアクティビティとして分解され、とらえられているので

ある。

線型計画法ではアクティビティのレベルつまり稼働水準(われわれの場合には施業面積となることが多い)が求めるべき未知の変数であり、その問題の制約条件はすべて連立1次不等式の体系で表現される。これらの条件をみだし、かつ1次式で与えられた目的関数の値を最大にするような変数値の集合が最適解である。この解が、個々の林分に対して「いつ、どのような施業をいかなる方法で実行するのが経営全体として最善であるか」を指示してくれる。

ところで、どんな問題でも線型計画モデルに組みかえられるかという、けっしてそうではない。つぎのような条件が満たされていなければならぬ。

(1) 比例性の仮定

アクティビティに投入され、またそれから産出される、さまざまなアイテムの流量は、かならずアクティビティのレベルに比例していること。前出のブラックボックスでいうと、造林面積を2倍にすれば、 m 種類の資源の投入量はすべて正確に2倍になり、同時に収穫量も2倍になるという仮定である。

(2) 非負性の仮定

アクティビティのレベルは正值であればどんな細かい値をとってもかまわないが、負値をとることは許されない。じつさい問題として負の造林面積というのは無意味であろう。

(3) 加法性の仮定

複数のアクティビティを同時に稼働させたときのシステムのパフォーマンスは、それらを別個に働かせたときの和になっていなければならない。たとえばいくつかの林分にいろいろなやりかたで同時に造林する場合、全体として必要となる資源量や期待される利益はそれらの林分を別々に造林したときの資源や利益の和にひとしい、という仮定である。

(4) 独立性の仮定

各アクティビティの投入産出係数や評価係数はそれぞれ他のアクティビティのレベルとは独立であつてたえず一定値をとる。隣接林分で造林するかしないかが、ある林分の ha 当り労働投入量や収穫量を変化させるようなことがあつてはならないのである。

(5) 目的関数の線型性の仮定

われわれのシステムのなかの1つのアイテムが目的関数を構成する。特定の資源制約のもとで利益の極大化をめざしていれば、利益というアイテムがそれであり、また一定の林分を造林するのに最も少ない費用で実行しようとしているのであれば、費用というアイテムがこれに相当する。そしてシステム全体としての望ましさは、個々のアクティビティの望ましさの単純な和でなければならない。

以上の仮定がみたされたとき、線型計画モデルの定式化が可能となる。特定の資源制約のもとで利益を極大にする計画モデルを一般的な形で書いてみよう。利用可能な資源が m 種類あつて、各資源を一定期間に使用しうる量は全体で $b_1, b_2, \dots, b_m$ 以下でなければならない。またアクティビティには n 種類あり、アクティビティ " j " を1単位稼働させると資源 " i " を a_{ij} だけ必要とし、同時に c_j の利益が得られるとする。

この問題の制約条件は

$$(1) \begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2 \\ : \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m \end{cases}$$

$$(2) \quad x_1 \geq 0 \quad x_2 \geq 0 \quad \dots \quad x_n \geq 0$$

で表わすことができ、この制約に服しながら、目的関数

$$(3) \quad z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

を最大にするように、 x_j ($j = 1, 2, \dots, n$) の値をきめればよい。もち

ろん制約式は(1)のタイプだけではなく、現実には左むき不等号や等号をもつものも出てくるが、それはそのまま書き表わしておけばよい。

いま述べたような計画モデルは、通常、タブローとよばれる形式で表示されることが多い。変数や制約式が多くなると、これらのもつ意味とそのつながりがどうしても分りにくくなるから、もっと見易い表示が要求されるわけだ。表-1をみていただきたい。(1)~(3)式のタブローである。タブ

表-1 タブロー表示

アクティビティ アイテム			生産方法				
			1	2	3		n
番号	制約量	変数	x_1	x_2	x_3		x_n
1	b_1	$\geq$	a_{11}	a_{12}	a_{13}		a_{1n}
2	b_2	$\geq$	a_{21}	a_{22}	a_{23}		a_{2n}
			$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$		$\vdots$
m	b_m	$\geq$	a_{m1}	a_{m2}	a_{m3}		a_{mn}
目的関数			c_1	c_2	c_3		c_n

ローの列に変数を、行に制約式を対応させ、マス目には対応する変数の係数だけが符号を含めて記入される。変数の非負条件を表わす制約式は省略してよい。制約量はいちばん左の列にあらわれ、等号不等号の区別がその右側につく。また目的関数の係数はいちばん下の行に記入される。変数や制約式の説明は、それぞれ上側と右側に適当な欄をもうけて必要なコメントをつけ加えておく。以下われわれのモデルはすべてこのタブロー形式で

表示することにした。

さいごにタブロー作成の一般的な手順をのべておこう。

- (1) アクティビティの集合を定義すること。全システムをアクティビティに分解し、そのレベルをはかる単位を決定する。
- (2) アイテムの集合を定義すること。どのようなアイテムを設定するかを明確にし、その測定単位をさだめる。このなかからシステム全体の望ましさを表わすアイテムが1つだけえられる。
- (3) 投入・産出係数を決定すること。アクティビティを1単位稼働させたとき消費され産出される流量をアイテムごとにさだめる。これらの係数によってアクティビティ、レベルとアイテム流量とのあいだの比例性が確保される。
- (4) 外生流量を決定すること。全体のシステムと外部とのあいだにおける、各アイテムの純流量（たとえば資源の制約量など）を決定する。
- (5) 物的な均衡方程式を作成すること。変数 $x_1, x_2, \dots$ をすべてのアクティビティに割りつけ、つぎにおのおののアイテムについて物的なバランスを表わす方程式を作成する。この式は各アクティビティに投入される特定のアイテムの流量の算術合計が当該アイテムの外生流量にひとしくなることを要請する。

モデル作成の手順は以上の5つのステップにすべてつくされている。造林事業計画にそくした説明は § 6 に詳しい。

§ 3. 簡単な計画モデル (1)

線型計画モデルは、要するに、あるシステムの実行可能なすべての解を規定する、数式的な関係式のあつまりである。形式的にはそれだけのことだが、重要なのはその実態的な意味である。本節と次節で、簡単な計画モデルのい

くつかについて説明を加えることにしよう。われわれはまず極度に単純な例から出発する。

いま、家族労働力だけで林業を営む経営体があつて、毎年同じ面積の新植をおこなっているとする。この経営は家族労働力の範囲内で年々の新植面積をなるべく大きくしたいと考えている。育林部門に投入しうる季節別の労働量（人・日）はつぎのとおり。

春 25人 夏 30人 秋 25人 冬 55人

そしてこの経営が選択できる造林方法には、A, B, C, D の4種類である。もし、同一の方法で毎年1ha ずつ植えてゆくと、いつかは各年の季節別労働投入量は一定になるであろう。その値が表-2に示されている。この表の評価係数は伐期までの立木販売収入の現在価値から、育林に要した物財費（苗木代・肥料代）だけを控除したものである。家族労働の賃金や所有山

表-2 造林技術の労働投入量と評価係数

ha 当り

アクティビティ アイテム		技術 A	技術 B	技術 C	技術 D
		普通春植手刈	ポット秋植手刈	普通春植 除草剤利用	ポット秋植 除草剤利用
労働投入量(人)	春	41.5	4.3	41.5	4.3
	夏	38.5	35.8	28.7	26.0
	秋	0	43.4	0	43.4
	冬	58.0	51.8	58.0	51.8
評価係数 (万円)		92.5	91.2	91.0	89.7

林の地代は差引かれていない。つまりアクティビティ A の 9 2.5 万円という評価額は当該経営のもつ、労働や土地などの本源的な生産要素にすべて帰属するとみなされている。われわれの問題は、与えられた家族労働力の範囲内で、この帰属価値が最大になるように、年あたりの造林面積をきめることである。

ケース1 アクティビティが1つだけの場合

選択可能なアクティビティが1つだけだと、最適計画の立案がすこぶるやさしい。たとえば技術 A しか利用できないとして、A による造林面積を x_1 (≥ 0) とする。 x_1 だけ毎年植えるとすれば、必要となる春労働は、年あたり $4 1.5 \times x_1$ 人である。ところで利用可能な春労働は 2 5 人であったから、

$$4 1.5 x_1 \leq 2 5$$

でなければならぬ。夏・秋・冬の労働についても、それぞれ

$$3 8.5 x_1 \leq 3 0$$

$$0 x_1 \leq 2 5$$

$$5 8.0 x_1 \leq 5 5$$

が成立し、これらの制約をみたしながら

$$z = 9 2.5 x_1$$

が最大となる x_1 を求めればよい。いうまでもなく、年間の造林面積が大きくなればなるほど、 z も大きくなるが、利用できる家族労働力に制限があるから、造林面積を際限なくふやすわけにはゆかない。かならず天井につきあたる。最初につきあたる天井はいずれの労働制約であるか。季節別の労働制約量を ha 当りの必要投入量で割ってゆくと、その季節だけを考えた場合の造林面積の上限が求められる。すなわち

$$\text{春労働} \quad 2 5 \div 4 1.5 = 0.6 0$$

$$\text{夏労働} \quad 3 0 \div 3 8.5 = 0.7 8$$

$$\text{秋労働} \quad \text{制 限 な し}$$

$$\text{冬労働} \quad 5 5 \div 5 8 = 0.9 5$$

このなかで商が最も小さくなるのは、春労働の $0.6 0 ha$ であり、明らかにこれが実行可能なぎりぎりの面積である。そして春の労働力は全部使われ、夏の労働力は、

$$3 0 - (3 8.5 \times 0.6 0) = 6.8 1$$

だけ使われないまま残るであろう。秋の労働力は制約量全部が残り、冬には $2 0.0 6$ 人・日が遊休することになる。

また目的関数の最良の値は

$$9 2.5 \times 0.6 0 = 5 5.7$$

で求められる。ここで春の労働制約量を 1 単位だけふやしてみよう。造林面積は

$$1 \div 4 1.5 = 0.0 2 4$$

だけ増加し、同時に目的関数の値は

$$0.0 2 4 \times 9 2.5 = 2.2 2 9$$

だけ引きあげられる。このように制約量の 1 単位の増加が最良の z にもたらす増分をその要素の潜在価格とよぶ。

使われないで余っている要素の潜在価格は零である。たとえば上記の例で夏労働の制約量が 1 単位ふえたとしても、造林面積が増加するわけでもなく、最良の z は全然改善されないからだ。

なお、この潜在価格で制約要素を評価して総計すると、最良の z とひとしくなる。すなわち

$$2.2 2 9 \times 2 5 + 0 \times 3 0 + 0 \times 2 5 + 0 \times 5 5 = 5 5.7 2$$

となって、さきに求めた結果と一致している。要するに期待利益の総額はあますところなく制約要素に帰属しつくされたことになる。

表-3の太枠の部分はケース1の問題をタブロー形式にまとめたものであり、さらに細枠でかこつた3つのボックスは最適解にかんする重要な情報を集めたものである。この表の読みかたは、上記の説明からすでに明ら

かであろう。

表-3 ケース1のタブロー

アクティビティ →		技術 A		最適資源利用	
アイテム	制約量	変数	x_1	残量	潜在価格
春労働	25	$\geq$	41.5	0	2.229
夏労働	30	$\geq$	38.5	6.807	0
秋労働	25	$\geq$	0	25.0	0
冬労働	55	$\geq$	58.0	20.06	0
目的関数(最大化)			92.5	目的関数の最適値	55.723
最適稼働水準			0.602		

ケース2 アクティビティが2つの場合

ケース1と異なる点はBというアクティビティが選択可能なやりかたとして加わってくることである。Bはポットによる秋植だが、さきの計画で春の植付労働が不足する一方で秋の労働力が全部余っていた。したがってポット造林による秋植の効果はけっして小さくはないと思われる。しからばA, B2つのアクティビティをどのように組み合わせたらよいか。AとBの稼働水準をそれぞれ x_1, x_2 とおき、この問題を定式化する。

$$Z = 92.5x_1 + 91.2x_2 \rightarrow \max$$

ただし

$$41.5x_1 + 4.3x_2 \leq 25.0$$

$$38.5x_1 + 35.8x_2 \leq 30.0$$

$$0x_1 + 43.4x_2 \leq 25.0$$

$$58.0x_1 + 51.8x_2 \leq 55.0$$

$$x_1 \geq 0 \quad x_2 \geq 0$$

タブローの形式で表示したのが、表-4である。この表の最適解は上記の連立方程式を解いて得られたものだが、解法の説明は省略し、結果に注目しよう。春植で0.24ha, 秋植で0.58ha造林するのが最善である。つまり、両者をあわせて年々0.82haが植えられる。ケースAにくらべると面積は0.22haふえ、最良のZの値も相当に改良されている。この計画では夏と秋の労働を全部使い切っており、とくに前者の潜在価格がかなり高い。春と冬に遊休労働が生じているが、合計で23.4人程度にとどまっている。こうした改善のなかに、アクティビティBを導入したことの経営上の効果をみることができる。

表-4 ケース2のタブロー

アクティビティ →			技術 A	技術 B	最適資源利用	
アイテム	特約量	変数	x_1	x_2	残量	潜在価格
春労働	25	$\geq$	41.5	4.3	12.414	0
夏労働	30	$\geq$	38.5	35.8	0	2.403
秋労働	25	$\geq$	0	43.4	0	0.119
冬労働	55	$\geq$	58.0	51.8	11.034	0
目的関数(最大化)			92.5	91.2	目的関数の最適値	75.066
最適稼働水準			0.244	0.576		

ケース3 代替アクティビティの導入

ケース2では夏労働の制約がいちばんきびしかった。そこで、下刈やつる切りなどの夏の作業は無理をすれば秋にのばすこともできるとしよう。ただし、ha当りの必要人工数は1.5倍になると仮定する。このように、

夏労働を秋労働で代替するのも1つのアクティビティであり、その水準を y であらわしておく。

この場合のモデルはケース2とは若干ちがってくる。まず夏労働についての制約式は

$$38.5x_1 + 35.8x_2 - y \leq 30$$

となり、 y 人日だけ秋労働の制約量のなかから応援を受けることになる。一方、夏労働を1単位代替しようとするれば、秋労働の制約量から1.5単位へらさなければならない。したがって秋の制約式は

$$0x_1 + 43.4x_2 + 1.5y \leq 25$$

である。また代替アクティビティの評価係数は0であり、春と冬の労働制約式はケース2とかわらない。

表5から明らかなように、代替アクティビティの導入は年間植栽面積を約0.13haだけふやすことを可能にしている。詳しく云えば、ケース2よりも秋植面積は若干減少する。しかしこれによって下刈やつる切りにふりむける労働量が増加するため、春植の面積を2倍以上拡大しうるのである。5.5人分の夏作業が6.8人の労働力を使って秋におこなわる。冬期の労働制約に2.36人ほどの残量がみられるが、他の時期の労働制約は一杯に使われる。

表-5 ケース3のタブロー

アクティビティ→			技術A	技術B	代 替	最適資源利用	
アイテム	制約量	変数	x_1	x_2	y	残 量	潜在価格
春労働	25	$\geq$	41.5	43	0	0	0.983
夏労働	30	$\geq$	38.5	35.8	-1	0	1344
秋労働	25	$\geq$	0	43.4	1.5	0	0.896
冬労働	55	$\geq$	58.0	51.8	0	2.364	0
目的関数(最大化)			92.5	91.2	0	目的関数の最適値	87.263
最適稼働水準			0.562	0.386	5485		

ケース4 4つのアクティビティが選択可能な場合。

CとDはそれぞれAとBの下刈に除草剤がはいったものである。薬剤費が加わるので、評価係数はその分だけ低くなる。これもケース2における夏労働の制約のきびしさを緩和する目的で導入されたものであり、表6の結果をみるとその効果があらわれている。つまり造林面積はケース2よりも0.19ha、ケース3よりも0.06haだけ大きくなり、同時に目的関数の最適値も改善されている。春植の0.43haのうち0.17haの新植地には除草剤による下刈がおこなわれ、秋植の0.58haにはすべて薬剤刈がはいる。このケースでは冬労働の残量がなくなり、春労働が4.5人余るという結果になった。

われわれはこれまで、造林技術の選択と植栽面積の決定に対して線型計画法がどのように使われるかを例示してきた。しかしこのモデルはいくつかの非現実的な仮定をおいている。それを整理しておこう。

表-6 ケース4のタブロー

アクティビティ			技術A	技術B	技術C	技術D	最適資源利用	
アイテム	制約量	変数	x_1	x_2	x_3	x_4	残 量	潜在価格
春労働	25	$\geq$	41.5	43	41.5	43	4.520	0
夏労働	30	$\geq$	38.5	35.8	28.7	26.0	0	0.153
秋労働	25	$\geq$	0	43.4	0	43.4	0	0.193
冬労働	55	$\geq$	58.0	51.8	58.0	51.8	0	1493
目的関数(最大化)			92.5	91.2	91.0	89.7	目的関数の最適値	91.542
最適稼働水準			0.263	0	0.171	0.576		

- i) 年々の植栽面積が同一である。
- ii) 新植の対象林分は十分に大きく、計画の制約とならない。
- iii) 林分はすべて同質で作業条件や地位に差がない。
- iv) 造林はすべて家族労働力で実行しなければならない。
- v) 植栽面積は伐採計画と無関係に決定できる。

これらの仮定がゆるめられたとき、モデルはどのように作りがえられるか。
次節にその一例を示そう。

補論 林分面積と総投資額だけが制約要素となっている場合の技術選択モデル

いま3つの異なった林分Ⅰ, Ⅱ, Ⅲが1 ha ずつありそれぞれにA, B, Cという造林技術が採択できるとする。制約要素となるのは、林分面積と総投資額以外にはない。目的関数は将来に期待される総利益の極大化である。この問題のタブローは表7の上段に示される。これによると、ha 当りの造林費はA, B, Cの順で高くなり、また利益のほうもおおむね同様の傾向をもつ。BはAよりも、さらにCはBよりもより集約的なやりかたといえよう。さて、利用できる資金の量が零からだんだんふえてゆく場合、選択されるアクティビティはどのように変化するであろうか。結果は表7の中段にみるとおり、資金量が少ないうちは、より粗放なやりかたがえらばれるが、資金にゆとりがでてくると集約なやりかたにおきかえられる。資金が十分にあるならば、CⅠ, CⅡ, BⅢ で1 ha ずつ造林したとき最大の利益が得られよう。すなわち106の投資で140の利益をうる。

表7の下段に最適解の求めかたをまとめておいた。まず $j = 1 \sim 9$ のアクティビティについて1回目の v_j / c_j を計算する。このなかではAⅠの4.0が最も大きい。資金が10以下ならAⅠだけが対象になる。つぎに林分Ⅰで残されている2つのアクティビティBⅠとCⅠについてそれぞれ2回目

表7 パラメトリック線型計画の1例

アクティビティ →			AⅠ	BⅠ	CⅠ	AⅡ	BⅡ	CⅡ	AⅢ	BⅢ	CⅢ
アイテム	制約量	変数	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉
林分Ⅰ	1	≥	1	1	1						
Ⅱ	1	≥				1	1	1			
Ⅲ	1	≥							1	1	1
造林費	?	≥	10	20	40	12	22	43	11	23	44
評価係数(最大化)			40	50	60	35	44	45	30	35	20

最適稼働水準 (ha)

投資額	利益額	限界利益	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉
0	0	4.00									
10	40	2.92	1								
22	75	2.73	1			1					
33	105	1.00	1			1			1		
43	115	0.90		1		1			1		
53	124	0.50		1			1		1		
73	134	0.42			1		1		1		
85	139	0.05			1		1			1	
106	140	-0.71			1			1		1	
127	125				1			1			1

(投資単位あたり限界利益)

投資額	0~10	10~22	22~33	33~43	43~53	53~73	73~85	85~106	106~127
	4.00	2.50	1.50	2.92	2.00	0.96	2.73	0.66	0.45
		1.0	0.67	2.92	2.00	0.96	2.73	0.66	0.45
			1.0	0.67	0.90	0.32	2.73	0.66	0.45
			1.0	0.67	0.90	0.32		0.42-0.30	
				0.50	0.90	0.32		0.42-0.30	
					0.05			0.42-0.30	
						0.05		0.42-0.30	
							0.05		-0.30
									-0.30

の比率、つまり

$$\frac{v'_2}{c'_2} = \frac{v_2 - v_1}{c_2 - c_1}$$

$$\frac{v'_3}{c'_3} = \frac{v_3 - v_1}{c_3 - c_1}$$

を求め、林分Ⅱ、Ⅲの1回目の v_j/c_j と比較する。この段階ではAⅡの比率が最大であるから、資金が10以上になったときAⅡもえらばれるようになる。以下同様のやりかたをくりかえしてゆくと、ある段階でAⅠがBⅠにおきかえられるが、この場合にはCⅠの v'_3/c'_3 はふたたび修正され、

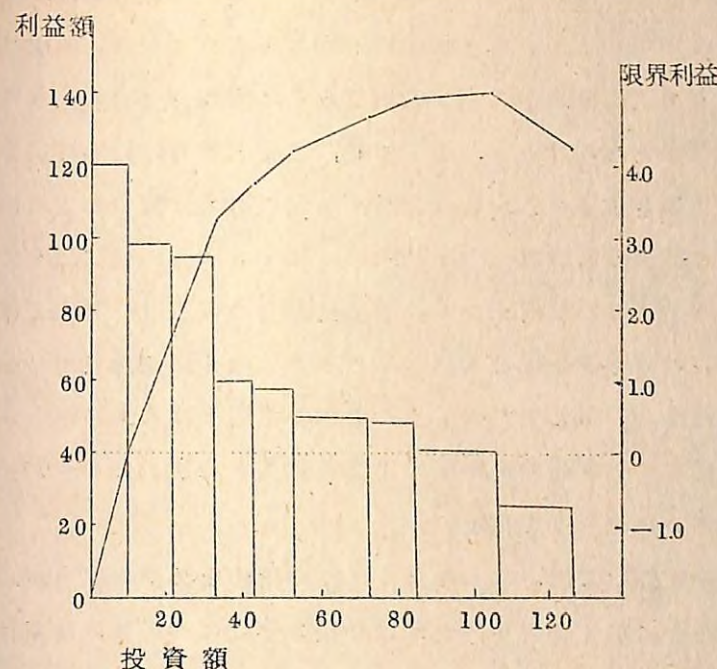
$$\frac{v''_3}{c''_3} = \frac{v'_3 - v'_2}{c'_3 - c'_2}$$

となる。

上記の計算はパラメトリックな線型計画の1つである。林地面積以外の制約要素は資金量だけであるため、アルゴリズムはきわめて簡単である。かりに労働力の利用可能性などについて配慮する必要がなければ、このやりかたが有力である。林分や代替技術の数が相当多くても、桌上計算機で容易に最適解が求められよう。

総投資額と関連させて総利益額の動きと投資の限界利益(各段の v/c)の動きを図示したのが図-1である。この2つの曲線の動きは地位や立地条件によって変化し、その経営における造林投資機会を的確に反映しているとみてよい。営林署を例にとると、担当区によっては限界利益曲線が高い水準で平に推移するものもあるし、また急速におちるものもあるだろう。いずれにしても全部の担当区で限界利益額が等しくなるように予算を配分するのが最も賢明なやりかたである。そのとき営林署全体の利益が極大になることはいうまでもない。

図-1 投資額の変動にともなう利益の変化



§ 4. 簡単な計画モデル(Ⅱ)

線型計画法それ自体はすぐれて数学的なものだが、特定の現実問題をとらえて具体的な線型計画モデルを作成するという作業は、もはや数学の問題ではない。複雑なシステムの基本的なからくりを見ぬくだけの洞察力があるかどうか、そしてまた、さまざまな計画技法を十分に駆使しうるか否かが、成否をきめる決定的な要素である。じっさい、モデルの作成にかんして一般的ルールを展開することは非常にむづかしい。計画者の能力や技量にゆだねられる部分がきわめて多いからである。

ただ造林事業の計画モデルには、いくつかの共通した構造上の特徴がある

20種類の造林アクティビティは、植栽年度(①, ②…⑤), 樹種(スギ, マツ), 植付方法(春植A, 秋植B)で区別されたものである。いずれもそのレベルを h_a 単位で測定することにする。伐採アクティビティのレベルも

表-8 簡単な計画モデル(1)

制約要素	制約量	変数番号	造 林 面												積								伐		採 面 積							
			①				②				③				④				⑤				①		①		②		③		④	
			スギA	スギB	マツA	マツB	スギA	スギB	マツA	マツB	スギA	スギB	マツA	マツB	スギA	スギB	マツA	マツB	スギA	スギB	マツA	マツB	人	天	人	天	人	天	人	天	人	天
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
人天	2.5	10.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
①	2.0	2.0																				1			1							
②	2.0	2.0																								1						
③	2.0	2.0																										1				
④	2.0	2.0																											1			
⑤	2.0	2.0																												1		
①	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
②	0	0																														
③	0	0																														
④	0	0																														
⑤	0	0																														
①	19	37.2		20.9		37.2		20.9		37.2		20.9		37.2		20.9		37.2		20.9												
②	25	4.3	4.3	4.2	4.2	37.2	4.3	4.3	4.2	37.2	4.3	4.3	4.2	4.2	37.2	4.3	4.3	4.2	4.2	37.2		20.9										
③	25																															
④	25																															
⑤	25																															
①	1		5.8	7.0		5.8		7.0		5.8		7.0		5.8		7.0		5.8		7.0												
②	6		7.8	10.9	9.4	13.1	5.8	10.9	9.4	13.1	5.8	10.9	9.4	13.1	5.8	10.9	9.4	13.1	5.8	10.9	9.4	13.1										
③	20		8.3	8.3	10.0	10.0	7.8	8.3	10.0	10.0	7.8	8.3	10.0	10.0	7.8	8.3	10.0	10.0	7.8	8.3	10.0	10.0										
④	34		7.8	7.8	9.4	9.4	8.3	8.3	10.0	10.0	7.8	8.3	10.0	10.0	7.8	8.3	10.0	10.0	7.8	8.3	10.0	10.0										
⑤	38				7.0	7.0	7.8	7.8	9.4	9.4	7.0	7.0	7.8	7.8	9.4	9.4	7.0	7.0	7.8	7.8	9.4	9.4										
①	40		4.4	4.4			4.4	4.4			4.4	4.4			4.4	4.4			4.4	4.4												
②	40				5.3	5.3			5.3	5.3			5.3	5.3			5.3	5.3														
③	29																															
④	25			43.4		33.3		43.4		33.3		43.4		33.3		43.4		33.3		43.4		33.3										
⑤	25																															
①	25																															
②	25																															
③	25																															
④	25																															
⑤	20		6.2		12.4		6.2		12.4		6.2		12.4		6.2		12.4		6.2		12.4		192	123								
①	30																															
②	30																															
③	30																															
④	30																															
⑤	30																															
①	160		-7.5	-8.8	-2.8	-2.8	-7.5	-8.8	-2.8	-2.8	-7.5	-8.8	-2.8	-2.8	-7.5	-8.8	-2.8	-2.8	-7.5	-8.8	-2.8	-2.8	434	53								
②	160																															
③	160																															
④	160																															
⑤	160																															
①	10																															
②	10																															
③	10																															
④	10																															
⑤	10																															
①	MAX		92.5	91.2	30.2	30.2	92.5	91.2	30.2	30.2	92.5	91.2	30.2	30.2	92.5	91.2	30.2	30.2	92.5	91.2	30.2	30.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
②			0.481	0	0.053	1.947	0.515	0	1.249	0.751	0.489	0	0	1.395	0.458	0.010	0	0.500	0.548	0	2.000	0	0.481	2.000	0.515	2.000	0.489	1.395	0.468	0.500	0.548	2.000

表-8 のつづき (2)

制約要素						
		春①	②	③ ②	③	④
		31	32	3 5 1	52	53
林分伐採規則	人天①					
	天①					
	②					
	③					
	④					
植込の面積バランス	①人天					
	②人天					
	③人天					
	④人天					
	⑤人天					
季節別労働制約 (人・日)	春①	-1				
	②		-1			
	③			-		
	④					
	⑤					
	夏①					
	②					
	③					
	④					
	⑤					
	⑥					
	⑦					
	⑧					
	秋①					
	②					
	③					
	④					
	⑤					
	冬①					
	②			-1		
	③				-1	
	④					-1
収支制約 (万円)	①	-0.4				
	②		-0.4			
	③			-0.4		
	④				-0.4	
	⑤					-0.4
	⑥					
	⑦					
	⑧					
係数						
最適値 (人・日)		0	307.2	3338.41	124.26	349.33

最適資源利用	
残量	潜在価格
0	103.176
2.105	0
0	27.939
0	7.557
0.605	0
1.500	0
0	0.830
0	-26.282
0	-0.280
0	-12.833
0	-0.137
0	-37.404
0	-0.398
0	-38.104
0	-0.405
0	-36.544
0	-0.389
0	0.022
0	0.014
0	0.042
0	0.028
0	0.041
0	0.029
0	0.014
0	0.042
0	0.043
0	0.041
0	2.960
0	0
0	0
0	0.029
0	0.013
0	0.042
7.90	0
25.00	0
0	0.029
0	0.014
0	0.042
0	0.043
0	0.041
0	0.074
0	-0.036
0	0.105
0	0.107
0	0.102
0	7.400
3.789	0
5.870	0

目的関数の最適値

469.674

表-8 のつづき (2)

制約要素		屈 用												量												
		春①	②	③	④	⑤	夏①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	秋①	②	③	④	⑤	冬①	①	②	③	④		
		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53		
林分伐採規制	{	人天①																								
		②																								
		③																								
		④																								
		⑤																								
植伐の面積バランス	{	人天①																								
		②																								
		③																								
		④																								
		⑤																								
季節別労働制約(人・日)	{	春①	-1																							
		②		-1																						
		③			-1																					
		④				-1																				
		⑤					-1																			
		⑥						-1																		
		⑦							-1																	
		⑧								-1																
		⑨									-1															
		⑩										-1														
		⑪											-1													
		⑫												-1												
		⑬													-1											
		⑭														-1										
		⑮															-1									
		⑯																-1								
		⑰																	-1							
		⑱																		-1						
		収支制約(万円)	{	①	-0.4				-0.4								-0.4				-0.4					
				②		-0.4				-0.4								-0.4				-0.4				
③					-0.4				-0.4								-0.4				-0.4					
④						-0.4				-0.4								-0.4				-0.4				
⑤							-0.4				-0.4								-0.4				-0.4			
⑥								-0.4					-0.4								-0.4					
⑦									-0.4													-0.4				
⑧										-0.4													-0.4			
係 数	{																									
最適解(人・日)		0	30.72	3.79	0	41.28	2.16	35.49	32.42	37.56	44.23	25.00	15.53	0.32	39.85	0	21.45	0	0	322.02	333.48	238.41	124.26	349.33		

最適資源利用	
残 量	潜在価格
0	103.176
2.105	0
0	27.939
0	7.557
0.605	0
1.500	0
0	0.830
0	-26.282
0	-0.280
0	-12.833
0	-0.137
0	-37.404
0	-0.398
0	-38.104
0	-0.405
0	-36.544
0	-0.389
0	0.022
0	0.014
0	0.042
0	0.028
0	0.041
0	0.029
0	0.014
0	0.042
0	0.043
0	0.041
0	29.60
0	0
0	0
0	0.029
0	0.013
0	0.042
7.90	0
25.00	0
0	0.029
0	0.014
0	0.042
0	0.043
0	0.041
0	0.074
0	-0.036
0	0.105
0	0.107
0	0.102
0	7.400
3.789	0
5.870	0

目的関数の最適値
469.674

ha 単位だが、これは伐採年度別(一①, ①…④)林分別(人, 天)に作られたものである。雇用アクティビティは雇用をいれる年度と季節に1つずつ設定され、そのレベルは人・日ではかられる。以上が変数のすべてである。われわれはこれら変数の最適値を求めることにより、「いつ、どの林分をいかに伐採して、どの技術で造林するのが最善であるか、そしてそれには各年度の各々の季節に他人労働をどれほど雇用したらよいか」を知ることができよう。

つぎに制約式には5つのブロックがある。すなわち

a) 林分面積の制約	制約式番号	1 ~ 2
b) 伐採いかんする規制	"	3 ~ 7
c) 植伐の面積バランス	"	8 ~ 17
d) 季節別労働制約	"	18 ~ 40
e) 収支制約	"	41 ~ 48

おそらく大部分の造林事業計画は上記の5つを基本的な制約要素群としてもつであろう。以下この順序にしたがって若干の説明を加えておく。

a) 林分面積の制約 アイテムの項には長期経営計画できめられた、今分期の施業対象林分があがってくる。このモデルでは林分が「人」と「天」の2つしかないけれど、じっさいには、現在の立木の状態(樹種, 蓄積, 林齢など), 更新した場合の生長の可能性, 伐採や更新作業の難易などによって、さらに詳しく細分されよう。それと同時に造林・伐採のアクティビティも細かく分けられることになる。

すでにふれたことだが、タブローの変数番号1~53は変数 x を区別するもので、 $x_1, x_2, \dots, x_{53}$ と考えてよい。表のマス目にはいつている係数にはすべて対応する x_j が掛けられており、これが加算記号で横に結ばれているわけだから、一番はじめの制約式は

$$2.5 \geq 1 \cdot x_1 + 1 \cdot x_2 + \dots + 1 \cdot x_{18}$$

のことである。記述的にいえば、5年間における人工林伐採跡地への造林

面積の合計は、当分期限内に施業しうるスギ人工林の面積 2.5 ha をこえることはできない、ということだ。2つめの制約式は雑木林についての同様の制約である。なおこの例では人工林跡にはスギだけが、雑木林跡にはマツだけが植えられることになっている。スギ、マツの両方とも植えられるとすると、はじめの式を

$$2.5 \geq 1 \cdot x_1 + 1 \cdot x_2 + 1 \cdot x_3 + 1 \cdot x_4 \dots\dots\dots$$

にかえればよい。

b) 伐採にかんする規制 このなかには伐採規制にかんするすべてのアイテムがはいってくる。たとえば一度に皆伐できる面積の上限が林分ごとにきめられていたり、また伐採方法についての細かい指定があるような場合がそれである。本節の補論では、一定のひろがりをもつ林分を1つの施業単位として扱う技法や施業箇所の場所的配置を規制する技法が説明されているが、これらも伐採規制と関連していることが多い。表-8のモデルでは、年間の天然林の伐採面積が特定の年度で極端に大きくならないようにするため、その上限を 2 ha とさだめている。

c) 植伐の面積バランス このブロックは伐採と造林とのつながりを明らかにするものである。つまり、ある年度に伐られた林分はいつ植えられるのか、また伐採季節や伐採方法が造林技術の選択とどのように結びついているかがこゝで示される。4月までに地拵が完了すれば春植、9月頃までにかつたら秋植といった関連が1つの例だし、さらに、二段林施業のような場合には伐採と造林とが分ちがたく結びついているはずである。それを明確に定式化しておけばよい。

さて、われわれのモデルでは単純な植伐のバランス式が10本作られていて、前年度に伐られた林分はその翌年にA Bいずれかの方法でかならず植えられることになっている。正確に言えば伐採する季節や方法で伐採アクティビティを分けておくべきであろう。秋ごろに伐採した林分では当年の秋植とその翌年の春植がえらべるはずである。もちろん植付を翌年に

のばしてもよいが、裸地状態での放置は地力維持の面から好ましくないし、加えて地拵・下刈作業がより困難になるから、造林を何年も延期するわけにはゆかないだろう。こうした配慮が植伐バランスの制約式として表現されなければならない。

d) 労働制約 労働の利用可能性についての制約式は、年度別季節別に1本ずつ設定される。われわれの例でいうと、全部で23本の制約式があり、制約量の欄には利用できる家族労働量が記入されている。なおこの制約量には前計画期に植えられた造林地の必要労働量は含まれておらず、今分期に計画される造林事業にすべて使用できると解してよい。既造林地の下刈やつる切りは必要不可欠とみなし、それに要する労力は前もって確保されるのである。ただし枝打や成木施肥などの施業は計画モデルのなかで内生的に決定するのがのぞましい。これらは評価係数の推定に困難があるけれど、モデルに含めること自体はきわめて簡単な手続きである。

労働制約式の読みかたはもはや明らかであろう。念のために説明すると、各アクティビティについてのタテの係数は年度別季節別の ha 当り労働投入量である。つまり計画第1年目の春植えは、前年の冬の地拵に6.2人、春の植付と施肥に37.2人、翌春の補植に4.3人を要し、下刈には当年5.8人、2年目7.8人、3年目8.3人、4年目7.8人、そしてつる切りには6年目に4.4人を必要とする。これらの係数に造林面積を乗じ、ヨコに足してゆくと、特定の時期における必要労働量をうる。それが制約量の範囲内におさまっていなければならない。ただし、雇用アクティビティの係数がマイナスになっていることに注意されたい。雇用労働1単位の導入は制約量を1単位ふやすのと同じ意味をもっているのである。

伐採アクティビティの労働にかんする係数は、 1 ha の伐出に要する人工数であり、伐出はもっぱら冬期におこなわれることになっている。

表-8のモデルでは作業時期を春夏秋冬の4つに区分し、すべての作業をそうちのどれかの季節だけで実行することになっているが、これもやや簡

略にすぎず。現実にはいくつかの季節にまたがって実施できる作業もあるし、逆に適期のきわめて短い作業もある。しかもそれらが互にオーバーラップしているであろう。時期的な関連をうまく処理するには、いろいろな工夫を要する。のちに示す営林署での計画例を参照されたい。

e) 収支制約 このブロックは収支バランスにかんするもので、計画モデルのなかで重要な役割をになっている。一般的なモデルでは資金調達についての諸制約がはいってくるであろう。表の例はもっとも単純なものである。現金の出納をとまなうアクティビティにはすべて一定の係数がつけられているが、プラスの係数は収入を意味し、マイナスの係数は支出をあらわす。支出のおもなものは苗木や肥料など外部からの資材購入に要する経費と雇用賃金である。伐採アクティビティのプラスの係数は人工林と雑木林から得られる ha 当りの素材販売収入額を意味する。

これらの収支がどのようにバランスしているかという点、係数のならびかたからも分るように、まずある年度の造林支出は前年冬期の伐採収入でまかなわれ、伐出とその直後の地拵の支出だけが直接その年の伐採収入から差引かれるようになっている。そして各年度とも収入と支出の差額、160万円が当該家族経営の生計費である。余剰収入のくり越しをみるとめれば、単年度で収支バランスをとる必要がなくなるから、収支の制約はもうすこしゆるめられるであろう。あるいはそのほうが現実的かも知れない。なお、第6～8年度は計画分期からはずされていて、そのままでは雇用賃金の支払総額をチェックする制約式がなくなってしまう。それゆえ第6～8年度の賃金支払額には10万円という上限を設定した。

さいごに評価係数の行をみてほしい。造林アクティビティだけがプラスの係数を持ち、ほかは全部零になっている。これは、造林によって期待される将来の収益を重視し、当面の現金収入には比較的無関心であることを意味する。つまりこの経営は一定の家計費が確保できさえすれば、収入の残額と家族労働力をすべて山づくりにつぎこむのである。もちろん別の前

提をにおいて処理することもできよう。たとえば当面の現金純収入と将来収入との合計の極大化をねらうようなモデルを組むこともできる。 ha 当りの伐採収入を伐採アクティビティの評価係数とし、雇用アクティビティには負の評価係数(賃金単価)をおけばよい。ただこの場合には、将来収益の割引率のいかんが大きく効いてくる。割引率が高くなるにつれて、山づくりよりも、伐採収入を得ることのほうに重点が移行するであろう。したがって、将来どのような林分構成にもってゆくかについて明確な目標をさだめ、これを制約条件としてモデルのなかに明示しておくべきである。

表-8のタブローは、計画モデルの構造を理解してもらうために作成したものである。だから結果についての分析は省略するが、参考までに最適解の値を表の下側と右側につけ加えておいた。

補論 非線型要素や離散値を含む計画モデル

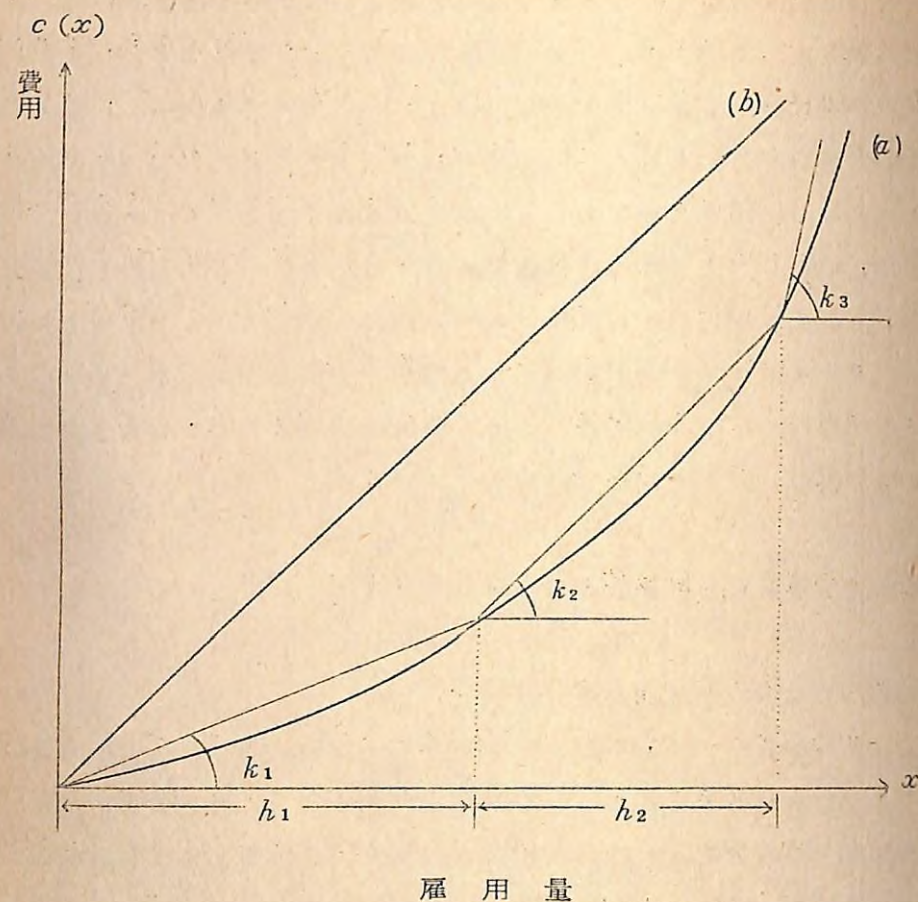
(1) 制約式のなかの非線型要素

表-8のモデルでは、一定の賃金を支払えばいくらでも外部から労働力をやとることができた。しかし雇用量が増加すると、超過勤務手当に加えて作業員の募集費や人員輸送費がかさむため、それを含めた賃金単価はだんだん上昇するかも知れない。この場合の費用関数は図-2にみるような凸型の曲線(a)になってしまう。線型計画法で処理できる費用関数は原点をとる半直線(b)にかぎられている(比例性の仮定)。ところが(a)のような非線型関数でも折線で近似させ、線型計画モデルに組み入れることができる。つまり、はじめの h_1 の雇用量には k_1 の賃金を支払い、それを超える h_2 の雇用量には k_2 の賃金を支払う……と仮定するわけだ。

いま x_i を h_i の区間に対する雇用量とすると、総雇用量 x は

$$x = \sum_i x_i$$

図-2 非線形費用関数



ただし $0 \leq x_i \leq h_i$ ($i = 1, 2, \dots$)

また x の関数としての総費用 $c(x)$ は折線近似により

$$c(x) \cong \sum_i k_i x_i$$

となる。

表-8 のタブローにおいて1年目の春労働の雇用だけについて折線近似の費用関数を適用してみよう。10人までは0.3単位の賃金で雇用でき、10~20人の雇用には0.4単位、20人以上では0.5単位を払わなければ

ならない。この3つの範疇に対応する雇用量をそれぞれ $x_{31}^1, x_{31}^2, x_{31}^3$ とおけば、春労働の制約式はつぎのように変形される。

$$37.2x_1 + 20.9x_3 - x_{31}^1 - x_{31}^2 - x_{31}^3 \leq 19$$

$$x_{31}^1 \leq 10$$

$$x_{31}^2 \leq 10$$

$$x_1, x_3, x_{31}^1, x_{31}^2, x_{31}^3 \geq 0$$

同時に1年目の収支制約式の $-0.4x_{31}$ となっている部分は3つに分かれて

$$-0.3x_{31}^1 - 0.4x_{31}^2 - 0.5x_{31}^3$$

となる。必要とあれば h_i の区間をいくらでも小さくすることができよう。ただしそれにもなって、変数と制約式の数はふえてゆく。

(2) 整数計画法の援用

通常の線型計画法では変数が非負の連続値をとることになっているが、なかには整数値だけをとるものもある。大型の機械を1.5台購入するというのは不可能であろう。購入するなら1台、2台という単位で買うよりほかない。整数計画法は変数に整数値条件がつけられているような問題に適用される。

整数値モデルの例を2, 3あげておく。その1つは施業単位としての林分の大きさがあらかじめきめられており、分割して施業できないような場合である。普通のやりかたで最適解を求めると、ある大きさのまとまった林分のうち0.01haをAの技術で0.05haをBの技術で造林せよ、といった解が当然あらわれる。もちろん現実にはこのような半端な面積の施業は実行されないだろう。かりに面積Fの林分がちょうど手ごろな施業単位になっていて、ここにA, B, Cの代替技術が適用できるとすれば、これらの代替技術のどれか1つで全部を施業するか、あるいは何もやらないかのいずれかが選択されよう。すなわち各技術による施業面積 x_a, x_b, x_c の値は、Fか0しかとれないことになる。

$$\begin{aligned}
 x_a &= \begin{matrix} F \\ 0 \end{matrix} \\
 x_b &= \begin{matrix} F \\ 0 \end{matrix} \\
 x_c &= \begin{matrix} F \\ 0 \end{matrix} \\
 x_a + x_b + x_c &\leq F
 \end{aligned}$$

これを整数値モデルで表現すると， y を整数値変数として，

$$\begin{aligned}
 x_a &= F y_1 \\
 x_b &= F y_2 \\
 x_c &= F y_3 \\
 x_a + x_b + x_c &\leq F \\
 0 \leq y_1 &\leq 1 \\
 0 \leq y_2 &\leq 1 \\
 0 \leq y_3 &\leq 1
 \end{aligned}$$

を得る。 y_j が全部 0 なら施業はまったくおこなわれず， y_j のどれかが 1 だと x_a, x_b, x_c の 1 つが F にひとしくなることは明らかであろう。

この技法は比較的応用範囲がひろく，もう 1 つ類似例をあげておく。線型計画法では伐採面積の大きさを規制できても，伐採箇所の配置まで配慮することはむづかしい。しかし場所的に連続する数個の林分をひとまとめにして，いくつかの林分群を設定し，各群のなかから当分期の伐採箇所を 1 つづつえらぶという問題であれば，整数計画法が使えるであろう。いま任意の林分群が F_1, F_2, F_3 の 3 つの単位林分から成っており，その伐採面積を x_1, x_2, x_3 とする。もし F_1 が伐られたら， F_2, F_3 はそのまゝ残されなければならない。この問題は y_j を整数値としてつぎのように定式化できる。

$$\begin{aligned}
 x_1 &= F_1 y_1 \\
 x_2 &= F_2 y_2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x_3 &= F_3 y_3 \\
 y_1 + y_2 + y_3 &= 1 \\
 0 \leq y_1 &\leq 1 \\
 0 \leq y_2 &\leq 1 \\
 0 \leq y_3 &\leq 1
 \end{aligned}$$

さて，つぎのケースは伐出関係の労働投入量や費用にかかわるものである。伐出費用はふつう出材量に比例する部分と，出材量の大小にかかわらずかかってくる固定費の部分に分けられる（図-3）。 x を出材量， α を比例費用， β を固定費用とすれば，伐出費 $c(x)$ は，

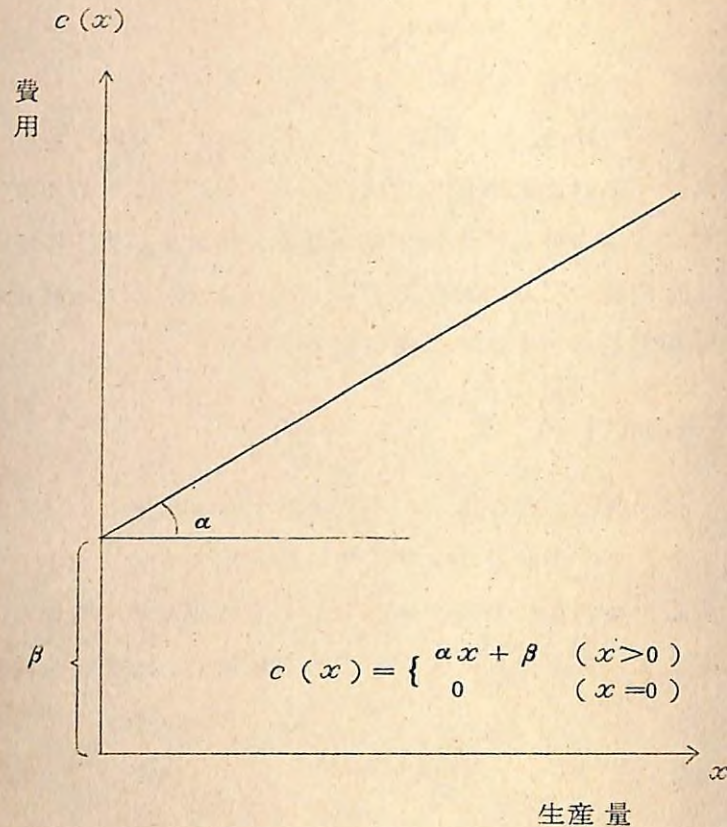
$$c(x) = \begin{cases} \alpha x + \beta & x > 0 \text{ のとき} \\ 0 & x = 0 \text{ のとき} \end{cases}$$

となる。これは一見線型式のようにみえるけれど， $x=0$ のところで不連続になっており，また生産量を 2 倍にすれば費用も 2 倍になるという「比例性」の仮定がみだされていらない。しかし整数値モデルを使うと簡単に処理できる。いま， u を十分に大きい正の定数とし， y を整数値変数とすれば，

$$\begin{aligned}
 c(x) &= \alpha x + \beta y \\
 0 \leq x &\leq u y \\
 0 \leq y &\leq 1
 \end{aligned}$$

まったく伐出がおこなわれなるときは， $y=0$ ，したがって $x=0$ となり， $c(x)$ もまた 0 となる。わずかでも出材量があれば， $y=1$ となって $c(x)=\alpha x + \beta$ を得る。

図-3 固定費のある費用関数



§ 5. 造林事業の計画モデル

前節で示した家族経営の計画モデルでは当該分期の伐採許容面積が与えられると、年々の伐採と造林および収入と支出の規模が相互に関連して同時にきまるようになっていた。その意味では単なる造林計画の枠をこえた一般的な経営モデルとしての性格をそなえているといえよう。

ところが国有林の場合には、林野庁—営林局—営林署—担当区といった重層的なタテの関係が存在し、原則的なことを上部でさだめて細部は下部にゆだねるというルールがたつねられている。そのためどの段階の計画モデルも家族経営の場合ほど完結したものにはならない。多かれすくなかれ不完全な面をもっている。かといって、すべてのことがらを細大もらさず一度に決定しようとするれば、信じられないくらい大がかりな決定システムを必要とするであろう。

今回のわれわれの研究では営林署ないしは担当区段階の造林事業計画に焦点をしぼった。いうまでもなく営林署は国有林事業における計画および実行の、もつとも基本的な単位である。しかし年々の収入や支出の規模にかんして独自の判断で決定する権限はもっていない。伐採や造林についての意志決定もこれに制約される。われわれの計画モデルでは更新予定林分と造林予算はモデルのなかで内生的にきまるのではなく、モデルの外から与えられるという前提をおいた。現在の営林署の実情からみてこれはそれほど無理な前提ではないと思う。営林局から伐採予定林分の指定を受けたのち、与えられた造林予算の範囲内で伐跡地の造林をどのようにすすめるかが造林計画の中心になっているからである。そのうえ、少なくとも営林署段階では収穫活動と造林活動との内部的な結びつきが強く、収支バランスや労働力利用などをめぐる補完競合関係もあまりみられない。

いずれにせよ、両者のあいだにフィードバックの関係がなければ造林計画モデルの構造それ自体はかなり単純化される。表-9のタブローは前橋局中之条営林署の四万担当区を調査対象にして作成したものである。表が5葉に分かれていて若干見にくいと思うが、いままでの表示とはちがって変数と制約式のはいりかたがタテヨコ逆になっていることに注意されたい。また作表上の都合で1枚の表のなかの関係のないアイテムは省略されているため、制約式の通し番号がとびとびになっている。

このタブローもいくつかのブロックに分割できる。アクティビティのほ

うからいうと、

(イ)	第1年度の造林アクティビティ	変数番号	1~ 43
	2	"	44~ 73
	3	"	74~114
	4	"	115~151
(ロ)	枝打アクティビティ	"	152~175
(ハ)	雇用アクティビティ	"	176~196

がある。

新植の代替技術の区分は、樹種（スギ・ヒノキ・アカマツ・カラマツ）、植栽方法（春植、ポットないし秋植）および除草剤使用の有無によっている（詳しくは附表-2をみよ）。つぎに、植栽年度、地位、作業条件などで類別された47の林分について適用可能な造林技術を割りつけ、全部で151の造林アクティビティをもうけた（附表-1）。24の枝打アクティビティは対象林分の相対地位（Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ）と林齢（1回目枝打と2回目枝打）および実行年度（①～④）を組みあわせたものである。雇用労働の導入は4～5月，6～8月中旬，8月中旬～10月および6～10月だけにかぎられ，各年度に1つずつのアクティビティを挿入した。

いっぽう制約式には4つのグループがある。

(a)	林分面積の制約	制約式番号	1~ 53
(b)	季節別労働制約	"	54~ 87
(c)	除草剤散布面積の制約	"	88~ 95
(d)	予算制約	"	96~100

前出の家族経営の計画モデルと比較すると，伐採アクティビティが全部なくなり，植伐の面積バランスもおもてにあらわれない。しかし，どの林分がいつ植えられるかは林分面積の制約のところではっきりと分るであろう。4年間の計画期間内に新植の対象となる林分は47あったが，このうち指定された年度にかならず植えられる林分と，翌年まで植付けを延期す

	79	80	81	84	85	8
	11~3月					
O	-1	1	2	1	2	
O	250	650	580	150	220	
	VII	VII	VII	VII	VII	
	6.2					
	6.2					
2						
2						
	6.2					
	6.2					
2						
2						
1	1.3					
1	1.3					
1	6.2					
1	1.3					
1	6.2					
1	1.3					
1	1.3					
1	6.2					
1	6.2					
1	6.2					
2	0					
2	0					
2	6.8					
2	6.8					
2	1					
2	6.2					
2	7.4					
2	7.4					
2	1					
2	6.8	7.3	7.3	7.3	7.3	
2	6.8	7.3	7.3	7.3	7.3	
3		7.3	7.3	7.3	7.3	
3	1	7.3	7.3	7.3	7.3	
3	1					
3	9					
3	6.8					
3	6.8					
3	6.8					
3	9.3	6.6	6.6	6.6	6.6	
3	9.3	6.6	6.6	6.6	6.6	
3		6.6	6.6	6.6	6.6	
3		6.6	6.6	6.6	6.6	
2						
2						
1	7.1					1
1	6.9					
1	2.4					1
1	6.7					

表-9 造林事業計画のタブロー (1)

[illegible]

6	79	80	81	82	85	86
10	1 1 ~ 3 月				11中~12中	
2	-1	1	2	3	2	3
50	250	650	590	780	220	220
11	VII	VII	VII	VII	VII	VII
		1 1.3				
		6.2				
		7.4				
		7.4				
		1 0.3				
		1 0.3				
		5.6				
		6.8				
		6.8				
1.1						
1.1						
		6.8				
		6.8				
		6.8				
		9.3	6.6	6.6	6.6	6.6
		9.3	6.6	6.6	6.6	6.6
2.2			6.6	6.6	6.6	6.6
2.2			6.6	6.6	6.6	6.6
		1 0.2	7.3	7.3	7.3	7.3
		1 0.2	7.3	7.3	7.3	7.3
		1 0.2	7.3		7.3	
		1 0.2	7.3		7.3	
		1 0.2				
2.0						
		6.8				
		6.8				
3.1						
3.1						
3.1						
3.1	5.8					

表-9 つづき (2)

アクティビティ				制約式 アイテム	7	9	11	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	55	56	57	60	63	64	65	67	68	69	70	71	72	73	74	76	79	80	81	82	85	86	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
アクティビティ				制約式 アイテム	林分														4~5月				5~10月				6~8月				8~10月				11~3月				11~12月				除草剤利用制限				予算																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
変数 No.	林分 No.	年 度	技 術	評価係数	7	9	11	16	18	18	19	20	21	22	23	24	25	26	2	3	4	3	2	3	4	2	3	4	5	6	7	8	9	2	-1	1	2	3	2	3	-1	1	2	3	4	5	6	7	-1	1	2	3	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
変数 No.	林分 No.	年 度	技 術	評価係数	7	9	11	16	18	18	19	20	21	22	23	24	25	26	2	3	4	3	2	3	4	2	3	4	5	6	7	8	9	2	-1	1	2	3	2	3	-1	1	2	3	4	5	6	7	-1	1	2	3	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
44	(7)	2	M1	2.05	1														101				64	86	91	64	86	91	86	64		4.8			1.13																			226	780	172	182																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
45			3	2.14	1														101				32	68	83	32	68	83	81		4.8			6.2																					349	726	136	166																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
46	(9)	2	K1	1.65		1													131				70	94	100	70	94	100	94	70		5.3			7.4																						148	602	188	200																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
47	(11)	2	M1	2.81			1												209				70	94	100	70	94	100	94	70		5.3			7.4																							148	838	188	200																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
48	16	2	S'1	6.02				1											372	4.3			58	78	83	58	78	83	78		4.4																												206	1610	318	166																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
49			2	6.05				1											372	4.3			58	78	50	58	78	50			5.7																													206	1610	318	166																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
50			5	6.20				1											372	4.3				55	66		55	66	39		4.4																														337	1494	272	182																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
51	17	2	S'1	6.78					1										409	4.7			64	86	91	64	86	91	86		4.8																															136	1606	342	182																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
52			2	6.82					1										409	4.7			64	86	55	64	86	55			6.3																																			136	1606	342	271																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
53			3	6.66					1											4.7			509	120	91		120	91	86		4.8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																</

82	83	86	87	89	
3月		11中~12中			
3	4	3	4	1	
780	610	220	220	25	
VII	VII	VII	VII	VII	
				1	
				1	
				1	
73		73			
73		73			
73		73		1	
				1	
79	79	79	79		
79	79	79	79	1	
79	79	79	79		
				1	
				1	

表 - 9 つづき (3)

[illegible]

表 - 9 つづき

				制約式	90	91	92	93	94	95	98	99	100	
アクティビティ				アイデ 年度	除草剤の使用制限							予 算		
変 数 名	林 分 名	年 度	技 術	評価係数	制約量							2	3	4
					25	25	25	25	25	25	25	20000	20000	20000
					VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	
115	(27)	4	M1	1.15								24.8	88.8	
116			3	1.18		1						35.9	76.8	
117	(31)	4	K1	0.78								37.2	60.2	
118			3	0.95	1						29.6	15.2	51.8	
119	(33)	4	K1	0.33								37.2	60.2	
120			3	0.50	1						29.6	15.2	51.8	
121	37	4	S1	3.15								34.2	102.8	
122			2	3.28					1			34.2	102.8	
123			5	3.36	1						28.6	13.8	90.0	
124	38	4	K2	0.92									68.6	
125	39	4	S1	5.52								13.6	169.6	
126			2	5.56					1			13.6	169.6	
127			3	5.40									189.6	
128			4	5.45					1				189.6	
129	40	4	H1	4.36								13.6	93.8	
130			2	4.40						1		13.6	93.8	
131	41	4	M1	0.69								14.8	88.8	
132			2	0.69									84.6	
133	42	4	K1	0.90								24.8	60.2	
134			2	0.90									71.0	
135			3	1.03		1						35.9	53.2	
136			4	0.86		1						35.9	58.2	
137	43	4	H1	5.47								24.8	98.0	
138			2	5.54						1		24.8	98.0	
139			5	5.66		1						35.9	84.0	
140	44	4	S1	2.20								24.8	107.0	
141			2	2.34					1			24.8	107.0	
142			5	2.42		1						35.9	98.0	
143	45	4	M1	0.37								13.6	79.0	
144			2	0.36									79.8	
145	46	4	S1	5.69								12.4	161.0	
146			2	5.72					1			12.4	161.0	
147			3	5.63									174.8	
148			4	5.65					1				174.8	
149	47	4	H1	2.29								37.2	98.0	
150			2	2.39						1		37.2	98.0	
151			5	2.50	1						29.6	15.2	84.0	

表 - 9 つづき (4)

[illegible]

表 - 9 つづき (

[illegible]

表-9 つづき (5)

アクティビティ				制約式	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	80	81	82	83	97	98	99	100
アイナム				年度など	林 分				4~5月				6~10				6~8中								8中~10				11~3月				予 算						
変数	林分	年 度	技 術	評価係数	48	49	50	51	52	53	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
					283	489	515	255	506	341	310	440	440	440	650	930	1,100	1,320	100	380	550	770	770	540	500	310	260	550	550	550	530	650	590	780	610	20,000	20,000	20,000	20,000
					VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII
152	48	1	前期	2.46	1																																		
153		2	〃	2.38	1																																		
154		3	〃	2.30	1																																		
155		4	〃	2.22	1																																		
156	49	1	〃	1.63		1																																	
157		2	〃	1.57		1																																	
158		3	〃	1.52		1																																	
159		4	〃	1.47		1																																	
160	50	1	〃	0.90			1																																
161		2	〃	0.87			1																																
162		3	〃	0.84			1																																
163		4	〃	0.81			1																																
164	51	1	後期	1.69				1																															
165		2	〃	1.63				1																															
166		3	〃	1.58				1																															
167		4	〃	1.52				1																															
168	52	1	〃	1.09					1																														
169		2	〃	1.05					1																														
170		3	〃	1.02					1																														
171		4	〃	0.98					1																														
172	53	1	〃	0.57						1																													
173		2	〃	0.55						1																													
174		3	〃	0.53						1																													
175		4	〃	0.51						1																													
176	雇用4~5月1年度				-0.01						-1																												
177		2			-0.01							-1																											
178		3			-0.01								-1																										
179		4			-0.01									-1																									
180	6~10月1				-0.01						-1				-1																								
181		2			-0.01							-1				-1																							
182		3			-0.01								-1				-1																						
183		4			-0.01									-1				-1																					
184	6~8中				-0.01											-1																							
185		2			-0.01												-1																						
186		3			-0.01													-1																					
187		4			-0.01														-1																				
...	...	...		...	...															-1																			
192		9			-0.01																																		
193	8中~10				-0.01						-1																												
194		2			-0.01							-1																											
195		3			-0.01								-1																										
196		4			-0.01									-1																									

ることができ、もしそれでも不可能ならば植えなくてもよいという林分の2種類がある。この区別は林分面積の下についている記号が等号か不等号かで見わけられる。たとえば林分1は1～4のアクティビティと等号で結ばれているから、第1年度にS'1～4のいずれかの技術でかならず植えられよう。しかるに林分7は第1年度ならM2ないし4の技術で、また第2年度ではM1ないし3の技術のどれかで新植されるが、その1部ないしは全部が植栽されないこともありうる。なお枝打の対象となる6つの林分には特別指定がなく、どの年度でも実行できるようになっている。

この計画モデルでは伐採との結びつきが断たれているだけに、更新年度とそれにとりなり植栽方法の指定には細心の注意を要するであろう。

労働制約のおきかたは前節の例とほとんどかわらない。ただ附図-2にみるように、作業時期がかなり詳細に指定されている。たとえば4月中旬～5月中旬には土伏起しと根ぶみの作業がおこなわれ、4月～5月は春植作業の時期であるが、前者は後者の部分集合になっている。したがって4～5月労働の係数(ha 当り人工数)はこの2つの作業の係数を足しあわせたものである。以下、同じような関係は6～10月(当年地拵)と6～8月中旬(下刈・つる切)および8月中旬～10月(秋植)のあいだに成立しており、また11～3月(地拵・枝打・除伐)と11月中旬～12月中旬(土伏)のあいだにもみられる。

年度別時期別の利用可能労働量は、担当区が確実に確保できると思われる労働量をまず推定し、それから前計画期の造林地に要する人工数を控除したものである。この制約をこえて雇用しようとするれば1人・日あたり千円の付加的賃金を支払わなければならない。

除草剤の使用を規制する方法はいろいろあると思うが、ここでは1年間に散布できる総面積に上限をもうけることにした。本来なら、林分の条件や薬剤の種類に応じた、きめの細かい規制を必要とするであろう。本表の例はいわば架空のものである。しかしそれでも、散布面積の上限が漸次縮

小して零に近づいていつたとき、それが経営全体にどのような影響を及ぼすかをテストすることはできるであろう。

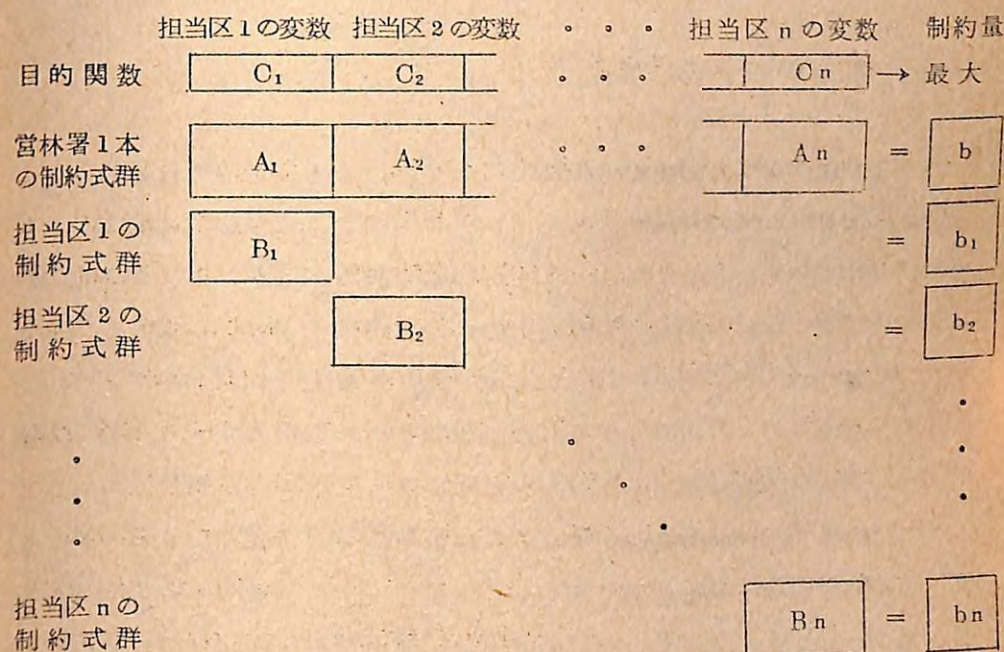
さいごの予算制約は、前節の計画モデルの収支制約にくらべると収入の係数が1つもないから、だいぶ単純になつてゐる。各年度の支出合計に2千万円という上限を劃しただけのことである。しかもこの上限は予算が有効な制約要素とならないように、わざと高めに設定されている。とすれば、制約条件からはずしてもよいわけだが、われわれの最適計画が実施された場合の必要資金量を知るために除外しないでおいた。これは、いわば担当区における予算要求の算定基礎を提供するものである。実際問題として担当区の段階では将来どれほどの予算が配布されるかをあらかじめおさえるわけにはゆかない。だから予算の制約量としては、前年度の実績ないしはそれに何%かを上積みした数字を使うことになると思う。またいつそのこと、予算額をパラメトリックに処理してもよい。もし各々の担当区で予算額を零から順次ふやしていつたときの投資の限界効果が計算されているならば、営林署はその値が各担当区で等しくなるように予算を配分することもできる。

造林と枝打アクティビティの評価係数は h_a 当りの割引純収入をとつた(次節を参照のこと)。

以上が四万担当区においてわれわれが作成した計画モデルの概要である。むろんこれは1つの例でしかないが、営林署や担当区段階のモデルはだいたいこれと同じようなものになるであろう。ただ営林署段階では予算制約がもつときびしい意味をもつであろうし、さらに苗木の需給計画が加わるかも知れない。営林署と担当区のいずれの段階で計画モデルを作成すべきかは、おもに労働力の移動範囲と関係する。この移動が担当区ごとに分断されているときは、各担当区が別々の労働制約式を作ることになる。ところがその場合でも、予算や苗木の制約は営林署1本で考えてさしつかえないであろう。一般に n 個の担当区を含む計画モデルの構造は図-4のよう

になる。ここで A_j は $m \times n_j$ 行列、 B_j は $m_j \times n_j$ 行列、 c_j は n_j 次元ベクトル、 b と b_j はそれぞれ m 次元と m_j 次元ベクトルである。

図-4 いくつかの担当区を含む計画モデルの構造



署全体の利益をあらわす目的関数には各担当区の評価係数 c_j が関係する。署1本の制約式群は(たとえば予算や苗木などの使用にかんして)各担当区を1つに結びつけている。 B_j と b_j は労働制約のように j 担当区だけに特有の制約条件にかんするものである。同じような構造は営林局と営林署との関係にもみられることが多い。じつは、こうした特殊な構造の

おかげで、かなり大型のモデルであつても、いわゆる分割アルゴリズムを使うことによつて、計算が可能になるのである。すでにみたように、1つの担当区でさえ196の変数と100の制約式をもつていた。営林署段階ではさらに増加するだろう。その計算量は電算機の能力をこえるかも知れない。このとき分割アルゴリズムが役に立つ。

§ 6. 基礎データの収集と加工

いつたん計画モデルが定式化されてしまうと、あとは計算だけが残る。線型計画問題を解くための電子計算機プログラムはすでに数多く開発され、実用に供されている。たしかに、現実的な問題を扱うにはかなり大型の電算機を要するであろう。しかしいまでは制約式の数が数千におよぶような大きな問題でも、比較的簡単に解けるようになってきた。費用もそれほどかからない。

たくさんの労力と費用を要するのは、むしろそれ以前のデータ集めの段階である。必要な情報が多種多様でかつ大量であるだけに、組織的な調査がのぞまれる。じつさいの調査のすすめかたは実情に応じて変ってくるであろうが、営林署での造林事業計画を考えるとつぎのような手順をふむのが便利ではないかと思う。ただしここでは造林事業だけに限定し、伐採計画との接合は考慮しない。つまり施業対象林分がすでにきまつているのである。また直接の経営目標として割引純収入の極大化をとりあえず仮定しておこう。

調査項目は大きく3つに分けられる。すなわちA技術にかんする基礎調査、B制約量の把握、C投入および産出の価格づけの3段階である。

A 基礎調査

1. 施業対象林分の確定とタイプ分け

- i) 計画期間内に育林施業の対象となる林分を伐採・造林予定簿などからひろい出す。このなかには更新のほか、幼齡林の撫育や成林の

林分改良も含まれる。施業実施年度について特定の指定があれば、林分ごとにそれをおさえておく。

- ii) 通常、施業対象林分の地位や作業条件などは林小班ごとに大きく変化する。したがつて採択可能な技術のメニューは当然かわつてこよう。また同一の技術を採用しようとしても、その技術係数や評価係数にちがいが生ずるかも知れない。かかる差異に着目して林分のタイプ分けがおこなわれる。もちろん、林分のタイプ分けがあまりにも詳細にすぎると、変数の数が多くなりすぎてモデルの操作がむずかしくなるが、基礎調査の段階ではやや詳しいデータを準備しておく必要がある。現行の林小班がさらに細分される場合もある。はじめから簡易化するのは考えものである。なぜなら、どのように簡略にするかは分析によつてきまることであり、細分された林分をまとめるのはそれほどむずかしくはないからである。

2. 代替技術の探索と技術仕様の作成

- i) 林分のタイプ分けができたならば、それぞれの林分について施業技術的な可能性が検討される。更新方法ひとつとつても、いくつかの代替的なやりかたが可能である。現在用いられている技術だけではなく、採択が見込める新しい技術についても検討を加えなければならない。ところで林分のタイプ分けと同様に代替技術の区分もかぎりなく詳細におこなうことができる。育林技術はたくさんの個別的な作業から成立しており、しかもそれぞれの個別作業に代替的なやりかたがある。もしそれらのあらゆる組み合わせを代替技術として列挙するならば、たいへんな数に達するであろう。しかしそうした細かいちがいがプロセス技術係数や評価係数にはつきりとした形で反映しないかぎり、技術の詳細な類別はあまり意味がない。またなかにはけつして選択されることのない技術があろう。たとえば、同一の効果を生む甲乙2つのやり方があつて、甲は乙にくらべてあ

らゆる資源をたくさん使っているとすれば甲が選ばれることはけつしてない。このようにして代替技術のメニューはしぼられてくる。

ii) つぎに代替技術がどのような個別作業で構成されているかがフローチャートの形にまとめられる。新植の場合は、地拵えからはじまって成林するまでの一連の施業の内容が年度別季節別に細かく指定される。

iii) 類別された林分の数が少ないときは、各々の林分にそくして代替技術を列挙することができるけれど、林分の数が多いとこのやりかたは繁雑である。むしろその営林署でとりうる育林技術のメニューをあらかじめ列挙しておき、それらがどのような林分条件のもとで適用可能であるかを検討して、現実林分と技術とを結びつけてゆけばよい。両者の組み合わせから多種多様なアクティビティが定義される。

3. 要素投入量の推計

この項では投入係数の決定がおもな仕事だが、同時に造林費算定のための基礎資料が集められる。すでに述べたように技術係数というのは、アクティビティ1単位の稼働が制約要素を何単位要求するかを示すものであるから、制約条件にはいらない諸要素の投入量については考慮しなくてもよい。しかし評価係数を推計する段階でいずれ全要素の投入量が調査されることになる。したがって成林するまでのすべての投入係数をここでおさえておく。

i) 代替技術のフローチャートはそれを構成する個別作業の内容を示している。つぎにそうした個別作業の1つ1つについて労働や資材などの投入量をおさえなければならない。これは林分の作業条件によつて変化する性質のものであるから、投入量と作業条件との関係を定量的に示してくれるような標準功程表を準備するのが望ましい。なお、標準功程は選択されるアクティビティによつて若干変化

する可能性がある。薬剤地拵で植栽した林分の1回目の下刈は普通地拵のそれにくらべて手間がかからないかも知れない。

ii) 各林分について代替技術のフローチャートができており、かつ林分のタイプ分けのさい、その作業条件もおさえられているから、標準功程表を使つて各アクティビティの投入係数(年度別作業別の要素投入量)が算定できる。

4. 林分収穫量の予測

この調査項目は評価係数の推計にかかわるものである。

i) 更新対象林分であれば、植栽可能な樹種ごとに地位を確定する。旧来の相対地位をもちいてもよいが、樹高などによつてさらに詳しい地位区分をおこない、林地の自然的条件と地位との関係を定量的におさえておく。いわゆる地位指数のスコア表が利用できれば、それを念頭において林分のタイプ分けをおこなうがよい。

ii) 樹種別の地位に対応して収穫予測がおこなわれる。すなわち5年間隔の齢級ごとに径級別の材積、本数、樹高を予測する。旧来の収穫表や収穫予想表では径級別の計数を掲載していないものが多いが、径級別の価格差が明瞭に存在する以上、これを欠かすことはできないであろう。ところで、かかる収穫予測は同一の林分でも選ばれる技術いかにによつて変化するかも知れない。厳密に言えば、アクティビティ全部がそれぞれの収穫予測を必要とする。もちろんそれは不可能であろうから、まず標準的な施業のもとでの収穫予測をおこなうのが現実的であろう。

iii) とすれば、つぎに①植栽本数や間伐の程度によつて標準的な収穫予想がどのようにかわるか、②植栽方法、施肥・技打などによる産出量の変化はどうか、を調べなければならない。この場合とくに留意すべきは、林分条件と上述の効果との関係である。どのような施業であれ、どこでも同一の効果を生むとはかぎらないであろう。

5. リスクの確率的把握

造林のように生産期間の長いものはさまざまな不確実性をともなっている。その多くは予見できないものであるけれど、植林が自然災害や病虫害で失敗する確率は比較的小さい。これが分つていれば、アクティビティの評価係数をあらかじめ修正しておくことができる。育林施業のなかには失敗の確率を低下せしめるような性格のものが含まれており、かかる生産技術の評価はリスクの査定と不可分に結びついている。また樹種更改の場合、うまくゆけば高い収入が期待できるけれど、失敗の危険も大きいといったケースに直面する。「うまくゆけば」という希望的前提で評価係数をきめてしまうのは賢明なやりかたではない。リスク査定ではつぎの調査が必要である。

- i) 成林を不可能ならしめるリスクにどのようなものがあるか。
- ii) 自然災害の発生を林分条件によつて整理し、できればその確率をおさえる。
- iii) 選択されるアクティビティとリスクとの関係を調べる。
- iv) 自然災害が発生した場合、成林させるためにはどのような種類の投入をどれくらい必要とするかを明らかにする。

B 制約量の把握

制約要素の種類はモデルの枠組みを設定するさい、すでにきめられているはずである。年度別の造林資金額、季節別労働量、苗木本数などがそのおもなものであろう。制約要素量がはつきりと与えられていれば問題はないが、この先何年かの利用可能量を予測するとなると、なかなかやつかいである。労働力にかんしてはつぎのようなやりかたが考えられる。

- i) 過去の雇用実績から、月別作業別の延べ人員を調査し、それをさらに常用、定期、臨時などの雇用形態で細分する。
- ii) このように細分したうえで、個々の範疇の労働雇用量をどこまで増

加させることができるかを検討する。もちろん雇用量の増加にともなつて実質的な賃金の上昇を必要とするかも知れない。他の担当区に応援を求めるとすれば、少なくとも人員輸送費が加算されよう。したがつて賃金の上昇なしで動員される人数が何人、一定額の上積みで動員できるものが何人といったふうに制約量をはじき出される。それと同時にモデルにも若干の変更を加えなければならないが、その方法は§4で述べた。

しかしどのように努力しても将来の利用可能量は正確にはおさえられない。むしろいろいろなケースを想定してモデルを操作するのが实际的である。雇用形態別に過去の雇用実績を詳しくみると、常用や定期作業員の雇用日数のように変動しにくいものと、臨時や請負のように変動しやすい部分とに分けられる。後者については、現状維持、5%減少というような仮定を導入せざるをえないのである。

- iii) いまいとつ問題になるのは、前の計画期に植えられた林分の労働所要量を推計することである。利用可能な総労働量からそれを控除した値が当該計画期のプロジェクトに利用できる数量である。前期分の労働所要量は撫育を要する既存幼齢林分の調査から一応の見当はつけられるであろう。

C 投入および産出の価格づけ

1. 投入の価格づけ

成林するまでの造林費の現在価値を算定する。この場合総がかり費でないし固定費的なものは除外され、アクティビティレベルに比例して変動する費用項目だけに限定される。それゆえ管理費、固定資産償却費などは含まれない。いずれにせよこれらの固定費はその定義上、アクティビティの種類と水準の選択を決定的に左右する要素ではないからである。

造林費算定の手順はつぎのとおり。

i) 投入要素の平均基準価格を造林実行総括表などから算出する。平均賃金は基本賃金に諸手当が含まれる。雇用形態によつて賃金がちがうときは、就労日数をウェイトにした平均額を使用すべきであろう。

ii) アクティビティごとの年度別作業別の要素投入量はすでに求められているから、それに上記の基準価格を乗ずる。

iii) 一定の利子率を前提として各年度の投入額を割引き、それを合計して造林費とする。

2. 産出の価格づけ

基礎調査の段階で推計された齢級別径級別立木材積の価格づけをおこなう。

i) 齢級別立木価格の評定は市場価逆算方式による。すなわち、

$$x = f \left(\frac{A}{1 + l \cdot r} - B \right)$$

$$X = \sum x \cdot V - C$$

x ; 施設費 (C 経費) を計算に入れない立木単価。

f ; 利用率 資材に対する素材等の生産歩合で、樹種、直径、樹高別にまとめた「利用率基準表」が利用できる。

l ; 資本回収期間 (月), 事業期間にもとづいてきめられている。

r ; 収益率 原価に対する営業利益の比であつて、月率 0.016 を標準とする。

A ; 製品市場単価 算出方法は各営林局によつて若干異なるが、PQ 表をもちいる場合は

$$A = \left(\text{基準価格} \times \frac{\sum n_i P'_i}{\sum n_i Q_i} \times \text{補正係数} \right) - \text{木材引取税}$$

で求められる。補正係数というのは、樹種別にきめられていて基準価格をそのときの市況に応じて修正するための係数である。また P

Q 表 (採材平均単価算出係数表) では形量・品質による修正係数が与えられている。

B ; 施設費以外の事業費、製品単位当りの変動費をさし、B 経費とよぶ。

C ; 施設費 固定的な生産費で生産量で接分することを適当としないもの、C 経費という。

X ; 立木販売予定価格

V ; 立木材積

上記の例は前橋営林局の立木価格評定要領にしたがつたものだが、必要な表はすべて準備されているものの、手続きとしてはかなり面倒なものである。とくに C 経費は事業規模や林分条件によつて大きく変動するであろう。ただ、伐出経費の計算は造林費ほど精度を高める必要はないように思われる。造林費にくらべて不確実な要素がたくさん加わつており、林分ごとの正確な計算はあまり意味がない。平均的な数値をおさえておけば十分であろう。

ii) 齢級別の収穫材積に価格づけがおこなわれると、割引純収入 (NDR) を求めることができる。これは「将来における粗収益の流れの現在価値と費用の流れの現在価値との差」のことであり、純現在価値ともいう。現時点で植えられた林木の NDR は次式で示される。

$$NDR = \sum_{t=0}^T \frac{R_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

R_t ; t 年における立木販売収入

C_t ; t 年における造林支出

r ; 割引率

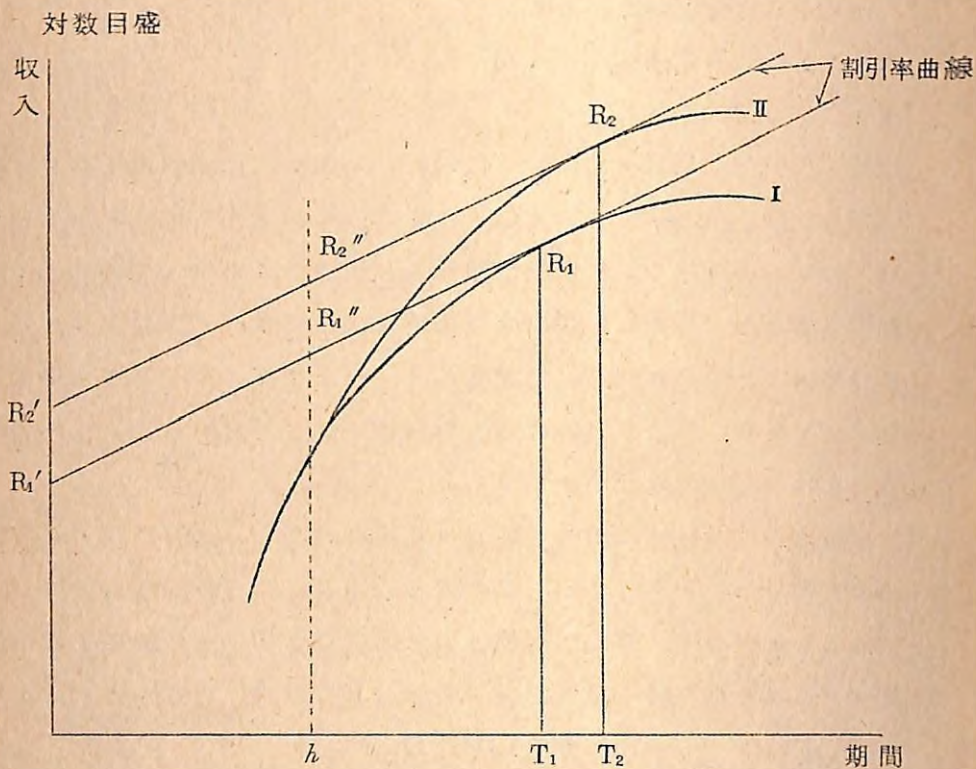
t ; 植栽からの経過年数

T ; 伐採齢

NDR の大きさは、伐採齢 (T) をどれくらいに想定するかによつ

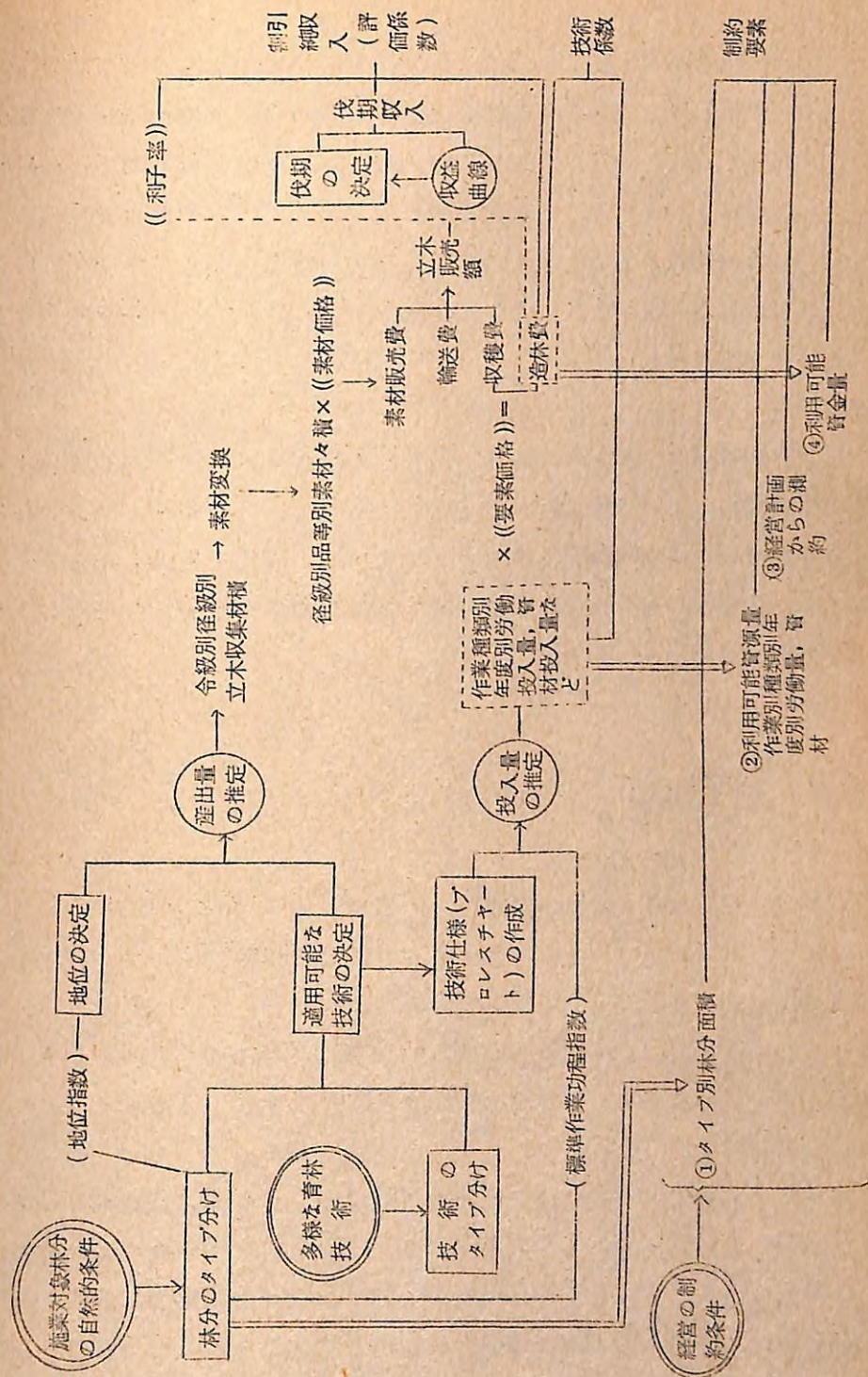
て変化する。伐採齢が長期経営計画などで与えられていない場合は、NDRが極大になる時点を伐期とさだめればよい。図-5のI-I曲線は点投入一点産出の仮定のもとで伐採齢と立木販売収入との関係を示す。

図-5 伐期と割引純収入の決定



表わしたものである。これは半対数グラフであるから、 $(1+r)t$ は一定の勾配をもつた直線となる。いまこの直線と収入曲線との接点が求められたとしよう。このとき T_1 は最適伐期であり、 R_1 はその時点での粗収入を、 R_1' は R_1 の現在価値を表わしている。 C_1 を造林費とすれば、 $R_1' - C_1$ が求めるべきNDRにほかならない。

図-6 調査の手順



枝打や成木施肥にあつては、枝打や施肥に要する費用の現在価値とそれによつて期待される産出価値の増分の現在価値が比較されることになる。たとえば、図-5において t 時点で枝打がおこなわれ、収入曲線がⅠ-Ⅱにシフトしたとすれば、 R'_1 、 R'_2 が t 時点で評価した枝打の現在価値であり、これから枝打費用を差引いたものが枝打のND Rである。なお枝打によつて伐採齢が T_1 から T_2 に動いていることに注意されたい。

以上の調査項目はそれぞれ独立したものではなく、互に関連している。たとえば林分のタイプ分けは、一応出発点になつてはいるけれど、最終的なタイプ分けは投入・産出の推定方法やモデル操作上の制約を考慮した上できめられることである。調査項目間の関連および調査の手順は図-6で模式化されている。

§ 7 思考実験としての計画

これまで提示したいくつかの例から、線型計画モデルの有用さが立証されたと思う。だが数学モデルから最適解を引出した段階ですべてが終つたと考えるのは早計である。たしかに一定の仮定のもとにセットされた数学モデルは、何のあいまいさも残さないで確定した答えを与えてくれる。しかしそのようなモデルもしよせん「特定の指示をなすように仕掛けられた道具」ではないのである。

従来、ともすると計画の結果だけが重視され、計画の立案過程についてはあまり注意が払われなかつた。これはシステムズ・アプローチの精神に反するものであり、またそのような状況のもとでの数理計画法の援用はかえつて危険な事態をまねくかも知れない。大切なのは結果そのものではなく、結果

を生みだす過程である。いうまでもないことだが、あらゆるモデルは、さまざまな仮説や前提をおいたうえで作られている。したがつてモデルにはいつている要因や関係は「重要と思われる」ものだけに限定されているし、ときには重要なものでも計量不能とか、モデルを操作可能な大きさにするため省略されることもある。さらに計画が未知の将来を対象としている以上、不確実性の世界からのがれることはできない。不確実性の取扱いがたいかんによつて結果はいくらかでもかわつてくる。ともあれかかる事情を無視して結果を論ずるのは文字どおりナンセンスであらう。

そもそも数理計画法が強力な武具だといわれるのは、つぎのような理由にもとづく。

- (1) 意志決定に関連する多くの要因とそれらの相互依存関係を明確にし、複雑な問題の論理的な構造を明らかにしてくれる。
- (2) 数量化されたモデルは予測の手段として使うことができる。つまりある状態が生じた場合、それが相互にからみあつた諸関係をつうじて、全体のシステムにどのような変化をもたらしかが予測される。
- (3) さいごに実験用具としての役割がある。分析者のもつ先入観や仮説の意味がモデルの操作により明らかになるはずである。

以上の3点は、通常の言語モデルでは真似のできない長所である。複雑な問題を言葉で表現するのは不正確になりやすく、そのうえ仮説それ自体を直接検定することがむづかしい。しかるに数学的なモデルにあつては、仮説や前提の検証が可能である。この利点が生かされないならば、数学モデルも砂上の楼閣と化し、苦勞して作成することの意味があらかた失われてしまう。造林計画はもともと遠い将来にかんする判断を含み、かつ現実の実験ができないのであるから、実験用具としての計画モデルの役割がとくに重視されるのである。

§ 1でもふれたように、近年、造林事業計画に影響する要因はますます増加し、選択の幅もひろがつてきた。森林に対する国民の要望は多様化してい

るといわれ、いわゆる公益的機能が重視されるようになった。しかし同時に国有林経営にあつては企業性の要請がきびしい。かくして両者の利害関係は複雑化する。また育林技術にかんしていえば、労働力過剰型の社会ではくまれた伝統技術の体系は再検討をせまられ、新しい技術があちこちで提案されるようになった。造林とはかくあるべし、という慣習や命題にしたがつて行動しているかぎり、そこには選択の問題も計画の問題もない。代替技術のメニューがふえればふえるほど、選択の幅はひろくなる。また企業と企業外部の集団との利害関係や企業内部での部門間・階層間の関係が複雑になればなるほど、特定の選択がひきおこす影響は広汎におよぶ。それだけに誤った決定は高価な損失をまねくであろう。間違いは人間を賢くするかも知れないけれど体験の費用は安いほうがよい。

試行錯誤の費用をなるべく減少させることにこそ計画の意味がある。モデルによる思考実験なら紙のうえの計算だけですむ。計画の段階でいろいろなことを試み、その結果を評価することによつて、犯してはならないこととやつてよいこととが明らかになるであろう。

つぎに不確実性の処理について若干の考察を加えておきたい。前出のモデルでアクティビティの評価係数は将来価格に対する予測と割引率の選択を含んでいた。

何十年も先の木材価格などだれにも分らない。にもかかわらず、現時点の価格をベースにしてアクティビティの評価基準がきめられている。いつたいそれはどのような意味があるのか。

われわれの計画モデルは利用可能な資源をめいつばいに使用して最大限に有利な造林事業計画をたてることである。その限りではアクティビティの優先順位を決定すればよいのだから、造林資金や木材価格の絶対水準は問題にならない。重要なのは要素間の価格比である。賃金、資材価格、木材価格などの相互関係、および樹種別径級別品等別の木材価格比が問題なのである。現在の価格水準をそのまますべての要素に適用するということは、要素間の

現在の価格比が将来も持続すると仮定することにひとしい。この仮定は比較的受けいれやすいものであろう。というのは、諸商品の相対価格の変動は絶対価格の変動にくらべてずっと小さいからである。長期的な経済統計の示すところによれば、賃金の一般的上昇のなかで生産性増加率の低い産業ほど生産物価格の上昇率は高かつた。このメカニズムのおかげで全体の所得に占める賃金所得の相対的な分け前はほとんど不変に保たれてきたのである。生産性が伸びないまま価格をすえおきにして賃金だけが一方的に上昇するといった事態は、木材の需要が長期的に存在するかぎり、まず考えられない。

つぎに木材の樹種別径級別品等別の価格差は需給関係できまつてくる。外材輸入がなく需給の逼迫した時代には価格差が縮少し、需給にゆとりができてくるとこれが拡大する。的確な予想はむずかしいが、しかし、少なくとも、現在の価格体系に何らかの修正を加えなければならないという決定的な理由は、いまのところ見当らない。

もうひとつのやつかいな問題は割引率の決定にかんするものである。各アクティビティの費用や収益は何らかの時間的な流れをもつて発生し、かつその流れはアクティビティによつてさまざまである。伐期の長いものもあれば短いものもある。また伐期が同一であつても、その期間内において同じ時間的分布で収益が発生するとは限らない。このように費用や収益の流れを異にする生産方法を評価する有力な方法は、将来時点における費用と収益の流れをある特定時点の価値に換算し、同一の基盤で比較できるように工夫することである。われわれの研究では現在の価値になおして比較しているが、そのような換算をおこなうための係数が割引率である。

割引率の変化は伐期をシフトさせ、かつ割引係数の変化をとおして評価係数の値をかえてしまう。造林事業は生産期間が長いだけにその影響はきわめて大きい。ところが割引率選択の決定的なきめ手がないのである。国営企業の場合には政府の長期債券の利子率を使うべきだとする意見もあるが、イギリスの *Forest Commission* は通常の長期利子率 5 % から 1.5 % の材価上

昇分を差引いた3.5%をもちいている。1.5%というのは一般物価に対比した木材の相対価格が歴史的に年率1.5%で上昇しているからである。このように木材の実質価格が年々高い率で増加するという確信があれば低い割引率をえらんでよい。

だがどのような理由をつけるにせよ、将来価格をめぐる不確実性と利子率選択の恣意性をぬぐいさることはできないであろう。ただ先に提示したような意志決定の具体的なモデルがあると、これを利用していろいろな思考実験をおこなうことができる。木材価格の予測値としていくつかの値を与え、価格の変化がシステム全体にどのような影響をもたらすかを観察してみるとよい。また割引率についても何通りかの数値を仮定してモデルを操作し、それを相互に比較しながら最終的な決定を下すのが無難であろう。これらの値をすこし変えただけで結果が完全に変わってしまうようなモデルであつては困るし、またそのような結果を無批判に受けいれてはならない。

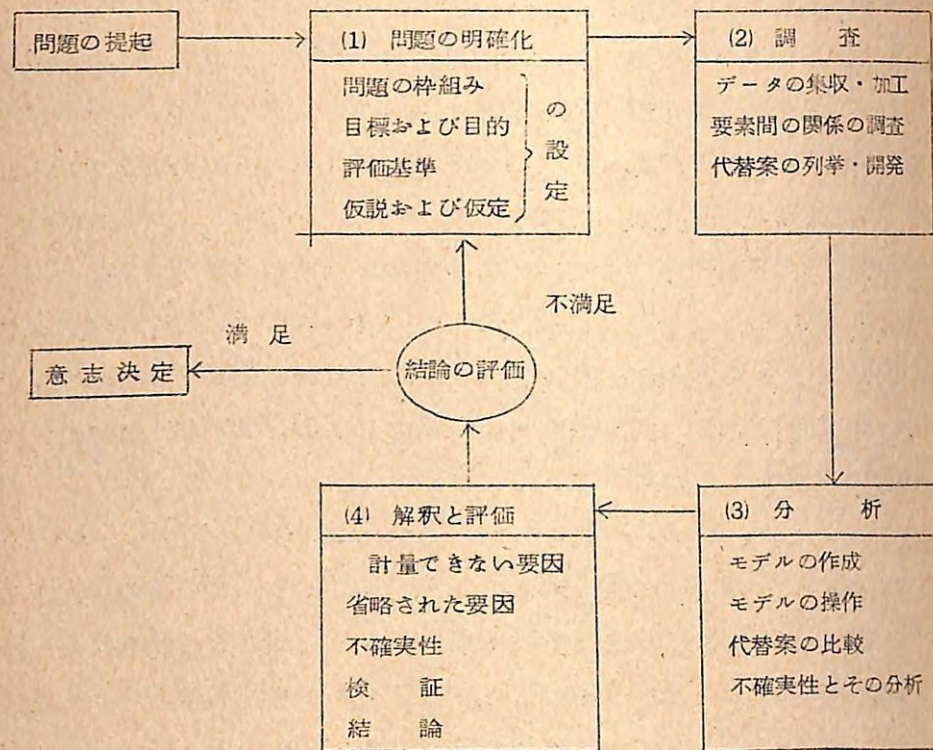
さらに生産期間の長い事業計画では、定期的に環境条件の変化や事業の進みぐあいを考慮して再検討し、新たにその時点で計画を作成・実施する方式がのぞまれる。造林事業にあつても植付時の決定がそのまま頑固に守られるわけではない。新植する時点では得られる限りの情報にもとづいて、後続する標準的な施業のもとでの物的・価値的生長径路を想定し、伐期をきめ、ともかく意志決定することになるのだが、年月が経過するうちに当初想定したコースからの離脱が有利になることもある。ひとたび植林された林分は計画当初にたてられた施業指針にしたがつて育てられるのではなく、林木の生長状況、市場条件などをみながら、つぎにとられるべき施業の細目がきめられる。過去の決定が正しかつたにせよ、間違つていたにせよ、造林事業の担当者は過去の決定を忘れて、現存する林分にどのような施業を加えたら、より大きな産出を生みだしうるか、ということだけに注意を集中する。それゆえ既存の林分であつても、育林施業による価値増殖が見込まれる限り、その林分は新たに投資機会をもつことになつて、分期ごとに作成される意志決定モ

デルにはいりこんでくる。逆にいうと環境の変化に対して弾力的に対応できるような育林技術がのぞましい。いつたん造林したら、もはやコースの変更ができないようなものでは困る。

ともあれ、このような計画方式の採用は生産期間の長期性にとまなう不確実性の減少に役立つであろう。一般に伐期が近づくにつれて、経営の意志決定はより確からしい情報にもとづいてなされるはずである。苗木を植え付ける時点では投資のホライズンが何十年にもおよび、基礎データの一部はすでに科学的な予測の範囲をこえているのであろう。それが漸次科学的予測の範囲内にはいりこんでくる。この過程で収入曲線の形状、したがつて最適伐期と期待利益の大きさはたえず修正され、林分を伐倒して販売する時点では、その時点での林分価値の増加率と代替利益率(割引率)との比較で伐採するか否かがきめられよう。利用される情報の多くはきわめて確からしいものである。

さいごになつたが、システムズ・アプローチによる意志決定の手順を見やすいようにまとめておく。図-7をみられたい。提起された問題に対して、(1)問題の明確化、(2)調査、(3)分析とつづき、(4)解釈と評価の段階を経て総合的な結論が導かれる。もしこの結論に満足できればよいが、不十分な場合はふたたび問題の明確化にもどつて、モデルを組みなおすことになる。本図についての細かい説明はもはや不要であろう。計画立案者はこの手順を念頭において、現在すすめている作業がどこに位置しているかを、たえずたしかめておくべきである。というのは問題を明確にしないまゝやみくもにデータを集めたり、結論の総合的評価を飛ばしてモデル分析の結果をそのまま実施計画に定着させるといつたあやまちが非常に多いからである。

図-7 システムズ・アナリシスの手順



参考

中之条営林署における計画モデル

一 基礎資料の説明一

1. 計画の枠組み

(1) 造林事業の概要

中之条営林署は群馬県の吾妻川中流とその支流にひろがる約21,000 haの森林を管理する。このうちの約50%は人工林であるが、長期目標としては全体の70%を人工林化し、年伐量を現在の68,000 m^3 (人工林35,000 m^3)から113,000 m^3 (人工林109,000 m^3)に引き上げようとしている。過去3年間の年平均新植面積は334 haで、樹種別にはスギ43%, カラマツ37%, アカマツ13%, ヒノキ5%であった。スギの生育は全般に良い。ただし北西に面した林分で寒風害による枯損がみられる。ヒノキの生育は一部を除いてあまりよくないといわれ、カラマツ造林地の成績は比較的良好である。

昭和46年度からはじまった第2次地域施業計画によると、新植面積のかなり大幅な増加が予定されており、年平均にして421 haに達する見込みである。今回の調査で対象にえらんだ四方担当区ではとくに増加傾向が著しい。これは天然生広葉樹林の樹種更改がふえることによるものであるが、伐採箇所の奥地化にともなう新植対象林分も奥地に移行する。こんご植えられる林分は標高の高い遠隔地や急傾斜地が多く、林木の生育条件はあまりよくない。気象災害の危険もあつてカラマツがふえるだろうといわれている。

いつばり造林資金のスムーズな調達がますます困難になつてきた。中之条営林署はこのような状況に直面して重点投資の方針を打ちだした。それは条件のよいところでは大苗を使つた耕耘植栽や施肥をおこなう反面、条件のあまりよくない林分の施業はできるだけ省力化しようという方針である。現在、後者の林分で筋刈りによる地拵と下刈が実行されつ

つある。生育条件の不良な林分でかかる省力化が成功するかどうかはもうすこし様子を見ないと分からない。重点投資それ自体は好ましいことだが、中途半端な育林施業がみじめな不成績造林地を結果するようなことがあつては困る。つい数年前までていねいな造林がこの営林署の基本方針であつた。予算がきゆうくつになつたとはいえ、その方針がくずれるのはいづれか残念な気もする。

卒直にいうと、そもそも樹種更改面積を急速にふやすというそのことに若干の無理があるのではないか。とぼしい造林予算のほとんどは新植に喰われてしまい当然の帰結として保育のほうがおろそかになる。そのために不成績造林をまねいた例は全国各地であまりにも多い。わずかな保育費用の節約がそれまでに投下された造林費をまったく無駄にしてしまう。こうした愚をさけることにこそ重点投資の精神があろう。中之条営林署は造林実験営林署としての伝統があるから、技術的にはしつかりしているが、制度的な枠などにしばられて最適な育林施業からの不本意な離脱を強いられている面がまったくないとはいえない。

しからばどのような施業計画が最適であるか。これに答えることがわれわれの課題である。しかし残念ながらわれわれのモデルも伐採と造林の両方を含めた最適システムを設計するだけの能力がない。上部できまつた伐採計画がまず先行し、それに追従して造林計画をたてるという営林署のシステムをそのまま受けいれている。だから伐採跡地の更新が困難になつたとき、伐りつばなしで放置するか、不十分とは知りつつも手抜きして総花的に造林するかのいずれかを選択しなければならなくなる。われわれは後者のゆきかたをとらなかつた。植林する以上は完全な成林をめざし、それがむづかしければ伐跡地のまま残すのもやむをえないとするのである。

ただ、計画モデルによる思考実験によつて、理想的な施業を実行しうるための諸条件が明らかになる。望むらくは、これをもとに各機関にお

ける計画の調整を期待したい。伐跡地の放置などだれがみても好ましくないであろう。造林木の十分な生育が見込めるならば、そこに投資を増額し、また造林投資効果の小さい林分は伐採計画そのものをねりなおすのである。少なくとも伐採計画と造林計画とのあいだに、こうしたフィードバックがない限り、造林事業計画は、ひどくいびつなものになつてしまう。

(2) 計画モデルの特質

この種のモデルを作成するさい、2つのいきかたがあろう。1つは現実の問題を忠実にフォローして実務に直接結びつけるいきかたであり、いま1つは現実とは若干の距離をおいて「かくあるべし」という理想システムを設計することである。後者は当然のことながら現在の計画システムや事業体制の変更をも要求する。われわれは原則として前者の道をえらんでいるが、実務に直結させるにはなお未熟な点をはらんでいる。というのは、この研究の主眼が方法論の確立におかれているため、四万担当区を例にとつているものの、計画モデルの構造をデモンストレートする必要上、若干の修正を加えたり、電算機の容量を考えて故意に省略したりしているからである。さらに短期日の調査では正確な情報をもれなく集めることがきわめてむづかしい。情報の不足する部分は、リーズナブルと思われる仮定で補つた。不備なところはあちこちにあるが、それがわれわれの調査不足に起因するのであればこの担当区に精通した実務家の手で比較的容易に埋められるであろう。

計画モデルのおおよその骨格は§5で述べた。モデルの大きな特徴の1つは計画の範囲を担当区に限定し、しかも計画期間を昭和47年度から51年度までの4年間にしたことである。そのおかげで施業の対象となる林分の総面積が相当少なくなり、林分のタイプを細かく分けることができた。われわれは比較的小さい線型計画のプログラムを使っている

ため、対象面積が広くなると、どうしても林分区分が粗にならざるをえない。林分が細分されていれば、林分条件と技術との対応にいろいろな注意を払うことができ、また施業年度を詳しく指定することもできる。そこにこの計画モデルの1つの特徴があろう。

つぎに、かならず植栽すべき林分とそうでない林分とに分けた。前者の指定は、造林事業がみたすべき最小限の要求を提示することにひとしい。そのかわり必要とあれば外部から労働力を導入できるようになっている。造林予算のほうは天井を高くしておいて、パラメトリックに操作することをねらった。

さいごにこの計画が扱う施業の範囲を明らかにしておく必要がある。もちろん中心は新植である。しかし育苗事業は完全に除外されているし、苗木の使用本数も制約要素としなかつた。成木施業のなかではスギ・ヒノキ林の枝打をとりあげている。担当区ではまだ枝打がほとんど実行されておらず、20年生前後のヒノキ林分を対象とした枝打がやつと検討されはじめた段階である。

そのほかの特徴については、§5の説明や表-9のタブローを参照されたい。

2. 基礎調査

(1) 施業対象林分の確定とタイプ分け

営林署の伐採造林計画簿によれば昭和47年～50年度に新植の対象となる林地面積は、四万担当区で246.9 haある。これをつぎの4つの指標によつて等質な47の林分に区分した。

- (i) 更新年度にかんするもの
- (ii) 地位にかんするもの
- (iii) 作業条件にかんするもの
- (iv) 技術の導入条件にかんするもの

附表 1-1 施業対象林分と選択可能な代替技術

林分番号	面積	更新年度			林分条件			選択可能な代替技術					
		① 伐採 年度	② 植栽 年度	③ 備考	④ 選択 樹種	⑤ 割引 粗収入	⑥ 地帯時 の状態	⑦ 作業 条件	(地帯) (植栽) (下刈)	普通		薬剤	
										手刈	薬剤	手刈	薬剤
1	5.2	45	47		スギ	10.0	カン1	1		◎	◎		
2	5.3	"	"		スギ	9.1	カン1	1		◎	◎		
3	5.3	"	"		スギ	4.6	カン2	2		◎	◎		
4	3.4	"	"		スギ	7.1	カン2	2		◎	◎		
40	4.4	"	"		スギ	7.1	カン2	2		◎	◎		
41	4.5	"	"	→51	アカマツ	2.7	カン1	3				◎	◎
42	10.7	"	"	→51	アカマツ	2.8	カン2	3				◎	◎
43	5.7	"	"		ヒノキ	8.6	カン2	3				◎	◎
44	3.0	"	"		スギ	5.0	カン2	3				◎	◎
45	1.8	"	"	→51	アカマツ	2.2	カン1	2				◎	◎
46	9.0	"	"		スギ	9.1	カン1	1				◎	◎
47	2.5	"	"		スギ	5.2	カン2	3				◎	◎
48	28.3	枝打	前期	スギ	地位	2.5	ササ						
49	48.9	"	"	"	地位	1.6							
50	51.5	"	"	"	地位	0.9							
51	25.5	"	後期	"	地位	1.7							
52	50.6	"	"	"	地位	1.1							
53	34.1	"	"	"	地位	0.6							

附表一 1 施業対象林分と選択可能な代替技術

林分番号	面積	更新年度		林分条件		選択可能な代替技術				薬剤			
		伐採年度	植栽年度	備考	④ 選択樹種	⑤ 制粗収入	⑥ 地持時の状態	⑦ 作業条件	(地拵) (植栽) (下刈)	普通		普通	
										手刈	薬剤	手刈	薬剤
1	5.2	45	47		スギ	10.0	カン1	1	◎	◎	◎	◎	◎
2	5.3	"	"		スギ	9.1	カン1	1	◎	◎	◎	◎	◎
3	5.3	"	"		アサマツ	5.2	カン2	2	◎	◎	◎	◎	◎
4	3.4	"	"		スギ	4.6	ササ2	2	◎	◎	◎	◎	◎
5	3.4	46	"		スギ	7.0	カン1	1	◎	◎	◎	◎	◎
6	2.3	"	"		ヒノキ	8.1	カン1	2	◎	◎	◎	◎	◎
7	7.9	"	"	→48	アサマツ	7.1	カン2	2	◎	◎	◎	◎	◎
8	3.7	"	"		ヒノキ	4.0	カン1	2	◎	◎	◎	◎	◎
9	4.5	"	"	→48	カラマツ	8.6	カン1	3	◎	◎	◎	◎	◎
10	2.7	"	"		スギ	3.4	カン1	3	◎	◎	◎	◎	◎
11	6.5	"	"	→48	アサマツ	9.1	カン1	2	◎	◎	◎	◎	◎
12	1.5	"	"		ヒノキ	4.6	カン1	3	◎	◎	◎	◎	◎
13	2.9	"	"		スギ	4.2	ササ1	2	◎	◎	◎	◎	◎
14	2.2	45	"	↓46	スギ	9.1	ササ1	1	◎	◎	◎	◎	◎
15	4.0	"	"	↓46	カラマツ	2.3	ササ2	2	◎	◎	◎	◎	◎
16	(7.9)	46	48	↓47	アサマツ	2.2	カン2	3	◎	◎	◎	◎	◎
17	(4.5)	"	"	↓47	カラマツ	4.0	カン2	2	◎	◎	◎	◎	◎
18	(6.5)	"	"	↓47	アサマツ	3.4	カン1	3	◎	◎	◎	◎	◎
19	5.0	"	"		スギ	4.6	カン1	3	◎	◎	◎	◎	◎
20	8.0	"	"		スギ	9.1	カン2	1	◎	◎	◎	◎	◎
21	2.0	"	"		スギ	10.0	カン1	2	◎	◎	◎	◎	◎
22	7.3	"	"		スギ	3.5	カン1	2	◎	◎	◎	◎	◎
23	4.3	"	"		スギ	2.8	ササ1	2	◎	◎	◎	◎	◎
24	2.5	"	"		スギ	10.0	ササ1	2	◎	◎	◎	◎	◎
25	5.0	"	"		スギ	7.3	ササ1	2	◎	◎	◎	◎	◎
26	10.8	47	"	→49	スギ	7.1	ササ1	2	◎	◎	◎	◎	◎
27	6.0	"	"	→49	スギ	3.4	ササ1	2	◎	◎	◎	◎	◎
28	6.0	"	"	→49	スギ	7.0	ササ1	2	◎	◎	◎	◎	◎
29	(10.8)	"	49	↓48	スギ	2.8	ササ2	3	◎	◎	◎	◎	◎
30	(6.0)	"	"	↓48	スギ	3.4	ササ1	3	◎	◎	◎	◎	◎
31	(6.0)	"	"	↓48	スギ	2.3	ササ2	3	◎	◎	◎	◎	◎
32	7.4	"	"	→50	スギ	10.0	カン1	2	◎	◎	◎	◎	◎
33	3.6	"	"		スギ	3.3	カン2	3	◎	◎	◎	◎	◎
34	2.2	"	"		スギ	3.4	カン1	2	◎	◎	◎	◎	◎
35	2.5	"	"		スギ	8.6	カン1	2	◎	◎	◎	◎	◎
36	7.2	"	"		スギ	8.1	カン1	1	◎	◎	◎	◎	◎
37	9.6	"	"	→50	スギ	2.8	ササ2	3	◎	◎	◎	◎	◎
38	1.3	"	"	→50	スギ	2.3	ササ2	2	◎	◎	◎	◎	◎
39	14.2	48	"	→50	スギ	9.1	ササ1	1	◎	◎	◎	◎	◎
40	2.4	"	"		スギ	5.1	ササ2	3	◎	◎	◎	◎	◎
41	5.0	47	"		スギ	3.8	ササ2	2	◎	◎	◎	◎	◎
42	7.0	"	"	↓	スギ	10.0	ササ2	2	◎	◎	◎	◎	◎
43	(3.6)	"	50		スギ	3.3	カン2	3	◎	◎	◎	◎	◎
44	(9.6)	"	"		スギ	2.8	ササ2	3	◎	◎	◎	◎	◎
45	(14.9)	48	"		スギ	2.3	ササ2	3	◎	◎	◎	◎	◎
46	6.0	"	"	→51	スギ	6.0	ササ2	2	◎	◎	◎	◎	◎
47	12.6	49	"		スギ	2.8	ササ1	3	◎	◎	◎	◎	◎
48	6.6	48	"		スギ	9.1	カン1	2	◎	◎	◎	◎	◎
49	4.4	"	"		スギ	7.1	カン1	2	◎	◎	◎	◎	◎
50	4.5	"	"	→51	スギ	2.7	カン1	3	◎	◎	◎	◎	◎
51	10.7	"	"	→51	スギ	2.8	カン2	3	◎	◎	◎	◎	◎
52	5.7	"	"		スギ	8.6	カン2	3	◎	◎	◎	◎	◎
53	3.0	"	"		スギ	5.0	カン2	3	◎	◎	◎	◎	◎
54	1.8	"	"	→51	スギ	2.2	カン1	2	◎	◎	◎	◎	◎
55	9.0	"	"		スギ	9.1	カン1	1	◎	◎	◎	◎	◎
56	2.5	"	"		スギ	5.2	ササ2	3	◎	◎	◎	◎	◎
57	28.3	47	"	スギ	地位I	2.5							
58	48.9	"	前期	"	地位I	1.6							
59	51.5	"	"	"	地位I	0.9							
60	25.5	"	後期	"	地位I	1.7							
61	50.6	"	"	"	地位I	1.1							
62	34.1	"	"	"	地位I	0.6							

各林分の更新年度の決定は営林署の造林計画書にしたがつた。これは伐採年度、伐採方法（立木処分と製品生産）および林地面積の大きさを考慮してきめられたものである。伐採から更新に着手するまでの期間は、製品生産では比較的短く、面積の大きい立木処分団地では長くなる。これを林分ごとに示したのが附表-1における最初の3つの欄である。備考欄③の（→）印は次年度への繰越しをあらわし、また（↓）印は前年度から残つてきていることを示す。つまり特定の年度内に植えられる林分と、更新が2年間にわたる林分とがあるわけだ。後者の林分は奥地で条件の悪いところが大部分であるから、2年間で更新できなければ新植しなくてもよいことになっている。

地位にかんする指標のなかでとくに重視したのは、標高、土壌型および地形である。1つの林小班でもこれらの指標において大きなちがひがあるときは、いくつかに細分した。

作業条件の指標には育林作業の工期を左右する因子がとられている。地拵のさい効いてくるのは植生の種類（ササ・カン木）と伐採跡地の状態である。人工林や製炭跡地は枝条が少ないのに対し、天然林の伐跡地は地拵の工期がかさむ。表の⑥欄で1とあるのが前者であり、2が後者のことである。またすべての作業に影響する因子として林道からの距離と傾斜がある。われわれはこの両者を組みあわせて1、2、3に区分した（附表-3の注をみよ）。

林分のタイプ分けをおこなうさい、技術の導入条件も重要な指標である。これが選択可能な技術を決める。樹種の選択では標高と土壌条件が無視できない。また除草剤利用と関連して植生の種類をとつた。そのほか寒風害防除の要否をきめる因子は方位であり、ポット造林の導入にかんしては林道からの距離が重要である。

枝打林分は森林簿からスギとヒノキの該当林分をひろいだし、それを林齢（10年生前後と20年生前後）および相対地位（Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ）に

附表 - 2

記号	樹種	植生	植栽	薬剤利用		植栽年度を			
				地拵	下刈	-2	-1	0	1
S1	スギ	ササ カン木	耕・植				△—(地)—	耕植肥(刈)(伏)	(起)補(刈)(伏)
S2	"	"	"		○				
S3	"	"	耕・ボ				△—(地)—	ボ植肥(伏)	(起)補(刈)(伏) 14
S4	"	"	"		○				
S5a	"	ササ	耕植	○		(菜)—△—(整)—	耕植肥	(伏)	(起)補(刈)(伏)
S1	"	ササ カン木	植			△—(地)—	植	(刈)(伏)	(起)補(刈)(伏) 07
S2	"	"	"		○				
S3	"	"	ボ				△—(地)—	ボ植	(伏)(起)補(刈)(伏) 14
S4	"	"	"		○				
S5a	"	ササ	植	○		(菜)—△—(整)—	植	—(伏)	(起)補(刈)(伏) 07
S5b	"	カン木	"	○		△—(菜)—			
H1	ヒノキ	ササ カン木	植			△—(地)—	植	(刈)(伏)	(起)補(刈)
H2	"	"	"		○				
H3	"	"	ボ				△—(地)—	ボ植	(伏)(起)補(刈) 14
H4	"	"	"		○				
H5a	"	ササ	植	○		(菜)—△—(整)—	植	—(伏)	(起)補(刈) 07
H5b	"	カン木	"	○		△—(菜)—			
KM1	アカマツ カラマツ	ササ カン木	春植			△—(地)—	春植	(刈)	補(刈)
KM2	"	"	秋植				△—(地)—	秋植	(刈)補(刈) 14
KM3a	"	ササ	春植	○		(菜)—△—(整)—	春植	(刈)	補(刈) 04-05 07-08
KM3b	"	カン木	"	○		△—(菜)—			
KM4a	"	ササ	秋植	○		(菜)—△—(整)—	秋植	(刈)	補(刈) 04-05 07-08
KM4b	"	カン木	"	○		△—(菜)—			

注) 伐=伐採 地=地拵 整=整理地拵 植=植えつけ 耕植=耕耘植栽
補=補植 伏=土伏 起=土伏起し 根=根ぶみ 切=つる切

(Ⅷ)の下つき数字は功程の低減歩合をあらわす。()は省略されることもある。

起 点 と す る 年 数

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
(起)	(刈)	(刈)		(切)		(除)		(切)		(除)	
	(菜)			(切) _{1.3}							
(起)	(刈)	(刈)		(切)		(除)		(切)		(除)	
	(菜)			(切) _{1.3}							
(起)	(刈) _{0.8}	(刈)		(切)		(除)		(切)		(除)	
(起)	(刈)	(刈)	(刈)		(切)		(除)			(除)	
	(菜)		(刈) _{0.6}								
(起)	(刈)	(刈)	(刈)		(切)		(除)			(除)	
	(菜)		(刈) _{0.6}								
(起)	(刈) _{0.8}	(刈)			(切)		(除)			(除)	
	(刈)	(刈)	(刈)	(刈)		(切)		(除)		(除)	
		(菜)		(刈) _{0.6}							
	(刈)	(刈)	(刈)	(刈)		(切)		(除)		(除)	
		(菜)		(刈) _{0.6}							
	(刈) _{0.8}	(刈)	(刈)			(切)		(除)		(除)	
	(刈)	(刈)	(刈)		(切)		(除)				
	(刈) _{0B-09}	(刈)			(切)		(除)				
	(刈) _{0B-09}	(刈)			(切)		(除)				

ホ=ホツト造林 肥=施肥 刈=下刈

除=除伐

よつて区分した。ヒノキはごくわずかであつたから、これをスギに含めた。20年生前後の林分も過去に枝打は1度もやられていない。

(2) 伐替技術とその導入条件

造林技術を区別する指標は樹種、植栽方法、地拵方法、下刈方法の4つである。

樹種はスギ、ヒノキ、アカマツ、カラマツの4つをとつた。植栽方法には耕耘植栽と普通植栽があり、それぞれがさらに春植と秋植(スギ、ヒノキではポット造林)に細別される。地拵と下刈は手刈でやる場合と除草剤を使う場合とがある。ただ地拵と下刈の両方に除草剤をいれることは避けた。またアカマツとカラマツの下刈では除草剤が使えない。

以上の留意事項を念頭において4つの指標を組みあわせると、附表-2にみるような技術体系ができあがる。営林署の現行の施業仕組みよりもいくらか集約度が高い。完全な成林をめざして若干の安全が見込まれているからだ。耕耘植栽には植付同時施肥をいれ、下刈を1回少なくしているが、つる切りと除伐はやや頻繁に実行される。普通植栽の下刈は原則としてヒノキを6回、その他を5回とした。

さて、1つの林分にこの全部の代替技術が適用できるとなると、アクティビティの数は非常に多くなるが、実際には1林分の選択可能な技術はせいぜい4~5にとどまっている。つまり、タブローに組むとき、すでに一定の基準にしたがつて技術の範囲がしぼられているのである。それはつぎのような基準によるものであつた。

- (1) 樹種の選択ではまずオ1に自然条件が考慮される。四万担当区は地形が一般に急峻で、圃行土、崩積土が多く、石礫に豊んでいてスギの適地が多い。しかしそれでもスギの垂直限界は900m~1000mあたりまでであろう。また一部の林班の尾根筋は乾性系土壌であるため、アカマツが安全であるといわれている。高海拔で寒風害のおそれのあ

る地域はカラマツに期待するほかない。このようにして樹種をしぼつたのち、さらに各々の林分について樹種別の割引粗収入(造林費未控除)を計算する。この値のもつとも大きい樹種を1つだけ選択し、優劣をきめがたいときには2つ以上の樹種をそのまま候補にあげ、モデルのなかでえらばせることにした。

- (ii) 耕耘植栽がはいるのは生長がよくて、割引粗収入の高い場所だけである。四万担当区ではスギの最適地(地位指数19以上)にかぎつて導入することにした。ヒノキの生育は全般にそれほどよくない。
- (iii) ポット造林は林道から近い林分でおこなわれる。なおこの遠近をはかるさい、既設林道のみならず、こんごの設置予定林道をも考慮にいられた。
- (iv) 北西に面した林分では寒風害防除のためスギは植栽当年と翌年にヒノキは当年に土伏をおこなう。
- (v) 人工林の伐跡地や製炭跡地など地拵が容易な林分では地拵時の薬剤使用をさける。
- (vi) 春植と秋植の選択は伐採が完了する時期にも依存する。前述したように伐採時期がわれわれのモデルではきまらないためこれをうまく処理するのはむづかしいが、問題になりそうな林分については営林署の伐採造林計画を勘案し、さらに担当官の意見を聞きながら、春植と秋植の割りつけをおこなつた。
- 林分と選択可能な代替技術との関係は附表-1の右半分に詳しい。
- ◎は耕耘植栽のことである。

(3) 投入係数の把握

いろいろな作業の ka 当り労働投入量は作業条件に対応して当然異なってくる。われわれは附表-3の数字を使つた。作業条件のおさえかたがまだ粗にすぎるかも知れないが、いまのところ作業条件を詳細に規定

附表-3 造林作業の工程

人/ha

作業	方法の詳細	作業条	
		1	2
地 拵	準備地拵	ササ	人工林
			天然林
		カン木	人工林
			天然林
	薬剤利用	ササ	"
		カン木	"
	整理地拵	ササ	
植 付	耕耘植栽+施肥(スギ)		
	同	ポット	
	普通植栽	スギ	
		ヒノキ	
	ポット植栽	スギ	
		ヒノキ	
	普通植栽	アカマツ	
		カラマツ	
	補植	スギ, ヒノキ	
	手刈	0	
下 刈		1	
		2	
		3	
		4	
		5	
	薬剤利用	ササ	
		カン木	
そ の 他	土伏		
	土伏起し		
	根ぶみ		
	つる切		
	除伐		
	つる切+除伐		
枝 打	10年生前後	地位	I
			II
			III
	20年生前後	地位	I
			II
			III
			IV

(注) 作業条件 1. 傾斜緩 距離近
2. { " 緩 " 遠
3. " 急 " 近
" 急 " 遠

件	備 考
3	
11.2	賃金単価 2,000円/人・日
18.6	以下同じ
7.4	
12.4	
5.8	薬剤費 18,000円/ha
6.7	" 22,500円/ha
7.7	
6.0	
-	苗木代 a) 75,000円/ha ha当り本数 3,500
-	" a) 88,000円/ha " 3,500
18.0	" 57,000円/ha " 3,000
18.0	" 48,000円/ha " 3,000
-	" 68,400円/ha " 3,000
-	" 57,600円/ha " 3,000
20.9	" 28,000円/ha " 4,000
13.1	" 20,000円/ha " 2,500
5.2	" " 400
7.0	
9.4	
10.0	
9.4	
7.0	
5.4	
4.8	薬剤費 15,000円/ha
6.0	" 16,100円/ha
7.9	
4.0	
4.2	
5.3	
12.6	
9.0	
-	
-	
-	
-	
-	
-	

a) は肥料代10,000円/haを含む

したところで正確な功程のデータが得られるわけではない。データの精度とにらみあわせて、作業条件をどのようにおさえたらいいか、むづかしい問題である。

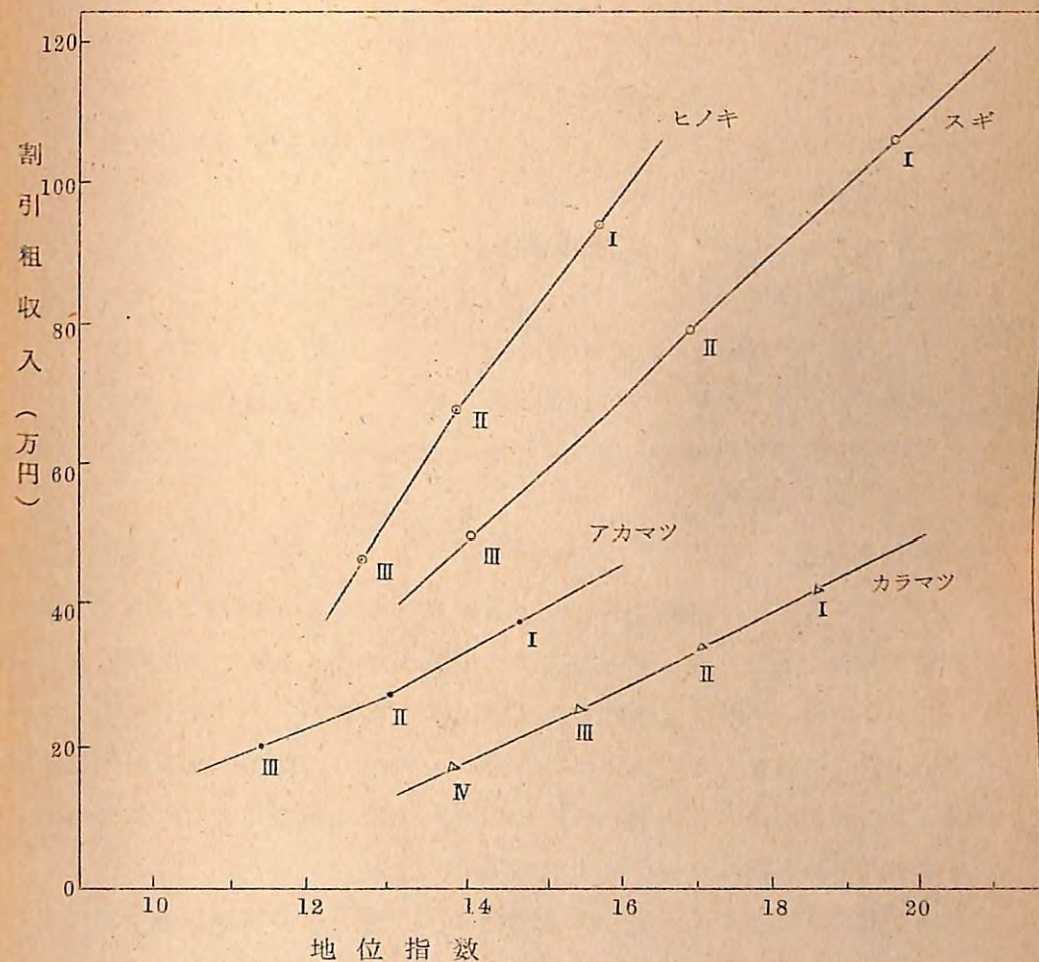
営林局・署には功程についての基準や資料がかなり豊富に存在する。しかしそれらの多くは参考にはなつても、きめてにはならない。結局は担当者からの聞取りに頼ることになる。附表-3は各種の功程表と造林実行総括表の実績などにもとづいて作成したが、足らないところは聞取りで補足した。

(4) 評価係数の推定

林分ごとの割引粗収入は附表-1の⑤欄に、またアクティビティごとの評価係数(割引粗収入-割引造林費)は表-9にそれぞれ示されている。これはつぎのような手順で求められた。

- (i) まず樹種別・相対地位別に、齢級ごとの材積、本数、樹高を予測する。その予測には前橋営林局「才2次奥利根地域施業計画書」の収穫予想表が使われている。ただしこれは径級別の計数を欠いており、平均胸高直径と径級分布との関係は別の収穫表調整資料に依拠した。
- (ii) (i)で得られた計数をもとに、前橋営林局の立木価格評定要領にしたがつてその価格づけをおこなつた。これを前出の図-5のような収入曲線であらわし、樹種別・相対地位別に最適伐期と、この伐期をとつたときの割引粗収入を求めた。割引率は3.5%である。
- (iii) 割引粗収入と地位指数(40年の樹高)との対応関係を明らかにするため、附図-1が作成された。
- (iv) いづれ各林分について、前橋局「群馬ブロック地位指数スコア-表」により樹種別の地位指数を求める。ただしこの地位指数は中之条営林署の現実林分と若干の乖離があるといわれており、営林局の修正係数をもちいて補正を加えた。各林分の地位指数が分ると、それに対

附図-1 地位指数と割引粗収入



応した樹種別の割引粗収入が附図-1から容易に求められる。

- (v) 附表-2のフローチャートと附表-3の功程表をもとに年度別の費用投入額を求め、その現在価値合計をもつて割引造林費とした。
- (vi) 割引粗収入から割引造林費を控除したものが評価係数にほかならな

い。これは計画才1年度に植栽されることを前提とした割引計算であるから、植栽年度が遅れると、さらにその分だけ割引かれる。

いうまでもなく、同一林分同一樹種であつても代替技術のいかんによつて割引粗収入はかわつてくる。しかし§5で提示したタブローの段階ではこのことがまったく考慮されていない。割引造林費の差があらわれているだけである。ただ、結果を分析する段階では評価係数もパラメトリックに操作されよう。

VII 枝打アクティビティの評価係数はいわば仮定の数字である。10年生前後の林分に対する枝打は、将来さらにもう1回枝打されることを前提として、枝打をやらなかつたときよりも伐期の割引粗収入が2割増加すると考え、また20年生前後の林分に対する枝打は、過去に枝打がやられていなかつたため、1割の増加にとどまると仮定した。

(5) 制約量の把握

タイプごとの林分面積はかなり正確におさえることができ、また薬剤散布面積の上限と予算の使用限度額は多分にパラメトリックな性質をもっているから、それほど神経を使う必要はあるまい。やつかいなのは労働制約量の把握である。われわれの計画モデルでは作業の実施時期を附図-2のように対応させている。それゆえこの時期のそれぞれについて年度別に利用可能量をおさえなければならない。

四万担当区でとくに問題となつたのは、労働調達事情の急激な変化である。われわれが当初調査にはいつたときには、この担当区は地域内でほぼ完結した労働需給圏を形成していた。製炭組合がしつかりしていたからである。通常、組合員は9月から翌年4月ごろまで国有林から購入した原木で製炭をおこない、春から夏場にかけては担当区の造林作業に出ていた。他の地域から臨時の労働力をいれなくとも、これでだいたい間にあつていたのである。

附図-2 造林作業の時期

月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
作業	春植・施肥											
	根ふみ 土伏起し		下刈・つる切り									
			当年地拵									
					秋植			地拵・枝打・除伐				
								土伏				

ところが組合員の減少とそれにもなう1人当り原木入手量の増加、つまり製炭期間の延長が、国有林への出役を大幅にへらすことになった。造林労働力の域内調達に当然むづかしくなる。現在ではこの穴を地域外の請負作業集団が埋めている。いづれにしても担当区単位で労働制約を設定することの意味がほとんどなくなつたといわなければならない。労働力の需給圏を営林署単位までひろげるのが現実的である。

われわれは暫定的に、常用作業員を含めて地域内の確実な利用可能量を毎月220人・日とみなし、下刈期についてのみ請負業者との長期契約で一定量が確保できると仮定した。その総量と今期の造林計画に利用できる労働量は附表-4のとおりである。

3. 結果と分析

(1) 最適解

前出の表-9のタブローをもとに、196のアクティビティについてその最適水準を求めた。結果は附表-5と6にまとめられている。新植の対象林分は全部で246.9haあつたが、このうち53.8haが植林でき

附表-4 年度別時期別利用可能労働量

計画年度		1	2	3	4
時 期					
4 ~ 5 月	総 量	440	440	440	440
	前 期 分	130	0	0	0
	利用可能量	310	440	440	440
4 中 ~ 5 中	総 量	220	220	220	220
	前 期 分	60	0	0	0
	利用可能量	160	220	220	220
6 ~ 10 月	総量=利用	650	930	1100	1320
6 ~ 8 中	総 量	1700	1700	1350	1200
	うち請負分	1150	1150	800	650
	前 後 期 分	1600	1320	800	430
	利用可能量	100	380	550	770
8 中 ~ 10 月	総量=利用	550	550	550	550
11 ~ 3 月	総 量	1100	1100	1100	1100
	前 期 分	450	510	320	490
	利用可能量	650	590	780	610
11 中 ~ 12 中	総 量	220	220	220	220
	前 期 分	60	0	0	0
	利用可能量	160	220	220	220

附表-5 最適計画(新植)

林分	年度	樹 種	春 植			秋 植			面積残	潜在価格
			手刈	薬地	薬下	手刈	薬地	薬下		
1	1	スギ	×		5.20	×		×	0	6.08
2	1	スギ	2.50		0.13	×		2.67	0	5.20
3	1	ヒノキ	×	5.30	×				0	1.71
4	1	スギ	×	3.40	×				0	3.53
5	1	スギ	×		×	×		3.40	0	5.00
6	1	ヒノキ	×		2.30				0	3.74
7	1	アカマツ	×	×		×		7.90	0	1.06
8	1	ヒノキ	×		3.70				0	4.98
9	1	カラマツ	×			4.50			0	0.68
10	1	スギ	×		2.70	×		×	0	3.20
11	1	アカマツ	×			6.50			0	1.80
12	1	カラマツ	×			1.50			0	0.94
13	1	スギ	×		2.90			×	0	3.57
14	—	—	×	×					2.20	0
15	—	—	×	×					4.00	0
16	2	スギ	×	5.00	×				0	4.17
17	2	スギ	1.30		2.85	×		3.85	0	5.13
18	2	ヒノキ	×		2.00				0	0.19
19	2	スギ	×		×	×		7.30	0	4.01
20	2	ヒノキ	×		4.30				0	2.01
21	2	カラマツ	×			2.50			0	0.70
22	2	スギ	×		5.00				0	2.89
23	—	—	×			×			10.80	0
24	2	カラマツ	×			6.00			0	0.48
25	—	—	×	×		×			6.00	0
26	3	スギ	×		7.40				0	5.03
27	3	アカマツ	×	×		3.60	×		0	0.28
28	3	カラマツ	×			2.20			0	1.00
29	3	ヒノキ	×		×	×		2.50	0	5.00
30	3	スギ	×		×	×		7.20	0	5.03
31	—	—	×	×		×	×		9.60	0
32	3	ヒノキ	×	1.30	×				0	2.76
33	—	—	×		×	×	×		14.90	0
34	3	スギ	×		×	×		2.40	0	4.84
35	3	カラマツ	×	5.00					0	0.46
36	3	スギ	×	7.00	×				0	4.00
37	4	スギ	×	6.00	×				0	1.24
38	4	カラマツ	×			12.60			0	0.13
39	4	スギ	×		6.60	×		×	0	4.21
40	4	ヒノキ	×		4.40				0	3.23
41	—	—	×			×			4.50	0
42	4	カラマツ	×	×		10.70	×		0	0.10
43	4	ヒノキ	×	5.00	×				0	3.86
44	4	スギ	×	3.00	×				0	0.59
45	—	—	×			×			1.80	0
46	4	スギ	×		2.42	×		6.58	0	4.50
47	4	ヒノキ	×	2.50	×				0	0.21

ないことになった。いづれもスギ・ヒノキの育たない劣悪な林地である。すでにみたように、予算の天井は高いし、外部からの臨時労働力の導入で労働制約も実質的にゆるめられていた。にもかかわらず、植えられない林分が残つたのは、そのような林分で付加的賃金を支払つてまで人を集め造林するのが引きあわないからである。もし割引率を3.5%よりも高くしたら、未造林地はさらに増加するであろう。アカマツとカラマツの造林が相当に減少する。

ついでどのような技術がえらばれているかをみよう。附表-5で×印がついているのは、選択可能な技術で実際にはえられなかつたものを示す。現在のところ除草剤による地拵や下刈は手刈にくらべて造林費が安くてすむ。放つておくと薬剤の使用が増加するから、薬剤の散布面積に年間25haという上限を設定した。ところが、選択可能な技術を指定する段階で、除草剤の使用にかんしてはすでに一定の規制をおこなつていたため、最適解における薬剤の散布面積はそれほど多くない。散布面積が25haに達しているのは、才3、才4年度だけで、ほかの年度には5~10haのゆとりが残っている。しかし除草剤利用が完全にできなくなる場合を想定して試算したところ、同じ面積を造林するのに、夏期の

附表-6 最適計画(枝打)

年度		1	2	3	4	残量	潜在価格
1回目枝打	地位Ⅰ	28.30				0	1.54
"	Ⅱ	7.71	25.43	15.76		0	0.69
"	Ⅲ				39.75	11.80	0
2回目枝打	地位Ⅰ			17.26	8.24	0	0.07
"	Ⅱ					50.60	0
"	Ⅲ					34.10	0

雇用量が大幅にふえ、約500万円の支出増をまねくという結果を得た。

枝打では若令級の地位の高い林分から順におこなわれ、20年生前後の地位のよくない林分が残される(附表-6)。そこまで手をまわすほどには手持の冬期労働力にゆとりがないからである。

労働の制約量は各年度とも完全に消化されており、そのうえに附表-7に示された雇用量と資金が確保されなければならない。

附表-7 雇用及び資金計画

年度		1	2	3	4
4~5月雇用量	人・日	466	476	473	460
6~10月雇用量	人・日	192	418	466	584
必要資金量	千円	8,009	9,451	10,599	10,199

(2) 感度分析 (略)

(3) 結果の総合的評価 (略)