

受入ID- 1519990825D00041



昭和50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51年11月



02000-00043096-5

林業試験場

目 次

架線による間, 択伐木集材法	1
環境緑化法—成木移植ならびに樹勢回復	59
林業薬剤の環境に及ぼす影響と合理的使用法	75
天敵微生物による被害防除法	95
林内人工更新法	127
電算機による生産力調査法	139
経営基本ファイルの作成	173
赤外カラー写真を応用したまつくい虫被害防除技術の確立	227
保護樹帯設定法	279
保護樹帯による土砂の流出抑止と安定法	333
広葉樹施業法—海岸林における広葉樹導入林分改良	399

架線による間, 択伐木集材法

I 試験担当者

機械化部機械科長(主査)	上 田 実
機械第1研究室員	柴 田 順 一
機械第2研究室長	小 沼 順 一
作業第1研究室長	奥 田 吉 春
作業第2研究室長	辻 井 辰 雄

II 試験目的

最近自然保護や環境保全の見地から大面積皆伐方式を適用できない地域が著しく増大し、小面積あるいは帯状の皆伐方式または択伐方式をとらざるをえなくなってきた。また戦後の造林地のいちじるしい拡大にともない、間伐対象林分の増加と経済的不採算のための間伐手おくれ林分が加算され、そのため間伐木の経済的搬出技術の開発がすくなく要請されるようになった。

本研究は以上のような背景にあって、架線を使って集材するにはいかなる方法が適切であるかを明らかにしようとするものである。

III 試験の経過

この研究は昭和48年度から50年度の3か年にわたって実施したものである。

まず第1に問題になったのは集材機の索張り法であった。この索張り法は従来必要に迫られて各地で各種各様のものが実施され、さらにこれらは枝分れ式に改良された過程があり、これらを系統的に整理してその得失を論じたものはほとんどなく、さらに各索張り法の命名法も確たるものがなかったので、全く同じ索張り法を別名で呼ぶといった不都合な面も現われていた。したがってまず適当な命名法を設け、これによって各索張りの名称を定める一方、その構造・機能などを配慮しながら分類してみることが研究を進める第一歩であると考え、これから着手した。

つぎに沢山の索張り法の中から、択伐木間伐木の集材に適する索張り法を選出するとすると、その伐採地における地形・集材距離・丸太1本当りの材積等各種の条件によって索張り法が変わってくることは当然であるが、大面積皆伐方式の場合と根本的に異なる点は、集材完了後残された立木や稚樹あるいは地表面をどの程度傷めないで集材できるかという点であろう。したがって、単に集材コストの面だけでなく、森林の保全性、さらには作業の安全容易性が索張り法選択の際の重要因子になると考えた。これらの要因はその伐採地域の社会環境等によってその比重のかけ方(評価)が異なり、この所産として外見的には同じ条件と思われるのに、各地で各様の索張り

法が使われている現実があるのではないかと考えた。そしてこの辺の事情を究明してゆけば索張り法を選出する場合の合理的な手法が得られるのではないかと考え、この面での理論的な検討を進める一方、これを検証するための実態調査を行なうことにした。

安全問題については事業を実行するうえで欠くことのできない事項であるが、従来このことは主索の張力安全率に主眼がおかれ、択伐間伐を現在実施している軽架線の索張り法をはじめ特殊な方式のものについては未開拓の分野として残されてきたきらいがあるので、これらの索張り法について安全上とくに留意すべき点はどのような点であるかを明示することにした。このため特徴のあるいくつかの索張り法について、現場における主索ならびに作業索の張力を測定し、実態を通じて指針を得ることにした。

以上の過程を踏まえて、択伐木間伐木の集材にはいかなる方法が適切であるかを具体的に提示することにした。

IV 試験の成果

1. 集材機索張り法の分類

過去に発表された各種索張り法の文献400件について、その機械的特性（集材機のドラム数・馬力数・使用器具類、使用ワイヤロープの太さならびに所要長さ、重錘の有無等）あるいは作業性能（架設撤去の難易性、横取りの難易性、荷掛け荷卸しの難易性、運転の難易性等）を吟味し、これらを基にして各索張り法を簡潔に表現した索張り図を作成した。図1はその1

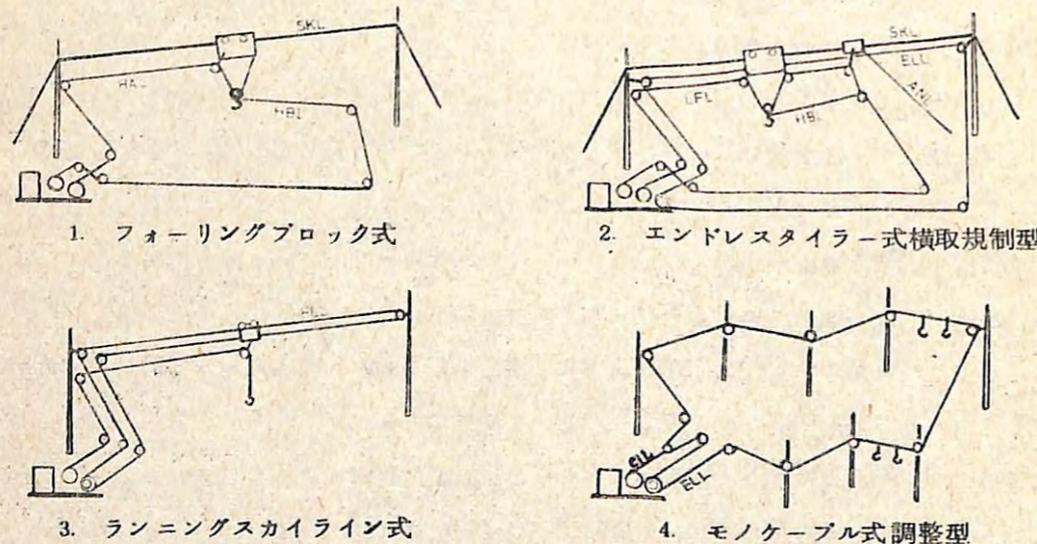


図1 各種索張り図

例である。つぎに各索張りの構造・機能等を比較検討しながら索張りの分類を行ない、11種類の索張り方式に大分類し、この定義づけを行なった（表1-1）。また索張り法の命名法を定めた（表1-2）。さらに用語も統一しておく必要があるので、これについても定めた（表1-3）。

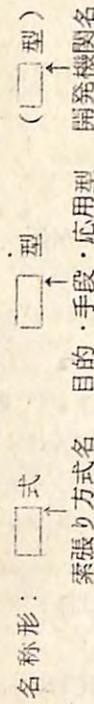
表1-1 索張り方式の定義

索張り方式	定義
1. タイラー式	主索があり、荷のつり上げは荷上索、搬器の走行は自重または引寄索、引戻索によるもの。
2. エンドレスタイラー式	主索があり、荷のつり上げは荷上索、搬器の走行はエンドレス索によるもの。
3. フォーリングブロック式	主索があり、荷のつり上げと搬器の走行は引寄索と引戻索の張り合いによるもの。
4. クマモト式	主索があり、荷のつり上げはエンドレス索の引き締めにより、搬器の走行はそのエンドレス索によるもの。
5. ホイスチングキャレジ式	主索があり、荷のつり上げは特殊搬器からくり出される荷づり索、搬器の走行は自重またはエンドレス索、引戻索等によるもの。
6. スナッピング式	主索があり、荷は引寄索のつり上げによるか、または直接搬器にとりつけられ、搬器の走行は自重または引寄索によるもの。
7. スラックライン式	主索があり、荷のつり上げは主索の張り上げにより、搬器の走行は自重または引寄索、引戻索等によるもの。
8. ランニングスカイライン式	主索がなく、搬器は折返した引戻索にのせ、搬器の走行は引寄索と引戻索によるもので、索の折返しは支柱における引戻索の1回だけのもの、引寄索と引戻索をエンドレスとしたものを含む。
9. ダンハム式	主索がなく、搬器は折返した引寄索または引戻索にのせ、支柱または搬器におけるこれらの索の折返しが2回以上あるもの。引寄索と引戻索をエンドレス索としたものを含む。
10. モノケーブル	主索および搬器がなく、荷の搬送は循環索によるもの。
11. ハイリード式 (グランドリード式)	主索および搬器がなく、荷のつり上げと移動は引寄索、引戻索、エンドレス索等によるもの。

(註) 定義文中の用語の説明

- 主索：両端または一端が固定され、搬器等の荷重を支える索
- 搬器：滑車等を有し、索の上を走行し、荷をかけ、またはつり上げるための構造をもつもの。
- エンドレス索：集材機のプーリ（エンドレスプーリ）に巻かれた索で、その両端が、搬器、ローリングブロック等に取り付けられたもの。
- 循環索：集材機のプーリ（エンドレスプーリ）に巻かれた索で、その両端が結合され、滑車等を通過できるもの。

表1-2 索張り法の命名法



索張り方式名	目的	手段	段	応	用	型	開発機関名
タイラ	(普通集材)	自動		折		返	(営林署名)
エンドレス	(広範囲集材)	(空中滑車)2	引	と		し	(営林局名)
フォーク	扇形	地上滑車3	片持	他		ば	(都道府県名)
ホイスト	円形	複機4	自動	荷		せ	(会社名)
スナック	(直角集材等)	調整5	調整	引		制	
スラック	横取規制	地上調整6	地上調整	遊		索	
ランニング		規制7	規制	遊		車	
ダンケ		調整8	調整	複		動	
モノケ		調整9	調整	制		索	
ハイリ		調整10	調整	無		線	
ハ		調整11	調整	サ		1	
		調整12	調整	イ		1	
		調整13	調整	ド		折	
		調整14	調整	レ		折	
		調整15	調整	ス		返	
		調整16	調整	ク		し	
		調整17	調整	ク		し	
		調整18	調整	副		索	
		調整19	調整	複		索	
		調整20	調整	複		索	

〔例〕 (索張り方式名) (目的・手段) (応用型) (開発機関名)
 タイラ一式 横取規制, 地上調整型 (鶴川型)
 ランニングスカイライン式 エンドレスフック型 (帯広型)

〔註〕 1) 応用形の用語は, 索張り法の特徴を特に表わすものの中から適宜組合せて使用するものとする。
 2) 番号)は, 用語説明(7頁)の番号を表わす。
 3) (空中滑車)は一般的な横取規制に多く使用されているので, 特に名称を付けない。

表1-3 用語

1) 横取規制	引戻索の通過経路を規制して, 横取区域を限定できるもの。
2) (空中滑車)	端末に引戻索支持用の滑車を取りつけた荷上索を, 主索上の滑車で支え, 荷上索, 引戻索等の張力変化で引戻索を規制するもの。
3) 地上滑車	端末に引戻索支持用の滑車を取りつけた荷上索を地上の滑車で支え, 荷上索, 引戻索等の張力変化で引戻索を規制するもの。
4) 複搬器	集材用搬器のほかに, 引戻索規制のための搬器を追加して, 荷上索引戻索等の張力変化で引戻索を規制するもの。
5) 調整	引戻索を操作可能な規制索で規制するもののうち規制索用の最終滑車が主索上にあるもの。
6) 地上調整	引戻索を操作可能な規制索で規制するもののうち, 規制索用の最終滑車が地上にあるもの。
7) 規制索	引戻索を一定の長さの規制索で自動的に規制するもの。
8) 引込索	引戻索のほかに引込み専用の引込索を設け, 引戻索を規制するもので, 引戻索を支持する最終滑車が主索上または地上にあるもの。
9) 片持滑車	引戻索と引込索が特殊金具をかいて結合され, 特殊金具が主索上の片持滑車を通過することにより引戻索を規制するもの。
10) 特殊ストッパー	搬器を止め, 搬器の作動機構の動きを助けるほかに, 作業索の脱着など重要な機能をもつもの。
11) 3	使用する集材機が3胴であることが, とくに特徴となっているもの。
12) 複主索	主索が2本あるもの(エンドレス索状のものも含む)。
13) 複エンドレス	エンドレス索が2本あるもの。
14) 緊留	搬器とロージグブロックが緊留できるもの。
15) 脱着	自動脱着機構を備えたもの(「緊留」を除く)。
16) 調整	荷つり, 荷おろしの都度エンドレス索を緊張, 弛緩するもの。
17) 重錘調整	重錘による索張力の自動調整機構を備えたもの。
18) フック	引寄索の先端が搬器等に固定されず, フック等の荷かけ金具が取りつけられ, 搬器上の滑車を経て垂れ下がっているもの。
19) リフチング	荷上索または荷上索状のエンドレス索のあることが特徴となっているもの(タイラー式を除く)。
20) 引込	脱着自在の引込索を備えたもの。
21) 折返	力を増すための引寄索, 引戻索等を折返したもの(ダンハム式を除く)。
22) 荷卸規制	盤台上での荷卸し位置を限定できるもの。
23) 遊び滑車	索の端末につけた滑車で, これを通る他の索をこの滑車によって引張り, または引込むもの。
24) 複搬器運動	搬器を2つつけ連動式にしたもの。
25) 制動索	搬器専用の制動索を備えたもの。
26) 3. 1. 1	ダンハム式の表現形式で, 3:HAL側の見掛上の本数, 1:反対側にあるHALの見掛上の本数, 1:搬器を支持する索本数をあらわす。
27) 副索	H型で副索を1本備えたもの。
28) 複副索	" 2本備えたもの。

以上の過程を踏まえて, 各索張り法の位置づけを一括表示した(表1-4)。

表 1 - 4 各 索 張

	(基本型とその系)	(複主索曲線)	(索留型)
1. タイラー式	①①' 基本型 (2 胴) ①② 荷卸規制 ②②' 3 胴 ③ 3 胴引込索	④ 複主索曲線	⑤⑤' 索留搬器
2. エンドレスタイラー式	①①' 基本型 (2 胴) ②①②' " ②②②' " ③③' 3 胴 ④① 遊び滑車 ④② " ④③ " ④④ " ⑤ 遊び滑車・3 胴 ⑥ 遊び滑車引込索		⑦⑦' 索留搬器
3. フォリングブロック式	①①' 基本型 ②②' エンドレス フック型 ⑬ 基本型 ⑭ エンドレス ⑰ ノースペント式	③① 複主索 ③② 複主索	④④' 索留搬器 ⑮ 複主索・索留
4. クマモト式	①①' 基本型 ② 遊び滑車 ③ 引込索	④ 曲線 ⑤ 複主索・曲線	⑥⑥' 索留搬器
5. ホイスタングキャレージ式	①①' 複エンドレス ②①②' ストッパー ②② ストッパー		

り 法 の 一 覧 表

(扇形・円形・H型)	(その他の応用型)	(横取規制型)	
⑥① 扇形 ⑥② 扇形自動 ⑦ 円形 ⑧ H・複副索	⑨① フォーリング ⑨② ブロック組合せ	⑩⑩' 滑車 ⑪ 自動ストッパー ⑫ 3 胴 ⑬ 複搬器	⑭⑭' 調整 ⑮ 地上調整 ⑯ 引込索 ⑰ 規制索
⑧①⑧' 扇形 ⑧② 扇形自動 ⑨ 円形 ⑩⑩' H ⑪ H・副索		⑫①⑫' 滑車 ⑫②⑫' サイドアーム キャレージ ⑬ 自動ストッパー ⑭ 地上滑車 ⑮ 特殊ストッパー	⑯ 引込索脱着 ⑰⑰' 複搬器 ⑱ 規制索 ⑲ オートスナッチ ⑳ 扇形横取規制
⑤① 扇形 ⑤② 扇形自動	⑥① 複搬器連動 ⑥② 複搬器連動	⑦ 片持滑車 ⑧ 調整 ⑨ 重錘調整 ⑩ 地上調整 ⑪ 規制索 ⑫ 複主索横取規制	
⑩ H	⑰ エンドレス調整 ⑱ エンドレス・引込		
	⑦ 複エンドレス ⑧ リフティング引込	⑨ 引込索脱着 ⑩ 規制索	
⑧ 扇形	④ 重錘調整 ⑤ エンドレス調整 ⑥ 制動索 ⑦ 無線操縦		

	(基本型とその系)	(複主索曲線型)	(緊留型)
6. スナッピング式	① ₁ 基本型 ① ₂ ① ₂ ' "		② ₁ 緊留搬器 ② ₂ ② ₂ ' "
7. スラックライン式	① 基本型(2胴) ② とばし ③ 3 胴	④ 複主索	⑤ 緊留搬器
8. ランニングスカイライン式	① 基本型		
フック型	③ 基本型 ④ エンドレス		⑤ 緊留搬器
リフティング型	⑨ 基本型		
9. ダンハム式	① ₁ 基本型 3・1・1 ① ₂ " 3・2・1 ① ₃ " 3・2・2 ① ₄ " 4・2・2		
フック型	③ エンドレス		
リフティング型	④ リフティング		
10. モノケーブル式	① 基本型		
11. グランドリード式 ハイリード式	① グランドリード基本型 ② エンドレス ③③' ハイリード基本型		
フック型	⑥ エンドレス		
リフティング型	⑦ エンドレス		

(扇形・円形・H型)	(その他の応用型)	(横取規制型)
⑥ 扇形	⑦ エンドレス調整 ⑧ 交 走	
	② エンドレス調整 ⑥ エンドレス調整 ⑦⑦' エンドレス引込 ⑧ エンドレス調整・引込	
⑩ H		
	② ₁ エンドレス調整 ② ₂ エンドレス調整	
	② 調 整 ③ 調 整 ・ 引 込 ④ 交 走	
	④④' エンドレス調整 ⑤ ₁ 折 返 し ⑤ ₂ " ⑤ ₃ "	

なおこれらの成果は技術開発情報12号に「集材機索張り法」として印刷された。

2. 集材架線の索張力測定結果

集材作業現場における索張力の実状を知るために、通常集材作業を実施しながら、索張力の測定記録を行った。以下に索張り方式ごとに、結果の概略を示す。

(1) ハイリード式エンドレス・フック型(新城型)(三角集材) (11-6)

- 調査年月 昭和48年9月
- 場所 名古屋営林局新城営林署
- 集材作業の概要 50年生ヒノキ人工林における間伐材の集材作業。材は普通造材され材長3~4m、末口径7~24cm程度である。この材を3~4本をまとめて一荷とし、この架線方式によって林道端へ集積される。架線のために特別な伐開は行わず、スパンは100m以下で、林道に沿って架線の張り替えを進めて行く。

測定を行った架線はスパン70m、支間傾斜12°の上げ木集材の場所であった。

◎ 測定結果

エンドレス索の張力変化記録例を図2-1に示す。これは測定した中で最も大きな材0.44m³をつけた場合で、ボサにひっかかったこともあって、張力も最大を記録したものである。全測定データから、つぎのようなことが言える。

- エンドレス索の張力について
 - 無負荷で張り上げた時は300~500Kg
 - 空搬器返送中は400~600Kg
 - 材をつり上げる時 750~1100Kg
 - 集材中(走行している時) 850~1300Kg
 - 張力の変動は ±100~±300Kg程度
 - 障害物に材がひっかかった時に、瞬間的な張力の上昇があったが、その最高値は1512Kgであった。
- 荷上索の張力について
 - 空荷のとき 40~80Kg
 - 材の横取、引上げのときはほぼ材の重量だけの張力が生じる。
 - 実搬器走行中はさらに100Kgぐらい増加し、張力変動は平均値の1/5程度と大きい。

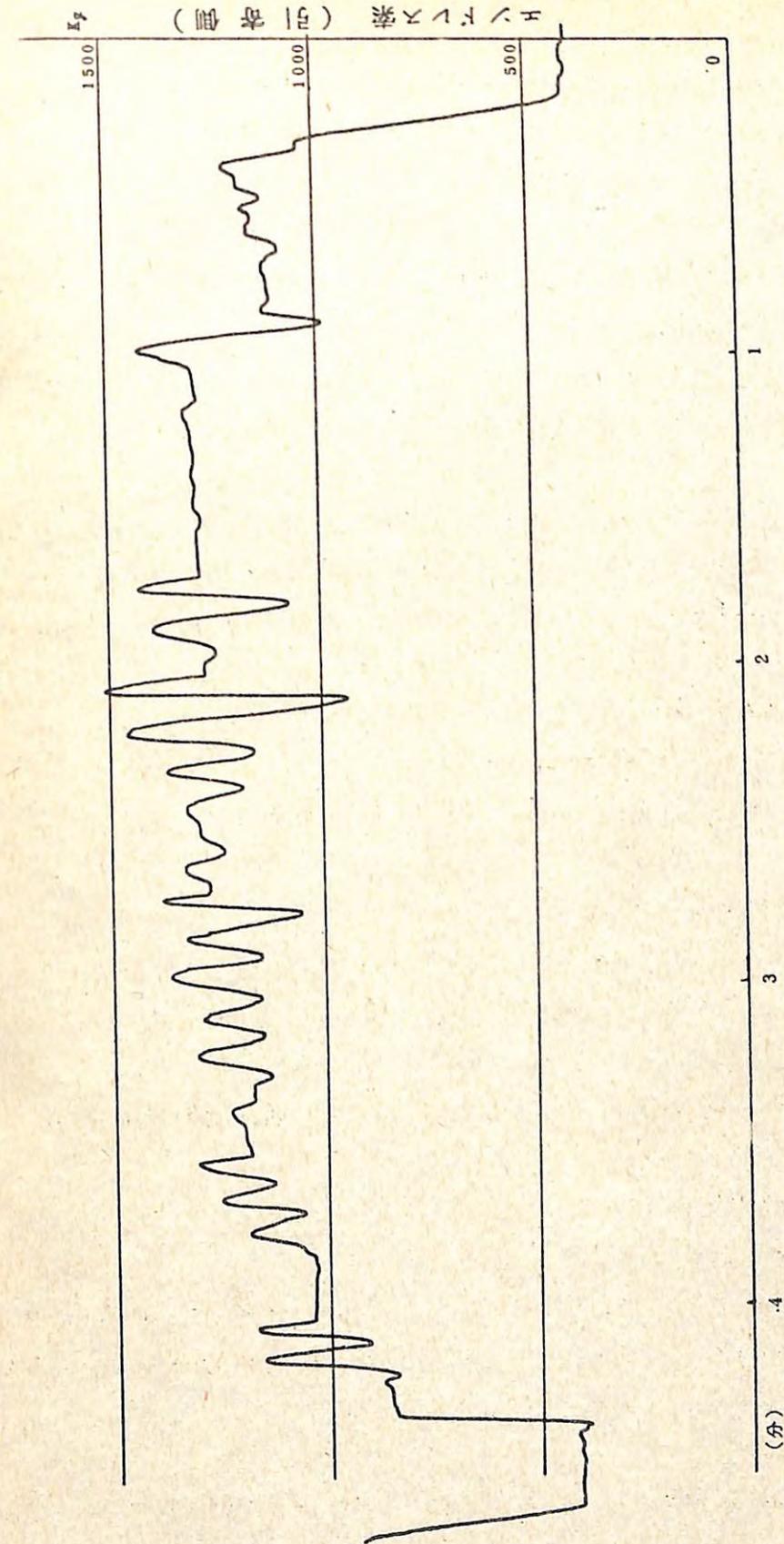


図2-1 ハイリード式エンドレス・フック型(三角集材)の集材中の索張力
(吊荷重量 442Kg)

(2) モノケーブル式引込調整型(ジグザグエンドレス式) (10-3)

- 調査年月 昭和49年9月
- 場所 青森営林局・大間営林署
- 集材作業の概要

ヒバ天然林(300m²/ha)における択伐(30%)を実行しているところで、材は普通造材され、この架線によって1本づつ土場へ運ばれる。

張力測定を行った架線は、巾およそ60m長さ230mの林地内に架設されたもので、13箇の片持滑車を使用して、架線の延長はおよそ679mであった。

⑤ 測定結果

張力測定記録の例を図2-2に、吊荷重量と循環索張力の関係を図2-3に、引戻し側と引寄せ側の循環索の張力の関係を図2-4に、それぞれ示す。

引込索の張力は1500~2000Kgであって問題なく、調整索の張力は循環索の引戻し側とほとんど一致する。循環索の張力についてみるとつぎのようになる。

- 引寄せ側の張力は、張り上げ時 1500~2000Kg
- 平常運行時 1500~2400Kg
- 瞬間的な増加があった時 2500Kg程度以下
- 観測した最大値 2750Kg

引寄せ側と引戻し側の張力の関係は、

循環索を張り上げた時は、引戻し側がやや高く、平常運行時は引寄せ側が200~400Kg高い。衝撃的な張力増加は、①引寄せ側が高い、②引戻し側が高い、③両方が高い、のいずれも生じるが、①の頻度が高い。

(3) フォーリングブロック式(旭川フォーリングコレクター式)横取規制片持滑車型(3-7)

- 調査年月 昭和48年10月
- 場所 旭川営林局古丹別営林署
- 集材作業の概要

針広混交天然林の漸伐作業が行われている。ハンドサポートが通過できるウィールブロックをつけたストッパーは、主索上にあって、集材機に巻込まれたエンドレス索で移動できるようになっている。

⑤ 測定結果

各索の張力測定記録例を図2-5、2-6に、ハンドサポートがウィールブロックを通

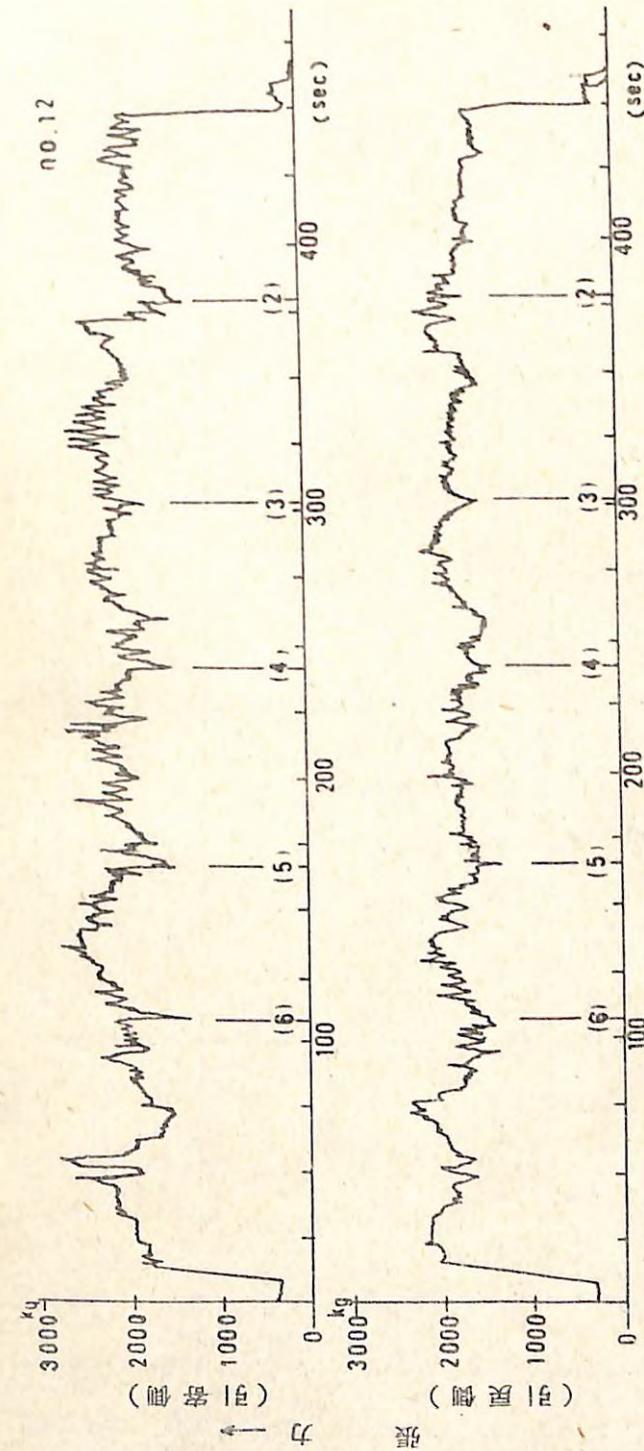


図2-2 モノケーブル式引込調整型の循環索の張力

(大間署)

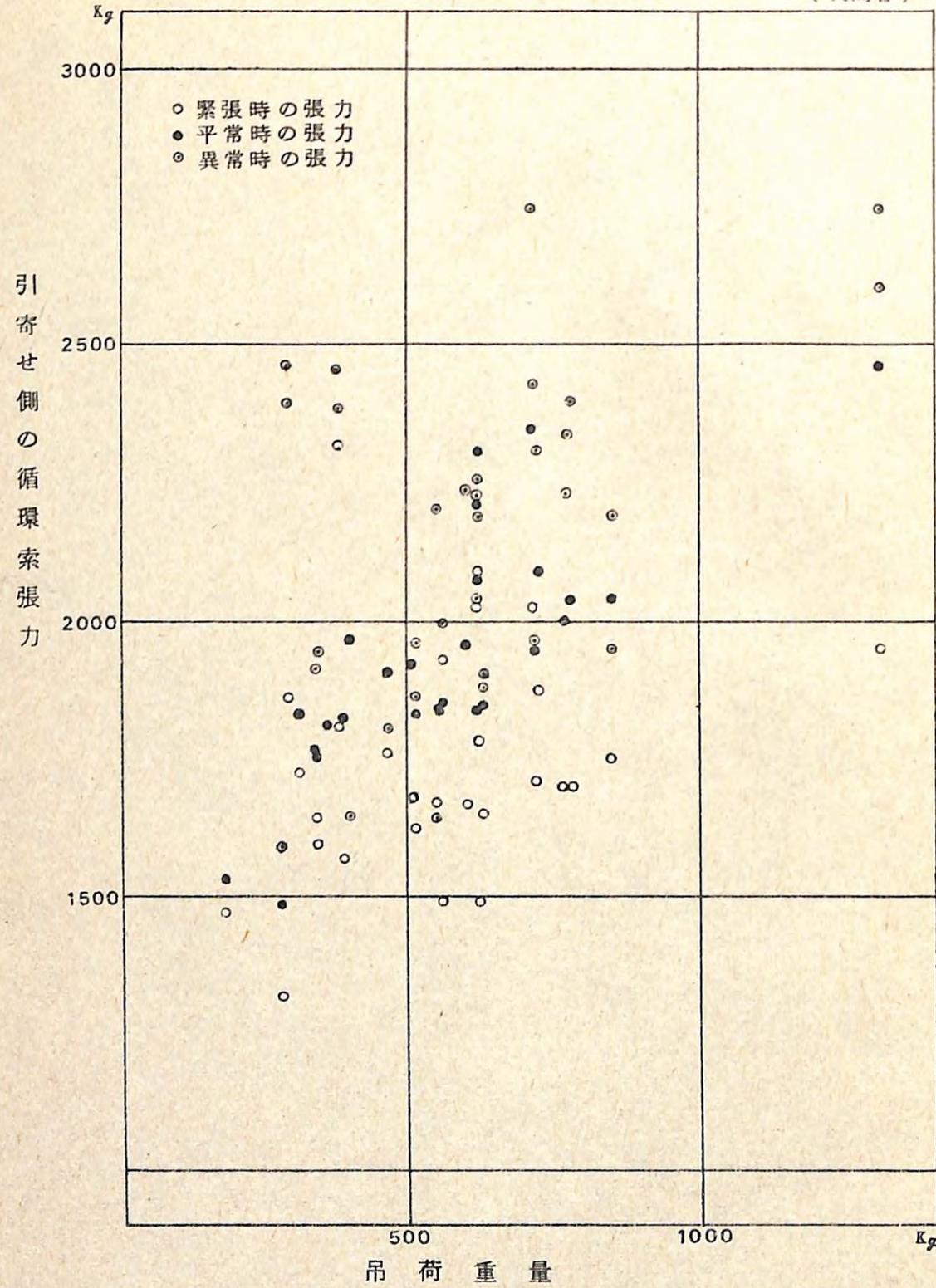


図 2-3 吊荷重量と循環索の張力(引寄せ側)

(大間署)

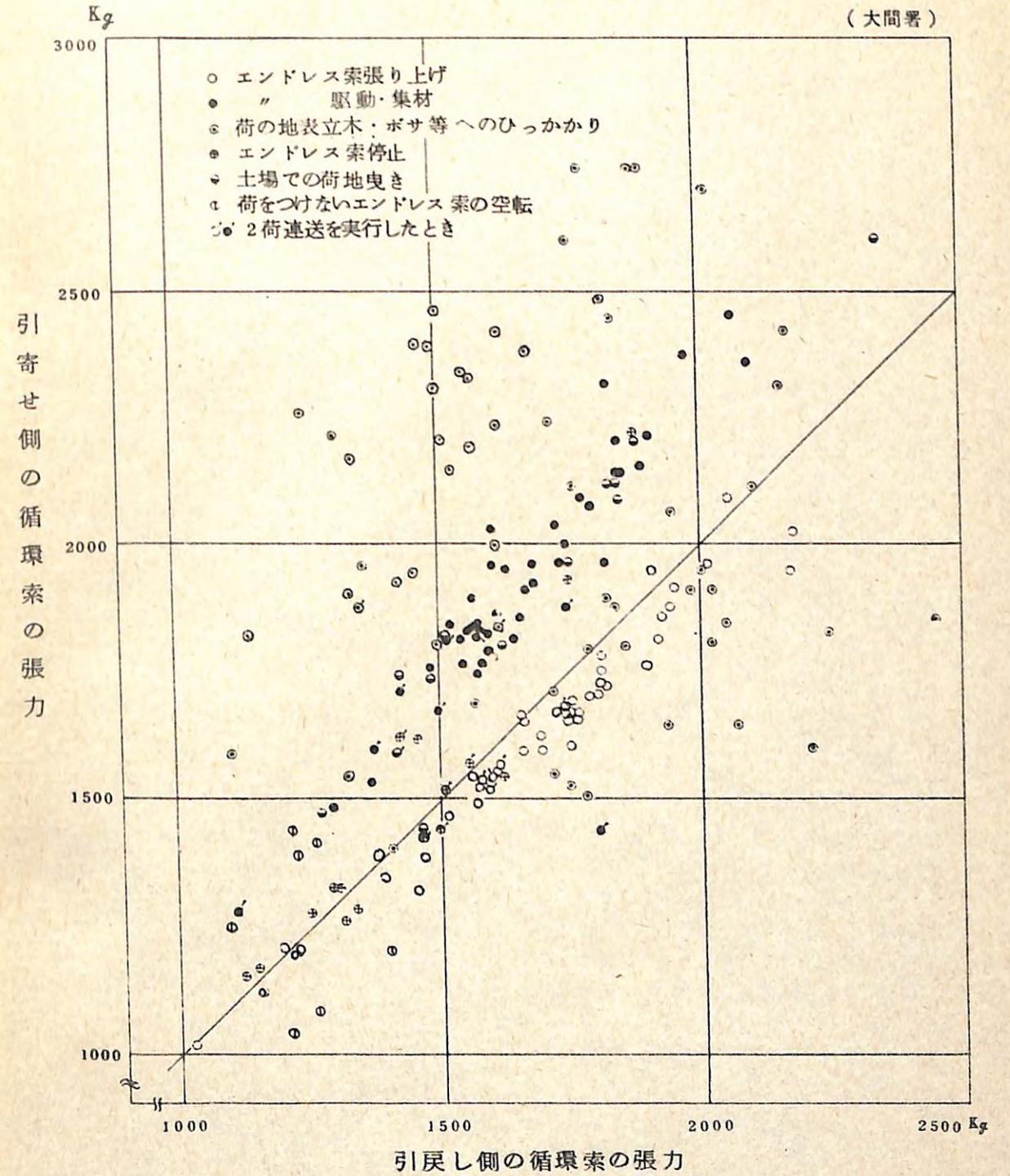


図 2-4 引戻し側と引寄せ側の循環索の張力

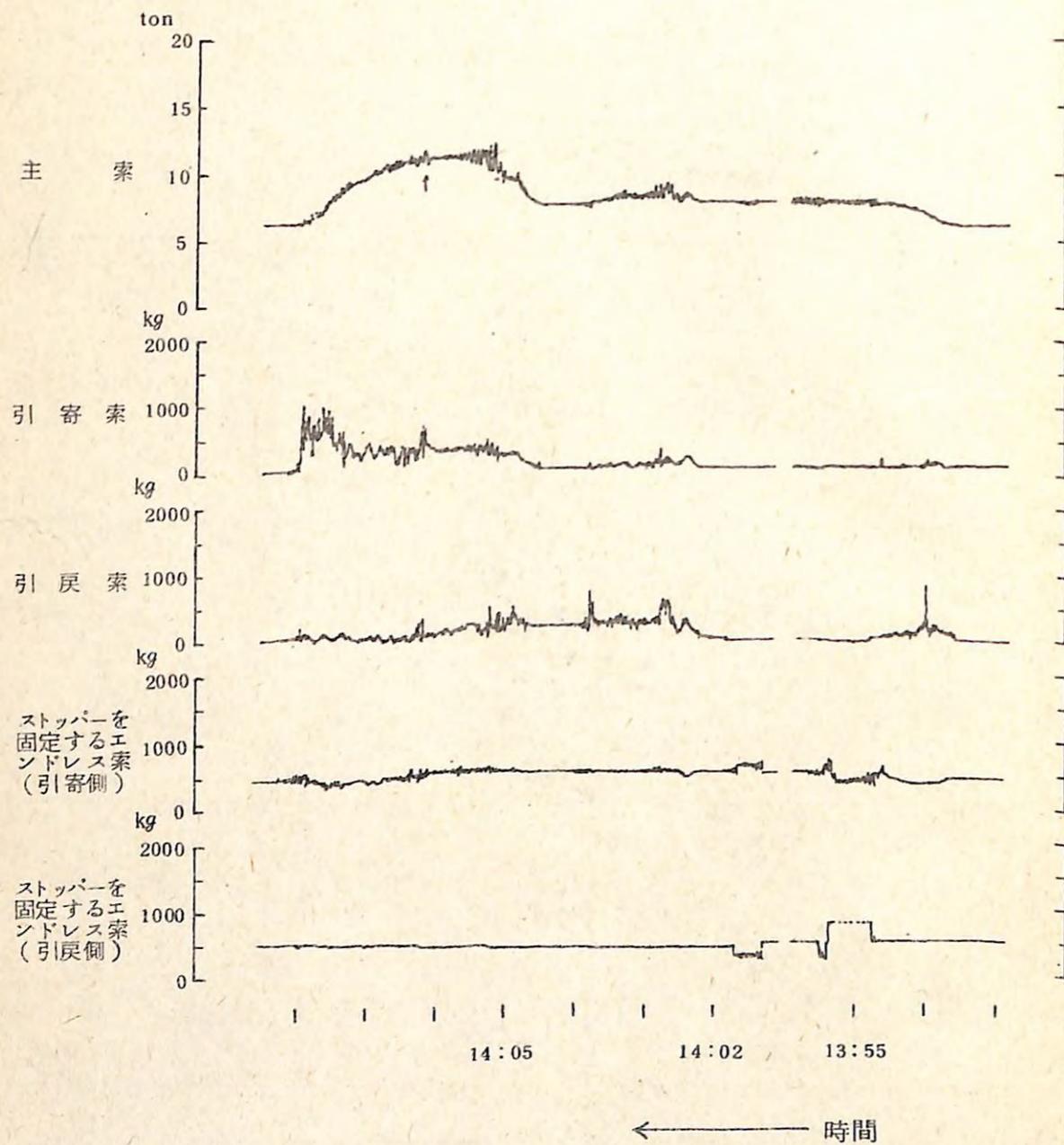


図 2-5 フォーリングブロック式横取規制片持滑車型の索張力
(No.21 吊荷重量 中程度 (595Kg) の場合)

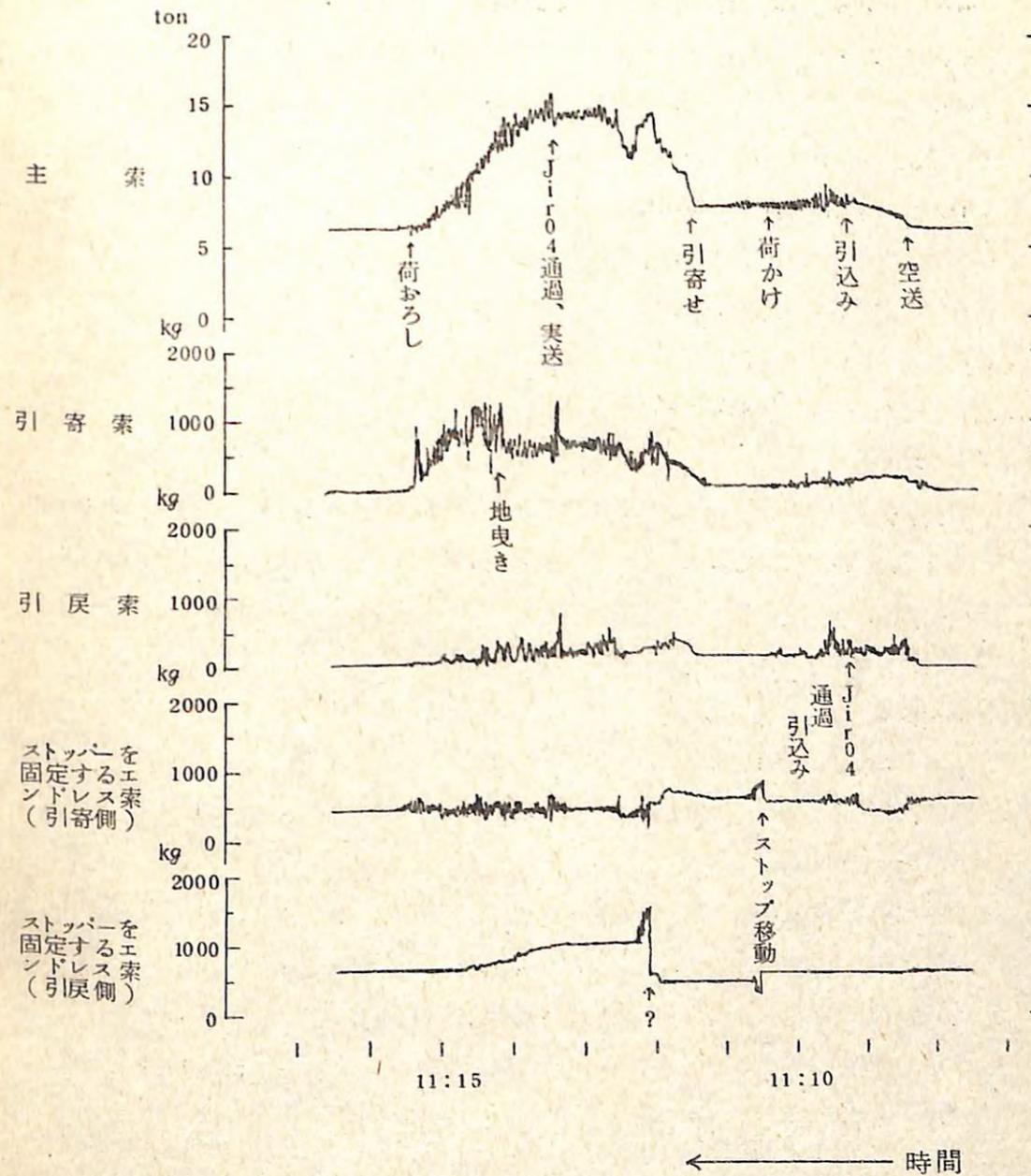


図 2-6 フォーリングブロック式横取規制片持滑車型の索張力
(No.11 吊荷重量 最大 (1,170Kg) の場合)

過する時の衝撃荷重について図2-7, 2-8に, それぞれ示す。

測定した架線では, 盤台近くで吊荷が地面に接していたため, 各索の張力がこの時変動しているが, それ以外は普通のフォーリングブロック式と同様と見られる。ハンドサポートがウィールブロックを通過する時に衝撃的に張力増加が生じる。この衝撃荷重は引寄せ索に大きく現われ, 引戻し索にも生じるが値は小さい。引寄せ索に生じる衝撃荷重は369~1316Kgで吊荷重量との関連でみると, 吊荷重量と同等ないし200Kgぐらい大きめである。ウィールブロック通過前の張力と比べると, 1.6~2.0倍程度となっている。

(4) エンドレスタイラー式横取規制型 (2-12)

- 調査年月 昭和48年10月
- 場 所 旭川営林局達布営林署
- 集材作業の概要

針広混交天然林における漸伐作業による全幹集材が実行されていた。走行索の林内引回しを避け, 引戻し索の通路を制限して残存木の損傷を防止し, 横取作業時の主索の側方変位を防止し, 中央伐開幅を一定の範囲におさえての集材であった。横取距離50~70mで, スパン約800m, 支間傾斜3°30'の架線である。

㊦ 測定結果

各索の張力測定記録結果の例を図2-9に示す。

主索, 荷上索, 走行索の張力変動は普通のエンドレスタイラー式のそれと比べて, 顕著な差は認められない。

引戻し索の張力は引込工程で普通タイラー式より若干高い値を示す。

横取作業中の主索張力の変動は少く, 主索引込防止索の効果を表付けている。

主索引込防止索の張力は横取作業時以外ではほぼ0に等しい。

引込工程および引出し工程の主索引込防止索の張力の変動パターンは, それぞれ引戻し索および荷上索のそれと一致する。

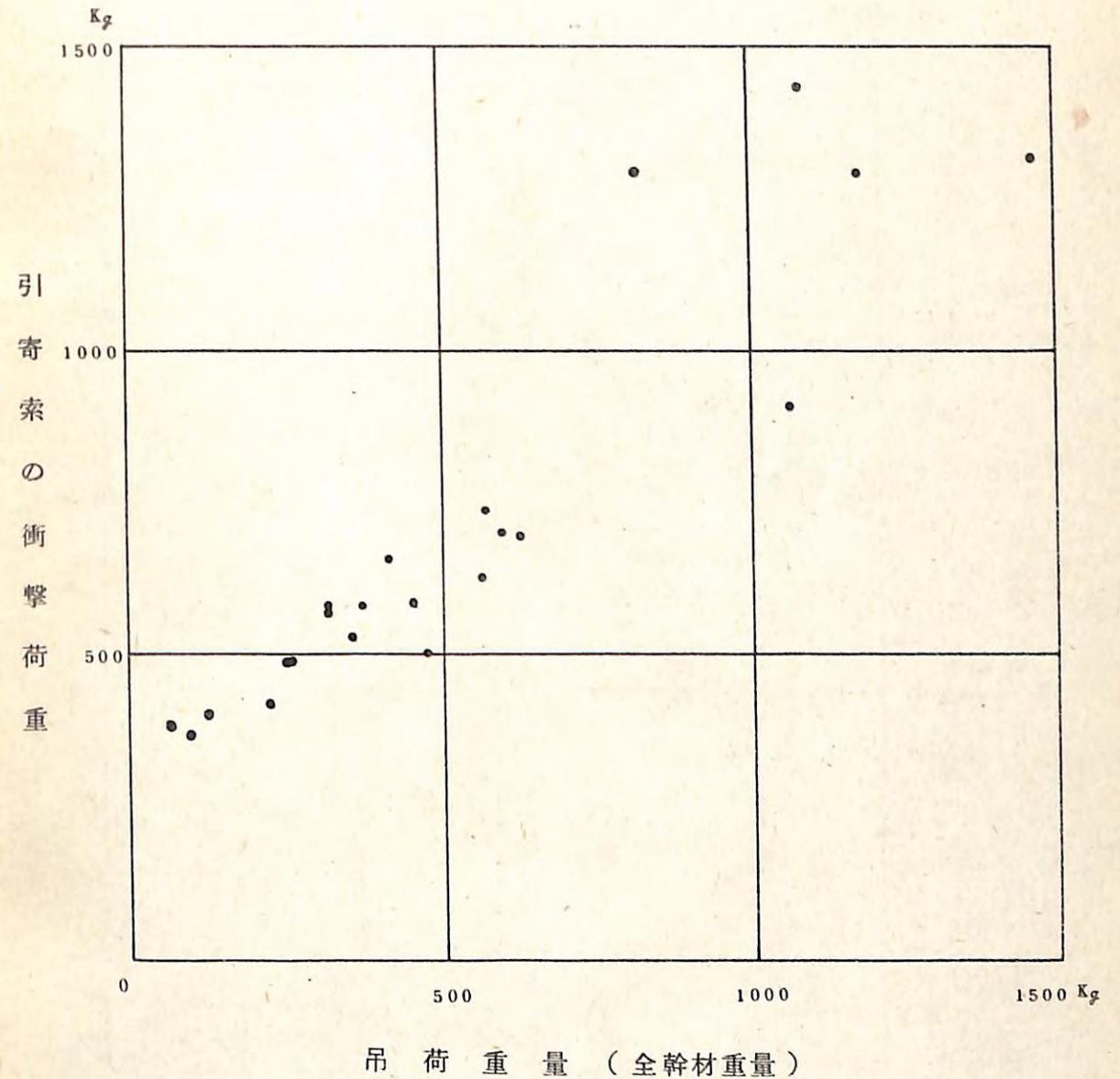
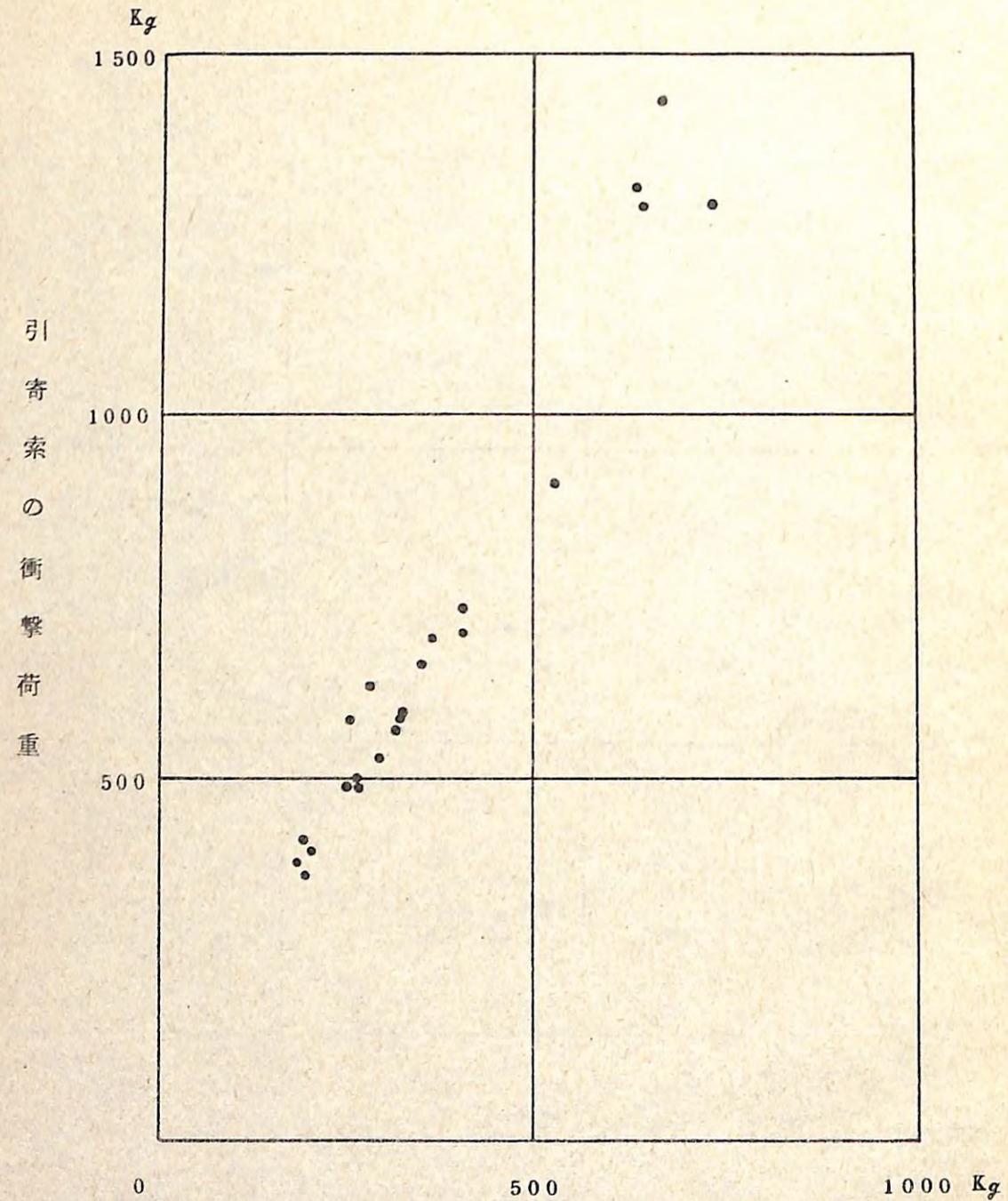
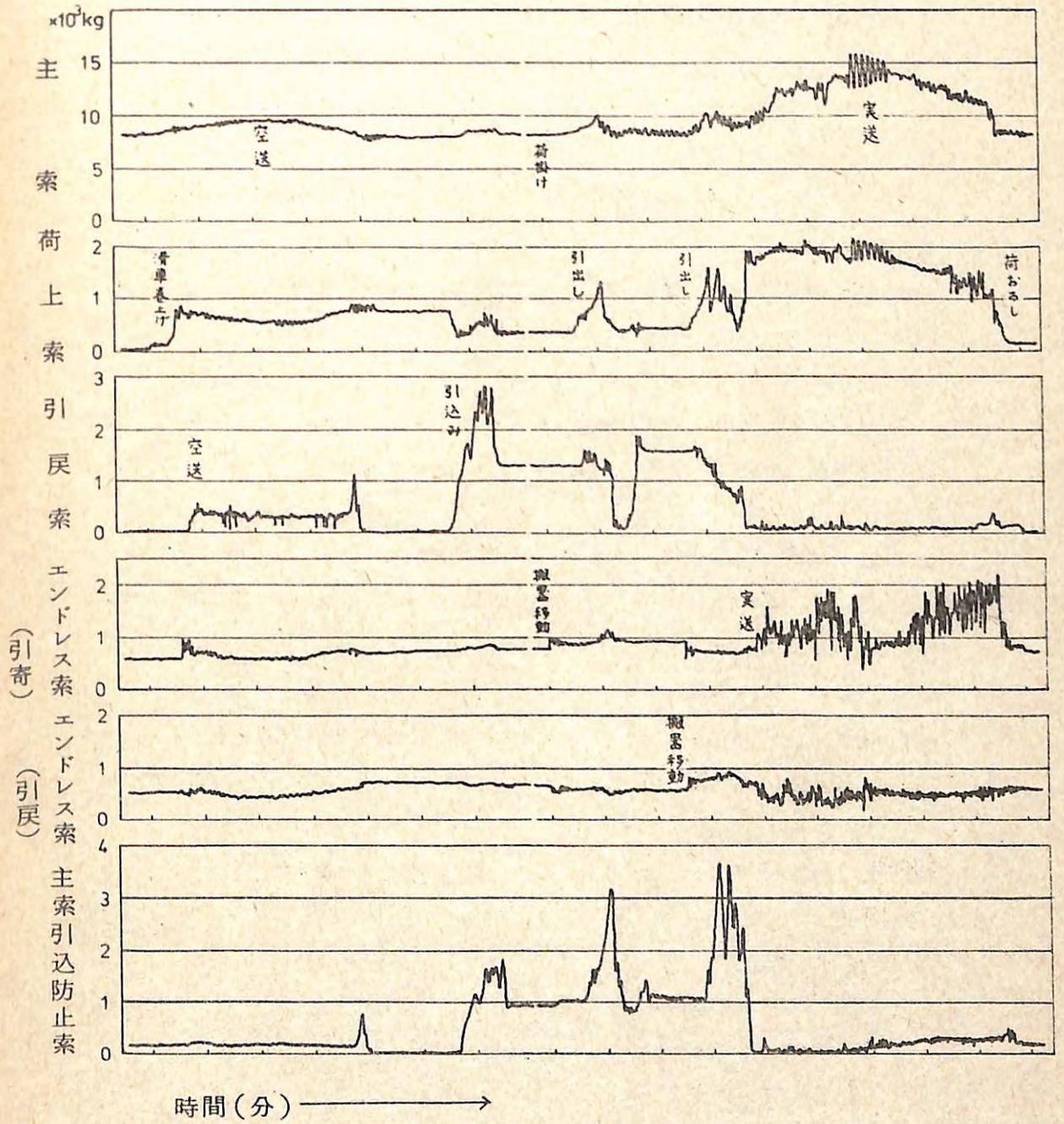


図2-7 ハンドサポートがウィールブロックを通過する際の衝撃荷重と吊荷重量 (引寄せ索)



通過前の引寄索の索張力

図 2-8 ハンドサポートがウィールブロックを通過する際の衝撃荷重と通過前の索張力 (引寄索)



時間(分) →

図 2-9 エンドレスタイラー式横取規制型の索張力 (搬器等重量 850Kg, 吊荷重量 1,690Kg)

3. 集材機索張評価法の検討

(1) 評価の基本的な考え方

新たな森林施業のための作業方法の技術の1つとして、集材機を使った索張法が種々開発され実用化されてきている。しかしながら、これらの索張法は導入過程や作業条件の多様性に加えて、体系的な評価基準もないため、どんなところに、どんな索張法が適するかといったことも明確になっていない。

この章では、索張法選択の基礎資料とするため、つぎのような問題意識から索張法の評価を試みた。

すなわち、森林をとりまく環境の変化にともなって、人々の伝統的な価値観も変化してきている。そのため、伐出システムにおける経済性とか省力性というものは絶対的なものではなく、評価尺度の一部であると見なされるようになってきた。大きくは、資源問題、公害問題、また内部的には働く人々の快適性といったものが主要な評価項目としてとりあげられるべきであり、新しい森林施業を実行するトータルシステムとしての多様な評価尺度が必要になってきている。

このような観点から集材作業をながめると、評価の時点をどこにするかといった問題や評価の困難性などと相俟って、いろいろと議論のあるところであるが、ここでの評価は作業計画段階における索張法選択のための基礎的な資料とすることによって、つぎのように区分して考えた。

まず、具体的な作業計画を作成するとき問題となるのは、経営の基本方針ともいうべきものであり、さらに基本方針の中で特に重要なものが「ねらい」である。そしてここでの「ねらい」が実は索張法選択のときの評価尺度の意味を持つことになる。

具体的には、集材作業における「ねらい」は次のように例示できよう。

集材作業のねらい

① 森林環境の保全性

- ㉞ 架線下や横取路の伐開を少なくする
- ㉟ 林地表面をあらさない
- ㊱ 残存木を損傷させない
- ㊲ 稚幼樹を損傷させない
- ㊳ 森林の景観をこわさない

② 作業の安全容易性

- ㉜ 架線撤去がしやすい

- ㉝ 運転がしやすい

- ㉞ 荷かけがしやすい

- ㉟ 荷おろしがしやすい

- ㊱ 疲労しない

- ㊲ 安全に作業ができる

③ 経済性

- ㉜ 主作業コストが小さい

- ㉝ 副作業コストが小さい

- ㉞ 架線人工が少ない

- ㉟ 撤去人工が少ない

- ㊱ 機械器具コストが小さい

- ㊲ 総コストが小さい

もちろん、ここで例示した以外の他の「ねらい」もあろう。また、実際の作業計画ではそこの現場に望まれるいくつかの「ねらい」をセットすることになる。作業環境の変化に適応した集材作業がおこなわれるためには、この「ねらい」が作業環境に適合して選択される必要がある。しかもそれらは、どの作業現場でも同じということではないので、「ねらい」の選定や「重みづけ」によってその現場が特徴づけられることになる。

ここでは、それぞれの現場について議論をする訳にはいかないので、どの現場においても上に述べたような「ねらい」が一応あるものとして、「ねらい」の達成度を評価の足がかりにしようとするものである。従って「重みづけ」もしていない、これらの設定はそれぞれの現場で考えてもらうことにしたい。

つぎに、集材作業の中の役割機能であるいわゆる「集材」、「横取」、「荷かけ」、「荷おろし」の4機能をとりあげ、技術的側面ないしは機能的側面から検討を加えた。もちろん機能というのはそのシステムの「目的」をどう考えるかによって異ってくる。

すでに述べたように、ここでは集材作業の「ねらい」を森林環境の保全性、作業の安全容易性、経済性においたが、こうした場合の漠然とした下位機能として4機能を考えた訳である。したがって、それを構成する各指標の機能的意味にはいろいろなものが含まれることになる。

(2) 評価基準

評価尺度となる「ねらい」や機能はさらに数値で示すことが望ましい。この中にはコストのように比較的定量化しやすいものもあったが、数値化が困難なものが多かった。具体的には次のような基準によった。

① 森林環境の保全性

この調査はすべて事業所主任に対しておこなったものである。

① 架線下や横取路の伐開巾を少なくする；搬器走行路の伐開巾（伐開巾）や横取のための伐開巾（横取巾）を調査し、いずれも m で表現した。

② 林地表面をあらさない；林地表面の攪乱度（かきおこしの状態）を横取路を中心に調査し、軽1，中・重0として評点を決めた。

③ 残存木を損傷させない；樹皮のすりむけや、枝の折損等の状態から、軽1，中・重0として評点化した。

④ 稚幼樹を損傷させない；稚幼樹の生存率を本数割合で%で表現した。

⑤ 森林の景観をこわさない；実行後総合的にみて

- (1) 支障がない
- (2) あまり支障がない
- (3) どちらともいえない
- (4) かなり支障がある
- (5) 支障がある

の調査をおこない、(1)・(2)を1，(3)・(4)・(5)を0として評点化した。

これらのうち、①，②，④は主観による差が大きい。なるべく多くの対象者からアンケートをすることによって、これらを規定する要因を解明しようとしたが、データ数はいずれも100前後となった。

② 作業の安全容易性

① 架線・撤去がしやすい；運転手、荷かけ手、荷おろし手を対象として、架線のしやすさ、撤去のしやすさのそれぞれについて、容易1～困難5の5段階評価をおこなった。これに主成分分析（PCA）をほどこすことによって、より明確な総合特性値がえられないかを検討した。

※ 主成分分析（PCA）とは P 個の特性値（ P 変量） X_1, X_2, \dots, X_P のもつ情報を m 個（ $m < P$ ）の総合特性値 Z_1, Z_2, \dots, Z_m - これを第1，第2…第 m 主成分とよぶ - に要

約する手法である。

PCAをほどこした結果を表3-1に示す。

表3-1 架線、撤去のしやすさの主成分分析

項 目	デ ー タ		各主成分の因子負荷量		寄 与 率 (Z_1 まで)	
	平 均	標準偏差	Z_1	Z_2		
架線のしやすさ	運 転 手	2.68	1.12	0.85	0.42	0.72
	荷 かけ 手	2.82	1.10	0.90	-0.18	0.81
	荷おろし手	2.75	1.11	0.88	-0.30	0.77
撤去のしやすさ	運 転 手	2.43	1.02	0.82	0.49	0.67
	荷 かけ 手	2.53	1.01	0.89	-0.10	0.78
	荷おろし手	2.52	1.05	0.88	-0.27	0.77
固 有 値			4.54	0.63		
寄 与 率 (%)			0.76	0.10		
累 積 寄 与 率			0.76	0.86		

つまり、ここでは架線・撤去別、職種別の組合せで6変量とみなしているが、その結果は第1主成分に76%の情報量が集まり、因子負荷量も絶対値が0.8以上である。従って、この結果から第1主成分を架線、撤去のしやすさとしてとりあげ、それぞれの標本の主成分値（スコア）を算出してこれを得点とした。

① 運転がしやすい；運転のしやすさを図3-1の左側の項目について運転手にアンケートした。とりあえず、それぞれの項目について容易1，やゝ容易2，普通3，やゝ困難4，困難5の点数を与えたが、本来は1，2，3，4，5がよいのか、たとへば1，3，6，10，15 という与え方の方がよいのか明らかでない。そこで、調査や測定の回答パターンからサンプルをいくつかのタイプに分類しようとする数量化Ⅲ類を使って、運転のしやすさの弁別には、どんな項目が効いているかみたものが図3-1である。

図からわかるように右側が容易、左側が困難を示しているが、それぞれの項目ごとに点数の与え方が異っている。この点数を使って、それぞれのサンプルが該当する項目の算出平均値をそのサンプルの値とした。

② 荷かけがしやすい：

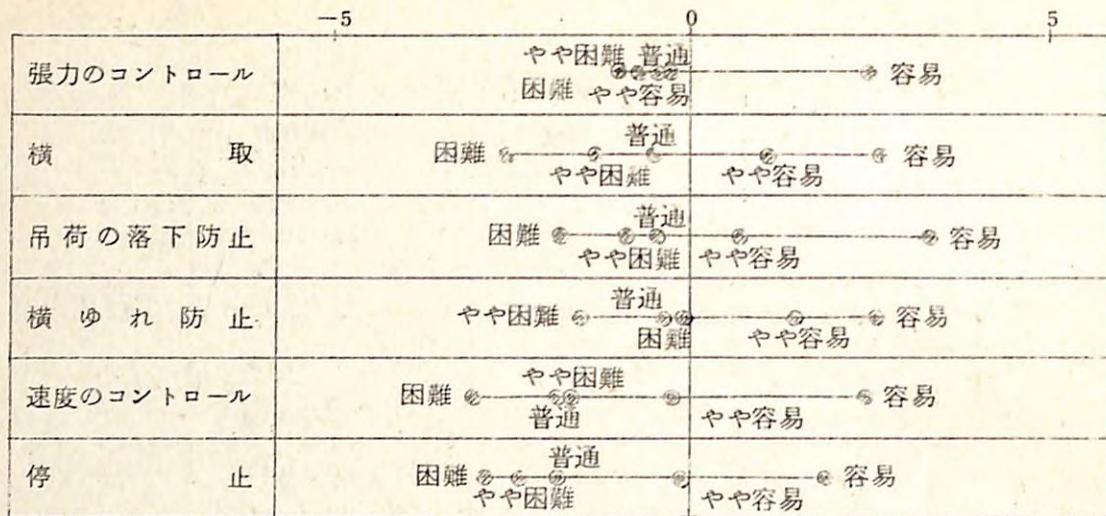


図3-1 索張法の各項目に与える数値—運転のしやすさ(第1軸) $\rho = 0.633$

㊤ 荷おろしがしやすい: 運転のしやすさと同様, しやすさの弁別を図3-2(荷かけ), 図3-3(荷おろし)のように各項目の難易度に点数を与えることによっておこなった。

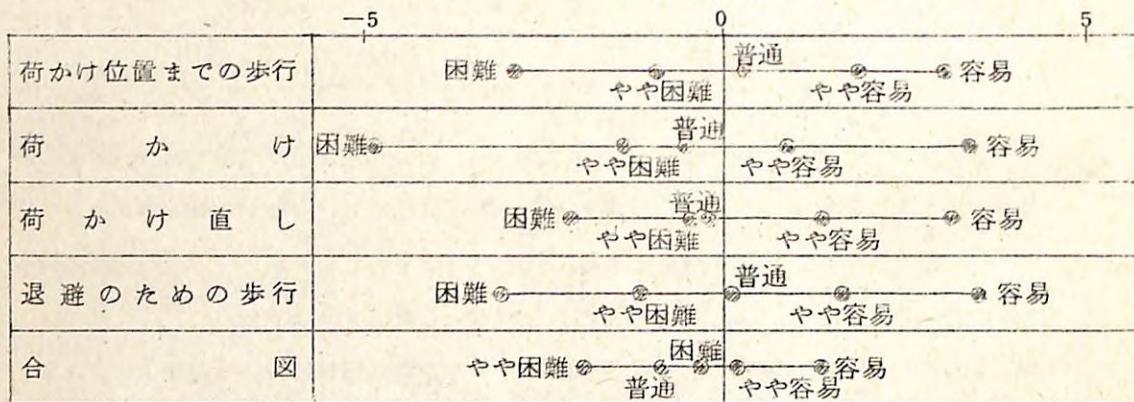


図3-2 索張法の各項目に与える数値—荷かけのしやすさ(第1軸) $\rho = 0.685$

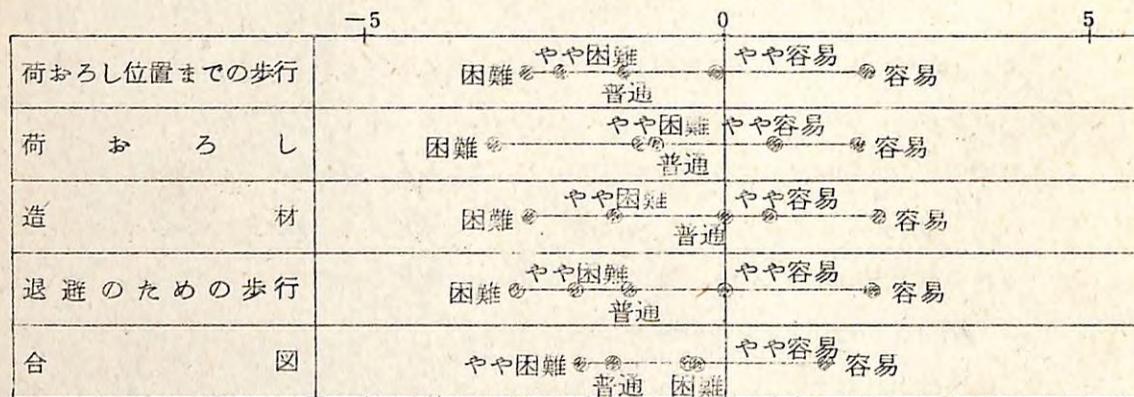


図3-3 索張法の各項目に与える数値—荷おろしのしやすさ(第1軸) $\rho = 0.710$

㊦ 疲労しない: 運転手, 荷かけ手, 荷おろし手別に“1日のほとんど疲れを感じるか”を聞いた。回答項目はつぎのとおり。

1. ほとんどない
2. 月に1回程度
3. 月に2~3回
4. 週に1回程度
5. 週に2~3回以上

職種を変量とみなしてPCAをほどこしたのが表3-2である。第1主成分に59%の情報が集まっているが, 運転手の因子負荷量がやや小さい。運転手の因子負荷量は第2主成分でも0.72を示し, 運転手の疲労感の違いの可能性を示しているが, その固有値は1より小さく, 誤差に埋没してしまった。したがって, ここでは第1主成分のみを用いた。

表3-2 疲労感の主成分分析

項目	データ		各主成分の因子負荷量		寄与率 (Z ₁ まで)
	平均	標準偏差	Z ₁	Z ₂	
運転手	3.02	1.23	0.68	0.72	0.46
荷かけ手	3.07	1.26	0.82	-0.16	0.67
荷おろし手	2.76	1.31	0.78	-0.45	0.61
固有値			1.76	0.75	
寄与率(%)			0.59	0.24	
累積寄与率			0.59	0.83	

㊧ 安全に作業ができる: 3職種に対して作業の安全感を聞いた。回答項目は

1. 危険を感じない
2. あまり危険を感じない
3. どちらともいえない
4. かなり危険を感じる
5. 危険を感じる

PCAの結果は表3-3のとおり。ここでも運転手の傾向が異なるが, 第1主成分値をサンプルのスコアとした。

表3-3 安全感の主成分分析

項目	データ		各主成分の因子負荷量		寄与率 (Z ₁ まで)
	平均	標準偏差	Z ₁	Z ₂	
運転手	2.53	1.01	0.70	0.71	0.49
荷かけ手	2.62	1.04	0.84	-0.22	0.71
荷おろし手	2.52	1.06	0.81	-0.39	0.66
固有値			1.85	0.70	
寄与率(%)			0.62	0.23	
累積寄与率			0.62	0.85	

③ 経済性

経済性は主作業コスト、副作業コスト、架線人工、撤去人工、機械・器具コスト、総コストの6項目を評価基準とした。

各項目の評価量の算定は、次のとおりである。

㊦ 主作業コスト

主作業コストは伐倒、荷かけ、荷おろし、造材、盤台作業および集材機運転の各作業の所要人工数、1日の賃金(昭和49年度の国有林の平均: 5,500円)および全集材量とから、次のように主作業での単位作業量当りの単価(円/m³)を算出した。

$$\text{主作業コスト(円/m}^3\text{)} = \frac{\text{延所要人工数} \times \text{1日の賃金(5,500円)}}{\text{全集材量(m}^3\text{)}}$$

㊧ 副作業コスト

副作業コストは架線、張替、撤去、盤台作設の各作業の所要人工数から、主作業コストと同様に副作業での単位作業量当りの単価(円/m³)を算出した。

㊨ 架線人工, ㊩ 撤去人工

架線、撤去などの副作業費は、作業量に左右されない固定費に相当し、単位作業量当りの単価では判断できない面もあるため、架線および撤去それぞれの所要人工数を採用した。

㊪ 機械・器具コスト

機械・器具コストは集材機、搬器、ブロック、ジャックル、主索・作業索等のワイヤロープで構成する経費である。

集材機については、償却費(購入価格の90%と仮定)、整備修理費(購入価格の75%と仮定)を考慮し、表3-5のように集材機の馬力別に耐用時間と運転時間を定め、表3-4の集材機価格から次式によって単位作業量当りの単価(円/m³)を算出した。

$$\text{単価(円/m}^3\text{)} = \frac{\text{集材機価格} \times (0.90 + 0.75) \times \frac{\text{運転時間}}{\text{耐用時間}}}{\text{全集材量(m}^3\text{)}}$$

表3-4 集材機および機材価格表

品名	規格	価格
集材機	76 PS以上	3000千円
	56~75	2610
	21~55	1970
	21 PS未満	720
キャレージ	小型片持	21200円
	大型片持	122600
	大型普通	65700
サドルブロック	小型	11100円
	大型	25500
ローディングブロック	小型	17000円
	大型	25000
ヒールブロック	小型 3車	10700円
	中型 4車	23100
	大型 6車	28000
ガイドブロック	小型 7吋	8500円
	中型 9吋	10000
	大型 12吋	12000
スカイラインクランプ	小型 16~20%	23100円
	大型 22~26%	45400
ワイヤクリップ	~10%	150円
	12~12.5"	200
	14~16"	350
	18~20"	600
	22~26"	900
ジャックル	10~26%	250円
ワイヤーロープ	~10%	170
	12~12.5"	240
	14"	280
	16"	350
	18~20"	500
	22~"	700

注) 伐出作業(農林出版)から引用。

表3-5 集材機および機材の耐用時間と耐用数量

機 種	耐用時間	標準運転時間
大型集材機 (76 PS以上)	6,000 時間	6.0 時間
中型集材機 (21~75 PS)	4,500 時間	6.0 時間
小型集材機 (21 PS未満)	3,500 時間	6.0 時間
品 目	耐用数量	
ワイヤロープ主 索	22% 以上	16,000 m ³
"	18~21%	11,000 m ³
"	18% 未満	9,000 m ³
作業索	14% 以上	9,000 m ³
"	10~13%	4,500 m ³
"	10% 未満	3,800 m ³
搬器・ブロック類など		12,000 m ³
クリップ・シャックルなど		6,000 m ³

注) 伐出作業 (農林出版) から引用。

搬器、ブロック、クリップ、シャックル、ワイヤロープについては、各々規格別に使用量を集計したものに、表3-4の価格を乗じて所要経費を求め、表3-5の耐用数量で除して単位当りの機材費 (円/m³) を算出した。

なお、特殊搬器や特殊器具 (ストパーなど) は、購入価格を直接用いるために購入年度が異なる場合 (昭和40~49年)、物価上昇によってその比重が違ってくる。ここでは、総理府の物価指数を指標にして昭和49年度を100とする年度別の換算を行ない、価格の年次差を統一した。

㉑ 総コスト

総コストは主作業コスト、副作業コスト、機械・器具コスト、運転維持コスト (燃料・潤滑油・消耗品の所要経費) など集材作業にかかわるすべての経費の総額である。これを全集材量で除して単位作業量当りの単価 (円/m³) を算出した。

④ 機 能

㉒ 集材: 図3-4の左側の項目を使って集材機能を弁別するために、数量化Ⅲ類の方法により各項目の各カテゴリに数値が与えられる。この数値の違いは各項目の親近性の度

合いを示すものである。これから見るとプラスの方に規模が小さいことと関係の深いものが並び、マイナス側は規模の大きいものと関係が深いものが並ぶ。したがって、この数値を用いて各索張りを分類すると規模の大小を測る尺度になるということである。

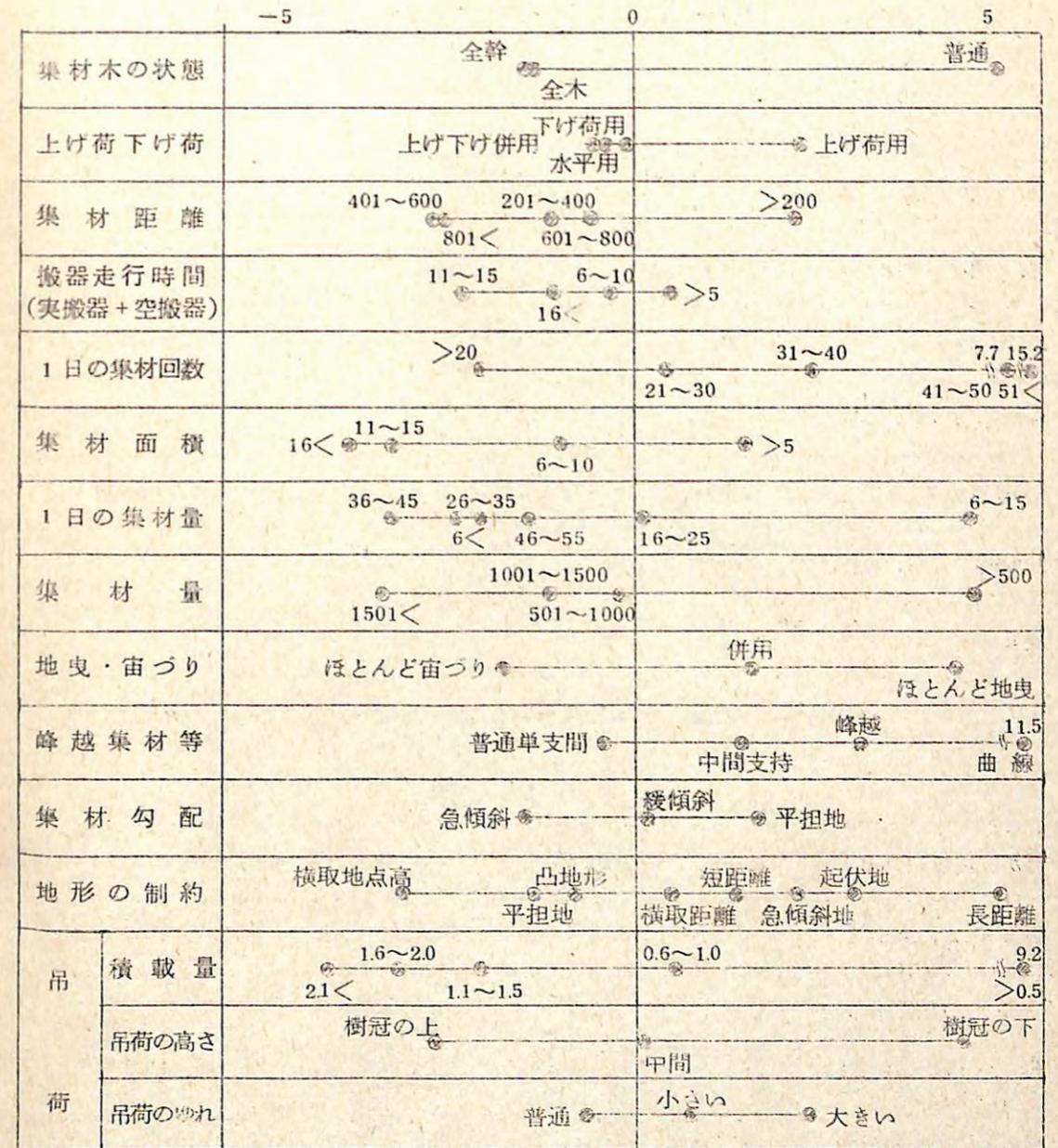


図3-4 索張法の各項目に与える数値—集材— (第I軸) $\rho=0.472$

- ① 横取
- ② 荷かけ

⑤ 荷おろし

⑦と同様にして、各項目の各カテゴリーに数値を与えたが、それぞれの軸の方向は機能の大小をある程度表現しているようである。また、この数値から、各サンプルに与える点数は、それぞれの該当する項目の点数を加えあわせて平均をとればよい(図3-5, 3-6, 3-7)。

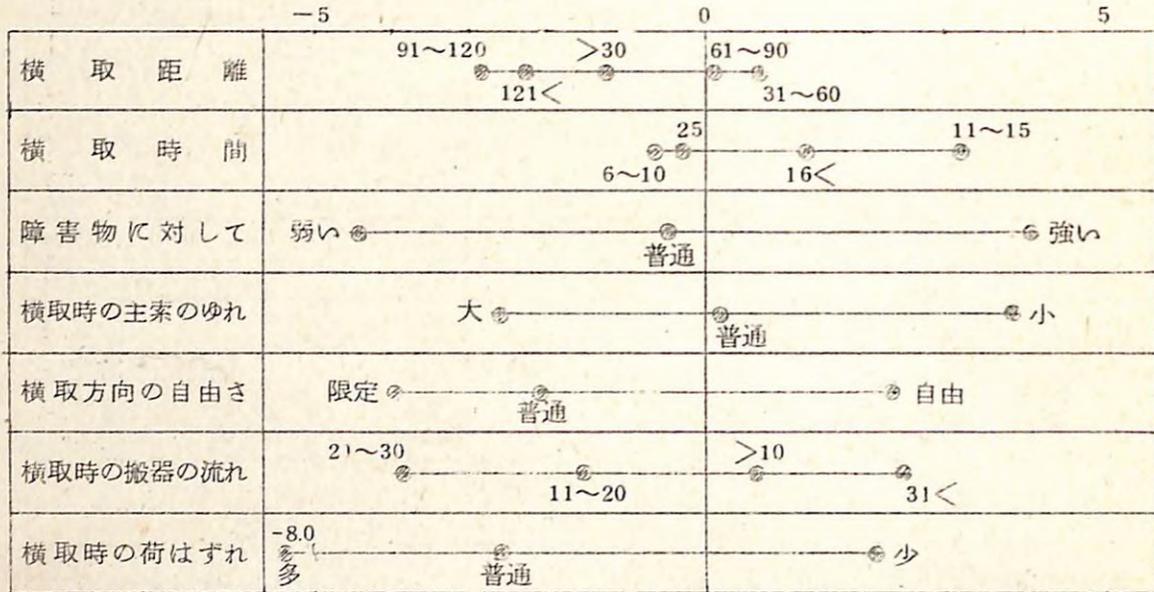


図3-5 索張法の各項目に与える数値—横取—(第I軸) $\rho = 0.482$

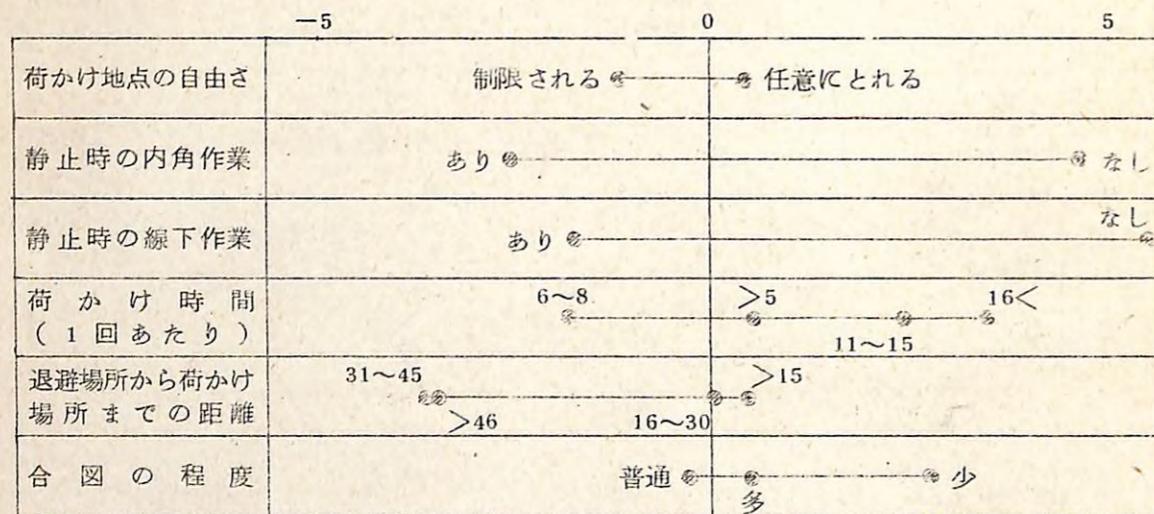


図3-6 索張法の各項目に与える数値—荷かけ—(第I軸) $\rho = 0.494$

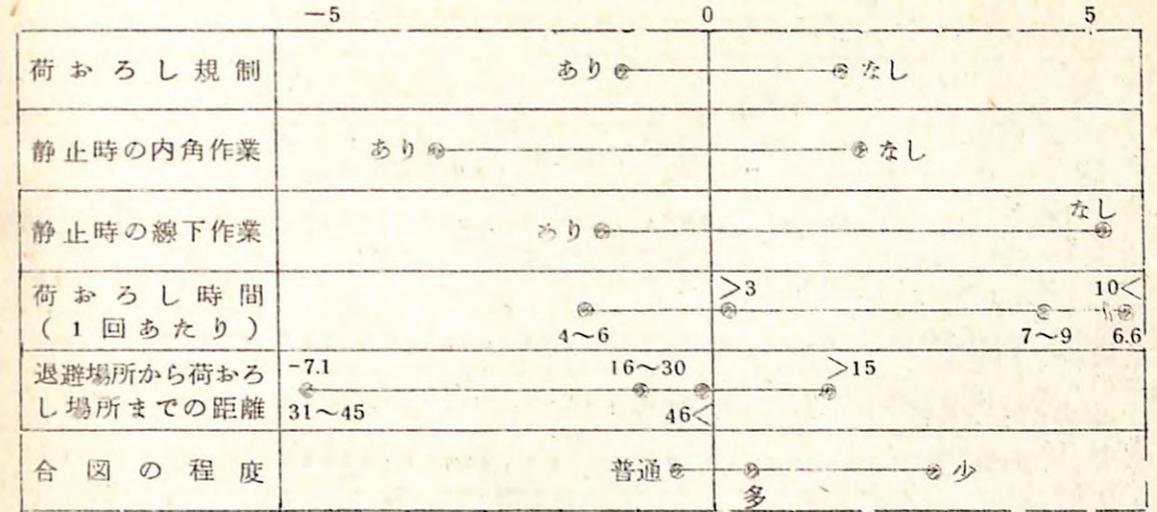


図3-7 索張法の各項目に与える数値—荷おろし—(第I軸) $\rho = 0.496$

(3) 評価値の推定

索張法を評価するための数値を算出することがここでの目的であるが、これらの数値は作業条件の違いによって変化する。そこで、いままで述べてきた評価尺度の数値を外的基準(被説明変数)とし、次に掲げる要因をアイテム(説明変数)として数量化I類による解析を試みた。

評価尺度の説明変数

- a 規模(スパン)
- b 傾斜
- c ha当り立木本数
- d 立木 m^3 まわり
- e 伐採方法
- f 索張法(索張方式, 横取規制, 搬器固定の組合せとした)

解析結果における、それぞれの評価尺度の相関係数は表3-6のごとくである。表中、機械器具コストの相関係数に範囲があるのは、機械器具コストをさらに分割して解析したためである。また、荷おろし(機能)の重相関係数が著しく低いのは、データ数の関係から皆伐も含めて解析したためであろう。

つぎに、索張法別、作業条件別に評価尺度の予測値を算出することになるが、作業条件の組合せは幾通りもある。そこで、被説明変数に使った要因のうち、索張法と伐採方法の使用

表3-6 評価尺度の数量化I類結果一覧表

評価尺度	重相関係数	偏相関係数						
		規模(スパン)	傾斜	ha当り立木本数	立木 m^2 まわり	伐採方法	索張法	
森林環境の保全性	伐開巾	0.8651	0.4604	0.0960	0.5324	0.4182	0.2455	0.6584
	横取巾	0.8514	0.5020	0.5047	—	—	0.6044	0.8287
	稚幼樹の損傷	0.6788	0.4350	0.4391	0.2552	0.3967	0.3182	0.6432
	残存木の損傷	0.6204	0.2290	0.1264	0.4769	0.3578	0.3449	0.5199
	地表面の攪乱度	0.6482	0.4349	0.1464	0.2671	0.4326	0.2505	0.6224
	景観	0.5137	0.1571	0.1419	0.1208	0.2265	0.1119	0.4693
作業の安全・容易性	架線撤去	0.8565	0.1629	0.3295	0.3742	0.2893	0.2732	0.8109
	運転	0.6868	0.3239	0.3404	0.4280	0.4134	0.4497	0.6421
	荷かけ	0.6469	0.3588	0.0902	0.5404	0.4078	0.3327	0.5690
	荷おろし	0.3037	0.1154	—	—	—	—	0.2685
	疲労感	0.5395	0.1170	0.2317	0.3529	0.2915	0.1997	0.5094
	安全感	0.6310	0.4028	0.0924	0.3534	0.5045	0.0673	0.5475
経費性	主作業コスト	0.7588	0.3331	0.4267	—	0.2530	0.5492	0.5602
	副作業コスト	0.6123	0.3766	—	—	—	0.1758	0.6006
	架線人工	0.8622	0.4760	0.3386	—	0.3541	0.6532	0.7124
	撤去人工	0.8162	0.5619	0.1926	—	0.4728	0.5802	0.7224
	機械器具コスト	0.8398 0.9441	0.5040 0.6771	—	—	—	0.3434 0.5309	0.7791 0.9142
	総コスト	0.7393	0.2528	0.4838	—	0.2724	0.3267	0.5387
機能	集材	0.9210	0.4733	0.2481	0.3503	0.4067	0.7023	0.8735
	横取	0.6754	0.1971	0.1923	0.2469	0.2663	0.3463	0.5992
	荷かけ	0.7620	0.4063	0.1322	0.3137	0.1115	0.4554	0.7368
	荷おろし	0.7257	0.4449	0.2884	0.4039	0.3837	0.3806	0.6450

区分はそのままとし、規模(スパン)と傾斜は次の区分(表3-7)に従い、データの使用頻度によって加重平均した。また、ha当り立木本数、立木 m^2 まわりは全体の平均値を採用した。

表3-7 スパン、傾斜の使用区分

区	索張方式	横取規制	搬器固定	代表的な索張法	スパン	傾斜
1・2	タイラー	なし	なし	1-1, 1-2	4	3
3・4	エンドレス・タイラー	なし	エンドレス索	2-3	4	2
5・6	エンドレス・タイラー	滑車	併用	2-12, 2-13	4	2
7	エンドレス・タイラー	エンドレス索引込み	なし	2-2	4	2
8~10	フォーリングブロック	なし	なし	3-1	3	2
11・12	フォーリングブロック	滑車	固定装置	3-7	3	2
13	フォーリングブロック	規制索	なし	3-10	3	2
14	フォーリングブロック	人力引込	エンドレス索	3-14	3	2
15	ホイスチングキャレージ	人力引込	エンドレス索	5-1	2	1
16	スラックライン	人力引込	片方	7-5	1	1
17・18	ランニングスカイライン	人力引込	エンドレス索	8-4, 8-6	1	2
19	モノケーブル	引込索	搬器なし	10-3	3	2
20	モノケーブル	横取小	搬器なし	10-1, 10-2	3	2
21・22	ハイリード	横取小	搬器なし	11-1, 11-3 11-5	1	1

スパン ① ~ 200 1 ①② 傾斜 ① ~15°未満 1 ①②
 ② 201~ 400 2 ②③ ② 15°~30°未満 2 ①②③
 ③ 401~ 600 3 ②③④ ③ 30°~ 3 ②③
 ④ 601~ 800 4 ②③④⑤
 ⑤ 801~1000

(4) 索張法別評点の計算

(3)で述べた評価尺度の推定値には異質なものが含まれており、そのままアウトプットとしたのでは索張法別の優劣を判定しにくい。そこで、単位を揃えるために基準量で割り無次元にする必要がある。ここでは、原データから平均を引き標準偏差で除して基準化した。さらに、これらすべてを0から10までの11段階の評点におきかえることにした。評点への変

換表は次のとおりである。

$\frac{x-\bar{x}}{s}$	-3	$-2\frac{5}{11}$	$-1\frac{10}{11}$	$-1\frac{4}{11}$	$-\frac{9}{11}$	$-\frac{3}{11}$	$\frac{3}{11}$	$\frac{9}{11}$	$1\frac{4}{11}$	$1\frac{10}{11}$	$2\frac{5}{11}$	3
評点	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

ただし、評価尺度の関係でプラス、マイナスが逆の場合もあった。

表3-8から表3-11には、索張法別に評価尺度に与える評点が示されている。大部分の指標は評点が高い程良い索張法であることを示している。ただ、それぞれの評価尺度が持つ意味づけは、すでに述べたとおりでありよく注意する必要がある。たとえば、集材機能は規模との関係が深い尺度であった(2)-(4)-(7))。

表3-8 索張法別評点(森林環境の保全性)

№	索張方式	横取規制	搬器固定	代表的な索張り法	伐採方法	伐開巾	横取巾	稚幼樹の損傷	残存木の損傷	地表面の攪乱度	景観
1	タイラー	なし	なし	1-1	皆保	2	4	5	6	6	7
2				1-2	択	3	4	6	5	5	7
3	エンドレスタイラー	なし	エンドレス索	2-3	皆保	2	2	5	6	7	5
4					択	3	1	6	5	6	5
5	エンドレスタイラー	滑車	併用	2-12	択	5	5	7	5	7	3
6				2-13	漸	5	7	6	6	7	5
7	エンドレスタイラー	エンドレス索引込み	なし	2-2	択	4	4	4	6	3	5
8	フォーリングブロック	なし	なし	3-1	皆保	3	4	4	5	5	1
9					択	3	4	5	4	4	2
10					漸	3	5	3	5	4	3
11	フォーリングブロック	滑車	固定装置	3-7	皆保	4	-	4	5	7	6
12					択	5	-	5	5	6	7
13	フォーリングブロック	規制索	なし	3-10	択	5	4	8	6	5	2
14	フォーリングブロック	人力引込	エンドレス索	3-14	間	6	8	-	8	5	7
15	ホイスタングブロック	人力引込	エンドレス索	5-1	間	7	6	-	4	4	7
16	スラックライン	人力引込	片方向	7-5	択	7	-	6	3	5	4
17	ランニングスカイライン	人力引込	エンドレス索	8-4	択	6	7	7	5	6	5
18				8-6	間	7	7	-	7	5	5
19	モノケーブル	引込索	搬器なし	10-3	択	6	7	8	6	6	8
20	モノケーブル	横取小	搬器なし	10-1 10-2	間	6	7	-	6	7	7
21	ハイリード	横取小	搬器なし	11-1	択	8	7	2	0	1	5
22				11-3 11-5	漸	8	7	1	1	1	6

表 3-9 索張法別評点 (作業の安全容易性)

№	索張方式	横取規制	搬器固定	代表的な張り法	伐採方法	架線撤去	運転	荷かけ	荷おろし	疲労感	安全感
1	タイラー	なし	なし	1-1	皆保	6	6	6	6	6	5
2				1-2	択	5	4	5	6	6	5
3	エンドレスタイラー	なし	エンドレス索	2-3	皆保	4	7	6	6	6	8
4					択	3	4	5	6	6	7
5	エンドレスタイラー	滑車	併用	2-12	択	2	5	4	4	6	6
6				2-13	漸	2	5	5	4	6	6
7	エンドレスタイラー	エンドレス索引込み	なし	2-2	択	2	5	4	3	4	1
8	フォーリングブロック	なし	なし	3-1	皆保	6	5	5	5	7	4
9					択	6	3	4	5	7	4
10					漸	5	3	5	5	7	4
11	フォーリングブロック	滑車	固定装置	3-7	皆保	7	5	8	5	7	8
12					択	6	3	5	5	7	7
13	フォーリングブロック	規制索	なし	3-10	択	2	1	0	3	7	4
14	フォーリングブロック	人力引込	エンドレス索	3-14	間	5	3	5	-	2	8
15	ホイスタングキャレージ	人力引込	エンドレス索	5-1	間	6	8	3	6	3	4
16	スラックライン	人力引込	片方向	7-5	択	5	6	5	-	1	4
17	ランニングスカイライン	人力引込	エンドレス索	8-4	択	8	3	6	4	4	4
18				8-6	間	7	5	4	4	3	4
19	モノケーブル	引込索	搬器なし	10-3	択	6	9	4	9	4	5
20	モノケーブル	横取小	搬器なし	10-1 10-2	間	5	3	5	9	6	5
21	ハイリード	横取小	搬器なし	11-1 11-3	択	7	6	8	3	3	4
22				11-5	漸	6	6	9	3	3	4

表 3-10 索張法別評点 (コスト)

№	索張方式	横取規制	搬器固定	代表的な張り法	伐採方法	主作業	副作業	架線	撤去	機材	総コスト
1	タイラー	なし	なし	1-1	皆保	5	2	4	4	4	4
2				1-2	択	4	2	5	6	4	3
3	エンドレスタイラー	なし	エンドレス索	2-3	皆保	5	2	1	0	3	4
4					択	4	2	2	1	3	3
5	エンドレスタイラー	滑車	併用	2-12	択	5	5	5	6	4	6
6				2-13	漸	6	3	4	4	5	5
7	エンドレスタイラー	エンドレス索引込み	なし	2-2	択	5	7	5	5	3	6
8	フォーリングブロック	なし	なし	3-1	皆保	8	5	4	4	4	8
9					択	8	6	5	6	4	8
10					漸	8	4	3	4	3	3
11	フォーリングブロック	滑車	固定装置	3-7	皆保	6	5	6	5	3	6
12					択	5	5	7	6	3	5
13	フォーリングブロック	規制索	なし	3-10	択	5	5	3	5	5	5
14	フォーリングブロック	人力引込	エンドレス索	3-14	間	1	6	4	4	3	2
15	ホイスタングキャレージ	人力引込	エンドレス索	5-1	間	0	6	7	5	8	3
16	スラックライン	人力引込	片方向	7-5	択	7	7	6	7	5	7
17	ランニングスカイライン	人力引込	エンドレス索	8-4	択	5	7	7	7	7	6
18				8-6	間	2	7	8	6	7	3
19	モノケーブル	引込索	搬器なし	10-3	択	5	5	5	8	7	5
20	モノケーブル	横取小	搬器なし	10-1 10-2	間	2	6	7	5	8	3
21	ハイリード	横取小	搬器なし	11-1 11-3	択	6	8	7	7	7	7
22				11-5	漸	6	8	4	5	7	7

表3-11 索張法別評点(機能)

№	索張方式	横取規制	搬器固定	代表的な索張り法	伐採法	集材	横取	荷かけ	荷おろし
1	タイラー	なし	なし	1-1	皆保	3	5	5	4
2				1-2	択	3	4	5	5
3	エンドレスタイラー	なし	エンドレス索	2-3	皆保	3	4	5	6
4					択	2	5	5	7
5	エンドレスタイラー	滑車	併用	2-12	択	3	5	4	4
6				2-13	漸	5	3	3	7
7	エンドレスタイラー	エンドレス索引込み	なし	2-2	択	4	8	3	3
8	フォーリングブロック	なし	なし	3-1	皆保	4	6	4	3
9					択	4	5	4	5
10					漸	6	4	3	6
11	フォーリングブロック	滑車	固定装置	3-7	皆保	5	7	7	7
12					択	4	5	7	8
13	フォーリングブロック	規制索	なし	3-10	択	6	0	5	3
14	フォーリングブロック	人力引込	エンドレス索	3-14	間	7	4	8	6
15	ホイスタングキャレージ	人力引込	エンドレス索	5-1	間	6	7	7	5
16	スラックライン	人力引込	片方向	7-5	択	5	4	4	4
17	ランニングスカイライン	人力引込	エンドレス索	8-4	択	5	5	7	6
18				8-6	間	6	4	9	7
19	モノケーブル	引込索	搬器なし	10-3	択	9	5	2	6
20	モノケーブル	横取小	搬器なし	10-1 10-2	間	9	2	3	6
21	ハイリード	横取小	搬器なし	11-1 11-3	択	5	8	5	2
22				11-5	漸	7	6	4	1

(5) 評価尺度による索張法のパターン化

すでに索張法別の評点を算出したが、①森林環境の保全性、②作業の安全容易性、③経済性は六角形に、また機能は四角形に図式化することにより、索張法のパターン分析をおこなった。このパターン分析にはクラスタ・アナリシスを用いた。分類の基準は距離または相関係数によった。前者は小さい程、後者は大きい程2つの索張法は似ていることになる。なお、クラスタリングは、索張法別、作業条件別に算出した評価尺度の予測値をそのまま用い、図式化は評点によった。

① 森林環境の保全性

クラスタリングの結果を要約したのが、図3-8、表3-12であり、それぞれ対応している。図3-8によると全般的に均衡かとれているのはDグループ、ついでCグループが該当しているようである。図形に表示されていないのは欠測値ないしは評価尺度として問題とならない(間伐林における稚幼樹の損傷)ものである。

② 作業の安全容易性

この項目は分類学的距離によるクラスタリングが不可能であったので相関係数によった。図3-9、表3-13によってもわかるように、索張法が明瞭にパターン化されていない。このことからいえることは、このような尺度による分類では、作業の安全容易性がはっきりと区別できないことである。敢えて区別するならば、Aグループが全体的にすぐれているといえよう。評価尺度毎の特徴はそれぞれの図から視覚的に理解できる。

③ 経済性

クラスタリングの結果は、図3-10、表3-14のとおりである。

図3-10によると、全体的によいのはB、C、Eグループであるが、Bグループは機械コストが高く、Cグループでは主作業コストが小さいのが特徴的である。A、Dグループは全体的に悪く、Aグループでは副作業コストや架線、撤去人工が大きく、Dグループは機械・器具コストは小さいが主作業コストが大となっている。

④ 機能

相関係数によるクラスタリングの要約は図3-11、表3-15のとおりとなる。すでに述べたように、集材機能は規模と関係が深かった。図式化において、集材機能で評点の高いものを択伐木、間伐木向きとするならば、Dグループ、Bグループが全般的にすぐれている。

表 3-12 索張法のクラスター（森林環境の保全性）

伐採方法 タイプ	皆 保	択 伐	漸 伐	間 伐
A 林地をあら さない	③ エンドレス タイラー (2-3)	④ エンドレス タイラー (2-3)		
B 全 体 的 に 悪 い	① タイラー (1-1) (1-2)	② タイラー (1-1) (1-2)		
C 中 庸	⑧ フォーリング ブロック (3-1)	⑨ フォーリング ブロック (3-1) ⑦ エンドレス タイラー (2-2) ⑬ フォーリング ブロック (3-10)	⑩ フォーリング ブロック (3-1)	
D 全 体 的 に 良 い		⑮ ランニング (8-4) スカイライン (8-6) ⑤ エンドレス (2-12) タイラー (2-13) ⑯ スラック ライン (7-5)	⑥ エンドレス (2-12) タイラー (2-13)	⑮ モノケーブル (10-1) (10-2) ⑭ フォーリング ブロック (3-14) ⑰ ランニング (8-4) スカイライン (8-6)
E 伐 開 が 少 な い		⑪ フォーリング ブロック (3-7) ⑫ フォーリング ブロック (3-7) ⑱ モノケーブル (10-3)	⑫ フォーリング ブロック (3-7)	⑳ モノケーブル (10-1) (10-2)
		(11-1) ハイリード (11-2) (11-3)	(11-1) ハイリード (11-2) (11-3)	

伐採方法 タイプ	皆 保	択 伐	漸 伐	間 伐
A 林地をあら さない	3 1	4 2		
B 全 体 的 に 悪 い	8	9 7 13	10	
C 中 庸	伐開巾 景 観 横取巾 林地表面 の攪乱度 残存木 の損傷 稚幼樹 生存率	17 5 16	6	15
D 全 体 的 に 良 い	11	12 19		20 14 18
E 伐 開 が 少 な い		21	22	

図 3-8 クラスターと索張法パターン（森林環境の保全性）

伐採方法 タイプ	皆保	択伐	漸伐	間伐
A 全体的によい	 11	 1	 12	
	 8			
B 中庸		 9	 2	 10
		 20		
C 架線撤去がしやすい	 21	 17	 22	 18
	 16	 19	 15	
D 架線撤去が困難	 3	 5	 4	 6
		 7	 13	 14

図3-9 クラスタと索張法パターン(作業の安全容易性)

表3-13 索張法のクラスター(作業の安全容易性)

伐採方法 タイプ	皆保	択伐	漸伐	間伐
A	⑪ フォーリングブロック(3-7) ① タイラー(1-1) (1-2) ⑧ フォーリングブロック(3-1)	⑫ フォーリングブロック(3-7)		
B		⑨ フォーリングブロック(3-1) ② タイラー(1-1) (1-2)	⑩ フォーリングブロック(3-1)	⑳ モノケーブル(10-1) (10-2)
C		(11-1) ハイリード(11-3) (11-5) ⑬ ランニング(8-4) スカイライン(8-6) ⑭ スラックライン(7-5) ⑲ モノケーブル(10-3)	(11-1) ハイリード(11-3) (11-5)	⑮ ランニング(8-4) スカイライン(8-6) ⑯ ホイストンギョウ(5-1) キャレジ
D	③ エンドレスタイラー(2-3)	⑤ エンドレスタイラー(2-12) (2-13) ④ タイラー(2-3) ⑦ エンドレスタイラー(2-2) ⑬ フォーリングブロック(3-10)	⑥ エンドレスタイラー(2-12) (2-13)	⑭ フォーリングブロック(3-14)

伐採方法 タイプ	皆保	択伐	漸伐	間伐
A 副作業 コスト大 全体的 に悪い	 1	 2	 13	 6
	 3	 4		
B 機材 コスト大	 11	 5	 7	
		 12	 16	
C 主作業 コスト小	 8	 9	 10	
D 主作業 コスト大 機械 コスト小				 14
E 全体的 に良い		 17	 21	 22
		 19		 15
				 20

図 3-10 クラスタと索張法パターン(経済性)

表 3-14 索張方式のクラスター

伐採 タイプ	皆保	択伐	漸伐	間伐
A		①タイラー(1-1) (1-2)	②タイラー(1-1) (1-2)	⑥エンドレス(2-12) タイラー(2-13)
		③エンドレス(2-3) タイラー	④エンドレス(2-3) タイラー	
B		⑪フォーリング ブロック(3-7)	⑤エンドレス(2-12) タイラー(2-13)	
		⑧フォーリング ブロック(3-1)	⑨フォーリング ブロック(3-1)	⑬フォーリング ブロック(3-1)
C		⑩フォーリング ブロック(3-7)	⑦エンドレス タイラー(2-2)	
		⑫フォーリング ブロック(3-7)	⑫スラック ライン(7-5)	
D				⑭フォーリング ブロック(3-14)
E		⑰ランニング(8-4) スカイライン(8-6)	(11-1) ハイリード(11-2) (11-3)	⑮ホイステング キャレージ(5-1)
		(11-1) ハイリード(11-2) (11-3)		⑯ランニング(8-4) スカイライン(8-6)
		⑱モノケーブル(10-3)		⑳モノケーブル(10-1) (10-2)

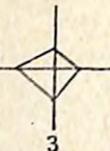
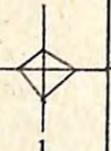
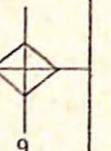
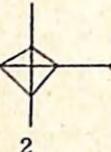
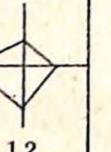
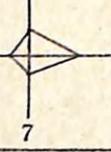
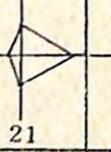
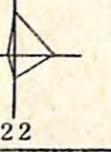
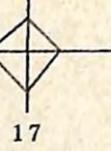
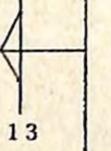
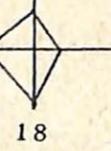
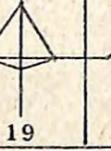
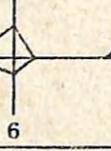
伐採方法 タイプ	皆保	択伐	漸伐	間伐
A 全体的に悪い	 3	 1	 5	 9
B 中庸	 11	 2	 12	 4
C あまりよくない	 8	 7	 21	 22
D 全体的によい	 17	 13	 18	 14
E 小規模	 16	 19	 6	 10

図 3-11 クラスタと索張法パターン(機能)

表 3-15 索張法のクラスター(機能)

伐採方法 タイプ	皆保	択伐	漸伐	間伐
A	③ エンドレス(2-3) タイラー	⑤ エンドレス(2-12) タイラー(2-13)		
	① タイラー(1-1) (1-2)	⑨ フォーリング ブロック(3-1)		
B	⑪ フォーリング ブロック(3-7)	② タイラー(1-1) (1-2)		
		⑫ フォーリング ブロック(3-7)		
		④ エンドレス(2-3) タイラー		
C	⑧ フォーリング ブロック(3-1)	⑦ エンドレス(2-2) タイラー	(11-1) ハイリッド(11-2) (11-3)	
		(11-1) ハイリッド(11-3) (11-5)		
D		⑭ ランニング(8-4) スカイライン(8-6)		⑮ ランニング(8-4) スカイライン(8-6)
		⑬ フォーリング ブロック(3-10)		⑯ フォーリング ブロック(3-14)
				⑰ ホイスチング キャレージ(5-1)
E		⑩ スラック ライン(7-5)	⑥ エンドレス(2-12) タイラー(2-13)	⑱ モノケーブル(10-1) (10-2)
		⑲ モノケーブル(10-3)	⑩ フォーリング ブロック(3-1)	

ところで、評価尺度の諸項目に対する現場での価値観には明らかに強弱がある。従ってこれを評価するときには、“重みづけ”をする必要がある。また、必ずしも八方美人的なものが望まれる訳でもない。索張法の選択にあたっては、全体的な特徴、個性といったものを十分に把握してから対処する必要がある。

それにしても、索張法を選択するにはただ1つの総合特性値に要約されたとき、はじめて採用か否かの決定に用いることができる。しかるに、すでに述べたように、今回は“重みづけ”は考慮外においている。また、評価方法自体にも不偏なところがあって、算出された数値も大体の傾向を見るに過ぎないかも知れない。

従って、これをもって索張法の優劣を論ずることは問題であろうが、単なる参考値として、それぞれの評価尺度ごとに評点の平均値を算出してみたのが表3-16である。つまり、“重みづけ”は平等ということになる。

表3-16 といままでのパターン化の結果を参考にし、ごく大ざっぱに総合的な評価をすると次のようになろう。

①どの評価尺度においても全体的にすぐれていたもの

- フォーリングブロック(3-7)
- ランニングスカイライン(8-4, 8-6)
- モノケーブル(10-3)
- モノケーブル(10-1, 10-2)

② ①につぐもの

- フォーリングブロック(3-14)
- ホイスチングキャレジ(5-1)
- ハイリード(11-1, 11-2, 11-3)

以上、索張法の評価を森林環境の保全性、作業の安全容易性、経済性、機能の側面から検討したが、要は、現場の特徴に応じて、評価項目の選定や“重みづけ”を決定することが重要であろう。

また、今回は作業条件をスパンと傾斜をおおざっぱに設定した以外は平均値で論じてきた。今後さらに種々の作業条件をとり入れた表現にして、より妥当性の高いものに改めてゆきたい。

最後に、本節で使用した数量化のためのデータ処理では、林業試験場の川端幸蔵氏のご協力を得た。誌上をかりて感謝の意を表したい。また、主成分分析は農林研究計算センターの

表3-16 評価尺度の平均値

№	索張方式	横取規制	搬器固定	代表的な索張り法	伐採方法	森林環境の保全性	作業の安全容易性	経済性	機能	総平均
1	タイラー	なし	なし	1-1	皆保	5.0	5.8	3.8	4.3	4.8
2				1-2	択	5.0	5.2	4.0	4.3	4.6
3	エンドレスタイラー	なし	エンドレス索	2-3	皆保	4.5	6.2	2.5	4.5	4.4
4					択	4.3	5.2	2.5	4.8	4.1
5	エンドレスタイラー	滑車	併用	2-12	択	5.3	4.5	5.2	4.0	4.8
6				2-13	漸	6.0	4.7	4.5	4.5	5.0
7	エンドレスタイラー	エンドレス索引込み	なし	2-2	択	4.3	3.2	5.2	4.5	4.3
8	フォーリングブロック	なし	なし	3-1	皆保	3.7	5.3	5.5	4.3	4.7
9					択	3.7	4.8	6.2	4.5	4.8
10					漸	3.8	4.8	4.2	4.8	4.4
11	フォーリングブロック	滑車	固定装置	3-7	皆保	5.2	6.7	5.2	6.5	5.6
12					択	5.6	5.7	5.2	6.0	5.3
13	フォーリングブロック	規制索	なし	3-10	択	5.0	2.8	4.8	3.5	4.1
14	フォーリングブロック	人力引込	エンドレス索	3-14	間	6.8	4.6	3.3	6.3	4.6
15	ホイスチングキャレジ	人力引込	エンドレス索	5-1	間	5.6	5.0	4.8	6.3	5.1
16	スラックライン	人力引込	片方向	7-5	択	4.2	4.2	6.5	4.3	4.6
17	ランニングスカイライン	人力引込	エンドレス索	8-4	択	6.0	4.8	6.5	5.8	5.8
18				8-6	間	6.2	4.5	5.5	6.5	5.3
19	モノケーブル	引込索	搬器なし	10-3	択	6.8	6.2	5.8	5.5	6.1
20	モノケーブル	横取小	搬器なし	10-1 10-2	間	6.6	5.5	5.2	5.0	5.3
21	ハイリード	横取小	搬器なし	11-1 11-3	択	3.8	5.2	7.0	5.0	5.3
22				11-5	漸	4.0	5.2	6.2	4.5	5.0

IV 総 括

非皆伐施業に対応する架空線集材法として、どの索張りが最も適当であるか、その評価法の一つとして現場アンケート調査を基にした数量化理論による索張法の評価を試み、その手法開発に明るい見通しを得た。しかし時間的制約もあり、これを用いて実用的選択基準を提示するには至らなかった。(III-3参照)

そこで過去に発表された架空線集材技術に関する実行例を調査し(III-1参照)、非皆伐施業を実行した場合の目的達成度、集材作業・架設作業の容易性、集材能率等大まかな基準にもとづいて、非皆伐施業と索張方式との対応関係を分析してみた。

一般に択伐、漸伐、間伐、部分皆伐(帯状、群状)等の伐採の種類と、伐採箇所の形状との関係は、現在の国有林施業の中では明確でなく、したがって伐採の種類と索張方式との対応関係は必ずしも整然としたものとはならない。しかし、伐採箇所の形状と索張方式との対応は、一応技術的には可能であり、伐採箇所の形状を決定すれば、それに適用できる索張方式は現段階の技術の範囲で選択することができると思われる。

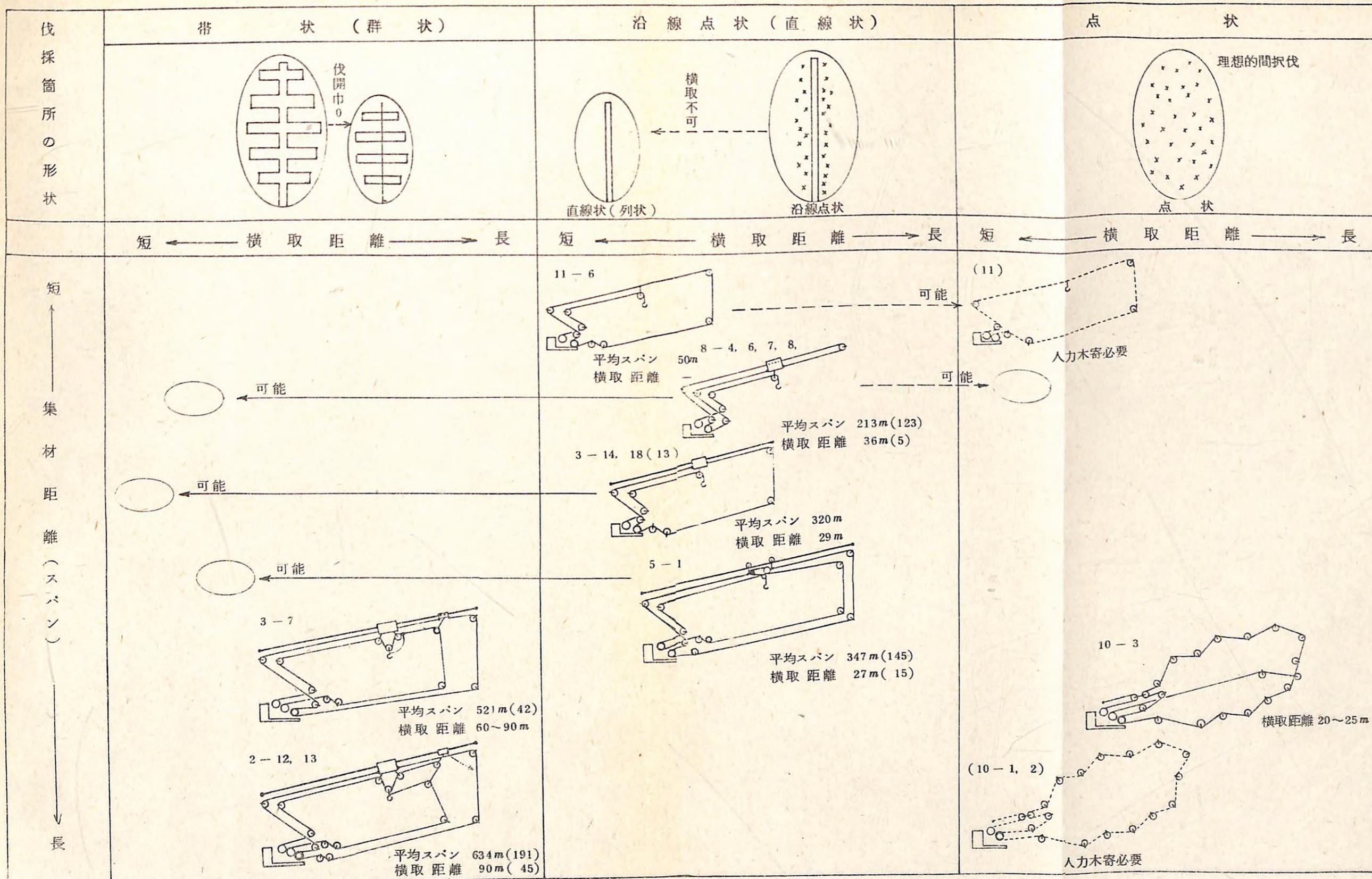
非皆伐施業で取上げられる伐採箇所の形状は図4に示すとおり、(1)帯状、(2)沿線点状、(3)点状の3種に大別できる。このうち帯状が現在国有林において最も一般的に採用されており、この中には葉脈状(魚骨状)あるいは群状(楔状、串だんご状)等が同系として含まれている。(2)の沿線点状は現在横取工程を人力木寄りに依存する集材方式で実行されており、機械力のみによる実行例は少ない。沿線点状で横取距離が0となれば、それは列状となる。(3)の点状とは、完全な単木的伐採を意味しており、非皆伐施業の究極の目標はこれにあるといえよう。

図4において、縦方向に集材距離(スパン)が一応の尺度として取りあげられているが、集材距離の短い長いは逆にその索張方式の林道依存度の大小を表わしている。

伐採箇所の形状を所定の形状に実現するため、現在までにいろいろの索張方式が開発され適用されてきたが、形状確保の確実性および集材作業・架設作業の容易性(使用鋼索の量、特殊集材の要・不要)、集材能率等、極めてラフな基準に従って、現段階で最も適応性が大きいと思われる索張方式を選択したのが図4である。

(1)の帯状集材に最も適した索張方式は2-12、13と3-7である。2-12、13は実行例も多く最も安定した普及を示しているが、3-7はむしろこれからの可能性を見込んで選択したものである。特にこれは緩中傾斜地の帯状集材に大きな期待がもてる。

図-4 伐採箇所 の 形状 と 索張方式 の 対応 関係



※ 図中の平均スパン、横取距離は、文献からの統計値 ()内は標準偏差を示す。

(2)の沿線点状集材に適用できる索張方式は、集材距離の短いものから列挙すると、11-6, 8-4群, 3-14群および5-1で、いずれもスキッピングラインを備えた方式である。このうち機動性に富む11-6と8-4群は、頻繁な移動と伐開巾の制限によって、かなり点状集材に接近することができる。一般に沿線点状集材で横取距離を伸ばすためには、スキッピングラインを引込むためのフックラインを追加する必要がある。(例: 8-7, 8-8, 3-18)

(3)の点状集材が可能な索張方式は10-3であり、実行例は少ないが非皆伐施業用として有望な索張方式である。今後安全作業確保のための技術改良に努める必要がある。従来一般的に使用されていた10-1, 10-2は引込索がなく人力木寄を前提としており、その発展性に欠けるものがある。

上記索張方式のうち、11-6, 10-3, 3-7, 2-12の各索張り、およびこれと同系の索張りの索張力特性については、Ⅲ-2集材架線の索張力測定結果の(1)~(4)に示すとおりであり、従来どおりの適正な設計を行ない、日常の安全点検を励行すれば安全上問題がないことが確認されている。

以上極めて簡単に伐採箇所形状と索張方式との関係を述べたが、非皆伐施業に対する架空線集材の適応性を一層高めるためには、有望と思われる索張方式につき、さらに実績を積み上げ、改良を重ねる必要がある。

環境緑化法—成木移植
ならびに樹勢回復

I 試験担当者

浅川実験林 植村誠次, 小林義雄, 小山芳太郎, 葉袋次郎
赤沼試験地 山路木曾男

II 試験目的と内容

環境緑化に対応するため、緑化樹の早急な養成が、重要な緊急課題となっている。これらの要望に応じるために、一方では、実生、さし木、取り木などの技術を十二分に活用して、緑化樹の早急な養成対策が試みられてはいるが、他方さしあたって現在最も要望され、しかも著しく不足している高木あるいは成木の緑化樹（樹高5m以上、胸高直径15cm以上）については、しばらくの間不本意ながら、山野に自生する林の間伐木、余じょう木の移植に頼らざるを得ない現状である。

また、緑化対策の一分野として、現存する衰弱あるいは老衰した樹木の樹勢回復を計ることは、緑化樹の養生に劣らない重要な対策と考えられる。

従って、これらの要望に応ずるために、

1. 成木緑化樹の安易かつ効果的移植方法ならびに機械力導入による省力化
2. 老木、衰弱木の樹勢回復

以上の二つの試験の研究を行なった。

本研究は、研究の対象木がいずれも成木あるいは老木（多くは根元直径25cm以上）のため、同一条件の試験木の選定あるいは繰返しの実施が出来ない場合が多く、又経済的にも多額の経費を要したため、その成果の多くは、最終時点の観察や調査に基づいて判断せざるを得なかった。

また試験期間も3カ年間の短期間であったため、50年度に実施した試験の一部については、引続き調査中で、最終結果を得られずに残ったものもある。

III 試験の経過と得られた成果

III-1 成木移植試験

主に昭和49、50、51年およびその前2～3年の予備試験の期間を通じ、多数の成木緑化樹（約20種類150本）について、あぜシートとバークを用いた移植試験を実施した結果、大変効果的と思われる二つの新しい移植方法を見出し、林試A法およびB法と名付けた。

また、林業試験場機械化部の助力を得て、成木移植のさいの機械導入による省力化について、2、3の予備的試験も行なった。

以下これらの試験について実施した概要ならびに結果を説明することにする。

1 林試—A法による移植方法

本方法は、根回し(鉢取り)のさい、根鉢の周囲をあぜシートとパーク堆肥で囲む方法であって、その順序をしめすと、

(1) 選木

山取り木の選木に当たっては、目的に沿った強健木を選ぶことは勿論であるが、傾斜土壌、基岩、方位などの見地から、山取り後崩壊の心配のない場所を選ぶとともに、移植、運搬の困難な場所は避けることにした。

(2) 時期

根廻し、即ち鉢取りの時期は樹種によって適期を異にすることは勿論であるが、おおまかに述べると、落葉樹(落葉針葉樹も含む)は落葉の時期の11月から12月の中旬まで、次いで2月から3月上旬まで、常緑広葉樹は梅雨時、5、6月の2カ月、次いで9月から10月、常緑針葉樹は3月から4月上旬、次いで9月下旬から10月下旬までは、移植あるいは根廻しの好期とされているが、本試験では年間を通じて、その可能性を検討した。

(3) 林試—A法の具体的実施方法

本方法は、最初の操作はこれまでの成木の根廻しに準ずるもので、その概要は

イ 鉢取り—選木したら、根元の周囲の雑草を刈り払って鉢取りを行なう。

根鉢(宿土あるいは根盤ともいわれるが、根廻しのさいの、樹木の根を含めた鉢型の土の部分指し、単に鉢ともいわれている。英語で root ball という)の直径は、普通根元直径の4~5倍とされているが、新しい山取りの方法では、根鉢の周囲をパーク堆肥で囲むので、根元直径の3倍を原則とする。

根元を中心とする鉢取りの外周が決ったら、外周に沿って、スコップ、山ぐわ、つるはしなどで、人が入れる程度の巾50cmぐらいの溝を掘り下げ、できれば底土も主根が剥皮できる程度に取り除く。鉢の深さは根の形状、土質などを考慮して根元直径の1.5~2.5倍とする。なお海岸のような砂質土壌で根鉢の壊れやすい場所では、事前に根元の周囲の土壌に灌水して十分湿らせておく。

ロ 根の処理—溝を掘るさい根鉢の外に出ている細根は、その都度剪定鋏で取り除き、放射線状に延びている側根のうち、約半数の太い側根は、木を安定させる支え根として残し、他は鉢の側面で、のこや剪定鋏で切断して取り除く。出来れば切断面は小刀で切り返して、滑らかにしておく。主根も複数のときは1本を残して除去する。大木で、根の

切断が樹勢に著しい影響を与える恐れがある場合、又は不安定になって危険の恐れがある場合は、支え根は殆んど残して、後述の剥皮および発根促進を行なって、十分不定根の発生が見られた移植の時期に切断、除去する。

つぎに根鉢の外に出ている残した支え根と主根については、根鉢に接して外側に10~15cmの間隔で、根の周囲に小刀か小型のかまで切れ目を入れて、真皮まできれいに剥ぎとる(リングング)。

剥皮された根は、先端から地中の養分を吸収し、木質部を通じて樹体内に養分を送付するが、樹皮の下降は剥皮部の上端部で阻止され、根の伸長は衰えるが、剥皮上端部で不定根の発生が促進されるものである。これまでの操作は従来の山取り方法に、ほぼ準ずるものである。

ハ 発根促進剤の処理—発根しにくい樹種、老衰木、貴重木については、発根促進剤であるインドール酪酸やN-2,000(9-ベンジルアデニン、注1参照)を1~10万分の1の濃度にうすめた軟膏(ラノリンペースト)や水溶液を、根の剥皮部あるいは切断面に塗布あるいは噴霧する。

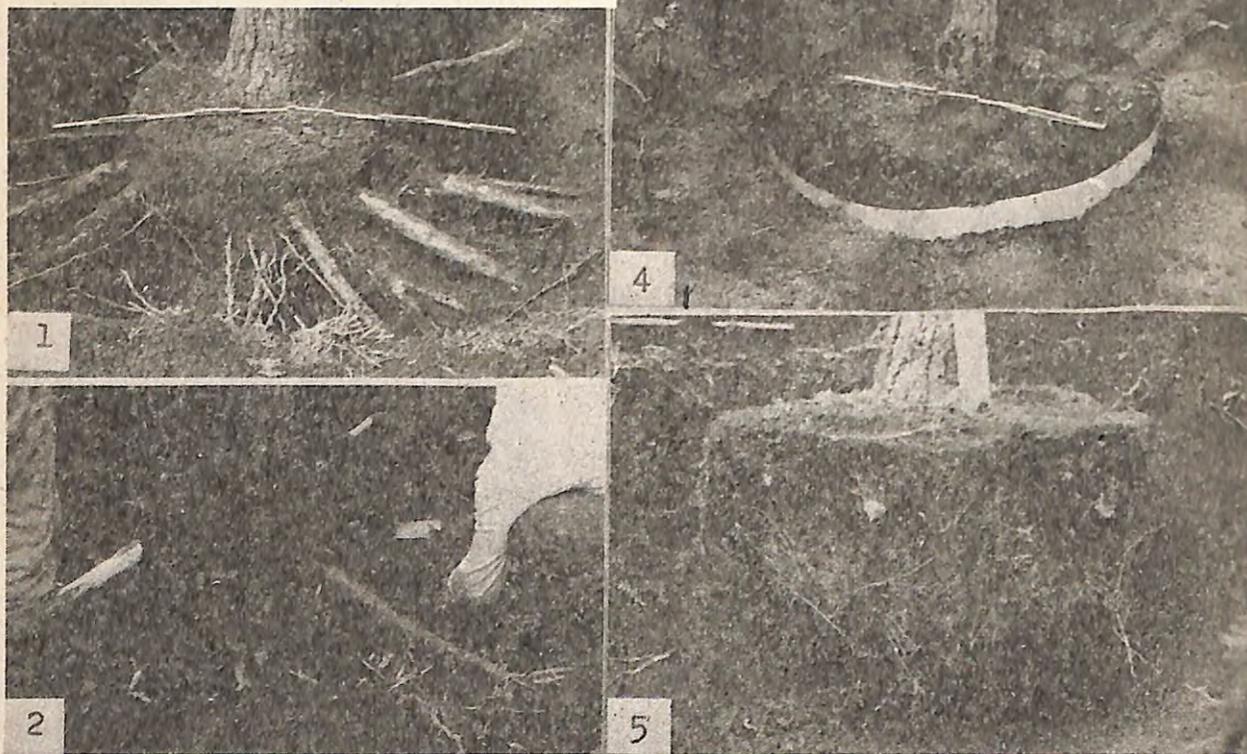
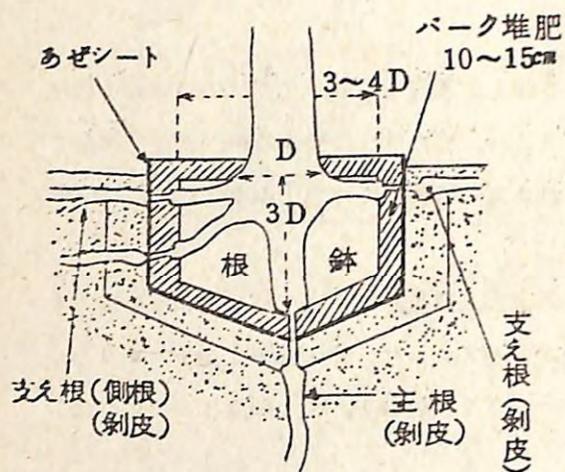
ニ あぜシートとパーク堆肥の利用—以上の処理が終わったら、根鉢の側面から10~15cmの間隔をあけて、あぜシート(注2参照)で根鉢の周囲を囲む(図-1)。つぎに根鉢とあぜシートの上に湿ったパーク堆肥(幾分荒目のもの、注参照)を埋め込み、シートの外側は掘り下げた土で埋めもどす。シートは地表から5cmほど上に出るようにし、出た表層部はパーク堆肥で被覆(マルチング)する。なおあぜシートで根鉢を囲むさい、竹の棒を内側から挿してシートを支えれば、シートと鉢の間隔は開かず一定に保たれて、パーク堆肥の量は節約できる。

根元直径20cmの木で、パーク堆肥が60~80kg、あぜシート1.5m、40cmの木で、パーク堆肥200~250kg、あぜシート5m(2段重ね)くらいが必要である。

ホ 枝葉の除去、支柱たて、その他—普通山取りのさいは、鉢取りが完了したら、常緑樹で3分の2、落葉樹で3分の1ぐらいの枝葉を根とバランスをとるために除去するが、本方法では根鉢の周囲を湿ったパークの堆肥で囲んであるので、枝葉の除去は整枝の程度に止める。

根回しした山取り木は、普通支え根が半数近くに減っていて風倒しやすいので、簡単な支柱またはビニール線、鉄線などで安定させる。なお枝や幹などとの接触部に、杉の皮、硬質スポンジ板などを傷当てとして挟んで、木の損傷を防止する。

図-1 林試A法



普通の山取りでは、鉢取り完了後灌水は行なわれないが、根鉢の周囲をへこませて水鉢を設けておき、また周囲の刈り取った草や粗だは、根元のまわりに敷いて、乾燥するのを防止する。

(4) 掘り取り(移植)

鉢取りを完了した山取り木は、そのまま1年間(時には2~3年間)くらい放置して、時折りあぜシートを少しめくって、根鉢に十分不定根が回ったところ掘り取って移植する。掘り取りの時期は、十分根が回っておれば、盛夏や厳冬を除けば何時でも行なえるが、貴重木などでは、根回しの時期に準ずる方が安全である。

従来の山取りでは、根鉢の側面を再び掘り起こして、残した支え根を切断し、鉢土の崩れを防ぐため、たる巻きと称して根鉢の周囲および上、下を強く縄掛けした後、主根を切断してから移植するので、かなりの技術が必要である。

あぜシートとパーク堆肥を用いた新しい山取り方法では、ただあぜシートの外側を縄掛けするだけで移植できる。なお、鉢の底土が崩れる恐れがある時には、藎かシートなどで底を包んでから縄掛けを行なう。新しい方法では、根鉢の周囲に新生根の発生が著しく、かつ新根が周囲を堅密に囲んでいるので、掘り取りは簡単で、根鉢の土崩れが少なく、また新生根の切断もないので、ほとんど年間を通じて移植が可能である。

(5) 運搬, 仮植, 定植

山取り木を掘り取った後は、できるだけ早く運搬して、根鉢や樹体の乾燥を防止する。枝張りの大きい木は、縄で縛りあるいは藎でつつんで小さくし、枝、幹に圧力のかかる部分に傷当てをして運搬中の損傷を少なくする。

人力には限度があるので、150kg以上の山取り木の運搬、植栽には極力機械力(チェーン付三叉, クレーン付自動車, フォークリフト, ミニバックホー, ツリースペード付トラクター, 場合によってはヘリコプターなど)を活用する。植え穴は事前に根鉢より多少大きめに掘っておき、木が到着すると同時に植え込む。なお植え穴の底が乾燥しているときは、灌水して湿らせてから植え込む。定植の場合は、樹形, 周囲の環境を考慮して、配置することは勿論である。

また樹形がまだ整っていない山取り木は、植溜めあるいは養生畑に2~3年仮植して、手を入れてから定植するのが普通である。高い山地から貴重木を山取りするさいには、低地の気候にならすため、山麓の植溜めにしばらく仮植あるいは養生させることも必要である。

定植（時には仮植）した後堅固な支柱を設け、周囲に水鉢を切って十分灌水する。

(6) 林試-A法の得失

本法を、従来の山取り方法と比較してみると、

- a 根鉢が小さいので、山から持出す土壌の量が少ない。
- b 根回しおよび移植の時期の巾が広い。
- c 鉢取り後、据置き時間が短縮できる（新生根の発生および根鉢に回るのが早い）。
- d 枝葉の除去量が小さいので、根溜めを経ずに、直ちに緑化樹として利用できる。
- e 移植が安全、容易で活着がよい。

しかし、反面パーク堆肥やあぜシートなどの代金として、1本当たり2,000~4,000円余分に費用がかかるので、ある程度価値のある木であることが必要となる。

2 林試-B法による移植方法

本方法はまだ研究途上の根回し方法であるが、2, 3の樹種の成木移植では、良好な結果が得られているので一応取まとめたものである。あぜシートとパーク堆肥を用いる点はA法と同じであるが、根鉢の土をパーク堆肥と置き換えるため、山の土を全く持ち出さない山取り方法として特色が見られる。

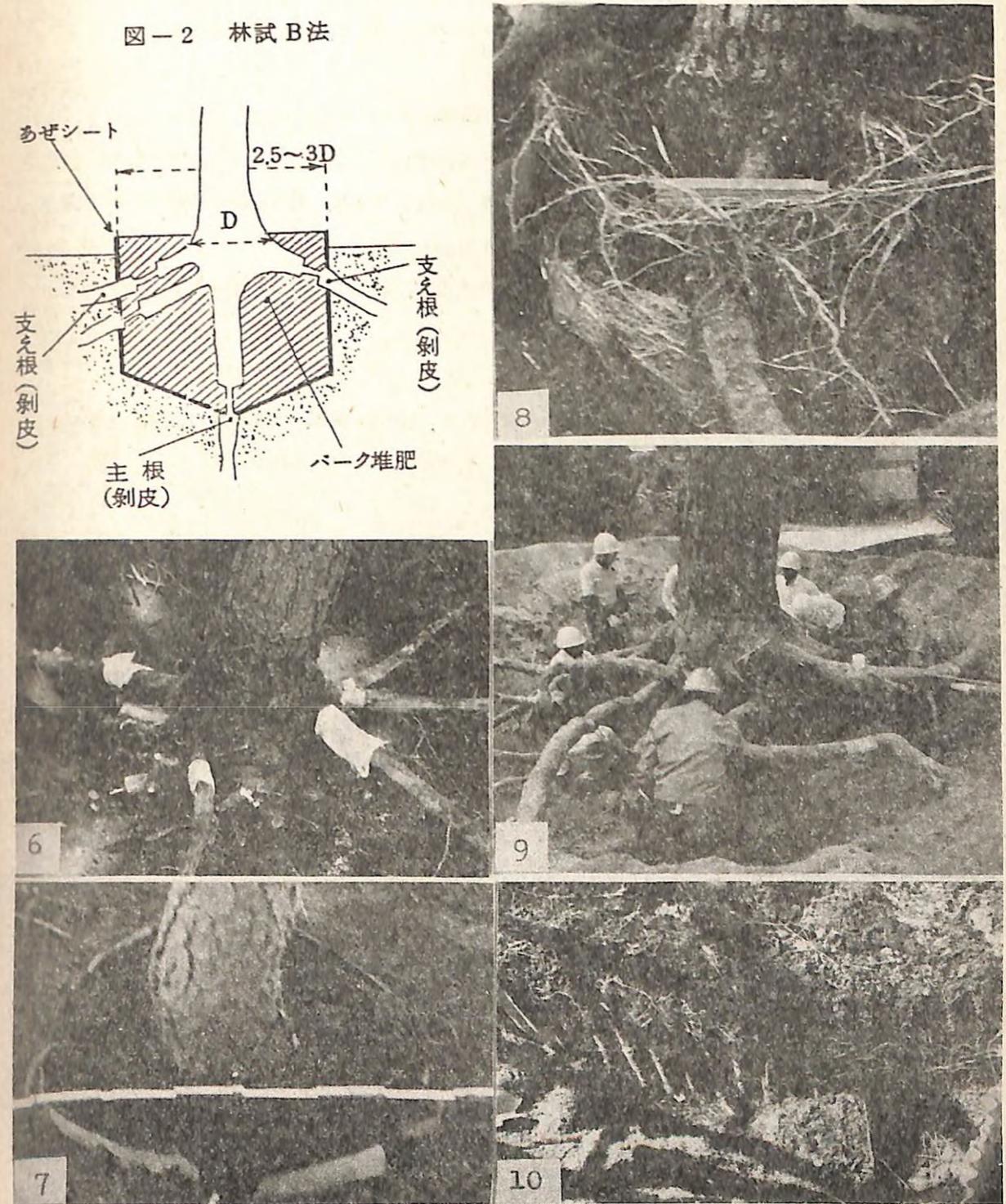
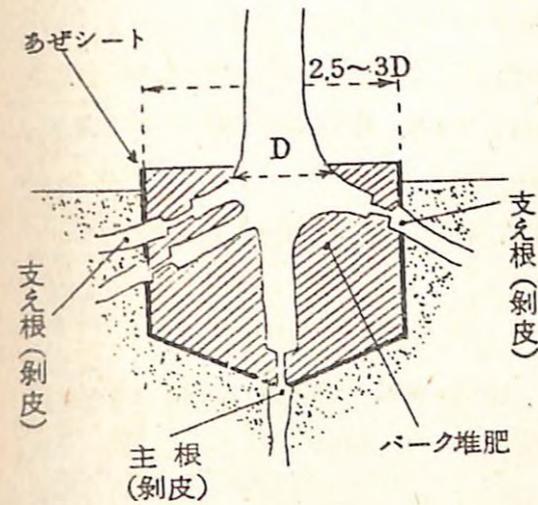
根回しの時期は、一般の適期に行ってもよいが、できれば発根が開始する暫く前、普通3月から4月の始め頃が好ましい。

供試木（普通根元直径20~30cm、これまでクロマツ、ケヤキ、シクラなどを対象とした）の根ぎわおよび直下の土を掘り取って根株を露出させ、支え根の大部分および主根は残して、他の邪魔になる細根は切断、除去する。つぎに残した支え根、主根には根元に近い部分で輪状剥皮（リングング）を行なう。引続いて根の剥皮した部分および切断面にN-2,000の10万分の1濃度のラノリンペーストを塗布し、その上を一重のガーゼで軽くつつむ。つぎに根株を中心として、パーク堆肥を投入するため、円形（根本直径の2.5~3.5倍）にあぜシートで囲み、その中を湿ったパーク堆肥で埋め、あぜシートの外周は掘り土で埋め戻す。なお、あぜシートを地表5cmくらい出るようにしてその部分もパーク堆肥で満たすようにする（図-2参照）。

パーク堆肥そのものも大変発根促進の効果をもち、しかもその上剥皮やN-2,000塗布などの発根促進処理が施されているので、樹種によっては、1年以内に鉢型のパーク堆肥内に著しい新根の発生が期待されている。

根鉢に十分新根が回った山取り木は掘り起こして、あぜシートを除き、根鉢の外側で支

図-2 林試B法



え根および主根を切り落して移植する。

このようにして山取りした成木は、地上部に比べて根鉢が小さい上に、軽くて安定が悪いので、定植のさいには十分根が広がるまで嚴重な支柱を施して、木の安定をはかるようにする。

本方法で山取りした木は、支柱による保持の問題が解決すれば、軽量を必要とする屋上用の成木緑化樹あるいは水耕培養用緑化樹としても好ましいものと思われる。林業試験場では、現在引続き本方法による山取り試験を、各府県の林試と共同で、各種の緑化樹種について実施中で、また移植後の管理方法について検討中である。

なおこの移植法は、海岸砂地のクロマツ大径木など、砂質で鉢取りが出来ない場合の移植は、大きな期待がもたれている。

3. 機械力導入による移植試験

前述の、林試A法及びB法による移植試験のほか、昭和49年、50年度は、主にA法に、機械を導入して次の成木移植試験を実施して、その省力化の検討を行なった。

(1) ミニバックホー導入による移植

本移植試験は、林業試験場機械化部(梅田前部長、上田科長、小沼室長)の協力を得て、昭和49年3月から50年4月にわたって行なった。

対象木としては、南多摩ニュータウンの造成予定地の、傾斜約20度の山腹に自生している根元直径20~35cmの、主にコナラとクスギよりなる総計60本を選び、鉢取りの直径は根元直径の3倍内外とし、根鉢外周の溝掘りには溝掘り機械ミニバックホーを用いて、以下の3種類の鉢取りを実施した。

イ 根鉢の両側の溝を機械で掘り、前後は人力で鉢取りし、根鉢をあぜシートとパーク堆肥で囲む方法

ロ 機械のみを用いて、根鉢の周囲を三角形又は四角形に溝掘りして鉢取りを行ない、根鉢をあぜシートとパーク堆肥で囲む方法。

ハ A法による(すべて人力)

以上の3方法を比較してみると、ロの機械で溝掘りをした場合は、ハの人力のみによる場合に比べて溝掘りでは約3~4倍、全部鉢取りを完了する場合は1.5~2倍の作業能率が期待された。しかし本試験は、まだ機械の操作に十分習得していない場合の結果なので、十分熟練した場合は、より大きな効果が期待されるものと思われた。なお機械の償却費などを考慮すると、機械利用の場合は、人力の場合に比べて3倍以上の能率の向上がないと、

経済的に引き合わないようである。

4. 成木移植の実施例

これまでに、主に上述の移植方法で実施した成木移植の事例をあげると以下のようである。

(1) クロマツ成木移植 (赤沼試験地)

本試験は、予備試験の一つとして、クロマツ成木10本(15年生、根元直径20~25cm、樹高15m内外)について、47年4月、A法ならびに慣行法によって根廻しを行ない、48年5月発根調査および移植を行なった。A法は慣行法に比べて根鉢における新根の回りが旺盛で、移植後の生長も良好であった。

(2) クロマツ成木移植 (赤沼試験地)

本試験は、N-2,000発根促進剤を併用したB法による移植試験であって、1と同じ場所の試験木6本を選び、昭和47年4月1日に鉢取りを行ない、48年4月20日に発根状態の調査および移植を行なった。N-2,000処理のB法による根鉢では、同じ条件で、N-2,000を塗布しなかった根鉢にくらべて10倍近くの新根の発生がみられた。

(3) ツ、ジ、サクラのマルチ (浅川実験林)

浅川実験林内のツ、ジの老木50本、多少衰弱がみられた5~8年生サクラ約100本について、昭和48年5月1日に、1本当りそれぞれ20kgのパーク堆肥のマルチングを行なった。49年の5月の調査では、マルチ層に新根の著しい発生がみられ、とくにサクラでは、根ぎわを根頭癌腫病などによって壊疽を生じていた部分の回復したものが認められた。

(4) ケヤキ根廻し (前橋営林署管内)

本試験は、樹令40年生内外のケヤキ6本について、B法による鉢取りを行ない、N-2,000処理の効果を調査したもので、昭和48年5月28日に鉢取り実施、翌年5月28日調査、無処理区は殆んど発根がみられなかったが、薬品処理区はかなり新根の発生がみられた。しかし日蔭になっている試験木は発根が不良であった。

(5) サワラ、ヒノキ根廻し (浅川実験林内狭間苗畑)

約25年生サワラ、ヒノキ各6本に、B法による鉢取りを行ない、半数にN-2,000処理を行なって発根促進効果を調査した。昭和48年7月23日に鉢取りし、翌年7月調査を行なったが、処理区は無処理区に比べて2~3倍の発根がみられ、一部のものは移植に供した。

(6) サクラのマルチ (浅川実験林)

前年度実施した結果が良好であったので、昭和49年3月の中、下旬にわたって、桜展示林内の衰弱し始めた7~8年生のサクラ500本に、樹勢回復処理として、1本当たり20kgのパーク堆肥を根の周囲にマルチした。2年後の51年3月の調査では、マルチ区では樹勢の回復がみられ、殆んど枯死木は認められていない。

(7) 落葉広葉樹の移植試験

本移植試験は多摩ニュータウンの約20年生内外のコナラ、クヌギ80本を対象とし、ミニバックホー付トラクターで根鉢の溝を掘り、A法によって鉢取りを行なった。なお一部についてはN-2,000およびベーター・インドール酪酸処理を実施した。根廻しは昭和49年の3月下旬に実施し、50年の3月下旬発根調査(枯死木なし)を行なった後、約3km離れた植溜めにツリースペースで穴を掘って仮植した。この詳細については現在取りまとめ中であるが、移植木は、移植後1年を経過した現在でも、枯死木は殆んどみられていない。

(8) アカマツ大径木の移植 (浅川実験林)

浅川実験林入口の、アカマツ(樹高7m、胸高直径35cm)について、昭和49年6月6日A法による根回しを行なった。昭和50年3月17日の時点では、根鉢の新根の廻りは十分なので、同日移植を実施、現在移植後1年以上を経過したが健全な生長が認められている。

(9) クヌギ、ケヤキ、クスの根廻し (浅川実験林)

約30年生のクヌギ、ケヤキ、クス各3本について、A法による根回しを、昭和49年8月29日に行なった。盛夏に実施したにも拘わらず枯死するものもなく、クヌギ、クスは、50年8月の調査では、既に移植が可能なほど根鉢に新根が回っていた。ケヤキは幾分劣り、移植までには、更に1カ年が必要と思われた。

(10) ウバメガシ、ヤマモモ、クスの移植(東京営林局管内)

昭和50年3月26日河津営林署管内でクス9本(樹高5~8m、胸高直径15cm内外)、同5月29日浜松営林署管内でヤマモモ4本(樹高8m内外、胸高直径20cm内外)、5月29日掛川営林署管内でウバメガシ4本(樹高8m内外、胸高直径25~20cm)につき、主にA法、B法(一部N-2,000処理)により鉢取りを実施した。51年3月の中間調査では、N-2,000処理の中に、とくに発根良好なものがみられた。

(11) その他の実施事項

そのほか昭和50年上旬には香川県津田町の海岸クロマツ大径木(根元直径50~100

cm、樹令150~200年、)29本の移植をB法により実施中であるが、鉢取後1年目の根鉢における新根の廻りは大変良好である。

III-2 緑化樹の樹勢回復試験

樹勢の衰退には老衰による場合もあるが、多くは立地や環境の悪化が衰弱を早めており、その原因にも病害虫、肥料欠乏、気象の害、人為の害など複雑多岐で、単独より複数の原因で衰弱し枯死するケースが多い。ここでは個々の原因を対象とした対策は別にして、いわゆる衰弱した樹木の若返り方法として、昭和49、50、51年にわたって実施して得られた新しい樹勢回復法の2、3を紹介する。

1. 発根促進剤による樹勢回復法

植物生長ホルモン(オーキシン、ジベレリン、サイトカイニン、アブシジン、エチレンなど)を利用して、植物の花芽、カルス、不定根などの器管の発生を抑制したり促進させることは、組織培養や育種、園芸分野で既に実用化されており、花木のさし木や根の切口の発根促進には、オーキシン類(α -ナフタレン酢酸、 β -インドール酢酸など)などの処理が古くから行なわれている。

樹木の衰退は、生理的には根の活動が弱って起きるため、養分の吸収能力の強い新生根を多数形成させることが、樹勢回復の最良の手段とみなされる。

赤沼試験地における試験の1例として、15年生クロマツの根回しのさい、根元に近接した支え根の剝皮部および切断面に9-ベンジルアデニン(サイトカイニン類に属する化合物)のペースト(軟膏、濃度10万分の1)を塗布したものと、しないものについて処理後約1年後に不定根の形成状態を比較調査したところ、処理木では、無処理木の10倍(1カ所当たり24本対2.3本)、切断面で5倍(1カ所当たり15.2本対7.2本)の不定根の発生が見られ、不定根の長さの総計も、剝皮で10倍(2709cm対268.2cm)、切断面で3倍(1476cm対480cm)と著しい発根促進の効果が認められた。なお同様な発根促進効果がサクラの成木についても観察されている。

2. パーク堆肥のマルチ(地上被覆)による樹勢回復法

わら、青草、落葉などを周囲に敷きつめる(マルチ)ことによって、衰弱木の樹勢回復を計ることは、園芸分野の果樹類、チャ、クワなどの栽培で古くから行なわれてきたが、最近の有機質(わら類)と労働力の不足からパークやおが屑堆肥のマルチが注目されている。

林業試験場では、パーク堆肥の開発を行なって来たが、昭和48、49、50年にわたり樹勢の衰退した樹木に対して、パーク堆肥のマルチの方法とその効果を調査中で、これまで

多くの場合極めて良好な結果が得られている。

マルチの方法としては、衰退した樹木の樹冠下の地表面に、木の大きさに応じて5~15 cmの厚さに、湿ったパーク堆肥(3%くらい溶成磷肥を加えたものが好ましい)を敷きつめる方法であるが、土の表層3~5 cmくらいにあらかじめレーキなどで、根を傷つけないように掻き起して、堆肥が直接根に触れるようにする。この外堆肥の施与方法としては、根の周囲や幹に対して放射状に溝を掘って埋め込む方法も行なわれている。

マルチは、時期を選ばずに実施できるが、樹木の活動が始まる前が効果的のようである。土地が傾斜していたり、風当たりの強い所でマルチを行なう時は、周囲に木わくあるいは竹柵を設け、時には上表に土をかぶせるか、わらで覆って、その上を竹桿などで押えることが必要である。

マルチの大きな効果は、地表面に適当な水分が保持され、堆肥施与による土壌の物理・化学的・微生物的改善によって、マルチ層に新根の発生が促進されることで、普通1、2年で著しい樹勢の回復が見られている。なお、パーク堆肥層に著しく新根の見られる1つの理由として、堆肥中の微生物の分解によって生じた核酸の誘導体も関与するものと推定される。

注1 N-2,000

N-2,000とは、9・ベンジル・アデニンの別名(製薬会社の記号名)で、これまで植物ホルモンの効果がないとされていたが、この度の研究の結果、成木の発根促進効果のあることが認められた。本剤はこの他、苗の活着促進、秋落防止、寒害防止などの効果も期待されている。しかしまだ試験の段階のものなので、製品としては、現在市販されていない。

注2 あぜシート

水田のあぜの漏水などを防ぐための硬質塩化ビニール製のシートで、ここでは厚さ0.4 mm、巾30 cm、長さ50 cmが一巻となっているものを適当な長さに切って使用した。あぜシートは根鉢の周囲を囲んで、不定根や根の生長をシート内に限定するために用いるものなので、この目的に添うものなら薄手のベニア板やブリキ板なども代用できるが、移植のさい外部から繩掛けできるものが望ましい。網目のものは細根が外部に出るので好ましくない。

注3 パーク堆肥あるいはおが屑堆肥

樹皮やおが屑は最近公害物質の一つとしてその処置が大きな問題となっているが、林業試験場では既に20年ほど前から、これらの木材廃材を堆肥化することに成功し、現在大

手のパルプ工場、木材加工工場、外材輸入港の木材団地などからも、林業試験場開発の方法で生産されたいろいろの商品名の木質堆肥が発売されており、現在年産20万トンくらいに達している。これらは堆肥に代わる有機質土壌改良剤として注目され、最近農、園芸、果樹の分野に著しい伸びがみられており、とくに緑化樹の鉢取り、移植、老樹や衰弱木の樹勢回復(マルチングなど)、ゴルフ場の肥土などに広く利用されるようになった。

その製造方法は、いづれも類似したもので、例えばパーク堆肥では、内地産広葉樹や外国産針葉樹(ミツガ、米マツなど)の樹皮を粉碎したものに、5%内外の鶏ふんと2%内外の尿素あるいは硫安を混合し、水分を55~58%に調整して粹積みした後、瓊氏60度以上で発熱発酵させ、途中2~3回切返しを行なって、3~4ヶ月で堆肥化したものである。

完熟した木質堆肥の多くは、乾物でチッソ1.0~1.5%、リン酸0.5~1.0%、カリ0.5%内外を含み、酸度(水)は6.0~6.5の間を示している。これらのパーク堆肥は普通20 kgのビニール袋入りで市販されている。最近いろいろな名前の市販品が出ているが、中には悪臭のあるもの(水分の多いものに見られる)、酸度が7.5以上ある未分解の不良品のものも見られるので、使用前に生物テスト、即ち5寸(約15 cm)鉢に堆肥を入れて、廿日大根をまき、2~3週間発育状態を調査して、良否を判定後購入または使用されることが望ましい。

(取まとめ責任者 植村誠次)

林業薬剤の環境に及ぼす影響と合理的使用法

I 林業薬剤散布地における追跡調査

I-1 試験担当者

林業薬剤第2研究室

大々保 良治 田畑 勝洋

I-2 試験目的

森林においては、マツ類の枯損防止のためのMEP剤散布など、病虫害等の防除のために農薬散布が行われて効果を上げてきている。一方これにともなり環境汚染や自然界への影響などが重大な関心事となっており、とくに、一部住民に対しその不安感が増大していることも見逃すことのできない事実といえる。このため、昭和48年より、マツの枯損を防止するためMEP剤の散布がおこなわれている広島県宮島地区を選び、自然環境上での薬剤の残留の状態を、連年散布による薬剤の蓄積を考慮にいれ、昭和49年に引きつづいて調査をおこなった。

I-3 試験の経過と得られた結果

マツノザイセンチュウによる被害防除のため、広島県宮島地区において国有林、民有林合計約1,000haの面積にMEPを主剤とした農薬を年2回空中散布をおこなっている。この地域での植物、土壌、流水等のMEPの残留量を経時的に調べた。

a) 散布条件

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	薬剤散布日
48	スミパークE乳剤 (MEP10%, EDB10%)	×10	180 l/ha	(632ha(国) 341ha(県))	6月1日-6月6日 6月19日-6月24日
49	スミパークE乳剤 (MEP40%, EDB20%)	×32	90 l/ha	632ha(国)	5月27日-5月30日 6月18日-6月21日
	スミチオン乳剤 (MEP50%)	×36	90 l/ha	341ha(県)	
50	スミチオン乳剤 (MEP50%)	×36	90 l/ha	(632ha(国) 341ha(県))	5月27日-5月30日 6月19日-6月23日

b) 試料採取方法

昭和49年試料採取地点(昭和49年度報告書参照)のうち適当な地点を選んで本年の採取地点とした。

採取試料は昨年同様土壌、下草(アセビの葉)流水の他に本年は特に土壌表面の落葉層についてもおこなった。海泥については第1回散布前に昨年度の残留についておこなったのみで経時的の調査はおこなわなかった。

表2 落 下 量

	場 所	1	2	3	4	5	6	7
一 回 目 散 布	タカノスA	2.05	1.63	2.41	1.75	2.59	3.62	2.95
	多々良A	1.32	2.03	2.55	1.70	2.00	2.24	
	多々良B	1.04	1.10	0.88	0.76	0.80	0.79	1.38
	タカノスB	2.33	1.57	1.89	2.65	2.06	1.89	2.00
	つばき谷	1.83	2.18	2.06	1.92	2.03	2.32	2.15
	青海苔	2.82	2.68	2.92	3.33	2.23	3.02	3.30
	大元	1.95	1.74	1.24	1.88	1.61	2.07	2.09
二 回 目 散 布	大元	3.08	3.49	3.59	3.96	4.06	4.86	5.08
	包が浦	1.76	1.32	1.53				
	多々良A	1.01	1.53	0.89	0.30	0.64	0.46	0.53
	藤が浦	1.49	1.83	1.32	1.36			
	タカノスB	1.01	1.27	1.39	1.11	1.20	0.71	
	青海苔	1.43	1.53	1.23	1.20	0.56		
	多々良B	2.85	2.31	1.95	2.22	2.32	3.95	3.66
つばき谷	1.77	1.54	2.96	1.65	2.12	2.46	2.08	
タカノスA	1.92	1.98	2.18	1.76	1.30	1.73	2.40	

c) 分析方法

流水はクロロホルムで、下草はアセトニトリルで土壌、海泥はジクロロメタン:アセトン(2:1)で、汚紙はアセトンで抽出し、いずれもガスクロマトグラフ(FTD)法により分析をおこなった。落葉については下草と同じ方法で分析をおこなった。

d) 調査結果

地上落下量は表2のとおりである。

(MEP換算 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$)

8	9	10	11	12	13	14	15	16	平均
2.23	1.81	0.90	1.14	3.50					2.21
									1.97
1.16	0.86	1.14							0.99
2.06	2.22	2.06	2.33	2.27	2.27	2.22	2.44		2.15
2.09	1.92	1.71							2.02
3.06	2.75	1.27	2.31	2.99					2.73
2.21	2.30	2.46	2.68	2.49	2.46				2.09
5.82	5.14	3.96							3.91
									1.54
0.35	0.44	0.30	0.27	0.29	0.33				0.56
									1.50
									1.12
									1.19
3.68	3.31								2.92
2.27	2.66	1.61	2.73	2.08	2.23	2.35	2.15	2.66	2.20
2.25	2.49								2.00

空散時における落下量は気象条件等による影響が大きく、一定量散布しても常に一定量が落下付着しないのは当然であり、残留経過を見る上で必要な条件と考えられる。

昨年度は0.5~2.4g/cm²の範囲で大部分が散布されており、平均して約1.4g/cm²であった。本年度は1.4g/cm²以下の所はすくなく、特に多い所では5.4g/cm²に及ぶ所もあったが、平均して約2.4g/cm²であり、昨年と比較し、2倍程度の葉量が落下しており、散布が昨年より効果的に行なわれたものと思われる。特に第1回散布は均一に散布されている。

土壌におけるMEPの残留量の経時変化は表3に示したように全体的にすくないのが目立つ。宮島土壌は花コウ岩土壌であり腐蝕層がすくなく、このことが残留に影響しているはずである。これ等については昨年と同様であり、また前年度迄の蓄積が本年度の残留に影響するほど蓄積されることはないといえる。しかし完全に消失はされていないようである。

表3 土 壌 残 留 量

場所		月日	散布前	ppm											
				5.27	5.28	5.29	6.9	6.19	6.21	6.23	7.3	7.14	7.23	8.20	9.25
土 壤	多々良	0.00		0.16		0.05		0.49		0.02	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01
	タカノス	0.00			0.15	0.04			0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
	大元公園	0.00	0.03			0.05	0.01			0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
	つばき谷	0.00			0.02	0.03				0.04	0.11	0.00	0.05	0.03	0.03

深さ 10cm迄

下層植生へのMEPの残留は表4の通りである。空散地内の下層植生といっても数多く存在するが、長期的にわたって分析に供し得てどの地点にも一様に分布している植物として昨年同

表4 下 層 植 生 残 留 量

場所		月日	散布前	ppm													
				5.27	5.28	5.29	6.9	6.17	6.19	6.21	6.23	7.3	7.14	7.23	8.20	9.25	12.25
下 草	大元公園	0.00	0.54 (20.98)			0.05	0.15	0.14			0.04	0.01	0.00	0.06	0.12	0.02	
	タカノス	0.00			0.83	0.39	0.02				6.27	0.03	0.00	0.10	0.02	0.00	0.00
	つばき谷	0.00			0.14	2.89	0.04				2.14	0.98	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00
	多々良	0.00			1.18		0.89	0.00			0.81		0.07	0.07	0.10	0.00	0.00

植生 アセビの葉

()内は上部に被蔭物のない場合

様アセビを選んだ。第一回および第二回散布共アセビの葉への付着量は部分的には決してすくなくはない。ことに直接葉剤が落下付着すれば相当多量の葉量が付着し、野生鳥獣や昆虫への危険性は全くないとはいえないが、この葉量も急激に減少し、土壌の場合と同様1ヶ月後には0.1ppm以下になっている。このことは昨年と同様である。

流水中での葉量は表5のようである。空散直後にはみごく微量が検出されることがあるが24時間以内にほとんど消失している。

林地における土壌表面の腐蝕層は葉剤がもっともよく吸着される所である。宮島地区では腐蝕層がすくなく、地表面でまだ完全に腐蝕されない落葉層があり、その落葉について分析をおこなった。その結果は表6のとおりである。落下直後の葉量は下層植物同様直接葉剤が落下付着したと思われる所には高濃度の葉量が検出されている。この葉量も経時的に減少し、1ヶ月経過すると数ppmになる。しかし、この調査範囲内ではもっともよく残留が認められる。

海泥については本年度は特に調べなかった。ただ、散布前に前年度迄の残留について調べた結果、大元公園付近、包が浦共にMEPは検出されなかった。

以上のことから、3年連続散布をおこなっても自然界への蓄積はそれ程多くはなく、この程度の残留が直ちに生態系に重大な影響を与える原因となることは考えられない。しかし、落葉層への残留等から考えると、そこに生息する生物への影響は全くないとはいえない。これ等については今後の課題であり、早急にデータの蓄積が必要である。

表5 落葉層での残留量

場所	月日	散布前	5.27	5.28	5.29	6.9	6.17	6.19	6.21	6.23	7.3	7.23	10.31	12.25
			ppm											
落葉層	大元公園	0.88	687.50			1770		362			5810	0.72	0.05	0.18
	タカノス					9.05	1.58				1.78		0.01	0.09
	つばき谷			38.54		7.29	2.15			245.94	21.92	1.71	0.05	0.07
	多々良	4.07	979.38			1.62	3.77		29.43		17.33	0.25	0.07	0.24

II ブナ丸太の防虫防菌

II-1 試験担当者

保護部菌類研究室・昆虫研究室, 東北支場樹病研究室・昆虫研究室

II-2 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。

II-3 試験の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BHCr 1%の1㎡あたり1.8ℓ1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HI-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HI-645は農薬登録を申請中である。

防虫試験— BHCに代り得る薬剤二十数種のスクリーニングを行ない, 49年度までに1ヶ月間の防虫効果のあるものとしてMPP 0.25%およびMEP 1%が, 2ヶ月間の効果を期待できるものとしてMEP 1%+EDB 1%およびMEP 2%が得られた。

50年度は防菌剤に防虫剤を加えて殺虫効果の試験をした。その結果MBCP 0.6%は1ヶ月, MPP 1.6%はほぼ2ヶ月間の効果が認められた。トップジン-MペーストにMEP 2%を加えたものに2ヶ月間の効果は得られなかった。

第1-1表 防菌試験結果(伐倒48時間後散布)

上段 第1回調査Bブロック(1ヶ月後)
1975-7-16日散布 下段 第2回調査Aブロック(2ヶ月後)

	I 区			II 区			III 区			全区
	E	W	平均	E	W	平均	E	W	平均	平均
T-7473	2.8	1.3	2.0				1.5	1.3	1.4	1.7
	11.5	10.5	11.0	13.3	16.3	14.8	15.6	13.7	14.7	13.5
ホスキンM水和剤	2.8	1.6	2.2				8.9	6.4	7.6	4.9
50倍	16.0	14.7	15.3	18.3	25.0	21.6	23.9	22.5	23.2	20.0
ホスキンM水和剤	3.0	1.1	2.0				9.2	8.3	8.8	5.4
200倍	15.2	22.5	18.9	20.8	20.8	20.8	17.0	19.8	18.4	19.3
ホスキンM水和剤	2.0	2.1	2.1				12.7	8.7	10.7	6.4
500倍	17.5	18.0	17.8	24.9	28.1	26.5	24.6	20.4	22.5	22.3
トップジンM水和剤	1.4	1.8	1.6				7.3	7.7	7.5	4.6
100倍	10.9	12.8	11.9	22.8	21.6	22.2	23.1	24.3	23.7	19.3
トップジンM水和剤	2.7	2.9	2.8				3.5	5.3	4.4	3.6
500倍	18.2	12.8	15.5	19.9	19.9	19.9	20.1	23.8	22.0	19.1
トップジンM水和剤	1.7	3.5	2.6				4.9	6.5	5.7	4.2
1000倍	20.5	18.2	19.3	24.3	19.3	21.8	25.2	24.0	24.6	21.9
HI-645水和剤	2.4	2.6	2.5				2.9	2.8	2.9	2.7
	18.8	17.9	18.3	23.3	27.3	25.3	25.5	27.3	26.4	23.3
トップジンMペースト	0.5	1.5	1.0				5.6	2.9	4.3	2.7
	11.9	17.9	14.9	16.9	15.9	16.4	19.5	12.1	15.8	15.7
無処理	5.1	5.5	5.3				5.5	5.2	5.4	5.4
	32.5	27.7	30.1	17.8	14.5	16.2	11.6	14.5	13.1	19.8
無処理	5.0	3.8	4.4				6.4	9.3	7.9	5.2
	23.8	25.7	24.8	20.2	28.5	24.4	22.0	23.0	22.5	23.9
無処理	6.7	7.7	7.2				4.2	5.7	5.0	6.1
	29.3	31.4	30.4	29.0	28.3	28.7	14.5	12.4	13.5	24.2

トップジンM水和剤区はMEP10%E DB10%乳剤10倍液と混合

トップジンMペースト区はMEP2%乳剤を加用

第1-2表 防菌試験結果(伐倒72時間後散布)

1975年7月16日散布 第1回調査 Bブロック
(1ヶ月後)

	II 区		
	E	W	平均
T-7473	1.5	2.5	2.0
ホスキンM水和剤 50倍	8.5	8.1	8.3
ホスキンM水和剤 200倍	11.0	7.1	9.1
ホスキンM水和剤 500倍	8.5	11.8	10.1
トップジンM水和剤 100倍	6.3	7.3	6.8
トップジンM水和剤 500倍	7.2	9.0	8.1
トップジンM水和剤 1000倍	3.1	4.2	3.6
HI-645水和剤	3.7	2.4	3.0
トップジンMペースト	3.1	2.4	2.7
無処理	16.7	17.3	17.0
無処理	4.5	5.0	4.8
無処理	1.5	1.2	1.3

第2表 防虫効果総括表

B 31日目調査

1975. 7~9

薬剤名	表面積 m ²	生存虫数		穿入中止(死亡)虫		木口 穿入孔数	備考 (樹皮中止虫) 1m ² 当り
		実数	1m ² 当り	実数	1m ² 当り		
T-7473	3.919	0	0	2	0.51	0	1.02
ホスキンM水和50	3.730	0	0	2	0.54	6	0.80
" 200	3.673	1	0.27	0	0	15	0.82
" 500	3.806	2	0.53	0	0	28	2.10
トップジンM水和100 +MEP, EDB 10	3.957	0	0	0	0	2	0
" 500	4.051	0	0	0	0	7	1.23
" 1000	3.713	1	0.27	0	0	6	1.89
HI-645水和	3.448	1	0.29	4	1.16	0	4.06
トップジンMペースト MEP 2%	3.335	0	0	0	0	11	0.60
無処理	9.289	9.0	9.688	0	0	60	2.15

Ⅲ 殺そ剤 Zn_3P_2 のイタチに及ぼす影響

Ⅲ-1 試験担当者

北海道支場 鳥獣研究室

樋口 輔三郎

Ⅲ-2 試験目的

林野のネズミ駆除に、主要な殺そ剤として Zn_3P_2 が、航空機散布あるいは手まきによって用いられている。この殺そ剤は毒作用が急性であり、致死量も少なく、また残留性も少ないとされ比較的使いやすいので広く用いられている。

残留性の少ない理由として、 Zn_3P_2 は摂取ネズミの胃内の塩酸と化合し、フォスフィン (PH_3) と塩化亜鉛 ($ZnCl_2$) に変化する。そのフォスフィンは中毒作用をおこすが、気体であるため、変化後には、無毒の塩化亜鉛が残るとされている。

Zn_3P_2 はネズミのみならず、哺乳類全般についても、毒物であることには変わりない。ただ、イタチなどの肉食動物は直接に殺そ毒餌を摂取することがないので、その危険性は少ない。しかし、この毒餌を摂取したネズミをイタチが捕食することが想定され、ネズミの毒餌の消化分解の程度によって残留毒があることも考えられるので、イタチがこの残留毒の2次被害を受けるかどうか問題となるのである。

このようなことから、 Zn_3P_2 毒餌を摂取したネズミをイタチが捕食した場合を想定して、その2次被害について試験を行なった。

供試動物

供試用イタチは宇都宮営林署日光有益獣増殖所より、移管されたニホンイタチ5匹である。

この5匹のイタチは当支場の飼育かごで慣らし飼いをし、実験に供することにした。飼育餌はほしたらを水で浸したものを与え、食性の単一化をさけるために、機会のあるごとに、ネズミを与えた。しかし、飼育不慣れのためと、暑さのために、移管後、体力が弱り、間もなく試験に供することなく3匹死亡した。

供試ネズミは札幌近郊で採集したものである。昭和50年度は、全道的に野ネズミの数が少なく、供試ネズミの補給も思い通りに運ばなかった。

III-3 試験方法および結果

試験1

野外のネズミが毒餌を摂取し、その死体をイタチが摂食することを想定し、ネズミに Zn_3P_2 毒餌を供与し、その死亡個体をイタチに与え、残留毒による影響をしらべた。

供試毒餌の種類および毒餌の摂取量、死亡時間、および、死亡ネズミのイタチの摂食状況およびその死亡状況は表1のようである。

表1 イタチの毒摂取死亡ネズミの捕食状態とその影響

供試 イタチ	毒餌摂取ネズミ					イタチの毒餌摂食ネズミの 捕食			
	体重 (g)	毒餌 種類	摂取毒餌 粒数	摂取 重さ (g)	死亡 毒量 (mg)	死亡 時間	摂食状態	死亡状態	備考
1	32	2P	2	0.45	4.5	1日以内	不食	生	
2	32	2P	2	0.45	4.5	2日以内	食	生	
2	30	リンカS	1	0.35	3.5	2日以内	不食	生	ネズミ腐敗

毒餌のリンカS, ZPはいずれも Zn_3P_2 1%含有のもので、前者はトウモロコシ粒に Zn_3P_2 を塗布したもの、後者は小麦粉を基剤とし、球型の団子にし、 Zn_3P_2 を塗布したものである。

毒餌摂取ネズミは24~48時間内に死亡し、その死亡個体をイタチに与えた。No.2のイタチの1回目の試験では、死亡個体の摂食をみたが、No.1の個体およびNo.2の2回目の試験では死亡個体の腐敗が進行しているものは食べなかった。

試験2

試験1に示されたように、イタチは死亡個体を食べない傾向があるので、イタチが捕食しやすいように半死状態あるいは、まだ毒作用の徴候があらわれない比較的健康状態を示すネズミを与えることにした。これらの状態にするために、ネズミに毒を直接、経口投与し、投与後3~4時間経過させてイタチに与えた。

これらの摂毒ネズミをNo.2のイタチに9月23, 24日の2日間、および11月12~15日間の連日と後日11月19日に与えた。その結果は表2のようである。

これらの摂毒ネズミはよく捕食されたが、イタチは死亡することなく、9月の試験では蓄積毒量8mg, 11月では12mgないし14mgに達している。

表2 イタチの毒投与、未死亡ネズミの捕食状態とその影響

供試 イタチ	毒投与ネズミ			イタチの毒投与ネズミの捕食		
	体重 (g)	投与 毒量 (mg)	投与後 経過時間	捕食月日	捕食24時間 後の生死状態	備考
2	32	4	3	9.23	生	} 連日供試
2	22	4	3	9.24	生	
2	22.5	2	2	11.12	生	} 2匹供試
2	46	2	3	11.13	生	
2	19	2	3	11.14	生	
2	24	2	2	11.15	} 生	
2	24	2	2	11.15		
2	20	2	2	11.19	生	

III-4 考察

野外におけるニホンイタチのネズミの捕獲数は明らかでない。しかし、日光有益獣増殖所では飼育ニホンイタチの成獣1匹あたりの飼料(鶏頭5%, 鯨肉16%, アジ8%, ニンジン7%, キャベツ7%, 麦粉7%)として♂120~140g, ♀60~80gが供与されており、また、本試験用に移管されたイタチの飼料として、当試験場で与えられたものは、ほしタラを水で浸漬したものであるが、この喫食量を10日ごとに平均してみると表3のようである。

表3 ニホンイタチの干魚(タラ)の1日の喫食量(g)

イタチ No.	喫食期間							
	7.16-20	7.21-25	7.26-30	7.31-8.4	8.5-9	8.10-14	8.15-19	
1	54	38	36	20	死亡			
2	36	32.5	38	58.3	76	47.5	60	
3	42	53.3	死亡					
4	54	52	46	50	60	30	50	
5	58	50	40	56	68	62.8	55	

大体1日に50g前後を食している。これらの喫食量から、ニホンイタチの1日の必要とするネズミの捕獲数を推測すると2~5匹程度のものと考えられる。

イタチの Zn_3P_2 に対するLD50は明らかでないが、参考までに、食肉動物では、ネコの致死量として、160mg/kgでは効果がなく、200~300mg/kgで死亡結果がみられるが、必ずしも処理後の死亡とはかぎっていない(Johanson Voss)。また、キタキツネについて、芳賀はLD50について、とくに実験を行なっていないが、致死量についてつぎのような試験を行なっている。0.5%ないし0.25%のHClをそえて、各種の Zn_3P_2 量を6個体について投与し、つぎの結果を得ている。①410mg/kg投与1時間後、死亡 ②291mg/kg+388mg/kg+583mg/kgの3回投与により38日目に死亡 ③236mg/kg+250mg/kg+284mg/kg+486mg/kg+540mg/kgの5回投与で35日目に死亡 ④216mg/kg1回の投与で死亡、ただし、投与時に失敗あり ⑤109mg/kg+116mg/kg+219mg/kg+469mg/kg+688mg/kgの5回投与、死亡せず ⑥296mg/kg+388mg/kg死亡。以上からkg体重当り総投与量は410mg, 1,264mg, 1,797mg, 216mg, 1,600mg, 688mgを示している。Steinigerによると、ネコ2.5kg体重のものは100mgで死亡し、イヌで5kg体重で200~500mgの致死量としている。この結果は前2者のネコ、キツネにくらべ致死量が少量であり、40mg/kgである。この少量の致死量を基準にして、イタチの致死量を想定してみると、ニホンイタチの体重450gとして18mgほどと考えられる。したがって、1毒餌で1匹のネズミが死ぬものとして、4~5匹のネズミを食さねば、この致死量に達しないことになる。実際には、 Zn_3P_2 がネズミ胃内で分解されるので、より以上の毒餌摂食ネズミ数を食さねば致死量に達しないと考えられる。今回は供試ネズミの都合で、1時に多量のネズミを供与する試験は行なえなかった。

要 約

- 1) 毒餌摂取によって死亡したネズミをニホンイタチは捕食しない傾向がみられた。
- 2) 経口的に毒を摂取させ、また病的症状を呈さないネズミについては、イタチはこれらを捕食するが、毎日1匹づつ4日間連日捕食したイタチは死亡しなかった。その摂取蓄積毒量は最高14mgと考えられる。

参 考 資 料

- 1) 宇都宮営林署, いたち (1969)
- 2) Johanson, H. D. & Voss, E. Toxicological studies of Zinc phosphide Scientific Edition 61 (1952)
- 3) 芳賀良一, 上田 晃, 田村 哲。殺そ剤の野生鳥獣に対する一次, 二次毒性に関する総合調査報告書 (1975)
- 4) Steiniger Rattenbiologie und Rattenbekämpfung (1952)

天敵微生物による被害防除法

I 試験担当者

浅川実験林天敵微生物研究室：片桐一正，岩田善三，串田保，福泉ヤス，石塚秀樹

保護部昆虫第1研究室：小林富士雄，山崎三郎

北海道支場昆虫研究室：山口博昭，小泉力，古田公人，高井正利，秋田米治，福山研二

木曾分場保護研究室：小沢孝弘

四国支場保護研究室：越智鬼志夫

II 試験目的

新しい森林被害防除の技術開発が強く要請されている現状を背景に，森林害虫，特にトドマツを含むモミ類，カラマツ類のハマキ類，およびマツカレハの被害防除に微生物を利用する方法を開発し，総合的な害虫防除法の技術確立に資することを目的とする。

III 試験の経過と得られた成果

1 利用微生物の選定（天敵微生物研）

対象害虫のうちトドマツの害虫コスジオビハマキの高密度個体群に流行したウイルス病2種が新しく検索された。その1つは核多角体病ウイルス（NPV）であったが他の1つは昆虫ポックスウイルス（EPV）であった。EPVに属するウイルスはわが国では初めて検索されたものである。両ウイルス病は同時に流行した。流行現場からの採集標本によるとEPVによる死亡がNPVをはるかに上まわっていたが，室内接種試験では，NPVの発病が多かった。これらのウイルスは，大発生を終息せしめる時点では極めて有力な天敵微生物として働いているものと思われる。

カラマツ林に大発生したオオチャバネフユエダシクからも核多角体ウイルス（NPV）が新しく検索された。このNPVはハラアカマイマイのNPVの場合と同様梢頭病症状を呈し，カラマツの先端部に本ウイルス病による病死体塊がみられた。このNPV病発生林も，その後急速に害虫密度が減少した。

その他検索された微生物としては糸状菌 *Beauveria bassiana*, (*Isaria* sp., *Verticillium* sp., *Entomoglyphothora* sp. 等があるが，特に *B. bassiana* の検出率は高かった。

以上のようにウイルスは有力な天敵微生物であることが観察されたが，人工培地での培養ができないため増殖に当たってそれぞれの幼虫を感染発病させることに依らなければならず，実用

化に当って前提となる大量増殖が容易でない。このため実用性から考えて細菌 *Bacillus thuringiensis* (以下略して Bt とする) の適用を試みた。

Bt は一義的にはその生産する毒素の働きによって殺虫能力をもつものである。したがって微生物による発病作用とちがいで速効的効果がある。

トドマツ、モミ類、カラマツ類、マツカレハ等について Bt 感受性を調べたところ、種によって、また令期によって多少の違いはあるが、Bt 芽胞数で 10^8 個/ml 以上の濃度の添食接種で大抵の昆虫が 50% 以上死亡することが判明した。

Bt の増殖は後述(Ⅲ項)するようにタンク培養による大量増殖が容易なので散布による実用化が可能であるため、主として Bt の利用を中心とする防除法について野外の適用試験を進めた。

II 防除法についての試験

1. トドマツ林のハマキガ類の Bt による防除(北海道支昆虫研・天敵微生物研)

(1) 予備試験

Bt の利用に先だって予備的に室内試験および小規模の野外試験を実行した。試験の概要は表-1 の通りである。

表-1 試験の概要

対象昆虫	野 外 散 布		室 内 試 験				
	コスジオビ ハマキ 3 齢	タテスジ ハマキ 終 齢	コスジオビ ハマキ 3 齢	コスジオビ ハマキ 5 齢	タテスジ ハマキ 終 齢	マイマイガ 1 齢	マイマイガ 3 齢
処 理 日	5月26日	5月26日	5月25日	6月9日	5月25日	5月25日	6月9日
試 験 地	夕張営林署 伊藤の沢	夕張営林署 築別採種園					
系 統 数	3	3	6	3	6	1	3
処 理 数	1 処理 4 本	1 処理 10 本	1 処理 20 本	1 処理 20 頭	1 処理 20 芽	100 頭	1 処理 80 頭
処 理 方 法	単 木	散 布	浸 漬 法				
死 亡 調 査	4 日目袋 6 日目袋	2 日目袋 11 日目	2 日目 4 日目 6 日目 7 日目 14 日目	2 日目 5 日目 7 日目 12 日目 20 日目	1 日目 2 日目	4 日目	2 日目 5 日目 7 日目 9 日目 12 日目

供試した Bt は天敵微生物研究室保存番号 19, 65, 66, 67, 68, 69 の 6 系統である。

試験結果

① コスジオビハマキ 3 令幼虫を対象にした室内接種試験の結果は表-2 の通りである。殺虫率は極めて低い。

表-2 コスジオビハマキ室内試験(3 齢幼虫)

系 統	19	65	66	67	68	69	対 照
処 理 虫 数	23	29	34	31	42	27	37
死 亡 率	0	10.3	5.9	6.5	2.4	0	0

② コスジオビハマキ 5 令幼虫(終令虫)を対象とした室内接種試験の結果は図-1 の通りである。かなり効果が認められるといえる。

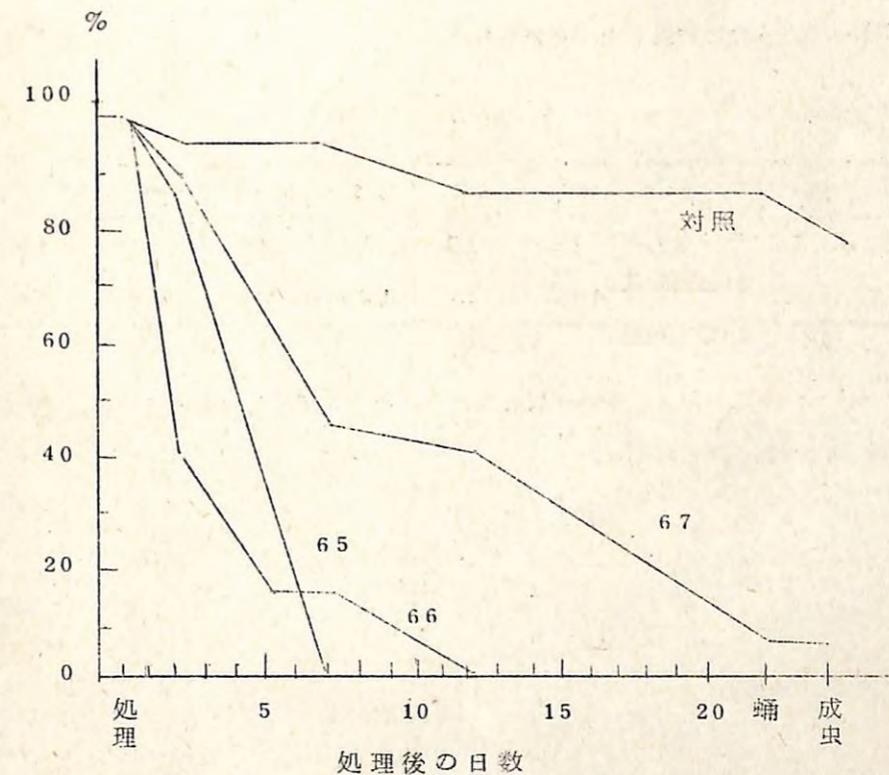


図-1 コスジオビハマキ(5 齢)室内試験

③ コスジオビハマキを対象とした野外試験の結果は表-3に示す通りである。効果は認められなかった。これは幼虫が3令時では新芽の内に入ってしまったため、表面に少量附着したBtの不活化前にこれを摂食する機会が少なかったか、この時季の新芽にBtが附着しにくかったかによるものであろう。

表-3 コスジオビハマキ野外散布

系 統	調査虫数	死 亡 率
65	29	0
66	35	8.6
69	78	3.8
対 照	42	0

④ タテスジハマキ終令幼虫を対象とした室内接種試験の結果は表-4の通りである。Bt系統によってほかない殺虫効果が認められた。

表-4 タテスジハマキ室内試験(終齢)

系 統	19	65	66	67	68	69	対 照
処 理 虫 数	25	16	17	18	27	13	19
死 亡 率	0	14.3	41.7	12.5	3.8	8.3	5.6

⑤ タテスジハマキを対象とした野外試験の結果は表-5に示した通りである。散布による防除効果が、かなり認められる。

表-5 タテスジハマキの野外散布

系 統	65	66	69	対 照
処理前 平均 個 体 数	2,600	3,300	1,200	1,600
2 日 目 平均 個 体 数	1,600	1,800	0,990	1,500
死 亡 率 (補正)	34.4 %	41.8 %	20.0 %	
11 日 目 平均 個 体 数	0.500	0.300	0.400	1.900
処理前と11日目の平均値の差	t=2.601 (p>0.5)	t=3.605 (p>0.1)	t=1.611 (p>20)	
22日目と11日目の平均値の差	t=1.631 (p>20)	t=2.567 (p>0.5)	t=1.151 (p>30)	
11日目, 処理 対象区の平均値の差	t=1.794 (p>10)	t=2.149 (p>0.5)	t=1.265 (p>30)	

<注> 処理前の個体数は、処理後すぐかけたケージのなかにみとめられた生存虫と死亡虫の合計である。

以上の結果から、Btの野外散布は対象ハマキガ類の幼虫の終令時に行なうのがよいことが判明した。

(2) 空中散布による防除試験

トドマツのハマキガ類の防除のために、前項予備試験の結果に基づいてBt有力2系統(B-65および天敵微生物研での接種試験で有効と認められたB-61)の空中散布を実行した。

試験地は北海道石狩郡のトドマツ林13haで、散布試験は表-6に示す方法で行なった。ハマキガ類のうちコスジオビハマキの密度が極めて高かった。

表-6 空中散布試験方法

試 験 区	供 試Bt	散 布 量 (1a当り)	散 布 面 積
第 1 区	Bt 61	60ℓ (芽胞数 1.2×10^{18})	5.00
第 2 区	Bt-65	60ℓ (芽胞数 1.2×10^{18})	5.00
対 照 区	無 散 布	0	3.15

防除効果の調査は対象害虫の密度変動調査、死亡率、Btの土壌中残留等について行なつた。密度変動調査はトドマツ枝、先端より50cm長ものをサンプルユニットとして、10日おきのサンプリングによって行なつた。死亡率についてはカンレイシヤ袋を用いて枝を覆い、各種昆虫類の死亡を調べた。Btの土壌残留については、一定期間おきに散布地から土壌を採集して行なつた。

試験結果

① Bt散布による直接殺虫効果

散布直後にカンレイシヤ袋で覆ったBt処理区各30本、対象区20本ずつの枝先50cm長のサンプルで、散布2日後と7日後に調査した結果は図-2の通りであった。対象区での死亡率が5%以下であったが、Bt処理区では30~35%の死亡率であった。このようにBtの直接の殺虫率が高くなかったのは、散布直後の降雨や気温が低かったことによると推定された。

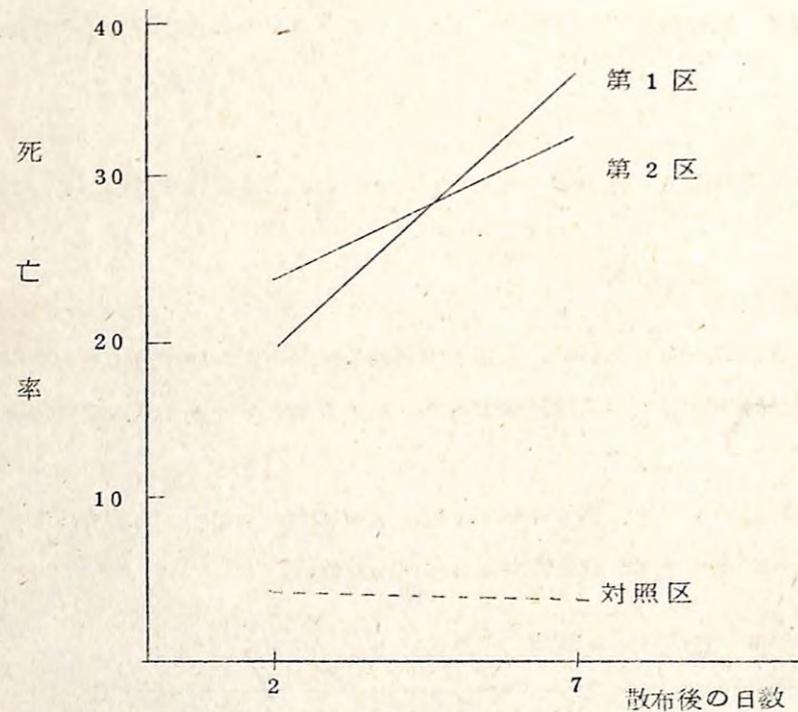


図-2 直接殺虫効果の時間的な変化

② Bt散布が密度変動機構に及ぼす影響

サンプリングによって得られたデータから各区における生存曲線と生命表の作成を行なうと、Btの散布が他の死亡要因に及ぼす影響についてみた。

各区における生存曲線は図-3に示す通りであった。Bt散布区におけるコスジオビハマキの個体数は対照区に比較して急激に減少していることがわかる。このような減少は、もちろん他の死亡要因との作用の重なりあいのなかで生じたものであり、直接殺虫率よりも実際の効果は高いことが推察された。

また羽化率、性比について調査した結果は表-7の通りであった。Bt散布によって、羽化率や性化に影響があったとはいえない。

表-7 B T-散布の羽化率、性比におよぼす影響

	第1区	第2区	対照区
調査蛹数	70	70	77
羽化数	54	52	56
羽化率	72.9	74.3	72.7
調査成虫数	46	41	52
雌数	22	21	32
雌率	47.8	51.2	61.5

Btは一般に鱗翅目昆虫に殺虫性をもつ。Bt散布によってコスジオビハマキ以外のハマキガ類の死亡についてみると表-8の通りであった。

サンプルできた標本数が少ないので、各種のBt感受性について結論はできないが、トウヒオオハマキ、トドマツアミメハマキ、トドマツチビハマキ等はBt感受性であるといえる。

一方ハマキガ類その他の昆虫の捕食性天敵の1部分についてBtの殺虫効果をみると表-9の通りであった。

ヒラタアブ類、クモ類にはBtによる死亡はなかったと判断できる。

トドマツ林に生息するハマキガ類以外の昆虫について死亡を調べた結果は表-10に示した。シャクガ類に対して多少殺虫性がある場合があるが、その他に対しては影響がないようである。

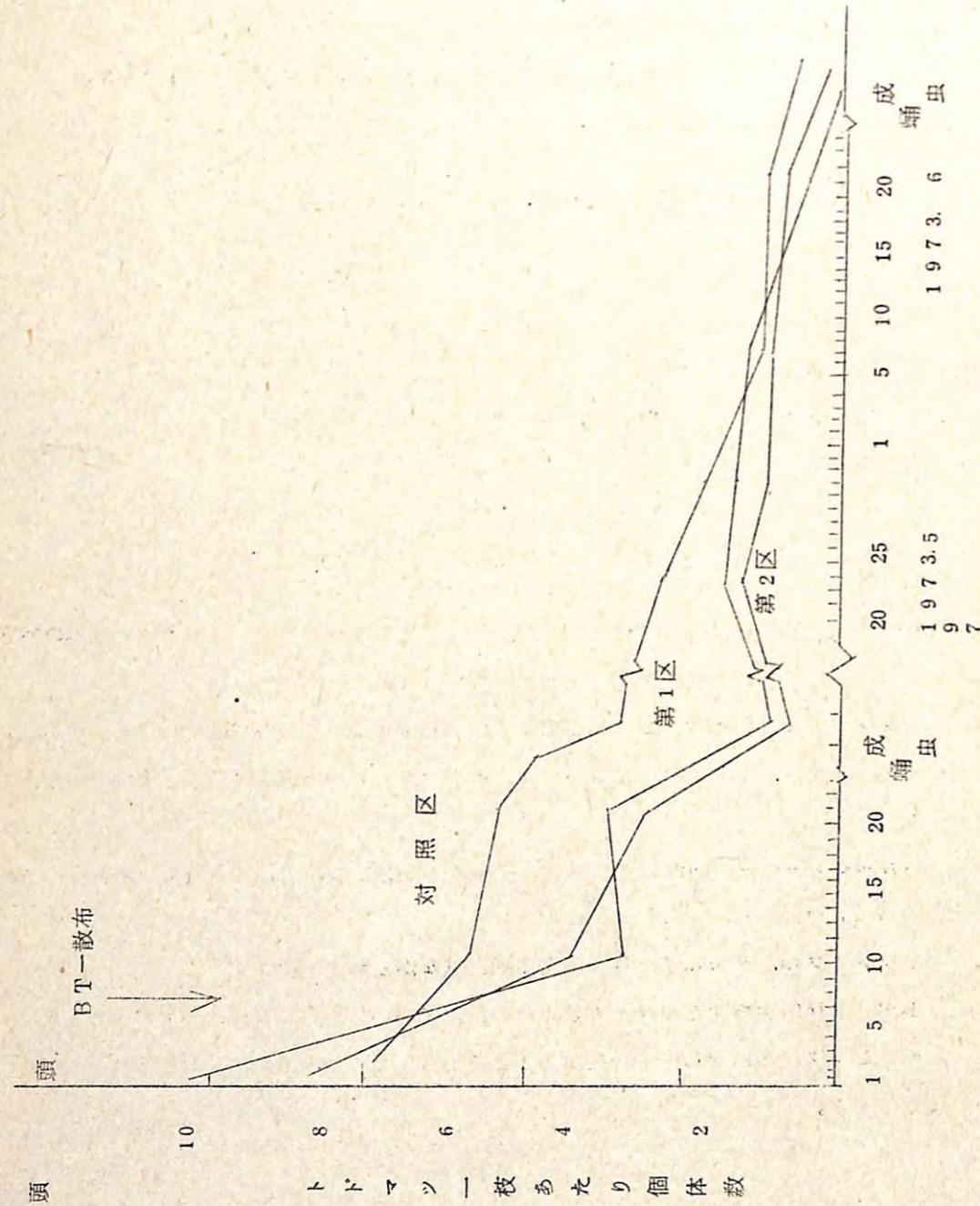


図-3 BT-散布および対照区におけるトドマツの枝先50cmあたりコロロシオビハマキ個体数の時間的变化

表-8 コスジオビハマキ以外のトドマツのハマキガ類の死亡率

種名	処理区	処理2日後		処理7日後	
		調査数	死亡率%	調査数	死亡率%
トドマツアミメハマキ	第1区	10	0	15	13.3
	第2区	11	0	26	0
	対照区	3	0	8	0
トドマツチビハマキ	第1区	7	0	5	0
	第2区	18	11.1	13	15.4
	対照区	0	-	4	0
トウビオオハマキ	第1区	1	100.0	2	100.0
	第2区	2	50.0	1	0
	対照区	0	-	1	0
タテスジハマキ等	第1区	2	0	3	0
	第2区	1	0	2	0
	対照区	1	0	0	-
モミアトキハマキ	第1区	0	-	2	0
	第2区	3	0	0	-
	対照区	0	-	0	-

表-9 ハマキガ類の捕食性天敵の死亡率

天敵名	処理区	処理2日後		処理7日後	
		調査数	死亡率%	調査数	死亡率%
ヒラタアブ類	第1区	14	0	37	0
	第2区	11	9.1	21	0
	対照区	12	0	16	0
ゴミムシ類	第1区	0	-	2	0
	第2区	1	0	2	0
	対照区	0	-	0	-
テントウムシ類	第1区	2	0	9	0
	第2区	4	0	2	0
	対照区	0	-	0	-
クモ類	第1区	21	0	12	0
	第2区	22	0	23	0
	対照区	3	0	15	0
ムカデ類	第1区	0	-	2	0
	第2区	1	0	3	0
	対照区	0	-	2	0

表-10 その他の昆虫類の死亡率

昆虫名	処理区	処理2日後		処理7日後	
		調査数	死亡率%	調査数	死亡率%
シヤクガ類 スガ	第1区	4	50.0	13	23.1
	第2区	9	11.1	15	13.3
	対照区	1	0	6	0
スガ類	第1区	2	0	16	0
	第2区	3	0	7	0
	対照区	2	0	4	0
キバガ類	第1区	0	—	3	0
	第2区	0	—	3	0
	対照区	0	—	0	—
アワフキ類	第1区	7	0	31	0
	第2区	5	0	42	0
	対照区	2	0	15	20.0
ジョウカイボン類	第1区	4	0	5	0
	第2区	2	0	8	12.5
	対照区	4	0	2	0

③ 散布Btの土壌中での残留

表-11 散布後の土壌中でのBtの消長

散布後の日数	土壌1g当り芽胞数	
	第1区	第2区
直前	0	0
直後	1×10^5	1×10^5
7日	0	1×10^3
30日	0	2×10^4
3ヶ月	1×10^3	0
11か月	0	0
12か月	1×10^4	0
16か月	0	0

調査結果を表-11に示す。物分的に約1か年後にごく少量の残存が認められたが、これが散布Btであるか土着のものであるか確認しなかった。

考察

室内における予備試験の結果ではBt特にB-65はコスジオビハマキ老令幼虫に対してほぼ100%の殺虫力がみとめられたが、空中散布では直接殺虫率は30%程度であった。種々な理由によって殺虫率の低下がもたらされているであろうが、なかでも幼虫の発育段階や気象条件などは大きな理由であったと推察された。

Btによる直接の殺虫力は、必ずしも量的に大きいものではなかったが、次世代の発生を決定する重要な要因である成虫羽化数に影響を及ぼし、散布区の羽化数は対照区の4分の1以下であった。散布翌年の発生をみても、コスジオビハマキの発生密度は低く、被害の発生はなかった。防除効果は次世代以後での個体群密度の制御の状況にも求められるもので、この点Btの散布効果は永続的な密度制御の可能性を示しているが、散布対象区においても翌年の密度が大きく減少したため、実質的な対照区とはならず、厳正な比較検討は困難であった。

2. カラマツ林のハマキガ類等のBtによる防除(木曾分保護研, 天敵微生物研)

(1) 予備試験(室内接種)

カラマツイトヒキハマキ老熟幼虫を対象にBtの数種の亜種を接種試験した結果は表-12の通りであった。

表-12 カラマツイトヒキハマキ(老令幼虫)に対するBtの病原力(

(死亡率±S.D.)

Bt 亜種	Bt.Var. galleriae	Var.aizawai	Var.alesti	Var. thuringiensis
稀釈率原液の倍率	%	%	%	%
$2^8 \times 100$	60 ± 4.3%	55 ± 1.9	25 ± 1.9	35 ± 1.0
$2^5 \times 100$	40 ± 1.8	35 ± 1.0	60 ± 3.7	65 ± 1.9
$2^4 \times 100$	55 ± 1.0	45 ± 3.4	85 ± 1.9	40 ± 3.7
$2^3 \times 100$	35 ± 2.5	60 ± 1.6	60 ± 2.3	55 ± 3.0
$2^2 \times 100$	75 ± 2.5	65 ± 2.5	65 ± 1.9	70 ± 2.6

この結果カラマツイトヒキハマキはBtに感受性であることがわかった。いずれのBtも400倍すなわち芽胞数で $10^8 \sim 10^9/ml$ 液で65~75%の死亡率であった。若令に対

してはもっと効力があると推察された。

(2) 野外散布試験

(a) 岩村田営林署長倉山国有林109班のカラマツ林に発生したカラマツイトヒキハマキを

対象に散布試験を行なった。

供試BtはBt. Var galleriae, Var aizawai, およびVar. alestiの3種で, 1区面積10×10m, 調査対象木を各区20本選んだ。

Btはいずれも1,000倍液を用い, 400ℓ/haの割合で動噴により散布した。対照としてMEP1,000倍液を用いた。

調査に当っては枝にカンレイシヤ袋をかける方法で死亡率を調べた。また枝のサンプリングによって密度調査も行なった。

試験結果

調査の結果を表-13~15に示す。

表-13 散布1週間後採取した枝の調査結果(1週間後)

区 分	枝 数	幼虫数	健全虫	死 虫	死虫率
Bt.var.galleriae	38	238	209	29	12.2%
var.aizawai	42	279	247	32	11.4
var.alesti	44	444	372	72	16.2
M E P	40	375	122	253	67.5
対 照	38	321	307	14	4.3
M E P (24時間後)	40	199	17	182	91.5

◎ 薬剤散布 4.8.6.6 ◎ 調査月日 1週間後 6.1.2
1週間後 6.1.9

表-14 散布2週間後採取した枝の調査結果(2週間後)

var~galleriae	38	303	170	133	43.9
var.aizawai	42	345	215	130	37.7
var.alesti	44	243	127	116	47.7
M E P	40	220	86	134	60.9
対 象	38	293	265	28	9.5

表-15 (a) 寒冷沙袋による調査結果(1週間後) (b) 同 左(2週間後)

区分 %	一週間後の状況と死虫率					健全幼虫の更に一週間後				
	調査幼虫数	健全幼虫	死虫	蛹化	死虫率 %	調査幼虫数	健全虫	死虫	蛹化	死虫率 %
var.galleriae	21	73	65	8	10.9	18				27.7
	22	44	39	5	11.3	23				58.9
	23	51	46	5	9.8	17				36.9
	24	99	85	14	14.1	48	12			56.4
var.aizawai	29	35	31	4	11.4	11				35.4
	30	23	21	2	8.7	15	1			71.4
	31	87	78	9	10.3	36	1			46.1
	32	19	18	1	5.3	62				66.7
var.alesti	41	35	29	6	17.1	13				44.8
	42	32	29	3	9.3	9				31.0
	43	12	12	1	7.7	5				41.7
	47	18	15	3	16.6	3				20.0
MEP53	53	73	18	55	75.3	12	5			66.7
	54	20	3	17	85.0	0				0
	55	77	15	62	80.5	6				40.0
	56	46	2	44	95.6	2				100.0
対照	5	68	65	1	1.4	7	20			10.7
	8	71	68	3	4.2	5	31			73
	11	27	24	1	3.7	2	13			83
	12	35	32	1	2.8	2	16			62
(b) 同左	17	90	53	28	9					31.1
	18	67	38	25	4					37.3
	19	35	20	15						42.8
	20	47	23	19	5					40.4
(b) 同左	33	18	10	5	3					27.8
	34	34	20	11	3					32.4
	35	28	13	12	3					42.9
	36	22	12	9	1					40.9
(b) 同左	44	17	8	8	1					47.1
	45	32	20	9	3					28.1
	46	28	15	13						46.4
	48	34	19	12	3					35.3
(b) 同左	57	20		20						100.0
	58	12		11	1					91.7
	59	17	1	16						94.1
	60	19		18	1					94.7
(b) 同左	6	94	67	17	10					18.1
	7	42	30	11	1					26.1
	9	46	38	4	4					8.6
	10	33	24	6	3					18.1

◎ 薬剤散布月日 4.8.6.6
◎ 調査月日 1週間後 4.8.6.1.2
2週間後 4.8.6.1.9

枝のサンプリングにより調査した結果は1週間後で10~15%の死亡率であり、var.間に大差はみとめられなかった。これに対しMEP(殺虫剤)は1日後で約90%死亡した。2週間後では各var.とも40~50%の殺虫効果を示した。

カンレイシヤによる調査結果でも1週間後では10%前後、2週間後で約40%の死亡率しかなかった。以上の結果からBtは合成農薬MEPのような速効的で高率の死亡をもたらす働きはないことがわかった。

(b) カラマツの害虫イトヒキハマキ、およびツツミノガの防除にBt利用の可否をみるため、岩村田営林署長倉山国有林74林班カラマツ林で散布試験を行なった。

カラマツ林0.1haにBt.var.thuringiensis 1.000倍液(芽胞数 $10^8/ml$ 液)を200g/haの割合で散布し、散布区および無散布区における生存幼虫数の変化を散布直前、1、2、3週間後の4回調査した。

調査は各区30本のカラマツを任意にとり、1本から枝先より30cm長のサンプルを、樹冠中央部の東西南北の各部分より1サンプルずつ計4サンプルをとって、そこに見いだされる全昆虫について数と生死をみた。

試験結果

調査の結果は、表-16の通りであった。

表-16 カラマツ1本分(4サンプル)当りの生存幼虫数±S.E.

処 理	対象種	直 前	1 週 後	2 週 後	3 週 後
Bt.var. thuringiensis	イトヒキハマキ	1.27±0.24 (100)	0.47±0.14 (37)	0.57±0.15 (39)	0.07±0.05 (6)
	ツツミノガ	1.53±0.32 (100)	0.93±0.23 (61)	3.23±0.51 (211)	1.37±0.27 (90)
Cont	イトヒキハマキ	1.33±0.31 (100)	0.73±0.15 (55)	0.73±0.15 (55)	0.43±0.63 (32)
	ツツミノガ	7.00±1.18 (100)	5.73±1.14 (82)	14.57±1.73 (208)	9.00±1.23 (129)

イトヒキハマキはBt散布によって生存密度が下り防除効果がみとめられたが、カラマツツツミノガではBt散布後も生存虫の密度低下はみられず、この昆虫に対して殺虫効果がないようである。

(3) 考 察

カラマツの食葉性害虫のうちマイマイガについてはウイルス(CPV, NPV)による防除が研究されてきているが、そのほかの害虫についての微生物防除の試みは、わが国ではなされていなかった。しかしカラマツ林におけるマイマイガ以外の昆虫による被害も大きく、特にイトヒキハマキ、ツツミノガ、オオチャバネフユエダシヤク等による被害は、場所により大きい。このためこれら害虫の微生物による防除を試みたが、室内および野外試験の結果から、イトヒキハマキに対してはBtによる防除が可能であることがわかった。防除効果は単にその殺虫によるばかりでなく、Btのもつ食害阻止作用による被害防止効果が大きかった。

オオチャバネフユエダシヤクは流行性のウイルスNPVが検索されたが利用に当たっての量産が困難なため実用できなかった。しかしBtに感受性であることが判明した($LC_{50} \geq 10^8 \text{ spore/ml}$)ので、Btによる防除も可能である。マイマイガもBtに対して感受性であるので、カラマツ害虫の大部分はBtを主体とする防除が可能であることがわかった。ただしカラマツツツミノガはその習性のためか、あるいは感受性がないためか不明であるが散布による防除効果は全くなかった。

3. マツカレハのCPV(細胞質多角体病ウイルス)およびBtの混用による防除 (天敵微生物研・四国支保護研・保護部昆虫1研)

(1) 基礎的実験

マツカレハの防除にCPVを利用することは速効性を要求されない条件の下では極めて有効であり、密度の変動にも影響を及ぼすものであるが、発生が目立ってきている場合には速効性が要求されるので必ずしも利用に適しているとはいえない。またBtはCPVに比較してかなり速効的であり、被害発生時の防除手段としては有効であるが、永続的な密度抑制という点では不満足である。したがってこの両者の特性を組み合わせることを目的として、CPVとBtの種々を濃度の組み合わせによる接種試験を行なって、殺虫率を調べた。

CPVとしてマツカレハCPVを、Btには血清型VとⅥに属する2系統を用いた。Btはそれぞれ原液の 4×10^0 倍、CPVは 10^4 、 10^5 、 $10^6/ml$ になるような濃度の組み合わせの液を接種原とした。

試験結果

試験の結果は表-17の通りである。

表-17 接種後毎日調査最終18日後

10日, 14日, 18日の調査によるBT剤のLC50値は表のとおり
 $\log LC = 2 + x \log 4$ LC50に相当する $x = m$ とする。
 表には m の値を示す。範囲は95%信頼限界。

CPV \ Bt	var. galleriae	var. aizawai	cont 0	
10^4	(10) $Y_0 = -0.41x + 5.70$ $m = 1.69 \pm 0.53$	x=4 3 2 1 (10) 30 % 22 % 86 % 82 %	(10^4) 16 %	
	(14) $Y_0 = -0.49x + 6.04$ $m = 2.14 \pm 0.40$	(14) 40 30 88 100 (18) 50 36 90 100	36 44	
	(18) $Y_0 = -0.48x + 6.09$ $m = 2.26 \pm 0.39$		(10^5)	
	10^5	(10) $Y_0 = -0.30x + 5.32$ $m = 1.10 \pm 0.96$	(10) 22 22 90 58 (14) 22 30 92 84 (18) 30 40 92 84	8 26 58
		(14) $Y_0 = -0.45x + 5.93$ $m = 2.09 \pm 0.48$	以上LC計算不能	
		(18) $Y_0 = -0.31x + 6.00$ $m = 3.24 \pm 0.94$		(10^6)
10^6	(10) $Y_0 = -0.40x + 6.01$ $m = 2.51 \pm 0.45$	$Y_0 = -0.54x + 6.79$ $m = 3.32 \pm 0.41$	6	
	(14) $Y_0 = -0.43x + 6.41$ $m = 3.32 \pm 0.55$	$Y_0 = -0.53x + 7.25$ $m = 4.22 \pm 0.64$	22	
	(18) $Y_0 = -0.19x + 6.15$ $m = 6.04 \pm 3.27$	$Y_0 = -0.41x + 7.28$ $m = 5.51 \pm 1.53$	68 (10^7)	
計	(10) $Y_0 = -0.38x + 5.67$ $m = 1.78 \pm 0.56$	$Y_0 = -0.50x + 6.43$ $m = 2.83 \pm 0.39$	16	
	(14) $Y_0 = -0.49x + 6.10$ $m = 2.25 \pm 0.38$	$Y_0 = -0.58x + 6.93$ $m = 3.33 \pm 0.39$	62	
	(18) $Y_0 = -0.39x + 6.20$ $m = 3.08 \pm 0.51$	$Y_0 = -0.60x + 7.23$ $m = 3.69 \pm 0.43$	90	

この試験結果からは、マイマイガの場合とちがってCPVとBtの混用が、それぞれの効果を高めているように思えない。しかしマイマイガの場合とちがって相乗的作用はみられないが、総合の殺虫率は単独の場合よりよい。経過日数が増加するほどCPVの効果が現われてくるので、併用は実用性があることが推察された。

(2) 地上散布による野外試験

高知営林局松山営林署大谷山国国有林においてCPVとBtの混合液の散布によるマツカレハ防除効果をみるため、秋の老令期に地上散布を行ない、死亡率、生存率を調べるとともに調査木における生存数の変化を調べ、また被害量の推定のために排糞量を調査した。

供試CPVはマツカレハCPV 10^{11} 個/ka, 200 l/ka 散布 Bt は B-61, 培養原液の200倍 ($10^8 \sim 9$ spores/ml), 200 l/ka 散布, 散布面積各区 2 ka, 調査は各区10本の調査木による個体数の推移およびカンレイシヤ袋による死亡率, 摂食量の調査を行った。

試験結果

個体数の推移, 死亡率, 糞量の変化等の調査結果を表-18に示した。

マツカレハ若令期にCPV, Btを単独で, または混合して散布するといずれの場合も生存率や摂食量の減少をもたらすが, 特に両者の混合液は効果が大きかった。混合するとCPVの効果もよくなる傾向であった。CPV単独区の密度の減少が遅く起こるのに反しBt区, BtとCPV混用の密度減少は早くから始まり, いわば速効的であった。また混用区の死亡の発生は, 時間が経過するとCPV区と同様になった。すなわちBtとCPVの効果を兼用した様相であった。

またこの地域ではヤドリアメバチが秋に寄生するのが, かなり高率でみられた。ハエの寄生も比較的多かった。これらの天敵昆虫の働きは, 微生物の散布によってさまたげられることはなかった。

(3) 空中散布による野外試験

CPV, Btおよびその混合のマツカレハ防除効果を検討するため, それぞれの水浮遊液を60 l/kaの割合で空中散布した。CPVは43.6 ka多角体濃度 10^{11} /ka, CPV, Bt混用区は51.7 ka多角体濃度 10^{10} /ka, Bt300倍, Bt区は55.6 ka, Bt濃度300倍, 周辺林分を無散布対照区とした。

調査は生存, 死亡率(要因別, 推移), 密度推移, 排糞量推移, Bt落下量, 状況等について行った。

(a) ○調査木1本当り個体数の推移(1974.10.17散布) ($\bar{x} \pm S.E.$)

区	Cont	Bt	Bt+CPV	CPV
10月17日	2.46±4.3(1.00)	8.5±1.0(1.00)	1.65±2.5(1.00)	1.08±2.9(1.00)
10月29日	1.64±5.0(0.67)	6.2±2.0(0.73)	9.5±2.6(0.58)	1.50±4.1(1.39)
11月20日	2.12±5.0(0.86)	4.2±1.3(0.49)	6.1±0.9(0.37)	1.00±3.1(0.93)
1975年4.14	1.80±1.5(0.73)	8.2±4.8(0.96)	6.7±1.5(0.41)	1.21±2.9(1.12)

(b) ○袋かけ法による死亡率調査

区	期 間	袋 数	総供試数	生存率	CPV	死亡 因 別 死 亡 率			Misc	死亡率計
						Bb	Dip	Hym		
Cont	10.17-10.29	5	146	100%			3.1			0%
	10.29-11.22	5	159	100			3.14	21.83	2.201	465.4
	11.22-4.21 (10.17-4.21)	3	150	63.33	0		2.00	14.00	20.67	366.7
Bt	10.17-10.29	5	475	94.11	0		1.26	0	4.63	58.9
	10.29-11.22 (累積)	5	295	96.95	0		0	0	3.05	30.5
	11.22-4.21 (累積)	5	340	55.00	0.59		2.06	19.71	2.265	450.0
Bt+CPV	10.17-10.29	5	502	86.85	1.99		1.00	0	10.16	131.5
	10.29-11.22 (累積)	5	350	81.43	14.29		0	0	4.28	185.7
				(70.72)	(14.40)		0	0	(13.89)	(292.8)

CPV	1.22-4.21 (累積)	5	344	17.73 (12.54)	4.88 (39.06)	2.33 (1.65)	15.70 (11.10)	29.36 (34.65)	82.28 (87.46)
	10.17-10.29	5	532	97.37	0.38	0	0	1.32	2.63
	10.29-11.22 (累積)	5	402	83.83 (81.63)	11.69 (11.76)	0 (0.94)	0	4.48 (5.68)	161.7 (183.7)
CPV	1.22-4.21 (累積)	5	380	18.42 (15.04)	18.16 (26.58)	4.47 (3.65)	16.05 (13.10)	42.89 (40.69)	81.58 (84.96)

注: Hymはヤドリアメバチが主であった。

(c) ○排糞量(乾燥重量%) ± S.E.

区	期 間	1 0.1 7	1 0.2 9	1 1.2 2	4.2 1	合 計
Cont	1頭当り	0.21±0.03		0.21±0.04	0.69±0.14	1.110.0%
	頭初1.0.0頭	210		210	690	
Bt	1頭当り	0.10±0.01		0.12±0.01	0.52±0.04	704.7
	頭初1.0.0頭	100		115.1	489.6	
Bt+CPV	1頭当り	0.06±0.01		0.13±0.02	0.30±0.05	391.6
	頭初1.0.0頭	60.0		114.1	217.5	
CPV	1頭当り	0.10±0.01		0.14±0.01	0.33±0.03	516.4
	頭初1.0.0頭	100.0		138.0	278.4	

(a) 生存率・要因別死亡率の推移(1975.4.24~25散布)

区と事項	4.25-5.8		5.23		6.6		6.20		7.3		羽化率
	A=B	%	A	B	A	B	A	B	A	B	
Cont											
生存率	8692			7632		5139		3536		1482	75
死亡率	1308		1220	2368	3267	4861	3119	6464	5810	8518	(47)
CPV	0		0	0	0	0	0	0	0	0	
B.b.	0.47		0	0.47	495	425	624	755	857	1058	
Dip.	7.48		0	7.48	0	7.48	275	889	952	1226	
Hym.	0.47		146	1.74	792	778	0	778	0.95	812	
Misc.	467		1073	1400	1980	2911	2202	4043	3905	5424	
Bt											
生存率	7113			6119		5039		4942		4376	93
死亡率	2887		1398	3881	1765	4961	192	5058	1146	5624	(41)
CPV.	0		0	0	0	0	0	0	0	0	
B.b.	0		0	0	0	0	0	0	0	0	
Dip.	979		0	979	0	979	0	979	0	979	
Hym.	0		0	0	353	216	0	216	0	216	
Misc(+Bt)	1907		1398	2901	1412	3765	192	3862	146	4428	
Bt+DCV											
生存率	4608			3630		2974		2613		1884	47
死亡率	539		2123	6370	1806	7026	1215	7387	2788	8116	(16)
CPV.	0.4		330	201	139	251	187	307	192	357	
B.b.	0		0	0	0	0	0	0	0	0	
Dip	490		0	490	0	490	0.93	517	673	693	

Hym.	196	0.94	239	278	340	0.93	367	0	367
Misc(+Bt)	4657	1698	5439	1389	5943	841	6193	1923	6695
DCV.									
生存率	8169		6915	5022		3840		1752	65
死亡率	1831	1535	3085	2737	4978	2353	6160	5437	8248
CPV.	0.47	0.99	1.28	0	1.28	294	276	291	388
B.b.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dip.	892	0.50	934	0	934	294	1082	971	1455
Hym.	0.94	3.47	3.77	7.37	8.87	0	8.87	0	8.87
Misc.	798	1040	1648	2000	3031	1765	3917	4175	5520

注: A: 期間初数に対する率 B: 散布時(頭初)数に対する率の累積
羽化率は頭初数に対する比, ()内は♀の羽化率

(b) 排糞量, A期初1頭当重量, B頭初1.000頭幼虫の蛹化までの各期毎の重量, C.Bの累積

区 項 期	Cont			Bt			Bt+DCV			DCV		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
4.24-5.8	0.88	880.0	880.0	0.37	370.0	370.0	0.18	180.0	180.0	0.84	840.0	840.0
-5.23	0.97	843.1	1723.1	0.69	490.8	860.8	0.51	235.0	415.0	0.96	784.2	1624.2
6.6	1.17	892.9	2616.0	1.77	1083.1	1943.9	1.18	428.3	843.3	1.37	947.4	2571.6
-6.20	1.96	1007.2	3623.2	4.79	2413.7	4357.1	2.74	814.9	1658.2	3.03	1521.7	4093.3
-7.3	1.15	406.6	4029.8	3.32	1640.7	5997.8	2.29	598.4	2256.6	1.47	564.5	4657.8

表-20 落下糞量による幼虫数の推定とその推移

	受け枠 %	推定幼虫数 / m ²					卵塊 Sept.19
		Apr.18	May 7	May 8	June17	June18	
CPV区(1)	64	20.12	12.40	14.87	6.43	9.76	0/13本
	94	9.88	2.12	1.58	0.21	0.55	
	95	29.10	10.51	9.18	1.91	2.15	
	121	14.49	5.46	8.73	4.89	0.47	
	122		11.19	12.33	9.77	4.13	
	$\bar{x} \pm S$		18.40±8.27	8.34±4.37	0.34±5.00	4.64±3.76	
CPV区(2)	104	8.21	2.35	2.32	1.58	0.45	
	105	0.54	2.23	1.71	3.62	1.78	
	106	3.89	1.52	3.98	4.81	0.86	
	142	11.38	10.86	10.08	5.38	6.64	
	143	2.46	2.18	2.56	1.97	0.40	
	$\bar{x} \pm S$		5.30±4.42	3.83±3.94	4.13±3.43	3.47±1.68	
(Bt+CPV) 区(1)	123	10.61	1.01	4.69	2.87	0.96	1卵塊 (78粒)
	124	14.33	3.46	4.65	3.04	2.31	
	125	17.26	5.53	7.07	0.71	1.06	
	126	20.41	8.99	13.78	2.95	3.72	
	127	11.23	7.19	7.54	3.85	7.35	
	138	10.27	6.73	8.41	4.60	5.62	
$\bar{x} \pm S$		14.02±4.12	5.49±2.86	7.69±3.35	3.00±1.31	3.50±2.58	
(Bt+CPV) 区(2)	62	30.00	7.73	9.20	1.81	1.21	
	65	30.57	8.78	10.37	3.67	1.55	
	66	18.84	5.25	4.03	1.85	1.60	
	69	14.45	4.13	4.37	2.59	1.30	
	70	27.86	11.45	11.22	3.36	1.75	
	$\bar{x} \pm S$		24.33±7.26	7.47±2.90	7.84±3.40	2.66±0.85	

表-20につづく

	受け枠 %	推定幼虫数 / m ²					卵塊 Sept.19
		Apr.18	May 7	May 8	June17	June18	
Bt区 (1)	73	30.55	3.65	3.27	24.38	14.35	3卵塊 (644粒)/ 25本
	74	0.78	5.05	3.73	11.71	8.15	
	75	140.35	19.97	12.94	63.73	40.30	
	82	16.32	14.30	15.34	6.84	8.99	
	119	76.27	14.15	13.42	8.01	5.32	
	120	14.38	0.89	0.59	11.95	9.93	
$\bar{x} \pm S$		46.61±53.24	9.67±7.51	8.22±6.37	21.10±21.79	14.51±12.97	
Bt区 (2)	83	11.82	2.09	2.99	0.68	0.56	3卵塊 (599粒)/ 7本
	111	14.14	6.58	6.32	2.74	0.29	
	112	3.92	1.89	0.99	0.24	0.18	
	113	4.72	4.28	4.41	1.60	0.55	
	114	4.29	2.94	1.49	1.23	0.33	
	$\bar{x} \pm S$		7.78±4.83	3.56±1.94	3.24±2.18	1.30±0.96	
対照区 (1)	72	9.63	8.77	15.67	10.62	7.98	2卵塊 (710粒)/ 44本
	79	29.38	30.11	38.75	6.34	5.91	
	80	79.49	58.45	101.87	43.03	24.63	
	81	70.44	68.62	108.87	4.28	5.05	
	137	61.85	51.17	76.40	18.12	17.24	
	$\bar{x} \pm S$		50.16±29.51	43.43±23.98	68.31±40.25	16.48±15.76	
対照区 (2)	129	31.44	13.07	18.26	6.92	6.86	
	130	10.83	8.22	9.67	1.73	0.78	
	131	1.65	0.97	1.78	1.49	1.08	
	135	3.00	3.49	3.98	1.37	0.64	
	136	4.50	0.94	1.49	0.28	0.39	
	$\bar{x} \pm S$		10.28±12.34	5.34±5.24	7.04±7.08	2.36±2.61	

表-21

(a) Bt落下状況

平板上のコロニー数(10cm ² 当り)				
Bt区			Bt+CPV区	
区内10平板平均±SD			848.7±259.6(内約18%がBt)	
352.1±146.3(内約10%がBt)				
区外上	0m	411	875(内10%Bt)	
	50m	52	0	
	100m	15	4	
	200m	2	-	
下	0m	23	0	
	50m	0	1	
	100m	0	0	
	200m	16	0	
	300m	-	0	

林木葉上のBt検出

		CPV			
松葉	Bt区25サンプル中25	Bt+CPV区25サンプル中24			
広葉樹	" 25 " 25	" 25	" 25	" 25	" 25

いずれも多数のBtを検出した。
これらのBtコロニーを水で洗いカイコに添食すると2時間~20時間で全部死亡した。

(b) 土壌1g中のBt spore数の消長

採集日	Bt区		Bt+CPV区	
	採集か所別max	区max	採取か所別max	区max
4.23 散布前	0 0 0	0	0 0 0	0
4.24 // 後	1.55×10 ⁶ 2.5×10 ⁵ 0.2×10 ⁴	1.55×10 ⁶	5.0×10 ⁵ 5.0×10 ⁵ 1.60×10 ⁵	1.60×10 ⁶
5.22	0 10 ⁵ , 5.3×10 ⁵	5.3×10 ⁵	3×10 ⁵ , 10 ⁵ , 0.5×10 ⁵	3.0×10 ⁵
6.17	0 0 0	0	3.5×10 ⁴ , 10 ⁴ 0	3.5×10 ⁴
10.16	0 1.03×10 ⁸ , 0	1.0×10 ⁴	1.0×10 ⁵ , 0 0	1.0×10 ⁵

試験結果

調査の結果を表-19~21に示した。

生存率, 死亡率, 排糞量についての調査結果は次のとおりである。

- ① Bt単独散布により2週間以内の死亡率を高めることができるが, その後は死亡率の増大を認めることができなかつた。Cont区に比較して生存率がよいのは, 極めて低密度地帯であったためと思われる。
- ② CPV単独散布により4週間後まではCont区に比較して高い死亡率を示していたが, それ以降はCont区の死亡状況と全く同じであった。Cont区が超高密度で, 個体群がハエや軟化病で急激に消滅していくと同様な生存曲線を描いたことは, それ程高密度でない部分としては1つの散布の効果と考えられるであろう。Cont区に黄蘗病の流行があったのに(10%以上死亡)対しCPV区にはこれがなく, この糸状菌の働きと同じ効果をCPV(率としては低いが, ハエ, Misc.などの率への影響も含めて)が果たしたと考えてよい。
- ③ 両者の混用は極めて有効であった。2週間以内の死亡率も大きく, 速効的であり, その後の死亡も各期とも平均20%以上であり, Cont区よりはるかに低密度であるにもかかわらず, 大きな死亡率を得た。BtとCPVの混用はマツカレハ防除に有効であることが確認された。しかもCPV量は単用の10分の1で十分である。
- ④ 死亡率でみられた傾向は排糞量からみても同様であった。
- ⑤ 微生物の散布は他の天敵の働きにすくなくともマイナス効果は及ぼしてはいないといえる。

排糞数から個体数を推定する方法で個体数の推移をみた場合も, 袋調査による死亡率から推定される生存率の推移と同様の傾向を示した。

また落下ドリフトについてみると, 両区とも比較的一様に散布されたと考えられる。ドリフトは少なかった。無視できる。特にBt+CPV区ではドリフトはなかった。落下Btの活性については, 葉上および平板上に落下したBtは活性があり, 特に葉上付着Bt量は多い。土壌残留についてみると, 散布後1か月間はあまり量的にも減少せずに残留していた。しかし2か月後は激減していた。6か月後にもごく僅であるが検出されたが, 土壌中で増殖更新したものであるかどうかは不明である。

(4) まとめ

マツカレハの防除には, CPV, Btともそれぞれの特徴のもとに有効であるが, 両者

を混用すると、それぞれの特性が組み合わされて、防除効果が高まる。すなわち速効性も Bt と同様あるいはやや高くなり、生存率の減少も幼虫期を通じて連続的で、比較的激しく CPV の特性を示す。

またこのような効果を示すための CPV 濃度が CPV 単用の場合の 10 分の 1 でよく、大量増殖の困難なウイルスの節約にもなる。

III Bt の大量培養について (天敵微生物研)

害虫防除のために散布する細菌 Bt はウイルスとちがって人工培地で培養できる 10 ℓ ジャーを用いての大量培養を試行し、実用化するための見通しを得た。

(1) 培地組成

C. S. L	4.0%
廃糖ミツ	2.0
KH ₂ PO ₄	0.1
MgSO ₄ 7H ₂ O	0.05
シリコン	0.1
水道水	

(2) 基本的操作

培地調製後 1 時間蒸煮し沈降器でろ過し上澄液を使用する。pH 8.5 に調整 (20% NaOH) タンクのカラ滅菌 (120℃ 30 分間) を行ない上澄液を入れて本滅菌をする。pH 7.0 となる。

種菌は菌体を揃えるため Slant 培養 (普通寒天) 12 時間のものを 100 ml の液体培地に入れ 10 時間培養したものをタンク液量の 0.01% 量を接種する。

培養温度 30℃ 液内攪拌 260 PPM 通気量 5 ℓ/分以下 内気圧 0.5 以下

(3) 培養時間と毒素形成

形態 経過時間	菌体	芽胞のう	芽胞	毒素	PH
21	+++	-	-	-	8.20
22	+++	-	-	-	8.30
23	+++	-	-	-	8.40
40	±	++	+++	++	8.85
41	+	+++	+++	++	8.90
42	+	++	+++	+++	8.98
45	+	++	++	+++	8.77
46	±	+	+++	+++	8.70
47	±	+	+++	+++	8.70

培養終了時 6 ℓ

(4) まとめ

40 時間で芽胞、毒素とも形成された。毒素は 42 時間でピークに達しその後はほとんど変化がなかった。

47 時間で培養を停止し総収量を求めた結果、 5.3×10^{12} コの毒素を得た。

培地調製に当っては調製後 PH の補正と 3.000 R.P.M 以上で沈降物を取りのぞくことが必要で、また通気量を多くすると芽胞の形成が悪く、しかも培地を泡立たせる原因となる。

IV モミ類、カラマツのハマキガ類

(a) ハマキガ類による被害がもっとも顕著にあらわれる 6 月上旬のハマキガ類の種構成を、任意に選定した 80 本のトドマツから 1~3 枝、計 120 枝の枝先より 50 cm 長の部分を切り取って調査した結果を表 22 に示した。この年にはコスジオビハマキが加害の主体であった (北海道支昆虫研)

表-22 トドマツ樹上のハマキガ類の種構成(北海道支昆虫研)

(1972年6月9日 北海道石狩郡)

種名	個体数	百分率(%)
コスジオビハマキ <i>Choristoneura diversana</i> Hutner	1,162	92.7
トウヒオオハマキ <i>Lozotaenia coniferana</i> Issiki	4	0.3
トドマツアミメハマキ <i>Zeiraphera truncata</i> Oku	49	3.9
トドマツチビハマキ <i>Lobesia</i> sp.	28	2.3
タテスジハマキ等 <i>Archippus</i> sp.	7	0.5
モミアトキハマキ <i>Archippus issikii</i> Kodama	3	0.2
その他	1	0.1

(b) モミ類カラマツにおける被害について(保護部昆虫1研)

従来明らかでない点が多かったモミ類、カラマツ類のハマキ類の加害実態について調べた。48~50年の3年間、中部地方のカラマツ、ハリモミを加害する小蛾類の分類、検索のため、各地で採集を行なった。その結果、カラマツヒメハマキ、カラマツイトヒキハマキが最も広範囲に採集され、標高1,500m付近でも普通にみられた。カラマツマダラメイガも分布範囲はそれ程広くないが、かなり高い密度で認められ、また、従来群馬県で僅かに採集されていたハイイロアミメハマキが、山梨県、静岡県下でも採集され、かなり広い分布範囲をもつらしいことがわかった。ハリモミ小蛾類としては *Petrova* sp. ツヅリモンハマキ、ツガコハマキが発生し、このうち新梢内部を加害する *Petrova* sp. の被害が最も著しいことがわかった。

V 摘 要

- ① トドマツのハマキ類の天敵微生物として有力なウイルスが2種類、カラマツ類で1種類、

新しく検索された。またトドマツ、カラマツのハマキ類に対して病原細菌 *Bacillus Thuringiensis* (以下Btと略す)が強い殺虫効果をもつことが判明した。Btはマツカレハ、マイマイガ等にも殺虫作用があるが、これらの害虫の病原ウイルスCPVと混用することによって、ウイルス量を大巾に節約できしかも高い効果があることが判った。その他糸状菌 *Beauveria* sp. *Entomophthora* sppが検索された。これらの微生物の中からBtが取り上げられこれを中心に試験をすすめることが決定された。

- ② カラマツのハマキ類の防除にBtが有効である。トドマツのハマキ類、特にコスジオビハマキの被害防除にBt利用が可能である、マツカレハの防除にBtとウイルスとの混用が有効である。ツガカレハの防除にもBtとウイルスの混用が検討されてよいなどの結果が地上散布による野外適用試験の結果として得られた。室内実験および地上散布試験の結果に基づきトドマツのハマキ類特にコスジオビハマキを対象にBtのヘリコプターによる空中散布試験を行なった結果害虫の個体群密度を無散布対照区の $1/4$ 以下に抑えることができ、これより被害発生を抑制することができたマツカレハに対して、BtとウイルスCPVの混用のヘリ散を行ない、Bt、CPVそれぞれの単用の効果よりも優れた防除効果を得た。しかもCPV量はその単用の場合 $1/10$ でよいことも判明した。いずれの場合もヘリ散では60l/haの散布を行なった。以上のことからマツカレハ防除にBtとウイルスの混用が実用化できるといえる。またトドマツ、カラマツのハマキ類についてもBtによる防除が実用化できる。
- ③ ウイルスは従来どおり対象昆虫を用いて大量増殖を計るが、Btは、Bt用液体培地(CSL, 蔗糖ミツなどを含む)によるタンク培養が可能である。その場合30°C培養温度で、40~48時間で培養が完了し培養物1ℓで1ka分以上のBtが得られた。
- ④ モミ類、カラマツ等のハマキガ類による被害実態が明らかになった。

林内人工更新法

I 試験担当者

関西支場造林研究室長 早 稲 田 収
" 室員 市 川 孝 義
" 山 本 久 仁 雄
" 斉 藤 勝 郎
" 藤 森 隆 郎

II 試験目的

わが国の工業化の進展，人口の都市集中，乱開発などに伴って，近年，国民の森林の公益機能に対する認識ならびに要請が急激に高まってきた。

また，生産業としても，労働賃金の高騰，低質材の価格の低迷など，諸般の情勢は従来の施業方法の継続を許さず，投入労務の低減，価値生産の増大などをはかる必要があり，このためには根本的な改革が必要と思われる。

本来，林業は森林のもつ木材質生産機能ならびに公益的諸機能を人間の目的に沿って活用しようという営みである。したがって，その諸機能の発現の源である森林の存在を部分的にしる中断することは，林業本来の目的に沿うものではない。

わが国の林業はその殆んどすべてが一斉収獲一斉更新による皆伐方式によつて営まれてきたが，今後は皆伐という行為を伴わず，恒常的に森林を存置する施業，すなわち，次収獲 次更新による非皆伐施業方式への転換が考慮されなければならない。

非皆伐施業技術は，林内更新，復層林における保育ならびに伐出技術に大別されるが，これらに関する研究実績ならびに現実林分が極めて少い現在，特に林内更新技術の確立が急がれる。

したがって，この研究はスギ，ヒノキの林内人工更新法の確立を目的とするが，研究期間の関係もあり，とりあえず粗であつても，作業実行にあつての指針としてとりまとめることを目標とした。

なお，人工更新に限定した理由は，わが国の最も主要な造林樹種であるスギ，ヒノキの天然更新はかなり困難かつ確実性に欠けるばかりでなく，天然更新を期待するためには林床の明るさの微妙な調整が必要となり，後継稚樹確保の手段のために，現在の生産の担い手である上層の扱いを制約するという矛盾を生ずるからである。

III 試験の経過と得られた成果

1. 経過

この研究は昭和47年度～50年度の間実施された。

調査は現地調査と圃場に人工庇陰条件を設定しての試験とに別けられるが、現地調査は主として、石原林材K区所有林（岐阜県明方村）今須林業地の択伐林（岐阜県関ヶ原町）姫路営林署芦谷試験地、福山営林署長者原山試験地において行ない、圃場試験は関西支場および関西林木育種場構内で行った。

検討項目は主として次のとおりである。

- 1) 林内環境条件の把握（現地調査）
- 2) 明るさの変化と稚樹の反応（圃場試験）
- 3) 明るさと稚樹の生長（現地調査，圃場試験）
- 4) 稚樹の枯死限界の明るさ（現地調査，圃場試験）
- 5) 下刈りを必要としない林内相対照度の限界（現地調査）
- 6) 品種系統別の耐陰性（圃場試験）
- 7) 直挿しなど林内更新であるために可能となる更新法（事例調査）
- 8) 更新適期および可能範囲（事例調査）

2. 成果

林内人工更新法の実行指針として次のとおりとりまとめた。

なお、この指針とりまとめのよりどころについては一部付記したが、既に報告した関連業績として下記のものがあるので参照されたい。

- 1) 早稲田収候が4，非皆伐施業法に関する研究資料，関西支場における研究概要，林業試験場，1975
- 2) 早稲田収，非皆伐施業法（その2）多段林作業，これからの森林施業，林業改良普及協会1975
- 3) 早稲田収候が2，択伐林に関する研究（I）-今須における択伐林の実態-，86回日林講，1975
- 4) 斉藤勝郎・早稲田収・庇陰条件とスギ稚樹の反応，26回日林関西支講，1975，
- 5) 斉藤勝郎・早稲田収，庇陰条件とヒノキ稚樹の反応，26回日林関西支講，1975，

林内人工更新法

1) 地拵え

皆伐施業におけるような地拵えの必要はない。

ただし、伐採木の末木枝条または灌木の繁茂のため、植付作業の支障となる場合は障害にならない程度に整理または刈払う。

2) 林内の明るさ

一般に林内更新の際の適当な明るさの範囲は次のとおりである。

人工幼令林；林内相対照度	5～20%
人工壮令林；	” 5～25%
天然林；	” 5～30，40%

更新面の明るさの下限は更新稚樹の枯死限界以上である必要がある。これは設定時のみならず、林内は経年的に暗くなるので、次期の明るさの調整時までこの値を下まわらない必要があるが、一般に明るさの経年変化は明るい場合はかなり早い、5%附近の暗い側では遅い。

スギ稚樹の枯死限界の明るさは、相対照度2～3%附近にあり、ヒノキはそれよりやや明るい側にあるので（参考資料(1)）明るさの下限の目安は事業的には相対照度5%と考えてよいが、次期伐採または枝打までの期間が長い場合は当初の設定をかなり明るい側にする必要がある。

明るさの上限は特別の理由のない限り、下刈の必要がない範囲とする。

これは下刈という労力と経費を省くということばかりでなく、下刈を必要とするということは、それだけ森林が十分に光のエネルギーを利用していない証左だからである。

下刈を必要としない上限の明るさは、林種により少くも三区区分する必要があるが、これは皆伐裸地化した経歴の有無、またはそれからの時間的経過の長短により、雑草の侵入繁茂に時間的ずれを生ずるためである。（参考資料(2)）

3) 苗木の形質

まだ充分な検討が行われていないが、皆伐更新の場合に比べて次のことが云える。

(1)スギでは品種系統により耐陰性にある程度の差があるので、耐陰性の高い系統を選ぶことがのぞましい。（参考資料(3)）

(2)小型でよい。

林内更新では下刈の必要がない。小型の方が作業工程がよく、移植の傷みも少い。大苗も小苗も同じ明るさの場所での年間伸長量は同じである。などの理由による。

(3) 皆伐更新におけるほど、苗木形質に対する要求は高くない。日射，風，温度，湿度，土壌

れ分などの条件が裸地に比べ著しく良好であるためである。

したがって、1年生苗の使用も可能であり、苗令が若いほど林内環境への適応が早い利点がある。従来の2～3年生苗では植栽当初環境適応のために1～2年を要する場合が多い。

4) 植栽本数

植栽本数は適宜決定して差支えない。

通常数1000本～3000本/ha，または伐採本数の5～10倍と考えると良い。一般に収穫周期の短い場合は少なく、長い場合は多く、林冠層の多い場合は少なく、少ない場合は多く植える。また、先行造林の場合は一斉造林の際の植付本数と異なる。

林内更新の場合は一斉更新と異なり、生育段階にともなり本数密度の調整のための間伐が不要、または少ないこと、比較的短い周期でぬき伐りと更新がくり返されるために皆伐更新の場合に比べ1回の植栽本数が著しく少なくてよい。また、次回以降の植栽時に逐次補正することもできるからである。

5) 更新の適期

林内は環境諸条件が良好であるため、皆伐更新に比べその作業適期ははるかに広がる。

通常春先から梅雨期まで可能であり、秋期の適期も広い。また苗木の移送や苗畑のローテーションに問題がない場合、およびポット苗、サック挿しなどでは夏期の更新も可能である。(注-1)

6) スギの直挿し、およびスギ、ヒノキのサック挿しによる更新(注-2)

一般に裸地におけるスギの直挿し更新は極めて良好な条件下でなくては成功しないが、林内更新ではその環境条件が良好であるためにかなり広い地域で事業化が可能になる。またサック挿しはスギ、ヒノキについてさらに広く適用できる。

したがって、スギの直挿し、およびスギ、ヒノキのサック挿しによる更新は可能な限り積極的に採用することがのぞましい。経費・所要労務が著しく低減されるからである。

直挿しおよびサック挿しを行なう場合は次の事項に留意する必要がある。

- a. 発根性の高い系統を用いる。
- b. 穂は採穂園または10年生前後までの造林地から採取する。
- c. 活着成績が良好な場合は大穂を用いるのが有利であるが、不良な場合は小型のものを用いる。
- d. サック挿しは石礫の多い場所、尾根筋など直挿しの活着成績の不良地およびヒノキに用いる。

7) 補植

林内では環境条件が良好であるために、苗木植栽で枯損が発生することは稀であり、通常その必要はない。

8) 下刈

適当な林内照度の範囲に保たれる限りその必要はない。

限界を越えて明るくした場合は下刈が必要となるが、その所要労務は皆伐地に比べて少なく、また効果の持続期間も長い。

また、林内更新の場合は下層植生におおわれても必ずしも下刈が必要とは云えない。

裸地での雑草灌木の被圧による悪影響は、急激かつ大きい光環境の変化に起因するものよりであり、常時かなりの庇陰下にある林内では雑草木におおわれても環境の変化は小さく、したがって、稚樹に及ぼす影響も少いからである。

9) つる伐り

つるの発生・繁茂が著しいほど林内を明るくしない限り、つる伐りの必要はない。

10) 林内照度の調整

林内照度は経年的に変化し逐次暗くなるので、必要に応じ上木の伐採または枝打により調整する。

伐採は利用適材の収穫として行うことがのぞましいが、上木に利用適材がない場合と、上木または中木が枝打の適期にある場合は枝打によつて行なう。

明るさの上限は最下層が草高を脱しない期間は、これに下刈の必要を生じない範囲とするが、草高を脱してからはその制約はなくなる。

林内照度の調整を必要とする時期を見別ける指標としては、最下層木の先端の高さでの相対照度を用いてもよいが、事業的には最下層の稚樹の年間伸長量によるのが实际的である。スギでは年伸長の平均が5～6cmに達した時期を目安とする。(参考資料(4))

また、地床植生を指標とする場合は、林床が植生によつて疎におおわれる状態を明るさの下限とする。林床にかんりの草本が残っている条件で更新稚樹が暗さのために枯死する事例は認められないからである。

11) 林種転換のための林内更新(広葉樹林内への人工更新)の際の留意事項

広葉樹林からスギ、ヒノキ林への林種転換の場合も、これを皆伐裸地化することなく、林内人工更新を行ない、その後広葉樹を除いて針葉樹林化することが保全的にも、労務・経費の面からも有利である。

なお、当初広葉樹下にあるために、稚樹の生長は皆伐地に比べて遅れるが、この程度の遅れは広葉樹除去後の旺盛な生長によって回復するものと思われる。

- (1) 林内照度の調整のための伐倒は下層の低いものから行なう。これは上層木を伐倒しても中下層の繁茂によって、更新面の明るさの調節は困難だからである。
- (2) 植栽（または挿付）作業に支障がない限り伐倒に先行して植栽を行なう。この逆の手順によれば、後に行なう植栽のために伐倒木の整理作業が必要となり、多くの労務を必要とするからである。但し、大径木の伐倒を必要とする場合は、これに伴なり稚樹の損傷のおそれがあり、この限りではない。
- (3) 林内相対照度は約30%を目標とする。この程度までは通常下刈が必要とならない。
- (4) 更新稚樹が草高を脱した時期に（普通7～8年から10年後）上層広葉樹の巻枯し、又は伐倒を行なう。

注-1、林内更新における更新適期については、苗木植栽による事例は少ないが、スギの直挿しについては石原山林（岐阜県）における4月～6月、および秋の事業実行事例がある。スギ・ヒノキのサック挿しについては、愛知県民有林における7月下旬、8月上旬における実行成功例がある。

注-2 サック挿しとは、不織布の径約3cm、長さ15cm～20cmの袋に赤土を入れ、穂を挿した後に、一晚EB-a（土壌改良剤であり、発根促進効果もある）の300～500倍液に浸漬した後、これを山に埋める方法である。（京都府の林業、No.192, 1974 および関東林木育種場年報、No.8, 1971, No.9, 1972参照）
林内更新ではかなり高い活着成績が期待される。

和歌山県、岐阜県、愛知県の民有林における事業化試験の結果は、スギ、ヒノキともほぼ100%に近い活着成績を得ている。

12) 参考資料

上記林内人工更新法とりまとめの基礎となつた個別の成果の一部の要約は次のとおりである。

(1) 稚樹の生存限界の林内相対照度

林内更新地におけるスギ（ヒズモスギ）稚樹の梢端部位の平均相対照度と枯損本数率とのいくつかの例を表-1に示した。

東芝SPI5型照度計により、何れも8月上旬の10時～14時の間の測定値である。

平均相対照度3%以上で枯損例はなく、また、50%の枯損率の林分で、生存・枯損別各

30本について測定した結果、枯損木では1～2%、生存木では3～4%であつた。

これらの結果から、盛夏における稚樹先端部の相対照度2～3%がスギ稚樹（高さ1m程度以下）の生存限界の明るさと判断した。

広葉樹林内では相対照度2%で何れも枯損木がでていないのは、落葉樹であるために常緑樹林での値とは意味が異なるためである。

なお、ダイオシートなどで人工的に作った庇陰条件下での試験においても、相対照度の意味が異なるにもかかわらず、ほぼ同様の数値を得ている。

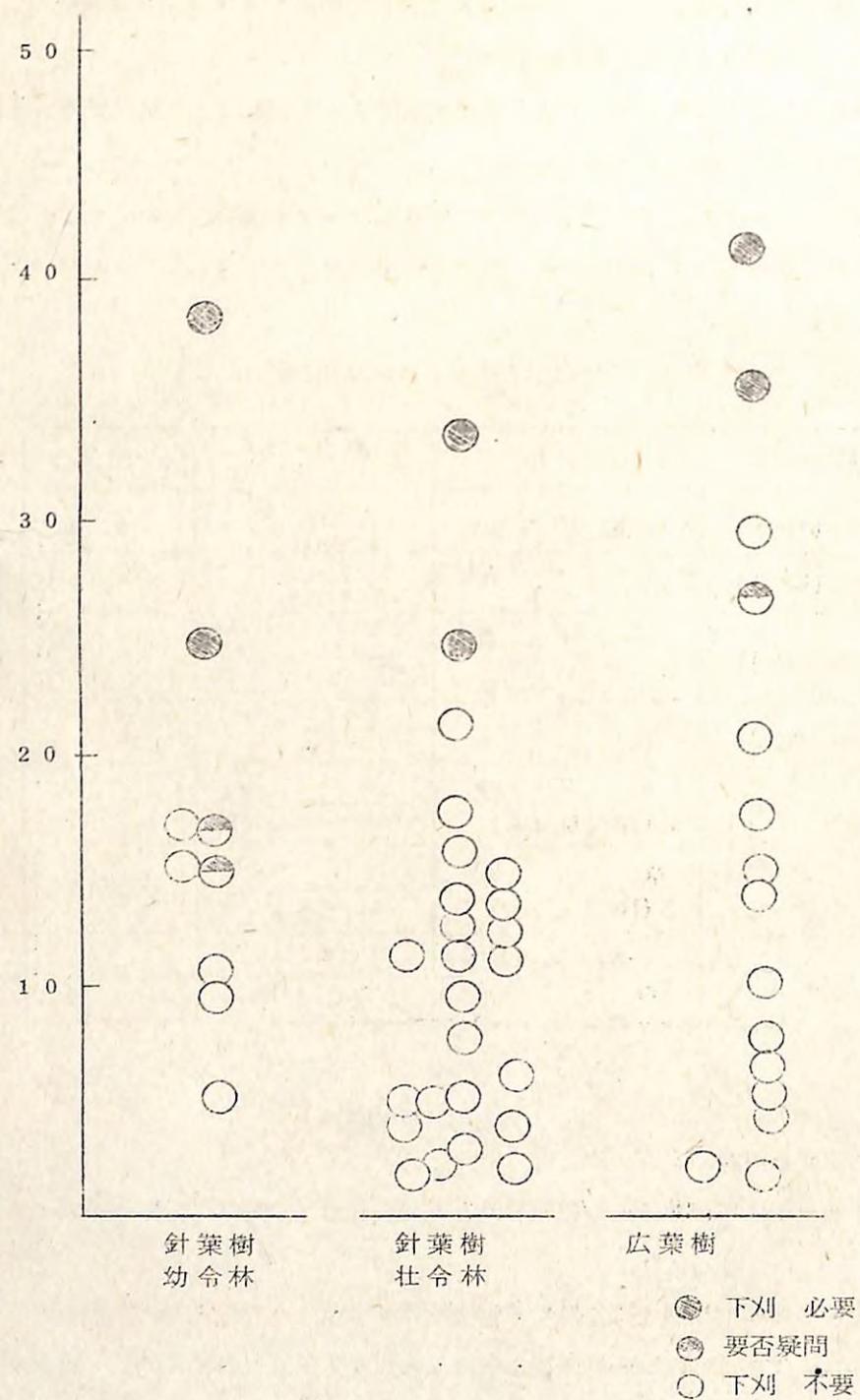
表-1 林内相対照度とスギ稚樹の枯損

上層樹種	下層植生	稚樹先端の平均照度	枯損率
ヒノキ(社令)	小灌木点在	$\frac{2}{1\sim4}\%$	50%
ヒノキ(社令)	灌木点在	$\frac{2}{0.6\sim6}$	20
ヒノキ(社令)	低灌木 草本点在	$\frac{3}{1\sim5}$	0
ヒノキ(社令)	草本	$\frac{6}{3\sim8}$	0
落葉広葉樹	サ_サ (H: 1.4m)	$\frac{2}{0.8\sim5}$	0
"	草_本 (H: 0.2m)	$\frac{2}{1\sim3}$	0
"	ササ・ヤマソテツ 点在	$\frac{2}{1\sim11}$	0

(2) 林内相対照度と下刈の要否

林内更新地において、林内平均相対照度と下刈の要否について調査した結果を図-1に示した。

下刈の要否の判断は下刈を行なわなくとも枯死せず、また将来性を失なわないことを判断の基準とした。具体的には経年的観察、樹型、葉色、生長および枯損個体の出現などを判断の拠りどころとした。



図一 林内照度と下刈の要否

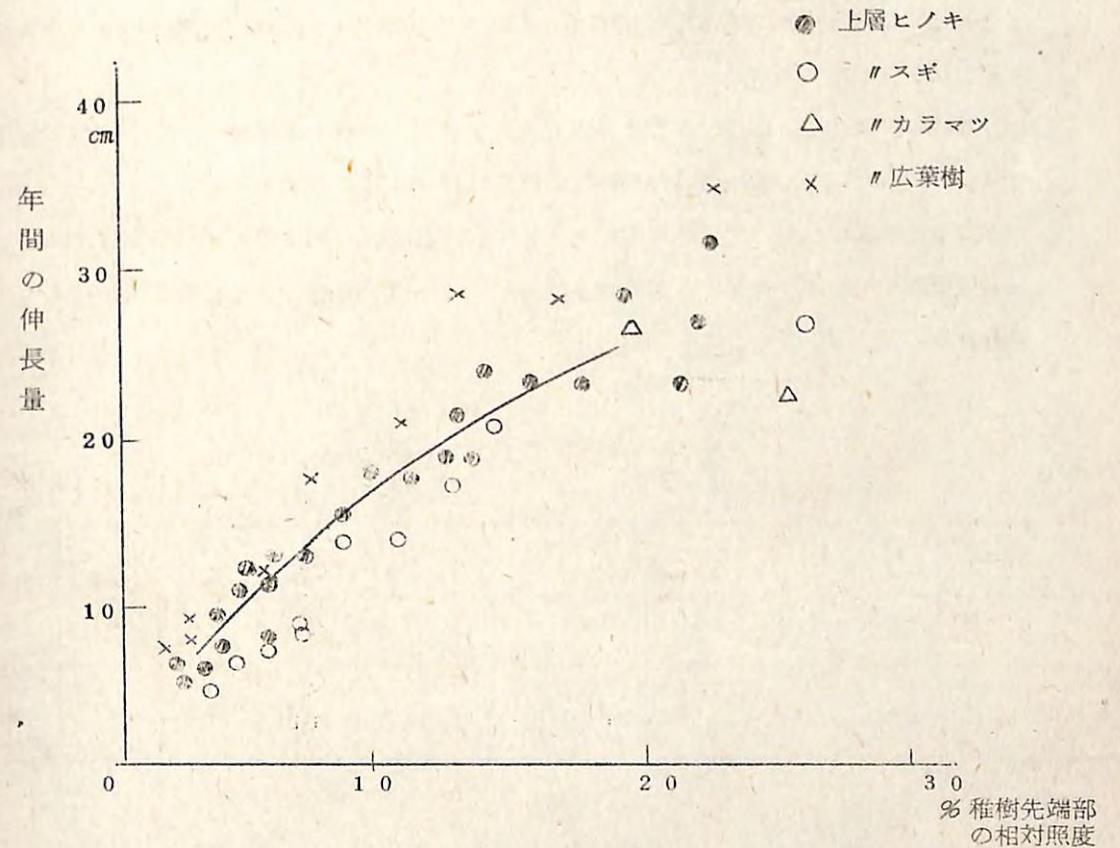
(4) 林内照度とスギ稚樹の年間伸長量

林内更新地において、スギ（主としてヒズモスキ）稚樹の先端部位（地上0.4～2m）の平均相対照度と1年間の平均伸長量を調査した結果を図一2に示した。

相対照度15～20%以下の明るさでは、光が生長の制限因子となり、明るさと伸長量の間には高い相関がある。それ以上では、明るくなるほど立地条件や下刈などの保育作業の影響が大きくなる。

したがって、相対照度15～20%以下の林内では、更新面の明るさの指標として稚樹の年間伸長量を用いることができると思われる。また、林内更新の初期にはほとんどがこの条件にあてはまる。

上層が広葉樹の場合に、全般に点が高い位置にあるのは落葉樹のためである。



図一2 林内照度と稚樹の生長（スギ）

下刈不要の明るさの限界は林種により少くも3区分する必要がある、林の区分と下刈不要の限界の林内照度を次のように判断した。

人工幼令林；20%以下；人工壮令林；25%以下，天然林（多くは広葉樹林）；30～40%以下，

(3) スギの品種系統別の耐陰性

スギのクローン別の耐陰性を検討するために，関西林木育種場構内の圃場において，同場と共同で試験を実施した。その試験設計と結果の概要は次のとおりである。

供試クローン数；72系統

供試本数；1クローン30本

設定相対照度；2.4%（ダイオシート12号2段がけ）

設定；1972, 3

2年間の結界では枯損率3%のもの1系統（高野1号）同100%のもの2系統（真庭37号，東牟婁3号）であり，枯損率50%以下のものが43系統（60%）50%を超えるものが29系統である。

各系統の耐陰性の位置づけができるとともに，供試された72系統がスギのすべてを代表するものではないが，その耐陰性のはばをほぼ推察することができる。

なお，この試験において，相対照度2.4%に設定して概ね満足できる結果を得たことは，スギ稚樹の平均的な生存限界の明るさを相対照度2～3%附近とした判断を裏付けるものと思われる。

表-2 枯損率別のクローン数

1974.4.3調査

枯 損 率	1 ~10	11 ~20	21 ~30	31 ~40	41 ~50	51 ~60	61 ~70	71 ~80	81 ~90	91 ~100
クローン数	6	8	9	12	8	7	8	7	3	4
全クローン に対する比 率 %	8	11	13	17	11	10	11	10	4	6

電算機による生産力調査法

I 試験担当者

経営部経営第2科測定研究室

栗屋仁志, 神戸喜久, 西川匡英, 椎林俊昭, 天野正博

II 試験目的

経営システムからみて, 収穫規整は, 経営目的を達成するうえで必要な合理的な年齢配置を得るという条件の基に, 各林分に最適の施業法を配分するために用いられる手段であると考えることが出来る。このためには, 色々な林分の伐期までの収穫量が, 各種の施業方法によってどのように変化するかを予測する方法の確立が重要な課題となる。

この研究は, 用材生産林の主要部分を占める単純同齡林について, 無間伐を含めて各種の強度の間伐を施した場合の収穫予想を行なうための方法の開発と電算機によるプログラムの作製を目的として行なったものである。

III 試験の経過と得られた成果

1. 概説

従来国有林で採用されている間伐方法は, 主として定性的間伐方法であり, 間伐強度も対象林分の総本数や総材積に対する間伐木の値の比率で示されることが多かった。したがって, 残存木の密度が同じであっても間伐強度が異なる場合が多く, このような間伐強度の表示方法は, 残存木の生長過程の解析に基礎を置く収穫予想には不適當であると考えられる。

最近では, 密度管理図の収量比数による本数管理の方法が広く用いられるようになっているが, これは, 残存木の林分密度によって間伐の程度を示すものであり, この収量比数による管理方式別の収穫予想を検討することも考えられる。しかし, ここでは, 収量比数と同じように残存木の密度を表わす指標として平均幹距と林分高の比すなわち相対幹距比で本数管理を行なう場合の収穫予想方法を検討することとした。

林冠が閉鎖されている状態での単純同齡林の林分構成因子の生長過程は, 林分高を林齢と地位の関数として推定し, 平均直径, ha あたり断面積, 材積を林分高, 林分密度, などの関数として推定する, いわゆる二段法によって, かなり満足のいく推定のできる事が知られている。しかし, 間伐によって林冠が破られた場合には, 残存木の生長過程は, 林冠の閉鎖状態が回復するまでは, 自然推移の場合とは異なるので, どのような過程を通して, 自然推移の状態に回復するかを解明しないと, 管理方式別の収穫予想を行なうことができない。

このため、名古屋営林局新城営林署管内で、自然推移に近いが、間伐後かなりの年数が経過し、被圧による枯損が生じているヒノキ林分について、表-1に示すとおり、自然推移を含めて、残存木の密度が3種類の相対幹距比になるように間伐を行なった4試験区を1組とし、各年齢にわたって5組の試験地を設定すると共に、20年生から80年生にわたって、36個の標準地を調査し、自然推移の場合の生長過程解析の資料とした。

表-1 間伐試験地の間伐前後の林分構成

試験地	鱒沢1号				鱒沢2号				鱒沢3号	
	22				78				53	
林 齢										
密度水準(%)	自然	21	17	13	自然	21	17	13	自然	21
林 分 高(m)	8.4	8.4	9.4	8.7	18.4	21.3	21.4	21.0	16.2	18.1

間 伐 前

平均直径(cm)	11.6	11.5	12.7	13.0	29.9	32.4	30.1	30.1	22.1	21.8
相対幹距比(%)	(16.7)	(17.3)	(16.8)	(17.4)	(17.6)	(17.2)	(16.1)	(14.4)	(14.8)	(13.0)
断面積/ha (m ²)	21.2	21.7	19.9	21.3	19.4	18.0	17.1	15.9	16.3	13.9
材積/ha (m ³)	34.7	32.9	38.2	41.1	56.1	57.1	59.3	65.2	56.0	60.4
材積/ha (m ³)	151	139	177	180	500	586	622	663	462	550

間 伐 後

平均直径(cm)		12.2	13.1			33.4	30.3			23.2
相対幹距比(%)		(18.9)	(17.8)			(20.0)	(17.1)			(15.4)
断面積/ha (m ²)		23.7	21.1			21.0	18.1			16.5
材積/ha (m ³)		30.6	35.6			44.0	53.9			48.1
材積/ha (m ³)		131	168			447	565			442

試験地	鱒沢4号				裏 谷					
	31				44					
林 齢										
密度水準(%)	17	13	自然	21	17	13	自然	21	17	13
林 分 高(m)	18.9	18.2	11.9	12.9	13.6	13.1	13.0	14.8	13.6	14.9

間 伐 前

平均直径(cm)	23.2	21.6	13.9	16.3	14.1	13.5	16.8	19.0	17.6	18.2
相対幹距比(%)	(14.2)	(12.6)	(11.2)	(14.6)	(11.3)	(12.1)	(12.9)	(12.4)	(14.4)	(13.2)
断面積/ha (m ²)	15.4	13.9	14.5	16.2	12.7	13.3	15.5	14.6	16.5	14.4
材積/ha (m ³)	52.0	60.7	53.9	49.8	55.2	49.4	56.3	63.6	50.4	58.2
材積/ha (m ³)	494	554	329	319	369	328	372	458	342	435

間 伐 後

平均直径(cm)	25.2	22.3		17.3	15.6	14.1		21.6	18.7	18.4
相対幹距比(%)	(16.9)	(13.4)		(16.8)	(13.8)	(13.2)		(16.8)	(16.0)	(13.4)
断面積/ha (m ²)	18.3	14.8		18.6	15.4	14.6		19.8	18.4	14.7
材積/ha (m ³)	41.7	55.5		42.0	44.4	44.8		43.5	45.0	57.0
材積/ha (m ³)	408	522		272	303	298		318	308	426

注 ()は上層高から算出したものである。

2. 林分高の生長過程

林分高の生長過程は、その地域に適用できる地位指数曲線群があれば、林齢と地位指数の関数として推定できるが、この研究では、地位指数曲線群を新たに作製するために必要な資料の収集ができなかつたので、調査対象地域の林分高の平均的生長傾向を求め、現在の林分高との関係から、その林分の将来の林分高を推定する方法を用いることとした。

調査地域として選んだ段戸国有林の高齢級のヒノキ林分内で名古屋営林局が樹幹解析によって求めた林齢別の林分高に、修正指数曲線式をあてはめて、次式が得られた。

$$H(t) = 56.51 - (47.32)(0.9716) \exp\{(t-30)/10\} \dots\dots(1)$$

ここでtは林齢である。

この式によれば、高齢になっても樹高生長は衰えず、木曾地方ヒノキ林分収獲表の1等地および名古屋営林局作製の高齢級ヒノキ林分収獲予想表の2等地の樹高生長曲線にあてはめた修正指数曲線の到達可能と考えられる最高林分高の値に比して、著しく大となっている。

$$\text{木曾ヒノキ1等地 } H(t) = 38.86 - (28.22)(0.9424) \exp\{(t-30)/10\} \dots\dots(2)$$

$$\text{高齢級ヒノキ2等地 } H(t) = 30.91 - (20.58)(0.9225) \exp\{(t-30)/10\} \dots\dots(3)$$

したがって、後者の値を参考にして、70年生以上の値を修正した、表-2に示す値を用いて求めた次式で、平均的生長傾向を表わすこととした。

$$H(t) = 35.28 - 29.21(0.893) \exp\{(t-20)/10\} \dots\dots(4)$$

林分収獲表や収獲予想表の地位別の樹高生長傾向は、通常平均的生長傾向に対する比例的な関係を用いて求められている。最もよく用いられるのは、年齢別に求めた標準偏差の定数倍した値を、平均的生長傾向(中心線またはガイドカーブ)に加減する方法である。愛知、岐阜南部ヒノキ林分収獲表の地位級区分に用いられた標準偏差の2倍の幅を、(4式で求めた中心線の

上下にそれぞれとると、調査地域の林分高の大部分が、含まれることがわかった。したがって、この齢級別標準偏差から求めた次式で、この地域の値を求めることとした。

$$S(t) = 1.84 - 0.814(0.854) \exp\{(t-20)/5\} \dots\dots\dots(5)$$

ここでtは林齢、S(t)はt年における標準偏差である。

t年生の林分のx年後の林分高は次式で推定する。

$$h(t+x) = H(t+x) + (h(t) - H(t)) \cdot S(t+x) / S(t) \dots\dots\dots(6)$$

ここで、hは林分高、Hは中心線の値で、H(t+x)、S(t+x)は(4式)、(5式のtの代りに(t+x)を入れて求めたものである。

なお、(4式)、(5式を用いて地位指数曲線を作り、林分ごとの地位指数が決められている場合には、次式でx年後の林分高を推定することができる。

$$h(t+x) = H(t+x) + (SI - 1.20) \cdot S(t+x) / 1.41 \dots\dots\dots(7)$$

ここで、SIは地位指数である。

3. 相対幹距比の経年変化

平均幹距と林分高の比で表わされる相対幹距比は、わが国で多く用いられている正方形植えの場合には、次式で求められる。

$$SR(t) = 1.04 / \{ n(t)^2 \cdot h(t) \} \dots\dots\dots(8)$$

ここで、SR(t)は相対幹距比、n(t)はhaあたり本数である。

相対幹距比などの林分密度は自然推移の場合、次第にある限界密度に近づく。この地域で調査した自然推移に近い林分で最小の相対幹距比(最大密度)は11%であったので、この値を限界密度とし、林齢の逆数に比例して変化すると仮定して、次式で相対幹距比の経年変化を推定することとした。

$$\log SR(t+x) = 1.0414 - \{ 1.0414 - \log SR(t) \} \{ t / (t+x) \} \dots\dots\dots(9)$$

表-1に示す間伐試験地は、1回目の調査が終了したばかりであるので、東京営林局の大代収穫試験地の32年生から52年生までの定期調査結果を用いて、(9式の適合性を検討した結果、表-3に示すとおり、間伐林では間伐後10年、無間伐林では20年経過してもかなり満足のいく推定ができると考えられる。なお、林齢の高い程、相対幹距比が大、すなわち本数が少なく推定されているが、枯損木に枯死寸前のものまで含めれば、推定精度は向上すると思われる。

4. 林分材積の生長過程

林分材積の生長過程を推定するためには、収穫表などの作製に用いられているように地位別に林齢の関数として表わす方法、林分材積式から導びいた微分方程式を解く方法、あるいは、各種の林分構成因子の生長量を連立微分方程式で表わして、その解を求める方法、直接材積生長量を林分構成因子の関数として表わす方法など多くの方法が発表されている。

これらの生長過程の解析方法の大部分は、材積生長量に基づくものであるが、生長量の測定は研究期間の関係で実行できなかったため、林分材積式の各変量の生長過程を推定し、材積の生長過程を推定する方法を採用することとした。

林分材積式には各種の提案があるが、立木材積表が主として対数式で作製されている関係から、次式を採用した。

$$\log V = b_0 + b_1 \log h + b_2 \log G \dots\dots\dots(10)$$

ここでVはhaあたり材積、hは林分高、Gはhaあたり断面積である。

(10式を収穫表標準地の主林木、および主副林木についてあてはめた結果表-4に示すとおりいずれも良好な結果が得られた。

表-2 林分高の平均的生長傾向

林 齢	20	30	40	50	60	70	80	90	100
樹 幹 解 析(m)	6.12	9.18	11.89	14.36	16.69	18.95	21.07		
想 定 値(m)	6.12	9.18	11.89	14.36	16.69	18.79	20.53	22.04	23.38
(4式の推定値(m)	6.1	9.2	12.0	14.5	16.7	18.7	20.4	22.0	23.4

表-3 相対幹距比の実測値と推定値の比較

期 間	年 生 年 生		37→42	42→47	47→52	32→42	37→47	42→52
	32→37	37→42						
間 伐 林	実測値	18.61	17.01	18.56	16.88	17.01		16.88
	推定値	18.46	17.50	18.61	17.65	17.36		17.69
無 間 伐 林	実測値	17.46	16.44	15.22	14.29	16.44	15.22	14.29
	推定値	17.49	16.53	15.75	14.75	16.54	15.83	15.21
期 間	年 生 年 生		37→52	32→52				
	32→47	37→52			32→52			
期 間	実測値	15.22	14.29	14.29				
	推定値	15.84	15.28	15.30				

表-4 林分材積式(10)の適合性

収 穫 表	主 林 木		主 副 林 木	
	重相関係数	標準偏差	重相関係数	標準偏差
北関東阿武隈スギ	0.930	39.55 ^{m²}	0.999	10.27 ^{m²}
関東ヒノキ	0.988	12.57	0.999	6.46
信州カラマツ	0.998	5.67	0.998	6.22
関東アカマツ	0.998	6.99	0.999	7.45

36個の標準地および5組の間伐比較試験地の間伐前の測定値に(10)式をあてはめた結果、次式が得られた。

$$\log V(t) = -0.2129 + 0.9494 \log h(t) + 0.9888 \log G(t) \dots\dots\dots(11)$$

重相関係数は0.998 標準偏差12.34 m²と良好な結果を与えることがわかった。

なお、林分高については、間伐や枯損のため測定本数が変わるという欠点があるので、伐期までの測定本数を一定にするため、林分内の最高樹高の木から ha あたり一定数の林木の平均樹高すなわち上層高を林分高の代りに用いるべきであるという提案がなされている。この研究で調査した標準地は0.01 ha ごとに区割してあるので、各区割ごとに最高樹高から2本の木の樹高を全区割について平均して求めた上層高を(10)式の林分高の代りに用いて、(12)式に示す林分材積式を求めた。

$$\log V(t) = -0.3969 + 1.1149 \log H(t) + 0.9491 \log G(t) \dots\dots\dots(12)$$

重相関係数は0.997, 標準偏差は14.05 m²で、林分高を用いた場合と同様に良好な結果が得られた。

林分高の生長過程も上層高を用いるほうが推定精度が良くなると考えられるが、上層高の生長過程と林分高の生長過程との関係については十分に解明されていないので、この研究では、林分高を用いた、(11)式を林分材積式として使用することとした。

(11)式に含まれる林分高は、2.で述べた方法によって生長過程を推定することとした。ha あたり断面積の生長過程は、材積の場合と同様に、生長量が測定されていないので、次式で、断面積平均直径を推定し、林分高と相対幹距比の経年変化に対応させて、その生長過程を推定することとした。

$$\log \bar{d}_g = b_0 + b_1 \log h + b_2 \log SR \dots\dots\dots(13)$$

ここで、 \bar{b}_g は断面積平均直径である。

標準地の資料にあてはめた結果、次式が得られた。

$$\log \bar{d}_g(t) = -0.7716 + 1.2001 \log h(t) + 0.5447 \log SR(t) \dots\dots\dots(14)$$

重相関係数は0.976, 標準偏差は1.17 cmであった。

林分高の代りに上層高を用いると、

$$\log \bar{d}_g(t) = -1.0297 + 1.3141 \log H(t) + 0.6171 \log SR(t) \dots\dots\dots(15)$$

となり、重相関係数は0.975, 標準偏差は1.17 cmとなった。

ha あたり断面積は、次式で求める。

$$G(t) = \frac{\pi}{4} \cdot \bar{d}_g^2(t) \cdot n(t) / 10^4 \dots\dots\dots(16)$$

x年後の断面積は、(7)式および(9)式で求めた $h(t+x)$, $SR(t+x)$ を (14)式の $h(t)$, $SR(t)$ の代りに用いて $\bar{d}_g(t+x)$ を計算し、 $SR(t+x)$ および $h(t+x)$ から(17)式によって求めた $n(t+x)$ と共に(16)式に代入することで求められる。

$$n(t+x) = \{ 10^4 / (SR(t+x) \cdot h(t+x)) \}^2 \dots\dots\dots(17)$$

このようにして求めた $h(t+x)$ および $G(t+x)$ を、(11)式に入れて、x年後の林分材積を推定する。

x年後の林分材積は、現段階では未知であるので、この方法のおおよその推定精度を検討するため、標準地の林分高と ha あたり本数を用いて、(14)式、(16)式で推定した ha あたり断面積を(11)式に入れて推定した林分材積と実測値とを比較した。

平均偏差は、-6.24 m², 標準偏差は32.24 m²であるが、tの値は1.41で偏りは認められなかった。

ある地域全体を予想する場合には、この方法で、かなり満足のいく結果が得られるが、個々の林分について予想する場合には、現在t年における平均直径あるいは ha あたり材積と推定値の比による修正係数をx年後の推定値に乗ずることで、この方法の適合性を高めることができる。

5. 断面積平均直径と平均直径との関係

前項で述べたように、平均直径で修正係数を求める場合、平均直径を断面積平均直径に換算する必要があり、また後述する直径分布曲線を求める場合には、(14)式で算出した断面積平均直径を平均直径に直さなければならない。両者の間には、密接な直線関係が成立するといわれている。標準地について、一次式をあてはめた結果、(18)式、(19)式を得、いずれも良好な結果を示

しているので、これらの式を用いて、相互換算に用いることとした。

$$\bar{d}_g = -0.2850 + 0.9937 \bar{d}_g \quad \dots\dots\dots(18)$$

$$\bar{d}_g = 0.3284 + 1.0040 \bar{d} \quad \dots\dots\dots(19)$$

重相関係数は0.998, 標準偏差は, 0.28cmであった。

6. 直径階別本数分布の予測

直径階別本数分布の理論的分布として、正規分布、シャリーエA型分布、ワイブル分布などを用いた論文が発表されている。

この研究では林齢ごとの直径分布を予測する必要があるため、分布を記述する母数を推定する方法が問題になる。正規分布の母数は平均値と分散、正規分布を土台にしたシャリーエA型分布の母数は平均値、分散の他にr次の積率、ワイブル分布の場合には尺度、形および位置が母数となっており、正規分布を除いた後の二つの分布の母数を推定することは、限られた情報(データ)ではかなりむづかしいと思われる。したがって、この研究では、直径分布の理論的分布に正規分布を用いることとし、その母数を次式により推定した。

$$\bar{d}_t = -0.285 + 0.9937 \bar{d}_{gt} \quad \dots\dots\dots(20)$$

$$\sigma_t = \left(\bar{d}_{gt}^2 - \bar{d}_t^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots(21)$$

$$n_t = \left\{ 10^4 / (SR_t \cdot h_t) \right\}^2 \quad \dots\dots\dots(22)$$

ここで、

\bar{d}_t : t年の平均直径

\bar{d}_{gt} : // 断面積平均直径

σ_t : // 標準偏差

n_t : // haあたり本数

SR_t : // 相対幹距比

h_t : // 平均樹高

正規分布関数は、平均値を \bar{x} 、分散を σ^2 とするとき、

$$P(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}} \quad \dots\dots\dots(23)$$

いま、(23)式に $Z = \frac{x-\bar{x}}{\sigma}$ の変数変換を行なうと、規準正規分布関数は、

$$P(Z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{Z^2}{2}} \quad \dots\dots\dots(24)$$

となる。

一般に、正規分布曲線のある区間 ($Z_1 \sim Z_2$, $Z_1 < Z_2$) の確率密度は、まず(24)式を積分し

$$P(Z) = \int_{-\infty}^Z \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz \quad \dots\dots\dots(25)$$

次に、

$$\begin{aligned} P(Z_1 < Z < Z_2) &= \int_{Z_1}^{Z_2} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz \\ &= \int_{-\infty}^{Z_2} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz - \int_{-\infty}^{Z_1} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz \quad \dots\dots(26) \end{aligned}$$

と変形して、求められる。

しかし、(25)式を電子計算機で計算するには、次の近似式が良いとされている。

$$P(Z) \doteq 1 - \frac{1}{2} (1 + A_1 Z + A_2 Z^2 + A_3 Z^3 + A_4 Z^4 + A_5 Z^5 + A_6 Z^6)^{-16} \quad \dots\dots(27)$$

ただし、 $Z = \frac{x-\bar{x}}{\sigma}$, $Z \geq 0$

$$A_1 = 0.0498673470$$

$$A_2 = 0.0211410061$$

$$A_3 = 0.0032776263$$

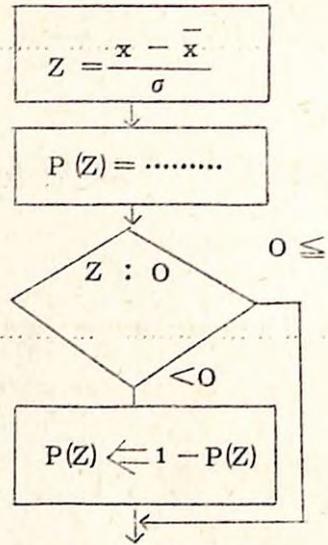
$$A_4 = 0.0000380036$$

$$A_5 = 0.0000488906$$

$$A_6 = 0.0000053830$$

(27)式の絶対誤差は、 $|e(Z)| < 1.3 \times 10^{-7}$ となっており、実際の計算には十分であると考えられる。

近似式の計算手順を簡単に説明するために、次のフロー・チャートを示すことにする。



プログラムには、文関数 (Statement function) で $PROB(Z) = \dots\dots\dots$ と定義している。

なお、 $P(Z)$ は $Z \geq 0$ の制約があるため、その右辺には Z の絶対値を代入して計算し、 $Z < 0$ の場合には $1 - P(Z)$ として求める。

なお、直径階別本数分布の直径の幅は、経験的に 1 cm または 2 cm とした。

7. 電算機による林分構成因子の予測

前項までに述べてきた林分構成因子の生長過程の推定方法を用いて、自然推移における将来の構成因子の値を予測するプログラムを作製した。なお、間伐林についても、表-3に示すとおり相対幹距比が比較的良く推定されているので、林冠閉鎖後は自然推移の場合と同じ方法が適用できるのではなかろうか。

計算手順は、次のとおりである。

- ① 対象林分の林齢、林分高から、(5)式、(6)式で x 年後の林分高を推定する。
- ② 林分高と ha あたり本数から(8)式で相対幹距比を求め、(9)式で x 年後の値を予測する。
本数の代わりに ha あたり断面積と平均直径が与えられている場合には、(19)式で求めた断面積平均直径を用いて、次式で ha あたり本数を推定し、相対幹距比を計算する。
$$n(t) = G(t) \cdot 10^4 / \frac{\pi}{4} dg^2(t) \dots\dots\dots (28)$$
- ③ x 年後の林分高、相対幹距比を用い(14)式から求めた断面積平均直径と(17)式で算出した ha あたり本数から、(10)式で x 年後の ha あたり断面積を予測する。この時現在の平均直径が既知であれば、算出断面積平均直径に対する修正係数を求めて、 x 年後の値を修正する。
- ④ x 年後の林分高、 ha あたり断面積の予測値を(11)式に入れて、林分材積を予測する。
現在の ha あたり材積が既知であれば算出材積に対する修正係数を求め、 x 年後の値を修正する。
- ⑤ (21)式で直径の標準偏差を求め、直径階別本数分布を予測する。

このプログラムでは、 t 年生後自然推移の状態における林分構成因子の生長過程を示すものであるから、間伐実行の可否あるいは枯損もしくは枯死に近い林木を除いた間伐量、間伐強度などの試算に利用できるであろう。

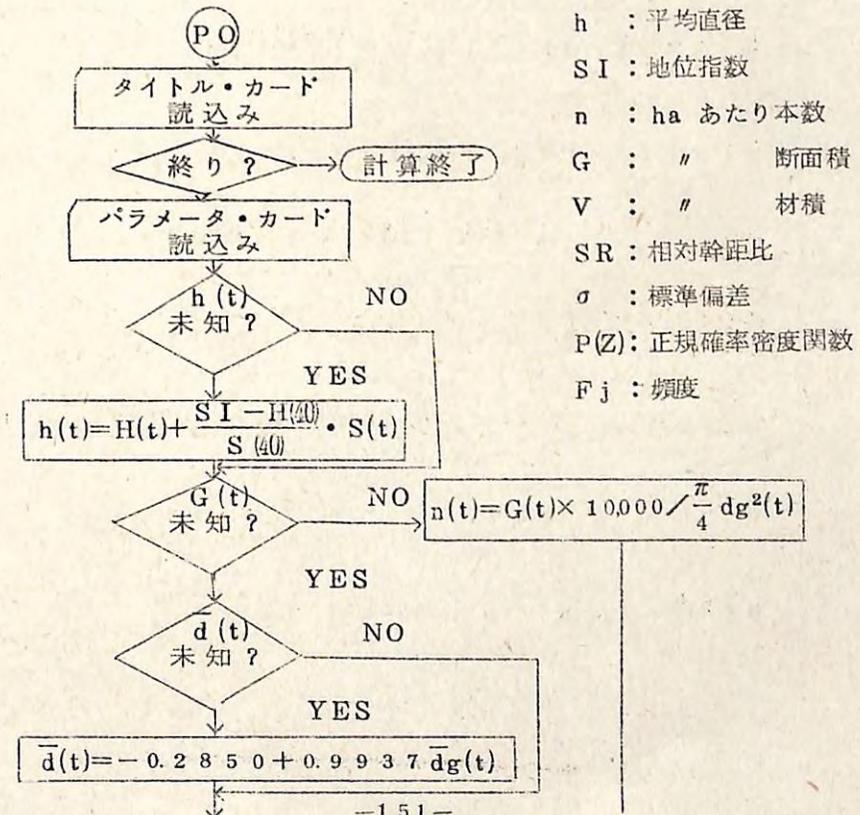
したがって、プログラムは、次に示す初期条件に応じて、予測ができるように、組み立ててある。

- ① 林齢、林分高、 ha あたり本数
- ② 林齢、平均直径、林分高、 ha あたり本数
- ③ 林齢、平均直径、林分高、 ha あたり断面積
- ④ 林齢、平均直径、林分高、 ha あたり断面積、 ha あたり材積
- ⑤ 林齢、林分高、 ha あたり本数、 ha あたり材積

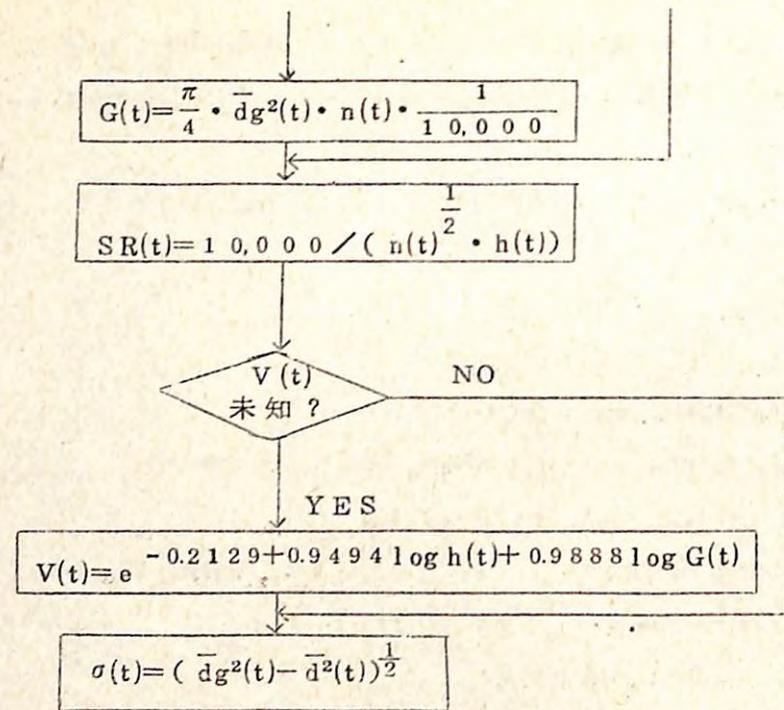
このプログラムの計算手順のフロー・チャートを図-1に、計算例を図-2~図-5に示す。計算結果の見方およびデータ・シートの書き方を次項以下に示す。

なお附表として、プログラムが示してある。

図-1 プログラムの計算手順のフロー・チャート



h : 平均直径
 SI : 地位指数
 n : ha あたり本数
 G : " 断面積
 V : " 材積
 SR : 相対幹距比
 σ : 標準偏差
 $P(Z)$: 正規確率密度関数
 F_j : 頻度



(P 1)

$$h(t+x) = H(t+x) + \left\{ \frac{h(t) - H(t)}{S(t)} \right\} S(t+x)$$

$$n(t+x) = \left\{ 10000 / (SR(t+x) \cdot h(t+x)) \right\}^2$$

$$SR(t+x) = e^{1.0414 - (1.0414 - \log SR(t)) \cdot \frac{t}{t+x}}$$

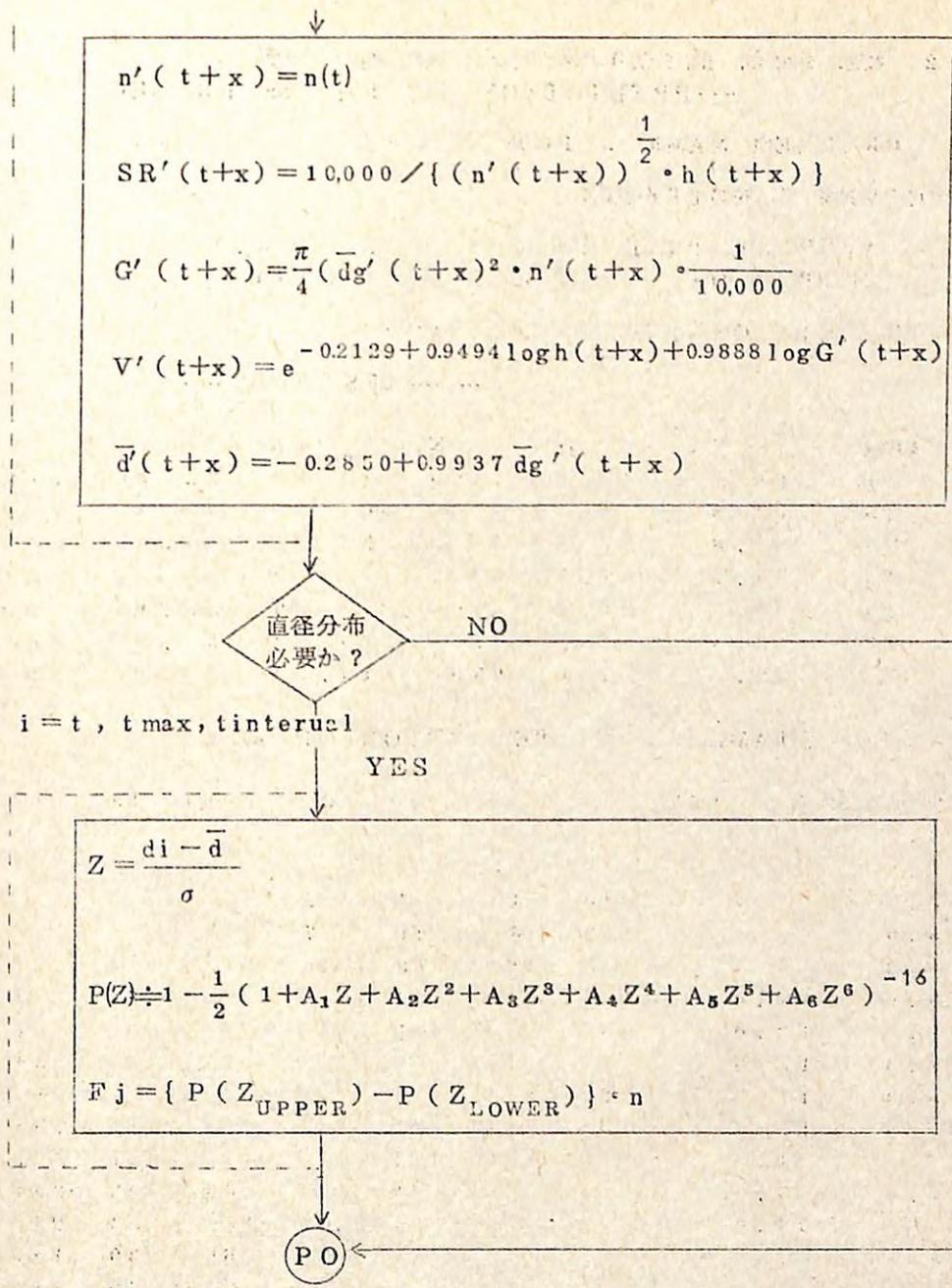
$$G(t+x) = \frac{\pi}{4} (\bar{d}g(t+x))^2 \cdot n(t+x) \cdot \frac{1}{10000}$$

$$V(t+x) = e^{-0.2129 + 0.9494 \log h(t+x) + 0.9888 \log G(t+x)}$$

$$\bar{d}(t+x) = -0.2850 + 0.9937 \bar{d}g(t+x)$$

$$\sigma(t+x) = (\bar{d}g^2(t+x) - \bar{d}^2(t+x))^{\frac{1}{2}}$$

残存木に対する……



全体に対する……

林齢ごとの直径分布 (理論分布として正規分布を用いる)

図-2 林齢, 林分高, haあたり本数が与えられた場合の計算例

.....PREDICTION METHOD OF PRODUCTIVITY.....

PROBLEM NAME : 160--= 1 (A)

***GIVEN CONDITIONS

AVERAGE TREE HEIGHT : 8.4
 NUMBER OF STEMS PER HA : 3090

***TRANSITION TABLE OF STAND

.....RESIDUAL.....

AGE	D	H	N	SR	G	VOL
21	11.2	8.4	3090	21.39	32.41	144.17
25	12.8	9.9	2777	19.23	38.07	196.71
30	14.8	11.6	2429	17.52	44.17	265.29
35	16.7	13.2	2141	16.39	49.42	335.18
40	18.6	14.7	1907	15.60	53.97	405.07
45	20.3	16.1	1717	15.00	57.99	474.23
50	22.0	17.4	1562	14.54	61.59	542.25

.....TOTAL.....

D	N	SR	G	VOL
12.5	3090	18.23	39.96	206.40
14.3	2777	16.39	46.95	281.78
16.2	2429	15.39	52.35	354.82
18.0	2141	14.72	56.91	426.86
19.7	1907	14.24	60.85	497.33
21.4	1717	13.87	64.30	565.89

***STEM DIAMETER DISTRIBUTION OF AGE

D-CLASS #	AGE	21	25	30	35	40	45	50
0.0 - 1.0								
1.0 - 3.0		7	3	1				
3.0 - 5.0		40	14	4	2			
5.0 - 7.0		172	67	21	7	1	2	
7.0 - 9.0		463	216	78	28	11	4	3
9.0 - 11.0		778	468	209	87	36	15	7
11.0 - 13.0		815	678	401	202	96	45	21
13.0 - 15.0		533	657	548	350	197	104	54
15.0 - 17.0		217	426	533	453	312	192	112
17.0 - 19.0		55	184	369	437	382	281	188
19.0 - 21.0		9	53	182	314	362	327	257
21.0 - 23.0		1	10	64	169	265	303	284
23.0 - 25.0			1	16	67	150	223	255
25.0 - 27.0				3	20	66	130	187
27.0 - 29.0					4	22	60	111
29.0 - 31.0					1	6	22	53
31.0 - 33.0						1	7	21
33.0 - 35.0							2	7
35.0 - 37.0								2
37.0 - 39.0								
39.0 - 41.0								
41.0 - 43.0								
43.0 - 45.0								

図-3 林齢, 林分高, 平均直径, haあたり本数が与えられた場合の計算例

..... PREDICTION METHOD OF PRODUCTIVITY

PROBLEM NAME : 160- = 1 (B)

*** GIVEN CONDITIONS

AVERAGE DIAMETER : 12.4
 AVERAGE TREE HEIGHT : 8.4
 NUMBER OF STEMS PER HA : 3090

*** TRANSITION TABLE OF STAND

AGE RESIDUAL					VOL
	D	H	N	SR	G	
21	12.4	8.4	3090	21.39	39.81	176.67
25	14.3	9.9	2777	19.23	46.76	241.06
30	16.5	11.6	2429	17.52	54.26	325.11
35	18.6	13.2	2141	16.39	60.70	410.75
40	20.6	14.7	1907	15.60	66.30	496.41
45	22.6	16.1	1717	15.00	71.23	581.16
50	24.4	17.4	1562	14.54	75.65	664.52

*** STEM DIAMETER DISTRIBUTION OF AGE

D-CLASS #	AGE	21	25	30	35	40	45	50
0.0 - 1.0								
1.0 - 3.0		3	2					
3.0 - 5.0		21	6	1				
5.0 - 7.0		97	32	9	4	2		
7.0 - 9.0		290	115	36	12	4	2	2
9.0 - 11.0		582	294	111	40	15	6	2
11.0 - 13.0		777	526	251	107	44	19	8
13.0 - 15.0		693	659	422	220	105	49	23
15.0 - 17.0		412	578	525	349	198	104	54
17.0 - 19.0		163	355	486	428	298	182	105
19.0 - 21.0		43	153	333	407	357	261	171
21.0 - 23.0		8	46	169	298	343	305	233
23.0 - 25.0		1	10	64	169	262	291	264
25.0 - 27.0			1	18	74	160	228	250
27.0 - 29.0				4	25	78	146	197
29.0 - 31.0					7	30	76	130
31.0 - 33.0					1	9	33	71
33.0 - 35.0						2	11	33
35.0 - 37.0							3	13
37.0 - 39.0							1	4
39.0 - 41.0								2
41.0 - 43.0								
43.0 - 45.0								
45.0 - 47.0								
47.0 - 49.0								

..... TOTAL

D	N	SR	G	VOL
13.8	3090	18.23	49.09	252.94
15.9	2777	16.39	57.67	345.31
18.0	2429	15.39	64.30	434.83
20.0	2141	14.72	69.90	523.10
21.9	1907	14.24	74.74	609.47
23.8	1717	13.87	78.98	693.49

図一4 林齢, 林分高, 平均直径, haあたり断面積が与えられた場合の計算例

.....PREDICTION METHOD OF PRODUCTIVITY.....

PROBLEM NAME : 160- = 1 (C)

*** GIVEN CONDITIONS

AVERAGE DIAMETER : 12.4
 AVERAGE TREE HEIGHT : 8.4
 BASAL AREA PER HA : 40.07

*** TRANSITION TABLE OF STAND

.....RESIDUAL.....

AGE	D	H	N	SR	G	VOL
21	12.4	8.4	3110	21.32	40.07	177.82
25	14.3	9.9	2792	19.18	47.03	242.48
30	16.5	11.6	2440	17.48	54.56	326.91
35	18.6	13.2	2149	16.36	61.01	412.84
40	20.6	14.7	1914	15.57	66.65	499.03
45	22.6	16.1	1723	14.98	71.62	584.25
50	24.4	17.4	1566	14.53	76.00	667.54

*** STEM DIAMETER DISTRIBUTION OF AGE

D-CLASS #	AGE	21	25	30	35	40	45	50
0.0 - 1.0								
1.0 - 3.0		3	1					
3.0 - 5.0		22	6	2				
5.0 - 7.0		97	32	9	3	1		
7.0 - 9.0		292	116	36	12	4	2	1
9.0 - 11.0		586	296	111	40	15	6	2
11.0 - 13.0		783	528	251	107	44	19	8
13.0 - 15.0		697	662	423	220	105	49	23
15.0 - 17.0		414	581	527	349	198	104	54
17.0 - 19.0		164	358	488	430	298	182	105
19.0 - 21.0		43	154	335	408	358	261	171
21.0 - 23.0		8	47	171	300	344	305	233
23.0 - 25.0		1	10	64	171	264	293	265
25.0 - 27.0			1	18	75	161	229	251
27.0 - 29.0				4	26	79	147	199
29.0 - 31.0				1	7	31	77	131
31.0 - 33.0					1	10	33	72
33.0 - 35.0						2	12	33
35.0 - 37.0							3	13
37.0 - 39.0							1	4
39.0 - 41.0								1
41.0 - 43.0								
43.0 - 45.0								
45.0 - 47.0								
47.0 - 49.0								

.....TOTAL.....

D	N	SR	G	VOL
13.8	3110	18.17	49.40	254.56
15.9	2792	16.34	58.02	347.36
18.0	2440	15.36	64.66	437.23
20.0	2149	14.70	70.27	525.81
21.9	1914	14.21	75.13	612.60
23.8	1723	13.85	79.39	697.00

図-5 林齢, 林分高, 平均直径, haあたり断面積, 材積が与えられた場合の計算例
 PREDICTION METHOD OF PRODUCTIVITY

PROBLEM NAME : 160--= 1 (D)

*** GIVEN CONDITIONS

AVERAGE DIAMETER : 12.4
 AVERAGE TREE HEIGHT : 8.4
 BASAL AREA PER HA : 40.07
 VOLUME PER HA : 176.24

*** TRANSITION TABLE OF STAND

..... RESIDUAL

AGE	D	H	N	SR	G	VOL
21	12.4	8.4	3110	21.32	40.07	176.24
25	14.3	9.9	2792	19.18	47.03	240.33
30	16.5	11.6	2440	17.48	54.56	324.01
35	18.6	13.2	2149	16.36	61.01	409.18
40	20.6	14.7	1914	15.57	66.65	494.61
45	22.6	16.1	1723	14.98	71.62	579.08
50	24.4	17.4	1566	14.53	76.00	661.63

..... TOTAL

D	N	SR	G	VOL
13.8	3110	18.17	49.40	252.30
15.9	2792	16.34	58.02	344.28
18.0	2440	15.36	64.66	433.35
20.0	2149	14.70	70.27	521.15
21.9	1914	14.21	75.13	607.17
23.8	1723	13.85	79.39	690.82

*** STEM DIAMETER DISTRIBUTION OF AGE

D-CLASS #	AGE	21	25	30	35	40	45	50
0.0 - 1.0								
1.0 - 3.0		3	1					
3.0 - 5.0		22	6	2				
5.0 - 7.0		97	32	9	3	1		
7.0 - 9.0		292	116	36	12	4	2	1
9.0 - 11.0		586	296	111	40	15	6	2
11.0 - 13.0		783	528	251	107	44	19	8
13.0 - 15.0		697	662	423	220	105	49	23
15.0 - 17.0		414	581	527	349	198	104	54
17.0 - 19.0		164	358	488	430	298	182	105
19.0 - 21.0		43	154	335	408	358	261	171
21.0 - 23.0		8	47	171	300	344	305	233
23.0 - 25.0		1	10	64	171	264	293	265
25.0 - 27.0			1	18	75	161	229	251
27.0 - 29.0				4	26	79	147	199
29.0 - 31.0				1	7	31	77	131
31.0 - 33.0					1	10	33	72
33.0 - 35.0						2	12	33
35.0 - 37.0							3	13
37.0 - 39.0							1	4
39.0 - 41.0								1
41.0 - 43.0								
43.0 - 45.0								
45.0 - 47.0								
47.0 - 49.0								

LINE-NO

STATEMENT

```

0001 C PREDICTION NETHOD OF PROD
0002 C
0003 DIMENSION NI(50),SD(50),DI
0004 1 ,FMT(27),OBJ(35),
0005 INTEGER AS,AE,AINV,DINT,Q
0006 EQUIVALENCE (OBJ(1),IAGE
0007 DATA APROB/4HPROB/, BLNK/
0008 DATA FMT/4H(6X,,4HF5.1,4H,
0009 PROB(Z)=1.D0-(1.D0+0.49867
0010 1 D-2*Z**3+0.380036D
0011 2 )**(-16)/2.D0
0012
0013 C
0014 101 FORMAT(A4,6X,35A2)
0015 102 FORMAT(6I5,5F10.0)
0016 200 FORMAT(1H1,20X,45H).....PR
0017 1 //11X,15HPROBLEM NA
0018 201 FORMAT(6X,20H***GIVEN CO
0019 202 FORMAT(//6X,29H***TRANSIT
0020 1 //30X,16H...RESIDUA
0021 28X,1HD,8X,1HH,7X,1HN,7X,2H
0022 37X,2HSR,8X,1HG,6X,3HVOL)
0023 203 FORMAT(6X,I5,2F9.1,3X,I5,
0024 204 FORMAT(//6X,37H STEM DI
0025 205 FORMAT(//8X,13HD-CLASS # AG
0026 222 FORMAT(///91X,34H<<<< COMPL
0027 301 FORMAT(12X,24HAVERAGE DIAM
0028 302 FORMAT(12X,24HAVERAGE TREE
0029 303 FORMAT(12X,24HSITE INDEX
0030 304 FORMAT(12X,24HNUMBER OF ST
0031 305 FORMAT(12X,24HBASAL AREA P
0032 306 FORMAT(12X,24HVOLUME PER H
0033 C
0034 1111 READ(5,101) HPROB,(OBJ(I),
0035 IF(APROB.NE.HPROB) GO TO 2
0036 READ(5,102) AS,AE,AINV,IFR
0037 C
0038 WRITE(6,200) (OBJ(I),I=1,3
0039 WRITE(6,201)
0040 IF(D0.NE.0.) WRITE(6,301)
0041 IF(H0.NE.0.) WRITE(6,302)
0042 IF(SI.NE.0.) WRITE(6,303)
0043 IF(N0.NE.0.) WRITE(6,304)
0044 IF(G0.NE.0.) WRITE(6,305)
0045 IF(V0.NE.0.) WRITE(6,306)
0046 A20=AS-20
0047 HC0=35.28-29.21*0.893**(A2
0048 S0=1.84-0.814*0.854**(A20/
0049 IF(H0.NE.0.) GO TO 2
0050 H40=35.28-29.21*0.893**2
S40=1.84-0.814*0.854**4
    
```

ACTIVITY BY USE OF ELECTRIC COMPUTER

```

(50),NF(51,15),DCLS(50,2)
IAGE(15)
(1))
4H //,HI4/3H,I5//,HA4/3H,A5/
2H ,4H-,F5,4H.1,3,1HX,20*4H, 1H)/
3470D-1*Z+0.211410061D-1*Z**2+0.32776263
-4*Z**4+0.488906D-4*Z**5+0.53830D-5*Z**6
    
```

PREDICTION METHOD OF PRODUCTIVITY
 ME : ,35A2//)
 NDITIONS//)
 ION TABLE OF STAND/
 L,37X,13H... TOTAL ...//8X,3HAGE,
 SR,8X,1HG,6X,3HVOL,3X,1H-,3X,1HD,7X,1HN,

```

3F9.2,F9.1,3X,I5,3F9.2)
AMETER DISTRIBUTION OF AGE)
E,20I5)
ETED THIS CALCULATION >>>//)
ETER : ,F7.1)
HEIGHT : ,F7.1)
: ,F8.2)
EMS PER HA : ,I5)
ER HA : ,F8.2)
A : ,F8.2)
    
```

```

I=1,35)
222
Q,DINT,N0,H0,SI,D0,G0,V0
    
```

5)

```

D0
H0
SI
N0
G0
V0
    
```

```

0/10.)
5.)
    
```

LINE-NO

STATEMENT

```

0051 C=(SI-H40)/S40,
0052 H0=HC0+C*S0
0053 GO TO 3
0054 2 C=(H0-HC0)/S0
0055 3 IF(N0.EQ.0) GO TO 6
0056 FN=N0
0057 SR0=10000./((SQRT(FN)*H0
0058 DG=EXP(2.302585*(-0.
0059 IF(D0.NE.0.) GO TO 4
0060 G0=(0.785398*DG**2*FN)
0061 D0=-0.285+0.9937*DG
0062 C1=1.
0063 GO TO 8
0064 4 WS=0.328+1.004*D0
0065 G0=(0.785398*WS**2*FN)
0066 C1=WS/DG
0067 DG=WS
0068 GO TO 8
0069 6 WS=0.328+1.004*D0
0070 N0=(G0/(0.785398*WS**2
0071 FN=N0
0072 SR0=10000./((SQRT(FN)*H0
0073 DG=EXP(2.302585*(-0.
0074 C1=WS/DG
0075 DG=WS
0076 8 VL=EXP(2.302585*(-0.
0077 C2=1.
0078 IF(V0.NE.0.)GO TO 10
0079 V0=VL
0080 GO TO 11
0081 10 C2=V0/VL
0082 11 WRITE(6,202)
0083 WRITE(6,203) AS,D0,H0,
0084 C .....
0085 K=1
0086 FI=0.
0087 N2=N0
0088 IAGE(K)=AS
0089 NI(K)=N0
0090 DI(K)=D0
0091 SD(K)=SQRT(DG**2-D0**2)
0092 IS=(AS/AINV+1)*AINV
0093 DO 12 I=IS,AE,AINV
0094 K=K+1
0095 IAGE(K)=I
0096 F0=AINV
0097 IF(I.EQ.IS) F0=IS-AS
0098 FI=FI+F0
0099 HC1=35.28-29.21*0.893**
0100 S1=1.84-0.814*0.854**((

```

C

-164-

```

H0)
7716+1.2001*ALOG10(H0)+0.5447*ALOG10(SR0))
/10000.
/10000.
))*10000.
H0)
7716+1.2001*ALOG10(H0)+0.5447*ALOG10(SR0))
2129+0.9494*ALOG10(H0)+0.9888*ALOG10(G0))
N0,SR0,G0,V0
((A20+FI)/10.)
A20+FI)/5.)

```

-165-

LINE-NO

STATEMENT

```

0101 H1=HC1+C*S1
0102 SR1=EXP(2.302585*(1.0
0103 1)+FI)))
0104 DG1=C1*EXP(2.302585*(-
0105 1)
0106 DI(K)=-0.285+0.9937*D
0107 SD(K)=SQRT(DG1**2-DI
0108 NI(K)=(10000./SR1*H1
0109 N1=NI(K)
0110 G1=(0.785398*DG1**2*F
0111 V1=C2*EXP(2.302585*(-
0112 .....
0113 C SR2=10000./SQRT(FLOA
0114 DG2=C1*EXP(2.302585*
0115 1)
0116 D2=-0.285+0.9937*DG2
0117 G2=(0.785398*DG2**2*F
0118 V2=C2*EXP(2.302585*(-
0119 WRITE(6,203) I,DI(K),
0120 N2=N1
0121 12 CONTINUE
0122 IF(IFRQ.EQ.0) GO TO
0123 .....
0124 C NCLAS=AIN(T(DI(K))
0125 IF(DINT.EQ.1) GO TO
0126 IF(MOD(NCLAS,2).EQ.0)
0127 NCLAS=NCLAS+2
0128 Q=3
0129 GO TO 14
0130 13 NCLAS=NCLAS*2+1
0131 Q=1
0132 14 DO 20 J=1,K
0133 FNJ=NI(J)
0134 NF(NCLAS+1,J)=0
0135 DO 18 I=1,NCLAS
0136 DL=DINT*I-Q
0137 DU=DL+FLOAT(DINT)
0138 IF(I.NE.1) GO TO 15
0139 DL=0.
0140 DU=1.0
0141 15 IF(J.NE.1) GO TO 16
0142 DCLS(I,1)=DL
0143 DCLS(I,2)=DU
0144 16 DL=(DL-DI(J))/SD(J)
0145 DU=(DU-DI(J))/SD(J)
0146 PL=PROB(ABS(DL))
0147 PU=PROB(ABS(DU))
0148 IF(DL.LT.0.) PL=1.-PL
0149 IF(DU.LT.0.) PU=1.-PU
0150 NF(I,J)=(PU-PL)*FNJ+

```

-166-

```

414-(1.0414-ALOG10(SR0))*(FLOAT(AS)/(FLOAT(AS
0.7716+1.2001*ALOG10(H1)+0.5447*ALOG10(SR1))
G1
(K)**2)
)**2
LOAT(NI(K))/10000.
0.2129+0.9494*ALOG10(H1)+0.9888*ALOG10(G1))
T(N2))*H1
(-0.7716+1.2001*ALOG10(H1)+0.5447*ALOG10(SR2))
LOAT(N2))/10000.
0.2129+0.9494*ALOG10(H1)+0.9888*ALOG10(G2))
H1,N1,SR1,G1,V1,D2,N2,SR,G2,V2
1111
13
NCLAS=NCLAS-1
0.5

```

-167-

LINE-NO

STATEMENT

0151	18	CONTINUE	
0152	20	CONTINUE	
0153	C	
0154		DO 22 J=1,K	
0155		DO 22 I=1,NCLAS	
0156		NF(NCLAS+1,J)=NF(NCLA	S+1,J)+NF(I,J)
0157	22	CONTINUE	
0158		DO 32 J=1,K	
0159		NDIF=NF(NCLAS+1,J)-NI	(J)
0160		IF(NDIF.EQ.0) GO TO	32
0161		L=1	
0162		IF(NDIF.GT.0) L=-1	
0163		NDIF=IABS(NDIF)	
0164		KK=1	
0165		K1=1	
0166		K0=0	
0167		DO 30 I=1,NCLAS	
0168		IF(MOD(KK,2).EQ.0) GO	TO 26
0169		IF(NF(K1,J).EQ.0) GO	TO 24
0170		NF(K1,J)=NF(K1,J)+L	
0171		KK=KK+1	
0172		IF(NDIF.EQ.KK-1) GO	TO 32
0173	24	K1=K1+1	
0174		GO TO 30	
0175	26	JJ=NCLAS-K0	
0176		IF(NF(JJ,J).EQ.0) GO	TO 28
0177		NF(JJ,J)=NF(JJ,J)+L	
0178		KK=KK+1	
0179		IF(NDIF.EQ.KK-1) GO	TO 32
0180	28	K0=K0+1	
0181	30	CONTINUE	
0182	32	CONTINUE	
0183	C	
0184		WRITE(6,204)	
0185		WRITE(6,205) (IAGE(I)	, I=1,K)
0186		DO 44 I=1,NCLAS	
0187		DO 42 J=1,K	
0188		IF(NF(I,J).EQ.0) GO	TO 40
0189		FMT(J+6)=HI4	
0190		GO TO 42	
0191	40	FMT(J+6)=HA4	
0192		NF(I,J)=BLNK	
0193	42	CONTINUE	
0194		WRITE(6,FMT)(DCLS(I,	JJ), JJ=1,2), (NF(I,JJ), JJ=1,K)
0195	44	CONTINUE	
0196		GO TO 1111	
0197	C	
0198	2222	WRITE(6,222)	
0199		STOP	
0200		END	

8. 計算結果の見方

- ① PROBLEM NAME 利用者が任意に与えた標題。
- ② GIVEN CONDITIONS 林齢ごとの林分構成因子を予測するために与えられる初期条件。
- ③ TRANSITION TABLE OF STAND 林齢ごとの林分構成因子の推定値。

ここで、

AGE: 林齢
D : 平均直径
H : 林分高
N : ha あたり本数
SR : 相対幹距比
G : ha あたり断面積
VOL: ha あたり材積

なお、RESIDUALは残存木、TOTALは全林木を表わす。

- ④ STEM DIAMETER DISTRIBUTION OF AGE 正規分布関数をあてはめて得られた林齢ごとの直径階別本数分布の推移

制限事項と注意事項

① 制限事項

- i) 階級数 ≤ 50
- ii) 林齢の個数 ≤ 15

② 注意事項

- i) 階級の幅は1又は2とする。
- ii) 林分高が未知のときは、必ず地位指数を初期条件に与えなければならない。
- iii) このプログラムを実行するために必要なメモリー・サイズは13,696語(ワード)である。
- iv) このプログラムは、FORTRAN JIS 規格7000レベルで書いたものである。

9. データ・シートの書き方

このプログラムを使って、将来の林分構成因子および直径階別本数分布の推移を予想する場合、そのデータ・シートの書き方は次に示す形式に従ってなければならない。なお()内はフォーマットの形式である。

① タイトル・カード(A4, 6X, 35A2)

1~4カラム PROBと必ず書く。

5~10 // 空白

11~80 // 標題, データの名称などをFORTRANで使用できる文字で書く。

② パラメータ・カード(6I5, 5F10.0) ^{注)}

1~5カラム 現在の林齢

6~10 // 最終林齢

11~15 // 林齢の間隔

16~20 // 直径階別本数分布が必要なときは1。不必要のときは空白。

21~25 // 上で使う直径階の幅。ただし、1又は2とする。

26~30 // ha あたり本数。未知のときは空白。

31~40 // 林分高。未知のときは空白。

41~50 // 地位指数。未知のときは空白。なお、このプログラムでは、林分高、地位指数のいずれも未知の場合には計算不能となる。

51~60 // 平均直径。未知のときは空白。

61~70 // ha あたり断面積。未知のときは空白。

71~80 // ha あたり材積。未知のときは空白。

データが幾組もあるときは、①, ②を繰り返す。最終データの②の後に、ブランク・カードを1枚付けておくと、"COMPLETED THIS CALCULATION"と印字され、計算は終了する。

注)

I, Fは数値を処理する欄記述子である。データが整数(小数点を含まない)のときはI型を使う。この場合、データは指定されたカラムの右づめに書く。実数(小数点を含む)のときはF型を使い、指定されたカラムの範囲内であればどこに書いても良い。

10. 今後の問題点

この研究では、各種の施業を行なった場合の生産予測を行なう基礎として、林冠閉鎖後自然推移にまかせた場合の林分構成因子の予測方法とそれに基づく電算機プログラムの作成を行っ

たが、この予測方法では、間伐直後の値は、その林分が過去において残存密度と同じ密度水準にあったものとして計算しているため、間伐後については、表-5に示すとおり過大な推定値を与える。しかし、残存木の平均直径と推定直径の比で算出材積を修正することによりかなり満足のいく結果が得られる。

もつとも、将来の値が、この方法で精度良く予測できるか、あるいは、自然推移の状態にどのように接近していくかは固定試験地の今後の観測結果にまたなければならない。

また、このような結果が得られれば、密度管理水準ごとの収穫予想の方法も一層正確なものになるであろう。

さらに、資料に用いた林分は、いずれもヒノキの単純林であるが、現実の林分の多くは、広葉樹が多少なりとも混交しており、また林冠が破壊されて空地も生じている。この研究で用いたような予測方法を、このような林分へも適用する方法について今後検討する必要がある。

表-5 間伐試験地の実材積と推定材積の比

密度水準	自 然	21%		17%		13%	
		間伐前	間伐後	間伐前	間伐後	間伐前	間伐後
鰻沢 1号	1.030	1.041	1.024	1.035	1.032	0.935	
" 2号	0.969	1.017	1.158	1.007	1.053	0.999	
" 3号	0.979	1.042	1.114	1.080	1.118	1.043	1.046
" 4号	0.996	1.031	1.067	1.114	1.170	1.109	1.124
裏谷	0.969	0.998	1.087	1.019	1.028	1.014	1.016

経営基本ファイルの作成

I 試験担当者

経営部経営第2科測定研究室

栗屋仁志，川端幸蔵，神戸喜久，西川匡英，天野正博

II 試験目的

森林資源の正確な把握は，合理的な森林施業計画を樹立し，その適正な運用をするために最も基本的な条件である。

しかし，森林面積は広大であり，更に交通の便に恵まれない急峻な土地が大部分を占め，その上，森林経営の主対象である林木は絶えず成長，枯損し，また伐採，植栽，被害などのため，森林の現況は刻々変化しているため，限られた人員，費用で，常時森林現況を正確に把握することは不可能である。

最近のように社会，経済状勢のめまぐるしい変化に対応する国有林野事業経営は，現行の地域施業計画システムの下では，時間的にずれのあるデータに基づいて意志決定を行わざるを得ず，林業経営の近代化を推進する際のネックの一つになっている。このようなネックを解消するために，森林経営に必要な情報を電算機に収録し，生長による継続的变化及び収穫，間伐，植栽，被害などによる現状変化に応じて，収録した森林情報を更新し，任意の時点における現況をできるだけ正確に把握できる情報処理システムの開発が必要とされる。

この研究は，その第1段階として定期的に行われる地域施業計画編成業務を対象として，林分成長の法則性を利用した自動更新を含む森林情報の収録，更新，報告が合理的に実行できる情報処理システムの開発を目的としている。

III 試験の経過と得られた成果

1 概要

国有林では地域施業計画編成業務に早くから電算機を導入し，森林調査簿の集計，計画に必要な諸表の作成が行われており，特に前橋営林局では，前回の計画編成で作成したソーステープを用いて林木の成長に伴って変化する因子を一定の方式で換算し，これにより伐採造林等の事業や被害がなかった場合に予想される森林の現況を示す仮森林調査簿を作成し，現地調査で内容をチェックし，修正部分を記録した新しい森林調査簿テープを作成する方法を開発している。

この研究で検討した方法は前橋局のものと類似しているが，将来全国的な規模のものに

発展させるため、収録する森林情報については、現行の国有林野経営規程に揭示されている森林調査項目を主体とした情報処理システムを対象としている。

森林基本ファイルに収録される森林情報は、できる限り正確であることが望ましいが、現段階では森林調査簿が最も詳細な情報源であり、将来新しい情報収集方式が開発されるまでは、これを基礎情報として用いることにしているが、森林の公益的機能など必要に応じて新しい項目も収録できるように編成することとした。また、ファイルの利用は作成される報告を通して可能になるので、その作成方法についても言及した。

ここで述べている方法は「森林基本ファイル」システムの作成の方法についての一つの試案であって、情報の内容、収集、更新の方法が変り、さらに、林分生長の予測方法や計画編成方式などの発展に伴って改訂あるいは変更する必要がある。

2 「森林基本ファイル」システムの名称

このシステムを FBASE 1 (Forest Data Base System . Version 1) と呼ぶことにする。ここで提案しているシステムは、現在利用可能な森林経営情報とその処理技術を背景として設計したもので、前述したような将来の発展に備えて Version 16 (改版番号) をつけて区別することとした。

3 使用言語

システムに使用する計算機言語には、手続言語と非手続言語とがある。手続言語は、通常 COBOL 等の COMPILER 言語を親言語として作成されるもので、システムに使用するには、最も効率が良くとされているが、その開発には相当費用がかかり、利用するために若干の訓練が要求され、電算機になじみの薄い利用者にとって、必ずしも便利なものとはいえない。

したがって、このシステムは現在広く用いられている FORTRAN 語や COBOL 語などの非手続言語を使用することが望ましい。特に使用電算機の機種によって変わる ASSEMBLER 言語はこのシステムでは使用しないことにしたい。

4 ファイルの内容

(1) レコード単位

森林経営は従来から林小班を単位として行われて来ている。しかし、その最小単位である小班は固定的な区画ではなく、各種の事業が行われるたびに変わり、更にその地理的位置の記述が困難であり、また、その面積、内容も著しく異なっている。

森林基本ファイルに収録される情報は、地理的な位置付けがなされており、また、そ

の単位の大きさが画一的なものであれば、利用面では、かなりの便益が得られると考えられるが、地形複雑な山岳林が大部分を占める国有林では、どのようなメッシュ単位を採用したとしても、その内容は複雑なものとなるであろう。

森林経営に必要とされる「経営規程」に規定してある諸表は、必ずしも林小班あるいはメッシュ単位ごとの情報を積上げなくても、ある程度の抽出誤差を容認すれば、系統的に配置した格子点の情報から作成することが可能である。格子点法によれば、地形図、地質図、施業図などの地図上の点と森林調査の基礎である空中写真とを相対比させることができ、更に地位指数調査や公益的機能調査の結果と有機的に関連付けることが可能であり、全国を統一した格子点網を作ることで、各点の地理的位置を確定することができる。しかし、各種の調査に適した格子点を中心とするプロットの大きさは多様であり、新しく調査方式を決める必要がある。

従って、この報告では、いろいろ問題はあるが調査内容の整っている小班を単位としてファイル項目のレコードを編成することとした。

(2) データの構造

このファイルに収録する項目は、前述したように地域施業計画編成に必要なものを主体に、将来必要とされるものを含めて、次の3種のグループに大別できる。

- 1) 共通項目グループ
- 2) 森林の環境項目グループ
- 3) 森林の施業項目グループ

ファイルに収録する1レコード(小班単位)の項目をこれらのグループに整理して配列するのが理想であるが、現段階では、項目の検討は行っておらず、また将来どのような項目が必要になるか不明であり、その個数によっては項目の配置を全面的に変換する必要が生ずる。したがって、ここでは、このようなグループごとの配列は考慮しないで表-1に示す項目、内容を収録することとし、図-1のように項目のレイアウトを作成した。

表-1 項目の種類

項目名	項目番号	種類	桁数	個数
整理番号	1	数コード	7	1
局	2	"	2	"
計画区	3	"	2	"
事業区	4	"	2	"
県市町村	5	"	5	"
担当区	6	"	2	"
林班番号	7	"	4	"
小班番号	8	"	2	"
小班記号	9	英数コード	2	"
記録年度	10	値	2	"
保安林単位区域	11		2	"
施業団Aコード	12~19	英数コード	4	8
" Bコード	20	"	2	1
進界材積	21		1	"
伐採の方法	22	英コード	1	"
小班区画(除地種別)	23	英数コード	3	"
小班区画面積	24	値	6	"
将来地利	25	"	2	"
現在地利	26	"	2	"
方位	27	英	2	"
傾斜	28		1	"
立木度	29	数コード	2	"
疎密度	30	英コード	1	"
林種	31	"	1	"
林相	32	"	1	"
林齢	33	値	3	"
積/ha当	34	"	3	"
循環団地	35		1	"
調査別	36	英コード	1	"

項目名	項目番号	種類	桁数	個数
前期伐採主間伐別	37	英コード	1	1
" 面積	38	値	6	"
後期伐採主間伐別	39	英コード	1	"
" 面積	40	値	6	"
小班内除地保安林外	41, 44, 47, 50		1	} × 4
" 種別	42, 45, 48, 51	英数コード	2	
" 面積	43, 46, 49, 52	値	5	} × 3
現在地位樹種	53, 56, 59	英数コード	2	
" 等級	54, 57, 60	値	2	
" 歩合	55, 58, 61	"	3	} × 3
将来地位樹種	62, 65, 68	英数コード	2	
" 等級	63, 66, 69	値	2	
" 歩合	64, 67, 70	"	3	
直径	71~169(12)	"	3	} × 10
樹高	72	"	2	
本数	73	"	5	
樹種	74	英数コード	2	
点・被・木	75	"	1	
混交歩合	76	値	3	
面積歩合	77	"	3	
総材総	78	"	5	
成長率	79	"	3	
製品生産歩合	80	"	3	
前期伐採率	81	"	3	
後期 "	82~181(12)	"	3	
水源林造成	182~202(5)		1	} × 4
樹種	183	英数コード	2	
更新種別	184	"	1	
更新面積歩合	185	値	3	
保育細分	186~206(5)	英数コード	1 × 1 1	

直	樹	本	樹	混	面	總	成	製	前	後	直	樹	本	樹	混	面	總	成	製	前	後	直	樹	本	樹	混	面	總	成			
徑	高	數	種	交	積	材	長	品	期	期	徑	高	數	種	交	積	材	長	品	期	期	徑	高	數	種	交	積	材	長			
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

01 02 03 04 05 06 07 08 09 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

製	前	後	直	樹	本	樹	混	面	總	成	製	前	後	水	樹	更	新	水	樹	更	新	水	樹	更	新	水	樹	更	新	
品	期	期	徑	高	數	種	交	積	材	長	品	期	期	源	種	種	面	源	種	種	面	源	種	種	面	源	種	種	面	
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

01 02 03 04 05 06 07 08 09 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

樹	更	新	保育細分																										
種	種	面																											
207	208	209	210																										

01 02 03 04 05 06 07 08 09 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

(3) レコードの総量

表-1に示す項目は、主として現在地域施業計画編成に用いられているものであり、これに将来必要とされる項目に対する余裕をみても、1レコードは800桁で充分と考えられる。また図-1に示す項目レイアウトは、1小班のレコードがすべての項目を満している場合を対象としたもので、実際にはすべての小班が、これだけの項目を揃えているとは限らない。例として、前橋営林局那須計画区の320個の小班について調べたところ、表-2のような結果が得られた。

表-2 那須計画区における小班当たりのレコード数

桁 数	小 班 数	割 合
~ 80	31	10 (%)
81~160	9	3
161~240	156	48
241~320	80	25
321~400	35	11
401~480	9	3
481~560	0	0

この表によれば、小班単位のレコードは可変長にするのが妥当のように考えられる。しかし、固定長レコードは、プログラミングが容易であり、ステップ数も少くてすむという長所があり、さらに新しい項目の追加が容易となる。いま、図-1に示すレコード（固定長800桁）を持つ小班数を1営林局当たり50,000小班と仮定すると、営林局当たりのファイル総量は40,000,000（800×50,000）桁となる。これを磁気テープファイルに収録すると、そのブロッキングの仕方により、表-3のようになる。但し、この表では磁気テープの記録密度を1.600/BPIとし、IRG=0.6インチとしている。なお、計算機の機種によっては、ブロッキング桁数に制限があり、4,000桁を超えられないものもあるので注意が必要である。

表-3 ブロッキングレコード数と必要な磁気テープ

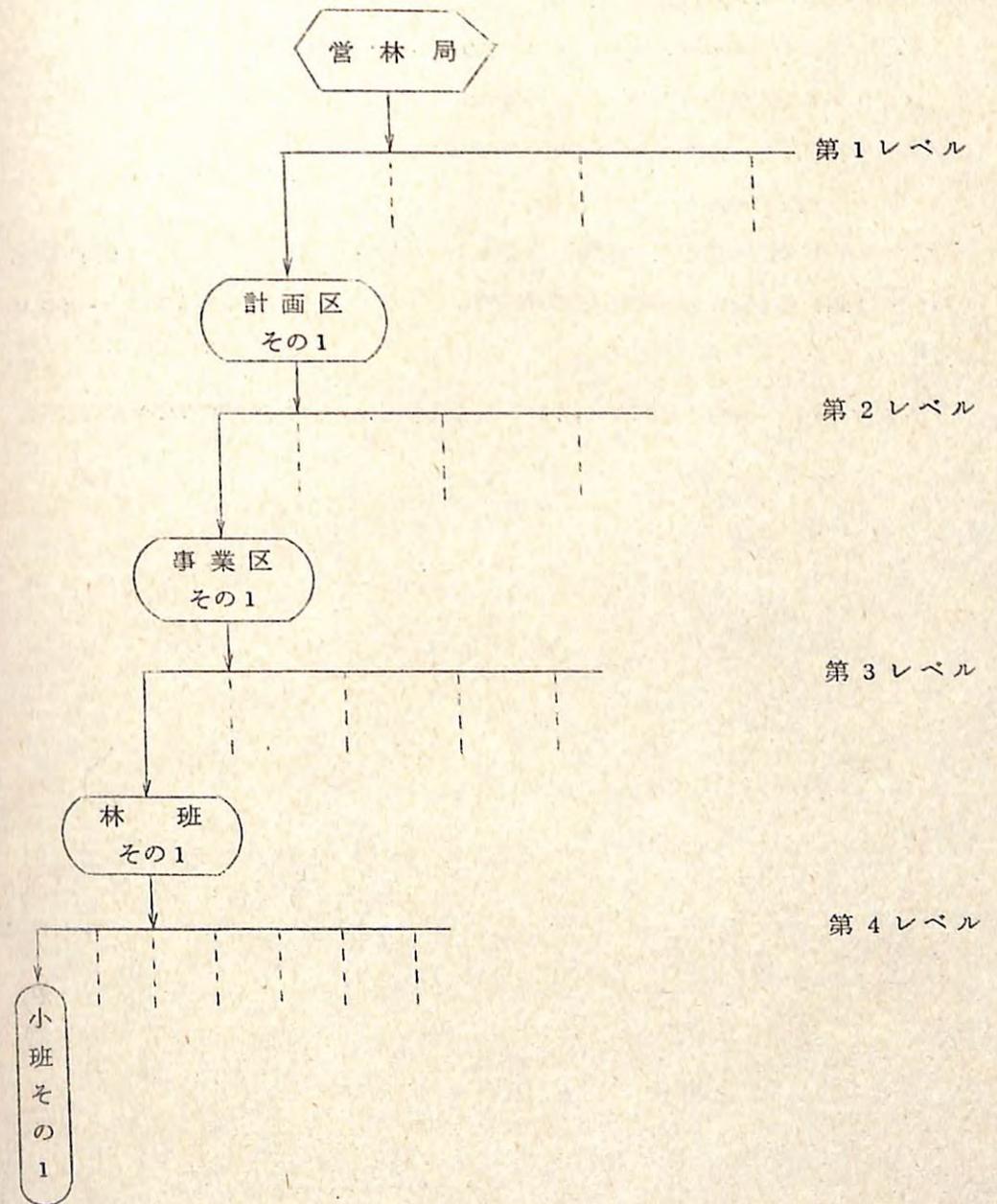
ブロッキングレコード数	レコード総延長 (IRGを含む)	磁気テープ
800	55,000 in	2 巻
1,600	40,000	2
4,000	31,000	2
5,600	29,284	2
8,000	28,000	1 単一ファイル

この表からブロッキングレコード数、すなわち桁数を800とした固定長を用いても2巻の磁気テープに1営林局の小班単位の森林情報を収録可能であることが分る。このような理由から、この報告では、固定長レコードを採用することとした。

(4) ファイルの編成

このファイルは地域施業計画の編成に必要な情報を主体とした森林情報を収録するものであるから、利用上の便宜を考慮して、営林局ごとに編成することとし、図-1に示す小班ごとの項目内容を1レコードとする順次編成ファイル(シーケンシャルファイル)とすることとした。各レコードは図-2に示すような階層構造をもっているので、ファイルの編成は、計画区コードを第1レベル、事業区コードを第2レベル、林班番号を第3レベル、小班番号を第4レベルとし、各レベル内でレベル番号の昇順に編成することとした。

図-2 レコードの構造



なお、ファイルの検索の便を考え、第1、第2レベル及びファイルの終了を示すため、整理番号に次のような数値を記入したダミーレコードをそのレベルの最後の小班レコードの次に挿入して区別することとした。

第2レベル(事業区)：- 000900

第1レベル(計画区)：- 009900

ファイルの終了：- 099900

ファイルの編成順序を図-3に示す。

更に、ファイルが2巻以上、すなわち多重ファイル(multi-volume file)になる場合には第1巻(第1ボリューム)の最後の小班レコードの次に整理番号を-000001としたダミーレコードを挿入する。

各ボリュームの第1レコードはラベルレコードとし、図-4に示す内容を記入する。

整理番号	計画区コード	事業区コード	市町村コード	担当区コード	林班番号	小班番号	整理番号	計画区コード	事業区コード	市町村コード	担当区コード	林班番号	小班番号	整理番号	計画区コード	事業区コード	市町村コード	担当区コード	林班番号	小班番号
* / 計画区 * / 事業区 * / 林班 * / 小班レコード							* / 計画区 * / 事業区 * / 林班 * / 2. 小班レコード							* / 計画区 * / 事業区 * / 林班 * / m. 小班レコード (* / 事業区 の最終の小班レコード)						

01 02 03 04 05 06 07 08 09 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

整理番号	計画区コード	事業区コード	市町村コード	担当区コード	林班番号	小班番号	整理番号	計画区コード	事業区コード	市町村コード	担当区コード	林班番号	小班番号	整理番号	計画区コード	事業区コード	市町村コード	担当区コード	林班番号	小班番号
-000900							(空 白)							* / 計画区 * / 事業区 終了のダミーレコード						
* / 計画区 * / 事業区 終了のダミーレコード							* / 計画区 * / 2. 事業区 * / 林班 * / 小班レコード							* / 計画区 * / 2. 事業区 * / 林班 * / 2. 小班レコード						

01 02 03 04 05 06 07 08 09 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

整理番号	計画区コード	事業区コード	市町村コード	担当区コード	林班番号	小班番号	整理番号	計画区コード	事業区コード	市町村コード	担当区コード	林班番号	小班番号	整理番号	計画区コード	事業区コード	市町村コード	担当区コード	林班番号	小班番号
* / 計画区 * / 2. 事業区 * / 林班 * / 小班レコード (* / 2. 事業区 の最終の小班レコード)							-000900							* / 計画区 * / 2. 事業区 終了のダミーレコード						
* / 計画区 * / 2. 事業区 * / 林班 * / 小班レコード (* / 2. 事業区 の最終の小班レコード)							* / 計画区 * / 2. 事業区 終了のダミーレコード							* / 計画区 終了のダミーレコード						

01 02 03 04 05 06 07 08 09 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

整理番号	計画区コード	事業区コード	市町村コード	担当区コード	林班番号	小班番号	整理番号	計画区コード	事業区コード	市町村コード	担当区コード	林班番号	小班番号	整理番号	計画区コード	事業区コード	市町村コード	担当区コード	林班番号	小班番号
* / 2. 事業区 * / 事業区 * / 林班 * / 小班レコード							-009900							* / 2. 計画区 終了のダミーレコード						
* / 2. 事業区 * / 事業区 * / 林班 * / 小班レコード							* / 2. 計画区 終了のダミーレコード							ファイル 終了のダミーレコード						

01 02 03 04 05 06 07 08 09 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

図-3 ファイルの編成順序

5 ファイルの更新

(1) 更新方法の概要

ファイルに収録されているレコード内容を更新する原因は、林木の生長によるものとそれ以外のものとに分けることができる。

前者は、ほとんどすべての小班に関係があり、いわゆる生長法則を適用して電算機の内部で自動的に更新することが可能である。後者は、地域施業計画編成の際の森林区画、地種区分、施業団、伐採の方法等の変更、あるいは伐採、収穫、造林、林道設置、被害などによる林分内容の変化であって、更新は該当する小班だけに限定されている。

また、ファイルの更新時期は前橋局のように計画編成時ごとに行う場合や、毎年実行する場合が考えられる。

この報告では、ファイルの運用体系までは触れていないので、更新の必要がある小班名を随時指定すれば、生長に関係する項目（林齢、樹高、平均直径、材積など）をその時点の値に直したモニターが得られ、これを用いて所要の項目を修正して、原ファイルを更新する方法を採用した。

前述したように、このファイルは営林局ごとに編成するものであるから、更新は営林局の専属の係が担当し、利用者がファイルの内容を勝手に変更できないようにすることが必要である。

(2) 更新の手順

このファイルの更新は単位レコード（小班）ごとに行うこととし、図-5に示す流れ図のように二段階に分けて行うこととした。

(a) 第1段階

更新を必要とする小班レコードを次の方法で指定する。

更新実行年月日指定カード：図-6

レコード指定カード：図-7

(第1段階)

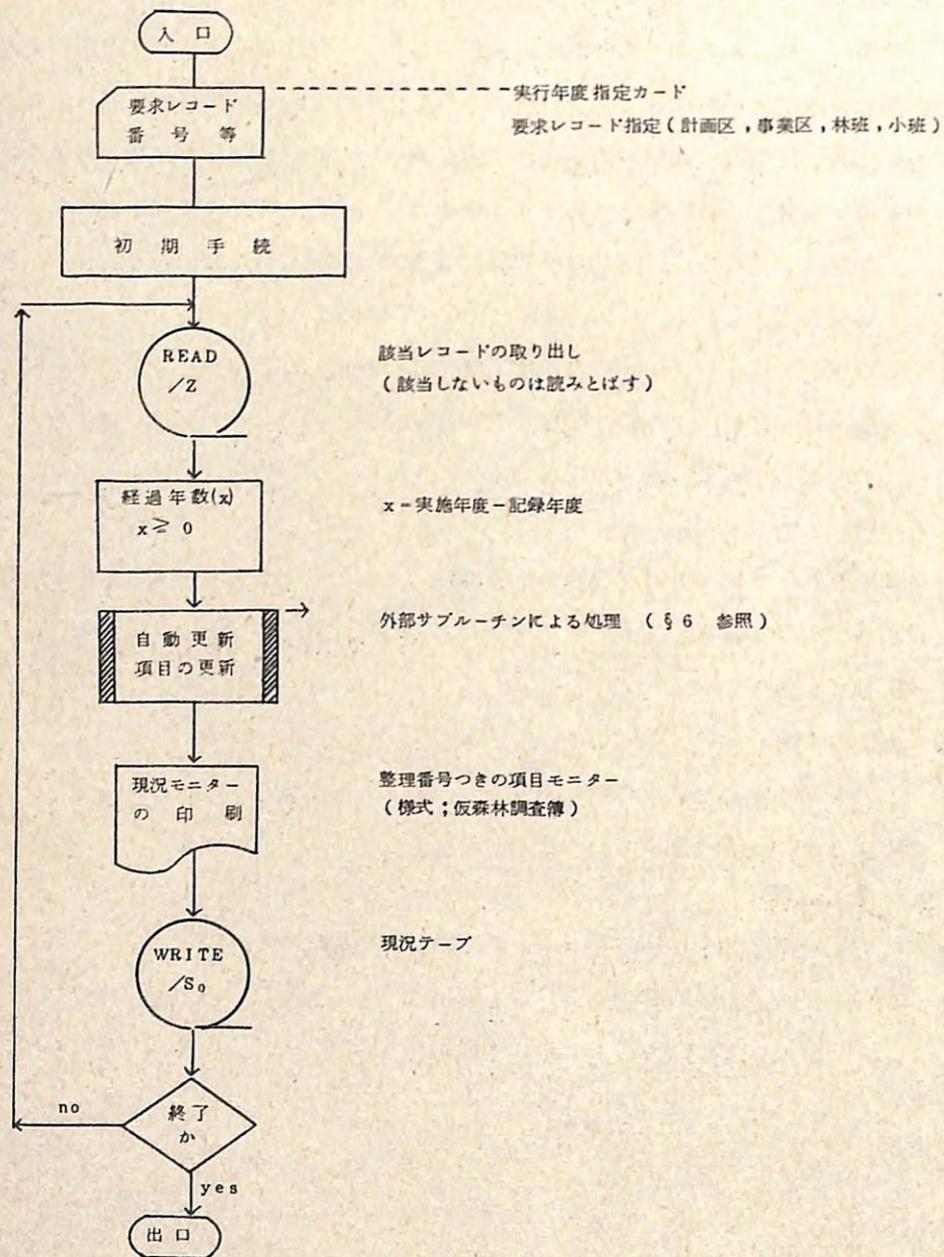
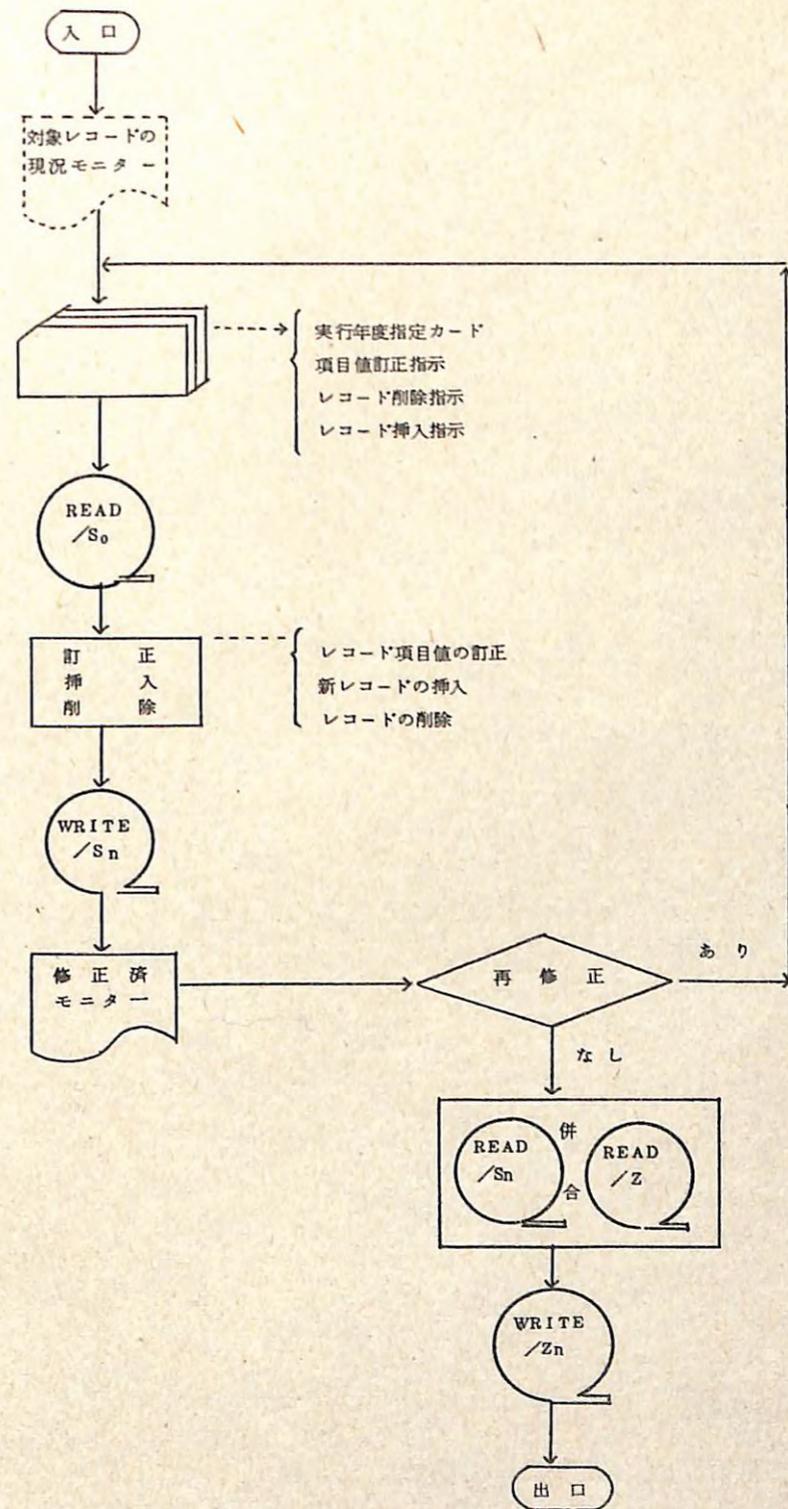


図-5 ファイル更新の流れ図

(第2段階)



レコード指定は事業区内の全小班を更新したい場合には、計画区、事業区のコード番号の後に(ALL)と記入し、一部分を更新したい場合には(SUB)と記入し、その後に必要なレコードを指定するカードが続く。この場合図-7に示すように、レコードの指定は整理番号と林小班番号のいずれでも使用できるようにしておくとう便利である。

指定されたレコード群は、次節で説明する自動更新方法によって、その時点の値に該当項目の内容を改めて、現況モニターとして取り出されると同時に、指定されたレコード群のみを収録したファイル(S₀テープと呼ぶ)を作成する。

なお、自動更新は、将来改良の必要のあることを考慮して、1つ以上のサブルーチンとして構成することが望ましい。

(b) 第2段階

第1段階で得られた現況モニターを参照して必要な項目の修正カードを作成し、これを用いてS₀テープの内容を更新する。更に必要があれば、S₀テープのモニターをチェックし、再訂正してS_nテープを作成する。このS_nテープと基本ファイルテープ(Zテープ)とを結合して、更新した基本ファイル(Z_nテープ)を作成することとした。

この段階では、次のような作業が行われる。

レコード項目の内容の変更

レコードの挿入

レコードの削除

これらの作業は次に示す様式のカードで行う。

実行年月日指定カード：

計画区・事業区指定カード：

レコード更新指示カード：

{ 訂正指示
挿入指示
削除指示

(i) レコード項目の内容の変更

項目内容の変更の仕方にいろいろな場合が考えられるので、必要に応じて次の4種類のカードを使いわけることにした。

単一の項目をいくつかのレコード(小班)について内容を変更する場合は図-8に示すカード区分51または52の様式が適当と考えられる。

レコードごとに、いくつかの項目の内容を変更する場合は図-8のカード区分53又は54の様式が適当であろう。

レコードの項目内容の全部を変更する場合は、図-1に示すレイアウトを適当に設計されたカード(様式は省略する)を用いて変更することが考えられる。

なお、この作業では、指定しない項目については、そのまま移記されるものとする。

(ii) レコードの挿入

レコードすなわち小班の分割が行われた場合には、図-9に示すカード区分61を用い新しいレコードを挿入することができる。

また、カード区分62を用いて、分割前のレコードを該当する個所へ整理番号の支番を用いて挿入し、その後、前項i)の方法で必要な項目を訂正することによってできる。この場合、分割前のレコードは次のiii)の方法によって削除する必要がある。

(iii) レコードの削除

削除しようとするレコードの整理番号又は林小班記号を図-10の様式のカードを用いて指定することにより指定されたレコードは完全に削除される。

この場合は、整理番号又は林小班記号が連続している場合最初と最後の番号を指定することで、この範囲が含まれている全レコードが削除されるようにしてある。

NO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1	2	3</																						

6 林木の生長による自動更新

(1) 概 要

現在の国有林野経営規程では、林種は人工林、人工補整林、天然林などに分類され、伐採の方法は皆伐と択伐などに分けられ、皆伐による人工林は、一般に同齡林を形成し、それ以外のものは異齡林を形成し、成長過程の解析方法が現段階では異なっているので別個に扱うこととした。

林分の生長による項目内容の更新を行うには、樹種別の林分構成因子の成長過程が確定していることが望ましいが、残念ながらまだ十分な解明が行われていない。

現在考えられる自動更新の方法としては、収穫予想表の補間、密度管理図、回帰式を用いた予測式など、いろいろの方法があるが、これらの方法について充分検討する資料と余裕がないため、収穫予想表の補間と予測式を用いる方法とを併用して項目内容を更新することとした。

自動更新の対象となる項目は、林齡、樹種別材積及び ha 当たり材積、平均樹高、平均直径及び記録年度である。いずれの項目も更新を行う年度（これはその都度入力させる）から記録記録年度を差し引いた経過数（ x 年）と各レコードを実引数とするサブルーチンで、更新を行わせることとした。この方法の骨格となる流れ図を図-11に示すが、これは異齡林の場合も同じである。

なお、説明の便宜上、奥利根地域施業計画区に適用されている収穫予想表の値を適宜使用することとした。

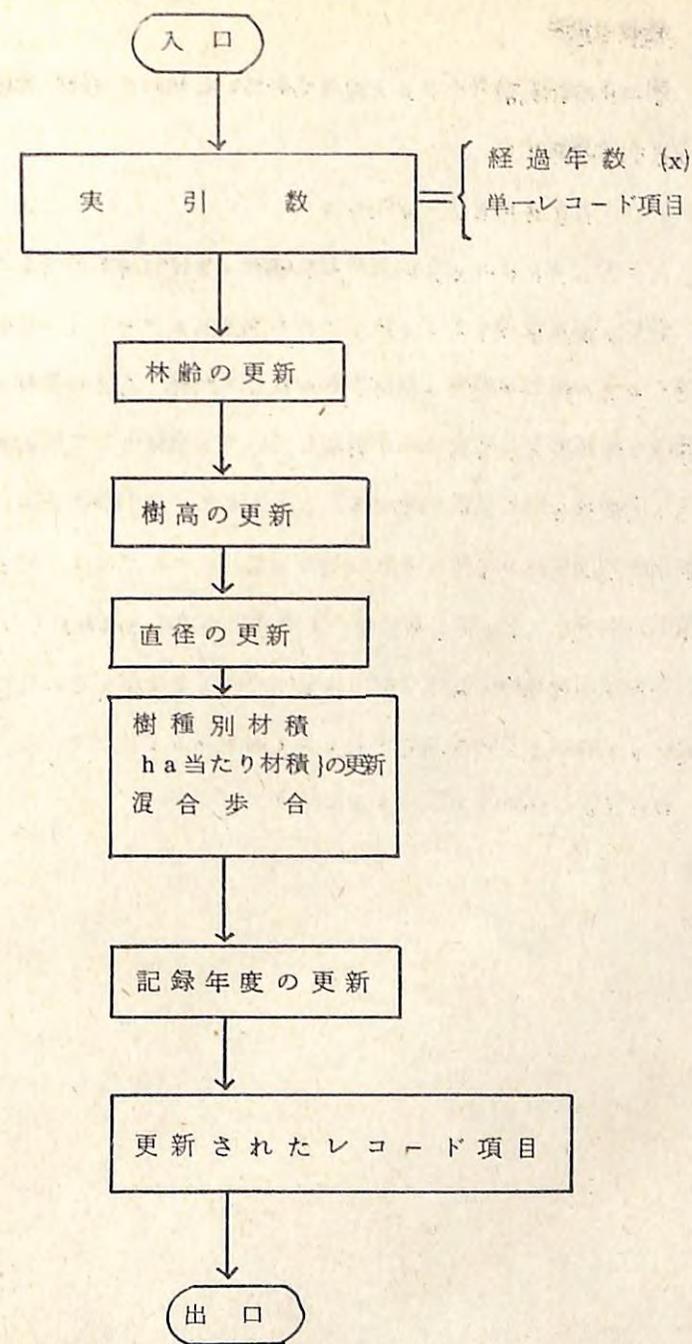


図 - 11 項目自動更新サブルーチンの機能

(2) 林齢の更新

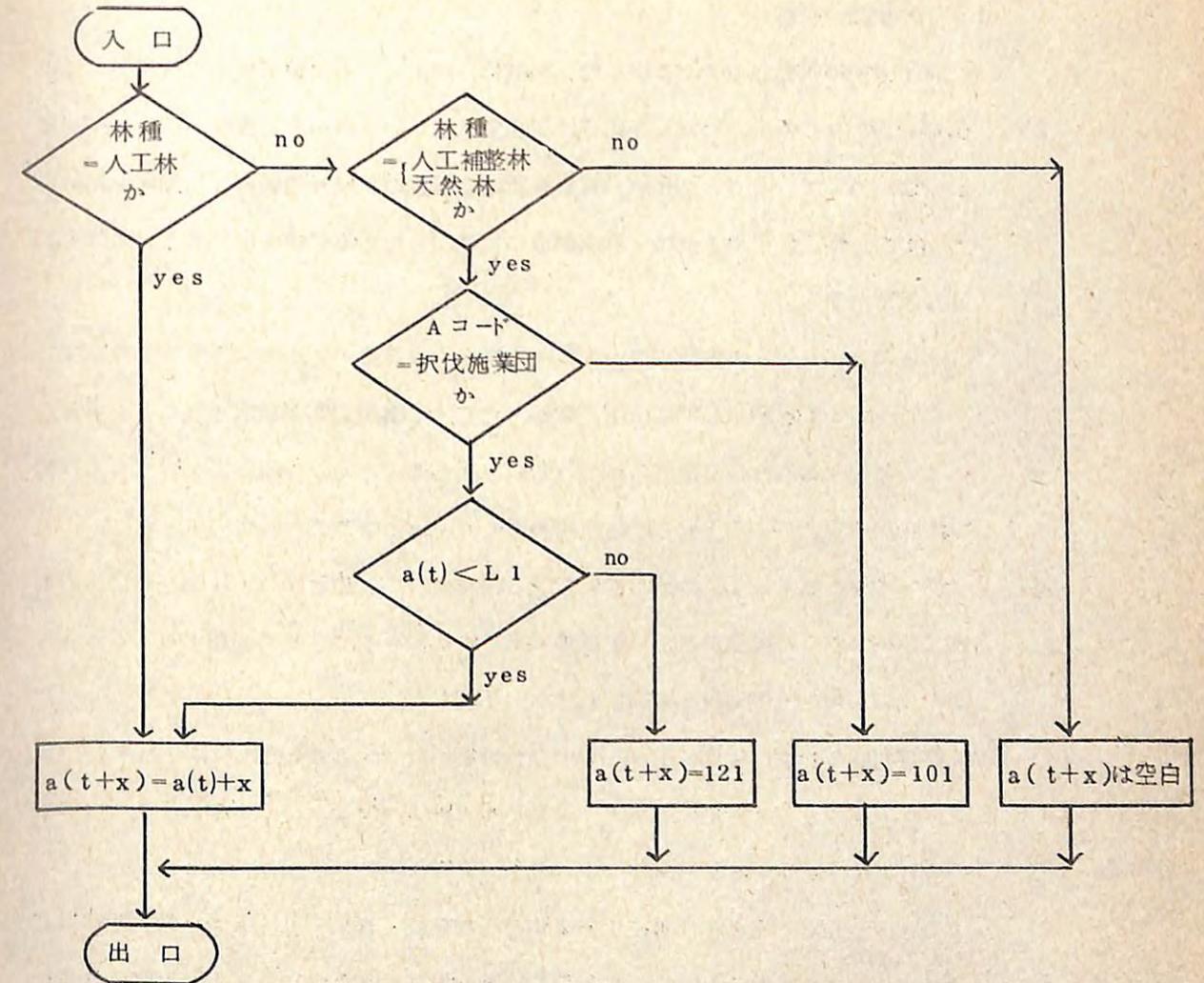
図-1の項目番号(32)に示されている林齢(a(t))は同齢林(人工林)では、次のように更新する。

$$a(t+x) = a(t) + x \quad (1)$$

ここで、a(t+x)は更新した林齢、xは経過年数である。

但し、項目番号(11)に示される施業団Aコード、項目番号(30)に示される林種コードの組合せの中、択伐が行われる天然林、人工補整林の中で比較的林齢の若い林分は、保残木として老齢木が散在していても全体として同齢林と見なすことができるので、同齢林と同じ更新処理をすることとした。奥利根計画区の場合は、この境界林齢を択用施業団では91年、それ以外の施業団については71年としているが、ここでは施業団に関係なくL₀年(90年か100年が適当と思われる)を境界林齢とし、更に異齢林では限界林齢(K年、択用施業団では121年、その他の施業団では101年)を設け、それ以上の林齢は定数(121と101)としている。

林齢更新の流れ図を図-12に示す。



- 註) (1) 林種コード(1桁)
人工林(J), 人工補整林(H), 天然林(T)
- (2) Aコード(4桁)
I 択用(10YT), II 択用(20YT), III 択薪(30ST)

図-12 林齢更新の流れ図

(3) 同齢林の林分因子の更新

1) 平均樹高の更新

ファイルの収録単位である小班は、同齢林分であっても2樹種以上で構成されている場合がかなり多い。しかし、樹高は樹種別でなくいくつかの樹種を一括した平均値として示されていることが多い。自動更新は樹種別の収穫予想表の成長傾向を用いて行うので、樹種別平均樹高は、計画編成の重要項目である材積を求めるために最も重要な因子である。

小班に含まれる主要樹種については、伐期平均生長量による地位等級が示されているので、この値を利用して各小班の林齢に対応する樹種別樹高を求めることが考えられるが、地位等級分類に用いられている樹高生長曲線は、林分収穫表に基づくもので、地域施業計画区に適用される収穫予想表のものとはかなり異なっている。

従って、ここでは、樹高が示されている樹種について更新を行い、樹高が空白の樹種については、その直前にある樹種の更新された樹高をそのまま適用することとした。また、広葉樹、その他針葉樹は一括することとした。

平均樹高の更新は、次に示す式のいずれかを用いて行うこととした。

$$H(t+x) = HT(t+x) - HT(t) + H(t) \pm kx \quad (2)$$

$$H(t+x) = HT(t+x) \cdot H(t) / HT(t) \quad (3)$$

ここで、 $H(t+x)$ は林齢 $t+x$ 年の平均樹高、 $HT(t+x)$ 、 $HT(t)$ は林齢 $t+x$ 年、 t 年における収穫予想表の2等地の樹高、 $H(t)$ はレコードに記載されている平均樹高、 $H(t) > HT(t)$ ならば k は正、逆ならば負の値をとる。

奥利根計画区の収穫予想表の2等地に対する樹高成長曲線は、若干の目測による延長を含めて表-4に示す推定式で求めることができる。また、スギ、アカマツは $k=0.08$ とした(2)式で、その他の樹種については(3)式で経過年数 x 年に応ずる樹高を求めることとした。

表-4 樹種別樹高生長曲線式

樹種	適用林齢	樹高生長曲線式
スギ	10~60年	$HT = 25.58 - 18.81 \times 0.8573 \exp\left(\frac{t-15}{5}\right)$
	61~90	$HT = 25.45 - 7.51 \times 0.8385 \exp\left(\frac{t-45}{5}\right)$
ヒノキ	10~60	$HT = 18.97 - 14.16 \times 0.8163 \exp\left(\frac{t-15}{5}\right)$
	61~90	$HT = 18.59 - 3.79 \times 0.7911 \exp\left(\frac{t-45}{5}\right)$
アカマツ	10~50	$HT = 17.89 - 12.33 \times 0.8325 \exp\left(\frac{t-15}{5}\right)$
	51~90	$HT = 17.42 - 5.46 \times 0.8135 \exp\left(\frac{t-25}{5}\right)$
カラマツ	10~60	$HT = 23.11 - 15.13 \times 0.8375 \exp\left(\frac{t-15}{5}\right)$
	61~90	$HT = 23.03 - 5.13 \times 0.8387 \exp\left(\frac{t-45}{5}\right)$
その他針葉樹	10~60	$HT = 26.09 - 24.94 \times 0.9472 \exp\left(\frac{t-15}{5}\right)$
	61~100	$HT = 15.30 - 4.70 \times 0.8513 \exp\left(\frac{t-60}{5}\right)$
広葉樹	10~60	$HT = 14.49 - 8.99 \times 0.8879 \exp\left(\frac{t-15}{5}\right)$
	61~100	$HT = 13.78 - 2.38 \times 0.8673 \exp\left(\frac{t-60}{5}\right)$

次のような場合は特殊な処理をすることとした。

- i) 小班内の樹種別樹高欄に樹高が収録されており当該樹種の樹高欄が空白の場合は空白のままとする。
- ii) 点生木、被害木の項目にコードTまたはHが記入されている時は、計算を行わず、記入されている値をそのまま使用する。
- iii) 10年生以下の小班については、樹高は計算しないが、 x 年後に10年を超える場合は、仮に表-2の式を用いて樹高を求め、現地調査で修正することとした。
- iiii) 林齢120年以上については収録されている平均樹高の値をそのまま移記する。

(2) 平均直径の更新

平均直径の生長過程は、平均樹高すなわち地位と林分密度の関数として同齢単純林の場合には、かなりうまく近似できる。しかし、林分密度の基となる ha 当たり本数は、ほとんど測られておらず、また、この関数はうっ閉状態によって変化しており、さらに

検討をする必要がある。従って、この報告では、平均樹高と同様に、収穫予想表の主林木の平均直径生長曲線を用い、次のいずれかの式を用いて更新することとした。

$$D(t+x) = DT(t+x) - DT(t) + D(t) \pm kx \quad (4)$$

$$D(t+x) = DT(t+x) \cdot D(t) / DT(t) \quad (5)$$

記号の説明は、平均樹高の場合と同じである。

奥利根計画区に対する平均直径の生長傾向は、表-5に示す推定式で近似できるので、スギ、アカマツについては $k = 0.12$ 、ヒノキについては $k = 0.10$ とした(4)式、その他の樹種については(5)式を用いて、経過年数 x 年に対する平均直径を求めることとした。

表-5 樹種別平均直径生長曲線式

樹種	適用林齢	平均直径生長曲線式
スギ	10~70年	$DT = 47.35 - 37.61 \times 0.9154 \exp\left(\frac{t-15}{5}\right)$
	71~	$DT = 33.2$
ヒノキ	10~70	$DT = 58.26 - 51.75 \times 0.9524 \exp\left(\frac{t-15}{5}\right)$
	71~	$DT = 28.0$
アカマツ	10~70	$DT = 63.74 - 56.68 \times 0.9505 \exp\left(\frac{t-15}{5}\right)$
	71~	$DT = 31.4$
カラマツ	10~70	$DT = 47.08 - 36.72 \times 0.9336 \exp\left(\frac{t-15}{5}\right)$
	71~	$DT = 30.4$
その他針葉樹	10~60	$DT = 39.93 - 37.23 \times 0.9383 \exp\left(\frac{t-15}{5}\right)$
	61~100	$DT = 34.52 - 15.72 \times 0.9233 \exp\left(\frac{t-60}{5}\right)$
広葉樹	10~60	$DT = 26.53 - 19.86 \times 0.9110 \exp\left(\frac{t-15}{5}\right)$
	61~100	$DT = 23.42 - 5.53 \times 0.8703 \exp\left(\frac{t-60}{5}\right)$

特殊な処理については、前項と同じである。

平均直径、平均樹高更新の流れ図を図-13に示す。

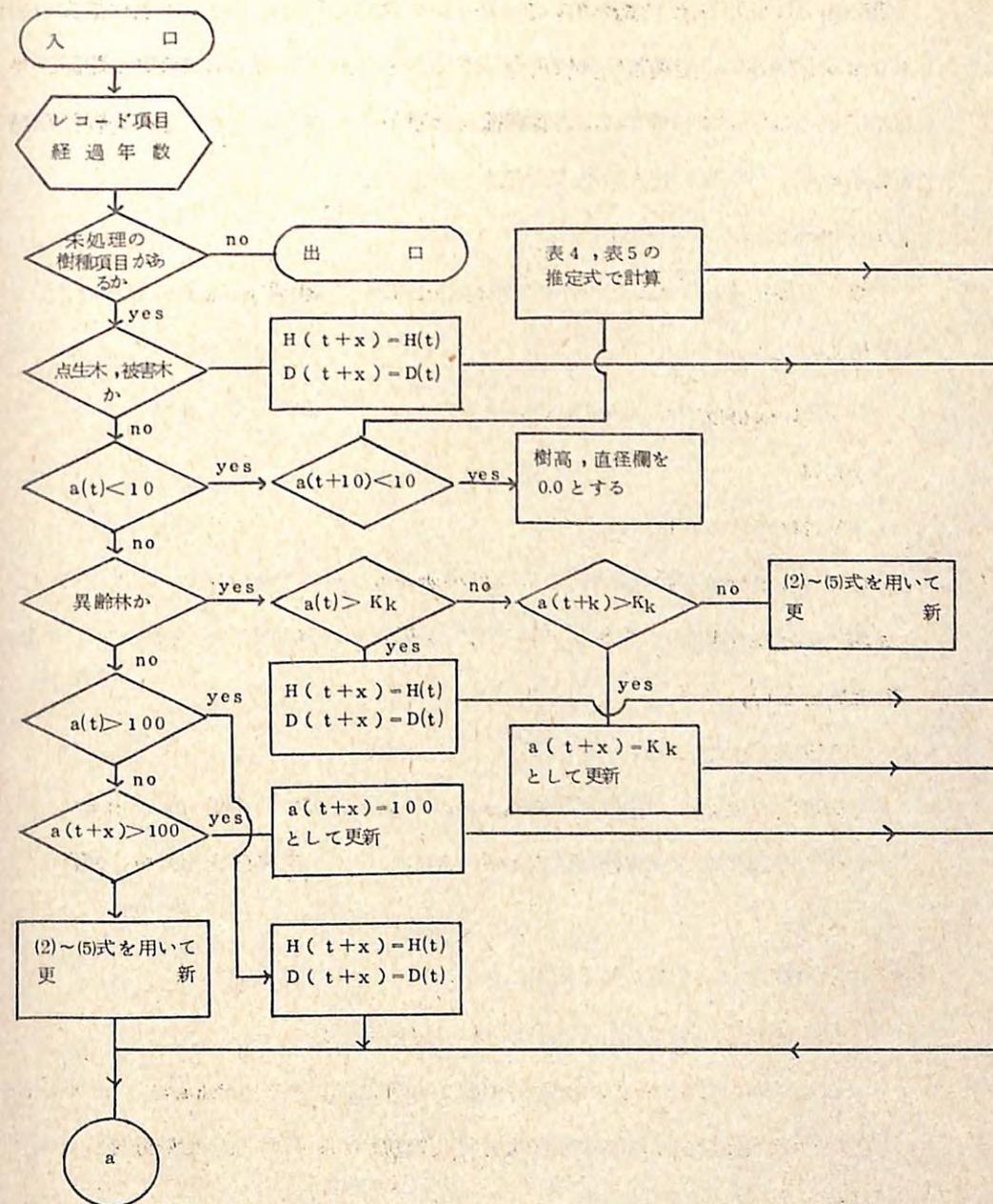


図-13 平均樹高、平均直径更新の流れ図

(3) 樹種別材積の更新

小班内に2樹種以上が含まれている場合，群状混交の場合もあれば点状混交の場合もあり，混交状態により材積の生長傾向が異なると考えられるが，未解決の問題が多く含まれているので，この報告では，各樹種又は樹種群が小班内でそれぞれ単純林を構成しているものとして材積の推定を行うこととした。

i) 樹種別 ha 当たり材積の計算

材積の推定方法は ha 当たり材積で行われるので，樹種別 ha 当たり材積を次式で計算する。

$$V_i(t) = v_i(t) / \{ A \times PA_i \} \quad (6-1)$$

または

$$V_i(t) = V(t) \times PV_i(t) / PA_i \quad (6-2)$$

ここで， $v_i(t)$ は樹種別材積， $V(t)$ は小班の ha 当たり材積， $PV_i(t)$ は混交歩合， A は小班面積， PA_i は樹種別面積歩合で，後の2つは事業が実行されない限り変化しないとした。

ii) 樹種別 ha 当たり断面積の計算

林分密度の尺度には，各種の提案があるが，ha 当たりの相対断面積をここで使用することとしたので，林分材積式から t 年生における樹種別断面積を逆算することとした。

林分材積式としては次式を採用した。

$$\log V(t) = b_0 + b_1 \log H(t) + b_2 \log G(t) \quad (7)$$

ここで， $V(t)$ は ha 当たり材積， $H(t)$ は平均樹高， $G(t)$ は ha 当たり断面積である。

奥利根計画区について，林分収獲表及び現地調査から求めた林分材積式を表-6に示す。

表-6 樹種別林分材積式

樹種	林分材積式
スギ	$\log v(t) = -0.1434 + 0.9051 \log H(t) + 0.9778 \log G(t)$
ヒノキ・サワラ	$\log v(t) = -0.1793 + 0.9585 \log H(t) + 0.9537 \log G(t)$
アカマツ・クロマツ	$\log v(t) = -0.0701 + 0.8061 \log H(t) + 0.9888 \log G(t)$
カラマツ	$\log v(t) = -0.2119 + 0.9206 \log H(t) + 1.0061 \log G(t)$
その他の針葉樹 広葉樹	$\log V(t) = -0.0696 + 0.8549 \log H(t) + 0.9856 \log G(t)$

この式から ha 当たり断面積は次のようにして求められる。

$$G_i(t) = \text{antilog} \{ \log V_i(t) - b_{0i} - b_{1i} \log H_i(t) \} / b_{2i} \quad (8)$$

相対断面積を求める基準断面積としては限界密度における ha 当たり断面積を用いることとした。

樹種ごとの基準断面積は林分収獲表の標準地資料を用いて次式のようにして求めた。

$$\log \bar{d}g = b_0 + b_1 \log H + b_2 \log SR \quad (9)$$

ここで， $\bar{d}g$ は断面積平均直径， SR は相対幹距比で次式で算出したものである。

$$SR = 10^4 / (\sqrt{n} \cdot H)$$

ここで， n は ha 当たり本数。

SR に限界相対幹距比を入れて，求めた断面積平均直径と対応する ha 当たり本数から基準断面積を求めることとした。

$$\log \bar{d}g = (b_0 + b_2 \log SR_s) + b_1 \log H \quad (10)$$

ここで， SR_s は限界相対幹距比で，一応スギ，ヒノキを11%，カラマツ，アカマツその他針葉樹は12%，広葉樹は13%とした。林分材積式の場合に用いた資料から算出した限界密度における断面積平均直径の推定式を表-7に示す。

表-7 限界密度における断面積平均直径推定式

樹種	断面積平均直径推定式
スギ	$\log \bar{d}g(t) = -0.2073 + 1.1848 \log H(t)$
ヒノキ・サワラ	$\log \bar{d}g(t) = -0.5571 + 1.1613 \log H(t)$
アカマツ・クロマツ	$\log \bar{d}g(t) = -0.1519 + 1.0793 \log H(t)$
カラマツ	$\log \bar{d}g(t) = -0.3364 + 1.2432 \log H(t)$
その他の針葉樹	$\log \bar{d}g(t) = -0.4784 + 1.3006 \log H(t)$
広葉樹	$\log \bar{d}g(t) = -0.4481 + 1.3006 \log H(t)$

従って、 t 及び $t+x$ 年生の基準断面積は次式で求められる。

$$G_s(t) = \frac{\pi}{4} \bar{d}g(t) \cdot n(t) / 10^4 \quad (11)$$

$$G_s(t+x) = \frac{\pi}{4} \bar{d}g(t+x) \cdot n(t+x) / 10^4 \quad (12)$$

$n(t)$, $n(t+x)$ は、限界相対幹距比から逆算する。

$$n(t) = 10^4 / (H(t) \cdot SR_s) \quad (13)$$

$$n(t+x) = 10^4 / (H(t+x) \cdot SR_s) \quad (14)$$

t 年生における相対断面積を次式で求める。

$$SD(t) = G(t) / G_s(t) \quad (15)$$

$(t+x)$ 年生の相対断面積は、 $G(t)$ が究極的には G_s に等しくなる、すなわち 100% になると仮定して次式で推定することとした。

$$\log SD(t+x) = \{ 2 + (\log SD(t) - 2) \} \cdot a(t) / a(t+x) \quad (16)$$

x 年後の ha 当たり断面積を次式で求める。

$$G(t+x) = SD(t+x) \cdot G_s(t+x) \quad (17)$$

iii) 樹種別 ha 当たり材積

(6.2) 又は (6.3) 式で求めた平均樹高及び (6.17) 式で求めた ha 当たり断面積を表-4 に示す樹種別材積式に入れて、樹種別 ha 当たり材積を求める。

$$\log v_i(t+x) = b_{0i} + b_{1i} \log H(t+x) + b_{2i} \log G(t+x) \quad (18)$$

iv) 樹種別材積，混交歩合などの更新

(6.18) で求めた $(t+x)$ 年生の樹種別 ha 当たり材積に t 年生における面積歩

合と小班面積を乗じて樹種別材積を求める。

$$v_i(t+x) = V_i(t+x) \cdot A \cdot PA_i(t) \quad (19)$$

樹種別材積の合計を小班面積で除して小班の ha 当たり材積を求める。

$$V(t+x) = \sum_i v_i(t+x) / A \quad (20)$$

ここで、 $V(t+x)$ は小班の ha 当たり材積である。

樹種別材積をその合計で除して $(t+x)$ 年生における混合歩合を求める。

$$PVi(t+x) = \{ v_i(t+x) / \sum_i v_i(t+x) \} \times 100 \quad (21)$$

樹種別生長量は、 $(t+x)$ 年生の材積から t 年生の材積を引いた定期生長量を経過年数で除して求める。

$$IVi(t+x) = \{ V_i(t+x) - V_i(t) \} / x \quad (22)$$

更に特別な処理として次のように行う。

- 1) 点生木か被害木の欄にコード T 又は H が記入されている時は、材積計算は行わない。
- 2) 限界林齢以上の林分については、材積計算を行わず t 年生の材積をそのまま使用する。
- 3) 風衝地，更新困難地，煙害地の場合には 2) と同じく t 年生の材積を $(t+x)$ 年生の材積とする。
- 4) 平均林分高の算出を行わない 10 年生以下の小班については、材積計算は行わず樹種別の総材積の項は平均樹高，平均直径と共に 0 とする。 x 年後に 10 年生以上に達する小班については表-4 及び表-5 の生長曲線式からその林齢に対応する平均樹高，平均直径を求める。樹種別 ha 当たり本数を次式で計算し，平均直径から求めた平均断面積に乗じて ha 当たり材積を算出する。

$$N_i(t+x) = n_i(t) / \{ A \times PA_i \} \quad (23)$$

$$G_i(t+x) = \frac{\pi}{4} d^2(t+x) \times N_i(t+x) \quad (24)$$

ここで N_i は樹種別 ha 当たり本数， n_i は樹種別本数， G_i は樹種別 ha 当たり断面積である。

このようにして求めた ha 当たり断面積及び平均樹高を用いて表-6 の林分材積式から ha 当たり材積を求め (19) 式で樹種別材積を計算し，計画編成のための現地調査の際修正することとした。

樹種別材積などの更新の流れ図を図-14 に示す。

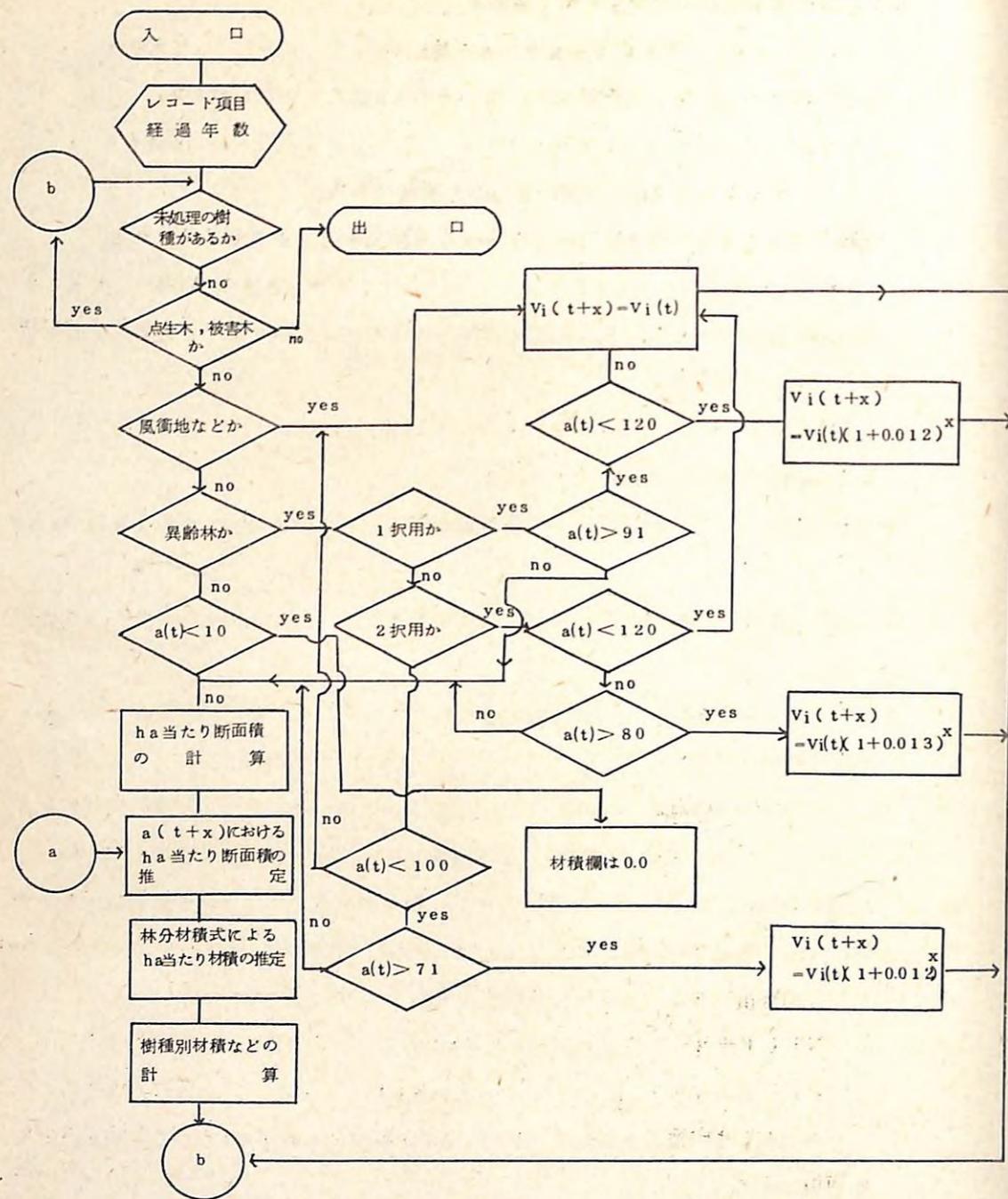


図-14 樹種別材積更新の流れ図

(4) 異齢林の林分因子の更新

1) 材積生長量の推定方法

同齢林が主として皆伐施業法が採られるのに対して、異齢林は皆伐以外の各種の施業法が採用され、樹種構成も複雑な場合が多い。

従って、異齢林の材積生長量の推定には未解決の分野が多い。また、異齢林の林齢の決め方についても、いろいろ論議があるが、この報告では、奥利根計画区で用いられている材積生長率による方法を採用することとした。

施業団又は作業種別に材積生長率を齢級別に表-9のように決めた。この場合できれば、樹種群少なくとも針広別に生長量を決めることが望まれる。

異齢林の材積生長量を推定するには、純生長量を構成する粗生長量、枯損量、進界生長量の大きな影響を及ぼす林型で異齢林を分類し、施業実施後の経過年数に対して生長量推定の方法を検討する必要がある。林型区分の方法としては、空中写真による林相区分に用いられている針広混交歩合、樹冠疎密度級、上層木平均樹高級などによる分類や、直径級別本数分布曲線型、あるいは直径級の混交状態などによる方法について検討を進めている。

2) 平均樹高、平均直径の更新

同齢林の場合と同じ方法を用いて更新するが、異齢林では施業団ごとに決めた限界林齢までは表-4に示す61年以上の樹高生長曲線式で $H T(t)$ を求めるが、これ以上の林齢の小班については収録されている平均樹高をそのまま移記することとした。平均直径は、スギ、ヒノキ、アカマツ、カラマツでは71年以上は定数であるが、その他針葉樹、広葉樹については、表-5に示す61年以上の平均直径生長曲線を用いて平均樹高の場合と同じ処理を行って更新することとした。

3) 樹種別材積の更新

施業団ごとに決められる限界林齢以下の小班については、同齢林と同じ方法で樹種別材積の更新を行う。

限界林齢以上の林分の樹種別材積は、施業団別樹種別の生長率を用いて次式で求める。

限界林齢以下 ($L < a(t) < K$)

$$U_{ki}(t+x) = U_{ki}(t)(1+P_i)^x \quad (25)$$

限界林齢以上

$$Uki(t+x) = Uki(t)(1+Pi)^x \quad (26)$$

奥利根計画区では、表-8に示すように限界林齢以上については、樹種別でなく施業団別に材積生長率が与えられているので、この林齢以上では P_i 、 P'_i の代わりに P 、 P' を用いる。

表-8 施業団別齢級別材積生長率

施業団	齢 級 A		齢 級 B		齢 級 C	
	林 齢	生長率	林 齢	生長率	林 齢	生長率
1 択用	~ 90	同齢林と同じ	91~119	1.2%	120~	0.0%
2 択用	~ 80	"	81~119	1.3	120~	0.0
その他	~ 70	"	71~99	1.2	100~	0.0

注) 人工林は除く

ha当たり材積、樹種別混交歩合、樹種別生長量及び特別な処理については同齢林と同じである。

4) 異齢林の予想方法についての提案

i) ファイル項目の追加

異齢林の場合、現行森林調査簿のファイル項目だけでは、実際の施業、伐採等を含めた計画には不十分と思われる。従って、断面積合計、上層木樹高階、林分型、被害、径級構成表示、林分の地力区分、稚幼樹等の更新区分、林分施業上必要なきめ細かい「施業区分」等の項目を今後、加えていくことが望ましい。

この場合、既存の項目との関連性をはっきりさせていく必要がある、例えば、樹高階、疎密度、稚幼樹の配置でとらえた林分構成を基準に類型化して、「施業区分」を行う等である。

ii) 今後の材積更新の方法

固定試験地が整備され、上述の各項目が順次追加されると、異齢杯のきめ細かい林相区分ができるようになるので、次のような生長予測式を用いて更新することができる。

Möserの式

$$V = V_0 / (B_0^{b_1}) [n/k - (n/k - B_0^{1-m}) (e^{-(1-m)kt})]^{b_1 / (1-m)}$$

ここで V = 果積残存材積

B_0 = 初期断面積合計

V_0 = 初期材積

純生長を考えるには、これに枯損と進界を組み合わせていかねばならない。

このような立場からは、同じくMöserの連立常微分方程式による断面積合計と本数の予測の試みがある。これを、材積の予測や直径階別本数の推移に関連づけることは、林相区分が充分行われていれば容易である。樹種別材積は、林相区分ごとに、全体材積を配分していくとよい。

いずれにしても、林相区分ごとに配置された固定試験地が必要である。この固定試験地の測定項目は、胸高直径、樹高であるが、その他に、枯損と進界の調査を行う。

これより、断面積合計、本数、材積などの予測に必要なデータはすべて得られ、同時に直径階別本数など実際の施業計画に必要なデータも得られるであろう。

7) ファイルの利用(レポートライター機能)

このファイルの利用方法には各種のものが考えられるが、ここでは地域施業計画編成に用いられる各種の集計表の作成方法について述べる。このような集計表の作成方法には、1つのプログラムで処理する方法と、集計表の種類別に専用プログラムで処理する方法とがある。

後者の方法は前者に比してプログラム作成の工数が少なく、作成作業を多人数で分担できるという長所を持つが、反面プログラム数が多くなり、集計表の種類ごとに異なったプログラムを正しく使い分けねばならず、また、その管理が繁雑になる。しかし集計表の種類は固定的でなく、必要に応じて新しい種類のものの作成も可能であるので、ここでは、後者の方法を採用することとした。

この集計表の作成手順は、図-15に示すよう行うことができる。

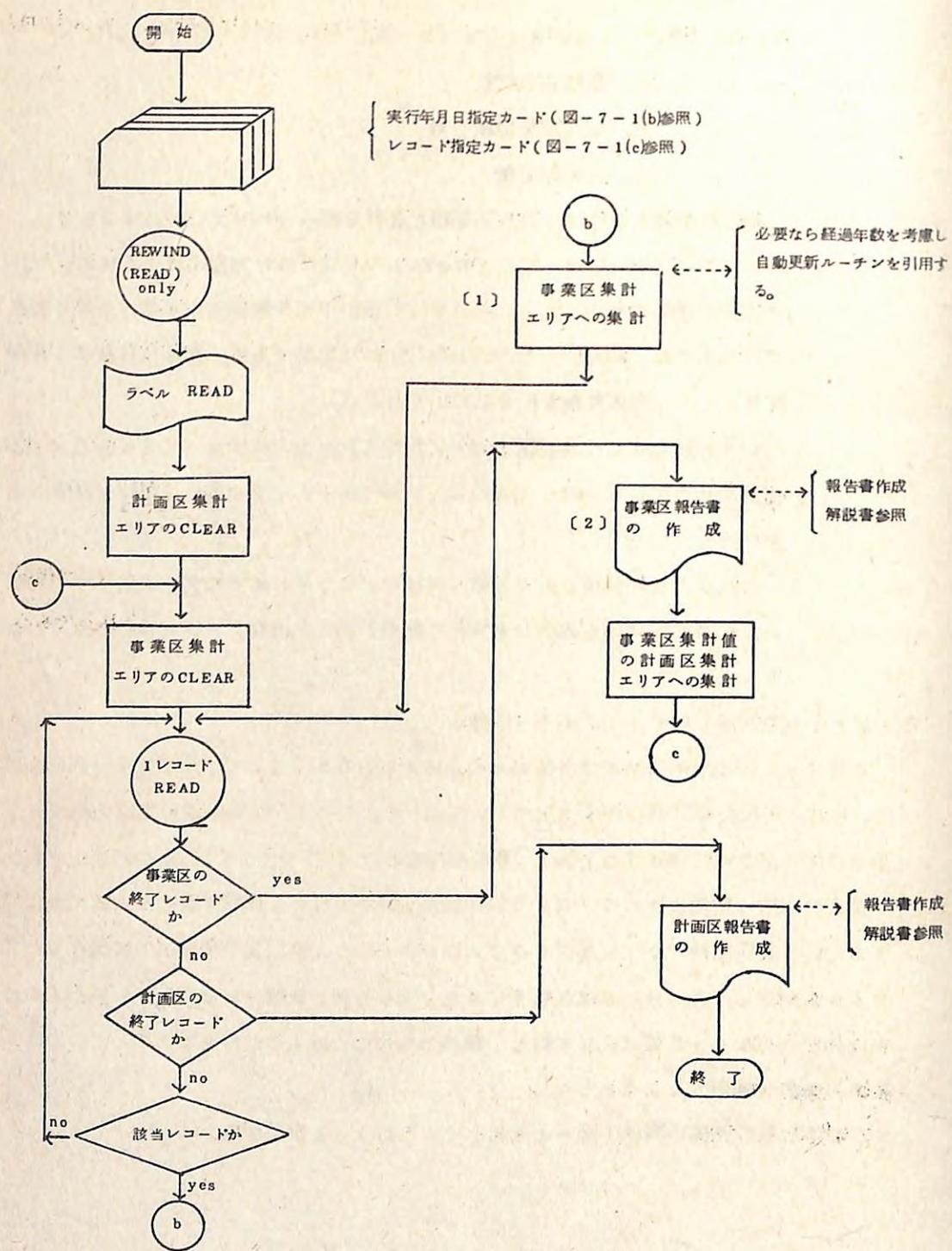


図-15 計画区・事業区ごとの集計手順

図の〔1〕の印を付けた作業は、前述した自動更新のサブルーチンを引いて、レコードの記録年度の不揃いを修正し、常に集計表を作成する時点の現況が集計される。

また、集計表作成のプログラムが使われるのは、図に〔2〕で示されている部分であるから、必要な集計表が決まっている場合には、集計表の種類別のプログラムをサブルーチン化して、それらを引用する形式をとれば能率的と考えられる。

8 集計表の種類とその様式

このファイルは、個々の林小班の現況モニターを取り出すか、各種の集計表を取り出すことによって実際に利用できる。地域施業計画編成に必要な諸表は国有林野経営規程に示されているものを基本として、必要な項目は図-1に示すようにほとんど収録してあるので、これらの項目を用いて、どのような形式の表も作成できる。

集計表の種類、様式については、更に検討の必要があるが、少なくとも前述の「規程」に掲示されている集計表は、必ず得られるようにしたい。

9 システムへの移管方法

このシステムを運用するに当たっては、まず図-1に示すレコードに項目内容の初期値が収録されている初期ファイルを作成する必要がある。

現在、地域施業計画編成に用いられている機械集計は、札幌局を除いて林野弘済会電子計算センターで行われている。昭和45年度以降のソースデータ（Z₀テープ）は同計算センターに管理されており、そのデータのレイアウトは、営林局によって若干差はあるが、図-16に示す前橋局のデータ構造であり、図-1に示すこのファイルのデータ構造と大差がない。

従って、同計算センターのレコードから、初期ファイルを作成することが可能であるが、その場合次のことに注意する必要がある。

- (1) このシステムで扱う磁気テープは9トラックを標準としているが、Z₀テープは7トラック(キャラクターモード)で書かれているから、この変換が必要である。
- (2) Z₀テープは営林局により、更に計画編成年度によって、若干のコード体系の変更があるので、これを考慮に入れる必要がある。
- (3) Z₀テープの1レコードは1小班に対応し、レコードの区別は5桁の整理番号で行われている。このレコードは90桁ごとにC#/1~C#/7, C#/A, C#/Bで細分されている。レコードの中には、この細分の一部を欠くものもある。
- (4) Z₀テープは、90桁×8=720桁を1ブロックとして書かれているので、1レコードが2ブロックにまたがることがある。
- (5) Z₀テープには、いくつかの事業区が含まれているが、事業区と事業区の切れ目についての考慮がしてないので、1ブロックの中に異なる事業区のレコードが含まれることがある。
- (6) Z₀テープの整理番号は始めの5桁を用い、後の2桁は友番として使用するため00を入れる。すなわち×××××00とする。

10 ま と め

この報告では森林基本ファイルの性格については余り触れないで、地域施業計画編成に必要な森林情報の収録、更新、利用について処理方法を主体として説明を行ったが、基本ファイルとして持つべき情報の種類が決まったとしても、ここで検討した手法の多くは、そのまま利用できると思われる。

林分構成因子の自動更新については、より合理的な生長過程の推定方法の開発のほかに情報そのものの正確さを高める必要がある。

そのためには、現在の調査項目について異齢林の項で述べたように検討を加え、更に、更新結果の照査システムを確立し、逐次情報、特に林分因子に関する情報を正確にして行く必要がある。また、情報収録単位についても更に検討する必要がある。この報告で述べている方法は、かなり単純化したので、現地適用試験によって不合理な点を修正する必要がある。

参 考 文 献

- (1) 林野庁監修：国有林野経営規程の解説 地球出版（1970.2）
- (2) 前橋営林局計画課：森林計画樹立の手法について
-森林現況の更新等の機械化- （1976.2）
- (3) 宇野 肇：ファイル設計
-SEのための考え方と実際- オーム社（1972.4）

赤外カラー写真を応用した
マックイ虫被害防除技術の確立

I 試験担当者

経営部	経営第二科長	中島 巖
	航測研究室員	樋渡 幸男
	"	長谷川 訓子
	"	大貫 仁人
保護部	"	高橋 文敏
	昆虫科長	小林 富士雄
	昆虫第一研究室長	山根 明臣
	" 員	遠田 暢男
四国支場	"	山崎 三郎
	保護研究室長	寺下 隆喜代
	" 員	越智 鬼志夫
	"	五十嵐 豊

II 試験目的

赤外カラー写真を応用して マツクイムシ被害の発生と推移、被害量の把握を迅速 正確におこない、防除効果の確認、発生予察を的確にして 効率的な防除措置の指針を得ることを目的とした。

III 試験の経過と成果の概要

1. 試験の経過

高松営林署管内 屋島国有林(645.40 ha)を試験地とし、昭和47年度より昭和50年度の4ケ年に亘って

- (1) 赤外カラー写真による被害木の判定
- (2) 被害の分布と量、推移の測定と予測

について実施し、本場内、千葉県下の実験を加えた。空中写真の撮影と判読、森林測定調査は経営部航測研究室が担当、屋島国有林標本地調査を四国支場保護研究室、地上赤外カラー写真試験は保護部昆虫第一研究室、経営部航測研究室が実施した。経過の概要は次の如くである。

1) 昭和47年度

昭和48年3月27日, 屋島国有林赤外カラー空中写真撮影(第1回)。

2) 昭和48年度

昭和48年8月16日(発生初期)空中写真撮影(第2回)。同10月24日(発生後期)空中写真撮影(第3回)。現地標本地調査, 空中写真による被害木判定試験。

3) 昭和49年度

昭和49年10月6日空中写真(マルチスペクトル写真撮影。屋島国有林森林調査(昭和50年2月), 地上写真撮影実験, 被害現象調査法試験。

4) 昭和50年度

上記各試験結果, および屋島国有林被害推移実態調査取りまとめ, 防除対策への応用法の検討。

これらによって, マツクイムシ被害による衰退木, 枯死木の発生現象の確認, 激害林地の推移の実態を明らかにし, 効果的な防除技術策定を計った。

2. 赤外カラー写真によるマツ異常木の判別

マツが反射する太陽光線のスペクトル特性の測定例は図1の如くて, 健全な光合成活動を営んでいるマツが ザイセンチュウの被害により樹脂流動が停止し, 樹勢が衰退, 枯死に至るにつれて, 特に近赤外光(0.7~0.9ミリミクロン)の反射量が減少し, 一方 黄, 赤色光(0.6~0.7ミリミクロン)の吸収力が低下するため, その部分の反射量が増大する。枯死するに至れば0.8~0.9ミクロン附近を頂とする放散体のスペクトル形となり生育活動をもたぬ植物細胞組成がもつ反射特性のみを示す。

赤外カラー写真は, 近赤外反射光を赤, 黄, 赤色光を黄白, 緑色光を青に発色するものであるため, これらの色の合成により出来ている写真像では, マツの樹冠は 樹勢の衰退につれて, 近赤外線反射の減少, 黄赤色光の増加に伴ない, 濃赤色より 青白色の加味, 黄褐色をへて枯死木の乳白, 淡青色となる。

この写真像上の変化を調査地内に設定した4ヶ所の標本地について写真判読と現地標本地調査により照合, 対比し その経過を測定するとともに, 林試構内, および千葉県下に設定した実験地における採種木についての観測により, 被害発生と写真像による異常木判別条件について検討し下記の結果をえた。

測定日 昭和49年8月7日
林試構内 試験木

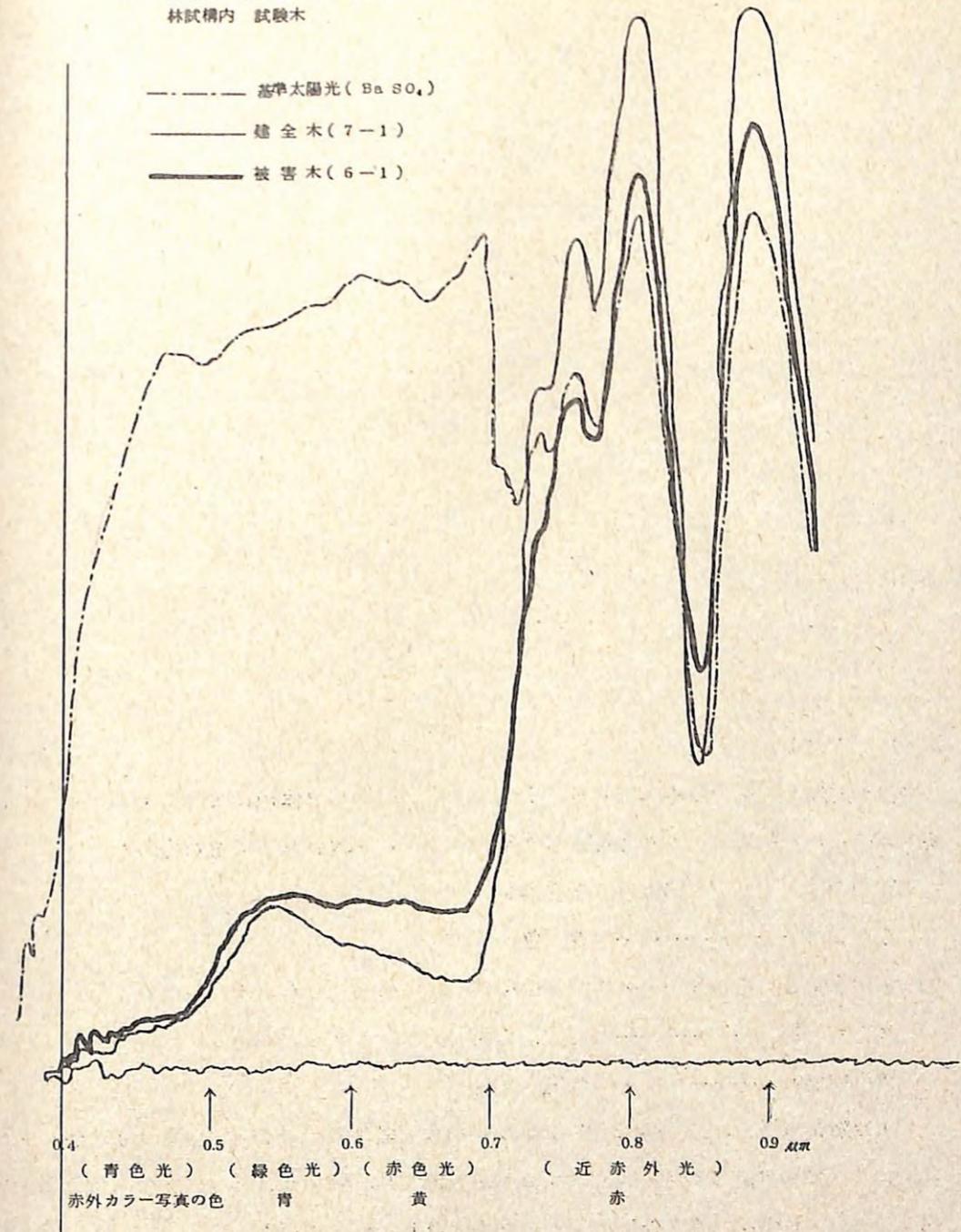


図-1 マツクイムシ被害木反射スペクトル測定例

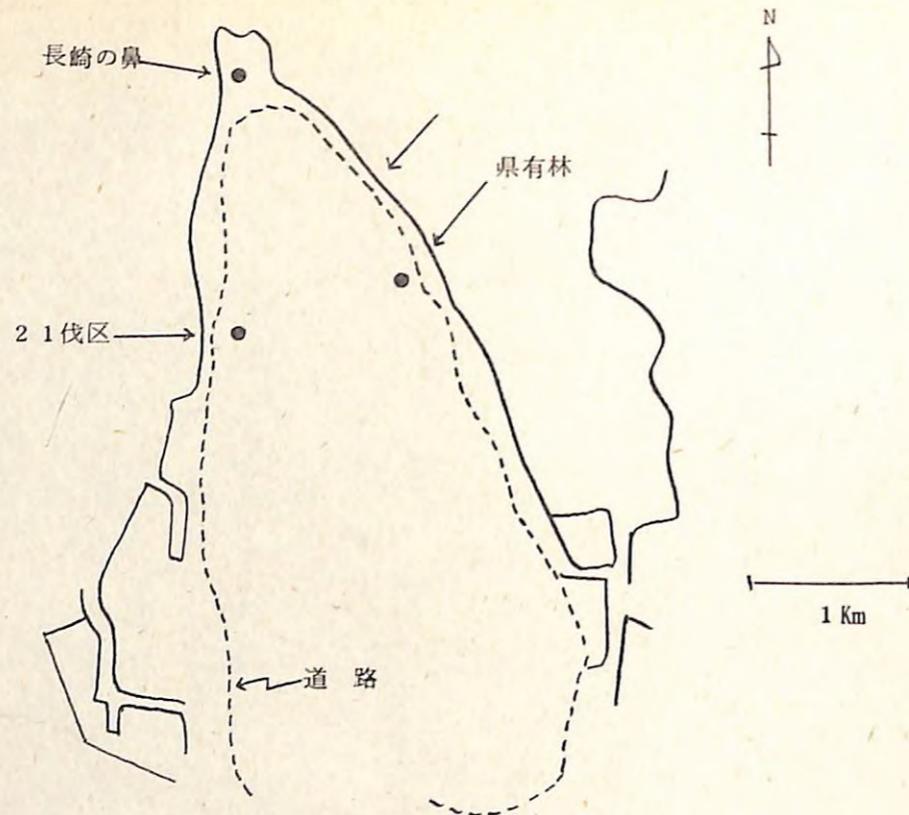


図-2 屋島の地上調査区域の位置

1) 空中写真による判別結果

調査地内に計4ヶ所の標本地(図2)を設け、空中写真立体視により第1回、第2回、第3回のそれぞれの写真より樹冠色の異常木を判別、現地調査結果を対比した。

写真判別はあらかじめ写真上で全立木を

- (1) 異常なし 赤色
- (2) 異常ありそう 淡青白を加味、またはくすんだ赤
- (3) 異常 淡黄、黄緑
- (4) 枯損木 黄褐、青白

の4段階に区分し、第一回撮影写真中の枯損木を第2回、第3回写真中より除いたものについて第2回、第3回写真上に判別された異常木、枯損木、ならびに第3回写真に存在しなくなった伐倒木を調査した。その結果を表1、図3に示す。

表-1 被害状況

		枯損木 (前年度 山以前)	異常あり そう	異常あり	枯 損 木	伐 倒 木	計
No 1 (長崎鼻)	1回目	12					
	2回目		4	8			12
	3回目		1	26	7	7	41
No 2. (21伐区)	1回目	10					
	2回目		5	7	3		15
	3回目		3	48	13		64
No 3-1 (県有林)	1回目	8					
	2回目			4	5		9
	3回目		2	18	10	1	31
No 3-2 (県有林)	1回目	2					
	2回目		2				2
	3回目			5	1		6
計	1回目	32					
	2回目		11	19	8		38
	3回目		6	97	31	8	142

11月中旬

内4本

この結果次の事が明らかとなった。

- (1) 3月末撮影の写真においては、マツの生成、生育開始の現象が未だ写真上に表れないため、枯損木は明瞭であるが、衰退木を判別することはできない。
- (2) 第2回(8月中旬)撮影の写真より、4ヶ所の標本地を通じて計30本の異常木と8本の枯損木が判別されたが、第3回(10月下旬)の写真よりは計103本の異常木と31本の枯損が判別された。
- (3) 第2回、第3回の異常木、枯損木を個々に追跡の結果、第2回写真上の枯損木は第3

回までにすべて伐倒されており、また第2回の異常木のすべては、第3回写真上で枯損木となっていた。なお第3回枯損木で第2回では異常が認められなかったものは1本のみであった。

(4) 第3回写真で異常と判別された103本は第2回写真ではすべて健全木であった。

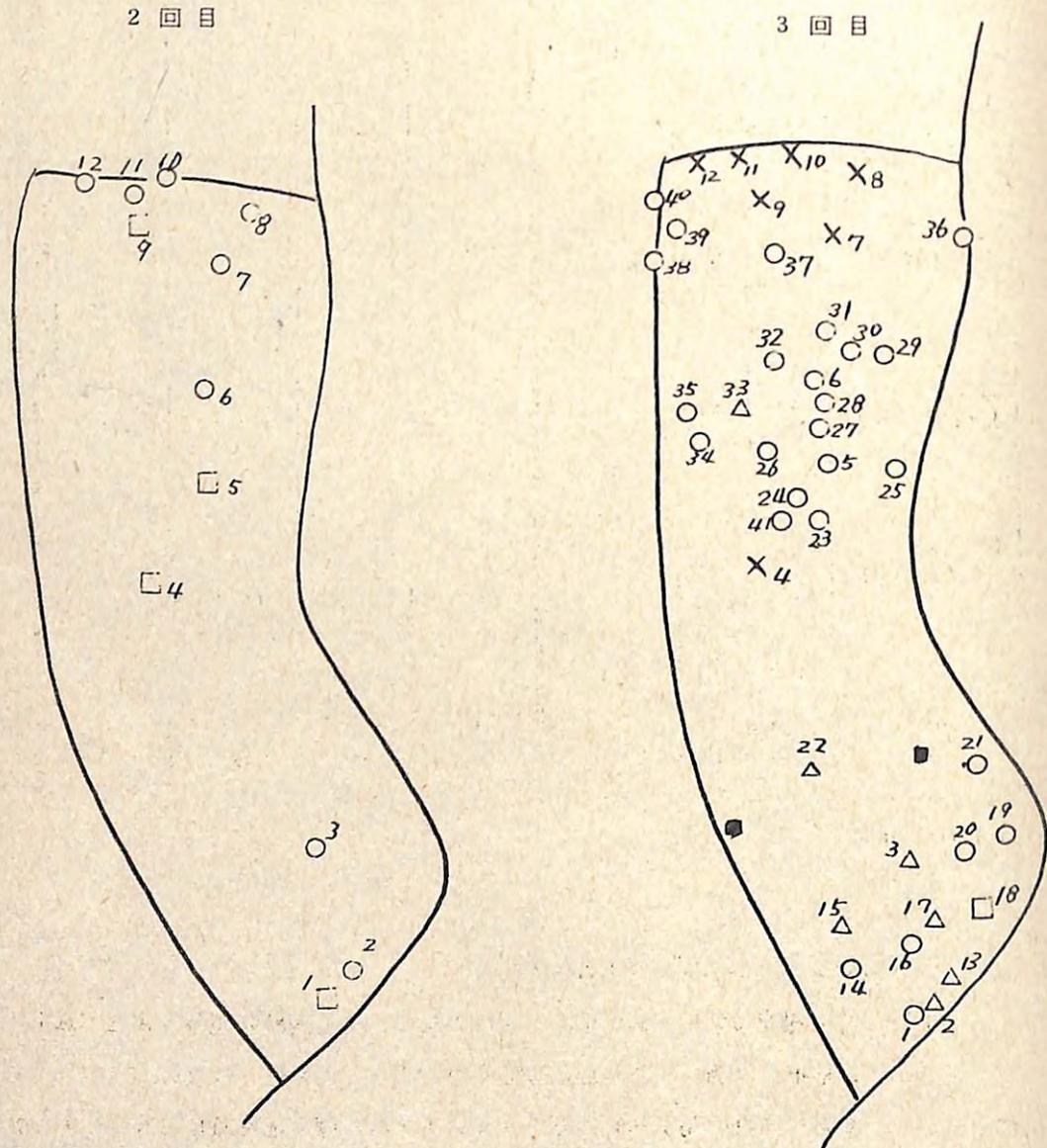


図-3-1 標本地被害木判読図

No 1

- — 異常ありそう
- — 異常あり
- △ — 枯損木
- × — 伐倒木

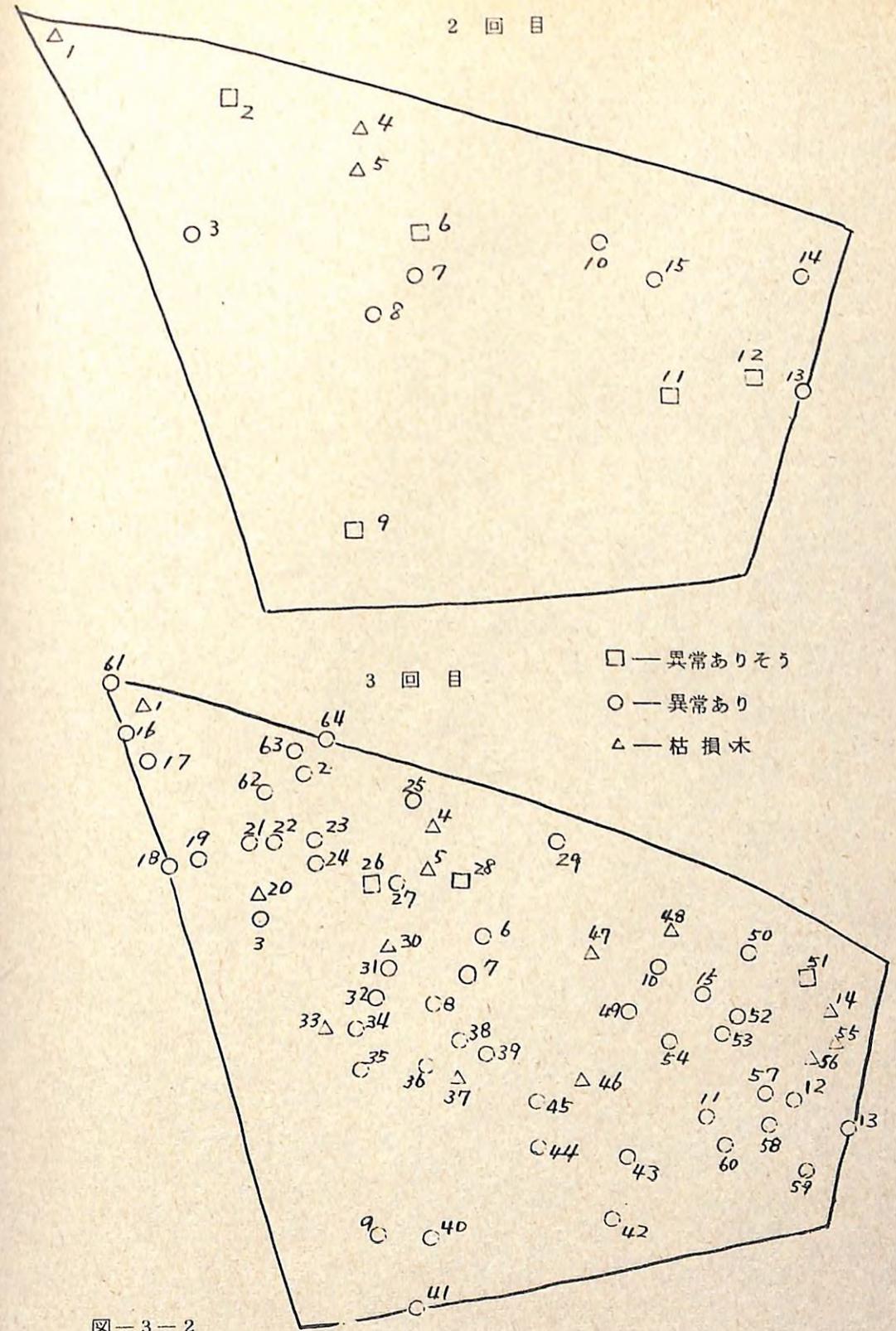
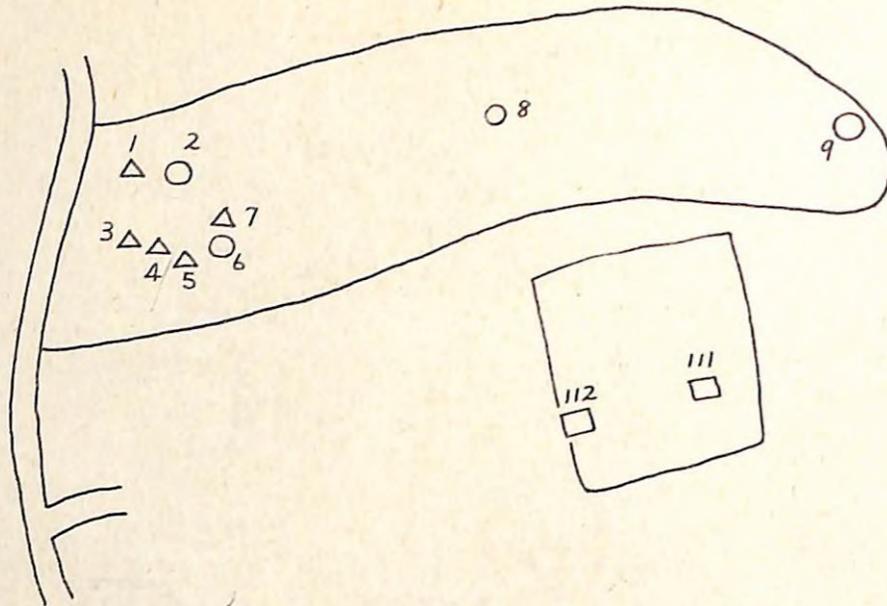


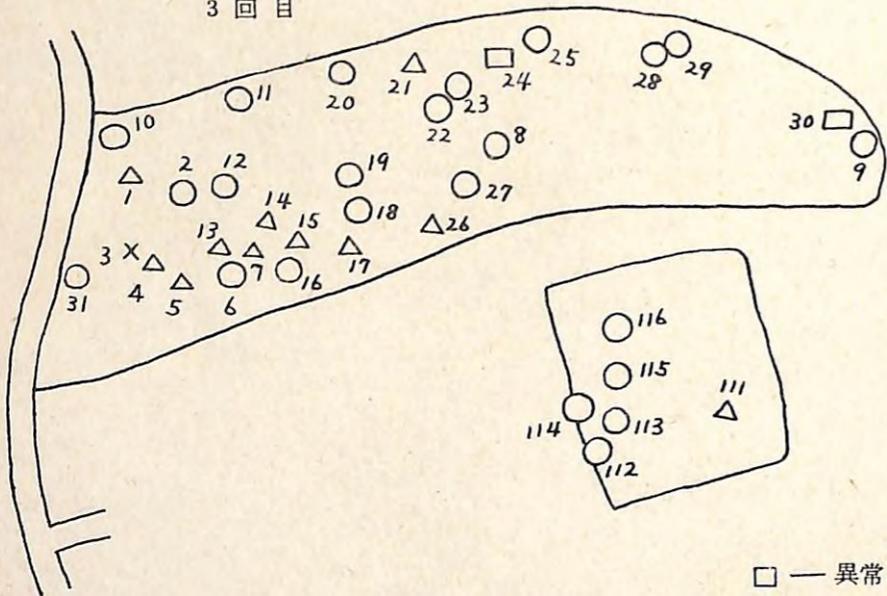
図-3-2

No 2

2 回目



3 回目



- — 異常ありそう
- — 異常あり
- △ — 枯損木
- × — 伐倒木

図-3-3

NO 3 NO 4

上記、写真判別による異常木を現地毎木調査結果と個々に対比検討の結果 第3回写真で「異常あり」と判定されたものは11月中旬の調査ですべてがマツクイムシ被害であり、すでに樹脂流動は停止し葉色は赤変していた。なお、「異常ありそう」と判定されたもの6本中4本には樹脂流動の低下が見られた。これらを取りまとめると、

- (1) 8月中旬の写真では11月中旬までに発生した被害の約27%しか判別しえなかった。但し異状木はすべて被害木となった。
- (2) 10月下旬の写真では11月中旬までの被害木の98%が異状木、枯損木として判別された。

これに従って前記の写真判別区分は次の如くとなった。

- (1) 異常なし 赤色 → 健全木
- (2) 異常ありそう { 淡青白加味
またはくすんだ赤 } → { 内70%は被害木 }
- (3) 異常 黄褐, 淡褐 → 被害木
- (4) 枯損 黄褐→青白 → 枯損木

(2.の異常ありそうのうちの被害木でなかった約30%の原因は明らかでないが、マツクイムシ、キクイムシの部分的発病や生育障害等が混在する衰退木と思われる。なお各標本地の現地調査値は表2の如くである。

2) 地上撮影による判別結果

マツクイムシ加害によって生じるマツの異常が赤外カラー写真によってどの時点より判別しうるかどうかを明らかにするため、地上撮影により、適正露出、撮影条件を検討のうえマツのザイセンチュウを接種した調査木を対象に頻繁な撮影と樹脂調査を実施しその結果を取りまとめた。

(1) 材料と方法

試験対象は 林試構内(目黒)のクロマツ、アカマツ4年生苗60本、および千葉県館山市平砂浦のクロマツ造林地(平均樹高9m)である。このうち目黒では1974年7月24日 60本のうち30本にマツノザイセンチュウの耐久型幼虫を10,000頭あて接種した。この苗木群の直上の屋上から、7月31日以後 ほぼ2日間隔で撮影を行ない、同時に常法の樹脂調査を行なった。

平砂浦については、同年7月2日 25本に培養線虫15,000頭あて接種し、7月12日より週一回 直上の屋上よりの撮影と樹脂調査を行った。

赤外カラーフィルムはコダック社製IE135-20を、フィルターはラッテンNo12を カメラはアサヒペンタックスSP(55mm)を用い、このほか同時に天然色カラー写真も撮影した。得られた赤外カラー写真について そのカラーバランスを分

表一 精密地区における被害本数と被害率

年 度		4 8 年 度						
撮影月日	写 真	写 真	写 真	写 真	計	写 真	写 真	
	~ 8/7	~ 8/20	~ 9/28	~ 11/22		~ 8/16	~ 8/30	
被害本数	(先行) I	2		8		(2200) 10	1	
	(経常) II		11	22		(3500) 33	6	
	(予駆) III	3	8	35	1	(3400) 47	4	
	(予放) IV	1	8	28	11	(3900) 48	7	
	(対照) V	1	32	127	2	(1900) 162	6	
被害率 (%)	(先行) I	0.09		0.36		0.45	0.05	
	(経常) II		0.31	0.63		0.94	0.18	
	(予駆) III	0.09	0.24	1.03	0.03	1.38	0.12	
	(予放) IV	0.03	0.21	0.72	0.28	1.23	0.18	
	(対照) V	0.05	1.68	6.68	0.11	8.53	0.35	

光フィルターを用いて赤成分と青成分の光量のマクベスTD-504(測定孔0.5mm)による測定で求め、この赤(R)と青(B)の光量比(バイバンド)を求めた。

試験に先立って赤外カラー写真の適正露出を定めるため、目黒で6~7月に種々の天候条件の下でテスト撮影を行ないASA100としたときのTTL指示露出の0.5絞りアンダーがこの目的には適正であることがわかったので、試験での撮影はこれを中心に0.5絞りオーバーとアンダー計3枚づつで行った。

(2) えられた結果

最終的には接種木は目黒で30本のうち25本が、平砂浦で25本のうち20本が枯死した。枯損までの経過において、赤外カラー写真上での異常は、樹脂異常が現

4 9 年 度				5 0 年 度				
写 真	写 真	写 真	計	写 真	写 真	写 真	写 真	計
~ 9/18	~ 10/25	11/20		~ 9/7	~ 9/20	~ 11/1	~ 11/30	
2	3		(2200) 6	5	5	7		(2200) (17)
5	2	1	(3300) 17	4	2	2		(3100) (8)
7	1	1	(3400) 21	6	2	4		(3400) (12)
12	3		(3900) 24	12	9	12		(3900) (33)
34	12	1	(1700) 76		1	7		(1700) (8)
0.09	0.14		0.27	0.23	0.23	0.32		(0.77)
0.15	0.06	0.03	0.52	0.13	0.06	0.06		(0.26)
0.21	0.03	0.03	0.62	0.18	0.06	0.12		(0.35)
0.31	0.08		0.62	0.31	0.23	0.31		(0.85)
2.00	0.71	0.06	4.47		0.06	0.41		(0.47)

われぬ時点では全く認められない。また異常発生時点で天然色カラー写真や肉眼視による変色の発見よりも2~3日早く識別しえた木が一部あったにすぎない。

肉眼視覚での変色が進行し始めると、赤外カラー写真の変色は天然色写真よりもきわめて明瞭となり識別しやすくなる。

赤外カラー写真のカラーバランスは、撮影日の天候、時刻等によって著しい変動を示すので同じ撮影日での最近接の対象木写真でのR/B値との比で異常木の波長別の変化を検討した。その中の目黒の2本と平砂浦の2本の変化を図4に示す。この試験の結果次の事が明らかとなった。

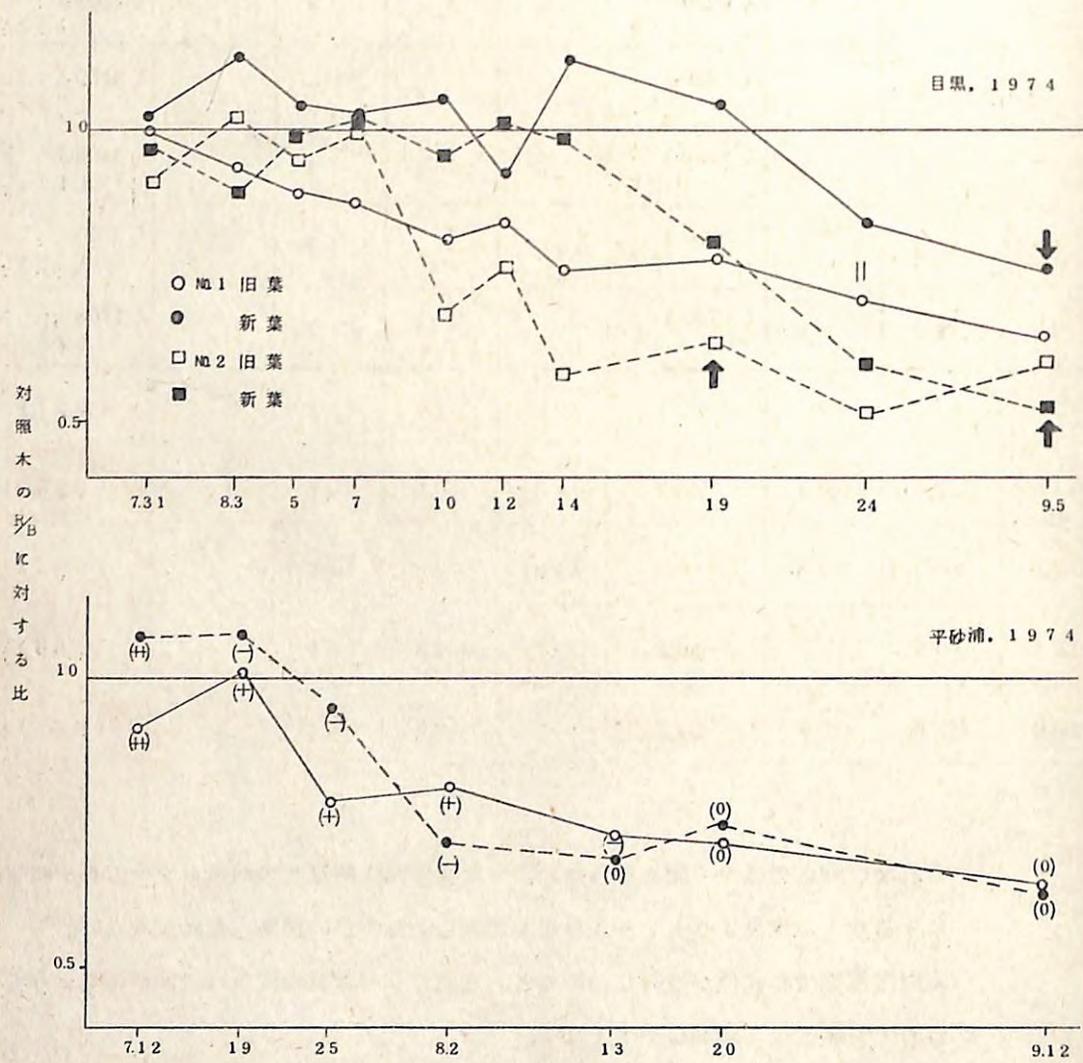


図-4 接種苗における写真像の R/B 測定値の変化

註) 矢印は天然カラー写真で識別できる変色が出現した日を示す。
カッコ内は樹脂流出量

- (1) 赤外カラー写真の R/B の値は樹脂異常の現われた日の前後より低下しはじめる傾向がある。
- (2) ただし、この低下には変動が多く確実に健全木との比が 1.0 以下に安定するには数日を要する。
- (3) 近接撮影により、新旧葉別に測定した結果では、R/B の低下は新葉より旧葉により早く現われた。(平砂浦の場合は、測定値は樹冠全体の反射光であるが実際には表面を被覆する新葉の反射が主であると考えられる。
目黒の接種木の例で、枯死に至る経過を示すと表 3 の如くで、「樹脂異常→R/B 比の不安定な低下→R/B 比低下の安定→赤外カラー写真上での変色→天然色写真(肉眼視覚)での変色→枯死」となった。

表 3 接種苗の経過と判別

接種苗	樹脂異常となった日	赤外カラー写真の R/B の比が 1.0 以下の値に安定した日	赤外カラー写真に異常が認められた日	天然カラー写真に異常が認められた日
1	8. 5	8. 24	9. 5	9. 5
2	8. 5	8. 19	8. 24	9. 5
3	8. 3	8. 14	8. 19	8. 19
4	7. 31	8. 10	8. 14	8. 14
5	8. 5	8. 7	8. 12	8. 14
6	8. 7	8. 19	9. 5	9. 5
7	8. 14	8. 19	9. 5	9. 5
8	7. 31 以前	7. 31	8. 10	8. 12
9	8. 5	7. 31	9. 5	9. 5

3) 考 察

空中写真判別結果と地上写真判別結果とを総合した結果次の事が考察された。

- ① 赤外カラー写真上で、撮影時点でマツクイムシ被害により樹脂流動に異常を生じていたもの、明瞭な被害木のすべては、ほぼ確実に識別しうる。

② 赤外カラー写真上の発色異常は、樹脂異常による樹勢衰退に伴って明らかとなり、それ以前の判別は不可能である。

③ マツクイムシ被害による樹勢衰退の現象は、おむね健全木の状態より急激に発生、進行し、これを前年度等よりの樹勢衰退木等の判別より、今年の被害木を予知することは不可能である。

この結果から、赤外カラー写真は被害木の発生、分布を調査し、それにもとづく対策検討の資料としては極めて有効であるが、被害を早期に予知し、その対策の資とすることはこの被害の生態的現象から見ても困難であり、又実用上意義の少ないことが明らかとなった。それはこの被害のほとんどが極めて急性の発病より枯死の経過をたどる病理的原因によるものであり、この試験はそれを裏付けたものでもある。

3. 屋島国有林の被害の推移現象

屋島国有林は、試験開始の昭和48年までに、老令天然林は既に激害地となっており、古来の景観を大きく失いつつあった。当時は、未だマツクイムシ被害の実態が明らかでなく、空中薬剤散布による防除手法も、本地域では自然保護団体等の異論に抗して実行しうるほどの確信に欠ける時点であった。そのため、枯死木の伐倒、搬出と地上薬剤散布のみがその対策として実行されていた。

枯死木の伐倒は、風致上からも出来うるかぎりの実行がおこなわれていたので、第1回撮影の昭和48年3月時点では、山頂部の環境庁所管地、山麓部に交錯する民有地、県有林を除いては、枯死木の残留は極めて小数であった。しかし引き続き昭和48年、49両年度の大被害発生により、その林況は大きく変わった。

この経過は、マツクイムシ激害地の推移現象を明らかにする事例としてきわめて適切である。

1) 被害度の調査

調査は次の過程でおこなわれた。

- ① 昭和48年3月撮影の赤外カラー写真による林型、被害度区分。
- ② 上記区分に基づき現地標本点の設定。(55 Plot)
- ③ 標本点現地調査による立木、伐根調査
- ④ 昭和48年度林況推定。
- ⑤ 被害度区分基準の設定。

⑥ 昭和49年10月撮影マルチスペクトル写真による林型、被害度区分

⑦ 昭和48、49両年度の被害の測定。

(1) 昭和48年3月撮影空中写真による林型、被害度区分
1/5000引伸写真の立体視により、下記区分項目別に判別した。

① 林相区分、項目(記号)

樹種 マツ林、広葉樹林

樹高階 高(Ⅳ)、中(Ⅲ)、低(Ⅱ)、幼(Ⅰ)

疎密度 疎(3)、中(2)、密(1)

② 被害率(本数比)

0~5%(a)、6~10%(b)、11~20%(c)、21%~(d)

(2) 現地調査点の設定

上記の判別境界を記入した判読写真を用いて、各区分にできるだけ均等な標本点数が配分されるよう、標本点位置を設定した。その総計は、調査工程により55点とした。

(3) 現地標本点調査

昭和50年2月、上記写真上に設定された標本点を現地で確認し、下記の調査をおこなった。

① プロットサイズ

林況に応じて0.01ha、0.02ha、0.04haの円形プロット

② 立木毎木調査項目

樹高、胸高直径、根元直径、伐根

③ 伐根調査

過去2年以内に伐倒されたと推定される伐根の本数、根株直径の測定

(4) 昭和48年度林況の推定

① 伐倒木の胸高直径の推定

立木測定資料により根株直径より胸高直径を推定式、 $Y = -2.30 + 0.896X$ 、

$$r = 0.987$$

(Y=推定胸高直径

X=根株直径)

を求め、各伐倒木の胸高直径を推定した。

② 伐倒木の樹高の推定

胸高直径と樹高の実測値より, NASLUNDの樹高曲線式を用いて推定式

$$H = D^2 / (2.044 + 0.1928D)^2 + 1.2$$

$$r = 0.974$$

を求め, 各伐倒木の樹高を推定した。

③ プロット毎, 既往林型区分

上記の各伐倒木の推定値と, 現存立木の既往の樹高, 胸高直径の推定値を用いて, 各プロット毎 平均樹高, 平均胸高直径, ha 当り本数, ha 当り材積を算出した。

付表-1

表-1 現地調査プロットの資料一覧表(その1)

PLOT No		平均胸高直径	平均樹高	ha 当り本数	ha 当り材積	樹高階	林分密度	枯損率(本数比率)	被害林相名
T-1	立木	17.2	10.8	725	122.45	II	4	0	II 4 A
	マッ	—	—	—	—				
	伐根全体	17.2	10.8	725	122.45				
T-2	立木	30.3	12.5	125	104.80	III	4	29%	III 4 C
	マッ	60.7	20.7	50	118.30				
	伐根全体	39.0	14.9	175	223.10				
T-3	立木	17.9	11.5	175	32.38	II	4	13%	II 4 B
	マッ	73.8	21.8	25	96.33				
	伐根全体	24.9	12.8	200	128.71				
T-4	立木	12.6	8.9	475	35.55	I	4	14%	I 4 B
	マッ	10.3	7.4	75	4.55				
	伐根全体	12.3	8.7	550	40.10				
T-5	立木	18.2	11.6	175	33.45	II	4	46%	II 4 D
	マッ	22.9	13.7	150	43.53				
	伐根全体	20.4	12.6	325	76.98				
T-6	立木	24.8	13.1	200	92.45	III	3	43%	III 3 D
	マッ	44.7	18.7	150	181.80				
	伐根全体	33.3	15.5	350	274.25				
T-7	立木	17.9	10.8	750	168.35	I	4	6%	I 4 B
	マッ	4.0	3.2	50	0.20				
	伐根全体	17.0	10.3	800	168.55				

PLOT No		平均胸高直径	平均樹高	ha 当り本数	ha 当り材積	樹高階	林分密度	枯損率(本数比率)	被害林相名
T-8	立木	23.6	12.7	550	205.55	II	1	27%	II 1 C
	マッ	40.5	18.0	200	203.10				
	伐根全体	28.1	14.1	750	408.65				
T-9	立木	32.7	17.1	250	158.85	III	1	29%	III 1 C
	マッ	38.7	17.8	100	88.25				
	伐根全体	34.4	17.3	350	247.10				
T-10	立木	48.1	21.2	75	119.58	IV	1	57%	IV 1 D
	マッ	55.3	20.0	100	204.00				
	伐根全体	52.2	20.6	175	323.58				
T-11	立木	50.7	20.6	250	423.65	IV	1	0%	IV 1 A
	マッ	—	—	—	—				
	伐根全体	50.7	20.6	250	423.65				
T-12	立木	28.5	15.4	400	194.95	III	2	0%	III 2 A
	マッ	—	—	—	—				
	伐根全体	28.5	15.4	400	194.95				
T-13	立木	39.2	17.7	200	188.48	III	2	11%	III 2 B
	マッ	35.0	17.0	25	18.43				
	伐根全体	38.7	17.6	225	206.91				

表-1 現地調査プロットの資料一覧表(その2)

PLOT No		平均胸高直径	平均樹高	ha 当り本数	ha 当り材積	樹高階	林分密度	枯損率	被害林相名
T-14	立木	28.4	14.7	450	279.50	III	2	0%	III 2 A
	伐根全体	28.4	14.7	450	279.50				
T-15	立木	21.1	10.7	1050	431.40	II	3	0%	II 3 A
	伐根全体	21.1	10.7	1050	431.40				
T-16	立木	28.2	12.5	600	576.50	II	3	0%	II 3 A
	伐根全体	28.2	12.5	600	576.50				
S-1	立木	27.5	14.3	750	346.45	II	1	6%	II 1 B
	マッ	28.6	15.5	50	22.00				
	伐根全体	27.6	14.4	800	368.45				

PLOT No	平均胸高直	平均樹高	平均樹高	ha 当り本数	ha 当り材積	樹高階	林分密度	枯損率	被害林相名
S - 2	立木	27.6	14.0	300	134.13	Ⅲ	2	40%	Ⅲ 2 C
	伐根	31.2	15.5	200	130.70				
	全体	29.0	14.6	500	264.83				
S - 3	立木	26.8	14.3	450	181.95	Ⅱ	2	31%	Ⅱ 2 C
	伐根	22.5	13.5	200	54.30				
	全体	25.4	14.0	650	236.25				
S - 4	立木	26.7	14.1	175	73.15	Ⅲ	2	70%	Ⅲ 2 E
	伐根	26.3	14.7	400	155.90				
	全体	26.4	14.5	575	229.05				
S - 5	立木	7.4	5.7	4500	83.90	I	2	0%	I 2 A
	伐根	—	—	—	—				
	全体	7.4	5.7	4500	83.90				
S - 6	立木	17.3	3.9	650	120.80	Ⅱ	3	24%	Ⅱ 3 C
	伐根	22.7	36.9	200	56.55				
	全体	18.6	11.6	850	177.35				
S - 7	立木	16.2	11.3	900	134.75	Ⅱ	3	0%	Ⅱ 3 A
	伐根	—	—	—	—				
	全体	16.2	11.3	900	134.75				
S - 8	立木	20.9	13.1	600	151.45	Ⅱ	2	8%	Ⅱ 2 B
	伐根	22.0	13.4	50	11.70				
	全体	21.0	13.1	650	163.15				
S - 9	立木	33.9	16.3	300	204.25	Ⅲ	1	25%	Ⅲ 1 C
	伐根	35.3	16.9	100	72.05				
	全体	34.2	16.5	400	276.30				
S - 10	立木	15.7	10.6	500	80.35	Ⅱ	4	23%	Ⅱ 4 C
	伐根	20.1	12.6	150	34.35				
	全体	16.7	11.1	650	114.70				

表-1 現地調査プロット資料一覧表(その3)

PLOT No		平均胸高直	平均樹高	ha 当り本数	ha 当り材積	樹高階	林分密度	枯損率	被害林相名
S - 11	立木	40.6	17.2	100	113.75	Ⅳ	1	64%	Ⅳ 1 E
	伐根	54.3	19.3	175	379.63				
	全体	49.3	18.6	275	493.38				

PLOT No		平均胸高直	平均樹高	ha 当り本数	ha 当り材積	樹高階	林分密度	枯損率	被害林相名
S - 12	立木	40.7	17.0	175	196.28	Ⅲ	3	13%	Ⅲ 3 B
	伐根	41.2	18.2	25	25.70				
	全体	40.7	17.2	200	221.98				
S - 13	立木	36.9	18.3	50	40.88	Ⅲ	2	78%	Ⅲ 2 E
	伐根	42.2	18.3	175	192.05				
	全体	41.0	18.3	225	232.93				
S - 14	立木	18.4	12.2	1100	266.60	Ⅱ	1	8%	Ⅱ 1 B
	伐根	34.7	17.0	100	68.05				
	全体	21.2	12.5	1200	334.65				
S - 15	立木	22.8	12.4	450	138.30	Ⅱ	3	18%	Ⅱ 3 B
	伐根	29.6	15.8	100	48.85				
	全体	24.0	13.0	550	187.15				
S - 16	立木	10.8	7.5	2200	154.29	I	2	0%	I 2 A
	伐根	—	—	—	—				
	全体	10.8	7.5	2200	154.29				
S - 17	立木	11.0	7.7	1500	92.02	I	3	17%	I 3 B
	伐根	14.2	9.0	300	41.52				
	全体	11.5	7.9	1800	133.54				
S - 18	立木	14.4	9.4	1400	138.40	I	1	18%	I 1 B
	伐根	16.7	11.2	300	40.50				
	全体	14.8	9.7	1700	178.90				
H - 1	立木	25.4	13.3	650	265.93	Ⅱ	2	10%	Ⅱ 2 B
	伐根	27.6	15.1	75	33.00				
	全体	25.7	13.5	725	298.93				
H - 2	立木	21.2	13.1	850	222.80	Ⅱ	1	6%	Ⅱ 1 B
	伐根	25.7	14.5	50	18.05				
	全体	21.4	13.1	900	240.85				
H - 3	立木	12.6	8.9	2050	167.39	I	1	5%	I 1 B
	伐根	7.3	5.7	100	1.80				
	全体	12.3	8.7	2150	169.19				
H - 4	立木	23.9	13.0	200	88.52	Ⅱ	2	67%	Ⅱ 2 E
	伐根	28.2	14.1	400	230.63				
	全体	26.8	13.7	600	319.15				
H - 5	立木	14.4	10.1	425	48.00	Ⅱ	3	43%	Ⅱ 3 D
	伐根	22.6	12.9	325	102.15				
	全体	17.9	11.3	750	150.15				

表一 現地調査プロット資料一覧表(その4)

PLOT No		平均胸高直徑	平均樹高	ha 当り本数	ha 当り材積	樹高階	林分密度	枯損率	被害林相名
H-6	立木	17.7	11.9	400	71.50	II	4	20%	II 4 B
	伐根	23.5	11.8	100	48.05				
	全体	18.9	11.9	500	119.55				
H-7	立木	11.7	8.5	1100	66.54	I	4	4%	I 4 B
	伐根	28.0	15.4	50	20.65				
	全体	12.4	8.8	1150	87.19				
H-8	立木	14.6	9.8	1100	111.35	I	3	12%	I 3 B
	伐根	19.1	11.4	150	36.55				
	全体	15.1	10.0	1250	147.90				
H-9	立木	38.3	16.5	200	184.45	III	3	0%	III 3 A
	伐根	—	—	—	—				
	全体	38.1	16.5	200	184.45				
H-10	立木	21.1	12.0	200	61.75	II	4	0%	II 4 A
	伐根	—	—	—	—				
	全体	21.1	12.0	200	61.75				
H-11	立木	37.1	17.6	350	290.85	III	1	13%	III 1 B
	伐根	29.8	15.8	50	25.05				
	全体	36.2	17.3	400	315.90				
H-12	立木	22.7	12.5	250	97.30	II	3	38%	II 3 C
	伐根	39.6	17.8	150	139.50				
	全体	29.0	14.5	400	236.80				
H-13	立木	20.2	12.2	550	126.95	II	2	15%	II 2 B
	伐根	37.8	17.1	100	96.75				
	全体	22.9	12.9	650	223.70				
H-14	立木	39.6	18.8	300	299.65	IV	1	0%	IV 1 A
	伐根	—	—	—	—				
	全体	39.6	18.8	300	299.65				
H-15	立木	29.3	14.7	250	139.10	III	3	17%	III 3 B
	伐根	33.4	16.7	50	33.30				
	全体	30.0	15.0	300	172.40				
H-16	立木	29.9	16.6	200	107.40	III	2	33%	III 2 C
	伐根	55.1	19.3	100	244.50				
	全体	38.3	17.5	300	351.90				

PLOT No		平均胸高直徑	平均樹高	ha 当り本数	ha 当り材積	樹高階	林分密度	枯損率	被害林相名
H-17	立木	16.3	11.0	850	151.46	II	3	6%	II 3 B
	伐根	31.0	16.1	50	28.20				
	全体	17.2	11.3	900	179.66				
H-18	立木	22.0	14.4	400	131.70	III	2	27%	III 2 C
	伐根	27.7	15.0	150	65.25				
	全体	23.5	14.5	550	196.95				

表一 現地調査プロット資料一覧表(その5)

PLOT No		平均胸高直徑	平均樹高	ha 当り本数	ha 当り材積	樹高階	林分密度	枯損率	被害林相名
H-19	立木	10.6	7.6	2900	146.84	I	1	6%	I 1 B
	伐根	14.0	9.2	200	24.30				
	全体	10.8	7.7	3100	171.14				
H-20	立木	40.0	19.3	300	312.45	IV	1	0%	IV 1 A
	伐根	—	—	—	—				
	全体	40.0	19.3	300	312.45				
H-21	立木	28.5	14.7	100	44.60	III	1	78%	III 1 E
	伐根	34.7	16.3	350	292.30				
	全体	34.4	16.0	450	336.90				
I 1 B-3	III 1 B-1								
	I 2 A-2	III 1 C-2							
	I 3 B-2	III 1 E-1							
	I 4 B-3	III 2 A-2							
	II 1 B-3	III 2 B-1							
	II 1 C-1	III 2 C-3							
	II 2 B-3	III 2 E-2							
	II 2 C-1	III 3 A-1							
	II 2 E-1	III 3 B-2							
	II 3 A-3	III 3 D-1							
	II 3 B-2	III 4 C-1							
	II 3 C-2	IV 1 A-3							
	II 3 D-1	IV 1 D-1							
	II 4 A-2	IV 1 E-1							
	II 4 B-2	計 55							
II 4 C-1									
II 4 D-1									

(5) 被害度区分基準の設定

① 林型、被害度区分基準

既応林型推定結果にもとずき 林型、被害度判定の区分基準を下記の如くに定めた。

区分項目(記号)

樹高階： 樹高階 I II III IV
 : 林分平均樹高 ~10m 11~14m 15~18m 18m~

疎密度階： 密(1), 中(2), 疎(3), 散(4)

(区分基準を付図-1に示す。)

被害度区分：

被害度	A	B	C	D	E	F
枯損率	0~2%	3~20%	21~40%	41~60%	61~80%	81%~伐倒地

(各プロット別枯損率は、プロット内のマツ全本数に対する伐根本数の比率で求められた。)

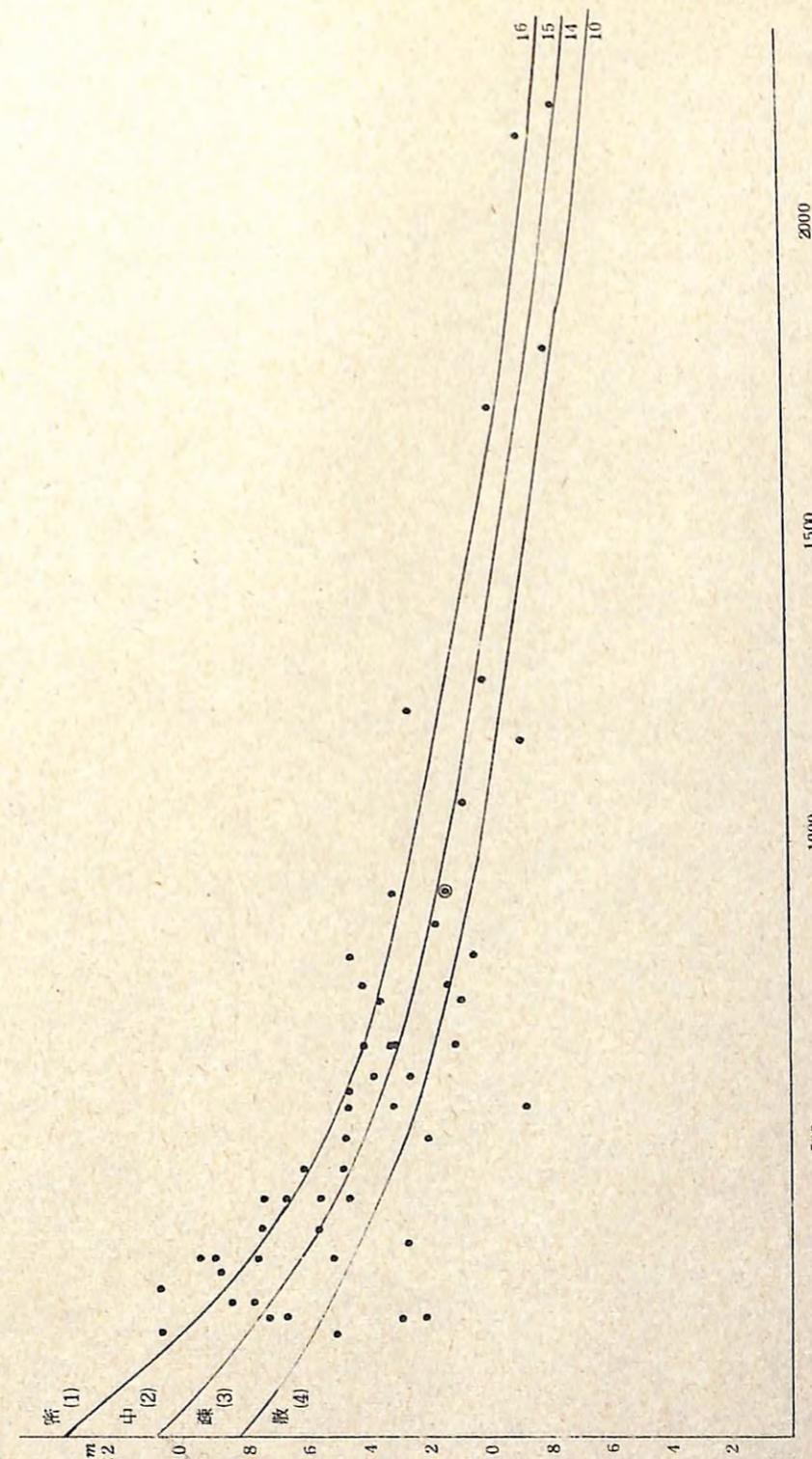
(6) 昭和48年3月時、および昭和49年10月次の林型、被害区分図の作成と計測

(5)の区分基準にもとずき 昭和48年3月撮影赤外カラー写真、ならびに昭和49年度撮影マルチスペクトル合成写真(1/5400)の判別区分をおこない 全調査地の区分図を作成(付図2, 付図3) 各林型区分毎の面積を測定、これを両年次に亘り林班別、林型、被害度別に取りまとめた。(付表2, 3)

(7) 伐区別被害量の測定

高松営林署で設定した34伐区のうち 比較検討に不適なものを除き20伐区について それぞれの両年次における被害木伐採本数と材積 また林型配分を測定した。

なおスプリンクラー設置伐区については別にこれを測定した。(付表略)

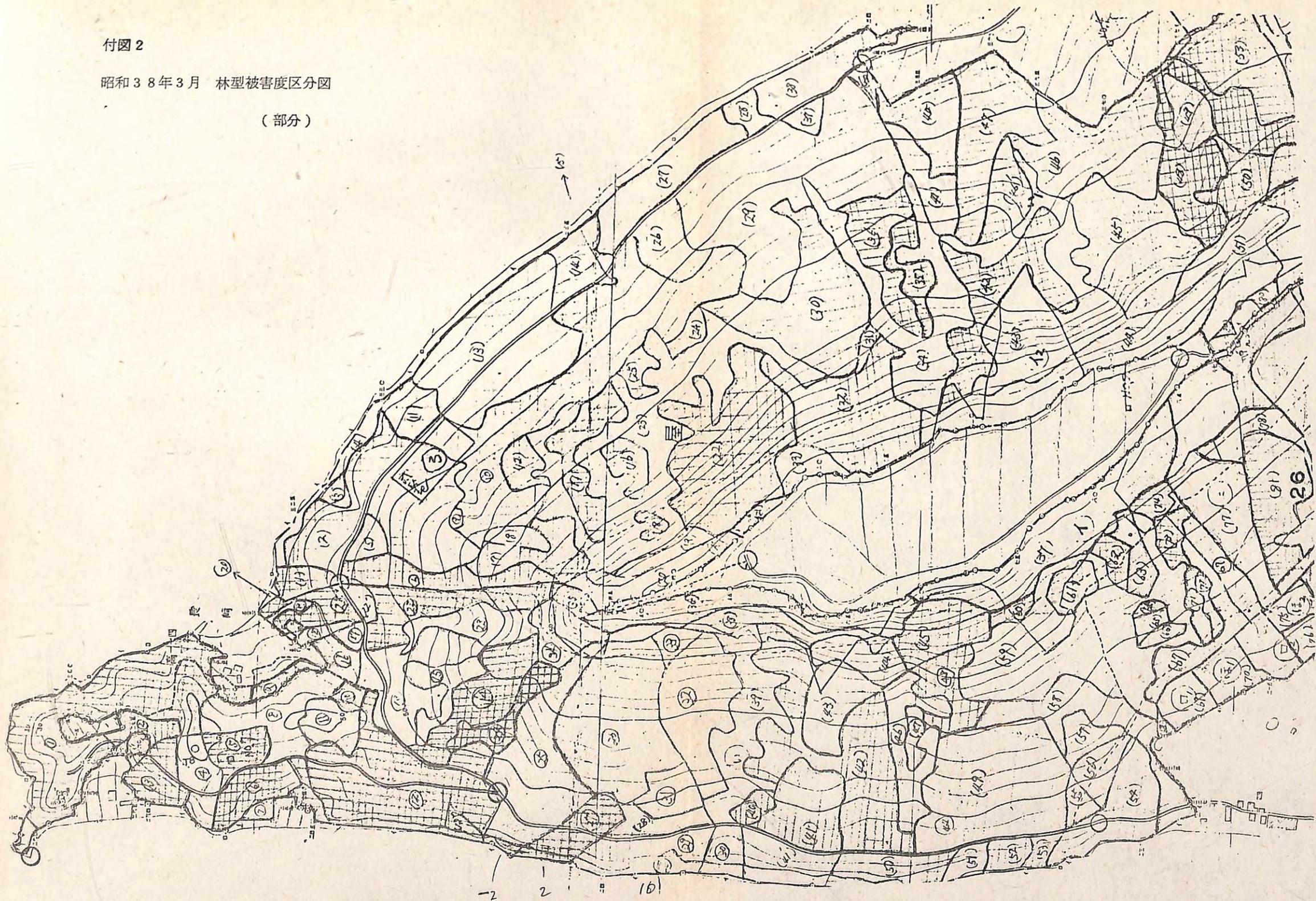


付図-1 林分密度分類基準 (フリーハンドライン)

付図 2

昭和 38 年 3 月 林型被害度区分図

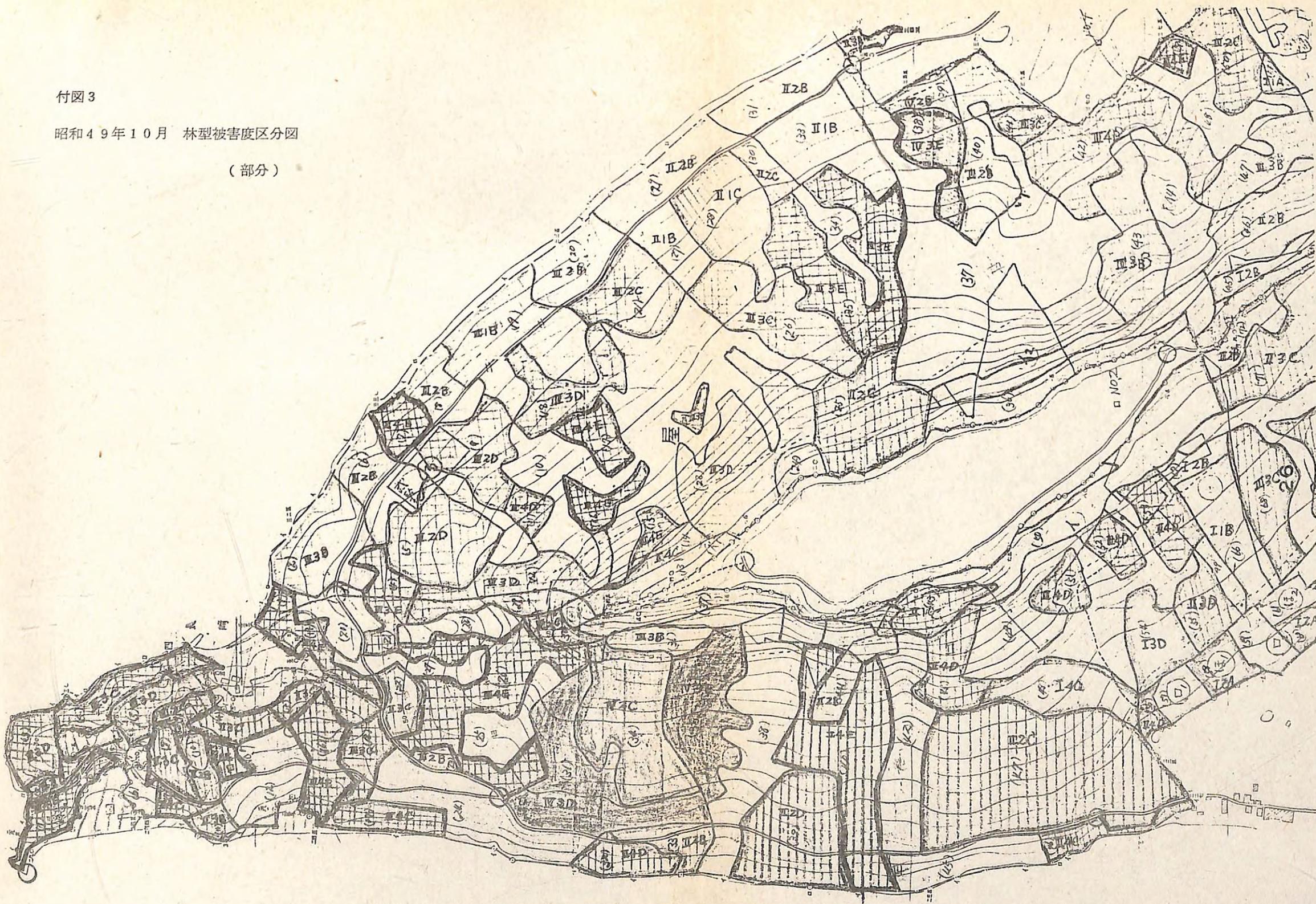
(部分)



付図3

昭和49年10月 林型被害度区分図

(部分)



付表 2—1 林班別林型，被害度別，面積測定表（48年3月）

林班名		面積	%	林班名		面積	%
25	I 1 A	2.24	0.64	25	III 1 C	3.72	1.06
	2 A	1.52	0.43		2 C	14.74	4.19
	3 A	0.42	0.12		3 C	0.50	0.14
	小計	(4.18)	(1.19)		4 C	3.20	0.91
	II 1 A	0.72	0.20		小計	(22.16)	(6.30)
	2 A	8.22	2.34		IV 3 C	(3.38)	(0.96)
	小計	(8.94)	(2.54)		計	29.24	8.31
	III 2 A	(0.92)	(0.26)		II 2 D	(2.76)	(0.78)
	IV 1 A	(1.08)	(0.31)		III 3 D	1.92	0.54
	計	15.12	4.30		4 D	3.20	0.91
	I 1 B	1.90	0.54		小計	(5.12)	(1.45)
	2 B	1.10	0.31		IV 4 D	(0.72)	(0.21)
	3 B	0.94	0.27		計	8.60	2.44
	小計	(3.94)	(1.12)		III 3 E	3.76	1.07
	II 1 B	7.66	2.17		4 E	3.36	0.96
	2 B	3.64	1.04		小計	(7.12)	(2.03)
	3 B	5.28	1.50		計	7.12	2.03
	4 B	4.88	1.39		F	22.72	6.45
	小計	(21.46)	(6.10)		針広混交林	6.06	1.72
	III 1 B	5.72	1.62		新植地	20.26	5.75
	2 B	8.08	2.29		合計	157.06	44.62
	3 B	2.08	0.59				
	4 B	4.90	1.40				
	小計	(20.78)	(5.90)				
	IV 3 B	1.04	0.30				
4 B	0.72	0.20					
小計	(1.76)	(0.50)					
計	47.94	13.62					
I 2 C	(1.70)	(0.48)					
II 1 C	1.66	0.47					
4 C	0.34	0.10					
小計	(2.00)	(0.57)					

林班名		面積	%	林班名		面積	%
26	I 1 A	3.88	1.10	26	IV 2 C	(2.46)	(0.70)
	2 A	2.02	0.58		計	35.78	10.16
	小計	(5.90)	(1.68)		I 3 D	0.16	0.05
	計	5.90	1.68		4 D	0.50	0.14
	I 1 B	14.16	4.02		小計	(0.66)	(0.19)
	2 B	3.38	0.96		II 4 D	(4.90)	(1.40)
	3 B	5.40	1.54		III 3 D	1.64	0.47
	4 B	2.62	0.75		4 D	2.00	0.57
	小計	(25.56)	(7.27)		小計	(3.64)	(1.04)
	II 1 B	15.22	4.32		計	9.20	2.63
	2 B	6.50	1.85		III 4 E	(0.72)	(0.20)
	3 B	8.62	2.45		計	0.72	0.20
	4 B	1.46	0.41		F	29.10	8.27
	小計	(31.80)	(9.03)		針広混交林	6.22	1.77
	III 1 B	0.48	0.14		新植地	3.22	0.91
	2 B	2.38	0.68		合計	157.14	44.66
	3 B	0.32	0.09				
	4 B	0.96	0.27				
	小計	(4.14)	(1.18)				
IV 1 B	3.24	0.92					
2 B	0.24	0.07					
3 B	2.02	0.57					
小計	(5.50)	(1.56)					
計	67.00	19.04					
I 2 C	0.16	0.05					
4 C	0.76	0.21					
小計	(0.92)	(0.26)					
II 1 C	3.08	0.88					
2 C	0.78	0.22					
3 C	2.56	0.73					
4 C	10.22	2.90					
小計	(16.64)	(4.73)					
III 2 C	9.16	2.60					
3 C	3.52	1.00					
4 C	3.08	0.87					
小計	(15.76)	(4.47)					

林班名		面積	%	林班名		面積	%
27	I 1 A	2.14	0.61	27	II 4 D	(0.54)	(0.15)
	2 A	0.68	0.19		計	0.54	0.15
	小計	(2.82)	(0.80)		F	6.98	1.98
	II 2 A	(1.14)	(0.32)		新植地	1.86	0.53
	計	3.96	1.12		合計	37.80	10.72
	I 1 B	3.12	0.88		25	157.06	44.62
	2 B	1.84	0.53		26	157.14	44.66
	3 B	0.34	0.09		27	37.80	10.72
	4 B	1.18	0.33		合計	352.00	100.00
	小計	(6.48)	(1.83)				
II 1 B	4.20	1.19					
2 B	3.20	0.91					
3 B	4.82	1.37					
4 B	2.10	0.60					
小計	(14.32)	(4.07)					
III 3 B	(3.66)	(1.04)					
計	24.46	6.94					

付表 2-2 林班別、被害度別面積測定表(48年3月)

林班名		面積	%	林班名		面積	%
25		15.12	4.30	25		7.12	2.03
26	A	5.90	1.68	26	E	0.72	0.20
27		3.96	1.12	27			
計		24.98	7.10	計		7.84	2.23
25		47.94	13.62	25		22.72	6.45
26	B	67.00	19.04	26	F	29.10	8.27
27		24.46	6.94	27		6.98	1.98
計		139.40	39.60	計		58.80	16.70
25		29.24	8.31	25		6.06	1.72
26	C	35.78	10.16	26	針広混交林	6.22	1.77
27				27			
計		65.02	18.47	計		12.28	3.49
25		8.60	2.44	25		20.26	5.75
26	D	9.20	2.63	26	新植地	3.22	0.91
27		0.54	0.15	27		1.86	0.53
計		18.34	5.22	計		25.34	7.19
				合計		352.00	100.00

表3-1 林班別 林型, 被害度別面積測定表(49年10月)

(25林班)

被害林相名	面積	%	被害林相名	面積	%
I 1 A	2.56	0.73(7)	III 2 D	3.76	1.07(7)
計	2.56	0.73	III 3 D	6.02	1.71(9)
I 1 B	9.0	2.55(5)	III 4 D	3.36	0.95(4)
I 2 B	2.71	0.77(9)	小計	(13.14)	(3.73(1))
I 3 B	1.41	0.40(0)	IV 3 D	0.60	0.17(0)
小計	(13.12)	(3.72(5))	IV 4 D	1.13	0.32(0)
II 1 B	4.46	1.27(6)	小計	(1.73)	(0.49(1))
II 2 B	7.34	2.08(4)	計	14.87	4.22(3)
II 3 B	5.24	1.49(8)	III 3 E	4.41	1.25(2)
小計	(17.04)	(4.84(9))	III 4 E	4.06	1.16(3)
III 1 B	2.26	0.64(1)	小計	(8.47)	(2.41(5))
III 2 B	7.20	2.05(4)	IV 3 E	1.27	0.36(0)
III 3 B	5.78	1.64(1)	計	9.74	2.77(6)
小計	(15.24)	(4.33(8))	F	35.33	10.03(3)
IV 2 B	2.60	0.74(8)	針広混交林	5.90	1.68(5)
IV 3 B	1.54	0.44(7)	新植地	19.38	5.50(3)
小計	(4.14)	(1.18(5))	合計	156.09	44.33
計	49.54	14.07(8)			
I 2 C	0.26	0.07(3)			
小計	(0.26)	0.07			
II 1 C	2.37	0.67(3)			
II 2 C	2.90	0.83(3)			
II 4 C	3.52	1.00(9)			
小計	(8.79)	(2.50(6))			
III 2 C	3.72	1.06(6)			
III 3 C	5.74	1.63(0)			
III 4 C	0.26	0.07(4)			
小計	(9.72)	(2.76(0))			
計	18.77	5.26(6)			

(26林班)

被害林相名	面積	%	被害林相名	面積	%
I 2 A	1.11	0.31(5)	I 3 D	1.25	0.36(5)
計	1.11	0.31(5)	小計	(1.25)	0.36
I 1 B	3.93	1.12(6)	II 2 D	2.54	0.72(1)
I 2 B	10.65	3.02(3)	3 D	0.91	0.25(8)
I 3 B	0.30	0.09(5)	4 D	6.00	1.71(5)
I 4 B	0.91	0.26(8)	小計	(9.45)	(2.68(3))
小計	(15.79)	(4.49(4))	III 3 D	2.28	0.65(7)
II 1 B	4.66	1.32(3)	4 D	1.61	0.46(7)
II 2 B	2.87	0.82(5)	小計	(3.89)	(1.11(4))
II 3 B	0.26	0.07(3)	IV 3 D	2.94	0.83(4)
小計	(7.79)	(2.21(2))	小計	(2.94)	(0.83)
III 3 B	0.72	0.20(4)	計	17.53	4.98(8)
小計	(0.72)	(0.20)	II 4 E	9.61	2.73(9)
計	24.30	6.90(2)	小計	(9.61)	(2.73)
I 1 C	3.43	0.97(4)	III 3 E	0.58	0.16(4)
I 3 C	2.32	0.66(8)	III 4 E	6.32	1.80(4)
I 4 C	1.57	0.45(5)	小計	(6.90)	(1.96(9))
小計	(7.32)	(2.08(7))	IV 3 E	2.26	0.64(1)
II 1 C	0.87	0.25(7)	小計	(2.26)	(0.64(1))
II 2 C	7.15	2.03(0)	計	18.77	5.33(0)
II 3 C	8.69	2.47(7)	F	47.73	13.56(4)
II 4 C	3.04	0.86(3)	新植地	3.04	0.86(3)
小計	(19.75)	(5.61(8))	針広混交林	6.37	1.81(8)
III 2 C	1.77	0.50(2)	山火事跡地	3.91	1.11(0)
III 3 C	2.01	0.57(0)	合計	158.16	44.91(5)
III 4 C	1.35	0.38(6)			
小計	(5.13)	(1.45(6))			
IV 2 C	3.20	0.91(8)			
小計	(3.20)	(0.91)			
計	35.40	10.05(3)			

(27林班)

被害林相名	面積	%	被害林相名	面積	%
I 1 A	0.99	0.28(1)	II 4 D	1.15	0.33(6)
I 2 A	0.42	0.12(8)	計	1.15	0.33
小計	(1.41)	(0.40(0))			
計	1.41	0.40	II 4 E	2.42	0.69(7)
			小計	(2.42)	(0.69)
I 1 B	2.87	0.82(5)	III 4 E	1.75	0.49(7)
I 2 B	1.97	0.56(9)	小計	(1.75)	(0.49)
I 3 B	0.50	0.14(2)	計	4.17	1.18(4)
小計	(5.34)	(1.52(6))			
II 1 B	4.35	1.24(5)	F	8.99	2.55(3)
II 2 B	0.60	0.17(0)			
II 3 B	0.46	0.13(1)	新植地	1.39	0.39(5)
小計	(5.41)	(1.54(6))			
III 3 B	0.97	0.28(5)	果樹園	0.52	0.15(7)
小計	(0.97)	(0.28)			
計	11.72	3.34(7)	合計	37.88	10.76(7)
II 3 C	4.96	1.41(8)	總計	352.13	100
II 4 C	3.57	1.01(3)			
小計	(8.53)	(2.42(2))			
計	8.53	2.42			

付表3-2 林班別 被害度別面積測定表(49年10月)

林班名		面積	%	林班名		面積	%	
25		2.56	0.73	25		5.90	1.68	
26	A	1.11	0.31	26	針広混交林	6.37	1.81	
27		1.41	0.40	27				
計		5.08	1.44	計		12.27	3.48	
25		49.54	14.07	25		19.38	5.50	
26	B	24.30	6.90	26	新植地	3.04	0.86	
27		11.72	3.33	27			1.39	0.39
計		85.56	24.30	計		23.81	6.76	
25		18.77	5.33	25				
26	C	35.40	10.05	26	果樹園	0.52	0.15	
27		8.53	2.43	27			0.52	0.15
計		62.70	17.81	計		0.52	0.15	
25		14.87	4.22	25				
26	D	17.53	4.98	26	山跡地	3.91	1.11	
27		1.15	0.33	27				
計		33.55	9.53	計		3.91	1.11	
25		9.74	2.77	25		156.09	44.33	
26	E	18.77	5.33	26		158.16	44.91	
27		4.17	1.18	27		37.88	10.76	
計		32.68	9.28	總計		352.13	100.00	
25		35.33	10.03					
26	F	47.73	13.56					
27		8.99	2.55					
計		92.05	26.14					

2) 被害現象の解析

(1) 屋島国有林の被害推移の現象

昭和48年3月時炎 および昭和49年10月時点における 各樹高階別林型、被害度別面積率を対比した結果を表4に示す。

表 4

被害地	樹高階 被害度	調査地全面積に対する各樹高階、被害度別の面積比率		新植地を除く樹高階、被害度別面積比率		
		48年3月	49年10月	48年3月	49年10月	
微害地	I A	3.67%	1.44	4.11	1.63	
	II A	2.86	—	3.20	—	
	III A	0.26	—	0.29	—	
	IV A	0.31	—	0.35	—	
	小計	7.10	1.44	7.95	1.63	
中害地	I B	10.22	9.73	11.44	10.99	
	II B	19.20	8.59	21.49	9.71	
	III B	8.12	4.81	9.09	5.44	
	IV B	2.06	1.17	2.31	1.32	
	小計	39.60	24.30	44.33	27.46	
大害地	I C	0.74	2.15	0.83	2.43	
	II C	5.30	10.53	5.93	11.90	
	III C	10.77	4.22	12.06	4.77	
	IV C	1.66	0.91	1.86	1.02	
	小計	18.47	65.17%	17.81	43.55	20.68 (72.96)
激害地	I D	0.19	0.35	0.21	0.40	
	II D	2.33	3.01	2.61	3.40	
	III D	2.49	4.84	2.79	5.47	
	IV D	0.21	1.33	0.23	1.50	
	小計	5.22	9.53	5.84	10.77	
	II E	—	3.42	—	3.86	
	III E	2.23	4.86	2.50	5.49	
	IV E	—	1.00	—	1.13	
	小計	2.23	9.28	2.50	10.48	
	F	16.70	24.15%	26.14	44.95	18.70 (27.04)
		89.32	88.50	(100.00)	(100.00)	
広	3.49	3.48				
新植地	7.19	6.76	(激害地増加量 23.75%)			
山火事跡地	—	1.11				
果樹園	—	0.15				
合計	100.00	10.68%	100.00	11.50%		

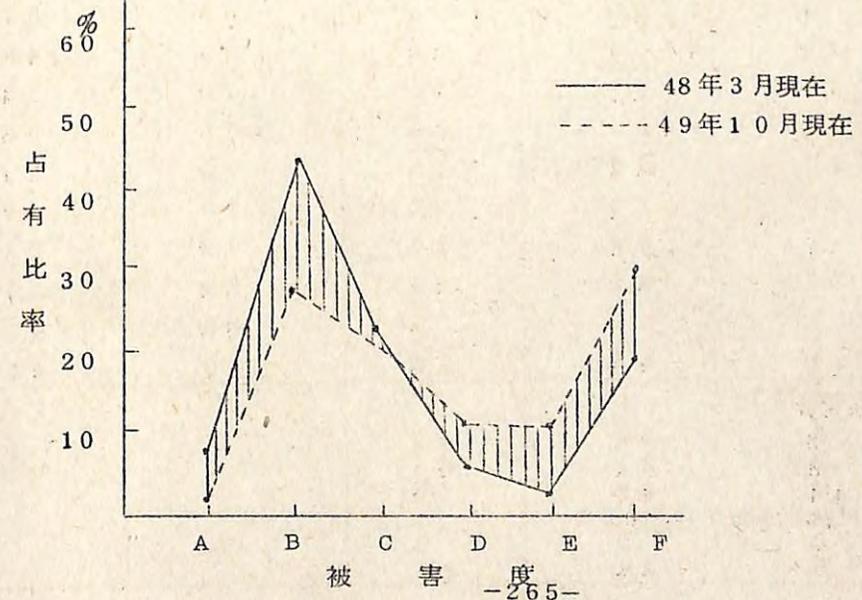
(林分疎密度区分は 被害度との間に関連がほとんど認められなかったのを除外した。表5)

表-5 林分疎密度と被害度と関係

(林分疎密度)

	1	2	3	4	
E	2	3			5
D	1		2	1	4
C	3	4	2	2	11
B	7	4	6	5	22
A	3	4	4	2	13
	16	15	14	10	55

図-5 被害度区分別占有面積比率の推移



昭和48年3月においては新植地を除いた73%が被害度A(0~2%), B(3~20%), C(21~40%)の地域で占めていたが, 昭和49年10月ではD(41~60%), E(61~80%), F(80%~)の激害地が51%を占めるに至っていた。(図5) いうまでもなくA, Bの微害地, 中害地の減少率23%がCの激害地に移行したものである。

なお, 先に選定した伐区別の激害地面積比率 および昭和47年度より昭和49年度に至る間の被害木伐採本数(表6)の調査値により 激害地の増加のほとんどは既往被

害量の増大であることが見られるが 20例中の5例, 約25%には急激な激害地化への現象があった。

激害地の増加は 当然の結果として被害木伐採材積の増加をもたらし, 各伐区内に占める激害地面積率と伐採材積量の関係には, ほぼ

$$Y = 26.91 + 0.98X, r = 0.7$$

の一次相関がえられる。(図-6)

表-6 激害地の面積推移と被害木伐採材積および伐採本数

伐区名	48年3月 全面積に対する D, E, Fの占める割合	49年10月 "	増加量	被害木伐	
				47年度 ha当伐採本数	48年度 "
No. 4	28(%)	44(%)	16%	22本	31本
5	17	69	• 52	38	28
6	35	70	35	43	56
7	39	35	-4	27	34
8	• 65	78	13	23	89
9	• 62	• 85	23	28	45
10	32	• 86	• 54	29	33
12	7	49	42	23	29
13	• 69	• 85	16	74	49
14	59	• 89	30	49	40
16	4	59	• 55	63	37
17	28	• 94	• 66	93	48
18	17	27	10	72	34
20	• 61	• 100	39	155	28
21	26	36	10	95	54
22	45	72	27	30	43
23	• 61	• 89	28	62	26
25	22	64	42	83	31
26	0	6	6	68	43
29	21	44	23	30	43
(スプリングラー取付箇所)					
SP No. 1	3	44	41		
2	8	31	23		
3	11	19	8		
4	山火事がありデータ不良				
5	0	0	0		
6	9	36	27		

採本数		被害木伐採材積			
49年度 "	計	47年度	48年度	49年度	計
24本	77本	18.65 m ³	21.61 m ³	17.50 m ³	57.76 m ³
24	90	36.24	17.37	16.99	70.59
45	144	35.61	33.78	23.08	92.48
25	86	17.11	17.54	17.24	51.89
19	131	31.37	• 66.13	16.67	114.17
24	97	24.85	• 47.29	25.32	97.45
34	96	25.66	22.67	23.41	71.74
51	103	19.94	25.14	• 43.41	88.49
36	159	• 85.33	• 49.15	• 32.00	166.52
48	137	• 68.88	• 40.30	• 56.89	166.07
62	162	• 63.99	25.60	• 43.11	132.70
33	174	• 67.65	29.36	24.55	121.56
37	143	21.90	11.27	12.64	45.81
62	245	• 70.53	9.93	19.30	99.76
15	164	40.72	16.75	6.51	63.99
24	97	33.08	28.11	16.73	77.91
12	100	57.48	25.18	13.30	95.96
23	137	59.81	19.92	11.13	90.85
40	151	20.08	12.40	12.21	44.69
24	97	14.86	19.71	10.88	45.45
r = 0.7 0.6918 b = 0.98172 a = 26.913					

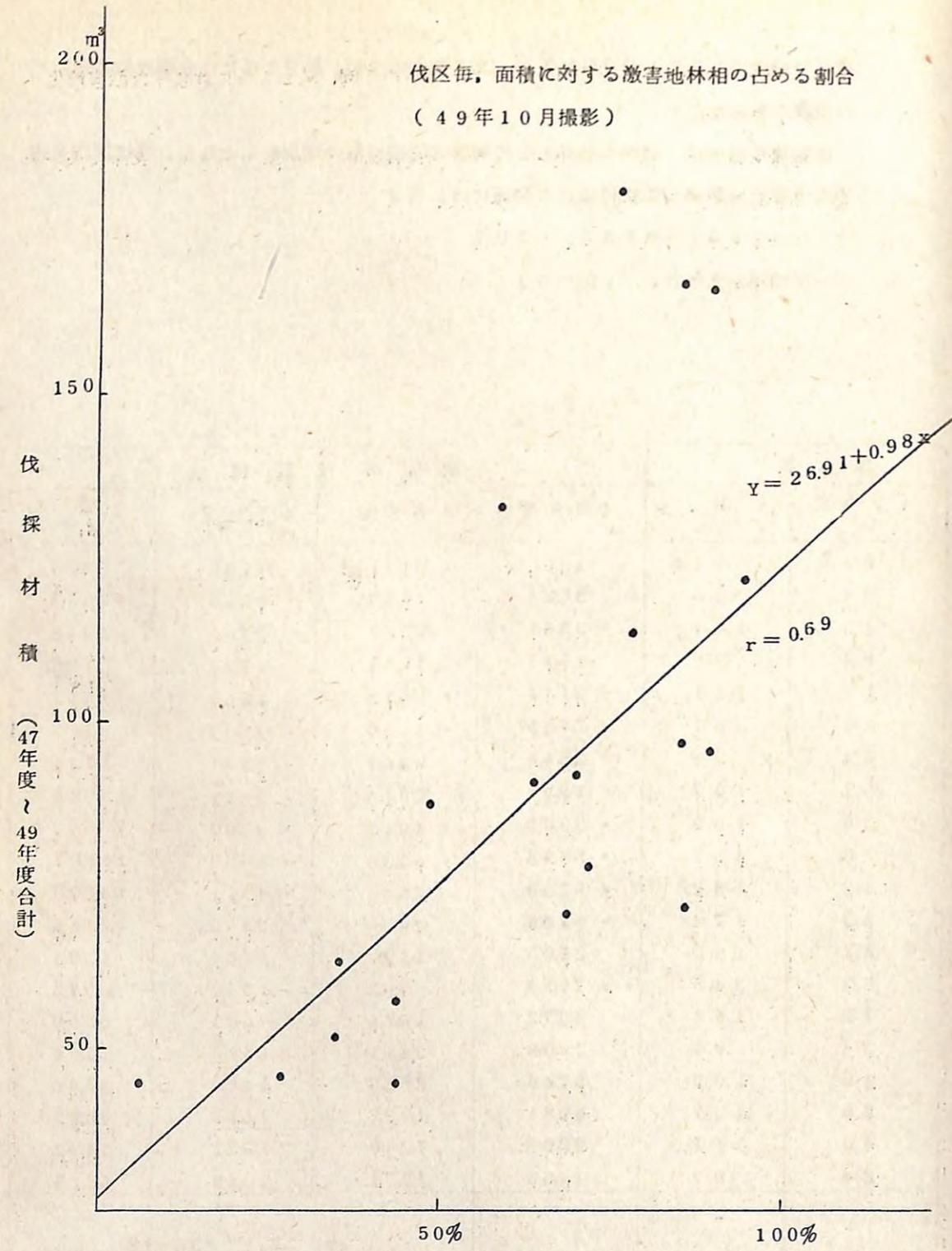


図-6 伐区毎，被害木伐採材積と激害地
(D, E, F層)林相の占める割合との関係

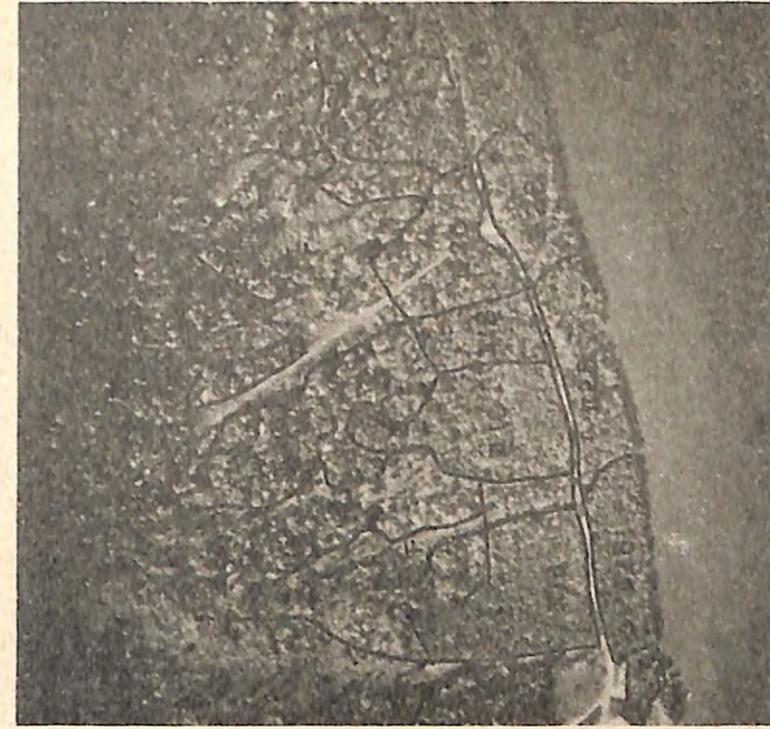


図-6 昭和49年10月 マルチスベクトル合成写真
-2 同地区
林型、被害区分像

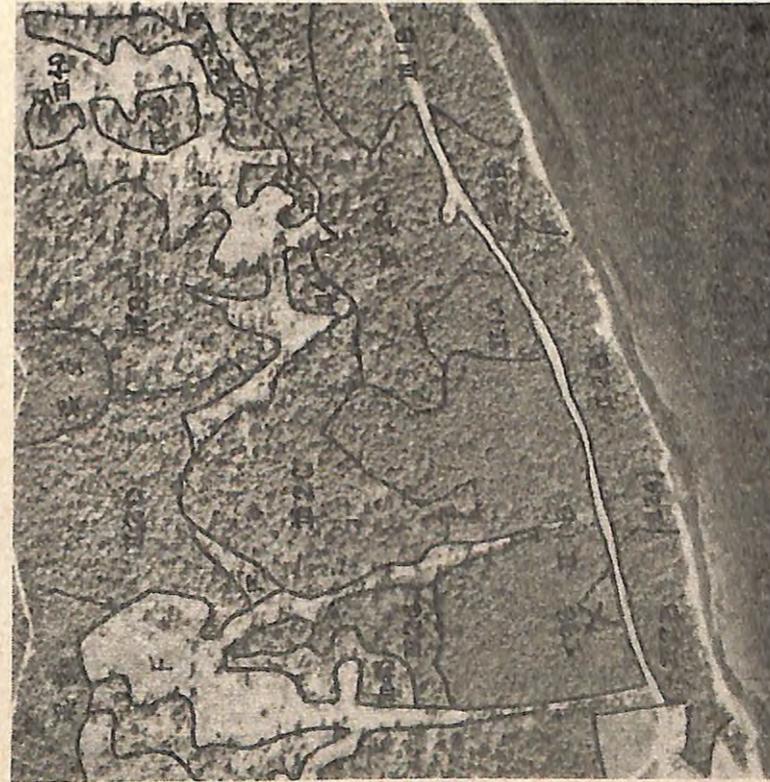


図-6 昭和48年3月 赤外カラー写真
-1 標本点/62 (第21伐区)
林型区分像

屋島国有林全域での兩年次における被害度分布図を図一七に示す。

この図においても 激害地の増加はおよむね既往 激害地域の拡大であることが見られるが 特に伐倒木搬出経路沿いには例外なくそれが著しいことに気づかれる。

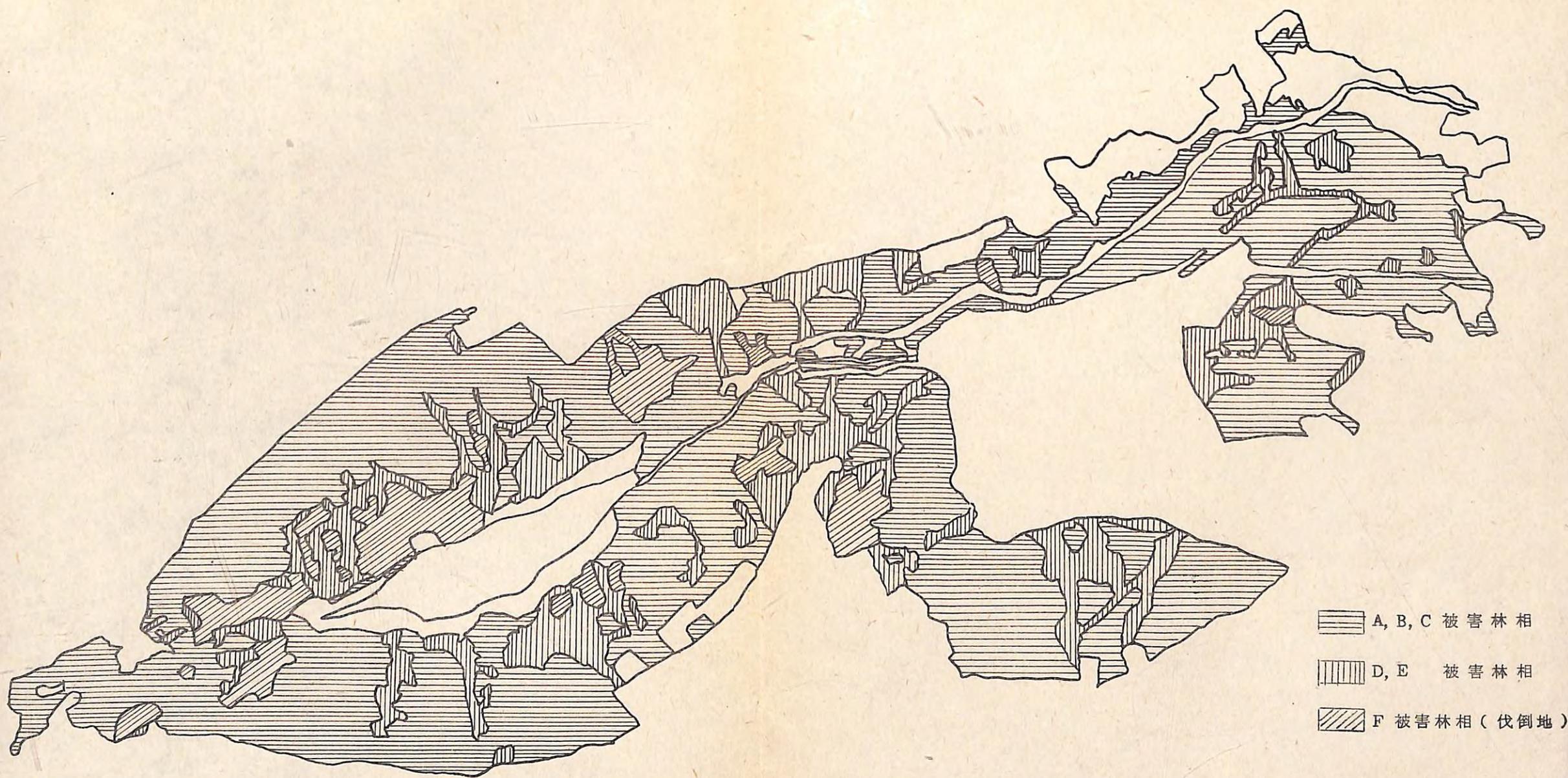


図 7-1

屋島国有林マツクイムシ被害林相区分図

(48年3月現在)

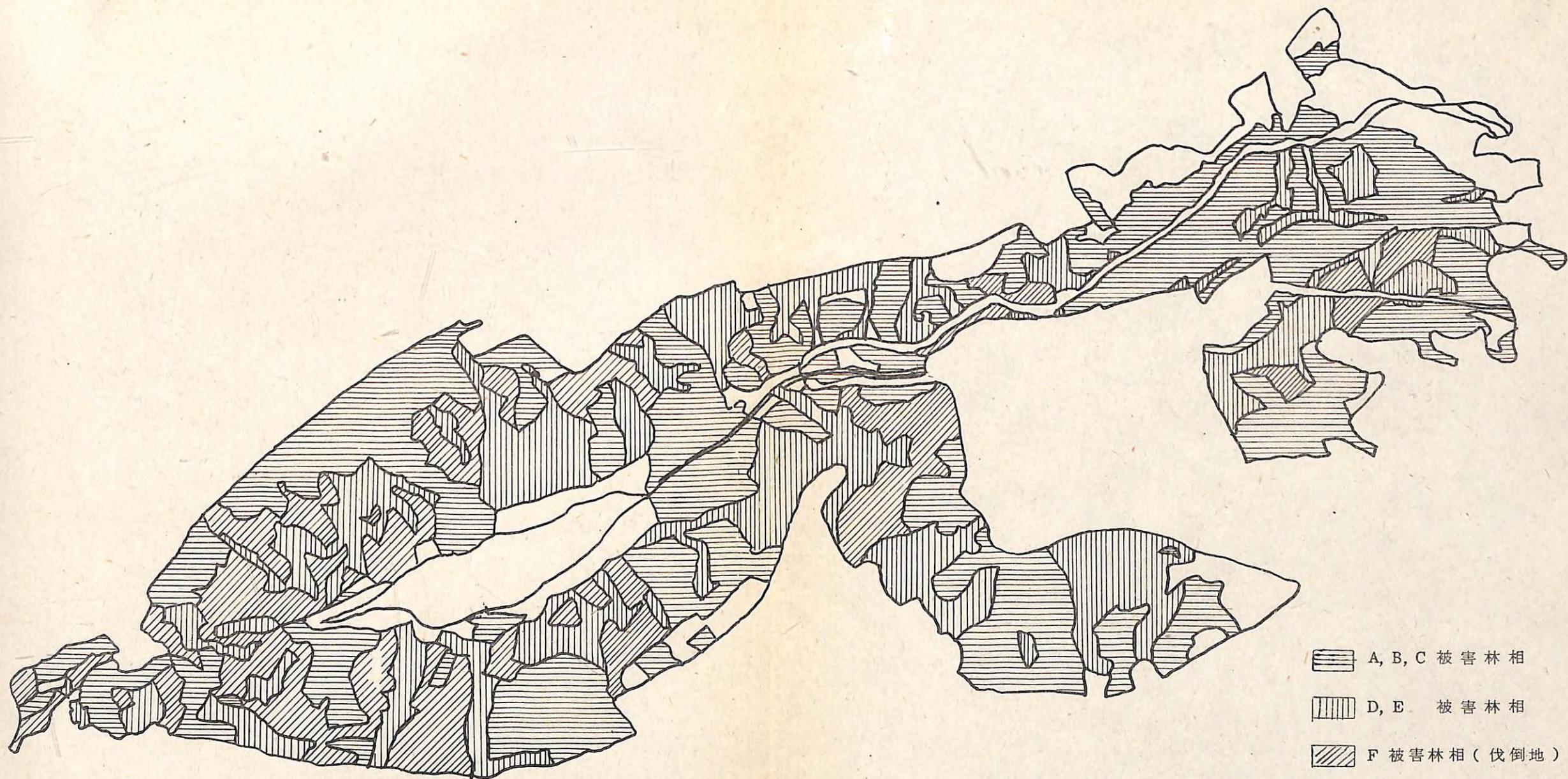


図 7-2

屋島国有林マツクイムシ被害林相区分図

(49年10月現在)

(2) 被害現象所見

① 林分樹高階と被害

林分樹高階と被害には 明確ではないが、樹高階が高くなるにしたがい増大の傾向が見られる。特に新植地 および平均樹高10 m以下の林分では大被害、激害のものはない。激害地は平均樹高14 m以上に出現した。(図8)

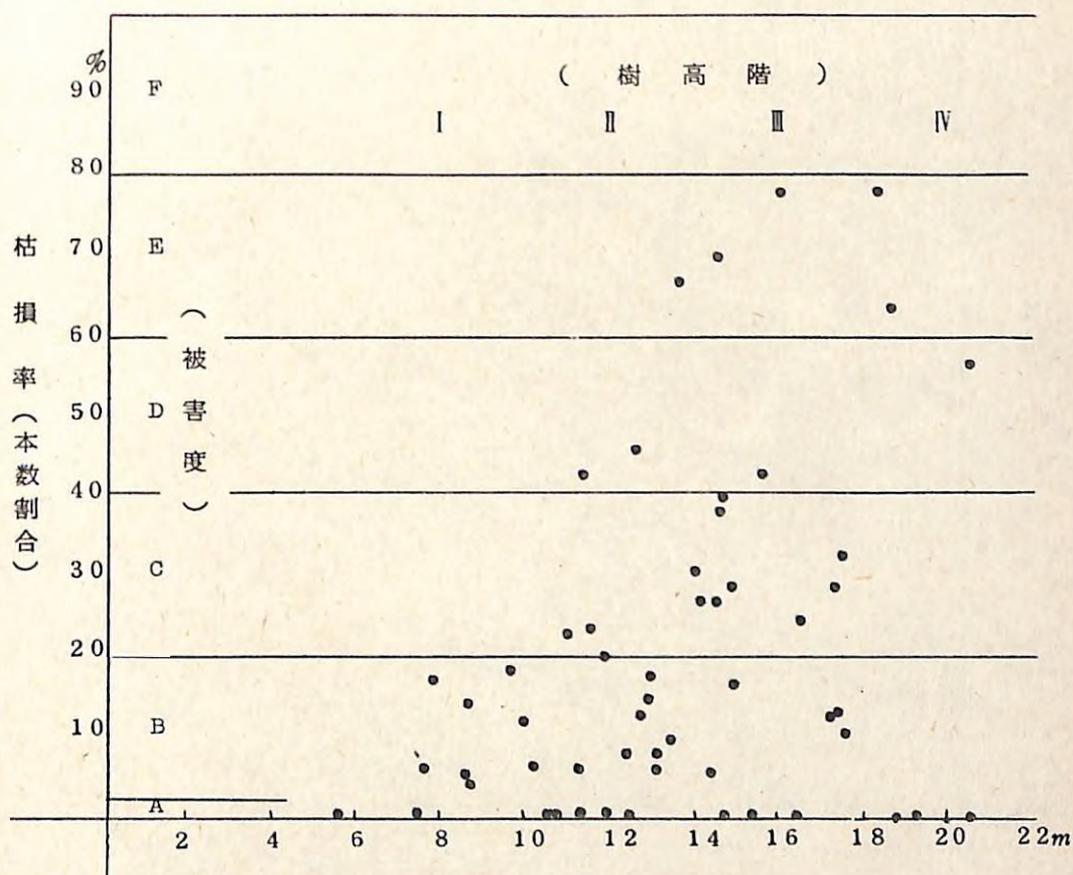


図-8 林分平均樹高と被害度との関係

② 被害木と樹高

林内に発生した被害木の平均樹高を 林分平均樹高と比較した結果 被害は平均樹高より高い立木に発生する傾向のあることが明らかである。これはマダラカミキリの行動生態に帰因するものであろう。(図9)

③ スプリンクラーによる予防効果

スプリンクラー設置伐区の被害現象は特に他の伐区と異なる所は全く見られなかった。

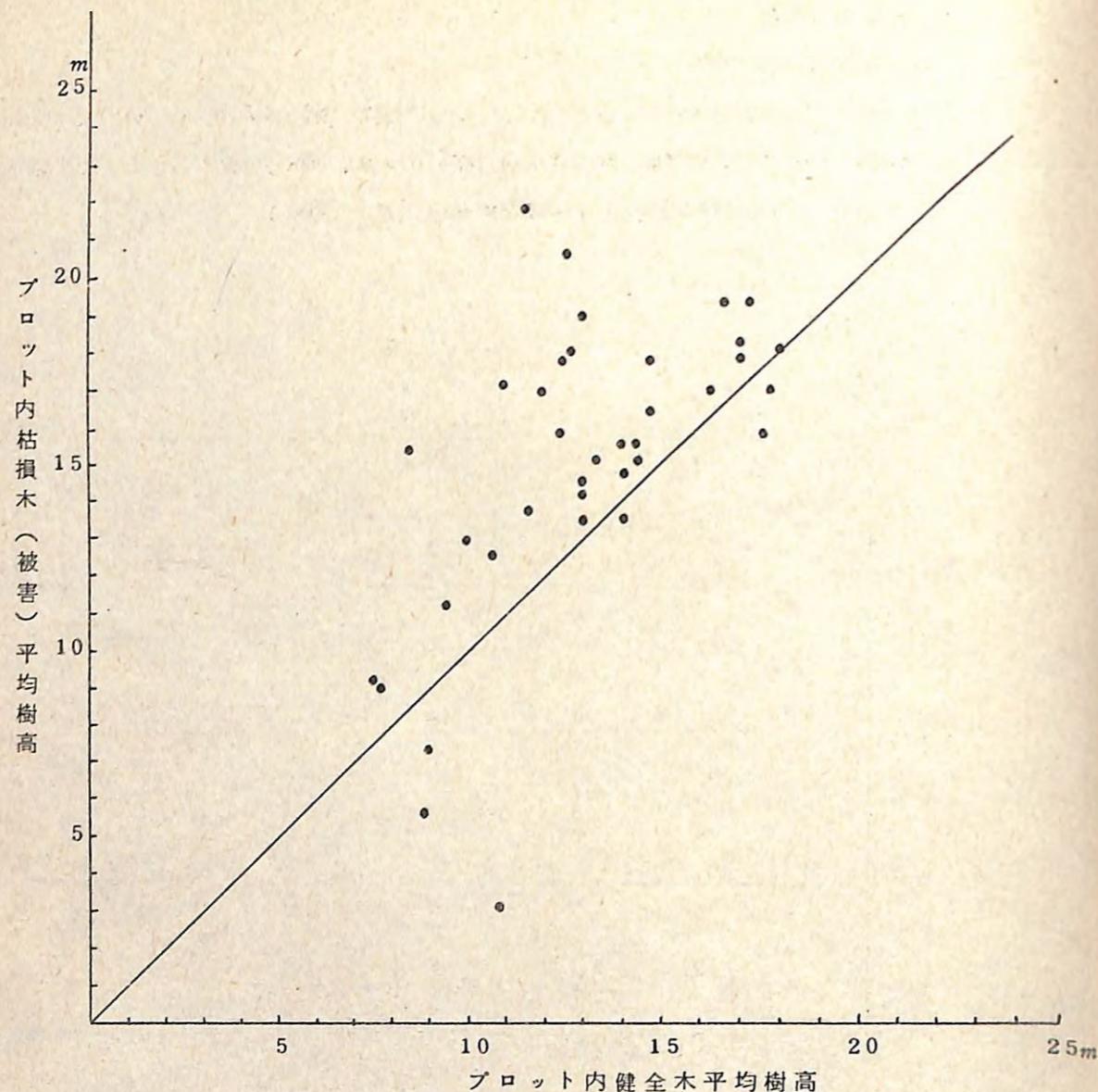


図-9 同一プロット内における
被害木平均樹高と健全木平均樹高との関係

注 4.5度線以下におちたプロットはいづれも被害木
本数が少ないため適切な被害木平均樹高は求めら
れない。

V 試験の効果

本試験の結果 マツクイムシ被害の現況は 赤外カラー空中写真により、きわめて正確、詳細に捕えうることが明らかとなった。

10月中旬の写真からは その年度被害の98%は確認することができた。

ただし8月中旬の撮影では、その年に約70%の予知しえぬ被害がなお発生するものであることが知られた。

すなわち、写真により捕促しうる被害はすでに樹脂流動に異状を生じたものに限られ肉眼発見より早期にこれを捕えることは写真像の色分解濃度測定等によってたとえ可能性がやゝ増大するとしても個々の木に対する予防対策資料としての意義は少ない。ただし早期に被害発生傾向を知るには有効である。これは 赤外カラー写真の応用が 早期発見による防除対策検討を目的とした開始当初の期待に合致せぬものとはなったが 試験実行年間内における マツクイムシ被害研究の進展によっても この被害が あらかじめ当年のマダラカミキリ食害以前に予知しうるものでないことが明らかとなった。

したがって 赤外カラー写真の活用は 正確な被害現象 推移現象の把握により 基本的な防除計画樹立資料、また森林保全、保続施業計画資料の整備を目的とするべきであり ことに林分被害の予測と解析資料としては 他に手法のない有効なものである。

また、被害現象解析の結果には被害木の発生に特にマダラカミキリ生態活動と関連あると見られる多くの現象が見られた。今後の課題としては被害発生要因の解明を 環境因子、マダラカミキリ生態、ザイセンチュウ病理現象との関連において解析し 森林被害予防手法のシステム化を検討する必要がある。

なお、本試験地において実行された予防作業が その効果をもたらし得なかったことは 激害地における対策についての検討資料を提供している。

すなわち激害地においては いかにも伐倒木を搬出 また薬剤処理するとしても 現実には次年度 全面的に被害発生を考慮しなければならない。

したがって この林でのマツの残留、特に大径木の保全を不可欠とするのであれば 繰りかえしての適期の空中薬剤散布により 全面発生を阻止すると共に 特に激害地域の拡大には 搬出方法を含めて努めなければならない。

マツクイムシ調査への空中写真利用は 資源調査等への応用と異なり 現象を監視することを第一とするものであり そのためには常時観測のモニタリングシステムの開発が必要である。またこのためのより簡易な撮影法を検討することも重要である。

保 護 樹 帶 設 定 法

I 試験担当者

主査 造林部造林科長 蜂屋欣二

本場防災部 防災科長 櫻山徳治

防災第一研究室 松岡広雄 石川政幸 河合英二

本場造林部 植生研究室 刈住昇 寺田正男

木曾分場 造林研究室 百瀬行男 荒井国幸

北海道支場 育林部長 土井恭次(前) 原田 洸(現)

造林第一研究室 坂上幸雄

造林第二研究室 森田健次郎

II 試験目的

国有林においては「国有林野における新たな施業方法」を48年3月に定め、それに基づいて森林の多目的効用を十分発揮し得るよう施業を行いつつある。

皆伐施業にあつては伐区面積を保安林でおおむね5ha以下、保安林以外ではおおむね20ha以下とするとともに、小面積区画皆伐、带状皆伐等特定の伐採方法の場合をのぞいて、保護樹帯の設定を積極的に行なうこととしている。

保護樹帯は新生林分の保護、土砂流出防止、自然景観の維持などを目的として、必要な尾根筋、溪流沿い、林道沿線などを主体として、幅員30m(平坦地)～40m(傾斜地)を基準として設定することとなっている。

山地の複雑な地形要因に関連する山岳気象や地形、林況によって微妙に変化する微気象の解明は現在でもなお不十分であつて、保護樹帯の機能を定量的にとらえてその設定方法を明らかにすることは出来ないが、保護樹帯の効用は古くより経験的に十分認識されてきたところである。

今後「新たな森林施業」の推進につれて、保護樹帯のより合理的な設定方法が明らかにされていこうが、現在各地での事例を中心に解析し、問題点をあげて今後の保護樹帯設定に資する目的で、本研究が行なわれた。

III 研究経過

保護樹帯の現状を認識して問題点を取りだし、今後の設定に資するという目的に沿うため、短期間の調査研究(49, 50年の2か年)を計画した。

まず林野庁において実施された各局の保護樹帯設定の事例調査より、既往の設定目的、設定方法などについてその概要を認識した。

保護樹帯の効用のうち土砂流出防止の機能については別途調査研究が行なわれているので、ここでは主として新生林分の保護機能のうち防風機能と霜害防止を取りあげ、さらにまた中部、北関東地域の山地帯における設定事例を現地調査して、設定法および維持管理法についての問題点を検討した。研究項目とその分担は次のとおりである。

- A 保護樹帯の防風機能と設定法(防災部)
- B 寒害とくに霜害防止のための保護樹帯設定法(北海道支場)
- C 保護樹帯の設定事例解析 — (1) (造林部)
- D “ — (2) (木曾分場)
- E 今後の問題点

IV 研究成果

A 保護樹帯の防風機能と設定法(防災部)

わが国に保護樹帯の設定計画が始まった時には防風を主な目的としていた。300年程前、琉球林業にみられる抱護林思想も台風、潮風、季節風から森林を保護する樹帯を設けるものであった。昭和元年、2年、熊本営林局管内を襲った暴風被害の報告、昭和9年、木曾御料林の被害調査報告、昭和34年、東京営林局管内の風害調査報告でも保護樹帯の必要を説いている。これらはいずれも異常な風に対するものであるが、常風に対する保護樹帯の必要度も大きく、前橋営林局中之条営林署で試験を続けている寒風害防止の樹帯はその例である。

このように風の防止を主目的にした場合には異常風、常風を対象にするが、異常風を直接、樹帯で防ぐのは難しく、時には樹帯の風害、それによる保護地の二次被害まで起り得る。保護樹帯の効果はむしろ常風に対して大きいものと考えられる。この保護樹帯の造成に新植、既存林分の伐り残し方法があるが、伐採後の新植保護地への効果をすぐ期待するところから、伐区周辺部の伐り残しの方法がとられているのがほとんどである。そのため、保護樹帯は設定後かなりの期間、林衣がなく枝下があがり弱々しい林分状態になっている。

ここでは、風に対する保護樹帯の機能を明らかにするよう現地調査と模型を用いた風洞実験を行なったので報告する。

a 保護樹帯の防風機能に関する現地調査

a-1 調査場所と日時

調査候補地として小面積皆伐が行なわれて既に保護樹帯が設定され、しかも、資料が整備されている東京営林局管内各営林署の施業指標林、施業標準林を検討し、天城営林署管内の施業指標林を含む地域を調査対象に選んだ。

調査地は天城営林署棚場山国有林天城事業区318林班い小班1号、3号にあり、東西に走る沢沿いの北斜面で傾斜は15~35度、平均25度である。伐区は沢から尾根にかけて細長い形になっていて、標高差は200mである。面積は1号地4.75ha、3号地3.6haである。林班内には多くの保護樹帯が設定されている(図1)。

予備調査に続いて本調査を風の強い春先き、昭和51年3月22日~25日に実施した。

1/5000
 柵場山国有林天城事業区
 318林班い

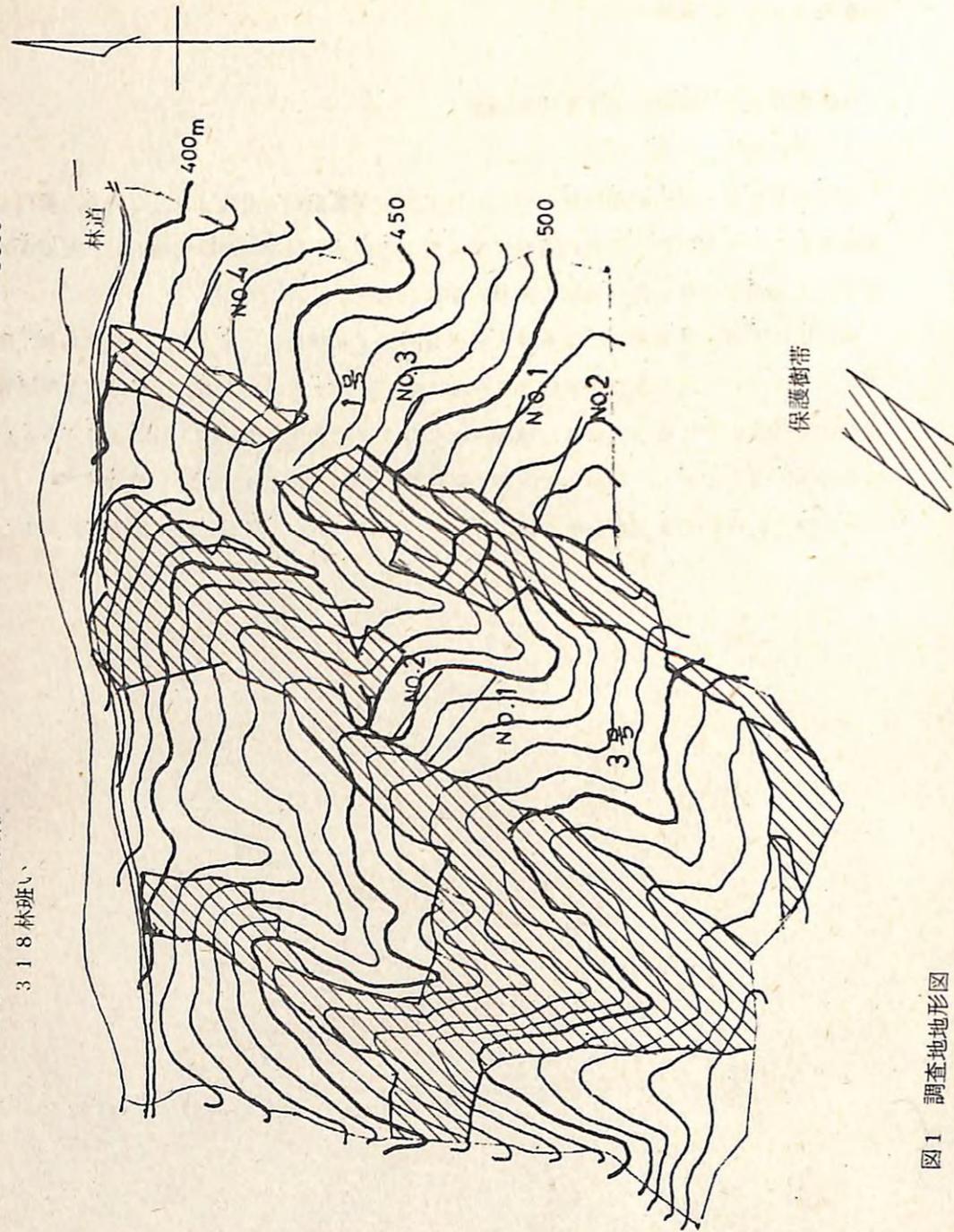


図1 調査地形図

a-2 調査時の気象条件

調査地域は3, 4月に駿河湾から伊豆半島西岸沿いの山を越え吹いてくる風が強い。調査期間中は西高東低の気圧配置, 晴天で西風が吹き続いたが, 風速は弱かった。

a-3 調査の方法

318林班内で, 調査時に吹いた西風に直角となる保護樹帯を選び, 保護樹帯の直角方向に風の測定のための測線を取り, 樹高倍数(現地測定した平均的樹高と表2の毎木調査による平均高とは異なっている)の地点を測定地点とした。地形の関係で一部, 樹高倍数に合わないところもあった。測線は1号地に4箇所, 3号地に2箇所とった。測線の位置, 測線長は図1と表1に示した。1号地61~64, 3号地61~62の測定終点より風下はいずれも地形に急激な変化があり, 樹帯の作用より地形の影響が大きいものと考えられるので測定は行なわなかった。

表1 測線位置

場所	保護樹帯方位	測線方位	測線長 m	樹帯高 m
318い 1号 61	S 25° W	S 65° E	72	9
	S 23° W	S 72° E	83	9
	S 17° W	S 69° E	60	12
	S 28° W	S 65° E	60	15
318い 3号 61	S 15° W	S 53° E	78	13
	S 15° W	S 57° E	65	13

測定にはアサノ式風向風速計を用い, 5分間ずつ3回くり返して計測し, 5分間にそれぞれ2回風向を読みとった。測定は全点同時(1測線上の)であったが, 測線が長いときは風速計を全点に配置できなかったので移動測定を行なった。基準点は, 1号地では測線61の最終点72mに, 3号地では61の65m点より沢寄り5mのところに行った。これらの基準点はいずれも保護樹帯の影響範囲内であったが, 他に適当な場所がないのでやむを得ず基準点としたものである。

保護樹帯の構成については測線を中心に樹帯前縁から後縁まで幅10mのベルトを設

け、毎木調査をした。

a-4 調査結果

a-4-1 保護樹帯

調査地 1号, 3号の保護樹帯は尾根筋と尾根から沢への小尾根沿いに設定され、伐区を囲んでいる。測線上の保護樹帯の構成は表2に示した。隣接する各伐区にも保護樹帯が設けられている。保護樹帯の樹種はスギが大部分を占め、広葉樹がわずかに混入している。いずれも伐り残し樹帯で枝下高は全般にあがっている。樹高は尾根寄りになるに従って低くなっている。尾根寄りの樹帯にはかん木が多く密になっており、沢近くの樹帯は疎である。調査した測線上の樹帯の横断面を模式的に図2に示した。1号地№2, №3の樹帯幅は広く風上部分は枝沢の付近まで達していた。

表2 保護樹帯の構成

場 所	保護樹帯幅 m	樹 種	本 数 ha当	平均胸高直 径 cm	平均 樹 高 m	材 積 m ³ /ha
318 い 1号 №1	2.2	スギ	1,647	11.7	6.1	96.29
		広	176	11.0	5.8	7.65
№2	4.3	スギ	1,300	17.8	10.2	223.28
		広	133	6.8	7.0	2.10
№3	5.3	スギ	2,433	12.5	7.7	191.40
		広	600	6.9	6.2	10.93
№4	4.0	スギ	1,050	27.2	16.5	578.00
318 い 3号 №1, 2	4.0	スギ	1,575	20.8	12.3	405.75
		広	25	27.0	15.0	11.25

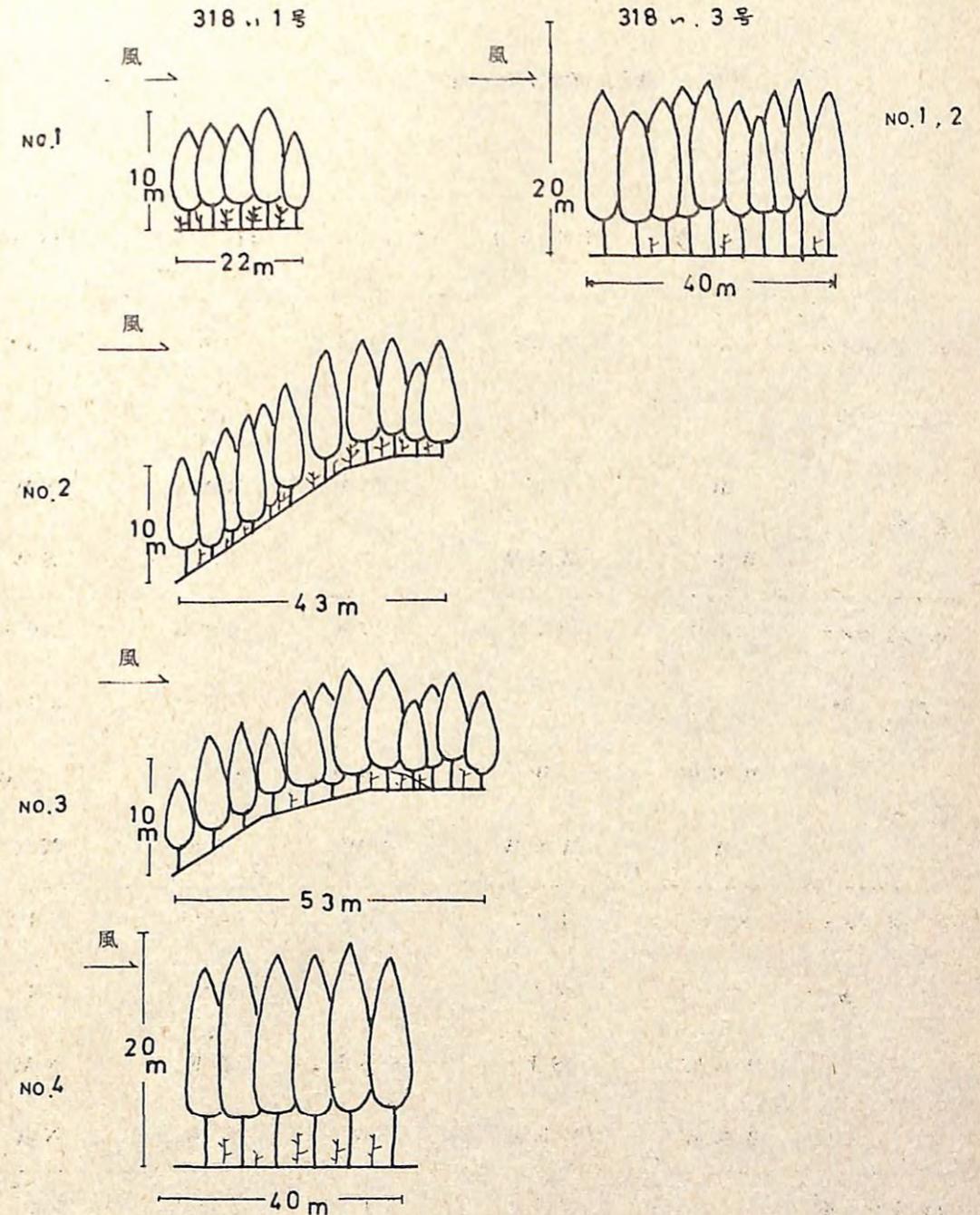


図2 調査保護樹帯の横断面模式図

a-4-2 風速

各測点の風速と風向の測定結果は表3に示した。

表3 風速, 風向, 風速比

318 い 1号 №1

	基準	1H(9) m	2H(18) m	4H(36) m	6H(54) m
風速 m/s	4.39	1.38	2.15	1.62	2.35
比 %		31	26	37	54
風向	W WSW	W WNW	NNW S	NNW NW	NW SW
風速 m/s	4.80	1.74	1.78	2.35	2.95
比 %		36	37	49	61
風向	WSW W	W WNW	SSW NW	ENE SE	SSW NW
風速 m/s	3.70	1.47	1.10	1.20	2.12
比 %		40	30	32	54
風向	WNW WNW	SE WNW	SSE SW	SE NW	NW NW
比の平均 %		36	31	39	57

318 い 1号 №2

	基準	1H(9) m	2H(18) m	4H(36) m	6H(54) m	8H(72) m	83 m
風速 m/s	3.85	1.22	0.90	1.25	1.62		
比 %		32	23	32	42		
風向	WSW WNW	SE WNW	SSE E	SSE NW	WSW SE		
風速 m/s	5.15	1.37	0.92	1.28	1.68		
比 %		43	29	41	53		
風向	WSW WSW	WNW NW	NW W	NNW N	WNW E		
風速 m/s	3.70	1.14	0.91	1.26	1.64		
比 %		31	25	34	44		
風向	W WNW	NW E	NNE W	N NW	NW ESE		
風速 m/s	3.80			1.37	1.44	1.66	1.86
比 %				36	38	44	49
風向	WSW WSW			E W	ESE NW	NW W	W WSW
風速 m/s	3.50			1.12	1.64	2.28	3.15
比 %				32	47	65	90
風向	W WSW			SSW NNE	S NNE	SSW WSW	SW SSW
風速 m/s	2.62			0.96	1.28	1.27	1.35
比 %				37	49	48	52
風向	WNW W			ENE N	ENE NNW	NE NNW	WSW NW
比の平均 %		35	26	35	46	52	64

	基準	2H(24m)	3H(36m)	4H(48m)	5H(60m)
風速 m/s	3.10	1.26	1.18	1.12	1.65
比 %		41	38	36	53
風向	WSW W	SW NNE	N N	SW NW	WSW NW
風速 m/s	3.45	1.29	1.74	1.70	2.00
比 %		37	50	49	58
風向	NNW WSW	WNW SE	SE SE	S SE	SW SSE
風速 m/s	4.22	1.85	1.95	1.43	2.08
比 %		44	46	34	49
風向	SW NW	E NNE	ENE N	ENE SSW	ENE SSW
比の平均 %		41	45	40	53

	基準	1H(15m)	2H(30m)	43m	4H(60m)
風速 m/s	3.35	0.90	1.32	1.12	0.85
比 %		27	39	33	25
風向	W WSW	E NNW	NE SSE	NE S	N SSE
風速 m/s	3.60	1.08	1.20	1.17	0.94
比 %		30	33	33	26
風向	W W	N ESE	SE SE	SE ENE	WSW SE
風速 m/s	2.70	1.00	0.83	0.58	0.50
比 %		37	31	21	19
風向	NW NW	SSE SE	SSE SE	W ENE	W ESE
比の平均 %		31	34	29	23

	基準	1H(13m)	2H(26m)	4H(52m)	6H(78m)
風速 m/s	1.85	1.28	1.11	1.48	1.70
比 %		69	60	80	92
風向	N NE	NE ENE	NE SE	N ENE	NNE NNE
風速 m/s	1.35	1.22	1.00	1.14	1.28
比 %		90	74	84	95
風向	NW N	SSE NE	WSW NNE	E NNE	NW NE
風速 m/s	0.98	1.20	1.10	0.98	1.05
比 %		122	112	100	107
風向	N NNE	ENE WNE	NNE N	NNE NE	NE N
比の平均 %		94	82	88	98

	基準	1H(13m)	2H(26m)	3H(39m)	5H(65m)
風速 m/s	0.90	1.24	0.96	1.15	1.18
比 %		138	107	128	131
風向	N NNE	NNE SSE	NNE S	NNW S	N S
風速 m/s	1.30	1.22	1.00	1.12	1.49
比 %		136	111	124	166
風向	N N	NE NE	NE NE	NNE NE	N N
風速 m/s	2.20	0.86	0.60	0.85	1.70
比 %		96	67	94	189
風向	NNW N	ESE N	SSE ENE	S ESE	WNW NNW
比の平均 %		123	95	115	162

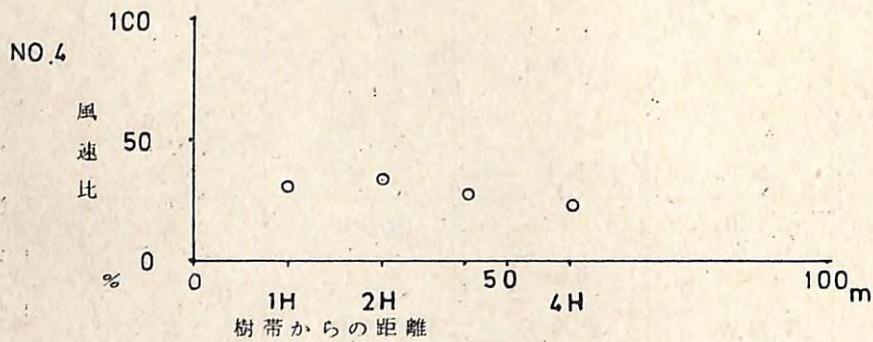
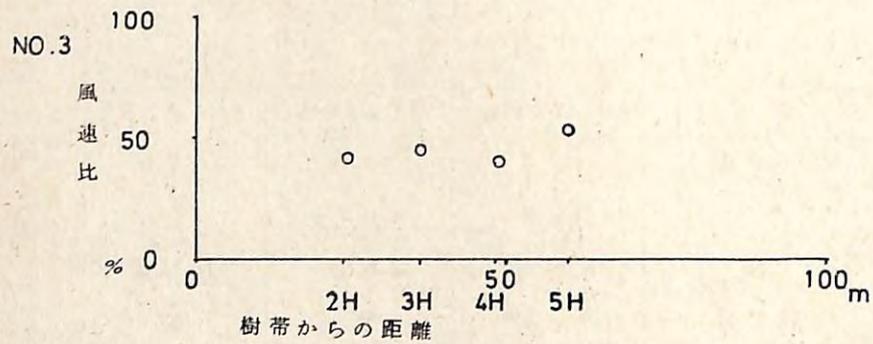
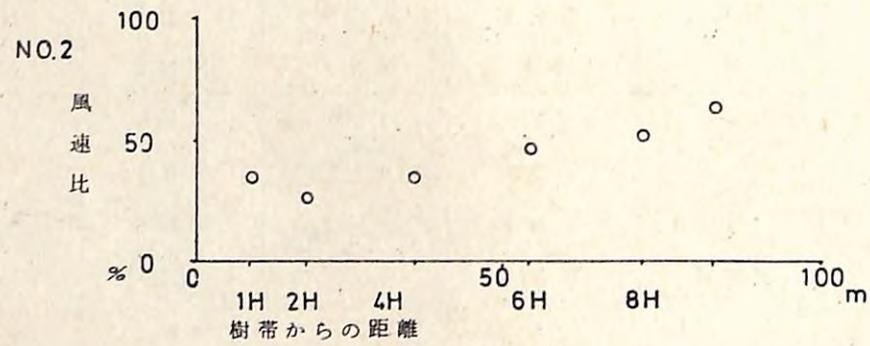
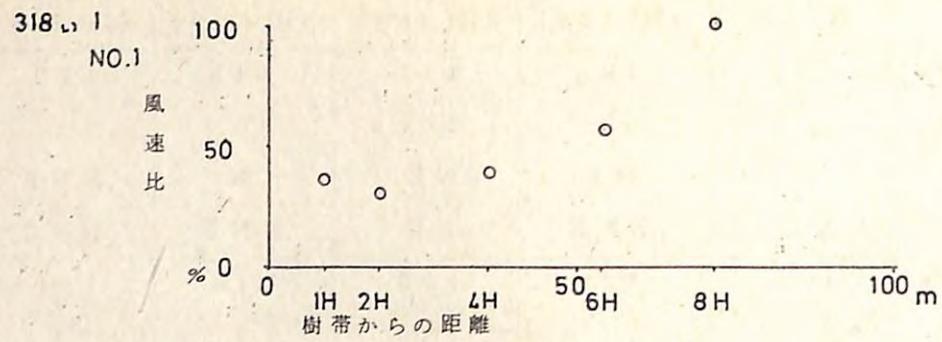


図3-1 風速の水平分布

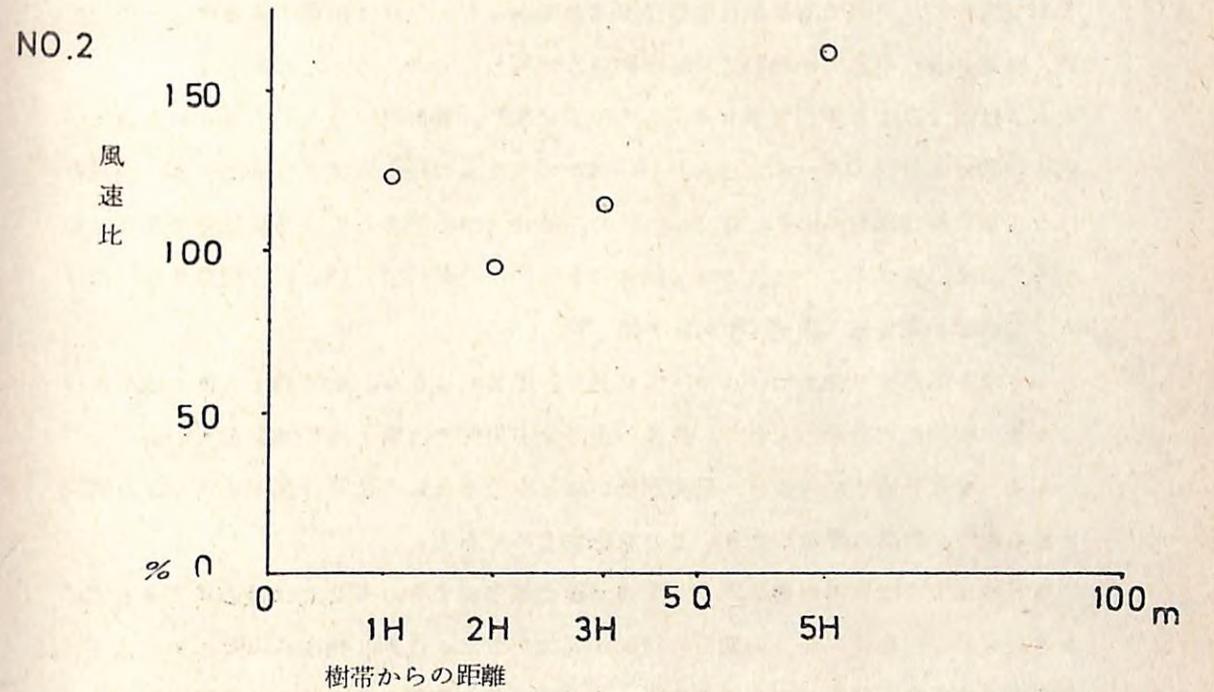
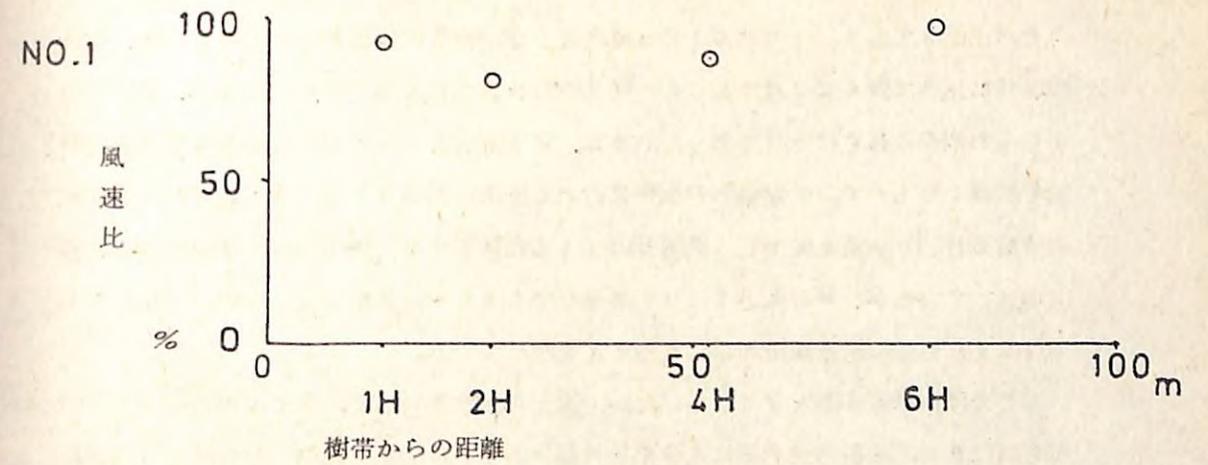


図3の2

a 1号地内の各測定点の風速と同地内の基準点の風速との比を求め各測線の風速分布をみたのが図3である。1号地 $\#1$ では樹帯風上が崩壊復旧斜面となっているため、樹帯幅は他に比べて狭く22mであった。平均樹高は表2によると6mであるが、風下方向からみた樹帯の高さは9mであった。また、風下方向からみた樹帯の透過率(写真で判読し計算したもので、一定幅内の樹帯に占める空隙の面積比)は5%であった。風は樹高倍教2H辺りが最も減少し、風速比は31%に低下する。後方へ行くにつれ風速は順次増加しているが、林の風下72mの基準点でもまだ一定になっていない。すなわち基準点はまだ樹帯の風速減少範囲にあることを示している。

$\#2$ では樹帯幅が広く43mあったが、風上前面は傾斜地で、平坦部の幅は20m、樹帯高は9m、樹帯の透過率は8%で樹幹部分がすいていた。風速の減少は $\#1$ 同様、2Hで大きく、9Hでも基準風速の70%台であった。これは測点が基準点より幾分低いほかに設けられていたので地形の影響が作用したものと考えられる。

$\#3$ は前2点より標高で30m下方の位置にあり、樹帯幅は最も広く53mあったが、風上傾斜地部分が多く、測定点と同一レベルの平坦部分の幅は20mである。透過率は11%で樹冠部分の空隙が目立っていた。風速比は各測点とも50%程度である。しかも、 $\#1$ 、 $\#2$ のように後方ほど増加する傾向が明確にでていない。測点5H以遠は大きく地形が落ち込み測定は不可能であった。

$\#4$ は基準点より標高で80m下方にあり、樹帯幅40m、樹帯高15mで透過率は25%、樹幹部に空隙が大きい。風速分布は測定範囲では風下ほど減少している。

$\#1$ ~ $\#4$ を通じてみると、標高が低いほど樹高が高いのに風速比が小さくなる傾向にあるのは、標高の影響の大きいことを示すものである。

3号地 $\#1$ では樹帯の透過率が15%で幹の部分がすき、 $\#2$ では透過率2%と密であるにもかかわらず、 $\#2$ の樹帯の効果が少なかった。これは表3をみてわかるように、測定当日の風向が林帯に対して斜めで、とくに、 $\#2$ 測線の測定時には風が沢に沿って吹きあげ、樹帯の効果がほとんどなかったためである。

b 保護樹帯に関する模型実験

保護樹帯は一般に尾根筋に設定されるが、斜面長が長いときや、沢に沿って風が吹き上ってくるような地形条件のところでは、斜面の途中に設定することもある。この場合、風に及ぼす斜面の影響や樹帯の防風機能は傾斜や林帯の位置によって変わってくるが、適

当な条件の場所が少ないため現地調査によって確かめることはできなかった。そこで模型を用いた風洞実験で斜面の影響と保護樹帯の防風機能を調べることにした。

b-1 実験方法

山地模型と保護樹帯模型を作成し、風洞測定部に取り付け、山地模型と保護樹帯模型の有無によって風がどのように変化するかを測定するよう計画した。

風洞： 林業試験場防災部の循環式噴流型の風洞を使用した。吹出し口の断面は 1.0×1.0 mの正方形で測定部の長さは140cmある。

模型： 山地模型は測定や結果の解析を容易にするため地形を単純化したもので、風上斜面の傾斜が20度と30度の2種の模型を木質材料を用いて製作した。縮尺は測定部の大きさや測定精度を考慮して1/50とした。傾斜20度、30度の模型とも高さ15.5cmである。したがって30度の模型の斜面長は20度のものに比べて短い。横の長さ15.4cmであった。保護樹帯の模型はしゃへい率(単位面積に占める針金の面積)48%の真ちゅう製のネットを径3mmの針金の枠に張ったもので、樹冠部を想定し上半分を二重にした。ネットの高さも1/50縮尺とし樹帯高20mに合せ4cm、横の長さを100cmに作った。

測定： 風洞吹出し口の上端と同一面に水平に取り付けた板に、風の流に直角に山地模型を固定し、保護樹帯模型を斜面に置いた場合と置かない場合の風速分布を測定した。山地模型は吹出し口より14cmの位置に斜面前縁が一致するように設置した(図4)。

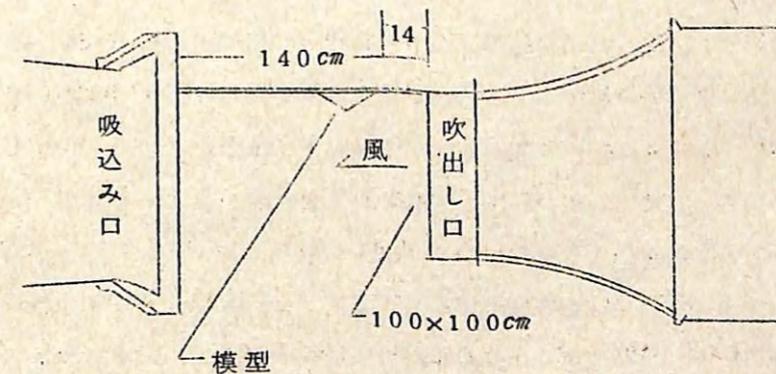


図4 風洞と実験装置

樹帯模型の位置は樹帯と山頂の距離があまり小さくならないように斜面前縁から12cmとし山地模型と平行して垂直に取り付けた。

測定点は斜面の風上では風洞吹出し口、吹出し口より5, 10, 14cmの点とし、斜面前縁より風下では2cm間隔とした。測定高は各点とも0.5, 1, 1.5, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 15cmである。測定数は傾斜20度の模型の場合250点, 30度で170点であった。

風速は5m/s, 10m/sを基準とした。

各点の風速は柴田化学KKのシリコン風速計ISA-2形を用いて測定した。斜面での測定に際しては毛糸のなびきかたによって風の流れを観察し、それにシリコン風速計のプロブが平行になるようにして行なった。

風速測定は1模型について各点の測定が終了するまで継続して行なった。

b-2 測定結果

測定ごとの風洞風速をまったく同じにすることはむずかしいので、各測定点の風速と風洞平均風速(\bar{U} :測定中、一様に流れている風で、風洞吹出し口の風の流れに平行な側壁の部分2箇所の静圧の差から求めた風洞の風速)の関係を異なった風速について求めてグラフをつくり、グラフから風洞平均風速5m/s, 10m/sにおける各測定点の風速比を計算した。

風洞平均風速5m/s, 10m/s, 傾斜20度, 30度の場合の風速垂直分布を図5に示した。

図6には傾斜別の斜面における等風速線と、斜面に樹帯模型ネットを置いたときの等風速線を示した。距離は樹帯模型ネットの高さHの倍数で示してある。

傾斜が20度で樹帯模型ネットのない場合の風速垂直分布は図5に示すとおりで、高さ4cm以上の風速はほぼ一定であるが、4cm以下では床面に近づくほど小さくなる。風が斜面を吹き上っていくにつれて全体的に加速され、とくに床面近くの風速は相対的に加速の度合が大きく、上下の風速の差は小さくなる。ネットを配置した場合、ネットより後方の風速は実際の林の樹冠部に相当するネット二重部分の高さで最も減少し、斜面近くで再びいくらか増加する。しかし、さらに斜面の上方に行くにつれ、この傾向ははっきりしなくなるが、6H点でもまだネットの影響はなくなる。ネットより高い部分では逆に加速され、斜面の上方に行く程その割合は大きい。(図6)。

傾斜30度でネットのない場合も斜面上部へ行く程、全体が加速されるが、風速の強

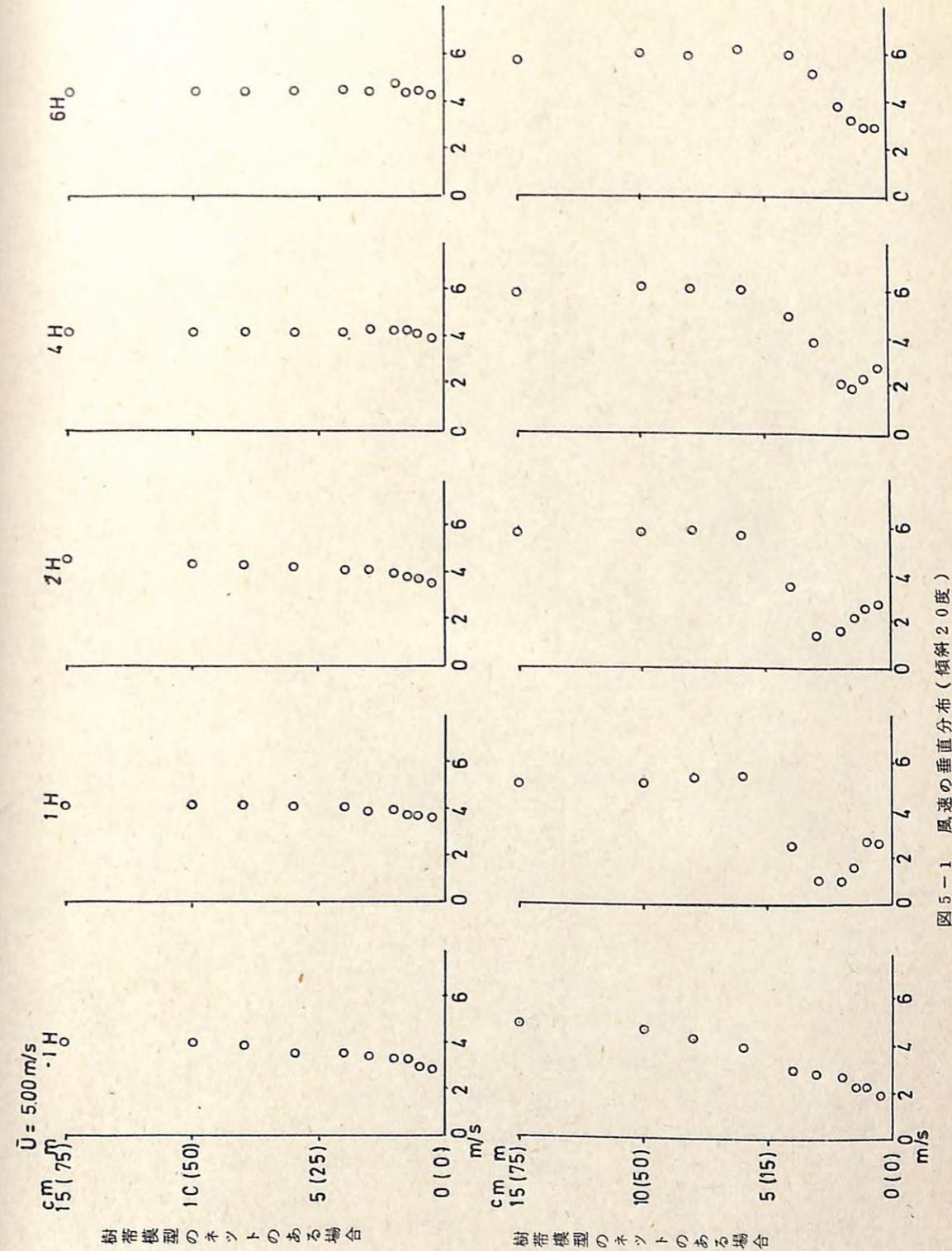


図5-1 風速の垂直分布(傾斜20度)

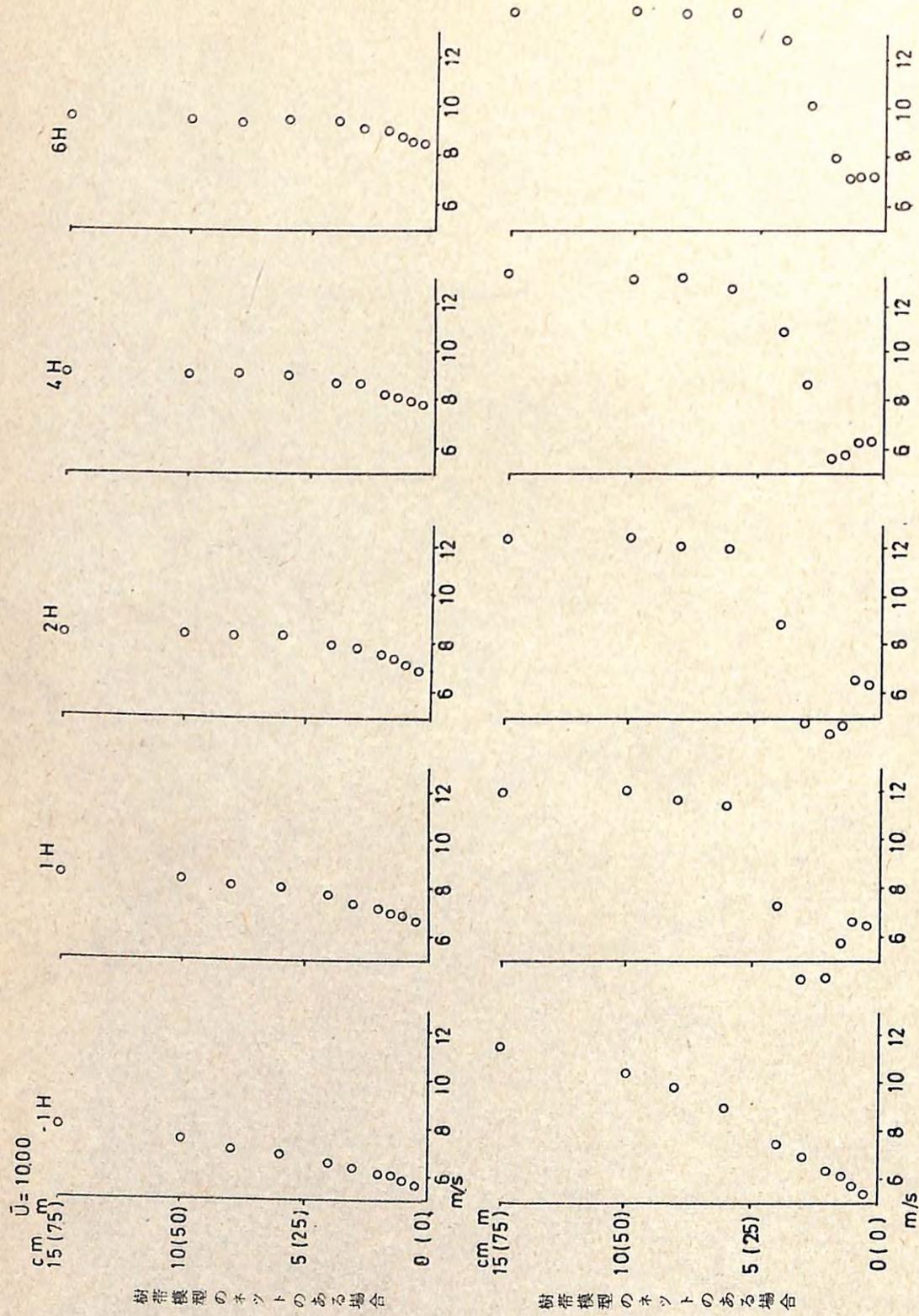


図5-2 風速の垂直分布(傾斜20度)

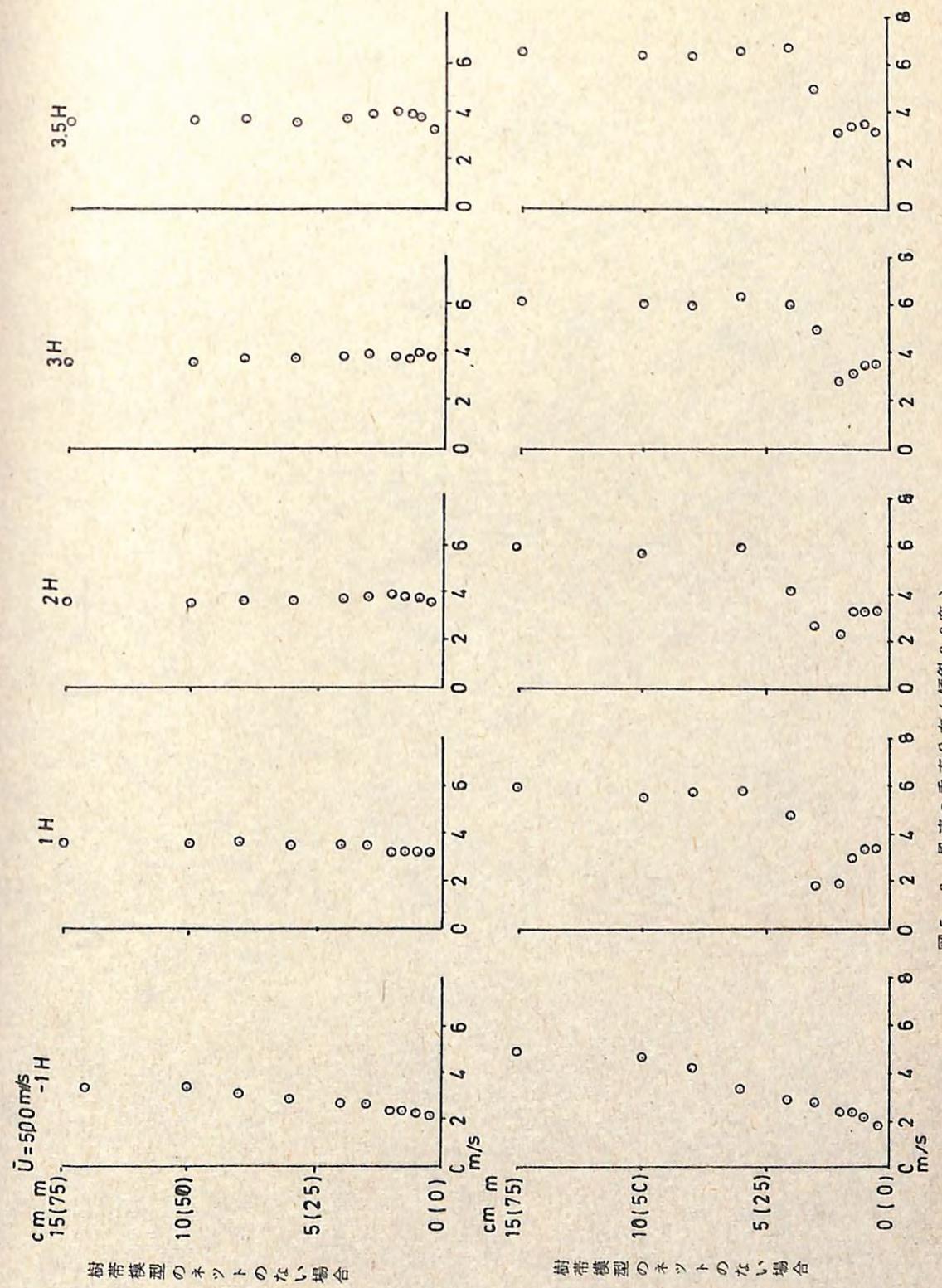


図5-3 風速の垂直分布(傾斜30度)

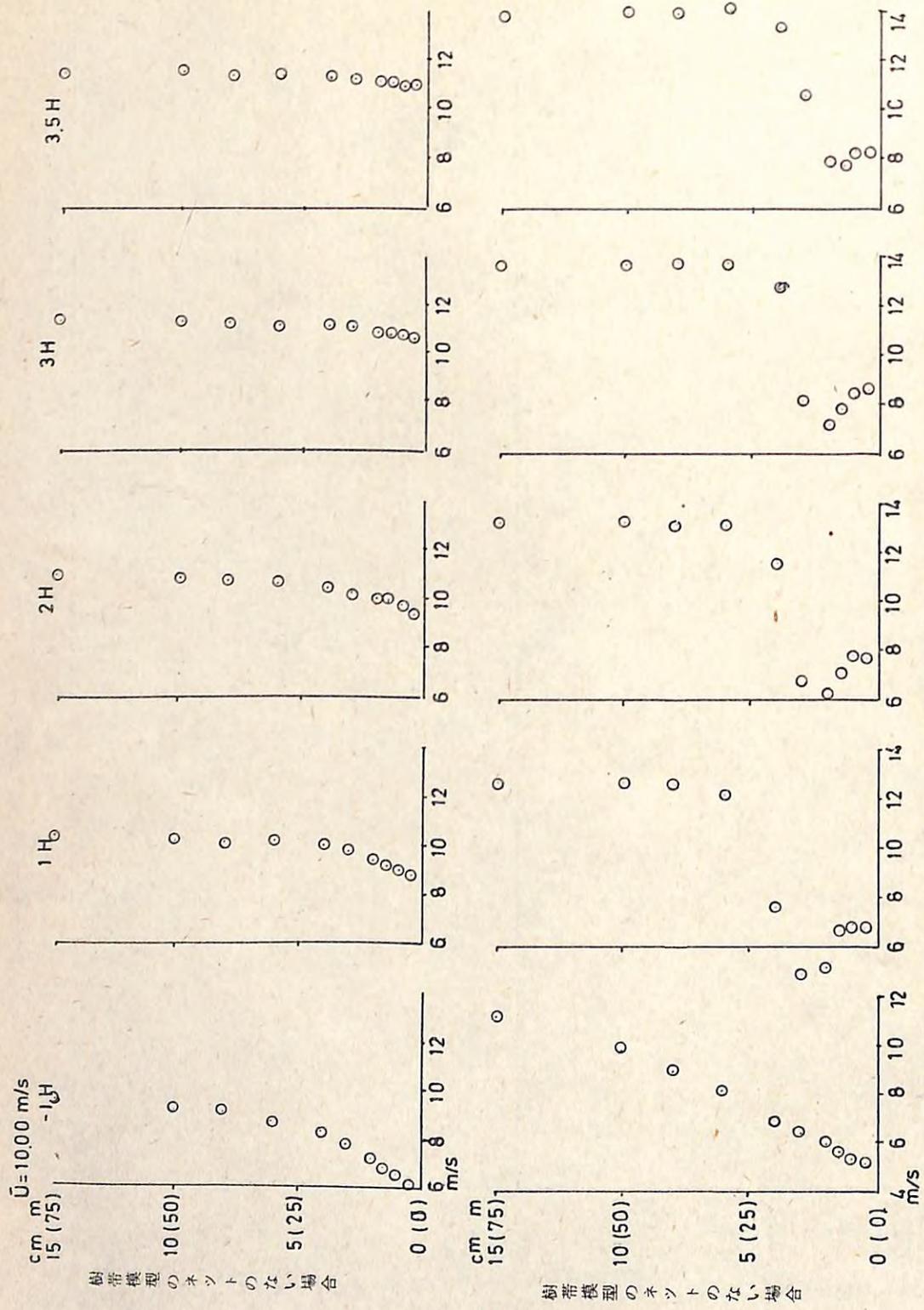


図5-4 風速の垂直分布 (傾斜30度)

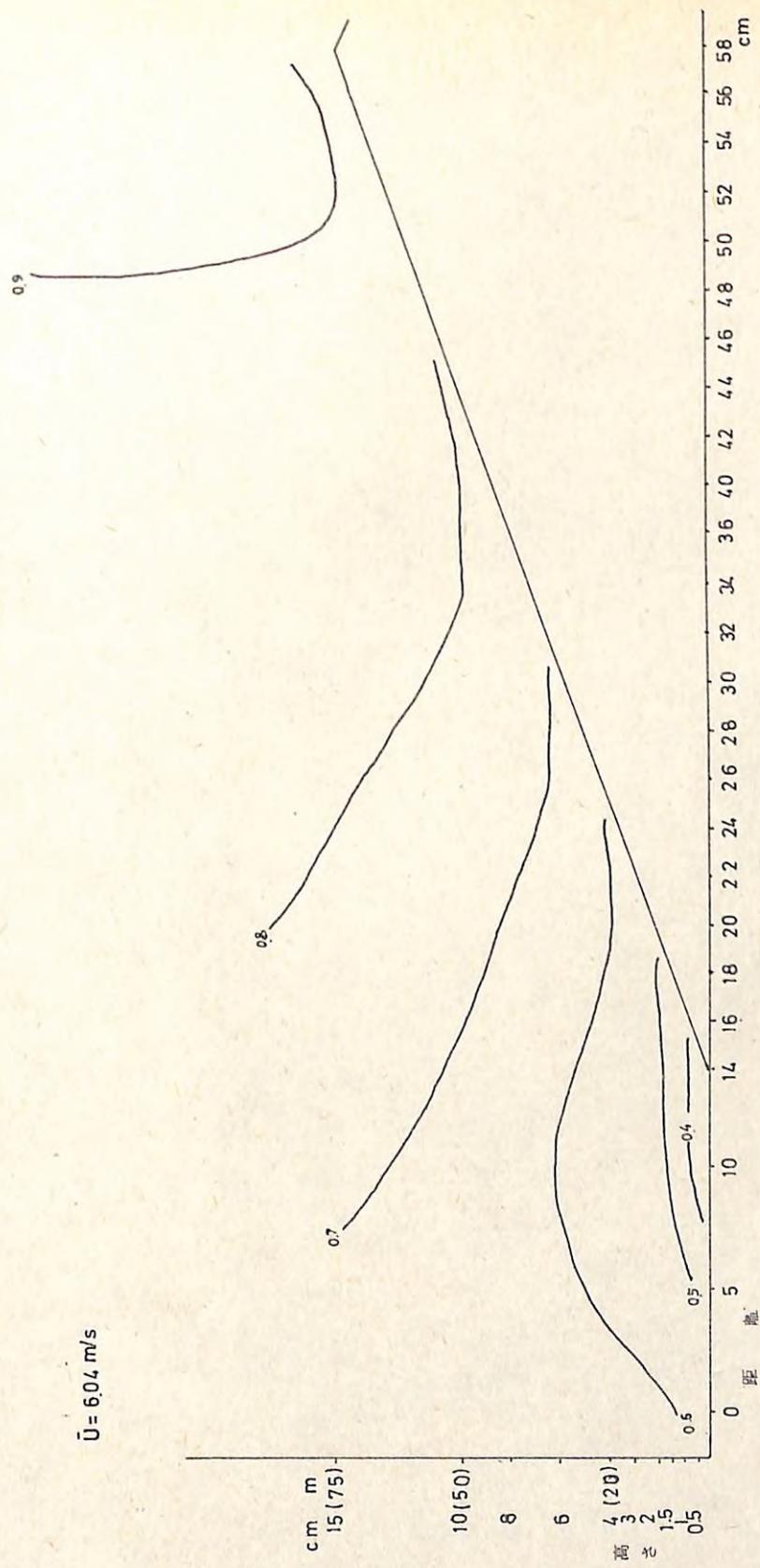


図6-1 斜面が20度ときの風速分布

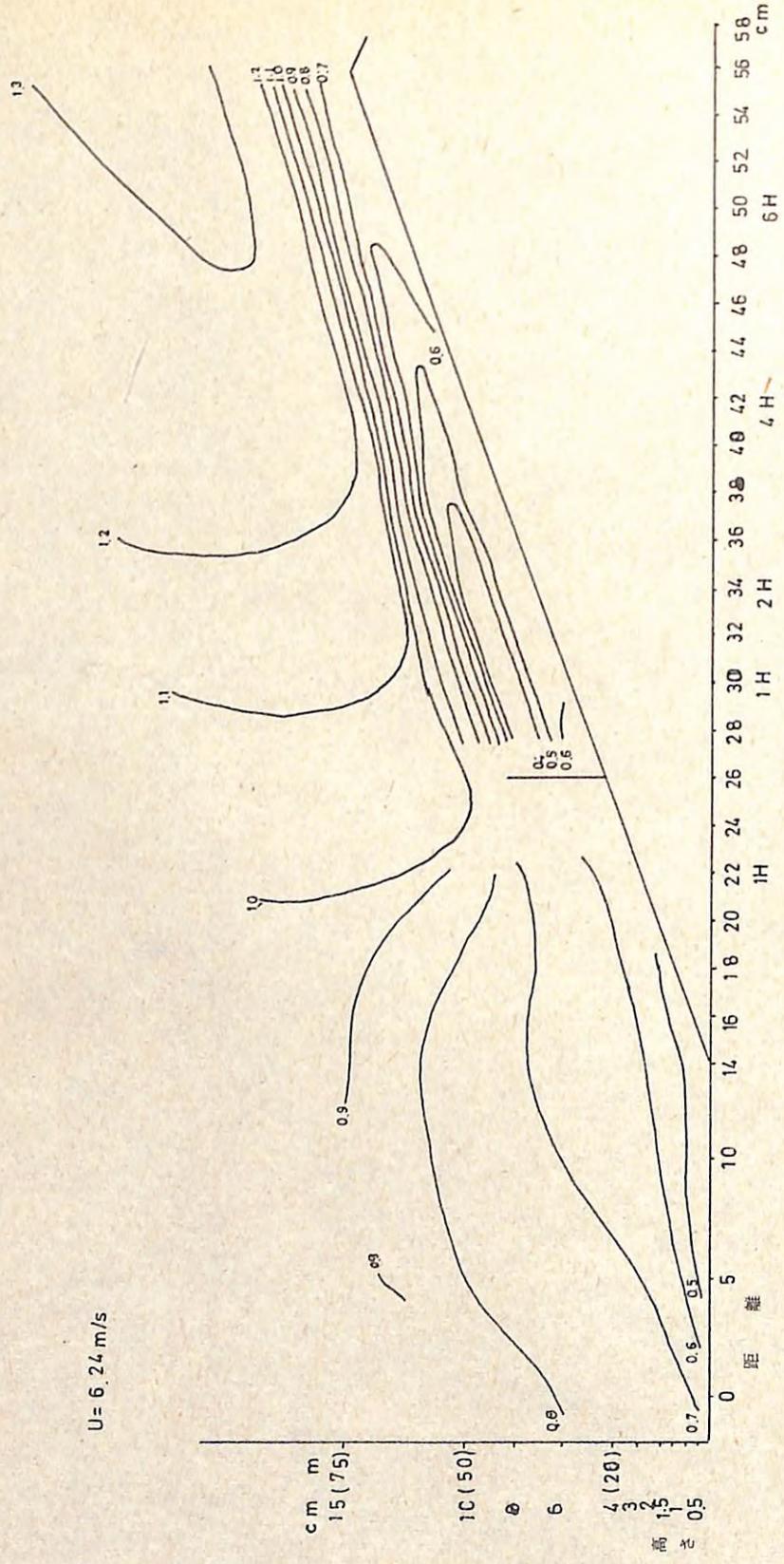


図6-2 斜面が20度で樹帯模型のネットがあるときの風速分布

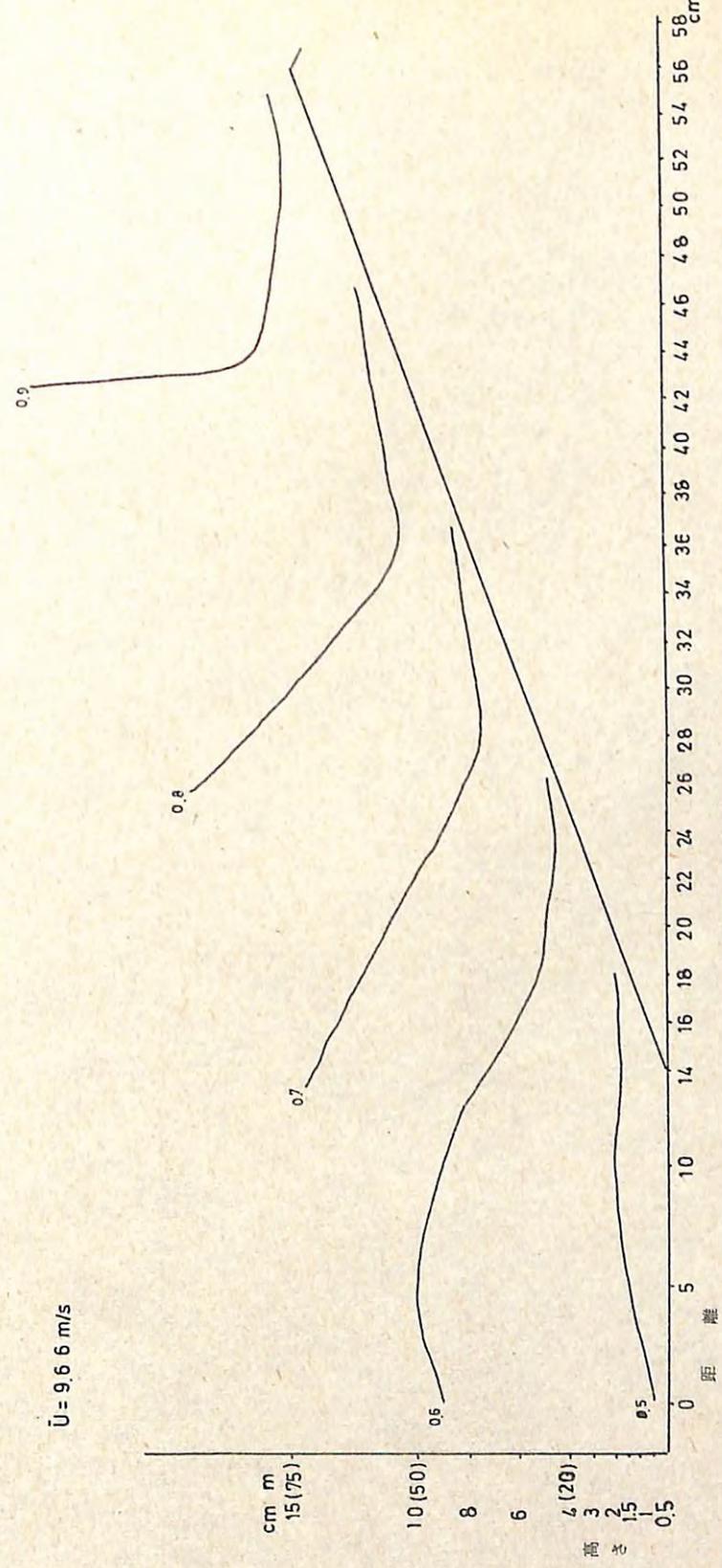


図6-3 斜面が20度ときの風速分布

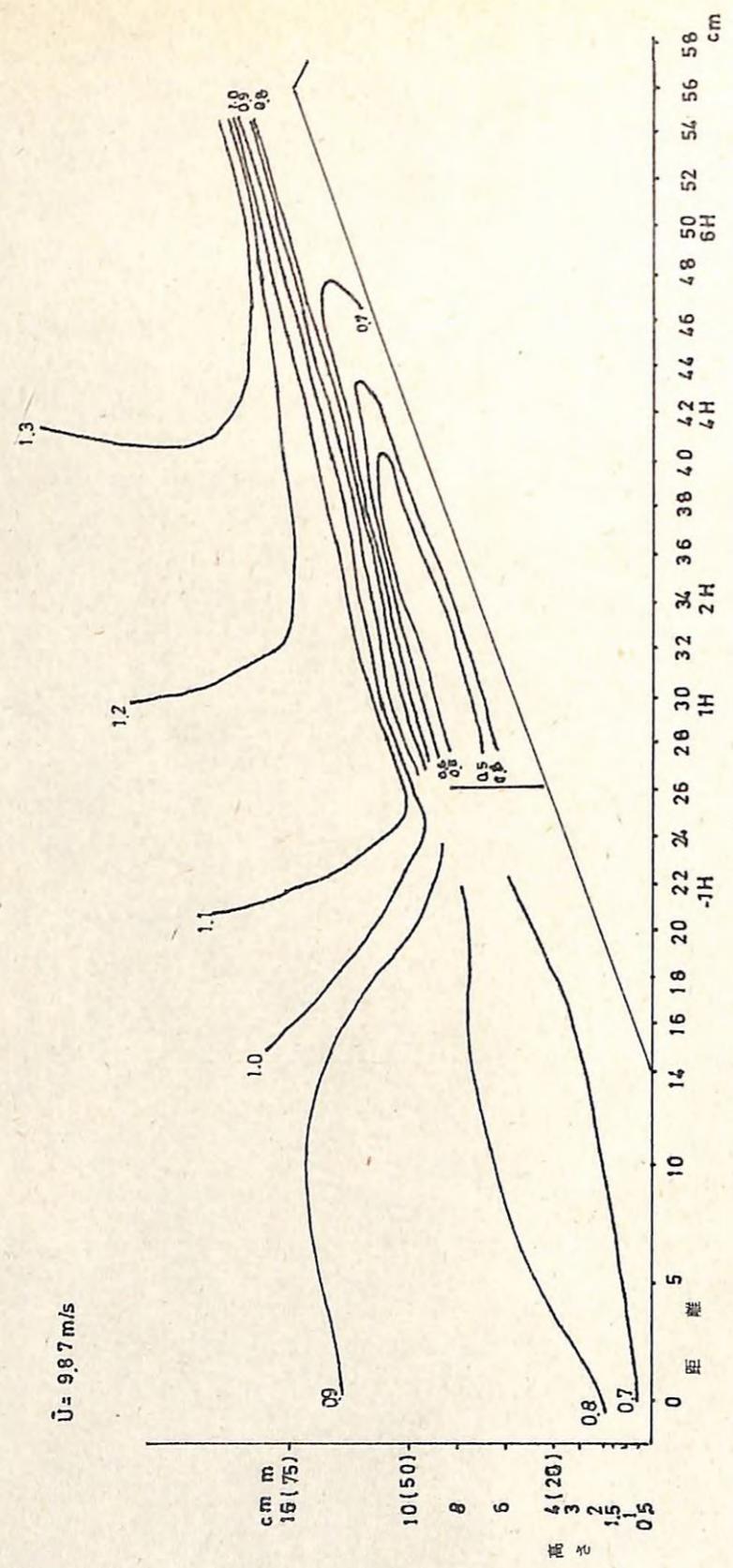


図6-4 斜面が20度で樹帯模型のネットがあるときの風速分布

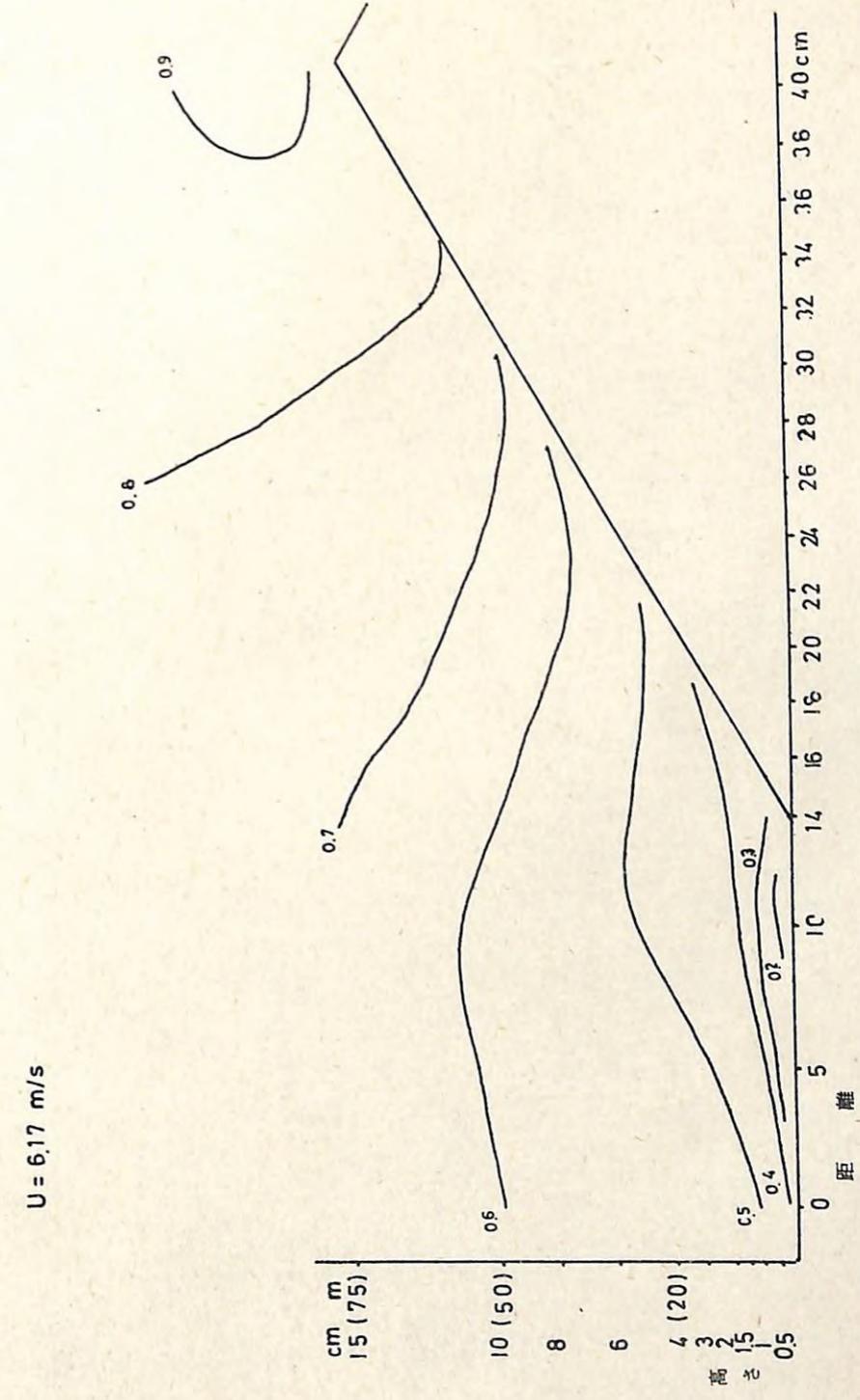


図6-5 斜面が30度ときの風速分布

$\bar{U} = 6.37 \text{ m/s}$

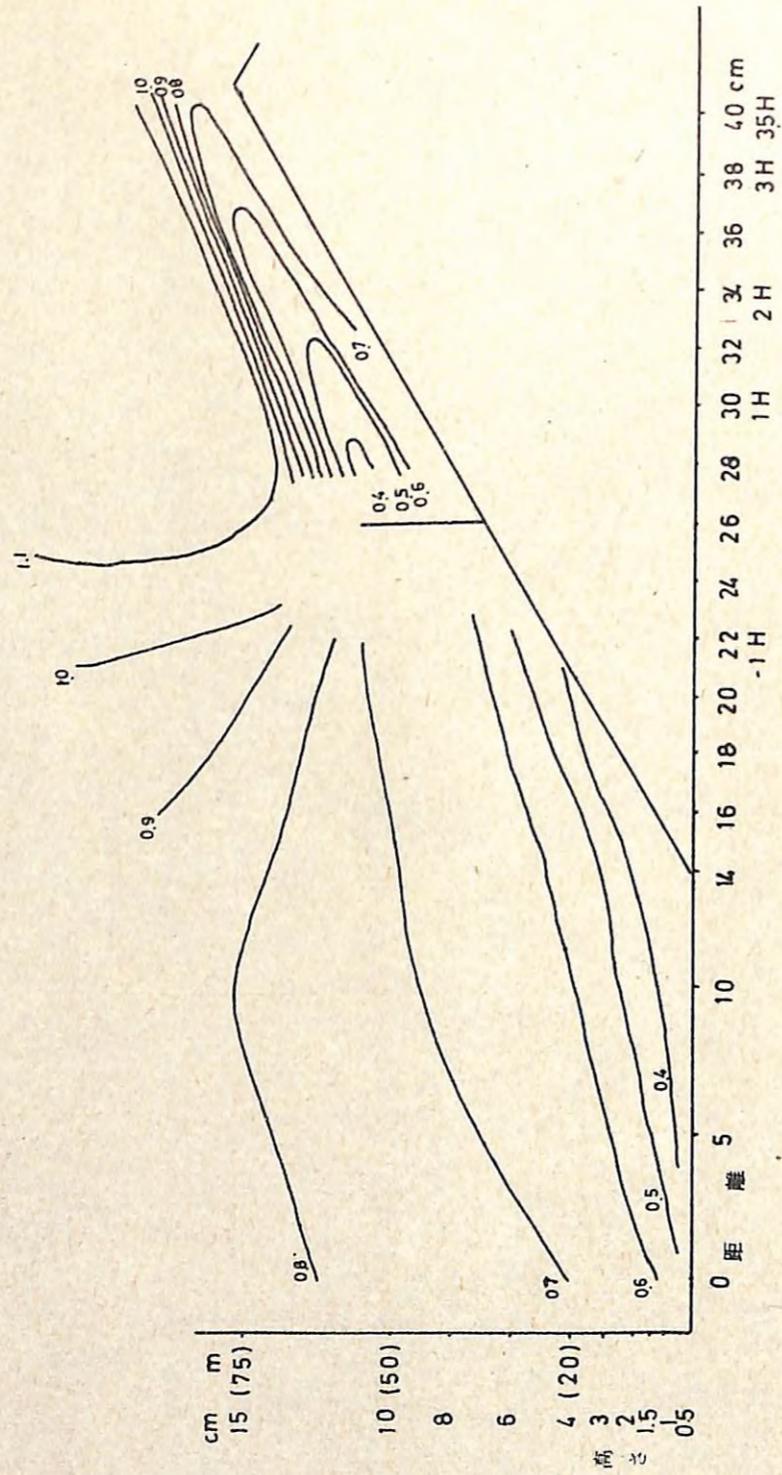


図6-6 斜面が30度で樹帯模様のネットがあるときの風速分布

$\bar{U} = 9.74 \text{ m/s}$

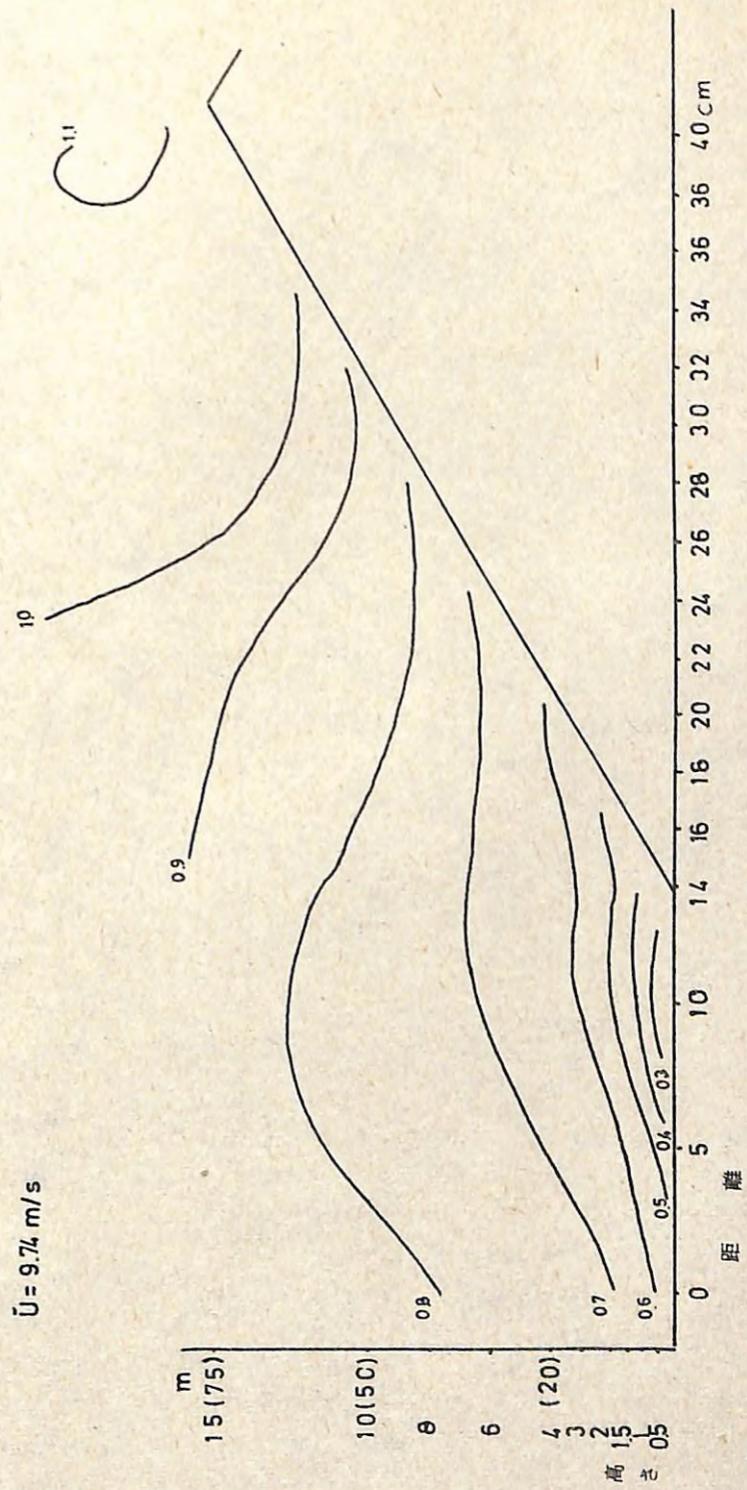


図6-7 斜面が30度ときの風速分布

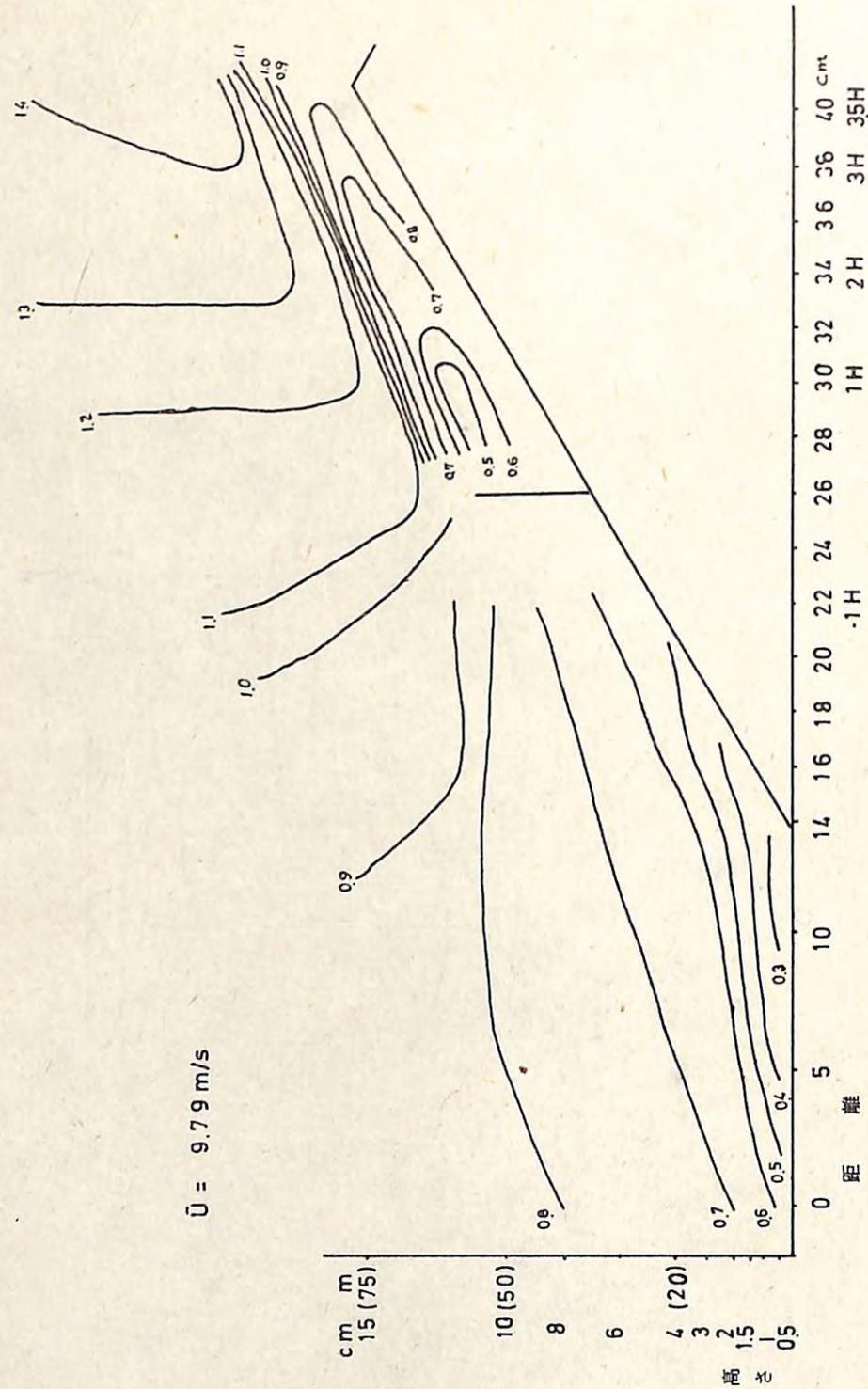


図6-8 斜面が30度で樹帯模型のネットがあるときの風速分布

いときは弱いときよりその程度が大きい。ネットを配置した場合、ネットより後方のネット二重部分の高さで風速が最も減少し、斜面を上って行くにつれて、その減少割合が少なくなる傾向は傾斜20度の場合と同じである。ネット上方の風速の加速割合は傾斜20度の場合より大きく、斜面上部程風速は急速に強まっている。

図6をみると、傾斜が20度で風洞平均風速が6.24 m/sの場合、ネット後方の風速比0.6の範囲は6Hまで広がり、0.7の範囲は山頂まで達しているのに、風速が9.89 m/sに増加すると、風速比0.6の範囲は4H以内に、0.7の範囲は6H以内に減少する(図6-2, 図6-4)。

傾斜が30度の場合には、風洞平均風速が6.37 m/sのとき風速比0.7の範囲は山頂まで延びているが、風速が9.79 m/sに増加すると3.5H以内に縮小する(図6-6, 図6-8)。

また、風洞平均風速がほぼ同じ6.24 m/sと6.37 m/sで斜面傾斜が20度と30度の場合のネット後方の風速比を比較すると、20度のときの風速比0.6の範囲は4.5Hまで広がっているのに30度になると2H以内に減少する。すなわち、傾斜が急で風速が強いほどネットによる風速減少範囲は減少することになる。

c むすび

保護区域に吹き込む風の風向は樹帯のある小尾根に直角方向、小尾根に平行する沢に沿った吹き上げ、吹き下し方向の3つの場合が想定されるが、吹き下しの風は尾根を越えてくるため一般には相当減速されている。そこで保護区の小尾根に直角な方向からの風と沢に沿って吹き上げてくる風に対する保護樹帯の機能を期待することになる。

保護樹帯で囲まれた保安林の保護区の面積は5ha以下に限定されるため、その幅や長さは普通の場合200~300mで保護樹帯の樹高を20mとすると樹高倍数で10~15H、樹高を10mとすると20~30Hとなる。従って、風向が小尾根に直角に吹いた場合には保護区の大部分が樹帯の風速減少範囲に入る。第二種林地では伐区面積が広いので、伐区のとおり方によっては樹帯の作用が及ばない所が生ずる場合も考えられるので、その点配慮が望ましい。しかし、沢の入口には樹帯がないのが普通であるから、吹き上げ風に対する効果は期待できず、この方向の風が問題になる。

今回の調査における318林班い小班1号地の結果によると、尾根から沢まで連続した保護樹帯に直角に吹きつける風に対しては、測定できた範囲内ではどこでも減少効果

がみられた。しかし、保護区域内の上方と下方に大きな標高差がある場合は風当りの強い斜面上方の風速が強くなり、このため同一区域内でも保護範囲が異なり、上部が小さく、下方程大きくなる。しかも、樹木の生長は標高が高くなるに従い悪くなり、上方に伐り残された樹木は樹高が低く不良木が多くなる。この点を考慮すると尾根に直角方向の風に対しては、斜面上方の保護樹帯の幅を広くとるのが効果的であろう。

沢に沿って吹き上げる風に対しては、保護区の傾斜が急であるほど保護樹帯による作用域が小さくなっていくことは風洞実験の結果からも予想されることである。実験結果では傾斜20度の場合、樹高倍数7Hまでは十分な保護範囲にあった。斜面長が長ければさらに保護範囲が広がるものと考えられる。

保護区の形は一般に沢の方向に長いことが多いので、沢の下方からの常風によって保護区域内に被害をもたらす場合には、斜面の途中に沢を横断して樹帯を配置することが必要となろう。

B 寒害とくに霜害防止のための保護樹帯設定法（北海道支場）

北海道における国有林の保護樹帯の設定目的は防風効果を期待するとともに寒害回避の目的をもつものが多いが、回避する気象条件の限界が明確に想定されていないので、画一的な樹帯の設定が行なわれている場合が多い。

ここでは、保護樹帯が寒害特に霜害に対して、どの程度の効果を持つか考察し、今後の調査研究および保護樹帯設定の参考に供したい。

a 北海道における霜害の特徴

トドマツは開芽時期に組織の耐凍性が低下し、この時期に耐凍性の限界を越えて冷却されると、組織凍結をおこして晩霜害となる。被害部位は頂芽、新枝葉に限られている。カラマツは秋の生長停止時期に、組織の耐凍性が十分高まらない段階で冷却され被害をうける早霜害が多く、当年伸長主軸が主として被害をうける特徴をもっている。

トドマツの晩霜害は全道的に苗畑、造林地とも被害の危険性が高く、造林地の拡大とともに被害も増大している。カラマツの早霜害は道東地方の苗畑に多く見られるが、造林地の被害は一般に少ない。

b 北海道内国有林の保護樹帯

この技術開発課題で行なった保護樹帯の実態調査報告のうち、北海道関係分97箇所について集計を行なった。この結果、保護樹帯はすべて天然林を利用し、設置場所は尾根筋に最も多く全調査数の69%を占めている。次いで尾根から中腹または沢に伸びて設置されているもので20%、斜面中腹を横断するものが11%であった。

樹帯巾は最大110m、最小20mで平均53mであった。皆伐面積に対する保護樹帯の面積割合は最大83%、最小1%、平均21%となっている。

これら保護樹帯の造林木に対する効果は、造林木が下草の草高より低い個所が多かったり、対照する造林地が近くにないため、現在効果を判定できないとするものが全体の90%あった。効果ありとする報告も、寒風害に対するものが1例、伸長生長、活着がやや良好とするものが9例ある。しかしこの9例のうち5例は、保護樹帯の付近だけで認められるとしている。この様な結果から保護樹帯の効果を判定するには、まだ数年を要すると考えなければならない。

今回の実態調査報告を見る限り、北海道における保護樹帯の設置目的は、尾根筋付近造林地を、常風害から保護する事が主体となっている。寒風害に対する保護効果を期待される保護樹帯もあるが、その効果はまだ不明である。

表-1 保護樹帯設置場所

設置場所	尾根筋	尾根-沢	中腹
個所数	67	19	11

表-2 保護樹帯巾

保護樹帯巾	20m	30	40	50	60	70	80	90	100	110m
個所数	4	16	20	23	8	8	7	3	7	1

表-3 平均保護樹帯面積割合

	昭和29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
個所数	2	1	3	2	7	8	6	4	4	8	1	5	9	7	8	5	9	2
平均保護樹帯面積割合(%)	9	13	32	47	26	26	23	22	21	13	7	19	13	19	20	22	20	35

c 保護樹帯の霜害防止効果

c-1 直接的効果

霜害は冷気流に林木が曝され凍結することによって受ける被害であるから、霜害防止の保護樹帯は冷気流を樹帯前面で遮るか、冷気流を昇温させる働きを持つ樹帯が必要である。

一般に降霜時の風速は1m/sec以下とされているので、防風林の様に風を上方に持ち上げ樹帯の後方に風速が低下した部分を作る事は期待できない。冷気流を遮るには林縁を密なマント植生で閉す必要があるが、この場合、樹帯前面に冷気湖が形成される場合がある。樹帯前面に造林地がある時には、その部分だけ被害を受ける例を見ることが出来る。防霜林はその機能として、樹帯内で冷気流を昇温させることが主体となるであろう。すなわち、冷気流が保護樹帯内にしみ込んで来る時、樹帯内に貯留されている熱エネルギーによって温め、通過させる働きを持つと考える。大雪営林署部内において晩霜害の調査をした時、1本の幼樹々冠のうちN-NW-W方位のみ被害が見られ、E-SE-S方位の樹冠には全く被害が出なかった例を多く見た。これは上記の冷気流昇温が樹冠内で行なわれたと見る。この調査結果を次に示す。

調査-1

- 調査地 : 大雪営林署部内 63林班は小班
- 樹種 : 天然性トドマツ
- 樹高 : 平均2.4m (0.2~6.0m)
- 標高 : 1,000m
- 地形 : 標高1,010mの小尾根から傾斜16°でNW方向に下る斜面、尾根から沢まで200m。
- 降霜日 : 昭和50年6月19日
- 調査日 : 昭和50年6月21日

調査は小尾根より巾4mのベルトを沢方向にとり、このベルト内の天然生トドマツの被害を調べた。この結果、図-1に示されるように、樹冠全面に霜害を受けた個体は、冷気流の停滞によって比較的長時間、低温に曝されたと見られる斜面下部に多い。斜面上部ではNW方位の樹冠に被害が認められる個体が多くなっている。この被害分布から見ると、NW方向から冷気流が流れこみ、沢に一部は停滞し、一部は斜面に沿って吹き

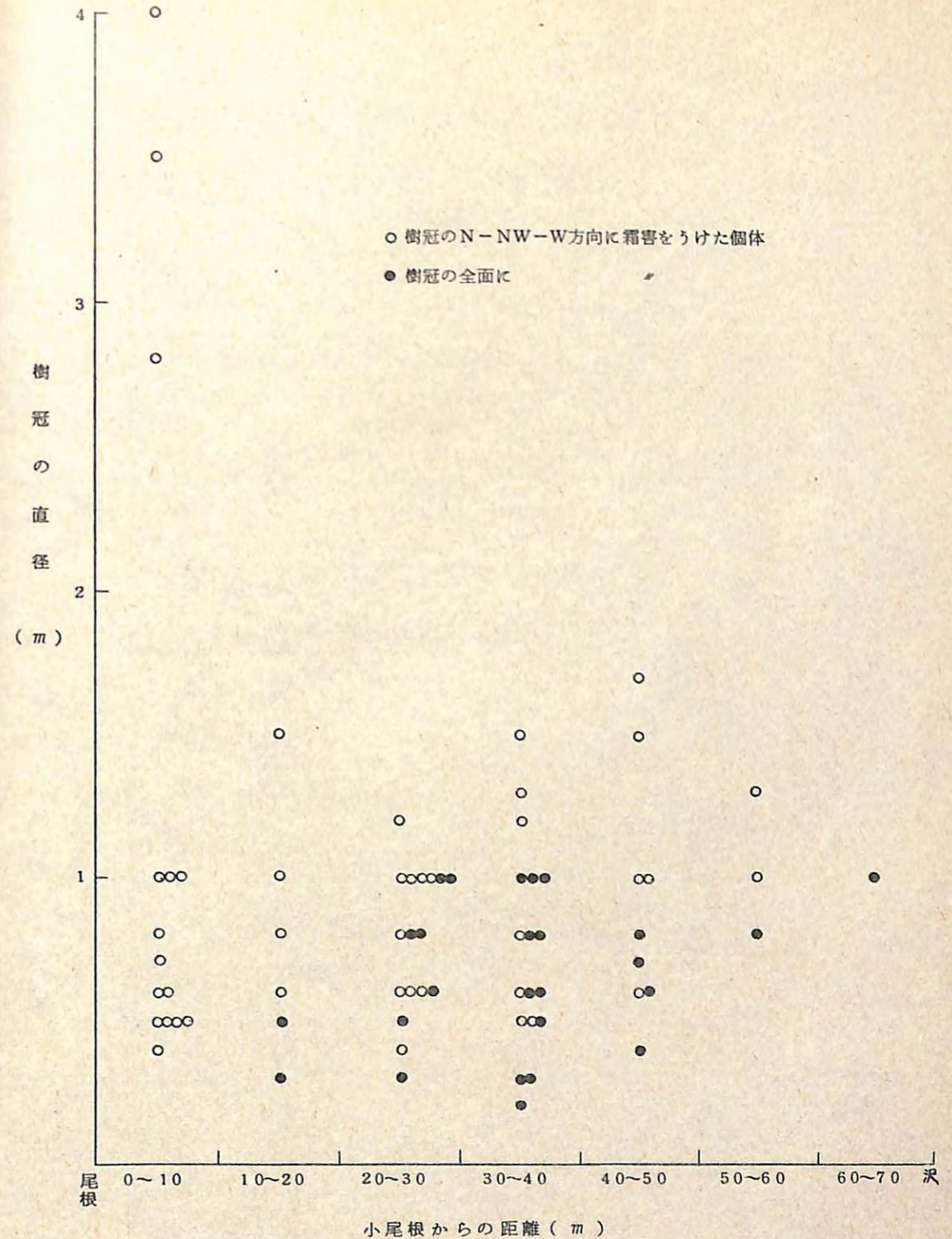


図-1 樹冠の大きさと霜害被害型の関係

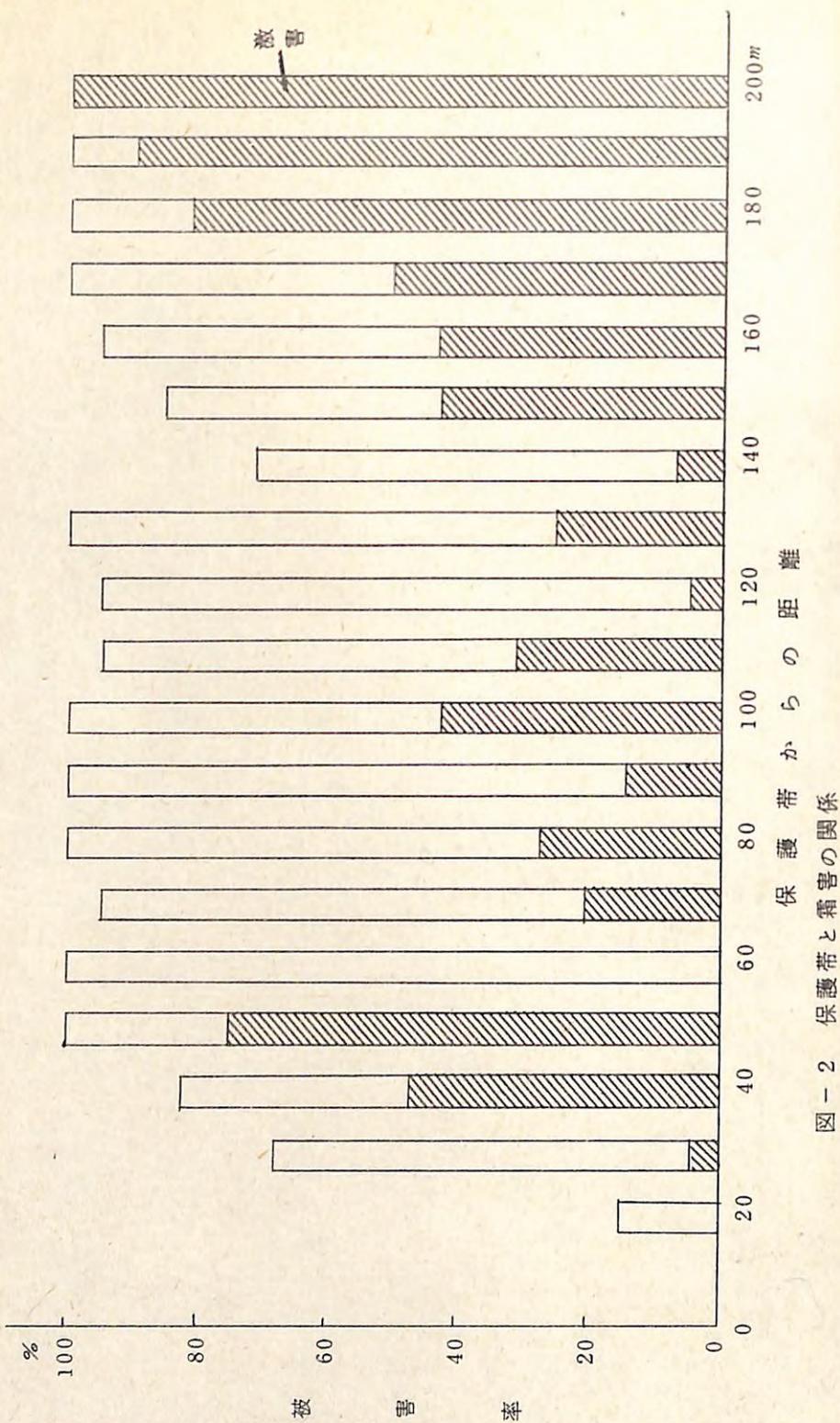


図-1 保護帯と霜害の関係

上げて来たと見ることができる。

樹冠直径と被害型の関係を見ると樹冠直径が小さい個体に全面被害が多くなる傾向がある。これは、樹冠内の熱容量が小さいため、冷気流の昇温効果が小さかったためと考えられる。同じ効果を保護樹帯に期待することができる。保護される範囲は、保護樹帯の樹種構成、立木密度、樹帯の大きさ、樹帯に吹き込まれる冷気流の温度と気流の量によって変るであろう。

保護範囲についての調査は降霜時の気象条件特に降霜前後の気象量が必要とされるが、多くの報告は最低気温の記載しかない。このため保護範囲の数量的解析が困難であるが、昭和46年6月13日の晩霜害についての調査結果を示す。この時の晩霜害は大正11年以来49年ぶりと言われる強い低温によって受けたもので、防霜を目的とした保護樹帯の設定には参考になる。

調査-2

- 調査地 : 北海道有林名寄林務署25林班
- 保護樹帯 : カンバ、イタヤカエデ、ミズナラ、シナノキを主とする広葉樹林で上層木の平均樹高20m、林帯巾80m
- 保護樹帯の位置 : 尾根筋
- 調査対象木 : 3年生トドマツ
- 調査地 : 保護樹帯(尾根筋)より傾斜17°の南西斜面
- 降霜日 : 昭和46年6月13日

調査は巾10m、長さ200mのベルトを保護樹帯より南西方向にとり、ベルト内のトドマツについて被害を調査した。被害率は樹冠の一部でも被害を受けた木も被害木として算出し、激害率は樹冠全面に被害を受けた木を被害木として算出した。この結果を表-4、図-2に示す。

図-2に示されているように、保護樹帯の防霜効果が明らかなのは樹帯から30m位まで、それより離れると次第に被害率が増加している。50m離れると100%の被害率を示している。激害率は50m付近と200m付近にピークが見られるが、この原因については不明である。

この調査結果から冷気流の停滞時間の長短を推定してみる。此の時期のトドマツが部分的霜害を受ける時の樹冠内温度分布は、被害部分は氷結点に達しているが、無被害部分はまだ氷結点に達していない。例えば枝葉が相互に接近している部分は、孤立して着

表-4 保護帯と被害度および伸長量

位置	0~10m	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70
総本数	21本	25	41	23	32	3	20
樹高	66.9 cm	86.8	75.3	69.9	68.9	64.7	86.7
当年伸長	16.2 cm	21.9	18.4	17.7	17.0	7.0	21.4
被害率	0%	16.0	68.3	82.6	100	100	95.0
激害率	0%	0	4.9	47.8	75.0	0	20.0
頂芽健全度	100%	100	85.4	30.4	18.8	33.3	50.0

位置	70~80	80~90	90~100	100~110	110~120	120~130	130~140
総本数	18本	34	33	22	21	4	14
樹高	75.8 cm	80.8	74.0	72.7	61.2	62.5	62.6
当年伸長	14.8 cm	16.1	16.4	14.2	16.0	10.0	14.4
被害率	100%	100	100	95.5	95.2	100	71.4
激害率	27.8%	14.7	42.4	31.8	4.8	25.0	7.1
頂芽健全度	77.8%	61.8	75.8	68.2	57.1	25.0	85.7

位置	140~150	150~160	160~170	170~180	180~190	190~200
総本数	7本	21	22	27	22	8
樹高	58.6 cm	54.3	53.4	57.5	58.9	62.4
当年伸長	7.5 cm	7.3	-	-	-	-
被害率	85.7%	95.2	100	100	100	100
激害率	42.9%	42.9	50.0	81.5	90.9	100
頂芽健全度	28.6%	14.3	9.1	0	0	0

この表の被害率について表わしたものが図-2である。

生している枝葉の温度より高く、氷結点に達するのに数分から10数分遅れる事が実験的に認められた。樹冠全体が氷結点以下の過冷却状態にある時、枝の一部または葉の一部で氷結すると数秒間で全体に氷結が拡大するため、このような状態で部分被害を表すことはない。この実験結果から見ると、極端な晩霜でも、傾斜地では樹冠全体が過冷却されるほど長時間の低温が現われないと見ることができる。

c-2 間接的効果

平坦地や緩傾斜地では降霜時の風向はNW方位を中心として冷気流が流れ込むと考えられる。このための保護樹帯はNE-SW方向の樹帯が効果的であると想定される。この様な方位に保護樹帯が設定されると、樹帯の風上側は樹帯の影になって春の日射を受けない部分が出てくる。此の部分の造林木は、このため開芽が遅れ、耐凍性の低下も遅れてくる。此の場合の開芽の遅れは1週間以内の時が多いが、この期間に降霜があれば、生育相の遅れの効果が発揮される。

d まとめ

北海道においては実態調査報告からも明らかなように、霜害防止のための保護樹帯が、ほとんど設定されていない。北海道の高寒地造林を進める時、防霜を考えずに更新を期待することは困難である。最近数haの伐採面積に伐採単位が減少しているが、霜害を避けるには安全な面積とは言えない。

今回、霜害防止の面から保護樹帯の設定について考察したが、霜害防止が可能な保護樹帯は寒風害も防止できる機能も持つと考える事ができる。霜害の危険な時期に熱貯留量の大きな林は、林外との熱交換の少ない林であり、密な樹冠を持ち防風効果の大きな林と一致する。

今回の測定によると、トウヒ林では降霜時の林内外の温度差が4℃であった。広葉樹林では0.5℃前後、林内が高くなっている事が多い。この値からみれば常緑針葉樹による保護帯の設定が望ましい。北海道においては、天然性広葉樹林を針葉樹林に転換する過程にあるので、広葉樹が保護樹帯として残される場面がほとんどである。このため冬期の保護効果は常緑針葉樹林よりも低くなるので今後針葉樹の保護樹帯への導入を考えてゆく必要がある。しかし広葉樹は風害などに強く維持管理は容易であるので、この両者の適当な組合せを考えることが重要である。

将来の高寒地造林には健全な保護樹帯の設定が不可欠である。

C 保護樹帯の設定事例解析 — (1) (造林部)

気象環境がきびしく保護樹帯をとくに必要とする山地帯のブナ・アカマツの天然更新地やスギ、ヒノキ、カラマツ、アカマツ人工造林地について、すでに設定された保護樹帯の事例解析を行い、設定法や維持管理法について検討した。

a ブナ天然林の保護樹帯

ブナ天然林の保護樹帯の調査を群馬県水上町水上営林署管内のブナ林66, 68, 69林班でおこなった。海拔高は1,400~1,600mで水源涵養保安林である。規定によって伐採面積は5haで75%の択伐、保護樹帯内は30%程度の単木伐採を行なっている。

1) 山腹斜面の凹地： 林令150年、高木層は10~16m、植被率80%、亜高木層8~10m、40%、低木層0.5~5m、60%、0~0.5m、10%。組成は高木層：サワグルミ(5)、ブナ1、ミズナラ、ダケカンバ(+), 亜高木層：オガラバナ(2)、ヒノキアスナロ1、サワグルミ1、低木層：ヒノキアスナロ2、サワグルミ1、アサダ、ノリウツギ、ハンバミ、ムラサキヤシオ、アオダモ、コハウチワカエデ、コヨウラクツツジ、ミヤマイボタ(+), 草本層：イノデSPP. 3、コカンスゲ1、クロズル1、ミヤマウグイスカグラ、ツタウルシ、アオダモ、ミヤマクマワラビ、アキノキリンソウ、ツルアヂサイ、オガラバナ(+)

広葉樹類は樹冠の広がり大きいので75%の択伐をおこなっても外観的にそれほど植生が破壊されたといった感はないが、林内を細かく見ると樹形が悪い不良木や利用価値の低い樹木が目立つ。一般にブナの天然林は亜高木層の発達が悪いので、形質が良い上層木を伐採すると劣勢木だけが残る形となる。この調査地付近の伐採地では低木層が発達しており、上層木が伐採されても早い時期に有効に有用樹種に交代する機会は少ない。

調査地は保護樹帯中で30%の伐採をおこなったところで、高木層の植被率は80%で、やや疎開している。や々凹地でサワグルミが優占する。その他高木層にはブナ、ミズナラ、ダケカンバなど温帯性の高木が多く、これらによって保護樹帯が構成される。

2) やせ尾根： 林令150年

前記調査点の上部で高木層はブナ(3)、コシアブラ(1)、亜高木層コハウチワ

カエデ(2)、ブナ(1)、低木層チシマザサ(5)、ムシカリ(1)、ブナ、ウワミズザクラ、アカミノイヌツゲ、ムラサキヤシオ、オオバクロモジ、ウリハダカエデ(+), 草本層シノブカグマ、コシアブラ、ヒメモチ、ウスノキ、オオバスノキ、ハンバミ、ウリハダカエデ、ネズコ、ヤマウルシ、エゾユズリハ、コヨウラクツツジ(+)などが植生を構成する。

尾根の保護樹帯には利用に適した樹が少ないため殆んど伐採されていない。このため植生も伐採前と同様である。一般に樹高が低く、低木層が発達するため高木種の更新は悪い。この林床はチシマザサが優占する。

3) 平尾根： 高木層ブナ(4)、ネズコ(1)、亜高木層ハウチワカエデ(3)、ブナ、オガラバナ(1)、コシアブラ(+), 低木層ミネカエデ(2)、チシマザサ(2)、オガラバナ(1)、アカミノイヌツゲ、オオバスノキ、ハナヒリノキ、コヨウラクツツジ、ヤマウルシ、オオバクロモジ、ノリウツギ、コシアブラ、ナナカマド(+), 草本層はハイイヌツゲ(3)、ツルシキミ(1)、コヨウラクツツジ、シノブカグマ、ハンバミ、ゴゼンタチバナ、オオバスノキ、オオバクロモジ、ツバメオモト、ヒメモチ、オオメノキ(+)

この調査地も前者と同様に乾燥性低木類が多く、高木類の更新は悪い。

4) 除草剤によるササ枯殺跡地： 高木ブナ(3)、亜高木層ブナ(1)、低木層：ミネカエデ(2)、コシアブラ、ムシカリ、ウリハダカエデ(1)、トチノキ、オオバクロモジ、ウワミズザクラ(+), 草本層マイズルソウ(3)、ダケカンバ、ブナ(1)、シラネワラビ、ヒメモチ、ツタウルシ、オオバユキザサ、コシアブラ、イワガラミ(+)

この林分はササ枯殺剤処理によって低木層の発達がおさえられ、林床に陽光が十分入るためブナやダケカンバの稚樹が多くて更新良好である。高木層の植被率は60%、低木層は10%であった。

5) 平坦地： 高木層ブナ(4)、亜高木層ブナ(1)、低木層、ヤマウルシ(3)、コハウチワカエデ、コシアブラ、オオバクロモジ(1)、ウリハダカエデ、ヒメモチ、オオカメノキ、ミネカエデ(+). 草本層、マイズルソウ(3)、ヤマウルシ(1)、ブナ、コシアブラ、ヤマトユキザサ、ツタウルシ、コハウチワカエデ、ウワミズザクラ、ツクバネソウ、ミヤマエンレイソウ。

この調査地は低木層の優占種であるクマイザサが枯殺剤によって枯死しているため

林床は明るく、前植生の遺存種であるマイズルソウ、ツタウルシなどが多い。低木層には陽性のヤマウルシが優占する。高木層の植被率は60%程度である。

以上水源涵養保安林の保護樹帯について調査したが、以上から総合的に言えることは次の通りである。

- (1) 伐採区は75%、保護樹帯は30%の抜き伐りをおこなっているが、両者の間には植生の組成、相観の上でも大きな差がなく、保護樹帯の意味が小さい場合も見うけられた。このため画一的に保護樹帯を設けることを避け、尾根の更新不良地、風衝地、沢の保安上重要なところなどを十分えらんで保護樹帯を残し、出来るだけ全面的なブナの更新を期待する。
- (2) 伐採区、保護樹帯ともに天然更新を成功させるためには低木層の植生の勢力を抑えて高木樹種の更新をはかる必要がある。この調査地でも伐採前にササを枯殺したところはブナ、ミズナラ、ダケカンバなどの更新が良好であった。とくにササ型林床型のところはこの配慮が必要である。

b 人工造林地の保護樹帯

1. スギ・ヒノキを中心とした寒害防止のための保護樹帯

保護樹帯設置の目的には緑の保存、防災的な意味での環境保全、こゝでのべる更新に対する気象害の緩和などがある。関東北部地方では寒風害が著しく、とくにスギについてはこの被害のために更新不良のところが多い。中之条営林署管内ではこの寒風害による被災地が多く、寒風害防止のための保護樹帯が設けられてきた。海抜高は800~1200m。

1) スギ林： 75林班へ小班，68年生スギ林を41年に伐採，跡地はスギを植栽，保護樹帯の巾は30m，伐採面積は7ha。

保護樹帯の高木層はスギ(5)，カラマツ(1)，クリ(+)，亜高木層はケヤキ，ウワミズザクラ，オニイタヤ，ミズキ(1)，アカシデ，ハルニレ，ホオノキ，メグスリノキ，エンコウカエデ，クマシデ，ヤマザクラ，イタヤカエデ，クリ，カスミザクラ(+)，低木層フジキ(1)，サンショウ，ミツバウツギ，イタヤカエデ，サワフタギ，ガマズミ，ノリウツギ，ムラサキシキブ，ハナイカダ，フジキ，ヤマグワ，ミヤマガマズミ，ダンコウバイ，ミヤマハハソ，カマツカ，ハシバミ，アオハダ，アズキナシ，コゴメウツギ，コアジサイ。草本層イワガラミ(2)，チ

ジミザサ，ヒカゲスゲ，モミヂイチゴ，タガネソウ，ミツバアケビ，クロズル，ミツバツチグリ，マムシグサ，アカネ，メヤブマオ，フタリシズカ，ハシバミ，ゼンマイ，ミヤマハハソ，クマワラビ，チゴユリ。などで高木は10~20m，亜高木層は5~7m，低木層は1~5mであった。高木層の巾は広く10m~20mにおよぶ，また本数密度が高いため林床は暗く，林内では更新木は少ない。亜高木層の高さは低く7m程度である。これらは保護樹帯設定以前から林内にあった樹種が生長したもので，林縁部で優占し，林内では少ない。暖帯性の落葉広葉樹が優占する地域で，スギが伐採されるとケヤキ，ウワミズザクラ，シデ類，コナラ，アオハダ，ミズキなどの森林となる。現状では林縁にこれらの樹種が優占する程度である。

寒風害に対する保護樹帯の効果は樹高の3倍程度といわれる。

この林分調査からつぎのような問題が考えられた。

- (1) スギ林の保護樹帯を広葉樹の保護樹帯に更改するためには現存する保護樹帯のスギを伐採して下層植生の更新をはかる必要がある。
- (2) 保護樹林帯のスギの伐採に当たっては，下層植生の更新に伴って行なうのが理想的であるが，作業の経費などから考えると一度に行なうこととなろうが，この場合林地の保護効果は減少する。寒風害の保護効果は樹高に比例するし，スギのような常緑樹は下層に発達した落葉樹よりも保護効果が大きいので，現存保護林内のスギの伐採は保護効果を著しく悪くするので伐採時期については十分考慮する。
- (3) 保護樹帯の保残面積割合は10~15%であるが保残年数の増加に伴って保残蓄積が増加し，保残木の利用が考えられる。この地域では植栽木の間伐時に保残木の伐採が考えられている。
- (4) この地域は温帯と暖帯の領域にまたがり，落葉広葉樹の種数が多く，生長も良好である。上木の針葉樹が伐採されれば下木の更新は容易である。

2) ヒノキ林： 75林班ね小班，林令57年，45年植栽，伐区面積7ha，保護樹帯巾30m。

高木層8~15m，ヒノキ(5)，コナラ，ハクウンボク(1)，ミズキ，アズキナシ，ヤマザクラ(+)，亜高木層4~8m，ヒノキ(2)，リヨウブ(1)，ミズナラ，ヤマザクラ，イタヤカエデ，イヌブナ，エゴノギ(+)，低木層リヨウ

ブ(2), マンサク, ガマズミ, コアチサイ(1), アズキナシ, ハクウンボク, フジ, ムラサキシキブ, ツリバナ, アオハダ, サワフタギ, ノリウツギ, オトコヨウゾメ, コナラ, メグスリノキ, ウラジロノキなど19種, 草本層, タガネソウ(2), チゴユリ(1), カシワバハグマなど16種。

ゆるやかな尾根に設けられた保護樹帯である。樹帯の両側は陽光に富み, 亜高木, 低木類が繁茂するが, 林内は著しく暗くて林床植生の発達は著しく悪い。このような傾向は他の保護樹帯についても認められるが, ヒノキ林は特に著しい。ヒノキの伐採によって両側の亜高木が生長し, ついで樹帯中央部の稚樹が生長して保護樹帯を形成する。この場合, 保護樹帯両側では低木と亜高木の階層が分離して低木が高木種の更新を妨げる状態ではないが, 中央部では高木種と低木種の間に競合がおこることが考えられる。このため保護樹帯の造成に当っては適当な除伐が必要である。

3) クリを主とした落葉広葉樹林: 75林班, ね小班。ゆるやかな尾根。高木層8~15m, クリ(4), コナラ(1), ヤマハンノキ, ミズナラ, ヤマザクラ, トチノキ, イヌシデ, ナツツバキ, ウワミズザクラ(+). 亜高木層5~8m, リョウブ, イヌシデ(1), ミズナラ, ヤマモミジ, イヌシデ, クリ, アサダ, ブナ, アオハダ, ウラジロノキ, ハクウンボク, ヤマボウシ, ダンコウバイ, アオハダ, マンサク(+). 低木層, アオハダ, コゴメウツギ, コアチサイ(1), リョウブ, サワフタギ, ウワミズザクラ(+). など35種, 草本層, チゴユリ(2), チダケサシ, タガネソウ, モミヂハグマ(+). など30種類。

この林は古くから成立していた落葉広葉樹林を伐り残したもので, 各階層ともに種類がきわめて多い。他のスギ, ヒノキを伐り残した保護樹帯よりも各層の植生が発達しているのは林内が明るいからである。この調査区の植生はこの付近の落葉広葉樹林植生を代表するもので, クリ, コナラ, ミズナラ, シデ類を優占種とする森林となる。このような植生はこの地域の極相に近い森林で, このような形から大きくは変化しない。さききのべたスギ・ヒノキの保護樹林帯も上木を伐採すれば20~30年でこのような植生に移行するものと思われる。この林分の大径木のクリは直径3.6cm, 樹高15mであった。落葉広葉樹の保護樹林はスギ・ヒノキ・カラマツなどの針葉樹類に比べて樹高が低く, また冬期の落葉のために防風効果が前者よりも小さくなる。

4) アカマツ林, 海拔高1,040m, 須賀尾, 62林班, か小班。高木層アカマツ(4), 亜高木層カシワ, ヤマザクラ, クリ, ミズキ, コナラ, アオダモ, リョウブ, ケヤキ(+). 低木層ヤマウルシ, アサダ, ヤマモミジ, オオモミジ, ウリハダカエデ, ウリノキ, ヤマツツジ, アズマネサザ, サルトリイバラ(+). その他で亜高木・低木層とも種数が多いが優占度は低い。これは下木類を薪炭用に利用したため, このように下層植生の発達が不良なところでは下層植生が十分に発達するまで上木を残す, 下層植生の発達を促進するよう低木類を刈払うなどの作業が必要である。アカマツの保護樹帯は林内が比較的明るいので下木類の更新は容易である。

中之条営林署では昭和38年から従来の一斉皆伐方式を改め, 防風保護樹帯を設置して造林をおこなっており, 多くの資料がある(中之条営林署: 造林実験の概要, 昭48年)。

2. カラマツ林を主とした保護樹帯(上田営林署)

1) ミズナラ林: 海拔高1,200m, 和田林, 男女倉, 134林班い小班。高木層4~8m, ミズナラ, シラカンバ(2), コナラ, ヤマザクラ(1), トチノキ, アオダモ, クマシデ, アオダモ, クマシデ, アオハダ, イタヤカエデ, ニレ, サワグルミ, クリ, キハダ, サワシバ, ミズキ(+). 亜高木・低木層, クマイザサ(3), ダンコウバイ, マユミ(1), ウコギ, タニウツギ, ヤマモミジ, エンコウカエデ, コマユミ, クマイチゴ(+).

薪炭林として伐採した跡地に成立した広葉樹林で, 上記のようにミズナラ, シラカンバ, コナラ, アオダモ, シデ類を主とする二次林を伐採してカラマツを造林したところで, 伐採面積は5a, 保護樹林帯の巾は35~40mである。樹高は低くて8m程度であって防寒風効果は小さい。伐採された広葉樹林の蓄積は42m/ha, 本数は1,224本/haであった。伐採跡地にはカラマツが造林されている。この付近は温帯の落葉広葉樹林に入るところで, ミズナラ, シラカンバなど温帯性の広葉樹が優占する。このような広葉樹林を保護樹林帯に仕立てることは容易であるが, 保護樹帯がウサギやネズミなど有害鳥獣のすみかとなって造林したカラマツに被害を与えることが報告されている。

2) カラマツ人工林: 海拔高1,500m, ゆるやかな尾根, 松沢, 126林班ね小班。高木層18~25m, カラマツ(4)。亜高木層10~18m, ミズナラ, シ

ナノキ、コハウチワカエデ(+)。低木層クマイザサ(3)、イトスゲ、クマワラビ(+)。温帯に属するカラマツ林で、亜高木の低木層は発達しない。除伐または薪炭用に伐採したものであろう。この林分の材積はカラマツ295 m³/ha、広葉樹類26 m³/ha、本数は前者が624本/ha、後者は185本/haであった。伐区5ha、保護樹帯の巾30m、保護樹帯は20%の抜き伐りをおこなっており、保護樹帯のカラマツは孤立木の状態で、風倒などの危険性が感じられた。このように下木広葉樹が少ないところでは伐採前に林床植生を処理して下木の更新を促進するような方途を講ずる必要がある。また保護樹林帯用広葉樹を植栽することなどの配慮を要する。

保護樹帯を巾30mとして20%の抜き伐りをおこなうと保護樹林帯巾は場所によっては20m程度となる。また樹高25mにもなり、枝下もあがった高木が孤立状態になると保護樹帯としての意味がなくなり風害にも全く弱い。カラマツは落葉するので冬期の林地保護効果は少ない。これが疎生した状態では保護効果は一層小さくなる。

3) カラマツ人工林： 浅間山，17林班，海拔高1,450m，高木層7~14m，カラマツ(5)，亜高木層7m，シラカンバ(4)，アカマツ，ヤシヤブシ，ミズナラ，ミヤマザクラ，アオダモ，ナナカマド(+)。低木層1~5m，ウリハダカエデ(1)，ダンコウバイ，ノリウツギ，ガマズミ，ヤマウグイスカグラ，ミズナラ，リョウブ(+)。

この林分はカラマツ800~1,000本/ha，広葉樹250本/ha，尾根ではカラマツの樹高が低く，広葉樹類が多い。このようなところではシラカンバ，ヤシヤブシ，ミズナラ，ナナカマドなどが優占する保護樹帯に移行する。一般に屋根筋は落葉広葉樹類が多く，保護樹林への移行は容易である。

4) カラマツ人工林： 加納山国有林，16林班，海拔高1,500m，ゆるやかな尾根。高木層12~18m，カラマツ(5)，亜高木層5m，ミズナラ(+)，低木層1~2m，レンゲツツジ(1)，シラカンバ，マユミ(+)，草本層ミヤコザサ(5)。

一般にカラマツ林はこの林のような植生が多い。植栽後侵入した落葉広葉樹類は除伐によって整理され，林床にササが密生するため落葉広葉樹類の更新がきわめて悪い。このため亜高木層，低木層が欠けて高木のカラマツとササ林床型の単純な

階層構造となる。このような林分では保護樹帯の造成がきわめて困難で，伐採前にササを枯殺して広葉樹類の侵入と成立を促進するか，保護樹帯用樹種を植栽して早急に広葉樹林帯をつくる必要がある。

5) シラカンバ天然林： 18林班は6小班，海拔高1,500m，ゆるやかな尾根。高木層6~8m，シラカンバ(4)，ミズナラ(1)，ヤシヤブシ，アカマツ(+)。亜高木低木層4~6m，ナナカマド(2)，コハウチワカエデ(1)，ミヤマイボタ，サワフタギ，ツルウメモドキ，ウリハダカエデ(+)など12種類。草本層ノガリヤス，ヒカゲスゲ，ヤマヨモギなど22種類。

この林分はカラマツ林の林縁にある古い保護樹帯で巾は40mである。シラカンバ，ミズナラ，ヤシヤブシなど温帯の落葉広葉樹が多い。付近のカラマツの樹高は15~17mであるが落葉広葉樹類は低くて8m程度であった。安定した落葉広葉樹林である。人工林を伐採してこのような保護樹帯をつくるには早くても30年を必要とする。

3. アカマツ林を主とした保護樹帯(岩村田営林署)

1) アカマツ天然林： 浅間山，7林班と小班，海拔高1,300m，88年生，高木層14~18m，アカマツ(4)，亜高木層6~14m，ウリハダカエデ(4)，ミズナラ(1)，ハウチワカエデ，カスミザクラ，クリ，ミネカエデ，アオダモ，ヤマザクラ(+)。低木層，サワフタギ，ミズナラ，ガマズミ，レンゲツツジなど22種，草本層ヒカゲスゲ(3)，ミヤコザサ，シオデなど20種類。

この林分は800本/ha，290m²である。アカマツ林は林内が明るいので亜高木，低木層における更新樹種が多い。このため上木を伐採すると容易に保護樹帯となる林が多い。5haの伐採区で30mの保護樹帯である。

2) アカマツ天然林： 海拔高1,000m，浅間山，44林班ぬ小班，沢の押出堆積地で生長良好。高木層18~23m，アカマツ(5)，亜高木層欠除，低木層4~5m，コナラ(5)，ヤマウルシ(1)，アズキナン，クリ，ダンコウバイなど24種類，草本層ミヤコザサなど20種。

生長良好なアカマツ林で樹冠もよく閉鎖しており，亜高木層の発達は不良である。除伐または薪炭材として伐採したものととも考えられる。低木層は密でコナラが最も多く，高木層の構成種も多い。林床が暗い割合に草本層の種数が多いのは土壌が適潤で表土が深いこととササのような被覆植生が発達しないことによる。この

ような林では高木を伐採すると低木層の高木種が急速に生長して高木層を形成する。

3) アカマツ天然林： 海拔高1,100m, 浅間山, 58林班, 高木層14~18m, アカマツ(5), 亜高木層5~8m, コナラ(3), クリ, ヤマウルシ(1), アオハダ, ハリギリなど20種, 低木層2~5m, ヤマウルシ(2), ヤマウグイスカグラ, コナラ, ガマズミ(1), サワフタギ, ムラサキシキブ(+)など26種, 草本層ヒカゲスゲ(2), ノガリヤス(1), ススキ, ヌスビトハギ, キンミズヒキ(+)など14種。

高木層と亜高木層とは連続せず, 4~5mの間は階層が発達しないところがある。この層は明りようで高木を伐採すると, 5~8mの間にある亜高木類が高木層となる。亜高木, 低木層ともに陽性の樹種が多く, 種数もきわめて多い。この点ではアカマツ林から落葉広葉樹を主とする保護樹林帯の造成は容易である。

4) アカマツ天然林： 海拔高1,100m, 浅間山, 71林班ら小班, 高木層11~15m, アカマツ(4), 亜高木層4~7m, コナラ(2), ヤマウルシ, アオハダ, ウリカエデ(1), ヤマザクラ, リョウブ, ヤシヤブシ(+)など10種類, 低木層2~4m, コナラ(2), ウリカエデ(1), アオハダ, ヤマウグイスカグラ, ウリカエデ(+)など21種。草本層ヒカゲスゲ(2), ススキ, アオハダ(1), ヌスビトハギ, サラサドウダン(+)など10種。

亜高木層にはコナラ, ヤマザクラ, ウリカエデ, リョウブ, ヤシヤブシなどが多く, アカマツが伐採されるとこれらの種を高木層とする保護樹帯ができる。

以上アカマツ林下における保護樹帯の造成はスギ・ヒノキ林, また手入れの行きとどいたカラマツ林よりも容易である。

D 保護樹帯の設定事例解析 — (2) (木曾分場)

a. 浅間山麓における調査例

1. カラマツ造林地におけるコナラ保護樹帯

長野県小諸市, 浅間山国有林18林班, 標高約1,000m, 南面, 緩斜地

この保護樹帯は防火線敷地に大正8年コナラを植栽したものである。幅が約10mで狭いが, 成長, 形質共に良い。

この付近はカラマツの大面积造林地で, 昭和35年8月台風16号によって大被害(カラマツは風倒, アカマツは挫折)をうけた。その場合保護樹帯のコナラは全く被

害をうけなかった(枝折れもない)。

表2 コナラ保護樹帯 (大正8年4月植栽・56年生)

樹種	調査			ha当り換算			備考	
	面積	本数	平均胸高直径	平均樹高	材積	本数		材積
コナラ	m ² 2000	本 84	cm 354	m 17.5	m ³ 63.75	本 420	m ³ 318.75	m ² 42.10
その他 L		29	82	6.1	0.61	145	30.5	0.85
計		113			64.36	565	321.80	42.95

(注) 保護樹帯の幅は10m。

コナラの成長は表2のとおり56年生でha当り約320m³の蓄積があり, 形質も良いものも多く, 用材生産の面からみても価値がたかい。

付近の造林地は昭和35年の台風被害跡地に2代目のカラマツが造林されている。しかしこのコナラの造林地をみると, 風害に強く, 用材としても利用価値がたかいからカラマツの大面积造林地ではもっと広葉樹の保護樹帯を多くし森林を強くするとともに有用広葉樹の生産も考慮する必要がある。

2. 湿地化しやすい地形でのアカマツ保護樹帯

火山の山ろく地帯は台地状地形や緩斜地が多く, 地形が良い割合に造林木の成長が悪い例がある。こうした地形のところは大面积皆伐を実行すると土壌は湿地化しやすく, 寒さの被害との複合被害が発生しやすい。

こうした場所では保護樹帯を適宜配置して更新の安全をはかる必要がある。浅間山ろくで皆伐をすると土壌が湿地化しやすい場所にアカマツの保護樹帯が保残されている実例があったので調査をした。

長野県北佐久郡御代田町浅間山国有林7/い林小班

南面緩斜地, 標高 約1,200m

この付近は写真3のような緩斜地で, 土壌が浅くアカマツの成長も極めてわるい。保護樹帯は幅が30mで, 天然更新を期待して前生樹を保護したもので幅は30mである。

表3 緩斜地のアカマツ保護樹帯(大正3年人工播種・61年生)

樹種	調査					ha 当り換算			備考
	面積	本数	平均胸高直径	平均樹高	材積	本数	材積	胸高断面積合計	
アカマツ	m ² 1000	本 94	cm 16.8	m 11.4	m ³ 13.19	本 940	m ³ 13190	m ² 2230	
その他L		71	7.4	5.7	127	710	1270	380	
計		165				1650	14460	26.10	

(注) その他Lの樹種: ヤマザクラ・コナラ・ヌルデ・ミズキ・アオハダ・カエデ・ナナカマド・ミズキ・クリ・リョウブ・ヤシヤブシ・ウリハダ・カラマツ

この地帯は土壌が浅く砂礫が多いので、61年生のアカマツが表3のとおり平均胸高直径16.8cm・平均樹高が11.4mと極めて成長がわるい。

しかし、保護樹帯を残して天然更新を期待しているが、更新はほぼ良好である。保護樹帯内に天然更新をした広葉樹数もその種類が多いから、この地帯では広葉樹の混交を積極的に考えて施業を行なう必要がある。

3 保護樹帯の効果について

保護樹帯が多くの効果をもつことはすでに認められているところであるが、ここでは上記の事例解析と関連してつぎの2点の効果を指摘したい。

1) 保護樹帯による有用広葉樹の生産

保護樹帯の構成樹種は深根性の広葉樹がのぞましい。しかし現存の林分を保護樹帯として保残すれば、人工林では針葉樹が主体となり天然林では針広混交林が多くなるだろう。保護樹帯としては広葉樹の比率を高くしたほうが、強い保護樹帯となるばかりでなく、落葉の分解による地力の維持、増進の効果も大きいから、天然に侵入する広葉樹は保育をして広葉樹の比率を高くするように努める。

近年広葉樹用材の生産は減る傾向にあるが、需要はそんなに減るとは考えられない。広葉樹用材林の造成はその適地が針葉樹の造林適地と競合するから一育造林は困難である。また広葉樹用材は大材、通直、無節あるいは節があっても細枝であることなどが条件となるから、植栽本数を多くして少くとも100年以上の長伐期を

とらなければならない。病虫害の面でも広葉樹の一育造林は針葉樹林にくらべ被害が増加する。

このようにみえてくると有用広葉樹の生産は天然林の針葉樹と混交する広葉樹を保育するのがいちばん良さそうである。

その点保護樹帯は長伐期を採ることが有利だし、広葉樹を多く混交すれば保護樹帯も強化され、地力の維持増進にも役立つから保護樹帯は広葉樹用材の生産林地としての役割りをもたせるべきである。沢沿いや立地条件の良い場所に設定された保護樹帯については、天然更新の広葉樹を保有するとともに、場所によっては有用広葉樹を積極的に植込んで保護樹帯を強化するとともに、有用広葉樹の生産地帯としても有効に活用すべきである。

中部山岳地帯の保護樹帯に適すると思われる樹種の天然分布は図2のとおりである。

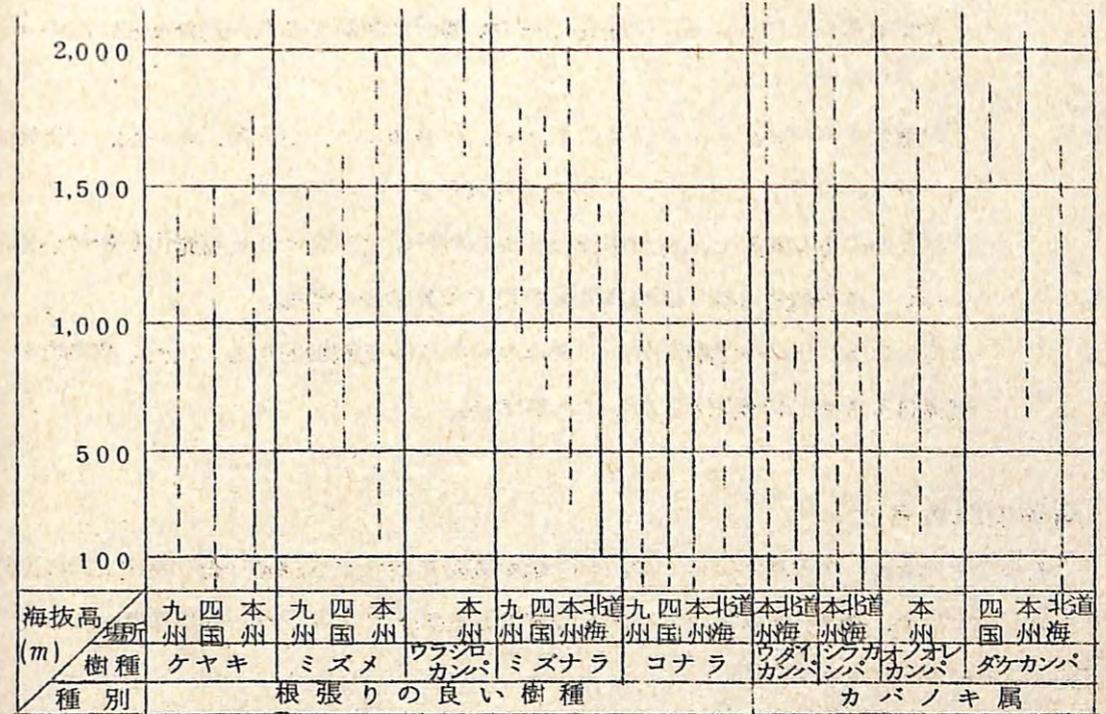


図2 保護樹帯に適する樹種の垂直分布

とくに亜高山地域は気象条件がきびしいから保護樹帯を固定し、広葉樹の生産地帯とするのが得策だろう。

もちろん保護樹帯である主目的にはづれぬよう、伐採にあたっては単木択伐によって良材を収穫するに止めることに留意すべきである。

2) 湿地化防止のための保護樹帯

高海拔地は気圧が低くなるとともに気温も低く、空気は多湿化しやすい。一方降水量も多く地面蒸発が少ないから台地状地形、平坦地、緩斜地などを皆伐すると土壌の湿地化がすみ更新が困難になることがある。特に浅根性のカラマツ造林地ではこの傾向が強いので注意が必要である。

湿地化しやすい局所地形は次のようなところに多い。

平坦地の低所や窪地

緩斜地の "

緩斜地や波状地の谷

北斜面の緩斜地や窪地

東山地域の皆伐によって湿地化しやすい場所に更新する代表的な樹種は次のようなものがあげられる。

イヌエンジュ、キハダ、ノリウツギ、シラカンバ、シナ類、ニレ類、ヤナギ類、ズミ、カラコギカエデ、カシワ、ミズナラ

以上のような地形と、更新樹種などから判断して皆伐すると湿地化しやすい場所については低地や窪地には保残帯を残して保護樹帯とする。

このような保護樹帯は禁伐の必要はないから適宜択伐をする。ただし広葉樹や小径木はできるだけ伐採をしないようにする。

V 今後の問題点

"新たな森林施業"を基本方針として、いづれの現場においても保護樹帯の設定には積極的にとりこんでおり、今後その成果が森林施業全般にあらわれてこようが、現時点ではなおその設定法については問題点も数多い。

今回の調査研究はごく限られており、実証的成果はなお乏しいが、以下いくつか問題点を検討し今後の資料としたい。

(1) 林地の特性の把握

保護樹帯の効用には数多くのものが考えられ、しかもそれらが複合して発揮されている。したがって特定の目的のみで樹帯を設定することは現実的にはかえって困難かもしれない。しかし林地の自然的環境、社会的環境を明確にすれば、おのづと保護樹帯の性格も明らかにならう。拡大造林の第一線の林地における保護樹帯と伝統ある人工造林地帯のそれとでは当然設定の目的、手法が変わってこよう。

基本方針をうけて現在各局で設定の具体案をつくり、その適用を行っているが、なお画一的な点も多くみられる。

(2) 保護樹帯の効果の把握

はじめに述べたように現在なお山地での保護樹帯の効果を定量的に把握するまでにいたっていない。したがって保護樹帯の目的が定まっても適確な設定法を導くことは困難であり、経験的な手法によらざるを得ない。

複雑な山地環境下での保護樹帯の効用をすべて実証的に明らかにして、定量化することは不可能であり、効果の判定にも長期間を要する。樹帯の設定を事業の中で進めつゝ、その効果を経験的に把えてゆくことが是非とも必要である。

(3) 保護樹帯の設定法の試行

樹帯の幅、設定位置などについて画一的でない種々の試案について現地において実行し、保護・保全の効果と施業上の得失を十分検討する。現在基準として用いられている樹帯幅30~40m、樹帯面積15~20%（施業面積に対して）なども、林地の特性や目的に応じて、加減されるべきであろう。

林地の条件によっては保護樹帯の設定よりも小面積皆伐法や帯状皆伐法の方が施業的にも容易であり、保全的にも問題が少い場合も多いと思われる。

現状では主尾根、小尾根の保護樹帯の設定は比較的よく行なわれているが、沢沿いまたは山腹等高線沿いの樹帯の設定は行なわれることが少い。IV-Aにおいてふれたように沢からの吹き上げ風についての効果、風致、溪流保全などの面からもっと取入れらるべき設定法と思われる。

以上のような設定法についての試行を施業指標林などの形態で広く行なうことが望まれる。

(4) 保護樹帯の維持管理

現在の保護樹帯は人工造林地もしくは天然林の伐採にあたり保残された帯として、設定されるのが普通である。

もとの林相が過密であり、しかも樹帯巾が狭い場合、保護樹帯そのものが風害などによって潰滅することが多い。とくに山地帯でのカラマツ人工林や亜高山帯針葉樹林で多く見られる。危険な樹種、林相の場合には十分な配慮が必要である。

保護効果は高木層だけでなく、林内各層の発達がよい林相が一般的に高いと考えられるので、人工林より保護樹帯を設定する場合、亜高木層や下層植生の発達を促すよう、上木の間伐も必要な場合がある。

常緑針葉樹林はよくうつ閉して保護効果をあげるが、諸害に対する抵抗性や永続的な保続を考えると、固有の広葉樹類の導入をはかることが望まれる。

以上のように樹帯の維持管理には積極的な施業を投入することが必要であるが、保護樹帯は隣接造林地よりも長い伐期で更新されるので、残存する有用樹種の良材生産もまた可能な場合が択伐によるその利用方法を考えることも重要である。

保護樹帯は自然植生を保存し、その土地固有の林相を維持するのに役立つ、風致景観の維持とともに野生生物の保全の効用をもつことも忘れることが出来ない。

保護樹帯による土砂の流出抑止と安定法

I 試験担当者

防災部治山科長	難波宣士
〃 治山第一研究室	北村嘉一
〃 〃	梁瀬秀雄

II 試験目的

林道，作業道の開設にともなって生じる土石と，捨土石による斜面の破壊によって，下流へ異常な土石の流出をもたらす場合が少なくない。また環境保全，景観保全などの面からこのような土石の流出防止が要請される。

この流出土石の防止には道路下方の林帯を活用することが得策であることから，開設路線の地形，林相と土石の流出状況，林分の被害などを調査し，林帯の設置と管理更新などの基準となる指針を得るとともに，林帯では防止し得ない流出土石抑止の補完工法を検討する。

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47年度～50年度の4ケ年間に調査期間として実施したもので，年次別試験内容の概要は次のとおりである。

(1) 昭和47年度

東京営林局掛川営林署，河津営林署管内に試験路線を設定し，当年度開設路線の地形，林相と土石の流出状況調査。年度内開設の計画路線の地形，林相調査と開設後の土石流出調査ならびに調査方法の検討。

(2) 昭和48年度

掛川，河津営林署管内の計画路線の地形，林相調査および開設後の土石流出状況調査，と被害木，枯損木調査を行なうとともに，大阪局尾鷲署管内の路線について実態調査。地形，林相と土石流出に関する調査方法および被害木，枯損木調査方法を検討の上調査要領を作製し，各営林局に調査を委託。

ゴム板を張り付けた板に太さと間隔を変化させて杭を立て，傾斜を異にした場合の砂礫の流出について室内実験を実施。

(3) 昭和49年度

掛川，河津営林署管内で数年～10年前後を経過した林道，作業道について，路肩下方の土石堆積部の侵食状態と植被を調査し安定度を検討。掛川，河津両営林署管内補足調査。熊本局川内署管内実態調査。

(4) 昭和50年度

前橋局高崎署（古生層地帯），名古屋局中津川署（風化花崗岩地帯），高知局宿毛署（中生層地帯，林道沿線景観保護樹帯）実態調査。各営林局の調査資料整理と全体とりまとめ

2 試験の結果

この種の調査，試験は既往にその例が少なく，多くの資料数が要求されるとともに調査方法も確立されていない。したがって，掛川，河津両署では調査要領を決定する予備調査の性格があり，必要に応じて調査個所を主観的に選定したので，直接集計には使用しなかった。全体の結果は調査要領に基づいた各営林局の調査資料をとりまとめた。

調査は新設される計画林道については作設前の地形，林相と開設後の土石の流出状態および被害木について実施し，既設林道については作設後約5～10年を経過した路線沿線の枯損木を調査した。また各営林局は林相，地形などと工法が局管内の標準的な路線であるように選定されているので，地域の特性がある程度反映しているものと予想される。

(1) 試験方法

今回の試験方法は現地で新設される路線の地況，林相と作設後の流出土石の調査，開設後数年（約5～10年）を経過した既設林道沿線の枯損木調査および室内の模型実験に分けられる。

(1)-1 流出土石調査

予定路線の支障木を伐開した区間で約1,000m前後を選定し，50m間隔に調査個所を設定した。したがって1路線の調査個所はほぼ20個所となる。

i) 開設前調査

調査個所は図-1に示すように林道からはほぼ直角に最大傾斜線方向の下方に，幅2mのトラクセントを設けて，上部から下部へ向って斜距離約5m毎に2×2mのコドラートを設置する。

調査はこのランセクトを基準に，地形，林相，地質，土性などの概況とコドラートについては，傾斜，植被を測定した。植被は高木（樹高6m以上），低木（1～6m）

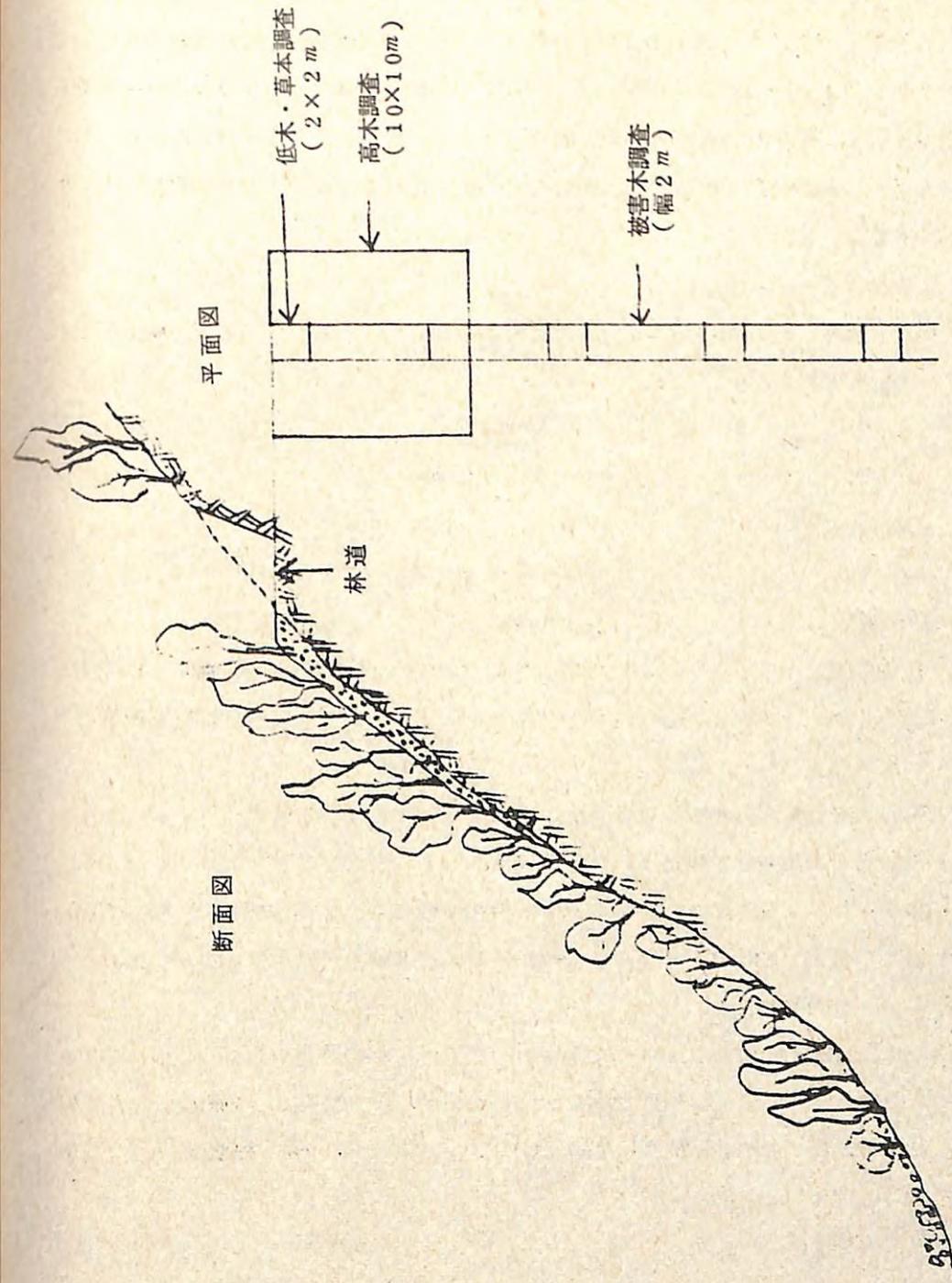


図-1 調査個所

草本(1m以下)別に樹草種,樹高,草丈,胸高直径,根元直径,密度とそれぞれの被度を測定した。また高木は2×2mのコドラートでは林相の把握が十分でないので,トランセクトを中心にして林縁に幅10m,下方に斜距離で10mのコドラートを設けてその中の高木を径級別に樹高,胸高直径,根元直径と密度を測定した。その他支障木枝条の集積状態と林道作設に必要な工作物,土石流出を防止する工作物についても調査した。

ii) 開設後調査

i) で調査した個所のコドラート内に流出堆積した土石について下記の粒度区分に従って占有面積率を測定した。

土砂	粒径	5mm以下
砂利	"	6~20mm
礫	"	21~100mm
転石	"	101~400mm
破碎岩	"	401mm以上

また調査個所のトランセクト内の被害木については,林縁からの距離,立木の生長量,損傷(剥皮,折損)度合,倒木の発生状況および予想される被害原因を調査した。

(1)-2 枯損木調査

林道開設に際し強度の被害を受けた立木は2~3年で枯損するものが多い。これらの枯損木は通常の使用頻度の林道では適宜処理され調査の対象にはならない。しかし気象条件,地況,樹種,林令によっては林道開設の諸々の影響が,長期に亘って枯損木を発生させることも予想される。このような点から本調査は開設後は5~10年を経過した林道について調査した。

調査は林道沿線(約1,000m)に発生した枯損木と枯損の兆がみられるすべての立木について調査するもので,地形,林相,土石の堆積,侵食状態などの概況と,枯損木については林縁からの距離,樹種,樹令,生長量,枯損状況,被害の程度と予想される枯損の原因を調査した。

(1)-3 模型実験

実験方法は(7)項で説明する。

(2) 調査地の地形と林相

開設による流出土石の調査個所を管林局別にその概況を示したのが,表-1である。調

表-1 調査地の概況

管林局名	事業区名	林道名	調査個所数	林延長	道平標	均高	傾斜	林種	樹種	林令	地質	土性	備考
旭川	加内	内見	21	1,000	m	m	15.5° 0~24	天	トドマツ, ナラ 他広葉樹	57 23~65	変成岩・ 結晶変岩	植土	
北見	北見	幌内	20	1,000	250	250	32.4 25~40	天	トドマツ, エゾマツ イタヤ他広葉樹	75	輝緑凝灰 岩	植質土	
帯広	上士幌	不二川迂回	20	1,000	1,030	1,030	29.4 15~36	天	エゾマツ, トドマツ ナナカマド他広葉樹	80	新第3紀 安山岩	石礫土	
札幌	定山溪	駅通の沢	21	1,250	600	600	25.4 10~40	天	トドマツ, エゾマツ	135	火成岩	植壤土	
函館	木古内	トンガリ	20	1,000	250	250	30.4 15~44	天	フナ	160	頁岩	砂壤土~ 植壤土	
青森	蟹田	六枚橋	12	1,100	30	30	36.9 25~44	天	ヒバ他広葉樹	160	新第3紀	シラス	
秋田	和田	杉沢支線	21	1,010	350	350	44.7 4~60	天	スギ, クロハ, ナラ ミズキ他広葉樹	145	花崗岩	壤土, 砂壤土	
前橋	中之条	上沢渡	18	1,000	1,100	1,100	38.5 22~50	人天	ヒノキ フナ, ミネソバ他	50 47	安山岩	B森林褐色土	
東京	沼津	大野	17	800	750	750	31.2 27~40	人	ヒノキ	60	火山礫	森林褐色土	
長野	原知	川	26	1,500	1,500	1,500	37.0 28~43	天	ヒノキ, サクラ	175	粘板岩, 砂岩	砂壤土	
名古屋	付知	タツガヒゲ	21	1,000	1,450	1,450	37.1 29~46	天	ヒノキ	200	流紋岩	植壤土	
大阪	尾鷲	台支線	20	950	1,100	1,100	36.2 30~50	人天	ヒノキ ヒノキ, ツガ, ミズウラ	40 260	砂岩	壤土~ 植土	
高知	宿毛	木	11	600	600	600	36.4 30~40	人	ヒノキ	18	砂岩	植壤土	
熊本	内川	犬ヶ八重	3	200 (600)	250	250	37.7 28~43	人天	スギ, コジイ	21 21	砂岩	植壤土	
"	"	小河内	10	500	400	400	34.8 30~40	人天	スギ コジイ, エゴノキ	35	砂岩	植壤土	

査個所の総計は261個所であった。

地形のうち傾斜は全体の平均が約33度、最も傾斜が緩であったのは旭川局鷹泊林道の15.5度、最も急傾斜は秋田局杉沢林道の44.7度となり、各局の傾斜から地域の特徴の一端がうかぶ。

図-2は全調査個所を斜面傾斜10度ごとの階級で分布を示したもので、30~40度の間に約50%、20~30度間に約25%が分布して一般的な山地の傾斜分布とみられる。調査個所の方位、横断形、縦断形は表-2に示したが、方位は8方位のうちSE斜面が全体の38%強を占めてとくに多く、本調査個所の全体の傾向を示している。横断形

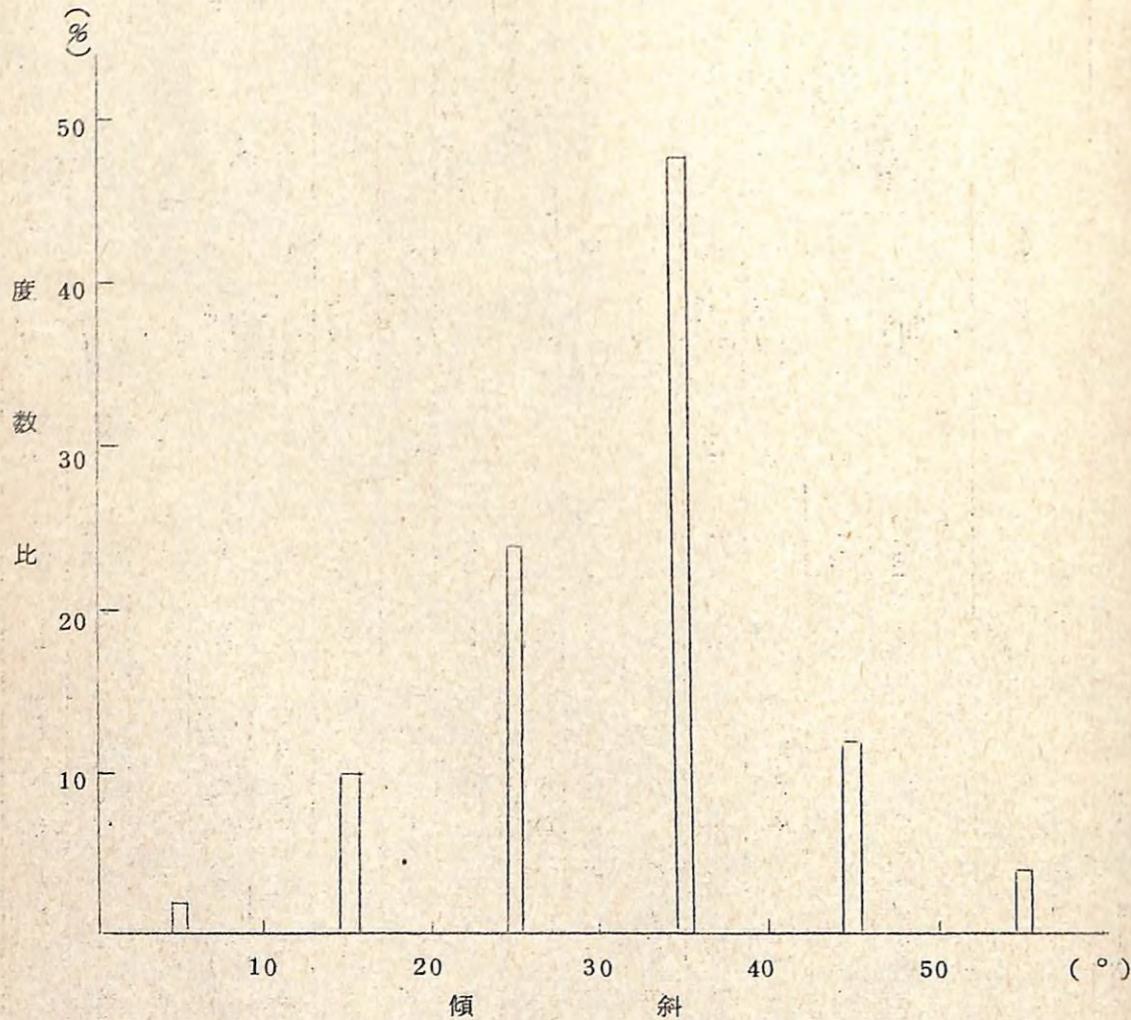


図-2 傾斜分布

表-2 調査個所の方位・横断形・縦断形の分布

方位	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	計
度数	33	40	12	100	15	29	14	18	261
横断形	凸斜面		凹斜面		平衡斜面		計		
度数	72		51		138		261		
縦断形	上昇斜面		下降斜面		平滑斜面		複合斜面		
度数	136		54		51		20		
計	261		261		261		261		

は山地一般の傾向と大差はない。縦断形は上昇斜面が全体の50%を超えているのが特徴といえる。これは斜面を上中下に分けて、林道路線位置をみると上部が24%、中部が42%、下部が34%となり、最近では林道が山腹の中部、上部に多く作設される結果に関連しているものと予想された。

調査地の林種は北海道、東北地方は天然林、関東、中部以南は天然林と人工林がほぼ半数を占めている。樹種は天然林では針葉樹、広葉樹の混交林が多く、林令も概して高い。人工林はスギ、ヒノキが主で林令も低い。

(3) 土石の流出状況

開設前の樹草指数(後述)と開設後の土石の粒度別の流出距離、堆積深を測定した結果は表-3のとおりである。流出距離の測定は斜距離であるが、結果はすべて水平距離に改めたものである。

林道施工では林帯を残す場合でも盛土面を林道敷とし、この範囲の立木を支障木として伐採して林縁までの距離がかなり長くなることも少なくない。本調査ではこの間の距離を測定するとともに、林道から下方の斜面長を測定した。

樹草指数は調査方法でのべたコードラートで測定された結果を用い、つぎのように表現したものである。すなわち、高木は10×10m(100m²)のコードラート内にある立木の根元の直径の合計値(m)を、低木についてはトランセクト上のコードラート2×2m(4m²)の測定値から100m²あたりに換算したものの1/2をそれぞれ高木指数、低木指数とした。また草本は2×2m(4m²)のコードラート内について草種別に被度とその草丈を乗じた値の合計を草本指数としたもので、地上部の現存量に一部類似した性質のものである。また、コードラートの測定は斜距離であるが、結果は水平面積に改めたものである。

表-3 樹草指数と土石の流出状況

林道名	上部	高木	低木	合計	草本 指数	土	
	傾斜	指数	指数	(立木指数)		砂	
						個所数	平均
鷹泊峠	15.5	1.01	2.38	3.39	3.62	14	2.2 m
	0~24	0~2.2	0~11.5	0.1~12.6	0.5~6.5		1.8~3.5
幌内	37.7	2.14	0.30	2.44	2.64	20	8.1
	32~41	0~5.5	0~2.2	0~5.5	1.0~4.3		1.5~17.0
不二川迂回	28.7	1.59	0.36	1.95	1.39	3	1.6
	20~40	0~4.1	0~3.2	0~5.3	1.3~1.6		
駅通の沢	24.0	0.77	0.53	1.31	8.24	14	10.6
	10~45	0~3.1	0~4.4	0~5.2	7.4~10.2		5.7~18.9
トンガリ	35.9	1.89	4.42	6.31	1.10	12	6.0
	19~42	0~4.5	0~10.7	0~13.0	0.3~3.6		1.5~25.0
六枚橋	34.1	0.94	1.67	2.60	0.82	11	1.24
	20~40	0~5.6	0~5.4	0.8~6.5	0.4~1.5		6.0~16.7
杉沢・荒沢支線	45.5	2.66	3.27	5.94	1.52	18	1.87
	3~60	0.2~4.7	0~17.5	0.9~18.5	0.3~3.6		4.0~52.8
上沢渡	36.4	4.25	0.85	5.10	0.36	18	6.5
	22~60	1.7~7.9	0~2.5	2.2~8.0	0~1.2		1.3~22.9
大野	31.2	3.23	2.54	5.76	0.21	1	4.8
	27~40	1.4~6.8	0.3~7.2	3.5~8.8	0~1.4		
笹川	34.3	3.27	0.33	3.60	4.89	25	8.8
	20~46	0.7~6.9	0~1.8	0.7~6.9	3.0~7.2		1.5~31.9
タツガヒゲ	38.8	1.97	0.05	2.01	2.27	4	5.7
	28~50	0.4~4.6	0~1.0	0.4~4.6	0~5.9		1.6~11.7
大台・堂倉支線	36.2	3.70	0.67	4.38	2.13	1	1.5
	30~50	0.5~6.4	0~2.7	0.5~6.7	0~9.7		
正木	36.3	4.38	1.32	5.7	0.15	5	3.7
	30~40	2.2~6.3	0.6~1.9	3.4~7.6	0~1.2		1.5~12.2
犬ヶ八重	39.0	3.69	4.77	8.46	0.37	3	4.1
	29~45	2.5~4.8	2.8~6.1	7.6~9.9	0.1~1.0		1.5~8.9
小河内	33.7	3.28	1.74	5.02	0.96	4	7.1
	20~53	0~7.1	0~5.7	0~12.4	0.1~2.6		1.6~17.2

石流出距離								堆積 深
砂		礫		転石		破碎岩		
個所数	平均	個所数	平均	個所数	平均	個所数	平均	
14	2.2 m	14	2.2 m	8	2.4 m			0.78 m
	1.8~3.5		1.8~3.5		1.8~3.5			0.1~2.0
16	9.0	15	8.8	9	14.6			0.51
	1.6~25.2		1.6~17.0		1.7~38.0			0.2~0.8
								0.20
								0.1~0.3
		5	13.7			3	1.20	1.01
			6.9~17.2				6.9~14.6	0.2~3.1
10	6.3	8	7.4	1	1.9			0.36
	1.5~25.0		1.5~25.0					0.01~2.0
		1	14.2					0.74
								0.2~2.7
7	22.4	8	31.9	6	28.2	11	21.8	0.73
	8.7~42.2		11.4~52.8		8.7~42.0		4.0~40.5	0.25~2.13
18	8.3	18	8.6	16	9.1	9	1.50	0.55
	1.3~28.4		1.3~28.4		1.3~28.4		1.6~28.4	0.2~1.5
								0.78
								0.2~1.0
3	3.7	10	7.6	11	6.7	13	6.4	0.69
	1.6~7.8		1.6~12.6		1.6~15.6		1.6~16.2	0.2~1.23
4	5.7	4	5.7	4	5.7	4	5.7	0.37
	1.6~11.7		1.6~11.7		1.6~11.7		1.6~11.7	0.1~0.7
7	3.4	14	5.7	10	8.2	4	7.3	0.74
	1.5~8.1		1.3~17.9		1.4~17.9		1.6~9.9	0.1~1.4
5	3.7	6	5.0	6	7.8	7	7.7	0.26
	1.5~12.2		1.6~16.7		1.5~16.7		1.5~18.6	0.1~0.5
1	5.8	2	10.7	2	15.1	2	15.1	0.78
			8.9~12.4		12.4~17.8		12.4~17.8	0.43~1.0
5	9.1	6	7.9	2	4.8			0.60
	1.5~32.8		1.5~32.8		1.6~8.0			0.2~1.2

樹草の土石に対する抵抗は、流出する土石の粒度が異なる点から、高木は土砂～破碎岩まで全体の流出に有効であり、低木では土砂～礫の範囲、草本では主として土砂に対して有効なことが予想される。本調査では指数の構成単位が、高木、低木は同一であるが、草本は全く異なる。したがって同一単位で表現できる高木と低木については、上記で予想される抵抗性を考慮して低木は測定された値に $\frac{1}{2}$ を乗じた。

流出土砂は粒度区分毎に1路線の調査個所のうち流出しているものの最長距離を示したもので、粒径が小さいものほど個所数が多く、大なるものは流出距離が長くなる傾向がうかがえる。調査地のうち帯広局不二川迂回林道、函館局トンガリ林道、名古屋局ツガヒゲ林道などは林道路肩から林縁までの距離がとくに長く、土石はこの部分で処理されたものと予想される。

堆積深は調査個所の最大値を示したものでその平均は約0.6mであるが、1.0mまでが約85%を占めた。堆積はその大部分が林道直下に最大値がみられるので表-1の全体の斜面傾斜に対して表-3に林道下約10mの部分の傾斜を上部傾斜として示した。

図-3は傾斜(上部)と堆積深の関係をプロットしたもので、傾斜に対する最大堆積深は傾斜が急になると減少する傾向がある。また図-4は土石の最大流出距離と堆積深の関係を示したものである。流出距離と傾斜は図-5でも明らかに土石の流出は傾斜と最も関係している。したがって土量が一定であれば流出距離が長いということは、傾斜が急であり、堆積深が浅くなることになる。一般に傾斜が急になると捨土量は増加するが、堆積深は捨土量よりも傾斜に影響されることが示されたものと考えられた。

表-3からは流出する土石と傾斜、樹草指数などの因子の関係を予想することはできない。また261調査個所のうちには、林道路肩から林縁までの距離が長く捨土もこの部分で土羽として処理された個所、尾根の切通し部、とくに設けた捨土地その他本調査の対象として不適当な個所を除き、149個所について表-4にまとめた。

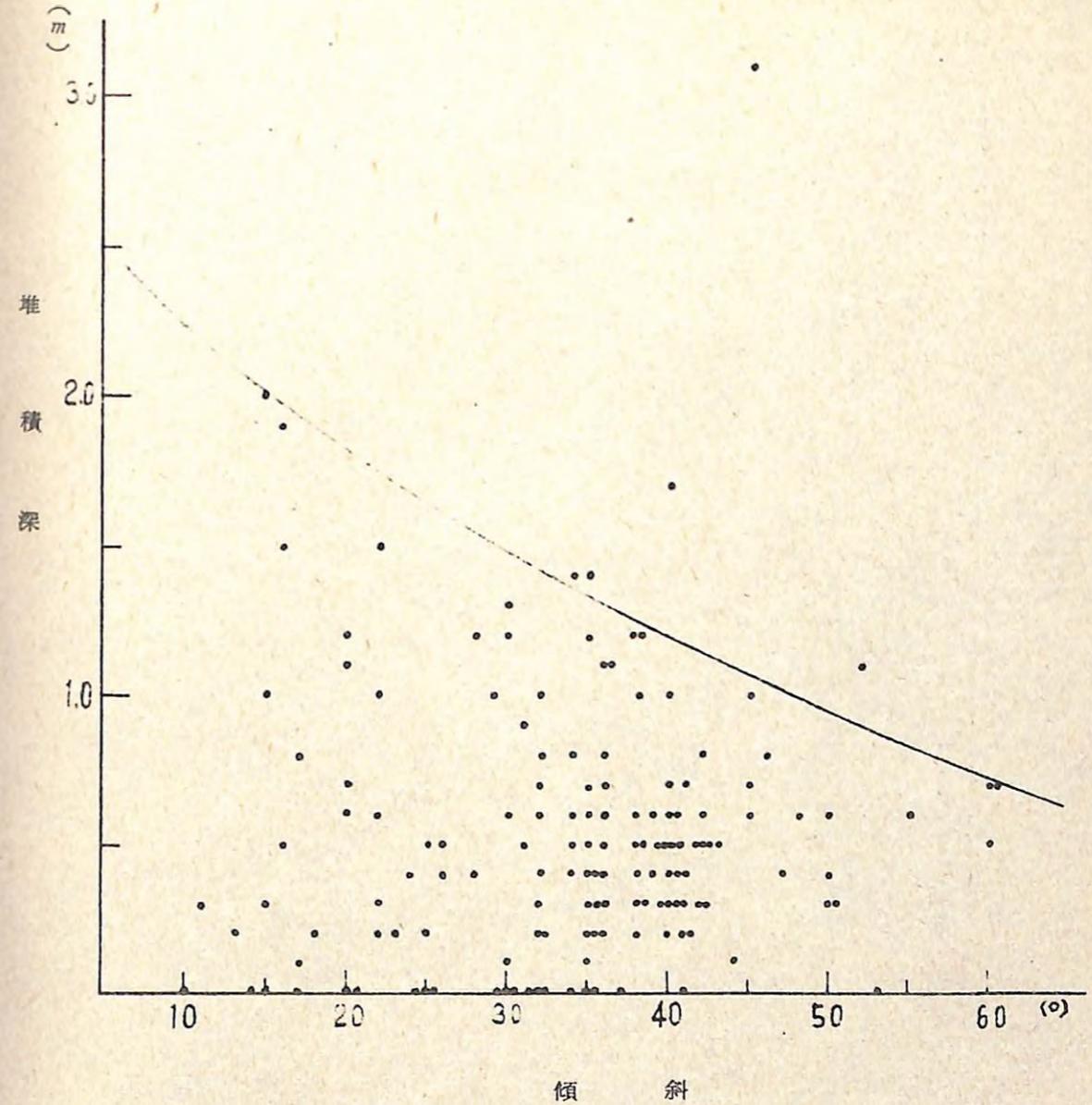


図-3 斜面上部の傾斜と堆積深

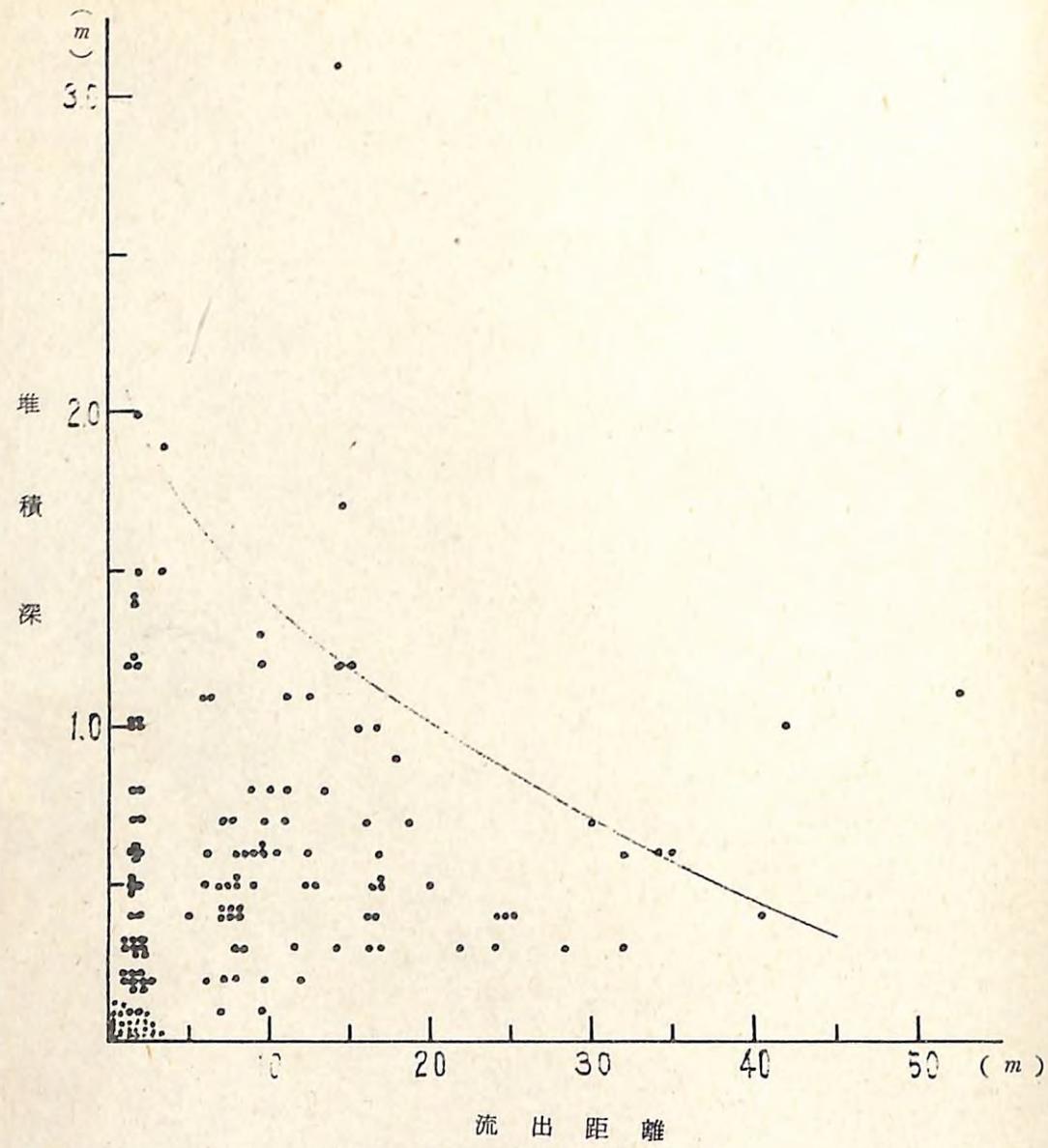


図-4 流出距離と堆積深

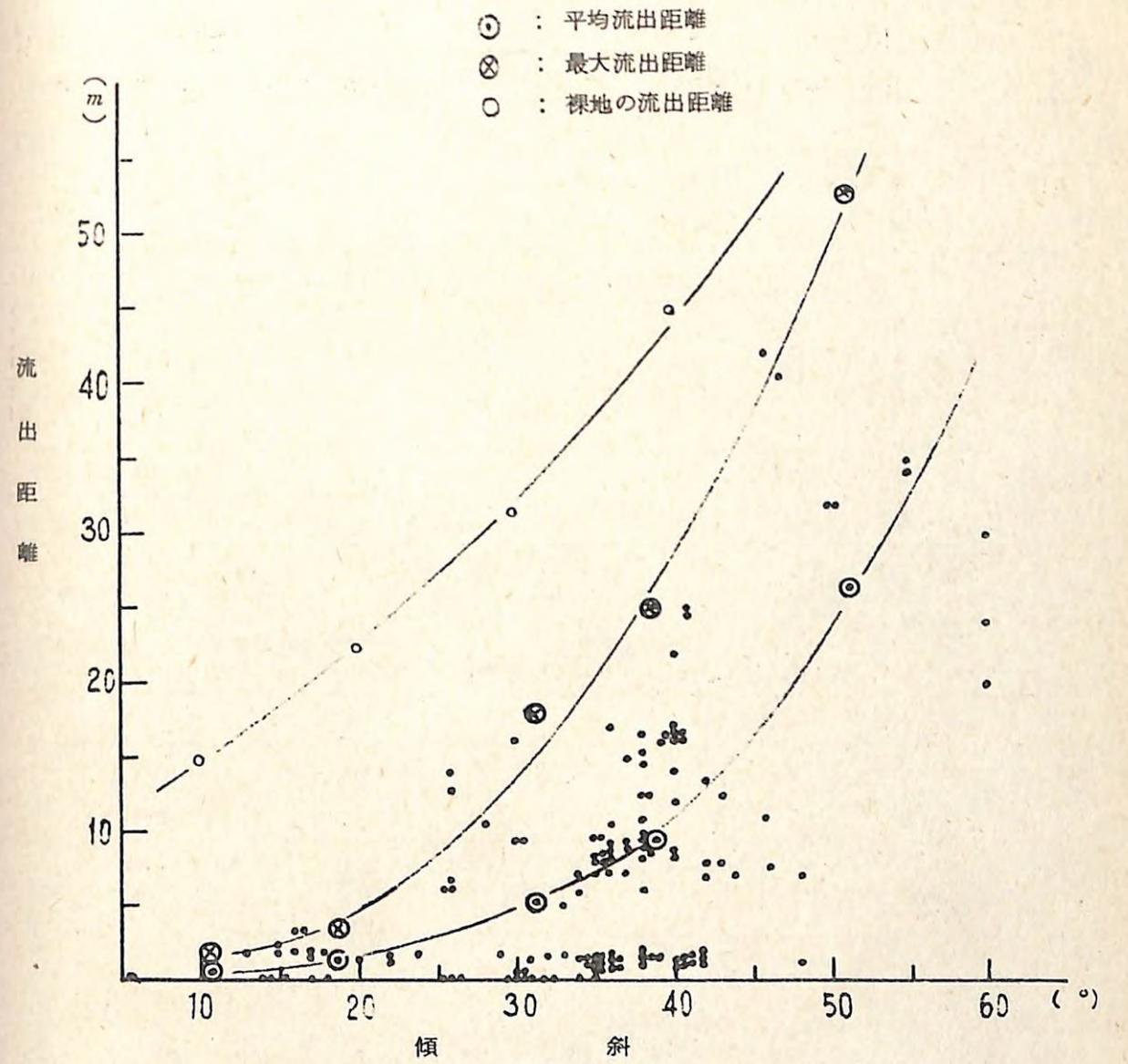


図-5 傾斜と流出距離

表-4は傾斜階級と高木指数と低木指数との合計(立木指数)および草本指数階級に対応した土石流出個所の度数と流出距離を示したものである。この表によると傾斜が25度までは度数が少なく、流出距離も短かくて林道作設による土石の流出が問題になる傾斜でない。また傾斜が45度を越えると土石の流出距離は極端に伸びて、林帯で流出を抑止する効果の低いことが予想される。26度~45度までの度数は110個所、全個所の74%に達しており林道の作設と保護に樹帯を設置して効果の大きい傾斜の範囲といえる。

図-5は傾斜と流出距離をプロットしたもので、10度ごとの土石の最大流出距離と平均流出距離ならびに林帯、林床植生のない場合の土砂の流出距離を推定して図示した。平均流出距離に対して最大流出距離は傾斜が急になると急激に長くなり、50度を越えるような急斜面になると林帯のない場合に接近する傾向が推定されて、林帯による土石流出に対する抑止効果は低くなることが予想される。

これまでのべてきた流出距離とは土石の粒度に関係せずに最も長く流出したものの距離を示してきたが、粒度別に流出距離との関係を示したのが表-5である。表-5は土石の流出距離の階級に対する粒度別の度数とそれぞれの粒度内の割合を示してある。土砂では流出距離の短いものが高い度数割合を示し、距離が長くなると度数が急激に減少する。以下砂利~破碎岩まで粒度が大きくなると流出距離の長いものの占める度数の割合が大きくなること示されている。すなわち流出距離は粒度が小さい階級では、長いものが少なく粒度が大きいと長いものが多くなる傾向がわかる。粒度別の度数分布は粒度の小さいものが多く、大きくなると少なくなることが明らかである。

樹草指数と土石の流出距離をみると、高木・低木の合計指数である立木指数が大きくなると流出距離が短くなる傾向がうかがえる。また立木指数が4.0までは、草本指数の大きい度数もみられるが、立木指数が大きくなると草本指数の大きい度数が少なくなる傾向が明らかである。

表-4では傾斜が25度前後までは土石の流出に林帯の有無がそれ程影響せず、45度前後を超えると林帯による抑止が非常に困難になることが予想された。つぎに土石の流出抑止に林帯の効果を期待できる26度~45度の間の樹草指数と流出距離の関係を検討してみる。

表-5 土石の粒度と流出距離

流出距離	粒度区分	土		砂		砂		利		礫		転石		破碎岩		合計	
		測定度数	% 度数比														
5 ~	m	25	37	19	37	2	11	4	21	3	23	4	21	3	23	53	31
6 ~	10	21	31	15	29	3	18	4	21	1	8	4	21	1	8	44	26
11 ~	15	13	19	8	16	1	6	2	11	1	8	2	11	1	8	25	15
16 ~	20	5	8	4	8	5	29	4	21	2	15	4	21	2	15	20	12
21 ~	25	3	5	4	8	2	12	3	16	3	23	3	16	3	23	14	8
26 ~	30	0	0	3	6	2	12	1	5	1	8	1	5	1	8	5	3
31 ~		0	0	1	2	2	12	1	5	2	15	1	5	2	15	6	4
合計		67	100	51	100	17	100	19	100	13	100	19	100	13	100	167	100

図-6は表-4の26~45度の傾斜を5度の階級で分布をみたもので、36~40度が45%で最大、40~45度が13%で最小を示した。

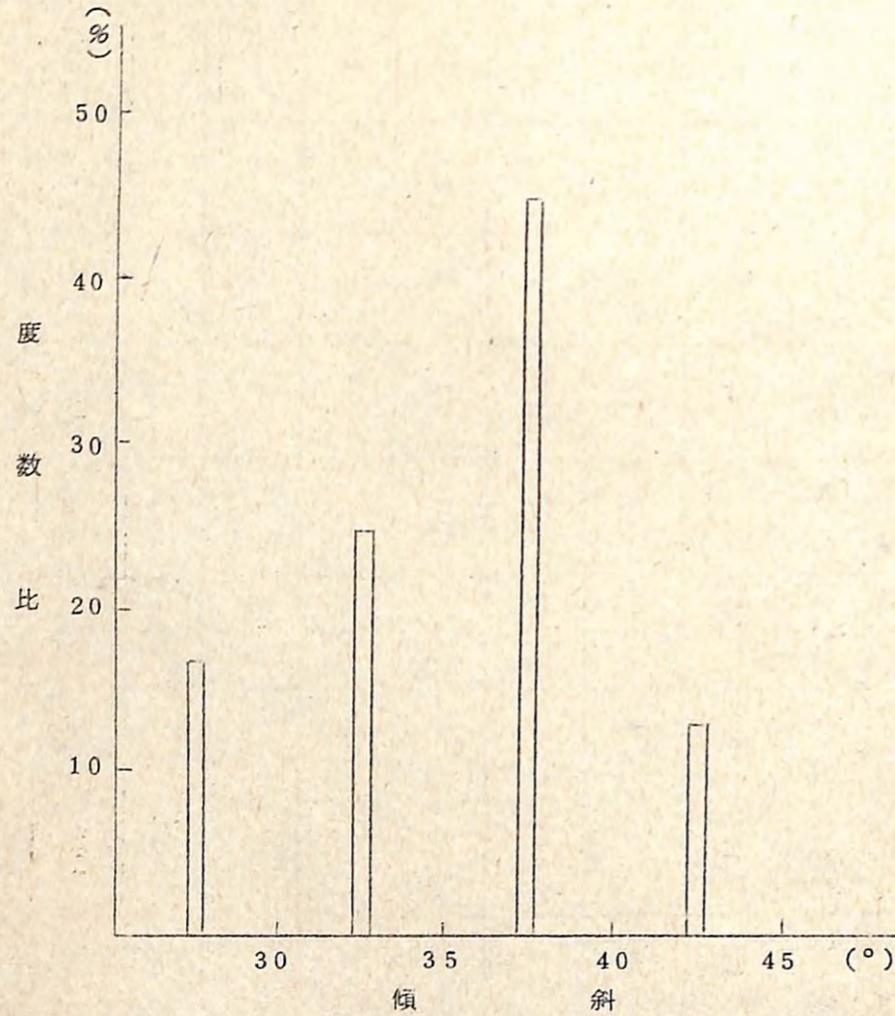


図-6 傾斜分布

図-7は高木指数と流出距離の関係を図示したものである。高木指数は、1.5以下、1.6~3.0、3.1~6.0、6.1以上の4階級間の最大流出距離と平均流出距離をプロットしたものである。高木指数が増大すると最大、平均とも流出距離が減少して林木による流出抑止の傾向が明らかである。図-8は低木指数と流出距離の関係であるが、低木は高木に比べて指数が低いので、階級は0.5以下、0.6~1.0、1.0以上の3階級とした。低木でも流出距離は指数が増加すると、最大、平均とも減少することが明らかである。高木と低木はとも100m²内の根元直径の合計値(m)を立木指数とし、この立木指数と流出距離の関係を図示したのが図-9である。指数は2.0以下、2.1~4.0、4.1~6.0、6.1

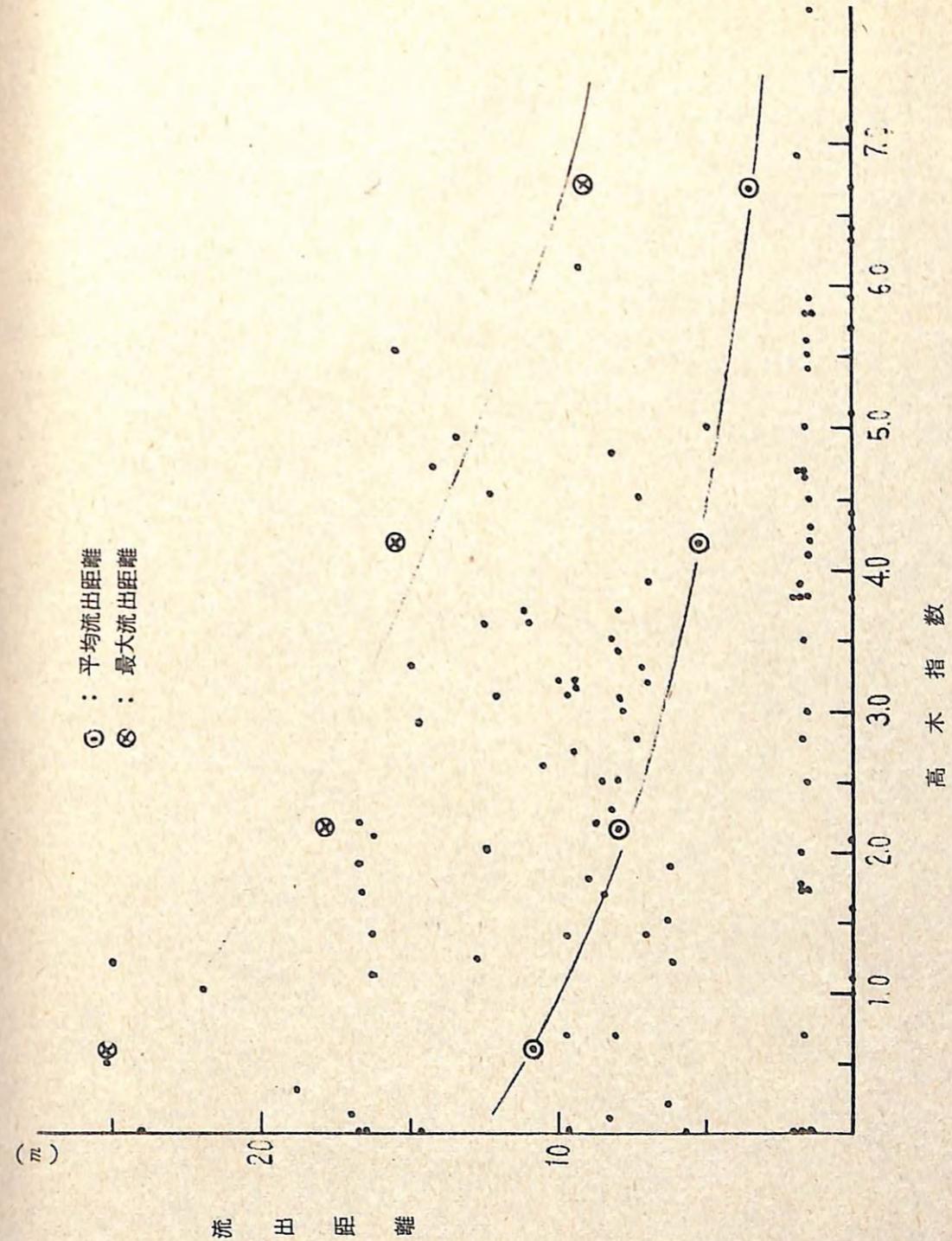


図-7 高木指数と流出距離

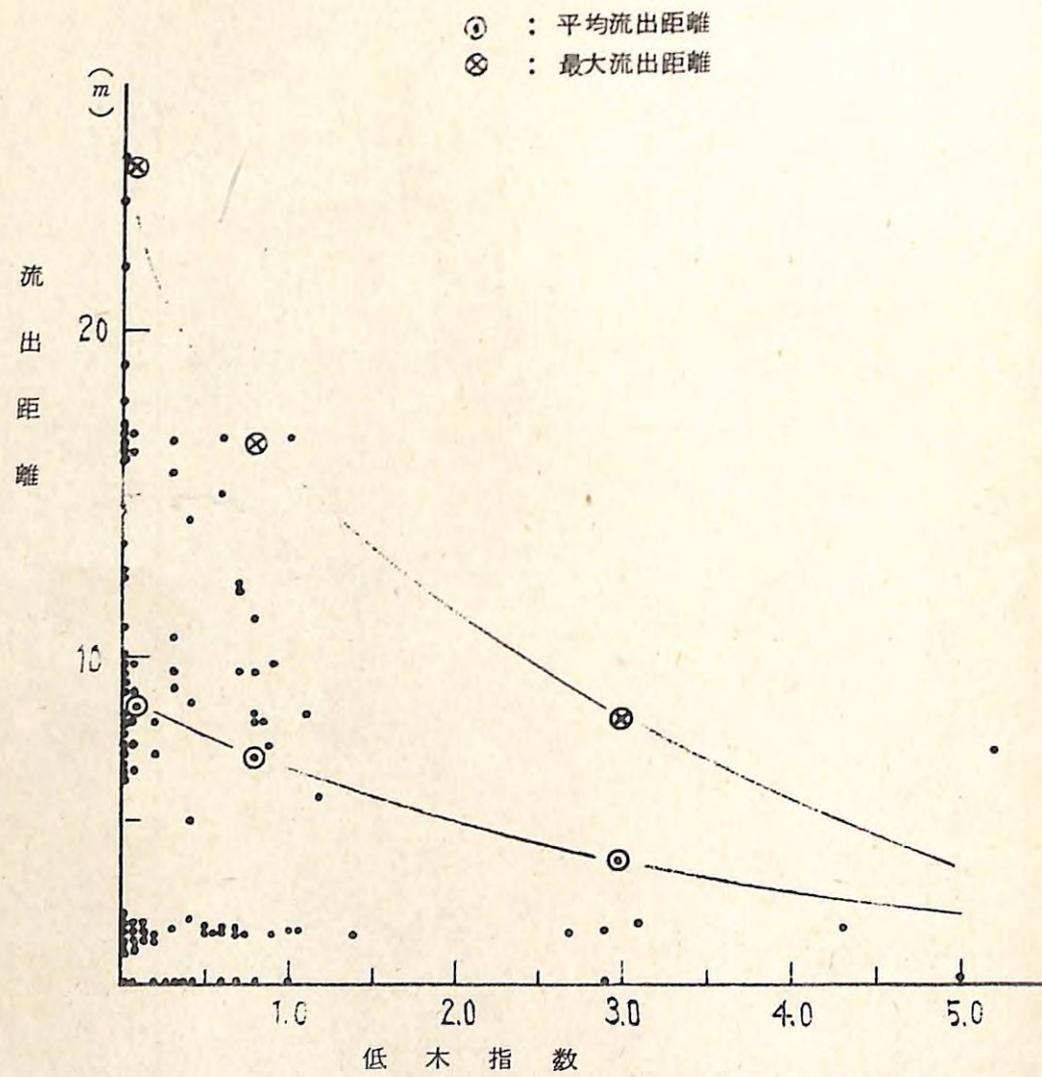


図-8 低木指数と流出距離

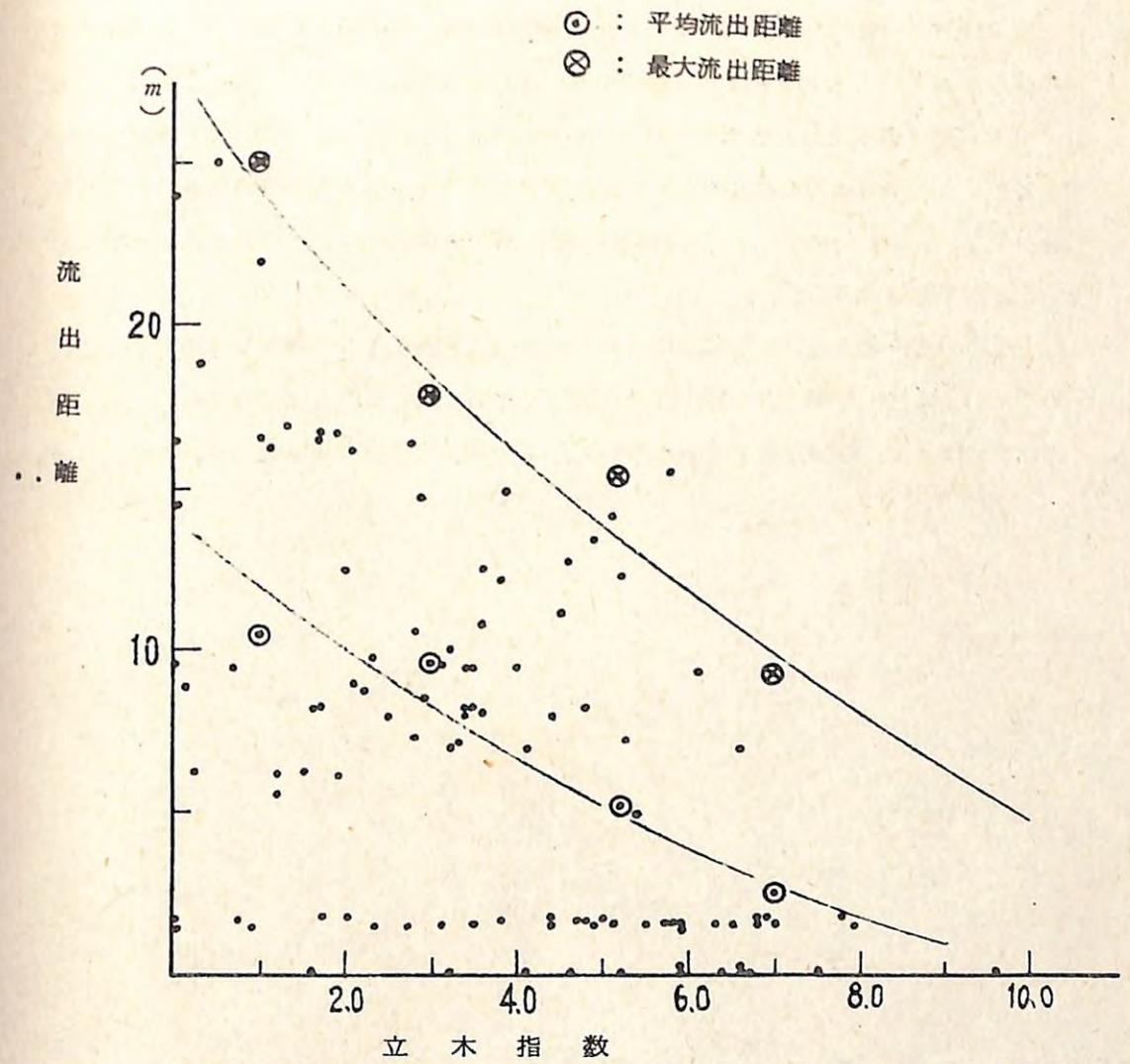


図-9 立木指数と流出距離

以上の4階級である。立木指数も指数が増大すると、流出距離は平均値、最大値とも減少して、林木が土石の流出抑止に影響の少ないことが予想される。

図-10は草本指数と土石流出距離の関係を示したものである。この図から両者の関係は一定の傾向がみられない。草本は高・低木の密度が大きくなると小さくなる傾向があり、草本指数が大きいことは高・低木指数が小さいことになる。したがって図-5~7でみられるように高・低木指数と流出距離が明らかな傾向を示したことから、図-8の関係から予想すると、土石の流出抑止には土石の粒度が関連して高木、低木の影響は大きいが草本は影響の少ないものといえる。とくに粒径の大きい礫~破碎岩についてはほとんど抵抗し得ないことが予想される。

以上土石の流出に直接影響している傾斜と樹草指数を因子として検討してみたが、各因子の値に対する流出距離は変化が大きく両者間で相関を求めることは適当でない。したがってここでは各因子の測定値とこれに対応した最大および平均流出距離について検討した。

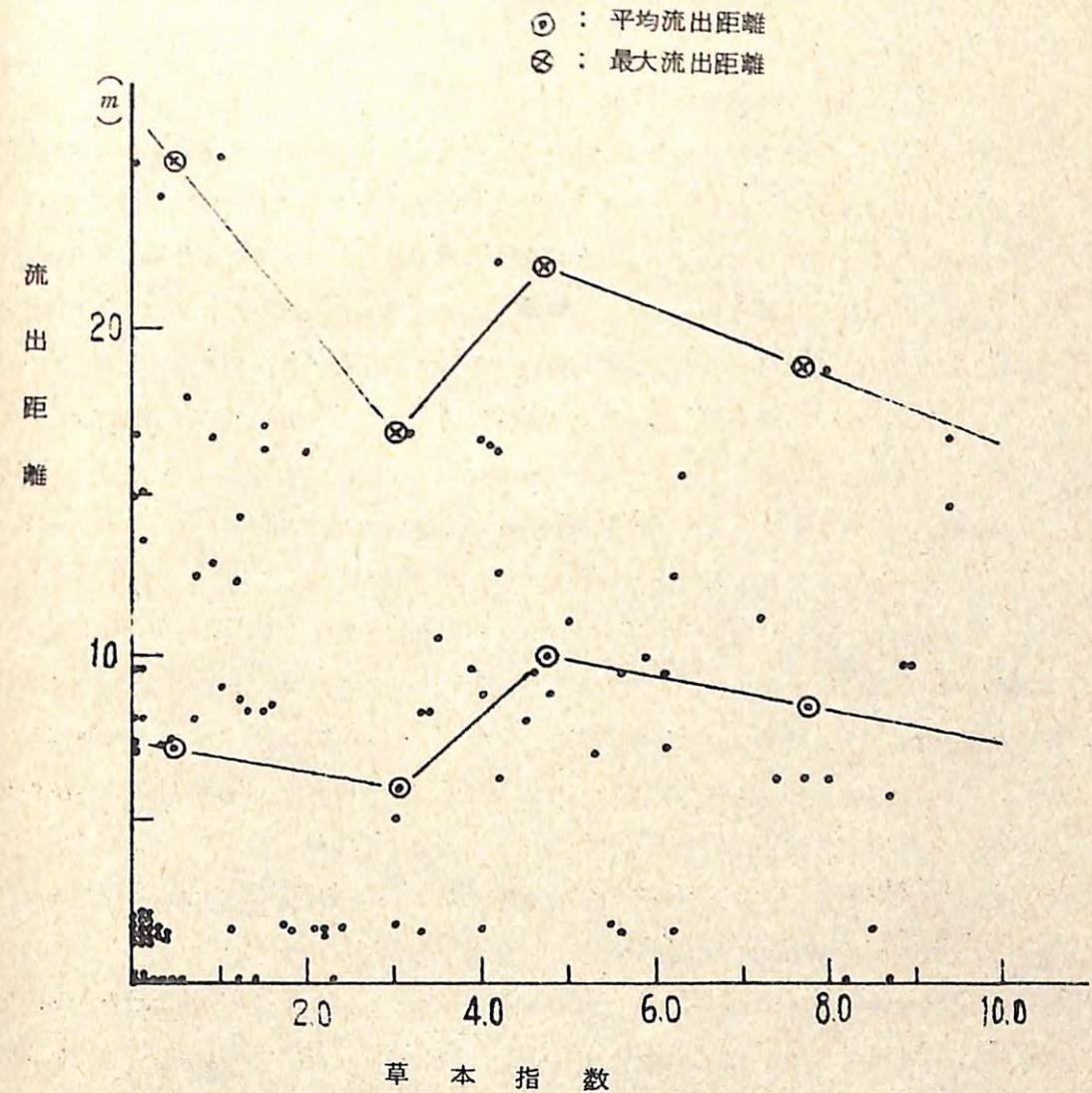


図-10 草本指数と流出距離

(4) 被害の発生状況

被害は損傷木として転石、破碎岩による剝皮と発破による幹枝の折損および倒木に区分したが、幹枝の折損被害はまれに発生した程度にすぎなかったため、剝皮と倒木についてとりまとめた。

(4)-1 損傷木(剝皮)の調査結果

調査地のうち剝皮の被害が発生した路線の結果は表-6のとおりである。剝皮の被害が発生する個所は傾斜が概して急である。急傾斜では土壌が薄く、林道の作設にあたっては基岩を切取る頻度の高くなるが多発する原因と予想される。また剝皮被害木は林縁に多いが、傾斜が強くなると発生は林縁からの距離が長くなることがかかる。剝皮は直径の大きい林分で多く発生する傾向がある。剝皮の大きさのうち幹周に対する剝皮幅をみると、10%前後から50%を超えるものまで、地形、岩石の種類あるいは樹種によって異なるものと予想されるが、20~30%程度のものが多い。剝皮被害木は直径が大で、林令の高い林分で発生が目立つので、この程度の被害でも生長停止あるいは病虫害を誘発して枯損の原因となることが予想される。

掛川署管内の調査では傾斜38度、林令50年、樹高約15m、胸高直径約25cm、根元直径約32cm、立木密度が15本/100m²のヒノキ林分では、地表から高さ30~50cm、剝皮幅/幹周が30~40%程度の被害が、幅5~6mにわたり斜距離にして30m以上も剝皮された個所があった。このような被害を受けた林分ではある程度の枯損は免れず、枯死に到らないまでも今後の生長は期待できない。

剝皮の被害は切り取り部分が岩石の場合に発生が多く、発破による岩石の飛散あるいは破碎された岩石を押し出すために加速されて被害を大きくしている。

本調査は調査方法で説明したとおり調査個所の林道から直角(最大傾斜線方向)に下方に幅2mのトランセクト内に発生したものについて調査したものである。したがって路線全体の発生割合は直接予想できないが、路線の状況から発生の傾向を予測する目安になる。

しかし最近ではこのような被害を軽減するため、施工前に、むしろ、古タイヤなどで樹幹を被覆する工法が多く採用されるため、剝皮による被害は少なくなりつつある。

(4)-2 倒木の調査結果

倒木の調査も被害木と同様に調査個所のトランセクトにかゝるものだけを対象とした。表-7は調査地のうち倒木の被害が発生した路線の調査結果を示したものである。倒木

表-6 損傷木(剝皮)調査地の樹況と調査結果

営林局名	林道名	全調査箇所	発生箇所	本数	傾斜°	林縁~損傷木m	樹種	樹高m	胸高直径cm	剝皮		幅/幹周
										幅cm	長cm	
旭川	鷹泊峠	21	5	5	15.2 8~22	1.2 0.4~2.9	トドマツ, イタヤ, キハダ	9.8 6~15	18.2 3~36	3.8 2~6	15.4 5~26	0.12 0.04~0.21
帯広	不二川迂回	20	1	3	40.0	0	トドマツ	15.3 8~19	33.3 16~40	17.0 10~24	49.0 10~72	0.19 0.07~0.32
札幌	駅通の沢	21	2	2	30.0	8.6	シラカバ, エゾマツ	20.5 18~23	37.5 25~50	7.0 4~10	12.5 5~20	0.06 0.05~0.06
秋田	杉沢・荒沢支線	21	9	15	38.0 17~55	13.7 1.5~40.0	イタヤ, ナラ, フナ, サワグルミ	17.0 11~35	25.0 14~60	31.3 6~94	55.9 15~125	0.36 0.11~0.80
前橋	上沢渡	18	7	10	32.4 10~45	7.9 0~17.4	ヒノキ, スギ, フナ	13.6 8~21	16.1 8~24	9.1 0~20	26.7 9~30	0.18 0.11~0.27
長野	笹川	26	6	6	35.7 32~42	3.6 1.5~6.2	コメツガ, カンバ, サワラ	22.2 14~26	51.3 38~72	16.7 10~30	56.7 40~80	0.10 0.07~0.16
名古屋	タツガヒゲ	21	3	3	35.7 28~43	1.1 0.7~1.8	ヒノキ, サクラ	23.7 20~28	36.7 22~64	25.0 5~60	46.7 30~60	0.17 0.07~0.30
大阪	大台・堂倉支線	20	9	14	33.9 23~44	4.9 1.6~12.9	ヒノキ, ツガ, カエデ, ミズキ, サワグルミ	11.4 6~24	18.7 6~53	11.0 5~18	65.9 28~115	0.23 0.09~0.41
高知	正木	10	3	3	38.3 35~40	9.9 0~15.2	ヒノキ	6.7 6~8	8.3 7~10	5.0	58.3 40~80	0.20 0.16~0.23
熊本	犬ヶ八重	3	2	7	33.5 24~43	4.2 1.8~6.6	コジイ, スギ	10.5 9~12	14.5 12~17	17.0 12~22	20.0 18~20	0.41 0.23~0.58
"	小河内	10	1	3	38.0	7.9	カコノキ, イスノキ	6.3 6~7	6.0 4~8	11.7 5~20	21.7 5~30	0.57 0.38~0.80

表一七 倒木調査地の概況と調査結果

管 林 局 名	林 道 名	全調査 個 所	生 発 所 個	本 数	傾 斜	林 縁 ~ 倒 木	樹 種	樹 高	胸 高 直 径
旭 川	鷹 泊 峠	21	3	3	16.0	1.7 0.8~2.2	イタヤ, タモ	9.0 7~12	13.3 7~20
青 森	六 枚 橋	12	1	1	28.0	4.4	ブナ	12.0	18.0
秋 田	杉沢・荒沢支線	21	2	3	51.5 45~48	4.9 3.5~6.2	サクラ, ネズコ	10.0	13.0
前 橋	上 沢 渡	18	4	5	42.5 38~48	0.3 0~1.3	ブナ, シデ, クリ, コナラ, ホホノキ	14.0 11~17	13.8 10~18
大 阪	大台・堂倉支線	20	4	4	32.8 27~40	5.1 0.9~10.7	ヒノキ, ヒメシヤラ	9.5 5~15	15.0 6~28
熊 本	犬 ヶ 八 重	3	2	5	25.5 24~27	0	スギ, サクラ, コジイ, タブ	8.0	9.0 7~11
"	小 河 内	10	1	2	38.0	0	ミズキ	9.5 9~10	13.0 12~14

は剥皮被害にくらべるとはるかに発生は少なく、傾斜との関連はみられない。倒木での特徴は発生したものゝ多くが、林縁あるいはこれに近い個所で、林内で発生することは稀である。これは倒木が土石の堆積によるものであり、林道近くは最も堆積深の大きな部分であることによる。また倒木は林令が低く、生長量の小さい林令での発生が多く見受けられ、生長量は表一六の剥皮木にくらべてはるかに小さい。このように生長量の小さい幼若令林は、樹幹が柔軟で、根系の発達も十分とはいえないことが発生の原因といえる。

林道の施工に際して倒木の発生を予想して防止工法を実施することはほとんど見受けられないが、現場の一部ではロープを使用し、樹幹を上方に索引して捨土する方法を試みていた。しかし幼令あるいは若令林では捨土することは今後の生育に障害が大きく、捨土は運搬して処理するように工法を検討すべきであろう。

(5) 枯損木の実態

調査方法でのべたとおり開設後数年(5~10年を標準)を経過した路線で約1.000m前後を目途に調査したものである。表一八は調査地の概況を示したものである。林道開設後、調査までの経過年数は3年から10年で平均は約6年であった。林種は表一の流出土石調査地とはほぼ同様で、北海道、東北は天然林、その他は人工林と天然林が混在している。平均標高は200m位から1,300mでほぼ国有林の経営の中心となる地域といえる。調査個所の傾斜は平均約34度で流出土石調査地と大差はなく、堆積深は平均約0.7mで前者の0.6mにくらべてやゝ大きな値を示した。

これら枯損木を生じた個所に堆積している土石は一部侵食、崩壊している個所もあるが、大部分はほぼ安定状態とみられる。

表一九は枯損木の樹種、林令、生長量と林道沿長に対する枯損率、枯損度、枯損原因などに関する調査結果である。

本調査では枯損木を生じた林分の林令は38年~260年におよんでいて、平均86年と極めて高い林令であり、したがって胸高直径も平均約29cmと大径木が多い。このような傾向は老令化した立木では剥皮、埋没などの被害に対して抵抗力が弱く、生長する活力が低いことが予想されることである。枯損率は枯損本数を林道延長100m当りの本数で示したもので、東京局大平林道の0.06から熊本局豊栄林道の6.9までであって、平均2.3であった。

表-8 枯損木調査地の概況

営林局名	事業区名	林道名	開設年次	調査年次	調査個所数	林種	平均標高
旭川	名寄	恩根内越	昭和38	昭和48	33	天然林	
北見	留辺蘂	やちぶきの沢	41	48	4	"	650
帯広	本別	本別沢	39	48	6	"	300
"	新得	パンケニコロベツ	40	48	19	"	850
函館	木古内	チリチリ	43	49	6	"	300
青森	青森	嘉瀬子内	42	49	10	"	
秋田	秋田	仁別	38	48	14	天然林 人工林	220
前橋	沼田	栗原川	43	48	5	天然林 人工林	1,200
東京	東京	大平	42~45	49	6	人工林 (スギ)	500
長野	藪原	笹川	43	48	22	人工林 (ヒノキ)	1,300
名古屋	中津川	阿木	40	49	21	人工林 (ヒノキ)	1,100
大阪	尾鷲	大台	43~44	48	19	天然林	1,100
高知	宿毛	正木	46	49	10	人工林 (ヒノキ)	450
熊本	竹田	豊栄	45	49	69	天然林	650

傾斜	堆積深	林縁~ 枯損木	地質	土性	備考
15 4~30	1.00 ^m 0.6~1.9	15.0 ^m 4~30	白亜紀層 頁岩・砂岩	植質壤土	安定
33 20~40	0.40 0.3~0.5	0.8 0~3	火成岩	植質土	安定
35	0.52 0.4~0.6	13.0 10~16			
33 30~45	0.27 0~0.6	0.9 0~8	熔結凝灰岩	乾性褐色 森林土	安定
40 30~45	1.00 0.3~2.0	1.8 0~5	頁岩	壤土	安定・不安定 ほと半々
36 20~48	0.70 0~1.5	62 1~20	凝灰岩	粘性土	安定
47 40~65	0.41 0~1.0	220 4~40	粗粒玄武岩	砂質壤土	ほと安定 一部は崩壊あり不安定
44 38~50	0.17 0~0.8	13.9 10~25	輝石安山岩	砂壤土	ほと安定
30 25~40	1.50 1.0~2.0	1.8 1.5~2	千枚岩質粘板岩	壤土	ほと安定,一部に浸食, 崩落あり不安定
30 11~40	1.00 0.6~2.5	9.5 1~31	粘板岩・砂岩	砂壤土	ほと安定
29 13~42	-	-	花崗岩	砂壤土	ほと安定 一部に崩壊あり不安定
37 28~42	0.90 0~2.0	13.5 0~42	頁岩	砂壤土・礫土	ほと安定
36 30~45	0.80 0~1.5	6.1 2~12	砂岩	植質土	安定
37 25~50	0.66 0~2.5	19.2 1~40	流紋岩	砂壤土	ほと安定

表-9 枯損木の調査結果

林道名	枯 損 木				本 数
	樹 種	樹 令	樹 高	胸高直径	
恩 根 内 越	トドマツ, ニレ 他広葉樹	50 年	18 m	36 cm	51 本
		24~80	12~26	14~58	
やちぶきの沢	トドマツ, エゾマツ	70	11	17	9
		45~100	8~16	10~26	
本 別 沢	トドマツ, エゾマツ, 広葉樹	38	22	32	6
		30~60	16~27	24~46	
パンコニコロベツ	トドマツ, エゾマツ	74	16	28	19
		25~180	6~30	10~56	
チ リ チ リ	ブナ, イタヤ	150	11	20	9
			6~14	6~34	
嘉 瀬 子 内	ヒバ, ブナ, ナラ 他広葉樹	106	10	25	20
		55~200	3~17	10~62	
仁 別	スギ	58	17	26	41
		10~160	6~42	4~140	
栗 原 川	ブナ, ナラ, 他広葉樹, ヒノキ(人工)	50	9	23	(25m) 27
		40~60	8~12	14~30	
大 平	スギ, ヒノキ	54	14	24	2
			12~15	20~28	
笹 川	ヒノキ, カラマツ アカマツ, サワラ ネズコ	49	8	16	15
			5~16	8~28	
阿 木	ヒノキ	47			0
		45~54			
大 台	ツガ, ミズナラ ブナ他広葉樹	260	15	41	61
			6~24	16~82	
正 木	ヒノキ	58			0
豊 栄	ツガ, アカマツ, カン, ミズメ他広葉樹 ヒノキ(人工)	63	14	24	69
		30~150	8~18	12~58	

林道延長	枯損率 (本/100m)	枯損度 (%)	枯損原因 (%)	備 考
1.840 m	2.8 本	a 84 b 16	A 90 H 10	
850	1.1	a 100	A 100	
500	1.2	a 100	H 6	
570	3.3	a 95 b 5	A 100	
900	1.0	a 56 b 44	A 67 D 33	
1.020	2.0	a 100	A 60 C, D, F, G 40	
870	4.7	a 12 c 88	A 100	
1.000	108.0	a 100	A 48 B 22 D 30	
3,500	0.06	a 100	A 100	
1.050	1.4	a 60 b 40	A 100	
1,000	0			
1,150	5.3	a 67 b 33	A 98 C 2	
100	0			
1,000	6.9	a 96 b 4	A 54 B 41 F 5	

枯損度は表-10に示す区分にしたがって各調査地毎の枯損度の割合を示した。

表-10 枯損度区分とその割合

区 分	比 率
a 完 全 枯 死	76%
b 枯 死 移 行 型	13
c 生 長 停 止	11

枯損原因は表-11に示す区分にしたがって各調査地の原因別の割合を示した。枯損原因の多くは捨土石を原因としているが、その他の原因は調査地あるいは個所の特性によることが考えられる。

表-11 枯損原因別区分とその割合

区 分	比 率
A 捨 土 石	79%
a 倒 木	8
b 折 損	1
c 剝 皮	49
d 埋 没	21
B 発 破	10
C ワ イ ヤ ー	1
D 侵 食	4
E 風 倒	1
F 雪 害	1
G 虫 害	1
H 環 境 変 化	3

全体の枯損度は表-10のとおりで、開設後5年前後を経過してもH, IIIの状態のものが24%を占めていることは、現在正常な生育をしているとみられるものの中でも、何らかの被害を受けているものは枯損への危険性を含んでいることが予想される。

枯損原因は表-11のとおり、捨土石によるとみられるものが約80%近くを占め、そ

のうちでも剝皮によるものが49%、埋没によるものが21%に達しこの両者が全体の70%を占める結果になった。林道作設に捨土石が各種の被害を生ずる主因であることは当然であるが、林分への被害である枯損木は岩石の落下による剝皮が、ほぼ半数を占めている。しかし最近では剝皮の被害を防止するため施工前に、むしろ・板・古タイヤなどを立木に巻付ける工法がとられているので、今後この被害は減少することは明らかである。これに反し埋没による被害を防止することは極めて困難である。(3)項でのべたとおり堆積深は林道直下から数mの範囲が最大となるので、埋没による被害はこの部分に発生している。したがってこの部分の土石の処理を検討する必要がある。

その他Bの発破は岩石地に発生する被害であり、岩石地としての工法の開発に頼らざるを得ない。

またHの環境変化とみられるものが一部でみられたが、これは風、温度、湿度などの気象的被害とみられるが主として寒冷地、高海拔地帯に危険性が高い。

東京局河津署管内で標高約730m、稜線に近い西向の斜面で林道延長約400mの間で61本の枯損木が測定された。調査地は天然林を伐採して、スギ、ヒノキを植栽し調査時はⅧ令級の人工林となっている。現在もモミの大木が点在しているが、そのほとんどは枯死状態である。林道は昭和44年に開設され、林道から山側はスギ、谷側はヒノキが植栽されている。枯損木のうち約48%にあたるスギは林道開設が直接の原因とはいえず、スギには不適地といえる場所に植栽されたことに問題があり、生育も極めて不良である。谷側の枯損木のうちの約半数はヒノキでその他は天然生のモミ、ツガ、ブナ、アカガシその他広葉樹が半数を占めている。この部分のヒノキは林道開設による剝皮埋没が枯損の主因といえるが、天然生樹種は樹令も高く風衝、乾燥など環境の変化が影響していることも一因と考えられた。

(6) 流出土石の抑止工法

従来林道工事では路体と盛土面の安定保護のため編さくやフトン蛇籠などを、盛土の斜面あるいは法尻に施工することがある。しかし一般には盛土の施工と同時にあるいは完成後に設置されることが多く、作設に際して流出する土石を防止する目的のものはほとんど見当たらない。

したがって工法の検討のため現地試験を計画したが、この種の工法としては資料が乏しく室内実験により基礎的な資料を得る必要もあり、時間的に困難なことが予想されたので極く限られた範囲の現地調査により検討した。

東京局掛川署は大代国有林で施業体系の開発に高密路網の整備を基本手段として、路網作設の技術開発を強力に進めてきた。この路網は作業道が主体であるが、保全工法として作設に先行して各種の構造物を施工して効果を挙げている。この掛川署の計画と成果を中心に、現地調査と併せ検討することとした。

掛川署では路網開発の当初切取土石の流出に対する処置を考慮せずに進めてきたが、流出土石により、倒木、剝皮損傷、林内の下層植生の埋没など林地、林木の被害が多く、また強雨には捨土の流出により路肩の侵食、崩壊など少なからず被害が発生した。

これらの被害を防止するとともに、極力切取り土量を少なくし、路肩の欠落を防ぐために各種の構造物の施工を計画した。

構造物は土木的には簡易なもので、木えんてい、丸太積、編さく、金網さくなどが施工されている。これに使用される材料は金網さくを除くと、すべて現地で供給されるもので主として支障木とその枝条が使用されている。木えんていは土石が集中して流出する小沢に施工されるもので、高さ2~3m、巾4~8m程度までとする。丸太積は山腹に施工されるもので、路肩に近く路肩と丸太積の間に土石を残留させるもので路肩の安定に効果が大きい。高さは50cm前後を標準とし、高くすることは土石の堆積を増大して将来に不安を残す。編さくは丸太積より簡易で高さもこれと同等あるいは更に低くすべきである。ただ材料の入手に経費を要する。また丸太積より斜面下方に施工すべきものと考えられる。金網さくはとくに転石が多く、速くへ飛散する時には有利で高さは1m前後で施工している。

掛川署ではこれらの工事を昭和46年度から実施し予想以上の効果が得られた。通常小沢を道路が通過するときは山側へ追込まざるを得ないが、木えんていを入れることによって路線のセンターは谷側を通ることができてカーブの半径を大きくし、作業の能率も上がった。丸太積は設置したことにより切取土量が少なくなり、捨土量は半減されている。またブルドーザの作業が容易で作設費が軽減された。

こゝでの効果は作業道の場合で道路の幅員も約3mであって、一般林道にくらべると、はるかに狭い。したがって通過する車両の重量も軽く作設は技術的にかなり異なることが予想されるので、一般林道についても同程度の効果を発揮できるかは疑問である。

しかし捨土について現地で調査した結果はかなりの効果があることが明らかで、とくに捨土量の少ない部分では編さくを施工してもよく土砂の流出を防止し、林木と林床の被害を軽減していた。たゞ傾斜が強くと捨土量が多くなり、転石、破碎岩が流下するような箇所

は斜面の下方まで数列を設置することも必要になるものと思われた。

(7) 模型実験

土砂流出抑止対策にはいろいろあるが、その1つとして林木を活用する方法がある。しかし、林木がどの程度の土砂流出抑止機能を有するかについてはさまざまな調査検討が必要である。本実験はその基礎資料を得るための模型実験である。

(7)-1 実験方法

i) 実験の組合せ

林道開設による残土砂の林内流出状態は気象、地質、地形、林地内の立木状態および下層植生、残土砂量等によって異なるが、本実験では傾斜、立木を想定した杭密度、土砂の粒径、杭の配列、杭径の大小の5因子をとり、さらにこれらの因子を次のように細分して108通りの組合せをつくり実験を行なった。

傾 斜： 20° 30° 39°
砂 の 粒 径： 0.6mm以下 0.6mm~1.2mm 1.2mm~2.5mm 2.5mm~5.0mm

杭 径：小（直径2.5mm 高さ8cm）

大（直径10mm 高さ10cm）

杭密度と配列：配列 杭密度（本/m²）

杭小の格子	0	156	625	2500	10000
杭小の千鳥	625	2500			
杭大の格子	156				
杭大の千鳥	156				

ii) 実験砂

実験用の砂は一度洗ってから空気乾燥させたもので砂の粒径別含水率および息角は表-12の通りである。

表-12 実 験 砂

粒 径 (mm)	含 水 率 (%)	息 角 (°)
0.6 以下	0.8	21
0.6 ~ 1.2	0.4	21
1.2 ~ 2.5	0.4	22
2.5 ~ 5.0	0.3	23

iii) 実験装置

図-11のように傾斜が変換できる装置の上に長さ2m（上部45cmは砂の貯留、

下部15.5cmは砂の流出斜面), 幅30cm, 厚さ3cmの板を載せたものである。砂の流出斜面には適当な傾斜で実験ができるように凹凸のある生ゴム板をはりつけ, これに穴をあけて立木用の杭を立てた。

(7)-2 測定法

図-11の上部45cmの所に約6Kgの実験用の砂を入れ仕切蓋を上げて, 砂が斜面を流出した距離を測定した。なお, 測定値は同一の実験を3回繰り返してその平均値をとった。また, 斜面15.5cm以上転げ落ちた砂の重量を測定し, それが全重量の1割以上であれば砂の流出距離を無限大とした。この他に砂の堆積状態をチェックするために, 砂の流出中心線に沿って最初の2点は5cm間隔, それ以後は間隔8cmごとに砂の堆積深さを測定した。

(7)-3 結果

108通りの実験結果は表-13の通りである。傾斜, 杭密度, 砂の粒径等の違いによる砂の堆積状態をチェックするために, 砂の最大堆積深と砂の流出距離(図-12)の関係をみると, 杭密度および杭の配列, 砂の粒径の違いがあっても傾斜 20° か傾斜 30° のいずれかのグループに属しており, 因子の違いによって特異な砂の最大堆積深があらわれたり, 流出距離になったりはしないようである。傾斜 20° と傾斜 30° で砂の流出距離が同じ場合は傾斜 30° の方が砂の最大堆積深が小さい。これは傾斜 30° の方が傾斜 20° のときより最大堆積深に近い堆積状態が続いていることを示している。次に, 砂の堆積傾斜 $\tan \theta$ (砂の最大堆積深/その地点より砂の最終到達地点までの距離)と砂の流出距離(図-13)の関係から砂の堆積状態をみると, 傾斜による差もなくなり, すべての点が同一曲線上にのってしまい, 因子が異っていても特異な形状で堆積するのではなく同じような堆積傾向をもって堆積していくようである。

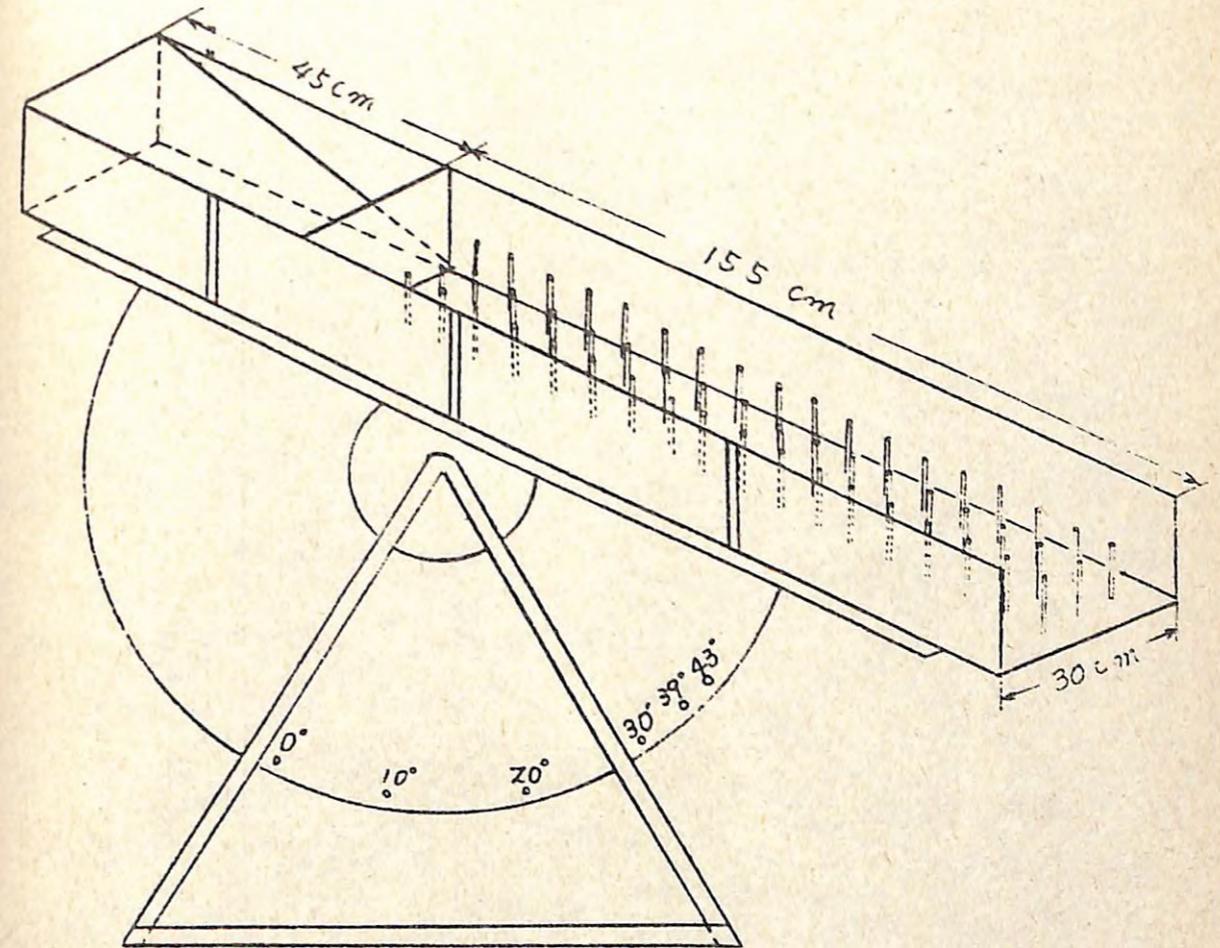


図-11 実験装置

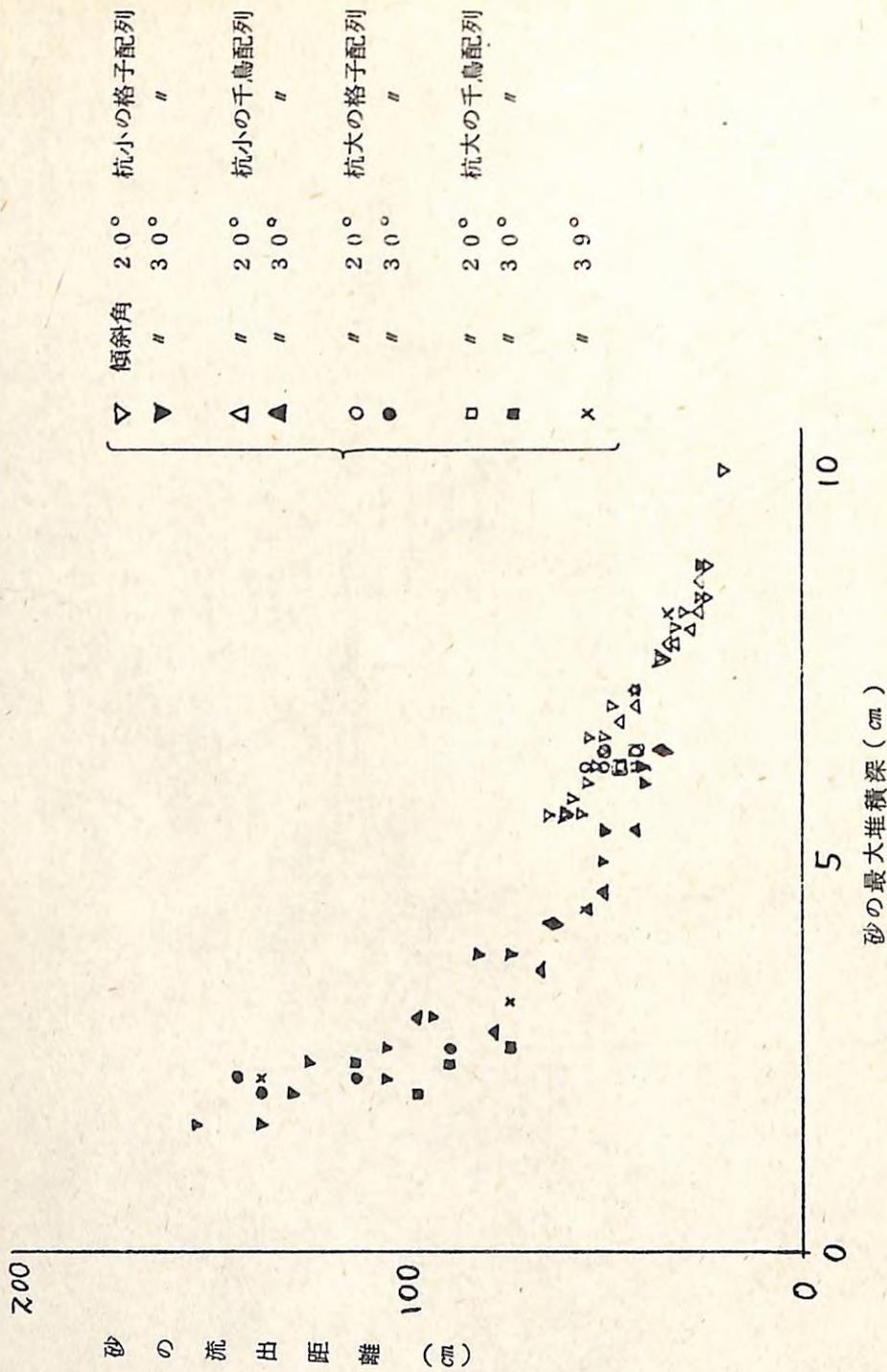


図-12 砂の最大堆積深と砂の流出距離

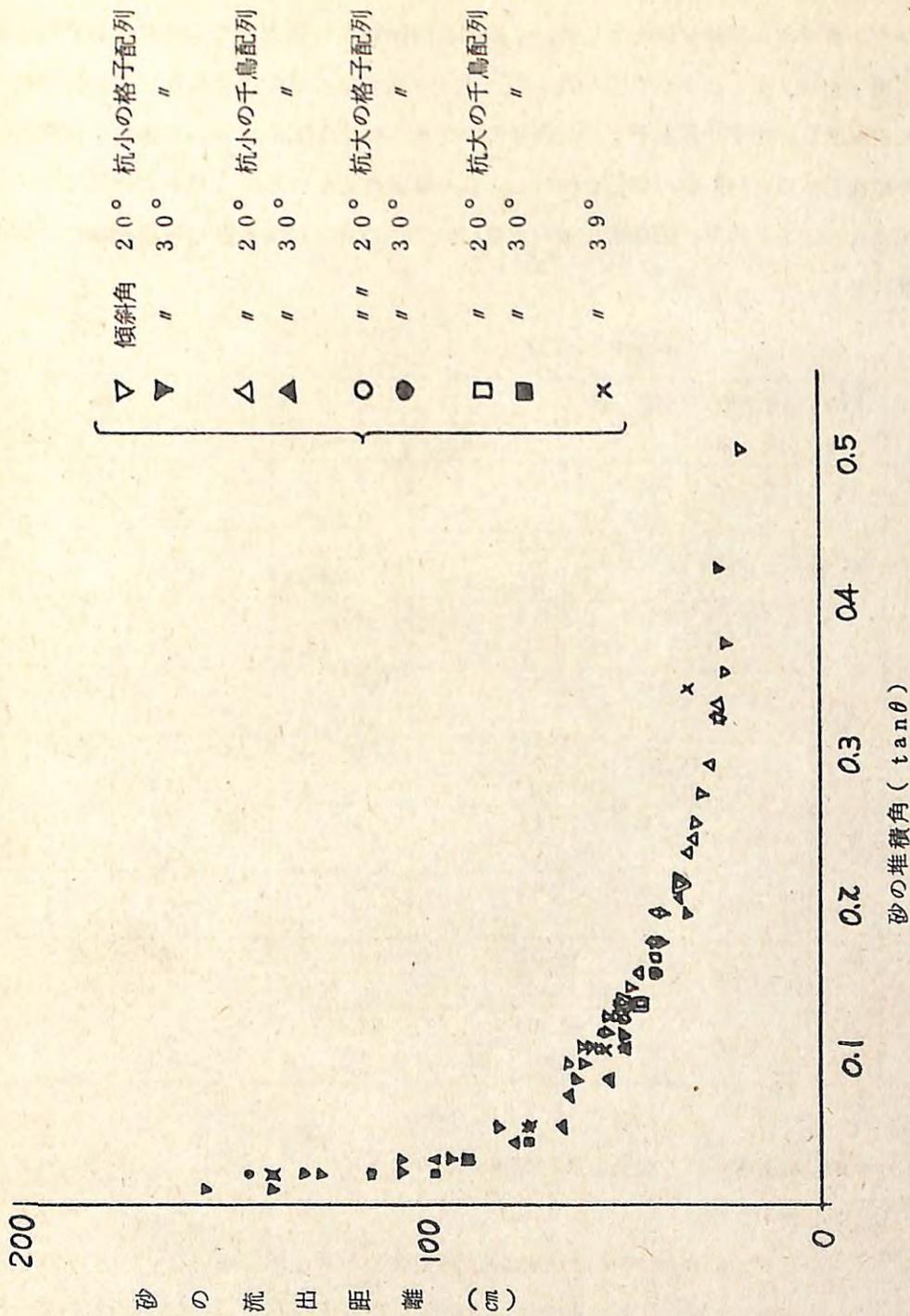


図-13 砂の堆積角と砂の流出距離

砂の流出距離については、傾斜39°の場合には一部を除き実験砂約6Kgの1割以上の砂が155cmの斜面を越えてしまい、砂の流出距離が無限大となったので参考程度にとどめ、傾斜20°と30°での値(表-14)によって砂の流出に及ぼす各因子について検討する。まず、各因子との組合せの中で杭小の格子配列において傾斜、杭密度、砂の粒径と砂の流出距離の関係を検討し、この結果をもとにして、杭小の格子配列と千鳥配列における砂の流出距離の比較および杭の大小の違いによる砂の流出距離の比較検討を行なう。

表-14 砂の流出距離 (cm)

杭の 大小	杭の 配列	杭密度 本/m ²	傾斜 °	砂の粒径 mm			
				~0.6	0.6~1.2	1.2~2.5	2.5~5.0
杭 小	格 子	0	20	64	60	60	56
			30	∞	∞	∞	∞
		156	20	58	54	52	50
	子	625	20	154	138	130	106
			30	54	50	48	42
		2500	20	126	106	94	74
小	千 鳥	2500	20	36	36	32	26
			30	82	62	50	40
		10,000	20	30	24	24	20
	格 子	625	20	50	40	34	26
			30	46	42	42	34
		2500	20	98	78	66	54
大	千 鳥	2500	20	32	28	26	26
			30	64	50	42	36
	格子	156	20	55	50	50	42
大	千 鳥	156	20	144	138	114	90
			30	46	46	42	42
大	千 鳥	156	20	114	98	90	74
			30	114	98	90	74

i) 傾斜、杭密度、砂の粒径と砂の流出距離の関係

① 傾斜

傾斜39°の場合、砂の流出距離が無限大となったが、傾斜20°と傾斜30°の流出距離と比較しても両者の間にはかなりの差がみられ、その差は杭密度が大きくなるにしたがって小さくなる(図-14)。傾斜20°と30°の砂の流出距離割合は砂の粒径変化も加味すると、杭密度156本/m²、砂の粒径0.6mm以下の場

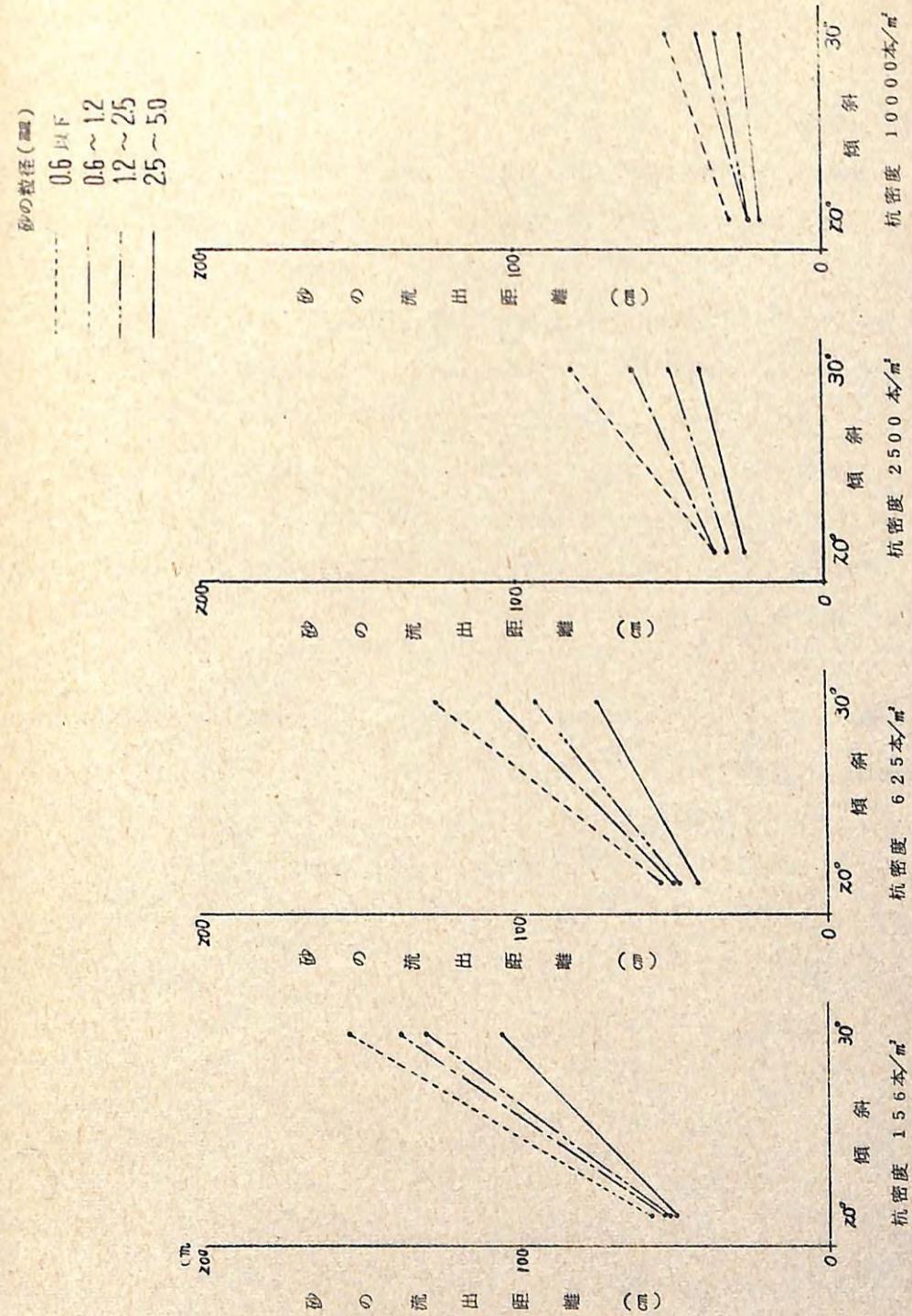


図-14 傾斜と砂の流出距離 (杭小の格子配列)

合は2.7倍にもなっているのに対し杭密度10000本/m²,砂の粒径2.5mm~5.0mmでは1.3倍にまで小さくなっており,砂の流出距離は傾斜によって大きく変化する。

② 杭密度

杭密度と砂の流出距離の関係をみるためには杭密度0本/m²(無立木の場合)での砂の流出距離を基準にすべきであるが表-14より傾斜30°では砂の流出距離が無量大となり基準とすることができないので,杭密度156本/m²,傾斜20°および30°での砂の流出距離を基準にして各杭密度での効果を検討する。杭密度625本/m²,傾斜20°のときの流出距離割合の範囲は0.93~0.84,傾斜30°では0.82~0.70,杭密度2500本/m²では0.62~0.52と0.53~0.38,杭密度10000本/m²では0.52~0.40,0.32~0.25となり,杭密度が大きくなるほど砂の流出距離は減少している。図-15からも傾斜20°よりも傾斜30°の方が減少割合が大きいことが一目で理解でき,杭による砂の流出抑止効果が発揮されている。

③ 砂の粒径

砂の粒径0.6mm以下と2.5mm~5.0mmの場合の砂の流出距離を表-14を用いて比較すると,杭密度156本/m²,傾斜20°では0.86,30°では0.69,杭密度526本/m²ではそれぞれ0.78,0.59,杭密度2500本/m²では0.72,0.49,杭密度10000本/m²では0.67,0.52となって図-16からも明らかなように,砂の粒径が大きくなると砂の流出距離は小さくなり,しかも,傾斜20°のときより30°の方がその傾向は強い。

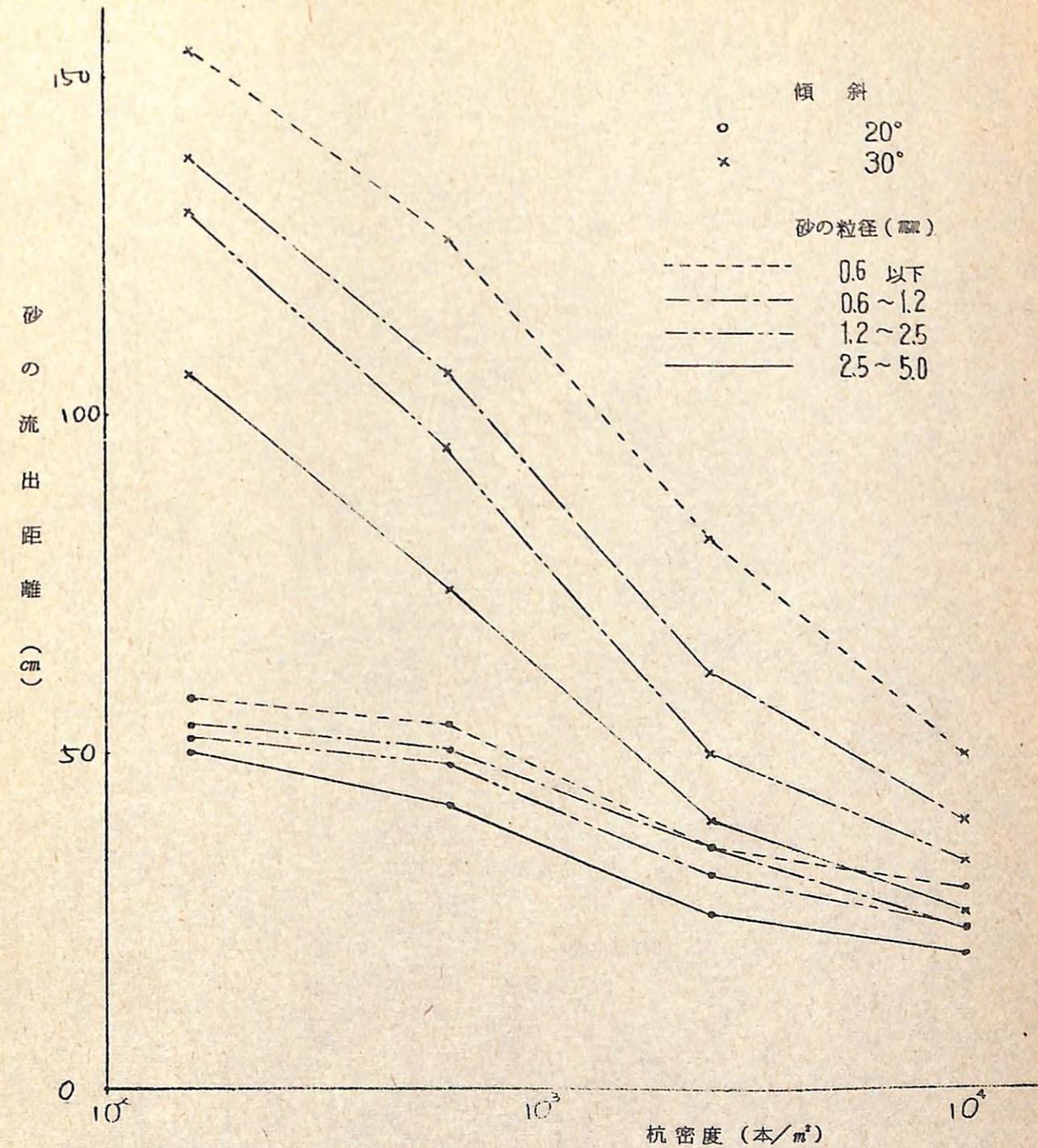
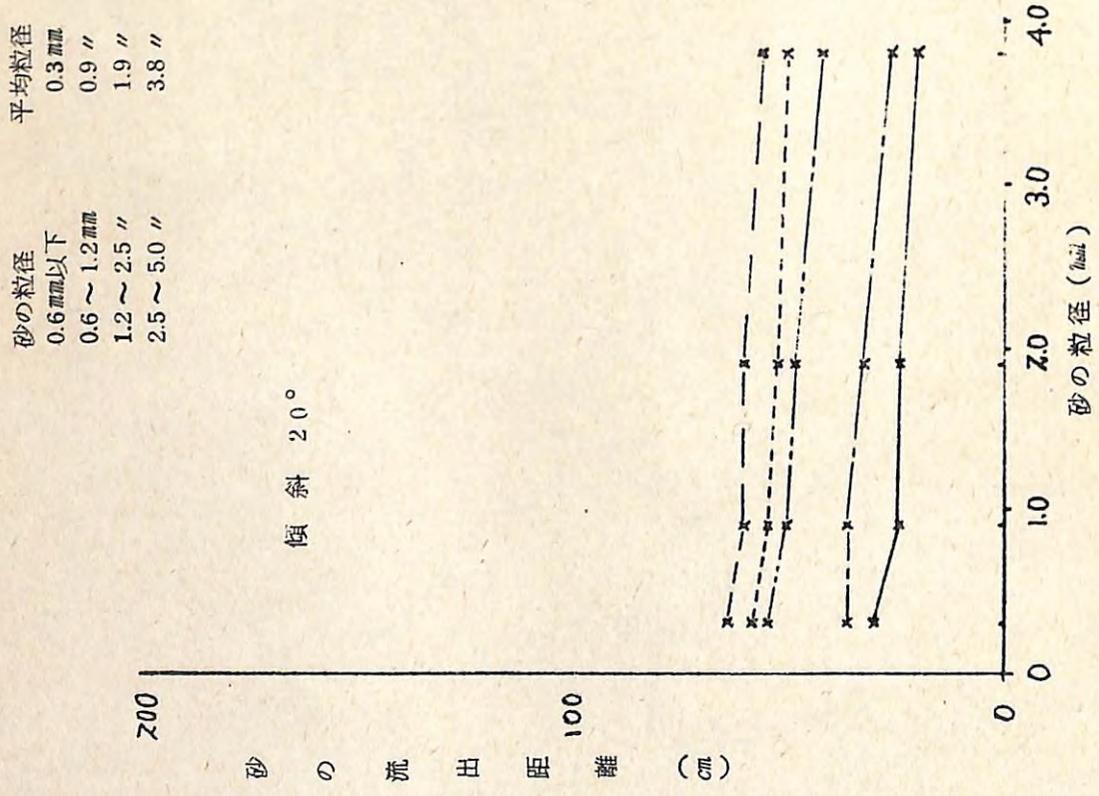
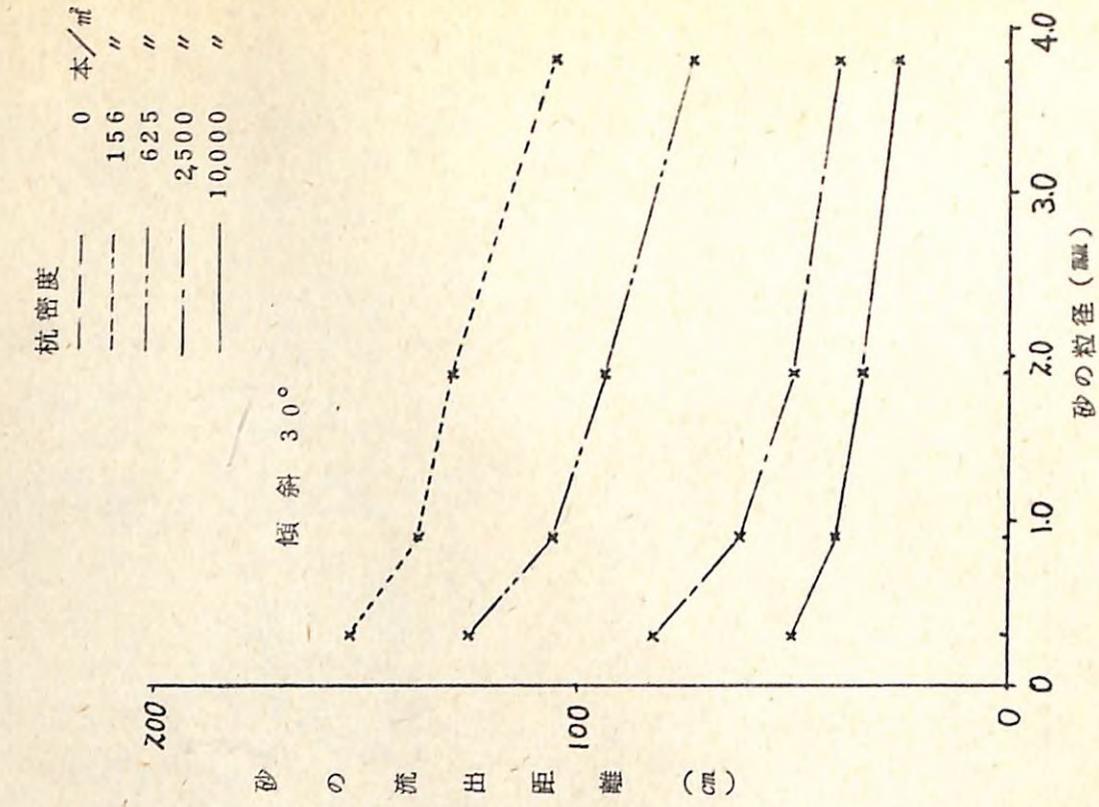


図-15 杭密度と砂の流出距離
(杭小の格子配列)



図一16 砂の粒径と砂の流出距離 (杭小の格子配列)

④ 3因子と砂の流出距離

傾斜, 杭密度, 砂の粒径のいずれも砂の流出に及ぶ影響は大きい。図一13によれば, 杭密度の変化に伴って, 傾斜と砂の流出距離の変化割合は傾斜20°より傾斜30°の方が大であり, 砂の粒径の違いによる砂の流出距離の変化幅も傾斜30°の方が大きい。すなわち, 杭密度, 砂の粒径が同じ場合の砂の流出抑止効果を考えると, 傾斜20°のときより傾斜30°の方がよりよい効果を発揮できる。また, 砂の流出距離を小さくするためには, 傾斜が緩, 杭密度大, 砂の粒径が大の状態である。この3因子と砂の流出距離を用いて分散分析を行なった結果, 傾斜, 杭密度はともに0.1%で有意性があり, 砂の粒径は5%水準で有意性が認められた。

ii) 杭の配列と砂の流出距離

杭の配列の違いによって砂の流出距離がどのようにかわるか, 杭小の格子配列と千鳥配列とで比較すると, 傾斜および砂の粒径と砂の流出距離の関係は格子配列の場合と似ているが, 杭密度との関係は千鳥配列の方が格子配列より勝っている。

iii) 杭径の大小と砂の流出距離

杭大の密度156本/m²は直径合計では杭小の密度625本/m², 杭の断面積合計では杭小の密度10000本/m²に相当する。傾斜20°において, 杭大の格子配列, 密度156本/m²は杭小の格子配列, 密度625本/m², 杭大の千鳥配列, 密度156本/m²は杭小の千鳥配列, 密度625本/m²とそれぞれ同じような効果がみられる。しかし, 傾斜30°ではこのような傾向が認められない。杭小の場合は傾斜20°より傾斜30°の方が効果があったのに比べ, 杭大は傾斜による砂の流出抑止効果は杭小ほどではない。

(7)-4 考察

林木の土砂流出抑止効果を高めるためには, 立木密度を大きくすることであり, 同じ立木密度であれば格子配列より千鳥配列の方が望ましい。また, 立木の細いものより太いものの方がよく, それも立木直径合計と何らかの関係をもって土砂流出抑止効果を発揮するようである。さらに捨土砂の粒径が大きく, 斜面の急な方が林木の土砂流出抑止機能をより多く発揮させうる条件である。

しかし, 林木によって長期的に土砂流出抑止を目的とするには, 林木が土砂によって枯死させられてはならず, それには, 土砂の堆積深や土砂の衝撃による林木の被害状況を把握する必要があり, 単純に土砂の流出距離を小さくして土砂を厚く堆積させること

が良策か否か疑問である。

本実験の結果、砂の粒径は大きい方がより杭による砂の流出抑止効果を期待し得るとなったが、距離を測定する場合、斜面を転り落ちる多少の砂を無視しての距離であり、現地を想定した場合、かえってここで無視した砂に対応する土砂が加害の要因になる場合には別途の検討が必要となる。

IV ま と め

本調査における保護樹帯とは林道沿線の保護樹帯であって、対象とした林道は国有林の事業林道である。公団林道である特定森林地域開発林道（スーパー）、大規模林業園開発林道など、作設に多額の経費と高度の技術を要する林道は対象としていない。また事業林道に直結した作業道も一部について調査した。

林道捨土石は下方斜面に流出堆積し、堆積土石は強雨でさらに流出するとともに、林地斜面を侵食して林地と下流の被害を増大する。また林道の開発は伐期に近い林地を通過することが多く、林木の被害をなるべく軽減することも考慮されなければならない。近時は景観保護の面からも林帯の設置が要求される個所も少なくない。

以上のように林道沿線保護樹帯はいくつかの効果が期待されるが、本調査は開設にともなう捨土石の態様と被害を明らかにして、保護樹帯設置に関する基準の検討資料を得るために実施した。この調査の結果から保護樹帯として、必要な幅と維持管理、更新時期と方法あるいは林地、林木の保護と、林帯では抑止できない土石の流出防止工法などについて2・3の考察を加えて検討を試みたものである。

1 地形、林相と流出土石

林道の開設に際して地形、林相と流出土石の態様はIII-2-(2), (3)のとおりであるがこの調査結果と模型実験の結果から地形、林相に応じた保護樹帯の幅について検討してみる。

表-4ならびに図-5から傾斜25度から45度までの間が、林帯が土石の流出抑止効果に影響する範囲であると推定されたので、表-4の傾斜26度から45度までについて、土石の流出距離と傾斜、樹草指数の関係を配列を変えてみたものが表-15である。この表でみると流出距離が短い(10m以下)場合は傾斜(a₁, a₂)に関係なく度数の差は少ないが、流出距離が長く(11m以上)になると傾斜急(a₂)の度数がa₁にくらべてはるかに多くなり、傾斜による流出距離への影響が明らかである。

立木指数と流出距離の関係は、傾斜緩(a₁)ではb₁~b₄まで大きな変化はないが、傾

表-15 傾斜、樹草指数別流出距離の度数分布

傾 斜	流出距離		m			計		
	立木指数	草本指数	~10	11~20	21~30	c	b	a
a 1	b 1	c 1	1	1		2	9	47
		2						
		3						
		4	6	1		7		
	b 2	c 1	6	1	1	8	13	
		2	2	1		3		
		3						
		4	2			2		
	b 3	c 1	8	2		10	14	
		2	3			3		
		3						
		4	1			1		
	b 4	c 1	10			10	11	
		2						
		3	1			1		
		4						
計			40	6	1	47	47	
a 2	b 1	c 1	4	2	2	8	21	63
		2	4	2		6		
		3	2	1	1	4		
		4		3		3		
	b 2	c 1	6	5	1	12	22	
		2	1			1		
		3	3	3		6		
		4	3			3		
	b 3	c 1	6	2		8	14	
		2	3			3		
		3	1			1		
		4		2		2		
	b 4	c 1	4			4	6	
		2						
		3	1	1		2		
		4						
計			38	21	4	63	63	
合 計			78	27	5	110		

注 傾 斜 a 1 : 26~35°, 2 : 36~45°
立木指数 b 1 : ~2.0, 2 : 2.1~4.0, 3 : 4.1~6.0, 4 : 6.1~
草本指数 c 1 : ~2.0, 2 : 2.1~4.0, 3 : 4.1~6.0, 4 : 6.1~

斜急 (a_2) になると, $b_1 \rightarrow b_4$ と指数が大きくなるとともに, 度数が減少して, 立木指数が傾斜の急な場合に土石の流出抑止効果が大きいことを示して, 模型実験の結果と同様な傾向を示した。

草本指数は立木指数と流出距離のそれぞれの階級のなかで, 指数が大きくなると度数が少なる傾向がみられて, 草本も流出抑止効果のあることが明らかである。

立木指数と草本指数の関係は図-17に示したように, それぞれの最大値は, 立木指数が大きくなると草本指数が小さくなる。すなわち, 立木指数が大きい場合は草本指数の大きな値はなく, 草本指数の大きな値は立木指数の小さな値の場合にプロットされている。しかし個々の関係は最大値の推定線までの中に散在してバラツキの幅は大きい。一般に林分を群落としてみた場合, 高木層と草本層の関係は本調査の指数を用いても, ほぼ推定線の傾向で, プロットされるものと予想され, 立木指数と草本指数は林分ごとには相反した値をとるはずである。また草本などの下層の植生は高木層の形態と量によって左右される。

林道作設による土石の粒径は土砂から破砕岩まで大きな幅があり, これを林帯で抑止するには, 高木・低木・草本によって抑止効果は異なる。これらすべての径の土砂石礫に対して抑止効果を期待できるのは高木であり, 低木, 草本と抑止効果のある粒径は小さくなる。

以上のような点から, 林帯は立木指数(高木, 低木の合計値)に注目し, 傾斜と関連して, 保護樹帯の幅について検討してみる。

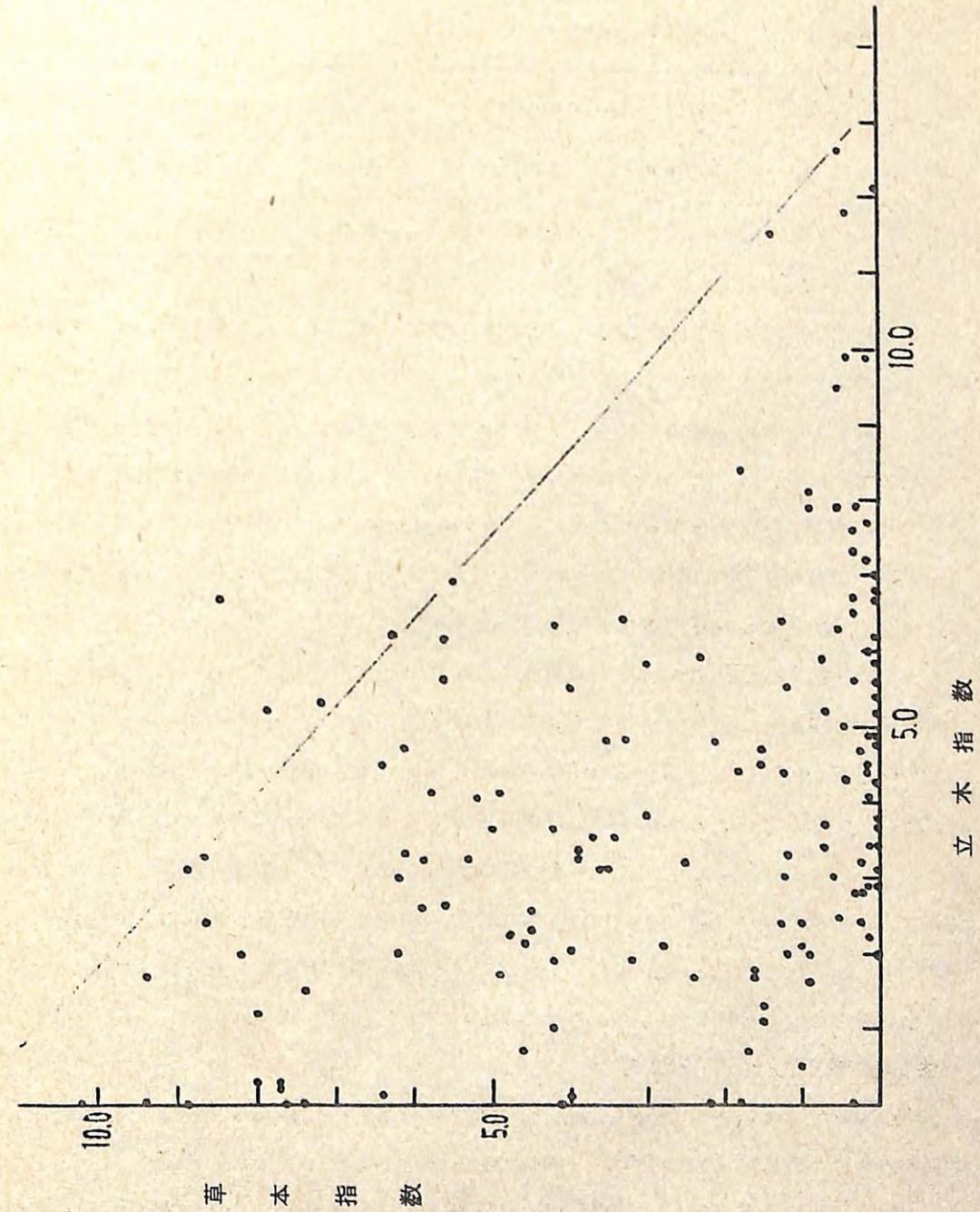


図-17 立木指数と草本指数の関係

図-5, 表-4から傾斜別の最大流出距離と平均流出距離を示すと表-16のごとくなる。

表-16 傾斜別流出距離

傾斜 流出距離	~15°	16~25°	26~35°	36~45°	46°~
最大	2.0m	3.5m	18.9m	25.2m	52.8m
平均	1.9	1.6	5.1	9.5	25.6

土石の流出が問題になるのは、こゝでは最大流出距離であるという前提で、図-5から傾斜25度の最大流出距離を推定すると約10m, 35度では20m, 45度では40mに近いが、プロットされた測定値でみると、25度までは5mに足らず、35度では10m以下、45度までは20m以下に大部分がプロットされていることがわかり、それぞれの傾斜に対する流出距離のバラツキは樹草の影響によるものと思われる。またこれまでも述べたように45度以上の急傾斜地では林帯だけで抑止することは不可能に近くなるので樹帯の設置と同時に林道の作設方法、防止工法などの開発が重要になる。

このような結果から傾斜からみた保護樹帯としての幅は25度までは10m, 35度までは15m, 45度までは20m程度で、大部分は抑止できるものと予想される。図-9, 10に示された樹草の指数と土石の流出距離の関係について立木指数を中心に検討してみる。指数が2.0までは25m, 4.0までは20m, 6.0までは15m, 8.0までは10mが土石の最大流出距離となり、同じ指数における流出距離の差異は傾斜の影響とみられる。したがって最大流出距離の推定曲線はその立木指数の最大傾斜面での距離と予想される。指数が最も少ない2.0以下の場合でも測定値の大部分は20m以下の流出距離であって、林帯があればほぼ20m前後で土砂の流出は抑止されることになる。

2 保護樹帯の設定と管理更新

前項から幅20mの林帯があれば流出土砂の大部分は抑止出来ることが予想された。しかし保護樹帯の幅は傾斜と林相の両者の関連で決定すべきものと考えられる。

また保護樹帯の維持管理および更新は、地域あるいは個所の特性などの要因から、当初に設定する樹帯の位置と幅が計画されなければならない。

一般に使用頻度が高く管理のよい林道の切取法面と盛土面は開設後5~10年では安定する傾向がうかゞえたが、計画を越える強雨があると、法面の崩落が多発して測溝、横断溝

が土砂で埋まり、流水は路面とともに、路肩をも破壊して下方斜面の林地の侵食、崩壊を誘発することも少なくない。切取法面、盛土面の安定状態から更新は開設後10~15年で可能になると予想したが、特殊な地質、地形、降雨の条件を考慮しなければならないところでは、管理方法と更新方法にも十分意を用いなければならない。

図-5, 図-9から予想される立木指数に対する土石流出距離の関係を傾斜ごとに示したのが図-18である。この流出土石の抑止距離を基準に保護樹帯の幅を予測する場合、地質、地形、降雨などの因子のうち地質、降雨特性などは地域、地区で考慮されるべき因子であるので、これを除き地形(傾斜)について検討してみる。開設時点の土石の流出は傾斜が急になると転石、破砕岩の落下速度が早く、林木の被害が多くなり枯損の一因になることも考えられる。また開設後の維持管理も容易でないことが予想されるので、傾斜が急になると緩な場合より流出抑止距離に対する樹帯幅の割合を大きくして安全性を確保する必要がある。

こゝで保護樹帯は流出抑止距離に対して、25度は1.5倍、35度は1.75倍、45度は2.0倍を立木指数に応じた保護樹帯の幅と推定して図-18に示した。この図から立木指数3.0についてみると傾斜が45度なら樹帯幅は約30m, 35度は20m, 25度は10m前後となる。立木指数3.0とはスギ50年生がほぼこれに相当する。立木指数は根元直径と立木密度から算出したのでスギを例にとると林令10年-3.8, 20年-4.1, 30年-3.5, 40年-3.2というような変化をする。またこの樹帯幅は水平距離なので斜距離としてみると、それぞれ45度は43m, 35度は25m, 25度は11mとなる。

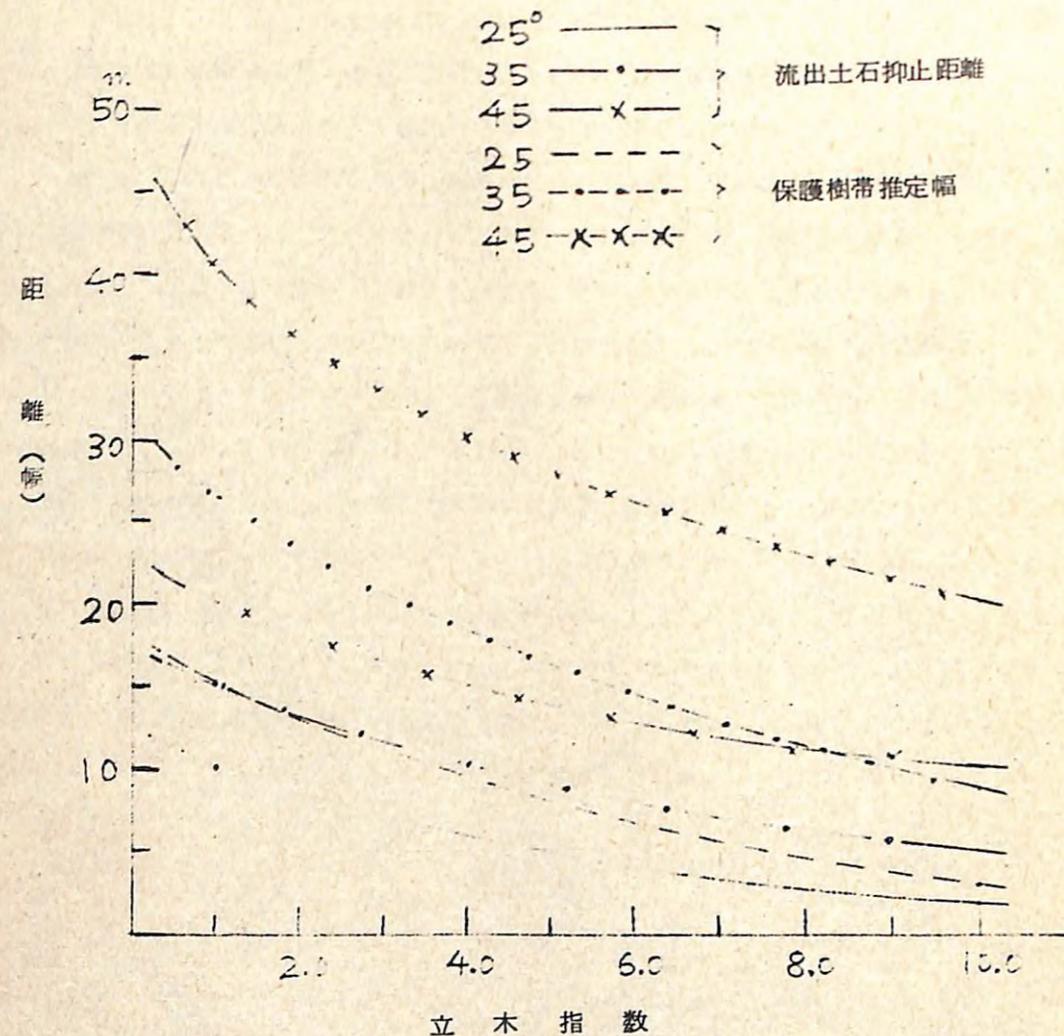


図-18 傾斜・立木指数と土石抑止距離
および樹帯推定幅

表-17, 18は林道開設後の経過年数と林道路肩から林縁までの間の斜面の安定度を侵食と植生状態によって調査した結果である。

表-17は掛川署内で昭和45~47年度開設の作業道について調査(昭和49年9月), 表-18は河津署管内の昭和37~48年度に開設された林道について調査(昭和49年9月)したものである。調査は掛川署では延長約9,000m, 350mに1個所の割合, 河津署では延長約13,000m, 450mに1個所の割合で調査個所をとり路肩と林縁の間に2×2mのコドラートを設置して測定した。

調査の結果ガリ侵食は5年以上(昭和44年以前の開設)を経過した個所では見当らなかった。リル侵食も開設後の経過年数が増せば頻度が低くなり安定して来たことがわかる。植生の被覆状況では中層(低木層に当る樹高1~6m)の被度が, 開設後5年以上を経過すると増しているのが目につき, 侵食状態と安定度の傾向が類似した傾向を示した。

一般に林道施工では, 路肩直下の盛土面と, 切取斜面は植生の吹付工事が実施されて, 安定保護に良い結果がみられる。しかしこれら導入樹草のほか, 自然に侵入する植生が安定度を判断する上では重要でとくに中層(低木層)に注目した。上記調査の結果で中層を占める樹種は, ニシキウツギ, アカメガシワ, ヤマハンノキ, ニワトコ, ヤマグワ, オオバヤシヤブシ, タラノキ, ホオノキ, クサギなどの自然侵入のものが大部分であった。

本調査のなかで上記の調査のほか, 測定値は得られなかったが, 一般には開設後10年を経過した林道では, 盛土, 捨土斜面とともに切取斜面もほとんど安定していることが観察された。したがって表-17, 18の調査の結果もあわせて考察すると, 保護樹帯の更新はほぼ10~15年で可能と考えてよい。しかし豪雨による被害を考慮すると地質, 地形など地域特性に応じた更新の方法を検討することが緊要である。

表-17 捨土(上部)の安定度調査結果—東京局掛川署作業道

No	開設 年度	傾斜	林種	樹種	林令 年	粒度分布(%)				
						土砂	砂利	礫	転石	破碎岩
1	S45	38°	人	ヒノキ	55	+	50	50	-	-
2	"	42	"	"	"	+	45	50	5	-
3	"	36	"	"	"	+	70	30	-	-
4	"	41	"	"	50	+	60	40	+	-
5	"	40	"	"	"	+	70	30	+	-
6	"	38	"	"	"	30	60	10	-	-
7	"	37	"	"	"	10	50	30	10	-
8	"	28	"	"	"	10	55	30	5	-
9	"	41	"	"	"	10	40	40	10	-
10	"	35	"	"	"	5	60	30	5	-
11	S46	31	"	"	17	-	50	50	+	-
12	"	31	"	"	"	-	50	50	-	-
13	"	40	"	"	"	20	30	40	10	-
14	"	33	"	"	"	+	30	60	10	+
15	"	40	人,天	ヒノキ,デ	"	+	40	50	10	-
16	"	36	人	ヒノキ	"	20	60	20	+	-
17	"	35	"	スギ,ヒノキ	16	5	50	40	5	-
18	"	40	"	ヒノキ	"	+	80	20	+	+
19	"	40	"	"	55	+	80	20	-	-
20	"	34	"	"	"	+	70	30	+	-
21	"	30	"	"	"	+	60	40	+	-
22	"	37	"	"	"	+	50	50	+	-
23	"	43	"	"	"	+	50	45	5	-
24	S47	40	"	"	50	5	70	20	5	+
25	"	40	"	"	"	5	55	40	-	-
26	"	42	"	"	"	5	70	25	-	-
平均		37.2			41.3	11.4	56.0	36.2	8.0	

堆積 深	ガリ 深×幅×延長	リル	植生被度(%)			
			上層	中層	下層	全層
0.8	-	-	100	-	100	100
0.8	0.3×0.5×2.0	-	90	-	85	95
1.0	-	-	90	-	95	95
0.8	-	-	20	-	80	80
1.0	-	100	-	-	80	80
1.0	-	100	90	-	20	90
1.0	-	100	-	-	80	80
0.8	-	-	10	40	70	100
1.0	0.15×0.2×2.0	50	10	-	80	90
1.0	-	10	-	10	80	90
1.5	0.5×2.0×2.0	-	30	-	80	100
1.5	-	-	20	-	100	100
1.0	-	-	-	-	100	100
1.0	-	-	-	-	100	100
0.6	-	-	90	-	70	100
0.5	-	100	-	-	45	45
0.5	-	100	-	70	30	90
0.5	-	-	-	-	100	100
1.0	-	30	-	-	90	90
0.6	0.5×0.8×2.0	-	60	-	90	100
0.6	-	-	-	100	30	100
1.0	-	-	-	-	100	100
1.0	0.2×0.3×3.0	-	-	90	80	100
0.5	-	100	70	-	60	90
1.0	-	30	-	-	85	85
1.0	-	100	50	-	30	70
0.88		74.5	56.2	62.0	75.4	91.2

表-18 捨土(上部)の安定度調査結果—東京局河津署林道

No	開設 年度	傾斜	林種	樹種	林令	粒度分布(%)				
						土砂	砂利	礫	転石	破碎岩
1	S37	42°	人	伐跡	年	10	40	20	30	+
2	"	38	"	"	-	20	60	10	10	-
3	S38	28	"	ヒノキ	40	10	80	10	-	-
4	"	31	"	"	40	10	30	50	10	+
5	S39	33	"	"	35	20	50	20	10	-
6	"	42	"	"	30	20	60	20	-	-
7	S40	38	"	伐跡	-	10	40	40	10	+
8	"	37	"	スギ	40	+	50	20	30	-
9	S41	42	"	ヒノキ	35	20	60	10	10	-
10	"	40	人,天	スギ,カシ	40	10	70	10	10	-
11	S42	42	天	広葉	40	20	60	10	-	10
12	"	36	人	スギ	55	10	80	10	+	-
13	"	40	"	"	45	10	80	10	+	-
14	"	38	"	"	40	10	70	10	10	-
15	S44	38	"	"	45	20	60	20	-	-
16	"	40	天	広葉	-	10	70	20	-	-
17	S45	42	人	ヒノキ	35	10	70	20	-	-
18	"	40	天	広葉	-	10	50	25	5	10
19	"	42	人	ヒノキ	35	10	60	20	10	-
20	"	41	天	広葉	-	5	50	25	20	-
21	"	38	人	スギ	45	10	60	30	+	-
22	S46	45	天	広葉	-	10	30	30	10	20
23	"	42	"	"	-	10	40	30	20	-
24	S47	38	人	スギ	2	20	70	10	-	-
25	"	40	"	"	2	10	60	30	+	-
26	S48	38	"	"	65	10	80	10	-	-
27	"	35	"	伐跡	-	10	40	20	20	10
28	"	37	"	"	-	20	70	10	-	-
平均		38.7			37.2	12.3	58.6	19.6	14.3	12.5

堆積 深	ガリ 深×幅×延長	リル	植生被度(%)			
			上層	中層	下層	全層
m	m	%				
1.0	-	-	-	100	60	100
1.0	-	20	-	80	100	100
0.5	-	30	100	-	60	100
1.0	-	-	-	90	80	100
1.0	-	-	-	90	70	100
1.5	-	-	-	100	80	100
1.0	-	40	-	60	60	100
0.5	-	-	-	80	60	100
1.0	-	-	100	60	30	100
0.5	-	10	100	20	80	100
0.5	-	-	-	60	100	100
1.0	-	20	-	100	60	100
1.5	-	-	-	100	50	100
1.5	-	10	-	80	80	100
1.0	-	-	-	60	100	100
1.0	-	-	-	90	100	100
1.5	-	-	100	-	90	100
1.0	-	40	100	-	100	100
1.5	-	-	-	-	100	100
1.0	-	80	100	40	20	100
1.0	-	-	-	-	100	100
1.5	-	20	-	20	100	100
1.5	-	20	-	-	100	100
1.5	-	30	-	-	100	100
1.0	-	100	-	-	100	100
1.5	-	100	-	-	100	100
1.5	0.1×0.2×2.0	30	-	-	100	100
1.5	0.15×0.3×2.0	30	-	-	100	100
1.1		38.7	100	72.9	81.4	100

3 安定補完工法

林道の捨土石は1個所に多量に堆積すると、強雨の際に危険性が高い。また林木の根元を埋没して、生育を阻害し、枯損の原因ともなる。したがって林帯で抑止が困難な土石の流出に対する補完工法もこの点に留意して位置と工法を考える必要がある。

工法は掛川署が実施している先行施工を前提とし工種もほゞこれを標準として検討する。捨土石を林縁で完全に抑止することは林床被害を減少せしめる効果は大きいですが、林縁に多量の土石を堆積せしめて、丸太積、編さくなどの腐朽も考慮すると長期的な安定法ではない。捨土石はなるべく薄く林内に分布せしめることができれば堆積による林木と林床の被害を軽減することができる。このような捨土石の処理には、低い丸太積、編さくなどを林内に施工することにより効果を期待することができる。

これらの施工は林道と平行に下方の斜面に、土砂の量、傾斜に応じて、列数を考慮して設置する方法をとれば、治山の山腹工法と同様に傾斜を緩にして土石の安定に効果は少ないものと予想する。その高さはなるべく低く、50cm前後を標準とするので、材料が腐朽して破壊されても被害は少なく、堆積も浅いので林木、林床の被害も少ない。転石、破碎岩の個所は表土が浅く、杭打が困難ならば立木を利用することもできる。またこの様な個所は、石、岩の落下による林木の損傷(剥皮)が生じ易いので林縁から10~20m程度まで下方斜面の林木は衝撃、剥皮防止のため、古タイヤ、むしろなどを巻付けることも必要である。

通常林縁には支障木の枝条、抜根などが集積されて、捨土はよく抑止されるが、かえって堆積が過大になり被害を発生しているものも観察された。したがって林縁にはなるべく枝条、抜根を集積せしめず、施工も林縁から3~5mの位置に1列目を配置することが効果があり被害を軽減できるものといえる。

V 今後の問題点

林道作設による土石の流出と林地、林木の被害は、適正な保護樹帯の設置と、安定補完工法の施工によって、路線の大部分の捨土は流出を抑止し、被害を防止する可能性がある。しかし急傾斜地、岩石地では保護樹帯による土石の流出抑止限界を越える個所も少なくない。このような個所は土石の切取り、運搬など作設に関する技術開発を更に進める必要があり、とくに急傾斜地や岩石地の多い地域では、路線の選定が最も優先して検討されることが望まれる。

したがって林道の計画には各営林局で施行されている森林施業基準、保護樹帯設置基準のなかで地域の特性を重視して、保護樹帯の設置、管理、更新方法を確立し、林道の設計施工要領

保全工法実施基準などの充実を計る必要がある。

また保護樹帯の土石流出抑止効果を補完し、林地、林木の被害を防止する工法については、現地試験を経て、位置、構造、規格などの基準を検討することも緊要であろう。

広葉樹施業法

——海岸林における広葉樹導入林分改良——

I 試験担当者

四国支場	支場長	森下義郎
	造林研究室長	安藤貴
	室員	谷本丈夫
		桜井尚武
	土壌研究室長	佐藤俊
	室員	横田志朗
		岩川雄幸

II 試験目的

古くから人為による収奪が行われたマツ林地帯では、近年さらにマツ類の材線虫にともなう林分破壊により、森林としての機能が大きく低下している林地の増加が見られ、その回復をはかるための対策が望まれているが、とくに自然休養林あるいは風致林としての景観等を重視した公益的機能の維持回復の面からの強い社会的要請が打ち出されている林地が、瀬戸内沿岸地域をはじめ少なからず見られる。

本試験は、これら林地の健全な林分としての回復あるいは改良をはかるうえにおいて大きな役割をもつ広葉樹の導入あるいは保育を重視した効果的な施業対策を明らかにしていくための一助とすることを目的として実施した。

III 試験経過と得られた成果

地力が低く、また雨量の少ない瀬戸内海沿岸の、せき悪地を含むアカマツ林地帯においては、林分破壊の影響が強く現われやすいだけでなく、都市化の進んだ地域をひかえていることや、また国立公園特別地域、その他保安林指定地区に少なからず包括されていることなど、社会的な立地環境の面からも、これら林地に対する施業についてはとくに配慮が望まれている。

この地域のうち、島しょ部を含む四国の瀬戸内海沿岸は、花崗岩のほか、山陽地方の沿岸部と異なり、安山岩その他凝灰岩等の分布が少なからず見られることから、これら各地質母材、土壌等にもなりそれぞれの立地条件に応じた検討が必要と考えられる。

この試験調査は、以上のことを考慮のうえ、これら各種地質母材、土壌等の出現が見られる代表的な対象地として、年降雨量1,200mmで、マツノサイセンチュウによる枯損の著しい、林令150年生前後のアカマツ、クロマツ林等を含む高松営林署管内の屋島国有林および隣接林地を

選び、営林局、署の協力を得ながら、昭和48年度から3年にわたって実施した。

試験調査の進め方としては、地質母材と土壌等立地条件についての実態ならびに問題点を明らかにするための調査、およびこれと関連する現存植生の調査を行うとともに、対象となる主要樹種について、一部成長特性、養分特性の調査、林分破壊にともなう生態的变化についての概況調査等をあわせ行い、これらに基づき、導入あるいは保育の対象となる樹種の立地条件別の適性、導入方法、その他林分破壊に対応する施業方法等について検討を行った。

林地の概況と、試験調査についての経過ならびに得られた成果はそれぞれつぎのとおりである。

1. 地形と表層地質

屋島（標高292.1m）が位置する讃岐山脈の北麓に続く前山丘陵地では、基盤である花崗岩類が山頂部まで露出するところが多いほか、山頂部に凝灰岩および安山岩類をのせた山頂平坦な台地（メサ状）あるいは円錐形（ピュート状）の山塊を形成するものも少なくない。

とくに香川県南西から北東方向の島しょ部にわたって、溶岩が基盤である花崗岩の割れ目から融出し、集塊岩や凝灰岩類を挟んで花崗岩を覆う形になったが、溶岩類は花崗岩より岩質が堅硬で風化侵食に対する抵抗力が強いため、溶岩で覆われていなかったかつての山頂部が侵食削剥されて低くなり、溶岩に覆われていた以前の谷の部分が逆に高く残り、現在見られるような溶岩台地その他特異な地形ができた。

凡 例

未固結堆積物	m	泥がち堆積物
	s	砂がち "
	cl	碎屑がち堆積物
半固結 "	ti	砂礫高位 "
	Abi	讃岐岩質安山岩
火山性岩石	BTb	角礫凝灰岩（塩基性）
	ATb	凝灰角礫岩（酸性）
	Dr	閃緑岩
深成岩	Gr	花崗岩
	Ms	雲母変岩
マサの厚さ	β	10m以浅
	γ	10m以深

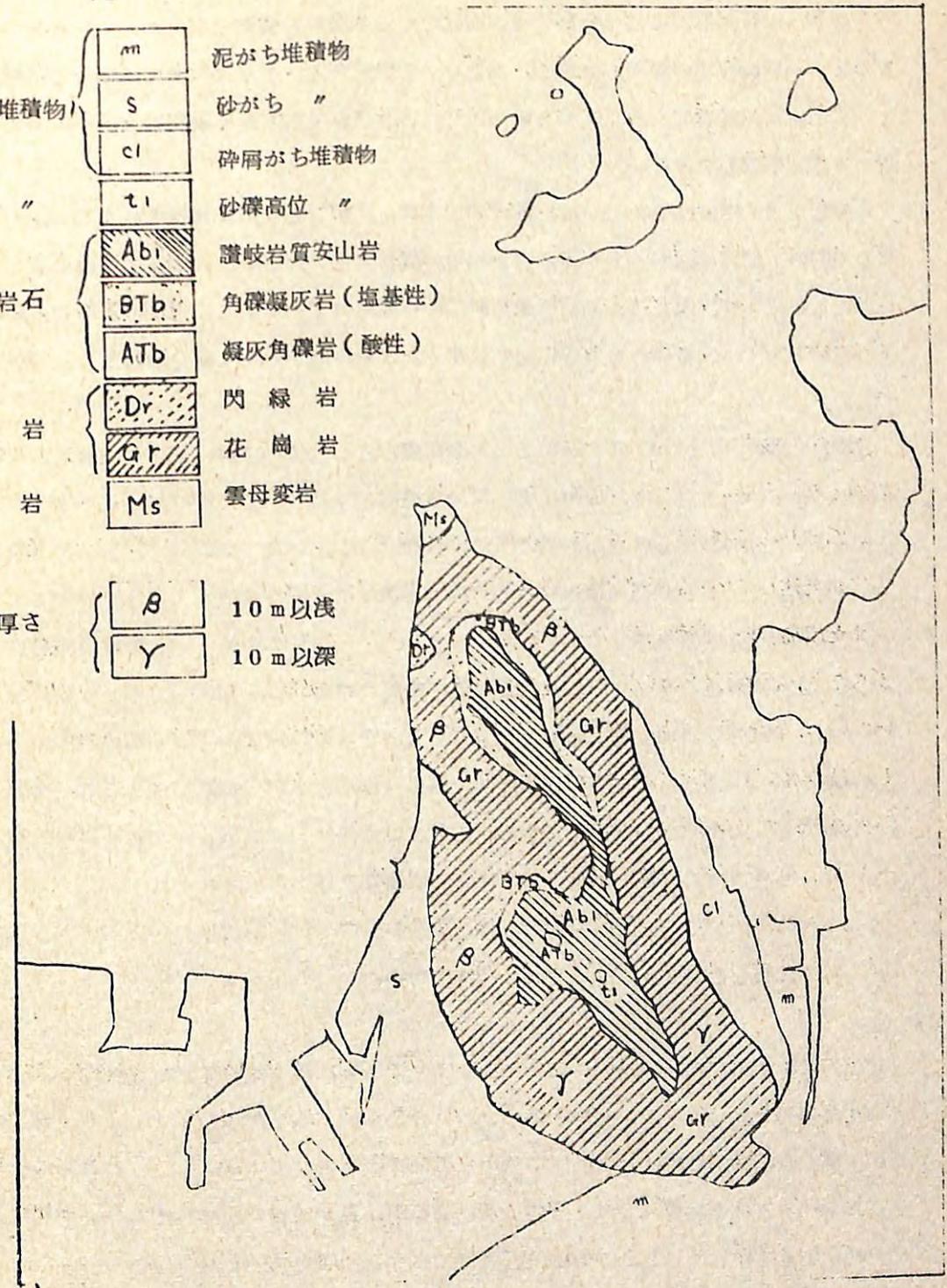


図1 屋島表層地質図

屋島はこのようにしてできた典型的な溶岩台地で、その表層地質についての調査結果は図1のとおり、山頂平坦部に広く分布する岩石はいわゆる讃岐岩質安山岩 (Api) といわれるもので、一般に板状の節理が発達し、黒色ないし緑灰色で、岩質は緻密で、極めて堅硬である。この安山岩は、基盤である花崗岩とのあいだに、北に厚く南に薄く凝灰岩を挟み、平坦部の周辺で急崖を形成している。

角礫凝灰岩 (塩基性 BTb) は、前述のように、花崗岩と安山岩に挟まれた形で、台地周辺部の急崖の下部に露頭がみられる。岩層の厚い屋島北端の崖下では、かつて豊島石として採石されたことがあり、現在でも洞窟や搬出路の跡が残されている。この採石の影響で、石材採掘地の斜面下方には、岩砕やその風化物が拡がり、水分環境をかえて養分の豊富な土壌を形成している。

凝灰岩 (酸性 ATb) は、分布地によって凝灰礫岩となっているが、主として白色の酸性凝灰岩の分布が多い。屋島では、山頂にある屋島寺境内の「雪の庭」と呼ばれる庭園がこれにあたる。いずれの分布地でも各種溶岩類の下位に分布するが、屋島では例外で、下位に讃岐岩質安山岩が発達している。分布面積が狭いので林地土壌には影響がない。

また屋島台地の基盤を構成する花崗岩 (Gr) は、灰白色の中粒ないし粗粒の完晶質のものからなり、深層風化が進んでいる。屋島周辺の山麓では緩斜面を形成し、あまり開析をされていないが、大部分は斜面上部からもたらされた安山岩の崖錐堆積物で薄く覆われている。しかし屋島の南斜面下部から南東斜面にわたり、風化の進んだ花崗岩の露出がみられ、未熟土壌的要素のある養分の貧弱な土壌を形成する。ただ、ごく部分的ではあるが、北嶺東斜面にみられるように、水分環境の良好なところでは養分の豊富な土壌が形成される。

なお屋島北西の海岸崖に閃緑岩 (Dr)、北端の長崎の鼻に雲母片岩の露頭がみられるが、林地土壌の母材として屋島ではいずれも関係がない。

2. 土 壤

屋島が位置する前山丘陵地の土壌は、10万分の1香川県土地分類図 (経企庁) によると、その花崗岩類を基盤とする地域の大部分が乾性褐色森林土壌 (黄褐色系) よりなり、適潤性褐色森林土壌 (黄褐色系) は谷底斜面などの狭小な範囲に限定されている。そしてこれらの土壌は、過去における人為の影響により、多少の差はあるが、表面侵食をうけてその断面形態は未熟土壌的な様相をもち、とくに北部の低山性丘陵地ではその傾向が強いとされている。

また花崗岩の上部を覆う安山岩類および凝灰岩類からなる丘陵山頂部では、乾性褐色森林土壌が分布するが、この土壌は、一般に土層の推移が不明りょうで、彩度が低く、明度の高い土

色が特徴的で、土性は埴質で極めて堅密な堆積をし、物理性の不良な土壌とされている。なお、このほか安山岩類を母材とするものに、同じく埴質の物理性の悪い暗赤色土の見られるところがある。

この試験では、その代表的な調査対象地として選んだ屋島について、各種土壌の実態および特性をさらに詳しく明らかにすることとし、土壌図の作成と、それぞれ代表的な土壌についての土壌断面調査、物理性、化学性の調査を行った。

(1) 土壌図と土壌層断面

屋島の土壌図の作成にあたっては、5万分の1香川県開発地域土地分類基本調査土壌図 (香川県) の土地分類に準じ、その受託調査の一員をつとめた岩川が担当し、さらに詳しい調査により、図2の2万5千分の1土壌図を作成した。

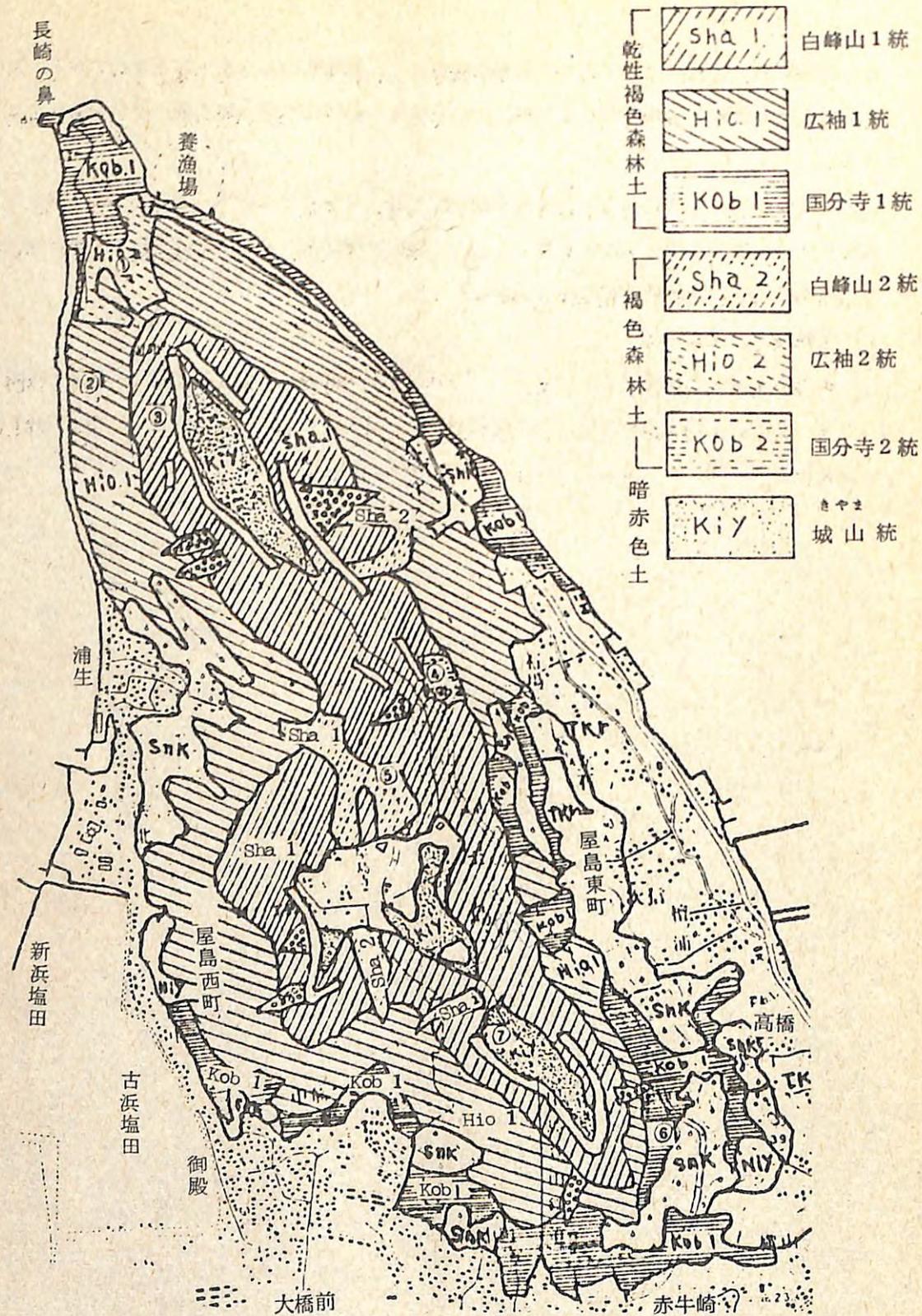


図2 屋島の土壌図

図2のとおり、山頂部の安山岩類および凝灰岩が分布するところは、乾性褐色森林土および暗赤色土、花崗岩を表層地質とする下部は、乾性褐色森林土のほか、部分的に適潤性褐色森林土が見られる。これら森林土のほぼ90%近くが乾性土壌からなり、土壌の面からも、瀬戸内海沿岸とくに香川県側の丘陵地に分布する海岸林の特徴をよくそなえている。

なお、この調査で、主として安山岩の岩錐堆積物を母材とする広袖1統のなかにBD型土壌の分布が認められたので、これを広袖2統、同様に花崗岩を母材とする国分寺1統のなかにもBD型土壌の分布が認められたので、これを国分寺2統とそれぞれ新たに土壌統として記載した。したがって、屋島の土壌統は、乾性褐色森林土で白峰山1統、広袖1統、国分寺1統(黄褐系)の3土壌統、褐色森林土で白峰山2統、広袖2統、国分寺2統(黄褐系)の3土壌統、それに暗赤色土壌の城山統を合せて7土壌統となった。

山頂平坦部および山腹上部に見られる城山統、白峰山1統など、主として安山岩を母材とする重植土の物理性のよくない、しかも化学成分にも乏しい土壌と、山麓部の国分寺1統の、花崗岩を母材とする細礫の多い、化学成分に乏しい砂質壤土よりなる土壌、の大別して2つの、それぞれ特徴をもつ、地力の低い土壌が見られる。また山腹斜面には、安山岩の崖錐堆積物などを母材とする軽植土よりなる広袖1統があり、水分環境のよいごく限られた部分に白峰山2統、広袖2統、国分寺2統などの適潤性の褐色森林土壌がある。

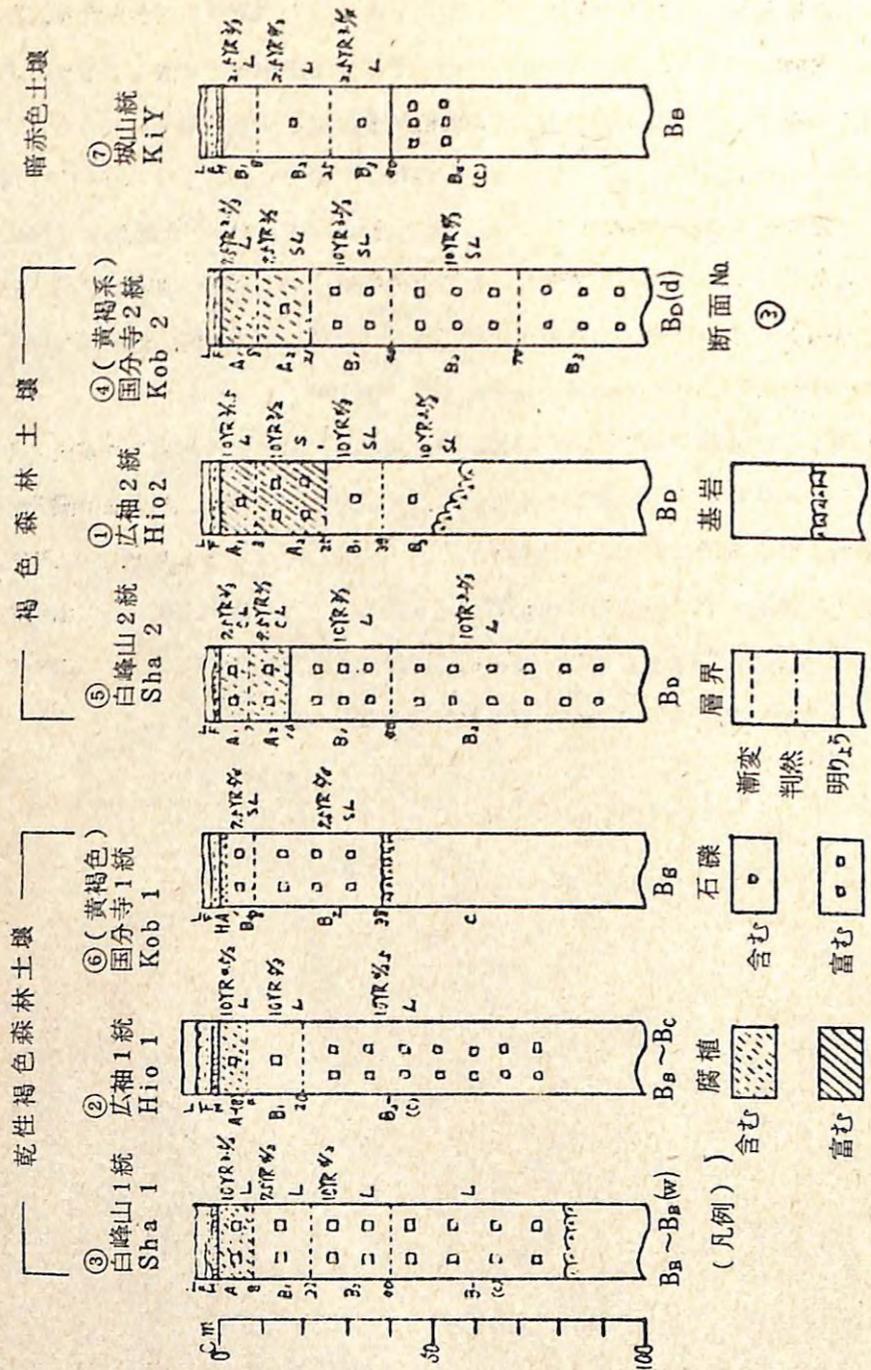


図3 土壌断面の柱状図

各土壌統の概況と、それぞれ図2の屋島の土壌図に記入した代表的地点の土壌層断面について調査した結果は図3およびつぎのとおりである。

i 白峰山1統 (Sha 1)

安山岩および角礫凝灰岩を母材とする乾性の土壌で、屋島の上部山腹斜面に分布する。土層は全般に浅く、安山岩の岩碎に富み、A層の発達は貧弱である。

No.3 断面調査地の植生

高木：アカマツ、クロマツ(1)

低木：ヒサカキ(2)、シロダモ(1)、コナラ、ヤマハゼ、ヤマザクラ(+)

林床：コシダ、サルトリイバラ、クサギ、アカメガシワ、ヤブムラサキ、ムクノキ、サンショウ、ヤブコウジ(+)

ii 広袖1統 (Hio 1)

主として安山岩の崖錐堆積物を母材とする土壌で、山麓の斜面に分布する。一般にA層は腐植に汚染された程度で、安山岩の角礫に富み、B層は頗る堅密である。

No.2 断面調査地の植生

高木：アカマツ(2)、クロマツ(1)

低木：ヒサカキ(2)、ツツジ(2)、コナラ、ヤマハゼ、ネズミサシ(+)

林床：コシダ(5)

iii 国分寺1統 (Kob 1)

花崗岩を母材とする土壌で、屋島の南西山麓から南東山麓斜面にかけて分布し、また北端部の長崎の鼻にも分布する。乾性の土壌で、A層は極めて貧弱、B層は堅密でカベ状構造か弱度の堅果状構造、土層は全般に浅く細礫に富み、概して未熟土の様相が強く、したがって地形の急峻な沢筋では侵蝕を受けやすい。

No.6 断面調査地の植生

高木：アカマツ(3)、クロマツ(1)

低木：ヒサカキ(2)、ニセアカシア(1)、ツツジ(1)、アカツツジ、ネズミモチ、ネズミサシ、サルトリイバラ(+)

iv 白峰山2統 (Sha 2)

白峰山1統より水分環境の良い沢筋の斜面に分布し、安山岩の角のとれた小〜中礫に富み、腐植の侵入は良好で、20cm前後の養分の豊富なA層が形成されている。B層はやや堅密でカベ状構造を呈するものが多い。

No.5 断面調査地の植生

高木：サクラ(†)

低木：タラノキ，クサギ(2)，ヤマハゼ，アカメガシワ(1)，ムクノキ，シロダモ，イヌビワ，ヤツデ(†)

調査地一帯のこの土壌統の分布域には，昔山頂近くまでマツの大木よりなる見事な林分があったが，いち早くマツクイムシにとまらぬ被害をうけ，1本も残らず枯損した。

v 広袖2統 (Hio 2)

屋島の北端崖下に，安山岩のほか角礫凝灰岩を母材とした扇状に堆積する土壌として見られ，細礫に富む20cm前後のA層が形成され，A1層は腐植に富み，保水性は良好である。B1層への推移は比較的判然とし，B1層はカベ状構造が発達している。

No.1 断面調査地の植生

高木：クロマツ，ヒノキ，シロダモ(1)，サクラ，ビワ(†)

低木：ビワ，シロダモ，ネズミモチ(†)

草生：イタドリ(†)

vi 国分寺2統 (Kob 2)

屋島の東側中腹斜面の狭小な沢筋面に分布する花崗岩を母材とする土壌で，国分寺1統より水分環境がよく，20cm前後のA層が形成されている。A層は花崗岩の細礫に富み，弱度の粒状構造をなし，B層への推移は比較的判然とし，B層は弱度の堅果状構造がみられる。

No.4 断面調査地の植生

高木：クロマツ(2)

中木：ビワ(2)，ヤマザクラ，ヤマハゼ，シロダモ，エノキ(†)

低木：ビワ，ムラサキシキブ(2)，シロダモ，ヤマハゼ，イヌビワ，クサギ(1)，ネズミモチ(†)

草生：イタドリ，リュウノヒゲ(†)

vii 城山統 (Kiy)

安山岩の風化土壌で，屋島台地の頂部平坦面に広く分布する。A層を欠くか，暗色の薄いA層が形成される。B層は赤色を呈し堅果状構造がみられる。

No.7 断面調査地の植生

高木：アカマツ(4)，クロマツ(†)

低木：ヒサカキ(3)，アカツツジ，コナラ，ヤマハゼ，ネズミサシ，ネズミモチ(†)

(2) 土壌の物理性

各土壌統の物理性についての実態と問題点を明らかにするため，粒径組成その他について調査した。

表1 土壌の粒径組成 (%)

調査地	層位	深さcm	粗砂	細砂	微砂	粘土	土性
No.7 (城山統)	B1	0~5	17	21	13	49	重埴土
	B2	10~15	11	19	14	56	〃
	B3	25~30	6	13	10	66	〃
No.3 (白峰山1統)	A	0~5	5	16	14	65	重埴土
	B1	10~15	4	15	22	59	〃
	B2	30~35	3	15	26	56	〃
	B(C)	—	—	—	—	—	—
No.5 (白峰山2統)	A1	0~5	22	26	6	46	重埴土
	A2	8~13	22	26	5	47	〃
	B1	20~25	21	28	7	44	軽埴土
	B2	—	—	—	—	—	—
No.2 (広袖1統)	A(B)	0~5	27	25	14	34	軽埴土
	B1	10~15	20	27	10	43	〃
	B2(C)	—	—	—	—	—	—
No.1 (広袖2統)	A1	0~5	46	30	2	22	砂質埴壤土
	A2	—	—	—	—	—	—
	B1	20~25	50	32	1	17	砂質埴植土
	B2	40~45	47	32	2	19	〃
No.6 (国分寺1統)	B1	0~5	38	45	3	14	砂質埴土
	B2	25~30	31	43	5	21	砂質埴壤土
No.4 (国分寺2統)	A1	0~5	45	28	1	26	砂質埴土
	A2	10~15	39	33	2	26	〃
	B1	25~30	42	34	1	23	砂質埴壤土
	B2	—	—	—	—	—	—

粒径組成の測定にあたり、粘土は光走査法によってその値を求めたが、結果は表1のとおりで、屋島の土壌統の土性の特徴が適確に表現されている。

すなわち、城山統では、平坦面で物理的風化が進んだ形跡がみられ、比較的粗砂が少なく、細砂、粘土が多いが、特に粘土分が多く、重埴土となっている。

白峰山1統では、分布が城山統に続いている関係で、粒径分布は城山統に比較的近い。土性も重埴土で、安山岩母材の影響が大きく、比較的残積的であると推察される。

白峰山2統では、白峰山1統の微砂、粘土が洗われ、粗砂、細砂が多くなったものと推察される。しかし安山岩母材の影響が大きく、粘土量は45%を下らず、土性は重埴土である。

広袖統では、微砂、粘土の洗脱がさらに進み、安山岩土壌の形をかなり失い、広袖1統では粒径の分布が平均化し、粘土量は45%を割り、土性は軽埴土となる。

また広袖2統では、角礫凝灰岩母材の影響により、粗砂、細砂の量が多く、土性は砂質埴土となる。

国分寺統は、花崗岩土壌の特徴を現わし、1、2統とも粗砂、細砂が多く、微砂が少ない。土性は、国分寺1統の砂質埴土から、水分環境のよい2統では砂質埴土となる。

なお、容積重、透水性、粗孔隙その他について調査した結果によると、城山統の土壌は堅密な堆積をし、最も重く、透水性がきわめて悪く、粗孔隙も他の土壌統にくらべとくに乏しいのに対し、白峰統ではA層の堆積が疎で、透水性もよくなっているが、B層の堆積は密で透水性は悪い。

また広袖統でもA層の堆積が疎で、B層の堆積は密であるが、透水性は広袖1統で悪く、広袖2統でもB層ではよくない。

そして国分寺統では、A層の堆積は疎で、透水性は比較的よく、B層は容積量が大で、透水性は必ずしもよくないが、粗孔隙は他の土壌統のものより多い。

(3) 土壌の化学性

各土壌統の化学性の実態と問題点を明らかにするため、土壌の反応について調査するとともに、全チッ素、全炭素、およびリン酸、カリ、カルシウム、マグネシウムなどについて分析した。

なお、リン酸については0.2N-HCl₂で常法により浸出し、除鉄のあとSnCl₂によって比色定量し、また置換性塩基については、土壌4gを100ccのIN-Amn. Acで1時間振とう浸出後、乾燥ろ紙でろ過した液について行ったもので、一般にカルシウムはピーチ法よりいくぶん少ない値、またカリ、マグネシウムについてはピーチ法に近い値が得られる。またこれらの成分については、いずれも原子吸光法によって定量した。

表2 土壌の化学性

(成分分析値%/100g)

調査地	深さcm	PH (KCL)	置換酸 度 y1	$\frac{N}{500}$ H ₂ SO ₄ P ₂ O ₅	$\frac{N}{5}$ HCL P ₂ O ₅	EX K ₂ O	EX CaO	EX MgO
No.7 (城山統)	0~5	3.7	13.1	---	0.4	6.6	15	2.7
	10~15	3.7	16.6	---	0.3	11.2	14	4.1
	25~30	3.6	22.8	---	0.3	12.3	26	12.5
No.3 (白峰山1統)	0~5	3.6	14.2	---	0.5	13.4	10.4	20.9
	10~15	3.7	19.3	---	0.3	14.9	50	38.9
	30~35	3.7	11.0	---	0.2	16.2	76	54.2
	40~45	4.1	2.3	---	0.3	15.9	128	101.1
No.5 (白峰山2統)	0~5	5.0	0.9	---	1.9	24.2	35.1	97.6
	5~15	5.1	0.6	---	0.7	11.5	27.1	98.8
	15~40	4.3	0.4	---	0.3	6.9	21.3	101.8
	40~60	5.0	0.3	---	0.3	9.4	23.8	116.6
No.2 (広袖1統)	0~5	3.7	10.9	---	0.4	9.1	9	9.1
	10~20	3.9	4.4	---	1.0	5.3	14	23.2
	30~40	4.1	1.2	---	0.4	4.5	13	35.4
No.1 (広袖2統)	0~6	4.5	1.1	1.8	10.0	22.7	29.5	81.2
	10~20	4.5	1.0	1.4	7.6	16.1	18.2	64.3
	25~30	4.5	0.4	1.6	3.4	5.0	8.7	43.8
	40~50	4.5	0.3	1.3	1.7	4.8	10.8	52.5
No.6 (国分寺1統)	0~5	3.8	8.9	---	0.7	16.9	15	3.7
	25~30	3.4	8.2	---	0.4	9.9	5.2	14.0
No.4 (国分寺2統)	0~6	3.9	4.3	1.4	17.7	25.5	20.6	30.7
	6~20	3.8	6.5	1.6	15.3	24.1	14.1	28.3
	20~40	3.8	9.8	1.2	17.0	13.1	7.0	17.1
	40~60	3.8	9.9	1.5	18.3	12.9	7.6	20.3

これらの結果は表2のとおりであるが、全チッ素、全炭素の値については表示から省いた。まず、土壌の反応については、乾性のBB型土壌と適潤型の土壌で明らかにその差を認めることができる。すなわち乾性の土壌では酸性が強く、PH(KCL)で4.1以下の値を示すのに対し、適潤型の土壌では4.3以上の値を示している。また置換酸度 pH においても同様の傾向を示し、乾性土壌の城山統で13.1~22.8で強い酸性となっているのに対し、適潤型の土壌では1.1以下となっている。ただ適潤型土壌の国分寺2統ではやや酸性が強い。

つぎに、全チッ素、全炭素について分析した結果を要約すると、土壌の水分環境の違いによる差がはっきり現われ、適潤型土壌ではその量が多く、全チッ素は表土で0.32%以上であるのに対し、乾性型土壌の多くは0.1%に満たない値となっている。これは適潤型土壌の場合、林内における落葉の還元量が多くなるため、炭素率も乾性の土壌に比して明らかに低く、落葉の分解が進んでいることが示されている。

なお、化学分析結果は、屋島の各土壌統の可給態養分の特徴をよく表現しているが、また表2の結果から林内における養分循環の一端をうかがうこともできる。まず、山頂平坦部に広く分布する城山統では、カルシウム、マグネシウムが極端に少ないことが特徴的である。カルシウムは下層土でも26 μg と少ないが、これは土壌母材もその大きな原因となっている。またマグネシウムはB₃層で12.5 μg と正常な値を示すが、これより上層では2.7~4.1 μg と極端に少ない。この調査断面では土層10cm以下に根の分布も少なく、林内の植物は養分的なアンバランスによる生理的障害がおこりやすいのではないかと考えられる。リン酸、カリ成分も少ないが養分欠乏を生ずるほどではない。

また、この城山統では、カリ、カルシウム、マグネシウムが下層から表層に向かって少なく、表層より次第に可給態養分が林外に持ち出されていると考えられる。つぎに、屋島の山腹上部斜面に分布する白峰山1統では、前述の城山統より成分的に少し多く、なかでもマグネシウムが豊富となり、カリ成分についても十分な状態にある。なおカルシウムはA層で104 μg と少し多く、B層では下層の76 μg から上層の50 μg へと少なくなっているが、林地土壌としてはとくに問題になるほどではない。

また、この白峰山1統の養分循環を考えると、カリ成分は表層、下層の差が少なく、カルシウムは落葉からの供給でA層に集積の傾向が見られるが、B層では下層から上層に向かって少なく、マグネシウムも上層ほど少なくなっていることから、林内の養分循環は現状維持かやや縮少の傾向にあるといえよう。

つぎに、白峰山1統より水分環境の良好な白峰山2統では、各成分が非常に豊富となり、

特にカルシウムの集積が多く、下層から上層に向かって多くなる傾向を示し、りん酸、カリも同様な傾向がある。マグネシウムは下層より上層がいくぶん少ない傾向にあるが、土壌層全体にわたり非常に豊富となっている。したがって、この土壌統の養分循環は明らかに拡大の傾向にあったといえる。

屋島の山麓緩斜面に広く分布する乾性土壌の広袖1統は、城山統につぐ成分的に貧弱な土壌統で、城山統よりマグネシウムがいくぶん多いが、カリ成分は逆に少なく、カルシウムは表層で極端に少ないほか、下層でも少なく、土壌全層がカルシウムに乏しい。林内植物はカリ、カルシウムのバランスが崩れやすいと考えられ、また調査断面附近に礫石灰性のツツジなどの植生が多い。この広袖1統に対し、水分環境のよいBD型土壌の広袖2統では、各成分とも豊富で、特にリン酸が多くN/500 H₂SO₄で浸出されるリン酸石灰型のリン酸は普通の農耕地土壌に匹敵する程度ある。

この広袖2統では、マツクイムシの被害、また被害木の搬出などで、林分は現在破壊されているが、成分は集積の傾向から明らかに拡大の方向にあり、土壌熟成が進んだものと考えられる。また、この広袖2統では、さきにのべたように、チッ素成分も多く、炭素率も低いことなどから、有機物の分解は早く、林分の回復は速いと推察される。なお国分寺1統については、表層はカルシウム、マグネシウムの乏しく、リン酸は他の乾燥型の土壌に比べやや多い。また国分寺2統では、リン酸が全土層にほぼ同じ濃度で多いことに特色があるが、これは土壌の母材、また物理性などとも関係が深いと考えられる。全体に各成分とも比較的多く、とくに下層より上層に多いことから見て、植生からの養分還元が潤沢で、土壌熟成が進んでいると推察される。

3. 植 生

雨量の少ない瀬戸内沿岸部は、古くからの窯業、製塩業のための薪炭材や、その他家庭用の薪炭材の収奪など、人為の影響により、広くアカマツ林化し、またせき悪化の著しいところも少なからず見受けられ、植生遷移のうえからは、本来の安定した極盛相に近い植生よりかなり後退した状態にある。これが近年さらに全国的な発生を見たマツノサイセンチュウにとまなりマツの枯損により急激な林分破壊がおこり、アカマツ、クロマツの林分が主体をなす屋島国有林および隣接区域を含む地域も、その被害によりかなり破壊された。

今回は、植生に関連するものとして、マツノサイセンチュウにとまなり林分破壊の実態を把握するとともに、植生型と現存植生、林分破壊にとまなり生態的変化、主要広葉樹の生育特性ならびに一部成長量、現存量などについて調査を行った。

(1) マツ林の林分破壊と更新の状況

屋島国有林における林分破壊の概況について、1975年3月、1976年3月の2回の踏査と、赤外線カラーフィルムによる航空写真に基づき明らかにし、図4として図化した。

その結果、林分破壊はアカマツ林、クロマツ林の別を問わず起こっているが、尾根状地のマツ林のほうが凹状地のところより残存率が高い。また枯損木の搬出路に沿ったところで、伐出にともなう中、下層植生の破壊が起こりやすいことが見られた。なお、このような被害地のなかにも、北嶺南端部の西方と南東方向にわたるマツの若齢の比較的被害の軽い林分で、現在かなり過密になっているものもあり、また天然生のマツの稚樹は、屋島一円に、上木の疎開したあとや、その他比較的明るい林内で、A₀層が欠けて鉱物質土壌の露出した所やコケが地表をおおっているところなどでかなり見られる。

南嶺と北嶺をつなぐ尾根の西斜面で、上木としてアカマツがあり、その林床に良好な更新をしている所と、すぐ近くの同様な立地で更新稚樹の認められない所について、相対照度を比較測定した結果、前者で28%、後者で18%の値が得られ、この場所では、天然更新の可否が、このような相対照度の差によるものと見られた。またこの場所以外のマツが天然更新をしている所も、ほぼこれより明るい所に多い。

(2) 植生型と植生分布

1975年3月および1976年3月に行った屋島の植生調査に基づき、ウバメガシ林、クロマツ(アカマツ)ーウバメガシ林、アカマツ(クロマツ)ー落葉広葉樹林、クロマツ(アカマツ)ー常緑広葉樹林、アラカシ林の5植生型を認めることができた。ただし、他に、マツの被害木伐出にともなう林相破壊や地表攪乱により、ススキを主とした落葉広葉樹の低木の多い植生が、マツ林に広く出現しているため、これをアカマツ(クロマツ)ーススキ・落葉広葉樹低木林とした。

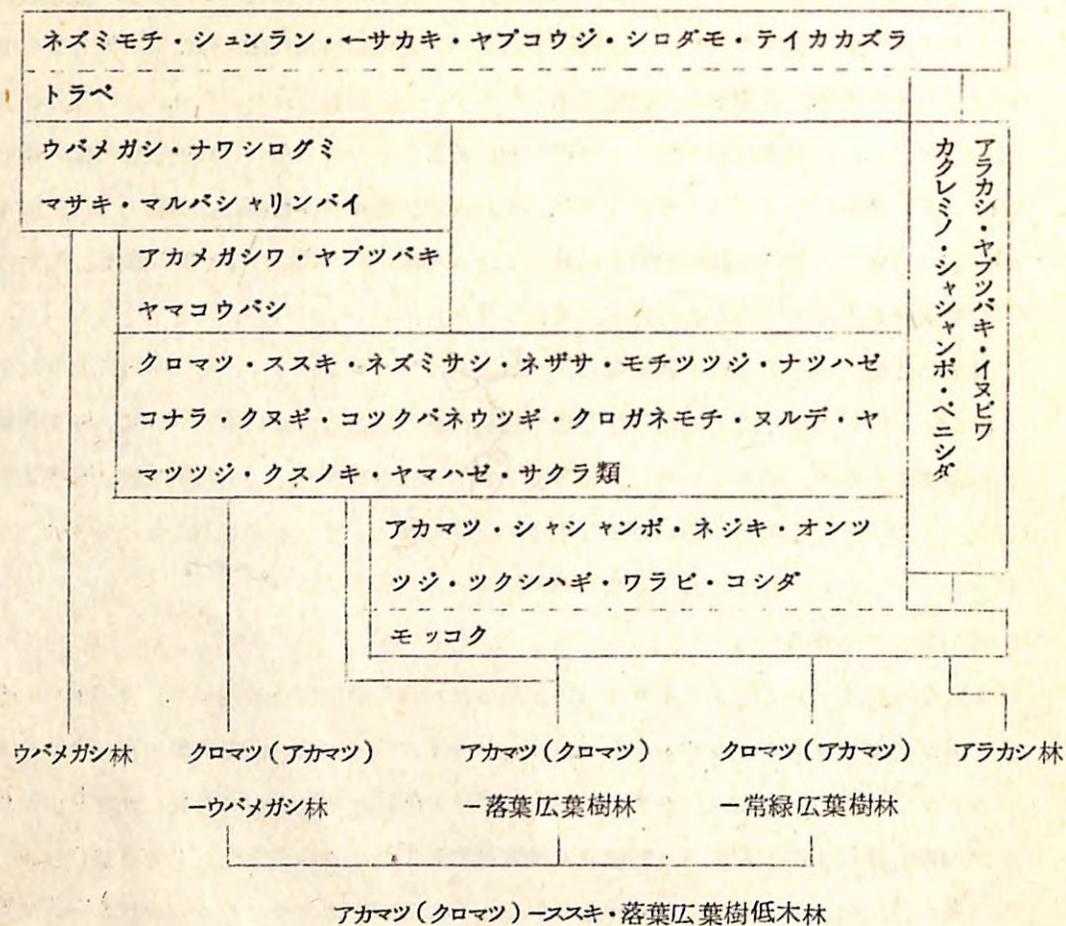


図6 屋島の植生組・成図

これらの植生の分布は図5, また計16プロットの調査結果に基づいた植生の組成は図6のとおりであるが, アカマツ(クロマツ)-落葉広葉樹林では, 上木の欠除したところが多く, 上木のあるところも小面積であったため, 特に人家に近い人為的植生とあわせて落葉広葉樹林として分布図に記載した。また図6の組成種は出現ひん度の高い順に並べた。

図5を図2の土壤図と対比してみるとわかるとおり, ウバメガシ林は白峰山1統の比較的乾燥の強い崖錐地に主として出現し, クロマツ(アカマツ)-ウバメガシ林も北嶺のウバメガシ林に隣接する白峰山1統その他一部広袖1統などの西側斜面と, 長崎の鼻付近を含む国分寺1統に分布し, 他方アラカシ林は白峰山2統と屋島寺境内など, 比較的土壤条件のよい

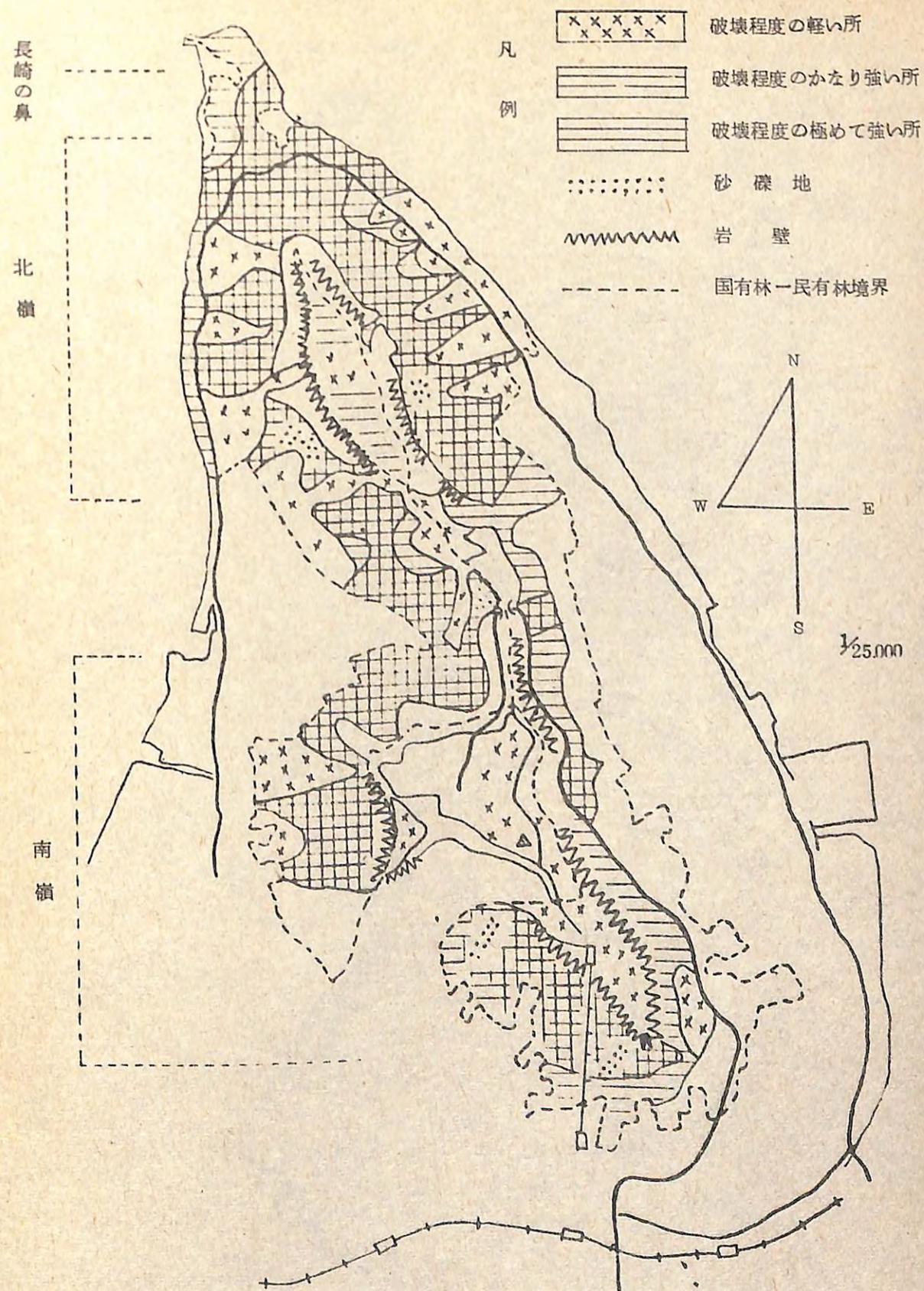


図4 マツ林破壊地見取図 (1976年 3月)

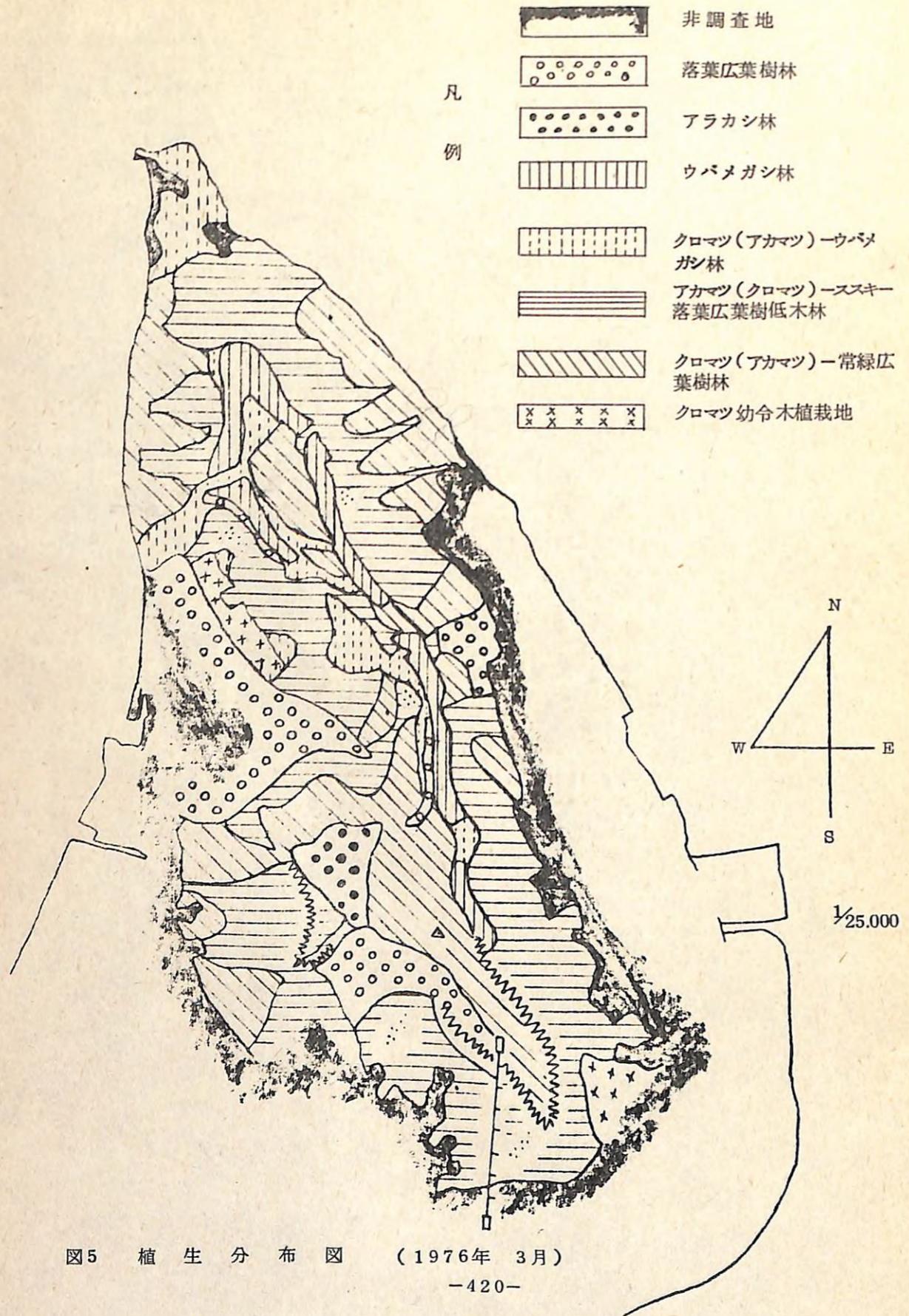


図5 植生分布図 (1976年 3月)
-420-

所に見られる。

またクロマツ(アカマツ)常緑広葉樹林は、ヒサカキがこの常緑樹の主な構成種となり、各土壌統にわたり、かなりな広がりをもって分布し、落葉広葉樹林あるいはアカマツ(クロマツ)ススキ・落葉広葉樹低木林は、人為の影響の強い所に多く見られる。なお、マツのうち、クロマツは屋島の北部西斜面に多く、とくに長崎の鼻と南嶺山裾に純林状をなし、他の所ではアカマツが優勢であるが、しかし両樹種はモザイク状に、また単木的に混交し、その区分を明らかにすることはむずかしかった。

重要な樹種あるいは出現ひん度の比較的高いマツ以外の樹種はつぎのとおりである。常緑広葉樹ではウバメガシ、ヒサカキ、アラカシ、ネズミモチ、シロダモ、ナナメノキ、ヤマモモ、クロガネモチ、ヤブツバキ、ヤブニッケイ、モッコク、ユズリハ、ビワ、クスノキ、トベラ、マルバシヤリンバイ、マサキ、シャシャンボ、ヤツデ、カクレミノ、ナワシログミ、ヤブコウジなど。

落葉広葉樹ではサクラ類、コナラ、クヌギ、ヤマハゼ、エノキ、ムクノキ、オオバヤシバシ、ハギ類、ムラサキシキブ、ヤブムラサキ、ネジキ、ヌルデ、ナツハゼ、アカメガシワ、イヌビワ、クサギ、タラノキなど。またツツジ類も多く、クズ、フジ、サルトリイバラなども各所に見られるほか、針葉樹としてネズミサシがある。

これらの樹種は、瀬戸内沿岸地域のマツ林地帯にほぼ共通して見られ、屋島では、ヒサカキ、ネズミモチ、シロダモ、サクラ類、コナラ、ヤマハゼ、ツツジ類などは、各種土壌統にわたりかなり広く見られ、またシロダモ、サクラ類、ビワ、ヤブニッケイ、コナラ、クヌギなどは、土壌条件のよい白峰山2統、広袖2統、国分寺2統あるいは崖錐地などのところで比較的大きな木も見られる。

また南嶺台地部その他城山統、国分寺1統などの、とくに土壌が浅く乾燥の強いところに耐えて生育するものとしてヒサカキ、ツツジ類、ネジキ、ヤマハゼ、シャシャンボ、ナツハゼのほか、このような悪い土地条件のところでの代表的な指標植物ともいえる針葉樹のネズミサシがあり、その他城山統などの埴質土壌の物理性のよくないところでも比較的健全な生育を示す高木性の常緑広葉樹として、根粒をもつヤマモモが注目値する。その他、海岸線に近いところで、潮害に強いトベラも目につく。なお、比較的耐陰性の強いヒサカキの過密地も少なからずあるが、またヒサカキの生育衰退による樹冠の疎開にともない、林床の相対照度が高まり、新たにヒサカキの稚樹のほか、ネズミモチ、トベラ、ヤブニッケイ、シロダモ、モッコク、ヤブコウジなどが侵入し、これら樹種への交替が予想されるところも見られ

る。このほか、林分破壊により林分が急激に疎開したところや、地表が攪乱されたところ、その他石礫地では、ヤマハゼ、アカメガシワ、ヌルデ等の陽性樹種が目立つほか、施業上問題となるススキ、クズ、フジ、サルトリイバラなどの急速な繁茂が見られる。またクズの繁茂の著しい個所が有料道路沿い等に見られるが、風致の面からも好ましくない。

(3) 成長量と現存量

在来樹種の主要なものについての成長のようすを知ることを目的とし、北嶺西側斜面に位置する広袖1統の比較的土壌条件の均一なところで、高木ないし亜高木の常緑広葉樹を主体とする中層木8樹種の標準的な成長を示すものについて、樹幹折解により最近20年間の上成長を調べた。なお、これらの樹齢の最も若いものは34年であった。

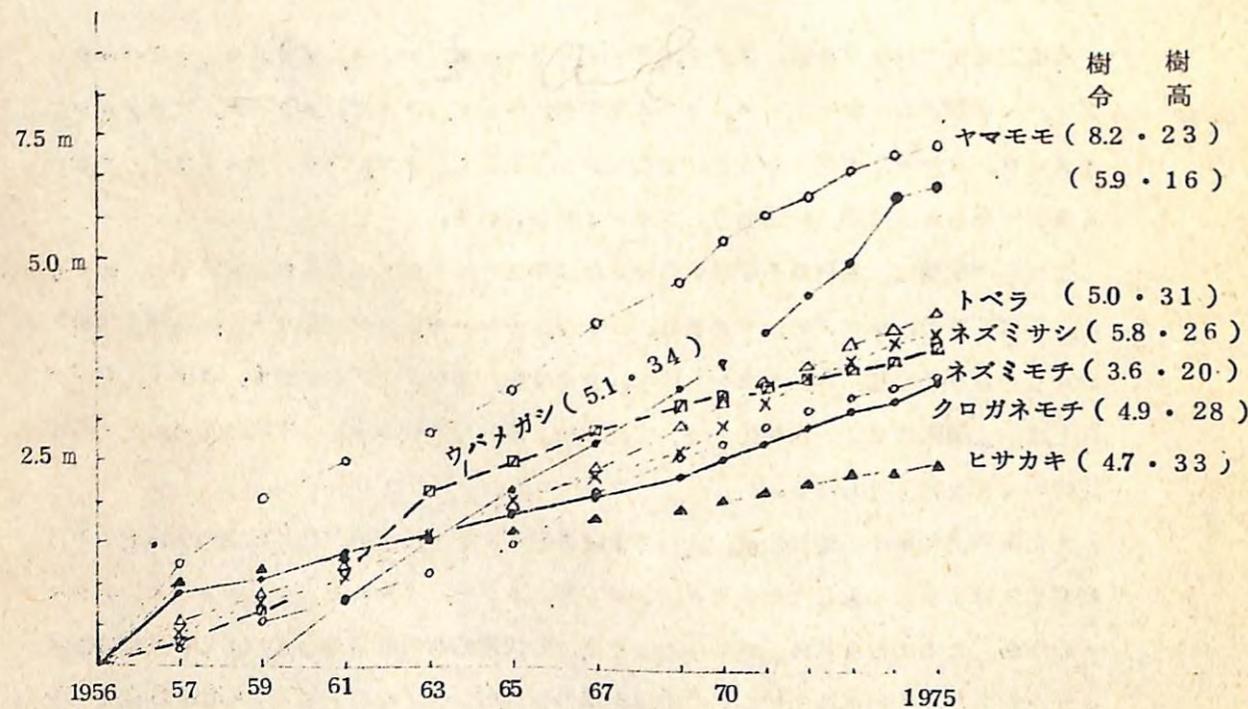


図7 最近20年間の伸長曲線

調査結果は図7のとおりで、それぞれ上層木による庇陰の程度に差があるため、厳密な比較検討を行うことはできないが、この調査例から、ヒサカキの成長が比較的遅いのに対し、高木性のヤマモモ、ナナメノキでは上成長がとくに大きいことなどもわかる。なお、さきにふれたとおり、ヤマモモは排水通気等の物理性のよくない埴質土壌でも比較的よい成長が期待できる。またナナメノキ、クロガネモチなどともに比較的乾燥に強い高木であるといえる。主要樹種で樹幹折解による調査ができなかったもののうち、シロダモ、サクラ類、ビワ、ヤブニッケイ、アラカシ、コナラ、クヌギなどの前述の高木性樹種も、その生育状況から見て、土壌条件の比較的よいところではかなりの成長が期待でき、シロダモ、ビワなどは石礫地でよく成長しているものも見られる。

また、まれに大きな木が見られるユズリハも、土壌条件の特に悪いところを除き、かなりの成長が期待できそうである。このほかクスノキは、土壌条件のよいところではかなりの成長が期待できると思うが、埴質の物理性のよくない土壌などの不適地では、葉色も淡く、不健全で、成長も明らかに悪い。つぎに、各土壌統にわたりかなりの広がりをもって分布する代表的な植生型として、クロマツ(アカマツ)常緑広葉樹材を対象とし、中、下層木の現存量の実態を知るため、3プロットを選んで調査した。なお、その中、下層の植生は、暖帯林の一つの主要構成種で、また屋島でも総合優占度の高いヒサカキが主体となる林分を対象とした。プロット1は南嶺台地の西北西にあたるマツがよく残っている所の斜面上部、プロット2は同じく北斜面上部の上木の欠除した所、プロット3は北嶺遊鶴亭西方の上木が比較的よく残っている所の斜面下部にそれぞれ設定したもので、ヒサカキの樹齢はほぼ30~50年でプロット間の差は少ないが、プロット3は隣接した森林が壊れていて側方光線の影響が強い。なお土壌はプロット1、2とも白峰山1統、プロット3は広袖1統である。

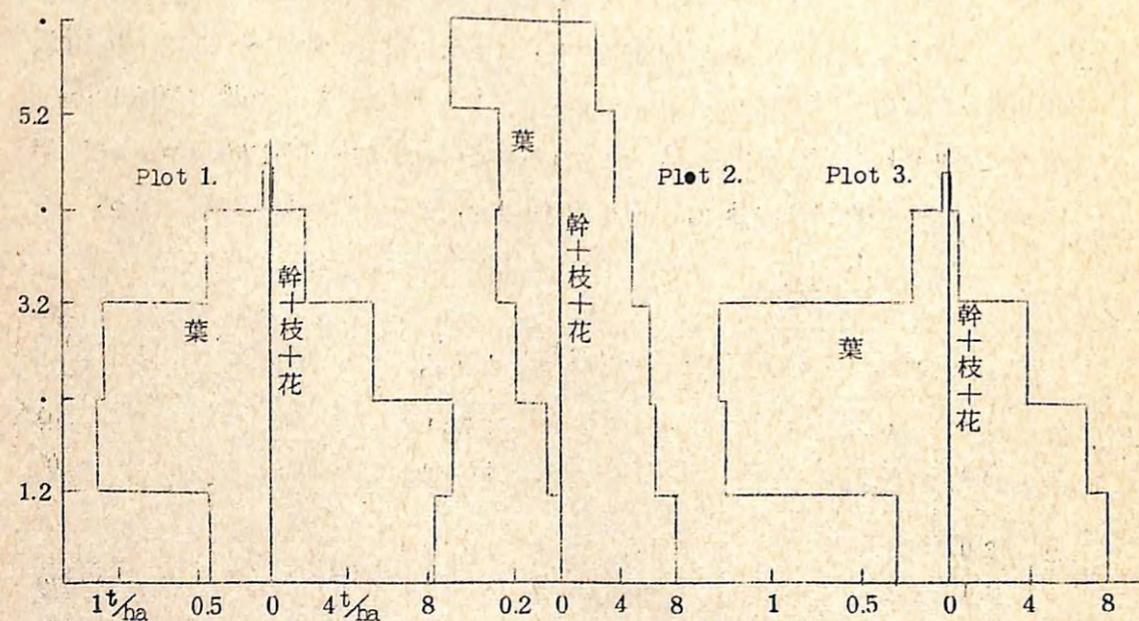
(表3) ヒサカキ現存量

		葉 t/ha	枝 t/ha	花 t/ha	幹 t/ha	LAI ha/ha	本数 ha	(最大)直径 平均	(最大)樹高 平均	(頂部)林床
Plot 1.	A	3.0	6.2	0.5	17.6	2.8	27.316	(3.8)cm 2.0	(4.3)m 2.8	(37.0)%
	B	3.4	7.0	0.6	20.0	3.1	29.302	2.1	2.8	4.0
Plot 2.	A	—	—	—	—	—	—	(7.1)	(7.8)	(—)
	B	2.0	4.1	0.4	27.1	1.6	8.400	3.7	4.9	13.8
Plot 3.	A	3.1	2.8	0.4	14.3	2.7	26.407	(2.7) 1.5	(3.7) 2.5	(6.2.2)
	B	4.8	4.2	0.4	19.1	4.3	46.424	1.4	2.5	6.4

(注) Aは方形区内のヒサカキのみの量 Bはそれ以外の植物をヒサカキとみなして計算したものの重量は乾燥重量を示してある

調査結果は表3のとおりで、プロット1は、上層がクロマツを交えたアカマツ林で、胸高直径1.5~4.5cmで平均2.45cm、樹高1.2~2.0mで平均1.6mよりなり、下木頂部の相対照度が約3.7%であるのに対して、プロット3は、ほぼ同様な所であるが、前述のとおり側方光線の影響により、下木頂部の相対照度は6.7.5%でかなり明るい。しかし、屋島のマツ類が比較的良好に残っているマツの林冠下の相対照度は大体30%内外であることから見て、これら2プロットも、マツノサイセンチュウの被害をうけるまでは、これと同じくらいの相対照度下にあったものと推察できる。

このような屋島のマツ林の中、下層をなす高密度のヒサカキを主体とする林分の現存量は、ヒサカキ以外の樹種もヒサカキとみなして計算すると、プロット1とプロット3の値から、葉量で3.4~4.8 t/ha、LAI(葉面積指数)で3.1~4.3 ha/ha、地上部の総量で2.8.5~3.1.0 t/ha程度となった。なおプロット1にくらべプロット3は、ヒサカキ以外のヤマハゼ、モチツツジなどが多くまじっているが、林床の相対照度はプロット1で4%、プロット3は6.4%でともに林床植生の発達は悪い。



(図8) 同化・非同化器官の垂直分布

また上木のマツが欠けているプロット2は、プロット1、プロット3、に比べて立木密度が低いにもかかわらず、図8の同化、非同化器官の垂直分布図のとおり葉層が高い所に集中しており、ヒサカキの樹高、直径は他の2区より大きい。葉の現存量は2.0 t/ha、LAIで1.6 ha/ha、地上部現存量は3.3.6 t/haとなり、葉量の少ないのが目立ち、上層にマツ類を欠いているにもかかわらず最近の直径成長もよくなく、林床の相対照度も1.3.8%とかなり明るく、さきにふれたように、ヒサカキ、ネズミモチ、モッコク、ヤブコウジなどが林床に侵入してきているので、いずれこれらの樹種と交替していくものと考えられる。

以上のことから、屋島の広袖1統、白峰山1統を土壌とするマツ林の中、下層木をなすヒサカキを主体とする林分の現存量は、葉量で2.0~4.8 t/ha、地上部の総量で2.8.5~3.3.6 t/ha程度とみられ、樹高は4~7m程度と考えられる。なおヒサカキの葉の寿命を平均2年とすると、落葉量は年1.0~2.4 t/haとなり、落葉量も加えると、これらは養分循環上かなりな意味をもつものといえよう。

4. まとめ

林地に対して、どのような機能をどの程度期待するか、またどの程度の労力、経費の投入が可能かということなどによって、目標とすべき林相とか施業方法も変わってくるといえよう。ここでは、屋島に代表される瀬戸内海沿岸の花崗岩、安山岩等を主な表層地質とするマツノサイセンチュウによる被害の見られるアカマツ林地帯を対象とし、風致およびその他公益的機能、地力の維持増進について十分配慮することを前提とし、以上の各結果に基づき、とくに考慮すべき事項について下記のとおり集約した。

- 1) 雨量が少ないうえ、全般に地力が低く、BD型等の生産力の高い土壌が部分的にごく限られた所にしか見当たらないだけでなく、安山岩に由来する重植土の物理性の悪い、しかも成分的にも貧弱な土壌や、花崗岩に由来する腐植質の欠乏した成分的に貧弱な土壌など、くせのある、地力のかかなり低い、そして自然のままでは地力の回復や向上があまり期待できない土壌も少なからずあることを十分念頭において、これからの取り扱いを考えねばならない。
- 2) 地力の回復あるいは増進を考慮しながら、林地の機能が十分発揮できるようにするための基本的な考え方としては、それぞれの立地に適した植生による、安定度の高いより健全な林分へと導くことが重要で、これは腐植および化学成分のより富んだ、そして物理性の向上が見られる林地への改善という面でも大きな意義をもつものと考えられる。

同じ地域内の社寺有林などの、古くから厳しく保護されてきた林分は、一つの安定した

目標林相を意味するものとして、さらにこれらについての調査も行う必要があるが、地力低下の著しい現地に対して、直ちに同様な林相の実現をはかることは必ずしも適当とはいえない。現時点におけるそれぞれの土壌条件等に十分適応できる樹種を用いて、安定した林相に導くよう心がけることが必要で、また林分破壊の特に著しい所、その他保全上特に必要な所などには、急速な緑化効果の期待できる樹種の採用も考える必要があり、このような場合、花崗岩等に由来する物理性の悪くない土壌では、一般に施肥効果も大きく期待できるので、これを十分活用することが望ましい。

3.)、在来の林業用樹種のうち、とりあげることができるものとしてヒノキ、アカマツがある。

このうちヒノキは、BD型やBD(d)型土壌などのよい成長が期待できるところが、ごく限られているし、水はけの悪いこともとくに嫌う。なおその一斉林では、下層植生がきわめて貧弱なものとなり、落葉の移動が起こりやすいこととあいまって、表土の流亡がおこる危険性も少なくない。このようなことから、ヒノキの造林を計画する場合は、地力の比較的高い土壌の物理性の悪くない所に限定し、なるべく広葉樹との混交をはかることが望ましい。ただし、屋島のように、風景林の主要構成樹種がマツ類であったところにヒノキを導入することについては、風致維持という点で必ずしも好ましいとはいえない。

またアカマツは、本来植生遷移の進んだ段階には少なくなっていく樹種で、地力向上の面からも好ましい樹種とはいえないし、とくに近年マツノザイセンチュウによる枯損が繰り返されている状況からみて、クロマツと同様に期待をかけることは好ましくない。しかしアカマツは、これまで地力の高くない所での林業用樹種としてだけでなく、風致上も、クロマツとともにその主役を果たしてきた樹種として、一般にこれに対する執着は根深いものがあり、またときにマツタケ出産の貴重な場ともなる。

なお、虫害による枯損の著しいアカマツ林のうちにも、被害程度の軽い若齢林の過密な状態にあるものが見られるほか、天然生の稚樹も、比較的広範囲にわたり、上木の疎開したあとや、その他明るい林内の鉱物質土壌の露出した所などに見られるし、また林床の相対照度を30%くらいまで明るくするとともに、掻き起こし等による鉱物質土壌の裸出をはかることによって、天然稚樹の生立が期待できる場所も少なくないと考えられる。こんど、なおアカマツその他クロマツの生立あるいは保育をはかっていこうとする場合、虫害防除に努めるのはもちろんのこと、虫害による大きな林分破壊をきたさないよう。また地力の維持向上も考慮できるよう、単純林を避け、広葉樹を十分混交していく必要がある。したがって、マツの密生地は除伐や間伐を行い、ヤマモモなど混植効果のすぐれた樹種の導入をはかること

や、また林内にある常緑広葉樹などの保育に心がけることが望ましい。

4.)、外来樹種は、古くからの史蹟名勝地などでは、風致上馴染みにくいほか、植栽実績の積み重ねや利用面での実績が少ないこともあり、安易に導入することはできない。しかし外来の林業用樹種のうち、重植土の物理性のよくない土壌その他とくに地力の低い土壌を除き、このような地域ですぐれた生育成績が期待できそうなものとしてテーダマツとメラノキシロンアカシアがある。

このうちテーダマツは、若齢時倒伏しやすい性質はあるものの、マツノザイセンチュウの害をうけにくく、一般にアカマツより成長が早いし、またメラノキシロンアカシアは、樹型が通直な、風にも強い高木性の成長の早い常緑広葉樹で、家具用材等としての価値があるだけでなく、混植用の肥料木としても期待できるので、さらにこれらについて試植による検討を重ねていくことが望ましい。

5.)、公益的機能および地力の維持増進をはかるうえにおいて大きな意義をもつ広葉樹については、さきにも述べたとおり現地における土壌別その他立地条件別の分布と生育の概況を知ることができた。それぞれ樹種によって、各種立地条件に対する適性にはかなりな差があることを十分配慮しながら、目的にそって好ましい樹種の保育あるいは導入に心がけねばならない。

一般に、生態的、風致的な見地から、広葉樹では常緑性のものにある程度重点をおくとともに、現地の植生をうまく活かすことを念頭におきながら、それぞれ立地条件に応じ、大木となりうるヤマモモ、シロダモ、ナナメノキ、ヤブニツケイ、ユズリハ、クロガネモチ、ビワ、サクラ類、コナラ、クスギ、エノキ、ムクノキ等の高木性樹種、その他上層木、中層木として健全な生育が期待できるウバメガシ、アラカシ、ネズミモチ、ヤブツバキ、などや、中層木あるいは下層木として健全な生育が期待できるヒサカキ、シャシャンボ、ツツジ類、ハギ類、ナワシログミ、カクレミノ、ヤブコウジなどの保護育成あるいは導入に努め、健全な複層林へ導いていくことが好ましいと考えられる。

なお花崗岩に由来する腐植質の欠乏した成分的に貧弱な土壌では、とくに必要な場合、耕耘し施肥を行うことによって、生育増進の大きな効果が期待できるほか、導入可能な樹種も多くなるが、安山岩に由来する排水通気の悪い重植土では、一般に耕耘を行っても水分停滞の解消はむずかしく、施肥の効果もあまり期待できない。これら土壌のきわめて悪い現地の、ある程度疎開しているところでは、特殊な場合を除き、むしろ指標植物としてよく見られるネズミサシヤ、その他自然植生としてよく見られるヒサカキ、シャシャンボ、ツツジ類、ハギ類、ネジキ、ナツハゼ、ヤマハゼ等の保育に心がけること、またアカマツも密にならな

い範囲で残していくこと、そして極端に土地が悪くないところでは必要に応じヤマモモの混植も考慮することなどが、林地の安定をはかるためだけでなく、立地にふさわしい景観を維持していくうえにおいても望ましいと考えられる。

また小面積ながらBD型土壌が見られる白峰山2統、広袖2統、国分寺2統その他土壌条件の比較的よいところではクスノキの導入等も可能と考えられる。このほか海岸線に接するところでは、耐潮性の強いウバメガシ、ネズミモチ、ユズリハ、ヤブツバキ、ヒサカキ、ナワシログミ、トベラ、マルバシャリンバイ、マサキなども好ましい常緑広葉樹といえる。

6)、とくに風致景観にアクセントを加えることができる樹種として、ヒガンザクラその他サタラ類、ヤブツバキ、ツツジ類、ハギ類、ヤマハゼなど比較的適地の得られやすいものについては、必要に応じ積極的に採り上げることも望ましい。また鳥獣保護の観点から、餌木として、初夏に実のなるヤマモモ、ビワ、晩夏に実のなるサクラ類、秋に実のなるヒキカキ、ネズミモチ、シャシャンボ、ナツハゼ、シロダモ、カシ類、ナラ類、クスノキ、ヤブニツケイ、モッコク、クロガネモチ、マルバシャリンバイ、マサキ、ムクノキ、エノキ、ヤマハゼ、秋から冬に実のなるヤブコウジ、春に実のなるヤツデなどが役立つことも考慮に入れて扱いたい。

7)、なお以上のほか、施業実行に関連し配慮しなければならないこととして、枯損木の伐採搬出にともなう中、下層植生の損傷と林地の破壊を極力避けること、また林分破壊にともなうて盛んな繁茂が見られるクズその他つる類やススキ等支障となる雑木草を早めに防除するとともに、できればその他下層植生を被圧する陽性の雑木草を整理することなどに努めたい。

また一般に人の出入りの多いことから、山火事の発生しにくい植生であることが望ましく、燃えやすいススキその他イネ科の草本類などはなるべく整理するとともに、危険性の高いところでは、山火事回避に効果のあるヒサカキ、ネズミモチ、ウバメガシ、マサキ、マルバシャリンバイ、モッコク、ヤマモモ、ヤブニツケイ、ユズリハ、クロガネモチ、ヤブツバキなどや草本類であるリュウノヒゲなどを主な構成種とする乾燥しにくい複層林に導くことが望ましい。