

受入ID=1519990825D00079



昭和 4 6 年度

国有林野事業特別会計 林業試験成績報告書

(完了分)

昭和 4 7 年 6 月



02000-00043094-0

林 業 試 験 場

目 次

1. 電子計算機による土木事業の設計数値化計算手法
（林道事業への電子計算機導入手法） 1
2. 造林事業における技術選択と投資配分の最適化 51
3. 薬剤の微量散布による病虫害防除 125

電子計算機による土木事業の 設計数量化計算手法

(林道事業への電子計算機導入手法)

I. 試験項目

電子計算機による土木事業の設計数値化計算手法（林道事業への電子計算機導入手法）

II. 試験担当者

機械化部林道研究室 小林洋司, 福田光正

III. 試験目的

最近、一般土木において電算機利用を前提とした最適設計、自動設計、自動製図の開発研究が注目されてきている。一方、林業土木の林道関係においても調査、設計、施工、管理と一連の業務にわたり、そのとりまとめに多くの日数と経費を必要とし、それをいわゆる経験的土木技術をもとに多くの情報を処理しなければならない。しかし今後における林道事業の増大と熟練技術者の不足を考えると、電算機利用を前提とし、科学的合理性を基礎にした最適設計、自動設計、自動製図の開発研究が必要と思われる。この研究は林道の測量から設計までをシステム化し、これらに電算機を導入し、自動設計から自動製図までを総合的に行なうことを目的としており、具体的には電算プログラムの開発にある。

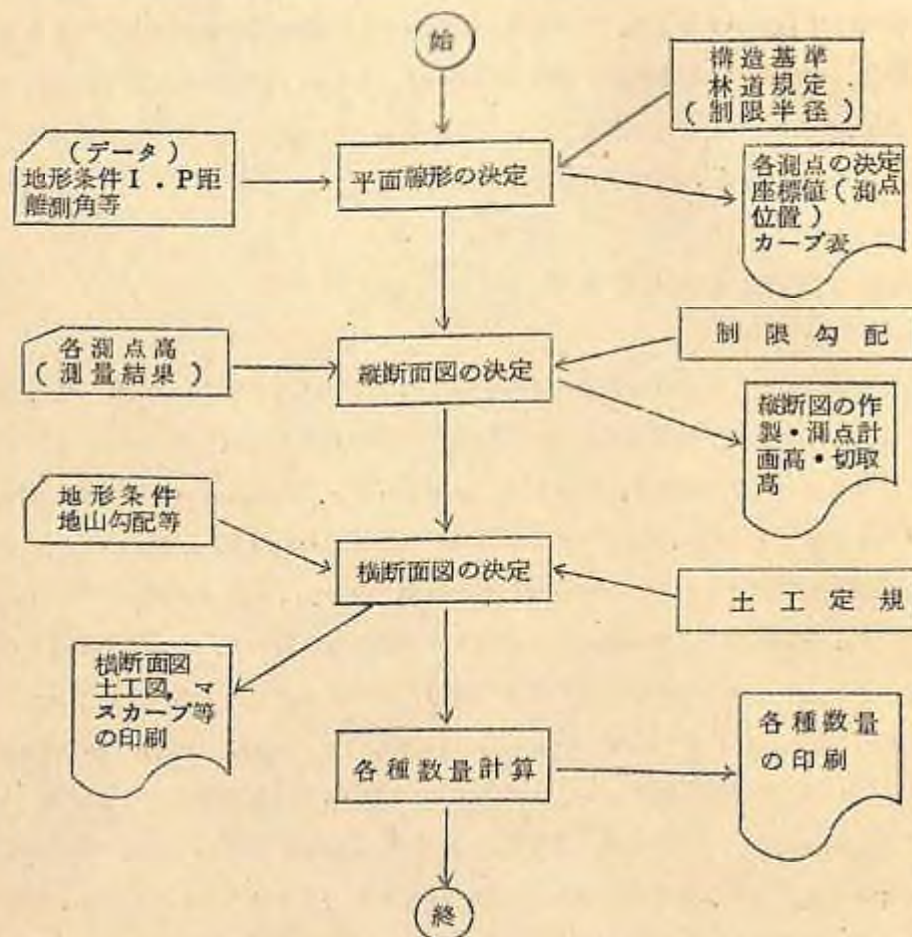
IV. 試験の経過と得られた成果

1. 試験の概要

電算機を用いての設計の自動化に関する手法の開発は、すでに一般道路の路線の計画及びその設計において空中写真を合わせ利用した研究が内外で進められている。そのおもなものは海外においてはアメリカ、フランス、スウェーデン、スイスにおいて進められ、とくにアメリカのMITのDr. Millerは数値地形モデル（Digital Terrain Model）を提唱し実用化をはかっている。これはIBM、マサチューセッツ州公共事業局、公共道路局、フォード財団などの援助を受け総額300万ドルを費やし、1967年末からIBMのプログラムライブラリーとして公表され実用に供された。すなわち、ICES ROADS（Integrated Civil Engineering System, Road Design System）として完成されている。もちろんこれは高速道路を対象にしたもので、一般道路とくに山岳地においては不適で、目下道路公団で修正検討中と聞いている。我国における研究は主として、東大生産技術研究所の丸安、中村を中心として行われた。これについて概説すれば空中写真より数値地形モデルを作成し、これを中心に概略設計を行なっている。この手

法は平面線形については座標値の算出、調整計算（クロソイド曲線等）、縦断勾配についてはその選定をダイナミックプログラミングにより試みているが、いずれも林道に対しては手法そのものが構造の著しい相違、山岳地などの影響により充分に使えず、とくに実施設計に対しては適用不可能である。ただ、路線計画のさいの空中写真を利用した手法は林道の場合も一部応用が可能と思われる。本研究は主として実施設計に当っての林道設計の技術向上、省力化、精度向上を目標に行なったもので、概略設計を終え実施測量時点より後の設計を電算機で行なわせようということである。林業土木に電算機を使用する試みは多少みられるがその多くは計算機としてのみの使い方である。本研究による電算機を用いた林道設計の全体の流れ図を示せば図-1のようになり、各作業は一つのサブシステムとしておのおの関連し、全体として一つのシステムを構成している。本方式による設計の考え方について概略を述べ

図-1 電算機による林道設計の流れ図



れば次のとおりである。

1-1 平面の設計

従来行なわれた線形の測点の取り方は、まず IP 点で角度をはかりカーブ表を開いて、その地点のカーブを地形や他の IP との関連を考えて決め、延長を計算して測点を決定するが、本方式による測点のとり方ではまず IP 点を中心として起点よりの追加距離として点を設置していきこれを測点と考え、この測点について縦横断測量をし、これをデータとして電算機内でカーブの計算、測点の修正、場合によっては路線の修正等を行なう。現場における測量の手間を簡単にしようというねらいで、ここでの平面測量としては IP 間距離と交角法による角度のみを測量すればたり、他の方位角、内角、外角については電算機により求め、さらに IP 点でのその地点における隣接の IP と地形に合った曲率半径をも決定し、測点、BC、MC、EC 点あるいは測点の修正点の位置はもちろん、現地設定データについても電算機によって計算し、図化もこの座標値をもとに行なり。この平面の時点で決まったデータをもとに後述の計算が自動的に行なわれる。

1-2 縦断面の設計

縦断面における計画線を決定することが、本研究の主テーマであり、これが林道設計の土工に関する経済性あるいは技術的問題、走行性の点のすべての問題に対して大きな要因となるように考えられる。とくに林道は一般道路に比して制限内の範囲が広いためコストに大きな影響を与えるため、技術的にも施工維持に及ぼす影響が大きいと思われる。走行性については一般道路ではとくに問題が多く平面との関連等も検討されているが、林道の現状は設計速度も 20km/時前後で問題が少なく、林道設計ではむしろ工費の点で影響が大きい。そこで本システムの目的としては、施工法と技術的問題を加味して土工量を最小にすること、あるいは切取、盛土を流用区間でバランスを取ること等の経済的なメリットを最大にすることとした。

1-3 横断面の設計

横断面とくに土工横断面は路面保持に対して最も影響を及ぼすが、さらに設計の上でもすべてに関連をもち平面、縦断面といえども横断面の形状を無視しては行いえない。とくに切取高、盛土高と地形とのむすびつきの面で構造物の造成あるいは工費の増大、路面保持、安全性等に影響する。そこでこの関係について考究し、このような関連性のうえで構造上最適とする土工横断面が考えられるのではないかという点で検討し、標準化を試みた。問題は単独の土工横断面についてはこういった考え方の最適解が存するが、これのみで土

工基面を決定することはできず隣接あるいはある区間の横断面のすべてが相互にそれぞれ影響し合っているためこの問題は縦断、場合によっては平面にまで影響を及ぼすのである。この点についてはフィードバックにより解決を試みた。

2. 試験の経過

2-1 昭和44年度

当試験項目の初年度に当り林道事業に電算機を導入するため現在行なわれている業務について検討を行ない、電算機のもつ演算の高速性、情報の高処理能力、正確性、自動性といった特性を活かし、導入の可能性を調べた。また一般土木、その他の分野ですでに開発された種々のプログラムについての資料収集を行なった。構造物に対する土圧についてクーロンの土圧係数を林道に利用しやすい形で数表化し、さらに擁壁の設計及び転倒計算などの技術計算のプログラム化した。林道設計については土積数量計算のプログラム化を行ない、東京営林局水窪営林署内戸中山林道の設計数量計算を行なった。

2-2 昭和45年度

林道設計の自動化に手がけ、まず土工横断面についてその定式化をはかり、さらに土工基面の盛土、切土の判定、擁壁の有無などを自動的に判定させ、一つの土工設計を行わせるプログラムを作成した。縦断面については計画勾配決定方法を検討し、最小自乗法による三次曲線あるいは一次曲線の選択法から経済的合理的計画勾配決定の方法に関するプログラム開発を行なった。平面については曲線半径の自動的決定、曲線設置データ作製のプログラムを開発した。

2-3 昭和46年度

測量データからなる林道の実施設計について、平面図における路線線形、縦断面図における計画高、横断面図における土工設計、土工数量計算及びマスカーブ作製までの一連の作業を自動的に行なう総合プログラムを作成し、さらに平面図、縦断面図、横断面図、マスカーブについて、ラインプリンタによる図面作製用プログラムをも開発した。また平面の曲率半径の決定、縦断面の計画勾配についての決定方法の精度を上げ現地に合りように検討し、プログラムの修正を行なった。長崎県千々瀬林道、名古屋営林局第二樺谷林道、北海道白音林道についての測量結果をデータとしてこのプログラムについて計算した。

3. 試験の成果

昭和44年度、45年度については農林研究計算センタを通して日科技研の電子計算機OSBAC-8400モデル41を、昭和46年は統計調査部機械集計室の共同利用電算機

HITAC-8500を使用した。なおプログラム言語は現在もっとも普及し、技術計算に向いているFORTRANを使用した。林道設計のプログラム開発についてその成果を記すが、プログラムリストについては省略する。

3-1 基本的考え方及び理論式

林道設計の自動化プログラムに関する概略の考え方は前にもふれたが具体的な数式のおもな点を次に述べる。

3-1-1 平面線形の決定

データとして、IPの測角、距離、測点により、曲線設定、測点位置を決定する。各IP点の交角法による角度(AN_i)、方位角(AHO_i)、外角(AGA_i)、内角(ANA_i)とすればそれぞれの値は図-2より解るように次式によって求められる。

$$AHO_i = AN_i + AHO_{i-1} - 180.0 \quad (1)$$

$$AGA_i = |180.0 - AN_i| \quad (2)$$

AN_i ≥ 180.0 のとき

$$ANA_i = 360.0 - AN_i \quad (3)$$

AN_i < 180.0 のとき

$$ANA_i = AN_i \quad (4)$$

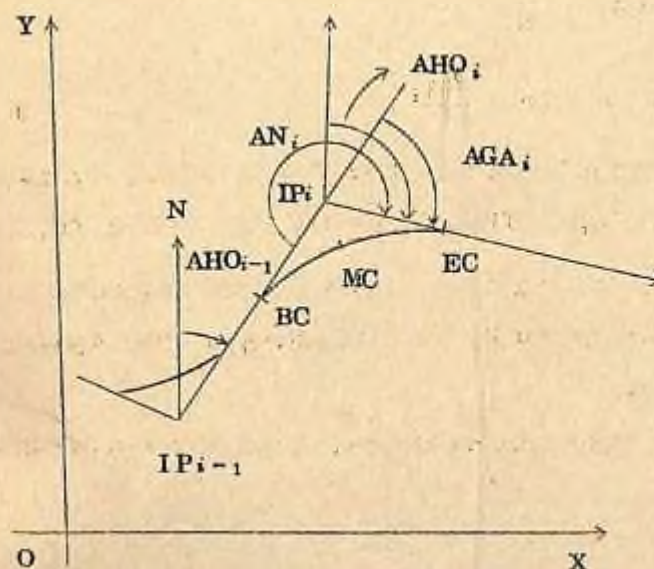


図-2 平面線形の因子

Rの決定は二通りの方法によった。すなわちデータとして推定のSL (External length) を与えて決める方法と内角に対する半径Rを標準化してこれによって求める方法である。

推定のSLによりRを設定する場合は (5)式によって求まり、このRはさらに10 m

$$R = \frac{SL \times \cos \frac{1}{2} AGA}{1.0 - \cos \frac{1}{2} AGA} \quad (5)$$

の単位に括約される。

次に内角に対する曲線半径を標準化する。これは実際の設計例についてもかなり相関関係があるので(6)式のような高次多項式により曲率半径を関数化し、決定したRについては前例と同様に10 m単位に決めた。

$$R = 150 + (x-800) \{ 0.2 + (x-1050) \{ 0.4 \times 10^{-2} + (x-1300) \{ 0.4 \times 10^{-4} + (x-1450) \{ 0.123 \times 10^{-5} + (x-1550) \{ 0.4 \times 10^{-7} + (x-1620) \{ 0.1404 \times 10^{-7} + (x-1660) \{ 0.3706 \times 10^{-8} + (x-168) \times 0.5412 \times 10^{-9} \} \} \} \} \} \} \quad (6)$$

Rが決定されればCL, TL, SLの値は次式により計算される。

$$CL_i = \pi \times R_i \times AGA_i / 1800 \quad (7)$$

$$SL_i = R_i / \cos \frac{AGA_i}{2} - R_i \quad (8)$$

$$TL_i = (R_i + SL_i) \times \sin \frac{AGA_i}{2} \quad (9)$$

これらはさらに次のような因子によってチェックされなければならない。それは隣接の曲線が重ならないことで、 TL_i と TL_{i-1} との和は D_i よりかつ TL_i と TL_{i+1} との和は D_{i+1} より小さくなければならない。さらに制限半径のチェックについても同様であり、こうした一連の作業をプログラムで自動的に行い各IPに関する曲線表が完成される (図-3参照)。

作図のため各測点について座標値を求める必要があり、これは基準の測点の座標値を与えて次式により求める。

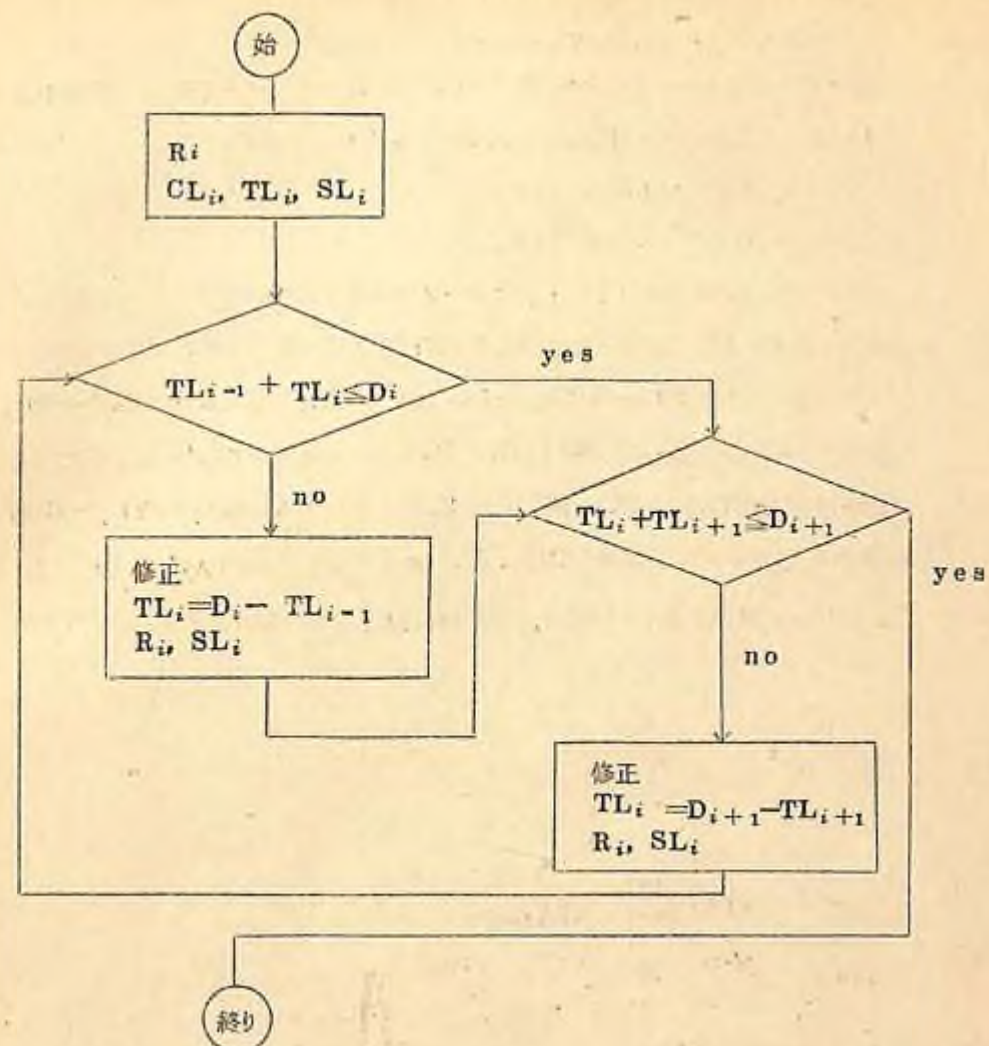


図-3 曲線半径の修正

注) TL_{i+1} については最小半径に対するTLである。

IP_i点の座標値 (X_{IP_i}, Y_{IP_i}) は

$$\begin{cases} X_{IP_i} = D_i \times \sin AHO_{i-1} + X_{IP_{i-1}} \\ Y_{IP_i} = D_i \times \cos AHO_{i-1} + Y_{IP_{i-1}} \end{cases} \quad (10)$$

BC_i, EC_i点について同様に

$$\begin{cases} X_{BC_i} = (D_i - TL_i) \sin AHO_{i-1} + X_{IP_{i-1}} \\ Y_{BC_i} = (D_i - TL_i) \cos AHO_{i-1} + Y_{IP_{i-1}} \end{cases} \quad (11)$$

$$\begin{cases} X_{EC_i} = TL_i \sin AHO_i + X_{IP_i} \\ Y_{EC_i} = TL_i \cos AHO_i + Y_{IP_i} \end{cases} \quad (12)$$

EC_i の座標値については $AN_i \geq 180.0$ のとき $Z_i = 180.0 - AN_i / 2.0 + AHO_i$, $AN_i < 180.0$ のとき $Z_i = AHO_i - AN_i / 2.0$ として

$$X_{MC_i} = SL_i \times \cos Z_i + X_{IP_i}$$

$$Y_{MC_i} = SL_i \times \sin Z_i + Y_{IP_i}$$

図-4のように測点 (STA_j) はカーブ上にとられていない。これを $STA_{j'}$ に移設しさらに起点からの距離としての測点 (STA_j) を修正しなければならない。図-4のように移設すれば STA_j が $BC_i \leq STA_j \leq EC_i + TL_i$ のとき $XX = STA_j - BC_i$, $XB = R_i / XX$, $\beta = \text{ATAN}(XB)$, $L_i = R_i \times \beta$ とすれば $STA_{j'} = BC_i + L_i$ となり STA_j が $BC_i + TL_i < STA_j \leq BC_i + 2TL_i$ のときは $XX = BC_i + 2TL_i - STA_j$, $XB = R_i / XX$, $\beta = \text{ATAN}(XB)$, $L_i = R_i \times \beta$ となり $STA_{j'} = BC_i + L_i$ となる。 STA_j が BC_i より小さいとき、あるいは EC_i より大きいとき修正は必要ない。

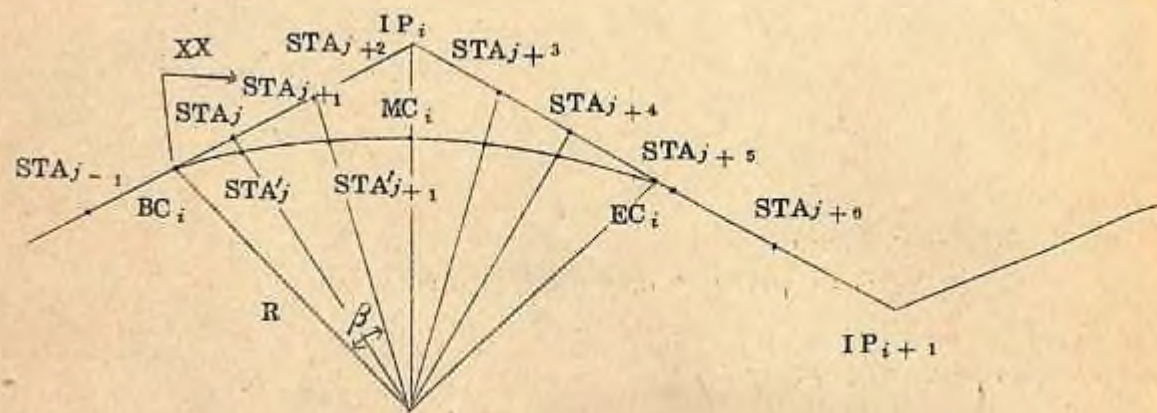


図-4 測点の修正

EC_i , MC_i , BC_i について測点として起点からの距離として表現すれば次のようになる。

$$\begin{cases} BC_i = EC_{i-1} + D_i + (TL_i + TL_{i-1}) \\ EC_i = BC_i + CL_i \\ MC_i = BC_i + CL_i / 2.0 \end{cases} \quad (14)$$

各測点の座標値を求めると、 STA_j が EC_{i-1} より大きく BC_i より小さいとき、

$$T = STA_j - EC_{i-1} + TL_{i-1} \text{ とすれば}$$

$$\begin{cases} X_{STA_j} = T \times \sin AHO_{i-1} + X_{IP_{i-1}} \\ Y_{STA_j} = T \times \cos AHO_{i-1} + Y_{IP_{i-1}} \end{cases} \quad (15)$$

となり STA_j が EC_i と BC_i の間にあるときは $B = (STA_j - BC_i) / 2R_i$,

$$RL = 2.0 \times R_i \sin B, \quad AN_i \geq 180 \text{ のとき } A = AHO_{i-1} + B, \quad AN_i < 180 \text{ のとき}$$

$$A = AHO_{i-1} - B \text{ とすれば}$$

$$\begin{cases} X_{STA_j} = RL \sin A + X_{BC_i} \\ Y_{STA_j} = RL \cos A + Y_{BC_i} \end{cases} \quad (16)$$

となる。 STA_j が EC_{i-1} より小さいときあるいは EC_i より大きいときは次の段階で求められる。

8-1-2 縦断面の決定

地盤高と測点間距離をデータとして、これをもとに前述の目的に合う計画勾配を決定する方法で、具体的には最小自乗法によって一次直線と三次曲線に回帰させ検討した。

三次曲線にあてはめる場合は回帰曲線を(17)式とし、起点からの測点までの距離を $x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n$, そのときの地盤高

$$\hat{y} = A + Bx + Cx^2 + Dx^3 \quad (17)$$

を $Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_i, \dots, Z_n$ とするとこのときの(17)式を求めるにはこれより(18)式を作り、

$$\begin{cases} A + Bx_1 + Cx_1^2 + Dx_1^3 = Z_1 \\ A + Bx_2 + Cx_2^2 + Dx_2^3 = Z_2 \\ \vdots \\ A + Bx_n + Cx_n^2 + Dx_n^3 = Z_n \end{cases} \quad (18)$$

さらに正規方程式(19)式を求めこれより係数

$$\begin{cases} nA + \sum xB + \sum x^2 C + \sum x^3 D = \sum z \\ \sum xA + \sum x^2 B + \sum x^3 C + \sum x^4 D = \sum xz \\ \sum x^2 A + \sum x^3 B + \sum x^4 C + \sum x^5 D = \sum x^2 z \\ \sum x^3 A + \sum x^4 B + \sum x^5 C + \sum x^6 D = \sum x^3 z \end{cases} \quad (19)$$

A, B, C, Dを求める。計画高は起点からの距離 x_i を(17)式に代入してそのときの y_i の値を求めればよい。図-5のようにこれと地盤高 Z_i との差 ε_i が求める切取高あるいは盛土

$$y_i - Z_i = \varepsilon_i \quad (20)$$

高で、この計画線は適用範囲において切、盛高の自乗和が最小のものである。

一次回帰による場合は前例と同様に各測点 x_i と Z_i について計画高を求めるが、初期計画高を b_0 、計画勾配を a とすれば求める計画線は(21)式のように表わせる。

$$y = ax + b_0 \quad (21)$$

これを最小自乗法により

$G = \sum (y_i - Z_i)^2 = \sum \varepsilon_i^2$ を最小にする a を求める。すなわち G を微分すると a は(22)式のように求められる。

$$a = (\sum x_i y_i - b_0 \sum x_i) / \sum x_i^2 \quad (22)$$

この場合全区間単一の勾配であることは土量の流用、地形の起伏などから考えられず、同一勾配の取り得る区間について決定しなければならない。そこで同一勾配の区間としてはブルドーザの流用距離、車両の走行を考えて地形に合った区間を電算機によって選択させ決定することを試みた。図-6のごとく、区間を $x_0 \sim x_n$ とし、(22)式より求めた勾配を A_1, A_2, A_3 とし各区間の推定分散 S^2 を(23)式より求め、その値が最小の区間を選び、このときの勾配がもっとも切盛が小さく地形に合った区間と決めた。

$$S^2 = \sum \varepsilon_i^2 / (M - N) = \sum (y_i - ax_i - b_0)^2 / (M - 2) \quad (23)$$

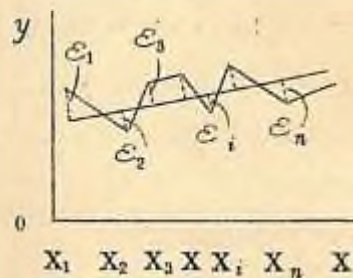


図-5 計画線決定の原理

3-1-3 土工横断面図及び

土工数量計算

土工横断面図を模式的に表わす Y と図-7 に示す通りで、各点を断面面積及び設計計算のため XY 座標値として表わした。各点のとり方は道路施工路面の中心に原点(0)

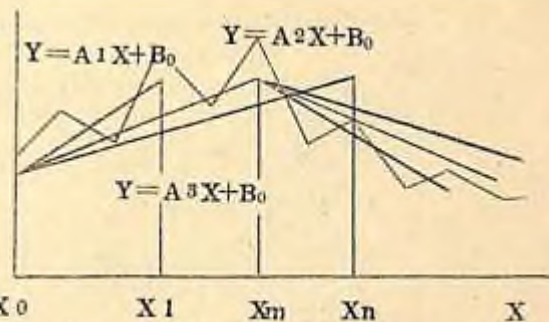


図-6 区間と勾配の決定方法

を置き右に右道路幅員をとった路肩(B), 同様にして路肩(C),

法頭, 法尻をA, Dとすれば地盤線をAD, 法をAB, CDと表わせる。また左側法勾配(ρ_1), 右側法勾配(ρ_2), 左道路幅員(l_1), 右道路幅員(l_2), 拡幅($p \cdot l$)とすれば、上述の各、法勾配、地盤線、路面は(24), (25), (26), (27)式のごとく表わせる。なおこれら変数の値はそれぞれ正の値、負の値によって表-1のようになる。

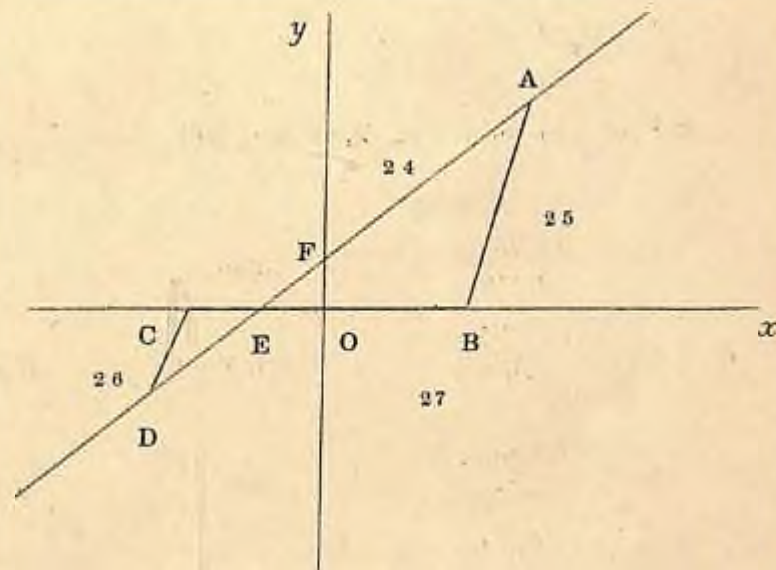


図-7 土工横断面図

表-1 土工横断面における変数の表現法

	正 (+)	負 (-)
a (地盤勾配)	右上り	右下り
v (切取盛土高)	切取高	盛土高
ρ_1 (左法)	盛土法	切取法
ρ_2 (右法)	切取法	盛土法
l_1 (中心線より左路巾)		負
l_2 (中心線より右路巾)	正	
pl (拡幅)	右側拡幅	左側拡幅

$$-ax + y = v \quad (24)$$

$$\rho_1 x - y = \rho_1 l_1 \quad (25)$$

$$\rho_2 x - y = \rho_2 l_2 \quad (26)$$

$$y = 0 \quad (27)$$

図-7の各点A, B, C, D, E, Fの座標値は上述の式から求めると図のように求まる。

$$A \begin{cases} Ax = \frac{v + \rho_1 l_1}{\rho_1 - a} \\ Ay = \frac{\rho_1 v + a \rho_1 l_1}{\rho_1 - a} \end{cases} \quad B \begin{cases} Bx = l_1 \\ By = 0 \end{cases} \quad C \begin{cases} Cx = l_2 \\ Cy = 0 \end{cases} \quad (28)$$

$$D \begin{cases} Dx = \frac{v + \rho_2 l_2}{\rho_2 - a} \\ Dy = \frac{v \rho_2 + a \rho_2 l_2}{\rho_2 - a} \end{cases} \quad E \begin{cases} Ex = \frac{v}{a} \\ Ey = 0 \end{cases} \quad F \begin{cases} Fx = a \cdot 0 \\ Fy = v \end{cases}$$

次に、以上の座標値をもとに土工横断面図の設計、断面積の計算を行なう。

自動的に土工横断面図を決め、断面積、法長を計算するためには与えられたデータによってタイプ分けして考える必要があり、これらを図-8のとおり4つの型に分類した。型の適用は、データにより図式からEx, Bx, Cxを求め、図-9のようにEx, Bx,

図-8 土工横断面図の標準の型

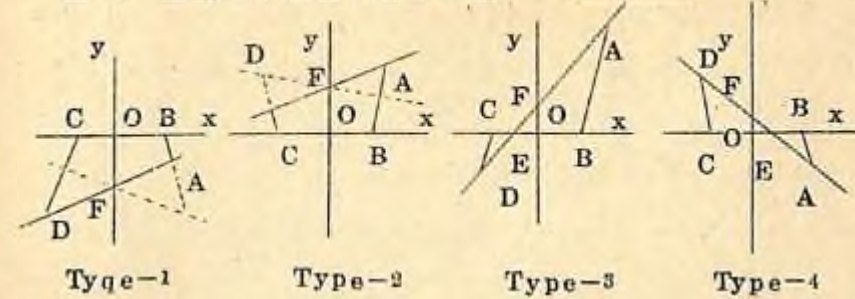
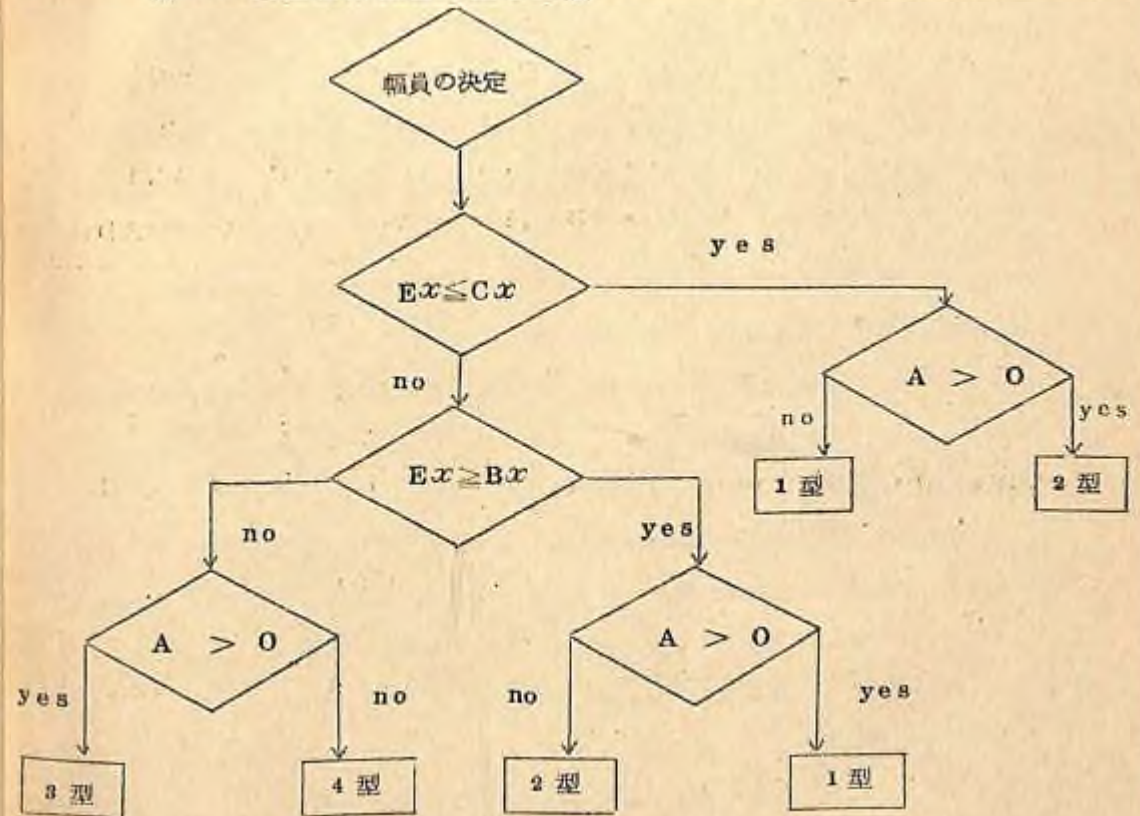


図-9 土工横断面図の型の分類



Cxを比較してExがBxより大きく地山勾配が正の場合には1の型、Aが負の場合は3の型、ExがCxより小さくAが正の場合は2の型、Aの負の場合は1の型、ExがBxとCxの間にあり、Aの値が正の場合は3の型、負の場合は4の型となる(図-9)。側溝の有無、横断土工の型が決まればそれに応じてあらかじめ与えられた構造基準(土工定規)によって、切取法、盛土法、側溝の有無、道路幅員が決まる。各タイプ別の側

溝数 (SOK), 左側法勾配 (ROUL), 右側法勾配 (ROUR), 左側路肩座標 (SL), 右側路肩座標 (SR) は土工定規よりの盛土勾配 (GB), 切取勾配 (GC), 側溝上巾 (SDD), 左側道路幅員 (AL1), 右側道路幅員 (AL2) から表-2 のように決まる。

表-2 土工横断面の型による各因子の値

タイプ (N)	1	2	3	4
側溝 (SOK)	0.0	2.0	1.0	1.0
左側法勾配 (ROUL)	+GB	-GC	+GB	-GC
右側法勾配 (ROUR)	-GB	+GC	+GC	-GB
左路肩座標 (SL)	AL1+SDD	AL2	AL2+SDD	AL1
右路肩座標 (SR)	AL2-SDD	AL2	AL2	AL2-SDD

以上決定された因子について適切であるかどうかの検討を行なう。たとえば法勾配が地山勾配より緩な場合は法が止まらないので法止工等を行うことになる。

このように各因子が最終的に決められタイプ分けされると、図-7の各点の真の座標値 $A(A_x, A_y)$, $B(B_x, B_y)$, $C(C_x, C_y)$, $D(D_x, D_y)$, $E(E_x, E_y)$, $F(F_x, F_y)$ が求まる。

図-8において四辺形ABCDの面積 (SS), 三角形CDEの面積 (SA), 三角形ABEの面積 (SB) はそれぞれ (29), (30), (31) 式によって求まる。

$$SS = \left\{ |(A_y + D_y) \times (A_x - D_x)| - |(A_x - B_x) \times (A_y - B_y)| - |(C_x - D_x) \times (D_y - C_y)| \right\} / 2.0 \quad (29)$$

$$SA = |(B_x - E_x) \times A_y| / 2.0 \quad (30)$$

$$SB = |(E_x - C_x) \times D_y| / 2.0 \quad (31)$$

又法長AB, CDは

$$AB = (A_x - B_x)^2 + A_y^2 \quad (32)$$

$$CD = (C_x - D_x)^2 + D_y^2 \quad (33)$$

これらの値に関する切取, 盛土の区分は図-8の土工の型によって表-3に示す。

さらにこの決定された数量をもとにそれぞれの設計示方書に合った積算方法を用いて土工数量計算からマスカープの計算までを行なう。なお, このプログラムは東京営林局

表-3 タイプ別による切取, 盛土区分

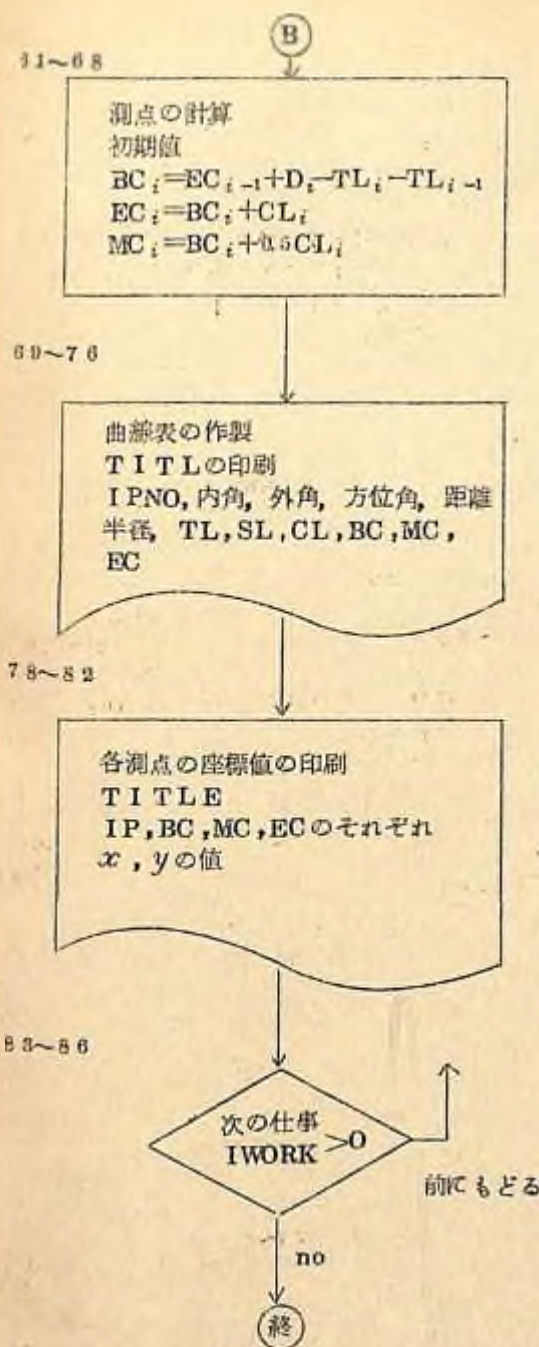
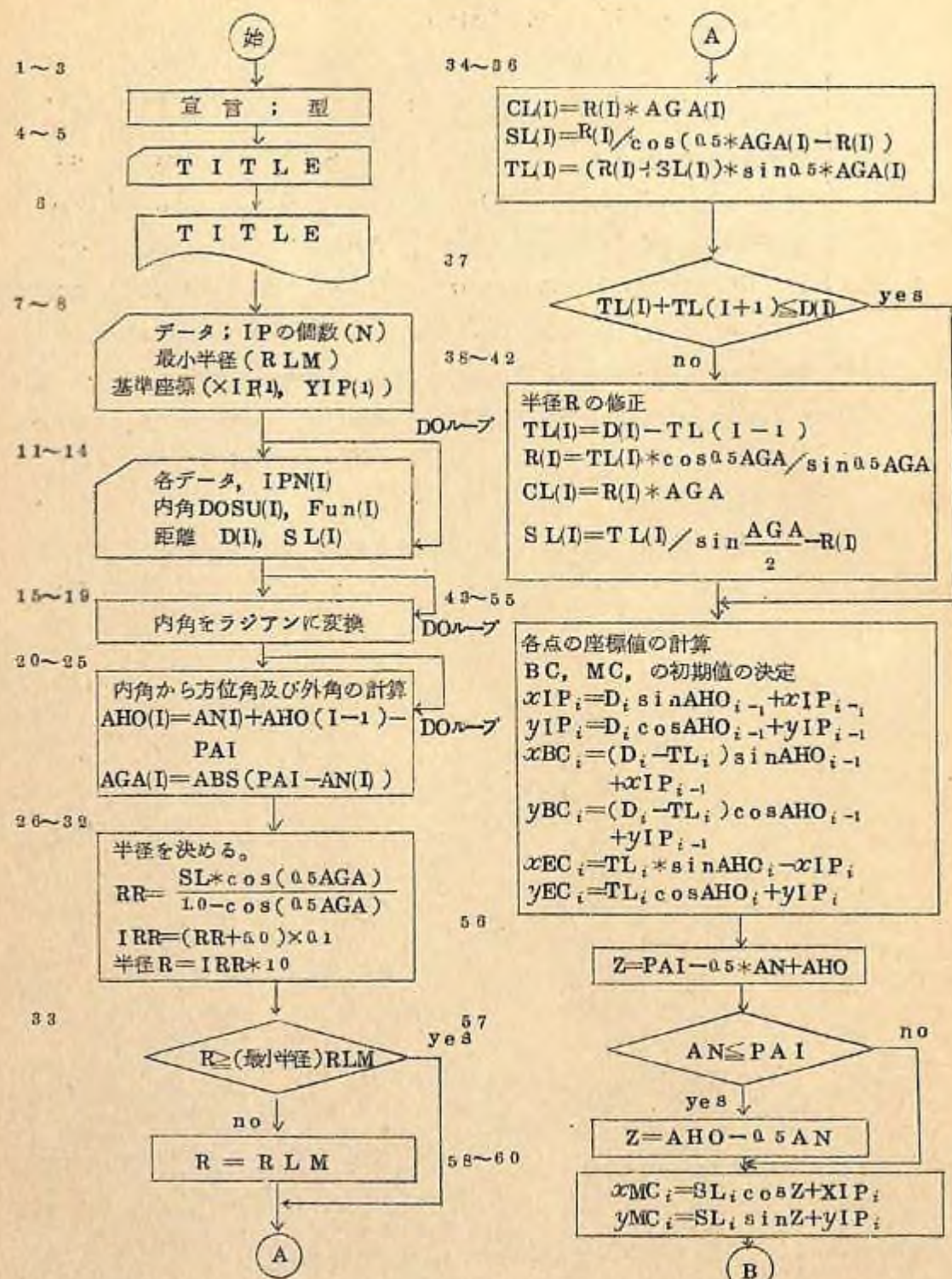
タイプ (N)	1	2	3	4
切取断面積 (CA)	0.0	SS	SA	SB
盛土断面積 (BA)	SS	0.0	SB	SA
切取法長 (CL)	0.0	AB+CD	AB	CD
盛土法長 (BL)	AB+CD	0.0	CD	AB

の方式によった。また, 上述の横断面における各点は座標値として表現したので, この値を図点に表わし, それを相互に線で結ぶことによって作図が可能である。従って, XYプロッタを用いれば, 自動図化は可能であるが本例についてはラインプリンタによって図化を試みた。

3-2 プログラムの流れ図

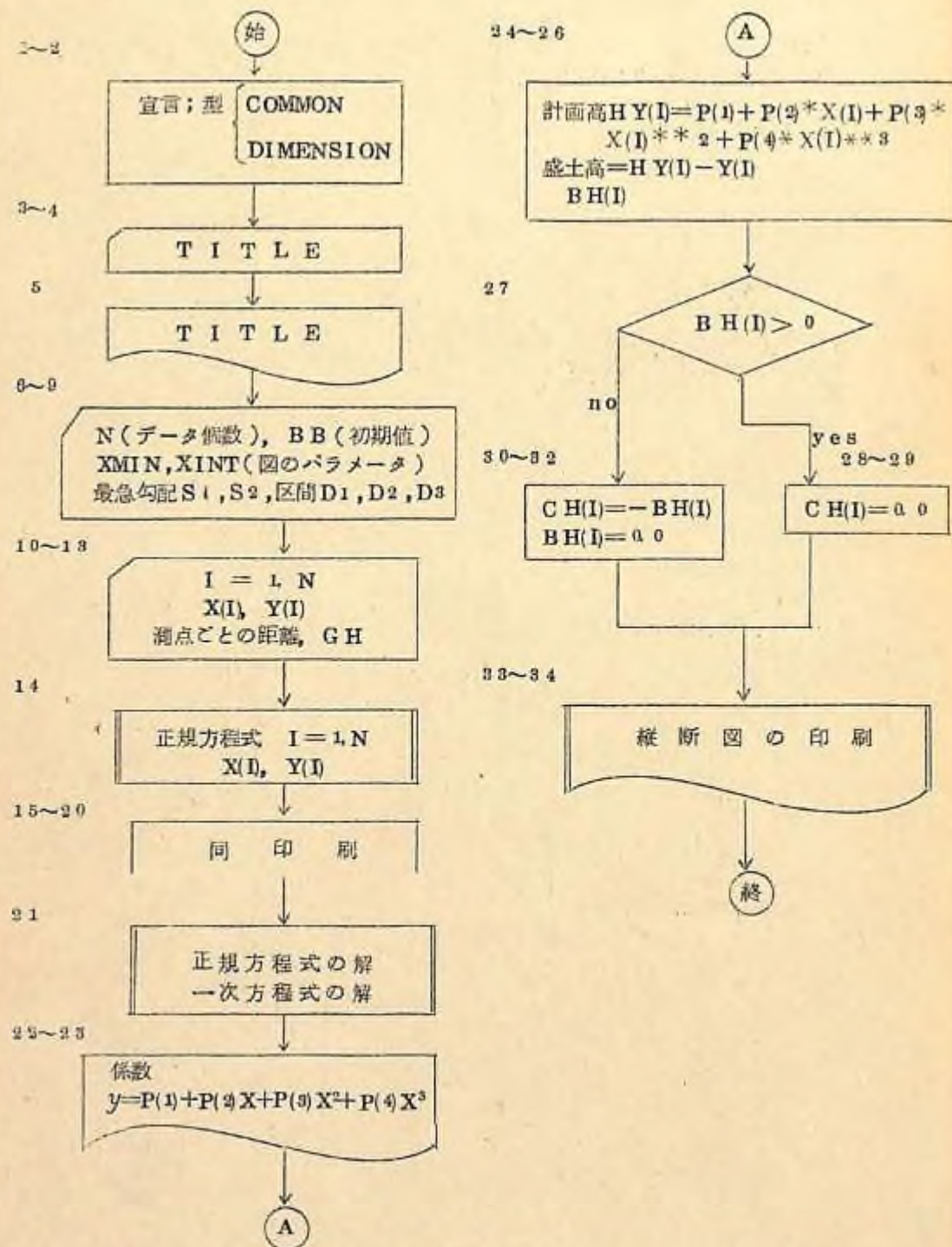
以上についてそれぞれの関係を流れ図に示せば次の通りになる。肩の数字はプログラムリストの行数である。

3-2-1 平面線形の決定

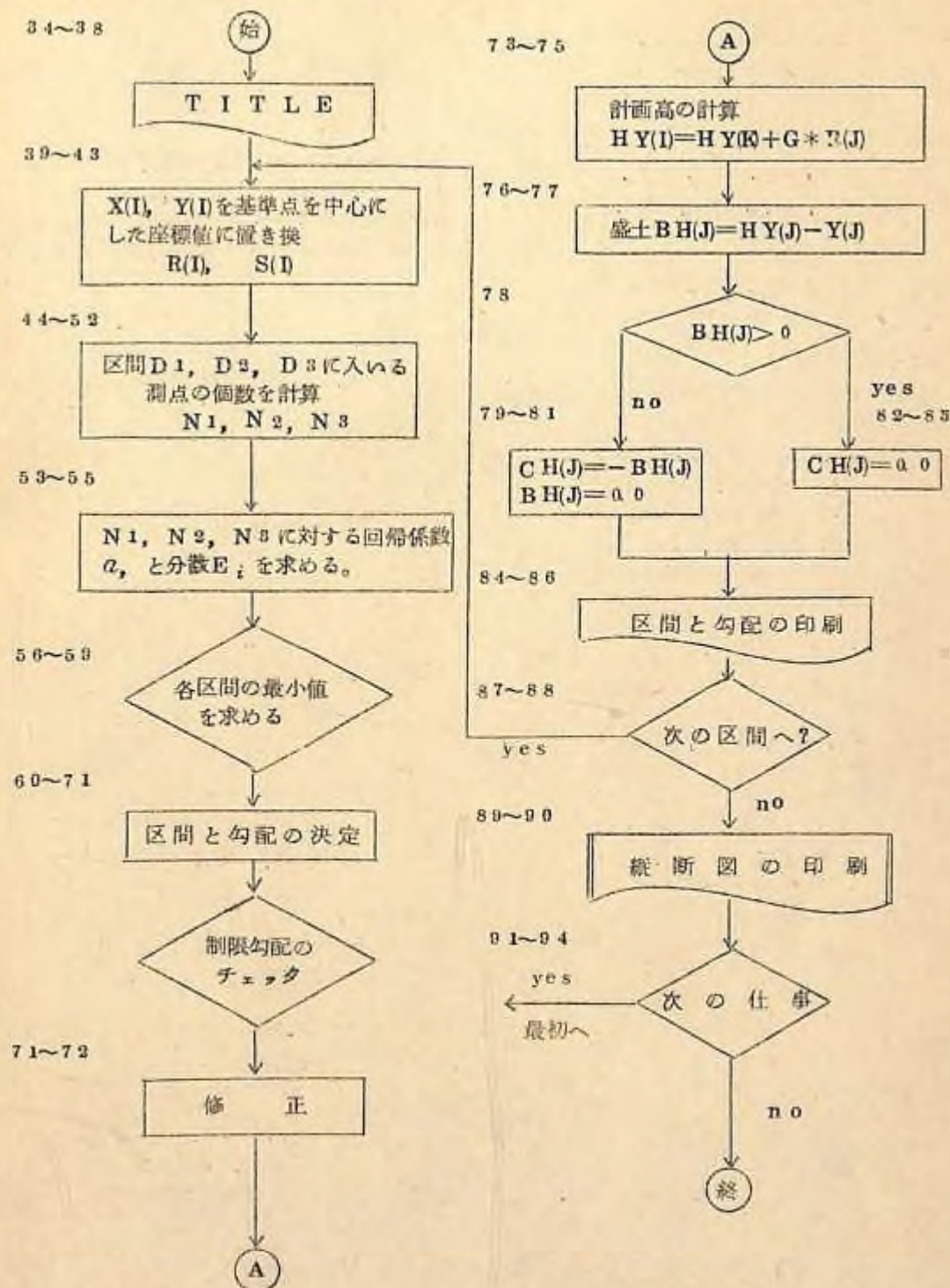


8-2-2 縦断面の決定

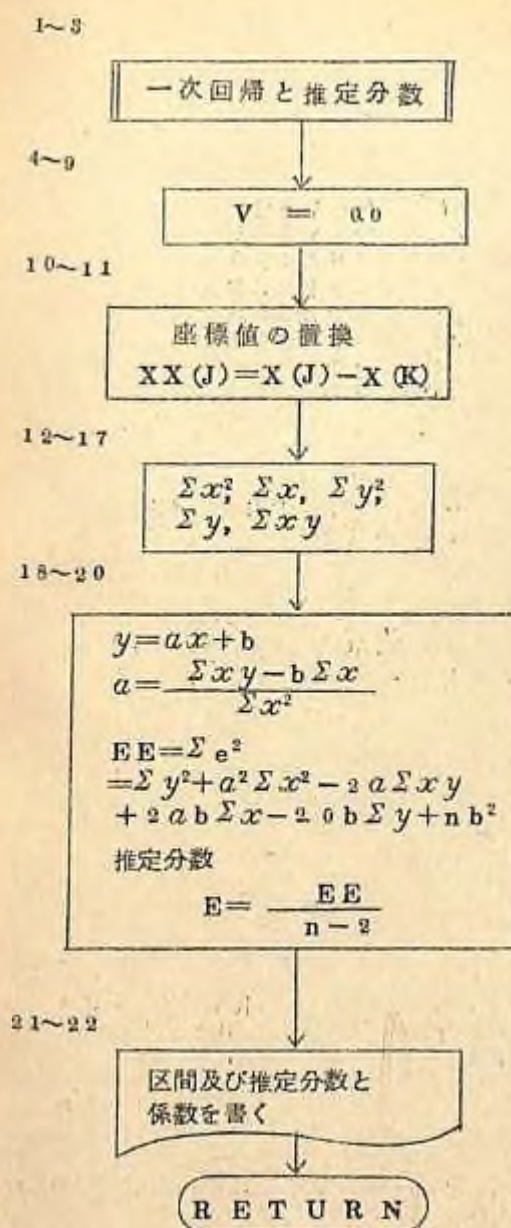
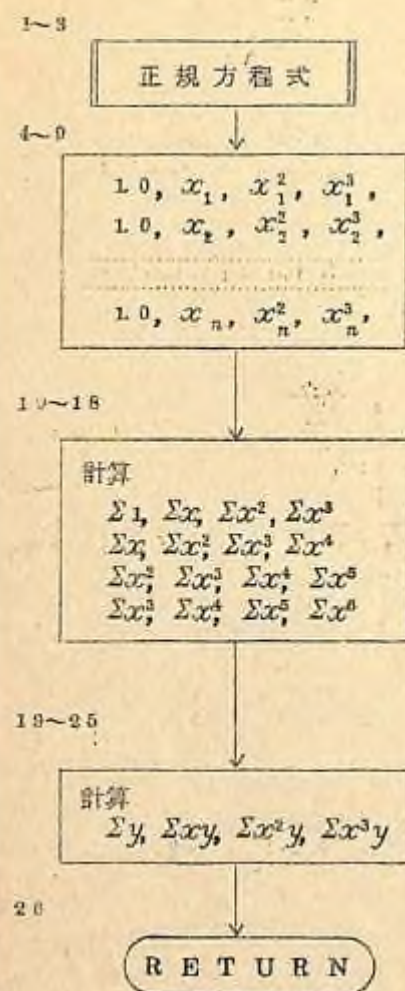
[三次曲線回帰による場合]

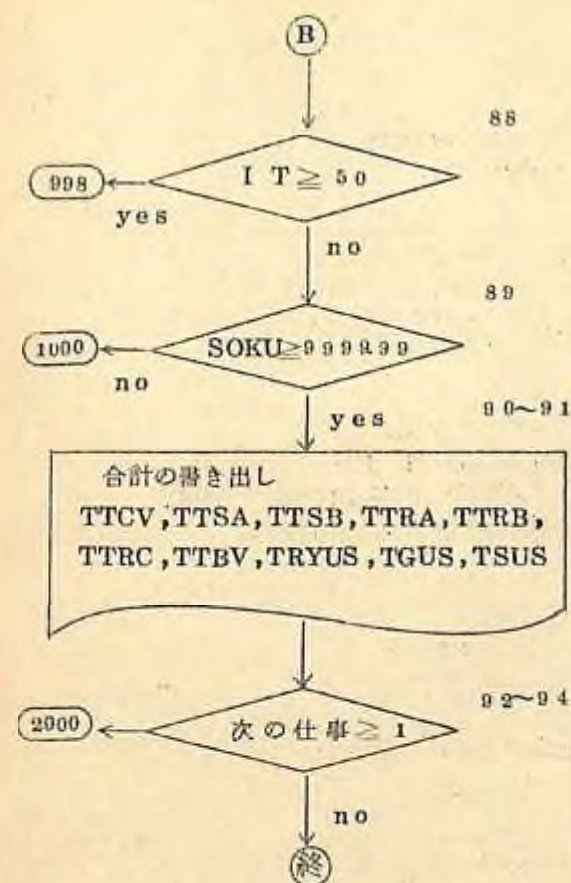
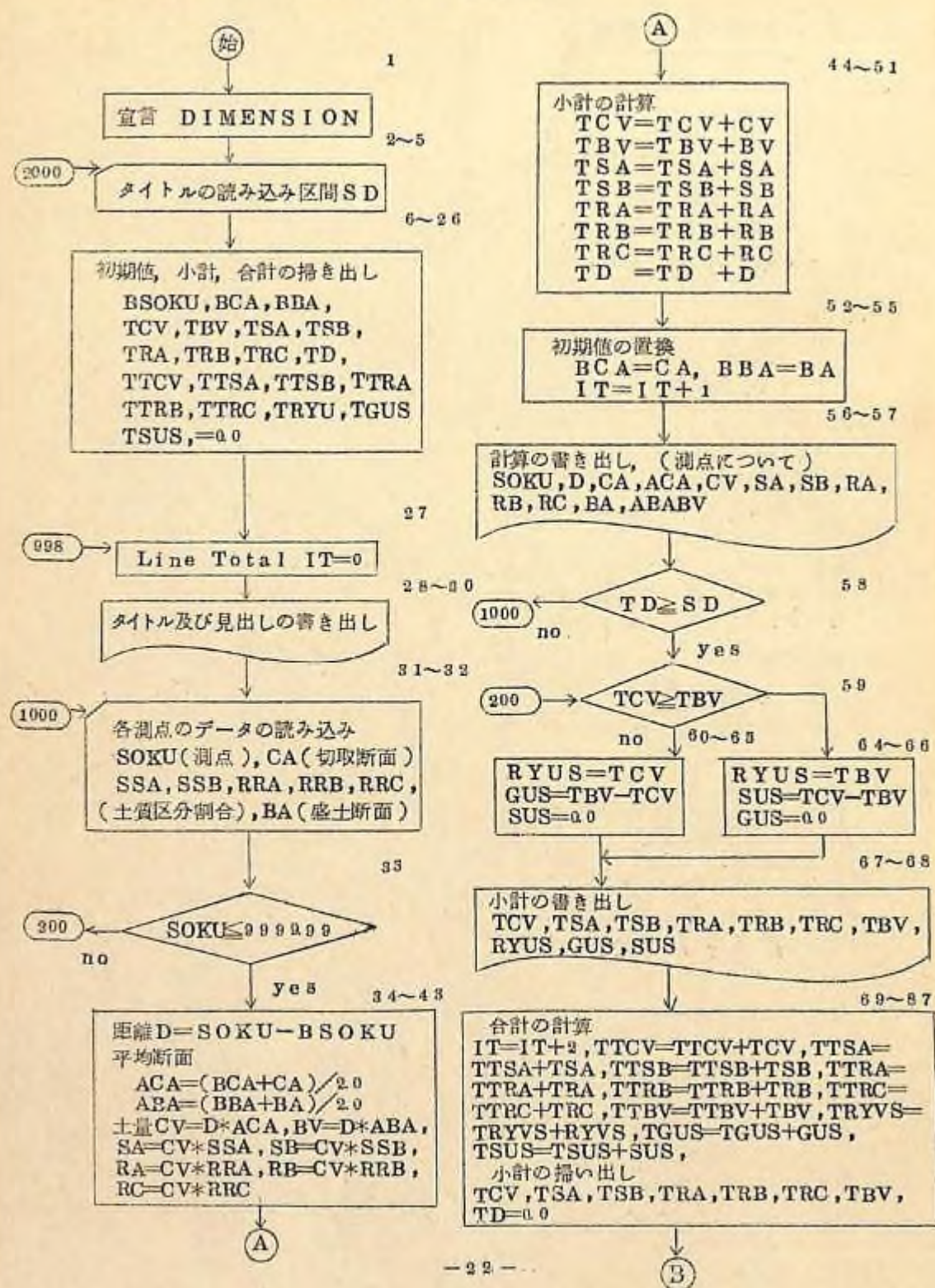


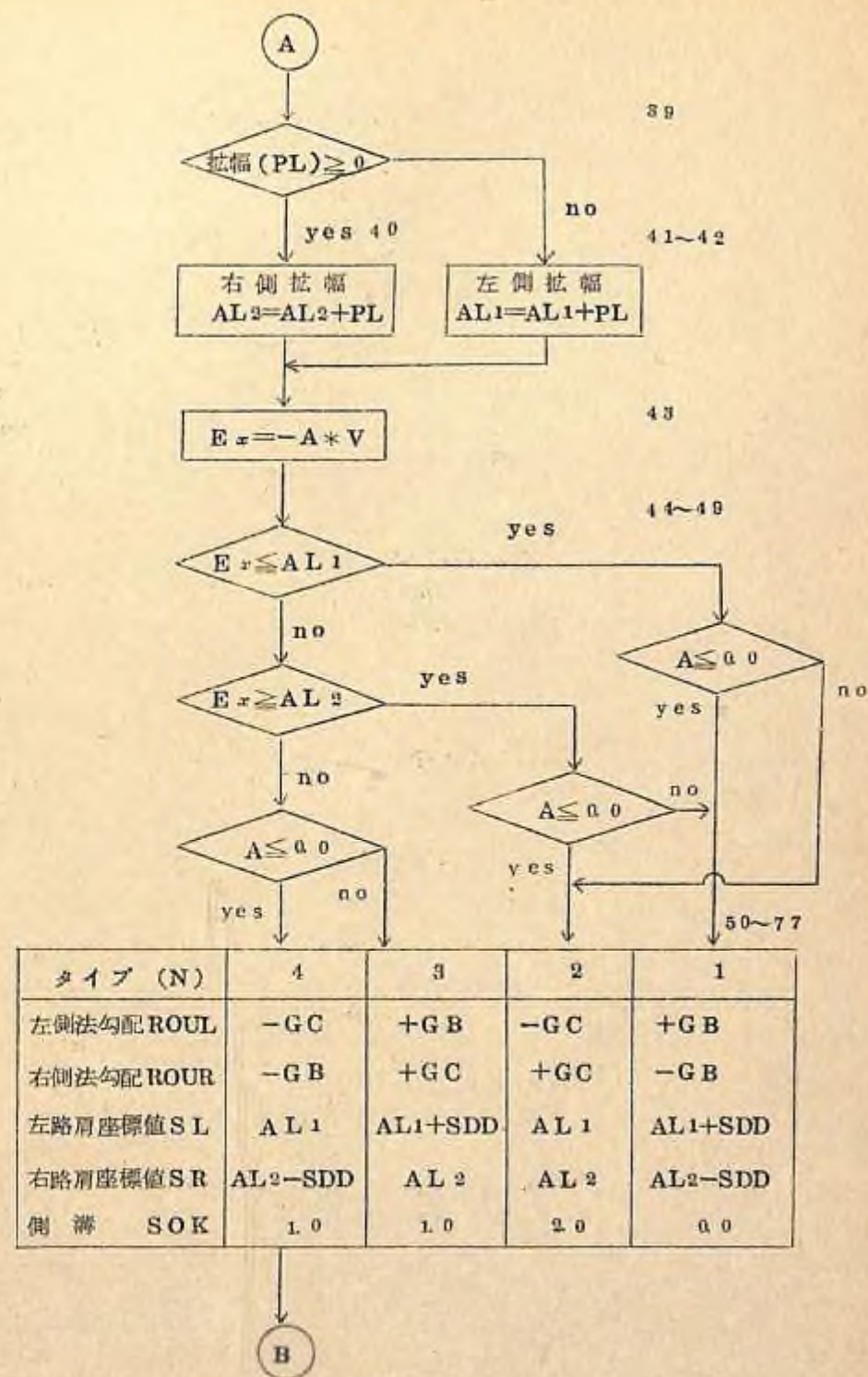
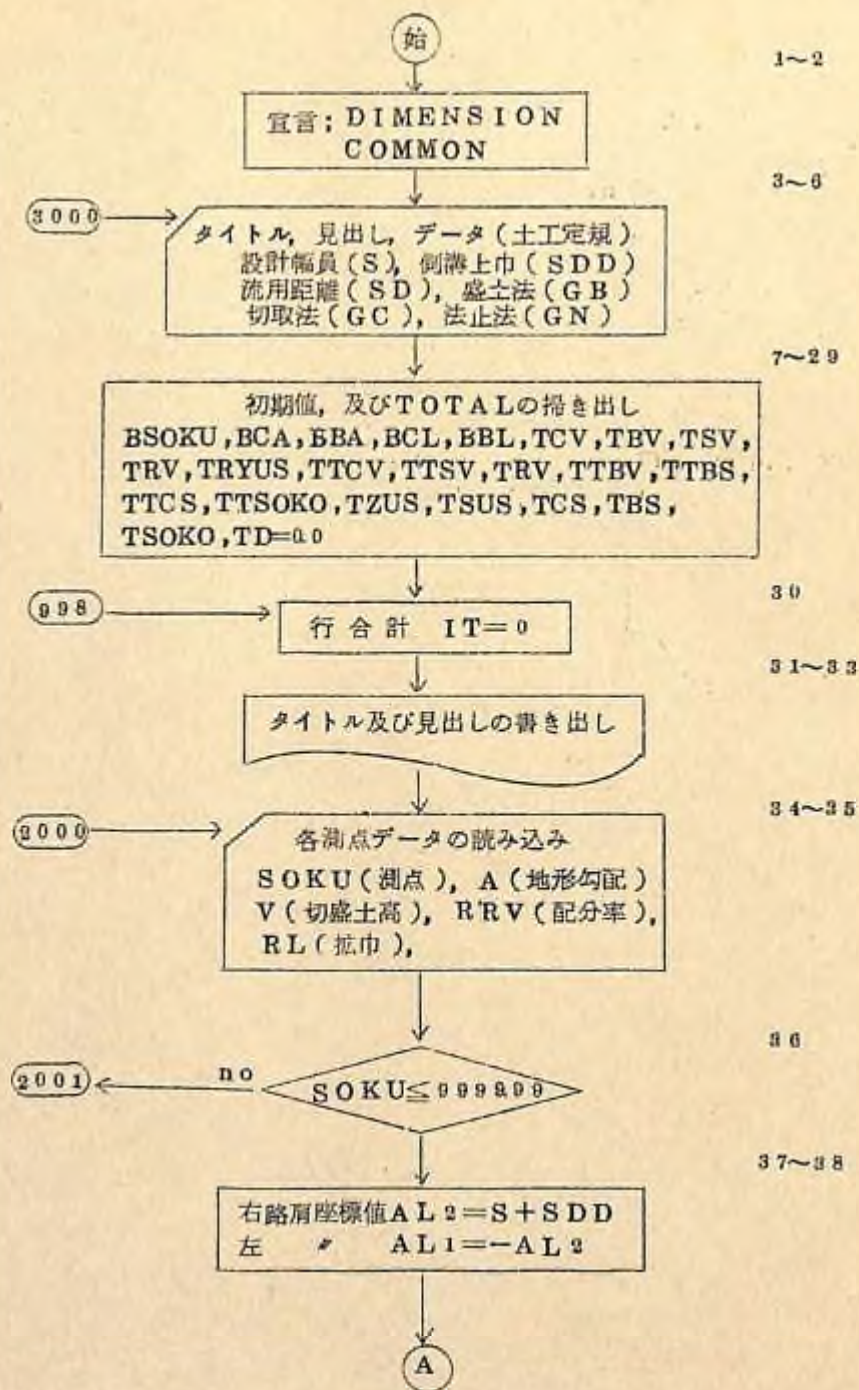
[一次回帰による場合]

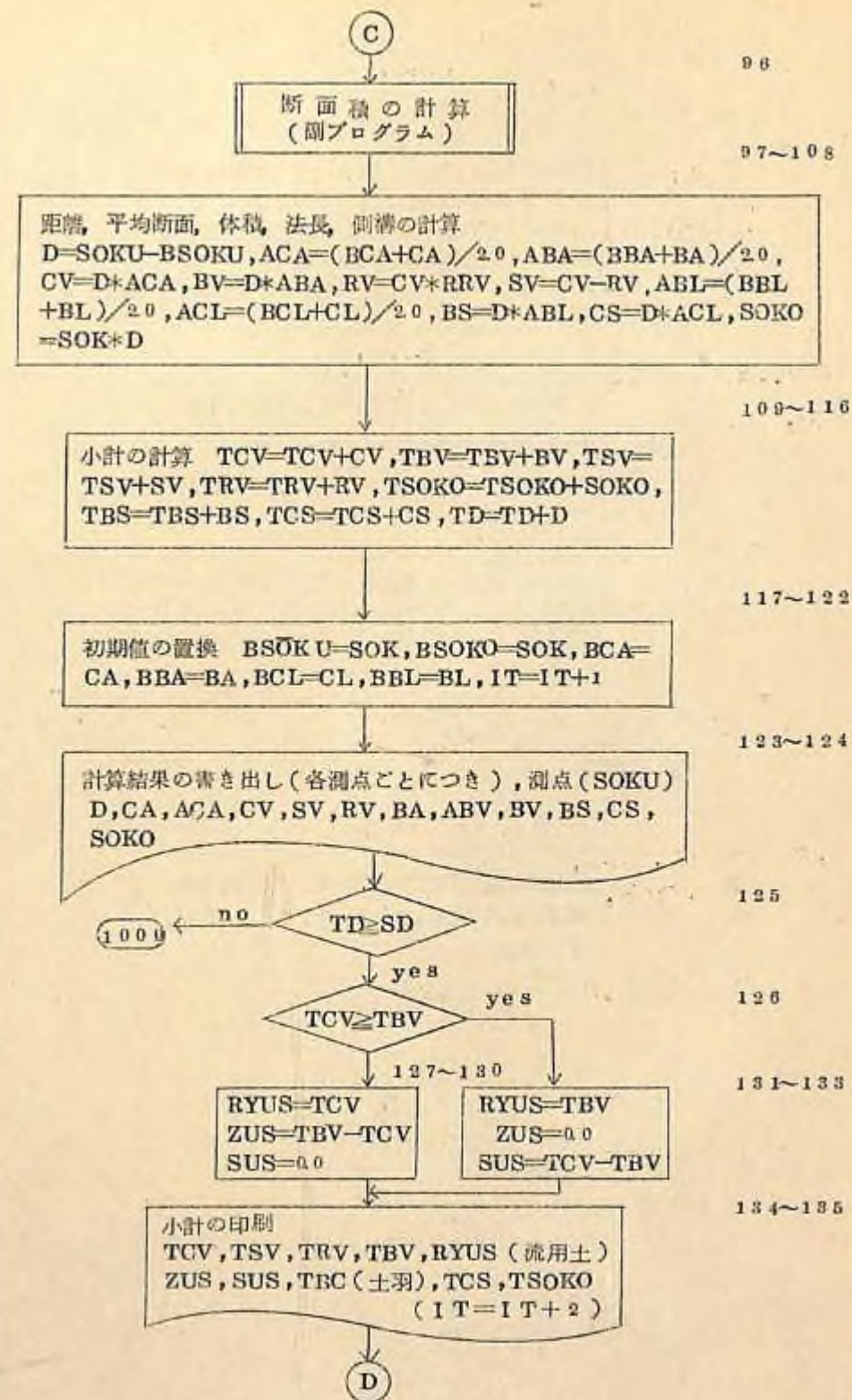
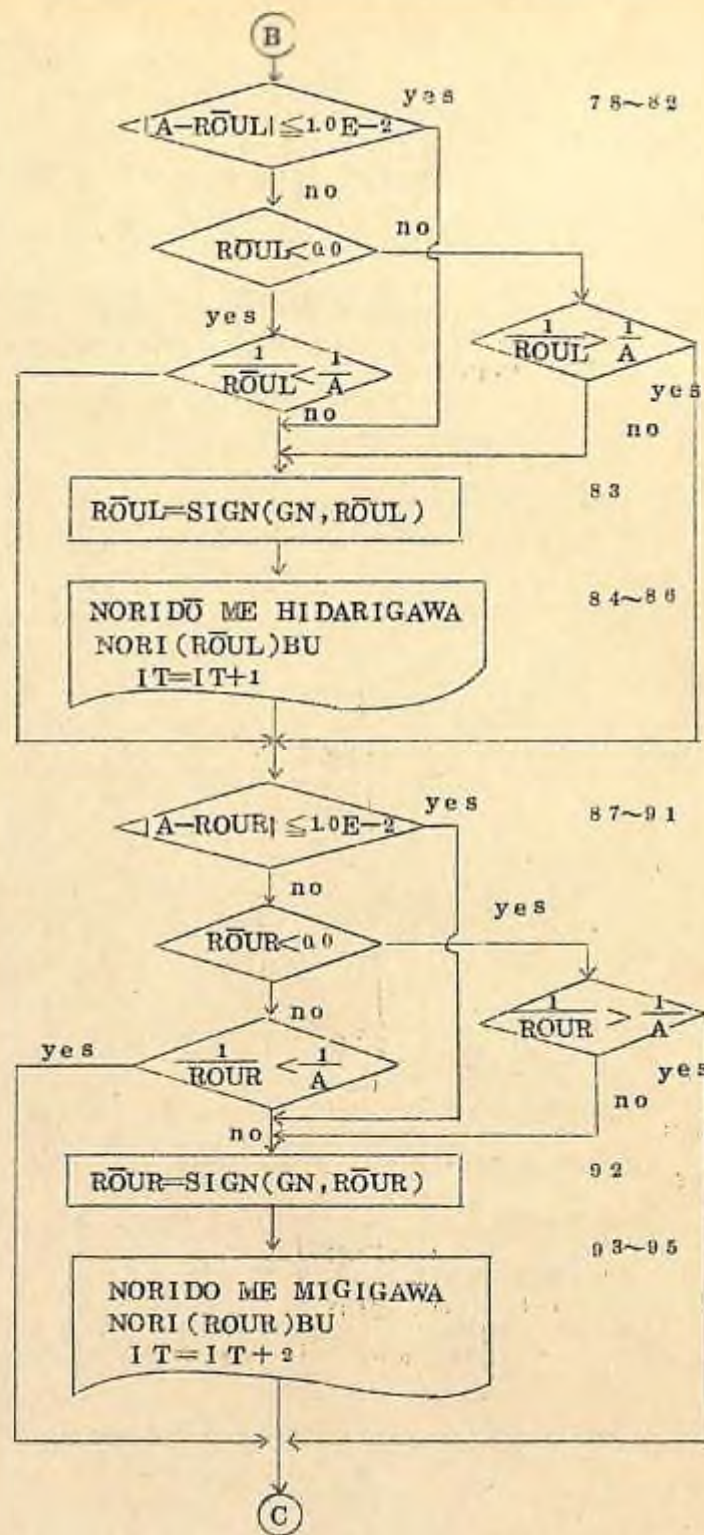


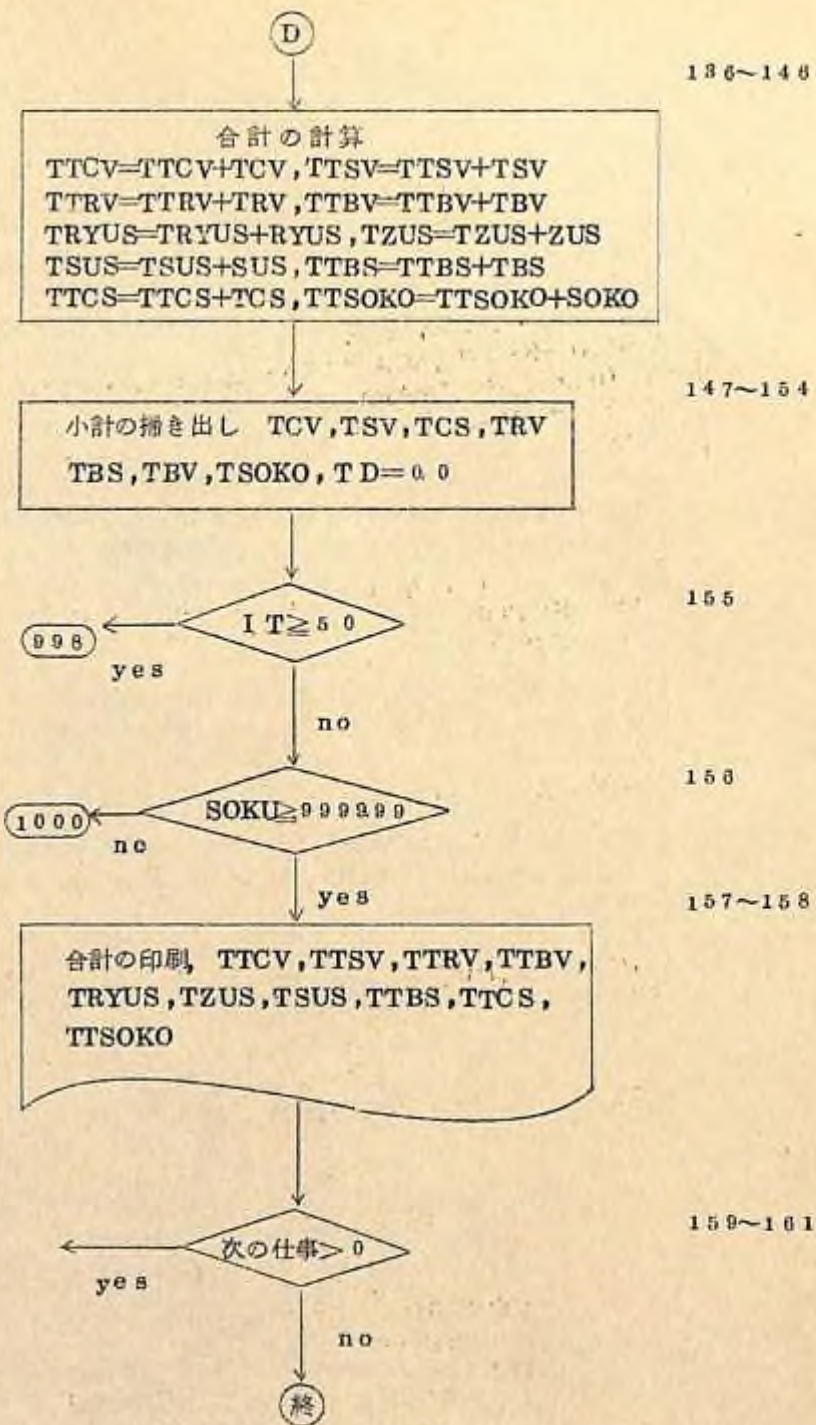
[副 プ ロ グ ラ ム]











136~146

147~154

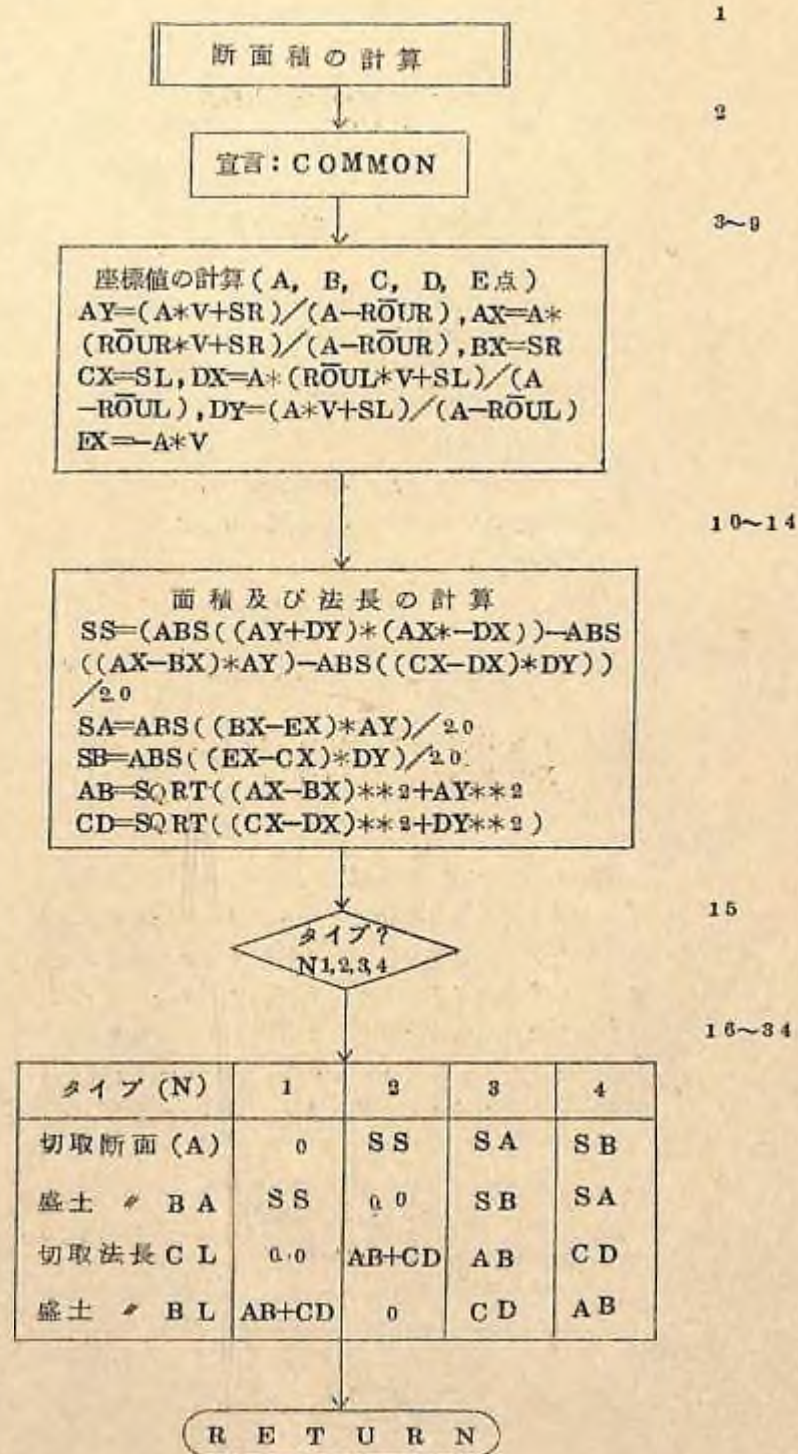
155

156

157~158

159~161

〔副プログラム〕



1

2

3~9

10~14

15

16~34



上述した各林道設計に関する総合プログラムデータの書き方は付表-1の要領によるが、注意すべき点はタイトルについて2~30まで何を書いてもよいことである。測点の添加距離は何mおきでもよいがカーブの部分が引かれぬ数値である。角度は交角法による値を取る。データは10カラムずつで実数の場合は左端より書き整数は右側につけて書く。ただし、IPと測点の番号だけは左側でよい。地盤線のデータは地山勾配の割分の形で書き右上りのとき正、右下りのとき負で表わす。縦断のデータにおける選択範囲は80~200mぐらいの目安がよいと思われる。IPの数の限度は50点、測点は100点でIPの初期値の内角は方位角を用いる。

3-4 計算結果及び考察

このプログラムによって、測地の測量データをもとに設計を行なってみた。場所は東京営林局戸中山林道、名古屋営林局第一根谷林道、北海道白音林道、長崎県千々線林道である。このうち長崎県の千々線林道について示すと、区間はNa.1~Na.51の1kmで比較的平坦な地形であり、その傾斜は平均10°前後、もっとも急なところで30°である。現場技術者による設計と比較しつつ、この計算例の結果について考察を加える。

3-4-1 平面線形

おもに曲率半径の決定と曲線設置データについてがその中心であるが、先に上げた二方法のうち推定のSLを与えて計算する方法は現場の設計に近い現地地形に合った値が得られ、ほとんど問題はないと思われる。他方、標準値をもとに曲率半径を与える方法はその値のとり方にもよるが、内角に対して曲線半径を標準化することによって走行性に対してかなりよい結果をみたが、この方法はいずれも局所地形に対する情報が少ないために、ともすると不適な結果の起る場合があった。後者の方式による計算結果を表-4に示す。

3-4-2 縦断線形

先に示した方式に従って電算機により自動的に作られた縦断線形と現場技術者によるものの比較を図-10に示すとAの3次曲線による計画線はなめらかな走行性に良好であり、比較的現場で行なわれた線形(C)に似ている。切盛の現われ方についてはBの一次回帰による計画線がよく地形に合った切盛は平均的であるが、一部走行の面で不適である。なお、これら三方法についての土積数量計算結果を示すと表-5のとおりである。これによると当初目的である切盛の平均化はA、Bともに目的を達成している。

表-4 自動設計による曲線表と現場設計による曲線表

IPNO	データとして用いた値		自動設計による計算結果							
	交角	距離	外角	方位角	半径	T・L	S・L	C・L	IP(x)	IP(y)
1	140	0	140	140					10000	10000
2	232	50.2	52	192	220	110.4	255	205.4	13227	6155
3	62	36.0	118	74	150	249.6	14.12	3089	12478	2633
4	237	71.2	57	131	575	3109	789	569.6	19323	4506
5	122	30.4	58	73	150	831	215	1518	22206	2011
6	191	33.0	11	84	900	867	042	1728	25990	3122
7	206	58.0	26	110	500	1154	132	2260	31698	3728
8	161	94.5	19	91	600	1004	083	1900	40578	496
9	201	68.5	21	112	500	927	055	1833	47227	380
10	207	60.5	27	139	500	1200	142	2356	52837	-1887

IPNO	現場設計			
	半径	T・L	S・L	C・L
1				
2	200	98	23	182
3	150	249	14.1	308
4	400	217	55	308
5	200	111	28	202
6				
7	800	84	2.1	862
8	800	134	1.1	266
9	1000	185	1.7	366
10	600	144	1.7	282

図-10 三方法による計画線を入れた縦断面図

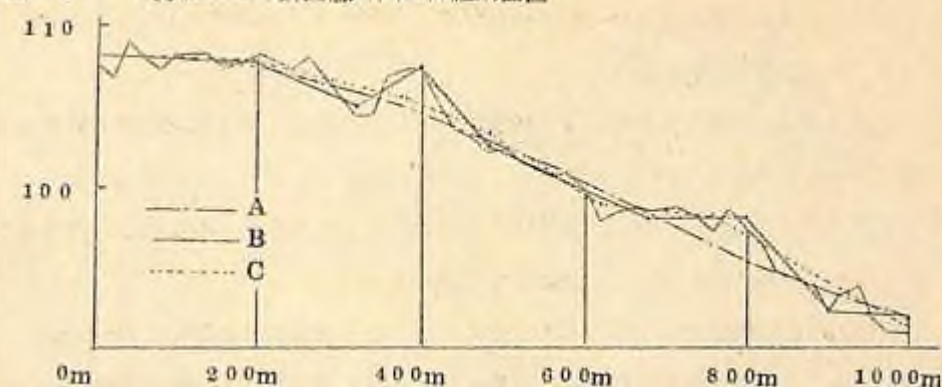


表-5 土積数量の比較表

	切取 (CV)	盛土 (BV)	流用 盛土(RV)	純 盛土(JV)	捨土 (SV)	CV+BV	BV/CV	RV/BV
三次回帰による(A)	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3		
一次回帰による(B)	6271.9	6461.8	1704.0	4757.7	4566.9	12732.8	1.030	26.4%
現場の設計による(C)	4940.9	4957.6	1790.6	3167.0	3150.3	9898.5	1.003	36.1%
	3787.4	7010.8	2239.5	4771.3	1548.0	10779.2	1.851	31.9%

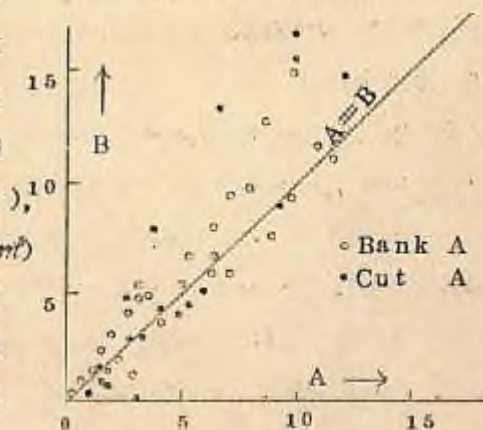
注：流用盛土とは平均運搬距離30m以内、純盛土はその他の場合をいう。

土量の流用についてはBが最もよくAがもっともわるい。これらの計算例から推察できることは林道の場合、Bの一次回帰によって区間距離を選択する方法が工費の面で最も有利と思われる。したがって縦断面図の計画線を自動的に決めていく方法としてはこれが適切であろう。

図-11 現場設計による土工断面積(A)と自動設計による土工断面積(B)の対比

3-4-3 横断面図及び土工数量計算

図-11は土工横断面図の断面積について現場設計と対比させて示したものである。土積数量計算の結果は総切取量3787.4 m^3 (現場設計3816.1 m^3)、総盛土量7010.8 m^3 (同じく5988.0 m^3)であった。現場設計との違いはデータの与え方にあるが最も手数のかかる土工横断面の設計自動化については一応



の成功をおさめている。以上、平面から横断土工数量計算結果までの一連のアウトプットについて、その一部を長崎県千々線林道の一部テストデータにより付表-2に示す。

3-5 まとめと今後の問題点

これまで述べてきた電算機による林道設計の一連作業に関する総合的自動化プログラムを開発するにあたって生じたかなり期待が持たれる項目は次のとおりである。

- 1) 曲線設置のための諸計算、及び測点設置のデータを正確に与えることができるため従来の平面測量方法についての簡便化も可能である。
- 2) 曲線半径の決定により構造基準を完全に満たす平面線形が自動的に得られる。
- 3) 従来、土量の流用や切盛のバランスを経験と勘で考えながら縦断線形の決定に当たっていたが、それを具体的に計算することにより合理的な縦断線形が自動的に得られる。
- 4) 横断土工面について定式化し、土工基面の設計と断面計算を自動的に行なうことができた。
- 5) 土工の流用計算、土積数量計算を自動的に計算しかつ印字することができた。
- 6) 土工定規に従い、法勾配、法止工を決定し、規格もチェックすることができる。
- 7) 平面図、縦断面図、横断面図、マスカープについてそのすべての図面を人手をかいすることなく自動的に作ることができる。

このように、少なくとも林道技術者の手をわずらわす多くの設計諸作業を電算機で行なうことが可能である。なお今後、解決しなければならない項目をあげれば、

- 1) 本方式は内業における実施設計が主であったが、路線選定、現地測量についての機械化も今後、必須のことと思われる。
- 2) 1)に関連するが林道設計の自動化手法において路線測量値をいかにして空中写真、地形図等から入手するかを検討、研究を必要とする。
- 3) 構造物との関連及びそのものの設計手法についてさらに検討が必要と思われる。

3-6 発表文献

- 1) 小林 洋 司 : 土木事業における電算機導入について-2, II. 積算の実際例, 林道(30), 3~3(1969.12)
- 2) 小林 洋 司 : 林道設計における自動化の研究, 合理的縦断勾配決定の検討, 林道(36), 2~4(1971.1)
- 3) 小林 洋 司 : 林道設計における自動化の研究(I), 合理的縦断勾配決定の検討, 81回日林講, 358~359(1970)

4) 小林 洋 司 : 林道設計における自動化の研究(II), 平面線形および土工横断面の検討, 82回日林講, 308~310(1971)

5) 小林 洋 司 : 林道設計における自動化の研究(I), 81回日林講要旨集, 424~425, (1970)

6) 小林 洋 司 : 林道設計における自動化の研究(II), 82回日林講要旨集, 196, (1971)

7) 小林 洋 司 : 林道設計の自動化プログラム, E.C 共用利用研究速報(30), 4, (1971)

8) 小林 洋 司, 平 賀 昌 彦 : 電子計算機による土木事業の設計数量計算手法(林道事業の電子計算機導入手法), 44年度林試年報, 126(1970)

9) 小林 洋 司, 平 賀 昌 彦 : 電子計算機による土木事業の設計数量計算手法(林道事業の電子計算機導入手法), 45年度林試年報, 102~103, (1971)

付表-1 林道設計総合プログラムデータの書き方

1 **** TEST NAGASAKI **** BY H. KOBAYASI

必ず入れる。 2 カラム以下何をかいてもよい。(タイトル)

150 80 1000 1000

(最小半径) (これ以下の外角は三角
カーブになる。)

基準となる起点の(X, Y)座標値

6 (IP点の数)

1	140	0.0	0.0	IP間 距離	
2	232	0.0	50.2		
3	62	交角法に	0.0		}
4	237	よる角度	0.0		
5	122	(度)	0.0		
6	180		0.0		

(分)

12 (測点の数)

1	0	10735	5.7	0.0	0.0	(土質の 割合)
2	200	10528	3.7	0.0	0.0	
3	1	11	1	1	1	
12	220	10732	5.07	0.0	0.0	

5 10 (縦断の同一勾配をとりえる選択区間)

(起点の) (最大) (最小)
高さ 勾配 勾配

108.48 0.12 -0.09

2.0 (側溝の1/2) 0.5 (側溝の上巾) 4.0 (流用距離) 1.0 (盛土法) 0.5 (切取法) 0.3 (法止法)

1.1 (流用係数) 1.0 (体積) 0.20 (CH or BH) (マスカーブの目盛の単位)

付表--2 林道設計総合プログラムの一連のアウトプット例

1) IP, BC, MC, ECの座標値

***** TEST NAGASAKI ***** BY H・KOBAYASI

***** IP, BC, EC NO ZAHYOTI

IP	IP-X	IP-Y	BC-X	BC-Y
1	100000	100000	100000	100000
2	132268	61545	125174	60998
3	124783	26331	120973	50750
4	103225	45957	103344	37388
5	222961	20108	216685	25563
6	245147	26891	245147	26891

MC-X	MC-Y	EC-X	EC-Y
100000	100000	100000	100000
120796	60928	120973	50750
134416	36661	148780	33212
191516	38249	216685	25563
223408	22211	230912	22539
245147	26891	245147	26891

2) 曲線表

***** TEST NAGASAKI ***** BY H・KOBAYASI

***** KYOKUSEN - HYO *****

IPNO.	NAIKAKU	GAIKAKU	HOOIKAKU	KYORI-D	NANKEI-R
1	1400	14000	14000	0	0
2	2320	5200	10200	5020	226
3	620	11800	7400	3600	150
4	2370	5700	13100	7120	573
5	1220	5800	7300	3040	150
6	1800	000	7300	2320	0

T・L	S・L	C・L	B・C	M・C	E・C	MEMO
0	0	0	0	0	0	
1104	255	2054	3816	4843	5870	
2496	1412	3089	5870	7515	9059	
3109	780	5696	10574	13422	16270	
831	215	1518	16270	17029	17788	
0	0	0	19277	19277	19277	

3) 測点に関するデータと縦断勾配の計算

***** TEST NAGASAKI ***** BY H. KOBAYASI

***** SOKUTEN NI KANSURU DATA *****

NO.	STA.	GRAND H.	MOVE.	X.
1	0	10735	0	10000
2	2000	10528	0	11286
3	4000	11104	002	12570
4	5847	10790	003	13020
5	7315	10635	-002	13305
6	8099	10838	-370	13835
7	9843	10835	0	15727
8	11218	10825	161	17657
9	13627	10861	069	19351
10	15427	10771	063	20894
11	17295	10854	-085	22605
12	19277	10732	0	0

FROM	1 TO	5	E=
FROM	1 TO	6	E=
FROM	1 TO	7	E=
FROM	1 TO	8	E=
FROM	1 TO	9	E=
FROM	1 TO	10	E=

THE OPTIMUM SECTION IS FROM 0 TO 15427

FROM 10 TO 12 E=

THE OPTIMUM SECTION IS FROM 15427 TO 19277

4) 縦断面図における計算結果

***** TEST NAGASAKI ***** BY H. KOBAYASI

NO.	STA.	GRAND H.	FORMATION H.
1	0	1073500	1084300
2	200000	1052800	1083449
3	389996	1110496	1082598
4	584650	1079198	1081812
5	731460	1031276	1081187
6	809945	1080683	1080854
7	984277	1083500	1080009
8	1121757	1088850	1079229
9	1362668	1102485	1078502
10	1542749	1078892	1077735
11	1729541	1083285	1077012
12	1927687	1073200	1076244

Y.

10000
8468
6935
5196
3812
3360
3565
3955
3777
3060
2189
0

045397	GG=	-003491
041164	GG=	-003273
039986	GG=	-002113
038235	GG=	-001258
039762	GG=	-000455
035133	GG=	-000426

AND THE GRADE IS -0.426 PERCENT.

001298 GG= -000387

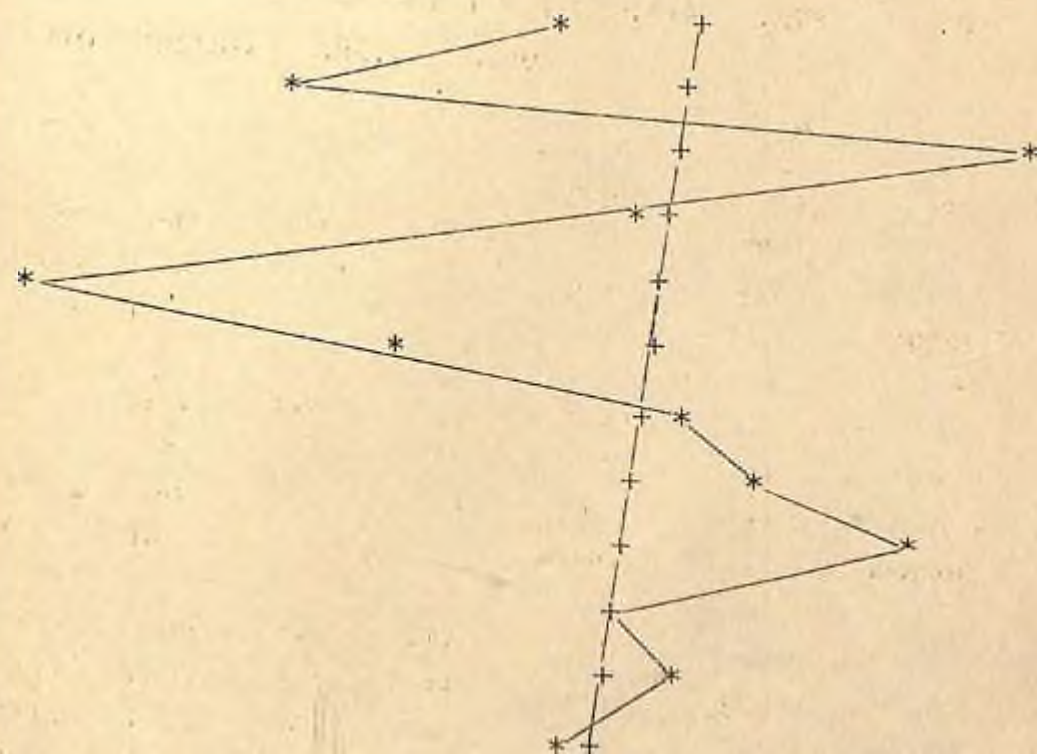
AND THE GRADE IS -0.387 PERCENT.

BANKING H.	CUTTING H.	GRADE
10800	0	-0.4255
80649	0	-0.4255
0	27899	-0.4255
02614	0	-0.4255
49912	0	-0.4255
20170	0	-0.4255
0	03431	-0.4255
0	09621	-0.4255
0	23984	-0.4255
0	01157	-0.3874
0	06273	-0.3874
03044	0	-0.3874

5) 縦断面図

***** TEST NAGASAKI ***** BY H. KOBAYASI

NO	D	G.H	F.H	B.H	C.H
1	0	10735	10843	108	0
2	2000	10528	10834	306	0
3	4000	11105	10826	0	279
4	5847	10792	10818	026	0
5	7315	10313	10812	499	0
6	8099	10607	10809	202	0
7	9043	10835	10801	0	034
8	11018	10889	10792	0	096
9	13627	11025	10785	0	240
10	15427	10789	10777	0	012
11	17295	10833	10770	0	063
12	19277	10732	10762	030	0



6) 土積数量計算表

***** TEST NAGASAKI ***** BY H. KOBAYASI

NO.	STA.	DISCUTTING				
			AREA	A.ARE	VOLUME	SOIL
1	0	0	0	0	0	0
2	2000	2000	0	0	0	0
3	4000	2000	2951	1475	2950	2950
4	5847	1847	235	1593	2041	2941
SHOKEI		5847			5801	5801
5	7315	1468	0	117	172	172
6	8099	785	0	0	0	0
7	9843	1843	498	249	459	459
SHOKEI		4003			631	631
8	11918	1975	702	600	1185	1185
9	13627	1709	2228	1465	2504	2504
10	15427	1301	157	1192	2147	2147
SHOKEI		5485			5827	5827
11	17295	1868	392	274	512	512
12	19277	1981	006	199	394	394
SHOKEI		3849			907	907
GOKEI		19277			13266	13266

BANKING						SUTE-DO	DOHA	KIRI-MEN	SOKKO
ROCK	AREA	A.ARE	VOLUME	JYU-YODO	JUN-MORI				
0	579	0	0				0	0	0
0	2367	1473	2046				1313	0	0
0	0	1184	2367				980	1220	200
0	427	213	384				456	1306	277
0			5708	5708	0	184	2749	2616	477
0	5202	2815	4182				1611	215	73
0	2248	3726	2924				1177	0	0
0	126	1187	2188				1433	378	92
0			9244	621	8613	0	4221	593	166
0	006	066	131				293	764	197
0	0	003	05				35	1118	256
0	051	026	46				82	974	270
0			182	182	0	5654	400	2857	724
0	0	026	48				85	316	280
0	149	074	147				112	219	297
0			185	185	0	712	186	535	577
0			15829	6716	8613	6550	7575	6600	1944

7) 土工横断面図

***** TEST NAGASAKI ***** BY H. KOBAYASI

***** FIGURES OF ROAD CROSS SECTION *****

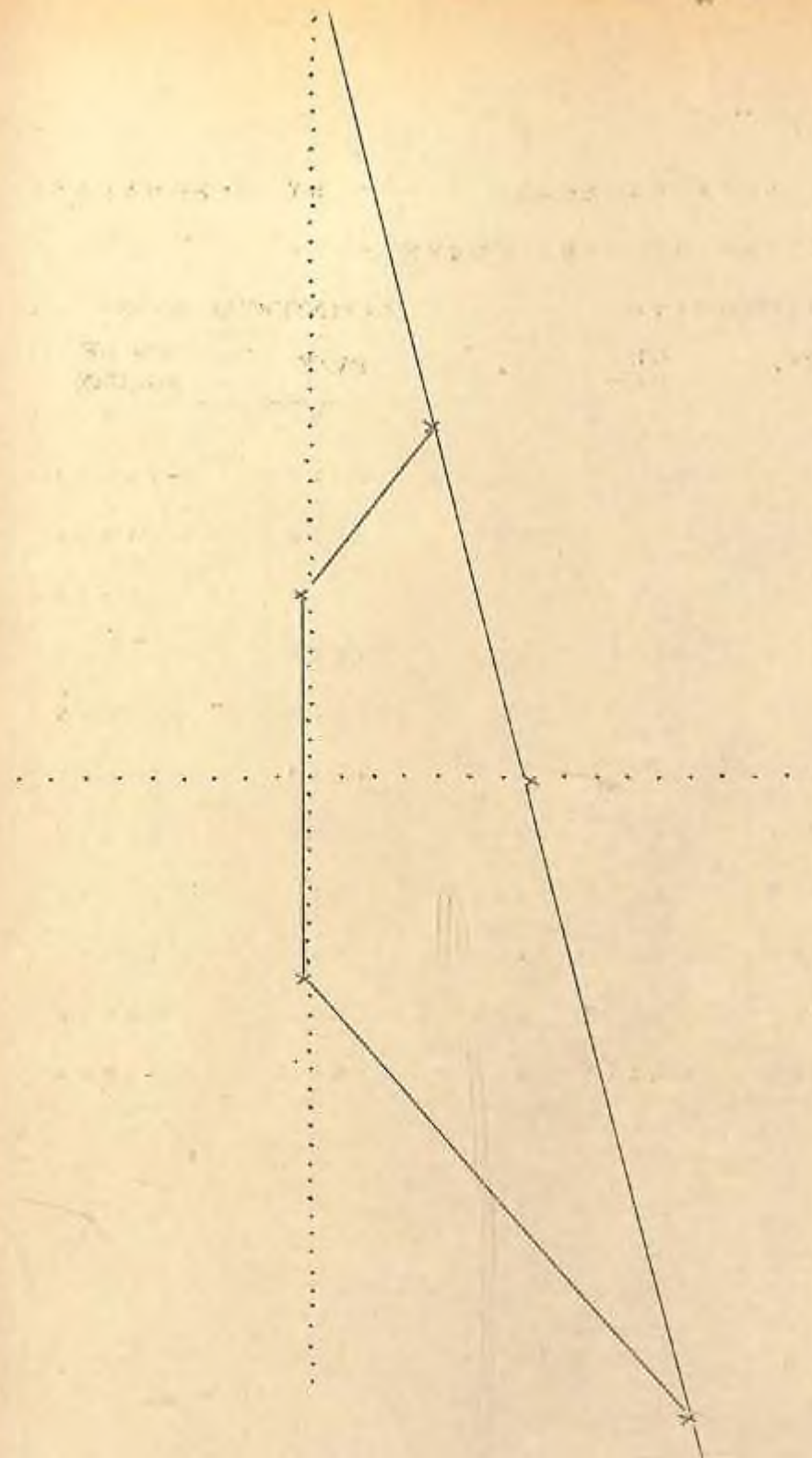
STA. 2000 M

CUTTING AREA = 0 M**2

BANKING AREA = 2367 M**2

CUTTING-SLOPE LENGTH = 0 M

BANKING-SLOPE LENGTH = 980 M



8) マスカーブ

***** TEST NAGASAKI ***** BY H. KOBAYASI

***** FIGURE OF MASS CURVE *****

RYUYORITU=

110 INTERVAL MASS=

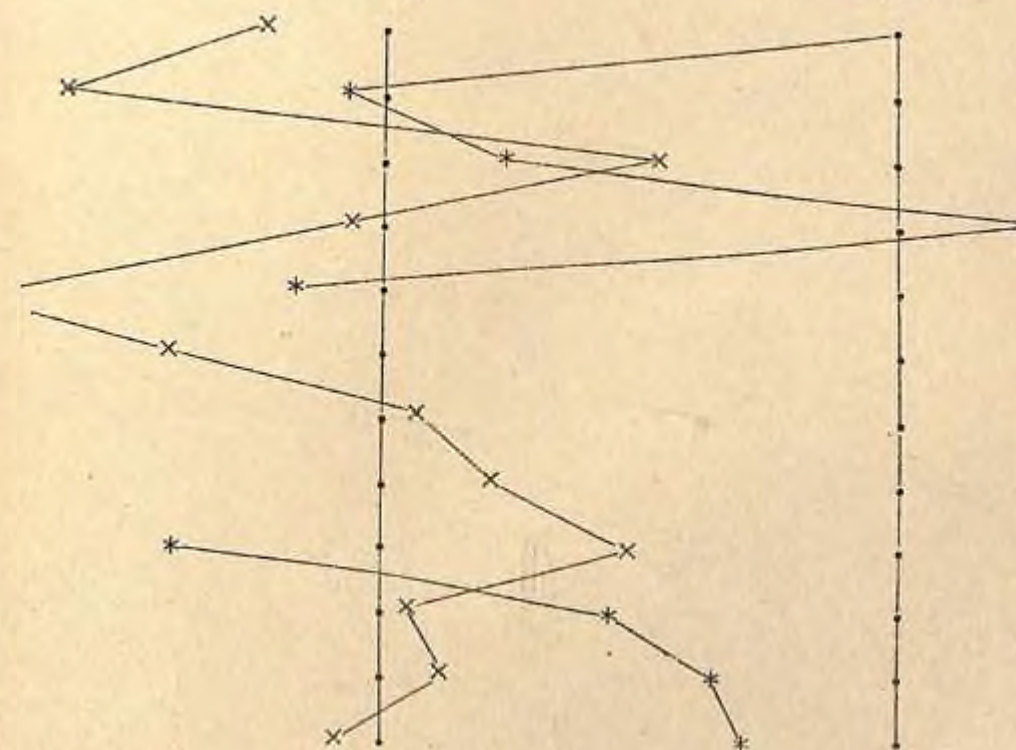
NO.	STA.	CH+ BH-	CV.	BV/F	SUM OF VOLUME
1	0	-1.1	0	0	0
2	200	-3.1	0	2678	-26784
3	400	2.8	3950	2152	-18801
4	585	-0.3	294.1	358	7026
5	731	-5.0	172	3756	-28814
6	810	-2.0	0	2658	-55393
7	924	0.3	450	1989	-70097
8	1122	1.0	1185	119	-60036
9	1323	2.4	250.4	0.5	-35042
10	1543	0.1	214.7	4.2	-13887
11	1730	0.6	51.2	4.3	-9298
12	1928	-0.3	32.4	13.4	-6093

1000CH, BH=

020

BANK H. CUT H.
- 0 +

MASS CURVE
- 0 +



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 晃
" 経営第二科長	西沢 正久
" 主任研究官	熊崎 実
" 測定研究室員	薬袋 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・除間伐・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ふりむけられる資金には限界があり、加えて近年造林労働力の確保がますますむずかしくなってきた。かかる状況のもとでは、限られた予算や労働力を無効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はいいがたい。この点を改善するためには、
多量の情報の収集とその体系的な分析を必要とする。すなわち①立地条件を異にした各々の
林分について、その生産能力をたかめるための技術的可能性を詳細に調査し、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産出関係の情報を
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3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：定山溪	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

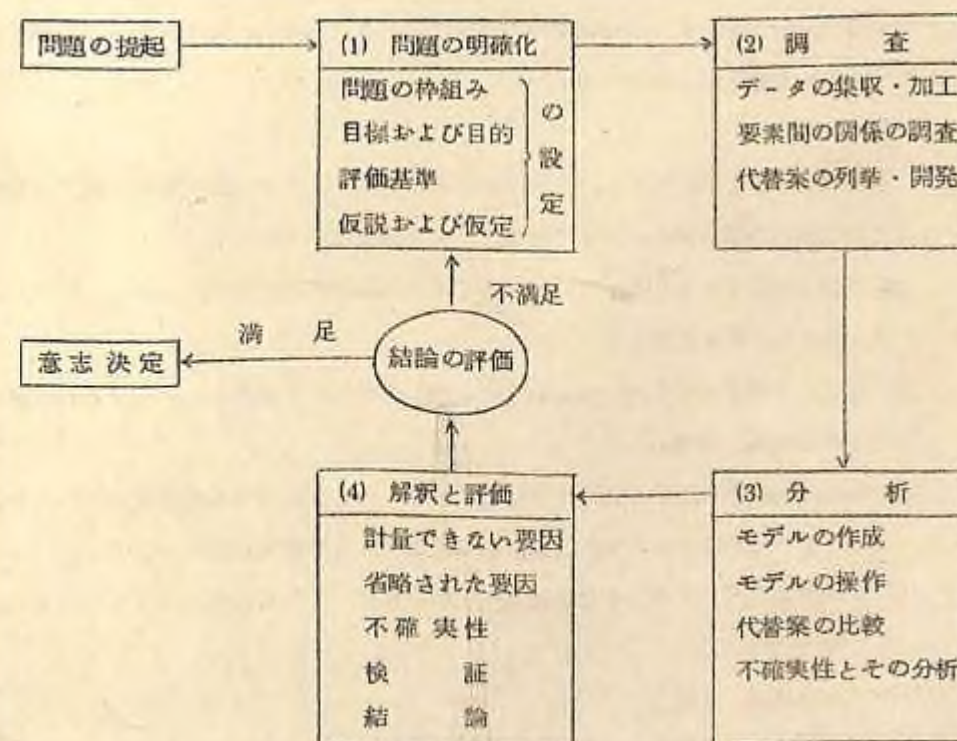
1-1 課題の設定

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、相当にむづかしくなる。

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
一1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」の過程をもち、意志決定者と密接な関係を絶えず保
ちながら、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。

図一1 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、国林有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ぎ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だし、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、収益の極大化に対しても、経営の長期的な安定（収獲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。おもな項目はつぎのとおり、

- 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索し、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、価値的な産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ちいて、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にモデルの操作をとおしていろいろな思考実験ができることである。

線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いるし、不確実な要素もたくさんはいつている。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。たとえば計量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いるし、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。もしこれ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、林分別、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

$$G = c x$$

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

の条件のもとで、最大ならしめる 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 o も列ベクトルである。

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 番目の林分に第 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 年度に雇用する労働量は、春 L_1 、夏 L_2 、秋・冬 L_3 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、また地拵は植栽前年度の秋・冬労働で実行されるとしよう。 j 番目の方法による i 林分の地拵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

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

制約条件

$$\text{第1年度} \quad \begin{cases} \sum_{j=1}^m x_{ij}^{(1)} & \leq X_i^{(1)} \\ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij} x_{ij}^{(1)} & \leq L_1^{(0)} \\ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij} x_{ij}^{(1)} & \leq L_2^{(1)} - L_2^{(0)} \\ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{1ij} x_{ij}^{(1)} & \leq L_3^{(1)} - L_3^{(0)} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \text{第2年度} \quad & \begin{cases} \sum_{j=1}^m x_{ij}^{(1)} + \sum_{j=1}^m x_{ij}^{(2)} & \leq X_i^{(1)} + X_i^{(2)} \\ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij} x_{ij}^{(2)} & \leq L_1^{(1)} \\ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b'_{ij} x_{ij}^{(1)} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij} x_{ij}^{(2)} & \leq L_2^{(2)} \\ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{1ij} x_{ij}^{(1)} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{1ij} x_{ij}^{(2)} & \leq L_3^{(2)} - L_3^{(1)} \end{cases} \\ \text{第T年度} \quad & \begin{cases} \sum_{j=1}^m x_{ij}^{(1)} + \dots + \sum_{j=1}^m x_{ij}^{(T)} & \leq \sum_{t=1}^T X_i^{(t)} \\ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij} x_{ij}^{(T)} & \leq L_1^{(T-1)} \\ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij} x_{ij}^{(T-1)} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij} x_{ij}^{(T)} & \leq L_2^{(T)} - L_2^{(T-1)} \\ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{1ij} x_{ij}^{(T-4)} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{1ij} x_{ij}^{(T-3)} + \dots + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{1ij} x_{ij}^{(T)} & \leq L_3^{(T)} - L_3^{(T-4)} \end{cases} \\ & x_{ij}^{(t)} \geq 0 \quad (i=1, \dots, n, j=1, \dots, m, t=1, \dots, T) \end{aligned}$$

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 $(L_1^{(t)}, L_2^{(t)}, L_3^{(t)})$ 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。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)が組みこまれることもある。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, 計画期間内に更新さるべき面積の下限, 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 (NDR) 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。

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

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 : 植栽から経過年数

T : 伐採期

NDR の大きさは、伐採期 T をどれくらいに想定するかによって変化する。伐採期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経営期とさだめればよい。図-2 の I-I 曲線は点投入 - 点産出の仮定のもとで伐採期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。

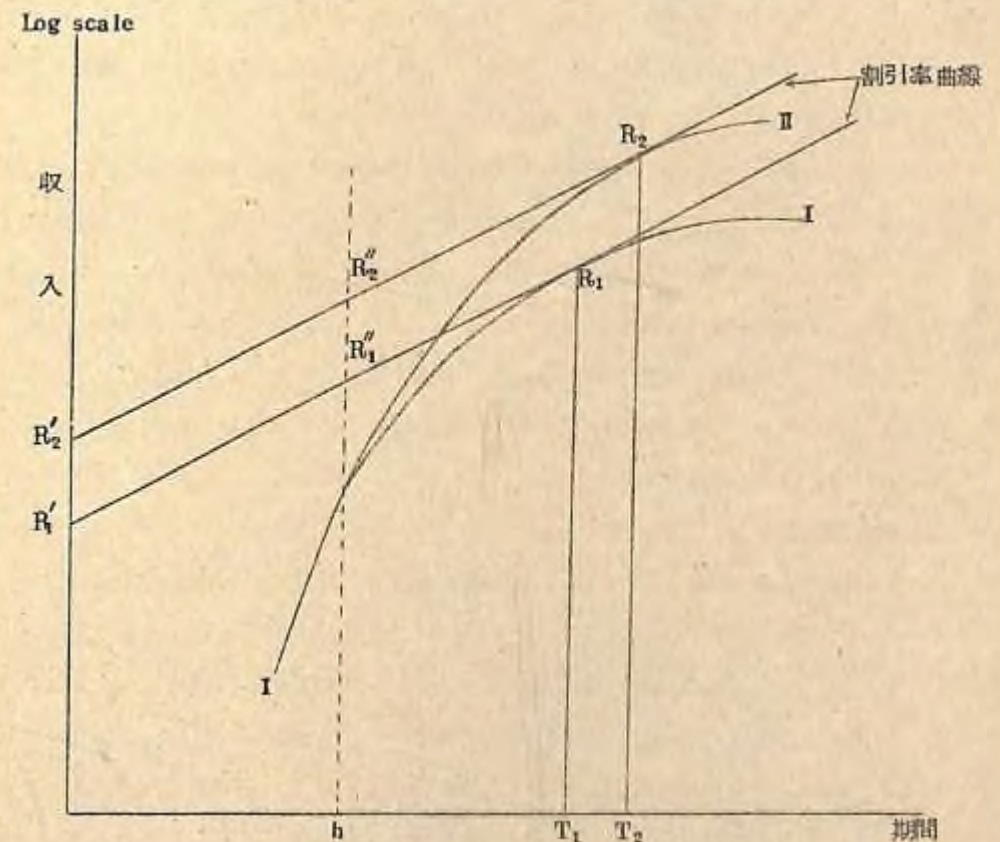
枝打や成木施肥にあっては、枝打や施肥に要する費用の現在価値とそれによって期待される産出価値の増分の現在価値が比較されることになる。たとえば、図-2 において h 時点で枝打が行なわれ、収入曲線が I-II にシフトしたとすれば、 R_1'' 、 R_2'' が h 時点で評価した枝打の現在価値であり、これから枝打費用を差引いたものが枝打の NDR である。なお枝打によって伐採期が T_1 から T_2 に動いていることに注意されたい。

さて、以上の定式化によってすでに明らかなことであるが、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、いくつかの条件が満たされていなければならない。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、それほどき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数値計画法を使うと、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の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、複雑なシステムのコアを見ぬ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

線型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・産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ふ。

(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用しうるとしても、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ろう。

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、しかもそれぞ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。しかしそ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

術があろう。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まってい。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くのアクティビティができあがる。

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。すでにの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工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工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ぬ。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虫害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おもなものであろう。制約要素量の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、個々の範疇の労働量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とすれば、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実際である。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 $L_k^{(t)} - \bar{L}_k^{(t)}$ に相当する。 $\bar{L}_k^{(t)}$ の推定は撫育を要する既存幼齢林分の調査からいさおのうの見当はつけられるであろう。

(3) 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。

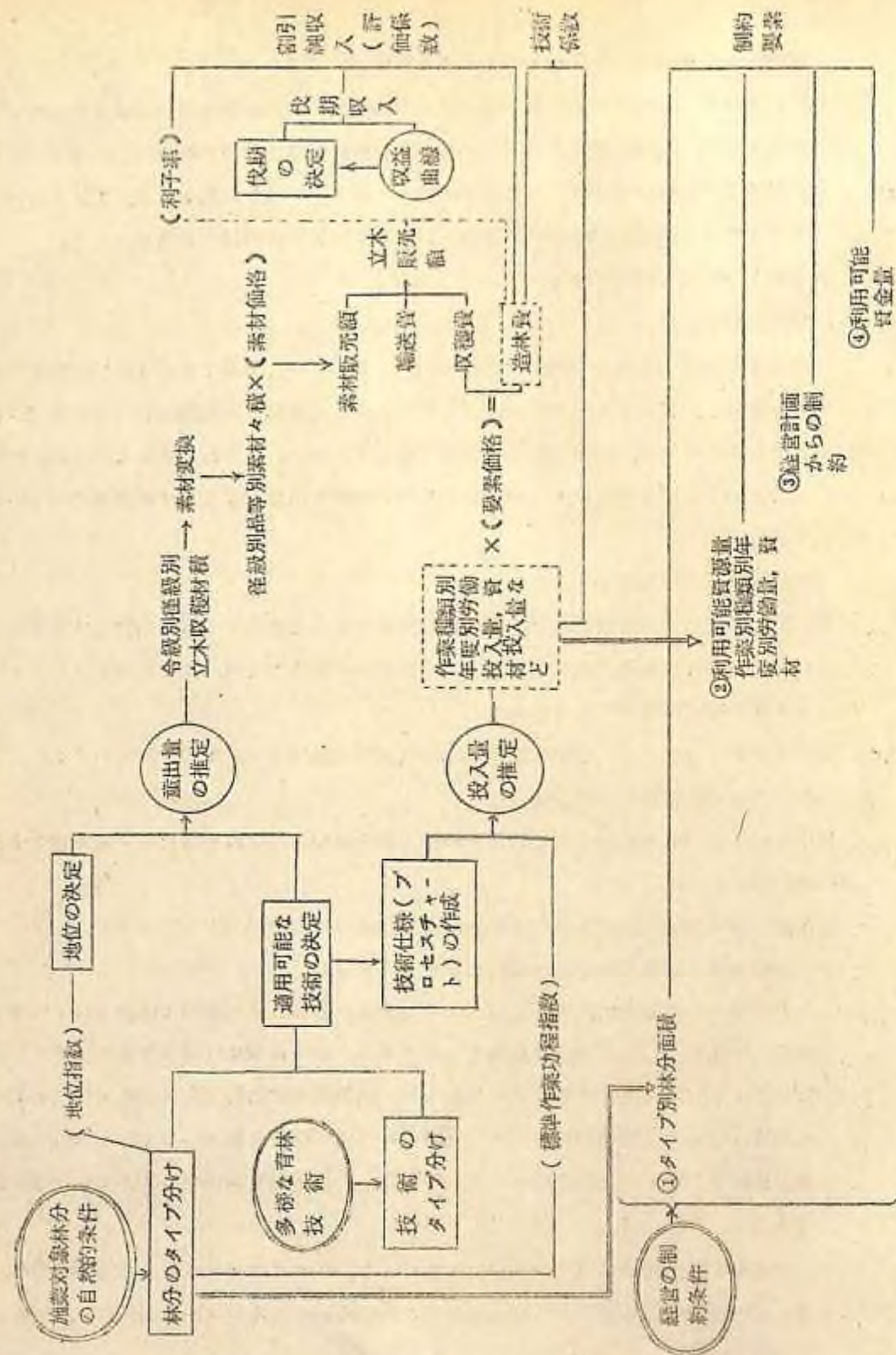
2) 産出の価格づけ

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行なう。

i) 齢級別立木価格の評定は市場価格逆算方式による。

各営林局には立木価格評定要領ができており、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) 齢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 — にほかならない。

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、いろ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-8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、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す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いるし、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待つことが多い。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ない。

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う、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。もともと育林施策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ずれ新技術の開発に結びつくであろう。しかし分析データ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ははっきりしない限り、その情報価値はいちじるしく低下する。

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ふ面の研究が遅れていることによるものである。いり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、問題は地拵から下刈・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騰貴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思う。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る。誤まった手ぬきにより、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ざ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ほかない。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えられることになる。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もよい。大筋において間違いがなければそれで十分である。試験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篤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の変数を含む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は計画モデルの操作が困難になるし、現実には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の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ら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。データは中之条営林署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

1) 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ポ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。

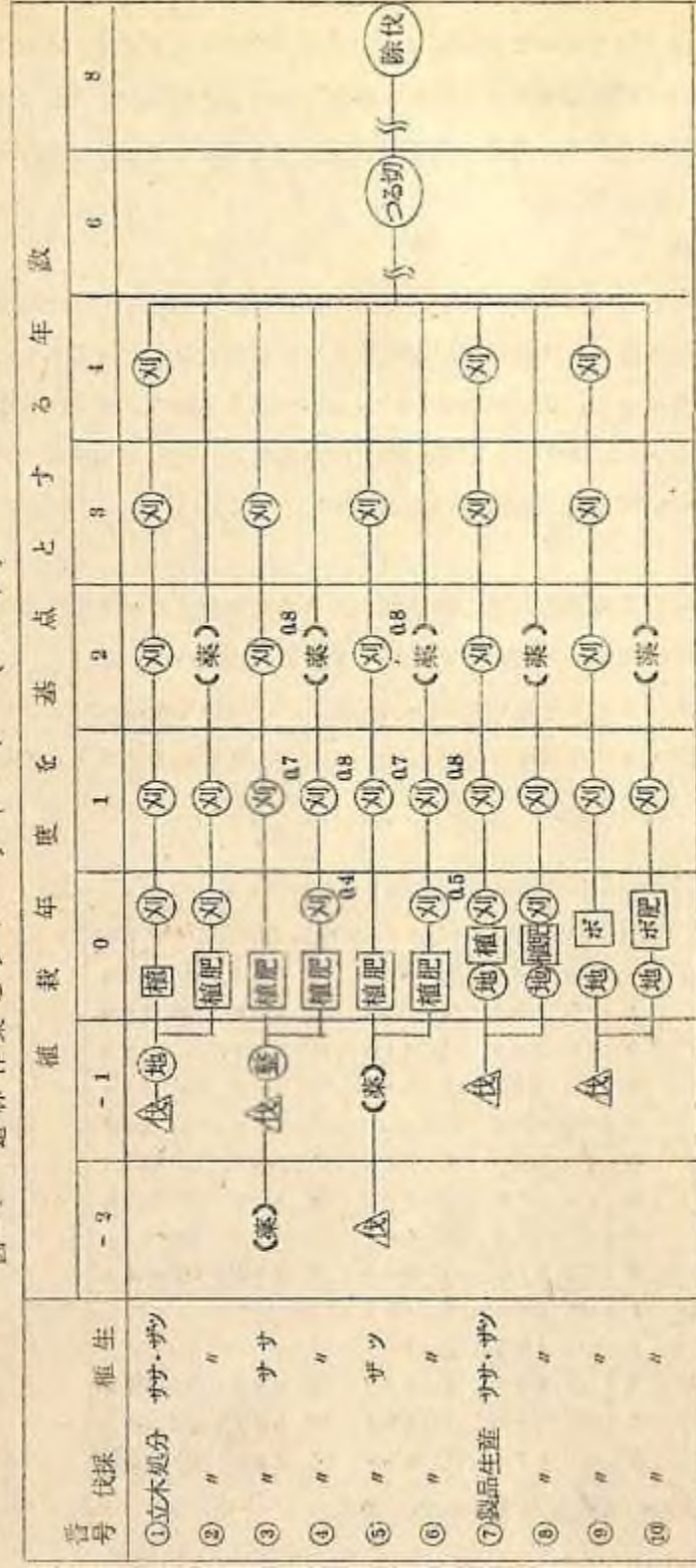
2) 計画分期内の新植予定林分340haを樹種別の相対地位、下層植生の種類およびポット造林の可否によって、14の等質な林分群に区分する。各林分の面積とそこでの採択可能な技術は表-1に示される。

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 9.00	② 9.50	③ 9.53	④ 9.49
2	24	" I	⑦ 9.77	⑧ 9.87	⑨ 9.76	⑩ 9.66
3	30	" II	① 7.99	② 7.89	③ 7.83	④ 7.79
4	13	" II	⑦ 8.07	⑧ 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	⑧ 8.14	⑨ 8.20	⑩ 8.13
7	35	" III	① 6.09	② 5.99	③ 5.93	④ 5.89
8	17	" III	⑦ 6.17	⑧ 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	⑤ 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 4.76
13	19	" II	⑦ 5.08	⑧ 4.91	⑨ 5.07	⑩ 4.90
14	31	" 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 造林作業のフローチャート (スギ)



備考 1) 記号の説明, 伐=伐採, 地=地整, 整=整理地整, 植=普通植付, 肥=施肥, ポ=ポット植栽, 薬=薬剤使用, 刈=下刈

2) ⑦の下つき数字は功程の低減歩合をあらわす。

3) 立木処分跡では植栽前年に普通地整えを行ない, 製品生産跡では枝条散布による当年地整が行なわれる。ポット造林は後者の林分だけに限る。

4) 植栽の翌年に本数で13%程度の補植を実施する(すべてに共通)。

5) 薬剤の散布をとる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回ふえ, 7年目につる切り, 9年目に除伐を実施する。

7) アカマツ, カラマツでは①, ③, ⑤, ⑥の技術しかえらばない。ただし③の0年には④04を要し, ⑤の0年に④05がはい。

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のように定める。
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 1ha当りの標準功程と資材費

作業	方法	摘要	1ha当り人工	1ha当り資材費
地 拵	準備地拵	サ	14.1人	千円
		ザ	0.3	
	枝条散布	サ	8.5	
		ザ	5.6	
植 付	薬剤地拵	サ	6.4	薬剤18.0
		ザ	7.4	
	整理地拵	サ	5.3	苗木5605 ヒ560
		ザ	5.3	
	普通植	スギ・ヒノキ	18.6	
		アカマツ	18.4	
	ポット植	スギ・ヒノキ	91.2	
		アカマツ	91.2	
	補植	スギ・ヒノキ	5.3	
		アカマツ	5.3	
下 刈 手 刈	植付同時	サ	8.5	肥料10.0
		ザ	8.5	
	植付当年	サ	6.1	薬剤15.0
		ザ	6.1	
	1年	サ	8.3	" 16.1
		ザ	8.3	
	2年	サ	8.3	
		ザ	8.3	
	3年	サ	6.1	
		ザ	6.1	
つる切り	薬 剤	サ	4.2	" 16.1
		ザ	5.3	
除 伐		サ	4.4	
		ザ	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, その価格づけは昭和44年度の樹種別基準価格(スギ18400円/㎡, ヒノキ28700円/㎡, アカマツ18000円/㎡)によった。また投入の価格づけも44年度の平均賃金(2000円/日ただし手当を含む)などをベースにしている。NDRの算出には45%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-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見ることに重点をおいたため、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、それをタプロ-形式であらわしたのが表-3である。タプロ-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合わせが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4a当り186人の春労働を必要とするから、かりに x_1 4a植えるとすれば、 $186x_1$ 人だけ使うことになる。同じくアクティビティ2は $271x_2$ 人、アクティビティ3は $271x_3$ 人、……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ぎのようにになっている。

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-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

制約式	制約要素	制約量	変数 林分 種付 年度	1	2	3	4	5	6	7	8	...	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	...	104	105	106	...	156	157	158	...	208	209	210	...	260	
				1	1	1	1	2	2	2	2		14	14	14	14	1	1	1	1	2	2	2	2		14	1	1		14	1	1		14	1	1		14	
				1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2		2	3	3		3	4	4		4	5	5		5
				技術	S1	S5	S2	S6	S7	S8	S9	S10		H1	H3	H2	H4	S1	S5	S2	S6	S7	S8	S9	S10		H4	S1	S5		H4	S1	S5		H4	S1	S5		H4
1	春労働 1年	1460	≧	186	271	271	271	242	327	56	56		186	271	271	271																							
2	(人・日) 2	1670	≧	53	53	53	53	53	53	53	138		53	53	53	53	186	271	271	271	242	327	56	56		271													
3	3	1670	≧														53	53	53	53	53	53	138			53	186	271											
4	4	1670	≧																								53	53											
5	5	1670	≧																									53	53										
6	夏労働 1	310	≧	61		61	31	81	61				61		61	31																							
7	(人・日) 2	780	≧	83	58	83	66	83	83	83	83		83	58	83	66	61		61	31	61	61																	
8	3	1100	≧	88	70	53	53	88	53	88	53		88	70	88	70	83	58	83	66	83	83	83	83		66	61												
9	4	1470	≧	83	83			83		83			83	83	42	42	88	70	53	53	88	53	88	53		70	83	58											
10	5	1850	≧	61				61		61			61	61			83	83								42	88	70											
11	6	1520	≧										51				61										83	83											
12	7	1120	≧																								61												
13	秋労働 1	490	≧								212	212																											
14	(人・日) 2	490	≧																																				
15	3	490	≧																																				
16	4	490	≧																																				
17	5	490	≧																																				
18	秋・冬労働 1	390	≧	93	74	93	74						141	117	141	117																							
19	1	1070	≧								212	212					93	74	93	74																			
20	2	1070	≧																																				
21	3	1070	≧																																				
22	4	1070	≧																																				
23	5	1070	≧																																				
24	普通苗スギ 1	105	≧	35	35	35	35	35	35									35	35	35	35	35	35																
25	(千本) 2	105	≧	04	04	04	04	04	04																														
26	ヒノキ 1	175	≧										35	35	35	35																							
27	2	175	≧										04	04	04	04																							
28	ポット苗スギ 1	525	≧							35	35																												
29	(千本) 2	525	≧							04	04																												
30	ヒノキ 1	105	≧																																				
31	2	105	≧																																				
32	支出額 1	50000	≧	1159	1307	1429	1369	1271	1541	1268	1268		1054	1202	1324	1264																							
33	(千円) 2	50000	≧	348	298	348	314	348	348	356	626		336	288	336	302	1159	1307	1429	1369	1271	1541	1268	1268		1264													
34	3	50000	≧	176	140	267	267	176	276	176	267		176	140	176	140	348	298	348	314	348	348	356	626		302	1159	1307											
35	4	50000	≧	166	166			166		166			166	166	234	234	176	140	267	267	166																		
36	5	50000	≧	122				122		122			122	122			166	166																					
37	林分番号 1	23	≧	10	10	10	10										10	10	10	10																			
38	(区) 2	24	≧					10	10	10	10																												
39	3	36	≧																																				
40	4		≧																																				
41	5		≧																																				
42	14	21	≧																																				
43	評価係数 (10万円) → MAX			969	953	959	949	977	967	976	986		473	460	459	456	936	921	927	917	944	934	943	933		440	905	890		426	874	860		411	844	830		827	

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 除草剤利用とポ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%ずつ減少(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%ずつ減少(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つのモデルができあがる。

3) 最適解

上記の線型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採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	3400ha	2573ha	2320ha
Case 2	3105	2030	1841
Case 3	2603	1513	1412

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2320haしか5年間に植えられないのに、除草剤とポ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うと、モデルBやCではケース3(臨時労働力が10%ずつ減少)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少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S2の技術で2184ha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。このやり方にしたかえは3400ha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	技 術	植 栽	地 拵	下 刈	Case 1					Case 2	Case 3	
					1	2	3	4	5	計	計	計
1	S 1											
	S 5		ヤ									106
	S 2			ヤ	2184					2184		
	S 6		ヤ	ヤ	016					016	2200	2093
2	S 7											
	S 8			ヤ	266					266		
	S 9	ボ				634				634	995	1710
	S10	ボ		ヤ	1500					1500	1405	690
3	S 1					273	2109			2382		
	S 5		ヤ								031	1564
	S 2			ヤ								
	S 6		ヤ	ヤ	534	684				1218	3560	2036
4	S 7											
	S 8			ヤ								
	S 9	ボ				216				216		
	S10	ボ		ヤ		478	606			1084	1300	1300
5	S 1											
	S 3		ヤ									004
	S 2			ヤ								
	S 4		ヤ	ヤ			1800			1800	1800	1797
6	S 7											
	S 8			ヤ								
	S 9	ボ										
	S10	ボ		ヤ			800			800	800	800
7	S 1						898	1126	1476	3500	3500	3500
	S 5		ヤ									
	S 2			ヤ								
	S 6		ヤ	ヤ								
8	S 7											
	S 8			ヤ		1200				1200		
	S 9	ボ										
	S10	ボ		ヤ							1200	1200
9	S 1								421	421	014	461
	S 2		ヤ				014			014		
	S 2			ヤ								
	S 4		ヤ	ヤ			740	2095		3665	4086	3639

林地	技術	植栽	地拵	下刈	Case 1					Case2	Case3		
					1	2	3	4	5	計	計	計	
10	M 1					1725				1725	2525	075	
	M 5		ヤ		1975					1975	1175	2652	
11	M 1					486		713	302	1500	1500		
	M 3		ヤ										
12	H 1								3400	3400	2226		
	H 5		ヤ										
	H 2			ヤ									
	H 6		ヤ	ヤ							325		
13	H 7												
	H 8			ヤ									
	H 9	ボ			300	266	806		429	1900	1900	1900	
	H10	ボ		ヤ									
14	H 1								2100	2100			
	H 3		ヤ										
	H 2			ヤ									
	H 4		ヤ	ヤ									
計										34000	31051	26027	
割引純収入合計(万円)											20653	18061	16868

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	
3	S' 3	ポ	1500	275				1775	2400
4	S 1			2657	943		1302	3600	3600
5	S' 1								
6	S' 3	ポ		1054	240			2692	1300
7	S 1		175		1625			1800	1800
8	S' 1						3314		
9	S' 3	ポ			800			800	800
10	S 1				186			3500	3500
11	S' 1						4100		
12	S' 3	ポ			308			308	1700
13	S 1							4100	1334
14	M 1		1582	766				2348	885
15	M 1								
16	H 1		085				919	085	
17	H' 1		415					415	214
18	H' 3	ポ	300	266				1485	566
19	H 1								004
計								25793	20299
割引純収入合計								16961	14362

表-6 年度別造林面積の最適解(3) モデルC

4a

林分	技術	植栽							
			1	2	3	4	5	計	計
1	S 1		2200					2200	2200
2	S' 1		800	1000				2400	2400
3	S 1				495		3105	3600	3600
4	S' 1			257	1043			1300	1300
5	S 1				1800			1800	1800
6	S' 1			800				800	800
7	S 1						3500	3500	3500
8	S' 1				1700			1700	1700
9	S 1						2373	2373	
10	M 1		1582	1105				2687	1292
11	M 1								
12	H 1								
13	H' 1		500	443				943	354
14	H 1								
計								23303	18405
割引純収入合計								15607	13250

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

	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	%
ポット造林	810	613	76	810	810	100	810	810	100
薬剤地拵	2580	869	34	2285	1319	57	1793	1389	78
薬剤下刈	2880	1493	49	2585	1719	66	2320	1406	60
薬剤を使用せず	3400	1778	52	3105	1266	41	2803	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2727a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、ポット造林はケース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エ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29%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を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、資源の潜在価格という概念を導入しよう。

前出の表-3の線型計画のダブローには50の制約要素が掲げられている。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。いゝかえると前者の資源量にはまだゆ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、割引純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、将来利益の合計値はなにが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格とよ

ぶ。

幸いなことに線型計画問題をシンプレ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一5、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、まず図一7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Cでは、ケース1においてさえ、せいぜい238haしか植えられなかった。なぜであろうか。図一7から明らかなように、特定年度における下刈(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5万円以上にもなっている。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度に余剰がみられる。

このように、ギクシヤ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。むしろ現実にはその年の下刈労働が足りなくなれば、適当に手をぬき、余ればいいにやる、といった「弾力性」があるから、ギクシヤ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。図一6はモデルBの潜在価格であるが、前のモデルC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C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一5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500~2000円の範囲にすべておさまリ、1年目の夏季労働が46%、のべ日数にして140日ほど余ってくるだけである。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る。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の事実、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産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、中之条営林署の場合、互に補完しあって効果を高める性質のものであろう。

図一五 資源の潜在価格と残量(1)モデルA

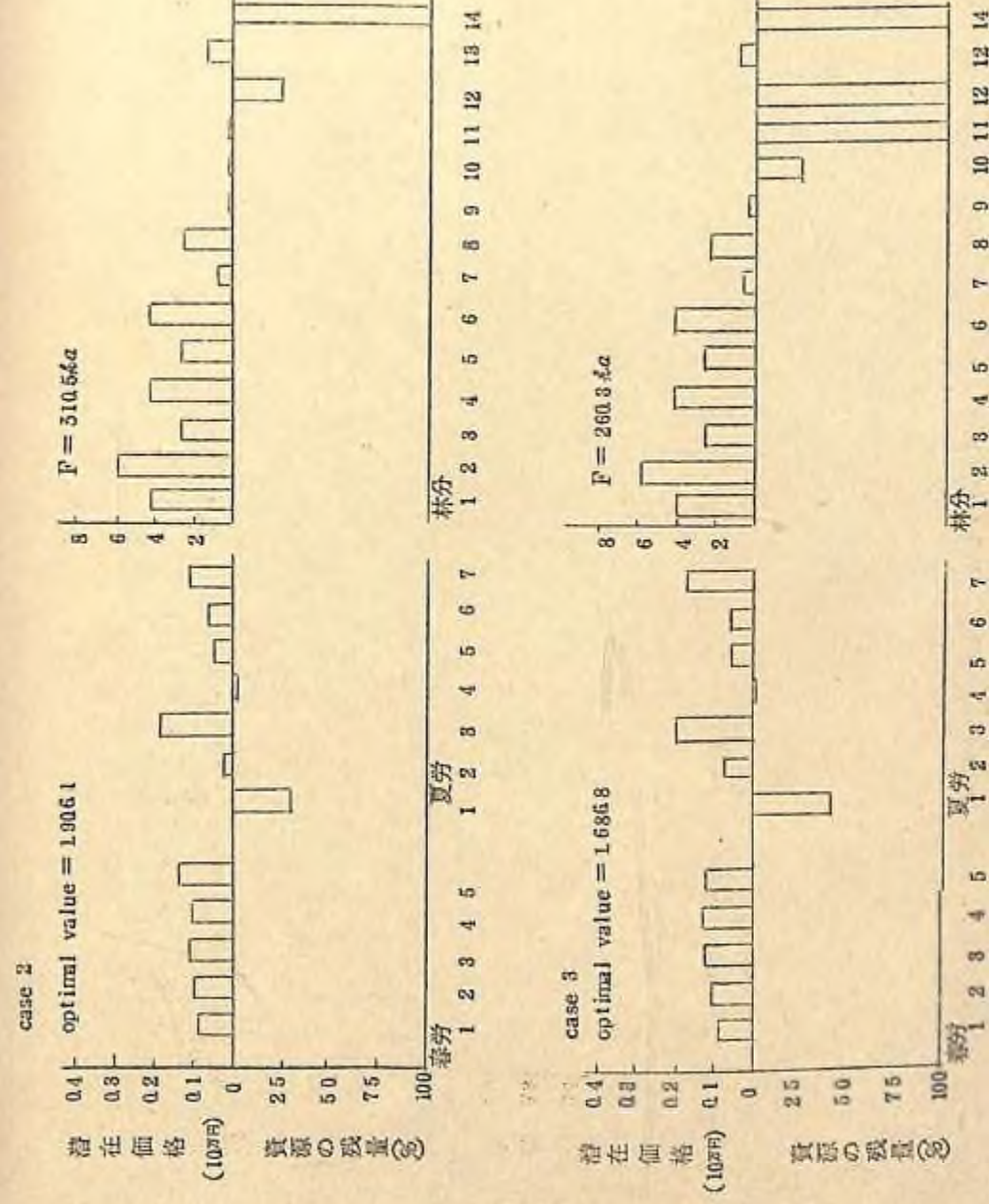
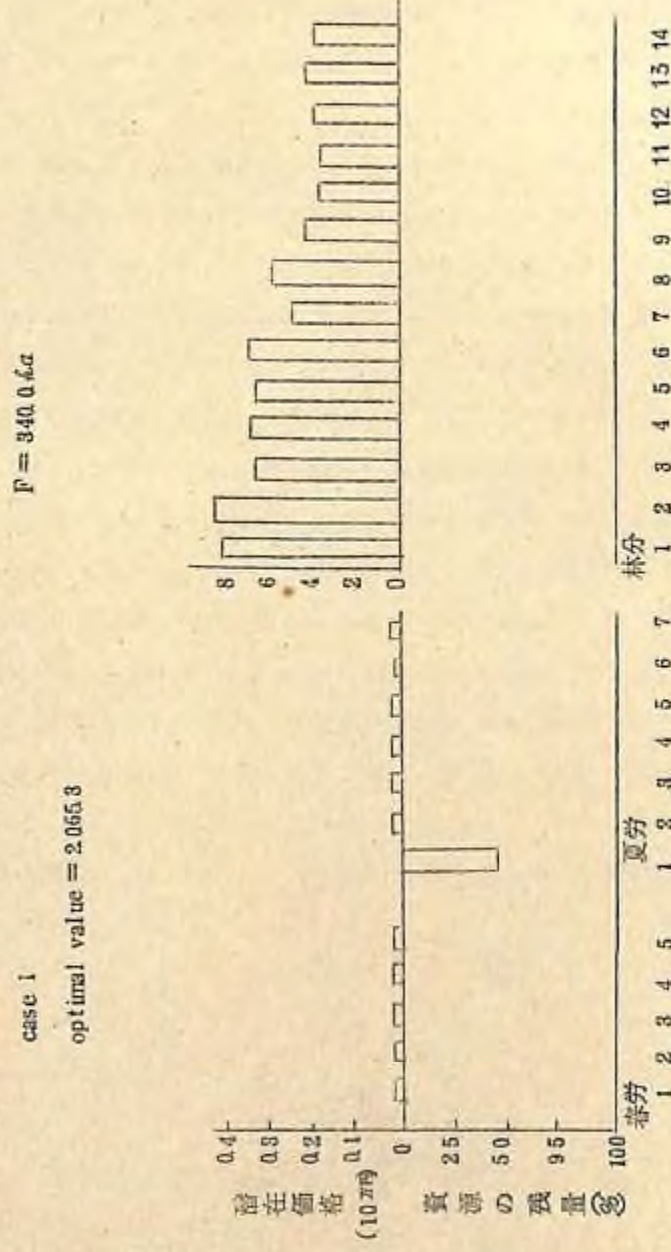
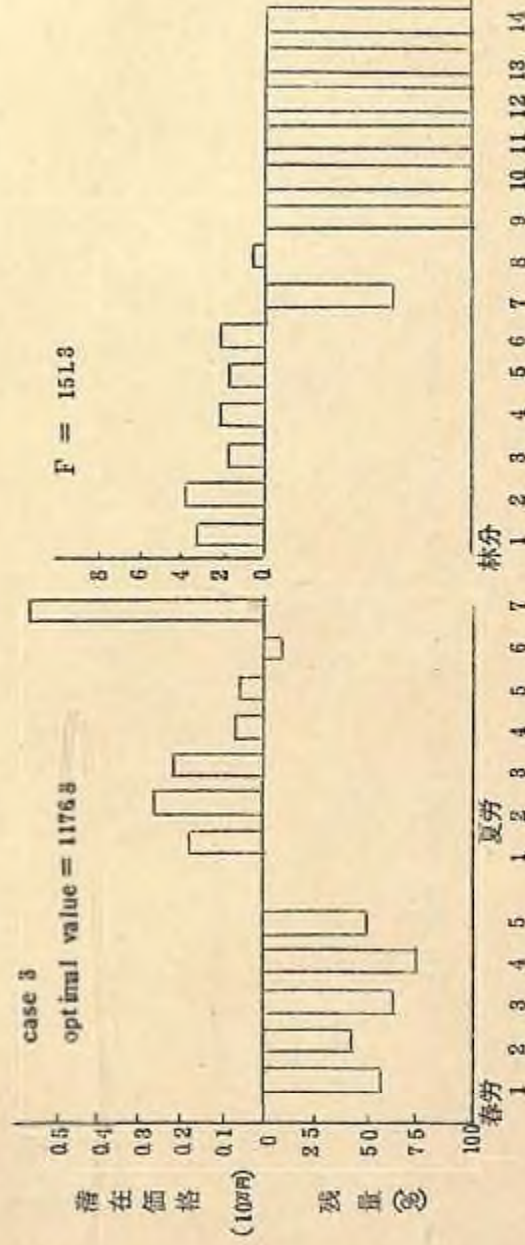
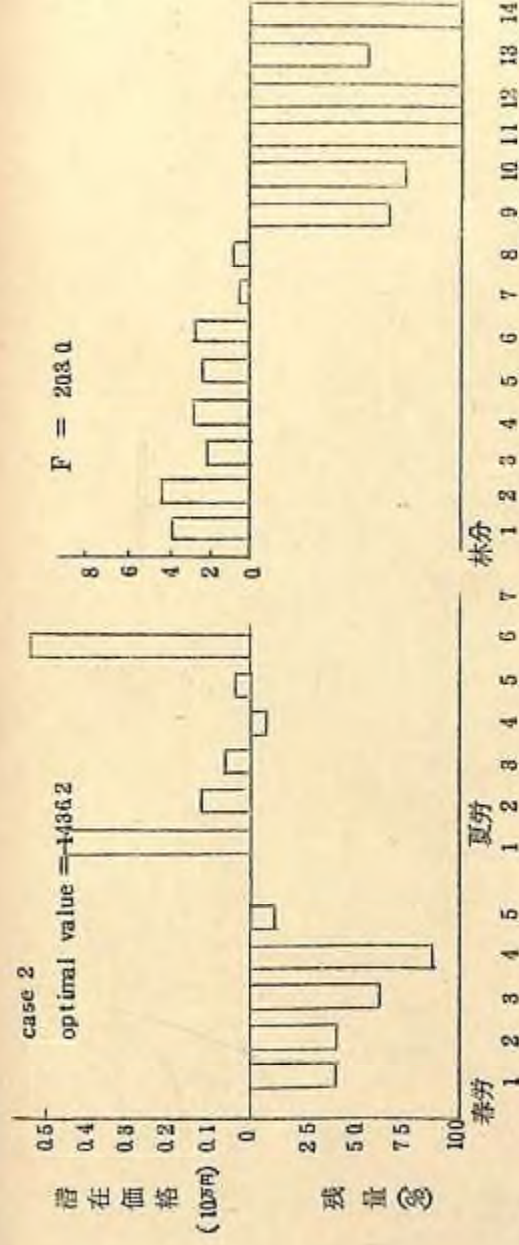
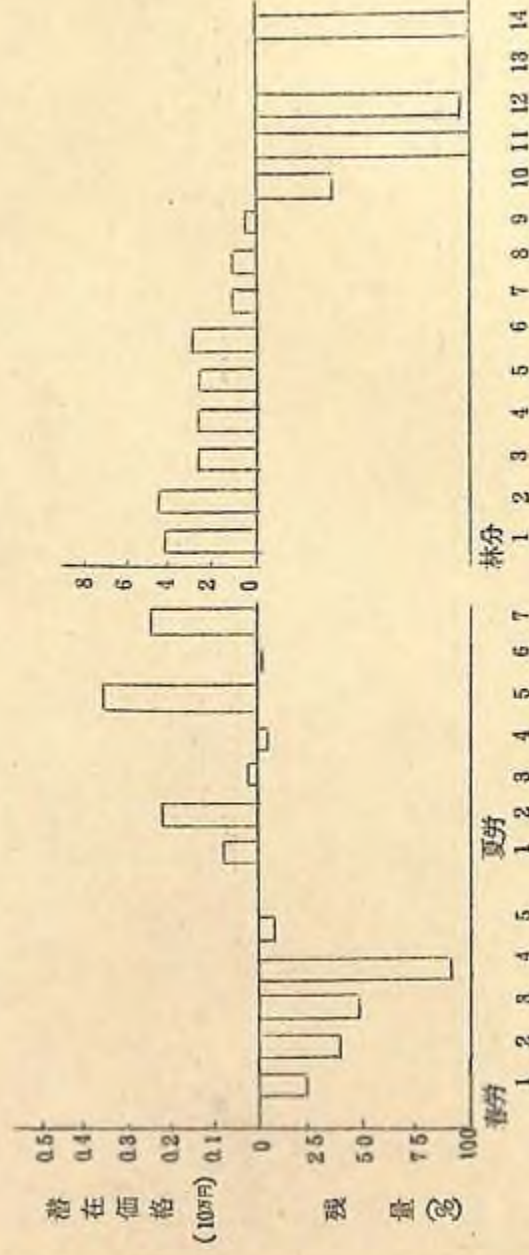


図-6 資源の潜在価格と残量(2)モデルB

case 1
optimal value = 1.696 1
F = 2573

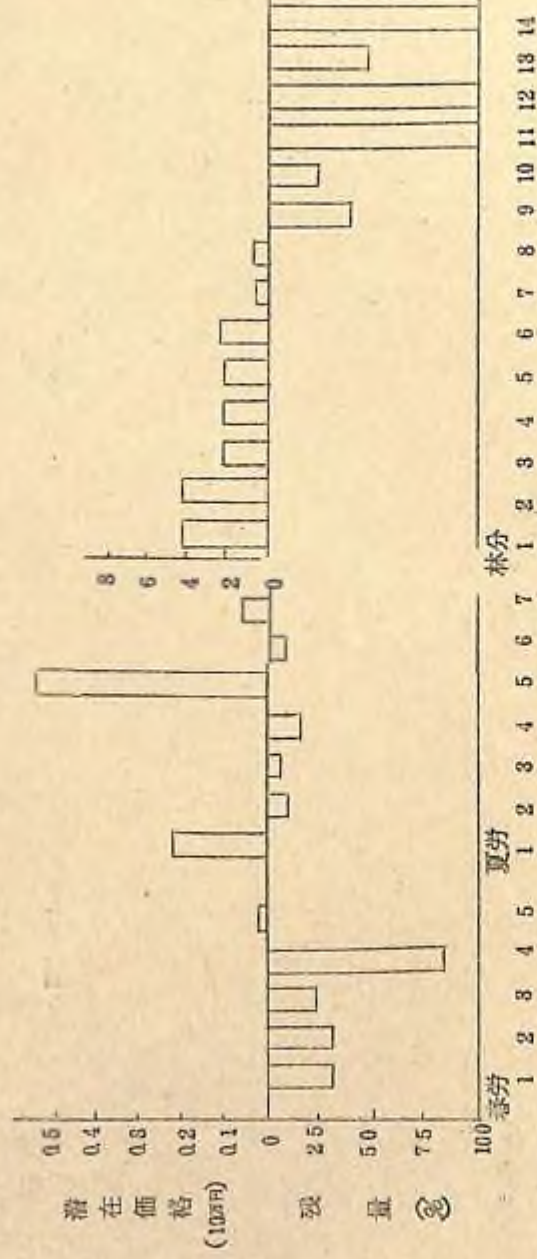


図一 7 資源の潜在価格と残量 (3)モデル 0

case 1

optimal value = 156 0.7

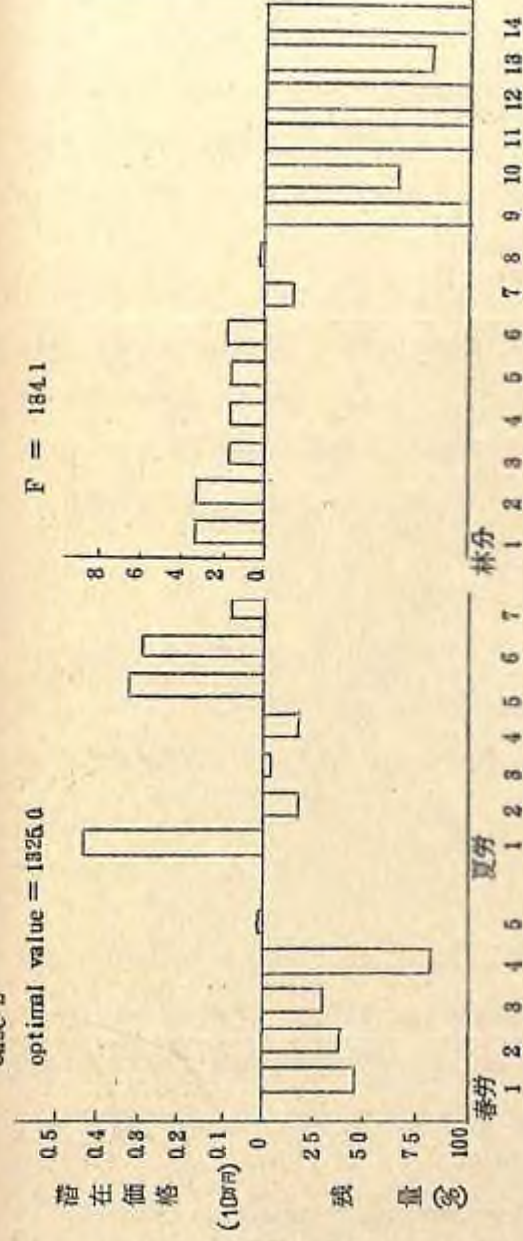
F = 283.0



case 2

optimal value = 1325.0

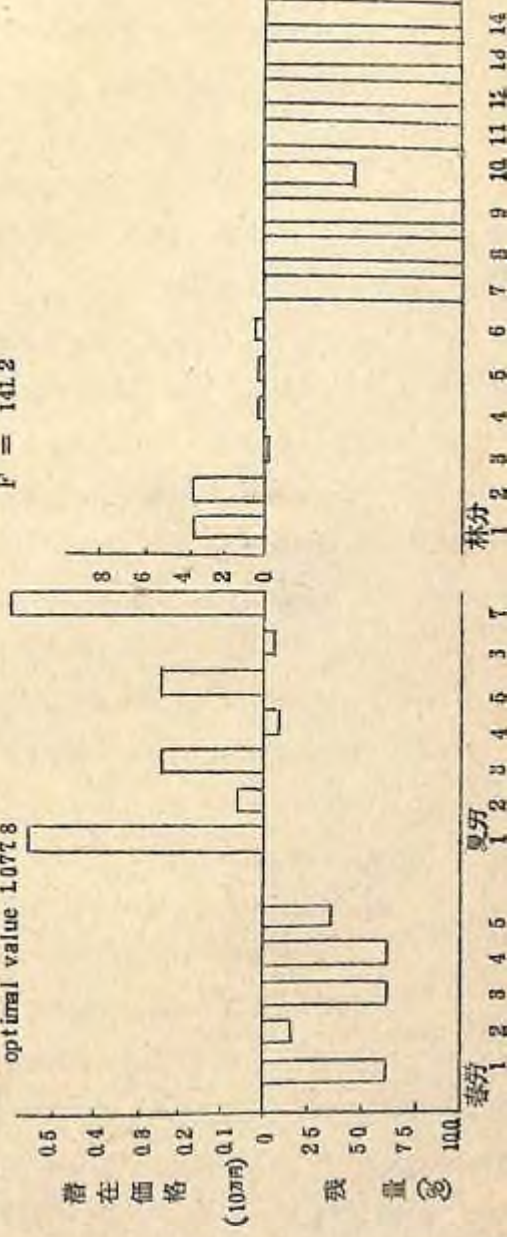
F = 184.1



case 3

optimal value 1077.8

F = 141.2



2. 地域別調査の概要

2-1 札幌局定山溪営林署 (北海道支場)

(1) 計画モデルの枠組み

定山溪営林署の皆伐用伐林作業では新植とともに漸伐・択伐作業がある。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。ただ天然林施業にかんしては、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業における技術選択を線型計画モデルとして定式化し、労働制約量や評価係数の変動にともなう技術選択の変化をあとづけた。

(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。すなわち従来かな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業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線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業をとるべきであるか、③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業体系を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。

③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で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、成林のための施業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取りあげ、これを計画モデルに組み入れた。

(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業体系を組みあげた。詳しくはIVを参照のこと。

(3) 今後解明すべき諸点

①前項の施業技術別の収穫量の予測は、未だ暫定的な性格が強く、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ポ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、線型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ひ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に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(径級別品等別素材生産量)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うべきであろう。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な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。

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大平洋岸から四国の脊梁山脈にまで及び、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 新植予定林分を土壌型、方位、傾斜および標高で細分して各林分の樹種別地位指数を求め、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80年生林分から枝打したものとし、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、この結果をもとにして造林施業の体系化をこころみる予定である。

2-7 熊本営林局菊地営林署 (九州支場)

(1) 計画モデルの枠組み

菊地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署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。そのためまず、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、樹幹折解の縦断面図から材種別品等別の

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) 今後解明すべき点

上記の施策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けている。

2 秋田県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、八幡平の連山がちな。管理面積43000haのうち、約8割はブナ、ミズナラの天然林で、海拔高500~600m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7000haあるが、標高600m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46000ha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まなわぬ天下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ッパ木型からササ型にかわり、地形も急峻になるため、林道密度はおろ、作業条件は悪化していく。

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・天然更新のいかに問わず、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、そうかといっ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85%にあたる制限林では伐跡地の早期更新を要するため、むしろ集約施策が望まれる。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なか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、投資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おさえ、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決められている。

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6700ha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2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。このようにして細分した林分の数は、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

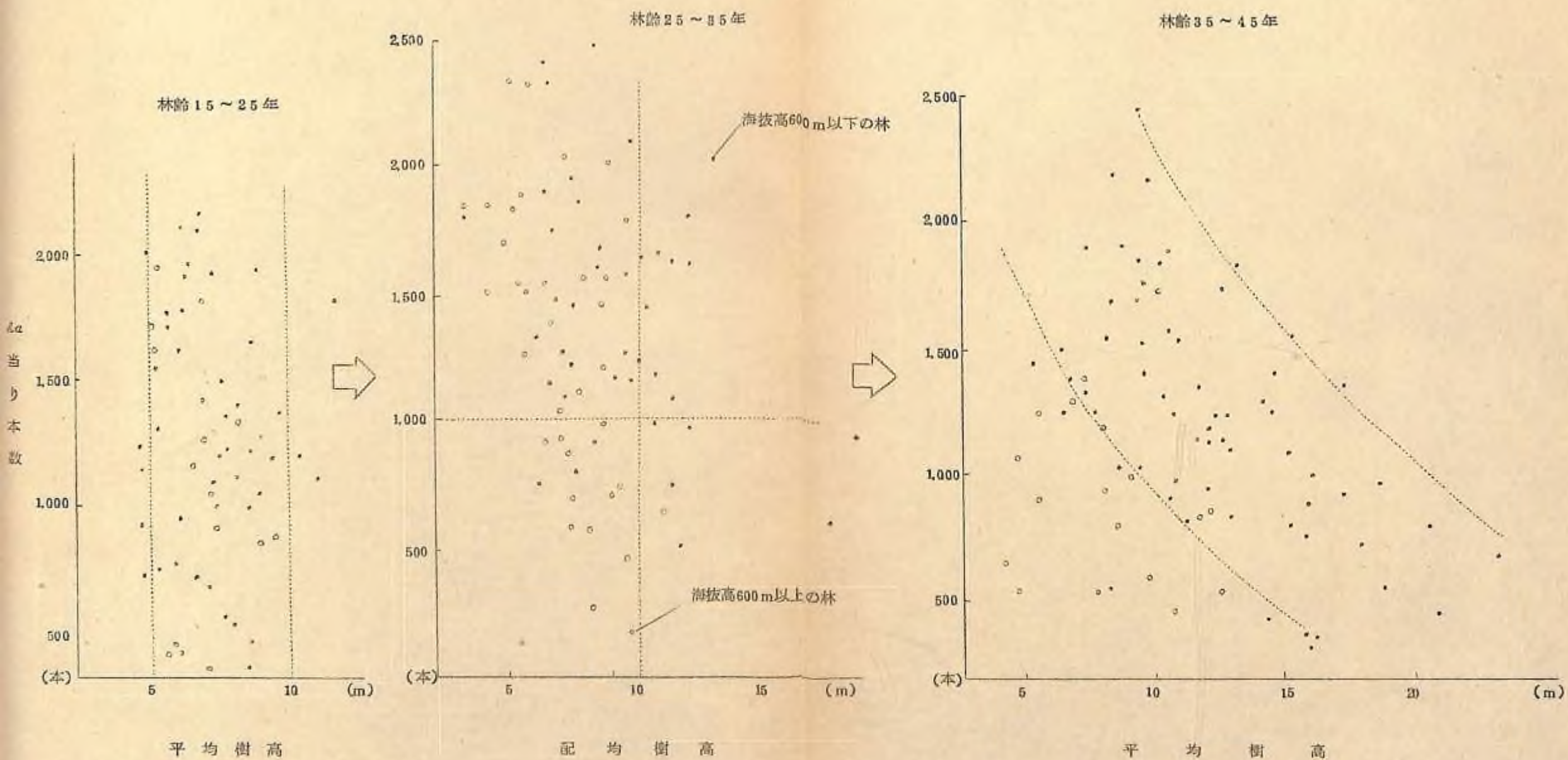
	モデル1	モデル2	モデル3
地 位	○土壌型 BE, D _D -B _{II} 堆積型崩積 ○D _D , D _D (w) 削行 ○B _D (d) B _B 残積	同 左	同 左
積 雪 量	○2.5m以上 ○2.5m以下	同 左	同 左
傾 斜	○15°以下 ○15°~30° ○30°以上	○25°以下 ○25°以上	
植 生 密 度	○粗 ○中 ○密	同 左	
市場までの距離	○19km以下 ○20~29km ○30km以上		
通勤距離	○片道30分以内 ○片道30~60分 ○片道60~90分		
選択可能な代替技術	3~13	5~6	3

表-8 モデル-2 の年度別造林予定面積

土 壌 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 B _D -B _E	崩 積	2.5 ^m 以下	25°以下	疎中密	① 1.90 ② 345.9	⑩ 1.90 ⑪ 105.9	⑪ 1.90 ⑫ 37.0	⑫ 1.97 ⑬ 37.0	⑬ 1.23.9	7.07 64.97
			25°以上	疎中密	② 0.17	⑪ 0.17	⑫ 0.17	⑬ 0.17	⑭ 0.70	1.38
		2.5 ^m 以上	25°以下	疎中密	③ 1.20	⑫ 122.5	⑬ 25.70	⑭ 25.69	⑮ 18.69	83.53
			25°以上	疎中密	④ 11.60	⑬ 25.6	⑭ 25.6	⑮ 25.6		192.8
		2.5 ^m 以下	25°以下	疎中密	⑤ 283.0	⑭ 361.9	⑮ 324.4	⑯ 142.1	⑰ 114.4	1225.8
			25°以上	疎中密	⑥ 54.0 ⑧ 0.97	⑮ 53.9 ⑯ 42.9	⑰ 53.9 ⑱ 27.7	⑲ 53.9 ⑳ 2.09	⑳ 53.9	26.96 10.12
B _D B _D (w)	匍 行	2.5 ^m 以上	25°以下	疎中密	⑦ 442.5 ⑧ 303.3	⑮ 19.08 ⑯ 153.3	⑰ 31.94 ⑱ 63.3	⑲ 344.9	⑳ 25.06	144.82 51.99
			25°以上	疎中密	⑨ 0.34	⑮ 65.3 ⑱ 94.3	⑰ 233.9 ⑲ 24.3	⑲ 323.3	⑳ 47.88	119.47 11.86
		2.5 ^m 以下	25°以下	疎中密					⑳ 1.41	1.41
			25°以上	疎中密	⑨ 0.39	⑲ 0.39	⑳ 0.39	㉑ 0.39	㉒ 0.39	1.95
B _D (d) B _D	残 積	2.5 ^m 以上	25°以下	疎中密						
			25°以上	疎中密					㉓ 1.35	1.35
		計			166.44	124.10	139.11	112.99	124.70	669.24

注 ○内は林分番号

図一 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) 選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沢可能であるか、またそれによっていかにどの収穫が期待できるかを明らかにすることにした。

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よう。

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以上の林分は依然として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、20~50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。

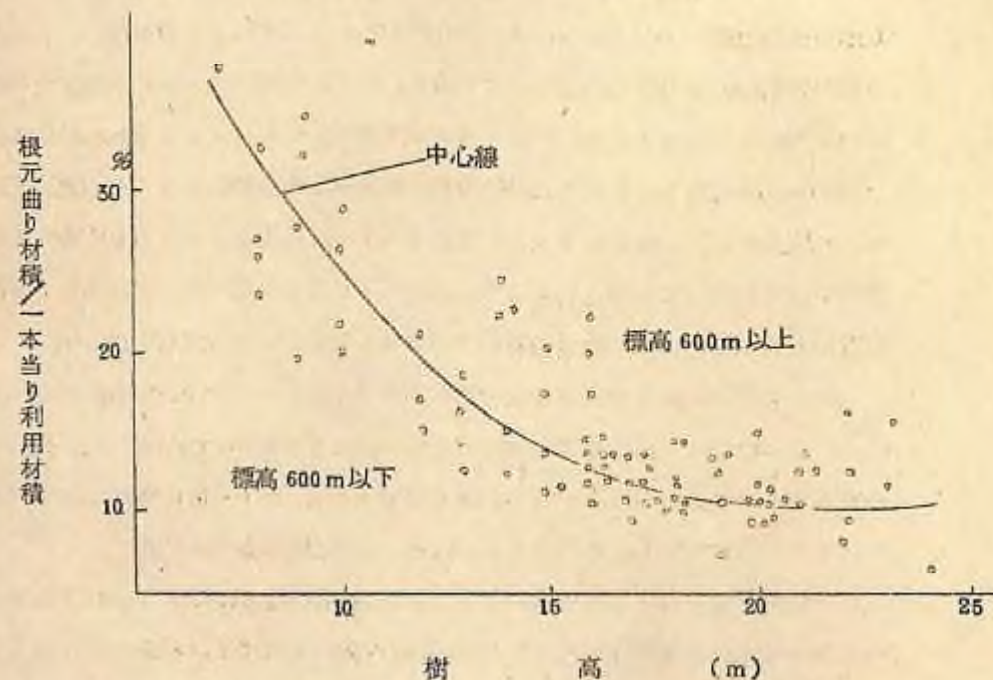
後述の収獲予測にはこの関係が使われている。

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	山腹凸型面	7.31	16°~15°	12.37	7.1 ~ 9.0	12.16
400 ~ 500	9.94	山腹凹部面	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 ~ 15.0	9.71
700 ~ 800	18.46	山麓緩斜面	12.73			15.0 ~	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

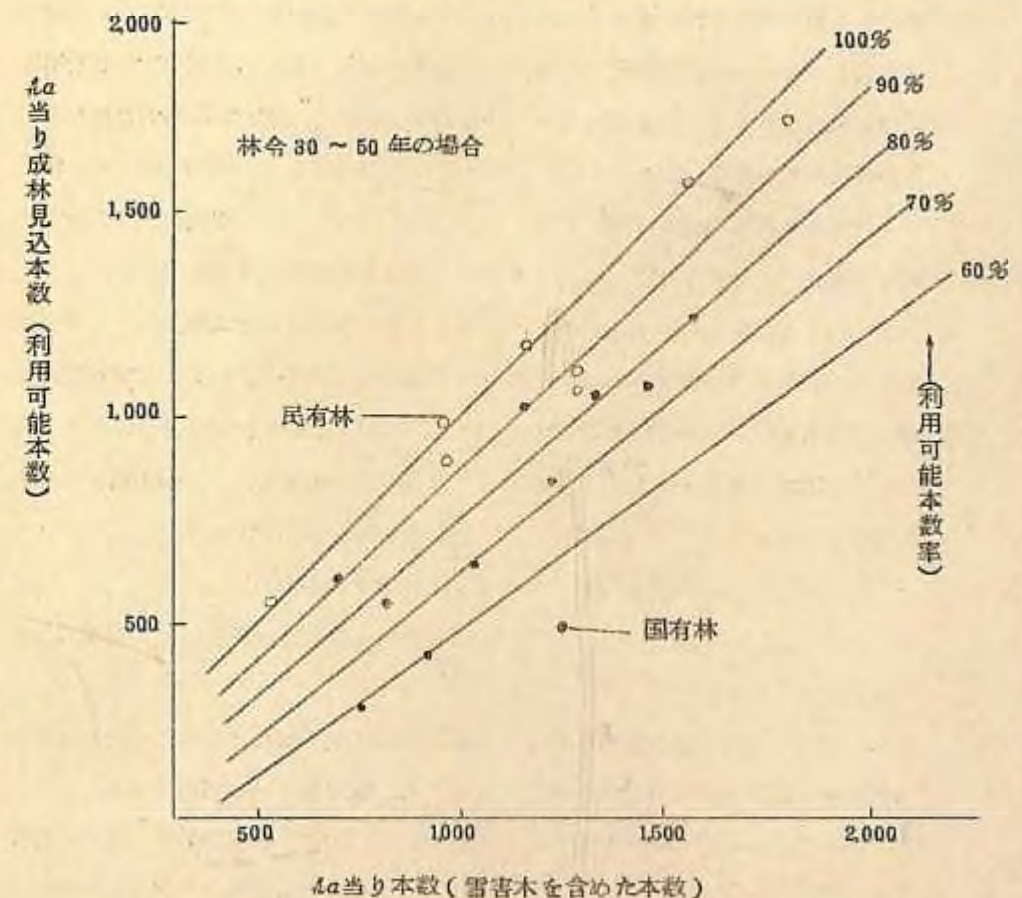


(ii) 育林技術の仕様と導入条件

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、集約な施策を行なっている民有林の成績と普通施策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って同地方の収獲表本数と利用可能本数の百分比を求めると、民有林は114%, 国有林が57%, つまり約 $\frac{1}{2}$ になっている(これが後述の収獲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。

積雪地帯の育林技術上の問題は、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ところから始まり、しかもそれは偶発的なものではなく植栽当初からそ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ぎのような要件をみたす必要がある。①苗木は根ば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、土壌耕転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月中旬に植えるのがよい。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。斉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年までの倒木起しはきわめて効果的である。⑦除伐は早めにおこない、林齢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の採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。

- (イ) 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。
- (ロ) 御行、崩積地帯のB_D型土壌で、標高600m以下、傾斜中以下の林地に幼木林施肥をいれる。
- (ハ) (ロ)と同じ条件で雪の多い地帯(標高600m以上)には、雪起しをとともう特選造林をいれた。これは民間で広く行なわれ、成功している技術である。
- (ニ) 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40当り1,000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。

(ホ) スギの普通造林には春植と秋植の選択が可能である。

(ヘ) 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入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適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る、亜高山地帯では不適当である。

(iii) 収穫予測

(イ) スギの収穫予測は秋田県南部地域施策計画区の現実林分収穫予想表を基礎にしている。

(ロ) 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3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。

(ハ) 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(ロ)の50%とし、間伐材生産を不可能とみなした。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な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遜色がないといわれている。つまり倒木起しが十分なら(ロ)と大差のない収穫が期待できよう。

(ニ) 推計の結果は表-10に詳しい。

(2) 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業績があり、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

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		伐前地拵	伐	整理地拵 植付	根詰め 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		伐前地拵	伐	整理地拵 植付	根詰め 補植 下刈	薬
3	普通造林	春植, 普通刈 傾斜中以下, 下層植生中以下		伐	準備地拵	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	準備地拵	植付 下刈	補植 薬	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	当年地拵 植付	根詰め 補植 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	当年地拵 植付	根詰め 補植 薬	下刈 0.5
7	幼令林肥培	前行, 崩積, B _D 型対象 傾斜中以下, 下層植生中以下			伐	当年地拵 植付	根詰め 補植 肥培 下刈	下刈 肥培
8	幼令林肥培	下刈薬剤使用 前行, 崩積, B _D 型土壌対象 傾斜中以下, 下層植生中以下			伐	当年地拵 植付	根詰め 補植 肥培 下刈	薬 肥培
9	特殊造林	雪積2.5m以上地帯対象			伐	当年地拵 植付	根詰め 補植 下刈	下刈
10	特殊造林	雪積2.5m以上地帯対象			伐	当年地拵 植付	根詰め 補植 下刈	薬
11	雪害防除省力造林	雪積2.5m以上地帯対象	伐			部分地拵 植付	下刈	薬
12	天然更新 I 類	伐採前刈払い				伐前刈払い		
13	天然更新	母樹残存				伐		
14	天然更新	带状伐採				伐		
15	天然更新 II 類	皆伐				伐		

ロ - チヤ - 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	薬	下刈 0.5	薬		つる		除伐			除伐
下刈	下刈	下刈	つる		除伐			除伐		
薬	下刈 0.5	薬		つる		除伐			除伐	
下刈	下刈	下刈	下刈	つる		除伐			除伐	
薬	下刈 0.5	薬		つる		除伐			除伐	
下刈	下刈			つる		除伐			除伐	
下刈 0.5	下刈	薬		つる		除伐			除伐	
下刈	下刈	下刈	下刈	下刈	つる		除			除
下刈 0.5	薬	下刈 0.5	薬	倒起	倒起	倒起	倒起	倒起		除
下刈 0.5	薬	下刈 0.5	薬	倒起	倒起	倒起	倒起	倒起		除
下刈 0.5	薬	下刈 0.5	薬		つる 除伐				つる 除伐	
		伐								

表-10

生 育 環 境 別

土 壌 型 堆 積 型	積 雪 量 標 高	樹 種	伐 期 主, 間別	立 木 材 積	平 均		利用率	利用材積
					樹 高	直 径		
B _E B _D -B _E 崩 積	2.5 m以下 600 m以下	スギ	60 年主	520	24	33.6	80	41.6
			30 間	30	10	1.6	7.5	2.3
			40 間	50	12	1.8	7.5	3.8
			50 間	50	14	2.0	7.9	4.0
	2.5 m以上 600 m以上	スギ	60 主	260	24	33.6	80	20.8
			間伐なし					
		ブナ	150 1類	500	26.5	43.0	7.5	3.70
			150 2類	330	26.5	43.0	7.5	2.50
B _D B _{Dw} 削 行	2.5 m以下 600 m以下	スギ	60 主	400	20	28.2	7.9	31.6
			30 間	20	8	1.0	7.5	1.5
			40 間	30	10	1.2	7.5	2.3
			50 間	30	12	1.6	7.5	2.3
	2.5 m以上 600 m以上	スギ	60 主	200	20	28.2	7.9	15.8
			間伐なし					
		ブナ	150 1類	380	21.5	31.5	7.2	2.80
			150 2類	220	21.5	31.5	7.5	1.60
B _{Dd} B _B 残 積	2.5 m以下 600 m以下	スギ	60 主	260	14	21.8	7.9	20.5
			間伐なし					
	2.5 m以上 600 m以上	スギ	60 主	130	14	21.8	7.9	10.3
			間伐なし					
		ブナ	150 1類	330	18.5	25.5	6.6	2.20
			150 2類	180	18.5	31.5	7.2	1.30

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 計 円
通 直 材 積	根 元 曲 材 積	立木価円/m ³	立木価円/m ³		
m ³	m ³	円	円		円
383	33	7800	7020	3213060	3507300
18	5	2200	1980	43500	
31	7	2800	2520	104440	
35	5	3400	3060	134300	
191	17	7800	7020	1603140	
370		1610		595700	
250		1700		425000	
284	32	2550	6795	2361640	
10	5	1100	990	15950	
16	7	1600	1440	35680	
17	6	2400	2160	53760	2467030
134	24	2550	6795	1174780	
280		1400		392000	
160		1520		243200	
180	25	2350	6615	1488375	
82	21	2350	6615	741615	
220		1380		304600	
130		1400		182000	

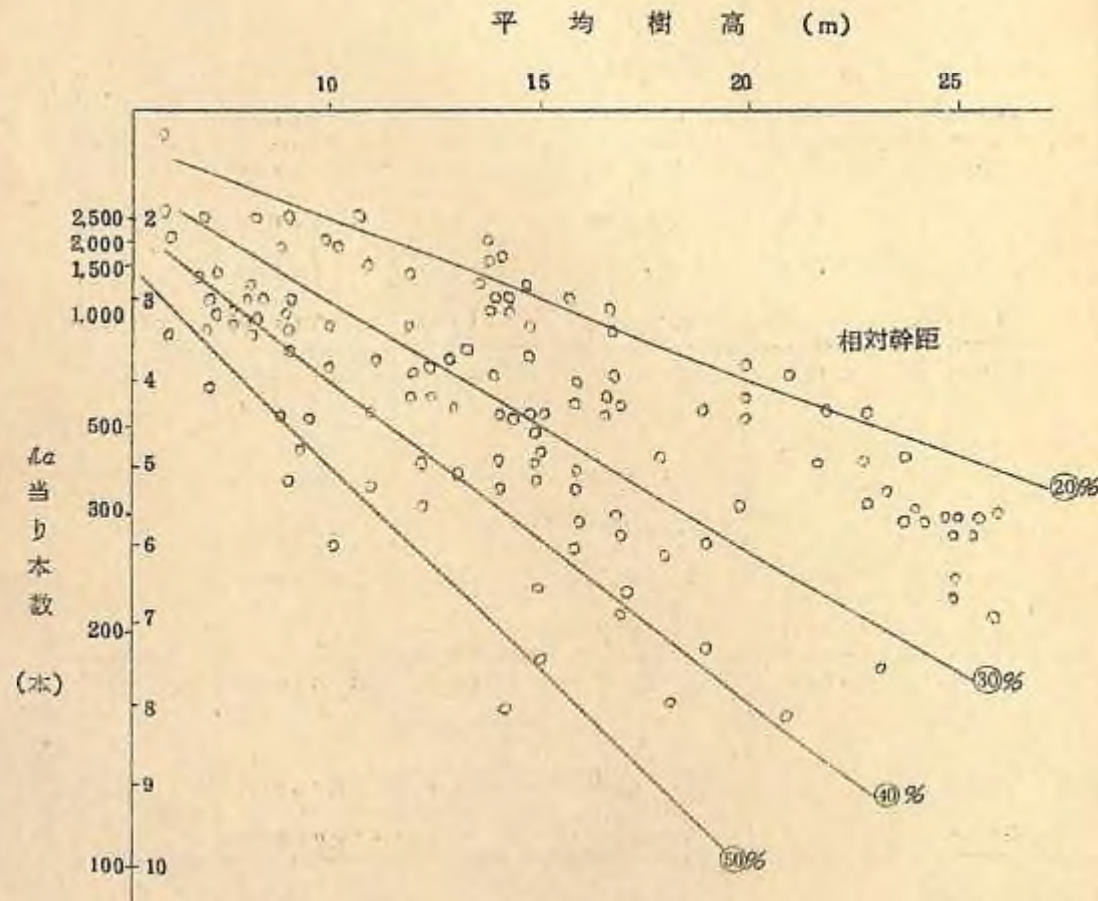
(I) ブナ天然林の構造

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。

(i) 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

$$\text{平均幹距} = \sqrt{\frac{10,000}{\text{1a当り本数}}} \quad \text{相対幹距} = \frac{\text{平均幹距}}{\text{平均樹高}} \times 100 \quad \text{のことである。}$$

図-12 秋田営林局管内ブナ天然林の密度の実態



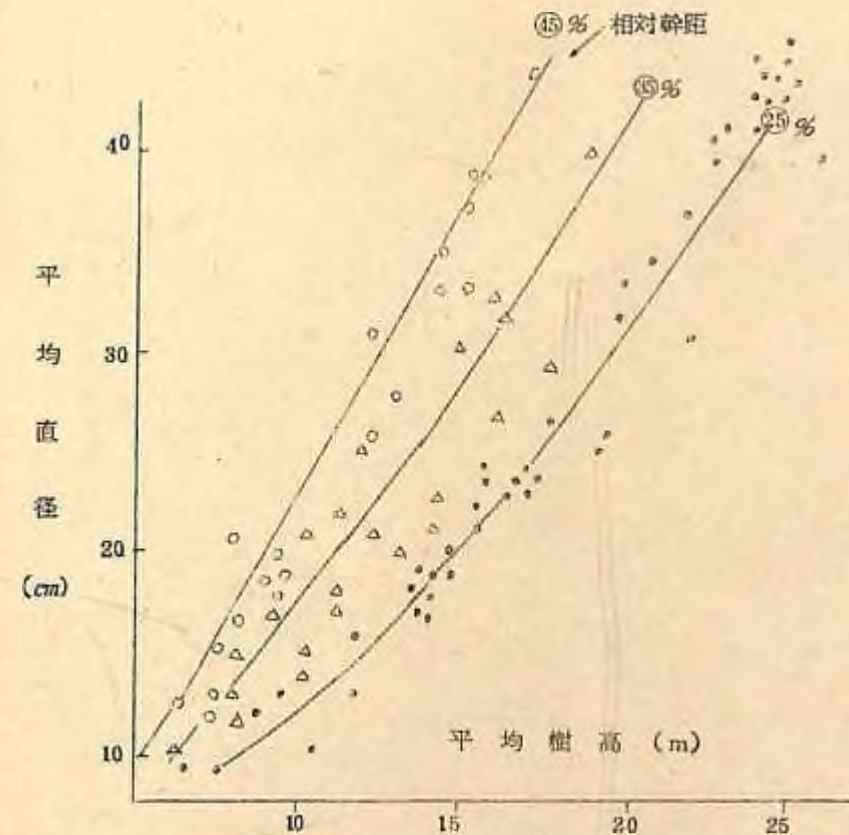
(ii) 密度を3階層に区分して、平均樹高と平均直径との関係を見ると、疏な林分ほど平均直径が大きい(図-13)。

(iii) 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の間には、一定の関係が存在している(図-14)。

(iv) 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、択伐や間伐の施業林分

図-13 密度別の平均樹高と平均直径の関係



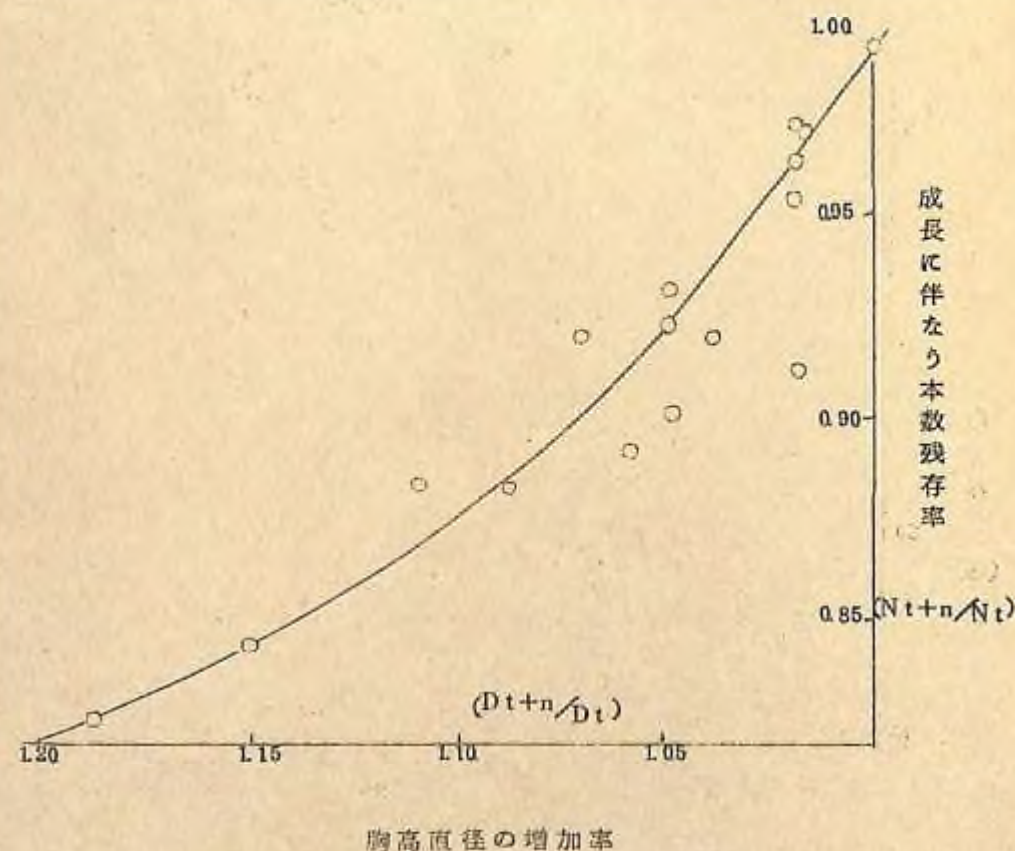
にくらべて約10倍にあたる枯損量をもたらし、それも小径木から大径木にかけて枯死している。施業林分でも本数減少がみられるけれど、比較的小さい個体が消失しているようだ。1年当りの純成長量は、施業林7.0～8.4、放置林4.8～5.5 m³である。適切な施業によって枯損量を最小限におさえ、純成長を高めることは十分に可能であろう。

後述の収獲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。それゆえ収獲量の予測も、各

図一14 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案して行なわなければならない。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一15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

表一11 施業別の枯損量・純成長量の関係

(平均高1.4～1.5 m, 期首蓄積約300 m³の林分)

場 所	調査期間	本数	材積	採伐 間伐による期間中の収獲			期首の枯損木		1年当り	
				収獲期間	本数	材積	本数	材積	純成長量	枯損量
黒森山(弘前)	1942～62	1500	321	5年毎収獲	530	215	105	7	8.3	0.35
" (")	"	1900	311	"	560	218	215	15	7.0	0.75
" (")	"	1210	242	—	—	—	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年毎収獲	391	230	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～

30 cm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、ブナのほかに、ミズナラ、イタヤカエデ、ホオノキ、トチノキ、カンナノ類のことである。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40年あたり3000～11000本でほぼ一定の範囲に分布する。少なくとも30 cm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。

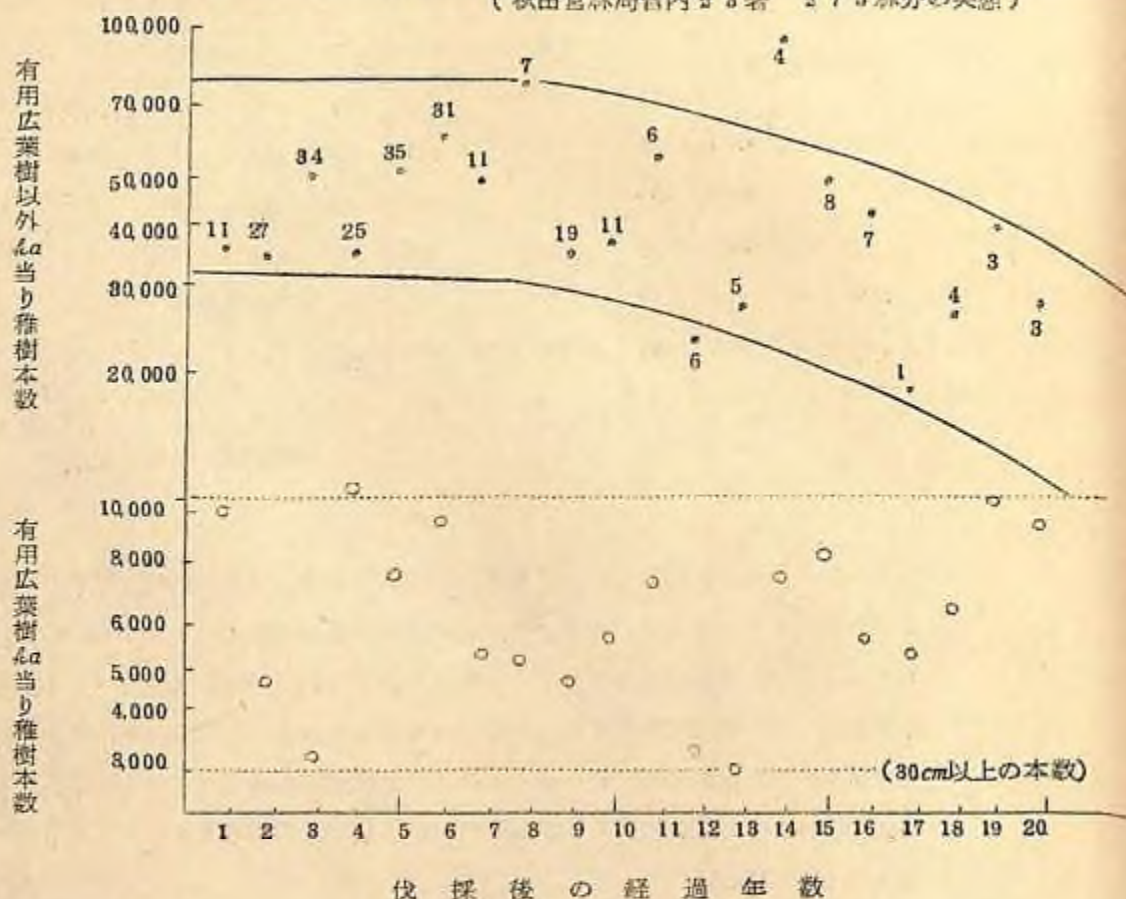
つぎに伐採される以前の林分で、高さ30 cm以上の有用広葉樹が、どれくらいあるかをみると、秋田県南部の天下対象地の調査では、5000本以下の林地が70%、5000～8000本20%、8000本以上10%となっている。稚樹の少ない林分に対しては適当な更新補助作業が必要となろう。なお秋田営林局のブナ林施業の指針ではつぎのような本数を目安にしている。

伐採後5年以内	8800本
5～10	5100本

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23署 275林分の実態)



Ⅱ) 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10通りの体系ができあがる。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、後述の計画モデルに実際に組み込まれているのは、比較的実行しやすいと思われる

図-16 ブナ更新技術

フ ロ - チ ャ - ト

(秋田営林局管内適用)

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, 収獲上の制約
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													4a当り約10人
4	"	伐前地拵		伐前地拵			伐																伐採前地拵4a当り約40人
5	"	伐前地拵		伐前地拵			伐			刈出													伐採前地拵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	地拵															上記と地拵40人
9	"	伐前地拵		伐前地拵			伐																上記と伐前地拵40人
10	"	伐前地拵		伐前地拵			伐			刈出													上記と伐前地拵, 刈出し50人
11	保存木型態						下種伐										後伐				後伐		大面積皆伐と比較し, 伐出費の増加分を更新費とみる。
12	"	下種伐					下種伐										後伐				後伐		同上
13	"						母樹	10本残存															同上 約25%増
14	"						母樹	20本残存															同上 "
15	"						母樹	20本残存		刈出													同上と刈出し 10人
16	"						母樹	地拵									後伐				後伐		同上と地拵 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, 前生極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 10cm以下の稚幼樹残存する。伐採率おおむね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 伐採前地拵施行後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30cmの帯状皆伐伐採を行う。林縁側10mは更新良好なものとする。
- ⑦ 同上 伐採後稚樹定着促進のため下刈を行う。
- ⑧ 同上 伐採後地拵え施行

- ⑨ 伐前地拵え施行後3~5年目に幅30mの帯状皆伐を行う。
- ⑩ 上期に刈出しをとまなうもの。
- ⑪ 枯損木が生じている老令林分対象, 下種伐後10~15年目に後伐を行う。
- 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, 母樹収獲考えず。
- ⑭ 土壌条件の悪い林地対象, "
- ⑮ 上記に稚樹の刈出しを行う。"
- ⑯ 母樹数は母樹の径級の大きさによって決める。(例) 30cm→4本/4a, 50cm→3本/4a, 後伐は2結実期後(10~15年)とする。

4種類だけである。それは①伐採の3～5年前に全面地拵をやり、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30m程
変の帯状皆伐を行なう方法。④全面一斉皆伐方式である。

(v) 収穫量の予測

ブナ林の地位は堆積型と土壌型で、ほぼきまるといわれ、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 土壌型	相対 幹距	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 材積	利用率	利 用 材 積	平均 樹高	本数	平均 直径	立木幹 材積	利用率	利 用 材 積
残 積 B _B P _w	20	12	1740	100	130	020	30	165	920	180	320	052	(170)
	25		1110	120	120	028	30		590	215	230	058	130
	30		770	145	120	038	50		410	285	200	063	130
	35		570	160	120	042	50		300	250	170	066	110
	40		430	180	110	049	60		230	270	160	068	110
	45		340	200	110	055	(60)		180	295	110	072	80
削 行 B _{D(d)}	20	14	1280	140	190	037	70	185	730	220	370	062	(230)
	25		830	160	160	042	70		470	255	330	066	220
	30		570	180	150	049	70		330	275	230	069	160
	35		420	210	150	057	(90)		240	295	200	071	140
	40		320	220	130	060	80		180	315	180	072	130
	45		250	240	130	064	80		140	340	170	073	130
削 行 B _D	20	17	870	180	240	049	120	215	540	280	460	070	(320)
	25		550	220	230	060	(140)		350	315	380	072	280
	30		380	230	190	069	120		240	325	330	073	240
	35		280	270	190	068	130		180	360	250	074	180
	40		220	290	170	070	120		140	380	220	075	160
	45		170	310	160	072	110		110	410	200	075	150
崩 積 B _E	20	22	520	285	440	070	(310)	265	360	410	640	075	(480)
	25		330	325	390	072	280		230	420	500	075	370
	30		230	350	350	074	260		160	445	410	075	310
	35		170	370	310	074	220		130	470	360	075	270
	40		130	400	280	075	170		90	490	330	075	250
	45		100	430	220	075	160		70	520	310	075	230

注：() 印は各種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本数を求め、密度別の平均樹高に対する平均直径の係数を利用して単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壌の不良地帯では疎林ほど利用材積が大きく、土壌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。利用や成長の係数からいえば、150年伐期が重要になろう。この場合はどのような土壌条件であっても、密度の高い林分ほど利用材積が多い。現実には施業するときには、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-13)との関係を明らかにしなければならない。われわれは、最も安全な更新技術として、

母樹残存 — 地拵 — 後伐

タイプのもを仮定し、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たと考えた。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-14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。

(V) 作業工程と造林費

営林署の造林実行簿から相当りの作業別人工数を計算すると、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数ですすんでいる。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費計算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は各作業の工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)

(vi) 収穫の価格づけ

収穫量の価格づけは、つぎの手順によった。

- (i) 昭和45年度における秋田局全体の立木価格の平均は m^2 当りスギ7631円、ブナ1985円であった。この価格はそれぞれ最小径14~22cmのスギ丸太と

40~48cmのブナ丸太に対応したものと考える。

- (ii) 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もある。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。
- (iii) 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。
- (iv) 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。
- (v) 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。
- (vi) 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30km以上では m^2 当りスギで±140円、ブナで±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う。プラスになっているのは、崩壊地帯で土壌条件もB_D以上の場所であり、同時に作業条件と地利的に恵まれた林分である。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2000円、苗木が20円となるならば、地位2に相当する初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70~80%に拡大する。しかし標高が高く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

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

を使っている。上式は生の立木販売収入が育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40年度の造林予定地16844について、育林投資総額の変化に伴う技術選択のうつりかわりをみておく(表-16)。なおこ

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	技術番号	伐採前の林分状況 作業環境 更新技術の種類 地位(m)	疎林および中庸林分					疎林 - 中庸林			
			皆伐作業型					帯状皆伐			
			皆伐	上層伐	皆伐一 列樹出	伐採前 地拵一 皆伐	伐採地 拵一皆 伐	皆伐	皆伐一 列樹出	皆伐一 地拵	
1	2	3	4	5	6	7	8				
1	残積	30以下	95	65	95	115	125	95	105	110	
2		5000	30~50	90	115	135	160	170	135	145	155
3		以下	50~70	120	155	180	215	230	180	190	205
4		70以上	100	210	240	290	(305)	240	255	270	
5	B _D P _w 1&5m	30以下	80	105	120	145	150	120	130	135	
6		5000	30~50	100	130	150	180	190	150	160	170
7		~8000	50~70	150	195	235	270	285	235	240	255
8		70以上	200	260	(300)	(320)	(320)	(300)	(320)	(320)	
9		30以下	130	170	195	235	245	195	210	220	
10		8000	30~50	160	210	240	290	(305)	240	255	270
11		以上	50~70	240	(310)	(320)	(320)	(320)	(320)	(320)	(320)
12		70以上	(320)	-	-	-	-	-	-	-	
13	残積一 部行	30以下	70	90	105	125	135	105	110	120	
14		5000	30~50	90	115	135	160	170	135	145	155
15		以下	50~70	135	175	200	245	255	200	215	230
16		70以上	180	235	270	325	340	270	290	305	
17	B _D (d) 1&5m	30以下	90	115	135	160	170	135	145	155	
18		5000	30~50	115	150	170	205	220	170	184	195
19		~8000	50~70	170	220	255	305	325	255	270	290
20		70以上	230	300	345	(370)	(370)	345	(370)	(370)	
21		30以下	150	195	225	270	285	225	240	255	
22		8000	30~50	185	240	280	335	(350)	280	295	315
23		以上	50~70	280	(365)	(370)	(370)	(370)	(370)	(370)	(370)
24		70以上	(370)	-	-	-	-	-	-	-	
25	部行	30以下	90	115	135	160	170	135	145	155	
26		5000	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	B _D 2.1.5m	30以下	130	170	195	235	245	195	210	220	
30		5000	30~50	165	215	250	295	315	250	265	280
31		~8000	50~70	250	325	375	(450)	(460)	375	400	425
32		70以上	330	430	(460)	(460)	(460)	(460)	(460)	(460)	
33		30以下	180	235	270	325	340	270	290	305	
34		8000	30~50	230	300	345	415	435	345	370	390
35		以上	50~70	345	(450)	(460)	(460)	(460)	(460)	(460)	(460)
36		70以上	(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：秋田営林局管内標高800～1000m(ブナ・その他有用広葉樹蓄積の推定)

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				保残木作業型態			
伐前地拵一 皆伐	伐前地拵一 皆伐一列樹出	下種伐一 一段伐	予備伐一 種伐一段伐	母樹残存 10本	母樹残存 20本	母樹残存 30本 列出し	母樹残存 地拵一後伐
m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	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)
(320)	(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)
(370)	(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)
(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)
-	-	-	-	-	-	-	-

表-14 造林に必要な各作業の標準工期

① 地 拵

当年度地拵と準備地拵

広葉樹天然林伐採跡地全刈枝条存置地拵(人力)

植生 \ 傾斜	15°未満	15~30°	30°以上
疎	120	255	339
中	129	308	357
密	188	381	375

当年度地拵, 準備地拵(機械刈)

植生 \ 傾斜	15°未満	15~30°	30°以上
疎	127	191	252
中	134	201	265
密	141	211	278

油代4a当り 3,500円

伐採前地拵(人力)

植生 \ 傾斜	15°未満	15~30°	30°以上
疎	127	179	225
中	134	181	237
密	141	190	249

伐採前地拵(機械刈)

植生 \ 傾斜	15°未満	15~30°	30°以上
疎	96	129	169
中	101	136	178
密	106	143	187

油代4a当り 1,100円

整 理 地 拵(人力)

植生 \ 傾斜	15°未満	15~30°	30°以上
疎	99	131	164
中	104	138	173
密	109	145	182

整理地拵(機械刈)

植生 \ 傾斜	15°未満	15~30°	30°以上
疎	76	101	126
中	80	106	133
密	84	111	140

油代4a当り 3,200円

② 植 付

新植4a当り 184人(4a当り 3,500本1人1日190本)

補植 普通植 4a当り 4.6人 4a当り 680本

特殊及び集約のとき4a当り 2.3人 4a当り 350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	54	57	60
中	61	64	67
密	69	73	77

年1回刈のとき(機械刈)

植生 \ 傾斜	15°未満	15~30°	30°未満
疎	43	46	48
中	49	51	54
密	55	58	62

油代4a当り 500円

年2回刈(人力)

植生 \ 傾斜	15°未満	15~30°	30°未満
疎	41	43	45
中	46	48	50
密	52	55	58

年2回刈(機械刈)

植生 \ 傾斜	15°未満	15~30°	30°未満
疎	30	32	34
中	34	36	38
密	39	41	43

油代4a当り 500円

- ④ 根 掘み 1a当り 1.8人
- ⑤ 裾枝払い 1a当り 2.8人
- ⑥ つる切り (人力) 1a当り 1.7人
- ⑦ 除 伐 (人力) 1a当り 8.1人
(機械) 1a当り 8.5人
油代 1a当り 1,200円

- ⑧ 施 肥
幼齡木施肥
植林1年後 3.9人/1a 肥料代 6,200円/1a
" 2年後 3.9人/1a " "

- ⑨ 苗 木
スギ(1-1-1) 1本当り 32円389(自著生産)
新植 1a当り 3,500本 113,362円
補植 " 680本 22,024円
新植 " 1,000本 32,389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)

- ⑪ 倒木起し
1年～3年 1a 18人
4～5年 1a 22人
6～8年 1a 25人
9年 1a 21人
10～11年 1a 17人
12～13年 1a 13人
14～15年 1a 9人

- ⑫ 通勤時間補正
片道30分以内 0%
片道30～60分 10%
片道60～90分 20% } 補正係数

表-15 造林技術別・作業条件別造林費

<割引造林費(35%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	434	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	388	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	201	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45年度分)

造 林 技 術		育林費(地拵—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	伐前地拵 除草剤	017	017	150	150	150	150	150	150
③	春 植 普通造林	6252	6890	7142	7142	7142	7142	7142	7142
⑥	秋 植 除草剤		1160	1416	1416	1416	1416	1416	2094
⑩	倒木起し 除草剤		031	1024	1834	3564	3584	5815	7458
⑪	スギ,ブナ混交 省力造林		252					2191	
⑬	ブナ天然下種Ⅰ類		238	1783	1783	2231	3674	130	
⑮	ブナ皆伐(天下Ⅱ類)	10574	8256	5329	4519	2841	678		
面 積 計 (1a)		16844	16844	16844	16844	16844	16844	16844	16844
年 収 額 (千円)		3852	3581	3012	4103	4514	4538	4817	4962

でいう育林費には地拵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、こうした集約な施策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ェイトを置くかによってとるべき施策はかわってくる。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る反面、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上げられると天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) 線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みきかたによって2つの場合を区別している。すなわち、モデル3とモデル4がそれである。当面、営林署単位で考えたモデル2にしぼ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) 対象林分は表一8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、土壌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 ln 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一17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

表一17 利用可能労働量 (制約量)

労働量状況			常用、定期、臨時作業員現状のとき						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	利用可能労働量						利用可能労働量						45年実績	
		下刈 6～8	除伐 つる 10～ 11	倒木 起 4	植付 5～ 6中	下刈 6中 ～8中	地拵 植付 8中 ～9	地拵 10～ 11	倒木 起 4	植付 5～ 6中	下刈 6中～ 8中	地拵 植付 8中 ～9	地拵 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	359	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	768	410	610	750	610	490			
田 沢 担当区	46	663	256	240	504	60	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	132	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	130	0	7		
	47	923	360	168	876	505	421	562	170	0	0	130	0			
	48	528	822	168	876	900	421	100	170	60	0	0	0			
	49	277	778	168	876	1,151	421	144	170	250	60	0	0			
	50	116	301	168	876	1,312	421	621	170	250	220	240	0			
造 林 事業所	46	3,301	1,465	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	5,829	2,651	1,471	1,150	1,390	0	1,730	200			
	48	1,846	2,347	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

営林署単位の労務管理と

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	
46年	③ 997ha	1680	1223	457	0	30302	
	⑤ 226ha						
47年	③ 615ha	1240	1232	08	0	32625	
	⑤ 427ha						
	⑫ 120ha						
48年	① 30ha	1320	799	591	1800	25165	補植
	③ 281ha						下刈
	⑥ 216ha	注：5～9月労働残量					秋植
	⑩ 224ha						
	⑫ 48ha						
49年	③ 12ha	1120	658	462	2805	22657	春植
	⑤ 258ha						補植
	⑩ 350ha	注：5～9月労働残量					下刈
	⑪ 20ha						準地
	⑫ 08ha						
50年	③ 50ha	1240	998	242	2943	27080	補植
	⑤ 260ha						春植
	⑩ 440ha	注：5～9月労働残量					下刈
	⑪ 248ha						秋植

造林事業計画の最適政策

常用、定期労務の有効活用と臨時労務計画							
→ 17825千円							
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	2066	③ 997ha	41,095千円
			計		2066	⑤ 683	
						計 1680	
		0	補植	457	210	③ 615ha	38,021
			下刈	457	439	⑤ 128	
			秋植	128	579	⑥ 407	
			計		1,228	計 1240	
128ha	59人	0	秋植	346	1,533	① 304ha	40,218
585	415		準地	500	1,340	③ 281	
293	1,326		計		2,573	⑤ 639	
						⑥ 216	
						⑩ 224	
						計 1320	
500	920	0	準地	220	590	③ 512	38,486
639	295		計		590	⑤ 258	
1724	1,460					⑩ 350	
45	121					計 1120	
500	230	0	秋植	85	384	③ 315ha	39,242
265	400		計		384	⑤ 485	
1944	1,475					⑩ 440	
140	838					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、倒木起しもあながち実行不能な作業ではない。46・47年の両年度は全部の労働制約量を使い切り、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、営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ほ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。

薬剤の微量散布による 病虫害防除

I 試験項目

薬剤の微量散布による病虫害防除

II, 試験担当者

保護部樹病科長	千 葉 修
・ 樹病科防疫薬剤研究室主任研究官	大久保 良 治
・ 室長	川 崎 俊 郎
・ 昆虫科昆虫第一研究室長	山 田 房 男
北海道支場保護部昆虫研究室長	山 口 博 昭
・ 室員	平 佐 忠 雄
・ 樹病研究室長	横 田 俊 一
・ 室員	遠 藤 克 昭
・ 室員	松 崎 清 一

III, 試験目的

林地に発生した病虫害に対して薬剤防除を行なう場合、被害面積・地形などによって地上散布が困難なことが少なくない。また、病虫害は一般に、遠期をえらんで短期間に防除する必要があるが、地上からの薬剤散布によってその目的を達成することは、きわめて困難である。このような難点を解決するために、しばしば航空機による薬剤散布が実施されてきたが、反面この方法には、液剤の散布量が $1a$ 当たり40ℓ以上を必要とするためヘリポートに大量の水を確保しなければならないこと、1回の塔さい量による散布面積が小さいので薬剤の積み込み作業に多大の労力と経費を必要とすること、散布地域外へ薬剤が漂流（ドリフト）すること、などの欠点がある。

数年前から農業方面で検討が進められてきた微量散布（原体またはそれに近い高濃度の薬剤を $1a$ 当たり0.5～2ℓ程度散布する方法）は、従来の方法がもつ欠点を解決するものとして期待され、イネの病虫害防除に実用化されている。林業においては、この方法による効率化および経費の節減のほかに、散布地域外への薬剤のドリフトをおさえる点が、散布区域外での自然環境の汚染や危害を防止することで重視され、森林病虫害の防除に対する適用の可否、実施方法の検討が必要とされた。

このため、航空機による薬剤散布の適用が予想される数種の害虫および病害をとりあげ、使用薬剤の種類・濃度および散布量・被害発生 の程度について、室内およびほ場でのモデル試験を行

なうこととした。

IV, 試験の経過

本試験は昭和44～46年度の3か年にわたって実施したが、試験に先立って昭和43年に試験散布装置の検討を行ない、目的とする散布薬液粒径および散布量を可能にする器具および方法を決めることとした。また、高濃度のシクロヘキシミド剤を散布した場合のカラマツに対する薬害発生の有無を調べ、濃度および散布量を決めることとした。

昭和44年度より実施した殺虫剤に関する試験では、本場においてマツケムシ、チャドクガ、およびマツノシンクイムシ、北海道支場ではノミガ類を対象としてスミチオン・ディブテレックスなどの散布量と殺虫効果との関係を検討し、殺虫剤に関する試験では本場において予備試験として行なった薬害および残存薬量試験の結果を参考にして、北海道支場においてカラマツ先枯病を対象とした圃場試験をシクロヘキシミドおよびポリオキシンについて行なった。

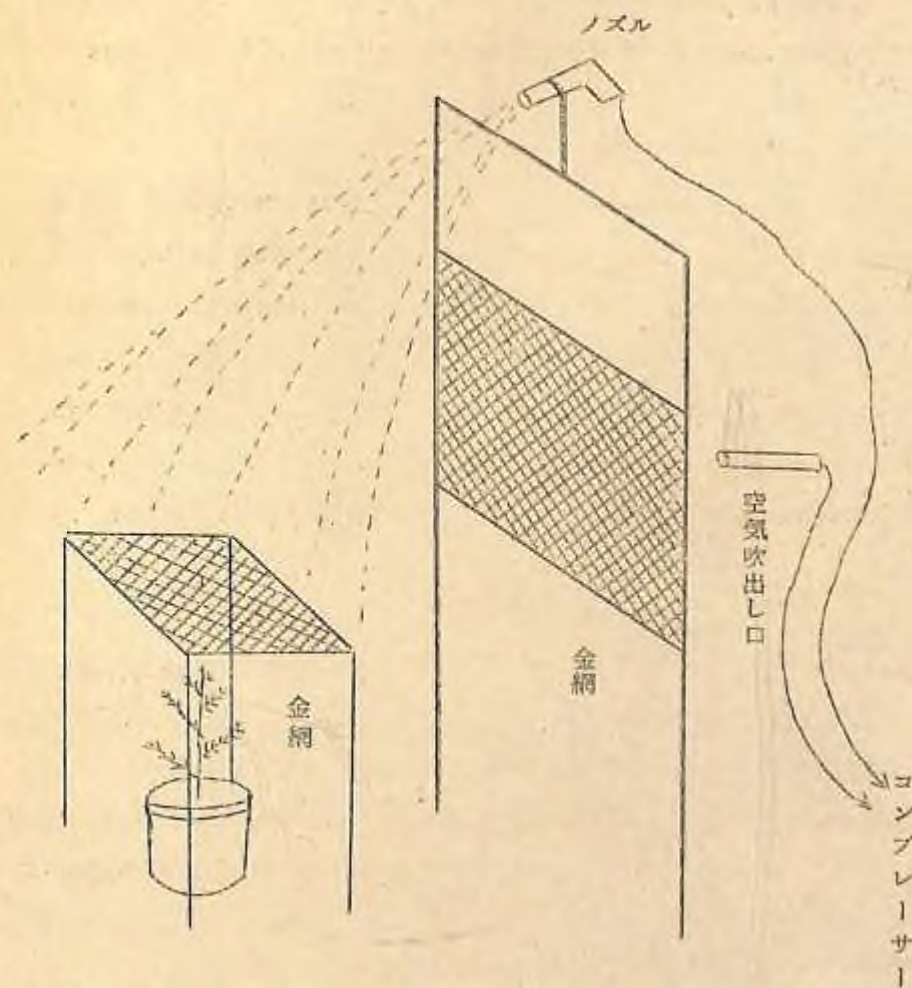
1. 試験散布装置の検討

微量散布では、散布粒子が 150μ 前後の直径であることが望ましいようである。しかも、農業では10a当たり100ml程度の薬液を均一に散布しているが、林業ではその防除対象から考えて、100～300mlが散布されるような装置が必要となってくる。そこで図・1に示したような小型散布装置を使用した。ノズルは岩田塗装機工業株式会社のWider 61を用い、床面より約1.5mの高さから若干の傾斜をもたせ、 $2\text{Kg}/\text{cm}^2$ の圧で吹き出し、ノズルより40cm下より水平に同圧の風を細い硝子管で吹き出し、小さい粒子を速くえ、大きい粒子を近くに飾い分け、直径 150μ の粒子がおちる位置を見はからい、被散布体の植物をおくようにした。ただこれだけでは噴出薬量が多すぎるので、薬量を調節することと、更に混じている大型粒子を制限するために床面70cmの所に60メッシュの金網をおいた。

この装置を用いてホルムアミド、メチルセルソルブの溶媒を用い落下状況を検討した。結果は表・1のとおりである。顕微鏡下で散布薬液のミラコート紙におちた粒径を測定し、これを別に測定したSpread factorを掛けて散布液の実際の粒径を求め、 1cm^2 に付着した粒子数から散布薬量を求めた。更に、薬量と散布時間の直線から理論的に散布薬量を推定した。

この装置を用いればメチルセルソルブでは平均 17.07μ の直径の粒子が散布され、 cm^2 当たり1コの割合でおちたとすると10a当たりで約29mlが散布されたことになる。ホルムアミドでは同様に平均 15.92μ の直径の粒子が散布され、 1cm^2 当たり1コの割合でおちれば10a当たり20.5mlが散布されたことになる。

図・1, 微量散布室内試験用装置



表・1 散布薬量ならびに粒度分布試験

溶 媒	散 布 時 間 秒	顕 微 鏡 下 粒 径																実 平 均 粒 径 μm	粒 数 kg	理 論 粒 数 kg	理 論 落 下 量 mg/10a
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	平均				
メ チ ル セ ル ソ ル ブ	10	7	5	12	8	30	12	13	24	8	28	25	17	8	20	30	16.8	130.4	25.0	22.5	85.8
	5	10	28	12	11	30	32	6	28	8	13	10	23	30	28	26	19.4	157.2	18.8	12.0	55.1
	5	32	30	15	28	31	15	26	25	30	32	28	26	22	28	28	25.7	205.6	30.0	11.0	31.9
	4	26	12	17	20	25	17	28	30	30	31	16	20	20	22	24	22.5	180.0	30.0	30.0	26.1
	3	30	22	28	25	24	23	12	30	26	30	25	30	25	20	21	25.7	205.6	5.2	6.5	18.9
	3	26	24	25	25	30	30	36	24	23	26	15	26	25	22	14	24.3	194.4	4.0	4.5	13.0
	1																		2.0	5.8	
	平均																17.97				
ホ ル ム ア ミ ド	10	15	14	14	12	16	25	24	25	16	25						18.0	142.8	42.0	36.0	73.8
	5	18	24	26	11	20	15	25	24	20	21						20.4	163.2	30.2	20.0	59.5
	5	21	11	16	16	21	22	18	25	26	21						12.7	157.6	23.8	18.0	36.9
	4	24	14	24	24	16	16	18	21	13	19						19.4	155.2	11.8	14.5	38.7
	3	18	24	20	17	28	14	21	15	21	24						20.0	160.0	11.2	11.0	22.5
	2	15	20	18	25	20	10	14	25	16	23						18.0	142.8	6.4	7.0	14.4
	1	22	24	25	25	23	22	23	21	24	12						22.6	180.3	3.4	3.5	7.2
	平均																15.92				

この結果から1~5秒位の範囲で散布すると10a当り50~300mgの薬剤が、実験現場で散布されたとはほぼ同様な条件で室内で散布し得るものと考えられる。なお薬剤の種類により粒径、薬量の状態は大きな変化があるのでその細度散布条件を変える必要がある。

この薬量計算に用いたSpread factorは表・2のようにして求めた。即ち薬液の一定量をミラコート紙上におとし、顕微鏡下でその痕跡を測定して計算した。その結果メチルセルソルブ、ホルムアミドでは共に2.5であったがキシロールは3.3であった。

表・2 Spread factorの測定

薬剤	薬量 mg	痕跡粒徑 μm						計測 S. f.
		1	2	3	4	5	平均	
メセチルソルブ	1	3.5	3.3	3.1	3.4	3.5	3.36	2.5
	2	4.4	4.8	4.6	4.5	4.4	4.54	2.5
	平均							2.5
フォルムアミド	1	3.1	3.3	3.0	3.3		3.2	2.4
	2	4.2	4.4				4.3	2.5
	4	5.1					5.1	2.5
	平均							2.5
キシロール	1	3.8	5.0	4.0	4.0	4.8	4.5	3.3
	平均							

2. 害虫防除試験

2-1 トドマツのハマキガ類の防除

コスシオビハマキなど数種のハマキガ類によるトドマツの被害は、1965年以来北海道各地で発生し、1970年までに約400haの林地で薬剤防除が行なわれた。

本試験ではこれまでの薬剤防除試験の結果などを参考にして、供試薬剤としてはスミチオンとディブテックスを選んだ。いずれも微量散布用につくられた液剤で、濃度は40倍である。

供試材料は滝川林務署管内の被害林から採集、ハマキガの寄生しているとみられる新梢をきりとり、そのまま径1.2cmのろ紙に10コ並べ、その中央に落下量調査用紙をおき、1回につき3区の5回くりかえして、微量散布装置を用い室内で散布を行なった。試験は1969年6月10日に実施、72時間後に死虫率を調査した。なお、今回使用した薬剤のスプレッド・ファクター(Spread factor)はスミチオンが8、ディブテックスは3であり、落下量の計算は山元(1968)あるいは全圃連農業技術センター農業研究部(1968)に記されている方法によった。

結果は表3のとおりである。今回は初めての試験のため落下量の調整が期待どおりにいかなかったが、スミチオンで0.5g/ha、ディブテックス1g/ha以上の落下量でかなりの

表・3 トドマツのハマキガ類に対する試験結果

供試薬剤	供試番号	平均粒径(μ)	8cm当り落下粒数	落下量($g/4a$)	散 布			
					コスジオビハマキ			
					生虫数	死虫数	計	死虫率(%)
スミチオン L40%	I~1	119	168	1.8	0	9	9	100
	~2	78	147	0.5	0	6	6	100
	~3	126	58	0.8	1	4	5	80.0
	II~1	131	106	1.5	0	5	5	100
	~2	167	11	0.4	2	5	7	71.4
	~3	215	31	0.2	1	4	5	80.0
	III~1	123	196	2.1	0	7	7	100
	~2	167	155	0.4	2	1	3	33.3
	~3	211	37	0.2	3	2	5	40.0
	N~1	125	76	0.8	1	4	5	80.0
	~2	109	24	0.2	4	4	8	50.0
	~3	149	117	0.3	6	0	6	0
	V~1	140	133	2.4	0	6	6	100
	~2	154	37	0.6	1	6	7	85.7
	~3	123	33	0.4	1	3	4	75.0
デ イ ブ テレックス ULV 40%	I~1	205	157	2.3	1	3	4	75.0
	~2	248	92	2.2	0	8	8	100
	~3	250	37	3.7	1	6	7	85.7
	II~1	266	82	11.0	0	7	7	100
	~2	297	23	4.0	—	—	—	—
	~3	310	18	3.5	4	3	7	42.9
	III~1	150	424	2.3	0	5	5	100
	~2	191	251	11.5	1	4	5	80.0
	~3	222	119	7.9	2	4	6	66.7
	N~1	223	105	7.0	0	8	8	100
	~2	233	85	6.5	0	9	9	100
	~3	253	56	5.6	0	7	7	100
	V~1	315	35	7.0	1	6	7	85.7
	~2	371	8	1.0	1	5	6	83.3
	~3	350	8	2.0	0	3	3	100
無 処 理	~1	—	—	—	8	0	8	0
	~2	—	—	—	5	0	5	0
	~3	—	—	—	8	0	8	0

7 2 時 間 後							
タテスジハマキ				トドマツチビハマキ			
生虫数	死虫数	計	死虫率(%)	生虫数	死虫数	計	死虫率(%)
				0	1	1	100
0	1	1	100				
				1	0	1	0
				1	0	1	0
				1	0	1	0
				2	0	2	0
0	1	1	100	1	0	1	0
0	1	1	100	2	1	3	33.3
1	1	2	50.0				
1	0	1	0				
				1	0	1	0
				1	0	1	0

効果があるように思える。ただ両薬剤とも、加害の主体をなしているコスジオビハマキにくらべて、トドマツチビハマキ (*Lobesia* sp.) では結果が悪く、ほとんど効果が認められなかった。これは薬剤それ自体より、虫の発育状態と散布適期の問題が関係しているように思われる。また散布の均一性、あるいはまきむらという点からみて、薬剤の効果はたんに落下量だけでなく、粒径と落下粒数も関係しているようであり、たとえばスミチオンの 0.5 g/Ac , 0.8 g/Ac の結果にみられるように、前者は粒径は小さいが落下粒数が多かったため、後者よりは効果を示したものと考えられる。

なお、ハマキガ類の防除適期はトドマツの開葉期にあたることと、使用薬剤が高濃度であるということとが被害が問題になるが、微量散布にともなう被害については今回検討を行っていない。ただ従来の普通散布で濃度を高めた場合の観察結果では、スミチオンの 5% 液で針葉に茶褐色の薬斑がわずかに生じているが、針葉の枯死もみられた DDT, BHC 剤の 1~2% などにくらべると、被害は少ないようである。被害は濃度のほかに散布量などとも関係があると思われるので、この点については今後検討していきたい。

2-2 マツカレハ防除

使用薬剤はすべて微量散布用として作られた薬剤でスミチオン L 60, バイジット L 60, デイブテレックス L v 40, マラソン L 60 を用いた。

試験-1: 1969年9月26日マツの小枝に前記装置を用いてスミチオン, バイジット, デイブテレックスを 100~300 $\text{ml}/10\text{a}$ になるように散布し、その小枝を入れた深底シャーレに翌27日マツカレハの1令幼虫を入れ飼育し、死虫率を見た。その結果は表・4-1のとおりである。完全に100%の死虫率を得て、この程度の薬剤が散布されれば十分な効果を挙げることが出来る。

試験-2: 1970年9月24日に前と同様に処理したアカマツ小枝を室内にて1週間放置した後、マツカレハ3~4令幼虫を入れ飼育した。即ち深底シャーレを用い、夫々幼虫20頭を供試した。結果は表・4-2のとおりである。48時間後の死虫率をみると、 Ac 当り 1.5 g で両薬剤ともに死虫率100%であった。したがって、 Ac 当り 1.5 g 以上の薬剤が散布されておれば散布1週間後でも相当の効果があるものと考えられる。なお、散布直後に行なった飼育試験では試験-1と同様100%の死虫率を得ている。

表・4-1 マツカレハ幼虫防除試験(試験-1)

試験番号	薬剤	薬量 ml/Ac	粒数 $/8\text{cm}^2$	死虫率%
1	スミチオン L 60	1000	33	100
2		1750	68	100
3		3000	140	100
4	バイジット L 60	1000	38	100
5		1750	72	100
6		3750	153	100
7	デイブ	750	24	100
8	テレックス	1750	71	100
9	L v 40	3000	125	100
10	Cont	0	0	0

供試虫: 1薬剤当り5頭(1令幼虫)

表・4-2 マツカレハ幼虫防除試験(試験-2)

試験 番号	スミチオン L 60				マラソン L 60				Cont	
	薬量 g/Ac	粒数 $/8\text{cm}^2$	死虫率%		薬量 g/Ac	粒数 $/8\text{cm}^2$	死虫率%		24時間	48時間
1	0.4	15	0	0	0.5	15	45	60	0	0
2	0.7	48	40	50	0.8	10	15	45	0	0
3	0.8	36	45	50	1.3	78	50	70		
4	0.9	28	55	90	1.5	53	50	70		
5	1.3	36	80	85	1.5	90	85	100		
6	1.4	68	75	95	2.0	84	55	75		
7	1.5	108	95	100	2.5	106	70	90		
8	2.0	106	55	65	3.0	136	100	100		
9	2.5	122	100	100	3.6	151	100	100		
10	2.8	150	95	100	4.8	186	100	100		
11	3.2	378	100	100	7.0	248	100	100		

供試虫: 1薬剤当り20頭(3~4令)

2-3 チヤドクガ防除

6月13日にサザンカの葉に前と同様に散布した小枝を深底シヤーレ内でチヤドクガ幼虫を接触させ、毎日死虫数をしらべた結果を表・5に示す。16日迄に完全に死んだ区のみ、更に同幼虫を接触させた。何れの場合も接触後5日迄に完全に死んだ。しかし死ぬ早さは必ずしも薬量と一致はしなかったがまず効果はあるものと考えられる。

表・5 チヤドクガ防除試験

試験 番号	薬 劑	薬 量 ml/kg	粒 数 /8 cm ²	13 日 接 種						16 日 接 種		
				供 試 虫	死 虫 数					供 試 虫	死 虫 数	
					6 月 14 日	15 日	16 日	17 日	18 日		6 月 17 日	18 日
1	スミチオン	500	22	28	2	4	8	21	28	/	/	/
2		1,500	96	37	18	34	37			14	6	14
3		300	38	23	20	23				11	5	11
4	L60	2,000	170	19	12	12	19			19	12	19
5		1,330	90	22	18	22				22	13	22
6		1,670	80	25	15	25				15	8	15
7	マ ラ ソ ン	2,160	100	18	13	18				22	11	22
8		4,670	140	24	4	4	5	11	24	/	/	/
9		7,500	216	40	14	23	23	29	40	/	/	/
10	L60	1,330	42	33	0	2	28	30	33	/	/	/
11	Cont	0	0	27	0	0	0	0	0	/	/	/

2-4 マツノシンクイムシ防除

1969年9月26日に散布した松の小枝の梢端を試験管に入れ、これにマツノシンクイムシの幼虫を接種し、莖内に穿入した幼虫の死虫率を10月16日に莖を割ってしらべた。その結果は表・6のとおりである。この結果から無散布区は完全に生き残っているのに対し、薬剤散布区は多くの死虫数があるのでこれは薬剤の効果と考えられる。ことにバイジット区は死虫数が多い。しかし、これらの生死と薬量との間に特に関係が見られないこと、残存虫数の多いことから微量散布がマツノシンクイムシの防除に効果があると断定することは少し早いようである。

なお、殺虫剤の薬量はすべて、硝子板上にうけた薬剤からモリブデンブルー法による燐の

表・6 マツノシンクイムシ防除試験

試験番号	スミチオンL60					バイジットL60					ディブテレックスLv40					Cont				
	薬量 g/kg	粒数 /8cm ²	虫種	体長 cm	生死	薬量 g/kg	粒数 /8cm ²	虫種	体長 cm	生死	薬量 g/kg	粒数 /8cm ²	虫種	体長 cm	生死	虫種	体長 cm	生死	虫種	体長 cm
1	1.00	33	Ds	1.3	生	1.00	36	Ds	1.6	死	0.75	24	Ds	1.2	生	Ds	1.3	生	Ds	1.3
			E	0.7	死			E	1.0	不明			Ds	0.8	死	Ds	1.5	生	Ds	1.5
			Ds	1.1	生			Ds	1.3	死			Ds	1.5	生	Ds	1.2	生	Ds	1.2
			Ds	1.5	死			Ds	1.0	死			Ds	1.2	生	Ds	1.5	生	Ds	1.5
			Ds	1.6	生			Ds	1.6	死			Ds	1.2	死	Ds	1.5	生	Ds	1.5
2	1.75	68	Ds	1.2	生	1.75	72	Ds	1.3	生	1.75	71	Ds	0.6	死	Ds				
			Ds	0.9	生			E	0.7	死			Ds	1.5	生	Ds				
			Ds	1.1	生			E	1.1	死			Ds	1.1	死	E				
			Ds	0.8	生			Ds	1.6	死			Ds	0.6	死	Ds				
			Ds	1.7	生			Ds	0.9	死			Ds	1.6	死	Ds				
3	3.00	140	Ds	1.2	死	3.75	152	Ds	1.2	生	3.00	125	E	1.2	死	E				
			Ds	1.5	生			Ds	1.5	死			Ds	0.6	死	Ds				
			Ds	1.3	死			Ds	1.3	死			Ds	1.0	死	Ds				
			Ds	1.5	生			Ds	1.3	生			Ds	1.0	死	Ds				
			Ds	1.4	死			Ds	0.9	死			Ds	1.3	死	Ds				

Ds.....マツノシンクイムシ Ds.....マツノシンクイムシ E.....マツノシンクイムシ

定量法によって求めた。

3 病害防除試験

3-1 カラマツに対する薬害

カラマツ先枯病および落葉病に対して有効なシクロヘキシミドおよびポリオキシシンは、抗生物質剤であって薬害の発生が懸念される。そこで高濃度散布の場合の散布量を決めるために薬害の検討を行なった。

カラマツ山行き苗を植木鉢に植え、上記装置を用いて薬量が1000~3000 ml/10 aになるように適当にスプレイガンのノズルを調整しつつ散布した。その際、75 cm²の硝子板、ならびにミラコート紙を側に並べ落下薬量と粒子数をしらべた。薬量は、あらかじめ薬液に混入した染料、Diaceton Fast Scarletを硝子板からメタノールで抽出し、比色分析により求めた。6月14日、7月18日の2回に分けて散布した。

6月14日散布：使用薬剤はシクロヘキシミドを用い、10%シクロヘキサノン添加のアセトン、ホルムアミド、メチルセルソルブの各溶媒に何れも1%の濃度に溶解した。

7月18日散布：使用薬剤はシクロヘキシミド剤の濃度別及びポリオキシシン剤を用いた。ポリオキシシンは微量散布用に作られたクミアイ化学製剤PSeφ(AL75)を用いた。比較として溶媒のみのメチルセルソルブおよびポリオキシシンの基剤のみの微量散布区とシクロヘキシミドの3ppm水溶液の1000 ml/1本の常法散布区をとった。結果は表・7-1、2のとおりである。

6月14日散布と7月18日散布では薬害のでかたがこととなり、7月散布区の方が早く、被害も大きい。おそらく気温が高かったためと考えられる。主剤の他に溶媒の影響が多いようであり、メチルセルソルブを使うとアセトンより薬害はすくない。溶媒だけでは薬害はないようである。

シクロヘキシミドを用いた場合、散布液濃度が0.5%でも薬害は僅かに斑点が見られる程度であり、それが特に広がることはなく、生長等には全く関係はない。1%、3%では割合に薬害が目立ち、特に3%、2 l/Ac以上では落葉をひきおこすが、あとから新芽がでて枯れることはない。7月散布では1%でも2 l/Ac以上になると薬害が大きく現われる。

ポリオキシシンは薬害の心配はない。

薬量残存量試験

7月18日シクロヘキシミド剤を散布したカラマツ苗の先端及び下方の新梢(シュート)1本を採り、アセトン抽出した液で生物検定法により枝先に移行した薬剤の検出をおこなった。結果は表・8のとおりである。

この結果から散布された枝先の針葉には4日後では必ずシクロヘキシミドが検出された。ただ、散布された薬量や濃度との関係はあまり考えられない。約半月経っても同様であり、特に先端への移行も考えられなかった。1月後では2、3検出できないものもあったが、

若干の量が検出されたものがあった。しかし、このために微量散布は通常散布に比べ特に残効が長いということはいえない。

表・7-1 カラマツ薬害試験(6月14日散布)

試験番号	薬量 ml/10a	粒数 /10 cm ²	平均粒径 μm	溶媒	調 査 月 日			
					7月1日	7月3日	7月4日	7月20日
A-1	160	84	157	アセトン		新梢先端一部倒伏		僅かに薬害らしきあり
2	105	55				・		・
3	290	153				・		葉の一部褐色
4	338	178			葉に斑点	新梢倒伏針葉先変色	葉が全面変色	葉が褐色
B-1	257	103	170	ホルムアミド				僅かに薬害らしきものあり
2	82	33						
3	344	136			葉に斑点			僅かに薬害らしきものあり
4	530	212						・
C-1	109	112	124	メチルセルソルブ		新梢先端一部倒伏	わずかに変色	葉の一部褐変
2	52	55						
3	125	132						
4	250	268			葉に斑点	葉に斑点	葉の一部変色	葉の一部変色

表・7-2 カラマツ葉害試験(7月18日散布)

試験番号	薬 剤	溶 媒	濃度%	散布量 ℓ/ha	葉 害 調 査 月 日					
					719	720	722	723	726	730
P0-1		ポリオキシソ 微散基剤	0	2.6						
2				2.8						
3				0.8						
C0-1		メチルセルソルブ	0	5.6						
2				2.8						
C0.5-1	シクロヘキシミド	メチルセルソルブ	0.5	1.0					+	+
2				1.4			-	-	-	-
3				2.4					+	+
4				2.8		-	+	+	+	+
5				1.2			-	+		-
6				2.2						+
C1-1	シクロヘキシミド	メチルセルソルブ	1.0	1.8				+		
2				2.8			+	+	+	+
3				3.3	-	+	+	+	+	+
4				3.1		+	+	+	+	+
5				1.0						+
6				2.1						-
C3-1	シクロヘキシミド	メチルセルソルブ	3.0	0.8					+	+
2				1.1					+	+
3				1.2	-		-	+	+	-
4				1.0				+	+	+
5				2.0		+	+	+	+	+
6				2.9	-	+	+	+	+	+
7				3.1	-	+	+	+	+	+
H1-1	シクロヘキシミド	ホルムアミド	1.0	4.4			+	+	+	+
2				1.1					+	+
3				2.3			-	-	+	+
P6-1	ポリオキシソ	製 品	3.0	1.4						-
2				3.0						
3				0.9						
4				1.2						
5				3.0						-
6				2.2						
Cont-1	シクロヘキシミド	水	3ppm	100ml						
2				100ml						
3				100ml						

一 僅かに斑点 + 葉先黄変 十 葉全体に斑点 卅 一部落葉 卅 落葉が目立

表・8 シクロヘキシミド残存量試験

試験番号		C-0.5	C-1	C-3			普 通 散 布		
	位置 月日	7 2 2	7 2 2	7 2 2	8 3	8 1 8	7 2 2	8 3	8 1 8
1	上	±	±	±	±	±	±	±	—
	下	±	+	+	+	—			
2	上	±	±	±		±	±	±	—
	下	±	+	±		+			
3	上	±	±	±	+	—			
	下	±	±	±	+	—			
4	上	+	±	±		±			
	下	±	+	±		—			
5	上	±	±	±	±	±			
	下	±	±	±	+	±			
6	上	+	±	±	±	±			
	下	±	±	+	±	±			
7	上			±	±	—			
	下			+	±	—			

一 検出されない ± ごく僅か検出 + 明らかに検出 十 非常に多く含まれている

C-0.5.....0.5% C-1.....1% C-3.....3%

3-2 カラマツ先枯病防除

3-2-1 44年度試験結果

札幌営林局管内宮林署管内苗畑に設定したカラマツ先枯病薬剤防除試験区に隣接し、この試験と同じ大きさのプロット(1m×2m)内に、1本ずつ5寸鉢にうえた幼苗を30鉢埋め、10コずつ、無散布、シクロヘキシミドULV区、ポリオキシソULV区とした。伝染源の配置も一般試験と同じになるようにした。

供試したシクロヘキシミド、ポリオキシソの濃度、散布月日および散布量は表・9-1のとおりである。調査は10月7日におこなった。結果は表・9-1に示すとおりである。

微量散布の目的は空中散布にあるので、散布回数も3回にとどめたが、通常散布の防除効果よりもむしろすぐれているようにみえた。

すなわち、両者の無散布区の罹病枝率を比較すると、微量散布区の方が高いにもかかわらず、処理区の罹病枝率は低い。しかし、当初計画したha当たり1~3ℓという散布量よ

りもかなり多い量が散布されているので、予定通りの散布量でも同じような好結果が期待しうるか否かが、検討されねばならない。

表・9-1 カラマツ先枯病防除試験(昭和44年度)

	濃度(ppm)	供試本数	罹病枝率(%)	平均苗高(cm)	備 考
シクロヘキシミド	50000	10	4.0	31	微量散布 3回
ポリオキシン	50000	10	7.1	35	"
無 散 布		10	22.4	39	"
シクロヘキシミド	3	100	8.7		通常散布 6回
ポリオキシン	1000 500倍	100	8.6		"
無 散 布		100	18.6		"

3-2-2・45年度試験結果

前年度に引き続きカラマツ先枯病を対象にして試験をおこなった。今年度は前年よりも散布量をおとしても効果があるかどうか、また実際に落下した薬量を定量的に知るため、落下量測定用紙による平均粒径と粒数による推定と併せて、ベトリ皿に落下した薬液を用いて生物検定法により、投下薬量の直接測定もおこなった。

静内営林署静内苗畑において実施した。供試薬剤はシクロヘキシミド0.5%のエチルセロソルブ液とポリオキシン5%のフオルムアミドと水の等量混液を原液とし、コンプレッサーとスプレーガンでモデル散布を行なった。供試苗は1年生苗を鉢うえとし、1区10本を4回くり返しとして、通常散布区と同じ感染密度を保つようにした。これと並んで従来の方法による防除試験も実施して効果を比較しようと試みた。

微量散布は7月4日、20日、8月12日、21日の4回おこない、散布の都度鉢を掘り出して、風の当たらぬ場子で散布して、再びもとの場所に埋めるようにした。通常散布シクロヘキシミド3ppm、ポリオキシン100A.M.単位の水和剤を2000cc/m²の割合で7月1日、15日、20日、8月12日、26日、9月9日の6回実施した。

微量散布の落下量の測定は、鉢5コごとにベトリ皿1枚と落下用紙2枚でおこない、1薬剤で落下用紙8枚とベトリ皿4枚を使用し、用紙は任意の粒子30コの短径を測定して平均粒径を求め、8cm²の粒数から1区当たりの散布量を推定した。生物検定は、ベトリ皿に適量の水を加えて薬液を洗い流し、これを濾紙法で推定して1cc中の菌数を知り、これが

ら1区当たりの薬液散布量を計算した。なおポリオキシンについては、本場防疫薬剤研究室で検定をおこない、支場ではシクロヘキシミドについてのみ検定をおこなった。

結果は表・9-2に示めされるように、通常散布のシクロヘキシミド区は顕著な防除効果をしめしたが、微量散布の場合は、統計的には効果がみとめられるが実用にはほど遠い結果となっている。ポリオキシンは、通常、微量とも全く効果がみとめられなかった。

表・9-2 カラマツ先枯病防除試験(昭和45年度)

	濃度(ppm)	供試本数	罹病枝率(%)	平均苗高(cm)	備 考
シクロヘキシミド	5000	40	27.6	32.5	微量散布 4回
ポリオキシン	50000	40	45.4	32.7	"
無 散 布		40	44.3	37.1	"
シクロヘキシミド	3	100	1.2	27.7	通常散布 6回
ポリオキシン	100A.M.	100	19.0	37.4	"
無 散 布		100	20.7	38.0	"

3-2-3・46年度試験結果

微量散布では、毎回散布量を一定にすることは不可能なので、唯1回の微量散布をおこなうだけで効果を明らかにすることができるように、次の設計で試験した。

通常散布 7月7日 21日 8月4日 18日 9月1日 (5回)
(手まき)

同 上 7月7日 21日 8月4日 18日 18日 (4回)

微量散布 7月7日 21日 8月4日 18日 (シクロヘキシミド濃度は)
(3回手まき、4回目微量) (0.5%と2.0%の2段階)

1区は1×1mとし、これに苗畑1本をうえた鉢9個を中央に埋めて9本植えとし、4回くり返しとした。感染源は1mの間隔(各区の4隅)に罹病枝をさした。なお第4回目(8月18日)の散布前に、各区の罹病枝率を求めておき、10月1日に最終調査をおこなった。その結果は表・9-3のとおりである。

すなわち、4回目の散布前までは、無処理区とも散布区との間には明らかに罹病枝率に差がみとめられたが(但し、この時までは微量散布区も手まき)最終調査時には全く差がなくなっていた。すなわち、通常散布も微量散布も効果がなかったことになる。

試験開始時と終了時の苗高を測定した結果では、無処理苗およびいずれの処理苗木も約

2 cm程度しか伸長していない。微量散布区のみならず、従来効果が確かめられてきた通常散布区においても、無処理と変わらない発病がおこったことは、このような生長不良による苗木の活力低下影響したように思われる。

表・9-3 8月18日と10月1日の罹病枝率

	9月18日	10月1日	備 考
通常 4 回	11.3	27.5	いずれも4回くり返しの 平均値微量は1.3 l/Aa
通常 5 回	11.4	28.1	
微量-1	11.0	27.2	
微量-2	9.3	28.5	
無 理 理	27.3	28.9	

4. ま と め

4-1 今回の試験のために試作使用した微量散布室内試験用の装置は、大型の植物に対しては規模の小さすぎることと、調整に手間をとるような欠点はあったが、試験目的をほぼ満足したものと考えられる。

4-2 供試した害虫のうち、トドマツのハマキガ類に対して、スミチオンL 40¹ 1.5 l/Aa、ディブテックスU LV40 1.0 l/Aa以上の落下量でかなり効果があると判定された。ただし薬剤の効果はたんに落下量だけでなく、粒径と落下粒数も関係するようであり、薬害とともに今後検討すべき点である。

4-3 マツカレハ幼虫では、1令幼虫に対してスミチオンL 60、バイジャットL 30、ディブテックスU LV40の散布で充分効果が認められたが、残効性を考えると1.5 l/Aa以上の量が散布されていることが望ましい。チャドクガ幼虫はマツカレハ幼虫より効果があらわれるのがおそいが、同様な効果があるものと考えられる。一般に食葉性の害虫では特別なものを除いてマツカレハに準じた方法でよいものと思われる。マツノシンタイムシには一部効果が認められたが、これによって完全に防除ができると断定はできない。

なお、これ等の試験はすべて表示された薬量がほぼ完全に植物体上に散布された場合であって、野外で実際に散布する場合には、薬量をふやす必要があることはいうまでもない。

4-4 カラマツに対してシクロヘキシミド剤散布の場合、3%以上の高濃度または1%で3 l/Aa以上の大量の散布の場合には薬害が発生するおそれがあるが、それ以下では特に薬

害の心配はない。溶媒はシクロヘキシミド剤の薬容を増すことがあるが、普通に用いられるメチルセルソルブやホルムアミドでは心配がない。ポリオキシシンは全く薬害はない。樹体内に残った薬剤の残存量ははっきりつかめなかったが残効性は普通散布にくらべ多いとは思えない。

カラマツ先枯病に対する防除効果は年度による差異が大きく、シクロヘキシミド5000 ppm 5 l/Aa以上の散布である程度の効果があることが推定されるにとどまった。

4-5 野外での散布を実施する場合には、病虫害の防除効果のほかに、高濃度の薬剤散布による危害防止、対象とする病虫害以外の動植物に対する影響などが問題となる。今回の試験ではこれらの点についての検討を行なうことができなかったが、実用化に先立って充分な試験を行う必要があることはいうまでもない。