

受入ID-15(9990825)00042

昭和 51 年度



国有林野事業特別会計 技術開発試験成績報告書

(完了分)

昭和 52 年 10 月



02000-00043097-3

林業試験場

目 次

急斜地および特殊地帯における路網作設法	1
森林施業体系因子の総合検討	1 1
野その生態と分布に関する調査	4 7
山火事跡地の病虫害防除	6 9
殺鼠剤の鳥獣への影響と使用法	9 1
ブナ丸太の防虫防菌	9 9
林業薬剤散布地における追跡調査	1 0 7
空中写真の数値解析による施業判定法	1 1 5
環境緑化法－海岸緑化風致防災林造成技術の確立	1 6 7
特殊地域の治山工法（特殊地帯における保全工法）	1 9 9
航空実播跡地の保育管理	2 5 3

急斜地および特殊地帯における
路網作設法

急斜地および特殊地帯における路網作設法

I 試験担当者

機械化部林道研究室 福田光正
 " " 小林洋司

II 試験目的

近年、起点と終点の二点間を線でとらえ走行速度中心の交通路的性格と、速度より網の形成を含めて林内の必要な任意の箇所に一層近く自動車で達するためや路端より作業地への働きかけの便を考慮する等、道の効用を面としてとらえる作業路的性格の区別を検討することにより、あたえられた機能と置かれる環境にふさわしい路網の規格構造が求められてきた。

また、路網では低コストと関連して現場採集や廃物利用の土木資材を使った路体の作設法（資材土の粒度調整を含む）が絶えず究明されている。一方、鋼材、軽量材、高分子材料、ガラス繊維等それも柱状、布状、網状に成形された新土木資材やそれに伴う新施工法が林道用として次々にさまざまな形で現われてきたので、これら資材の適切な組合せを考えなければならなくなつた。

このような情勢下で、急斜地においては、まず、林地の保全を考えながら高密路網による森林施業を定着させるよう、また、軟弱地や石砾地その他の特殊地帯においては、作設時およびその後の交通に支障を及ぼすことのないような路網作設法の確立がいそがれている。従ってこの技術開発試験は、急斜地において発生する土砂の処理、切取法面や盛土法面の安定等保全を考えた作設工法および軟弱地盤の路盤安定や排水処理に適した低コスト工法を検討し、路網全体の機能性、安全性を確保して普及に役立つ作設技術の基礎資料をえるために行うものである。

しかし、急斜地の路網作設については、東京営林局掛川営林署管内の大代国有林における報告書等にみられるように、この試験を始める時点で既に課題として取組まれており、かなり成果があがっていたことと、林道特に低コストが優先する高密な路網の形成効果をねらったトラック作業道では、安全性と共に機能性を最大限に發揮させる上で、必要とするとき間違いなく

通れる道として林内軟弱地における路盤安定対策が大きな問題の一つとなっていたので、当国立林業試験場では焦点をさらにしづり、もっぱら低コストで行える路盤、路面の安定工法に関する土質工学的試験を担当した。

路盤は、路面までの上層を支持し、上層より伝えられる交通による通過荷重を分散して路床に伝えると共に、くりかえし荷重により軟弱な路床土が地下水に混って泥水となって路面に押し上げられてくるのを防ぐ重要な役割を受持っている。

路体の強化法には、路床や地盤を直接強くする方法と路盤や路面の上層部に輪荷重に耐える資材の板層を作る方法がある。

路体の一部を地山にもたせ砂利を敷き込んだ林道では、コンクリートやアスファルトによる正規の舗装道と異なり、表層、基層等の道路の表面に近い部分と路盤、さらに路盤と路床、地盤の底の部分との境界がはっきりしない。一般に、軟弱工法は含水比の高い粘土、沈泥、有機質土等の路床や地盤上に工作物を作るとき、対策として講ずる特別の手段をいうが、路盤の軟弱さは支持力の強さだけでなく、その上を通過したり、とどまつたりするものの重量に対する相対的な関係によって決まるものである。また、それも支持力と同様、不等沈下が路上通過の安全性に大きな影響をあたえ、滯水による路体崩壊の原因ともなっている。

特殊地帯のうち軟弱地における路網作設については、局の指定課題として同時に名古屋営林局が取組み、施工法に関する現地調査および検討を行なった。

III 試験の経過と得られた成果

（昭和49年度）

特殊地帯のうち軟弱地の高密路網について、名古屋営林局の落合国有林（小坂営林署管内小黒川）と段戸国有林（新城営林署管内）で低コスト路盤安定工法の裏付け資料をえるため現地試験を行なった。

測定に使用した土質試験機器類は、球体落下式簡易C B R試験器（直径9cm、重量4kgの半球体を高さ60cmより落し、カーボンの痕跡径Dmm値よりC B R値を知るもの）、直読式や自記式の携帯形単管コーンペネトロメータ（頂角30度、直径2.87cmか2.03cm、底部断面積6.45cm²か3.23cm²の円錐を毎秒1cm前後の速さで人力により土中に押込み、その抵抗荷重を力計で直読するか自記する静的な円錐貫入計で、平均抵抗値を円錐の底部断面積で割ったコーン指数q_c値をえるもの）、衝撃式地耐力測定器（三脚の上部に自記記録計を備えた動的平板載荷試験機で、三脚の中心線に沿って高さ30cmより重量10kgの円板錐を落し、路面に設置し

た直径20cm、厚さ3cmの円板の沈下量I値が5倍に拡大された記録計の読み5I値より支持力係数K値を知るもの）、土研式貫入試験機（三脚を組みその中心線に沿って頂角60度、直径3cm、底部断面積約7cm²の円錐を重錘5kg、落差50cmにより胴付きの鋼索を引いてサウディングし打込む動的貫入試験機で、土中の深さ10cm貫入させるに必要な打撃数N値からK値を知るもの）、支持力測定装置（載荷トラック重量等を反力とし、分離式油圧ジャッキの荷重計による荷重の読みと支持用分岐レールに取付けたダイヤルゲージによる沈下の読みを観測する静的な平板載荷試験とC B R試験兼用の装置で、前者は直径30cm、断面積70.65cm²の載荷板を用い単位面積当りの荷重を沈下量で割ったK値を求めるもの、また、後者は直径5cm、断面積19.63cm²、長さ20cmの貫入ピストンを用い、標準貫入量0.25cmに対する単位面積当りの荷重を標準荷重の70kg/cm²で割って100を掛けたC B R値を求めるもの）で、現地に携行しやすいもの、また、静的や動的な貫入試験機と平板載荷試験機をとりまして選択し採用した。

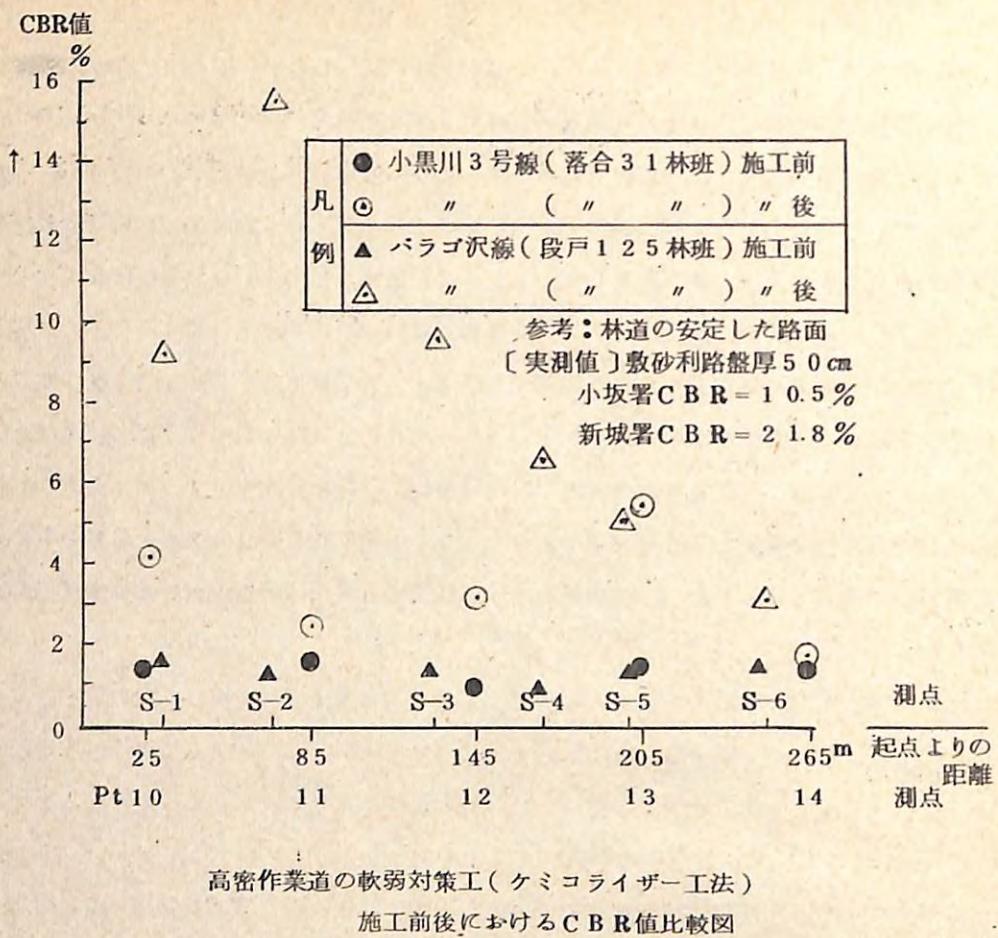
なお、含水比は、土の含水量を土の炉乾燥重量で割って100を掛けた値であるが、この場合、現地で採取した土を水分の逃げないようにポリエチレンの袋に入れて持帰り、室内実験でその試料土を10～15gあて容器にとり計量の後、110℃で重量が一定になるまで24時間ぐらい炉乾燥し、デシケータの中で室温までさまでその重量を測った。

標準土に対する支持力比C B Rおよび支持力係数K値を現地で求めた結果、路盤に対する敷砂利、P P Fシート、ワイヤメッシュ、タイヤビード、スライスタイヤ、タイヤ並べ、サンドバックならびに二、三の組合せの物理的対策も、生石灰を混ぜて路盤や路面までの上層土壤を硬化安定させるケミコライザー工法の化学的対策も共に、軟弱対策工法施工前後の差がはっきりと測定値に表われている。

落合国有林小黒川1号線、同2号線、ミソシリ林道における路面で、物理的処理をほどこした軟弱対策施工後のC B R値は、おのおの8～15%，10～11%，30%また、当然対策のとられていない切取のり肩上では、おのおの1.9%（含水比84.6%），1.5%（含水比103.6%），1.9%（含水比68.8%）であった。

段戸国有林48林班、49林班内の対策施工前の路面および切取り法肩上における測定値は共にバラツキは大きかったが、C B R値でおのおの1.9%，1.4%を示した。対策施工後の路面では12.9%であった。

落合国有林、段戸国有林において、化学的処理をほどこした軟弱対策施工前後のC B R値比較は、次図のとおりである。



対象土に対する生石灰を主としたケミコライムの混合率は、6%を標準としている。

これは1m³当りの土1.7t (土の比重1.7)に対して100kgのケミコライムを混合することで、幅員3mの路網では延長1m当り処理土層30cm強の厚さに相当する。

生石灰はCaCO₃を約1,000°Cに加熱してCO₂を放出させて作ったCaOで、比重は概ね3.4である。生石灰を土に混ぜるとイオンの結合力により強いカルシウム陽イオンが、土の粒子表面の弱い金属イオンに置き換わりカルシウムが土粒子に群がった状態となり、その吸水膨張、発熱の化学反応により内部応力が増加して土を碎けやすくする作用が起るといわれている。混合直後のこの作用に続いて、水和して出来た消石灰(比重約2.3)と土の同化は長時間進行する。このようにポゾランの接着反応が起る一方、空中や水中の炭酸ガスと土の水分がカルシウムと炭酸化作用を起し、逆にイオン結合を抑制する力も働くようである。

落合国有林小黒川3号線は、昭和47年10月に路体を形成し49年7月に軟弱対策施工前

の調査を行なったが、測点10, 11, 12, 13, 14の値を平均したCBR値は1.5%で、含水比はそれぞれ90.80%, 142.55%, 220.23%, 62.70%, 87.38%であった。49年8月、それぞれの測点における深さ40cm, 30cm, 65cm, 45cm, 15cmのケミコライザー工法を行なった。49年10月の施工後調査では、各測点の値を平均したCBR値は3.5%であった。対策施工後の値が全般的に低かった原因として、当初に転圧が不充分であった等対策施工時の不注意もあるが、濃飛流紋岩の基岩上にかぶさっている褐色森林土の土層は深く、土の湿性、粘性が高い等悪条件が重なり、生石灰の使用量が標準量では足りなかつたためとも思われる。

段戸国有林のバラゴ沢線は、昭和47年12月に路体を形成し49年8月に軟弱対策施工前の調査を行なったが、各測点の値を平均した施工前のCBR値は1.4%であった。

49年9月、測点S-1からS-6の間で、それぞれの測点の深さ30cm, 30cm, 30cm, 50cm, 30cm, 50cmのケミコライザー工法を行なった。

49年10月、対策施工後の調査で、各測点値を平均したCBR値は8.3%であった。

基岩は領家變成岩で、その上にかぶさっている褐色森林土の湿性、粘性は小黒川3号線の現場より低く、土層も浅くその他諸条件がよかつた。

一般に、軟弱路上や法肩上での測定にはコーンペネロメータが、対策施工後の固まった路上での測定にはその他のものが使われた。土研式貫入試験機による値は低値を示す傾向にあり、支持力測定装置でもCBR試験における測定値が不安定で充分に信頼出来る値はえられなかつた。

(昭和50年度)

路面上よりする非破壊試験により路盤を中心とした支持力傾向を概略数的に知ることが出来たので、次年度は、初年度測定箇所の路体を40~50cm幅に切断する破壊試験を行い、水平方向と垂直方向の断面を直接観察し、併せて経年変化を含む垂直方向の支持力傾向をも調査した。

また、舗装関係資料を収集、整理して簡易舗装などタワミ性舗装にみられる路盤のあり方を検討し、さきの測定観察結果をまじえて軟弱地における路盤作設工法の指針となる若干の成果をえた。工法の施工前後さらに1年後の経年変化を調べたが、その結果、数多くえられた値の

うち頻度の高い数値群の平均値をとり、使用計機器の種類により直接測定されるD, q c, I, N, K, C B Rの各測定値をそれらの関連図表(どの換算図表も完全に固まつたものでなく適用の範囲も限度があるので、表を修正しながら慎重に使用した)から、すべてC B R値で表わし比較した。

タイヤ工法の調査では、小黒川1号線、2号線の場合、工法の施工前、施工後の路面におけるC B R値は1号線でおのの1.9%, 11%, 2号線では1.5%, 10%, 1年経過後の経年調査では、1号線の路面で13%, 路面より80cm深で1.1%, 2号線の路面で11%, 路面より40cm深で1.7%であった。

山砂利、ワイヤメッシュをはさんで上から押えられたタイヤビード(自動車のシャフトに近いタイヤの内側部分で10数本の鋼線で補強されたタイヤの背骨に相当する幅7~8cmの部分)は、形くずれもなく位置も割合に動いていなかった。

生石灰による安定工法の調査では、作設後1年10カ月たった既設路線に安定処理をほどこし、その対策施工1カ月前と1カ月後の測定、さらに1年経過後の50年10月には路体を横断方向に切断し幅40~50cmに掘り取って破壊試験による断面の観察を行なった。

バラゴ沢線の場合、対策施工の前と後の路面におけるC B R値は1.4%と8.3%であった。

さらに1年経過後の50年10月調査では、路面に滑り止め用の上置砂利が3~5cm厚に敷かれ、起点より測点S-4付近まで8tonトラックがはいり、交通量もS-4より先に比べて多かった。そのためS-1, S-2, S-3の路面におけるC B R値は、轍部で13.8~18.3%, それ以外の部分で7.6~10.6%であった。

S-4, S-5, S-6の同じく路面におけるC B R値は、轍の部分とそれ以外の差がはっきり認められず5.1~7.3%であった。これをみても転圧が重要なことと思われる。また、路面より30~50cm深におけるC B R値は、S-1, S-2, S-3で2.5~6.1%, S-4, S-5, S-6で1.5~2.5%であった。C B R値は1.0%未満では粘性土使用不能、それ以上2.5~3.0%ぐらいまでが軟弱地盤対策で一般に問題となり、林道の場合は悪路と普通路の限界である。10.0%以上になると一応安定した路面と見做されよう。処理土は、石灰の量、石灰や土の種類、特に温度や水分の変化と関連の深い締固め度、養生期間等によりその強さや耐久性が異なる。石灰の濃度と土の影響される程度の関係を基礎的実験により、さらに究明しなければ土に対する石灰の適切な混合率は充分つかめないが、石灰使用前に現場の土と混合してみれば、かなり現実的に混合割合を把握することが出来よう。

(昭和51年度)

前2カ年(49年度と50年度)の成果を総合的に整理検討して当該営林局との打合せ、さらに現地の補足調査を行ない、営林局署のつきあわせ資料を加えて軟弱路盤の安定や排水処理に適した低コスト工法について基礎資料をえた。

トラック運材用の林道、作業道では、路盤のみならず路体の安定策として一般に敷砂利による圧密が行われてきた。しかし、遠距離からの砂利運搬は経費がかさみ、作設予定経費の限度を越えるときは必要最小限の範囲でとどめられた。最近は、現場付近における山砂利等の土木用骨材採取も林地保全上の配慮からままならぬ実情となつたので、軟弱地盤対策の一つの考え方として骨材不足を補う意味からも、現場の土をそのまま用いた生石灰の安定処理工法が検討されてきている。

この化学的工法で重要なことは、処理施工を行う際、改良しようとする土と生石灰を充分に攪拌混合し均一にすること。更に、その後化学反応の頃合を見計らって充分に転圧し、早急に一定厚の処理土板を作ってしまうことである。

なお、生石灰処理で効果的な土はローム等の火山灰性の土で、その脱水作用は生石灰と土とが接触した直後より起り、30分以内に含水比の低下がはっきりした。

現在、路盤対策工として用いられている生石灰は粒状で、粉状のものと異なり消化に時間がかかる。種々の条件によって多少異なるが、混合後約2時間経過すれば処理土の膨張による亀裂の発生はなくなり、概ね転圧が可能となる。

51年11月上旬、有底土槽の土入れを行い、人工的に土質条件を一定にした静的試験の場を簡易舗装排水実験室に設けた。

土は筑波の褐色ロームを粒径1cmの筋にかけ、土槽内各20cm厚で三層に分け各層毎に転圧した。締固めの程度を当初C B R値10%と決めたが、最適含水比をもってしても土の性質上、それを下まわる値にとどまった。

51年11月末、前記土質試験機器による室内試験を行なった結果、土槽表面の路面に相当するC B R値は7~9%であった。槽の内壁周辺で距離30cm以内の範囲は、充分に突き固められていなかったためか4~6%，槽上の「くりかえし載荷装置」を駆動し、7往復させて轍のついた中央部では9~11%であった。

残された問題としては、路体構造の機構をはっきりさせるために、まず、交通量調査を行い、交通の質と量を一層正確におさえること。次に、人工的に作り上げた試験路体による構内試験や有底土槽を用いた室内実験からC B R値やK値の基礎資料を蓄積し、現場の測定値と対比さ

せ、真に路網の設計や施工面に実用化出来る数値の把握に努めること。さらに、軟弱地盤箇所に対して時間をかけて施工することの意義、安定処理後の経年変化、対策処理後の路上に重量物を徐々に載荷してゆく配慮等、特に化学的対策工事の評価に時間の因子を導入することの有利性に関する究明がある。

この課題全体としての残された問題点は、これまでにえられた路網作設の個別技術を組合せて、森林施業との関連（路網密度、作設コスト等）から立地条件に応じた効果的な路網作設法を確立すること。また、個別技術の立地条件ごとの適応性、立地条件に応じた効果的な路網作設工法を林地保全及び経済性その他、考慮しつつ検討することである。

森林施業体系因子の総合検討

森林施業体系因子の総合検討

I 試験担当者

機械化部 作業第一研究室 豊川勝生, 奥田吉春, 石井邦彦
作業科長 辻 隆道

II 試験目的

この研究は、森林の中でも、経済林として考えられる人工林を対象に、森林施業の中の作業という側面から、施業方法の検討を行うものである。そのため、

- ① 施業体系、作業体系にかかる具体的因子の検討
- ② 実行結果からの作業ごとの特徴把握
- ③ 作業間の関連と作業選択

の順に、研究を進めた。

III 試験の経過と得られた成果

この試験は、昭和50年度より始まり、昭和51年度、完了になったものである。

序

現在の保有作業には、密度管理や照度の理論がとり入れられ、また、造林投資に関しては、画一的な方法を避け、土地生産力に応じた傾斜投資方式が導入されるなど、より科学的な裏付けある方法への転換がはかられてきている。この様な現状で、施業体系選択基準、保育作業選択基準を考えると、その方法として、実験とか、モデルを作成してシミュレートさせる等の方法が考えられるが、一番簡単な方法として、現在ある林分を対象に、その林分に年々行なわれてきた作業の変化を検討する方法がある。本研究では、この方法をとり、資料としては、全営林局中、造林率64%（林地面積に対する造林地面積）で、第一位の実績をもつ高知営林局管内のスギ人工林を対象にした。

(1) 調査項目

資料数：スギ人工林	40年生以上	138例
	40年生未満	28例

営林署名, 林小班, 面積

地況: 傾斜, 方位, 標高, 溫量指數, 土性, 土壌型, 有効深度, 堆積型, 局所地形

林況: 林令, Ha 当り蓄積, Ha 当り本数, 平均胸高直径, 平均樹高

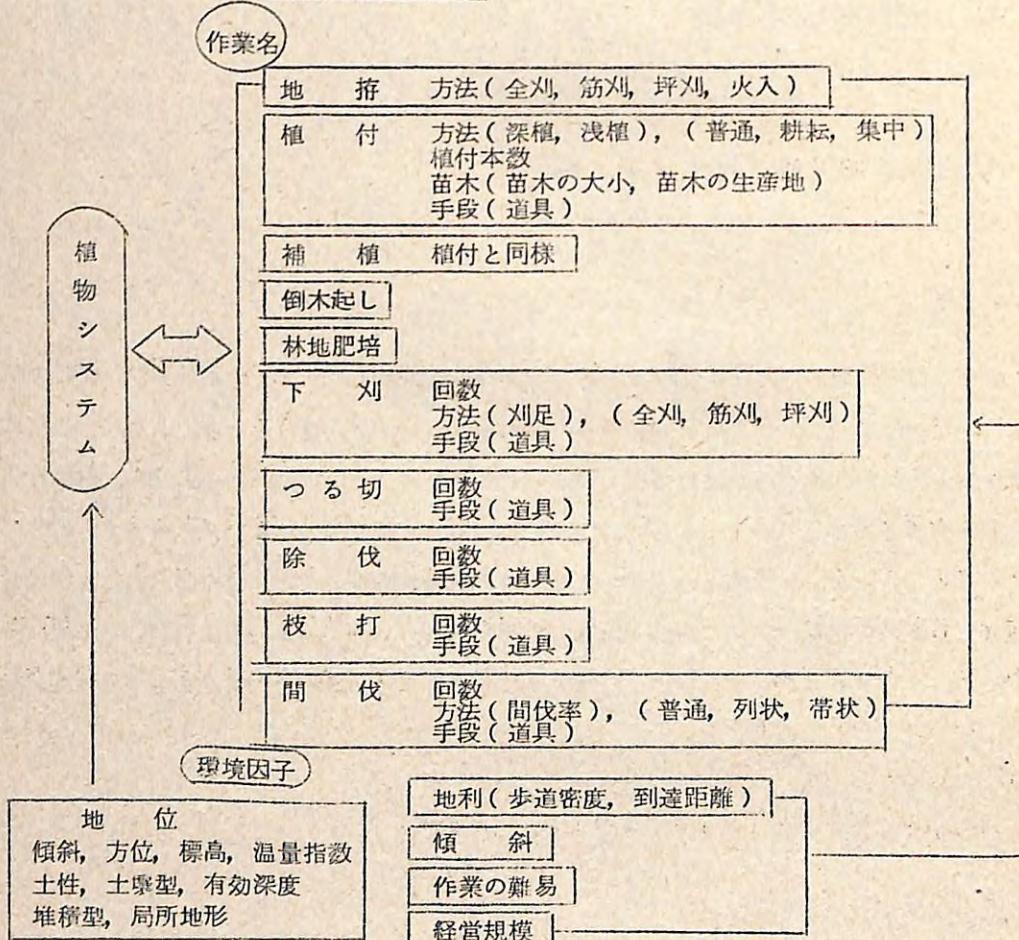
保育形成: 植栽本数, 年代別の作業名, 年代別のHa 当り人工数

環境: 歩道密度, 近くの部落からの到達距離

(2) 作業体系の考え方

作業体系を考える場合, 表1の様に, 実施年度や回数, 方法, 手段等はそれぞれの作業ごとに異なり, さらに, これらの作業が実施される林地そのものの影響も加わるという複雑な作業体系をなしている。本研究では, 各作業の基準となるものとして, 保育回数, 人工数を考えてみた。又, 年代としては, 保育作業完了時期からみて, 40~60年生の林分を中心と考えてみた。

表1 造林の作業体系



(3) 造林保育作業の実態

(イ) 保育回数, 保育人工数について

保育回数比は, 下刈が50%, 除伐が15%, つる切が12%となる。つまり, 回数においては, 植付から15年位の間に大半の保育を終えてしまうことになる。これを, 投下人工数の比でみると, 地挤9%, 植付15%, 下刈37%, 补植4%, その他が35%となる。ここで保育回数比とは, 全保育回数でそれぞれの作業の保育回数を割ったもので, 投下人工数の比とは, 総投下人工数で, それぞれの作業の人工数を割ったものである。

次に, 作業1回毎のHa当り平均人工数をみると, 地挤9, 植付15, 下刈7, 补植4, その他の作業27となり, その他の作業, 除伐, つる切, 枝打, 間伐が手のかかる作業となることがわかる。なお, 作業ごと, 林令ごとに保育回数累計をとったのが, 図1, 図2, 図3である。これによって,

- ① 図1の作業別のものでは, 保育回数の多い, 下刈, つる切, 除伐の地位がI, III, IIの順であり, 枝打, 間伐では後期になる程保育回数はIII, II, Iの順に多くなり, Ry値においては, 間伐にその傾向が強い。
- ② 総合計保育回数を指標にした図2では, 地位別, Ry値別の変化は, ほとんどない。
- ③ 図3の作業ごとの保育回数では, 下刈, 除伐, つる切, ……の順に多く, 下刈は1~7年, つる切りは8~15年, 除伐は10~30年の時期に多い。

(ロ) 形状比とRy値について

保育作業を考える場合には, 作業の指標となるものに, Ry値がある。これと, 形状比(平均樹高-1.2/平均胸高直径)の関係をみると, 図4の様になり, Ry値が小さくなる程, つまり低密度に管理される程, 形状比が小さくなることがわかる。

(ハ) 植栽本数について

林令と植栽本数についての関係は, 図5の様になるが, 林令をいわゆる, 旧藩期, 国有林成立期, 特別経営期, 抜伐期, 低迷期, 現代と分けてみると, 国有林の成立期では, まだ施業方針も一定でない様で植栽本数も一定でなく, 特別経営期に入つて, 植栽本数は一定となり, 抜伐期では, バラツキがみられ, 低迷期では疎植時代となることがわかる。

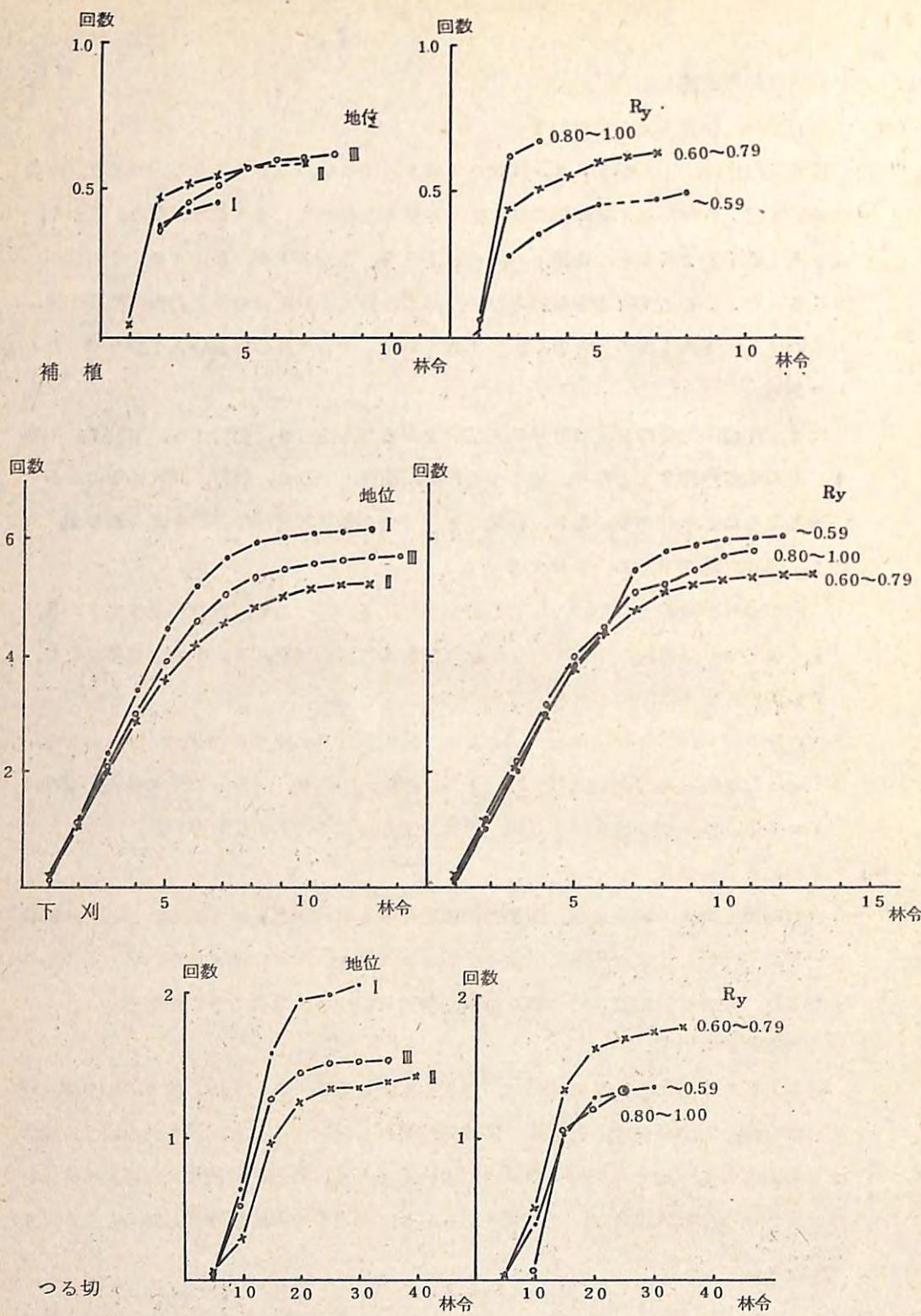
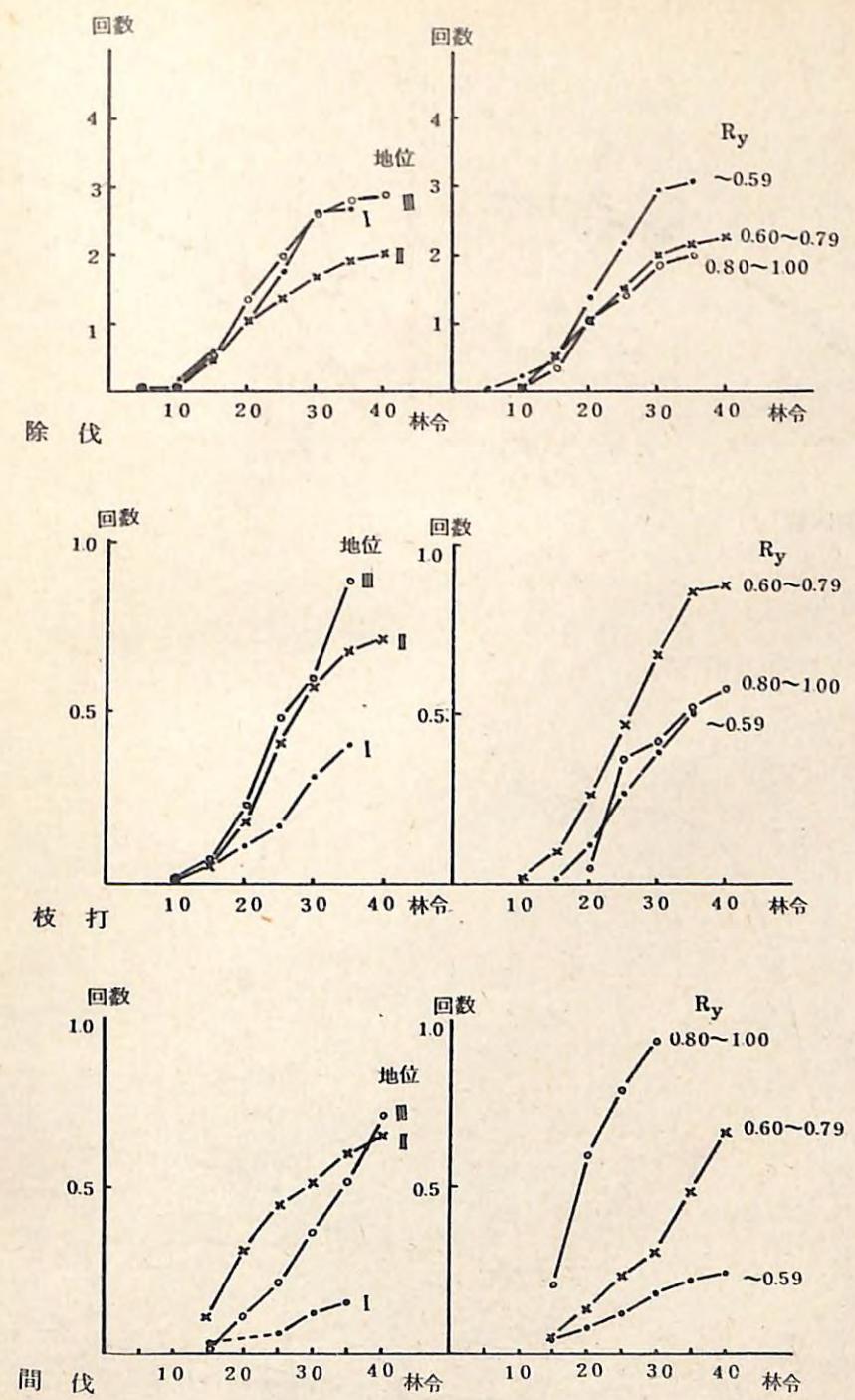


図-1



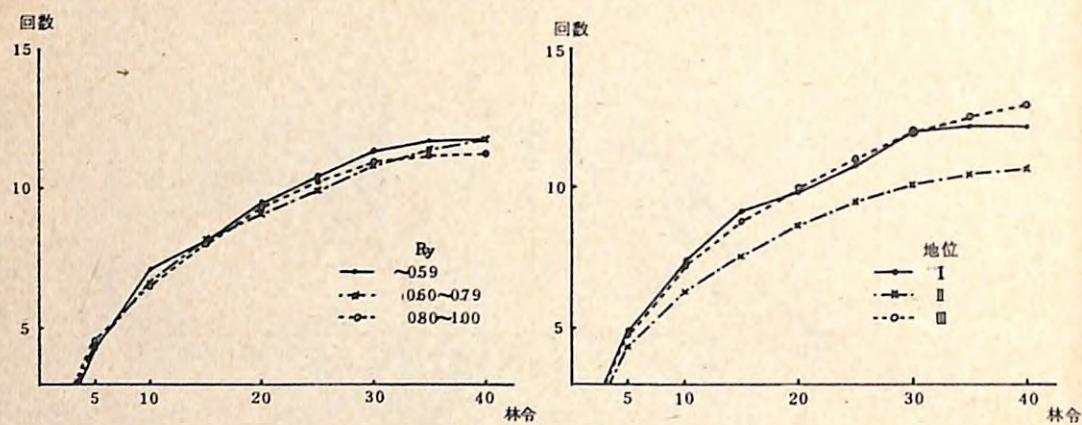


図2 保育回数

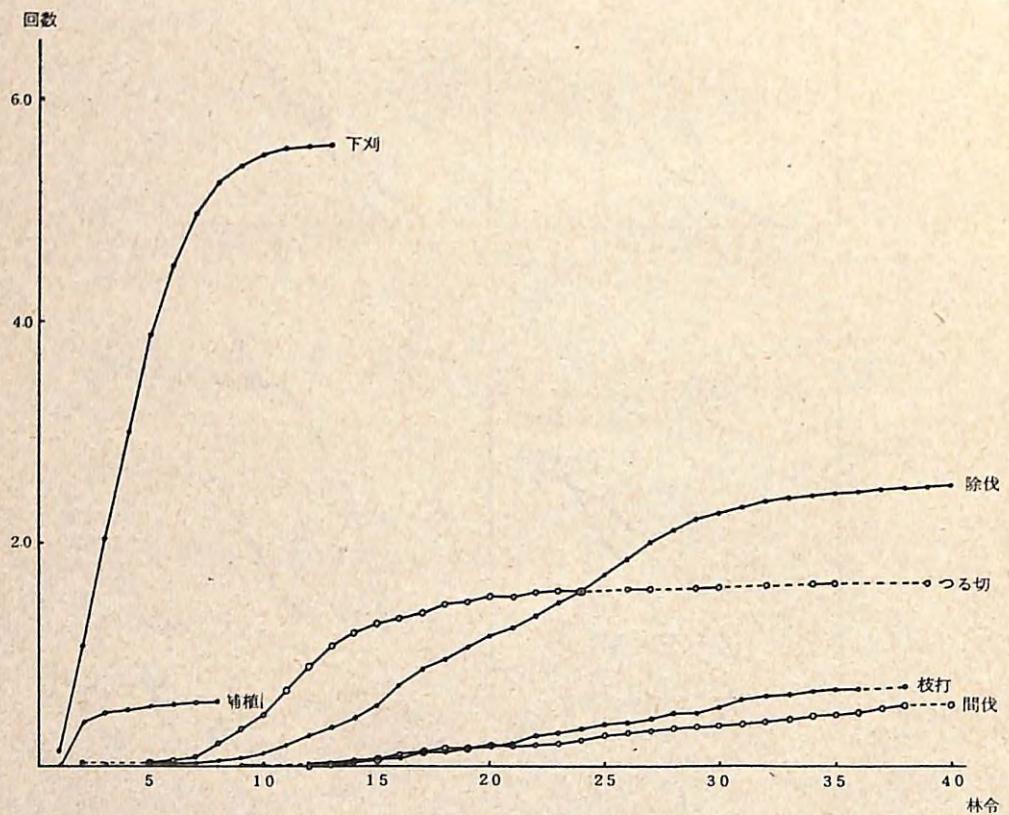


図3 作業毎の保育回数

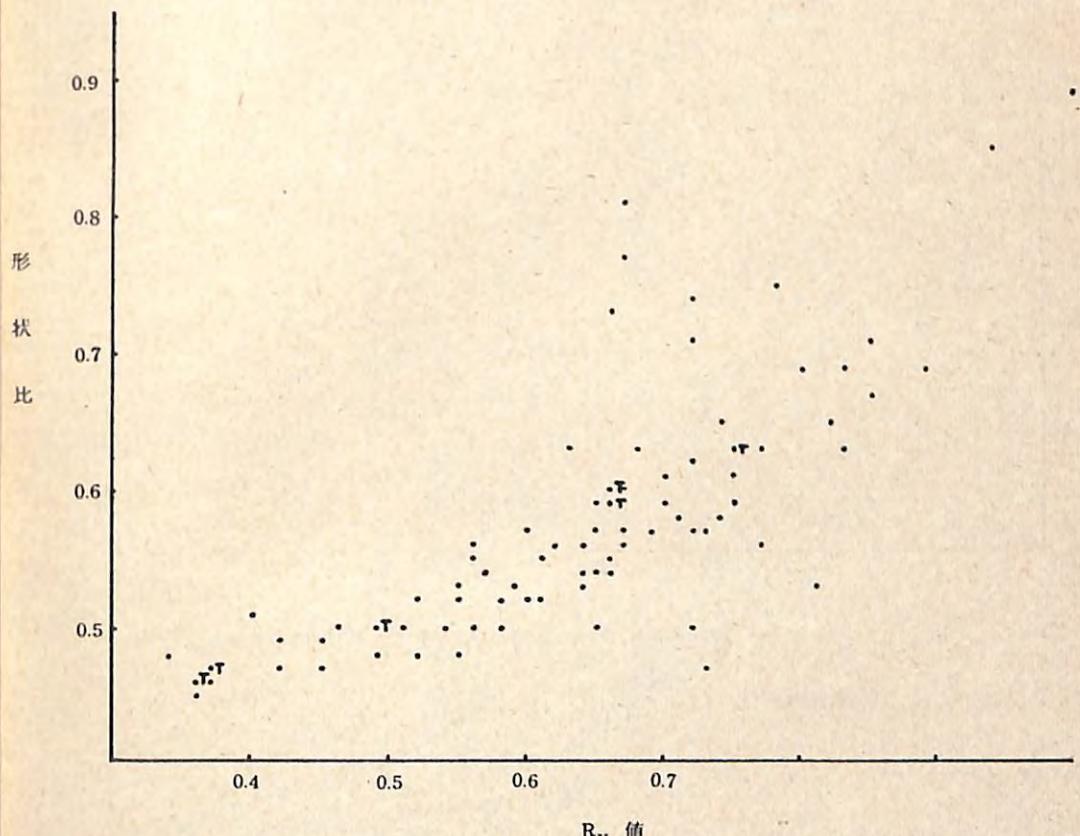
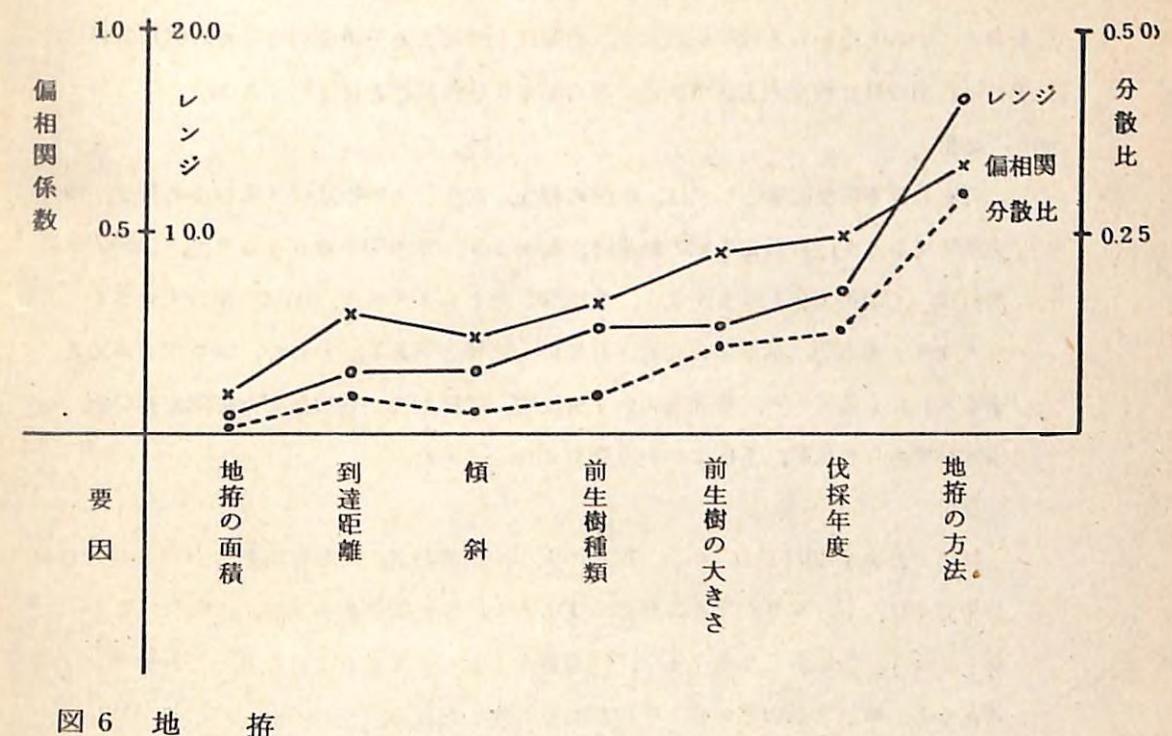
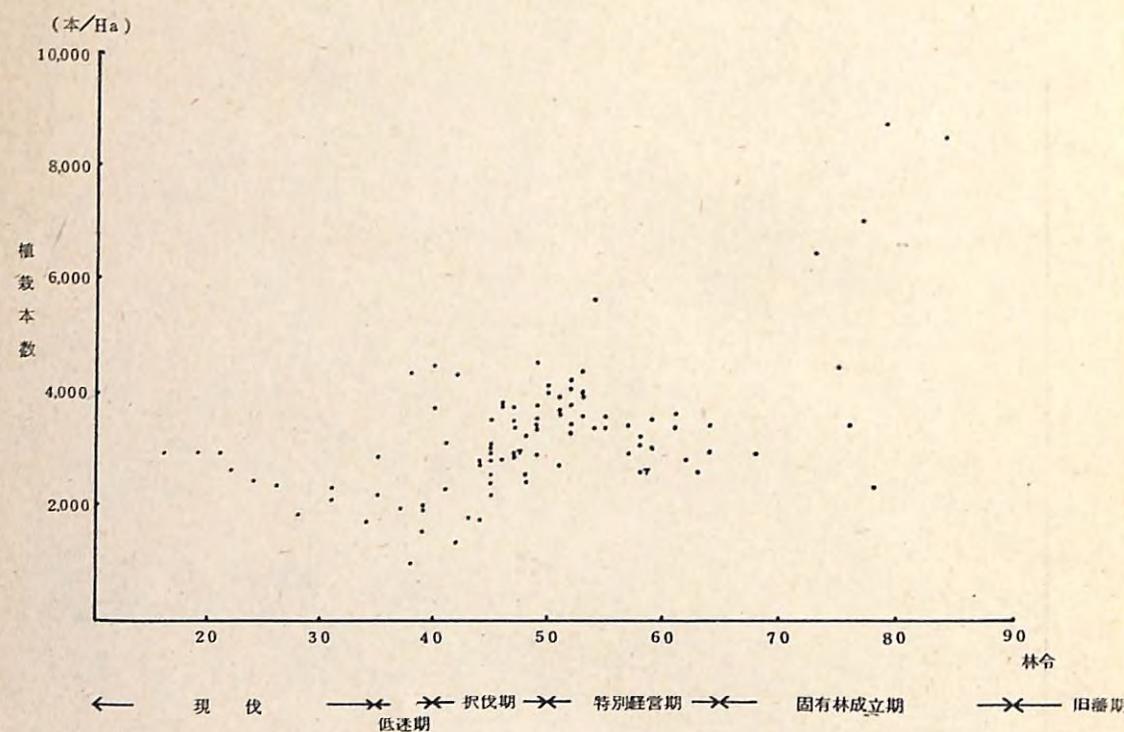


図4 R_y 値と形状比の関係



(4) 作業工程について

環境因子が、どの程度人間の作業に変化を与えるかを把握するため、それぞれの作業に影響を与えていくと思われる因子を選んで、数量化I類による分析を行なった。外的基準はそれぞれの作業のH_a当たり人工数である。その結果を各作業ごとに述べてみる。

1) 地拵

考えられる環境因子としては、植生の種類、密度、地被物及び末木枝条の種類、地拵方法等であるが、数量化I類の結果は、N=54、重相関係数0.802で、偏相関係数順位は、①地拵方法(0.672)、②伐採年度(0.486)、③前生樹の大きさ(0.448)で方法、前生樹に左右されている作業といえる。これを、スコアでみると、手を入れた(筋置とか、普通火入れ)方法程、伐採してから放置した期間が長い程、以前大林であった所程、工程はかかり増しとなっていた。

2) 植付

植付に影響する因子は、傾斜、苗木の大小、地拵の方法、植付本数等が考えられるが、分析結果は、N=99、重相関係数0.713で、偏相関係数順位は、①植付本数(0.625)、②傾斜(0.274)、③地拵人工数(0.269)となり、これをスコアで考えると、植付本数の多い程、工程がかかり増しとなる。

3) 下刈

下刈は、方位、植栽木の大きさ、植付本数等に影響を受けると思われる。分析結果は、N=754で、重相関係数0.770、偏相関係数順位は、①時代(0.584)これは、現在の林令で10年ごとに分けたもの、②前回との比較(0.456)……現在の人工数を前回の人工数で除した割合、③林令(0.359)……下刈が入った時の林令であった。スコアとの関連で、これをみると、時代は過去になる程、又、林令が高くなる程、工程はかかり増しとなっており、その他、植付本数が多くなる程、又、混交率が50%に近くなる程、つまり樹種が单一樹種でない程、工程はかかり増しとなる。又、間隔を入れた分析では、間隔が開く程、工程は大、下刈回数を外的基準とした場合には、日当たりの良い南側の山頂附近程、回数を少なめにして終了している結果となっている。

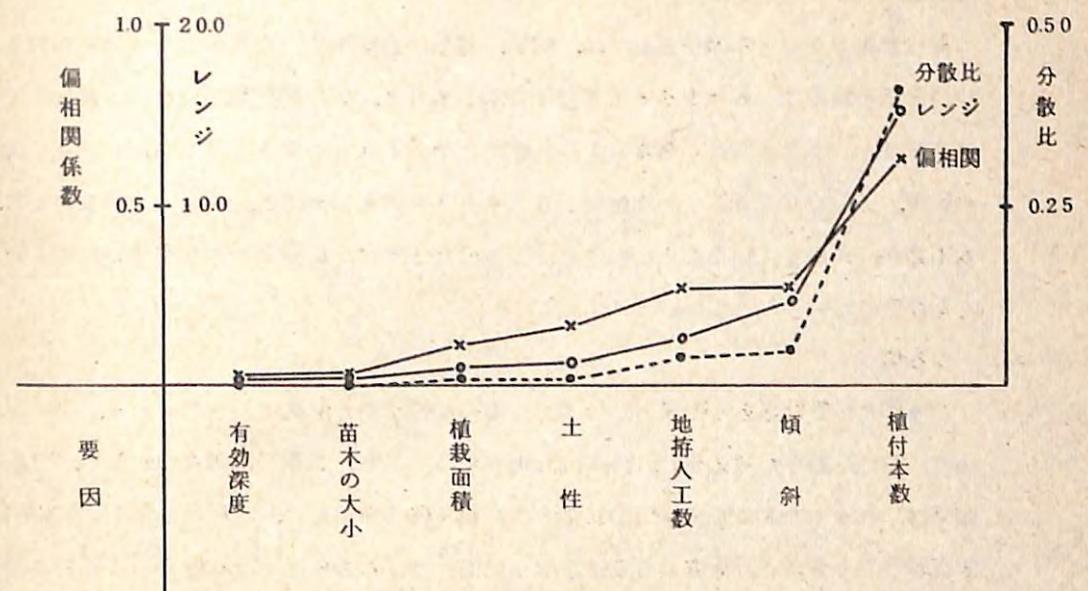


図7 植付

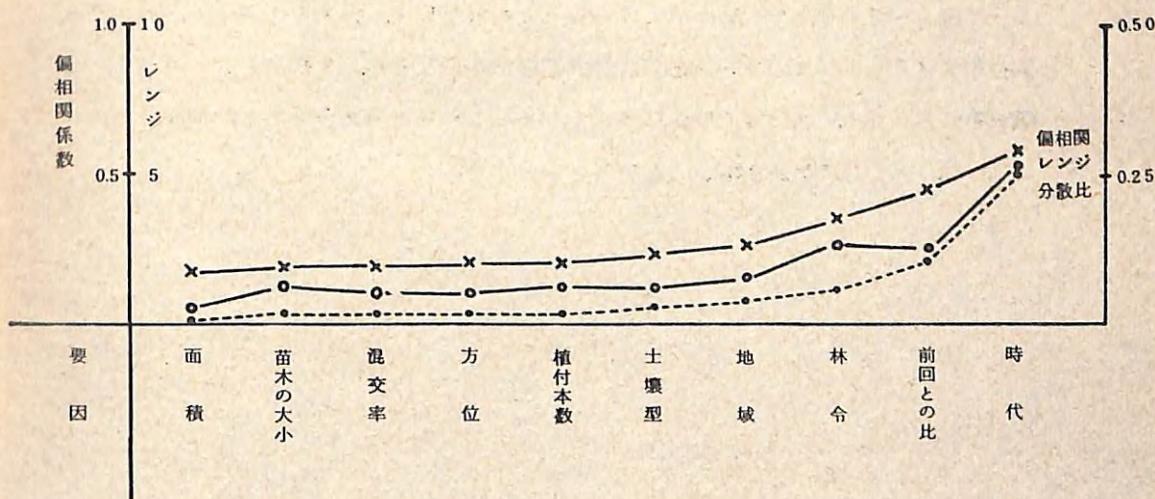


図8 下刈

二) 除伐

除伐に影響を与える因子としては、傾斜、植生の種類密度、立木密度等が考えられるが、分析の結果は、 $N = 168$ で重相関係数 0.868、偏相関係数順位は、①林令 (0.769), ②温量指数 (0.401), ③局所地形 (0.377) の順であった。その他の因子、方位 (0.336), 土壌型 (0.306) を考え合わせると、乾いた南向き斜面に、人工数が、かかっていることがわかる。この様な土地は、広葉樹が入りやすい地形といえるのではないだろうか。

ホ) つる切

つる切に影響を与える因子としては、つるの出やすさと関係すると思われる、土壌型、方位、植付本数等が考えられ、作業的な面からは、傾斜、面積等が考えられるが、分析結果は、 $N = 163$ で重相関係数 0.739、偏相関係数順位は、①局所地形 (0.547), ②面積 (0.484), ③方位 (0.471) であった。この他、レンジの高い、植付本数等を考え合せると、中腹で方位は南向き傾斜は緩い所という作業のしやすい所につるは茂りやすく、又、面積の小さい程、植付本数の多い程、作業はしにくいと考えられる。

ヘ) 枝 打

枝打に影響を及ぼす因子としては、小出氏は、枝打する幹の高さ、地形、本数密度、単位面積当たりの枝打本数をあげている。又、枝の太さは立木本数密度、土壌のちがいによって決まつてくるとしている。これらのこと考慮して、分析してみると、 $N = 75$ 、重相関係数 0.699 で、レンジと偏相関係数順位が異なるが、①樹高 (0.619), ②傾斜 (0.350), ③方位 (0.309) となる。これらを考え合せると、南向きの樹高が高い程、人工数はかかり増しとなることがわかる。

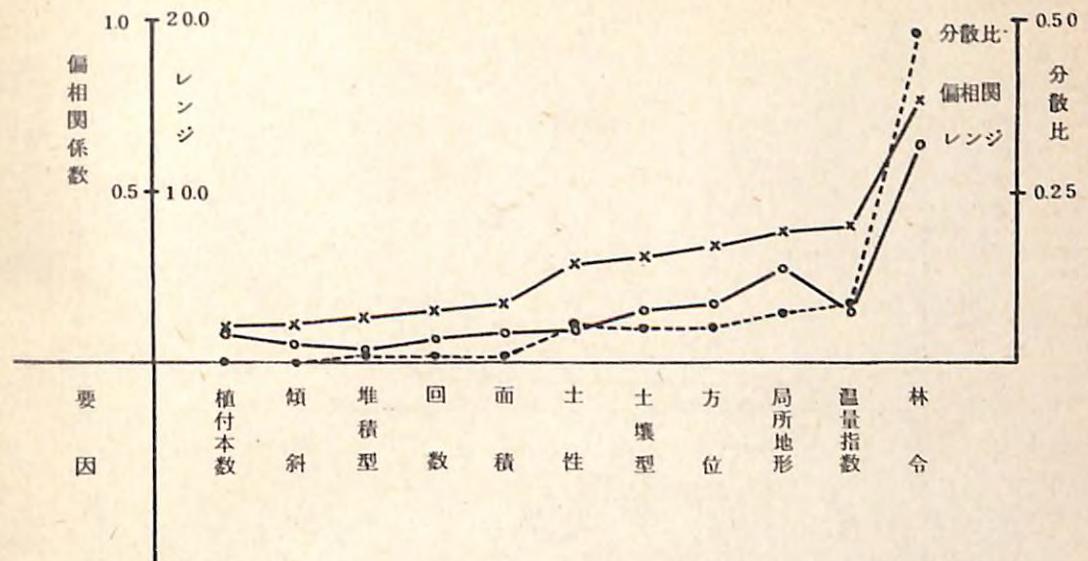


図9 除伐

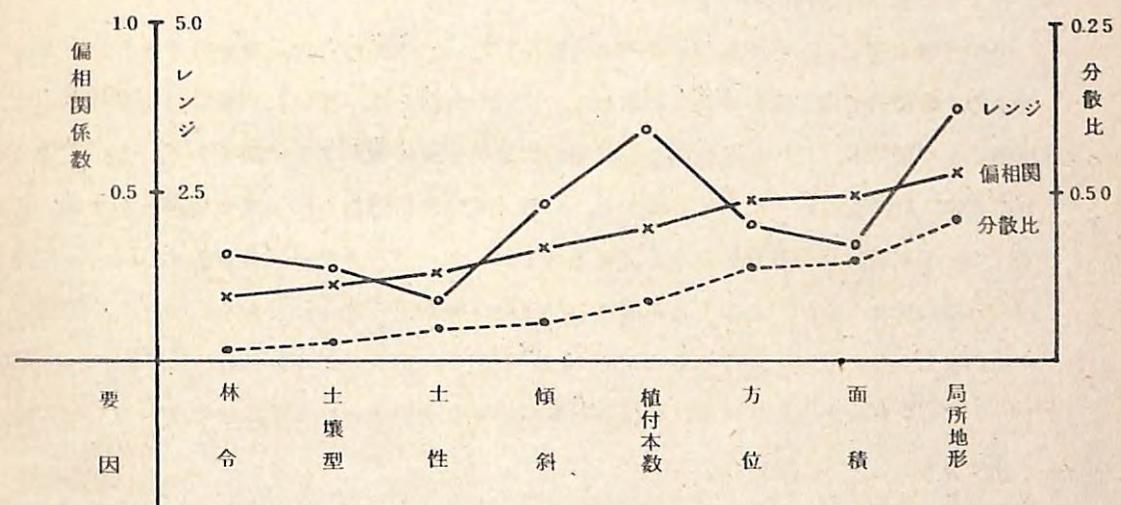


図10 つる切

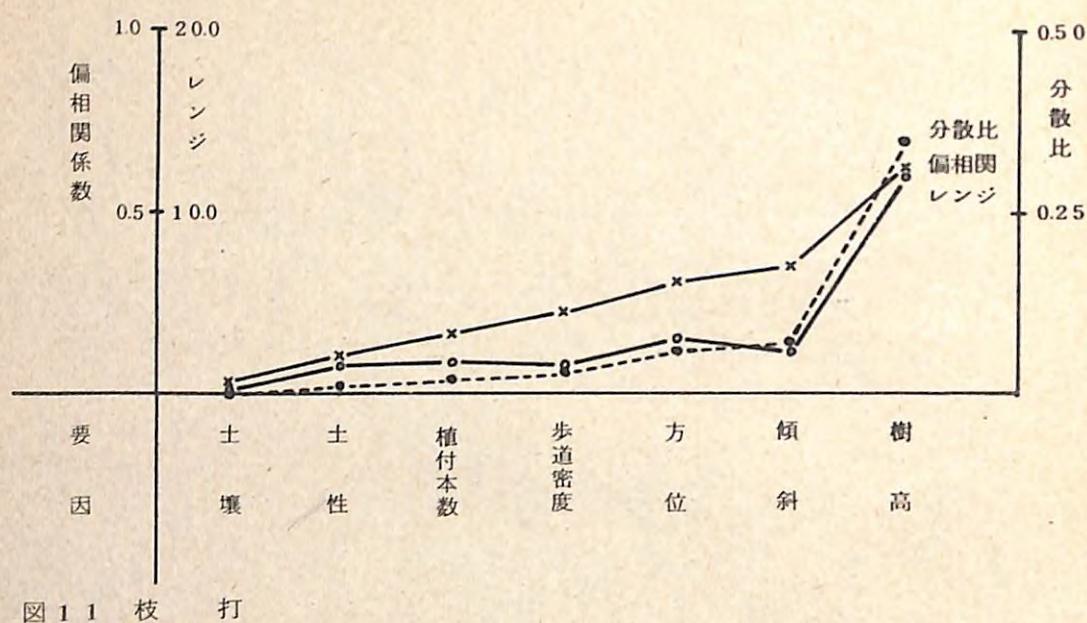


図 1-1 枝 打

(5) 作業間の関連性と作業のパターン

各作業間の関連と、各作業のパターン分類を行ない、作業の選択基準を得ようとしたものである。分析方法は主成分分析を使用した。主成分分析とは、互いに相関のある多種類の特性値のもつ情報を、互いに無相関な少数個の総合特性値に要約する手法である。この主成分分析には、相関行列から出発する場合と、分散・共分散行列から出発する場合とがある。さて、ここで主成分分析の考え方を述べておくと、データを主成分分析すれば、情報は得られるのであるが、どこまでとればある程度の情報が得られるかである。つまり、主成分の第何番目までとるかということであるが、経験的に、次のことが言われている。

① 一応の情報をとり出すには、累積寄与率が、60%以上となる主成分の番号までとれば良いこと。

② とる主成分の番号の寄与率が平均以上であること。このことは、分散・共分散行列から出発した時は、固有値 \geq 各固有値の和 / 主成分の個数 となる固有値の主成分番号までということであり、相関行列から出発した場合は、固有値 ≥ 1.0 となっている主成分番号までということと同じことである。

③ なるべく各主成分の各変数に対する寄与率が、それぞれ 50%以上となること。

この 3 つの条件のうち、①、②は必須条件であるが、③の条件は、これをすべて満たすためには、主成分数を大分とらなければならないので、この報告では、①、②の条件を中心として考え、その上で、③の条件も考えることとする。

イ) 作業間の関連性

1) 作業ごとの人工数による分析

各作業間の関係をみるために主成分分析にかけてみた。特性値としては、①地捲、②植付、③補植、④下刈、⑤つる切、⑥除伐、⑦枝打、⑧間伐、の各総人工数である。前にも述べた様に、主成分分析は、相関行列から出発する場合と、分散・共分散行列から出発する場合があるが、このどちらか一方のあてはまりの良い方を選べば良いことになる。この場合は、分散・共分散から出発した場合を中心に考えてみた。

この場合、第何主成分までとするかを決めると、①累積寄与率が 60%以上となるのは、第 2 主成分まで、②固有値 λ が $\lambda \geq \sum V_i i / P$ となるのは、 $P = 8$ なので $\lambda \geq 380.96$ 。よって第 2 主成分まで、③なるべく各主成分の各変数に対する寄与率が、それぞれ 50%以上となるためには、第 4 主成分までとなる。

表 2

主 成 分 №	固 有 値	累 積 寄 与 率
1	1 6 1 4.3 8	0.53
2	6 4 2 1.7	0.74
3	2 9 3 5.8	0.84
4	1 6 1 6.8	0.89
5	1 4 5 3.0	0.94
6	9 0 1 7	0.97
7	7 3 3 8	0.99
8	2 7 0 0	1.00

次に、それぞれの作業の人工数から総合特性値である第 1 主成分から第 8 主成分までを表わすそれぞれの係数(固有ベクトル)で、第 1 主成分から第 4 主成分までを表わしてみると、

$$\text{第 1 主成分 } Z_1 = -0.05 X_1 + 0.03 X_2 + \cdots + 0.98 X_6 + \cdots - 0.12 X_8$$

$$\begin{aligned}
 \text{第2主成分 } Z_2 &= 0.05X_1 + 0.03X_2 + \dots & + 0.34X_7 + 0.93X_8 \\
 \text{第3主成分 } Z_3 &= 0.15X_1 + 0.13X_2 + \dots + 0.97X_4 + \dots & - 0.05X_8 \\
 \text{第4主成分 } Z_4 &= 0.03X_1 + 0.75X_2 + 0.62X_3 + \dots & + 0.02X_8 \\
 \text{となる。} (X_1: \text{地拵} \quad X_2: \text{植付} \quad \dots \quad X_8: \text{間伐})
 \end{aligned}$$

表3 固有ベクトル

作業名	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄
① 地 拵	-0.05	0.06	0.15	-0.03
② 植 付	0.03	0.03	0.13	0.75
③ 補 値	-0.01	0.02	0.07	0.62
④ 下 刈	0.08	0.02	0.97	-0.13
⑤ つ る 切	0.04	0.12	0.03	-0.17
⑥ 除 伐	0.98	0.06	-0.09	0.01
⑦ 枝 打	0.15	0.34	0.05	-0.08
⑧ 間 伐	-0.12	0.93	-0.05	0.02

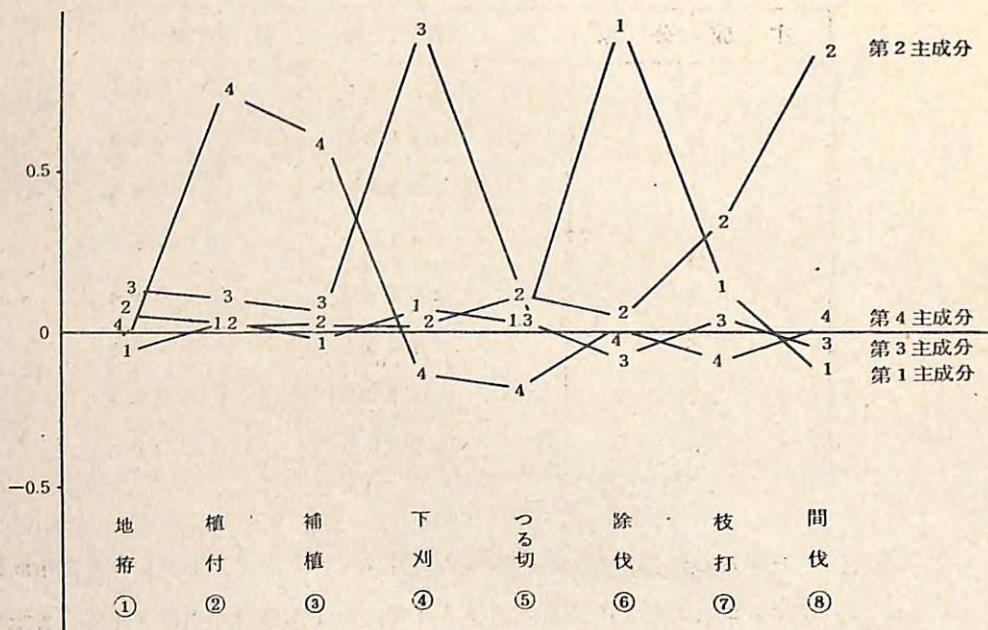


図1-2 固有ベクトル

この固有ベクトルを図にしたものが、図1-2である。また、因子負荷量は表4、図1-3の様になる。但し、図では、第3主成分までを描いている。この各主成分に対する固有ベクトルと因子負荷量から、各主成分の意義を解釈してみる。

表4 因子負荷量

作業名	寄与率						
	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄			
① 地 拵	-0.22	0.18	0.28	0.27	0.39	-0.03	0.39
② 植 付	0.11	0.07	0.13	0.21	0.25	0.90	0.93
③ 補 値	-0.03	0.05	0.06	0.14	0.15	0.87	0.88
④ 下 刈	0.19	0.03	0.19	0.97	0.99	-0.10	0.99
⑤ つ る 切	0.17	0.29	0.34	0.05	0.34	-0.21	0.40
⑥ 除 伐	1.00	0.04	1.00	-0.04	1.00	0.00	1.00
⑦ 枝 打	0.39	0.56	0.68	0.06	0.68	-0.07	0.68
⑧ 間 伐	-0.19	0.97	0.99	-0.04	0.99	0.01	0.99

① 第1主成分

固有ベクトルでは、除伐の係数が高く、他の作業は、ほとんど0である。これを因子負荷量でみると、除伐、枝打、下刈、つる切の順となる。つまり、幹生産という林業においては、これらの作業は少なれば少ない程良い作業であり、非生産的な作業に関係する成分といえる。一応作業名をとって、除伐型とする。

② 第2主成分

固有ベクトルでは、間伐の係数が高く、次に枝打、つる切となっている。係数はすべて正である。これを因子負荷量でみると、間伐、枝打、つる切の順となる。これは、林分成長において幹の太さに関係する成分といえるのではないかと思われる。一応作業名をとって、間伐型とする。

③ 第3主成分

固有ベクトルでは、下刈の係数が高く、他の作業は、ほとんど0である。これを因子負荷量でみると、下刈、地拵、植付、補植の順となる。このことから、第3主

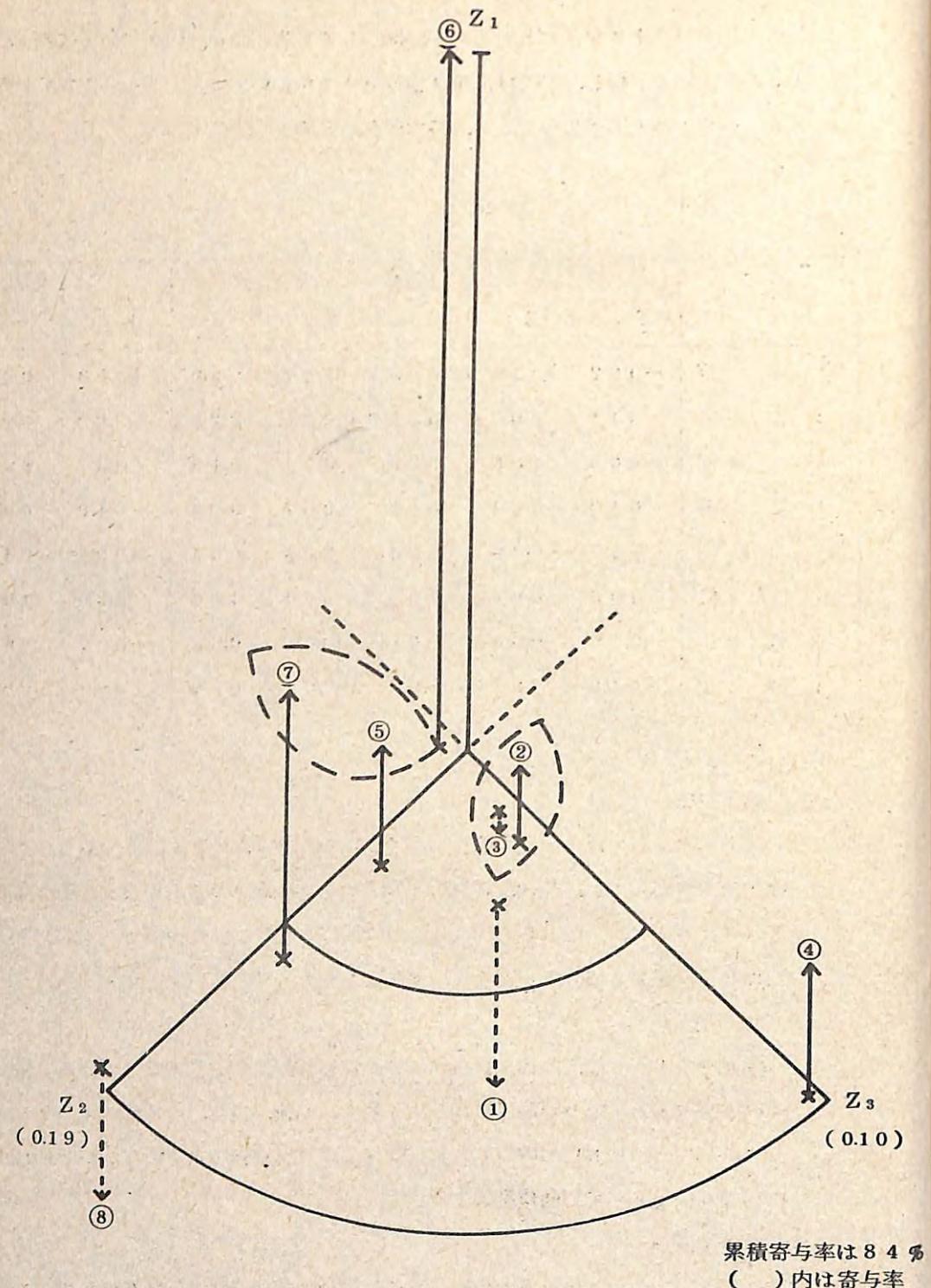


図 13 作業間の関連を示す図

成分には、植生と関係の深い作業が集まっているといえる。一応、作業名をとって、下刈型とする。

④ 第4主成分

固有ベクトルでは、植付、補植の順に係数が高く、他の作業は、ほとんど0である。これは、苗木に関する成分といえる。一応、作業名をとって、植付、補植型とする。

次に、因子負荷量で作業間の関連性をみてみると(図13)，枝打とつる切、植付と補植がそれぞれのグループをなし、他の作業はそれぞれ別々に位置している。これは枝打とつる切、植付と補植が同様な作業形態をなしていると考えられる。枝打とつる切は、それぞれ幹にまとわりつく枝、つるを切る作業でありその位置的な意味で同じグループになったと思われる。植付と補植は、苗木植付という同様な作業形態から、同じグループになったと思われる。

ここで、軸の安定性について考えてみる。軸の安定性とは、それぞれ、第1主成分が除伐型、第2主成分が間伐型、第3主成分が下刈り型、第4主成分が植付型と名づけたわけであるが、この各主成分スコアとそれぞれの名づけられた作業名の人工数を使って、t検定を行ない、さらに軸の意味づけをはっきりさせることである。今、それぞれのスコアを大きさの順にならべ、大きいものを30例、小さいもの30例を取り出す。これを使って、t検定を行なってみると、表5の様になる。この表からわかる様に、各主成分の意味づけに使用した作業名が、各主成分とも1%水準で有意となり(補植のみ5%水準で有意)，各主成分の意味づけが、正しいこととなる。

表5

主成分名	使用する人工数の作業名	t検定値	自由度	
1	除伐	8.357	58	$t_{58}(0.01)$
2	間伐	5.719	58	= 2.66
3	下刈	15.294	58	$t_{58}(0.05)$
4	植付	3.676	58	= 2.00
	補植	2.157	58	

II) 作業ごとの回数による分析

I) で作業ごとの人工数の分析を行なったので、次に作業ごとの回数の分析を行なってみた。作業としては、③補植、④下刈、⑤つる切、⑥除伐、⑦枝打、⑧間伐、⑨倒木起しがとった。分析は、分散・共分散から出発した場合をとった。主成分数は、(1)累積寄与率が60%以上となるのは、第2主成分まで、(2)固有値 λ が $\lambda \geq \sum V_i i / P$ となるのは、 $P=7$ なので $\lambda \geq 1.753$ 。よって、第2主成分まで、(3)なるべく各主成分の各変数に対する寄与率が、それぞれ50%以上となるためには、第3主成分までとなる。(ここで作業名番号を③～⑨ととったのは、I)の作業名番号と同じにするためである。)

表6

主成分No	固有値	累積寄与率
1	5.295	0.43
2	2.915	0.67
3	1.660	0.30
4	1.129	0.90
5	0.621	0.95
6	0.423	0.98
7	0.229	1.00

次に、固有ベクトル(それぞれの主成分を表わすために特性値にかかる係数)の式は、

$$\text{第1主成分 } Z_1 = -0.02X_3 + 0.20X_4 + \dots + 0.97X_6 + \dots - 0.03X_9$$

$$\text{第2主成分 } Z_2 = 0.04X_3 + 0.11X_4 + 0.51X_5 + \dots + 0.74X_8 + 0.22X_9$$

$$\text{第3主成分 } Z_3 = 0.08X_3 + 0.79X_4 + 0.37X_5 + \dots + 0.20X_9$$

となる。(X_3 : 補植 X_4 : 下刈 \dots X_9 : 倒木起し)

この固有ベクトルを図にしたものが、図14である。また、因子負荷量は表8、図15の様になる。但し、図では、第2主成分までを描いている。この各主成分に対する固有ベクトルと因子負荷量から、各主成分の意義を解釈してみる。

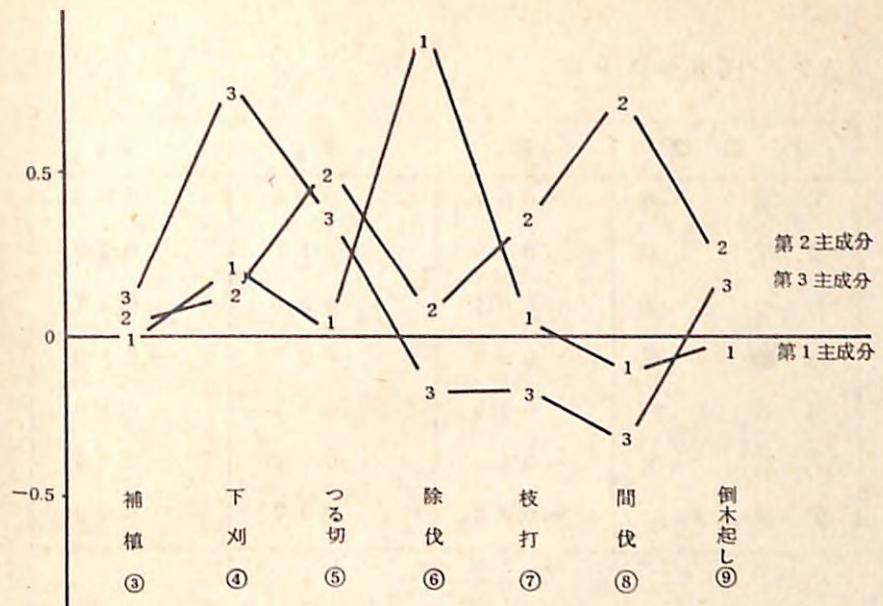


図14 固有ベクトル

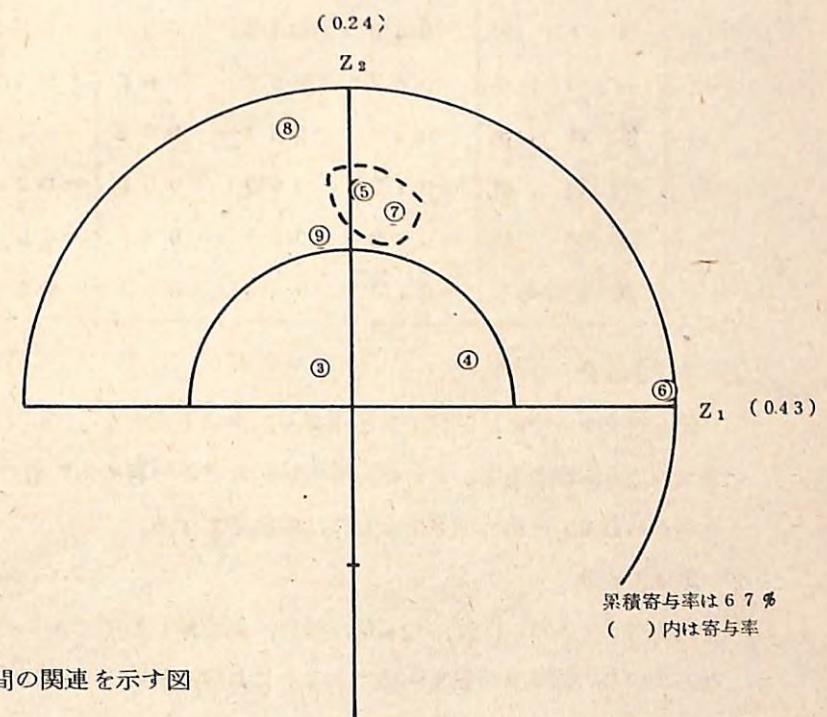


図15 作業間の関連を示す図

表7 固有ベクトル

作業名	Z ₁	Z ₂	Z ₃
③ 補植	-0.02	0.04	0.08
④ 下刈	0.20	0.11	0.79
⑤ つる切	0.01	0.51	0.37
⑥ 除伐	0.97	0.05	-0.19
⑦ 枝打	0.05	0.35	-0.18
⑧ 間伐	-0.11	0.74	-0.34
⑨ 倒木起し	-0.03	0.22	0.20

表8 因子負荷量

作業名			寄与率	Z ₁	Z ₂	Z ₃	寄与率
	Z ₁	Z ₂					
③ 補植	-0.08	0.13	0.15	0.17	0.23		
④ 下刈	0.36	0.15	0.39	0.81	0.90		
⑤ つる切	0.02	0.68	0.68	0.37	0.77		
⑥ 除伐	0.99	0.04	0.99	-0.11	1.00		
⑦ 枝打	0.13	0.60	0.62	-0.24	0.66		
⑧ 間伐	-0.18	0.87	0.89	-0.30	0.94		
⑨ 倒木起し	-0.10	0.53	0.54	0.36	0.65		

(1) 第1主成分

固有ベクトルでは、除伐の係数が高く、次に下刈となっている。これは因子負荷量でみても同様である。これは、非生産的な外界の目的木以外の植生に関する成分と考えられる。一応作業名をとって、除伐型とする。

(2) 第2主成分

固有ベクトルは、間伐、つる切、枝打、倒木起しの順であり、係数はすべて正となっている。因子負荷量も同様である。これは、幹の太さに関係する因子と考えられる。一応作業名をとって、間伐型とする。

(3) 第3主成分

固有ベクトルは、下刈、つる切、倒木起しの順であり、マイナスの因子として、間伐、枝打、除伐がある。因子負荷量も同様である。これは、植生の因子、特に草本の植生因子に関係するものと考えられる。一応作業名をとって、下刈型とする。次に、因子負荷量で、作業間の関連をみてみると、図15の様に、(i)と同様に、枝打とつる切がグループをつくる。以上の様に、(i)と(ii)により、第1主成分が非生産因子に関係すると思われる除伐型、第2主成分が幹の太さに関係すると思われる間伐型、第3主成分が植生に関係すると思われる下刈型となった。

□) 投下労働量の増加パターンについて

各データの増加パターンをつかむという目的で、5年度ごとの投下労働量増加分をとって、分析してみた。分析方法としては、主成分分析を使い、相関行列から出発した場合を中心と考えてみた。特性値は、(1)0~5年の人工数、(2)6~10年の人工数、(3)11~15年の人工数、(4)…(7)、(8)36~40年の人工数をとった。分析結果は表9の様になるので、 $\lambda \geq 1$ となるのは、第3主成分までで、ここまでで約59%以上の情報が集まることとなる。

表9

主成分No	固有値	累積寄与率
1	2.32	0.29
2	1.29	0.45
3	1.12	0.59
4	0.89	0.70
5	0.81	0.80
6	0.60	0.88
7	0.57	0.95
8	0.39	1.00

表10 固有ベクトル

5年度毎の人工数	Z ₁	Z ₂	Z ₃
① 0～5年	0.07	0.56	0.41
② 6～10年	0.21	0.58	-0.30
③ 11～15年	0.30	0.34	-0.53
④ 16～20年	0.44	0.03	0.28
⑤ 21～25年	0.49	-0.36	0.06
⑥ 26～30年	0.43	-0.17	0.08
⑦ 31～35年	0.48	-0.10	-0.09
⑧ 36～40年	0.08	0.24	0.60

固有ベクトルは表10の様になり、

$$\text{第1主成分 } Z_1 = 0.07 X_1 + 0.21 X_2 + \dots + 0.08 X_8$$

$$\text{第2主成分 } Z_2 = 0.56 X_1 + 0.58 X_2 + \dots + 0.24 X_8$$

$$\text{第3主成分 } Z_3 = 0.41 X_1 - 0.30 X_2 - \dots + 0.60 X_8$$

となる。これらの特徴から次のことが言える。

① 第1主成分 Z₁ の係数は、すべて正で、特に20年～35年にかけて、値が大きい。これは、後期保育型といえる。

② 第2主成分 Z₂ の係数は、正、負のものがまじっているが、5年～15年にかけて、値が大きい。これは、前期保育型といえる。

③ 第3主成分 Z₃ の係数は、正、負のものがまじっているが、40年、5年と値が大きい。これは、初期、収穫期型といえる。

次に、因子負荷量について考えてみると、表11、図16の様になるが、図16の様に点線で囲んであるものが、1つのグループをなすものと、解釈できそうである。これによると、

第1のグループは、①, ⑧

第2のグループは、②, ③

第3のグループは、④, ⑤, ⑥, ⑦

となる。このグループ分けの意味を考えてみると、

第1のグループである①, ⑧で考えられる作業名は、地挖、植付、補植、間伐等であり、それが前生樹の伐採方式に影響を受け、又、植栽木そのものに関係する因子といえそうである。よって、初期の植付期と、後期の収穫期とでは、他の時期と異なり、植栽木との関連が強くなる時期といえそうである。

第2のグループである②, ③で考えられる作業名は、下刈であり、作業対象が植栽木そのものというよりまわりの植物システムとの関連でみた方がよいものである。時期としては前期保育期といえる。

第3のグループである④, ⑤, ⑥, ⑦で考えられる作業名は、つる切、除伐、枝打等であるが、これは、植栽木そのものではなく、そのまわりのものではあるが、幹との関係があるもの、つる、枝、他の木という非生産因子を取り除く作業といえる。時期としては、後期保育期といえる。

よって、固有ベクトルと因子負荷量から、時期は、3つに要約され、初期、収穫期と前期保育期と後期保育期とになることがわかる。

表11 因子負荷量

5年度毎の人工数	寄与率			寄与率	
	Z ₁	Z ₂	Z ₃		
① 0～5年人工数	0.11	0.64	0.42	0.43	0.61
② 6～10年	0.33	0.66	0.54	-0.32	0.65
③ 11～15年	0.45	0.39	0.35	-0.56	0.67
④ 16～20年	0.68	0.03	0.46	0.29	0.55
⑤ 21～25年	0.75	-0.41	0.73	0.07	0.74
⑥ 26～30年	0.66	-0.19	0.47	0.09	0.48
⑦ 31～35年	0.73	-0.11	0.55	-0.10	0.56
⑧ 36～40年	0.12	0.28	0.09	0.64	0.50

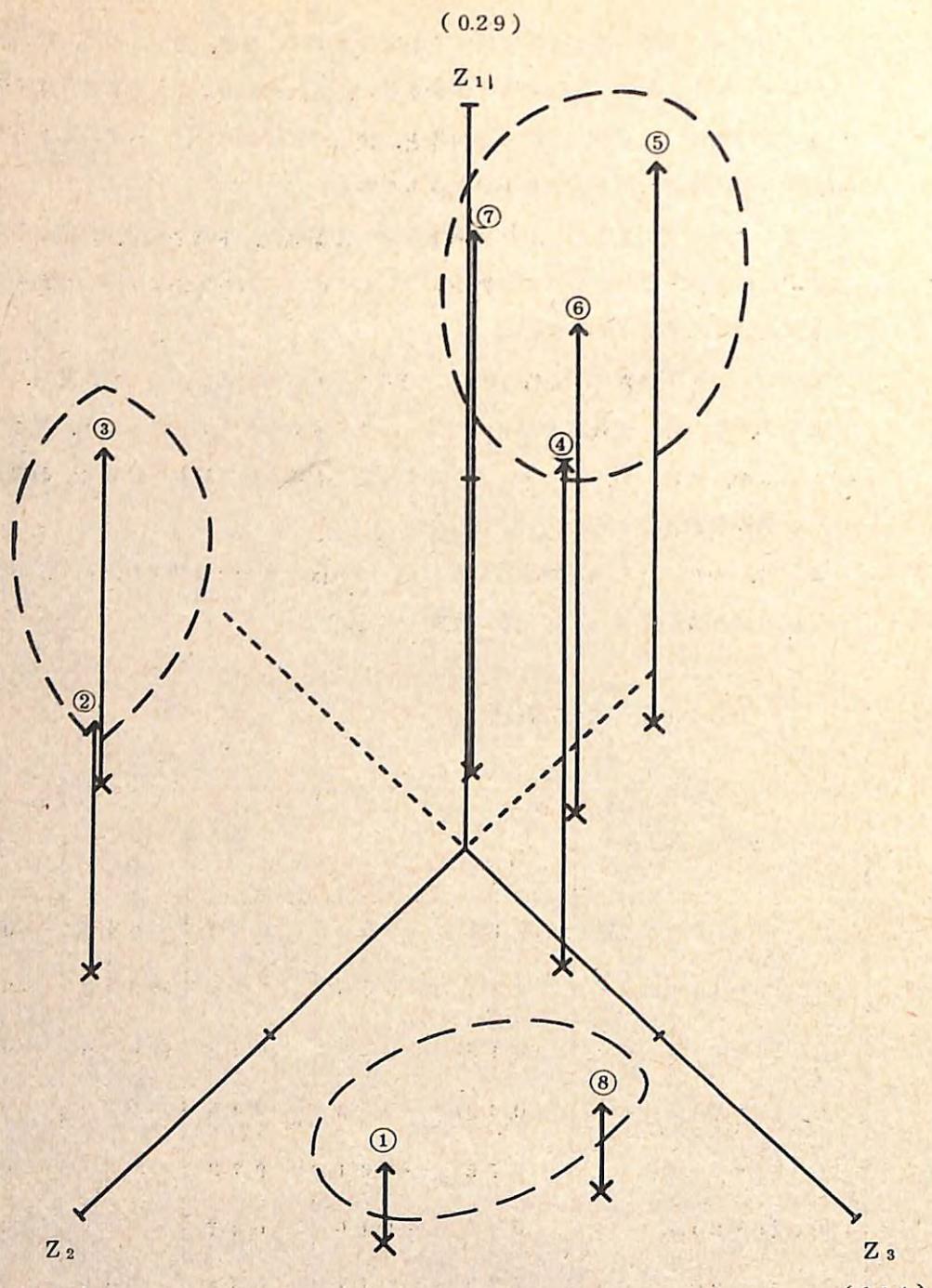


図 16 年度の関係を示す図

ハ) 作業ごとと 5 年度ごとの人工数の関係

今、138例のデータの作業ごと、5年度ごとの人工数による各主成分のスコア間の相関係数を求めてみると、表12の様になる。

これによると、除伐型がいわゆる後期保育期に対応し、間伐型が後期保育期、初期・収穫期に対応し、下刈型が前期保育期に対応することがわかる。

表 12

		作業 毎			後期保育期
		Z_1	Z_2	Z_3	
5 年 度 每	Z_1	0.818	0.515	0.102	後期保育期
	Z_2	-0.113	-0.073	0.657	前期
	Z_3	-0.061	0.322	0.074	初期・収穫期
		除伐型	間伐型	下刈型	

二) 林分材積と作業のパターン

材積の増分 (ΔV) に対する各主成分の寄与の仕方を重回帰分析を使って検討してみた。ここでいう増分 (ΔV) とは、地位判定基準図とスギ林林分収穫表より作成した材積の地位と年令の関係を表わした図(図17)より、各データの地位による推定材積と、各データの実際の材積を40年生で比較した増減分を表わしている。いわゆる、地位とは、平均的な作業をした平均的な林分での値という仮定をたてた上の検討である。

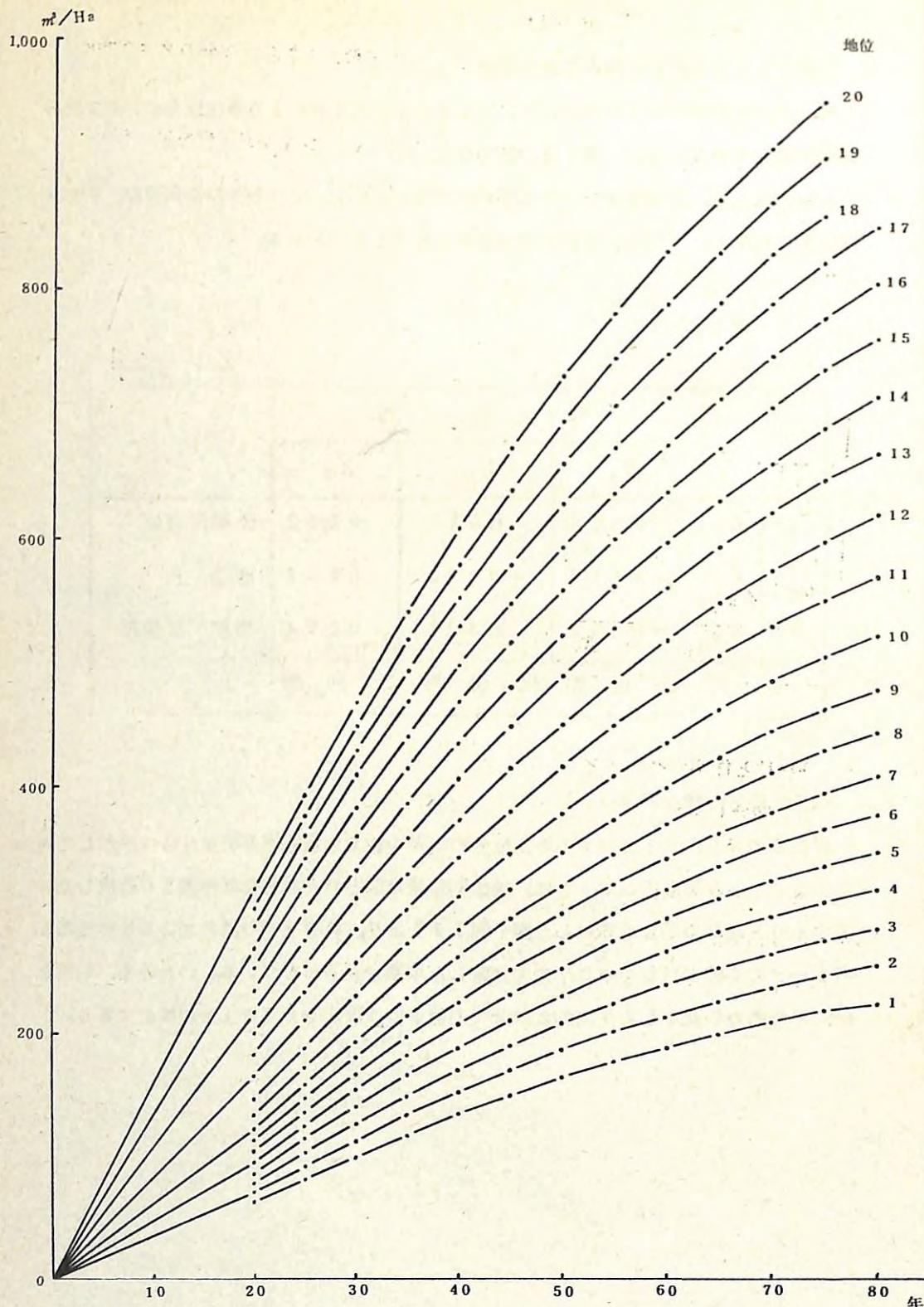


図 17 地位判定基準図(材積)

1) 作業ごとの人工数による作業パターンの場合

まず、 ΔV を目的変数として、第1主成分のスコア、第2主成分のスコア、第3主成分のスコアを説明変数とした場合を検討する。ここで用いる主成分スコアは、作業パターンをみるためにすでに分析してきたものであり、第1主成分除伐型、第2主成分間伐型、第3主成分下刈型と名づけたものである。

重回帰の検定では、表13の様になり、1%水準で有意となる。

表13 分散分析表

変動因	自由度	平方和	分散	分散比
全 体	$n-1$ 137	$S_{yy} 2.321 \times 10^6$		
回帰による	$P-3$	$S_R 4.583 \times 10^5$	$V_R 1.53 \times 10^5$	1.099 **
回帰からの	$n-P-1$ 134	$S_e 1.863 \times 10^6$	$V_R 1.39 \times 10^4$	

$$F(3.134; 0.01) = 3.95$$

この場合の重回帰式は

$$y = -260.6 + 3.3X_1 + 50.9X_2 + 27.2X_3$$

標準偏回帰係数を使った回帰式は

$$y' = 0.026X'_1 + 0.391X'_2 + 0.209X'_3$$

但し、偏回帰係数の検定では、

$$X_1 \text{ の係数: } t = 0.332$$

$$X_2 \text{ の係数: } t = 5.058^{**}$$

$$X_3 \text{ の係数: } t = 2.703^{**}$$

$$t_{134}(0.01) = 2.576$$

よって、 X_2 、 X_3 の係数のみ有意であった。ここで、 X_1 、 X_2 、 X_3 は、作業ごとの人工数による分析で、第1主成分(除伐型)第2主成分(間伐型)第3主成分(下刈型)の各スコアで、 y は材積の増減分である。

重相関係数は $R \cdot Q = 0.444$ であった。

この分析から、 ΔV の変化は、回帰係数の検定が、除伐型で有意とはならなかったが、一応間伐型と下刈型の順に影響を受けそうである。

次に、前の分析で有効とみられる第2主成分、第3主成分のスコアを説明変数とし

て、 ΔV を目的変数とした場合を検討すると、次の様になる。重回帰の検定では、表14の様になり、1%水準で有意となる。

表14 分散分析表

変動因	自由度	平方和	分散	分散比
全 体	$n-1$ 137	$S_{yy} 2.321 \times 10^6$		
回帰による	P 2	$S_R 4.567 \times 10^5$	$V_R 2.28 \times 10^5$	16.54 **
回帰からの	$n-P-1$ 135	$S_e 1.865 \times 10^6$	$V_e 1.38 \times 10^4$	

$$F(2.135 : 0.01) = 4.61$$

この場合の重回帰式は、

$$y = -257.7 + 50.9 X_2 + 27.2 X_3$$

標準偏回帰係数を使った回帰式は、

$$y' = 0.391 X'_2 + 0.209 X'_3$$

偏回帰係数の検定では、

$$X_2 \text{ の係数: } t = 5.068 **$$

$$X_3 \text{ の係数: } t = 2.712 ** \quad t_{135}(0.01) = 2.576$$

よって、 X_2 、 X_3 の係数は1%水準で有意となる。

ここで、 X_2 、 X_3 は、作業ごとの人工数の分析における第2主成分、第3主成分のスコア、 y は材積の増減分である。

重相関係数は、 $R.Q. = 0.444$ であった。

のことから、 ΔV の変化は下刈的なものより間伐的なものに影響を受けることになる。

ii) 5年度ごとの人工数による作業パターンの場合

ΔV を目的変数として、第1主成分、第2主成分、第3主成分の各スコアを説明変数とした場合を検討する。ここで用いる主成分スコアは、5年ごとの増加パターンをみるために分析してきた、第1主成分後期保育型、第2主成分前期保育型、第3主成分初期・収穫期型と名づけたものである。

重回帰の検定は、表15の様になり1%水準で有意となる。

表15 分散分析表

変動因	自由度	平方和	分散	分散比
全 体	$n-1$ 137	$S_{yy} 2.322 \times 10^6$		
回帰による	P 3	$S_R 3.139 \times 10^5$	$V_R 1.05 \times 10^5$	6.98 **
回帰からの	$n-P-1$ 134	$S_e 2.008 \times 10^6$	$V_e 1.50 \times 10^4$	

$$F(3,134 : 0.01) = 3.94$$

この場合の重回帰式は

$$y = -150.2 + 31.8 X_1 + 14.1 X_2 + 30.6 X_3$$

標準偏回帰係数を使った回帰式は

$$y' = 0.244 X'_1 + 0.105 X'_2 + 0.267 X'_3$$

但し、偏回帰係数の検定は

$$X_1 \text{ の係数: } t = 3.039 **$$

$$X_2 \text{ の係数: } t = 1.300$$

$$X_3 \text{ の係数: } t = 3.316 **$$

$$t_{134}(0.01) = 2.576$$

よって、 X_1 、 X_3 の係数のみ有意であった。ここで、 X_1 、 X_2 、 X_3 は、5年度ごとの人工数による分析で第1主成分(後期保育型)、第2主成分(前期保育型)、第3主成分(初期・収穫期型)の各スコア、 y は材積の増減分である。なお、重相関係数は $R.Q. = 0.353$ となる。よって、この分析で、初期・収穫期、後期保育期が ΔV への影響があると考えられる。

次に、この分析で有効とみられる第1主成分、第3主成分のスコアを使って、 ΔV への影響を検討してみる。重回帰式の検定では、表16の様になり、1%水準で有意となる。

表16 分散分析表

変動因	自由度	平方和	分散	分散比
全 体	$n-1$ 137	$S_{yy} 2.322 \times 10^6$		
回帰による	P 2	$S_R 2.886 \times 10^5$	$V_R 1.442 \times 10^5$	9.581 **
回帰からの	$n-P-1$ 135	$S_e 2.033 \times 10^6$	$V_e 1.506 \times 10^4$	

$$F(2,135; 0.01) = 4.76$$

よって、この場合の重回帰式は

$$y = -151.8 + 31.3X_1 + 29.6X_3$$

標準偏回帰係数を使った回帰式は

$$y' = 0.241X'_1 + 0.258X'_3$$

偏回帰係数の検定は

$$X_1 \text{ の係数: } t = 2.987 **$$

$$X_3 \text{ の係数: } t = 3.205 **$$

$$t_{135}(0.01) = 2.576$$

よって、1%水準で両方とも有意となる。ここで、 X_1 、 X_3 は、5年度ごとによる分析における第1主成分、第3主成分のスコア、 y は材積の増減分である。

なお、重相関係数は $R.Q. = 0.353$ である。

よって、標準偏回帰係数による、 ΔV への影響の仕方は、初期・収穫期、後期保育期が大で、前期保育期はそれ程でもないことがわかる。これを(二)-(一)の分析と考え合せると ΔV へは作業として間伐的なものが強く影響しているのではないかと思われる。

III) データを地位別にグループ分けした時の ΔV への影響

次に、データを地位によって、上(地位14以上)、下(地位13以下)に分け、それぞれスコア(作業ごとの人工数による分析で得られたスコア)を説明変数として、 ΔV を目的変数とした重回帰分析にかけてみた。いわゆる傾斜投資、つまり、地位の高い所に人工数や資金を多く投入して、材積の増加をはかるものであるが、これが有効であるかどうか、その傾向をみようとするものである。分析結果は、重回帰の検定では、表17、表18の様になり、どちらも1%水準で有意となっている。

表17 分散分析表

変動因	自由度	平方和	分散	分散比
全 体	$n-1$ 61	$S_{yy} 5.215 \times 10^5$		
回帰による	P 3	$S_R 1.134 \times 10^5$	$V_R 3.780 \times 10^4$	5.373 **
回帰からの	$n-P-1$ 58	$S_e 4.081 \times 10^5$	$V_e 7.036 \times 10^3$	

$$F(3,58; 0.01) = 4.16$$

表18 分散分析表

変動因	自由度	平方和	分散	分散比
全 体	$n-1$ 75	$S_{yy} 6.803 \times 10^5$		
回帰による	P 3	$S_R 1.026 \times 10^5$	$V_R 3.420 \times 10^4$	4.262 **
回帰からの	$n-P-1$ 72	$S_e 5.777 \times 10^5$	$V_e 8.024 \times 10^3$	

$$F(3,72; 0.01) = 4.08$$

よって、重回帰式は

$$\text{地位(上)の場合 } y = -314.0 - 4.20X_1 + 3.46X_2 + 3.33X_3$$

$$\text{地位(下)の場合 } y = -126.0 + 0.3X_1 + 2.90X_2 + 1.06X_3$$

標準偏回帰係数を使った回帰式は

$$\text{地位(上)の場合 } y' = -0.303X'_1 + 0.160X'_2 + 0.343X'_3$$

$$\text{地位(下)の場合 } y' = 0.004X'_1 + 0.379X'_2 + 0.116X'_3$$

それぞれの重相関係数は

$$\text{地位(上)の場合 } R.Q. = 0.466$$

$$\text{地位(下)の場合 } R.Q. = 0.388$$

となる。

又、回帰係数の検定では、地位(上)の場合、第1主成分、第3主成分が、地位(下)の場合には、第2主成分が有意(*: 5%水準で有意, **: 1%水準で有意)となつた。標準偏回帰係数順位は、地位(上)の場合、第3主成分、第2主成分、第1主成

分の順、地位(下)の場合は、第2主成分、第3主成分、第1主成分の順となった。よって、いずれの地位においても、下刈的な作業、間伐的な作業を多くすれば、 $\triangle V$ は增加傾向にあると思われる。

又、地位(上)、地位(下)の標準偏回帰係数のちがいをみると、地位(上)では、下刈的なものが高く、地位(下)では間伐的なものが高くでていた。

(6) 今後残された問題点について

以上(1)～(5)まで、述べてきたわけであるが、ここで、今後考えられること、そのために必要なことを述べておくと、まず、資料の整備があげられる。本報告では、高知営林局管内の人工林138例を選んだわけであるが、資料数が少なく、特に多変量解析的な解法をはかるには、資料数が若干、不足であった。また更に人工林以外の天然林の施業方法についても、検討してみる必要があると思われるが、そのための資料が不足しており、検討が困難であった。次に、作業という面に目を向けてみると、もう少し詳しい動作的な基本研究が必要であると思われる。また、作業は単独作業でなく、集団作業なので、集団的に動く人間の行動をつかんでいく必要があると思われる。以上、今後に残された問題点をあげてみた。

野その生態と分布に関する調査

野その生態と分布に関する調査

I 試験担当者

北海道支場鳥獸研究室	通 口 輔三郎
関西支場昆虫研究室	桑 畑 勲
保護部鳥獸科長	上 田 明 一

II 試験目的

野鼠防除の面からみて、野鼠の発生数を抑えることが出来る造林手法を模策するために、森林生態系の中における野鼠の生態分布に関する基礎資料を得んとするものである。

このために調査地の設定にあたっては、これまでの北見営林局管内の野鼠の発生状況と被害状況とが参考にされた。北見営林局管内のエゾヤチネズミの発生は管内の西側の中央背梁山系よりも多く、東側の方で少ないという傾向があることから、エゾヤチネズミの発生の多い白滝営林署と発生の少ない小清水営林署とがえらばれた。

また、近年、中央山系の高山地帯に、エゾヤチネズミの亜種的存在で問題になっているミヤマムクゲネズミの生態と高地造林地の被害との関係を明らかにする必要があり、白滝営林署の高地がこの目的の調査地としてえらばれた。

本報告に先だち、調査のために御便宜、援助を下された北見営林局造林課、元月館健課長、岡沢博係長、平井新技官をはじめ担当区の方々および、参考資料を提供下さった旭川営林局造林課、元山本頭一課長、川原田卓課長、末武辰雄係長、村田敏宏係長に感謝の意を表する。

III 調査方法と得られた成果

調査方法

北見営林局管内で通常行われている造林施業によって、変遷する林相状態の中で、ネズミの生態分布をみようとするものである。その林相として取り上げられたものは、天然林、伐採跡地、造林地（筋刈）と保残帶の4つの景観的植生である。小清水営林署ではこれらの4植生がえらばれたが、白滝営林署では保残帶ではなく、3植生とムクゲネズミを対象として高地の造林地が昭和50年より追加された。

これらの各植生地のネズミの生息数調査のために、10m間隔、2列10行の方形区にわな

を仕かけ、3日間の捕獲作業による捕獲ネズミ数から生息状態を比較検討することにした。わなは捕殺式のものである。

調査時期は原則的に6, 8, 10月の年3回とし、昭和49年より51年までの3カ年実施した。

小清水営林署の調査区は砥草原担当区の413林班の4つの林相に設けられ、白滝営林署で奥白滝担当区の88林班の3つの林相と、同担当区の66林班の海拔750m付近の造林地に高地のネズミ分布をしらべるための調査区が設けられた。

調査結果

植生別生息数

昭和49, 50, 51年の各6, 7, 8, 10月の両営林署における各調査区の捕獲ネズミ数を示すと表1のようである。

表1. 各種林相における各種ネズミ生息数

(1) 小清水営林署砥草原担当区管内

		天然林			保残帶			採伐跡地			造林地		
		ヤチ	ヒメ	アカ	ヤチ	ヒメ	アカ	ヤチ	ヒメ	アカ	ヤチ	ヒメ	アカ
49 年	6月	0	10	0	0	5	0	3	3	0	0	4	0
	8月	3	9	0	0	9	0	2	3	0	1	3	0
	10月	0	3	0	3	2	1	0	3	4	0	4	0
50 年	6月	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8月	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	10月	0	2	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0
51 年	6月	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8月	0	2	2	1	3	1	0	1	1	0	4	1
	10月	0	1	1	1(1)	3	2	4	2	3	0	5	1

(2) 白滝営林署奥白滝担当区管内

		天然林			伐採跡地			造林地(低地)			造林地(高地)		
		ヤチ	ヒメ	アカ	ヤチ	ヒメ	アカ	ヤチ	ヒメ	アカ	ヤチ	ヒメ	アカ
49 年	6月	1	6	0	2	0	0	1	0	0			
	8月	3(1)	4	1	15(2)	4	2	15	0	0			
	10月	8	20	2	0	0	3	5	6	1			
50 年	6月	0	2	0	0	1	0	0	0	0	4	0	0
	9月	1	8	1	0	1	0	0	1	0	8	0	0
	10月	0	10	13	0	4	8	1	3	3	11	0	3
51 年	6月	5	19	8	4	10	2	4	5	3	27	9	1
	8月	2	0	4	4	2	3	3	3	2	17	3	1
	10月												

ヤチ=エゾヤチネズミ

アカ=エゾアカネズミ

ヒメ=ヒメネズミ

()=ミカドネズミ

白滝営林署管内の調査区は小清水のものにくらべ、エゾヤチネズミ、ヒメネズミ、アカネズミの3種とも捕獲数が多くみられ、中央山系よりにネズミ数の多いことを示している。両署の調査区に共通していえることは、エゾヤチネズミは49年に捕獲数が多く、50年にはいちじるしく少なく、51年はやや捕獲数が回復している。これらの捕獲数が示す生息数は49年、50年、51年における全道的な発生状況と一致するものであり、とくに50年は全道的に発生予察調査が行われて以来の最低の生息状況であったとみられている。

植生別下草の状況

ネズミの生息条件として、下草は食性上重要である。このため下草の現存量調査を行なった。表2は小清水営林署、白滝営林署の各調査区の林相別の調査結果である。

年度によって、多少の相違はみられるであろうが、各林相の下草組成状況を示している。小清水営林署における天然林、保残帶はクマイザサをおもな林床草本とし、それにツタウルシ、オシダ、マイヅルソウなどがあり、クマイザサは保残帶にとくに多い。伐採跡地はこの植生状態が破壊され、キク科の草本、ルイヨウショウマなどの侵入が多くなっている。

表2. 各種林相における林床草木の現存量(各区2カ所)

(1) 小清水営林署管内

サンプル番号	6月植生現存量			8月植		
	1	2	1	2	1	
保 残 帯	クマイザサ	1,680g	クマイザサ	900g	クマイザサ	g
	マイヅルソウ		マイヅルソウ	80	イラクサ	
	カラマツソウ	35	スゲ類		ツタウルシ	1,300
	シダ				シダ類	
合 計		1,715		980		1,300
伐採跡地	ヨブスマソウ	900	ハンゴンソウ	690	アザミ	1,100
	フキ	880	ニワトコ	260	スゲ類	230
	イラクサ	50	ハケジョウナ	110	フキ	330
	マイヅルソウ	40	他	70	クマイザサ	
	ルイヨウショウマ	15				
	他	65				
合 計		1,950		1,130		1,660
造 林 地	クマイザサ	1,370	クマイザサ	630	クマイザサ	1,300
	マイヅルソウ		ツタウルシ		ツタウルシ	
	スゲ類		エンレイソウ	210	フキ	200
	エンレイソウ	135	マイヅルソウ		イラクサ	
	シダ類		ルイヨウショウマ			
	ユリ類					
合 計		1,505		840		1,500
天 然 林	クマイザサ	220	クマイザサ	470	クマイザサ	350
	ツタウルシ	180	ツタウルシ	310	ツタウルシ	30
	マイヅルソウ		マイヅルソウ		マイヅルソウ	
	合 計		400	780		380

	生 現 存 量		10月植生現存量		
	2	1	2	1	2
クマイザサ	1,600g	クマイザサ	1,680g	クマイザサ	940g
シダ類		イラクサ		50	
	1,600		1,730		940
ヨブスマソウ	830	シダ類	270	クマイザサ	170
クマイザサ		スゲ類		シダ類	
スゲ類		フッキソウ		コウゾリナ	70
シダ類	250				
イラクサ					
マイヅルソウ					
	1,080		270		240
クマイザサ	1,100	クマイザサ	2,000	クマイザサ	780
スゲ類	60	スゲ類	70	シダ類	40
ツタウルシ		シダ類			
	1,160		2,070		820
クマイザサ	400	クマイザサ	480	クマイザサ	790
ツタウルシ	60				
マイヅルソウ	20				
	480		480		790

アカエゾマツ造林地		伐採跡地				天然林			
峯	側	峯	側	峯	側	峯	側	峯	側
本数 (本)	重量 (kg)								
クマイザサ	136	0.8	0.45	77	2.0	1.00	1.2	0.7	1.3
コゼンタチバナ	160								
ヤエムグラ				50				5	
ソニユ					1				
ルイヨウシャツウマ						10		1	
ジエモンジンタ							+		
イワガラミ								5	
ヒトリシズカ									7
ゴンゲンスゲ									4
オシダ									10
灌木類									1
オシダ	36	0.3	0.3						

白滝営林署における調査区では全般的にクマイザサが繁茂し、伐採跡地には他の草本の侵入がみられるも、小清水のようにキク科草本類の侵入は多くない。地形的にみて、クマイザサの丈と密度がことなる。これは勾配がかなり急峻なために、場所によってはササが倒れたようになり草丈がのびているためであり、このような所のササは低密度となっている。

造林地では伐採跡地よりササの繁茂がすすみ次第にキク科植物の侵入草本を駆逐するが、筋刈造林地ではなお刈り筋に侵入草本が残っている場合が多い。また造林地にはかん木類が刈り残し筋に植栽木と同様に成長している場合が多い。

繁殖状况

ネズミの秋季の大発生の予測は、現在では、春から夏にかけての短期的なネズミの繁殖経過と生息数の増減傾向から判断する方法がとられている。その繁殖率の標識となるのは、雄では睪丸、貯精のうの肥大、萎縮、雌は妊娠、子宮肥大、乳房の発達などである。これらの標識傾向を個体群においてしらべ、繁殖の上昇、下降傾向と生息数の推移傾向から、通常生息数のピークに達する秋季の生息数の予測を行うものである。

本調査においては、これらの発生経過を解析的にしらべるには、捕獲数が少なく資料が十分ではないが、昭和48年、49年の10月における白滝営林署の捕獲ネズミからみると、次のようなである。

10月は、その年の繁殖期がほぼ終る月であり、この月の繁殖率の多少が越冬生息数を左右する。この10月上旬のエゾヤチネズミの個体群の月令構成をみると図1のようである。

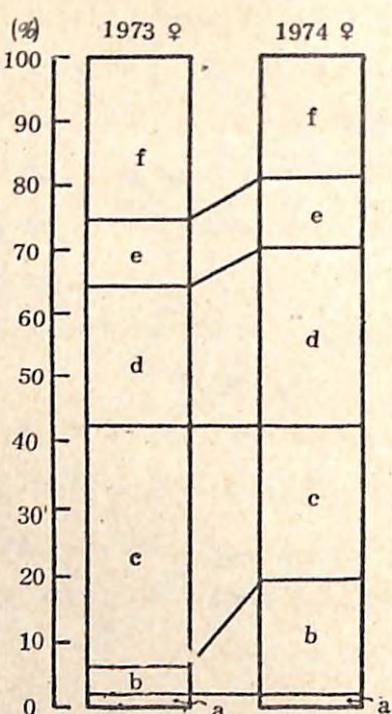
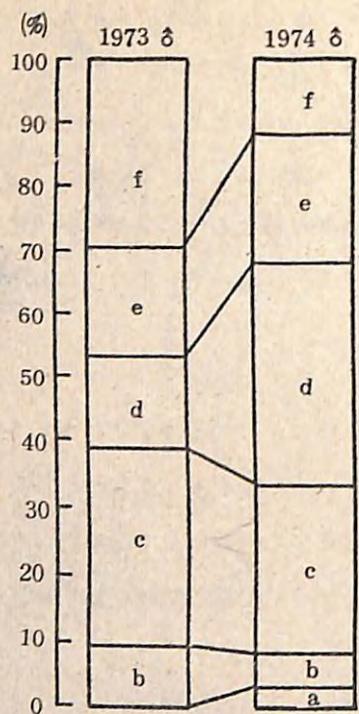


図1 白滝営林署における10月上旬の
エゾヤチネズミの個体群構造
a:越冬, b:5月生れ, c:6月生れ,
d:7月生れ, e:8月生れ,
f:9月生れ

10月は、昨年生まれで越冬し、なお生き残っている個体と、当年の春から夏にかけて生まれた個体によって構成されている。秋期には、これらの中で若令個体の繁殖率の如何によって、その年の個体数が飛躍的に増加するかが決まる。その10月の当年個体の繁殖活動をみると図2のようである。

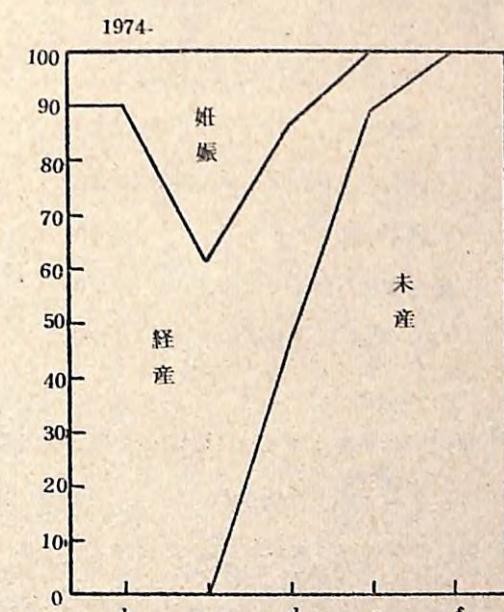
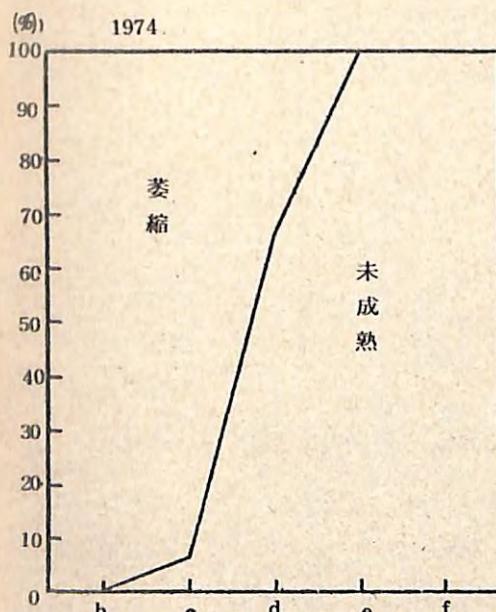
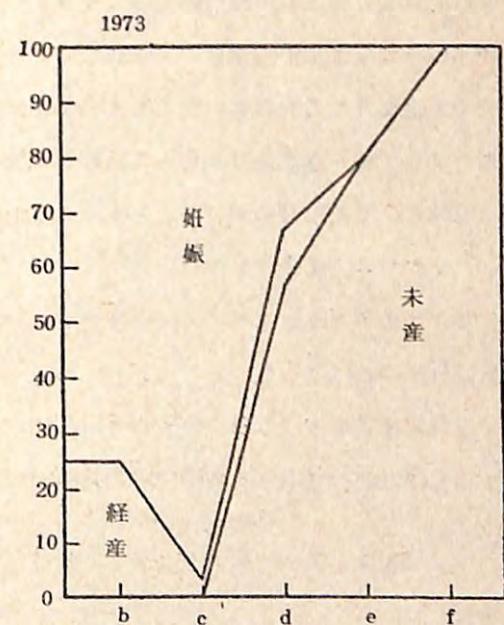
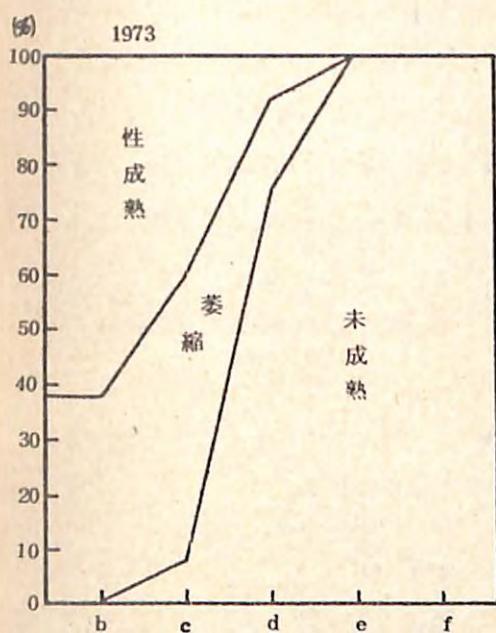


図2 白滝営林署における10月上旬の
当年個体の繁殖活動(左:♂, 右:♀)

昭和48年と49年の繁殖活動にちがいがみられる。雄と雌の両方に共通していることは、49年は48年より繁殖活動がはやく休止している。すなわち、雄では未成熟と墨丸萎縮個体で占められ、性成熟の個体がみられない。また、雌では、妊娠個体よりも経産個体の比率が多く、春生まれの若令個体の大部分がすでに繁殖を休止している。このことから、48年の方がおそらくまで繁殖期があり、夏生まれの若令個体のかなりの数が繁殖に加わったことになる。49年の早く繁殖期の終ったことが、50年の異常に少ない発生の一因ともみられる。

ミヤマムクゲネズミの分布

エゾオチネズミとミヤマムクゲネズミとを識別するための手がかりは上顎の第3臼歯の歯紋によらなければならない。

白滝管林署における各担当区の各種の高度別に捕獲したネズミの中で、ミヤマムクゲネズミの捕獲数と全捕獲ネズミの中で示す捕獲率を示すと表3のようである。

表3 ミヤマムクゲネズミの分布(1974年10月)

調査地	海拔高	ミヤマムクゲネズミの捕獲数	ミヤマムクゲネズミの捕獲率(%)
白滝担当区	500m	0	0
下白滝担当区	400	0	0
上白滝担当区	500	0	0
支湧別担当区	700	0	0
奥白滝担当区(60林班)	750	5	27.8
" (64林班)	750	8	40.0

海拔700m以下ではミヤマムクゲネズミの捕獲がみられず、管内でもかなりの高所に生息していることがうかがえる。

エゾヤチネズミとミヤマムクゲネズミとが外観上一見して区別がつきにくく、両者の生態的な相違点までも追究することは困難に思われる。それほどに両者は高地において混在し、似た生活様式を行うように思われる。これについては、今後の研究にまちたい。

考 察

捕獲数は少ないけれども、本調査における林相別のネズミの生息、分布状態について、従来より研究されてきた各種ネズミの生態分布を参考に考察してみる。

小清水管林署

エゾヤチネズミは青草を主食とする草食性ネズミで、その食物となる下草の種類とその量が重要な生息条件の一つとなる。下草でとくにクマイザサ群落は、エゾヤチネズミの食物となる芽、タケノコが豊富であり、群落内には落葉層が厚く、巣穴を掘るのに適し、管内上好都合な所が多く、繁茂している群落は天敵の眼よりのがれのに役立ち、また、日照、温度、降雨など気象のはげしさを緩和するなど生息地としてきわめて有利であり、冬期間も、ササの強い茎稈は積雪の支えとなり、積雪下の行動を容易にしている。これらの生息条件としての有利なクマイザサ群落は、エゾヤチネズミの分布をみる上で注目すべき下草である。

以上の点から、保残帶には全面的に、造林地には筋残し部分に、クマイザサが繁茂し、エゾヤチネズミの良好な生息地となっている。伐採跡地など林床がみだされた所では、キク科草本の侵入がみられる。キク科草本はエゾヤチネズミによく食べられる。しかし、この草本群落は管内条件、天敵からの保護などについてクマイザサ群落より劣る。また、夏期は、これらの草本はよく繁茂し、その現存量も多く、ネズミ数の包容能力も高いが、霜後はこれらの草本は枯れ、その現存量は急速に低下している。

天然林は高木のうつ閉によって、クマイザサの被度は低く、エゾヤチネズミの良好な生息地でなく、その数はさほど多くならない。

アカネズミ属に属するヒメネズミ、エゾアカネズミは種実、動物質などを食べ、青草はそれほど食べない。種実は堅果、漿果、穂果、翼果など樹木や草本の種実である。動物質は、昆虫の幼虫、成虫などである。これらの食物は森林で多い。このためアカネズミ類は森林に多く生息し、森林性のネズミとされている。ヒメネズミは、下草のほとんどない森林にも生息している所から、下草の依存度は低いようにみうけられる。しかし、アカネズミ類の中でもアカネズミは、ヒメネズミほど森林性の傾向は強くなく、2次林、灌木林など草原性をそなえた林相にもよく出現する。

本調査地では、上木の多い天然林、造林地、保残帶には当然、このアカネズミ属が生息してしかるべきと思われる。伐採跡地は、他の林相より少し数は少ないが、捕獲されている。食物となる種実、昆虫などがあるためと思われる。

白滝管林署

小清水管林署の林相の下草と対比して考察を進めるため、両者における下草の現存量を図示すると図3のようである。

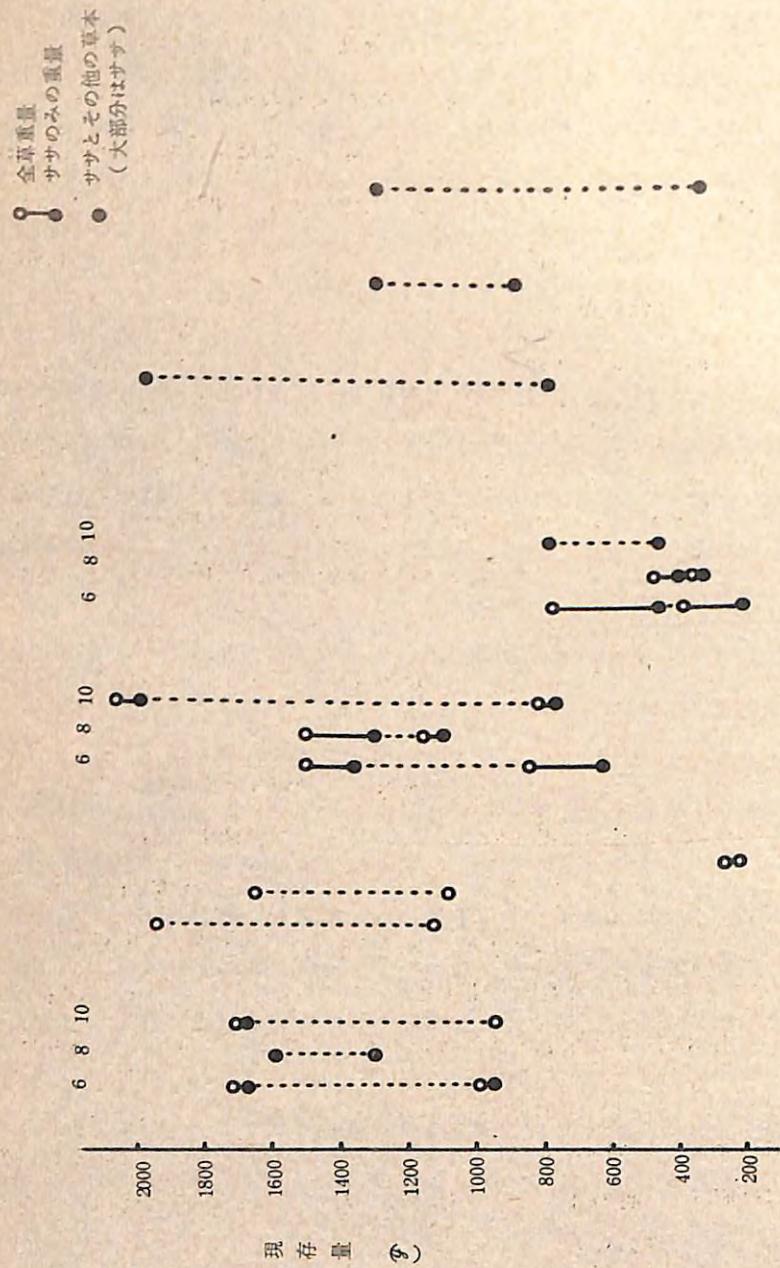


図3 小清水・白滙両管林署の林相別の林床草本の現存量の対比

エゾヤチネズミの生息条件として良好なクマイザサ群落が、やはりどの調査区においても優勢している。伐採跡地では、小清水におけるよりも、はるかにクマイザサが他の草本よりよく繁茂している。小清水の伐採跡地では、ササ以外の草本が多いため食物となる草本の現存量の季節変化がはげしいが、白滙のそれはクマイザサが大半を占めるので、エゾヤチネズミにとっては安定した生活条件といえる。天然林のササは、陽光量が多いため、その繁茂が小清水の天然林の林床よりも多いようである。造林地では、ササの量は小清水とさほど変わらない。

このようなクマイザサの繁茂状態であるので、造林地、伐採跡地、天然林のいずれの林相においても、エゾヤチネズミは生息している。中でも伐採跡地、アカエゾマツ造林地は、天然林よりもいくらか生息数が多い傾向がみられる。

森林性のアカネズミは、天然林はいうに及ばず、アカエゾマツ造林地、伐採跡地においても灌木類がかなりあるため、アカネズミ属が多く生息している。アカネズミはヒメネズミよりも絶対数が少ないのが通例であるが、当地ではアカネズミが相対的に多いのは特筆すべきことである。

両管林署管内では、50, 51年度ともに、全般にエゾヤチネズミ数が少ない。全般的にみて、この2年間にネズミ数が少ないのは、この両署にかぎったことではないが、それにもかかわらず、白滙の方が、小清水よりもいくらかネズミ数は多いようである。

この点前述の考察からみても、食物、営巣条件となる下草の現存量などの点からみて、とくに小清水が白滙に有意な相違があるとは見受けられない。この点について、発生量を左右しているものは、地域的な要素、すなわち気象、気候的なものがネズミの繁殖率などに影響を与えていたりと考えられる。そのことを暗示する資料について言及してみたい。

各管林局は担当区において、年3回の定期予察を行なっている。このときに、調査地の環境条件が記載されている。旭川管林局管内における48年度における予察調査資料にもとづいて、造林地および造林地周辺のエゾヤチネズミの生息数とそれぞれの環境要因の果す影響を、数量化(1)による多変量解析によってスコアで示すと図4と図5のようである。

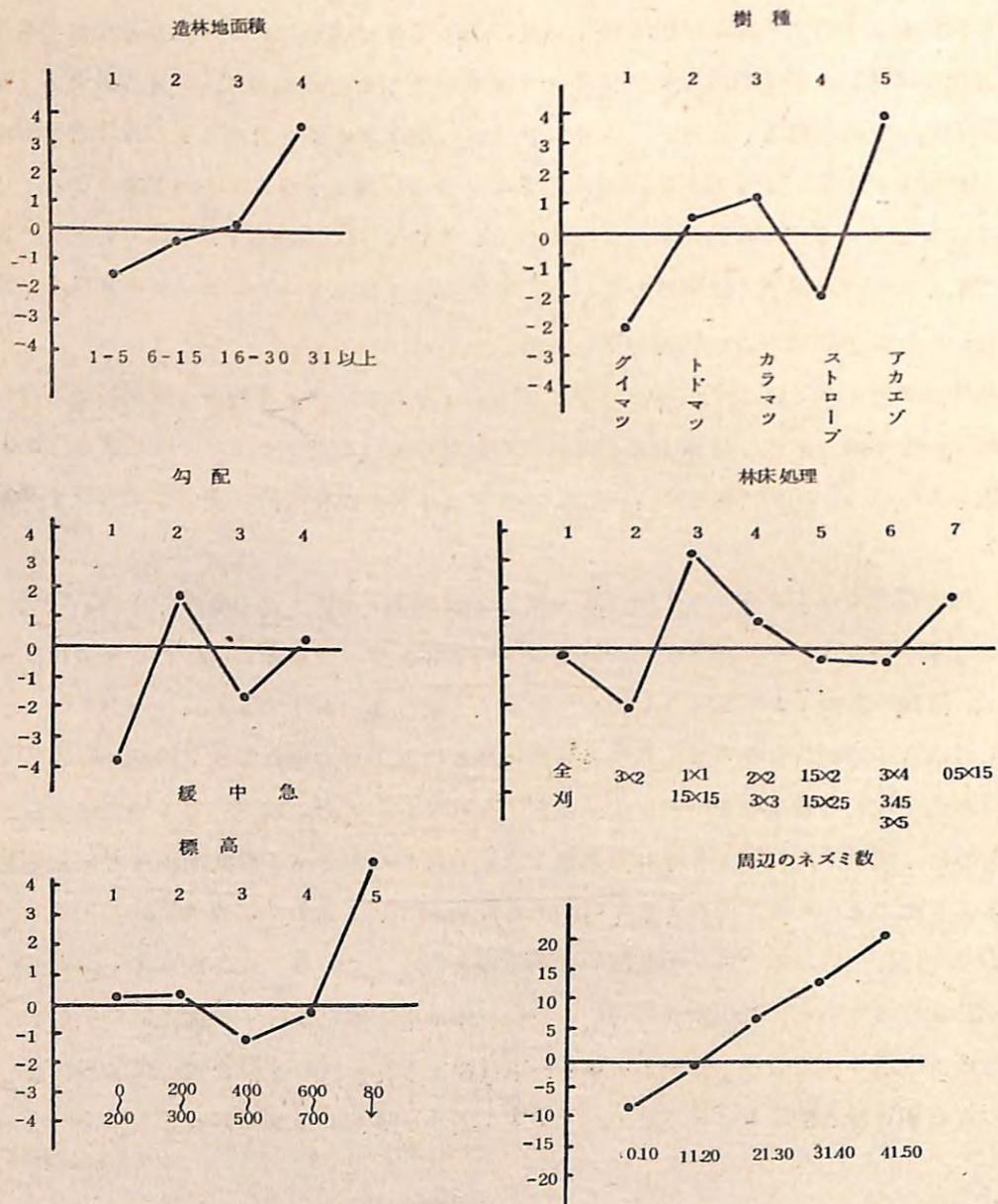


図4 旭川営林局管内におけるエゾヤチネズミの生息条件のスコア(造林地)

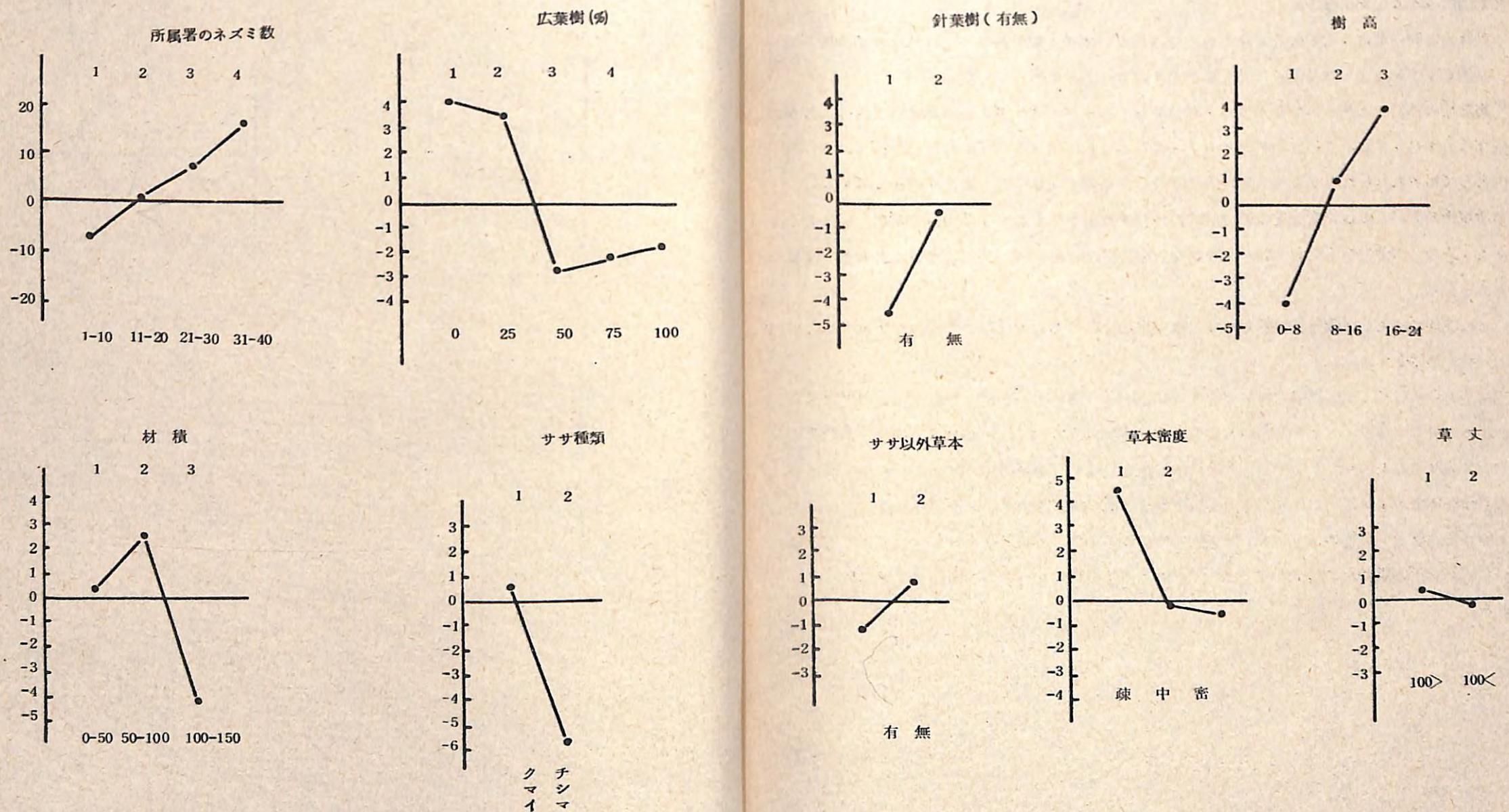


図5 旭川営林局管内におけるエゾヤチネズミの生息条件のスコア(造林地の周辺)

本資料は、数量化(1)による多変量解析を目的として、未然に環境要因のカテゴリー化を行なったものでなく、不備な点はいなめない。しかし、環境要因のネズミの生息数に及ぼす影響を相対的にみることが出来る。

造林地においては、もっとも意味のあるのは周辺のネズミ数であり、これに比して林床処理、下刈回数、下草量などは要因としてあまり大きいスコアを示していない。

造林地の周辺は天然林の場合が多く、森林におけるエゾヤチネズミの生息条件をみることが出来る。また、林床草本の生息条件スコアもみることが出来るが、これらの要因よりも、要因として組み入れられた調査担当区の所属署のネズミ数に、もっとも大きく関係している。この所属署のネズミ数は、調査地の近隣地域のネズミ数を示すもので、植生、地形などの要因よりも、その地方全般を支配している共通的な気候要因などの影響の方が大きいことを暗示するものである。

この気候に関する諸要因の解析を行うには、白滝と小清水のみならず全道的な資料にもとづく解析を必要とする。

以上を要約して、植生景観をエゾヤチネズミと関係のある下草(クマイザサ、その他草本)とアカネズミ、ヒメネズミと関係のある上木を模式的に保残帶、伐採跡地、造林地、天然林について図示すると図6のようである。それらの植生地における各種のネズミの一般的な優占度の基準を示すと、エゾヤチネズミは、保残帶>造林地>伐採跡地>天然林 となり、アカネズミ類は、保残帶=天然林>造林地>伐採跡地であるが、アカネズミはヒメネズミより絶対数は少ない。小清水の調査地では、造林地のエゾヤチネズミの数が、一般的な傾向より少ないとみられる。

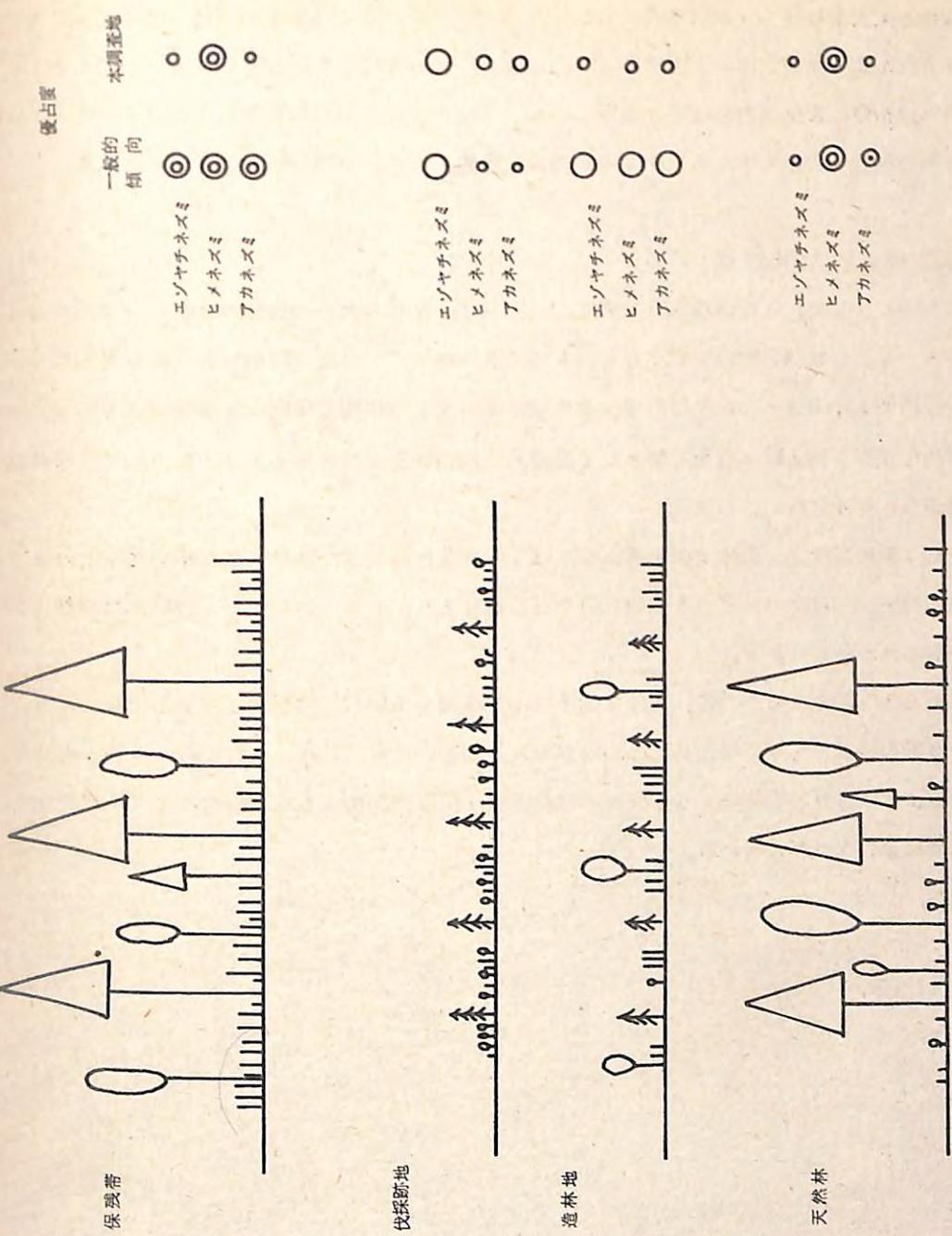


図6 小清水営林署における林相の景觀とネズミの優占度

森林施業上からみて、植栽木の加害獸であるエゾヤチネズミは、草本群落に優占することから、皆伐による草原化はエゾヤチネズミの好個の生息地を供しているといえる。このため、皆伐造林は宿命的に鼠害の可能性を負っている。現在の皆伐造林の施業体系において、筋刈りの残り幅の割合を少なくすることが、生息数の包容能力を低める唯一の手段と考えられる。

IV 今後残された問題点

本調査の目的であった野鼠防除を考慮した造林手法を得るための野鼠の生態と分布調査は、単なる一、二の営林署管内を対象としたものでは、解決のつかない問題であったと思われる。同一管内でも、ネズミの発生数の多少が地域によって、毎年同じ傾向をとる現象は、もっとマクロ的な視野、例えば全道を対象とし、その地域別の特色をつかみとるような方法でなければ解決がつきそうもない。

また、野鼠防除上、造林方法を考えるには、従来とられてきた造林方法を用いて、どのような被害発生が起きたのかという被害解析が行われ、それにもとづいた上で、実験的な造林方法が検討される必要がある。

このような解析を行うのに、複雑な因子のからみ合っている生物現象を対象とするかぎり、1～2例の調査でもって事にあたるのは無理なものといえる。これらの点から、今後、全道的な規模における資料収集により、従来の造林方法、防除方法による被害解析やネズミ数発生の要因解析を行うべきと考える。

山火事跡地の病虫害防除

山火事跡地の病虫害防除

I 試験担当者

保 護 部	樹病科長	青 島 清 雄
"	樹病研究室	陳 野 好 之 林 弘 子
"	昆虫科長	小 林 富 士 雄
"	昆虫第一研究室	山 根 明 臣
"	昆虫第二研究室	野 潤 輝
木曾分場	保護研究室	浜 武 人 小 沢 孝 弘

II 試験目的

昭和49年5月、長野営林局岩村田営林署管内浅間山国有林で、かなり大面積にわたる火災が発生し、アカマツ、カラマツ造林木が被災した。被災地内には同年夏からマツなどの群状枯損を起こすつちくらげ病の病原菌の子実体(キノコ)がいたるところに発生し、軽度の被災木の根部や新植アカマツにも寄生して、本病による明らかな枯損が確認された。このような状況から、被災地の更新対策上、本病の防除対策の確立が急がれた。

一方火災によって直接枯れた木はもとより、枯死には至らなかったが、火熱のため衰弱させられた木は、二次性の穿孔虫類の加害を受け、繁殖の場となる。放置すればこれらを発生源として密度が増加し、次いで比較的軽度の火熱の影響を受けた木や健全立木にまで加害するようになり、新たな立木枯損被害を発生させる危険がある。

また穿孔虫のなかにも種類によっては、健全な立木の新梢に成虫が穿入して摂食する、いわゆる後食加害をするものがある。この種の加害は壮令木では枯損原因とはならないが、樹形や生長量に重大な影響を与える場合があり、幼令木、特に新植栽木では事実上枯損被害と同様の重大な結果となる危険がある。

今回の火災に伴って、これら各種の虫害が発生する危険が憂慮されたので、虫害調査を継続してその推移を監視し、必要があればその防除試験をも行なって、つちくらげ病防除対策と同様にその対策を確立する必要がある。

本研究は以上のような被災地における病虫害防除対策を立てることを目的として、昭和50年から2年間にわたって実施したものである。これらの実験を行なうにあたって御協力いただいた長野営林局岩村田営林署の関係係官にあつくお礼を申しあげる。

III 試験の経過とえられた成果

1. つちくらげ病防除試験

(1) 試験地：岩村田営林署浅間山国有林58林班ろ，に，は各小班内に設けたが、これらの地区は被災地東側の外縁付近にあたる。試験地の位置は図-1に示す。これらのうち、後述の(2), (3), (4)の試験地は被災年の夏の観察によると、アカマツ被災木が筋状に残存していたところで、つちくらげ病菌の子実体が、これらの残存木の根部や一部の伐根、地表におびただしく発生していた場所である。(5)の試験地は被災地の境界付近で、アカマツ壮齢木が地表火を受け、地際部付近の樹皮が焦げてはいたが枯死することなく残っていた場所である。なお、林内の地表にはつちくらげ病菌の子実体が散発していた。

(2) 薬剤によるつちくらげ病防除試験

被災地の新植苗に対する薬剤防除方法の一つとして、植穴に数種の殺菌剤（粉剤）を施用して本病防除効果を対比した。供試薬剤は下記の4種を選択したが、いずれの薬剤も普通物、魚毒性AまたはBで、主として土壤消毒剤としてすでに使用されている薬剤である。薬剤の施用方法はCとDでは植え穴を掘り、この穴全体に粉剤を散布し、周囲の土とよく混合した。AとBでは施用量の半分を上記C, Dと同様に施し、残量は植付けた苗木の地表周辺に散布後表土と十分に混合した。施用薬剤の種類と施用量は次のとおりである。

A: PCNB剤（ペントロン粉剤20%），1穴あたり15g。

B: ヒドロキシイソキサゾール剤（タチガレン粉剤4%），1穴あたり40g。

C: チュラム剤（ボマゾール「エフ」水和剤80%），粉体のまま1穴あたり5g。

D: ベノミル水和剤（ベンレート水和剤50%），粉体のまま1穴あたり5g。

供試面積は各区とも110m²、アカマツを50本ずつ、50年5月に植栽した。

表-1 薬剤によるつちくらげ病防除試験

薬剤の種類	施用量	植栽	健 全		衰 弱		枯 死	
			g/本	本数	50.9	51.9	50.9	51.9
PCNB粉剤 (ペントロン粉剤20%)	15	50	41	40	1	0	8	2
ヒドロキシイソキサゾール粉剤 (タチガレン粉剤)	40	50	25	24	4	0	21	5
チュラム粉剤 (ボマゾール「エフ」水和剤)	5	50	29	26	2	1	19	4
ベノミル水和剤 (ベンレート水和剤)	5	50	44	43	2	1	4	2
無 施 用	0	50	20	18	2	0	28	4

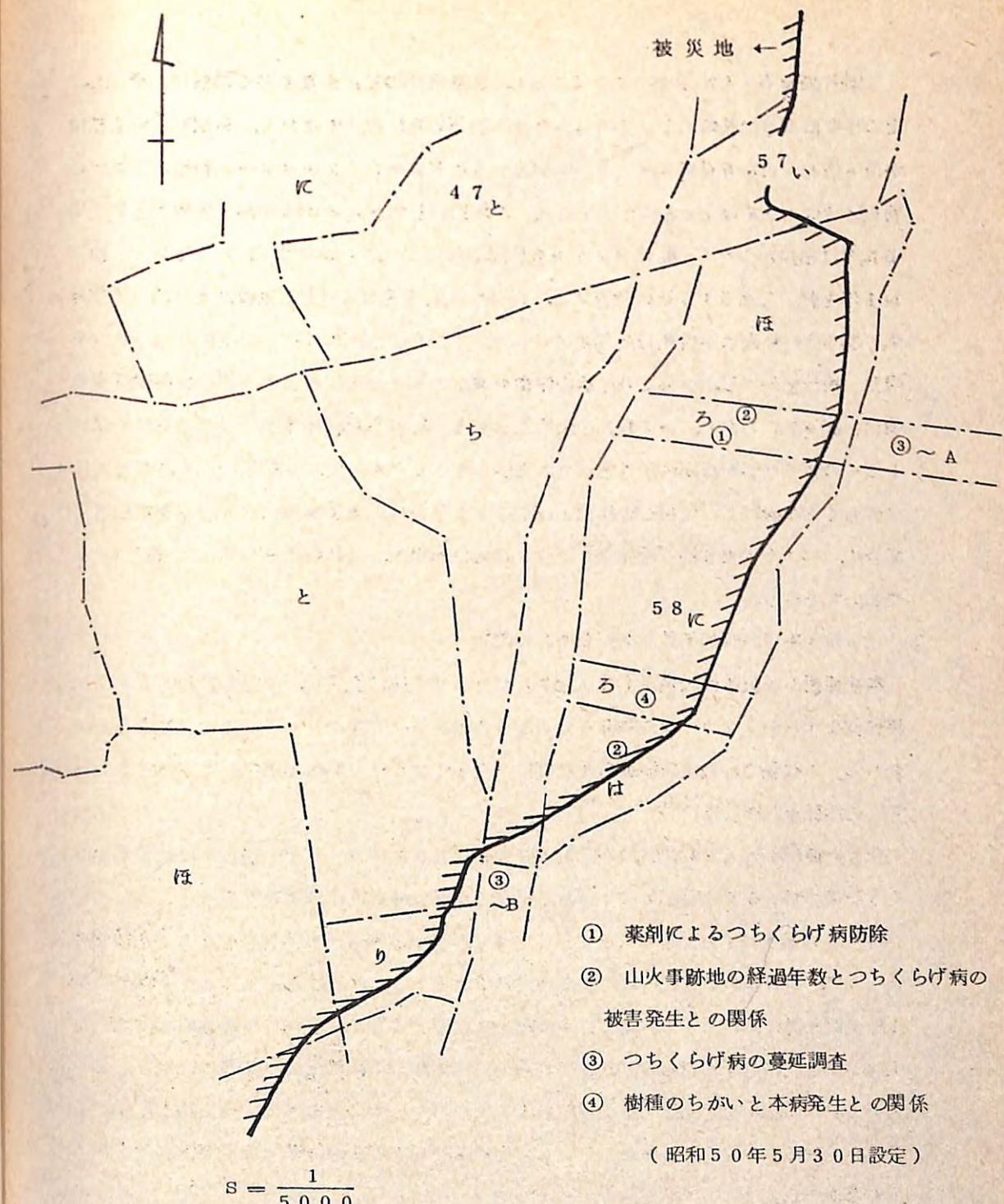


図-1 試験地の位置

試験結果を表-1に示す。これによると、植栽当年の秋にかなり多くの枯損が発生し、その程度は薬剤の種類によって明らかな違いが認められた。すなわち、薬剤無施用で枯損が最も多く、約5.5%にも達した。薬剤区でもヒドロキシイソキサゾール粉剤とチウラム粉剤区では4.0%以上の枯損が発生した。これに対してベノミル水和剤(粉体)とPCNB剤では枯損が少なく、特にベノミル水和剤(粉体)では1.0%以下にとどまった。植付後1年を経した51年秋の調査では、いずれの処理区でも枯損発生数はそれほど増加せず、前年度の衰弱木が枯死した程度であった。これらの枯死木はその都度掘り取って持ち帰り、根部を剥皮し、つちくらげ病の標徴を確かめるとともに被害木の根部から病原菌の検出を試みた。しかし、いずれの方法によっても、これらの枯死木がつちくらげ病菌によるものかどうかを診断することはできなかった。したがって、本結果に表われた枯死木がつちくらげ病によって起こされたとは断定できないが、被災跡地にアカマツを新植する場合に、ベノミル水和剤(粉体)やPCNB剤の施用が、これらの枯損防止に役立つとみてよいであろう。

(3) 山火事発生後の経過年数と本病発生との関係

本病原菌の子実体は被災後(春)約3カ月を経て急速に発生し、年月の経過とともに次第に減少するが、アカマツの被害もこのよう子実体の発生消長とおおよそ並行するといわれる。本試験では被災当年から3年間にわたってアカマツを毎年新植して本病による被害との関係を調査した。

供試樹種はアカマツを用い、一区約100m²、50本植栽とした。植栽年は被災当年から3年後の昭和52年春までの4回としたが、52年植栽区は未調査である。

これらの結果は図-2と表-2に示す。まず、本病原菌の子実体発生をみると、上述したように、被災年の10月には、試験地内のいたるところに新鮮な子実体が発生していた。1年後の9月における子実体発生分布は図-2に示すように、黒色、乾燥萎縮した古い子実体が調査区の各所に認められた。これらの子実体は前年秋または同年春に発生したものと考えられる。新しく発生した子実体は4カ所に群生していたのみで、被災約1年半で子実体が急速に減少したことを示している。その後、51年秋の調査では子実体が全く認められなかった。

つぎに、植栽されたアカマツの枯損状況を表-2によってみると、まず、被災当年の植栽区では同年秋に約4.6%の枯損が発生し、この時点で針葉が黄変して衰弱症状を呈していた個体も、翌年春にはほとんど枯損した。そして、これらの枯損木のうち2本の根部に

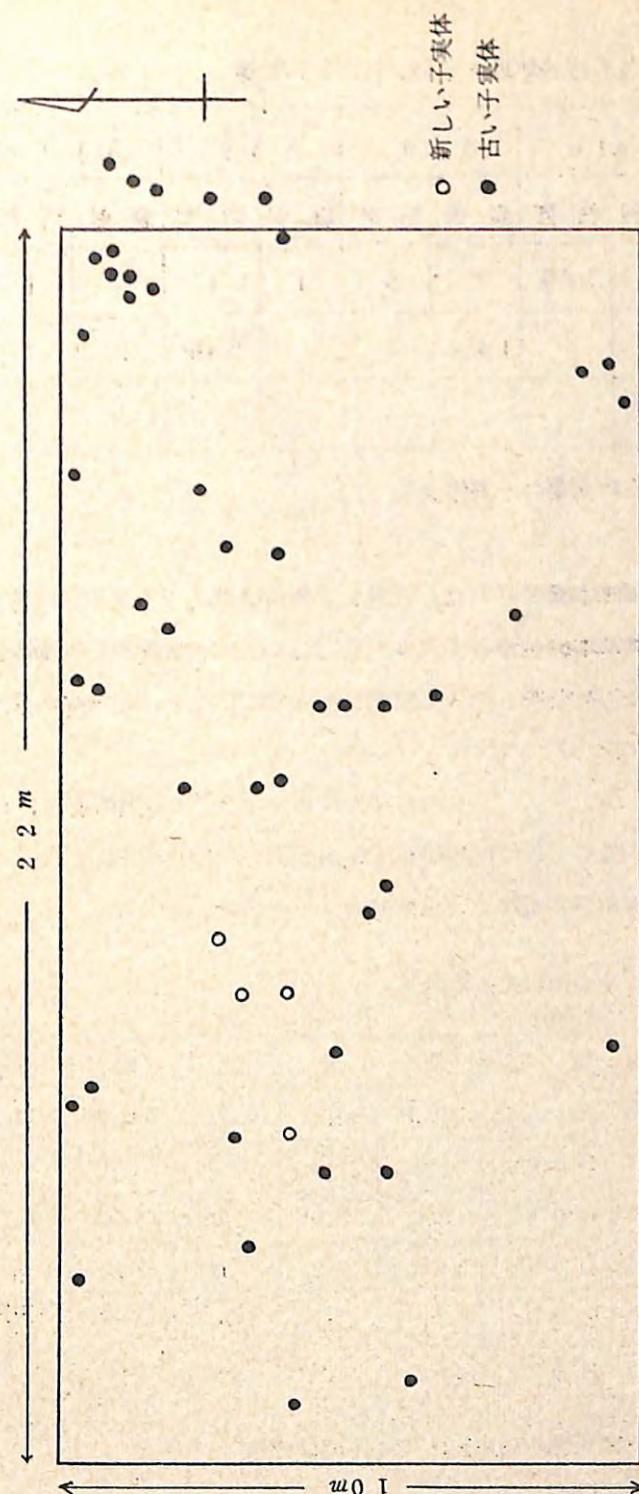


図-2 つちくらげ病菌の子実体発生調査(昭50.9.19.)

表-2 山火事発生後の経過年数と本病の被害との関係

経過年数 (年)	植 栽 本 数	4 9.1 0		5 0.6		5 0.9		5 1.9		枯死木 合 計
		衰 弱	枯 死	衰 弱	枯 死	衰 弱	枯 死	衰 弱	枯 死	
0 (49)	56	4	26	2	5	1	1	1	1	33
1 (50)	50			14	3	1	34	1	2	39
2 (51)	50							2	0	0

※ 各2本でつちくらげ病菌の子実体発生

は本病菌の子実体の発生が確認された。被災1年後の植栽区でも同年秋に約70%が枯死し、これらのうち2本に本病原菌の子実体が発生し、被災年植栽区と同様に著しい枯損が認められた。被災後2年を経過してから植栽した場合にはほとんど枯損が発生していない。

(4) 樹種のちがいと本病発生との関係

本病原菌はマツ類をはじめ、いくつかの針葉樹に寄生することが知られているが、本試験では表-3に示す5樹種を被災地に新植して本病発生との関係を確かめた。

植栽はいずれも50年春に行ない、植栽間隔は一般事業に準じた。

表-3 樹種のちがいと枯損発生との関係

樹 種	植 栽 本 数	植 栽 面 積	健 全		衰 弱		枯 死		
			5 0.9	5 1.9	5 0.9	5 1.9	5 0.9	5 1.9	
ア カ マ ネ	50	100	13	9	0	0	37	4	
ヒ ノ キ	50	100	37	30	0	4	13	3	
ウ ラ ジ ロ モ ミ	50	100	40	38	1	1	9	1	※
カ ラ マ ツ	50	200	33	32	0	0	※※ 17	1	
シ ラ ベ	50	100	33	16	2	1	15	18	

植栽年 昭50.5. ※免害 ※※1本に子実体発生

この結果は表-3に示す。これによると、供試樹種すべてに枯損が発生したが、最も激しいのはアカマツの約80%で、シラベの約65%，カラマツ、ヒノキの約35%と続き、

ウラジロモミは約20%であった。これらの枯損はシラベを除いて植栽年の秋までに発生し、その後はほぼ安定したと考えられた。なお、カラマツ1本に本病菌の子実体の発生をみた。

これらの枯死木は試験(2)で述べたような本病の標微検査と、一部病原菌の検出を試みたがいずれも陰性に終わったところから、枯死の主因が本病であったかどうかの断定はさし控えたい。これらのうち、被災後2年目にも多数の枯損が発生したシラベでは、立地条件による影響が加味された結果と推定される。

(5) 本病の蔓延調査

たき火跡地における被害の進展は、年間約3~5m程度の速度で外周に向かって被害が蔓延するといわれる所以、本試験では被災地から外側への被害蔓延状況の観察を実施しながら、状況によっては蔓延防止対策を講ずる目的で行なった。試験地は図-3、4に示すように、被災地の外縁で地表火を受けた箇所から鎮火地点付近までのアカマツ壮齡林を選び、病原菌子実体の発生と枯損木の調査を継続した。図-3に示すA試験地は幅約30m、奥行約30m内にアカマツ41本（胸高直径平均28.4cm）が分布する。

本病菌の子実体は試験地設定当時に散見された程度で、その後の発生はみられない。図-3で示すように、調査対象木のうち、50年秋には6本枯死し、衰弱木1本が認められた。そして、枯死木のうち1本では地際部に本病菌の子実体が発生した。1年経過後の秋にはさらに3本枯死したが、このうちの1本は50年秋から衰弱傾向が認められていた。枯死木の発生は試験地の西および北西方向の外縁に分布しているが、これは火災の延焼方向と一致する。

つぎに試験地Bでは10×20mに軽い地上火を受けたアカマツ11本（胸高直径平均29.3cm）が分布する（図-4）。本区での枯損は比較的少なく、51年秋に1本の枯死にとどまっている。

これらの結果からみて、本病の外周への蔓延は、それほど急激には起こらないことが明らかであるが、なお今後の継続観察が必要である。

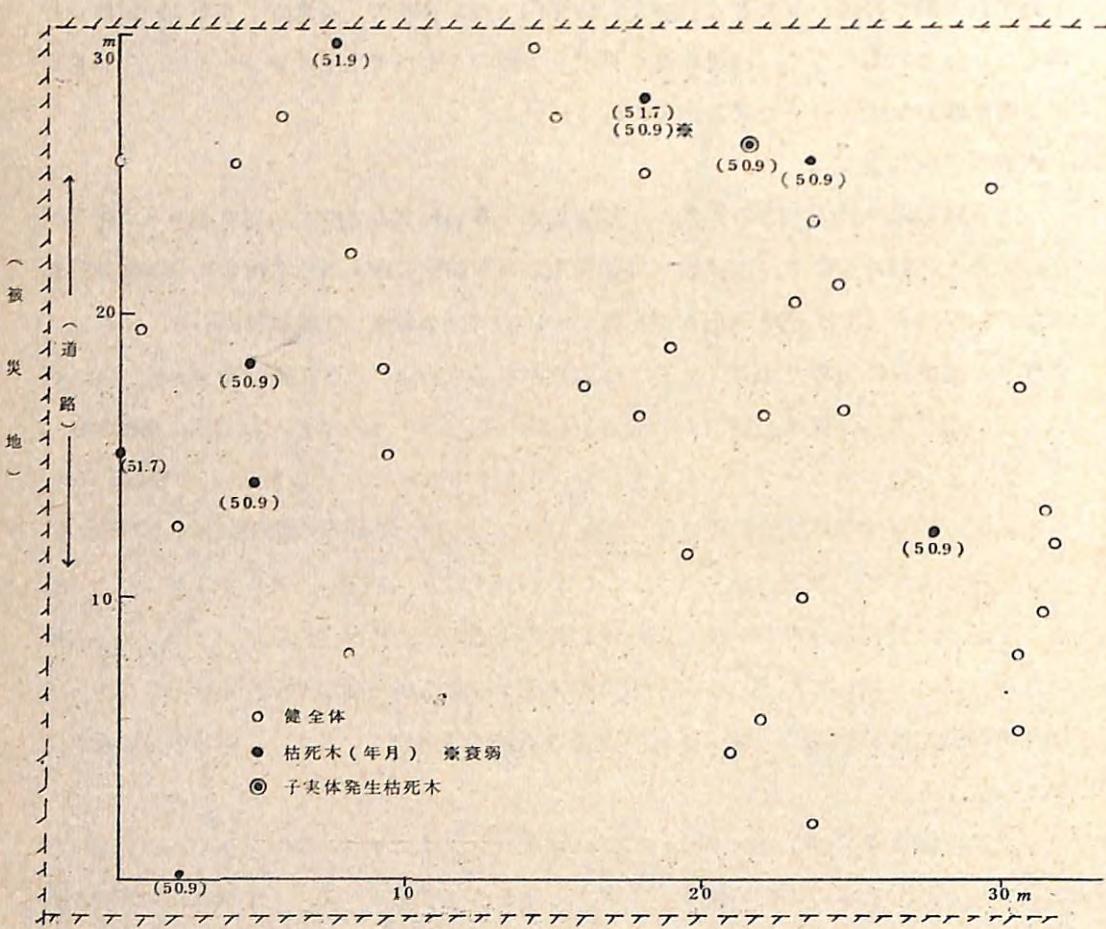


図 3 つちくらげ病のまん延調査(A 試験地)

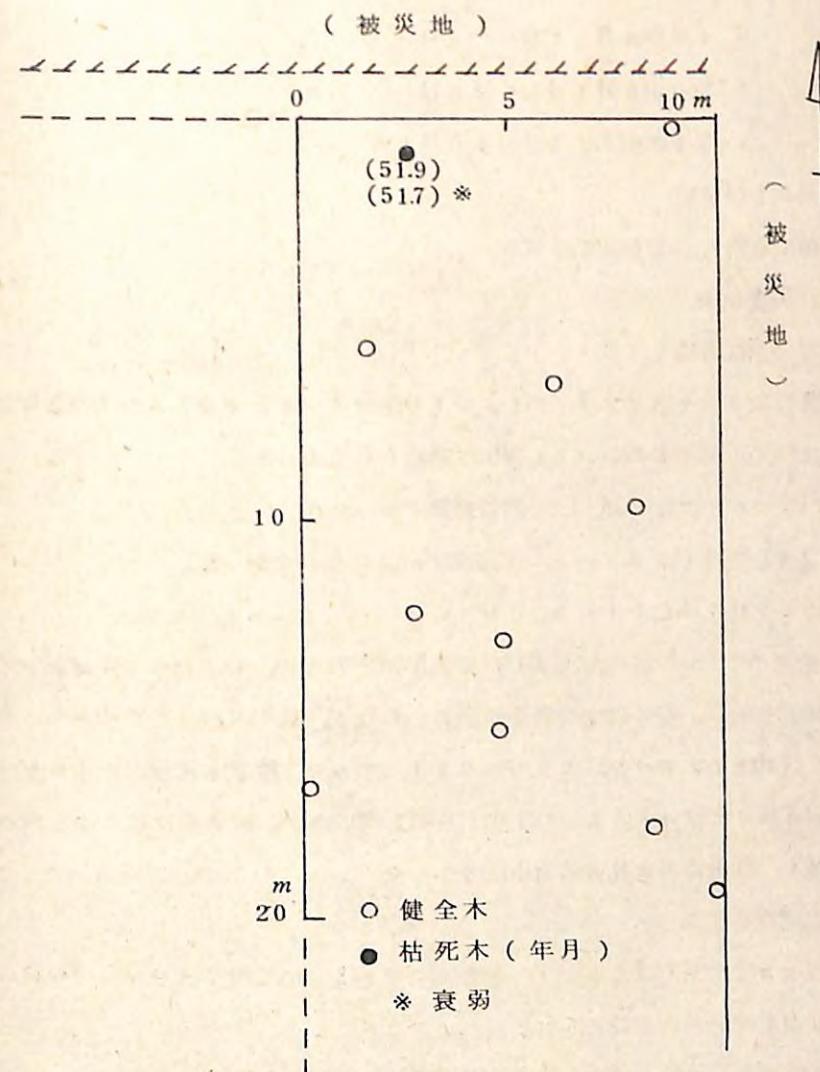


図 4 つちくらげ病のまん延調査
(B 試験地)

2. 虫害調査

(1) 調査の経過

第1回 昭和49年6月27日～28日

2 " 49年8月1日～2日

3 " 50年9月18日～20日

4 " 51年9月28日～10月1日

(2) 調査結果および考察

調査の結果を第1回より順に述べる。

ア 第1回調査結果

(ア) カラマツ採種園(45・い)

主要害虫カラマツヤツバキクイムシ(別名マツノオオキクイムシ)の活動期以前で
あったので、枯死木においても寄生は認められなかった。

(イ) その他カラマツ社令林、①と同じ結果であった。

(ウ) ヒノキ社令林(48・い)、虫害発生は認められなかった。

(エ) アカマツ社令林(48・ろ、50・い)

マツノキクイムシ成虫が加害し、母孔形成中のもの、およびマツキボシゾウムシの
産卵加害を受け、若令幼虫の食害が認められたが、被害本数はごく少なかった。

(オ) 幼令造林地(アカマツ、ウラジロモミ)、アカマツ植栽木にマツキボシゾウムシ、
ウラジロモミにはキクイムシの1種が加害していたが、被害木はごく少なかった。

(カ) 集積木、ほとんど穿孔虫の寄生はなかった。

イ 第2回調査結果

(ア) カラマツ採種園(45・い)、枯死木のうち3分の1位にカラマツヤツバキクイムシ
が寄生繁殖しているのが認められた。

(イ) その他カラマツ林、穿孔虫類の加害はほとんど認められなかった。

(ウ) ヒノキ林(48・は)、穿孔虫類の寄生は認められなかった。

(エ) アカマツ社令林

○45・い 枯死木のうち約1/6位にマツノキクイムシ、マツキボシゾウムシの寄生が
認められた。若干でも樹冠上部が生きているものには寄生がなかった。

○48・ろ 火災周辺部、枯死したものには主にマツノキクイムシの寄生が認められた。
しかし寄生を受けた木の割合は少ない。樹冠上部1/3～1/4位生きている木は、樹皮下

は生で、穿孔虫の寄生は受けていなかった。

火勢の最も強かった所、最初にツチクラゲを発見した場所であるが、ごく一部の
木で、根元にオオゾウムシの加害があったが、全体として問題になる穿孔虫の寄生
はなかった。

半生の木もある所は、マツノキクイムシ、マツキボシゾウムシの寄生を受けたも
のが若干あった程度である。

○56・い、マツノキクイムシの寄生が若干認められたが全体に少ない。

(イ) 幼令造林地、(46・と)アカマツ幼令植栽地、虫害は認められなかった。その他
にも穿孔虫の加害は認められなかった。

(カ) 集積所、ごく一部の丸太にゾウムシ類の若令幼虫がみられただけで、穿孔虫類の寄
生はほとんどなく、樹皮下は生の丸太が多かった。

以上火災発生年に行なった第1、2回調査の結果、一部を除いて全体に穿孔虫類の
寄生率、繁殖数は少ない。だが、マツキボシゾウムシの繁殖が各所でみられるため、
50年春のマツの植栽が行なわれる所では、新植栽木に寄生して枯損被害を発生させ
る危険性が予想された。同様にマツノキクイムシも一部で増殖しているため、49年
秋から周辺のマツ社令林で、後食のため当年枝で穿入してそこを枯れさせる被害が発生
することが予想された。だが、このために木が枯れることはなく、社令木では被害と
しては無視できるのが普通である。ただし、マツ新植栽木で同様の加害を受けた場合
には、枯死あるいは上長生長に著しい影響を受けるので注意を要する。

カラマツ採種園などで、枯死木にはカラマツヤツバキクイムシが繁殖しているもの
があり、放置すればここから脱出した新成虫が、50年夏に隣接する衰弱木等立木に
穿入が加害する危険がある。加害を受けた枯死木は、すみやかに伐倒し、搬出するか
あるいは焼却もしくは薬剤処理して翌年の発生源となることを防ぐ対策を講ずる必要
がある。もしこのような被害木の処分が不可能な場合は、50年夏までに枯死木で加
害を受けた木については、樹幹の1/3位までのカラマツヤツバキクイムシが繁殖してい
る部位に、薬剤を散布して脱出してくる新成虫を駆除する方法をとることが必要にな
る。

いずれにせよ以後引き続き虫害発生状況を調査していくなければならないことが明ら
かであった。

ウ 第3回調査結果

(ア) カラマツ採穂園：枯損は見られず、前回の調査で認められたカラマツヤツバキクイムシの密度増加はなかった。

(イ) 火事跡地に隣接したカラマツ林：47林班に小班に設けた固定試験区(30×15 m)内のカラマツ73本、アカマツ3本の毎木調査を行なったが、枯損木はなかった。試験区内の除伐木の伐根、残存丸太等にもキクイムシ類の寄生は僅かであった。本試験区近くで、幹にコゲあとのあるカラマツ3本の枯損があったので2本を伐倒剥皮調査した(表4)。

表-4 火事跡地に隣接したカラマツ林の枯損木のカラマツヤツバキクイムシ寄生状況

調査木	調査部位 地上	穿入密度 (頭/ m^2)	繁殖率 脱出孔/ 穿入孔	備考
M1	0.5 m	136	0	コゲ跡あり
	DBH = 8 cm	2.0	373	ホンスンキクイ majiru
	H = 9 m	5.0	438	0.12
	コゲ跡あり	7.0	80	母孔のみ、カラマツキクイ脱出孔多い
M2	0.5	191	0.24	
	DBH = 10 cm	2.0	160	0
	H = 10.4 m	5.0	17	母孔形成されず、大部分キツツキにより補食、ヤニの出た形跡あり
	コゲ跡なし	8.0	0	カラマツキクイ脱出孔多い

M1は下部にコゲ跡のみられた木で、カラマツヤツバキクイムシの穿入密度は高かったが、いずれの部位でも繁殖率は低かった。M2は林縁より10 m内部にあったが穿入密度・繁殖率共に低い。さらに、この木ではヤニの流出が穿入時に見られたと推定され、母孔の形成も悪い。キクイムシの加害を受けた時には繁殖条件は悪かったものと推定される。これは加害対象木がかなり少なく、条件の悪いこの木に集中したためと考えられ、今後のキクイムシ被害発生量を予想する上で貴重であった。これらの他に枯損木1本を立木のままで調査したが、M1と同じ状況であり、かつM2のよう

にキツツキによる捕食が多かった。

(ウ) ヒノキ林(48・は)第1、第2回調査にひきつづき今回も枯損木はみられなかつた。

(エ) アカマツ林(壮令林)

a つちくらげ病調査区(58・ろ)樹病研究室設定試験区(図-1参照)内に枯損木が3本発生、うち1本(胸高径22 cm、樹高約19 m)を伐倒剥皮して調べた。寄生昆虫：マツノキクイムシ脱出孔(卅)，ムナクボサビカミキリ幼虫(+)，マツキボシゾウムシ脱出(卅)，キイロコキクイムシ脱出(卅)及び新成虫(卅)褐色葉少し残る。判定：50年春枯れ。根元にツチクラゲの子実体あり。残りの枯損木2本もマツノキクイムシ、マツノコキクイムシ、マツキボシゾウムシの寄生を受けており、上記と同じく50年春に枯れたものと判定された。

なお健全な立木にも枝先の褐変が若干みられ、マツノキクイムシの成虫の後食による被害とみられるが問題はない。

b アカマツ(壮令林)(57・い)に枯損木1本(DBH = 18 m H = 17.1 m)を伐倒調査の結果：マツノコキクイムシ脱出(卅)，マツキボシゾウムシ脱出(卅)，キイロコキクイムシ脱出(卅)。

(オ) アカマツ新植地の虫害

48・は内にプロットを2か所とり、ランダムに帶状に60本選び、更に別の地点(58・は)で1か所、合計3か所で調べた(表-5)。

表-5 アカマツ新植地の枯損

	林班	調査本数 本	枯損		備考
			本	(%)	
第1プロット	48-は	60	9	15	枯損のうちマツノキクイ後食9 マツキボシ寄生2
第2 "	48-は	64	7	11	マツノキクイ後食5 マツキボシ2
第3 "	58-は	104	21(消失) 12(枯)		枯損・消失の他15本キボシ 後食跡あり、1本アナキゾウムシ(?) 後食跡あり、55本健全

プロット1, 2では枯死苗にはマツノキクイムシの後食によるシート枯れがみられるものが多い。プロット3では健全な苗は半数強しかない。枯損, 消失したもののはほとんど虫が寄生していると考えられる。被害程度に差がみられるのは、アカマツ社令林からの距離等の発生源との関係が主な要因である可能性が強い。

(カ) アカマツ新植地のつちくらげ病薬剤試験区の虫害(58林班内)。樹病研究室の採取試料(各区の枯損苗)の虫害状況を調べた(表-6)。

表-6 薬剤によるつちくらげ病防除試験地の枯損苗の虫害

薬剤名	試料数 (枯損数)	マツキボシ寄生数(%) (注)
P C N B 粉剤	8	4 (50 %)
ヒドロキシイソ キサゾール粉剤	21	14 (67)
チュラム粉剤	19	14 (70)
ペノミル水和剤	4	4 (100)
無施用	28	20 (74)

注: キボシの他シラホシゾウ, キイロコキクイの加害
も認められた。

各区ともマツキボシゾウムシの加害が多いことから、この苗木は植栽直後活着までの期間にマツキボシゾウムシの産卵を受けたものと考えられる。

(キ) 樹種のちがいとつちくらげ病発生試験の虫害、表-7は各試験区の枯損苗数と、

表-7 樹種のちがいとつちくらげ病発生との関係試験地の虫害

樹種	試料数 (枯損数)	虫害のみられたもの
カラマツ(50年植栽)	14本	0本
シラベ(〃)	14	2(キクイムシ)
ヒノキ(〃)	13	0
ウラジロモミ(〃)	9	0
アカマツ(50年植栽)	36	25 マツキボシ シラボシゾウ
アカマツ(49年植栽)	1	1

そのうち虫害のみられたものの本数を示したものである。アカマツは50本のうち36本が枯れ、そのうち25本に虫害がみられる。アカマツでも50年春に植えたものに被害が多い。

以上の結果をみると、アカマツ社令木および新植栽木に、春に出現して加害するマツノキクイムシ、マツキボシゾウムシの被害が増大しているのが明らかになった。このうち新植地の枯損被害が特に重要と思われるが、活着までの不安定な期間に加害を受けるもので、今後とも害虫発生状況を調査し、密度が増大するようであれば、新植栽木にはなんらかの防除対策を講じる必要が生じる可能性も考えられる。

カラマツ社令木に関しては、火災による枯死木、その後の衰弱枯死木の搬出処分が適切に行われたために、以後の害虫密度増加はみられず、虫害発生のおそれはほとんどなくなっていると考えてよい。

ヒノキに関してはカラマツ同様、注意すべき虫害は発生していない。

エ 第4回調査結果

- (カ) カラマツ採穂園: 50年9月の調査と同様今回も枯損木はなかった。
(キ) 山火事跡地に隣接したカラマツ林: 47林班に小班に設けた固定試験区(30×15m)内のカラマツ73本、アカマツ3本の毎木調査を行なったが、枯損木はなかった。昨年と異なり、周辺のカラマツ林にも枯損はみられなかった。
(ク) ヒノキ林: 48・は小班、前回同様枯損木はみられなかった。
(ケ) アカマツ社令林

山火事跡地周辺のアカマツ社令林に発生した枯損木の調査を行なった。調査木の位置その他を表-8に示し、調査結果を表-9に示す。

1~3は林縁の団状、4, 5は林縁の単木的枯損、6, 7, 8は林縁の団状、9は6~8に隣接した木でマツノキクイの穿入を受けているが、針葉は正常。10はこの林分内の唯一の枯損で、周辺にも古い枯れはない。枯損のタイプは春型がほとんどで、中には秋のクロキボシ以降の加害を受けたと考えられるものも含まれる。昨今のように明らかなつちくらげ子実体はみられなかったが、団状の枯損にはつちくらげ病による可能性が強い。また単木的な枯れが少し離れた場所に散在している(11, 12, 13)が、これを中心に新たな小団状枯損が拡大する危険性が強い。これらはいずれも北側林縁にみられるが、その理由は不明である。

表-8 被害木の位置その他

調査木No	場 所	調査方法	胸高径 cm	樹 高 m	備 考
1	58林班に～ほ(ツチクラゲ 区内), 林縁, 団状	伐倒調査	26.6	19.9	
2	" ("), 林縁, 団状	"	26.0	17.3	こげあと 2mまで
3	" ("), 林縁, 団状	立木のまま調査	30.0	約20	こげあと 2mまで
4	" (試験区東方30m), 林縁より5m, 単木枯	"	42.0	約18	
5	" (" 東方100m), 林縁, 単木枯	"	26.0	約20	
6	58林班は～に, 林縁, 団状	伐倒調査	20.0	20.6	こげあと 1.5mまで
7	" , " , 団状	立木調査	20.0	約20	"
8	" , " , 団状	伐倒調査	22.2	21.6	"
9	" , " , 団状	立木調査	22.0	約20	葉正常
10	46林班, ～林縁 単木枯	立木調査	26.0	約22	

表-9 被害木調査結果

	下 部	中 部	上 部	備 考
1	サビ材入(++)	ニトベキバチ脱(++) クロキボシ脱(+)	クロキボシ脱(++) キイロコキクイ脱(++)	針葉残らず
2	マツノコキクイ脱(++) サビ材入(+)	マツキボシ脱(++) クロキボシ小L(+) (一部内樹皮生)	キイロコキクイ脱(++) (一部皮生)	褐色葉僅かに残るト リのつつき多い
3	マツノキクイ穿入(++)	サビ材入(一側面の み)		ピッヂチューブ多い 葉正常
4	マツノキクイ脱(++) マツノコキクイ脱(++)			トリのつつき多い針 葉残らず
5	サビ材入(++)			傷害多い, 褐色葉多 く残る
6	サビ材入(+)	キイロコ脱(++) マツノコキクイ脱(++)	マツノコキクイ脱(+) マツノキクイ脱(+) キイロコキクイ脱(++)	褐色葉少し残る
7	サビ材入(++)			Pissodes脱(+) " "
8	サビ材入(++) Pissodes脱(++)	マツノコキクイ脱(++) マツノキクイ脱(+) Pissodes脱(++)	Pissodes脱(++) キイロコ脱(++)	" "
9	マツノキクイ穿入孔 (+)			葉正常, ピッヂチュ ーブ
10	サビ材入(++) マツノキクイ脱出(++)			褐色葉僅かに残る

(4) アカマツ新植地

被害程度、植栽年度の異なるアカマツ新植地で、ランダムに場所を選んで1か所約70~80本を調査した。調査結果を表-10に示す。昨年に比較して、今年度の枯

表-10 アカマツ新植地枯損調査

プロット	植栽年	場所	調査数	健全	51年枯 ()内枯損率
1	49年植栽	58-1は	84	66	0
2	50年5月植栽	45-1は(1)	72	71	1 (マツノキクイ後食) (1.4%)
3	" "	58-1に	84	64	3 (マツキボシゾウ食害) (4.5%)
4	51年5月植栽	47-1(8)	78	72	6 (マツキボシゾウ食害) (7.7%)

れは少なく、シートのキクイムシによる後食も著しく減少している。51年植栽地で7.7%の枯損が発生したのが注目されるが、いずれも活着不良苗に対してマツキボシゾウが加害したものと考えられる。ゾウムシの密度はそれほど高くなないので健全な苗ならば、ほとんどこの被害は問題にならないものと推測される。

(5) 樹種のちかいとつちくらげ病発生との関係試験地

今回の調査時の残存率は表-3に示したとおりである。今年度に新たに発生した虫害による枯損はほとんどなく、マツノキクイによる新梢の後食害がごく僅かに認められたにすぎない。

(6) 薬剤によるつちくらげ病防除試験地

(6)と同様今年度に新たに発生した枯損はほとんどなかった(表-1)。

以上要約すると(1)カラマツ、ヒノキに関しては虫害の危険はほとんどなくなっている。(2)アカマツ社令林ではつちくらげ病との関係で微害型の被害が少數ながら継続して発生しており、今後の枯損発生量、分布を注意する必要がある。特に問題になるのは

社令林での枯損木を発生源にして、新植栽木に被害を与えるケースで、社令林自体の枯損率は低くとも更新上は問題になりうる。

(3)新植地のキクイムシ、ゾウムシによる被害は昨年に較べて激減した。このまま推移すれば、被害を無視できる水準にまで低下すると思われるが、活着不良苗(立地、気象、苗の条件)に対しては虫害が発生し、枯損率が10%近くに達したケースもあるので注意を要する。

以上3年間にわたる調査結果をみると、カラマツに加害する種類については、枯死木、衰弱木等の処分が速やかに適切に行なわれたために、その後虫害の発生はみられなくなった。ヒノキについても同様に問題となる虫害は発生しなかった。

これに反しアカマツでは、火災跡地及び周辺に発生したつちくらげ病による枯死木や、火災による衰弱木に加害して繁殖したマツノキクイムシ、マツノコキクイムシ、マツキボシゾウムシが、附近の新植栽木に加害して、かなりの枯損被害を発生させた。だが、これらの加害も、発生源であるアカマツ枯損木の処理により、密度増加はそれほど大きくならず、51年の調査では50年にくらべてかなり減少している。ただ火災跡地に隣接したアカマツ社令林では、林縁部で毎年少數ながら枯損が発生しており、もし被害木の処理が適切に行なわれないと、ここで繁殖した前記穿孔虫が新植栽木に後食加害や産卵加害を行なって、枯損被害を発生させることになる。少數といえども、枯損木の処理を徹底的に行なう必要がある。これら穿孔虫類の産卵加害は、活着不良苗に選択的に行なわれる所以、植付けおよび以後の管理にも充分に留意する必要のあることも明らかになつた。

IV まとめ

1. つちくらげ病防除試験

- (1) 本病は被災当年と1年後の新植木に激しく発生するよう、被災後2年を経過するほとんど発生が止まる。
- (2) 被災地にアカマツを新植する場合、植穴にペノミル水和剤(粉体のまま)を土壤とよく混合して植栽すれば枯損が著しく軽減される。
- (3) 被災地に新植したいいくつかの樹種のうちではアカマツの枯損が最も多く、ヒノキ、カラマツ、ウラジロモミ、シラベなど、いずれの樹種でも枯損が発生した。
- (4) 被災地から外周への本病の蔓延は、アカマツ社令林の場合、地表火を受けた地域でその

後枯損が発生した。しかし、鎮火線より外周への蔓延の恐れはそれほどないと思われるが今後の観察が必要であろう。

2. 虫害調査

- (1) 火災発生当年憂慮されたとおり、穿孔虫類の発生、増殖が認められたが、枯死木、衰弱木の適切な処理は、以後の密度増大を防止し、立木被害の発生を防ぐのに効果があった。
- (2) アカマツ社令木の枯死が少數ながら持続し、そこを繁殖源としたマツノキクイムシ、マツキボシゾウムシによるアカマツ新植栽木への食害加害、産卵加害が発生した。これは火災翌年にはかなりの枯損が発生したが、翌々年には減少に向かった。したがって社令木の被害木を徹底的に処理する必要性がある。なお産卵加害対象木はつちくらげ病、植付け後の気象的条件による衰弱、枯死が直接の原因と考えられるのでこの点をも併せて考慮する必要がある。

付録 火災被害の概要（岩村田営林署調査記録）

1. 火災発生および鎮火

49年5月4日午後1時頃大浅間ゴルフ場の一角より、タバコによると思われる火災が発生、5日午後7時25分いったん鎮火したが、残り火により翌日および翌々日も一部に火災が発生し、完全鎮火は5月8日午後5時となる。

2. 火災発生場所

北佐久郡御代田町、軽井沢町の岩村田営林署浅間山国有林 45, 46, 47, 48, 56, 57, 58林班内

3. 火災発生場所の標高など

標高1,000～1,230m, 傾斜約15度

4. 火災による被害面積（推定）

○天然林、アカマツ 33ha, (樹令24～80年) ○人工林、アカマツ、カラマツ、ヒノキ 118ha, (樹令47年まで)

5. 火災による被害額（推定） 22,300万円

6. 消火活動

5月4日 消防団1,370, 営林局署300, 地域住民100, 自衛隊ヘリ24, 合計1,794名
5月5日 消防団518, 営林局署140, 自衛隊ヘリ28, 合計686名

7. 空中消火

5月4, 5の両日、陸上自衛隊東部方面隊ヘリコプター2機により消火剤（第1リン酸アンモニ3t, 展着剤0.6t, の水溶液を38回散布

殺鼠剤の鳥獣への影響と使用法

殺鼠剤の鳥獣への影響と使用法

I 試験担当者

保護部鳥獣科長 上田明一
 " 鳥獣第一研究室 北原英治

II 試験目的

野鼠の防除技術としては、1) 林床処理などの野鼠の環境的防除方法、2) パチンコなどのワナ掛けによる機械的方法、3) 食物連鎖などの生態系を考慮した生物学的方法、および4) 殺鼠剤による化学的な防除方法があげられる。しかし、一般的には野鼠の被害が発見される時点ではその個体群はかなりの大きさに達しており、早急な駆除効果の期待出来る化学的方法である殺鼠剤散布を行わざるを得ない。

殺鼠剤としては硫酸タリウム、燐化亜鉛、ノルボルマイトおよびアン・ツー剤があるが、現在山林で最も多く使用されているのは燐化亜鉛剤(Zn_3P_2)で、野鼠が喫食すると Zn_3P_2 は分解されて PH_3 (リン化水素ガス)を発生し、野鼠を死に至らしめる。

山林や草原で殺鼠剤を使用する場合、小麦やトウモロコシのような穀粉を混ぜて団子としたり、また穀物の碎片に薬剤をまぶしたものを空中より散布する。それ故、山林に生息する鳥類や、野鼠以外の小型獣類なども喫食する可能性や、毒餌を喫食して死亡した野鼠を食する食肉獣への二次中毒についても配慮しなければならない。

以上のことから、従来本州方面で使用されている燐化亜鉛3%含有の毒餌を、1%含有毒餌にした場合、どの程度の駆除効果をあげることが可能か、また生息密度に対する毒餌散布量はどの程度が適当かを検討する目的から本試験を実施した。

III 試験の経過とえられた成果

本試験は長野営林局上田営林署管内大門国有林において、昭和51年10月行なったものである。

試験地は標高約1,200mにあり、カラマツの2~3年生の植林地である。下草としては、ススキなどのイネ科植物が優占しており、一部分ではササが混生し所々に伐採時の枝条が堆積されている。試験地の尾根をはさんで町営の牧場があり、ハタネズミの絶好の温床となっている。

るらしく、柵の近くにはハタネズミのものと思われる巣穴が点々と見られた。

調査方法としては記号放逐法を用いた。まず、 $50m \times 100m$ の方形の試験区を3カ所作り、 $10m$ の間隔にて各試験区に50個のシャーマン式生捕りワナを設置した。なお、試験区と試験区との間隔は野鼠の移動を考慮して $100m$ とした。餌としてはエンバクを用い、通常行なう餌付け(prebaiting)は行わなかった。毒餌散布に先立ち野鼠の生息状態を記号放逐法にて調査し、毒餌の曳引数(量)を調査のうえ再びワナ掛けを行い、記号個体の有無にて駆除効果を検討した。毒餌の曳引数については、試験区毎のワナ設置場所(50 カ所)に数量を一定にした毒餌を配置し、3日間放置した後回収して消失量(曳引数)を求めた。使用した殺鼠剤は市販の3種類を用いて行なった。

表1 試験区Aにおけるワナ掛けおよび毒殺成績

	月 日 (1976)	捕 獲 数			前日までの 記号個体の累計
		未記号個体	記号個体	計	
毒餌配置前 ワナ掛け	10月 6日	1	0	1	0
	7日	2	0	2	1
	8日	1	0	1	3
	9日	4	2	6	4
	10日	5	3	8	10
	計	13		18	
毒餌配置 (10月10日午後~12日午前)					
配置後 ワナ掛け	10月13日	2	1	3	
	14日	2	0	2	
	15日	3	0	3	
	計	7	1	8	

※数字はハタネズミとヒメネズミを合せたものを示した。

試験区Aで行った毒餌配置前後のワナ掛けおよび毒殺成績を表1に示したが、5日間の毒餌配置前の捕獲数は4日目、5日目と未記号個体が増え、また毒餌配置後の3日間でも未記号個体7頭が捕獲された。この未記号個体はいずれも試験区の周縁域で捕獲されたもので侵入個体と考えられる。

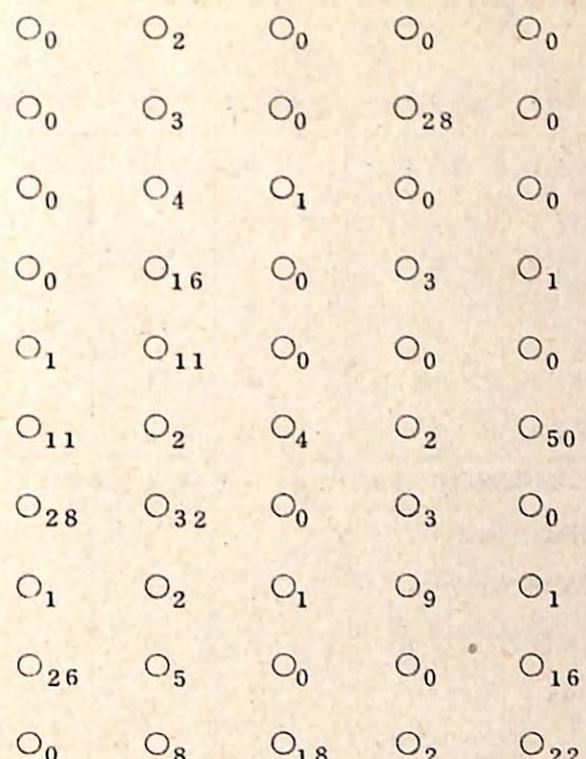


図1. 試験区Aにおける毒餌消失状況

(図中数字は配置50粒からの消失粒数)

図1はワナの設置場所に毒餌を50粒配置した時の消失(曳引)粒数である。50カ所に50粒あて配置(2500粒)で曳引粒数313、曳引率12.5%であった。野鼠はその習性として貯食性があるので、曳引数はそのまま喫食数とは考えられないが、この曳引率からみて毒餌の配置粒数は野鼠個体数に対して過剰であったと思われる。

表2 試験区Bにおけるワナ掛けおよび毒殺成績

月 日 (1976)	捕 獲 数			前日までの 記号個体の累計	
	未記号個体	記号個体	計		
毒餌配置前 ワナ掛け	10月 6日	4	0	4	0
	7日	3	0	3	4
	8日	11	2	13	7
	9日	9	3	12	20
	10日	7	4	11	32
	計	34		43	
毒餌配置(10月10日午後~12日午前)					
配置後 のワナ掛け	10月13日	0	2	2	
	14日	0	1	1	
	15日	0	0	0	
	計	0	3	3	

※ 数字はハタネズミとヒメネズミを合せたものを示した。

つぎに試験区Bにおける結果を表2に示した。毒餌配置前の記号個体はかなり多くなっているが、やはり4日・5日目と増加の傾向が見られる。しかし、本試験区では毒餌配置後の未記号個体が見られず、記号個体が3頭捕獲されただけであった。それ故、5日間の記号個体の累計が32頭であるから駆除率94%と考えられる。B試験区での毒曳引状況を示したのが図2で、50カ所30粒(区全体として1,500粒)を配置して、曳引数766粒、率51%であり、他の試験区に比べて最も高い曳引率を示した。

O_{10} O_1 O_{23} O_{30} O_{29}
 O_{30} O_{11} O_0 O_{24} O_{21}
 O_1 O_{30} O_3 O_2 O_7
 O_2 O_9 O_0 O_{14} O_9
 O_{30} O_0 O_{27} O_7 O_9
 O_5 O_{30} O_1 O_{29} O_{30}
 O_{30} O_{28} O_{22} O_{29} O_{25}
 O_7 O_{30} O_0 O_{20} O_1
 O_0 O_0 O_{29} O_{30} O_0
 O_{30} O_{30} O_{21} O_1 O_9

図2. 試験区Bにおける毒餌消失状況

(図中数字は配置30粒からの消失粒数)

表3には試験区Cにおける結果を示した。毒餌配置前の放逐記号個体は32頭と多く、毒餌配置後も20頭の未記号個体が捕獲され、その未記号個体の捕獲地点も試験区内全域で捕獲されたことから、本試験区内では、個体数そのものがかなり大きいものであったと考えられる。それ故、毒餌配置前のワナ掛け期間は日数的に不足であったと考えられる。この区の配置毒餌はトウモロコシのヒキ割りであるため、各所10gを配置した。全体の曳引量は70gであり、曳引率14%で試験区Bの状況と比較すると、個体数の割には曳引率が低かった。

表3 試験区Cにおけるワナ掛けおよび毒殺成績

	実施月日	捕獲数			前日までの記号個体の累計
		未記号個体	記号個体	計	
毒餌配置前 ワナ掛け	10月 6日	2	0	2	0
	7日	9	0	9	2
	8日	2	4	6	11
	9日	12	3	15	17
	10日	5	4	9	32
	計	30		41	
毒餌配置(10月10日午後~12日午前)					
配置後 ワナ掛け	10月13日	11	3	14	
	14日	4	1	5	
	15日	5	1	6	
	計	20	5	25	

※ 表中数字はハタネズミとヒメネズミを合せたものを示した。

以上の結果から、毒餌配置前の個体数を配置後の記号個体数で除する方法によって算出すると、試験区A、BおよびCにおける駆除率は各々88%，94%および81%となり、燐化亜鉛1%毒餌によって本州での林木加害種であるハタネズミに対して駆除効果を期待できることが認められた。

しかし、生息密度に対する毒餌の最適配置量についての検討は、生息個体数の把握が充分に行えず問題は今後に残された。

ブナ丸太の防虫防菌

ブナ丸太の防虫防菌

I 試験担当者

保護部 樹病科長	青 島 清 雄
" 菌類研究室	林 康 夫 小 林 正
" 林業薬剤第1研究室	川 崎 俊 郎
" 昆虫第2研究室	野 淵 輝 竹 谷 昭 彦 遠 田 暢 男
東北支場保護部樹病研究室	佐 保 春 芳 橫 沢 良 憲 庄 司 次 男
昆虫研究室	故 木 村 重 義 滝 沢 幸 雄 山 家 敏 雄
五十嵐 正 俊	

II 試験目的

ブナ丸太の防虫・防菌のため BHC・PCP に代る有効にして毒性のない薬剤を開発する。

III 試験経過と得られた成果

1960年、丸太保護研究班は「ブナ丸太の防虫防菌に関する研究」の結果、防菌剤として PCP 2%乳剤、防虫剤として BHC 1%の 1m³あたり 1.8 ℥ 1回散布によってほぼ 2ヶ月間効果が持続することを明らかにした。この防除法は国有林および民間において広く用いられてきたが、近年の農薬規制によって PCP、BHC に代る新たな薬剤の開発が必要となった。

防菌試験—PCP-Na 塩に代り得る薬剤二十数種のスクリーニングを行ない、48年度までに著効のある PCP-Phenyl-acetate が得られた。この薬剤は PCP-Na 塩よりはるかに効果が認められ、しかも急性毒性は $\frac{1}{10}$ であり、有望な薬剤として期待を持ったが慢性毒検査を待たずメーカー側が薬剤製造の中止を申し出た。

49年度は新たに数種の薬剤の追加スクリーニングを行なったが、トップジンM-ペーストの著効を認めた。その他 T-7473 および H I-645 もかなりの効果を示した。トップジン-M-ペーストは農薬登録を申請中である。

50年度はこれら 3 薬剤と 2 種の水和剤によって試験した。2 種の水和剤は期待される効果は得られなかった。3 薬剤は 1 ヶ月以内の効果は認められるが、2 ヶ月間の効果の持続は困難であった。T-7473 および H I-645 は農薬登録を申請中である。

51年度は防菌効果を 2 ヶ月間持続するため固着剤アロン 20% 添加とゴーセノール 1% 添加

およびトップジンM水和剤100, 200, 500倍液の効果を試験した。結果は表1～3のように固着剤アロンの添加と無添加では、3ヶ月経過した後においても明らかに添加の効果が認められる。1ヶ月後の防菌効果は表1のように、HI-645水和剤の添加区は3試験地とも完全防菌でき、KKK-07乳剤+MEP2%の添加区、T-6403の添加区、トップジンM水和剤+MEP2%100倍の添加区、同200倍の添加区などが有効である。2ヶ月後まで効果の持続するものは表2のようにHI-645水和剤の添加区のみであった。2ヶ月間防菌効果が持続する薬剤が認められたので、1試験地で3ヶ月後の効果を調べたが、表3のようにもつとも成績のよいHI-645水和剤の添加区でもその効果は半減し期待は持てない。

表-1 防菌試験結果〔散布1ヶ月後〕

1976-6-23散布

薬剤名		固着剤	I区	II区	III区	全国平均
1	トップジンM水和剤 100倍 +MEP2%	添加	0	3.06	4.25	2.44
		無添加	2.98	5.04	4.52	4.18
2	トップジンM水和剤 200倍 +MEP2%	添加	2.45	5.24	0	2.56
		無添加	2.73	9.82	5.77	6.11
3	トップジンM水和剤 500倍 +MEP2%	添加	2.51	4.05	8.17	4.91
		無添加	5.37	7.79	8.77	7.31
4	HI-645水和剤 10倍	添加	0	0	0	0
		無添加	2.66	0	0	0.88
5	KKK-07乳剤 20倍 +MEP2%	添加	2.01	2.37	1.59	1.99
		無添加	2.04	4.62	4.63	3.76
6	T-6403 10倍	添加	0.79	4.40	0.79	1.99
		無添加	1.55	7.05	1.09	3.23
7	トップジンMペースト +MEP2%		2.37	6.51	3.89	4.26
8	トップジンM水和剤 +MEP2%	ゴーセノ ール1%	0.68	5.81	3.94	3.48
9	無処理		5.08	8.88	4.80	6.25

表-2 防菌試験結果〔散布2ヶ月後〕

	薬剤名	固着剤	II区	III区	全区平均
1	トップジンM水和剤 100倍 +MEP2%	添加	9.01	2.22	5.62
		無添加	14.66	5.76	10.21
2	トップジンM水和剤 200倍 +MEP2%	添加	8.08	5.33	6.71
		無添加	19.62	7.49	13.56
3	トップジンM水和剤 500倍 +MEP2%	添加	9.11	8.16	8.64
		無添加	5.57	8.64	12.11
4	HI-645水和剤 10倍	添加	3.93	2.05	2.99
		無添加	7.62	4.81	6.22
5	KKK-07乳剤 20倍 +MEP2%	添加	8.90	6.18	7.54
		無添加	10.49	6.65	8.57
6	T-6403 10倍	添加	8.26	6.06	7.16
		無添加	8.43	10.32	9.38
7	トップジンMペースト +MEP2%	添加	6.69	7.49	7.09
		無添加			
8	トップジンM水和剤 100倍 +MEP2%	ゴーセノ ール1%	10.53	6.50	8.52
9	無処理		13.56	10.07	11.82

表-3 防菌試験結果〔全国平均〕

薬剤名		固着剤	1ヶ月後*	2ヶ月後**	3ヶ月後***
1	トップジンM水和剤 100倍 +MEP 2%	添加	2.44	5.62	17.01
		無添加	4.18	10.21	21.40
2	トップジンM水和剤 200倍 +MEP 2%	添加	2.56	6.71	12.44
		無添加	6.11	13.56	16.32
3	トップジンM水和剤 500倍 +MEP 2%	添加	4.91	8.61	12.67
		無添加	7.31	12.11	17.74
4	HI-645水和剤 10倍	添加	0	2.99	6.32
		無添加	0.88	6.22	13.09
5	KKK-07乳剤 20倍 +MEP 2%	添加	1.99	7.54	18.08
		無添加	3.76	8.57	21.02
6	T-6403 10倍	添加	1.99	7.16	11.75
		無添加	3.23	9.38	15.45
7	トップジンMペースト +MEP 2%		4.26	7.09	11.74
8	トップジンM水和剤 100倍 +MEP 2%	ゴーセノール1%	3.48	8.52	18.42
9	無処理		6.25	11.82	22.69

* 3区平均

** 2区平均

*** 1区平均

防虫試験 — 前年度までのスクリーニング試験の結果、1ヶ月間の効果のある防虫剤は、MPP 0.25%, MEP 1%, MBCP 0.6%などであったが、当初目標とする2ヶ月間の効果の期待されるものは、MEP 1%+EDB 1%, MEP 2%, MPP 1.75%などであった。

51年度は防虫効果を持続させるため、固着剤アロン、ゴーセノールを添加したものについて試験した。

対象となった害虫は、次の通りで主なブナ丸太の害虫は含まれている。

キクイムシ科

ハンノキキクイムシ、サクキクイムシ(サカクレノキクイムシ)、トドマツオオキクイムシ、ハンノスジキクイムシ、アカクビキクイムシ、ルイスザイノキクイムシ

ナガキクイムシ科

シナノナガキクイムシ、カギナガキクイムシ、ヤチダモノナガキクイムシ

ゾウムシ科

オオゾウムシ

防虫剤の種類、濃度が固着剤無添加でもほぼ2ヶ月間の効果の持続するものであったためか、添加と無添加の間に差が認められなかったので、両者を纏め表-4に示した。いずれの薬剤も1ヶ月後の防虫効果は完全であるが、2ヶ月になるとMEP 2%を含んだ薬剤ではトップジンM水和剤200倍+MEP 2%が丸太表面積1m²当り0.33頭の食入があったが、他の薬剤では完全に食入防止効果があった。HI-645水和剤10倍とT-6403 10倍では無処理に比較して十分に効果があるといふものの、MEP 2%に対して若干効果が低いように見受けられる。

3ヶ月後の効果は試験区の環境が害虫の活動条件に悪かったためか、無処理でも害虫が少なく、効果の判定は困難である。

この防虫試験の対象とするキクイムシ類(ambrosia beetles)の被害は、ビンホールによる工芸的なものと、腐朽菌の進入促進がある。しかし、本年度の穿入数程度であれば、ビンホールの害としては問題が少なく、防虫防菌効果の判定は防虫効果を基準に考察して差し障りないと考える。

表一4 防虫試験結果

薬剤名	生存虫数 m^2 当り			備考
	1ヶ月後	2ヶ月後	3ヶ月後	
トップジンM水和剤 100倍+MEP 2%	0	0	0	展着剤を入れたものと 入れないものとの合計
トップジンM水和剤 200倍+MEP 2%	0	0.33	0.42	"
トップジンM水和剤 500倍+MEP 2%	0	0	0.42	"
HI-645水和剤 10倍	0	1.32	1.79	"
KKK-07乳剤 20倍+MEP 2%	0	0	0	"
T-6403 10倍	0	0.65	0	"
トップジンMベースト +MEP 2%	0	0	0	
トップジンM水和剤 100倍+MEP 2%	0	0	0.76	ゴーセノール 1%
無処理	1.76	1.022	0.76	

林業薬剤散布地における追跡調査

林業薬剤散布地における追跡調査

I 試験担当者

保護部林業薬剤第2研究室 大久保良治, 田畠勝洋

II 試験目的

森林において、マツ類の枯損防止のためのM E P剤散布など、病虫害等の防除が行われているが、防除事業の増大とともに、環境汚染等自然界への影響も重大な関心事となり、一部住民にとってその不安感が増大していることも見逃せない事実である。

このため、昭和48年より、マツ枯損防止のためM E P剤散布がおこなわれた広島県宮島地区を選び、自然環境上での薬剤の残留状態を調査してきており、すでに昭和50年度までの結果については報告した。当地区での散布効果は非常に好結果を与えた。昭和50年度には防除の必要が認められないまでにマツの枯損を減少することができた。本年は昨年までのM E P剤散布による薬剤の残留が、散布中止によってどのように変っているかを土壤、水系と共に生物系についても調査した。

III 試験結果と得られた成果

a. 散布条件

48年より50年までに散布された薬剤は表1のとおりである。

表1 薬剤散布条件

年度	供試薬剤	希釈倍数	散布量	散布面積	散布月日
48	スミバーカE乳剤 M E P 10% E D B 10%	×10	180	464(国)ha 341(県)	6月1日-6月6日 6月19日-6月24日
49	スミバーカE乳剤 M E P 40% E D B 20%	×32	90	632(国)	5月27日-5月30日
	スミチオン乳剤 M E P 50%	×36	90	341(県)	6月18日-6月21日
50	スミチオン乳剤 M E P 50%	×36	90	632(国) 341(県)	5月27日-5月30日 6月19日-6月23日

b. 試料採取時期

最終散布終了後約1年経過した昭和51年7月8日。ただし、シカは10月27日。

c. 試料採取法

本年度は下層植物に重点をおき、その他生物、土壤および水系についても調査をおこなった。

下層植物：彌山より紅葉谷公園にいたる登山道の薬剤散布地両側に自生する植物のうち、宮島地区で割合が多くはえていると考えられる代表植物よりえらび、それらの葉及び球果についてM E Pの含有量を分析した。

スギ、マツ：下層植物と同一地区より採取した。

土壤：下層植物と同一地域で登山道をほぼ等間隔に9点えらび採取した。その他、包が浦、多々良地区より一点づつを選んで採取した。試料として表面より10cmの深さの土壤についてしらべた。

落葉層：土壤と同一地点で、採取土壤の表面の落葉について分析をおこなった。

海泥：大元海岸、包が浦海岸の河口の海泥について分析をおこなった。

河川水：無散布地を流れる河川一点を含む9点の河川水について分析をおこなった。

小動物：下層植物を採取した登山道より、ミミズ類、甲虫類、蛾類、アリ類の4点についてしらべた。

シカ：多々良国有林内において、主として散布地内を棲息場所と考えられる体重41kgの5才メス鹿を捕獲し、内臓等に含まれるM E Pについて分析をおこなった。

d. 分析方法

シカ分析方法：組織10～20gをとりアセトニトリルを加え、ホモジネート後、吸引濾過し、等量のヘキサンを加え、液々分配後アセトニトリル層を取り、濃縮、4%食塩水、ヘキサンを加え、ヘキサン層を濃縮、脱水後FTDがクロマトグラフによりM E Pを分析した。

その他分析法：前報通り

e. 調査結果

M E Pの各試料含有量は表2～7までのようにある。

表2 土壤、落葉中のM E P含有量 (ppm)

	登山道									多々良	包が浦
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
土壤	N.D.										
落葉	N.D.	N.D.	N.D.	0.02	N.D.	N.D.	0.01	N.D.	0.01	N.D.	0.01

N.D. not detected 検出限界..... 10^{-2} ppm

表3 河川水中のM E P含有量 (ppm)

調査河川	白糸川、大元川、紅葉谷、上川、包が浦、飯浜(ヘリポート) 飯浜(鷹ノ巣)、大砂利西側
	何れもN.D.

N.D. not detected 検出限界..... 10^{-3} ppm

飯浜(鷹ノ巣)は無散布地を流れる河川

表4 海泥中のM E P含有量 (ppm)

調査海岸	大元海岸、包が浦海岸
	何れもN.D.

N.D. not detected 検出限界..... 10^{-2} ppm

表5. 植物中のM E P含有量 (p p m)

下層植物 (葉)	たけにぐさ, しきみ, みみずばえ, かなめもち, しろだも, いわかがみ, うりはだかえで, さかき, きぶし, すだじい, あらがし, いせんりよう, たまみずき, もち, さんかくずる, あせび, ねずみもち, がんび, ねじき, うらじろ, りようぶ, さんしょ, ひさかき, はぜ, やまもも
下層植物 (球果)	りようぶ, さんしょ, ひさかき, はぜ, うりはだかえで, さんかくずる, みみずばえ, しろだも, しきみ, やまもも, いせんりよう, (やまもも以外はすべて未熟果)
	何れも N.D.
すぎ(葉十枝)	0.01
まつ(葉) (枝)	N.D. 0.01 ~ 0.04

N.D. not detected 検出限界..... 10^{-2} p p m

表6. 小動物中のM E Pの含有量 (p p m)

	みみず類	甲虫類	蛾類	あり類
調査数	38	15	24	16
全重量(g)	48.0	3.5	1.5	0.6
M E P含有量	0.02	N.D.	N.D.	N.D.

N.D. not detected 検出限界..... 10^{-2} p p m

表7. シカ体内のM E P含有量 (p p m)

調査項目	脳, 肺, 心ぞう, 肝ぞう, じんぞう, ひぞう, すいぞう, たんのう, 食道, 胃, 腸, 胃腸内容物, 筋肉, 腸間膜, 胸腺, 骨ずい, 乳腺, 脂肪, 子宮・卵巢, ぼうこう, 粪
	何れも N.D.

N.D. not detected 検出限界..... 10^{-2} p p m

土壤, 河川水, 下層植物(球果を含む), 海岸砂泥からのM E P残留量はすべて検出限界以下であった。ただし, 地表面をおおっている落葉の中では0.01 ~ 0.02 p p mで検出された地点もあった。同じ植物でもスギについては枝を含め針葉から0.01 p p mとごくわずかであるが検出された。マツは針葉からは検出されなかつたが枝(2年枝)から0.01 ~ 0.04 p p mと検出された。

小動物の調査個体数はあまり多くはなかつたが, 昆虫類からは検出されず, 落葉層に棲息しているミミズからは0.02 p p mが検出された。シカについては, 捕獲場所から判断して薬剤散布地区内に棲息していると考えられるが, その体内何れからもM E Pは検出できなかつた。

以上のことから散布後1年経過するとM E Pは森林環境中にはほとんど残留しないか, 残っていてもごく僅かであるということができる。ただ, マツ, スギなどの針葉樹でのM E P残留は, 広葉樹と比較していくらか長いようである。落葉層のようにM E Pをよく吸着するようなところでは残留も認められ, ここに生息しているミミズのようなものからはM E Pが若干検出される。このことからミミズのM E P生態濃縮の可能性に対する結論は出すことはできない。逆に一頭だけの試料ではあったがシカの体内からM E Pが検出されなかつたこともあり, M E P残留程度から森林生態系への影響はきわめて少ないと推察される。

なお, 本調査を遂行するにあたり, 各試料採集並びに鹿の捕獲にあたり御援助をいただいた広島県府自然保護課桑本満敏氏, 同県林業試験場岡田剛氏はじめ試験場の方々, 農林省林業試験場鳥獸第2研究室白井邦彦氏, 広島管林署宮島担当区の方々に厚く御礼申し上げる。また, シカの解剖にあつた農林省林業試験場鳥獸第2研究室三島秋坪氏並びに同研究室の方々に深謝する。

空中写真の数値解析による
施業判定法

空中写真の数値解析による施業判定法

I 試験担当者

経営部	経営第二科長	中島 嶽
	航測研究室長	大貫 仁人
	航測研究室員	樋渡 幸男
	"	長谷川 訓子
	"	高橋 文敏

II 試験目的

空中写真による森林観測項目を数値的に収集、処理、解析することにより、森林経営、管理計画に必要な各種情報の迅速、正確な抽出手法の開発を行なうとともに、既存データを効果的に組み込むことによって、森林施業法の判定を効率化する空中写真情報のシステム的利用技術を開発することを目的とした。

III 試験の経過

前橋営林局月夜野営林署管内、月夜野事業区を試験地として、昭和49年度より昭和51年度の3ヶ年にわたって、各種資料の収集および空中写真判読ならびに、情報収集および解析用ソフトウェアシステムの開発を行なった。

1. 昭和49年度

昭和48年度撮影の赤外カラー写真(林業試験場撮影)および、パンクロ写真(林野撮影)により、林相判読を行ない、また、現地調査点の選定と現地プロット調査を行なった。昭和49年11月11日 マルチスペクトル写真の撮影(縮尺2万分の1)を行なった。

2. 昭和50年度

マルチスペクトル写真の合成と、これを用いた林相判読を行ない、下層植生を含む森林調査を行なった。

3. 昭和51年度

写真情報収集および解析用ソフトウェアシステムの開発と情報収集および解析実行を行なった。

IV 試験成績の概要

1. 情報収集および解析のためのメッシュ方式データバンクの有効性。

空中写真をはじめとするリモートセンシング情報、地形、地質、土壤、土地利用などの地図情報および各種の統計情報を収集し、その中から森林施業に必要な情報を解析抽出するためには、情報解析を電子計算機主導的なものとし、しかも、各情報を属地的（空間座標が常に情報に附隨していること）にする必要がある。このためには、現在のところ、メッシュ方式のデータバンク体系が最適な方法として利用できる。

すなわち、各種情報をメッシュマップ上に収集整理して、画像処理装置、電子計算機等で処理し、集計、比較、分類、選択、相関関係およびモデル計算等の分析、解析を行ない、森林施業に必要な情報を抽出することである。

この場合、情報の収集解析は単位メッシュ毎に行なわれるが、単位メッシュの大きさは、情報利用目的によって選択され変更されるものではあるが、その最適基準は総合された森林資源情報システムの中で位置づけられることが必要である。すなわち、地球全体レベル、ブロックレベル（東南アジアブロック、ヨーロッパブロック等）、国レベル（日本、米国等）、地域レベル（都道府県レベル、管轄局レベル等）、局地レベル（事業区等）等の各レベル毎に共通したメッシュ系を持ち、それぞれのレベル間の関連づけが標準メッシュ等の設定により行なわれることにより、メッシュ方式のデータバンクは効率的かつ有機的に利用され、効果を発揮する。

メッシュは等形、等面積であるため、この方式により地域の実態を全域にわたり、等しい詳細度で、かつ同一の評価基準で把握することができ、総括すれば次のような利点があげられる。

- 1) 情報の整理が属地的に系統的に行なえる。
 - 2) 情報を電子計算機で処理することができ、また、処理結果を直接図表示等ができる。
 - 3) 地域現象相互の比較が数量的にできる。
 - 4) 膨大な情報を、詳細、迅速かつ総合的に判定し、その詳細を把握することができ、さらには、各種モデル等の採用により、シミュレーション手法を容易に適応し、活用することができる。

これらのこととは、最適な事業実行への指針を得る上で、極めて効果的である。

この報告では、上述のメッシュ方式データバンクの有効性を活用することにより、森林施業計画に必要な情報の収集解析の手法を明らかにした。

なお特に、リモートセンシング情報の利用にあたっては、現在のところ、メッシュ方式が最適である。（LANDSAT映像は80m×60mの画素=メッシュ単位をもつ。また、光学式電子式入力装置により、空中写真情報もメッシュ化される。）ことからも、この技術の発達に期待されるところが大きい。

2. メッシュ方式データバンクへのデータ収集システムの開発

メッシュ方式のデータバンクを有効なものとするためには、メッシュデータをいかに経済的、効率的に収集するかが鍵となる。すなわち、空中写真情報および地図情報等をメッシュ情報に経済的効率的に変換するシステムを完成することである。

まず、このシステムには、インプット装置として、座標読取装置（読取精度 0.2 mm 程度）と、アウトプット装置として、ラインプリンター（行と列の間隔が等しいものが使い易い）および XY プロッターから成る最小必要限度のハードウェアシステムが必要である。

写真および地図情報には、点情報、総情報（道路、構造線、水系等）および面情報（多角形閉曲線またはポリゴン情報）により構成される、土壤図、地質図、林相図、林班界、行政界等の情報）がある。

ここでは、前述のハードウェアシステムを基準とした、データ収集のためのソフトウェアシステムを開発・作成した。その内容を体系化すると、図-1となる。

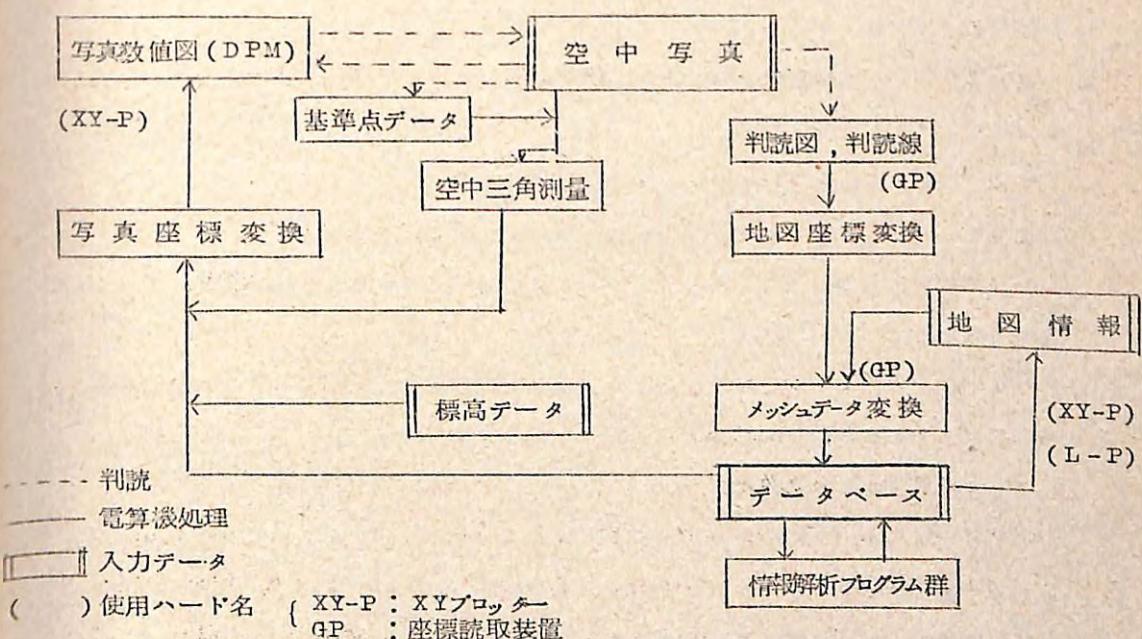


図-1 メッシュ方式データバンクへのデータ収集システム

また、個々のソフトウェアの関連は図-2の如くであり、その内容を端的に記述すると下記の通りである。

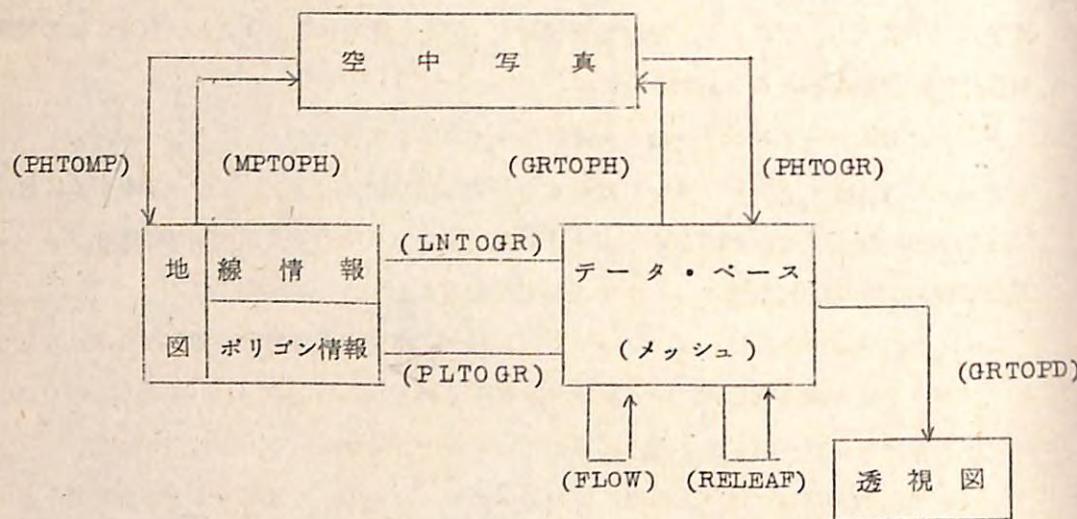


図-2 各種情報のオーバレイ用ソフトウェアシステム

(1) ソフトウェアの説明

PHTOMP：空中写真座標を地図座標に変換して、XYプロッターにより、与えられた縮尺の図面を作図する。

MPTOPH：地図座標を空中写真座標に変換して、XYプロッターにより、写真にオーバーレイできる図面を作図する。

LNTOGR：地図上の線情報をメッシュ情報に変換する。

PLTOGR：地図上のポリゴン情報をメッシュ情報に変換する。

PHTOGR：空中写真上の線情報およびポリゴン情報を地図座標変換後、メッシュ情報に変換する。

GRTOPH：メッシュ情報を(標高データを入力することにより)写真座標変換し、写真数値図(DPM, Digital Photo Map)を作成する。

(2) データ収集システムの作業

ここでシステム化されたデータ収集システムフローにより次のことが可能になった。

1) 空中写真情報は、空中写真上で判読作業を行ない、判読結果を空中写真上に明記するか、または、マイラベース等に移写すること(ただし、この場合は、判読写真の指標と

主点の位置を移しこむことが必要)だけの作業ですむ。

- 2) 地図情報は何らの加工も不要である。
- 3) 写真数値図を媒介とすることにより、個々のメッシュが写真上で、どのような地況、林況および環境条件にあるかを視ることができること、および、計量不可能な情報等を写真で判読することにより、直ちにそれらはメッシュデータに変換できる。また、情報解析結果を写真を媒介とすることにより、その適否を検討し、作業効果の評価ができるため、情報解析を人がその間に介在しながら行なえる試行錯誤の過程の採用が可能である。

(3) データ収集システムの精度

基本原図5.000分の1の地形図を基準として、空中三角測量用の基準点を選定し、2.5倍伸し写真での空三基準点測定の成果は、表-1となった。この数値は50mメッシュを適用した場合、簡易性および経済性からみて、十分な精度であると認められる。

表-1 空中三角測量基準点測定精度

写真番号	写 真 上				地 上			
	X (mm)		Y (mm)		X (m)		Y (m)	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
C10-4	0.02	0.83	0.00	0.67	-0.26	6.36	-0.03	5.38
C10-5	-0.01	0.80	-0.01	0.82	0.12	6.56	0.08	6.51
C10-6	0.02	1.06	0.00	0.72	-0.38	8.96	0.00	5.09
C11-10	0.02	0.45	-0.02	1.91	-0.24	3.07	0.29	14.25
C11-11	-0.01	0.69	-0.01	1.46	-0.08	4.96	0.22	10.99
C11-12	-0.02	1.62	-0.01	1.54	0.37	13.35	0.10	12.77
C11-13	0.02	1.24	0.02	1.62	-0.40	10.18	-0.31	13.37
C11-14	0.01	1.92	-0.01	1.39	-0.11	15.67	0.10	11.45

3. 資源情報システムでの森林資源情報解析手法例(林地面の崩壊指標図作成)

メッシュ森林資源情報の活用法には、いろいろの課題が考えられる。例えば、蓄積量、成長量および地位指標推定には、図-3に示す手法により、空中写真林分材積表や地位指標ス

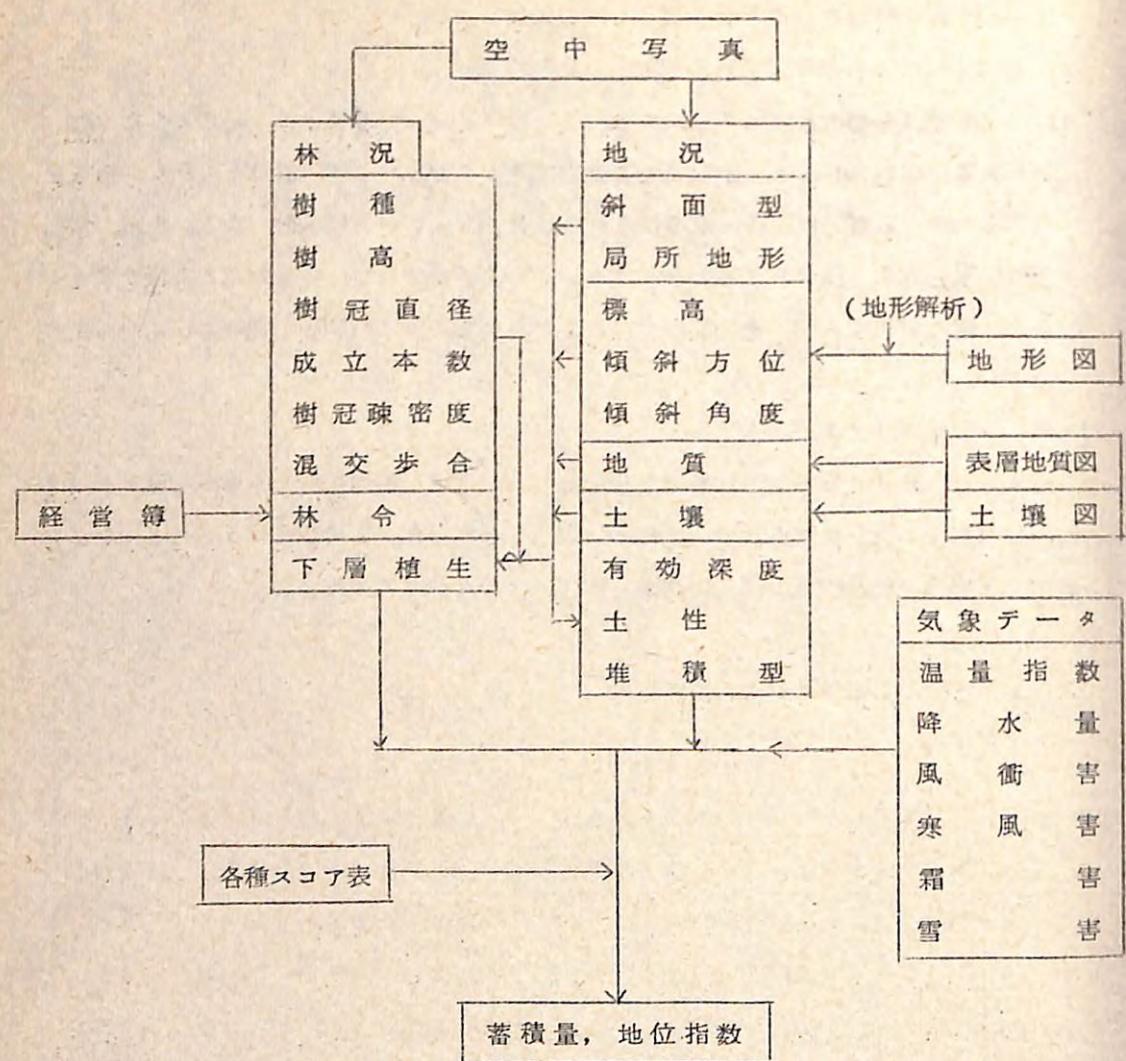


図-3 メッシュ情報に対する各種スコア活用例

スコア表の適用による電算機処理が可能であり、その結果がまた資源情報として使用され得る。ただし、この場合、推定に必要な因子に関する情報を蓄積しておく必要がある。

この報告では、メッシュ森林資源情報システムの利用例として、林地面の安定指標ともいえる崩壊指標図作成を取りあげてとりまとめた。

森林の伐採によって生起する最大の危険性は、地表面裸出しに起因する表面侵食である。この危険を最小限におさえるべく、施業を実行するためには、伐採実施の以前に林地面が新た

に裸出された場合に、どのような表面侵食を起し、それが、対象林地および下流域にどのような影響を与えるかの情報を把握する必要がある。このためには、個々の分野における既成の研究成果を十分に踏まえた上で原始情報の加工および解析が必要である。前に記したごとく、このような情報解析を局地的に、また、電算機主導的に行なうためには、このメッシュ方式データバンクが最も有効に利用できるシステムである。

(1) 林地面崩壊指標図作成手法

表面侵食は、地形、地質(土壤)、気象、および植生型の諸条件により左右され、表面侵食量は次式によって、ある程度のモデル化が行なわれている。

$$E \propto a P + b T - c R + d$$

$$E \propto F R S^{\alpha} L^{\beta} P^{\gamma}$$

ただし E : 表面侵食量

P : 年間降雨量

T : 起伏量

R : 森林率(植生被覆率)

S : 傾斜角

L : 傾斜長

F : 土壤条件により与えられる侵食係数

ここでは、個々のメッシュ面についての表面侵食について、モデル的に取扱うことを考慮し、図-4のフローチャートに示す解析を実施した。

(2) データベースの作成

単位メッシュの大きさは、対象にしようとする地域の大きさや、メッシュ使用目的により変化する。しかし、森林地帯で、しかも、施業に関連した情報を取扱うためには、施業単位面積や地形条件により、おのずと大きさの範囲が制約されてくる。また、全国森林資源情報システム、地域システム等に用いられる標準メッシュとの関連についても、単位メッシュ設定にあたっては配慮しなければならない。ここでは、標準メッシュには無関係に対象森林の地況、林況を勘案して、 $50m \times 50m$ のメッシュを選定した。

(2)-1 対象地域：月夜野事業区相俣担当区、28, 29, 30, 31林班 1,155ha の2流域を選定した。データベースの大きさは、 100×120 個のメッシュである。

(2)-2 $50m$ メッシュの作成：5,000分の1の基本原図上に、 $1cm$ のメッシュをかぶせ、メッシュ交点の標高値を基本原図上で求めた。(電算機等高線図(図-5)参照)

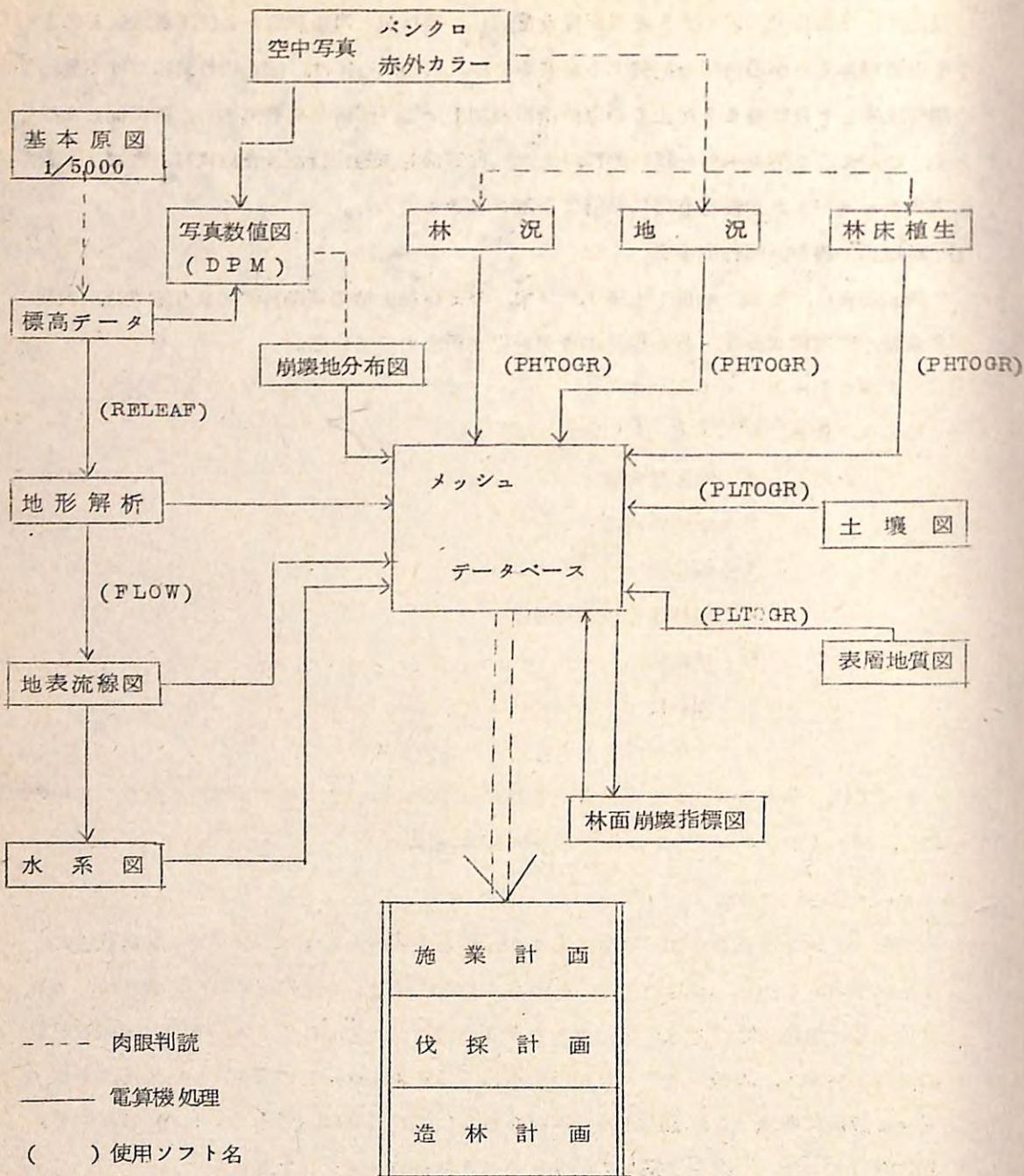


図-4 林面崩壊指標図作成フローチャート

(3) 入力情報

(3)-1 地図情報

- 表層地質: 前橋営林局土壤調査報告書 月夜野事業区土壤図(昭和39年8月)
2.0.000分の1の地質図を<PLTOGR>で入力した。この報告書で記載のない範囲は、空中写真判読により補った。(図-6参照)
- 土壤: 上記の土壤図を<PLTOGR>で入力した。記載範囲外は、空中写真により地形と林況を勘案して判読した。(図-7参照)

(3)-2 空中写真情報

- 林型区分および蓄積推定: 林分の蓄積推定は、空中写真判読による林型区分と、これまでの現地調査資料とを利用しておこなった。今回の蓄積推定の調査対象区域は月夜野事業区、相俣担当区の28, 29, 30, 31林班1,155haについてであるが、天然林については、これまで累積した現地調査資料を活用すること、推定値が月夜野事業区全域に適用できるような基準化を考慮した。すなわち、林型区分は施業を前提とした区分で、相俣担当区および猿ヶ京担当区の一部を合せた約9.000haの林分を、パンクロ写真、赤外カラー写真、マルチスペクトル写真の写真立体観測により全域にわたり区分し、その区分類型化結果を現地確認調査情報に適用することにより、汎用性をもたせうるようにした。

使用した写真は、主として1973年林野撮影の2.5倍引伸しのものである。同時に林業試験場撮影の赤外カラー写真およびマルチスペクトル写真を、樹種判読、ササの分布判読等に補助的に用いた。

なお、ここで用いた写真の諸元は表-2に掲げたとおりである。

写真判読による林型区分項目は、

- 樹種群と林況等(ブナ、ブナ・ミズナラ、モミ、ネズコ、二次林、沢筋の二次林、スギ、ヒノキ、カラマツ、アカマツ、それらの混交林、造林(新植)地、矮林、草地、伐採跡地、崩壊地、無立木地、その他、に分類)
- 疎密度(散: 1, 疎: 2, 中: 3, 密: 4に分類)
- 樹高(林分高)階(~9m: 1, 10~17m: 2, 18m以上: 3に分類)
- 樹冠直径(小: 1, 大: 2に分類)であり、立体視により判別した。

同時に、これまで月夜野事業区内で収集した現地標本点資料を、各林型ごとに層化し、それらの材積測定値の平均化により、各層別ha当たり材積を算出推定した。これ

表-2 使用写真の諸元

	撮影地区名	コース番号	撮影年月日	使用カメラ	焦点距離mm	撮影高度m	縮 尺	撮影計画機関
パンクロ	シマ山673 第2アガツマ ガワ	C11- 10~ 14	1973 5.13	ワイルド RC	209.92	5,360	約1/8,000 (2.5倍伸し)	林野庁
	シマ山673 第2アガツマ ガワ	C10- 4~6	1973 10.30	ワイルド RC	209.90	5,360	約1/8,000 (2.5倍伸し)	
赤外カラ ー	月夜野	C1~ C9	1973 10.30~ 31	ツアイス RMK30/23	304.99	4,400	約1/10,000 (密着)	林業試 験場
	月夜野	BC1	1973~ 11.4	ツアイス RMK30/23	305.39	3,050	約1/5,000 (密着)	
マルチ バンド	月夜野		1974 10.10	I'S MK1	150.	2,500	約1/10,000	林業試 験場
	月夜野	BG1	1974 10.21	I'S MK1	150.	4,350	約1/20,000	

らを基礎として各林型区分毎の蓄積級の適応値を定めた。

ブナ、ミズナラ等の天然林および、二次林については、現地調査資料を利用したが、データのほとんどないモミの天然林については立体観測の結果、妥当と思われるha当たり材積を、既往の結果や材積表、収穫表等を参照として与えた。

スギ、ヒノキ、カラマツ、アカマツ、それらの混交林等の人工林については、現地調査資料がほとんどないため、林令と立体観測による疎密度および樹高階を考慮し、この地方での収穫表の材積を適用して蓄積級を設定した。

以上により、表-3の林型区分と蓄積推定の表としてとりまとめた。林型区分図、樹種区分図、蓄積級区分図を図-8、図-9、図-10に示す。

□) 下層植生(ササ密度)図の作成: 下層植生の変化と林分構造および地形、土壤因子等との関係をみるために、本調査ではテストエリアにおいて、赤外カラー写真で判読可能であったササの植生密度区分を基準として、全域の分布図を作成した。

表-3 林型区分と蓄積推定一覧表

林型区分	林型記号	材積m ³ /ha	コンピュータ記号
ブナ天然林	B422		BB
	B421	415	B1
	B332		B2
	B322		B3
	B321	242	B4
	B311		B5
	B222	139	B6
	B221		B7
	B211		B8
	B122	72	B9
ブナ・ミズナラ林	B121		B0
	BM422		MM
	BM332	399	M1
	BM322	230	M2
	Y432		YY
二 次 林 (沢筋を除く)	Y422		Y1
	Y421	276	Y2
	Y231		Y3
	Y323		Y4
	Y322	143	Y5
	Y321		Y6
	Y222		Y7
沢筋の二次林	Y411		Y8
	Y311		Y9
	Y211	72	Y0
	Y122		Y+
	Y121		Y-
Y W 422			WW
	Y W 232	205	W1
	Y W 322	99	W2

林型区分	林型記号	材積m ³ /ha	コンピュータ記号
モミ林	A	400	A
ネズコ林	T	415	T
スギ	S 422		S S
	S 322	250	S 1
	S 321		S 2
	S 221	200	S 3
	S 311	70	S 4
ヒノキ	H 422		H H
	H 421	200	H 1
	H 322		H 2
カラマツ	K 421	120	K K
	K 411		K 1
	K 311	50	K 2
	K 211		K 3
アカマツ	P 411		P P
	P 311	70	P 1
アカマツ・モミ	PA 422	200	P 2
アカマツ・スギ	PS 411	70	P 3
カラマツ造林地	K Z	—	K Z
アカマツ・スギ造林地	PS Z	—	Q Z
アカマツ・カラマツ造林地	PK Z	—	R Z
造林地	Z	—	Z
矮林	C	—	C
草地	G	—	G
伐採跡地	N	—	N
崩壊地	D	—	D
無立木地	O	—	O
その他(貸地等)	E	—	E

注 林相記号は、樹種、疎密度、樹高級、樹冠直径の順で示してある。

樹種	B	ブナ天然林
	B M	ブナ・ミズナラ林
	Y	二次林(沢筋を除く)
	Y W	沢筋の二次林
	A	モミ林
	T	ネズコ林
	S	スギ林
	H	ヒノキ林
	K	カラマツ林
	P	アカマツ林
	P A	アカマツ・モミ林
	P S	アカマツ・スギ林
	Z	造林地
	K Z	カラマツ造林地
	P S Z	アカマツ・スギ造林地
	P K Z	アカマツ・カラマツ造林地
	C	矮林
その他の区分	G	草地
	N	伐採跡地
	D	崩壊地
	O	無立木地
	E	その他(貸地等)
疎密度	4	:密, 3:中, 2:疎, 1:散
樹高級	3	:18m以上, 2:10~17m, 1:9m以下
樹冠直径	2	:大, 1:小

以下の林分収穫表を参考にした。

スギ: 北関東、阿武隈地方スギ林 地位 下

ヒノキ: 関東地方ヒノキ林 地位 下

カラマツ: 信州地方カラマツ林 地位 Ⅲ

アカマツ: 盤城地方アカマツ林 地位 下

ササの植生区分は、密生地(3)、疎生地(2)、無植生地(1)の3段階に判別した。赤外カラー写真上に現われた現地確認調査点でのササ密生地の色調はサーモンピンク(Uni 60 colors 514)で、疎生地の色調はオレンジ(Uni 60 colors 506)であり、その境界判別は比較的容易であった。ササ疎生地と無植生地との境界周辺は、上層林分が密になり、また斜面による陰影のために不明瞭な箇所がしばしばみられた。

最終的なササ密度区分線の設定は、地上調査プロットの地床植生調査資料を、上層林分構造および地形、標高を考慮しつつ写真像と対応させてチェックすることにより確定した。なお、今回の現地確認標本点からは外れていたが、11月4日(落葉後)撮影の赤外カラー写真では、現地調査は全く不要なほど明瞭なササの分布を観察することができる。ササの密度分布図を図-11に示す。

ハ) 崩壊地分布：前記パンクロ写真および赤外カラー写真の判読により、前記の写真数値図上に、メッシュ毎に崩壊の存否を記入し、崩壊地メッシュ図を作成した。(図-12を参照)

(4) 加工情報

(4)-1 地形情報(傾斜方位、傾斜角)：メッシュの4隅の交点の標高値により傾斜面を作成し、傾斜方位は、②式により、傾斜角は、①式により求めた。(図-13を参照)
この実行は、プログラム<RELEASE>により行なわれる。(図-14、図-15を参照)

(4)-2 地表流線図：(4)-1の地形情報と標高データから、メッシュを通過する雨水量を求めるもので、プログラム<FLOW>により実行される。この場合、メッシュ毎の流水抵抗係数=流過係数(地表植生、土壤、傾斜角)や、土壤浸透係数等を入力することにより、モデル地域によるシミュレーション手法により、現実に則した地表流を推定することもできるようにしてある。プログラム<FLOW>の内容をフローチャートにすると図-16となる。また、空中写真および地形図より求めた沢の分布は、図-17である。

(5) 林地面崩壊指標計算

森林地帯に降った雨は、山腹斜面の最急勾配方向に沿って、沢あるいは河に到達する。したがって、山腹面に降った雨が流れる経路すなわち流線は、地形曲面の最急勾配方向を連続して追求していくことにより求められる。

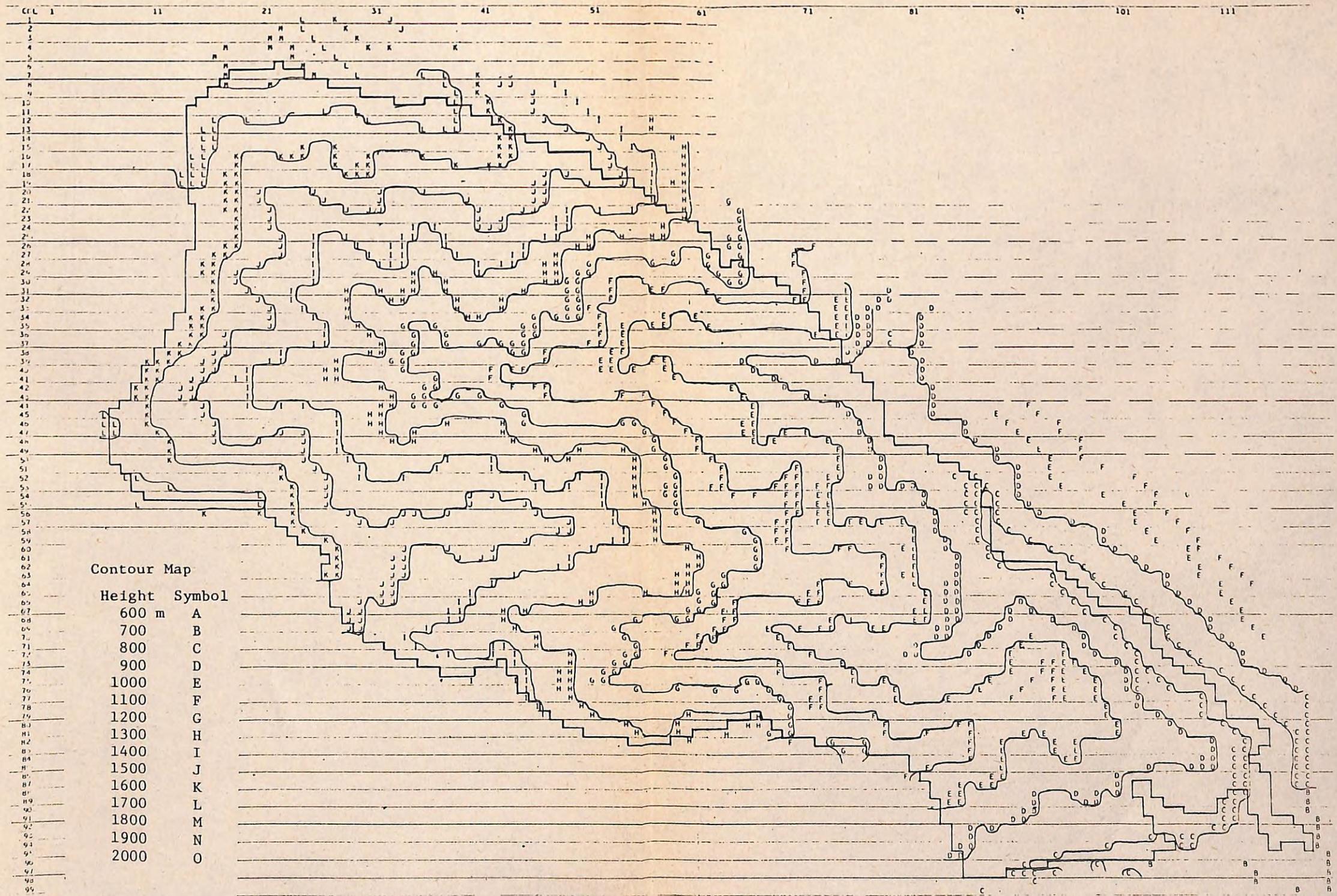


図5 電算機等高線図

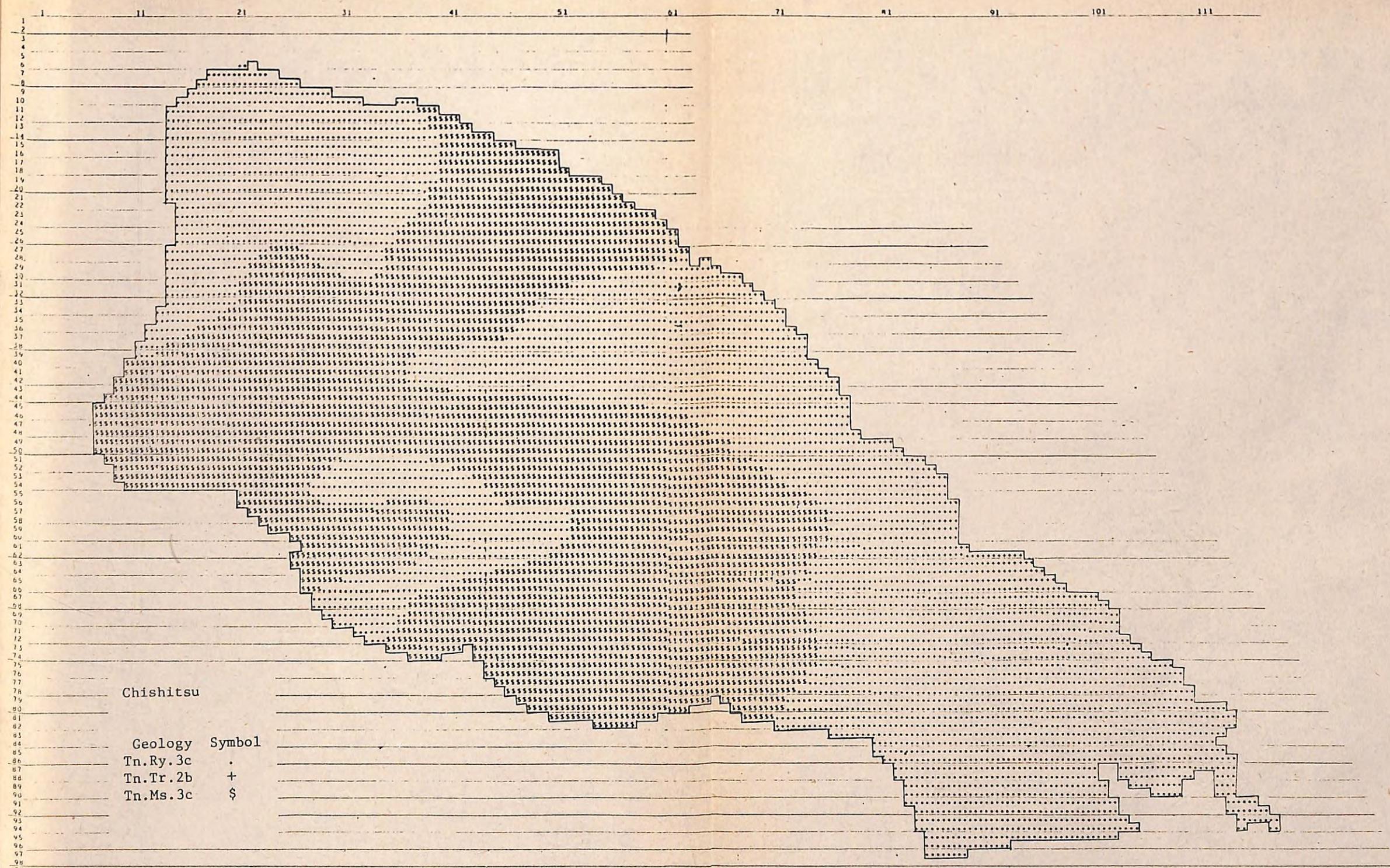


図 6 表層地質図

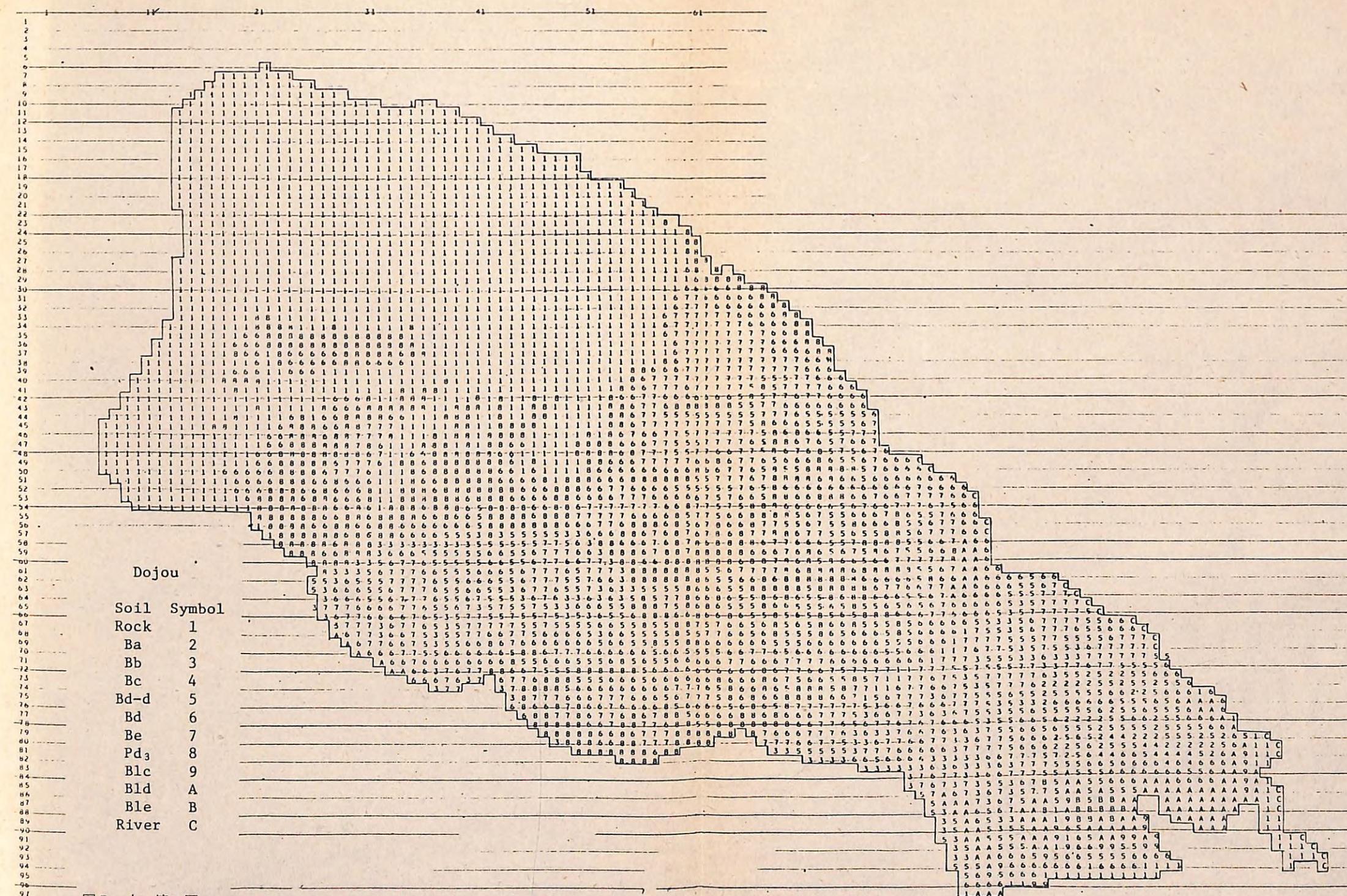


図7 土 壤 図

1 11 21 31 41 51 61 71 81 91 101 111
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
999
1000
1001
1002
1003
1004
1005
1006
1007
1008
1009
1009
1010
1011
1012
1013
1014
1015
1016
1017
1018
1019
1019
1020
1021
1022
1023
1024
1025
1026
1027
1028
1029
1029
1030
1031
1032
1033
1034
1035
1036
1037
1038
1039
1039
1040
1041
1042
1043
1044
1045
1046
1047
1048
1049
1049
1050
1051
1052
1053
1054
1055
1056
1057
1058
1059
1059
1060
1061
1062
1063
1064
1065
1066
1067
1068
1069
1069
1070
1071
1072
1073
1074
1075
1076
1077
1078
1079
1080
1081
1082
1083
1084
1085
1086
1087
1088
1089
1089
1090
1091
1092
1093
1094
1095
1095
1096
1097
1098
1098
1099
1099
1100
1101
1102
1103
1104
1105
1106
1107
1108
1109
1109
1110
1111
1112
1113
1114
1115
1116
1117
1118
1119
1119
1120
1121
1122
1123
1124
1125
1126
1127
1128
1129
1129
1130
1131
1132
1133
1134
1135
1136
1137
1138
1139
1139
1140
1141
1142
1143
1144
1145
1146
1147
1148
1149
1149
1150
1151
1152
1153
1154
1155
1156
1157
1158
1159
1159
1160
1161
1162
1163
1164
1165
1166
1167
1168
1169
1169
1170
1171
1172
1173
1174
1175
1176
1177
1178
1179
1179
1180
1181
1182
1183
1184
1185
1186
1187
1188
1189
1189
1190
1191
1192
1193
1194
1195
1195
1196
1197
1198
1198
1199
1199
1200
1201
1202
1203
1204
1205
1206
1207
1208
1209
1209
1210
1211
1212
1213
1214
1215
1216
1217
1218
1219
1219
1220
1221
1222
1223
1224
1225
1226
1227
1228
1229
1229
1230
1231
1232
1233
1234
1235
1236
1237
1238
1239
1239
1240
1241
1242
1243
1244
1245
1246
1247
1248
1249
1249
1250
1251
1252
1253
1254
1255
1256
1257
1258
1259
1259
1260
1261
1262
1263
1264
1265
1266
1267
1268
1269
1269
1270
1271
1272
1273
1274
1275
1276
1277
1278
1279
1279
1280
1281
1282
1283
1284
1285
1286
1287
1288
1289
1289
1290
1291
1292
1293
1294
1295
1296
1297
1298
1299
1299
1300
1301
1302
1303
1304
1305
1306
1307
1308
1309
1309
1310
1311
1312
1313
1314
1315
1316
1317
1318
1319
1319
1320
1321
1322
1323
1324
1325
1326
1327
1328
1329
1329
1330
1331
1332
1333
1334
1335
1336
1337
1338
1339
1339
1340
1341
1342
1343
1344
1345
1346
1347
1348
1349
1349
1350
1351
1352
1353
1354
1355
1356
1357
1358
1359
1359
1360
1361
1362
1363
1364
1365
1366
1367
1368
1369
1369
1370
1371
1372
1373
1374
1375
1376
1377
1378
1379
1379
1380
1381
1382
1383
1384
1385
1386
1387
1388
1389
1389
1390
1391
1392
1393
1394
1395
1395
1396
1397
1398
1398
1399
1399
1400
1401
1402
1403
1404
1405
1406
1407
1408
1409
1409
1410
1411
1412
1413
1414
1415
1416
1417
1418
1419
1419
1420
1421
1422
1423
1424
1425
1426
1427
1428
1429
1429
1430
1431
1432
1433
1434
1435
1436
1437
1438
1439
1439
1440
1441
1442
1443
1444
1445
1446
1447
1448
1449
1449
1450
1451
1452
1453
1454
1455
1456
1457
1458
1459
1459
1460
1461
1462
1463
1464
1465
1466
1467
1468
1469
1469
1470
1471
1472
1473
1474
1475
1476
1477
1478
1479
1479
1480
1481
1482
1483
1484
1485
1486
1487
1488
1489
1489
1490
1491
1492
1493
1494
1495
1495
1496
1497
1498
1498
1499
1499
1500
1501
1502
1503
1504
1505
1506
1507
1508
1509
1509
1510
1511
1512
1513
1514
1515
1516
1517
1518
1519
1519
1520
1521
1522
1523
1524
1525
1526
1527
1528
1529
1529
1530
1531
1532
1533
1534
1535
1536
1537
1538
1539
1539
1540
1541
1542
1543
1544
1545
1546
1547
1548
1549
1549
1550
1551
1552
1553
1554
1555
1556
1557
1558
1559
1559
1560
1561
1562
1563
1564
1565
1566
1567
1568
1569
1569
1570
1571
1572
1573
1574
1575
1576
1577
1578
1579
1579
1580
1581
1582
1583
1584
1585
1586
1587
1588
1589
1589
1590
1591
1592
1593
1594
1595
1595
1596
1597
1598
1598
1599
1599
1600
1601
1602
1603
1604
1605
1606
1607
1608
1609
1609
1610
1611
1612
1613
1614
1615
1616
1617
1618
1619
1619
1620
1621
1622
1623
1624
1625
1626
1627
1628
1629
1629
1630
1631
1632
1633
1634
1635
1636
1637
1638
1639
1639
1640
1641
1642
1643
1644
1645
1646
1647
1648
1649
1649
1650
1651
1652
1653
1654
1655
1656
1657
1658
1659
1659
1660
1661
1662
1663
1664
1665
1666
1667
1668
1669
1669
1670
1671
1672
1673
1674
1675
1676
1677
1678
1679
1679
1680
1681
1682
1683
1684
1685
1686
1687
1688
1689
1689
1690
1691
1692
1693
1694
1695
1695
1696
1697
1698
1698
1699
1699
1700
1701
1702
1703
1704
1705
1706
1707
1708
1709
1709
1710
1711
1712
1713
1714
1715
1716
1717
1718
1719
1719
1720
1721
1722
1723
1724
1725
1726
1727
1728
1729
1729
1730
1731
1732
1733
1734
1735
1736
1737
1738
1739
1739
1740
1741
1742
1743
1744
1745
1746
1747
1748
1749
1749
1750
1751
1752
1753
1754
1755
1756
1757
1758
1759
1759
1760
1761
1762
1763
1764
1765
1766
1767
1768
1769
1769
1770
1771
1772
1773
1774
1775
1776
1777
1778
1779
1779
1780
1781
1782
1783
1784
1785
1786
1787
1788
1789
1789
1790
1791
1792
1793
1794
1795
1795
1796
1797
1798
1798
1799
1799
1800
1801
1802
1803
1804
1805
1806
1807
1808
1809
1809
1810
1811
1812
1813
1814
1815
1816
1817
1818
1819
1819
1820
1821
1822
1823
1824
1825
1826
1827
1828
1829
1829
1830
1831
1832
1833
1834
1835
1836
1837
1838
1839
1839
1840
1841
1842
1843
1844
1845
1846
1847
1848
1849
1849
1850
1851
1852
1853
1854
1855
1856
1857
1858
1859
1859
1860
1861
1862
1863
1864
1865
1866
1867
1868
1869
1869
1870
1871
1872
1873
1874
1875
1876
1877
1878
1879
1879
1880
1881
1882
1883
1884
1885
1886
1887
1888
1889
1889
1890
1891
1892
1893
1894
1895
1895
1896
1897
1898
1898
1899
1899
1900
1901
1902
1903
1904
1905
1906
1907
1908
1909
1909
1910
1911
1912
1913
1914
1915
1916
1917
1918
1919
1919
1920
1921
1922
1923
1924
1925
1926
1927
1928
1929
1929
1930
1931
1932
1933
1934
1935
1936
1937
1938
1939
1939
1940
1941
1942
1943
1944
1945
1946
1947
1948
1949
1949
1950
1951
1952
1953
1954
1955
1956
1957
1958
1959
1959
1960
1961
1962
1963
1964
1965
1966
1967
1968
1969
1969
1970
1971
1972
1973
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995

図8 林型区分図

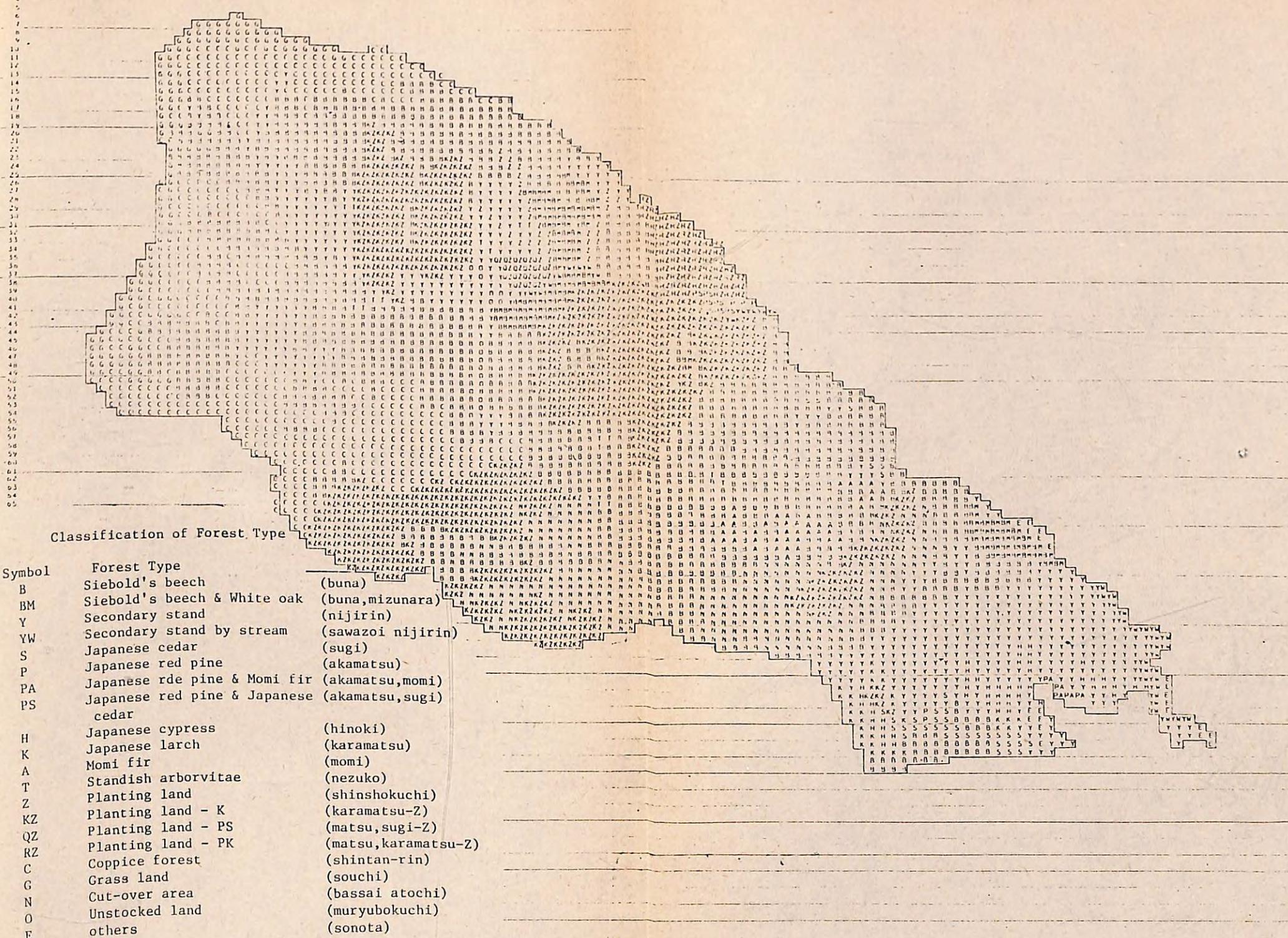


図9 樹種区分図

1 11 21 31 41 51



COL	1	11	21	31	41	51
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0
37	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0
39	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0
41	0	0	0	0	0	0
42	0	0	0	0	0	0
43	0	0	0	0	0	0
44	0	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0	0
46	0	0	0	0	0	0
47	0	0	0	0	0	0
48	0	0	0	0	0	0
49	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	0	0
53	0	0	0	0	0	0
54	0	0	0	0	0	0
55	0	0	0	0	0	0
56	0	0	0	0	0	0
57	0	0	0	0	0	0
58	0	0	0	0	0	0
59	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0
61	0	0	0	0	0	0
62	0	0	0	0	0	0
63	0	0	0	0	0	0
64	0	0	0	0	0	0
65	0	0	0	0	0	0
66	0	0	0	0	0	0
67	0	0	0	0	0	0
68	0	0	0	0	0	0
69	0	0	0	0	0	0
70	0	0	0	0	0	0
71	0	0	0	0	0	0
72	0	0	0	0	0	0
73	0	0	0	0	0	0
74	0	0	0	0	0	0
75	0	0	0	0	0	0
76	0	0	0	0	0	0
77	0	0	0	0	0	0
78	0	0	0	0	0	0
79	0	0	0	0	0	0
80	0	0	0	0	0	0
81	0	0	0	0	0	0
82	0	0	0	0	0	0
83	0	0	0	0	0	0
84	0	0	0	0	0	0
85	0	0	0	0	0	0
86	0	0	0	0	0	0
87	0	0	0	0	0	0
88	0	0	0	0	0	0
89	0	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0	0
91	0	0	0	0	0	0
92	0	0	0	0	0	0
93	0	0	0	0	0	0
94	0	0	0	0	0	0
95	0	0	0	0	0	0
96	0	0	0	0	0	0
97	0	0	0	0	0	0
98	0	0	0	0	0	0
99	0	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0	0	0

Undergrowth
Density Map

Class Symbol
High 3
Low 2
Sparse 1

Undergrowth Density Map

Class	Symbol
High	3
Low	2
Sparse	1

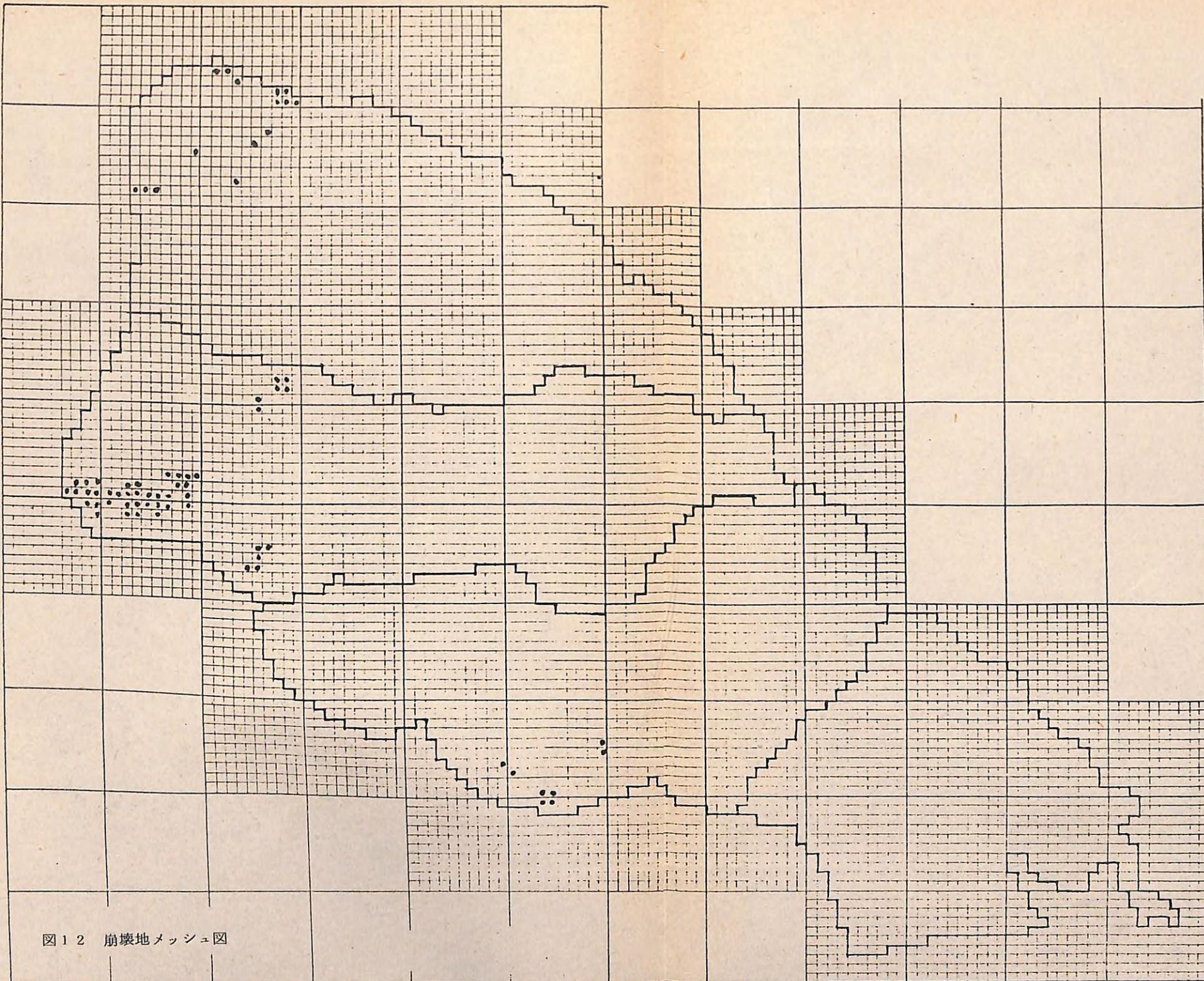
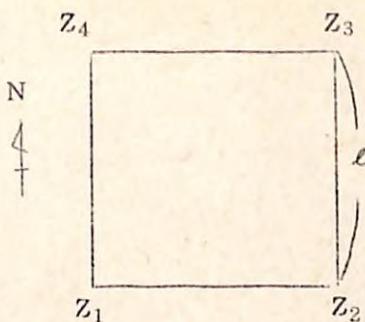


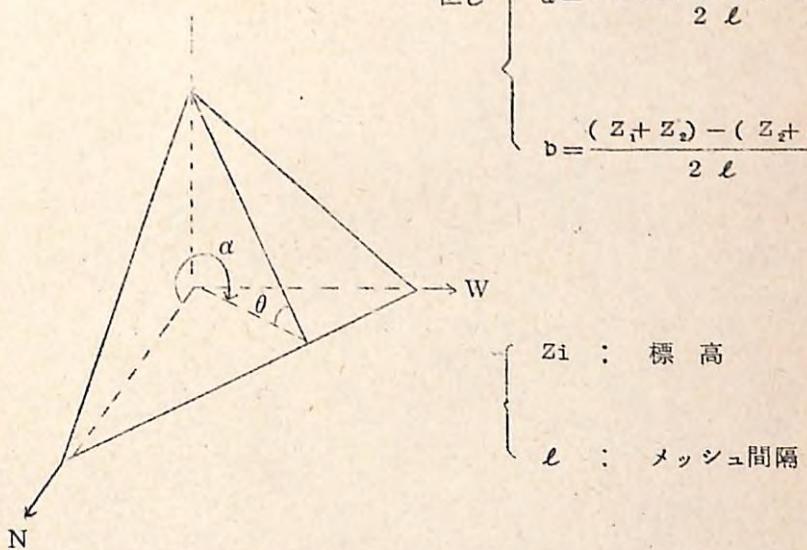
図12 崩壊地メッシュ図



傾斜角 $\cos \theta = \frac{1}{\sqrt{a^2 + b^2 + 1}}$ ①

方位 $\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{a^2 + b^2}}$ ②

但し
$$\left\{ \begin{array}{l} a = \frac{(Z_1 + Z_4) - (Z_2 + Z_3)}{2 \ell} \\ b = \frac{(Z_1 + Z_2) - (Z_3 + Z_4)}{2 \ell} \end{array} \right.$$



Z_i : 標高
 ℓ : メッシュ間隔

図-13 地形解析

本研究では、それぞれのメッシュに降った雨が沢に流入するまでの、各メッシュを通過する表面流水量を計算し、地表流線図（図-18）として表示した。ここでは、流線に沿って流れる雨水の運動エネルギーが、山地面の表面侵食力となって現われる。山腹斜面を流れる雨水の運動は次のような特性をもつ。

- 1) 雨水の量が大きいとき、流速は大きくなる。
- 2) 地形勾配が大きいと、流速は大きくなる。
- 3) 雨水は流速に比例した摩擦抵抗をうける。
- 4) 雨水は地表の状態すなわち下層植生や土壤条件および地質により流速に影響を与える係数、すなわち、流過係数をもつ。

This figure is a technical diagram, likely a map or a plan view, featuring a dense network of lines and labels in Japanese. The lines are primarily horizontal and vertical, with some diagonal and curved segments. The labels are written in a cursive or semi-cursive Japanese script (Kanji, Katakana, and Hiragana) and are placed at various points along the lines or in small boxes. The content is highly technical, possibly related to surveying, engineering, or geographical information systems. The overall appearance is that of a handwritten or printed technical document.

図 14 傾斜方位図

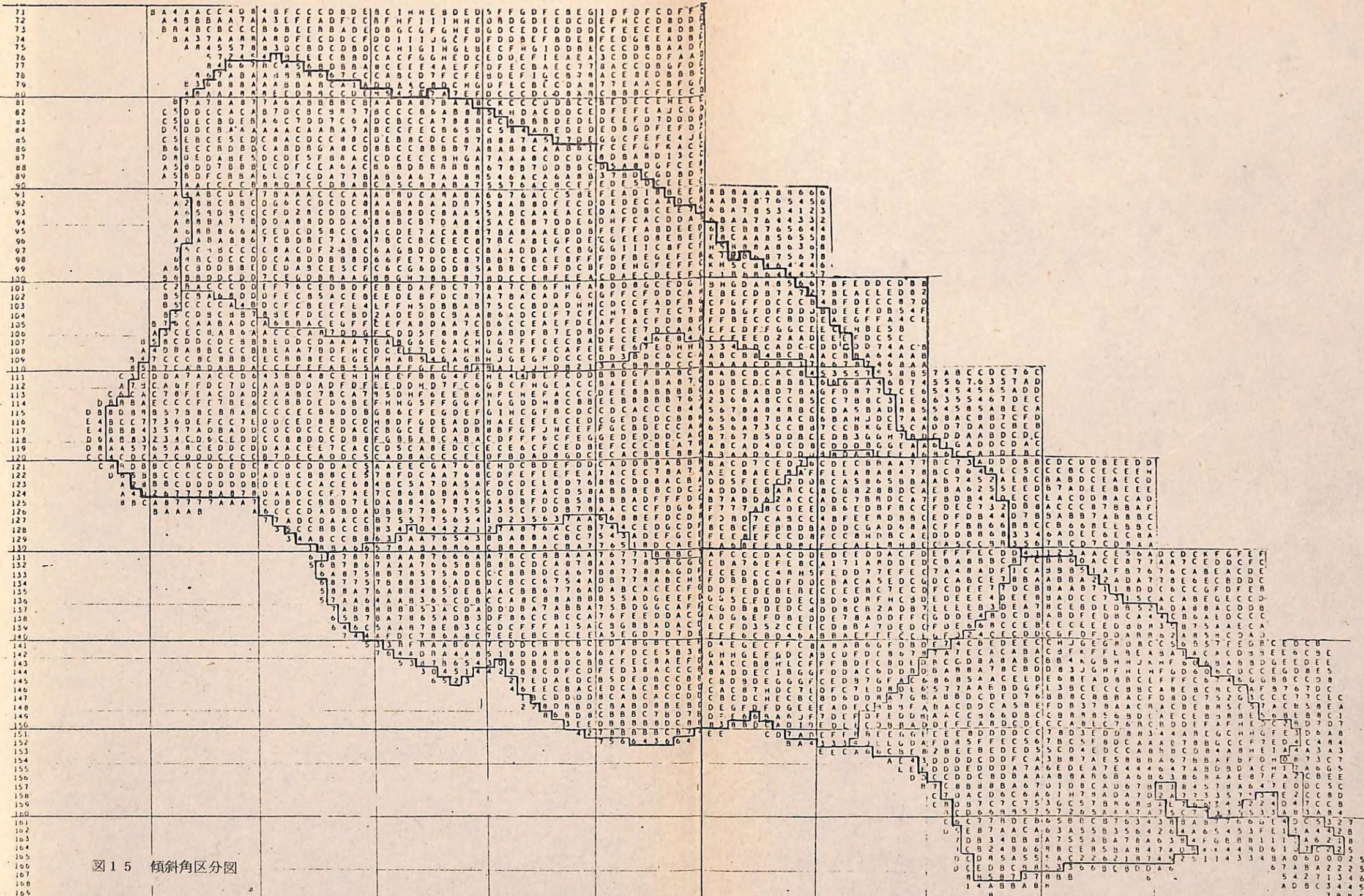


図15 傾斜角区分図

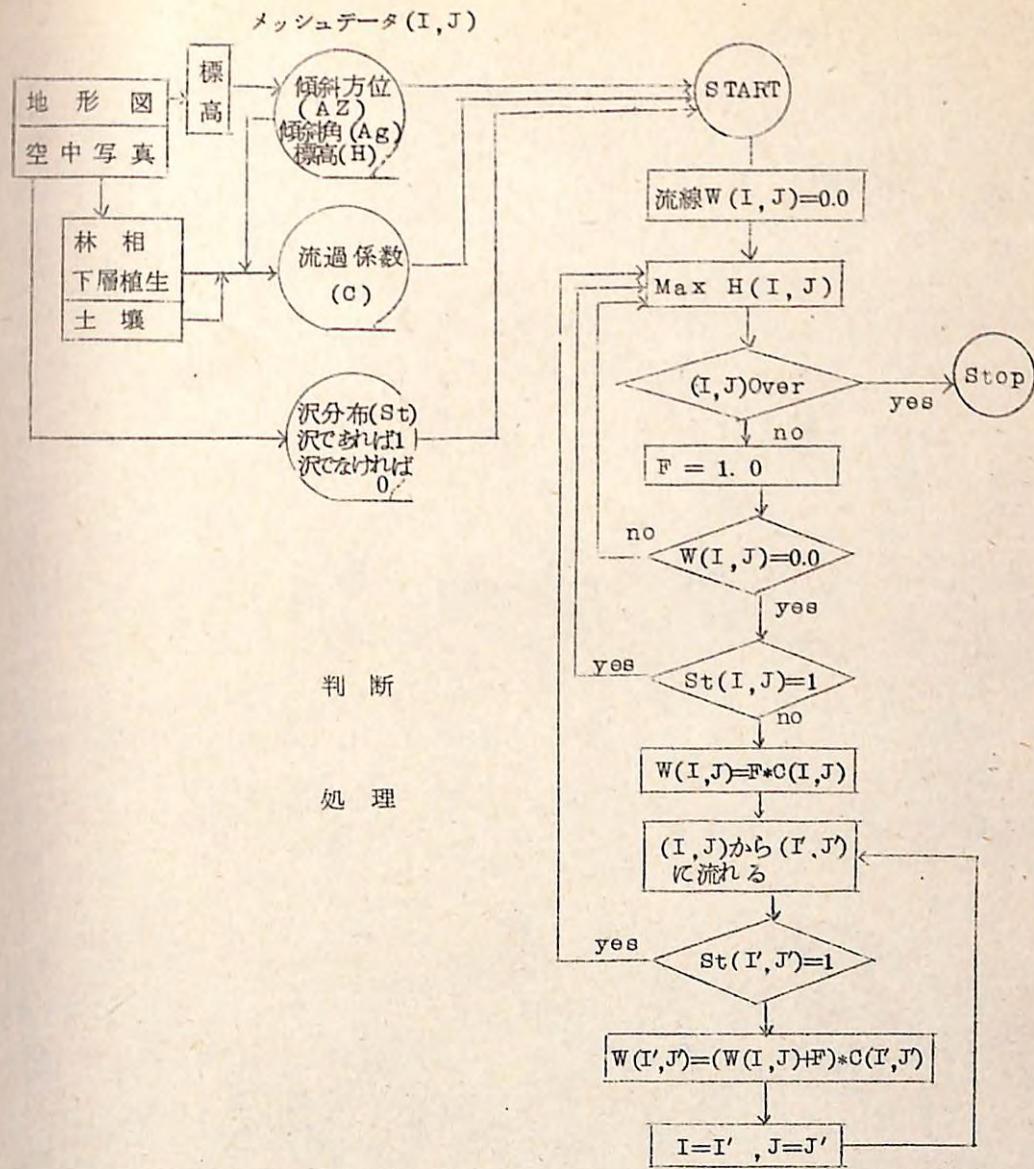


図-16 プログラム FLOW のフローチャート

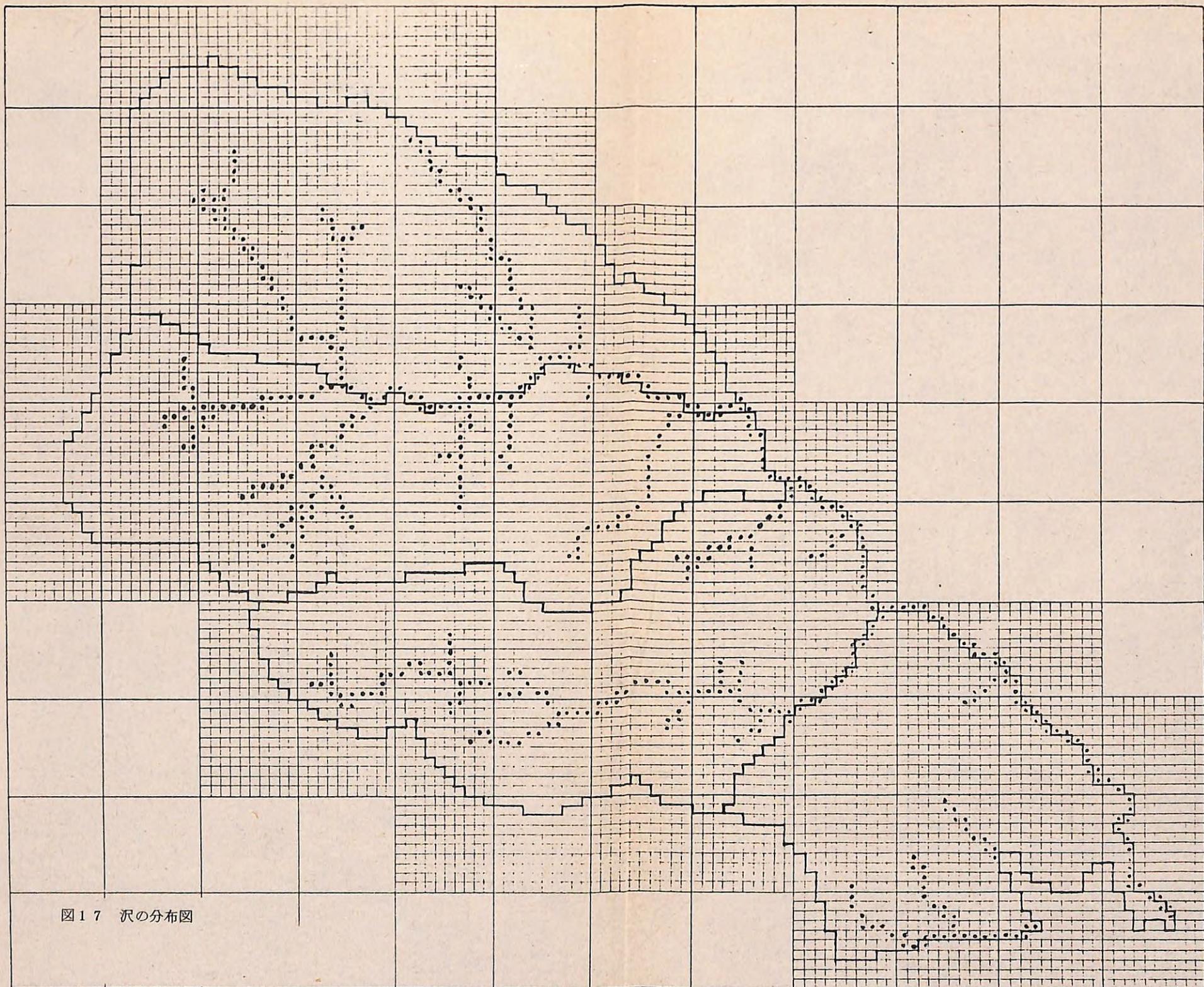


図17 沼の分布図

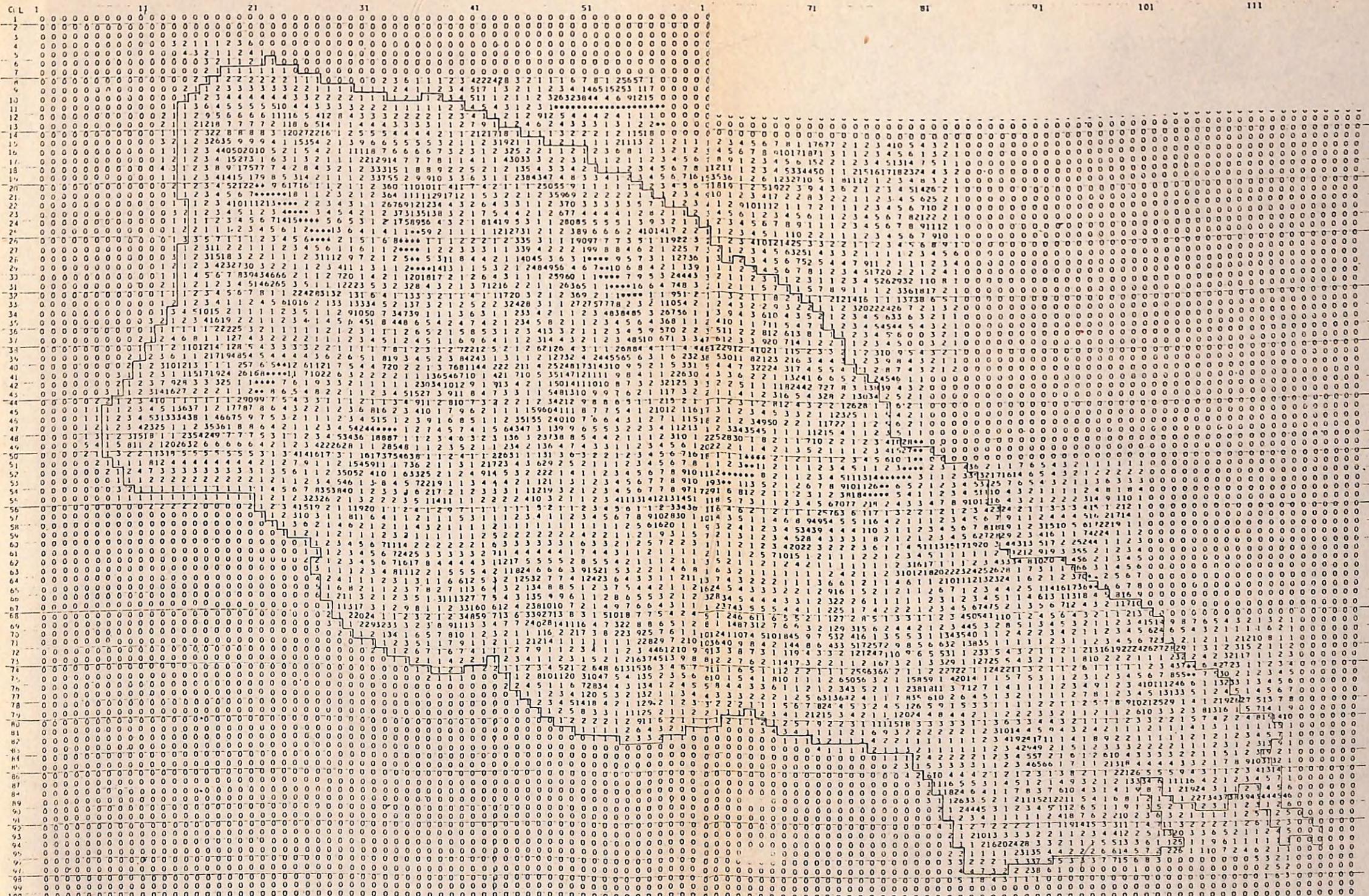


図 18 地表流線図

ただし、地表面に到達して、表面流となる雨水量は、林地の状態により変化する。また侵食を受ける斜面土壤の侵食抵抗差により、侵食量が異なってくる。すなわち、表面侵食力は、表面流の大きさと流速の積に比例し、斜面土壤の抵抗力に逆比例するから、雨量の大きさ、地形勾配の大きさ、土壤条件、地質、下層植生、林相（主として疎密度）を変数とする関数として表面侵食力を表現することができ、この侵食力の大きさをカテゴライズすることにより、林地面の崩壊指標が得られる、と考えることができる。

この場合、上記の各変数はメッシュ情報として既に収集されているが、変数相互の結びつき、すなわち、関数形が未定であり、また、侵食に関するデータはこの地点では皆無であるため、直ちに関数形を決定することは不可能である。この作業では、1つの関数モデルを想定するのではなく、各変数をカテゴライズし、各カテゴリーに重みを与える、重みの合計で崩壊指標を求めるにした。このような場合には各変数のカテゴライズの方法、および、重みの与え方が崩壊指標を求める上で、きわめて重要となる。

ここでは、「土砂崩壊危険地帯整備調査報告書—林野庁治山課、昭和47年」で求められた、数量化理論による崩壊危険地の判定結果、および他の文献に基づく総合判断により表-4に示すような要因を選定し、表-4に示すウェイトづけを行なった。

表-4 林面崩壊指標計算用要因と重みづけ

要因	カテゴリーと重み						
傾斜度	~10°	~18°	~22°	~27°	~31°	~35°	~
	-2	-1	0	1	2	3	4
流水量	~3	~5	~8	~10	~14	~20	~
	-2	-1	0	1	2	3	4
蓄積	~25m³	~75m³	~100m³	~150m³	~		
	3	1	-1	-2	-3		
疎密度	密	中	疎	散			
	-3	-1	1	3			
下層植生	密	疎	無				
	-1	1	2				
土壤	B _A , B _B	B _C	B _{D-D} , B _D , B _E , P _{DIII} , B _{LC} , B _{LD} , B _{LE} , Rock				
	1	0.5		0			1
地質	Tn, Ry, 3c	Tn, Tr, 2b	Tn, Ms, 3c				
	0	0	0.5				

各要因に対して、表-4に示したウェイトづけにより、現在の森林状態での地形安定評価を算出して指標表示すると、図-19となる。この図で、指標の数値が大きいメッシュほど不安定性が大きいことを示している。

次には、森林が伐採されたとき、この指標がどのように変化するかをみるとことにより、表面侵食に関する森林伐採の影響を推定できる。図-20が、森林を伐採したときの安定評価指標である。これにより、不安定方向へ指標が大巾に変化しているメッシュも明らかにされた。この不安定方向へ大巾に変化するメッシュに関しては、森林伐採に際しては、十分な配慮をする必要性があることをこの結果は示している。また、プログラム(FLOW)によって計算される流水量は、図-15にみられるように、そのメッシュでの雨水流下の抵抗性を示す流過係数が新たに加味され、さらには、そのメッシュに対する上部斜面の流過係数をも総合化した影響度合を示すものであるため、そのメッシュおよび上部斜面での伐採の方法によって、流水量が変化することにより、伐採の方法をいろいろ変えることによって、不安定要素がどのように変化するかをみることができる。

$$\text{崩壊指標} = \sum_{i=1}^M t_{ij} \quad \dots \dots \dots \quad (3)$$

t_{ij} : i 要因 j カテゴリーに与えられたウェイト

ここでは、地形安定評価を、(3)式の方式で指標を算出したが、この評価法が妥当であるか、他のモデル式を採用すべきかは、この分野での研究成果の検討によって判断されるものである。

収集されたメッシュデータから適切なデータを選定し、データの合成(例えば、3種類のデータにそれぞれ、3原色、青、緑、赤を組合せて発色させる)像を作成すれば、またそれを森林情報画像としてみることができ、画像表示装置等を利用してすることにより、情報解析作業も人間との会話方式で行なえ、その効率が飛躍的に向上するであろう。

ここでは、オーバーレイされたメッシュデータの解析例として、表面侵食を取りあげて情報解析を試みたが、この結果は森林資源情報全般へ拡大することが可能であり、入力される情報の質および精度を勘案することにより、既に研究開発された各種情報解析モデルの有効な利用が可能である。

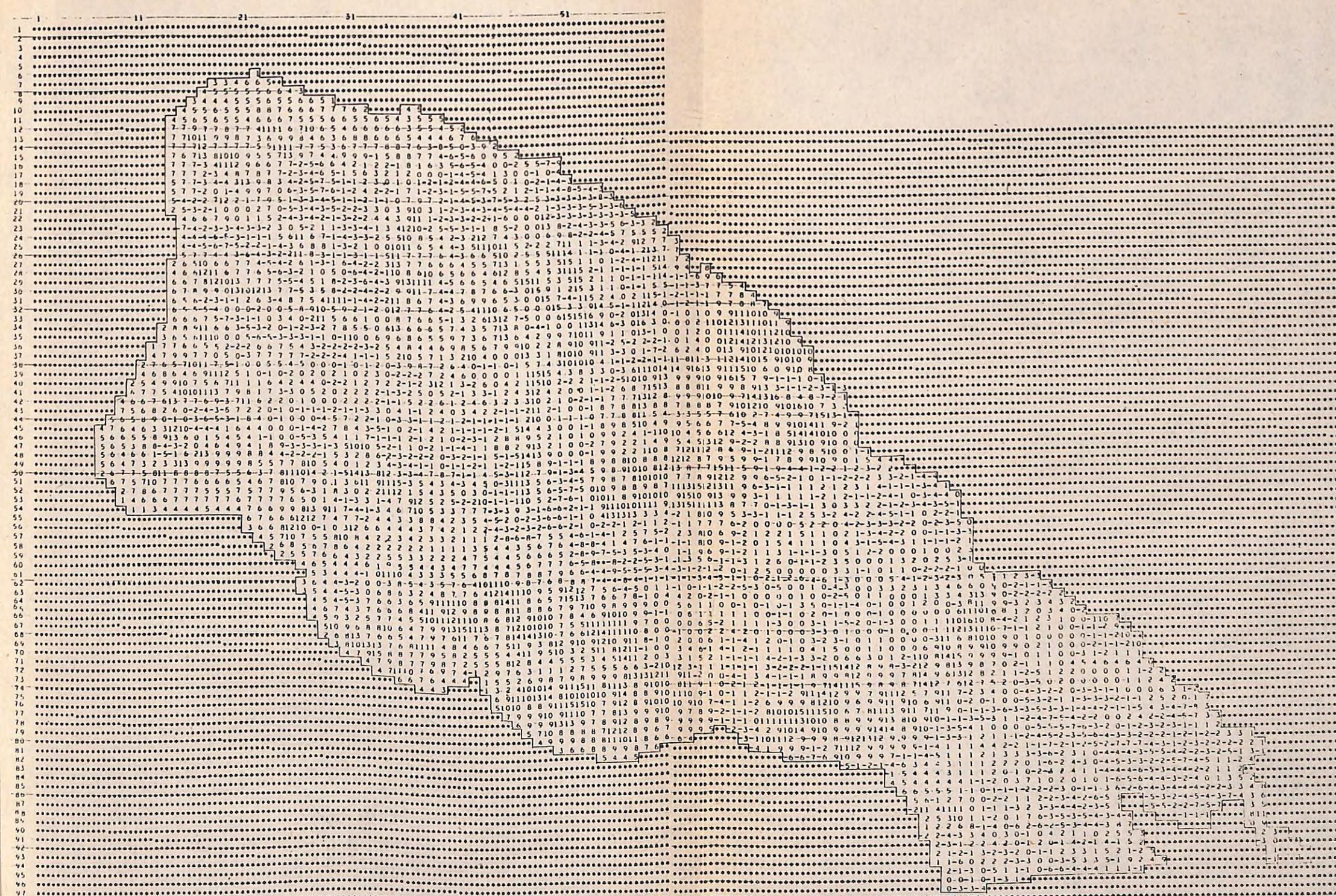


図19 林地面崩壊指標図

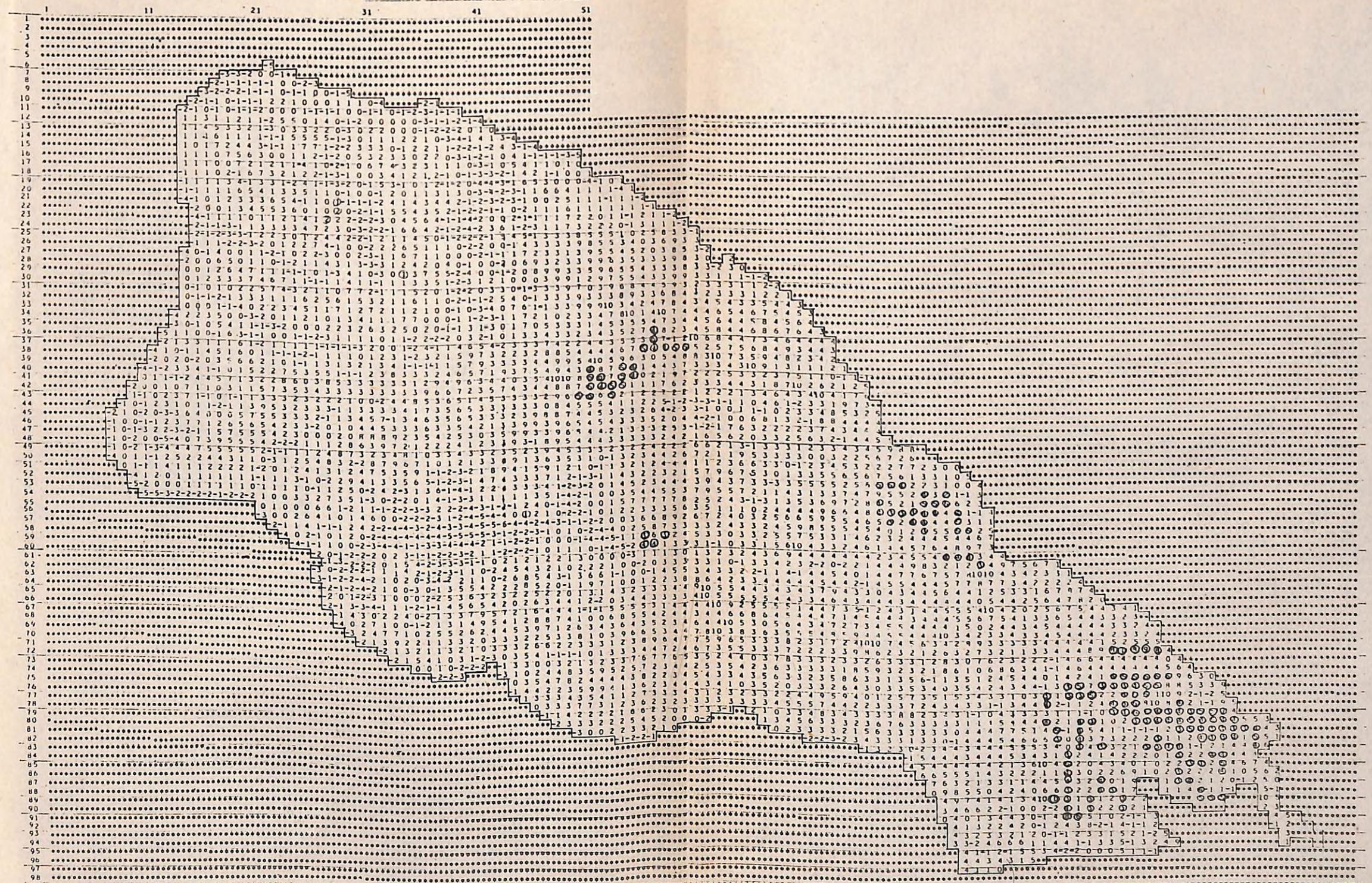


図20 森林伐採による崩壊指標変化図
○印は伐採要注意林分

V 試験の効果

空中写真上で判読収集される森林の観測項目を数値的に計測することにより、林分の蓄積量、成長量、成長量、更新量等の調査を目的とする推定数値表作成手法の体系が明らかになり、この体系が、さらに森林情報解析に有効に活用できることが明らかになった。

空中写真情報を効率的に利用する上では、情報の収集および格納単位の基準化を行なうこと必要であり、情報の属地的、かつ有機的な解析には、メッシュ方式のデータバンクシステムが、きわめて有効であることが明らかになった。このメッシュ方式データバンクへの空中写真および非映像データからの経済的な情報収集基本システムの開発により、非映像情報の組入れ利用による空中写真情報の効果的な処理解析を実用化することが可能になり、森林の経営、管理、および施業計画および評価を著しく能率化し、近代化する基本的な手法が明らかになった。

本試験の技術は、今後の主要な情報収集システムと期待されるリモートセンシング技術導入による森林情報収集、処理、解析への道を開き、また常時観測体系確立の基礎研究をなすものである。

なお、本試験においては、メッシュデータの解析手法（メッシュアナリシス）の研究、標高データの入力方法に関する研究、森林施業計画に必要な情報収集のためのセンサーに関する研究、リモートセンシング技術を利用して効果的な広域情報整備を可能とする手法の開発等、多くの継続すべき課題を残している。

環境緑化法－海岸緑化風致
防災林造成技術の確立

環境緑化法－海岸緑化風致防災林造成技術の確立

I 試験担当者

北海道支場治山研究室 工 藤 哲 也
 遠 藤 泰 造
 " 防災研究室 増 田 久 夫
 鈴 木 孝 雄
 吉 武 孝

II 試験目的

北海道をとりまく日本海、オホーツク海、太平洋の海岸について、立地環境を総合的に評価解析し、海岸緑化のための環境評価法を確立する。また、北海道で従来おこなわれてきた海岸緑化の方法を再検討し、新型防風工を中心とした海岸緑化の技術を開発する。

III 試験の経過と得られた成果

上述のようにこの課題の目的とするところは、北海道における各地海岸の林木に対する環境評価をおこなうことと、海岸林造成・維持をおこなう場合の技術の一翼である防風工の改良をはかることであった。ところがいくつかの理由により、立地環境調査は日本海側の1海岸で海岸林の生長解析をおこない得たにとどまり、新型防風工の開発及びその効果試験に重点をおかざるをえなかつた。以下その経過と結果を報告する。

1. カシワ海岸林の生長解析

林木はその生立する土地の気象条件、地形、土質、周辺の植生の影響をうけながら生育するから、ある海岸に生立する林木の現形状とか生長の過程は、その海岸地における生育環境の反映とみることができる。したがつて残された天然生海岸林はその海岸地の立地環境を知るために、好適な調査対象である。

ここでは1事例として道内の海岸に広く分布するカシワ林を対象に、日本海に面した磯谷で調べた。

1-1 調査地の概況

函館営林局管内中山国有林に源を発する尻別川は、磯谷郡蘭越町港（旧名磯谷）で日本海に注いでおり、河口より北北東方向の海岸線と平行する砂丘上にカシワ林が自生し

ている。その林帯は汀線から 70 m ~ 100 m 離れたところから始まり、幅は 50 m ~ 200 m 、長さ 1 km 強である。

その海側の林縁部は著しい風衝樹形を呈しており、樹高はきわめて低く、内陸に向うにつれて樹高をまして、内陸側林縁では 7 m ~ 8 m に達している。ところどころに梢頭を結ぶ線が流線を描く林分がみられる。

地表植生は、汀線寄りの砂地ではハマニンニク、コウボウムギ、ハマエンドウなどの海浜植物が優占し、林帶寄りには 2 m 前後のオオイタドリが多い。林内では 1 m 前後のクマイザサが密生している。

1-2 風衝林形(1)

一般に強風地における森林には、その森林を構成している個々の樹木の高さが卓越風の風上側で低く、風下側にむかうにしたがって次第に高くなり、林分全体をみると、樹木の梢頭を結ぶ線はひとつの流線形状を呈しているものがある。

このような形状の林を、筆者らは流線林形とか風衝林形と呼んでいる。

風衝林形は北海道では偏形樹と同様に、内陸では春から夏にかけて南よりの風が卓越する地方にもみられるが、海よりの強い冬季季節風の卓越する海岸地で顕著である。

このような林の形状は、その林が生育する海岸地の立地環境とりわけ海風の強さを示唆するものとおもわれる。

1-2-1 調査の方法

前述のカシワ林帯の北東部で、海側林縁の偏形樹の偏形方位を測り、NW 50° ~ SE 50° 方向に 1 測線を設定した。そのち測線に沿って、海側林縁から一定間隔で地盤高と樹高を測定した。

1-2-2 結果

測定の結果を表-1 に示す。表-1 で距離 X とは、任意に決めた海側林縁のある地点(原点)から各測点までの水平距離である。樹高 H は各測点における実際の樹高、修正樹高 H_x は測点の地盤高の高低を加減した。距離 X におけるみかけの樹高、つまり原点を通る水平な基準面から各測点における樹木梢頭までの比高である。

表-1

測点	距離 X	樹高 H	修正樹高 H _x
1	0.5 m	1.7 m	1.7 m
2	5.5	3.0	3.6
3	10.5	3.8	5.2
4	15.5	4.9	6.3
5	20.5	5.2	7.2
6	25.5	5.3	7.6
7	30.5	5.6	8.4
8	35.5	5.4	8.8
9	40.5	4.9	9.3
10	45.5	4.4	9.4
11	50.5	6.3	9.9

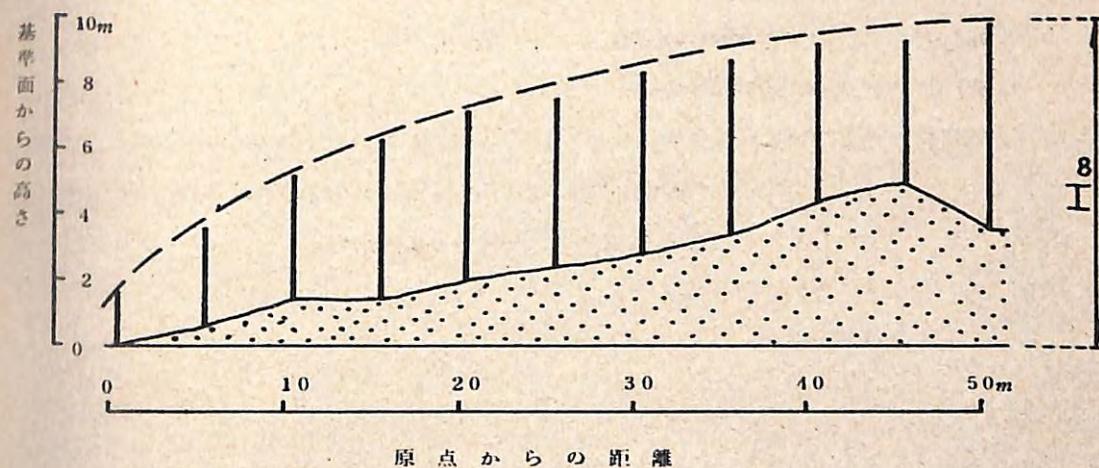


図1 風衝林形の形状

表-1を図示すると図-1のようになり、この林は海側林縁から内陸側に遠ざかるにつれて、次第に(みかけの)樹高が増していく形状であることがわかる。

ここでこの林が図-1のよう、少しずつ樹高を増して無限遠まで続いている場合を想定し、このときに到達する樹高を H_∞ とする。

$h_x = H_\infty - H_x$ とおくと、 h_x は次のような式で近似できる。

$$h_x = h_0 e^{\alpha x} \dots \dots \quad (1)$$

但し h_0 : 海側林縁 $X=0$ における h

α : 係数

また $h_0 = H_\infty$ だから、(1)式と $h_x = H_\infty - H_x$ の関係から H_x は

$$H_x = h_0 - h_0 e^{\alpha x}$$

$$= h_0 (1 - e^{\alpha x}) \dots \dots \quad (2)$$

とあらわせる。つまり(2)式は風衝林の形状をあらわしている。

(1)式で両辺の対数をとると

$$\ln h_x = \ln h_0 + \alpha x \dots \dots \quad (3)$$

最小自乗法によって $\ln h_0$ と α の推定値を求め、(3)式に代入すると $\ln h_x$ すなわちそれぞれの測点における h_x の推定値 \hat{h}_x を算出できる。そして実測値 h_x と推定値 \hat{h}_x の差を d とする。

表-2に、 $H_\infty = 10m, 11m, 12m, 13m$ とした場合の $\ln h_0$ と $\alpha, \sum d^2$ を示す。 $\sum d^2$ は H_∞ の値に応じて変化し、 $\sum d^2 = \sum (h_x - \hat{h}_x)^2$ の意味するように、 H_∞ の値によって推定される曲線式のあてはめの良さをあらわしている。この表でみると $H_\infty = 11m$ で $\sum d^2$ は最小であるから、ここで扱ったカシワ海岸林の風衝形状は

$$h_x = 11 (1 - e^{-0.041015x})$$

と表現される。

表-2

	H _∞			
	10m	11m	12m	13m
$\ln h_0$	2.438504	2.218121	2.267049	2.342861
α	-0.073655	-0.041015	-0.030894	-0.025129
$\sum d^2$	10.1	0.23	0.97	1.63

1-3 カシワ海岸林の生長解析

供試木を採取した場所と位置は前掲(1-2)風衝林形の推定地と同じで、NW 50° ~ SE 50° の測線に沿って、幅 60m 弱の林帶の前縁・中央・後縁から 1 本ずつ採取し、供試木 1, 2, 3 とした。供試木は枝葉のついた单木の状態で支場に持ち帰った。次にセクションを切った平面上に、採取地で生立していた状態と同じように供試木を置き、幹から当年枝までスケッチし、供試木 1, 2, 3 の正面図と側面図を作成した。樹高(樹令)は各々 3.0m(57 年), 5.1m(58 年), 4.9m(57 年)であった。

1-3-1 年伸長量と乾物生産量の測定供試木の年ごとの伸長の境界となる幹、枝の結節点は、直径 10cm 以上ではやや良、以下では明瞭であったので、比較的容易に年伸長量を測定できた。そのち結節点付近で幹、枝を切断し、葉とともに秤量した。

1-3-2 切断面の年輪数判読の方法

カシワの幹、枝の切断面には偽年輪がみられ、かつ年輪界も明瞭でなかった。しかしカシワは環孔材であり、春材導管の環孔が明瞭である。それで環孔を年輪の代用として、実体顕微鏡を用いて各部位の断面の年数を算定した。なお環孔が年輪の代用として有効であることは、当支場で植栽した生育年数のわかっているカシワで確かめた。

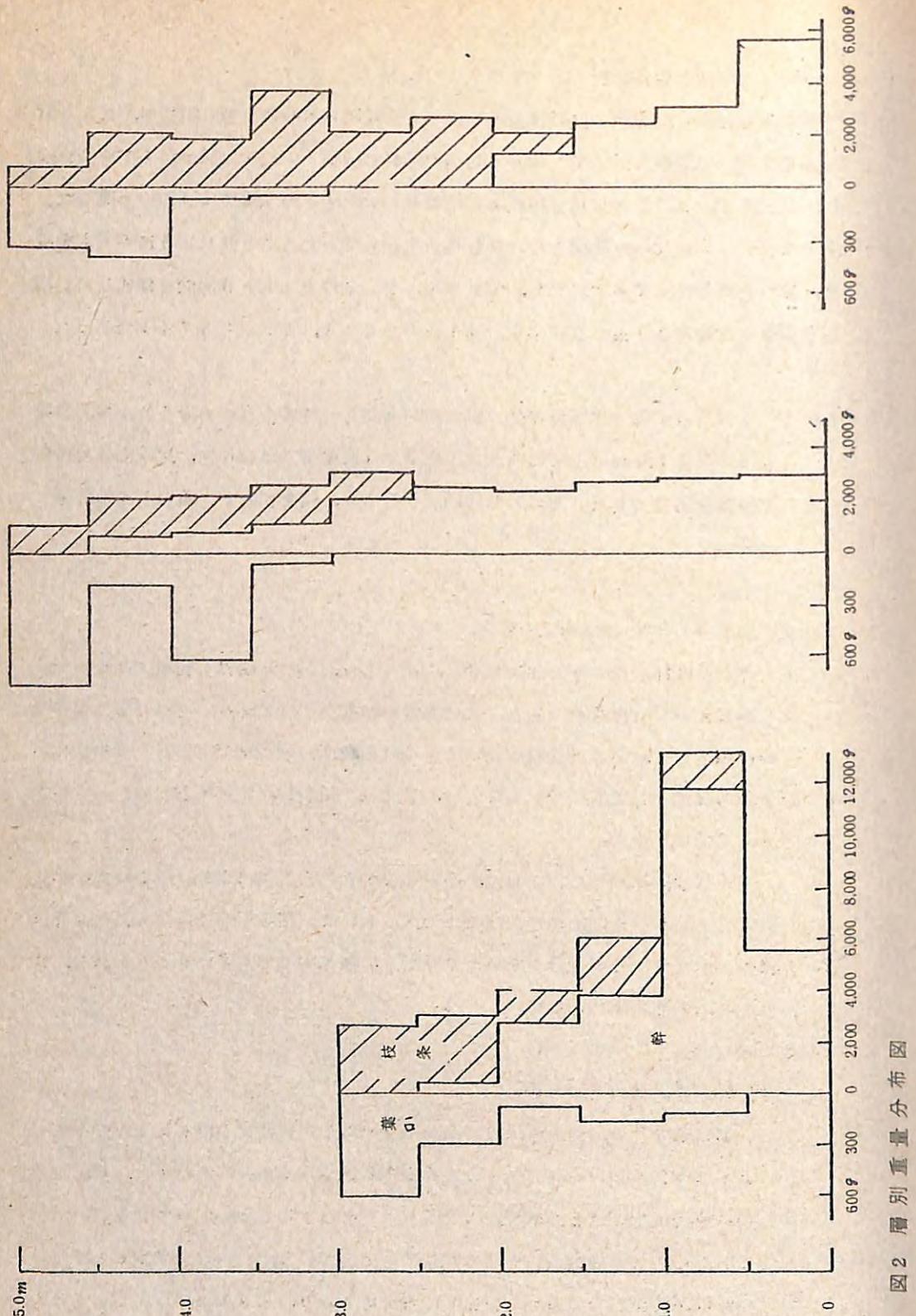
また各部位の断面のなかには、その中心からとる方向により、年数の違いが生じることがあった。その場合はある年次において、何らかの生育障害により春材導管が形成されない部分があったと判断し、環孔輪の最も多いところを数え、これをその断面の年数とした。

1-3-3 測定結果

イ) 乾、枝、葉の重量分布

供試木 1, 2, 3 の幹、枝、葉を 50cm ごとに分けて合計してえた値を図-2 に示す。内陸の一般林地における樹木の高さ別重量分布の様子は、幹、枝条では地表に近いほど大きく、ピラミッド状をなすことが知られている。

しかし、この場合はそのような分布をとっていない。これは供試木 1 ではその形状が典型的な風衝形を呈しているためであり、供試木 2, 3 については若



令時に若枝が生育障害をうけて正常な発達をできずに林冠が閉鎖した生長経過をたどったとおもわれ、下枝のほとんどみられない樹形を反映している。

ロ) 枝の分岐点における年数

どの供試木も数多くの分枝をもつが、枝の分岐点の年数については、海側の枝の年数の方が、内陸側のそれよりも少ない傾向がみられた。これは海側の枝の発生が内陸側の枝よりも数年遅れることであり、海側の若枝とか芽が枯死しやすいという、実際の観察例とも一致する。

ハ) 供試木の生長の推移

健全に生育した樹木の幹枝は1年ごとに連続的に年輪数を増加させていくが、供試木では結節点を境にして、数年の空白期間をもつて不連続な場合があった。これを以後生長の停滞と呼ぶ。

生長の停滞が起る理由としては、これまでの観察により次のように考えた。すなわち5月に開芽し秋季までに上長肥大生長を終えたカシワの若枝は、その分岐点から先端まで通常8~12カ所に冬芽をもつ。しかし海側林縁部とか林冠上縁に位置している若枝の芽は、冬季の塩分を多量に含む強風によって部分的に、ある場合には全部枯死することが多い。したがってある若枝の正味の伸長量は、枯死を免れた芽の位置によって決定される。越冬後着生していた芽の全部が被害をうけた若枝は枯死し、前年の伸長量はゼロとなる。これが生長の停滞である。そしてこのような現象をくり返した年数だけ生長の停滞が起る。

生長の停滞が多年にわたって起っている部位はコブ状になっているのが外見上の特徴である。

供試木の年伸長量の測定結果を図-3, 4, 5に示す。これによれば生長の停滞はどの供試木にも幹、枝を問わずに現われている。生長停滞年数の最大は供試木1~3の幹ではそれぞれ4年、8年、8年で、枝では19年、7年、5年である。また汀線側から内陸方向に順序よく枝の着生している供試木1について各枝の生長停滞年数の合計は、海側に近い枝ほど多い傾向がみられる。

供試木の各部位における年数と側面図とから生長期間を6期にわけて、供試木の生長経過を図-6, 7に示す。

初年度の供試木1~3の年伸長量はそれぞれ28cm, 46cm, 40cmと良好な伸びを示しており、伸長量の大きさからみて、この林帶は大正5~6年頃に皆伐された萌芽更新林分とおもわれる。

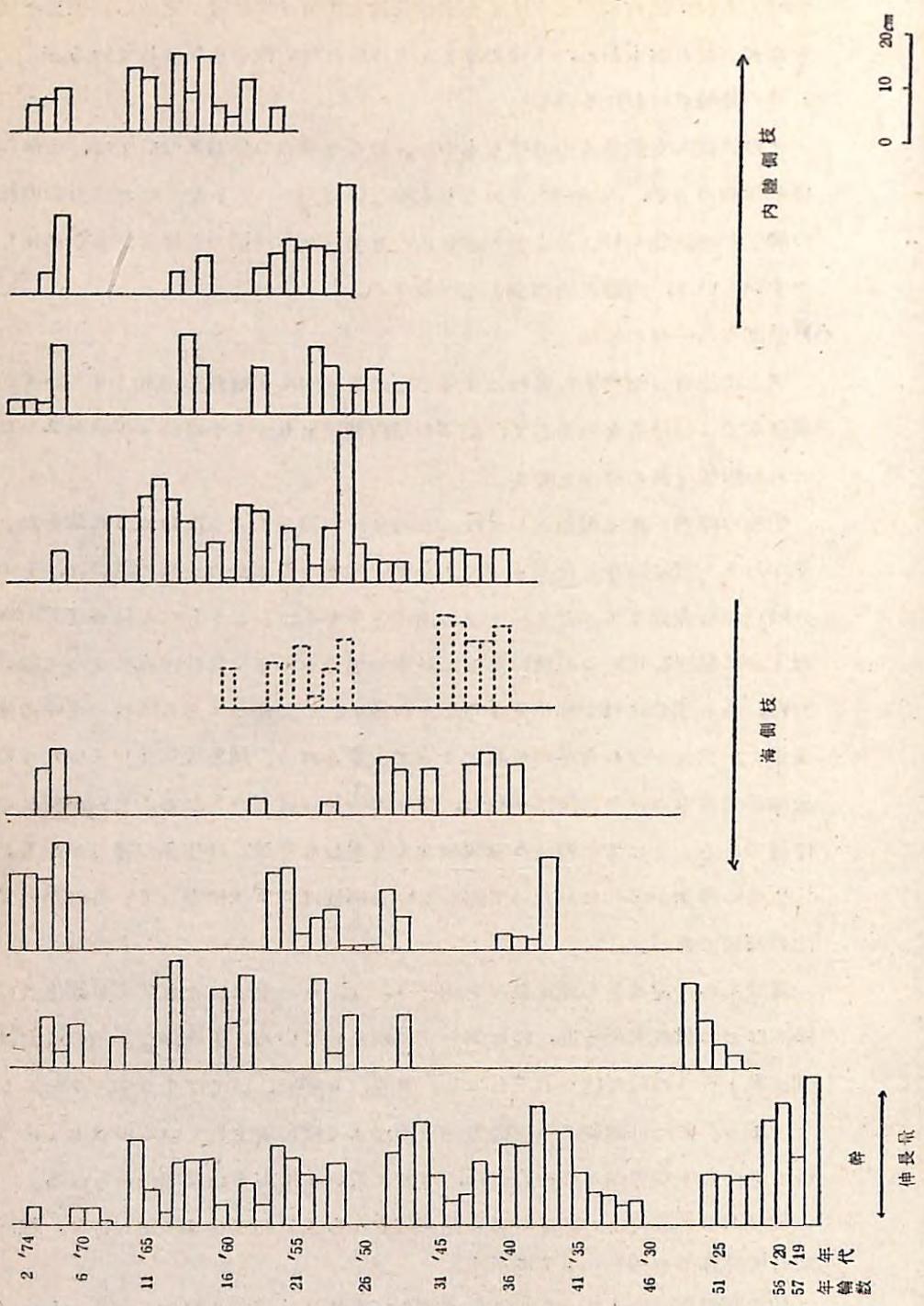


図3 供試木1にておける年代別伸長量

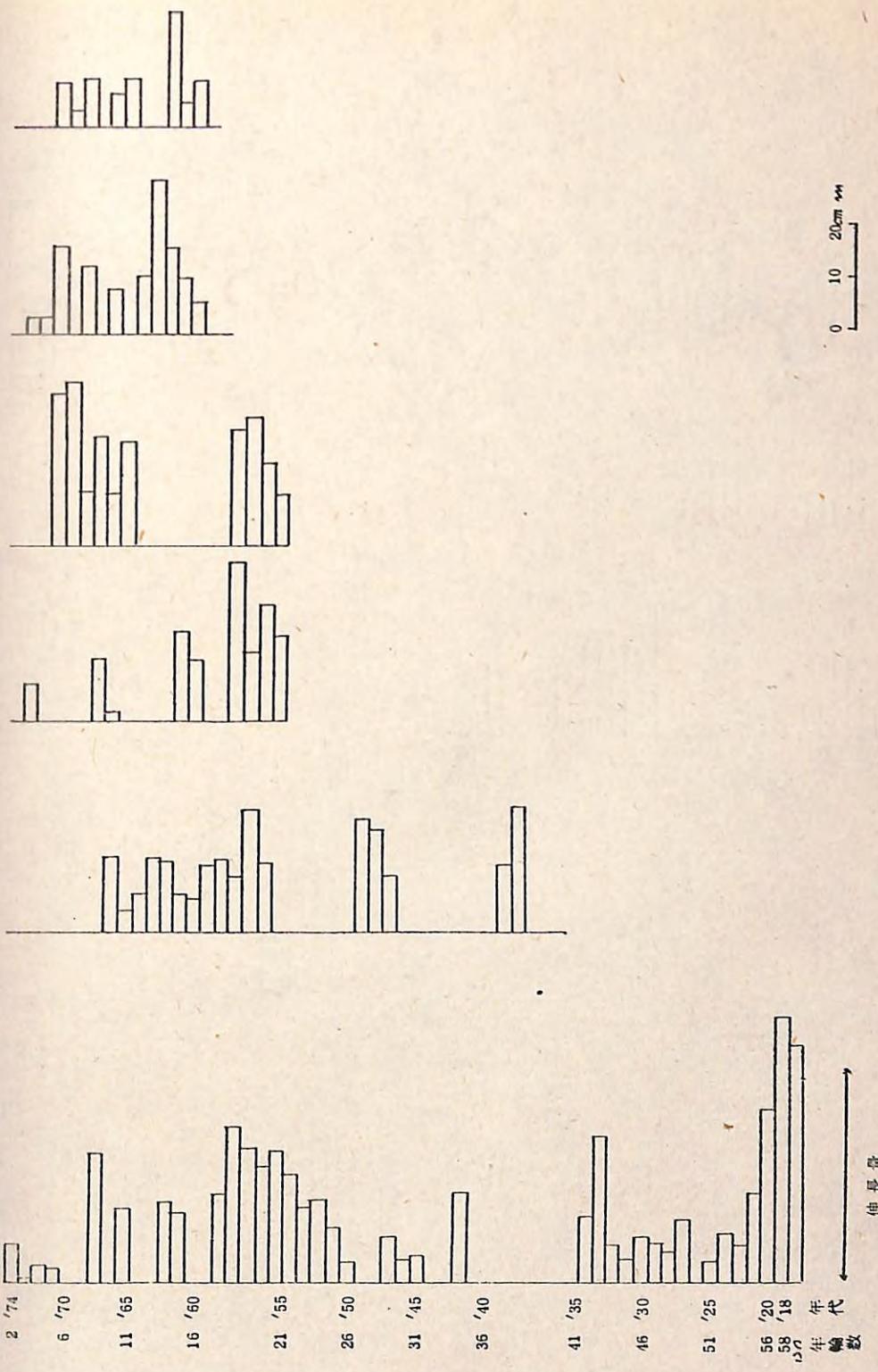


図4 供試木2にておける年代別伸長量

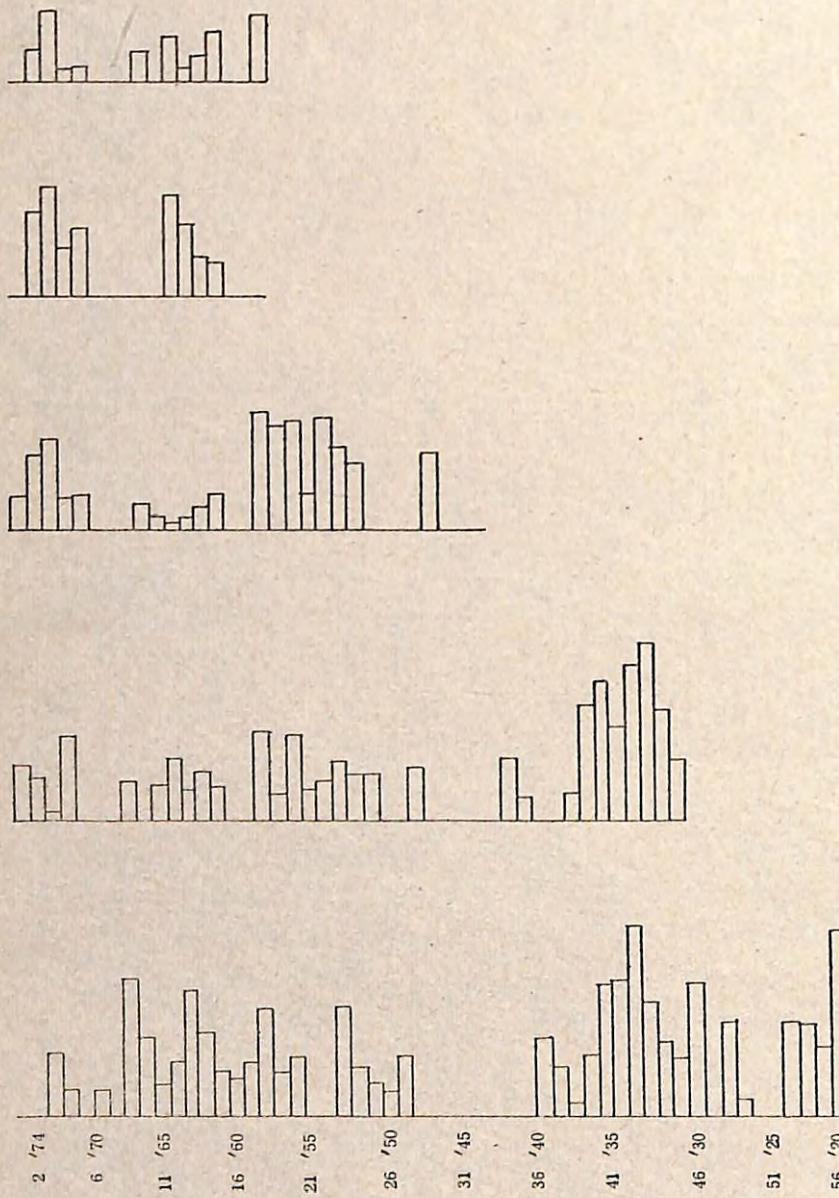


図5 供試木3における年代別伸長量

0 10 20 mm

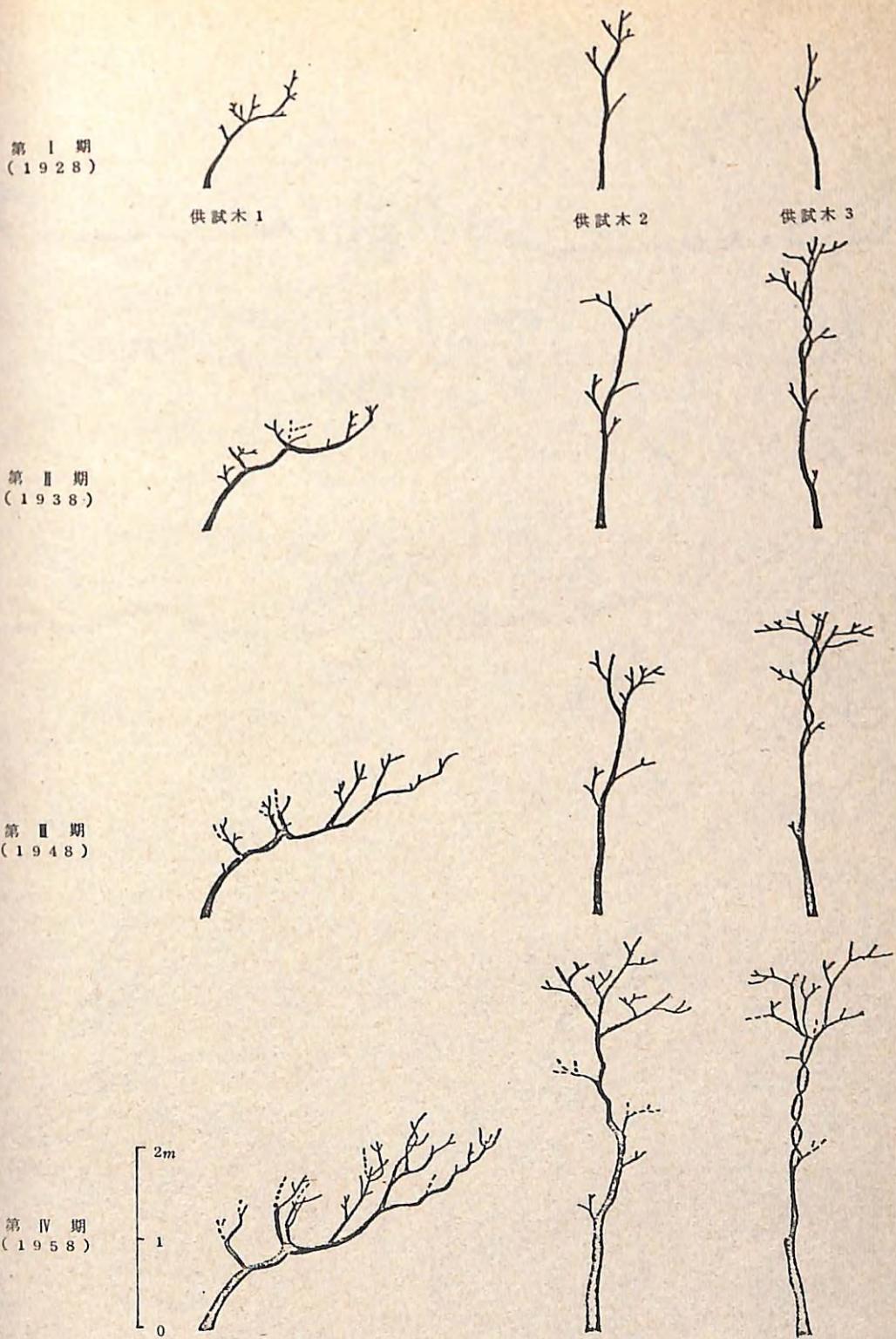
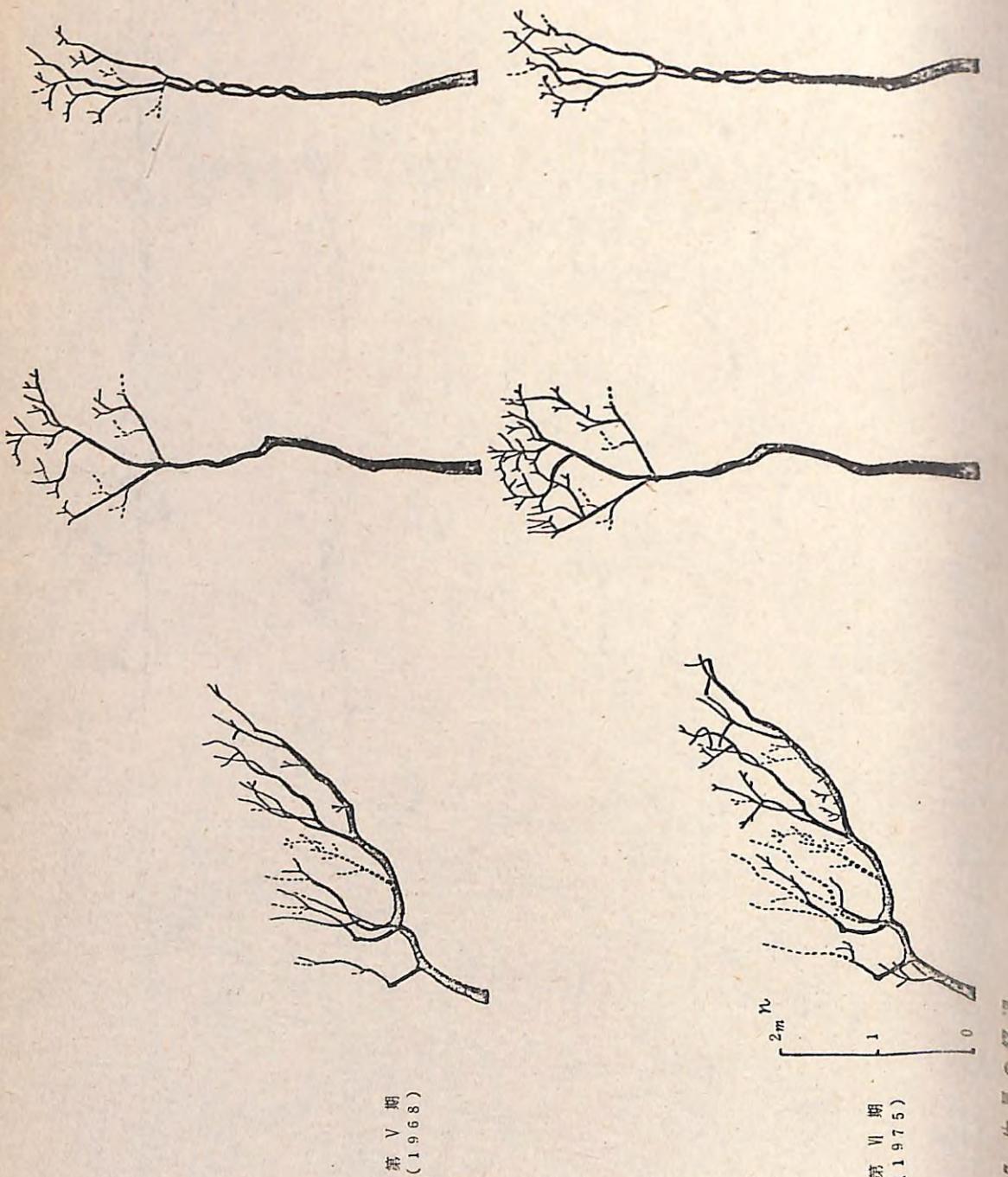


図6 生長の経過



2. 流線型防風柵の開発

海岸林の生育不良に対しておこなわれた従来の改善法は大別すると、多種にわたる樹種の導入、植栽法の変更、土地改良、防風垣の改良の4項にまとめることができる。

海岸地でもよく生育する樹種を選定するために、道内各地の海岸林造成地に植栽されたのはクロマツを手はじめとして、郷土樹種、外来樹種など針葉樹、広葉樹を合わせて50種類以上が試みられた。そのなかで一応成林をみたのは道南及び日高地方におけるクロマツ、オホーツク海岸の一部でアカエゾマツをあげることができよう。また岩内以北の日本海側海岸の造成地では、良い生育をしている樹種は見出されていない。

植栽法では一般造林地でなされるような方形配列の植栽から、列状・群状植栽・束植・挿木などが採用されてきている。

土地改良的方法では造成地が砂地、泥炭地、重粘土地等の精悪地である場合は、施肥、排水盛土、客土、耕耘などがおこなわれ、成果を収めた事例が報告されている。

植栽木を保護する防風作工物は防風機能、施工の難易、単価、耐久性などの要素を検討しなければならない。実際にこれまでに試みられた防風工の改良は、ヨシ・根曲竹の素材に代って合成樹脂製ネットを使用する防風垣があった。これは施工の容易性・耐久性を狙ったものともわれるが、積雪地ではその沈降圧により破損することが多かったため、現在では使用されなくなっている。

耐久性に重点をおいたといわれる防風土壘がいくつかの造成地で施工されているが、その効果を判定する年数には至っていない。また防風機能に重点をおいたといわれる反撲式防風垣がある。この作工物も施工年数が浅く、効果は不明である。

北海道の海岸林造成地における不成績の状況は、上述の植栽法、土地改良法を施した場合でも、頻繁な枝枯れのために植栽木は防風垣の高さで生長が停滞し、やがて垣近縁のものを残して枯死するのが一般的な様式である。そして海岸地の樹木の枝枯れは、多量の空中塩分を含む強い海風に原因することをこれまでの研究で明らかにしてきた。⁽²⁾⁽³⁾

海岸林造成の改善法の4項のうち、前者3項については種々の提案と実行がなされてきた現段階としては、防風工改良の新しい試みが最も必要であると考えるに至った。

この研究では、これまでの防風工に比し、より機能的な防風工を開発することを目的とした。

2-1 構造

ここで考察した新型防風工は風衝樹形・風衝林形（既述）からヒントをえたもので、

その形状から流線型防風柵と名付けた。これによって海風の流れを上方に持ち上げ、その背後に従来の防風工より広い防風域をつくることと、その結果防風工後面の樹木に付着する空中塩分を減少させることを狙いとしている。流線型防風柵の側面形状は、前述した風衝立形を表わす式、 $H_x = h_0 (1 - e^{-0.8503 x})$ に則り、幅が 4 m のとき高さが 3 m になるように係数を算出した。得られた形状と座標を表-3 に示す。式中の +0.1 は補正項である。基本的な構造は、表-3 で与えられる座標に沿って湾曲させた主柱を支柱で支持し、主柱の間には等間隔に 7 枚の防風板を配置したものを単位スパンとする。主柱及び支柱は基礎コンクリートで固定される。使用材料は鋼管と鋼板とする。

表-3 流線型防風柵の形状と座標

$H_x = 3 (1 - e^{-0.8503 x}) + 0.1$	
X (m)	Hx (m)
0.2	0.569
0.7	1.446
1.2	2.019
1.7	2.393
2.2	2.638
2.7	2.798
3.2	2.903
3.7	2.971
4.0	3.000

当柵の製造は、理研興業KK（札幌市中央区北ノ条西5丁目）に依頼し、数回の折衝と試作を経て製品化された。

当柵の構造略図とコンポーネンツを図-8、表4 に掲げる。図表中でゲージ鋼材とはスパン間の寸法取りのためのものである。また取付金具は主柱に防風板を固定するためのもので、取付け方によって防風板の鉛直方向に対する角度を 10° , 15° , 20° にすことができる。

以下に仕様をまとめると

高さ: 3.0 m

巾: 4.09 m

スパン: 3.61 m

耐風設計強度: 50 m/sec

耐用年数: 20 年

表-4 1スパン当り部材

№	部品名	数量	摘要
1	主柱	1	一般構造用炭素鋼々管
2	支柱	1	同上
3	アンカーボルト	4	
4	板取付金具	7	
5	防風板	7	防雪柵用鋼板
6	ゲージ鋼材	2	軽量型鋼

※ アンカーボルトを除いた全ての部材は溶融亜鉛メッキ済

2-2 施行の要領

- 設置場所の決定及び整地
 - 測量（基礎コンクリートの位置決定）
 - 基礎コンクリート用床堀
 - 割石・砂利投入・型枠組立
 - コンクリート充填（アンカーボルト挿入），養生
 - 型枠解体・埋めもどし
 - 防風柵の組立
 - 主柱に支柱を組みつけ、基礎コンクリート上に立て、仮締めする。
 - 主柱間にゲージ鋼材をとりつけ、スパンを正しく寸取りする。
 - 主柱に板取付金具を固定する。
 - 防風板をとりつける。
 - 各部ボルトを締めする。
- （注）c を a に先立ちおこなってもよい。

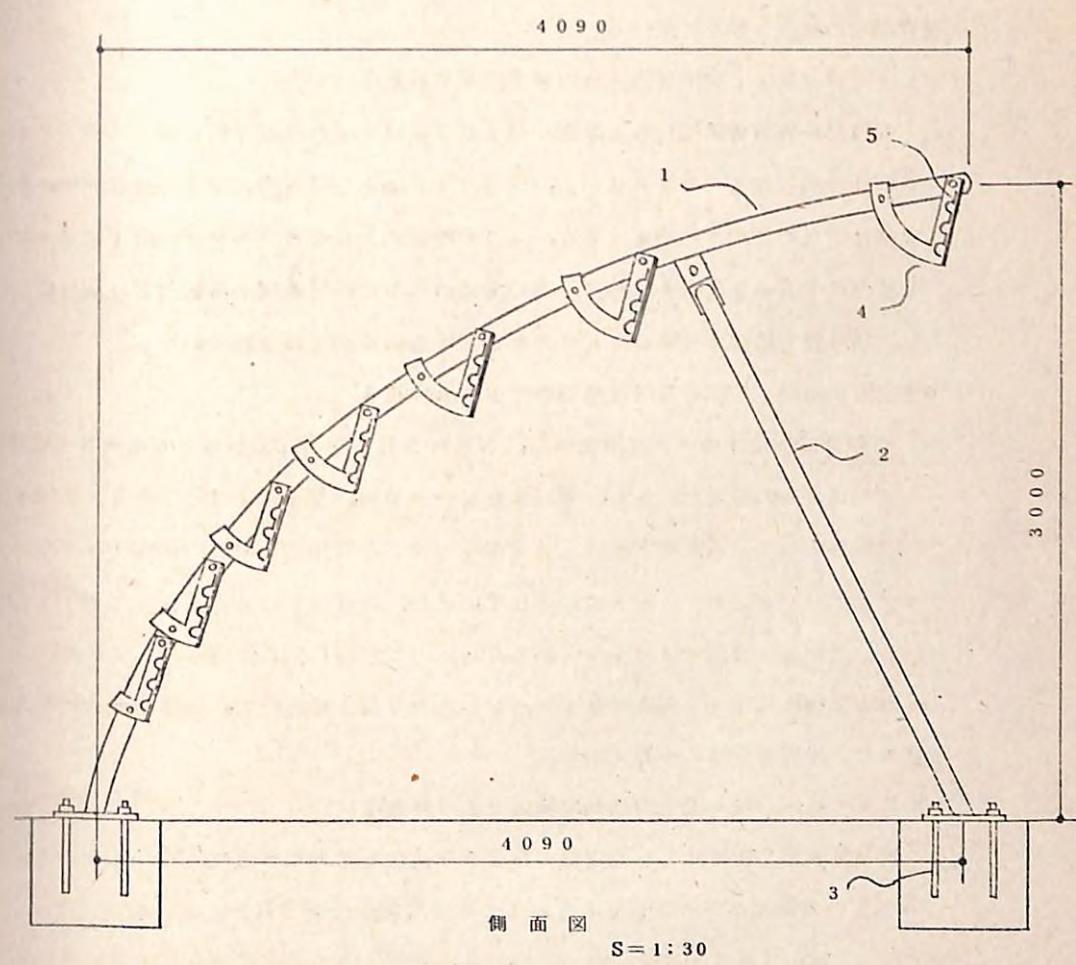
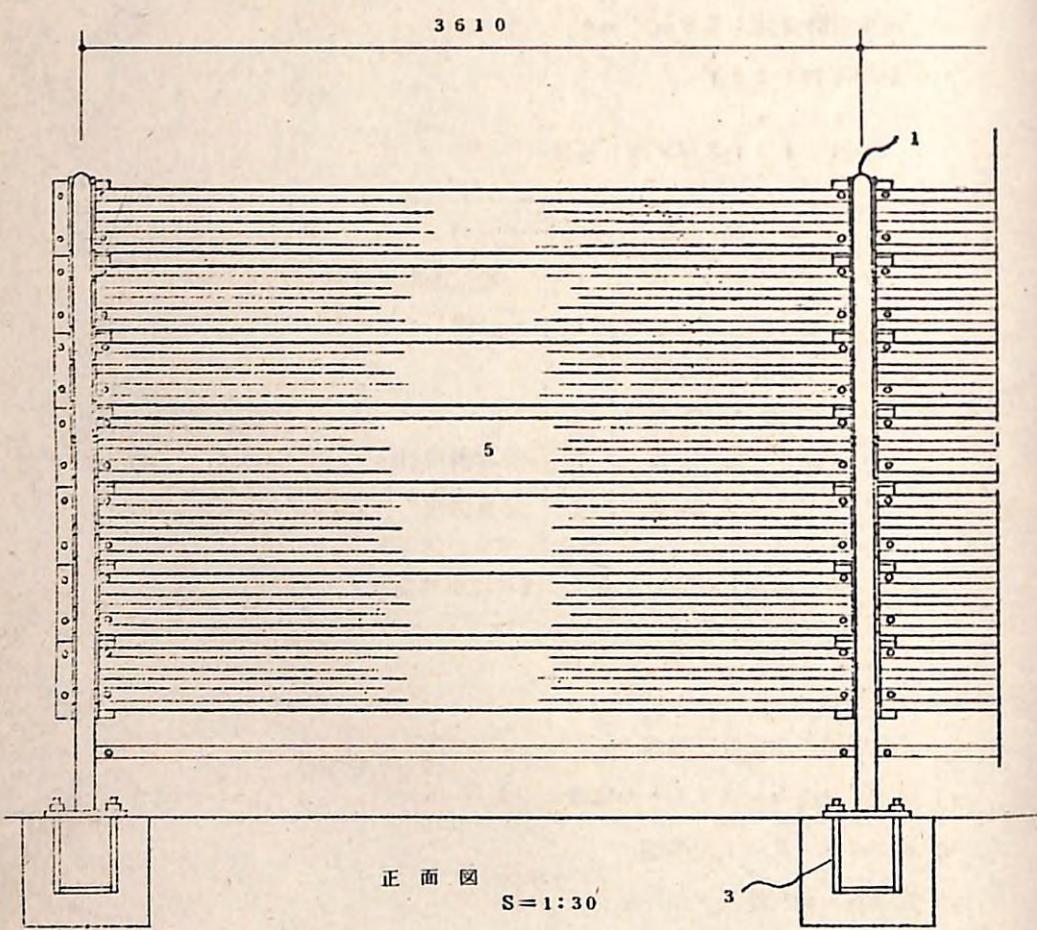


図8

2-3 設置

当防風柵は各営林局・署の事業費で、旭川局稚内林署管内・北見局紋別営林署管内・札幌局浦河営林署管内・函館局東瀬棚営林署管内の海岸林造成地に設置された。以下に設置場所の状況を簡単に述べる。

イ) メークマ海岸(稚内管内稚内事業区85林班)

E NE～WSWにはしる海岸線から200mほど離れほぼ平行に連なる比高の小さい砂丘から始まる幅は300m, 長さは2.6kmある宗谷湾に面する造成地で、当防風柵は砂丘の頂部に昭和49年度、50年度にわたって8スパンずつ計16スパン(延長57.6m)作設された。設置の方向は冬季の海風風向からE NE～WSWとした。柵の後方には1令級のトドマツを主とする樹種が植栽されている。

ロ) 元紋別海岸(紋別管内紋別事業区106林班)

この造成地はオホーツク海に面し、NW～SE方向の汀線から60m～80m離れた標高20mの段丘上にあり、幅は50m～90m, 長さは2.2kmである。昭和33年頃から始った植栽木の生長は、林帯中央をはしる管理道を境に内陸側ではアカエゾマツ・コバハンノキが4～5mに達しているが、カラマツは3.5m以下で矮生化している。道路より海側ではカラマツが1.5mほどで停滞し同じく矮生化している。

当防風柵は昭和49年度に11スパン(39.7m)の延長で、林帯の北西部に作設された。設置方向はW～Eである。

ハ) エリモ海岸(浦河管内浦河事業区219林班)

N NE～SSWにはしる海岸線から200mほど離れた平地に、昭和49年度NW～SEの方向に8スパン(28.8m)の本防風柵が設置された。施行地周辺はルーサンにより緑化された開放地であったが、50年度、51年度にヨシズ防風垣の作設とクロマツの植栽がおこなわれた。

ニ) 太橋海岸(東瀬棚管内東瀬棚事業区416・417林班)

日本海に注ぐ利別川の河口の左岸から太橋川までは標高10m強の砂丘が発達しており、その頂部から背面にかけて(幅100m以下、長さ3km)南北に細長い林帯が造成されている。植栽は昭和26年より始まり、樹種はクロマツで、内陸側林縁での生長は一般によく、6～7mに達しているところもある。当防風柵は造成地南端で、林帯に接した海側の砂丘に8スパン(28.8m)設置された。施行地は10°の傾斜角をもつ砂丘の前斜面である。設置方向は汀線とほぼ平行なN NE～SSWとし汀線

までの距離は約80mである。

2-4 工事費

流線型防風柵の設置に要した費用を施行地ごとに表-5に掲げる。施行地により単価がことなるのは、メークマの場合施行が2カ年にわたったためであり、エリモで単価が低いのは基礎コンクリート打設のみを請負にし、他は直営でおこなったので、その費用を計上していないことによる。

表-5 工事費一覧

施行地名	施行主	施工スパン	工事費	単価(／m)
メークマ海岸	稚内管内林署	16(57.6m)	2930千円	50.8千円
元紋別海岸	紋別管内林署	11(39.7m)	1860	46.8
エリモ岬海岸	浦河管内林署	8(28.8m)	1000	34.7
太橋海岸	東瀬棚管内林署	8(28.8m)	1342	46.6

2-5 効果試験

流線型防風柵を設置した効果を知るため、51年度・52年度にわたって、各種の調査と観測をおこなった。以下それらについて述べる。

イ) 空中塩分の減少効果

海風中に含まれる空中塩分に対する減少効果を把握する目的で、流線型防風柵と根曲り竹防風垣の背後で空中塩分の観測をおこなった。観測はメークマ海岸と元紋別海岸で実施したが、ここではメークマ海岸でおこなった事例を述べる。

流線型防風柵と、これから100m離れた根曲り竹防風垣(高さ1.8m)の背後(内陸側)に直角方向に任意の距離をおいて3点ずつ測点を設けた。測点には木柱(高さ1.8m)を立て、40cm×25cmのガーゼを張った木枠を取り付け、塩分トラップとした。塩分トラップは7日間露出させた後、ガーゼを一定量の純水中に漬け、電導度計で塩分を定量した。

図-9に示したのは昭和52年1月5日～11日の観測例である。図上部には露出期日中に吹いた風を、日単位で風向ごとにトータルした風向別の風速強度をあらわしている。この図からわかるように、防風工に対してやや傾いた吹込角をもつ強い海風

が吹いた。(風の資料は観測地から約1km地点の稚内測候所空港出張所の資料による)

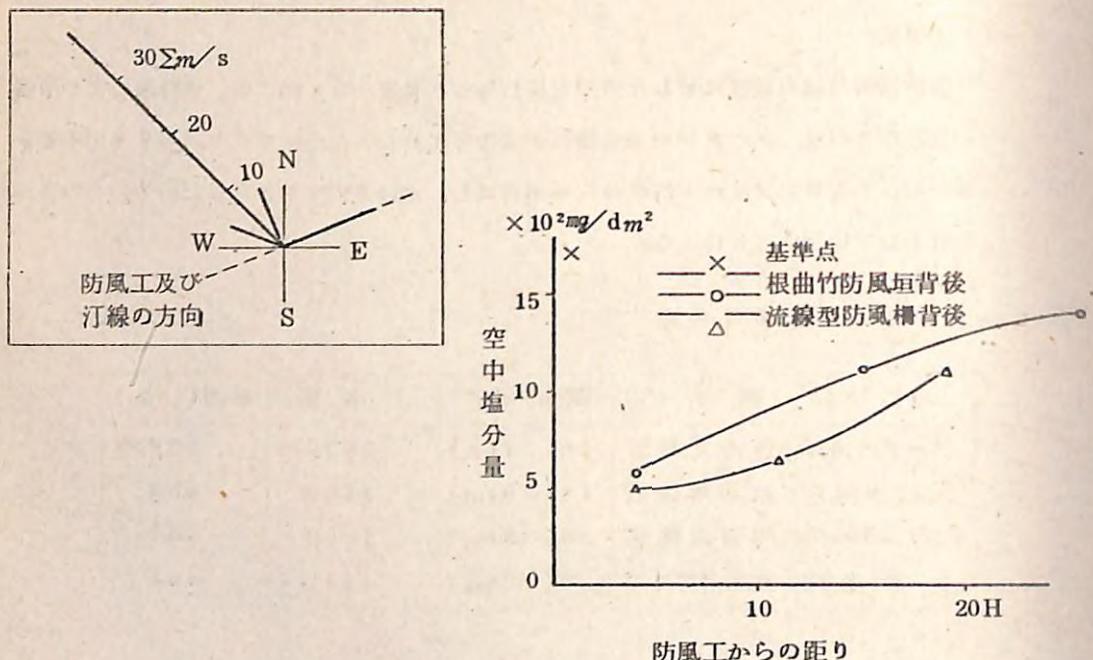


図 9

2種類の防風工背後の空中塩分の分布を示す図下半では、流線型防風柵と根曲竹防風垣とは高さが異なるので、柵(垣)高の影響を同一にするため、それぞれの塩分トラップの位置は柵(垣)高の倍数でとっている。この分布図から防塩機能については、根曲竹防風垣よりも流線型防風柵の方が20H(この場合60m)までは、効果が大きいとおもわれる。

ロ) 防風機能

流線型防風柵がその背面でどのくらいの防風範囲をもつかを調べるために、メークマ海岸とエリモ岬海岸で、風速の垂直分布を観測した。ここでは両者のうち、風向・風速とともに好適な風の吹いた、昭和52年3月15日におこなったエリモ岬海岸での

観測例を述べる。まず流線型防風柵の中央から後方へ風向に沿った線上で10mおきに測点を決め、ポールの8m, 6m, 4m, 2.5m, 1.5mの高さに風速計を取りつけ、移動観測によって各測点での風速値を得た。また流線型防風柵の前方で高さ3mに設置した風速計によって標準風速値をえた。

使用した測器は理工研式小型ロビンソン風速計で風速の算定には電接カウンターを用いた。観測時間中の風向はNEで柵に対しほぼ直角であった。観測結果を図-10に示す。図-10では柵の前方5m地点では風速の垂直分布をあらわす曲線(以下で単に曲線と呼ぶ)は対数則に則っている。柵直後の5m地点では柵の影響により4m~1m高の位置の風速は急激な変化をうけ曲線は複雑な形になっているが、その形は柵から離れるにつれて対数則分布の形に回復していく、55m地点ではもはや変形は認められない。

また各測点で観測した風速を同時刻の標準点における風速と比較し、標準点風速に対する比をとて図上にプロットし、等値線を描いたのが図-11である。この観測では風向の変位と風速の変動が小さかったから、全測点同時観測ではなくとも図-11は流線型防風柵に影響される風の流線を表現しているものとおもわれる。そしてこの図によって流線型防風柵の有効距離は45m(15H)くらいと判断された。ただし前述したように当柵の前方には高さ0.9mのヨシズ防風垣があることと、風速の強弱によって防風範囲も変化するであろうことを附言しておきたい。

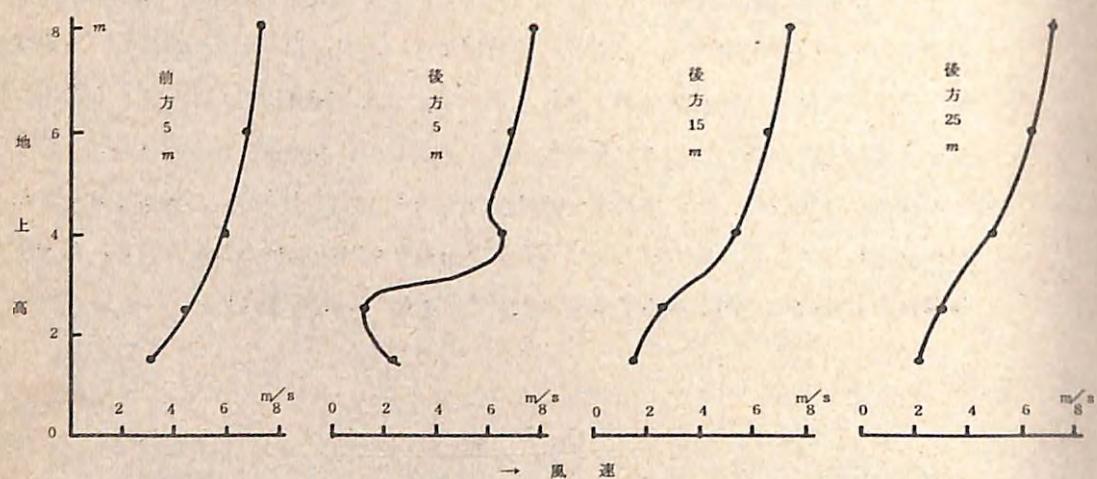
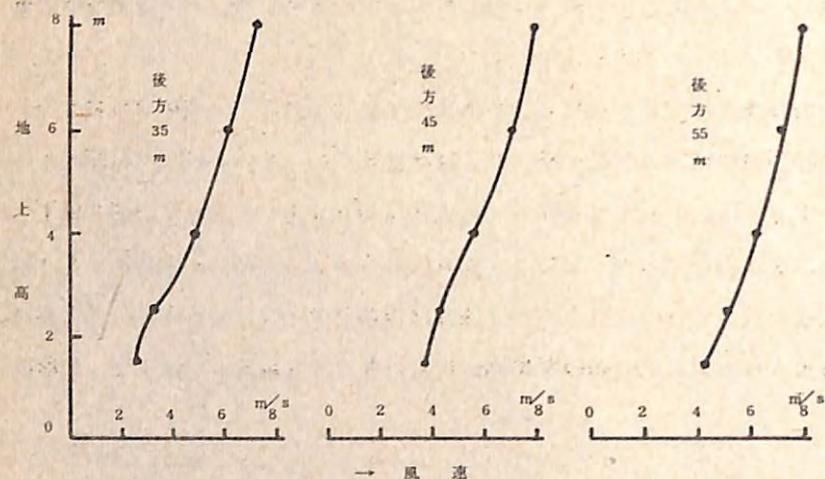


図 10 柵背後の風速の垂直分布

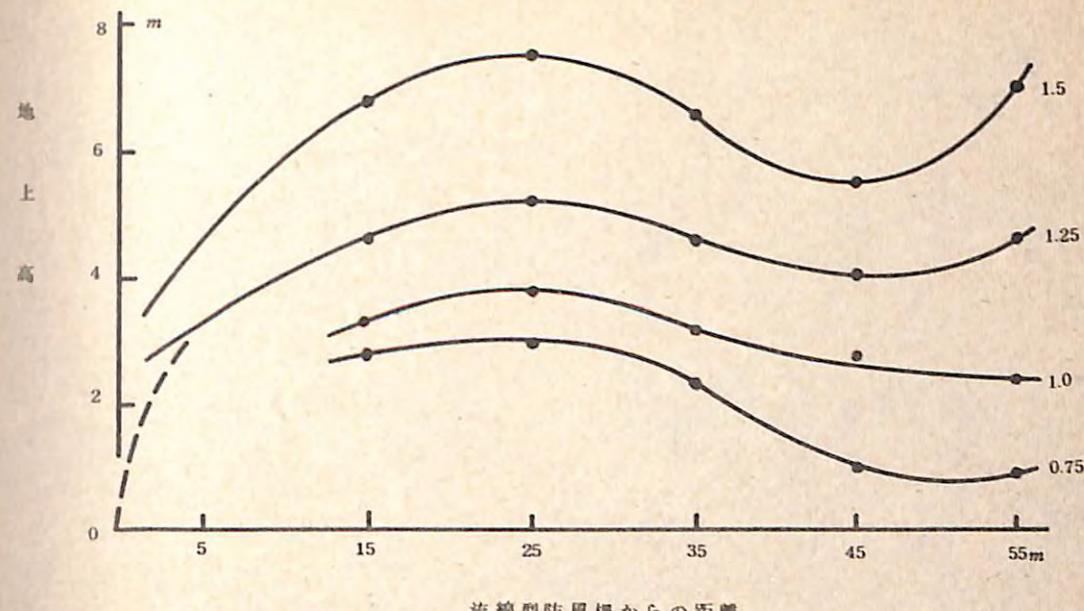


図 11 柵背後の風の流線

ハ) 堆雪機能

海岸林造成地の植栽木に及ぼす積雪の影響には、雪圧によるマイナスの作用があるが、冬季に強い風の吹くところでは、積雪は植栽木を気象害から保護する作用が認められている。したがって海岸林造成地では、防風工は、植栽木に対して第一には優れた防風機能を持つことが必要であり、また防風機能の反映として堆雪のしかたが植栽木を保護する上で好影響をもつことが望まれる。

以上のような考え方から、種々の防風工をもつメークマ海岸（既述）で防風工周辺の積雪深を 3 カ年にわたって調査した。

防風工の種類を施行年次の古いものからあげると、根曲竹防風垣、樹脂系ネット防風垣、反撗式防風垣・流線型防風柵である。

積雪深の測定は、卓越風向と防風工周辺の堆雪状況から、海岸線とほぼ直角に防風工の中央で測線をひき、測深棒と水準測量によっておこなった。

ここでは降雪時に強い風の伴うことの多かった昭和 49 年～50 年冬の堆雪状態を、昭和 50 年 2 月 25 日に測定した。防風工はいずれも海岸線と平行に連なる同一の砂

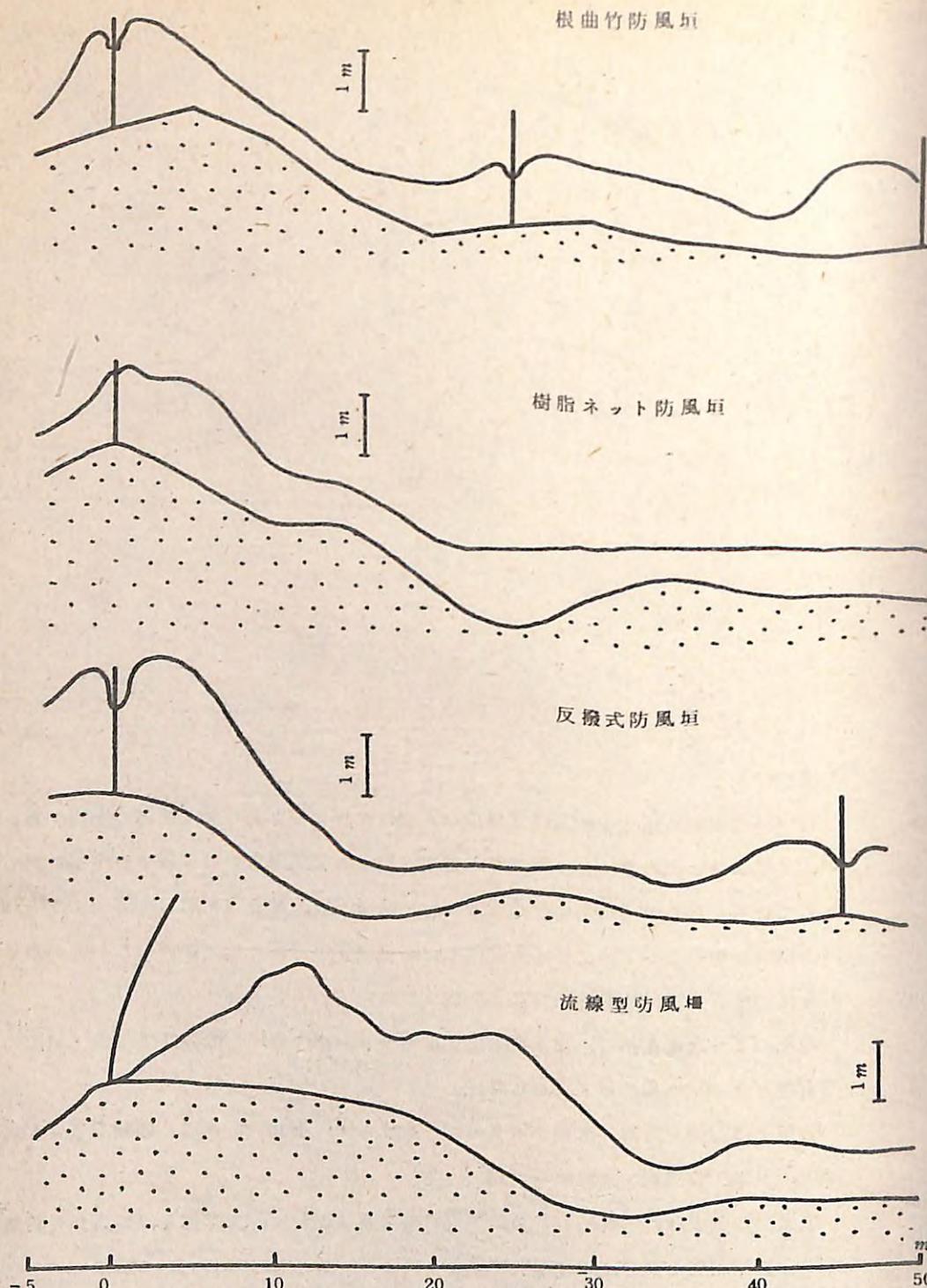


図 1-2 防風工背後の積雪分布

丘上に位置しているものを対象とした。測定の結果えられた堆雪の断面を図-1-2に示す。それぞれの堆雪状況を総観すると、流線型防風柵とその他のグループに分けることができる。根曲竹防風垣を始めとする直立型の防風工の堆雪に及ぼす特徴は、垣の前後間近にピークをつくり、垣を離れるにつれて急激に深さを減ずる傾向が強い。これに対して流線型防風柵は柵際には堆雪せず、そのピークは主柱脚部より9~12mはなれた地点に現われ、堆雪の効果範囲は25m地点まで明瞭であった。また植栽木であるトドマツ(苗長約40cm)の積雪からの裸出する割合は直立型防風工の方が著しかった。

ニ) 植栽木の生長

防風工の改良だけでなく、海岸林造成地で施される新しい改善法の効果を判定するには、植栽木のうける環境条件が年によりかなり異なることがあるため、10年ほど経過を把握することが望ましい。

流線型防風柵の施行地では、植栽木は施行後わずか2年の生育年数しか経ていないが、その生長調査結果を元紋別海岸と太檣海岸について述べる。

元紋別海岸

流線型防風柵と、隣接する根曲竹防風垣の背後で、昭和37・38年植えのカラマツを中心とする植栽木の生長を測定した。樹高と昭和51年の頂枝の伸長量を図-1-3に示す。図中伸長量のマイナスは枝枯をあらわす。この結果では流線型防風柵背後の植栽木の方がやや良好な生長をしているが、一般的な結論をうるにはさらに数年間の経過が必要である。

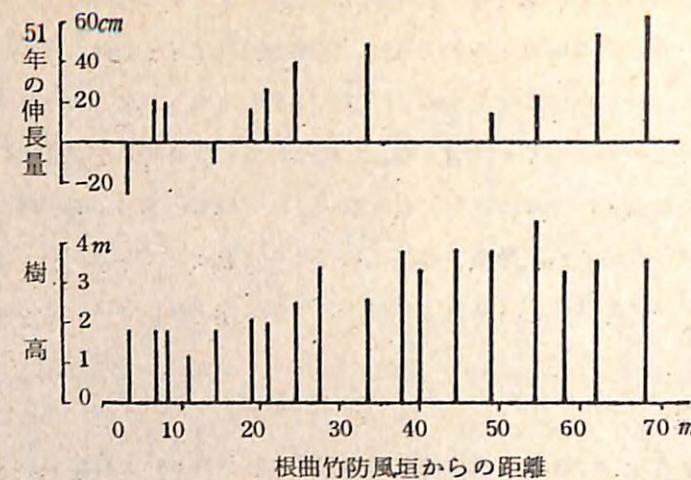


図-1 3

II 太檜海岸

当地では前述した砂丘上のクロマツ林で、根曲竹防風垣、無施設、流線型防風柵の背面の林帶に直角に測線をひき、生長を調べた。図-1 4は昭和26年の植栽地の結果で、林帶前面には根曲竹防風垣がある。防風垣から10m強の範囲ではクロマツはほとんど消滅し、アキグミだけが残存している。海側林縁では樹高は低く、樹形は偏倚し、梢頭枯れが多い。また林帶の中央・後縁ともに樹高は高まらず、頂枝の伸長は相対的に良くない。

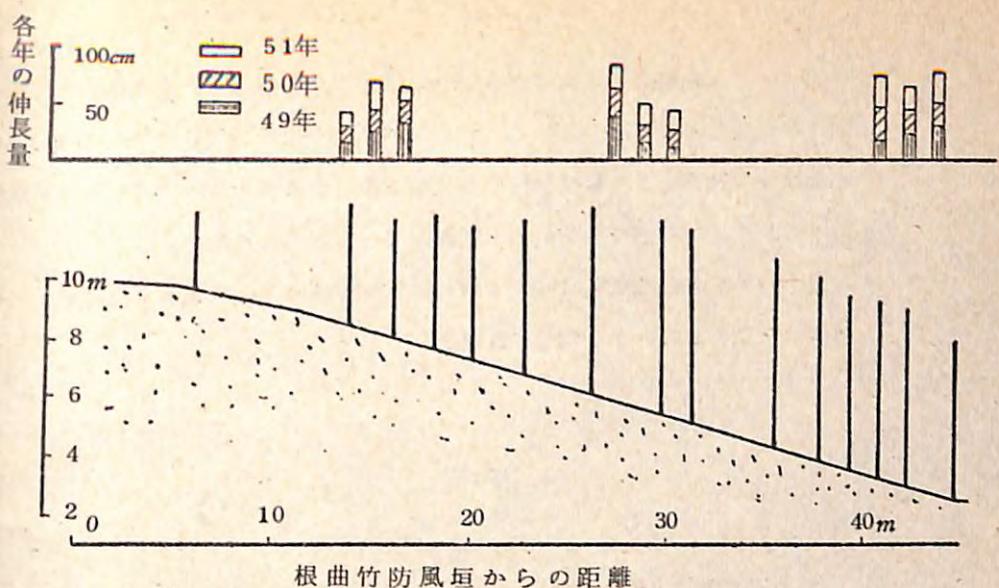


図-1 4

図-1 5は防風垣の破損消失している場所の状況を示している。防風垣跡から4mまでは枯損木(図中点線で示す)になっており、12m後方までは頂枝の伸長と枯枝のくり返しによって複梢矮生化したクロマツが多い。林帶中央より後方は樹高を増すが、梢頭輪生枝の海側では強い海風による葉の偏り・曲がり・斑点状の褐変が目立った。防風工による新たな保護が与えられなければ、やがては林帶中央・後縁にも枯死・複梢が進行し、衰退していくとおもわれた。

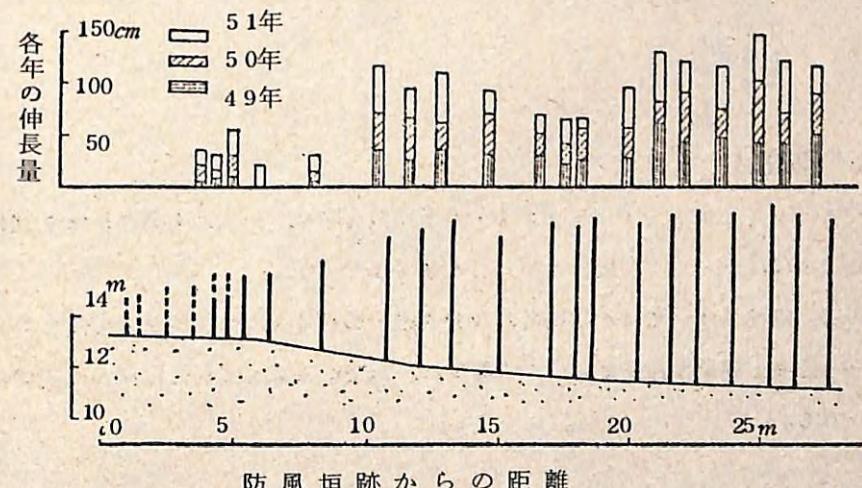


図-1 5

図一16は流線型防風柵の中央部背面の測定結果である。柵の施行までは枯死寸前とみられた海側林縁の偏形したクロマツは、施行後梢頭の伸長が回復してきた。また林帶の断面をとおして頂枝の伸長量は施行前より施行後の方がより大きい傾向がみられる。葉の偏り・曲がり・褐変はほとんどみられない。

以上の結果から当海岸に設置された流線型防風柵は、植栽木の生育により良い保護効果を発揮していると判断された。

(参考文献)

- (1) 工藤哲也・鈴木孝雄・遠藤泰造：海岸林の林冠上縁が描く曲線の形状について、日林北海道支講、第21号、昭和47年
- (2) 工藤哲也・鈴木孝雄：カシワ海岸林の若枝の枯死時期とその含水量の季節的変化、林試北海道支年報(昭和45年度)、昭和46年度
- (3) 工藤哲也・鈴木孝雄：北海道における海岸林の枝枯れの原因、北方林業、第282号、昭和47年9月

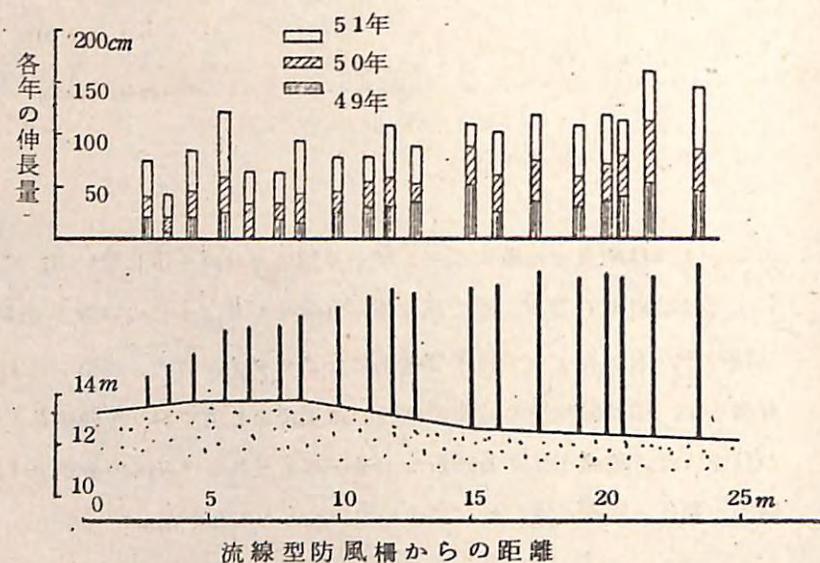


図 16

IV 残された問題点

北海道をとりまく日本海・オホーツク海・太平洋の海岸の、樹木の生育に及ぼす立地環境を調査研究することは、ほとんど今後の仕事として残された。

また流線型防風柵については、防風板の配置位置とか数量・取付角度などの改良が必要になることもあろう。また海岸段丘地における防風工は、地形を考慮に入れた別種の作工物の開発が必要とおもわれる。

環境緑化法－海岸緑化風致
防災林造成技術の確立

環境緑化法－海岸緑化風致防災林造成技術の確立

I 試験担当者

北海道支場治山研究室 工 藤 哲 也

遠 藤 泰 造

" 防災研究室 増 田 久 夫

鈴 木 孝 雄

吉 武 孝

II 試験目的

北海道をとりまく日本海、オホーツク海、太平洋の海岸について、立地環境を総合的に評価解析し、海岸緑化のための環境評価法を確立する。また、北海道で従来おこなわれてきた海岸緑化の方法を再検討し、新型防風工を中心とした海岸緑化の技術を開発する。

III 試験の経過と得られた成果

上述のようにこの課題の目的とするところは、北海道における各地海岸の林木に対する環境評価をおこなうことと、海岸林造成・維持をおこなう場合の技術の一翼である防風工の改良をはかることであった。ところがいくつかの理由により、立地環境調査は日本海側の1海岸で海岸林の生長解析をおこない得たにとどまり、新型防風工の開発及びその効果試験に重点をおかざるをえなかった。以下その経過と結果を報告する。

1. カシワ海岸林の生長解析

林木はその生立する土地の気象条件、地形、土質、周辺の植生の影響をうけながら生育するから、ある海岸に生立する林木の現形状とか生長の過程は、その海岸地における生育環境の反映とみることができる。したがって残された天然生海岸林はその海岸地の立地環境を知るために、好適な調査対象である。

ここでは1事例として道内の海岸に広く分布するカシワ林を対象に、日本海に面した磯谷で調べた。

1-1 調査地の概況

函館営林局管内中山国有林に源を発する尻別川は、磯谷郡蘭越町港（旧名磯谷）で日本海に注いでおり、河口より北北東方向の海岸線と平行する砂丘上にカシワ林が自生し

ている。その林帯は汀線から 70 m ~ 100 m 離れたところから始まり、幅は 50 m ~ 200 m、長さ 1 km 強である。

その海側の林縁部は著しい風衝樹形を呈しており、樹高はきわめて低く、内陸に向うにつれて樹高をまして、内陸側林縁では 7 ~ 8 m に達している。ところどころに梢頭を結ぶ線が流線を描く林分がみられる。

地表植生は、汀線寄りの砂地ではハマニシニク、コウボウムギ、ハマエンドウなどの海浜植物が優占し、林帯寄りには 2 m 前後のオオイタドリが多い。林内では 1 m 前後のクマイザサが密生している。

1-2 風衝林形(1)

一般に強風地における森林には、その森林を構成している個々の樹木の高さが卓越風の風上側で低く、風下側にむかうにしたがって次第に高くなり、林分全体をみると、樹木の梢頭を結ぶ線はひとつの流線形状を呈しているものがある。

このような形状の林を、筆者らは流線林形とか風衝林形と呼んでいる。

風衝林形は北海道では偏形樹と同様に、内陸では春から夏にかけて南よりの風が卓越する地方にもみられるが、海よりの強い冬季季節風の卓越する海岸地で顕著である。

このような林の形状は、その林が生育する海岸地の立地環境とりわけ海風の強さを示唆するものとおもわれる。

1-2-1 調査の方法

前述のカシワ林帯の北東部で、海側林縁の偏形樹の偏形方位を測り、NW 50° ~ SE 50° 方向に 1 測線を設定した。そのち測線に沿って、海側林縁から一定間隔で地盤高と樹高を測定した。

1-2-2 結果

測定の結果を表-1 に示す。表-1 で距離 X とは、任意に決めた海側林縁のある地点(原点)から各測点までの水平距離である。樹高 H は各測点における実際の樹高、修正樹高 H_x は測点の地盤高の高低を加減した。距離 X におけるみかけの樹高、つまり原点を通る水平な基準面から各測点における樹木梢頭までの比高である。

表-1

測点	距離 X	樹高 H	修正樹高 H _x
1	0.5 m	1.7 m	1.7 m
2	5.5	3.0	3.6
3	10.5	3.8	5.2
4	15.5	4.9	6.3
5	20.5	5.2	7.2
6	25.5	5.3	7.6
7	30.5	5.6	8.4
8	35.5	5.4	8.8
9	40.5	4.9	9.3
10	45.5	4.4	9.4
11	50.5	6.3	9.9

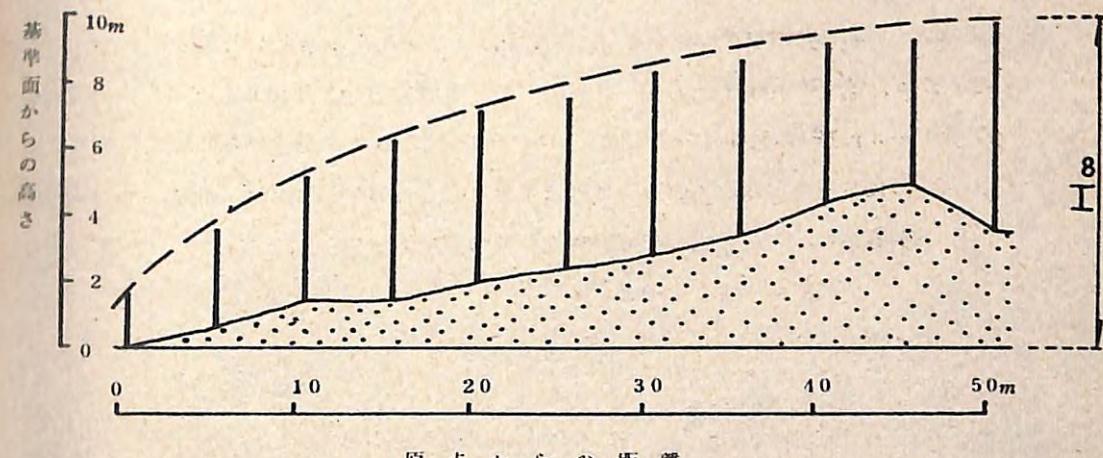


図1 風衝林形の形状

表-1を図示すると図-1のようになり、この林は海側林縁から内陸側に遠ざかるにつれて、次第に(みかけの)樹高が増していく形状であることがわかる。ここでこの林が図-1のように、少しずつ樹高を増して無限遠まで続いている場合を想定し、このときに到達する樹高を H^∞ とする。

$h_x = H_\infty - H_x$ とおくと、 h_x は次のような式で近似できる。

$$h_x = h_0 e^{\alpha x} \dots \dots \dots \quad (1)$$

但し h_0 : 海側林縁 $X=0$ における h

α : 係数

また $h_0 = H_\infty$ だから、(1)式と $h_x = H_\infty - H_x$ の関係から H_x は

$$H_x = h_0 - h_0 e^{\alpha x}$$

$$= h_0 (1 - e^{\alpha x}) \dots \dots \dots \quad (2)$$

とあらわせる。つまり(2)式は風衝林の形状をあらわしている。

(1)式で両辺の対数をとると

$$\ln h_x = \ln h_0 + \alpha x \dots \dots \dots \quad (3)$$

最小自乗法によって $\ln h_0$ と α の推定値を求め、(3)式に代入すると $\ln h_x$ すなわちそれぞれの測点における h_x の推定値 \hat{h}_x を算出できる。そして実測値 h_x と推定値 \hat{h}_x の差を d とする。

表-2に、 $H^\infty = 10m, 11m, 12m, 13m$ とした場合の $\ln h_0$ と $\alpha, \sum d^2$ を示す。 $\sum d^2$ は H^∞ の値に応じて変化し、 $\sum d^2 = \sum (h_x - \hat{h}_x)^2$ の意味するように、 H^∞ の値によって推定される曲線式のあてはめの良さをあらわしている。この表でみると $H^\infty = 11m$ で $\sum d^2$ は最小であるから、ここで扱ったカシワ海岸林の風衝形状は

$$H_x = 11 (1 - e^{-0.041015 x})$$

と表現される。

表-2

	H^∞			
	10m	11m	12m	13m
$\ln h_0$	2.438504	2.218121	2.267049	2.342861
α	-0.073655	-0.041015	-0.030894	-0.025129
$\sum d^2$	1.01	0.23	0.97	1.63

1-3 カシワ海岸林の生長解析

供試木を採取した場所と位置は前掲(1-2)風衝林形の推定地と同じで、NW 50° ~ SE 50° の測線に沿って、幅60m弱の林帯の前縁・中央・後縁から1本ずつ採取し、供試木1, 2, 3とした。供試木は枝葉のついた単木の状態で支場に持ち帰った。次にセクションを切った平面上に、採取地で生立していた状態と同じように供試木を置き、幹から当年枝までスケッチし、供試木1, 2, 3の正面図と側面図を作成した。樹高(樹令)は各々 3.0m(57年), 5.1m(58年), 4.9m(57年)であった。

1-3-1 年伸長量と乾物生産量の測定供試木の年ごとの伸長の境界となる幹、枝の結節点は、直径10cm以上ではやや良、以下では明瞭であったので、比較的容易に年伸長量を測定できた。そのうち結節点付近で幹、枝を切断し、葉とともに秤量した。

1-3-2 切断面の年輪数判読の方法

カシワの幹、枝の切断面には偽年輪がみられ、かつ年輪界も明瞭でなかった。しかしカシワは環孔材であり、春材導管の環孔が明瞭である。それで環孔を年輪の代用として、実体顕微鏡を用いて各部位の断面の年数を算定した。なお環孔が年輪の代用として有効であることは、当支場で植栽した生育年数のわかっているカシワで確かめた。

また各部位の断面のなかには、その中心からとる方向により、年数の違いが生じることがあった。その場合はある年次において、何らかの生育障害により春材導管が形成されない部分があったと判断し、環孔輪の最も多いところを数え、これをその断面の年数とした。

1-3-3 測定結果

イ) 乾、枝、葉の重量分布

供試木1, 2, 3の幹、枝、葉を50cmごとに分けて合計してえた値を図-2に示す。内陸の一般林地における樹木の高さ別重量分布の様子は、幹、枝条では地表に近いほど大きく、ピラミッド状をなすことが知られている。

しかし、この場合はそのような分布をとっていない。これは供試木1ではその形状が典型的な風衝形を呈しているためであり、供試木2, 3については若

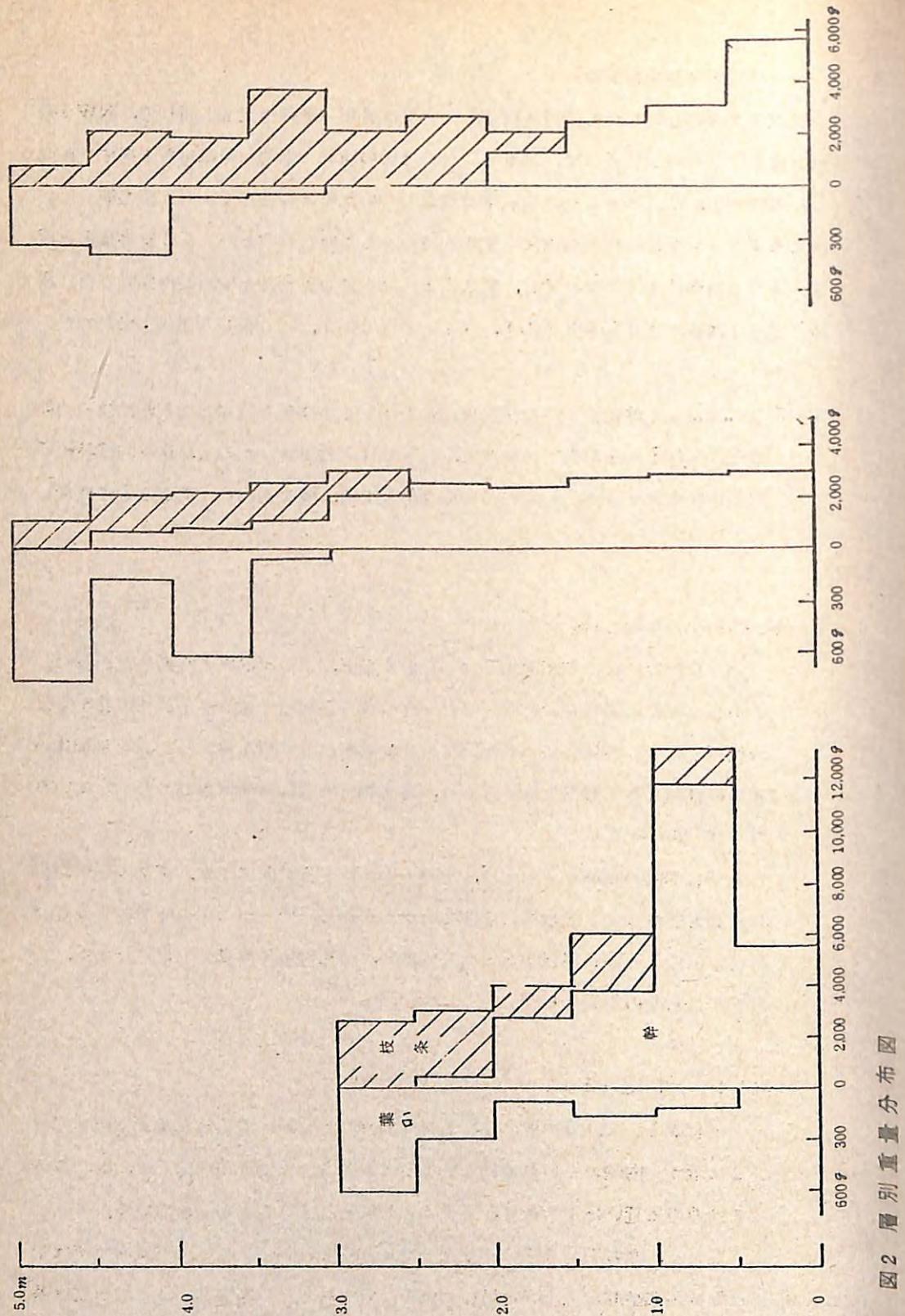


図2 層別重量分布図

令時に若枝が生育障害をうけて正常な発達をできずに林冠が閉鎖した生長経過をたどったとおもわれ、下枝のはほとんどみられない樹形を反映している。

ロ) 枝の分岐点における年数

どの供試木も数多くの分枝をもつが、枝の分岐点の年数については、海側の枝の年数の方が、内陸側のそれよりも少ない傾向がみられた。これは海側の枝の発生が内陸側の枝よりも数年遅れることであり、海側の若枝とか芽が枯死しやすいという、実際の観察例とも一致する。

ハ) 供試木の生長の推移

健全に生育した樹木の幹枝は1年ごとに連続的に年輪数を増加させていくが、供試木では結節点を境にして、数年の空白期間をもって不連続な場合があった。これを以後生長の停滞と呼ぶ。

生長の停滞が起る理由としては、これまでの観察により次のように考えた。すなわち5月に開芽し秋季までに上長肥大生長を終えたカシワの若枝は、その分岐点から先端まで通常8~12カ所に冬芽をもつ。しかし海側林縁部とか林冠上縁に位置している若枝の芽は、冬季の塩分を多量に含む強風によって部分的に、ある場合には全部枯死することが多い。したがってある若枝の正味の伸長量は、枯死を免れた芽の位置によって決定される。越冬後着生していた芽の全部が被害をうけた若枝は枯死し、前年の伸長量はゼロとなる。これが生長の停滞である。そしてこのような現象をくり返した年数だけ生長の停滞が起る。

生長の停滞が多年にわたって起っている部位はコブ状になっているのが外見上の特徴である。

供試木の年伸長量の測定結果を図-3, 4, 5に示す。これによれば生長の停滞はどの供試木にも幹、枝を問わずに現われている。生長停滞年数の最大は供試木1~3の幹ではそれぞれ4年、8年、8年で、枝では19年、7年、5年である。また汀線側から内陸方向に順序よく枝の着生している供試木1について各枝の生長停滞年数の合計は、海側に近い枝ほど多い傾向がみられる。

供試木の各部位における年数と側面図とから生長期間を6期にわけて、供試木の生長経過を図-6, 7に示す。

初年度の供試木1~3の年伸長量はそれぞれ28cm, 46cm, 40cmと良好な伸びを示しており、伸長量の大きさからみて、この林帶は大正5~6年頃に皆伐された萌芽更新林分とおもわれる。

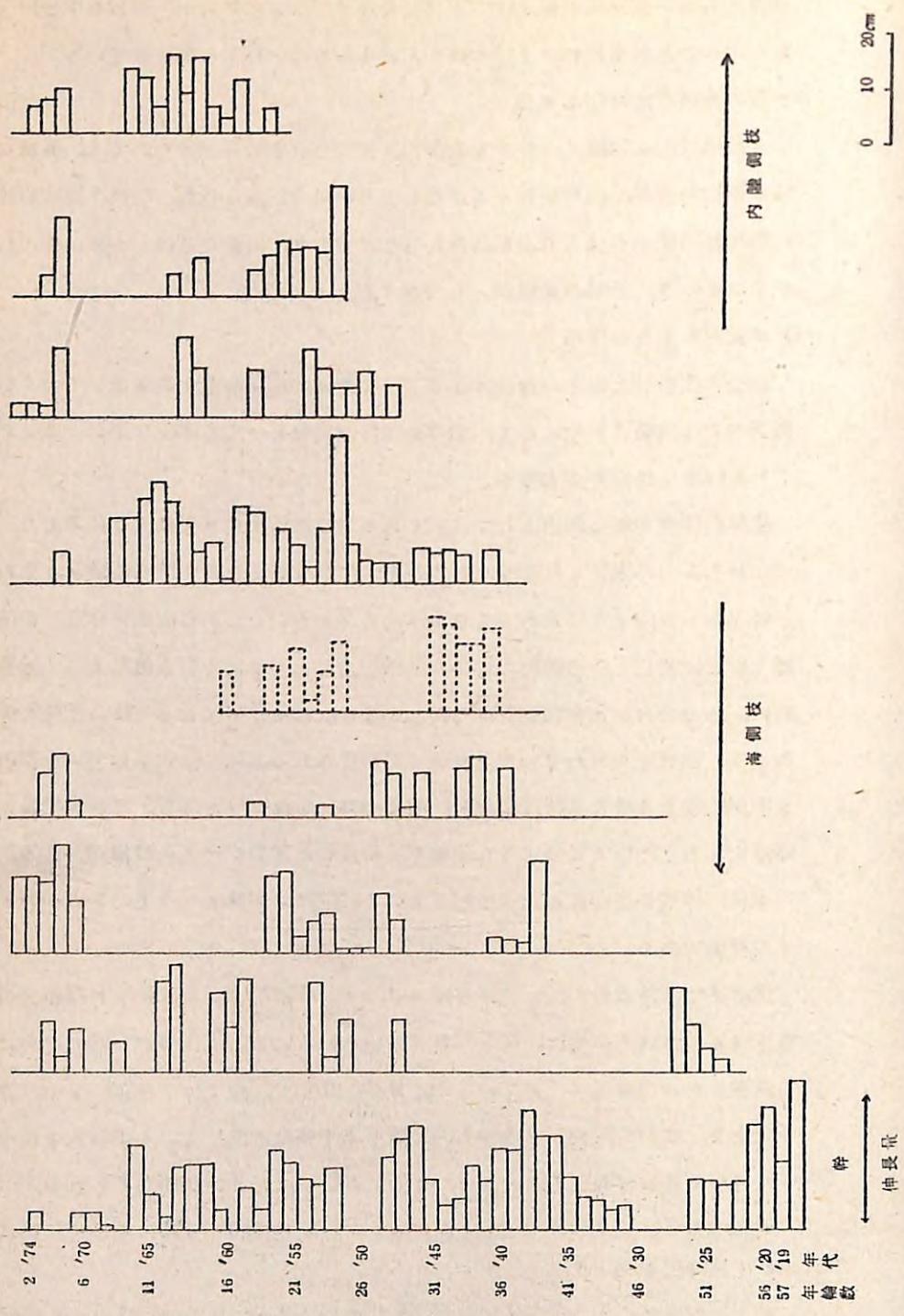


図3 供試木1にておける年代別伸長量

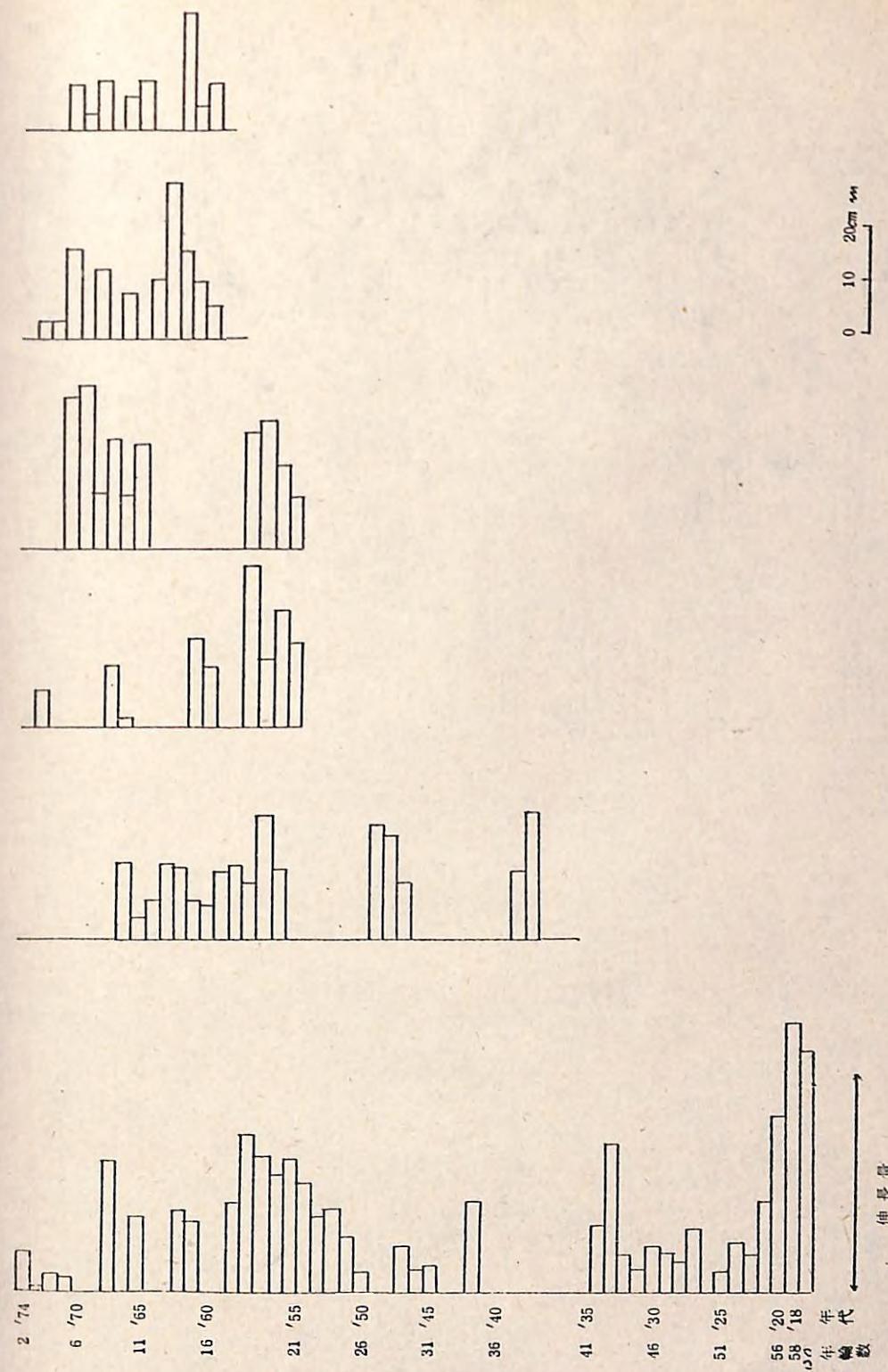


図4 供試木2にておける年代別伸長量

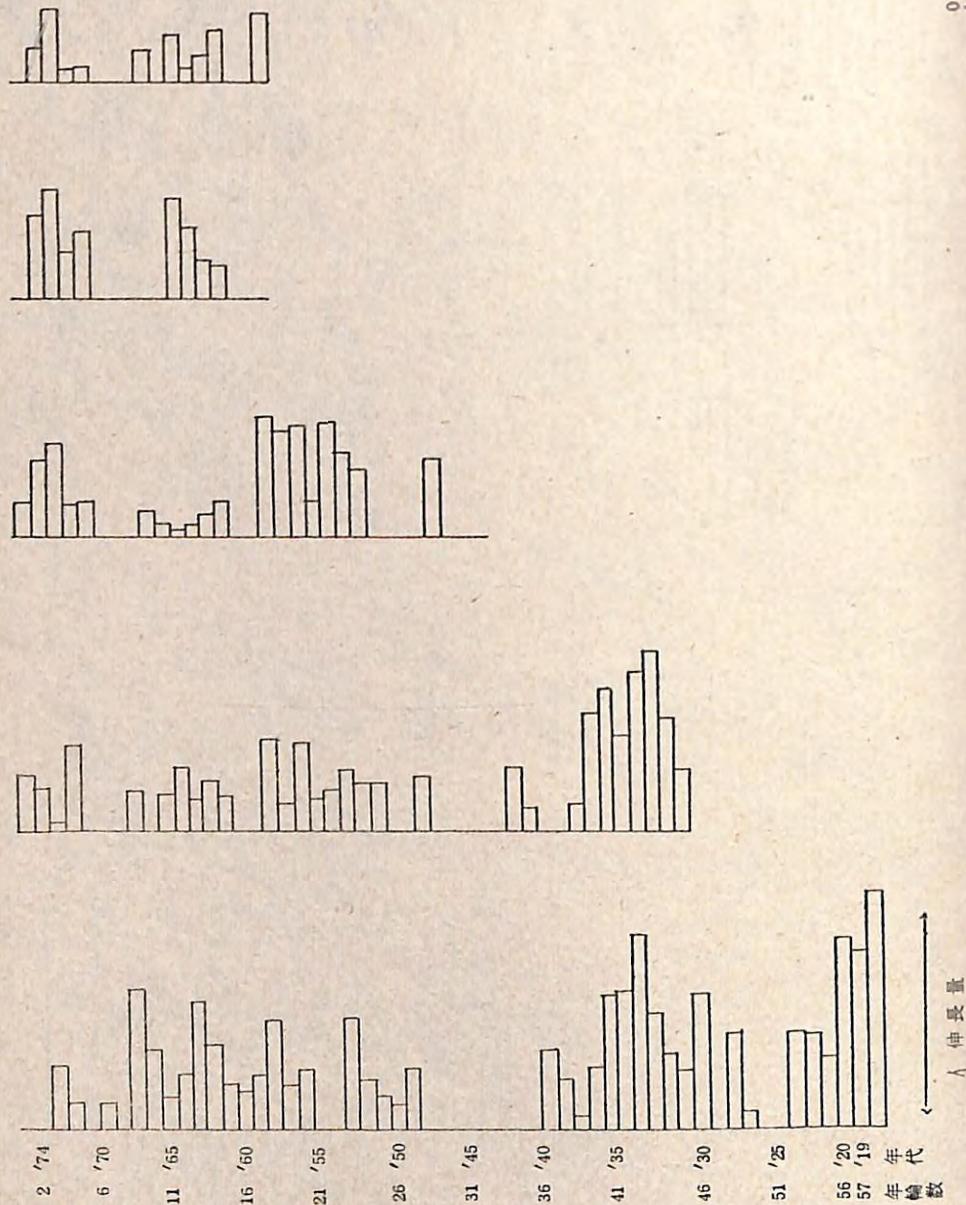


図5 供試木3における年代別伸長量

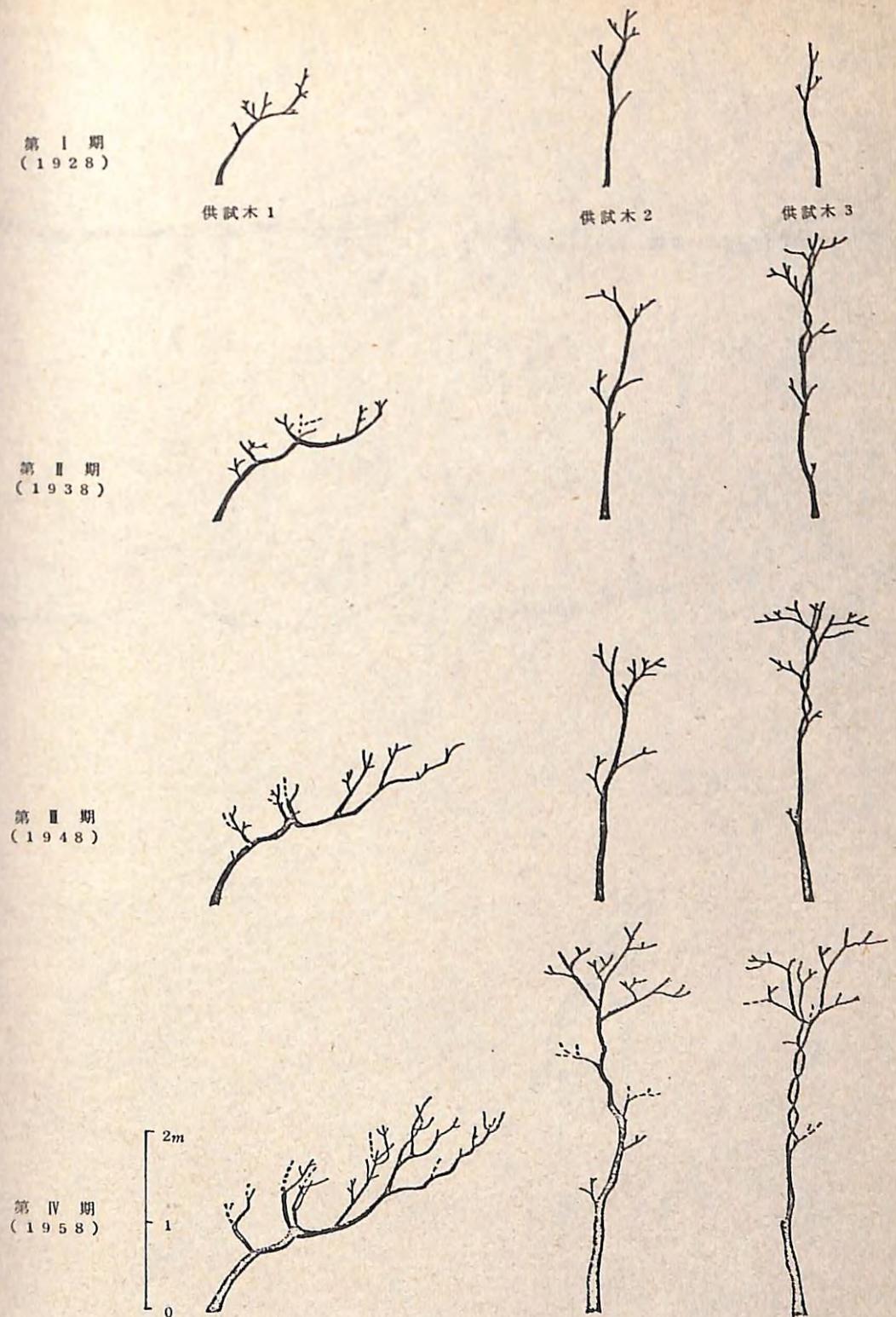
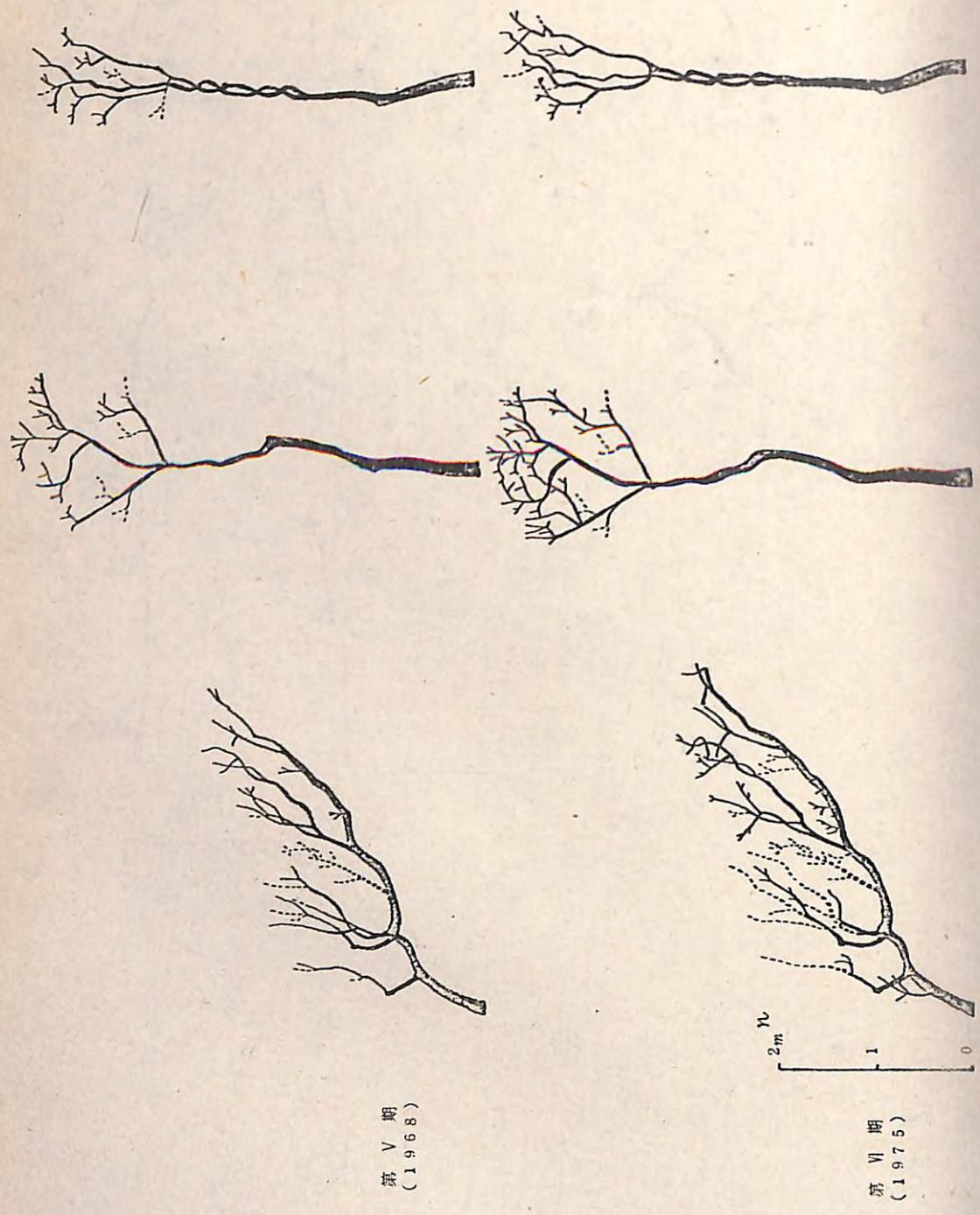


図6 生長の経過



2. 流線型防風柵の開発

海岸林の生育不良に対しておこなわれた従来の改善法は大別すると、多種にわたる樹種の導入、植栽法の変更、土地改良、防風垣の改良の4項にまとめることができる。

海岸地でもよく生育する樹種を選定するために、道内各地の海岸林造成地に植栽されたのはクロマツを手はじめとして、郷土樹種、外来樹種など針葉樹、広葉樹を合わせて50種類以上が試みられた。そのなかで一応成林をみたのは道南及び日高地方におけるクロマツ、オホーツク海岸の一部でアカエゾマツをあげることができよう。また岩内以北の日本海側海岸の造成地では、良い生育をしている樹種は見出されていない。

植栽法では一般造林地でなされるような方形配列の植栽から、列状・群状植栽・束植・挿木などが採用されてきている。

土地改良的方法では造成地が砂地、泥炭地、重粘土地等の瘠悪地である場合は、施肥、排水盛土、客土、耕耘などがおこなわれ、成果を収めた事例が報告されている。

植栽木を保護する防風作工物は防風機能、施工の難易、単価、耐久性などの要素を検討しなければならない。実際にこれまでに試みられた防風工の改良は、ヨシ・根曲竹の素材に代って合成樹脂製ネットを使用する防風垣があった。これは施工の容易性・耐久性を狙ったものともわれるが、積雪地ではその沈降圧により破損することが多かったため、現在では使用されなくなってきた。

耐久性に重点をおいたといわれる防風土壘がいくつかの造成地で施工されているが、その効果を判定する年数には至っていない。また防風機能に重点をおいたといわれる反撥式防風垣がある。この作工物も施工年数が浅く、効果は不明である。

北海道の海岸林造成地における不成績の状況は、上述の植栽法、土地改良法を施した場合でも、頻繁な枝枯れのために植栽木は防風垣の高さで生長が停滞し、やがて垣近縁のものを残して枯死するのが一般的な様式である。そして海岸地の樹木の枝枯れは、多量の空中塩分を含む強い海風に原因することをこれまでの研究で明らかにしてきた。⁽²⁾⁽³⁾

海岸林造成の改善法の4項のうち、前者3項については種々の提案と実行がなされてきた現段階としては、防風工改良の新しい試みが最も必要であると考えるに至った。

この研究では、これまでの防風工に比し、より機能的な防風工を開発することを目的とした。

2-1 構造

ここで考察した新型防風工は風衝樹形・風衝林形（既述）からヒントをえたもので、

その形状から流線型防風柵と名付けた。これによって海風の流れを上方に持ち上げ、その背後に従来の防風工より広い防風域をつくることと、その結果防風工後面に樹木に付着する空中塩分を減少させることを狙いとしている。流線型防風柵の側面形状は、前述した風衝立形を表わす式、 $H_x = h_0 (1 - e^{-\alpha x})$ に則り、幅が 4 m のとき高さが 3 m になるように係数を算出した。得られた形状と座標を表-3 に示す。式中の +0.1 は補正項である。基本的な構造は、表-3 で与えられる座標に沿って湾曲させた主柱を支柱で支持し、主柱の間には等間隔に 7 枚の防風板を配置したものを単位スパンとする。主柱及び支柱は基礎コンクリートで固定される。使用材料は鋼管と鋼板とする。

表-3 流線型防風柵の形状と座標

$H_x = 3 (1 - e^{-0.8503 x}) + 0.1$	
X (m)	Hx (m)
0.2	0.569
0.7	1.446
1.2	2.019
1.7	2.393
2.2	2.638
2.7	2.798
3.2	2.903
3.7	2.971
4.0	3.000

当柵の製造は、理研興業KK（札幌市中央区北ノ条西5丁目）に依頼し、数回の折衝と試作を経て製品化された。

当柵の構造略図とコンポーネンツを図-8、表4に掲げる。図表中でゲージ鋼材とはスパン間の寸法取りのためのものである。また取付金具は主柱に防風板を固定するためのもので、取付け方によって防風板の鉛直方向に対する角度を 10° , 15° , 20° にすることができる。

以下に仕様をまとめると

高さ: 3.0 m

巾: 4.09 m

スパン: 3.61 m

耐風設計強度: 50 m/sec

耐用年数: 20 年

表-4 1スパン当り部材

No	部品名	数量	摘要
1	主柱	1	一般構造用炭素鋼管
2	支柱	1	同上
3	アンカーボルト	4	
4	板取付金具	7	
5	防風板	7	防雪柵用鋼板
6	ゲージ鋼材	2	軽量型鋼

※ アンカーボルトを除いた全ての部材は溶融亜鉛メッキ済

2-2 施行の要領

- イ) 設置場所の決定及び整地
- ロ) 測量（基礎コンクリートの位置決定）
- ハ) 基礎コンクリート用床面
- ニ) 割栗石・砂利投入・型枠組立
- ホ) コンクリート充填（アンカーボルト挿入），養生
- ヘ) 型枠解体・埋めもどし
- ト) 防風柵の組立
 - a. 主柱に支柱を組みつけ、基礎コンクリート上に立て、仮締めする。
 - b. 主柱間にゲージ鋼材をとりつけ、スパンを正しく寸取りする。
 - c. 主柱に板取付金具を固定する。
 - d. 防風板をとりつける。
 - e. 各部ボルトを締めする。

（注）cをaに先立ちおこなってもよい。

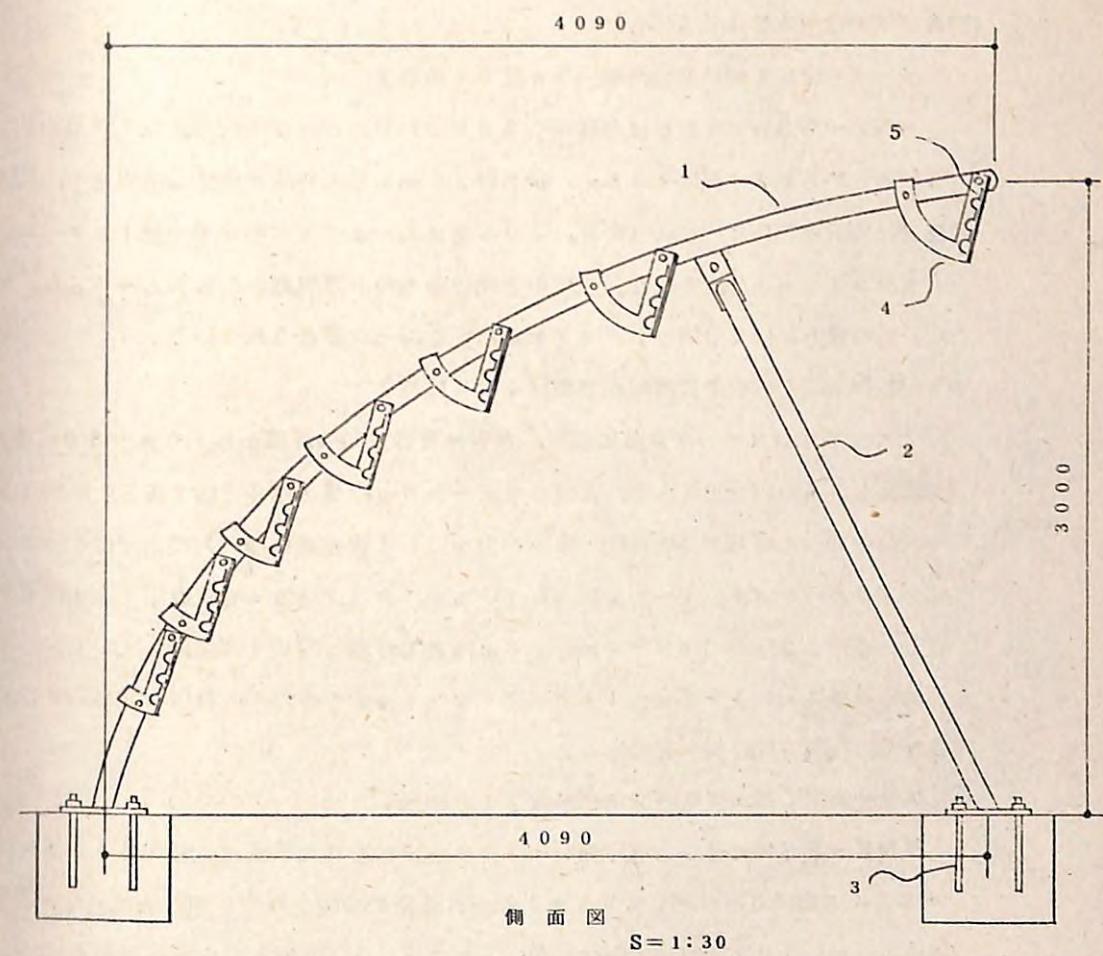
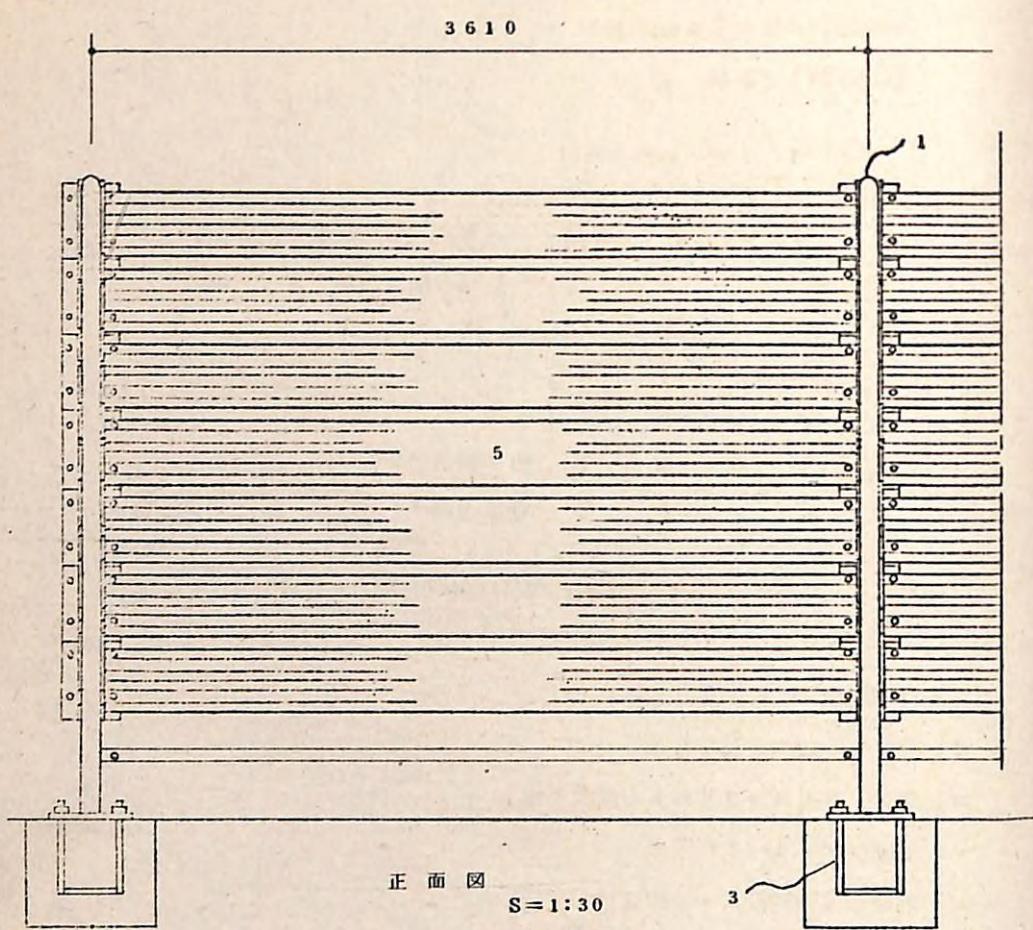


図8

2-3 設置

当防風柵は各営林局・署の事業費で、旭川局稚内林署管内・北見局紋別営林署管内・札幌局浦河営林署管内・函館局東瀬棚営林署管内の海岸林造成地に設置された。以下に設置場所の状況を簡単に述べる。

イ) メークマ海岸(稚内署管内稚内事業区 85林班)

ENE～WSWにはしる海岸線から200mほど離ればほぼ平行に連なる比高の小さい砂丘から始まる幅は300m, 長さは2.6kmある宗谷湾に面する造成地で、当防風柵は砂丘の頂部に昭和49年度、50年度にわたって8スパンずつ計16スパン(延長57.6m)作設された。設置の方向は冬季の海風風向からENE～WSWとした。柵の後方には1令級のトドマツを主とする樹種が植栽されている。

ロ) 元紋別海岸(紋別署管内紋別事業区 106林班)

この造成地はオホーツク海に面し、NW～SE方向の汀線から60m～80m離れた標高20mの段丘上にあり、幅は50m～90m, 長さは2.2kmである。昭和33年頃から始った植栽木の生長は、林帯中央をはしる管理道を境に内陸側ではアカエゾマツ・コバハシノキが4～5mに達しているが、カラマツは3.5m以下で矮生化している。道路より海側ではカラマツが1.5mほどで停滞し同じく矮生化している。

当防風柵は昭和49年度に11スパン(39.7m)の延長で、林帯の北西部に作設された。設置方向はW～Eである。

ハ) エリモ海岸(浦河署管内浦河事業区 219林班)

NNE～SSWにはしる海岸線から200mほど離れた平地に、昭和49年度NW～SEの方向に8スパン(28.8m)の本防風柵が設置された。施行地周辺はルーサンにより緑化された開放地であったが、50年度、51年度にヨシズ防風垣の作設とクロマツの植栽がおこなわれた。

ニ) 太櫓海岸(東瀬棚営林署管内東瀬棚事業区 416・417林班)

日本海に注ぐ利別川の河口の左岸から太櫓川までは標高10m強の砂丘が発達しており、その頂部から背面にかけて(幅100m以下、長さ3km)南北に細長い林帯が造成されている。植栽は昭和26年より始まり、樹種はクロマツで、内陸側林縁での生長は一般によく、6～7mに達しているところもある。当防風柵は造成地南端で、林帯に接した海側の砂丘に8スパン(28.8m)設置された。施行地は10°の傾斜角をもつ砂丘の前斜面である。設置方向は汀線とほぼ平行なNNE～SSWとし汀線

までの距離は約80mである。

2-4 工事費

流線型防風柵の設置に要した費用を施行地ごとに表-5に掲げる。施行地により単価がことなるのは、メークマの場合施行が2カ年にわたったためであり、エリモで単価が低いのは基礎コンクリート打設のみを請負にし、他は直営でおこなつたので、その費用を計上していないことによる。

表-5 工事費一覧

施行地名	施 行 主	施 行 スパン	工 事 費	単価(／m)
メークマ海岸	稚内営林署	16(57.6m)	2930千円	50.8千円
元紋別海岸	紋別営林署	11(39.7m)	1860	46.8
エリモ岬海岸	浦河営林署	8(28.8m)	1000	34.7
太櫓海岸	東瀬棚営林署	8(28.8m)	1342	46.6

2-5 効果試験

流線型防風柵を設置した効果を知るため、51年度・52年度にわたって、各種の調査と観測をおこなつた。以下それらについて述べる。

イ) 空中塩分の減少効果

海風中に含まれる空中塩分に対する減少効果を把握する目的で、流線型防風柵と根曲り竹防風垣の背後で空中塩分の観測をおこなつた。観測はメークマ海岸と元紋別海岸で実施したが、ここではメークマ海岸でおこなつた事例を述べる。

流線型防風柵と、これから100m離れた根曲り竹防風垣(高さ1.8m)の背後(内陸側)に直角方向に任意の距離をおいて3点ずつ測点を設けた。測点には木柱(高さ1.8m)を立て、40cm×25cmのガーゼを張った木枠を取付け、塩分トラップとした。塩分トラップは7日間露出させた後、ガーゼを一定量の純水中に漬け、電導度計で塩分を定量した。

図-9に示したのは昭和52年1月5日～11日の観測例である。図上部には露出期日中に吹いた風を、日単位で風向ごとにトータルした風向別の風速強度をあらわしている。この図からわかるように、防風工に対してやや傾いた吹込角をもつ強い海風

が吹いた。(風の資料は観測地から約1km地点の稚内測候所空港出張所の資料による)

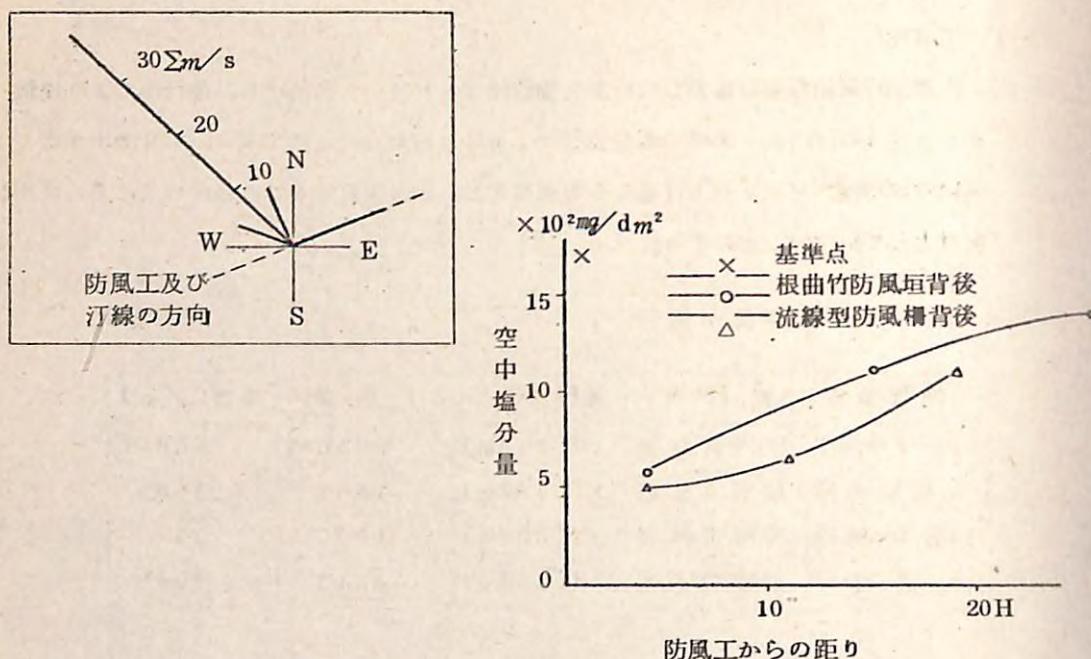


図 9

2種類の防風工背後の空中塩分の分布を示す図下半では、流線型防風柵と根曲竹防風垣とは高さが異なるので、柵(垣)高の影響を同一にするため、それぞれの塩分トラップの位置は柵(垣)高の倍数でとっている。この分布図から防塩機能については、根曲竹防風垣よりも流線型防風柵の方が $20H$ (この場合 $60m$) までは、効果が大きいとおもわれた。

ロ) 防風機能

流線型防風柵がその背面でどのくらいの防風範囲をもつかを調べるために、メークマ海岸とエリモ岬海岸で、風速の垂直分布を観測した。ここでは両者のうち、風向・風速とともに好適な風の吹いた、昭和52年3月15日におこなったエリモ岬海岸での

観測例を述べる。まず流線型防風柵の中央から後方へ風向に沿った線上で $10m$ おきに測点を決め、ポールの $8m$, $6m$, $4m$, $2.5m$, $1.5m$ の高さに風速計を取りつけ、移動観測によって各測点での風速値を得た。また流線型防風柵の前方で高さ $3m$ に設置した風速計によって標準風速値をえた。

使用した測器は理工研式小型ロビンソン風速計で風速の算定には電接カウンターを用いた。観測時間中の風向はNEで柵に対しほぼ直角であった。観測結果を図-10に示す。図-10では柵の前方 $5m$ 地点では風速の垂直分布をあらわす曲線(以下で単に曲線と呼ぶ)は対数則に則っている。柵直後の $5m$ 地点では柵の影響により $4m \sim 1m$ 高の位置の風速は急激な変化をうけ曲線は複雑な形になっているが、その形は柵から離れるにつれて対数則分布の形に回復していき、 $55m$ 地点ではもはや変形は認められない。

また各測点で観測した風速を同時刻の標準点における風速と比較し、標準点風速に対する比をとつて図上にプロットし、等値線を描いたのが図-11である。この観測では風向の変位と風速の変動が小さかったから、全測点同時観測ではなくとも図-11は流線型防風柵に影響される風の流線を表現しているものとおもわれる。そしてこの図によって流線型防風柵の有効距離は $45m$ ($15H$) くらいと判断された。ただし前述したように当柵の前方には高さ $0.9m$ のヨシズ防風垣があることと、風速の強弱によって防風範囲も変化するであろうことを附言しておきたい。

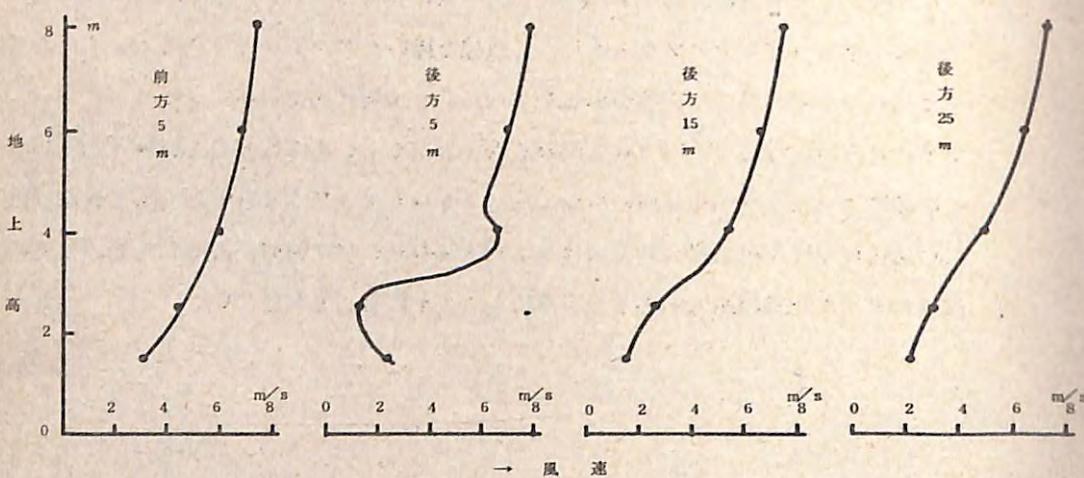
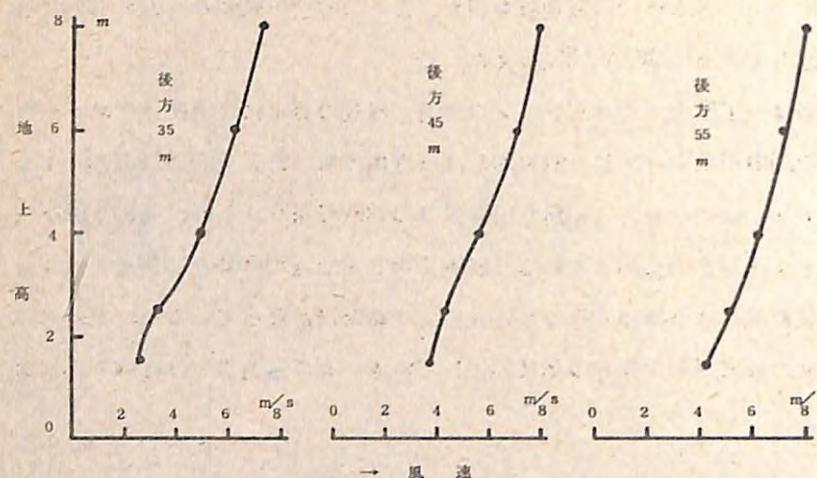


図 10 柵背後の風速の垂直分布

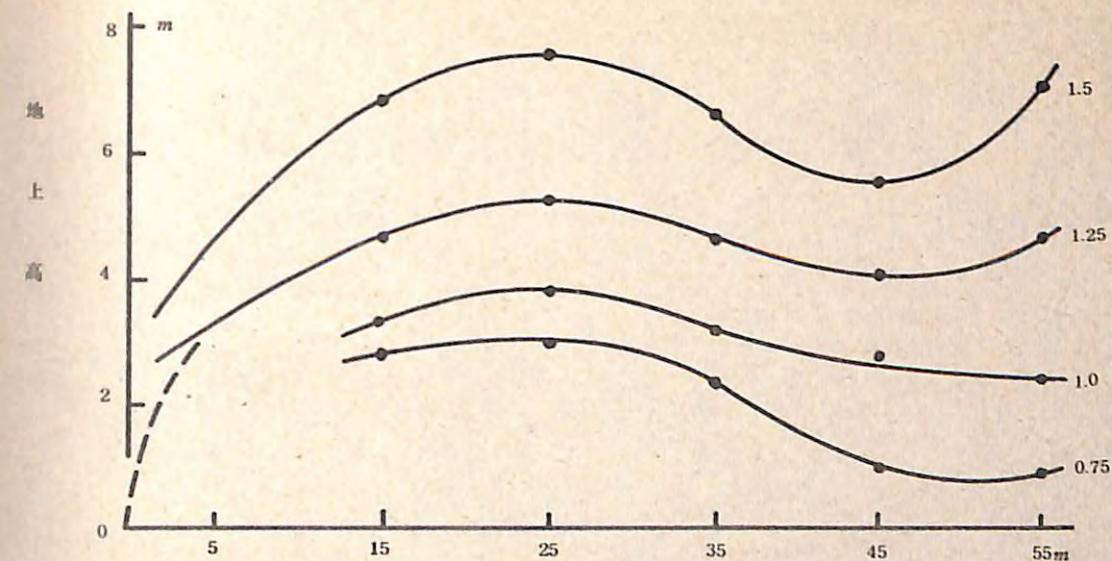


図 11 柵背後の風の流線

ハ) 堆雪機能

海岸林造成地の植栽木に及ぼす積雪の影響には、雪圧によるマイナスの作用があるが、冬季に強い風の吹くところでは、積雪は植栽木を気象害から保護する作用が認められている。したがって海岸林造成地では、防風工は、植栽木に対して第一には優れた防風機能を持つことが必要であり、また防風機能の反映として堆雪のしかたが植栽木を保護する上で好影響をもつことが望まれる。

以上のような考え方から、種々の防風工をもつメークマ海岸（既述）で防風工周辺の積雪深を 3 カ年間にわたって調査した。

防風工の種類を施行年次の古いものからあげると、根曲竹防風垣、樹脂系ネット防風垣、反撲式防風垣・流線型防風柵である。

積雪深の測定は、卓越風向と防風工周辺の堆雪状況から、海岸線とほぼ直角に防風工の中央で測線をひき、測深棒と水準測量によっておこなった。

ここでは降雪時に強い風の伴うことの多かった昭和 49 年～50 年冬の堆雪状態を、昭和 50 年 2 月 25 日に測定した。防風工はいずれも海岸線と平行に連なる同一の砂

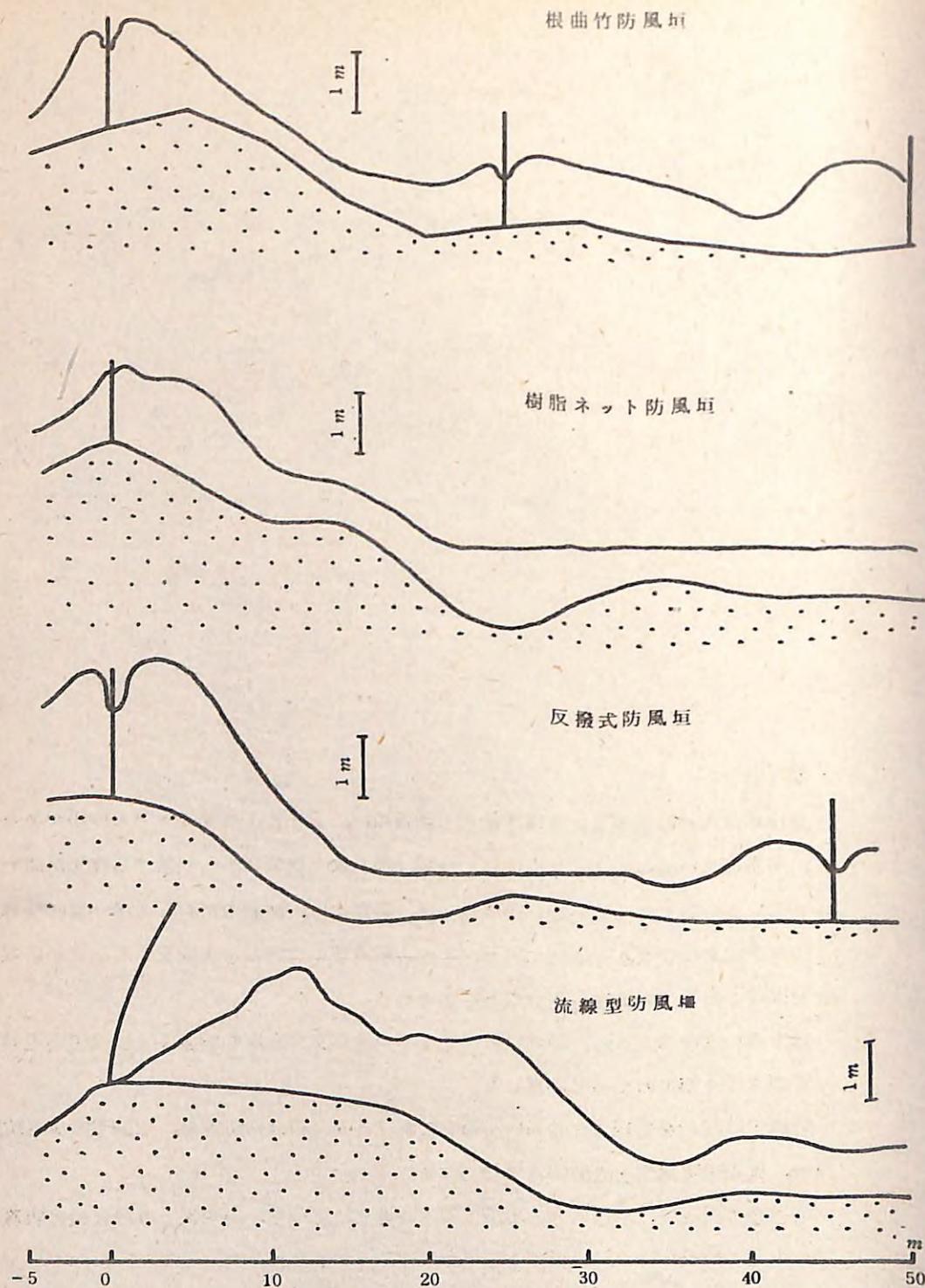


図 1-2 防風工背後の積雪分布

丘上に位置しているものを対象とした。測定の結果えられた堆雪の断面を図-1-2に示す。それぞれの堆雪状況を総観すると、流線型防風柵とその他のグループに分けることができる。根曲竹防風垣を始めとする直立型の防風工の堆雪に及ぼす特徴は、垣の前後間近にピークをつくり、垣を離れるにつれて急激に深さを減する傾向が強い。これに対して流線型防風柵は柵際には堆雪せず、そのピークは主柱脚部より9~12mはなれた地点に現われ、堆雪の効果範囲は25m地点まで明瞭であった。また植栽木であるトドマツ(苗長約40cm)の積雪からの裸出する割合は直立型防風工の方が著しかった。

ニ) 植栽木の生長

防風工の改良だけでなく、海岸林造成地で施される新しい改善法の効果を判定するには、植栽木のうける環境条件が年によりかなり異なることがあるため、10年ほど経過を把握することが望ましい。

流線型防風柵の施行地では、植栽木は施行後わずか2年の生育年数しか経ていないが、その生長調査結果を元紋別海岸と太櫓海岸について述べる。

1) 元紋別海岸

流線型防風柵と、隣接する根曲竹防風垣の背後で、昭和37・38年植えのカラマツを中心とする植栽木の生長を測定した。樹高と昭和51年の頂枝の伸長量を図-1-3に示す。図中伸長量のマイナスは枝枯をあらわす。この結果では流線型防風柵背後の植栽木の方がやや良好な生長をしているが、一般的な結論をうるにはさらに数年間の経過が必要である。

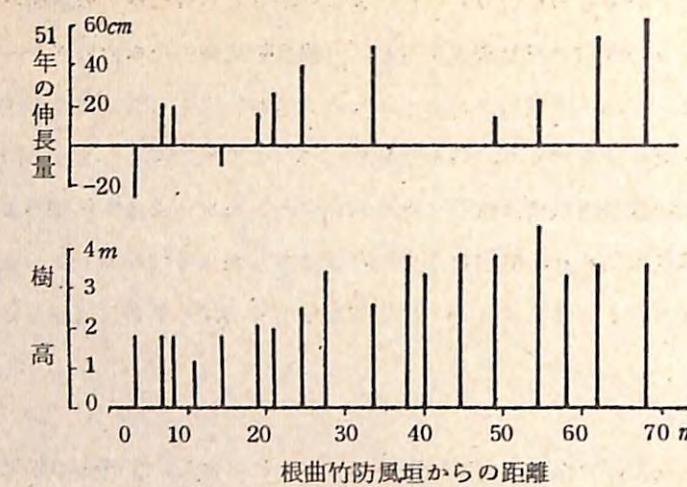


図-1-3

II 太櫓海岸

当地では前述した砂丘上のクロマツ林で、根曲竹防風垣、無施設、流線型防風柵の背面の林帶に直角に測線をひき、生長を調べた。図-1-4は昭和26年の植栽地の結果で、林帶前面には根曲竹防風垣がある。防風垣から10m強の範囲ではクロマツはほとんど消滅し、アキグミだけが残存している。海側林縁では樹高は低く、樹形は偏倚し、梢頭枯れが多い。また林帶の中央・後縁ともに樹高は高まらず、頂枝の伸長は相対的に良くない。

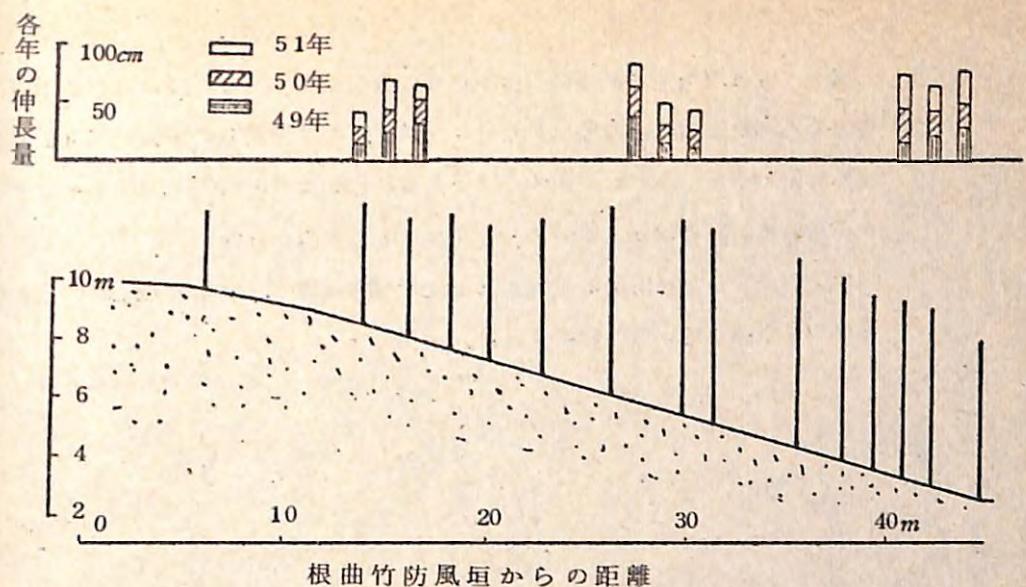


図-1-4

図-1-5は防風垣の破損消失している場所の状況を示している。防風垣跡から4mまでは枯損木(図中点線で示す)になっており、12m後方までは頂枝の伸長と枯枝のくり返しによって複梢矮化したクロマツが多い。林帶中央より後方は樹高を増すが、梢頭輪生枝の海側では強い海風による葉の偏り・曲がり・斑点状の褐変が目立った。防風工による新たな保護が与えられなければ、やがては林帶中央・後縁にも枯死・複梢が進行し、衰退していくとおもわれた。

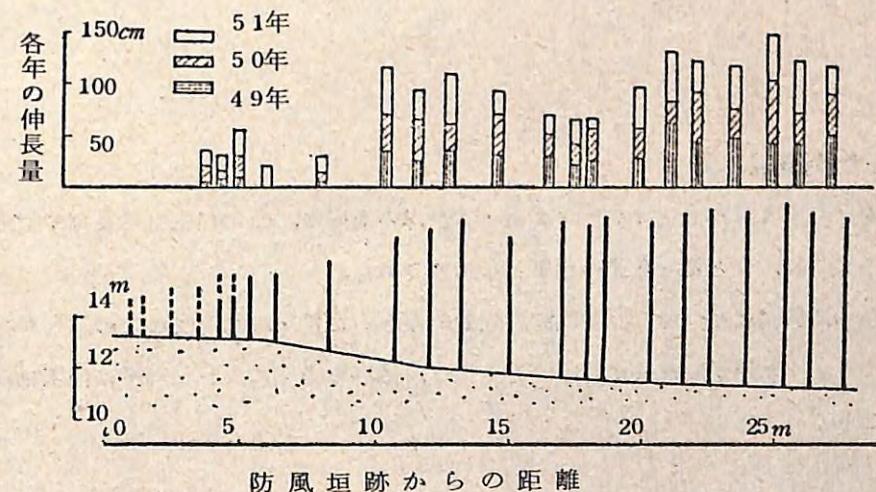


図-1-5

図一16は流線型防風柵の中央部背面の測定結果である。柵の施行までは枯死寸前とみられた海側林縁の偏形したクロマツは、施行後梢頭の伸長が回復してきた。また林帶の断面をとおして頂枝の伸長量は施行前より施行後の方がより大きい傾向がみられる。葉の偏り・曲がり・褐変はほとんどみられない。

以上の結果から当海岸に設置された流線型防風柵は、植栽木の生育により良い保護効果を発揮していると判断された。

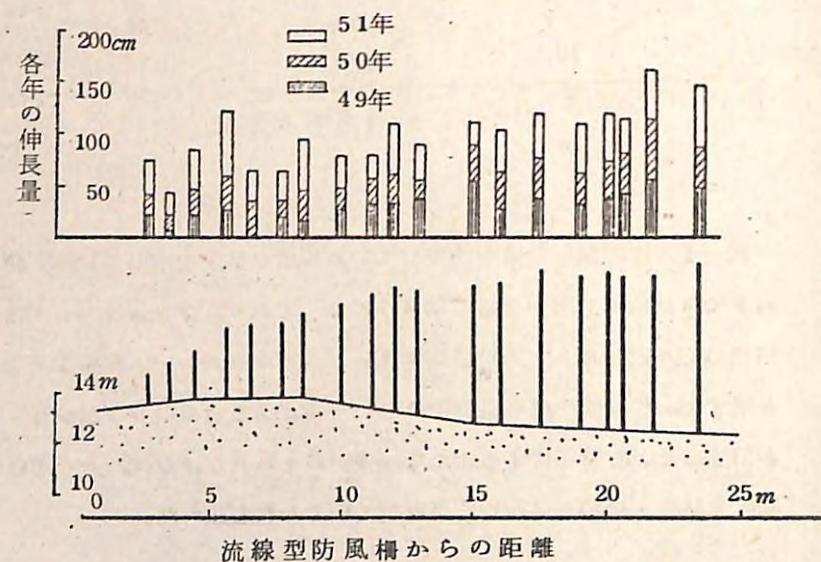


図 16

IV 残された問題点

北海道をとりまく日本海・オホーツク海・太平洋の海岸の、樹木の生育に及ぼす立地環境を調査研究することは、ほとんど今後の仕事として残された。

また流線型防風柵については、防風板の配置位置とか数量・取付角度などの改良が必要になることもある。また海岸段丘地における防風工は、地形を考慮に入れた別種の作工物の開発が必要とおもわれる。

(参考文献)

- (1) 工藤哲也・鈴木孝雄・遠藤泰造：海岸林の林冠上縁が描く曲線の形状について、日林北海道支講、第21号、昭和47年
- (2) 工藤哲也・鈴木孝雄：カシワ海岸林の若枝の枯死時期とその含水量の季節的変化、林試北海道支年報（昭和45年度）、昭和46年度
- (3) 工藤哲也・鈴木孝雄：北海道における海岸林の枝枯れの原因、北方林業、第282号、昭和47年9月

特 殊 地 域 の 治 山 工 法

(特殊地帯における保全工法)

特殊地域の治山工法 (特殊地帯における保全工法)

I 試験担当者

防災部 治山第一研究室 秋谷孝一

" " 梁瀬秀雄

II 試験目的

一般的な山地における治山対策は、第一に荒廃危険度に応じた保全的な森林施業で崩壊地の発生や溪流の荒廃移行をふせぎ、同時に、現存する崩壊地の復旧により地域から生産される土砂量を減少させ、最後に、森林の機能を補う、予防的な治山工事の施工を行なって今後の荒廃発生に対処する順序で進められる。これらの対策推進のための基礎知識や現場技術は、可成り整備され、進歩しつつあるが、とくに荒廃の危険性の高い地域での治山計画指針の決定には、細部において一層の研究を要する点が多い。

そこで過去において山地荒廃が繰り返されている南木曾地区を中心に、森林施業と荒廃発生の関連および森林の荒廃防止機能の限界を補う治山工事計画のあり方などを検討して、荒廃の危険性が特に高い地域での森林施業やそれに関連する治山工事計画の基準を明らかにした。

III 試験経過と得られた成果

1. 試験の年次経過

本試験は昭和49年度から51年度までの3ヶ年間を調査期間として実施したもので、年次別の試験内容は次のとおりである。

(1) 昭和49年度

長野営林局三殿営林署管内の崩壊多発地で約3500haの調査地を選定し、過去に於ける災害の記録、森林施業の実態、崩壊発生の状況、治山工事施工の実績などを調査し、試験の内容と方針を決定した。同一年度内に、空中写真および5000分の1地形図を用いて、森林状態と崩壊発生の関連、風倒木の発生と崩壊の関連を昭和34年の伊勢湾台風時にさかのぼって調査した。

(2) 昭和50年度

東京営林局平塚営林署管内の幼令林における崩壊多発地をえらび、47年7月の豪雨によ

って発生した崩壊個所の条件を、2,000分の1の精密図化図によって明らかにした。

長野営林局三殿営林署管内の調査地で、前年度に調査した風倒地の風倒後の森林施業と崩壊発生の関連を調査した。

長野営林局三殿営林署管内与川国有林上山沢の一部で、溪流の縦横断を計測し、その結果から、溪間工作物の規模を概算し、工作物の規模と効果に関する調査を行なった。

(3) 昭和51年度

長野営林局三殿営林署管内与川国有林下山沢、南沢の一部の溪流について、昭和34年、昭和44年前期、昭和44年後期、昭和49年の4種類の空中写真を用いて、溪流の堆積侵食と災害の関連について調査した。

東京営林局平塚営林署世附国有林内および長野営林局三殿営林署与川国有林内で行なった簡易弹性波探査の結果を解析して、崩壊危険地帯において弹性波深査によって危険地を判定する手がかりを模索した。

2. 試験の結果

今回の調査のうち、主たる試験調査項目を実行した三殿営林署管内は過去における災害の記録も多く、最近の災害だけをとり上げてみても、昭和34年、39年、40年、41年、44年、としばしば災害が発生しているが、調査に際し、過去の森林状態や崩壊の発生状態を判読し得る空中写真で最も古いものは34年の伊勢湾台風の際の空中写真であるため、34年以降の数種の空中写真を用いて各種の試験を行なった。

(1) 森林施業と山地崩壊の関連

山地崩壊に關係する森林施業とは、伐採方法、更新方法、保育方法等あらゆるもののが考えられるが、崩壊防止対策として森林施業をコントロールすることを念頭に置く場合、最も有効な対策は、伐採方法の調整である。伐採方法の調整には伐区の配置、皆伐、択伐、禁伐等の指定がある。

従来、崩壊危険地のこうした施業の指定は崩壊の危険性が傾斜の緩急と密接に結びついている例が多いため、主として傾斜の緩急によって伐採の可否、伐区の配置などが決定される場合が多かった。

南木曾地区の崩壊地や森林状態を調査し、森林と崩壊の関係を明らかにするに当たっては、まず傾斜が崩壊発生に及ぼす影響を明らかにし、次いで傾斜を考慮しつつ森林状態と崩壊の関係の解析を進めることにした。

崩壊防止に結びつく施業には南木曾で行なわれているような皆伐方式の伐区の配置だけ

なく、択伐その他の伐採方式も一つの要素と考えられるが、その事例がないため、今回の森林状態の調査は、空中写真で客観的にとらえ得る樹木のみに限定した。

また、34年の伊勢湾台風を契機にして、南木曾地区一帯の崩壊発生が目立つようになつた点について、伊勢湾台風の際の風倒木が、裸地を発生させて、その後の崩壊多発の原因を作ったと考える人が多いが、実証的に確かめていないため説得力に乏しい。今回の調査では、34年以降の崩壊発生を追跡して風倒木の発生と山地崩壊の関係を調査し、風倒木が発生した場合の林地の崩壊危険度について解析を試みた。

1) 山腹傾斜と崩壊

I) 試験方法

長野営林局三殿営林署管内与川国有林の南沢、南木曾、丸山沢、長石沢、下山沢計約3500haを対象に、昭和34年の空中写真150を用いて、伊勢湾台風によって発生した崩壊地を判読し、5000分の1森林基本図上に移写した。こうして34年の伊勢湾台風によって発生した崩壊地が図化された5000分の1の地形図上に、2cm四方のメッシュを描き、メッシュに内接する直径2cmの円内を通る等高線の本数で傾斜の緩急を表示することにした。5000分の1地形図の等高線は10メートル毎である。また、崩壊地は0.01ha以上の規模のものについて調査した。流域別、等高線本数別にメッシュの数を調べ、一方、崩壊地がかかるメッシュの等高線本数を崩壊地の傾斜と考え、両者を対比させて崩壊の発生割合を求めた。表-1では崩壊地がかかるメッシュごとに崩壊地の面積を、たとえば2つのメッシュにまたがる崩壊地はそれをメッシュ内の面積に分けた崩壊地面積を求めて流域別、等高線本数別にまとめたもので、メッシュ1個は1haであるため崩壊地面積割合は、実際の崩壊面積率を示す。表-2では、メッシュ内に崩壊地が有る、無しだけを判別して、流域別、等高線本数ごとにまとめたもので、崩壊地がかかるメッシュの数の割合は、表-1の実際の崩壊面積割合に較べて大きい数字になる。

II) 試験結果と考察

表-1を流域別に図示したものが図-1(1)~図-1(8)である。これによって明らかにるように流域別にみると、流域によって傾向が異り、南沢、南木曾、長石沢、上山沢では等高線本数の多い急傾斜地ほど崩壊面積率が高く、その他の地区では、等高線本数5~6本のいわば平均的な傾斜に崩壊面積率の最高値がある、それより緩傾斜でも急傾斜でも崩壊面積率は小さくなる。全流域の合計では、こうした傾向は打ち消し合ってそれ

表-1 流域別、傾斜別崩壊発生割合(崩壊面積の割合)

表-2 流域別・類別別発生割合(メッシュの割合)

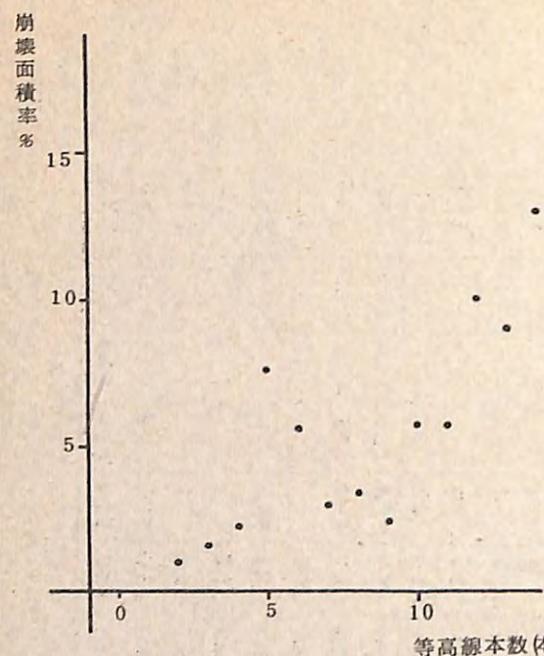


図-1(1) 傾斜と崩壊(南沢)

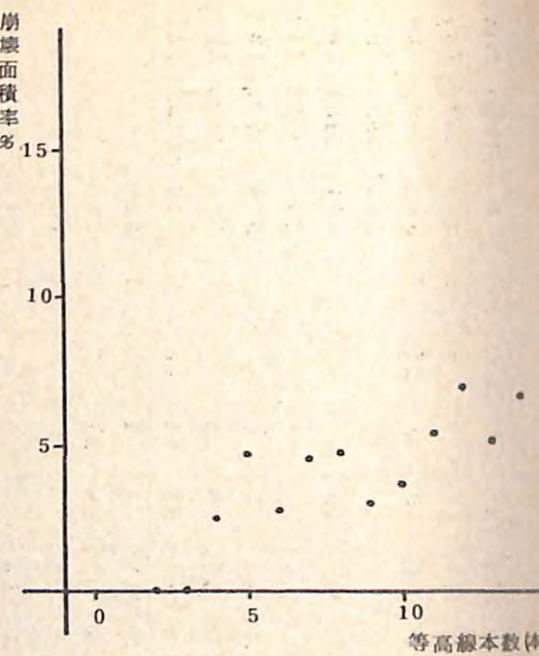


図-1(2) 傾斜と崩壊(南木曾)

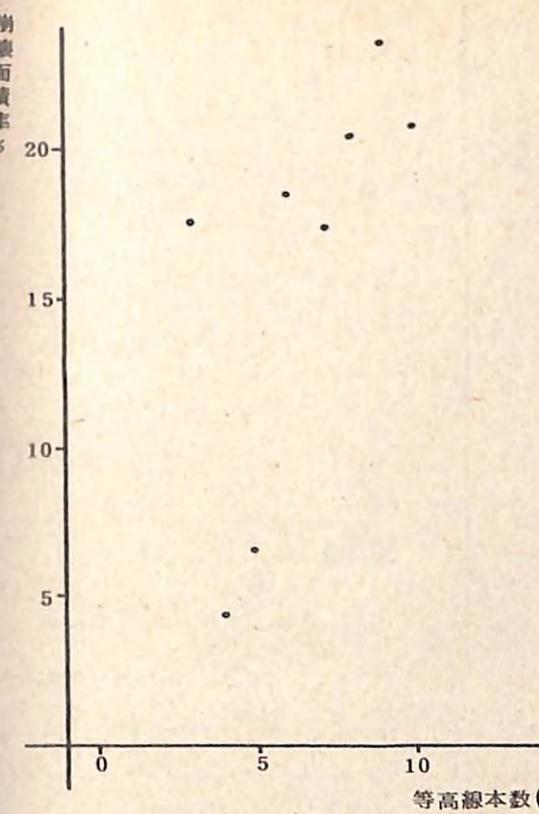


図-1(5) 傾斜と崩壊(長石沢)

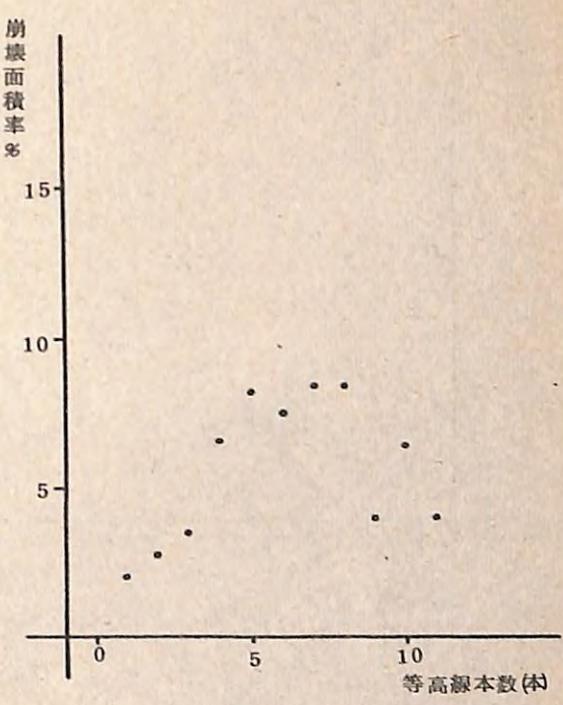


図-1(6) 傾斜と崩壊(下山沢下流)

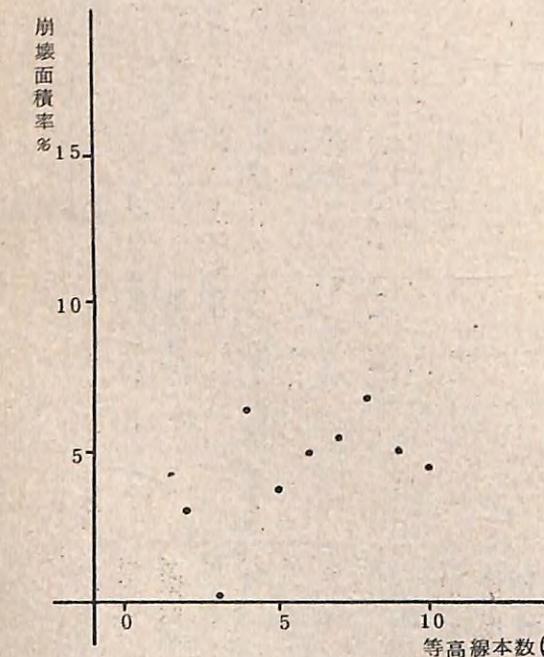


図-1(3) 傾斜と崩壊(丸山沢)

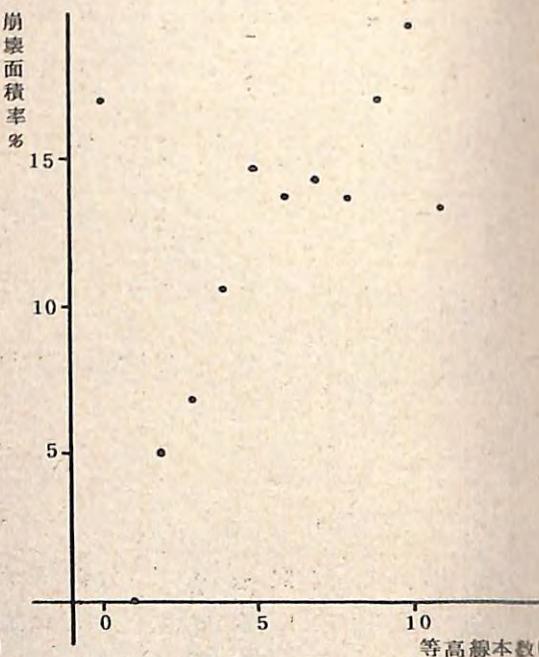


図-1(4) 傾斜と崩壊(上山沢)

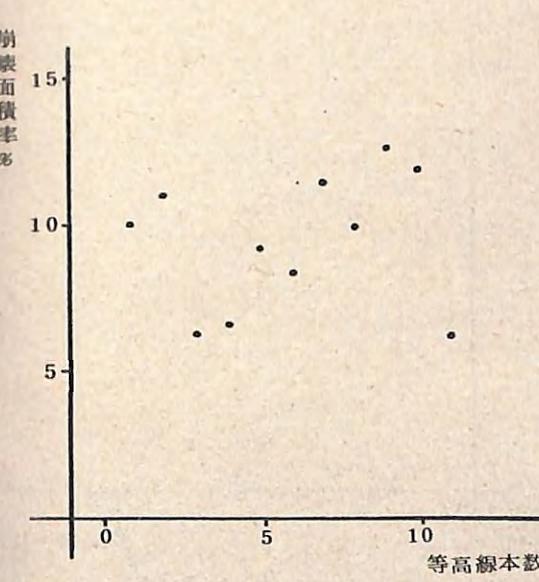


図-1(7) 傾斜と崩壊(下山沢上流)

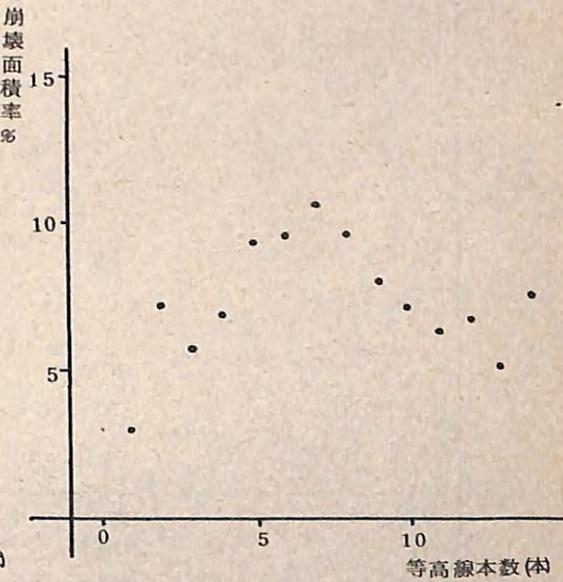


図-1(8) 傾斜と崩壊(合計)

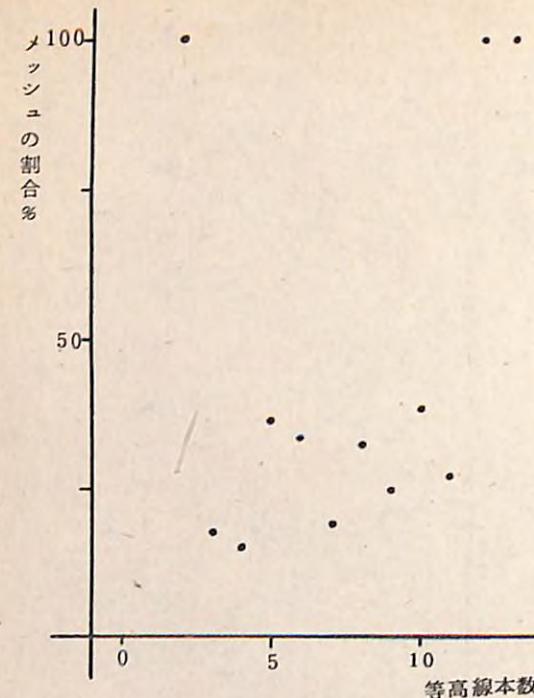


図-2(1) 傾斜と崩壊(南沢)

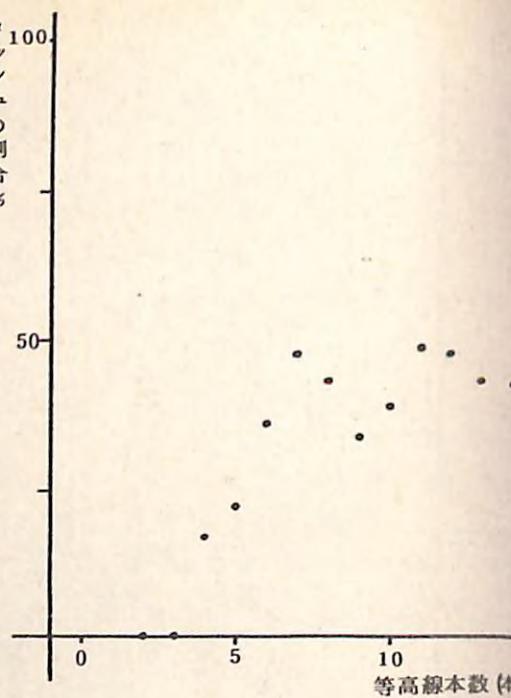


図-2(2) 傾斜と崩壊(南木曽)

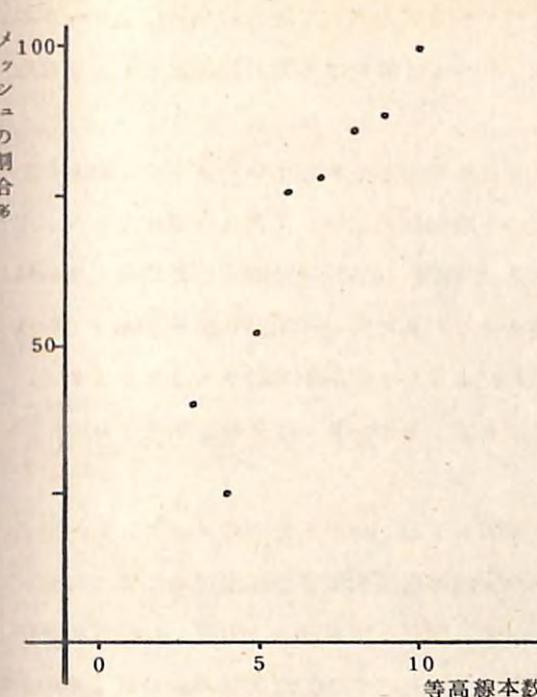


図-2(5) 傾斜と崩壊(長石沢)

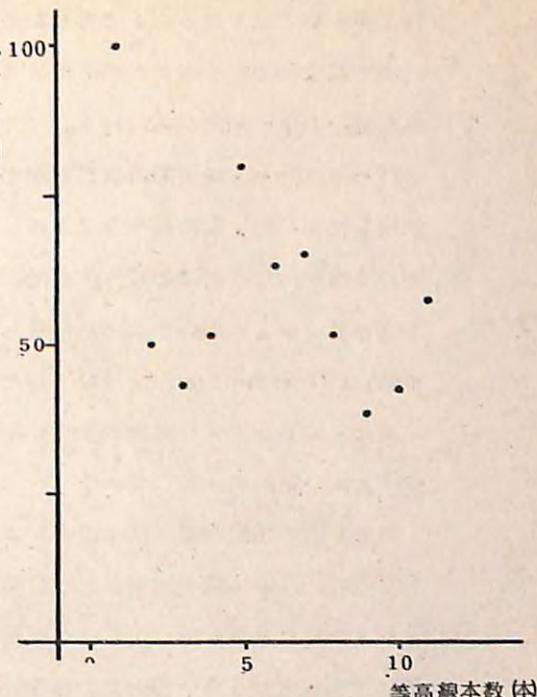


図-2(6) 傾斜と崩壊(下山沢下流)

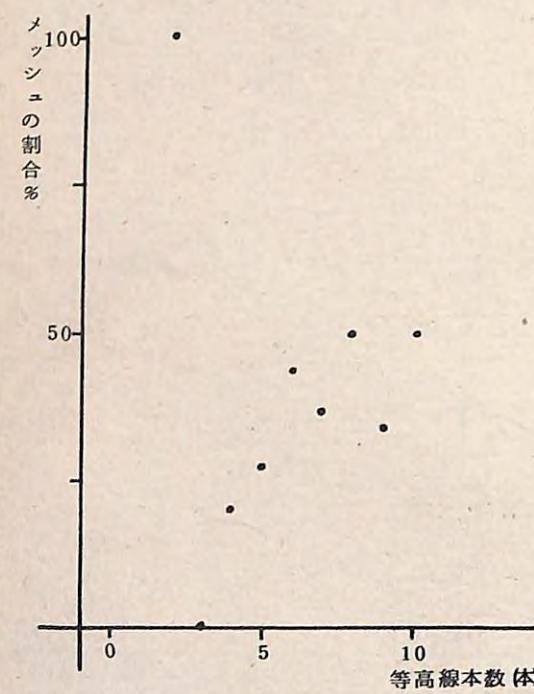


図-2(3) 傾斜と崩壊(丸山沢)

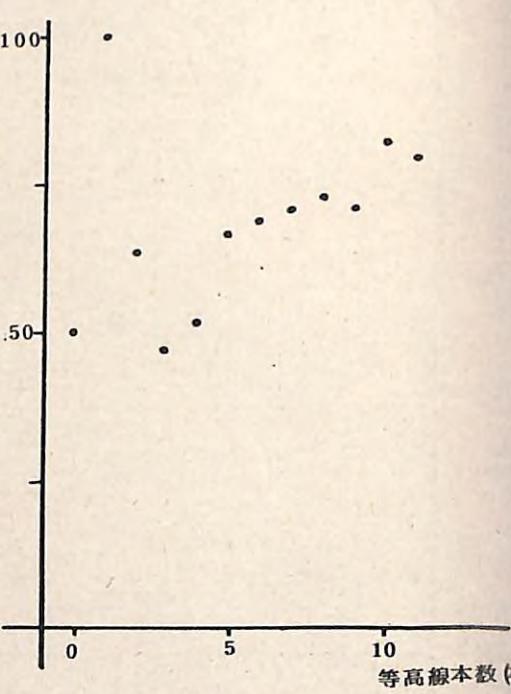


図-2(4) 傾斜と崩壊(上山沢)

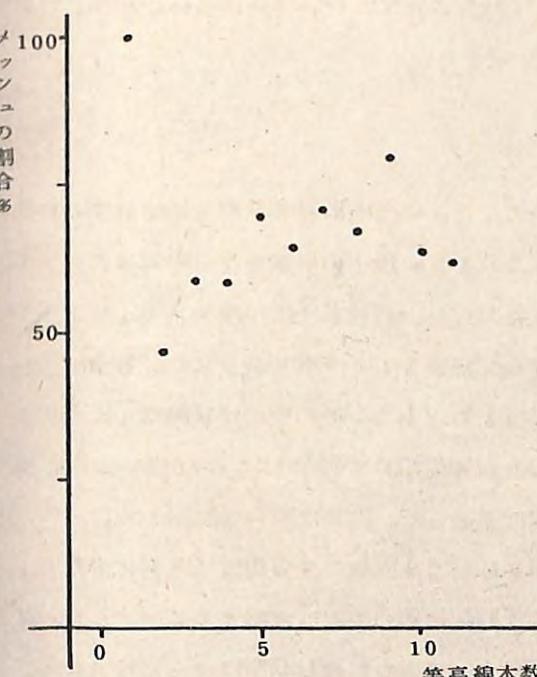


図-2(7) 傾斜と崩壊(下山沢上流)

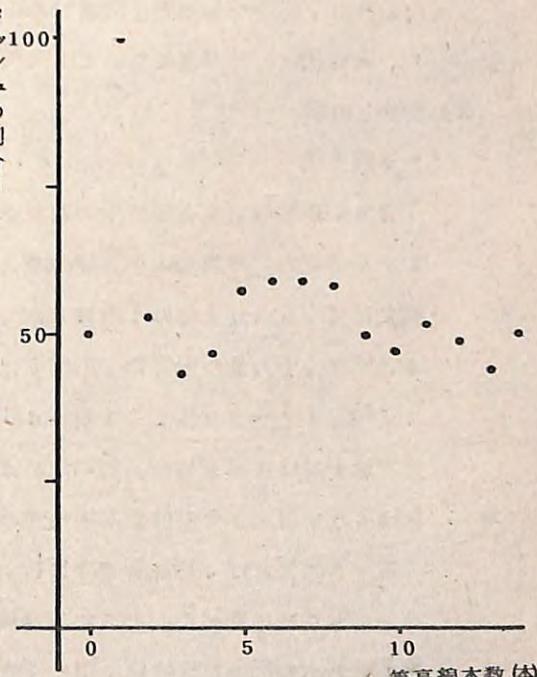


図-2(8) 傾斜と崩壊(合計)

ほど明らかでなくなるが、どちらかと言えば6～8本の附近で最大値を示し、0～5本では本数の増加とともに崩壊面積率は増加、9～14本では本数の増加とともにむだらかな減少を示す傾向がみられる。

図-2は図-1の実際の崩壊面積率の代りに崩壊地がかかるメッシュの割合を採用したもので、前に述べたように、実際の崩壊面積に比較して大きな値になるが、種々の解析を行なうにはこの方法が簡便である。実際の崩壊面積を測定した結果と崩壊地を含むメッシュの割合を求めた結果とを照合するために図-2(1)から図-2(8)までを描き図-1(1)から図-1(8)と比較してみた。これによると、等高線本数0～2本や12～14本あたりのメッシュの総数が少ない場合に差を生じる例が2、3あるが図-1と図-2では大体の傾向が一致している。

傾斜と崩壊発生の関係は、以上のように傾斜を1辺2cmの正方形のメッシュに内接する円内の等高線本数で表現した場合、メッシュ内の崩壊面積または崩壊地が含まれるメッシュの数のどちらでも同じような結果を示す。南沢、南木曾、上山沢、長石沢については等高線本数が多い程崩壊の割合が多くなる、いわば直線的な関係がみられ、他の流域では上に凸の曲線的な関係がみられた。南沢、南木曾、上山沢、長石沢に共通した条件は、比較的急傾斜な流域であること、伐採されていない林分が多いことなどである。森林状態との関連については次項で述べる。

2) 樹令と崩壊

i) 試験方法

34年伊勢湾台風直後の空中写真を用いて、34年当時の森林状態と崩壊発生の状況を対比させた。崩壊地は前項記載のように0.01ha以上の崩壊地を空中写真によって判読して、5.000分の1森林基本図上に移写した。森林状態は樹種をスギ、ヒノキ、カラマツ、その他の針葉樹、広葉樹に分け混交割合を10分率で調査した。林令は1～10年、11～20年、21年～40年、41年以上で、その他に伐採跡地、その他無立木地を分けて調査した。この地域は大部分が針葉樹林で樹種ではヒノキが多いが広葉樹林は少ないので、今回は立木粗密度の調査は見送った。結果は表-3に示した。

表-3によれば、樹種別ではNL、しがあわせて全面積の5%程度で非常に少なく、ほとんどがNに属する。そこで森林状態のうち樹種別の検討は省略することにした。従って風倒木の問題を除けば、空中写真判読によって求めた森林状態は樹令だけになる。既往の研究でも樹令は崩壊との関連が深いと言われているのでここでは主として樹令と

崩壊を中心に検討した。

傾斜の緩急と崩壊の間に複雑な関係があることは傾斜と崩壊の項で明らかにしたが、森林状態と崩壊の関係を検討する場合に、傾斜の影響を無視することは出来ない。そこで林令と崩壊の関係を求めるに当って次のような整理をして傾斜を条件に入れた林令と崩壊の比較を行うことにした。

傾斜を考慮する場合、例えば1つの区画の幼令林地の傾斜というような森林状態別の傾斜を求める作業は、不可能ではないとしても非常な繁雑さを伴う。そこで、傾斜と崩壊の関係で用いたメッシュ法をそのまま利用し、メッシュ内の過半を占める樹令をそのメッシュの森林状態と考えて整理した。樹種別を考えないので、伐採跡地、造林地は1～10年生に含め、さらに、1～10年生および11～20年生は面積が両者を加えても全調査地の10%程度であるので、両者を一括して0～20年生として取り扱った。21～40年生も全調査地の10%強と比較的小面積なので、傾斜別の傾向のバラつきを除くため、等高線本数は0～1本、2～3本のように2本分づつ括約して樹令別を0～20年、21年～40年、41年以上の3階級、傾斜別を0～1本、2～3本、4～5本………12～13本、14本以上の8階級に区分した。崩壊の発生状況は、傾斜と崩壊の項で明らかにしたように、崩壊地からかかるメッシュの数を調べることにより、崩壊発生の傾向は求められるので、実際の崩壊面積ではないが、崩壊地からかかるメッシュの割合を求ることにした。

ii) 結果と考察

樹令別、傾斜別にメッシュの総数と崩壊地がかかるメッシュの数を求め、崩壊地がかかるメッシュの数の割合を%で算出した結果が表-4である。表-4の崩壊がかかるメッシュの割合を傾斜別、林令別に図-3に表現した。

図-3の結果を検討すると、傾斜と崩壊の項で認められた、一定の傾斜で崩壊の割合が最高値を示し、傾斜が緩な場合は勿論、傾斜が急な場合も崩壊割合は小さくなる傾向は、各樹令にもそのままあらわされている。さらにくわしく観察すると、まずどの樹令の場合も緩傾斜では直線に近い傾向で崩壊割合が増加するが、等高線4～5本または6～7本以上で崩壊割合はほとんど増加せず横ばいを続け、10～11本あたりからやや減少し、12本以上になると著しく小さい値になる。崩壊の割合の値は0～20年が著しく大きいが12本以上の急斜地では21～40年や41年以上の値より小さい。21～40年と41年以上では41年以上がわずかに大きい。通常の豪雨による崩壊多発地の

表-3 流域別森林状態別面積

樹令 NL別 風倒有無別	Y ₁										Y ₂									
	南 沢	南 木 曾	丸 山	上 山	長 石	下 山 沢	下 山 沢	上 流	計	南 沢	南 木 曾	丸 山	上 山	長 石	下 山 沢	下 山 沢	上 流	計		
	沢	木	山	山	石	下	山	下	流	沢	木	山	山	石	下	山	下	流		
a	0	0	0	2	8	0	0	10	0	0	0	0	0	0	1	3	4			
b	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
(N7~10)	無	0	24	0	105	51	45	63	288	0	0	0	0	0	0	39	4	43		
	計	0	24	0	107	61	45	63	300	0	0	0	0	0	0	40	7	47		
N (N4~6)	a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
L	a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
計	a	0	0	0	2	8	(3)	0	(3)	0	0	0	0	0	1	3	4			
	b	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	無	0	24	0	(3)	105	51	45	63	(3)	0	0	0	0	39	4	43			
	計	0	24	0	107	61	45	63	(6)	300	0	0	0	0	0	40	7	47		

樹令 M O	M										O										合計
	南 沢	南 木 曾	丸 山	上 山	長 石	下 山 沢	下 山 沢	上 流	計	南 沢	南 木 曾	丸 山	上 山	長 石	下 山 沢	下 山 沢	上 流	計			
	沢	木	山	山	石	下	山	下	流	沢	木	山	山	石	下	山	下	流			
6	0	0	0	0	0	0	0	6	50	35	23	116	25	46	177	472	492				
2	0	0	0	0	0	0	0	2	19	14	6	59	17	22	61	198	202				
148	0	24	104	0	102	0	378	217	431	157	328	148	250	423	1954	2663					
156	0	24	104	0	102	0	386	286	480	186	503	190	318	661	2624	3357					
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	6	0	0	0	0	0	29	29			
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	6	6			
0	0	0	0	0	0	23	0	23	0	62	48	0	0	0	0	0	110	133			
0	0	0	0	0	0	23	0	23	0	91	54	0	0	0	0	0	145	168			
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
0	0	0	0	25	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25		
0	0	0	0	25	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25		
6	0	0	0	0	0	0	6	50	58	29	116	25	46	177	501	(3)	521				
2	0	0	0	0	0	0	2	19	20	6	59	17	22	61	204	208					
148	0	24	129	0	125	0	426	217	493	205	328	148	250	423	2064	(3)	2821				
156	0	24	129	0	125	0	434	286	571	240	503	190	318	661	2769	(6)	3550				

1. 数字はメッシュの数でメッシュの過半を占める森林状態を集計した。メッシュ1個は
2. Y₁は0~10年, Y₂は11~20年, Mは21~40年, Oは41年以上,
3. aは風倒率51%以上, bは1~50%
4. Nは針葉樹71%以上

5,000分の1 図上で2cm×2cmであるから1haに相当する。

表-4 林令別・傾斜別崩壊発生状況

等 高 線 本 数		0 ~ 1 本	2 ~ 3 本	4 ~ 5 本
メッシュの総数	0 ~ 20年	1	23	60
	21 ~ 40年	1	11	43
	41 ~ 年	3	76	257
	計	5	110	360
崩壊地がかかる メッシュの数	0 ~ 20年	0	10	39
	21 ~ 40年	0	0	8
	41 ~ 年	0	18	90
	計	0	28	137
崩壊地がかかる メッシュの割合 (%)	0 ~ 20年	0.0	43.5	65.0
	21 ~ 40年	0.0	0.0	18.6
	41 ~ 年	0.0	23.7	35.0
	計	0.0	25.5	38.1

6 ~ 7 本	8 ~ 9 本	10 ~ 11 本	12 ~ 13 本	14 ~ 本	計
156	93	11	—	—	344
146	203	30	—	—	434
1,013	1,058	293	64	8	2,772
1,305	1,354	334	64	8	3,550
104	61	6	—	—	220
52	79	11	—	—	150
442	456	86	6	1	1,099
598	596	103	6	1	1,469
66.7	65.6	54.5	—	—	64.0
35.6	38.9	36.7	—	—	34.6
43.6	43.1	29.4	9.4	12.5	39.6
45.8	44.0	30.8	9.4	12.5	41.4

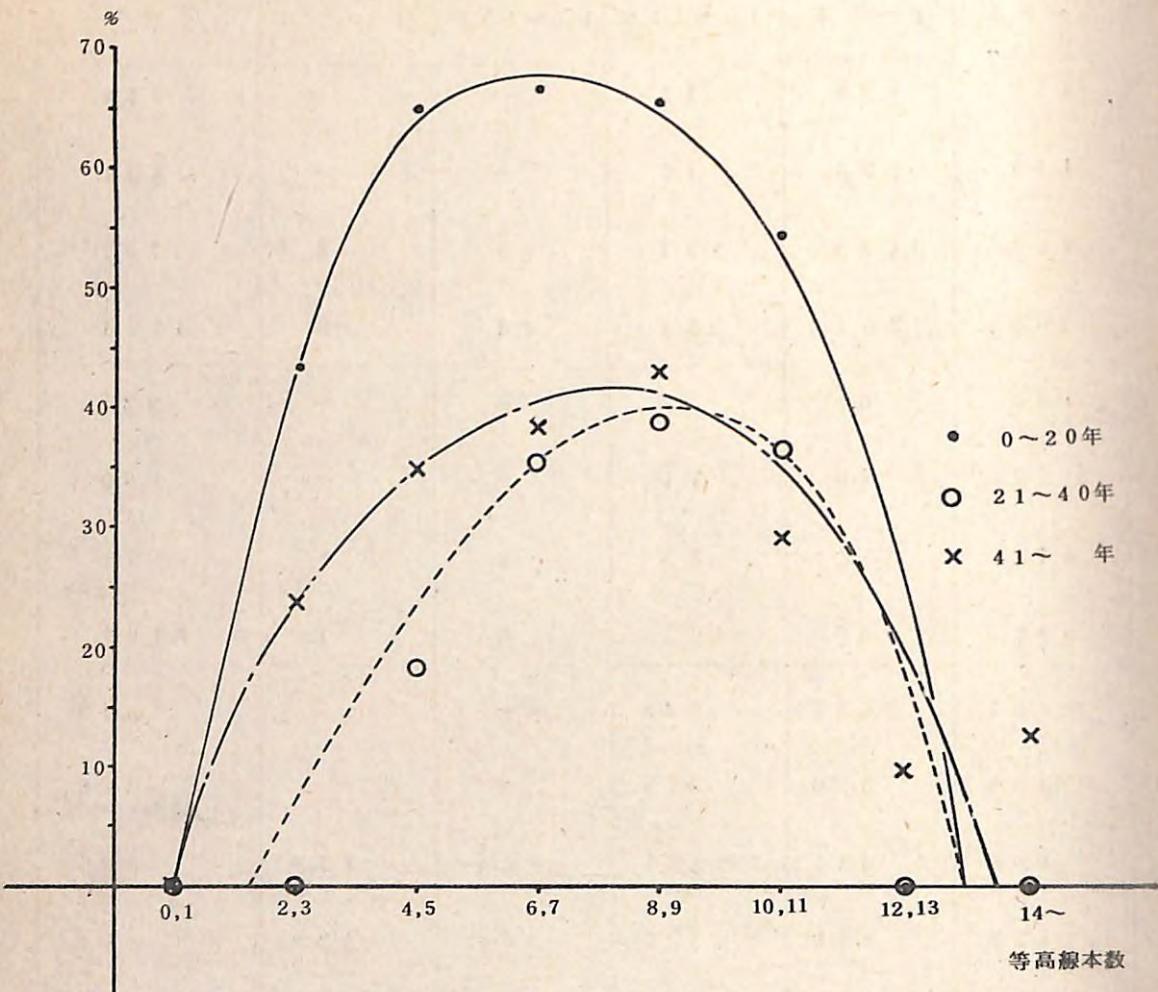


図-3 樹令と崩壊

調査と比較すると、0~20年が最も崩壊割合が大きいのは一致しているが、41年以上の崩壊割合がわづかではあるが21~40年より大きいのは、本調査地の特徴でこれは風倒木が41年以上の林地に多く発生し、風倒が原因となって崩壊が発生したためと思われる。風倒と崩壊については次項でくわしく述べる。

3) 風倒と崩壊

34年の伊勢湾台風による豪雨を契機として南木曾地区にしばしば災害が発生するようになるが、森林状態の変化の影響としては、風倒のため伐採せざるを得なかったことや風倒の根返りのために、その後の崩壊発生が多くなったことがあげられている。ここでは、風倒が、その後の崩壊発生にどんな関連を持ったかを中心に調査してみた。

i) 試験方法

樹令と崩壊の場合と同一の資料を用いて、風倒木の発生状況を空中写真から5,000分の1の地形図に移写した。使用した空中写真は昭和34年撮影の山150と昭和44年撮影の44治で、山150では昭和34年当時の風倒の状況を立木の51%以上が倒れた林地をa、50%以下の立木が倒れた林地をbとして判読した。山150による昭和34年当時の崩壊地の判読図化については前項まで述べた。44治では44年の災害後の森林状態と崩壊地の現況を調査した。

これらの写真判読の結果をいすれもメッシュを単位とし、崩壊地についてはメッシュ内に崩壊地の有る無し、林相についてはメッシュ内の過半を占める林相を判読して解析した。

ii) 結果と考察

まず前出の表-3を用いて34年当時の風倒と林相の関係を検討した。樹種別では混交林や広葉樹林は極端に少ないので、樹令別にみると、0~10年、11~20年、21~40年では風倒がほとんど発生していない。そこで風倒と崩壊の関係については34年当時に41年以上であった林分約2,800haを対象に検討することにした。

34年当時樹令41年以上であったメッシュについて風倒の程度を51%以上、50%以下、無しの3段階とし、その他に34年と44年の崩壊地がそれある、無しを分けるとその結果は表-5にまとめたように、まず34年では、風倒のあるメッシュは、ないメッシュに比較して崩壊割合が可成り大きい。44年では、同様に風倒のあるメッシュは、ないメッシュに比較して崩壊割合が可成り大きく、しかもその値が風倒のあるメッシュも無いメッシュも34年より44年の方が大きくなっている。

表-5 風倒地の崩壊発生状況

メッシュの数	崩壊地の有無		風倒の程度		
	34年	44年	無	50%以下	51%以上
—	—	876	40	88	
—	○	475	53	148	
○	○	627	103	248	
○	—	86	9	17	
	計	2,064	205	501	
	34年の崩壊割合	34.5%	54.6%	52.9%	
	44年の崩壊割合	53.4%	76.1%	79.0%	
	34年に崩壊がなかったメッシュのうち44年に崩壊が発生しているメッシュの割合	35.2%	57.0%	62.7%	
	44年に崩壊が出たメッシュの割合				

注：34年に樹令41年以上であった林分のみを対象に調査した。

次に34年に崩壊がなかったメッシュのうち44年に崩壊が発生しているメッシュの割合を求めるとき、これも風倒のあるメッシュは風倒のないメッシュに比較して大きい値を示している。

以上を総合すると、34年当時の風倒木の発生はその際の崩壊発生を誘発し、崩壊が発生しなかった林地でも風倒木の発生がその後の豪雨による崩壊発生を招いたと考えられる。しかし、風倒の程度が50%以下と軽微な場合、その後の森林の取扱いが崩壊発生に影響することが考えられる。そこで34年当時41年以上の林分をその10年後の森林状態や崩壊と対比させて調査した結果をまとめると、表-6になった。この表では34年当時樹令41年以上の林分のうち、南沢、南木曾は、施業を行なってないため除外して調査した。34年に崩壊がなく、44年に崩壊があるメッシュの割合を樹令別、風倒の程度別に対比して比較すると、41年以上であり、風倒がなく、その後の伐採造林があれていなかった林分の崩壊割合が著しく小さいことが注目される。その他の林分では崩壊が発生した場合は特に著しい差が見られない。つまり34年に風倒した林分は、その後10年に新たに崩壊した割合が大きい。また、風倒しなかった林分を伐採造林した結果、風倒した場所と大差ない割合で崩壊発生が起っている。風倒も伐採もしない林分は

それらに比較すると10年後の崩壊の発生割合が著しく小さい。

表-6 風倒地のその後の林相と崩壊発生状況

44年当時の樹令	崩壊地の有無		風倒の程度		
	34年	44年	無し	50%以下	51%以上
0~10年	—	—	81	1	20
	—	○	220	5	36
41年以上	—	—	359	19	32
	—	○	76	40	87
0~10年	34年に崩壊が無く、44年に有るメッシュの割合(%)	73	83		64
41年以上	〃	18	68	73	

注：南沢、南木曾は10年間に伐採が行なわれなかったので調査の対象から除外した。

4) 崩壊発生個所の条件

1)~3)の試験のように崩壊しやすい条件、つまり崩壊の危険性の高い傾斜や林相が明らかにされた場合、森林の施業条件の制限や適切な治山工事で対処しようとすれば、つきに問題になるのは山腹のどの場所が崩壊しやすいかを判定する方法である。本試験では、この点について、地図形を利用した崩壊危険個所の判定法と、小型地震探査装置を用いた土層調査による危険個所の判定法の2つの方法によって接近を試みた。結果は必ずしも考えた通りに運ばなかったが以下にその結果を述べる。

4)-1 地形図による崩壊発生個所の判定

1) 試験方法

東京営林局平塚営林署世附国有林内の植栽直後の幼令林地約230haを対象に昭和47年7月豪雨による崩壊地発生直後の空中写真、東治47を用いて簡易な標定を行ない、等高線間隔5m、縮尺2,000分の1で崩壊地、道路、溪流、等高線の図面を作成した。図面は崩壊に関係する微少地形を正確に表現するために、図化機による描画を行なった原図に仕上げや製図をせず、そのまま利用することにした。また、植栽直後の幼令林であるために、植生にさまたげられず地表面の観察を行えるので図面

の等高線の精度は非常に良いと考えられる。

出来上った図面にメッシュをかけて、メッシュに内接する円内の等高線の本数と、円内の等高線の曲がりの角度を計測した。等高線の曲がりは、円の中心を通る等高線を想定し、想定した等高線が円周と交わる2点のそれを円の中心と結んで出来る中心角の谷側を計測した。つまり平滑斜面は 180° 、谷地形の凹斜面は 180° 以下、尾根地形の凸形斜面は 180° 以上になる。

一般に崩壊地に關係する地形因子としては小さなひろがりの斜面を考える場合、傾斜と横断面形が最も関連が大きく、その他に斜面長や横断面形が考えられる。ここでは斜面の土塊の滑落のモーメントの大きさに關係する傾斜と、降雨時の水の集まり方に關係する横断面形が、等高線を利用して直接把握可能であり、崩壊との關係も深いと言われているので、この2つの条件と崩壊の発生割合の關係を求めるにした。

メッシュの大きさを、1辺が2cm(現地では40m)で測定した結果を、地形別、等高線本数別に集計したものが表-7(1)である。同じ図面でメッシュの大きさを1cm、現地で20mにして測定集計したものが表-7(2)である。また森林基本図5,000分の1を使用して1cmメッシュで同様の測定集計したものが表-7(3)である。

II) 結果と考察

表-7(1)～表-7(3)はそのままでは資料数の少ない階級が多いため、谷側角度の括約を試みた。数種の括約のうちでは大きく括約して角度を4種類にまとめた表-8(1)～表-8(3)が最も明瞭な分離をしたため、ここにとりあげてみた。表-8(1), 8(2), 8(3)は崩壊を含んでいるメッシュの割合を表示してある。この結果を図示したのが図-5(1)、図-5(2)、図-5(3)である。

2cmメッシュを2,000分の1図面にかけた図-5(1)では著しい谷地形、つまり中心角 80° 以下の地形が等高線4～6本で他の角度と比較して最も高い崩壊割合を示すが、7本になるとやや崩壊割合が小さくなる。中心角 $80^\circ \sim 160^\circ$ では、それとほぼ同じ傾向を示すが最も高い崩壊割合を示すのは等高線8本である。 $160^\circ \sim 240^\circ$ の場合は本数3本では他の角度と比較しても最も小さい崩壊割合で本数の増加に対応してほぼ直線的に崩壊割合が増す。著しい尾根地形、つまり、中心角 240° 以下では、 $160^\circ \sim 240^\circ$ とほぼ同様な傾向であるが、等高線7～9本でやや崩壊割合が小さい。いずれの場合も等高線10本の最大傾斜で崩壊の割合は100%を示す。

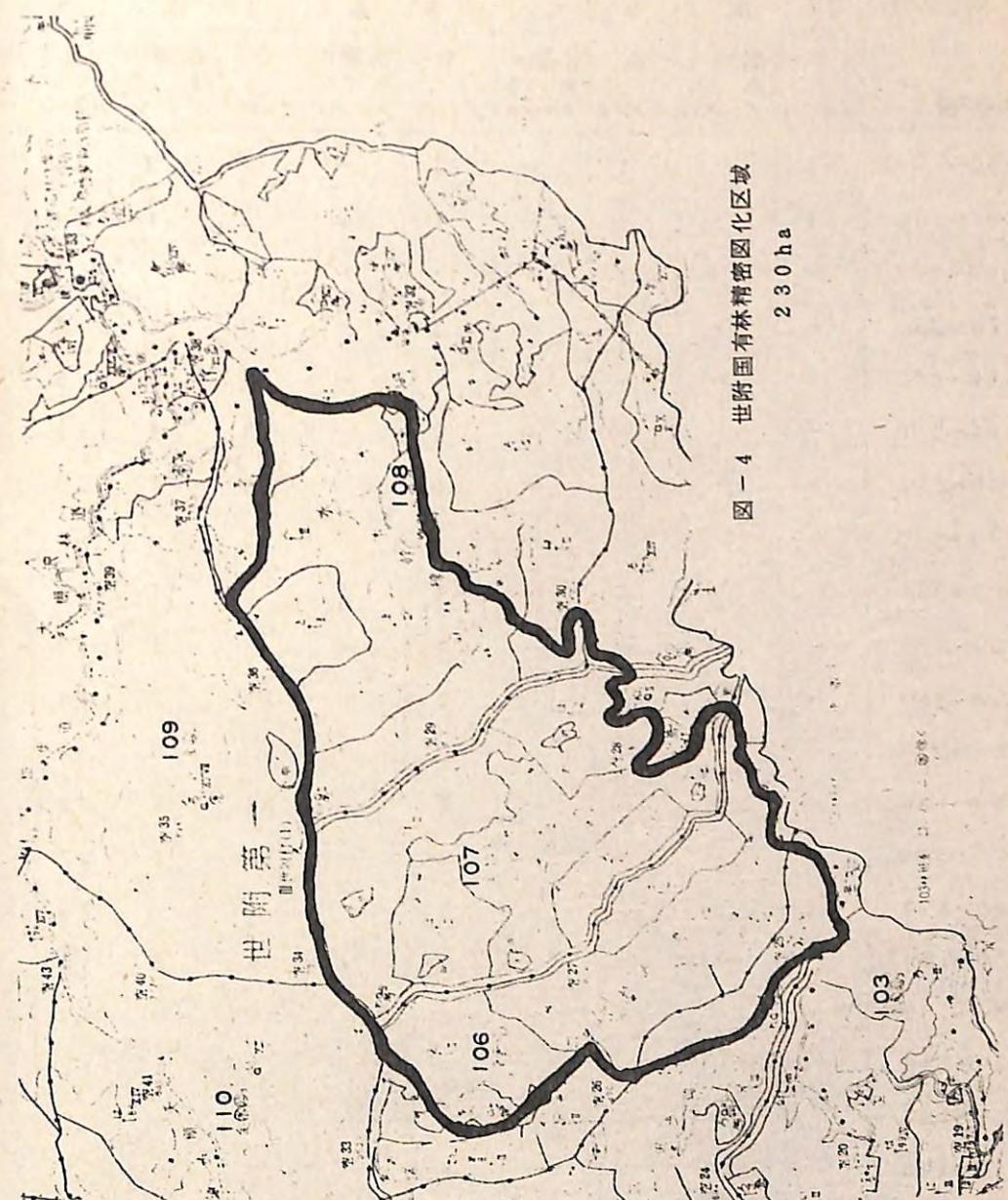


表-7 (1) 傾斜, 微地形と崩壊(1) (2000分の1図面 2cmメッシュ)

等高線本数 谷側角度	1本		2本		3本		4本		5本	
	全 メッシュ	崩壊の ある メッシュ								
300~ 度	1	—	1	—	4	—	7	2	13	7
290~300	1	—	—	—	1	—	6	1	4	1
280~290	—	—	1	—	—	—	—	5	—	—
270~280	—	—	—	—	2	—	7	1	5	2
260~270	—	—	—	—	2	—	7	3	8	—
250~260	—	—	—	—	1	—	3	1	13	6
240~250	—	—	—	—	4	—	8	1	18	7
230~240	—	—	—	—	1	—	5	—	9	4
220~230	—	—	—	—	3	1	8	1	14	5
210~220	—	—	—	—	—	—	8	1	18	5
200~210	—	—	—	—	2	—	11	3	14	4
190~200	—	—	—	—	3	—	13	3	30	8
180~190	—	—	—	—	7	1	17	1	32	11
170~180	—	—	—	—	3	—	13	1	27	9
160~170	—	—	—	—	3	—	9	—	25	6
150~160	—	—	—	—	—	—	4	2	17	5
140~150	—	—	—	—	2	—	2	—	14	3
130~140	—	—	—	—	—	—	3	1	12	6
120~130	—	—	—	—	—	—	1	—	8	1
110~120	—	—	—	—	1	—	1	—	3	2
100~110	—	—	—	—	—	—	—	—	2	1
100 以下	—	—	—	—	1	1	9	6	23	17
計	2	0	2	0	40	3	142	28	314	110

6本	7本		8本		9本		10本		計		
	全 メッシュ	崩壊の ある メッシュ									
9	3	2	—	4	3	—	—	—	—	41	15
7	3	6	2	2	—	—	—	—	—	27	7
10	4	3	1	1	1	—	—	—	—	20	6
7	4	4	1	3	—	—	—	1	1	29	9
4	1	7	4	4	3	1	—	—	—	33	11
12	6	7	3	3	2	1	—	—	—	40	18
18	11	12	7	3	2	—	—	—	—	63	28
13	4	16	13	7	6	1	—	—	—	52	27
20	10	17	12	8	5	3	2	—	—	73	36
32	11	24	16	14	10	—	—	—	—	96	43
36	17	32	19	10	7	1	—	—	—	106	50
38	24	28	17	12	8	3	—	—	—	127	60
51	24	41	25	19	16	1	—	1	1	169	79
49	18	30	23	9	8	4	3	—	—	135	62
36	18	27	21	19	16	3	—	—	—	122	61
25	10	27	19	9	—	1	—	—	—	83	36
23	16	12	9	9	—	4	3	—	—	66	31
17	8	11	8	8	7	2	—	—	—	53	30
12	9	12	9	3	—	1	—	—	—	37	19
7	3	7	6	5	—	3	—	—	—	27	11
9	8	8	7	7	6	3	—	1	1	30	23
33	31	32	27	23	19	7	4	1	1	129	106
468	243	365	249	182	119	39	12	4	4	1,558	768

表-7 (2) 傾斜, 微地形と崩壊(2) (2000分の1図面 1cmメッシュ)

等高線本数 谷側角度	1本		2本		3本	
	全メッシュ	崩壊のあるメッシュ	全メッシュ	崩壊のあるメッシュ	全メッシュ	崩壊のあるメッシュ
80 以下	14	2	61	35	113	79
80~100	3	2	34	21	74	52
100~120	3	—	26	7	106	65
120~140	4	1	57	13	183	75
140~160	10	1	192	27	542	149
160~180	40	5	466	31	843	190
180~200	21	1	223	28	547	128
200~220	9	—	106	3	253	84
220~240	16	—	88	9	161	45
240~260	22	—	71	9	107	24
260~280	8	—	30	3	46	11
280~	25	—	33	4	37	9
計	175	12	1,387	190	3,012	911

4本	5本		6本		計		
	全メッシュ	崩壊のあるメッシュ	全メッシュ	崩壊のあるメッシュ	全メッシュ	崩壊のあるメッシュ	
86	53	30	18	4	3	308	190
70	59	19	10	3	2	203	146
68	47	16	9	4	3	223	131
105	55	21	8	—	—	370	152
252	108	29	19	2	1	1,027	305
371	155	40	23	1	—	1,761	404
268	124	29	14	2	1	1,090	296
116	69	13	9	—	—	497	165
61	32	5	2	—	—	331	88
29	10	3	2	—	—	232	45
13	4	1	—	—	—	98	18
13	4	2	1	—	—	110	18
1,452	720	208	115	16	10	6,250	1,958

表-7 (3) 傾斜, 故地形と崩壊(3) (5000分の1図面 1cmメッシュ)

等高線本線 谷側角度	1本		2本		3本	
	全メッシュ	崩壊のあるメッシュ	全メッシュ	崩壊のあるメッシュ	全メッシュ	崩壊のあるメッシュ
80 以下	1	—	3	3	27	23
80~100	—	—	3	2	31	26
100~120	—	—	3	2	20	14
120~140	—	—	4	1	23	17
140~160	—	—	10	1	43	18
160~180	—	—	15	3	53	23
180~200	—	—	11	3	48	22
200~220	1	—	15	5	53	25
220~240	—	—	10	2	19	7
240~260	—	—	10	1	36	19
260~280	1	—	5	2	16	7
280~	2	—	11	2	21	4
計	5	0	100	27	390	205

	4本		5本		6本		計	
	全メッシュ	崩壊のあるメッシュ	全メッシュ	崩壊のあるメッシュ	全メッシュ	崩壊のあるメッシュ	全メッシュ	崩壊のあるメッシュ
	31	26	7	7	1	1	70	60
	23	20	9	9	—	—	66	57
	23	17	6	4	—	—	52	37
	37	21	12	8	—	—	76	47
	58	35	9	4	1	1	121	59
	68	51	19	16	—	—	155	93
	67	41	8	7	1	1	135	74
	34	20	4	3	—	—	107	53
	25	13	2	2	—	—	56	24
	22	10	3	3	—	—	71	33
	11	6	2	2	—	—	35	17
	9	2	1	1	—	—	44	9
	408	262	82	66	3	3	988	563

表-8(1) 傾斜, 微地形と崩壊の割合 (2,000分の1図面 2cmメッシュ)

等高線本数 谷側角度	本 1	本 2	本 3	本 4	本 5	本 6	本 7	本 8	本 9	本 10	計
80以下	0%	0%	0%	67%	88%	96%	86%	86%	40%	100%	86%
80~160	0	0	25	41	45	66	88	92	79	100	63
160~240	0	0	9	12	31	46	68	78	81	100	48
240以上	0	0	0	24	35	48	44	55	50	100	38
計	0	0	8	20	35	52	68	80	79	100	52

表-8(2) 傾斜, 微地形と崩壊の割合 (2,000分の1図面 1cmメッシュ)

等高線本数 谷側角度	本 1	本 2	本 3	本 4	本 5	本 6	計
80以下	14%	57%	70%	62%	60%	75%	62%
80~160	20	22	38	54	54	67	40
160~240	7	8	25	47	55	33	26
240以上	0	12	23	33	50	0	18
計	7	14	30	50	55	63	31

表-8(3) 傾斜, 微地形と崩壊の割合 (5,000分の1図面 1cmメッシュ)

等高線本数 谷側角度	本 1	本 2	本 3	本 4	本 5	本 6	計
80以下	0%	100%	85%	84%	100%	100%	86%
80~160	0	30	64	66	66	100	48
160~240	0	25	45	64	85	100	35
240以上	0	19	41	43	100	100	28
計	0	27	53	64	80	100	36

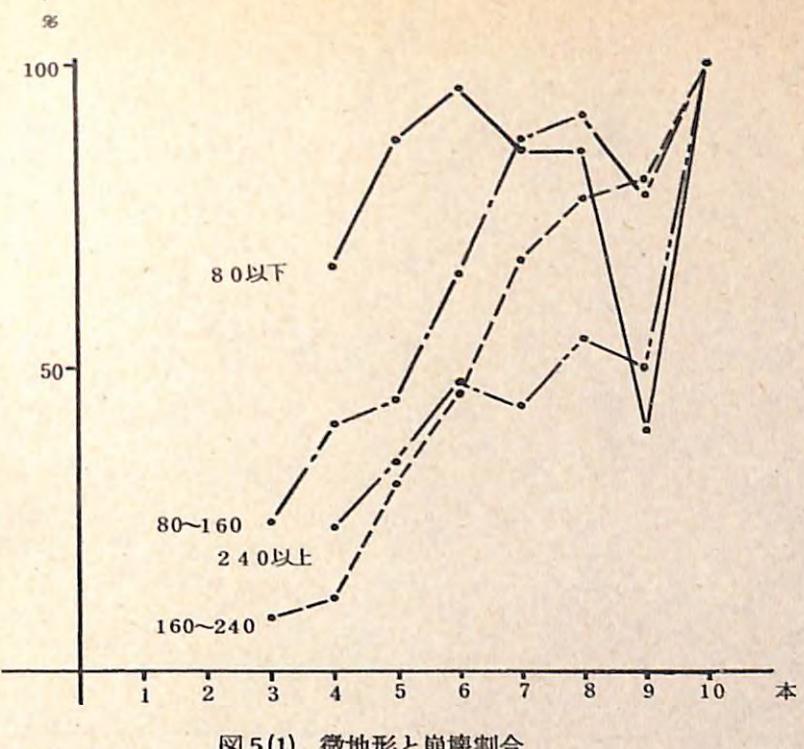


図5(1) 微地形と崩壊割合
2,000分の1図 2cmメッシュ

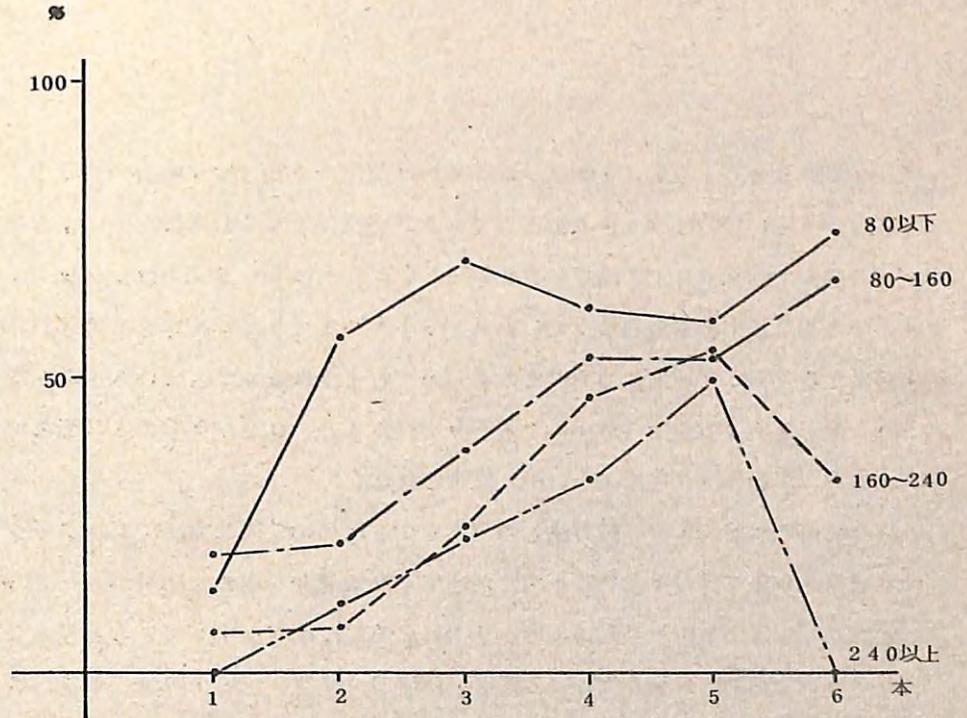


図5(2) 微地形と崩壊割合
2,000分の1図 1cmメッシュ

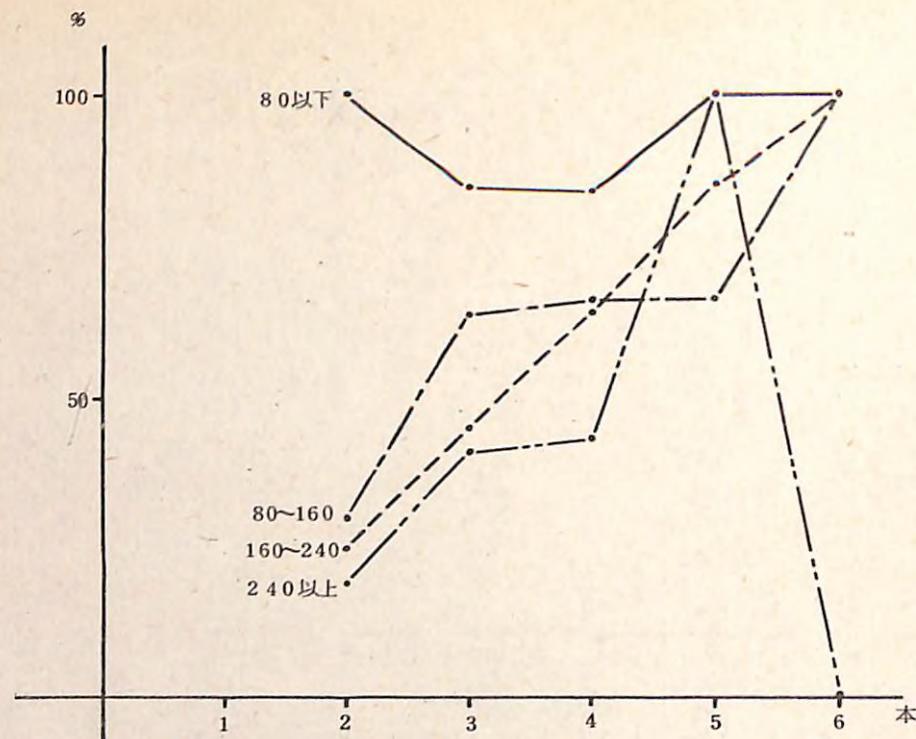


図 5(3) 微地形と崩壊割合
5,000 分の 1 図 1 cm メッシュ

同じ 2,000 分の 1 図面に 1 cm メッシュをかけた図-5(2)では、中心角度が小さい程崩壊割合が大きい傾向ははっきり出るし、グラフが交差することも少ないが、本数別の崩壊割合の変化は図-5(1)に比較して明瞭でない。これは図-5(2)では、メッシュの大きさが小さくなつて測定資料数が増したメリットがある代りに、測定する等高線本数が約半分になるため、本数別の傾向がまるめられてしまう難点を伴つてゐるからと考えられる。崩壊が発生する斜面の最小のひろがりを考えると、2,000 分の 1 図面の場合は、2 cm メッシュが適當大きさではないかと推測された。

一般の林地の崩壊個所の予測方法との対比をするために、同じ方法で 1 cm メッシュを同一地域の 5,000 分の 1 森林基本図にかけて、崩壊割合を求めた結果が図-5(3)である。図-5(3)はどちらかと言えば、図-5(1)とよく似た傾向を示していると見ることが出来る。精密な図面が得られない場合には、既成の 5,000 分の 1 の森林基本図による解析でも、或る程度の成果が得られることが証明された。

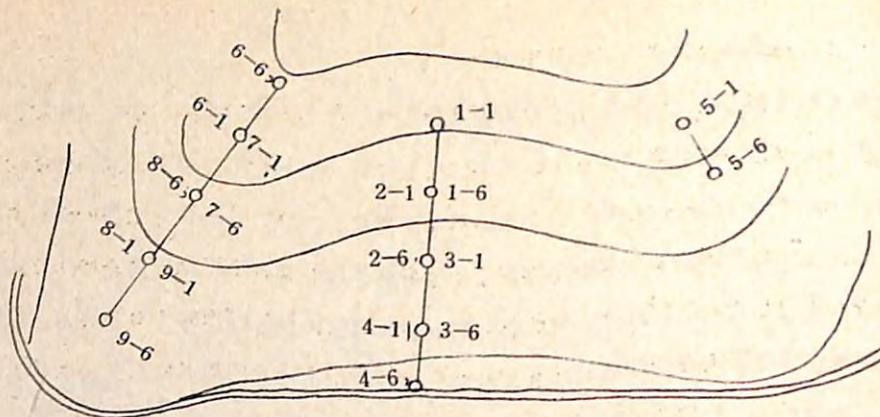
4) - 2 現地調査による崩壊発生個所の判定

多くの災害跡地で崩壊発生後の調査はかなり行なわれているが、崩壊発生以前の調査は皆無に等しいほど実施されていない。そこで将来崩壊発生の確率が高い個所を選び、崩壊発生によって変化してしまう微地形、土層などについて崩壊発生前のデータを得るために、簡易な測量、土壤断面調査、土壤硬度測定および小型地震探査による地下構造調査を実施した。調査地は東京営林局平塚営林署管内世附国有林 108 林班と長野営林局三殿営林署管内与川国有林 384 林班で図-6 のような凹地形の人工幼令林地である。

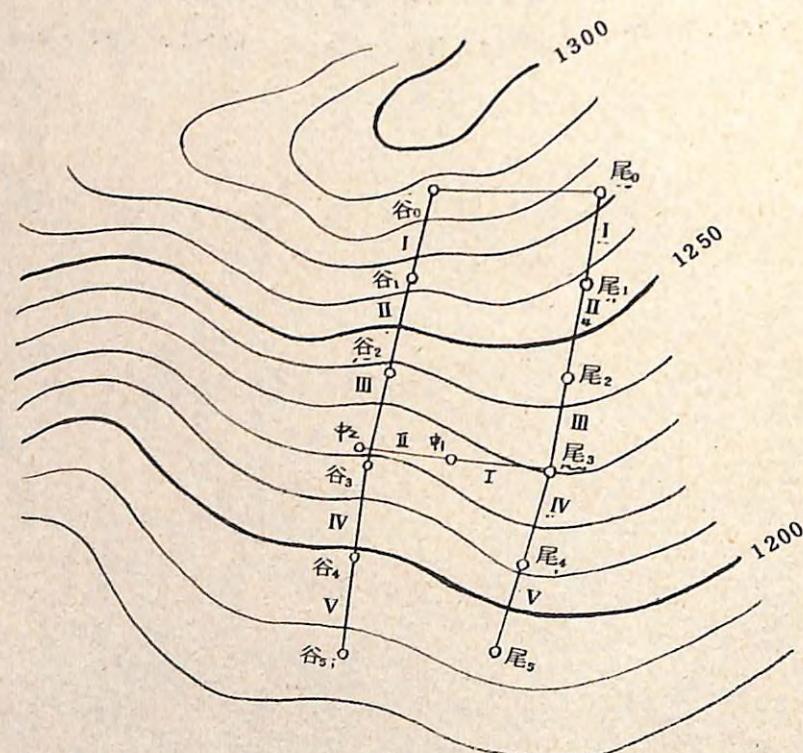
4) - 2 - 1 土壤断面調査と土壤硬度

i) 調査方法

土壤断面調査は深さ 1 m 位まで穴を掘り、土壤の断面および根系が発達している深さを調査した。土壤硬度測定は山中式土壤硬度計を用いて、深さ 10 cm, 30 cm, 50 cm, 70 cm, 90 cm の土壤硬度を測定した。結果は表-9 のとおりである。



東京営林局平塚署管内世附国有林



長野営林局三段営林署与川国有林

図-6 調査地

II) 結果と考察

世附国有林

凹地形では腐植層の厚さが15~45cm, 根系発達深は15~50cm, その下が火山灰または礫質のロームである。凸地形では凹地形に比べ根系発達深は15~50cmで同じであるが, 腐植層は浅く15~25cmである。つまり凸地形は火山灰層に, 凹地形はローム層の上に50cmもの腐植層および根系発達層がのっており, いずれの場合も地表面がやや硬く, その下は可成り弾力性のある土壌である。土壌硬度は凹地形では深さ10cmの硬度が他の深さの硬度が他の深さの硬度に比べてやや小さい値を示しているが, その他は同測点での硬度値のバラツキを加味すると必ずしも深くなるほど硬度が大きくなっているとは認められない。特に測点3の6は深さに関係なく一様に硬度が小さくなっている。凸地形についても凹地形の場合と同様に硬度が急に変化している層は認められない。

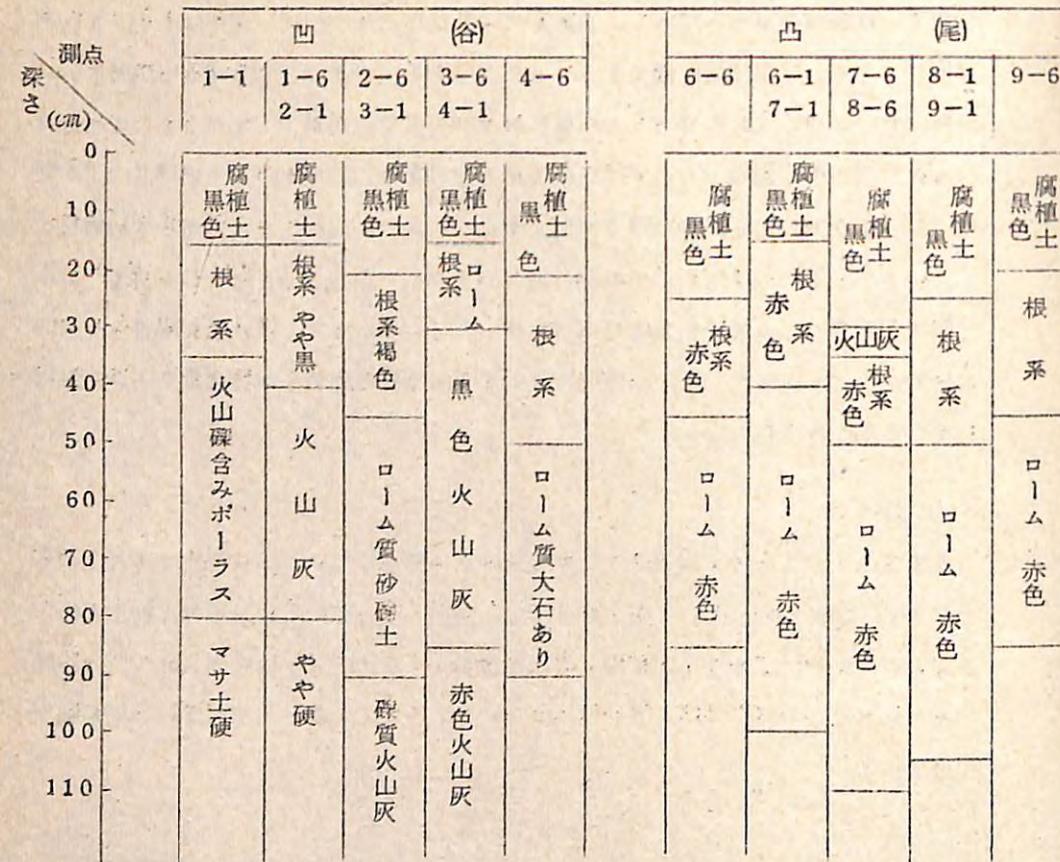
与川国有林

腐植層は3~15cm, 根系は10~55cmまで発達している。マサ土はかなり軟弱で深さ15cmから始っている所もあり, 転石が多く混っている。土壌硬度は土壌断面調査と合せて検討すると, 腐植層, 根系発達層, マサ土の順で硬度が大きくなる傾向がみられる。この調査地は全体的に水分が多く, 凸地形であっても水分の多い軟弱な土壌である。

表-9 土壌断面調査と土壤硬度

世 附 国 有 林

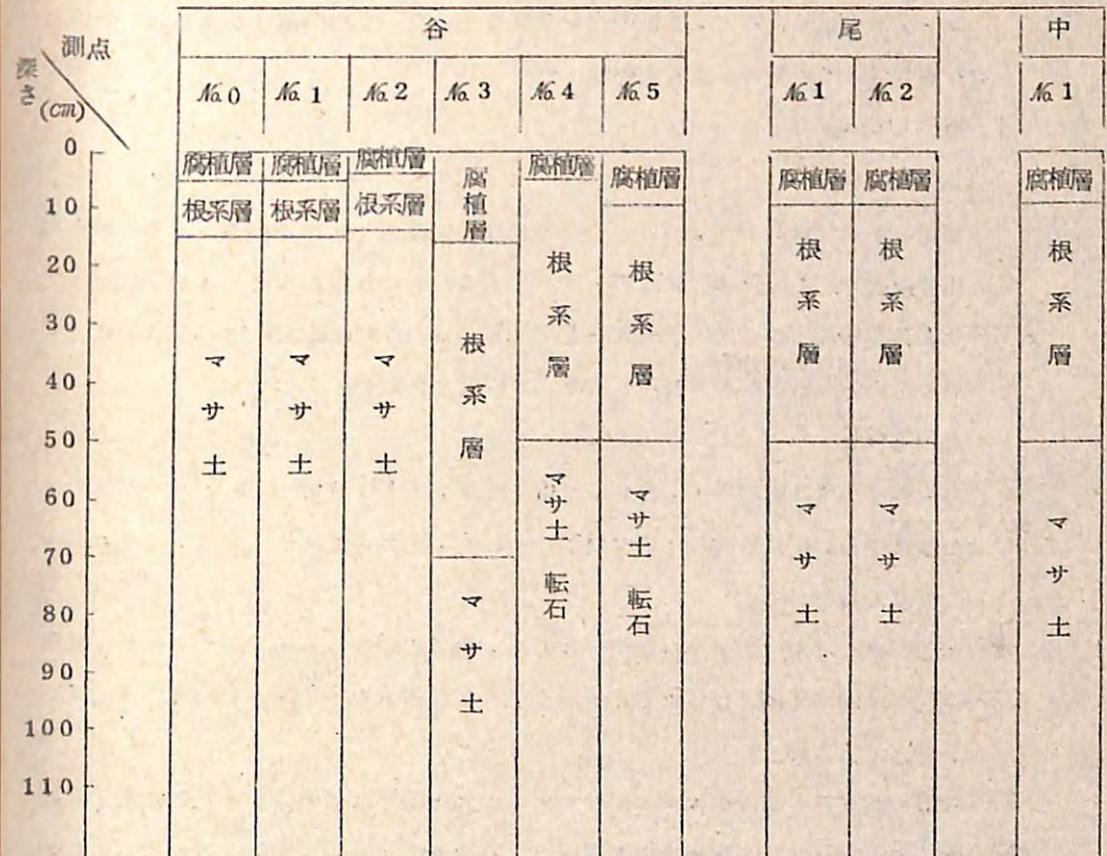
◇ 土壌断面調査図



◇ 土壤硬度調查表

与川国有关

◇ 土壌断面調査図



◇ 土壤硬度調查表

10	4	5	11	8	7	2	6	7	6
30	13	10	16	10	18	16	13	10	7
50	18	11	18	14	17	14	19	9	9
70	15	19	18	20	14	11	19	10	19
90	12	18	18	20	以下 転石	12	19	10	17
110	19	17	18	15	以上 転石	16	15	8	18

4) - 2 - 2 小型地震探査装置による土層調査

i) 試験方法

起震源は人力によるハンマー使用であることを前提として探査深度5～6m, その5～7倍の距離を考え, 受振距離を30mとした。受振間隔は6mとし, 前後の端を重複させて小型地震探査を実施した。

ii) 結果と考察

世附国有林

世附国有林では測線3, 5, 6のように傾斜変換点上に測点があったり, 測点間に傾斜変換点があった場合にはデータをとることができなかった。また, 凹地形では根系発達層の下が火山灰層や砂質土壌であり, 凸地形は地表に比べ深さ10cmくらいの所の方が軟らかかったりして測定が困難であった。

与川国有林

与川国有林では測線谷I, 谷II, 谷山, 尾V, 中Iは解析できるデータが得られなかった。この測線附近の土層は崩積土らしく, 土層がもまれており, 砂や大石がかなり混入している。

世附国有林, 与川国有林の両調査地とも, 走時曲線をみると波形だったり, 曲線の勾配が上向に凸形になったりしており, かなり複雑な地下構造をしているのではないかと考えられる。

今回の調査地のようにエネルギーの大きな所では, すっきりした解析が可能なデータがとれず, 小型地震探査装置による探査は技術的に困難な個所であったかもしれないが, 崩壊危険地の予測に活用するためには, このような個所の簡易な探査技術を今後確立していかなければならない。

(2) 治山工事計画のあり方

1) 災害時の渓流堆積土砂の移動

一般的の流域では, 山腹の荒廃地を復旧し, 現在の渓床を安定させるだけの渓間工事を施工すれば, 流域は安定する。しかし, 南木曾のように崩壊地の多い流域では, たとえ全崩壊地の復旧を目標にして努力しても, 復旧が完了するまでには数十年を要し, その間, 復旧が完了しない崩壊地表面の裸地から, 每年数センチの土砂が流出する。今回の調査対象となった与川国有林では, 調査対象面積3,500haのなかに, 34年当時で崩壊地315haが発生している。崩壊地の平均侵食深を年間2cmと仮定すると, 崩壊地315haか

ら流出する土砂量は年間で6,300m³にも達する。現在の崩壊面積は34年当時よりも大きくなっているから, 侵食量の仮定が正しければ, 現在ではより多くの土砂が流出していることになる。こうした流域では渓間工事によって渓床が安定したように見えても, 崩壊地から流出する土砂は渓流に流れ込んで堆積し, 一定量の堆積物ができたときに豪雨があれば, 堆積物は下流へ流出し, 下流の災害を引き起す。こうした渓流の堆積や侵食の状況と下流の災害との関係を求めることが出来れば, 下流の災害防止のための観測方法が樹立されると考え, 南沢および下山沢の本支流の渓流の堆積, 侵食状況を空中写真によって判読した。

i) 試験方法

渓流における土砂の移動の実態を解明し, 有効な渓流工事の配置法について考察するために, 昭和34年撮影山150, 昭和44年山560, 昭和44年治山, 昭和49年山704の4種類の空中写真を用い, 同一標定点を用いて標定し, 渓流の侵食堆積による渓床の高さの変化を測定した。測定の方法は, 図-7の南沢および下山沢の渓流全延長の流心に近い部分にそれぞれ測点を設け, 同一点の標高を4種の空中写真について測定した。図の数字は測点番号をあらわす。図-7(1)の6, A23, A43, A63, A71は南沢, 図-7(1)の0, 37, 70とそれに連続した図-7(2)の70, 107, 131, 142は下山沢本流であり, その他のB, C, D, Eの各測点番号は下山沢の支流である。

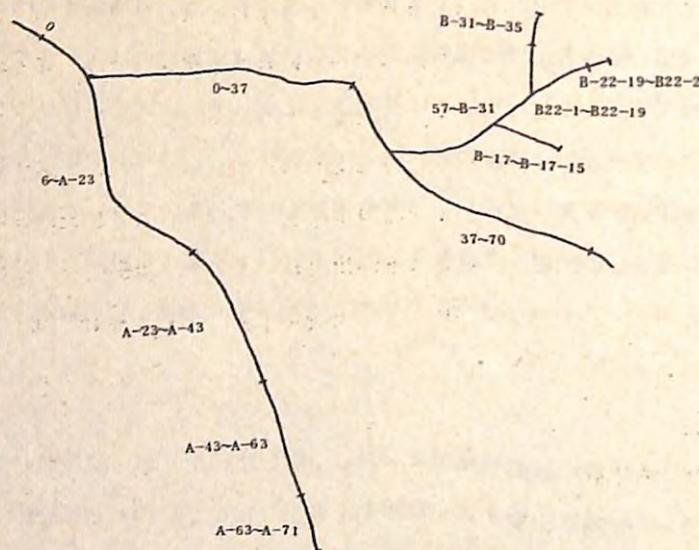


図7(1) 溪床の標高測定点
(南沢および下山沢下流)

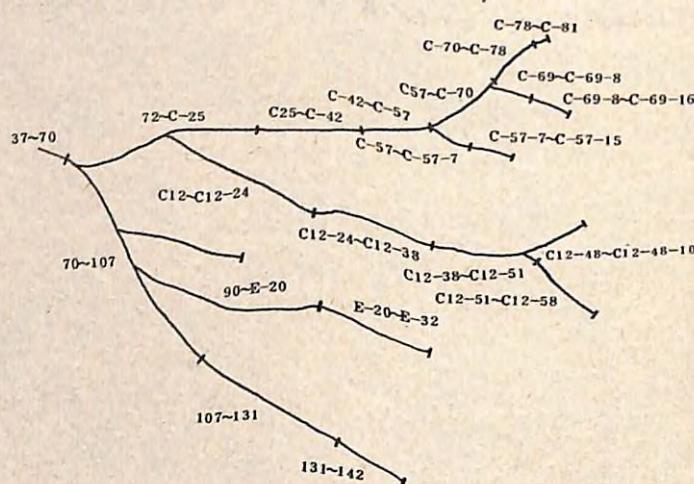


図7(2) 溪床の標高測定点
(下山沢上流)

II.) 結果と考察

測定した渓床上の各点を数百メートルずつの区間に区切って、区間ごとに測点の標高の平均値を求めた結果が表-10である。この表でまず44年の後期、つまり44年の災害の直後の標高がそれまでの傾向とどう変わったかを観察し、つぎに49年の標高の変化とその理由を考えてみた。まず、各区間について比較の基準となる標高が欲しいので、4種類の写真測量の結果の平均値を求めた。この平均値がどんな意味を持つかは曖昧であるが、34年から49年までの各区間の堆積侵食の状態の平均値と考えた。次にこの平均値を各測定区間の測定値から差し引いて平均値との差を、堆積はプラス、侵食をマイナスとして標示した。測定地は、測定法の精度から0.1メートル単位であらわしてある。44年までの測定で目立つのは山560つまり、44年の災害直前の測定値にプラスが多いこと、すなわち、堆積傾向にあったことと、反対に、44治つまり44年の災害直後の測定値にマイナス、すなわち侵食が多いことである。この結果から、44年の異常豪雨の際は、渓床の堆積物は渓流から流去して下流へ流出したことが明らかである。つぎにプラスが多い山560にもマイナスを示している区間がある。例えばA1～A23、A63～A71などであるが、ここは南沢で44年当時は伐採されていなかった。勿論風倒の被害もほとんどなかったため、流域の荒廃はほとんど見られない安定した流域であった。一方山704をみるとAの記号の測点とBの記号の測点にプラスの値が集中している。Aの流域は前記の南沢で、ここは現在伐採、造林されて幼令林になっている林分が多く、現在では崩壊地が多発している林地があり、林道開設なども行われているために堆積傾向を示したと考えられる。Bについては赤ナギ沢で、崩壊多発区で44年の災害前にも堆積を示している。49年の山704の計測では堆積ではあるが、44年の堆積の数字に比較すればずっと小さく、現在山腹工事や渓間工事によって土砂の流出抑止を行っている効果が現われていると考えられる。その他下山沢の各支流の区間はおむね侵食傾向で特に目立つ傾向はない。侵食傾向が強いのは治山工事が進んで土砂流出が抑止されつつあるのが原因と考えられる。

各個の治山工事や森林状態と堆積侵食の関係は事例を重ねなければ断定的なことは言い難いが、堆積物が多くなれば災害の危険度が大きくなるのは当然であるから、国有林などで定期的に撮影される空中写真を利用して、渓床の標高測定を行い、危険度を測し、対策を講じることは現実的な方法であり、こうしたことが写真測量によって可能であることが確かめられた。

表-10 区間別標高一覧表

区間	区間平均標高			
	山150	山560	44治	山704
1 ~ 37	742.0	742.6	742.1	741.2
37 ~ 70	854.2	854.8	854.0	853.4
70 ~ 107	976.7	976.1	975.9	975.1
107 ~ 131	1077.8	1077.6	1077.1	1075.9
131 ~ 142	1182.2	1181.3	1180.7	1179.2
A-1 ~ A-23	760.4	760.6	759.4	762.2
A-23 ~ A-43	875.2	877.8	872.2	877.2
A-43 ~ A-63	997.7	998.6	995.1	999.9
A-63 ~ A-71	1086.4	1082.0	1080.1	1085.2
B-1 ~ B-31	928.7	930.7	929.8	930.3
B-32 ~ B-35	997.7	1000.1	997.2	998.7
B-17-1 ~ B-17-15	965.5	966.1	966.6	966.3
B-22-1 ~ B-22-19	993.7	995.5	993.8	994.9
B-22-20 ~ B-22-22	1099.8	1102.9	1101.3	1101.8
C-1 ~ C-25	963.5	965.3	964.3	963.4
C-26 ~ C-42	1082.6	1084.4	1082.7	1082.5
C-43 ~ C-58	1190.7	1194.9	1191.7	1192.3
C-59 ~ C-70	1296.5	1298.8	1297.6	1296.6
C-71 ~ C-78	1409.6	1411.3	1409.1	1409.3
C-79 ~ C-81	1474.0	1475.7	1474.2	1473.9
C-12-1 ~ C-12-24	1016.2	1016.6	1015.8	1014.4
C-12-25 ~ C-12-38	1125.1	1126.1	1124.8	1123.8
C-12-39 ~ C-12-51	1241.3	1241.9	1240.4	1239.0
C-12-52 ~ C-12-58	1347.4	1344.2	1343.5	1341.4
C-12-48-1 ~ C-12-48-10	1308.5	1308.3	1306.4	1304.2
C-57-1 ~ C-57-7	1297.5	1297.7	1297.2	1297.3
C-57-8 ~ C-57-15	1415.2	1414.7	1413.8	1412.3
C-69-1 ~ C-69-8	1407.8	1408.1	1407.3	1407.1
C-69-9 ~ C-69-16	1517.3	1515.6	1515.5	1514.3
D-1 ~ D-12	983.2	983.5	983.0	981.8
E-1 ~ E-20	1028.8	1029.0	1028.3	1027.2
E-21 ~ E-32	1166.3	1168.6	1166.0	1164.7

平均	平均値との差				備考
	山150	山560	44治	山704	
742.0	0	+0.6	+0.1	-0.8	
854.1	+0.1	+0.7	-0.1	-0.7	
976.0	+0.7	+0.1	-0.1	-0.9	
1077.1	+0.7	+0.5	0	-1.2	
1180.9	+1.3	+0.4	-0.2	-1.7	
760.7	-0.3	-0.1	-1.3	+1.5	
875.6	-0.4	+2.2	-3.4	+1.6	
997.8	-0.1	+0.8	-2.7	+2.1	
1083.4	+3.0	-1.4	-3.3	+1.8	
929.9	-1.2	+0.8	-0.1	+0.4	
998.4	-0.7	+1.7	-1.2	+0.3	
966.1	-0.6	0	+0.5	+0.2	
994.5	-0.8	+1.0	-0.7	+0.4	
1101.5	-1.7	+1.4	-0.2	+0.3	
964.1	-0.6	+1.2	+0.2	-0.7	
1083.1	-0.5	+1.3	-0.4	-0.6	
1192.4	-1.7	+2.5	-0.7	-0.1	
1297.4	-0.9	+1.4	+0.2	-0.8	
1409.8	-0.2	+1.5	-0.7	-0.5	
1474.5	-0.5	+1.2	-0.3	-0.6	
1015.8	+0.4	+0.8	0	-1.4	
1125.0	+0.1	+1.1	-0.2	-1.2	
1240.7	+0.6	+1.2	-0.3	-1.7	
1344.1	+3.3	+0.1	-0.6	-2.7	
1306.9	+1.6	+1.4	-0.5	-2.7	
1297.4	+0.1	+0.3	-0.2	-0.1	
1414.0	+1.2	+0.7	-0.2	-1.7	
1407.6	+0.2	+0.5	-0.3	-0.5	
1515.7	+1.6	-0.1	-0.2	-1.4	
982.9	+0.3	+0.6	+0.1	-1.1	
1028.3	+0.5	+0.7	0	-1.1	
1166.4	-0.1	+2.2	-0.4	-1.7	

2) 溪間工事の規模と効果

南木曾のような荒廃激甚区域では、溪流を流下する土砂を貯留して下流の災害に対処しようと考えても、山腹から流出する土石量が異常に多くて、いくら堰堤を作設してもすぐ満砂してしまうおそれがある。そこで異常な豪雨時にも安定な溪床を作って、多少でも堆積する土砂は安全に平常の流水で下流へ自然に流下させるような低堰堤による階段的な溪流工事を採用せざるを得ない場合がある。

このような場合に、現在の溪床面を固定すればよいとの考え方から、溪床面にはほとんど堤体をあらわさない床固め工の連続施工を考える場合が多いが、溪間工の施工面を考えると床堀り等に時間と経費を要するが多く、このように溪床面すれすれの床固め工が効果的であるかどうか疑問に感じる場合が多い。そこで、溪間工事を階段的に施工する場合に、溪間工事の有効高はどの位が最も効率的であるかを検討した。

i) 試験方法

上山沢支流小タル沢をA地区、上山沢下流の本流をB地区、その上流の長石沢をC地区とし、図-8の3地区の溪流の主要点の縦横断測量を44年後期の空中写真によって行い、横断面を1/200の縮尺で図化した。この横断面上に存効高1, 4, 7, 10各メートルの堰堤を作成するとして堰堤体積を算出した。床堀り深は横断面の最低点から2メートルとし、両岸の傾斜に沿って、同様にどの部分の掘り込みも2メートル以上になるように堤体の構造を定めた。体積計算に必要な堤体断面は、堰堤堤体断面表によって求めた。堤体体積の計算は放水路以上の袖部を省略し、天端と底面の2面が平行で、4陵が直線であるため天端の面積、底面の面積、中央断面積、堤体高さを諸元とする6分法によって計算した。この堤体体積の算出には有効高に床堀り深2メートルを加えた堤高を用いた。こうして求めた堤体体積を有効高で除して有効高を1m得るのに要する堤体体積を求めた。

ii) 結果と考察

結果は表-11の通りでこの結果を底面の長さ別にプロットしたのが図-9(1)~図-9(3)である。

図-9(2)の上山沢下流では傾向がやや乱れるが、図-9(1)および図-9(3)では各有効高の記号は直線に近い配列をし、堰堤底部の長さ（以後下底といふ）即ち下底部と有効高の相関が高いことを示している。

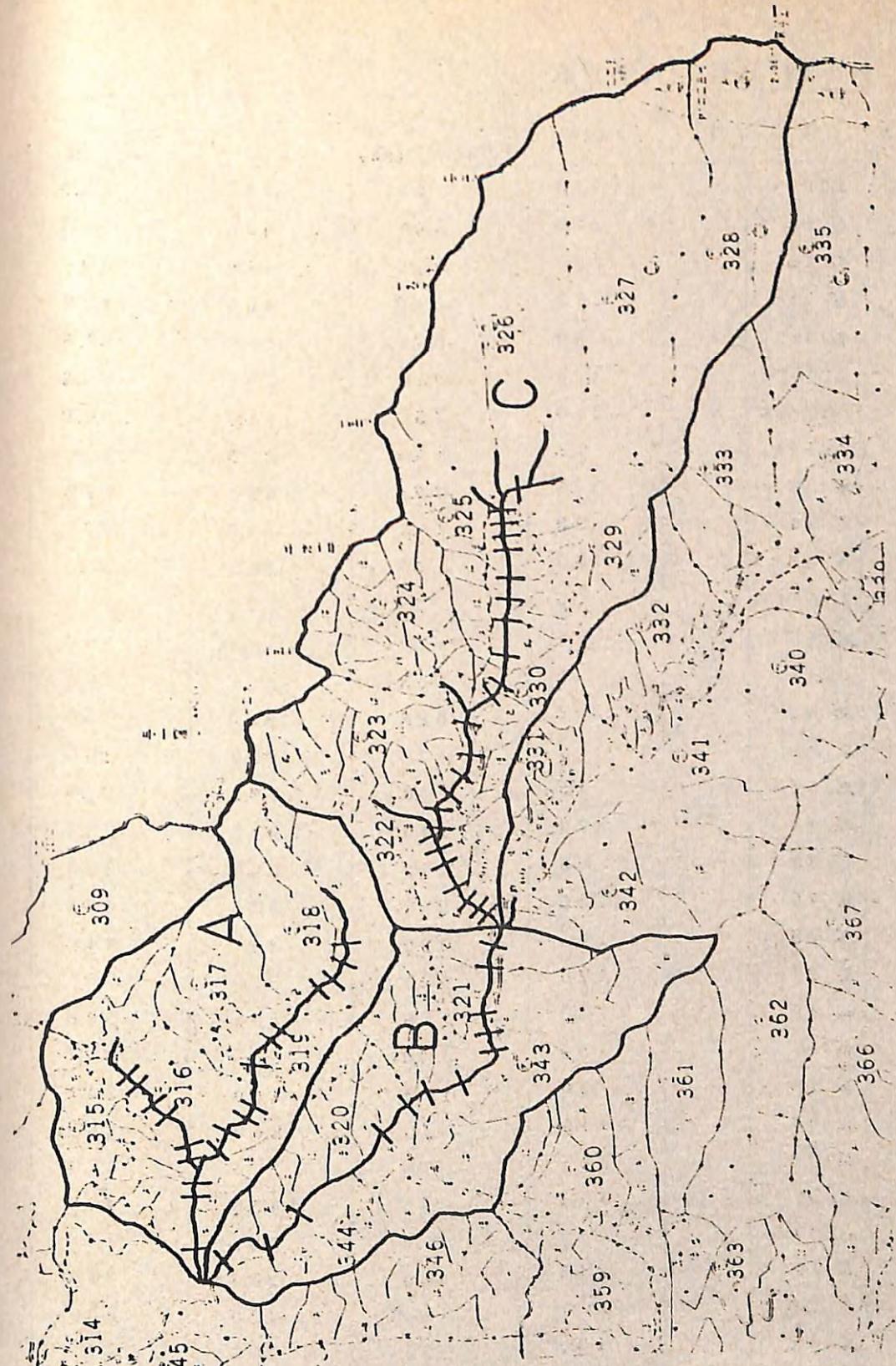


図-8 与川国有林上山沢
溪床縦横断測量位置図

表-11 溪間工作物の規模 (1)

地区	番号	下底m	上底m		
			有効高1(3)(堤高)	4(6)	7(9)
A	No.20-5	2.0	9.0	15.5	23.0
	No.19	29.0	39.0	43.5	58.0
	No.15	28.5	35.5	43.0	50.0
	No.1	25.5	34.0	43.0	52.0
	No.20-27	4.0	25.0	46.5	67.5
	No.20-25	17.0	23.0	29.5	35.5
	No.20-22	25.0	35.5	46.0	56.0
	No.20-9	7.5	15.0	23.5	31.0
	No.39	37.5	47.0	58.0	69.0
	No.31	2.0	18.0	34.5	50.5
	No.26	8.0	17.0	26.0	35.5
	No.20-29	1.5	9.5	17.5	25.5
	No.65	2.5	13.0	23.0	33.0
	No.59	6.5	13.5	21.0	28.0
	No.53	24.5	31.5	38.0	45.0
	No.41	11.0	17.0	23.0	29.0
	No.86	1.5	10.0	18.5	27.0
	No.83	7.0	14.0	21.5	28.5
	No.80	6.0	16.0	26.0	36.0
	No.76	15.0	25.0	35.5	45.5
B	No.48	21.5	36.0	49.0	64.0
	No.27	17.0	28.0		129.16
	No.19	24.5	27.5	40.5	53.0
	No.10	18.0	36.0	54.0	72.5
	No.76	4.0	10.0	16.0	22.0
	No.65	11.5	23.0	36.0	48.0
	No.57	14.5	20.5	26.0	32.0
	No.52	20.5	33.0	45.5	58.0
	No.100	11.5	20.0	28.5	37.0
	No.94	21.0	26.0	29.0	35.5
	No.87	26.0	34.5	42.0	50.0
	No.81	18.0	22.0	26.5	31.0

体積m ³				
10(12)	1(3)	4(6)	7(9)	10(12)
29.5	30.61	126.09	406.08	929.22
67.0	196.65	570.39	1606.49	3264.0
57.5	185.63	562.29	1471.32	2972.4
60.5	172.32	534.39	1429.43	2914.8
89.0	80.11	358.59	1147.52	2699.4
41.5	115.65	362.19	966.36	1978.62
66.5	174.81	549.9	1478.15	3060.34
39.0	64.13	231.9	644.13	1455.34
79.5	245.03	748.97	1984.1	4019.4
66.0	54.9	256.67	833.42	1956.0
44.5	71.11	253.8	746.18	1634.14
33.5	30.39	134.7	432.78	1015.8
43.0	42.97	181.97	573.6	1331.14
35.0	27.68	205.89	594.51	1297.62
52.5	162.23	490.59	1296.33	2641.8
35.0	80.55	261.0	718.13	1508.4
35.5	31.92	141.6	457.4	1072.2
35.5	59.86	213.99	614.4	1335.42
46.0	62.1	235.2	705.33	1581.6
56.0	114.75	384.99	1073.13	2290.2
77.0	165.12	538.59	1518.65	3193.02
	129.16			
66.0	151.43	507.3	1420.65	3025.02
90.0	153.9	540.0	1565.66	3391.2
28.0	39.6	147.6	439.14	979.2
60.0	98.53	355.89	1026.86	2239.62
38.0	101.04	314.79	851.19	1761.5
70.0	153.95	504.6	1401.12	2948.3
45.5	90.4	303.6	855.65	1828.6
40.0	136.3	395.4	1063.8	2123.8
58.0	175.28	531.6	1408.95	2868.0
35.5	116.1	350.75	919.2	1856.5

表-11 溪間工作物の規模 (2)

地区	番号	下底 m	上 底 m			10 (12)	1 (3)	4 (6)	7 (9)	10 (12)
			有効高1(3)(堤高)	4 (6)	7 (9)					
C	13	4.5	12.0	20.0	27.5	35.0	46.8	180.35	536.9	1202.5
	9	12.0	20.0	29.0	37.5	46.0	91.8	311.7	875.91	1866.0
	6	30.0	38.5	46.5	54.5	63.0	198.68	600.44	1577.79	3198.6
	2	4.0	14.0	24.0	34.5	44.0	50.4	202.8	634.8	1430.4
	30	7.5	12.0	16.5	21.0	25.0	56.22	183.7	510.05	1063.12
	26左	4.0	8.5	13.5	18.0		35.78	130.94	376.98	
	26右	1.0	7.0	13.0	19.0	24.5	22.05	99.0	319.58	740.92
	23	4.5	9.5	14.5	19.5	24.5	39.85	142.0	412.56	904.4
	20	6.5	12.0	17.5	23.0	28.0	53.08	181.2	516.78	1100.22
	54	17.5	25.0	32.0	39.5	47.0	122.83	384.09	1039.38	2157.42
	47	10.5	17.0	23.5	30.0	36.0	79.17	259.8	722.85	1515.42
	43	16.5	26.0	35.0	44.0	53.0	122.38	395.49	1086.3	2279.22
	36	10.0	14.5	19.0	23.0	27.5	70.86	224.1	600.6	1252.02
	79	6.0	13.0	20.0	26.5	33.5	54.01	193.8	559.04	1231.62
	71	11.0	19.5	28.5	37.5	46.0	87.51	299.49	851.25	1819.0
	67	40.5	49.5	58.5	67.0	76.5	261.33	780.5	2027.07	4077.4
	63	2.0	17.0	32.0	47.5	62.0	52.15	239.4	788.33	1843.2
	98	7.0	14.0	21.0	28.5	35.5	59.9	210.0	614.7	1335.5
	94	17.0	24.0	30.5	36.5	42.5	118.4	369.25	981.75	2006.5
	90	25.0	39.5	53.0	67.0	80.5	185.63	598.2	1649.18	3457.3
	84	3.0	13.5	23.5	33.5	44.0	46.13	190.55	595.05	1383.4
	113	13.5	18.0	22.5	26.5	31.0	91.32	280.9	740.1	1516.72
	109	19.0	28.5	37.5	47.0	56.0	137.02	436.04	1192.44	2479.8
	104	13.0	21.0	29.5	38.0	46.0	97.65	325.04	906.65	1913.4
	106-3	2.0	7.5	13.5	19.5	25.5	26.77	112.34	353.04	816.52
	55-5	5.0	13.5	21.5	30.0	38.0	52.43	195.44	587.88	1308.6
	24-13左	4.0	12.0	20.0	28.0		45.0	175.2	532.38	
	24-13右	3.0	11.0	18.5	26.0	33.5	39.15	156.14	477.09	1089.6
	24-1	3.0	7.5	12.0	16.5	21.5	29.83	110.9	330.6	751.1

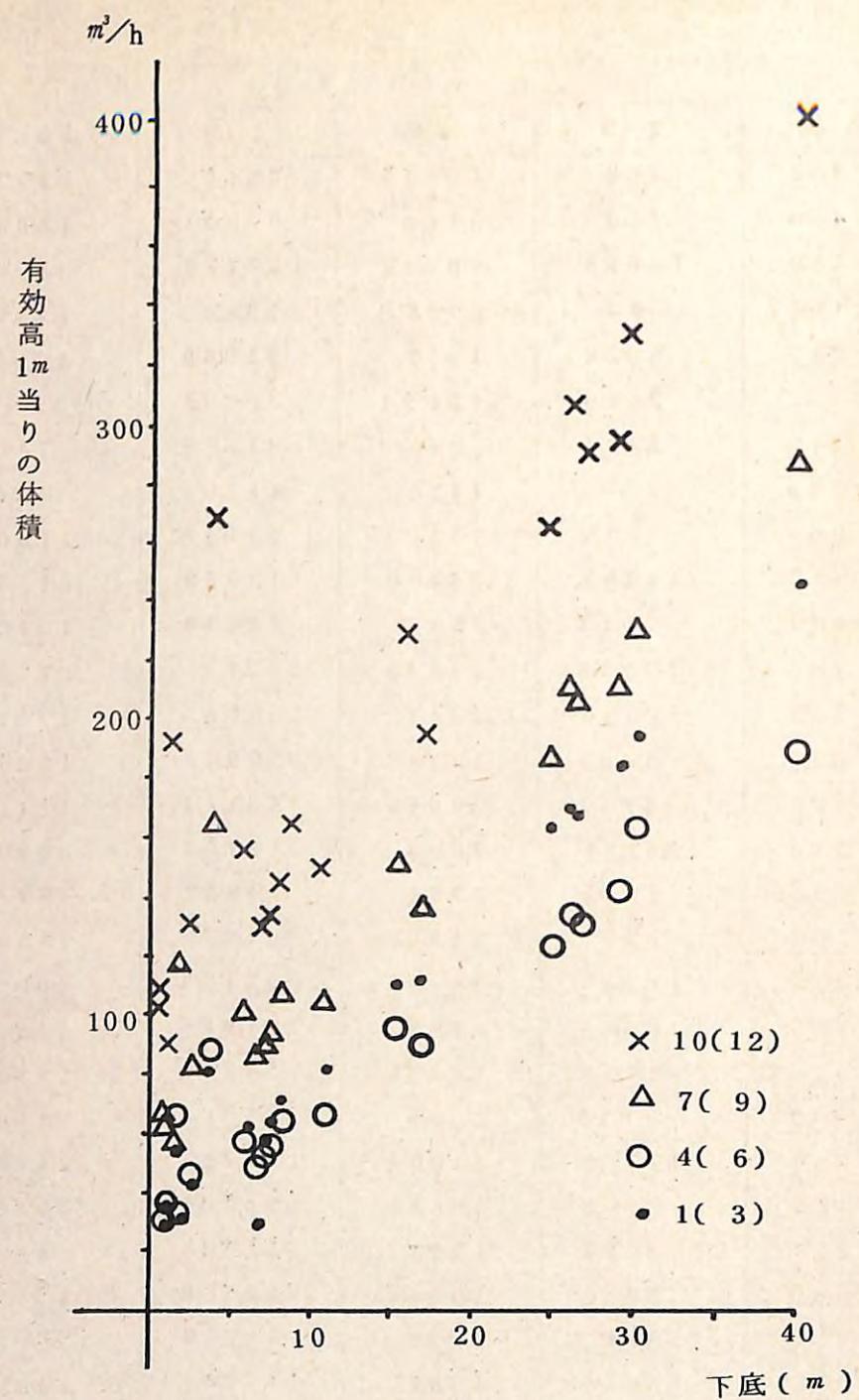


図9(1) 溪間工事の規模と効果
(A 地区)

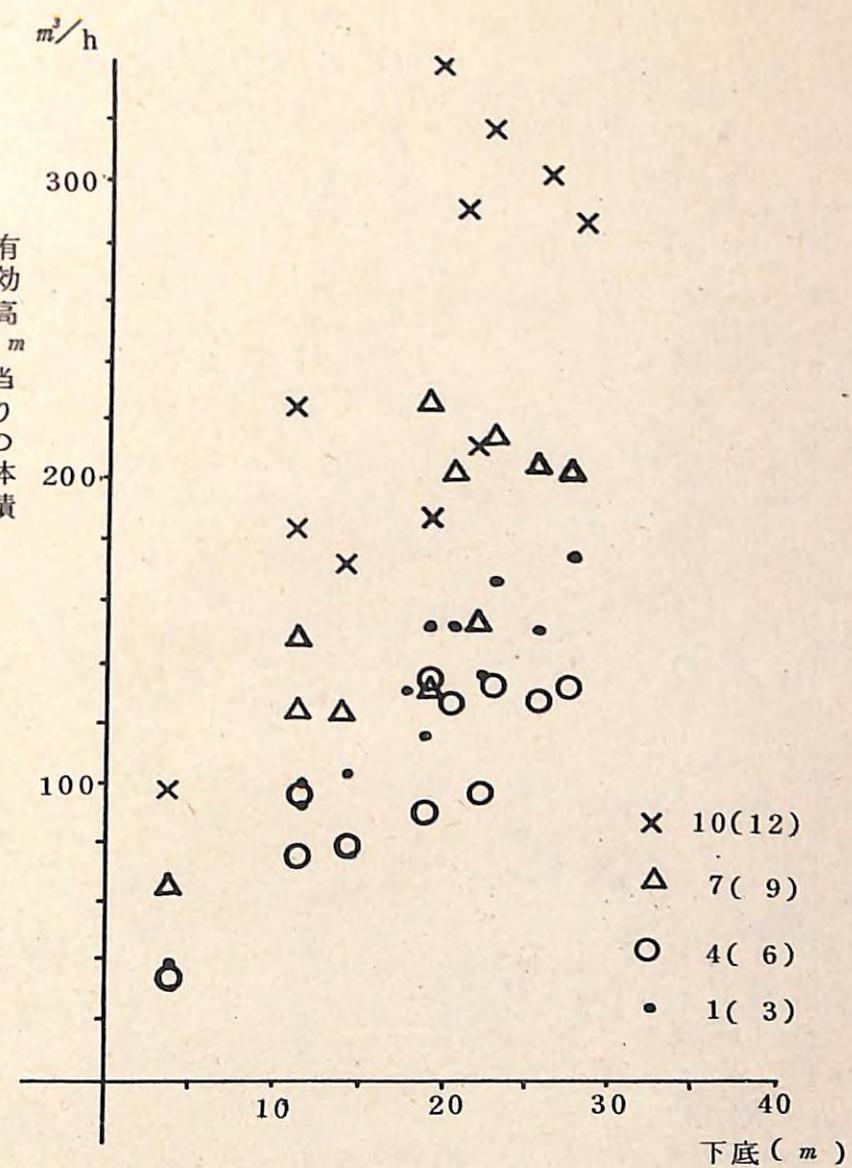
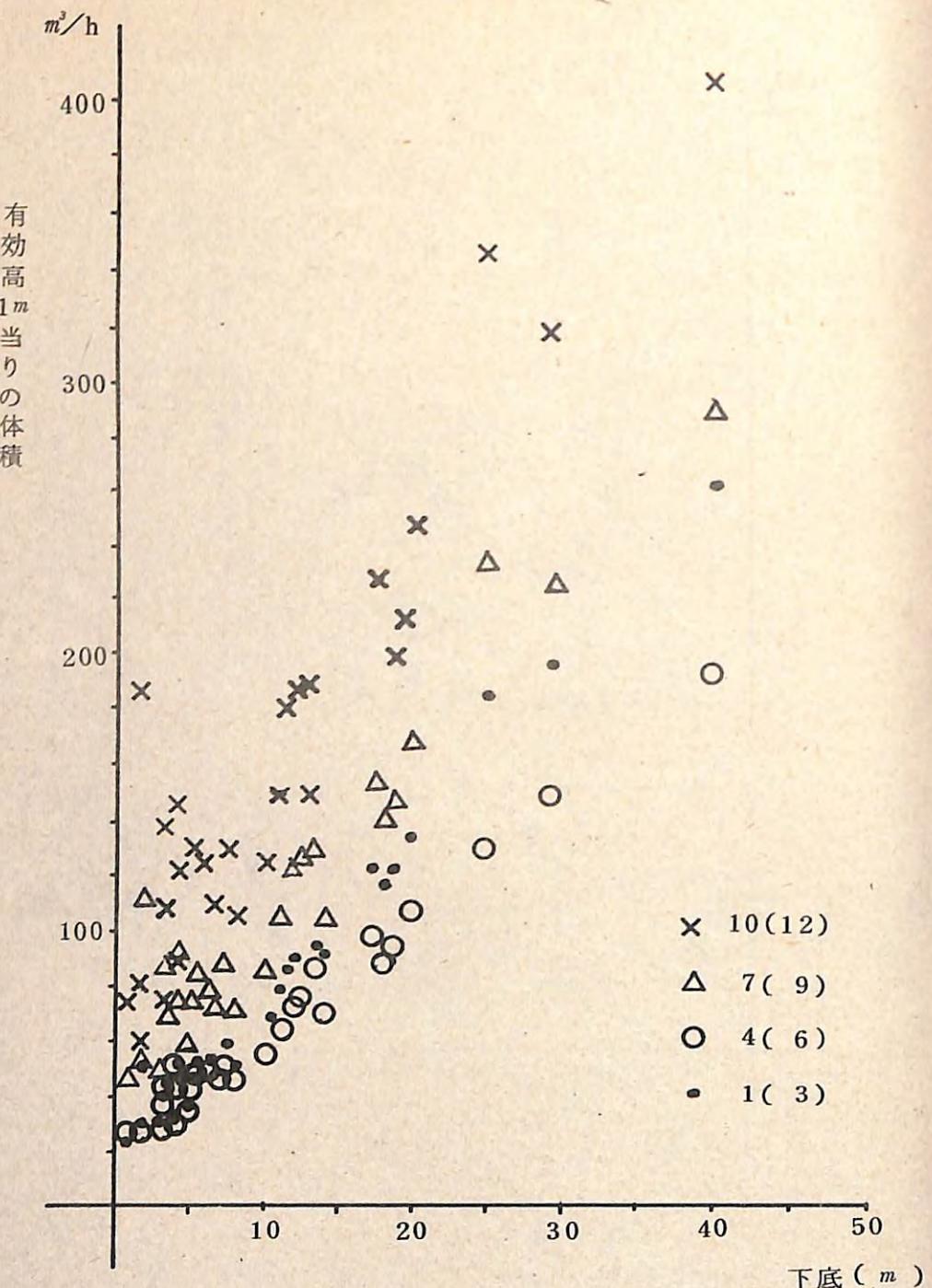


図9(2) 溪間工事の規模と効果
(B 地区)



・有効高 1 m 当りの体積が小さい堤堤が渓床勾配緩和効果が大きいと仮定すると、図一 9(1)から図一 9(3)までを通じて有効高 4 m の場合が 4 種の有効高のうち最も効果が大きく、次いで有効高 1 m、同じく 7 m、10 m の順になる。

ここで言う、有効高は渓床以上の高さで、渓床勾配を緩和するもので、以上述べた堤堤の効果も南木曾の限られた渓流で、堤堤体積 1 m^3 当りの渓床体積 1 m^3 当りの渓床勾配の緩和効果だけを確かめたに過ぎない。堤堤の効果にはこの他に堆砂効果、山脚固定効果、流出土砂量調節効果、篩別効果等いろいろあるが、それらの効果の把握については別の機会に研究したい。

(3) 要 約

長野営林局三殿営林署管内与川国有林と東京営林局平塚営林署世附国有林を対象に、森林施業と荒廃発生に関する試験および治山工事計画に関する試験を行なった。試験結果を要約すれば次の通りである。

- 1) 南木曾地区で行なった傾斜と崩壊に関する試験では等高線本数で傾斜を表わした場合、平均値に近い傾斜までは本数の増加に伴って崩壊の割合が増すが、平均値附近で曲線的に最大値を示し、それ以上の本数では崩壊の割合は増さず、むしろ、なだらかな減少を示す場合が多い。ただし、森林状態や傾斜の緩急によって支流域単位では本数の増加とともに崩壊の割合が漸増する場合もある。崩壊防止を考慮した保全的な伐採を行う場合、単に急傾斜部を伐り残すという考え方でなく他の崩壊関連条件も併せて保存林帯を決める必要がある。
- 2) 樹令を 0 ~ 20 年、21 ~ 40 年、41 年以上に分けて傾斜別の崩壊の割合を求めるとき、各樹令とも 1) に書かれた、上に凸な曲線を示すが、0 ~ 20 年が最も崩壊の割合が大きく次いで可成り小さい値で 41 年以上と 21 ~ 40 年が良く似た傾向を示す。41 年以上が 21 ~ 40 年よりやや大きな値を示すのは風倒の被害を受けた林分が多いことが影響しているためと思われる。
- 3) 34 年の伊勢湾台風による風倒木は 41 年以上の林分に多く発生したがこの際、風倒木が発生した林分には崩壊も多く発生した。10 年後の 44 年の豪雨後の写真による調査では、新たに発生した崩壊地の割合は風倒跡地に著しく大きく、風倒しない場所を伐採して造林した場合と同程度の崩壊発生割合を示している。風倒せず、伐採も行なわなかった林分では 44 年の崩壊発生の割合は非常に小さい。
- 4) 崩壊個所の条件を地形図から求める試験では、崩壊の発生割合は、傾斜と微地形によっ

て変化することが確かめられた。この試験は、植栽直後の幼令林地の縮尺2.000分の1図面にメッシュをかける方法で行なわれたが、このような精密な図面がない場合は、既成の縮尺5.000分の1の森林基本図でも、充分とは言えないが一応の傾斜が得られることが証明された。

5) 崩壊個所の条件を現地調査によって求める試験では、世附、与川とも凹地形とその周辺の尾根地形について、土壤硬度の測定や小型地震探査による地層の測定から危険地判定の手がかりを得ることを試みたが、火山灰の層やルーズな崩積土の層がある場合、測定やその結果の判読、さらにデーターと崩壊危険度との結びつき等に未知の部分が多く、期待した成果をあげるには至らなかった。

6) 昭和34年、昭和44年前期、昭和44年後期、昭和49年の通算16年間4種の空中写真を用い、渓床の高さの変化を測定した。44年の災害の前後の写真の測定値を中心に検討すると、流域の林相が良い場合や治山工事が密に施工してある渓流では堆積が生じにくいが、反対に崩壊地の多い流域では堆積を生じて、下流の災害の危険性を大きくすると考えられる。

7) 上山沢の3地区をえらび、各地区の渓流の主要な点の横断面を空中写真測量によって求め、ここに有効高さ1, 4, 7, 10各メートルの堰堤を作った場合を想定して、有効高と堰堤体積から堰堤体積1m³当りの渓床勾配緩和効果を求めた。この地区の場合、効果の程度は堰堤の底面の延長と相関が高く、また有効高さ別にみた場合体積1m³当りの渓床勾配緩和効果は有効高4mの場合が最も大で次いで1m, 7m, 10mの順になる。

航空実播跡地の保育管理

I 試験担当者

防災部治山第2研究室 岩川幹夫, 原 敏男

II 試験目的

航空実播工は、近代綠化工における最も能率的、省力的な綠化工法であるが、綠化基盤の整備・安定が十分行われないまま施工されることや、綠化資材（とくに肥土、被覆材等）の導入量が人力的施工にくらべて軽度であることなどから、綠化成績は立地条件による差が現われやすく、綠化不良や早期衰退を生ずることも少なくないのが現状で、施工跡地における永続的綠化のための保育管理技術の確立がつよく望まれているところである。

このため、航空実播工が集中的に行われた施工跡地について、立地条件別、施工経過年別等による綠化形成や推移について調査し、保育適期の判定を行うとともに、保全機能のたかい林叢形成を促進し、恒続的な綠化をはかるための効果的な手入れ管理方法についての指針をうるものである。

III 試験経過とえられた成果

1 調査地および調査方法

航空実播工が集中的、経年に施工された主な地域のうち、地質、基岩等による区分から最も対象が広い花崗岩類地帯を主とし、このほか中・古生層地帯および表層地質として比較的多く生ずるローム層等の火山堆積物地帯についても調査した。

現地調査は、第1年度（昭和49年度）は花崗岩類地域の岐阜県恵那山地区、中・古生層地域の栃木県足尾地区、火山堆積物地域の長野県八ヶ岳地区を、第2年度（昭和50年度）には花崗岩類地域の神奈川県丹沢山地区を、第3年度（昭和51年度）には花崗岩類地域の新潟県薬師岳国有林および滋賀県比良山地区の調査を行った。

調査地における綠化状況の測定については全植物被度のほか、種類別についてはそれぞれの被覆度と生育高を測定した。とりまとめに際しては被度と生育高による優占度として求め、種類別または生活型別に検討した。なお、綠化衰退斜面の取扱い（保育）に関しては、一部現地に追肥方法に関する試験プロットを設けて、綠化回復、恒続的綠化方法に関する基礎的かつ具体的な方法について検討した。

2 調査地別緑化状況

1) 花崗岩類地域

(1) 恵那山地区

調査地は恵那山地区の標高900~1,500mのところで、0.02~0.03haていどの小崩壊地が集中的に発生した地域である。基岩は深層風化をうけた班晶質花崗岩地帯で、傾斜は30~40°前後であるが、のり頭などでは60°近い部分も生じている。積雪は少なく、冬期凍上がはげしいため、不安定土砂の発生と崩落を生じ、これに起因して夏期の強雨による侵食のために荒廃が拡大する。

気象的条件は年平均気温は11°C、年降水量は2,700mmでかなり多い。積雪深は1m以下である。

航空実播は昭和42年度からはじまり、養生剤にはアスファルト乳剤を使用する方法によっている。42~43年ころの施工跡地の緑化形成は、法面周辺部などで残積土のある部分では緑化が維持されたが、急斜瘠悪な基盤斜面では当年における緑化成績も不良で、冬期の凍上による影響が強いため、翌年にはほとんど崩落退化し、全植被はわずか10%ていどに退行したところが多かったとされている。

導入植物はウィーピング・ラブ・グラス(W・L・G)ケンタッキー・31・フェスク(K・31・F)レッド・トップ(R・T)などであるが、W・L・Gは乾燥斜面でも生育が保たれたが、K・31・Fは法面下部の堆積地や日陰斜面によく生立する傾向がしめられた。

調査時点における植生の残存する斜面にはヨグソミネバリ、リョウブ、ウリハダカエデ、コハクウンボク、コアシサイ、クマイチゴ、ヤマホウコ、ヤクシソウ、ヒヨドリバナ、イタドリ、ススキ、アズマネザサ、スゲなどがあり、斜面はまだ不安定な傾向をしめし、先駆的植物群が点生するていどである。前述のような経験からそれ以後は、施工基盤の改善の必要が欠かせないものとされ、斜面の土止めや侵食防止のために擁壁工や、PNC板などが併用されるようになり、45年度ころの施工地では緑化成績が顕著に改善されるようになったとされている。

さて、調査地における約5年後の緑化形成をみると表-1のようである。全植被は60~100%をしめし、表土の移動はほとんどみられない。草生緑化後に導入されたヒノキ、イタチハギも生立し、ことにイタチハギの生立は良好である。侵入種は、フジウツギ、リョウブや、一部にヨグソミネバリ、ノリウツギ、ダンコウバイなどの先駆的樹種もみとめ

表-1 法面緑被状況(恵那山地区・施工後5年)

調査地番号	1	2	3	4	常	優	
全植物被度(%)	100	100	70	60			
木本〃(%)	80	40	50	+	在	占	
草本〃(%)	60	90	60	60	度	度	
出現種数	13	11	7	6			
導入種	イタチハギ ヒノキ アカマツ ヤマハンノキ	5 + + +	3 + + +	4 + + +	IV IV II II	90 28 15 23	
侵入種	ヨモギ イタドリ K・31・F W・L・G R・T	2 2 3 2 3	2 + 4 4 2	2 + + + 2	V V III III III	57 57 49 37 33	
侵入種	フジウツギ リョウブ ヨグソミネバリ ノリウツギ ダンコウバイ	+	+	+	+	IV III II II II	33 51 31 31 25
種	ヤマホウコ ススキ ヒヨドリバナ ヤクシソウ	+	2	+	+	V II II II	57 21 11 11

られた。昭和46年度ころからは土止め基礎工に古タイヤが活用されるようになり、表土の安定に積極的に努力が払われたため、植被形成は良好な結果がえられている。しかし、急斜、瘠悪、乾燥斜面では、緑化不良個所も生じている。施工後4~5年を経過した斜面では、木本の侵入が多いところもみられ、リョウブ、コナラ、モミディイチゴ、ヨグソミネ

表-2 法面緑被状況(恵那山地区・施工後4年)

調査地番号	1	2	3	4	常 在 度	優 占 度
全植物被度(%)	100	100	50	80		
木本〃(%)	80	10	10	20		
草本〃(%)	20	100	50	80		
出現種数	13	11	9	9		
導入種	アカマツ			+	II	28
	ヤシャブシ			+	II	5
	ヤマハンノキ			+	II	82
	ヨモギ	+	3	2	3	V
	イタドリ	2	+		III	21
	C・R・E	3	+		III	24
	W・L・G			4	II	27
侵入種	リョウブ	2	+	+	IV	33
	コナラ	+	+		IV	13
	モミジイチゴ	+	+		IV	12
	ヨクソミネバリ		+		III	9
	ヤマモミジ	+	+		III	7
	シロモジ	2			II	13
	ニシキウツギ	+			II	7
	ウリハダカエデ	+			II	4
	イヌシデ	+			II	2
	アセビ	+			II	2
	ミツバツツジ	+			II	1
	ササ		+		II	4
種	ヤマホウコ	+	3	2	+	V
	ヤマシロギク	+	+	+	IV	4
	ヒヨドリバナ		+		II	3
	ウド		+		II	3
	ヤクシソウ		+		II	1
	ウラハグサ		+		II	1
	コケ			4	II	25

表-3 法面緑被状況(恵那山地区・施工後3年)

調査地番号	1	2	3	4	5	6	常 在 度	優 占 度
全植物被度(%)	50	90	80	60	60	80		
木本〃(%)	10	10	50	10	30	50		
草本〃(%)	50	90	50	60	60	70		
出現種数	14	15	16	9	10	6		
導入種	アカマツ(植栽)	+	2	2	+	+	+	V 11
	ヤマハンノキ(植栽)		+	+	+	+	III	51
	ヤシャブシ(植栽)			+			I	11
	ヒノキ		+	+			I	20
侵入種	W・L・G	3	5	2	4	2	V	85
	R・T	3	+	+	+	4	V	53
	W h . C	+	+	+	+	+	V	9
	ヨモギ	2	+	+	2	+	V	28
	イタドリ	2	+	+	+		IV	44
	K・31・F	+	+	+			III	9
侵入種	クマイチゴ	+	+				II	22
	ヨクソミネバリ	2					I	9
	ウリハダカエデ	+					I	9
	クロモジ	+					I	3
	ツガ	+					I	3
	ヤマハギ			2			I	34
	ヤマモミジ			2			I	6
	ニシキウツギ			+			I	15
	コナラ			+			I	7
	モミジイチゴ			+			I	15
	ツルウメモドキ		+				I	5
	ヘクソカズラ		+				I	4
侵入種	ヤマホウコ	2	+	+	+	+	V	34
	ススキ		+	2			III	38
	ヤクシソウ		+	+	+		III	14
	ヒヨドリバナ		+	+			II	20
	フスキ			+	+		II	7
	ゲ				+		I	5

バリ, シロモジ, ニシキウツギなどが点生し(表-2), 草本では先駆的なヤマホウコ, ヤマシロギクなどが多い。また表面にはコケ類の拡がるところもみられる。47年ころからは, 実播に先行してタイヤ積工, PNC板筋工などが積極的に施工されているが, これらの施工跡の緑被状況は表-2, 3のようである。とくに法面には苗木植栽のための作業用足場をかねて斜面長2mごとに幅10cmの小筋をつけて実播する方法も行なわれている。PNC板土止工とカヤ筋工を併用したところでは, ヒノキ, ヤマハンノキ, ヤシャブシなどの植栽木は, 150~200cmの伸長量がみられ, アカマツも50~100cmに生育している。木本被度は50%, 草本は5%といどをしめし, 全植被は80%といどでかなり安定し, 草本類はW・L・G, イタドリが多くみられるが, R・Tは衰退の傾向がみとめられる。基礎工にタイヤ積工を活用しているところは, 全植被90%であるがW・L・Gがほとんどで, 木本類の植被はアカマツ, ヒノキなどが10%といど, 伸長量は60~70cmをしめしている。また在来植生の侵入も点生するのがみとめられ, ムラサキシキブ, ナナカマド, キブシ, ガクアジサイ, コハクウンボク, タラノキ, ネザサ, ツルウメモドキ, クマイチゴなどの木本類も生じている。なお, 従来木本類の導入は草生緑化後に行なってきたが, 活着および生育が必ずしも良好ではなかったため, 昭和47年度からは, 実播に先行して苗木植栽を行なうことが試みられた。つまり草生緑化後の植栽では, せっかくの緑化法面を再び荒らして, 不成績をまねく原因となることがあることや, これまでの経験からは, 草生緑化後の斜面に導入された比較的小苗は, 活着やその後の生育が十分期待されないことが少なくないためである。48~49年ころに試みられた先行植栽斜面の, 1~2年後における緑被状況は表-4, 5のようである。植栽苗の活着状況は, 斜面によってかなり差があるが, 残存木の生育は良好なところが多い。地表はW・L・G, R・T, ヨモギなどの導入植生によって被覆が保たれている。なお, 施工当初の緑被形成は, 表土の条件ごとに表土の湿度, および厚さ, 養料条件などによってかなりの差が生ずるのは, 花崗岩類地帯の一般的な現象とみられるが, 施工当初の不成績地は, 早期VC(当年の手入れも含む)手入れを行なうことが望まれ, また初期緑化形成後に衰退が起る斜面では, 翌年またはその後の状況により, 早期に追肥などの手入れをすることが, 恒続緑化のために欠かせないところである。

表-4 法面緑被状況(恵那山地区・施工後2年)

調査地番号		1	2	3	4	5	常 在 度	優 占 度
全植物被度(%)		100	70	80	70	50		
木本〃(%)	+	+	+	10	30			
草本〃(%)	100	70	80	70	50			
導入種	出現種数	10	11	10	10	7		
	アカマツ(植栽)	+	+	+	2	2	V	17
	ヤシャブシ(植栽)		+	+	+	3	IV	12
	ヤマハンノキ(植栽)		+	+	+	+	IV	17
	W・L・G	+	4	3	4	4	V	52
	R・T	3	2	4	3	2	V	79
	ヨモギ	3	+	3	2	2	V	67
侵入種	イタドリ	+	+	+	+	+	V	52
	Wh・C	2	+	+	+		IV	12
	K・31・F	3	+	+			III	22
	モミジイチゴ			+			I	12
	ヤマホウコ	+	+	+			III	8
種	エノコログサ	+					I	3
	スミレ	+					I	2
	ススキ				2		I	19
	フキ				+		I	4

表-5 法面緑被状況(恵那山地区・施工当年)

調査地番号	1	2	3	4	5	常 在	優 占
全植物被度(%)	90	30	80	40	60		
木本 " (%)	+		+	+			
草本 " (%)	90	30	80	40	60	度	度
出現種数	7	5	10	8	4		
導入種	アカマツ(植栽)	+		+	+	III	31
	ヤマハンノキ(植栽)			+	+	II	24
	ヤシャブシ(植栽)	+				I	17
入種	W・L・G	5	3	4	3	V	100
	ヨモギ	2	+	2	2	V	64
	イタドリ	+	+	+	+	V	42
	R・T	+	+	+	+	V	27
	K・31・F	+	+	+		III	16
	K・B・G			+	+	II	6
侵入種	リョウブ			+	+	II	39
	ヤマホウコ			+		I	6

(2) 新潟県薬師岳国有林地区

この地域は昭和42年の羽越水害時に大発生した崩壊地で、昭和43年度から航空実播工が継続的に施工された跡地で、海岸からは5~30km前後はなれた標高100~500mの低山地帯である。崩壊地は深層風化の基盤で、傾斜が35°~50°である。表土が比較的多く残積し強雨の際は表面に侵食溝を生じやすいため、45年ごろからは、実播材料の定着と、生立した植物の生育促進をねらいとして斜面に直高1.5mの間隔に幅20cmの小段が設けられている。また、木本類の植栽を実播前に先行する方法も早くから試みられている。表-6, 7はアカマツ、イタチハギを植栽してから実播した箇所の数年後の状況であるが、活着および生育は比較的良好である。侵入植物も斜面の条件によって差があるが、土じょう湿度および表土が比較的多い斜面ではタニウツギ、アカマツ、タラノキ、ススキ、メドハギ、ヨモギなどがある。周辺からクズの侵入拡大がみとめられるが、繁茂

表-6 法面緑被状況(薬師岳国有林地区・施工後7年)

調査地番号	1	2	3	4	常 在	優 占
全植物被度(%)	80	90	90	90		
木本 " (%)	50	50	20	70		
草本 " (%)	60	50	90	40		
出現種数	14	15	9	8		
導入種	アカマツ(植栽)	3	3	1	4	V 100
	イタチハギ	+	+	+		IV 17
	W・L・G	1	3	5	3	V 59
侵入種	タニウツギ	+	+		+	IV 28
	アカマツ	1	+	1		IV 12
	タラノキ	+	+			III 10
	ミズナラ	+	+			III 6
	ウルシ	+	+			II 3
	マツリヨウ	+				II 3
	ヤマハギ			+		II 9
	モミジイチゴ		+			II 7
	イワガラミ	+	+			III 6
	フジ		+	+		II 7
	クズ	+	+	+	3	V 28
	ササ	+				II 5
種	ススキ	+	+		+	IV 19
	メドハギ	+	+		+	IV 13
	ヨモギ	+	+	+		IV 10
	タケニグサ	+			+	III 19
	ヤクシソウ		+			I 3
	スゲ				+	I 3

表-7 法面緑被状況(薬師岳国有林地区・施工後6年)

調査地番号	1	2	3	4	5	6	7	8	常 在 度	侵 度
全植物被度(%)	80	80	80	50	80	60	50	50		
木本〃(%)	40	40	70	30	+	10	+	10		
草本〃(%)	80	80	80	50	80	60	50	50		
出現種数	9	9	9	8	9	8	8	8		
導入種	アカマツ	3	3	3	3	+	+		IV	90
	イタチハギ(植栽)					+	+		II	3
	W・L・G			+	+		+	+	III	9
	R・T					4	2	3	III	42
侵入種	ミズナラ	1	+	+	+		+	+	IV	36
	アカマツ					+	+	+	III	7
	ヤブツバキ	+	+	+	+				III	16
	ヤマツツジ	+	+	+	+				III	16
	ウバヒガン	+	+	+	+				III	30
	イヌツゲ	+	+						II	3
	ネジキ	+	+						II	8
	ススキ	5	5	3	3	+	+	+	V	93
	メドハギ	+	+			1	1	+	IV	13
種	アキノキリンソウ			+	+		+	+	IV	14
	ヒメスイバ					2	1	+	III	13
	スゲ			+					I	3
	コケ				1	1			II	7

が盛んになると法面植生が長期間に亘って被圧され、木本植生への推移も停滞すると思われる。なお、基盤条件によって緑化の差がみられ、表-7はNo.4までは花崗岩類を基盤とした斜面に筋切りを行なっているが、No.5～8の調査斜面は第三紀層の頁岩を基盤とするところで、斜面の筋切りは行なわずに実播されたところである。前者は木本の生立がえらされているが、後者は衰退がみられる。導入植物ではR・Tが後者の地区における生育がよ

いほか、侵入植生ではアカマツも生立はじめしており、基盤の湿度、養料、草生被度との

表-8 法面緑被状況(薬師岳国有林地区・施工後3年)

調査地番号	1	2	3	4	常 在 度	侵 度
全植物被度(%)	90	90	70	100		
木本〃(%)	80	10	+	+		
草本〃(%)	90	80	70	100		
出現種数	13	16	13	11		
導入種	ヤシャブシ	+		+	IV	51
	イタチハギ(植栽)	5			II	45
	アカマツ(植栽)			+	II	21
入種	Wh・C	+	+	+	IV	6
	C・R・F	+	+	+	IV	6
	W・L・G	4		5	III	44
	R・T			+	II	6
侵入種	タニウツギ	+	+	+	IV	46
	アカマツ	+	+	+	IV	11
	ミズナラ	+	+	+	IV	41
	リヨウブ	+	+		III	31
	バッコヤナギ	+	+		III	21
	ハシノキ	+			II	26
	イタチハギ	+			II	2
	ヤシャブシ	+			II	3
	オオカメノキ				II	16
	ヤブツバキ	+			II	6
	ヤマモミジ	+			II	6
	ガマズミ	+			II	6
	ウバヒガン		+		II	16
	キリ			+	II	11
	フジ	+			II	11
入種	ススキ	4	5	4	V	100
	ウド	+	+	+	IV	41
	フキ	+	+	+	III	11
	ヒメスイバ			+	III	4
	ヨモギ	+			II	6
	ヨツバヒヨドリ	+	+		II	21
	アキノキリンソウ		+		II	11
	ジシバリ		+		II	2
	コケ			+	II	1

表-9 法面緑被状況(薬師岳国有林地区・施工後2年)

調査地番号	1	2	3	常在度	優占度
全植物被度(%)	100	100	100		
木本〃(%)	70	70	80		
草本〃(%)	100	100	100		
出現種数	14	14	7		
導入種	イタチハギ(植栽)	4	4	V	100
	ヤシャブシ	1	+	IV	48
	W・L・G	1	1	V	23
	Wh・C	+	+	V	9
	R・T	2	2	IV	24
	C・R・F	1	3	IV	28
	K・31・F	+		II	4
侵入種	タニウツギ	+	+	IV	45
	バッコヤナギ	+	+	IV	37
	イヌシデ	+	+	IV	16
	アカメガシワ	+		II	22
	ムラサキシキブ	+		II	15
	クマイチゴ	+		II	11
	イタチハギ	+		II	4
	アカマツ		+	II	4
種	ススキ	4	5	V	100
	メドハギ		3	II	19
	ヤマシロギク	+		II	11
	ヨツバヒヨドリ		+	II	11
	メヒシバ		+	II	4
	フキ		+	II	4

関係がうかがわれる。このほか、侵入植生では花崗岩類の斜面ではヤマツツジ、ヤブツバキ、ウバメガシ、ネジキなどの乾燥性の植物が多い傾向がみられ、導入した草本類の退行

した斜面にはススキが優占的に侵入している。荒川町元山国有林内には第三紀層の風化の進んだ地域がみられるが、施工後初期の緑化成績は表-8、9にみられるように比較的良好である。導入木本類では低木のイタチハギが活着、生育がよいが、高木性の種類は生立が少ない。導入草木ではR・T、Wh・C、C・R・Fなどがみられるが、基盤の湿度条件その他は、花崗岩類と異なることがうかがわれ、木本類もバッコヤナギ、イヌシデ、タニウツギなどの侵入もみられ、草木類のススキは最も優占的に生立している。

(3) 神奈川県丹沢山地区

調査地は神奈川県西部の中川地区で、昭和47年7月の集中豪雨によって多数の崩壊地を生じたところである。基岩は深成岩の石英閃緑岩であるが、表土は関東ロームが残積しているところも少なくない。標高は500~700mのところで、斜面はほぼ南~南西面が多く、傾斜は25~40°である。年平均気温は約18°C、年降水量は2,200mmといどである。

航空実播は昭和48年度から実行されているが、一部施工に際しては編柵工および階段工が併用されている。実播種子はK・31・F、W・L・Gなどのほか、在来草本のススキ、ヨモギ、イタドリを用いた。なお、木本種子はニセアカシア、エニシダ、ヤマハギ、ヤシャブシなどを、草本との粒数割合にして50%以上使用している。斜面の周縁部や下部斜面にはロームの残積土や堆積土がかなりみられるが、斜面基盤は石英閃緑岩で、急斜面や長大斜面では、基岩が露出した瘠薄斜面となるところが多い。基岩斜面では、初期緑化の不成功や、侵食移動して裸地化するところが少なくないが、初期緑化の不良な斜面や、衰退斜面では翌年まで放置されれば裸地化への移行が著しいので、当年中に追肥等の手入れが望まれる。比較的表土があるところや、傾斜のゆるいところ、N側方位にあるところでは、緑化形成が良好である。施工後まだ短年であるので、実播による導入植生で緑被が保たれているが、木本導入量が草本との割合で50%以上と思われるところでは、混播によって高木類を含む木本が生立している。表-10は施工後3年を経過した斜面であるが、木本類がすでに草本類に優占して林叢形成が進行し、ニセアカシアは200~300cmといど伸びがみられ、ヤシャブシ、ヤマハンノキも70~100cmに伸びている。このほか編柵工などの施工された階段部分ではニセアカシアが帯状に密生しているところや、階段工部分ではヤシャブシ、ヤマハンノキなどの生立も多くみられ、草本類はW・L・Gが全面的に被覆を形成し、K・31・F、ヨモギ、ススキが混生している。基岩の現われた斜面では施工後3年といどではまだ侵入植生は比較的少なく、タケニクサ、ヘビイチゴ、

表-10 法面緑被状況(丹沢山地区・施工後3年)

調査地番号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	優 占 度	
全植物被度(%)		100	80	90	90	90	100	100	100	100	90	90	80	常 在 度	
木本 (%)		70	60	80	20	40	100	90	80	80	70	40	40	常 在 度	
草本 (%)		100	80	90	90	90	20	100	100	100	90	90	80	常 在 度	
出現種数		9	9	9	8	7	6	8	7	8	8	10	10	優 占 度	
導入種	ニセアカシア	1	+	1	1	3	5	5	5	3	4	3	V	85	
	エニシダ	3	2	5	1	2	+	1	2	1	+	1	V	66	
	イタチハギ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1	V	23	常 在 度	
	ヤシブシ	+	2	1	+	+	+	+	+	+	+	IV	19	常 在 度	
侵入種	ヤマハシノキ	3	3	2	+	+	+	+	+	+	+	+	III	22	常 在 度
	W・L・G	5	3	5	5	2	4	5	5	5	4	3	V	80	常 在 度
	K・31・F	2	3	+	+	1	+	1	+	1	2	2	V	36	常 在 度
	モスキ	2	2	1	1	1	+	1	+	1	3	3	V	26	常 在 度
侵入種	スズキ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	III	20	常 在 度
	タケニグサ	ス	ス	ス	ス	タ	ヘ	ヘ	テ	タ	1	1	I	1	常 在 度
	ヘビイチゴ	キ	キ	キ	キ	タ	キ	キ	キ	キ	1	1	I	1	常 在 度
	キララ	ラ	ラ	ラ	ラ	タ	テ	テ	タ	タ	1	1	I	1	常 在 度

表-11 法面緑被状況(丹沢山地区・施工後3年)

調査地番号	1	2	常 在 度	優 占 度
全植物被度(%)	80	80		
木本 (%)	70	70		
草本 (%)	10	10		
出現種数	14	11		
導入種	ヤシブシ	3	3	V
	ヤマハシノキ	3	2	V
	ヤマハギ	+	+	V
	K・31・F	1	1	V
	C・R・F	1	+	V
侵入種	ヨモギ	+	+	V
	スズキ	+	+	V
	イタドリ	+		II
	ニシキウツギ	+		III
	フジウツギ	+		III
侵入種	バッコヤナギ		+	III
	ヤマホウコ	+	+	V
	コオトギリ	+		III
	メドハギ	+		III
	ウラハグサ		+	III
侵入種	スゲ	+	+	V

テキリスゲなどがわずかにみとめられるだけである(表-11)。以上のほか関東ローム層の残積土斜面ではK・31・F, クリーピング・レッド・フェスク(C・R・F), ベレニアル・ライ・グラス(P・R・G)などもW・L・Gと混生している(表12, 13)。が、これらの斜面では実播による木本類の生立するところが所々にあり、混播による木本の導入が十分可能であり、実播による林叢形成が期待しうるものとおもわれた。とくに表-13は、湿性斜面で、C・R・F, K・31・F, W・L・Gなどの草本が密に生立しているにもかかわらず、調査地番号6, 3, 4, 7, 8はニセアカシアがとくに密に生立し、

表-12 法面緑被状況(丹沢山地区・施工後2年)

調査地番号	1	優占度
全植物被度(%)	60	
木本 " (%)	10	
草本 " (%)	60	
出現種数	12	
導入種	ヤシップシ ヤマハンノキ ニセアカシア エニシダ ヤマハギ K・31・F W・L・G	39 7 15 52 35 89 50
種	ヨモギ イタドリ	7 41
侵入種	フジウツギ ウツギ メドハギ	13 13 7

表-12はエニシダの生立も多いところで、斜面下部の堆積土には点的に侵入種類が多くみられるところもある。表-14, 15は施工当年の緑化形成斜面であるが、表-14の16.1~3は基岩の露出する堅地盤で、乾燥が強いため全植被とも比較的少なく木本類も少ない。草本類もW・L・Gが多く、侵入植生もフジウツギ、モミジイチゴ、ススキなどが点生しているのである。16.4~5は関東ロームの残積地であるが、木本ではニセアカシアがかなり生立し、W・L・G, C・R・F, P・R・Gなどによる緑被が保たれている。前者は、早期に追肥手入れが望まれるところであるが、これに対してローム斜面はかなり良好な被覆形成である。表-15は基盤は花崗閃緑岩であるが、林縁に接して比較的日陰が保たれるためK・31・F, C・R・Fなどによる草生緑被が多く、このため木本の生立は抑制されている。侵入木本類は、既存残積土によるものとみられる。

表-13 法面緑被状況(丹沢山地区・施工後2年)

調査地番号	1	2	3	4	5	6	7	8	常在度	優占度
全植物被度(%)	60	100	100	100	90	100	90	100		
木本 " (%)	+	+	20	30	+	+	80	50		
草本 " (%)	60	100	100	100	90	100	40	100		
出現種数	18	18	17	12	14	14	15	9		
導入種	ニセアカシア エニシダ ヤマハギ ヤシップシ C・R・F K・31・F W・L・G メドハギ O・G ヨモギ Wh・C	+	+	3	3	+	+	3	V	57
侵入種	フジウツギ ウツギ ニシキウツギ バッコヤナギ バライチゴ フサザクラ キブシ モミジイチゴ ヤマハンノキ クマイチゴ ミヤコザサ	+	+	+	+	+	+	+	III	21
種	ススキ イタドリ フキ ヤクシンソウ ヤマホウコ ヨメナ ウド タケニグサ アザミ アカソ スゲ	+	+	3	+	+	+	+	IV	59

表-14 法面緑被状況(丹沢山地区・施工当年秋)

調査地番号	1	2	3	4	5	常	優
全植物被度(%)	70	80	80	100	100	在	占
木本〃(%)	+	+	+	20	10	度	度
草本〃(%)	70	80	80	100	100		
出現種数	13	14	9	7	7		
ニセアカシア	+	+	+	2	1	V	32
エニシダ	+	+		+	+	IV	12
ヤマハギ	+	+		+	+	IV	10
W・L・G	3	2	4	5	+	V	100
C・R・F	+	3	2	3	3	V	61
メドハギ	+	+	+	+	+	V	11
P・R・G	3		3	2	5	IV	79
ヨモギ	+		+			II	7
K・31・F		+				I	20
モミジイチゴ	+	+	+			III	20
フジウツギ	+	+				II	12
ウツギ		+				I	6
ススキ	+	+	+			III	42
タケニグサ	+	+				II	24
ヤクシソウ	+	+				II	12
フキ		+	+			II	8

表-15 法面緑被状況(丹沢山地区・施工当年秋)

調査地番号	1	2	3	4	常	優
全植物被度(%)	100	80	90	40	在	占
木本〃(%)	+	10	+	+	度	度
草本〃(%)	100	70	90	40		
出現種数	10	11	6	4		
エニシダ	+	+	+	+	V	23
ニセアカシア		+	+		III	14
ヤシャブシ		+			I	4
K・31・F	4	3	3	3	V	100
C・R・F	5	3	2	1	V	86
W・L・G	+	+	4	1	V	53
I・L・G	2				I	24
ヨモギ		+	+		III	11
メドハギ		+			I	14
ニシキウツギ	+	+			III	7
キブシ	+				I	4
モミジイチゴ	+				I	30
タラノキ	+				I	4
シバヤナギ		+			I	11
フキ		+			I	11
スゲ	+				I	11

(4) 滋賀県比良山地区

調査地は琵琶湖の西側に面している比良山地区の崩壊地で、標高およそ1,000m内外のところである。大部分は粗粒花崗岩の壯年地形で傾斜は急である。この地域は航空実播工が初めて試行された地域で、調査地は昭和38~41年に実播したところである。斜面傾斜が35~40°以上の急斜地では、強雨の際には表土の移動が起り、侵食溝が拡大して水路状となり、表面の不安定化も生ずるため、立地条件に応じた基礎の施工は効果的

である。初期の施工地ではW・L・Gの優占した緑被形成で、表土の移動防止に効果が大きいが、2年目ころからは生育が極端に減少するようである。木本類は、2年目くらいまではほとんど目立たないが、W・L・Gなどの衰退にともなって、徐々に生長が続いている。しかし表土の移動が起こっている所では、木本の生立も減少し、放置すれば再荒廃地に移行するようになる。施工当年における追肥手入れが必要とするのは、このような花崗岩類地域の衰退斜面であるといえる。木本類の混播も行なわれたが、草本との競合のため十分な生立がみられない場合が多いので、昭和44年からは木本の導入にはアカマツ、ヤシャブシ、ヤマハンノキなどのポット苗による植栽が試されている。これらのうちヤマハンノキの生育が最も良好で、ヤシャブシ、アカマツなどは枯死が多くみられたようであるが、残存木は良好な生育をしめしている。全般的に木本類の植栽箇所は、露岩地以外はかなりよく緑化が形成されている。施工後の植被形成をみると表-16のようだ、導入種はヤマハンノキ、アカマツの生育がかなりよい生育をしめしているが、施工当初に緑化形成が十分でなかつたところは木本類の残存もみられず、裸地化するところもみとめられる。やはり、施工後には可能な限り早期に積極的に追肥管理をすることが大切で、最も保育手入れの要点といえる。表-16では、在来植生の侵入種類数がかなりみとめられるが、まだ点生的で、草本類の表面被覆量も少ない。これら在来植生も追肥管理が適切であれば、一層促進され、表面土じょうの保護、土じょう化がえられるものとおもわれる。

表-16 法面緑被状況(比良山地区・施工後9年)

調査地番号		1	2	3	4	5	常在度
全	植物被度(%)	60	50	20	80	20	
木	本〃(%)	10	30	10	80	10	
草	本〃(%)	60	50	20	+	10	
出現種数		14	11	9	10	10	
導入種	ヤマハンノキ	1	3	1	1	+	V
	アカマツ	+	1		4	1	IV
	ヤシャブシ				2	+	II
	イタチハギ	+					I
種	C・R・F	+	+	1	+	+	V
	W・L・G	4	8	1			III
	R・T	+					I
侵入種	ヤマツツジ	+			+	+	III
	タニウツギ		+		+	+	II
	ミズナラ				+	+	II
	ノリウツギ	+					I
	ヒメヤシャブシ	+					I
	カナクギノキ	+					I
	バッコヤナギ		+				I
	ドウダンツツジ		+				I
	シロモジ			+			I
	クリ		+	+			I
	ウツギ		+	+			I
	イヌツゲ			+			I
	ニガイチゴ				+		I
	ネジキ				+		I
種	リョウブ				+		I
	ササ					+	I
	ススキ	+	+	+		+	IV
	コオトギリ	+	+				II
	ヨモギ	+					I
	アキノキリンソウ					+	I
	コシダ					+	I
	シダ	+	+	+			II
	ココ				+		II

2) 中・古生層地域

(1) 栃木県足尾地区

調査地は栃木県足尾町の北部で渡良瀬川最上部地域久藏沢、阿蘇沢地区国有林における実播跡地である。荒廃地は標高700m~2,100mの地域にあるが、調査箇所は900m~1,200m附近における頁岩を主とする古生層地区である。足尾気候通報所による資料では、年平均気温は9.9°Cであるが、最低気温は-18°C以下にも及び、積雪が少ないので、現地荒廃地では植生被覆がなければ冬期は凍土による斜面表土の崩落、流出を来たしやすい。降水量は年平均1,700mmであるが、大半は7~9月に集中するので、崩壊斜面は乾燥のはげしいところが多く、植生の生育に強い影響を及ぼしているものといえる。足尾地区の荒廃地は、標高差が大きく、温量指数にもとづく植物分布帯をみると、標高590~1,200mの温帶下部域(温量指数8.5~5.5°C)、標高1,200~1,500mの温帶上部域(同、5.5~4.5°C)、標高1,500m以上(同、4.5°C以下)の区分帯がみられる。

足尾地区における航空実播工は昭和40年ころから行なわれ現在まで継続されている。従って航空実播跡地はすでに広大な面積に及び、初期の施工跡地はほぼ10年前後の経過をみているが、調査はごく一部に限られた。つぎに、調査例によって検討してみると、まず表-17は、初期の実播跡地であるが、瘠悪な地盤と冬期凍土のはげしさによって、施

表-17 法面緑被状況(足尾地区・施工後10年)

調査地番号		1	2	3	4	5	6	7	常	優
全植物被度(%)		30	10	30	10	30	20	+	在	占
木本 " (%)		20	+	+	+	+			度	度
草本 " (%)		10	10	30	10	30	20	+		
出現種数		4	6	5	4	4	2	2	導入種	度
アカマツ	2		+	+	+					
ススキ	+	1	1	1	+	2	+			
イタドリ	1	2	1		+	+				
ヨモギ	+							侵入種	度	
リョウブ	1		1	1	1	2	1			
ダケカンバ							+			
イワノガリヤス	+	+	+	+	+	+	+			
シラゲガヤ	+	+	+	+	+	+	+	度	度	
ヒメスゲ							+			
ヘビノネゴザ	+	+	+	+	+	+	+	度	度	

工時から緑化形成が十分でなかったところは、ほとんど再荒廃に至っているところもみられる。斜面の全植物の被覆状態も+~30%で侵入植生もきわめて少ないままである。これらの斜面も、施工後の初期に慣行にとらわれない施肥方法によれば、植生の定着と生育を促進しうることも可能なところではないかとみられる。表-18は、施工地の周辺には

表-18 法面緑被状況(足尾地区・施工後9年)

調査地番号	1	2	3	4	5	6	7	常	優
全植物被度(%)	60	60	60	60	90	90	80		
木本 " (%)	20	20	10	10	30	50	70	在	占
草本 " (%)	50	50	60	60	70	50	20	度	度
出現種数	10	10	10	10	10	9	8		
導入種	アカマツ	2	2	1	1	3	4	V	75
	ヤシャブシ	1	1	1	1	+		IV	36
	ススキ	2	1	2	2	3	1	V	88
	イタドリ	2	2	+	1	1	1	V	50
	W・L・G	1	1	3	3	2	+	V	49
	ヨモギ	+	+	+	+			III	13
侵入種	リョウブ	1	1	1	1	2	1	V	54
	ダケカンバ						+	I	3
	イワノガリヤス	+	+	+	+	+	+	V	16
	シラゲガヤ	+	+	+	+	+	+	V	6
	ヒメスゲ					+	+	II	19
	ヘビノネゴザ	+	+	+	+	+	+	V	6

既存林分があるところで、初期の緑被形成の退行も止まり、W・L・Gがかなり残存している。不安定土砂がほぼ流出し、表土の移動の少なくなった斜面にはススキ、イタドリなどが定着し、イワノガリヤス、シラゲガヤ、ヘビノネゴザなどの在来植生が回復している。木本類では、リョウブの生立が抜がりつつあるところである。全植被が50%前後のところでは、追肥が望まれるところであるが、慣行量にとらわれない施肥を試みる必要がある。表-19、20は、施行後7~8年を経過したところである。48年に追播、追肥を

表-19 法面緑被状況(足尾地区・施工後8年)

調査地番号	1	2	3	4	5	6	7	常	優
全植物被度(%)	70	60	60	80	80	70	80		
木本〃(%)	10	10	10	10	10	10	10	在	占
草本〃(%)	70	50	50	80	80	70	70	度	度
出現種類	13	12	11	9	9	7	7		
リョウブ	+	+	+	+	+	1	1	V	40
ヤシャブシ	+	+	+	+	+			IV	33
アカマツ	+	+	+					III	32
ススキ	2	3	3	5	5	2	2	V	81
W・L・G	+	2	2	1	1	4	4	V	49
イタドリ	1	+	2	1	1	2	2	V	71
ヨモギ	+	+	+	+	+	1	1	V	40
R・T	1	+	1	+	+			IV	22
ミズナラ	+							I	1
ツルウメモドキ		+	+					II	5
イワノガリヤス	1	+	1	+	+	+	+	V	24
ウド	+							I	9
ヒヨドリバナ	+							I	1
トダシバ		+						I	5
ヘビノネゴザ	+	+	+	1		1		IV	9
シダ					+		+	II	9

表-20 法面緑被状況(足尾地区・施工後7年)

調査地番号	1	2	3	4	5	6	7	常	優
全植物被度(%)	80	70	70	80	80	70	50		
木本〃(%)	10	10	10	10	+	10	20	在	占
草本〃(%)	80	70	70	80	80	70	50	度	度
出現種数	8	8	8	7	8	7	8		
導入種	ヤシャブシ			+				I	4
ススキ	3	4	4	3	5	4	3	V	100
イタドリ	2	1	+	2	1	1	+	V	49
W・L・G	1	1	2	1	+	+		V	29
ヨモギ	1	1						II	31
侵入種	リョウブ	1	1	1	1	+	1	V	54
ヤマツツジ							+	I	6
ミヤコザサ							+	I	3
入種	ヒメスグ	1	+	+	1	1	+	V	15
イワノガリヤス	+	+	+	+	+	+	+	V	15
シラゲガヤ					+			I	3
ヘビノネゴザ	+	+	2	+	+	+	1	V	16

行っているが、慣行的なこれまでの施肥量ではほとんど生育の変化がみられないところもある。木本類をみるとヤシャブシは30~90cm, アカマツは25~50cm, リョウブは10~130cmに生育し、草本類は導入種が衰退しススキ、イタドリがこれに代って表面の保護機能を十分果している。このほかイワノガリヤス、ヘビノネゴザなどが全面的に生立している。表-21, 22は、施工後5~6年を経過した斜面であるが、施工当初における導入草種の緑化形成が不良であったかまたは、衰退後にはススキ、イタドリがこれに代って緑被を保ちつつあるところである。在来植生ではススキの増殖がみられ、このほかイワノガリヤス、ヘビノネゴザなどの侵入定着の早いことがうかがわれる。リョウブは実播によって生立したもののがほか、自然に生立したものが多いものとみられる。表-23, 24は、施工後2, 3年目の斜面であるが、導入したW・L・G, ヨモギを主とする緑化

表-21 法面緑被状況(足尾地区・施工後6年)

調査地番号	1	2	3	4	5	6	7	常 在 度	優 占 度
全植物被度(%)	70	60	60	70	90	90	70		
木本〃(%)	10	+	20	30	60	60	30		
草本〃(%)	70	60	50	40	40	40	40		
出現種数	12	11	10	6	6	6	7		
リヨウブ	+	+	1	3	4	4	3	V	85
ヤシャブシ	1	+	2					III	43
ススキ	3	3	1	2	2	2	2	V	99
イタドリ	1	2	1	1	1	1	1	V	71
ヨモギ	1	3	1					III	36
R・T	1	+	+					III	13
O・G	+	+						II	6
T・m	+	+						II	6
K・31・F	+							I	6
C・R・F		+						I	6
W・L・G			+					I	7
イワノガリヤス	3	2	3	+	+	+	+	V	50
ウド	+		+					II	5
コオトギリ	+							I	4
ヒメスグ				+	+	+	+	III	11
ヘビノネゴザ		+	+	1	2	2	1	V	39
コケ						2	2	I	7

表-22 法面緑被状況(足尾地区・施工後5年)

調査地番号	1	2	3	4	5	6	7	常 在 度	優 占 度
全植物被度(%)	80	90	60	60	50	50	50		
木本〃(%)	+	+	+	+	+	+	+		
草本〃	80	90	60	60	50	50	50		
出現種類	8	8	5	5	5	4	4		
導入種	リヨウブ ヤシャブシ	+	+	+	+	+	+	V	18
		+	+					II	13
ススキ	3	4	4	4	3	3	3	V	93
イタドリ	4	1	2	2	3	1	1	V	30
W・L・G	1	1						II	17
ヨモギ			+	+				II	8
侵入種	イワノガリヤス	+		1	1	1	1	V	19
	ヒヨドリバナ		+					I	2
ヘビノネゴザ	+	+			+			III	6
シダ	+	+						II	2

表-23 法面緑被状況(足尾地区・施工後3年)

調査地番号	1	2	3	4	5	6	7	常 在 度	優 占 度
全植物被度(%)	50	60	70	80	80	90	90		
木本〃(%)	+	+	+	10	10	+	+		
草本〃(%)	50	60	70	80	80	90	90		
出現種数	9	10	9	8	8	7	7		
導入種	アカマツ リヨウブ ヤシャブシ	+	+	+	+	+	+	V	21
		+	+	+	+	+	+	V	10
ススキ	2	1	+	1	1	2	2	V	83
イタドリ	1	1	+	2	2	1	1	V	63
ヨモギ	1	+	+	1	1	1	1	V	49
R・T	+	+	+					III	6
C・R・F	+	3						II	14
侵入種	ヘビノネゴザ シダ	+	+	+	+	+	+	IV	15
								II	18

表-24 法面緑被状況(足尾地区・施工後2年)

調査地番号	1	2	3	4	5	6	7	常	優
全植物被度(%)	70	80	80	70	80	80	80		
木本〃(%)	10	+	+	10	+	10	10	在	占
草本〃(%)	70	80	80	80	80	80	80	度	度
出現種数	10	7	7	8	6	6	6		
導入種	リョウブ	1	+	+	1	+	+	V	14
	ヤシャブシ	+	+	+	+	+		IV	30
	アカマツ	1				+	+	III	5
W・L・G	2	3	4	2	4	2	2	V	64
ススキ	3	3	3	3	2	4	4	V	100
イタドリ	1	1	1	1	1	1	1	V	40
ヨモギ	+	+	+	+	+	+	+	V	31
C・R・F	+							I	1
侵入種	ヒメスゲ	+	+	+	+	+		IV	20
	ヘビノネゴザ	+						I	2
	シダ			+				I	2

工用草はまだかなり繁茂している。しかし3年ころにはかなり衰退していく状況が推察される。全植被が60%ていどの斜面では、早急に追肥をする必要があり、表土の移動がはげしくならない時点で、緑化の確実な回復、定着をはかることが大切である。実播によって生じたアカマツ、ヤシャブシ、リョウブなども全面的に残存しており、虫害や、獣害その他凍上害などをのがれれば、林叢形成が十分期待されるところである。

3) 火山堆積物地域

(1) 長野県八ヶ岳地区

調査地は長野県南佐久郡小海町八ヶ岳国有林で、標高は1,800~1,950m附近の亜高山地域である。基岩は輝石安山岩であるが、表層には火山堆積物(ローム)が堆積するところもある。調査地附近は、年平均気温約9°C、最低気温は-22°C以下とみられ、年降水量は1,180mmである。標高が高く、亜高山帯域にあるため、植物の生育期間

が短いうえ、凍上等による不安定な表土の生成が多く、施工前に人為的に補助工を行なわなければ、導入植物の発生、定着にはきわめて不安定がともなうこととなる。このため、航空実播に先だって、表面の不安定石礫は石筋工として整理して表土の移動を抑制するとともに、植生の定着をはかるために斜面長3m間隔に幅10cmの溝切りを行ない、10~15m間隔に小階段を設けるなどの緑化基礎工が行なわれている。実播種子は高標高地域のため、耐寒性のC・R・F、R・Tおよびホワイトクローバー(Wh・C)、チモシー(Tim)が用いられ、在来植物ではヨモギが混播されている。表土が少ない斜面では部分的に裸地を生じているところもあるが、表-25、26はR・T、C・R・Fなどに

表-25 法面緑被状況(八ヶ岳地区・施工後4年)

調査地番号	1	2	3	4	5	6	常
全植物被度(%)	100	100	100	90	80	80	
木本〃(%)		+	+	+	+	+	在
草本〃(%)	100	100	100	90	80	80	度
出現種数	10	10	7	7	7	12	
導入種	R・T	3	5	3	5	2	V
	C・R・F	5	3	4	2	1	V
	Wh・C	+	+	+	+	+	V
	ヨモギ	+	+	+	+	+	IV
	Tim	2		3			II
侵入種	キイチゴ		+		1		II
	ダケカンバ		+			+	II
	クサイチゴ			+	+		II
	ニガイチゴ				+		I
	ベニバナイチゴ					+	I
	ヤハズハシノキ					+	I
	カラマツ					+	I
入種	イタドリ	1	+			1	V
	ヤマホウコ	+	+			+	IV
	アズマヤマアザミ	+		+			II
	ユウガギク	+	+				II
	ノガリヤス	+				+	II
	ウラハグサ	+					I
	フキ					+	I
	シダ					+	I

表-26 法面緑被状況(八ヶ岳地区・施工後3年)

調査地番号	1	2	3	4	5	6	常在度	
全植物被度(%)	100	70	70	30	80	90		
木本 " (%)	+	+			+	+		
草本 " (%)	100	70	70	30	80	80		
出現種数	9	10	9	5	11	10		
導入種	R · T	5	4	4	2	5	4	V
	C · R · F	2	3	3	1	3	3	V
	T i m	2						I
	ヨモギ	+	+	+	+	+	+	V
侵入種	キイチゴ	+	+				+	III
	バライチゴ		+			+		II
	ダケカンバ				+			I
	シラベ				+			I
入種	ヤマホウコ	+	+	+	+	+	+	V
	フキ	+	+	+	+	+		IV
	イタドリ	+	+			+		III
	アキノキリンソウ	+	+					II
	オトギリソウ		+			+		II
	ウラハグサ		+		+			II
	ユウガギク				+	+		II
	フジアザミ	+						I
	ノガリヤス		+					I
	ウド		+					I
	スギナ		+					I
	アズマヤマアザミ				+			I
	ホタルブクロ				+			I
	スゲ				+			I

よる被覆がよく保たれているところである。なお実播混和材料を団子状に散布するベース方式の実播によったところでは、面的な被覆が十分形成されず、冬期の凍上害などによる影響のはげしい地域であるため、次第に退行し再荒廃に至る斜面もある。侵入植物では木本類はまだ少なく、草本類ではイタドリ、ヤマホウコ、フキ、ノガリヤス、ウラハグサ、オトギリソウなどがみられる。表-27は、古生層の閃緑安山岩質の基盤斜面で、土壤の

表-27 法面緑被状況(八ヶ岳地区・施工後6年)

調査地番号	1	2	3	4	常在度	
全植物被度(%)	100	60	100	60		
木本 " (%)	+		+	20		
草本 " (%)	100	60	100	50		
出現種数	12	7	18	10		
導入種	コバノヤマハシノキ(植栽)	+			+	III
	ヤマハシノキ(植栽)			+	1	III
	ヨモギ	5	3	+	3	V
	R · T	5	4	5		IV
	イタドリ	4	+	1		IV
	Wh · C	+	2			III
	K · 31 · F	+			+	III
侵入種	ヤハズハシノキ			+		I
	ダケカンバ			+		I
	ヤナギ		+			I
	バライチゴ		+			I
入種	ヤマホウコ	+	+	+	+	V
	ホタルブクロ	+	+	+	+	V
	アズマヤマアザミ	+	+	+		IV
	ミゾソバ	+				II
	ツリフネソウ	+				I
	フキ	+				I
	タネツケバナ			+		I
	オトコヨモギ				2	I
	ウラハグサ			+	+	I
	カワラニンジン			+	+	I
	スゲ			+		I

堆積もみられ、湿度条件もややよいとみられるところであるが、導入種は、R・Tのほかヨモギ、イタドリが多く残存している。侵入種はヤマホウコ、ホタルブクロ、アズマヤマアザミなどがかなり繁茂するところがある。

3. 実播跡地における植生推移の概況

実播施工地における法面緑被形成（種類組成）の実態は前述のようである。各地域内における経年別の調査箇所は、固定地点についての経年的調査ではないため、年次を追って改善がはかられてきた実播内容その他施工条件や、調査箇所の局所的な立地条件にもとづく緑被形態差が大きく現われ、限られた調査地点や調査内容では、植被構成の推移を必ずしも十分考察し得る資料とはならなかった。しかし、経年的な施工跡地斜面からえられた主な地域におけるいくつかの例によって、実播跡地法面の植生推移をみると次のようである。まず花崗岩類地域の恵那山地区における調査資料によって総合的な植被状況をしめした図-1によると、導入植物は、乾燥と瘠悪なこの地域に応じて、W・L・Gが多く導入され、初期の被覆効果を果しているが、立地条件および種の生育特性にもとづく現象として緑被率は漸次低下している。K・31・Fはこの地域では比較的陽光の弱い斜面か表土の多い斜面、そのほか土じょう湿度条件のよいところに生育がかたよっている。しかし、K・31・Fの生立したところではW・L・Gにくらべて顕著な衰退はみられない。R・Tも初期の生育は旺盛であるが、漸次退行するのがみとめられる。またこの地域では在来草本類の侵入生立は比較的少ないが、ヤマホウコ、ススキなどが徐々に増加するのがみとめられる。木本類の生立はまだ少なくコナラ、リョウブ、ヨグソミネバリなどが一部に点生するといどである。全般的には初期に緑被が全面的に形成された斜面では、導入植生の退行につれて自然植生、植栽樹種などによる緑化形成がすすみ、全植被は維持されている。図-2は、導入植物と侵入植物を総括した草本類、木本類別の経年的な傾向をしめしているが、施工初期から緑被形成がよく、導入木本類の活着のよい斜面では、草生による一定の地床被覆を保ちながら、木本の生長が進行しているのがうかがわれる。なお図-3は、法面植被を生活型別、経年別にしめしたものである。前述のように、今次調査における経年別の調査は、固定地点の経年資料ではないので、厳密な経年変化とはいがたいが、生活型別の組成は植被の推移をかなりしめしている。全般的には数年の経過にすぎないのでまだTh（1年生植物）、H（半地中植物）が優占する初期植生であるが、木本類は植栽したもののはかにもかなり生立はじめているところがある。図-4は花崗岩類地域の新潟県薬師岳国有林地内の資料であるが、全般的な植被形成の傾向は恵那山地域に類似している。なお、法面植生の生活型を経年別にしめした図-5でも、草本類の構成の状況と、木本類の構成の推移は、

概略的に一定の進行的な変化をしめしていることがみられるが、木本類は年次による施工条件または斜面表土条件による変化が大きく、3年目におけるM（木本）は、活着生育のとくによい地区である。図-6は、花崗岩類地域の丹沢山地区の資料で、木本類は、航空実播工による草本との混播によって生立したものであることに、とくに注目する必要がある。混播によっても、木本の生立、林叢形成が十分達成されることがしめされている。また図-7は、花崗岩類地域の比良山地区における資料であるが、木本類は導入種のヤマハンノキ、アカマツ、ヤシャブシの生育は良好であるが、侵入種の生育は緩慢である。中・古生層地域における栃木県足尾地区の法面植生の被覆状況および生活型組成の経年的な状況は図-8、9のようである。施工初期から被覆が保たれている斜面では、導入植生は3～5年ころまでにはかなり進行するが、これに代ってススキ、ヘビノネゴザ、イタドリなどが定着するので、地表の保護機能はかなり保たれている。木本類で優占するものは導入種のヤシャブシ、アカマツなどが、侵入植物ではリョウブがかなり定着はじめている。

4. 緑化不良地、早期衰退地の手入れ保育

1) 緑化衰退地における追肥試験

緑化工施工地における施肥（基肥および追肥）の効果は一般に顕著で、施工当初の生育不良や衰退傾向の緑化斜面では、追肥を欠くことはできない。従来、事業が継続的に行なわれている現地では、追肥管理が行なわれているところが少なくないが、実際には最も効果的な施肥期や立地条件に応じた施肥内容については、必ずしも適切に行なわれているとはいがたい。従来、施肥については、荒廃地以外の分野も含めて多くの施用例があるが、一般に慣行的、かつ画一的な施用が定着している。もちろんこれまでの施用期、施用量などの例は、多くの研究結果や、経験的な認識によるものではあるが、荒廃地の劣悪な基盤を念頭におけば、荒廃地における恒続的な緑化復旧には植物の生育環境の好転をはかることがまず基本とされるべきものと思われるが、この点からは十分適切な施肥内容とはいがたい。一般にこれまで緑化斜面に施用されている施肥量は、まず基肥の場合では、窒素成分で10～15g/m²といどで、ことに実播の際液肥を用いる場合は薬害を配慮して10g/m²が安全な限度とされている。また追肥を行なう場合も、基肥の半量以下とする考えが普通である。しかし、本来このていどのが施肥量は、苗畑や一般の耕作地等における良好な地盤のところにおいて、一定の生産量をうる場合に適当な施肥量とされているものである。これに対して劣悪な基盤では有効な養料が極めて少く緑化不良や早期衰退を生ずる斜面では、根本的な対応が異なるべきものであろう。つまり養料条件が著しく異なるものであることを十分認識する必要

がある。すなわち、いま林地土じょうに含まれている養料をみると表土30cmに含まれる窒素量は、150～1,100g/m²とされるが、これに対して花崗岩荒廃地や、褐色ロームなどの基盤における養料は、わずか5～50g/m²とみなされるにすぎない。ところで、圃場やその他良好な土じょうにおける施肥では10～15g/m²といど用いているのに、瘠悪な斜面でも一般にこれと同じいど施肥量に限られているのが実態である。いま、緑化被覆に効果的な草生量が、200～500g/m²といどあるとすれば、これに相当する窒素量はすでに約5～15g/m²となるが、地山土じょうや未熟土じょうでは、施用した肥料の流失や土壤粒子への吸着が多く効果が著しく低下するのであるから、実播跡地で衰退が生ずる斜面が少なくないのも当然である。もっとも施肥の重要さが認識されていても、一時に多量に施用すれば、肥料による薬害や、流失量が大きいことから、一回の施肥量には一定の限度がある。施工初期の施用量に制約があるとすれば、瘠悪斜面では必然的に早期に追肥を行なって、養料の補給をはからねばならないものである。従来、追肥は一般に基肥よりも少なく施用されているが、荒廃地において持続的な緑被を形成するためには、立地条件に応じて基肥と同じいどかさらに多くすることが望まれる。ことに草生後の斜面では後述のごとく20～30g/m²以上の施肥でも全く肥料ヤケの影響はみられなかつことからも、劣悪な荒廃地斜面では、まず、植物の生育が十分促進されうる基盤条件をつくることが必要である。つぎに、追肥方法に関して現地に設定した試験プロットにおける結果について考察してみると次のようである。表-28は施肥内容で、肥料の種類は普通の化成肥料とコーティング

表-28 施肥内容(窒素施肥量)

試験区 施肥量	A	B
N 5	(g/m ²) 5	(g/m ²) 5
N 20	20	20
N 40	40	40
Cont	0	0

※ A: コーティング 肥 料

B: 粒 状 化 成 肥 料

表-29 施肥による衰退被の回復

試験区 施肥量 (g/m ²)	A					B					Cont				
	5	10	20	40	5	10	20	40	5	10	20	40	5	10	20
全植物被度(%)	100	70	100	100	100	100	100	100	90	90	100	100	100	100	100
木草本	" (%)	100	70	100	100	100	100	100	90	90	100	100	100	100	100
出現種数	3	6	8	5	8	3	6	9	5	5	6	3	4	8	3
W・L・G	5	3	5	5	5	3	5	5	4	4	5	5	5	5	4
K・31・F	2	2	+	+	2	2	+	+	1	1	1	1	1	2	1
O・C・R・F	2	2	+	+	2	2	+	+	1	1	1	1	1	2	1
R・C・T・G	2	2	+	+	2	2	+	+	1	1	1	1	1	2	1
Vh	2	2	+	+	2	2	+	+	1	1	1	1	1	2	1
B・M・G	1	1	+	+	1	1	+	+	1	1	1	1	1	2	1
ヒメムカシヨモギ	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ヤクシソウ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ヒメスイバ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ノガリヤス	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
メリカセンダンクサ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
リュウノウギク	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ヒメジョオン	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ヤマハギ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
カラスザンショウ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ウツカズラ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ヘクソカズラ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
乾燥重量	371.3	577.3	790.3	381.5	152	179	450.3	381.7	152	179	450.3	381.7	152	275	275
平均値(%)	148	230	315	315	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148
Con割合(%)	251.0	251.0	251.0	251.0	251.0	251.0	251.0	251.0	251.0	251.0	251.0	251.0	251.0	251.0	251.0

肥料(緩効性)を用い、施肥量は窒素5, 20, 40g/m²とした。対象地は、中・古生層の礫質基盤で、導入植生はW・L・Gを主とし、ススキが混生した疎生斜面である。施用当年における緑被状況は、表-29のようである。なお風乾重量によってしめすと図-10にみられるように、劣悪基盤における衰退斜面では、従来のような5g/m²では多少の効果はみられても、短期間に再度衰退現象がみられることが少なくないよう、また養料がいかに不足しているかをしめしている。この施肥効果は決して必要以上の生長量をしめしているものではなく、劣悪な荒廃斜面では施工当初にはまず、地盤に十分定着した緑被を構成し、かつそれによって自らも基盤培養をはかりうるまで維持・保育されるのでなければ、恒続的な緑被形成が促進されないとしめしている。

2) 施工方法と手入れ保育

航空実播工は、本来省力的な工法であるため、基盤安定のための土木的基礎工を行なわれがたいことや、追肥が必ずしも適期に十分行なわれがたいこともある、瘠悪な基盤斜面や気象条件のきびしいところでは、緑化形成がかなり不良な結果を来たすところも少なくないのが実情である。しかし、航空実播工の開発以来10年前後を経過し、この間緑化資材(適種子、混播方法、肥料、養生材その他混和材)および施工方法については多くの試行が行なわれ、諸種の改善・開発が加えられてきた。一部可能な地域では、積極的に斜面基礎工を施工することが考えられ、斜面に幅10cmといでの簡易な筋切りや、幅30~60cmの小階段を1.5~3.0m間隔に行なう方法のほか、1.0~1.5m間隔に擁壁や階段が施工されている場合もある。現地で観察され考察されたこれらの工法について、施工後の手入れ保育と関連して考察されたことを概略的にのべてみると次のようである。

(1) 普通実播跡地の手入れ保育

航空実播工の大部分は、斜面の整備を行なわないまま荒廃裸地に実播資材を直接散布する方法によっている。この場合一般に傾斜が緩いところや、表土の保たれているところでは緑化形成が十分保たれている。しかし、花崗岩その他の瘠悪かつ乾燥し易い斜面では、これまでのような施工当初の実播資材のみでは、十分な緑化形成が得られないところが生じてくる。このようなところでは、施工後可能なかぎり、できれば施工当年(1~3カ月後)に追肥を行なうことができれば、顕著に緑化形成を好転しうる場合が少なくないと考えられるものである。適期の追肥が確実に行なわれれば、航空実播工をはじめ、一般吹付斜面等においても、省力的な特性を十分活かした確実な緑被形成技術が確立され、効果的な近代的緑化工法として定着しうるものと考えられるものである。

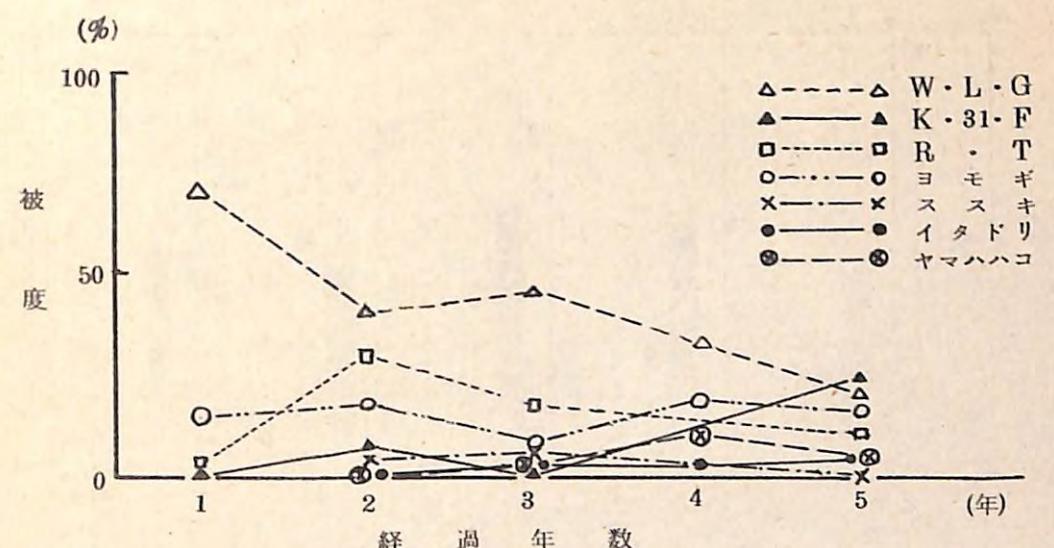


図-1 法面植被の推移(恵那山地区)

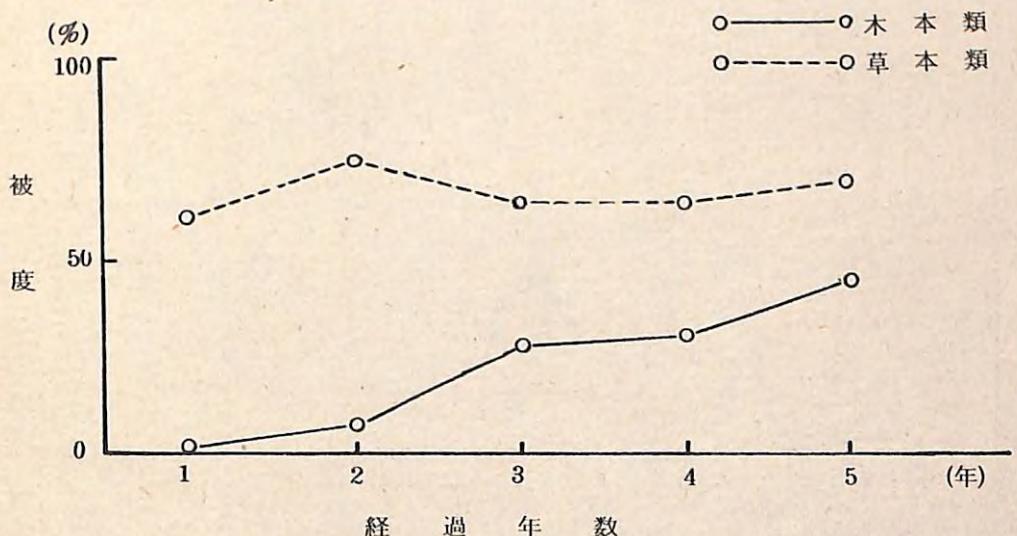


図-2 法面植被の推移(恵那山地区)

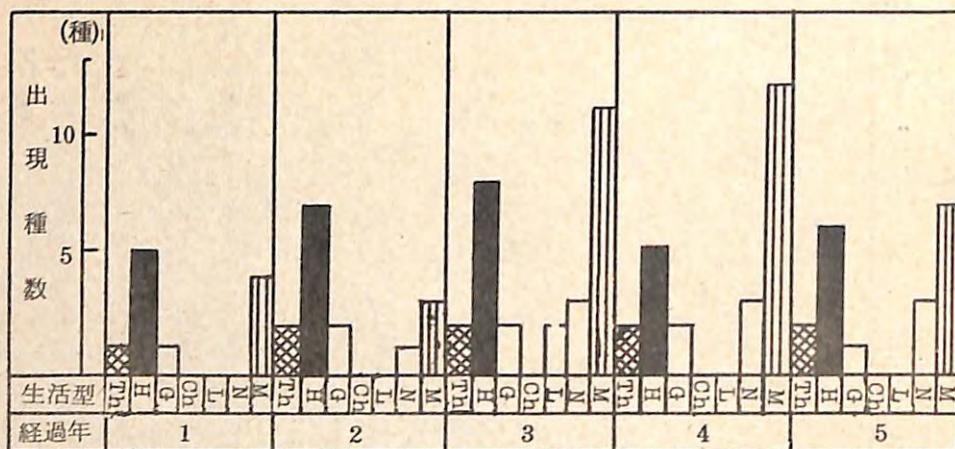


図-3 法面植被の経年別生活型組成(恵那山地区)

生活型: Th . 1年生植物, H . 半地中植物, G . 地中植物
Ch . 地表植物, L . つる植物, N . 低木, M . 高木

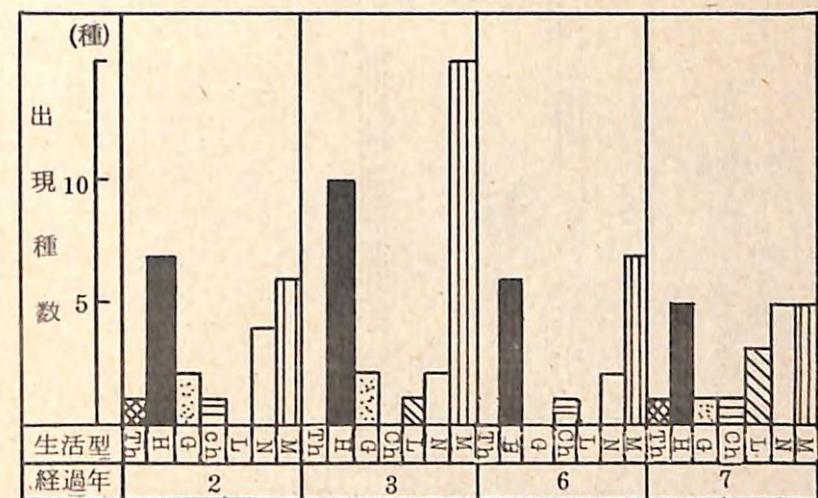


図-5 法面植生の経年別生活型組成(薬師岳国有林地区)

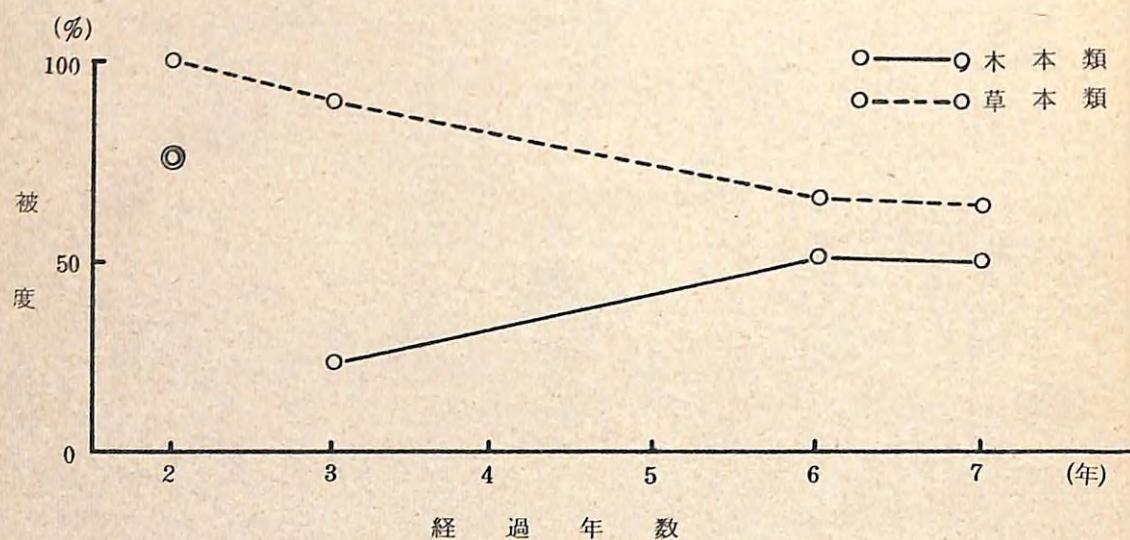


図-4 法面植被の推移(薬師岳国有林地区)

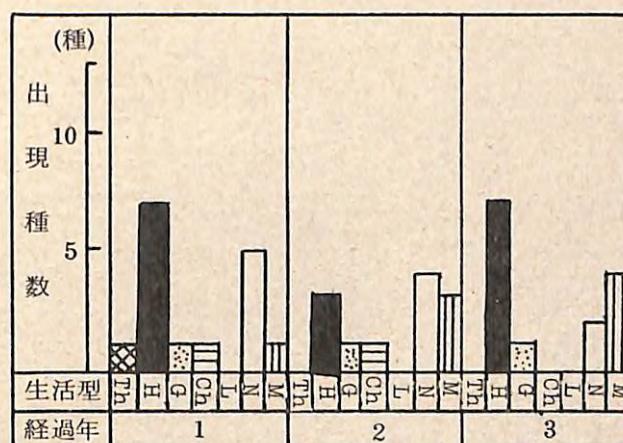


図-6 法面植生の経年別生活型組成(丹沢地区)

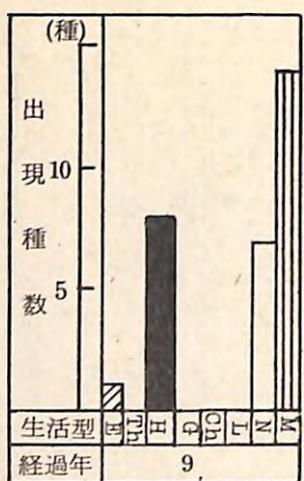


図-7 法面植生の生活型組成
(比良山地区)

E. 着生植物

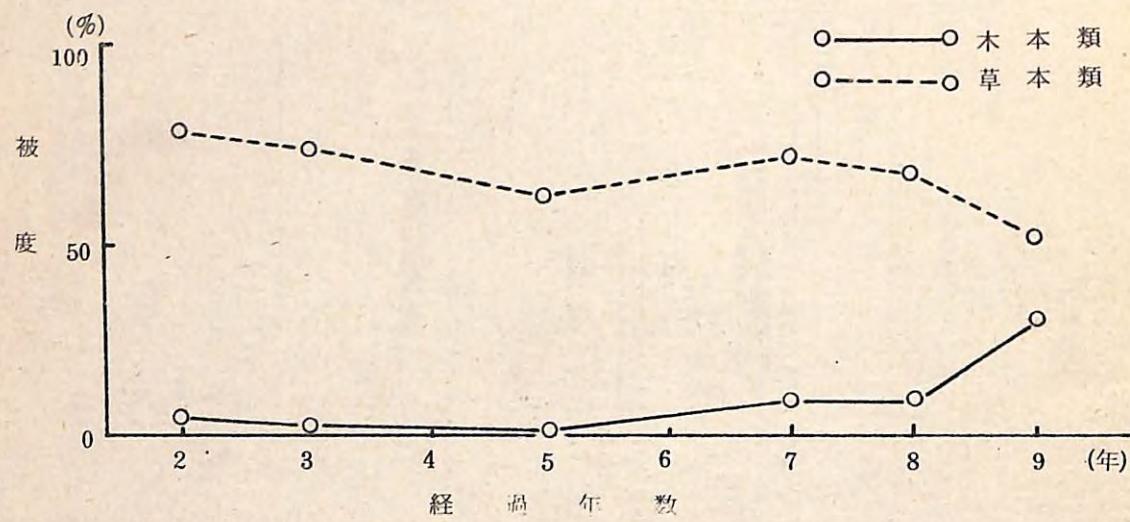


図-8 法面植被の推移(足尾地区)

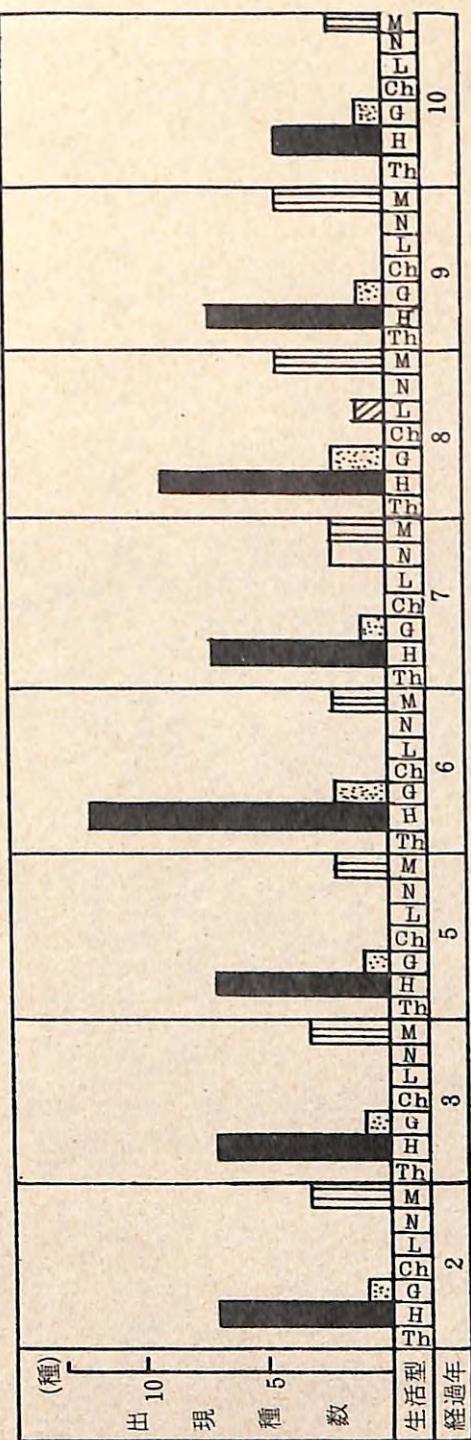


図-9 法面植生の経年別生活型組成(足尾地区)

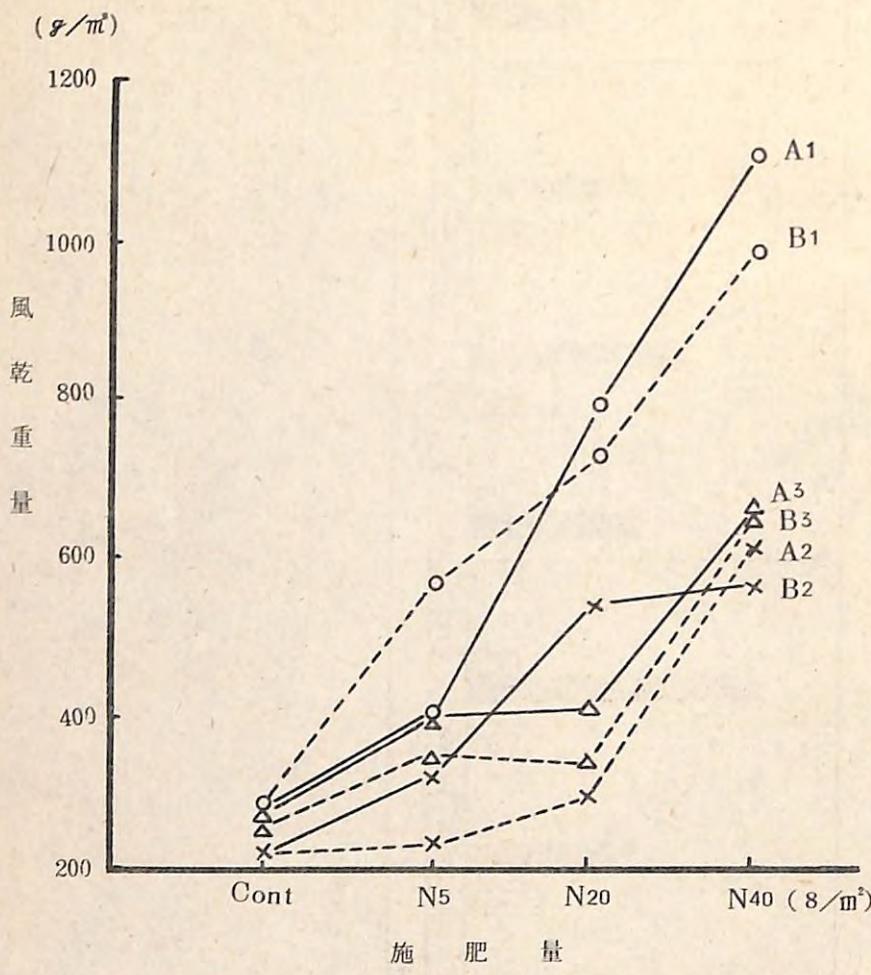


図-10 施肥量と衰退植被の回復

(2) 基礎工併用実播跡地の手入れ保育

瘠悪な斜面における初期緑化の不良を改善するため人力的に緑化基礎工を行なう地理的、地況的条件のところでは、斜面に幅・深さ5~10cmていどの小溝を切り、あるいは30~60cmていどの階段を切りつけることも行なわれる。これによって急斜面や乾燥の著しい斜面では実播材料の定着および発芽・発生のための条件がかなり有利となる。ことに冬期の凍上害などによって崩落しがちな斜面では、筋工部分に緑化形成が保持されて効果的である。しかし、筋間斜面は依然として、必ずしも緑化が十分でなく、そこから次第に裸地化することも少なくない。従って急斜面や、筋間が長い場合には、全体の緑化形成は十分えられないこともある。施工初期には緑化が面的に形成されることが肝心であり、この点からは小溝や筋間隔がせまいほど有利ではあるが、筋を多くすれば人力を多く要することや、浮土砂を多く生ずる結果にもなるため、強雨や凍上によって、侵食を生ずるような弱点を残さないように留意することが必要である。小溝・筋工施工によっても、筋間斜面の衰退がみられる場合には、遅滞なく早期に追肥を行なう必要がある。

なお、筋工小溝部分には、斜面から流下する種子が集まるため、木本類を混播してもこの部分では草本との競合がきびしくなることが多いので、木本は必ずしも容易には生立が期待できないものである。したがって階段や筋切りなど、人力的施工が行なえるところでは、周辺植生の木本枝条を長さ30~100cmていどにして柵状に埋幹導入し、施工初期の土砂の移動抑制や、林叢形成の促進をはかることが望ましいことといえよう。埋幹に活用しうる木本類としては、ウツギ、ノリウツギ、ニシキウツギ、ヤナギ類、ツツジ類、アキグミ、コアカソ、リョウウブ、アセビ、イヌツゲなどがある。

(3) 植栽先行実播跡地の手入れ保育

生長の早い草種を多く活用したこれまでの実播工跡地では、混播による木本類の生立がばまれることや、在来木本類も容易には侵入しないことが問題とされている。また、草生地へ苗木を植栽しても活着がわるく、草生との競合のため漸次消滅することも少なくないようである。このほか、草生斜面へ植穴を掘ると、植被がかなり埋没し不安定土砂を生じ、急斜面では土砂の移動や再荒廃を来すことがあるのも問題とされる。このため、最近では苗木植栽を先行してから実播を行なうことも試みられるようになっている。

航空実播工は、もともと地理的、地況的に人力施工が制約をうけるところに行われることが多いものであるから、実播に先行して苗木植栽を行うことは、何れの地域にも適用しうるものではない。しかし、立地的条件がよく、人力施工が可能なところでは、林叢形成

促進のために重要な検討課題といえる。先行植栽によって木本の導入をはかった跡地はまだ少ないので、その実態を十分把握することはできないが、これまでの施工地において観察されたところをみると次のようである。

植栽のための基盤整備は必ずしも十分行えるものではないが、擁壁工やPNC板工、あるいは古タイヤ等によって土止工を行ない、この部分の段上にクロマツ、ヤマハンノキ、オオバヤシャブシ、イタチハギなどを導入したところや、作業の便も配慮して設定した階段に植栽したところは活着および生育がかなり保たれている。しかし、斜面部分への直接的な植栽は簡易な穴になるため、瘠薄な花崗岩類やそのほか地盤の硬いところでは、活着もわるくその後の生育も十分ではない場合が多い。斜面への植栽は可能なかぎり植穴を大きくするほか、施肥を多くして生長を促進する必要がある。草本の根系との競合を考慮すれば、草本の草丈以上に樹草が保たれるような比較的大きな苗を用い、根系部も深めに導入されることが望まれよう。

先行植栽における苗木の活着や、生長促進、林叢形成への技術的な検討、改善に関しては今後に多くの問題が残されている。いずれにしても、植栽作業によって生ずる不安定斜面を、実播工によって確実に被覆固定することが大切で、必要によって早期の追肥手入れを怠ることはできない。

3) その他手入れ保育

(1) 追 播

施工初期の生育不良斜面や施工後の崩落部分では、可能な限り早期に追播手入れを要することはいうまでもないが、このほか、衰退の顕著な斜面でも追播が望まれ、草丈の低い草本斜面や植被が60～70%ていどの法面植被のところでは、木本類を追播導入することが配慮されてよい。しかし、追播を行う際には種子が地表に密着して、発芽および初期生育に必要な湿度条件がえられなければ効果があがらないので十分な注意がいる。衰退斜面でも草生がまた比較的面的に残存する斜面への木本類の追播については、さらに基礎的な検討をまたなければならないことが多い。

(2) 虫害、獣害

実播斜面および木本植栽斜面を通じて、緑化跡地は比較的単純な種類構成の植生となるため、時には虫害がかなり発生することがある。在来草種でもイタドリ、ヨモギなどはマダラカミキリの中間寄主となり、ヤマハンノキ、ヤシャブシ類、ニセアカシアなどの根元幹部を食害し、根倒れや枯損を来すことが少なくない。また、根粒樹木類は、樹種によ

ってハンノキハムシ、シャクトリムシ、コガネムシなどの食害をうけることも少なくない。被害のひどいときには薬剤による防除対策を要することもあるが、適期に十分行ない難いものであるから、やはり肥培管理によって生育を旺盛に保持することが重要と思われる。

また、航空実播跡地に限らず導入木本類はウサギ、カモシカ、シカやネズミなどによる食害をうけることが少なくない。萌芽再生しやすい広葉樹類は比較的よいが、マツ類やヒノキ、スギ、モミ、カラマツなどの針葉樹類は食害の影響は甚大である。獣害については、忌避剤やビニール袋や多種ネット、防護柵などによる防護対策もあるが、いずれも万全ではなく、それに要する経費も少くないものである。

実播による林叢形成跡地などの観察からは、草生地に混生した2～3種類の木本が、密度がたかく生立するところでは、全体としての被害は軽減され、肥培管理によって積極的な生長をはかれば、林叢形成が達せられるようみられる。

IV 総 括

航空実播工が開発されたのは昭和38年頃であるが、その後各地で試行が重ねられ、山地荒廃地における早期の緑化回復に定着した工法となってきた。この調査では短期間にできるだけ広い地域を対象に、全般的な緑被形成の実態と恒続的緑化への誘導のための手入れ保育に関して、その要点となる事項を明らかにしようとした。もっとも、航空実播工跡地は、最初の頃に行なわれたところでもまだ10年前後すぎず、多くは数年程度のところで、木本植生による叢生～林地化をみるとところは少ない。したがって、施工の初期における緑化不良斜面や、衰退斜面における緑化回復のための手入れ保育に関するなどが現実的な検討事項となった。

また、集中的に施工が行われた地域でも、調査はごく限定された箇所となり、全国的な立地条件からみてもごく限られた地域を調査したにすぎないので、必ずしも十分な検討考察とはならなかった。しかし、一部地区における追肥等に関する現地プロット試験等とも併せて、手入れ保育に関する基本的な要点についての指針はえられたものといえよう。次に考察された要点をまとめてみる。

航空実播工は、一般に植生導入のための基盤整備が行われないまま、荒廃斜面に直接的に軽度の緑化資材を散布するものであるから、緑被形成が立地的条件に影響されやすいこともあるのはやむをえない。しかし、施工当初における不利な緑化形成も、施工後の追肥を主とした手入れ保育によって効果的に強化しうるところが少なくない。

施工方法別の実態について保育的な見地から考察されるところをみると a) 基礎工を行わず

に荒廃斜面に直接散布する方法が普通であるが、花崗岩類地域をはじめとする急斜堅地盤その他瘠悪・乾燥斜面などでは、導入植物の頗著な早期衰退箇所も少なくなく、早期の手入管理が大切である。導入植物の衰退斜面では在来植物の侵入生立も少ないので、裸地化が進行する前に、適切な追肥管理が必要である。立地条件と実播内容によっては翌年早期はもちろん、施工当年中に行なうことができれば、緑化維持が効果的に形成される場合も少なくない。施肥量は慣行的な施用に限らず、衰退の著しいところでは、窒素成分で10～30g/m²を弾力的に施用することができれば、瘠悪地盤における緑化形成は一層促進されると思われる。b) 実播に先だってあらかじめ斜面に簡易な筋切、階段を設ける場合は、急斜地、乾燥、貧養地などでは効果的である。しかし、凍上そのほか立地条件のきびしいところでは斜面部分の衰退裸地化を生ずるので、前述

a) のような早期の追肥管理が大切である。なお、緊縛効果のたかい林叢形成促進のため、筋切、階段等には発根しやすい木本枝条を活用した埋幹方法の検討が望ましい。c) 実播に先行して木本類を植栽する方法では、瘠悪な基盤では苗木の活着の向上や、生育促進が今後の検討課題である。草生緑化や衰退斜面の回復には前述のように追肥管理を的確に行なうことが大切である。

なお、これまでの実播内容では、一般に混播による木本植物の生立はきわめて少ないが、混播割合を改善したところでは、実播によって数種の木本が混生生立するところもみられる。草生量の少ない斜面では施工後3～4年ころから木本類の生立がみられるようになる。瘠悪な地盤ではこの時期に施肥管理を行って木本類の生育を促進すれば、林叢形成には一層効果的と思われる。

なお、直接技術上の問題ではないが、実播による林叢形成をはかるためには、緑化工に適性のたかい木本種子の生産増強が必要である。