

受入ID-1519990823D00178

200016701



昭和47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48年6月



02000-00044229-1

林業試験場

目 次

1. 路網設計のための簡易表層診断法	1
(1) 林道の設計, 施工にともなう岩質の程度	1
(2) 林道開設のための表層構造	81
2. リモートコントロール・トラクタの開発改良	45
3. 集運材作業技術の最適化	87
4. 採種林の施業法	121
(1) スギ採種林の施業法	121
(2) アカエゾマツ採種林の施業法	141
5. 全木集材の地力維持に及ぼす影響	168
6. 成木施肥法	173
— 林地肥培体系の確立 —	
7. 天然林の施業法	205
— トドマツ, エゾマツを主とする天然林施業の基礎的研究 —	
8. 上木被覆等による寒害防止法	265
9. ポット造林技術	297
— ポット鉢付苗造林試験 —	
10. 散布緑化工における木本植物導入法	325

路網設計のための
簡易表層診断法

1. 林道の設計，施工にともなう岩質の程度

I 試験担当者

機械化部機械科林道研究室長 福田 光 正

室員 小 林 洋 司

II 試験目的

道路の作設が機械施工中心に変わってきた現在，工事現場における岩質の程度は施工機械や施工技術の選択，適用については工期，工事費を決める大きな因子ともなっている。

特に，経済的な制約を強く受け，防災的な配慮を要する林道の作設施工は，その規模にともなう規格，構造の大小を問わず，予定路線道路敷の内外およびその周辺林地の表層地質条件に大きく左右される。従って，この条件のうち岩質に関して，林道の設計，施工と直接関係のある問題点を取りあげ，弾性波探査法（物理探査手法の一つで地震探査法ともいう）を主に，表面硬度法，簡易試験法等を加え，段階を追って土質工学的な究明を行なう。このように，簡易で効果的な表層診断法の開発を行なうが，具体的には岩質の程度を数値化し，導入機械の施工難易，土木材料としての適用の可否，施工法の選定等との関連づけから限界となる基準を検討し，そのチェックマニュアル化をはかる。さらに，あわせて，安定して必要精度がえられ小型軽量で堅牢な簡易計器本体，付属部品の改良や，電圧の安定を含めた電源確保その他測定にともなう諸問題の解決にあたる。

III 試験の経過と得られた成果

1. 試験の経過

（昭和44年度）

初年度は，サイズモカウンタ（測機舎製携帯用弾性波速度時間計）にシンクロスコープSS-4200（岩崎通信機製ポータブルタイプ，インバーター付）による2現象の同時波形観測を加えて野外測定を行ない，カウンタによるデジタルランプ表示値の裏付けとなるアナログ形式の波形からの時間をチェックして速度要素の精度を高めた。シンクロスコープの場合は，トリガーをかける以前に外部同期をかけてブラウン管オシロスコープにうつる波の立上り位置を接写写真によりつかむこととなる。沈礫，堆積岩を対象にその地帯を選び，林道の切取り面と切取り肩上付近の現地試験を進めた。試験地はいずれも名古屋営林局

管内の岐阜県下国有林林道（9月中旬 兵衛谷，唐谷 11月下旬 佐口谷）である。その間，同一試験地，同一箇所での追跡調査も二，三行なっている。

そのほか，当場浅川実験林内サクラ展示林道昭和42年度施工区間の峠地点測点820～847，IP34～35の間に試験地を設定し，6月下旬より7月上旬までの間に現地設定打合せ，試験地の刈払いおよび測量を済ませ，峠のはり出た法面をさらに切取り，路面を拡幅する予定箇所となっているその試験地に縦横の測定基線を設けて7月中旬，8月上旬，9月上旬と3回にわたり試験を行なった。

測定に使用した機械器具は，携帯用のサイズモカウンタ本体やポータブルなシンクロスコープ本体のほかに，キヤノンFTカメラ，角型接写装置UP-8，ビックアップAP-500（仁丹テルモ製チタン酸バリウム圧電型），ビックアップ固定棒（土用の長さ90cm，60cm，40cm，15cmと岩用のハーケン式長さ8cmの各種数組），起震用手打ち鉄ハンマーと建設紙打銃ドライブユニット440利用による起震装置，カウンタ用としてシルコバットBST4-12（古河電池製オートバイ用バッテリーDC12V）とシンクロスコープ用としてモノバット1-C型N50（古河電池製自動車用バッテリーDC12V），その他コード，工具類，叩鉄板等である。

さらに，室兼林道佐口谷支線では，林道の切取りのり面とのり肩上の追跡調査事例をえるため，昭和42年度と同一試験箇所を満2年経過した時点における昭和44年度に再度測定している。

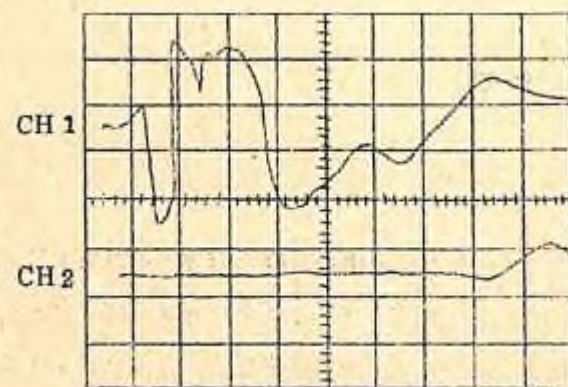


図-1 桜展示林道での一例
CH1 200mv/div
CH2 20mv/div
SWEEP TIME 2msec/div

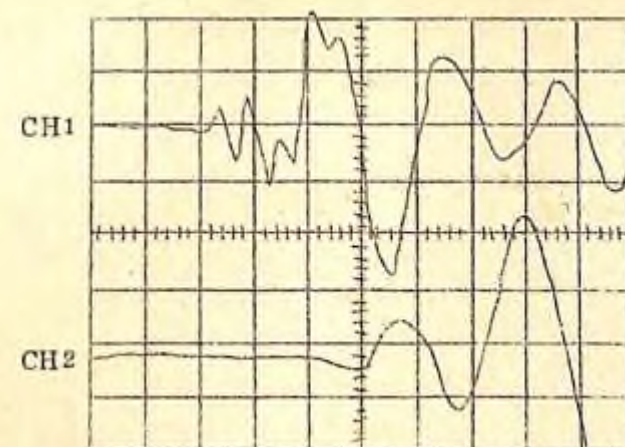


図-2 佐口谷林道での一例
CH1 100mv/div
CH2 50mv/div
SWEEP TIME 1msec/div

野外で行なう2現象観測のさい，シンクロスコープSS-4200のブラウン管上にうつる波形は図-1，図-2のようになる。CH1（チャンネル1）は震源に近い側のビックアップが捕えた波形，CH2（チャンネル2）は震源より遠い側のビックアップが捕えた波形である。ここで注目すべきことは，CH1の一格子当り電圧変化がCH2のそれよりも大きいことである。震源に近い側は，遠い側より直接大きな伝播エネルギーがぶつかるので比較的大きな電圧も単位格子のなかに入ってしまうように予めコントロールしておく必要がある。

画面上下各波の立上り点における水平成分差を，一格子当りのSWEEP TIME（掃引時間）を基準として割り出せば，両ビックアップ間を伝播する弾性波の時間をカウンタの計数値とは別に知り，これをチェックすることが出来るのである。

（昭和45年度）

第2年度は，浅川実験林の試験地に野外調査をしぼり，6月上旬に掘削施工後の新切取り法面，法肩上等周辺の計器および肉眼による観察を行ない，初年度に実施した施工前の探査結果と対比させた。一方，現地より持帰った原石から岩石試料を作り，パルス発生機SPG-5A，振動子UPD-30，試料支持台（以上，開発電子測器製，図-3，図-4参照），メモリスコープMS-5103（岩崎通信機製，蓄積管を備えた特殊シンクロスコープ）等，一連の超音波試験装置（図-5参照）による精密波形観測を行ない，岩石の種類や状態の変

化による弾性歪伝播波形の差異，野外観測波形との対比，起震時の波に対する受信波の減衰など考慮して若干考察を加えたが，これらの室内実験を軌道にのせるまでには至らなかった。

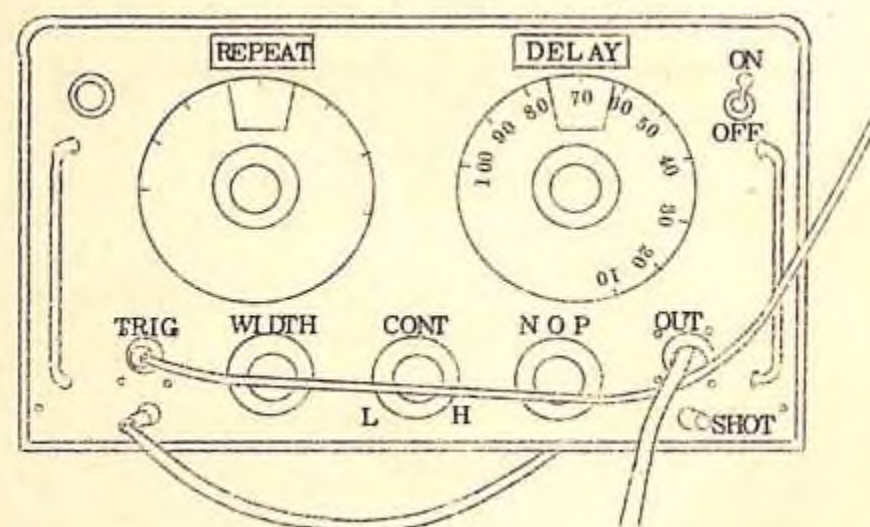


図-3 パルス発生機 SPG-5 A

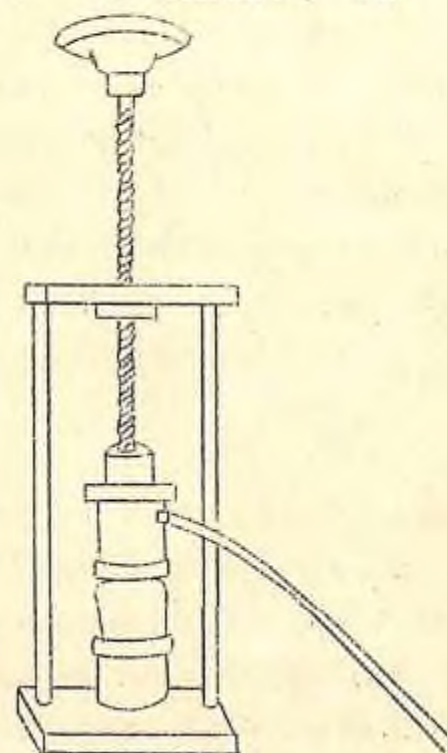


図-4 振動子 UPD-30 および試料支持台

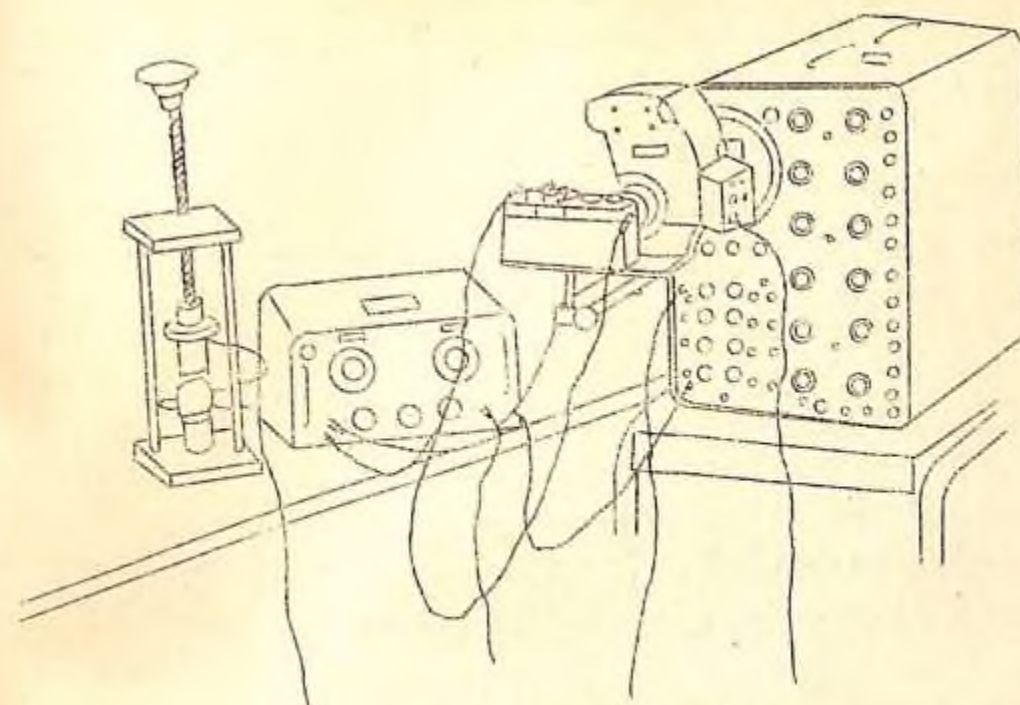


図-5 超音波試験装置

パルス発生機 SPG-5 A は，電圧振動子を周期的に励振して超音波パルスを発生させるパルスジェネレーターである。周波数 200 KHz。メモリスコープは，プラグインユニット方式で低周波信号から瞬時現象まで広帯域観測が可能である。なお，メモリスコープには，丸型接写装置 UP-7 をつけて波形写真を撮影した。

（昭和 46 年度）

第 3 年度は，2 カ年間使用してきた携帯用測定機器類に対する反省として，野外における 2 現象観測自体の非効率さと不合理さ，また，ボラロイドカメラでない限り，ブラウン管にうつる波形の写真記録，しかも多くの枚数を撮らねばならぬので経済的にも困難なこと，さらに，本体，ピックアップ，コード，起震装置，蓄電池その他の運搬，管理，測定時の操作等その煩雑さを考えるとき，今までの形式で限界ならば他の形式でもよい，精度を落さず極度に小型軽量化して一切をトランクケースに収めた地震探査装置がないか探したところ，ハンディーサイズモグラフ PS-5（応用地質調査事務所製小型地震探査装置）が諸条件を満たしているようなので，これによる現地測定にきりかえ使用した。この簡易なオツシログラフ型探査装置は，測定距離を今までの 10 m 内外にくらべて更に拡大出来，同一起震による

弾性波を同時に6成分観測が可能で、浅い表層構造の屈折法による診断には簡易性と機動性を発揮するものと思われる。

試験は、昨年度と同じ浅川実験林の試験地を選び、11月下旬、PS-5によるA'測線観測を行ない、従来の方法による測定値と対比し考察した。

年度末には、球体落下簡易CBR試験機(谷藤機械工業製土質試験機)によるA'測線の支持力調査も行なっている。

(昭和47年度)

最終年度は、昨年度にとりあげたPS-5(6成分多芯テークアウトケーブル)の林地現場における適応性を知るため、既設林道のり面およびのり肩上で予備調査をはじめ、林地施工前予定路線の縦断観測すなわち、これら地震探査器本来の働きである基岩にかぶった土上よりする内部探査を7月中旬に行なった。試験地は前橋営林局管内の群馬県下国林林道である。

いずれにせよ次の段階として早急に、林道の機械施工における難易度と工法選択の判定を弾性波速度およびリップビリティとの相関において適確につかみたいと思っている。

2 試験の成果

(昭和44年度)

○ 兵衛谷(岐阜県益田郡兵衛谷、小坂営林署管内) 輝緑凝灰岩

節理に沿って岩塊状に風化している輝緑凝灰岩の切取りのり面と切取りのり肩上に、おのおの水平距離12mの測線を設け、図-6のような走時グラフを得た。測点間隔0.5m。

岩のN型シュミットテストハンマー反発硬度値が61~76と硬岩相当の値を示しているにも拘らず、平均弾性波速度値が0.65~0.79 km/secと遅く、固結状態の材料値を表わしていないのは、節理による縦れとおった亀裂の影響と思われる。測点18~15の間と測点19にN型シュミット値でそれぞれ19~34, 11と、他に比し岩質の軟らかい傾向がみられるが、その傾向は弾性波速度値にも測点12~18の間で0.38 km/sec 測点18~24の間で0.55 km/sec と出ている。

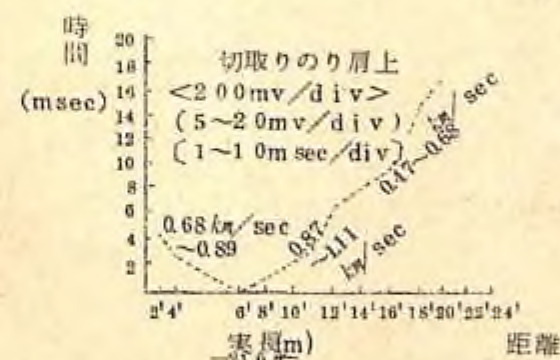
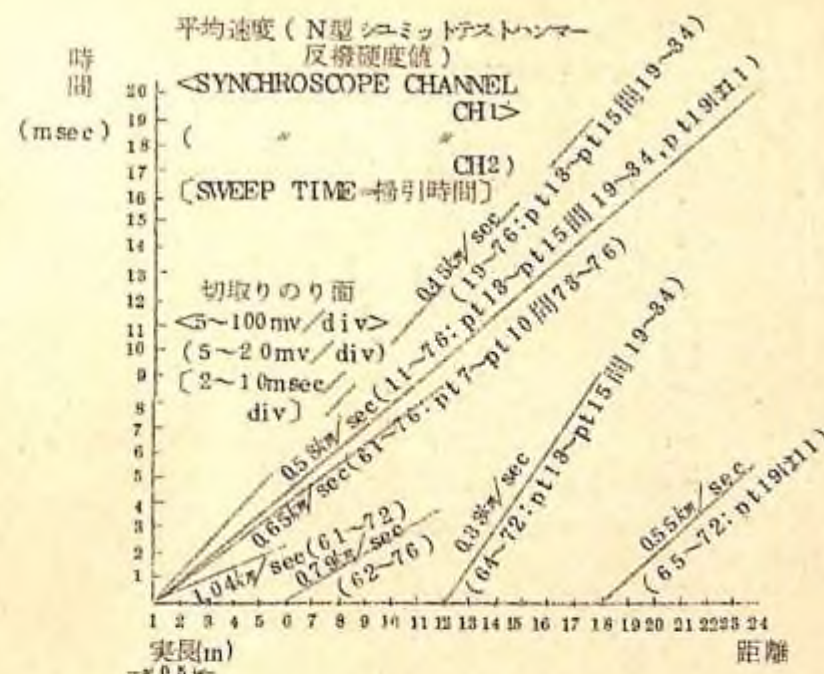


図-6 兵衛谷林道(輝緑凝灰岩)
小坂営林署管内(岐阜県益田郡)

○ 唐谷(岐阜県吉城郡唐谷、古川営林署管内) 石灰岩

不規則節理が無数にみられる風化石灰岩の山腹林道、測点967~1001間、IP34~36間の地点における切取りのり面と切取りのり肩上に、水平距離17mの測線を設け、図-7のような走時グラフを得た。測点間隔1m。

平均弾性波速度値は0.27~0.69 km/secと遅く、これも節理による亀裂の影響か、未固結状態の材料値を示している。のり面、のり肩上とも同様な速度傾向にあり、ほぼ均一の岩質程度を有する石灰岩からなっているように思われる。

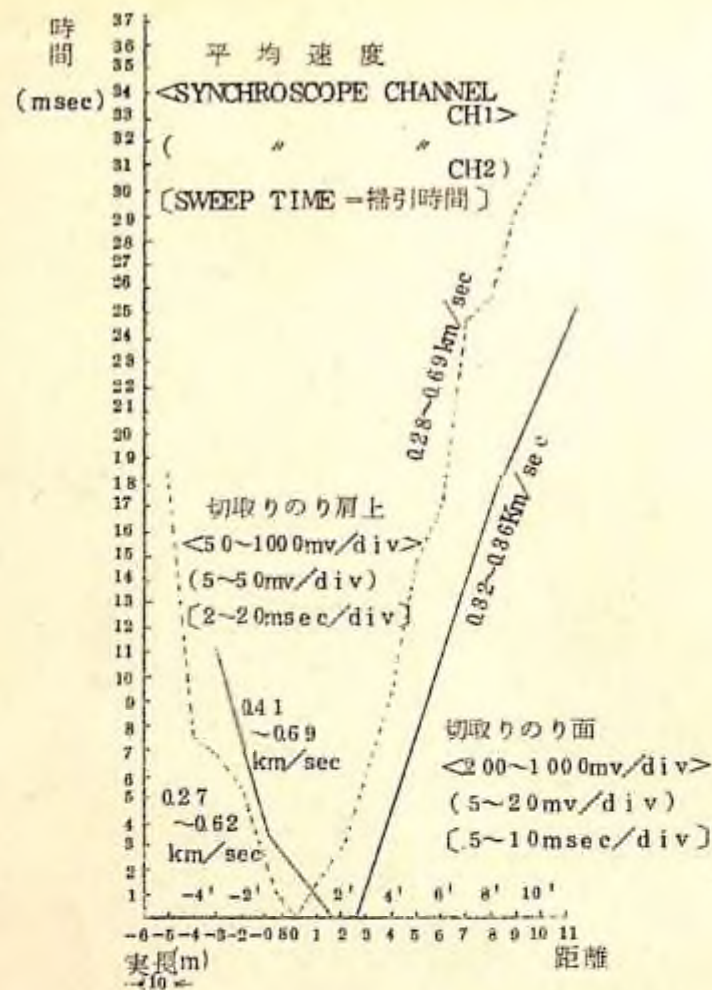


図-7 唐谷林道(石灰岩)
古川営林署管内(岐阜県吉城郡)

○ 佐口谷底1(岐阜県加茂郡七宗, 下呂営林署管内) チャート (西向斜面)

褐色の岩質そのものは、チャートにふさわしく緻密でかたいが脆く、ピックアップの固定がむずかしかった。なかには、割れ目が著しく発達し、風化による岩塊で岩のゆるんでいる部分もあった。同じ試験箇所(測点12~18)での、切取りのり面2年後観測結果は図-8のように測定値が昭和42年度の0.59~1.03 km/sec に対し昭和44年度は0.38~0.64 km/sec と遅くなり、風化の差が平均弾性波速度値に出ていると思われる。

測点16を中心とした切取りのり面速度分布をみると、路側のり尻に近い測点15-1, 17-1付近が1.00 km/sec 以上で、基岩に近いほど風化のすすんでいないことが推察された。一般に、ここの法面およびその周辺は層理、走向にあまり関係なく0.55 km/sec 前後の値を示しているようである。水平距離20mの測線。測点間隔1m。

昭和44年度調査

凡例:

<SYNCHROSCOPE CHANNEL CH1>

(" " CH2)

[SWEEP TIME = 掃引時間]

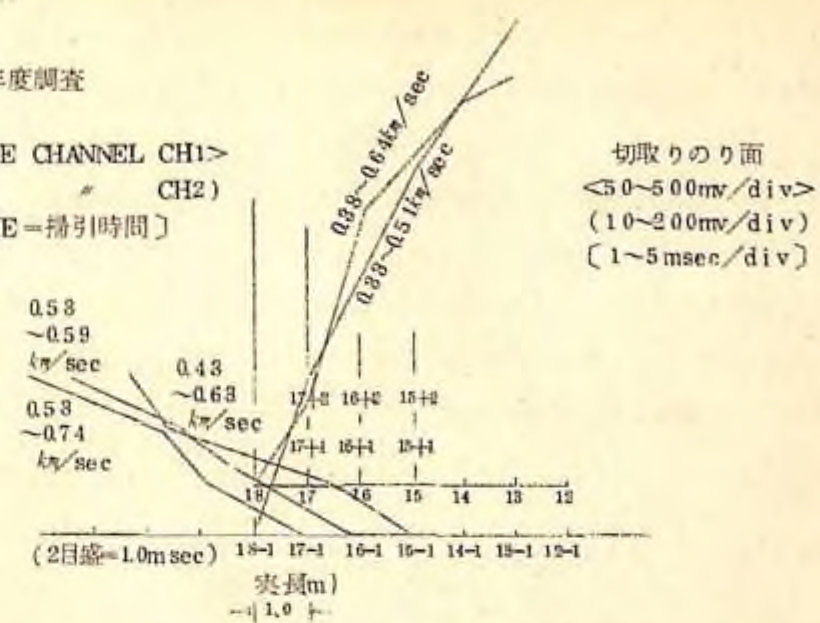


図-8 佐口谷林道 底1 (チャート)

下呂営林署管内(岐阜県加茂郡)

○ 佐口谷底2(岐阜県加茂郡七宗, 下呂営林署管内) チャート (南向斜面)

褐色のチャートで、褶曲作用等により細かい多数の亀裂、岩の目はみられるが、試験地全体としては佐口谷底1より岩のゆるみが少ない。切取りのり面とのり肩上に、おのおの水平距離11mの測線を設け、図-9のような走時グラフをえた。測点間隔1m。切取りのり肩

上の表土はきわめて薄く、のり面同様の風化露岩にピックアップを固定し、表土上からする測定としては比較的高精度で計測作業を実施することが出来た。平均弾性波速度値も0.59~1.00 km/sec, 0.63~1.14 km/sec とのり面、のり面上での数値に大差がみられなかった。また、切取りのり面およびのり面上において、昭和42年度の測定値がそれぞれ0.66~1.67 km/sec, 0.53~1.50 km/sec であったのに対して、昭和44年度は0.59~1.00 km/sec, 0.63~1.14 km/sec と遅く、2年の風化によると思われる差が速度値にあらわれている。測点5を中心とした切取りのり面の速度分布は、層理、走向にあまり関係なく0.46 km/sec 前後の値を示しているようである。

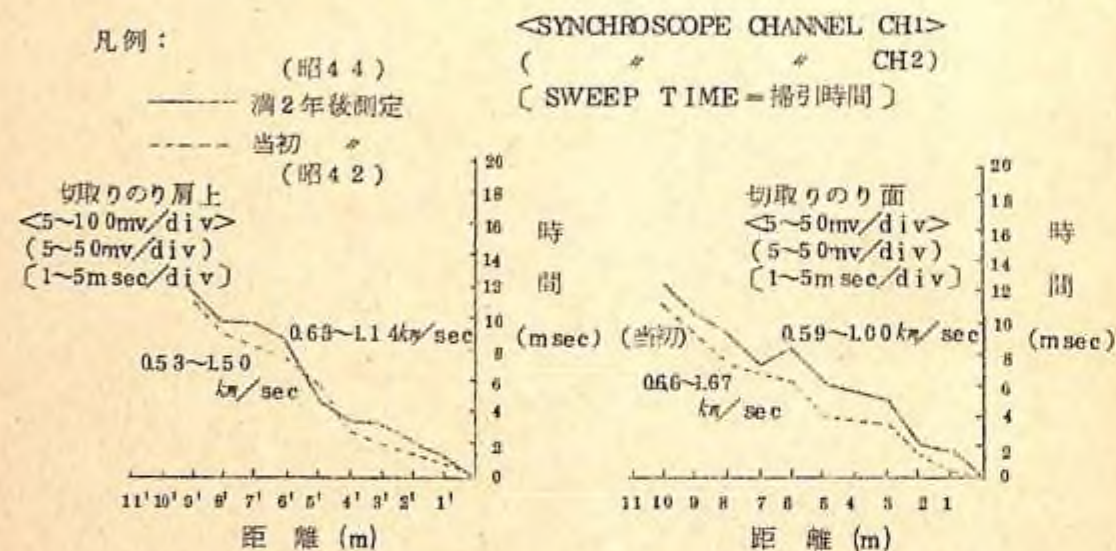


図-9 佐口谷林道 Ⅱ (チャート)
 下呂営林署管内 (岐阜県加茂郡)

○ 桜展示 (東京都八王子市長房町、林業試験場浅川実験林内) 凝灰質砂岩

当初、曲線半径10mを2つつないだ線形で設計、施工されていた時の両切部分を、内側の法面を、大幅に切取り掘削して路面を拡幅し、少しでも見通しの良い線形にするための改修を機に試験地とした。図-10はその全景。

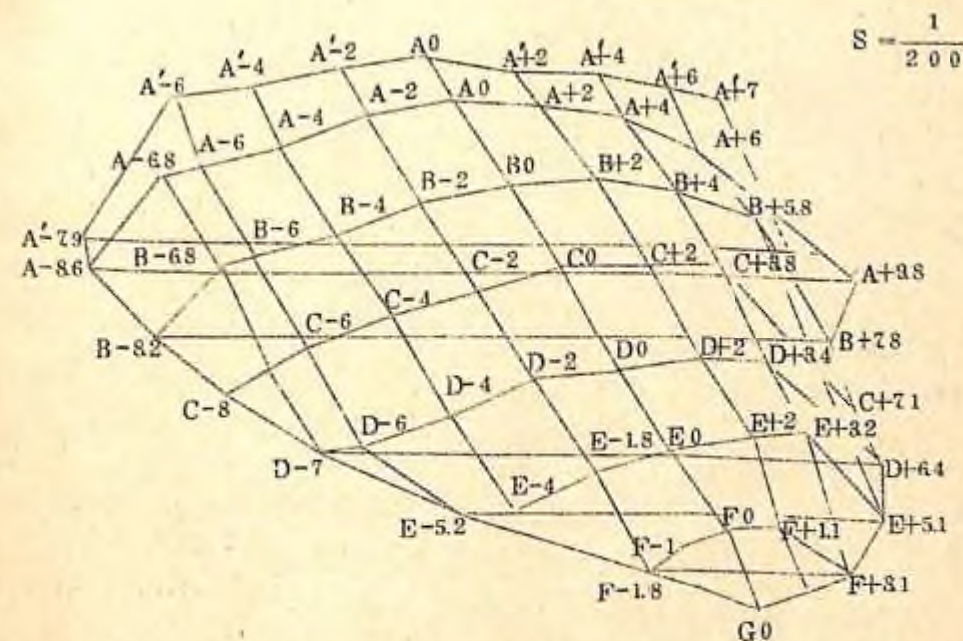


図-10 桜展示林道試験地全景
 林業試験場浅川実験林

細かい目のはいった凝灰質の風化砂岩で、平均弾性波速度値は、図-11の掘削施工前図 (向かって左) でもわかるように、A測線における法面上付近で0.34~0.62 km/sec, 略側法尻付近の基岩に近いところで1.03~1.52 km/sec あった。また、のり面に沿い水平方向に2m間隔、垂直方向に林道路面から高さ0.5mと1.5mのところに、水³²と垂直の打撃可能な測定箇所をおのおの設けてシュミットテストハンマーN型による表面硬度試験を行なった結果、水平面打撃の平均値が10、垂直面打撃の平均値が18で、いずれもN型シュミット値は80以下の値を示した。昭和45年2月下旬より3月上旬にかけてシヨベルドーザCAT951 (キヤタビラ三菱製履帯式トラクタシヨベル、総重量11ton, バケット容量2m³) のみによるこの掘削改修工事を行ったが、本建設車輛にとって、この程度の

岩掘削は格好のものであったと思われる。

掘削工事の対象となった地山土量は 274.7 m^3 である。従って、ほぐした運搬土量は 2 ～ 3 割増の 342.4 m^3 となる。



する困難性等多くの解決すべき問題点がありそうである。

(昭和46年度)

○ 桜展示(東京都八王子市長房町, 林業試験場浅川実験林内) 凝灰質砂岩

PS-5によるA'測線の観測結果は図-12のとおりで, その測定記録はそれぞれ図-13, 図-14, 図-15, 図-16に示す。

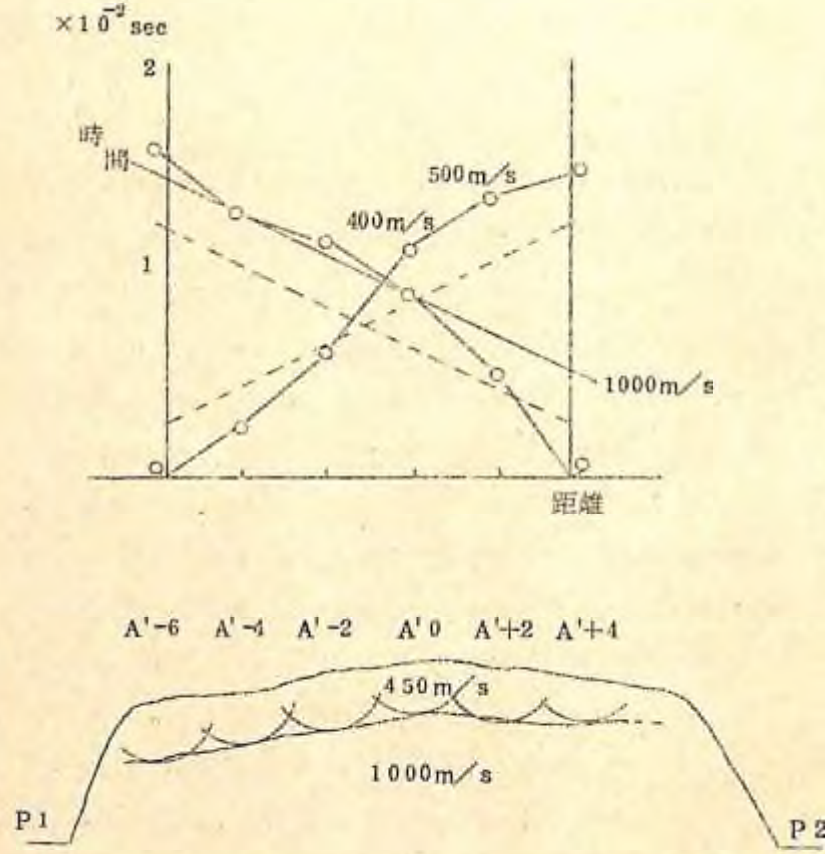


図-12 PS-5によるA'測線観測結果
浅川実験林桜展示林道試験地 (掘削施工後)

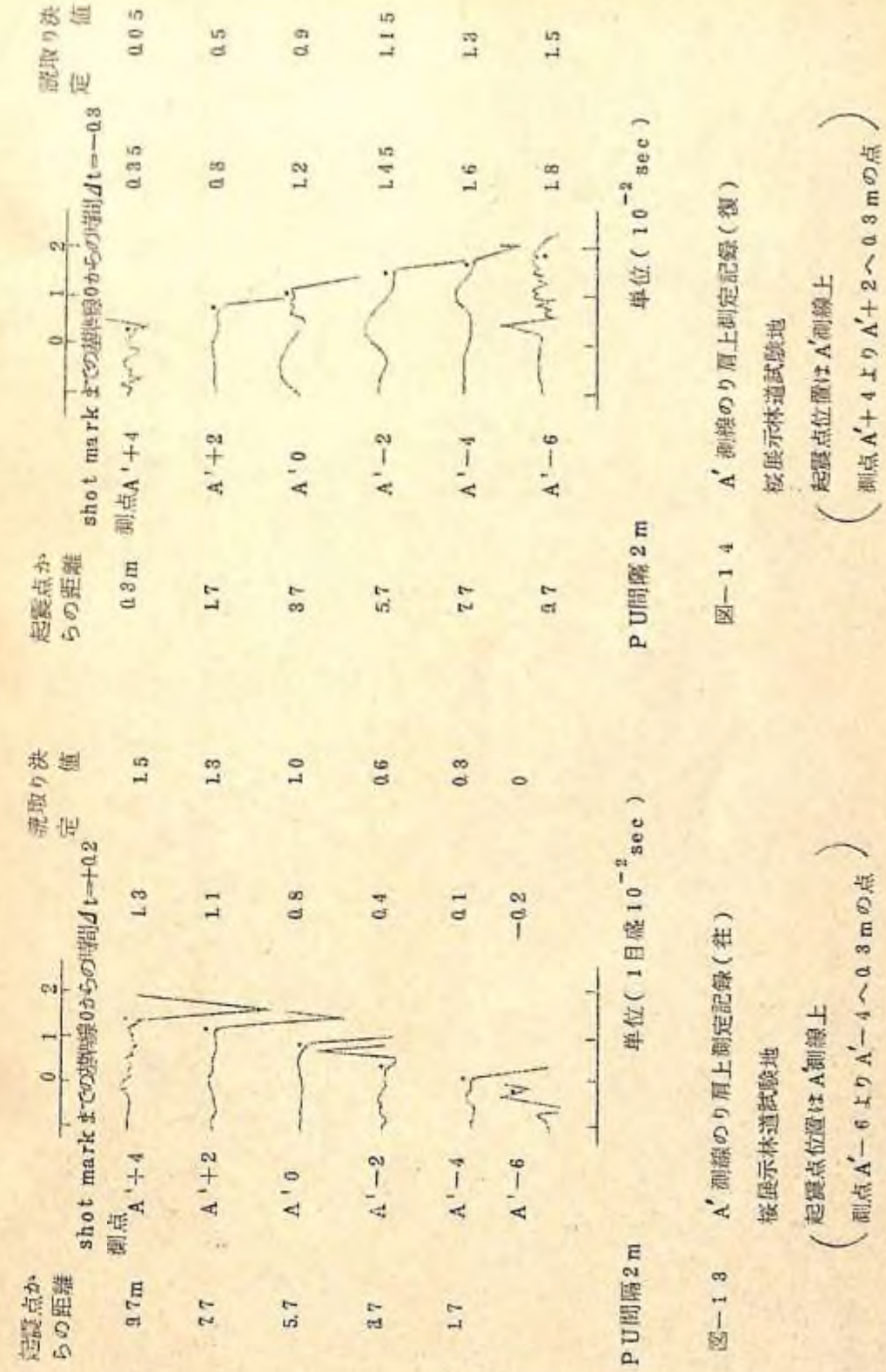


図-13 A'測線のり肩上測定記録(往)

桜展示林道試験地

(起震点位置はA'測線上
測点A'-6よりA'-4へ0.3mの点)

図-14 A'測線のり肩上測定記録(復)

桜展示林道試験地

(起震点位置はA'測線上
測点A'+4よりA'+2へ0.3mの点)

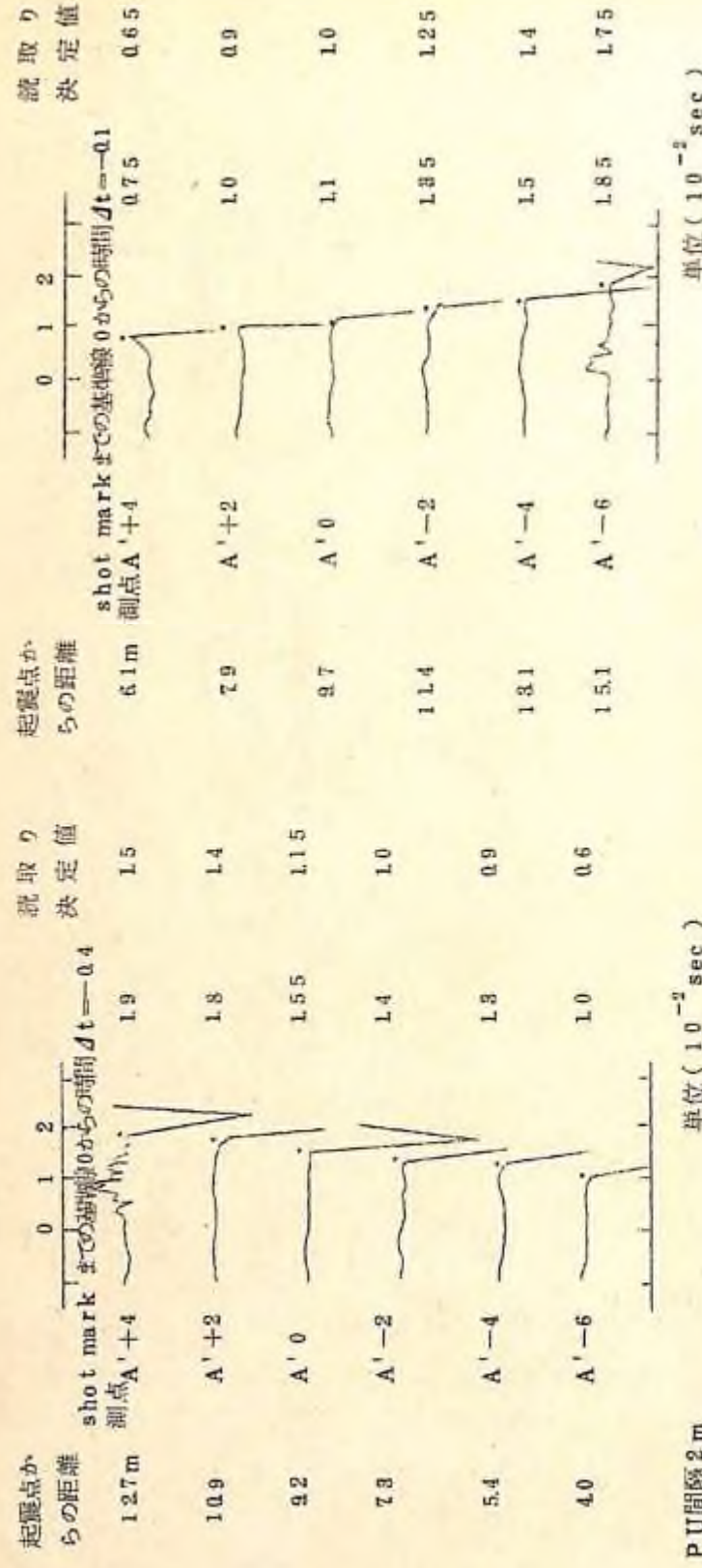


図-15 A'測線における法尻路面よりの扇形測定記録(左)

桜展示林道試験地

(起震点位置はA'測線上
測点A'-7.9付近の林道路側法尻)

図-16 A'測線における法尻路面よりの扇形測定記録(右)

桜展示林道試験地

(起震点位置はA'測線上
測点A'+7.7側の直下、林道路側法尻)

のり肩付近の表土層は、深さ1.1~1.6m。層の構成は二層で、表土層の平均弾性波速度は、0.84~0.49 km/secと0.50~0.57 km/sec大きくても0.65 km/secまでである。A'測線における法尻路面よりの扇形測定記録(図-15, 図-16参照)から、表層と基層の二つの層を通過して、のり肩上の各測点に達した平均弾性波速度は、0.60~0.85 km/secと0.86~0.97 km/secであった。それらを加味して基層の速度は露頭測定から推定した。

球体落下簡易CBR試験機によるA'測線の支持力調査結果は概ね次表のとおりである。

測点	D値(平均)	CBR値	支持力係数	
			K ₃₀	K ₇₅
(林道路面)	(37.8~43.5)	(3.7~7.7)	(23.4~41.4)	(10.7~18.8)
A'+4	65.3	4.3	7.5	3.6
A'+2	53.8	12.8	13.0	5.9
A'0	64.6	4.6	7.9	3.8
A'-2	65.3	4.4	7.8	3.7
A'-4	54.8	11.4	12.5	5.7
A'-6	72.2	1.8	3.8	1.8

(昭和47年度)

○ 上沢渡(群馬県吾妻郡中之条町反下, 中之条営林署管内) 風化凝灰岩

[第1試験地]

火山性の砕屑岩を含む厚い転石交りの表土層と結合凝灰岩層からなる法高1.0m余の施工直後切取面で、向かって右下りに傾斜30°ぐらいで走る表土と基岩の境界は判然としている。

基岩の平均弾性波速度を知るため、のり面測定として、その境目にそって測線を設定した。また、表土の速度を知るため、のり肩上で測定も行なった。それら測定の記録は、図-17, 図-18, 図-19, 図-20のとおりである。

試験の結果、基岩の速度は0.64~0.80 km/secで0.75 km/secぐらい、表土は0.27~0.85 km/secで0.80 km/secであった。

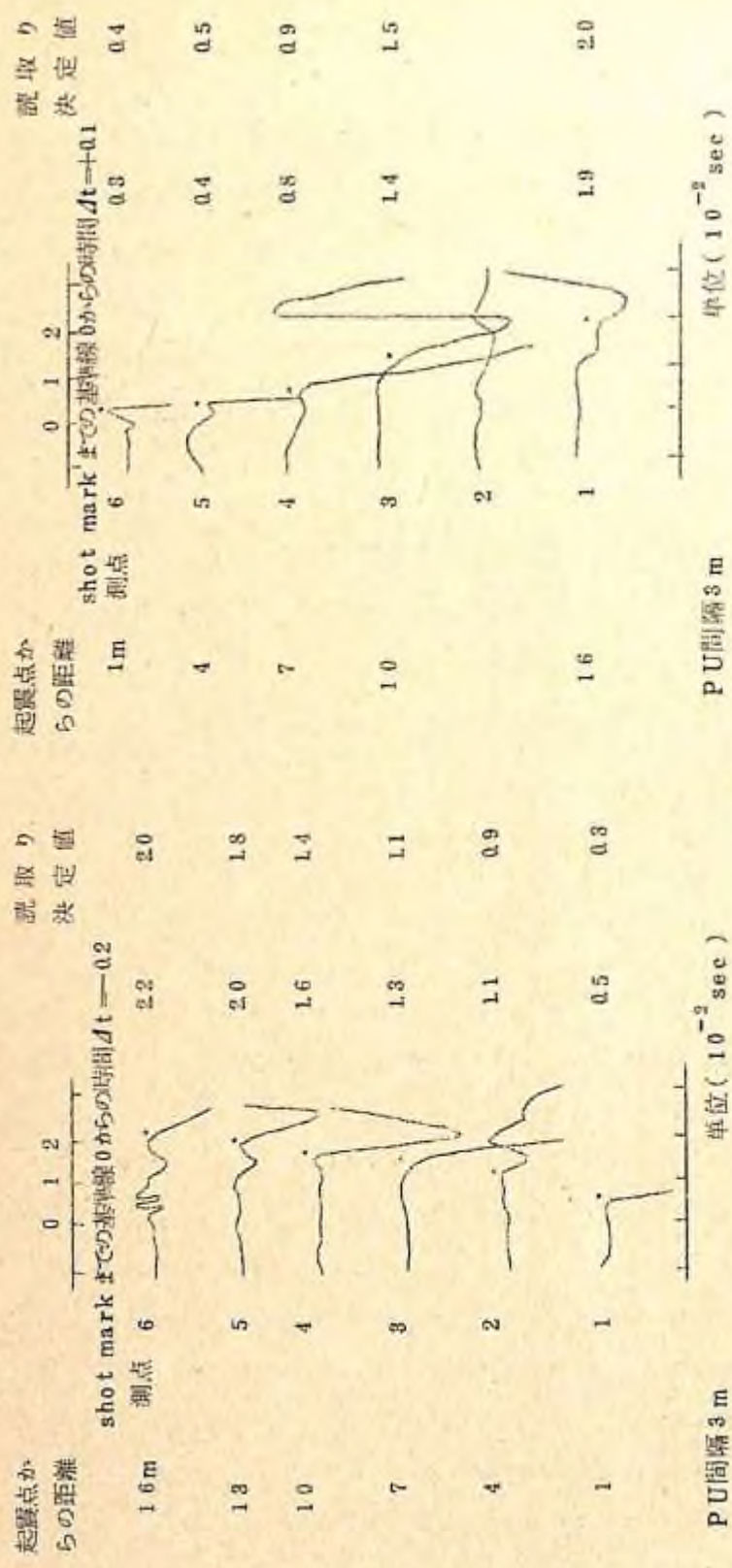


図-17 のり面測定記録(往)
上沢渡林道(既設)第1試験地
(起震点位置は測線上
測点1より測点2と反対方向へ
1mの点)

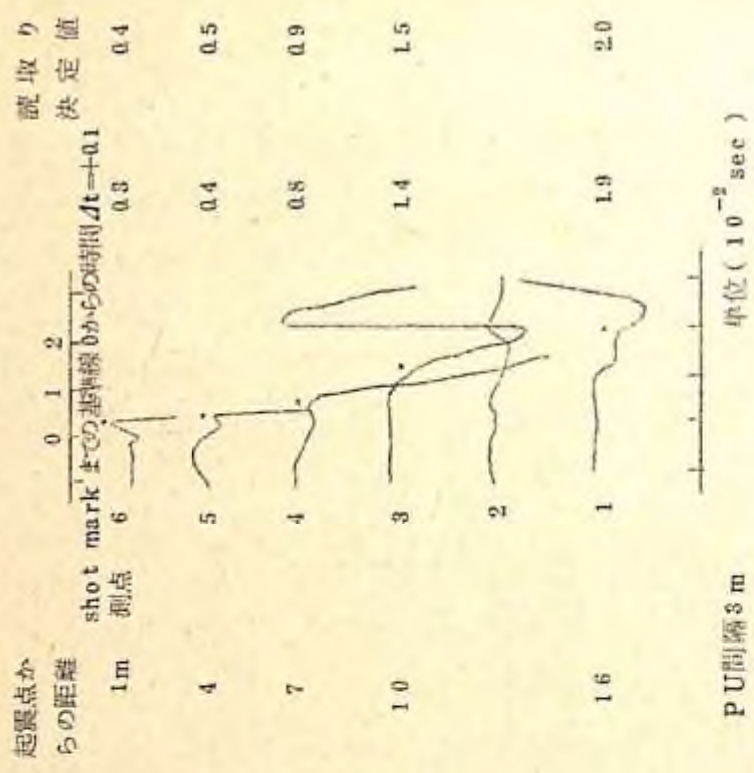


図-18 のり面測定記録(復)
上沢渡林道(既設)第1試験地
(起震点位置は測線上
測点6より測点5と反対方向へ
1mの点)

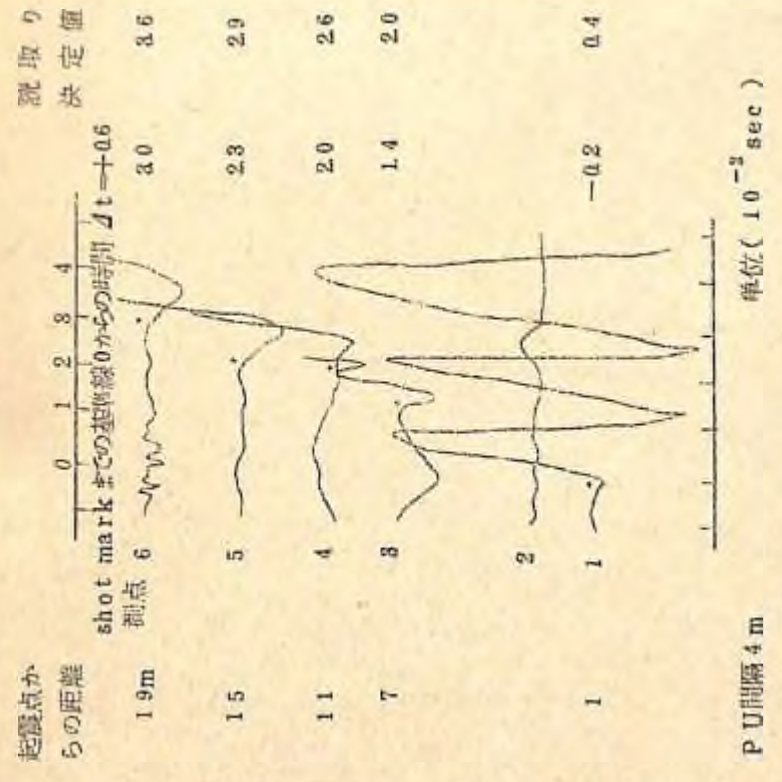


図-19 のり面測定記録(往)
上沢渡林道(既設)第1試験地
(起震点位置は測線上
測点1より測点2の方向へ1mの点)

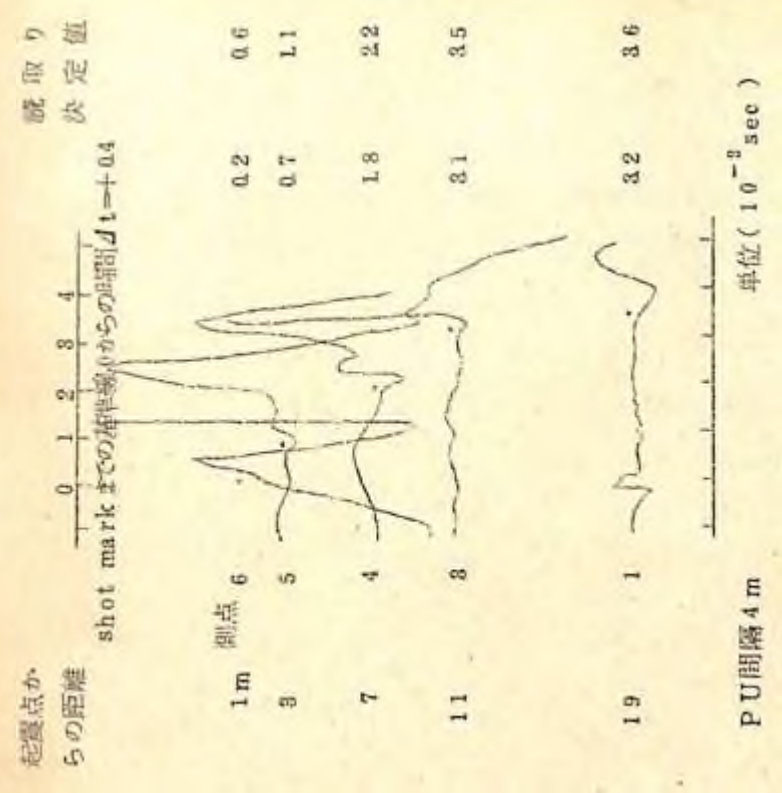


図-20 のり面測定記録(復)
上沢渡林道(既設)第1試験地
(起震点位置は測線上
測点6より測点5の方向へ1mの点)

〔第2試験地〕

ガードレール状の手すりのある橋のきわで、のり面には吹付緑化工がほどこされている。

基岩は 1.70 km/sec 、表層は $0.28 \sim 0.49 \text{ km/sec}$ で 0.35 km/sec 程度、なお、ごく表面の薄い層は黒土で $0.10 \sim 0.20 \text{ km/sec}$ である。

それらの測定記録は、図-21、図-22、図-23のとおりである。

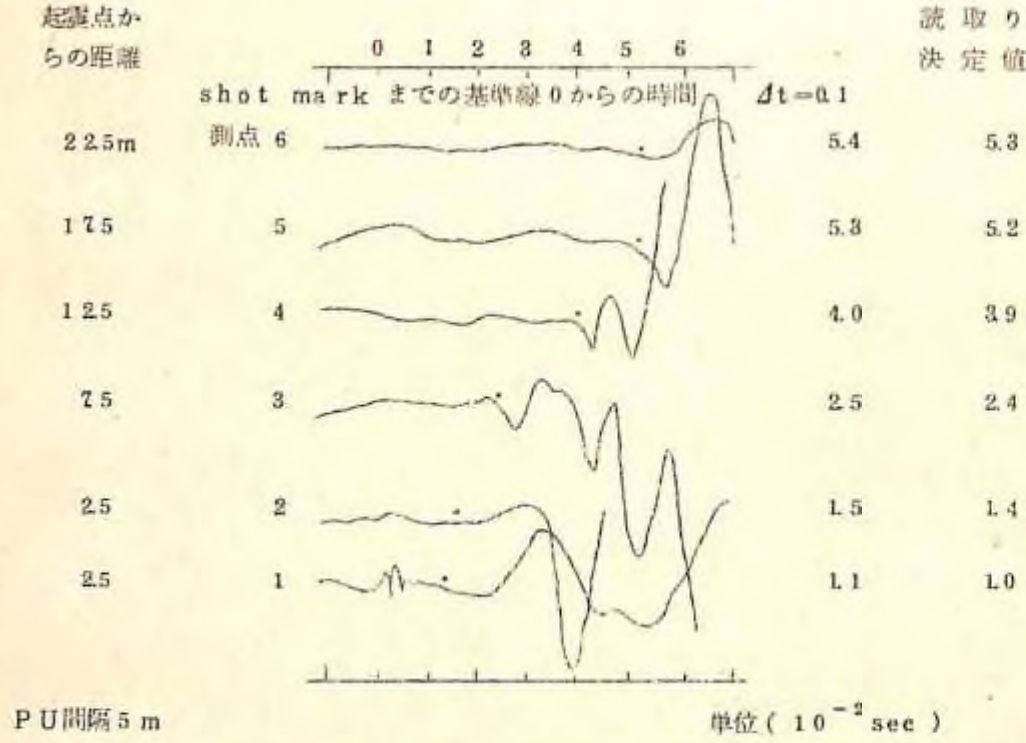


図-21 のり面上測定記録(往)

上沢渡林道(既設)第2試験地

(起震点位置は測線上
測点1より測点2の方向へ2.5mの点)

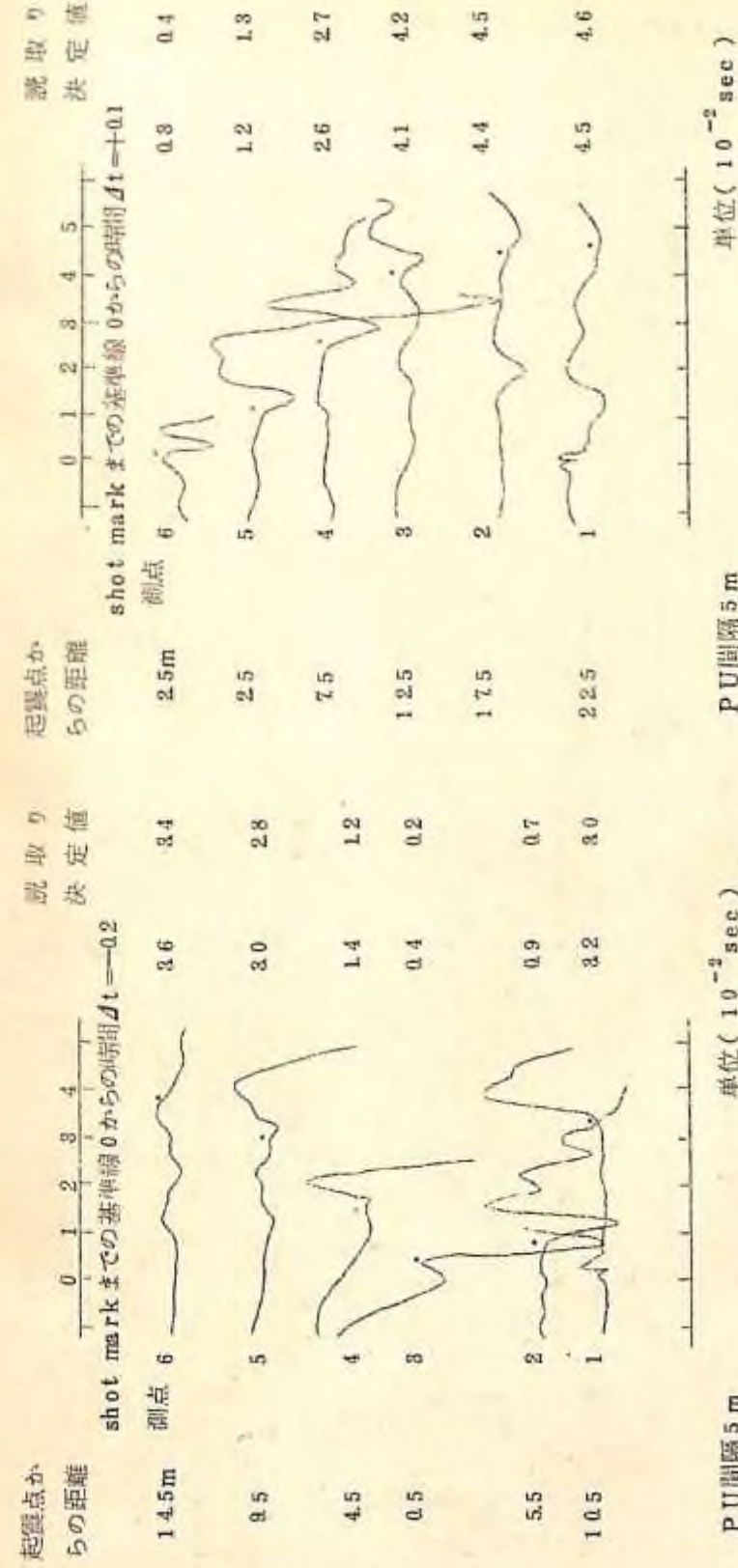


図-22 のり面上測定記録(中間)

上沢渡林道(既設)第2試験地

(起震点位置は測線上
測点3より測点4の方向へ0.5mの点)

図-23 のり面上測定記録(復)

上沢渡林道(既設)第2試験地

(起震点位置は測線上
測点6より測点5の方向へ2.5mの点)

○ 新潟(群馬県吾妻郡中之条町四万, 中之条営林署管内) 安山岩

[測点320]

近くに滝音のとどろく試験地で, さらに, 雨天等悪条件が重なったためか案の定, 記録が悪く, 走時解析法の原則となっている仮原走時のみでは解明出来ず, 零走時, 折点走時その他の手法もとり入れて解析した。

縦断と横断の観測結果, 測定記録は図-24, 図-25, 図-26, 図-27, 図-28のとおりである。

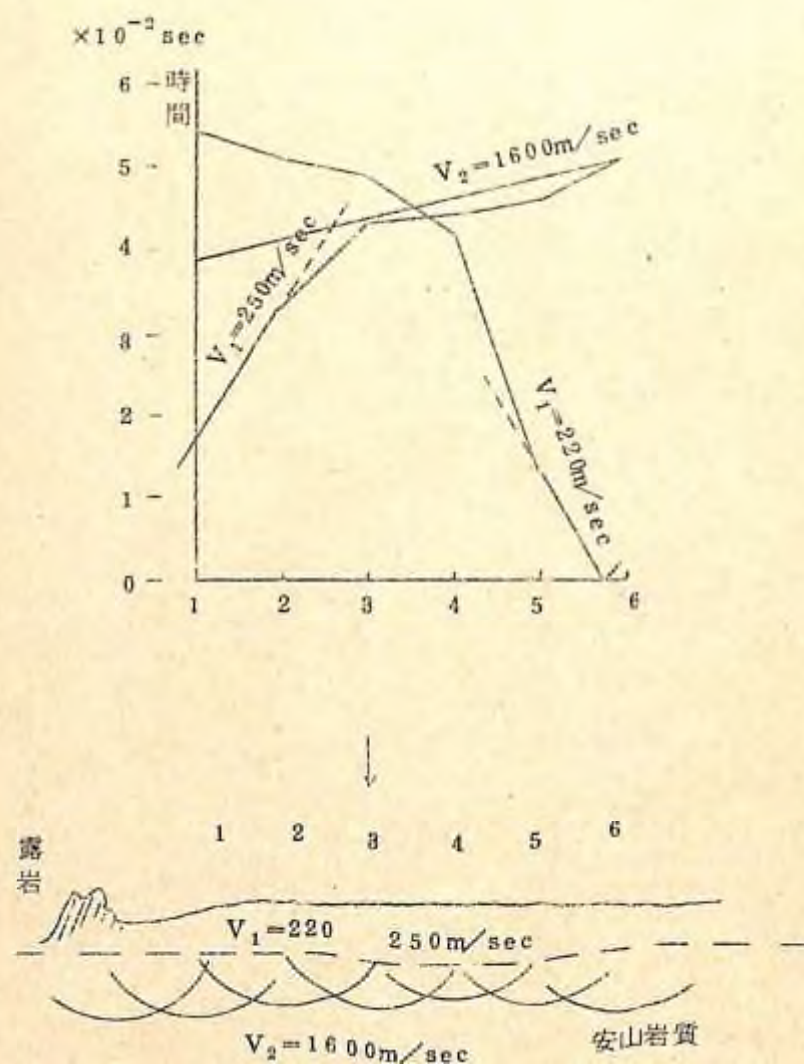


図-24 測点320の縦断観測結果
新潟林道(施工前)

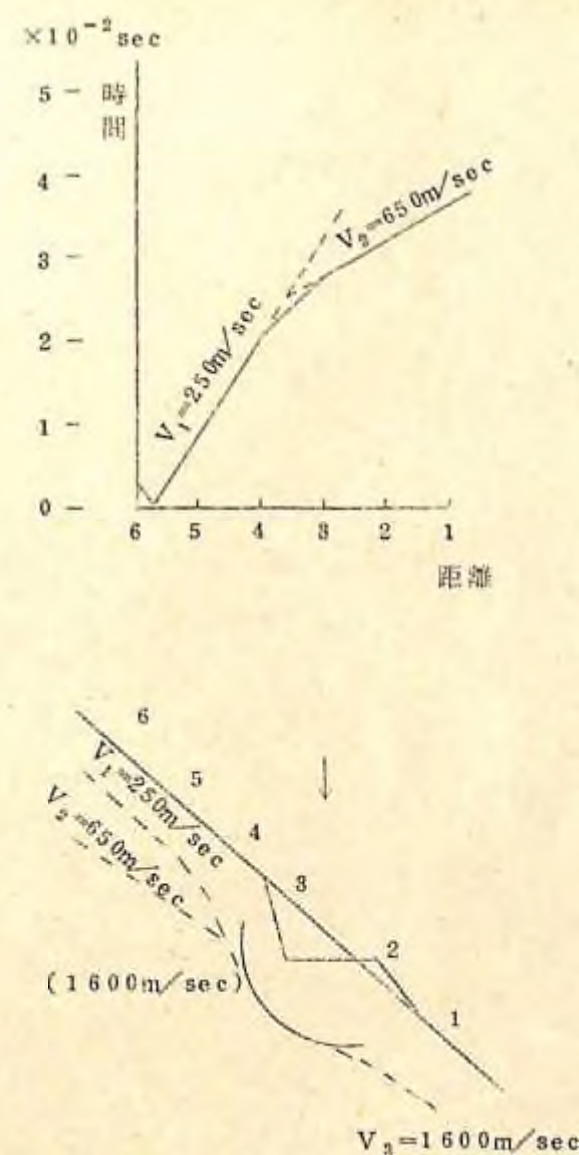


図-25 測点320の横断観測結果
新潟林道(施工前)

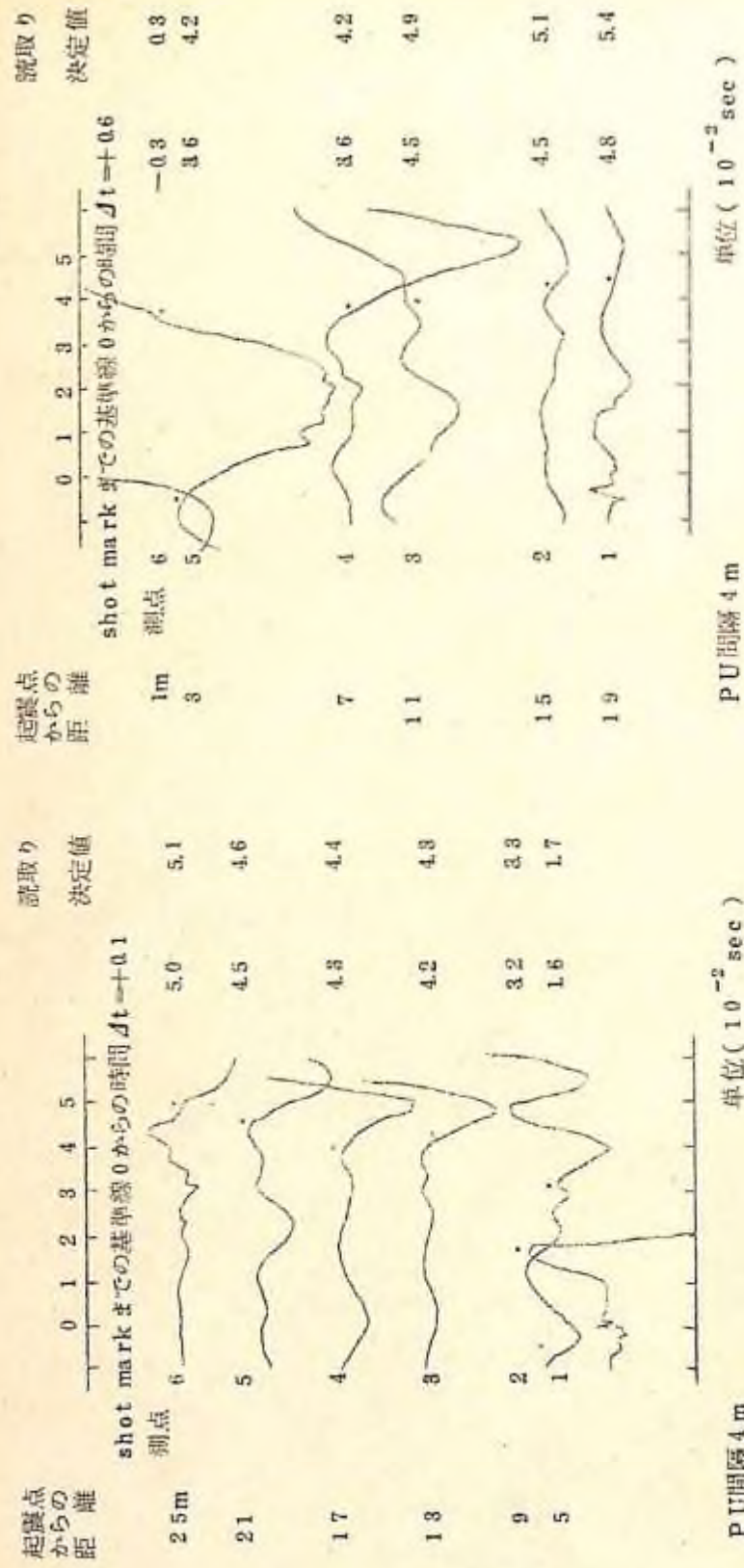


図-26 縦断測定記録(往)

新潟林道 測点320

起震点位置は測線上

(測点1より測点2と反対方向へ5mの点)

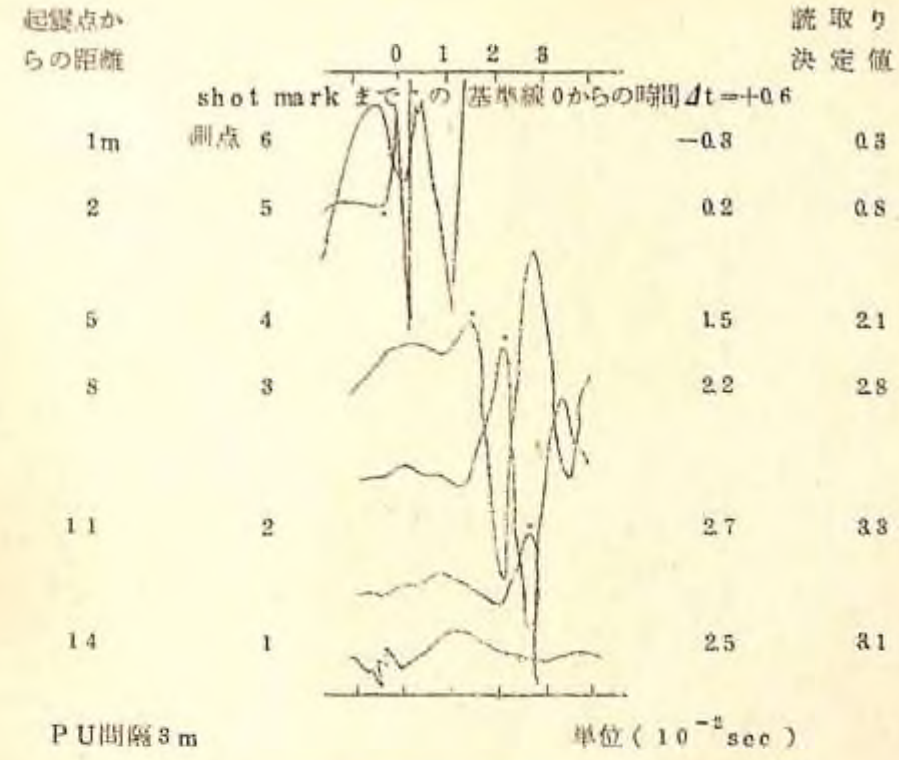


図-28 横断測定記録(復)

新潟林道 測点320

起震点位置は測線上

(測点6より測点5の方向へ1mの点)

[測点360-4m]

測点320同様の悪条件で、特に、縦断の測定記録が悪かった。表層の速度は0.26~0.43km/secで0.30km/secぐらいである。横断の表層速度は0.27~0.28km/secで0.32km/secであった。

縦断と横断の観測結果、測定記録は図-29、図-30、図-31、図-32、図-33、図-34、図-35のとおりである。

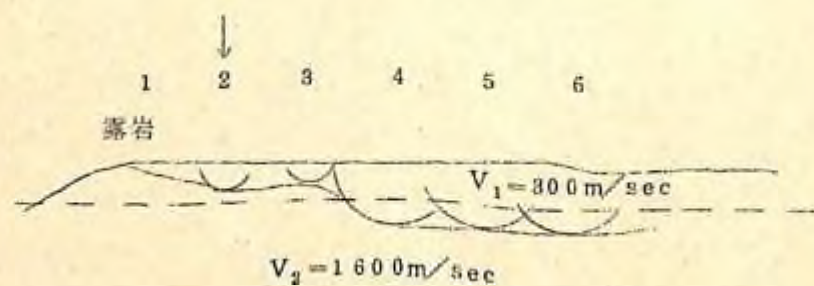
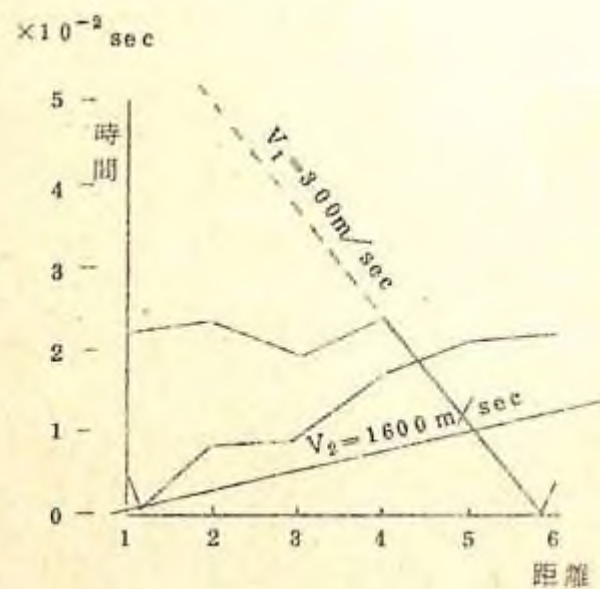


図-29 測点360-4mの縦断観測結果
新湯林道(施工前)

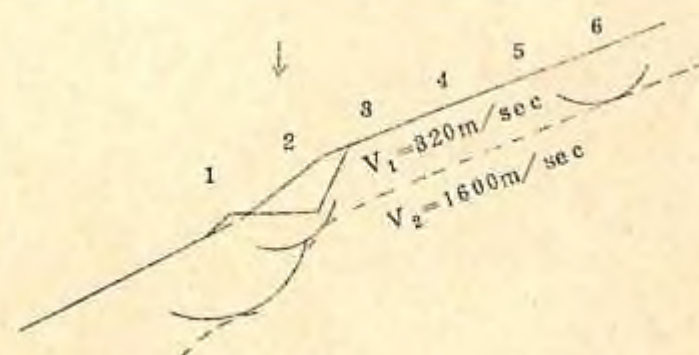
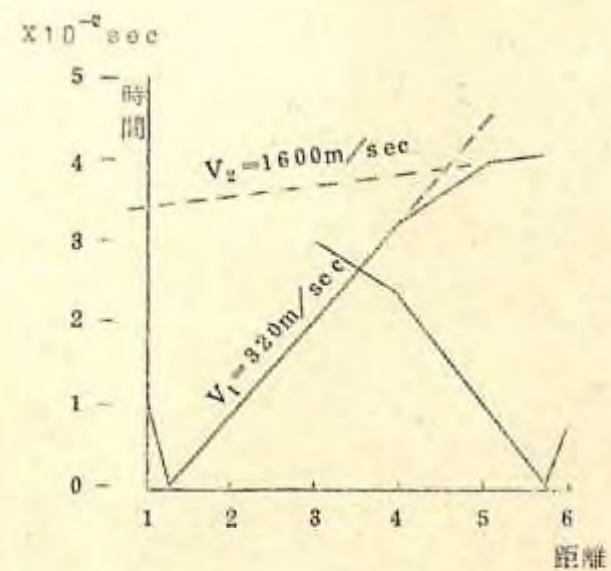


図-30 測点360-4mの横断観測結果
新湯林道(施工前)

起震点か
らの距離

読取り
決定値

起震点か
らの距離

読取り
決定値

shot mark までの基準線0からの時間 $\Delta t = +0.5$

shot mark までの基準線0からの時間 $\Delta t = +0.1$

測点 6

測点 6

19.5m

0.5m

2.2

1.7

測点 5

測点 5

15.5

3.5

2.1

1.6

測点 4

測点 4

11.5

7.5

1.7

1.2

測点 3

測点 3

7.5

11.5

0.9

0.4

測点 2

測点 2

3.5

15.5

0.8

0.3

測点 1

測点 1

0.5

19.5

0.5

0

PU間隔 4 m

単位 (10^{-2} sec)

PU間隔 4 m

単位 (10^{-2} sec)

図-31

縦断測定記録 (往)

図-32

縦断測定記録 (復)

新湯林道 測点 360-4 m

新湯林道 測点 860-4 m

(起震点位置は測線上
測点 1 より測点 2 の方向へ 0.5 m の点)

(起震点位置は測線上
測点 6 より測点 5 の方向へ 0.5 m の点)

起震点か
らの距離

読取り
決定値

起震点か
らの距離

読取り
決定値

shot mark までの基準線0からの時間 $\Delta t = +0.6$

shot mark までの基準線0からの時間 $\Delta t = +0.4$

測点 6

測点 6

1.9m

15m

4.1

3.5

1.5

15m

4.0

3.4

1.1

11

3.3

2.7

7

7

2.2

1.6

3

3

1.2

0.6

PU間隔 4 m

単位 (10^{-2} sec)

PU間隔 4 m

単位 (10^{-2} sec)

図-33

横断測定記録 (往)

図-34

横断測定記録 (往の再測)

新湯林道 測点 360-4 m

新湯林道 測点 360-4 m

(起震点位置は測線上
測点 1 より測点 2 の方向へ 1 m の点)

(起震点位置は測線上
測点 1 より測点 2 の方向へ 1 m の点)

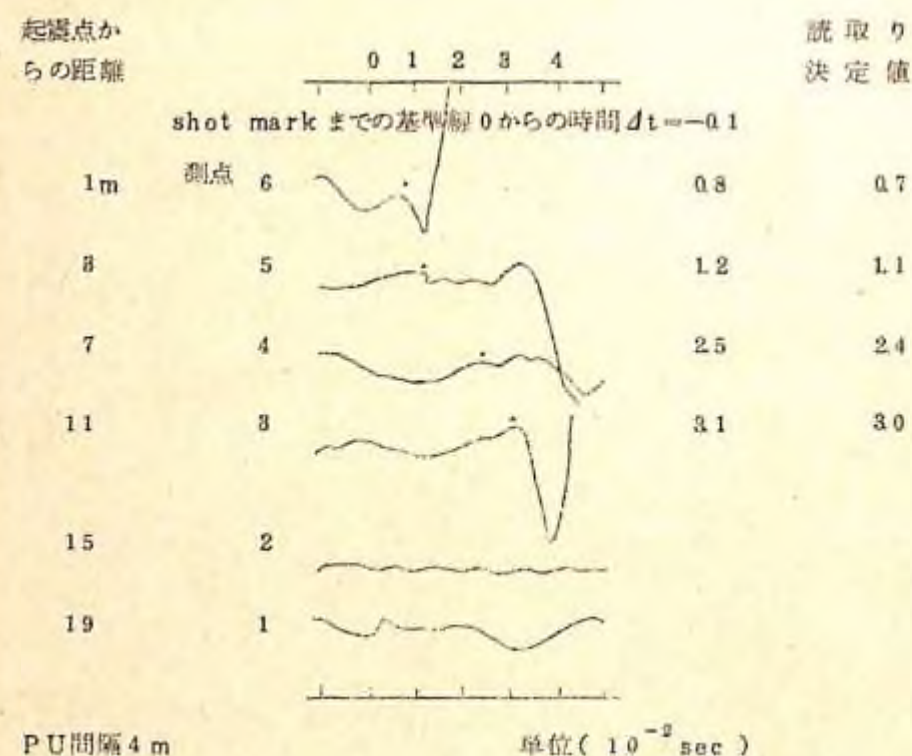


図-35 横断測定記録(復)

新潟林道 測点360-4m

(起震点位置は測線上
測点6より測点5の方向へ1mの点)

2. 林道開設のための表層構造

I 試験担当者

土じょう部土じょう調査科地質研究室長

木立正嗣

II 試験目的

近年とくに自然保護や山地保全の必要性が高まってきた。また森林の公益的機能の再評価にともなう森林保護、治山治水事業遂行の必要から林道開設が緊急の度を増してきた。しかし林道開設には幾多の困難な問題がある。山地斜面の地質・地形との関連における特性を解明し、合理的、経済的な林道開設の基礎資料を得ることがこの研究の目的である。

III 試験の経過と得られた成果

1. 試験の方法

山地斜面の表層構造を解明するのに本研究では、表層地質と微地形の調査をおこない、また電気探査法によって、表層・風化帯・基岩の厚さおよび岩層中の含水層の測定をおこなった。電気探査機は横河電機社製3244型大地比抵抗測定機で探査法は主として4極中心法である。

2. 試験の成果

2-1 (昭和44年度)

2-1-1 流紋岩体での試験

場所 名古屋営林局 付知営林署 加子母裏木曾国有林 49林班 い小班

地質 斜長流紋岩熔岩

地形 熔岩流紋斜面(微地形細長い凹部)

植生 広葉樹を主とする二次林(15年生)

電探測定による表層構造の解析図は図1の通りである。このほか斜長流紋岩のところでは34林班と35林班の林班界凸型緩斜面、77林班凹型斜面での測定結果から、つぎの事項がわかった。

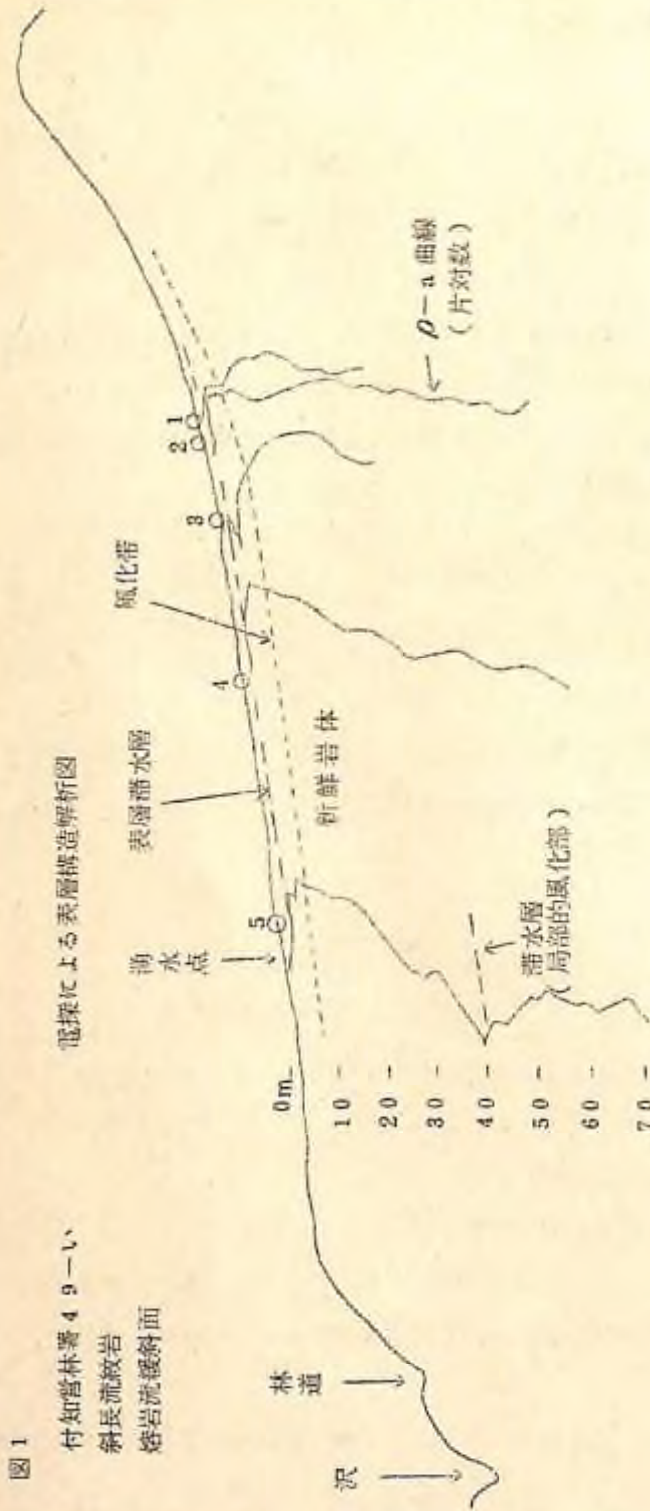
1) 流紋岩熔岩の地下含水層は浅く地表から1.5~3mのところから第1地下水層を形成していた。

2) 風化帯の厚さは4~6mである。

図1

付知営林署49-い
斜長流紋岩
熔岩流緩斜面

電探による表層構造解析図



測点番号	表層滞水層	風化帯	岩体中の滞水層
1	1.5 m	0.4 ~ 4.5 m	30 m までの測定で見えず
2	1.5	0.5 ~ 4.5	60 m
3	2.0	0.5 ~ 5.0	30 m
4	3.0	0.5 ~ 5.0	60 m
5	3.0	0.5 ~ 5.5	38 ~ 39.5 m に存在する (局部的)

注 地表からの深さで示したものである。

- 3) 流紋岩体は局部的に風化している部分があって、その深さはこの地域では地表下 30 ~ 40 m のところである。
- 4) 一般に地表傾斜 (斜面傾斜) が 25 度以上になると岩片混りの表土は爬行現象をおこし、30 ~ 40 度で表層剥離を誘発する。
- 5) 山地における地表傾斜 25 度以上の凹部または谷の斜面では、崩壊・表層滑落は斜面中部または上部と地表傾斜の変換点下部に発生しやすい。
- 6) 山腹斜面の切取り 1.5 ~ 3 m 以上のときは表層滞水層からの急激な排水 (鉄砲水) および滑落をおこしやすいので十分配慮し、排水溝・擁壁・早期緑化などを入れることをおこなってはならない。

2-1-2 安山岩・流紋岩体での試験

場所 前橋営林局 沼田営林署 新地林道
地質 安山岩熔岩
地形 熔岩流緩斜面 (微地形凹型斜面)
植生 スギ植栽地 (5 年生)

場所 沼田営林署 コモギ林道
地質 流紋岩熔岩
地形 凹型斜面
植生 スギ植栽地 (3 ~ 7 年生)

電探による表層構造の解析は図2の通りである。この結果からつぎの事項がわかった。

- 1) 安山岩体では厚さ 20 m を越す風化帯があり、岩体中の滞水層は地表下 10 ~ 12 m と 20 ~ 30 m の 2 層がある。そして上位の地下水層 (第 1 層) の方が貯水量が多い。
- 2) 流紋岩体では厚さ 5 ~ 10 の風化帯があり、地下滞水層は 2 ~ 3 m に形成される。また岩体中には局部的に風化した部分があり、その深さは地表下 30 ~ 40 m で貯溜水をもつことがある。この結果は上記付知営林署の斜長流紋岩体のそれとはほぼ同一である。
- 3) 安山岩熔岩流地域においてはその表層の火山堆出物の堆積が一般的である。安山岩熔岩地域の林道開設は表層構造 (風化帯・滞水層の形態・基岩の節理など) の点からは、かなり容易で、崩壊の危険性は少い。しかし火山堆出物の被覆、温泉余土、変質

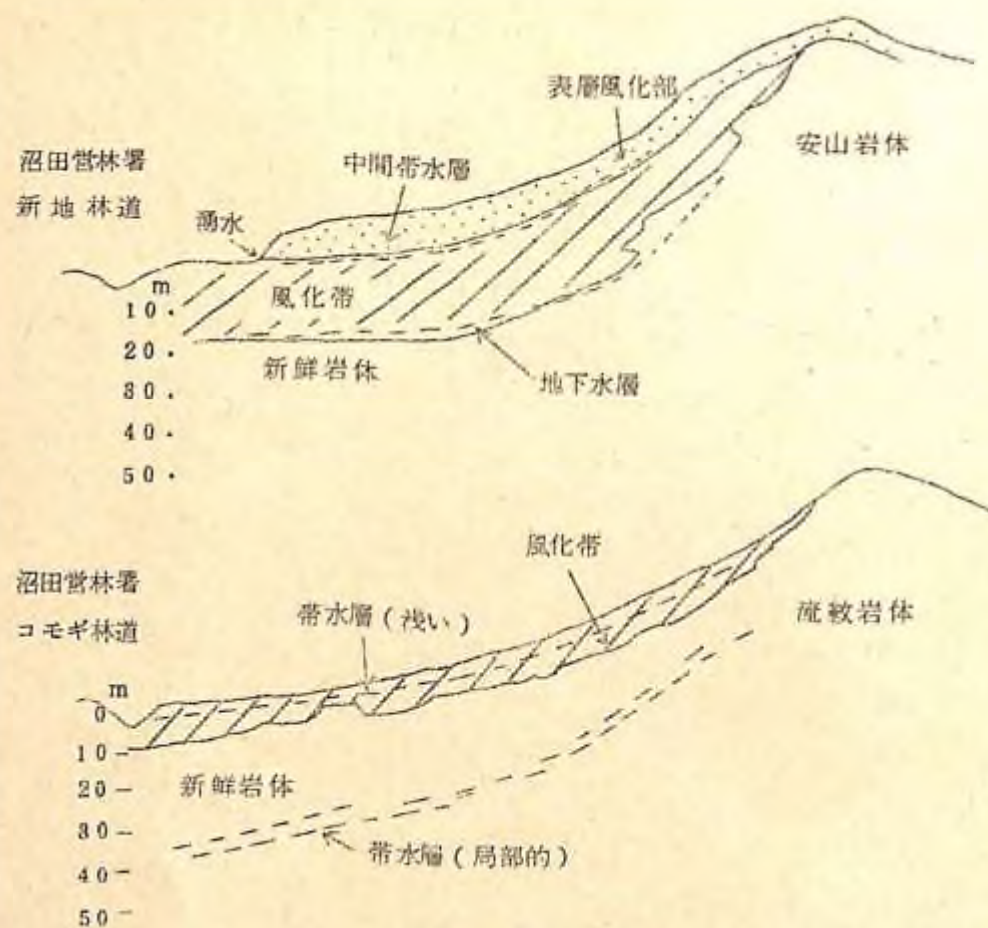


図2 電探による表層構造の解析図

帯の存在などがある場合、つまり地質的崩壊素因をもつところがあることに十分注意し、林道設計には表層地質調査の結果を取り入れることが必要である。

4) 流紋岩地域については付知営林署内の試験による注意事項が沼田営林署の管内地域においても同様である。このことは流紋岩体の表層構造の一つの特徴であると推定される。

2-2 (昭和45年度)

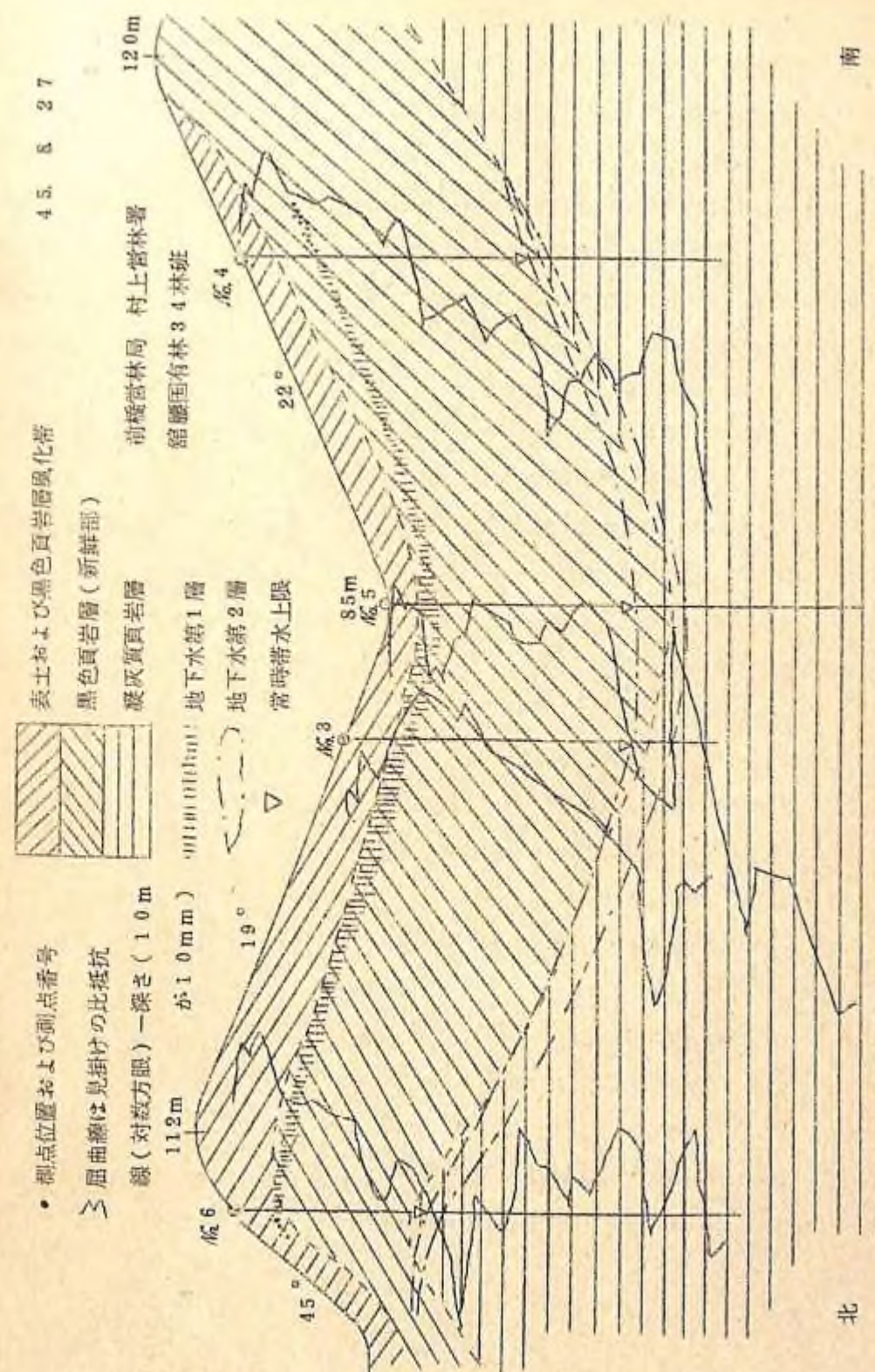
2-2-1 黒色頁岩層での試験

場所 前橋営林局 村上営林署 34林班

地質 第三系 黒色頁岩層

地形 凹型緩斜面

図3 電探による表層構造解析図



・ 観測点および測点番号

△ 屈曲線は見掛けの比抵抗

線(対数方眼)一深さ(1.0m)

が1.0mm)

植生 スギ幼令林(10~12年生林)

電探による表層構造の解析は図3の通りである。図に示してない測点No1, 2はこの沢の横断面からは20m上下に遠ざかっている。これらの結果をまとめるとつぎの事項がわかった。

- 1) 黑色頁岩の風化帯の厚さは微地形や地形侵蝕の前輪廻の姿によってかなり変化している。現在の尾根部でも谷部より風化帯が厚い場所も存在する。風化帯は流水の侵蝕に弱い。このことは地表傾斜20度以上の斜面や凹型斜面底部、谷頭、沢筋では風化帯が比較的薄かったことでも説明できる。風化帯の厚さは地表傾斜20度以下の緩斜面で10~12mであった。
- 2) 岩層中の滞水層は地表からの深さで3~10mに形成される。本試験地では黑色頁岩層の下位に凝灰質頁岩層があって第2地下水層が深さ35~40mのところ形成されているが、これは両層の接触部に形成された滞水層で、黑色頁岩層のみの厚い層中では上記第1地下水層を形成するものである。この含水量は比較的多く、また貯留水は黑色頁岩の風化を早めて粘土化し、その粘土は膨潤性の粘土鉱物をつくることが知られている。このことはまた地上りの崩壊を誘発する原因となることが多いので注意を要する。
- 3) 山地斜面の切取り、林道開設によって、二次的な地上り性崩壊がおこる危険性がある。また地表傾斜20度の斜面を横切る林道および切取り法面下部では特に排水工・斜面緑化を十分施工することが必要である。

2-2-2 花崗岩体での試験

場所 名古屋営林局 中津川営林署 恵那山林道 7・8・12・13・23・31
林班

地質 花崗岩(深層風化)

地形 中津川本流 (表1参照)

植生 表1参照

測点の位置および地質構造の略図は図4の通りである。また各測点の地形・植生については、表1に示した。電探による表層構造の解析結果は表2の通りである。

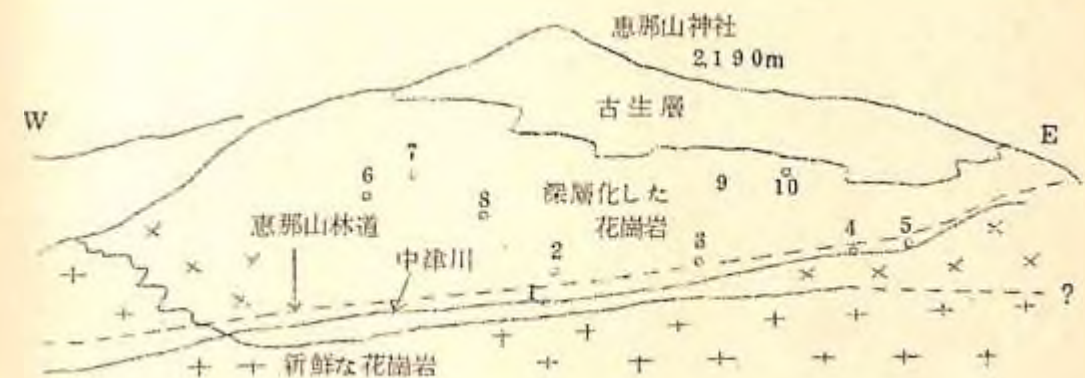


図4 恵那山林道電探測点位置と地質構造略図

表1 測点位置と地形・植生

番号	標高(m)	地形	植生
1	1.000	中津川河床部	—
2	1.060	谷斜面等齊斜面	ヒノキ新植地
3	1.200	恵那山林道上	—
4	1.220	中津川洪源堆積層	—
5	1.240	中津川河床部(最上流)	—
6	1.300	山腹凸型斜面	ヒノキ林地
7	1.400	山腹凹型斜面	※
8	1.140	支流溪床部	—
9	1.380	山腹凸型斜面	ヒノキ林地
10	1.510	山腹凹型斜面	※

表2 電探による表層構造解析表

測点	滞水層1	滞水層2	滞水層3	風化帯	新鮮岩
1	—	1.5~1.9	2.7~3.0	なし	1 以深
2	—	—	3.0~3.5	0~5.5	5.5 〃
3	8~1.0	1.7~2.0	2.7~2.9	0~3.8	4.0 〃
4	1.2~1.5	—	—	1.5~9.0 以深	—
5	1.0~1.2	—	4.2~4.4	1~9.0 〃	—
6	5~1.0	—	3.8~4.0	1~7.0 〃	—
7	5~7	—	3.0~3.2	1~7.0 〃	—
8	—	1.8~2.0	2.7~3.2	1~3.0	—
9	7~1.0	—	2.7~3.0	1~3.0	3.0 以深
10	1.0~1.2	1.8~2.0	2.3~3.2	1~3.2	3.2 〃

注 数字は地表からの深さ(m)である。

また電探測定深度は70mと90mまでのものとがある。したがって新鮮岩の深さがそれ以上のときは深層風化帯の厚さを算出することができない。

以上の結果からつぎの事項がわかった。

- 1) 本地域の花崗岩は深層風化していて、その厚さは場所によって異なるが、3.0~15.0mに達するものと算定される。
- 2) 深層風化した花崗岩体には一般に3層の滞水層があり、地表に近い第1地下水層は水の貯留量が最も多い。第1地下水層の位置は地表から8~1.5mのところの形成され、第2地下水層または中間滞水層は1.5~2.0mに第3地下水層は場所によって異なり2.7~3.2のものと、3.8~4.4のものがある。
- 3) 山腹および谷斜面の崩壊の面積1haを越すものは2箇所のみで、その他は0.1~0.3ha程度のものではあった。本流域の国有林はかなりの森林面積をもちまた積極的に造林をおこなっているため森林の伐採が主たる原因で崩壊したとみられるところはきわめて少い。むしろ深層風化した花崗岩の脆弱地質と岩体中の地下水第1層の排水・湧水などによるとみられる崩壊が多かった。
- 4) 深層風化した花崗岩体の滞水層は幾層も形成されることが特徴であるが、本試験で

も同様であった。林道開設には切取りの高さを5m程度までとし、また十分な側溝・排水工を取入れる必要がある。

2-8 (昭和46年度)

2-8-1 シラス地帯での試験

場所 熊本営林局 高岡営林署管内 宮崎農林高校演習林

地質 シラス(火山砕屑流堆積物)

地形 シラス台地およびその斜面

植生 草生地およびスギ植栽地

電探による表層構造の解析図は図5の通りである。この結果からつぎの事項がわかった。

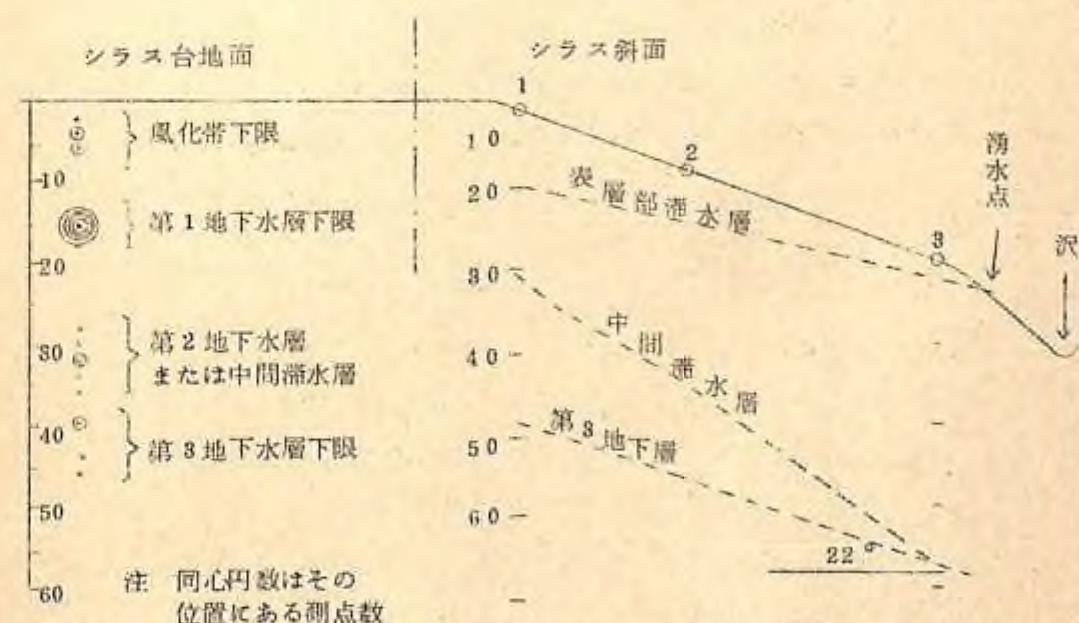


図5 風化帯・滞水層の位置図

- 1) シラス(火山砕屑流堆積物)の台地面下と斜面では、風化帯および滞水層の形態が異なり、とくに斜面では第1地下水層傾斜は10度前後であるが、第3地下水層の傾斜は22度である。台地面下の風化帯の厚さは4~8mで、第1地下水層は1.2~1.8mで含水量が最も多い。第2層は2.7~3.2mに、第3層は3.9~4.6mに局部

的に形成される。斜面では風化帯の厚さは緩斜なほど厚く急斜なほど薄く、0.5～

1.2 mである。表層滞水層は地表下1.0 m付近に形成され、第2層は局部的で第3層は3.5～3.8 mに形成される。

2) シラス台地の周縁の斜面および台地を開析して発達した谷斜面の傾斜度と地下水排水・湧水の影響によっておこる崩壊との関連をこの試験結果からみると、斜面傾斜度30度前後で斜面長が30 mを越す斜面は崩壊する危険性が大きいものと推定される。この崩壊はおもに第1地下水層の排水によるものである。

3) シラス地帯の表層構造の測定を補充する必要がある。

2-4 (昭和47年度)

2-4-1 粘板岩・砂岩層での試験

場所 東京営林局 千頭営林署管内 大札山・モミノ木平地区(民有林)

地質 古生界粘板岩および砂岩層

地形 山頂平坦面および山腹部等斉斜面

植生 ヒノキ造林地および広葉樹を主とした二次林地

電探による表層構造の解析図は図6の通りである。この結果からつぎの事項がわかった。

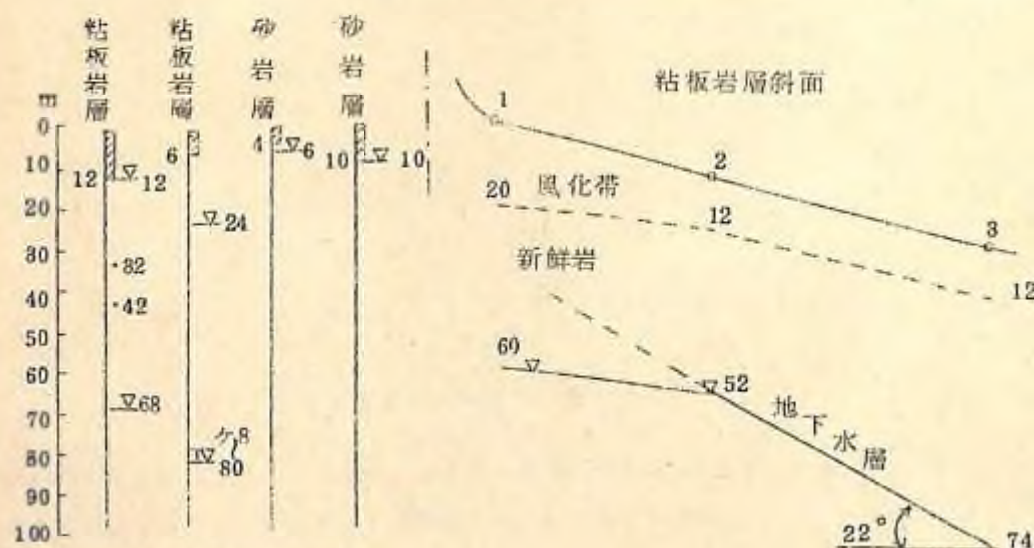


図6 電探による風化帯・滞水層の位置解析図

1) 粘板岩を主とする岩層の風化帯の厚さは地表傾斜度によって異なり、6～20 mである。そして緩斜なほど厚く、急斜なほど薄い。また岩層中の滞水層は不規則であるが、その存在がかなりはっきりと認められるものは地表下5.2～8.0 mのところにある地下水層である。つまり古生界粘板岩層ではほかの地質に比しかなり深いところに地下水層があり、その傾斜は本試験地の場合22度である。

2) 古生界砂岩を主とする岩層の風化帯は4～10 mの厚さをもち地下水層は6～10 mのところにあった。

3) 山地防災的観点よりみれると粘板岩層地域では地下水の排出の影響によるとみられるものはきわめて少く、地表流下水の営力によるものが多い。したがって斜面が急斜であるとか、地表傾斜の変換点の下部が崩壊することが多いので林地の取扱いに注意を要する。また崩壊は地層の傾斜と地表の傾斜方向とが同一方向にある場合(流盤構造)とか、岩層の著しい割れ(断層線・破砕帯)のところを切取るときは、二次崩壊の発生をみることが多いので林道開設にはむしろこのことを十分考慮する必要がある。

4) 砂岩層の地域では比較的安定していて林道開設にはあまり問題となる事項はない。

3 考察

林業の立地は主として山地であり、巨視的な山地斜面および微地形における岩石の風化や滞水層の解明はきわめて基礎的重要事項である。本研究の試験をおこなうかわら、表層地質調査をおこない試験結果と併せて、つぎの事項をまとめた。

3-1 岩片・岩体のかたさ

岩片・岩体のかたさは岩石の風化速度や河川の侵蝕の形態(微地形の形成)および水の滲透の難易に深い関係をもっている。また風化帯や滞水層の形態もそれによってかなり異なるものである。岩片・岩体のかたさの調査データと経済企画庁の国土調査「表層地質図」をもとにこれらをまとめたのが図7である。図中の岩片のかたさ(縦軸)の区分はつぎの通りである。a: はなはだやわらかい(固結とも未固結ともいえない程度の岩石), b: やわらかい(耐圧100 kg/cm²以下の岩石), c: やややわらかい(400 kg/cm²以下), d: ややかたい(1000 kg/cm²以下), e: かたい(2000 kg/cm²以下), f: はなはだかたい(2000 kg/cm²以上)。また岩体のかたさは(横軸)つぎの通り。

1: はなはだやわらかい(弾性速度1.5 km/sec以下のもの), 2: やわらかい(1.5～2.2 km/sec程度のもの), 3: やややわらかい(2.3～3.0 同上), 4: ややかたい(3.0～4.0 同上), 5: かたい(4.0～5.5 同上), 6: はなはだかたい(5.5 km/sec以上のもの)

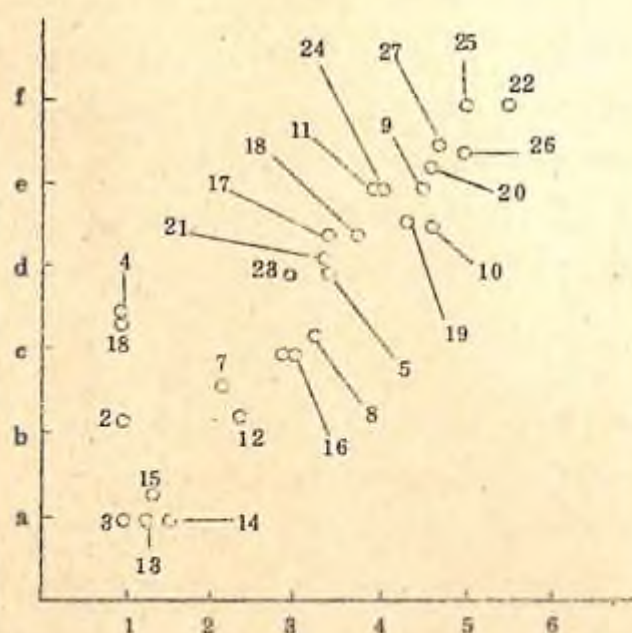


図7 岩片・岩体のかたさ(平均値)

／sec 以上のもの)。図7のなかの番号はつぎの岩石を示す。1：礫を主とする未固結堆積物，2：砂を主とするもの，3：泥を主とするもの，4：碎屑物（崖錐・土石流），5：礫岩層，6：砂岩層，7：泥岩層，8：砂岩と泥岩の互層，9：珪質岩石，10：輝緑凝灰岩層，11：石灰岩，12：火山灰，13：火山碎屑物，14：シラス，15：ローム層，16：凝灰岩質岩石，17：集塊岩，18：流紋岩質岩石，19：安山岩質岩，20：斑岩，21：花崗岩質岩石，22：斑礫岩質岩石，23：蛇紋岩質岩石，24：千枚岩，25：ホルンフェルス（原岩砂岩のもの），26：緑色岩（片岩），27：黒色岩（片岩を主とする）。

岩体の軟いものから硬いものまでを分類するとつぎのようになる。

- a. 軟い岩石： 礫・砂・泥よりなる未固結堆積物，シラス，ローム層，泥岩層，凝灰岩層，火山灰砂，火山碎屑物，蛇紋岩など。これは耐圧強度 1.000 Kg/cm^2 以下のものである。
- b. 硬い岩石： 黒色岩，緑色岩，珪岩，斑礫岩。これは耐圧強度 1.800 Kg/cm^2 以上のものである。
- c. 中程度の岩石： これは耐圧強度 $1.000 \sim 1.800 \text{ Kg/cm}^2$ であるが，かたさに巾がある。

って，同じ岩質のものでも一部軟い岩石の範囲に入るものがある。礫岩層，砂岩層，砂岩泥岩互層，輝緑凝灰岩，集塊岩，流紋岩，安山岩，花崗岩（深層風化したものを除く），千枚岩。

3-2 岩体内の滞水層

滞水層には中間滞水層と地下水層がある。しかし中間滞水層はすべての岩体内に存在するとは限らない。また地下水層は第1層（地表下の最初の地下水層）のみでなく，第2層，第3層をもつものがある。一般に地下水層の貯留量は第1層が最も多い。

- a： 礫・砂・泥よりなる未固結堆積物は主として完新流や更新統の堆積物で，氾濫原（扇状地・洪氾地などの運積物），砂丘，土石流堆積物である。これらの堆積物の地下水層（第1層をさし以下記述でも同じ）は地表下 $1.0 \sim 1.2 \text{ m}$ に形成されることが多い。中間滞水層は $2 \sim 5 \text{ m}$ に形成されることが多い。
- b： 軽石層，シラス，凝灰岩層，火山灰砂，火山碎屑物では表層滞水層は $7 \sim 1.0 \text{ m}$ のものが多く，地下水層は $2.5 \sim 4.0 \text{ m}$ に形成されることが多い。
- c： 泥岩層・流紋岩（石英粗面岩），シルト岩（頁岩を含む）の地下水層は $2 \sim 7 \text{ m}$ のものが多く。
- d： 礫岩・砂岩層，砂岩と頁岩の互層では中間滞水層は存在しないものが多く，地下水層は $5 \sim 1.0 \text{ m}$ に形成されるものが多い。
- e： 輝緑凝灰岩，集塊岩，安山岩体では中間滞水層は $7 \sim 1.0 \text{ m}$ に，地下水層は $2.0 \sim 8.0 \text{ m}$ に形成されるものが多い。
- f： 花崗岩類は一般に深層風化していて，滞水層 $7 \sim 1.2 \text{ m}$ ， $1.5 \sim 2.0 \text{ m}$ ， $2.7 \sim 3.2 \text{ m}$ と幾層にも形成されるという特徴をもっている。
- g： 千枚岩，粘板岩，片岩類の地下水層はかなり深く $4.0 \sim 7.0 \text{ m}$ である。
- h： 地下水層には一般に傾斜があって，地下水層中に含有する水は年間を通して増減する。豊水期（降水量の変化に伴って $1.5 \sim 4.5$ 日ずれる）になると貯留水は下方に移動する。地下水層の傾斜は地質によって異なる。いままでの研究では $1.0 \sim 2.7$ 度である。したがって山地斜面傾斜が地下水層の傾斜より急斜であれば，斜面に地下水の排水・湧水がある。そして地下水の移動（主に豊水期や飽水時）することによって崩壊・滑落をおこす引きがねになることが多い。このことはきわめて重要な現象であって，今後さらに研究を急める必要がある。

3-3 風化帯の厚さ

この厚さは現在の地形面にそって分布するものと、侵蝕の前輪廻面つまり原地形面下に形成された風化帯の残存したものがある。深層風化の場合は恵那山林道地域で150m、東京都水源林地域（山梨県塩山市落合）で200mという測定値がある。現在環境での風化の場合その厚さは地質・気温・降水量によって異なる。一般に平坦面・緩斜面ではその土地のもつ立地条件を反映するものであるので、これを基本とし、山地斜面下の風化帯の厚さを測定すれば、侵蝕の程度を推定することもできる。また一般に滞水層の位置は風化帯下部、風化帯と新鮮岩との接触部、あまり風化しない岩層中および岩層の極端・異常風化部分に形成されるといえる。

3-4 崩壊と表層構造

林木の根系のもつ緊縛作用は山崩れを防止する機能があると考えられるが、多くの林木の根系はそこよんでいる深さは2mまでである。したがってこれより深いところから崩壊が発生したものは、岩体の風化帯、地下水の移動、基岩のかたさ、地質構造、変質帯・温泉余土の存在などとの関係が大きい。

以上のことから山地斜面の表層構造の研究は林道開設に基礎的資料を提出し、多くのきわめて重要な事項を指差したものと考えられる。また治山や山地防災に関してもかなり具体的なデータを示しているものと考えられる。したがってこのような研究はさらに継続する必要がある。林道開設後の崩壊や災害現場において、その復旧は緊急を要するものではあるが、崩壊・災害の原因解析に表層構造の測定をおこなうことはきわめて重要なことであると考えられる。

リモートコントロール トラクタの開発改良

I 試験担当者

機械化部機械科長	山 脇 三 平
✧ 機械第二研究室員	三 村 和 男
	鈴 木 皓 史
	平 松 修
✧ 林道研究室員	堀 田 章 史

II 試験目的

現在わが国の森林においておこなわれている各種生産事業の中で、トラクタを利用する省力機械化作業はいちじるしく増加しつつある。とくに林業経営の基盤として昨今とくに重要視されつつある林道および作業道の作設、伐採および造林の諸作業において、トラクタの利用は、国有林のみならず民有林においても、とくに顕著な傾向がみられる。

このような現象のおもな理由の一つは、わが国モータリゼーションおよび全工業の進展によるものであることというまでもないが、二つには、たとえば伐採事業において、トラクタ集材作業を架空線集材作業と対比した場合、1セットに要する作業人員が数名に対して2～3名ですむことであり、さらにはまた、架空線に使用するワイヤロープの疲労、その他使用上の不注意にもとづく労働災害の発生頻度を減少させることができるからである。すなわち労働生産性の向上を期待できると同時に労働安全も期待することができるからでもある。

しかるに、わが国林業労働力の現状は、年々減少の一途をたどり、この10年間に、林業労働人口は37万人から20万人へと急速に減少し、大規模林業ほど、環境保全、労働安全を考慮した上での機械化による労働生産性の向上に対する期待は大なるものがある。

本試験は、如上の見地から、林道、伐採、造林等においてつかわれている林業用クローラトラクタによる作業の労働生産性の向上をはかるとともに、昨今とくに世論が要求しつつある労働安全の確保をはかる目的で、林業用クローラトラクタの操縦を、携帯用制御器による遠隔操作で実行できるリモートコントロールトラクタの開発をおこない、この種トラクタによる各種林業機械化作業の可能性について検討をおこなうものである。

III 試験の経過とえられた成果

この研究は、昭和45年度開始し、全年度リモートコントロールトラクタ用テレコン装置および変速装置の開発試作をおこない、昭和46年度ただちに、全装置をトラクタ試作工場に搬

入して現物調整をおこないながら、全年度末にいたり、内外を通じてはじめての林業用無線リモートコントロールトラクタの開発試作に成功したものである。

ひきつづき昭和47年度においては、この開発試作に成功した林業用無線リモートコントロールトラクタの、実際林業現場における無線操縦性能、林道および作業道作設性能、集材性能等に関する試験を、前橋営林局草津営林署管内において、2回に亘って実施した。

すなわち、本トラクタの実際現場における走行、登はん、掘削、集材等の動力性能の測定は、エンジンよりの動力伝達軸のトルクおよび回転数を、計測車に搭載したテレメータ、オシログラフ等により計測記録すると同時に、粘着力、けん引力はロードセルおよび計測車に搭載したストレンメータ、オシログラフ等により、計測記録をおこなった。土工作業性能および集材作業性能についてはタイムスタディおよびワークグラフによる計測をおこなったほか、無線操縦性能については、林内、伐跡地等各種条件下における受信感度の測定を系統的におこない、実際林地におけるこの種リモートコントロールトラクタの安全作業の基礎となる受信可能範囲を明確ならしめようとしたものである。

1 リモートコントロールトラクタの諸元

開発試作に成功したリモートコントロールトラクタの仕様諸元はつぎのとおりである。

装 備 重 量	2 1 5 0 Kg
全 長	4 1 2 0 mm
全 巾	2 6 0 0 mm
全 高	2 0 3 5 mm
履帯中心距離	1 3 3 0 mm
接 地 長	1 7 1 0 mm
履 帯 巾	3 5 0 mm
接 地 面 積	1 2 0 0 0 cm ²
接 地 圧	0 6 0 4 Kg/cm ²
最低地上高	3 1 0 mm
最小旋回半径	2 8 0 0 mm
機 関	
名 称	いすゞDA-220形ディーゼルエンジン
形 式	水冷四サイクル直列予燃焼室式

シリンダ数-内径×行程	4-100mm×150mm
総行程容積	4.084cc
定格回転数	1800rpm
定格出力	55PS
最大トルク	24mKg/1400rpm

計画走行速度および最大けん引力

速 度 段	走 行 速 度 km/h	最大けん引力 Kg
前 進 1 速	0 ~ 25.1	5,330
“ 2 速	0 ~ 46.8	5,330
後 進 1 速	0 ~ 27.0	5,330
“ 2 速	0 ~ 50.0	5,330

燃 料 系 統

燃 料	軽 油
燃 料 消 費 率	205g/PS h
調 速 機	オールスピード遠心式

潤 滑 系 統

潤 滑 方 式	歯車強制循環式
ろ 過 方 式	フルフロー式、一部ろ紙ろ過式
冷 却 方 式	水冷式

エ ー ク リ ー ナ

乾式、抵抗指示器付

冷 却 形 式

ファン吐出式、放熱器、加圧式

充 電 発 電 機

24V, 350W

始 動 方 式

始動発電機 24V, 8.5KW

伝 導 装 置

トルクコンバータ	MF16形、3要素、1段2相形
ストールトルク比	3.8
最 高 効 率	トルクレンジ 83% フルカンレンジ 86%
入 力 ト ル ク	40kgm/2800rpm

トランスミッション	正転2段逆転2段 パワーシフト
減速比	正転 1速 2.09 " 2速 1.18 逆転 1速 2.24 " 2速 1.20
変速方式	湿式油圧多板クラッチ
横軸減速機	
形式	まがりばかさ歯車 1段 はねかけ潤滑
足回り装置	
けん架方式	半硬式 つり合いねじりばね式
ローラの数	上部 片側 1組 下部 片側 4組
履帯	
形式	組立式 穴あきスリッドローサ
突起高さ	46mm
枚数	片側 33枚
ピッチ	165mm
履板巾	350mm
操作装置	
方式	無線・電気 - 油圧操作式
構成	制御器 UTC-217C形 受信装置 UTC-308C形
制御器	
送信周波数	2425MHz~2465MHzの中の1波
変調方式	周波数変調
送信出力	100m離れた地点の電界強度 15μV/m以下
信号周波数	300~3000Hz
受信装置	
受信周波数	制御器に同じ

受信方式	水晶制御二重スーパーヘテロダイナ		
感度	2 μ V 以下		
選択度	6 dB 帯域巾 ± 12 KHz 以上 70 dB 帯域巾 ± 25 KHz 以上		
制御チャンネル	16 チャンネル		
電源 (キースイッチ)	1		
エンジン停止 (押 釦)	1		
始 動 (押 釦)	1		
警 笛 (押 釦)	1		
旋 回 右	}	1	
旋 回 左			
前 進	}(つまみ, スプリングリターン)	2	
中 立			
後 進			
エンジン高速	}(切換, クリックストップ)	2	
エンジン中速			
トランスミッション 1 速	}(切換, クリックストップ)	2	
2 速			
ブレード上げ	}	2	
中 立			}(つまみ, スプリングリターン)
ブレード下げ			
ウインチ巻上げ	}	2	
中 立			}(切換, クリックストップ)
ウインチフリー			
安 全 装 置			
無線誤作動防止装置	混信, 雑音の影響防止		
無線機能自動停止	電波到達範囲外に出た場合および一部分故障の場合		
他の無線装置への妨害防止			
エンジン異常停止装置	エンジン水温, 油圧, トルクコンバータ油温の異常時の自動停止		

作動表示灯	エンジン稼働表示		
警告表示灯	左右傾斜限界，ドーザ上げ下げおよび前後の極限位置の表示		
計器類			
アンメータ		1	
オイルプレッシャゲージ	エンジン用	1	
	トルクコンバータ用	1	
サーモメータ	エンジン用	1	
	トルクコンバータ用	1	
アワメータ		1	
制御器用電源電圧チェックメータ		1	
照明装置			
前照灯		1	
後部作業灯		1	
水および油類の容量			
冷却水タンク		22ℓ	
燃料タンク		85ℓ	
エンジン油受け		75ℓ	
トルクコンバータ油および変速機潤滑油		29ℓ	
横軸減速機		15ℓ	
終段減速機 左右それぞれ		8ℓ	
油圧装置		40ℓ	
油圧装置			
ポンプ	ギヤ式，100kg/cm ² ×76ℓ/min，1500rpm	1	
	トルクコンバータ内蔵ギヤ式，10kg/cm ² ×38ℓ/min，1500rpm	1	
油圧シリンダ	ドーザ用 90φmm×400mm	2	
	操作用 ステヤリング用単動形 25.4φmm	2	
	エンジン回転制御用単動形 29.6φmm	1	

ドーザ装置

形 式	アングルドーザ
巾 × 高	2600mm×650mm
排 土 量	約10m ³
ウ イ ン チ	
形 式	単胴巻上式，フェヤリード付
巻 込 容 量	12φmm×95m
引 張 力	3000kg（引張速度45m/min）
	平均巻込径時

2 リモートコントロールトラクタの無線操縦性能

2-1 リモートコントロールトラクタの受信指向性

リモートコントロールトラクタの受信装置およびアンテナは，トラクタ中央部左側にとりつけざるをえなかったため，このトラクタの形状，アンテナの位置，全高さ等により，送信制御器に対するトラクタの向きによって受信感度に変化するという本トラクタの受信指向性について検討をくわえた結果，図1のような受信指向性があることがあきらかになった。

すなわち，トラクタを中心として考えた場合の8方向について20mおき120mの遠隔距離までの受信感度を電界強度計により測定した結果が図1のとおりで，受信装置を搭載していないトラクタ右側の方向が遠距離まで感度がよく，受信装置を搭載しているトラクタ左前方およびトラクタ右後方の方向は感度低下があらわれ，ほかの方向にくらべると同距離で10～15μAの感度低下がみられる。

これは，受信アンテナの位置がトラクタ中央部左側にあること，前方排土板，トラクタ後部背面の背の高いオイルタンク等によって，電波の反射波の影響をつよくうけ，遠隔操作距離にして約20mの差の感度低下を生じているものとかんがえられる。

したがって，遠隔操作方向として，トラクタ左前方および右後方の二方向は，遠距離になるにしたがい，誤動作および操作不能がおこらないよう，予めとくに注意しておく必要がある。

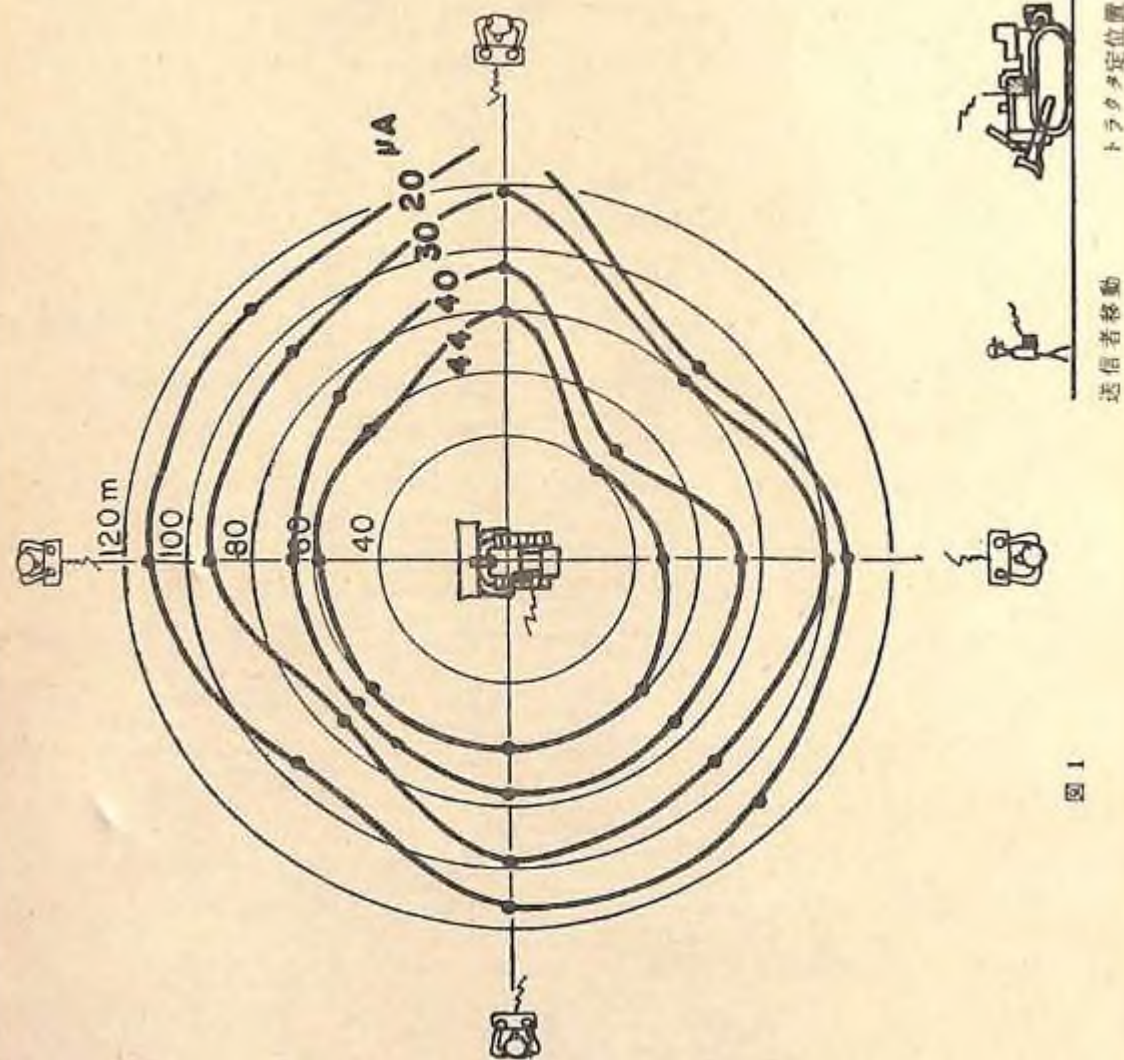


図 1

2-2 制御器の送信指向性

制御器は、ふつう操縦者の腰部前面に、3本のベルトで固定し、荷掛け、荷はずし等の作業に従事しながらトラクタを操縦できるように、押ボタン、スプリングリターンつきつまみ、クリックストップつき切換等の操作で、比較的容易に始動、前進、後退、ブレード上下等の16動作を取扱うことのできる重量約2.5kgの携行形である(図2、3参照)。図2は外形および取付法をしめし、図3は回路図をしめしている。

この制御器によって、林地でリモートコントロールトラクタに対して遠隔操縦する場合、周囲の状況はたえず変化するので、トラクタに対して操縦者すなわち制御器がつねに正対して遠隔操作しているとはかぎらない。つまり、制御器がトラクタに対していろんな方向をむいて発信していることになる。この制御器の方向別発信指向性について、集材の進捗しつつある伐跡地および集材がまだおこなわれていない林内すなわち立木の二箇所をえらび、検討をくわえた。

すなわち、制御器を腰部前面に携行した操縦者がトラクタに対して正面をむいている時(F)、右側面をむけたとき(R)、左側面をむけたとき(L)、背面をむけたとき(B)の四方向別に、しかも遠隔操縦距離を0~100mの範囲で20mおきにかえて、伐跡地および立木地(カラマツ人工林、50年生、直径8~36cm(平均19cm)、樹高13~18m(平均16m)、立木密度、1.050本/ha、傾斜11~12°)において、受信感度を測定した結果は図4のとおりである。いずれの林地においても、上り勾配、下り勾配の2箇所について測定をおこなった。

発信制御器からでた進行波(超短波、波長 $\lambda=1.200m$)は、直接波と地面、林木、車体その他障害物等からの反射波となって、受信アンテナに到達するが、直接波と反射波とはたがいに干渉しあい、距離の長短によって二波の位相がことなり、 $n \times 360^\circ$ の位相差では受信感度が強まり、 $n \times 180^\circ$ の位相差では受信感度が弱まることになる。

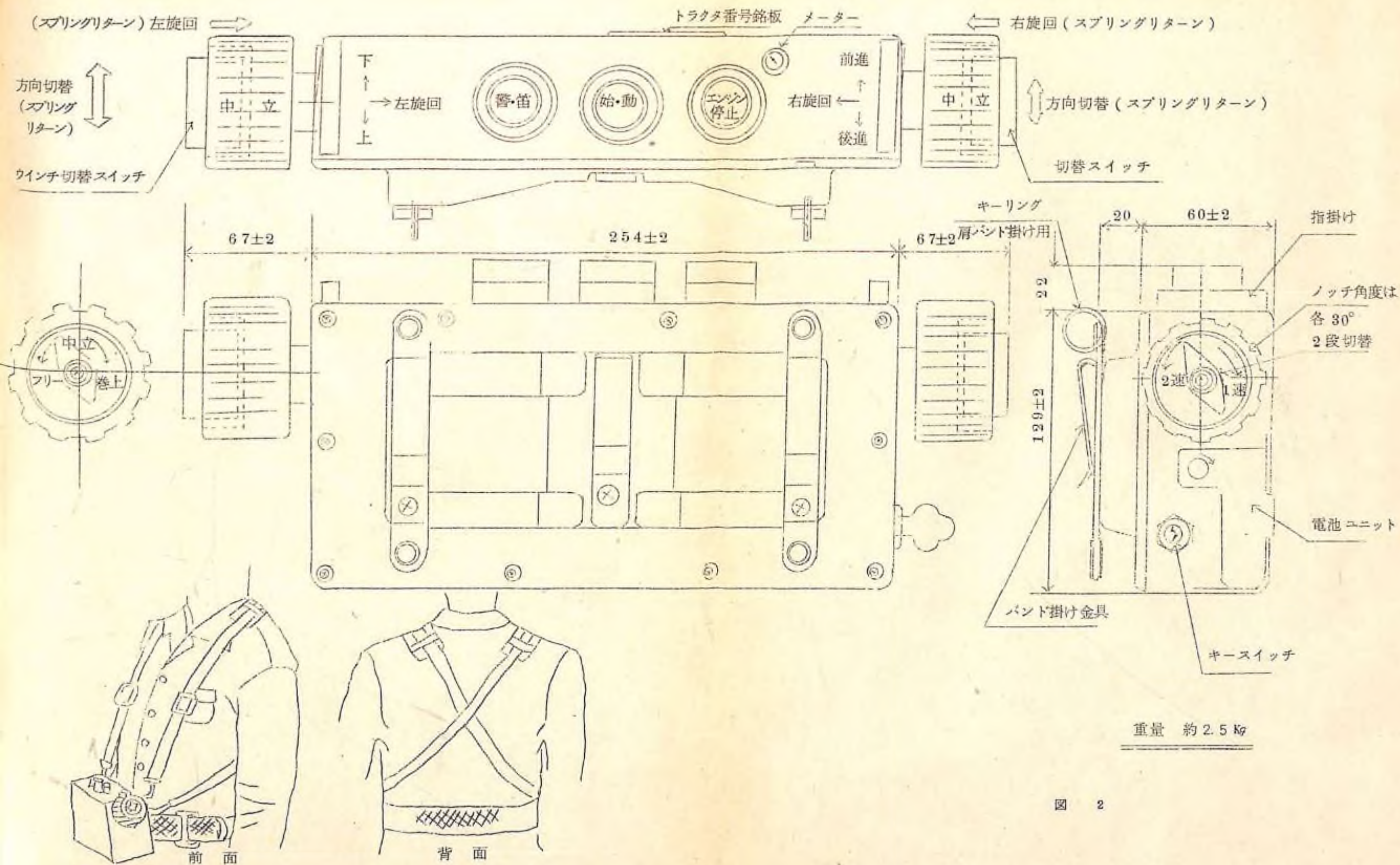
いま受信感度Y、送信距離X、送信波長 λ 、送信電力 P_0 、角速度 ω 、送信距離と空中インピーダンスの比k、常数n(4)とした場合、一般に次式が成立する。

$$Y = \frac{P_0}{kX} \left(1 + \left| \sin \frac{\omega X}{n \lambda} \right| \right) \quad (1)$$

地表に障害物がない場合、上り下り勾配とも、40mくらいの遠隔距離までほとんどか

わらないが、さらに遠のくにしたいが、 $10 \sim 15 \mu A$ 程度変動しながら次第に受信感度が低下する。この様相は、伐跡地でも立木地でもほぼおなじであるが、立木地ではとくにこの低下割合がはげしく、遠隔距離 $100 m$ の地点で、伐跡地の電界強度 $10 \sim 30 \mu A$ に対し、立木地のそれは $0 \sim 10 \mu A$ 程度に低下し、遠隔操作が不能になる場合があることがあきらかとなった（図4参照）。

制御器の方向別では、トラクタに対して背面をむけたときがとくに遠隔距離別感度低下がいちじるしいこと、正面をむいているときがかならずしも感度がよくないこと、とくに立木地では正面をむいていても、遠隔距離 $60 m$ 以上では感度 $20 \mu A$ 以下に急激に減少していることがあきらかである（図4参照）。



重量 約 2.5 Kg

図 2

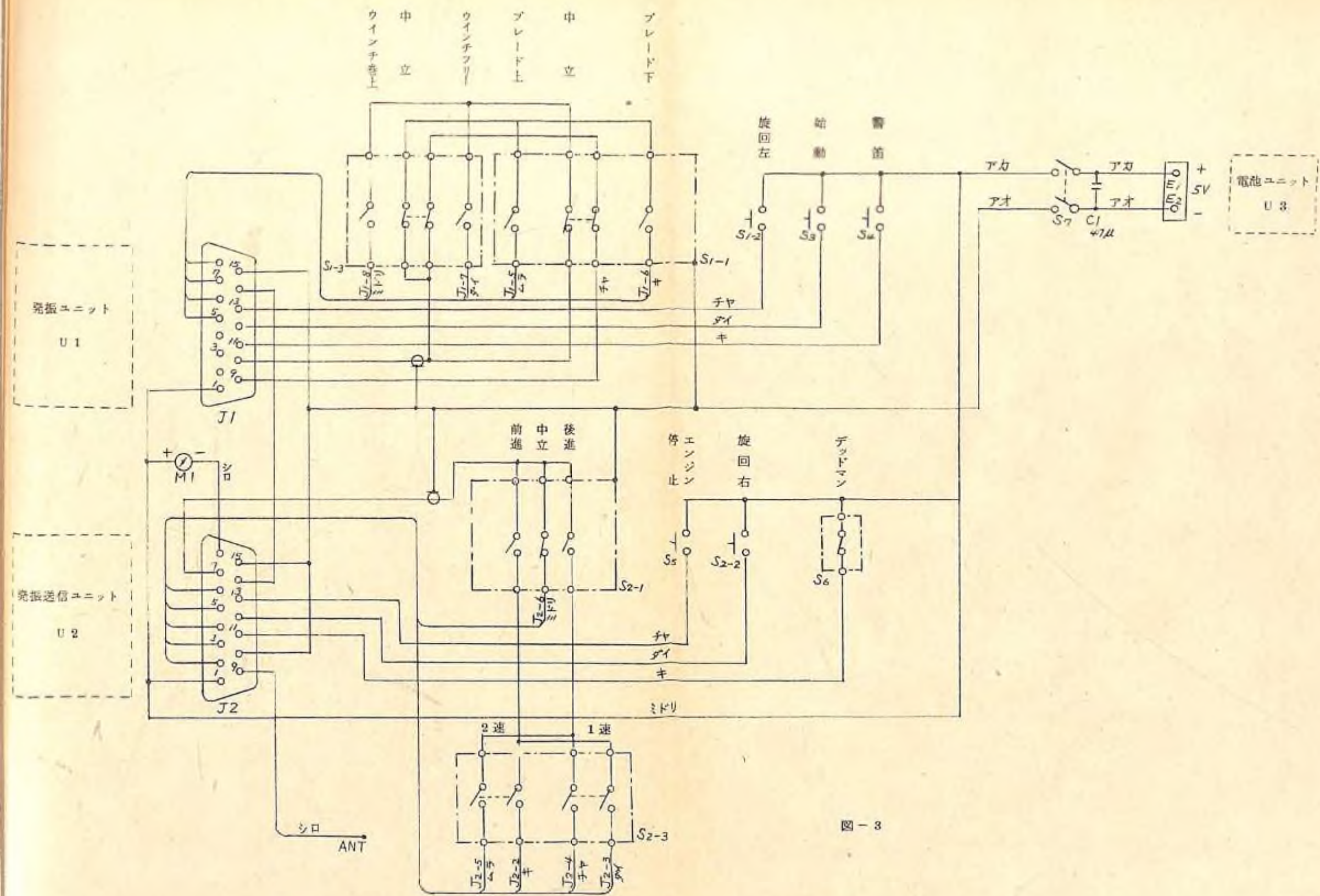
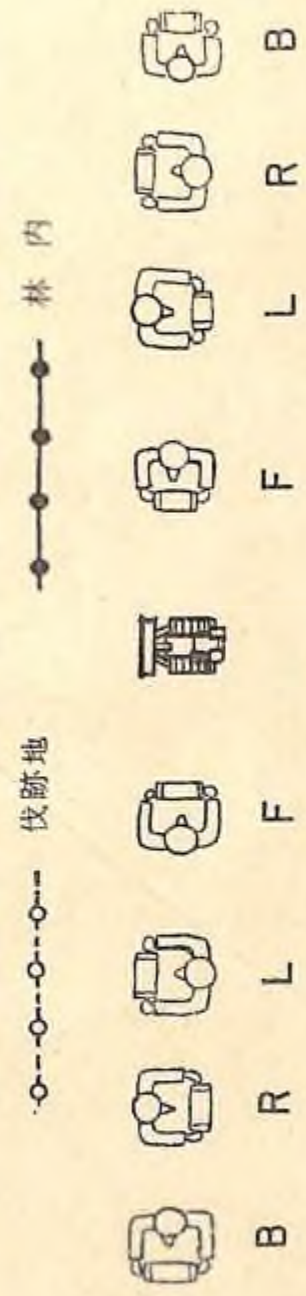
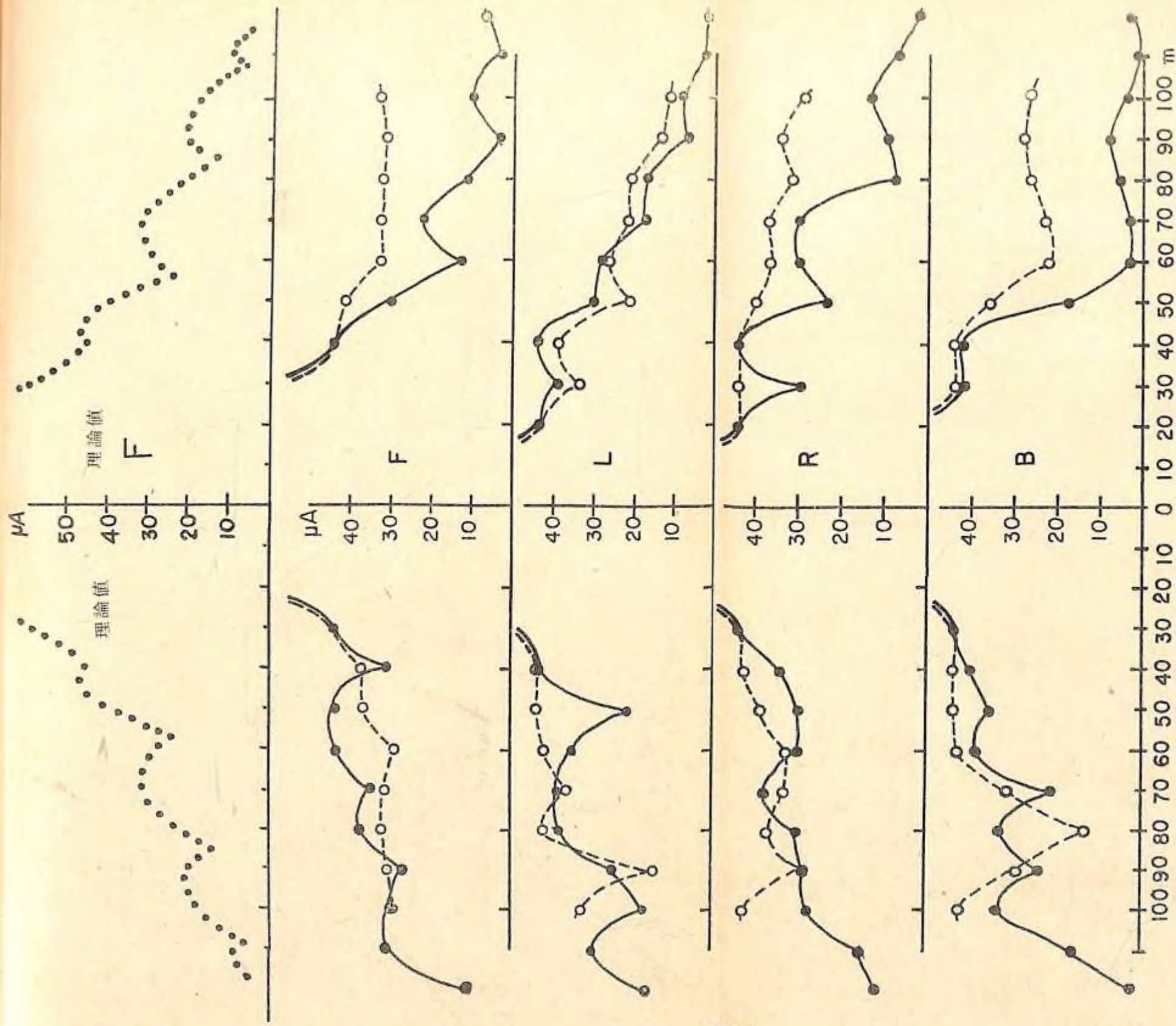
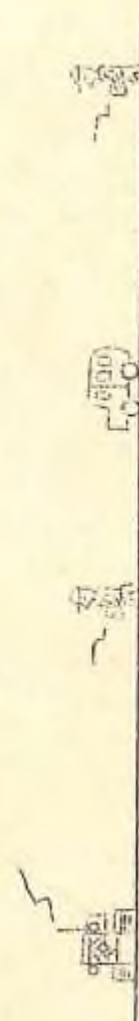
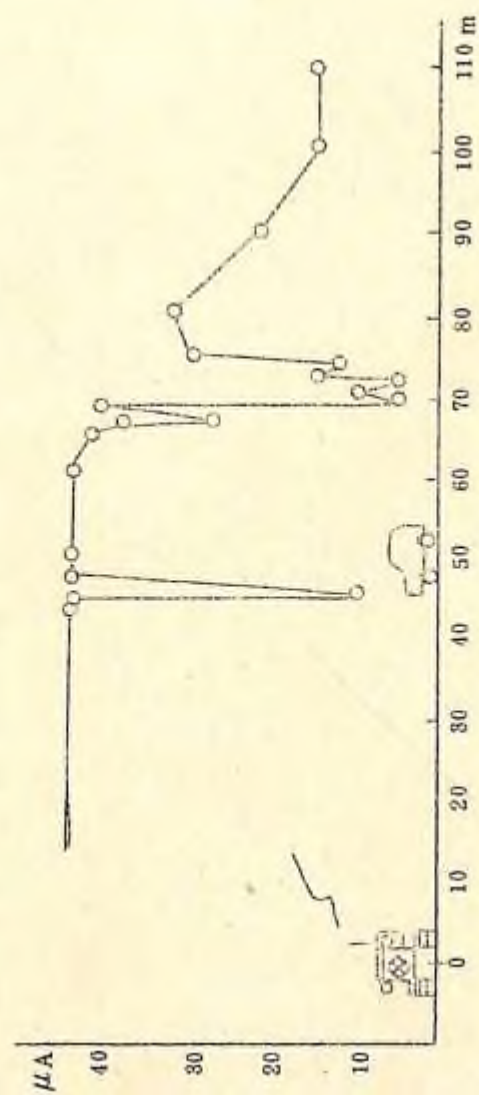
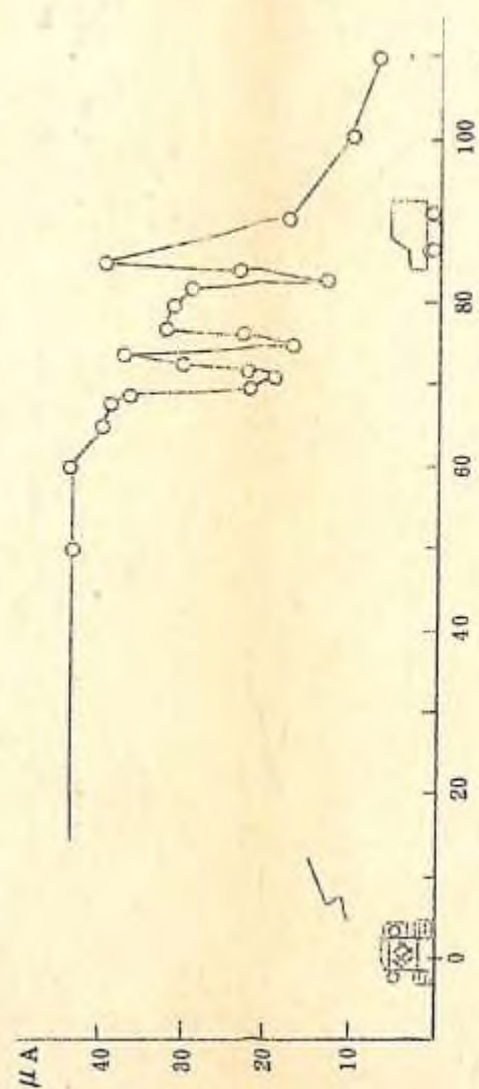
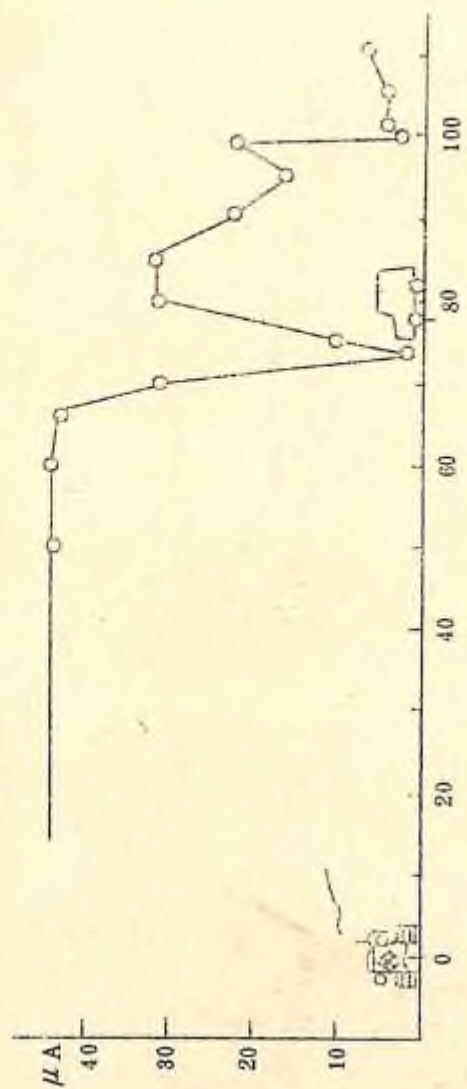
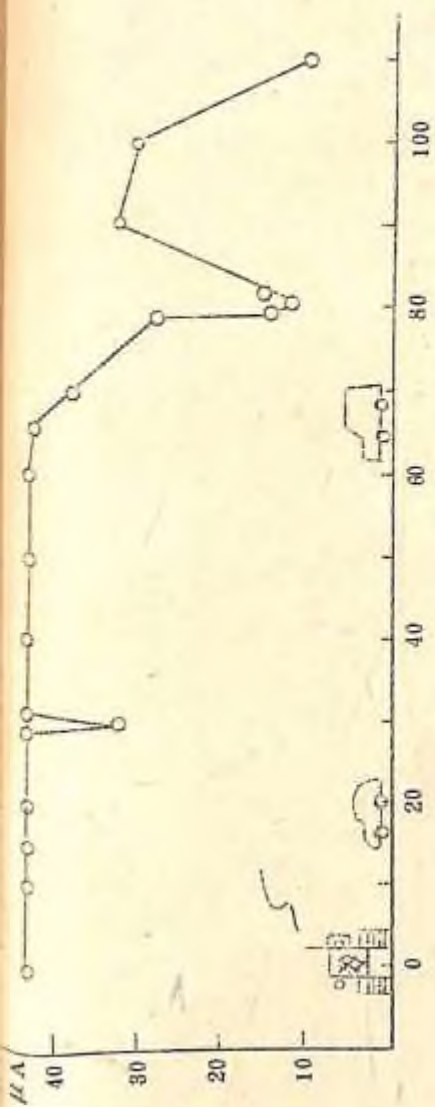


図 - 3





2-3 金属製電波障害物の影響

制御器とリモートコントロールトラクタの間に、運材トラック、鋼製簡易倉庫等の金属製物体が介在するような場合が、実際林業現場ではしばしば遭遇することである。このような場合受信感度に異常がみられないかを試験した測定結果が図5のとおりである。

すなわち、金属製物体として当該計測車（ウイリスジープワゴン改造車）を採用した場合、リモートコントロールトラクタから金属製物体までの距離が80m以下のとき、両者を結ぶ直線上で金属製物体の1～1.5m前のトラクタ寄りで制御器を発信させると、受信感度が3μAまで急激に低下し、ほとんど遠隔操作不能になることが判明した。もっとも金属製物体がトラクタから80m以上離れているときは、両者をむすぶ直線上で、金属製物体の前方10～20mトラクタ寄りの間で受信感度に乱れがみられるが、15μA以下になることはなかった。金属製物体の後方ではとくに受信感度にあたえる影響はないようである。

2-4 受信アンテナの性能

リモートコントロールトラクタにとりつけた受信アンテナはいわゆる、ホイップアンテナとよばれる棒状のもので、長さは使用電波長の $\frac{1}{4}$ の310mmのものである。

このリモートコントロールトラクタでは、トラクタボンネット上面より10数cm高い受信装置ケース上面に直接取り付けられている。

いまこのアンテナを取付箇所より別な取付具を用いて、取付箇所の高さを300, 600, 900, 1,200, 1,500mmと変化させた場合の受信距離50mにおける方向別受信感度を測定した結果は、図6のとおりである。

この図で外周正円が受信効率100%（受信感度44μA以上を仮称）の線で、これと比較すると、アンテナ取付高さ300, 900mmの場合は効率0～75%（受信感度44μAに対する比）の範囲で、指向性もつよくあらわれているが、1,500mm以上では効率もよく、指向性はどの方向もほぼ同じとなっている。しかし実用的には1,500mmもの取付高さでアンテナをセットすることは不適當である。したがって、受信効率75～100%程度といえる取付高さ600mmは指向性もいずれの方向もほぼ同じであることから、この試験条件の下では、もっとも適した取付高さといえることができる。

さらに、ホイップアンテナの下端に水平に4本の反射エレメントをもったグランドプレーンアンテナ（G.P. アンテナ）について、上述とおなじ実験をおこない、遠隔距離別受信感度の低下率について、アンテナ取付高さ別にホイップアンテナの場合と比較した結

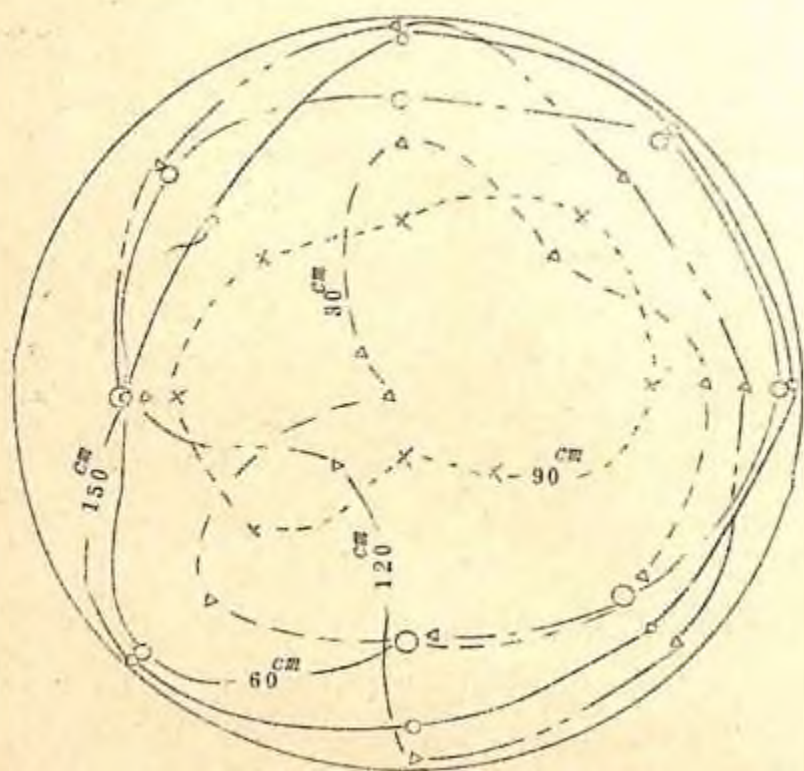


図6 アンテナの高さ別受信指向性(水平分布)

受信距離=50m

送信器は地上1mの位置

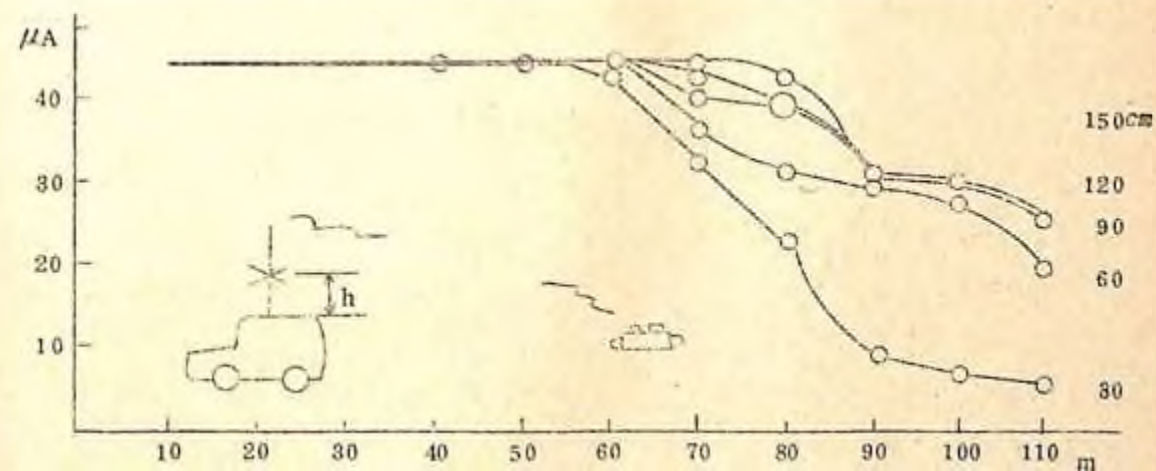
果は、図7のとおりである。

すなわち、G・P・アンテナは、ホイップアンテナとことなり、取付高さに関係なく受信指向性にムラはみられず、遮隔距離50mまでは取付高さに関係なく受信効率100%、遮隔距離60m以上では、取付高さを増すにしたがい受信感度がよくなることがあきらかである。

よって、リモートコントロールトラクタの受信装置付属アンテナとしては、G・P・アンテナを採用する方が望ましいといえることができる。

なお、制御器を操作する操縦者は、素手より軍手等の手袋を着用することが望ましい。これは、制御器内には発信アンテナが内蔵されているため、操作つまみを取扱う操縦者の指先の被覆物すなわち絶縁性物の有無によって、電波の発射効率に影響をあたえるからである。

G・P・アンテナ



ホイップアンテナ

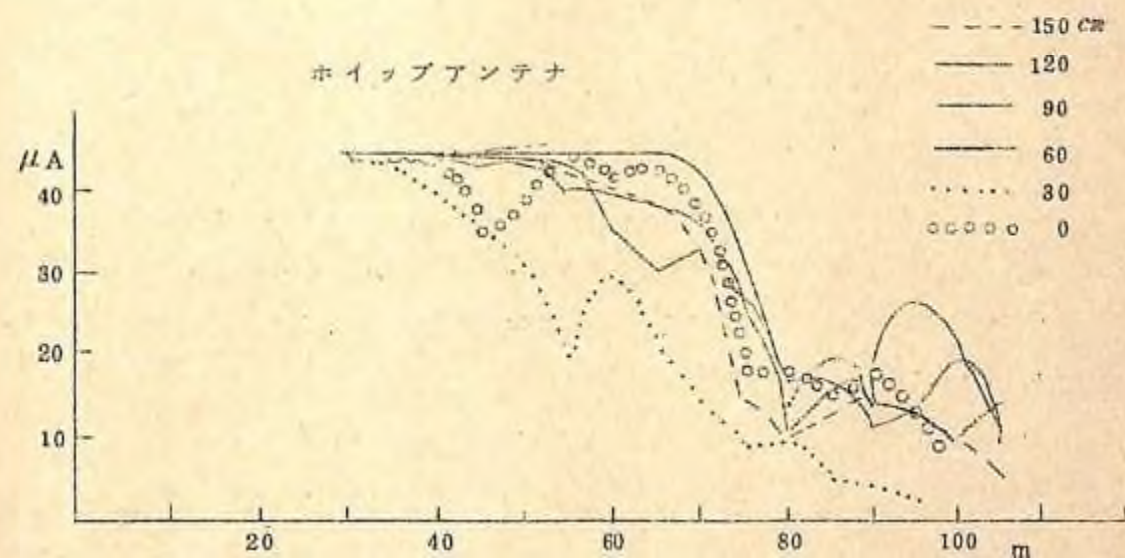


図7 ホイップアンテナおよび試作G・P・アンテナの高さ別、距離と電界強度

3 リモートコントロールトラクタのエンジン・トルクコンバータ性能

リモートコントロールトラクタに装備したDA220形ディーゼルエンジンおよびMF16形トルクコンバータの結合した場合の性能について検討をくわえた結果はつぎのとおりである。

すなわち、エンジン回転数 N_e に応じたエンジン軸トルク性能曲線および、トルクコンバータ入力軸回転数 N_p に対応する各速度比別のトルクコンバータ入力軸トルク曲線の交点は、各速度比におけるスロットル全開時の入力軸トルクおよび回転数をしめすことになる（図8参照、エンジン軸およびトルクコンバータ入力軸はクラッチにすべりがないと仮定したとき回転数は等しい）。

いま、トルクコンバータ速度比 $e = N_t / N_p$ 、トルクコンバータトルク比 $t = T_t / T_p$ （図10参照）、トルクコンバータ効率 η_o 、トルクコンバータ出力軸回転数 N_t （rpm）、トルクコンバータ入力軸トルク T_p （m kg）、トルクコンバータ出力軸トルク T_t （m kg）、トルクコンバータ入力軸出力 P_p （PS）、トルクコンバータ出力軸出力 P_t （PS）とすれば、

$$\eta = 100 e t, \quad N_t = e N_p, \quad T_t = t T_p,$$

$$P_p = N_p T_p / 716, \quad P_t = \eta P_p / 100$$

より図9がもとめられる。

ここで図9は、スロットル全開時におけるエンジン・トルクコンバータ結合性能である。

なお、 $e = 0.785$ はクラッチポイントで、速度比 $e < 0.785$ のときは、ふつうのコンバータとして作用し、 $e > 0.785$ のときは効率が低下し、ステータは空転し、単なる流体継手として作用する2相の構造を有しているものである。

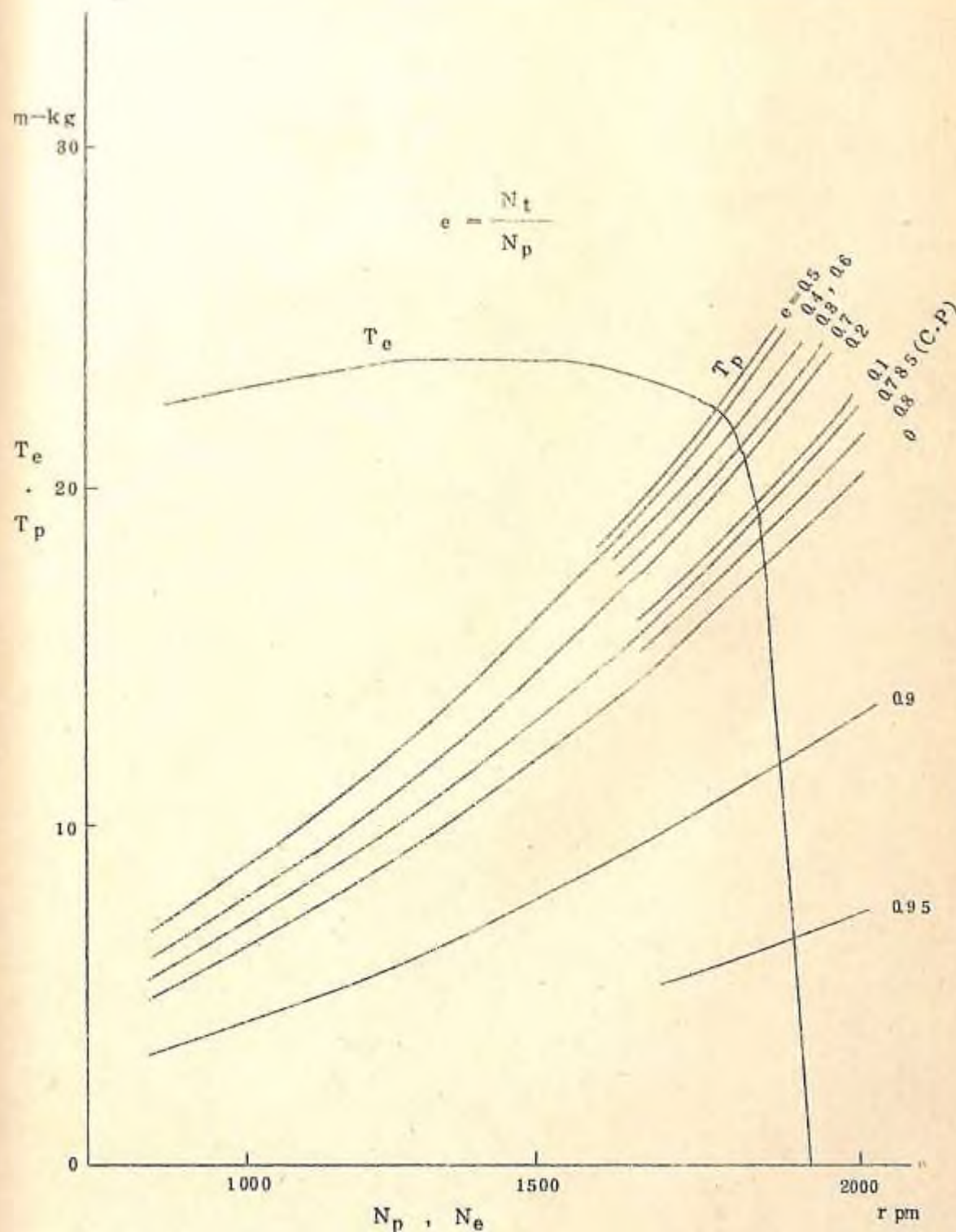


図8 エンジンとトルクコンバータのトルク性能曲線

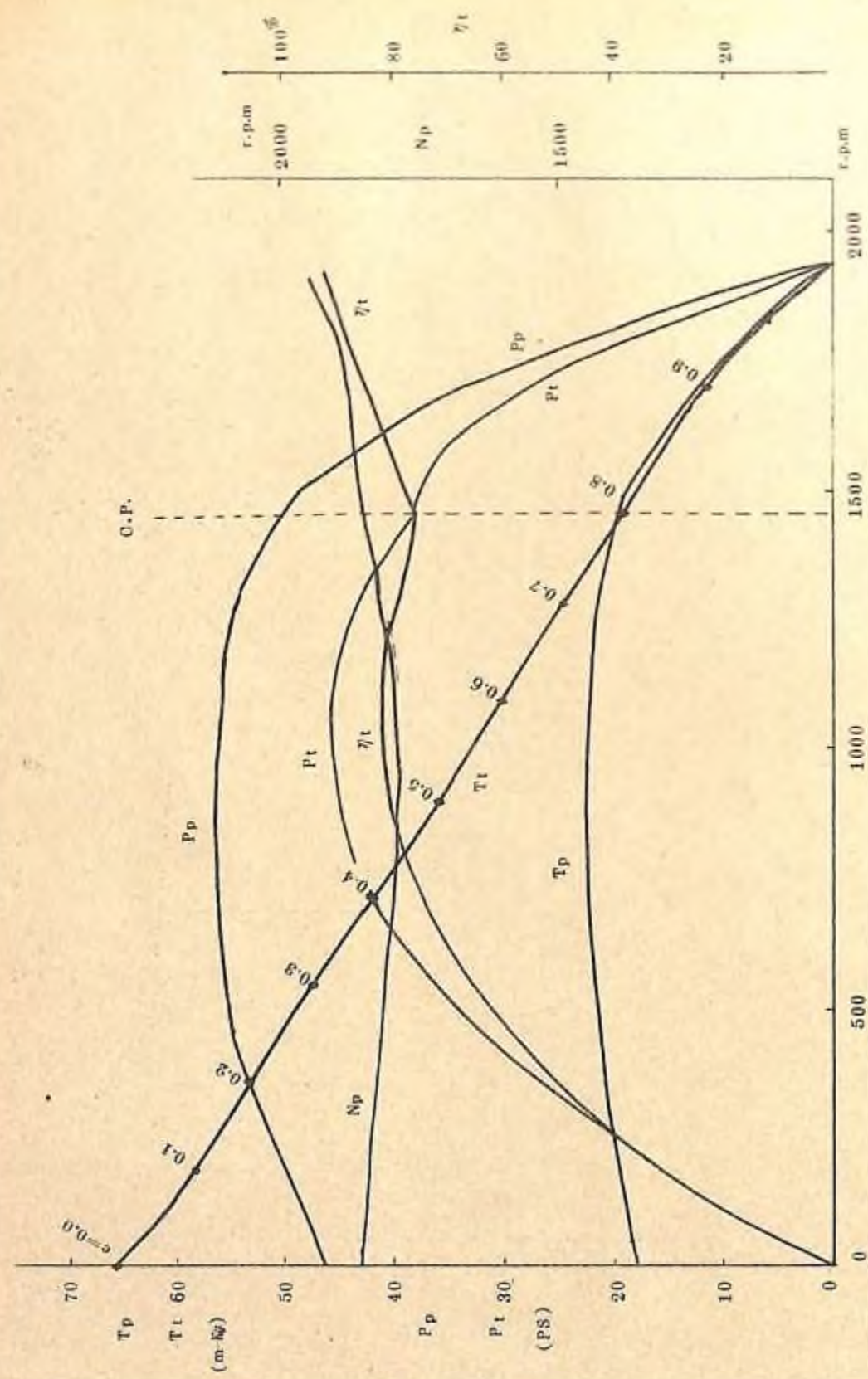


図9 エンジン、トルクコンバータ結合性能(スロットル全開時)

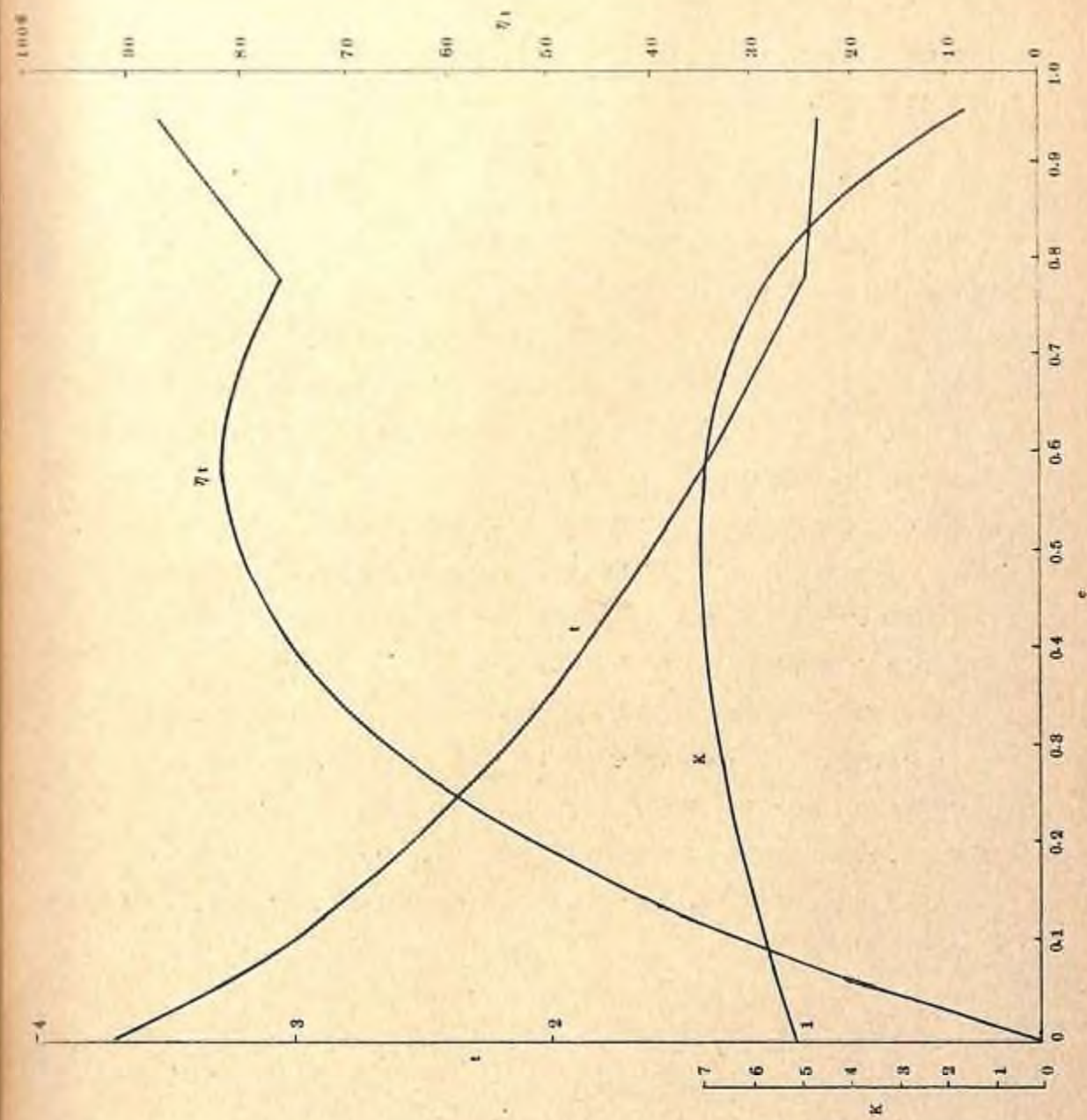


図10

4 リモートコントロールトラクタの林地土工性能

4-1 リモートコントロールトラクタの粘着係数

粘着係数 μ_a は、粘着けん引力 F_a (kg), トラクタ装備重量 W_t (kg) より、次式でもとめることができる。

$$\mu_a = F_a / W_t$$

実際林地で、ロードセルをつかいオシログラフに記録させて、低速度段におけるリモートコントロールトラクタの粘着けん引力を測定した場合、はじめ粘着けん引力は急カーブで増大してピークに達してからやむ低下し、その後ある値のところにしばらくおちついてから、次第に低下の度をつよめていくのが普通である。すなわち、最初のピークは、トラクタの足回りのシューが林地面にくいこみかゝる衝撃的的最大値で、けん引の仕方すなわちけん引しはじめの速度によってずいぶんちがいのあるものである。

このピークから少し低下してやむ落着きのみられるところの値は、シューが林地面にくいこんで、その林地面での本格的な粘着けん引力をだしている時のものである。これ以後は林地面の同一箇所をシューが何回も走行掘削して、地表面があらされてくるので、粘着けん引力も大巾に低下してくるのが普通である。

したがって、各種林地におけるトラクタの粘着けん引力としては、上述のはじめのピークから少し低下してやむ落着いた値をしめすオシログラフ記録値の平均値が、その林地面における当該トラクタの真の粘着けん引力といえることができる。これをもとに、未走行の腐植土上、未走行の赤土上、数回走行後のかく乱された赤土上、数回走行後のかく乱された黒土上についてリモートコントロールトラクタの粘着係数をもとめた結果は、図11のとおりである。

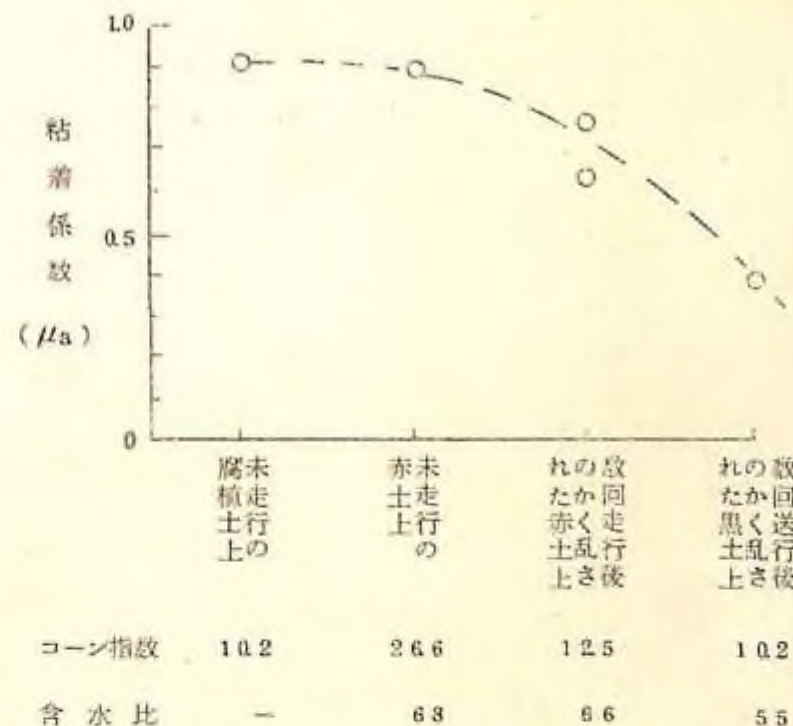


図11 粘着係数

4-2 リモートコントロールトラクタのけん引力

リモートコントロールトラクタのけん引力 F (kg) は、次式よりもとめることができる。

$$F = T_t \cdot i \cdot \eta \cdot \frac{1}{r_t}$$

$$= T_t \cdot i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 \cdot \frac{1}{r_t}$$

ここで、 i : 全減速比, i_1 : トランスミッション減速比 = $\frac{38}{38} \cdot \frac{38}{28} \cdot \frac{51}{47}$,

i_2 : ディファレンシャル減速比 = $\frac{40}{6}$, i_3 : ファイナルドライブ減速比 = $\frac{61}{11}$,

η : 全機械効率, η_1 : トランスミッション機械効率 = 0.95, η_2 : ディファレンシャル機械効率 = 0.93, η_3 : ファイナルドライブ機械効率 = 0.95, η_4 : スプロケットと履帯の機械効率, r_t : スプロケットの有効半径 (m) = 0.302, $T_t = t \cdot T_p = t k (N_p / 1000)^2 = 3.7 \times 5.1 (N_p / 1000)^2 = 18.87 (N_p / 1000)^2$

m Kg, ただし $t=3.7$, $k=5.1$, $N_p=N_e$, $e=0$ トルクコンバータストール状態。
したがって, $F=2881.3(N_p/1000)^2$ kg より, けん引力を計算することができる。

図12は実測値と計算値(曲線)を照合したものである。

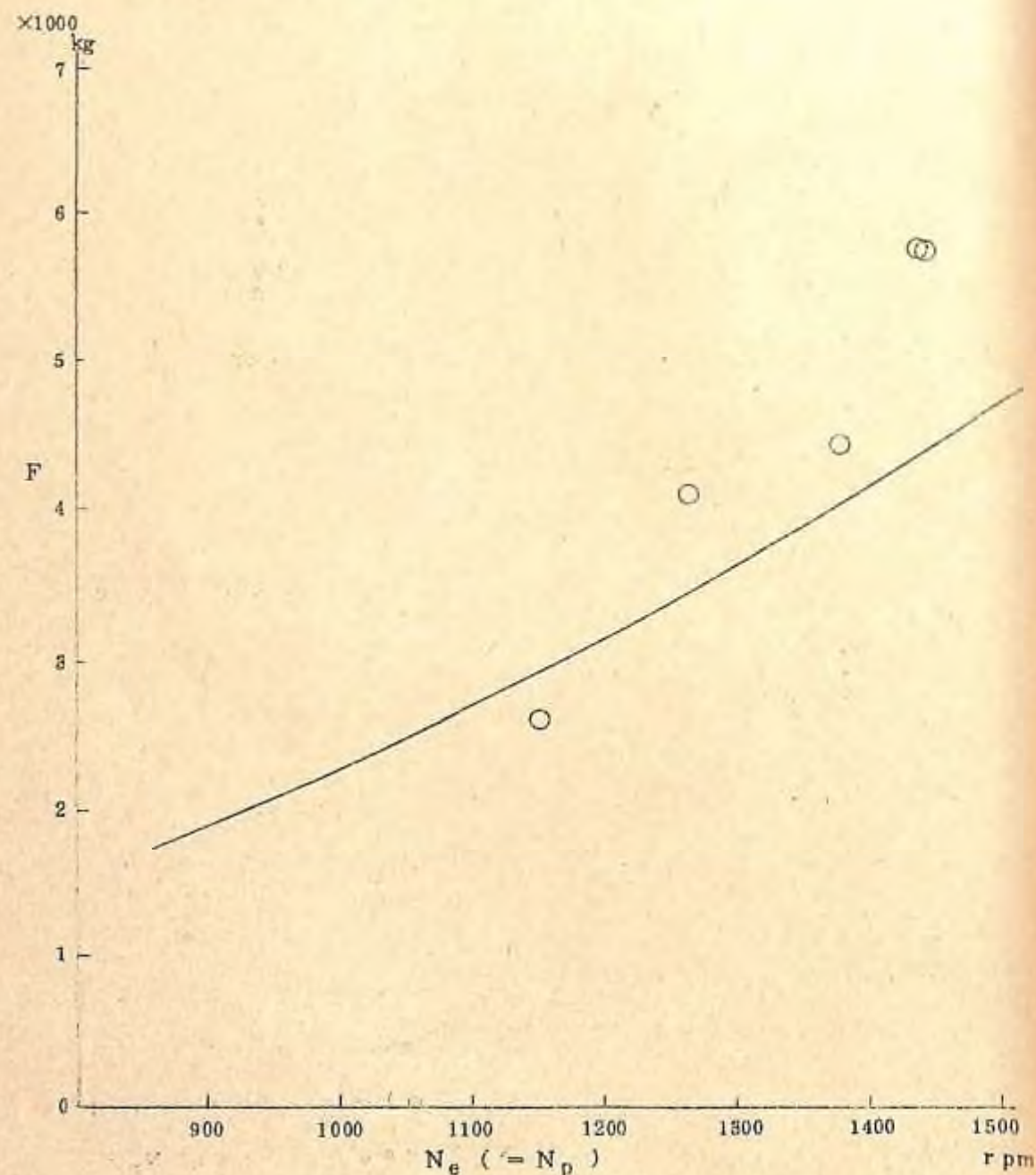


図12

4-3 リモートコントロールトラクタの林地走行出力

リモートコントロールトラクタの林地走行出力 P_r (PS) は, 次式よりもとめることができる。

$$P_r = \frac{W_t (f_t \cdot \cos \alpha \pm \sin \alpha) \cdot V_a}{75 \cdot \eta_0 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 (1-s)}$$

ここで, η_0 : トルクコンバータ効率=0.8, V_a : トラクタ実際走行速度 (km/h)
 $= (1-s) V_t$, f_t : トラクタ走行抵抗係数 $= 0.111 + 0.033 V_a$, α : 傾斜角,
 V_t : 理論走行速度 $= \frac{\ell_p \cdot n \cdot N_e}{60 \cdot i}$, ℓ_p : トラックシューのピッチ長 (m), n :
 スプロケット1回転で回されるトラックシューの数。

コーンペネトロメータによるコーン支持力 $25 \sim 37.5 \text{ kg/cm}^2$, 含水比 66.4% の礫まじりの赤土層の林地を実際に走行させた場合の走行出力をテレメータリングにより測定した結果と, 上式による計算値を照合した結果は, 図13のとおりである。

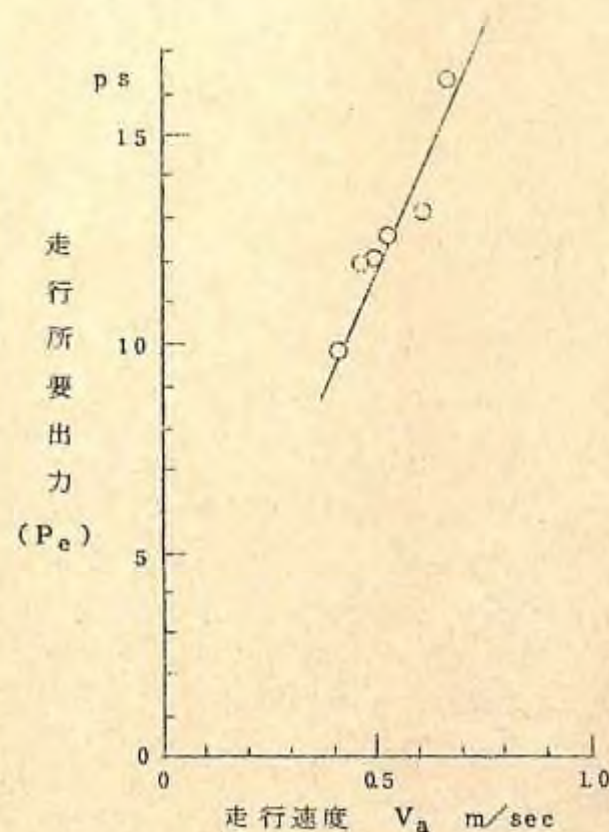


図13

4-4 リモートコントロールトラクタの掘削排土出力

リモートコントロールトラクタのドーザをつかっての掘削排土作業に要する出力 P_d (PS) は、次式であらわされる。

$$P_d = \frac{R_d \cdot V_a}{7.5 \cdot \eta_0 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 (1-s)}$$

ここで、 P_d : 掘削排土出力 (PS)

R_d : 掘削排土総抵抗 (kg)

$$= R_{d0} + R_r \quad \text{ただし,}$$

R_{d0} : ドーザの掘削排土抵抗, R_r : トラクタの走行抵抗

さらに、掘削排土抵抗 R_{d0} は、ドーザの刃の切削巾を b (cm), 全切削深さを t (cm), おなじく切削される土の切削断面あたりの切削抵抗係数を α_c (kg/cm²) とすれば、ふつう

$$R_{d0} = \alpha_c \cdot b \cdot t$$

$$\alpha_c = \left\{ \frac{1}{2} \gamma t^2 K_{p\gamma} + c \cdot t \cdot K_{pc} \right\} \frac{\cos(\delta - \alpha)}{\cos \delta} + c' t \tan \alpha$$

ただし、 γ : 土の単位体積あたり重量

c : 土の粘着力

c' : 土と金属の粘着力

α : ドーザの刃のすくい角

δ : 土と金属との摩擦角

$K_{p\gamma}, K_{pc}$: 切削土圧係数, 土の内部摩擦角 ϕ , ドーザーの刃のすくい角 α , 切削深さ t の関数

いま比切削抵抗を ε とすれば、 ε は $\alpha = 0$ ときの α_c に相当し、次式が成立する。

$$\varepsilon = \frac{1}{2} \gamma t \cdot K_{p\gamma} + c K_{pc} \approx c K_{pc}$$

$$K_{pc} = \left(\frac{\ell_0}{t} \right)^2 \left\{ \frac{1}{2\sqrt{N\phi}} + \frac{1}{\tan \phi} \left\{ \frac{1 + \frac{1}{N\phi}}{4} - \frac{1}{\left(\frac{\ell_0}{Z} \right)^2} \right\} \right\}$$

$$\frac{\ell_0}{t} = 2 \cos \left(\frac{\pi}{2} - \frac{\phi}{2} \right) e^{\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right) \tan \phi}$$

また、土の粘着力 c は、コーンペネトロメータによる測定値 (コーン指数) q_c とつぎの近似的関係が成立するといわれている: $c \approx \frac{1}{10} q_c$ 。

実際の試験林地の地表下 5 cm 深さまでの $q_c = 2 \sim 3$ であったので、ここでは $c \approx 0.25$ 。

また ϕ は、この試験林地は砂質粘土 ~ 砂質シルトの平均的な値をとると考えられるので、 $\tan \phi = 0.54 \sim 0.62$ から $\phi = 28 \sim 32^\circ$ (平均 30°) となるので、上式より、 ε をもとめれば、

$$\varepsilon = 0.25 \times 6.97 = 1.74$$

建設機械化研究所におけるドーザの巾 $b = 3.5$ m, 高さ $h = 0.9$ m の 10 ton クラスのブルドーザを対象とした模形実験の縮尺率 $\lambda = 7$ に対して、リモートコントロールトラクタはドーザの巾 $b = 2.6$ m, 高さ $h = 0.65$ m の 6 ton クラスのブルドーザに相当するので、その縮尺率 λ_0 は、

$$\left. \begin{array}{l} b \text{ について, } 3.5 : 2.6 = 7 : \lambda_0 \\ h \text{ について, } 0.9 : 0.65 = 7 : \lambda_0 \end{array} \right\} \text{ よりはおなじ } \lambda_0 \text{ をもとめることがで}$$

きる ($\lambda_0 = 5.1$)。

したがって建設機械化研究所における模形実験結果の値を、このリモートコントロールトラクタの実質 6 ton クラスのブルドーザの場合の実際の掘削深さ t の平均 3 cm (0 ~ 5 cm) から、模形実験結果の掘削深さ t' を上述の縮尺率 λ_0 から推定し、

$t' = \frac{t}{\lambda_0} = \frac{3}{5.1} = 0.6$, 建設機械化研究所の模形実験結果の中からこれにちかい $t' = 0.8$ をとり、切削抵抗 $P_h = \alpha_c \cdot b$ の掘削後ドーザによる運土量の一番多い場合すなわち掘削終期の値をよみとれば、 $P_h = 24.6$ kg (ただし $\varepsilon = 1.74$)。

このときの $\alpha_c = \frac{P_h \cdot \lambda_0^2}{b} = \frac{24.6 \times 5.1^2}{260} = 2.46$ kg/cm² をうる。

したがって、このリモートコントロールトラクタのドーザにいっぱい掘削土が堆積されて掘削排土しているときの掘削排土総抵抗 R_d は、

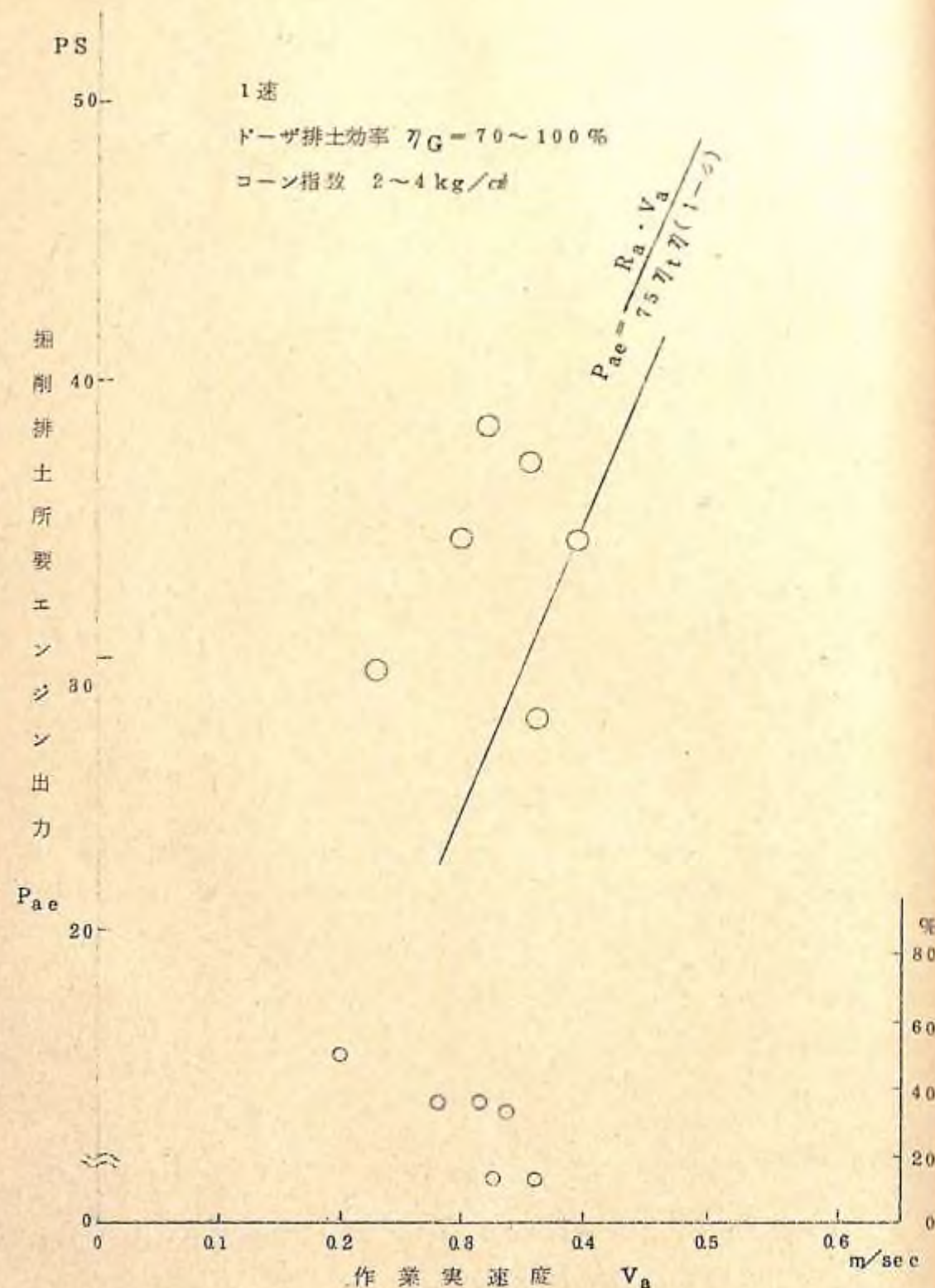


図 1 4

$$R_d = R_{d0} + R_r = \alpha_c b t + R_r$$

$$= 2.46 \times 260 \times 3 + 1000 = 2920 \text{ Kg}$$

掘削排土出力 P_d は前述理論式より、上述検討をくわえた各値を代入することにより、図 1 4 にしめした実線のとおりもとまり、実測値とはほぼ適合しているといえる。

4-5 リモートコントロールトラクタの掘削排土作業サイクルタイムおよび土工作業性能

リモートコントロールトラクタに、前進、後進、ドーザ上げ、ドーザ下げ、速度段 1 速の 5 要素作業を自記させることのできるタコグラフ改造のワークグラフをとりつけて測定記録させるとともに、掘削排土作業のタイムスタディを併行して実施した。

対象林地はカラマツ 50 年生の林道建設予定林地で、片切片盛箇所であった。

一般に土工作業のサイクルタイム C_m (sec) は、

$$C_m = \left(\frac{1}{V_{a1}} + \frac{1}{V_{a2}} \right) \ell + t_g$$

ここで ℓ : 平均掘削排土距離 m

V_{a1} : 前進速度 m/sec

V_{a2} : 後進速度 m/sec

t_g : ギヤ入替に要する時間および加速時間 (sec)

実際の分析結果からもとめたリモートコントロールトラクタのサイクルタイムは、

$$C_m = 2.689 \ell + 10.17$$

また従来の同クラスの CT-35 ブルドーザのサイクルタイムを、同一場所の林地でのタイムスタディの結果からもとめたものは、

$$C_m = 4.11 \ell + 9.2 \quad \text{であった。}$$

この CT-35 ブルドーザのサイクルタイムは、他の箇所での従来の実測値にくらべて、前後進の速度がおそすぎるきらいがある。

しかし、リモートコントロールトラクタは、乗車せずにドーザの掘削排土状況をよくみながら、押ボタンと切替つまみの操作の簡単な制御器による操縦だけで作業することができるので、同一条件下では、同クラスの従来のブルドーザより短いサイクルタイムをもっているといえることができる。

図15は土工指針その他から推定あるいは実測された従来のブルドーザのサイクルタイムとの比較例である。

リモートコントロールトラクタおよびCT-85ブルドーザの運転時間1時間あたりの土作業量の実測結果は、表1のとおりで、リモートコントロールトラクタは、全クラスの従来のブルドーザよりすぐれた土作業性能をもっているといえることができる。

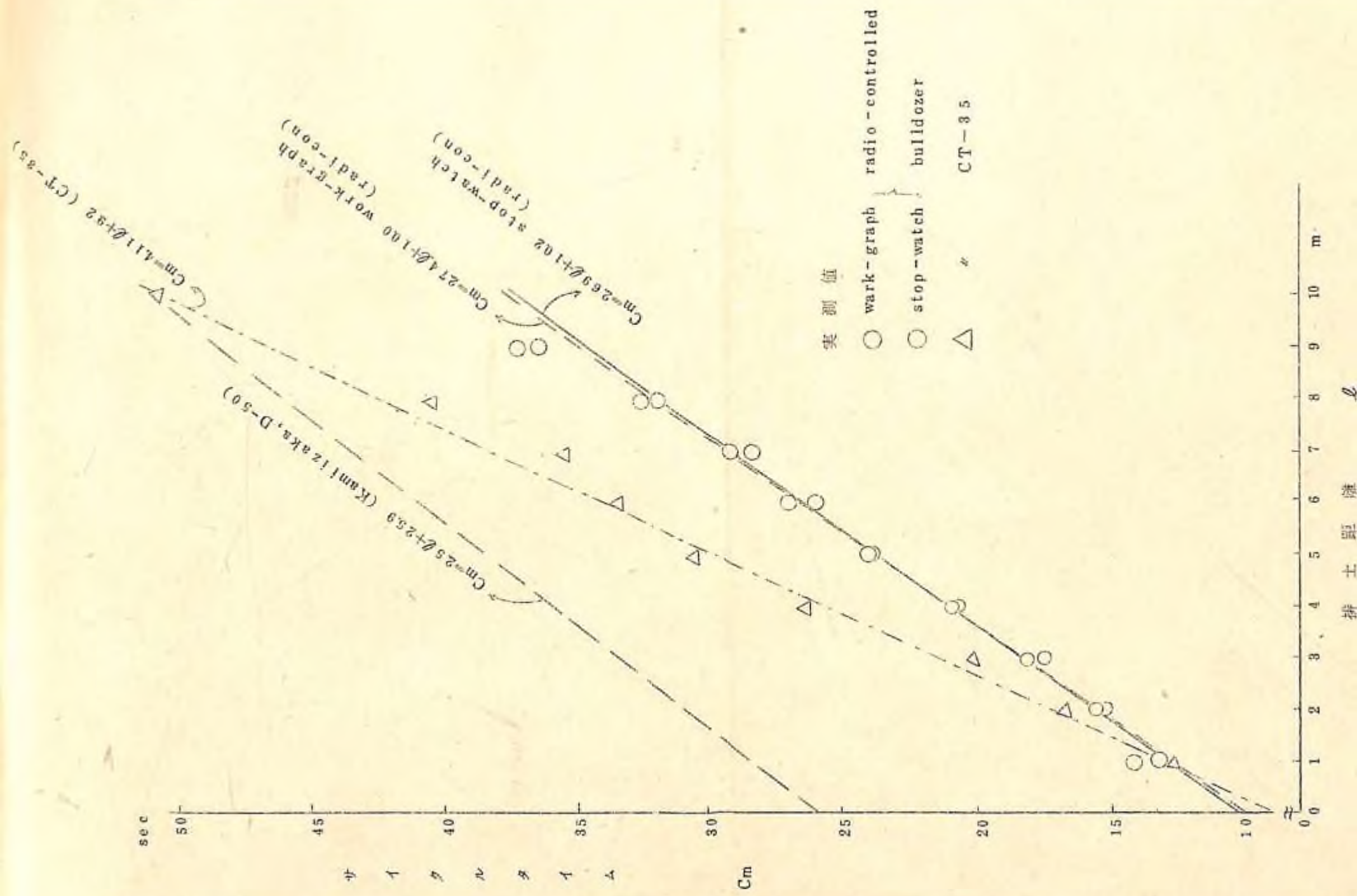


表1 リモートコントロールトラクタの土工作業性能

機 種		リモートコントロールトラクタ		従来のブルドーザ (CT 35)	
運 転 時 間		361.07		726.19	
実働1時間あたり 排 土 量		296 m ³ /hr		172 m ³ /hr	
要 素 作 業 時 間 分 析 (平 均)	前 進	91 sec	387%	138 sec	45.4%
	停 止	35	14.7	43	14.3
	後 進	69	29.3	94	31.0
	停 止	40	17.3	28	9.3
	計	235	100.0	303	100.0
	前 進	93	39.6		
	停 止	18	7.7		
	後 進	89	37.6		
	停 止	36	15.1		
	計	236	100.0		
サイクルタイム		$C_m = 2689L + 1017$		$C_m = 411L + 92$	
備 考	根 株 数	4048本/ha		786本/ha	
	根 株 直 径	15~35 cm		11~32 cm	
	林 地 傾 斜	5.4°		5.4°	

5. リモートコントロールトラクタの集材性能

5-1 リモートコントロールトラクタの登坂出力

リモートコントロールトラクタの林地斜面（勾配 θ° ）を登はんする場合に要する出力 P_c (PS) は、次式よりもとめることができる。

$$P_c = \frac{W_t (f_t \cos \theta + \sin \theta) V_a}{75 \cdot \eta_0 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 (1-s)}$$

図16は、登坂勾配別、速度別の登坂出力のテレメータリングによる計測車を利用した実測値と、上式による計算値（実線）とをしめしたもので、計算値は実測値とよく適合しているといえることができる。

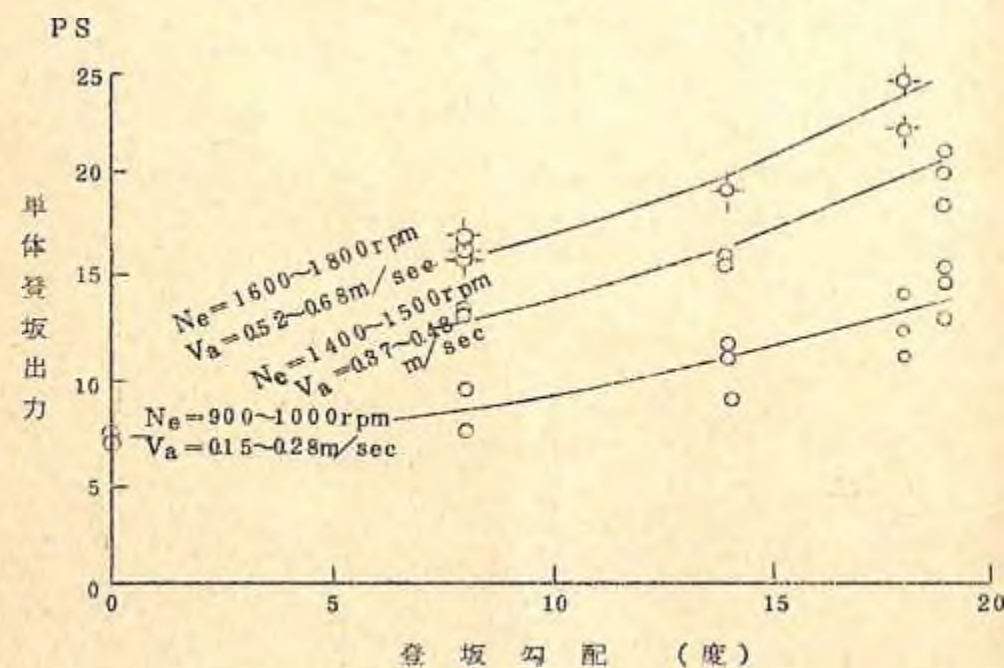


図16 登坂勾配と所要動力

5-2 リモートコントロールトラクタの集材出力

リモートコントロールトラクタの全幹集材に要するけん引出力 P_s (PS) は、次式よりもとめることができる。

$$P_s = \frac{[W_t (f_t \cos \theta + \sin \theta) + f_t W_w (f_w \cos \theta + \sin \theta) \sin \beta + W_w (f_w \cos \theta + \sin \theta) \cos \beta] V_a}{75 \cdot \eta_0 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 (1-s)}$$

ここで、 f_t :トラクタ走行抵抗係数=0.066+0.05 V_a (笹生地), W_w :集材木の全重量(kg), f_w :集材木の被けん引抵抗係数=0.75, β :集材索のけん引角度($^\circ$)。

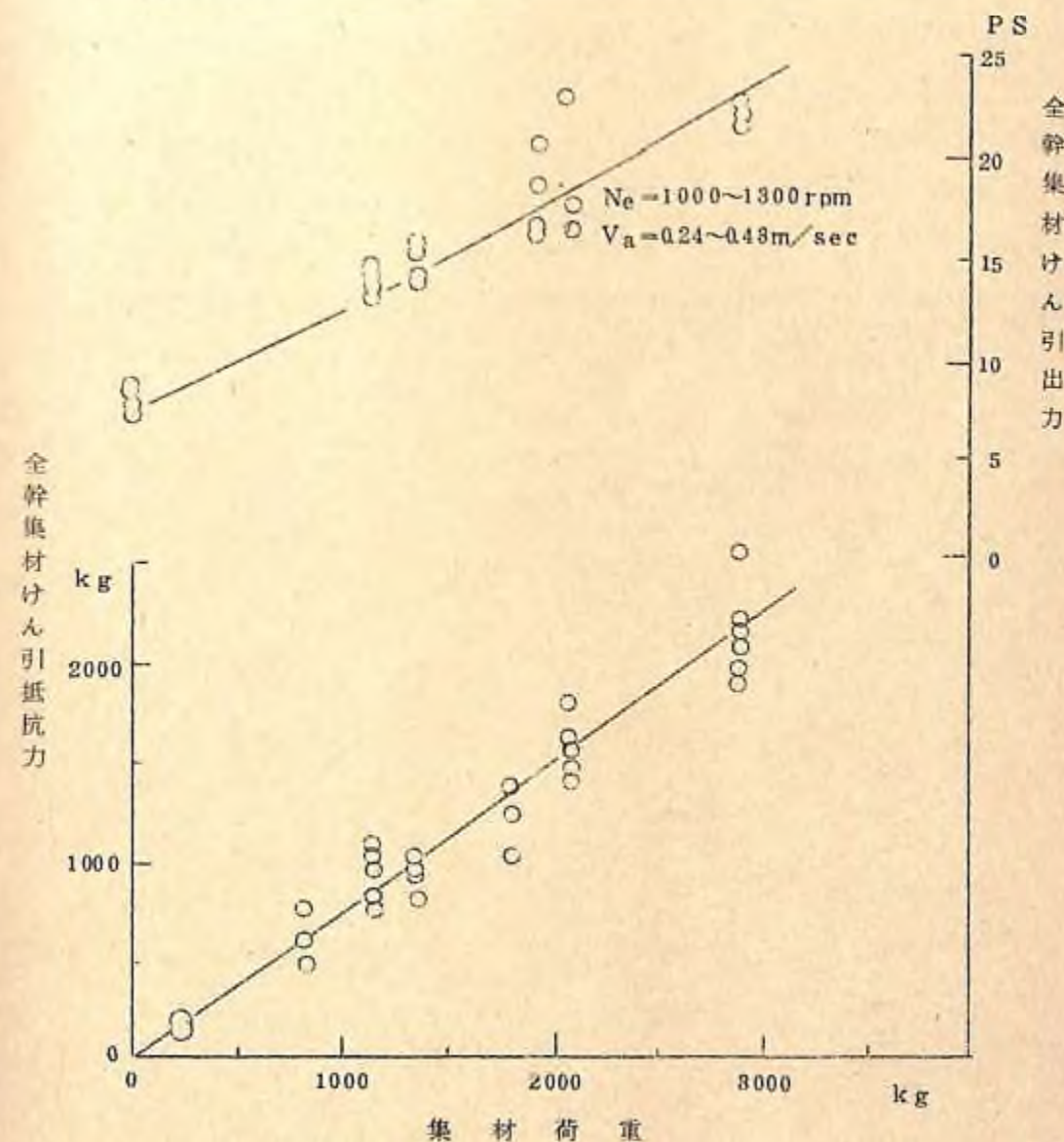


図17 集材荷重とけん引抵抗力およびけん引出力

図17は、カラマツ50年生全幹集材（直径10～25cm，材長10～18m）のけん引抵抗および全幹集材出力のテレメータリングによる計測車を利用せる実測結果で、上述の理論式で計算した理論値と実測値はよく適合しているといえることができる。

5-3 リモートコントロールトラクタの集材作業性能

リモートコントロールトラクタを運転手兼荷掛手1名で無線遠隔操作して、カラマツ50年生，直径10～25cm，材長10～18m，集材林地傾斜5～10°，集材距離150～200m，1回あたり集材本数10～15本の条件下で，実際集材した場合の作業性能について，タイムスタディをおこない，同一箇所におけるCT-35トラクタによる運転手1名，荷掛手1名，計2名での集材作業性能と比較した結果は，表2のとおりである。すなわち，リモートコントロールトラクタの拘束時間8時間実働率0.6のときの1人1回あたり作業性能は25.35m³/人日で，CT-35トラクタの全条件下での作業性能14.63m³/人日より相当すぐれた性能をしめした。

このほか，運転手がトラクタに乗車せずに無線遠隔操作できることは，運転手の労働安全上もすぐれた効果を期待することができる。

表2 リモートコントロールトラクタの集材作業性能

機 種		リモートコントロールトラクタ		従来のクローラトラクタ (CT35)		
作 業 人 員		運転手兼荷掛手 1人		運転手1人 荷掛手1人		
集 材 法		カラマツ, 直径10~25cm, 材長10~18m				
集 材 距 離		150 ~ 200m				
林 地 傾 斜		5 ~ 10°				
1 回 当 り 集 材 本 数		10 ~ 15本				
1本当り集材材積(平均)		0.15 m³/本				
要素作業時間分析 (平均)	空 車 上 山	荷おろし 上山準備	48"	3.4%	} 1'58"	97%
		方 向 転 換	46"	3.2		
		上 山	4'10"	17.6	2'38"	12.9
		小 計	5'44"	24.2	4'36"	22.5
	木 寄 せ	スリングかけ	7'15"	30.6	7'02"	34.5
		木 寄 せ	1'32"	6.5	1'53"	9.2
		トラクタ移動	20"	1.4	1'09"	5.6
		荷直し, 障害 物 除 去	2'20"	9.9	40"	3.3
		手 待	36"	2.5	21"	1.7
		小 計	12'03"	50.9	11'05"	54.5
	積 車 下 山	下 山	4'04"	17.2	3'20"	16.3
		ウインチ操作	23"	1.6	58"	4.7
		荷直し, 障害 物 除 去	58"	4.1	25"	2.1
		手 待	29"	2.0	—	—
		小 計	5'54"	24.9	4'43"	23.1
	合 計		23'41"	100	20'24"	100
1人1日あたり 作 業 性 能		25.35 m³/人日		14.63 m³/人日		

備考 1日作業時間8時間，実働率0.6，実働時間4.8時間

5-4 リモートコントロールトラクタの集材経済性能

上述してきた試験結果をもとに、リモートコントロールトラクタの経済性に検討をくわえた結果は、表 8 のとおりである。

リモートコントロールトラクタに対して、その集材ウインチの機構のみを無線遠隔操縦ができるようにリモートコントロール化し、空車上山、集材走行は運転手1名が乗車しておこない、集材索のばし、スリング掛け、木寄せ集材等は、運転手が荷掛手を兼ねて1名でおこない、機械償却費の軽減ができるようにかんがえたセミリモートコントロールトラクタによる集材の場合も想定して、従来のトラクタによる集材の場合の経済性能について比較をおこなった。

これによると、トラクタライフ 6000 時間のとき、セミリモートコントロールトラクタによる1人集材作業の場合のカラマツ人工林50年生地帯における単位集材材積あたり集材経費は5987円/ m^3 で、従来のトラクタによる2人1組集材作業の場合の6171円/ m^3 より有利となる。

したがって、集材経済性能に関しては、この辺の機械開発が当面の実用化目標となるものと推定されよう。

もっとも、前章で論述したリモートコントロールトラクタの土工作業では、労働生産性のみならず労働安全を期待できるので、このトラクタの装備重量にみあった急峻山地における林道および作業道作設経済性能は、条件次第で好結果を期待できるものとおもわれる。

表8 集材作業経費 (草津署カラマツ人工造林地50年生)

(4711)

種 別	ト ラ ク タ			賃 金		作 業 性 能					1日の集材経費			集材材積 当り経費 円/m³
	価 格 (万円)	耐 用 年 数	機 械 費 (円/hr)	円 /人日	所 要 人 数 × 日 当	集材サイクル	集 材 本 数 本/回	1日集材回 数 回/日	1日集材本 数 本/日	1日の集材 材積 m³/日	機 械 費 円	人 件 費 円	計 円	
普通集材トラクタ	365	$\frac{6000 \text{ hr}}{5 \text{ 年}}$	1536	3000	$3000 \times 2 \text{ 人}$ = 6000 (運転手+荷掛手)	分 秒 2024	$8316 =$ 138本/回	14	1933	290	12288	6000	18288	6171
普通集材トラクタ +ウインチリモコン	445	$\frac{6000 \text{ hr}}{5 \text{ 年}}$	1728	3000	$3000 \times 1 \text{ 人}$ = 3000 (運 転 手)	2024	138	14	1933	290	13784	3000	16784	5787
							113	14	1582	237	#	#	#	7082
リモートコントロール トラクタ	600	$\frac{7500 \text{ hr}}{6 \text{ 年}}$	1801	3000	$3000 \times 1 \text{ 人}$ 3000 (運 転 手)	2341	$136/12 =$ 11.3本/回	12	135.8	204	14408	3000	17408	9004
	伐木本数 本/ha	1日集材本数 本/日	所要日数 日	1日当り 円/日	円/ha	材 積 m³/ha	(1) 普通集材トラクタ+ウインチリモコンは、普通集材トラクタおよび、リモートコントロールトラクタの作業性能の両方について計算した。							
普通集材トラクタ	1000	1933	5.17	17896	92522	150	(2) 集材地の条件 傾斜 5 ~ 10度 下げ荷全幹材集材							
普通集材トラクタ+ ウインチリモコン (セミリモートコントロール トラクタ)	1000	1933	5.17	16784	86773	150	集材距離	100 ~ 150 m						
		1582	632		106075		集材木 直径	10 ~ 25 cm						
							長	10 ~ 18 m						
リモートコントロール トラクタ	1000	135.8	736	18368	135188	150	材積	0.1 ~ 0.2 m³/本						

(1) 普通集材トラクタ+ウインチリモコンは、普通集材トラクタおよび、リモートコントロールトラクタの作業性能の両方について計算した。

(2) 集材地の条件 傾斜 5 ~ 10度 下げ荷全幹材集材
集材距離 100 ~ 150 m
集材木 直径 10 ~ 25 cm
長 10 ~ 18 m
材積 0.1 ~ 0.2 m³/本

集 運 材 作 業 技 術 の
最 適 化

I 試験担当者

機械化部作業科作業第2研究室長	渡部 庄三郎
	辻井 辰雄
	奥田 吉春
作業第1研究室長	辻 隆道
	石井 邦彦
* 機械科機械第1研究室	柴田 順一
元林道研究室	平賀 昌彦
* 作業科長	上田 実

II 試験目的

立木を伐採し、市場まで搬出する生産過程は林業システムにおいて重要な位置を占める。この伐木集運材系の最適化は以前から要望されていたが林地林木の複雑性、多種類の機械力の導入、地域の慣習ならびに経営規模の変化等により、類型化は非常に困難視されてきた。しかしながら合理的な企業経営の立場から各作業工程ごとの作業手順書や生産工程の合理的な最適化の必要性が強く要望された。

よって、電子計算機の利用を前提として、伐木集運材系の最適化をはかる手法を開発することが目的である。

III 試験の経過とえられた成果

本試験は昭和42年度に集材機作業の最適化として開始し、昭和45年度より集運材作業技術の最適化と改題してさらに継続、終了年度を昭和47年度とした。この間「昭和44年度特別会計林業試験成績報告書、集材機作業の最適化」として、集材機集材、トラクタ集材、トラクタ運材についての作業量の特性、機械の特性についての定式化ならびに電算機利用のフローチャートについて報告した。

今回は上記作業の最適化を行なうにあたっての目的関数式を簡単に述べ、それ以後行なった作業道計画の最適化ならびに、これら開発された最適化手法が実際現地に適用できるか否か、集材機集材をとり上げて検討した結果について報告する。

1. 集材機集材, トラクタ集材, トラック運材の目的関数式

はじめに最適化問題の定式化を一般式で示すと次のとおりである。

$$I = f(x, q) \quad \text{①}$$

ここで

I : 最適化すべき変数(コストまたは収益など)。

x : 決定すべき変数(作業人員など)。

q : 変えることのできない変数(環境を表わす変数)。

しかし x に関しては次のような制限条件があるものとする。

$$r_i(x, q') \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad \text{②}$$

q' は x に寄与する環境条件。また x, q, q' は 1 変数であるとは限らず多数となる場合が多いから

$$I = f(x_1, x_2, \dots, x_n, q_1, q_2, \dots, q_k)$$

また

$$r_i(x, q') = (x_1, x_2, \dots, x_n, q'_1, q'_2, \dots, q'_l)$$

最適化とは②式を満足し, ①式の I を最小(または最大)にする (x_1, x_2, \dots, x_n) を求めることである。

本研究での I は総コストを最小とする目的関数で, x は作業人員, 集材機の大きさなど, q は地形, 立木の状態, 作業者の特性などとした。

1-1 集材機集材

集材機集材についての目的関数は次のものである。

$$f(K, D, S, PS, M)$$

K : 工程(普通伐採・普通集材法, 全木伐倒・全木集材法)

D : ワイヤロープの主索径

S : 架線方式(タイラー方式, フォーリングブロック方式)

PS : 集材機の大きさ

M : 作業組人員

そして, 各変数の最適なものに o 印を付すと

$$f^o(K^o, D^o, S^o, PS^o, M^o) = \min_K \min_D \min_S \min_{PS} \min_M \{ f(K, D, S, PS, M) \}$$

を求めることとした。これを解くため, 最適変数は次のようにして決定した。

まず K について, 普通集材方法を H , 全木集材方法を Z で表わせば,

$$f_1 H(D_H, S_H, PS_H, M_H) \text{ と}$$

$$f_1 Z(D_Z, S_Z, PS_Z, M_Z) \text{ とする。}$$

そして, $f_1 H$ と $f_1 Z$ の小さい方の変数をとっておき, 例えば $f_1 Z$ が選定されれば, 次に D について

$$f_2 R(K_{Di}, S_{Di}, PS_{Di}, M_{Di}) \text{ を求める。}$$

ここで D_i はワイヤロープ径であり, 目的関数最小のときの主索径となる。

そのときの条件下で集材機の大きさ, 作業組人員を最小とするものを選ぶ。これら変数のとる数値を, K : 2通り, D : 20, 22, 24, 28, 30mmの5通り, S : 2通り, PS : 55, 70, 90, 125の4通り, M : 普通集材法の荷掛人員1, 2人の2通り, 全木集材法の盤台造材人員1~4人の4通りとすれば, その全組合せ820通りについての組合せ計算を行なうことになる。

1-2 トラクタ集材

トラクタ集材についての目的関数は次のものである。

$$f(O, PN, Q, M)$$

ここで

O : 集材方法(サルキーの有, 無)

PN : トラクタ台数(1~8台等)

Q : トラクタ型式

M : 作業組人員(2~5人等)

最適化の手法は前項と同様なので省略する。

1-3 トラック運材

トラック運材についての最適化は前2者と異なり、集材土場の1日の出材量に合せて、トラック1日の運材量を等しくする配車輸送の問題とした。すなわち

$$V = \min_A \min_E \min_{TN} \min_M \{ f(A, E, TN, M) \}$$

ここで

V : 集材土場の1日の出材量

A : トラック積込法(クレーン積込, 人力積込)

E : トラックの大きさ(4, 6, 8t車等)

2 作業道を中心とした集材システムの最適化

2-1 基本的考え方

本項は昭和45年度より行なったものである。基本的な考え方は次の通りである。

従来の作業道の密度理論に加えて、その作業道はどの地点を通過するのがもっとも効果的であるかという二つの要素の最適解を求めることである。作業道を延長するにあたっての集材法は、作業道からの短距離範囲内は短距離集材法(トラッククレーン集材法)、他の部分は長距離集材法(集材機集材またはトラクタ集材)を採用した組合せとする。

そして、考える地域内全部の材を集材するための総コストと、作業道作設による集材総コストの減少が、作業道作設によって起こる費用の増加とが丁度バランスするところまで作業道を延ばしてゆくというものである。

2-2 集材費用関数

集材方法としては、短距離集材法と長距離集材法の組み合わせで行なうことを前述した。この集材における費用は集材距離に比例するという原則、あるいは経験があるとされている。実践的立場からこの関係を明確にしたものが意外にないので、本研究では標準功程を基礎とした諸資料の集積ならび現場調査から集材費用関数を次式のように組立てた。

$$C_{vi} = f(x, v_h, r, g) \\ = \{ [a_i(1+r_i) \cdot g(p, q)x + b_i] + (c_i \cdot v_h^{di} + e_i) \} \\ \{ i = 1 (\text{集材機集材}), 2 (\text{トラクタ集材}), 3 (\text{トラッククレーン集材}) \} \\ \dots\dots\dots ③$$

ここで

C_v : 単位材積当たり集材費用(円/ m^3)

x : 集材距離(m)

v_h : H_A 当たり素材材積(m^3/H_A)

r : 迂回率

g : 地形指数

p : 立木 m 廻り($m^3/\text{本}$)

q : H_A 当たりドット数

また、③式に見込んだ費用以外に生産に関わる伐倒、巻立、トラック運材および共通の経費がある。これを式の形にまとめると④式となる。

$$F_{vi} = (A_i + B) \cdot V + Z \quad \{ i = 1 (\text{集材機集材}), 2 (\text{トラクタ集材}), \\ 3 (\text{トラッククレーン集材}) \} \dots\dots\dots ④$$

ここに

F_v : 集材費用関数以外にかかる一定の作業費合計

A : 単位材積当たりに換算した準備作業費(盤台作設、土場作設等)(円/ m^3)、実際ここに含まれたものは盤台作設費および土場作設費だけである。集材機集材での架線・撤去費、またはトラクタ集材でのトラクタ道の作設費および道修理費は③式に入ってしまったので、④式のA項からは除いた。

B : 集材に関する以外の作業でシステムとして考慮される作業費の単位当たり費用(伐倒、巻立およびトラック運材等)(円/ m^3)。

V : 集材総材積(m^3)

Z : 材積に関係しない分担的なもの。

まづ、③式についての定数項は表-1のとおりである。そして④式についての定数項は表-2のとおりである。

表-1 集材費用関数の定数項

定数項 集材方法 i	(a)	b	c	d	e	(r)	修正a
集材方法 ①集材機	1.1	945	26700	-08597	-500	0.3	1.43
" ②トラクタ	1.0	1040	5197	-04989	-500	☆	1.0
" ③モリクレーン	20.2	195.9	0	0	0	0.15	2323

p		立木 m^3 廻り (m^3 / 本)			
q		0.0~0.24	0.25~0.54	0.55~0.84	0.85~1.15
b a 当たり ドット数 (個/ha)	0.5~2.4	1.82	1.11	0.80	0.63
	2.5~6.4	1.54	1.00	0.74	0.59
	6.5~24	1.33	0.91	0.69	0.56
	25~124	1.18	0.83	0.65	0.53

表-2 集材費用関数以外にかかる生産費の定数項

定数項 集材方法 i	A	B
集材方法 ① 集材機	140	1041
" ② トラクタ	96	1041
" ③ モリクレーン	0	1041

○ 変数の説明

(1) 集材費用項目について

集材費用に含まれる項目は次のものである。

$$C_{ei} = C_{MANi} + C_{BUKi} + C_{UNi} + C_{KIi} + C_{KAN} \dots\dots\dots$$

$$\dots\dots\dots (i = 1, 2, 3)$$

ここで

表-3 集材費用積算基礎

i=1 (集材機集材), i=2 (トラクタ集材), i=3 (トラッククレーン集材)

作業量	i = 1	組 人 員 (人/台組)	4							摘 要
		賃 金 (円/人日)	2800							
		ス パ ン (m)	1000	900	800	700	600	500	400	
		集 材 距 離 (m)	650	585	520	455	390	325	260	
		作 業 量 (m^3 /台日)	20	21	23	26	28	31	33	
	i = 2	組 人 員 (人/台組)	3							
		賃 金 (円/人日)	2800							
		ト ラ ク タ 道 (m)	200	400	600	800	1000	1200	1400	
		集材面積規模 (H_A)	1.4	2.9	4.3	5.7	7.1	8.6	10.0	
		作 業 量 (m^3 /台日)	3.4	2.9	2.5	2.2	1.9	1.7	1.6	
	i = 3	組 人 員 (人/台組)	3							
		賃 金 (円/人日)	2800							
		木 寄 距 離 (m)	10	20	25	30	40	50		
作 業 量 (m^3 /台日)		67.1	46.9	40.0	34.8	33.1	27.5			
物件費	i = 1	ス パ ン (m)	1000	900	800	700	600	500	400	
		付属器具損料 (円/ m^3)	166.39	154.67	145.70	131.91	121.67	103.10	93.16	
		消 耗 品 費 (円/日)	308							
	i = 2	付属器具損料 (円/ m^3)	2750							
消 耗 品 費 (円/日)		976								
役務費	i = 1	1 日 当 り 修 理 費 率	0.0534 (%)							
		〃 修 理 費	535 (円/日)							
	i = 2	1 日 当 り 修 理 費	2767 (円/日)							
	i = 3	1 日 当 り 修 理 費	2515 (円/日)							
運転経費		種 類	軽 油	オ イ ル	グ リ ス	ギ ャ - 油				
		単 価 (円)	35	160	160	200				
	i = 1	1 日 使 用 量	24 ℓ	0.65 ℓ	0.05 Kg	0.05 Kg				
	i = 2	〃	23 ℓ	1.0 ℓ	0.1 Kg	0.05 Kg				
	i = 3	年 間 使 用 量	2700 ℓ	236 ℓ						
機械償却			購 入 価 格		年間機械償却率		1日当り償却費			
	i = 1	集 材 機	1002 千円		2065 %		1,587円/日			
	i = 2	ト ラ ク タ	3906		2299		5,612			
	i = 3	(モ リ ク レ ー ン)					4,551			

0.6 m^3 /木

サルキー, 耐用数量
12,000 m^3

i = 3は実績値使用

0.6 m³/本

サルキー, 耐用数量
12,000 m³

i=3は実績値使用

C_C : 単位当たり集材費 (円/㎡)

C_{MAN} : 労賃 ()

C_{BUK} : 物件・役務費 (円/㎡)

C_{UN} : 機械運転経費 ()

C_{KAN} : 間接費 (手当および事務所運営費等), $C_{KAN} = (1+R)$

($C_{MAN} + C_{BUK} + C_{UN} + C_{KI}$) とし, $R: 0.8$ を採用した。

その他積算基礎については表-3に示した。

(2) 地形指数 g について

地形条件表示のためにドット板の応用をはかった。ドット板は1点当たり面積 $0.04 H_A$, $1 H_A$ 当たりの点数25点のものを採用した。縮尺5千分の1の事業区基本図上にドット板を当て、等高線がドットの点に接触した点の数をもって地形指数の尺度とした。

いま5千分の1の基本図において $9 H_A$ の正方区間をとり、そのときのドット数と、一方キルビメータによってコンターの長さを測った読値との相関図を画けば図-1のごとくなる。ある単位内のコンターの長さ、すなわち摺曲の大きさをドット数によってある程度表現できることがわかる。

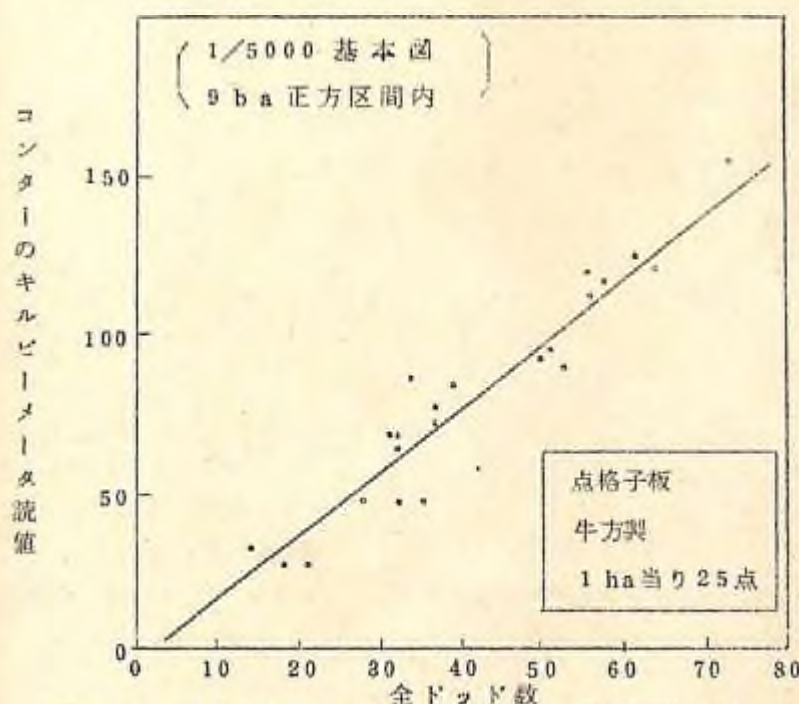
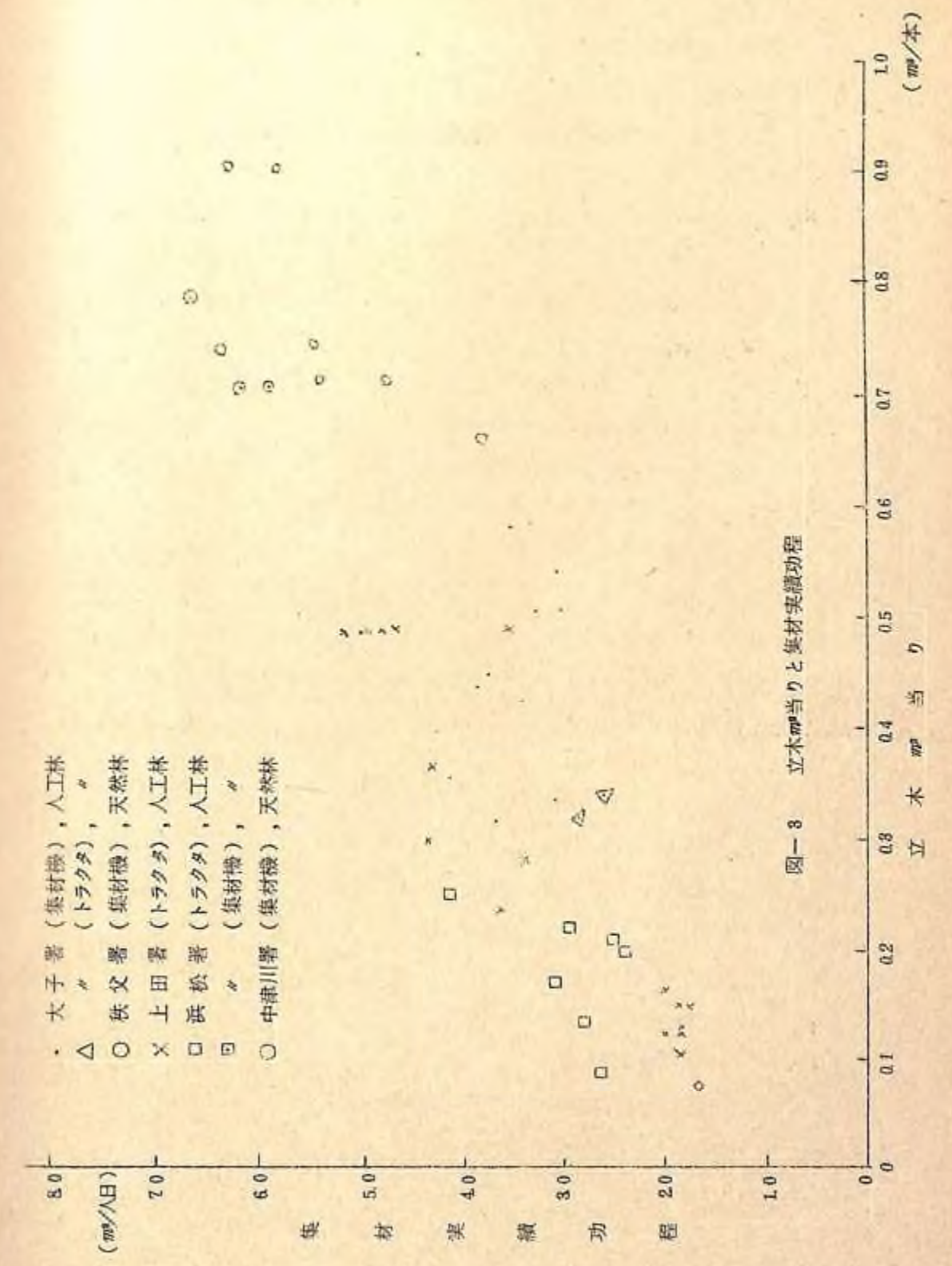
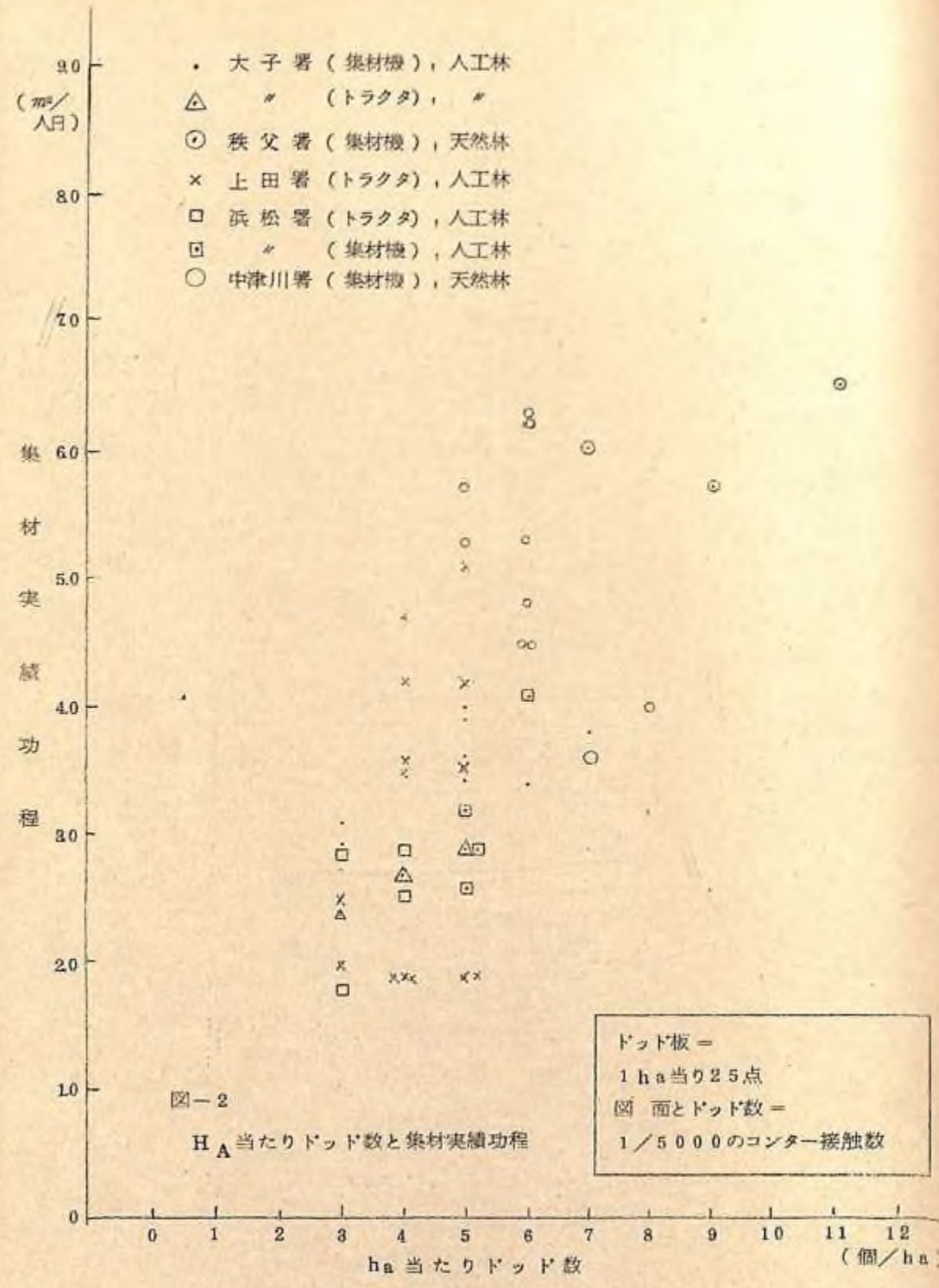


図-1 5千分の1の基本図における $9 H_A$ 正方区間内のドット数と、キルビメータによる等高線長さの読値



以上の構想により現地調査を行なった結果は図-2である。図-2は正の相関を示したが、本来は作業量は負の相関を示すと思われる。相関が正となった原因は地形の難易の条件と同様、立木の条件が作業量に大きく関与していることである(図-3)。したがって、ドット数と立木 m 廻りで表現した⑤式から求められた値を地形指数とした。

$$g = \frac{1}{1.3481 + 4.8225p + 0.1173q} \quad \text{⑤}$$

ただし g : 地形指数, p : 立木 m 廻り (m /本), q : 1 ha 当たりドット数

2-3 作業道最適作設地点の選定

林道を作設しようとする対象林分全体に対して、それを十分覆う大きさで格子線を引くことにする。格子線の間隔は林道開設後採用を予定しているクレーン集材の最適作業距離の2倍とする。たとえば最適作業距離30(m)のクレーン集材の場合は60(m)間隔で格子線が切られることになる。

格子線間隔(以下マトリクス間隔という)を B (m)とすれば、1区画の面積は $10^{-4} B^2 (H_A)$ となる。

対象林分全体にわたり、材積についてのマトリクス、地形指数についてのマトリクス[上記2.2で説明した $g(p, q)$ の値]および距離マトリクスを作成する。

そして、このマトリクスの1単位面積相当の仕事量と林道開設の効果を判断する。まづ記号を次のように定めておく。

TRC	: 選点前までの林道作設費合計	(円)
Y_1	: 選点前の長距離集材総費用	(円)
Y_2	: 選点前の短距離集材総費用	(円)
RC	: 1メッシュの長さの林道作設費	(円)
Y_1'	: 選点後の長距離集材総費用	(円)
Y_2'	: 選点後の短距離集材総費用	(円)
CTC	: 選点前の総コスト	(円)
TC	: 新しい作業道を作設した場合の総コスト	

ここで $CTC = Y_1 + Y_2 + TRC$

$TC = Y_1' + Y_2' + TRC + RC$

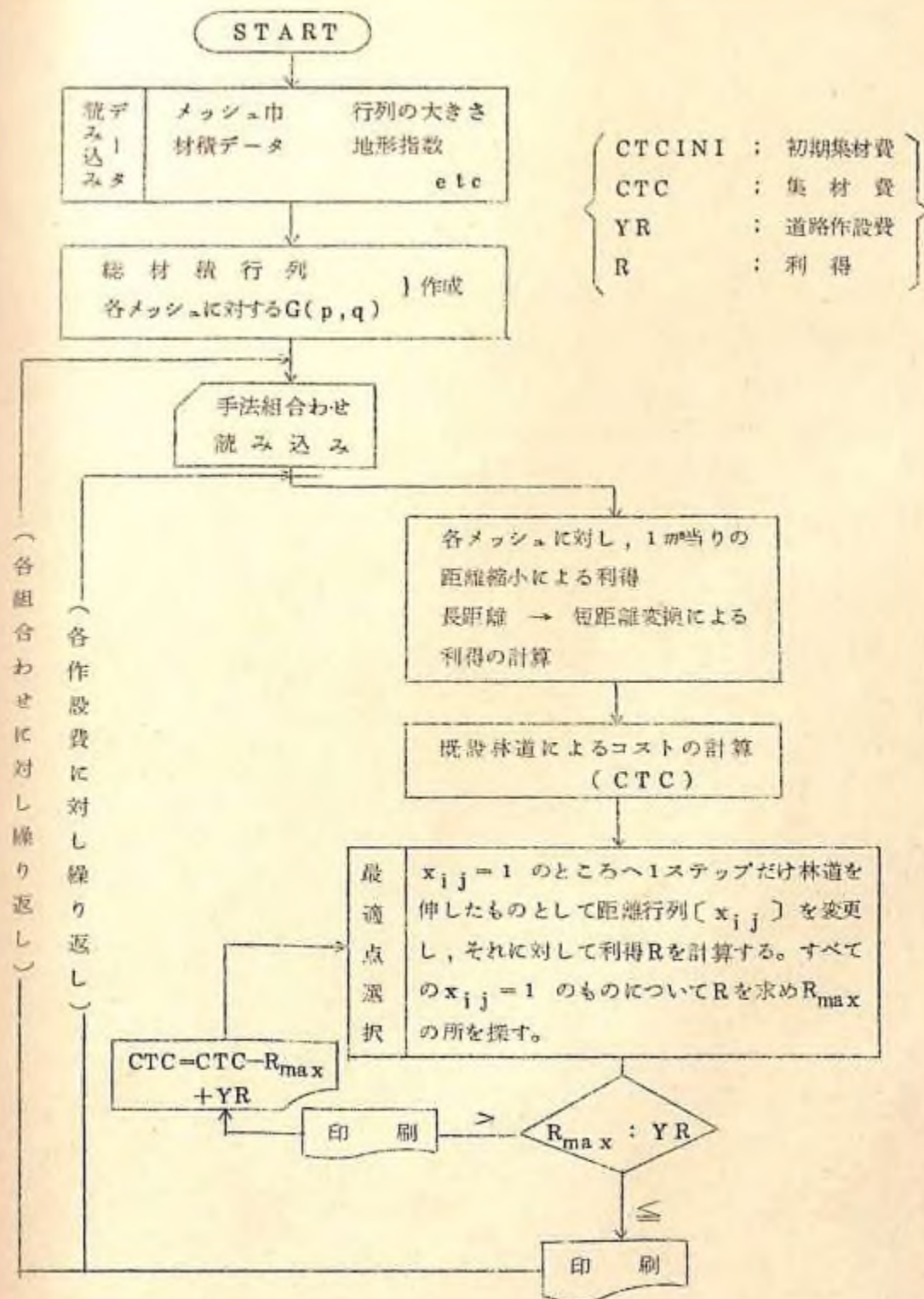


図-4 作業道網計画法フローチャート

よって

$$CTC - TC > 0 \dots\dots\dots ⑥$$

ならば、新作業道の開設効果があり、

$$CTC - TC \leq 0 \dots\dots\dots ⑦$$

ならば、開設効果なし、または不利と判定して、⑦式の1つ手前で作業道新設を終る。

電算機で行なうためのフローチャートは図-4のとおりである。

2-4 計算結果

計算のための準備が図-5および表-4である。そして計算結果の一部は表-5である。

大子事業区基本図

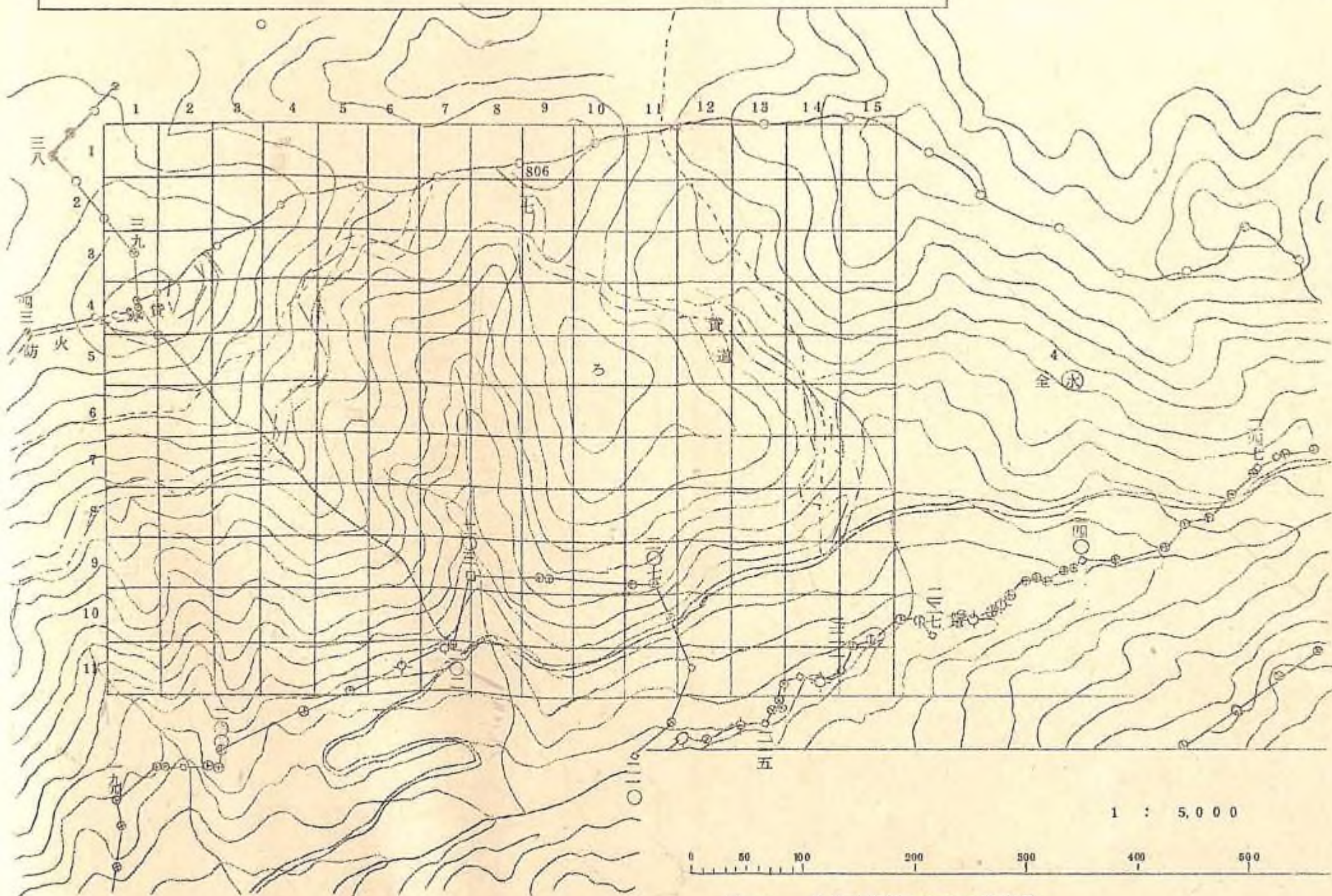


図-5 現地計算例のための基本図

表-4-1 計算準備表 (材積マトリックス)

歩留り0.72採用, (m^3/ha), (3ケタまでの整数)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0	0	0	0	0	0	210	210	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	210	210	210	210	210	199	0	0	0	0	0	0
3	0	210	210	420	420	420	420	420	199	0	0	0	0	0	0
4	210	210	420	420	420	420	420	420	399	199	199	199	0	0	0
5	0	210	420	420	420	420	420	420	420	399	399	399	199	0	0
6	0	0	210	420	420	420	420	420	420	399	399	399	399	199	0
7	0	0	0	210	420	420	420	420	420	399	399	399	399	199	0
8	0	0	0	0	210	210	420	420	420	420	399	399	399	199	199
9	0	0	0	0	0	210	420	210	210	210	199	199	199	199	0
10	0	0	0	0	0	0	210	0	0	0	199	199	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表-4-2 つづき (地形マトリックス)

(地形指数 p , $200 > p > 00$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
2	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
3	28	28	48	48	48	28	28	48	28	28	28	28	48	48	28
4	28	28	48	48	48	48	48	48	28	28	28	28	48	48	48
5	28	28	48	48	48	48	48	48	48	28	28	48	48	48	48
6	28	28	48	48	48	48	48	48	48	28	28	28	48	48	48
7	48	48	48	48	48	48	48	48	48	28	28	28	28	48	28
8	48	48	48	48	48	48	48	48	48	28	48	48	48	48	28
9	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	28	28
10	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	28	28	28
11	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	28	28	28	28

表-4-3 つづき (立木 m^3 廻りマトリックス)(V, m^2 /本), [1000 > V > 0.0]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0	0	0	0	0	0	0.30	0.30	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0	0	0	0	0	0
3	0	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0	0	0	0	0	0
4	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0	0	0
5	0	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0	0
6	0	0	0.30	0.30	0.30	0.30	0.35	0.35	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.35	0
7	0	0	0	0.30	0.30	0.35	0.35	0.35	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.35	0
8	0	0	0	0	0.30	0.35	0.35	0.35	0.30	0.30	0.30	0.35	0.35	0.35	0.35
9	0	0	0	0	0	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0
10	0	0	0	0	0	0	0.35	0	0	0	0.35	0.35	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表-5-1 計算結果

〔集材機 - クレーン〕

作設費 500円/m

No.1

SAKUSETSU HI= 500

INITIAL CTC= 115605760 (既設道のときの総集材費)

OPTIMAL CTC= 99502330 (最適作業道開設後の総集材費)

RITOKU= 16103480 (利益)

INITIAL COST/M*3= 2305.4 (既設道のときの m^2 当り集材費)OPTIMAL COST/M*3= 1984.3 (開設後の m^2 当り集材費)

OPTIMAL RINDO

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
2	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
3	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
4	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
5	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
6	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
7	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
8	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
9	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
10	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
11	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****

「0」は既設作業道。空白部は作設箇所を示す。

表-5-2 計算結果

〔トラクタ - クレーン集材〕

作設費 500円/m

No.1 SAKUSETSU HI= 500

INITIAL CTC= 116197220

OPTIMAL CTC= 101686770

RITOKU= 1451045.0

INITIAL COST/M**3= 23172

OPTIMAL COST/M**3= 20278

OPTIMAL RINDO

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
2	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
3	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
4	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
5	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
6	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
7	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
8	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
9	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
10	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
11	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****

表-5-3 計算結果

〔集材機 - クレーン集材〕

作設費 1000円/m

No.3 SAKUSETSU HI= 1000

INITIAL CTC= 115605760

OPTIMAL CTC= 105159590

RITOKU= 1044617.0

INITIAL COST/M**3= 2305.4

OPTIMAL COST/M**3= 20971

OPTIMAL RINDO

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
2	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
3	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
4	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
5	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
6	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
7	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
8	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
9	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
10	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
11	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****

表-5-4 計算結果

〔トラクタ — クレーン集材〕

作設費 1000円/m

No.3 SAKUSETSU HI= 1000

INITIAL CTC= 116197220

OPTIMAL CTC= 109155770

RITOKU= 7041450

INITIAL COST/M**3= 28172

OPTIMAL COST/M**3= 21768

OPTIMAL RINDO

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
2	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
3	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
4	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
5	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
6	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
7	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
8	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
9	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
10	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
11	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****

3 集材機集材についての現地適用性の検討

最適化プログラムの構成は、実は未解明の部分や空白の部分もかなり残された状態で作成された。問題点をせりりして、できるものから空白部分をつぶしてゆくという立案にたったのである。しかしながら、その前に開発したプログラムはどの程度現地に適用できるのか試してみる必要がある。試すには最適化作成の資料を得たその現地でまづ試し、補足調査をして問題点のつかめるものは修正してゆくのが早道である。現地適用試験はとりあえず次の2つの目的をもって行なった。

- 1) プログラムの簡易化をはかって使いやすいものにする。
- 2) 計算値の精度について検討し、精度の確認および保持について行なう。

3-1 プログラムの簡易化について

3-1-1 電算機入力データの簡易化について

入力データ中とくに資材のデータと、人間の作業量に関するデータの作成ならびに入力法が大変厄介になっている。

前者の資材のデータについては毎木調査から作成することになっているが、最近の傾向としては毎木調査は実施していないので、航測図の利用などはかる方法を検討中である。

後者の人間の作業量に関するデータ作成法について述べる。表-6上段のものは盤台造材作業量決定に用いた推定式の精度をみたものである。精度の指標は次のものとした。

いま Y : 観測値
 \hat{Y} : Y の推定値
 \bar{Y} : 観測値の平均値
 n : Sample 数

とすると、推定の誤差は

$$S_Y = \left\{ \sum_{i=1}^n (Y - \bar{Y})^2 / (n-1) \right\}^{\frac{1}{2}}$$

$$S_Y = \left\{ \sum_{i=1}^n (Y - \hat{Y})^2 / (n-1) \right\}^{\frac{1}{2}}$$

精度の指標としては

$$f_S = \{ S_S / \bar{Y} \}$$

表一6 盤台造材作業量推定精度

	要素作業	平均値 \bar{Y}	分散		誤差精度		要素発生率 p	平均作業時間 t	摘 要	
			S_s	S_y	f_s	f_y			取上げた変数	
盤台造材作業量決定に用いたもの	△ 測 尺	8764	427	413	0.49	0.47☆	1.00	876	n_t 採伐玉数	
	○ 始動・停止	105	61		0.58☆					
	○ 玉切歩行	2473	260	235	1.05	0.95☆	0.82	208	H 樹高	
	○ 玉切付帯	2180	171	164	0.78☆	0.75	0.40	87		
	○ サルカ切り	5460	547	480	1.00	0.88☆	1.00	546	D 胸高直径	
	○ 化粧がけ	350	230	211	0.66	0.60	0.32	112		
	○ 障害除去		/	/	/	/	/			
	○ 捨 切 り	568	742		1.28☆		0.26	148		
	○ 技先切り	570	731	693	1.27☆	1.21	0.60	342		
	○ 技 払 い	26951	2334	1797	0.87	0.67☆	1.00	2695	D	
集材手作業 造材手作業 全	○ 技払付帯	546			1.33☆		1.00	546		
	○ 技払手直し	305	203		0.67☆		0.14	41		
	○ 玉 切	3281	367	177	1.12	0.54☆	1.00	328	d 未口径	
	○ 玉切段取	113	111		0.98☆		0.20	28		
	△ 木 廻 し	140	134		0.96☆		0.20	28		
	△ 材 扱 い	3728	305	275	0.82	0.74☆	0.79	295	D	
	△ 印 込 み	16106	1131	982	0.74	0.61	1.00	1591	D, H	
	○ 印 込 み	48160	3171	2019	0.66	0.42	1.00	4974	D, H	
	全 体	64679	3942	2332	0.61	0.36	1.00	6468	D, H	

(注) 観測平均値 $\bar{Y} = \sum Y / n$ Y : 観測値, n : サンプル数
 $S_s = \{ \sum (Y - \bar{Y})^2 / (n - 1) \}^{1/2}$, $S_y = \{ \sum (Y - \hat{Y})^2 / (n - 1) \}^{1/2}$, \hat{Y} : Y の推定値
 $f_s = S_s / \bar{Y}$, $f_y = S_y / \bar{Y}$ ☆ 印は最適化計算に用いたもの

$$f_y = \{ S_y / \bar{Y} \}$$

表一6の f_s , f_y は非常に大きい値をとっている。

林業作業での作業時間の推定はかなり難しいので、今回は要素作業ごとに分類化し、各要素作業は独立に $Y = f(X, P)$ として推定精度を上げることとした。しかし、要素作業は関数形をもつものと、そうでないものとある。関数形をもった作業でも、玉切作業以外は推定精度を上げられなかった。すなわち要素作業ごとに分類化しても、環境条件との対応関係は現わし得なかったと見るべきだろう。

表の△印は主に集材手の行なう作業、○印は主に造材手の行なう作業である。集材手の行なう作業、造材手の行なう作業を込みにして Y_{SHU} , Y_{ZO} とすると、

$$Y_{SHU} = f(D, H), \quad Y_{ZO} = f(D, H)$$

となり、このときの $f_{Y(SHU)} = 0.61$, $f_{Y(ZO)} = 0.42$ となり、各要素作業の $f_{Y(i)}$ より小さくなっていく。さらに全体 T の $f_{Y(T)}$ は0.36とさらに小さい値をとる。

一般的に分類化したときの級内分散を $S_b^2(i)$, 級間分散を S_T^2 として簡単に表わすとすると、分散の成分は

$$S_T^2 = \sum_{i=1}^k S_b^2 + S_w^2 \quad (k: \text{組数})$$

となるが、表は木に関する作業扱い、玉に関する作業扱いとしているため、もう一度上式に準じた吟味をしない必要があるけれども、表から判断する限り分類化することの意味は薄いと見て、あらためては行わなかった。

要素作業単位に分類化したとき、発生率の少ない作業を適切に表現できないと、良い推定精度は確保できない。

実際に現場でも要素作業単位での定式化は困難であるから、要素作業単位での定式化方法が確立するまでは、ある程度まとめた形で進めおくべきかと思われる。かくすると電算機のこの面の入力データは少し簡素になる。

3-1-2 プログラム自体の簡易化

これは計算演算における変数の組合せの問題と、計算結果の打出しの問題である。計算結果の打出しは考えられるところのすべての答を打出しているの、ばう大量となる。そして最適変数の選定は人間の眼で追うことになっている。これらは今回改良した。

3-2 集材サイクル時間の妥当性

3-2-1 機械運転時間

$$T_{TKI} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7 \quad \text{⑧}$$

$$T_{HKI} = T_3 + T_4 + T_6 + T_7 \quad \text{⑨}$$

ただし T_{TKI} : タイラー方式集材機運転時間(sec), T_{HKI} : ホーリングブロック方式運転時間(sec), T_1 : LB巻上げ時間, T_2 : 空搬器返送時間, T_3 : 引込み時間, T_4 : 引出し時間, T_5 : LB吊上げ時間, T_6 : 実搬器走行時間, T_7 : LB卸し時間, T_8 : 空搬器走行・引込み時間, T_9 : 実搬器走行(LB吊上げ含む)時間。

式⑧, ⑨の右辺の T_i は機械性能面からの特性として時間を求めている。今回その各項につき現地データとの検討を行なったところ妥当なものであった。

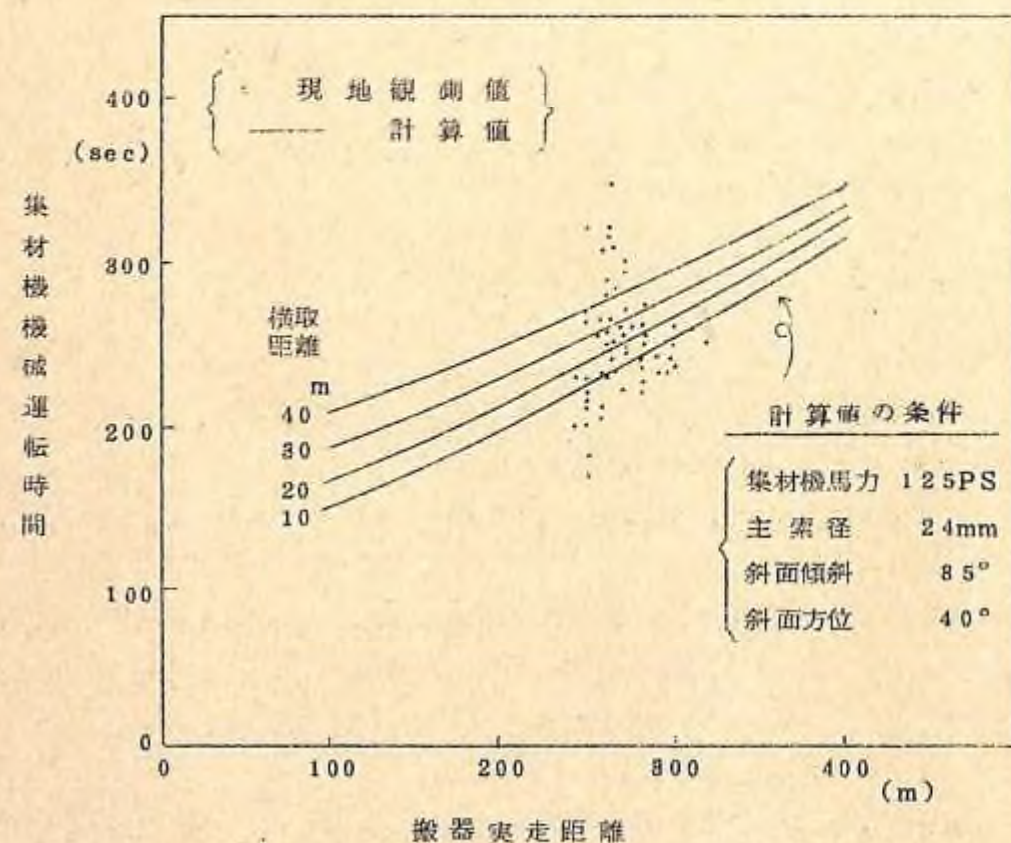


図-6 集材機械運転時間の計算値と観測値

機械運転総時間 T_{HKI} と、観測運転時間値と表わすと図-6 のようになる。計算値は集材面の方位、斜面傾斜、横取り距離、SKLの高さなどにより値はすべて変化することになっている。観測値はそれら条件の平均をとっている。したがって観測値はそのためバラツキがみられるが、計算値は観測値の近傍にある。

タイラー方式の運転時間はフォーリングブロック方式の場合と大差ないので省略した。

3-2-2 盤台サイクル時間

盤台造材総時間は集材サイクルを決定する重要な条件である。盤台造材作業は集材手作業と造材手作業とに区分して、計算値と観測値と表わせば図-7, 8になる。図のものは本プログラム作成の基となった資料(1次とする)である。これによって今回現地調査(2次とする)を行なった対比が図-9, 10である。

本来計算値と観測値とが一致すれば点は $\rho = 1.0$ の線上に並ぶことになる。点が $\rho = 1.0$ の線から離れるほど推定精度は悪いことになる。このあたはまりの精度は次のごとくである。

項目	1 次 調 査		2 次 調 査	
	集材手 作 業	造材手 作 業	集材手 作 業	造材手 作 業
累積偏差 $\left\{ \frac{\sum Y - \sum \hat{Y}}{\sum \hat{Y}} \right\} \times 100$	9.1	-6.3	-4.9	10.3
重相関係数 $\rho_{Y, \hat{Y}}$	0.873	0.797	0.912	0.827
誤差率 $\star f = \{s \cdot t_{0.05/\sqrt{Y}}\} \times 100$	29.1	67.5	17.9	52.1

(注) $\star S^2 = \sum (Y - \hat{Y})^2 / N$

<1次調査>

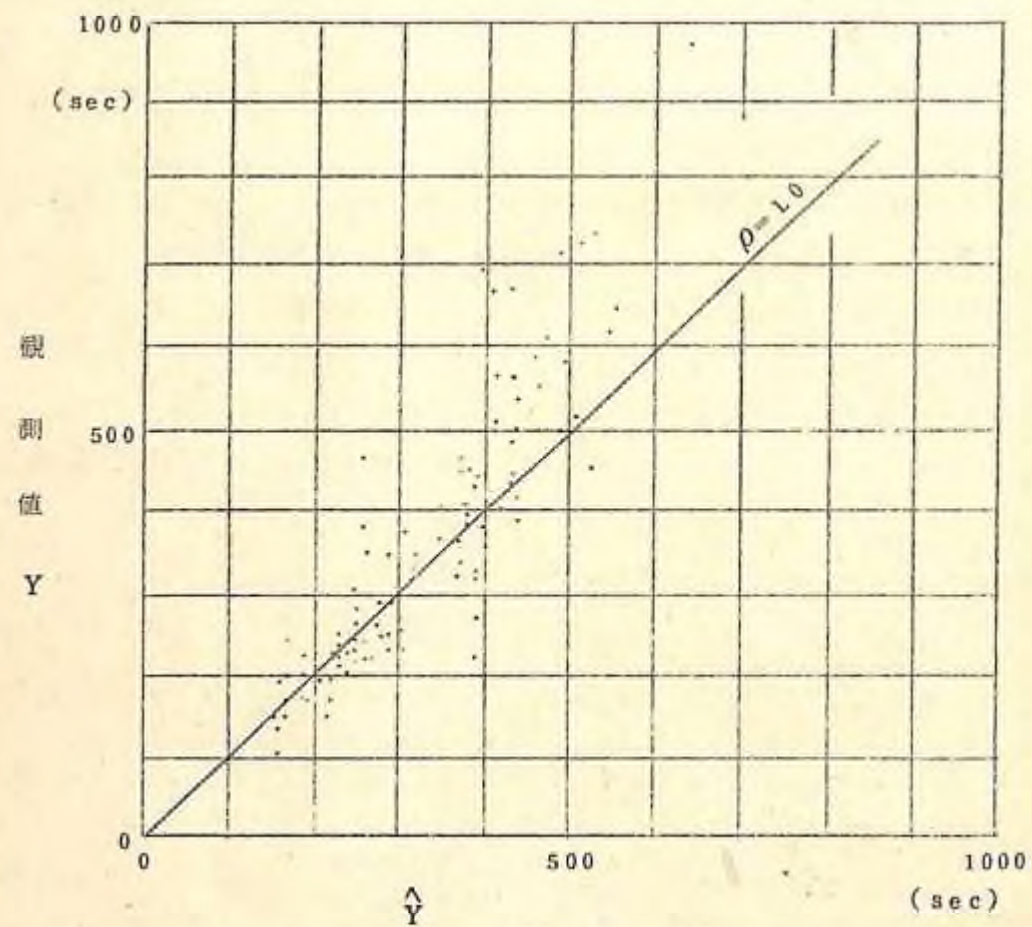


図-7 集材手作業の \hat{Y} と Y
(1次調査)

<1次調査>

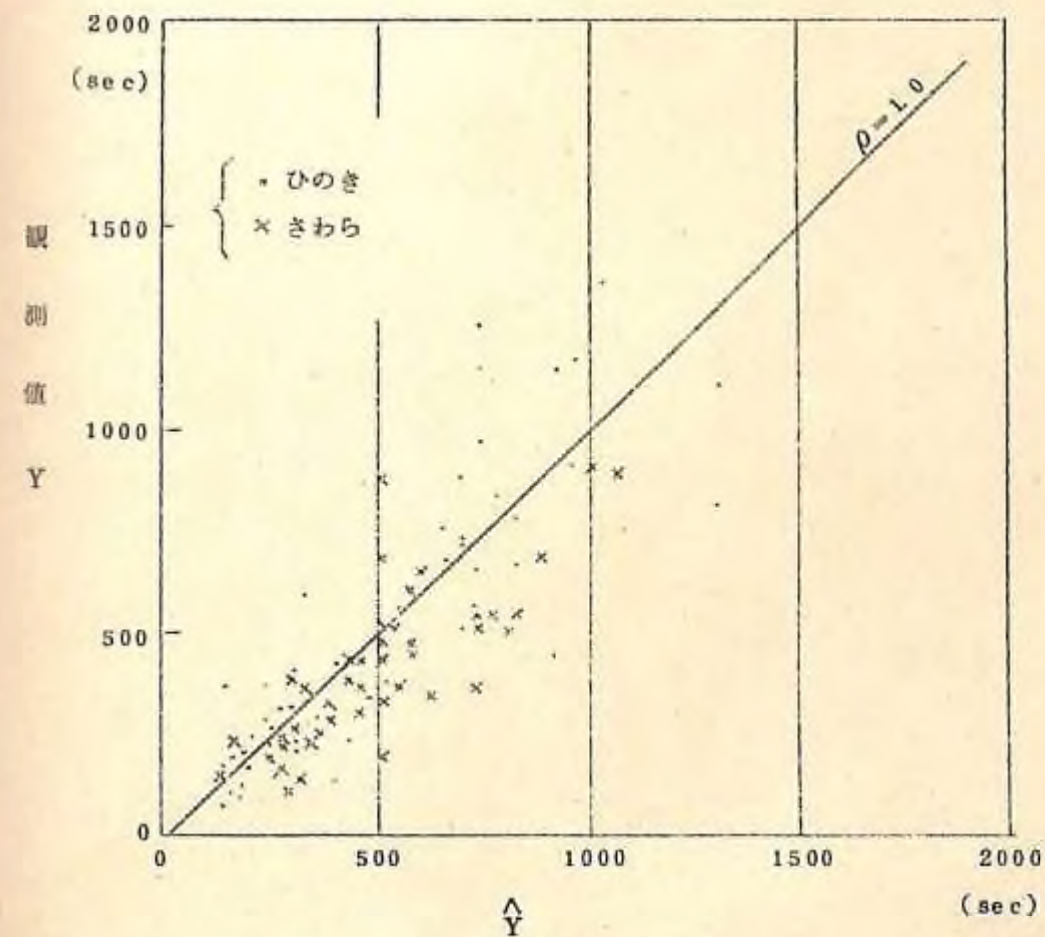


図-8 造材手作業の \hat{Y} と Y
(1次調査)

< 2 次 調 査 >

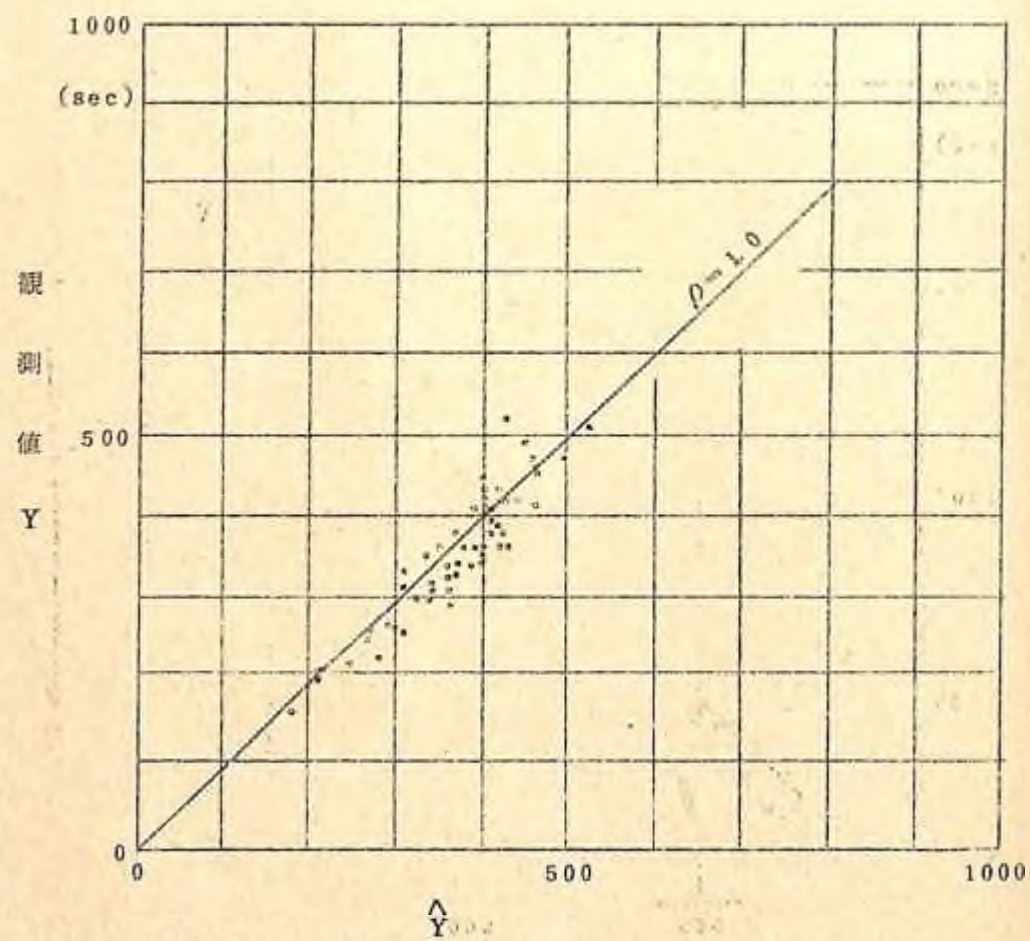


図-9 集材手作業の Y と \hat{Y}
(2 次 調 査)

< 2 次 調 査 >

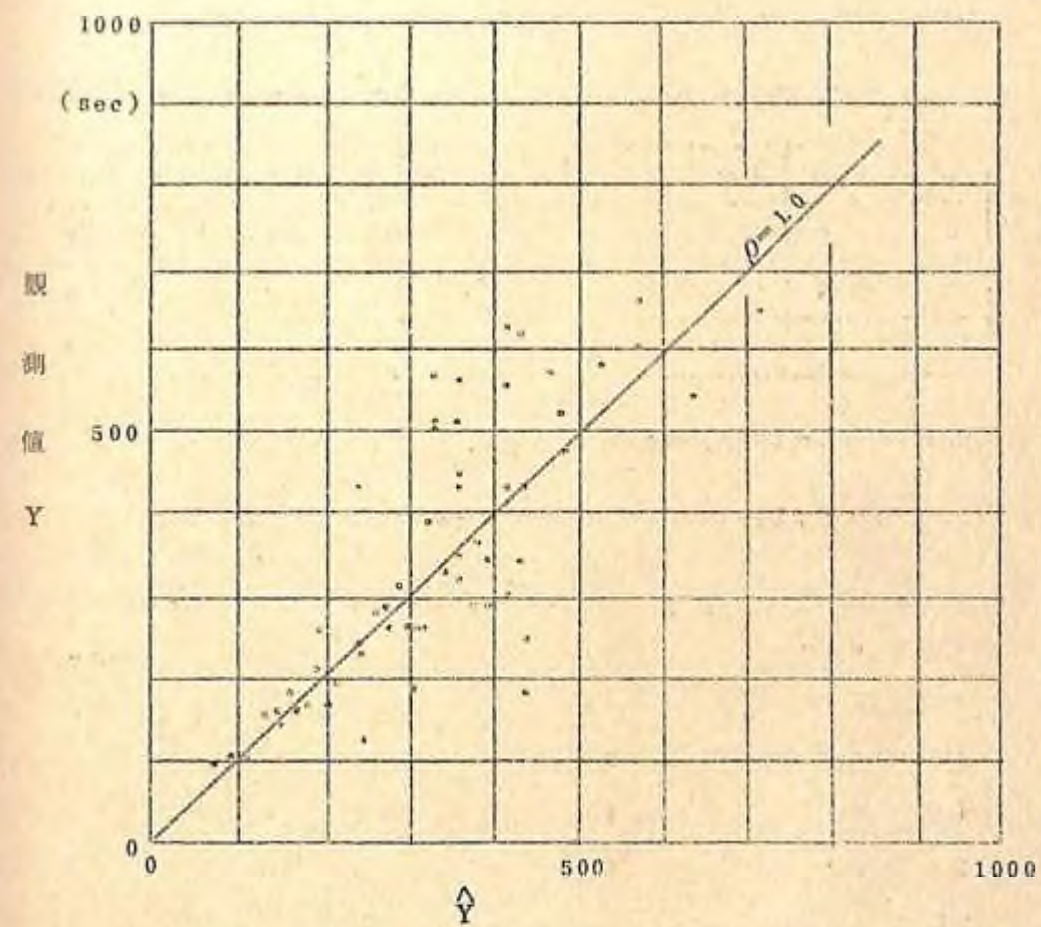


図-10 造材手作業の Y と \hat{Y}
(2 次 調 査)

信頼度 95% のあてはまりの精度は集材手作業が 18% または 29%, 造材手作業 52% または 68% である。造材手作業の精度が大変悪い。造材手作業の精度の悪い原因を調べてみると一つは全木集材中における材の折損の大きいことである。折損の状態は次のようであった。

全木集材折損率調べ

(場所: 上松署, 野尻署, 天然林)

集材樹種	集材全本数	完全木	折損木	折損率
ヒノキ	123本	54本	80本	0.56
その他N	85	14	21	0.75
計	158	68	101	0.57

折損中先折れしたものだけ拾えば次のとおり。

胸高直径階折損率 (先折れのものだけ)

胸高直径	集材本数	先折れ本数	先折れしたものの比率
10 ~ 20cm	10本	2	0.20
20 ~ 30	88	16	0.42
30 ~ 40	49	22	0.45
40 ~ 50	40	28	0.70
50 ~ 60	8	2	0.67
60 ~ 70	1	1	1.00

折損とは 1m 以上折れたことをさす。また伐倒中に折れたであろうものも含む。全木集材の全折損率 57%, そのうち先折れしたものだけ拾ってみると胸高直径の大きくなるほど先折れ率が高い。これだけ折損の高いことは盤台造材時間の推定を相当狂わせることになり、今後この面の検討が必要である。

ちなみに折損のために生じた採材長と、その材積とを推定すれば、全折損木の採材できたであろう長さ(用材長)に対して、折れた用材長は 29.1% に相当し、材積では 17.7% にあたる。

8-3 架線設計における主索の張力安全率について

最適化計算の架線設計過程では主索の張力安全率を 2.7 のもとで行なったが、これを現場の実情と照合すべく、青森、秋田、旭川、熊本 4 局に依頼して現場調査をして頂いた。その結果は、

- 1) 主索の張力安全率が規定の 2.7 を下回るものは 7 架線中の 1 架線(熊本局)で、10 数個の測定例のうちただ 1 回(安全率 2.50)のみである。他はすべて安全率 3 前後を保っている。
 - 2) 設計上の吊荷重量と実際の吊荷重量の差が著しいものがあった。
 - 3) いろいろな重量の吊荷が主索に負荷されると、主索張力はそれにもなって変化する。この変化の程度を引張弾性係数(E)で示すことができる。各々の測定値から架線ごとに E の概略を求めると 6500 ~ 10000 程度である。この値は十分妥当といえる。
- 最適化計算では実情に合わせるために安全率を 2.7 より小さくすべきではないかという議論があった。しかし今回の調査結果からみればそれは否定された。

IV まとめ、ならびに今後の残された問題点

テクノロジー・アセスメントの時代といわれる昨今において、林業の技術開発においても同一であろう。われわれは新しい一つの分析手法としてシステム工学の考え方が林業作業にも適用できるものとして、伐木集運材作業について検討した結果、集材機を中心とした伐木集材(a)、トラクタを中心とした伐木集材(b)、およびこれらと一体として実行されるトラック運材の配車計画(c)、作業道網延長計画法(d)について、最適化計画の手法の開発を行ない、それぞれのコスト最低の最適化プログラムができた。

このことによりシステム工学の手法が大いに活用できる確信を得た。

ここに開発されたプログラムは、複雑な環境条件(自然的、人為的)の林業の現地に実際適用できるか否か検討してみる必要がある。そのためここ一、二年は上記(a)のシステムを取上げ行ってきた。その結果部分的に改良を要する点もあって、全般を見わたして逐次修正を行ってきた。その検討の中であって盤台造材の作業量の予測精度が悪いことがわかった(普通集材作業においては山地造材作業になるかも知れない)。よってこの部門は精度の良い予測方法を解明する必要がある。それともう一つは電算機に入力するためのデータの収集、作成の簡易化が考えられ、航空写真の利用を早急に検討してみる必要がある。

開発されたいままでの手法を今後一般的なものとしていくためには、基礎データ不足として

仮定した部分の解明ならび人為的条件については新しい分野での解析手法の応用など取入れていく必要がある。

最後に新しい分野の技術開発手法の応用は林業にもかなり利用できる面があることを確認した。

(参考文献)

- 1) 林野庁業務課 : 集材機を中心とする運搬系のシステムに関する研究報告書,
昭和43年
- 2) 渡辺 茂 : トラクタを中心とした運搬系のシステムに関する研究報告書,
昭和44年
- 3) 林野庁報告書 : トラクタを中心とした運搬系システムの最適化に関する研究,
昭和45年
- 4) 林野庁報告書 : 作業道を中心とした集材システムの最適化に関する研究,
昭和46年
- 5) 渡辺茂ほか7名 : 伐木・造材・集材システムの最適化に関する研究(第1報),
林試研報, 1971.

採 種 林 の 施 業 法

1. スギ採種林の施業法

I. 試験担当者

造林部造林科長 柳沢 聰雄（現北海道支場長）（採種林の施業法の総括主査）

“ “ 種子研究室長 浅川 澄彦

“ “ “ 員 横山 敏孝

“ “ “ “ 長尾 精文

（共同研究者）

前橋営林局矢板営林署経営課種苗係長

堀野 吉雄

II 試験目的

採種林の結実を量的、質的に向上するための施業方法を検討する。すでにアカマツ、カラマツについては昭和30年度から、前者は44年度まで、後者は43年度まで実施したが、スギについて43年から47年度までの計画でとりあげた。

III 試験の経過とえられた成果

1. 試験地の概要

昭和43年9月、栃木県矢板市下伊佐野字木ノ目沢国有林00は林小班内に8区画を設定し、各区画内の立木本数、成長状況を調査した結果、図-1のように試験区を配置した。各試験区の処理別面積、本数は表-1のとおりで、疎開伐は同年10月に実行した。なお任意にえらんだ各試験区10本について同年12月にしらべた成長状況は表-2に示すとおりである。

表一 各試験区の採種木の成長状況
(各区内で任意にえらんだ10本の平均)

試験区	樹高 m	枝下高 m	樹冠高 m	樹冠直径 m	胸高直径 cm
A-1	1500	700	800	290	200
A-2	1411	638	773	260	204
A-3	1400	751	649	280	193
A-4	1428	750	673	250	197
A-5	1188	428	710	260	158
A-6	1195	522	673	270	171
B-1	1104	448	656	250	163
B-2	1130	439	691	280	167
B-3	1170	603	567	280	157
B-4	1231	631	598	260	160
B-5	1389	680	709	290	179
B-6	1227	591	636	280	160

試験地の標高はおよそ500mで、傾斜が10°~20°の南西斜面に位置し、第3紀層を基岩とする適潤性褐色森林土(BD型)(崩積土)でおおわれている。

この林分は昭和24年4月に植栽され、同30年には除伐が行なわれている。

2. 疎開伐

疎開伐の程度は設定時の本数のおよそ10%, 30%, 50%の3段階とし、それぞれ弱度、中度、強度とよぶこととした。実際には、これらの数字を目安にして残存木の配置、形質などを参照して表一に示すような程度となった。

採種木の疎開程度をもとめる計算式に概査の結果をあてはめると、ここでの強度疎開区のおよそ半分の本数密度がのそましいと思われたが、これまでの林分の状況からみて、急激に過度の疎開を行なうことは危ないと考え、採種林としてはまったく不適当と思われる弱度区を含めた3段階を設けることにした。実際、昭和44年4月の降雪で多少の被害がでたが、地形と関連がふかいようで、B-5, B-6の両区にはほぼ集中していた。

図一 試験区位置図



表一 各試験区の処理条件、面積、本数

試験区	処 理		面 積 m ²	当初本数		伐採 本数	現存本数		本 数 伐採率
	疎開伐 程 度	施肥別		区画内	ha当り		区画内	ha当り	
A-1	強 度	無施肥	390	91		51	40		%
A-2	"	施 肥	390	68		32	36		
			(780)	(159)	2039	(83)	(76)	974	523
A-3	弱 度	無施肥	390	86		9	77		
A-4	"	施 肥	390	89		8	81		
			(780)	(175)	2244	(17)	(158)	2026	97
A-5	中 度	無施肥	540	147		63	84		
A-6	"	施 肥	540	137		52	85		
			(1080)	(234)	2630	(115)	(169)	1565	405
B-1	強 度	施 肥	533	181		104	77		
B-2	"	無施肥	533	127		53	74		
			(1066)	(308)	2890	(157)	(151)	1417	510
B-3	弱 度	施 肥	450	114		13	101		
B-4	"	無施肥	450	133		26	107		
			(900)	(247)	2744	(39)	(208)	2311	153
B-5	中 度	施 肥	877	110		38	72		
B-6	"	無施肥	848	90		39	61		
			(725)	(200)	2750	(67)	(133)	1335	335

3 施 肥

各本数密度区を2分して、無施肥区と施肥区とし、施肥区には次のような施肥を行ってきた。

年 月	N kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha	肥 料
4 3 1 2	1 5 0	1 5 0	1 5 0	尿素複合磷加安
4 4 0	0	1 0 0	1 0 0	よう磷, 塩化カリ
4 5 5	1 0 0	1 5 0	1 5 0	尿素, よう磷, 塩化カリ
4 5 1 0	3 0	5 0	5 0	" " "
4 6 5	1 0 0	1 5 0	1 5 0	" " "
4 6 1 0	3 0	5 0	5 0	" " "
4 7 5	1 0 0	1 5 0	1 5 0	" " "

設定した年は秋にはじめた関係で12月施肥になってしまったが、それ以後は春施肥に重点をおくこととし、経実促進処理効果がみられた45年秋からは、礼肥として秋施肥も行なうこととした。

4 結実促進処理

疎開伐と施肥の組合せだけで十分な結実がみられない場合にそなえて、各試験区の中にえらんだ採種木にたいして、次のような結実促進処理を行なった。

4-1 環状剥皮

樹幹の地上約50cmの位置で、傾斜の上側の半周を上にして、高さをずらした半周をむかい合せて、百瀬式剥皮がまで形成層の深さまで剥皮した。剥皮部分の幅はおよそ1cm、両半周の間隔は剥皮位置の直径のおよそ1/2、両半周は、両端でそれぞれおよそ3cm重なるようにした。昭和44年は6月10日に、45年は6月25～26日にそれぞれ各区6本、46年は5月13日と6月29日にそれぞれ各区6本あて処理した。

4-2 ジベレリン施用

溶液を樹幹に注入する方法、ラノリンにまぜて施用する方法、顆粒をそのまま施用する方法をこころみた。

〔溶液による方法〕

樹幹基部に、径6mm、深さ70mmの穴をむかい合せて2コあけ、近くに設けた木製架

台上においたポリエチレン瓶からジベレリン溶液をビニールパイプによって穴の中に自然注入した。溶液は、結晶ジベレリン1gにたいして無水エチルアルコール25ccの割合でとかし、その5ccを水3ℓに加えてつくった。この溶液の濃度は100ppmである。

〔ラノリンによる施用〕

樹幹基部に、径12mm、深さ45mmの穴を斜下にむけて5コあけ、ジベレリンをとかしこんだラノリン軟膏を注入したあと、ゴム栓で蓋をした。結晶ジベレリンを無水エチルアルコールにとかし、加温して液状にしたラノリン軟膏にまぜたが、このラノリン4ccに0.1gのジベレリンが含まれるように調製した。

これらの2法とも、昭和44年6月19日、26日、7月3日の3回行ない、3回の合計で、処理木1本にたいして0.5gのジベレリンを施用した。

〔顆粒による方法〕

樹幹基部に、ラノリンの場合と同様の大きさの穴を6コあけ、顆粒ジベレリンをつめこんでゴム栓で蓋をした。昭和45年は、6月25～26日と7月2～3日に、それぞれ1本あたり300mg、計600mgを施用、46年は、6月29日～30日と7月13～14日に、それぞれ1本あたり300mg、計400mgを施用した。

5 結実調査の結果と考察

昭和45年10月、46年10月、47年10月の3回の結実調査の結果は以下のとおりである。

5-1 調査木の結実

成長調査を行なった各区10本の調査木について、地上から球果の概数を調査したが、とくに弱度疎開区では樹冠が接近して調査しにくかった。各年の結実状況は表-3のとおりである。

これらの結果をみると、ほとんど疎開しなかった区で結実皆無の本数が多いことはたしかであるが、つよく疎開した区でとくに結実がよいとはいいがたい。いずれにしろ、疎開伐だけで事業的に採取できるほどの結実を期待することはむずかしいように思われる。

表一三 疎開伐の程度と施肥を組合わせたスギ採種林の結実
(球果概数別の本数による比較)

(45年10月)

ブロック	疎開伐	施肥	皆無	<100	100 ~ 500	500<
A	強度	— 無	7	1	2	0
	"	— 肥	6	4	0	0
	中度	— 無	8	6	1	0
	"	— 肥	9	1	0	0
	弱度	— 無	—	—	—	—
	"	— 肥	—	—	—	—
B	強度	— 無	3	6	1	0
	"	— 肥	4	5	1	0
	中度	— 無	8	3	0	0
	"	— 肥	6	4	0	0
	弱度	— 無	9	1	0	0
	"	— 肥	10	0	0	0

観測不能

(46年10月)

ブロック	疎開伐	施肥	皆無	<100	100 ~ 500	500<
A	強度	— 無	4	3	0	3
	"	— 肥	3	3	1	5
	中度	— 無	5	5	0	0
	"	— 肥	5	5	0	0
	弱度	— 無	4	3	0	3
	"	— 肥	6	0	0	4
B	強度	— 無	3	0	1	0
	"	— 肥	0	7	3	0
	中度	— 無	2	8	0	0
	"	— 肥	4	5	1	0
	弱度	— 無	8	2	0	0
	"	— 肥	10	0	0	0

(47年10月)

ブロック	疎開伐	施肥	皆無	<100	100 ~ 500	500<
A	強度	— 無	3	3	1	3
	"	— 肥	3	7	0	0
	中度	— 無	2	7	0	1
	"	— 肥	6	4	0	0
	弱度	— 無	8	2	0	0
	"	— 肥	10	0	0	0
B	強度	— 無	1	9	0	0
	"	— 肥	0	7	3	0
	中度	— 無	6	4	0	0
	"	— 肥	3	6	1	0
	弱度	— 無	9	1	0	0
	"	— 肥	9	1	0	0

5-2 結実促進処理木の結実

結実促進処理を行なった個体については、地上から球果がついていないことがおよそ確認できるものを除いて、すべて木に登って、個体別に球果を採取した。やむをえず取りのこした球果は、地上から概数をかぞえ、採取した数に加算した。採取した球果は個体別に重さをはかり、そのあと各個体からおおよそ300gのサンプルをとって球果数をかぞえ、全球果数を計算によってもとめた。サンプルの球果は林業試験場におくり、タネをとりだして品質をしらべた。ただし47年10月の採取球果については、球果の重さまでしかはからなかった。

〔環状剥皮木の結実〕

環状剥皮木の結実状況および球果・タネについての測定結果は表一4～表一6のとおりで、8年間のAブロック各区の平均球果数をぬきだしたのが表一7である。

表一8に示した調査木の結実とくらべると環状剥皮の効果はみとめられるが、事業的な採取にみあうほどの結実は期待できそうもない。環状剥皮の効果と本数密度との関係については、45年と46年の結果では前もって疎開しておいた区のほうが効果が大きい。47年の結果は採種木によるバラツキがいちじるしく、疎開の程度による効果の差はみとめられない。なお表一8をみると、5月中旬に剥皮したほうが、8月下旬の剥皮よりも効果が大きいといえそうである。

〔ジベレリン処理木の結実〕

Aブロックの強度・弱度疎開区におけるジベレリン処理木の結実状況および球果・タネの測定結果は表一8～表一10のとおりである。

表-4 環状剥皮処理したスギ採種木の結実資料(4510)

区	採種木 番 号	球 果		収 率	タネの重さ	球果1個あたり			1000粒重	発芽率
		個 数	重 さ			重 さ	タネの重さ	タネ数		
A-1	106	921	1.75	87	170	1.9	0.186	58	2190	85
	110	111	0.58	84	40	5.3	0.441	121	2658	48
	113	263	0.79	85	75	3.0	0.286	73	2016	59
	125	60	0.11	118	13	1.8	0.217	63	3406	86
	127	0	0		0					
	130	336	0.75	114	86	2.3	0.260	57	4564	33
	平均	280			66					
A-3	307	0	0		0					
	312	0	0		0					
	336	88	0.22	114	25	2.5	0.284	57	4972	26
	346	33	0.11	83	10	3.2	0.303	59	5142	84
	351	284	0.88	86	84	3.1	0.295	73	4046	59
	361	201	0.36	124	45	1.8	0.224	60	2710	63
	平均	101			27					
A-5	511	1289	1.68	131	220	1.3	0.176	54	2264	28
	533	458	0.55	125	69	1.2	0.155	56	2784	15
	535	0	0		0					
	551	40	—		—					
	555	363	0.76	127	67	2.1	0.273	59	4610	46
	579	0	0		0					
	平均	358	0		77					

環状剥皮処理：昭和44年6月10日

区	採種木 番 号	球 果		収 率	タネの重さ	球果1個あたり			1000粒重	発芽率
		個 数	重 さ			重 さ	タネの重さ	タネ数		
A-2	208	350	0.95	88	91	2.7	0.262	46	5686	49
	212	639	1.15	117	135	1.8	0.215	54	3880	35
	215	210	0.42	120	50	2.0	0.235	61	3874	55
	239	600	1.56	87	151	2.6	0.252	65	3892	45
	251	0	0		0					
	334	40	0.14	107	15	2.5	0.275	72	5242	59
	平均	307			74					
A-4	407	52	0.18	119	21	2.4	0.404	82	4988	59
	421	300	0.78	123	100	2.6	0.331	61	5388	52
	427	168	0.42	114	48	2.5	0.288	52	5592	42
	436	0	0		0					
	454	276	0.58	112	71	2.1	0.258	72	3548	36
	471	43	0.07	83	6	1.7	0.148	33	4306	61
	平均	133			41					
A-6	616	128	0.26	114	30	2.1	0.234	56	4130	33
	637	1183	2.04	113	231	1.8	0.204	60	3404	44
	650	476	1.00	100	100	2.1	0.206	45	4546	21
	662	62	0.21	87	18	2.4	0.290	64	4514	42
	668	485	1.00	114	114	2.3	0.265	62	4246	38
	676	1627	2.77	112	310	1.7	0.190	64	2966	43
	平均	644			134					

表-5 環状剥皮したスギ採種木の結実資料(4610)

区	採種木 番 号	球 果		タ ネ		収 率	球果1個あたり			発芽率
		個 数	重 さ	重 さ	粒 数		重 さ	タネの重さ	タネの粒数	
A-1	108	484	Kg 1.09	g 146	$\times 10^3$ 85	135	g 25	g 0.838	81	248
	105	302	0.58	67	17	115	1.9	0.221	55	478
	126	652	1.79	205	46	115	27	0.315	70	235
	132	2119	2.69	307	125	115	1.3	0.145	59	338
	186	84	0.17	17	6	103	2.0	0.202	77	495
	189	82	0.15	18	6	120	1.8	0.220	72	220
	平均	612	1.07	127	89					
A-3	302	0	0	0	0	—	—	—	—	
	314	1320	1.66	299	87	180	1.3	0.226	66	325
	331	11	0.02	2	<1	100	1.3	0.182	40	838
	345	296	0.94	85	15	90	3.2	0.286	51	425
	349	580	1.73	190	40	110	3.0	0.328	69	418
	362	211	0.43	47	12	110	2.0	0.234	55	185
	平均	403	0.80	104	51					
A-5	514	1988	1.91	267	158	140	1.0	0.135	78	228
	517	641	2.10	179	50	85	3.3	0.279	78	433
	523	1892	4.30	409	104	95	2.8	0.316	55	838
	524	1280	3.61	397	113	110	2.8	0.310	88	668
	534	394	1.07	101	29	95	2.7	0.257	73	478
	537	242	0.87	88	14	100	3.4	0.347	58	613
	平均	1073	2.30	239	77					

区	採種木 番 号	球 果		タ ネ		収 率	球果1個あたり			発芽率
		個 数	重 さ	重 さ	粒 数		重 さ	タネの重さ	タネの粒数	
A-2	304	196	Kg 0.44	g 48	$\times 10^3$ 12	110	g 2.2	g 0.247	60	353
	306	349	0.71	88	30	125	2.0	0.253	87	360
	313	1910	4.02	382	108	95	2.1	0.200	56	470
	318	9	0.03	2	<1	80	2.8	0.222	53	505
	210	491	1.28	140	35	110	2.6	0.386	72	340
	221	321	0.66	66	22	100	2.0	0.204	69	270
	平均	546	1.19	121	35					
A-4	419	1183	2.32	267	78	115	2.0	0.225	62	338
	440	583	1.19	125	32	103	2.0	0.214	55	268
	443	952	1.67	184	39	110	1.9	0.193	41	523
	448	166	0.48	63	12	130	2.9	0.377	71	425
	457	18	0.03	3	1	120	1.4	0.167	43	393
	480	650	1.78	205	33	115	2.7	0.315	51	430
	平均	592	1.24	141	63					
A-6	614	120	0.42	42	11	100	3.5	0.351	38	563
	620	116	0.18	17	8	104	1.4	0.150	51	280
	636	972	1.04	156	53	150	1.1	0.160	54	338
	642	1740	2.92	204	55	70	1.7	0.117	32	395
	661	608	1.43	150	43	105	2.4	0.247	72	523
	671	1882	3.62	380	112	105	1.9	0.202	59	520
	平均	908	1.60	157	47					

環状剥皮処理：昭和45年6月25～26日

表-6 環状剥皮したスギ採種木の結実資料(47 10)

ブロック	疎開伐 施肥	球果重 (g)		球果数		球果1個重 (g)	
		5月 米	6月 米米	5月 米	6月 米米	5月 米	6月 米米
A	強度 - 無	1,148	147	778	72	1.5	2.0
	" - 肥	2,128	1,098	1,207	495	1.8	2.3
	中度 - 無	1,348	640	564	289	2.4	2.3
	" - 肥	1,365	1,025	550	460	2.4	2.3
	弱度 - 無	1,078	138	617	77	1.7	1.8
	" - 肥	2,703	567	1,119	254	2.4	2.3
B	強度 - 無	587	1,056	223	618	2.6	1.7
	" - 肥	1,897	1,817	890	909	2.1	2.0
	中度 - 無	2,104	1,173	705	485	2.8	2.4
	" - 肥	1,534	1,247	587	535	2.6	2.3
	弱度 - 無	1,236	386	526	132	2.3	2.9
	" - 肥	775	437	334	246	2.3	1.8

米 昭和46年5月13日 環状剥皮

米米 昭和46年6月29日 //

〔何れも各区, 処理時期別 6本の平均〕

表-7 環状剥皮木の球果数の年度別比較(Aブロック)

疎開伐 - 施肥	45 10	46 10	47 10	
			5月	6月
強度 - 無	280	612	778	72
" - 肥	307	546	1,207	495
中度 - 無	358	1,073	564	289
" - 肥	644	908	550	460
弱度 - 無	101	403	617	77
" - 肥	133	592	1,119	254

表-8 ジベレリンを施用したスギ採種木の結実資料(4510)

区	処理方法	採種木 番 号	球 果		収 率	タネの重さ	球果1個あたり			1,000粒重	発芽率
			個 数	重さ			重さ	タネの重さ	タネ数		
A-1	溶 液	104	18286	1280	104	1391	07	0068	87	1852	21
		118	6220	622	107	666	10	0108	50	2060	88
		131	15388	938	77	711	06	0045	88	1174	10
		平均	18296			908					
	ラノリン	107	14586	1021	100	1021	07	0072	58	1846	20
		116	3589	803	102	880	09	0089	46	1860	86
		134	8900	890	82	780	10	0081	42	1920	25
		平均	11035			877					
		区平均	12161			690					
A-3	溶 液	316	6743	472	110	519	07	0079	49	1034	28
		338	11417	685	105	719	06	0068	55	1150	28
		335	7880	788	37	686	10	0084	40	2126	88
		平均	8680			641					
	ラノリン	329	7691	846	117	990	11	0138	46	2808	27
		332	7257	508	110	559	07	0079	48	1624	28
		356	13214	925	112	1066	07	0074	56	1328	43
		平均	8388			862					
		区平均	8034			752					

ジベレリン施用方法

溶 液：100 ppm 水溶液を樹幹に注入
 ラノリン：25%ラノリンペーストを樹幹に注入
 1本あたり500mgを昭和44年6月

区	処理方法	採種木 番 号	球 果		収 率	タネの重さ	球果1個あたり			1,000粒重	発芽率
			個 数	重さ			重さ	タネの重さ	タネ数		
A-2	溶 液	209	33286	2380	71	1654	07	0051	41	1333	6
		211	9514	1047	114	1194	11	0133	57	2160	25
		228	2817	423	85	860	15	0130	55	2360	21
		平均	15206			1069					
	ラノリン	210	12444	1130	112	1254	09	0104	51	2026	10
		223	5125	410	91	373	08	0074	45	1658	10
		235	13850	1108	110	1219	08	0088	47	1876	14
		217	5658	861	118	1134	17	0202	62	3276	30
		平均	8268			995					
		区平均	11313			1027					
A-4	溶 液	415	5058	607	117	710	12	0139	59	2366	46
		425	8844	886	131	1161	09	0118	60	1892	22
		451	2393	168	103	173	07	0068	37	1838	28
		平均	5767			681					
	ラノリン	431	14014	981	82	804	07	0060	51	1176	2
		442	12068	965	119	1148	08	0095	50	1892	26
		475	15850	1268	98	1343	08	0075	44	1714	22
		平均	13976			1065					
		区平均	9871			873					
	総 平 均					801					

10日、26日、7月3日の3回に分施

表-9 ジベレリンを施用したスギ採種木の結実資料(46 10)

区	採種木 番 号	球 果		タ ネ		収 率	球果1個あたり			発芽率
		個数	重さ	重さ	粒数		重さ	タネの重さ	タネの粒数	
A-1	102	11370	608	578	418	85	05	0051	36	128
	114	21600	1358	1494	996	110	06	0069	46	208
	123	16660	1089	1089	698	100	07	0065	42	278
	平均	16563	1018	1054	702					
A-2	201	14890	874	1048	557	120	06	0070	37	85
	207	16800	1411	1481	861	105	08	0088	51	283
	208	13430	1256	1193	585	95	09	0089	40	303
	平均	15060	1140	1241	651					
A-3	310	6760	462	531	338	115	07	0078	34	73
	355	3090	338	354	141	105	11	0115	46	470
	357	6540	688	722	328	105	11	0111	50	168
	平均	5460	496	536	234					
A-4	432	12860	1094	875	458	80	09	0068	36	138
	452	4590	435	500	325	115	09	0109	51	268
	462	3960	362	416	210	115	09	0105	53	328
	平均	7140	630	597	301					

ジベレリン施用方法：顆粒うめこみ・1本あたり600mgを昭和45年6月25～26日、
7月2～3日の2回に分施

表-10 ジベレリンを施用したスギ採種木の結実資料(47 10)

区	採種木 番 号	球果重 (g)	球果数	球 果 1個重 (g)	区	採種木 番 号	球果重 (g)	球果数	球 果 1個重 (g)
A-1	104	4060	10150	04	A-2	209	12380	24560	05
	107	3060	5100	06		210	5420	3033	06
	116	2715	6788	04		211	7045	7045	10
	118	980	1225	08		223	1170	1950	06
	131	5495	10990	05		228	355	592	06
	134	1385	1979	07		235	3105	5175	06
	平均	2949	6039	05		平均	4896	8059	06
A-3	316	2040	5100	04	A-4	415	395	988	04
	328	1450	4833	08		425	2720	3886	07
	329	2730	3900	07		431	1800	3600	05
	332	875	1750	05		442	2480	4960	05
	335	2175	4350	05		451	510	1020	05
	371	5090	7488	08		475	1795	2564	07
	平均	2543	4570	06		平均	1617	2836	06

ジベレリン施用方法：顆粒うめこみ、1本あたり400mgを昭和46年6月29～30日、
7月13～14日の2回に分施。

水溶液の樹幹注入、ラノリンペーストあるいは顆粒の樹幹うめこみのいずれの方法によるジベレリン処理も、いちじるしく球果数をふやした。45年10月、46年10月の結実量をくらべると、これら3方法の間に差があるとは考えられないから、施用方法の簡便さの点で顆粒をちかにうめこむ方法が有利である。46年と47年の結実量をくらべると後者がいちじるしく少ないが、44年6月～7月の処理のさい、誤って200mgしか施用しなかった採種木の場合にも、500mg施用したものと効果にちがいがみとめられなかったから、施用量のちがいによるのではなく、年によるちがいと考えるほうがよいだろう。ジベレリンの経済的な施用量がわかっていないので、この試験では安全のために多目に施用したが、ここで用いた大きさの採種木にたいしては、200～300mgの施用量で十分な効果が期待できそうである。

ジベレリンの効果と疎開の程度については、強度、弱度疎開区の平均結実量をくらべると前者のほうが効果が大きいように思われる。とくに46年10月の結実量については、あきらかに強度疎開区で効果が大きく、1本あたりの球果数は1%の危険率で強度疎開区のほうがすぐれている。しかし45年、47年の結果は採種木間のバラツキが大きく、とくに45年については統計的には差があるといえない。採種木の樹冠を大きく育てるために早くから疎開しておくことはもちろん大切なことであるが、この試験に関するかぎり、結実促進処理の効果をたかめる意味での処理に先立つ疎開は、期待したほどの効果をもたらさなかった。もっとも、疎開伐の項でのべたように、急激な疎開は危ないと考えて加減した程度が弱すぎたのかもしれない。

環状剥皮とジベレリン処理による結実量を比較するとあきらかに後者のほうがすぐれている。強度疎開区の46年10月の資料をみると、後者の球果数は前者の約30倍である。もっともジベレリン処理による球果は概して小さいので、重さにすると約10倍になる。球果からのタネの収率はいずれもほぼ同じであるため、タネの重さも約10倍であるが、ジベレリン処理によるタネは小粒で、タネの粒数でみると約20倍となる。

ジベレリン処理によるタネが小粒であることは1000粒重を比較すればわかる。採種木によってかなりのちがいはあるが、平均すると環状剥皮によるタネの $\frac{1}{4}$ ほどである。タネの大きさほどではないが、発芽率もジベレリン処理によるタネのほうが概してひくい。

発芽率がひくい原因の一つは、ジベレリン処理によるタネのほうが概してシイナが多いことであるが、それにしてもいちじるしく小形のタネであることは、苗木の品質との関連

を検討する必要性を示している。これについては、46年10月に採取した環状剥皮、ジベレリン処理の各6本のタネを、47年4月に矢板営林署東原苗畑でまきつけ、同年11月にほりとり調査した。この結果の詳細は別の機会に報告することにするが、苗長、根元直径、 $\frac{\text{地上重}}{\text{苗長}}$ の3形質について、ジベレリン処理によるタネからの苗木がいちじるしく劣ることがわかった。もちろん、両処理はことなる採種木にたいして行なわれているし、まきつけ当年の秋における比較であるから、同じ遺伝質をもった材料をもちい、少なくとも山行きの段階くらいまで注意ぶかく検討することが必要であるが、ジベレリンによる結実促進の普及にとって一つの問題点になる可能性がある。

本試験は、試験地設定の年を含めて5カ年で終了する計画ではじめたものであるが、比較的わかい林分で実施することができたので、ここでとりあげたような施業によって採種木の成長がどのような影響をうけるかをみるために、当初数項目の測定を行なった。しかし最終調査は、結実調査とあわせて限られた期日に行なわなければならなかったために、それらのすべての項目を再測定することができなかった。表-11は、試験終了時に再測定した項目について、当初の値を比較したものである。わずか4カ年のことではあり、疎開の程度もそれほどつよくなかったが、胸高直径の増加は中度・強度疎開区のほうが大きく、これらの区では樹冠の直径もおよそ20%ほどふえている。一方、枝下高は中度・弱度疎開区ともたかくなっており、とくに後者では15%以上も枯れあがっている。これらの事実は、採種木の育成に疎開伐がきわめて大きな役割を果たしていることを示している。

6. 要 約

スギ採種木の施業方法として、疎開伐の程度と施肥を組合せ、各区の一部採種木に環状剥皮を行ない、さらに一部の区でジベレリン処理を行なった。疎開伐後2年目の秋から3回の結実調査を行なった範囲では、実行した程度の疎開伐と施肥ではきわだった結実は期待できないことがわかった。環状剥皮は多少の結実促進効果を示したが、事業的に採取できるほどの量にはならない。剥皮時期については、6月下旬よりは5月中旬のほうがずっと効果が大きい。水溶液の樹幹注入、ラノリンペーストの樹幹うめこみ、顆粒の樹幹うめこみのいずれの方法によるジベレリン処理も、いちじるしく結実を促進した。この結実促進効果は、46年10月の結果では強度疎開区でいちじるしく大きかった。45年10月の結果では疎開の効果があるとはいえないが、前もってかなりの疎開をしておくにこしたことはないだろう。強度疎開区におけるジベレリン処理で46年10月の1本あたりの種子生産量は約115kgであった。この区のhaあたり本数は約1000本であるから、haあたりの種子生産量は

表-11 施業別にみたスギ採種木の成長の差異
(各区10本の調査木の平均)

処 理 別	測 定 別	A ブ ロ ッ ク			B ブ ロ ッ ク	
		胸高直径 cm	枝下高 m	樹冠直径 m	胸高直径 cm	樹冠直径 m
疎開伐一施 肥	A	20.6	7.00	2.90	16.7	2.80
	B	22.8	7.00	3.50	18.7	3.10
	B/A	1.11	1.00	1.21	1.12	1.11
強 度一 肥	A	20.4	6.88	2.60	16.8	2.50
	B	23.0	6.63	3.10	18.2	3.20
	B/A	1.13	1.04	1.19	1.18	1.28
中 度一 無	A	15.8	4.28	2.60	16.0	2.80
	B	18.5	4.56	3.00	18.2	2.90
	B/A	1.17	1.07	1.15	1.14	1.04
中 度一 肥	A	17.1	5.22	2.70	17.0	2.90
	B	19.4	5.56	3.20	20.1	3.30
	B/A	1.13	1.07	1.19	1.12	1.14
弱 度一 無	A	10.2	7.51	2.80	10.0	2.70
	B	20.6	8.76	2.70	17.4	2.30
	B/A	1.07	1.17	0.96	1.09	0.85
弱 度一 肥	A	18.7	7.56	2.50	15.7	2.30
	B	30.9	8.67	2.50	17.3	2.30
	B/A	1.06	1.15	1.00	1.10	1.00

測定別：A(43年12月), B(47年10月)

B/A(%)

1.150kgに及ぶ。ジベレリン処理による球果・タネは小さく、発芽率もいくらか低い。環状剥皮によるタネからのものと当年生苗木を比較してみたところ、とくに苗長、根元直径などでおとることがわかった。

〔付記〕

本試験は、土壤調査部土壤肥料科土壤肥料研究室(担当：現同室長藤田桂治技官)と共同ではじめたが、その後都合により造林部単独で実行することとなった。なお施肥については、現土壤部長嵯 隆男技官のご指導をうけた。

2. アカエゾマツ 採種林の施業法

I 試験担当者氏名

北海道支場育種研究室長 鮫島惇一郎
" 育種研究室員 岸田 昭雄
" " 真鍋 忠久

II 試験目的

林木育種事業が進められている途上、現実林分中に採種林を選定し、多くの優良種子が得られるように施業が行なわれることが望ましい。しかし、採種林から効率的に種子を生産する方法が確立されていないため、その実行にあたっては、種々の処理法を模索的に試みている段階である。

こうしたとき、アカエゾマツ造林の拡大にともない、その種子の需要が増し、現存のアカエゾマツ優良造林地の一部を採種林に誘導する必要性が生まれた。

このために、疎開処理と着花促進処理をあわせて行なうことにより、造林地の採種林への誘導、施業法を見出すために昭和44年から昭和47年までの4年計画でこの試験が実施された。

III 試験の経過とえられた成果

1. 処理前の状況

この試験のため選定された試験地は、札幌営林局管内余市営林署、余別アカエゾマツ1級

採種林である。試験開始前の状況は次の通りである。

位置	営 林 署	余市営林署
	事 業 区	古平事業区
	林 小 班	450 林班～小班
立地・林況	傾 斜 ・ 方 位	西向, 緩
	土 壌	植壌土
	林 種	人工林
	面 積	2894 ha
	樹 令	35年(昭和42年現在)

植栽より現在までのこの林分の取扱いの経過は次のようになっている。

原植	2000本/ha 昭和7年(1932)10月 秋植え
苗木	41850本 5年生苗 68150本 0年生苗 2000本 8年生苗(原産地不明) いずれも積円苗畑産
活着	88%
補植	2000本 0年生苗 積円苗畑産
下刈	昭和8年～18年(年1回～2回)

2 試験の経過

昭和42年度：試験地を決定するにあたり造林地全般にわたって調査区を設け調査を行った(図-1)。

各調査区ごとの直径階、樹高階別本数配分表は表-1に示した通りである。

(図 - 1)

位置図



表 分 配 数 本 別 階 高 樹 , 隨 徑 直

本表は、調査区の線り返しヶ所毎に林況調査野帳より直径階、樹高階別の総本数を下段に、haあたり1205本の樹種本数を補本本数は上段に()書する。下段には()書本数を含める。

採種木全侯補木本数は上段に()書する。下段には()書本数を含める。

上段 ○書はクロエゾマツ

ビュート・ブー

直径階、樹高階、別本數配分表

樹種	調査区記号	
	2	
アカエゾマツ	m	5
直徑	6	7
	8	9
	10	11
	12	13
	14	15
	16	17
	18	19
	20	21
	22	23
	24	25
	26	27
	28	29
	30	計
6~8	(1) ③ 50 18 6	1
10~12	(1) ④ 7 19 35	(2) ② 8 19 8
14~16	3 13	24 31 17 1
18~20		2 7 2 1
22~24		1
26~28		
30~32		
34~40		
計	(1) ① 57 40 54	(2) ② 41 44 4 1

調査及び記載上の注意 ① 本表は、調査区の繰り返し返し毎に林況調査野帳より直経階、樹高階別の総本数を下段に、
探種木全数、総本数は上段に()書する。下段には()書本数を含める。

直径随，樹高階別本數區分表

[illegible]

調査及び記載上の注意 ① 本表は、調査区の牌り返しヶ所毎に林況調査野帳より直径階、樹高階別の総本数を下段に採種木候補木本数は上段に()書する。下段には()書本数を含める。

直徑隨樹高隨別本數分配分表

[illegible]

調査及び記載上の注意 ① 本表は、調査区の線り返しヶ所毎に林況調査野帳より直徑階、樹高階別の総本数を下段に採種末全候補木本数は上段に() 書する。下段には() 書本数を含める。

聚分配数表明随高剪、随直

樹種	調査区記号
アカエゾマツ	5
直径	m 5 6 7
cm下 4	
6~8	(2) 11 (1) 10 (1) 9
10~12	3 10 15 15 5 1
14~16	1 4 16 46 12
18~20	1 1 14 16 2
22~24	1 3 1
26~28	
30~32	
34~40	
計	(2) 11 (1) 10 (1) 9 24 35 66 32 3

調査及び記載上の注意

① 本表は、調査区の練り返しヶ所毎に林況調査野帳より直徑階、樹高階別の総本数を下段に採種木全候補本数は上段に()書する。下段には()書本数を含める。

直徑階，樹高階，階別本數分配表

樹種	調査区記号
アカエゾマツ	6
直径 樹高 $\frac{cm}{m}$	6
5 ~ 8	(5) ① 108 16 6 2
10 ~ 12	34 17 10 22 7 4
14 ~ 16	5 10 7 19 2 1
18 ~ 20	1 1 1
22 ~ 24	
26 ~ 28	
30 ~ 32	
34 ~ 40	
計	(5) ① 187 35 16 84 14 24 3 1

調査及び記載上の注意 ① 本表は、調査区の繰り返しヶ所毎に林況調査野帳より直径階、樹高階別の総本数を下段に採種木候補木本数は上段に()書する。下段には()書本数を含める。

直徑隨樹高而別，本則較粗，分表

樹種	調査区記号
アカエゾマツ	7
直径	m 5
樹高	6
cm下	4
6~8	(9) 90 B
10~12	(2) 106 BB 5
14~18	15 31 BB 3
18~20	1
22~24	
26~28	
30~32	
34~40	
計	(1) 311 57 19 8 3

調査及び記載上の注意 ① 本表は、調査区の繰り返しヶ所毎に林況調査野帳より直徑階、樹高階別の結本数を下段に採種木全候補木本数を上段に()書する。下段には()書本数を含める。

この結果この林分中で試験地として適当と判断されるのは、第1調査区附近であって、図-1に示した箇所に試験地を設けた。試験地は、弱度の疎開区と強度の疎開区の3区とし弱度疎開区は、第1調査区をそのまま使うこととした。

残存木の本数を決めるのにあたっては、次の式が用いられた。

エゾマツ類の間伐基準となるものがないので、柳沢聰雄氏が用いておられる、春分、秋分の日南中の樹高の30%に直射光線があたるように想定した幹樹距離を出す式

$$D = 0.27H + \frac{C}{2}$$

D: 樹間距離
H: 樹高
C: 北緯33°の春、秋分の日南中に樹高の30%、直射光線があたる最下部のクローネ直径

を用いた。この調査区附近の樹高平均が28mと求められているため(表-1の1参照)。

$$D = 2.65 + \frac{C}{2} \quad \text{となる。}$$

いまCを、

$$C = 2.5m, 3.5m, 4.5m, 5.5m$$

とするとこれに対応して

$$D = 3.9m, 4.4m, 4.9m, 5.4m$$

となり、haあたりの成立本数はそれぞれ

$$ha \text{ 当り} = 657 \text{ 本}, 517 \text{ 本}, 416 \text{ 本}, 331 \text{ 本}$$

と算出される。

一方haあたりの間伐率を次のようにして残存木を決めると、haあたり現在1205本成立しているの(表-1の1参照)、0.2haあたりの本数が次のように算出される。

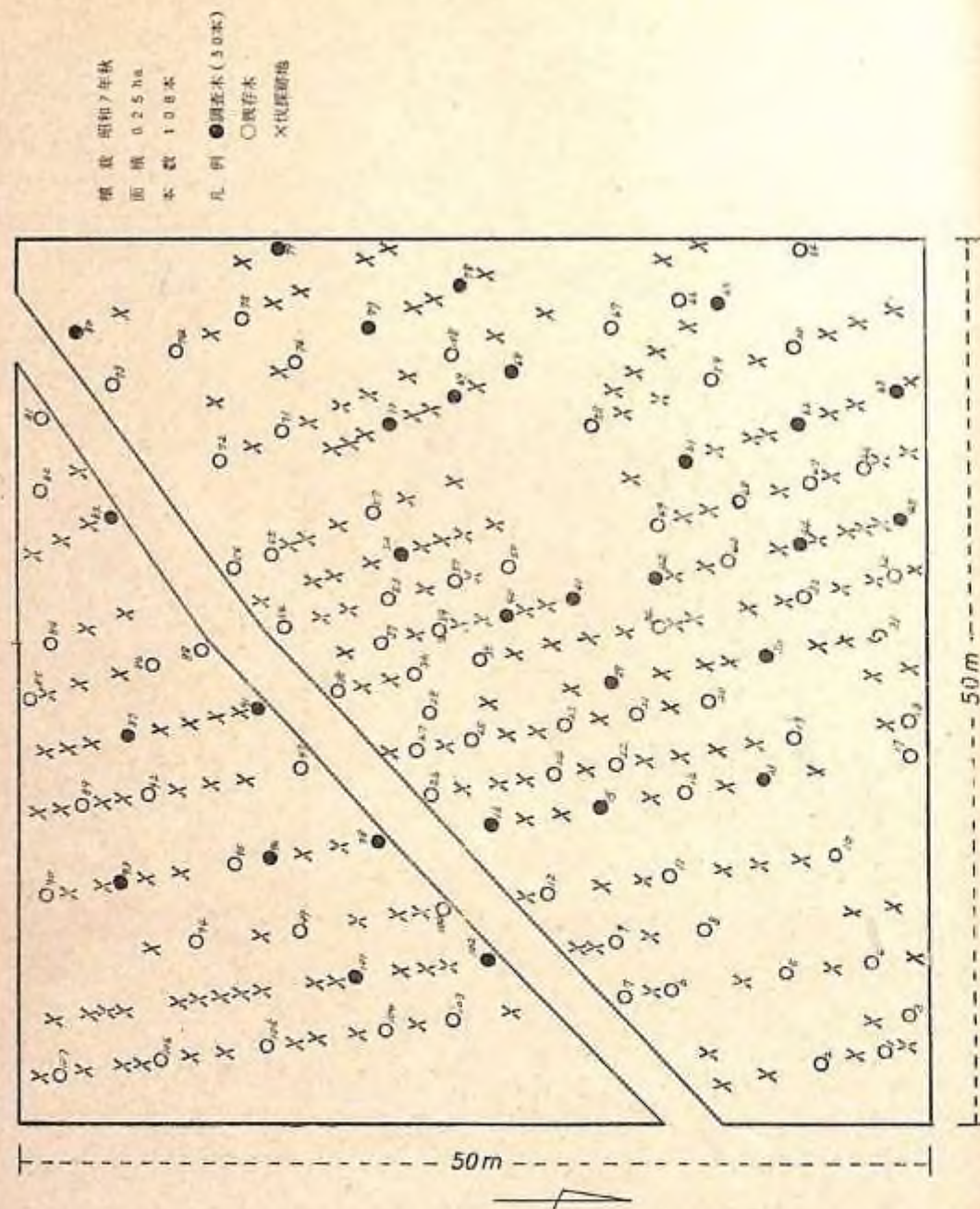
現在本数	間伐率	haあたり	0.2haあたり
1205本	40%	733本	145本
	50%	602本	121本
	60%	482本	96本
	70%	361本	72本

この両者を検討したうえで、試験区の間伐率はおおよそ60%と40%として、強度間伐区、弱度間伐区となづけて試験を進めることとなった。

昭和44年度： 残存木の配置は、それぞれ図-2, 3に示したとおりで、各区とも黒丸が調査木である。



(図-3) アカエゾマツ1級選抜林間伐試験地間伐区
(全間伐区450林畝へ小畝)



調査木として指定した個体は種々の条件を考慮して、着花促進処理は、8番線を3回まきつけとし、いずれもアルミニウム薄板を樹幹にあて、その上からまきじめを行った。

まきじめ位置は胸高直径の位置である。

昭和45年度： アカエゾマツの花芽が明瞭に観察される時期（6月初旬）を選び、花芽の形成状態を調査した。その結果は表-2、3に示したとおりである。

表-2 弱度間伐区（下流）

調査月日 個体番号	昭和45		昭和46		
	メ花	オ花	メ花	オ花	
220	—	中	—	—	
222	—	—	—	—	
226	—	—	—	—	
228	—	—	—	—	
232	—	少	—	—	
246	—	—	8	—	
247	少	少	—	—	
250	—	—	—	—	
254	—	—	—	—	
256	—	—	—	—	
257	—	—	—	—	
259	—	—	—	—	
276	—	少	—	—	
281	—	—	—	—	
282	—	—	—	—	
283	—	—	—	—	
286	—	—	—	—	
296	—	—	—	—	
297	—	—	—	—	
299	—	—	—	—	
300	—	—	—	—	
308	—	—	—	—	
311	—	中	—	—	
315	—	—	—	—	
319	—	—	—	—	
320	—	—	—	—	
321	—	—	—	—	
329	中	多	—	—	
331	—	—	—	—	
337	少	少	—	—	

(昭和46年) 生立本数 143
伐株本数 87

弱度間伐区（下流）

調査 月日	昭和 45		昭和 46		調査 月日	昭和 45		昭和 46	
個体番号	メ花	オ花	メ花	オ花	個体番号	メ花	オ花	メ花	オ花
201	測定	もれ	—	—	241	—	—	—	—
202	"	"	—	—	242	測定	もれ	—	—
203	"	"	—	—	243	"	"	—	—
204	"	"	—	—	244	"	"	—	—
205	"	"	—	—	245	"	"	—	—
206	"	"	—	—	246	—	—	—	—
207	"	"	—	—	249	—	—	—	—
208	"	"	—	—	251	—	—	—	—
209	"	"	—	—	252	—	中	—	—
210	"	"	—	—	253	—	少	4	—
211	"	"	—	—	255	—	—	—	—
212	"	"	—	—	258	—	—	—	—
213	"	"	—	—	260	測定	もれ	—	—
214	"	"	—	—	261	—	—	—	—
215	"	"	—	—	262	—	—	—	—
216	"	"	—	—	263	—	—	—	—
217	"	"	—	—	264	—	—	—	—
218	"	"	—	—	265	—	—	—	—
219	—	"	30	—	266	—	—	—	—
221	—	少	2	—	267	—	少	—	—
222	—	少	—	—	268	—	少	—	—
224	—	—	—	—	269	—	—	—	—
225	—	—	—	—	270	—	少	—	—
227	—	—	—	—	271	—	—	—	—
229	—	—	—	—	272	—	—	—	—
230	—	—	—	—	273	—	少	—	—
231	測定	もれ	—	—	274	測定	もれ	—	—
233	—	—	—	—	275	"	—	—	—
234	—	—	—	—	277	—	—	—	—
235	—	—	—	—	278	—	—	—	—
236	—	—	—	—	279	—	少	—	—
237	—	—	—	—	280	—	—	—	—
238	—	—	—	—	284	—	—	—	—
239	—	—	—	—	285	—	—	—	—
240	—	—	—	—	287	測定	もれ	—	—

調査 月日	昭和 45		昭和 46		調査 月日	昭和 45		昭和 46	
個体番号	メ花	オ花	メ花	オ花	個体番号	メ花	オ花	メ花	オ花
286	測定	もれ	—	—	323	—	—	—	—
289	"	"	—	—	324	—	—	—	—
290	"	"	—	—	325	—	—	—	—
291	"	"	—	—	326	—	—	—	—
292	"	"	—	—	327	—	—	—	—
293	"	"	—	—	328	—	—	—	—
294	"	"	—	—	330	—	—	—	—
295	"	"	—	—	332	測定	もれ	—	—
298	—	—	—	—	333	—	—	—	—
301	測定	もれ	—	—	334	—	—	—	—
302	—	少	—	—	335	—	—	—	—
303	—	—	—	—	336	—	—	—	—
304	—	—	—	—	338	測定	もれ	—	—
305	—	—	—	—	339	"	"	—	—
306	—	—	—	—	340	"	"	—	—
307	—	—	—	—	343	—	—	—	—
309	—	—	—	—	241	測定	もれ	—	—
310	測定	もれ	10	—	242	"	"	—	—
312	—	—	—	—					
313	—	—	—	—					
314	—	—	—	—					
316	—	—	—	—					
317	—	—	—	—					
318	—	—	—	—					
322	—	多	—	—					

表一 3 強度間伐区 (上流)

調査月日	昭和 45		昭和 46		
個体番号	メ 花	オ 花	メ 花	オ 花	
13	—	—	—	—	
15	—	—	—	—	
18	—	多	—	—	
29	—	—	—	—	
30	少	少	—	—	
40	—	—	—	—	
41	—	—	—	—	
42	—	—	—	—	
44	—	—	—	—	
45	—	—	—	—	
52	—	—	—	—	
61	中	中	—	—	
62	—	—	—	—	
63	—	—	—	—	
65	少	—	—	—	
68	—	—	—	—	
69	—	—	—	—	
70	—	—	—	—	
77	—	—	—	—	
78	—	—	2	—	
79	—	—	—	—	
80	中	—	—	—	
83	少	—	—	—	
87	少	少	—	—	
91	—	—	—	—	
93	—	少	—	—	
96	—	—	—	—	
98	—	少	—	—	
101	—	—	—	—	
102	—	少	—	—	

(昭和46年) 生立本数 108
伐株本数 302

強度間伐区 (上流)

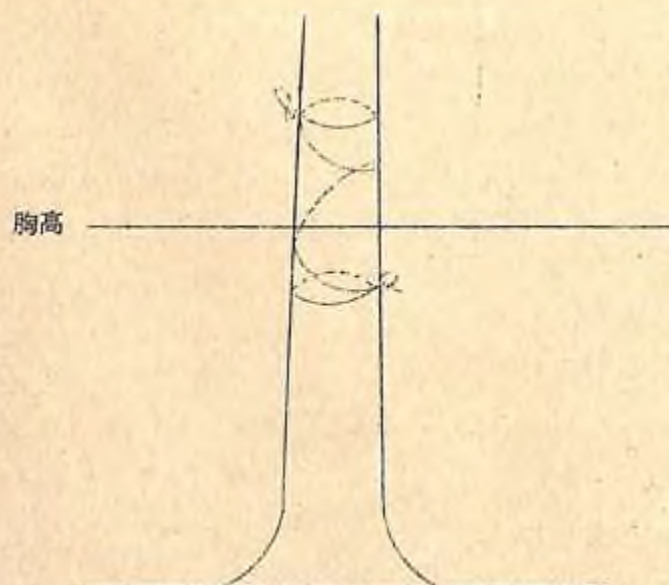
調査月日	昭和 45		昭和 46		調査月日	昭和 45		昭和 46	
個体番号	メ 花	オ 花	メ 花	オ 花	個体番号	メ 花	オ 花	メ 花	オ 花
1	測定	もれ	—	—	46	測定	もれ	—	—
2	"	"	—	—	47	"	"	—	—
3	"	"	—	—	48	"	"	—	—
4	"	"	—	—	49	"	"	—	—
5	"	"	—	—	50	"	"	—	—
6	"	"	—	—	51	"	"	—	—
7	"	"	—	—	52	"	"	—	—
8	—	—	—	—	54	"	"	—	—
9	—	—	—	—	55	—	—	—	—
10	—	—	—	—	56	—	—	—	—
11	—	—	—	—	57	—	少	—	—
13	少	中	—	—	58	—	—	—	—
14	—	—	—	—	59	—	—	—	—
17	測定	もれ	—	—	60	—	—	—	—
18	"	"	—	—	64	測定	もれ	—	—
19	"	"	—	—	66	—	—	—	—
20	—	—	—	—	67	—	—	—	—
21	—	—	—	—	71	少	—	—	—
22	測定	もれ	—	—	72	—	—	—	—
23	—	—	—	—	73	測定	もれ	—	—
24	測定	もれ	—	—	74	"	"	—	—
25	少	少	—	—	75	"	"	—	—
26	測定	もれ	—	—	76	—	—	—	—
27	少	少	—	—	81	測定	もれ	—	—
28	—	—	—	—	82	"	"	—	—
31	測定	もれ	—	—	84	"	"	—	—
32	"	"	—	—	85	"	"	—	—
33	—	—	—	—	86	—	—	—	—
34	—	—	—	—	88	測定	もれ	—	—
35	—	—	—	—	89	"	"	—	—
36	測定	もれ	—	—	90	"	"	—	—
37	—	—	—	—	93	中	中	—	—
38	測定	もれ	—	—	94	—	—	—	—
39	—	—	—	—	95	—	—	—	—
43	—	—	—	—	97	—	—	—	—

調査 月日	昭和 45		昭和 46		調査 月日	昭和 45		昭和 46	
個体番号	メ 花	オ 花	メ 花	オ 花	個体番号	メ 花	オ 花	メ 花	オ 花
99	—	—	—	—	106	—	—	—	—
100	—	多	—	—	107	—	—	—	—
108	測 定	も れ	—	—	108	—	—	—	—
104	—	—	—	—					
105	—	—	—	—					

昭和46年度：昭和44年度に実施したまきじめの効果をたしかめるため、前年と同様に調査を行ない、その結果は表一2、8にまとめられている通りである。

さらにまきじめの針金が処理時点より2年をすぎているため、樹幹に食い込みが著しく、そのために折損のおそれが出てきたため、これを除去することとした。そして、あらためて、ラセン型まきじめを行なうことにし、8月中旬に実施した。その処理法は図一4に示した通りである。アルミニウム薄板は使用しなかった。

(図一4)



昭和47年度：前年に行った処理の効果を6月にたしかめたが、その差異が見出し得られなかったため、後日の調査にまつことにした。

3 試験結果

昭和44年に実施した針金のまきじめ、それぞれの疎開度の異った試験区の結果は表一2、表一8にまとめた通りであって、メ花、オ花の個数は次の基準を設けて記載した。

	メ 花	オ 花
少	1 ~ 5 株	1 ~ 5 房
中	5 ~ 300	5 ~ 20
多	30 ~ 50	30 ~ 50

昭和46年度はメ花の個数をそのまま記載した。

この結果、強度間伐区と弱度間伐区の間には全く差異は認められないことがわかった。

さらに、各区内のまきじめ処理個体と、無処理個体との間にも差異が認められず、昭和44年に行った処理法はあまり効果が少ないように考えられる。このような判断から昭和46年に実施したラセン型まきじめの効果は、昭和47年度の調査ではメ花、オ花とも試験区内個体のすべてに無着花であったため、この試験期間終了後の昭和48年にさらに調査を行なう予定である。

4 今後の問題点

4年間の試験結果にもとづき、着花促進の効果が認められなかった理由として、第1にあげられるのは年令の若さにその原因のひとつがあるように考えられる。第2として針金によるまきじめは、環状剥皮にくらべて効果はやはりうすいものと考えられそうである。

十勝清水で実施しているカラマツの4段半環状剥皮による着花促進の結果からおしはかると、とくに上記の2つの理由が大きいと思われる。カラマツの場合2年連続して4段半環状剥皮を行なったことと、さらに断根をあわせて実施した結果、良好な促進効果が得られており、たんに剥皮処理のみでは効果が期待できないように思われる。

ただこの場合、冬季の積雪による折損が、その処理個体の15%にもおよんでいるため、その取扱いには慎重を要する。

したがって、余別採種林の着花は、樹体の成熟をまち、断根をある程度実施することによって効果が期待できるように思われる。いずれにしても中途半端な処理では着花促進は無理であるように考える。

終りに、試験を実施するにあたりいろいろと便宜を取はかられた、札幌営林局、余市営林署の関係各位に深く感謝の意を表する。

なお本試験終了後の昭和48年8月にはラセン状まきじめの効果をたしかめるため、調査を行なう予定になっている。

全木集材の地力維持に 及ぼす影響

I. 試験担当者

土じょう部土じょう肥料土じょう肥料研究室	堀田 庸, 有光 一登 (原田 洸, 吉本 衛)
北海道支場造林部造林第一研究室	原田 洸, 山本 肇 真田 勝
四国支場土じょう研究室	佐藤 俊 岩川 雄幸 吉田 桂子 (下野 國正)

II. 試験目的

全木集材によりひき起されると予想される地力の低下の程度を明かにするため全木集材による土壌の物理性・化学性の経年変化・流亡養分量などの基礎資料を得て、地方維持対策に資する。

III. 試験経過と得られた成果

1. 土じょう部

高尾山滝の沢国有林内に試験地を設定した。本試験は全木集材による養分の持出量ならびにそれにとまう土壌変化と、地表流・土壌水による養分溶脱について検討したものである。試験地は斜面上部はヒノキ林を斜面下部はスギ林を伐採した跡地であり、全木集材区（全幹集材後枝条をまきおとしたもの）と対照区（全幹集材後枝条をたなずみ地拵したもの）の2区を設定した。

集水装置は林試が考案したテンションフリーライシメーターを使用し、地表に2ヶ所、A層（深さ10cm）3ヶ所、B層（深さ30cm）3ヶ所それぞれ設置した。集水量の測定は約1.5ヶ月に1回測定し、その水分析をおこない養分量を定量した。

1-1 枝葉に含まれる養分量と養分持出量

全幹集材と全木集材との養分持出し量の違いは枝葉量に含まれる養分量の差と考えられる。スギ・ヒノキ林の枝葉量ならびにそれに含まれる養分量は表-1のとおりである。また下層植生の養分量は表-2に示すとおりである。

表-1 スギ・ヒノキ枝葉の養分含有量

スギ樹高 _m	Kg/ha				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
15.1	3103	647	1456	6179	620
18.3	2026	777	1271	4588	643
18.3	2356	548	1052	4453	—
ヒノキ 2.9	29	642	1547	3330	762

表-2 下層植生に含まれる養分含有量

植生	Kg/ha			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
シキミ, クロモジ	81	10	50	61
アブラチャン				
ヤブニッケイ等				

枝葉に含まれて林外に持出される養分量はCaOが最も多く、次いでN, K₂O, MgO, でP₂O₅が最も少ない傾向を示した。

これらの点より本試験においてはすでに試験地設定前に伐採がおこなわれており、養分持出し量を推定すると、N:250~300Kg, P₂O₅:50~60Kg, K₂O:100~150Kg, CaO:400~500Kg, MgO:50~70Kg/ha程度となる。

1-3 地表流, 土壌水中に含まれる養分濃度

設置したライシメーターにより集水されたものはPF09までのもので、土壌中を流動している土壌溶液の一部を採集したものである。また土壌水中の養分は植物に吸収された残りである。これらの点を考えながら、土壌中の養分濃度の動態を考察するとつぎのとおりである。

林地における微少な立地差により、集水量、各養分濃度にはかなりの違いが見られた。15ヶ月毎に集水したものを、4~10月(夏期), 10月~11月(冬期)にまとめ、無機態窒素について図-1, 2に示した。

① 表面流水中に含まれる無機態N濃度はたなずみ区の方が高い傾向を示した。また伐採より時間が経過するにつれて急激に低下するが、低下率はまきおとし区の方が高い傾向にある。土壌中の濃度も急激に低下するが、たなずみ区, まきおとし区の差は明らかで

図-1 たなずみ区は無機態N含有率

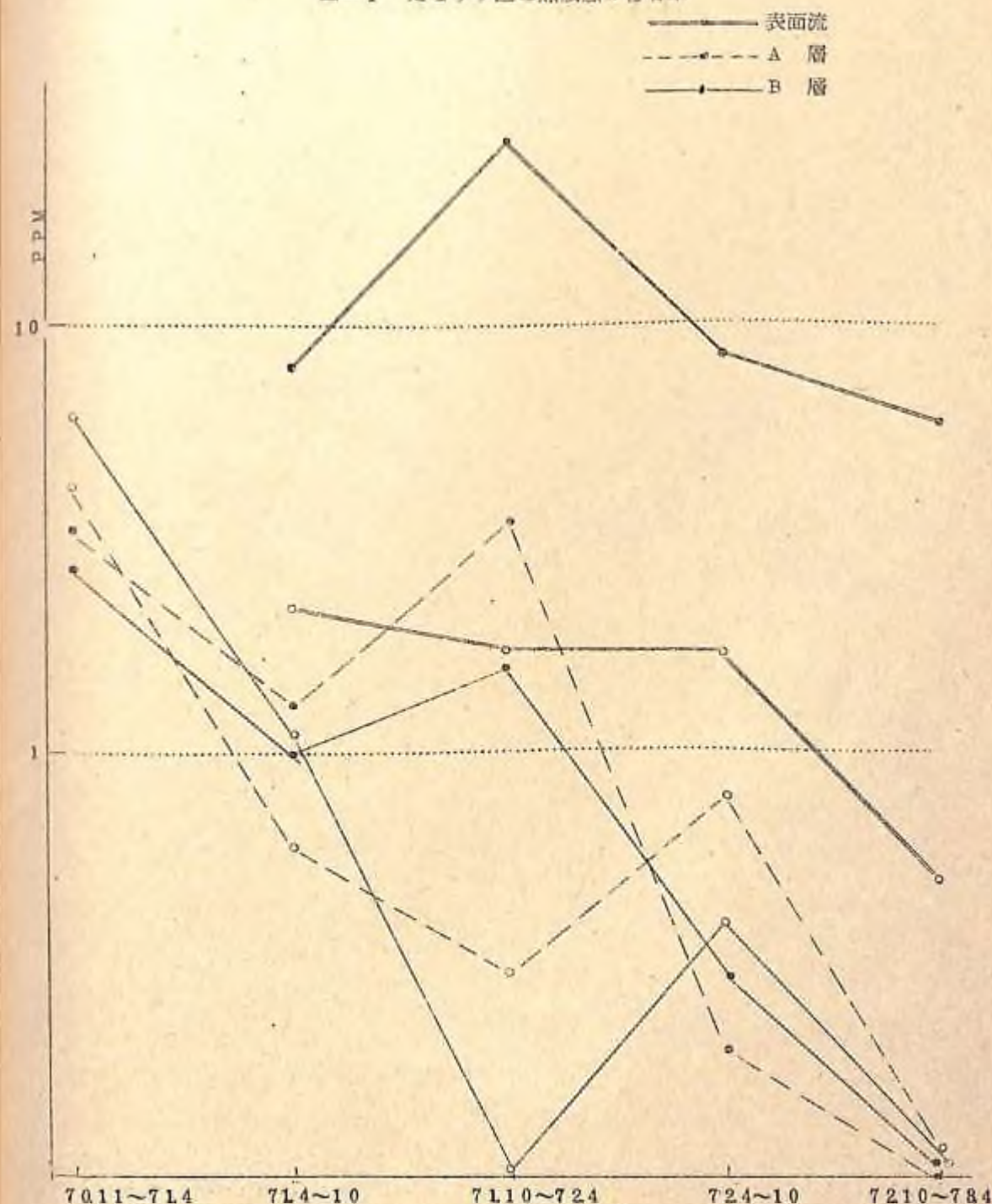
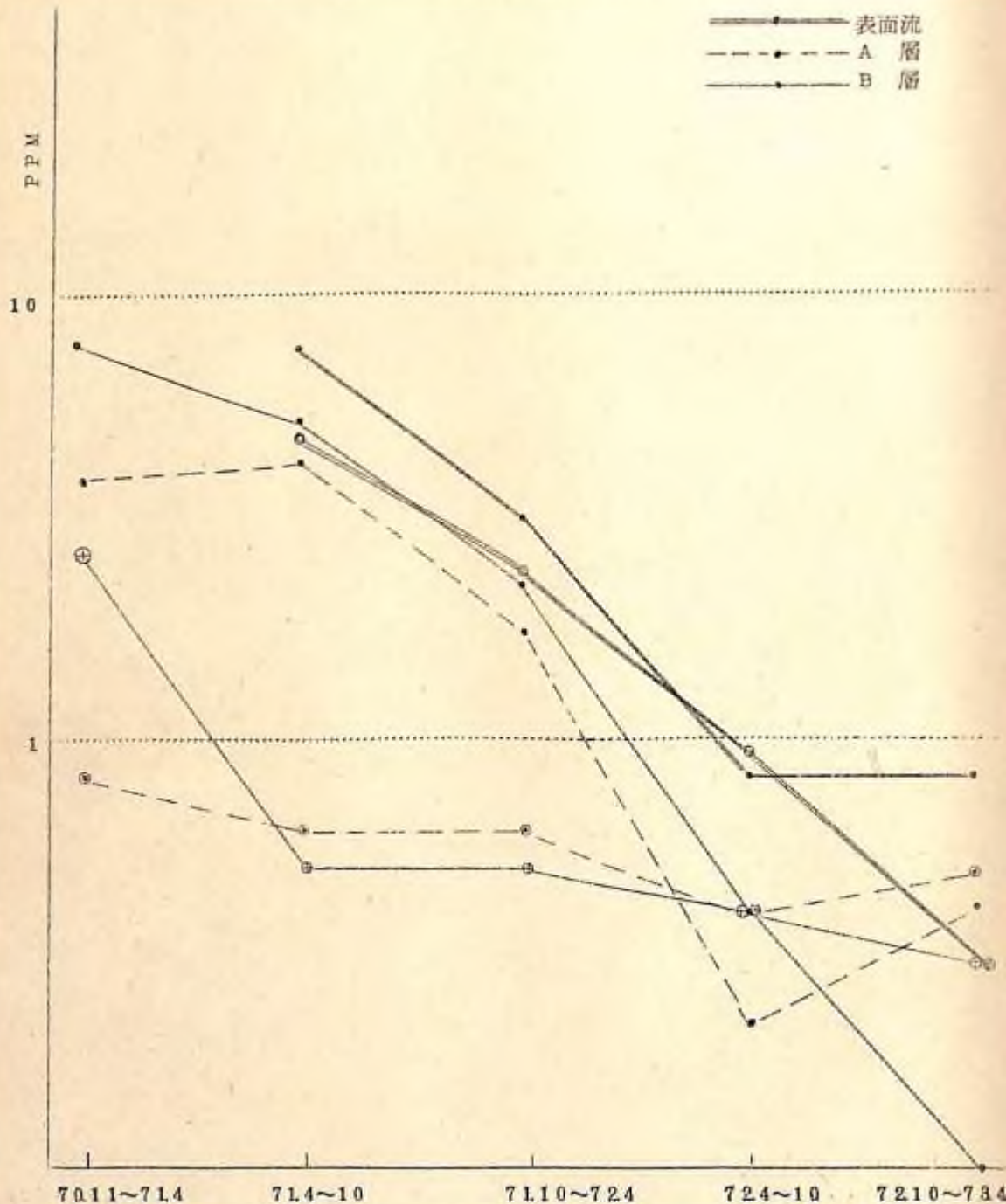


図-2 まきおとし区の無機態N含有率



なかった。

② Ca は表面流についてはたなずみ区の方が高い傾向を示した。N のように時間の経過とともに低下する傾向は認められない。土壌水中の濃度は時間の経過とともに低下する傾向がある。また表面流、土壌水ともに夏期に低く、冬期に高くなる傾向を示した。

③ K については表面流は時間経過とともに高くなる傾向を示したが、土壌水については明らかな傾向は認められなかった。

2. 北海道支場造林第1研究室

全木集材にともなう養分循環の破壊、土壌の理化学性の変化の実態を把握するとともに、これが地力低下に及ぼす影響を究明するという観点から調査を進めた。

1) トドマツ天然林(林令96年)全木集材予定地の立木の成長状態ならびに養分含有量調査を実施した。

立木本数は1016本/ha, 樹高4.0~23.5m・平均15.3m, 胸高直径は4.0~38.0cm・平均19.7cmを示す成長状態であった。標準地内より5本の標準木を選木し、各部位別養分含有量を調査した。

表-3 トドマツ林の養分含有量

	ton/ha	kg/ha			
	乾重量	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
幹	1170	2535	334	2208	6289
枝	303	844	145	789	1885
枯枝	95	260	10	45	773
葉	159	1869	387	1009	1708
計	1727	5508	676	4051	10724

表-4 植生およびA₀層の養分含有量

	ton/ha	kg/ha			
	乾重量	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
植生	1.2	143	28	87	115
A ₀ 層	159	2549	371	226	2885
土壌	深さ0.5m	8176	1101	2984	14783

主要植生: トドマツ稚樹, ツバメオモト, イワガラミ, ベニバナイ, チヤクソウ, フツキソウ, スノキ, シダ類, ツルリンドウ。

2) 前記予定地を44年9月全幹集材を実施し、その後枝条類をそのまま放置した区と、人為的に枝条類を除去した区を2回反復で設定した。3処理区の伐採による養分持出量を算出すると表一⑤のとおりである。

表一⑤ 伐採による養分持出量

処理区	養分	伐採後林地に残る養分量 Kg/ha					伐採による養分持出量 Kg/ha
		林床植生	A ₀ 層	土壌	枝条類	計	
枝条散布区	N	14	255	818	297	1384	254
	P ₂ O ₅	3	37	110	44	194	33
	K ₂ O	10	23	298	184	515	221
	CaO	12	289	1479	444	2224	629
枝条無散布区	N	14	255	818	0	1087	551
	P ₂ O ₅	3	37	110	0	150	68
	K ₂ O	10	23	298	0	331	405
	CaO	12	289	1479	0	1780	1072

3) 伐採跡地の植栽試験

46年5月処理区を下記のようにし、アカエゾマツ5年生苗を植栽した。

表一⑥ 試験設計

処 理	施肥量および施肥法	反 復	施 肥 月 日
枝 条 散 布	—	2	
枝 条 除 去	—	2	
枝条散布・施肥	① 1号Nで109/1本 環状施肥	2	46.6.7
枝条除去・施肥	〃	1	46.5.31
枝条除去 枝条養分相当量施肥	区面積当り N : 693Kg P ₂ O ₅ : 105〃 全面散布 K ₂ O : 427〃	1	46.5.17 半量 47.5. 半量予定
対 照	—	1	

47年10月各処理の2年間の成長状態を調査した結果は表一⑦のとおりである。

表一⑦ 植栽木の生育状態 (46.5.17植栽)

処 理	反 復	植栽 本数	樹 高 46.8.13 cm	伸長量 46年cm	未活着 本 数	伸長量 47年cm	支障木 本
枝 条 散 布	1	97	333	6.9	0	9.3	5
	2	51	346	6.8	0	10.9	0
枝 条 除 去	1	100	401	4.9	10	4.0	22
	2	54	374	5.6	0	6.8	0
枝 条 散 布 施 肥	1	105	323	6.9	0	13.5	6
	2	79	302	6.6	0	11.4	7
枝 条 除 去 施 肥	1	96	324	5.7	3	7.3	14
	2	95	411	5.3	2	6.9	10
対 照	1	64	362	6.8	1	4.3	6

植栽後2年間の成績であり、結論は出てないが植栽当初は枝条除去区 — すなわち全木集材区の成長は枝条散布区に較べ悪い傾向を示している。

また施肥効果は枝条散布施肥区が、枝条除去施肥より大きい肥効をあらわしている。今後さらに試験を継続し、土壌変化についての検討をおこなう予定である。

3 四国支場土壌研究室

全木集材による幹材および枝条の林外への持出しが、林地の土壌(主として侵食)ならびに跡地の植栽木の成育に及ぼす影響を明らかにする目的で、昭和43(1968)年度から窪川営林署管内森ヶ内国有林に試験地を設定し、調査を開始した。

現地では、実際には全木集材は行なわれていなかったため、人為的枝条除去区、枝条放置区を作り、尾根筋(平坦面と斜面、B_B型土壌)、中腹斜面(B₀型土壌)、下部斜面(B_D型土壌)にそれぞれ配置した。

試験区には、1969年8月にスギを植栽し、植栽時および1970年2月に樹高測定をおこなった。

土壌の侵食の調査は、種々の測定方法が考えられるが、この調査地では、最も簡便な方法として、試験区内にはば5~6mの距離をもつ2つの定点を設け、この間に鉄線を張り20cm間隔に鉄線から地表までの距離を測定した。なお、この測定線は1区内で2か所設けた。

試験地の概況は次のとおりである。

区	土壌型	位 置	傾 斜 度
I	B _D	斜面下部	35~40
II	B _C	" 中腹	30
III	B _B	" 上部	13~15
IV	B _B	" "	30~35

試験地設定後4年間の土壌侵食状態ならびに植栽木の成長状態は、表一8のとおりである。

4年間の総侵食深は斜面下部の全木集材区が最も大きい。斜面中腹や緩斜面上部は侵食深が小さく、枝条の有無の影響はあまり認められないようである。

年間侵食深は全般に小さくなってきているが、全木集材区は対照区に比べて大きい。

枝条の有無と植栽木の成長との関係ははっきり認められないようである。

表一8 土 壌 侵 食 と 植 栽 木 の 成 長 (cm)

区	4?年度年間 侵 食 深	4年間の 総侵食深	植 栽 木 の 4年間の伸長量
I	除去 0.88	8.78	130.5
	放置 0.92	4.42	132.0
II	除去 0.50	3.08	93.3
	放置 0.77	4.57	97.2
III	除去 0.86	2.76	101.6
	放置 0.58	2.53	93.3
IV	除去 1.32	5.32	141.1
	放置 -0.44	2.06	150.4

除 去：枝条除去全木集材跡地
放 置：普通集材跡地

成 木 施 肥 法

— 林地肥培体系の確立 —

林地肥培体系の確立

I 試験担当者	173
II 試験目的	173
III 試験経過と得られた成果	173
1. 土壌部	173
1-1 成木林肥培試験	173
1-1-1 スギ二居試験地の施肥効果	173
1-1-2 スギ天城試験地	178
1-2 林地肥培に関する基礎試験	181
1-2-1 施肥窒素の動態について	181
1-2-2 溪流中にあらわれる窒素濃度について	181
2. 北海道支場	185
3. 東北支場	185
4. 関西支場	187
4-1 鳥取スギ成木施肥試験	187
4-2 高野山スギ成木施肥試験	187
4-3 山崎営林署スギ成木施肥試験	187
5. 四国支場	189
5-1 スギ林分密度と肥培効果	189
5-2 連年施肥試験	189
6. 九州支場	191
6-1 金谷試験地	191
6-2 桂谷試験地	193
7. 国有林成木施肥試験	194
7-1 青森局スギ45年生むつ試験	195
7-2 青森局アカマツ55年生花巻試験地	196
7-3 青森局カラマツ61年生岩手試験地	197
7-4 青森局カラマツ46年生盛岡試験地	198
7-5 秋田局スギ70年生白沢試験地	198

7-6 秋田局スギ48年生合川試験地	199
7-7 その他の試験地	200
ま と め	202

I. 試験担当者

本試験は本支場を通じておこなわれており、その分担はつぎのとおりである。

本場 : 松井光瑤(堀 隆男)

本場土壌肥料研究室: 藤田桂治・佐藤久男・堀田 庸・岩崎美代
(原田 洸・吉本 衛)

北海道支場造林第一研究室: 原田 洸・真田 勝

東北支場育林第3研究室: 佐々木茂・長谷川浩一・後藤和秋・(藤田桂治)

関西支場土壌研究室: 河田 弘・衣笠忠司

四国支場土壌研究室: 佐藤 俊・岩川雄幸・吉田桂子・(下野國正)

九州支場土壌研究室: 脇 孝介・川添 強・長友忠行

II. 試験目的

林地肥培の基礎として重要な森林の養分経済(養分吸収量の調査, 養分循環率の調査などを明らかにし, これらの基礎の上にたって肥培効果の把握と解析をおこない, 合理的な肥培技術を確立し, その体系化をはかり, もって森林生産力増強に資することを目的とする。

III. 試験経過と得られた成果

1. 本場土壌肥料研究室

1-1 成木林肥培試験

1-1-1 スギ二居試験地の施肥効果

本試験地は前橋営林局と協同で六日町営林署二居国有林内スギ50年生林分に昭和39年度に設定したものである。肥効試験(化成肥料区, 硫酸区, 対照区の3区3ブロック制)と施肥量試験(化成肥料-N 300 Kg, N 100 Kg, 対照区の3区制ブロック制)とに分かれている。

試験開始後4年間の胸高直径成長をみると直径の太い木ほど肥効があらわれ易い傾向を示した。

表-1 施肥後4年間の成長状態

	39年5月(試験開始時)			4年間の増加量			対照区 との差	$\frac{V}{V} \times 100$
	G	H	V	g	\bar{h}	v		
化成肥料区	5 6 9 9	1 5 9	4 6 8	5 7 5	1 0 3	3 0 0	2 7 5 ☆	1 7 1 %
硫安単用区	6 2 0 1	1 5 3	4 8 7	5 7 3	1 0 3	7 8 5	2 6 0 ☆	1 6 1
対 照 区	5 8 6 3	1 5 3	4 6 3	4 1 5	0 6 3	5 2 5		1 1 3

注 (1) 施肥料 ㊦ 301号(17-9-8)をNで150Kg/ha あて3回連続
施肥

(2) G, g 胸高断面積計

V, v 材積 m^3/ha

(3) ☆ 統計的に有意

7 成長期を経過した後の施肥による胸高直径成長は著しく、図-1に示すとおりである。胸高直径にあらわれた肥効は大径木、小径木をとわずいづれも認められる。

図 - 1 二居スギ成木施肥試験

1 A 施肥 (N . P . K) 区

施肥後の成長期 (45年10月) 胸高直径 cm

無肥料区の上限

試験設定時 (39年5月) 胸高直径 cm

N 10 2 4 6 8 20 2 4 6 8 30

1 B 無肥料区

施肥後の成長期の胸高直径

試験設定時 胸高直径 cm

N 10 2 4 6 8 20 2 4 6 8

施肥による枝葉量の増加状態は表-2に示すとおりである。1 A (N P K) 1 B (対照) とともに枝および緑枝葉の割合はほぼ等しく、枝 25 ~ 27 % , 緑枝葉 73 ~ 75 %

表-2 二居スギ成木施肥枝葉量

(生産量kg)

処理区	木高	全 枝 葉	枝	緑枝+葉	$\frac{m^2}{ha}$ G(4710)	Dcm	$\frac{cm^2}{\pi r^2}$
1 A	188	7384	2085	5298		25	491
	323	3380	860	2520	6958	19	284
	207	14130	3840	10290		33	855
	251	10750	2720	8030		27	573
	209	3595	790	2805		21	346
	269	5500	1813	3687		23	415
plot.合計		44799	12107	32692			2964
1 B	205	7465	2170	5295		25	491
	169	3150	773	2375		21	346
	155	2070	415	1655	6743	17	227
	142	980	279	701		15	177
	40	2710	695	2015		19	284
	(747)	6331	1398	4933		21	346
plot.合計		23766	5739	18027			1871

ではあるが枝葉量は伐倒調査木6本の比較ではかなり増加している。伐倒調査木の胸高断面積合計より ha あたりの枝葉量を換算すると表-2に示すとおりとなり、その増加

表-3 枝葉量増加割合

	G m ² /ha	枝葉量・生産重 ton/ha			増加割合 %
		枝	緑枝葉	合計	
1 A	6 958	3 24	7 07	1 051	2 33
1 B	6 743	2 06	6 12	8 18	

割合は233%となった。すなわち本試験地ではかなり過密な林分ではあるが枝葉の発達が悪く、施肥により枝葉量が増加し、大きい肥効をあらわしたものと考察される。

1-1-3 スギ天城試験地

設定時39年スギ林にNPK区、N区、対照区の3区を設定した。9成長期を過ぎた時点における肥効は318林班では図-2に示すように肥効はあきらかでない。319班では図-3に示すようにNPKでは約 $\frac{1}{3}$ が肥効をあらわし、N単用区では僅か1%の立木に僅かながら肥効をあらわしている。肥効のあらわれ方、材積に及ぼす影響等については昭和49年4月標準木を伐倒し調査をおこなう予定である。

図-2 スギ天城試験地の肥培効果
(318林班)

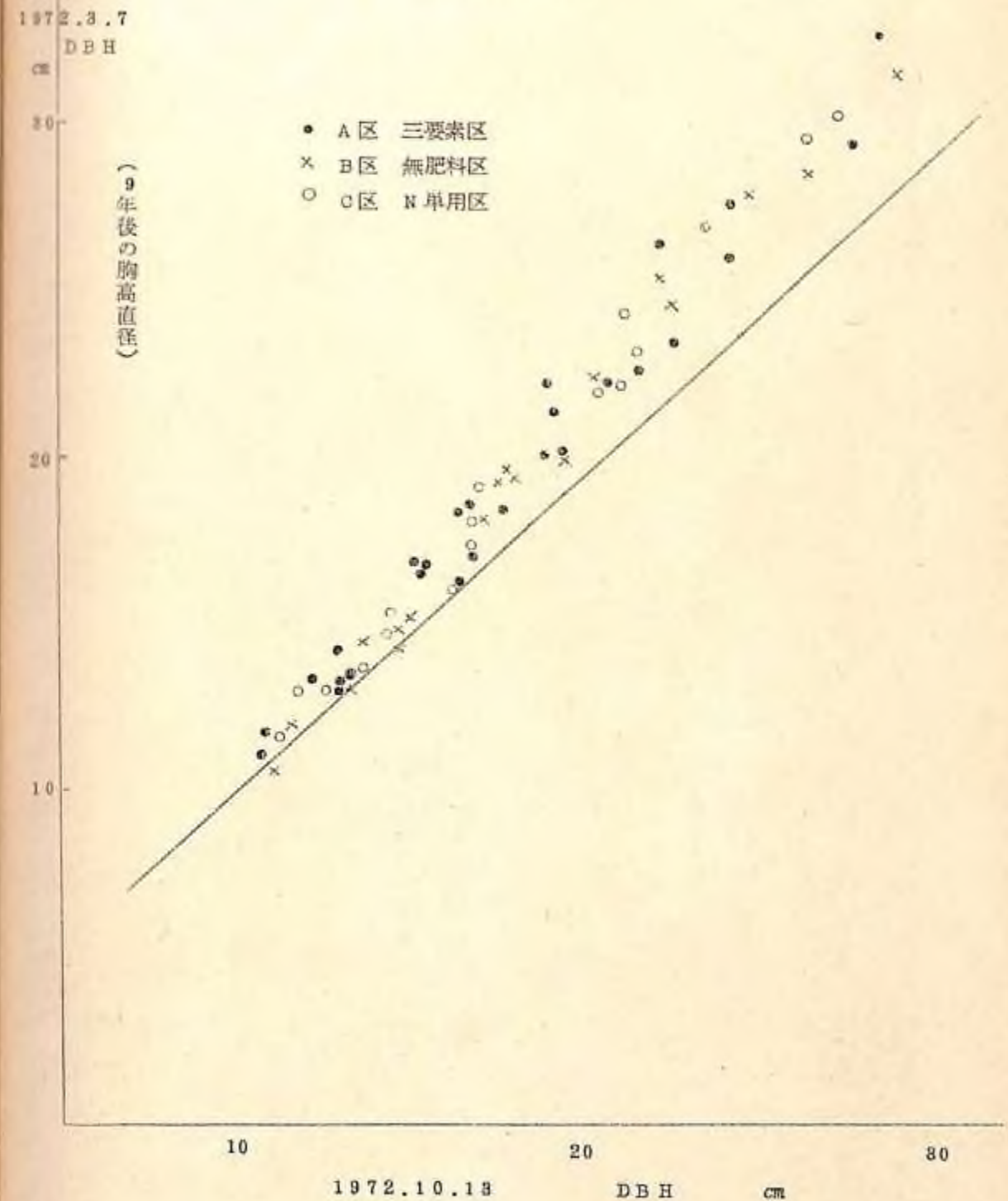
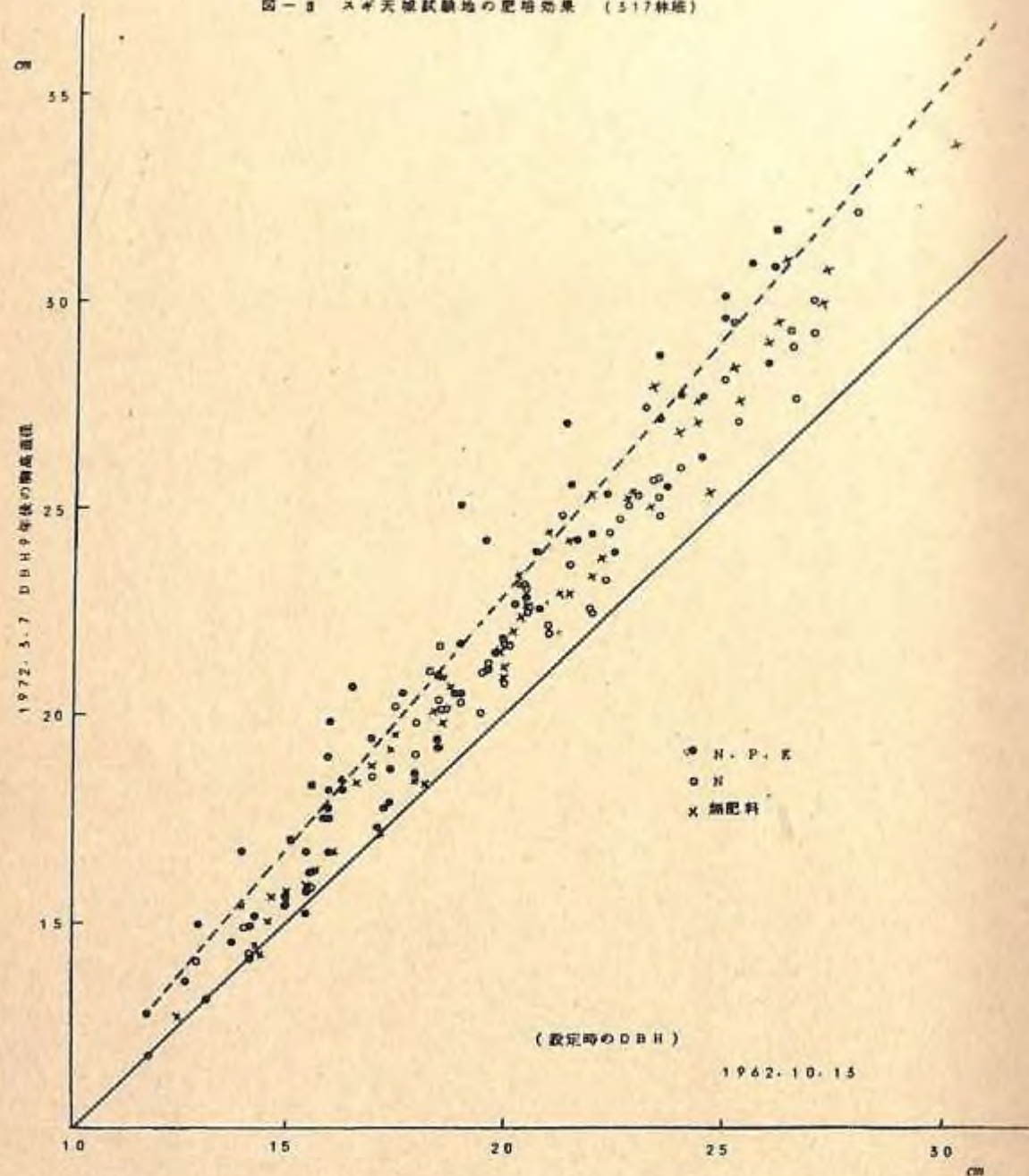


図-3 スギ天候試験地の肥培効果 (317林地)



1-2 林地肥培に関する基礎試験

1-2-1 施肥窒素の動態について

スギモデル林(樹高4m程度閉さ林)内に化成肥料100kg/haあたり施し、表層土壌中の無機態窒素—硝酸化成作用について3年間にわたり調査した。施肥窒素は施肥後1ヶ月後に硝酸態窒素(NO_3-N)が著しく増加し、施肥後約5ヶ月後の12月には無肥料区の NO_3-N と同程度になった。また施肥翌年の高温時にあたる7, 8月の NO_3-N の値は無肥料区とはほぼ同じ値を示した(図-4参照)。すなわち施肥した窒素は施肥後1年間にその1部はスギ林が吸収し、他の1部は流亡し1部は有機態窒素に変ったものと考えられる。このことから目黒土壌の施肥効果は1年間程度であろうと推察される。

前記の手法と同様にアカマツ林(洪積土壌)に硫酸を施し無機態窒素量の変動を調べた。その結果洪積土壌では無機態窒素の大部分はアンモニウム態窒素(NH_4-N)であって硝酸態窒素は僅か存在するにすぎなかった。(図-5参照)

各月別の変動を見ると施肥後急激に上昇し9月にはかなり低下し、12月には無肥料区とほぼ等しい無機態窒素を示した。

前記目黒土壌(火山灰)では施肥窒素の NH_4-N は硝酸化成作用を受け無機態窒素の大部分は NO_3-N に変化したのに対し、洪積土壌では施肥窒素の NH_4-N はそのまま NH_4-N として存在していた。施肥効果は土壌条件により異なるが、さらに検討を要する事項であろう。

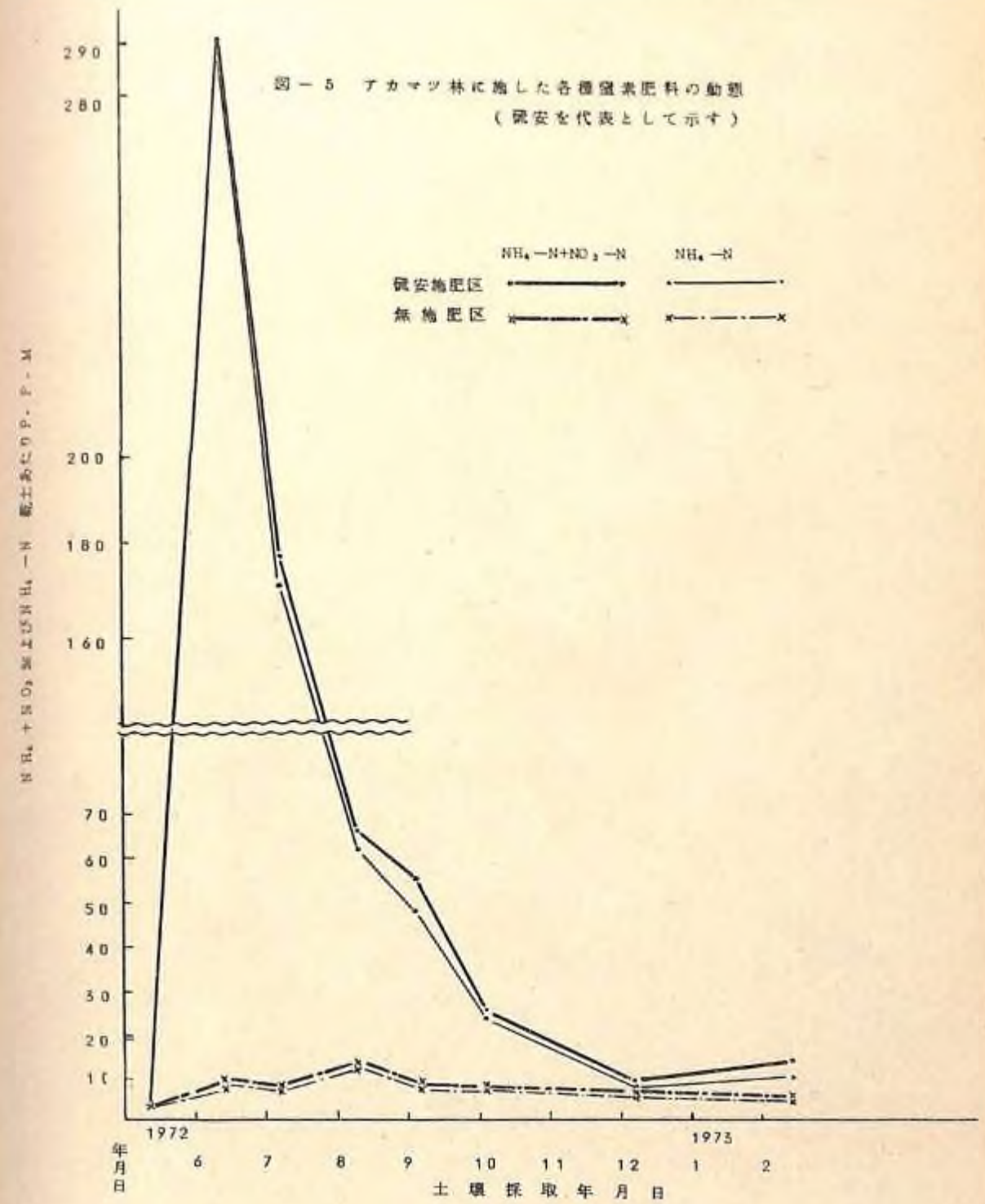
1-2-2 溪流中にあらわれる窒素濃度について

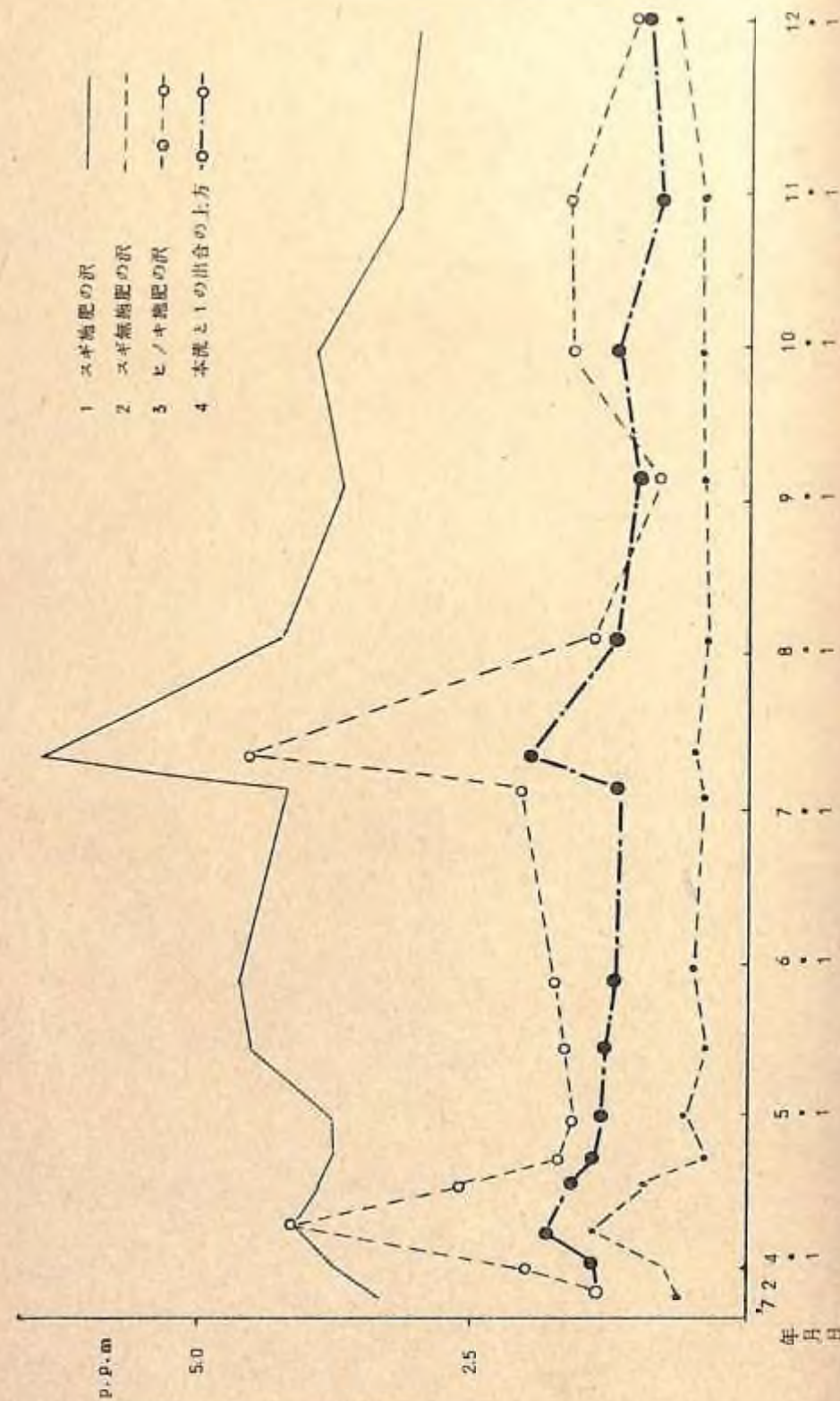
高尾梅の木平スギ試験は9年間連続施肥をした肥培試験地である。試験地下部の小沢は流出する濃度、ならびに小沢のそそがれる溪流のN濃度について、その月別変動を調査した。調査結果は図-6に示すとおりである。スギ施肥林の小沢に流出するN濃度は夏季高温時には55 p.p.m.前後を示すが年間を通じ45~50 p.p.m.の濃度を示した。小沢のそそがれる溪流上部のN濃度は年間を通じ15~20 p.p.m.を示しあきらかに施肥林分の小沢に流出するN濃度の高い点が認められた。しかし施肥林分の小沢のそそがれる溪流下部のN濃度は溪流上部と等しく、溪流にそそがれ、稀釈されることが判明した。

図-4 スギモデル林における無機態窒素の消長



図-5 アカマツ林に施した各種窒素肥料の動態 (保安を代表として示す)





2 北海道支場造林第1研究室

トドマツ成木林肥培試験は昭和37年樹令32年生造林地に設定した。試験開始後9年を経過し、この間に3回の施肥をおこなった。施肥効果は表-4に示すとおりである。haあたりの材積成長量は、対照区では年間180~181 m³に対し、施肥区では214~227 m³の成長を示した。施肥効果は年間平均4.0~5.4 m³増となっている。

表-4 トドマツ成木肥培林の生長

処 理	樹 高 m			胸 高 直 径 cm			ha 当り材積 m ³		
	設定時 (林令32)	調査時 (林令31)	9年間 の生長	設定時 (林令32)	調査時 (林令31)	9年間 の生長	設定時 (林令32)	調査時 (林令31)	9年間 の生長
I 無施肥	89	141	43	121	171	50	128	391	163
I 施肥	100	151	51	118	165	47	118	320	202
II 無施肥	85	145	50	110	150	40	79	223	144
II 施肥	89	151	52	107	162	55	68	273	205

3 東北支場育林第3研究室

昭和37年支場構内にカラマツ林分密度と肥効果についての試験を開始した。林分密度はhaあたり2000, 4000, 8000本とし各密度区毎に施肥と無施肥区を設定した。施肥量はN量でhaあたり18, 72, 200, 200 kgの4回施した。施肥効果は表-5に示すとおりである。また樹高成長経過、直径成長経過を図-7, 図-8に示した。

表-5 成 育 状 態

処 理	樹 高			胸 高 直 径			枝 下 高			枝下高 率 %
	平 均 最小~最大	標準偏 差 m	変異係 数 %	平 均 最小~最大	標準偏 差 cm	変異係 数 %	平 均 最小~最大	標準偏 差 m	変異係 数 %	
2000 施肥	7.4 m	0.6	8.1	8.6 cm	1.4	16.8	1.8 m	0.4	30.8	18
	6.4~8.5			6.7~13.0			0.4~2.0			
	6.8			7.7			0.8			
2000 無施肥	5.0~7.9	0.7	19.3	4.4~10.0	1.4	18.2	0.8~1.9	0.5	62.5	12
	6.9			6.7			2.5			
	4.7~8.2			4.5~9.7			1.8~3.0			
4000 施肥	6.9	0.7	10.1	6.6	1.8	19.4	2.2	0.5	12.0	36
	4.7~8.2			4.5~9.7			1.8~3.0			
	6.9			6.6			2.2			
4000 無施肥	5.0~8.8	0.9	13.0	3.0~9.8	1.8	27.2	1.9~4.0	0.5	21.7	38
	6.9			5.0			3.2			
	3.4~8.5			2.0~8.5			2.8~4.0			
8000 施肥	6.4	0.9	13.0	5.2	1.4	25.0	2.6	0.4	12.5	46
	3.4~8.5			2.0~8.5			2.8~4.0			
	6.4			5.2			2.6			
8000 無施肥	3.5~7.7	1.0	15.0	1.9~8.0	1.5	25.8	1.8~3.6	0.4	15.4	41
	3.5~7.7			1.9~8.0			1.8~3.6			
	3.5~7.7			1.9~8.0			1.8~3.6			

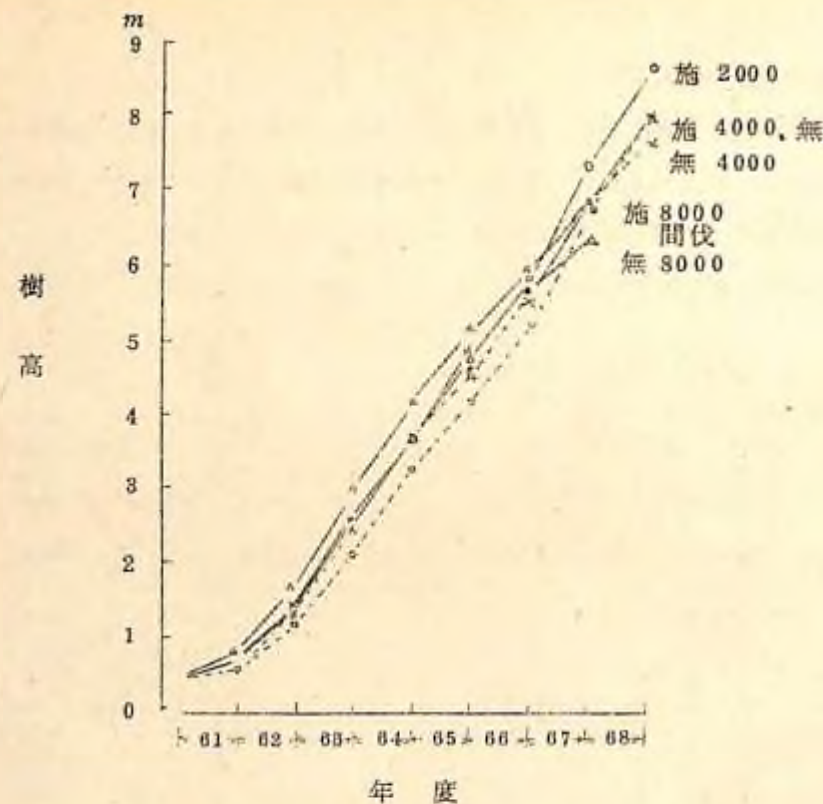


図 - 7 樹高の成長経過

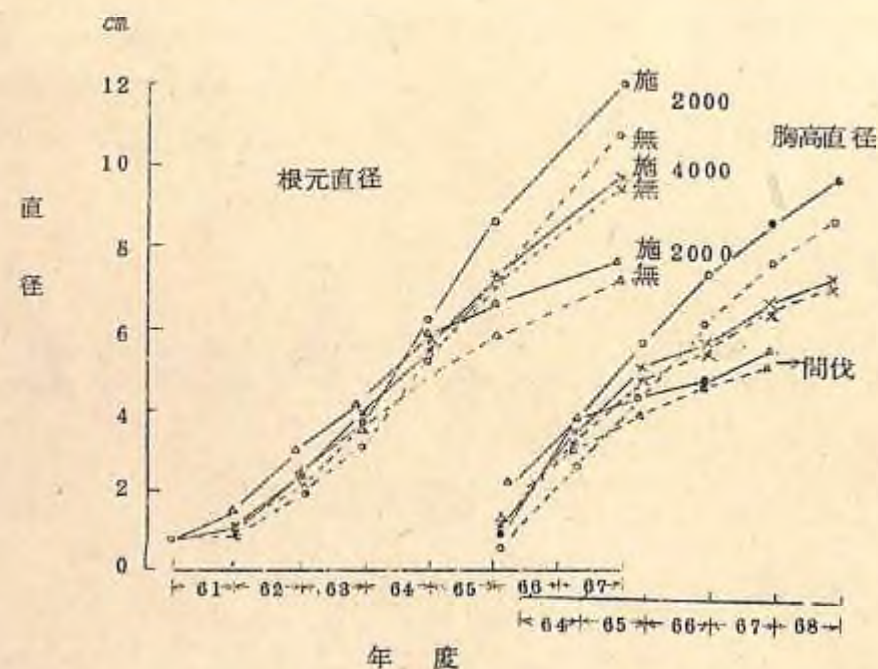


図 - 8 直径の成長経過

林分の閉さした植栽4~5年頃までは、高密度区での成長が比較的良好であったが、これ以降経年的には高密度区の成長が減退してきた。この関係はとくに直径成長に著しくあらわれている。施肥効果は各密度区とも樹高、直径成長ともに施肥区が上廻り肥効は認められた。肥効の推移は経年的に高密度区で次第に低減する傾向にある。

4 関西支場土壌研究室

成木施肥試験は主伐前の施肥効果を期待し鳥取営林署管内および山崎営林署管内に設定した。

4-1 鳥取スギ成木施肥試験

施肥後3年を経過したので各処理区毎の標準木を伐倒し、樹幹析解および樹幹析木頂枝の針葉分析をおこなった。調査結果からはこの程度の施肥量、施肥回数(N: 150 Kg/ha 3回)では施肥効果は明らかでなかった。

葉分析の結果からは三要素区ではN・P・K濃度、尿素区ではN濃度の増大が認められた。したがって施肥によって針葉のN濃度は増加したが、この程度の養分濃度の増大では材積成長への影響は生じなかった。したがってこれらの結果から肥料はある程度吸収され針葉組成の相違をもたらしたが、成長量の明りょうな増大をもたらすほど十分に、林木に供給されなかったと思われる。

4-2 高野山スギ成木施肥試験

昭和45年3月試験地を設定した。(18年生林)当林分は43年2月地上4mまで枝打を実施した無間伐林分である。施肥量試験を目的に無施肥区(A), N: 500 Kg/ha区(B), N: 1000 Kg/ha(C), N: 1500 Kg/ha(D)の4区を設定した。試験結果は表-6のとおりである。施肥後3年経過した時点での肥効は認められない。

4-3 山崎営林署スギ成木施肥試験

高野山試験地と同じように施肥量試験を目的としN: 500 Kg/ha (A)(D), N: 1000 Kg/ha (B)(D) および無肥料区の(E)(F)を設けた。成長経過は表-7のとおりであるが施肥効果は認められなかった。

表-6 高野山試験地成長経過

Plot	測定本数	S 4 5 年 3 月		S 4 5 年 1 1 月	
		樹高 (m)	直 径 (cm)	直 径 (cm)	成長量
A	$\frac{44}{(1+5)} ※1$	$\frac{118}{104 \sim 140}$	$\frac{155}{105 \sim 222} (77) ※2$	$\frac{158}{105 \sim 229} (80) ※2$	$\frac{0.8}{0 \sim 0.7}$
B	$\frac{49}{(0+1)} ※1$	$\frac{101}{76 \sim 124}$	$\frac{141}{100 \sim 215} (68) ※2$	$\frac{145}{103 \sim 218} (72) ※2$	$\frac{0.4}{0 \sim 0.9}$
C	$\frac{45}{(1+4)} ※1$	$\frac{107}{80 \sim 128}$	$\frac{145}{80 \sim 206} (68) ※2$	$\frac{149}{82 \sim 204} (72) ※2$	$\frac{0.4}{0.1 \sim 1.1}$
D	$\frac{48}{(0+2)} ※1$	$\frac{106}{77 \sim 129}$	$\frac{151}{94 \sim 225} (73) ※2$	$\frac{158}{98 \sim 238} (77) ※2$	$\frac{0.5}{0.1 \sim 0.9}$

Plot	測定本数	S 4 5 年 1 1 月		成立本数 / ha 測定木	施 肥 N Kg / ha
		直 径 (cm)	成長量		
A	$\frac{44}{(1+5)} ※1$	$\frac{168}{108 \sim 237} (88) ※2$	$\frac{0.4}{0.1 \sim 0.9}$	2820	無 肥
B	$\frac{49}{(0+1)} ※1$	$\frac{140}{105 \sim 223} (75) ※2$	$\frac{0.4}{0 \sim 0.9}$	2900	1500Kg
C	$\frac{45}{(1+4)} ※1$	$\frac{154}{89 \sim 211} (76) ※2$	$\frac{0.5}{0 \sim 0.9}$	2780	1000Kg
D	$\frac{48}{(0+2)} ※1$	$\frac{160}{99 \sim 238} (80) ※2$	$\frac{0.4}{0 \sim 0.9}$	2770	500Kg

※1) 被害木(雪害?) + 被圧木 ※2) 立木密度比数

表-7 山崎試験地成長経過

Plot	測定本数	S 4 3 年 1 1 月		S 4 5 年 4 月	
		樹高 (m)	直 径 (cm)	直 径 (cm)	成長量
F	100 (0) ※1	$\frac{90}{58 \sim 114}$	$\frac{142}{80 \sim 206} (40) ※2$	$\frac{151}{88 \sim 215} (45) ※2$	$\frac{0.9}{0 \sim 1.8}$
A	118 (1) ※1	$\frac{88}{84 \sim 110}$	$\frac{136}{86 \sim 205} (38) ※2$	$\frac{145}{89 \sim 217} (43) ※2$	$\frac{0.9}{0.2 \sim 1.7}$
B	89 (5) ※1	$\frac{82}{82 \sim 110}$	$\frac{136}{80 \sim 184} (52) ※2$	$\frac{148}{89 \sim 204} (36) ※2$	$\frac{1.0}{0.4 \sim 2.0}$
E	103 (0) ※1	$\frac{82}{58 \sim 112}$	$\frac{143}{82 \sim 204} (55) ※2$	$\frac{149}{82 \sim 210} (59)$	$\frac{0.6}{0.1 \sim 1.8}$
D	101 (4) ※1	$\frac{82}{70 \sim 110}$	$\frac{127}{88 \sim 178} (51) ※2$	$\frac{135}{88 \sim 186} (57) ※2$	$\frac{0.8}{0 \sim 1.8}$
C	101 (1) ※1	$\frac{86}{80 \sim 104}$	$\frac{121}{82 \sim 178} (38) ※2$	$\frac{128}{85 \sim 187} (42) ※2$	$\frac{0.7}{0.2 \sim 1.9}$

※1) 被害木: 46年9月の風害による。 ※2) 立木密度比数

5 四国支場土壌研究室

5-1 スギ林分密度と肥培効果

スギ12年生林分をhaあたり2000, 3800, 5000, とし肥培効果を検討した。設定後5ケ年を経過したが密度効果や肥効に一定の傾向が認められるにいたっていない。現時点では表-8に示すとおりであるが、密度効果からは低密度区で胸高直径成長が大きく、樹高は高密度で良い成長を示している。また肥効は直径成長に僅かながら大きい傾向にある。

表-8 スギ林分密度と肥培効果

密 度 本 / ha	2000		3800		5000	
	施 肥	無 肥	施 肥	無 肥	施 肥	無 肥
樹 高 cm	1021	838	1047	921	1013	859
年間成長量 cm	4.6	6.0	5.9	4.6	6.1	7.6
1.2 m の直径 cm	13.1	9.6	11.7	10.6	11.3	10.2
年間成長量 cm	1.1	0.7	0.8	0.7	0.7	0.8
2.2 m の直径 cm	11.8	8.7	10.7	9.6	10.3	9.2
年間成長量 cm	1.0	0.7	0.7	0.6	0.6	0.8

5-2 連年施肥試験

○ 昭和36年スギ, ヒノキ植栽時から現在12年生林分に達する期間15回の施肥を実施した。総施肥量はhaあたりN-1630Kg, P₂O₅-695Kg, K₂O-674Kgである。成長状態は表-9に示すとおりである。

表-9 スギ, ヒノキ連年施肥成長状態

樹 種	処 理	樹 高 m	1.2 m 高の直径 cm	2.2 m 高の直径 cm
ス ギ	実 生 施 肥	1014	14.5	12.7
	さし木施肥	943	14.5	13.4
	実生無施肥	838	12.7	11.4
ヒ ノ キ	施 肥	601	10.0	8.8
	無 施 肥	478	7.2	5.8

スギ、ヒノキともに施肥効果は顕著にあらわれている。最近2～3年間の連年生長量はむしろ無施肥区より劣る傾向がある。

- 施肥の土壌諸性質に及ぼす影響を検討した。pH (H₂O)はスギ、ヒノキともに施肥区の酸性が強く、とくに表層に強い傾向が認められる。N含量は施肥区に多くなっている。置換性塩基含量のうちK含量は施肥区にやや多いが、Ca, Mg含量はスギ、ヒノキとも無施肥区に多く、とくにヒノキ林に著しい傾向が認められる。
- つぎに腐植の量と腐植酸の形態について、分析した結果をのべる。腐植の抽出はアルコール・ベンゾール→水→0.1N熱NaOH→0.1M熱ピロリン酸ソーダ(以下NaPPとする)の逐次抽出法によって分別した。表-26はその量的関係をしめしたものである。全炭素に対する割合をみると、スギ、ヒノキともNaOH抽出腐植は施肥区に多く、NaPP抽出腐植は無施肥区に多い。しかしNaPP抽出の割合は少ないから全可溶性腐植の割合は施肥区に多くなっている。腐植酸の形態は表-27にしめした。NaOH抽出の腐植酸ともFQにはほとんど差がみられず、施肥の影響は認められない。RF, 10gKで定義される腐植化の程度は、スギ、ヒノキとも施肥区が進んでいる傾向にあるが、あまり大きな違いは認められないようである。

表-10 腐植の量的関係 (A層0～5cm)

	T-C	水抽出	アル・ベン抽出	NaOH抽出		計	NaPP抽出		計	可溶性腐植計	残査
				腐植酸	フルボ酸		腐植酸	フルボ酸			
スギ11年目施肥	1210	16 (13)	72 (58)	188 (155)	420 (348)	608 (503)	85 (29)	24 (20)	59 (49)	667 (552)	455 (377)
無肥	606	18 (30)	72 (119)	123 (103)	201 (332)	324 (435)	25 (41)	19 (31)	44 (72)	369 (507)	146 (344)
ヒノキ11年目施肥	600	20 (33)	59 (68)	134 (223)	237 (395)	371 (618)	12 (20)	10 (17)	22 (37)	393 (655)	128 (220)
無肥	1267	37 (21)	89 (78)	129 (157)	468 (370)	667 (527)	09 (23)	20 (16)	49 (39)	716 (566)	425 (335)

註 ()はT-Cに対する%

4 九州支場土壌研究室

昭和30, 32年宮崎営林署管内に設定したスギ幼令林肥培試験に隔年毎に5～6回施し、閉鎖直前迄の施肥効果を検討した。

- 0-1 倉谷試験地：地形は北東向、傾斜30°の平衡斜面で斜面の長さは約60mのBD(d)型土じょうである。60年3月植栽(2500/ha)のスギ(タノアカ)造林地に、同年秋面積0.15haの施肥区と無施肥区を設定した。肥料は固型肥料⑪1号(6-4-3)を用い、植栽木の斜面上方へ半円状に深さ15cmの穴を5～6カ所掘り、1～3回目は1本当たり150g, 4～5回目は倍量、6回目は粒状肥料住友1号(15-8-8)200gの施肥量を隔年ごとに6回施した。

倉谷の14年間および桂谷の12年間の樹高、直径、幹材積成長経過は図-7, 8のとおりである。

樹高におよぼす施肥の効果は、施肥1年目に多少あらわれたが、特に2回目の施肥をした8年目以降は顕著であった。また試験地を斜面に沿って上、中、下部に分けてそれぞれの部分の成長を4, 7, 10年目について検討した結果、斜面下部の方が上部にくらべて成長が良く、施肥の効果は斜面の各位置とも有意であり、肥効指数は斜面上部の方が下部より大きな値を示した。7年目まで調べた根元直径における肥効は年と共に増加し、8年目以降の胸高直径でも14年目まではその効果は持続していた。また、幹材積をくらべると8年目で2倍であったものが14年目では約2.5倍の施肥効果が認められた。

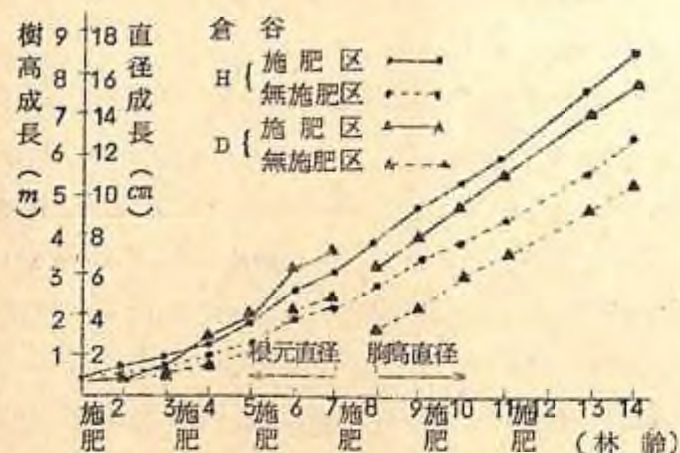


図 - 9 樹高および直径成長曲線

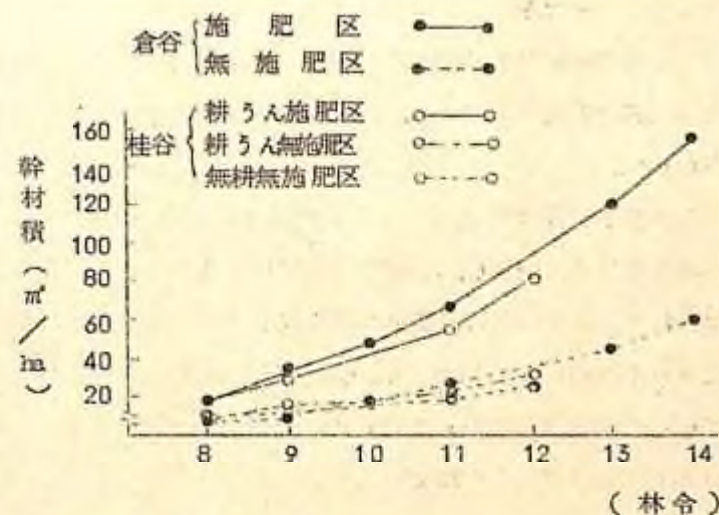
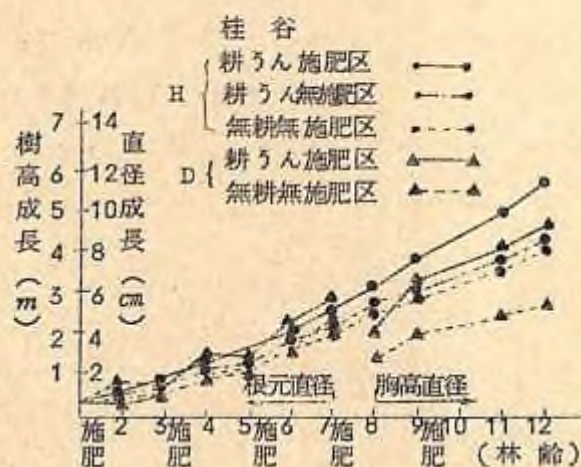


図 - 10 幹材積成長曲線 (飼肥地方スギ材積表による)

0-2 桂谷試験地： 地形は南向、傾斜30°の平衡斜面の長さは約150mの山麓で火山灰性のB1D型土じょうである。32年3月植栽(4000本/ha)のスギ(オビアカ)造林地に、翌年春面積0.15haの耕うん施肥区、耕うん無施肥区、無耕無施肥区の3区を設け、肥料は①1号を1, 2回目150g/本, 3, 4回目は倍量, 5回目は住友1号200gの施肥量を倉谷試験地同様隔年ごとに5回施した。耕うんは植栽木の間を水平方向に深さ15cmで面積当り0.09の割合で行なった。

各成長ともに倉谷より劣り、特に1, 2年目の樹高が耕うん施肥区と耕うん無施肥区は対照の無耕無施肥区より小さい値を示したが、3回目の処理を行なった3年目以降で耕うん施肥の効果は樹高および直径成長とも増大した。また12年生における斜面の位置による差は倉谷の逆となり、施肥、無施肥にかかわらず下部より中部の方が成長が良かった。しかし同じ位置での肥効は各位置とも非常に有意であった。耕うん施肥区の1, 2年目の樹高成長が無耕無施肥区より劣ったのは、図-8に見られるように生育期の7月と8月の降水量が57mmおよび120mmと著しく少なかったためと考えられる。耕うん無施肥区と無耕無施肥区の間には有意な差は認められなかった。

樹体の部位別成長： 樹体の部位別重量成長を調べるため、倉谷で9年目に施肥区と無施肥区より標準木よりやや大きい供試木を各1本ずつ選び、調べた結果は表のとおりである。これによると、各成長を肥効指数でみれば幹材積、地上部重量、胸高直径、樹高の順に大きく、また地上部の重量成長では枝、幹、葉の順に大きな値を示し、施肥の効果は枝に最も大きく現われた。

以上のことから、樹高成長は黒色土じょうより褐色土じょうの方が良く、追肥を重ねると成長は3年目頃より急速に増加し、施肥効果も明瞭になってくる。その肥効差は幹材積に最も大きく現われる。また斜面の位置における成長は、下部の方が大きく、肥効は逆に斜面上部の方に大きく現われるようである。植栽初期の生育期に雨量が極端に少ない年は施肥を行なってもその効果は小さいようだ。黒色土じょうにおける表層15cm程度の耕うんでは、効果はあまり期待できそうにない。

表-11 樹体の部位別重量成長

処 理	樹 高 (cm)	胸高直径 (cm)	材 積 (m ³)	生 重 量 (kg)			
				幹 重	枝 重	葉 重	地上部重(計)
施 肥 木	725 (141)	14.5 (177)	0060 (400)	57019 (387)	10684 (504)	52150 (310)	119853 (850)
無施肥木	515 (100)	8.2 (100)	0015 (100)	14722 (100)	2119 (100)	10832 (100)	33673 (100)

注 昭和36年8月(樹令9年生)の調査資料で()内の数字は肥効指数

7 国有林成木施肥試験 調査結果

本場 土壌肥料研究室

東北支場育林第3研究室

国有林で昭和40年より全国的規模で実施してきた成木施肥試験について、青森、秋田営林局管内については東北支場が調査し、その他の営林局については各局、担当営林署が実施したものである。東北支場で実施した調査方法は各試験地毎に各処理区より8~10本の調査木を選定し、樹幹解析をおこない試験設定前5ヶ年間と設定後5年間の材積成長率を算出し検討したものである。

7-1 青森局 スギ45年生 むつ試験

対照区における設定前の生長率は約3~7%の値を示したが、設定後も同程度の生長を示したにすぎない。施肥区では施肥後の材積生長率が明らかに増加している。また肥効のあらわれ方は図-10に示すように大径木ほど大きい傾向を示した。

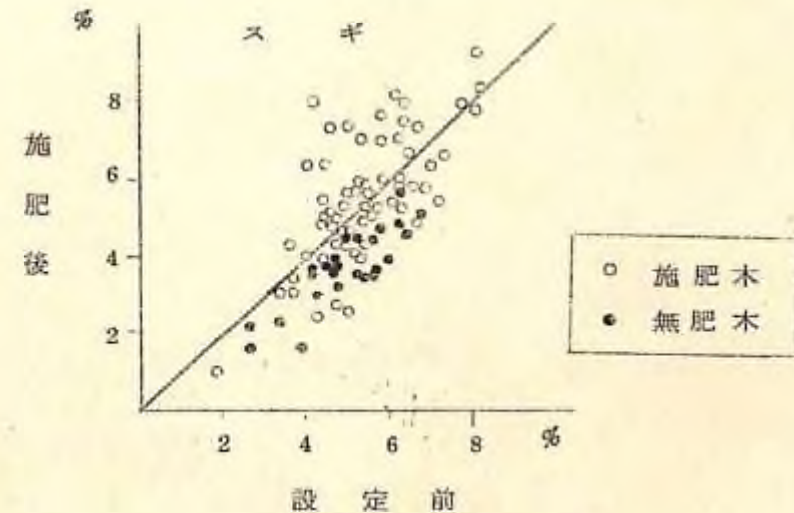


図-1 設定前、施肥後の生長率の関係

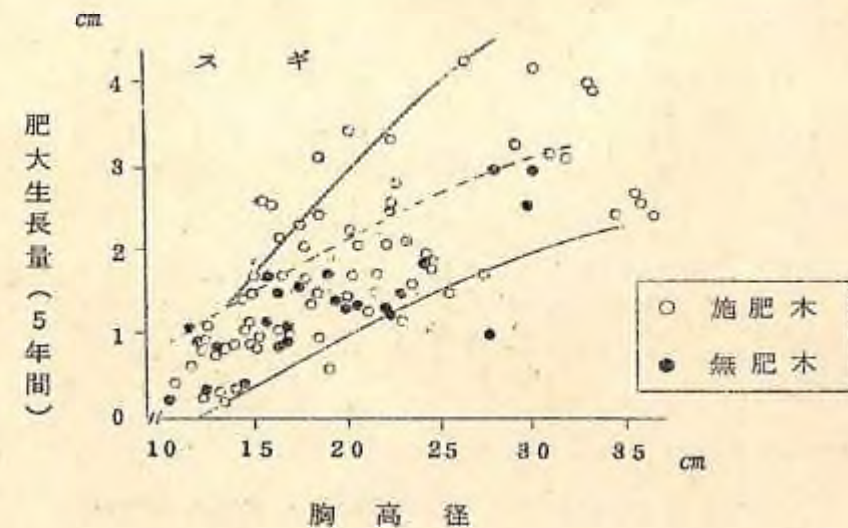


図-12 胸高直径と肥大生長量の関係

7-2 青森局 アカマツ 55年生 花巻試験地

対照区の設定前の材積生長は3~8%であったが設定後はむしろ低下した。これに対し、施肥区では大部分の調査木が設定前よりはるかに材積生長率を増加している。肥効のあらわれ方は、大、小径木ともにあらわれているが肥大生長量は大径木ほど大きい傾向を示している。

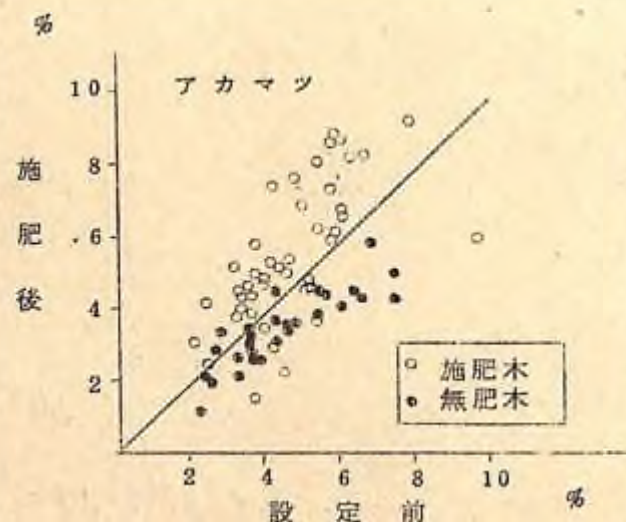


図-13 設定前，施肥後の生長率の関係

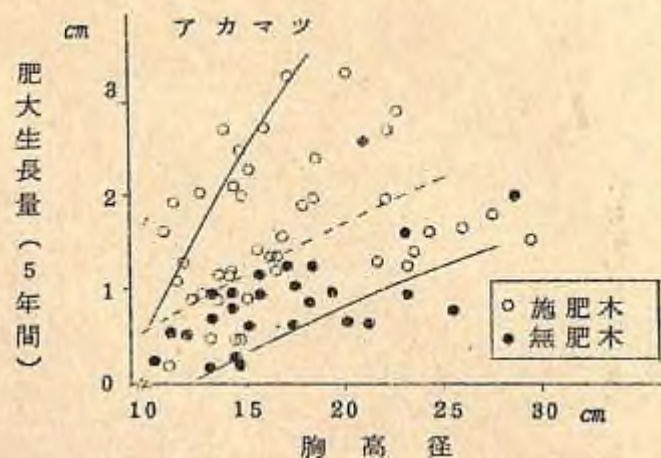


図-14 胸高直径と肥大生長量の関係

7-3 青森局 カラマツ 61年生 岩手試験地

対照区の材積生長率は設定前3~4%程度であって、設定後5年間は一きらかに低下し2~3%に低下している。これに対し、施肥区では施肥後の材積成長率を増加している。肥効のあらわれ方は大径木ほど大きい傾向を示した。

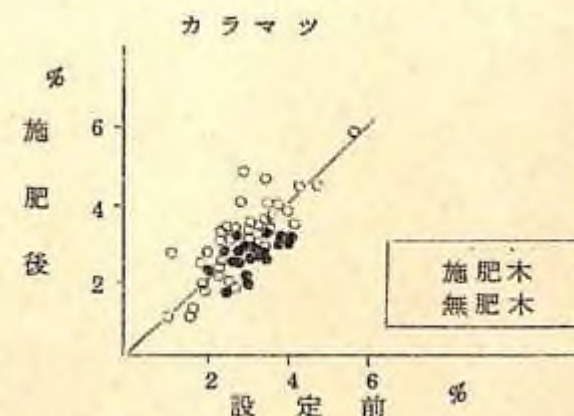


図-15 設定前，施肥後の生長率の関係

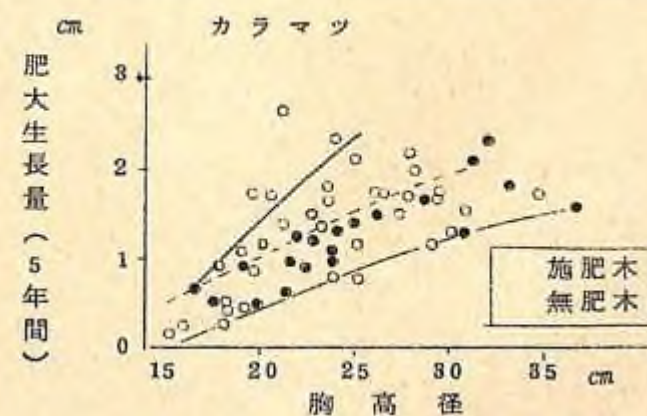
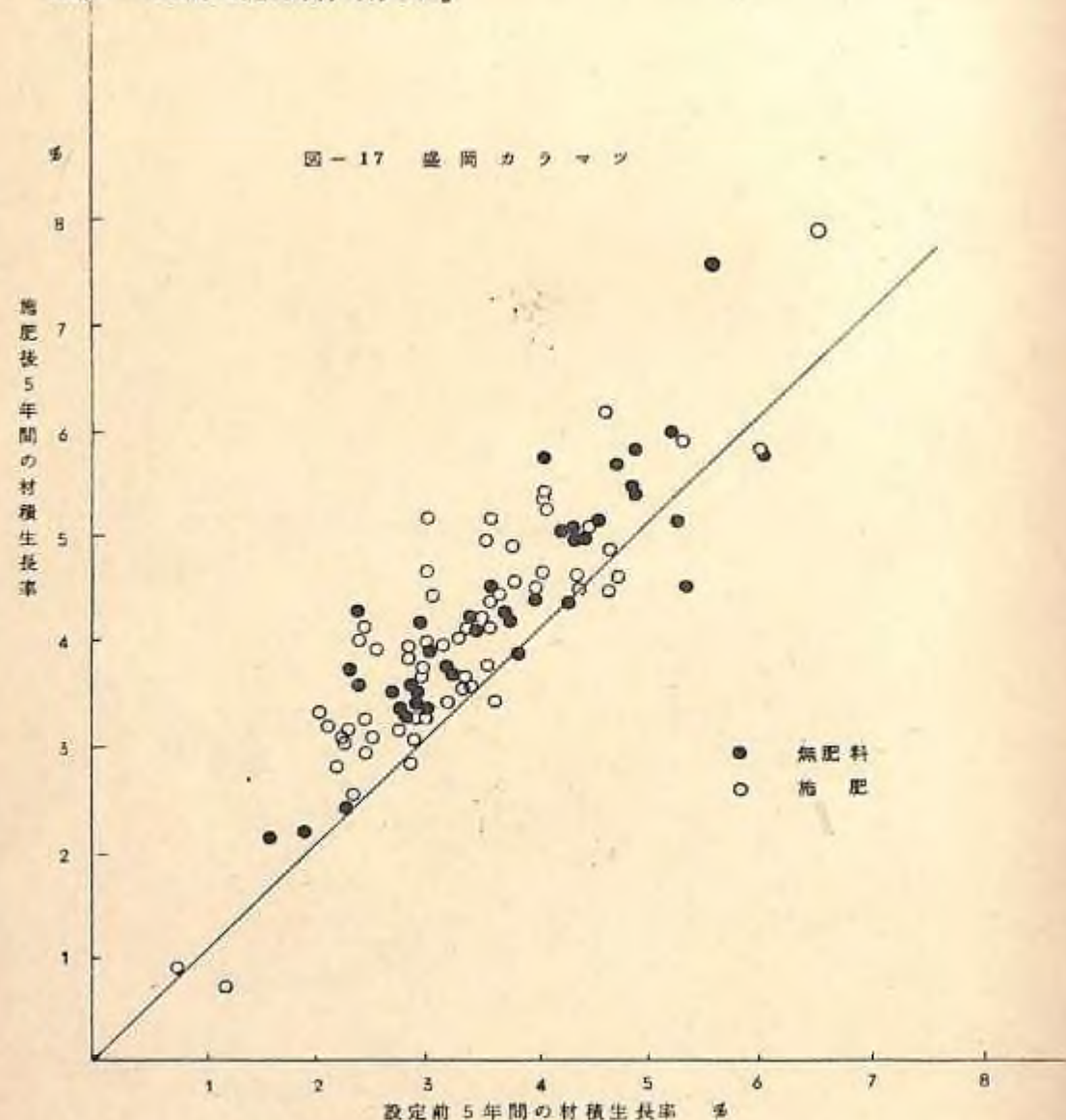


図-16 胸高直径と肥大生長量の関係

7-4 青森局 カラマツ40年生 盛岡試験地

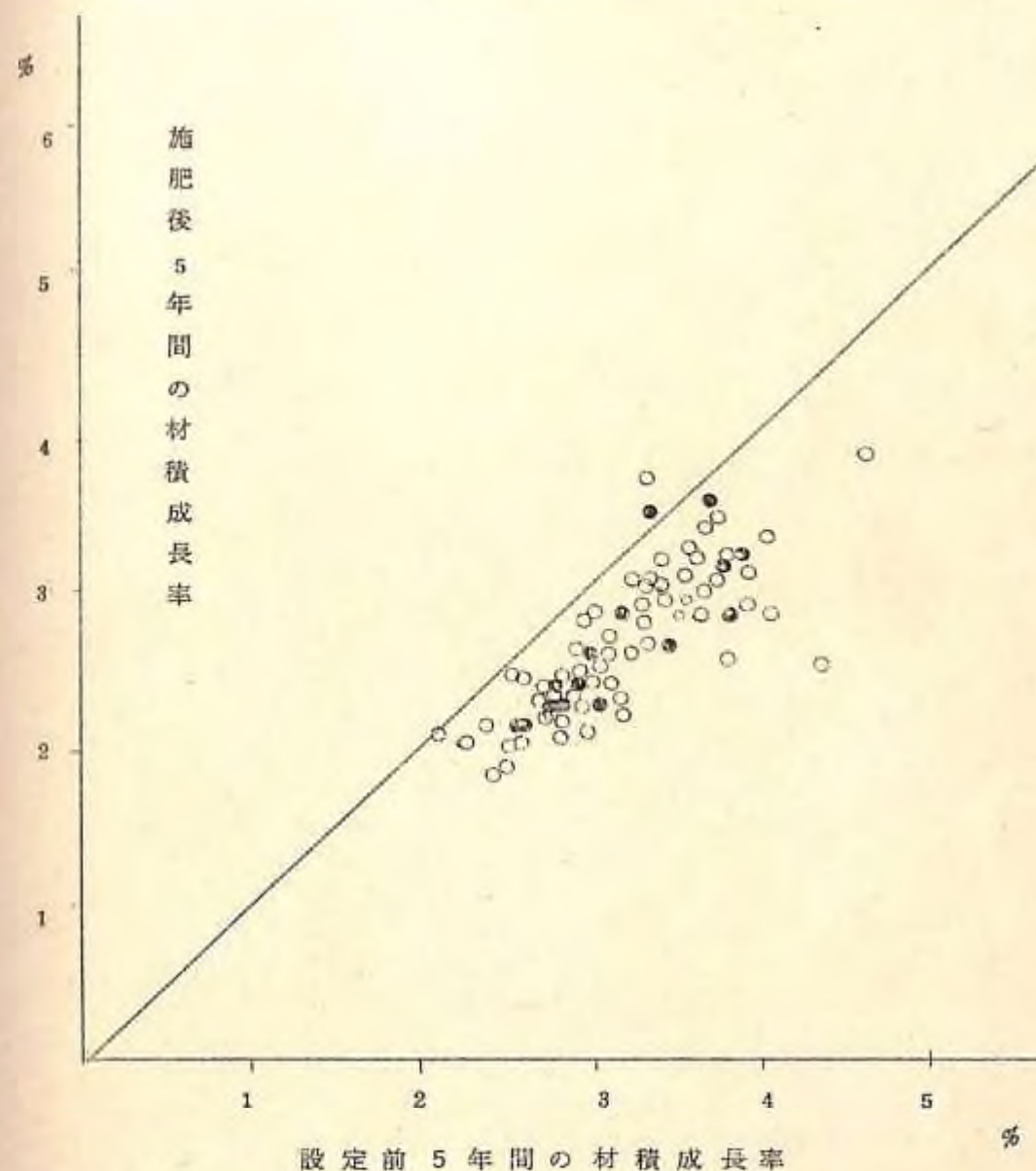
図-14に試験地設定前、後5年間の材積成長率を示した。対照区、施肥区ともに設定後の成長率は上昇したが、施肥効果は認められない。B_{D-E}(崩積)土壌であり地位指数25の良好な立地条件であった。



7-5 秋田局 スギ70年生 白沢試験地

材積成長率は図-15に示す。老令林分のためか設定後の成長率は低下しており、施肥効果は認められない。立地条件がよく、地位指数24~26を示している。

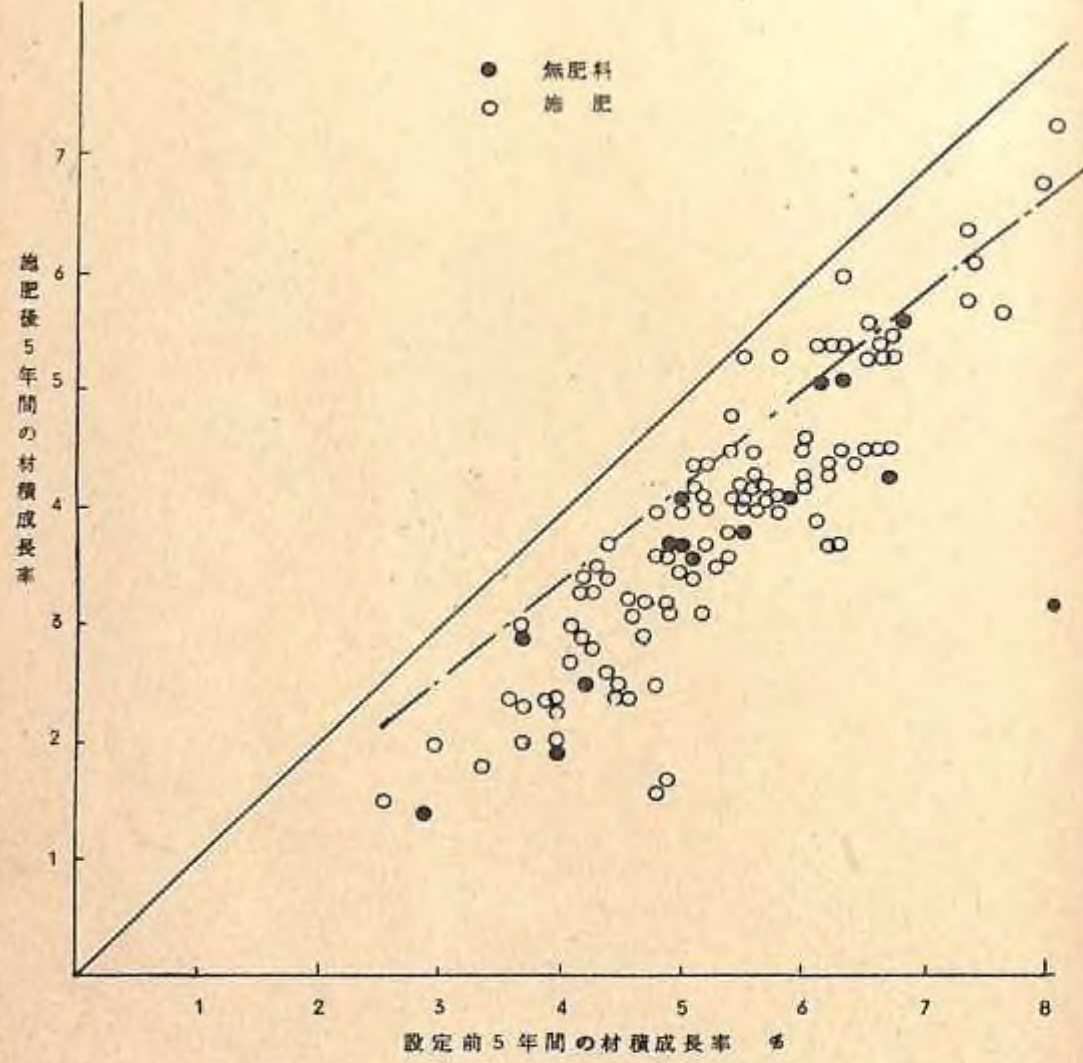
図-18 白沢スギ



7-6 秋田局 スギ40年生 合川試験地

試験地設定前、後5年間の材積成長率は低下している。施肥効果は一部の土木に認められるがその効果は僅かなものであろう。B_{D-E}(崩積)の土壌であり、立地条件がよく地位指数20~22を示している。

図-19 合川スギ試験地



7-7 その他の試験地

1)~6) 試験地と同様に施肥前5年間、施肥後5年間の材積成長率より肥効を判定した。調査結果は別表のとおりである。スギ林では7試験中、半数の3試験地では顕著な肥効が認められ、ヒノキ林では3試験地中、1試験地が肥効をあらわし、アカマツ林では3試験地中、2試験地が顕著な肥効をあらわした。カラマツ林では4試験地中、3試験地が僅かながら肥効をあらわしている。

別表一 1 国有林における成木施肥試験

局	署	樹種	樹令	肥 効		土 壌 型	樹幹折 解本数	選 木 方 法	年輪の読み とり方法	備 考
				有無	材積成長率増					
青森 秋田 前橋	つむ	ギス	45	顕著	1~4%	BD~BD(d)	各区0~10本	胸高直径階分布	1年輪毎	林試東北支場調査
	白沢	ギス	70	なし		BD~BE	各区10本	胸高直径階分布	1年輪毎	林試東北支場調査
	合川	ギス	48	有	1~3%	BD~BE	各区10本	胸高直径階分布	1年輪毎	林試東北支場調査
大坂 前橋 大坂	大田原	ギス	49	顕著	1~3%	BD	各区0本	胸高直径階分布	施肥年度中心	計画課林試共同試験地
	湯沢	ギス	65	顕著	2~5%?	BE				計画課林試共同試験地
	河白	ギス	42	なし		BD				
大坂 前橋 大坂	福山	ギス	59	不明		BD(d)	各区10本	平均木・大径・小径別	施肥年度中心	
	中之条	ヒノキ	64	有	1~2%	BD	各区0本	胸高直径階分布	施肥年度中心	
	尾鷲	ヒノキ	58	なし			各区5本	平均木・大径・小径別	施肥年度中心	
青森 大坂 熊本	福山	ヒノキ	62	なし		BD(d)	各区10本	平均木・大径・小径別	施肥年度中心	
	花巻	アカマツ	55	顕著	1~3%	BD(d)~BD	各区10本	胸高直径階分布	1年輪毎	林試東北支場調査
	福山	アカマツ	55	顕著	1~2%	BD(d)	各区10本	平均木・大径・小径別	施肥年度中心	
青森 前橋 長野	加治木	アカマツ	65	不明		BE	2~8本	直径階	1年輪毎	
	盛岡	カラマツ		なし		BE~E	各区10本	胸高直径階分布	1年輪毎	林試東北支場調査
	手岩	カラマツ	61	有	1~2%	BE(d)	各区0~10本	胸高直径階分布	1年輪毎	林試東北支場調査
	津草	カラマツ	53	有	1%程度	BE	各区0本	胸高直径階分布	常 法 ?	施肥効果の解析困難
	大町	カラマツ	60	不明		BE~E	各区0~8本	胸高直径階分布		

8 成木林肥培のとりまとめ

以上本支場でおこなわれた試験成績ならびに各県林試で実施してきた試験成績を参考に次のとおりとりまとめた。

(1) 林分密度と施肥効果—優勢木と劣勢木の肥効

1) 密度の高い林分での肥効はあらわれにくいといわれているが、このような林分内では立木の優劣の差が明らかであり、優勢木では肥効をあらわすものと解せる。しかしこの場合林分としてみた場合には1部分の立木の肥効であって林分の施肥効果は小さい。したがって施肥効果を充分発揮させるためには適正な林分密度が必要であろう。

2) 適正な林分内でも優勢木と劣勢木とでは肥効のあらわれ方は異なる。すなわち着葉量の多い優勢木では肥効は大きく着葉量の少ない立木では肥効は小さくあらわれる。樹冠の発達の悪い林分では大径木、小径木を問わず同程度の肥効を期待することができる。

(2) 樹形にあらわれる肥効

施肥効果は針葉の着分含有率を高め、樹冠の発達を促進し、樹高成長にあらわれ直径成長では樹冠下部の肥大成長を促し、次第に胸高直径の肥大成長としてあらわれる。

1) 樹冠下部の肥大成長は、林分密共、優成木、劣勢木等林分の状態によってそのあらわれ方も異なるものと思われる。肥培効果は樹冠内部の肥大成長量が大きいといわれるがその傾向は対照木も同様である。肥培効果の大きくあらわれた優勢木では幾分樹冠下部の肥大成長が大きく、完満^{※1}な傾向を示す。完満な材を得るためには枝打間伐をおこなうことがより効果的であり、施肥により容易に完満材を得られると考えるのは問題がある。

※1 完満度をあらわす指標として加納は H/D 比を用いている。同一林分では林分密度や枝下高の位置により H/D 比を用いて完満度はあらわされるが、肥培木の場合には施肥効果は樹冠下部の肥大成長としてあらわれても樹高も同時に伸長増としてあらわれるから H/D で表現するのはむずかしい。肥培木の完満度は造林歩止りという立場からの検討が必要であろう。

2) 肥培により完満な材が得られると胸高形数も大きくなるように想定されるが、肥培効果の大きくあらわれた優勢木では樹冠下部の肥大成長は大きく、樹高伸長量も大きくあらわれる。このため胸高形数はむしろ低下し、肥培効果のあらわれない劣勢木では反対に胸高形数は大きくなる場合もある。林分として肥培効果と胸高形数を考えるならば現

時点では変動しないとみるべきであろう。

(3) 土壌の性質と肥効

土壌の理化学性は良好であるが養分の乏しい林地において肥効はあらわれやすい。肥沃な林地では葉の養分含有率も高く、N含有率18%以上の林分での肥効はあらわれにくい傾向にある。

(4) 枝打、間伐と施肥効果

1) 枝打により成長は減退するが、施肥によりある程度の成長回復は期待できる。良質材生産の立場からは枝打、施肥は効果的なものとみられる。

2) 間伐時の肥培は閉鎖迄の時間的経過を早める。樹冠の発達を促進し地力の減退を防止する上からも効果的と解せる。

(5) 肥料の種類と施肥量回数

肥効は施肥当年もしくは翌年にあらわれ、翌年さらに施肥することにより肥効は5年程度持続^{※2}するものと考えられる。施肥量は現時点では $N 70 \sim 100 \text{ kg/ha}$ ^{※3}程度とし、針葉にあらわれる肥効をみながら1~2回おこなう。肥料の種類は窒素、単肥または化成肥料^{※4}どちらでもよいが、材木の栄養的見地と地力維持増進の立場から三要素施肥が適当であろう。

※2 肥効の持続は施肥により葉の養分含有率が増加し養分の蓄積効果が肥効の持続としてあらわれるようであり、肥料が土壌中で2~3年保持され肥効をあらわすものとは解しがたい。

※3 林地における施肥窒素の硝酸化成作用を検討した結果、土壌の種類、化学的性質母材等により異なるが、施肥量の大部分は7~8月の高温時に硝酸化成が進み、翌年の硝酸化成のピークは認められない。このため多量施肥の意味はなく、むしろ少量を分施する方が効果的と考えられるが、さらに検討を要する問題である。

※4 化成肥料は農業用、林業用をとわず施肥効果をあらわしているが前記硝酸化成作用より緩行性肥料の利用を検討すべきであろう。

(6) 肥培林地の土壌変化

土壌の理化学的性質の変化は皆伐による変動がかなり長期間継続し回復にかなりの年数が必要とする肥培林地の土壌諸性質の変化は、このため連続的な調査を必要とする。土壌の性質は林分の状態による自然的な変動があるからその流れの中で施肥がどの様な影響を支えるかを調査しなければならない。常緑林地等での結果もあるが、今後のデータの蓄積

を要する部門であろう。

天 然 林 の 施 業 法

—トドマツ・エゾマツを主とする—

天然林施業の基礎的研究—

I 試験担当者

P・L・	支 場 長	寺 崎 康 正 (現京都大学)
	"	余 語 昌 資
連絡・調整	経 営 部 長	長 内 力
更 新 班	造林研究室長	林 敬 太 (現本場造林部)
	土じょう研究室員	塩 崎 正 雄
	樹病研究室員	遠 藤 克 昭 他 10 名
経 営 班	経営研究室長	真 辺 昭 他 3 名
昆 虫 班	昆虫研究室長	山 口 博 昭
	" 室 員	小 泉 力 他 1 名

II 試験目的

トドマツ、エゾマツを主とする天然林の施業については、北海道の開拓初期は良木掠奪を中心とした所謂択伐施業が行なわれ、その後これへの反省にもとづいて群状択伐あるいは小面積皆伐などの施業がとられてきた。昭和32年林力増強計画が策定されるに及んで、大面積皆伐施業が主流を占めるようになったが、この弊害が現われるようになってから、かつて特定の地域で小面積に行なわれていた漸伐施業が俄かに注目をあび、昭和40年代に入ってから全道各地で行なわれるようになった。しかし漸伐施業はそれまで国有林(御料林を含む)の主要施業法となることがなく、特に作業体系や更新関係においては全く未知であり、さらに漸伐施業といっても局によってその解釈が区々であって一貫した取扱い方法が確立されていなかった。

この研究は漸伐施業における作業と更新の関連を解明するための基礎資料を得ることを目的とするものである。

III 試験の経過と得られた成果

この研究は昭和43年度から47年度に至る5カ年にわたって行なわれた。

天然林施業関係の研究は、その範囲が極めて広汎なので、研究計画を立てるに当っては重点目標を絞ってつぎの3とした。

- ① 種苗の発生消長
- ② 林分型ごとの成長と収穫の予測
- ③ 伐採と虫害の関連

この夫々に研究班を編成し、更新班、経営班、昆虫班とした。試験の場としては、主として札幌官林局管内の空沼天然林施業実験林（以下空沼実験林と云う）および野幌試験林を利用した。空沼実験林においては、後述するように山の上から下にかけて幅50m、長さ600mの皆伐帯を設けたが、研究年次計画もこの帯の伐採を利用して次のように定めた。

研究年次計画

伐 採 前	伐 採 後
43年度	44年度 - 46年度
<ul style="list-style-type: none"> ○ 稚樹の成立状態（更新） 本数、樹高、樹令、生長経過、生育地、健全度、根系、植生光 ○ 地形と土壌（更新） 地形解析、酸性土壌と堆積腐植の形態及び理化学性土壌水分 ○ 原資蓄積について、その大きさ、直径、樹高階別配分（経営） ○ これらの場所間の変動（経営） ○ 林型区分と虫害枯損木の発生（昆虫） 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 前生稚樹の消長と後生稚樹の侵入状態（更新） ○ 環境の植生変化が土壌と植生に及ぼす影響（更新） 気候の植生変化の推移（更新） ○ 稚樹の消長と気象要因の関係（更新） ○ 発生稚苗の病菌による消失の実態（更新） ○ 枯損量調査（経営、昆虫）とその詳細な記事（昆虫） ○ 除草剤散布による前生稚樹の刈出と林床植生（更新） ○ 残存木に対する成長促進効果（量質）（経営） ○ 外形的特徴にもとづく枯死条件の決定（経営） ○ 帯状皆伐区における林分解析（経営） ○ 枯死後の外貌の変化（経営） ○ 林型区分（全林） （危険木の判定、樹型と樹脂流出） ○ 伐採に伴う虫害枯損木の発生様相（昆虫）
<ul style="list-style-type: none"> ○ 稚苗の発生、消長ならびに稚樹の生育と環境（更新） 発生した稚苗が安定するまでに育つ条件 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 各局の実験林での調査（昆虫） 旭川大雪の面伐試験地 札幌、夕張の試験地 ○ 風倒跡地の林分解析（経営・46年度） 〔野幌〕 ○ 上木疎開と稚樹の消長（更新）

以下、各班ごとに研究経過と得られた成果をのべることにする。

1. 更新班の研究経過

1-1 稚苗の発生と菌

1-1-1 種子から分離された糸状菌の病原性

昭和43、44年の2年間、野幌試験地トドマツ人工林内（昭和7年植栽）ならびに空沼実験林のエゾマツ、トドマツ天然林内で人工播種したトドマツ種子について、春の融雪から発芽を始める直前まで糸状菌の分離をおこなった。種子からの病原菌分離は、播種された種子を土壌ごと採取し、実験室内に持ち帰り土壌より種子を選出し、5℃付近で分離し、出現する糸状菌を調べた。その結果、*Rhacodium therryanum*, *Rhizoctonia* SP, *Botrytis cinerea*, *Cylindrocladium* SP および菌叢白色の未同定菌が多く分離されたので、これら5種について病原性の検討をおこなった。なお、このほかに分離された糸状菌としては、*Fusarium*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Epicoccum*, *Mucor*, *Rhizopus* 等であった。この結果は表-1のとおりである。供試トドマツ種子は、昭和43年秋採取網走産充実率61%低温貯蔵のもので、充実粒に対する発芽率は40%である。

表-1 タネから分離された菌とその病原性

接種菌	供試粒数	タネから分離された菌					発芽調査	
		Rhaco	Rhizoc	Botry	W	Cylin	供試粒数	成立本数
Rhaco.	200	200					500	0
Rhizoc.	200	44	194				500	0
Botry.	180	76		79	2		500	79
W	100	48			25		500	134
Cylin.	100	66				2	500	148
無接種	200	108					500	128

注) W: 菌叢白色の未同定菌

Rhacodium 菌, *Rhizoctonia* 菌接種区は、種子から接種菌がそれぞれ100%, または90%以上の率で分離され、成立本数が皆無であったことから、これらの菌は種子をおかす強い病原性をもっていることが確認された。

1-1-2 稚苗の発生と苗害

発生を左右する要因の一つとして、病原菌による種子の地中腐敗が考えられるので、この点を検討するため、札幌営林署管内野幌の大正7年(野幌41)ならびに昭和7年植栽(野幌42)のトドマツ人工林内、ササ型の林床として定山溪営林署管内空沼実験林のエゾマツ、トドマツ、ミズナラ、シナ、センの天然林内、そしてコケ型の林床として苫小牧営林署管内、シシヤモナイのエゾマツ天然林内に、つぎの地床ならびに薬剤処理をおこない人工播種試験をおこなった。

すなわち野幌人工林内：L層除去区、A層除去区、林床無処理区にそれぞれTMTD剤(種子重量の3%, 以下同じ)およびPCNB剤(㎏あたり20g, 以下同じ)による種子と土壌消毒区と無処理区を組合わせる。

空沼実験林内：ササ刈り払い落葉除去区、ササ刈り払いA層除去区にそれぞれTMTD剤、およびPCNB剤による種子と土壌消毒区と無処理区を組合わせる。

シシヤモナイ天然林内：コケ層除去区、林床無処理区にそれぞれTMTD剤、およびPCNB剤による種子と土壌消毒区と無処理区を組合わせる。

なお、各試験地の概況を述べれば、つぎのとおりである。

野幌41・42林班はオウシク沖積堆積からなる丘陵地帯で、林床はトドマツ落葉でおおわれトドマツの稚苗、イワガラミ、ツタウルシのツル植物が優占している。

空沼実験林内は、標高400~750m、比較的新らしい時代の火山活動によって形成された地域の火成岩地帯に属し、試験地の林内はトドマツ、エゾマツ、センノキ、ヤチダモ、シナノキ、カンバ類の中大径木で林冠が占められ、林床はクマイザサである。

シシヤモナイは標高380m、御前山の西側山麓にあたり、火山泥流上山麓緩斜面、エゾマツにアカエゾマツを混じる天然林で林床はミズゴケが優占し、これにシラタマノキ、イワツ、ジが随伴している。

試験方法は、1m×2mのプロット3回反復とし、昭和45年10月下旬㎏あたり50gの種子をまきつけ、ほかにクレモナ袋に100粒を一様にちらばせたものを同時に林地表面上に設置した。春季消雪直後に、各処理区よりクレモナ袋に封入した種子ならびに土壌ごと種子を採取し、発芽試験と種子から糸状菌の検出をおこなった。

種子の発芽試験結果を表-2に示す。野幌人工林内、空沼実験林内とも、発芽率はいずれも分散分析の結果5%の危険率で薬剤処理区と無処理区の間には有意差が認められる。一方コケ型のシシヤモナイ天然林内では、薬剤処理区と無処理区の間には有意差が認めら

れない。

表-2a 発芽試験結果

野幌41 71.4.21

処 理	供試粒数	発芽数	未発芽数	腐敗	批	試算発芽数
A層除去	(100) 336	(7) 22	(2) 9	(50) 168	(41) 137	62
A層除去 薬剤	(100) 316	(26) 82	(3) 9	(35) 111	(36) 114	81
L層除去	(100) 326	(10) 32	(1) 2	(46) 151	(43) 141	38
L層除去 薬剤	(100) 335	(26) 86	(9) 30	(28) 94	(37) 125	81
地床 無処理	(100) 341	(8) 26	(0) 0	(51) 174	(41) 141	22
地床無処理 薬剤	(100) 322	(24) 76	(11) 37	(28) 95	(36) 114	80

() %

表-2b 発芽試験結果

野幌42 71.4.21

処 理	供試粒数	発芽数	未発芽数	腐敗		試算発芽数
A層除去	(100) 200	(20) 40	(2) 4	(41) 82	(37) 74	4 4.9
A層除去 薬剤	(100) 319	(25) 79	(8) 25	(37) 120	(30) 95	8.9
L層除去	(100) 317	(17) 55	(5) 12	(37) 119	(41) 131	5.4
L層除去 薬剤	(100) 344	(26) 88	(8) 26	(35) 120	(32) 110	9.3
地床 無処理	(100) 319	(11) 36	(2) 4	(47) 151	(40) 128	4.6
地床無処理 薬剤	(100) 337	(22) 76	(8) 29	(37) 124	(32) 108	9.2

() %

表-2c 発芽試験結果

ソラスマ 71.4.27

処 理	供試粒数	発芽数	未発芽数	腐 敗		試算発芽数
Ao 層 除 去	(100) 315	(4) 13	(1) 3	(46) 145	(49) 154	13
Ao 層 除 去 薬 剤	(100) 310	(27) 83	(3) 9	(34) 107	(36) 111	76
L 層 除 去	(100) 316	(4) 12	(3) 10	(46) 147	(46) 147	11
L 層 除 去 薬 剤	(100) 337	(26) 89	(3) 10	(30) 102	(40) 136	69

() %

表-2d 発芽試験結果

シンヤモナイ 71.5.20

処 理	供試粒数	発芽数	未発芽数	腐 敗		試算発芽数
コケ層 除 去	(100) 300	(27) 80	(3) 9	(33) 99	(37) 112	66
コケ層 除 去 薬 剤	(100) 302	(26) 78	(4) 13	(30) 91	(40) 120	72
地床無処理	(100) 300	(24) 72	(2) 5	(30) 91	(44) 132	53
地床無処理 薬 剤	(100) 300	(34) 103	(4) 12	(29) 87	(33) 98	80

() %

つぎに、種子の地中腐敗をおこすものとして確認されている *Rhacodium the-rryanum* と *Rhizoctonia* SP について、各試験地の処理別の種子からの検出数を示せば表-3のとおりである。

表-3 各試験地のタネから検出された
Rhacodium therryanum と *Rhizoctonia* SP.

処 理	供 試 粒 数	野 幌 41		野 幌 42	空 沼	シンヤモナイ
		Rhaco	Rhizoc	Rhaco	Rhaco	Rhaco
Ao 層 除 去	300	48	18	8	246	36*
Ao 層除去薬剤	300	1	0	1	13	1***
L 層 除 去	300	148	7	83	253	
L 層 除 剤	300	12	0	4	45	
地床無処理	300	147	69	120		63
地床無処理薬剤	300	10	2	0		1

* コケ除去

** コケ除去薬剤

野幌人工林内では、L、下層のいわゆるAo層に検出数が多く認められるが、空沼実験林内では、Ao層、A層とも82~84%の高い検出率で認められ、薬剤処理の効果が現われているのは当然といえる。一方薬剤処理の効果が現われなかったコケ型のシンヤモナイ天然林では、*Rhacodium* 菌の検出数も比較的低いことが影響を有しているようである。

今仮りに、検出された *Rhacodium* 菌、*Rhizoctonia* 菌がすべて発芽を阻害すると考えると、当然発芽すべき量は次式で求められる。

$$\text{発芽数} = \text{供試粒数} \times (100 - \text{Rhacodium, Rhizoctonia 検出率}) \% \times (100 - \text{シイナ率}) \% \times \text{発芽率} \% (\text{充実粒に対する})$$

これにより各試験地の処理別発芽数を求めたのが表-2の試算発芽数である。実際の発芽数と比較してみると、野幌、空沼では大体よく近似している。このことから、発芽阻害をおこしているものは地中腐敗の病菌によることが明らかである。また、コケ型のシンヤモナイでは、計算で求めた発芽数よりいずれの処理区も実際の発芽数が多く、ここでは *Rhacodium* 菌は存在しても種子に対して病原性を現わしていないことになる。

各試験地でのみどり苗木の発生本数を示すと表-4のとおりである。ただし空沼実験林内、野幌42林班での実験は野そ、その他の被害が大きかったので除外した。野幌41林班では、さきにおこなった発芽試験の結果と同じように、分散分析の結果5%の危険率で薬剤処理と薬剤無処理間、A〇層除去とL層除去、A〇層除去と地床無処理間に有意差が認められる。シシヤモナイでは、同じく5%の危険率でコケ層除去と地床無処理間、地床無処理と地床無処理に薬剤処理をした区との間に有意差が認められ、さきの発芽試験では薬剤処理に有意差が認められなかった点と異なる結果が得られた。これは発生本数調査は消雪後1ヶ月経過しているもので、この間に種子の内部に侵入していた *Rhacodium* 菌が病原性を現わしたと考えられる。以上のように種子の地中腐敗をおこす病原菌として *Rhacodium therryanum* ならびに *Rhizoctonia* SP はかなり強い発芽阻害をおこす要因となっていることが明らかである。

表-4 処理別発生本数(㎡あたり)

野 幌 71.6				
処 理	発 生 本 数			
	I	II	III	平 均
A〇 層 除 去	684	412	624	573
A〇 層 除 去 薬 剤	912	652	1,264	943
L 層 除 去	56	64	72	64
L 層 除 去 薬 剤	720	560	508	596
地 床 無 処 理	92	144	40	92
地 床 無 処 理 薬 剤	240	396	504	380

シシヤモナイ 71.6				
処 理	発 生 本 数			
	I	II	III	平 均
コ ケ 層 除 去	1,052	784	700	845
コ ケ 層 除 去 薬 剤	744	772	640	719
地 床 無 処 理	416	452	316	395
地 床 無 処 理 薬 剤	860	812	660	784

1-1-3 土壌の凍結、不凍結と *Rhacodium* 菌の病原性

Rhacodium therryanum によるトドマツ種子の地中腐敗をおこす条件の一つとして、積雪下における林床の凍結、不凍結が菌の発育や種子の腐敗にどのような関係があるかを調べるために試験をおこないつぎのような結果が得られた。

馬鈴薯寒天培地を-2~-4℃に保ち、過冷却によって不凍結状態の場合の *Rhacodium* 菌の発育の比較をおこなった。凍結状態では、不凍結に比べて菌の発育は半分以下であった。また、土壌をいれて殺菌した鉢の中心部に *Rhacodium* 菌のコロニーを接種し、これを凍結、不凍結に設定して積雪下におき、トドマツ種子をトラップとして菌のひろがり調べた。その結果凍結区では不凍結区に比べて菌のひろがりも小さく、稚苗の成立調査でも、菌を接種した鉢中心部からの稚苗の発生しなかった範囲も凍結区では小さかった。さらに、土壌をいれ殺菌した鉢に、*Rhacodium* 菌を接種してトドマツ種子をまき、これを凍結、不凍結に設定して積雪下におき、菌の病原性を調べた結果、菌の種子への侵入は、凍結区の方が少く、また種子の発芽検定の結果でも土壌凍結区の方が健全率は高かった。

以上のことから、*Rhacodium therryanum* が種子をおかす場合、積雪下の地表が凍結状態にあるか、不凍結状態にあるかによって差異のあることが確かめられた。

1-1-4 道内5地域の林内で検出された *Rhacodium* 菌の病原性比較

種子をおかす病原菌の検索を、立地条件、更新の良否などを考慮にいれ、日本海沿岸として古丹別営林署管内、道央として釧路営林署管内、道東地域として池田林務署管内をえらび、各地域2~4箇所について人工播種試験をおこなった。この結果ほとんどのプロットで *Rhacodium* 菌が検出された。また、この菌の検出率は、更新の良いプロットでは少なく、更新不良のプロットで多い傾向がみられた。これら上記3地域と空沼実験林のササ型、シシヤモナイのコケ型を加えた5地域の林内で検出された *Rhacodium* 菌の病原性を比較するため、殺菌土壌にそれぞれの菌株を接種してトドマツ種子をまき、積雪下に設置して同じ条件下で実験をおこなった。その結果5地域とも種子からの菌の分離ではすべて100%の接種菌の出現率であるが、種子の発芽にちがいがみられ、とくに空沼実験林のササ型では成立本数が皆無というように、明らかに菌の系統の中に病原性のちがいがあるようである。さきにおこなった実験で、コケ型のシシヤモナイで *Rhacodium* 菌が存在していながら病原性を現わしていないのも、このためによるものと考えられる。この点については再度実験をおこない検討したいと考える。

1-2 稚苗の発生と水分

種子の発生には種子と鉅質土壌とがよく密着するように、地がきがよいことが明らかにされている。種子の吸水比（水を吸うことによってふえた種子の重さを気乾重量で割ってその増した割合を表わす）が発芽の目安となるといわれているが、トドマツについても、1粒あたりの重量が1.1g以上であれば吸水比で発芽の過程を判断する指標となりうるということがわかったので、実際の林床におかれた種子の発芽までの過程を追求した。

試験の方法は、産地が同一で1粒あたりの重量が1.1g以上の種子を用い、1粒あたりの重量が同じもの30粒をクレモナ袋にいれ、袋内に一様にちらばらせ、これを札幌営林署管内野幌のトドマツ人工林内のA₀層除去区と地床無処理区に10月下旬に配置し、地床と同じ材料でみえがくれ程度に被覆した。埋設後一定期間ごとに両処理区より4袋（120粒）ずつ雪中より掘り出し、その吸水比を1粒ずつ求め地床処理別に種子の吸水過程を2冬期間にわたって調査した。

結果は図-1のとおり、44~45年、45~46年とも、消雪時までは両処理区ともほとんど同じような発芽への過程をたどっていることがわかる。消雪後すぐに吸水比1.00をこえて発芽の過程にはいりかけるが、消雪後の乾燥によって大きく影響をうけ、とくに林床無処理区においてこの乾燥の影響が著しい。44~45年の場合は、A₀層除去区は全体的に順調に発芽の過程に進んだが、林床無処理区は供試粒数の30%が発芽への過程に進んだ。45~46年の場合は、乾燥の影響がいちぢるしく、A₀層除去区でも発芽の過程に進んだものは供試粒数の15%、林床無処理区では僅かに6%が最終的に発芽への過程に進んだ。

つぎに、45年における両処理区の層位別土壌水分含有率の季節変化は図-2のごとく、A₀層除去区では処理層とA₂およびB層での水分含有率が平行の傾向にあるが、無処理区はA₀層（L、F層）と鉅質土壌での水分含有率の季節変化は不平行である。とくに、5月下旬L層が著しく水分不足状態にあるにかかわらず、F層およびA₁層以下の各層はそれほど大きな変化がない。このことはA₀層とA層との水分の移行が不連続であることを示すものと思われる。このことから表層はとくに乾燥することは明らかである。

別途室内実験で、外観的に種皮に割れ目が出来幼根が出始めたものや、幼根が向地性を示し始めたものなど、種子のいろいろな吸水比別に、硫酸で関係湿度を30%に調節したデシケーター内に4日、5日、6日、7日間処理し、処理後再び発芽床において水を与えたところ、4日処理では、幼根の伸長がかなり進んでいる状態のものでも、ふたたび水を

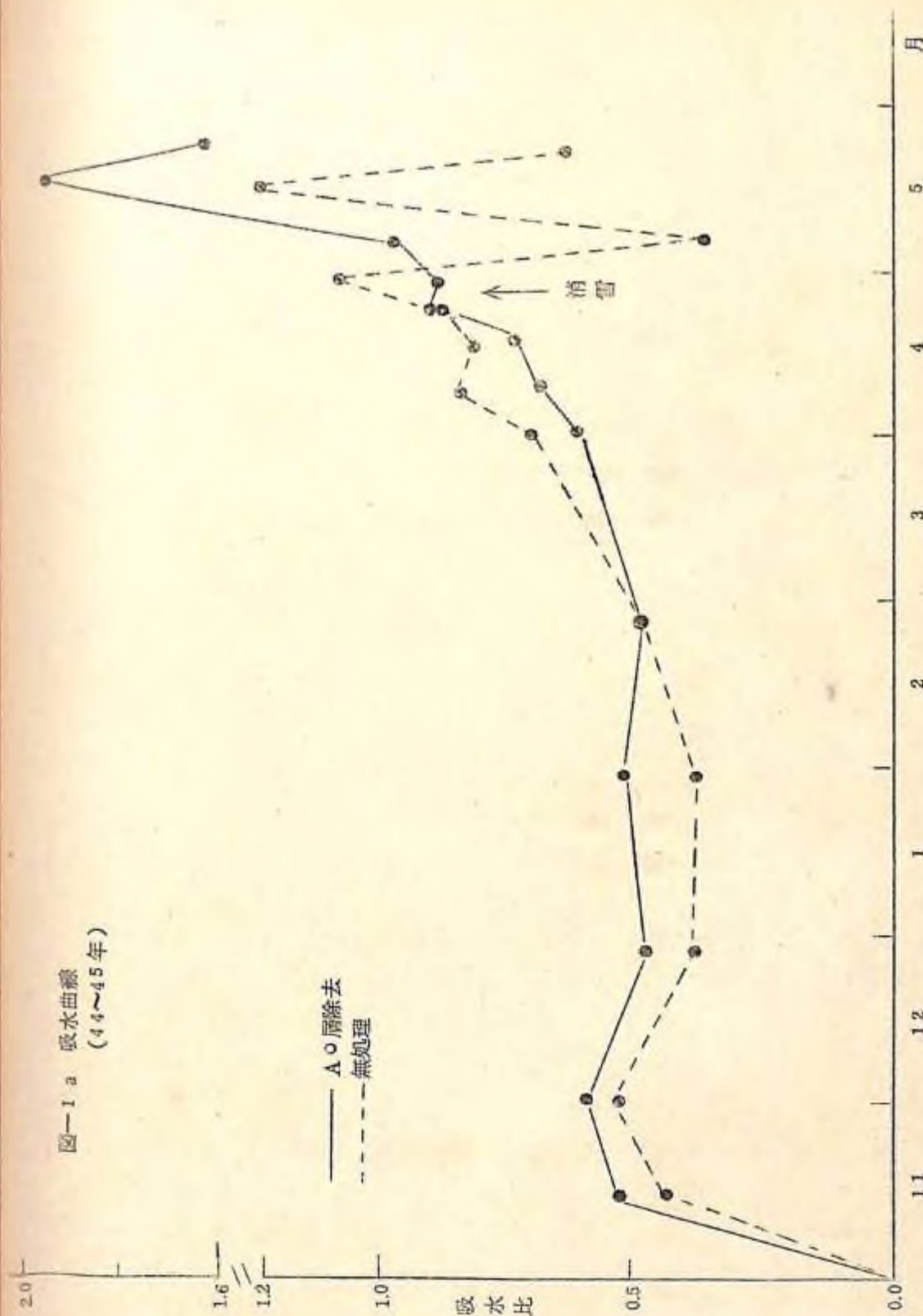
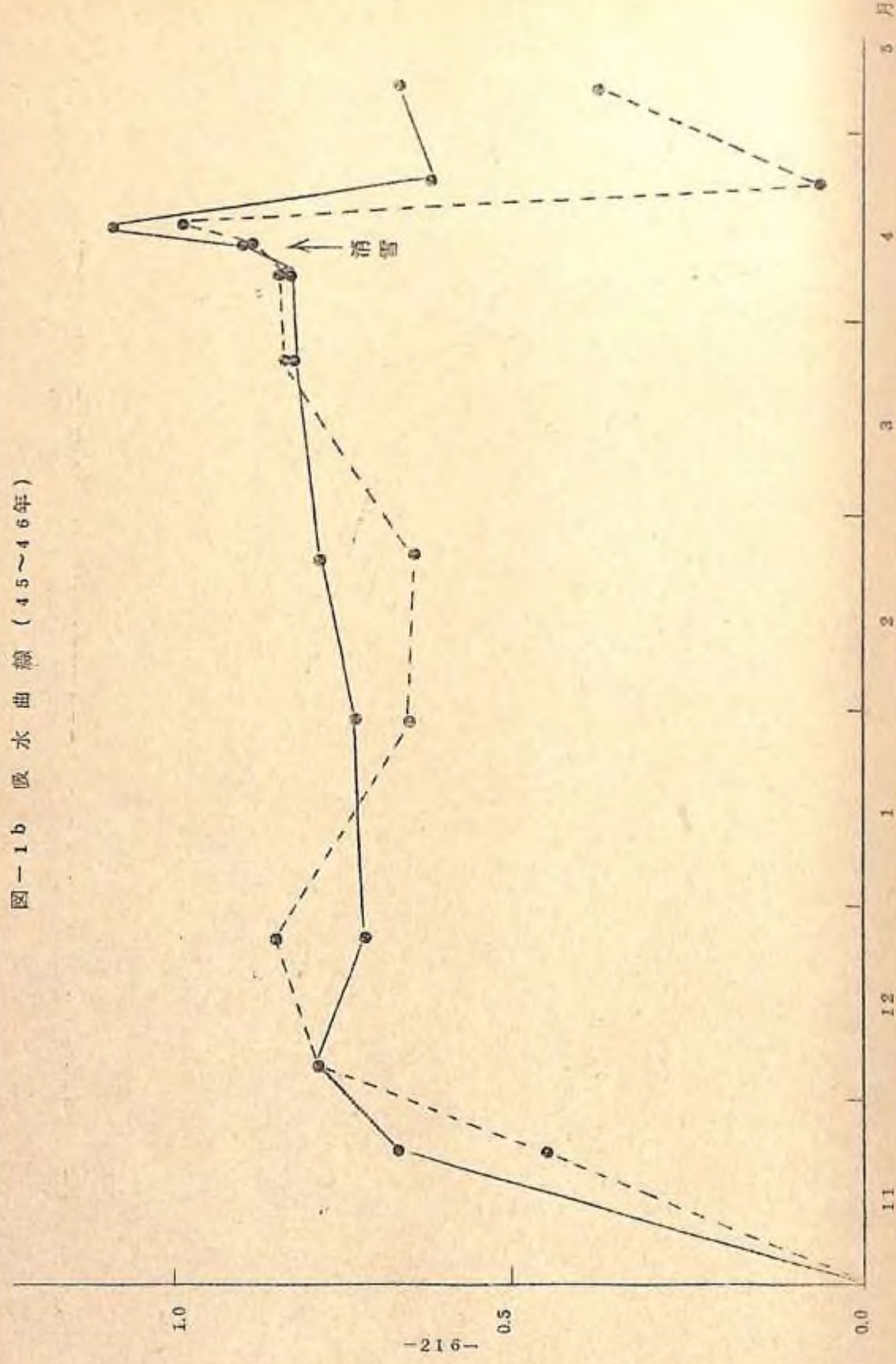


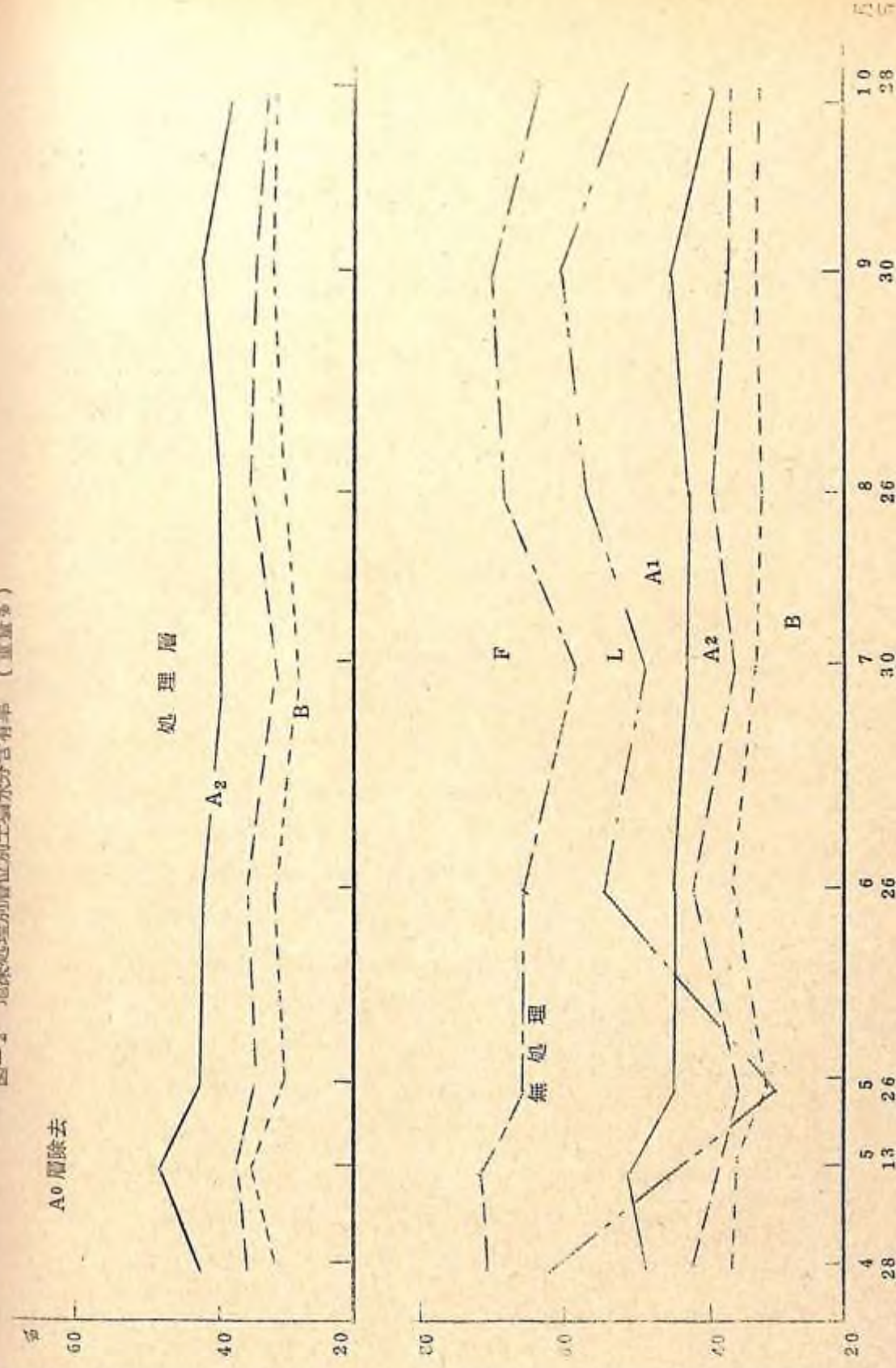
図-1a 吸水曲線 (44~45年)

圖-1b 吸水曲線 (45~46年)



-216-

圖-2 地床處理別層位別土壤水分含有率 (重量%)



-217-

与えらと大体80%近くが発芽を始める。しかし、処理日数が長くなるにつれ発芽する割合が悪くなり、発芽への過程が進んでいるものほどその率の低下は著しい。とくに7日処理では吸水比1.51以上で幼根が伸長を始めていたものは、供試数の全部が腐敗した。

種子の吸水過程を調査した人工林近接の苺畑における観測では、昭和45年は消雪後12日間無降水全46年は消雪後18日間で降水量はわずかに3mmというように消雪後の乾燥は常におこる現象である。とくに、種子の着床状態の悪い無処理の林床面の乾燥がいちいちしいことは図-2で示したように、そこにおかれていた種子も悪い条件にさらされていたことは明らかである。したがって、種子が発芽への過程を進んでいるところでこの乾燥にあうと、種子も乾湿をくりかえすうちに貯蔵養分を消費しつくして、発芽伸長によって致命的な障害をこうむることがわかった。

1-3 発生後の稚苗の消長

発芽出揃い後の稚苗の消長経過を、昭和43年から同45年まで毎年秋に、野幌のトドマツ人工林内、空沼実験林内あるいは、シシヤモナイの天然林内でおこなった人工播種試験の発生稚苗について、47年まで継続調査をおこなった。その結果、発芽当年の成立本数減少の一番大きな原因は、6月下旬から7月上旬にかけ *Botrytis Cinerea* の茎葉部寄生による枯死であって、この立枯れは10月中旬まで慢性的に続いた。他に *Fusarium* sp. *Cylindrocladium* 菌が茎葉部から分離されたが、これらによる立枯れの被害は少なかった。しかし、同じ野幌の人工林内の実験でも、年によって発芽当年の消失に、消失率で20%から85%と大きな差があり、コケ型の林床であるシシヤモナイ天然林内では、*Botrytis* 菌の存在は確認されたが発病はごく少ないなど、*Botrytis* 菌の林内での発病条件については今後の研究課題である。

才1年目の越冬病害としては、稚苗全体が暗緑色から黒色になって枯死しているもの、灰色ないしは暗緑色のくもの果状菌糸のてんらくしている稚苗は、多い調査区では成立本数の60%をこえた。これらの稚苗から葉および茎について病原菌の分離培養をした結果、いずれも100% *Rhacodium therryanum* が検出された。また、2年目の越冬病害としても、病害苗から全部 *Rhacodium* 菌が分離され、トドマツの更新に対して、*Rhacodium therryanum* は病害をおこす主要な菌となっていることが確認された。

発生後1成長期を経過した後の稚苗には、成長期における病害発生は少なく、*Botrytis* 菌、*Fusarium* 菌などの集中的な発生はみられなかった。

ま と め

以上天然更新における稚樹の発生活長を、主としてトドマツについて不明な点が多々も多く残っている発生の段階の条件を、菌、水分の面に重点をおいて検討してきた。その結果、倉田のいう天然林が成立しうるに必要で、かつもっとも重要な因子は、その稚苗が菌害を回避しうるか否かで、如何に他の諸条件が満足されてもこれを回避し得ないならば全く成林しないという菌害回避更新説を容認せざるをえない。したがって、結実年をねらい、地床処理をおこなっただけで簡単に発生が期待できるものではなさそうである。

なお、これまでにあげた結果はつぎのとおりとりまとめて報告した。

林敬太：トドマツ天然生稚苗の発生活長を左右する要因(I)―種子の発生に關与する水分―83回日林講、179～181 1972

遠藤克昭 林敬太：トドマツ天然生稚苗の発生活長を左右する要因(II)―種子の発生に關与する菌害―83回日林講286～289、1972

遠藤克昭 林敬太：トドマツ天然生稚苗の発生活長を左右する要因―越冬病害―昭和46年度林業試験場北海道支場年報、1972

2. 経営班の研究経過

天然林施業の実行および計画作成上の主要な問題は、林分構造と更新条件に応じて適切な作業法を選択することと、それに応ずる将来成長の信頼しうる予測値を求めることである。このため空沼実験林において、林分型に応じた施業を年次計画にしたがって実行するとともに、タイプのそれぞれについて固定成長量試験地を設定して、伐採後の成長、枯損、更新樹の状態を照査してきた。

林分区分と取扱いの方法は表-5のとおりであるが、この中で林業試験場は才9号区画と16号区画を受持ち、天然生林の成長予測における基礎的項目の検討をおこなってきた。

2-1 9号区画の概況

この区画はトドマツ、エゾマツを主体とする林で、16号区画とともに実験林内で最も蓄積の多い区域になっている。混交する樹種は、上にあげたほかアカエゾマツが点在し、広葉樹はダケカンバ、マカンバ、センノキ、シナノキなどを含む。全体として過熟木の多い林相である。

この区画の中で、図-3に示すように傾斜の上下方向(北西-南東)に幅50m、長さ600mの带状皆伐区を設け、その両側に皆伐区と平行に60m幅の带状保残区を設定し

表-5

型別	区画番号	林分型	林分構成の特質	取扱
I 型 峯 筋 の 凸 地 形	①	B 中 IL ₁₂ (N _{1b}) (1.32ha)	山火再生林でカンバ、ヤナギ、ミズナラの早生広葉樹の林分で下層にトドマツの小径木更新樹が進入している。	保育伐
	②	C 中 II L ₃₂₁ N _{321b} (8.25ha)	ダケカンバ、エゾマツ、トドマツの大径木が上層林冠を占め、下層にトドマツ、エゾマツ(倒木更新)の中小径木を有し、広葉樹ダケカンバの小径木が群生している。	漸伐
	③	B 中 L ₁₂ (0.43ha)	山火再生林でヤナギ類を主とする早生広葉樹の林分	
	④	C 中 I N ₃₂₁ CL ₃₂₁ (5.56ha) *5.56haのうち 1.36haは保残 帯となっている	上層林冠は、エゾマツ、トドマツ、ダケカンバの大径木で占められ、部分的にエゾマツ、ダケカンバの小中径木の群生箇所、広葉樹の小中径木の林分。 上部の一部にはダケカンバ、エゾマツが上木をしめ、笹枯死地があり更新の不良部分がある。 全般的に老令単層林である。	漸伐
	⑤	A 密 I N ₂₍₃₎ bL ₂₍₃₎ (4.73ha)	トドマツ中小径木を主体とする林分で一見して若い林に見えるエゾマツの大径木が点在し、中にはアカエゾもみられる。広葉樹はセンノキ、シナノキ、カンバ類の中径木が介在している。 更新は比較的良好である。	漸伐
	⑥	B 中 III L ₃₂₁ N _{3c} (4.90ha)	北面でダケカンバ、シナノキを主とし若干のエゾマツを混ざる広葉樹林分	適伐

型別	区画番号	林分型	林分構成の特質	取扱
I 型 谷 の 凹 地 形	⑦	風害跡地 (3.06ha)	昭和29年15号台風後におけるトドマツ、ダケカンバの更新完了地。	
	⑧	C 中 II' N ₃₂₁ aL ₃₂₁ (17.13ha)	大部分が単木的な風害をうけた林分で、比較的中径木を主体とした林分となっている。 更新は小峯通りを中心に全面的に良好である。	漸伐
	⑨	A 密 III N ₂₃₁ bL ₃₂₁ (7.40ha)	エゾマツ、トドマツを主体とする林分で広葉樹はダケカンバ、マカンバ、センノキを混している。この林分の広葉樹は形質良好なものが多い。上部に小面積の風害跡地がある。 更新は破砕帯部分において良好である。	漸伐
	帯状区	帯状保残区(A) C密III N ₃₂₁ bL ₃₂₁ (3.60ha)	トドマツ、エゾマツを主とする針過混交林で、広葉樹はシナノキ、カンバ、イタヤ、センノキで構成している。 帯状区の上部にはダケカンバが多い。	保残帯(A)
		帯状皆伐区 (3.00ha)		帯状皆伐
		帯状保残区(B) C密III N ₃₂₁ bL ₃₂₁ (3.53ha)		保残帯(B)
山腹の平衡地形	⑩	C 密 III N ₃₂₁ OL ₃₂₁ (7.73ha)	トドマツ、エゾマツを主とし、カンバ、ミズナラ、シナノキ、センノキ等を混ざる。下層はクマイザサ、時にはシダ型があり、エゾマツ、トドマツの倒木更新がみられる。帯状保残区Bよりにはトドマツ更新樹が部分的に群生している箇所もみられる。全体的には更新不良。	群状伐採

型別	区画番号	林分型	林分構成の特質	取扱
Ⅱ型 緩斜地及び平地	⑪	C 中 Ⅱ N321bL321 (7.42ha)	トドマツ、エゾマツ、シナノキ、センノキの過熟林分で一部風害により疎開している箇所ではトドマツの小径木が旺盛な生長を開始している。更新樹は部分的に群生している。ここには小面積であるが、①と同じ林分が介在している。この部分は更新良好である。	択 伐
	⑫	C 中 Ⅱ N321cL321 (10.38ha)	Ⅱ型の平坦地形で湿地、沼地が介在している。森林の構成は群状でトドマツ群、エゾマツ・トドマツ群、センノキ群、ヤチダモ群などがあり、それぞれの群は過熟木でもって構成されている。これらの群と群との間には裸地が介在する。	群状択伐および整理伐
	⑬	A 密 Ⅱ N321aL21 (0.93ha) *A 0.51ha B 0.42ha	トドマツ、エゾマツの純林でやや中小径木が多い。介在する広葉樹は中径木で形質も良好である。更新は全面的に分布して良好である。	径級伐採
	⑭	C 中 Ⅱ N321cL321 (6.26ha) *A 2.29ha B 3.97ha	上中層はトドマツ、エゾマツ、センノキ、ヤチダモ、シナノキ、カンバ類の大中径木で針葉樹群、針広群、広葉樹群等で構成されている。下層はトドマツ、エゾマツの倒木更新群で構成されている。	小面積皆伐
Ⅱ型の平坦および谷筋の凹地形	⑮	風害跡地 A中ⅡN321 cL1(2) (3.66ha)	15号風害跡でトドマツ、エゾマツの過熟木が点在している。 平坦地の凹地は湿地化し、ヤチダモ、ヤナギ類の小径木が群生している。	皆伐 (林分整理)

型別	区画番号	林分型	林分構成の特質	取扱
	⑯	A 密 Ⅱ N321cL321 (8.77ha)	上中層はトドマツ、エゾマツ、センノキ、ヤチダモ、シナノキ、カンバ類の大中径木でエゾマツ群、トドマツ群、エゾ・トドマツ群などと針広の混交群で構成されている。下層は倒木更新が多い。	択 伐
	⑰	C 中 Ⅱ N321bL321 (11.90ha)	沢沿いでトドマツ、エゾマツ、ミズナラ、シナノキ、センノキの混交林で、更新は比較的良好である。	択 伐 (保安択伐)

林分型区分の表示単位と記号の解説

① 林相区分

A-針葉樹林

B-広葉樹林

C-針広混交林

② ウツ閉度

過密-林床植生がないか、または笹が

枯死しているような状態

密-ウツ閉度0.8以上

中-ウツ閉度0.5以上

疎-ウツ閉度0.5以下

③ 林型

I-一斉林

II-二段林 II'-二段林類似林分

III-複層林

④ 径級区分

3-大径木(40cm以上)

2-中径木(38~24cm)

1-小径木(22cm以下)

⑤ 更新状況

a-有効稚樹が全面的に分布していて天然

更新で確実に成林を期待できる場合

b-有効稚樹が部分的に群生していて、人

工補整により成林が期待できる場合

c-有効稚樹が疎生しているか全くない場

合

図-3 施業配置図

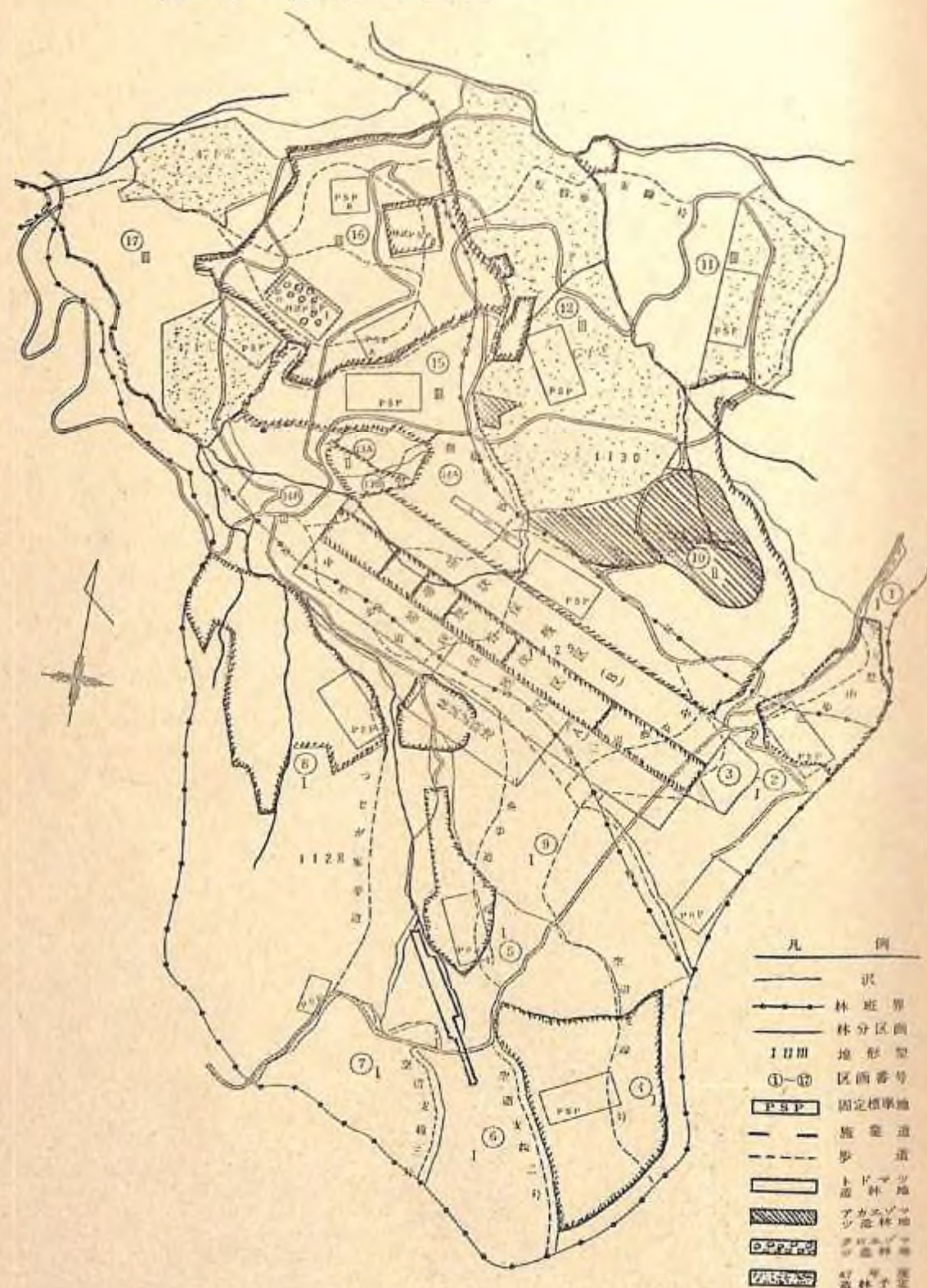


表-6 固定成長量試験地の伐採前後の林況

保残区 (1.08ha)

(昭44.6)

樹種	伐採前		伐採木		伐採率		残存木	
	本数	材積	本数	材積	本数	材積	本数	材積
トドマツ	339	289.3 ^{m³}	—	— ^{m³}	—%	—%	389	289.3 ^{m³}
エゾマツ	74	123.2	—	—	—	—	74	123.2
広葉樹	280	74.4	—	—	—	—	280	74.4
計	743	486.9	—	—	—	—	743	486.9
ha 当り	688	450.8	—	—	—	—	688	450.8

漸伐区 (0.90ha)

(昭44.6)

樹種	伐採前		伐採木		伐採率		残存木	
	本数	材積	本数	材積	本数	材積	本数	材積
トドマツ	400	259.7	(49) 94	(9.2) ^{m³} 165.9	(12.3) [%] 23.5	(3.5) [%] 63.9	257	84.6 ^{m³}
エゾマツ	69	99.4	(5) 24	(2.1) 67.2	(7.2) 34.8	(2.1) 67.6	40	30.1
広葉樹	221	87.1	(33) 98	(1.1) 72.8	(14.9) 44.3	(1.3) 83.6	90	13.2
計	690	446.2	(87) 216	(12.4) 305.9	(12.6) 31.3	(2.8) 68.6	387	127.9
ha 当り	767	495.8	(97) 240	(13.8) 339.9	(12.6) 31.3	(2.8) 68.6	430	142.1

注) 伐採木, 伐採率の括弧は伐採支障木を別書きしたものである。

表-7 固定成長量試験地の伐採前後の林況(16号区画)

(昭44.10)

オ1プロット (0.5 ha)

樹種	伐採前		伐採木		伐採率		残存木	
	本数	材積	本数	材積	本数	材積	本数	材積
トドマツ	138	163.4	53	99.3	38.4	60.8	85	64.1
エゾマツ	48	31.2	4	1.2	8.3	3.8	44	30.0
広葉樹	152	39.6	55	14.1	36.2	35.6	97	25.5
計	338	234.2	112	114.6	33.1	48.9	226	119.6
ha 当り	676	468.4	224	229.2			452	239.2

オ2プロット (0.49 ha)

樹種	伐採前		伐採木		伐採率		残存木	
	本数	材積	本数	材積	本数	材積	本数	材積
トドマツ	167	160.0	56	75.4	35.5	47.1	111	84.6
エゾマツ	40	58.5	2	9.9	5.0	16.9	38	48.6
広葉樹	117	26.0	27	7.5	23.1	28.8	90	18.5
計	324	244.5	85	92.8	26.2	38.0	239	151.7
ha 当り	661	499.0	173	189.4			488	309.6

た。区画内の残りの部分は、トドマツで30cm以上、エゾマツ、広葉樹では40cm以上を基準として径級伐採をおこなう漸伐区である。

昭和43年夏、これらのベルトのほぼ中央部で保残、漸伐の両方にまたがるように長さ180m、幅120mの長方形の区画をとり、1.08haずつの2つの固定試験地を設定した。そして内部をさらに30m×30mの方形区に細分して、保残、漸伐区とも各1～12までの24ヶのサブプロットを設けた。漸伐区の伐採は43年の冬山で実行したが、このとき底2と底4のサブプロットが道路開設のため皆伐状態となったので以後は22プロットで試験を進めてきた。

伐採前後の林況は表-6のとおりで、保残区のha当り本数638本、材積451m³、

広葉樹の材積浸透率15%に対し、漸伐区は767本、496m³、20%で、漸伐区の径級と蓄積がいくらか大きくなっている。

2-2 16号区画の概況

この区画は斜面下部の平坦地および緩傾斜地を占め、上・中層はトドマツ、エゾマツ、センノキ、ヤチダモ、シナノキ、カンバ類の大中径木で、エゾマツ群、トドマツ群、エゾマツ・トドマツ群など針広の混交群で構成される林である。昭和44年秋にこの中にオ1プロット0.50ha、オ2プロット0.49haの2つの固定成長量試験地を設定し、毎木調査と伐採木の選定をおこなった。選木は過熟木、欠点木を主体とし、エゾマツと中層の形質の良い広葉樹をなるべく残すようにした。しかし林が群単位の構成になっていることと、部分的に老木径木の密立した個所があって、伐採率は材積でオ1プロット49%、オ2プロット38%とかなり強度なものとなった。

この区画は前生稚幼樹がほとんどないため、営林局では笹刈を行ったあとブルドーザーによる地盤をおこない、新生樹の更新をはかっているが、固定試験地では、さらに昭和46年6月にエゾマツとトドマツの大苗の植込みをおこなった。植栽樹種はオ1プロットがエゾマツの山引苗、オ2プロットはトドマツで、それぞれha当り6,000本の密植とした。これらのプロットの伐採前後の林分状況を表-7に示す。

2-3 成長予測における問題

林分の定期成長量はいくつかの成分から構成される。材積で考えれば

期首の材積…………… V_1 期末の材積…………… V_2 期間中の収穫量…………… Y 期間中の枯損量…………… M

期間中に測定限界に達する

木の材積…………… I

とおくと、期間の始めに生立していた木の材積成長量は

$$A = V_2 - V_1 + M + Y - I \quad (1)$$

とかける。これが通常いわれる粗成長量で、これに進界木の材積を含めると

$$A + I = V_2 - V_1 + M + Y \quad (2)$$

成長予測における問題は、期首の林分状態に対する情報をもとにして期末の状態をいかに効率よく推定するかということである。ここで予測の条件として伐採後の直径階別の本数

分布と、過去の直径成長のデータが使えるものとする。直径成長データは全林に対するものでなくてもよいが、各径級にわたって十分な本数が必要である。同様な資料は伐採木についても選木の際にえられるから、結局伐採前に対する V_1 と収穫量 Y に対する本数分布が与えられていることになる。したがって、

$$V_2 = V_1 - Y + A - M + I \quad (3)$$

で表わされる(2)式による)期末林分 V_2 の未知成分 A , M , I が、 V_1 および伐採の種類、強度を示す Y と、どのような関係にあるかを明らかにし、それぞれの適切な予測方法を見出さなければならない。ここで A を成長錐データから推定する場合が林分表法、過去の実測成長量でおきかえるのが、連続調査による照査法でいずれも直径成長だけをもとにした最も単純な形式の成長予測法である。

予測値の使い方には個別林分の取扱いの指針とする場合と、広域的な計画資料とする場合があり、要求される内容に差がある。すなわち、選木の指針としては直径のほか樹型級や活力級、あるいは林冠層間の位置、立木配置のような細部の条件をつけ加えて、次期の伐採までに枯損する木や価値の低下する木を見わけける必要がある。したがって、過去成長の平均的な傾向に単木ごとの情報を加えて予測精度の向上をはかることが目標になる。

計画資料を目的とする場合には全体的な平均値を迅速かつ低廉に求めることが主で、立地、施業歴、現在の林分構造のタイプわけなどによって、精度の向上あるいは調査労力の節減をはからなければならない。この区別は絶対的なものでなく、両者には関連する点も多いが、ここでは9号区画と16号区画の調査結果をもとにして主として才1の問題を林分表法との関連で検討する。林分タイプおよび伐採方法と成長との関係解析は、他の区画の営林局担当試験地の調査結果も含めて総合的に検討する必要があるので、今後の課題としたい。

2-4 林分表法

表-8は、9号区画の漸伐区のとドマツについて、林分表法による予測手順を示したものである。期首の値として表-7に示した昭和44年6月現在の残存木の本数を取り、成長データは漸伐区で抜錐した110本の錐片の測定値を使った。

この方法の手順とその中で生ずる問題点について簡単に述べる。

まず、直径階を記入したあと、3行目の皮内直径を推定するため、皮厚の2倍の値を皮付直径に対応させて平滑化し2行目に記入する。ここでは皮付直径を直接、皮内直径に換する回帰式

$$Dib = -0.538 + 0.9667 Dob + 1.1063 / Dob \quad (R=0.9999)$$

を求めて才1行から才3行の値を推定した。ここで Dib : 皮内直径, Dob : 皮付直径したがってこの場合、2行目に記入した値は

$$2 \times \text{皮厚} = Dob - Dib = 0.538 + 0.0333 Dob - 1.1063 / Dob$$

になっている。

次に期首の皮内直径に対応する予測期間内の皮内直径成長量を推定しなければならない。一般に天然生林では直径が等しい場合でも単木間の直径成長量の変動は極めて大きい。これは現在直径が同じ木の中にも成立・成育条件の違いに応じて全く異なる経過を経て現在の大きさに達した木が色々混っているためである。したがって調査の際にわかりやすい指標で生育条件の違いを表わし単木の分類によってこの変動を縮少できるなら予測効率の向上に対する寄与は大きい。

図-4は120本の錐片データから読みとった過去5年間の皮内直径成長量を、3年あたりに換算して2cm括約の皮付直径階ごとに平均し同じ区分による皮内直径に対してプロットしたものである。直径階内の変動に対して標本数が少ないのでこの図では中心的な傾向線がひきにくい。そのため、ここでは4cm括約に統合して次の回帰を計算した。

$$\log ID = -1.3789 + 0.8033 \log Dib$$

ここで ID : 過去3年間の皮内直径成長量、各直径階の ID および Dib の平均を使って計算したこの回帰の、対数値での相関係数は0.87となった。

表-8の3行から4行を差引くと5行目の3年前の皮内直径がでる。これを皮付直径に換算するため次の回帰を成長錐データから計算しておく。

$$Dob = 0.6956 + 1.0316 Dib - 2.1944 / Dib \quad (R=0.9999)$$

この式に5行の値を入れて6行がでる。

7行は過去3年間の皮付直径成長量で、これは1行と6行との差である。これが(3)式における成分 A の推定値である。

次に才8行に、出発点となる期首の本数を記入する。この中には期間中に枯死する木も含まれるので、その見込本数を9行に記入して差引き、10行の期末に生存する木の本数を求める。9行の値は成分 M で、伐採がなければこの値は林分ごとに比較的安定した値を示すと考えられるので、過去の一定期間内に枯死したと思われる木を数えあげて代用することができる。しかし伐採が入って林分構造が変化すると、虫害、急激な疎開による衰弱あるいは風倒などのため、この値は大きくなるものと思われる。いずれにしても枯損量の

表-8 漸伐区 トドマツに対する伐採後3年間の成長予測

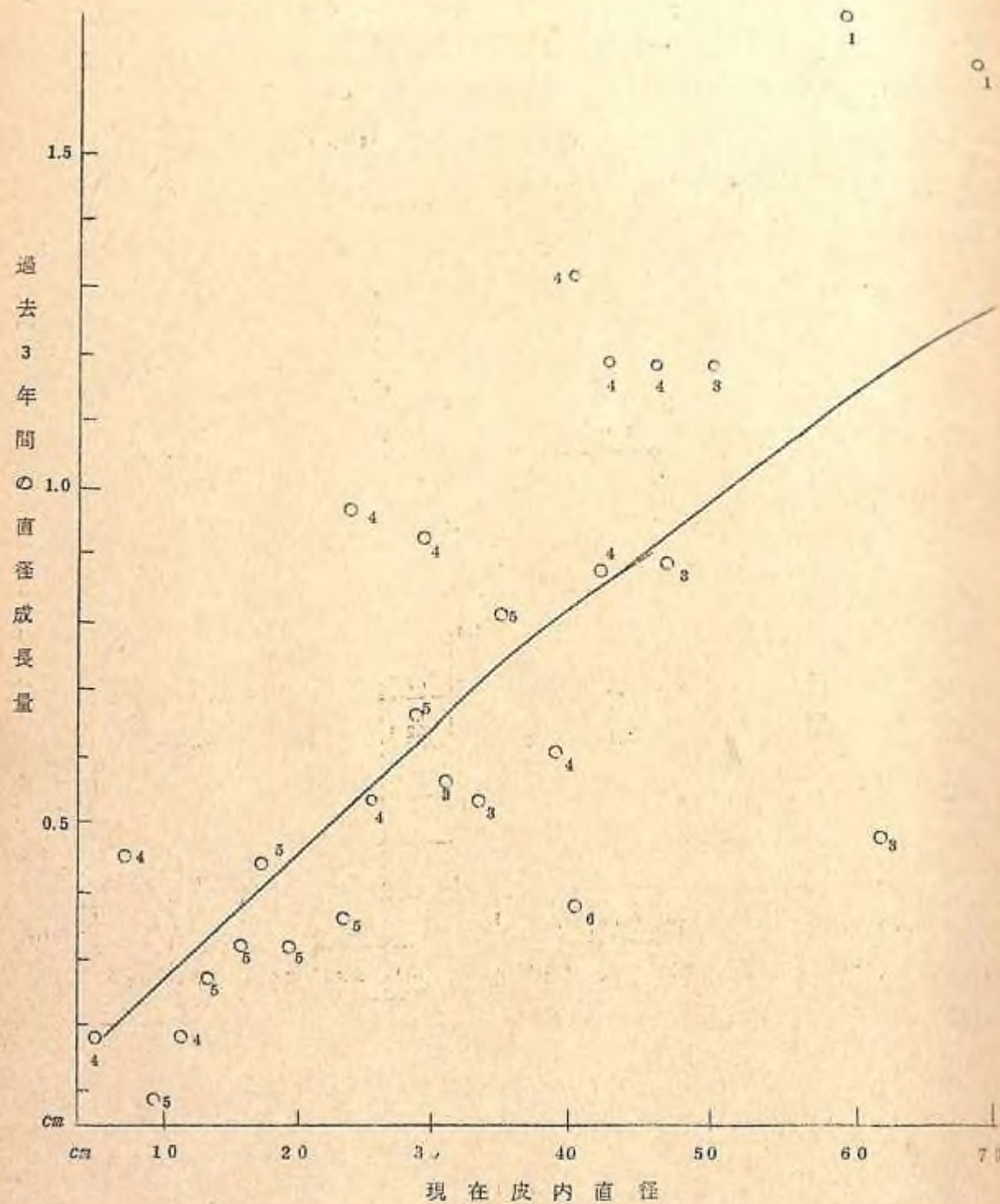
1. 胸高直径階 (cm)	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
2. 皮厚の2倍 (cm)	0.55	0.67	0.76	0.85	0.93	1.00	1.08	1.15	1.22	1.30	1.36	1.43
3. 現在の皮内径 (cm)	5.45	7.33	9.24	11.15	13.07	15.00	16.92	18.85	20.78	22.70	24.64	26.57
4. 現在の皮内直径成長量 (cm)	0.16	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37	0.41	0.44	0.48	0.51	0.55	0.58
5. 過去の皮内径 (3年前) (cm)	5.29	7.12	8.99	10.86	12.74	14.63	16.51	18.41	20.30	22.19	24.09	25.99
6. 過去の皮付直径 (3年前) (cm)	5.74	7.73	9.73	11.70	13.67	15.64	17.59	19.57	21.53	23.49	25.46	27.42
7. 3年間の直径成長量 (cm)	0.26	0.27	0.27	0.30	0.33	0.36	0.41	0.43	0.47	0.51	0.54	0.58
8. 期首(44.6)のha当り本数	32.2	37.8	31.1	18.9	16.7	25.6	23.3	17.8	11.1	10.0	7.8	13.3
9. 期間内の枯損												
10. 期末の生立木の期待本数	32.2	37.8	31.1	18.9	16.7	25.6	23.3	17.8	11.1	10.0	7.8	13.3
11. 本数移動率 = 50 × (7) %	13.0	13.5	13.5	15.0	16.5	18.0	20.5	21.5	23.5	25.5	27.0	29.0
12. 2階級下から進級してくる本数	1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13. 1階級下から進級してくる本数	1)	4.2	5.1	4.2	2.8	2.8	4.6	4.8	3.8	2.6	2.6	2.1
14. 原級に止まる本数	28.0	32.7	26.9	16.1	13.9	21.0	18.5	14.0	8.5	7.4	5.7	9.4
15. 期末林分の本数 (47.6)	(28.0)	36.9	32.0	20.3	16.7	23.8	23.1	18.8	12.3	10.0	8.3	11.5
16. 期末蓄積 (44.6) (m³)	0.28	1.11	1.60	1.42	1.84	3.57	4.85	5.08	4.18	3.90	3.98	6.79
17. 期首蓄積 (44.6) (m³)	0.32	1.13	1.56	1.32	1.84	3.84	4.89	4.81	3.77	3.90	3.74	7.85
18. 材積定期成長量 (m³)												
19. 材積連年成長量 (m³)												
20. 実測期末本数 (47.6)	25.6	34.4	32.2	23.3	16.7	24.4	24.4	16.7	12.2	12.2	4.4	13.3
21. 実測期末蓄積 (47.6) (m³)	0.26	1.03	1.61	1.63	1.84	3.66	5.12	4.51	4.15	4.76	2.11	7.85
22. 1変数材積表	2)	0.01	0.03	0.05	0.07	0.11	0.15	0.21	0.27	0.34	0.39	0.59

1) 進界成長量の予測値はこの欄に記入

2) 中島広吉 北海道林区別材積表

30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56
1.50	1.57	1.64	1.71	1.77	1.84	1.91	1.98	2.05	2.11		2.25		
28.50	30.43	32.36	34.29	36.23	38.16	40.09	42.02	43.95	45.89		49.75		
0.62	0.65	0.68	0.71	0.75	0.78	0.81	0.84	0.87	0.90		0.96		
27.88	29.78	31.68	33.58	35.48	37.38	39.28	41.18	43.08	44.99		48.79		
29.38	31.34	33.31	35.27	37.23	39.20	41.16	43.12	45.09	47.06		50.98		
0.62	0.66	0.69	0.73	0.77	0.80	0.84	0.88	0.91	0.94		1.02		
7.8	5.6	1.1	1.00	7.8	2.2	3.3		1.1			1.1		285.6
7.8	5.6	1.1	1.00	7.8	2.2	3.3		1.1			1.1		
31.0	33.0	34.5	36.5	38.5	40.0	42.0		45.5			51.0		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0		
3.9	2.4	1.8	0.4	3.7	3.0	0.9	1.4		0.5			0.6	
5.4	3.8	0.7	6.3	4.8	1.3	1.9		0.6			0.5		
9.3	6.2	2.5	6.7	8.5	4.3	2.8	1.4	0.6	0.5		0.5	0.6	
0.51	5.15	2.48	7.24	10.63	6.15	4.59	2.49	1.21	1.13		1.37	1.82	89.37
5.46	4.65	1.09	10.80	9.75	3.15	5.41		2.21			3.00		84.49
													4.88
													1.63
5.6	10.0	3.3	6.7	6.7	6.7	3.3	1.1		1.1		1.1		285.4
3.92	8.30	3.27	7.24	8.38	9.58	5.41	1.96		2.49		3.00		92.08
0.70	0.83	0.99	1.08	1.25	1.43	1.64	1.78	2.01	2.26	2.54	2.73	3.03	

図-4 漸伐区トドマツ皮内直径成長量



見積り如何で予測精度が大きく変わる。伐採前の林分構造、伐採方法との関連を固定試験地で観察するとともに、統計数値の集積をはからなければならない。ここではこの本数修正は省略してある。

11行からはこれまでの予備計算にもとづく予測作業である。

7行の皮付直径成長量と直径階の幅の比をとり μ で表わす。これが11行の本数移動率である。移動率が100%のとき、直径階内の直径および成長量の分布が一様なら、その階の木は予測期間内にすべて次の直径階に移動する。移動率が100%をこえれば超過分の比率で本数が2階級上位に移るわけである。

このような考え方で8行と11行をかけ合わせて12, 13行の進級本数がでる。13行の最小直径階には期間内の進界木の予測本数を記入する。

原級に止まる本数は、8行の期首本数からこれらの上位に移動した本数を差引いて求める。

15行の期末本数は12~14行の合計である。

このようにして、予測期間の終りの直径階別本数がえられれば、22行の1変数材積表を使って期首、期末の蓄積とその差としての定期成長量が計算できる。こうして計算した漸伐区のトドマツの伐採後3年間の成長量はha当り4.9 m^3 である(期間中の枯損は無視)。

22行は昭和46年7月に測定した枯損、風倒を含む実測本数で10行目の本数に対応する。これから求めた、粗成長量は $92.08 - 84.49 = 7.6 m^3$ だから上に得た値は2.7 m^3 の過少推定となっている。

2-5 支障木と枯損

期首本数の計算では支障木の予想本数も伐採前本数から差引いておかなければならない。表-6に示したように漸伐区の伐採にともなう倒伏、折損木の量は材積で約3%, 本数では13%にのぼっている。このような被害を少なくするには、伐採に慎重を期すことはもちろん、収穫調査における選木において十分な配慮が必要である。

伐採後4年間の風倒および枯損発生量は表-9のとおりである。保残区では各樹種とも広い直径範囲にわたって枯損、風倒が生じ、漸伐区ではエゾマツ、広葉樹の枯損が少なく、トドマツの枯損が小径級に集中しているのが特徴的である。これは径級伐採によって直径範囲が狭くなったことと、過熟木や欠点木が整理されたためである。

2-6 直径成長量の変化

どのような予測方法においても、期間中の粗成長量 A を過去の成長量でおきかえて予測

表-9 伐採後4年間の風倒および枯損 (昭44.6~47.8)

保残区

樹種	風倒木			枯損木			計	
	本数	平均直径	材積	本数	平均直径	材積	本数	材積
トドマツ	8	(cm) 3.5	(m³) 9.4	14	(cm) 1.9	(m³) 6.1	22	(m³) 15.5
エゾマツ	—	—	—	3	1.7	0.7	3	0.7
広葉樹	13	2.1	6.5	6	1.4	0.3	19	7.3
計	21	2.6	15.9	23	1.7	7.6	44	23.5

漸伐区

樹種	風倒木			枯損木			計	
	本数	平均直径	材積	本数	平均直径	材積	本数	材積
トドマツ	13	(cm) 2.0	(m³) 4.0	17	(cm) 1.1	(m³) 1.5	30	(m³) 5.5
エゾマツ	—	—	—	1	0.8	0	1	0
広葉樹	1	1.8	0.2	1	1.6	0.1	2	0.3
計	14	2.0	4.2	19	3.5	1.6	33	5.8

本数と材積はhaあたり

するという点では変りがない。上の林分表の例では、同じ直径をもつ木の成長量がすべて等しく、将来も過去と同じ割合で成長を続けると単純に仮定してこのおきかえをおこなっている。もし伐採による疎開で直径成長が変化するなら、この仮定はなりたらず適当な修正を講じなければならなくなる。

この点の吟味のため、試験地設定の翌年、(昭和44年7月)、保残区と漸伐区で各直径階にわたるように標本木を選んで直径成長バンドを取り付けた。本数は保残区でトドマツ102本、エゾマツ、アカエゾマツ40本、漸伐区ではそれぞれ77本と24本である。昭和47年8月に測定した直径周囲から計算した3年間の直径成長量は表-10のとおりで、トドマツ、エゾマツとも漸伐区の成長量が大きくなっている。これを成長量の大きさによる本数分布でみると、図-5のように、保残区では期首の径級が小さくなるほど成長

表-10 直径成長量の比較 (1969.7~1972.8)

1969年の 直径	トドマツ				エゾマツ(含アカエゾマツ)			
	保残		漸伐		保残		漸伐	
	本数	成長量	本数	成長量	本数	成長量	本数	成長量
5.0~14.9	23	(cm) 0.25	18	(cm) 0.45	7	(cm) 0.29	7	(cm) 0.40
15.0~24.9	31	0.45	22	0.72	1	0.0	5	0.05
25.0~34.9	15	0.73	18	0.84	9	0.24	7	0.41
35.0~44.9	9	0.66	10	0.90	8	0.32	4	0.60
45.0~	19	0.66	2	1.69	14	0.56	1	0.83

(生長バンドの脱落したもの、期間中の風倒木を除く)

量の小さいものゝ比率が高く、L字型の分布を示すのに対し、漸伐区では分布の山が右側に移動する傾向があり、中、下層の被圧されていた木の成長が恢復しつつある徴候が認められる。過去成長と直接比較した結果でないものでこの違いがすべて疎開による成長促進効果であるとはいえないが、さきの林分表予測で過少な推定値がえられた理由の1つがこの効果の無視にあることは間違いない。

2-7 直径階別材積成長量の直接推定

林分表法では原級に止まる本数と上位階に進む本数を直径成長量に比例させてふりわけ、進級木の材積差から成長量を計算する。したがって直径が大きく、本数の少ないクラスほど括約の誤差が大きくなる。また直径階内の成長量の変動が大きく、直径対成長量の全体的な傾向線を求めにくいことも欠点である。

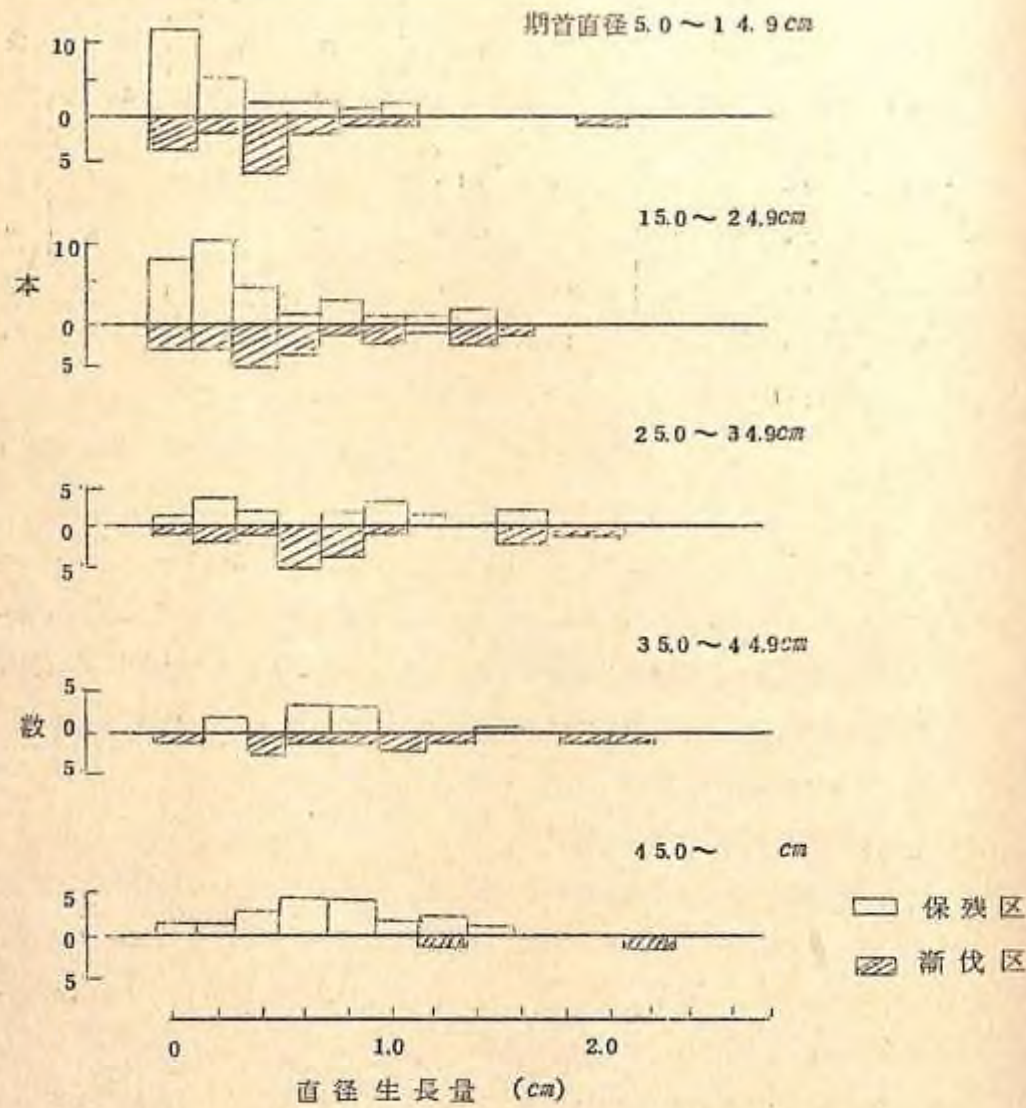
このため、16号区画の固定プロットの成長量データを使って、直径から材積成長量を直接推定する方法を検討した。必要なデータは、標本木の現在直径と樹高および成長量片の測定値である。資料数はトドマツがオ1、オ2プロットとも88本、エゾマツは35本と33本である。

まず現在の皮付直径 D_{ob} と皮内直径 D_{ib} とから次の回帰を求め、5年前の皮内直径を皮付の値に換算して、皮付直径成長量を計算する。

○ トドマツ

$$\text{オ1プロット } D_{ob} = D_{ib}(1.1139 - 0.01142\sqrt{D_{ib}}) \quad r=0.786$$

図-5 トドマツの直径生長量の分布 (1969.7~1972.5)



オ2プロット $Do b = Di b (1.1101 - 0.01076 \sqrt{Di b})$ $r = 0.774$

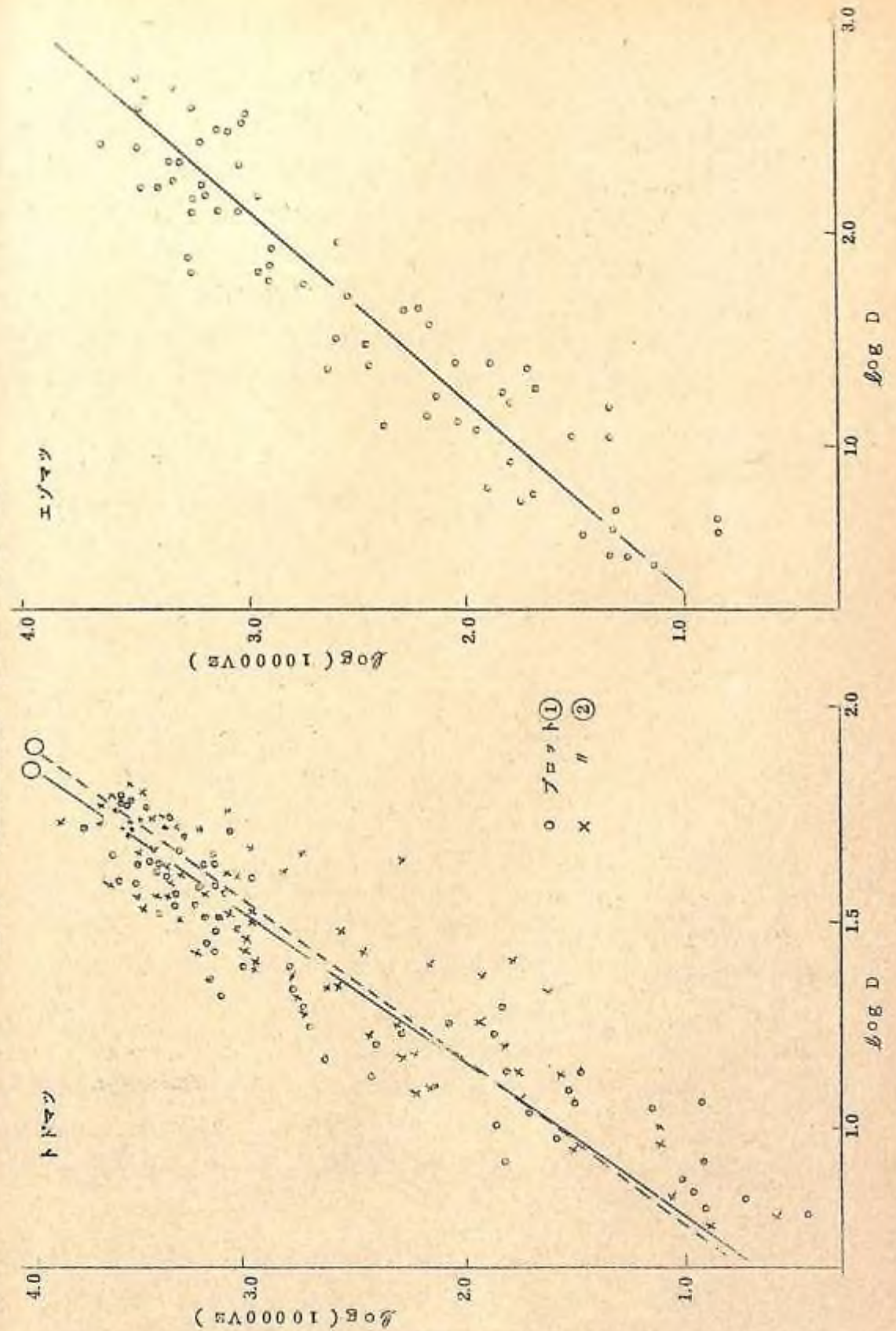
○ エゾマツ

オ1プロット $Do b = Di b (1.1186 - 0.01066 \sqrt{Di b})$ $r = 0.683$

オ2プロット $Do b = Di b (1.1119 - 0.00971 \sqrt{Di b})$ $r = 0.7363$

次に最近5年間では幹型に変化がないものと仮定し、樹高成長量 I_H を現在直径 D 、現在樹高 H かよび皮付直径成長量 I_D から、標本木ごとに

図-6 現在直径と過去5年間の材積成長量の関係



$$I_H = \frac{H}{D} \cdot I_D$$

として計算する。これによって5年前の直径と樹高がわかるので、2変数材積表で過去の皮付材積を求める。直径成長量が微少な場合には括約誤差が大きくなるので、材積は直径と樹高の生の値を使って材積表を補間して計算する。

この材積成長量を現在直径と対比すると、両対数方眼の上ではほぼ直線的な関係を示すし直径の小さいところで、僅かに曲線的傾向がみられる。(図-6)。

そこで、現在直径から最近5年間の材積成長量 V_5 を推定するための回帰を求め、現在の直径階別本数分布にあてはめてプロットの材積成長量を計算する。この成長量推定式は次のようになった。

トドマツ

$$\text{オ1プロット } \log V_5 = -5.1291 + 2.7102 \log D \quad r = 0.9318$$

$$\text{オ2プロット } \log V_5 = -5.0066 + 2.5826 \log D \quad r = 0.9066$$

エゾマツ(両プロット共通)

$$\log V_5 = -4.3624 + 2.1443 \log D \quad r = 0.9298$$

これらの推定式を使って計算したプロットの成長量は次表のようになる。

プロット	オ1プロット			オ2プロット			備考
樹種	トドマツ	エゾマツ	計	トドマツ	エゾマツ	計	数値はいずれもha当り
本数	170	88	258	227	78	305	
材積成長量(m^3)	14.94	4.94	19.88	16.67	7.73	24.40	

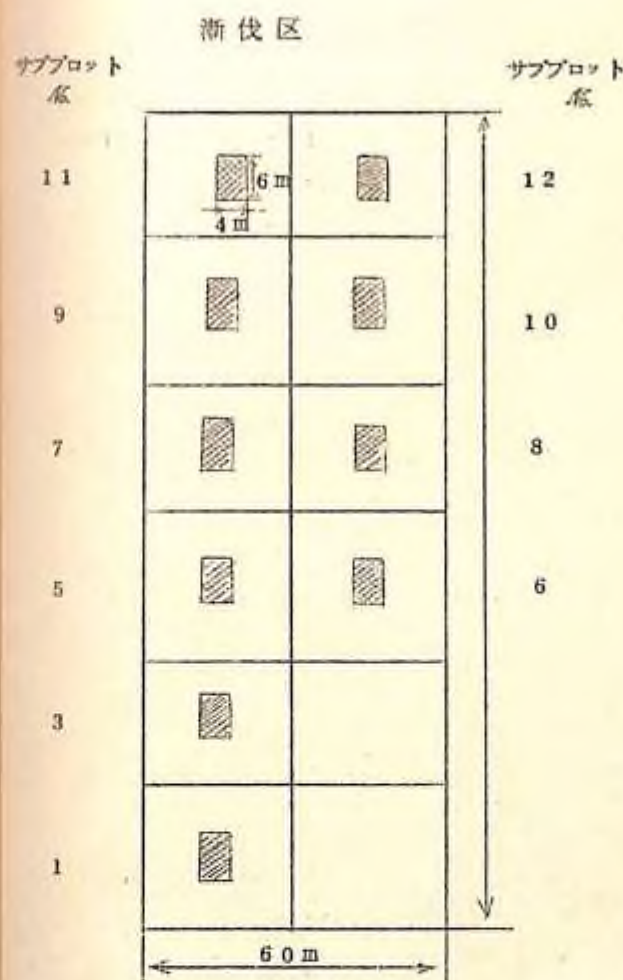
これらは、9号区画の場合と同様に、プロット設定後5年目に予定しているオ2回測定の結果と対比して適合性を検討しなければならないが、少なくとも林分表法の2つの問題点はこの方法で解消できると思われる。

2-8 稚苗の発生量と前生稚幼樹の伸長

昭和44年8月に漸伐区の各サブプロットの中央部に4m×6mの長方形の固定コドラートを設定して、(図-7)伐採後の毎年の稚苗の発生および枯損の経過を観察するとともに、前生稚幼樹の伸長量を測定してきた。4年間の本数の推移を高さ階別にまとめると表-11のようになる。

新に発生する稚苗の数は昭和45年が最も多く、以後次第に減少してきている。枯損は

図-7 固定コドラートの配置



トドマツ、エゾマツとも稚苗段階の5cm階に多く生じ、特に45年にはトドマツで新規発生本数の約3倍、エゾマツでも更新数を上まわる枯損がみられた。これは調査の便宜上地表植生を毎年取除いている上に調査時期が夏季にあたっているため、1、2年生の稚苗の成育が阻げられることも原因している。

表-12はコドラートを設定したときに生立していた稚樹について、そのときの高さ階別に本数の減少と伸長経過を示したもので、トドマツの3年間の累積枯損率は5cm階で47%、15、25cm階ではそれぞれ34、25%、全体では約38%の減少となっている。エゾマツは、はじめの本数が少なかったため高さによる傾向は明らかでない。

次に上長成長は、トドマツでは年次が進むにつれて生長量が増加し、最初の高さが大きいものほど、この増加割合が大きい。しかし、1.3mと1.9m

の2本はこの期間中に全く伸長しなかった(図-8)

2-9 前生稚樹の高さと年令

昭和44年8月保残区のサブプロット9に隣接する皆伐帯の中に50m²の区域をとり、その中の96本(11200本/ha)の稚幼樹を全部掘取って、地際から10cmおきの年輪数を調べた。図-9はこれをまとめた年令別の本数分布である。まず10年のところに最大の山が現れ、以下本数は半分以下であるが7~9年ごとに小さい山が現れている。

高さとの関係では図-10のように全体としては直線的な傾向が認められるが、高さが30cmをこすと年令のバラツキが大きくなる。これは図11にみられるように13

トドマツ

表11 高さ階別更新本数

測定年月	1969. 8	1970. 8			
高さ (m)	稚樹総数	枯損本数	当年度更新本数	稚樹総数	枯損率(%)
0.05	10,833	3,791	6,542	11,417	35.0
0.15	8,125	1,833		6,875	22.6
0.25	2,667	292		3,125	10.9
0.35	708			1,417	
0.5	208			333	
0.7	125			125	
0.9	42			42	
1.1	83			83	
1.3	42			42	
1.5					
1.7					
1.9	42			42	
計	22,875	5,916	6,542	23,501	25.9

エゾマツ

測定年月	1969. 8	1970. 8			
高さ (m)	稚樹総数	枯損本数	当年度更新本数	稚樹総数	枯損率(%)
0.05	332	166	4,710	4,792	50.0
0.15	42			125	
0.25	83	42		42	50.6
0.35	12			42	
0.5	125			125	
0.7	42			42	
0.9	125			125	
1.1	42			42	
1.3					
計	833	208	4,710	5,335	25.0

トド, エゾ合計 23,708 6,124 11,252 28,836 25.8

$$\text{枯損率(}\%) = \frac{\text{期末枯損本数}}{\text{期首本数}} \times 100$$

(ha当り)

1971. 7				1972. 8			
枯損本数	当年度更新本数	稚樹総数	枯損率(%)	枯損本数	当年度更新本数	稚樹総数	枯損率(%)
1,875	4,250	11,500	16.4	3,125	1,042	7,750	27.2
417		5,708	6.1	333		4,667	5.8
208		4,292	6.7	375		4,083	8.7
125		1,292	8.8	83		2,750	6.4
		125		42		2,167	33.6
		125				417	
		42				125	
		83				83	
						83	
						42	
		42				42	
2,625	4,250	25,126	11.2	3,958	1,042	22,209	15.8

1971. 7				1972. 8			
枯損本数	当年度更新本数	稚樹総数	枯損率(%)	枯損本数	当年度更新本数	稚樹総数	枯損率(%)
2,291	708	3,208	47.8	1,333	1,042	2,876	41.55
		167				42	
		42				125	
		83	33.6			83	
42		42		42		42	50.6
		42				42	
		83				83	
		42				42	
		42				42	
2,333	708	3,710	43.7	1,375	1,042	3,377	37.1
4,938	1,958	28,833	17.2	5,333	2,084	25,586	18.5

表-12 稚樹の生長

トドマツ

プロット 設定時	1969. 7		1970. 7				
	本 数	平均 高 (m)	本 数	平均 高 (m)	成長 量 (m)	枯 損 本 数	枯 損 率 (%)
0.05	260	0.064	167	0.088	0.021	93	35.77
0.15	194	0.143	152	0.180	0.036	42	21.65
0.25	63	0.247	56	0.285	0.050	7	11.11
0.35	17	0.350	17	0.374	0.024		
0.5	5	0.483	5	0.509	0.026		
0.7	3	0.687	3	0.723	0.036		
0.9	1	0.820	1	0.880	0.060		
1.1	2	1.080	2	1.120	0.040		
1.3	1	1.230	1	1.230	0.000		
1.5							
1.7							
1.9	1	1.810	1	1.810	0.000		
計	547	0.140	405	0.186	0.033	142	25.96

エゾマツ

プロット 設定時	1969. 7		1970. 7				
	本 数	平均 高 (m)	本 数	平均 高 (m)	成長 量 (m)	枯 損 本 数	枯 損 率 (%)
0.05	8	0.052	4	0.119	0.049	4	50.00
0.15	1	0.170	1	0.180	0.010		50.00
0.25	2	0.258	1	0.250	0.000	1	
0.35	1	0.350	1	0.350	0.000		
0.5	3	0.497	3	0.520	0.023		
0.7	1	0.680	1	0.680	0.000		
0.9	3	0.913	3	0.925	0.012		
1.1	1	1.150	1	1.190	0.040		
計	20	0.376	15	0.497	0.026	5	25.00

枯損率はプロット設定時本数に対する比を示す。

と枯損率の推移

面積=100×240

1971. 8					1972. 8				
本 数	平均 高 (m)	成長 量 (m)	枯 損 本 数	枯 損 率 (%)	本 数	平均 高 (m)	成長 量 (m)	枯 損 本 数	枯 損 率 (%)
153	0.121	0.032	14	5.38	137	0.173	0.048	16	6.15
138	0.240	0.061	14	7.22	128	0.304	0.062	10	5.15
52	0.348	0.052	4	6.35	47	0.424	0.073	5	7.94
16	0.424	0.050	1	5.88	16	0.499	0.075		
5	0.573	0.064			5	0.666	0.093		
3	0.808	0.085			3	0.958	0.150		
1	0.980	0.100			1	1.013	0.033		
2	1.232	0.112			2	1.374	0.142		
1	1.230	0.000			1	1.230	0		
1	1.810	0.000			1	1.810	0		
372	1.238	0.049	33	6.03	341	30.6	0.061	31	5.67

1971. 8					1972. 8				
本 数	平均 高 (m)	成長 量 (m)	枯 損 本 数	枯 損 率 (%)	本 数	平均 高 (m)	成長 量 (m)	枯 損 本 数	枯 損 率 (%)
4	0.141	0.022			4	0.189	0.048		
1	0.203	0.023			1	0.243	0.040		
1	0.262	0.012			1	0.262	0		
1	0.350	0.000			1	0.350	0		
2	0.560	0.013	1	50.00	1	0.575	0.015	1	33.33
1	0.694	0.014			1	0.694	0		
3	0.940	0.015			3	0.951	0.011		
1	1.223	0.033			1	1.235	0.012		
14	0.517	0.017	1	50.0	13	0.536	0.023	1	5.00

図-8 はじめの高さと上長成長

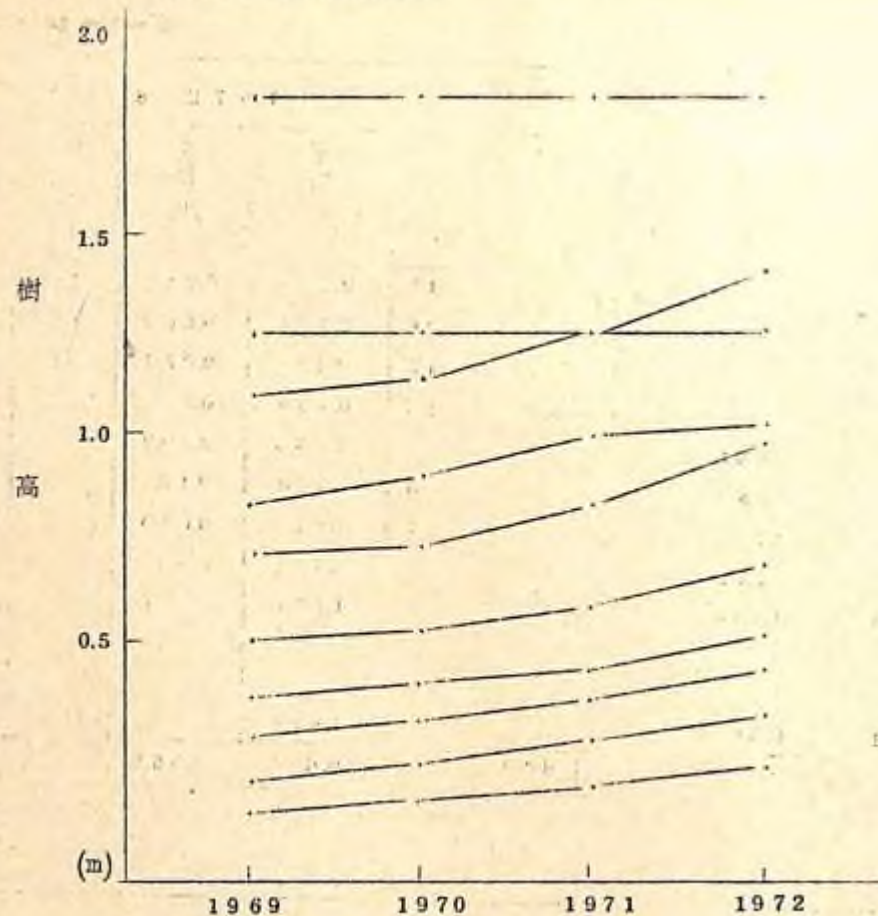


図-9 樹令別本数分布

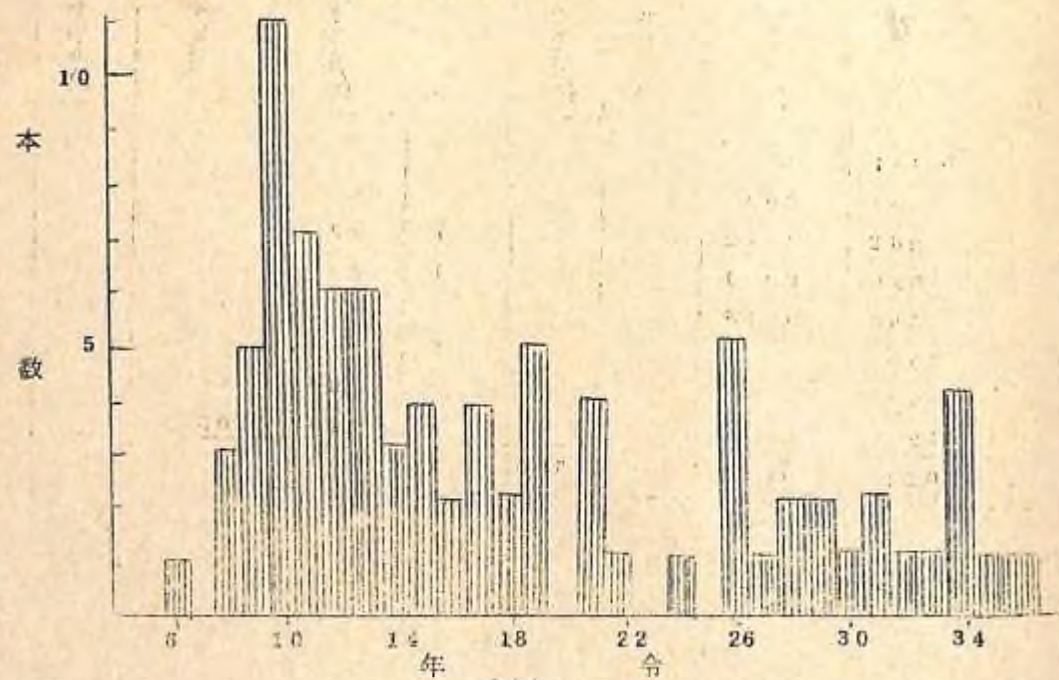


図-10 更新樹の高さと年令の関係

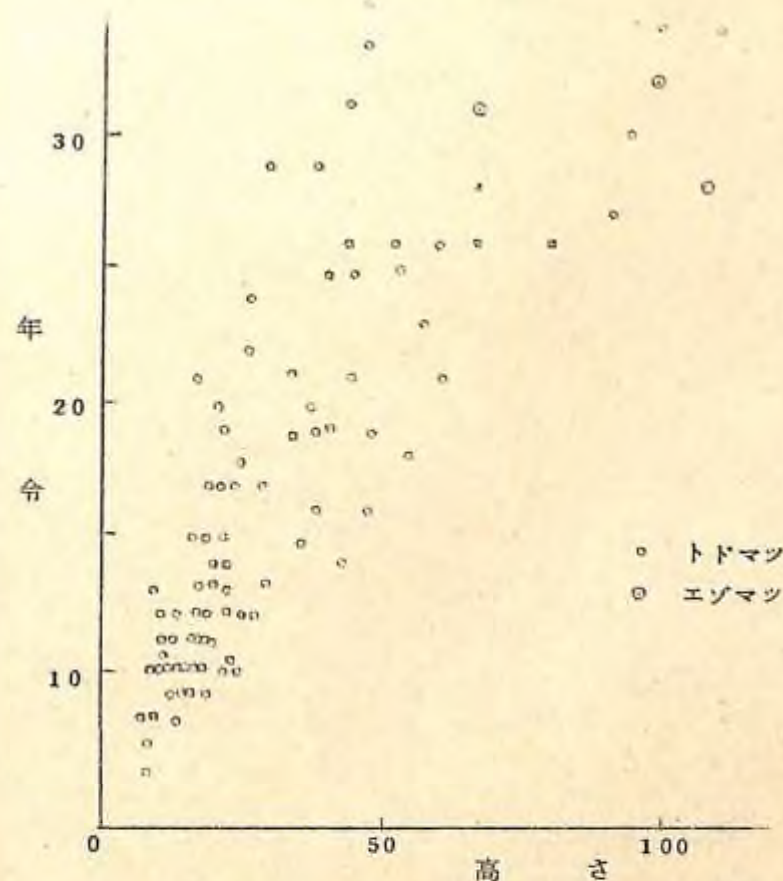


図-11a 高さの成長曲線 22～25年生

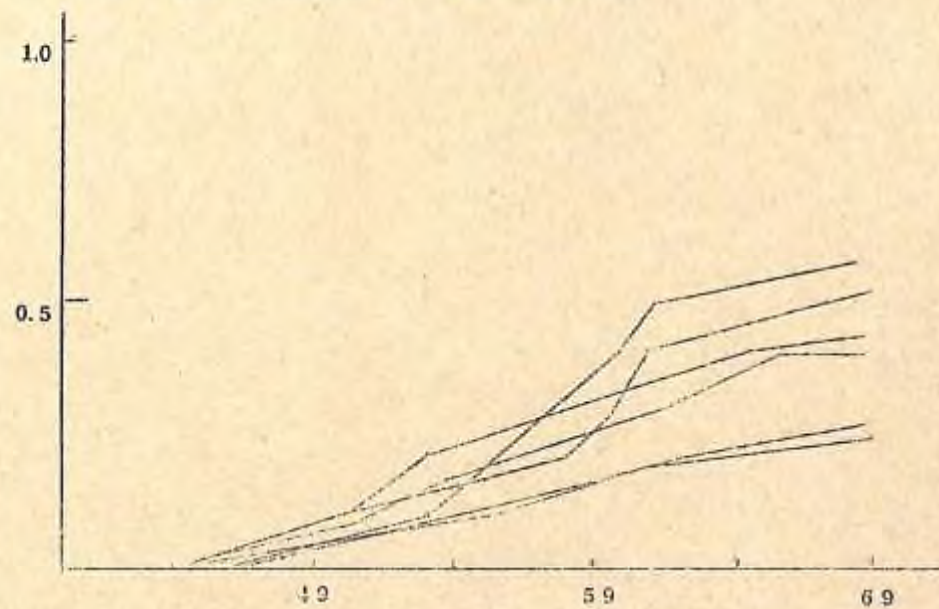


図-11b 高さの成長曲線 26~29年生

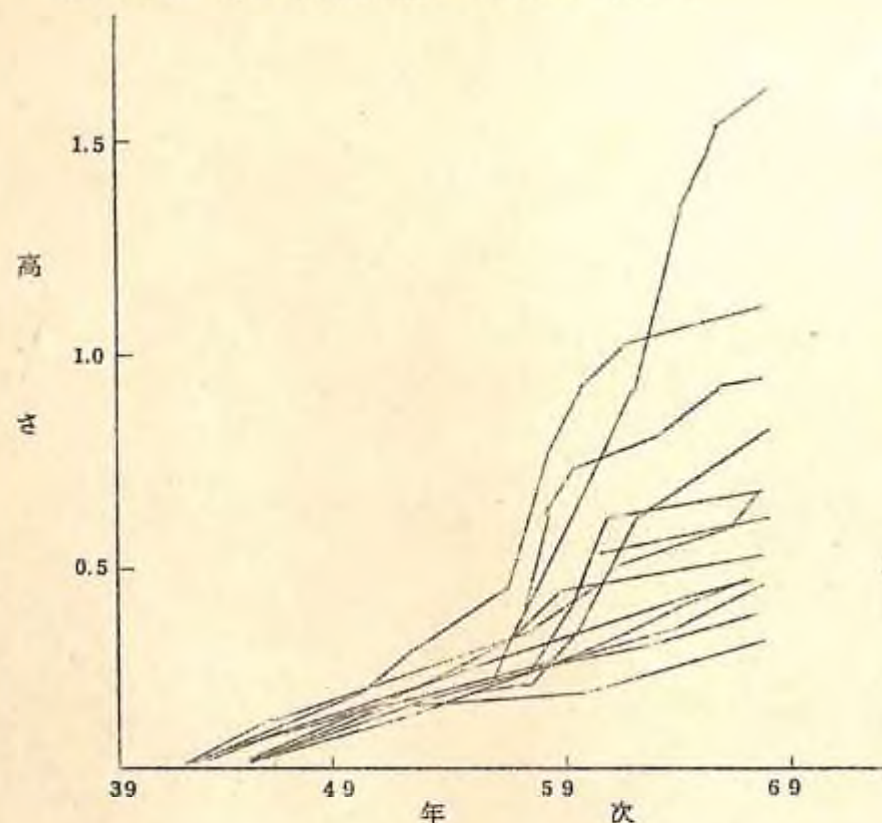
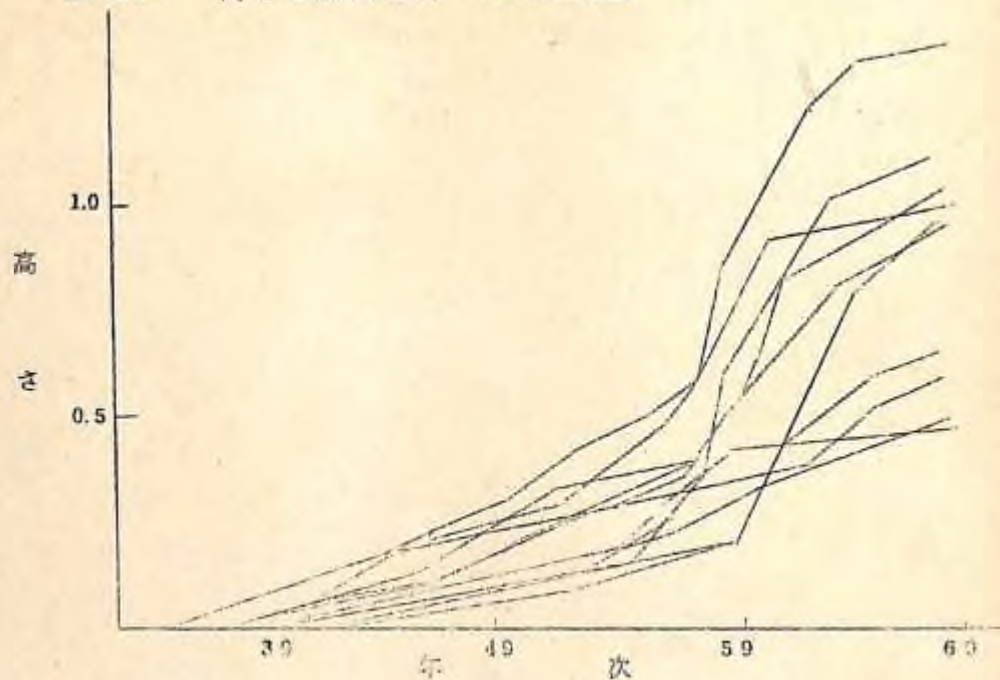


図-11c 高さの成長曲線 30年生以上



~14年前に何かの理由で生育条件が好転し、それ以後急激に伸長を開始した個体と依然として緩慢な成長を続けた個体が混っているためである。この時期は図-9で10年から13年生までの30本の稚樹が発生した時期とも符合する。

また図-11から、20~30cmの高さに達した稚樹は、林冠の疎開または笹の枯死などの条件があれば、急激に伸長をはじめることがわかる。

まとめ

空沼天然林施業実験林の9号区画および16号区画に設定した4個所の固定成長量試験地において、天然生林の成長予測方法を確立するための基礎的項目、すなわち

- I) 伐採後の林分組成表量を過去の成長量から推定するときに使われる仮定の吟味
- II) 成長錐データから過去の成長量を推定する方法。
- III) 伐採支障木、伐採後の枯損発生量。
- IV) 更新指数推定のための更新調査法。^{注)}
- V) 前生稚幼樹の上木伐採後の成長。

などを検討してきた。これまでのところ問題点の整理と中間調査による若干の結果がえられた段階で、細部の解析は今後に予定している試験地の才2回調査による実測成長量についておこなう予定である。

これまでにえられた結果は次のとおりである。

- 1) 直径成長量に比例させた本数移動率を用いて期末の本数分配表を導びく方法は、括約の誤差が大きくなる。したがって直径成長量を材積成長量に変換してから直径に対して平滑化する方法が適当である。
- 2) 伐採後3年程度でも、残存木の成長が促進される傾向がある。したがって、過去の成長量を単純にかきかえて伐採後の成長量を予測すると過少な値がえられる。
- 3) 4年間の枯損本数は無施業の保残区と漸伐区とで殆んど差がないが、保残区では枯損発生直径範囲が広く、漸伐区では小径木に多くなる傾向がある。
- 4) 伐採後の前生稚樹の成長は順調で、はじめの高さが大きいものほど伸長量が多い。
- 5) 更新指数決定のための調査方法を検討し、方法の簡便さと、高さ階別の本数推定が可能なることから、可変コドラート法が適当なことがわかった。

注) 真辺 昭 新しい更新調査法 北方林業 巻243(昭44.11)

として発表

3. 昆虫班の研究経過

エゾマツ、トドマツ天然林においては、穿孔虫の被害による枯損の発生が平年状態で、おおよそhaあたり年平均2m³内外、林分枯損率では1%内外あるとみられる(山口, 1961)。

しかし択伐などの伐採がおこなわれた場合、伐採後3~4年間はこの数値を上回る被害が生じることがしばしば認められてきた。

天然林の施業にあたり、このような被害を回避するためにも、伐採にともなう虫害枯損木の発生、その要因の解明は重要な課題であるので、ここでは

- (1) 林型と被害枯損木発生との関係
- (2) 樹型と穿孔虫加害との関係
- (3) 加害害虫相と密度の変動

を中心に調査検討を試みた。調査は表-5の実験林の区面にしたがって行なったが、虫害枯損木の発生様相については、さらに伐採年次別に区分(表-13)して検討した。

表-13 各区の伐採年次

伐 採 年 次	号 区
4 3 年	2, 4, 5, 6, 9, 13, 14 B, C
4 4 年	8, 10, 14 A, 15
4 5 年	11, 12, 16, 17

□は帯状皆伐区

3-1 伐採後の虫害枯損木の発生様相

3-1-1 被害の発生経過

昭和43~47年間に発生した調査地全域の虫害枯損木は300本で、このうちトドマツが本数で76%, 材積で73%を占めている(表-14)。

調査区のなかには広葉樹を主体とした林分、あるいは伐採後ほとんど裸地状に化したところもあるので、これらを除いてhaあたりの年平均枯損量を求めてみると、わずかに0.5m³で、全体として虫害枯損木の発生がきわめて少なかったことがわかる。

次にこれを伐採年次別に区分してみると、表-15のとおりである。伐採後の林相がちがうのでそれぞれの比較はできないが、図-12の例にもみられるように、伐採後2~3年に伐採の影響とみられる枯損木の発生が多く認められている。

表-14 枯損木の年次別発生数(調査地全体)

樹種本数 量	枯 損 発 生 年 (年)					計	%
	4 3	4 4	4 5	4 6	4 7		
(本)	3 4	3 4	4 6	4 7	6 7	2 2 8	7 6
トドマツ (m³)	2 5.9	1 3.4	1 5.2	1 1.9	6 4.1	1 3 0.5	7 3
(本)	7	3 3	1 1	1 6	3	7 0	2 3
エゾマツ (m³)	6.8	9.1	1 2.9	1 0.4	6.6	4 5.8	2 6
(本)		1	1			2	1
アカエゾ (m³)		0.2	2.6			2.8	1
(本)	4 1	6 8	5 8	6 3	7 0	3 0 0	
計 (m³)	3 2.7	2 2.7	3 0.7	2 2.3	7 0.7	1 7 9.1	
haあたり年平均枯損量						0.5 m³	

図-12 立木被害(本数)の発生推移

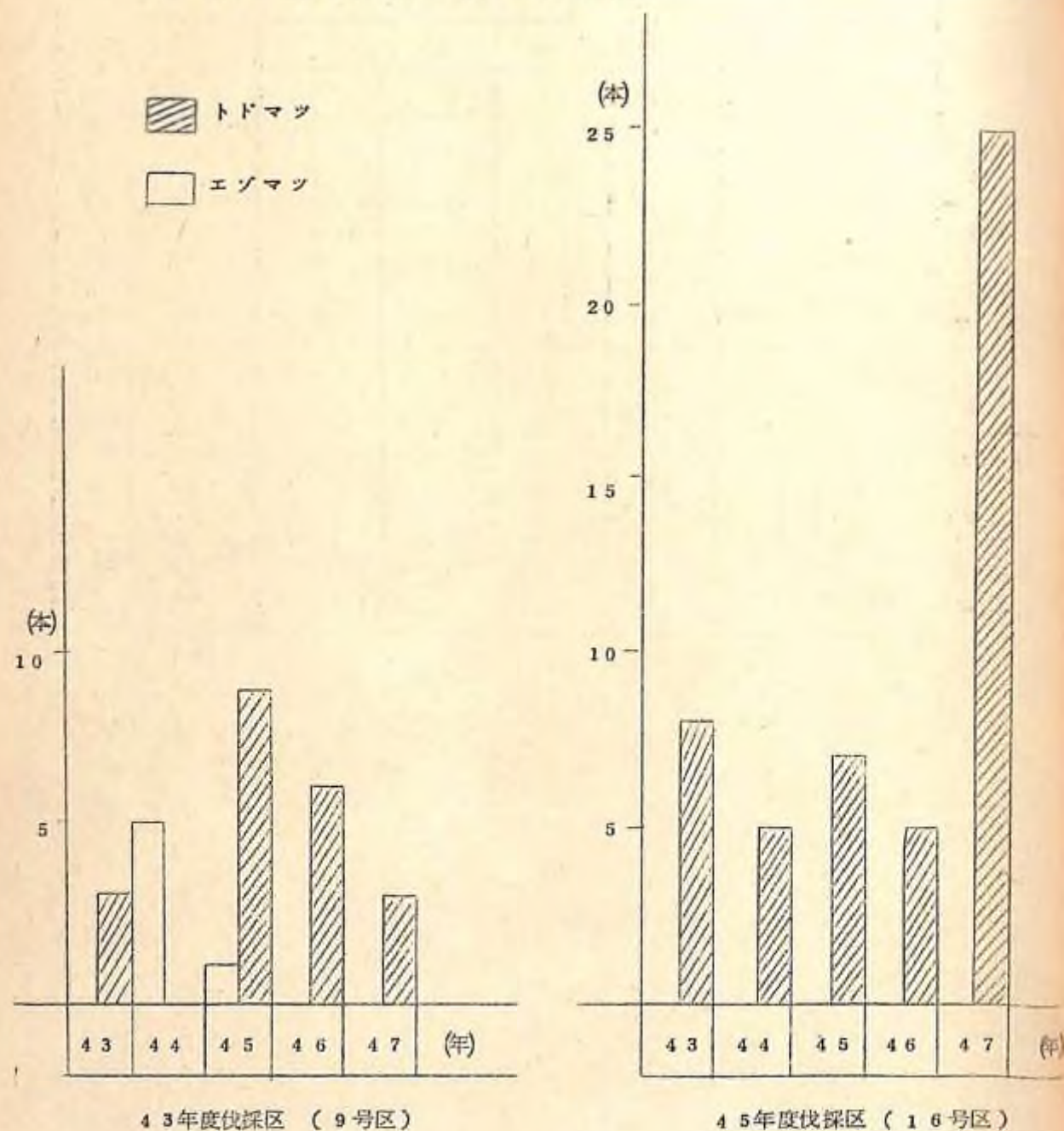
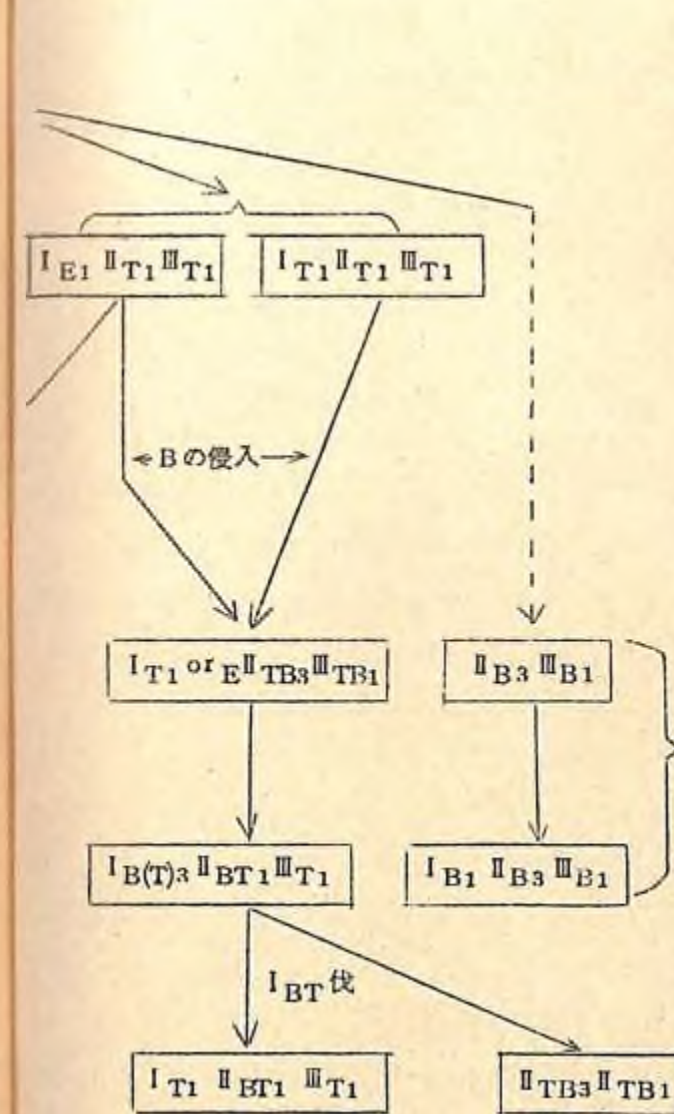
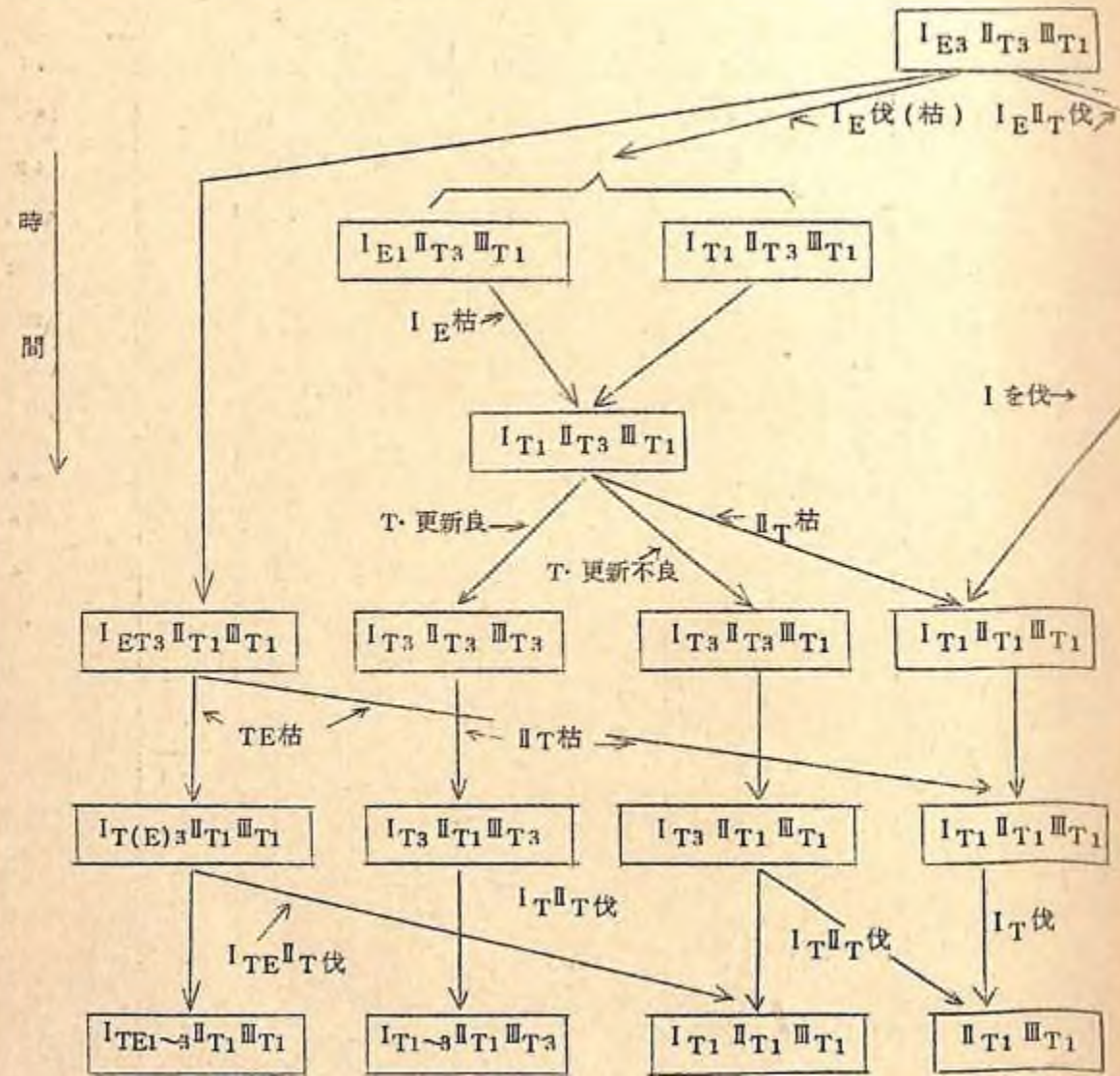


表-15 伐採年次別に区分した各調査地の枯損発生量

伐採年次	樹種本数量	枯損発生年 (年)					計
		43	44	45	46	47	
43年	トドマツ (本)	8	11	21	13	6	59
	トドマツ (m³)	5.5	3.1	2.4	4.5	1.4	16.9
	エゾマツ (本)	4	22	6	10		42
	エゾマツ (m³)	5.6	7.7	7.4	4.7		25.4
	アカエゾ (本)		1	1			2
	アカエゾ (m³)		0.2	2.6			2.8
小計	(本)	12	34	28	23	6	103
	(m³)	11.1	11.0	12.4	9.2	1.4	45.1
44年	トドマツ (本)	8	5	2	6	1	22
	トドマツ (m³)	2.9	5.3	8.2	2.5	6.0	24.9
	エゾマツ (本)		2	2	2		6
	エゾマツ (m³)		0.1	4.6	4.8		9.5
	小計 (本)	8	7	4	8	1	28
	小計 (m³)	2.9	5.4	12.8	7.3	6.0	34.4
45年	トドマツ (本)	12	13	13	21	44	103
	トドマツ (m³)	9.8	1.8	1.1	3.2	47.6	63.5
	エゾマツ (本)		8	2	2	2	14
	エゾマツ (m³)		1.2	0.6	0.8	6.5	9.1
	小計 (本)	12	21	15	23	46	117
	小計 (m³)	9.8	3.0	1.7	4.0	54.1	72.6
保残区	トドマツ (本)	6	5	10	7	16	44
	トドマツ (m³)	7.7	3.2	3.5	1.7	9.1	25.2
	エゾマツ (本)	3	1	1	2	1	8
	エゾマツ (m³)	1.2	0.1	0.3	0.1	0.1	1.8
	小計 (本)	9	6	11	9	17	52
	小計 (m³)	8.9	3.3	3.8	1.8	9.2	27.0



(原 型)

伐採前の林型
(未伐採地ではこのまま残存)

伐採後の林型
(伐採地の残存林)

→ 大

大 雑 樹 の 混 交 歩 合

図-13 伐採前移の林型

3-1-2 被害の発生様相

3-1-2-1 林型との関係

表-16 のごとき林型区分の基準 (林試北海道支場天然林研究グループ, 1967) にしたがって各調査区ごとに伐採前後の林型の調査を行った。

表-16 林型の区分

樹高階	樹種	うっぺい度
I 20m以上	A アカエゾ	5 90%以上
II 10~20m	E エゾマツ	3 90~40%
III 10m以下	T トドマツ	1 30%以下
	B 広葉樹	

伐採前の林型は図-13に示したように、かつては上層にエゾマツ、中、下層にトドマツと道内各地にふつうに見られたであろうと思われる林型 (I_{E3} II_{T3} III_{T1}) から、その後上層のエゾマツ大径木の伐採 (択伐)、それにともなう枯損の発生、あるいは風害などにより、下段に示したタイプに移行してきたものと推察される。

伐採後も未伐採地はもちろん、伐採地内で群状に残された部分などではそのまま同じ林型が保持されているが、その他の地では皆伐状に伐採されたところを除いて、低径最下段のごとくトドマツを主体とした林型に変っている。このうち虫害枯損木の発生に関連した林型をひろってみると、たとえば6号区の一部に残された (I_{ET3} II_{T1} III_{T1}) 林型で、上層のE (エゾマツ) の被害が多くみられたところもあるが、16号区でその典型的例がみられたように (I_{T(E)3} II_{T1} III_{T1}) あるいは (I_{T3} II_{T1} III_{T1}) などの林型で上、中層のT (トドマツ) の被害が目だっており、また全般的に下層の小径木のT (トドマツ) のうち樹冠の貧弱な林木の枯損がどの林型でも散発的にみられている。

3-1-2-2 樹型との関係

こゝで用いた樹型級は表-17に示すとおりである。

この地域のトドマツは、疎開地を除きやや密生して生育してきたためもあり、上、中層に樹高のわりに径級が細く、樹冠の貧弱な (1C, 2C型) のものが多く、枯損木の大半もこれらのタイプで占められている。

一方、エゾマツは小径被圧木を除き、発生本数が少なかったため、とくに樹型との関

表-17 樹型の区分

径級	樹冠型	
	大きさ	葉量
1 小径 (22cm以下)	1 (小)	c (少ない)
2 中径 (24~38cm)	2 (中)	b (普通)
3 大径(A) (40~58cm)	3 (大)	a (多い)
4 大径(B) (60cm以上)		

表-18 樹型と枯損の関係

樹型	径級 (cm)	本数 (本)	樹冠型									大きさ
			1 (小)			2 (中)			3 (大)			葉量
			a	b	c	a	b	c	a	b	c	
	1 (22cm以下)	147		2	84		13	34		3		
	2 (24~38cm)	56			10		15	21		1		
	3 (40~58cm)	20			2		12	4		1		
	4 (60cm以上)	5			2		1	1	1			
	計	228		2	98		41	60	1	5		
	1 (22cm以下)	47			6		23	4		13		
	2 (24~38cm)	14					7	2		5		
	3 (40~58cm)	6					5	1		1		
	4 (60cm以上)	3							1	1		
	計	70			6		35	7	1	20		
	1 (22cm以下)	1						1				
	2 (24~38cm)											
	3 (40~58cm)	1							1			
	4 (60cm以上)											
	計	2						1	1			

<注> 樹冠型 1 枝葉の着生部が樹高の1/3以下 a 葉量多
2 " 1/3~2/3 b 葉量ふつう
3 " 2/3以上 c 葉量少

係ははっきりしないが、樹冠の型は(2b, 3b)のものが主体をなしている。(表-18)。

3-2 穿孔虫生息密度の推移

3-2-1 種類

虫害枯損木、倒木などに飛来寄生した穿孔虫の種類は表-19に示した。

表-19 穿孔虫の種類

種		寄主		
		トド	エゾ	アカ
ムツバキタイ	<i>Ips acuminatus</i> (GYLLENHAL)		○	
ヤツバキタイ	<i>Ips typographus</i> L.f. japonicus NIIJIMA		○	○
ゴウヤンコキタイ	<i>Orthotomicus golovjankoi</i> PYATNITZKY		○	
ホシガタキタイ	<i>Pityogenes chalcographus</i> (LINNE)		○	○
エゾキタイ	<i>Polygraphus jezoensis</i> NIIJIMA		○	○
トドマツキタイ	<i>Polygraphus proximus</i> BLANDFORD	○		
ケナガエゾキタイ	<i>Hylurgops longipilis</i> REITTER		○	
ハイマツアトマルキタイ	<i>Dryocoetes pini</i> EGGERS		○	
アトマルキタイ	<i>Dryocoetes rugicollis</i> EGGERS		○	○
ジョウザンコキタイ	<i>Cryphalus piceus</i> EGGERS		○	
カラマツコキタイ	<i>Cryphalus laricis</i> NIIJIMA	○		
クロツヤキタイ	<i>Trypodendron proximus</i> NIIJIMA	○	○	
ハンノスジキタイ	<i>Xyleborus seriatus</i> BLANDFORD		○	
トドマツオオキタイ	<i>Xyleborus validus</i> EICHMOFF	○	○	
タマシキチカクシノウ	<i>Cryptorhynchus tamanukii</i> KONO		○	
ミヤマアナアキゾウ	<i>Hylobius montanus</i> KONO	○	○	
チビマツアナアキゾウ	<i>Hylobius pinastri</i> GYLLENHAL	○	○	
クロコブゾウ	<i>Niphades variegatus</i> ROELOFS	○	○	○
マツチヤイロキタイゾウ	<i>Ochironanus pallidus</i> MARSHALL		○	
ハイイロハナカミキリ	<i>Rhagium japonicum</i> BATES	○	○	○
トドマツカミキリ	<i>Tetropium castaneum</i> LINNE	○	○	
オオクロカミキリ	<i>Megasenum quadricostulatum</i> KRAATZ	○	○	
ヨツボシヒゲナガカミキリ	<i>Monochamus urssovi</i> (FISCHER)	○	○	○

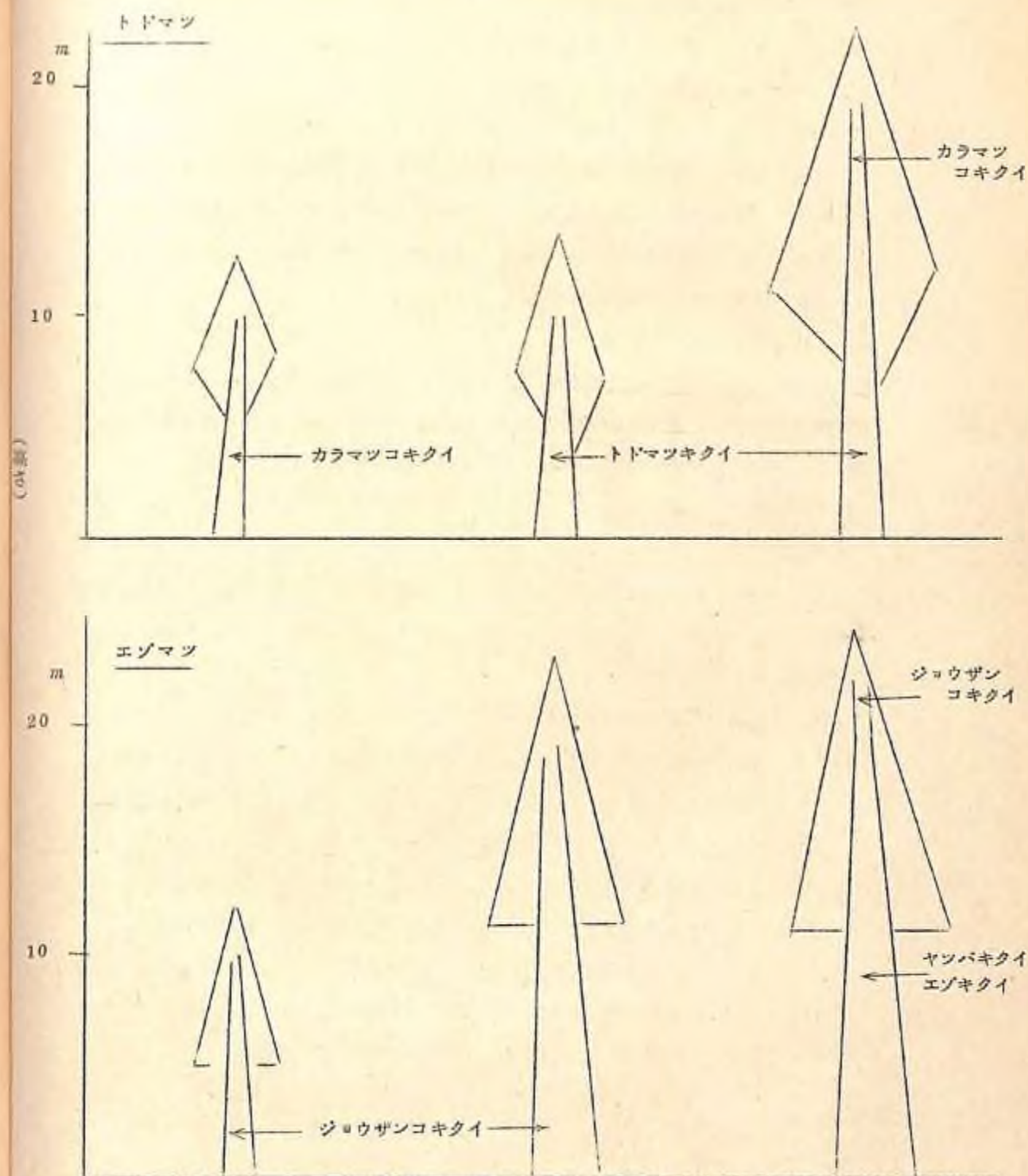


図-14 キタイムシ類の寄生部位

トドマツの虫害枯損木はトドマツキタイの寄生加害によるものが大部分であるが、小径木のうちにはカラマツコキタイの寄生加害によるものもある。(図-14)。

エゾマツの主な加害種は、ヤツバキタイ、エゾキタイ、ジョウザンコキタイなどである。

なおぬあたり枯損量の比較的高いところ、たとえば層雲峡、阿寒地方などで典型的であるヤツバキタイを主体としたヤツバキタイ-ホンガタキタイ(梢頭部)の加害形はみられず、一方、ジョウザンコキタイの優占した加害が小、中径木にみられた。

3-2-2 寄生密度、増殖率の推移

3-2-2-1 トドマツキタイ

この地域は伐採前からも全般的にトドマツの枯損が多く発生してきたこともあって調査期間中も、餌木、虫害枯損木などで調査したトドマツキタイの繁殖は比較的良好、単位面積($20 \times 20 \text{ cm} = 0.04 \text{ m}^2$)内の母孔数は10~25孔、次世代虫数は40~200頭となっている。

3-2-2-2 ヤツバキタイ

伐採の前から、4、6号など風あたりの強くうけるところに群状のエゾマツ被害木がみられていたが、その他の区では伐採前後を通じ、エゾマツ中、大径木の枯損発生は少なかった。

伐採直後の枝条、末木、丸木などへの穿孔虫の寄生状態の調査では、未寄生木の割合が多く、寄生木にはエゾキタイ、ジョウザンコキタイなどが寄生し、ヤツバキタイの寄生割合はすくない。

餌木による寄生密度、増殖率の推移(単位面積、 $20 \times 50 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}^2$, 表-20, 表-21)に関する調査でも、伐採前にはヤツバキタイの寄生が認められず、エゾキタイ、アトマルキタイ、ケナガエゾキタイなどが主体をなしていた。

伐採後ヤツバキタイの生息数はやや増加の傾向を示しているが、それほど密度も高まらず、昭和47年には平常にもどったものとみられ、立木枯損がわずかに11号区に大径木1本(ほかに小径木2本)の発生をみたのみで終った。

上木被覆等による 寒害防止試験

表-20 43年伐採区におけるヤツバキタイの寄生密度, 増殖率
の推移 (餌木)

調査年		寄生密度	次世代虫数	1母孔あたりの 産卵数	増殖率	死亡率 (%)
44年	最大	23	203	48	12.0	87.3
	最小	13	74	32	4.1	65.4
	平均	17	136	38	8.7	77.2
45年	最大	38	238	44	10.9	95.0
	最小	10	17	26	1.7	72.8
	平均	21	107	35	5.0	85.8
46年	最大	27	16	20	0.7	99.7
	最小	8	1	16	0.1	95.9
	平均	18	7	17	0.3	97.9
47年	最大	14	74	38	10.1	89.7
	最小	5	25	26	3.0	66.5
	平均	9	44	31	5.3	82.7

単位面積は $20 \times 50 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}^2$

寄生密度は単位面積あたりの母孔数

増殖率は1母孔あたりの次世代虫数

表-21 45年伐採区におけるヤツバキタイの寄生密度, 増殖率
の推移 (餌木)

調査年		寄生密度	次世代虫数	1母孔あたりの 産卵数	増殖率	死亡率 (%)
44年	最大 最小 平均	ヤツバキタイの寄生 なし				
45年	最大	29	43	34	2.1	98.4
	最小	14	7	25	0.5	91.7
	平均	21	23	29	1.1	96.2
46年	最大	17	42	42	5.9	99.3
	最小	3	1	25	0.2	84.9
	平均	8	15	36	1.6	95.7
47年	最大	15	35	31	3.6	96.9
	最小	5	10	24	0.8	85.1
	平均	11	22	27	2.1	92.0

3-2-3 天敵昆虫

調査期間中に得た主な天敵昆虫は表-22に示した。

表-22 天敵昆虫の種類

オオコクヌスト	<i>Temnochila japonica</i> REITTER
ムネアカアリモドキカツコウ	<i>Thanasimus substriatus</i> GEBLER
クロサビカツコウ	<i>Stigmatium nakanei</i> IGA
アカアシホソハネカタシ	<i>Metoponcus maximus</i> BERNHAUFR
コマユバチの1種	<i>Coeloides</i> sp.
アシナガバエの1種	<i>Medetera</i> sp.
ホシキアブ	<i>Xylophagus maculatus</i> MATSUMURA

表-23 天敵昆虫を除去した場合のヤツバキタイの増殖率, 死亡率

調査年	処 理	寄生密度	次世代虫数	1母孔あたりの 産卵数	増殖率	死亡率 (%)
45年	サラン網内に入 れる	最大	19	151	42	10.0
		最小	5	23	30	2.4
		平均	10	61	35	6.2
	野 外 に 放 置 (対 照 区)	最大	29	43	34	2.1
		最小	14	7	25	0.5
		平均	21	23	29	1.1
46年	サラン網内に入 れる	最大	14	119	49	13.0
		最小	6	61	37	6.8
		平均	9	93	42	10.1
	野 外 に 放 置	最大	17	42	42	5.9
		最小	3	1	25	0.2
		平均	8	15	36	1.6
47年	サラン網内に入 れる	最大	7	77	43	15.4
		最小	4	36	31	6.0
		平均	5	54	36	8.7
	野 外 に 放 置	最大	15	35	31	3.6
		最小	5	10	24	0.8
		平均	11	22	27	2.1

表-23は, ヤツバキタイの寄生後サラン網内に入れ, 天敵昆虫より隔離したものと, 野外に放置した餌木丸太での増殖率, 死亡率を比較したものである。その結果, 野外に放置した丸太での平均増殖率は1.1~2.1, 死亡率, 9.2~9.6%に比べて, サラン網で隔離したものは増殖率6.2~10.1, 死亡率7.0~8.2%といずれも繁殖は良好であった。

3-3 危険木の判定

(加害対象となる木の生理異常の判定)

3-3-1 トドマツ

トドマツは辺材部からの樹脂流出がないので, 徳重らのおこなったダイヤルゲージによる幹の膨張収縮の日変化について検討した。

その結果, 天候の影響も大きく, 1日の伸縮巾については処死木(人為的に傷をつける)との間に顕著な差を得ることはできなかった。なお一定期間の肥大生長曲線を見ると, 差が得られ, また外見的にも明らかに異常を示した木ではほとんど生長しない観察例を得ているが, トドマツについては有意な関係のある方法を見出していない。

3-3-2 エゾマツ

伐採後の残存木について昭和44~47年6月および9月の年2回, 樹幹辺材部に小孔をあけ, 樹脂の流出量を目測(日塔ら1967参照)により区分して, 流出量の変化と樹型, 枯損などの関係について検討した。

その結果, 樹脂流出量の変化については

- A) 常に多くの樹脂を流出しているもの。
- B) 常にあまりでないもの。
- C) はじめは多かったが, 伐採後2~3年目に樹脂の流出が一時的に少なくなったもの。
- D) 樹脂の流出が減少し枯少し枯死したもの。

といくつかのタイプに類別することができる。さらにこれを伐採の影響を直接的にうけると考えられる林縁木と, それから林内木に大別して, それぞれ樹脂の流出に変化の認められたもの(C, D)の割合をみると, 表-24に示したように林縁木にやや多い傾向がみられた。

表-24 伐採後の樹脂流出(エゾマツ)

区 別	類 別				計
	A	B	C	D	
林 内 本 数	41	8	18		67 (本)
(%)	61	12	27		
林 縁 本 数	29	4	23	4	60 (本)
(%)	48	7	38	7	

ま と め

エゾマツ、トドマツ、天然林では、伐採により残存するエゾマツ大径木に枯損が顕著するのがふつりで、その典型的な例は層雲峡国有林などで見られている。

空沼実験林では伐採の影響による枯損の発生は伐採後2～3年に多くみられ、6号区などエゾマツ枯損の比較的目的についたところもあるが、全体的には11、16号区などのようにトドマツ枯損の割合が大きい。

この地域は過去の択伐跡で、上層にエゾマツが残存してはいるが、トドマツの割合が多く、しかもトドマツはやや密生して生育してきた関係もあって、上層に位置するものでも径級は細く、クローネの貧弱なものが多くなっている。このため択伐地のように上中層のトドマツを単木的に残存させたところでは、これらに被害がやや多く発生、場合によっては上中層のトドマツがかなり疎開してしまうおそれのあるところもみられている。また強度の伐採(漸伐の強いもの)地では小径のトドマツが散発的に枯れている。このようなところでは小群状の伐採など残存木を群状に残すような伐採を考えることが必要と思われる。

一方、エゾマツは10号区のように比較的大径木を残したところでも枯損は少なかった。これは前述のように、この地域では過去の択伐、風害、それにともなう枯損の発生などを経て、やや安定した状態で生育してきたとみられるものが多かったこと、伐採丸太が長く林内に放置されなかったこと、それとともに主要害虫の一つであるヤンバキタイの生息密度が比較的低密度で経過したことなどがその理由として考えられる。

文 献

山口博昭(1961):天然生林における虫害の実態(虫害),針葉樹枯損量と穿孔虫の被害
北方林業,13(4)26～28

山口博昭,小泉力(1962):天然生林における針葉樹枯損木の発生について,日林会北海道
支部購,11,17～20

林試北海道支場天然林研究グループ(1967):北海道天然林の林型からみた更新と枯損,林
試北海道支場年報 1966,185～209

小泉力(1969):エゾマツ,トドマツ天然林の伐採にともなう穿孔虫被害,林試北海道支場
年報1968,110～116

小泉力(1972):キクイムシ類の加害対象となるトドマツ,エゾマツの生理異常の判定法,
83回日林会大会購,349～350

小泉力(1973):エゾマツ,トドマツ穿孔虫の薬剤防除試験,北方林業,25(3)18～
20

IV 総 括

漸伐施業に対する試験研究の問題点は次の諸点であろう。

伐 採 前

- 1) 稚樹の量と配置が如何なる時に更新完了とみなすか
- 2) 稚苗を発生させるには、どのような立地条件でどのような地床処理が最善であるか

伐 採 後

- 3) 伐採にともない、枯損はどのような経過でおきるか、また虫害の発生と進行は伐採のやり方とどのように関連するか
- 4) 第2項により最善と考えられる地床処理をおこなったにも拘わらず稚苗が発生しないのは何故か
- 5) 保残された稚樹の成長は伐採前とくらべてどうか、この間に法則性が認められるか
- 6) この漸伐施業林を、予定した回帰年で経営するためには、保残された稚樹だけで十分か、若しそうでないとなればどのような補助手段が必要か
- 7) 伐採前の蓄積と保残された稚樹の本数、生長の間に法則性が認められるか

以上の点が明らかにされれば、研究の最終目標とする「漸伐施業の収獲予想」が可能となるものと考えられる。

上記の問題点のうち第2項については、早くから多くの研究者によって研究されてきた。

しかし結果的には一定の法則性が得られず、第4項の問題に移ってしまふことが多かった。

本報告では、更新性がこの問題を追及し、稚苗発生阻害の最大の要因としての菌の活動をとらえた。これは貴重な成果であったと信じている。ただし今後、実際の施業にたいし、どのようにして貢献するかの問題が残される。次に経営班では第5項の問題に取り組み、本文に報告したように或る程度の傾向をつかんだが、この種の問題は最少限2回の測定が必要であるので、今しばらく時間をかす事が必要と思われる。

昆虫班は第3項について全力をあげ、実用にたえる成果を得た。特に林型、樹型と虫害の関連を解明したことは、今後の施業の参考になることであろう。ただし空沼実験林においては、当初の予想を裏切つて虫の被害が左程大きくならなかった。従来の天然林施業の場合とくらべて、何故このような結果になったかが今後の問題として残った。

以上を要約するに、漸伐施業の基礎資料を得るという当初の目的は一応達せられたが、施業指針作製のために、その中軸をなす経営班の研究にたいしては、しばらくの時間が必要であり、それを俟つて此の研究が完成することを期待するものである。

I 試験担当者

(所属は47年度現在)

(主査)北海道支場

造林部長 土井 恭次

造林第一研究室員 渡辺 富夫

・ 治山研究室長 遠藤 泰造

・ 室員 工藤 哲也

・ 防災研究室長 増田 久夫

・ 室員 鈴木 孝雄

東北支場育林第一研究室長 古川 忠

・ 室員 貴田 忍

・ 山形分場長 小島 忠三郎

・ 経営第四研究室員 北田 健二

造林部 造林第一研究室長 坂上 幸雄

・ 造林第一研究室員 石井 幸夫

防災部 気象研究室長 岡上 正夫

・ 室員 佐々木 長儀

四国支場 造林研究室長 安藤 貴

・ 室員 谷本 文夫

九州支場育林第一研究室長 大山 浪雄

・ 室員 高木 哲夫

・ 室員 斉藤 明

育林第二研究室員 上中 作次郎

II 試験目的

林木の寒さの害についての研究は、ヨーロッパは古く、19世紀中葉にはこれらの現象は気付いている。わが国では、昭和10年頃から、北海道において、トドマツの苗畑や造林地に多量の被害木があらわれて、はじめて研究が開始された。その後、戦時伐採や拡大生産跡地のような大面積造林地が出現するに至って、各地に大量の被害があらわれ、寒害防止対策が急がれるようになった。

そこで林業試験場では、昭和37年から寒害防除試験を組み、本支場共同で研究を開始した。その結果、関東、中部、九州地方でのスギ、ヒノキおよび一部でカラマツ、北海道地方でのトド

マツの被害実態がつまびらかになった。また全国的にいつて、寒害は、凍害と、いわゆる寒風害とに大別され、それぞれの樹種に応じた被害症状や発生時期が明らかになった。さらに一部の防止試験によると、上方あるいは側方林分の保護効果が大きいこともわかった。

そこで、この保護効果を実用化するため、対象造林樹種別に上方、側方別保護林分の効果判定を、本支場共同で計画し、地域別の保護林分の設定技術の資料を集めようと考えた。

Ⅲ 試験の経過と得られた成果

1. 試験計画

本、支場の既往の実績と試験地の選定の難易などから、次表のような分担とすることにした。

表-1 試験の分担

寒害の 種 類	対 象 樹 種	上 方 側 方 の 別	保 護 林 分	分 担
寒 風 害	スギ	上 方	スギ, ヒノキ人工林	本 場
		側 方	アカマツ前植林	
			アカマツ, カラマツ人工林	東北支場
			広 葉 樹 林	四国支場
	ヒノキ	上 方	スギ, ヒノキ人工林	本 場
		側 方	アカマツ前植林	
	トドマツ	上 方	モデル(寒冷紗被覆)	北海道支場
		側 方	モデル(遮 光 板)	
凍 害	スギ	側 方	広 葉 樹 林	四国支場
			クロマツ前植林	九州支場
			クロマツ混植林	

2. 北海道東部寡雨地域におけるトドマツ寒害防止試験

2-1 被害の実態

北海道の寡雨地帯では、風衝の影響の少ないところでも、トドマツ、アカエゾマツ若・幼齢木の寒害が、南斜面に集中して発生している。これは土壌が長期間凍結しているため、根から地上部への水分供給が著しく阻害され、しかも、日射による樹体温度の上昇などが原因となって強制的に脱水され、枝葉、幹が乾燥枯死する、いわゆる寒乾害と考えられる。その

防止法としては庇陰が有効なことがわかった。

しかし、現地の林分を用いて、その保護効果を判定するためにふさわしい試験地を見出すことが困難であったため、保護林分のモデルとなるものを現地に設け、造林木に対する効果をしらべることにした。

2-2-1 試験地の気象の概略

- 1) 道東地方の寡雨地域でも同様であるが、この試験地でも1月～3月はもっとも冷え込みがきびしい。積雪量も少なく平均5cmである。
- 2) 土壌凍結深度は20～30cmに達する。(右用1964年)
- 3) 最低湿度が50%前後で、かなり乾燥した状態である。

日射などの影響をうけて凍結していない苗木で、しかも湿度が90%以上の場合には土壌が凍結していて水分供給が著しく阻害されていても、苗木の枝葉は容易に乾燥されないが、湿度が70%前後に低下すると枝葉の含水量の低下が顕著となり、50%の状態になると乾燥速度が急に増すようである。この場合急速に乾燥された枝葉は青枯れ症状を呈する。

- 4) 道東地方から日高地方にかけての冬季は好天で日照が多い。

2-1-2 気温および樹体温度におよぼす日射の影響

樹体温度の測定部位は、5年生トドマツの先端から5cm下部の幹の皮層部と材部の間に熱電対を差し込んで測定し、気温はそれと同じ高さの幹の北側で測定した。

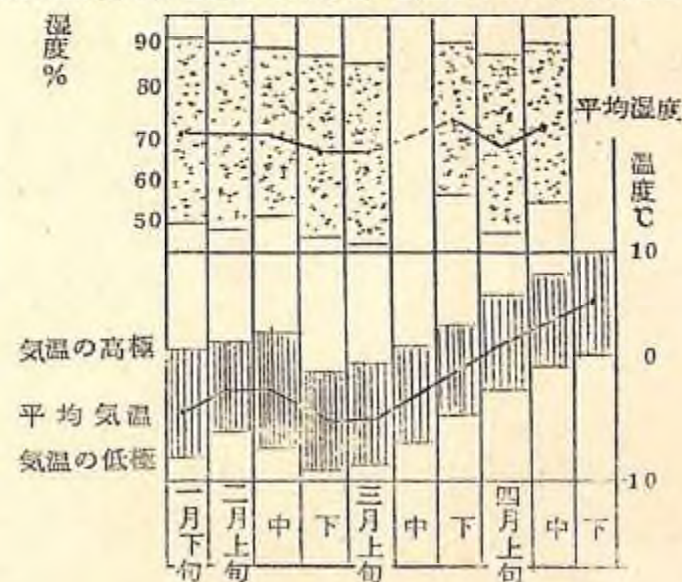


図-1 試験地の気象(厚賀 1964年)

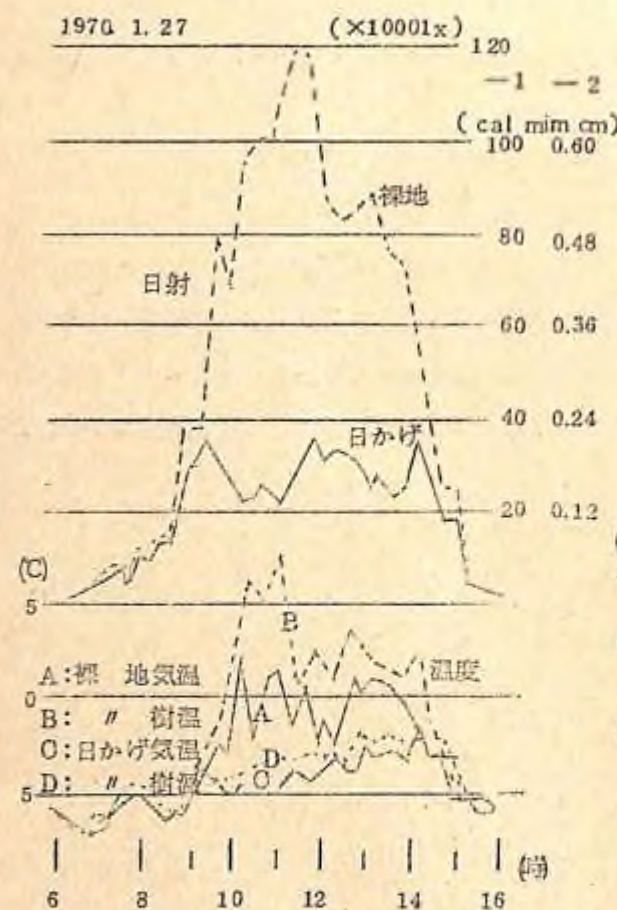


図-2 遮光板前後(裸地および日かげ)における日射 気温と樹体温度の変化

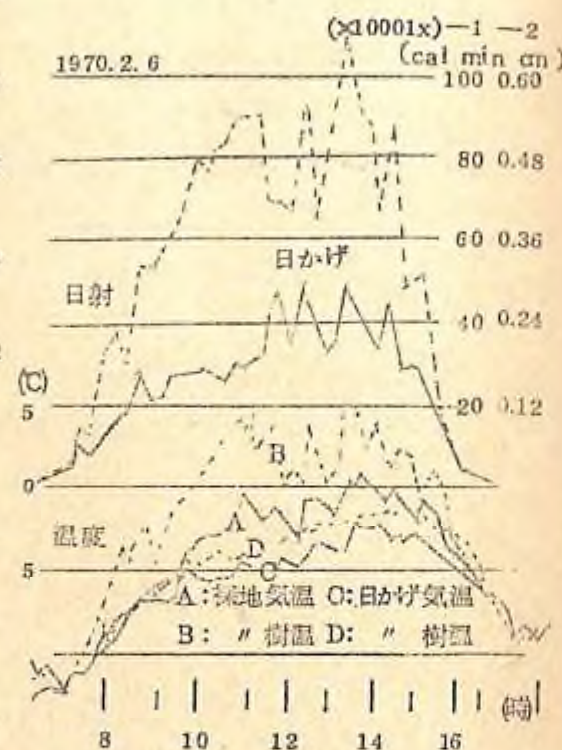


図-3 遮光板前後(裸地および日かげ)における日射 気温と樹体温度の変化

図-1, 図-2から明らかになるように, 日かげ区の苗木は日中もほとんど凍結状態にある。裸地では日射の影響を受けて樹体温度は外気温よりも上昇し, 樹体は凍結していない。すなわち, 裸地の苗木は日かげで凍結している苗木に較べて異常に脱水されることが推定される。

なお, 1, 2月の厳寒期は上記のように裸地と日かげ区の日射量の差と温度の差は明らかであるが, 4月に入って日中気温がプラス10℃以上になると, 日射量は1~2月とほぼ同じ傾向の差を示すが, 温度差は小さくなる傾向がみられた。

2-1-3 土壌凍結とトドマツ枝葉の含水率の変化

寡雪地における土壌凍結は, 樹体水分と関連してトドマツなどの寒害の一因とされている。冬季間, 当該槽内のトドマツ(樹高50~70cm)植栽地の一部を除雪して土壌凍結をさせ, 経過を観察し, 枝葉の水分を測定した。観察によるとトドマツの葉の褐変は, 2月初めに散見され, 2月中に顕著になり, 消雪後は立枯れの症状を呈したが, 春季には開葉して枯死にはいたらなかった。下表にトドマツ枝葉の含水率と土壌凍結深を示す。

トドマツの1年枝・1年葉の含水率※

処 理	1 月 下 旬		2 月 下 旬		4 月 下 旬	
	枝	葉	枝	葉	枝	葉
除 雪 地	46.5%	51.9%	42.2%	33.4%	49.5%	33.6%
積 雪 地	50.0	57.3	51.5	52.7	54.3	56.1

※ 対生重量比

※※ 致死限界含水率の範囲内

	1 月 下 旬	2 月 下 旬	3 月 下 旬
土 壌 凍 結 深	20cm	30cm	30cm

2-2 遮光板による保護効果試験

側方保護効果を測定するためモデルとして遮光板を用いた。

2-2-1 遮光板前後における日射, 気温と樹体温度の日変化

図-4から明らかのように, 庇陰部の苗木は日中でもほとんど凍結状態にあるが, 裸地では日射の影響を受けて樹体温度は外気温よりも上昇することがわかった。

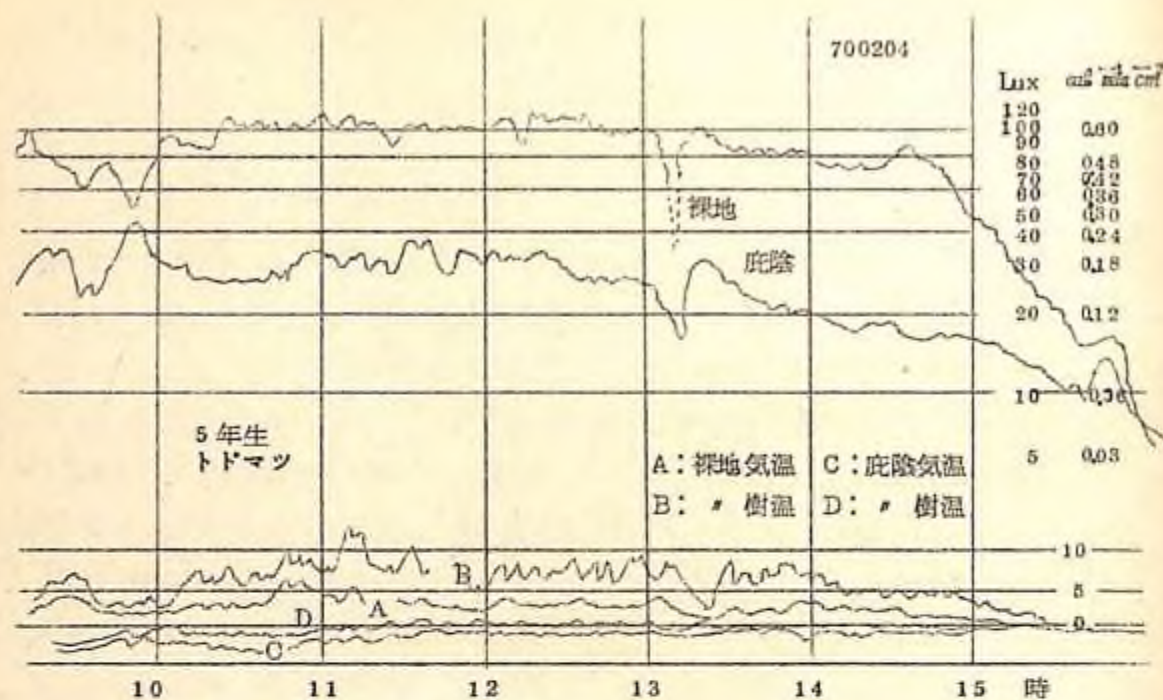


図-4 遮光板前後(裸地および日かげ)における日射、気温と樹体温度の変化

2-2-2 遮光板前後における風速分布

寒乾害の要因は、風の影響をほとんど受けない場所にも発生している事実を確認するため、遮光板前後における風速分布を測定した。

図-5から、遮光板のN区に較べて、S区では、風の減殺効果がかなり認められる。しかし、無被害苗木はN区の遮光板の高さの約1倍(3月30日現在)の日かげの範囲のみであり、その風速減殺率は約50%である。

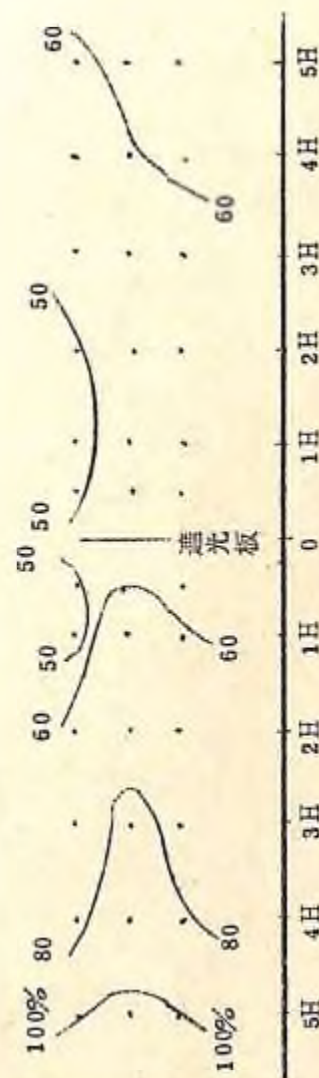
遮光板のS区の50%の範囲は、N区よりも広範囲であるにもかかわらず、(i)-(j)で明らかのように、すべての苗木が被害をうけていることから、寒乾害の被害要因は、風の影響よりも、日射の影響が大きいと考えられる。

2-2-3 造林木の被害状況

被害の分布状態は図-6のとおりで、A、C両区の遮光板の北側は被害が少ない。これは日かげになる部分で、枝葉の含水率の変化(図-7)にもあるように、乾燥しにくい状態にあった。

遮光板の高さ2m

風向NNW~NNE



遮光板の高さ1m

風向NNW~NNE

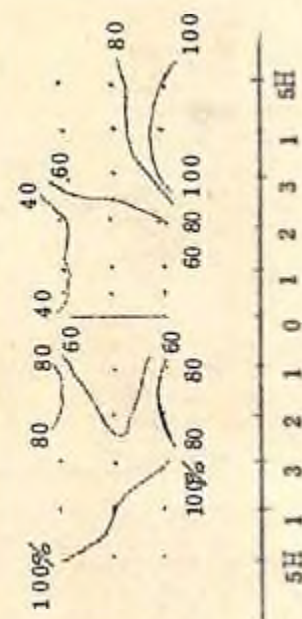


図-5 遮光板前後における風速分布(厚賀) 45.3.30

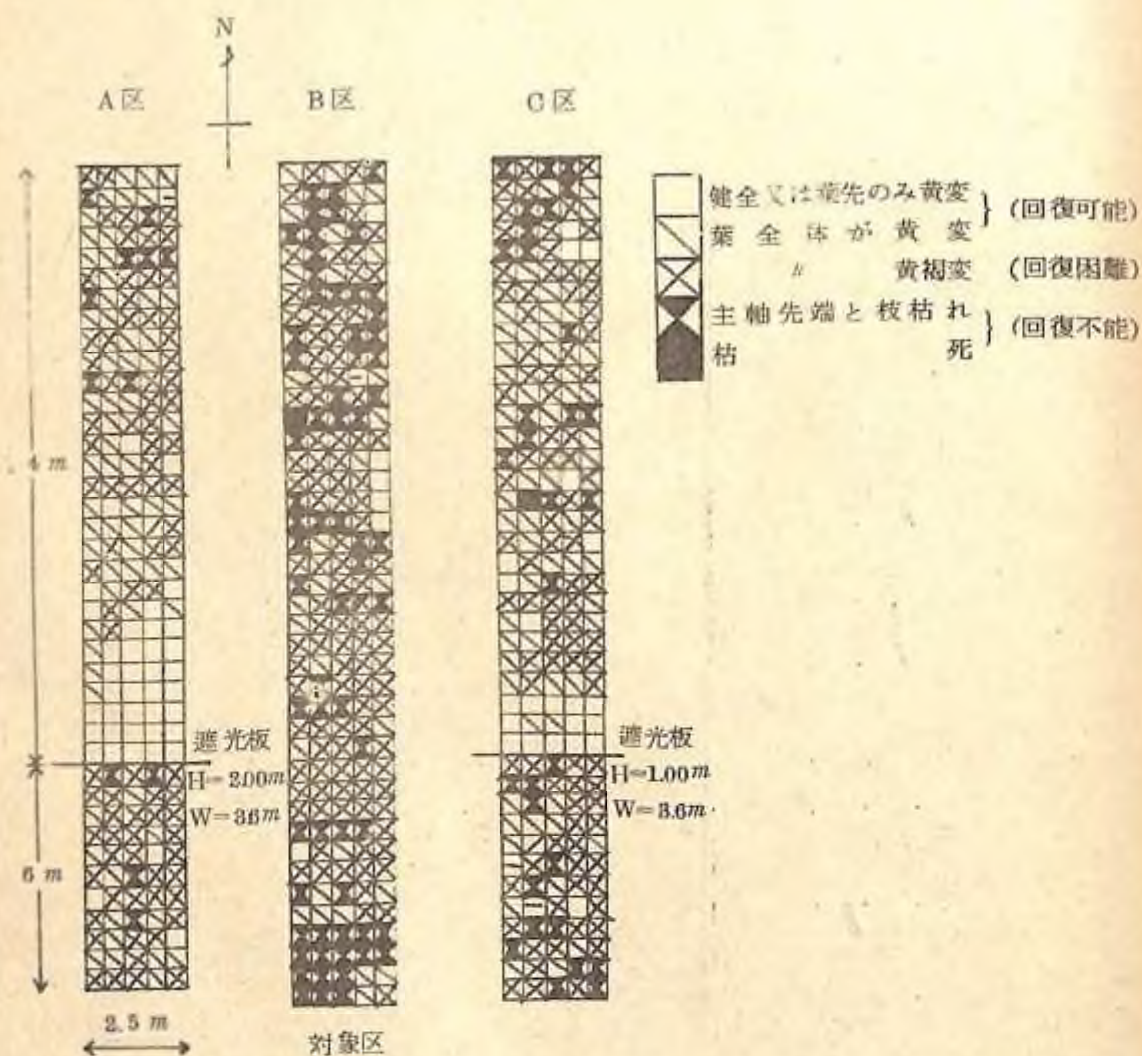


図-6 被害の分布状態

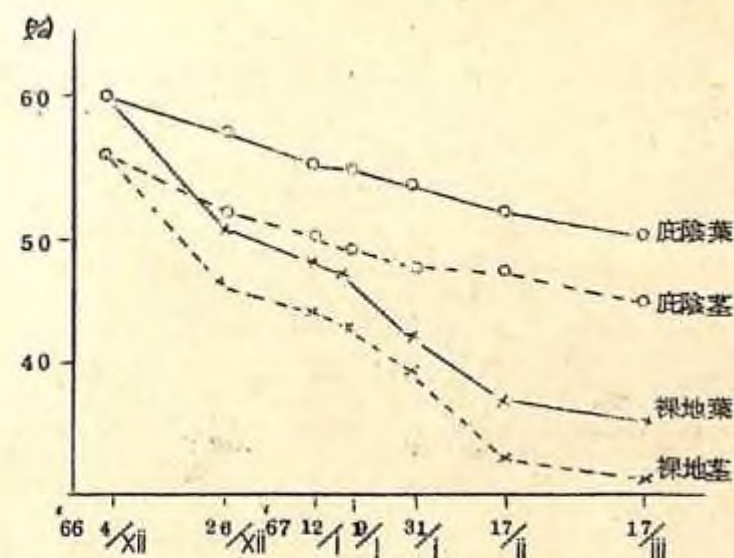


図-7 庇陰下と裸地での水分喪失量のちがい

2-2-4 凍結融解のくりかえしによる水分喪失

6年生トドマツ(針植苗)を-3~-5℃の温度に保たれている低温ガラス室内に、それぞれ枝が触れない間隔に配置し、(1)無被覆区、(2)ダイオーネット(※1010)被覆区を設定し、約1カ月間蒸散量と枝葉の含水率の変化を測定した。

実験期間中の低温ガラス室内の条件

- | | |
|-------------------|---------|
| 1) 室内温度 | -3℃~-5℃ |
| 2) 室内湿度 | 38~40% |
| 3) 被覆区の相対照度 | 約38% |
| 4) 快晴時の最高樹体温度無被覆区 | 約12℃ |
| 被覆区 | 約2℃ |

その結果はつぎのとおりである。

- 1) 無被覆区の苗木は日中日射をうけると融解し、夜間は室内温度にまで低下し凍結する。約1カ月間、凍結と融解が反覆されたこの区の苗木の葉は乾燥枯死した。(図-8)
- 2) ダイオーネット(※1010)で被覆した苗木は、日中もほとんど凍結状態に保たれており、約1カ月後もほぼ正常で被害はおこらなかった。

凍結と融解が反覆される苗木の蒸散量は、異常に大きいことが明らかになった。冬の乾燥害がおこる日あたりのよい造林地の林木は、晴天時には日射をうけて融解し、天または夜間は外気温まで樹体温度は低下し凍結する。このようなくり返しが長期間続く

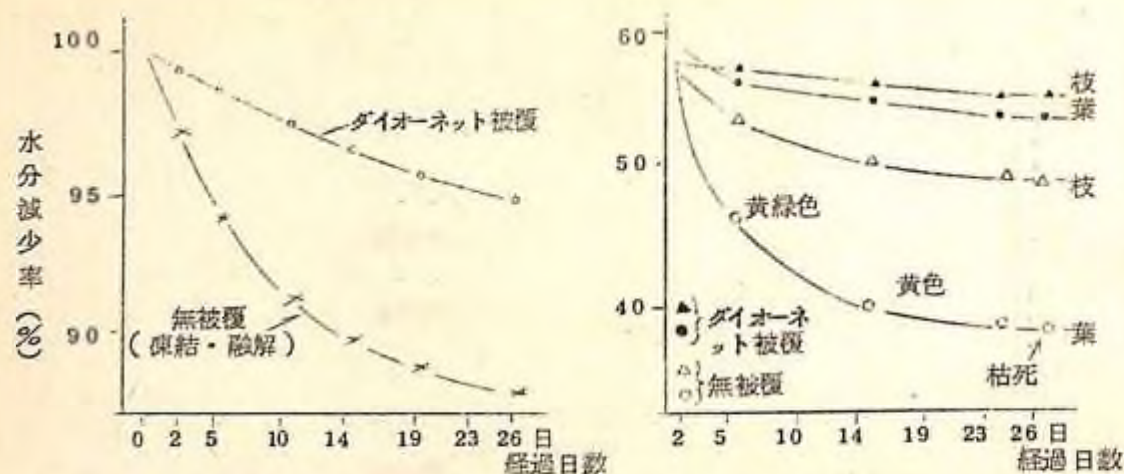


図-8 水分喪失経過

と林木は乾燥する。したがって、積雪の少ない晴天の多い年ほど冬の乾燥害（寒風害、寒乾害）の発生が多いといえる。しかしこのような年でも、日あたりの少ない北斜面の林木や日かげになる林木は樹体温度の上昇が小さく、日中でもほとんど凍結状態が保たれているので、致命的な乾燥被害はおこらないものと考えられる。

2-3 まとめ

以上のように、北海道東部寡雪地域の寒害は、冬季日光の直射により、昼間地上部が融解することによる脱水が、含水率の低下をきたして、乾燥枯死するものであるから、造林木を日陰下におけば被害が少ないことがわかった。

では、どの程度の遮へい度であればよいか。これについて、昭和46~7の冬から透過率のことなる寒冷紗を用いて比較試験をはじめた。しかし、この年は異常多雪年にあたり、試験目的はたせなかった。

さらに、47年度をもって中止の指示があったので、本試験の結果を得ることが出来なかった。

3. 東北地方雪寒冷地域における寒害防止試験

3-1 被害の実態

東北地方表日本側は、冬期偏西風が奥羽山脈をこえるさい降雪により乾燥し、この影響で、少雪寒冷となって寒害が多発している。

福島県東部から宮城、岩手、青森県にかけて多いが、すでに昭和初期に岩手二戸地区の造林地に被害が出たことが報告されている。

一般に、寒害は寒風害と凍害とに分けているが、両者が重複しているばかりが多く、場所により判断と区分できないことがある。

また、被害の実態を調べているうちに、地形、気象との関係が次第に明らかになり、発生環境区分図を、支場、各県で作成するようになった。これらの区分図はまだ完全ではないがさらに手を加えることにより、未然に被害回避が可能になるような資料にいたしたい。

東北地方での特徴の一つは、積雪深の変動によって、被害のあらわれ方の差異が一段と大きくなることである。これは、北海道でも同様であり、被害判定のさい十分留意する必要がある。

3-2 各種防止試験

3-2-1 雪伏せの効果

一般に、幼令木の簡易な防止法として、土伏法がある。これと同じように、多少積雪のある地方では、埋雪による保護効果を利用している。しかし、これは造林木が弯曲倒伏可能な大きさまでで、それ以後は不可能である。一般には、およそ2~3年までである。そのご未倒伏のままでは被害にかかる可能性があるが、これを明らかにしたのが表-2である。

表-2 雪伏せの効果とその後の被害状況

被害率 (%)	処 理	42	43	44	45	46	47	備 考
		—	4	1	71	54	2	
樹 高 (cm)	無処理	—	92	65	87	73	2	植付け被害率はその年当初のもの
		58	102	154	155	176	206	
樹 高 (cm)	無処理	58	87	107	113	144	190	当初のもの
		58	87	107	113	144	190	

したがって、雪伏や土伏は、造林初期のまにあわせの回避法で、上木や保護樹など長期的に保護効果のあがる遮へい物を考えなくてはならない。

3-2-2 さし木苗と実生苗の比較

さし木苗と実生苗の耐寒性の比較は、樹木生理ないし遺伝生理的な見方からいえば、同一クローンを用い、組織のエイジングを考慮しながら検討すべきである。しかし、東北地方で、さし木苗の被害が少ない事例が多い。胴枯型凍害のばあいには、さし木苗は下枝が少ないので、かえって実生苗より弱い。これは当然であるが、それ以外の寒害について、相対的に被害が少ないということは、種々検討する必要がある。

3-2-3 アカマツ混植による防止効果

42年遠野営林署荷鞍石国有林内に設定し、その保護効果をみてきたが、当初はアカマツの樹高が低いので、その生長をまて、保護効果を確かめることにしてきた。47年度には、アカマツは平均2.22mの樹高になったので、こんどの推移を見てゆくことにしている。

3-2-4 防風網によるモデル試験

昭和43年度は遠野営林署、44年度は宮古営林署管内において、それぞれ植栽後2～3年生のスギ造林地を対象として試験地を設けた。試験地内には、ナイロン製防風網（長さ10m高さ1.8m、網目5mm）の鉄パイプを使ってコの字型に張り、網内外の風速積雪深、被害等について調査をおこなった。

しかし、現在の植栽木を対象としたため、開始以前からの被害があり、試験の目的を達することが出来なかった。それで、46年度からは宮古試験地に試験木を植栽し、それについて防風効果と被害発生との関係を調査しているが、冬季の気象状態の変動もあって、まだ明確な資料はえられていない。

3-3 ま と め

東北地方における寒害の実態は、この試験の前段階におまる寒害防止試験に、東北支場が2年おくれて参加して以来、急速に多くの資料が集積され、精細が判明したことは、大きな成果であった。

そのど、防止法についての試験も逐次開始したが、試験期間が短いので、十分実用に供しうる結果をえていない。こんど、さらに継続して多くの資料を集めたい。

4. 関東地方北部における寡雪寒風地域における防止試験

4-1 試験地の設定

寒風害常習地域として、群馬県下に、準常習地域として茨城県下に夫々試験地を設定した。

営林署	林小班	上 木	林 高	胸高直径	斜面方位	面 積
高 崎	30ろ	ヒノキ 58年生	17～18m	22～24m	N	1.76ha
高 萩	84に	スギ、ヒノキ一部広	12～16	15～20	E	0.75

この試験地を、夫々ほぼ3等分し、上木を疎間させて、林床の相対照度が、ほぼ、70、

50、30%に近くなるように間伐をした。

45年春、スギ、ヒノキを1本おきに植栽した。

試験区ごとの上木の疎間度は表-3のとおりである。当初予定した70、50、30%の3段階にはならなかったが、各区とも伐採直後の林床照度は相当ヘテロな状態である。このことについては後にふれる。

表-3 試験区の概況

試験地 名	区	本数伐採率 %	胸高断面伐採率 %	相対日射量		樹冠投影空間率 %
				5月 %	8月 %	
高 崎	対照区	100	100	100	100	100
	明 区	ヒノキ 46 アカマツ 30 カラマツ 54 広葉樹 58 } 46	ヒノキ 57 アカマツ 68 カラマツ 79 広葉樹 80 } 65	47	83	58
	中 区	ヒノキ 39 アカマツ 60 カラマツ 30 広葉樹 42 } 37	ヒノキ 52 アカマツ 88 カラマツ 70 広葉樹 64 } 57	34	68	51
	照区 暗 区	ヒノキ 26 アカマツ 100 カラマツ 100 広葉樹 11 } 29	ヒノキ 31 アカマツ 100 カラマツ 100 広葉樹 14 } 35	28	20	29
高 萩	対照区	100	100	100	100	100
	明 区	スギ 61 ヒノキ 56 } 57	スギ 39 ヒノキ 34 } 35	36	68	53
	中 区	スギ 69 ヒノキ 47 } 51	スギ 47 ヒノキ 28 } 31	38	32	43
	暗 区	スギ 42 ヒノキ 44 } 44	スギ 20 ヒノキ 24 } 22	29	16	37

4-2 被害量

45~46年冬季の被害量は表-4のとおりである。46~47年冬季についてはほとんど被害がなかった。47~48年については未調査である。表-4によると、被害量は必ずしも処理区ごとに明らかな傾向はない。まず、高崎では、寒風害の常習地であるので、対照の裸地では100%枯死しており、上木のあることは確かに有効である。高萩ではもともと裸地では30~50%の被害である地域であるが、上木のあることは、被害を軽減している。

表-4 被害量

試験地	造林種	処理区	植付本数	活着率	活着本数	兎害本数	健全木本数(比)*	寒害被害木本数(比)*
高 崎	スギ		本	%	本	本	本(%)	本(%)
		明 区	186	96.2	179	56	68(55.3)	55(44.7)
		中 区	190	98.4	187	91	45(46.9)	51(53.1)
		暗 区	198	99.5	197	42	119(76.8)	36(23.2)
	ヒノキ	明 区	174	87.9	153	2	71(47.0)	80(53.0)
		中 区	197	82.2	162	1	52(22.3)	109(67.7)
		暗 区	198	69.2	137	0	29(21.2)	108(78.8)
高 萩	スギ	対照区	85	89.4	76	4	32(44.4)	40(55.6)
		明 区	150	99.3	149	20	111(86.0)	19(14.0)
		中 区	72	86.1	62	2	54(90.0)	6(10.0)
		暗 区	127	100.0	127	22	83(79.0)	22(21.0)
	ヒノキ	対照区	79	92.4	73	2	51(71.8)	20(28.2)
		明 区	127	95.2	126	1	114(91.2)	11(8.8)
		中 区	57	96.5	55	0	49(89.1)	6(10.9)
		暗 区	110	100.0	110	0	94(85.5)	16(14.5)

(1) 高崎の対照区は全部被害をうけて枯死した。

(2) *は健全木と寒害被害木との合計に対する比

しかし、上木の被害別の差は明りようでない。とくにヒノキの造林木のばあいには明り程被害が少なくなっている。これは、各区とも、伐採直後は、樹冠配列が極めて不規則で各区

とも相対照度に大きな巾がある。そこで各区ごとに、0~20, 21~50, 51~100%の3段階に分けて検討した。(表-5)

これによっても、その傾向はかわらない。この理由についてはいくつかのことが考えられる。そこでまず気象量をしらべてみる。

表-5 高崎試験地における処理区別明りさ別被害量

樹 種	処理区	明 る さ	活着本数	兎害本数	健全木本数	寒害被害木本数	被 害 率
スギ	明 区	明	90	26	31	33	51.6
		中	50	16	22	12	35.3
		暗	39	14	15	10	44.0
	中 区	明	63	27	15	21	58.3
		中	48	28	11	9	45.0
		暗	76	36	19	21	52.5
	暗 区	明	35	8	18	9	33.3
		中	55	14	34	7	17.1
		暗	107	20	67	20	24.7
ヒノキ	明 区	明	73	1	30	42	58.3
		中	47	0	28	19	40.4
		暗	33	1	13	19	59.4
	中 区	明	49	0	15	34	69.4
		中	40	1	10	29	74.4
		暗	73	0	27	46	55.4
	暗 区	明	26	0	6	20	76.9
		中	40	0	8	32	80.0
		暗	71	0	15	56	78.9

4-3 上木と気象量

4-3-1 月平均気温、湿度、風速(表-6)

著しいのは、暗区の日最低気温が中区のそれより低いことである。これは気象測点がか所であるので、その周囲の遮へい度との関係があるのかもしれないが、暗区の被害率が

表-6 高崎試験区における気象量(44年12月~45年2月)

試験区	日最高気温			日最低気温			日平均気温		
	12月	1月	2月	12月	1月	2月	12月	1月	2月
対照区	3.6	1.3	3.7	-3.5	-5.6	-5.2	0.1	-2.2	-0.7
明区	2.7	0.7	2.0	-2.9	-4.6	-4.2	-0.1	-1.9	-1.1
中区	3.6	1.6	3.1	-1.6	-3.5	-3.2	1.0	-1.0	0.0
暗区	2.8	0.5	2.0	-2.2	-4.3	-4.1	0.3	-1.9	-1.0

試験区	平均湿度			平均風速		
	12月	1月	2月	12月	1月	2月
対照区	64	61	60	0.9	1.3	1.2
明区	68	66	67	0.8	0.9	0.8
中区	60	56	55	0.8	0.9	1.0
暗区	61	55	56	0.2	0.4	0.3

予想外に高いことと、何らかの関係があるのかも知れない。

4-3-2 土壌凍結深

44~45年の凍結深は、伐採率によってはっきりした差があらわれている。ただ、北側林縁は極めて貧弱なので、明、中区の北半分の差は明りようでない。

4-4 上木の疎開と遮へい度

前述のように、上木を疎開させた場合、伐採木の周囲は完全にクローネがなくなるので、遮へい度は著しく低くなり、林内の遮へい度の分布は極めてヘテロになる。各区ごとに、1m80間隔で約300点の測定点を設け、測定した値をもとに頻度分布をしらべてみると図-10のように、いずれも二頭曲線の傾向になる。

これは、伐り残しの部分がもとの林分の遮へい度に近い値になり、伐根の部分は著しく明るくなるからである。明中暗3区とも、相対照度15%のところに第1ピークがあり、その頻度の割合が明<中<暗になるのも当然であろう。また、第2ピークの頻度、割合が、その反対に、暗<中<明となることも肯ける。

こん後、枝条が生長し、閉鎖がはじまる過程では、この傾向は次第に判然としなくなってくるであろう。

したがって、上木の生長に応じて、被害のあらわれ方も変わってくるので、その経過は見る必要がある。

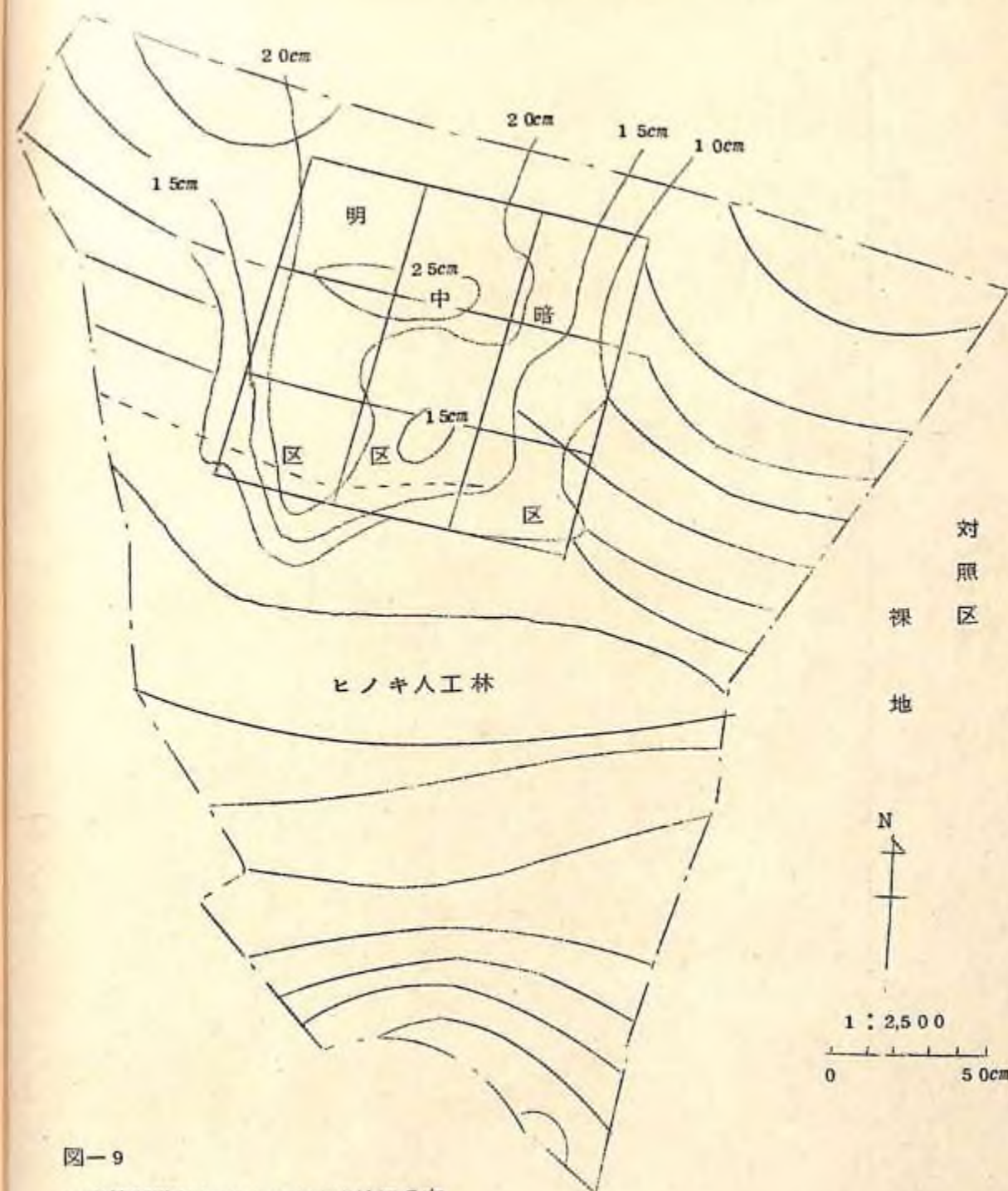
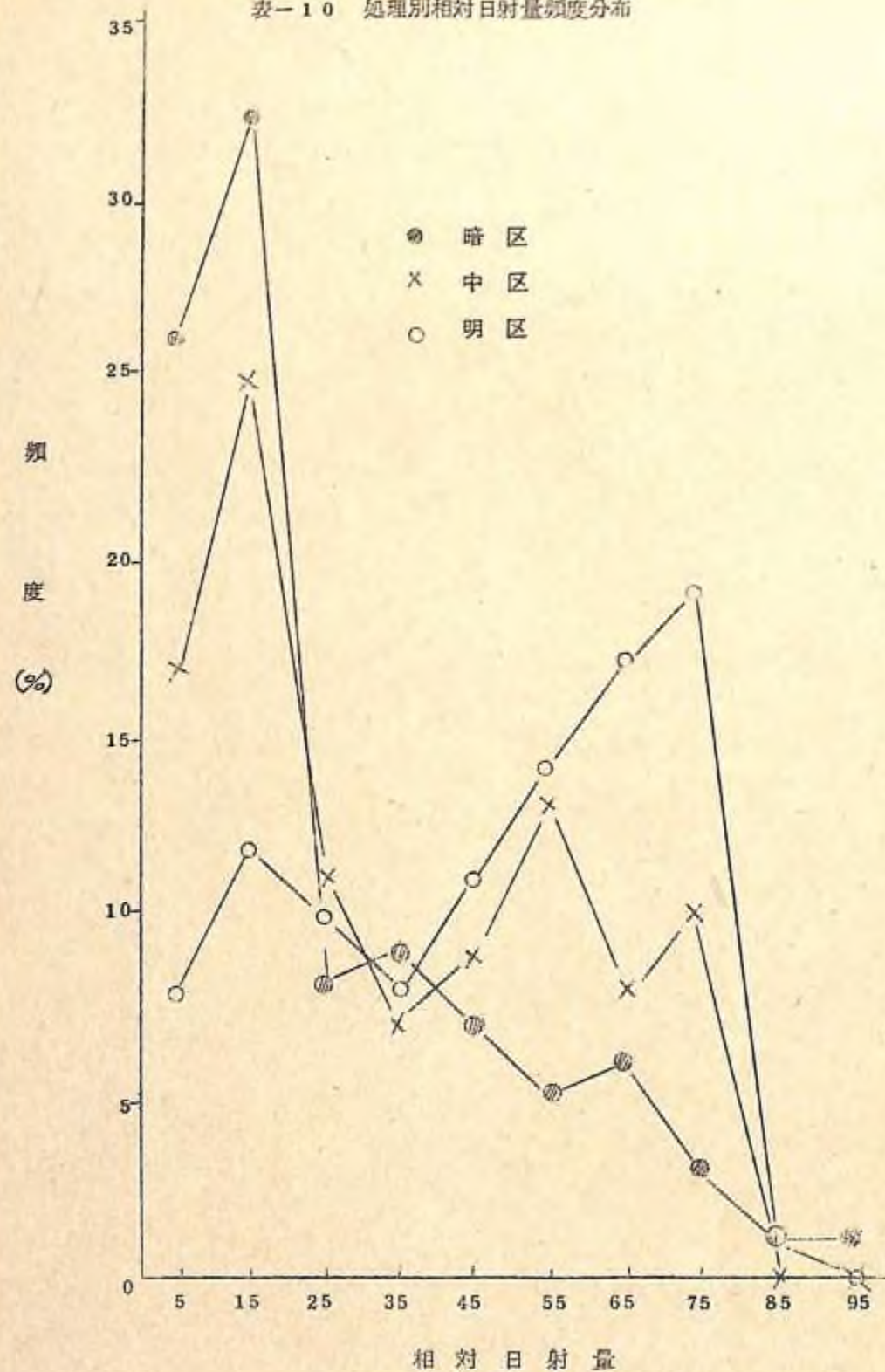


図-9

高崎試験地における土壌凍結深分布

表-10 処理別相対日射量頻度分布



4-5 まとめ

この試験では、下木植栽による被害回避については、その見通しは十分あるので、かえって、植付後何年目に上木を伐採できるかの問題の方が主眼である。したがって、4年目の短期間ではその目的は果せない。そこで、この試験地はさらに調査を継続してゆくことにしている。最終的な結論はまだ出せない。

なお、営林署の事業計画上、試験地周囲の林分を、48年度に伐採することになっているので、外周を残すことにはしたが、その影響をうけることはさげられない。

5 四国地方山間部における寒害防止試験

5-1 被害の実態

四国地方における寒害の発生状況は、昭和33年以降約10年間の鑑定依頼や異常速報などからひろくと、発生カ所は表-7、分布は図-11のようになった。また、四国支場が直接調べた、昭和41~42冬季のばあい、表-8、図-12のようになり、両者とも大した差異はない。

さらに昭和42~3年の冬季の被害を調べたところ意外に被害件数が多かった。(表-9~11, 図-13~14)

従来、四国地方の寒害については、ほとんど報告をみななかったが、この調査で、大分実態が明らかになり、わが国では、北は北海道から南は九州まで、無霜地帯以外は寒害をみない地域はなくなった。

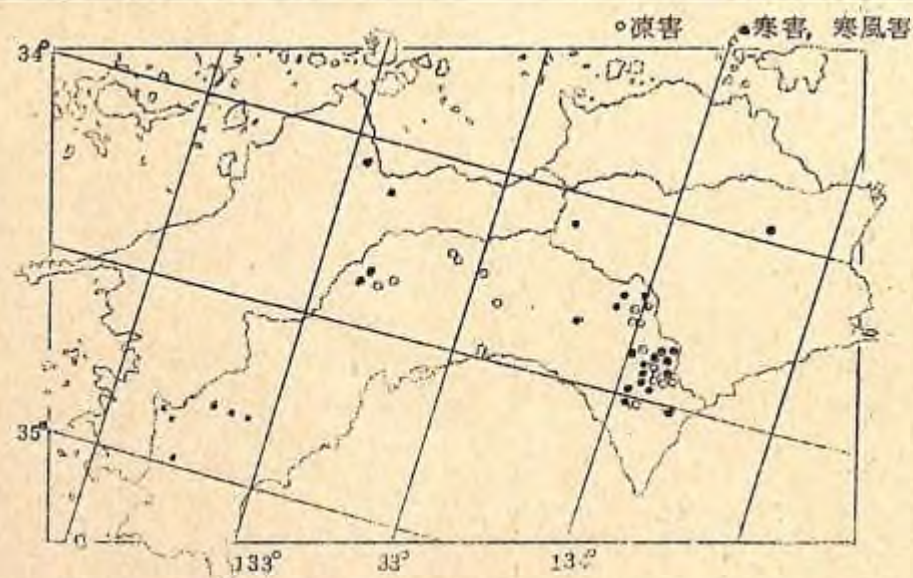
表-7 従来の被害カ所

寒害の類別	被害発見年月日	被害	樹種
寒風害	34.5.28	高知県吾川郡池川町大字安居山	スギ
"	"	" " " " "	"
凍害	35.6.6	" 安芸郡馬路村魚梁瀬国有林	"
"	35.8.23	" 香美郡物部村別府字西京アキガハラ	"
"	"	" " " 小浜大マド小松民有林	"
"	35.9.26	" 吾川郡本川村奥南川国有林	"
"	36.4.22	" 高知市久礼野民有林	"
"	36.5.4	" 安芸郡馬路村魚梁瀬国有林	"
"	36.5.20	" 土佐郡土佐郡笹ヶ谷苗畑	"
"	36.6.16	" 安芸郡馬路村魚梁瀬国有林	"
"	36.6.23	" 吾川郡本川村奥南川国有林	"
寒害	36.6.28	" 大正宮林署管内	"
"	36.6.	" 幡多郡十和村野の川山国有林	"
"	"	" " " " "	"
"	"	" 香美郡香北町猪野々	"
凍害	37.	" 土佐郡本川村奥南川	"
寒風害	"	" 安芸郡馬路村	"
"	"	徳島県三好郡山城町下名	"
"	37.3.30	" 徳島市日和佐町	"
"	37.5.	高知県安芸郡馬路村安田川	"
"	"	" " " " "	"
"	"	" " " " "	"
"	"	" " " " "	"
"	37.5.16	" 安芸市島	"
"	37.5.24	" 宿毛市橋上奥藤	"
"	37.4.30	" 香美郡物部村別府	"
"	37.5.10	" " " "	"
"	37.	愛媛県新居浜市	"
寒風害・凍害	"	" 周桑郡三芳町大字黒谷	"
寒害	37.4.17	高知県安芸郡馬路村魚梁瀬	"
凍害	37.6.12	" " " "	"

樹令	被害面積	林分被害の程度	標高	方位
3年生	3.5ha	%	1000~1500m	北西
"	1.5	"	"	"
"	3.0	30~40	900~1000	南~南東
2	2.5	一部		
"	0.5	"		
"	"	50	900	南東
"	2.0		1000~1100	西
"	2.0	90		南東~南西
床替苗		20		
2	5.0			
1	20.0	15~20		
4	3.0			
"	16.3			
3	16.0	25		
2	3.0		1000	北
2~3	5.0	30		
"	55.8	一部		北東
7	47.2	"		
3	0.3			北東
6~11	10.0	10		
"	5.0	10		
1~15	20.0			
1~10	10.0	"		
2	12.6	"		北
5	10.0		900	
4	4.0	一部		北
"	6.3	70	1200	"
"		60	1150	
9~10	7.2			北
2	10.0	80		

寒害の類別	被害発見年月日	被害	樹種
凍害	38.	高知県土佐村笹ヶ谷	スギ
寒風害	"	安芸市奈比賀	"
寒害	"	安芸郡北川村安倉	"
"	38.3.29	馬路村馬路	"
"	"	" " " "	"
寒風害	38.3.25	" " " "	"
"	38.3.29	安田町瀬切	"
"	38.2.	幡多郡西土村黒尊山	"
"	"	" " " "	"
寒害	40.	香美郡物部村	"
凍害	"	安芸郡馬路魚梁瀬国有林	"
"	"	奈半利町西谷山国有林	"
"	40.4.	土佐村笹ヶ谷	"
"	40.	香美郡物部村別府国有林	"
"	40.8.3	安芸郡北川村西谷国有林	"
"	40.8.24	香美郡物部村別府国有林	"
"	41.4.	土佐郡土佐村東川市国有林	"
"	41.6.	土佐郡土佐村笹ヶ谷	"

樹令	被害面積	林分被害の程度	標高	方位
2	ha	%	800~1,200	南~南西
3~4	3.0		900	南
3~6	14.3			
5	0.5		890	東
4	0.6	一部		"
3~5	56.9	"		"
4~6	117.8	"		北 東
2	20.0	"		北
"	5.0			
4	0.1	一部の害		
3				南
"	0.1			尾 根
			900	
2	1.5			
"	1.0		700	南 西
"	1.5		1100	南
3	3.0	40	800	南~南東
2	"	20~30	900	南



図一 11 従来の積雪地の分布



図一 12 昭和 41~42 年冬季の寒害発生分布

表-3 昭和41~42年冬季の寒害発生カ所

寒害の類別	被害発見 年月日	場 所	所 有
1寒風害	42.6.1	高知県安芸市別役	安芸宮林署島 担当区
2凍害	42.4.3	" 島	" 古井 "
3 "	42.4.	" " 馬路村魚梁瀬	魚梁瀬宮林署東川 "
4 "	42.7.6	" " " "	" 魚梁瀬 "
5 "	42.6.25	" 安芸郡北川村西谷山	奈半利宮林署久府付 "
6 "	42.6.15	" " " 野川山	" 野友 "
7 "	40.4.	" 馬路村魚梁瀬小石馬場山	民有林
8寒風害	42.	" 土佐郡本川村中の川	小川宮林署脇山担当
9 "	42.4.10	" " 土佐村字布滝	大一商店
10 "	42.5.2	" " " 南坂	"
11 "	42.4.2	" " 土佐山村高川字笠松ケタオ	前田真良
12凍害	42.5.30	" 香美郡物部村笹官行造林地	大橋宮林署大橋担当区
13寒風害	42.5.1	" " " 別府	" " 別府 "
14 "	42.6.2	" " " "	" " " "
15凍害	42.4.21	" " " 市字へ落山	" " 岡ノ内 "
16寒風害	42.5.26	" " " 東熊山	" " 五王堂 "
17※凍害	41.8.4	" " 香北町猪野々	" " 猪野々 "
18寒風害	42.2.16	" 幡多郡西土佐村奥屋内	中村宮林署黒尊 "
19 "	42.4.11	" 吾川郡池川町大字安居山	小川宮林署宮ヶ平 "
20 "	42.3.29	" " 吾北町小川柳野下平	中村大三
21 "	42.4.3	" " " 清水字ウガメノトウ	川村幸昌
22 "	42.3.18	" 高岡郡大野見村島の川山	須崎宮林署奈路担当区
23 "	42.8.18	" " 東津野村北川大古味山	" " 芳生野 "
24寒風・凍害	42.	" 長岡郡本山町	本山宮林署土居担当区
25寒風害	42.5.2	" " 大豊村立川字オグルス	高知県有林
26 "	42.4.4	" " 本山町下関字行川山	民有林
27 "	42.3.	愛媛県温泉郡重信町山之内字大野	藤田恒重
28 "	"	" " " 樋口日吉谷	"
29※※凍害	42.	" 西条市丸山	西条宮林署
30寒風害	42.4.	" 伊予三島市金砂町	" " 三島担当区
31 "	"	" 周桑郡小松町大字石鎧	" " 石鎧 "
32 "	41.3.	香川県仲多度郡琴南町三頭	高松宮林署美合 "
33凍害	42.2.15	愛媛県新居新居浜大字荻生	住友林業四国支店
34寒風害	42.5.	徳島県三好郡東祖谷山村	徳島宮林署小川担当区
35 "	42.3.11	" " "	" " " "

樹 種	樹令	被害面積	林分被害 の程度	樹 高	方 位	傾斜度	斜面
スギ	年生 2~4	5.00	20以下%	1,350 ^m	北西	21~30度	尾根
"	"	2.08	"	750~1,000	南	"	"
"	2~4	3.00	"	500~800	東南	"	"
"	3	1.00	"	700	南	"	上部
"	2	0.30	"	800~850	南西	11~20	尾根
"	"	9.50	21~50	"	南	31~40	上部
"	4	0.10	20以下	700	"	11~20	"
"	3	3.00	21~50	1,200~1,300	北東	31~40	"
"	6	6.69	"	820	"	21~30	"
"	5	0.84	"	"	"	"	"
"	3	0.49	51以上	970	北	11~20	"
"	8	2.00	21~50	900~1,100	"	21~30	"
スギ, ヒノキ	2	1.00	20以下	1,350	"	31~40	"
"	1	7.18	27~50	1,150	南東	"	"
スギ	2	0.03	20以下	1,200	南西	"	中腹
"	5	5.00	21~50	1,100~1,350	北西	21~30	尾根
スギ, ヒノキ	8	2.64	51以上	1,100	"	31~40	"
"	6	10.00	21~50	"	"	21~30	上部
スギ	2	1.50	20以下	850	"	31~40	"
"	4	4.82	21~50	980	北	21~30	"
"	2	4.48	51以上	900	"	11~20	"
"	1	9.56	20以下	550	"	21~30	下部
スギ, ヒノキ	2	0.01	"	850	北西	"	尾根
スギ	4	"	"	"	"	"	"
"	5	2.23	21~50	800	北	21~30	上部
"	3	0.52	"	920	"	"	尾根
"	"	0.50	51以上	350	南	31~40	中腹
"	5	一部	"	170	西	21~30	下部
モリシマアカシア	"	3.17	51以上	150	北	31~40	中腹
スギ	3~4	1.00	"	1,200	北東	11~20	"
"	2	5.00	21~50	1,100	北西	21~30	"
ヒノキ	4	4.00	20以下	850~1,000	"	"	尾根
モリシマアカシア	3	0.30	51以上	150	北東	"	上部
スギ	4	2.00	21~50	100~1,100	北西	31~40	下部
"	3	3.00	20以下	1,300	南西	21~30	尾根

表-9 昭和42~43年冬季の県別の被害件数と被害面積

県	寒風害		凍害		計	
	件数	面積(ha)	件数	面積(ha)	件数	面積(ha)
高知県 土佐郡	38	458.95	1	0.84	39	459.79
香美郡	20	159.86	—	—	20	159.86
吾川郡	18	66.51	—	—	18	64.51
高岡郡	18	53.35	—	—	18	53.35
安芸郡	17	62.64	8	14.03	25	76.67
幡多郡	15	138.65	—	—	15	138.65
南国市	6	6.70	—	—	6	6.70
長岡郡	2	2.25	—	—	2	2.25
須崎市	1	0.30	—	—	1	0.30
中村市	1	4.40	—	—	1	4.40
宿毛市	1	0.10	—	—	1	0.10
小計	137	951.71	9	14.87	146	966.58
愛媛県 上浮穴郡	13	23.70	—	—	13	23.70
温泉郡	4	15.00	—	—	4	15.00
伊予三島市	4	56.06	—	—	4	56.06
周桑郡	3	17.00	—	—	3	17.00
西条市	2	1.80	—	—	2	1.80
小計	26	113.56	—	—	26	113.56
徳島県 三好郡	3	49.00	—	—	3	49.00
那賀郡	10	67.30	—	—	10	67.30
海部郡	1	0.30	6	81.30	7	81.60
小計	14	116.60	6	81.30	20	197.90
香川県 仲多度郡	1	13.03	—	—	1	13.03
合 計	178	1194.90	15	96.17	193	1291.07

表-10 昭和42~43年冬季の営林署別の被害件数と被害面積

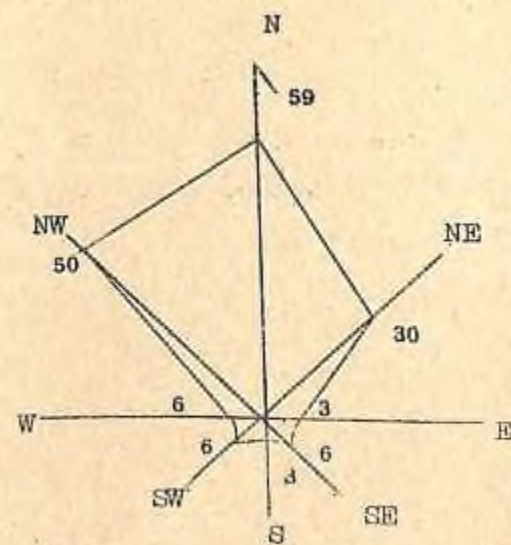
県	寒風害		凍害		計	
	件数	面積(ha)	件数	面積(ha)	件数	面積(ha)
高知県 本山営林署	34	148.84	—	—	34	148.84
小川 "	33	298.69	—	—	33	398.69
須崎 "	14	20.65	—	—	14	20.65
魚梁瀬 "	7	28.64	7	11.03	14	39.67
川崎 "	11	34.96	—	—	11	34.96
大枌 "	9	94.60	—	—	9	94.60
中村 "	5	108.09	—	—	5	108.09
奈半利 "	4	17.47	1	3.00	5	20.47
野根 "	3	3.73	—	—	3	3.73
大正 "	3	7.00	—	—	3	7.00
馬路 "	2	2.80	—	—	2	2.80
安芸 "	1	10.00	—	—	1	10.00
宿毛 "	1	0.10	—	—	1	0.10
窪川 "	1	16.00	—	—	1	16.00
小計	128	891.57	8	14.03	136	905.60
愛媛県 松山営林署	16	37.20	—	—	16	37.20
西条 "	7	69.86	—	—	7	69.86
小計	23	107.06	—	—	23	107.06
徳島県 徳島営林署	11	113.32	—	—	11	113.32
香川県 高松営林署	1	13.03	—	—	1	13.03
合 計	163	1124.98	8	14.03	171	1139.01



図一13 昭和42～43年冬季の被害発生分布

表一11 海拔高別の被害件数と被害面積

	寒 風 害				凍 害	
	スギ	スギ ヒノキ	ヒノキ	面 積	スギ	面 積
1,300						
1,200	2	3	4	59.27	—	—
1,100	10	5	2	137.03	—	—
1,000	42	2	1	268.98	2	5.00
900	19	6	—	175.18	2	45.00
800	9	5	—	137.72	1	5.50
700	22	2	2	135.45	6	36.24
600	8	8	3	111.21	1	0.50
500	5	4	1	23.32	—	—
400	3	—	—	18.30	—	—
300	1	—	—	1.50	—	—
200	—	—	—	—	1	0.50
計	121	35	13	1103.96	13	92.74



図一14 寒風害被害地の方位別件数

5-2 地表植生による保護効果試験

5-2-1 試験地の設定

本山営林署12林班の2小班に、寒風害回避の試験地を設定した。44年春、桑植、列状植、方形植えをした。当初広葉樹保残帯による保護効果をねらったところ、搬出支障木の伐採等によって、ほとんどの雑かん木が失われたので、残存かん木の萌芽や地表植生による保護効果をみた。

5-2-2 被害量

44~45年冬季の被害を、46年6月調査したところ、被害発生が微弱であり、各植栽方法別の差異はなかった。その後、被害発生をみないので、地表植生の保護効果を明らかにすることができないまま、試験中止となった。

6. 九州地方中部凍害常習地域における防止試験

6-1 植付方法による防止効果

48年度実施した、耕耘、畦立て、除草区別の凍害防止効果を見たところ、常習地域でも暖冬の43年度には、大した被害はみなかったが、44年10月20日には、全区とも被害をうけ樹勢回復の見通しは立たず、このような方法では凍害防止効果がないことを追認した。

6-2 前植、混植による防止効果

前項の結果から今回は、クロマツを1年先行植栽させる方法と、同時に混植する方法の保護効果をみることにし、45年度前植、46年度混植を行なった。46年植付直後と秋期に若干の被害があったが、47年春、秋期に各区とも被害木を出した。その結果は表-12のように、混植、先行、単植各区とも大きな差がない。

先行植栽したクロマツが、凍害による葉枯れをおこし、上長成長が十分でないで、まだ側方効果のあらわれる時期に至っていない。

これらのことから、側方効果は、相当密に植えつける必要があることがわかった。こん後の推移を見て判断する。

表-12 試験区、植付法、被害量

試験区	植付法	クロマツ植付	スギ植付	ブロック	枯死本数	枯死率
前年先行 植栽区	1mおきにクロマツを植栽し、その中間にスギを植栽	45年4月 230本	46年4月 200本	ブロック1	93	47%
				ブロック2	44	22
同時植栽区	全上	46年4月 230本	46年4月 200本	ブロック1	60	30
				ブロック2	34	17
単植区	スギを1mおきに植栽		46年4月 200本	ブロック1	83	42
				ブロック2	43	22

6-3 まとめ

林分による保護効果でなく、同時あるいは1~2年先行植栽のような低い造林木による保護作用は、ごく近傍に植えられていないと、凍害に対して効果を発揮しないことは、茨城県下で本場が実施した試験例もあり、九州中部でも同様の結果であるようだ。本試験地も試験は中止となったが、なお若干推移を確認する必要がある。

IV 今後の問題点

わが国の造林地における寒害については、地域によって、その研究歴に早遅の違いがあったがこの研究期間におよそ足並みが揃ったことは、大きな収穫であった。ただ、北部日本は積雪が複雑な条件としてからんでくることには十分注意しなければならない。

そこで、この試験期間中に、防止法の基礎をかためるため、防止効果をもつ林分や保護樹の配列構造を定量的に把握したいと考えたが、被害の機作が十分には明らかでないで、被害結果が区間に生じ、当初の意図は果しえなかった。

各項目にものべたように、この種の試験では期間が短かったで、さらに試験方法に検討を加え、再度明確な結論をうるための試験を実施したい。

ポット造林技術

I 試験担当者氏名

主査 北海道支場長

(トドマツ・エゾマツ担当)北海道支場造林第一研究室長

元 同 室 員

北海道支場造林第一研究室

本場造林部除草剤研究室

熱帯農業研究センター

(スギ・ヒノキ担当)北海道支場造林部長

北海道支場造林第二研究室長

本場造林部造林第一研究室

同

同

柳 沢 聰 雄

原 田 洸

菊 田 信 吾

真 田 勝

林 敬 太

玉 利 長 三 郎

土 井 恭 次

坂 上 幸 雄

森 徳 典

井 上 徹 雄

石 井 幸 夫

II 試験目的

ポット鉢付苗造林は、植付時期の拡大、活着率向上による補植作業の省略、初期成長の促進による下刈期間の短縮などを期待して実用化試験が試みられ、逐次事業化もされてきている。しかし一方では山行時の苗の大きさ、ポットへの移植時期と移植時の根の切断度合、用土の確保、ポット育苗中の水分管理や肥培管理、山行後の成長促進などに関するいくつかの問題点も提起されてきた。

そこで、この試験では、北海道支場においては、トドマツおよびエゾマツのポット鉢付苗の移植時における根の切断度合が成長にどのような影響を与えるか、ポット鉢付苗の植栽時期は何時がよいか、用土はどんな種類がよいかを検討することに目的をおき本場造林部ではスギ、ヒノキについて、プラスチックポットを用い、植栽期間拡大の可能性と植栽後の成長について検討を加えた。

そのほか機会あるごとに北海道におけるポット鉢付苗造林地の実態をしらべ、ポット鉢付苗造林の有利点か問題点を把握することにもつとめた。

III 試験の経過と得られた成果

○トドマツ、エゾマツポット造林試験

1. 試験の経過

昭和43年：ポット鉢付苗造林地（植栽後1～2年経過）の実態調査を帯広、旭川営林局管内7ヶ所で行なった。

昭和44年：1) ポット鉢の水管理に関する試験を支場構内で行なった。

2) 用土別ポット育苗試験を夕張営林署管内で行なった。

3) ポット鉢付苗の時期別植栽試験を夕張営林署管内で行なった。

昭和45年：1) 夕張営林署管内の試験を継続調査した。

2) 移植時の根切断に関する試験を支場構内で行なった。

3) エゾマツ山引苗をポット移植し、夕張営林署管内で林地植栽した。

昭和46年：1) 夕張営林署管内で行なっている各種試験を継続調査した。

2) 植栽後5年以上経過したポット鉢付苗造林地の成績を帯広、旭川管内で調査した。

昭和47年：1) 主として帯広管内のポット鉢付苗造林地の実態を調査し、現場からの意見も参考にポット鉢付苗造林の有利点や問題点を検討した。

2) 試験成績の一部を整理し発表した。（菊田、真田：ポット育苗における根の切断方法と生長と養分吸収との関係、北方林業25(6)1973年）

2. 試験結果

2-1 ポットの水分管理に関する試験

ポット鉢付苗養成の第1段階として、鉢内の水分をどの程度に保ったらよいかを検討するため、ポット内の最低含水量を30、40、50%（いずれも対生重%）の3段階としてトドマツ3年生苗木を移植養成した結果、40%区でもっとも成苗率がよく、成長もよかった。よって以後の試験では、鉢内最低含水量を40%に保つようにした。

2-2 用土別ポット鉢付苗の植栽試験

ポット鉢付苗養成の時の問題点の一つである用土の種類について検討するため、キノックス（樹皮堆肥）100%、キノックスと畑土の混合比7:3、5:5、3:7、ビートモスと畑土の混合比5:5、3:7、畑土100%の7種の用土を使用して8cmポットでトドマツ2-1苗を養成し、昭和44年9月夕張営林署滝の上531林班に植栽した。成長調査結果は表1のとおりである。

育苗期間（昭和45年5月～9月）の成長では、ビートモス50%がよく、キノックスでは30%区がよかった。

表-1 用土別ポット鉢付苗の植栽後の成長（夕張、滝の上531林班）

項 目 用 土	樹 高 cm			年伸長量 cm		根元径 cm			年肥大量 cm		被害木 %
	44年 植栽時	45年	46年	45年	46年	44年 植栽時	45年	46年	45年	46年	
キノックス 100%	18.6	23.3	34.7	4.7	11.4	0.40	0.55	0.74	0.15	0.19	7
キノックス: 畑土=7:3	18.2	23.9	37.2	5.7	13.3	0.39	0.58	0.82	0.19	0.24	4
ク=5:5	18.6	24.2	37.9	5.6	13.7	0.36	0.52	0.78	0.16	0.26	8
ク=3:7	19.5	25.7	38.1	6.2	12.4	0.41	0.55	0.80	0.14	0.25	8
ビートモス: 畑土=5:5	20.4	27.9	43.0	7.5	15.1	0.39	0.61	0.88	0.22	0.27	0
ク=3:7	19.8	24.4	39.2	4.6	14.8	0.37	0.60	0.88	0.23	0.28	7
畑土100%	19.3	25.7	40.1	6.4	14.4	0.39	0.58	0.89	0.19	0.31	4

昭和45年度の山行後第1年目の調査でも育苗期間中とほぼ同様な傾向がみられ、ビートモスの50%区で成長がよかった。キノックスでは30%区がよく、キノックスの混合割合が多くなるにしたがい成長が劣る傾向がみられた。

昭和46年度の山行後第2年目の調査では、培土の種類による伸長量の差は、キノックス100%区を除いて明瞭でなくなり、極端な配合でない限り植栽2年後には育苗時の用土の影響が薄れてくると考えられる。

2-3 ポット鉢付苗の時期別植栽試験

ポット鉢付苗造林の利点とされている植栽時期の拡大の可能性について検討するため、ポット養成の苗木と苗畑に床替した普通苗木とを7、8、9、10、11月の各月に植栽した。植栽地は夕張営林署滝の上531林班である。成長調査結果は表-2のとおりである。

昭和45年度（植栽第1年目）の結果では、ポット苗、普通苗ともに植えつけ時期がおそくなるに従って成長が減少している。

すなわちポット鉢付苗造林で常時植栽の可能性はあっても、山行後の成長の点からみれば、やはり早い時期に林地に植栽した方がよいということになる。

表-2 ポット鉢付苗の時期別植栽試験

項 目	植栽時期	樹 高 cm			年伸長量cm		根 元 径 cm			年肥大量cm		枯損木 %
		44年 植栽時	45年 秋	46年 秋	45年	46年	44年 植栽時	45年 秋	46年 秋	45年	46年	
ポ ッ ト 付	7月18日	20.1	29.1	42.7	9.0	13.6	0.38	0.71	0.87	0.33	0.16	4
	8月7日	17.2	25.7	39.5	8.5	13.8	0.40	0.63	0.83	0.23	0.20	2
	9月5日	19.2	26.2	41.1	7.0	14.9	0.46	0.62	0.83	0.16	0.21	0
	10月6日	18.5	23.9	36.4	5.4	12.5	0.41	0.55	0.77	0.14	0.22	0
	11月5日	19.9	24.5	36.5	4.6	12.0	0.38	0.55	0.74	0.17	0.19	4
ポ ッ ト 除 去	7月18日	20.1	29.3	44.1	9.2	14.8	0.38	0.66	0.81	0.28	0.15	2
	8月7日	17.2	25.1	39.7	4.7	14.6	0.40	0.59	0.82	0.19	0.23	3
	9月5日	19.2	25.4	39.6	6.2	14.2	0.46	0.56	0.75	0.10	0.19	2
	10月6日	18.5	23.9	37.8	5.4	13.9	0.41	0.56	0.79	0.15	0.23	8
	11月5日	19.9	24.6	36.9	4.7	12.3	0.38	0.51	0.69	0.13	0.18	8
普 通 苗 木	7月18日	23.3	33.5	53.1	10.2	19.6	0.80	1.10	1.38	0.30	0.28	6
	8月7日	35.6	43.0	60.8	7.4	17.8	0.98	1.28	1.43	0.30	0.15	5
	9月5日	31.7	37.3	54.9	5.6	17.6	0.89	1.12	1.24	0.23	0.12	6
	10月6日	35.9	40.6	55.2	4.7	14.6	0.87	1.00	1.09	0.13	0.09	12
	11月5日	33.3	39.0	53.6	5.7	14.6	0.92	1.10	1.15	0.18	0.05	6

ポット苗と普通苗で山行後の年伸長量を比較してみると、第1年目では差がみられな
いが、第2年目では普通苗木の方が明らかに伸長量大であった。

2-4 エゾマツ山引苗のポット育苗と山行後の成長比較試験

エゾマツ山引苗をポット育苗と苗畑で普通に育苗した場合、林地植栽後の活着や成長
がどのように違うかを調査した。

エゾマツ山引苗は、苗長25~40cmのものを苫小牧営林署丸山苗畑付近より採取し
た。

ポット育苗は北海道支庁管内(札幌市豊平)で苗畑育苗は夕張営林署沼の沢苗畑で行な
い、それぞれ夕張事業区531林班内の標高280, 380, 480mに昭和45年春
植栽した。

成長調査結果は、表-3のとおりであり、伸長量、肥大量ともに第1年目はポット鉢
付苗の方がよかった。

表-3 エゾマツポット鉢付苗と普通苗との成長比較

	標 高 m	調査本数	樹 高		伸長量	直 径		肥大生長
			植栽時	1年目		植栽時	1年目	
ポット育苗	280	64	30	34.7	4.7	0.51	0.69	0.18
	380	88	〃	34.3	4.3	〃	0.66	0.15
	480	40	〃	36.6	6.6	〃	0.66	0.15
普通育苗	280	79	36	38.0	2.0	0.81	0.97	0.16
	380	65	〃	37.6	1.0	〃	0.97	0.16
	480	84	〃	37.7	1.1	〃	0.93	0.12

2-5 ポット育苗における根の切断割合とその後の成長に関する試験

ポット鉢付苗の養苗では、ポットが小型のため、植えつけの際に根が切断される。そ
の切断の割合は根の形態や使用するポットの大きさによって一定ではないが、切断され
る割合によっては、根の再生あるいは苗木の成長に相当影響すると思われる。そこでポ
ット育苗の際の根の切断と成長および養分吸収の関係を試験した。

用土は当場の畑土とピートモスの1:1の混合土を用いた。育苗期間中の水分管理は
(1)の水分管理に関する試験結果を参考にして、ポット内含水率が40%(対生重量)に
なるように行なった。

11月上旬の最終調査時における成苗率は表-4のとおりである。

これによるとトドマツのタネの産地による差は少ないが、切断の割合が大きいほど成
苗率が低下し、とくに1/2切断区は一段と低い値を示している。

根の切断割合と成長の関係は表-5のとおりである。

苗長では全般に根の切断の割合が大きいほど伸長量が少なくなる傾向にあり、とくに
1/2切断区の伸長量が小さい値を示した。

肥大成長は根元径、頂芽下の径ともに苗長成長と同様の傾向にあり、1/2切断は肥大
成長にも大きな支障をきたしている。

根長についてみると、植付け時には無切断、1/3切断、1/2切断の3段階になってい

表-4 根の切断方法と成苗率

タネの産地	処 理	山行得苗率
白 老 (トドマツ)	無 切 断	9 0
	1/3 ♀	9 0
	1/2 ♀	8 0
野 幌 (トドマツ)	無 切 断	9 2
	1/3 ♀	9 0
	1/2 ♀	8 4
美 (トドマツ)	無 切 断	9 2
	1/3 ♀	8 8
	1/2 ♀	8 0
弟 子 屈 (トドマツ)	無 切 断	9 0
	1/3 ♀	9 0
	1/2 ♀	8 4
弟 子 屈 (アカエゾマツ)	無 切 断	9 1
	1/3 ♀	9 0
	1/2 ♀	8 4

るが、調査時には切断区の根長はかなり回復し、植つけ時の差よりも相当小さくなっている。

表-6によると、重量成長についても、やはり切断の度合いが大きいほど小さい値を示した。

根の切断度合と養分吸収の関係をみると表-7のとおりである。養分吸収量は成長量の大きい無切断区に多く、1/2切断区が最も少ない値を示した。このように根の切断によって吸収量が減少するのは植えつけ当時の根量が少なく養分の吸収が一時停滞し、根の再生などに要しているためと思われる。したがって見かけ上の施肥養分の吸収率も切断区で低下している。

以上の結果から、ポット植付け時における根の切断によるその後の生育に及ぼす影響

表-5 根の切断度合と成長

タネの産地	処 理	苗 長 cm			根 元 径 cm		
		植付時	調査時	差	植付時	調査時	差
白 老 (トドマツ)	無 切 断	14.7	18.6	3.9	0.29	0.46	0.17
	1/3 ♀		18.5	3.8		0.44	0.15
	1/2 ♀		18.0	3.3		0.43	0.14
野 幌 (トドマツ)	無 切 断	12.8	16.4	3.6	0.23	0.44	0.21
	1/3 ♀		16.1	3.3		0.40	0.17
	1/2 ♀		15.5	2.7		0.39	0.16
美 唄 (トドマツ)	無 切 断	12.3	15.9	3.6	0.22	0.43	0.21
	1/3 ♀		15.6	3.3		0.41	0.19
	1/2 ♀		15.6	3.3		0.36	0.14
弟 子 屈 (トドマツ)	無 切 断	9.2	12.6	3.6	0.22	0.45	0.23
	1/3 ♀		12.7	3.7		0.45	0.23
	1/2 ♀		12.5	3.5		0.42	0.20
弟 子 屈 (アカエゾマツ)	無 切 断	10.6	15.3	4.7	0.22	0.36	0.14
	1/3 ♀		14.8	4.2		0.36	0.14
	1/2 ♀		14.6	4.0		0.36	0.14

タネの産地	処 理	頂 芽 下 径 cm			根 長 cm		
		植付時	調査時	差	植付時	調査時	差
白 老 (トドマツ)	無 切 断	0.20	0.34	0.14	14.1	20.5	6.4
	1/3 ♀		0.32	0.12	9.0	12.7	3.7
	1/2 ♀		0.32	0.12	7.0	10.3	3.3
野 幌 (トドマツ)	無 切 断	0.18	0.33	0.15	10.7	16.1	5.4
	1/3 ♀		0.30	0.12	7.7	11.6	4.6
	1/2 ♀		0.27	0.09	5.0	10.7	5.7
美 唄 (トドマツ)	無 切 断	0.17	0.33	0.16	12.5	18.5	6.0
	1/3 ♀		0.30	0.13	8.0	16.1	8.1
	1/2 ♀		0.30	0.13	6.0	13.8	7.8
弟 子 屈 (トドマツ)	無 切 断	0.19	0.35	0.16	11.7	18.5	6.8
	1/3 ♀		0.34	0.15	7.8	14.6	6.8
	1/2 ♀		0.33	0.14	5.8	14.6	8.8
弟 子 屈 (アカエゾマツ)	無 切 断	0.17	0.26	0.09	10.7	18.4	7.7
	1/3 ♀		0.24	0.07	6.5	14.8	8.3
	1/2 ♀		0.25	0.08	5.0	14.2	9.2

表-5 根の切断度合と重量成長(g)

タネの産地	処 理	植 付 時			調 査 時		
		地上部	根	計	地上部	根	計
白 老 (トドマツ)	無 切 断	1.38	0.35	1.73	2.40	0.78	3.18
	1/3 ♀				2.10	0.63	2.73
	1/2 ♀				1.94	0.52	2.46
野 幌 (トドマツ)	無 切 断	0.61	0.20	0.82	1.85	0.63	2.48
	1/3 ♀				1.75	0.55	2.30
	1/2 ♀				1.70	0.52	2.22
美 唄 (トドマツ)	無 切 断	0.77	0.33	1.10	1.91	0.56	2.47
	1/3 ♀				1.75	0.60	2.35
	1/2 ♀				1.48	0.60	2.08
弟 子 屈 (トドマツ)	無 切 断	0.47	0.11	0.58	1.54	0.55	2.09
	1/3 ♀				1.26	0.53	1.79
	1/2 ♀				1.19	0.43	1.62
弟 子 屈 (アカエゾマツ)	無 切 断	0.70	0.20	0.90	2.07	0.55	2.62
	1/3 ♀				1.90	0.50	2.40
	1/2 ♀				1.65	0.40	2.05

表-7 根の切断度合と養分吸収量および養分吸収率

産 地	処 理	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
		吸収量	吸収率	吸収量	吸収率	吸収量	吸収率
白 老 (トドマツ)	無 切 断	42.9 ^{mg}	18.6%	— ^{mg}	—%	13.0 ^{mg}	9.8%
	1/3 ♀	36.5	15.8	—	—	8.7	6.6
	1/2 ♀	34.8	15.1	—	—	6.1	4.6
野 幌 (トドマツ)	無 切 断	48.7	21.1	2.9	1.9	13.8	10.4
	1/3 ♀	42.4	18.4	2.0	1.3	13.0	9.8
	1/2 ♀	40.8	17.7	2.6	1.7	15.0	11.3
美 唄 (トドマツ)	無 切 断	48.1	20.8	2.0	1.3	17.2	13.0
	1/3 ♀	37.7	16.3	1.7	1.1	14.4	10.9
	1/2 ♀	31.3	13.6	1.6	1.1	7.7	5.8
弟 子 屈 (トドマツ)	無 切 断	39.9	17.3	2.3*	1.5*	14.3*	10.8*
	1/3 ♀	29.5	12.8	2.2*	1.5*	8.9*	6.7*
	1/2 ♀	30.1	13.0	2.6*	1.7*	9.8*	7.4*
弟 子 屈 (トドマツ)	無 切 断	47.7	20.7	0.7	0.5	17.5	13.2
	1/3 ♀	43.1	18.7	1.5	1.0	16.6	12.5
	1/2 ♀	29.5	12.1	0.5	0.3	12.1	9.1

*印は地上部のみ

は、根の切断の度合が大きいほど生育が劣る傾向が見られた。一般育苗の場合も根を切断して床替するが、これは床替作業を容易にするためと細根の発生を促がし、山行苗の活着を良くするために行なうが、過度に切断すると成長に影響する。ポット苗の場合は、山行き後の活着は心配ないので、根の切断は必要最小限にとどめるべきで、少なくとも根長の1/2以上の切断は絶対さけるべきであろう。

2-6 旭川、帯広両営林局管内のポット鉢付苗造林地の調査

旭川、帯広両営林局管内のポット鉢付苗造林地およびそれに隣接した普通苗造林地で、植栽後5ヶ年間の成長を調査した。

両営林局管内とも図-1、図-2に示すように、植栽後1~2年の間は、普通苗木にくらべてポット鉢付苗の伸長量が大きい。

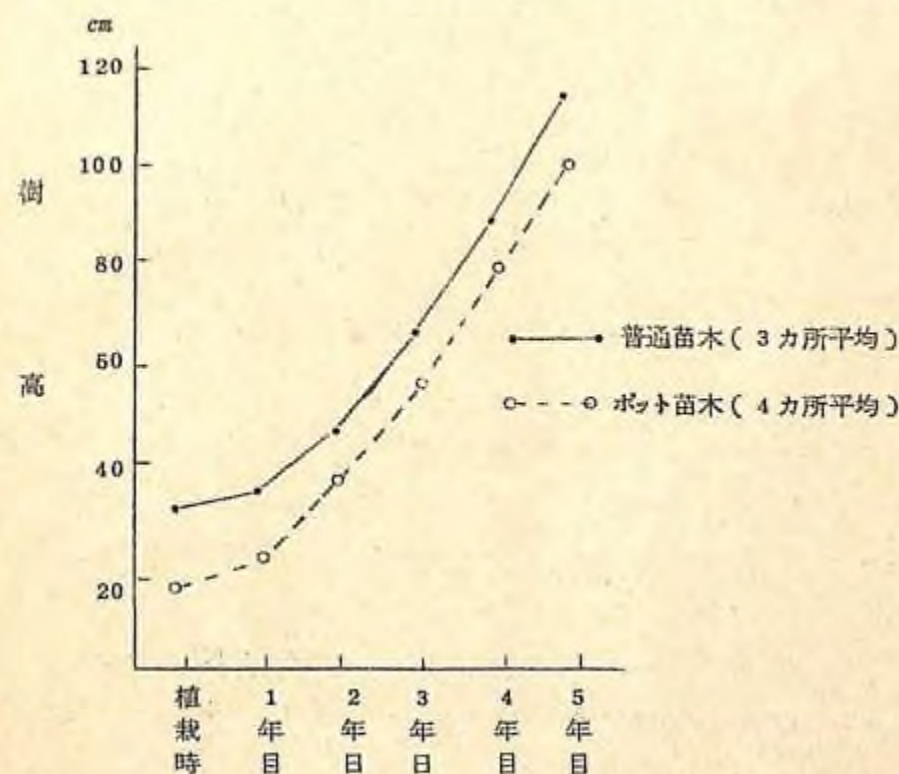


図-1 旭川営林局管内ポット鉢付造林5カ年の生長状態(トドマツ)

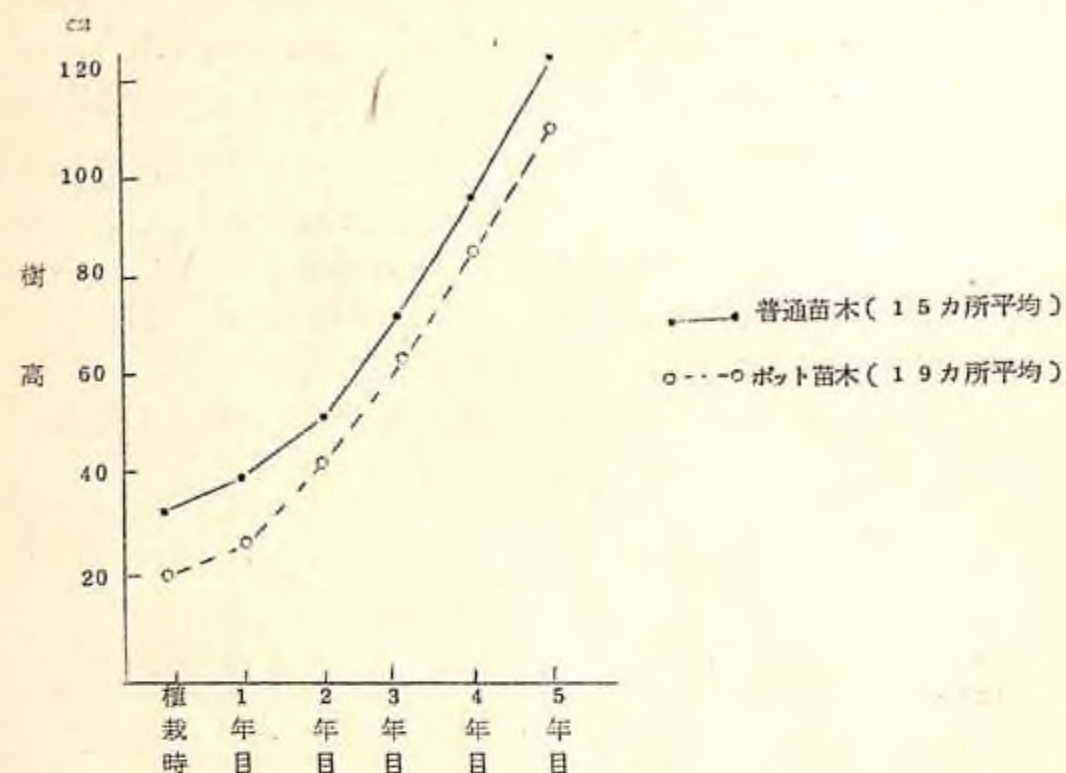


図-2 帯広営林局管内ポット鉢付造林5ケ年の生長状態(トドマツ)

そのため植栽時の苗長差(ポット苗は3年生山行で約20cm、普通苗は4~5年生山行で30~35cm)をやゝ縮めるが、その後は年伸長量に差がないため、植栽後5年目になってもポット苗の樹高は普通苗より小さい。したがって下刈期間の短縮による省力は期待できそうに思えない。

ポット鉢付苗造林地の面積は表-8に示すように、昭和40年以降年々増加してきている。しかし帯広局管内の昭和45年度は横ばい状態になっている。

表-8 トドマツのポット鉢付造林本数の経年変化

(単位 千本)

		昭和40年	41	42	43	44	45
旭川局	植栽本数	17,140	17,687	19,068	18,045	17,553	17,308
	ポット苗本数	5	18	81	208	497	881
	%	0.03	0.1	0.4	1.2	2.8	5.1
帯広局	植栽本数	—	9,583	7,830	7,897	8,402	9,678
	ポット苗本数	—	58	57	451	818	755
	%	—	0.6	0.7	5.7	9.7	7.8

○スギ、ヒノキポット造林試験

1. 試験の経過と方法

従来の多くのポット造林試験は、ジフィーポットが用いられてきたが、将来の機械化造林を想定し、植付機械を用いて植栽が行なわれる場合、山行苗の根を機械が把持するには、こわれにくいポットが必要であろうと考えて、プラスチックポットを用いた。このポットを用いれば、養苗期間中、地中に埋めることができるので、ジフィーポットのような綿密な水分管理は必要としない。ポットは(上径6.5cm、下径5.0cm、高さ9.0cm、側壁に数本のスリットと底に小さな5個の穴がある)またポットに苗木を移植する手間を除くために、ポットに種子を直播きして育苗した。試験方法の仔細は下記の通りである。

- 植栽苗木、昭和44年4月、沼津営林署三明寺苗畑で、プラスチックポットに直播きし、育苗したポット苗、および同年、同所で播種育苗した普通苗。
- 植栽期間、ポット苗：昭和45年3月から12月までの10カ月間(毎月の下旬に植栽)普通苗：昭和46年4月
- 試験区 1区30×5.5m、計11区。3回くり返し。
- 植栽本数 1区当たり120本。1ヶ月当たり360本。
- 植栽間隔 1.1×1.2m

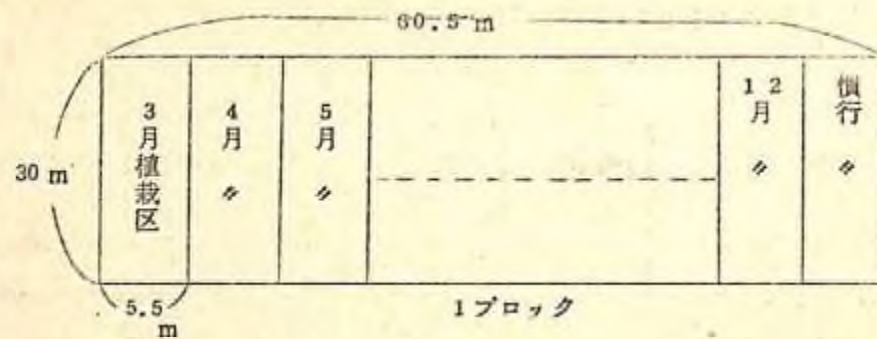


図-3 試験区の大きさと配列

- o 試験地は東京営林局沼津営林署小山担当区部内の144林班に小班内に面積約1.1 haの試験地を設定した。試験地の概要は下記の通りである(図-4参照)。

標高: 620~680 m

方位: 西南西

傾斜: 15~35°

土じょう母材: 火山灰

土じょう型: B dを主体として一部小尾根筋にB l_B, B_Bが混じる。

前植生: ヒノキ人工林(昭和44年秋~45年冬に伐採, 全木集材)。

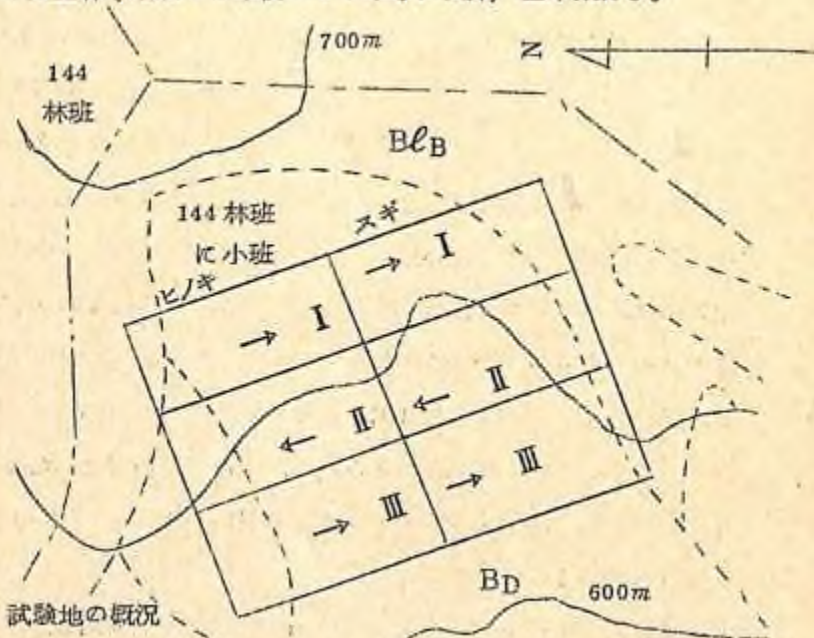


図-4 試験地の概況

図中一印はその方向に3月, 4月……12月, 慣行植栽区の順にプロットが配列されていることを示す。

2. 試験結果

2-1 ポット直播育苗試験

ポット内に苗畑土じょう, コンポスト, 化学肥料を混合した培土を入れた。ポットは土中に埋蔵し, 昭和44年4月にスギ, ヒノキ種子を規定量播種した(表-9参照)。追肥は春から夏にかけては住友液肥①1号を, 夏から秋には同2号を適宜与えた。9月上旬に間引きをして1本仕立てとした。

表-9 種子発芽率と1ポット当りの播種粒子

発芽率(%)	10	20	30	40	50	60	70	80
播種粒数粒	35	15	10	6	4	4	3	3

(土井作製)

昭和44年9月中旬における得苗(鉢)率はスギが85%, ヒノキが70%であった。この得苗率の低下は主として散水, 雨滴により芽ばえが洗い流されたものと考えられる。

毎月の山行苗から仕意に10本を選び, 苗木の形質について測定した結果を表-10に示した。なおこの際の掘り取りその他の取り扱いは全く一般事業と変わりなく行った。

一般的に普通育苗の苗木に比較してポット苗の成長は不揃いであった。プラスチックポットで一年以上も育苗すると, ポットが土中に埋蔵されている関係上ポットから根が出てしまう。このため根がポットから早く出た苗木は養水分関係が良くなるために成長が良くなる。このことが昭和45年夏以降の苗木の成長に大きなばらつきをもたらしたものと考えられる。ポット苗は苗重に対して苗長が大きい, いわゆる徒長型の苗木になりやすいといわれているが, 表-10の苗長/地上部乾重の値でみれば, 林業試験場構内苗畑で普通育苗した苗と比較して山地植栽時期の早いものは大差なかった。

表-10 ポット苗の形質

年月日	ス			ギ			ヒ			ノ			植栽された試験区名
	苗長 (cm)	根元径 (mm)	地上部乾重 (g)	地下部乾重 (g)	T/R率	苗長/地上部乾重	苗長 (cm)	根元径 (mm)	地上部乾重 (g)	地下部乾重 (g)	T/R率	苗長/地上部乾重	
4. 9. 2	14.1±3.6	2.2	0.67	0.16	4.1	21.0	11.1±1.1	1.0	0.18	0.05	3.9	61.7	3月植栽区
10. 5	15.4±2.6	2.4	1.11	0.24	4.6	13.9	14.3±1.7	1.0	0.41	0.08	3.8	34.9	4
11. 7	17.5±2.9	2.9	0.71	0.45	3.8	10.2	12.8±2.1	1.8	0.50	0.14	3.6	25.6	5
12. 5	16.2±4.1	3.2	2.12	0.59	3.6	7.6	12.4±2.3	1.7	0.50	0.18	2.8	24.8	6
45. 3. 27	18.8±5.1	3.5	3.68	0.96	3.9	5.1	14.4±2.2	1.9	0.84	0.42	2.7	17.1	7
5. 4	16.3±3.9	3.9	3.16	0.89	3.6	5.2(9.5)	12.6±3.3	2.1	0.66	0.23	2.9	19.1	8
5. 29	31.9±5.0	5.1	6.50	1.08	6.1	4.9(8.6)	18.7±2.4	2.3	0.95	0.29	3.4	19.7	9
7. 3	23.6±3.6	4.0	3.67	0.77	4.8	6.4(7.4)	20.9±4.6	2.5	1.60	0.29	5.5	13.1	10
7. 28	30.2±9.2	4.4	7.42	1.85	4.0	4.1(4.3)	21.6±3.7	2.4	1.66	0.45	3.7	13.0	11
9. 4	65.1±18.0	6.8	25.80	3.44	7.5	2.3(2.8)	33.4±9.1	4.1	5.30	1.01	5.3	6.3	12
10. 1	48.2±10.9	5.2	14.20	3.70	3.8	3.4(2.0)	35.8±7.8	4.1	5.98	1.28	4.7	6.0	慣行区
11. 10	56.5±18.2	7.7	29.28	7.11	4.1	1.9(1.3)	32.3±8.2	4.2	7.52	1.74	4.3	4.3	
11. 24	46.1±15.9	6.7	24.00	8.16	2.9	1.9(1.3)	36.1±4.6	4.4	8.30	1.85	4.5	4.4	
12. 17	38.6±9.2	5.8	13.84	4.41	3.1	2.8(1.2)	34.6±5.6	4.8	6.93	2.69	2.6	5.0	
46. 4. 20	49.8±5.1	7.7	-	-	-	-	48.1±4.3	7.0	-	-	-	-	

* 標準偏差

*米 ()内は東京営林局高萩営林署で普通育苗の当年生実生苗を3月に林業試験場黒苗畑に移植したもの

(注) 昭和45年3月27日以後の値は植栽のため掘り取られた苗から任意に10本選ばれたものの値

2-2 ポット直播苗の活着率

地植えは全木集材のため一部小雑かん木を整理したのみである。苗木は通常の方法で毎月下旬に植栽するようにしたが、実際には人手の関係上表-11にみられるように相当に遅れて植栽された月もある。

施肥は一切おこなわなかった。下刈りは昭和45年は手刈りで2回、46年は機械刈りで、47年は手刈りでそれぞれ1回ずつおこなった。

活着率は3月植栽区から9月植栽区までは昭和45年11月下旬に、10月植栽区から慣行植栽区までは46年5月下旬に調査した。調査は各区の中央部の植栽列3列分(計60本)についておこなった。結果は表-11に示す通りである。

スギの活着率はおおむね良好で、真夏といえども90%近い活着率を示した。晩秋に植栽した区は寒害の被害を受けた。寒害(全枯、+半枯+芽枯)は10月植栽区が15%、11月、12月植栽区は26%に達した。9月植栽区以前の試験区では寒害被害はほとんどみられなかった。これは試験地より相当暖い沼津市三明寺苗畑で育苗されたため耐寒性がまだ十分ついていない状態の苗木が植栽されたことおよびまだ十分活着しない状態で寒さにあったことによると考えられる。

ヒノキについては3月植栽区から6月植栽区までの活着率は非常に悪く、8月植栽区以降については良好であった。植栽適期と思われる春期植栽区が悪かったのは植栽されたポット苗が小さかったために下草との競争に負け枯死したのが主な原因であると考えられる。すなわちヒノキでは苗高が20cm前後より低いものは、下草の繁茂が多いところでは相当にいい下刈りをおこなう必要がある(表-10、表-12参照)。一方スギでは多少苗木が小さくても、ヒノキに比べて成長が早いためにそれほど活着率が低下しなかったものと考えられる。

その他の不活着の原因としては、土じょう流亡によるポットの露出あるいは苗木の埋没。傾倒による枯死が一部の地域でみられた。

表-11 活着率および残存率(%)

試験区名 植栽月日	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	慣行 46年 4.20	備考
スギ	45年 3月27日	5.4	5.29	7.3	7.28	9.4	10.1	11.10	11.24	12.17		
ブロック1	97	93	91	86	83	99	100	88	83	65	86	3~9は昭和45
2	99	99	88	90	89	100	100	89	88	93	100	年11月25日,
3	88	95	82	86	88	97	98	93	83	87	89	昭和46年5月30
平均	95	96	87	87	87	99	99	90	85	82	92	日にそれぞれ調査
残存率(平均)	80	77	78	79	82	90	90	73	84	77	90	
ブロック1	29	53	40	60	88	98	98	98	94	98	98	同上
2	48	57	48	44	82	99	100	97	96	98	96	
3	66	58	60	58	78	88	94	95	97	100	91	
平均	48	56	49	54	81	95	97	97	96	99	95	
残存率(平均)	39	40	37	41	63	71	63	76	78	80	75	同上

* 昭和46年12月時点の残存率を示す。

2-3 活着後の諸害による枯損

昭和46年12月現在の苗木の残存率を表-11に示した。これによると相当高い率で苗木が枯死している。一番多くみられた害は、この年は下刈りを機械でおこなったため人為による被害であった。この試験地は普通の植栽地と違ってha当り7,600本の高密度に苗木が植えられていたこと、および苗木が小さかったこと(特にヒノキ)が刈り払いの被害を多くしたのと思われる。

ついで多かった害はネズミによる食害であった。これは多いところでは10数%に達した。野そけこの地域一帯が火山灰土であるため通常でも多い上に、この試験地の真上に草生帯が昭和45年に実施されたためにとくに多数発生したものと思われる。

以上のほか明らかに下草の被圧によって成長がほとんど停止して枯死したものなどみられ、個々の苗木の消失原因は不明である。

2-4 成長経過

成長調査は下記の時期に苗高と地際径についておこなった。

第1回 昭和45年11月に3月~9月植栽区

第2回 昭和46年5月に10月~慣行植栽区

第3回 昭和46年12月に全区

第4回 昭和47年10月に標準区(苗高のみ)

第4回調査は第3回調査で平均的な成長を示していたプロット(くり返し分は調査せず)について苗高のみを調査した。なお第1・2回調査時には1プロット当り3本、計6本の標準木を掘り取り調査し根系の状態などを観察した。

2-4-1 伸長成長

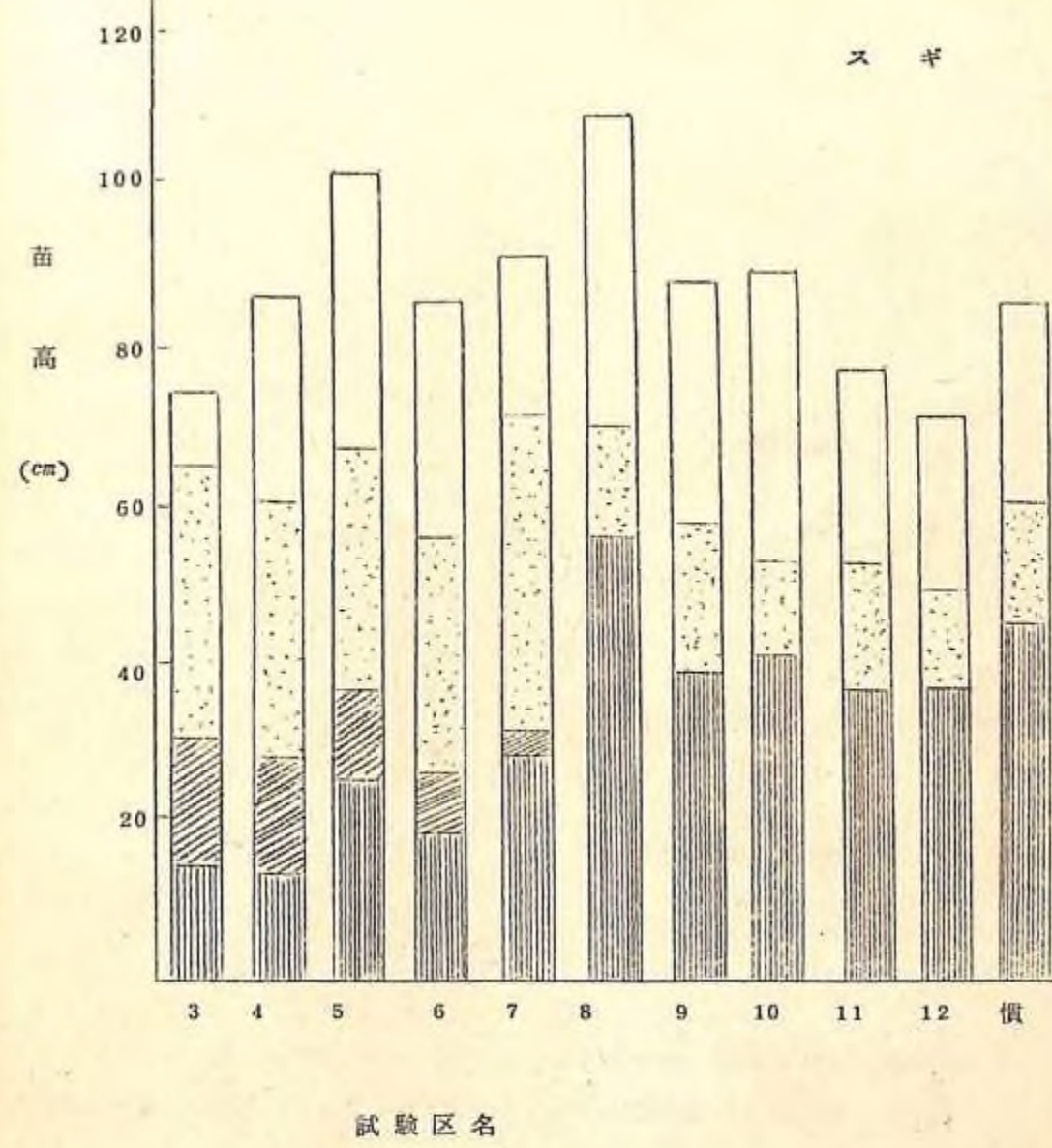
全調査結果は表-12にまとめた。植栽時の苗高は表-10の山行苗の苗高より低くなっている。これは山行苗調査のサンプル数が少いことによる誤差もあるかもしれないが、主な原因は植栽時にポットが深く埋め込まれる(数cm)傾向があるためであると考えられる。植栽当初のポット苗の苗高は普通苗に比べて不揃であった。これは前述のごとく苗畑ですでに成長が不揃であった上に、準備したポット苗木の本数の関係から山行苗を厳選できなかったためである。慣行植栽区の苗は、通常の選苗により中苗を用いた。

伸長成長の状態を年次別に図示すると図-5、図-6のようになる。これらの図からわかるように、植栽当年の成長は夏以前に植えた区においてはみられたが、それ以

表-12 植栽後の苗木の平均苗高および地際径

試験区名	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	備考
植栽時苗高 (cm)	13	12	24	18	27	55	39	40	36	37	44
ス											
45年11月 及び46年 5月調査時	29 ± 9	27 ± 8	36 ± 12	25 ± 8	30 ± 12	55 ± 17	39 ± 12	40 ± 14	36 ± 14	37 ± 13	44 ± 6
キ											
45年12 月調査時	65 ± 15	60 ± 17	67 ± 19	55 ± 15	61 ± 21	69 ± 17	57 ± 16	53 ± 13	52 ± 14	48 ± 10	60 ± 12
47年11 月調査時	74 ± 17	86 ± 22	102 ± 22	85 ± 22	91 ± 18	109 ± 28	88 ± 15	89 ± 24	77 ± 31	71 ± 17	85 ± 23
ノ											
45年11 月及び46 年5月調査時	22 ± 5	21 ± 4	21 ± 4	22 ± 6	22 ± 5	28 ± 8	32 ± 8	30 ± 9	26 ± 8	26 ± 8	44 ± 5
キ											
46年12 月調査時	32 ± 7	34 ± 11	34 ± 10	38 ± 11	35 ± 11	43 ± 12	43 ± 10	38 ± 12	36 ± 9	38 ± 11	56 ± 12
47年11 月調査時	43 ± 11	50 ± 12	55 ± 10	54 ± 11	52 ± 10	52 ± 11	64 ± 12	59 ± 11	55 ± 11	53 ± 12	71 ± 12

***これらは四六年五月調査の値である
*標準偏差



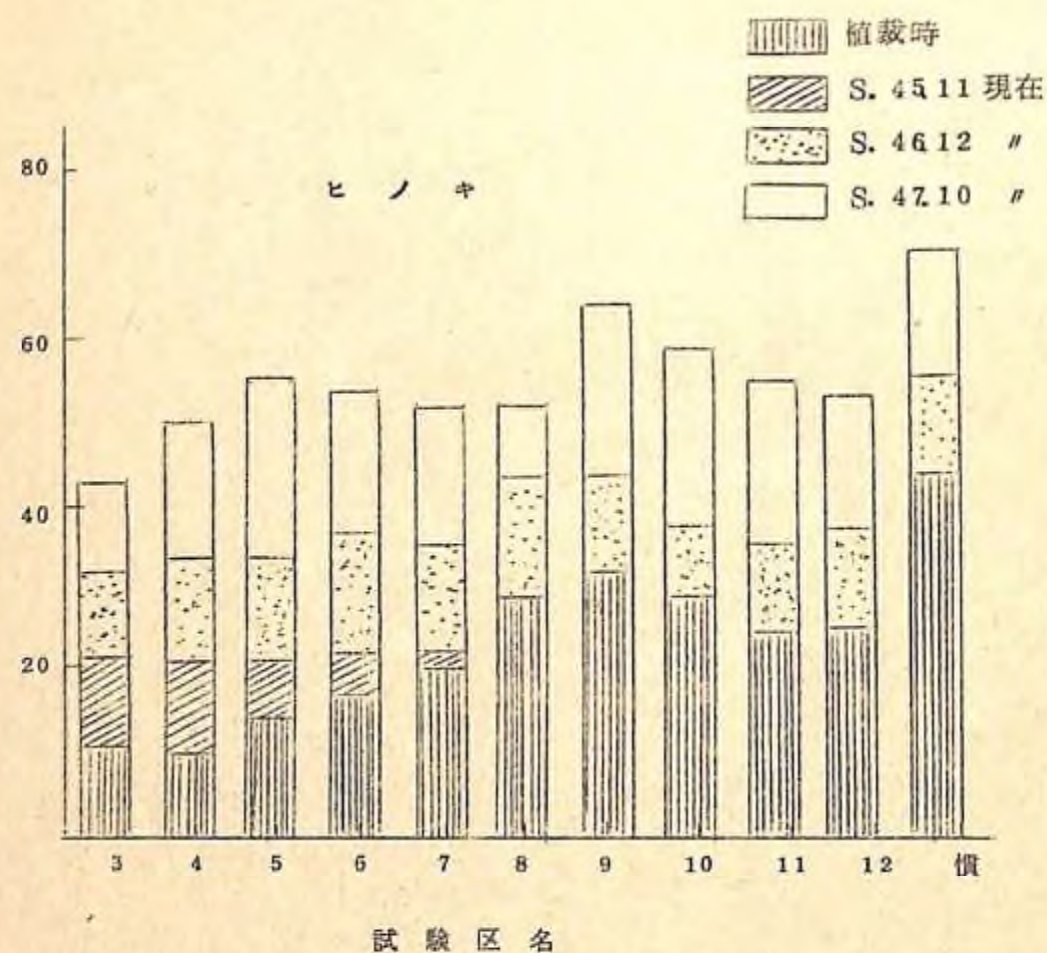


図-5 植栽苗木の年次別苗高

後の植栽苗については全くみられなかった。また慣行植栽区の植栽当年の成長とポット苗の3~5月植栽区の成長を比較すると、両樹種ともほとんど同程度の成長量しか示していない。

さらにスギの8月区以後の秋植え分については植栽当年の伸長成長がみられないのは、当然であるが、翌年の成長も明らかに抑制されている。(図-6)。これは8月以後に植えつけられた苗が苗畑段階でかなりの根がポットから出ていたため普通苗と大差ない状態であったためかもしれない。

一方ヒノキにおいてはいずれの区においても伸長成長にほとんど差がなく、植栽時

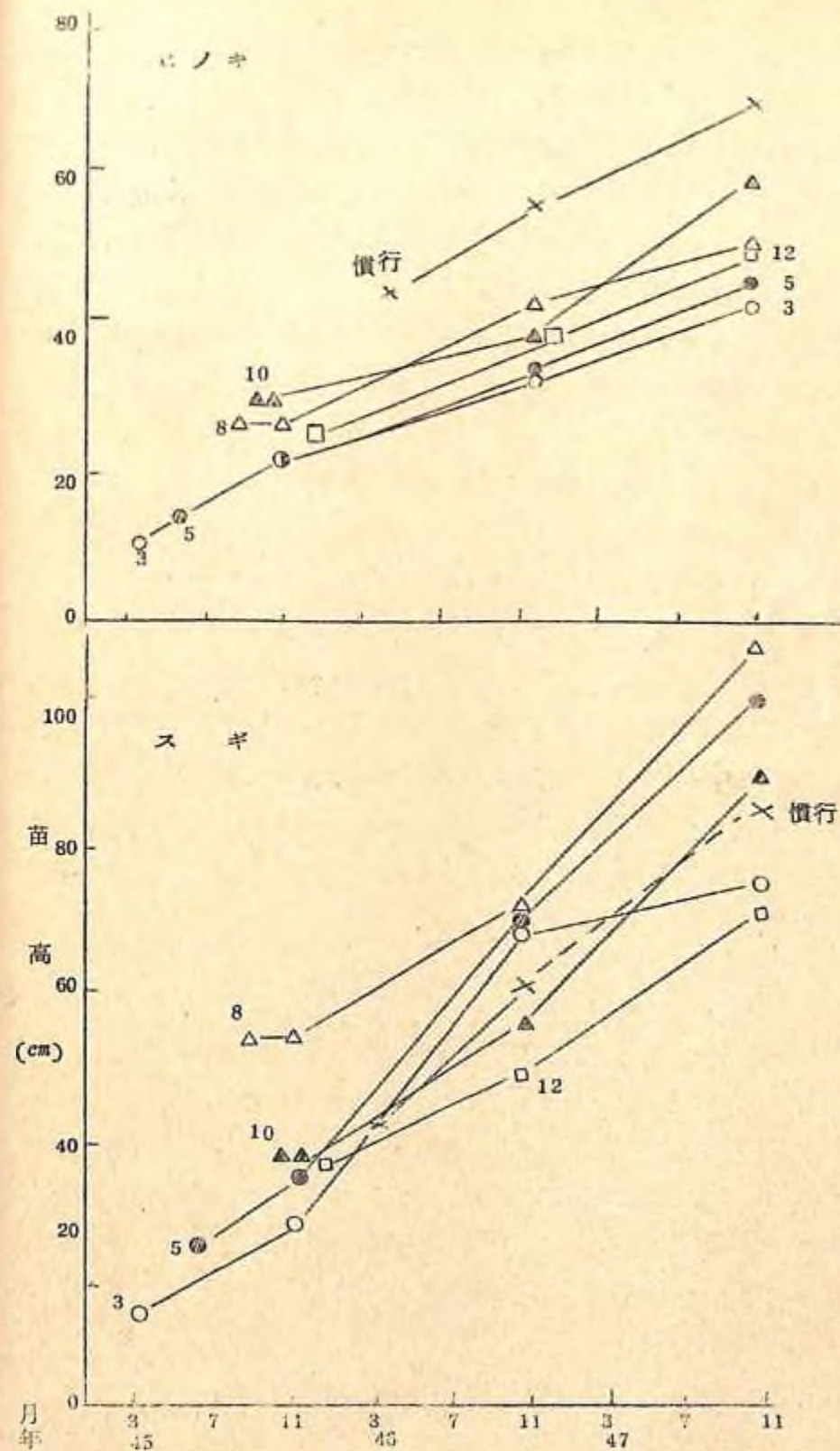


図-6 植栽苗木の苗高成長経過

の苗高が大きいものほど現在の苗高が高くなっている(図-5, 図-6)。

普通苗の植栽が毎月おこなわれていないので厳密なこととはわからないが、以上のことからこの試験、すなわちプラスチックポットを用い施肥も全くおこなわなかった場合には、一般にいわれているようにポット苗は植栽当初の成長が特に良好であるとは認め難いように考える。しいていえば3月~7月植栽区のスギの植栽2年目の成長がややよかった程度である。

昭和46年春(苗令満2年)の苗高を100としてその後の伸長成長を指数で表わすと図-7のようになる。成長率は当然のことながら当初の苗高が低かったものが多い。

しかし昭和46年12月現在の苗高を比較すると(表-11, 図-5), スギでは60cm前後、ヒノキでは30~40cm(慣行植栽区を除く)で、いずれの時期に植えられたものも大差はない。昭和47年秋になると夏期植栽区の苗が春、秋植栽のものより苗高が高くなっている。これは図-4で明らかなごとく春、秋植栽区は夏期植栽区に比べて土壌条件の悪いところに配置されているため、地力の差があらわれはじめたものと考えられる。これらのことから植栽適期をはずれて植栽してもポット苗は十分活着しその後の成長も劣らないといえる。また普通苗とポット苗の苗高差はあまりないので下刈り期間をポット造林で短縮できる可能性はほとんどない。とくにヒノキではこの試験のように1年生苗を山行苗とするときには下刈り期間が逆に1~2年長くなる可能性さえある。

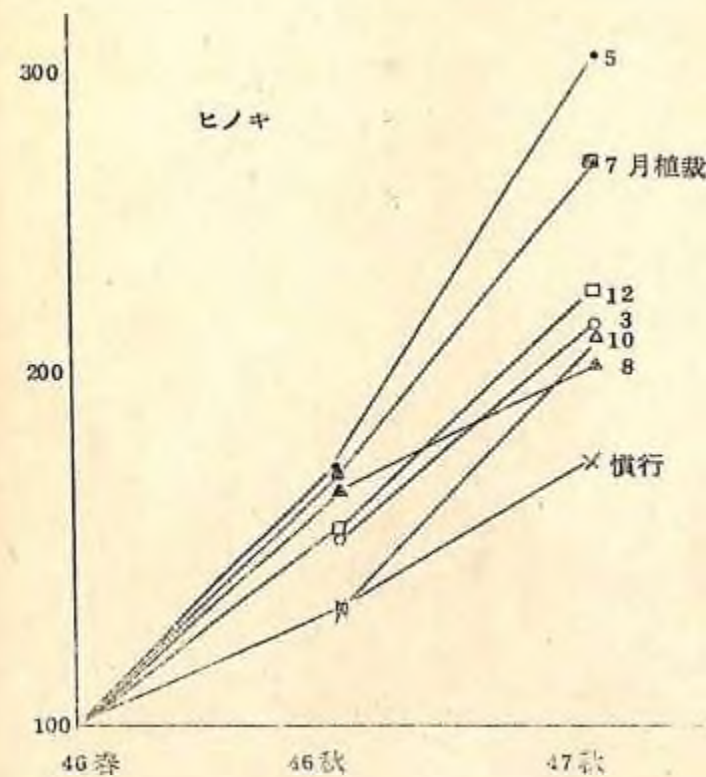
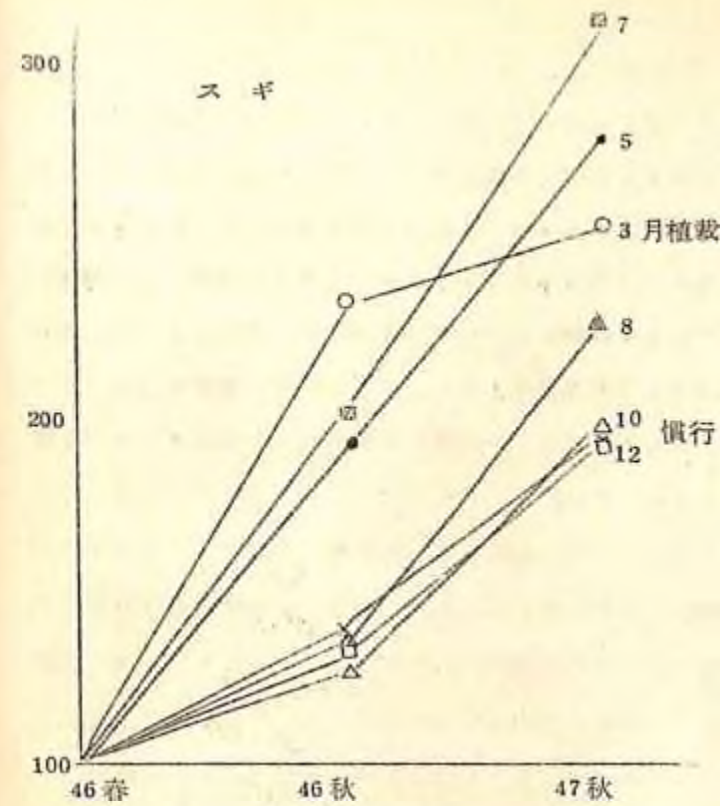


図-7 苗高の成長指数(四十六年春を100として)の経過

2-4-2 肥大成長および根系の状態

地際径は表-12, 図-8に示したごとく, 特に目立った傾向はみられなかった。

ジフィーポットと違いプラスチックポットでは根がポットから出にくく, ポットの中で根がとぐろを巻くことが多い。ポットからの根の出方はスギとヒノキでは多少異なっていた。すなわちスギではポット内よりもポットのすぐ上の土に埋没している幹から新根がでて, 主根となる。ポット側壁から出た根が発達した状態の苗木も多少みられたが, ポット底面からはほとんど根は出ておらず, 出ている根の発達も悪かった。ヒノキは幹から発根することはほとんどなく, 側壁のスリットあるいはポットの上壁を乗り越えて出た根が最も多くみられた。

第1・2回調査時(昭和45年11月, 昭和46年5月)に掘り取った平均木のポット内外にあった根の量を表-13に比率で示した。これらの数値は8月植栽以後の植栽区の苗木については苗畑でポットから出ている根も含めたものである。また植栽後調査時までの期間がそれぞれの植栽区によって違うので, この表の数値を比較することはできない。しかしプラスチックポットでも植栽後数カ月以内にながりの根がポットから外に出ることがわかる。

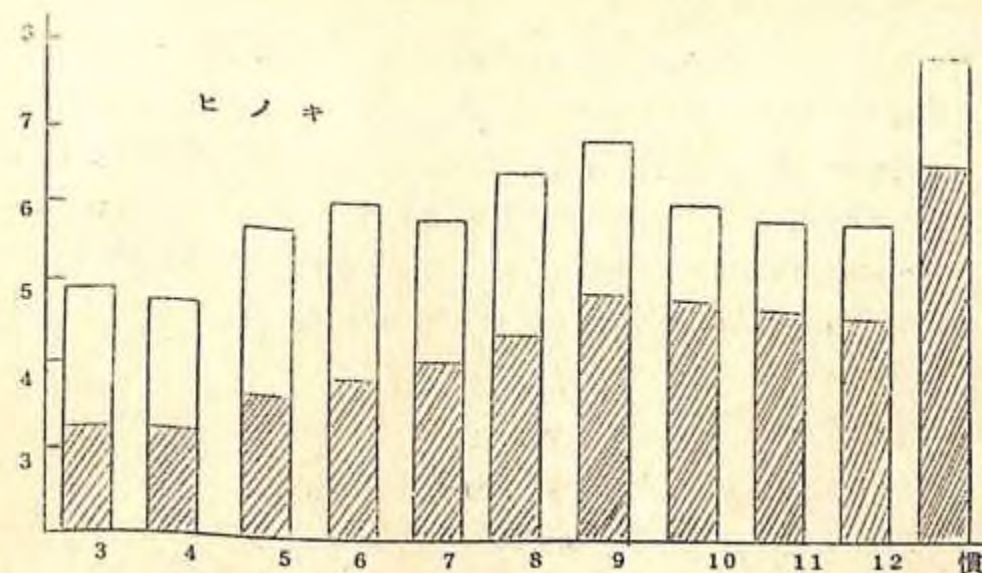
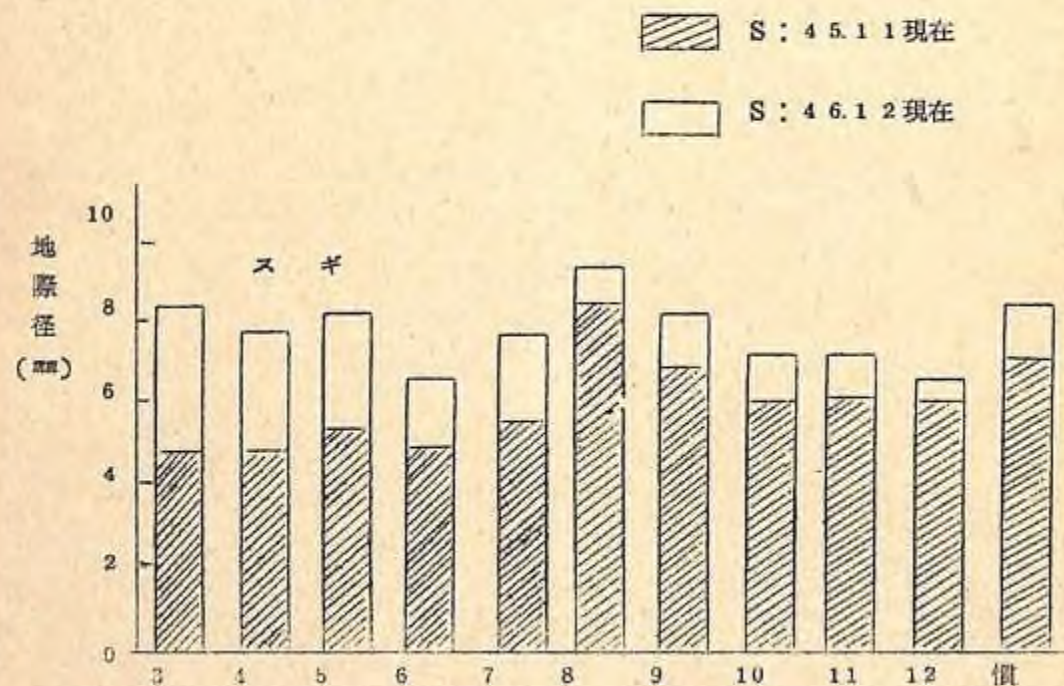


図-8 植栽苗木の年次別地際径

表-13 植栽後数カ月後のポット内外の根量の比率(ポット外根重/ポット内根重)

試験区	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
スギ	0.41	0.20	0.36	0.35	0.22	0.58	0.63	0.37	0.68	0.42
ヒノキ	0.33	0.20	0.40	0.25	0.20	0.36	0.44	0.33	0.29	0.44

2-5 まとめ

プラスチックポットの養苗苗木を用いて, 山地植栽試験を行なった。この際施肥は全く行なわなかった。この試験地での結果から考察される事柄はつぎの通りである。

- 1) プラスチックポットを土中に埋め込み育苗する方法では, 育苗期間は短い方がよい。したがってポットに種子を直播きするより一年生程度の苗木をポットに移植する方法の方がよいと考える。
- 2) 活着率, 植栽後の成長を考えるとできるだけ大きいポット苗(苗長25cm前後)を

山出しする方がよい。

- 3) プラスチックポット育苗苗木では植栽後の初期成長の遅滞解消による下刈り期間の短縮できる可能性はほとんど考えられない。
- 4) 現在使用されているポットの規格では苗木の大きさが限定されるので、普通苗に比べてポット苗ではどうしても小さい苗木を造林することになる。したがって植栽後1～2年間は周到な下刈りを必要とする。この意味で雑草、かん木類の繁茂が著しいか所のポット造林はなるべく避けた方がよい。むしろ石礫地などにはポット造林がむいていると考えられる。
- 5) 植栽期間を拡大することはポット造林をおこなうことにより可能となる。ただし寒害の恐れのあるところでは晩秋の植栽は避けた方がよい。
- 6) 以上総合してみると、ポット造林の今後の方向としては、石地など下草の少ない林地あるいは何らかの事情で造林作業が著しく植栽適期より遅れた場合などに活用する方向が望ましいと考えられる。通常の造林においてはポットの利点はそれほど発揮されないで、ポット造林はあくまでも従来の慣行造林法の補助的手段として考えるべきだと思う。なお以上はあくまでもプラスチックポットを用いた沼津営林署管内での試験結果からの推論であり、ジフィーポットなどをポットの種類が違った場合、立地条件を異にする場合などでは違うかもしれない。

IV ポット鉢付苗造林の問題点

ポット鉢付苗造林は、育苗に際して肥沃な育苗地を必要としない。育苗期間の短縮ができるなどの利点があり、また山行きに際して山元仮植の必要がない。植付時期が拡大され、しかも活着率がよいなどの利点をもっているが、反面以下のような問題点も提起されている。

すなわち、育苗ではポット導入当初から問題となっていたことではあるが、用土の確保がむづかしいこと、ポット内の養水分管理がむづかしいことなどがあり、また鉢植えは普通苗の床替に比較して労力を要するので、生産原価が高くなる欠点がある。ポット内で2生育期間以上育成すると成長が極端に衰えるので、ポット内では短期間の育成にとどめる必要があり、そのためには大苗を利用する必要がある。しかし大苗移植となると、現在開発されているポットは小型なので、鉢植えに際し根を相当量切断しなければならなくなり、山行後の成長不良の原因になる。

山行きに際しては、ポット鉢付苗の運搬に多くの労力と経費が必要となるので、ポット鉢付苗は必然的に路網の周辺に造林される。植付時期については、冬季間は積雪や土壌凍結によ

て植えられない時期をはずせば、いつでも植栽可能である。しかし6～8月の下刈り適期は下刈りのため労力を要すること、樹種によっては上長成長期の苗木運搬は頂芽を損傷することなどのため、実際には春月と秋月に植えられ、それ以外の時期は比較的少ない。ポット鉢付苗は苗が小型のため、山行き後も樹高は普通苗より劣り、下刈りの省力は期待できそうに思えない。

以上のことから、ポット鉢付苗造林で当初期待された多くの利点が、いかなる場所でも発揮されるとは限らず、普通苗造林の方がはるかに有利と思われる例が案外多い。

今後は、ポット鉢付苗は主として土壌条件の悪い、たとえば石地や土壌跡地などの造林で使用すべきであろう。

散布緑化工における
木本植物導入法

I 試験担当者

防災部治山第2研究室：岩川幹夫，堀江保夫，原 敏男，竹内美次

東北支場経営第4研究室：村井 宏，北田正憲

関西支場防災研究室：岸岡 孝，小林忠一，遠藤治郎（現・山形大学）

九州支場防災研究室：河野良治，竹下 幸，志水俊夫

II 試験目的

治山緑化工における木本植物の導入には，階段工などによって，苗木植栽する方法が確実であるが，位置的・地形的状況などが，人力施工に支障のあるところや，集中的な荒廃発生のため，早期復旧が必要とされるところでは，機械力的・省力的な実播工を中心とした能率的方法が要請されることが少なくない。

しかし，吹付工やヘリコプター緑化工などでは，外来の緑化用草を多く活用した施工地全体の面状播種となるため，緑被形成は早いのが，特定の草本類にかたより，木本植物の成立はよく制され，治山緑化の目標とする，保全効果のよりすぐれた林業形成の遅れることが問題とされている。

このため，最近の緑化用植物や緑化資材などによる施工様式の場合についても，草本による緑化被覆をすみやかに形成し，保全効果を十分果しつつ木本植物の成立を早期に達成する方法について検討する。

III 試験経過と得られた成果

1. 試験の年次経過

試験内容および年次別経過の概要は次のようである。

昭和44年度：混播要因（緑化用樹草の特性，播種量，混播割合等）に関する圃場試験，および現地試験地の選定（防災部治山第2研究室）

昭和45年度：混播要因に関するプロット試験（防災部治山第2研究室，東北支場経営第4研究室）。現地試験工の施工（凍上花崗岩地帯＝防災部治山第2研究室，寒冷第3紀層地帯－東北支場経営第4研究室）。

昭和46年度：混播要因に関するプロット試験（防災部治山第2研究室，東北支場経営第4研究室，関西・九州支場防災研究室）。現地試験工施工（凍上第四紀層（ローム層）－防災部治山第2研究室，寒冷第3紀層地帯－東北支場経営第4研究室，暖帯少雨花崗岩地帯－関西支場防災研究室，暖帯多雨中（古）生層地帯－九州支場防災研究室）。既設試験工経過

調査。

昭和47年度：現地試験工経過調査。

なお、現地試験工の設定にあたっては、青森営林局治山課、岩手・^{山形}・^{秋田}・北上各営林署、東京営林局治山課、秦野治山事業所、長野営林局治山課、中川治山事業所、大阪営林局治山課、熊本営林局治山課、出水営林署における関係各位に、多大の御援助を賜わった。ここにあらためて深甚の謝意を表する。

なお、調査・測定資料は、分担した各試験ごとに解析・考察を行なったうえ防災部にあつめ、最終的な整理は治山第2研究室で行ない、総括的なとりまとめは岩川が行なった。

2 木本植物成立と混播方法改善の問題点

混播によって導入された植物間では、生育が進むとともに、生育量の増加や生育型のちがひによって競合が始まる。競合は地上部における陽光や根系部における水分・養分などが、個体の要求に対して相対的に不足することによって起るが、さらに環境の推移とともに菌害や生育抑制物質あるいは物理的な被圧の影響など、生理的・生態的な要因が相互に複雑に作用する。樹草の混播におけるこれら要因の理論的な解明は今後の研究にまつところが多いが、ここではとりあえず従来の施工における播種内容や保育技術的な観点から、木本植物の成立に関連して問題とみられるおもな事項をとりあげてみると、

a 発芽や初期生育の遅速などの生育特性による混播適植物の組合せ、b 施工後の初期発生個体数にもとづいた播種量および混播割合、c 植物の種類別の成長コントロール、d 適切な緑化補助材・補助工および保育方法、などが考えられる。

3 樹草の初期生育タイプ区分

施工初期の不安定裸地をすばやく緑化保護するため、実播に用いられる樹草としては、播種後短時日に発芽しその後の生育も早いことが望ましい。一般に緑化用植物は、荒廃地や開放地に先駆進入するものから選択され、外来の緑化用草もふくめてとくに陽光を多く要求する。そのうえ、施工後の速かな侵食防止効果を期待することから播種量が多く、導入植物間では生育初期から陽光に対する競合がはげしくなる。しかし、木本類の多くは発芽もやや遅く、その後の生育も草本にくらべて遅いのが一般である。このため、緑化用植物それぞれの生育特性に応じた適切な種類の組合せを考慮し、競合のコントロールをはかる必要があるとおもわれる。まず、便宜的に種子の発芽勢や初期成長の遅速、あるいは生育形態などによって、おもな樹草の

タイプを区分してみると次のようである。

木本類の初期生育特性

Aタイプ：発芽が早くその後の伸長も旺盛なタイプで、好適な条件のもとでは2、3日ないし数日で大半の発芽が終り、当年の秋までには1～1.5mに伸長する。おもにマメ科根粒樹木に属するニセアカシア、アカシア類、ネムノキなどの高木類と、ヤマハギ、イタチハギ、エニシダなどの低木類がある。このタイプの種子は硬実化しているものが多く、そのままでは発芽が不揃いになるので、熱湯や温湯で発芽促進処理をする必要がある。また、イタチハギ、ヤマハギなどのサヤつき種子は、表土の条件によって、吸水が不足するときは発芽がおくれるので、草本との競合が不利になる。

Bタイプ：発芽がやや遅く、また発芽後2～3ヵ月までの成長もやや緩慢であるが、それ以後の成長ははやいタイプのものである。条件のよいところでは当年の秋までには30～50cm以上に伸長するが、稚苗期には根系の発達が少ないので、現地で乾燥のはげしいところでは萎縮する。おもに非マメ科根粒樹木のオオバヤシャブシ・ヤシャブシ・ヤマハンノキなどの高木類や、樹高の低いものではヒメヤシャブシ・グミ類がある。これらは入手した種子によっては発芽率に変化が多いので、事前に発芽率を調べて必要量を用いることが肝心である。

Cタイプ：根粒植物のように、荒廃地や開放地によく侵入して繁茂するタイプであるが、初期の生育がやや遅い。クサギ、スルデ、アカメガシワ、リュウブなどの高木類や、タニウツギ、ニシキウツギその他の低木類がある。これらの種類は種子の大小や発芽の遅速などにより差があり、特性についてはまだ十分検討されていないものが多い。

Dタイプ：発芽も遅くその後の生育もおそいタイプであるが、やせ地や乾燥地に強く、永続的緑化樹種としてすぐれている。アカマツ、クロマツなどの針葉樹や、コナラ、クヌギそのほかの広葉樹類がある。条播や点播などによって導入されているが、混播では草高以上に伸長するには2～3年ないし数年を要するものとみられる。

Eタイプ：このほか二次的な緑化構成樹種として望ましい耐陰性のあるタイプのものがあるが、導入方法は今後の研究にまつことが多い。

草本類の初期生育特性

外来緑化用草の場合は、発芽および現地における発生源もたかく、その後の成長もすばやいものが多いが、在来野草類は荒廃環境における適応性や永続性にすぐれたものでも、初期成長が一般に遅い傾向がある。

a タイプ：草高が100cm以上になる大型多年性草本類。

- a 1 好適な条件のもとでは2、3日で大半が発芽し、初期から成長の早い大型雑草類のタイプで、もっとも多く活用されているのはキク科のヨモギ類である。しかし、これらの生育形態は、莖葉による遮光性が大きいので、面状混播では密度が多くなると木本類の生育を圧するので問題がある。
- a 2 初期の伸長がやや緩慢で、早期緑化形成はおとるが、環境に対する適応性が広く、緑化が永く保たれる。大型イネ科のススキ、トダンバなどである。莖葉による遮光性は前者ほどでなく、株の基部にはマツ類の成立も可能で、木本の混播には適性がみとめられる。以上のものは在来野草類のなかでも種子の大量確保ができるので活用しやすい。
- b タイプ：自然高（莖葉を引のばした長さではなく、自然に叢生したままの高さ）が30～50 cmになるおもに中型イネ科のもので、緑化工に最も大量に活用されているタイプである。多数種類があるので、さらに類型区分できる。
- b 1 発芽、生育がすばやく、自然高が40～50 cmになり、多数分けつして叢生する。ウィーピングラブグラス（W. L. G. ）、ケンタッキー31フェスク（K. 31 F. ）、オーチャードグラス（O. G. ）などで、これらとの混播では木本植物の成立は困難とみられているタイプである。
- b 2 自然高は前者とあまり変わらないが、発芽または初期伸長がやや劣るイネ科の在来野草類で、ノガリヤス、カゼタサ、チカラシバなどがある。現地における繁茂量からみれば木本類の競合は、外来草にくらべて有利であるとみられるが、一般に種子を十分確保することがむずかしい。
- b 3 発芽や生長も早い、自然高は20～30 cmで叢生するタイプのものである。クリーピングレッドフェスタ（C. R. F. ）、ケンタッキーブルーグラス（K. B. G. ）などである。繁茂型には地下茎あるいは葡萄型があるが形態的には混播による木本成立に活用しやすいタイプとみられる。
- b 4 発芽および生育もはやい1年・越年生のもので、自然高も数10 cm以上になる。傾斜地における緑化用草としては、翌年以降の被覆効果に問題があるほか、混播では生立密度が多くなると木本の成立を著しく阻害することになる。イタリアンライグラス（I. R. G. ）などの外来草や、キク科、タデ科の1年生野草などであるが、イネ科のオヒシバ、メヒシバ、エノコログサなどは、比較的影響は少ないとおもわれる。
- c タイプ：自然高が10～20 cm前後の小型草本類でイネ科タイプとマメ科その他がある。

- c 1 小豆イネ科のシバ、オニシバ、ギョウギシバなどである。草高の低い点では蒔播に都合がよいが、シバ類は発芽勢が低いため活用がはばまれている。
- c 2 発芽および生育の早いマメ科などの草本類で、クローバー、ヤハズソウなどがある。播種量が多いと木本の初期生育は抑制される。
- d タイプ：カヤツリグサ科・スゲ類などの野草で、耐陰性や永続性のすぐれているタイプがあるが、繁殖がおそすぎることや、種子が十分えられないので活用されていない。
- 以上のべた特性区分は、おもに初期的な生育特性によるもので、生育形態が似たタイプのもので、その後の推移には個々の種によって変化がある。したがって、今後の検討によって、生態的にも、自然な遷移系列が早期に構成されるよう、適切な組合せがもとめられるべきである。

4 播種量と混播割合

播種量の多少は初期の緑化形成の遅速や、ひいては施工の成否にも影響する。最近の面状緑化工では、当初の発生個体数（イネ科草本タイプの場合）が10,000/m²前後となるような播種量とされるが、緑化不揃いを懸念してさらに多く播種されることも少なくない。しかし、発生密度は植物の種間および種内の競合に大きな影響を及ぼし、面状混播によって木本植物の成立をはかるためには、木本と草本の発生個体数の調整がどうしても必要である。

いま、従来の吹付工やヘリコプター工法による播種内容のなかから、木本類が含まれている場合の10数例によって、木本と草本の種子量の実態をみると次のようである。まず、混播割合を重量比でみると、外来の緑化用草種のほか、ヨモギ、メドハギなどの草種は20～70%で、ヤシ、ブシ、ヤマハンノキ、ニセアカシア、イタチハギなどの木本類は30～80%も含まれている例がある。しかし、木本類の成立した例は殆んどうかがわれないのが実情である。

ところで、木本類の種子は草本類にくらべて大きいものも多く、単位重量あたりの粒数はかなり少なくなる。したがって、この内容を粒数による割合にかえてみると、草本類は75～95%にもなり、木本類は数%から25%程度にすぎない。しかも、施工の実際には発芽率や、現地における発生率も考慮しなければならないものである。一般に外来の緑化用草は発芽率がたかく、現地発生率もよいが、木本類は発芽率の低い場合が多く、発芽率のよいマメ科木本種子も、普通は硬実が多く含まれるため、発芽促進処理をしない場合は現地における発生率は著しく低下する。したがって、さらに発芽率を考慮して計算した割合によってみると、木本類の混播状態はわずか2～3%で、多い場合でも10%に満たないことが殆んどで、斜面における

実際の発生個体数の割合はきわめて少ないことがわかる。

つまり、散布種子量は単純な重量比や容積比によるのではなく、実際に使用する種子の発芽率や現地における発生率も考慮したうえ、単位面積あたりの初期成立期待数をもとにして算出する必要がある。

つぎに、前述のような問題点を考慮して、樹草の生育タイプや、播種量および混播割合などの要因を組合せ、圃場で行なった試験例をしめしてみる。

圃場試験 - (1) 木本の生育タイプAの高木のニセアカシアと、草本は最も多く用いられているb1タイプのW. L. G. によって、次のような試験区を設けた。播種量は発生期待個体数 $10,000/m^2$ 以下 $1,000/m^2$ まで5段階、混播割合は木本割合 100% 以下 35% まで5段階とした。なお、土壌条件のちがひによる影響もみるため、圃場表土と養料条件がわるい下層土の褐色ロームの別に設定した。(本場構内)

まず、播種量のちがひによる成立密度の経時的变化をみると図-1のようである。発芽当初

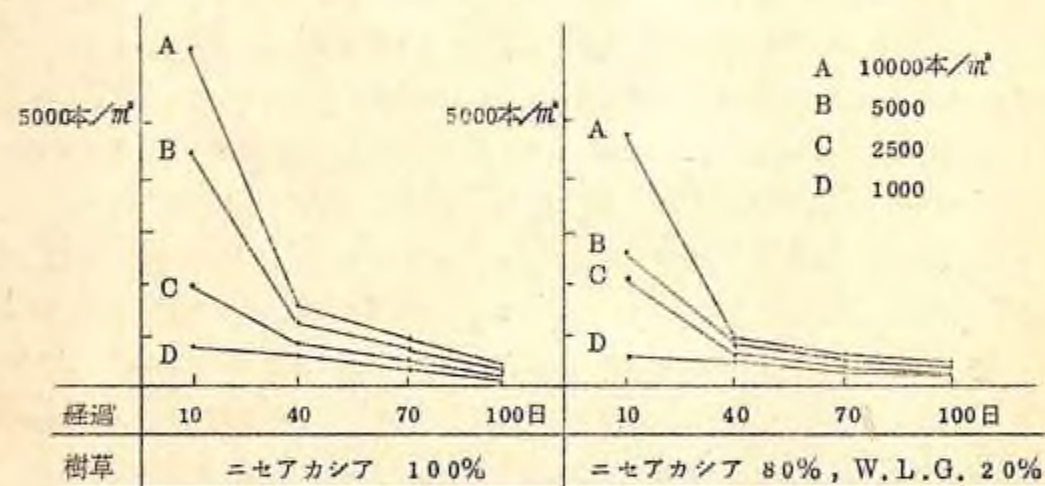


図-1 播種量と成立本数の経時別変化

には発生個体数に著しい差があるが、播種量の多い区では40~50日頃までには、急速に成立個体数が減少した。播種量の少ない区ではそれほど顕著ではない。播種量および混播割合の多い区では、ニセアカシアの成立密度がかなり過密で、はやくから種内の競合があるため、図-2によっても成立個体数の大部は、種間、種内の被圧下に残存していることがわかる。当年の秋までのW. L. G. の自然高以上に伸長して、成立可能とみられた本数は表-1のようである。これによると木本の成立本数は、播種量および混播割合による差がみられ、木本の多

い区では30~40本/ m^2 になり、少ない区でも1本/ m^2 以上の成立がみられた。

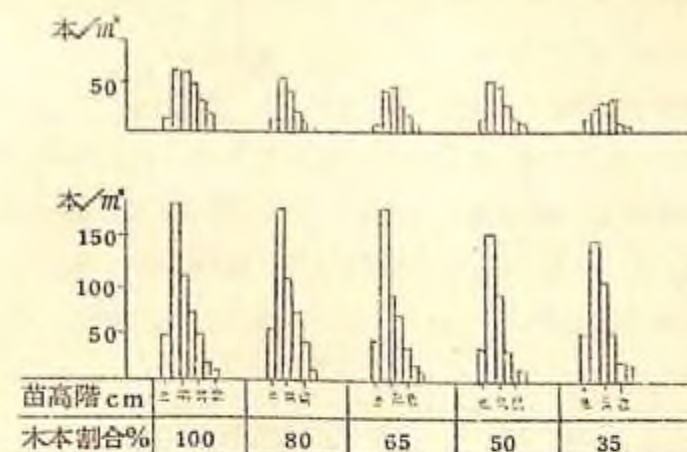


図-2 播種割合と苗高分布(ニセアカシア)

(上段: 播種量 $1000/m^2$
下段: " $10000/m^2$)

表-1 播種量と混播割合による木本植物の成立

(ニセアカシア 本/ m^2)

播種量 粒/ m^2	混播割合	圃場下層土(ローム、赤土)					圃場表土(黒土)				
		木本% 100	80	65	50	35	100	80	65	50	35
10,000		52	45	38	31	26	31	27	10	9	7
5,000		44	36	33	23	16	29	16	8	4	3
2,500		43	35	26	19	6	26	12	5	3	2
1,000		33	27	19	14	6	16	8	4	1	1

注. 草の自然高以上(45cm)に伸長した本数

なお、土壌条件別によるちがひでは、初期から草本の生育が旺盛な表土区では、草本による被圧や、病害による成立の減少などがみられ、下層土の赤土区にくらべて競合がきびしく、秋までの成立本数も減少した。

圃場試験 - (2) ヤマハギは立地的な適用範囲が広く緑化効果もすぐれ、生育の早いタイプの低木であるが、これと生育型がそれぞれ異なる草本と混播してみると次のようである(本場構内)。

草本類は緑化効果の早い中型イネ科のなかのW. L. G., 草高がかなり低いタイプのC. R. F., および生育が旺盛な1年生草のI. R. G. をえらび, 播種量は6,000粒/ m^2 と3,000粒/ m^2 , 混播割合は木本80%と50%として設定した。

播種後の木本成立密度の経時変化は図-3のようである。生育経過につれて混播草種別の影響による残存個体数の状況がよく現われている。すなわち, ヤマハギの単播区間では, 種内密度の影響だけで, 減少曲線は次第に接近しているが, 当年の秋頃まではある間隔がみられる。これに比べて, W. L. G. やI. R. G. の場合はその脱合の影響がみられ, 播種量の多い区は早くから個体数の減少がはげしく, 3,000本/ m^2 区の場合とほぼ同じようになる。しか

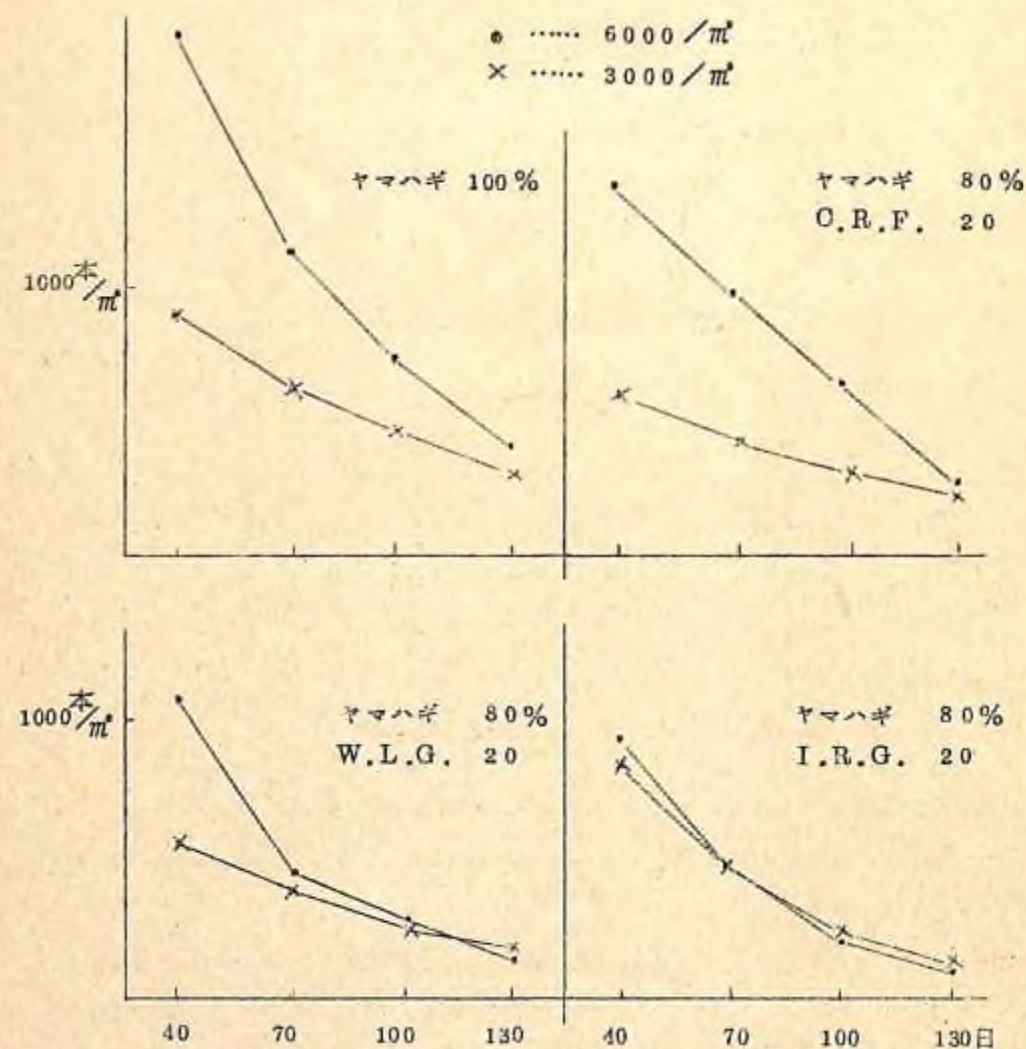


図-3 草種別混播と成立本数の経時別変化 (ヤマハギ)

し, 草高が前者に比べてかなり低いC. R. F. の場合は, ヤマハギ単播区とよく似た減少傾向である。低木でも生育の早いヤマハギは, 早くからC. R. F. 以上に伸長するため, 地上部における種間の影響が少ないことをしめしている。草種別混播における苗高分布をみると図-4のようである。

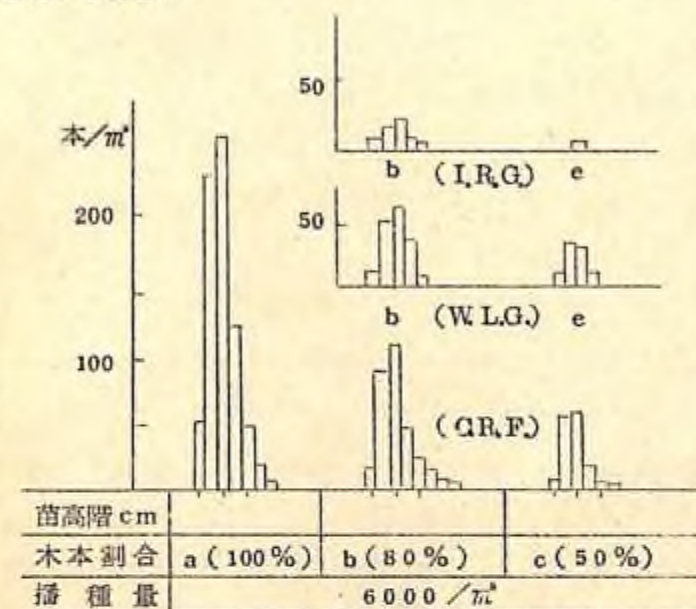


図-4 草種別混播と苗高分布 (ヤマハギ)

また, 播種当年の秋までにおける草の自然高以上に伸長した個体数を表-2にしめした。中

表-2 草種別に混播した木本植物の成立

(ヤマハギ 本/ m^2)

土 壤		圃場下層土 (ローム, 赤土)						圃場表土 (黒土)					
播種量 (個/ m^2)		6,000			3,000			6,000			3,000		
混播割合 (木本%)		100	80	50	100	80	50	100	80	50	100	80	50
ヤマハギ	C. R. F.		73	27		43	34		82	15		119	43
	W. L. G.	34	11	0	11	18	7	72	5	1	73	14	12
	I. R. G.		0	0		7	0		1	0		10	0

注: 草の自然高以上の本数 (C.R.F. は35cm, W.L.G., I.R.G. は45cm)

型イネ科のなかでも, 草種の生育型のちがいによる影響が顕著であることがわかる。すなわち, 生育の旺盛な1年生タイプのI. R. G. 区では草高以上に達したものはほとんどなく, 大部

分は草本に被圧された。W. L. G. との混播区では、これに比べて木本の成立がみられ、前述のニセアカシアの場合に類似した傾向がみられた。これに対して、草高が低い C. R. F. との混播区では草高以上に伸長したものはさらに顕著に増加した。これによっても生育の早いタイプの木本は、混播要因を考慮して行なえば十分成立をはかることができると思われる。この試験結果に限れば、成立密度がたかいたので、翌年からはヤマハギ間の競合がはげしくなるとみられるので、混播割合はさらに検討する必要があると思われる。

圃場試験 - (3) ニセアカシア、ヤマハノキ、ヒメヤシブシ、アカマツの4高木を主体にイタチハギを従属低木とし、生育型のことなる2グループの草本類を組合せ検討した結果をみると表-3のようである(東北支場構内)。

播種後1カ月と4カ月経過したときの成立本数の消長をみると、各樹種とも大幅に減少し、当初の1/2以下になった。とくにヤマハノキの減少は顕著であったが、ニセアカシアは秋季に増加するものもある。イタチハギは両時点の変化はみられなかった。すなわち、イタチハギは、どの組合せでも、生存率および生育が良好であり、高木類のうちで草本の自然高以上に成長したのはニセアカシアだけであったが、成立本数は少なかった。アカマツは、秋季まではかなり残存していたが、草本類のなかで被圧されて健全な生育を保っているものが少なかった。ヒメヤシブシは、初期生長がおそく、草本に被圧されているが、生育はかなり健全である。ヤマハノキは、当初の発生本数も少なく秋季における残存本数も少なく、生育も不良であった。ニセアカシアは高木4種類のうち、成立本数が比較的多く、かつ成長が良好であった。また、各高木と組合せたイタチハギの成立本数は平均的に多く、成長が旺盛で草本類の自然高以上に達している。

前述した3つの例は、圃場におけるものであるが、さらに現地斜面によって検討した例は次のようである。

現地試験 - (1) 長野営林局中川治山事業所管内の凍上花崗岩地帯における崩壊斜面に、高木は生育の早いタイプのニセアカシアと、初期生育の遅いタイプのアカマツとし、これに低木のヤマハギ、イタチハギを入れて木本類の混播量とし、草本は、生育の早いタイプ(W. L. G.)と遅いタイプ(C. R. F.)をそれぞれ組合せた。

2年目までにおける状況を表-4~7に示した。ニセアカシアの混播区では圃場における場合とほぼ同様の傾向がみられ、かなりの密度で成立することが認められた。草高の低い草種との混播では初期の成立が多いが、2年目には他の草種の区と同じような成立密度になった。しかし、アカマツ区では、初年目には草本のなかになんかなり残存したが、2年目には凍上による

表-3 樹草の生育特性と組合せの試験

測定項目		7 月								10 月							
		A	B	C	D	E	F	G	H	A	B	C	D	E	F	G	H
調査区																	
全植被率 (%)		20	10	16	16	30	24	23	26	100	85	98	96	100	100	100	100
木本類植被率 (%)		12	4	5	6	13	10	10	10	73	49	39	40	65	65	75	57
草本類植被率 (%)		8	7	11	10	17	15	13	16	79	74	82	91	98	99	91	92
ア カ マ ツ		2.1				1.7				1.3				3.4			
ヤマハノノキ			0.2				0.5							0.9			
ヒメヤシブシ				0.2				0.1				0.1				0.3	
ニセアカシア					0.1				2.3				5.0				3.7
イタチハギ		9.3	3.7	5.3	6.7	12.7	10.3	18.3	8.7	73.0	49.0	38.7	35.3	63.7	64.3	74.7	55.0
ホワイトクローバー		2.7	3.0	4.3	4.3					22.3	24.8	40.7	50.3				
クリ-ベック		6.0	5.0	7.7	7.7					65.7	58.3	70.3	56.3				
クエンキ- 31. F						17.0	14.0	13.0	15.3					88.3	80.3	84.3	91.0
オオイトドリ						0.4	1.7	1.2	1.4					30.0	44.4	22.0	30.0
ア カ マ ツ		54.3				63.3				27.0				34.3			
ヤマハノノキ			19.7				35.3								18.0		
ヒメヤシブシ				20.7				15.7				4.7				11.3	
ニセアカシア					3.0				20.3				18.0				6.7
イタチハギ		223.0	128.7	105.0	129.0	219.3	214.3	211.0	151.0	175.0	122.0	107.7	108.3	226.0	240.3	252.3	180.7
ホワイトクローバー		81.0	61.0	91.3	92.3					793.3	834.7	1,046.0	1,219.0				
クリ-ベック		157.0	154.0	192.3	222.0					2,225.0	2,059.0	1,937.7	2,322.0				
クエンキ- 31. F						271.6	267.3	285.7	233.3					1,490.0	1,154.7	1,203.7	1,325.3
オオイトドリ						21.3	47.7	35.7	39.3					15.7	31.7	28.0	29.0
種類別植被率 (%)																	
成立本数 (本/㎡)																	

(注): 1) A) アカマツ, B) ヤマハノキ, C) ヒメヤシブシ, D) ニセアカシアの高木樹種にイタチハギ, E) クエンキ-31, フェスタ, オオイトドリを混播。
 E) アカマツ, B) ヤマハノキ, C) ヒメヤシブシ, D) ニセアカシアの高木樹種にイタチハギ, ホワイトロバ, クレーンボク, レッド・フェスタを混播。
 2) 発芽期待数 3,000粒/㎡, 木と草の混播割合 50% : 50% 3) 東北支場構内

表-4 成立木本類の経年変化 (本/m²)

中川試験地

要因	経年次		45. 8 調査		45. 10 調査		46. 9 調査		47. 9 調査	
	草本	播種量 /m ²	木本量 比率(%)	木本総数(株)	草の自然高 以上 (本)	木本総数(株)	草の自然高 以上 (本)	木本総数(株)	草の自然高 以上 (本)	木本総数(株)
A	a	6,000	80	154	(.)	32	17	41	16	21
			50	97	(.)	34	11	19	11	27
		3,000	80	16	(.)	46	23	17	9	35
			50	42	(.)	29	3	19	5	23
			80	201	(.)	71	36	11	8	22
	b	6,000	50	118	(.)	62	21	15	6	13
			80	155	(.)	90	34	31	12	18
		3,000	50	78	(.)	56	22	6	4	18
			80	546	(.)	38	(6)	30	(2)	24
			50	210	(.)	30	(3)	8	(0)	20
B	a	3,000	80	296	(.)	105	(21)	14	(0)	24
			50	221	(.)	52	(6)	11	(0)	11
		6,000	80	756	(.)	101	(15)	13	(1)	24
			50	571	(.)	128	(30)	3	(0)	11
			80	336	(.)	67	(17)	15	(0)	10
	b	3,000	50	169	(.)	56	(0)	4	(0)	7
			80							

注1: A 高木: ニセアカシヤ

B 高木: アカマツ

a 草本: ウイバーンダ・ラブ・グラス, ススキ, ヨモギ

b 草本: クリバーンダ・レッド・フュスタ, ススキ, ヨモギ

注2: ()は, A区はニセアカシヤの本数, B区はアカマツ5 cm以上の本数。

注3: 播種量は発生期待粒数。

表-5 木本類の成立と本数分布

(47年9月, 中川地区試験地)

要因	要因		生育高階別本数 (~cm, 本/m ²)									
	草本	播種量 /m ²	木本比率	~ 10	~ 30	~ 50	~ 70	~ 90	~ 110	~ 130	~ 150	~ 170
A	a	6,000	80	4	10	4	2	1				21
			50	7	14	3	2	1				27
		3,000	80	3	15	11	2	2	1	1		35
			50	4	13	4	1				1	23
			80		2	3	5	6	4		1	22
	b	6,000	50	1	4	2	1	2	1	1	1	13
			80		1	5	6	2	1	1		18
		3,000	50	6	6	2	2	2				18
			80	5	15	3	1					24
			50	5	8	5	2					20
B	a	3,000	80	4	10	6			1	2	1	24
			50			5	1	2	1	1	1	11
		6,000	80	5	10	6	2	1				24
			50	2	4	3	2					11
			80		5	4	1					10
	b	3,000	50	1	2	3	1					7
			80									

注: 要因区分は表-4と同じ。

表-6 被覆率の経年変化 (平均被覆率%)

(中川地区試験地)

要 因		4 5. 1.0 調査			4 6. 9 調査			4 7. 9 調査				
木本	草本	播種量 / m ²	木本 比率%	全植被	木本植被	草本植被	全植被	木本植被	草本植被	全植被	木本植被	草本植被
A		6,000	80	100	6	100	63	43	30	77	62	30
			50	100	4	100	90	10	75	90	58	65
		3,000	80	92	8	91	95	10	90	95	43	65
			50	93	9	87	85	5	85	88	40	70
B		6,000	80	100	35	95	100	85	100	100	90	100
			50	100	11	96	97	28	97	100	50	100
		3,000	80	92	18	76	97	60	97	100	77	97
			50	98	13	10	100	30	100	100	68	100
A		6,000	80	95	6	95	75	18	65	88	35	68
			50	98	5	98	90	5	90	95	15	95
		3,000	80	97	6	88	90	18	90	95	25	95
			50	99	11	93	80	12	80	88	47	78
B		6,000	80	94	11	92	97	8	93	100	18	97
			50	97	5	93	90	5	90	100	13	100
		3,000	80	100	5	100	100	10	100	100	23	100
			50	100	5	100	100	5	100	100	30	100

注：要因区分は表-4と同じ。

表-7 生育量の経年変化 (g/m^2 , 乾重)

(中川地区試験地)

要 因		4 5. 1 0 調 査			4 6. 9 調 査			4 7. 9 調 査				
木本	草本	播種畝 /m ²	木本 比率%	木本類	草 本 類	合 計	木本類	草 本 類	合 計	木本類	草 本 類	合 計
A	a	6,000	80	8	565	573	45	122	167	168	98	266
			50		904	904	64	326	390	213	462	675
		3,000	80	2	504	506	62	421	483	117	360	477
			50	8	603	611	3	422	425	101	237	338
		6,000	80	40	488	528	1,173	491	1,664	379	611	990
			50	120	472	592	274	618	892	762	902	1,664
	b	3,000	80	90	618	708	198	522	720	187	429	616
			50	128	909	1,037	216	627	843	566	576	1,142
		6,000	80	8	715	723	45	173	218	110	274	384
			50		792	792	11	682	693	96	515	611
		3,000	80	16	1,051	1,067	27	616	643	61	557	618
			50	32	656	688	50	934	984	152	376	528
B	6,000	80	48	451	499	6	728	734	91	384	475	
		50	32	493	525	14	392	406	74	366	440	
	3,000	80	16	533	549	24	339	363	98	568	666	
		50		384	384	16	659	675	120	656	776	

注：要因区分は表-4と同じ。

影響とあわせてほとんど消滅し、散布方法にもあらたな検討がいるものと思われた。

現地試験 - (2) 青森県林局管内の散カ所の現地（おもに第3紀層頁岩・凝灰岩等）で行なった試験では、木本類のうち高木類はニセアカシア、ヤマハンノキ、アカマツ、ヒメヤシ、ブシとし、低木のイタチハギを従属させ、草本類はC. R. F., ホワイイトクローバー、オオイトドリなどとし混播方法は、木本類主体（80%）の混播、草本類主体（80%）および、小階段を補助工とした樹草区分散播（木本20%）として施工した。（表-8）。

表-8 現地混播試験

測定項目		試験処理と調査区	岩手-赤川	平石-葛根田	平石-荒沢	北上-夏油 (崩落面)	北上-夏油 (崩積面)
全 植 被 率 (%)			67.3	30.0	90.7	93.	95.
木 本 類 植 被 率 (%)			14.7	76.7	33	55.7	69.
草 本 類 植 被 率 (%)			65.3	82.3	75.	58.3	48.3
種 類 別 植 被 率 (%)	木 本 類	ニセアカシア	13.1	80.0	13.4	35.5	54.3
		ダケカンバ	1.6				
		アカマツ	0.5				1.5
		ヒメヤシ					
		ヤマハンノキ			0.1	0.7	0.9
		イタチハギ		5.7	17.6	28.7	24.9
		その他非導入種	0.8	8.7	4.9		0.1
	草 本 類	ゲンタッキ-31F.	64.7	18.2			
		ス ス キ					
		オオイトドリ	3.3	5.1	1.5	2.9	3.9
		クリベング・レッドフェスタ		56.1	33.7	32.0	26.5
		ホワイイト・クローバー			22.3	3.4	5.2
		その他非導入種	0.8	31.5	34.1	38.7	19.8
		その他非導入種	0.8	31.5	34.1	38.7	19.8
成 立 本 数 (本/㎡)	木 本 類	ニセアカシア	36.3	5.8	2.3	8.5	13.8
		ダケカンバ	1.5				
		アカマツ	3.1		0.1		2.9
		ヒメヤシ					
		ヤマハンノキ			0.3	0.1	0.4
		イタチハギ		2.1	13.4	33.5	32.1
		その他非導入種	2.1	0.7	1.7	0.1	0.1
	草 本 類	ゲンタッキ-31F.	224.7	91.1			
		ス ス キ					
		オオイトドリ	25.5	4.0	2.7	1.7	2.3
		クリベング・レッドフェスタ		294.5	543.3	406.0	401.3
		ホワイイト・クローバー			259.2	6.1	19.7
		その他非導入種	18.1	20.4	35.9	24.6	22.4
		その他非導入種	18.1	20.4	35.9	24.6	22.4

試験地の立地条件や、施工後の気象的な条件によって、緑化形成や木本植物の成立が影響されるが、高木類のなかではニセアカシアの成立が本数および成長ともすぐれ、2年目には2mも越す場合がみられた。このほかのヤマハンノキ、アカマツ、ヒメヤシ、ブシなどは、初年目には、点在して残存したが、2年目の秋季には、ほとんど成立がみられなかった。低木のイタチハギは、ニセアカシアの優勢なところでは、下層に被圧されて成立したが、ニセアカシアの欠ける部分では成育が旺盛なところが多い。播種方法別では木本を主体とした区では、成立本数が増加しているが、当年秋までに裸地が残る場合が多い。筋状小階段の補助工とともに区分播種した区では、木本類の成立は多いが、上部から流亡した種子が、下部筋工に混合される場合は、樹草の競合がはげしく、成立がよく制されることがうかがわれた。

現地試験 - (3) 暖帯少雨花崗岩地帯（広島県）の現地に小プロットで設定した試験結果について、概要をしめすと表-9のようである。

表-9 現地混播試験

事 項		混 合 割 合 (草 : 木)		
		90 : 10	50 : 50	10 : 90
全 植 被 率 (%)		84.5	86.0	64.0
木 本 類 植 被 率 (%)		1.0	3.0	8.5
草 本 類 植 被 率 (%)		84.5	85.0	58.5
種 類 別 植 被 率 (%)	木 本 類	ヤシ	-	-
		ブシ	-	0.5
		メドハギ	-	0.5
		イタチハギ	-	-
	草 本 類	クロマツ	-	3.0
		K. 31. F.	-	-
		W. L. G.	84.5	85.0
		ヨモギ	3.5	5.0
		ス ス キ	-	-
		ス ス キ	-	-

木本植物の混播割合が10%以下では殆んど成立がみられなかったが、混播割合を増加し50%でいど以上になると成立がみられた。しかし、草本による植被形成が少なくなるにつれて表土の移動が起り、ひいては木本植物自体の成立条件が悪化することが推察された。樹種別

では、クロマツの成立が多く、他の樹種は著しく少数であった。

現地試験 - (4) 熊本営林局・出水営林署管内の現地(中生層)で、事業設計における播種内容にくみ入れ、木本類を混合して行なった結果をみると表-10のようである。

表-10 現地混播試験

事 項		試 験 区			
		1	2	3	4
全 植 被 率 (%)		87.5	90.0	87.5	60.0
木 本 類 植 被 率 (%)		1.8	-	5.0	1.3
草 本 類 植 被 率 (%)		85.8	90.0	82.5	58.8
種 別 植 被 率 (%)	木 本 類	オオバヤシブシ	0.8	-	0.3
		ヤマハンノキ	-	-	3.8
		ヤマハギ	1.3	-	5.5
		エニシダ	-	-	-
		イタチハギ	-	-	2.5
	草 本 類	グンタッキ-31 F	-	-	-
		ウイビングラブグラス	52.5	76.3	73.8
		ホワイトクローバー	-	-	-
		ヨモギ	2.3	18.8	4.8
		イタドリ	-	-	-
		ススキ	0.8	13.8	7.3
備 考	播 種 量 粒/m ²		17,000	17,000	17,000
	混播割合(木:草%)		20:80	20:80	20:80

これでは、単位面積あたりの播種量が多く、草本類が優占することは従来の施工例とあまり変わらないので、木本類の成立はきわめてむずかしいことがうかがわれた。すなわち、3カ月頃における木本類の成立は1%程度で、土じょう条件別では、地山部分の成立が多くみとめられた。1年3カ月頃の調査では各区にわずかに残存するのがみられるにすぎなく、土じょう条件別では、地山のほうが成立がよいようにみられた。しかし、残存したオオバヤシブシ、ヤマハンノキ、ヤマハギなどは葉色が健全で、成立は可能であるとおもわれた。

5. 樹草の種類別生育調整

統合する樹草のいずれか一方または両者について、初期の成長を促進するかまたは抑制するなどの方法によって、木本植物の成立をはかることができればきわめて好都合である。

ところで、根粒植物は荒地などに先駆進入するが、緑化用植物として活用されている木本類の多くも、これに属している。根粒植物の特性は、根粒が着生していれば、窒素が欠乏したやせたところでも、磷酸肥料を与えることによって十分旺盛な生育をすることである。荒地で下層の地盤が現われているところや、ロームその他火山性地盤では、土壌の磷酸吸収力が強いので、根粒植物の栄養生理上からも、土壌の化学性からみても、磷酸肥料の十分な供給が必要である。

根粒植物を実播によって導入することをねらいとし、磷酸吸収力の強い土壌によって、窒素と磷酸の施肥量をかえて生育状態を調査した例を図-5によってみると、磷酸量を多くした効果が予想以上に大きいことがわかる。ニセアカシア、ヤマハギなどのマメ科根粒植物の場合も、またヤシブシ類、ヤマハンノキなどの非マメ科根粒植物の場合も、やせ地では普通土壌における施肥量の数倍以上の施用によって、生育が促進されることに注目しなければならない。

これにもとづいて、初期成長がやや遅い生育タイプBの高木(オオバヤシブシ、ヤマハンノキ)と、中型イネ科で草高がやや低いタイプの草本(O. R. F.)との混播により、施肥分量をかえて検討した現地における場合の木本植物の成立状況をみると表-11のようである。

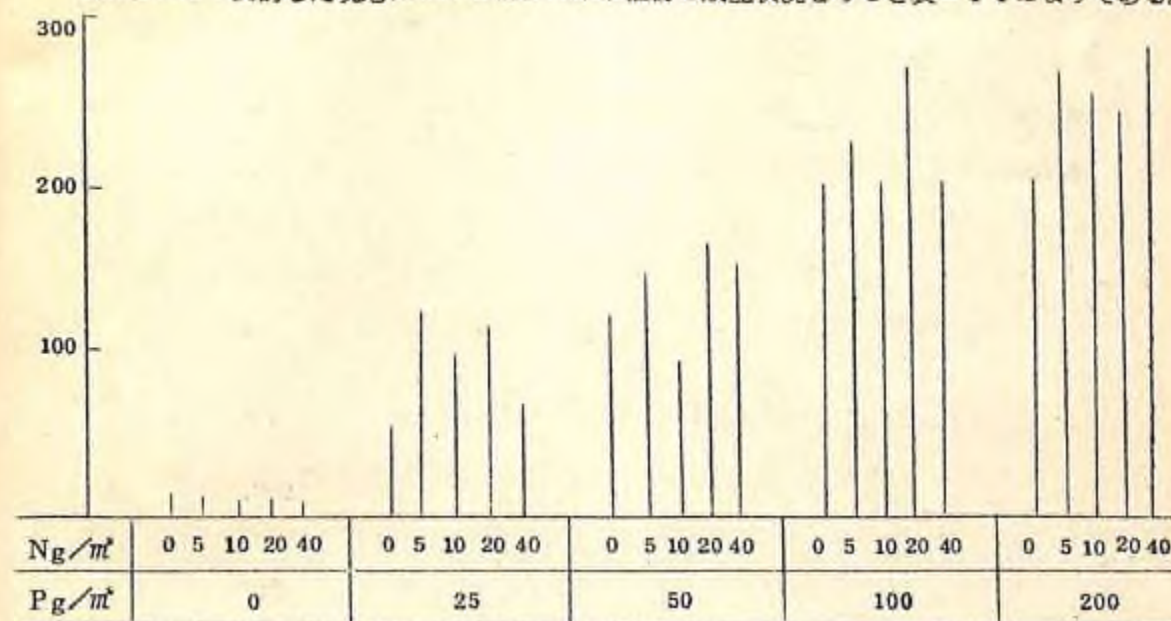


図-5 根粒樹木の播種における施肥効果
(N-10g/m², P-25g/m²に対する比。オオバヤシブシの苗高)

表-11. 施肥成分と木本植物の成立

(本/㎡)

施肥成分 g/㎡	高木類	混播割合 (木本類%)	施工当年		2年目
			2カ月	5カ月	
N=12 P=20	オオバヤシブシ	80	433本	2本	+本
		50	428	2	+
	ヤマハンノキ	80	180	+	+
		50	91	+	+
N=6 P=60	オオバヤシブシ	80	730	84	36
		50	595	78	28
	ヤマハンノキ	80	280	69	52
		50	155	31	20

なお、試験地は東京営林局栗野治山事業所管内におけるローム層の露出した崩壊斜面である。試験区間の施肥分量は、普通区では窒素12g/㎡、磷酸24g/㎡であるが、試験多肥区では窒素を6g/㎡に減らして草本の生育を抑制することをねらいとし、磷酸は60g/㎡(多肥による障害が少なく選効性の腐成肥料を用いた)に増量した。

これによると、初期における両区の木本類はいずれもかなり密に発生しているが、普通区は草本の成長が早いこともあって、次第に木本類の成立は減少し、残存したものも侵食で草本のなかに被圧された。磷酸多肥区では窒素を少量にした影響もみられ、草本の生育量がかなり減退したが、木本類は枝葉の色も健全で、成長促進効果が明らかであった。当年の秋における両区間の成立個体数には顕著な差が生じ、磷酸多肥区では草の自然高ていどに生育して共生し、翌年以降の成長が可能であることがうかがわれた。

6. 考察(混播内容改善の要点)

緑化工における木本植物の導入については、永続的緑化形成のためにも施工地の立地条件における郷土種的な適植物の選択がのぞまれる。しかし、実際の施工にあたっては、それらの種子を十分入手することができないことが多い。このため、未活用樹草の混播適性について一般的な預推をはかることも考慮し、今回の試験においては、従来の緑化用樹草について初期生育特性による類型区分を行なって検討した。

ところで、前述した今回の試験によるいくつかの例によって、混播内容を十分考慮すれば、最近の緑化資材や樹草による工法においても、かなり成立する木本類のあることが知られた。以下これまでに考察された、播種内容改善のための要点をまとめてみる。

1) 発芽勢がはやく、その後の伸長もはやいタイプのマメ科根粒樹木などは、外来緑化用草との混播でも、木本割合が20~30%前後以上の場合には十分成立するとおもわれた。とくに高木のニセアカシアのようなタイプはかなり容易に成立をはかることができる。低木でもヤマハギ、エニシダ、イタチハギなどもほぼ同様である。しかし、混播草種がイネ科タイプのもので、生育がとくに早く密生するもの(I. R. G.)や、遮光率がたかい茎葉をもつキタキリ科・タデ科などの草種では、競合の影響がつよいので、混播割合に注意する必要がある。

マメ科植物の種子は、硬実種子が多く含まれるので、そのままでは発芽がおそく不揃いになる。またイタチハギ、ヤマハギなどのようにサヤ付き種子は、表土が吸湿に不利な状態のときは一層発生が悪くなる。このため、播種前には、熱湯、温湯などによって発芽促進処理をすることが肝心である。これらの種子は、発芽促進処理後すぐ風乾すれば、その後もさらに長期間発芽は低下しない。

このほか、後述のように根粒植物は磷酸肥料をとくに多く施すことによって成立が促進される。

2) 初期成長がやや遅いオオバヤシブシ、ヤシブシ、ヤマハンノキなどの非マメ科根粒植物は、草高の低いタイプの草種との混播では成立が期待できる。また確実に成立をはかるためには後述のように磷酸肥料を活用し、木本と草本の成長をそれぞれ調整することがやはり欠かせない。草高の低いタイプとの混播では、木本割合が50%でいどの場合にはかなり密に成立するので、立地条件に応じてさらに少なく(20~30%)してもよいとおもわれる。なお施肥成分の選択的施用によれば、中型イネ科タイプの草種でも、葉身が細くて比較的遮光性の少ないW. L. G.や、種子がえられればカゼグサなどとの混播では、播種量の調整によって成立をはかることは困難ではないとおもわれる。

3) 播種量は、草本を主としたこれまでの場合は、一般に10,000粒/㎡程度以上用いられているが、木本植物成立のためにはさらに少ないほうが有利である。施工地の条件により発生率のよい場合には、5,000~3,000粒/㎡でも草生による緑被効果を保ちつつ、木本植物の成立がえられる。しかし土壌や傾斜などの立地条件がきびしい場合には、初期の保護効果を保つために、侵食防止剤その他によって、播種面の保護を確実にすることが必要である。最近はずぐれた緑化補助材が開発されつつあるので、播種量を少なくすることは可能である。

従来の治山緑化で行なわれていた斜面混播工の場合では、ワラ被覆工を併用するが、播種粒数をみると1,500~3,000粒/㎡前後であり、発芽率を考慮すれば1,000~2,000粒/㎡でいどの散布量であるとみられる。もちろん播種量は、土壌条件や、地形、標高、施工時期などによって配慮する必要があり、やせたところでは播種量をまし、木本の割合も多くする。

4) 木本植物の成立には、播種量とともに混播割合の影響が顕著である。生育の早いタイプの木本植物では、実播量が多い場合でも木本割合が30%前後以上ではよく成立するが、生育の遅いタイプの場合は、混播する草種によってこれより多くする必要がある。

5) 根粒植物では、その栄養生理の特性から、肥料成分の選択的多用によって、草本との競合を有利にし、成立を促進することができる。例えば土壌条件によるが、窒素成分は5~10g/㎡前後として(堆積土壌などでは少なくてもよい)、草本の生育を抑制し、磷酸成分は40~60g/㎡でいど施用して、根粒植物の成長を促進することである。ただし、肥料は土壌表面に種子とともに散布されるため、発芽と初期生育に影響のないものを用いる必要がある。このため、磷酸肥料は、化成肥料や過磷酸石灰などを10~20g/㎡として速効性をはかり、他の必要量は培養土肥その他速効性のものを施用する。

6) 初期成長が遅いマツ類その他の木本では、播種量の多い面状混播によって早期に成立をはかることは、まだむずかしい。しかし、各地の施工跡地をみると、切土斜面などで、草本との競合がかなり緩和されるところでは、わずかの空間によって発芽し、数年後の斜面では草高以上に達したマツ類が、かなり成立し始める例が少なくない。したがって、さらに播種内容の調整や、侵食防止剤・被覆材の活用方法の検討が必要とおもわれる。また、混播草種は草高の低いものが適しているが、大型タイプのもので、ススキ、トダシバなど比較的陽光を透過しやすく、冬期に枯れた茎葉による物理的な被圧の害が少ないものを活用することも考えられる。

7) この試験は機械力などによる一斉散布方法を前提としているが、法面に小階段をつけ、木本と草本の区分播き方法も試みた。他の処理区よりもいくらか良好な結果がみられるが、それほど顕著なものではなかった。これは施工後の豪雨などで、法面の草本種子が流亡し、筋に混合するためである。

8) 緑化補助材の活用ならびに保育

混播によって木本植物の成立をはかるためには、木本類の割合を多くする必要があるが、必然的に草本の量は減少する。このため、施工初期の保全効果をたかめるため、侵食防止剤や混和材の効果的な活用や、緑化むしろその他の被覆材料などによる保護手段を適切に行なうことが必要となる。

また、施工後の緑化状況により適期に保育手入を行えば、緑化の衰退を防ぎ、林叢形成の促進に効果が大きいことは、従来の施工でもよく知られている。面的混播における木本成立についても、このことは一そう大切である。

根粒植物に対する、施工時における肥料成分の選択的施用(磷酸多肥)の必要は前述したが、十分な基肥ができなかったときは、施工後の比較的初期のうちに追肥し、成立を促進することが考えられる。また、2~3年後においても、状況によって施肥を適期に施用することによって、木本植物の生育をはかることが考えられる。これらの保育手入については、何時どの程度実施するのが効果的であるかは、今後に残された検討課題である。なお、このほか草高以上に伸長した木本については、ウサギその他の獣害による影響も無視できないが、これに対しては積極的な成長促進によって成立をはかることが必要であろう。

IV 今後の問題点

最近の緑化工における面状混播の場合の、木本植物成立促進に関して2、3の要点にもとづいて考察した。検討しえた試験例などはまだ短年の経過にすぎないので、さらに継続して十分検討する必要がある。なお、これまでに検討しえた混播要因の基礎的な要点にもとづけば、これまでの筋状、点状その他の混播の場合にも、一層生育促進をはかることができるとおもわれる。根粒植物に対する施肥の要点からは、草生緑化後の斜面における植栽においても、草本による影響を軽減して成長促進をはかることができよう。また、ヤマハギその他のほかの低木類は、荒廃地の緑化に限らず、林道法面をはじめとする人工的な開設法面への導入にも、そのまま活用できるものとおもわれる。

なお、現在までに検討しえたところは、播種当年の生育期間が十分ある適期施工による場合であり、また、土じょう、および気象的条件は、比較的良好な通常条件における試験設定の場合の成立状況であるので、播種期別ならびに、悪条件地別(瘠悪土じょう、少雨乾燥地、寒冷凍上地、高海拔地など)における成立方法や、未利用在来植物の活用方法等については、さらに検討を進める必要がある。このほか前述のように施工後における効果的な保育方法の検討も緊要である。