

造林事業における技術選択と 投資配分の最適化

I 試験項目

造林事業における技術選択と投資配分の最適化

II 試験担当者

経営部経営第一科長	大内 昶
" 経営第二科長	西沢 正久
" 主任研究官	龍崎 実
" 測定研究室員	聚袋 次郎
" 経営 "	黒川 泰亨
北海道支場経営研究室長	真辺 昭
" 室員	加藤 宏明
東北支場経営第一研究室員	小坂 淳一
"	金豊 太郎
関西支場経営研究室長	久田 喜二
" 室員	上野 賢爾
"	長谷川 敬一
四国支場経営研究室長	都築 和夫
" 室員	佐竹 和夫
九州支場育林部長	細井 守(現本場)
" 経営研究室長	栗屋 仁志("
" 室員	本田 健二郎
"	森田 栄一

III 試験目的

現在わが国の森林面積のうち、その潜在的な生産能力を十分に発揮している林分は比較的限られており、樹種更改・枝打・隙間伐・施肥・天然更新の補助作業など適切な育林施策を加えることによって、木材生産の増加を期待しうる林分が広く残されている。しかし、一方では造林投資にありむけられる資金には限度があり、加えて近年造林労働力の確保がますますむづかしくなってきた。かかる状況のもとでは、限られた予算や労働力を無駄に存在する投資機会に対してどのように配分するかがきわめて重要な課題となる。

旧来、育林技術の選択は、個別技術の評価にもとづいておこなわれ、林木の全成長期間をとおして、経営全体の視点からおこなわれていたといいがたい。この点を改善するためには、多量の情報の収集とそれの体系的な分析を必要とする。すなわち①立地条件を具にした各々の林分について、その生産能力をたかめるための技術的 possibility を詳細に調査し、②それぞれの経済効果を客観的に評価したうえで③当該経営に与えられた諸資源（労働、資本、土地）が最大の効果を生みだすように技術をえらび、投資計画をたてなければならない。本研究はかかる技術選択ないし投資決定の基礎的手法を確立し、あわせて個別育林技術の投入产出関係の情報を系統的に整理し、提供しようとするものである。なお本研究には全支場が参加しており、各地域の研究成果を相互に比較することによって技術選択における地域的特性をも究明することにする。

IV 試験の経過とえられた成果

この研究は昭和45年度および46年度の2か年にわたって実施された。本場では主として計画モデルの作製を担当し、支場では、それぞれの地域を代表する営林署をえらび、一定の手順にしたがって、現在、その営林署で実用化の域に達していると認められる技術の範囲内で、モデル分析に必要な調査を系統的に行ない、技術選択および投資配分のベースとなるシステムを作った。調査対象営林署はつぎのとおり。

北海道	定山渓	東北	能代、生保内
本場	中之条	関西	山崎
四国	高知	九州	菊地

上記のように、この研究は、計画モデルの作製とその営林署への適用の3本の柱より構成されている。しかし、ここでは紙数の関係で7営林署への適用結果についてはごくあらましを述べるにとどめた。ただ、対象地域における技術情報の系統的な整理が、この研究の重要な課題であるので、豪雪地帯の造林技術をとりあげた生保内営林署での成果を事例的にやや詳しく紹介することにした。

1. 計画モデル

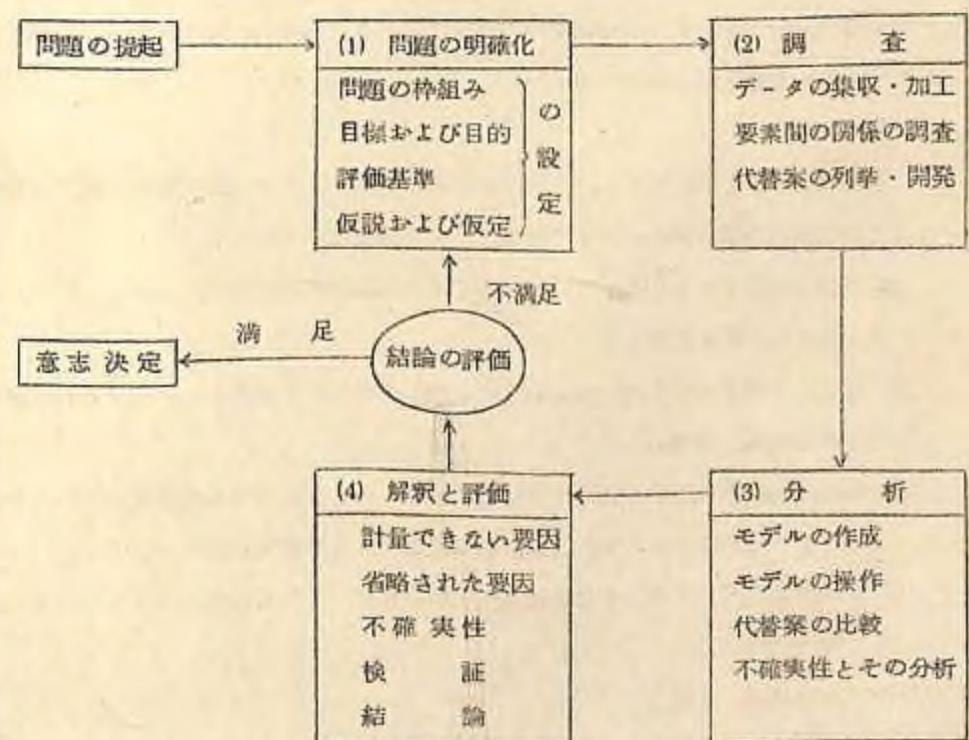
1-1 問題の設定

造林事業計画の要点は「いつ、どの林分で、どのような育林施策を加えたらよいか」をきめることであるが、造林事業にいろいろな制約が課せられたり、新しい技術の出現によって選択の範囲が拡大してくると、最善の計画を見出すことが、相當にむづかしくなる。

一貫して合理的な意志決定を望むのであれば、その背後に組織だった分析がなければならない。われわれの研究ではシステム分析の手法に依拠しながら調査研究の設計を行なった。

システム分析は複雑な問題の科学的な解決のためにあみだされた接近方法であって、図-1のような分析プロセスをもっている。すなわち、問題を広い視野から正確にとらえ、目的を明確にして分析の枠組みを定める「問題の明確化」の過程、代替案を列挙、開発し、分析のためのデータを整える「調査」の過程および計量できない要因や不確実性を考慮して総合的な結論を導く「解釈と評価」の過程をもつ、意志決定者と密接な関係を絶えず保しながら、満足な結論の得られるまで、これらの過程がくり返される。

図-1 システムズ・アナリシスの手順



もともと、システム分析は政府による大規模プロジェクトを対象にして発展したものだが、國林局の造林事業計画においても、上記の循環的な手順を必要とする。もちろん、提起される問題は、林野庁、営林局、営林署、および担当区でかなり様相を異にし、地域によってもちがってくる。われわれの研究ではおおむねつきのような枠組みを設定した。

(1) 分析の枠組み

分析の対象となるのは、営林署ないし、担当区段階の造林事業計画である。営林署全体の事業からみれば造林部門はいわば1つのサブ・システムにすぎず、他の部門と切り離して計画を立案することは若干の問題が残る。しかし、現状では他の部門との間に密接なフィード・バックの関係がみられない。更新予定林分は、伐採計画に追随してきめられ、造林予算も上部機関から配賦される。また製品生産と造林は雇用面でも完全に分断されていることが多い。だとすれば、更新予定林分や利用可能な資金、労力、資材などをシステムの外部から与えられる与件として分析することも許されるであろう。つまり、造林事業が服すべき、これらの制約条件をみたし、かつ森林から得られる将来の収益を最大にするような計画の立案が中心となる。この場合、収益の最大化に対しても、経営の長期的な安定(収穫保続や地力維持など)と、森林の公益性にかんする満足基準をそこなわないという条件がつく。

(2) 調査

営林署段階の造林計画では、技術選択に高いウエイトがおかれており、調査活動の主体は技術関係の情報集収と加工である。おもな項目はつきのとおり。

- ① 条件を異にするさまざまな林分に対して、施業技術的な可能性を詳しく調査し、森林の望ましい姿を想定する。
- ② 理想的な状態に導くための施業技術ないし施業体系を探査し、必要とあれば適切な施業体系を組みあげる。
- ③ 特定の施業方式をある林分で採用した場合、そこで要求される諸要素の投入量と、これによって期待される物的、価値的な產出の大きさを定量的に把握する。
- ④ システムの外から与えられる諸条件を明確にし、それと造林施業との関係を明らかにする。

(3) モデルの作成と分析

この段階のおもな仕事は、現実の計画問題を計画モデルとして定式化し、前段で得られた大量の情報をもじいて、計画の実行可能性や望ましさを分析することである。モデルが複雑な現実の表現である以上、多少こみいってくるのはやむを得ないが、しかし同時に操作が可能な程度に単純化されていなければならない。本研究で使われているのは大部分線型計画モデルである。このような数量モデルを作成することの利点は、まず第1に意志決定に関連するたくさんの要因とそれらの相互関係を明確にし、複雑な問題の

論理的な構造を明らかにしてくれること、第2に数量モデルは予測の手段として使うことができ、ある前提条件を与えたときの結果が予測されること、第3にモデルの操作をおしていろいろな思考実験ができることがある。

論型計画モデルにあっては、これを電算機で解くことにより直ちに最善の計画が求まるようになっている。しかしそれで終ったわけではない。計画モデルにはかならずいくつかの前提や仮定がおかれており、不確実な要素もたくさんはいっている。それゆえこうした前提や仮定のもつ意味を明らかにし、不確実な要素の全システムへの影響を調べておく必要がある。この場合はさきのモデルが実験用具として役に立つ。

(4) 総合的な評価

モデル分析では通常すべての要因をとり入れることが困難である。たとえば計数化できない要因と関係、モデルを簡略化するために除外された要因と関係などは考慮の外におかれており、あらゆる不確実性について分析を加えることは不可能であろう。評価と解釈の段階では、分析結果の解釈だけにとどまらず、これらの残された要因のもつ意味を評価しなければならない。いわば分析による結果と分析にのらなかった結果とを総合的に判断する段階といえよう。分析結果の妥当性は思考実験によるテストが困難であれば、訓練をつんだ専門家の主観的判断にたよることになる。

このようにして得られた総合的な結論は、各段階で導入された前提条件、各要因の感度、不確実性の処理および分析者の主観的判断の導入部分など、意志決定にかんする重要な情報とともに意志決定者に提示される。もしかがこの分析結果に満足しなければ、ふたたび第1段階にもどり、問題の明確化から再出発しなければならない。

1-2 線型計画モデルの定式化

すでに述べたように、造林事業計画の問題というのは、特定の制約条件に服しながら(たとえば限られた利用可能資源の範囲内で)、ある目的を達成するには、いつ、どの林分にどのような施業を加えたらよいかをきめることである。こゝでは年度別、林別、施業方法別の施業面積が未知の変数であるが、もし制約条件が制約要素と変数から成る1次不等式群で表現され、かつ与えられた目的が変数間の1次式であらわせるならば、上記の問題は線型計画法で解くことができる。つまり目的関数

$$G = c x$$

を

$$\begin{cases} A x = b \\ x \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

の条件のもとで、最大をもたらしめる x を求めればよい。ただし x は変数の列ベクトル、 b は制約要素量の列ベクトル、 A は変数と制約要素とを結びつける技術係数のマトリックスであり、 c は評価係数の列ベクトル、 同じく x は列ベクトルである。

数学的にはこれだけのことだが、造林施策の多くは多年度にわたって投入が継続するためモデルが若干複雑になる。いま新植だけを例にとって定式化してみよう。新植の対象となる林分が地位や作業条件において同質な n 個の林分に区分することができ、その面積が X_1, \dots, X_n だけあったとする。そして各々の同質林分には m 通りの施策方法があり、第 i 林分に第 j 番目の方法で t 年度に植えられる面積を $x_{ij}^{(t)}$ とおく。この経営が t 年度に雇用される労働量は、春 $L_1^{(t)}$ 、夏 $L_2^{(t)}$ 、秋・冬 $L_3^{(t)}$ で与えられている。そして植栽は春労働で、下刈は植付年度にはじまって最大限 5 年目まですべて夏労働で行なわれ、また地柄は植栽前年度の秋・冬労働で実行されるとしよう。 j 番目の方法による i 林分の地柄には単位面積あたり a_{ij} の人工を要し、同じく植付には b_{ij} 、補植には b'_{ij} 、さらに第 1, 2, ..., 5 回までの下刈にはそれぞれ $c_{1ij}, c_{2ij}, \dots, c_{5ij}$ の人工を必要とする。

かくして、問題は $t = 1, \dots, T$ の各年度に与えられた制約条件のもとで、将来に期待される利益の合計が最大になるように毎年の植付面積 $x_{ij}^{(t)}$ をきめることになる。すなわち

$$\text{極大化 } \sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^m v_{ij}^{(t)} x_{ij}^{(t)}$$

制約条件

$$\left\{ \begin{array}{ll} \sum_{j=1}^m x_{ij}^{(1)} & \leq X_i^{(1)} \\ \sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^m a_{ij} x_{ij}^{(t)} & \leq L_1^{(0)} \\ \sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^m b_{ij} x_{ij}^{(t)} & \leq L_2^{(1)} - L_2^{(0)} \\ \sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^m c_{1ij} x_{ij}^{(t)} & \leq L_3^{(1)} - L_3^{(0)} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{ll} \sum_{j=1}^m x_{ij}^{(1)} + \sum_{j=1}^m x_{ij}^{(2)} & \leq X_i^{(2)} \\ \sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^m a_{ij} x_{ij}^{(2)} & \leq L_1^{(1)} \\ \sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^m b'_{ij} x_{ij}^{(1)} + \sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^m b_{ij} x_{ij}^{(2)} & \leq L_2^{(2)} \\ \sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^m c_{1ij} x_{ij}^{(1)} + \sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^m c_{2ij} x_{ij}^{(2)} & \leq L_3^{(2)} - L_3^{(1)} \\ \sum_{j=1}^m x_{ij}^{(1)} + \dots + \sum_{j=1}^m x_{ij}^{(T)} & \leq \sum_{t=1}^T X_i^{(t)} \\ \sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^m a_{ij} x_{ij}^{(T)} & \leq L_1^{(T-1)} \\ \sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^m b'_{ij} x_{ij}^{(T-1)} + \sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^m b_{ij} x_{ij}^{(T)} & \leq L_2^{(T)} - L_2^{(T-1)} \\ \sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^m c_{1ij} x_{ij}^{(T-4)} + \sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^m c_{2ij} x_{ij}^{(T-3)} + \dots + \sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^m c_{5ij} x_{ij}^{(T)} & \leq L_3^{(T)} - L_3^{(T-1)} \\ x_{ij}^{(t)} \geq 0 \quad (i=1, \dots, n, j=1, \dots, m, t=1, \dots, T) \end{array} \right. \quad (2)$$

なお $X_i^{(t)}$ は t 年度に植栽するよう指定されていることを意味するが、上式のケースにおいては植えられなかった林分は次年度以降に植栽してもよいことになっている。また、前期の計画で植えられた造林地の補植や下刈に要する労働量 ($L_{kij}^{(t)}, k = 1, 2, 3$) は利用可能労働量からあらかじめ控除しておくことにした。もちろん植栽年度の指定がもつときびしい場合もあるうし、あるいは新植だけではなく、既造林地の保育（下刈、つる切り、除間伐、枝打など）が組み込まれることもある。さらに現実には年度別の造林予算がきびしい制約になることが多い。そのほか苗木などの資材量、計画期間内に更新るべき面積の下限、除草剤散布面積の上限など、いろいろな制約が考えられるが、これらをモデルに組みこむ手続きはきわめて簡単である。

上式の目的関数に含まれる $v_{ij}^{(t)}$ は施策の評価係数である。つまり t 年度に特定のやり

かたで植えられた単位林分が将来もたらすであろう収益をあらわしている。われわれのモデルは割引純収入(N D R)をもって評価係数とした。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。現時点で植えられた林木の N D R は次式で示される。

$$NDR = \sum_{t=0}^T \frac{R_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1+r)^t} \quad \dots \dots \dots \quad (3)$$

Rt : 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 : 植栽から経過年数

T：伐採野

NDRの大きさは、伐採齡 t をどれくらいに想定するかによって変化する。伐採齡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-2のI-I曲線は点投入一一点产出の仮定のもとで伐採齡と立木販売収入との関係をあらわしたものである。これは半対数グラフであるから、 $(1+r)^t$ は一定の勾配をもった直線となる。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 の現在価値をあらわしている。 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。

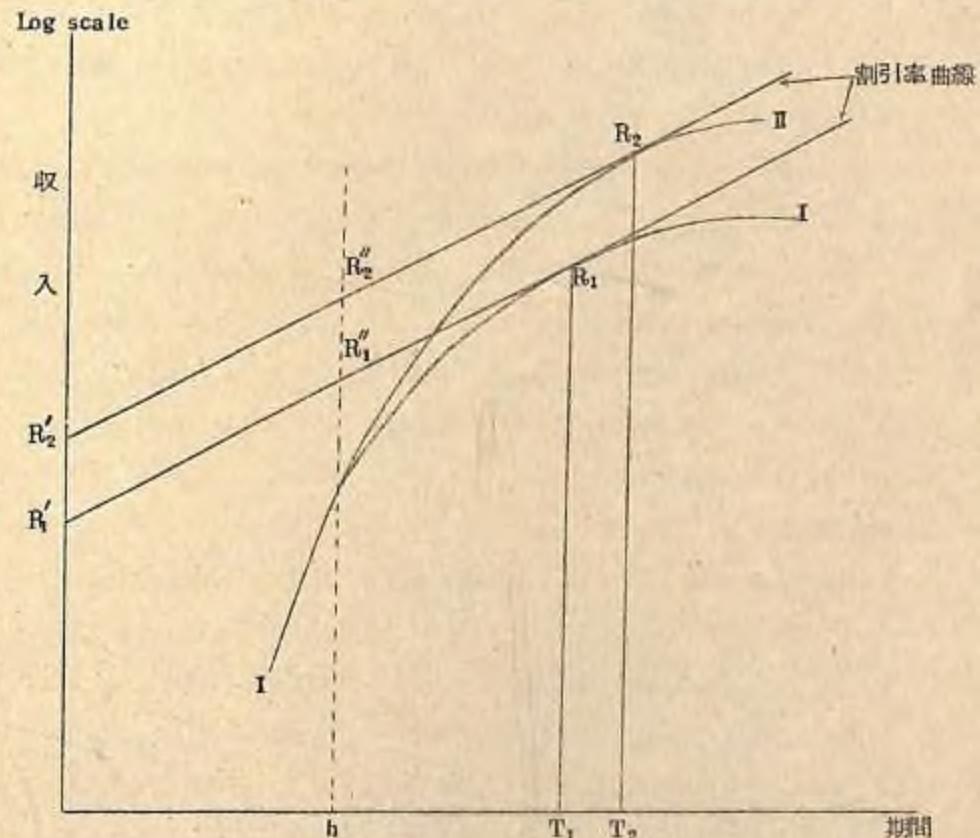
枝打や成木施肥にあっては、枝打や施肥に要する費用の現在価値とそれによって期待される產出価値の増分の現在価値が比較されることになる。たとえば、圖一-2において h 時点で枝打が行なわれ、收入曲線が I-II にシフトしたとすれば、 $R_1'' - R_2''$ が h 時点で評価した枝打の現在価値であり、これから枝打費用を差引いたものが枝打の ND R である。なお枝打によって伐採輪が T_1 から T_2 に動いていることに注意されたい。

さて、以上の定式化によってすでに明らかであるが、特定の問題が線型計画モデルに組みかえられるためには、いくつかの条件がみたされていなければならぬ。たとえば施業面積を2倍にすれば資源の投入量はすべて2倍になり、同時に産出量も正確に2倍になるという比例性の条件があるし、このほか、アクティビティの独立性、加法性、非負性、さらには目的関数の線型性といった仮定も大切な条件である。これらの仮定は通常の造林事業計画では、それはどうびしいものではないが、非線型な生産関数の線型近似法や盤算計画法を使うと、かなりの程度までゆるめることができる。とくに最近ではORの分

野でいろいろな技法の開発がすすみ、コンピュータも大型化しているから、この面の問題は急速に解決されつつある。

しかし、特定の現実問題を数量モデルとして的確に定式化する仕事は、単にこうした技法の駆使にとどまらず、複雑なシステムの核心を見ぬくだけの洞察力を必要とする。モデルの良し悪しは作成者の能力に依存する面が多く、国有林の実情にあった、すぐれた計画モデルを作成しようとすれば、有能なアナリストの育成が急務となろう。

図-2 伐期と割引純収入の決定



1-3 計画と情報

複数計画モデルを前提にして、調査活動を大別すると、つぎの4つに分けられる。

- ① アクティビティの設定にかんするもの（施業対象林分の調査、代替技術の探索）
- ② 制約要素量の把握にかんするもの（年度別種類別利用可能資源量の調査）
- ③ 技術係数の決定にかんするもの（各アクティビティにおける各資源の必要投入量の調査）
- ④ 評価係数の決定にかんするもの（投入・产出量の予測とその価格づけ）

この順序にしたがって調査を進めることもできるが、以下に述べる手順が便利だと思う。

（1）基礎調査

1) 施業対象林分のタイプ分け

- 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、幼齢林の撫育、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。したがって採択可能な技術のメニューは当然かわってこよう。また同一の技術を採択しうるとしても、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。

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。更新方法ひとつとっても、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、しかもそれの個別作業に代替的なやり方がある。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、こうした細かいちがいが技術係数や評価係数にはっ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。またなかには決して選択されることのない技

術がある。たとえば、同一の効果を生む甲乙2つのやり方がある、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決してない。このようにして代替技術のメニューはしほられてくる。

- II) つぎに各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、地挖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に細かく指定される。
- III) 類別された林分の数が少ないとときは、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方は繁雑である。むしろその管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くのアクティビティができる。

3) 要素投入量の推計

この項では技術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単位の稼動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ろう。したがって成林するまでのすべての投入係数をこゝでおさえておく。

- 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唆している。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っ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。
- 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際、その作業条件もおさえられているから標準功程表を使ってアクティビティごとの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、樹高などによってさらに詳しい地位区分を行ない、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行なうがよい。

ii) 樹種別の地位に対応して収穫予測が行なわれる。すなわち5年間隔の階級ごとに階級別の材積、本数、樹高を予測する。旧来の収穫表や収穫予想表では、階級別の計数を掲載していないものが多いが、階級別の価格差が明瞭に存在する以上、これを欠く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んによって変化する。

iii) とすれば、つぎに①植栽本数や間伐の程度によっ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・校打などによる産出量の変化はどうか、をしら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。

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害虫で失敗する確率は比較的おさえやすい。これが分っていれば、評価係数をあらかじめ修正しておくことができる。

(2) 制約量の把握

制約要素の種類は問題の枠組みを設定する際、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ふもなものであろう。制約要素量がはっきりと与えられていれば問題はないが、この先き何年かの利用可能量を予測するとなると、なかなかやっかいである。労働力に関してはつぎのようなやり方が考えられる。

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っ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すれば、少なくとも人員輸送費が加算されよう。したがっ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がはじき出される。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。

しかしこのよう努め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実際的である。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%減少という仮定を導入せざるをえないものである。

iii) いまひ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。前出の(2式)でいえば $L_k^{(t)} - L_k^{(t-1)}$ に相当する。 $L_k^{(t)}$ の推定は撲育を要する既存幼齢林分の調査からいちおうの見当はつけられるであろう。

(3) 投入および产出の価格づけ

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、詰がかり費ないし固定費的なものを除外し、アクティビティの稼働水準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。雇用形態によって賃金がらがりときは、就労日数をウェイトと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) 一定の割引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。

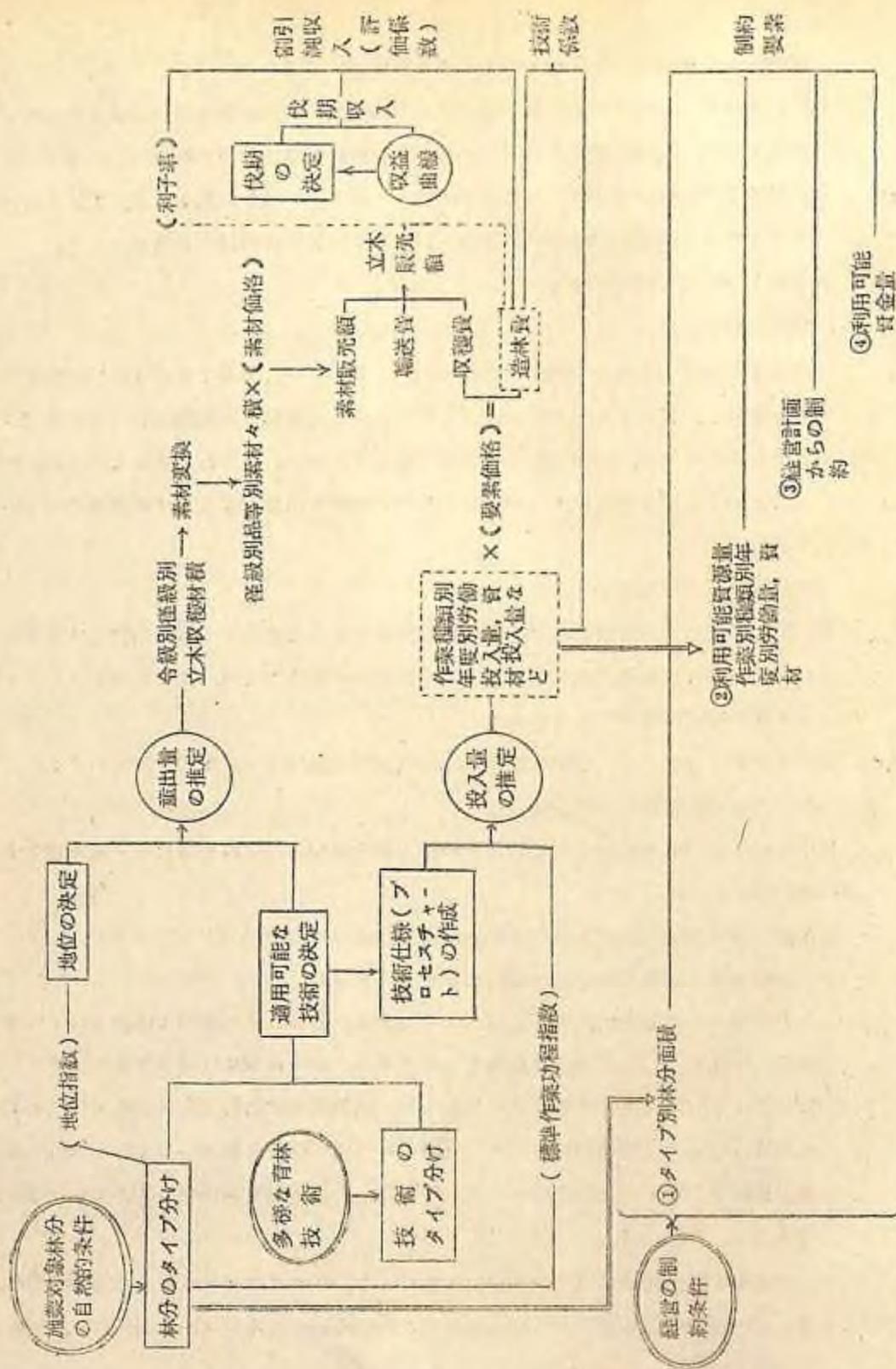
2) 产出の価格づけ

基礎調査の段階で推計された階級別立木材積の価格づけを行なう。

i) 階級別立木価格の評定は市場価格逆算方式による。

各造林局には立木価格評定要領ができておらず、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。とくに伐出経費は事業規模や林分条件によっ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頻度を高める必要はないよう思われる。造林費にくらべて不確実な要素がたくさん加わっており、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る。

ii) 階級別の収穫材積に価格づけが行なわれると、図-2のような収入曲線が得られ、さらに一定の割引率をきめれば最適伐期における割引立木収入が求められる。これが



ら割引造林費を控除したものが、割引純収入 — つまり評価係数 — にはかならない。

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、いちらおう出発点になっているけれど、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うえで決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-3で模式化されている。

これらの調査項目のなかで、基礎調査の部分は、どちらかといえば技術研究の分野に属する。そして確かな技術情報が得られるかどうかが、計画モデルによる分析結果を大きく左右するであろう。もちろん将来の木材価格の予測とか割引率の選択なども、きわめて重要なファクターである。けれどもそれらは客観的な分析をとおして完全に処理しうる性質のものではない。何十年も先の価格などは科学的な予測の範囲を超えており、割引率も国有林の経営政策にかかわってきめられる。分析者がなしうることといえば、せいぜい将来起りうる可能性を想定していく通りかの計画を作り、その帰結を明らかにすることである。どれをとるかの最終決定は意志決定者の主観的な判断に任つことが多い。他方、技術情報は林業技術者の責任において科学的に整備されなければならぬ。

さて技術情報の主要な源泉は既往の試験研究の成果や現場での経験であるが、国有林の業務資料などを含めると、記録に残された情報だけでも相当な量に達する。ところが計画の立案にそのまま使えるような情報は意外とすくない。現に大学・研究機関の成果は役に立たないとい、現場からの批判をしばしば聞く。この理由はいくつかあろう。

考えられる第1の理由は、情報獲得の目的がちがっていることである。もともと育林施業というアタティビティは、何らかのインプットを何らかのアウトプットに変換するブラック・ボックスと考えてよい。通常、計画者が必要とするのは、そのインプットとアウトプットにかんする情報であり、ブラック・ボックスの中味には関心がない。しかるに自然科学の研究者は生物現象のメカニズムを追求し、まさにブラック・ボックスの中味を問題にする。基礎研究の成果はいづれ新技術の開発に結びつくであろう。しかし分析テーマの科学的な価値と計画情報としての価値とが一致しないことも十分ありうる。

第3に、森林の状態が場所によって複雑に変化するため、特定の条件のもとでの試験データは一般性をもちにくいという事情がある。たとえば施肥試験のデータは非常に豊富であるといわれているが、立地条件との対応関係がはっきりしない限り、その情報価値はいちにじるしく低下する。

3番目の理由は技術研究の中心が個別技術の開発におかれ、それをオンラインで組み立てるという面の研究が遅れていることによるものである。いまでもなく育林施業は1つの流れをもっており、部分技術の単なる寄せ集めとはちがう。林地除草剤の利用技術に例をとると、除草剤の枯殺効果を知るだけでは十分ではなく、問題は地帯から下刈・除伐までの一貫した地表処理体系のなかにそれをどのように組みこむかである。

さいごに、1点だけ指摘しておきたい。従来の技術研究は多収穫技術の開発を指向していたように見える。だが近年では労働力や資金の関係で粗放化の限界を明らかにすることも急務になっている。国有林の施業基準は平均的画一的にすぎるとと思われる。健全な成林をはかるためのミニマムな施業要件を立地条件別に明示する必要があろう。誤った手ぬきにより、とり返しのきかない失敗をまねいた例は全国であまりも多い。計画モデルの作成にさいしても、これはとくに注意すべき点である。

このようにみてくると、技術関係の情報利用に一考を要することが知られよう。計画情報としての価値を高めるためには、生の情報を利用できるかたちに整理・加工しなければならない。以前からくり返し指摘されていたにもかかわらず、この面の研究が遅れているのは、課題そのもののむずかしさに加えて、計画情報として何が必要であるかがはっきりしていなかったことと、自然科学特有の完全主義がわざわいしているのではあるまいか。はじめから完全を期して細部から固めようとしたら、おそらくこの仕事は一步も前進しないであろう。だが情報の不完全さを理由に計画の立案をのばすわけにはゆかないのである。

元来、育林施業にあっては工作機械や化学反応装置のような最適制御は不可能である。客体や環境の変化にあわせて適応的に制御するはかない。だとすれば造林事業計画はその本質においてローリング・プランであり、毎年毎年5カ年計画のようなものがたてられることになる。いま、ある状態のもとで最適計画を作り、それを実行したとしよう。ところが次の年度になると、当初の予想通りには事態が進行していないかも知れない。林木の成長の遅れが附加的な施業を要求する。利用可能資源量の見通しもときには修正されよう。これらの新しい状態のもとでふたたび最適計画が立案される。

ローリング・プランを前提とすれば、技術情報のたしからしさはそれほど高くなくてよい。大筋において間違いがなければそれで十分である。武蔵データの積みあげや統計分析だけを頼りにするのではなく、多少主観的ではあっても専門家や造林家の判断も重要な情報源とみるべきである。あまりに精密なデータはかえって使いにくい。特定の

施業の効果がたくさん含まれる複雑な実験式で正確に表現できたとしても、その変数に応じて林分を細分したのでは計画モデルの操作が困難になるし、現実にこのようなコマ切れの施業は実行不可能であろう。全体としてのバランスを考慮して情報を加工し活用してゆくことがシステム的思考のポイントである。

1-4 計画モデルの作成と操作

計画モデルの数学的な定式化はすでに行なったが、本節では具体的な例をもじいて若干の説明を加えておきたい。以下に述べる例は前出の(2式を比較的忠実にフォローしたものであり、しかも構造が単純であるから、説明材料としては適切であると思う。データは中之条造林者の四万担当区からとった。ただし、以前の調査であるため、現在の実情にそぐわない面もあるが、データについて必要最小限度の説明を加えておく。

1) 基礎資料

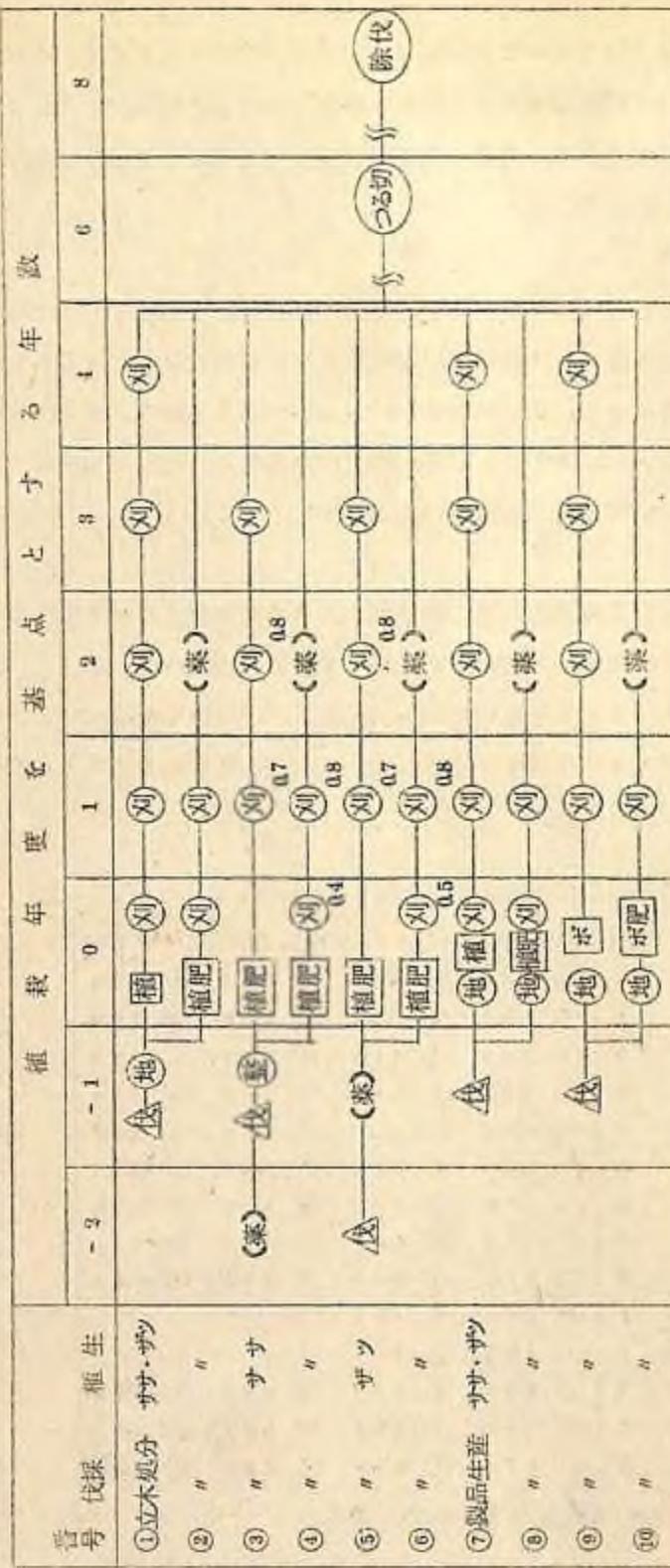
- I) 今後5年間の新植予定林分を対象にして、除草剤による地表処理とボット造林の導入に焦点をあわせた。造林技術の基本的な体系は図-4にまとめられている。
- II) 計画分期内の新植予定林分340haを樹種別の相対地位、下層植生の種類およびボット造林の可否によって、14の等質な林分群に区分する。各林分の面積とそこの採択可能な技術は表-1に示される。

表-1 各林分の選択可能な技術とその割引純収入

林分番号	面積ha	樹種	地位	選択可能な技術とその割引純収入 10万円/ha
1	22	スギ	I	① 9.69 ② 9.59 ⑤ 9.53 ⑥ 9.49
2	24	"	I	⑦ 9.77 ⑥ 9.67 ⑨ 9.76 ⑩ 9.66
3	30	"	II	① 7.99 ② 7.89 ⑤ 7.83 ⑥ 7.79
4	13	"	II	⑦ 8.07 ⑥ 7.97 ⑨ 8.06 ⑩ 7.96
5	18	"	II	① 8.09 ② 8.02 ③ 7.98 ④ 7.96
6	8	"	II	⑦ 8.26 ⑥ 8.14 ⑨ 8.20 ⑩ 8.13
7	35	"	III	① 6.09 ② 5.99 ⑤ 5.93 ⑥ 5.89
8	17	"	III	⑦ 6.17 ⑥ 6.07 ⑨ 6.16 ⑩ 6.06
9	41	"	III	① 5.42 ② 5.35 ③ 5.31 ④ 5.29
10	37	アカマツ	II	① 4.68 ⑥ 4.52
11	15	"	II	① 4.59 ③ 4.43
12	34	ヒノキ	II	① 4.99 ② 4.83 ⑤ 4.82 ⑥ 4.78
13	19	"	II	⑦ 5.08 ⑥ 4.91 ⑨ 5.07 ⑩ 4.90
14	21	"	II	① 4.73 ② 4.59 ③ 4.60 ④ 4.56

備考 ○内の数字は図-4における施業体系の番号である。

図-4 造林作業のフローティート (スギ)



参考 1) 記号の説明、伐=伐採、地=地耕、整=整地耕、植=普通植付、肥=施肥、ボ=ボット植栽、薬=薬剤使用、刈=下刈

2) ⑩の下つき数字は功程の低減歩合をあらわす。

3) 立木処分部では植栽前年に普通地耕えを行ない、製品生産部では枝条散布による当年地耕が行なわれる。ボット造林は後者の林分にだけ入る。

4) 植栽の翌年に本数で1/3程度の補植を実施する(すべてに共通)。

5) 薬剤の散布をともなうものは植付同時施肥を義務づける。

6) ヒノキの場合は下刈回数が1回ぶん、7年目につる切り、9年目に除伐を実行する。

7) アカマツ、カラマツでは①、③、⑤の技術しかえらべない。ただし③の0年には⑩⑪を要し、⑤の0年に⑩⑪がほしい。

III) 各林分とも平均の作業条件を仮定し、造林作業の標準功程を表-2のようく定める。これは、それぞれの施業体系が要求する要素投入量—技術係数—をあらわしているとみてよい。

表-2 ha当たりの標準功程と資材費

作業	方法	摘要	ha当たり人工	ha当資材費
植付	地耕	ササ	14.1人	千円
	植付	ザツ	9.8	
	枝条散布	ササ	8.5	
	植付	ザツ	5.6	
	薬剤地耕	ササ	6.4	薬剤18.0
	植付	ザツ	7.4	〃 22.5
	整地耕	ササ	5.3	
	普通植	スギ・ヒノキ	18.6	苗木ス66.5 ヒ56.0
	植付	アカマツ	18.4	〃 28.0
	ボット植	スギ・ヒノキ	21.2	〃 ヒ73.15 ヒ61.6
下刈	植付	スギ・ヒノキ	5.3	薬剤ス7.6 ヒ6.4
	施肥	植付同時	8.5	肥料10.0
	手刈	植付当年	6.1	
		1年	8.3	
		2年	8.8	
		3年	8.3	
つる切り		4年	6.1	
		5年	5.1	
	薬剤	ササ	4.2	薬剤15.0
		ザツ	5.8	〃 16.1
除伐			4.4	
			11.1	

IV) 表-1の右半分には、各林分で特定の施業を実行した場合の割引純収入が記入されている。伐期時点での収穫量は現実林分収穫予想表から求め、その仙格づけは昭和44年度の樹種別基準価格(スギ18,400円/m³、ヒノキ28,700円/m³、アカマツ18,000円/m³)によった。また投入の価格づけも44年度の平均賃金(2,000円/日ただし手当を含む)などをベースにしている。N.D.R.の算出には8.5%の割引率をもちいた。

V) 制約条件となるのは、年度別季節別の利用可能労働量、年度別の苗木供給量と造林

支出額である（各々の制約量については、表一3の左から3列目をみよ）。なおこのモデルでは省力技術と労働力制約との関係をみると重点をおいたため、利用可能な苗木量や支出額の天井が意識的に高くしてある。

2) 計画モデルの作成

以上のデータを線型計画モデルに組み入れ、それをタブロー形式であらわしたのが表一3である。タブローの最上段に記された1～260の通し番号は、求めるべき各アクティビティの稼働水準（植栽年度別・林分別・技術体系別の造林面積）、 x_1 、 x_2 、 \dots 、 x_{260} を示すものと解されたい。ここでは新植予定林分は5年間のなかのどの年度に植えてもよいことになっているため、林分と代替技術の同一の組みあわせが5回あらわれる。また左端の列に記された1～50の通し番号は制約式の番号であって、それが具体的に何を意味するかは次の列の注釈に詳しい。

最初の制約式は、第1年度の春労働にかんするもので、

$$1470 \geq 186x_1 + 271x_2 + 271x_3 + \dots$$

のことである。つまり1というアクティビティは、第1年度に当たり186人の春労働を必要とするから、かりに x_1 人植えるとすれば、186人だけ使うことになる。同じくアクティビティ2は271人、アクティビティ3は271人、 \dots の春労働を1年目に要し、それらを合計した量ははじめに与えられた春季の利用可能労働量1470人をこえることはできないのである。これ以外の制約式も同様に解釈することができよう。なお、季節と作業との対応関係はつきのようになっている。

春—春植、補植、施肥（当年地拵）

夏—下刈、つる切り

秋—ポット植栽（当年地拵）

秋・冬—準備地拵

制約式番号24～31は苗木の制約であり、37～50は林分面積の制約である。制約条件がこうした一次不等式で表現できれば、どのような制約条件でも線型計画モデルに組みこむことができる。もちろん等号や逆むきの不等号が含まれていてもかまわない。

表一3のモデルは当初想定した技術が全部導入でき、しかも利用可能な労働量は現状のまま推移するという前提にたっているが、省力技術の経営的な意味を明らかにするため、前提をかえて、いく通りかのモデルを作成しよう。

まず技術選択にかんしては

表-3 造林事業計画のタブロード

モデル A 全部の技術が選択可能

モデル B 除草剤利用技術を除外

モデル C 除草剤利用とボット造林を除外して在来技術だけに限定

つぎに労働力の推移については

ケース 1 利用可能な労働量は現状のまま推移

ケース 2 臨時労働力のみ年々 5 %づつ減少（計画 5 年目の利用可能量は春と夏がケース 1 の 80 %、秋・冬が約 90 %となる）。

ケース 3 同じく 10 %づつ減少（同 64 %と 80 %前後）。

の 3 つの場合を考えよう。

両者を組みあわせると全部で 9 つのモデルができる。

3) 最適解

上記の複数計画モデルは電算機を使えば簡単に解くことができる。つぎの表は与えられた年度別種類別の労働力と選択可能な技術メニューのもとで、最大限どれくらい造林できるかをみたものである。

	モデル A	モデル B	モデル C
Case 1	340.0 ha	257.3 ha	233.0 ha
Case 2	310.5	203.0	184.1
Case 3	260.3	151.3	141.2

省力技術の導入効果や労働力減少の影響は造林面積の違いとして鮮明にあらわれている。労働力が現状維持で推移した場合（ケース 1），在来技術では 233 ha しか 5 年間に植えられないのに、除草剤とボット造林を導入すれば、対象林分の全部を造林することができる。また労働力減少の効果についていりと、モデル B や C ではケース 3（臨時労働力が 10 %づつ減少）の造林面積はケース 1 の 60 %前後までおちこんでしまう。ところがモデル A では 77 % の造林面積を確保しているのである。

さて、最適計画のなかみをもうすこし詳しくみてゆこう。表-4, 5, および 6 の 3 表には最適解の数値がまとめられている。まず、モデル A の結果を参照されたい。ケース 1 に関しては年度別の数値をかかげておいた。計画第 1 年度には林分 1 を S3 の技術で 218.4 ha 植え、残りの面積を S0 で植栽する等々と読んでゆくのである。このやり方にしたがえば 340 ha の植付けが可能で、しかも最大の割引純収入（20653 万円）が期待できよう。

表-4 年度別造林面積の最適解 モデルA

林 分 分 分	技 術 術 術	植 栽 栽 栽	地 下 下 下	Case 1					Case 2	Case 3	
				1	2	3	4	5	計	計	
1	S 1	ヤ ヤ ヤ ヤ	ヤ ヤ ヤ ヤ	21.84 0.16					21.84 0.16	10.6 22.00 20.93	
	S 5										
	S 2										
	S 6										
2	S 7	ヤ ヤ ヤ ヤ	ヤ ヤ ヤ ヤ	2.66 6.34 15.00					2.66 6.34 15.00	17.10 14.05 6.90	
	S 8										
	S 9										
	S 10										
3	S 1	ヤ ヤ ヤ ヤ	ヤ ヤ ヤ ヤ	2.73 5.34	21.09				28.82 12.18	0.31 35.60	15.64 20.36
	S 5										
	S 2										
	S 6										
4	S 7	ヤ ヤ ヤ ヤ	ヤ ヤ ヤ ヤ	2.16 4.78					2.16 10.84	13.00	13.00
	S 8										
	S 9										
	S 10										
5	S 1	ヤ ヤ ヤ ヤ	ヤ ヤ ヤ ヤ	18.00					18.00	18.00	17.07
	S 3										
	S 2										
	S 4										
6	S 7	水 水 水 水	ヤ ヤ ヤ ヤ	8.00					8.00	8.00	8.00
	S 8										
	S 9										
	S 10										
7	S 1	ヤ ヤ ヤ ヤ	ヤ ヤ ヤ ヤ	8.98 11.26 14.76 35.00					35.00	35.00	35.00
	S 5										
	S 2										
	S 6										
8	S 7	ヤ ヤ ヤ ヤ	ヤ ヤ ヤ ヤ	17.00					17.00	17.00	17.00
	S 8										
	S 9										
	S 10										
9	S 1	ヤ ヤ ヤ ヤ	ヤ ヤ ヤ ヤ	0.14					4.21 0.14	0.14 4.086	4.61 3.638
	S 3										
	S 2										
	S 4										

林 地 地 地	技 術 術 術	植 栽 栽 栽	地 下 下 下	Case 1					Case 2	Case 3				
				1	2	3	4	5						
10	M 1	ヤ ヤ		17.25					17.25	25.25	0.75			
	M 5				19.75									
11	M 1	ヤ ヤ		4.86					7.13	30.2	15.00			
	M 3													
12	H 1	ヤ ヤ ヤ ヤ		34.00					34.00	22.26	5.25			
	H 5													
	H 2													
	H 6													
13	H 7	ヤ ヤ ヤ ヤ		4.29					4.29	10.00	10.00			
	H 8													
	H 9													
	H 10													
14	H 1	ヤ ヤ		21.00					21.00	21.00				
	H 3													
	H 2	ヤ ヤ		4.00					4.00	10.00	10.00			
	H 4													
計									34.00	31.05	1.27			
割引純収入合計(万円)									20.65	19.06	1.16			

表-5 年度別造林面積の最適解(2) モデルB

4a

林分	技術	植栽	Case 1					Case 2	Case 3
			1	2	3	4	5	計	計
1 S 1			2200					2200	2200
2 S' 1			625					625	625
3 S' 3	ボ		1500	275	943			1775	2400
4 S 1				2657				3600	3600
5 S' 1								3600	3600
6 S' 3	ボ							2692	1200
7 S 1								1800	1800
8 S' 1								1800	1800
9 S' 3	ボ							800	800
10 M 1			1582	768				3500	1330
11 M 1								4100	4100
12 H 1			685					308	1700
13 H' 1			415					4100	1700
14 H' 3	ボ		100	266				1334	
計								25793	20299
割引総収入合計								16961	14362
									11768

表-6 年度別造林面積の最適解(3) モデルC

4a

林分	技術	Case 1					計	計
		1	2	3	4	5	計	計
1 S 1		2200					2200	2200
2 S' 1		800	1600				2400	2400
3 S 1				495			3600	3600
4 S' 1				257	1043		1200	1200
5 S 1					1800		1800	1800
6 S' 1						800	800	800
7 S 1						8500	3500	2960
8 S' 1							1700	1700
9 S 1							2873	2873
10 M 1		1582	1105				2687	1292
11 M 1								2047
12 H 1								
13 H' 1		500	443				943	354
14 H 1								
計							23203	18405
割引総収入合計							15607	14250
								10778

われわれの計画モデルでは労働力の制約さえなければ、ボット苗木も薬剤も使わないやり方がいちばん有利である。しかし労働力の制約がきびしくなるにつれて、省力技術のウェイトは高くなる。いまある技術を適用しうる林分のうち、その技術が実際どれくらい使われているかみてみよう。

	Case 1	Case 2	Case 3						
可能面積	実施面積	%	可能面積	実施面積	%	可能面積	実施面積	%	
ボット造林	810	613	76	810	810	100	810	810	100
薬剤 地拵	2500	869	34	2285	1319	57	1793	1389	78
薬剤 下刈	2880	1423	49	2585	1719	66	2330	1406	60
薬剤を使用せず	3400	1778	52	3105	1266	41	2603	765	29

ここにいう可能面積とは造林計画にあがってきた林分面積を合計したものである。たとえばケース3の林分10は、全体では374aあるのが、造林されるのは27274aであり、これが薬剤下刈と薬剤を使わない技術に対して適用可能面積となるのである。

さて、ボット造林はケース1で導入率76%、ケース2および3では100%に達する。薬剤使用では地拵への適用が34→57→78%と急速に高くなり、下刈へのそれは49→66→60%と動きが小さい。この結果、薬剤を全く使わないアクティビティのウェイトは労働力の減少につれて低下してゆくが、ケース1では52%を占め、ケース3においてさえ39%に達していることに注意されたい。なんでもかんでも無差別に除草剤をいれ

てよいというわけではないのである。やはりツボがあり急所がある。どの年次のどの林分にいかほど導入すべきであるかを表-4の最適解が指示しているとみてよい。

通常、造林の年次計画を試行錯誤のやり方で立案していると、ある年次の下刈労働がきびしいネックとなり、ほかの年次で労働力が余ってくるという事態にしばしば直面する。こうしたムリやムダができるだけ少なくすることが、良い計画の条件となるわけだが、ムリやムダの程度を示す指標として、資源の潜在価値という概念を導入しよう。

前出の表-3の線型計画のタフローには50の制約要素が掲載されている。だがこのすべてが造林面積の大きさを規制しているのではない。ある要素が有効な制約因子となる以前に、ほかの要素が強く働いていることもあろう。いふかえると前者の資源量にはまだ余とりが残されており、この資源を1単位ふやしたところで、割引総収入の合計はちっとも大きくならない。ところが有効な制約因子となっている要素を1単位ふやせば、将来利益の合計額はなにかしか増加するであろう。この限界的な増加額を当該資源の潜在価値とよ

ぶ。

幸いなことに線型計画問題をシンプルックス法で解いてゆくと最適解に達する過程ですべての資源の潜在価格が、いわば自動的に求められてしまう。計画者はおそらくこの潜在価格に対して最適解と同等の、あるいはそれ以上の注意を払うであろう。どの要素が重要なネックになっているかをはっきりと示してくれるからである。特定年次の下刈労働の潜在価格が、たとえば5千円であったとせよ。それ以下の賃金で労働力が調達できるならば、かれは雇用量をふやすにちがいない。また潜在価格の高い資源の使用量を節約してくれるような技術開発や情報には高い評価を与えるであろう。

さきの最適解に対応する諸資源の潜在価格は図-5、6および7にグラフで示されている。ただしここでは春季労働と夏労働および各林分の面積のみに限定した。

図の順序とは逆になるけれど、まず図-7をみてほしい。中央の線を境にして上方に伸びているのが、10万円単位ではかった資源の潜在価格であり、下方にさがっているのが与えられた資源量に対して使われないで残された量をパーセンテージであらわしたものである。いうまでもなく、こうした残量が生ずるのは潜在価格の零の資源だけである。

ところで、在来技術だけを使ったモデル0では、ケース1においてさえ、せいぜい233%しか植えられなかった。なぜであろうか。図-7から明らかのように、特定年次における下刈(夏季)労働力の潜在価格が著しく高い。とくに計画5年目のそれは5万円以上になっている。いいかえると、1単位の労働制約量の増加が5万円以上の割引利益を生む。この事実からもこの要素がいかにきびしいボトルネックとなっているかが知られよう。反面、植付労働などはおしなべて余っている。労働力の制約がきつくなると、かかる傾向はいっそう顕著になり、ケース3では下刈労働の潜在価格がますます増大しているのに、春季の労働は全部の年次に余剰がみられる。

このように、ギクシャクした労働力利用が造林面積を減らす原因とも考えられよう。しかし、これは与えられた制約の範囲内で精一杯に努力した結果であって、本当の元凶は技術選択の余地がまったくないということである。むろん現実にはその年の下刈労働が足らなくなれば、適当に手をぬき、余ればていねいにやる、といった「弾力性」があるから、ギクシャクの程度は多少緩和される。ただ通年雇用が要請されるような場合には、代替技術のメニューはたくさんあったほうがよい。

つぎにポット造林が加わったとしよう。ポット造林のはいる林分は2つの代替技術をもつことになる。図-6はモデルBの潜在価格であるが、前のモデル0と比較されたい。い

ずれのケースとも、造林面積は10~24ha増加し、最良の割引利益額も改善されている。けれども、特定年度の下刈労働がきつい制約条件であるという状況はほとんど改善されていない。これは当然であろう。そもそもポット造林というのは植栽時期を春から秋に移し、春季の労働需要のピークを崩すのに効果がある。しかるにモデル0でみたとおり、春の労働力には下刈労働力にくらべて相対的なゆとりがあった。ポット造林をいれてもその効果は比較的小さい。

ところが、除草剤利用技術が導入され、これとポット造林とが組み合わさったとき、その効果は大きくなる。全部の技術を導入した場合の潜在価格は図-5にまとめられている。まずケース1をみると、労働の潜在価格は500~2,000円の範囲にすべておさまる、1年目の夏季労働が46%、のべ日数にして140日ほど余っているだけである。いずれにしても、きわめて上手に所与の労働力を使いきっていることになろう。そして林地の潜在価格がモデルBやCよりも相当高くなっている。労働力の制約を緩和するような技術の導入は林地に高い評価額を賦与するのである。

ケース2とケース3に目を転じよう。常識的にも予想できることだが、労働力が不足してくると労働の潜在価格は上昇し、林地のそれは低下する。さらに注目すべきもうひとつ事実は、ポット造林のはいる林地とはいらない林地の潜在価格の較差が拡大していることである。除草剤が導入された場合には、ケース2と3において春季労働の潜在価格がおしなべて高くなり、ポット造林の効果もそれだけ大きくなる。このことが林地の限界生产力の差となってあらわれているのである。労働力が窮屈になればなるほど、ポット造林は生きてくる。ただしそれは除草剤の導入と結びついていなければならぬ。たぶんこれら2つの省力技術は、中之条造林署の場合、互に補完しあって効果を高める性質のものであろう。

図-5 資源の潜在価格と残量(1)モデルA

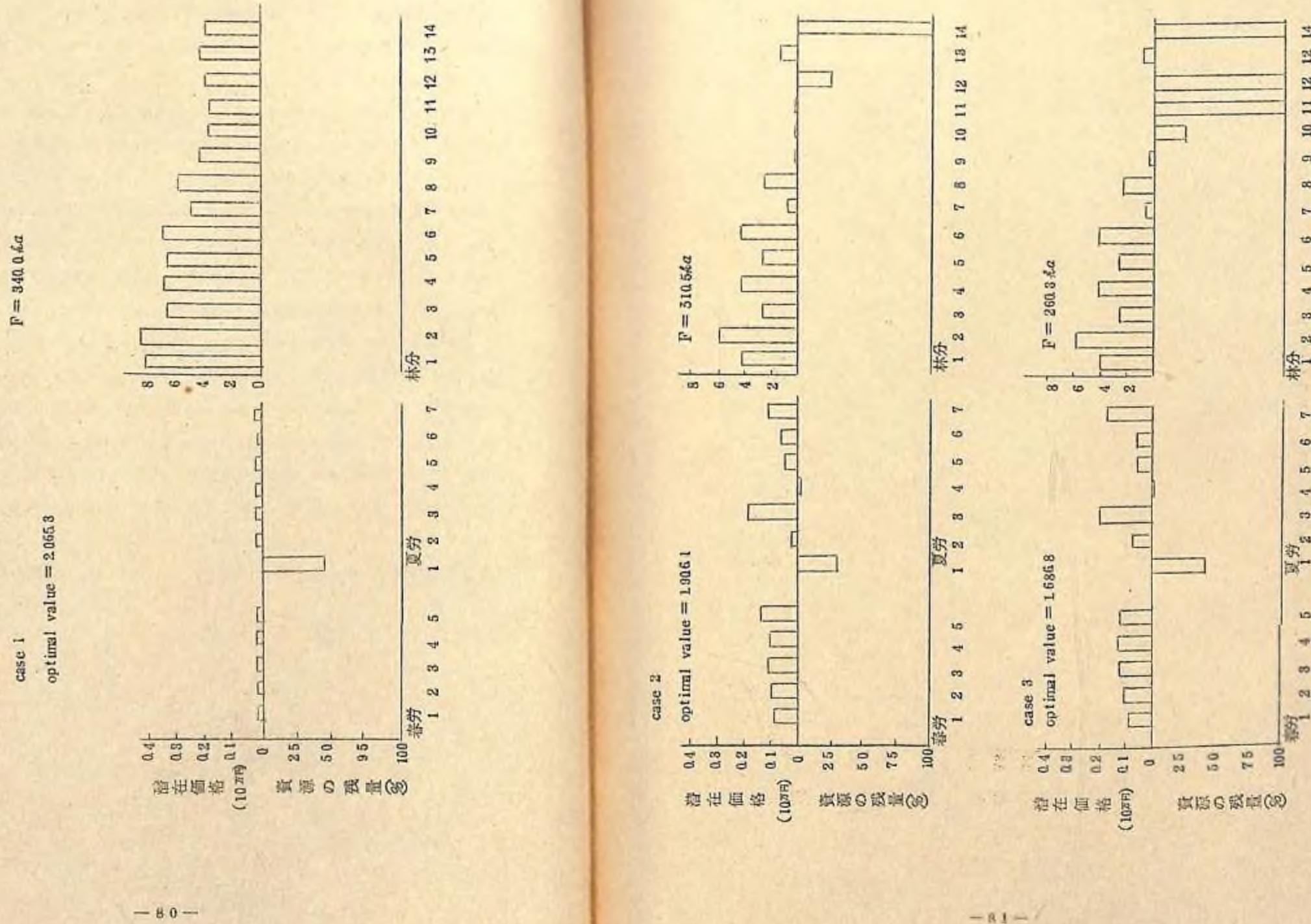


図-6 資源の潜在価格と残量(2)モデルB

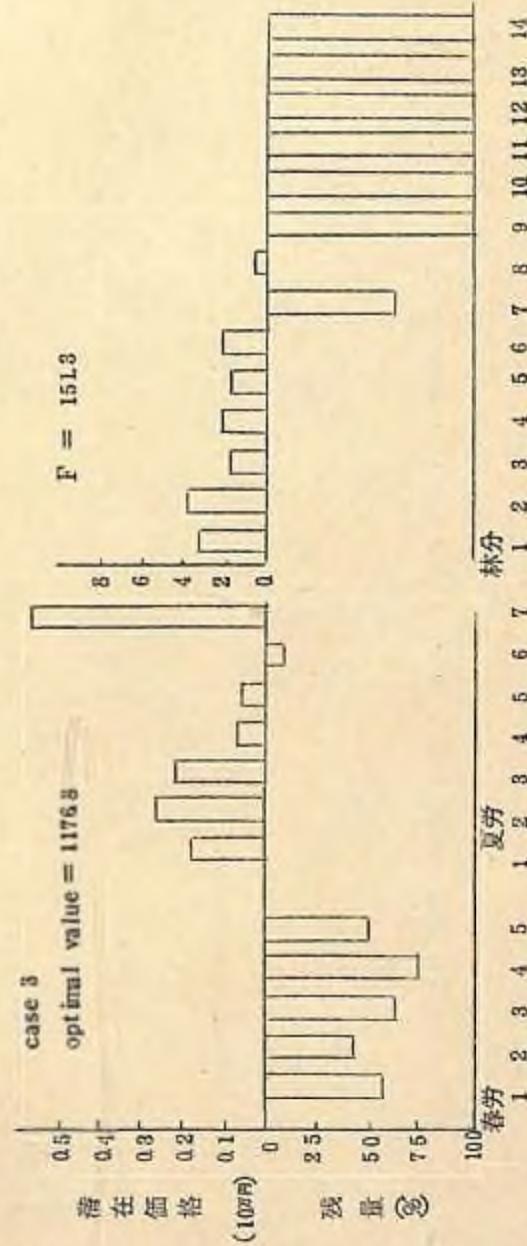
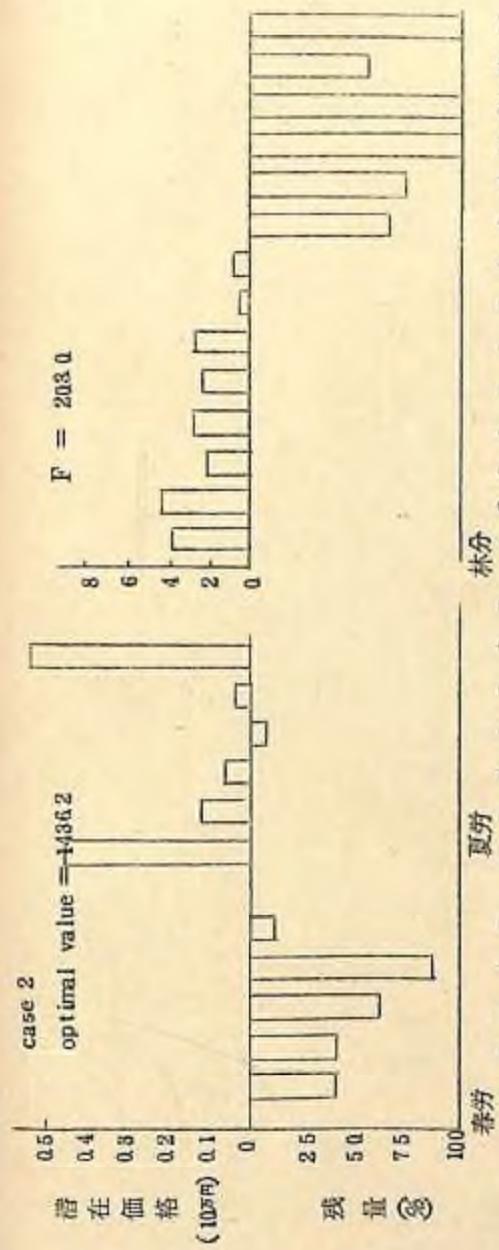
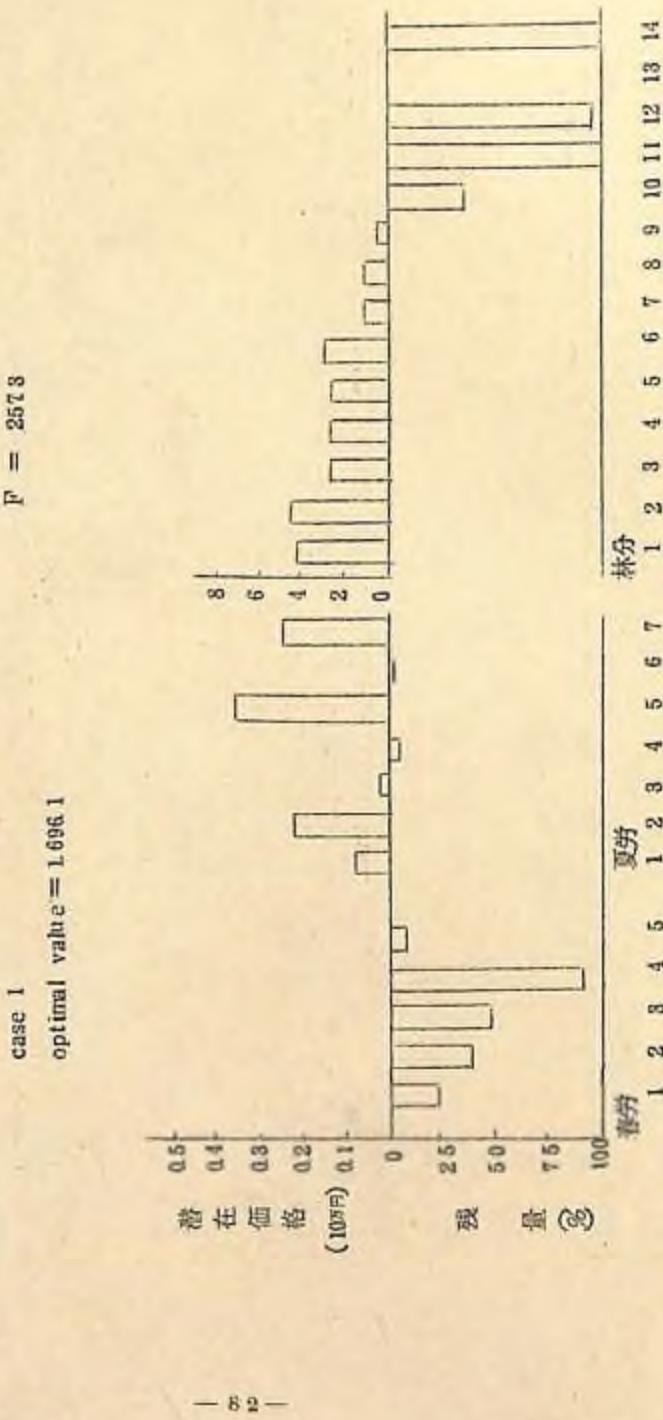
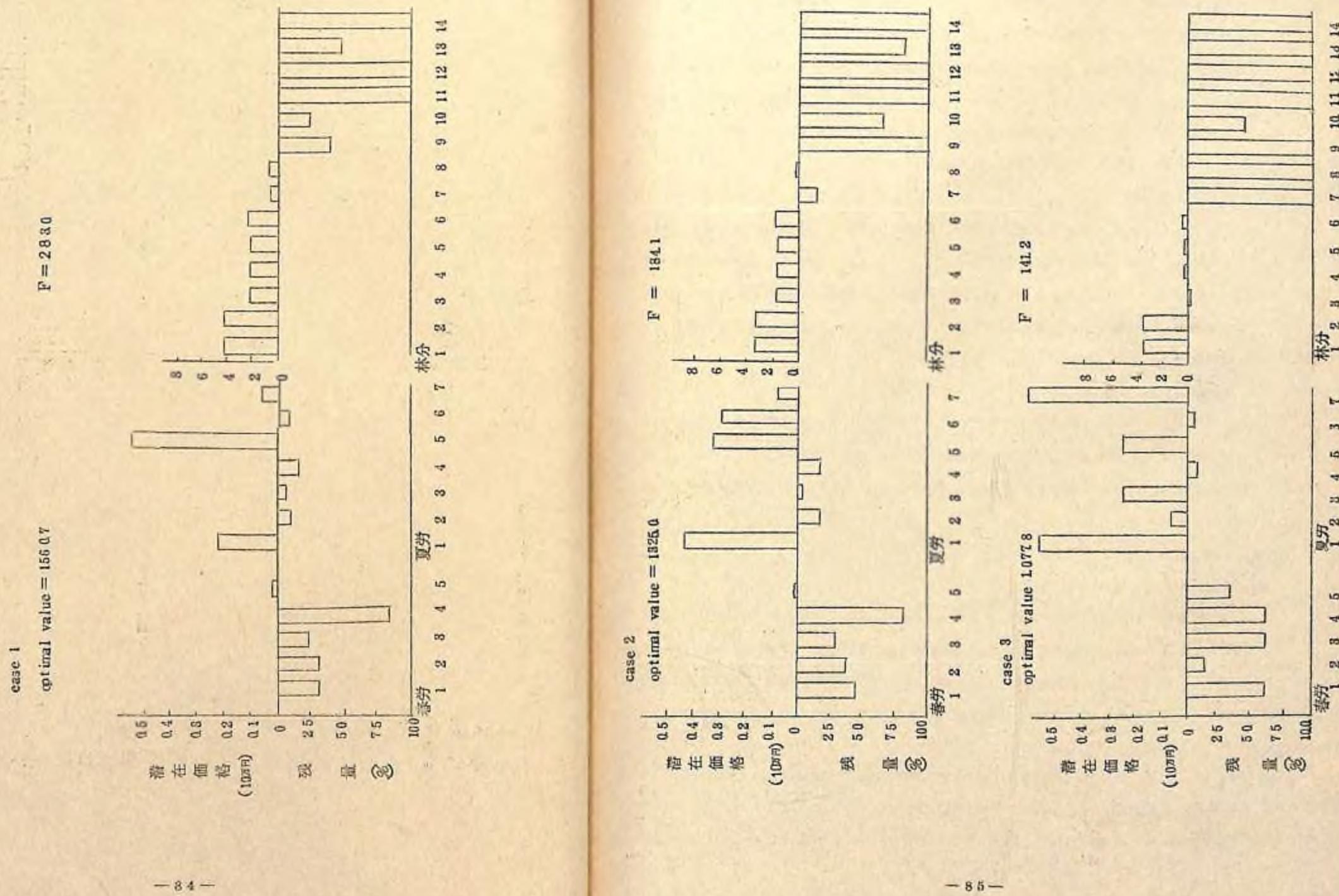


図-7 資源の潜在価格と残量 (3) テープ C



2 地域別調査の概要

2-1 札幌局定山渓営林署（北海道支場）

(1) 計画モデルの枠組み

定山渓営林署の皆伐用伐林作業では新植とともに漸伐・抾伐作業がある。したがって造林事業の計画モデルのなかには、当然この両者が組みこまれていなければならない。ただ天然林施策にかんしては、生産技術の情報を整備する時間的余裕がなかったため、今回の研究では新植だけに限定した。モデルとしては不完全であるが、エゾ・トドマツなどの人工林施策における技術選択を範型計画モデルとして定式化し、労働制約量や評価指標の変動にともなう技術選択の変化をとづけた。

(2) 研究の重点事項

①エゾ・トドマツ、カラマツについて現行の造林技術体系を整理し、立地条件と技術との対応関係を明らかにした。②現在のところ北海道には、適切な人工林の収穫表が存在しないため、密度管理図による予測方法を新たに開発した。すなわち従来かららずしも高くなかった材積推定の精度について理論的な検討を加え、反復近似による逆数式の係数の決定方法をあみだしている。

(3) 今後解明すべき諸点

①エゾ・トドマツの天然林施策技術にかんして基礎的なデータの収集を現在すすめており、いずれ天然更新を含む計画モデルが作成される予定である。

②密度管理図による収穫予測法が確立したため、これを用いて最適の密度管理方式を示す間伐モデルを作成しつつある。

2-2 秋田局能代営林署（東北支場）

(1) 計画モデルの枠組み

本地域の大部分は秋田スギの郷土であるが、地位の差が大きく、不十分な保育管理に由来する成績不良の造林地も散見され、その成林率には大きなバラツキがある。そこで、この研究では、①完全な成林状態に導くためにはそれぞれの生育環境でどのような施策をとるべきであるか、②成林したのちどのような密度管理を行なうことが経営的にみて最善であるかを明らかにしようとした。したがって他の地域の計画モデルとはやや性格を異にしている。つまり各林分について完全成林のための施策体系を1つだけ提示してそれに要する労働量や資金を求め、その実行可能性を検討することにした。このようなやりかたをとった1つの理由は、現在のところ労働力に比較的ゆとりがあるからである。

(2) 研究の重点事項

- ① 対象地域では、地形と堆積型と土壌型とが対になってあらわれ、これがスギの成長量を決定的に左右する。かかる条件に対応して、造林技術体系をそれぞれ策定した。
- ② 成林後の最適な密度管理を求めるため、豊富な試験地データを用いて動的計画法による間伐モデルが作成された。これにより成林率と間伐方法のちがいによる収穫量の差を明確に把握することができる。

(3) 今後解明すべき諸点

営林局の幼齢林調査などから不成績造林地の原因を究明し、成林のための施策条件を実証的におさえる必要がある。

2-3 秋田局生保内営林署（東北支場）

(1) 計画モデルの枠組み

生保内営林署の更新予定地は、大部分、多雪・亜高山というきびしい自然条件下にある。西南地域にくらべてスギの造林がむづかしく、ブナの天然更新に頼る箇所も少なくない。それゆえ当地域の造林事業は技術的にも経済的にも困難な条件のもとにおかれているが、この研究では、多雪・亜高山地帯の更新技術をとりあげ、これを計画モデルに組みいれた。

(2) 研究の重点事項

豪雪地帯のスギの育林技術と、ブナの天然更新については以前からの研究成果の集積がある。こうした成果を系統的に整理するとともに、最終的な収穫にまでいたる施策体系を組みあげた。詳しくはIVを参照のこと。

(3) 今後解明すべき諸点

- ① 前項の施策技術別の収穫量の予測は、未だ暫定的性格が強く、今後チェックされなければならない。
- ② 天然更新は伐採から始まるものであり、伐採をも含む、より一般的な計画モデルの作成が急がれる。

2-4 前橋局中之条営林署（本場）

(1) 計画モデルの枠組み

本営林署は、造林実験営林署として省力育林技術の体系化に成果をあげてきた。とくに除草剤による地表処理やボット造林にかんしては経験も豊富である。したがってこれらの技術をどのように導入したらよいか、ということが、計画モデル作成のねらいとな

った。ただし、計画の対象は1担当区に限定されている。そのかわり、林分のタイプ分けが比較的詳細で、林分条件と施業技術との対応関係がややきめ細かになっている。

(2) 研究の重点事項

- ① 除草剤利用やポット造林の導入は季節別の利用可能労働量を勘案してきめられる。このような場合、総合計画モデルがきわめて有効であり、省力技術を導入するさいの指針を明らかにしようとした。
- ② 旧来の収穫表では、植栽本数や間伐方法のちがいによる収穫量の差が明確ではなく、また径級別の計数を欠いている。この点を改善すべく相対幹距をもとにした予測方法を確立した。

(3) 今後解明すべき問題点

除草剤による地表処理およびポット造林にかんしては施業体系として十分固まっている面がある。既存の試験研究結果を整理して、体系化への足がかりとする必要がある。

2-5 大阪局山崎営林署（関西支場）

(1) 計画モデルの枠組み

当営林署は、表日本から裏日本への推移地帯にあって、労働力の流出がはげしい。営林署では通年雇用をはかるとともに、省力技術の導入をこころみている。この研究では、かかる状況を反映するよう計画モデルを作成した。

(2) 研究の重点事項

現在実行されている造林技術を体系的に整理するとともに、それらの施業によって期待される収穫量（径級別品種別素材生産量）を予測した。この予測方法は相対幹距と林分形状比との関係をベースにしたもので、同地方のさまざまな林分調査資料が使われている。

(3) 今後解明すべき諸点

森林の育成にあっては、その地域での過去の経験が最も重要な情報である。林分施業にかんする一貫した資料の集積こそ、施業上の失敗をさける羅針盤といふべきであろう。現状ではそのような資料が十分整備されていないが、過去の経験に学び、条件に応じて弾力的に対応できるよう計画モデルの作成と情報管理が不可欠と思われる。今後はそのような計画システムを構築すべく努力することにしたい。

2-6 高知局高知営林署（四国支場）

(1) 計画モデルの枠組み

当営林署が管理する山林は太平洋岸から四国の背梁山脈にまで及び、自然条件もきわめて多様である。したがって計画モデルの作成にあたって、とくに配慮した点は、①林分の区分をなるべく詳細にして、地位の変化を的確におさえること、②担当区ごとの造林計画を立て、それを営林署段階で調整できるようにすること、③営林署では幼齢林施肥、ポット造林、枝打などの事業化が検討されており、その導入条件を明らかにすること、以上である。

(2) 研究の重点事項

- ① 新植予定林分を土壤型、方位、傾斜および標高で細分して各林分の樹種別地位指數を求める、さらに、伐期における林分構成要素を推定した。
- ② 幼齢林調査資料より幼齢林における施業効果の統計的な分析をこころみた。
- ③ 枝打の経済的効果を明らかにするため高知営林署管内の60年生林分から枝打したものとしないものをそれぞれ30本程度抽出し、丸太の試験挽きを行なった。これは20年生で1回枝打したものであるが、枝打による価値増加は製材品で平均約25%ほどであった。

(3) 今後解明すべき諸点

前項②の分析は現在も継続中であり、この結果をもとに造林施業の体系化をこころみる予定である。

2-7 熊本営林局菊池営林署（九州支場）

(1) 計画モデルの枠組み

菊池営林署の管内は一般に地味が良好でとくにスギの生長がよい。また林道網が整備されているため収益率の高い営林署の1つに数えられている。このような恵まれた条件を生かすべく造林実験場として優良品種の導入、林地肥培、枝打など集約技術の事業化を積極的にすすめてきた。われわれの計画モデルにおいても普通造林のほか、優良品種苗木を使った階段造林を含め、さらに成木林施業として、枝打と成木施肥を組みこんだ。この地域では集約施業に必要な労働力がほぼ確保されており、通年雇用など安定した雇用機会を与えて労働力の流出防止が課題になっている。

(2) 研究の重点事項

集約施業の経済的な効果を把握することが、中心課題であった。そのためます、標準的な施業のもとでの収穫予想表を作成し、優良品種苗木の使用や階段造林による収穫量の増大効果を推計した。また枝打については、樹幹折解の総断面図から材種別品種別の

採材量を求めて、価値増加額を算出している。さらに成木林施肥による蓄積増加量の推定は、既存の試験結果の統計的な処理を基礎にした。

(3) 今後解明すべき詰点

上記の施業効果の推定は暫定的なものである。現在、基礎資料の集収・吟味と推計方法の検討を続いている。

3 秋田局生保内営林署での計画例

3-1 計画の枠組み

生保内営林署の管轄区域は秋田県東方のほぼ中央部にあり、南西に田沢湖、北東の奥羽山脈よりには駒ヶ岳、八幡平の連山がつらなる。管理面積 4,300 ha のうち、約 8 割はブナ、ミズナラの天然林で、海拔高 500 ~ 600 m 以上は大部分ブナの単純林である。

スギを中心とした人工林が約 670 ha あるが、標高 600 m 以上の造林地は雪の関係で成長があまり良くない。

しかるに、伐採は年々、奥地の高山地帯に移行しつつある。今後 10 年間の計画によれば、主伐面積 4,600 ha のなかで、植林されるのは 30% 弱であり、大部分は天然更新に依存することになっている。それも更新促進作業をともなわない天下 1 類が主体を占める。標高が高くなると、一般に地位は低下し、植栽木の埋雪期間は長期化する。加えて下層植生はザツキ木型からササ型にかわり、地形も急峻になるため、林道密度はおら、作業条件は悪化してゆく。

こうした自然環境のもとで、どのようにして安全確実な更新をはかったらよいか。人工更新・天然更新のいかんを問わず、技術的に未解決の問題が少なくない。また経済的にみると、不利なことがいくつも重なっているけれど、そうかといつて自然環境の悪いところへ省力技術を導入するのは危険であろう。さらに、全体の 65% にあたる制限林では伐跡地の早期更新を要するため、むしろ集約施業が望まれる。この研究では、積雪地帯の育林技術とブナの更新問題にかんして既往の試験・研究成果を系統的に整理し、それを造林計画モデルの中に組みこむことを主な目的としている。われわれは 8 通りの計画モデルを作成した。いずれも計画期間は 5 年、更新のみを対象とする。

モデル 1 労働力の制約を一応無視して各林分に可能な限りの代替技術を与え、技術効果の観点から技術選択の優先順位を決定する。この場合の林分区分はかなり詳細である。

モデル 2 営林署単位で利用可能労働量を定め、その範囲内で最適の造林計画を立案する。ただし線型計画モデルを操作可能な大きさにするため、林分区分はややあらくなり、

採択可能な技術もあらかじめしばられている。

モデル 3 考えかたはモデル 2 と同じだが、現在の労働需給図をそのまま認めて、4 つの地域に分割し、その各々に労働制約を設定する。技術の種類はモデル 2 よりもさらに少ない。

3-2 基礎調査

(1) 更新対象林分のタイプ分け

昭和 46 ~ 50 年度の新植予定地 670 ha を対象にした。林分のタイプ分けはモデルによって異なっており、その指標を表-7 に示す。指標は全部で 6 つあるが、モデル 3 では立地級区分がなく、モデル 3 ではさらに作業条件による区分も省略される。対象林分はまた植栽年度と地域によっても分けられている。このようにして区分した林分の数は、モデル 1 で 148、モデル 2 で 48、モデル 3 で 45 となる。モデル 2 についてだけ、タイプ別林分面積を表-8 にまとめておいた。

表-7 林分タイプ分けの指標

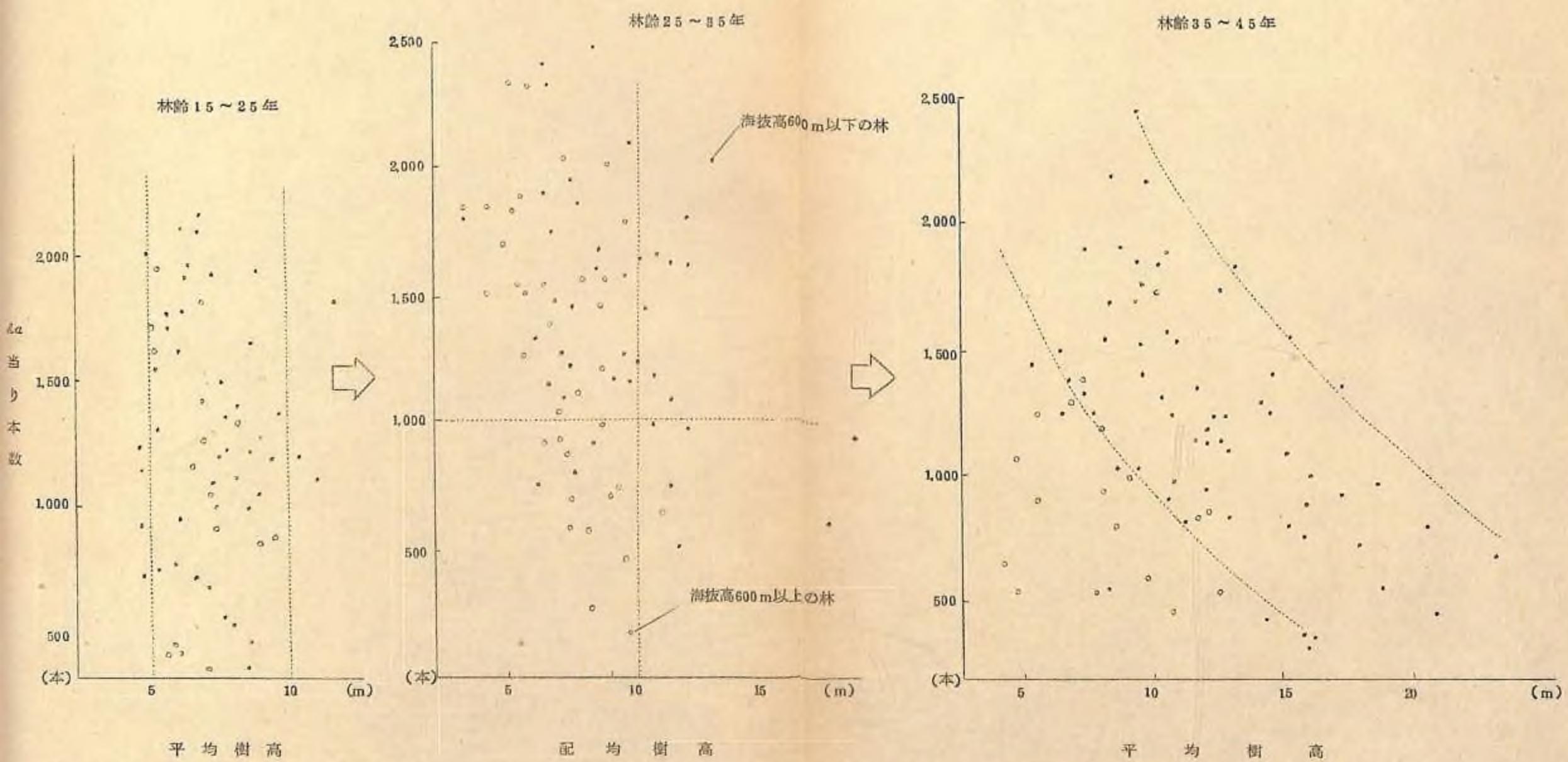
	モデル 1	モデル 2	モデル 3
地 位	○ 土壌型 BE, D _D -B _E 堆積型崩積 ○ D _D , D _D (w) 剥 行 ○ B _D (d) B _B 残 積	同 左	同 左
積 雪 量	○ 2.5 m 以上 ○ 2.5 m 以下	同 左	同 左
傾 斜	○ 15° 以下 ○ 15° ~ 30° ○ 30° 以上	○ 25° 以下 ○ 25° 以上	
植 生 密 度	○ 粗 ○ 中 ○ 密	同 左	
市 場 ま で の 距 離	○ 1.9 km 以下 ○ 2.0 ~ 3.9 km ○ 4.0 km 以上		
通 勤 距 離	○ 片道 30 分 以内 ○ 片道 30 ~ 60 分 ○ 片道 60 ~ 90 分		
選 択 可 能 な 代 替 技 術	3 ~ 13	5 ~ 6	3

表一 8 モデル-2 の年度別造林予定面積

土 壤 型	堆積型	積 雪 深	傾 斜	下層植生の繁茂状況	造林予定面積					計
					46年	47年	48年	49年	50年	
B _E	崩 積	2.5m以下	25°以下	疎	4a	4a	4a	4a	4a	4a
				中密	(1) 190 (2) 3459	(1) 190 (1) 1059	(2) 190 (2) 370	(2) 190 (3) 370	(4) 1239	767 6497
		2.5m以上	25°以上	疎						
				中密	(2) 017	(1) 017	(2) 017	(3) 017	(4) 070	138
B _D	溜 行	2.5m以下	25°以下	疎	(3) 120	(2) 1225	(2) 2570	(3) 2589	(4) 1869	8353
				中密						
		2.5m以上	25°以上	疎	(4) 1160	(1) 256	(2) 256	(3) 256		1928
				中密						
B _D (w)	溜 行	2.5m以下	25°以下	疎	(5) 2830	(4) 3619	(2) 3244	(3) 1421	(4) 1144	12258
				中密	(6) 540 (6) 097	(5) 539 (6) 429	(2) 539 (2) 277	(3) 539 (3) 209	(4) 539	2696 1012
		2.5m以上	25°以下	疎	(7) 4425 (8) 3033	(17) 1908 (18) 1533	(28) 3194 (29) 639	(39) 3449	(45) 2506	14489 5199
				中密	(9) 034	(19) 653 (20) 943	(31) 2339 (31) 243	(30) 3233	(46) 1788	11947 1186
B _D (d)	残 積	2.5m以下	25°以下	疎					(47) 141	141
				中密						
		2.5m以上	25°以上	疎						
				中密						
計					16844	12410	13911	11299	12470	66924

注 ○内は林分番号

図-8 豪雪地帯における林令の推移にともなう成立本数の実態



(2) 遠沢可能な造林技術の検討

本地域で造林を実行するにあたって、生産技術の面でとくに検討を要するのは、積雪地帯の育林技術とブナの更新問題である。以下、既往の試験研究から得られた知識をふまえながら、どのような技術が採用可能であるか、またそれによっていかほどの収穫が期待できるかを明らかにすることにしたい。

1) 積雪地帯における育林技術と収穫予測

(1) 積雪地帯の造林成績

秋田営林局は昭和39年から3年間にわたり、積雪深2.5m以上の地帯についてスギ人工林の実態を調査した。この結果を見やすいように表示したのが図-8である。林齢を15~25, 25~35, 35~45年の3階層に分け、さらに造林地の標高を600m以下と以上に区分したうえで、平均樹高と現存本数との関係をみたものである。林齢30年生前後の林分は標高に関係なく、5~10mの平均樹高を示している。これは秋田地方の収穫表で地位中および以下に相当する。いっぽう本数のほうは500~2,000本の広い範囲に分布しており、成林以前に著しい本数減少をきたしていることが知られる。

林齢30年生前後の林分になると、平均高は6~12mになるが、標高600m以上の林分け依然として5~10mの範囲にとどまっているものが多い。標高による樹高成長の差が目立ちはじめるのである。こうした傾向は40年生前後の林分においてきわめて明瞭となり、標高600mを境にしてデータは完全に2分される。

標高600m以下の地帯では、平均高と成立本数との関係が収穫表の数値とだいたい一致しており、積雪深2.5m以上であっても、標高が600m以下ならまずまずの本数を確保しているといえよう。これに反して高海拔地帯は土壌条件の悪化、埋雪期間の長期化に不十分な保育管理が加わるため、林相の破壊が著しい。

図-8の成立本数は雪害木を含む現存本数の合計であって全部が利用可能な健全木というわけではない。被害の発生状況は林況や地況によって異なるが、表-9は現存本数に対する利用不可能木の比率を被害率とし、30~50年生のスギ林分についてみたものである。これからおおよその傾向が把握できると思う。

根元曲りも雪害の1つである。秋田局湯沢営林署の資料により立木1本当りの利用材積と根元曲り材積との比率が樹高によってどのように変わるかを調べたところ図-9の結果を得た。樹高20m前後では根元曲り部分の材積が約10%を占める。

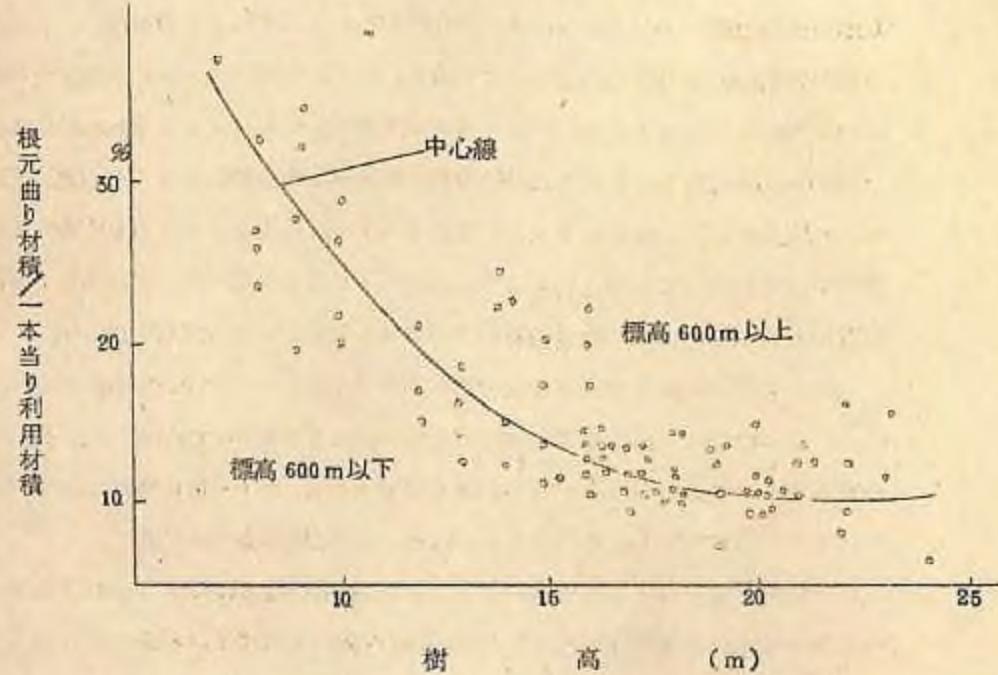
後述の収穫予測にはこの関係が使われている。

表-9 地況・林況と雪による被害率

標高	被害率	地 形	被害率	傾 斜	被害率	樹 高	被害率
200 ~ 300	8.61	山腹上部の 突出尾根	8.64	5°以下	17.86	5.1 ~ 7.0	13.08
300 ~ 400	10.95	山腹凸型 斜面	7.31	16°~19°	12.37	7.1 ~ 9.0	12.16
400 ~ 500	9.94	山腹凹型 斜面	6.56	16°~30°	9.11	9.1 ~ 11.0	10.80
500 ~ 600	11.53	平衡斜面	10.36	31°以上	11.88	11.1 ~ 13.0	4.65
600 ~ 700	12.29	山腹緩斜面	15.17			13.1 ~ 16.0	9.71
700 ~ 800	18.46	山麓緩斜面	12.73			16.0 ~	5.29

資料: 図-1と同じ。

図-9 生産材積のうち根元曲り部分の材積割合

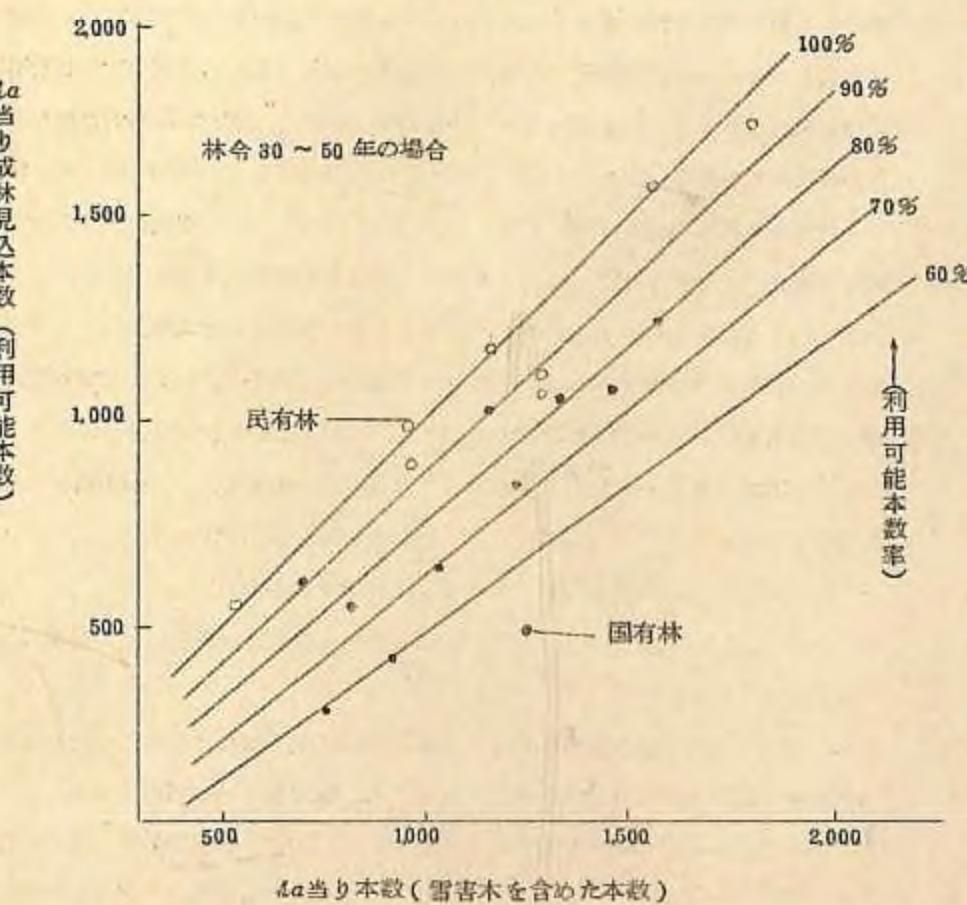


(II) 育林技術の仕様と導入条件

各種の調査によると、同じような多・豪雪地帯でも民有林の造林成績は国有林よりも、はるかにすぐれているといわれる。

図-10は新庄・寒河江営林署管内の標高380~700m、積雪量2.8~4.4mの造林地で、集約な施業を行なっている民有林の成績と普通施業による国有林の成績を比較したものである。両者の差がはっきりとあらわれているであろう。この図では林齢との関係が明確になっていないが、林齢と平均樹高をとて同地方の収穫率本数と利用可能本数の百分比を求めると、民有林は11.4%，国有林が5.7%，つまり約 $\frac{1}{2}$ になっている（これが後述の収穫予測において集約造林と普通造林の

図-10 多雪・豪雪地帯における生存本数と利用可能数の関係



立木度をきめる1つの手がかりになった)。じっさい雪の多い国有林地帯においても、普通の造林保育が完全に実施されている場所では見事な造林地がすくなくない。

積雪地帯の造林技術上の問題は、これまでの研究によってかなり解明されているとみてよい。既往の研究によれば、豪雪地帯における植栽木の本格的な被害は積雪深を抜け出すころから始まり、しかもそれは偶発的なものではなく植栽当初からの誘因が徐々に作られているといわれている。それゆえ健全な林分をつくるにはつきのような要件をみたす必要がある。①苗木は根ばかりのよい下枝のよく発達したものをえらぶこと、②地拵や植栽方法では耐雪のため根の発達が大切であり、土壤耕耘効果のあがるやりかたが好ましい。③植栽を適期におこなうこと、とくに年内の活着をめざす秋植えでは地中温度5°C以上の期間が少なくとも1カ月以上なければならず、9月中に植えるのがよい。春植えは梅雨時でも可能である。④下刈は造林木に雪の圧力に抗して立ち上る力をつける最も手近で重要な作業である。齊一な枝張りを保つため成長期間中に充分に四方から光を与えるよう7月上旬までに完全な下刈を実施すること。⑤多雪地帯ではつるの発生が多く、ひとたび不齊な樹型を作ると補正がむづかしい。したがってづる切りは不可欠である。⑥植栽後3~5年から10~15年までの倒木起しがきわめて効果的である。⑦除伐は早めにおこない、林齡30~40年までは過密にならぬよう適度の間伐をおこなうこと。

上記の点を配慮しながら、図-11にみるような技術体系を作成した。スギには11の選択可能な技術があるが、その選択の重要なきめ手となるのが積雪深である。最深積雪量が2.5m以下なら現行の技術で人工林の造成が可能であり、2.5~4mの豪雪地帯では普通のやりかたで人工林を作るのがむづかしく、4m前後が造林限界であるといわれている。本表について若干の説明を加えておこう。

- (1) 急傾斜地では、作業の安全を考えて伐採前地拵を導入する。
- (2) 徒行、崩積地帯のB_D型土壤で、標高600m以下、傾斜中以下の林地に幼木林施肥をいれる。
- (3) (2)と同じ条件で雪の多い地帯(標高600m以上)には、雪起しとともに特種造林をいた。これは民間で広く行なわれ、成功している技術である。
- (4) 雪の多い急傾斜地やブナの更新適地については、ブナの稚樹のみられない空間にスギを1000本程度植えこみ、誘導造林をはかる。自然保護を考慮すれば、混交林としてブナとともに、150年の長伐期をとるのが適当である。

(4) スギの普通造林には春植と秋植の選択が可能である。

(5) 除草剤の無制限な導入をさしひかえ、奥地林の下刈作業のみに限定して隔年の人力散布を指示している。これまでの試験結果からみて、散布翌年の下刈を完全に省くことは困難であり、普通の下刈の50%程度の労働投下はどうしても必要であろう。いずれにせよ、雪に対する抵抗力をつけるには過切な保育管理が最も効果的である。省力造林技術の多くは、成長の旺盛な里山地帯に適していても、亜高山地帯では不適当である。

(6) 収穫予測

- (1) スギの収穫予測は秋田県南部地域施業計画区の現実林分収穫予想表を基礎にしている。
- (2) 標高600m以下、積雪深2.5m以下の地域は普通造林で無雪地帯に相当する収穫が期待できる。地位1および2の林地は間伐林の生産が可能であり、3等地は主伐のみである。ただし上記の間伐も生育環境が悪いため、収入を目的とした間伐ではなく、保育を重視した間伐法をとった。
- (3) 標高600m以上、積雪深2.5~4.0mの地帯で、倒木起しなどの特別の保育を行なわない場合は主伐収穫量を前記(2)の50%とし、間伐材生産を不可能とみなし。普通のやりかたでも適切なものであれば、相当数の成立木が期待できるが、特殊な保育を加えない限り、半分くらいは被害を受ける。倒木起しを含む集約的施業は最も安全確実な技術であり、その成績は無積雪地帯とそん色がないといわれている。つまり倒木起しが十分なら(2)と大差のない収穫が期待できよう。
- (4) 推計の結果は表-10に詳しい。

(7) ブナの天然更新技術と収穫予測

ブナの更新技術で問題になるのは、

- ① 稚樹はどのような条件のもとにおいて満足に発生するか。
 - ② 発生した稚樹はどれほど定着するか。
 - ③ 定着した稚樹のうち成林までどれくらい残存するか。
- である。①に関してはすでに多くの実績があり、かなり明確になっている。ところが②、③については解明されていない点が多い。以下この両者を中心にして検討をすすめるが、われわれの研究では更新から最後の収穫までの全過程を対象としており、まず始めに、収穫予測の面から接近したいと思う。

図-11 造林技術フ

番号	記号	作業条件	-3	-2	-1	0	1	2
1	普通造林	普通刈 急傾斜, 下層植生密地帯		伐前 地帯	伐	整理 地帯 植付	根 ^ふ み 補植 下刈	下刈
2	普通造林	下刈薬剤使用 急傾斜, 下層植生密地帯		伐前 地帯	伐	整理 地帯 植付	根 ^ふ み 補植 下刈	菜
3	普通造林	春植, 普通刈 傾斜中以下, 下層植生中以下		伐	準準 地帯	植付 (下刈)	補植 (下刈)	下刈
4	普通造林	春植, 下刈薬剤使用 傾斜中以下, 下層植生中以下		伐	準準 地帯	植付 (下刈)	補植 葉	下刈 0.5
5	普通造林	秋植, 普通刈 傾斜中以下, 下層植生中以下		伐	当年 地帯	根 ^ふ み 補植 植付	下刈	下刈
6	普通造林	秋植, 下刈薬剤使用 傾斜中以下, 下層植生中以下		伐	当年 地帯	根 ^ふ み 補植 植付	下刈 葉	下刈 0.5
7	幼令林肥培	匍行, 崩積, B _D 型対象 傾斜中以下, 下層植生中以下		伐	当年 地帯 植付	根 ^ふ み 補植 下刈	下刈 肥培	肥培
8	幼令林肥培	下刈薬剤使用 匍行, 崩積, B _D 型土壌対象 傾斜中以下, 下層植生中以下		伐	当年 地帯 植付	根 ^ふ み 補植 下刈	菜 肥培	菜 肥培
9	特殊造林	雪積 2.5 m 以上地帯対象		伐	当年 地帯 植付	根 ^ふ み 補植 下刈	下刈	下刈
10	特殊造林	雪積 2.5 m 以上地帯対象		伐	当年 地帯 植付	根 ^ふ み 補植 下刈	菜	菜
11	害害防除省力造林	雪積 2.5 m 以上地帯対象	伐		部分 地帯 植付	下刈	菜	菜
12	天然更新 I 類	伐採前刈払い			伐前 刈払			
13	天然更新	母樹残存			伐			
14	天然更新	帶状伐採			伐			
15	天然更新 II 類	皆伐			伐			

ローチャート

秋田営林局生保内営林署適用

3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
下刈	下刈	下刈	下刈	つる		除伐		除伐		
下刈 0.5	菜	下刈 0.5	菜	つる		除伐		除伐		
下刈	下刈	下刈	つる		除伐		除伐			
菜	下刈 0.5	菜	つる		除伐		除伐			
下刈	下刈	下刈	つる		除伐		除伐			
菜	下刈 0.5	菜	つる		除伐		除伐			
下刈	下刈	下刈	つる		除伐		除伐			
菜	下刈 0.5	菜	つる		除伐		除伐			
下刈	下刈		つる		除伐		除伐			
下刈 0.5	菜		つる		除伐		除伐			
下刈	下刈	下刈	下刈	つる		除				
下刈 0.5	菜	下刈 0.5	倒起	倒起	倒起	倒起	倒起	倒起		
下刈	菜	下刈	菜	つる		除				
下刈 0.5	菜	下刈 0.5	倒起	倒起	倒起	倒起	倒起	倒起		
下刈	菜	下刈	菜	つる		除伐		除伐		
			伐							

表-10

生育環境別

土壤型 堆積型	積雪量 標高	樹種 主, 間別	伐期 立木 材積	平均		利用率	利用材積	
				樹 高	直 徑			
B _E B _D - B _E 崩積	2.5 m以下 600 m以下	スギ	60 年主 30 間	520 30	24 10	336 16	80 75	416 23
			40 間	50	12	18	75	38
			50 間	50	14	20	79	40
	2.5 m以上 600 m以上	スギ	60 主 間伐なし	260	24	336	80	208
		ブナ	150 1類 150 2類	500 330	26.5 26.5	430 490	75 75	370 250
B _D B _{Dw} 刨行	2.5 m以下 600 m以下	スギ	60 主 30 間	400 20	20	282	79	816 15
			40 間	30	10	12	75	23
			50 間	30	12	16	75	23
	2.5 m以上 600 m以上	スギ	60 主 間伐なし	200	20	282	79	158
		ブナ	150 1類 150 2類	360 220	21.5 21.5	31.5 38.0	72 75	280 160
B _{Dd} B _B 残積	2.5 m以下 600 m以下	スギ	60 主 間伐なし	260	14	21.8	79	205
	2.5 m以上 600 m以上	スギ	60 主 間伐なし	130	14	21.8	79	103
		ブナ	150 1類 150 2類	330 180	18.5 18.5	25.5 31.5	66 72	220 130

注: スギ収穫量, ブナ収穫量, 通直, 根元曲部材積の算出は生産技術の検討から導いた。

根元曲り材の立木価は普通材の 10 %減とした。

の 収 穫 予 測

(生保内営林管内適用)

利用材積内訳		通直部	根元曲材	立木価格 円	立木価合 計
通直材積	根元曲材積	立木価円/m ³	立木価円/m ³		
383	33	7800	7020	3210060	3507300
18	5	2200	1980	49500	
31	7	2800	2520	104440	
35	5	3400	3080	134300	
191	17	7800	7020	1609140	
370		1610		595700	
250		1700		425000	
284	32	7550	6795	2301640	
10	5	1100	990	15950	
16	7	1600	1440	35680	
17	6	2400	2160	53760	2467030
134	24	7550	6795	1174780	
280		1400		392000	
160		1520		243200	
180	25	7350	6615	1488375	
82	21	7350	6615	741615	
220		1360		303600	
130		1400		182000	

(1) ブナ天然林の構造

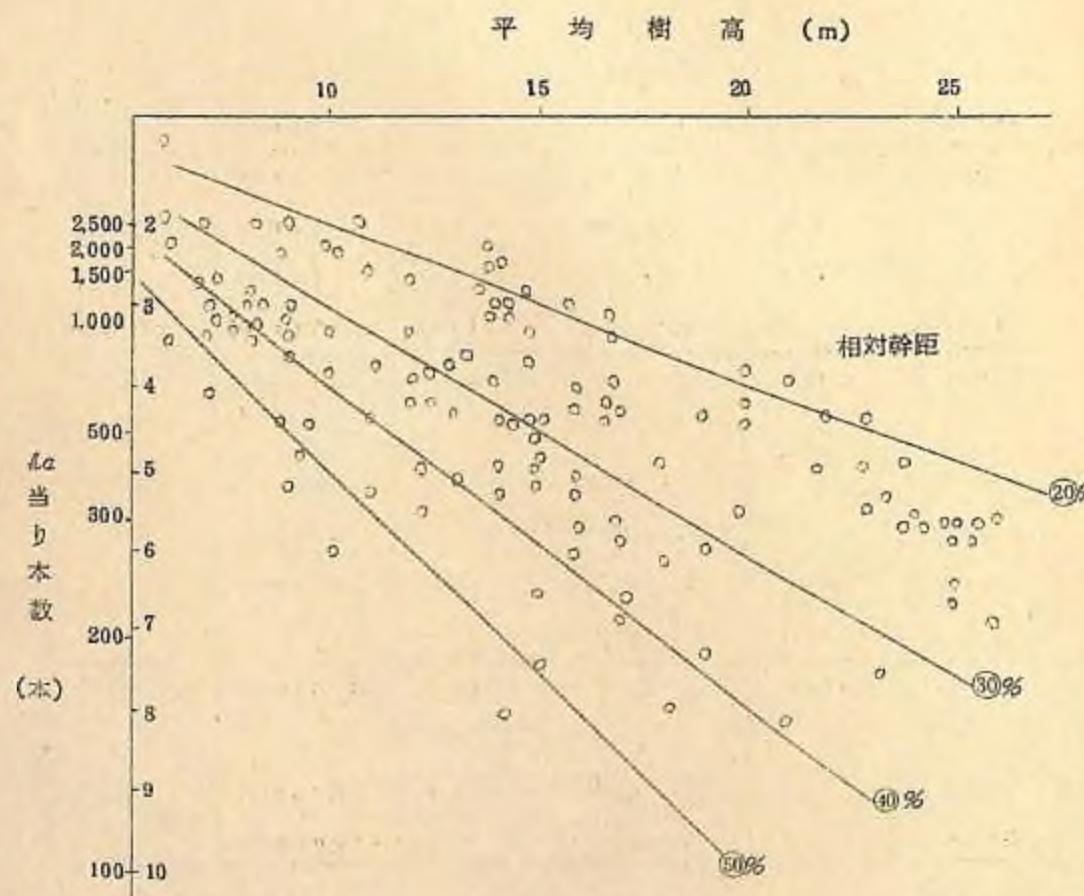
秋田地方のブナ林の調査資料をもとに図-12～14と表-11を作成した。これから下記のような事実を読みとることができる。

(1) 秋田地方のブナ林は20～50%の相対幹距をもっている。高い平均樹高、つまり地位のよいところは林分密度が高い(図-12)。ここで

$$\text{平均幹距} = \sqrt{\frac{10,000}{ha\text{当たり本数}}} \quad \text{相対幹距} = \frac{\text{平均幹距}}{\text{平均樹高}} \times 100$$

のことである。

図-12 秋田管林局管内ブナ天然林の密度の実態



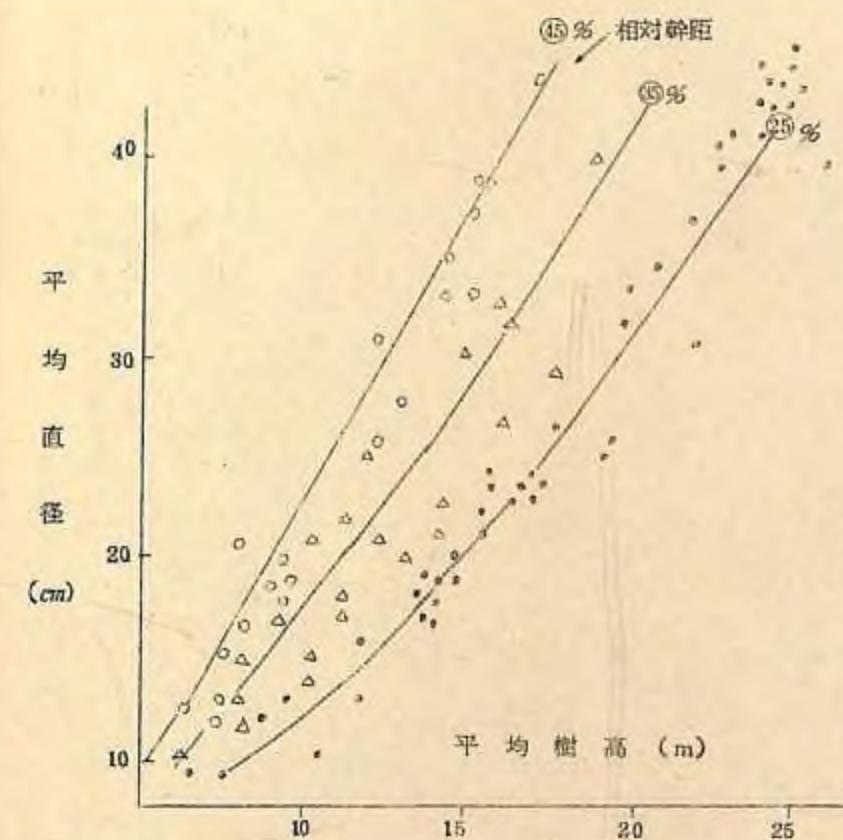
(2) 密度を5階層に区分して、平均樹高と平均直径との関係をみると、疊な林分ほど平均直径が大きい(図-13)。

(3) 天然林では成長にともなって本数の自然枯損が生ずるが、胸高直径の成長率と本数残存率との間には、一定の関係が存在している(図-14)。

(4) こうした枯損が保育施策によってどのように変化するかを固定試験地のデータでみておく(表-11)。

林況のほぼ等しいブナ林での比較であるが、放置林分は、択伐や間伐の施策林分

図-13 密度別の平均樹高と平均直径の関係



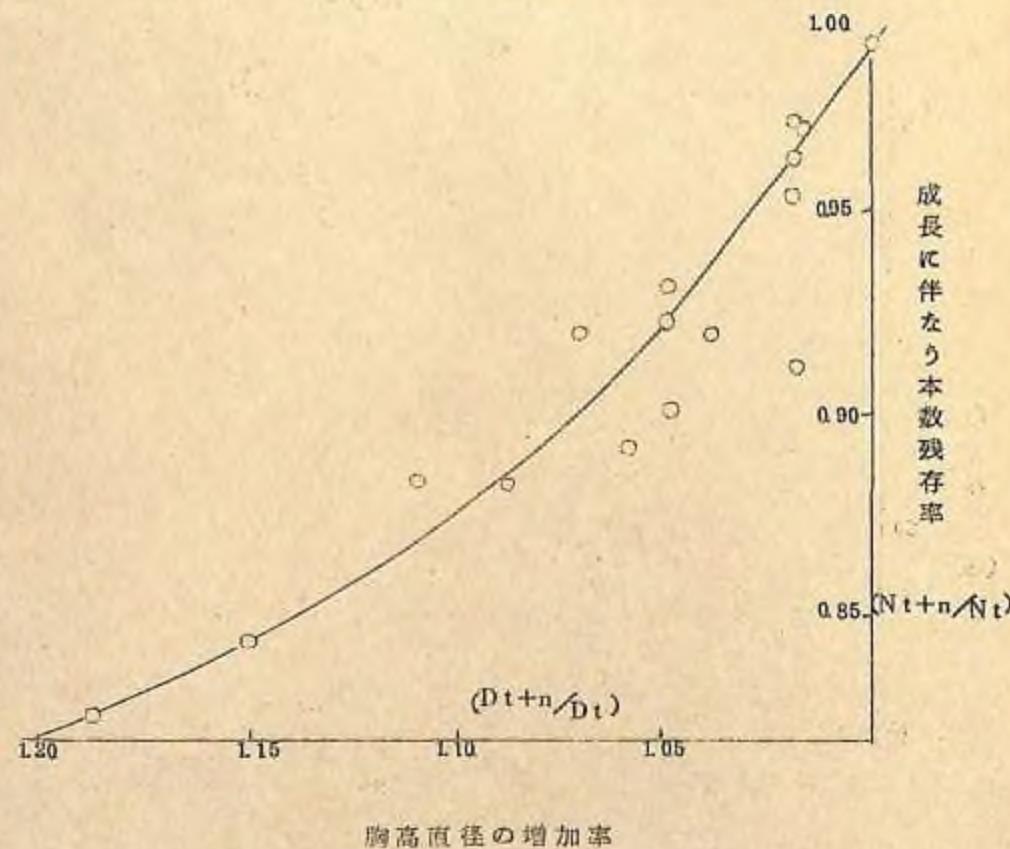
にくらべて約10倍にあたる枯損量をもち、それも小径木から大径木にかけて枯死している。施業林分でも本数減少がみられるけれど、比較的小さい個体が消失してへるようだ。1年当りの純成長量は、施業林7.0~9.4、放置林4.8~6.5m³である。適切な施業によって枯損量を最小限におさえ、純成長を高めることは十分に可能であろう。

後述の収穫予測は以上の事実を基礎にしている。

(ii) 更新面からの接近

ブナの天然更新は稚樹の多少によって左右される。それゆえ収穫量の予測も、各

図-14 直径成長の大きさと本数疎開の関係



種の更新方法を導入したときの、稚樹の発生状態を勘へして行なわなければならぬ。まず、皆伐跡地における伐採後の経過年数と稚樹本数との関係を図-15に示す。ただしこの本数は当年生、2年生稚樹は除外し、3年以上で枝葉の完全な高さ

表-11 施業別の枯損量・純成長量の関係

(平均高1.4~1.5m, 期首蓄積約300m³の林分)

場 所	調査期間	本数	材積	伐採 間伐による期間中の収穫		期間中の枯損木		1年当り		
				収穫期間	本数	材積	本数	材積	純成長量	枯損量
黒森山(弘前)	1942~62	1560	321	5年毎収穫	510	215	105	7	8.3	0.35
" ("	"	1300	311	"	560	218	215	15	7.0	0.75
" ("	"	1310	342	—	—	—	390	74	4.8	3.70
三ツ沢(古口)	1959~69	497	349	—	—	—	80	32	6.5	3.20
居能井(花輪)	1927~41	651	331	5年毎収穫	391	280	17	3	9.4	0.21
非瀬口(花輪)	"	557	220	"	347	147	7	2	9.2	0.14

~固定試験地資料から~

3.0cm以上のものに限定した。ここで有用広葉樹と呼んでいるのは、ブナのほか、ミズナラ、イタヤカエデ、ホオノキ、トチノキ、カンバ類のことである。図から明らかのように、伐採後20年までの有用広葉樹の本数はむだり3,000~11,000本では一定の範囲に分布する。少なくとも3.0cm以上の稚樹本数がほとんど減少していない点に注意してほしい。いっぽう、その他の広葉樹は10年目あたりから急速に減少してゆく。これらの稚幼樹は一般に低木性の樹木で15~25年の寿命をもつものが多い。

つぎに伐採される以前の林分で、高さ3.0cm以上の有用広葉樹が、どれくらいあるかをみると、秋田県南部の天下対象地の調査では、5,000本以下の林地が7.0%, 5,000~8,000本20%, 8,000本以上10%となっている。稚樹の少ない林分に対しては適切な更新補助作業が必要となろう。なお秋田営林局のブナ林施業の指針ではつぎのような本数を目安にしている。

伐採後5年以内 8,800本

5~10 5,100本

-107-

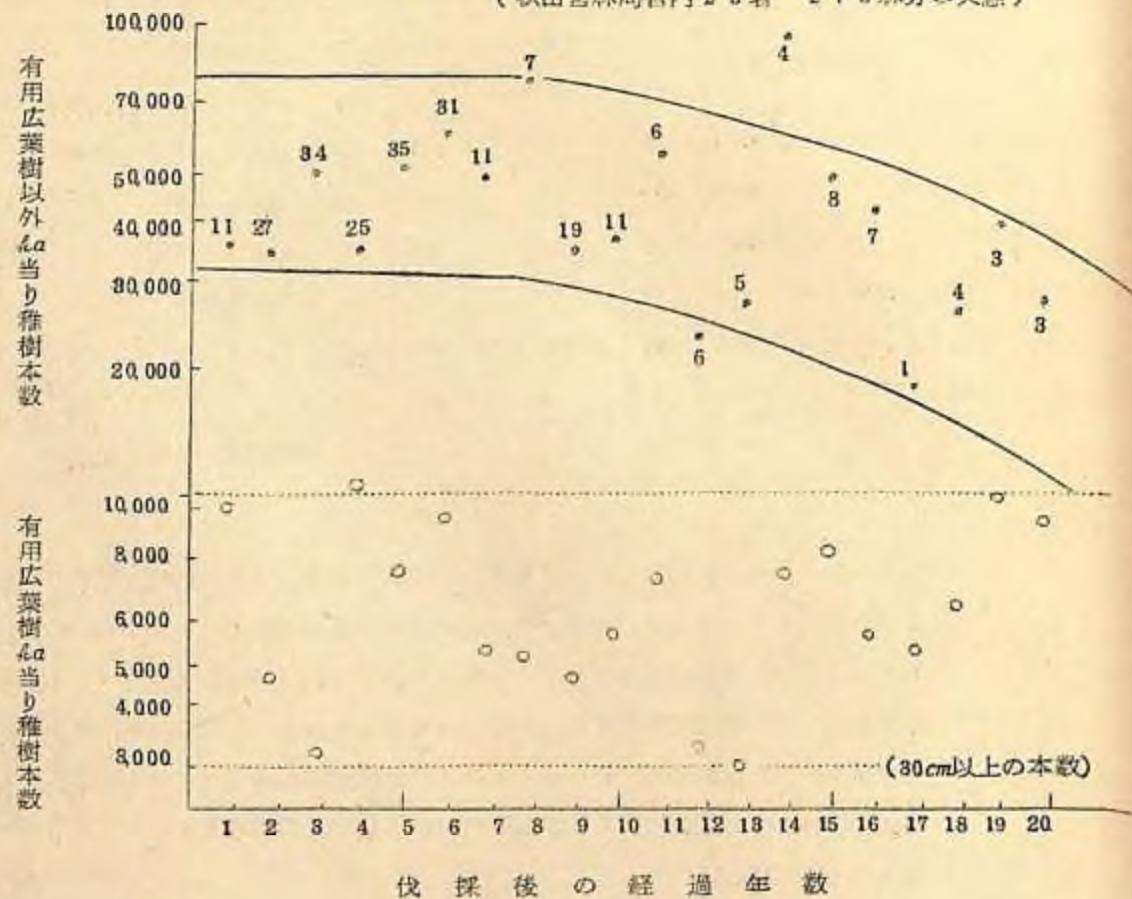
10~30 3,700

30~60 2,400

図-15 ブナ林伐採地における更新状況

注：図中の数値は調査林分数をしめす。

(秋田営林局管内 33 林分の実態)



b) 更新技術の体系

過去において数多くの更新方法が提案され、実行されてきたが、それをまとめると、図-16にみるような16通りの体系ができる。どの方法が最善であるかは、林況によって当然かわってくるであろう。更新が安全確実なものほど、多くの労力と経費を必要とし、選択にあたっては、経営上の配慮が不可欠である。ただし、前述の計画モデルに実際に組みこまれているのは、比較的実行しやすいと思われる

図-16 ブナ更新技術

フローチャート

(秋田管林局管内適用)

技術番号	作業型態	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	投入労働、収穫上の割約
1	皆伐型態						伐																
2	"							上層伐															林地残存材積量、伐出費増額分投入額とみる。
3	"								伐	刈出													伐当り約10人
4	"	伐前地捨	伐前地捨				伐																伐探前地捨4a当約40人
5	"	伐前地捨	伐前地捨				伐		刈出														伐探前地捨40人、刈出し10人
6	帯状皆伐型態						伐																大面積皆伐費と比較して伐出費の増加分を更新費とみる。 大凡35%増
7	"						伐	下刈															上記と下刈10人
8	"						伐	地捨															上記と地捨40人
9	"	伐前地捨	伐前地捨				伐																上記と伐前地捨40人
10	"	伐前地捨	伐前地捨				伐		刈出														上記と伐前地捨、刈出し50人
11	保存木型態						下種伐										殿伐						大面積皆伐と比較し、伐出費の増加分を更新費とみる。
12	"	予備伐					下種伐										殿伐						同上
13	"						母樹	10本残存									殿伐						同上 約25%増
14	"						母樹	20本残存									殿伐						同上 "
15	"						母樹	20本残存	刈出								殿伐						同上と刈出し 10人
16	"						母樹	地捨									殿伐						同上と地捨 40人

注: 更新技術フローチャートの選択にあたっては、別紙生育環境、前生植樹の生育型からみた更新技術方法と将来林分の予測表を活用して行なう。(林業試験場東北支場経営第1研究室(案))

施業説明(丸印番号は技術番号をあらわす)

- ① 全面皆伐をさし稚樹が十分あるとき選択される。
- ② 1.6cm以下稚幼樹残存する。伐探率おむね60~80%
- ③ 皆伐3成長期経過後、人工林の下刈に準じ稚樹の刈出しを行う。
- ④ 伐探前地捨施行後3~5年目に皆伐。
- ⑤ 同上と皆伐3年後稚樹成長促進と稚樹残存率向上のため刈出しを行う。
- ⑥ 幅3.0mの帯状皆伐伐探を行なう。林縁側1.0mは更新良好なものとする。
- ⑦ 同上 伐探後稚樹定着促進のため下刈を行う。
- ⑧ 同上 伐探後地捨施行

- ⑨ 伐前地捨施行後3~5年目に幅3.0mの帯状皆伐を行う。
- ⑩ 上期に刈出しをともなうもの。
- ⑪ 枯損木が生じている老令林分対象、下種伐後10~15年目に殿伐を行う。
- ⑫ 上記以外の林分で比較的過密林分を対象にする。
- ⑬ 土壌条件の良い林地対象、母樹収穫考えず。
- ⑭ 土壌条件の悪い林地対象、"。
- ⑮ 上記に稚樹の刈出を行なう、"。
- ⑯ 母樹数は母樹の径級の大きさによって決める。(例) 3.0cm→4.5本/4a, 5.0cm→3.5/4a, 後伐は2結果実期後(10~15年)とする。

4種類だけである。それは①伐採の3~5年前に全面地壟をやり、稚樹の発生をまって伐採を行なう天1施業法。②若干の母樹を残して皆伐する方法。③幅3.0m程度の帯状皆伐を行なう方法。④全面一齊皆伐方式である。

(iv) 収穫量の予測

ブナ林の地位は堆積型と土壤型で、ほほきまるといわれ、この地位の良し悪しが樹高成長を左右する。また更新時の稚樹発生のしかたが、林分構成を変えることはすでに述べた。これら2つの指標を軸にして、伐期100年と150年の収穫を予測したのが表-12である。

表-12 ブナ林の立地・密度・伐期別収穫予測

堆積相対	100年伐期のときの密度別収穫予測						150年伐期のときの密度別収穫予測						
	平均樹高	本数	平均直径	立木幹積	利用率	利用材積	平均樹高	本数	平均直径	立木幹積	利用率	利用材積	
土壤型	幹距												
残積	2.0	12	1,740	10.0	130	0.20	30	16.5	920	19.0	320	0.52	(170)
	2.5		1,110	12.0	120	0.28	30		590	21.5	230	0.58	130
	3.0		770	14.5	120	0.38	50		410	23.5	200	0.63	130
	Pw		570	16.0	120	0.42	50		300	25.9	170	0.66	110
	3.5		430	18.0	110	0.49	(60)		230	27.0	160	0.68	110
	4.0		340	20.0	110	0.55	(60)		180	29.5	110	0.72	80
匍匐	2.0	14	1,280	14.0	190	0.37	70	18.5	730	22.0	370	0.62	(230)
	2.5		830	16.0	160	0.42	70		470	25.5	330	0.66	220
	3.0		570	18.0	150	0.49	70		330	27.5	230	0.69	160
	B _{D(d)}		420	21.0	150	0.57	(90)		240	29.5	200	0.71	140
	3.5		320	22.0	130	0.60	80		180	31.5	180	0.72	130
	4.0		250	24.0	130	0.64	80		140	34.0	170	0.73	130
匍匐	2.0	17	870	18.0	240	0.49	120	21.5	540	29.0	460	0.70	(320)
	2.5		550	22.0	230	0.60	(140)		350	31.5	380	0.72	280
	3.0		380	23.0	190	0.62	120		240	32.5	330	0.73	240
	B _D		280	27.0	190	0.65	130		180	36.0	250	0.74	180
	3.5		220	29.0	170	0.70	120		140	38.0	220	0.75	160
	4.0		170	31.0	160	0.72	110		110	41.0	200	0.75	150
崩積	2.0	22	520	28.5	440	0.70	(310)	23.5	360	41.0	640	0.75	(480)
	2.5		330	32.5	390	0.72	280		230	43.0	500	0.75	370
	3.0		230	35.0	350	0.74	260		160	44.5	410	0.75	310
	B _E		170	37.0	310	0.74	220		120	47.0	360	0.75	270
	3.5		130	40.0	290	0.75	170		90	49.0	330	0.75	250
	4.0		100	43.0	220	0.75	160		70	52.0	310	0.75	230

注：()印は各環境密度別の最多生産量を示す。

これは前出の相対幹距図によって密度別木数を求め、密度別の平均樹高に対する平均直径の関係を利用して单木の大きさを推計し、林分材積を算出したものである。

伐期 100 年（秋田局経営計画の伐期）のときの収穫量は土壤の不良地帯では離林ほど利用材積が大きく、土壤が良好になるにつれて高密度ほど利用材積が大になっている。利用や成長の関係からいえば、150 年伐期が重要になろう。この場合はどのような土壤条件であっても、密度の高い林分ほど利用材積が多い。現実に施業するときには、各林分の生育環境ごとに利用材積の最大になる密度を選択して、これを主伐目標とすればよい。ただしそれには、更新に十分な稚幼樹集団があるかどうかの現地調査を要する。

さて、いよいよ更新技術（図-10）と密度別収穫量（表-12）との関係を明らかにしなければならない。われわれは、最も安全を更新技術として、

母樹残存 - 地拵 - 後伐

タイプのものを仮定し、現実林の最も蓄積の多い森林はこのやりかたで再現されると考えた。更新方法が粗放になれば、当然蓄積は低下するであろう。表-12 が収穫予測の最終的な結果である。まだ完全な推計ではないが、本研究では暫定的にこれを用いた。

IV) 作業功程と造林費

営林署の造林実行簿から当りの作業別人工費を計算すると、とくに地拵と下刈が民有林などにくらべてかなり少ない人數ですぐんでいる。これは出来高給という賃金の支払形態にも一因があるのかも知れない。秋田営林局の雪害防除対策実計画書では民有林と同量の人工でもって積算しており、われわれもこれにしたがった。表-14 は各作業の功程をまとめたものである。

この表で気づくのは、営林署の苗木生産費がかなり高くなっていること（2回床替、3年生苗で民苗の60%高）、また諸手当を加えた賃金が相当高額なことである。このため前出のフロー・チャートにしたがって造林費を計算すると、35%の割引率で30万から60万円、ないしはそれ以上にも達する。（表-15）

V) 収穫の価格づけ

収穫量の価格づけは、つきの手順によった。

(1) 昭和45年度における秋田局全体の立木価格の平均は²当りスギ 631 円、ブナ 1,985 円であった。この価格はそれぞれ最小径 1.4 ~ 2.2 cm のスギ丸太と

4.0 ~ 4.8 cm のブナ丸太に対応したものと考える。

- (2) 丸太価格は径級によって変わるから立木価格も胸高直径の関数である。そこで立木の胸高直径に対する丸太の平均最小径を求めるため、各胸高直径階について丸太径級ごとの材積を計算し、この材積を加重とする平均最小径を計算した。
- (3) 能代市場における過去 10 年間のデータをもとに、素材の径級別価格比を算出した。
- (4) 素材の価格比がそのまま胸高直径別の立木価格に反映するものと仮定して、立木単価を求めた。
- (5) 根曲り部分の材積については積雪深と樹高の関数として別途に計算し、その立木価は一般材の 10% 減とした。
- (6) モデル 1 では生産地から市場までの距離によって立木価格が補正される。20km 以下と 20km 以上では²当りスギで土 140 円、ブナで土 170 円の差がつく。上記の手続きで求められた基準立木価は表-10 の右端に附加されている。

3-3 計画モデルの作成と結果の分析

(1) モデル 1 による技術選択と投資の順位づけ

モデル 1 の 148 の各々の林分に採択可能なすべての技術を与え、割引純収入 (NDR) と造林費を計算した。ところが 35% の割引率を使うと、ほとんどの林分で NDR がマイナスになってしまいます。プラスになっているのは、崩積地帯で土壤条件も B_D 以上の場所であり、同時に作業条件と地利級に適された林分である。このような林分の面積は各年度とも造林対象林地の 10% から 30% にすぎない。高い賃金と割高の苗木が大きく効いており、賃金が一般並の 9,000 円、苗木が 20 円となるならば、地位 2 に相当する簡行地帯まで造林できるであろう。それとともに人工林の可能面積は 7.0 ~ 8.0% に拡大する。しかし標高が高くて雪の多い残積地帯は造林投資の限界をこえていると思う。

技術評価のやり方をかえてみる。秋田営林局は割引率を用いないで

$$\text{年収額} = \frac{\text{立木価} - \text{造林費}}{\text{伐期}}$$

を使っている。上式は生の立木販売収入が造林費を上回っている限り、けっしてマイナスにはならない。このやりかたで、昭和 46 年度の造林予定地 1,6844 について、造林投資純額の変化にともなう技術選択のうつりかわりをみておく（表-16）。なおここ

表-13

生育環境、前生稚樹の生育型からみた更新

生育環境番号	地盤土地位	更新技術の種類	技術番号		1	2	3	4	5	6	7	8
			伐採前の林分状況		純林および中庸林分				疏林一中庸林			
			作業型態		皆伐作業型態				帯状皆伐			
			皆伐	上層伐	皆伐一 —落樹 刈出	伐採前 地挖一 —皆伐	伐採地 挖一皆 伐刈出	皆伐	皆伐一 —刈出	皆伐一 —地清		
1		30以下	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³		
2	5,000	30~50	95	55	95	115	125	95	105	110		
3	以下	50~70	120	115	135	160	170	135	145	155		
4	残 漬	70以上	100	210	240	290	(305)	240	255	270		
5		30以下	80	105	120	145	150	120	130	135		
6	B B' P _w	5,000	30~50	100	130	150	180	190	150	160	170	
7		~8,000	50~70	150	195	225	270	285	225	240	255	
8	1.85m	70以上	200	260	(300)	(320)	(320)	(300)	(320)	(320)		
9		30以下	130	170	195	235	245	195	210	220		
10		8,000	30~50	160	210	240	290	(305)	240	255	270	
11		以上	50~70	240	(310)	(320)	(320)	(320)	(320)	(330)		
12		70以上	(320)	-	-	-	-	-	-	-		
13		30以下	70	90	105	125	135	105	110	120		
14		5,000	30~50	90	115	135	160	170	135	145	155	
15		以下	50~70	135	175	200	245	255	200	215	230	
16	残 漬	70以上	180	235	270	325	340	270	290	305		
17	簡 行		30以下	90	115	135	160	170	135	145	155	
18		5,000	30~50	115	150	170	205	220	170	184	195	
19	B D(d)	~8,000	50~70	170	220	255	305	325	255	270	290	
20		70以上	230	300	345	(370)	(370)	345	(370)	(370)		
21	1.85m		30以下	150	195	225	270	285	225	240	255	
22		8,000	30~50	185	240	280	335	(350)	280	295	315	
23		以上	50~70	280	(365)	(370)	(370)	(370)	(370)	(370)		
24		70以上	(370)	-	-	-	-	-	-	-		
25		30以下	90	115	135	160	170	135	145	155		
26		5,000	30~50	110	145	165	200	210	165	175	185	
27		以下	50~70	165	215	250	295	315	250	265	281	
28		70以上	220	285	330	395	420	330	350	375		
29	簡 行		30以下	130	170	195	235	245	195	210	220	
30		5,000	30~50	165	215	250	295	315	250	265	280	
31	B _D	~8,000	50~70	250	325	375	(460)	(460)	375	400	425	
32		70以上	330	430	(460)	(460)	(460)	(460)	(460)	(460)		
33	2.15m		30以下	180	235	270	325	340	270	290	305	
34		8,000	30~50	230	300	345	415	435	345	370	390	
35		以上	50~70	345	(450)	(460)	(460)	(460)	(460)	(460)		
36		70以上	(460)	-	-	-	-	-	-	-		

技術方法と将来林分の予測

9	10	11	12	13	14	15	16
一密林分							
伐採型態							
伐前地挖一 —皆伐	伐前地挖一 —皆伐	下種伐一 —般伐	予備伐一下 —般伐	母樹残存 aa 10本	母樹残存 aa 20本	母樹残存 aa 30本 刈出し	母樹残存 aa 40本
m ³	m ³						
125	130	130	130	135	145	235	(320)
170	180	180	180	190	200	260	(320)
230	240	240	240	250	265	295	(320)
(305)	(320)	(320)	(320)	(320)	(320)	(320)	(320)
150	160	160	160	170	175	245	(320)
190	200	200	200	210	220	270	(320)
285	(300)	(300)	(300)	(315)	(320)	(320)	(320)
(320)	(320)	(320)	(320)	(320)	(320)	(320)	(320)
245	260	260	260	275	285	(305)	(320)
(305)	(320)	(320)	(320)	(320)	(320)	(320)	(320)
135	140	140	140	145	155	265	(370)
170	180	180	180	190	200	285	(370)
255	270	270	270	285	295	335	(370)
340	(360)	(360)	(360)	(370)	(370)	(370)	(370)
170	180	180	180	190	200	285	(370)
220	230	230	230	240	255	315	(370)
325	340	340	340	(355)	(370)	(370)	(370)
(370)	(370)	(370)	(370)	(370)	(370)	(370)	(370)
285	300	300	300	315	330	(350)	(370)
(360)	(370)	(370)	(370)	(370)	(370)	(370)	(370)
170	180	180	180	190	200	330	(460)
210	220	220	220	230	240	350	(460)
315	330	330	330	345	365	415	(460)
420	440	440	440	(460)	(460)	(460)	(460)
245	260	260	260	275	285	375	(460)
315	330	330	330	345	365	415	(460)
(460)	(460)	(460)	(460)	(460)	(460)	(460)	(460)
340	360	360	360	380	395	425	(460)
435	(460)	(460)	(460)	(460)	(460)	(460)	(460)
(460)	(460)	(460)	(460)	(460)	(460)	(460)	(460)

注: 150年伐期を想定したときの期待収穫量を示す。地位は、150年での期待平均高を示す。
適用地域: 秋田管内林務局管内標高800~1000m(ブナ・その他有用広葉樹蓄積の推定)

表-14 造林に必要な各作業の標準功程

① 地 挹

当年度地挙と準備地挙

広葉樹天然林伐採跡地全刈枝条存置地挙(人力)

植生	傾斜		
	15°未満	15~30°	30°以上
疎	1.70	2.55	3.39
中	1.79	2.68	3.57
密	1.88	2.81	3.75

当年度地挙、準備地挙(機械刈)

植生	傾斜		
	15°未満	15~30°	30°以上
疎	1.27	1.91	2.52
中	1.34	2.01	2.65
密	1.41	2.11	2.78

油代4a当たり 3,500円

伐採前地挙(人力)

植生	傾斜		
	15°未満	15~30°	30°以上
疎	1.27	1.72	2.25
中	1.34	1.81	2.37
密	1.41	1.90	2.49

伐採前地挙(機械刈)

植生	傾斜		
	15°未満	15~30°	30°以上
疎	0.6	1.29	1.69
中	1.01	1.36	1.78
密	1.06	1.43	1.87

油代4a当たり 1,100円

整 理 地 挹 (人力)

植生	傾斜		
	15°未満	15~30°	30°以上
疎	0.9	1.31	1.64
中	1.04	1.38	1.73
密	1.09	1.45	1.82

整理地挙(機械刈)

植生	傾斜		
	15°未満	15~30°	30°以上
疎	7.6	10.1	12.6
中	8.0	10.6	13.3
密	8.4	11.1	14.0

油代4a当たり 3,200円

② 植 付

新植4a当たり 1.84人(4a当たり 3,500本1人1日190本)

補植 普通植 4a当たり 4.6人 4a当たり 6.80本

特殊及び集約のとき4a当たり 2.3人 4a当たり 3.50本

③ 下 刈

年1回刈のとき(人力)

植生	傾斜		
	15°未満	15~30°	30°未満
疎	5.4	5.7	6.0
中	6.1	6.4	6.7
密	6.9	7.3	7.7

年1回刈のとき(機械刈)

植生	傾斜		
	15°未満	15~30°	30°未満
疎	4.3	4.6	4.8
中	4.9	5.1	5.4
密	5.5	5.8	6.2

油代4a当たり 500円

年2回刈(人力)

植生	傾斜		
	15°未満	15~30°	30°未満
疎	4.1	4.3	4.5
中	4.6	4.8	5.0
密	5.2	5.5	5.8

年2回刈(機械刈)

植生	傾斜		
	15°未満	15~30°	30°未満
疎	3.0	3.2	3.4
中	3.4	3.6	3.8
密	3.9	4.1	4.3

油代4a当たり 500円

④ 根ぶみ $4a$ 当り 1.8 人

⑤ 補植払い $4a$ 当り 2.8 人

⑥ つる切り (人手) $4a$ 当り 1.7 人

⑦ 除伐 (人手) $4a$ 当り 8.1 人

(機械) $4a$ 当り 8.5 人

油代 $4a$ 当り 1,200 円

⑧ 施肥

幼齢木施肥

植林 1 年後 3.9 人/ $4a$ 肥料代 6,200 円/ $4a$

" 2 年後 3.9 人/ $4a$ " "

⑨ 苗木

スギ (1-1-1) 1 本当り 3.2 円 3.89 (自着生産)

新植 $4a$ 当り 3,500 本 1,133.62 円

補植 " 680 本 2,202.4 円

新植 " 1,000 本 3,238.9 円

⑩ 賃金

格付賃金 諸手当

1,650 + 1,067 = 2,717 円 (失業退職手当除く)

表-15 造林技術別・作業条件別造林費

<割引造林費 (3.5% 割引)>

造林技術番号	通勤時間補正 0 % (片道 30 分以内)								
	15° 未満			15° ~ 30°			30° 以上		
	密	中	疎	密	中	疎	密	中	疎
1	424	407	392	455	435	418	489	465	448
2	386	378	372	412	403	395	441	430	421
3	407	390	375	440	420	404	473	450	432
4	367	361	355	395	387	379	424	414	405
5	404	386	374	436	417	402	469	446	430
6	351	347	343	378	372	367	404	393	391
7	397	393	382	435	420	413	466	448	435
8	393	385	377	420	412	403	448	437	428
9	660	643	627	693	672	656	726	702	684
10	609	603	597	636	628	621	664	654	646
11	301	196	192	217	210	205	231	223	217

表-16 育林費の多少と選択技術の推移

(昭和46年度分)

造林技術	育林費 (地盤一除伐までの全保育費の合計)							
	30,000	40,000	50,000	60,000	70,000	80,000	90,000	100,000
② 伐前地盤 除草剤	0.17	0.17	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
③ 春植 普通造林	625.0	689.0	714.2	714.2	714.2	714.2	714.2	714.2
⑥ 秋植 除草剤	116.0	141.6	141.6	141.6	141.6	141.6	141.6	20.94
⑩ 倒木起し 除草剤	0.31	1.024	1.834	3.564	3.584	5.815	74.58	
⑪ スギ、ブナ混交 省力造林		2.52					21.91	
⑫ ブナ天然下種 I 類		2.38	1.783	1.783	2.231	3.874	1.30	
⑯ ブナ皆伐 (天下 II 類)	105.74	82.56	53.29	45.19	23.41	6.78		
面積計 ($4a$)	1684.4	1684.4	1684.4	1684.4	1684.4	1684.4	1684.4	1684.4
年収額 (千円)	2,852	3,581	3,912	4,103	4,514	4,538	4,817	4,962

でいう育林費には地挖から除伐までの全保育費が含まれる。

育林費が3千万円以下では約37%しか造林できず、大部分は伐採したまま放置されよう(天2)。投資額がふえるにつれて、倒木起しのような集約造林技術と更新補助作業をともなう下種更新が増加し、天下2類はだんだん姿を消してゆく。最終的には全部にスギが植わり、しかもその45%に倒木起しがはいっている。多分、投資効率は非常に低いであろうが、完全な成林を期するには、こうした集約な施業が要請されるであろう。

いずれにせよ、環境のきびしい地帯ほど、経済的な効率と自然保護との調和がむずかしい。森林生産の市場的な価値と非市場的な無形の価値にどのようなウエイトを置くかによってるべき施業はかわってくる。われわれの研究では前者の定量的な評価基準をもっていふ反面、後者のそれは準備していない。したがって森林の公益性にかんする満足水準が引きあげられると天2のような粗放なやりかたは技術メニューのなかから完全に排除されるか、あるいは選択できるにしても、きびしい制限がつけられることになるかも知れない。

(2) 課型計画モデルによる計画の立案

すでに述べたことだが、われわれは労働制約のおきかたによって2つの場合を区別している。すなわち、モデル3とモデル3がそれである。当面、管林署単位で考えたモデル2にしほって話をすすめよう。モデル作成の方針はつぎのとおり。

- (I) 対象林分は表-8の48である。
- (II) 選択可能な技術はモデル1より若干少ない。原則として春植と秋植の選択が軸になっている。これに加えて、土壤条件のよいところには肥培をいれ、また多雪地帯の地位良好な林分には倒木起しを、同じく多雪地帯の地位不良林分では天下1類と誘導造林を附加した。
- (III) 各々の技術の評価係数は割引純収入ではなく、前出の10当り年収額をとった。
- (IV) 制約要素となるのは、林分面積、年度別時期別の利用可能労働量および年度別造林支出である。
- (V) 労働制約量を推定するさい、現在の常用・定期作業員のみで実行する場合と、これに臨時作業員が加わった場合の2つを想定した。その延べ人員数を担当区別に示したのが表-17である。

(VI) 造林支出の上限は過去3年間の実績を考慮して定めた。このモデルによる最適解を表

表-17 利用可能労働量 (制約量)

労働量状況		常用、定期、臨時作業員状況のとき							常用、定期作業員のみ現状のまま変化しないとき						
所 属	年 度	既往造林 保育労働		利 用 可 能 労 動 量						利 用 可 能 労 動 量					
		下刈 6~8	除伐 10~11	倒木 起 4	植付 5~6中	下刈 6中~8中	地挖 植付 8中~9	地挖 10~11	倒木 起 4	植付 5~6中	下刈 6中~8中	地挖 植付 8中~9	地挖 10~11	定期 常用 作業 員	臨時 労務
生保内 堂田 担当区	46	634	65	408	1,236	1,274	781	1,037	410	610	190	610	750	17人	
	47	460	295	408	1,236	1,448	781	807	410	610	360	610	520		
	48	259	354	408	1,236	1,649	781	748	410	610	560	610	470		
	49	143	427	408	1,236	1,765	781	675	410	610	680	610	390		
	50	70	394	408	1,236	1,838	781	765	410	610	750	610	490		
田沢 担当区	46	663	256	240	504	69	399	290	240	180	0	360	220	10	
	47	377	272	240	504	355	399	270	240	360	100	360	210		
	48	272	414	240	504	460	399	182	240	360	210	360	70		
	49	199	364	240	504	533	399	182	240	360	280	360	120		
	50	92	495	240	504	640	399	51	240	360	390	340	0		
玉川 担当区	46	988	365	168	876	440	421	557	170	0	0	120	0	7	
	47	925	360	168	876	505	421	562	170	0	0	130	0		
	48	528	822	168	876	900	421	100	170	60	0	0	0	0	
	49	277	778	168	876	1,151	421	144	170	250	60	0	0	0	
	50	116	301	168	876	1,312	421	621	170	250	220	240	0		
造林 事業所	46	3,301	1,463	1,152	5,136	4,967	2,651	2,101	1,150	730	0	1,730	820	48	
	47	2,639	2,095	1,152	5,136	5,629	2,651	1,471	1,150	1,390	0	1,730	200		
	48	1,846	2,947	1,152	5,136	6,422	2,651	1,319	1,150	1,730	450	1,730	50		
	49	1,345	2,187	1,152	5,136	6,923	2,651	1,379	1,150	730	950	1,730	110		
	50	688	2,603	1,152	5,136	7,580	2,651	963	1,150	730	1,610	1,730	0		
計		制 約 量 ①						制 約 量 ②						82	16,700

表-18

官林署単位の労務管理と

造林事業計画の最適政策

		常用、定期作業員のみによる造林計画							
		期待される年収額合計 14,790千円							
実行年	選択技術と面積	実行と経費					常用、作業		
		林地計	実行	不実行	労働残	造林費	作業		
46年	③ 9.97ha	1680	1223	457	0	30302			
	⑤ 22.64ha								
47年	③ 6.15ha	1240	1232	0.8	0	32625			
	⑥ 4.97ha								
	⑫ 12.04ha								
48年	① 3.0ha	1300	799	591	1,800	25,165	補植		
	③ 2.81ha								
	⑥ 2.16ha	注: 5~9月労働残量					下刈		
	⑩ 2.24ha								
	⑫ 4.8ha						秋植		
49年	③ 1.2ha	1120	658	462	2,805	22,657	春植		
	⑤ 2.58ha						補植		
	⑩ 3.504ha	注: 5~9月労働残量					下刈		
	⑪ 3.0ha						準地		
	⑫ 0.8ha								
50年	③ 5.0ha	1240	998	242	2,943	27,080	補植		
	⑤ 2.604ha						春植		
	⑩ 4.404ha	注: 5~9月労働残量					下刈		
	⑪ 2.48ha						秋植		

常用、定期労務の有効活用と臨時労務計画									
→ 17,825千円									
定期労務の活用			臨時労務対策			改善の姿			
面積	人員	労働残	作業	面積	人員	技術と面積	造林費		
		0	秋植	457	2,066	③ 9.97ha	41,095千円		
			計		2,066	⑤ 6.83			
						計 1680			
		0	補植	457	210	③ 6.15ha	38,021		
			下刈	457	439	⑤ 12.8			
			秋植	128	579	⑥ 4.97			
			計	1,228	1,240				
12.8ha	59人	0	秋植	346	1,533	① 2.04ha	40,218		
5.85	415		準地	500	1,340	③ 2.81			
29.3	1,326		計		2,873	⑤ 6.39			
						⑥ 2.16			
						⑩ 2.24			
						計 1390			
500	920	0	準地	220	590	③ 5.12	38,486		
639	295		計		590	⑤ 2.58			
1724	1,469					⑩ 3.50			
45	121					計 1120			
500	230	0	秋植	85	384	③ 9.15ha	39,342		
265	400		計		384	⑤ 4.85			
1944	1,475					⑩ 4.40			
140	898					計 1240			

—18にまとめておいた。表の左半分は常用・定期作業員のみで実行したときの最適計画である。普通造林の春植③と秋植⑤⑥が圧倒的に多いが、特殊造林⑩の面積も48～50年度で100haに達している。現在の作業員が確保されている限り、倒木起しもあわがち実行不能な施業ではない。46・47年の両年度は全部の労働割約量を使い切り、48～50年度の5～9月期には労働力に残量が生じている。しかし反面、造林されない林分や天然更新に頼る林分が相当に残っていることも無視できない。つまり5～9月期以外のどこかに労働力のボトルネックが存在しているのである。

そこで、ネックになっている時期に臨時の労働力を導入するとしよう。表—19の右半分がその解答である。常用・定期作業員の就労は完全に確保され、造林予定地の全部が植えられている。誘導造林⑪と天下1類⑫は普通造林にかえられよう。そのために要する臨時の雇用量は、46年2066人、47年1228人、48年2873人、49年590人、50年384人となる。もしこの量が確保できなければ、再度計画を調整しなければならない。

上記のモデル2は、官林署管内における作業員の自由な移動を前提としていた。が実際は作業員の就労場所は地域別に固定されており、モデル3のほうが現状に近い。しかし、モデル3を解いてみると、地域による労働力需給にはなはだしいアンバランスが生じている。すなわち大量の遊休労働力が生じているところもあれば、労力不足で予定面積のごく一部しか造林できない地区もある。この損失は非常に大きい。労働力の地域的な配置および、地域間の移動にかんして、なんらかの対策を講ずるべきであろう。