



昭和 62 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 )

平成元年 2 月



02000-00043108-8

## 林 業 試 験 場



昭和62年度国有林野事業特別会計  
技術開発試験成績報告書

目 次

1. 収益性を考慮した間伐管理方式 .....	1
2. 林業労働における災害の分析 .....	43
3. 造林作業の功程表作成手法 .....	104
4. 広葉樹用材林の育成技術（Ⅲ） .....	121
5. 暖温帯域における広葉樹人工林の育成技術 .....	153
6. 寒冷地域におけるマツ枯損、とくに年越し枯れ診断法の確立と媒介者 カラフトヒゲナガカミキリの評価 .....	203
7. カモシカ等被害防止技術 .....	225



## 収益性を考慮した間伐管理方式



## 収益性を考慮した間伐管理方式

### I 試験担当者

経営第2科長

西 川 匡 英

測定研究室

天 野 正 博

樋 渡 ミヨ子

神 戸 喜 久

椎 林 俊 昭

林業試験場東北支場

経営第1研究室

高 橋 和 規

林業試験場関西支場

経営研究室

家 原 敏 郎

なお、各章の担当者は次のとおりである。

II 天野

III 1. 神戸, 高橋, 西川

2. 家原, 天野

3. 家原, 天野, 西川

4. 天野, 家原, 樋渡, 椎林

5. 天野

### II 試験目的

林業経営を取り巻く環境は依然として厳しく、外材主導型の市場構造になっている中、間伐木のような低品質材の市況はとくに悪条件にあるといえよう。このため間伐されずに放置されたままの林分、いわゆる間伐手遅れの林を其所此所に散見されるようになってきている。しかし、国有林における人工林の齢級配置をみると（図-1）、間伐適期である3～6齢級に62.1%の森林が集中しており、間伐材からの収入が国有林の大きな財源の対象になっている。一方、民有林も含めて間伐材の利用状況をみると、昭和56年には51%が未利用のまま林内に放置されていた。こうしたことから、図-2のように林業界や行政の努力により間伐材の利用拡大が図られ、61年度における間伐材の利用量は56年度の145%と着実に増加している。ただ、わが国の人工林構成が図-1の国有林のそれと同様に間伐適期のものが極めて多いため、市場の拡大を上回る勢いで間伐材の生産が増加してきている。こうしたことから、60年度には45%、61年度は47%が依然として未利用のまま放置されているのが実情である。



表-1 間伐材のパルプ原料への利用

単位:  $m^3$ , %

生産地区	間伐材 (林地残材等を含む)		
	61	60	61/60
北海道	474,800	449,960	105.5
東北	100,930	82,699	122.0
関東	3,330	14,718	22.6
北陸		400	—
東海	21,150	29,825	70.9
近畿	4,738	8,205	57.7
中国	6,200	6,352	97.6
四国	5,350	7,743	69.1
九州	48,462	41,808	115.9
計	664,960	641,710	103.6
針葉樹チップ 総生産量に 対する比率	9.3	8.6	

〔昭61年パルプ材統計〕

資料: 日本製紙連合会による。

注: 1. これらの数量は一部推定を含む。

いま間伐材の利用状況を調べるため図-2をみると、利用が伸びているものは製材用であり、丸太や原材料としての利用はほぼ横ばいになっている。丸太については代替材の普及により性能や価格面から今後も急速な伸びは期待できず、原材料としての利用についても外国産のチップや工場残材が主体である。このため間伐材のパルプ原料としての利用は表-1にあるように、北海道と東北で多いものの他地域では殆ど利用されていないのが現状である。こうしたことから、間伐材を製材用として活用することで収益性向上の実現を図るための方法について報告する。

### III 試験の経過と得られた成果

#### 1. 最近の間伐の考え方とその実態

##### 1) 従来の間伐方法

従来の間伐方法は樹形を基準にした定性的間伐法が中心であった。その代表的なものに寺崎式間伐方法がある。基本的な考え方は樹冠の重なり具合、接触の度合などを整理し無理なく林木の生長を促すよう、各樹冠の間を疎開するものであり、フランスの潤葉樹、北欧諸国のブナの用材林作業、わが国の吉野林業では古くから実行されていた<sup>1)</sup>。一方、ドイツにおいても被圧木の除去という観点からの下層間伐は行われていたが、上層間伐という概念はなかった<sup>1)</sup>。寺崎はこれらの間伐の実行方法に自らの実験による考察を加えた上で、間伐とは「その林の容姿、構造、組織において、その生態に無理が見えて順調なる生活経過をなすには全部として林の生態を恒続するのに好適でないと認識したとき、林の生態に無理がない様に調和と調節とを実現するためのものである。」と述べている。これは保育間伐の概念であり「間伐収穫が何程あるかを見積りその収支の概算をしてから計画を立てねばならないのはもちろんであるが、間伐木の選定はこの予定額に支配されるべき性質のものではない。」と、収益確保を前提とした間伐を明確に否定している。このように森林の保育を目的とした定性的間伐が長くわが国の間伐に対する基本的な考え方であった。

定性的間伐を実施するために寺崎は林木を1級から5級にクラス分けし、A~Cまでの3種類の間伐方法を提唱している。これらはみな劣勢木と2級木を伐採することにより、主伐時に至るまで優勢木の健全な発育を促すことを目的としている。ただD種間伐として上層間伐にも言及しており、そこでは2, 4, 5級の全部と1級木の一部を伐採としている。このときの1級木には主伐まで残すべき林木は含まないとしている。つまりあくまでも保育を前提としているのである。

定性的間伐にはこの他にもホール式、牛山式などがあるが、これらの定性的間伐はかなりの営林局で実施されており、東京営林局で用いられているホール式はD, CD, D, Iの4区分で分かり易い。ただ、外的形質区分は欠いている。また名古屋営林局で行われている牛山式では、良い木、並の木、悪い木の3区分となり、同一直径の木は同一の大きさの空間を与えられているとの考えから、樹幹距離を定めている。簡単で分かり易い点では実質的である<sup>2)</sup>。

定性的な間伐の考え方では樹冠形については詳細に述べているが、樹冠の発達に必要な林冠構成をとるようというだけで、間伐する本数については具体的に述べていない。このため経済的観点から見た場合、前収穫がどの程度あるのか、間伐によって目標林型に到達させる場合、どの程度の回数の間伐を行えば良いのか曖昧なままになってしまう。そこ



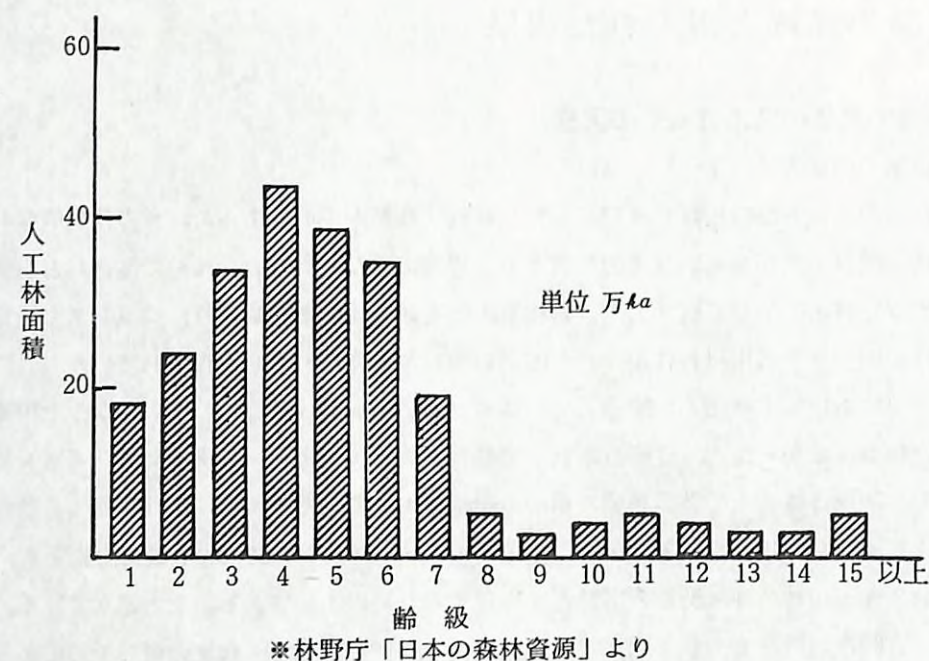


図-1 国有林齢級別人工林面積 (61.3 現在)

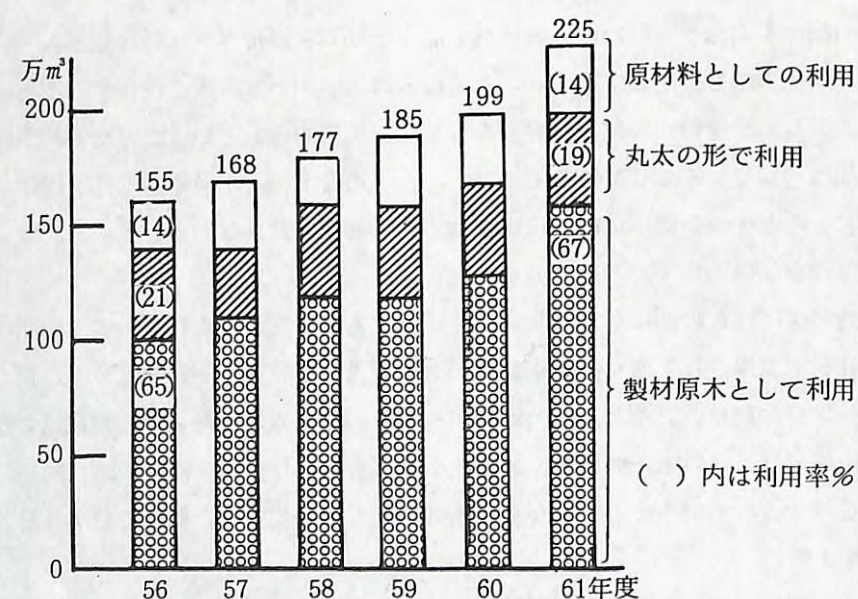


図-2 間伐材の利用

で、間伐を定量的に表現する方法として、密度管理図や相対幹距比による方法などが戦後急速に発達してきた。これらの方法の特徴は林分の胸高直径や樹高の平均値といった定量的数値を間伐の指標として用いることである。しかし、収益性を考慮した間伐の場合は直径や樹高に分散のある林分内の樹木の内、大きなものから伐採して間伐によっても一定の収益をあげようというものであるから、従来の平均値による定量的な方法では対応し難い。そこで、直径分布もパラメータとして取り扱えるような方法が必要となる。

## 2) 従来の価値生産と現在の価値取得を考えた間伐

定量的間伐の考え方はつい最近まで間伐の実行に当たっての基本的な思想であった。しかし、並材の分野において外注主導型の市場形成が確立してくると、国産材の市場ターゲットとなるのは多少生長を抑制した条件下で育成された均一な年輪幅をもつ高級材になってくる。そうすると間伐方法も異なったものになってくる。つまり健全な生態系を維持するため劣勢木を残し優勢木の適切な樹冠生長に重点を置く間伐ではなく、優勢木を間伐し代わりに生長が抑制され狭い年輪幅で育ってきた劣勢木をそのまま残す。これにより一定の年輪幅をもつ林木を育成しようというものである。もっとも後者の場合は伐期が長くなるが、上層間伐を実施することにより間伐収入をある程度確保することが可能となる。

これは「間伐もまた収穫であり、劣勢木（競争に参加していない木）を伐ることは無意味である」という早稲田<sup>2)</sup>の考え方を具体化したものである。そこでは樹木の生態的競合のみに拘ることなく、林業における収益性をも追求する姿勢が貫かれている。

実施上の要点については同氏に従い説明しよう。まず選木基準を表-2に示す。そして以下の手順で間伐を行う。

表-2 選木基準と伐残の別

幹 級	区 分	基 準	伐残の別	伐採順位	現在の利用価値	将来の価値生産
A-1	(年輪幅)	現在利用に適す	(胸高直径) 6(〜4)mm × 林齢 以下	残又は伐	3	大
A-2	適正木	不 適	残		小	大
B-1	過大木	現在利用に適す	伐	2	大	小
B-2		不 適	残又は伐	(3)	小	小
C	欠点木	病虫被害曲り、二股傾斜木など	太さにかかわらず 伐	1	—	無〜極小

早稲田 収 「間伐はいかにあるべきか」北方林業 vol 35, 1983

- ①常に現在の利用と将来の価値生産の可能性を勘案して選木する。
- ②価値生産の見込みのない木(C)の伐採を最優先し、15〜20年までに通直性についての



淘汰を完了する。以後は発生次第速やかに伐採する。

③次いでB-1を伐採するが極く幼齢の場合はB-2を伐することもある。基準直径に比べ、より過大なものから順次伐採を進める。

④壮齢になればAのみの構成となり、さらにA-1のみとなる。その場合は適正木の基準を(5~4mm)×(林齢)に変更することがある。

⑤全体の立木本数密度は残存木の年輪幅が3mm(あるいはそれ以下)に保たれることを基準とするが、ある齢級まではこれを越えるものがある。ただしそれは順次収穫される。この管理の最も実地的な方法は適当本数の標本木の数年おきの直径測定によることである。肥大生長の抑制には枝打ちも利用する。

⑥本数密度管理の数値基準は胸高断面積合計が適当と考えている。測定が比較的容易(直径の毎木調査のみで足りる)であると共に直径生長とかなりの相関があることによる。具体的数値は樹種・地位ごとに異なる。基準断面積合計に達して以降、これをほぼ一定に保てば、現行の一般の間伐の場合に比べて若齢期は密に壮齢期以降は疎になる。

⑦立木配置にはあまりこだわらない。特に欠点木の淘汰の場合には孔が空いても良い。但し疎開部分には随時植え込みを行うことが望ましい。

以上は早稲田が提案している間伐法であるが、多くの上層間伐、全層間伐による収益を前提とした間伐は同様の考えをとっている。

### 3) 間伐方法の分類基準

#### (1) 考え方

前述のように従来から行われてきた保育間伐一辺倒の施業体系から、間伐収益を上げるために積極的に上中層木を間伐(これを利用的間伐と呼ぶことにする)する方式への転換が、近年各地で試みられるようになってきている。これは(1)経営の立場からの間伐方式、(2)林分保育の立場からの間伐方式という2つの間伐に対する考え方のうち、前者の立場に立っての間伐を行うようになってきていることによる。考えられる原因としては、(a)間伐材の価格低下により従来の保育中心の間伐ではコスト的には引き合わない。

(b)皆伐を実行した場合、更新のためのコストが期待できないとき、間伐により中間収益をあげ、林分の生産目的を長伐期の大径材生産に切り替える。

(c)森林の公益的機能重視の流れが強まり、皆伐施業から択伐、禁伐施業への切り替えを行うため、高齢級での間伐が実施される。

(d)外材主導型の木材市場において国産材は高級材指向になってきている。そのためには年輪幅が狭く、かつ若齢林から伐期近くまで均一な年輪幅の材が好まれる。このためには、劣勢木を残すことが望ましい。

といったようなことがあげられよう。

こうしたことを背景として現在各地で行われている利用的間伐を分類すれば、従来の上

層間伐、下層間伐、択伐(抜き取り間伐)といった単純な区分では理解し難くなっている。すなわち主伐の考え方(主伐木をいずれの段階で決めるか、あるいは決めないまでも考慮するか)、利用的間伐の方法(上層間伐、全層間伐か、単木のか群状のか)、残存木への配慮(残存木の空間配置)、採材方法(品等、樹級区分、適寸材、木取り、材価などを考慮)、間伐率、間伐回数、搬出条件などを総合的に分類の基準にすることが必要となつてこよう。しかし、このように多岐に渡る要因では実際の分類には複雑すぎるので、下記のような方法を提案する。

#### (2) 本数間伐率と間伐種による利用的間伐方法の分類

本数間伐率については保育間伐では通常10~20%が大半である。全国の利用的間伐を主とする林分では5~60%とかなり広い幅にばらついている。ここでは表-3の事例をもとにWarrack<sup>3)</sup>の方法に基づいて

各調査林分の間伐種を区分する。

Warrackの手法は間伐前の平均直径に対する間伐後の平均直径の比によって表-4のように数値的に示すものである。いま表-3の調査林分について間伐種を計算し、本数間伐率を横軸に間伐種区分値を縦軸にとり各林分をグラフ上にプロットしタイプ分けを行ったものが図-3である。

まず山形県民有林では間伐率の低い(3%)林分は毎年上層間伐を繰り返している林分で、他の林分も3~5年間隔で上層間伐を行っている。一般的には間伐率が小さく間伐区分値が1.0より大きい択伐の間伐方法をとっている。

岐阜県石原林産<sup>4)</sup>ではスギの磨き丸太生産を主として上層間伐または択伐の間伐を実行しており、

10~20%程度の普通間伐を3回ほど繰り返した後、最終間伐は40%とかなり強度の間伐をする。間伐種区分値は0.9~1.0と強度の上層間伐に分類される。

これに対して東京営林局M営林署では間伐率をやや大きく(初回間伐が30~40%)、

表-3 調査林分の内容

地 域	樹種および林分
北海道道有林試験地	トドマツ(7)
山形県民有林	スギ(4)
東京営林局M営林署	スギ(12) ヒノキ(4)
名古屋営林局S営林署	ヒノキ(11)
岐阜県石原林産	スギ(4)
徳島県民有林(選木育林)	スギ(10)
高知営林局成木摘伐林	スギ(4) ヒノキ(2)
収穫試験地	スギ(14) カラマツ(7)
	トドマツ(11)
東大千葉演習林	スギ(8)

表-4 間伐種区分値ごとの間伐内容

間伐種区分値	間伐の内容
0.65 以下	除 伐
0.65~0.75	下層間伐
0.75~0.90	強度の下層間伐~ 弱度の上層間伐
0.90~1.00	強度の上層間伐
1.00 以上	択伐の間伐



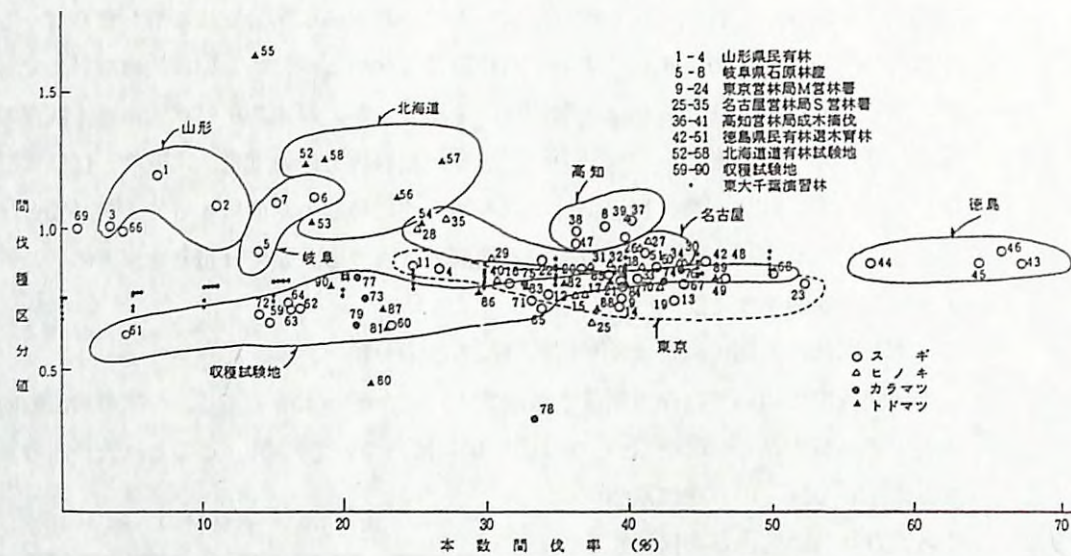


図-3 間伐種と間伐率による利用的間伐林分の分類

間伐種区分値は0.75~0.90程度の強度の下層間伐あるいは弱度の下層間伐に区分される。実際には東京営林局の間伐実施要領が59年度より変わり、ホーレの間伐基準という優勢木を伐採してもよいことになったことから、下層木だけでなく上層木も伐採されることにより、このような区分値をとっている。

名古屋営林局S営林署では人工仕立て木曾ヒノキ林を目標とした間伐を行っているため、間伐齢級が高く(32, 44, 59, 78年生),かつ間伐率も30~40%となっている。さらに間伐種区分値も間伐対象木の多くが通常ならば主伐の対象となる上層木が多く含まれるので、0.7~1.0という弱度の上層間伐から強度の上層間伐に対応する値となっている。

高知営林局では成木摘伐<sup>5) 6)</sup>と称して上層木を伐採する一方下層木を整理し、残存木の質的向上(年輪密度の均質な材の生産)を図っているが、本分類では間伐率はやや大きく、間伐種区分値は1.0以上の択伐的間伐になっている。徳島県選木育林<sup>7) 8)</sup>は間伐種区分値が0.80~0.95の弱度ないし強度の上層間伐であるが、間伐率が非常に高いため図-3でも特異な位置にある。選木育林はスギの場合、14~15年生ごろまでに主伐時まで残す木を標準として1a当たり620本決めると平均4m間隔になるので、これらに白ペンキを塗っておく。さらに間伐予定木の中で磨き丸太に適した通直真円な良木を選び赤ペンキで印をして適寸になるまで生育させる。通常であれば間伐予定木は2~3回に分け30%前後の間伐率で20~30年生の間に間伐されるが、選木育林早期仕上げ間伐では20年生から30年生ごろに残存予定木600~700本を残し全部を伐採する強度の間伐を実行している。選木育林では疎開度も大きく総収量生産では劣り雪害に対する注意が必要であるものの、残存木の

生長は大変旺盛である。また、明るい林内空間を利用して、オーレン等の薬草やキハダなどの有用樹を下木として植栽すれば有効であろう。

収穫試験地は<sup>9)</sup>寺崎式B種間伐が主体となっており、間伐率も低く間伐種区分値も0.6~0.8と低い。おそらく従来の間伐方法はこの収穫試験地と同様の傾向を示すものと思われる。

東大千葉演習林で行われている間伐種、間伐率、間伐回数関係を図-3にドット表示している。間伐率ごとの6個のドットは、下位のドットより上位のドットに行くに連れて第1回目、第2回目……第6回目間伐のときの間伐種区分値を表している。これは間伐の回数が進むに連れ劣勢木が整理され優勢木のなかからも間伐対象木が出てきていることを示す。

北海道道有林のトドマツ上層、全層間伐試験地<sup>10)</sup>は他に比し最も高い間伐区分値になっていることから、かなり強度の上層間伐や択伐的間伐を実行していることがわかる。

このようにWarrackの方式を用いると、間伐方式の特性によって区分することが容易となり、各地域で行われている間伐と実際に実行しようとする際の間伐を比較することも可能となる。

### (3) 間伐時期、間伐回数との関係

利用的間伐は一部の地域を除けば最近始められたものが多く、従って初回若しくは第2回目間伐の林分か、大径材生産を目指す高齢級林分での事例がほとんどである。一般的な

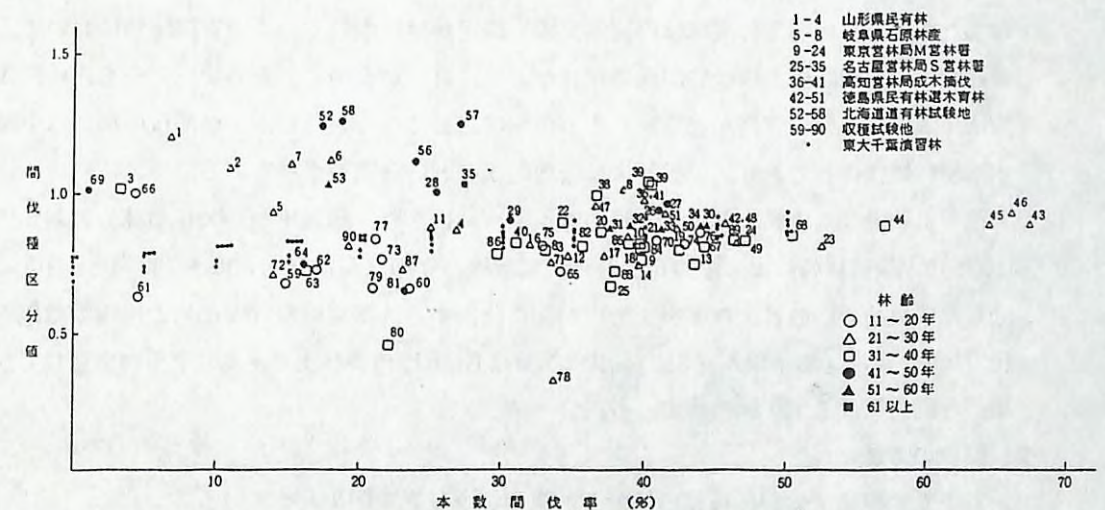


図-4 林齢と利用的間伐林分の分類との関係



傾向としては東大千葉演習林の事例に示されるように、間伐回数が増えるに従い、間伐率、間伐種区分値が漸増していく傾向を持つと思われる。図-3の各林分の間伐時の林齢を10年単位で示したものが図-4である。初回の間伐率はどの程度除伐が行われていたかにより間伐本数に影響を受けるが、30年生以上の齢級では30~40%程度の間伐率が多くなっている。

#### (4) 林分密度、残存林分の空間配置

間伐期の林分密度は一定以上の収量比数で規制するもの（東京営林局、高知営林局（ $R_y = 0.75$ 以上））が多い。残存林分の空間配置については、伐期まで残す木をシステムティックな配置にするもの（徳島県選木育林）、ある程度残存木の空間配置を考えるもの（東京営林局）、牛山式による樹間配置を考慮するもの（名古屋営林局）などがある。これら間伐の分類基準とするには  $I_d$  や  $m - \bar{m}$  等の生態学的手法があるが、立木位置図の作成等面倒な作業を伴うので、より簡便な方法を検討する必要がある。

## 2. 各間伐方法の違いによる林分生長量の差

### 1) 滝谷試験地

わが国におけるこれまでの施業体系での間伐は、保育を主体とした下層間伐が中心であり、収穫予想表もこれを前提として作成されている。多くの生長量試験地も上層木が主林木として残されるよう設計されているため、上層間伐や全層間伐を行ったとき、残存木がどのような生長経過をたどるのかを解明するのに十分な情報が得られていない。そこで、たまたま大阪営林局、林業試験場関西支場で測定が継続されている滝谷試験地において、普通間伐、上層間伐、択伐の間伐の試験が実施されているので、そのデータをもとに間伐方法によって林分の成長がどう変わるのかを検討してみる。なお、上層間伐の場合は下層木も相当数伐採しており、実質的には全層間伐に近い施業を受けている。

滝谷試験地は兵庫県宍粟郡波賀町の滝谷国有林にあり、植栽年が1900年の林分に対し、1936年大阪営林局によって設定された。試験地の立地は海拔高約600~760m、南東に面した傾斜約40°の谷より尾根までの斜面に位置する。基岩は変質安山岩、土壌型は尾根付近に乾性のB<sub>c</sub>型土壌が出現するが大部分はB<sub>d</sub>型褐色森林土である。年平均気温12℃前後、年降水量は2,000mm内外である。

### 2) 間伐の方法

谷より尾根までの斜面を縦に3分し、次のような施業区を設けている。

#### 「普通間伐区」

B種程度の普通間伐を行う。林内に侵入した広葉樹はスギの成長に障害を及ぼすもののみを伐採し、その他は残存させる。面積は0.6355haである。

#### 「上層間伐」

1級木、3級木などに障害を及ぼしている2級木のみを間伐し、林内に侵入した広葉樹はスギ、ヒノキの生長に障害とならないケヤキ、クリなどを除き全部伐採する。面積は0.7900haである。

#### 「ナスビ伐り間伐区」

前節で述べた択伐の間伐と同じもので、5年毎の生長量に相当する量を主に大径木から択伐する。林内に侵入した広葉樹はスギの成長に障害とならないケヤキ、クリを除きすべて伐採する。面積は0.7565haである。

以上の各間伐区において7cm以上の林木をほぼ5年間隔で毎木調査している。ただし、林齢が58年生以上では間伐跡地、広葉樹伐採跡地で間隙が空いたところに補植をしているので、ここでは試験地が設定された後、補植が開始される前までの資料について分析を行う。

### 3) 結果と考察

滝谷試験地における各間伐区について、資料が整備されかつ補植の影響が出ていない37年生から58年生の直径成長の変化を図-5~図-7に示す。普通間伐区ではB種間伐ということで平均直径よりも小さな劣勢木を中心に伐採されている。優勢木については手が付けられていないので、時間の経過とともに直径分布は図上で右方向に広がりを見せるようになる。上層間伐区では図-6から明らかなように5回の間伐の本数総計が普通間伐区の

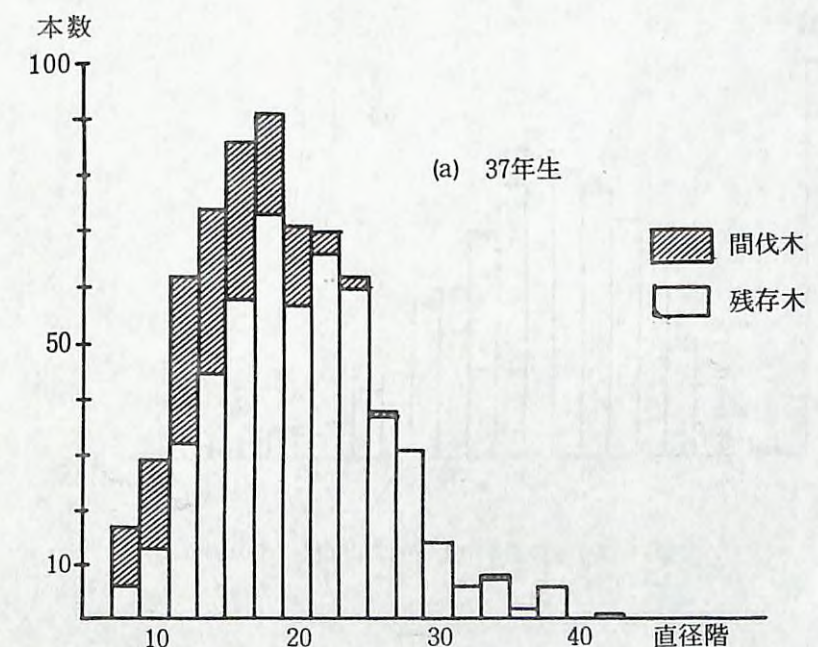


図-5(a) 普通間伐区1936年間伐(37年生)



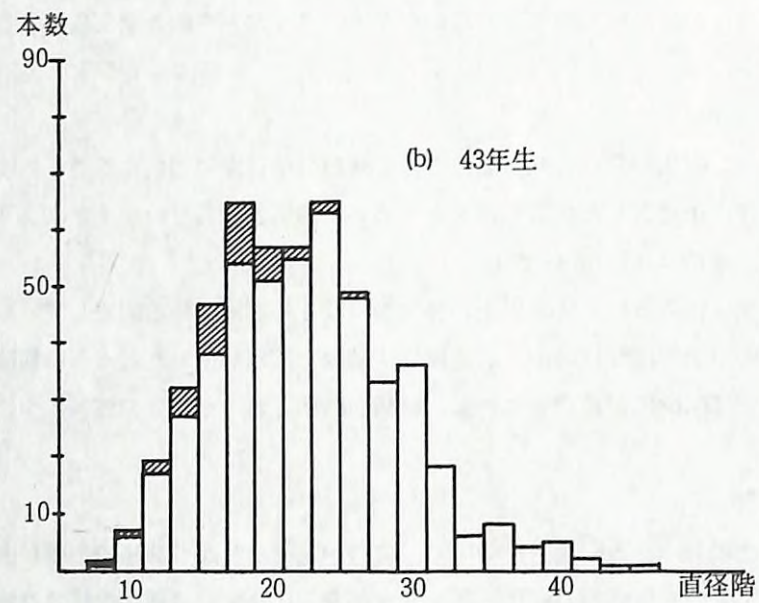


图-5(b) 普通間伐区1942年間伐(43年生)

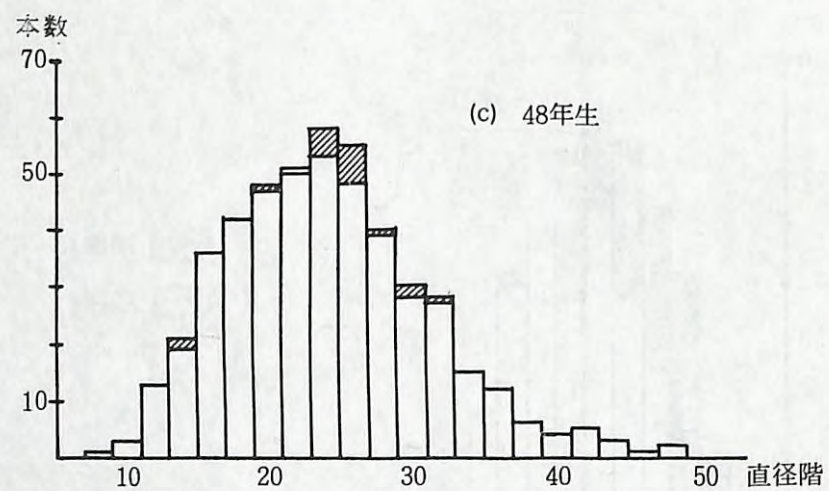


图-5(c) 普通間伐区1947年間伐(48年生)

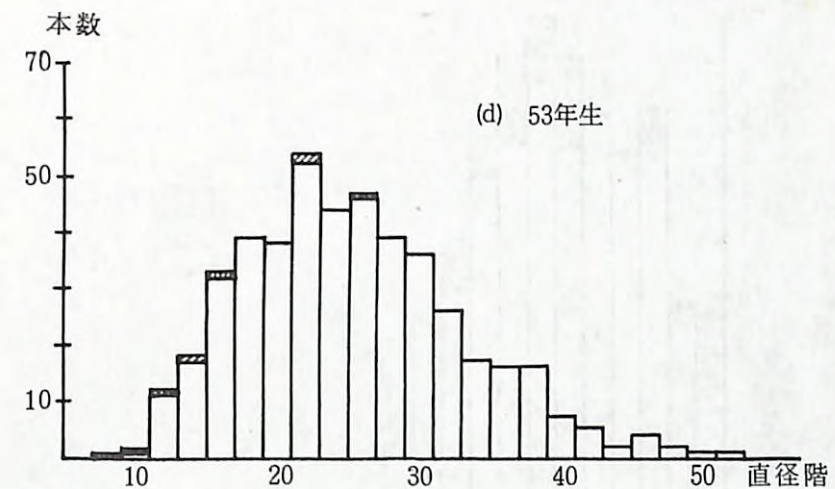


图-5(d) 普通間伐区1952年間伐(53年生)

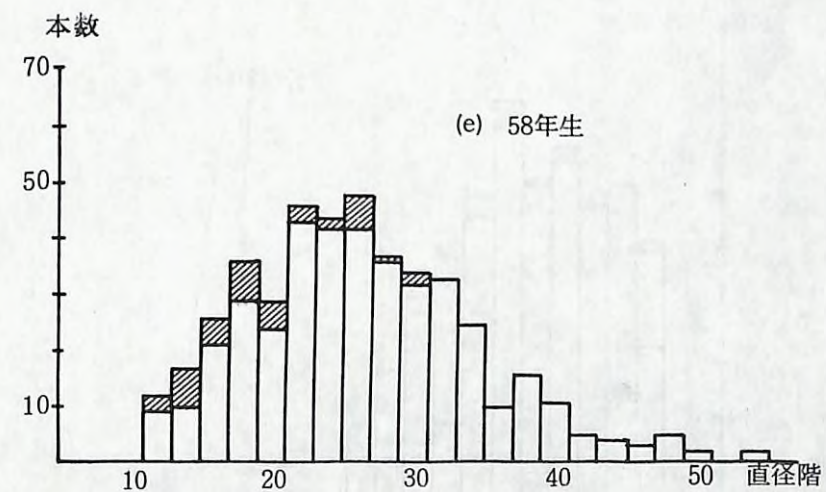


图-5(e) 普通間伐区1957年間伐(58年生)



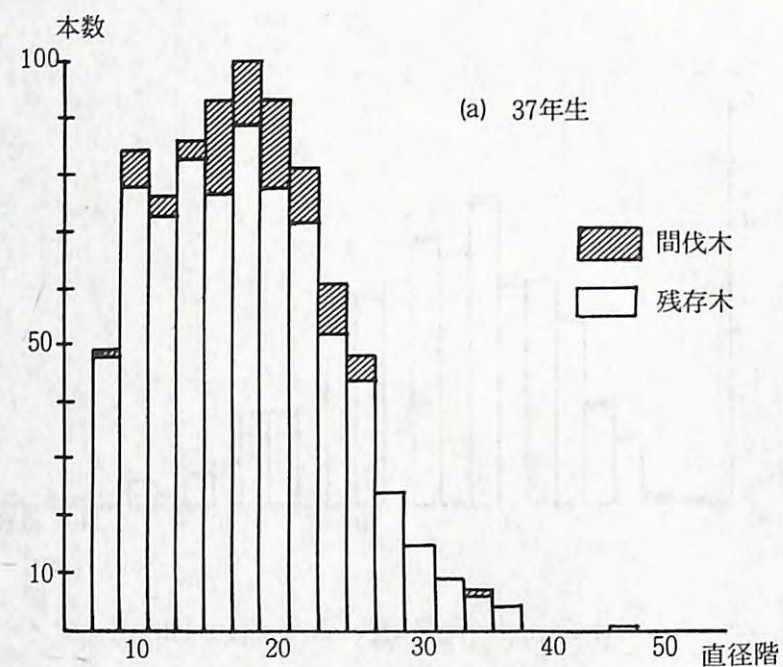


図-6(a) 上層間伐区1936年間伐(37年生)

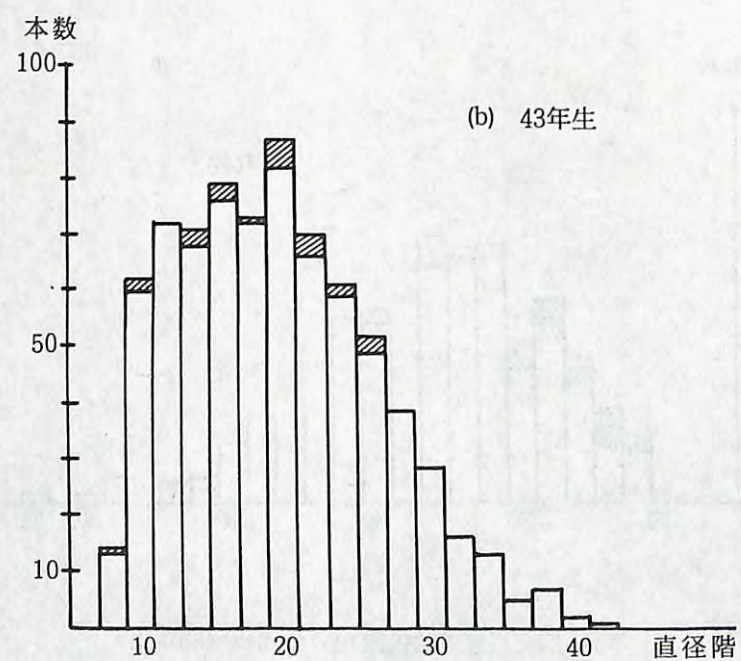


図-6(b) 上層間伐区1942年間伐(43年生)

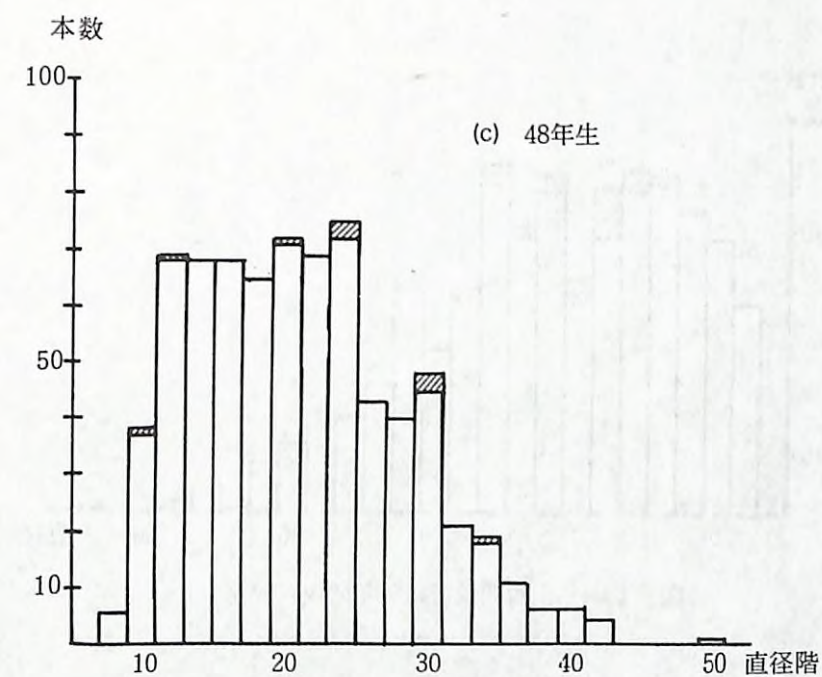


図-6(c) 普通間伐区1947年間伐(48年生)

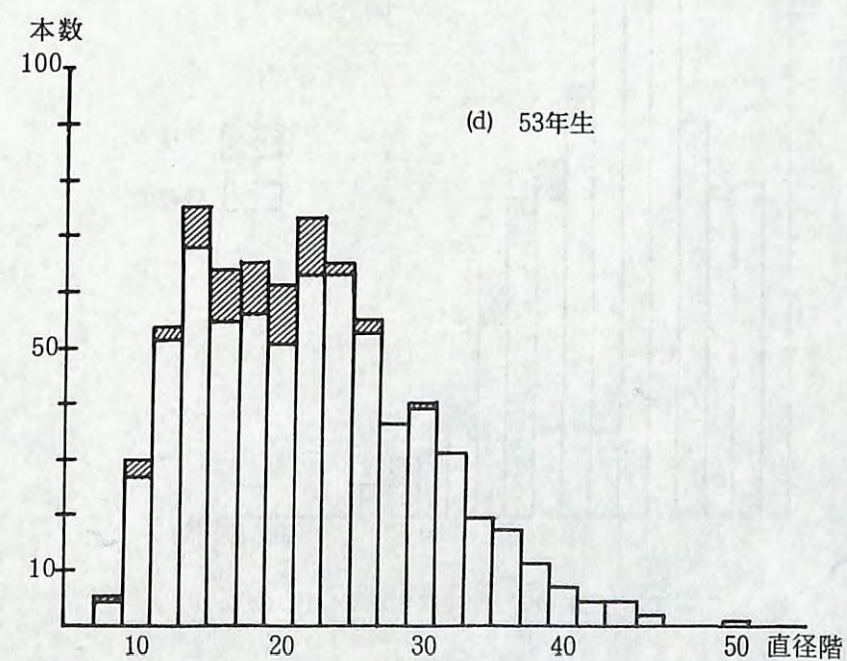


図-6(d) 上層間伐区1952年間伐(53年生)



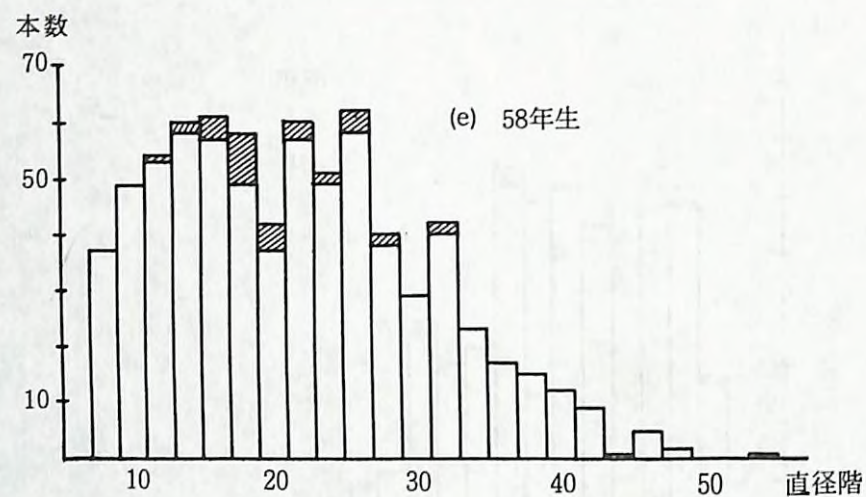


図-6(e) 上層間伐区1957年間伐 (58年生)

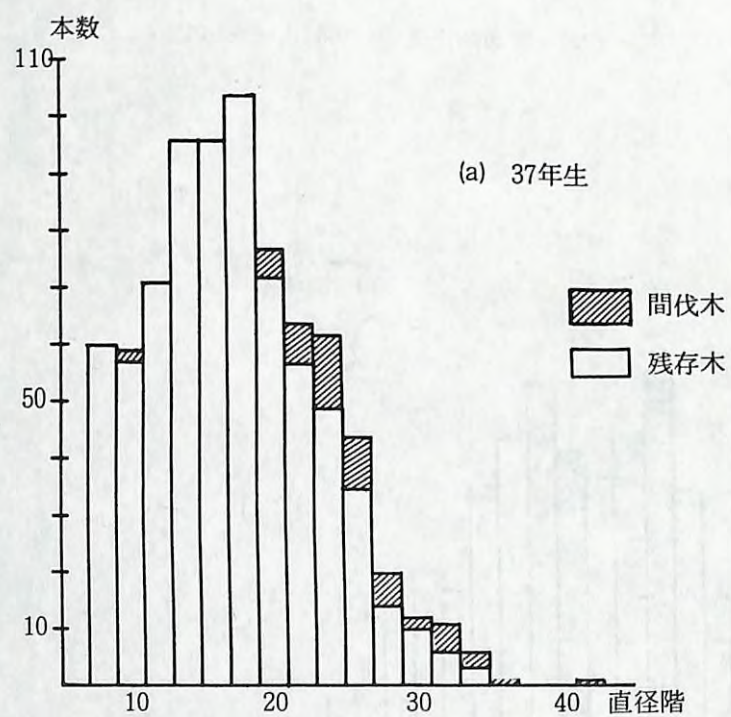


図-7(a) 択伐間伐区1936年間伐 (37年生)

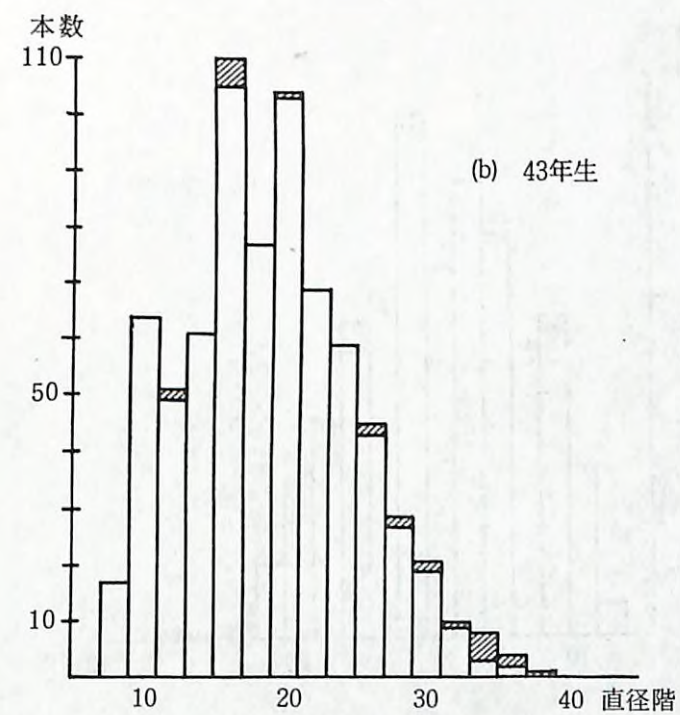


図-7(b) 択伐間伐区1942年間伐 (43年生)

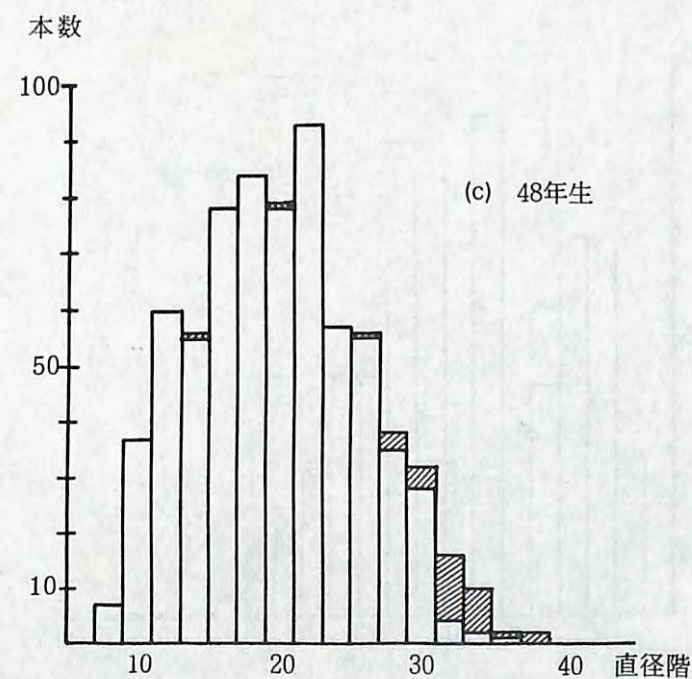


図-7(c) 択伐間伐区1947年間伐 (48年生)



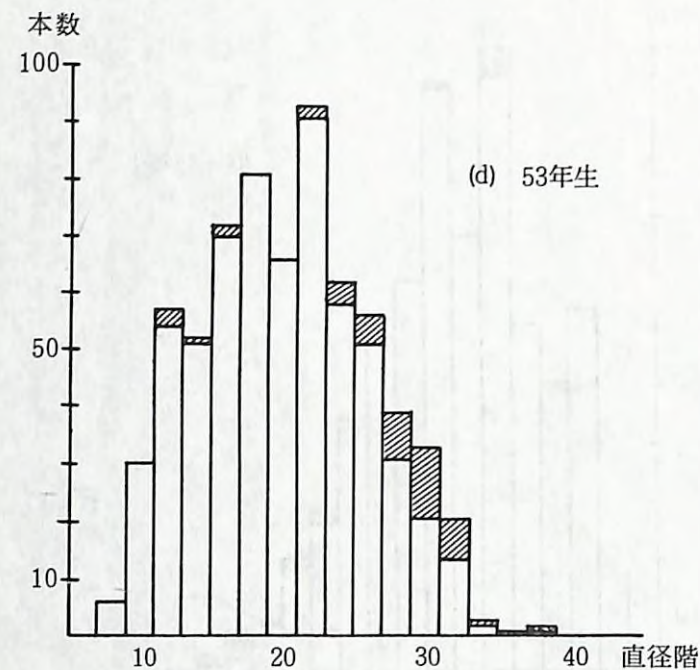


図-7(d) 択伐間伐区1952年間伐 (53年生)

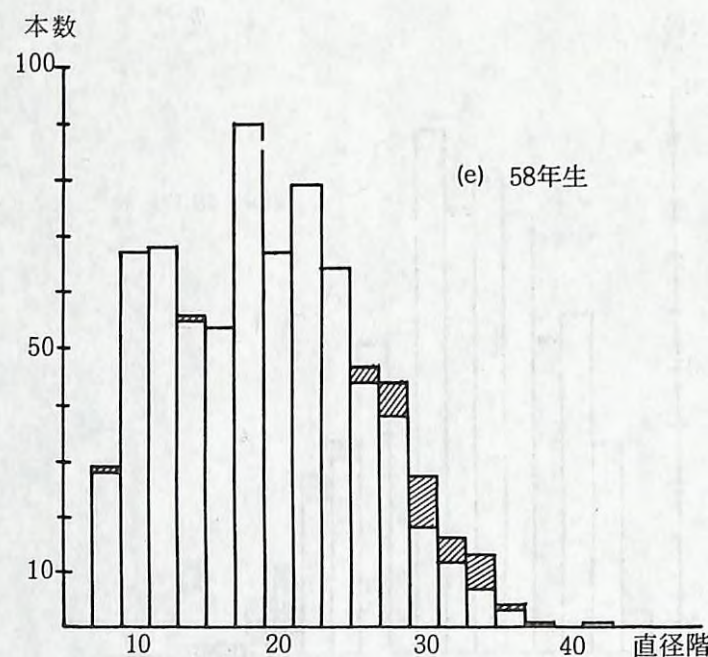


図-7(e) 択伐間伐区1957年間伐 (58年生)

415本/haに比べ257本/haと間伐木の本数率で38%程少ない。これは2級木を主体に伐採することから、間伐の対象となる林木が限定されていることによる。また、このような上層木を大量に伐採すれば、林冠に大きな間隙ができ易くなるためどうしても下層木中心の間伐と比べ間伐木の本数が少なくなる。間伐木の直径分布を見ると直径の大きなものは1級木に区分されるものが多いため、伐採は上層樹冠を形成するものの樹冠の発達が十分でないような林木ということで、間伐木の直径はあまり大きくなく分布のほぼ中央部にかたまっているのが特徴である。このため間伐木の材積をみても普通間伐区のその81%と低い値を示している(表-5)。また、間伐木を直径分布からみれば、上層間伐というよりは全層間伐に近い形をしている。直径分布のピークに当たる部分が集中して間伐されるため、間伐を繰り返すにつれ直径分布が平坦になる傾向がある。ナスビ伐り間伐区は間伐木本数率で普通間伐区の60%と本数ではかなり少ないものの、間伐木の材積比率では186%と極めて多い(表-5)。図-7に示したように間伐木は直径分布では上層部から伐採されている。58年生のときの直径分布(図-7(e))はちょうど普通間伐区の38年生のとき(図-5(a))やナスビ伐り間伐区の38年生(図-7(a))と同じ様な位置にある。このことから滝谷試験地ではナスビ伐りを繰り返すことにより、60年生前後では普通間伐に比べ林分生長が20年程度遅れてきているとみることもできるし、択伐と同様、一定の林分構造(この場合は40年生前後の林分構造)に繰り返し戻っているとみなせる。しかし大径木から順次伐採を繰り返すため、試験地の実態は間伐に適するような林木がどんどん減少しており、現在は間伐木を選択するのに苦労している。また、間伐後の樹冠にかなり大きな間隙ができることから補植が進められており、林分構造は一斉林型というより複層林型に近づきつつある。

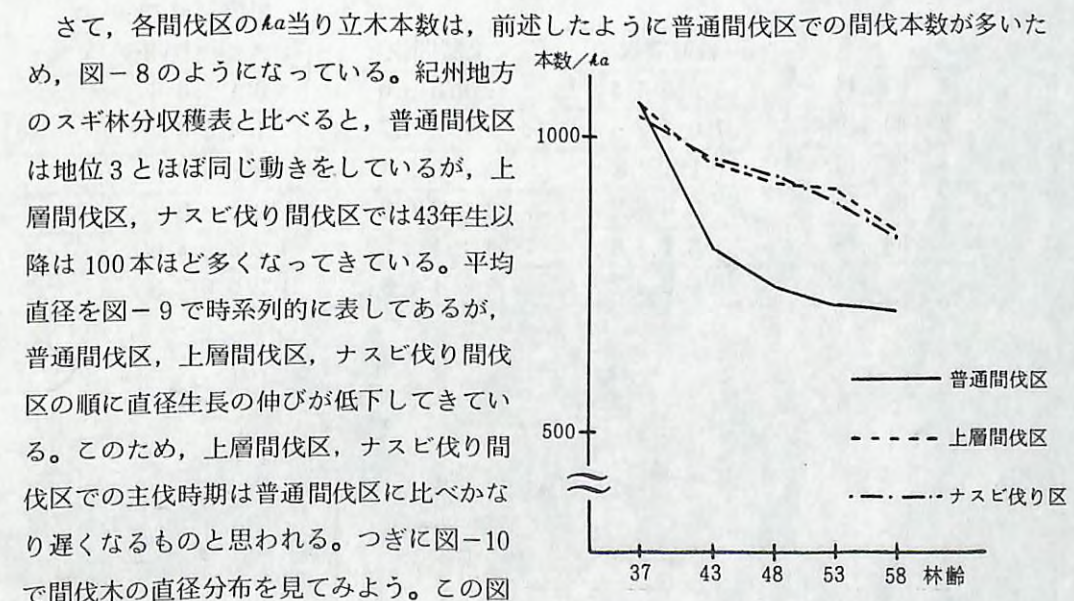


図-8 間伐前各試験区の本数



は過去5回の間伐木を累積したものであるが、普通間伐区とナスビ伐り間伐区を比べると、前者は右寄り後者は左寄りと対称的な分布をしている。上層間伐区は両者の間にあるが、普通間伐区に近いところに位置している。ナスビ伐り間伐区の分布のピークは30~32 cmにあり、多くが価値的に有利な中径木であるのに対し、普通間伐区の分布のピークは16 cmと、小径木が中心になっている。また、間伐木の平均直径をみても、普通間伐区 16.6 cm、上層間伐区 19.2 cm、ナスビ伐り間伐区 27.7 cmと間伐方法によって大きな差が出ている。また表-5で示したようにナスビ伐り間伐区の間伐材積が他の間伐方法に比べ極めて多いことから、間伐時の収益を期待するならばナスビ伐り間伐のような方法、つまり近年上層間伐、利用間伐といわれている方法が望ましい。主伐時期は従来の間伐方法に比べ相当遅れると思われるが、滝谷試験地の場合は58年生で平均直径が21~22 cmと年輪幅は狭く、形質さえ良ければ価値の高い素材が主伐時に得られる。

表-5 間伐区ごとの間伐材積

	単位 (m <sup>3</sup> /ha)		
	普通間伐	上層間伐	ナスビ伐り間伐
1 回目	3 0.0 6 4	2 0.8 6 6	3 1.5 6 8
2 回目	1 0.4 2 5	6.2 5 7	1 4.8 3
3 回目	1 1.8 2 8	4.8 5 4	2 8.5 9 2
4 回目	2.0 9 2	1 2.3 6 8	2 9.9 8 7
5 回目	1 5.1 3 8	1 2.1 3	2 4.5 4 6
合 計	6 9.5 4 7	5 6.4 7 5	1 2 9.5 2 3

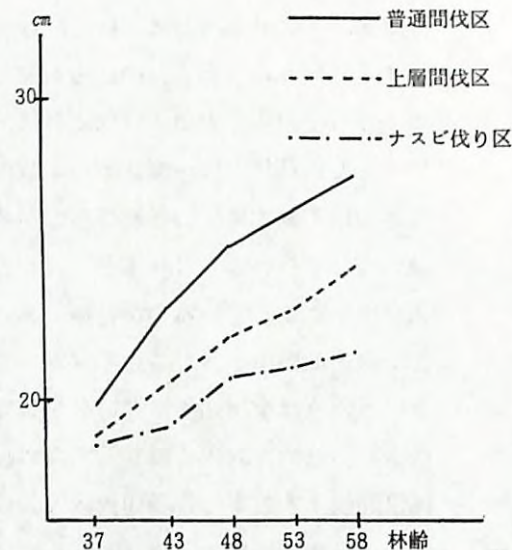
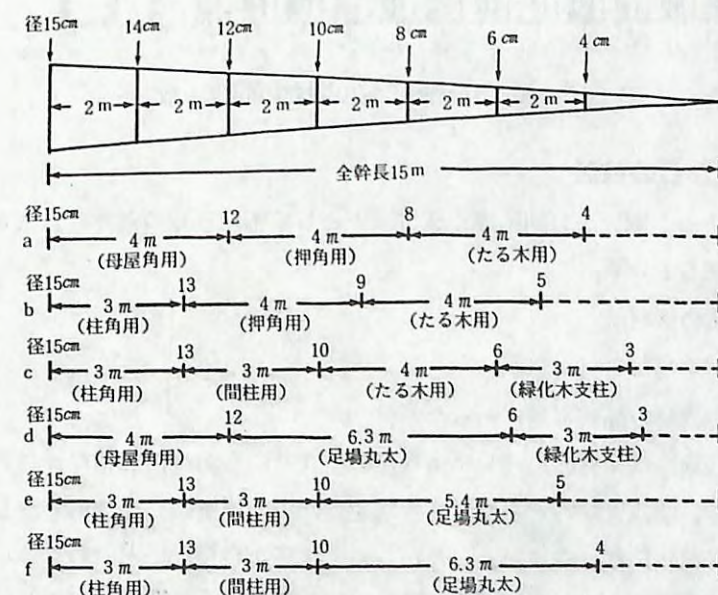


図-9 滝谷試験地平均直径

表-6 採材法別の素材価比較

採材法	1 番 玉			2 番 玉			3 番 玉			4 番 玉			合 計		
	材 積 m <sup>3</sup>	単 価 円/m <sup>3</sup>	金 額 円	材 積 m <sup>3</sup>	単 価 円/m <sup>3</sup>	金 額 円	材 積 m <sup>3</sup>	単 価 円/本	金 額 円	材 積 m <sup>3</sup>	単 価 円/本	金 額 円	材 積 m <sup>3</sup>	金 額 円	単 価 円
A	0.0576	22 000	1 267	0.0256	250	250	0.0064	250	250	—	—	—	0.0896	1 767	19 721
B	0.0507	24 000	1 217	0.0324	18 500	599	0.0100	250	250	—	—	—	0.0931	2 066	22 191
C	0.0507	24 000	1 217	0.0300	15 500	465	0.0144	250	250	0.0027	140	140	0.0978	2 072	21 186
D	0.0576	22 000	1 267	0.0309	900	900	0.0027	190	190	—	—	—	0.0912	2 357	25 844
E	0.0507	24 000	1 217	0.0300	15 500	465	0.0135	750	750	—	—	—	0.0942	2 432	25 817
F	0.0507	24 000	1 217	0.0300	15 500	465	0.0157	800	800	—	—	—	0.0964	2 482	25 747

木材工業 Vol. 38-9 (素材単価：福島県いわき市所在原木市場, 昭和57年11月調べ)



西村勝美「国産針葉樹材の採材技術」木材工業 Vol 38-9 より

図-11 間伐木の採材法

合理的な採材方法を実施するためには、幹曲線を決め各径級別、長級別の単価表があれば以下のように定式化し、間伐木の直径別、樹高別に最適採材を示す図を作成することは容易である。

#### (1) DPによる最適採材法

いま、樹高H、胸高直径Dの幹曲線がf(H, D, h)で与えられたとしよう。



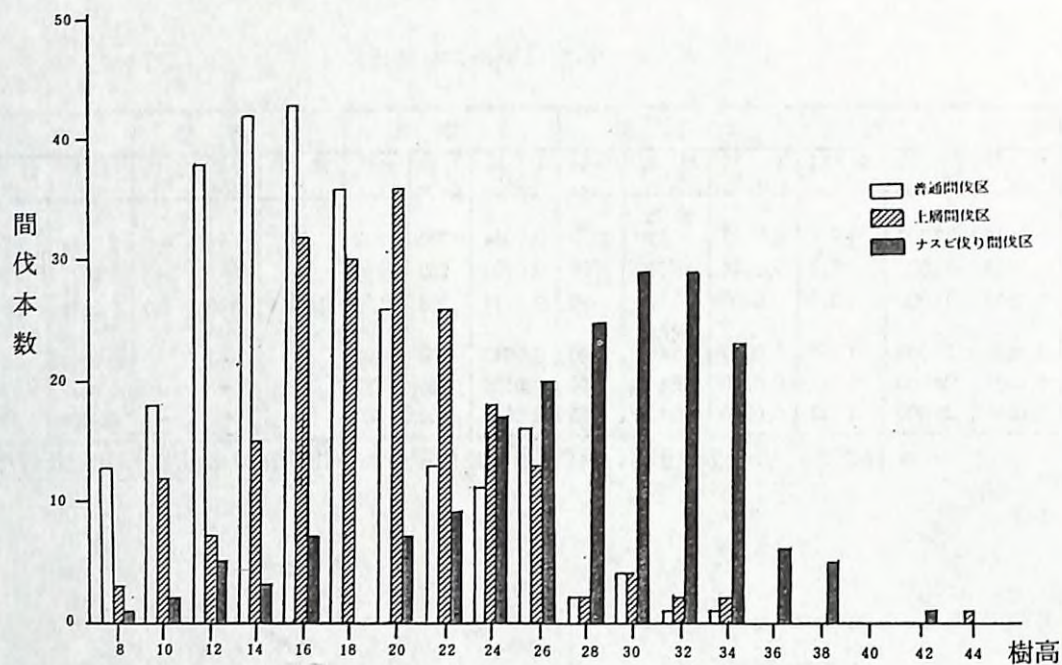


図-10 37~58年生の間伐本数

### 3. 採材面からの検討

西村<sup>14)</sup>によると販売を有利に導く採材（主として木取り）の基本は、大きく次の3つに分けることが出来るという。

- ① 高価値の素材
- ② 販売が容易な素材
- ③ 用途別素材の品質基準にあった素材

一般に主伐期には素材の用途や価値などの需要動向を調べ、有利な採材方法を心がけることが多い。だが、間伐となると主伐材を育成するための施業の一つであり、しかも量的に少なく低価格とみて粗雑になりやすい。したがって、採算が合わないといわれる現行の間伐には、改善の余地は相当あると思われる。そこで採材面に視点を置いて、前述の3つの項目について問題点を検討してみる。

まず、高価値の素材を生産するために、その地域での用途別規格別の価格を調べる。次に上記の価格を考慮して採材の手順をいろいろなケースで考えてみる。採材の方法によって1本の間伐木から採材される素材価格の合計（または単価）が、如何に違うかを西村の例により示してみる。

林齢20年、根元直径15cm、全幹長15mのスギの間伐木を例にとると、図-11のようにa~fの6通りの採材法が考えられる。これに用途別の単価を掛けて算出したものが、採材法別の素材価格比較表（表-6）である。単価でいえば最高値と最低値では715円の差があり、 $m^3$ 当りでは6,123円の開きが出る。損益分岐点の売上価格が一本当り2,305円といわれているので、D, E, Fの採材法であれば採算が期待できよう。

$h$  は地上からの高さであり、高さ  $h$  の部分の幹の直径  $d_h$  は

$$d_h = f(H, D, h)$$

として表される。ここで利用可能な最小直径  $d_{min}$  は高さ  $H'$  の所に位置するとしよう。そして  $Z(X)$  を立木の利用可能部分の最大高と、それから元口方向へ  $X_m$  下がった部分までの間の素材で得られる最大の価格とする。こうした前提のもとで地上から  $H'$  の高さを元口としていろいろな長級  $x$  で採材した時の価格を調べてみる。ここで述べたことを図示すると図-12のようになる。ここで採材しようとする材の末口径  $d$  は

$$d = f(H, D, H' + x)$$

でもとめられる。そこで径級  $d$ 、長級  $x$  の材の価格を表-7から調べる。ここではその値

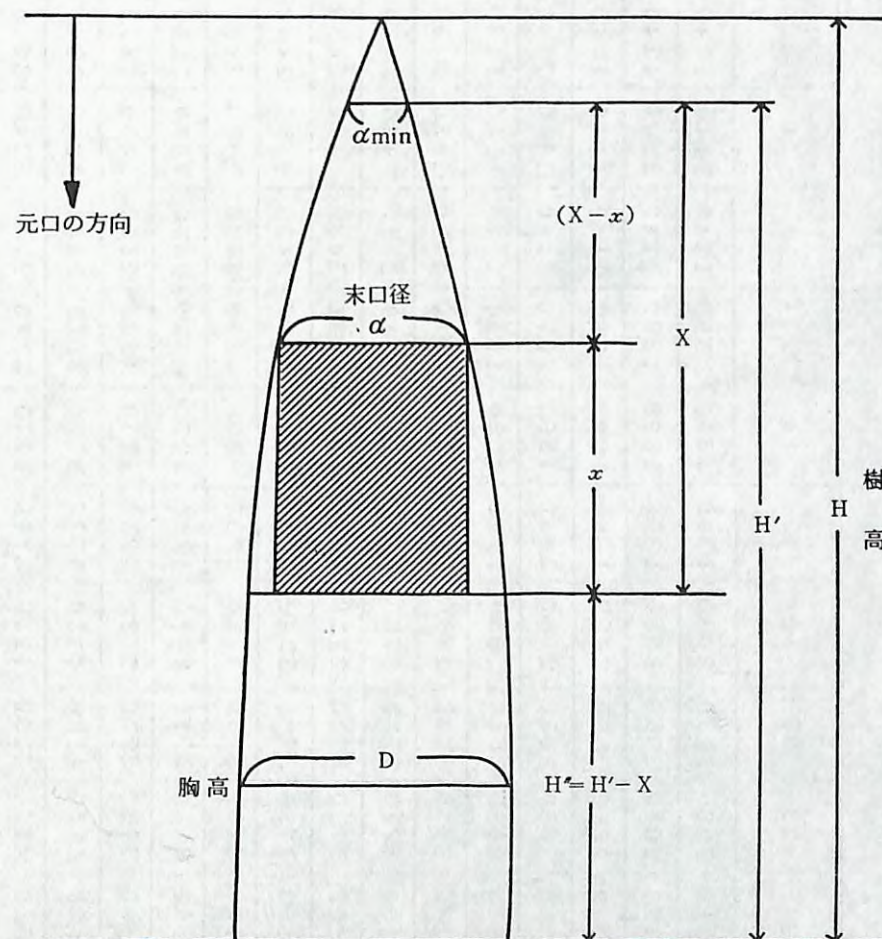


図-12 採材のための模式図



表-7 素材の基準価格表 (△×市場, スギ)

径 長 (m)	2.0	2.1	2.2	2.4	2.6	2.7	2.8	3.0	3.2	3.3	3.4	3.6	3.8	4.0	24	22	20	18	16	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
2.0	231.0	231.0	231.0	231.0	231.0	416.0	416.0	416.0	416.0	416.0	416.0	416.0	416.0	462.0	231.0	208.0	208.0	208.0	208.0	139.0	139.0	139.0	114.0	114.0	114.0	114.0	114.0	100.0	100.0
2.1	231.0	231.0	231.0	231.0	231.0	416.0	416.0	416.0	416.0	416.0	416.0	416.0	416.0	462.0	231.0	208.0	208.0	208.0	208.0	139.0	139.0	139.0	114.0	114.0	114.0	114.0	114.0	100.0	100.0
2.2	231.0	231.0	231.0	231.0	231.0	416.0	416.0	416.0	416.0	416.0	416.0	416.0	416.0	462.0	231.0	208.0	208.0	208.0	208.0	139.0	139.0	139.0	114.0	114.0	114.0	114.0	114.0	100.0	100.0
2.4	231.0	231.0	231.0	231.0	231.0	416.0	416.0	416.0	416.0	416.0	416.0	416.0	416.0	462.0	231.0	208.0	208.0	208.0	208.0	139.0	139.0	139.0	114.0	114.0	114.0	114.0	114.0	100.0	100.0
2.6	231.0	231.0	231.0	231.0	231.0	416.0	416.0	416.0	416.0	416.0	416.0	416.0	416.0	462.0	231.0	208.0	208.0	208.0	208.0	139.0	139.0	139.0	114.0	114.0	114.0	114.0	114.0	100.0	100.0
2.7	416.0	416.0	416.0	416.0	416.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	423.0	423.0	423.0	243.0	243.0	243.0	243.0	243.0	214.0	214.0
2.8	416.0	416.0	416.0	416.0	416.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	423.0	423.0	423.0	243.0	243.0	243.0	243.0	243.0	214.0	214.0
3.0	416.0	416.0	416.0	416.0	416.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	423.0	423.0	423.0	243.0	243.0	243.0	243.0	243.0	214.0	214.0
3.2	416.0	416.0	416.0	416.0	416.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	423.0	423.0	423.0	243.0	243.0	243.0	243.0	243.0	214.0	214.0
3.3	416.0	416.0	416.0	416.0	416.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	423.0	423.0	423.0	243.0	243.0	243.0	243.0	243.0	214.0	214.0
3.4	416.0	416.0	416.0	416.0	416.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	423.0	423.0	423.0	243.0	243.0	243.0	243.0	243.0	214.0	214.0
3.6	416.0	416.0	416.0	416.0	416.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	373.0	423.0	423.0	423.0	243.0	243.0	243.0	243.0	243.0	214.0	214.0
3.8	462.0	462.0	462.0	462.0	462.0	415.0	415.0	415.0	415.0	415.0	415.0	415.0	415.0	415.0	415.0	415.0	415.0	415.0	415.0	377.0	377.0	377.0	324.0	324.0	324.0	324.0	324.0	284.0	284.0
4.0	462.0	462.0	462.0	462.0	462.0	415.0	415.0	415.0	415.0	415.0	415.0	415.0	415.0	415.0	415.0	415.0	415.0	415.0	415.0	377.0	377.0	377.0	324.0	324.0	324.0	324.0	324.0	284.0	284.0

注) 各価格は、品等混入率により、品等要素を加味したものである。

を  $C(x, X)$  とする。これは元口の地上高  $X$  から  $x$  m の材を採材した時に得られる価格である。そうするとこのとき地上高  $X$  までに得られる素材価格は

$$Z(X) = Z_{\max}(X-x) + C(x, X)$$

として表される。ここで丸太の採材長の集合  $\Omega$  が

$$\Omega = (2.0 \text{ m}, 3.0 \text{ m}, 3.2 \text{ m}, 3.3 \text{ m}, 3.6 \text{ m}, 3.8 \text{ m}, 4.0 \text{ m}, 6.0 \text{ m}, \text{ etc.})$$

として表されるとすると、 $H'$  から地上高  $X$  までに得られる最大の素材価格は

$$Z_{\max}(X) = \max_{x \leq X} E_{\Omega} \{ Z_{\max}(X-x) + C(x, X) \}$$

となる。この式を逐次解いていき最終的に  $Z_{\max}(H')$  を求める。解法としては逐次近似法を用い、必要なデータは幹曲線式と径級、長級別の素材単価表である。

## (2) 現在行われている間伐材の採材方法

望ましいとされる採材法は経験的にもある程度は分かる。そこで、地域によっては間伐材にできるだけ付加価値を与えられるよう、採材のガイドラインを決めている。徳島県<sup>15)</sup>

<sup>16)</sup> では有利な採材基準を図-13のように示すとともに、各用途に関連させた図-14を作成し、間伐材を採材するときの手引としている。

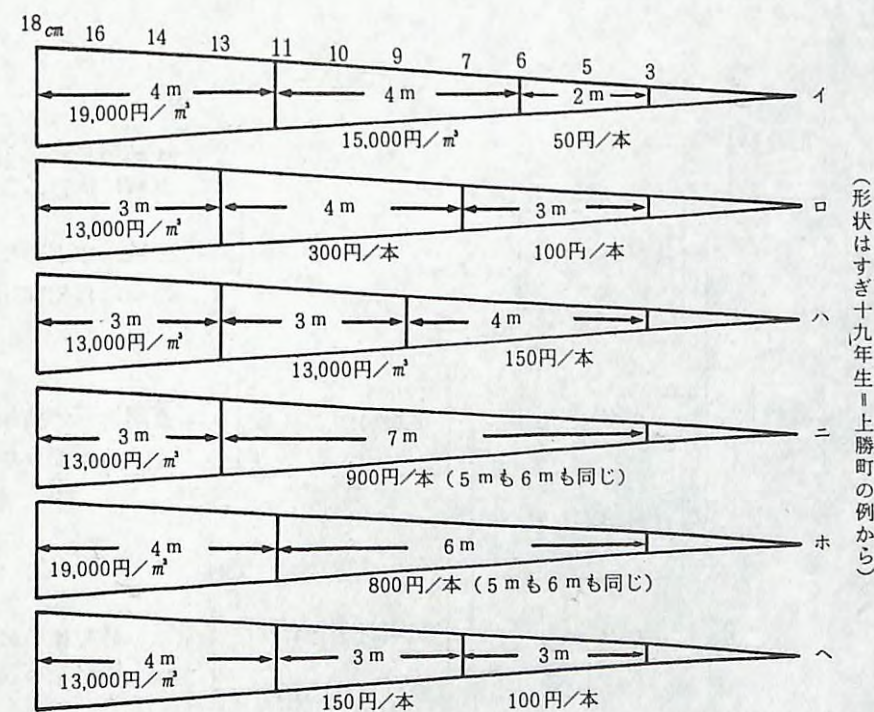


図-13 小径木の採材方法



表-8 実際面における素材の用途別規格

用途	主要樹種	径級範囲 (cm)	基準長 (m)	曲り率 (%)	摘 要
建築用材	柱 用	ヒノキ スギ 心持角：14~18 心去角：40以上	管柱：3.0, 3.65 通し柱：6.0	10未満	年輪幅が密、材色が淡桃色、節が少ない丸太ほど高級。
	土台用	ヒノキ カラマツ ヒノキ：16以上 カラマツ：18以上	4.0, 3.0 (3.65)	15以下	並丸太を仕向ける。ただし年輪幅が粗の丸太を除く。
	梁・桁 用	アカマツ スギ カラマツ アカマツ：12以上 その他：18以上	4.0, 3.0 4.80~6.30	アカマツ 80未満 その他30 "	アカマツの大曲材は、たいこ落しで利用する。
	母屋 間柱用	スギ ヒノキ カラマツ スギ、ヒノキ：10以上 カラマツ：12以上	4.0, 3.6 (3.65)	30未満	間伐小径材、主伐材の末木も利用する。
	たる木 根太用	スギ ヒノキ 6以上	4.0, 3.0 (2.8)	35未満	同上
	鴨居 敷居用	スギ ヒノキ 24以上 (目詰り材、元玉~3番玉)	4.0, 3.65, 2.0	10未満	樹齢50年生以上の良質材を仕向ける。
	板 類	スギ ヒノキ 6以上	2.0~4.0	60未満	大曲り材、偏心材は2.0mに横切って利用する。
土木用製材	押角用	スギ ヒノキ カラマツ スギ、ヒノキ：9以上 カラマツ：11以上	4.0, 3.65, 3.0	40以下	間伐小径材、主伐材の末木を利用する。
	足場板	スギ カラマツ 18以上 (目荒材)	4.0	15以下	建築用構造材として支障が大きい丸太を仕向ける。
ダンネージ用製材	スギ カラマツ ヒノキ (3) 5~12		2.0~4.0	60未満	間伐小径材でよい。ただし需要先に独自の規格がある。
チップ用	カラマツ スギ ヒノキ 6以上		1.8, 2.1	-	間伐小径材および低質材を仕向ける。
足場丸太	スギ ヒノキ カラマツ 5~8 (元口10未満)		5.4以上 1.8 とび	* 1.5 未満	需要がある地域では間伐材の最も有利な用途である。
電柱用	スギ カラマツ ヒノキ 小電柱：8~10 その他：16~22		小電柱：5.5以上 0.5 とび その他：7.0以上 とび	15以下	需要先に独自の規格がある。
緑化木支柱 切り丸太	スギ ヒノキ カラマツ 3~6		0.6~8.0	20以下	利用目的別に多様な規格がある。
杭 木 用	カラマツ アカマツ ヒノキ 4~34		0.6~5.0	* 5 以下	需要先に独自の規格がある。

(注) 1. 主な針葉樹素材の流通実態を基にした用途別規格である。  
2. 基準長には、曲り等の欠点の程度によってつけられる「延べ寸」を含めていない。

西村勝美「国産針葉樹材の採材技術」木材工業 vol 38-9 より

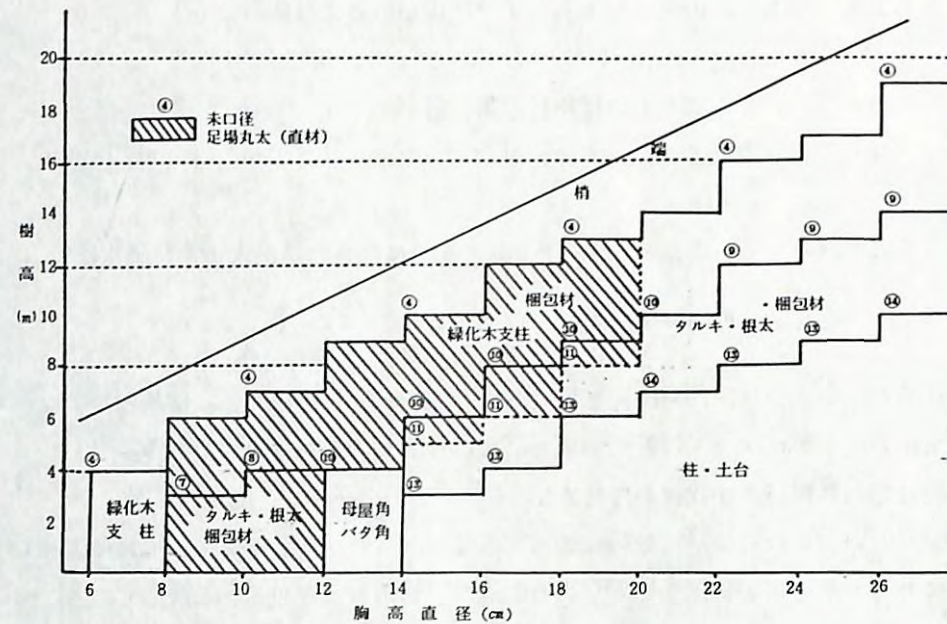


図-14 スギ間伐材の採材予想 (形状比80)

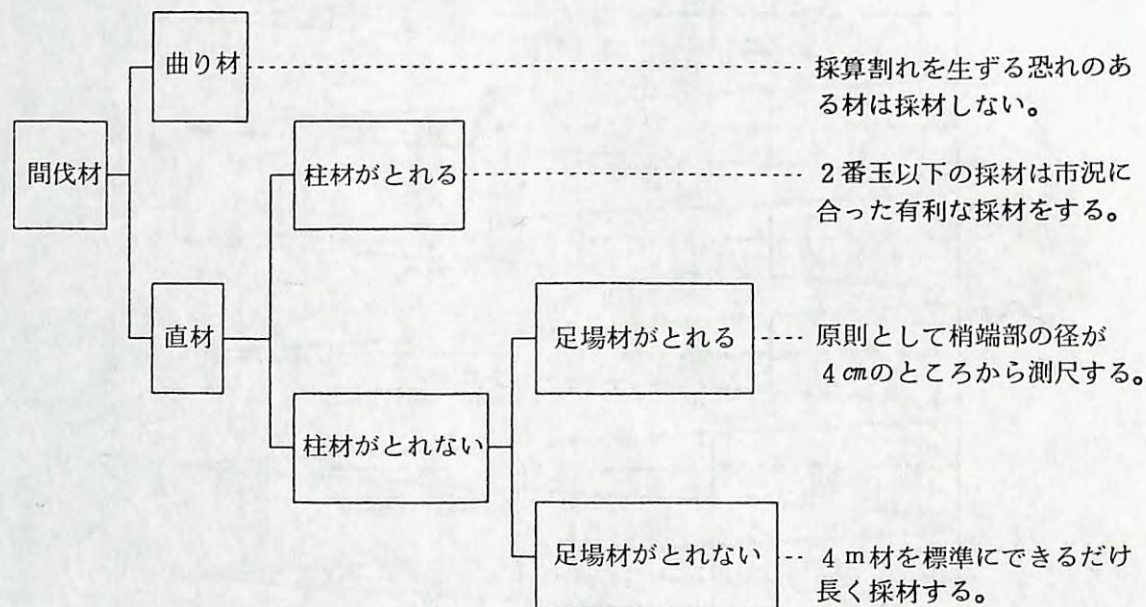


図-15 間伐材の採材基準



静岡県では徳島県の方式に加えて、曲がり材か直材か、柱材が取れるか否か、さらに足場丸太がとれるかどうかとも判断し、図-15の様な基準を設けている。これをもとにスギ、ヒノキについて有利と思われる採材事例を示し、現場に役立てている。

つぎに販売が容易な素材については、販売対象地域が広域的なもの、地域に限定されるもの、あるいは季節性があるもの、注文による生産で受け入れ先が決まっているものなどを整理し、採材方法を算出する際の価格表の修正を適宜行う必要がある。なお、用途別の利用においては径級や長級といった外見での規格だけでなく、材質的なものにも配慮する必要がある。例えば、建築用のものでも内装に使われるものは、曲がり、節、年輪幅などが問題にされ、土台、根太に用いられるものは年輪幅が7mm以下であることを要求される。それ以外の素材としては、梱包用の板類、足場板、ダンネージ向けに木取りされるものと、足場丸太、支柱丸太など各種の丸太に利用されるものがある。間伐材は「それ以外の素材」に属するケースが多いとみられるが、用途別の材質基準については十分留意することが大切である。

西村は用途別の規格を表-8のように整理している。最近における間伐材の利用ではログハウス、造園用支柱木、柱材等の人気が高い。緑化木の支柱用切り丸太では、最小の規格が末口3cm、材長60cm、最大で6cm、8mとなっているものが多い。このように使用先によって何種類もの規格を設けている場合もある。また、間伐材の特殊な用途を設けて、新しい需要の開発を図ることも重要である。例えば、大分県湯布院町の湯がき丸太や名古屋営林支局下呂営林署のように、温泉熱を利用して間伐材を熱湯処理し、装飾用として売り出しているところもある。また、宮城県津山町では木質系ペレット燃料を用いて間伐材を乾燥し、化粧柱として販売している。

#### 4. 下層間伐、通常間伐と全層間伐での間伐材積および間伐木径級の比較

##### 1) モデル林分の概要と間伐材積の算出方法

採材方法の違いによって間伐の収益性が大きく異なることを前節で調べたが、ここでは、モデル林分を用いて間伐方法が違ふとき、得られる間伐木の利用径級がどう変化するかにについて調べてみる。用いるモデル林分は初期本数が15年生で2,750本、地位指数が茨城県スギ民有林で20、平均直径が10.5cm、平均樹高が9.3mの林分である。直径分布と各直径階別の樹高については、図-16を参照されたい。

林分の生長をシミュレートさせるために以下のような手法を用いた。まず、地位指数曲線のガイドカーブについては、茨城県林業試験場で作成した資料に次式のようなゴンペルツ曲線をあてはめた。

$$\sigma H = e^{(1.566(1-1.626e^{-0.08723t}))}$$

この地位指数曲線から求めた上層樹高と1a当り本数(N)から他の林分因子を推定する

ため、林分の間伐前の全林木及び間伐後の残存木について断面積平均直径(Dg)、平均直径(D)、最小直径(a)を推定する以下の回帰式を算出した。

$$\log Dg = 1.208 - 0.2494 \log N + 0.7132 \log H \quad (r=0.970)$$

$$D = -0.3022 + 0.9894 Dg \quad (r=0.999)$$

$$\log a = -0.5453 + 1.246 \log D + 0.1125 \log t - 0.1114 \log N \quad (r=0.801)$$

間伐方法については本来ならば茨城県の資料に基づくべきではあるが、たまたま、田中ら<sup>18)</sup>が千葉県南部で計算した例があるので、間伐率と平均直径の関係はその数値を用いた。林分の本数管理についても田中ら<sup>18)</sup>の方式にならい、ヒルミの自然疎開の公式<sup>19)</sup>に従うとした。ここでは上層樹高に対する相対幹距比が10%以下になると枯死が起こるとして、ヒルミ式のパラメータ $\alpha$ 、Nを推定した。以上の地位指数曲線、林分構造の推定式および本数管理より間伐前の状態についてそれぞれH、N、Dg、D、aを求め、箕輪ら<sup>20)</sup>に従って間伐直後の平均直径D'、直径変動係数Cv<sub>D'</sub>を求めた。各直径階の林木の樹高を推定するためには、次式のような樹高曲線式を使用した。

$$\log h = 1.715 - 6.919(1/d) - 8.783(1/t) + 91.89(1/dt) \quad (r=0.948)$$

ここでdは直径、tは林齢、hが樹高である。これらの関係式から各林齢における林分の直径分布を近似するためのワイブル分布の3つのパラメータa、b、cを求める。

つぎに間伐木の上部直径を算出するための幹曲線式は子宮林署管内の上部直径の測定資料をあてはめ次式のように定めた。<sup>17)</sup>

$$\begin{aligned} d_i^2/D^2 = & 10.09709(x^{3/2})(10^{-1}) - 5.02051(x^{3/2}-x^3) \cdot D \cdot (10^{-2}) \\ & + 89.531535(x^{3/2}-x^3) \cdot H \cdot (10^{-3}) + 32.593742(x^{3/2}-x^{32}) \cdot H \cdot \\ & D \cdot (10^{-5}) + 4.7304182(x^{3/2}-x^{32}) \cdot H^{1/2} \cdot (10^{-3}) \\ & - 737.26922(x^{3/2}-x^{40}) \cdot H^2 \cdot (10^{-6}) \end{aligned}$$

ここで $x = (H-h_i)/(H-1.2)$ 、 $d_i$ は高さ $h_i$ での直径、Dは胸高直径、Hは樹高である。この式で求められるのは皮付き直径であり、皮内直径には次式で変換する。

$$d_i = \{ 0.9366 + 0.08465(h/H) - 0.1469(h/H)^2 \} d_0$$

ここで $d_i$ 、 $d_0$ は高さhでの皮内直径、皮付き直径である。

以上のようにして間伐木の直径階毎に上部直径を求め、利用可能な丸太の本数なり利用材積なりを求める。



## 2) 間伐方法の違いによる間伐木材積の差

いま、このモデル林分に対し下層間伐、通常の間伐及び全層間伐という3つの間伐方法を適用する。下層間伐は機械的に直径の小さなものから順に伐採していく間伐とした。通常間伐とは田中ら<sup>18)</sup>が千葉県東大千葉演習林近辺の林分を対象に調査した際の間伐方法であり、全層間伐は各直径階から間伐率に等しい割合で間伐木を抽出する方法である。滝谷試験地の例で見たように当然、間伐方法によってその後の林分生長は変わる。しかし、現在こうした施業方法の違いによる成長比較のための十分なデータが得られていないので、間伐木の材積と得られる素材の大きさのみに注目するという観点から、つぎのような形で間伐結果をみる。いま、田中らが調べた千葉県における通常間伐は表-9のようになっている。このときの15年生から50年生までの直径分布の変化および5年毎の間伐木の直径階別本数を、前述したような手順に沿って算出した結果が図-16に示してある。つぎにある

表-9 間伐に関する因子一覧

本数	本数	間伐率	平均直径 ( c m )		胸高断面面積合計 ( m )		胸高断面面積		相 对 幹 距 比 ( % )	
間伐後		( % )	間伐前	間伐後	間伐前	間伐後	間伐率 ( % )		間伐前	間伐後
2240		18.5	10.5	11.1	26	23.1	11		20.5	22.8
1745		22.1	13.5	14.2	34	29.2	14		17.5	19.9
1370		21.5	16.4	17.1	38.9	33.1	15.1		16.5	18.7
1135		17.2	19.2	19.9	41.9	36.9	11.8		16.3	17.9
990		12.8	21.7	22.3	44.2	40.3	8.8		16.1	17.3
890		10.1	23.9	24.4	46.5	43.4	6.6		15.9	16.8
820		7.9	25.8	26.2	48.5	46	5.2		15.7	16.3
770		6.1	27.4	27.8	50.4	48.4	3.9		15.4	15.9

林齢においてそれまで通常間伐を行っていた林分の下層間伐あるいは全層間伐を行った場合、各直径階においてどれだけの間伐木が得られるかを示したのが図-17、図-18である。注意するのは、もし全層間伐あるいは下層間伐を繰り返したときは図-17、図-18に示したように直径生長はしないということである。これらの図は通常間伐から全層あるいは下層間伐に切り替えた時点での間伐木の直径分布を示している。通常間伐と全層間伐とは高齡級になると伐採木の直径にかなりの差が出て来るが、若齡級では伐採木の直径分布にそれほど大きな差はない。

こんどは、これらの間伐木を丸太に置き換えて収益性の参考にしてみる。実際の間伐にあたっては標準木を対象として幹曲線を求めると共に、市場価格から径級・長級別の単価を求め、前節で示したような方法で径級別の最適採材基準を求め、間伐方法の違いが収益性に与える影響を検討すべきであるが、ここでは簡単のため間伐木の採材方法を4mのみとして、得られる間伐材の規格がどの程度違うかを調べた。間伐後の林木の幹形の生長についても、全層間伐を行った場合と下層間伐を行った場合とでは当然異なるわけであるが、

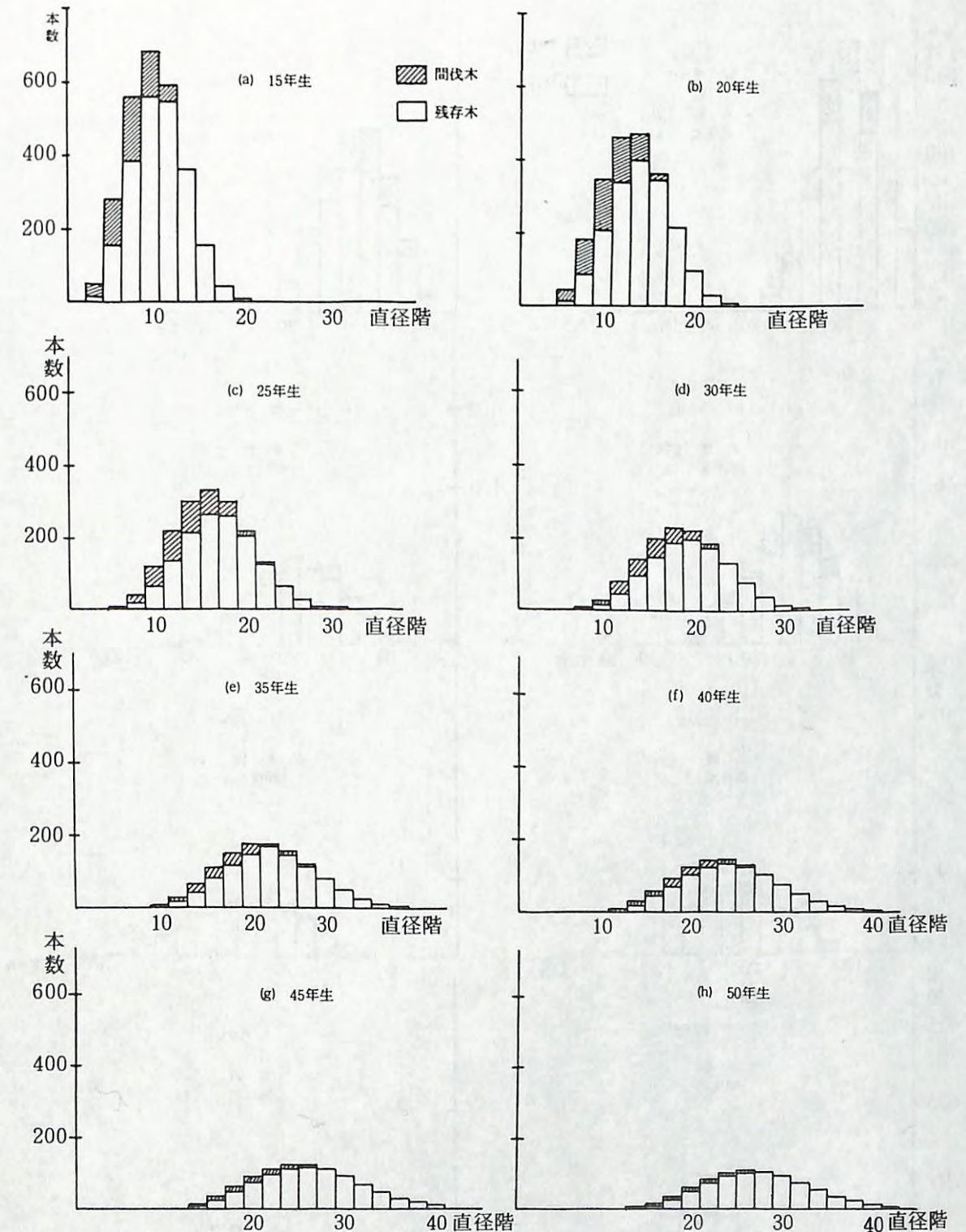


図-16 通常間伐における直径分布の推移



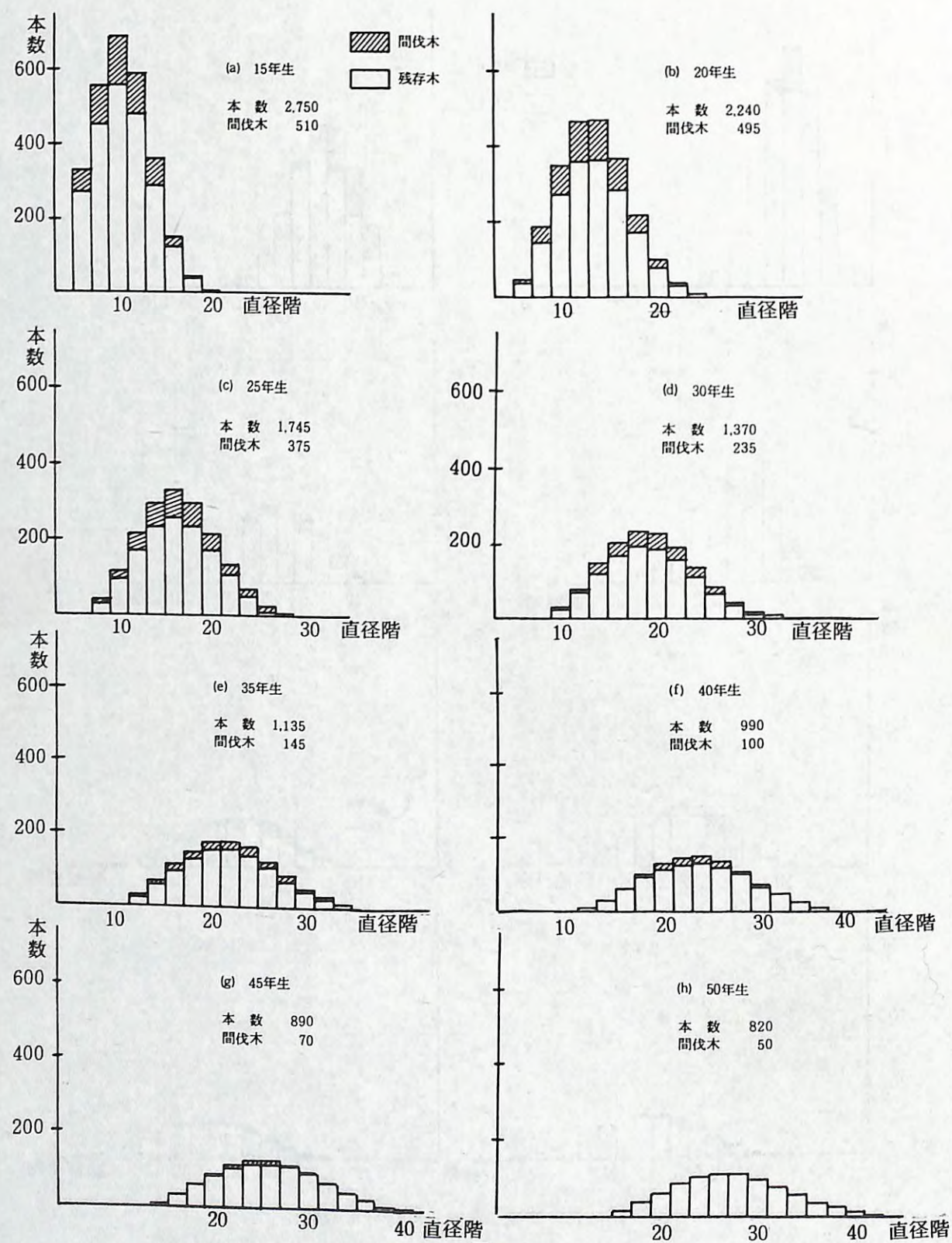


図-17 全層間伐を行った場合の直径階別の間伐木本数

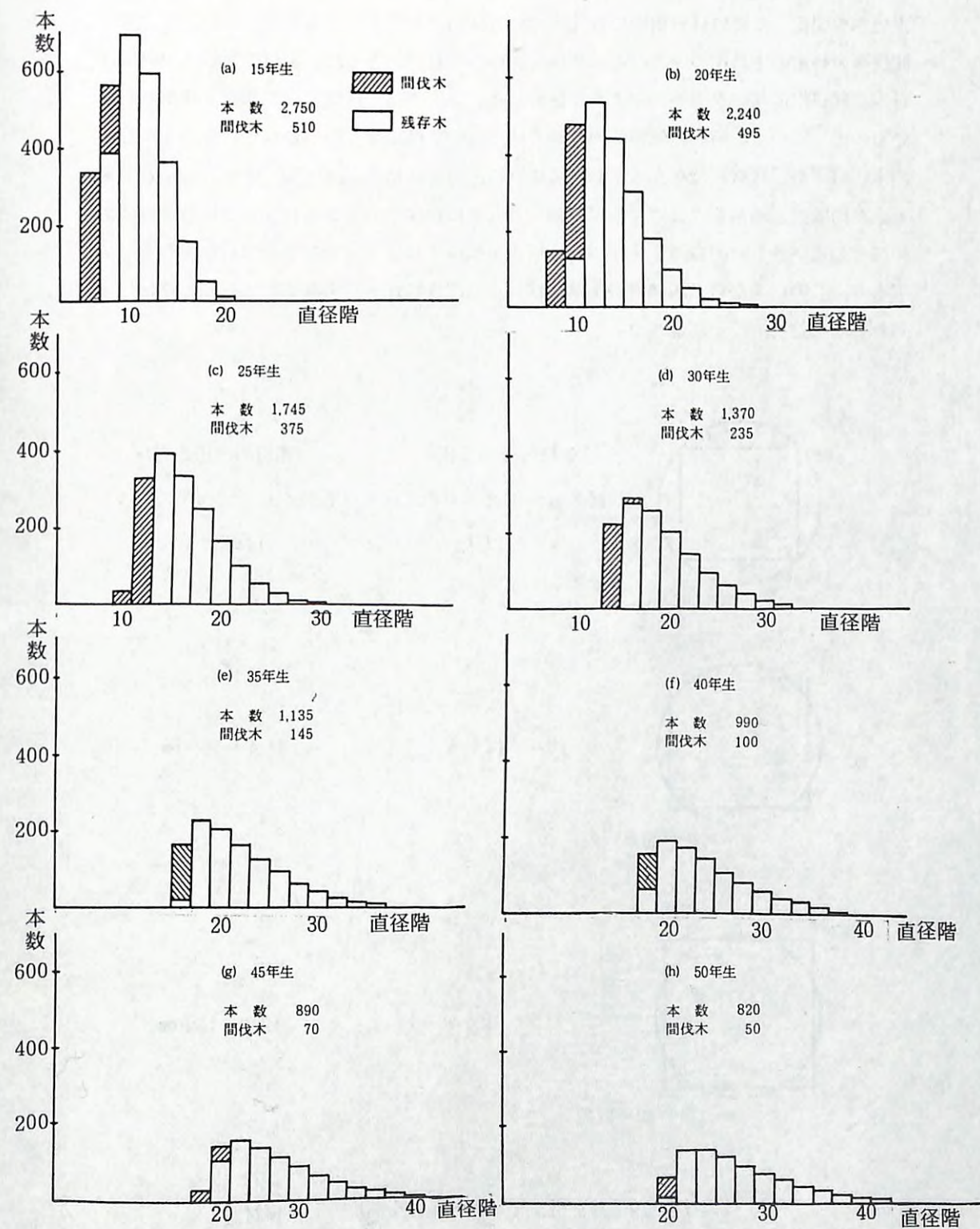


図-18 下層間伐を行った場合の直径階別の間伐木本数



上層木を間伐した後の林分構造の変化については殆どデータが得られていない。そこで、間伐後の林木の生長についてはどの間伐を実行しても同じとした。素材の等級については日本農林規格に基づき図-19のように区分した。ここでは、材はすべて通直で曲がりがないものとしている。前述の幹曲線の計算方法によって伐採高を20cmとしたときの4mごとの末口直径から採材可能な丸太本数を等級別に区分した結果が図-20～図-22に示してある。全層間伐と通常間伐とでは利用可能な丸太数にかなりの差があり、とくに特等材においてその差が著しい。樹高生長がよい上層木を伐採すれば末口径の大きな材が採れるためであり、この結果から全層間伐や上層間伐が通常間伐に比べて単なる間伐材積の増加以上に収益をあげ易いことが伺える。

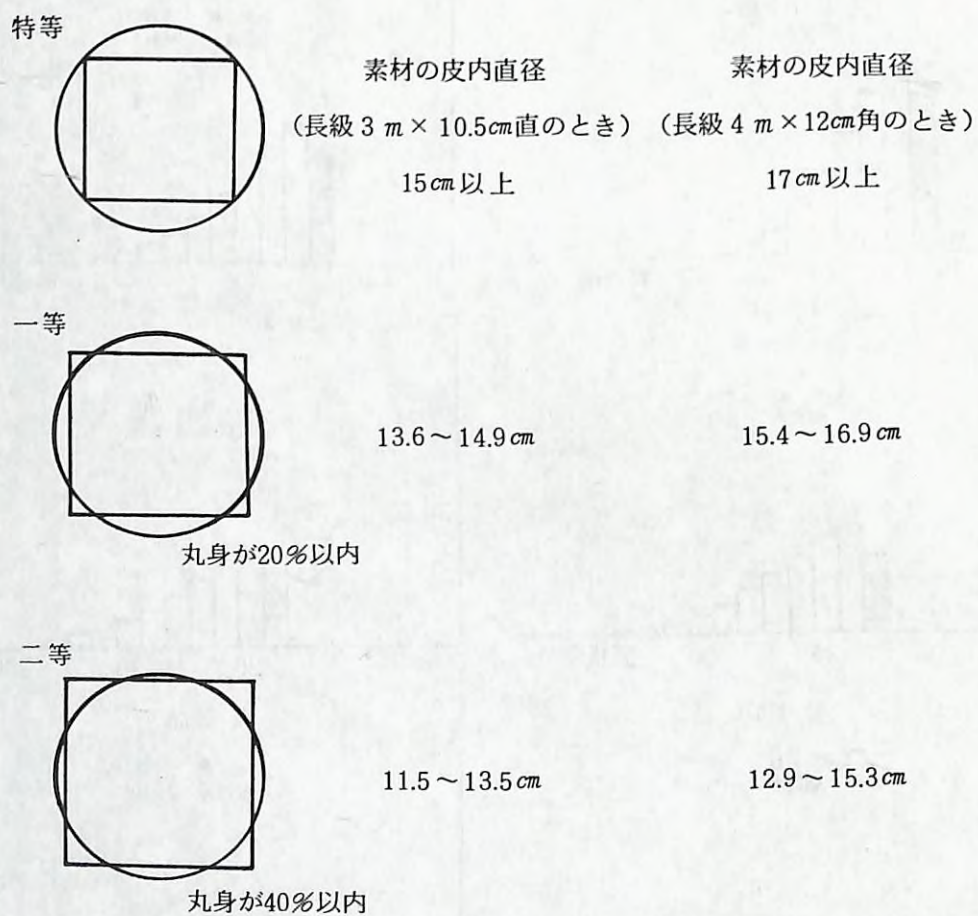


図-19 3 m 材, 4 m 材の採材を前提とした採材

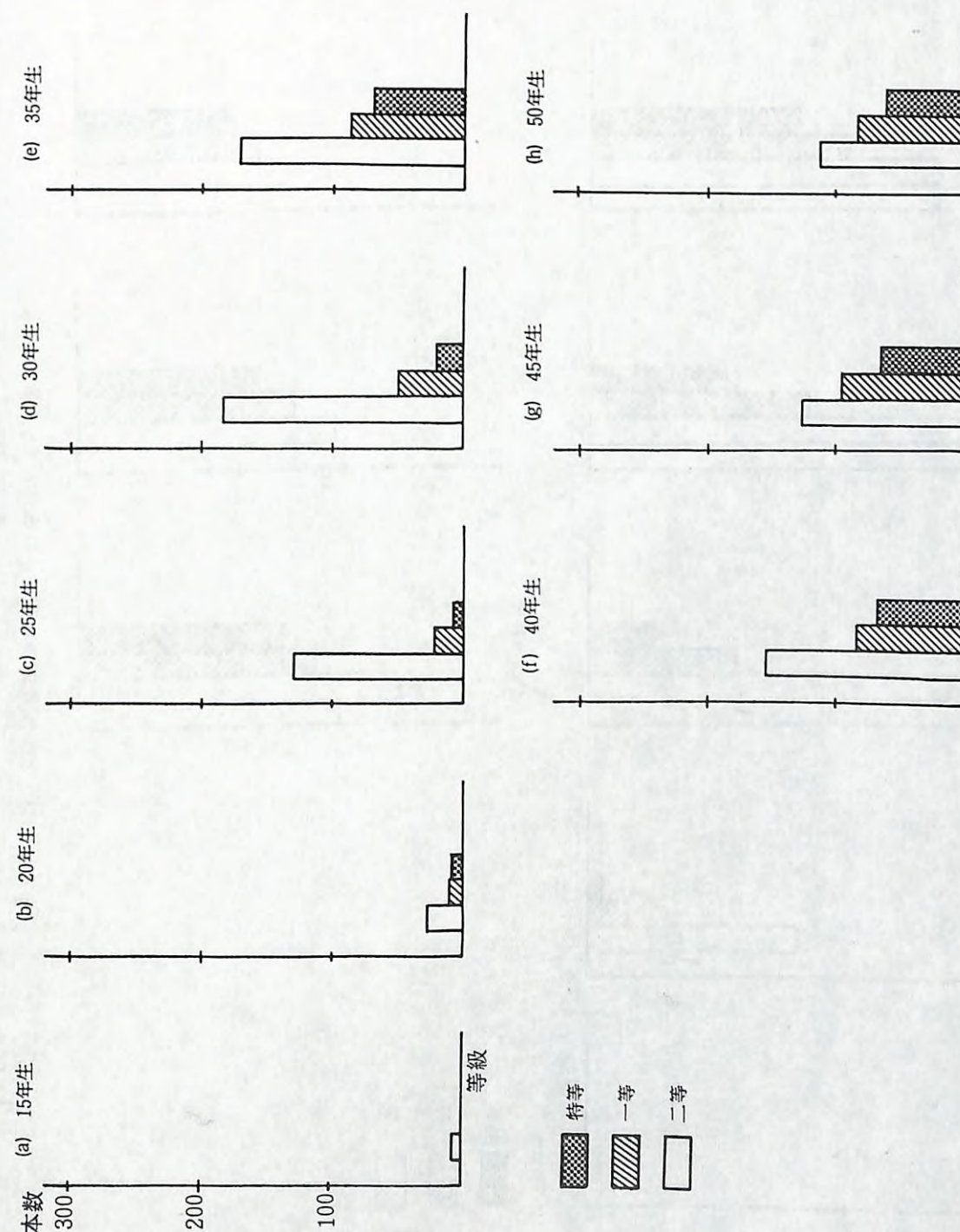


図-20 間伐木から採材される丸太 (通常間伐)



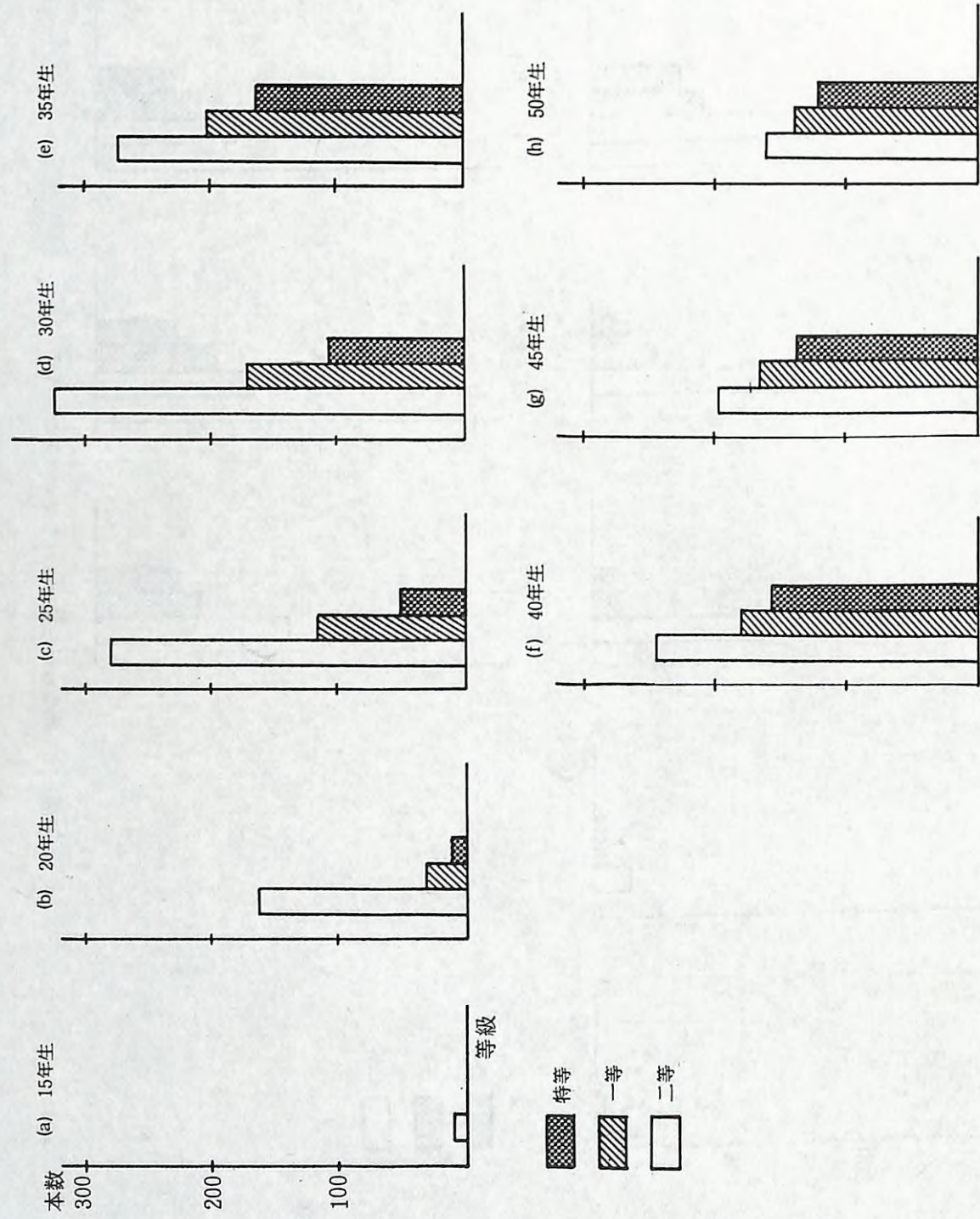


図-21 間伐木から採材される丸太 (全層間伐)

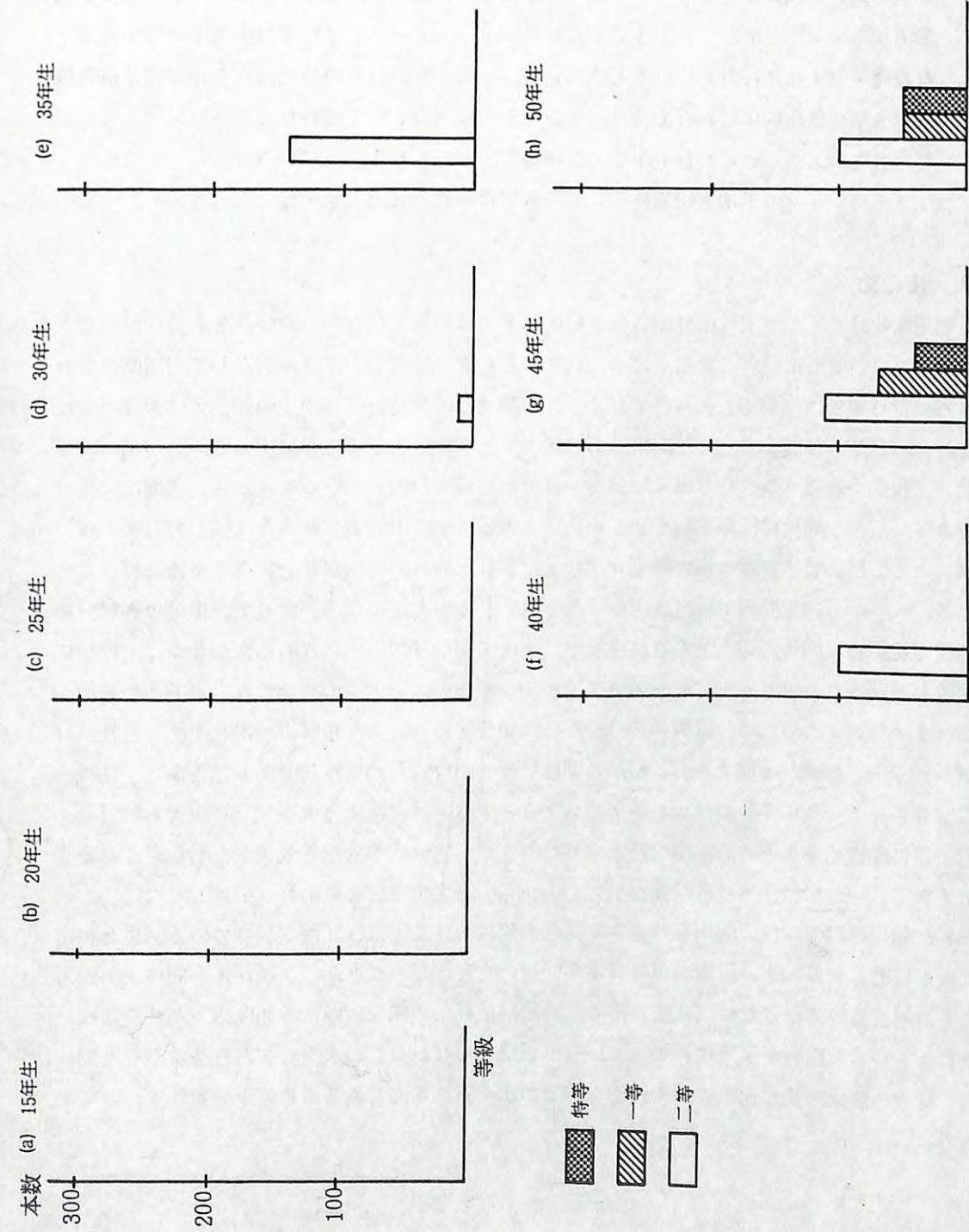


図-22 間伐木から採材される丸太 (下層間伐)



さて、このように間伐方法が多様化してくると、間伐強度、間伐木の直径分布に占める位置等の組み合わせが何通りにも考えられ、従来の収穫予想表方式では表の数が膨大になりすぎて対応が出来なくなってくる。そうしたときここで例示したような各林齢における施業方法をインプットし、それをもとにシミュレーションにより将来の生長予測をするような収穫予測手法に移行していくと思われる。また、この分野の研究はここ10年ほど研究機関、大学で積極的に行われており、近い将来、収穫表を開く代わりにパソコンによって手軽に各施業方法に応じた林分単位での収穫予想が行われることになるだろう。ここで示したシミュレーションの手法も研究機関、大学等で得られた成果を利用したものである。

## 5. まとめ

利用間伐は必ずしも現代の林業危機を打破するのに万能ではなく、危険性をも併せ持つことについては、すでに幾多の文献で述べられていることではあるが、まとめとして利用間伐を行う際の留意事項について若干触れておく。下層間伐と違い全層間伐や上層間伐では強度の間伐を行えば林間の疎開が著しく、間伐後の冠雪害や風害等の気象害にたいする危険性が高い。また、主伐期を遅らせる代わりに年輪の均一な材の育成を目指していることから、強度な間伐はできない。もし間伐の間隔を長くするために、大量に生長の旺盛な林木を伐採してしまえば、残ったものは形質不良木や樹冠の未発達な木ばかりといった貧相な林分になりかねない。このため、5年から10年間隔で弱度の間伐を繰り返すことが前提になる。従って、単純に各林分の間伐方法を利用間伐に切り替えるだけでは、主伐時期が予想以上に遅れるばかりか、主伐材の形質が悪かったり生育途上で種々の気象害により多数の枯損木を生じかねない。そこで弱度の間伐を繰り返すためには、近隣の林分を同時に間伐するといった伐区の集団化を図ったり、林道や作業道の整備が必要である。初期の間伐では生産目的が心持柱材であることから、間伐時期を遅らせて一度に多数の間伐材を生産しようとする、優勢木は大きくなり過ぎる恐れがあり、逆に間伐時期が遅れば主伐時まで残そうとする劣性木が被圧され過ぎ形質が悪くなる恐れもある。一般に被圧木は形状比が高いことから、冠雪害などの危険性も一層高くなる。このため、間伐適期の幅は下層木を除去する従来の間伐方式に比べれば狭くなっている。また利用間伐を目的とする以上、形質の良好な木が間伐の対象になることから、残存木と間伐木の両方もが形質良好でなければならず、そのためには造林から間伐にいたる期間の下刈りや除伐、枝打ちといった保育が丁寧に行われていなければならない。このような収益性を重視した間伐は、従来の間伐方法に比べより集約的な施業が求められる面もあることに十分留意すべきであろう。

## 引用文献

- (1) 寺崎 渡：実験間伐法要綱，大日本山林会，1929
- (2) 早稲田収：間伐はいかにあるべきか，北方林業，Vol 35，1983
- (3) Warrack, G. C. : B. C. Forest Service Tech. Publ. T 51, 1959
- (4) 石原猛志：35回日林関西支論，シンポジウム資料，1984
- (5) 落合幸仁ほか：34回日林関西支論，136～139，1983
- (6) 坂本雅夫：国有林野事業に関する技術開発研究考案発表集，139～146，1983
- (7) 杉山 幸：山林，19～25，No 1235，1987
- (8) 徳島県林業課：選木育林早期仕上げ間伐の事例，1987
- (9) 林業試験場：収穫試験報告第17号，1972
- (10) 北海道林務部：経営試験業務資料No 37，88～121，1984
- (11) 神戸喜久他：最近の利用の間伐の内容と問題点，39回日林関東支論，1987
- (12) 上野賢爾他：滝谷スギ人工林皆伐作業収穫試験地，林業試験場関西支場年報，44～49，1963
- (13) 上野賢爾他：滝谷スギ人工林皆伐用材林作業収穫試験について，林業試験場関西支配年報，32～37，1973
- (14) 西村勝美：国産針葉樹材の採材技術，木材工業，Vol 138～9，416～422，1983
- (15) 徳島県：上手な採材と造材のしかた，1984
- (16) 徳島県林業課：採算間伐の手引，1986
- (17) 樋渡ミヨ子：幹曲線式による利用可能材積の推定方法，林試研報 327号，29～67
- (18) 田中和博他：スギ，ヒノキ人工林の長伐期施業に関する研究，昭和58年度科学研究費補助金研究成果報告書，東京大学農学部，1984
- (19) H. E. ヒルミ：物理生態学序説，98～122，築地書館，1974
- (20) 箕輪先博，白石則彦：収穫表調整法に関する研究(I)，第93回日林論，1982



## 林業労働における災害の分析



# 林業労働における災害の分析 — 重大災害を対象として —

## I 試験担当者

機械化部 作業科	奥 田 吉 春
作業第1研究室	辻 井 辰 雄
	石 井 邦 彦
	朝 日 一 司
	豊 川 勝 生

## II 試験目的

林業労働の分野においても幾多の安全対策が実施されてきているが、災害要因が複雑多岐にわたるため、林業は依然として災害発生率の高い部門の一つになっている。

労働災害防止対策を効果的なものにし、より一層の作業安全に期するためには、災害とその原因に対して十分な解明が必要である。しかしながら、林業労働災害や原因の特質について知識はまだ十分であるとはいえない。

この報告書は重大災害（死亡災害）について分析したものである。災害分析をする場合問題となることは、いかなる災害要因が把握されているかということである。林業労働が自然環境を相手にし、複雑な作業空間の中で行われることから、災害情報も極めて不十分なものとなっている。

ここでは、57～59年度の3カ年に国有林野事業で発生した重大災害をとりあげ、作業に関するさまざまな条件と労働災害との関連を明らかにすることを目的として、クロス分析や多変量解析を行うことにした。

さらに、それぞれの事例について、災害が発生するに至るまでの過程・状況の推移に着目し、CTA (Causal Tree Analysis) 手法を用いて災害の発生過程について分析を行った。

また、森林作業を人間—機械系としてとらえるとき、林業労働災害の大部分は大なり、小なり人的要因に帰着するといわれており、災害原因を人的要因としてのヒューマン・エラーの側面から分析を試みた。

これら3つの側面からの分析は一貫性のあるものではなく、むしろ、いままで不十分であった林業労働災害分析への一つの試みでしかないが、この報告書はそれらの分析した結果をとりまとめたものである。



### Ⅲ 試験の経過と得られた成果

#### 1. 分析資料

昭和57年度から59年度における、国有林野事業の重大災害の資料としては、当該営林(支)局から提出された重大災害の概要報告書がある。個々の災害事例の分析資料としては、これらの資料を中心として、関連する資料を可能な限り収集し整理を行った。

表-1に調査対象となった事例の内訳を示す。事例数は全部で31であるが、伐倒9, 架空線集材6, 道路維持5, 架設2のほかは種々の作業にまたがっている。一般に災害にかかわる要因は、物的要因, 人的要因, 管理的要因に大別される。表-1では、人的要因(不安全行動, 不安全要素)と管理的要因(管理指導の欠かん)を数字で表現しているが、その内容は表-1付表に記述したとおりである。

表-1 付表

(不安全行動)			(不安全要素)			(管理・指導上の欠かん)		
1. 準備点検不足	1. 作業方法の誤解	1. 安全基準、作業心得の教育不十分	2. 作業環境確認不十分	2. 安全知識の不足	2. 作業計画、作業内容の周知不十分	3. 連絡合図不十分	3. 安全基準の軽視	3. 作業方法に関する教育不十分
4. 危険区域への立ち入り	4. 怪談不足	4. 危険予知、ヒヤリハット等の危険防止対策等不十分	5. 作業位置が不適当	5. 注意力中断、不足	5. 不適正配置	6. 機械等の操作の誤り	6. 判断の迷い	6. 作業方法の不備
7. 機械、器具、器材の使用の誤り	7. 判断の迷い	7. 作業指示の不徹底、混乱	8. 保護具を着用しない	8. 習慣	8. 主任指名者等の未配置	9. 危険な状態をつくる	9. 過信	9. 安全対策実施の遅れ
10. 規則無視	10. 作業に熱中	10. 該当なし	11. あやまった動作	11. 作業ペース不安定	11. 危険標識不備	12. 他人の不安全行動	12. なし	

表-1 重大災害の概要

局	専	年	今	発生年	発生月	発生日	発生時刻	作業場所	作業区分	単位作業	使用器具	起因物	加害物	被害物	起因物の状態	不安全行動	不安全要素	管理指導の欠かん	事故の型
1 青森	乙供	54	57	5	6	13.40	伐採地	架設	架設材	荷かけ、運搬	なし	丸	丸	丸	不安定	2.5.10	3.9	1.4	架設、落下
2 青森	肥後	53	57	6	9	9.10	伐採地	架設	架設材	荷かけ、運搬	なし	丸	丸	丸	不安定	3.10	3.5.8	1	架設、落下
3 青森	千頭	44	57	8	6	10.00	林道	架設	架設材	運搬	なし	丸	丸	丸	不安定	1.2.3	6	1.4	架設、落下
4 旭川	明日	43	57	10	1	10.57	作業道	架設	架設材	運搬	なし	丸	丸	丸	不安定	1.2.3.5.3		1.4.5.11	架設、落下
5 秋田	和田	55	57	10	28	10.50	天然林	架設	架設材	運搬	なし	丸	丸	丸	不安定	2	12	4	架設、落下
6 秋田	酒田	52	57	11	29	9.58	天然林	架設	架設材	運搬	なし	丸	丸	丸	不安定	2.8	6	3	架設、落下
7 秋田	延岡	48	57	12	13	8.40	丸太上	架設	架設材	運搬	なし	丸	丸	丸	不安定	2.4	9	4	架設、落下
8 北見	生田原	50	57	12	25	11.15	伐採地	架設	架設材	運搬	なし	丸	丸	丸	不安定	5.10	3.8	1.4	架設、落下
9 北見	久々野	57	58	1	20	15.05	人工林	架設	架設材	運搬	なし	丸	丸	丸	不安定	9.10	3.9	1.4.8	架設、落下
10 北見	庄川	58	58	2	3	15.15	伐採地	架設	架設材	運搬	なし	丸	丸	丸	不安定	2.4.5.10	3.5.8	1.4	架設、落下
11 北見	蔵原	50	58	3	14	15.45	伐採地	架設	架設材	運搬	なし	丸	丸	丸	不安定	2.5	2.10	3.9	架設、落下
12 北見	上松運輸	58	58	3	15	14.25	貯木場	架設	架設材	運搬	なし	丸	丸	丸	不安定	3.5.11	2.4.9	3.4	架設、落下
13 青森	千頭	48	58	3	26	11.00	林道	架設	架設材	運搬	なし	丸	丸	丸	不安定	1.2.3	9	4	架設、落下
14 秋田	早口	49	58	4	13	10.20	天然林	架設	架設材	運搬	なし	丸	丸	丸	不安定	3.4.5.10.12	3.8	1.4	架設、落下
15 長門	上松	52	58	6	27	15.15	天然林	架設	架設材	運搬	なし	丸	丸	丸	不安定	1.2.5	7	4	架設、落下
16 前橋	水上	45	58	7	27	18.55	一般道	架設	架設材	運搬	なし	丸	丸	丸	不安定	1.2.4	9.10	2.5	架設、落下
17 前橋	今市	54	58	9	8	13.25	天然林	架設	架設材	運搬	なし	丸	丸	丸	不安定	1.2.5.12	3.8.9	1.4.5	架設、落下
18 前橋	付知	48	58	10	7	15.40	人工林	架設	架設材	運搬	なし	丸	丸	丸	不安定	1.2	6	4.7.8	架設、落下
19 前橋	原町	20	59	2	13	12.05	林道	架設	架設材	運搬	なし	丸	丸	丸	不安定	1.2.12	7	4.5	架設、落下
20 秋田	大館	49	59	2	17	11.00	人工林	架設	架設材	運搬	なし	丸	丸	丸	不安定	1.2.5.10	3.9	4.7.8.11	架設、落下
21 北見	雄別	40	59	3	1	11.25	天然林	架設	架設材	運搬	なし	丸	丸	丸	不安定	2.5	6	4	架設、落下
22 北見	白滝	54	59	4	18	14.10	山土場	架設	架設材	運搬	なし	丸	丸	丸	不安定	2.3.4.5.10	3.5.6.9	1.4.6	架設、落下
23 青森	付知	49	59	4	26	14.42	伐採地	架設	架設材	運搬	なし	丸	丸	丸	不安定	3.12	5	1.4	架設、落下
24 青森	佐伯	49	59	6	21	10.32	天然林	架設	架設材	運搬	なし	丸	丸	丸	不安定	1.2.10.11	3.6	7.8	架設、落下
25 青森	飯田	49	59	9	7	13.35	伐採地	架設	架設材	運搬	なし	丸	丸	丸	不安定	2.5	5	4.9	架設、落下
26 大館	野山	40	59	9	27	10.50	伐採地	架設	架設材	運搬	なし	丸	丸	丸	不安定	2.3.4.10	3.6	1.11	架設、落下
27 青森	野尻	52	59	11	2	13.20	架設材	架設	架設材	運搬	なし	丸	丸	丸	不安定	2.3.5.7.10	3.8	1.4.6	架設、落下
28 青森	秋父	57	59	11	9	11.10	歩道	架設	架設材	運搬	なし	丸	丸	丸	不安定	2.5.6.11	1.5	4.6	架設、落下
29 青森	水沢	59	60	1	12	12.38	人工林	架設	架設材	運搬	なし	丸	丸	丸	不安定	4.5.10	2.11	1.4.5	架設、落下
30 青森	秋田	49	60	2	10	11.00	林道	架設	架設材	運搬	なし	丸	丸	丸	不安定	2.6.10	3.7	1.4.5.7	架設、落下
31 北見	生田原	49	60	2	23	7.15	一般道	架設	架設材	運搬	なし	丸	丸	丸	不安定	3.12	5.8	4.7	架設、落下



## 2. 重大災害の実態

### 2-1. 重大災害の基本的特性

57～59年度の重大災害の基本的特性を31件のデータについて検討してみる。分析結果の主な点を示すと以下のとおりである。

#### 2-1-1 被害者の属性等の分析

##### 1) 年 令

45～49歳、50～54歳、55歳～の順に発生件数が多い。作業区分とのクロス集計では、架空線集材～50～54歳の5件をトップに、伐倒、道路維持～45～49歳、伐倒～55歳～の件数が多くなっている（表-2）

表-2 作業区分と年齢

作業区分 \ 年齢	40未満	40～44	45～49	50～54	55～	計
伐 倒	0	1	3	2	3	9
造 材	0	0	0	1	0	1
築 設	0	0	2	0	0	2
架空線集材	0	0	0	5	1	6
トラクタ集材	0	1	0	0	0	1
巻 立 て	0	0	0	0	1	1
除 伐	0	0	1	0	0	1
収獲調査	0	0	0	1	0	1
道路作設	0	1	0	0	0	1
道路維持	0	1	3	0	1	5
小屋作設	0	0	1	0	0	1
除雪作業	0	0	1	0	0	1
機械移動	1	0	0	0	0	1
計	1	4	11	9	6	31

##### 2) 月別発生傾向

2.3月に発生件数が多いのが特徴的である。作業区分との関係では、顕著な差は認められない（表-3）。

表-3 作業区分と発生月

作業区分 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
伐 倒	2	1	1	1	0	2	0	0	1	1	0	0	9
造 材	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
築 設	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2
架空線集材	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	6
トラクタ集材	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
巻 立 て	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
除 伐	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
収獲調査	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
道路作設	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
道路維持	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	5
小屋作設	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
除雪作業	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
機械移動	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
計	2	5	4	3	1	3	1	1	3	3	3	2	31

##### 3) 時間変動

午前10・11時台、午後13～15時台で頻度が高くなっている。これを時間帯にしてみると午前後半と午後前半で約84%を占めている（表-4）。

表-4 作業区分と発生時間

作業区分 \ 時間	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	計
伐 倒	0	0	0	3	2	1	1	0	2	0	0	0	9
造 材	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
築 設	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2
架空線集材	0	0	1	0	1	0	2	1	1	0	0	0	6
トラクタ集材	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
巻 立 て	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
除 伐	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
収獲調査	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
道路作設	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
道路維持	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	1	5
小屋作設	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
除雪作業	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
機械移動	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
計	1	1	2	6	6	2	4	3	5	0	0	1	31



#### 4) 週日變動

木曜日、金曜日、月曜日の順になっており、この3週日で発生件数の68%を占めている（表-5）。

表-5 作業区分と発生曜日

作業区分 曜日	日	月	火	水	木	金	土	計
伐倒	0	1	0	1	5	1	1	9
造材	0	1	0	0	0	0	0	1
露設	0	0	0	0	1	1	0	2
中空線敷材	0	0	0	2	2	1	1	6
トラクタ 実	0	0	0	0	1	0	0	1
巻立て	0	0	1	0	0	0	0	1
除伐	0	0	0	0	0	1	0	1
収獲調査	0	1	0	0	0	0	0	1
道路作設	0	0	0	0	0	1	0	1
道路維持	1	0	0	1	0	2	1	5
小屋作設	0	1	0	0	0	0	0	1
除雪作業	0	0	0	0	0	0	1	1
機械移動	0	1	0	0	0	0	0	1
計	1	5	1	5	9	7	4	31

2-1-2. 作業, 発生場所, 起因物

1) 災害発生場所

林業労働の特性から、伐採地、天然林、林道・作業道、人工林の順に頻度が高くなっている。作業区分と場所の関係では、天然林での伐倒の災害件数が際立っており、そのほか、伐採地における架空線集材、林道・作業道での道路作設などの発生件数が多い(表-6)。

表-6 作業区分と発生場所

作業場所 の名称	天然林	人工林	伐採地	公道	林道・ 作業道	歩道	山元土場	貯木場	集材橋 など	丸太上	計
伐倒	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	9
造材	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
薪伐	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
航空集材	0	0	4	0	0	0	1	0	1	0	6
トラクタ 集材	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
セーター	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
薪伐	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
環境調査	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
道路作設	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
道路維持	0	0	0	1	3	1	0	0	0	0	5
小量作設	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
除雪作業	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
環境移計	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
計	7	4	8	2	5	1	1	1	1	1	31

## 2) 単位作業

伐倒退避、荷かけ退避、移動、運転の頻度が高い。作業区分と単位作業の関係では、伐倒での伐倒退避、架空線集材での荷かけ退避、道路維持での運転等の件数が多い(表-7)。

表-7 作業区分と単位作業

単 位 区 分	作業	直口切り	玉切り	かかり水 用ポンプ 引出し	ワイヤロ ー引出し	伐倒退避	荷掛け 退避	荷卸し 退避	信号・跳 車	従 横	点 検	移 動	運 転	同 乗	極印打ち	監 督	計
伐 倒	2	0	2	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
進 材	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
戻 材	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
四角鋼束材	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	6
トラクタ 集 材	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
巻 立 て	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
除 伐	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
収横調査	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
道路作役	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
道路維持	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0	5
小量作役	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
除雪作業	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
機械移動	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
計	2	1	2	1	5	5	1	1	1	1	1	4	4	1	1	1	31

### 3) 起因物

起因物とは、災害発生のメカニズムにおいて、不安全な状態にあったものをいう。分析結果は、伐倒木、丸太、林地、トラクタショベルに起因する災害が多いことを示している。作業区分と起因物との関係では、伐倒－伐倒木、架空線集材－丸太の頻度が高い。また、単位作業との関係では、伐倒退避－伐倒木、かかり木処理－かかり木、荷かけ退避－丸太、運転－トラクタショベルの組合せで災害件数が多くなっている（表－8、表－9）。



表-8 作業区分と起因物

起因物 作業区分	トラクタ	トラクタ ショベル	集材機 ドラム	ケーブル クレーン	立木	かかり木	枯損木	伐倒木	集材木	丸太	樫	未木枝葉	つる	林地	道路	風	水	計
伐倒	0	0	0	0	1	2	0	4	0	0	0	0	1	0	0	1	0	9
造材	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
架設	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
架空線集材	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	1	0	0	0	6
トラクタ集材	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
巻立て	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
除伐	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
収獲調査	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
道路作設	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
道路維持	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	5
小屋作設	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
除雪作業	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
機械移動	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
計	1	3	1	1	1	2	1	5	1	4	1	1	1	4	2	1	1	31

表-9 単位作業と起因物

起因物 作業区分	トラクタ	トラクタ ショベル	集材機 ドラム	ケーブル クレーン	立木	かかり木	枯損木	伐倒木	集材木	丸太	樫	未木枝葉	つる	林地	道路	風	水	計
道口切り	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
玉切り	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
かかり木 処理	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
ワイヤロー プ引出し	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
伐倒運搬	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	5
荷掛け運搬	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	1	0	1	0	0	0	5
荷卸し運搬	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
積高・積高	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
樫 積	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
点検	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
移動	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	4
運転	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4
間伐	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
橋脚打ち	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
監督	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
計	1	3	1	1	1	2	1	5	1	4	1	1	1	4	2	1	1	31

## 4) 起因物の状態

「接触しやすい」、「不安定」が圧倒的に多く、その中でも、伐倒木-接触しやすい、丸太-接触しやすい、林地-滑りやすいなどの頻度が高くなっている(表-10)。

表-10 起因物と起因物の状態

起因物 状態	滑りやすい	不安定	接触している	接触しやすい	見通しが悪い	作業速度不適	安全装置不備	その他	計
トラクタ	0	1	0	0	0	0	0	0	1
トラクタ ショベル	0	1	0	0	1	1	0	0	3
集材機 ドラム	0	0	0	1	0	0	0	0	1
ケーブル クレーン	0	0	0	0	0	0	1	0	1
立木	0	0	0	1	0	0	0	0	1
かかり木	0	1	1	0	0	0	0	0	2
枯損木	0	1	0	0	0	0	0	0	1
伐倒木	0	1	0	4	0	0	0	0	5
集材木	0	0	0	1	0	0	0	0	1
丸太	1	1	0	2	0	0	0	0	4
樫	0	1	0	0	0	0	0	0	1
未木枝葉	0	0	0	1	0	0	0	0	1
つる	0	0	1	0	0	0	0	0	1
林地	2	1	0	1	0	0	0	0	4
道路	1	0	0	0	0	0	0	1	2
風	0	0	0	1	0	0	0	0	1
水	0	0	0	0	0	1	0	0	1
計	4	8	2	12	1	2	1	1	31

## 2-1-3. 不安全行動・要素, 管理的要因

## 1) 不安全行動

災害の要因となった不安全行動を複数個選んでいるので(マルチアンサー), 全体の比率は100%を越えている。全体的な傾向としては, ①作業環境確認不十分, ②作業位置が不適当, ③規則無視の比率が高く, ④連絡合図不十分, ⑤準備点検不足が続いている。全体の中で件数の多い伐倒, 架空線集材, 道路維持の比率が高いのは当然であるが, その中でも, 伐倒-①, ②, ③, ⑤, 架空線集材-③, ②, ①, ④, 道路維持-①, ⑤の比率が高く, 作業区分によって不安全行動の特徴が異なっている(図-1)。

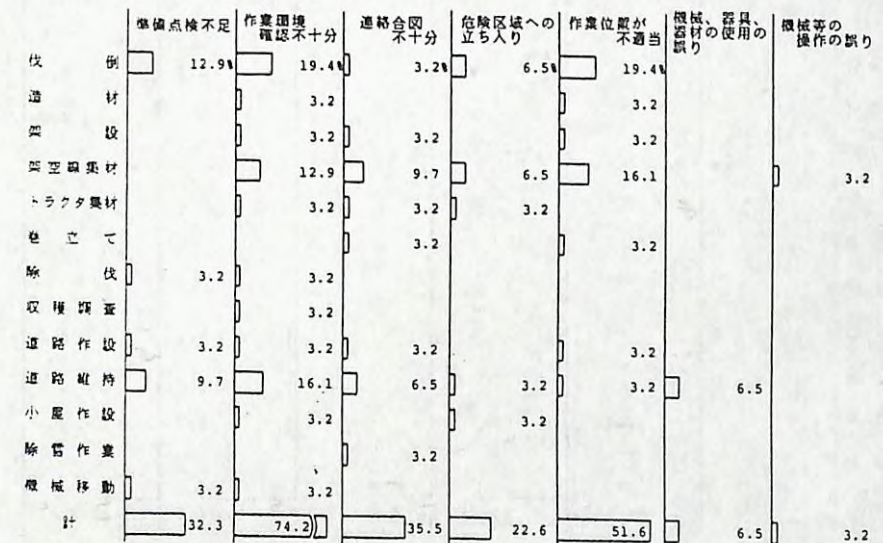


図-1 作業区分と不安全行動 (No.1)



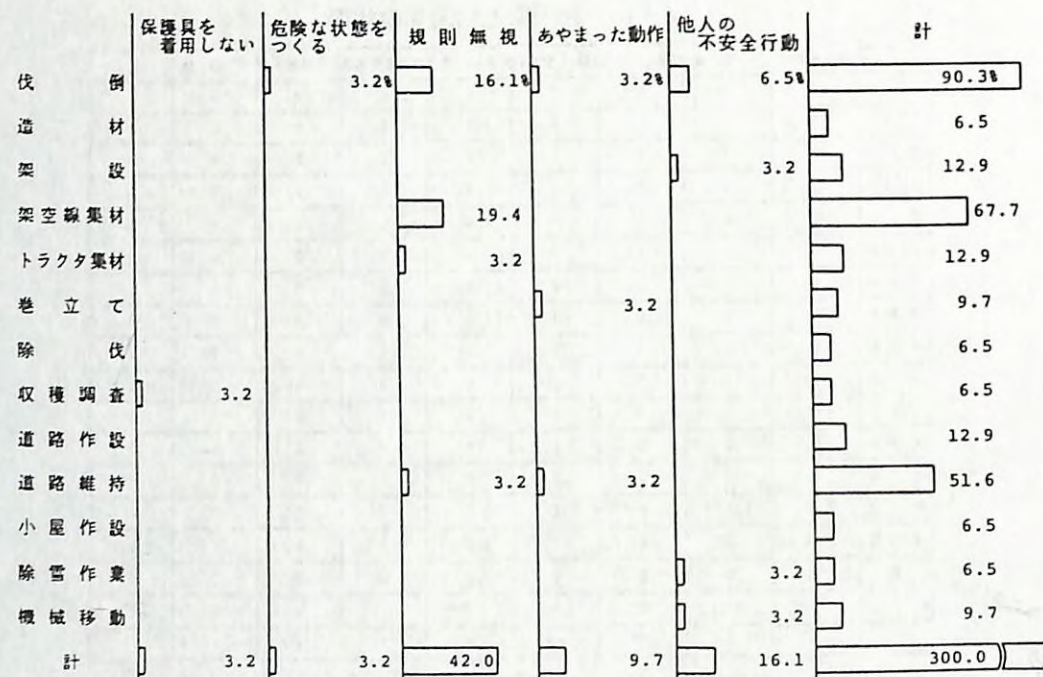


図-1 作業区分と不安全行動 (No.2)

## 2) 不安全要素

不安全行動のさらに原因となると思われる要因(人的要因)を不安全要素として示す。

安全基準の軽視、過信について、注意力中断・不足、誤判断、習慣が続いている(図-2)。

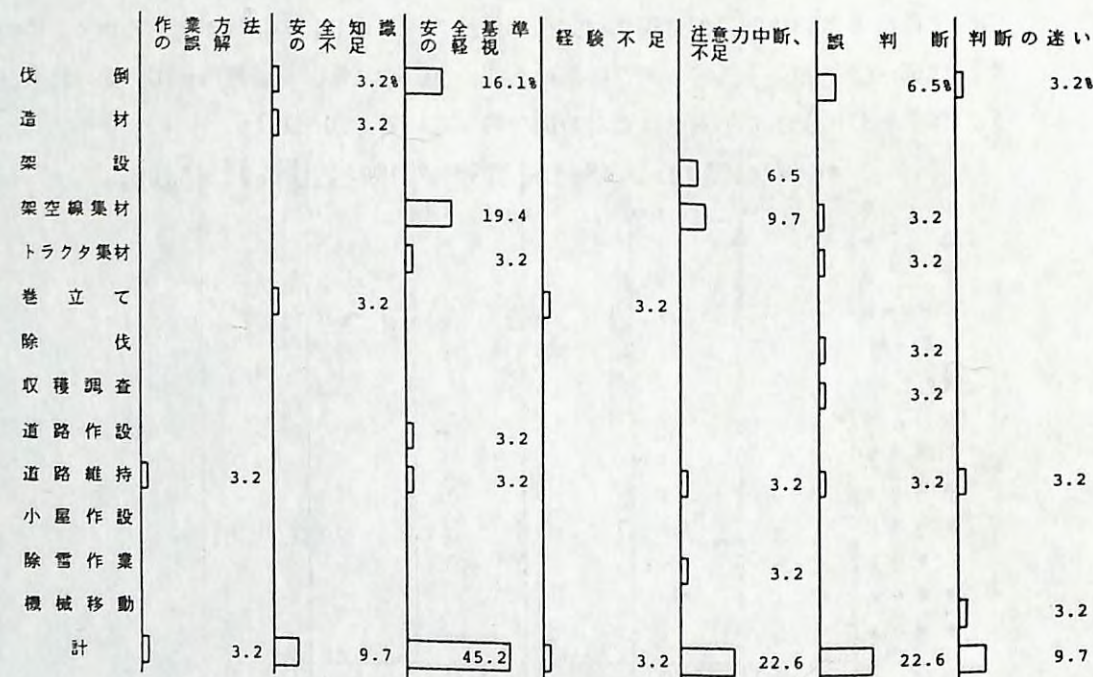


図-2 作業区分と不安全要素 (No.1)

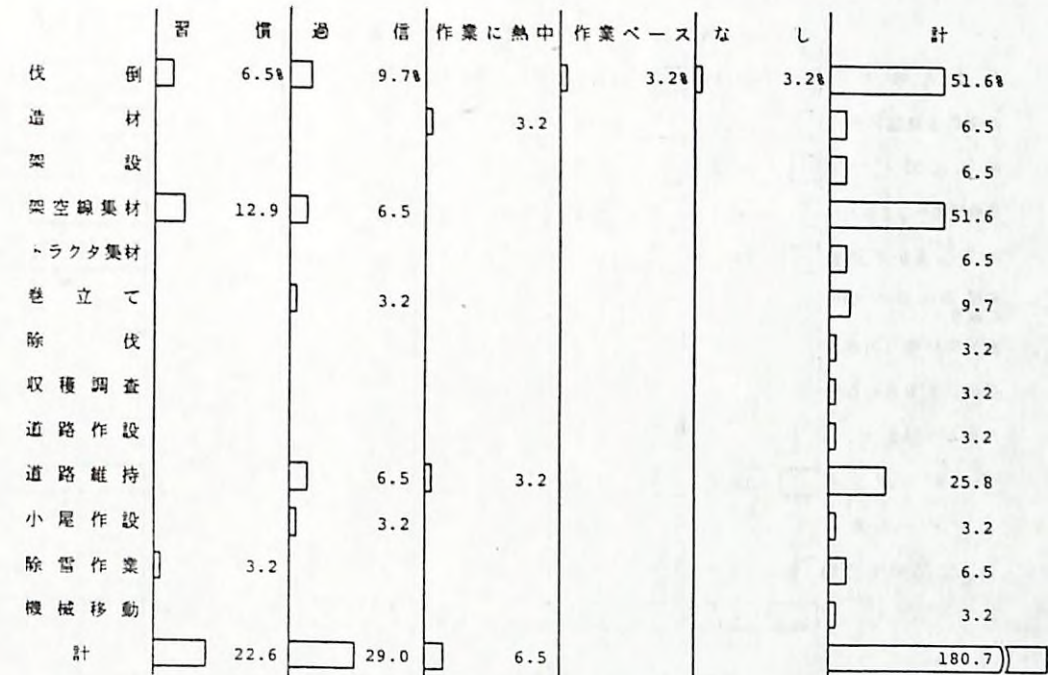


図-3 作業区分と不安全要素 (No.2)

## 3) 不安全行動と不安全要素

①安全基準の軽視-①規則無視, ①-⑩作業環境確認不十分, ①-⑩作業位置が不適当の比率が高く、災害件数の30~40%がこの組合せに該当している。そのほか、②誤判断-⑩, ③過信-⑩の頻度が高く、①-⑩連絡合図不十分, ④習慣-⑩, ④-①, ⑤過信-⑩なども見のがせない(図-3)。

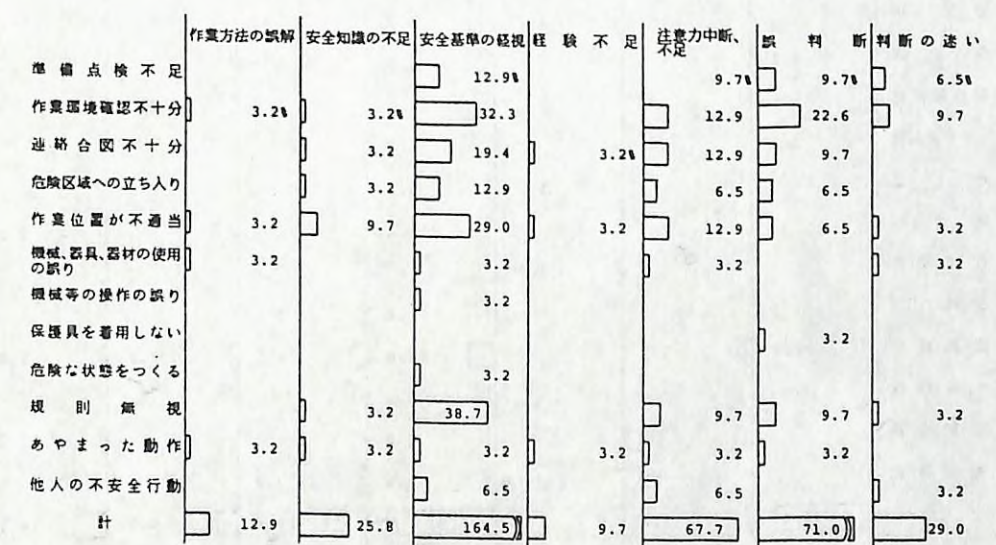


図-3 不安全行動と不安全要素 (No.1)



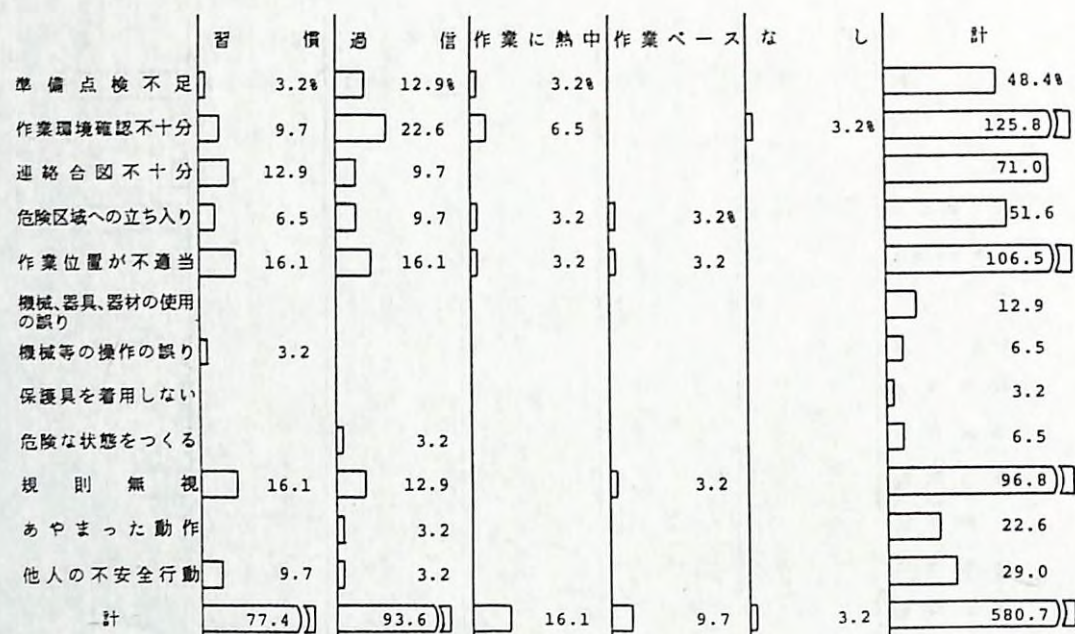


図-3 不安全行動と不安全要素 (No. 2)

#### 4) 管理的要因

①危険予知、ヒヤリハット等の危険防止対策不十分が災害件数の80%、②安全基準、作業心得の教育不十分が約50%を示しており、管理的要因はこの2つにつけるように思われる(図-4)。

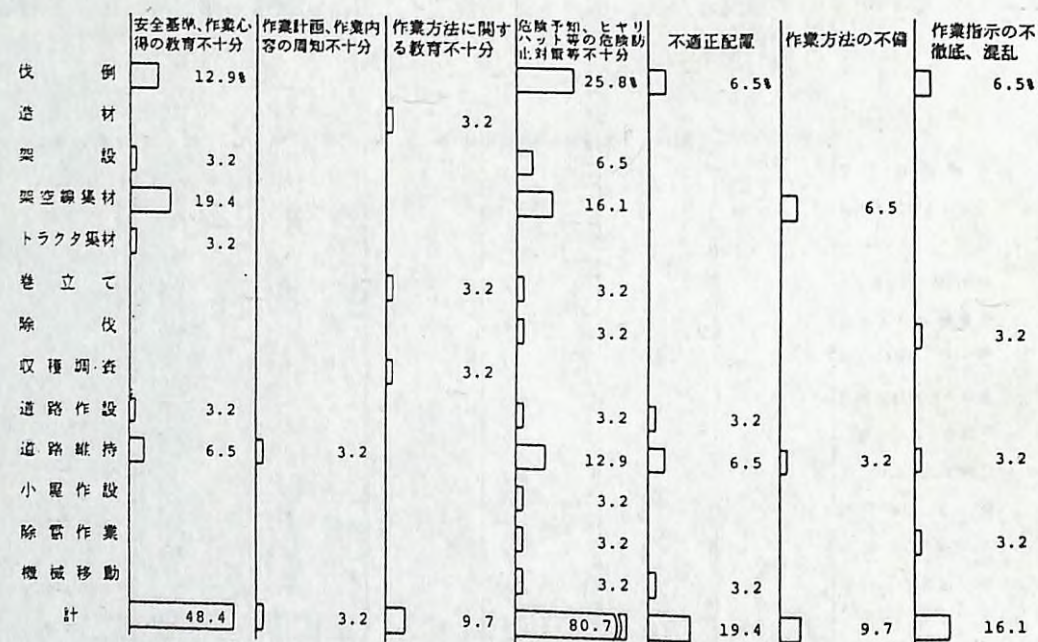


図-4 作業区分と管理的要因 (No. 1)

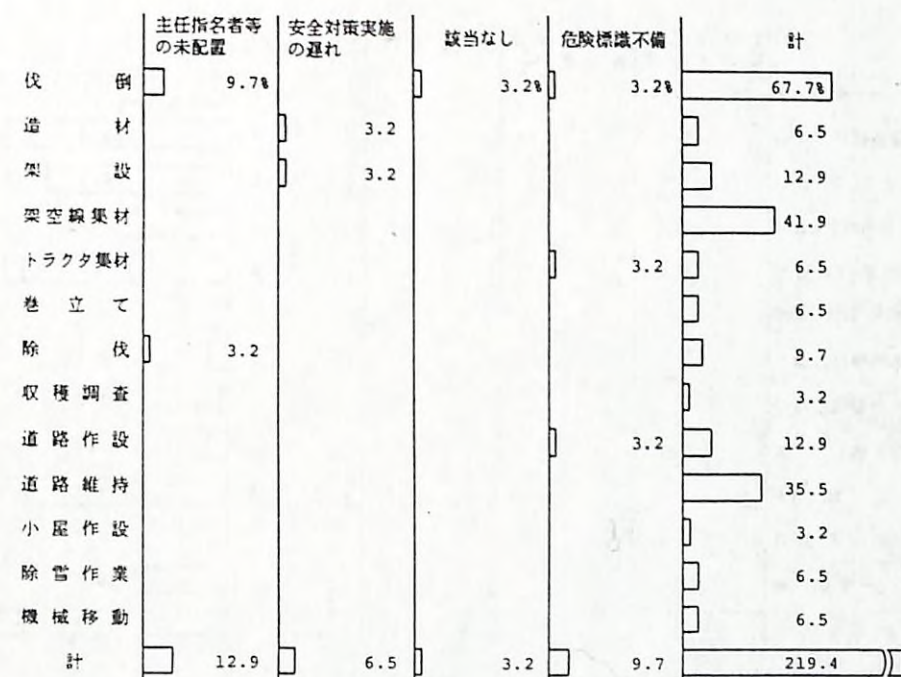


図-5 作業区分と管理的要因 (No. 2)

特に、①は①作業環境確認不十分、②作業位置が不適当と関係が深いようであり、そのほか③規則無視、④連絡合図不十分、⑤準備点検不足が続いている。また⑥は、③、①、④、⑤と関連が大きい(図-5)。

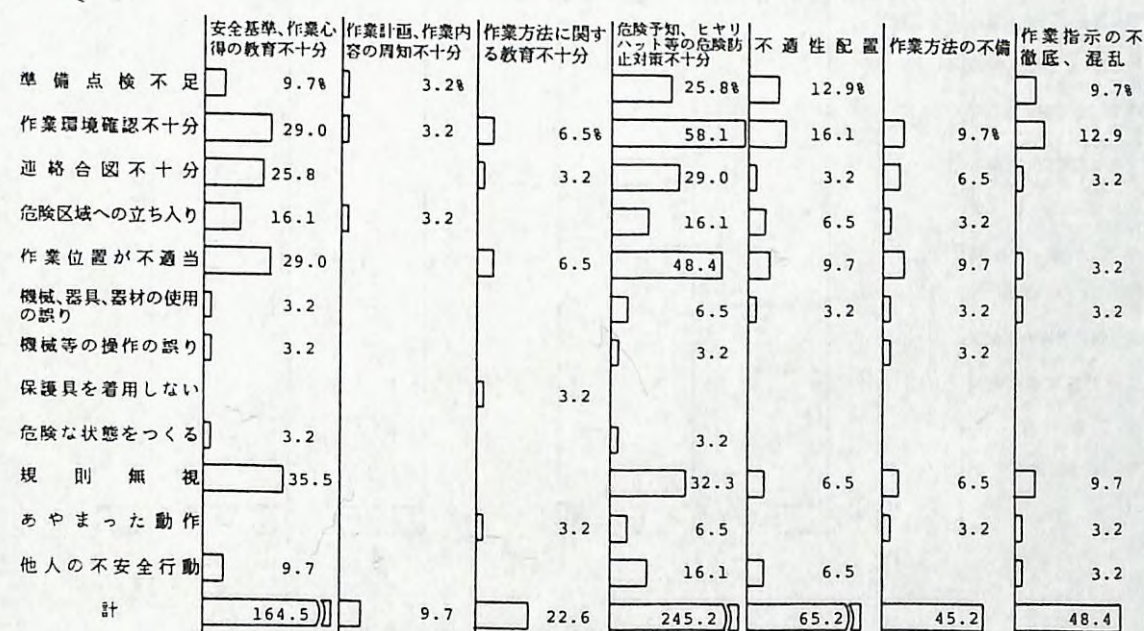


図-5 不安全行動と管理的要因 (No. 1)



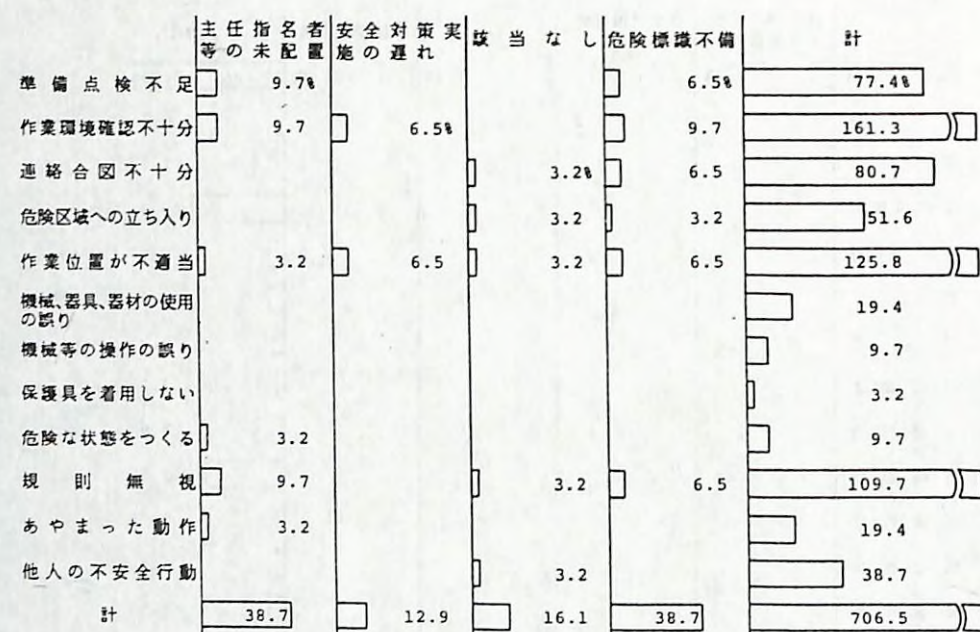


図-5 不安全行動と管理的要因 (No.2)

さらに、不安全要素との関係でみると、①、②とも安全基準の軽視だけでなく、過信、習慣や注意力中断・不足、誤判断等にも影響するところが大きいように思われる (図-6)。

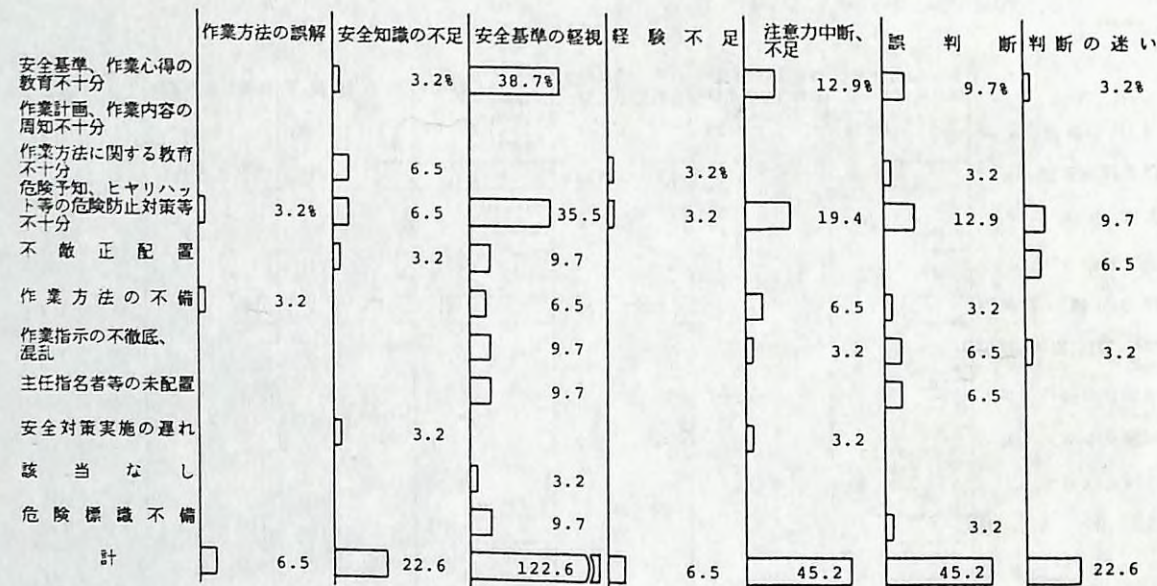


図-6 管理的要因と不安全要素 (No.1)

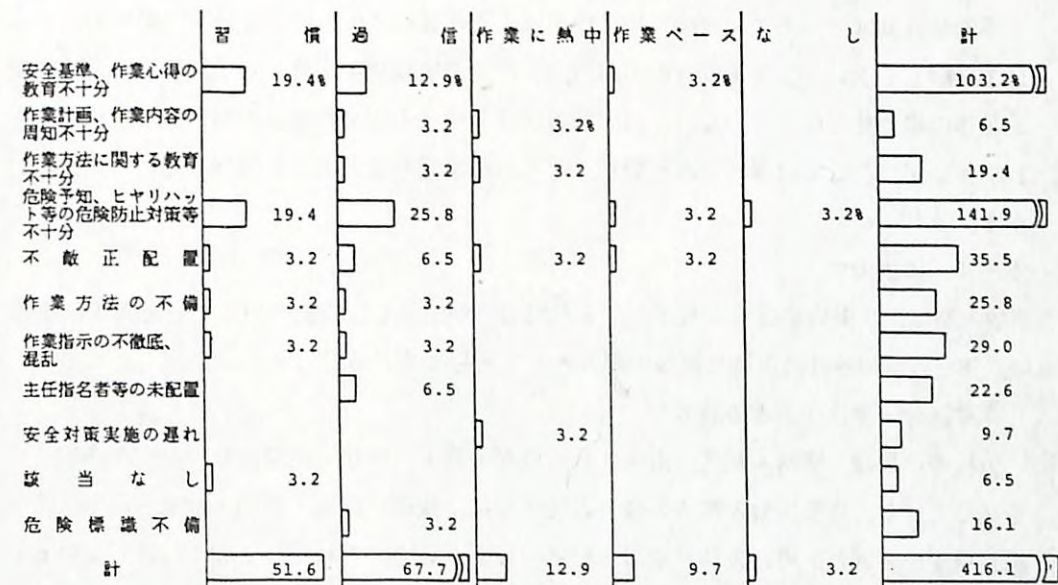


図-6 管理的要因と不安全要素 (No.2)

### 5) 起因物の状態と不安全行動

表-11は起因物の状態と不安全行動のクロス表である。一般に災害発生メカニズムは、人と物との関係において生ずる現象として把握されるが、ここでは、人的要因としての不安全行動と物的要因としての起因物の状態 (不安全状態) のかわりかで重大災害を検討してみる。

表-11 起因物の状態と不安全行動

不安全行動 起因物の状態	準備点検不足	作業環境確認不十分	連絡合図不十分	危険区域への立ち入り	作業位置が不適当	機械、器具、器材の使用の誤り	機械等の操作の誤り	保護具を着用しない	危険な状態をつくる	規則無視	あやまった動作	他人の不安全行動	計
滑りやすい	1	4	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	9
不安定	4	7	3	0	5	1	0	0	0	3	1	0	24
接触している	1	1	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	6
接触しやすい	2	8	5	5	9	0	1	0	0	8	0	2	40
見過しが悪い	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
作業速度不適	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	5
安全装置不備	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
その他	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	4
計	10	23	11	7	16	2	1	1	1	13	3	5	93



不安全行動はマルチアンサのため、数字は災害件数の3倍となっている。頻度の高いのは①接解しやすい①作業位置が不適当、⑩作業環境確認不十分、⑪規則無視、②不安定①⑩等の組合せとなっている。「起因物の状態」や「不安全行動」の判定は主観に左右されやすいが、ここでの事例でみる限り、どちらの要因も重大災害に関与していることがわかる。

#### 2-1-4. 事故の型

事故の型は、「傷病を受けるもととなった起因物が関係した現象をいう」と定義されるように、物と人が組み合わされた接触の現象としてとらえられる。

##### 1) 作業区分、単位作業と事故の型

分析の結果は、墜落・転落、激突され、飛来・落下、崩壊・倒壊の順に災害が多いことを示している。作業区分と事故の型との関係では、伐倒・崩壊・倒壊、飛来・落下、架空線集材・激突され、道路維持・墜落・転落の頻度が高く、これだけで50%に達している(表-12)。また、単位作業との関係では、荷掛け退避・激突され、運転・墜落・転落のほか、かかり木処理・崩壊・倒壊、伐倒退避・飛来・落下、はさまれ・巻きこまれ、移動・墜落・転落の組合せで災害件数が多くなっている(表-13)

表-12 作業区分と事故の型

	墜落・転落	飛来・落下	崩壊・倒壊	激突され	はさまれ、巻きこまれ	おぼれ	計
伐倒	0	3	4	0	2	0	9
造材	0	0	0	1	0	0	1
架設	1	0	0	1	0	0	2
架空線集材	0	1	0	4	1	0	6
トラクタ集材	0	0	0	1	0	0	1
巻立て	0	1	0	0	0	0	1
除伐	0	0	1	0	0	0	1
収穫調査	1	0	0	0	0	0	1
道路作設	0	1	0	0	0	0	1
道路維持	4	0	0	0	0	1	5
小屋作設	1	0	0	0	0	0	1
除雪作業	0	0	0	1	0	0	1
機械移動	1	0	0	0	0	0	1
計	8	6	5	8	3	1	31

表-13 単位作業と事故の型

事故の型	墜落・転落	飛来・落下	崩壊・倒壊	激突され	はさまれ、巻きこまれ	おぼれ	計
追口切り	0	1	1	0	0	0	2
汲切り	0	0	0	1	0	0	1
かかり木処理	0	0	2	0	0	0	2
ワイヤロープ引廻し	1	0	0	0	0	0	1
伐倒退避	0	2	1	0	2	0	5
荷掛け退避	0	1	0	4	0	0	5
荷卸し退避	0	0	0	1	0	0	1
信号・誘導	0	1	0	0	0	0	1
嵯積	0	1	0	0	0	0	1
点検	0	0	0	0	1	0	1
移動	2	0	1	1	0	0	4
運転	3	0	0	0	0	1	4
同乗	1	0	0	0	0	0	1
極印打ち	1	0	0	0	0	0	1
監督	0	0	0	1	0	0	1
計	8	6	5	8	3	1	31

##### 2) 起因物、不安全行動と事故の型

起因物と事故の型との関係はかなり分散している。丸太・激突されのほか表-14のよう

表-14 起因物と事故の型

	墜落・転落	飛来・落下	崩壊・倒壊	激突され	はさまれ、巻きこまれ	おぼれ	計
トラクタ	1	0	0	0	0	0	1
トラクタショベル	2	0	0	1	0	0	3
集材機ドラム	0	0	0	0	1	0	1
ホルバックライン	0	0	0	1	0	0	1
立木	0	1	0	0	0	0	1
かかり木	0	0	2	0	0	0	2
枯損木	0	0	1	0	0	0	1
伐倒木	0	1	1	1	2	0	5
集材木	0	0	0	1	0	0	1
丸太	1	0	0	3	0	0	4
嵯	0	1	0	0	0	0	1
未木枝条	0	0	0	1	0	0	1
つる	0	1	0	0	0	0	1
林地	2	2	0	0	0	0	4
道路	2	0	0	0	0	0	2
風	0	0	1	0	0	0	1
水	0	0	0	0	0	1	1
計	8	6	5	8	3	1	31



になる。不安全行動と事故の型の関係は、①作業環境確認不十分-墜落・転落が際立っているほか、①-①激突され、作業位置が不適当-①、規則無視-①、連絡合図不十分-①等不安全行動と激突されとの相関が高くなっている（表-15）。

表-15 不安全行動と事故の型

	墜落・転落	飛来・落下	崩壊・倒壊	激突され	はさまれ・巻きこまれ	おぼれ	計
準備点検不足	3	2	3	0	1	1	10
作業環境確認不十分	8	3	3	5	3	1	23
連絡合図不十分	2	3	1	4	1	0	11
危険区域への立ち入り	1	1	1	3	0	1	7
作業位置が不適当	2	3	3	5	3	0	16
機械、器具、器材の誤り	2	0	0	0	0	0	2
機械等の操作の誤り	0	0	0	0	1	0	1
保護具を着用しない	1	0	0	0	0	0	1
危険な状態をつくる	0	0	1	0	0	0	1
規則無視	1	3	3	5	1	0	13
あやまった動作	1	2	0	0	0	0	3
他人の不安全行動	1	0	2	2	0	0	5
計	22	17	17	24	10	3	93

ちなみに、起因物と不安全行動との関係をみると、①伐倒木-①作業位置が不適当、①-⑩作業環境確認不十分、②丸太-⑩のほか、②-危険区域への立ち入り、②-①、②-⑩規則無視、林地-⑩等の組合せで災害発生件数が多くなっている（表-16）。

表-16 起因物と不安全行動

	準備点検不足	作業環境確認不十分	連絡合図不十分	危険区域への立ち入り	作業位置が不適当	機械、器具、器材の誤り	機械等の操作の誤り	保護具を着用しない	危険な状態をつくる	規則無視	あやまった動作	他人の不安全行動	計
トラクタ	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
トラクタショベル	1	2	2	0	0	1	0	0	0	1	0	1	8
集材機	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	5
チェーンソー	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
立木	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
かかり木	1	1	0	0	1	0	0	0	1	2	0	0	6
枯損木	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
伐倒木	2	4	0	1	5	0	0	0	0	1	0	1	14
集材木	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	4
丸太	0	4	1	3	3	0	0	0	0	3	0	0	14
柱	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	3
未木枝	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2
つる	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	4
林地	1	3	2	0	2	0	0	1	0	1	0	0	10
道路	1	2	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	7
嵐	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	5
水	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
計	10	23	11	7	16	2	1	1	1	13	3	5	93

不安全行動と起因物と事故の型の関係において、災害発生頻度の高いものから上位5つを選ぶと図-7のようになる。たとえば、事故の型で高い頻度を示す墜落・転落と激突されとでは、前者は種々の起因物とかかわり、後者は種々の不安全行動とかかわりが深いなど、3つの要因の特徴を理解することができる。

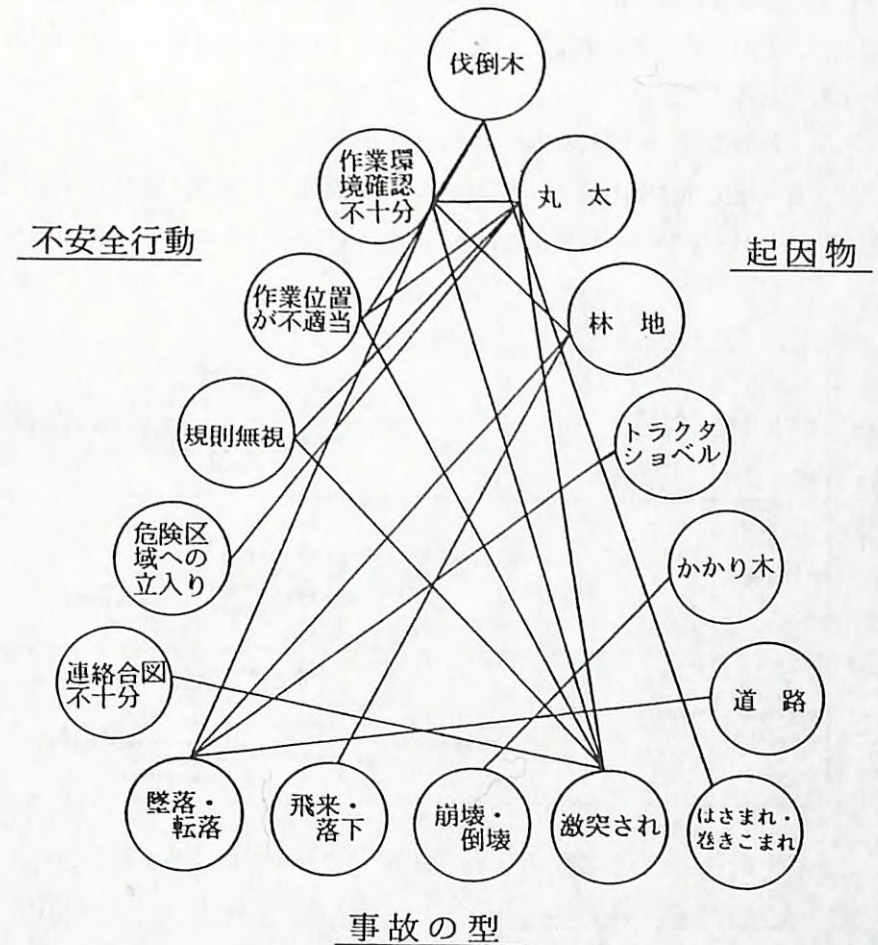


図-7 重大災害における不安全行動、起因物、事故の型の関係

## 2-2 不安全行動、不安全要素、管理的要因からみた重大災害の類型化

労働災害にかかわる要因のうち、大なり、小なりは人的要因が関係するといわれることから、ここでは不安全行動とさらにその原因となるとされる不安全要素や管理的要因の側面から分析する。

災害防止対策を推進する上からも、これらの要因の側面から災害特性を明らかにすることは重要であるが、これらの要因はマルチアンサとしたため、多項目にわたる相互関連の上に成立っていて全体的な理解が容易でない。そこで、ここでは、災害要因項目1つ1つではな



く、多くの要因項目を同時にしかも要因項目相互の関係も考慮に入れて災害のパターンを類型化してみる。

分析の方法は、要因項目の類似性とデータの類似性を同時に描き出すパターン分類の数量化によっている。ここでの要因項目の類似性とは、ある要因項目を持つデータが他のある要因項目を持つ傾向が強いかどうか、つまり、要因項目相互の結びつきの程度を示すものと考えてよい。また、データの類似性とは、あるデータの要因項目の持ち方の似見合の程度をあらわすものと考えてよい。

## 2-2-1 行動要因と管理的要因のパターン分類

すでに表-1で述べた不安全行動12項目、不安全要素12項目、管理・指導上の欠陥11項目を使い、パターン分類の数量化を行った結果を図-8、9に示す。これらは項目同志の結

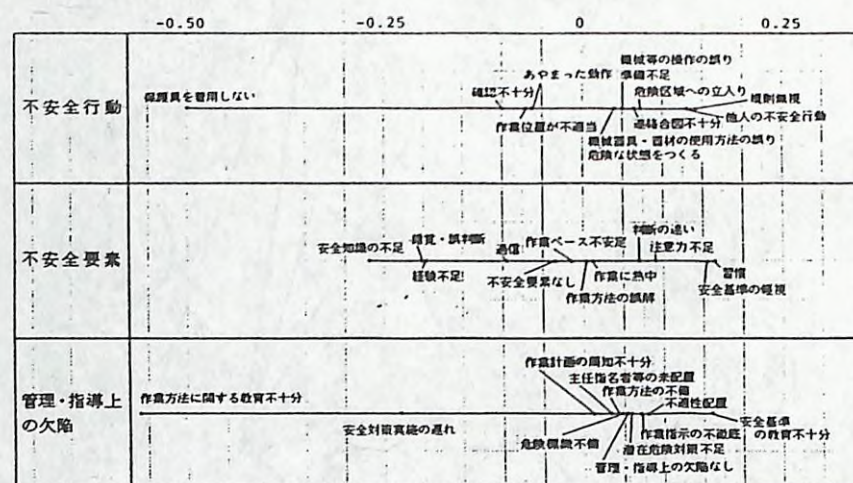


図-8 行動要因と管理的要因のパターン分類（第1軸）

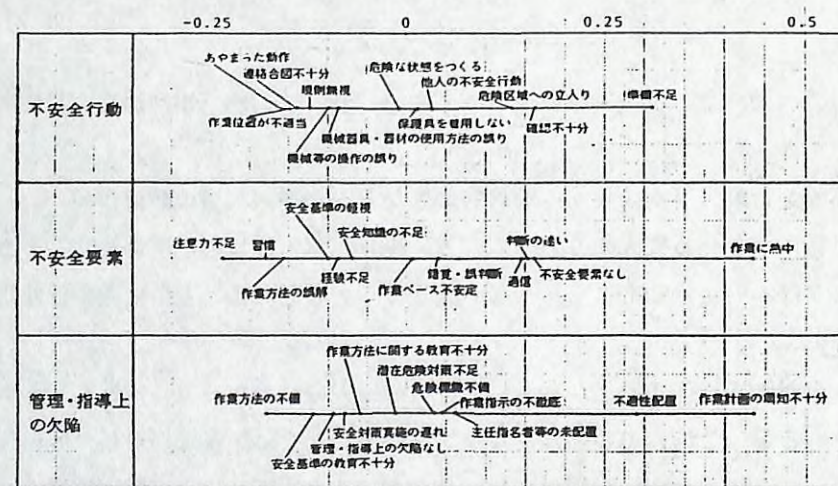


図-9 行動要因と管理的要因のパターン分類（第2軸）

びつき具合を示すものである。ここでは2次元（2軸）について求めているが、第1軸は項目同志の結びつきがいちばん強いものであり、第2軸が2番目に結びつきの強いものである。

まず、第1軸について項目の結びつき具合から、軸の意味を読みとると、それぞれの要因は次のように理解することができる。

### <不安全行動>

+側…規則無視、他人の不安全行動、危険区域への立ち入り～慣れに基づく行動、規則に基づく行動（慣れ・規則行動）

-側…保護具を着用しない、確認不十分、作業位置が不適当～知識・経験に基づく行動（知識行動）

### <不安全要素>

+側…習慣、安全基準の軽視、注意力不足～習慣・基準軽視

-側…安全知識の不足、錯覚・誤判断、経験不足～知識・経験不足

### <管理・指導上の欠陥>

+側…安全基準の教育不十分、不適正配置、作業指導の不徹底～安全教育不十分

-側…作業方法に関する教育不十分、安全対策実施の遅れ～作業方法教育不十分

このような軸の意味づけには、明確さを欠く部分もなくはないが、第1軸はつぎのように要約できる。

	(-)	(+)
不安全行動	知識行動	慣れ・規則行動
不安全要素	知識、経験不足	習慣・基準無視
管理・指導上の欠陥	作業方法教育	安全教育

つまり、行動要因と管理的要因から重大災害のパターン分類を行ってみると、まず、不安全行動は<知識行動型>と<慣れ、規則行動型>に分かれる。そして、前者は不安全要素と管理・指導において<知識・経験不足><作業方法教育不足>と連動しており、後者はそれぞれ<習慣・基準無視>と<安全教育不足>と関係が深いことがわかる。

同様に第2軸について、図-9をみながら軸の意味の解釈をすると次のようになる。

	(-)	(+)
不安全行動	動作・操作不適	準備・確認不足
不安全要素	知識・技能要因	心理的要因
管理・指導上の欠陥	教育・管理不十分	指揮・命令不備

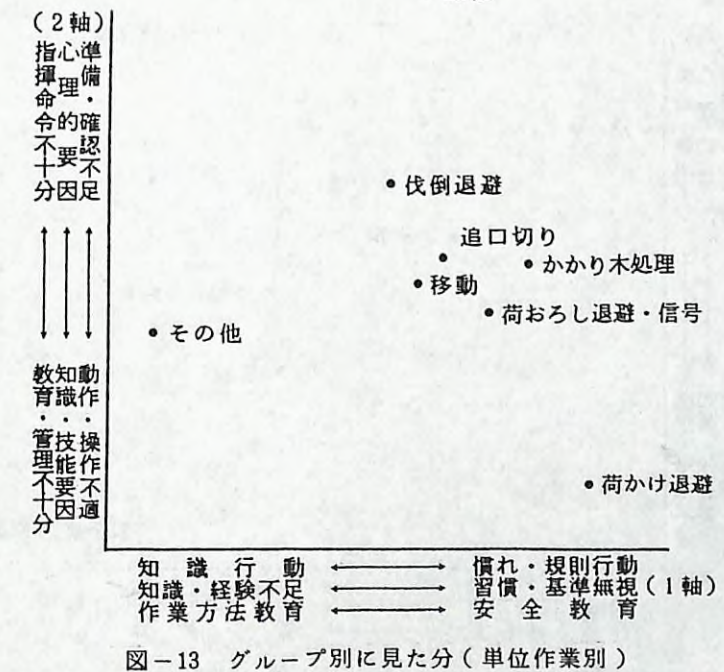
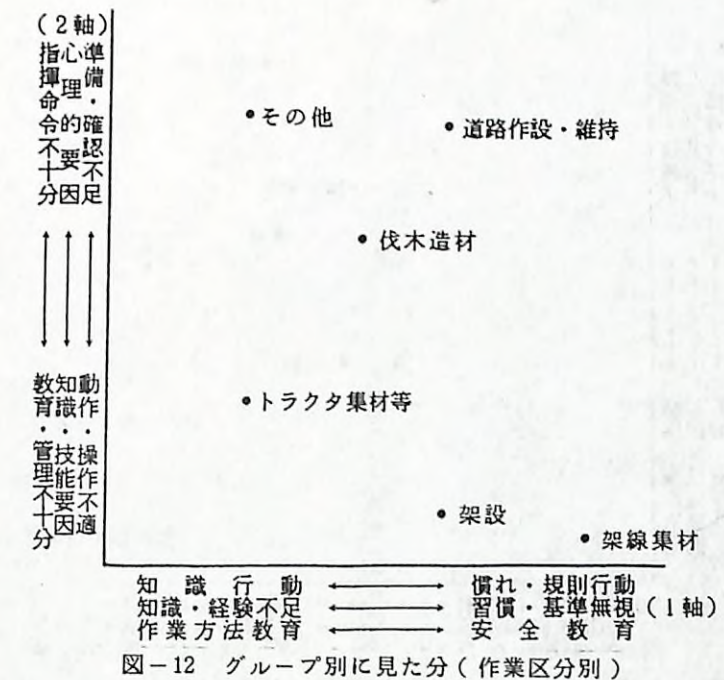
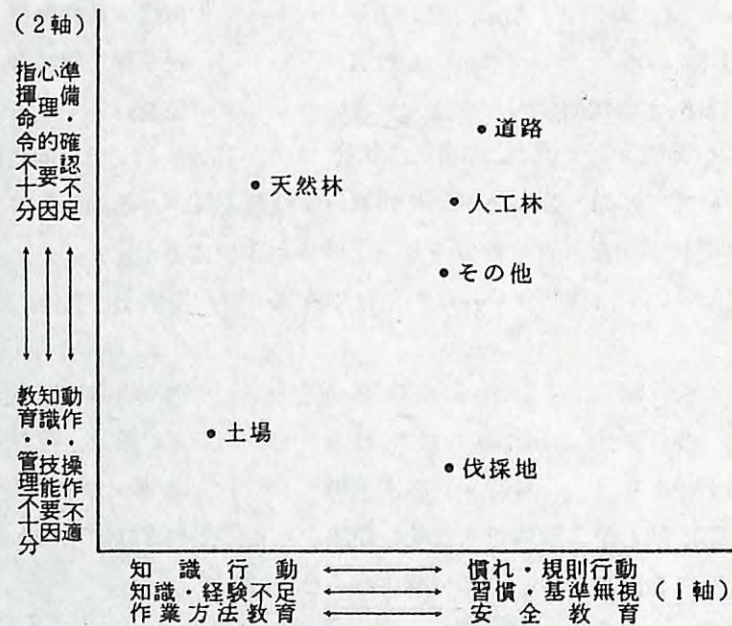
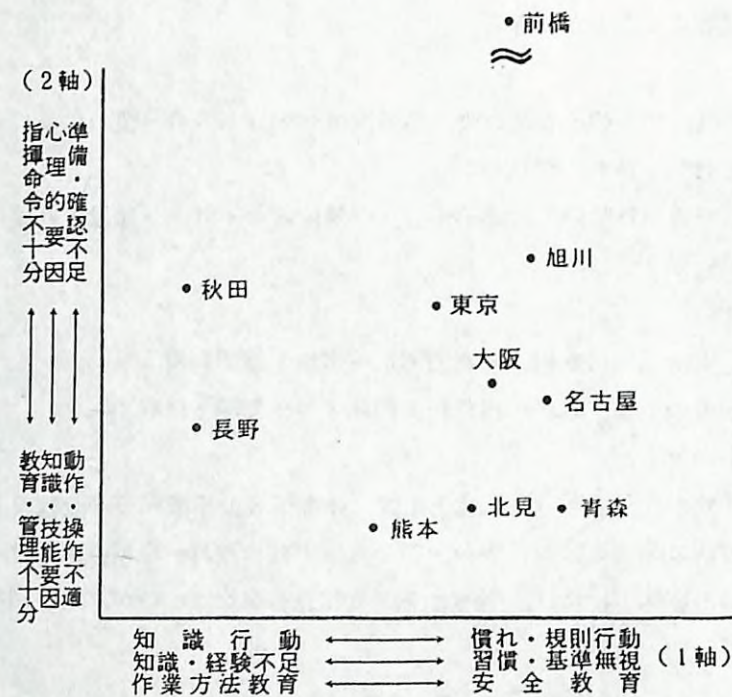
このように、第1軸と第2軸の意味づけを理解すると、それぞれの軸を正負に2分割し、その組合せによって要因項目を4つに分割することができる。

## 2-2-2 災害データのパターン分類

この分析では、災害データの1件1件にも、すでに述べた第1軸と第2軸に対応する2つ



の数値が与えられている。この数値の意味づけは、上の意味づけに対応するものと考えてよい。このように災害データ1件1件の数値を、グループ別に平均値を算出し図示したのが図-10～図-16である。





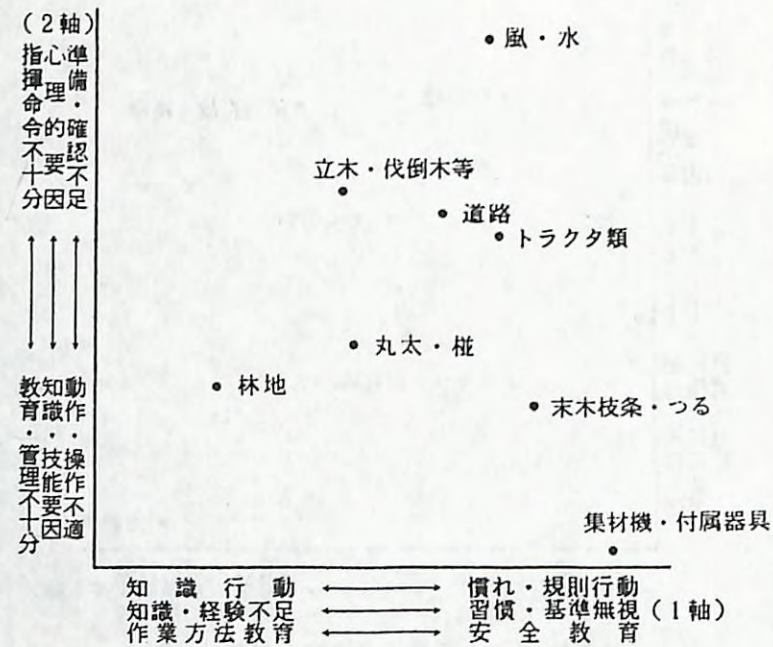


図-14 グループ別に見た分（起因物別）

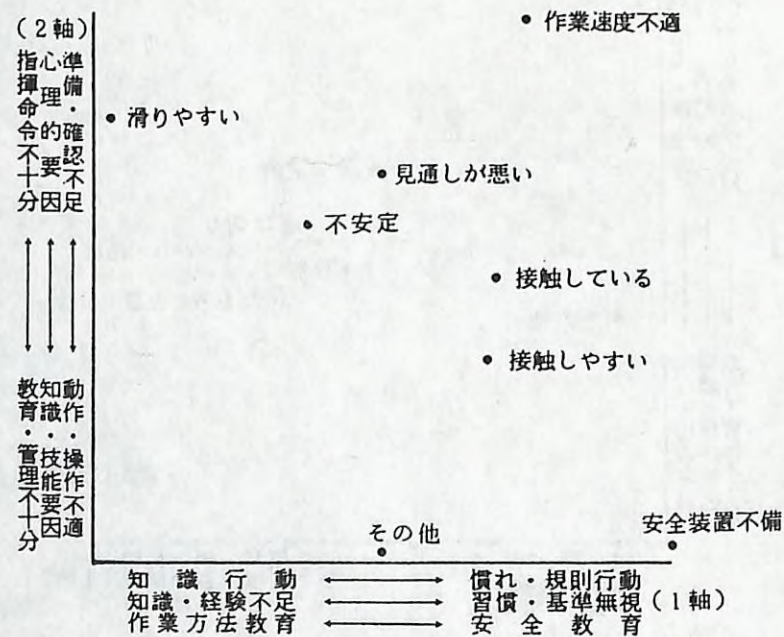


図-15 グループ別に見た分（起因物の状態別）

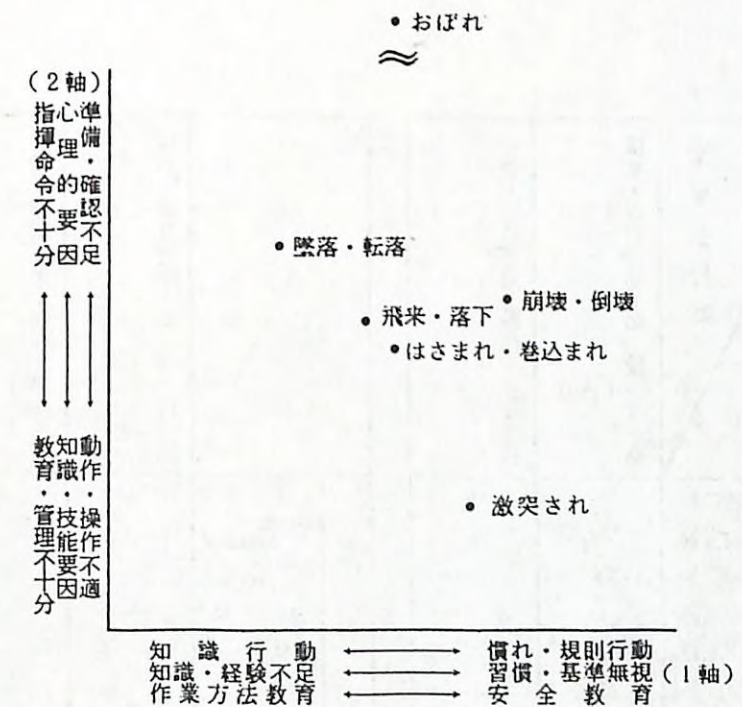


図-16 グループ別に見た分（事故の型別）

ここでのグループ別とは、営林（支）局，作業場所，作業区分，単位作業，起因物，起因物の状態，事故の型別をさすが，それぞれのグループ毎に2つの軸の意味づけを対応させて，相対的な比較を行うことができる。

2-2-1で抽出された次元（第1軸，第2軸）を使って，グループ別の要約をすると図-17のようになる。なお，第1軸と第2軸の意味づけは不安全行動だけで示しているが，その詳細は既に述べたとおりである。++，--は「かなり」，+，-は「やや」を示している。

不安全行動，不安全要素，管理的要因は災害の人的要素として極めて重要なものである。これらの図を相対的に比較することによって，災害のグループ別特徴を読みとることができるし，その対応策は当然安全対策につなげる必要がある。



区分	不安全行動	慣れ・規則行動—知識行動 (十)	準備・確認不足—動作・操作不適 (十)
		(一)	(一)
作業場所	天然林	—	+
	人工林	+	+
	伐採地	+	—
	道路	+	+
	土場	—	—
作業区分	その他	+	+
	伐木造材	—	+
	架線集材	+	—
	トラクタ集材	+	—
	道路作設維持	+	+
単位作業	その他	—	+
	追口切り	+	+
	かかり木処理	+	+
	伐倒退避	—	+
	荷掛け退避	+	—
事故の型	荷卸し退避	+	—
	移動	+	+
	運転	+	+
	その他	—	—
	その他	—	—

注：十、—は「かなり」  
+、—は「やや」を示す。

図-17 グループ別にみた不安全行動のパターン

### 3. CTA手法による重大災害の分析

#### 3-1. CTAの概要

すでに述べたように、労働災害に関連する要因はいくつもあり、しかも災害はこれらの多項目にわたる要因相互の関連の上に成り立っている。したがって真の安全対策樹立のためには、これらの諸要因の相互の影響あるいは関連等についての分析が必要となる。ここではCTA (Causal Tree Analysis) を用い、災害が発生するに至るまでの過程・状況の推移を分析する手法をとることとした。

CTAは「原因樹法」、「原因樹分析法」などと呼ばれ、フランスで開発された災害分析手法である。

CTAでは、作業活動の単位としてアクティビティという概念を用いて、災害発生時の時間経過の要素を捨象することなく追跡し、災害発生のプロセスを示すCTダイアグラムを作成する。

アクティビティとしてはつぎの5種類の要素を考えている。

- 人的要素 (略記号：I)
- 作業内容に関する要素 (略記号：T)
- 物・機械・設備等に関する要素 (略記号：M)
- 物理的作業環境要素 (略記号：Ep)
- 管理的作業環境要素 (略記号：Es)

CTAの基本的な考え方としては、CTダイアグラムをもとにして、これら5要素が災害発生にどのように影響していたかを明確にしようとするものである。

#### 3-2. CTダイアグラム

昭和57～59年度に発生した重大災害事例31件に対してCTAを実施した。各事例ごとに、災害発生に関連した諸事象の全てについてアクティビティ要素を整理し、災害の発生状況を時間経過に従って、その進展状況を示すCTダイアグラムで表したのが、図-18-1～図-18-11である。

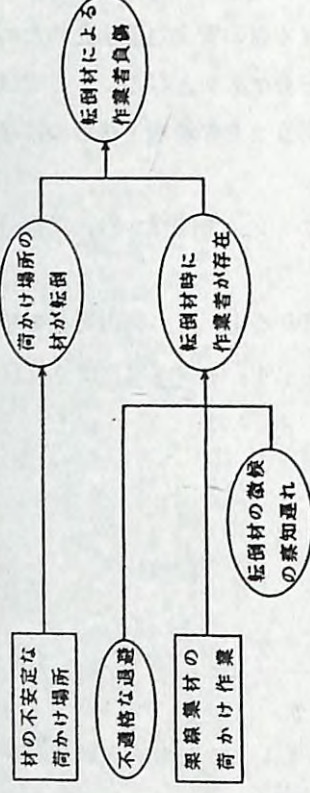
ここに示すCTダイアグラムは、主として重大災害概要報告書から得られる災害情報に基づいて作成したものである。従って、災害情報の内容やその精粗等の点で再検討を要する点が少なくない。しかし、作成されたCTダイアグラムは、森林作業現場の特殊な条件を示す事象が災害発生に大きく寄与していることを示す例も多く、CTAはかなり有効な手法であると考えられる。

#### 3-3. 要素別出現率

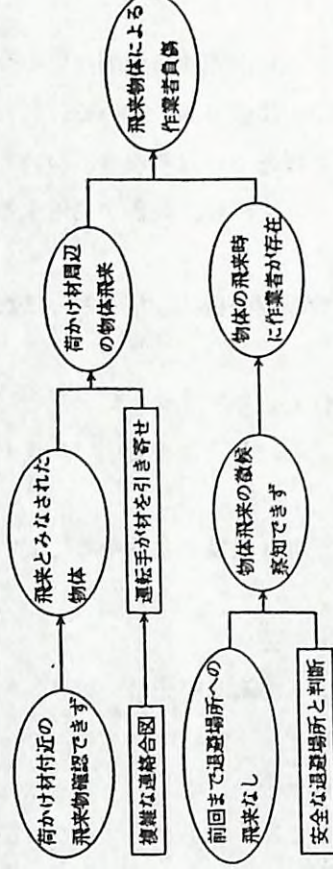
すでに述べた5種類のアクティビティ要素毎に、災害発生に関与した度数 (出現頻度) を計数し、全事例について累計し、比率を示したものが表-17-1、表-17-2である。



1. ランニングスライライン方式による集材作業の荷かけ作業で、荷かけを終了し、荷かけ地点BからC地点（退避場所はA地点）に移動中、ヒバ半幹材が動きだし、被災者は傾斜下方に転倒、ヒバ伐根で頭を打ち、伐根と滑落材との間に頭部をはさまれた。



2. 集材作業の荷かけ作業で荷かけ手AとB（被災者）が荷かけを終了し、退避場所へ退避した。Bは土場にいてEに「巻き上げ」の合図を肉声で送り、Eはインターホーンを通じて運転手Cに連絡、運転手はインターホーンで「巻く」の合図を送り、クラクションを鳴らして巻き上げを開始した。荷かけ材が引き寄せられ、き、何らかの物体が飛来、Bの頭部にあたり被災した。



3. 林道の崩土除去作業で、被災者がトラクタショベルを運転、他の一人が誘導、落石の見張りを行い、林道D部分の崩土を路肩C部分に除去した。その後、林道A部分の崩土を除去作業中、トラクタショベルを後退して、C部分付近を通過しようとしたとき、左側後輪が路肩からはずれ、トラクタショベルの後部が谷側に傾きはじめた。誘導者の「飛びおろし」の叫びも間に合わず、トラクタショベルとともに転落し被災した。

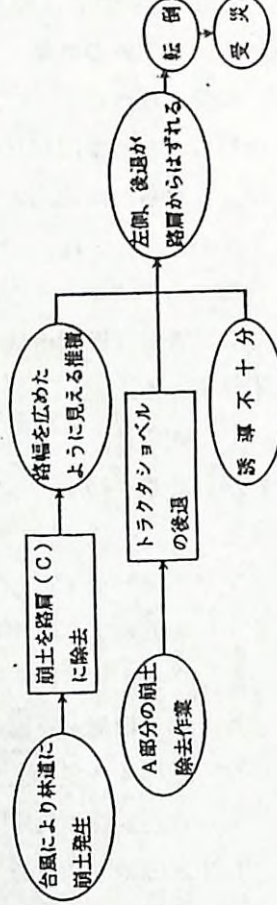
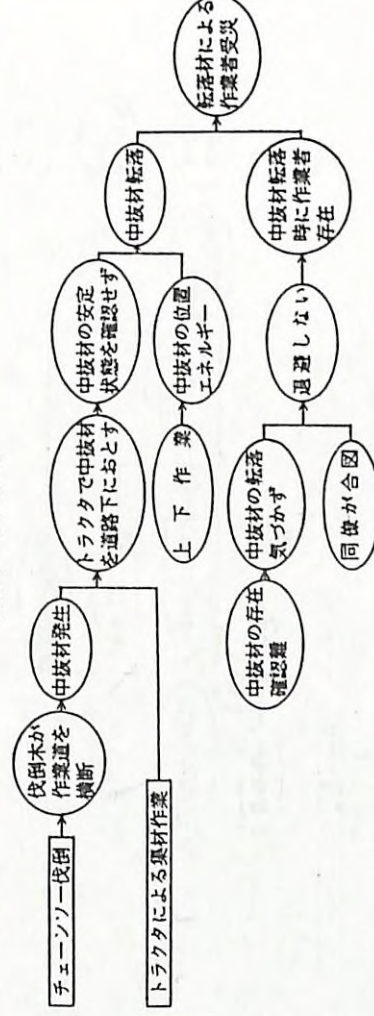


図-18-1 CTダイグラム(1)

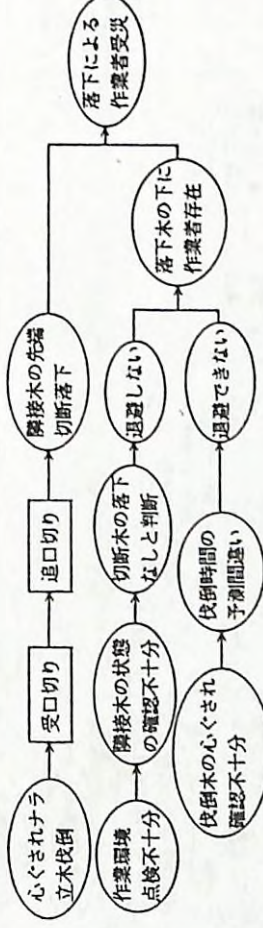
災害事例

災害事例

4. トラクタによる集材道作業において、被災者が誘導、他の一人が運転作業を行っていた。当日は道付作業の上側（距離60m、傾斜約35°）でトラクタ集材を行っており、その時中枝材が発生し、トラクタの下側15m（道付作業位置の上側45m）に中枝材を静止させた。道付作業位置の山側（中枝材のある下側）でトラクタを誘導作業中、中枝材が転落して来て、誘導者の頭部に激突し被災した。



5. チェーンソーによる伐倒作業において、心ぐされのナラ立木（伐根径118cm、樹高28m）の受口切りを行い、追い口切りを終了したところ、予想より早く伐倒をはじめ、伐倒木の枝が隣接木に接触、隣接木が地上14m付近で折れて落下し、退避できないでいる。被災者の頭部に当たって被災した。



6. 収獲調査において、調査木の墨印を打ち終わり、次の調査木に移動しようとしたところ、左足を滑らせ体が傾倒しとなり、両足を先にした状態で軟岩斜面をずり落ち、さらに断崖を墜落し全身を打撲、続いて軟岩斜面を転落し、沢に落ち被災した。

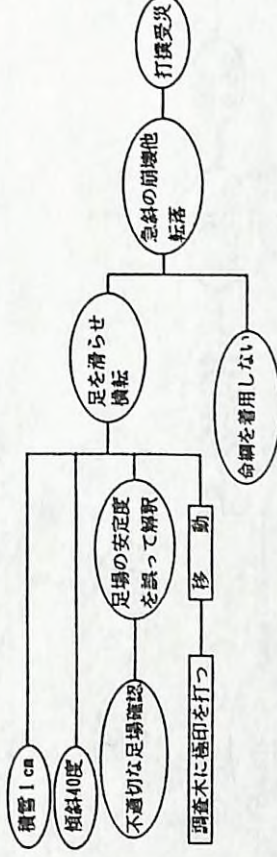
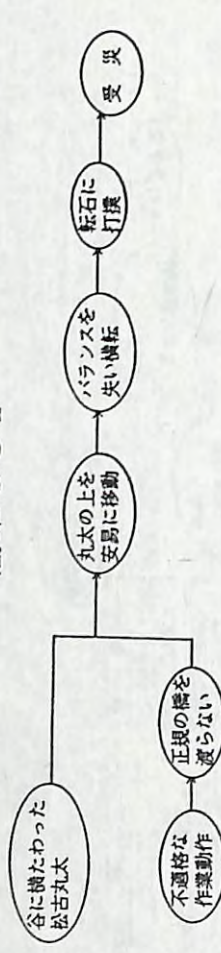


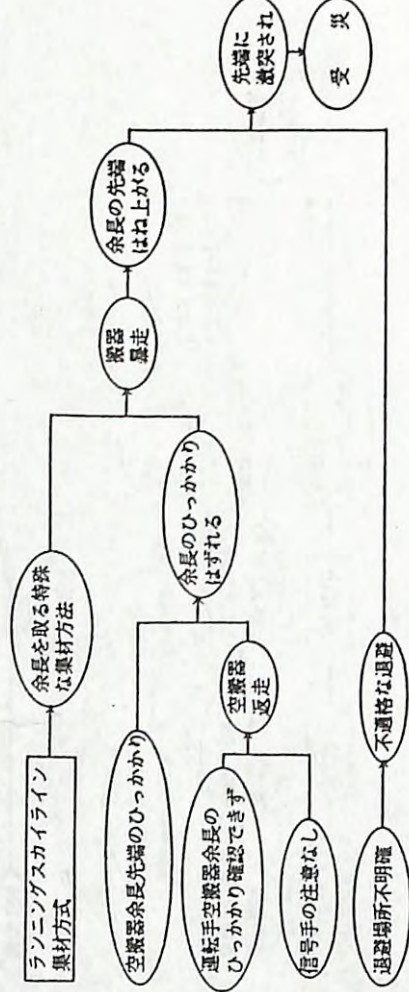
図-18-2 CTダイグラム(2)



7. 作業道終点にテントを張る作業において、テントの支柱と薪を採すべく、谷に横たわっている松の古丸太を渡る途中、バランスを失い、3.7m下の谷に転落、転石に打撲し被災した。



8. ランニングスカイライン方式による集材作業の荷かけ作業で空搬器返走のため被災者は退避していた。運転手は搬器余長の先端が枝桑にからまらまっているのを確認できず、荷かけ位置まで空搬器を返走した。信号手が停止の合図を送ると同時に、余長の先端がはずれ、同時に搬器が何らかの物体にぶつかってため、ストッパーの役割をはたしている余長の編込み部分が搬器を通りぬけ、搬器が山側に急走行し、はね上がった余長の先端部が被災者に当たり被災した。



9. チェーンソーによる伐倒作業において、立木Aを倒したところ、伐倒方向が狂い立木Bにかかり木となった。そこでAの元口付近の切断、さらに立木C、D、EをAに倒しかけたが、かかり木ははずれなかった。続いてAを元口から3mのところまで切断したがAはBからははずれない。さらに、AがかかっているBを下方に倒そうとしたところ、伐倒方向が狂い、退避が遅れ落下したAに頭部を打たれ被災した。

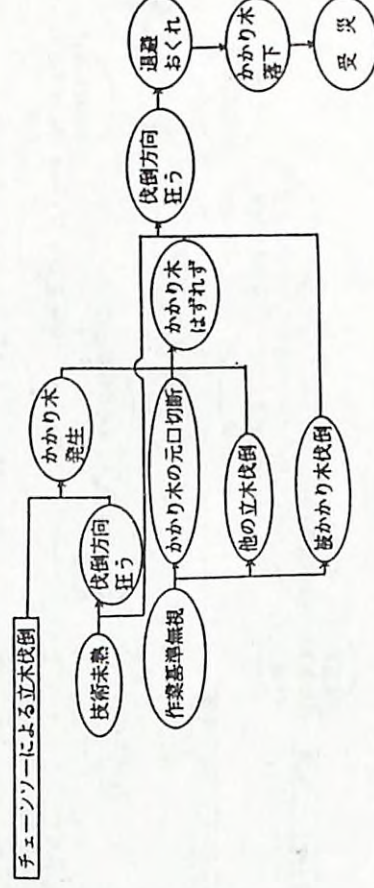
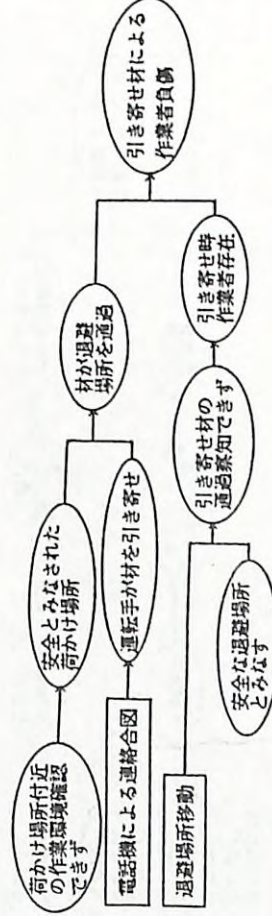


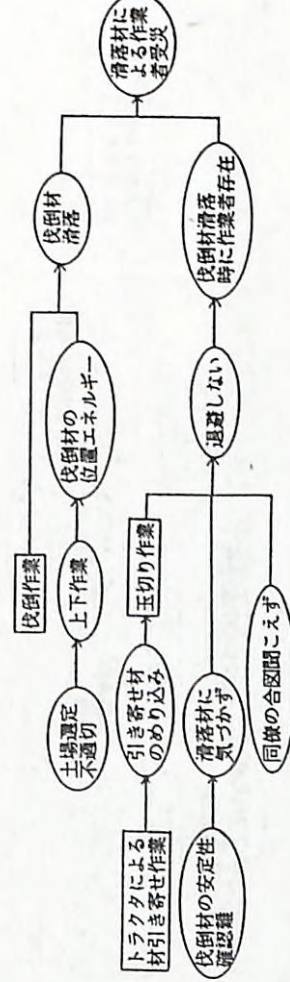
図-18-3 CTダイアグラム(3)

## 災害事例

10. 集材作業の荷かけ作業で、被害者は荷かけを終了し、「巻いてよし」の合図を運転手に送り、あらかじめ定めておいた退避場所に退避した。運転手が材の引き寄せを開始したところ、退避場所が危険区域にあり、引き寄せ材に背を向けて電話機を置いていた、被害者の頭部を強打し被災した。



11. トラクタ集材作業で、ツガ材をトラクタで林道端に引き寄せたところ、元口が地面にめり込み動かなくなった。このため被災者は玉切り作業に従事していたが、玉切り位置の左上方25mにあったヒノキ伐倒材(長さ17m、胸高径36cm)が突然滑りはじめた。同様の「危ない、逃げろ」の叫びも、玉切り中の被災者には聞こえず、ヒノキ材に背部を激突され被災した。



12. フォークローダの荷おろし作業で、被災者は積積み作業に従事していた。被災者は桟(高さ1.6m、幅4.4m)の上で、桟と水平状態になっているフォークの先端から材をおろすべく、3本目の丸太(5m、26cm)にツルを打ち込み、桟上に引き込んだところ、材が予定した位置に落ちなかった。危険を感じた被災者は、桟を背に飛びおりたが、続いて転落してきた材に頭部を打たれ被災した。

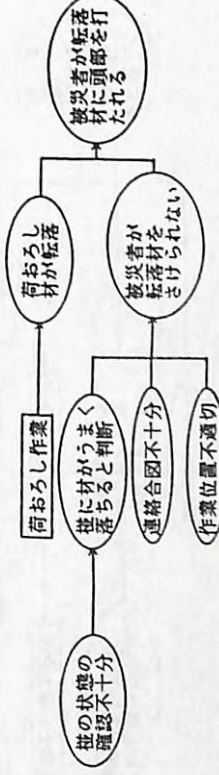
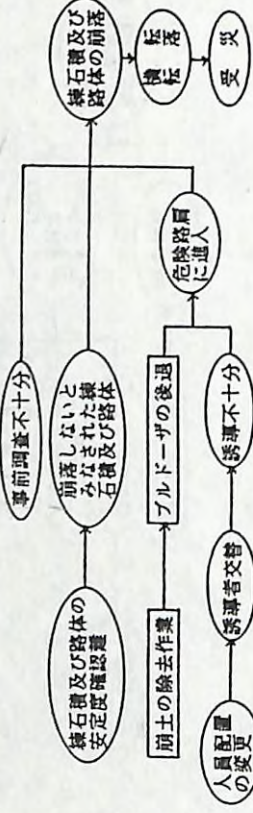


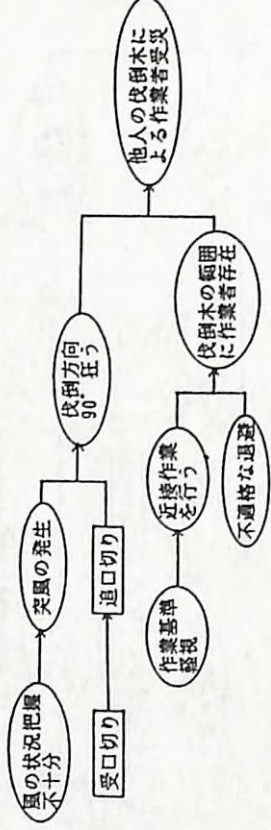
図-18-4 CTダイアグラム(4)



13. ブルドーザによる林道維持修繕作業において、被災者が運転、他の1人が誘導作業（災害発生時の10分前位に他の誘導者と交替している）に従事していた。林道の盛留礫石積の箇所、崩土を谷側に一回排土し、続いてブルドーザを後退したところ、礫石積及び路体の一部がずり落ち、ブルドーザは機転、被災者はブルドーザとともに谷側に転落し被災した。



14. チェーンソーによる伐倒作業において、伐倒者Aがスギ（胸高径36cm、樹高28m）の受口切りを行い、追口切りに入り、クサビを1本打って追口を確保、18m離れた場所での立木の伐倒作業を行っていた伐倒者B（被災者）に呼笛で合図、続いて伐倒方向を指差し、「いくぞ」の大声で再び合図、被災者が応えたので、追口を行い、チェーンソーを抜いてクサビを打ち込んだところ、瞬間的な突風が発生、伐倒方向が90°狂い、被災者の方向に倒れ被災した。



15. チェーンソーの伐倒作業において、ヒノキ立木（B）がナラ立木（A）と枝がらみになっているため、最初にヒノキ（B）の伐根を切り（倒していない）、続いてナラ（A）を伐倒し、すでに伐倒してあるヒノキ（C）の下を通り抜けて退避しようとしたところ、ナラの枝がヒノキ（C）の上に落下し、ヒノキ（C）が折れる瞬間、被災者を強くたたき前のめりに倒した。と同時にその衝撃により伐倒されていたヒノキ（D）が、被災者の上に転倒してきて、伐倒されているヒノキ（E）との間に頭部をはさまれて被災した。

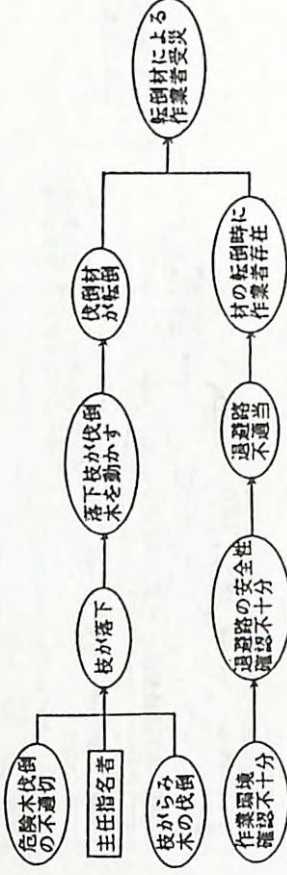
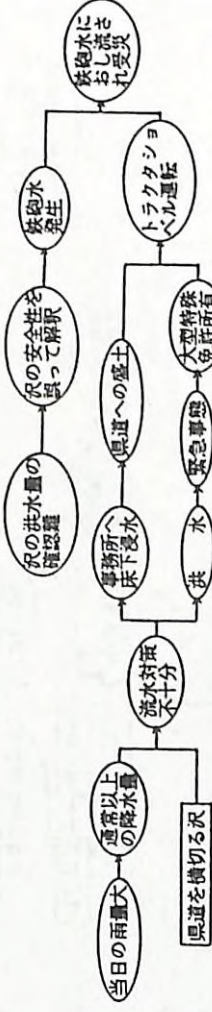


図-18-5 CTダイヤグラム(5)

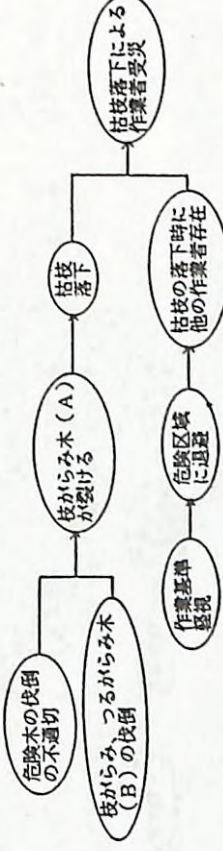
災害事例

簡単なCT

16. 異常な降雨により事務所近くの沢から流出する泥水が、事務所に入流するのを防止するため、県道上に盛土をしようとトラクタショベルを運転して県道上の沢近くに後退させた。突然、沢の山側から直径約20~30cm、長さ3~4mの丸太2本が流出してきて、トラクタショベルの後輪付近に激突すると同時に大量の土石流水の高さは約2m位）により、被災者を運転席に閉じこめたまま、トラクタショベルは機転、約50m下流に押し流され被災した。



17. チェーンソー伐倒作業において、モミ立木（A）がブナ立木（B）と枝がらみ、つるがらみになっているため、作業員（X）がその状態を指差確認の上、立木（B）の伐倒作業に入り、受口切り、追口切りを行い、倒れ始めたのであらかじめ定めておいた退避場所へ退避した。立木（B）が倒れる際、枝がらみになっていた、立木（A）が地上約14mからさき、同時に長さ約4mの枯葉が、立木（A）の上方（立木Bから2m程度）に退避していた作業員（Y）の頭部に飛来し被災した。



18. 平均傾斜度約30度のヒノキ人工林の除伐作業において、約15年前に地枯したナラ枯倒木（根元径20cm、樹高8.8m）の上方にあるヒノキ1本、側方及び斜め下方にあるヒノキ、モミ、ツガ計5本の除伐木を伐倒し、ナラ枯倒木の下方を移動したとき、枯倒木が突然倒れ、被災者の頭部を強打し被災した。

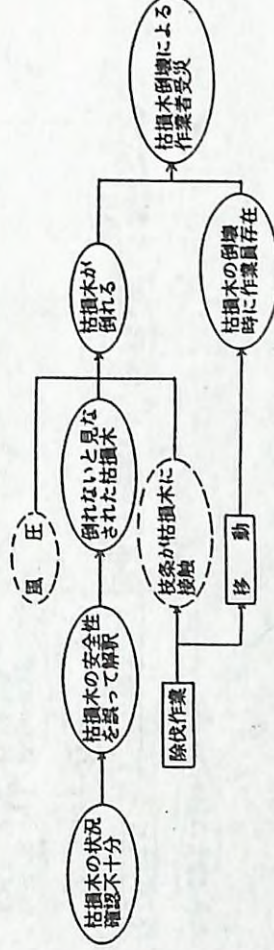
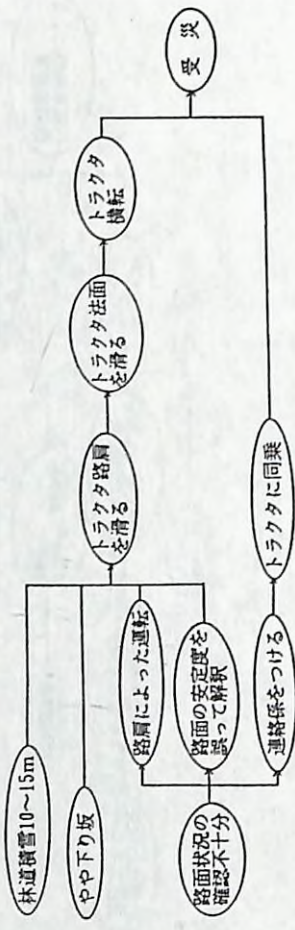


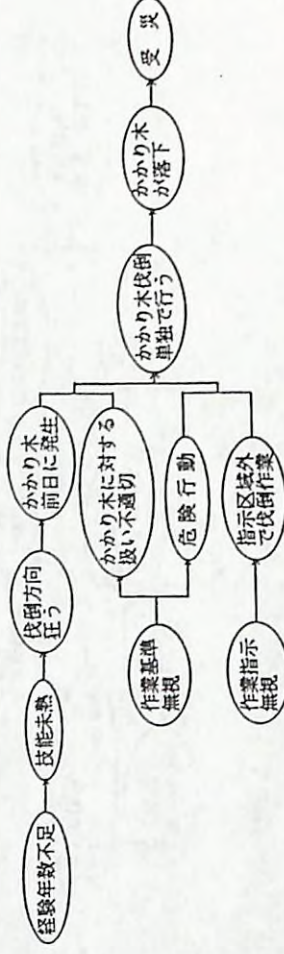
図-18-6 CTダイヤグラム(6)



19. ホイルタイプのトラクタを他の集材現場で使用するため、作業員Aが運転、作業員B（被災者）が同乗して林道上を移動した。当日、林道には10～15cm、路肩には除雪した雪が40～50cm積もっていた。目的地から約500m手前のやや下り坂の林道上にさしかかった時、トラクタ後輪が右側（谷側）に押し出され、路肩からはずれの形で、平均傾斜約30°の法面を滑り、林道から9.5mのところまで横転、作業員Bはトラクタのキャビンから出ることが出来ず被災した。



20. チェーンソーによる伐倒作業で、伐倒者A（被災者）は、当日の朝副班長から指示のあった区域外で、前日、他の作業員Bが発生させたかかり木の伐倒に従事した。前日のかかり木①にかかっている立木②を伐倒するために、受口切りを終え、追口切りを行っているとき、かかり木①が落下して頭部にあたり被災した。



21. チェーンソーによる伐倒作業で、伐倒方向は伐倒木（ヤチダモ、胸高径44cm、樹高28.6m）の前3.5mに生立するコブシの右側にしようと考え、ヤチダモの受口切り、追口切りを行い、伐倒方向の反対側2.5mのところへ退避した。伐倒木は伐倒方向が狂い、コブシの左側に立木の材面を滑るよう倒れ、その時のはずみで、伐倒木の元口が伐倒者の退避方向に移動し、すでに伐倒済みのエゾマツを下から押し上げるようなかたちで伐倒者の頭部をささみ被災した。

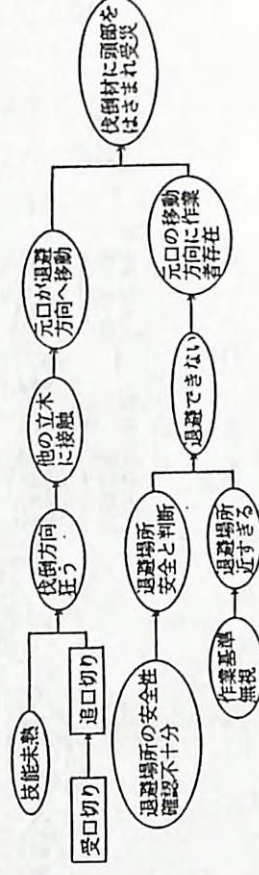
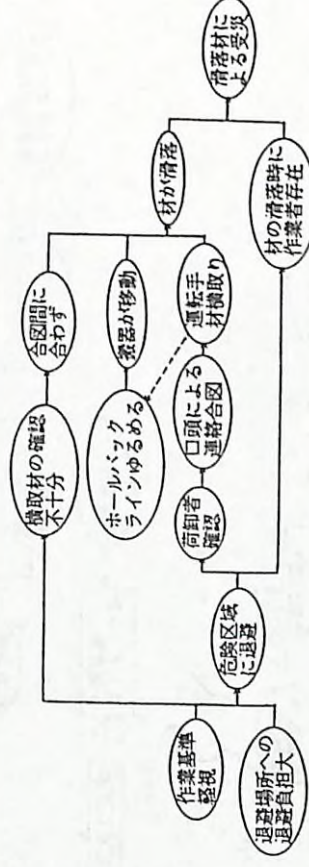
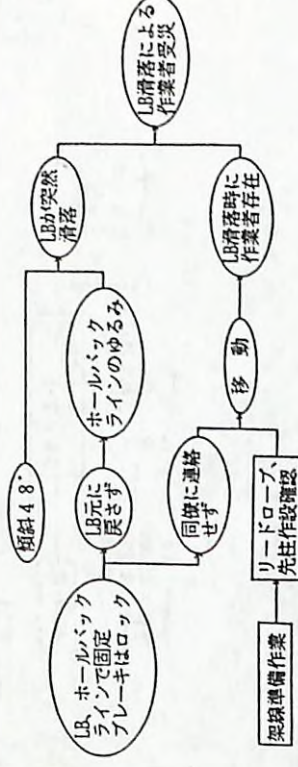


図-18-7 CTダイヤグラム(7)

22. 梁線集材作業の計画業務で、作業員A（被災者）は野帳、作業員Bが計画に従事していた。荷かけ場所から土場は見えない）に45m程度離れた土場（荷かけ場所から土場は見えない）にいる荷卸し作業員Dに口頭で「巻いてよし」と合図、作業員Dは作業員A、Bが定められた退避場所以外の焚火あとに退避しているのを確認したが、運転手Eに「巻いてよし」を合図した。運転手Eはクラクションで応答、地曳きによって梁線に向けて作業道を横取りした。横取中搬送機が移動したため、丸太が作業道の下側にある被災者の方向に滑落し被災者の頭部に激突し被災した。



23. 集材機運転手Aは、積込土場に接地しているローリングブロック（LB）が積込トラクタの支障となるため、LBを移動、傾斜48°の無立木地に止め、ホールバックラインで固定、ブレイキは完全にロックして別の作業に従事していた。作業員B（被災者）は梁線準備作業に従事しており、リードロープの引き廻しや先柱の作設状況の確認を終わり、LBが止められてから約4時間半後ぐらいに、LBの止め置き地点の下方を通過中、突然LBが滑落してきて強打され被災した。



24. チェーンソーによる伐倒作業において、作業員A（被災者）と作業員Bの2人作業で、Aは伐倒、Bは鉋で下木切りに従事した。カシ双生木①とカシ双生木②が枝がらみ、つるがらみになっていたので、BがAに注意したところAは「わかった」と応答した。Aが立木①を伐倒したとき、つるがらみになっていた立木②が根こそぎ倒れ、同時に根元付近にあった岩石も崩落、Aは立木②か岩石に激突され被災した。

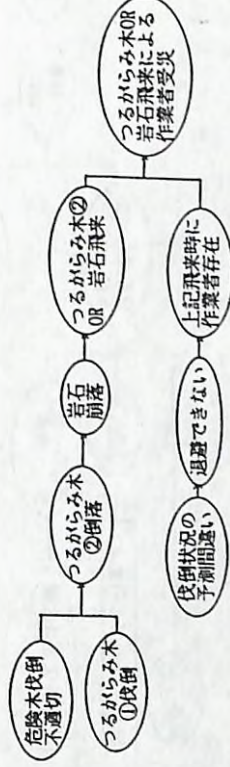
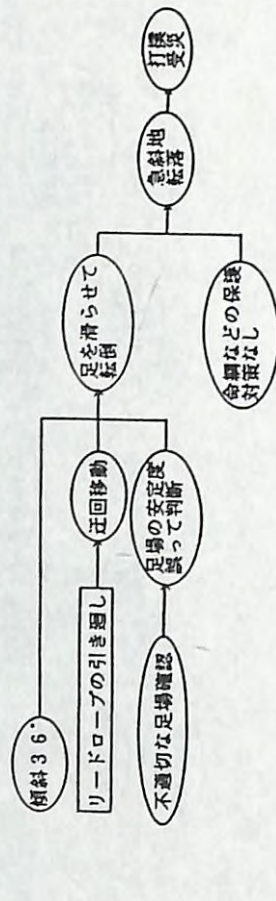


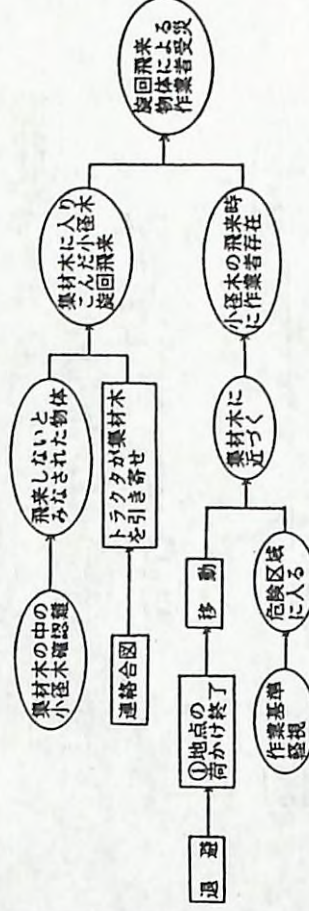
図-18-8 CTダイヤグラム(8)



25. 架橋集材の架設作業において、作業員A（被災者）と作業員Bはリードロープの引き廻し作業に従事していた。被災地の平均傾斜は36°、作業員Bが林道から200m程下った地点でロープを引き出し、作業員Aがそれを引を再下った。作業員Aはリードロープをたぐり寄せ、それを投げおろしながら引廻し作業をしていたが、急傾斜地で足場の悪い箇所に来たため、迂回して移動する途中、足を滑らせ転倒、約6m前方の岩に激突、さらに平均45°前後の傾斜地を約30m転落し、後頭部を打撲受災した。



26. トラクタ集材作業において、作業員A（被災者）と作業員Bは荷かけ作業に従事、①地点の荷かけ、退避、運転手への手信号による合図、運転手のクラクションによる合図の順序を経て、材は林道へ引き寄せられた。ついで、トラクタは発進の合図、ウィンチロープを伸ばしながら林道を移動した。その間、作業員A、Bは①地点の荷かけ作業が終了したので、林道の集材木の停止状態をみて、退避場所から林道へ移動した。トラクタ運転手も移動を完了し、クラクション合図で材の引き寄せ、さらにクラクション合図で走行を開始したところ、集材木に入りこんだと思われるナラ小径木が旋回飛来し、集材木に6.5mまで接近していた作業員Aの頭部にあたり受災した。



27. 架橋集材の運転作業において、運転手Aは空機器返送のため、集材機を操作し、3速で動作、第1ドラムにワイヤロープを巻き取り中、異常が発生（？）、運転手を離れドラムに近づいたところ、右手がワイヤロープに触れ、巻き込まれ受災した。

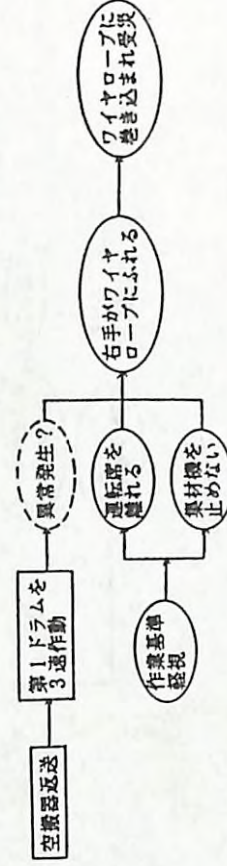
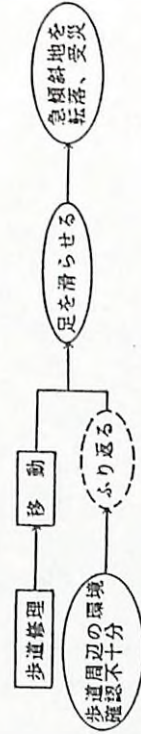
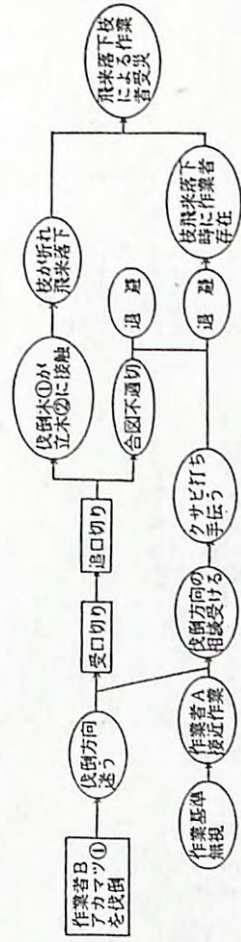


図-18-9 CTダイアグラム(9)

28. 歩道修理作業において、作業員A（被災者）は片浅橋の修理を終え、同僚4人と共に休憩地点へ移動した。Aは同僚と離れ一番最後になり、修理した直後の土道（道幅60～80cm）を歩いていったが、歩道修理の出来栄の確認のため、ふり返り行動をしたとき、歩道から足を踏みはずし、平均傾斜70°の岩石地19mを沢に転落、受災した。



29. チェーンソー及び手工具の伐倒作業で、作業員Bはアカマツ生立木①（胸高径46cm、樹高20m）の伐倒の際、10m離れて手工具で枝払いをしていた作業員A（被災者）と相談し伐倒方向を決定した。アカマツ①の伐倒作業においてAはクサビ打ちを手伝った。追口が持ち上がったのでBが「ダンケ逃げる」と合図、伐倒方向斜め後方にAは約3m、Bは約4m退避した。その時アカマツ①の高16.5mにある枝が、伐倒方向約18m飛来落下して退避中の作業員Aの前頭部に当たり受災した。



30. トラクタショベルによる林道の崩土除去作業において、前日の降雨によって崩土、落石の発生が予想され、翌日の作業に支障があると判断し、林道の状況把握と崩土等の除去作業を単独で実施した。運転手Aはトラクタショベルにより、崩土、落石を林道終点に向かって4回ほど除去したあと、トラクタショベルを後退させながらハンドルを右に操作したところ、トラクタショベルが右側（谷側）に寄り、右後輪が路肩からはずれ、トラクタショベルは97m下の沢に転落、Aは66m付近でトラクタショベルからほうり出され、頭部を打撲受災した。

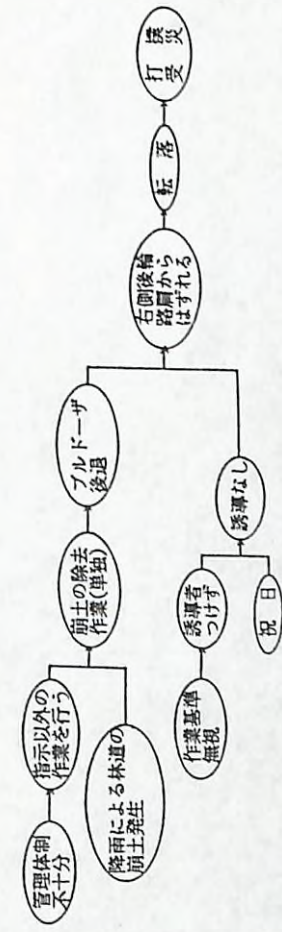


図-18-10 CTダイアグラム(10)



31. トラクタショベルによる併用道の除雪作業において、作業員Bは監督者Aの指示にもとづき除雪を開始、Aは監督業務に従事した。①地点から200mある②地点までの除雪を終え、さらにその先80mの③地点まで荒押しを行い、幅員を広げるために後進した。50m後進したところで、Bは軽四輪車と立っているAを確認したが、そのまま後進を続けた。視界は吹雪のため一時的にさえぎられる状態にあり、後進途中で軽四輪車を押しながら、Aを右キヤタビラで横断し受災した。

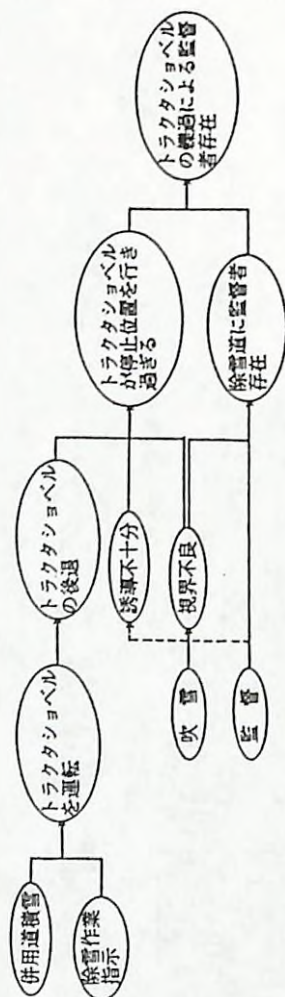


図-18-11 CTダイヤグラム(11)

表-17-1 要素別出現率①

区分	要素	I	T	M	Ep	Es
全体(31件)		0.29	0.44	0.06	0.20	0.61
営林(支)局	旭川	0.29	0.43	0.14	0.14	0.00
	北見	0.33	0.33	0.14	0.20	0.00
	青森	0.30	0.47	0.00	0.23	0.00
	秋田	0.38	0.46	0.00	0.14	0.02
	前橋	0.27	0.27	0.12	0.34	0.00
	東京	0.19	0.59	0.03	0.16	0.03
	長野	0.29	0.49	0.02	0.18	0.02
	名古屋	0.27	0.40	0.10	0.22	0.00
	大阪	0.33	0.50	0.00	0.17	0.00
	熊本	0.14	0.57	0.00	0.29	0.00
作業場所	天然林	0.34	0.43	0.00	0.21	0.02
	人工林	0.27	0.52	0.00	0.21	0.00
	伐採地	0.29	0.39	0.13	0.18	0.01
	道路	0.20	0.45	0.08	0.26	0.01
	土場	0.52	0.29	0.05	0.14	0.00
	その他	0.29	0.57	0.07	0.07	0.00
作業区分	伐木造材	0.32	0.49	0.00	0.19	0.00
	架設	0.17	0.50	0.22	0.11	0.00
	架線集材	0.42	0.28	0.14	0.16	0.00
	トラクタ集材	0.37	0.47	0.00	0.16	0.00
	道路作設維持	0.20	0.48	0.05	0.25	0.02
	その他	0.20	0.42	0.08	0.28	0.02
単位作業	追口切り	0.43	0.47	0.00	0.10	0.00
	かかり木処理	0.38	0.45	0.00	0.17	0.00
	伐倒退避	0.27	0.50	0.00	0.23	0.00
	荷掛け退避	0.36	0.32	0.13	0.19	0.00
	荷卸し退避	0.29	0.43	0.14	0.14	0.00
	移動	0.19	0.48	0.13	0.19	0.00
	運転	0.15	0.49	0.02	0.32	0.02
	その他	0.26	0.44	0.07	0.20	0.03



表-17-2 要素別出現率②

区分	要素	I	T	M	Ep	Es
起 因 物	トラクタ類	0.12	0.55	0.03	0.27	0.03
	集材機	0.21	0.48	0.26	0.05	0.00
	付属器具	0.32	0.48	0.00	0.20	0.00
	立木・伐倒木等	0.46	0.33	0.02	0.19	0.00
	丸太、桤	0.16	0.36	0.32	0.16	0.00
	未木・つる	0.30	0.40	0.05	0.20	0.05
	林地	0.35	0.35	0.24	0.06	0.00
	道路	0.26	0.35	0.00	0.39	0.00
起 因 物 の 状 態	風・水	0.26	0.43	0.11	0.14	0.06
	滑りやすい	0.29	0.44	0.03	0.23	0.01
	不安定	0.25	0.50	0.00	0.25	0.00
	接触している	0.37	0.41	0.06	0.16	0.00
	接触しやすい	0.14	0.58	0.14	0.14	0.00
	見通しが悪い	0.11	0.39	0.00	0.50	0.00
	作業速度不適	0.09	0.46	0.36	0.09	0.00
	安全装置不備	0.40	0.60	0.00	0.00	0.00
事 故 の 型	その他	0.23	0.51	0.07	0.15	0.04
	墜落・転落	0.27	0.53	0.03	0.17	0.00
	飛来・落下	0.37	0.41	0.00	0.22	0.00
	崩壊・倒壊	0.29	0.38	0.12	0.21	0.00
	激突され	0.37	0.43	0.03	0.17	0.00
	はさまれ、巻き込まれ	0.14	0.29	0.00	0.57	0.00

全事例でみると、作業内容に関する要素（T）の出現率の値が極めて大きく（44%）、人的要素（I）（29%）、物理的作業環境要素（Ep）（20%）が続いている。

また表-17にはグループ別（営林（支）局、作業場所、作業区分、単位作業、起因物、起因物の状態、事故の型）に累計算出した要素別出現率も示してある。

調査事例が少ないので断定的なことは言えないが、グループ毎の特徴を簡単に述べる。

- ① 作業場所別にみると、土場において人的要素（I）の出現率が高く、作業内容に関する要素（T）が低くなっている。
- ② 作業区分別にみると、架線においてIが低く、物・機械・設備等に関する要素（M）が高くなっている一方、架線集材でIが高くなり作業の特徴をよくあらわしている。

- ③ 単位作業別にみると、追口切りでIが高く、運転ではIが低く、物理的作業環境要素（Ep）が高くなっているのが特徴的である。
- ④ 起因物別にみると、集材機・付属器具、末木・つる、道路等でMの出現率が高く、丸太・桤ではIが高くなっている。
- ⑤ 起因物の状態別にみると、見通しが悪い、作業速度不適、安全装置不備等でIの出現率が低い。
- ⑥ 事故の型別では、特殊な事例であるが、おぼれにおいてEpの出現率が高くなっている。詳しくは表-17によるが、グループ別に内容の違いによって各要素の出現率が異なることがわかった。しかし総合的にみても、作業内容に関する要素（T）の出現率が高く、このことは森林作業の多種多様な作業や作業行動に問題が残されていることを示している。

### 3-4 要素間影響確率

#### 3-4-1. 要素間影響確率マスリックス

つぎに、各要素間相互の関係を知るために、5種類の要素が各々どの要素に対して影響を及ぼしたかを求めた要素間影響確率を作成した。これらの各構成要素間の連続状況を見ると災害発生状況の性質をより一層理解することができる。

表-18は、全分析事例31件についての要素間影響確率を求めたものである。各要素間の相

表-18 災害要素間の関連

		連 続 事 象 の 要 素				
		I	T	M	Ep	Es
先 行 事 象 の 要 素	I	3 7	4 3	2	9	0
		0.12	0.14	0.00	0.03	0.00
	T	3 3	6 6	7	3 1	0
		0.11	0.22	0.02	0.10	0.00
	M	4	4	1 0	1	0
		0.01	0.01	0.03	0.00	0.00
	Ep	2 1	1 9	2	2 1	1
		0.07	0.06	0.00	0.07	0.00
	Es	0	3	0	0	0
		0.00	0.01	0.00	0.00	0.00

I：人的要素

T：作業内容に関する要素

M：物・機械・設備等に関する要素

Ep：物理的作業環境要素

Es：管理的作業環境要素



互関連では、 $T \rightarrow T$ が圧倒的に高く（22％）ついで、 $I \rightarrow T$ （14％）、 $I \rightarrow I$ （12％）、 $T \rightarrow I$ （11％）、 $T \rightarrow Ep$ （10％）となっている。このことからわかるように、作業そのもの（ $T$ ）にはじまる災害要素間の繋りが災害発生の原因になることが多く、多種多様な作業を含む森林作業を反映しているように思われる。また人（ $I$ ）にはじまる要素間の関連も多い。 $I$ と $T$ の組み合わせに限ってみても、その要素間影響確率は59％にもなり、これら2要素の組み合わせが、災害発生に極めて重要な意味を持つことがわかる。さらに見逃せないのが $Ep$ である。森林作業での $Ep$ は大部分が自然環境の要因であると理解してよいと思われるが、作業そのものが自然環境要因に影響を与え、それが災害発生にかかる要素となったり（ $T \rightarrow Ep$ ；10％）、また $Ep \rightarrow Ep$ （7％）、 $Ep \rightarrow I$ （7％）、 $Ep \rightarrow T$ （6％）となっていることなどから、当然のことではあるが林業労働災害には自然環境の要因もかなりのウェイトを占めていることがわかる。しかしこれは逆に言えば、森林作業にかかわる災害と言えども、災害発生に関した7割弱は他の要因の繋りが存在していることを示しており、災害防止対策の検討においても特に留意しなければならないことである。

### 3-4-2. 作業区分別要素間影響確率

上に検討した要素間影響確率を作業区分別に求めたのが表-19である。

伐木造材は $T \rightarrow T$ 、 $T \rightarrow Ep$ 、 $I \rightarrow T$ 、 $I \rightarrow I$ で確率値が大きくなっている。集材機関係の架設と架線集材では影響確率の傾向が異なる。架設では $T \rightarrow T$ 、 $I \rightarrow T$ 、 $T \rightarrow I$ 、 $M \rightarrow I$ が大きいのに対し、架線集材では $I \rightarrow I$ 、 $I \rightarrow T$ 、 $T \rightarrow I$ 、 $Ep \rightarrow I$ となっており順位も異なる。特に架線集材では $T \rightarrow T$ の値が小さく、他の作業区分に比べて特異な値となっている。また、トラクタ集材では $T \rightarrow T$ 、 $I \rightarrow T$ の値が大きく、 $I \rightarrow I$ 、 $T \rightarrow I$ 、 $T \rightarrow Ep$ 、 $Ep \rightarrow I$ が続いている。道路作設維持では、 $T \rightarrow T$ について、 $Ep \rightarrow T$ が大きいのが特徴的である。そのほか $T \rightarrow I$ 、 $T \rightarrow Ep$ の値が大きい。

### 3-4-3. 事故の型別要素間影響確率

事故の型別にみたのが表-20である。全体的な傾向（表-18）として確率値の大きかった $T \rightarrow T$ 、 $I \rightarrow T$ はどの事故の型においても、大なり小なり同じような傾向を示している。そのほかの要素間の関連では、墜落・転落 $I \rightarrow I$ 、 $T \rightarrow Ep$ 、飛来・落下 $I \rightarrow I$ 、崩壊・倒壊 $T \rightarrow I$ 、激突され $T \rightarrow Ep$ が、他の事故の型に比べて特異な値（小さい）となっており、それぞれの事故の型の特徴を知ることができる。なお、「おぼれ」は1件であるので論外とした。

表-19 作業区分別要素間影響確率

			連続事象の要素				
			I	T	M	Ep	Es
先 行 事 象 の 要 素	I	伐木造材	0.15	0.17	0.00	0.01	0.00
		架設	0.05	0.12	0.00	0.00	0.00
		架線集材	0.21	0.15	0.00	0.05	0.00
		トラクタ集材	0.11	0.20	0.00	0.05	0.00
		道路作設維持	0.05	0.08	0.02	0.05	0.00
		その他	0.06	0.10	0.02	0.02	0.00
	T	伐木造材	0.08	0.23	0.00	0.18	0.00
		架設	0.12	0.34	0.05	0.00	0.00
		架線集材	0.11	0.07	0.05	0.05	0.00
		トラクタ集材	0.11	0.26	0.00	0.11	0.00
		道路作設維持	0.12	0.23	0.03	0.10	0.00
		その他	0.14	0.24	0.02	0.02	0.00
	M	伐木造材	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		架設	0.12	0.05	0.05	0.00	0.00
		架線集材	0.02	0.02	0.09	0.02	0.00
		トラクタ集材	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		道路作設維持	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00
		その他	0.02	0.00	0.06	0.00	0.00
	Ep	伐木造材	0.08	0.03	0.00	0.07	0.00
		架設	0.00	0.05	0.05	0.00	0.00
		架線集材	0.11	0.00	0.00	0.05	0.00
		トラクタ集材	0.11	0.00	0.00	0.05	0.00
		道路作設維持	0.03	0.13	0.00	0.07	0.02
		その他	0.04	0.14	0.02	0.08	0.00
	Es	伐木造材	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		架設	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		架線集材	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		トラクタ集材	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		道路作設維持	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
		その他	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00



表-20 事故の型別要素間影響確率

			連 続 事 象 の 要 素				
			I	T	M	Ep	Es
先 行 事 象 の 要 素	I	墜落・転落	0.06	0.12	0.03	0.01	0.00
		飛来・落下	0.09	0.16	0.00	0.03	0.00
		崩壊・倒壊	0.16	0.16	0.00	0.04	0.00
		激突され	0.14	0.12	0.00	0.03	0.00
		はさまれ・ 巻き込まれ	0.20	0.17	0.00	0.00	0.00
		おぼれ	0.07	0.00	0.00	0.07	0.00
	T	墜落・転落	0.12	0.32	0.03	0.05	0.00
		飛来・落下	0.11	0.22	0.01	0.10	0.09
		崩壊・倒壊	0.06	0.16	0.00	0.19	0.00
		激突され	0.11	0.17	0.03	0.07	0.00
		はさまれ・ 巻き込まれ	0.10	0.17	0.03	0.13	0.00
		おぼれ	0.07	0.07	0.00	0.14	0.00
	M	墜落・転落	0.01	0.01	0.05	0.00	0.00
		飛来・落下	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
		崩壊・倒壊	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		激突され	0.03	0.01	0.07	0.01	0.00
		はさまれ・ 巻き込まれ	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
		おぼれ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Ep	墜落・転落	0.00	0.12	0.01	0.01	0.00
		飛来・落下	0.10	0.00	0.00	0.07	0.00
		崩壊・倒壊	0.08	0.04	0.00	0.11	0.00
		激突され	0.08	0.06	0.01	0.06	0.00
		はさまれ・ 巻き込まれ	0.07	0.00	0.00	0.10	0.00
		おぼれ	0.07	0.30	0.00	0.14	0.07
	Es	墜落・転落	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00
		飛来・落下	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		崩壊・倒壊	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		激突され	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		はさまれ・ 巻き込まれ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		おぼれ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

## 4. 重大災害におけるヒューマン・エラー

## 4-1. ヒューマン・エラーの考え方

ヒューマン・エラーとは、あるシステムの期待された機能を発揮するために作業者に要求されている能力からのかたよりである。そして、そのかたよりには、

- ① 必要な操作の「欠落」
- ② 定められた操作を「適切に実施しなかった」
- ③ 「不必要なことを実施した」

の三つの種類があるといわれる。

しかし、これらの考え方は、作業の結果の妥当性について評価であって、エラーを生起するメカニズムについては全く触れられていないため、ヒューマン・エラーを防止するためにどのように対策すればよいか分らない場合が少なくない。

そこで、ヒューマン・エラー防止対策の基本的な考え方として、「大脳生理に基づく人間特性」を踏まえたアプローチが提唱されている。その要点は次のようなものである。

- ① 人間のミスは「人間の怠けぐせ」と考える人が多いが、それは大脳の活動が低下した時（休息時）に起こる。
- ② 大脳が一生活動を続けるためには、休息はさけられない。したがってミスはさけられない。

## 4-2. 人間-機械系と情報処理モデル

手がかりに、人間-機械系のモデルをとり上げ、人間と機械が1つのシステムとして働く場合の情報処理のしくみを説明する。

たとえば、林業におけるチェーンソーやトラクタ等の作業も、人間がチェーンソーやトラクタを制御して行う仕事であり、人間も機械もシステムの中の要素の1つと考えられるから、これらは人間-機械系であるといえることができる。人間-機械系における情報処理のしくみは図-19のようになる。

人間は機械の表示器からの情報や外界情報を感覚器を通して受け入れ、中枢で「認知・確認」、「判断」、「決定・指令」等の情報処理過程を経て、指令された手足（運動器）が機械の操作具を制御し作業が続けられる。このように、たえず循環する情報処理のサイクルが形成されるが、このサイクル活動がスムーズに続けられている限り、ミスや事故は起きない。人間はエラーをおかす動物だといわれるように、情報処理のどこかの過程でエラーが発生することが少なくない。

ヒューマン・エラーの形態は次のように区分される。

A；作業情報が正しく提供、伝達されなかった。

B；認知・確認のミス

B<sub>1</sub> 知覚せず

B<sub>2</sub> 知覚を誤る



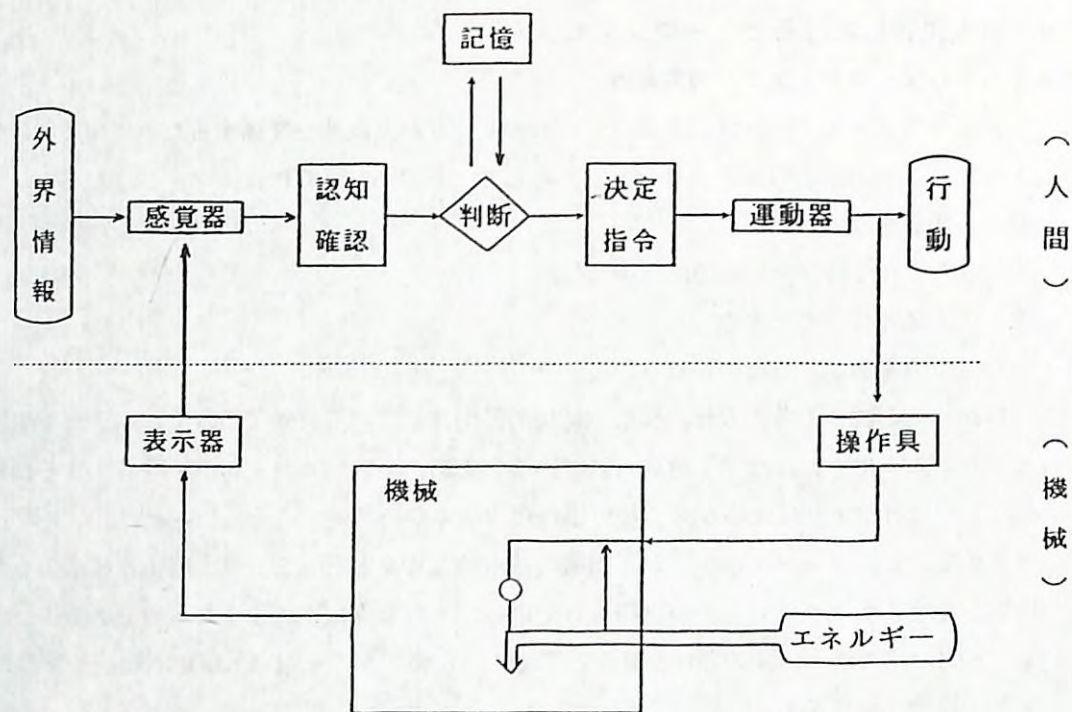


図-19 人間-機械系における情報処理のしくみ

- B<sub>3</sub> 認知せず
- B<sub>5</sub> 確認せず
- C ; 記憶・判断のミス
  - C<sub>1</sub> 記憶がない
  - C<sub>3</sub> 判断せず(忘れる)
  - C<sub>5</sub> 意志の抑制がきかない
  - C<sub>6</sub> 意志決定を誤る
- D ; 操作・動作のミス
  - D<sub>1</sub> 動作の欠落・省略
  - D<sub>2</sub> 動作を誤る
  - D<sub>3</sub> 操作手順を飛ばす
  - D<sub>4</sub> 操作順序を誤る
  - D<sub>5</sub> 姿勢・動作の乱れ
- E ; 操作後の確認ミス
  - E<sub>1</sub> ミスに気づかず
  - E<sub>2</sub> ミスに気づいた(教えられ等)

以上のように、人間の情報処理過程を<情報を得る>、<情報の確認>、<判断、決定>、

<操作>、<操作後の必要な情報を得る>の順に行われるとし、そのどこの過程でエラーが起こるかを推定しようとするものである。

#### 4-3. 情報処理と意識レベル

情報処理を担当する脳が正常に働くためには目覚めて意識がはっきりしていなければならないといわれる。つまり、人間の信頼性は意識レベルに依存し、意識レベルが災害発生に重大な関係を持つという考え方である。

橋本はこれを解りやすく5段階に分けて示している(表-21)。意識の特性として、フェーズからフェーズへの移行は連続的でなく、非線形にジャンプする。フェーズⅡでも緊急時にはⅣに飛び上がる。疲労時や単調作業時には時々Ⅰに落ちこむ。正常フェーズはⅡとⅢであるが、Ⅱでは意識が心の内部に閉じこもる。考えごとにはいいが、仕事の方に向かないから

表-21 大脳意識レベルの段階分け

フェーズ	意識の状態	注意の作用	生理的状态	誤操作比率
0	無意識・失神	ゼロ	睡眠・脳発作	—
I	意識ボケ	不注意	疲労、単調、睡気、酒酔い	$\frac{1}{10}$ 以上
II	正常-リラックス	心の内方へ	安静起居、休息、定常作業時	$\frac{1}{100} \sim \frac{1}{100,000}$
III	正常-クリア	前向き	積極活動時	$\frac{1}{1,000,000}$ 以下
IV	過緊張	1点に固執	感情興奮時 パニック状態	$\frac{1}{10}$ 以上

ミスが出やすい。Ⅲでは大脳が生き生きと働き、ほとんどミスは出ないが、1回の継続時間が15~30分間、合計でも2~3時間しか維持できない。日常作業時間の4%はⅡだから、平常はⅡで構え、要注意作業と場所でⅢに切り替えることが必要である、としている。また、各意識フェーズと作業ミスの例を表-22のように示している。

#### 4-4. ヒューマン・エラーの背景要因

そこで、このような手法を用いて、重大災害のヒューマン・エラーを分析すると、どのような背景要因が得られるのか、またそれらはどんな意識フェーズの時に生じられるのかを推定しようと試みた。

##### 4-4-1. エラーの形態

まず、すでに述べた情報処理過程の大分類A~Eのどの段階でどのくらいのミスが発生したかをみると(図-20)、記憶・判断のミスが最も多く、40%近くを示しており、認知・確



表-22 意識フェーズから想定されるエラー行動

フェーズ I	<p>(I) 目の前の信号・情報を見落す。見誤る。無関心。</p> <p>(I) 面倒だという気分が先に立って点検を手抜きする。</p> <p>(P) 指示・連絡事項を度忘れする。</p> <p>(O) 目の状況をみて安易に手を出す＝場面行動</p> <p>(O) 感情的に乱暴に取扱う。</p> <p>(O) 尚早に作業を打ち切った。</p>
フェーズ II	<p>(I) 予期しない事態に出会って、認知・確認を誤る。</p> <p>(I) 読み違い。早合点。</p> <p>(P) 危険だとは知っていたが、その瞬間危険を忘れた。</p> <p>(P) 確認するまでもなく確かだと思いこんで点検しなかった。</p> <p>(P) 前にも成功しているので、今度も大丈夫だと思った。</p> <p>(P) 相手は知っていると思い、連絡しなかった。</p> <p>(P) 用事は済んだと思い、次の作業を始めた。</p> <p>(P) 用件の割り込みに気をとられ、手順を誤った。</p> <p>(P) 次の作業（心配ごと）を気にして手順を落とした。</p> <p>(O) 少しの時間が待てず、別のことに手を出して時期を失う。</p> <p>(O) 習慣動作のとび出しをコントロールできず。</p> <p>(O) 反射的に手を出した。</p>
フェーズ III	<p>(P) 状況の急変・時間切迫の中で即時判断を迫られた。</p> <p>(P) 仕事に熱中して時間の経過に気付かず</p> <p>(P) 作業課題が難しすぎ、考えこむ。</p>
フェーズ IV	<p>(I) 目の前の突発事態に注意が1点集中、他の情報を無視。</p> <p>(P) 過度な緊張・興奮のため判断不能となった。</p> <p>(P) 荒れてる、怒る、恐怖のため動作の制御ができず。</p> <p>(O) 近道反応、短絡反応。</p> <p>(O) 無目的・無意味に操作をくり返す。</p>

注：(I)認知・確認のミス (P)判断・記憶のミス (O)動作・操作のミス

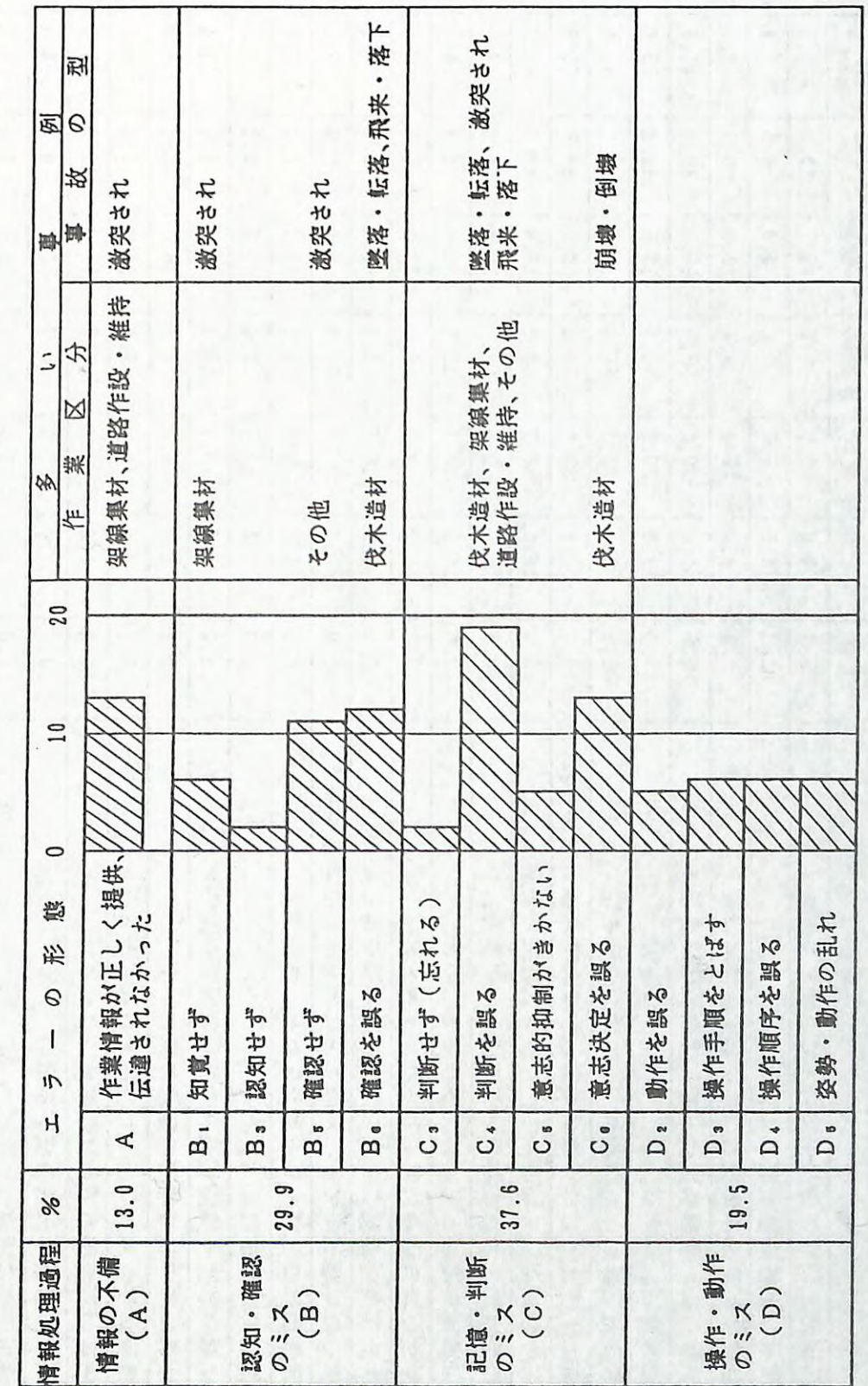


図-20 情報処理過程で発生したエラーの形態



表-23 作業区分別ヒューマンエラーの背景要因

%

	伐木 造材	架 設	架線 集材	トラクタ 集材	道路作設 ・維持	その他	計
①面倒だという気分が先に立って点検を手抜きする。	0.0	0.0	0.0	0.0	16.7	20.0	6.5
②指示・連絡事項を度忘れする。	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2
③目前の状況をみて安易に手を出す＝場面行動	0.0	0.0	16.7	0.0	0.0	0.0	3.2
④予期しない事態に出会って、認知・確認を誤る。	50.0	50.0	50.0	50.0	16.7	40.0	41.9
⑤読み違い。早合点。	30.0	50.0	33.3	0.0	33.3	60.0	35.9
⑥危険だとは知っていたが、その瞬間危険を忘れた。	80.0	0.0	33.3	50.0	50.0	40.0	51.6
⑦確認するまでもなく確かだと思いこんで点検しなかった。	20.0	50.0	50.0	0.0	50.0	80.0	41.9
⑧前にも成功しているのに、今度も大丈夫だと思った。	90.0	50.0	83.3	50.0	50.0	40.0	67.7
⑨相手は知っていると思い、連絡しなかった。	10.0	50.0	0.0	50.0	33.3	20.0	19.4
⑩用事は済んだと思い、次の作業を始めた。	10.0	50.0	16.7	50.0	16.7	0.0	16.1
⑪用件の割り込みに気をとられ、手順を誤った。	0.0	0.0	0.0	0.0	33.3	0.0	6.5
⑫次の作業（心配ごと）を気にして手順を落とした。	0.0	0.0	16.7	0.0	0.0	0.0	3.2
⑬少しの時間が待てず、別のことに手を出して時期を失う。	0.0	0.0	0.0	50.0	0.0	0.0	3.2
⑭習慣動作のとび出しをコントロールできず。	0.0	0.0	0.0	0.0	16.7	0.0	3.2
⑮反射的に手を出した。	0.0	0.0	16.7	0.0	0.0	0.0	3.2
⑯状況の急変・時間切迫の中で即時判断を迫られた。	30.0	0.0	0.0	50.0	33.3	0.0	19.4
⑰仕事に熱中して時間の経過に気付かず	0.0	0.0	0.0	0.0	16.7	20.0	6.5
⑱情報が与えられなかった。伝えられなかった。	10.0	0.0	16.7	0.0	16.7	0.0	9.7
⑲内容が不明確あるいは間違えられやすい。	20.0	0.0	66.7	0.0	16.7	40.0	20.0
⑳表示の場所・伝達方法が不適当	0.0	50.0	33.3	0.0	50.0	0.0	19.4
㉑環境条件の不備	10.0	0.0	0.0	0.0	16.7	0.0	6.5
計	370.0	350.0	433.3	350.0	466.7	360.0	396.8

認のミス30%、操作・動作のミス20%となっている。また、さらに細分してB<sub>1</sub>、B<sub>3</sub>などの段階まで区分してその発生割合を求めると、「判断を誤る」が最も多く、ついで「意志決定を誤る」、「確認を誤る」、「確認せず」などのミスが続いている。そのほか、「作業情報が正しく提供されなかった」が13%あるのもみのがせない。

ただし、これらのミスは事例から事実関係を推定するしかないもので、ミスの可能性のあるものをマルチアンサとして求めたため、ミスの数は災害件数より多くなっている。図-20の%はミスの総数を100%とした場合の比率である。

#### 4-4-2. エラーの原因となる作業者の行動・動機（背景要因）

エラーの直接原因となる行動または動機をここでは「背景要因」に言うことにし、31件の災害事例について、表-22の「意識フェーズから想定されるエラー行動」と「作業情報の状態」から背景要因を分析した。

背景要因の分析結果は表-23の通りである。全体的にみてこの21項目のうちで最も多いのが「前にも成功しているので、今度も大丈夫だと思った」の68%、「危険だと知っていたが、その瞬間危険を忘れた」が52%、「予期しない事態に出会って、認知・確認を誤る」、「確認するまでもなく確かだと思いこんで点検しなかった」が42%となっており、判断の甘さや注意転換の遅れによる作業が行われていることを示している。

また、この表には作業区分別に背景要因を示している。いずれも災害件数に対する背景要因の数の%である。マルチアンサであるため計では100%を超えているが、それぞれの背景要因の%はそれだけの可能性があるとして理解してよい。

作業区分別に要点を述べると

##### ① 伐木造材

「今度も大丈夫と思った」、「危険なことを忘れた」など判断の甘さや習慣のほか、「予期せぬ事態で認知・確認を誤る」といった注意転換の遅れに該当する背景要因が多い。

##### ② 架 設

データ数少なく分散型

##### ③ 架線集材

「今度も大丈夫と思った」のほか、「情報の内容が不明確あるいは間違えられやすい」という情報収集の不備が背景要因として頻度が高いのが特徴的である。

##### ④ トラクタ集材

データ数少なく分散型

##### ⑤ 道路作設・維持

「危険なことを忘れた」、「確かだと思い点検しなかった」、「今度も大丈夫と思った」、「情報の表示・伝達方法が不適当」などの件数が多い。



## ⑥ その他の作業

「確かだと思ひ点検しなかった」、「読み違い。早合点」の頻度が高い。

となる。これらの背景要因は、エラーの直接原因となる行動または動機であって、災害防止対策上重要なポイントになるものと思われる。

### 4-4-3. 災害発生時の意識水準

前述のように作業者の意識フェーズと作業ミスの例（表-22）が示してあるので、これにならって災害発生時に作業者がどんな意識フェーズであったかを推定してみた。この分析においても、エラーの原因となる作業者の行動・動機（背景要因）を意識フェーズによって分類し、災害1件毎に平均値としてフェーズを計算した。

作業区分別に災害発生時の意識水準として示すと図-21のとおりである。作業区分別にみて顕著な差は認められないが、伐木造材やトラクタ集材、道路作設・維持、その他においては、意識水準が低下していない状態でもミスが発生したことを示しており、これらは状況切

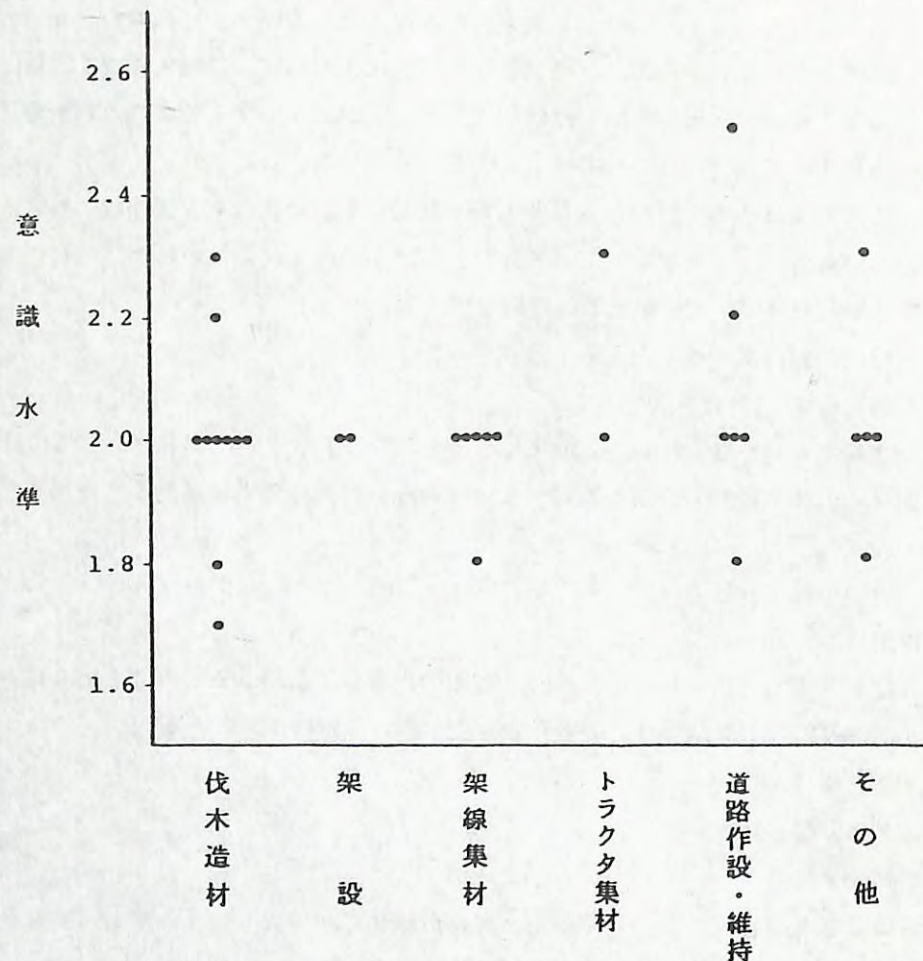


図-21 作業区分別にみた災害時の意識水準

迫時の即時判断や仕事に熱中等に起因する災害であると考えられる。しかし、背景要因からみる限り、大部分の災害は意識水準2.0以下つまりフェーズⅡ・Ⅰで発生している可能性が大である。森林作業のような非定常的作業が多い分野では、必要に応じてフェーズⅡ・ⅠからⅢに切り換えて対応する必要がある、このことも安全対策をたてを際の重要なポイントになるものと思われる。

## 5. 災害防止対策の一試案

これまで57~59年度の重大災害を対象にして、クロス分析や多変量解析、CTA分析、ヒューマンエラーの分析等、主として林業労働災害の要因分析がこのレポートの課題であった。したがって、全般的な災害防止対策を考察するのがここでのテーマではないが、いままでの分析結果から、災害防止対策をたてる際のポイントになるものを指摘して報告書のまとめとしたい。

いうまでもなく、災害防止対策は人間-機械-環境というシステムの中で発生する危険の本質を科学的にとらえながら進める必要がある。NASAでは事故原因分析および対策樹立の際に4Mの原則を用いており、最近わが国でもこの4Mが強調されている。

4Mとは

- i) Man 人間
- ii) Machine 機械設備
- iii) Media 人間と機械設備の媒体……作業環境、作業方法など
- iv) Management 管理

これらは、人間のエラーが事故に結びつく背後にある要因を分類したものであり、対策もこの4Mに従って検討することがよいと考えられる。以下この順に従って、分析結果から指摘できるポイントのみを簡単に述べる。

### (1) Man (人間)

#### 1) 危険作業時の意識レベルのアップ

災害に直面したとき、作業者がどんな意識フェーズの状態にあったかは、ヒューマンエラーの発生や事後の対策を考えるとき、きわめて重要な問題である。すでに、重大災害の大部分は意識フェーズがⅡ以下であることが推定された。森林作業は時々刻々作業内容及び作業場所が変化する場合が多く、定常作業というよりは非定常作業だと考えた方がよい。このような非定常作業は間違いやすい、または危険を伴う作業が多く、要注意作業と場所で意識フェーズをⅢに切り替える必要がある。

意識のレベルアップの方法としては

- ① 指差呼称
- ② リーダーや仲間同士の声のかけ合い



③ 笛を使用する  
などが考えられる。

## 2) 危険予知能力の向上

危険に対して高い感受性を持ち、安全に作業を遂行する能力を向上させる必要がある。

1) の指差呼称も危険予知が伴ってはじめて効果的なものとなる。ここでは、災害事例を多数検討することにより危険の予知能力を高める訓練を強調したい。災害事例にはヒヤリハットも加え、チーム(作業区分)の課題として検討させる。具体的には、災害事例等から各作業について危険度に応じたランク分けを行い、要注意作業や場所を摘出し、効果的な指差呼称につなげる。

## 3) ヒヤリハット事故の活用とヒューマンエラーの原因分析

ヒヤリハット事故の調査分析は一般の災害分析を補足する方法としてすぐれている。林業関係では北欧諸国においてこの方法が用いられ、災害分析を効果的なものになっている。また、ヒヤリハット事故の型や頻度が実際の災害の型や頻度と似ており、両者には近似的な関係のあることが確認されており、調査の容易性等からみてもヒヤリハット事故分析は有効なものである。特にこの方法の有効性としては、災害の直接原因を明らかにするだけでなく、その基礎となるヒューマンエラーや技術的、管理的欠陥等の間接的原因をも容易に明らかにすることがあげられる。

ヒヤリハット事故の調査分析に期待したい側面は2つある。

### ① 危険予知の感受性向上

ヒヤリハット事故を課題としてチームごとに検討し、危険作業の戦略、戦術を議論させる。これは作業者に対して安全の刺激を与えることになり、実践力の強化を期待するものであるが、要は個人として、あるいは集団として「危険予知の感受性を高める」ことである。

### ② ヒューマンエラーの原因分析

ヒューマンエラーの大部分は脳での情報処理の過程の中の「認知・確認」、「判断・決定」、「操作・動作」の段階で起こることは前述したが、ヒヤリハット事故の調査分析において

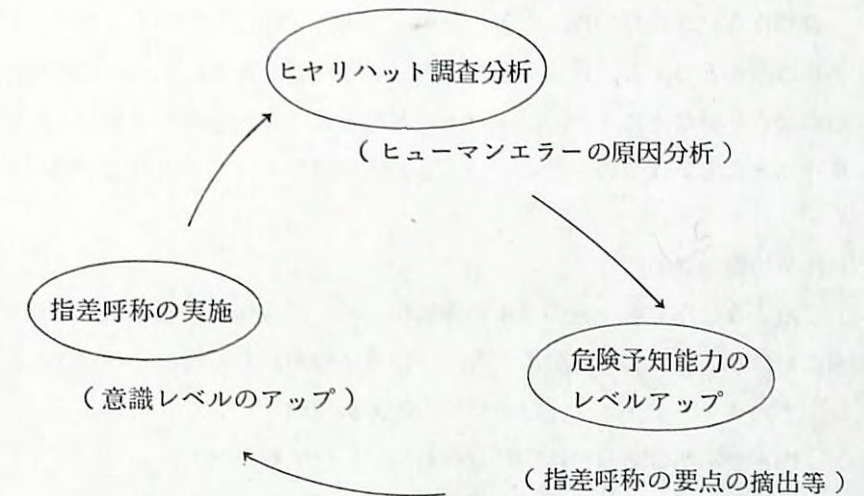
a) 意識フェーズの推定

b) 作業ミスが作業者のどんな行動・動機によって起こされたかの推定

を行うことによって、ヒューマンエラーの背景要因を検討し、適切な災害防止対策(指差呼称の要点の摘出等)に資する必要がある。また、ヒューマンエラーの原因分析を通して、本当の災害原因の意味を理解することができ、危険予知の感受性向上に結びつけることが可能となる。

以上、Man(人間)について、3つの側面から災害防止対策のポイントを指摘したが、

これらが互に影響し合うような形で災害防止活動が展開されることを期待したい。



## (2) Machine (機械)

Machine とは、設備や機械などの物的条件をいうもので、機械設備の人間工学的配慮や足場や通路の不安全状態、安全カバーなどの保護装置、作業空間の不備などもここに入る。

今回の調査では、機械設備そのものに起因する災害が少なく、分析も十分ではないので、この問題については省略する。

## (3) Media (人間と機械設備の媒体~作業環境、作業方法など)

Media というのは人間と機械をつなぐ媒体という意味であるが、そこには2つの異なる領域のものが含まれる。

### ① 操作条件

状況や時間の切迫、作業課題の難しさなど~操作を継続する過程で作業者の意識フェーズを変化させる働きがある。

### ② 操作方法

作業の方法、手順の適切さ、情報の出し方、伝え方、作業標準のあり方など

ここでは操作方法について述べる。

C T A手法においても、災害発生要素のうち、作業内容に関する要素(T)の出現率が高く、要素間影響確率においてもTの関連する繋がりが多いなど森林作業の多種多様性を確認することができた。このようなことからTが災害発生に極めて重要な意味を持つことがわかったが、森林作業は非定常的作業が多いことから、作業方法や作業情報に多くの問題点を残す結果となっている。そこで操作方法に関する災害防止対策上のポイントを示せばつぎのようなものが考えられる。



#### 1) 作業手順の見直し

森林作業に非定常的作業が多いといっても、「繰返し」があるので、繰返し作業の経験から危険をとり出し、作業手順を再検討する必要がある。このためには、ヒヤリハット事故の調査分析などにおいて、チームの課題として衆知を集めて検討し、危険予知能力が高まったところで作業の手順についても必ず見直しをすることなどが効果的であると思われる。

#### 2) 作業情報の見直し

どのような作業も一種の情報処理過程であるから作業情報は極めて重要である。この調査におけるエラーの形態分析でも、「作業情報が正しく提供されなかった」が13%にも及び、またヒューマンエラーの背景要因の分析では

① 内容が不明確あるいは間違えられやすい～架線集材、その他

② 表示の場所・伝達方法が不適当～架設、道路作設・維持

などが指摘された。またCTA手法の要素間影響確率でも、人的要素(I)とTの組合せが約60%、自然環境(Ep)に関連するものが約30%となっているが、これらが作業情報として重要な意味を持つ場合が多い。しかし、TやEpに関する要素は作業情報としての把握に困難性を伴う場合が少なくなく、作業危険度と関連させて作業情報の把握方法を見直す必要があるように思われる。たとえば

○ 伐木造林～かかり木、つるがらみの状況、伐倒木の状況

○ 架線集材～見えない場所での連絡合図の方法

○ 道路作設・維持～道路とくに法面の状況や危険度

など、作業情報の把握に困難を伴うものが多い。

なお、作業情報として把握が困難な場合には、作業を中止するなり、主任等の指示を受けるなど、危険予知を十分働かせて対処すべきことは言うまでもないことである。

#### (4) Management (管理)

Management は、安全法規類の整備、指示事項の実施と取締まり、点検管理、安全管理や組織のほか、指揮・監督や指示の仕方、教育訓練などが含まれる。

ここでは教育訓練について簡単に述べる。

#### 1) 教育訓練の見直し

行動的要因と管理的要因から重大災害のパターン分類を行うと、＜知識・経験不足型＞と＜習慣・基準無視型＞の災害に2分された。また、管理的要因においては、前者は＜作業方法教育不足＞、後者は＜安全教育不足＞と関係が深いことがわかった。

このことは、災害の内容によって教育訓練の力点の置き方が異なることを示唆しているように思われる。たとえば、作業区分でみると

① 作業方法教育～トラクタ集材、その他の作業、伐木造材

#### ② 安全教育～架線集材、架設、道路作設・維持

など教育訓練のあり方を見直す必要があるように思われる。

以上、災害防止対策の一試案について述べたが、「作業基準に違反した」、「不注意」、「不安全行動」などはミスの結果であって原因ではない。要するに人間のミスは作業を構成する4M(Man, Machine, Media, Management)の相互関連で起こり、この相互関連を人間の行動特性にもとづき解析し、対策に結びつけていく必要がある。

したがって、生きた安全対策を樹立するためには、災害の事実を科学的に分析し検討することが必要があり、つぎの一項を対策のポイントに加えておきたい。

(6) 災害の事実に基づく詳細なデータの収集と人間の行動特性に基づいた分析を行い、生きた安全対策に結びつける。

(奥田吉春)



## 造林作業の功程表作成手法



## 造林作業の功程表作成手法

### I 試験担当者

機械化部作業第1研究室	辻 井 辰 雄
〃	石 井 邦 彦
〃	朝 日 一 司

### II 試験の目的

作業功程を決定することは、作業の標準化を図るためにも、また作業管理の基礎資料としても重要であって、作業の合理化には必要不可欠なことである。

林業における功程表作成の問題については、以前から取りあげられており、標準時間や基準作業量などを尺度とする各種の方法が検討されている。しかし、現場における作業方法の標準化が併行して進められなかったことと、作業条件の測定についても屋外作業のため種々の制約を受けることなどの理由によって、必ずしも現場に応用できる客観的でかつ科学的なものになっていない。

とくに、造林作業については作業者の体力や技術に依存する人力作業が主体であるうえ、作業場所が複雑な地形の林地であることもあって常に一定の条件で作業を行うことができず、功程表の作成手法や適用性については問題を生じることが多い。

このようなことから、造林作業の功程表作成手法を検討する場合も、作業方法や作業条件の標準化を前提とする時間研究によるIE的な手法については多くの困難をともなうため、取りあえず、現在林野庁で検討が進められている実績作業量を基に数量化手法によって推定する作成手法について、早急に解決が急がれている下刈作業を中心に推定精度の向上や再現性を高めるための資料整理の方法などの対策について検討を行った。

### III 試験の経過と得られた成果

#### 1. これまでの功程表作成手法

功程表という言葉は、国有林関係においては古くから使用されているが、一般産業においてはあまり使用されておらず、これは経験的な数値の1人1日あたりの出来高にあたり、治山土木関係の歩掛表に近い作業量の表示法である。一般産業でいわれている標準作業量は、普通課業ともいわれ、1単位時間すなわち、通常1時間に対する作業量のことであって、現実には作業量や時間のみならず、品質や資材の利用度なども条件となっていて、これらの条件が標準的に管理されたものとして扱われている。



まず、一般的な工程表の作成手法について、その概要を述べるとつぎの6種類に大別されている。

直接観察による方法 (*Measurement by observation*)

概算見積による方法 (*Measurement by estimate*)

作業評価による方法 (*Measurement by work count*)

時間測定器具を使用して直接計量する方法 (*Measurement by time study*)

予定標準資料による予測的方法 (*Bredetermined time standard data*)

実績記録による統計的方法 (*Measurcment by historical record*)

また、以上の各手法の特徴はつぎのとおりである。

#### 1) 直接観察による方法

時間測定具を用いることなく直接作業現場を観察し、個人的な判断によって工程を測定する方法であって、主観的測定法あるいは一時的測定法とも呼ばれ、管理者や監督者の勘と経験にたよる最も原始的なものである。

作業が単純で量も少ない場合には、この方法であっても十分に合うが、チームによる組織的な活動や技術的な内容が含まれる場合については当て推量の域にとどまる。

また、作業全体の時間を総括的に求めるには、部分的な作業を過大に見積りやすいため、応急的な手段として、短い個別的な作業に用いられる程度である。

#### 2) 概算見積による方法

概算見積は個人的な経験や過去の資料を参考にして、ある作業を見積るための方法であって、概括的な計画や予算の概算を行うためには簡便であるが、正確な結果を求めることはできない。

しかし、この方法は最も一般的であって、他に合理的な方法を持ち合せていない場合には広く活用されることがある。

概算見積法を適用する場合の一般的手順は、つぎのとおりである。

- (1) 専任の作業計画者が作業の概算見積を行って、作業命令書に記入する。
- (2) 作業命令書をその作業を実施する職長に交付する。
- (3) 職長は個人的な判断で所要時間を見積り、作業の細部計画を立てる。
- (4) 完成した作業について、作業命令書の実際の所要時間を集計する。
- (5) 実際の作業時間と概算見積時間を比較する。

なお、この方法の短所はつぎのとおりである。

- (1) 概算見積時に実際の作業と大きな相違をきたすことがある場合は、その原因を適確に知ることができない。
- (2) 概算見積による結果を強制した場合、作業員は作業の完成に自信を失い、職務に対する興味や熱意を失うことになる。

- (3) 作業方法が変更された場合、適切な作業時間を算出することができない。

#### 3) 作業評価による方法

この方法は作業現場について直接生産量をチェックすること、既往の生産記録から生産量の平均を求めること、そしてスナップリーディングによって作業員の稼働状況を分析することなど積極的な方法によって資料を収集し、作業を評価するための方法である。

このため、特別な用紙を準備する必要があるうえ、はっきりした作業単位を設定して信頼できる平均値が得られるように期間を定めて正確に測定することが大切である。

しかし、後述の方法に比較すると簡便な方法であるため、妥当な作業測定を行うことはできるが断片的な測定になることが多く、測定結果から作業の標準を導きだすことは困難である。

#### 4) 時間測定器具を使って直接計量する方法

この方法は時間研究による技術的な方法である。測定器具としてはストップウォッチやその他の時間測定器具類を使用する。

使用する測定器具によって、ストップウォッチ法とマイクロモーション法に大別される。前者はストップウォッチを使用して肉眼で作業者の要素動作の所要時間を記録し、後者はマイクロモーションカメラや高速ビデオカメラを使用して微細動作、作業手順、作業時間などを詳細に記録する方法である。

さらに、測定結果の取りまとめ方法によって、直接時間研究法と標準資料法とに分けられる。

直接時間研究法は、これまでに国有林においても作成されてきた工程表の作成に使用されたが、これは作業に対してまず時間的要素を加味して分析し、時間的重点を発見すると同時に各種の作業条件も併行して記録し、これを基礎にして工程分析あるいは動作分析的に着眼しムリ、ムダ、ムラを見出し標準作業法の基礎にする。そして、その標準作業を保守することと、ある安定した作業速度を維持することのために標準正味時間を観測し、実際に即して使用できるものに整理する。

この方法の短所は費用がかかること、非一貫性であること、ならびに仕事を開始した後で成果が得られることがあげられる。

一方標準資料法は時間観測値を摘出し、その要素作業に対する標準時間を決定することと、1つの作業に対して標準時間を前もって決定するための便利な形に組立てることから始める。

この方法の長所はつぎのとおりである。

- (1) 標準化のための費用が少ない。
- (2) 標準化が他の方法より迅速かつ正確に設定できる。
- (3) 標準化が相互に調和し、矛盾点が少ない。



- (4) 標準化が作業の前に決定できる。
- (5) 標準化を容易に説明できる。
- (6) 仕事を合理的な原価で決定できる。
- (7) 長い作業は、日々の計算のために分割できる。
- (8) 必要な場合は、標準化を再現できる。

そして、この方法にはシュルツ方式とキャロル方式とがあり、シュルツ方式は時間観測に入る前に、機械ならびに工具の標準化を強力に実施して標準時間を算定するのに対して、キャロル方式は作業の時間分析と同様の観測法によって、固有に必要な要素作業のみを抽出観測する。そして、これを比較用紙に整理して、平準換算法によって正味時間の算出を行い、変数を数表、図表、ノモグラフ、公式などに取りまとめ、1つの作業に対する標準時間を前もって便利な形に組立てる。この場合、時間分析によっていきなり標準資料を取りまとめることから、機械ならびに工具の標準化や工程管理は当然進んでいることが前提となる。

#### 5) 予定標準資料（動作時間標準法）による予測的な方法

この方法は基礎となる動作または運動について、あらかじめ定めた時間標準(P.T.S)を決定し、この基礎数値を用いて、測定する作業を構成する動作または運動ごとに時間値を求める。そして、これを集計することによって作業の標準時間を得る方法である。おもにP.T.S法が適用できる作業は手作業に限られる。

P.T.S法のおもなものはつぎのとおりである。

- (1) *Motion time analysis*
- (2) *Work factor*
- (3) *Method time measurement*
- (4) *Basic motion time study*
- (5) *Dimensional motion times*

この方法の長所は、時間測定器具を使用する時間研究の手続きを著しく簡素化したことと、その精度を直接の時間研究の結果と比較した場合は数%の誤差に過ぎないことなどで、時間研究の隘路を非常に軽減できる。しかし、少なくとも職員数の0.5~1%の専門分析者を配置しないと全作業の測定が困難であり、しかも測定の対象が反復作業に限定されることなどの短所もある。

#### 6) 実績記録による統計的な方法

この方法は別に統計的測定法とも呼ばれ、作業現場において日々の所要時間と生産高を記録し、その定期的報告資料を基に統計的に作業標準を導き出して作業効果を判定するものである。

実績記録による方法は断片的であったり、抽出的な測定であったりする場合はほとんど

効果はなく、それが全作業を網羅し、かつ長期間にわたって継続されたものである場合に大きな効果がある。

この方法の特徴はつぎのとおりである。

- (1) 非反復性の作業、机上作業、あるいは成果を適確に把握しがたいような作業には有効である。
- (2) 作業方法が標準化されていない作業にも有効である。
- (3) 個人および部門の作業効果を同時に測定することができる。
- (4) 測定のための経費と時間はきわめて少ない。
- (5) 測定上の専門技術を必要としない。
- (6) 測定結果から得られる作業時間、作業効率および作業標準などの数値は概括的であって、時間測定具あるいは予定標準資料を使用して測定したものと比較すると、はるかに精度が劣る。
- (7) 測定を制度化し、長期的かつ広汎に測定しない限り正確な統計値を得ることができない。

## 2. 数量化手法による工程表の作成

これまでも標準工程表の作成と併行して、暫定的な事業実行上の標準作業量を予知する方法として環境評価方式や標準作業量査定係数方式などが検討されている。

この場合、両者とも環境条件の諸因子との関係を函数関係で取り扱っていて、標準作業量査定係数方式についてみても13~24の多くの因子を計測している。しかし、図-1に示した

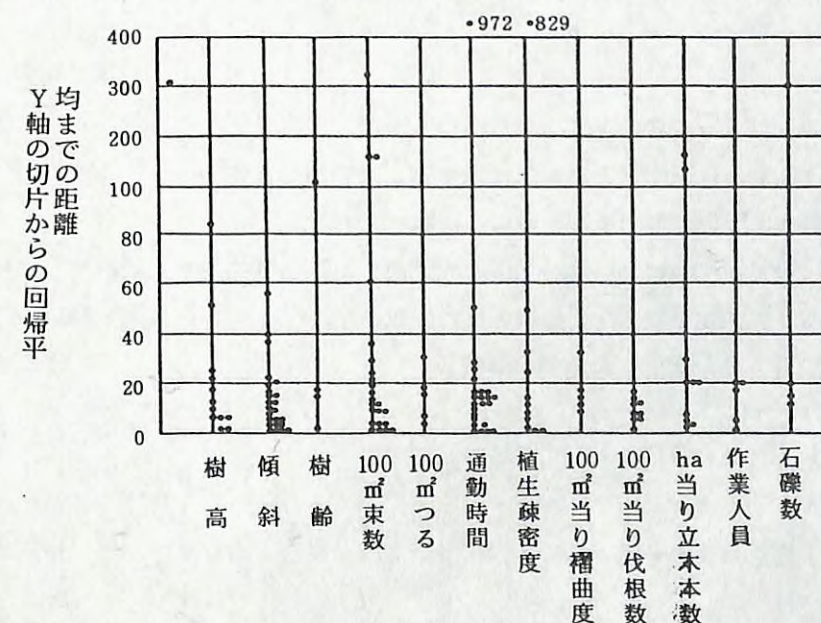


図-1 下刈-全刈1回刈作業での要因の寄与



下刈作業の因子寄与度をみてもわかるように、因子寄与度の傾向を全く把握することはできず、分析に多くの時間と労力を費やしたわりに実用性には欠けるものになっている。

ところが、前述の特徴を活した実績作業量を基として数量化手法を適用した場合は、標準化法と異なり作業実行箇所の条件因子の把握と作業時間上での作業量を計測すればよく、資料の収集も簡便で、分析もコンピュータを利用することによって迅速に行えることから、有効な作成手法となる。

数量化手法については、林業においても広く活用されているため、ここでは概要を述べるにとどめる。

現象がある変数Yで記述されるとき、Yの起り方を予測するためにM個の項目を測定したとすると、これらの項目はM次元の変数として現わされる。

そしてYの予測をつぎの式で仮定する。

$$X = X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_M$$

いま、各  $X_i$  にある数量を与えたとき（この数量を  $t_{ik}$  とする）、 $t_{ik}$  によってYを最もよく予測するような数量  $\hat{y}$  を求めようとする。変数はすべてカテゴリーに分類される（数値はカテゴリー化し定性的なものとして扱う）。

数量  $t_{ik}$  を決めるための方程式は、つぎのとおりになる。

$$n(i k) t_{ik} + \sum_{j=1}^l \sum_{\ell=1}^{r_i} n(i k)(j \ell) t_{j \ell} = \sum_v^{(i k)} y_v$$

$$i = 1 \dots M_1 \quad K = 1 \dots r_i$$

各  $X_i$  のカテゴリーを  $C_{i1} C_{i2} C_{i3} \dots r_i$  として、そのカテゴリーに分類された個数を  $n_{(11)} n_{(12)} n_{(13)} \dots n_{(ik)}$  とすると表-1に示すクロス表ができる。

表-1の各式について説明するとつぎのとおりである。

$(\sum_v^{(11)} y_v)$  は  $n_{(11)}(kr)$  について分類された個数における外的基準（変数Y）の和

$n_{(ik)} = X_i$  は測定結果  $C_{ik}$  に分類された個数  $n_{(ik)}(j \ell) = X_j$  は測定結果  $C_{j \ell}$  を示し、

かつ  $X_j$  について  $C_{j \ell}$  を示したものの個数

$$i, j = 1 \dots M, R = 1 \dots r_i, \ell = 1 \dots r_j$$

この式を解くために行列をもってすると、

$$A t = b$$

Aは表-1のクロス表を用いる。 $t, b$ についてはつぎのとおりになって、求めることができる。

表-1 数量化手法のクロス表

変数 カテゴリー	$X_1$				$X_2$				$\dots X_M$	$\sum_v^{(ik)} y_v$
	$C_{11}$	$C_{12}$	$\dots$	$C_{1r_1}$	$C_{21}$	$C_{22}$	$\dots$	$C_{2r_2}$	$\dots C_{MrM}$	
$X_1$	$n_{(11)}$	0	$\dots$	0	$n_{(11)}(r_1)$	$n_{(11)}(r_2)$	$\dots$	$n_{(11)}(r_{r_2})$	$\dots$	$\sum_v^{(11)} y_v$
	0	$n_{(12)}$	$\dots$	0	$n_{(12)}(r_1)$	$n_{(12)}(r_2)$	$\dots$	$n_{(12)}(r_{r_2})$	$\dots$	$\sum_v^{(12)} y_v$
	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
	0	0	$\dots$	$n_{(1r_1)}$	$n_{(1r_1)}(r_1)$	$n_{(1r_1)}(r_2)$	$\dots$	$n_{(1r_1)}(r_{r_2})$	$\dots$	$\sum_v^{(1r_1)} y_v$
$X_2$	$n_{(21)}(r_1)$	$n_{(21)}(r_2)$	$\dots$	$n_{(21)}(r_{r_2})$	$n_{(22)}$	0	$\dots$	0	$\dots$	$\vdots$
	$n_{(22)}(r_1)$	$n_{(22)}(r_2)$	$\dots$	$n_{(22)}(r_{r_2})$	0	$n_{(22)}$	$\dots$	0	$\dots$	$\vdots$
	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
	$n_{(2r_2)}(r_1)$	$n_{(2r_2)}(r_2)$	$\dots$	$n_{(2r_2)}(r_{r_2})$	0	0	$\dots$	$n_{(2r_2)}$	$\dots$	$\vdots$
$X_M$	$C_{M1}$	$C_{M2}$	$\dots$	$C_{MrM}$	$C_{M1}$	$C_{M2}$	$\dots$	$C_{MrM}$	$\dots$	$\vdots$
	$C_{M2}$	$C_{M3}$	$\dots$	$C_{MrM}$	$C_{M3}$	$C_{M4}$	$\dots$	$C_{MrM}$	$\dots$	$\vdots$
	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
	$C_{MrM}$	$C_{MrM}$	$\dots$	$C_{MrM}$	$C_{MrM}$	$C_{MrM}$	$\dots$	$C_{MrM}$	$\dots$	$\vdots$

$(\sum_v^{(11)} y_v)$  は  $n_{(11)}(kr)$  についての分類された個数における外的基準（変数Y）の和

$$t = \begin{bmatrix} t_{11} \\ t_{12} \\ \vdots \\ t_{1r_1} \\ \vdots \\ t_{21} \\ \vdots \\ t_{MrM} \end{bmatrix} \quad b = \begin{bmatrix} \sum_v^{(11)} y_v \\ \sum_v^{(12)} y_v \\ \vdots \\ \sum_v^{(1r_1)} y_v \\ \vdots \\ \sum_v^{(MrM)} y_v \end{bmatrix}$$

以上が数量化手法の概要であるが、この手法では資料数を大量にしかも万遍なく必要とすること、理論的には要因カテゴリーの交互作用と誤差などの解釈については問題点もある。しかし、従前の手法と比較すると多くの要因を同時に取り上げることができ、功程表自体も単純なスコア表で表現することができるため、実用性は高いといえる。

### 3. 数量化手法による分析結果

長野営林局の下刈り作業調査資料7件（資料数247～557個）を基に、数量化手法によ



て実績作業量を推定し、推定精度や再現性を高めるための対策について検討を行った。  
数量化手法による分析結果を取りまとめると表-2のとおりである。

表-2 数量化手法による分析結果

資料 No.	1	2	3	4	5	6	7
直 請 別	直よう	直よう	直よう	直よう	請 負	請 負	請 負
資 料 数	317	377	557	295	395	448	247
要 因 数	5	4	5	4	8	7	7
カテゴリー数	40	25	40	25	45	36	36
観測の平均	9.325	9.397	11.433	10.416	8.726	10.047	9.039
重相関係数	0.885	0.871	0.923	0.920	0.862	0.809	0.957
寄 与 率	0.783	0.759	0.852	0.846	0.743	0.654	0.916
標準誤差	2.951	1.153	11.722	1.057	8.162	1.251	2.938
誤差率(%)	31.6	18.0	25.6	13.2	15.8	17.8	10.5
外的基準	人/ha	人/ha	人/ha	人/ha	ha/人日	ha/人日	ha/人日

長野局資料

資料No 1～No 4 は直ようにおける鎌による人力作業（要因数4～5），資料No 5～No 7 は請負における人力，刈払機，人力と刈払機併用の各作業（要因数7～8個）となっている。

分析結果から、推定値 $\hat{Y}$ 観測値 $Y$ との一致度を示す重相関係数 $\rho_{Y \cdot \hat{Y}}$ についてみると、それぞれ0.809から0.957の範囲にあって、高い水準の信頼度を示している。また、寄与率 $\rho^2$ も0.654から0.916で比較的高い値を示している。

つぎに、推定精度の目安として誤差率についてみる。

誤差率 $\rho = \{6 Y \cdot \hat{Y} / \hat{Y}\} \times 100$ （信頼度68%）

として資料No 1～No 3までの各誤差率はそれぞれ31.6%，18.0%，25.6%となって、精度としては芳しくない。また、資料No 4～No 7の誤差率も10.5%～17.8%の範囲となっており、作業工程を推定する精度からみると一般的な誤差率は5%以内がよく、大きくみても10%前後には収まる必要があることからみると、精度としては低いことを示している。

これまでの林業における各作業工程を推定した諸手法においても、実際に誤差率が10%以内に収まっていることはほとんどみられないが、今回の分析結果においても同じ傾向を示していて、重相関係数は高い水準にありながらも推定値のバラツキが大きく、工程としてのあてはまりは良いものとはいえない。

誤差率が31.6%と最も高い資料No 1について、推定値 $\hat{Y}$ と観測値 $Y$ の関係を示したものが図-2，10.5%と最も低い資料No 7について示したものが図-3である。

〔ケース1の場合〕

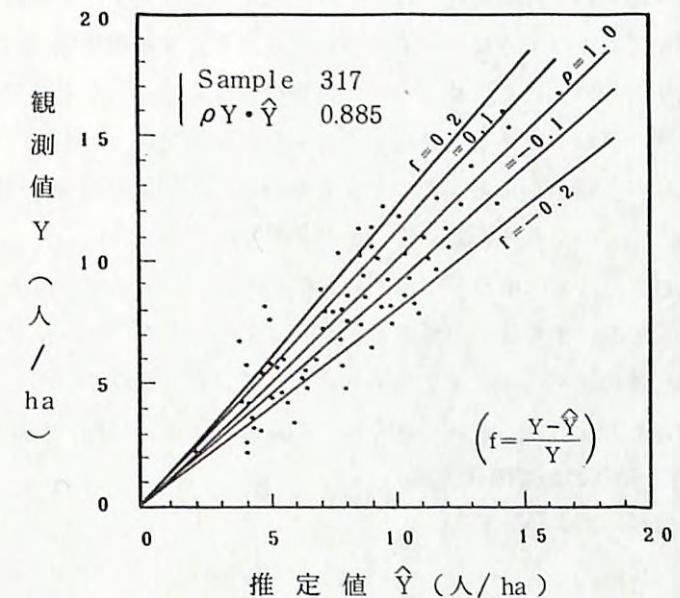


図-2 推定値と観測値の関係

〔ケース7の場合〕

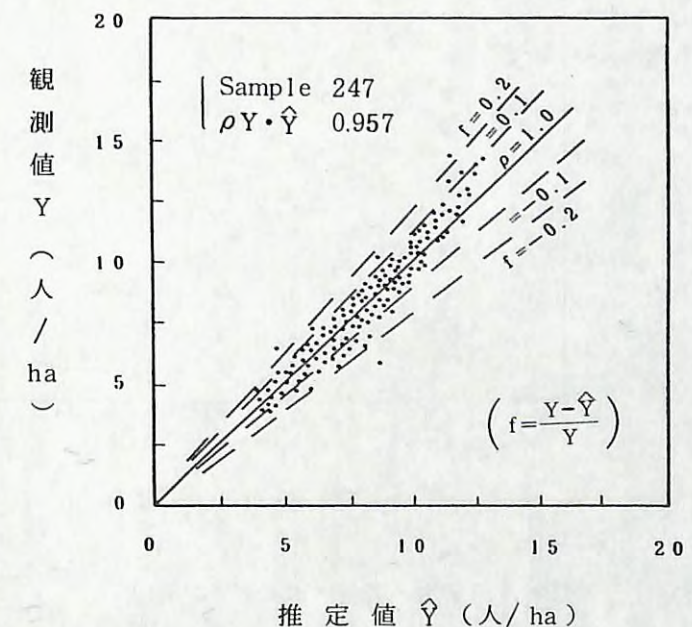


図-3 推定値と観測値の関係



推定値が完全に観測値を再現しておれば、図示したように  $\rho = 1.0$  の線上に並び、誤差率 10% 以内であれば  $f = 0.10$  の上下線の枠内に全資料数の 68% までが収まることになる。当然のことながら、資料 No. 7 は他の 6 件に比較すると再現性が高いことを示している。

つぎに、林業における作業工程では、これに対応する作業条件が無数にあるため、すべての項目を把握することはできない。そこで把握を必要とする現象間については、バラツキの大きいところは少し規制することによって、再現性を高めることも必要である。

すなわち、同一条件下であると目視して計測した結果であっても、他の原因によって大きなバラツキを生じる場合がある。このような場合は、不明な原因を一時的に別扱いにすることによって、全体としての再現性を高めることも必要である。

この方法としては、要因項目のなかで最も相関の高い要因の一つを選定して、作業工程との相関図を作成して検討することができる。要因はすべてカテゴリー化されているため、カテゴリーごとの数量のメディアン  $\bar{x}$  を求める。そして、各カテゴリーのメディアンを結ぶ曲線を、図-4 に示したように求める。さらに、曲線とカテゴリー軸の交点の値を読みとり  $\bar{x}$  とし、 $\bar{x} (1 \pm 0.60)$  の幅で図化する。

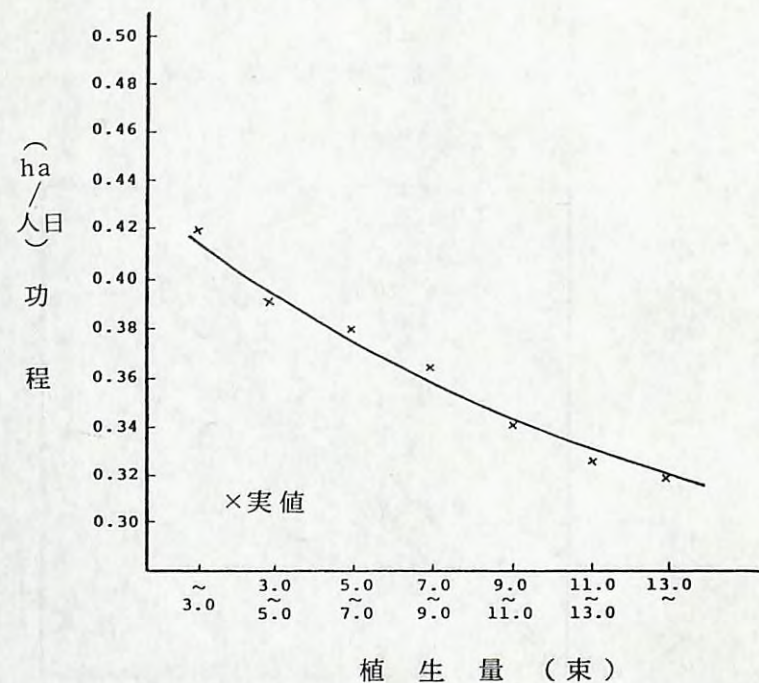


図-4 メディアンとメディアン平均

そして、これを便宜的な異常値の棄却幅とし、資料を棄却整理する。棄却限界を求める式は、つぎのとおりである。

$$\bar{x} \pm S \left\{ \frac{N+1}{N} F'_{N-1}(\alpha) \right\}^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{ここに、} \bar{x} = \frac{1}{N} (x_1 + x_2 + \dots + x_N)$$

$$S^2 = \frac{1}{N-1} \{ (x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + \dots + x_N^2) - \frac{1}{N} (x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_N)^2 \}$$

において、 $\bar{x} = x$  と仮定し、また別にカテゴリー内での変動係数  $C \cdot V$  を 30% とすれば、 $S$  は間接的に求められる。

$$S = (C \cdot V) \bar{x} \div (C \cdot V) x = (0.30) x$$

$N$  は 1 つのカテゴリーに 40 個以上のサンプルが反応していることにすると、前式より

$$\bar{x} \pm 0.30 (\bar{x}) \{ 2.04 \sim 1.96 \} = \bar{x} \pm 0.61 (x) \sim 0.59 (\bar{x})$$

となる。

分析結果として図-5 に示したものは、要因項目のうちで最も相関の高い植生量について、前述の方法で算出した棄却限界線によって資料を整理したものである。

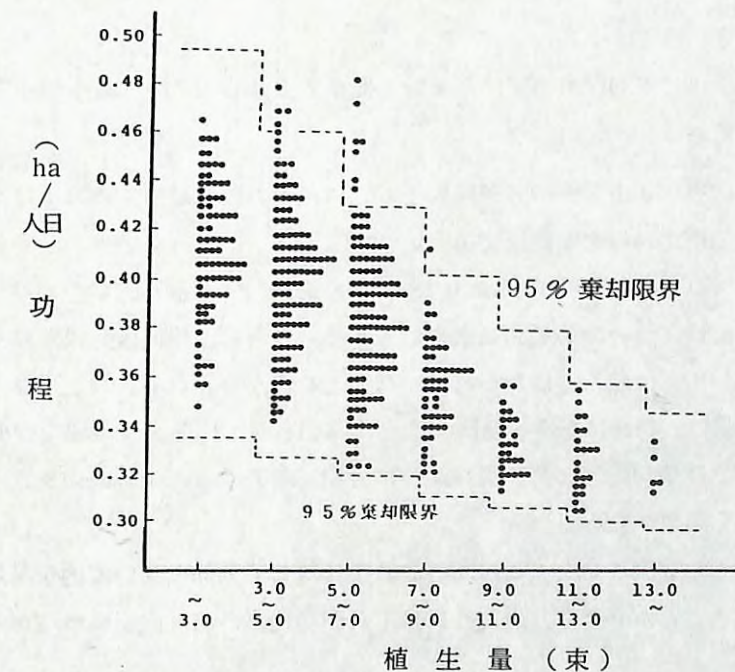


図-5 植生量と工程



表-3 下刈作業の功程を推するコア表(直よう・全刈・人力)

因 子	階 層	功 程	因 子	階 層	功 程
下刈回数	1 回 目	0.3099ha	林地傾斜	0° ~ 4°	0.0 ha
	2 回 目	0.2366		5° ~ 14°	-0.0393
	3 回 目	0.2004		15° ~ 24°	-0.0215
	4 回 目	0.1961		25° ~ 34°	0.0147
	5 回 目	0.2128		35° ~	0.0452
	6 回 目	0.2046	刈 払 幅	2 5 . 0 %	0.0
	7 回 目	0.1595		3 2 . 5	0.0283
	8 回 目	0.1898		3 7 . 5	0.0126
主たる植生	雑 草	0.0		5 0 . 0	0.0439
	か ん 木	0.0416		6 2 . 5	-0.0159
	笹	0.0290		7 5 . 0	0.0480
	雑草,かん木	0.0358	刈 払 高	1 0 cm以下	0.0
	雑 草, 笹	-0.0334		2 0 cm	0.0222
	笹,かん木	-0.0200		3 0 cm以上	0.0264
	雑草,笹 かん木	-0.0191			

この方法による1回目の分析では、全資料数を打点し図化したところ調査資料に偏りがみられ、棄却限界を越えるものが多数みられ、しかも大部分が2地域(署)に限られていたため、この2地域を除外して再度整理してみたものである。

このように下刈作業では、変動係数は実際27%程度であるため、変動係数を30%として設定した棄却限界においては、大部分が限界線内に入ってしまうため、棄却される資料は大幅に減少しているが、バラツキ規制の効果をあげることができる。

この方法は簡便な資料整理の方法であって、カテゴリ内の変動係数が小さい場合は棄却される資料が少なくなり、逆に変動係数の大きい場合は総資料数に対して5%以上が限界を越え、棄却されることもある。

しかし、数量化手法においては回帰分析と異り、異常値の棄却を行っても全体の精度を顕著に高めることはできないため、いわゆる異常値に引かれてカテゴリスコアが偏らないための予防措置としての効果を期待して行うことである。

なお、このような方法によって、精度は幾分向上できるが、再現性を高めるための有効な方法は、バラツキを大きくしている要因の抽出法や合理的なカテゴリ化についての検討が残されている。また、分析に用いる資料数についても、作業功程を推定する場合は要因の数が増え、自然と多くなることが予想されるため、資料数が100個以下であると各要因の数量にも片寄りが現れ、常識的な傾向に反する現象がみられることから注意する必要がある。

#### 4. ま と め

数量化手法によって下刈作業の実績作業量を推定するためのスコア表を例示すると、表-3, 4のとおりである。

功程を推定しようとする箇所の各条件因子ごとに、それぞれ該当するカテゴリスコアを加えた和がその箇所の功程の予測値である。

しかし、このスコア表をもって現地へのあてはめを検討する最終的なつめは行っていないため、適用の可能性についての議論は残されている。さらに、作成段階における資料の収集方法や吟味についても、統一がはかられていないところがみられる。たとえば、下刈作業における傾斜の因子は、功程に影響を及ぼすことは確認されているが、現場での測定方法も確立されておらず、作業功程との関係を具体的に表現する方法は、未解決のままであることを念頭に入れておく必要がある。

要するに、資料の収集にあたっては、外的基準に対して関係の深い要因を選定し、質の良い資料を収集することが必要で、最終的にはそれが功程表の精度向上につながる基本的なことである。



表-4 下刈作業の功程を推定するコア表(請負・全刈・人力)

因 子	階 層	功 程	因 子	階 層	功 程
傾 斜	10° 未満	4.22 人		雑草,かん木	-0.14 人
	10° ~ 20° "	3.94		かん木,笹	0.30
	20° ~ 30° "	4.03		雑草,かん木,笹	-0.18
	30° ~ 40° "	3.76		笹,雑草	-0.32
	40° 以上	3.98	刈払物件量	500束未満	0.0
しゅう曲度	疎 (少)	0.0		500~750 "	0.36
	中 (中)	0.25		750~1000 "	0.24
	密 (多)	0.11		1000~1250 "	0.44
石 礫 度	少 (疎)	0.0		1250~1500 "	0.46
	中 (中)	-0.31		1500~1750 "	1.91
	多 (密)	-0.17		1750以上	2.15
被圧状況	よ く	0.0	下刈回数	1 回 目	0.0
	か な り	0.27		2 回 目	0.19
	少 し	0.31		3 回 目	0.47
	ほとん ど	0.53		4 回 目	0.55
植 生	雑 草	0.0		5 回 目	0.45
	かん 木	-0.31		6 回 目	0.66
	笹	0.42		7 回 目 以上	0.46

# 参 考 文 献

- (1) 林 知己夫ほか2：市場調査のための統計的数量化の理論と実際，統計数理研究所 1963.
- (2) 米田幸武ほか2：林業の標準功程表あてはめに関する研究 2. 林試研報 149, 1963.
- (3) 日刊工業新聞社：作業測定便覧，1964.
- (4) 西沢正久ほか2：数量化による地位指数の推定法，林試研報 176, 1965.
- (5) 林野庁：国有林野事業功程調査手順書，1970.
- (6) 林野庁監査課：各種作業功程表，1970
- (7) 隅田章人：林業労働の特性を働く，林業経営研究所，1972.
- (8) 梅田三樹男ほか2：標準功程表と立木評価，日本林業調査会，1982.
- (9) 辻井辰雄ほか2：下刈，地拵作業における安全作業法の確立，技術開発試験成績報告書，1986.
- (10) 作業第1研究室資料：林業主要作業の要素分析，1987.



## 広葉樹用材林の育成技術（Ⅲ）



## 広葉樹用材林の育成技術（Ⅲ）

### I 試験担当者

造 林 部 長	勝 田 征
植 生 研 究 室	谷 本 丈 夫 , 浅 野 透
	鈴 木 和 次 郎 , 飯 田 滋 生
土 壌 第 一 研 究 室	大 角 泰 夫 , 金 子 真 司
土 壌 第 三 研 究 室	宮 川 清

### II 試験の目的

近年、生活様式の質的变化などにより、家具材、内装材などにおける広葉樹材の需要が増加しており、その結果、材価が上昇していることは周知の事実である。一方、伐採可能な天然林面積の減少に伴って、今後の広葉樹用材の供給は減少が見通されており、試算によれば、昭和71年には昭和51年の供給量の半ばを割るものと予測されている。従って、現存する林分に改良を加え、伐期の短縮を図るとともに、保続的な広葉樹材生産技術を開発することが焦眉の急となっている。しかしながら、薪炭材生産についてはある程度まとまった研究蓄積があるが、用材生産を目的とした広葉樹林の育成については、ブナやカンバ類の天然更新技術をのぞけば研究蓄積はほとんどないに等しい。この研究は以上の背景をうけて、安全確実でしかも事業実行が可能な広葉樹用材林育成技術の体系化を目的として進められてきた。

### III 試験の経過と得られた成果

#### 1. 試験の経過

昭和57年度から特別研究「ミズナラ等主要広葉樹の用材林育成技術の開発」を開始し、これを補完する意味で技術開発課題としての研究が並行してすすめられてきた。

すなわち、

「広葉樹用材林の育成技術 I」(57-58)

「広葉樹用材林の育成技術 II」(59-60)

「広葉樹用材林の育成技術 III」(61-62)

である。広葉樹用材林の育成技術の研究は実証的データの集積に長期間を要するため、継続的な研究とならざるを得ないが、これまでに多くの成果があがっている。

ミズナラの天然更新、シイの天然更新技術については、固定試験地のデータを補完する目的で行われた既存更新地における実態解析等により、ほぼその概要をあきらかにし、技術指



導の基礎として利用されている。また、ミズナラ、ウダイカンバなどでは、密度管理図が作成され間伐の指針としてすでに利用されている。

なお、この研究はブナの更新法を援用しつつ、母樹保残法を中心にミズナラ次代用材林生産林分造成のための更新技術を開発することにある。しかし、昭和61-62年度もミズナラの種子の結実が少なく、まだ更新初期におけるメバエの定着とその成長におよぼす雑草木の影響、すなわち、効率的な林床処理を行うための情報が得られなかった。このためミズナラ天然更新試験地の追跡調査にくわえて、既設のブナの更新試験地における稚樹の動態も調査した。

## 2. 得られた成果

この研究はA) 施業と更新の事例調査、B) 固定試験地調査、C) ミズナラ、ブナ林の生育と林分構造、立地条件の関係をもとにした施業立地区分法の解明の三つの項目からなっている。

### A. 施業と更新の事例調査

#### 1. ミズナラ林

##### 1) 大径木自然林における稚樹発生促進試験

##### (1) 調査目的

昭和58年、60年度において前橋営林局管内宇都宮営林署奥日光国有林内のミズナラ林の施業と更新の関係を報告した。これらのミズナラ林では薪炭施業跡地の更新良好地と、老齢大径木の疎林で、若木や稚樹がなく、ササ類の繁茂した二つのタイプの林分が認められた。

また、老齢疎林内の林床が刈払われていたために、うまく更新したミズナラ林の上木と稚樹の関係についても報告した。これらの老齢なミズナラ林は、日光国立公園特別保護地区内にあり、最近の台風等で幹折れ、風倒をうけ枯死するものが多く、その跡地はササ原になっている。このような実態は将来のミズナラ林保続を困難にするものと推定される。

この研究は、国立公園特別保護地区のように、景観を保持する目的で天然更新を促進する場合に必要な条件をあきらかにするために行った。

##### (2) 調査場所と方法

設定の場所は奥日光国有林1105い、1062い林小班内で、林床植生がスズタケとクマイザサの二つの区域に設定した。稚樹の発生を阻害しているのはササであることから上木を自然状態にしたまま、ササ類の刈払いを行った。効率的な刈払い方法を見いだすために、刈払い処理区は次のとおりとした。

##### ア. 全 刈

イ. 刈り残し帯 3 m, 刈り払い帯 3 m

ウ. 刈り残し帯 5 m, 刈り払い帯 5 m

エ. 刈り残し帯 7 m, 刈り払い帯 7 m

オ. 刈り残し帯 9 m, 刈り払い帯 9 m

それぞれの処理区は50m×50mの大きさで、全面積は2繰り返し2, 5 haである。

表1 ササの処理別再生量(刈取り収穫後1年目)

5 mプロット(1 m×1 m)		1-a	1-b	3-a	3-b	5-a	計	平均
刈	全 量 (g)	78.1	77.0	88.5	62.5	79.9	386.0	77.2
区	稈 量 (g)	47.0	47.4	74.2	45.8	59.7	274.1	54.8
全 プロット(1 m×1 m)		a	b	c	d	e	計	平均
刈	全 量 (g)	73.0	99.8	69.2	92.1	—	334.1	83.5
区	稈 量 (g)	63.5	78.7	54.4	66.8	—	263.4	66.0
7 mプロット(1 m×1 m)		1-a	1-b	2-a	2-b	3-a	計	平均
刈	全 量 (g)	62.2	89.5	89.6	81.3	57.7	380.3	76.1
区	稈 量 (g)	47.9	56.8	63.5	63.9	39.8	271.9	54.4
9 mプロット(1 m×1 m)		1-a	1-b	2-a	2-b	3-a	計	平均
刈	全 量 (g)	55.8	56.8	57.5	65.7	92.2	328.0	65.6
区	稈 量 (g)	42.5	42.9	45.2	49.8	64.9	245.3	49.1

プロットのa, bは同列の場所

##### (3) 調査結果

試験開始後、ミズナラの結実がなく、稚樹の発生は見られない。ササ類の刈払い一年目の再生量は表1のとおりであったが、刈払い幅等との関係は明確ではなかった。

結実後の継続調査の準備のため、母樹の位置、樹冠の大きさ等が調査された。なお、刈払われた場所ではシカの行動痕跡が多く、稚樹発生後の影響が心配された。

#### 2. ブナ林

##### 1) 沼田営林署管内玉原付近のブナ林の植生と更新

##### (1) 調査場所と方法

沼田営林署管内玉原国有林12-13林班において、おもに択伐跡地の更新実態を調査した。調査方法は調査対象のブナ林を可能な限りカバーするために、10m×100mないしは250mの方形区を区画し、これをさらに5m×5mの小方形区に細分し、それぞれ胸高直径5cm以上の全樹種について毎木調査を行った。またブナ、キハダ、ホオノキ、テ



ツカエデで構成されていた樹群において成長錐により年輪解析用のコアを採取し、施業履歴についても調査した。

## (2) 調査結果

調査林分の樹種別、胸高直径別本数分布

調査林分の樹種別、胸高直径別本数分布を表2～5に示した。一部にはかなり良好なブナ林が存在するが、残るほとんどはツツカエデ、キハダ、オオモミジ等の中小径木で、その中大径ではあるが、幹腐れの多いブナが点在する林分であった。林床植生の主なものはクマイザサで、密に繁茂していた。このためブナ稚樹は、ほとんど認められなかった。

主要樹種の成育経過と施業履歴との関係

ブナ、キハダ、ホオノキ、ツツカエデそれぞれ一本ずつ、年輪解析を行い、成長経過を調べた(図1)。大径木のブナについては、幹の中心部が腐っているために、成長経過の解析はできなかった。しかし、これまでに得られた薪炭林の成立経過における、多くの調査結果から判断すると、玉原においても、ブナの大径木は薪炭に適さないアバレ

表2 玉原地区林分調査 ベルト1, 銅金沢(択伐実行地)10m×150m  
(13林班い小班)

樹種 胸高直径(cm)	ブナ	トチノキ	イタヤカエデ	ツツカエデ	オオモミジ	コシアブラ	合 計
4							8
6				6	2		2
8					2		2
10				2			
12							
14	1						1
16	1			1			2
18	4						4
20	1						1
22	2			1			3
24	2						2
26	1						1
28	3		1	1		1	6
30	1						1
32	1						1
34	1		1				2
36							
38	2						2
40							
42	3						3
44	2	1					3
46		1					1
48		1					1
50	2						2
52	1						1
54		1					1
56	1						1
58							
60		1	1				2
72	1						1
74	1						1
84		1					1
112	2						2
計	33	6	3	11	4	1	58
ha当たり 本数(%)	220.1 (56.9)	40.0 (10.3)	20.0 (5.2)	73.4 (19.0)	26.7 (6.9)	6.7 (1.7)	386.9 (100)

表3 玉原地区林分調査 ベルト2, 山頂部(自然林)10m×100m  
(12林班)

樹種 胸高直径(cm)	ブナ	ダケカンバ	コハウチワカエデ	ハリギリ	合 計
4					
6					
8					
10	1				1
12	1				1
14					
16	2				2
18	3				3
20			1		1
22	3		1		4
24	4				4
26	1				1
28			1		1
30	2 (1)	(1)			2 (2)
32					
34	4				4
36	2				2
38	2				2
40	1				1
42	4				4
44	1			(1)	1 (1)
46	3				3
48	1			(1)	1 (1)
50	(1)				
52					
54					
56	1				1
58					
60	1				1
62					
64					
66	1				1
68					
計	37 (2)	(1)	3	(2)	40 (4)
ha当たり 本数(%)	370.0 (92.5)		30.0 (7.5)		400.0 (100)

( ) 内書は枯死木



表4 玉原地区林分調査 ベルト3, (択伐実行地) 10m × 150 m (13林班)

樹種 胸高直径 (cm)	ブナ	トチ ノキ	コシ アブラ	アオ ダモ	イタヤ カエデ	ハウチ ワカエデ	オオ ツリバナ	テツ カエデ	キハダ	ハリ ギリ	合 計
4					1						1
6				7	3			3	1	1	15
8		1		2	2	1	1	8	1	1	22
10		1						1			4
12				1	1			1			5
14	2	1						1		1	5
16	1		1					1			3
18								1			2
20								1			1
22								1			1
24								2			2
26								1			1
28	2					1					3
30											
32											
34											
36											
38	1										1
40											
42	1	1									2
44	1										1
46											
48											
50											
52	1										1
54	1										1
56	3										3
58											
60		1									1
64	1										1
66											
68											
74	1										1
計	15	5	1	10	7	2	1	13	19	4	77
ha 当たり 本数 (%)	100.1 (19.5)	33.4 (6.5)	6.7 (1.3)	66.8 (13.0)	46.7 (9.3)	13.3 (2.6)	6.7 (1.3)	86.7 (16.9)	126.7 (24.7)	26.7 (5.1)	513.8 (100)

表5 玉原地区林分調査 ベルト4, (択伐実行地) 10m × 100 m (12林班)

樹種 胸高直径 (cm)	ブナ	ウワミ ズザクラ	イタヤ カエデ	トチ ノキ	キハダ	オオ モミジ	ホオ ノキ	アオ ダモ	ハウチ ワカエデ	テツ カエデ	合 計
4											
6					1	7			9	1	18
8		1			5	9			10	2	27
10		1			6	7			1	2	17
12				1	5	1		1		3	11
14		1			3	2					6
16		1			3						4
18					6			1			7
20					1						1
22											
24											
26	1										1
28											
30											
32							1				2
34	1										1
36											
38											
40	1										1
42											
44											
46											
48				1							1
50											
52											
54											
56											
58	1										1
60											
64											
66	1										1
68				1							1
76	2										2
計	7	4	1	2	30	26	1	2	20	7	100
ha 当たり 本数 (%)	70.0 (7.0)	40.0 (4.0)	10.0 (1.0)	20.0 (2.0)	300.0 (30.0)	260.0 (26.0)	10.0 (1.0)	20.0 (2.0)	200.0 (20.0)	70.0 (7.0)	1000.0 (100)

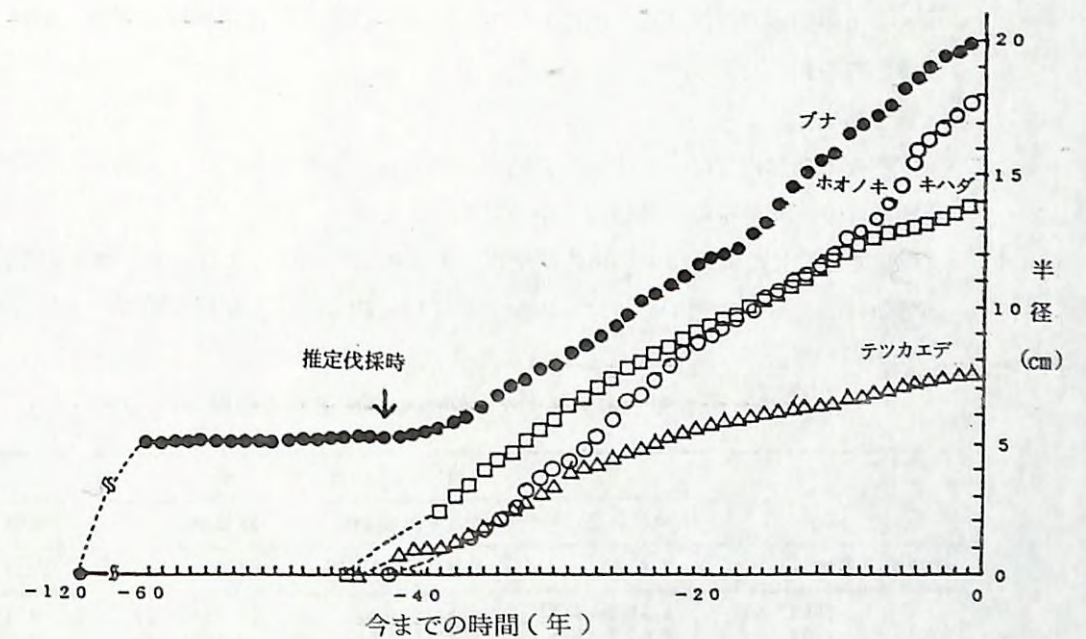


図2 樹種別の肥大成長経過 (成長錐, 地上50cm)

木が残されていた。これらのアバレ木は伐採当時すでに十分に樹冠が展開していることが多く伐採の影響は少なかったものと思われる。

これに対し、地上20cm付近で半径約20cm、およそ120年生のブナは、45年程度から急速に年輪の成長がよくなっていた。

キハダ、ホオノキ、テツカエデは、ブナの成長がよくなった頃に、成育を始めていることがあきらかとなった。

したがって、約45年前に大きな樹冠をもった上木がなくなり、林床に光がよく入り込んできたことがわかる。しかし現存の林分はキハダ、テツカエデ、オオモミジが多く、ブナの稚樹はもちろん若木もほとんど見られないかなりの疎林となっている。

45年前の伐採の時、ササ類等の処理がどのように行われたのかは確認できなかったが、林分構成から、ササ類の刈払いが行われず、上木の伐採のみが行われたものと思われる。

## B. 固定試験地調査

### 1. ミズナラ林

#### (1) 調査場所と方法

昭和58年度に設定された大間々営林署管内湖南国有林230林班のミズナラ天然更新試験地における稚樹と林床植生の追跡調査を行った。すなわち、試験地内に設定された2



m×2mの固定方形区200カ所において、ミズナラおよび有用稚樹の本数、樹高、実生、萌芽別等を調べた。

## (2) 調査結果

本研究の期間内では、ミズナラの結実はずかしかなかったもので、あらたに発生した稚樹はなく、発生稚樹の動態はつかめなかった。

種数で比較した林床植生の再生状態は、表6に示したようになった。すなわち、伐採前各処理区とも2.7種であったものが、2年目に約2倍、5年目で約3～6倍になった。

表6 主要木本・スズタケ以外の林床植生の種数

		地 表 処 理			
		刈払い区	刈払い+除草剤区	除草剤区	無処理区
伐採前 (平均)		2.7	2.7	2.7	2.7
二 年 目	100%	4.3(3-6)**	4.4(1-8)	3.5(2-6)	4.1(2-7)
	70%	6.6(3-11)	6.2(3-10)	5.1(1-9)	7.6(4-15)
	50%	7.0(4-12)	4.7(2-9)	5.1(2-9)	5.8(2-8)
	30%	6.0(3-9)	5.2(2-8)	6.3(3-13)	7.2(4-12)
	0%	6.3(3-9)	6.5(5-10)	5.5(3-9)	7.8(5-10)
五 年 目	100%	13.9(9-19)	13.2(9-18)	15.3(11-22)	13.6(8-24)
	70%	16.5(13-20)	19.2(13-23)	16.4(15-21)	15.2(9-17)
	50%	16.6(13-21)	14.0(11-18)	13.4(8-20)	14.2(12-21)
	30%	15.5(11-23)	14.5(10-19)	18.4(12-24)	10.0(4-17)
	0%	7.5(6-9)	7.2(0-8)	7.1(4-11)	4.2(2-7)

\* 伐採率, \*\* 平均(最小-最大)

無伐採区では、刈払い等の林床処理を行うと種数は5年目でも約2倍程度に増加しているが、無処理では、一時増加した種数が、再び減少し伐採前の2.7種に近くなっていた。

一方、前回地床処理後5年目を迎え、下層植生はあらたな侵入、再生により無処理区を除き、いずれも被度が100%と著しく繁茂してきている。

昭和56年のミズナラの豊作から6年経過し、結実の近いことが期待される。このため侵入種であるカンパ類およびこれまでの少しの発生稚樹に期待することなく、昭和62年に再度の地床処理を行った。

使用した除草剤は、ササの再生と広葉樹萌芽の抑制を主眼として、下刈り用のテトラピオン(5%)+トリクワピル(3%) ザイトロンフレノック微粒材を用い、80kg/ha散布した。

幸い昭和62年は、ミズナラの結実が豊作であったので、再処理の効果が期待される。

## 2. ブナ林

### (1) 調査場所と方法

前橋営林局六日町営林署に設定してある固定試験地の追跡調査を、半分ずつ昭和31年と62年の2回に分けて行った。調査項目は稚樹本数、大きさ、当年の伸びおよび植生である。それぞれの年に発生した稚樹には、ナンバーテープをつけて発生消長を調査してきたが、これらテープの付け替え、歩道、区画線の補修も行った。

### (2) 調査結果

#### 発生年度別にみた稚樹の消長

これまでの調査経過については、すでに報告してきたが、その後の経過を加えて表7に示した。また各処理区の配置と処理方法を図2に再掲した。

調査された結果は、それぞれ報告してきたが、ここでは特にこれまで詳しい報告がなされていなかった発生年度別稚樹の消長について解析した。すなわち、発生年度別稚樹の消長は表8～15に示したように、三つのグループに区分することができる。

#### a: 母樹保残を行う前に発生していた稚樹群

1965年以前、試験準備中の1966年および1968年発生の稚樹は、初期段階では、1966年発生の稚樹のように、かなりの本数があったが1982年には、ほとんど枯死してしまった。これらの稚樹群は上木伐採、地表処理の効果が認められないグループである。

#### b: 1970年、1972年、1974年に発生した稚樹群

試験開始後、上木を伐採した直後、ないしはそれからあまり年数の経ていない時期に発生した稚樹である。このグループの稚樹は、表10～13にあきらかなように地床処理を含めた処理効果が、かなりはっきりとあらわれていた。

#### c: 1977年、1979年に発生した稚樹群

上木伐採、表床処理後、かなりたった時期に発生してきた稚樹である。最後の地表処理は除草剤散布が1972年、刈払いが1973年であるから、それぞれ4～5年経過している。このためササ類が再生繁茂していることと、bのグループの稚樹によって、地表付近の照度不足が起こり、それまでの地床処理効果がなくなっている。

以上のa, b, cグループの更新稚樹の状態から、上木伐採前のいわゆる前生稚樹にはあまり期待できない。更新の期待できる稚樹は、上木伐採後、地床処理の効果が持続している時期に発生した、後生のものであることが確認できた。



表7 苗場山試験地の調査実行経過

調査年	稚樹・植生	たねの 飛散	たねの 散	萌芽 試験	結実 状況	稚樹 発生	備	考
1967	○ (秋)				並		・春試験地を選び、秋設定、・調査後、除草剤散布	
1968	○ (秋)					○	・刈払い、かき起し、・N号区設定しなおし ・N号区に除草剤散布、刈払い、かき起し	
1969	○ (秋)	○			並		・春、伐採率にしたがって、雪上で伐採搬出 ・秋、調査後2回目のかき起し	
1970	○ (秋)					○		
1971	○ (秋)	○	○		並 (上)		・秋調査後、2回目の刈払い ・I区とI'区でたねの落下量調査	
1972	○ (初夏、秋)				設定	○	・9月上旬、2回目の除草剤散布(調査前)・秋調査 後、散布に一部誤りがあったので該当区新設、調査	
1973	○ (秋)	○	○	○	豊	*	・秋調査後、3回目の刈払い、一部刈り残し出る ・I区とI'区でたねの落下量調査 *250プロットのうち 2プロットに稚樹2本発生	
1974	○ (初夏、秋)			○		○	・初夏の調査後、刈り残しを3回目の刈払い	
1975	○ (秋)							
1976	○ (秋)	○	○		豊		・たねの落下試験地を22林班は小班(0.5ha)に移し、1 m×1mのトラップ、1m×1mの小方形区を設定した。	
1977	○ (初夏、秋)					○	・稚樹大発生 ・落下試験地での発生状態調査実行	
1978	○ (秋)	○	○		並 (上)		・I-V区の上木皆伐計画実行 ・I区のみ伐出後の 調査を行う。その他の区は集材線下のプロットを除 いて伐出前の調査となる。	
1979	○ (初夏、秋)					○	・I区以外の区も伐出後の調査を行う(末木・枝条を 除きながら)、・落下試験地の稚樹発生調査、昨秋 落下した健全種子数に比べて、発生稚樹極端に少な し、秋の調査後a、b区について中段刈を行う(実 際には普通刈になる)。	
1980	○ (秋)						・結実年にあたっていたので、たねの飛散、落下試験 を計画したが試験地周辺ではブナの結実みられず	
1981		○	○		豊			
1982	○ (秋)					○	・一部結実	
1983								
1984					豊			
1985								
1986					並			
1987							・調査(母樹伐採区)	
1988					(豊?)		・〃 (母樹未伐採区)	

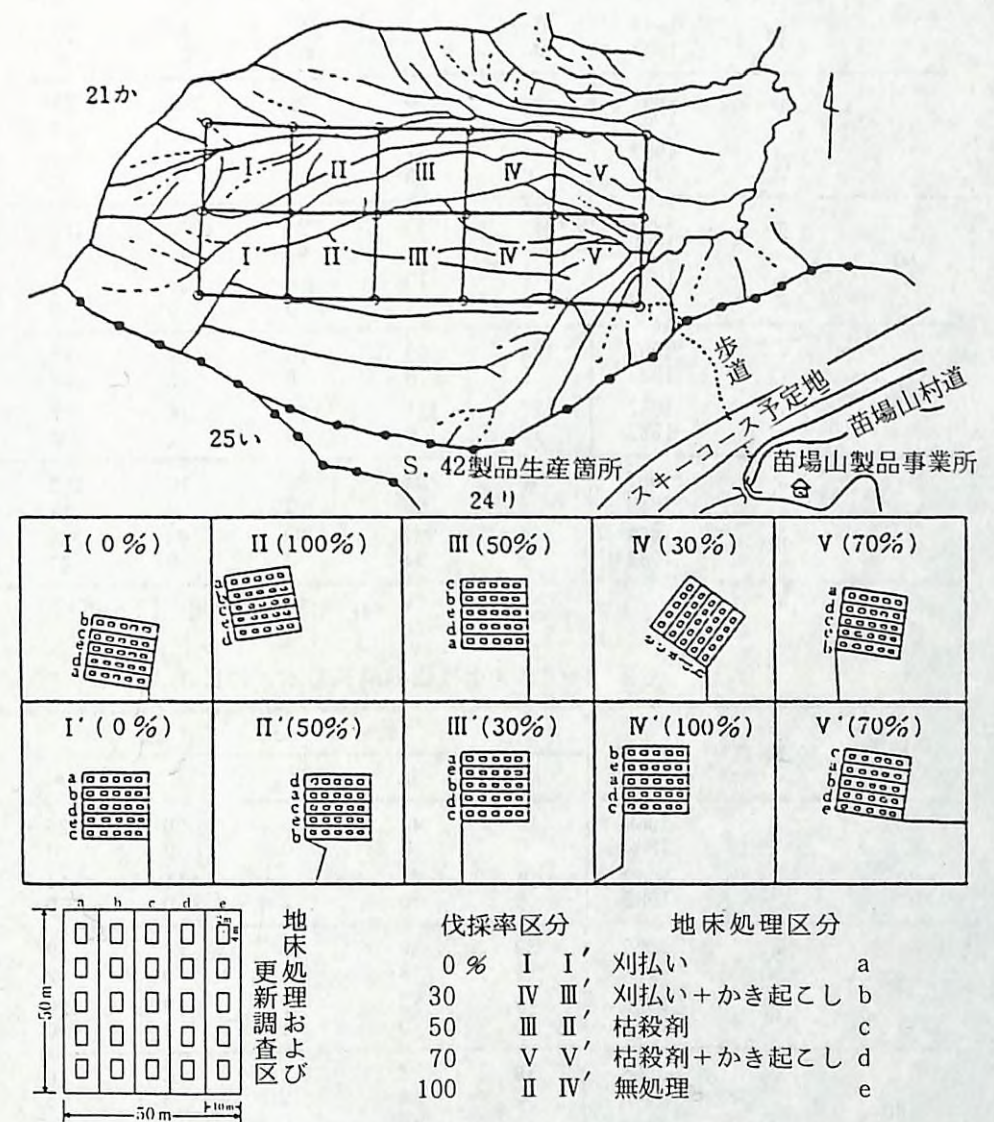


図2 採伐率地床処理別ブナ天然更新試験地(苗場山)



表8 1966 発生稚樹の消長 (本/40㎡)

伐採率 (%)	試験区	調査年	処 理 区				
			a	b	c	d	e
0	I	1967	37	48	25	5	12
	I'	1982	0	1	0	0	0
	I'	1967	0	0	26	4	10
	I'	1982	0	0	0	0	0
30	IV	1967	259	350	95	248	51
	IV	1982	64	8	3	3	3
	III'	1967	1	1	2	1	5
	III'	1982	0	0	0	0	0
50	III	1967	194	104	72	107	117
	III	1982	20	8	4	3	13
	II'	1967	19	10	8	21	4
	II'	1982	2	1	0	0	0
70	V	1967	123	37	75	87	87
	V	1982	1	8	8	2	6
	V'	1967	127	111	177	46	17
	V'	1982	10	0	6	1	0
100	II	1967	40	34	86	70	125
	II	1982	3	0	0	0	19
	IV'	1967	186	337	52	74	355
	IV'	1982	3	34	3	0	47

凡例は図2 参照 (以下同じ)

表9 1968 発生稚樹の消長 (本/40㎡)

伐採率 (%)	試験区	調査年	処 理 区				
			a	b	c	d	e
0	I	1968	15	44	10	26	25
	I	1982	0	0	0	0	0
	I'	1968	16	21	5	11	14
	I'	1982	0	0	2	0	0
30	IV	1968	38	38	11	26	7
	IV	1982	5	2	1	0	2
	III'	1968	9	33	22	12	29
	III'	1982	0	0	1	0	0
50	III	1968	19	6	3	6	16
	III	1982	0	1	2	3	3
	II'	1968	19	13	4	7	5
	II'	1982	1	1	0	0	0
70	V	1968	22	5	31	8	8
	V	1982	0	0	7	0	1
	V'	1968	38	17	8	8	20
	V'	1982	7	0	6	1	0
100	II	1968	24	37	6	8	32
	II	1982	2	0	2	0	10
	IV'	1968	26	17	12	8	14
	IV'	1982	0	1	0	1	0

表10 1970 発生稚樹の消長 (単位本/40㎡)

調査年	処理区 伐採率	I (0)					II (100)					III (50)					IV (30)					V (70)				
		a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e
1970		77	118	35	6	11	1	2	—	—	3	29	62	54	42	29	82	120	76	95	41	33	56	43	45	23
1971		55	86	5	1	—	1	2	—	—	3	26	56	41	40	19	81	120	73	86	32	30	54	37	40	21
1972		42	70	2	1	—	1	2	—	—	3	22	49	21	34	14	75	102	58	67	24	22	49	33	30	17
1973		33	54	—	—	—	1	2	—	—	3	22	40	9	28	12	71	94	43	52	19	15	49	15	23	14
1974		29	44	—	—	—	1	2	—	—	2	22	33	8	25	12	69	92	39	44	15	14	47	10	20	13
1975		27	37	—	—	—	1	2	—	—	1	22	31	8	25	12	67	87	27	42	13	14	46	8	19	10
1976		25	32	—	—	—	—	2	—	—	1	21	31	7	25	9	66	85	22	34	10	13	44	8	16	8
1977		24	14	—	—	—	—	2	—	—	1	18	29	6	24	7	62	80	20	32	7	12	40	8	16	7
1978		21	8	—	—	—	—	2	—	—	1	18	29	6	24	7	61	75	19	31	5	12	38	7	14	6
1979		15	6	—	—	—	—	2	—	—	—	18	29	6	23	7	56	64	17	22	5	11	34	6	12	5
1980		13	6	—	—	—	—	2	—	—	—	17	29	6	22	7	50	58	17	18	4	5	34	6	10	5
1981		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1982		10	6	—	—	—	—	2	—	—	—	16	28	6	21	7	48	58	16	17	3	4	29	5	9	4

\*: 1981年は欠測。

表11 1970 発生稚樹の消長 (単位本/40㎡)

調査年	処理区 伐採率	I' (0)					II' (50)					III' (30)					IV' (100)					V' (70)				
		a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e
1970		42	122	79	124	55	73	64	43	84	62	37	268	29	101	44	1	1	1	1	1	27	20	11	50	23
1971		1	70	41	86	7	65	58	33	49	44	23	235	24	74	26	1	1	1	1	1	25	19	11	50	17
1972		1	55	32	57	4	59	52	28	41	30	18	189	22	51	15	1	1	1	1	1	23	18	8	45	10
1973		1	34	10	23	3	58	50	11	22	25	18	162	10	25	12	1	1	1	1	1	21	18	8	27	2
1974		1	28	5	14	2	56	49	9	19	15	13	140	9	21	10	1	1	1	1	1	20	16	8	21	2
1975		1	24	5	11	2	51	48	9	15	13	9	134	9	20	8	1	1	1	1	1	19	14	8	19	2
1976		1	18	3	11	2	46	44	9	14	12	8	117	8	19	6	1	1	1	1	1	18	13	8	18	1
1977		1	13	3	7	1	43	42	9	12	9	6	89	7	16	3	1	1	1	1	1	18	13	6	18	1
1978		1	10	3	3	1	38	37	9	12	8	6	74	5	13	3	1	1	1	1	1	18	13	6	17	1
1979		1	9	3	3	1	36	36	7	11	8	5	66	5	12	3	1	1	1	1	1	18	13	6	15	1
1980		1	6	2	2	1	29	35	6	11	7	4	59	5	8	3	1	1	1	1	1	17	13	6	15	1
1981		1	6	1	1	1	24	24	5	11	6	3	41	4	4	3	1	1	1	1	1	15	13	6	14	1
1982		1	6	1	1	1	24	24	5	11	6	3	41	4	4	3	1	1	1	1	1	15	13	6	14	1

\*: 1981年は欠測。



表12 1972 発生稚樹の消長 (本/40m<sup>2</sup>)

調査年	処理区 伐採率	I' (0)					II' (50)					III' (30)					IV' (100)					V' (70)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c

表13 1974 発生稚樹の消長 (本/40m<sup>2</sup>)

調査年	処理区 伐採率	I' (0)					II' (50)					III' (30)					IV' (100)					V' (70)						
		a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e		
		521	349	104	230	128	349	350	231	539	298	811	1163	297	743	651	1	1	3	—	—	—	734	519	190	251	369	447
1974		6	63	54	37	9	302	314	154	293	126	479	938	233	515	213	1	1	1	—	—	—	656	458	150	210	256	85
1975		5	46	43	26	5	278	288	128	234	90	393	777	181	436	150	1	1	1	—	—	—	620	396	109	170	174	66
1976		3	33	31	15	2	250	254	111	172	68	294	657	134	365	108	1	1	1	—	—	—	595	363	93	144	141	59
1977		2	23	23	11	2	225	215	92	123	51	243	565	102	263	81	1	1	1	—	—	—	576	332	75	127	112	45
1978		—	13	15	9	2	204	183	75	91	42	189	485	83	221	61	1	1	1	—	—	—	549	305	63	116	89	41
1979		—	9	13	4	—	179	147	67	71	28	151	405	55	156	50	1	—	1	—	—	—	507	282	53	102	77	35
1980		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1981		—	6	9	2	—	138	107	44	44	18	114	315	33	102	35	1	—	—	—	—	—	368	241	43	78	61	25
1982																												

\* 1981は欠測

表14 1977 発生稚樹の消長 (本/40m<sup>2</sup>)

伐採率 (%)	試験区	調査年	処 理 区				
			a	b	c	d	e
0	I	1977	2439	1718	1911	815	292
	I'	1982	212	263	38	2	0
30	IV	1977	1710	2329	1359	2190	1027
	III'	1982	462	710	134	296	124
50	III	1977	629	1011	802	960	888
	II'	1982	129	152	44	79	159
70	III	1977	2413	890	992	958	411
	II'	1982	1156	482	199	201	156
100	V	1977	428	255	183	280	154
	V'	1982	69	38	38	44	3
70	V	1977	27	852	463	1077	108
	V'	1982	5	313	54	37	0
100	II	1977	645	295	552	408	2132
	IV'	1982	91	71	78	89	305
100	II	1977	1	1	0	4	0
	IV'	1982	1	0	0	1	0
100	II	1977	1	1	0	0	0
	IV'	1982	0	0	0	0	0

表15 1979 発生稚樹の消長 (本/40m<sup>2</sup>)

伐採率 (%)	試験区	調査年	処 理 区				
			a	b	c	d	e
0	I	1979	97	27	22	30	24
	I'	1982	53	21	22	20	5
30	IV	1979	0	25	29	4	8
	III'	1982	0	2	6	1	1
50	IV	1979	42	27	17	32	44
	III'	1982	26	20	15	25	38
70	III	1979	57	13	29	35	14
	II'	1982	22	4	4	4	0
100	III	1979	49	5	9	16	10
	II'	1982	39	2	9	11	10
70	V	1979	4	8	17	21	16
	V'	1982	4	4	3	8	1
100	V	1979	5	2	3	5	8
	V'	1982	1	2	2	1	2
100	II	1979	12	12	2	8	3
	IV'	1982	7	9	1	1	2
100	II	1979	0	0	0	0	0
	IV'	1982	0	0	0	0	0
100	II	1979	1	0	0	0	0
	IV'	1982	0	0	0	0	0



表16 苗場山ブナ固定試験地（母樹伐採区）処理別、樹高別、稚樹本数（本／8㎡）  
（I～V, a～e）は図2参照以下同じ

I a～e

処理区	樹 高 区 分 (cm)					計
	1～30	31～50	51～100	101以上		
I a-1	7	7	10	10	34	
2	9	10	2	0	21	
3	43	24	9	5	81	
4	22	22	9	1	54	
5	1	4	2	0	7	
	82	67	32	16	197	
I b-1	9	13	10	17	49	
2	28	31	21	4	82	
3	8	8	8	8	32	
4	13	0	1	0	14	
5	28	25	19	3	75	
	86	77	59	32	253	
I c-1	2	1	0	8	11	
2	0	0	1	9	10	
3	3	3	6	1	13	
4	7	3	0	1	11	
5	3	1	0	1	5	
	15	8	7	20	50	
I d-1	1	2	4	13	20	
2	0	0	1	36	37	
3	2	0	0	11	13	
4	1	0	0	1	2	
5	1	0	1	10	12	
	5	2	6	71	84	
I e-1	0	0	0	0	0	
2	0	0	0	0	0	
3	0	2	0	0	2	
4	3	0	0	0	3	
5	0	0	0	0	0	
	3	2	0	0	5	

II a～e

処理区	樹 高 区 分 (cm)					計
	1～30	31～50	51～100	101以上		
II a-1	0	2	0	2	4	
2	0	0	0	3	3	
3	0	0	0	1	1	
4	0	0	0	1	1	
5	1	2	2	5	10	
	1	4	2	12	19	
II b-1	0	0	0	0	0	
2	0	0	0	1	1	
3	0	0	0	0	0	
4	1	0	0	0	1	
5	0	1	1	0	2	
	1	1	1	1	4	
II c-1	0	0	0	0	0	
2	2	1	1	0	4	
3	0	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	
	2	1	1	0	4	
II d-1						
2						
3						
4						
5						
II e-1	0	1	0	1	2	
2	0	3	2	5	10	
3	1	4	6	11	22	
4	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	
	1	8	9	29	47	

表16 つづき

III a～e

処理区	樹 高 区 分 (cm)					計
	1～30	31～50	51～100	101以上		
III a-1	58	78	110	91	337	
2	74	59	87	112	332	
3	10	10	32	28	80	
4	51	39	37	22	149	
5	262	205	217	49	733	
	455	391	483	302	1631	
III b-1	62	47	15	29	153	
2	30	17	12	24	83	
3	0	0	0	1	1	
4	3	2	6	3	14	
5	25	60	96	72	253	
	120	126	129	129	504	
III c-1	3	3	3	1	10	
2	5	12	17	2	36	
3	10	16	10	2	38	
4	5	4	1	1	11	
5	7	18	31	3	59	
	30	53	62	9	154	
III d-1	7	12	21	8	48	
2	40	27	22	13	102	
3	11	9	6	2	28	
4	13	6	4	2	25	
5	36	21	10	5	72	
	107	75	63	30	275	
III e-1	0	0	0	0	0	
2	54	47	26	2	129	
3	9	13	7	5	34	
4	1	0	1	0	2	
5	13	13	5	0	31	
	77	73	39	7	196	

IV a～e

処理区	樹 高 区 分 (cm)					計
	1～30	31～50	51～100	101以上		
IV a-1	15	16	39	35	105	
2	45	43	41	73	202	
3	40	63	52	63	218	
4	12	25	33	15	85	
5	37	59	83	103	282	
	149	206	248	289	892	
IV b-1	33	63	74	76	246	
2	13	14	11	36	74	
3	47	53	57	76	233	
4	34	56	90	41	221	
5	9	12	19	33	73	
	136	198	251	262	847	
IV c-1	5	13	26	6	50	
2	15	13	18	12	58	
3	2	4	11	1	18	
4	2	1	3	2	8	
5	1	2	7	5	15	
	25	33	65	26	149	
IV d-1	37	51	45	11	144	
2	26	18	23	17	84	
3	10	13	38	37	98	
4	10	16	26	7	59	
5	6	7	9	2	24	
	89	105	141	74	409	
IV e-1	(1) 4	(4) 15	(9) 14	(4) 3	36	
2	6	12	5	2	25	
3	9	10	12	13	44	
4	3	6	3	0	12	
5	2	22	3	0	7	
	(1) 24	(4) 45	(9) 37	(4) 18	124	



V a ~ e

表16 つづき

処理区	樹 高 区 分 (cm)				計
	1 ~ 30	31 ~ 50	51 ~ 100	101以上	
V a - 1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	1	1
3	0	0	0	2	2
4	2	5	8	7	22
5	0	1	1	0	2
	2	6	9	10	27
V b - 1	27	33	44	109	213
2	0	1	1	7	9
3	0	0	1	0	1
4	5	3	10	20	38
5	4	13	36	36	89
	36	50	92	172	350
V c - 1	0	0	0	4	4
2	1	0	0	0	1
3	1	1	1	4	7
4	32	7	7	2	48
5	2	9	9	30	50
	36	17	17	40	110
V d - 1	5	2	0	0	7
2	0	1	0	0	1
3	15	7	2	1	25
4	6	7	2	7	22
5	0	0	0	0	0
	26	17	4	8	55
V e - 1	0	0	1	3	4
2	1	0	0	1	2
3	0	0	2	0	2
4	0	2	5	3	10
5	0	2	0	0	2
	1	4	8	7	20

表17 苗場山ブナ固定試験地(母樹伐採区)処理別、樹高別、稚樹本数(本/8m<sup>2</sup>)  
(I ~ V, a ~ e)は図2参照以下同じ

処理区	樹 高 区 分 (cm)				計
	1 ~ 30	31 ~ 50	51 ~ 100	101以上	
I' a - 1	0	0	0	0	0
2	3	0	0	0	3
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	4	0	0	0	4
	7	0	0	0	7
I' b - 1	29	0	0	0	29
2	7	0	0	0	7
3	20	4	0	0	34
4	37	2	0	0	39
5	4	0	0	0	4
	97	6	0	0	103
I' c - 1	130	8	0	0	138
2	128	0	0	0	128
3	37	2	0	0	39
4	7	0	0	0	7
5	92	3	0	0	95
	394	13	0	0	407
I' d - 1	34	0	0	0	34
2	4	0	0	0	4
3	0	0	0	0	0
4	24	2	0	0	26
5	45	0	0	0	45
	107	2	0	0	109
I' e - 1	40	0	0	0	40
2	58	0	0	0	58
3	1	0	0	0	1
4	2	0	0	0	2
5	2	0	0	0	2
	103	0	0	0	103

I' a ~ e

II' a ~ e

処理区	樹 高 区 分 (cm)				計
	1 ~ 30	31 ~ 50	51 ~ 100	101以上	
II' a - 1	3	0	0	0	3
2	0	0	0	0	0
3	4	14	17	6	41
4	4	6	18	7	35
5	2	10	17	6	35
	13	30	52	19	114
II' b - 1	3	8	11	9	31
2	4	19	29	59	111
3	2	3	2	1	8
4	4	5	2	0	11
5	0	0	0	1	1
	13	35	44	70	162
II' c - 1	1	1	0	0	2
2	5	5	0	0	10
3	4	2	0	2	8
4	12	7	5	0	24
5	8	3	0	0	11
	30	18	5	2	55
II' d - 1	21	24	15	4	64
2	0	0	0	0	0
3	2	1	2	0	5
4	18	0	0	0	18
5	21	4	3	0	28
	62	29	20	4	115
II' e - 1	0	0	0	0	0
2	3	5	0	0	8
3	5	2	0	0	7
4	2	0	0	0	2
5	2	4	1	0	7
	12	11	1	0	24



表17 つづき

Ⅲ' a ~ e,

処理区	樹 高 区 分 (cm)					計
	1 ~ 30	31 ~ 50	51 ~ 100	101以上		
Ⅲ' a - 1	1	0	0	0	1	1
2	15	15	9	0	39	39
3	41	11	13	1	66	66
4	19	2	0	0	22	22
5	20	0	0	24	44	44
	96	29	22	25	172	172
Ⅲ' b - 1	3	7	1	0	11	11
2	14	57	52	21	144	144
3	49	56	39	8	152	152
4	56	3	1	2	61	61
5	2	4	0	1	8	8
	124	127	93	32	376	376
Ⅲ' c - 1	5	0	0	0	5	5
2	12	0	0	1	13	13
3	19	10	4	1	24	24
4	21	0	0	0	21	21
5	6	0	3	6	15	15
	63	10	7	8	88	88
Ⅲ' d - 1	5	0	0	0	5	5
2	4	0	0	2	6	6
3	27	4	0	0	31	31
4	26	4	1	0	31	31
5	36	10	1	1	48	48
	98	18	2	3	121	121
Ⅲ' e - 1	44	3	0	0	47	47
2	34	1	0	0	35	35
3	84	2	0	0	86	86
4	20	1	0	0	21	21
5	2	1	0	2	5	5
	184	8	0	2	194	194

Ⅳ' a ~ e

処理区	樹 高 区 分 (cm)					計
	1 ~ 30	31 ~ 50	51 ~ 100	101以上		
Ⅳ' a - 1	1	2	2	8	13	13
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	4	4	4
	1	2	2	12	17	17
Ⅳ' b - 1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	6	19	25	25
3	2	1	3	7	13	13
4	0	0	0	2	2	2
5	0	0	0	0	0	0
	2	1	9	28	40	40
Ⅳ' c - 1	0	1	0	2	3	3
2	0	0	0	2	2	2
3	1	1	5	12	19	19
4	0	0	0	1	1	1
5	0	0	0	1	1	1
	1	2	5	18	26	26
Ⅳ' d - 1	0	0	0	2	2	2
2	3	0	1	0	4	4
3	1	0	1	3	5	5
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
	4	0	2	5	11	11
Ⅳ' e - 1	4	5	1	1	11	11
2	9	9	9	6	33	33
3	2	1	2	1	6	6
4	2	3	3	3	11	11
5	0	0	0	0	0	0
	17	18	15	11	61	61

表17 つづき

Ⅴ' a ~ e

処理区	樹 高 区 分 (cm)					計
	1 ~ 30	31 ~ 50	51 ~ 100	101以上		
Ⅴ' a - 1	5	10	8	6	28	28
2	3	3	3	2	11	11
3	23	39	36	12	110	110
4	67	35	32	23	157	157
5	39	41	28	20	128	128
	137	128	106	63	434	434
b - 1	0	6	5	5	16	16
2	0	5	4	7	16	16
3	19	33	59	56	167	167
4	33	9	30	27	99	99
5	23	8	31	55	117	117
	75	61	129	150	415	415
c - 1	63	21	3	6	93	93
2	26	1	0	0	27	27
3	9	4	7	6	26	26
4	17	5	0	4	26	26
5	18	0	1	0	19	19
	133	31	11	16	191	191
d - 1	0	0	0	0	0	0
2	0	2	1	0	3	3
3	34	17	7	3	61	61
4	48	16	8	3	75	75
5	4	3	1	0	8	8
	86	38	17	6	147	147
e - 1	2	5	1	0	8	8
2	14	2	0	0	16	16
3	40	28	7	0	75	75
4	38	0	0	3	41	41
5	14	2	3	0	19	19
	108	37	11	3	159	159

(新) Ⅴ' e

処理区	樹 高 区 分 (cm)					計
	1 ~ 30	31 ~ 50	51 ~ 100	101以上		
(新) Ⅴ' e - 1	27	14	6	1	48	48
2	7	0	0	1	8	8
3	72	2	2	12	88	88
4	29	1	1	14	45	45
5	13	0	0	0	13	13
	148	17	9	28	202	202
1						
2						
3						
4						
5						
1						
2						
3						
4						
5						
1						
2						
3						
4						
5						
1						
2						
3						
4						
5						



1986年、1987年の残存稚樹

次に1986年、1987年の調査結果について述べる。すなわち、1986年には、1978年に母樹の伐採された調査区、1987年には母樹未伐採区の調査を行った。表16に母樹伐採区、表17に母樹未伐採区の稚樹本数を、それぞれ処理区別、稚樹高別に示した。

母樹伐採区では、母樹が70%、50%保残された刈払い、刈払い+地表掻き起こし区の残存稚樹が多く、しかも稚樹高が50cmを越えるものが約半数を占めていた。これに対し、母樹が100%残されていた処理区では更新稚樹が少ない。

母樹未伐採区では、最初から母樹が伐採されている区を除いて、いずれの処理区とも稚樹高が50cm以下のものが多く、また、絶対数が母樹伐採区より少なかった。これらは、刈払い等の地床処理の影響がなくなり、下層植生が繁茂しているため、更新稚樹が発生と枯死を繰り返していることを物語っている。

### 3. まとめと今後の問題点

ミズナラ、ブナ等の重い種子をもち、比較的耐陰性の弱い樹種の天然更新は、後生稚樹を期待しなければならない。母樹は、林地にまんべんなく稚樹が発生することを第一に本数、樹冠配置を考えて保残する必要がある。稚樹の総本数は、無伐採区および皆伐区を除くと母樹が多いほど多くなる。しかし、更新に耐えられるような稚樹、(例えば稚樹高30cm以上)は、30%、50%母樹保残区のように林床があかるい処理区ほど多い。

林床の刈払いは、処理が行われた直後から数年内が効果的であり、この間に結実が迎えられるようにする必要がある。すなわち、結実に合わない地床処理は効果的でない。

理想的には母樹を数回に分けて伐採する。いわゆる漸伐方式に、地床の刈払いを併用するのが、ブナ、ミズナラ天然更新法の最適作業法である。

採用されてから20年余り経過した70%皆伐母樹保残法によるブナ等の天然更新は、ある程度収穫量を確保しながら、稚樹を更新させようとするものである。母樹の本数が少なくなっているので、発生した稚樹は注意深く成長させなければならず、ササの刈払い等を省略してしまうと更新が困難になる。また、それぞれの作業が適切に行われても、自然条件が複雑な場所では更新が困難で、期待したような成林が不可能な場合がある。

したがって、今後の問題点として、ブナ等の天然更新が行われるようになって20年余り経過したそれぞれの既存施業地において、更新の可否とそれをもたらした施業、自然条件の関係を分析し、より適切な施業体系と、それらを適応できる場所をあきらかにしておく必要がある。

## C. ミズナラおよびブナ林の生育と立地条件

### 1. この研究の背景と目的

広葉樹の育成適地の判定に当たっては、広域的な主産地の判定と個別的な成長条件の組合せで行う方法が適切と考えられる。これらのうち、後者の個別的な成長条件については、この報告の「試験の経過」の項に示してある「ミズナラ等主要広葉樹の用材林育成技術の開発」特別研究で検討が進められ、ミズナラの生育に適した立地条件が解明されている。この成果は、すでにいくつかの技術解説書に示してあるので、それを参考にしたい。したがってここでは前者の広域的な主産地の判定について検討を進めることとした。試験期間が限られていることもあり、全ての有用広葉樹の主産地を判定できるまでこの研究で行うことは不可能である。研究を効率的に推進するためには、地域、樹種を限定し、方法を提示するということで止めておいた方が成果が得られやすいと考えられる。そこでこの研究では東北南部、北関東地域で最も重要と考えられるミズナラとブナを対象樹種として取り上げ、それらの分布や成長と広域的な環境条件とを対比することにより、これらの樹種の主産地を推定することとした。

なおすでに前回の報告において今市、草津、矢板営林署管内のミズナラ林の成長と標高・斜面方位・積雪量との関係を検討している。

### 2. 調査方法

ミズナラおよびブナの育成をはかるためには、混成率や成長の違いを立地条件との関係からとらえる必要がある。本技術開発課題ではこれらの関係を広域的に明らかにすることを目的とし、すでに前橋営林局管内の比較的雪の多い営林署と雪の少ない営林署内のミズナラ林の成長の違いについて報告した。本年度も、前回同様に前橋営林局管内・各営林署の最近の5か年間の「主産物調査復命書」を用いて、落葉広葉樹林中でのミズナラ・ブナの混成率と立地要因のかかわり合いおよびブナ林の成長と立地要因との関係について検討を進めた。なお、調査は比較的雪の多い草津・福島・猪苗代営林署と雪の少ない今市・矢板・白河営林署について調査した。

主産物復命書に基づき、落葉広葉樹を主体とするプロットを選出し、プロット面積および樹種別にI類木の本数・材積を調べた。また、そのプロットの林齢および地形の特徴(標高、斜面方位方向、微地形、傾斜)を地域施業計画図から読みとった。ついで、ミズナラ、ブナについては、それぞれの樹種がhaあたり3本以上出現するプロットを選出し、混成率を各プロットの全I類木本数に占めるミズナラ、ブナのI類木のパーセント割合で表し、地形の特徴等の関係について検討した。さらに、林齢と1本当りの材積を用いて各プロットにおけるそれぞれの成長量を表現し、地形の特徴等との関係についても検討した。



### 3. 調査結果

#### 1) 調査地域の概要および樹種構成

調査地域の概要については、表18に示した。プロット数は今市・矢板・白河営林署が119で草津・福島・猪苗代営林署の98より多く、これに比例して総面積も多くなっている。また、1プロットあたりの平均I類木本数・材積も今市・矢板・白河営林署の方が多いため、2地域のI類木本数・材積の差は大きくなっている。しかし、プロットの平均面積は5.56, 5.52 haとほぼ等しく、プロット平均林齢・傾斜もそれぞれ62年・約23度と同じであるが、平均標高は草津・福島・猪苗代営林署が1046 mと今市・矢板・白河営林署の872 mよりも150 m程度高くなっている。この標高の違いの影響は次の樹種構成の中で述べる。

表18 2地域のプロットの特徴およびI類木

	今市・矢板・白河営林署	草津・福島・猪苗代営林署
プロット数	119	98
総面積	661.8(5.56)	541.2(5.52)
平均林齢(年)	62	62
平均標高(m)	872	1046
I類木本数(本)	48572(408)	27422(280)
I類木材積(m <sup>3</sup> )	33151(279)	17458(178)

次に樹種構成であるが、記載されたI類木の樹種数は両地域合わせて28種あるが、そのうち図3に示したようにクリ(18.0%), ミズナラ(11.7%), ブナ(10.7%), イヌブナ(10.6%), コナラ(6.0%)の5種がI類木総数の過半数を占めている。特にブナ、ミズナラは1本当たりの材積が大きく、材積割合では17.5, 16.5%である。このミズナラの材積の全材積に占める割合から、広域的にはミズナラ林の混成率は比較的多いといえる。ただし後に述べるように、ブナ林が純林に近いプロットが多くみられるのに対して、ミズナラがプロットのI類木全本数の半数を超えるプロットはほとんどみられない。

地域別では、今市・矢板・白河営林署ではイヌブナ(17.5%), ミズナラ(15.1%)ブナ(17.5%), クリ(11.7%)が全I類木材積の6割を占めるのに対して、草津・福島・猪苗代営林署ではブナ(25.3%), ミズナラ(19.0%), クリ(20.2%)の3種のみで全I類木材積の6割を占めており、イヌブナはわずか1.1%しか存在しない。この両者の違いは、草津・福島・猪苗代営林署が今市・矢板・白河営林署に比べて平均標高

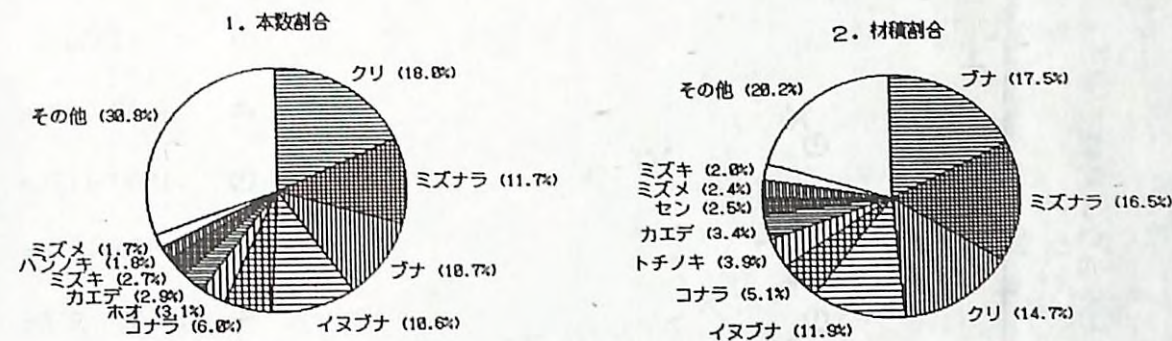


図3 前橋営林局管内の広葉樹I類木の割合

が高く、降雪量も多いためと考えられる。

#### 2) ミズナラ林の混成率にかかわる立地要因

ミズナラが ha に3本以上出現するプロットは、今市・矢板・白河営林署で37, 草津・福島・猪苗代営林署32であった。立地要因の区分は、前報告と同じく標高は100 mごとに、斜面方位は4分割(NW, NEはNに, SW, SEはSに)で、微地形は凸, 平衡, 凹とそれらの2つ以上からなる複合の4区分(今回は分布の少ない平坦を除いた)で行った。斜面の傾斜の区分は15°以下, 15°-25°, 25°-35°, 35°以上とした。

標高: 図4は、ミズナラ林の混成率とミズナラ1本当たりの材積との関係を標高別に表したものである。今市・矢板・白河営林署では、混成率10-15%に多く分布しており、草津・福島・猪苗代営林署では1%以下の混成率の低い林が多く、一部には20%を超える高い林も存在する。今市・矢板・白河営林署では、850-950 mで混成率が高く950-1050, 1050-1150 mと標高が高くなるに連れて低下していく。草津・福島・猪苗代営林署では、1050 m以下の標高で混成率の高い林が存在しており、1050 m以上のプロットでは5%を超える林は極めて少なくなっている。これは過去の薪炭林施業と関係が深いものと考えられる。

斜面方位: 両地域に共通して、南向き斜面に混成率の高い林が存在しているが、他の方位と混成率との関係は明確ではない。

微地形: 今市・矢板・白河営林署では、凹型斜面あるいは複合斜面での混成率が高く、凸型斜面や平衡斜面では低かった。草津・福島・猪苗代営林署では、凹型斜面での混成率が極めて低く平衡斜面で高い傾向が確められた。この凹型斜面では残雪が残りやすいので、そのことが混成率に影響を与えている可能性がある。

傾斜: 今市・矢板・白河営林署では15°以下の傾斜の緩い斜面に混成率の高い林分が見られ、ついで15-25°, 25-35°の順になっており、斜面の傾斜が少ないほど混成率の高い傾向がみられた。草津・福島・猪苗代営林署では25-35°の混成率が高く、ついで15-25°となっており、傾斜のやや大きな斜面で高くなる傾向がみられた。このこと



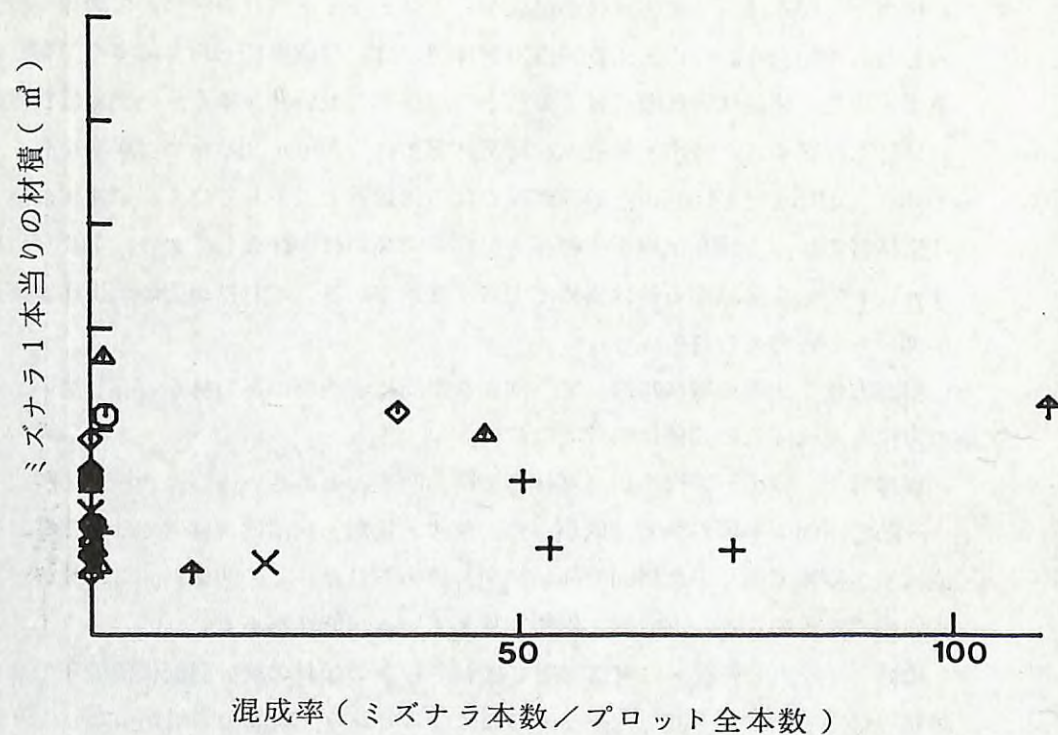
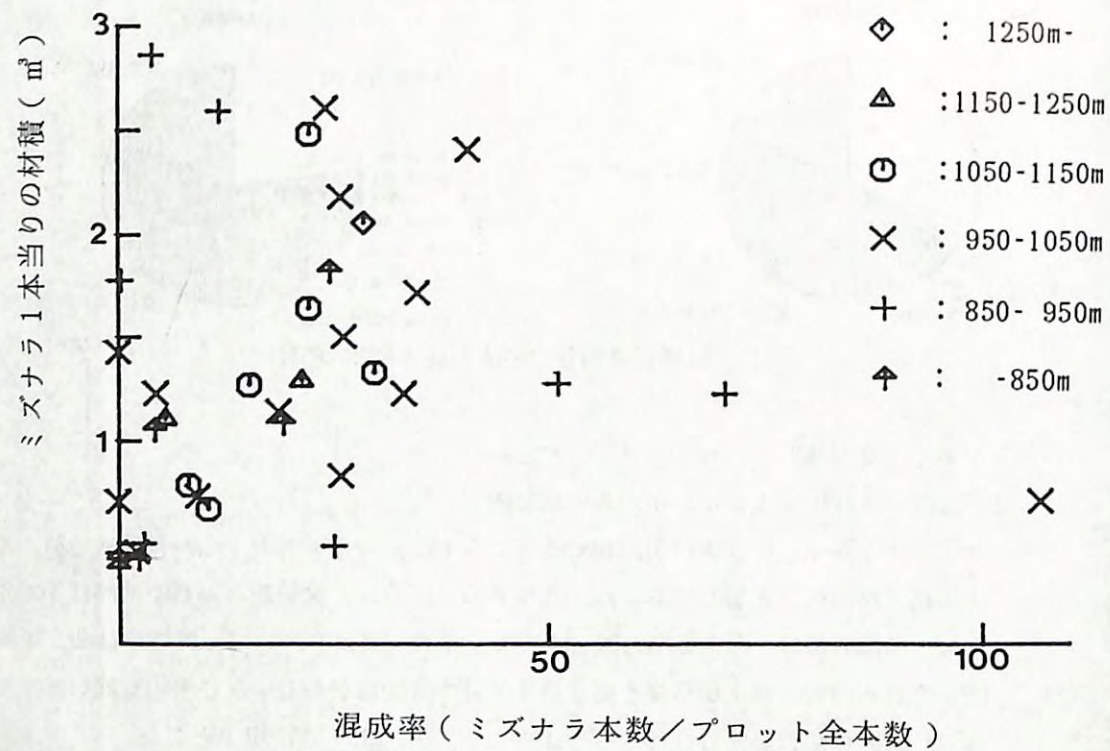


図4 傾斜の違いによるミズナラ混成率と材積との関係(上側:今市・矢板・白河営林署, 下側:草津・福島・猪苗代営林署)

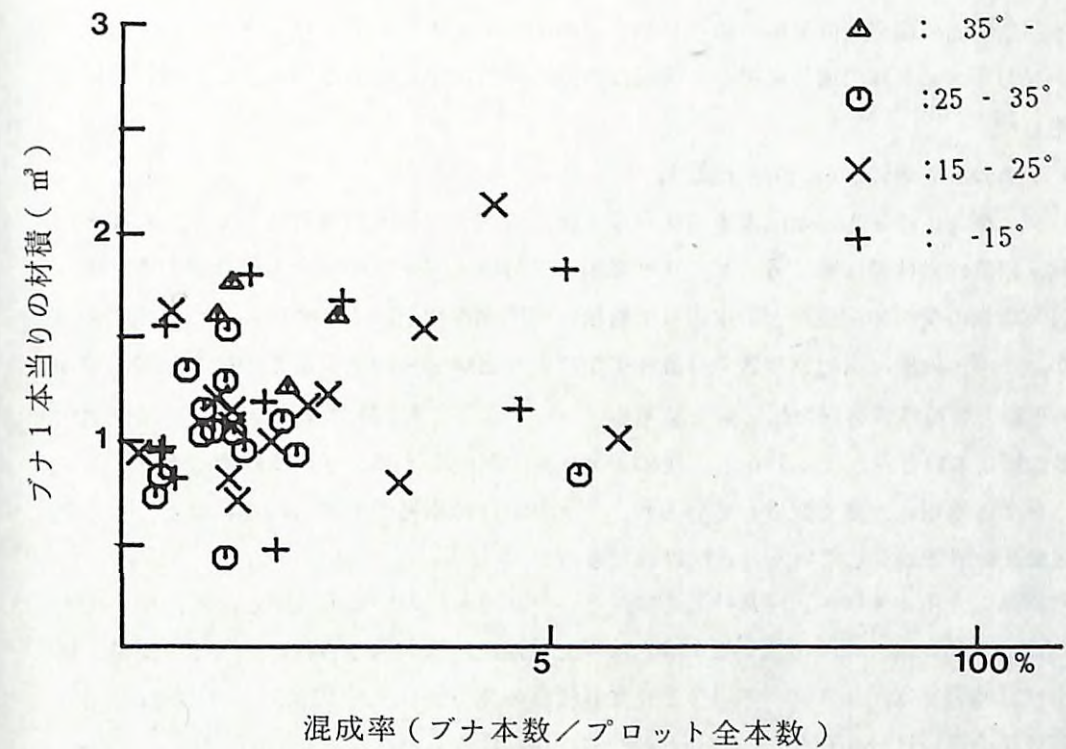


図5 標高の違いによるブナ混成率と材積との関係(上側:今市・矢板・白河営林署, 下側:草津・福島・猪苗代営林署)



は凹型斜面の場合と同様に雪の残りやすい斜面でミズナラの少ないことを示している。

なおミズナラ林の成長に係わる解析は前回の報告に示してあるので、この報告では省略した。

### 3) ブナの混成率にかかわる立地要因

ブナが ha に 3 本以上出現するプロットは、今市・矢板・白河営林署で 42、草津・福島・猪苗代営林署は 36 であった。立地要因の区分はミズナラの場合と同じである。図 5 は 2 地域のブナの混成率と 1 本当りの材積との関係を傾斜によって比較したものであるが、今市・矢板・白河営林署では混成率がほとんどが 50% 以下であるのに対して、草津・福島・猪苗代営林署では 50% を越えるプロットが多く存在している。すなわちブナが多雪地に多いことがよくわかる。次にミズナラの混成率（図 2）と比較すると、ミズナラ林では他樹種が多く混成しているが、ブナ林では他樹種の混成の程度は低く、より純林に近い形で成立していることが理解できる。

標高：今市・矢板・白河営林署では、850 - 950 m において混成率が高く、ついで 950 - 1050 m、850 m 以下や 1050 m 以上では低い傾向がみられた。草津・福島・猪苗代営林署では、ミズナラの場合と異なり標高の高いプロット（1150 - 1250 m）でも混成率の高い林分が存在し、標高との明瞭な傾向はみられなかった。

斜面方位：今市・矢板・白河営林署では、南向き斜面に混成率の高い林分が多く、次に東向き斜面となっている。草津・福島・猪苗代営林署でも南向き斜面でやや混成率の高い傾向がみられ、北や西向きの斜面にも高い林分が認められる。また、草津・福島・猪苗代営林署では東向き斜面にブナ林はほとんど出現しない。

微地形：今市・矢板・白河営林署では、平衡・凸型斜面にやや混成率の高い林分がみられ、凹型斜面では混成率が小さくなっている草津・福島・猪苗代営林署では、ミズナラのように凹型斜面で混成率が低下することではなく、微地形の違いによる差は認められなかった。

傾斜：図 5 に示したように今市・矢板・白河営林署では、15° 以下、15 - 25° などの傾斜の緩い斜面で混成率が高く、25 - 35°、35° 以上の傾斜の大きな斜面で小さくなっている。草津・福島・猪苗代営林署では、15 - 25° の傾斜の緩い斜面で大きく、ついで 15° 以下、25 - 35° 大きくなっている。すなわち降雪の多い地域では平坦に近い斜面で混成率がやや低いことを示しているが、ミズナラの場合ほど低下はみられず降雪の影響は少ないと考えられる。

### 4) ブナの生育にかかわる立地要因

ブナの成長は、ミズナラの場合と同様に今市・矢板・白河営林署の林分の成長が草津・福島・猪苗代営林署のそれよりも大きい。両者の成長の差はミズナラの場合と比べて小さい。このことは、ブナがミズナラに比較して雪に対する適応能力が高いことを物

語っていると考えられる。

標高：今市・矢板・白河営林署では、850 - 950 m で最もよく、ついで 1050 - 1150 m、950 - 1050 m の順になっている。草津・福島・猪苗代営林署では、明瞭な傾向はなく 1150 - 1250 m のような標高の高いところでも成長はよい。

斜面方位：今市・矢板・白河営林署では南向き斜面で成長がよく西向き斜面でやや成長が悪い傾向がある。草津・福島・猪苗代営林署では、南向き斜面で成長のよいプロットがみられる以外には余り特徴はみられない。2 地域とも南斜面で成長がよい点は共通しているが、ミズナラの草津・福島・猪苗代営林署の場合のように西向き斜面での成長の低下はみられない。

微地形：ブナの成長と微地形との関係は余り明確でないが、強いていえば今市・矢板・白河営林署では凸型斜面でやや良く、ミズナラの成長の比較的良好な平衡、凹型斜面でややわるく、草津・福島・猪苗代営林署では、凹型斜面が平衡・凸型斜面よりもやや良い。

傾斜：今市・矢板・白河営林署では、15° 以下のなだらかな斜面で成長がよく、15 - 25°、25 - 35° の順に成長は低下しているが、35° 以上での成長もよい。ただし、35° 以上のプロットは少ないので今後地点を増やして検討の必要がある。草津・福島・猪苗代営林署では 15° 以下のプロットの成長がやや低いようである。

### 5) 既往の成果との比較

ミズナラ林の広葉樹林に占める材積割合は、本課題では 16.5% とこれまでに特別研究「ミズナラ等主要広葉樹の用材林育成技術の開発」で報告された 9%（今市営林署管内のみ）に比べて大きく、広域的にはミズナラ林の混成率は比較的高いといえる。次にミズナラの混成率と立地要因の関係についても、特別研究において今市営林署管内の広葉樹林を対象に調べられている。それによれば、ミズナラの優勢林分が尾根、南向き斜面上部、派生尾根末端の凸地に多いことが明らかになっている。斜面の向きに関しては、今回の調査でも南向き斜面で混成率が高い。特に今市・矢板・白河営林署では傾斜の緩い斜面にミズナラ林の混成率が高く、一致した結果となった。しかし本課題は、今市・矢板・白河営林署の平衡・凸型斜面の林分は密度の低い結果となり異っていた。その違いは 1 プロットが特別研究に比べて 5 ha と大きいことに関係していると考えられる。さらに、本課題では標高によって分布密度が異なることや、雪の比較的多い草津・福島・猪苗代営林署では雪の残りやすい緩傾斜の凹型斜面では密度が小さいことも明らかになった。ブナが多雪地に多く雪に対して強いことはこれまでも多く研究されてきた。本研究でも雪の多い地域での混成率が高いことや、残雪の長く続く地形での混成率や成長の低下が認められないことなど、ブナが雪に強いことが明らかになった。



#### 4. 要 約

ミズナラ・ブナ林の混成率およびブナの生育と立地の関係について、主産物調査復命書に基づき調査し検討した結果、以下の特徴が明らかになった。

- ① ミズナラ・ブナはⅠ類木総材積の第1位、第2位を占め、全体の17.5、16.5であった。
- ② ブナ林は混成率が低く純林に近い状態で存在するが、ミズナラ林は多樹種との混成率が高く1プロット当たり50%を越えるような林分はほとんど存在しない。
- ③ ミズナラの混成率の高い林分は、今市・矢板・白河営林署では標高850－1050 mの南向き斜面であり、草津・福島・猪苗代営林署では、南向き斜面で密度が高く雪の残りやすい緩傾斜の凹型斜面では成長が悪い。
- ④ ブナの混成率の高い林分は今市・矢板・白河営林署では、標高850－950 mの南向きの傾斜15－25°の斜面であり、草津・福島・猪苗代営林署では南向きの斜面で高く、傾斜が15°以下になると低下する。
- ⑤ ブナの成長の高い林分は今市・矢板・白河営林署では、標高850－950 mの南向きの傾斜15°以下の斜面であり、草津・福島・猪苗代営林署では南向きの凹型斜面で成長がよい。

以上の結果は営林署の主産物調査復命書を用いてそのⅠ類木について調べたものである。広葉樹の伐採の頻度がそれほど高くないので、今回使用したデータもそれほど多くないが、ミズナラ・ブナの成長および混成率と立地要因との関係について一応の成果が得られた。今後、特別研究「ミズナラ等主要広葉樹の用材林育成技術の開発」の成果とあわせてミズナラの適地判定の確立に役立つであろう。ブナについては今後有効利用を目的とした調査の参考データとなるであろう。

## 暖温帯域における広葉樹 人工林の育成技術



## 暖温帯域における広葉樹人工林の育成技術

### I 試験担当者

林業試験場九州支場

育林部長

藤 田 桂 治

造林第2研究室

田 内 裕 之

埜 田 宏

上 中 作次郎

中 村 松 三

土壌研究室

森 貞 和 仁

河 室 公 康

堀 田 庸

川 添 強

長 友 忠 行

樹病研究室

楠 木 学

河 辺 祐 嗣

清 原 友 也

池 田 武 文

堂 園 安 生

経営研究室

森 田 栄 一

### II 試験目的

九州及び南西諸島には常緑広葉樹林が広く分布しており、広葉樹林の公益的機能の評価が高まるとともに、一方では用材生産林としての価値が高く評価されてきた。常緑広葉樹資源の育成、再生産と森林自体が有する公益的機能の維持、増進を調和させる施業法の確立が強く要請されている。

熊本営林局管内の常緑広葉樹林については天然林施業を積極的に推進して行くこととしているが、あわせて有用広葉樹種（ケヤキ・イチイガシ）の人工林施業への一部導入についても検討されている。すでに営林局管内の既存人工林136林分（主としてケヤキ、イチイガシ、クス）の実態調査も行われているが、この中には主伐林分も含まれており、伐採前に林分調査資料を急ぎ補強し解析を進めることによって、これら広葉樹人工林の育成技術の開発を行う必要がある。

本課題では広葉樹人工林の適地判定技術として、立地要因と成長の関係解析、（土壌研究室担当）広葉樹人工林の成長と適地（造林第2研究室担当）に関する調査を進めた。またケヤキ人工林については、用材林の密度管理を主体に将来の林況予測を行った（経営研究室担当）。主要病害についてはその検索と被害実態を明らかにした（樹病研究室担当）。



### Ⅲ 試験経過と得られた成果

#### 1. 広葉樹人工林の適地判定

##### 1) 立地要因と成長の関係解析

##### (1) 調査地及び調査方法

調査地は熊本営林局の資料1)に基き、比較的まとまって大面積に植栽された造林地を選定し、イチイガシは佐伯営林署41林班ろ小班、ケヤキは大口営林署47林班ろ小班とした。調査地の概況は表-1に記す。

表-1 調査地の概況

調査樹種	イチイガシ	ケヤキ
場所	佐伯営林署41林班ろ小班	大口営林署47林班ろ小班
植栽年度	明治42年	昭和5年
調査時の林齢	78年	58年
地質	砂岩	安山岩
土壌型	B <sub>D</sub> (d)	B <sub>D</sub> (d) , B <sub>D</sub>
標高	100 - 160 m	470 - 500 m

表-2 イチイガシ林の地形要因とカテゴリーの分類

地形要因	カテゴリーの分類				
標高 (m)	~ 210	210 ~ 240	240 ~		
凹凸	~-5	-4 ~ -2	-1 ~ 1	2 ~ 4	5 ~
傾斜 (°)	~ 20	20 ~ 30	30 ~		

表-3 ケヤキ林の地形要因とカテゴリーの分類

地形要因	カテゴリーの分類				
標高 (m)	~ 480	480 ~ 490	490 ~		
凹凸	~-5	-4 ~ -2	-1 ~ 1	2 ~ 4	5 ~
傾斜 (°)	~ 20	20 ~ 30	30 ~		

既往の調査から微地形が林木の成長に関与しているとみられるので、立地環境の中で特に地形条件と成長の関連性に着目した。現地調査では、毎木調査に並行して地形測量を行い、地形・毎木位置図を作成し、得られた地形図を用いて、微地形条件と成長の関係について検討し、微地形条件の解析から適地判定がどの程度可能かを検討することにした。

##### (2) 調査結果

##### (2)-i イチイガシ林調査結果

イチイガシは図-1に示すとおり、標高差約200mの山地の山脚緩斜面に植栽されている。調査地域の地形・毎木位置を図-2に示す。

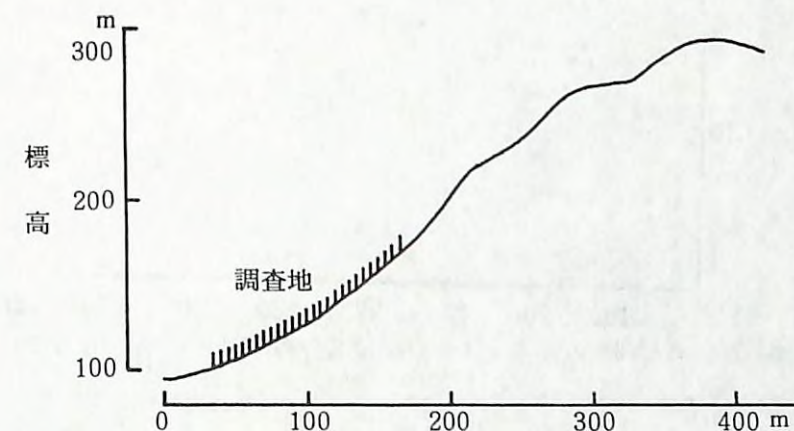


図-1 イチイガシ林調査地の縦断地形

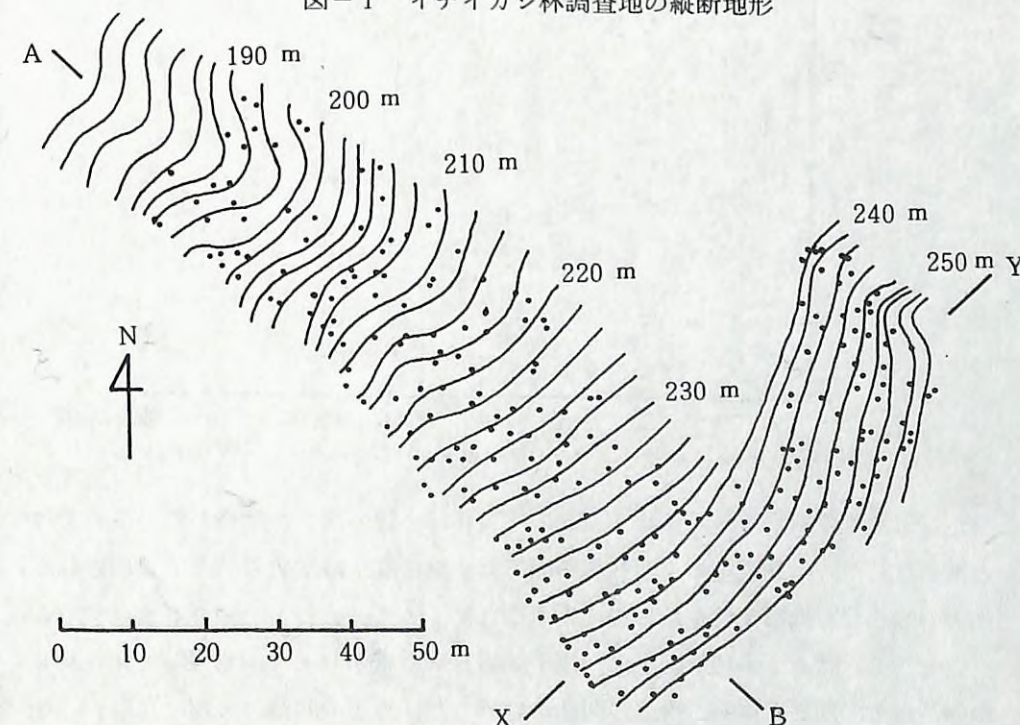


図-2 イチイガシ林の地形・毎木位置図



標高に沿って樹高成長を比較すると（図-3），標高が高くなるにつれて，樹高がわずかながら低くなる傾向がみられた。また，調査地域上部のほぼ同標高地での樹高を比較すると（図-4），樹高のパラッキはあるが，凸型地形より凹型地形の方が成長がよいとみら

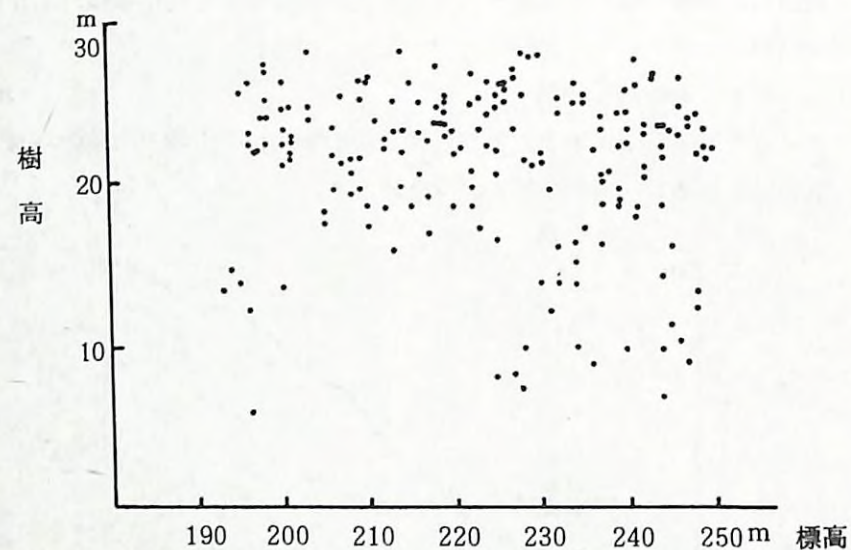


図-3 標高別にみたイチイガシの樹高分布（図-2, A-B方向）

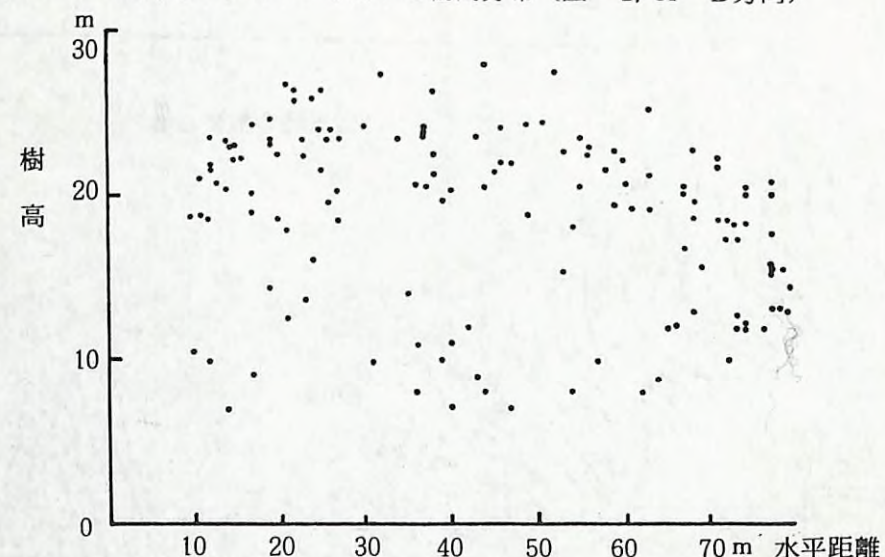


図-4 同標高で比較したイチイガシの樹高分布（図-3, X-Y方向）

れた。現地での観察から，イチイガシの成長には土壌の深さが関係しているのではないかと推測された。本調査地のような緩斜面では土壌の深さは地表の凹凸で表現されと考え，地表の凹凸など地形条件を数量的に表すことによって，成長との関連を検討することにした。そこで，図-2の地形図上に，格子間隔5mで東西および南北方向にメッシュを切り，各格子点毎に標高，傾斜，地表の凹凸を計算した。地表の凹凸の表現にはMITSUNO

et al. 2) の  $(V^2 z)_0$  を用いた。凹凸については10mメッシュについても計算した。各格子点を中心とする10m×10mの方形区を設定しその中に分布するイチイガシの平均樹高をその格子点の樹高とした。数量化I類の手法を用いて，互いに重ならない10m×10mの方形区26点についてその標高，傾斜，地表の凹凸（5m）または，同（10m）をいくつかのカテゴリーに区分して地形条件によるイチイガシの樹高成長の説明を試みた（図-5，6，7参照）。

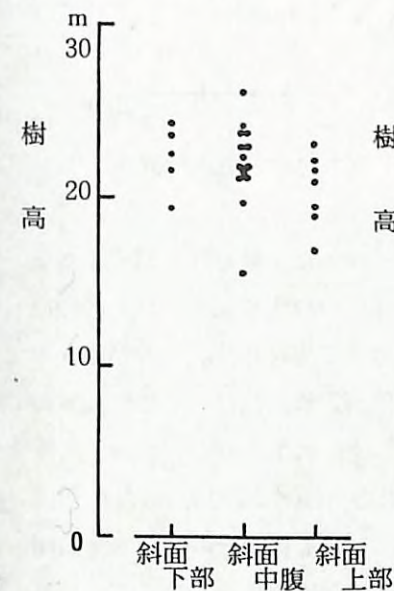


図-5 斜面位置と樹高

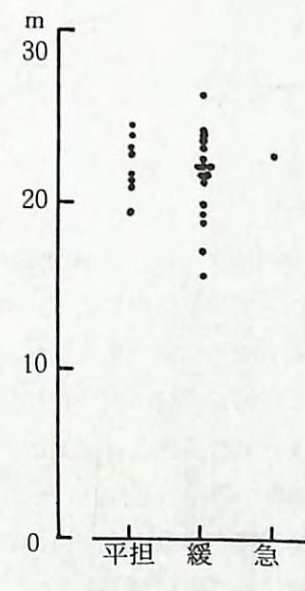


図-6 傾斜と樹高

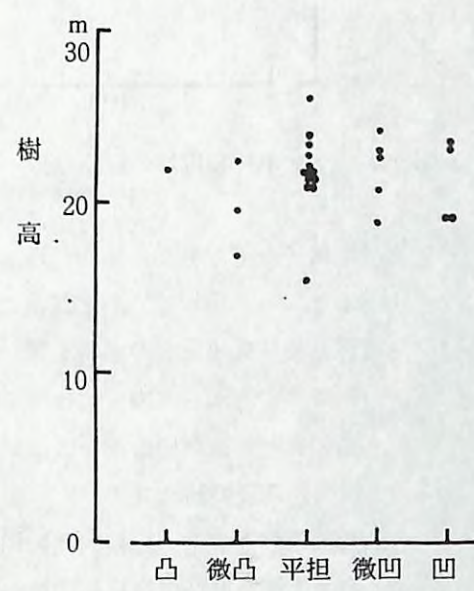


図-7 地表の凹凸と樹高

その結果，相関係数が0.55と高くなく適地判定には不充分であるが標高，地表の凹凸（10m），傾斜の3要因による説明である程度の相関関係が得られた。標高による比較から斜面上の位置は成長にきいているといえる。即ち，斜面下部の方が成長がよい。また，地表の凹凸についてみると，イチイガシの成長は平坦地から凹状地でよいといえるであろう。従って，微地形条件の解析から，イチイガシの樹高成長を推定することは可能と考えられる。本調査地が概ね山腹以下の緩斜面で地形条件の変化に乏しかったことを考慮すると，異なった地形条件での成長例が追加されればイチイガシの成長に関与している微地形条件が明確になるであろう。

## (2)-ii ケヤキ林調査結果

ケヤキは図-8に示すとおり，標高差約40m，斜面長約150mの山腹斜面に植栽されている。調査地域の地形・毎木位置図を図-9に示す。ケヤキ林の毎木調査では標高直径のみ測定した。イチイガシの場合と同様に図-9の地図上に5m間隔でメッシュを切り，



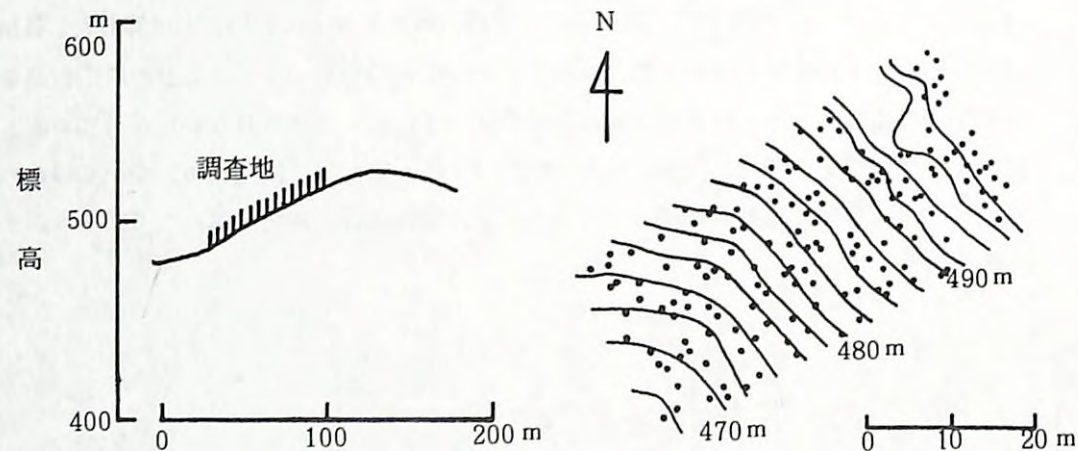


図-8 ケヤキ林調査地の縦断地形

図-9 ケヤキ林の地形・毎木位置図

各格子点毎に標高、傾斜、地表の凹凸(10m)、平均直径を求めた。数量化I類の手法により10m×10mの方形区25点について地形条件による直径成長の説明を試みた。その際直径成長は立木密度の影響を受けるので、立木密度も変数に加えて検討した。その結果、地形条件の方が立木密度に較べて直径値との間に高い相関関係が認められた。そこで、本調査における直径値の違いは地形条件に代表された立地条件の違いによる方が大きいと考え、標高、地表の凹凸(10m)、傾斜の3要因から検討したところ(図-10, 11, 12参照)、相関係数0.74と比較的高い相関関係が得られた。標高で示される斜面上の位置では斜面斜面下部、凹凸では平坦地から凹状地で成長がよいという結果が得られた。従って、ケヤキについても微地形条件の解析による適地区分が可能であると考えられる。

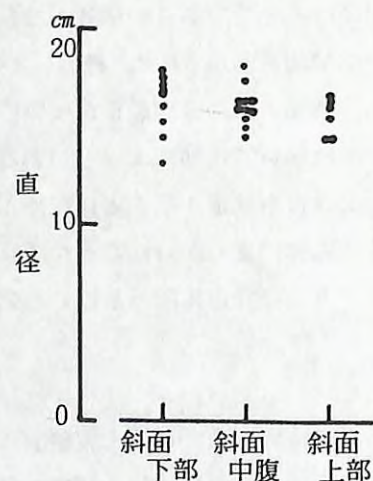


図-10 斜面位置と直径

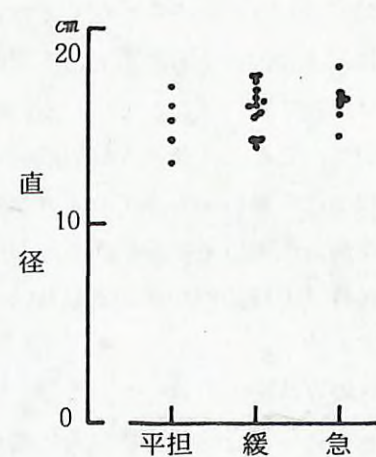


図-11 傾斜と直径

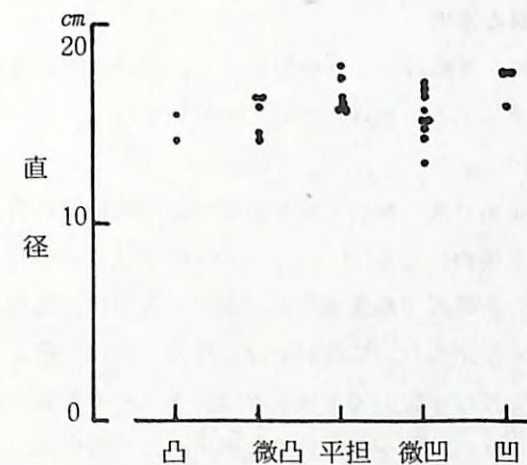


図-12 地表の凹凸と直径

### (3) まとめと残された問題点

イチイガシとケヤキについて成長に関与している立地条件のうち、地形条件について検討した。それぞれ1箇所ずつの調査なので明確にはいえないが、両樹種とも地表の凹凸の微地形条件や、斜面上の位置が成長に関与しているとみられる結果が得られた。数量化I類を的確に適用するためには各々の要因が幅広い変異を持つことが必要である。従って現存の他の林分についても今回の様な精密調査を行うことにより各々の樹種の成長に関与する立地条件が明確になり、より細かい適地区分が可能になるであろう。

過去に行われた広葉樹造林は適地判定や施業の技術が未熟なまま行われた例が多いとみられるので、現在林分としてまとまって残っている場所はかなり恵まれた立地条件の場所と考えられる。このことは九州に現存するイチイガシ、ケヤキ林の土壤のほとんどがBD(d)型ないしはBD型1)であることからもある程度裏付けられる。これらの場所は通常スギの適地とされているところであるので、イチイガシ、ケヤキの適地は大まかにスギの適地と重なっているといえる。その中を細かくみた場合には地表の凹凸のような微地形によって成長の差異が生まれるものと推察される。したがって実際の施業においてイチイガシ、ケヤキとスギ、またはイチイガシとケヤキの植栽区分を行うことはかなり困難であろう。(森貞和仁・河室公康・堀田 庸・川添 強)

### 引用文献

- 1) 熊本営林局計画課技術開発室：九州の国有林における広葉樹人工林の現況，技術開発資料 60-4， 128pp 1986
- 2) MITSUNO, T. et al : Soil water distribution in mountainous area and irrigation planning . Soil Physical Conditions and Plant Growth 42 ,pp 2 - 8 .1980



## 2) 広葉樹人工林の成長と適地

本研究では、イチイガシ高齢級人工林を対象とし、林分の成長ならびに構造を明らかにした。また、これらの結果をもとに適地についての検討を行った。

### (1) 調査地及び調査方法

調査は、大口営林署布計国有林47ら林小班ならびに佐伯営林署青山国有林41ら林小班で行った。毎木調査は1地点当り97.1～691.4 m<sup>2</sup>のプロットを数カ所設置し、樹高が1.2 m以上の木本種全ての胸高直径を測定した。樹高の測定は、全個体の50%以上を実測し、残りはネズルトン式で推定した。樹幹解析は、佐伯の伐採個所より得た試料木について行った。林床植生については、佐伯で1×1 mのコドラートを数十個所設け、種ごとの被度、高さを測定した。またイチイガシについては実生および稚樹の個体数の調査も行った。

更に、比較のため、高岡営林署八久保国有林3り林小班および綾営林署中尾国有林92い林小班にあるイチイガシ天然林など、他地域のイチイガシ林、スギ人工林の調査データを参照した。

### (2) 調査林分の概要および林分内容

林分の概要は、表-1のとおりである。両人工林とも詳細な過去の施業歴が保存されて

表-1 調査地の概要

調査地名	場所	調査面積 (m <sup>2</sup> )	林齢 (年)	人天別	樹高 (m)	地形	母岩	土壌	方位	傾斜 (°)
大口	大口営林署 布計国有林47ら林小班	404.3	59	人	480-505	山腹斜面～沢筋	安山岩	BD(d)	S50W	28-36
佐伯	佐伯営林署 青山国有林41ら林小班	1947.1	78	人	90-160	山腹斜面～沢筋	粘板・砂岩	BD(d), BC	N5W-N40W	22-32
高岡	高岡営林署 八久保国有林3り林小班	691.4	約135	天	205	谷筋斜面	頁岩	BD	S40W	12
綾	綾営林署 中尾国有林92い林小班	599.5	約150	天	410	山腹斜面	砂岩	BD	N10W	32

いないが、当時の施業案や林分内容等から下刈り、除間伐等の初期保育は良く行われたようで、樹冠うっ閉後は放置されている。景観的には一斉林を呈しており、イチイガシ人工林としては良好な生育をしている林分といえる。

各調査地の林分内容を表-2に示す。これによると、全樹種の立木本数及び材積は、人工林、天然林共に大きな差はないが、綾では本数が少なく、材積が多いという特徴を示す。綾の林分は、原生状態を保ったほぼ極相といえる叢観をなしており、この様な林分では、大径木が多く密度の低い構造を示す。

表-2 各調査地の林分内容

調査地	人天別	林齢	全 樹 種			イ チ イ ガ シ					
			立木本数 (n/ha)	材積 (m <sup>3</sup> /ha)	断面積計 (m <sup>2</sup> /ha)	立木本数 (n/ha)	(%)	材積 (m <sup>3</sup> /ha)	(%)	断面積計 (m <sup>2</sup> /ha)	(%)
大口	人	59	7,900	410	49.7	2,010	25.4	403	98.3	47.0	94.5
佐伯	人	78	8,310	330	38.5	683	8.2	297	89.2	31.8	82.5
高岡	天	約135	8,060	340	37.0	72	0.9	156	46.6	15.7	42.4
綾	天	約150	4,410	700	72.4	50	1.1	207	29.4	16.6	30.0

一方、高岡の天然林は林齢の割に材積が少なく、人工林と同等もしくは、それより少ない値を示す。これより、人工林が材積成長においては、天然林に優っていることがわかる。

全樹種に対するイチイガシの占める割合は、立木本数で人工林がそれぞれ25.4、8.2%、天然林が1%前後である。材積率では人工林が90%前後以上を占めるのに対して、天然林は50%以下となっている。一般に、イチイガシ天然林は寡占状態となった純林型を取らず、他の高木性樹種と混交状態で存在することが多く、この特徴が本数、材積率となって現れている。

人工林のイチイガシの材積は、大口で403、佐伯で297となっている。上層樹高や立木本数等から、同様の林分内容を持つ他樹種の林分密度管理図と比較すると、それぞれの林分に対してスギで460 m<sup>3</sup>、420 m<sup>3</sup>、ヒノキで400 m<sup>3</sup>、370 m<sup>3</sup>、シイ類で330 m<sup>3</sup>、280 m<sup>3</sup>程度の値を示す。これらより、イチイガシ人工林の材積量はスギよりは少ないものの、シイ類（天然生再生林）より大きい値を取ることがわかる。

### (3) 胸高直径、樹高分布

人工林における、イチイガシの胸高直径分布は、山型を示す。しかし、その形は他の人工林に比べて、明らかに異なる。図-1にスギ人工林と比較した胸高直径分布を示す。比較したスギ人工林は挿し木によるもので、清水が60年生、祖母が58年生で、大口のイチイガシ人工林とはほぼ同林齢のものである。それによると、スギ人工林では、変動係数が小さく（清水：12.3%、祖母：18.3%）、イチイガシ人工林では大きく（大口：48.6%、佐伯：35.7%）、分布幅が大きい。

一方、天然林との比較をすると、全樹種の胸高直径分布は、図-2のとおりである。イチイガシ林は、人工林、天然林ともに、胸高直径階が大きくなると共に、指数的に本数が減少していく形を示す。但し、天然林は直径階の大きい方に他の高木性樹種が混交している。樹高分布について全樹種のそれを見ると、樹高階と立木本数との関係は、樹高階が高くなるほど本数が急激に減少する。いわゆる指数型曲線を示し、縦軸に樹高階、横軸に立木本数を置くと、その形は、天然林では逆J字もしくはL字に近い形を示し、人工林はは



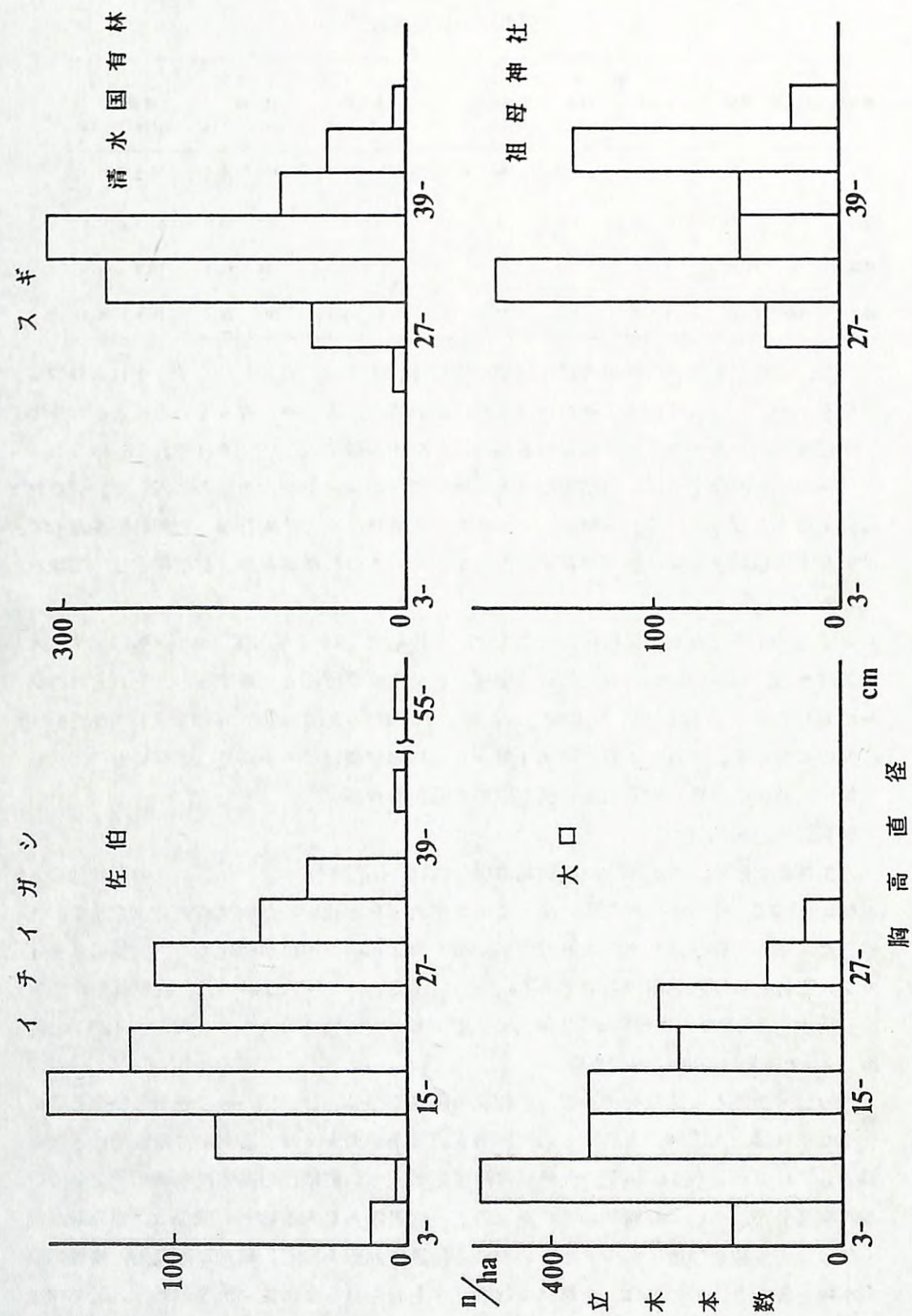


図-1 イチイガシ人工林とスギ人工林の胸高直径分布

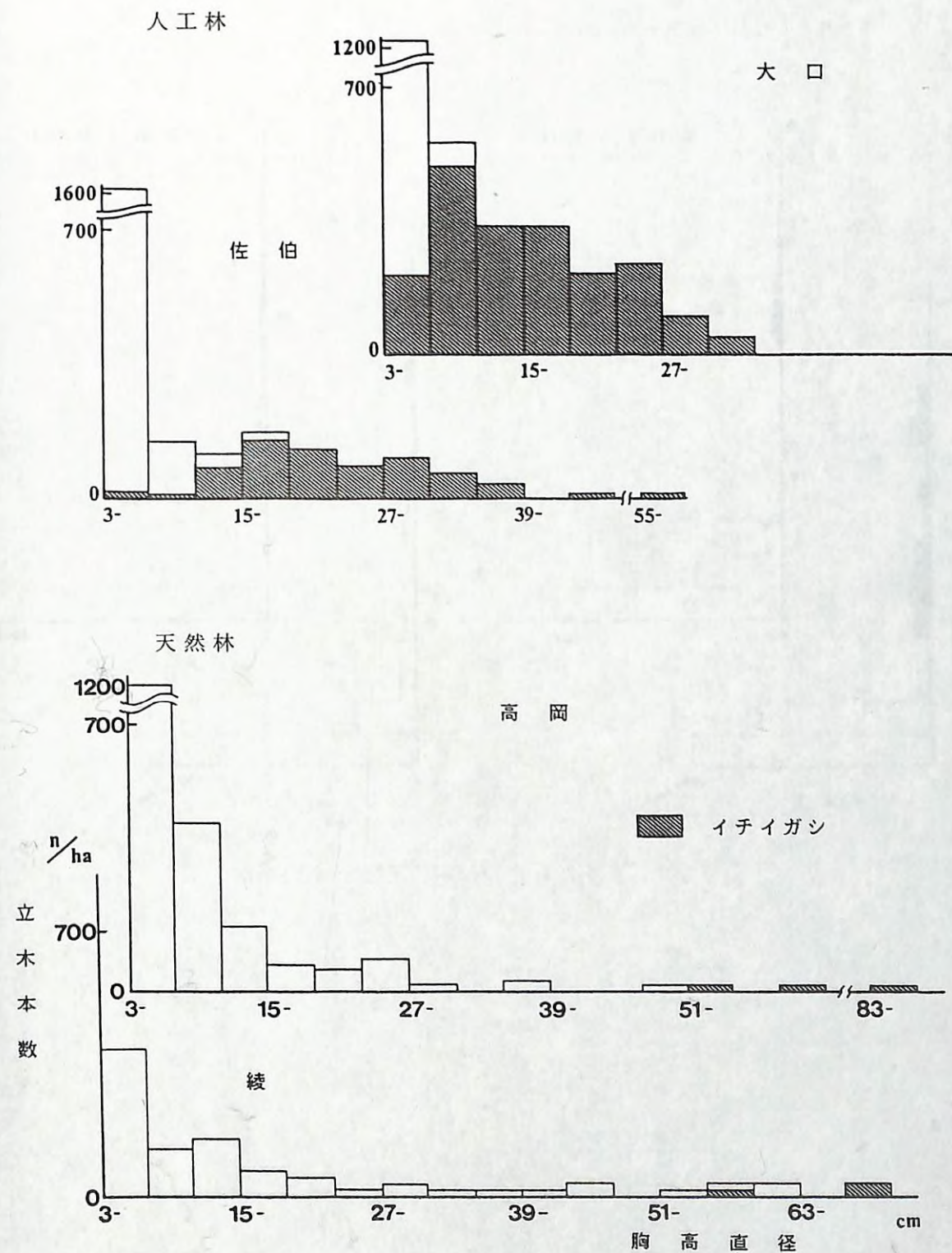


図-2 イチイガシ人工林と天然林の胸高直径分布



っきりとしたL字型を示す（図-3）。

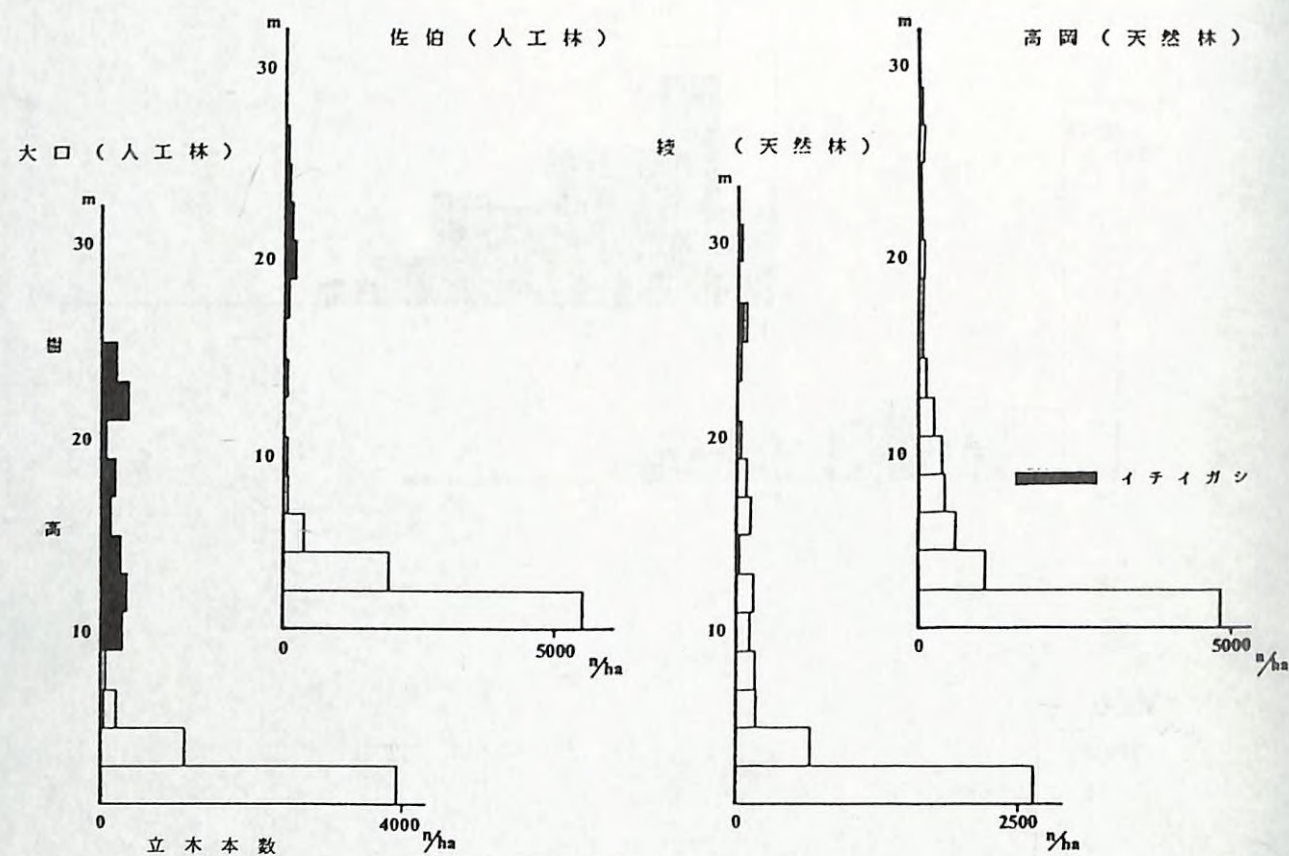


図-3 イチイガシ人工林、天然林の樹高分布

イチイガシは、人工、天然林ともに、低木層には殆ど見あたらない。高木層における樹高分布は、両者間で大きく異なる（図-4）。

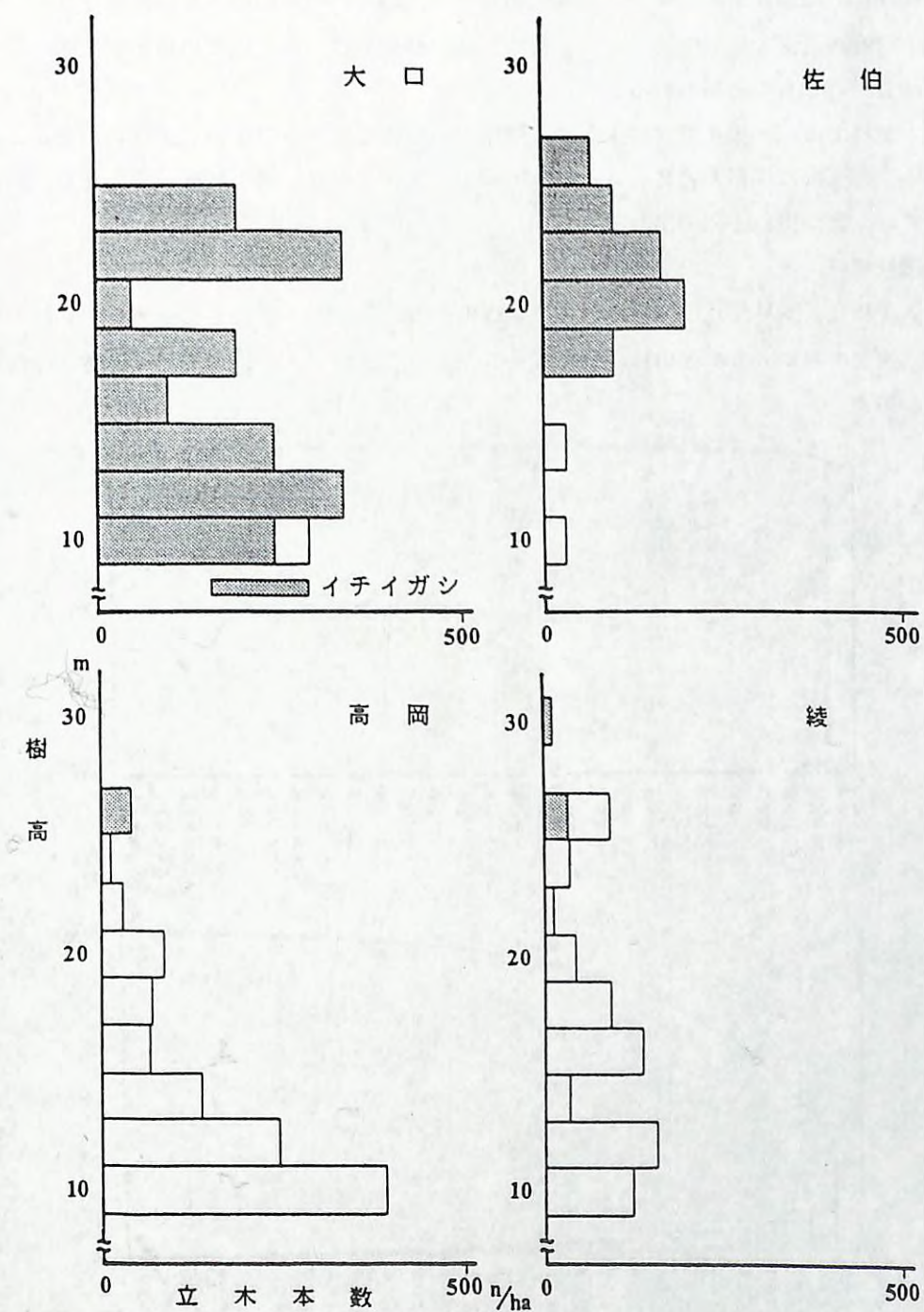


図-4 高木層における各林分の樹高分布



天然林では、イチイガシの出現する階層の幅が狭く個体数の割合も少ない。更に、調査地のようなほぼ極相と考えられる林分では、イチイガシは、最上層にのみ存在し、綾の場合では1部が樹冠上に突出している。

人工林は天然林に比べて、構成種の多様性が低いと言われている。イチイガシ林の場合は、両者の間に大きな違いはない。図-5, 6に人工林（大口）と天然林（綾）の種類構成を示す。



胸高における断面積合計は、人工林では、イチイガシの占める割合が圧倒的に多く、2位以下の種が極端に少なくなる形を取る。例えば、大口では、イチイガシの断面積計の占める割合が94.5%，佐伯では、82.5%を占めている。これに比べて、天然林では、高岡で42.4%，綾で30.0%と小さく、2位以下にウラジログシ、タブノキ、イスノキ等の高木性樹種が続くという特徴を持つ。

- 169 -



# (5) 成長の過程

単木の樹高成長及び肥大成長は樹幹解析によって明らかとなる。ここでは、佐伯の人工林の樹幹解析よりイチイガシの成長を推定すると共に、林分の発達過程を調べた。

今までも述べたように、イチイガシ人工林は、樹高、胸高の分布幅が大きい。この理由は、樹幹解析による樹高成長、肥大成長の推定からかなり明確に解明できる。

樹幹解析の試料木には、林冠を形成している最上層の個体（最上層木）、最上層木よりやや下の層に生育している個体（準上層木）、完全に被陰された個体（被圧木）を選んだ。イチイガシの樹高成長は、図-7のとおりである。各個体とも20年生までは同様な成長パターンを示すが、20年過ぎから優劣がつき始め、30年を越す頃には明確な上下関係が生じる。これより樹齢20年生頃に樹冠がうっ閉し、その後種内競争によって優劣が生じたものと推察できる。最上層木は樹冠うっ閉後も以前と同様な樹高成長を続け、年と共にやや成長量を減ずるものの全体として直線的な成長を示す。準上層木は、40年以降成長が鈍くなるが、最上層木との樹高差がつきながらも成長を続ける。また被圧木は、樹冠うっ閉後から劣勢となり、成長を殆どしないものの生存している。イチイガシは、林冠形成木のような強光条件下にあるものは、ほぼ一定の成長をするが、林冠下で被陰された条件下では、成長はしないが長期間にわたって生存が可能であることがわかる。一方、直径成長でも同様な傾向が認められる。ただし被圧木は幼齢期から成長が悪い。材積成長をみると、樹齢30年生頃までは被圧木を除くと成長に殆ど差がない（図-8）。しかし、その後の成長差は

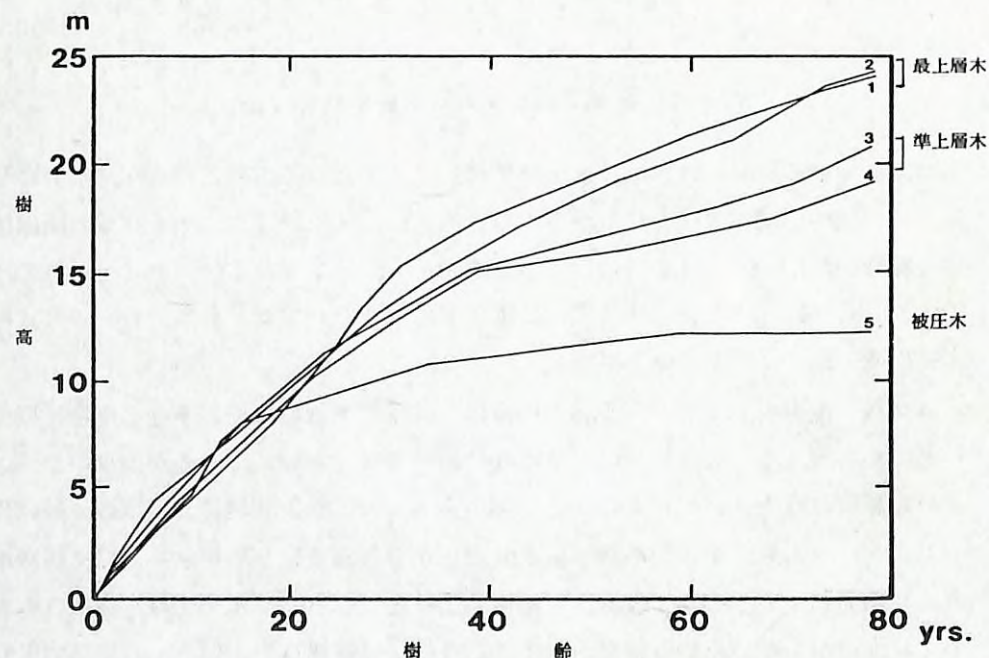


図-7 イチイガシの樹高成長

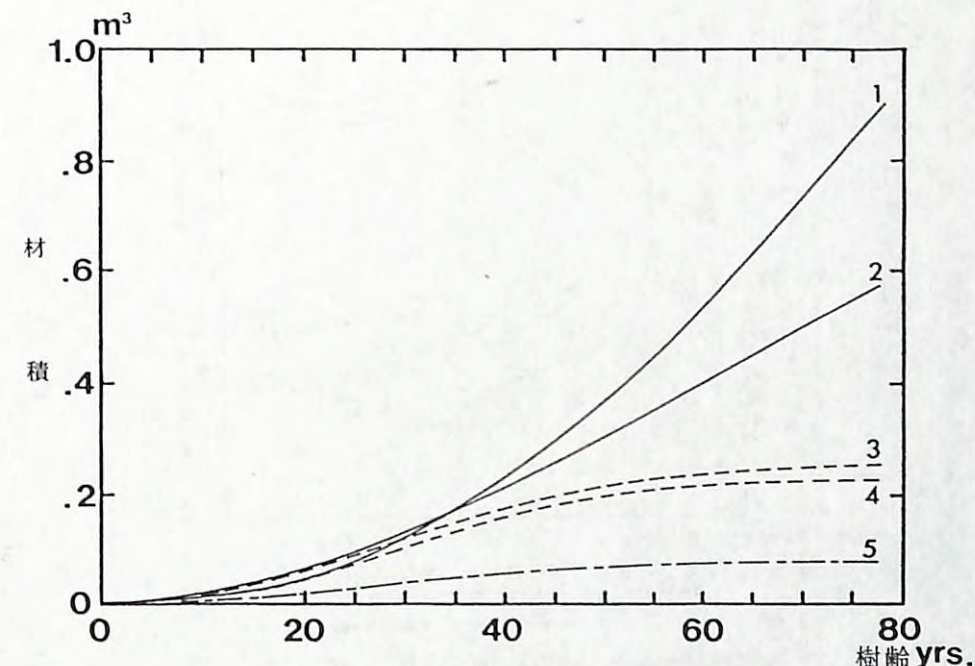


図-8 イチイガシの材積成長

顕著に生じてくる。これらから、幼齢期の直径成長が同じであれば、樹冠うっ閉後も樹高成長はある程度一定に続く。成長量の優劣は材積、つまり直径成長の差となって現れてくる。

以上の特性により、イチイガシ人工林では樹高分布、直径分布の幅が大きくなることがわかった。これは、イチイガシが林冠形成木（最上層木）で遮光された下の層でも生存できる、耐陰性の強い樹種であるからであろう。

# (6) 立地の違いによる成長比較

ここでは、立地特に地形の差による生育の差異を検討してみた。地形による生育差については、スギ、ヒノキにおいても一般によく知られている。各プロットを地形差に注目して並べ替え、生育状況を比較したものが、図-9、10である。

佐伯の場合、高度差にして50m、面積3ha程度の比較的狭い林分であるが、平均樹高で12.4～19.0m、平均胸高直径で16.0～25.2cmと大きな差がある。立木本数は地形差による違いが僅かである。これらから、樹高、胸高直径は地形差による影響を受け、特に尾根部で成長の悪さが明確となり、斜面中下部から谷部にかけてが良好な成長を示すことがわかる。各個体の成長の良否が、材積量に影響しており、斜面下部で最大値を示す。調査地点番号（プロット）7では、尾根部のプロット5に比べ、3倍近い材積を占める。

大口の林分は単一斜面であるが、その上下にも生育に差があることがわかる。ここでも立木本数の差は僅かであるが、平均樹高、平均胸高直径は斜面上部より下部に向かって大きくなる傾向を示す。材積も下部の方が大きい。



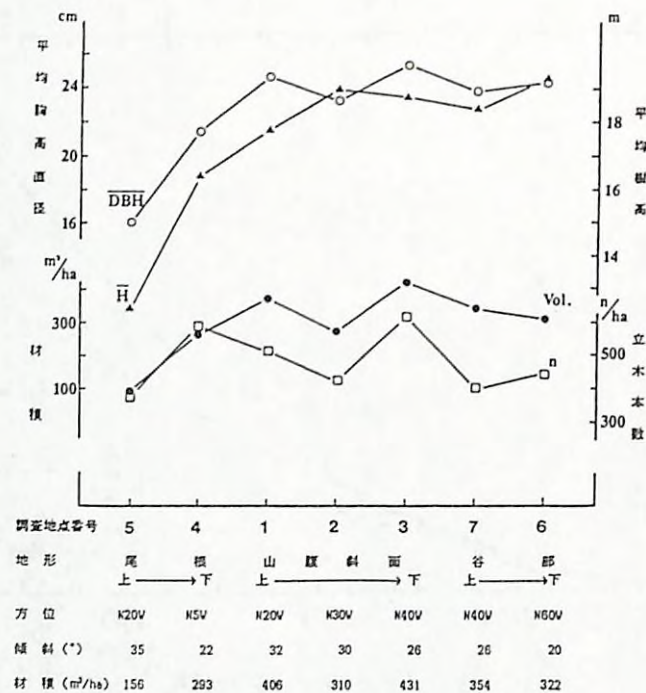


図-9 イチイガシの生育状況(佐伯)

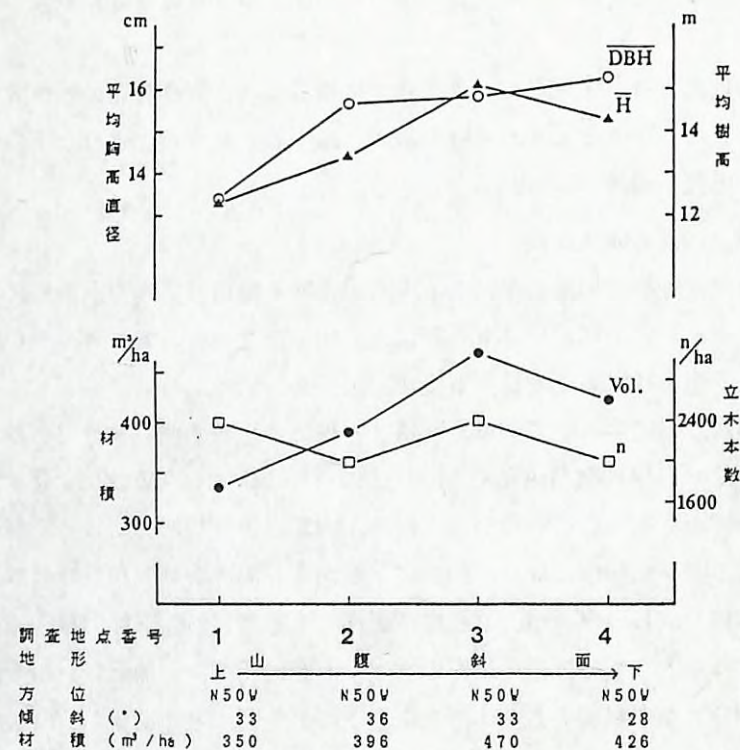


図-10 イチイガシの生育状況(大口)

以上より、イチイガシの造林適地は、尾根部よりも斜面下部ないしは谷部周辺にあることは明かである。これは、天然林の分布域とも一致する。一方、立木本数について地形差がみられないことは、イチイガシは定着さえすれば、長期間生存が可能であることがわかる。

#### (7) 林内および林床植生

林内植生の内容について、人工林と天然林を比較してみた。林内植生は高木性樹種、亜高木性樹種、低木性樹種等異なる生活形を持つ種群から構成されている。そこで最大樹高によって次のように種群を分けた。

高木性樹種 (MM 1, 樹高: 20-30m)

高木性樹種 (MM 2, 樹高: 10-20m)

亜高木性樹種 (M, 樹高: 3-10m)

低木性樹種 (N, 樹高: -3m)

佐伯人工林の場合MM 2にはイロハモミジ、アラカシ、ヤブニッケイ、サカキ等が含まれる。MM 1は極相林の林冠を構成する種群であり、例えばイチイガシ、タブノキ、ウラジログシがそれに当たるが個体数はわずかであるため、ここではMM 2に包括してある。Mにはサザンカ、シロバイ、ヒサカキ等が、Nにはミツバツツジ、コガクウツギ、ヤブムラサキ等が含まれる。これらの種群のそれぞれの最大樹高 (MM 2: 20m, M: 10m, N: 3m) を1.0としたときの階層構造の発達状況を図-11に示す。

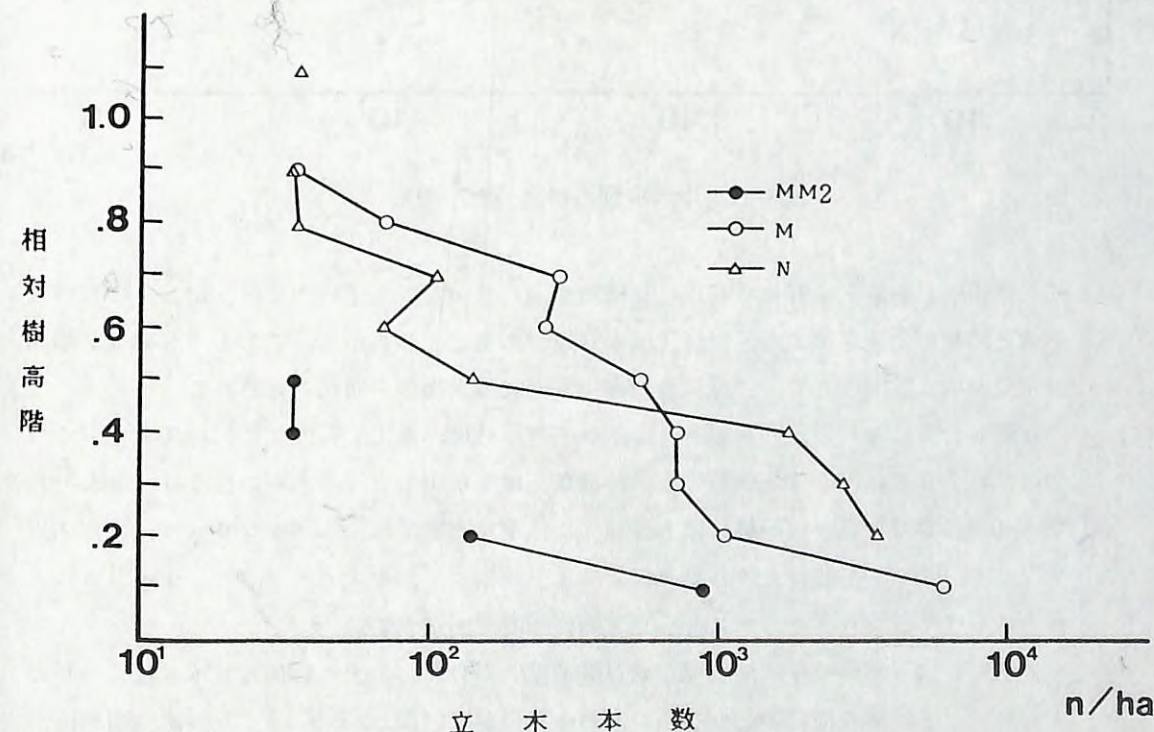


図-11 生活形別の樹高分布(佐伯)



これによると、MおよびNは最大樹高階（1.0）まで達し、樹高が低くなるほど立木本数が指数的に増加する。MM2は樹高階0.5（10m）までしか発達していない。このような傾向は大口でも見られる。天然林特に極相林では、各種群とも1.0まで発達し樹高階が低くなるほど本数が増加する形を取る（図-12）。つまり、各種群とも成木が存在し、若い世

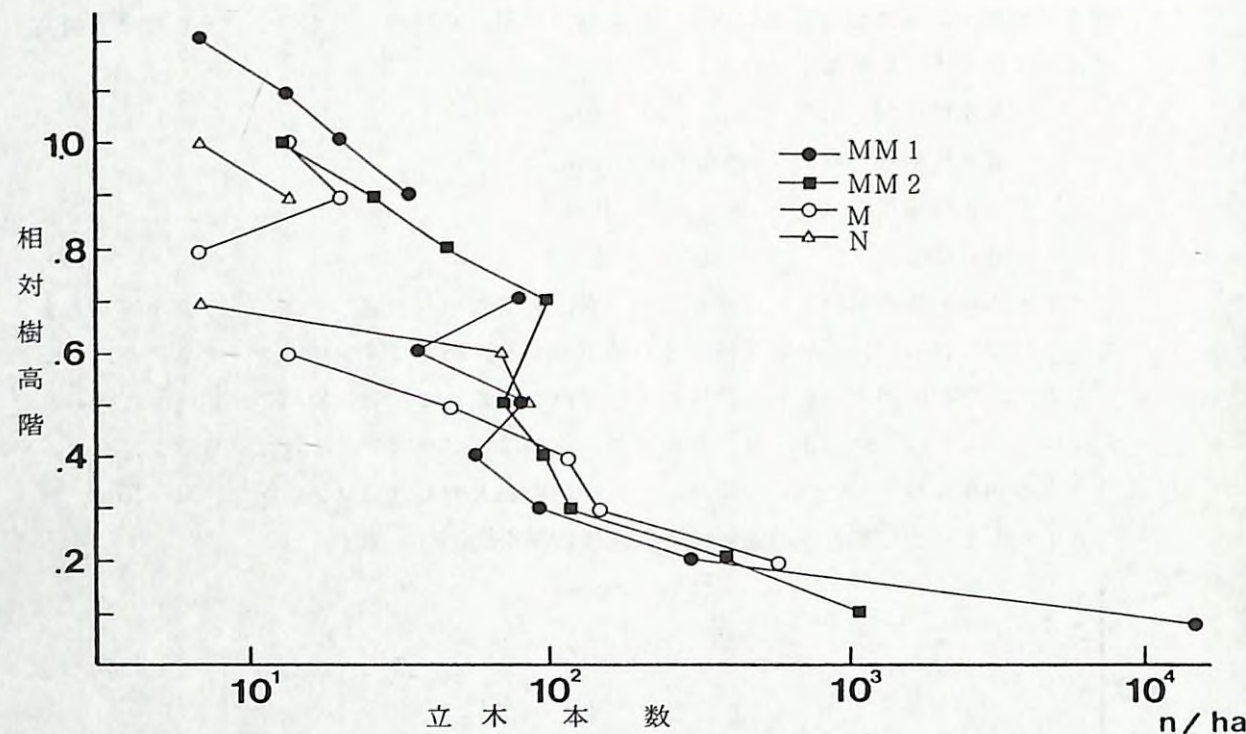


図-12 生活形別の樹高分布（綾）

代（稚幼樹）を数多く有する安定した構造を示している。人工林内では、MおよびNが天然林と同様な発達を示すが、MM2は未発達であることがわかる。このような異なる樹高分布型を取る原因として、林冠構造の違いや過去の人為の影響が考えられる。

壮齢もしくはそれ以上の林齢をもつイチイガシ林は、人工、天然共に、林床植生（ここでは、約0.5 m以下の草本層をいう）の種数、被度が少ない。草本層の被度は、おおむね10～30%の間である。どの林分にも共通して出現する種には、イズセンリョウ、コバノカナワラビ、タブノキ、ハナミョウガがあり、ツルコウジ、オオカナワラビ、テイカカズラ、ヤブニッケイ、シロダモ、センリョウも高い頻度で出現する。

佐伯における林床植生の構成種を乗算優占度（MDR）の大きい順に並べると表-3のとおりになる。構成種の中でシダ類の占める割合が高いことがわかる。また高木性樹種は、アラカシ、イチイガシ等わずかである。

表-3 林床植生の種構成と乗算優占度（佐伯）

MDR	MDR	MDR
マンリョウ	マルハハニシダ	サネカスラ
ササノカ	フモシダ	イチイカシ
ヘニシダ	コハノカナワラビ	ヌビトハキ
ヤブムラサキ	ナツツタ	タチコロ
ハマクサキ	ナカハモミシイコ	シロダモ
コガクウツギ	ホソハカナワラビ	サルトリイバラ
フユイチコ	ホソハトウゲシハ	ネスミモチ
アラカシ	ミヤマトベラ	ヘクソカスラ
イズセンリョウ	タイミンタチハナ	キタチニントウ
クロハニ	ヤマフジ	ヤマハセ
ヒサカキ	チヂミササ	ヤマウルシ
テイカカズラ	キッコウハクマ	サシガキ
ツルコウジ	ムラサキギブ	カンアオイ
イヌカヤ	カツモウイノデ	
ヤブコウジ	トキワカモメツル	

注) MDRはC x Hで算出した



# (8) 更新の可能性

林床に存在するイチイガシの実生及び稚樹は、極めて少なく、佐伯で5,400本/ha、高岡で1,500本/ha、綾で3,500本/haである(表-4)。これらは、いずれも1~3年生

表-4 イチイガシ林内の稚樹数

調査地点	林令 (年)	調査面積 (m <sup>2</sup> )	本数 (本/ha)	樹齢 (年)
佐伯人工林(林内)	78	59.0	5,400	1-3
高岡天然林(林内)	135	19.6	1,500	1-3
綾天然林(林内)	150	20.0	3,500	1-3
佐伯人工林(伐採跡地)★	3	8.0	2,700	1-2

★ 架線支障木として幅約6mで、帯状に伐採された個所

のもので、樹高はせいぜい15cm迄であり、それ以上に成長した個体は見あたらない。つまり、うっ閉した林内では、人工、天然を問わず、種子供給が行われ発芽はするもののそれ以上の成長をしないことがわかる。これは、うっ閉した林内での更新が困難であることを示している。

更に、佐伯で架線支障木として3年前に伐採された、幅約6.0mの疎開地でも、稚樹の数は林内と比べ十分多いとはいえない。これは、天然林の上層木の倒壊によって生じた狭い(単木サイズの)ギャップ内の稚樹数も同様で、イチイガシ林の実生での更新については、更に調査を行って解析する必要がある。

一方、大口(59年生)で本数率45%の間伐を行ったところ、その伐採木の株から萌芽が認められた。伐採後1年目では、萌芽率は45%(伐採した全株中萌芽した株数の割合)、萌芽本数は平均9.2本/株であった。これは、萌芽更新の可能性を示している。

# (9) まとめ

既住の報告によると、人工林のイチイガシは、天然林のそれに比べ形質が不良であると

されている。これは、植栽本数、初期の保育内容等に起因する。本研究で取り扱った人工林は、何れも初期密度が高く、保育が良好に行われたものと考えられ、天然林と比較して、形質、特に枝下高や通直性では劣っていない。また、他の常緑広葉樹、特にコジイに比べて材質の劣化を引き起こす病虫害の発生も少ない。

イチイガシは、林冠形成木では樹高成長が高齢級(80年)に達しても頭打ちにならない。直径成長も同様である。また、耐陰性が強い樹種と考えられ、被圧下でも長期間生存が出来る。これは、高密度仕立てで、択伐等によって長期間収穫が可能であることを示唆している。

造林適地は、イチイガシ林が九州の低海拔地域の極相林と考えられることから、広範囲にわたっている。地形的には、斜面下部の崩積地で成長がよく、林床にイズセンリョウ、ルリミノキ、ハナミョウガ、カナワラビ類などの適潤地を指標する植物がみられる個所が適地となる。一般にスギの適地とオーバーラップしているといえる。(田内裕之・埴田宏・上中作次郎・中村松三)

# 2. 密度管理技術—ケヤキ人工林—

当研究室では、熊本営林局から提示された広葉樹人工林の林分一覧表の中で最も資料数が多かったケヤキ林分を対象に調査を行い、その施業方法を検討した。なお、本報告ではその内容の一部は、既報<sup>11)</sup>、<sup>12)</sup>にゆずり簡略した。

## 1) 現況の解析

資料には熊本営林局「人工広葉樹林の現況調査」の調査原表のうち、以下の条件にかなう林分を用いた。

- (1) 面積は0.2ha以上とした。
- (2) 林分の平均胸高直径D・平均樹高H(以下、直径D・樹高Hという)は、単木の調査表(d:2cm括約, h:1m括約)を再計算し、いずれも単位少数以下2位まで求めた。
- (3) 材積は、広葉樹I類の立木幹材積式(38熊経第4074号, S39.4.1)により、少数以下3桁までに再計算した。
- (4) 標準地調査のうち、一部の樹高だけが測定され、しかも直径階別樹高曲線が計算されていない林分については、1m括約の樹高曲線を求めた。
- (5) 標準地の全木の調査野帳のみ添付されている資料については、直径階別樹高階別の本数を集計の上、各林分因子を計算した。
- (6) 資料に示された混交率は、材積混交率であったが、将来、ケヤキ林の林分管理のための情報として望ましい本数混交率に改めた。なお、混交する樹種は、主として広葉樹であるが、一部には針葉樹を含む林分も見られ、その樹種構成も一定していなかった。

以上の条件を満たした林分数は76林分となった。

本報告の中で解析に用いた林分因子は、林齢t、直径D、樹高H、本数密度N、本数混交率N



%, 地位指数 S. 1. 等である。

その中の主な林分因子の平均・分布または範囲を以下に示す。

- (1) これらの林分の総面積は、約 130 ha。その面積の構成は、平均 1.76 ha, 1 ha 以下が 50 % を占め、5 ha 以上は僅かに 4 林分 (5.3 %) である。

面積	～ 1 ha	～ 2 ha	～ 5 ha	～ 10 ha	～	計
林分数	38	16	18	1	3	76

- (2) 林齢の構成は、平均 58 年。林齢 55～70 年 (T 5～S 6 年植栽) が 72.4 % を占め、一部に林齢 28～36 年 (S 25～33 年植栽) の若い林分が含まれている。

林齢	～ 30	～ 40	～ 50	～ 60	～ 70	～ 80	～ 90	～ 100 年
林分数	1	4	7	34	21	7	1	1

- (3) 本数混交率 (N %) の構成は、平均 53 %。70 % 以上 31.6 %, 50 % 以上 52.6 % と本数混交率の低い林分がかなり多い。

N %	～ 19	～ 29	～ 39	～ 49	～ 59	～ 69	～ 79	～ 89	～ 99	100
林分数	11	14	7	4	9	7	4	3	1	16

- (4) 本数密度 (本/ha) の構成 (平均約 500 本) は、かなり散らばっている。

本数密度	～ 199	200～300	300～400	400～500	500～600	600～700	700～800	800～900	900～1000	～ 1000
林分数	4	15	9	11	11	9	7	3	3	4

これは本数混交率の影響もあるので、林齢 t・本数密度 N・混交率 N % の図に改めてみると、図-1 に示すように、本数混交率の低い林分が本数密度 500 本/ha 以下に集中しているものの混交率の高い林分であっても本数密度 500 本/ha 以下にかなり点在し、明確なちがいは認められない。

- (5) 蓄積 (ha 当り・ケヤキのみ) の構成は、平均で約 170 m³, 100 m³ 台が 57.9 % と圧倒的に多く、300 m³ 以上の林分は僅かに 7 林分 9.2 % に過ぎない。

蓄積	～ 100	100～200	200～300	300～	(m³/ha)
林分数	13	44	12	7	

- (6) 土壌型の分類

ケヤキの適地<sup>1)</sup>は、「空気の流通・水分透過の良好な砂質壤土の適潤地で地層の深い場所が良く、石灰質を好み、酸性土壌・粘土質土壌では成育が良くない」とされている。今回の資料を土壌型別に分類してみると、BE・BD 土壌は約 54 % と半分を占め、ついで BD(d)・Bld(d) 土壌が約 38 %, 残る約 8 % が Bc 土壌であり、全般的にかなり良い立地に植栽されている。

以上のように、ケヤキ林の現況は、長期間放置されていたこともあって、あまり良い林相とはいえない林分も含まれていたが、目標伐期の 120～160 年までに果たしてどれだけ改良できるか、どんな保育の手を打つか、その方法を求めるのが本研究の課題である。

本数密度 (本/ha)

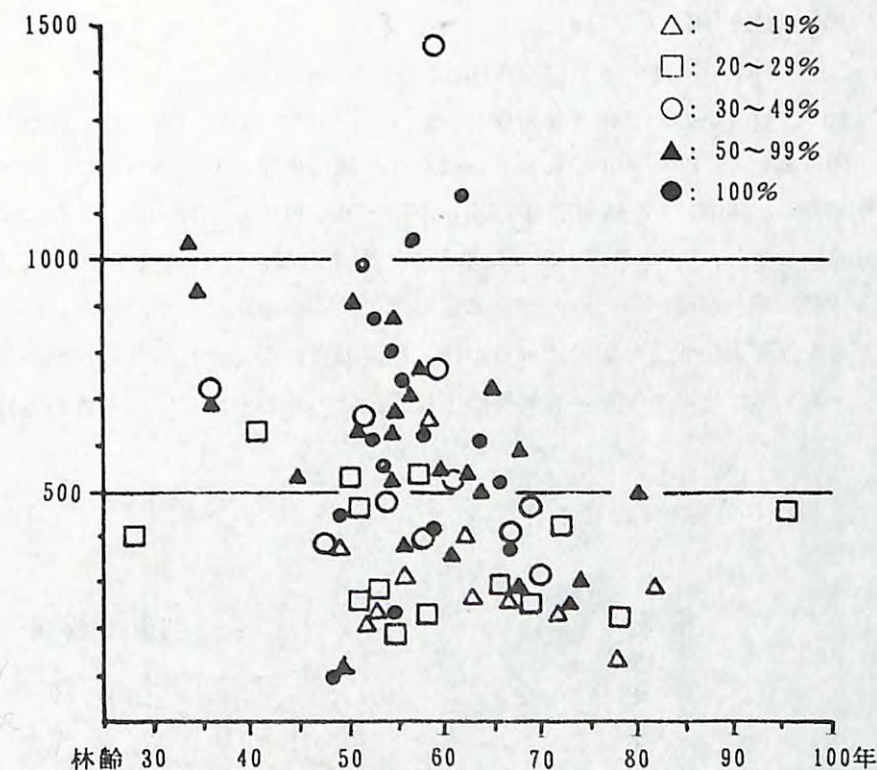


図-1 本数密度に対する林齢・本数混交率の関係

## 2) 地位指数表の作成

地位指数曲線には、西沢<sup>13)</sup>が提唱した修正指数曲線式を用いた。この方法では樹幹解析木が必要であるが、数少ない貴重なケヤキを大量に樹幹解析木として伐採することはできない。そこで、コジイ林の研究に際して作成した個別林分資料による修正指数曲線式のプログラム<sup>8)</sup>を用いた。その結果、全資料 (林齢 96 年を除く 75 林分) によるガイドカーブでは、林齢 55 年以上においてほとんど成長しない曲線となった。この原因には高齢でありながら樹高がかなり低い林分が含まれているためと考えられたので、これら 9 林分を除き、残る 67 林分によって再計算し、次式により図-2 の地位指数曲線図と表-1 の地位指数表を作成した。なお、林分の地位指数はその樹高から (2)～(4) 式で求まる。

$$H(t) = K - a \cdot b^{t'} = 17.9496 - 7.7052 \times 0.774436^{t'} \quad \dots(1)$$

$$t' = (\text{林齢} \div 5) - 7 \text{ or } t' = (\text{林齢} - 35) \div 5$$



$$Sd = 5.74961 + 0.13054 t \text{ (林齡)} \quad \dots(2)$$

$$RR = (H - H(t)) / Sd \quad \dots(3)$$

$$SI = (RR + 1.1616) / 0.07064 \quad \dots(4)$$

$H(t)$ : ガイドカーブの  $t$  年の樹高  $Sd$ : その標準偏差  $RR$ : 修正係数  $SI$ : 地位指数

図において、80~90年の樹高成長はかなり緩慢に見える。ちなみに、ガイドカーブの林齡別樹高は、90年 17.49 m, 120年 17.85 m, 特に、150年は 17.93 mと  $K = 17.95$  に近い。しかし、100年以上の高齢なケヤキが十分な占有領域を確保して上層木層を形成する状態に達した時、果たしてさらに旺盛な上長成長を続けるか、あるいは、枝の拡張によってある程度上長成長が緩慢になるかは、今後の資料を待つしかないが、少なくともスギ・ヒノキ人工林に比べてケヤキ高齢林の上長成長は劣るのではないかと考えられる。

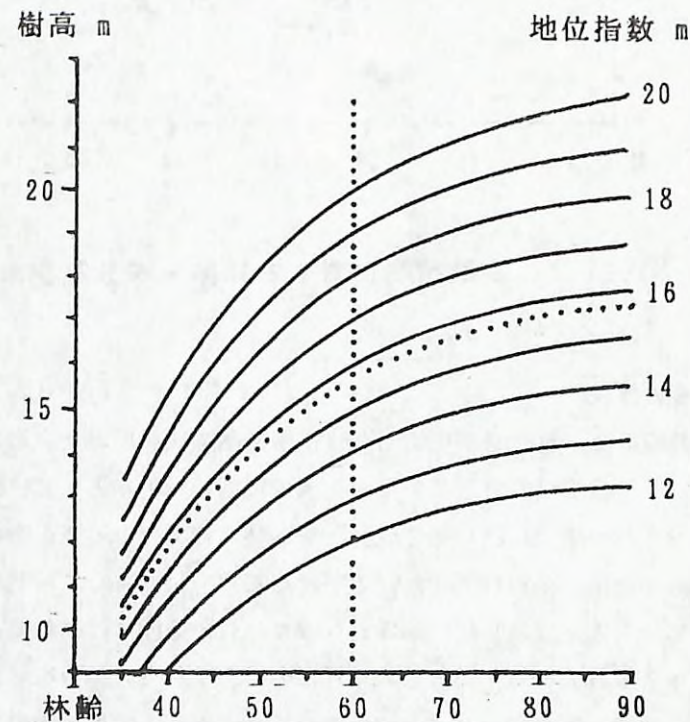


図-2 ケヤキ林の地位指数曲線  
.....: ガイドカーブ

表-1 ケヤキ林分地位指数表 (基準齡60年)

林齡	地位指数										
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
40	10.6	11.4	12.1	12.9	13.7	14.4	15.2	15.9	16.7	17.4	18.2
41	10.9	11.7	12.4	13.2	13.9	14.7	15.5	16.2	17.0	17.7	18.5
42	11.2	12.0	12.7	13.5	14.2	15.0	15.7	16.5	17.3	18.0	18.8
43	11.5	12.2	13.0	13.7	14.5	15.3	16.0	16.8	17.5	18.3	19.0
44	11.7	12.5	13.2	14.0	14.8	15.5	16.3	17.0	17.8	18.5	19.3
45	11.8	12.7	13.5	14.3	15.2	16.0	16.9	17.7	18.6	19.4	20.2
46	12.0	12.9	13.7	14.6	15.4	16.3	17.1	17.9	18.8	19.6	20.5
47	12.3	13.1	13.9	14.8	15.6	16.5	17.3	18.2	19.0	19.8	20.7
48	12.5	13.3	14.2	15.0	15.8	16.7	17.5	18.4	19.2	20.1	20.9
49	12.7	13.5	14.4	15.2	16.0	16.9	17.7	18.6	19.4	20.3	21.1
50	12.7	13.6	14.6	15.5	16.4	17.3	18.2	19.1	20.0	20.9	21.8
51	12.9	13.8	14.7	15.6	16.5	17.5	18.4	19.3	20.2	21.1	22.0
52	13.1	14.0	14.9	15.8	16.7	17.6	18.5	19.4	20.4	21.3	22.2
53	13.2	14.2	15.1	16.0	16.9	17.8	18.7	19.6	20.5	21.4	22.3
54	13.4	14.3	15.2	16.1	17.0	17.9	18.9	19.8	20.7	21.6	22.5
55	13.4	14.4	15.4	16.3	17.3	18.3	19.2	20.2	21.1	22.1	23.0
56	13.6	14.5	15.5	16.5	17.4	18.4	19.3	20.3	21.3	22.2	23.2
57	13.7	14.7	15.6	16.6	17.6	18.5	19.5	20.4	21.4	22.4	23.3
58	13.8	14.8	15.8	16.7	17.7	18.6	19.6	20.6	21.5	22.5	23.4
59	14.0	14.9	15.9	16.8	17.8	18.8	19.7	20.7	21.6	22.6	23.6
60	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0	24.0
61	14.1	15.1	16.1	17.1	18.1	19.1	20.1	21.1	22.1	23.1	24.1
62	14.2	15.2	16.2	17.2	18.2	19.2	20.2	21.2	22.2	23.2	24.2
63	14.3	15.3	16.3	17.3	18.3	19.3	20.3	21.3	22.3	23.3	24.3
64	14.4	15.4	16.4	17.4	18.4	19.4	20.4	21.4	22.4	23.4	24.4
65	14.4	15.5	16.5	17.5	18.6	19.6	20.6	21.6	22.7	23.7	24.7
66	14.5	15.5	16.6	17.6	18.6	19.7	20.7	21.7	22.8	23.8	24.8
67	14.6	15.6	16.7	17.7	18.7	19.7	20.8	21.8	22.8	23.9	24.9
68	14.7	15.7	16.7	17.8	18.8	19.8	20.9	21.9	22.9	23.9	25.0
69	14.7	15.8	16.8	17.8	18.9	19.9	20.9	22.0	23.0	24.0	25.0
70	14.8	15.8	16.9	17.9	19.0	20.0	21.1	22.1	23.2	24.2	25.3
71	14.8	15.9	16.9	18.0	19.0	20.1	21.2	22.2	23.3	24.3	25.4
72	14.9	15.9	17.0	18.1	19.1	20.2	21.2	22.3	23.3	24.4	25.4
73	14.9	16.0	17.1	18.1	19.2	20.2	21.3	22.3	23.4	24.4	25.5
74	15.0	16.1	17.1	18.2	19.2	20.3	21.3	22.4	23.4	24.5	25.5
75	15.0	16.1	17.2	18.2	19.3	20.4	21.5	22.5	23.6	24.7	25.7
76	15.1	16.1	17.2	18.3	19.4	20.4	21.5	22.6	23.7	24.7	25.8
77	15.1	16.2	17.3	18.3	19.4	20.5	21.6	22.6	23.7	24.8	25.8
78	15.2	16.2	17.3	18.4	19.5	20.5	21.6	22.7	23.7	24.8	25.9
79	15.2	16.3	17.4	18.4	19.5	20.6	21.6	22.7	23.8	24.9	25.9
80	15.2	16.3	17.4	18.5	19.6	20.7	21.7	22.8	23.9	25.0	26.1
81	15.3	16.3	17.4	18.5	19.6	20.7	21.8	22.9	24.0	25.0	26.1
82	15.3	16.4	17.5	18.6	19.6	20.7	21.8	22.9	24.0	25.1	26.2
83	15.3	16.4	17.5	18.6	19.7	20.8	21.9	22.9	24.0	25.1	26.2
84	15.4	16.5	17.5	18.6	19.7	20.8	21.9	23.0	24.1	25.1	26.2
85	15.4	16.5	17.6	18.7	19.8	20.9	22.0	23.1	24.2	25.3	26.3
86	15.4	16.5	17.6	18.7	19.8	20.9	22.0	23.1	24.2	25.3	26.4
87	15.4	16.5	17.6	18.7	19.8	20.9	22.0	23.1	24.2	25.3	26.4
88	15.5	16.6	17.7	18.8	19.9	20.9	22.0	23.1	24.2	25.3	26.4
89	15.5	16.6	17.7	18.8	19.9	21.0	22.1	23.2	24.3	25.4	26.5
90	15.5	16.6	17.7	18.8	19.9	21.0	22.1	23.2	24.3	25.4	26.5
91	15.5	16.6	17.7	18.8	19.9	21.0	22.1	23.3	24.4	25.5	26.6
92	15.5	16.6	17.8	18.9	20.0	21.1	22.2	23.3	24.4	25.5	26.6
93	15.6	16.7	17.8	18.9	20.0	21.1	22.2	23.3	24.4	25.5	26.6
94	15.6	16.7	17.8	18.9	20.0	21.1	22.2	23.3	24.4	25.5	26.6
95	15.6	16.7	17.8	18.9	20.0	21.1	22.2	23.4	24.5	25.6	26.7
96	15.6	16.7	17.8	18.9	20.0	21.2	22.3	23.4	24.5	25.6	26.7
97	15.6	16.7	17.8	19.0	20.1	21.2	22.3	23.4	24.5	25.6	26.7
98	15.6	16.8	17.9	19.0	20.1	21.2	22.3	23.4	24.5	25.6	26.7
99	15.7	16.8	17.9	19.0	20.1	21.2	22.3	23.4	24.5	25.6	26.7
100	15.7	16.8	17.9	19.0	20.1	21.2	22.3	23.4	24.6	25.7	26.8



### 3) 林分因子と林分蓄積の関係

林分因子（林齢  $t$ ，直径  $D$ ，樹高  $H$ ，本数密度  $N$  等）により林分蓄積  $V$  を推定するこれまでの方法は，林分密度管理図や林分収獲表に見られるように，いわゆる 3 段階論法的に一部の林分因子間の関係を求め，逐次段階を踏んで林分蓄積の推定に到達する方法が取られてきたが，既報<sup>10)</sup> のとおり，スギ，ヒノキ人工林においては「みかけの蓄積と実蓄積の比  $V/R$ 」による推定方法がかなり精度も高く，かつ簡便であった<sup>7)</sup>。したがって，これまでいかににも独立なように取り扱われてきた林分因子（ $D$ ， $H$ ， $N$ ）は，いずれも林分蓄積  $V$  の構成因子であって，その内部相関は極めて高い因子であったわけであり，これらの林分因子の同時解は，

$$V = a + b_1 D + b_2 H + b_3 N \quad \dots(5)$$

林分蓄積の推定式ではなく，関係式と見るべきであり，表-2 に示すように，どの林分因子が欠如してもその精度は著しく低下することから「(5) 式の関係から新しい林分あるいは将来の林分の蓄積を予想する」と解釈の方が妥当と考えられる。

表-2 林分因子と林分蓄積の関係（対数式）

式 No	独立変量 X				従属変量 Y			
	$t$	$D$	$H$	$N$	$V$	$R$	$s$	CV(%)
1		○		○	●	0.9790	19.6245	13.33
2		○	○		●	0.6142	68.6159	46.61
3			○	○	●	0.9212	36.7347	24.95
4		○	○	○	●	0.9904	11.9742	8.13
5	○	○	○	○	●	0.9904	12.0634	8.19

$$\text{Log}_{10} V = -0.66715 + 1.65767 \text{Log}_{10} D + 0.84499 \text{Log}_{10} H + 1.02224 \text{Log}_{10} (N/1000) \quad \dots(5)$$

そこで，ケヤキ林における林分因子と林分蓄積との関係（表-2，(5) 式）から表-3 を作成した。ここで重要なことは，これまでも度々のべてきたように，本数密度  $N$  の変化（間伐前後など）に対する直径  $D$  の関係は，ライネッケ式<sup>14)</sup> のような単純なものとは考えられず

（推定誤差大），その解明に必要な時系列データの不足から未だ明確な推定式を求めることはできない現状である。したがって，表-3 では，直径  $D$  と林分蓄積  $V$  は，樹高  $H$  と本数密度  $N$  を介して，常に連動的関係にあり，その値は決定値ではなく，人為的な期待値として用いることとなる。たとえば 表値  $H=20\text{m}$  において， $N=500$  本/ha の林分に管理する場合， $D=20\text{cm}$  では  $V=191\text{m}^3$ ， $D=30\text{cm}$  では  $V=374\text{m}^3$  となり，正しい答は不定となる。

そこで，これまでも林木の育成に関し，林況診断の一つの目安として取り上げてきた  $D/H$  比<sup>4)</sup> に対する地位指数  $S.I.$  と本数密度  $N$  との関係を求め，当面の便法として (6) 式による  $D/H$  比の推定表 表-4 を作成した。

$$\text{Log}_{10} D/H \text{ 比} = 0.15657 - 0.04285 \text{Log}_{10} (S.I.) - 0.17885 \text{Log}_{10} (N/1000) \quad \dots(6)$$

$$R = 0.6257 \quad s = 0.1797 \quad CV = 12.04\%$$

この(6)式を用いれば，上記の例  $H=20\text{m}$  の林齢が 100 年とすれば，図-1 からその地位指数はほぼ 18m となり，つぎの値が推定できる。

その  $D/H$  比は，表-4 から 1.434 (18m, 500 本/ha)

推定直径  $D$  は，28.7 cm (=20m × 1.434)

推定蓄積（表-3）は，347 m<sup>3</sup> (333 + 41 × 0.7 / 2)

この表-3 の活用方法については，5) で後述する。

表-3 ケヤキ林分の蓄積推定表 [ $H \cdot N \cdot D \leftrightarrow V$ ] (一部のみ表示)

ケヤキ林分 林況表						H=20m						
N	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
D												
20		74	113	152	191	230	269	308	348	388	427	467
22		87	132	178	223	269	315	361	408	454	500	547
24		101	153	205	258	311	364	417	471	524	578	632
26	56	115	175	234	295	355	416	477	538	599	660	
28	64	130	197	265	333	402	470	539	608	677		
30	72	146	221	297	374	450	527	604	682			
32	80	163	247	331	416	501	587	673				
34	88	180	273	366	460	554	649					
36	97	198	300	402	506	609						
38	106	216	328	440	553	667						
40	116	236	357	479	602							
42	126	256	387	520	653							
44	136	276	418	561								
46	146	297	450	604								
48	157	319	483	649								
50	168	341	517	694								
52	179	364	552									
54	191	388	588									
56	203	412	624									
58	215	437	662									
60	227	462	700									

ケヤキ林分 林況表						H=22m						
N	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
D												
20		81	122	164	207	249	292	334	377	420	463	506
22		95	143	193	242	292	342	392	442	492	542	593
24	54	109	166	223	280	337	395	452	510	569	627	685
26	61	125	189	254	319	385	451	517	583	649		
28	69	141	214	287	361	435	510	584	659			
30	78	158	240	322	405	488	572	655				
32	87	176	267	359	451	543	636					
34	96	195	296	397	499	601						
36	105	215	325	436	548	661						
38	115	235	355	477	600							
40	126	256	387	520	653							
42	136	277	420	563								
44	147	299	453	609								
46	158	322	488	655								
48	170	346	524									
50	182	370	561									
52	194	395	598									
54	207	421	637									
56	220	447	677									
58	233	474										
60	246	501										



表-4 地位指数S.I.・本数密度Nに対するD/H比の早見表

S.I. N	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
100	1.933	1.928	1.922	1.917	1.913	1.908	1.904	1.900	1.896	1.893	1.889
150	1.798	1.793	1.788	1.783	1.779	1.775	1.771	1.767	1.764	1.760	1.757
200	1.708	1.703	1.698	1.694	1.690	1.686	1.682	1.679	1.675	1.672	1.669
250	1.641	1.636	1.632	1.628	1.624	1.620	1.616	1.613	1.610	1.607	1.604
300	1.588	1.584	1.579	1.575	1.571	1.568	1.564	1.561	1.558	1.555	1.552
350	1.545	1.541	1.536	1.532	1.529	1.525	1.522	1.519	1.516	1.513	1.510
400	1.509	1.504	1.500	1.496	1.493	1.489	1.486	1.483	1.480	1.477	1.474
450	1.477	1.473	1.469	1.465	1.462	1.458	1.455	1.452	1.449	1.446	1.444
500	1.450	1.445	1.442	1.438	1.434	1.431	1.428	1.425	1.422	1.419	1.417
550	1.425	1.421	1.417	1.413	1.410	1.407	1.404	1.401	1.398	1.395	1.393
600	1.403	1.399	1.395	1.392	1.388	1.385	1.382	1.379	1.376	1.374	1.371
650	1.383	1.379	1.375	1.372	1.368	1.365	1.362	1.359	1.357	1.354	1.352
700	1.365	1.361	1.357	1.354	1.350	1.347	1.344	1.342	1.339	1.336	1.334
750	1.348	1.344	1.341	1.337	1.334	1.331	1.328	1.325	1.322	1.320	1.318
800	1.333	1.329	1.325	1.322	1.319	1.316	1.313	1.310	1.307	1.305	1.302
850	1.319	1.315	1.311	1.308	1.304	1.301	1.299	1.296	1.293	1.291	1.288
900	1.305	1.301	1.298	1.294	1.291	1.288	1.285	1.283	1.280	1.278	1.275
950	1.293	1.289	1.285	1.282	1.279	1.276	1.273	1.270	1.268	1.265	1.263
1000	1.281	1.277	1.273	1.270	1.267	1.264	1.261	1.259	1.256	1.254	1.251
1050	1.270	1.266	1.262	1.259	1.256	1.253	1.250	1.248	1.245	1.243	1.241
1100	1.259	1.255	1.252	1.249	1.246	1.243	1.240	1.237	1.235	1.233	1.230
1150	1.249	1.245	1.242	1.239	1.236	1.233	1.230	1.228	1.225	1.223	1.221
1200	1.240	1.236	1.233	1.229	1.226	1.224	1.221	1.218	1.216	1.214	1.211

#### 4) 局所密度と直径成長の関係

局所密度と直径成長の関係を求めるためには、まず、林内単木の成育環境を揃える意味から孤立木・疎開木を中央木（Central tree: ケヤキのみ）から除く必要がある。そこで、今回調査した表-5に示すケヤキ林分の立木位置図<sup>9)</sup>による中央木の選択には、各立木の座標点とその高低差および直径・樹高を用いて、以下の条件により計算した<sup>9)</sup>。

- i) 中央木からの距離が8 m以内を隣接木の候補木とする。
- ii) そのうち、中央木の直径の1/4以下の隣接木は除く。
- iii) また、傾斜補正後の樹高が中央木の60%以下の隣接木も除く。
- iv) 他の隣接木の後方に重なる隣接木は除く<sup>9)</sup>。

V) さらに、周囲を隣接木に十分に囲まれていない中央木は除外する<sup>9)</sup>。

以上の条件によって選ばれた中央木は、アカケヤキ99本、アオケヤキ70本、合計169本であった。また、これらの中央木を取りまく隣接木の本数は、最小4本から最大9本の範囲を示し、平均6.6本（モード7本は50, 約30%）であった。なお、このプログラムは、これまでの林分シミュレーション（単木モデル）<sup>2)</sup>の研究の中には、「たゞ一種の隣接木本数を選択しようとする方法」があったことと異なり、現実林分の立木配置に即して隣接木の範囲を自動選択させる特色を持ち、他に例を見ない。

表-5 ケヤキ林分標準地調査一覧表

林分 No.	宮林名	林小形	面積 (標準地) ha	林齢	区分	D cm	H m	N (%) 本/ha	V (%) m <sup>3</sup> /ha
1	矢部	10た	1.01(0.057)	57	アカ	24.1	16.9	246 (41.2)	114.6 (64.1)
					アオ	15.0	14.6	351 (58.8)	64.1 (35.9)
					計	18.7	15.5	597 [70.8]	178.7 [68.4]
2	矢部	11り	1.35(0.029)	47	アカ	24.3	17.2	243 (31.8)	101.3 (52.5)
					アオ	15.6	15.3	521 (68.2)	91.7 (47.5)
					計	18.4	15.9	764 [61.1]	193.0 [73.3]
3	水俣	17ち	0.50(0.040)	52	アカ	28.4	17.8	596 (58.6)	326.8 (82.6)
					アオ	15.3	13.2	422 (41.4)	69.0 (17.4)
					計	22.9	15.9	1018 [56.2]	395.8 [86.1]
4	水俣	63よ	2.32(0.119)	65	アカ	29.3	20.2	420 (73.6)	288.9 (84.6)
					アオ	21.7	18.3	151 (26.4)	52.6 (15.4)
					計	27.3	19.7	571 [76.4]	341.5 [96.4]
5	多良木	29は	0.70(0.049)	68	アカ	25.8	17.3	387 (67.9)	199.0 (81.3)
					アオ	19.0	14.6	183 (32.1)	45.7 (18.7)
					計	23.6	16.5	570 [82.4]	244.7 [84.1]
(6)	多良木 (参考)	29は	0.70(0.077)	68	アカ	30.1		442 (89.5)	
					アオ	20.9		52 (10.5)	
					計	29.1		494 [100]	
7	大分	24に	1.48(0.088)	62	アカ	24.7	18.7	295 (51.0)	143.0 (48.7)
					アオ	25.3	19.2	283 (49.0)	150.7 (51.3)
					計	25.0	18.9	578 [52.1]	293.7 [84.7]
8	嵯	37に	2.06(0.098)	59	アカ	24.0	18.7	509 (98.1)	265.3 (98.1)
					アオ	26.0	20.0	10 (1.9)	5.2 (1.9)
					計	24.1	18.8	519 [100]	270.5 [100]
9	加治木	26い	14.72(0.078)	73	アカ	35.2	24.6	258 (74.1)	299.8 (82.1)
					アオ	29.2	22.2	90 (25.9)	65.2 (17.9)
					計	33.7	24.0	348 [50.0]	365.0 [84.1]
10	加治木	26い	14.72(0.077)	78	アカ	45.7	27.0	182 (63.6)	362.9 (79.4)
					アオ	31.3	24.4	104 (36.4)	94.4 (20.6)
					計	40.5	26.1	286 [66.7]	457.3 [92.6]

注) 計の欄[ % ]は、標準地内の全本数に対する%



(1) ケヤキ立木の直径に対する望ましい樹間距離の算出

ケヤキ林の標準伐期を150年と仮定すれば、残された約100年の期間において、より好適なケヤキ用材林に誘導するための本数管理として、何時、どの程度の間伐を実施すべきかの目安を設定することは極めて重要である。しかし、そのためのより正確な情報である時系列データは僅か2年の研究期間では収集できないので、今回は暫定的な便法として、上述の方法で選ばれた169本の中央木を取りまく隣接木との平均占有半径<sup>5)</sup>を求め、その2倍を樹間距離Lとし、中央木の直径Dと樹間距離Lとの関係を求めた。

$$L'_{ij} = L_{ij} \times D_i / (D_i + D_j) \quad \dots(7)$$

$L'_{ij}$  : 中央木の占有半径

$L_{ij}$  : 中央木iと隣接木jとの樹間距離

樹間距離  $L = 2 \times \text{平均}(L'_{ij})$

$$L = a + bD \quad \dots(8)$$

その結果、(8)式の関係は、真数式よりも対数式の精度が高かったが、その精度は際立って良好な精度といえるまでには至らなかった。

$$\log_{10} L = -0.37231 + 0.51845 \log_{10} D \quad \dots(8)$$

$$R = 0.7864 \quad s = 0.3952 \quad CV = 18.28\%$$

一方、表-5にも示したように、アオケヤキの直径成長は幾分、アカケヤキに劣る傾向が見られたが、(8)式による両者の共分散分析では有意な差は見られず、その精度の向上は、今後の資料にゆずることとして(8)式を用いて目標直径に誘導するための望ましい樹間距離およびその本数密度の目安として表-6を作成した。

この表-6において、最上段はその林分の平均直径に対する樹間距離と本数密度を示し、それ以下には間伐木選定の目安として異なる2立本間のそれぞれの直径に対する望ましい樹間距離と局所密度(本/ha)を示した。

(2) 林齢・樹高および局所密度と直径の関係

上述の4) - (1)のほか、任意の林齢時における単木の直径をどの程度の精度で推定できるかを確かめるために、単木の直径Dに対する林齢t、樹高H、局所密度としての平均占有半径( $L'_{ij}$ )および隣接木本数nとの関係について回帰計算を行った。

式	独立変量			従属変量		n = 169		CV
	林齢	樹高	平均占有半径	隣接木本数	直径	R	s	
真数式	○	○	○	○	●	0.8590	4.6420	19.89
対数式	○	○	○	○	●	0.8828	4.5738	19.59
真数式	○	○	○		●	0.8586	4.6335	19.85
対数式	○	○	○		●	0.8822	4.5864	19.65

表-6 ケヤキ林の径級別 樹間距離と推定本数の早見表(一部のみのみ)

中央木 樹間距離 本数密度 隣接木	Dcm	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60
	m	4.95	5.12	5.28	5.44	5.59	5.75	5.89	6.04	6.18	6.31	6.45	6.58	6.71	6.84	6.97	7.09
	本/ha	408	381	358	337	319	302	288	274	262	250	240	230	221	213	206	198
	Dcm																
28		4.86	4.95	5.03	5.11	5.18	5.26	5.33	5.41	5.48	5.54	5.61	5.68	5.74	5.81	5.87	5.93
		423	408	395	383	372	361	351	342	333	325	317	310	303	296	290	284
30		4.95	5.03	5.11	5.19	5.27	5.35	5.42	5.49	5.56	5.63	5.70	5.77	5.83	5.89	5.96	6.02
		408	394	382	370	359	349	340	331	323	315	307	300	294	287	281	276
32		5.03	5.12	5.20	5.28	5.36	5.43	5.50	5.58	5.65	5.72	5.78	5.85	5.91	5.98	6.04	6.10
		394	381	369	358	348	338	329	321	313	306	298	292	285	279	273	268
34		5.11	5.20	5.28	5.36	5.44	5.51	5.59	5.66	5.73	5.80	5.87	5.93	6.00	6.06	6.12	6.18
		382	369	358	348	338	329	320	312	304	297	290	284	278	272	266	261
36		5.19	5.28	5.36	5.44	5.52	5.59	5.67	5.74	5.81	5.88	5.94	6.01	6.08	6.14	6.20	6.26
		370	358	348	337	328	319	311	303	296	289	282	276	270	265	259	254
38		5.27	5.36	5.44	5.52	5.59	5.67	5.74	5.82	5.89	5.95	6.02	6.09	6.15	6.22	6.28	6.34
		359	348	338	328	319	311	303	295	288	282	275	269	264	258	253	248
40		5.35	5.43	5.51	5.59	5.67	5.75	5.82	5.89	5.96	6.03	6.10	6.16	6.23	6.29	6.36	6.42
		349	338	329	319	311	302	295	288	281	275	268	263	257	252	247	242
42		5.42	5.50	5.59	5.67	5.74	5.82	5.89	5.96	6.03	6.10	6.17	6.24	6.30	6.37	6.43	6.49
		340	329	320	311	303	295	288	281	274	268	262	257	251	246	241	237
44		5.49	5.58	5.66	5.74	5.82	5.89	5.96	6.04	6.11	6.18	6.24	6.31	6.37	6.44	6.50	6.56
		331	321	312	303	295	288	281	274	268	262	256	251	246	241	236	232
46		5.56	5.65	5.73	5.81	5.89	5.96	6.03	6.11	6.18	6.25	6.31	6.38	6.44	6.51	6.57	6.63
		323	313	304	296	288	281	274	268	262	256	250	245	240	236	231	227
48		5.63	5.72	5.80	5.88	5.95	6.03	6.10	6.18	6.25	6.31	6.38	6.45	6.51	6.58	6.64	6.70
		315	306	297	289	282	275	268	262	256	250	245	240	235	231	226	222
50		5.70	5.78	5.87	5.94	6.02	6.10	6.17	6.24	6.31	6.38	6.45	6.52	6.58	6.64	6.71	6.77
		307	298	290	282	275	268	262	256	250	245	240	235	230	226	222	218

その結果は、上記のとおり相関係数Rについては(8)式よりもかなり高いが、平均値に対する変動係数をみると、いずれも約20%の誤差を示し、現在の段階でこれらの式を活用することは望ましくないと判断したので解析結果の記述に止める。

5) ケヤキ用材生産のための望ましい密度管理法への提言

文献<sup>1)</sup>によれば、ケヤキ用材生産のための望ましい密度管理法としては、林内単木の大部分の目標直径を40cmとするならば、その伐期は100~160年、60cmとするならば150~200年といわれている。このことに関連して、直径40~60cmを目標に本数管理を行うための本数密度の範囲を確かめてみるために、今回の解析における表-3を図-3のように図化してみると(樹高21mは表-3の20mと22mの間)、直径40cm、蓄積500m<sup>3</sup>の交点の本数密度は400本/haとなり、もし、400本以上の本数密度では林内の直径階別の本数分布を考慮



すれば、直径40cm以上の本数はかなり少なくなることが予想される。この図において、期待する林分蓄積を200～500 m<sup>3</sup>、直径を40～60cmの範囲に育成するための本数密度は、100～400本/haとなることが予想される。これに対して、資料とした現実林は、林齢50～70年（約70%）において、本数密度は500本以上の林分が約50%を占めている。このような現状から直ちに断定的な本数管理法を決定することなく、まず、第一段階として、林齢100年を目標に段階的な利用間伐を実施しながら今後の成長状態を熟視し、その結果を基にさらに第二段階の修正を行うことが望ましいと判断した。

以上のことからケヤキ用材生産のための望ましい密度管理法としては、対象林分の現状をよく把握し、林分の地位に応じた目標直径・目標蓄積を定め、4) - (1)で示した表-6を参考に、利用間伐を行うことが肝要であろう。

以下には、その施業方法の試案を提示する。

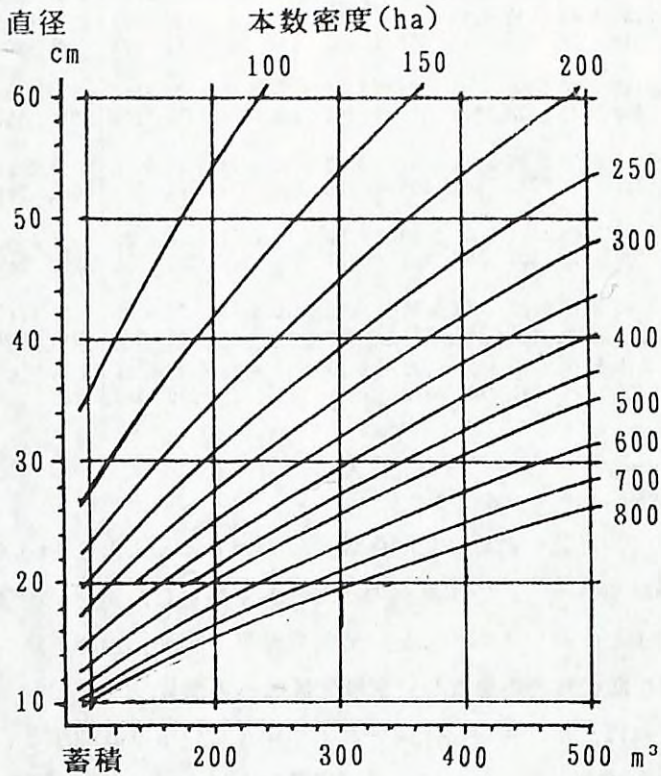


図-3 ケヤキ林分管理図〔D←(N)→V〕（樹高21 m）

この案は、主として大正末期から昭和初期に植栽され、今日に至った林齢50～70年の林分を対象に残された約100年間にできる限り大径用材に誘導することを目的とした密度管理法の試案である。

I 伐期

伐期は、林況により120～170年とし、つぎの3種に区分した。

- 1 標準伐期 150年
- 2 短縮伐期 120～140年

林木の成長が良好な林分または本数密度が少なく利用径級に達する見込みの林木が多い林分。

- 3 延長伐期 160～170年

この案に即して林分管理を行っても、なお直径成長に不足が認められる時、またはさらに伐期を延長する方が有利と判断される時。

なお、ここでは第一種林地の制限項目については言及しない。

II 間伐計画

- 1 間伐回数は、次式により求める。

$$(100 - \text{現在林齢}) \div 20 + 1 \quad (\text{少数以下切り捨て})$$

例 現在林齢58年の時

$$(100 - 58) \div 20 + 1 = (42 \div 20) + 1 = 3.1 \rightarrow 3 \text{ 回 (58, 78, 100 年)}$$

- 2 間伐時期

第1回間伐は、施業計画年（施業案編成）後の初年度に実施する。第2回以降の間伐は、間伐回数が2回の時は100年、3回以上の時は第1回間伐年から100年までの年数を勘案して決定する。ただし、間伐間隔は20年以上とする。

- 3 間伐本数

間伐本数は、現在本数と100年時の目標数を目安に、間伐回数に応じて、下記の例を参考に現地の林分に即して決定する。さらに、これまで長期にわたって放置されたケヤキ林であるから急激な疎開は林内環境の変化をもたらす恐れがあり、加えて優勢木も間伐することから広葉樹特有の幹曲がり（D/H比≧1の介在木・劣勢木）の恐れもあるので、間伐率はN30%程度までとしたい。

現在本数	将来本数		100年	125年	150年
	50～60年	70～80年			
～1000	800	600	450	300	300
1000～750	—	500	400	250	250
750～	—	—	300	200	200

注）空欄—は、現在本数と100年の目標本数により勘案する。



#### 4 間伐木の選定方法

間伐木は、表-6の「ケヤキ林の径級別 樹間距離と推定本数の早見表」を参考に以下により選定する。なお、ここでは収入を伴わない除伐は、国有林の現状にかんがみ取り上げなかった。

##### ◎ 間伐する木

- 1) 残しても将来性のない育ち遅れ木や不整形木で、目標本数以上のものは伐る。
- 2) 枝下高の低いふたまた以上の立木は、枝下が利用径級に達していれば優勢木であっても隣接木との樹間距離を考慮して収穫する。
- 3) 樹間距離以内であれば、残存木の将来性を考慮して、良木であっても収穫してもよい。

##### ◎ 間伐しない木

- 1) 枝下高の高い木(4m材一玉以上、特にアカケヤキ)で将来性のある木は優先的に残す。
- 2) アカケヤキとアオケヤキが並立する時は、将来性を考慮して、アカケヤキを優先的に残す。
- 3) ふたまたの高さが低い木であっても、ふたまたから上の幹が通直で、その部分が大径材に達するまで残した方が有利と判断される木は残す。
- 4) 50年以下の林分にあつては、疎開すると分枝が起こるケヤキの特性を考慮し、枝下高を高める分枝防止の側圧と残存木の直径成長のバランスを見ながら間伐木を選定する。

#### Ⅲ 将来の林況予測

- 1 図-1により地位指数S.I.を査定し予想したい林齢の将来樹高Hfを求める。
- 2 目標とする間伐後の将来の本数密度Nを決める。
- 3 間伐後(20年)の平均直径Dは、上述の地位指数S.I.と本数密度Nを表-4に当てはめ、D/H比を求めた後、予想したい林分の樹高Hfから推定する。

$$D = Hf \times D/H \text{ 比}$$

- 4 表-3または図-3の中から上記1の樹高Hfに該当する図表を選び、上記2の本数密度N、上記3の平均直径Dの交点からおおよその蓄積Vを推定する。なお、表-3はH=14, 16, …, 24, 26cmの範囲で作表した。
- 5 以上の推定直径・推定蓄積が不満足な場合は、本数密度を変更して、上記2以下の手順により再度推定し、密度管理の年次計画を決定する。
- 6 なお、第2回以降の間伐では、第1回の間伐による成長の変化を熟視し、その適否を判定した後に実施する。

#### 6) ケヤキ立木の品等区分とアカケヤキ・アオケヤキの判別法

##### (1) ケヤキ立木の品等区分

前述の熊本営林局の調査資料では、これまでの針葉樹人工林と同様、直径・樹高のみの調査であったことからケヤキ用材生産を目的とする今回の研究においては、以下の項目を調査した。

立木No 樹種 立木配置 直径 樹高 品等 採材長 ふたまた高

ここで、品等区分は ◎:優良 ○:良 △:可 ×:不可の4段階とし、元玉の採材長を併記すると共に、ふたまた(大きな枝も含む)の高さも調べた。

表-7 ケヤキ幹材の品等区分

林分 No	営林班	林小班	区分	品 等 区 分				計	◎+○	
				◎	○	△	×		(%)	(%)
1	矢部	10た	アカ	2	7	3	2	14	(64.2)	
			アオ	1	6	11	2	20	(35.0)	
			計	3	13	14	4	34		(47.1)
2	矢部	11り	アカ	1	6	0	0	7	(100)	
			アオ	2	3	7	3	15	(33.3)	
			計	3	9	7	3	22		(54.6)
3	水俣	17ち	アカ	7	12	4	1	24	(79.2)	
			アオ	2	2	8	5	17	(23.5)	
			計	9	14	12	6	41		(56.1)
4	水俣	63よ	アカ	11	19	12	8	50	(60.0)	
			アオ	2	8	2	6	18	(55.6)	
			計	13	27	14	14	68		(58.8)
5	多良木	29は	アカ	3	10	6	1	20	(65.0)	
			アオ	1	3	1	4	9	(44.4)	
			計	4	13	7	5	29		(58.6)
6	多良木	29は	アカ	5	16	13	0	34	(61.8)	
			アオ	1	1	1	1	4	(50.0)	
			計	6	17	14	1	38		(60.5)
7	大分	24に	アカ	1	7	3	15	26	(30.8)	
			アオ	2	5	3	15	25	(28.0)	
			計	3	12	6	30	51		(29.4)
8	綾	37に	アカ	12	16	16	6	50	(56.0)	
			アオ	1				1	(100)	
			計	13	16	16	6	51		(56.9)
9	加治木	26い	アカ	6	8	4	2	20	(70.0)	
			アオ	0	5	1	1	7	(71.4)	
			計	6	13	5	3	27		(70.4)
10	加治木	26い	アカ	5	5	3	1	14	(63.6)	
			アオ	1	4	2	1	8	(62.5)	
			計	6	9	5	2	22		(68.2)
全 体			アカ	53	106	64	36	259	(61.4)	
			アオ	13	37	36	38	124	(40.8)	
			計	66	143	100	74	383		(54.6)



その結果、現存するケヤキ林の品等は、表-7に示すように、幹形良好な◎・○印の割合は全体で約55%、そのうちアカケヤキとアオケヤキの割合は6:4であった。また、個々の林分別に見ると、その範囲は約30~70%で林分によってかなりの差が見られた。

一方、採材長は、2~10mまでに区分したが、その本数割合は全本数の約40%であり、そのうち4~10mの採材が可能と見られた本数割合は約30%であった。このように、ケヤキ林の採材歩止まりはあまり良いとはいえないが、約30年間放置された林分としてはやむを得まい。

## (2) アカケヤキとアオケヤキの判別法

従来からケヤキには、アカケヤキ（ホンケヤキ）とアオケヤキ（イシケヤキ）があって、その材質の差から価格もかなり異なるといわれている。

このことについて、既存の文献を見ると、熊本営林局<sup>1)</sup>と宮城県林試<sup>2)</sup>とでは、かなり異なった説となっていた。たとえば、ホンケヤキとはアカケヤキ・アオケヤキのいずれが正しいのか。また、判別上の特徴もアカ・アオ入り混じっているように思われる。さらに、枝や葉の大きさによる判別法については、現地で見ると、立木の疎密や優劣および高さの関係から、明らかにアカケヤキとアオケヤキの判別の指標になり得ると思われなかった。したがって、現地で両者を判別する簡便な方法として、以下のことを提唱したい。

### i 樹皮による判別

アカケヤキ：樹皮は赤味（赤褐色）を帯び、大径木では鱗片状の剥離がみられる場合。

アオケヤキ：灰白色に青味を帯び、割合平滑で粗皮の剥離が見られない場合。

なお、小径木や被圧木では判別困難なものも見られた。また、アカケヤキに比べて枝下が高い傾向の林分も見られた。

### ii 音による判別

現地では、アカケヤキかアオケヤキか判別しにくい立木にしばしば出会ったが、この場合、輪尺を当てた時の音による判別が有効と考えられる。

アカケヤキ：比較的鈍重な音で、柔らかさを感じる。

アオケヤキ：カチンという音から比較的堅い感じが強い。

試みに、伐採現場において、上記の方法による判定を伐採木の断面から検証してみると、アカケヤキをアオケヤキと判定した例は皆無であった。このように、アカケヤキとアオケヤキが明確に判別できない原因の一つとして、両者の開花・授粉時期に差があるかどうかという基本的な問題が考えられるが、このことは他の研究部門の範ちゅうにあるので、本研究では取り扱わなかった。

## 7) ケヤキ材の価格

九州におけるケヤキ材の価格については、別件の研究「広葉樹材の流通」<sup>15-18)</sup>において分

類した都城市売市場における昭和58年度の一般市（初期・中期・後期）と特市（中期・後期）の5例を表-8に示す。

表-8 ケヤキ材の価格（都城）n：本数 単価：千円/m<sup>3</sup>

長 級 m	径 級 cm	一般市			特 市		
		1983.4 n 単 価	1983.9 n 単 価	1984.3 n 単 価	1983.9 n 単 価	1984.2 n 単 価	1984.2 n 単 価
3	13~17	3 24.5		2 25.5			
	18~24	9 82.9	2 36.7		3 91.2	17 66.8	
	25~30	7 66.3	2 48.5	2 94.7	19 118.8	10 84.9	
	13~30	8 54.2		3 37.8	18 90.2	15 106.5	
	13~40	5 102.3			17 124.3	26 90.2	
	30~50	2 79.8		4 74.9		9 198.2	
4	40~60				1 20.6	8 213.9	
	13~17	3 52.6		3 24.3	1 30.1	1 28.0	
	18~24	6 65.2		1 42.0	3 112.8	5 63.9	
	25~30	3 62.5	1 69.0	3 66.5	7 104.4	14 86.8	
	13~30	4 85.3		3 34.9	3 51.0	27 49.3	
	13~40	7 89.2	3 76.6	8 88.8	5 154.5	30 104.0	
5	30~50			1 74.0	5 130.8	21 187.7	
	40~60					12 436.9	
	13~17	1 22.3				1 56.8	
	18~24			3 84.3	2 28.1	1 33.0	
	25~30	1 37.0	2 101.5	2 55.5	2 92.9	3 88.3	
	13~30				7 145.8	4 117.2	
全本数（総材積）	13~40					2 179.4	
	30~50				2 177.4		
	40~60					2 194.1	
	全平均単価	316 (48m <sup>3</sup> )	127 (22m <sup>3</sup> )	184 (40m <sup>3</sup> )	429 (75m <sup>3</sup> )	821 (223m <sup>3</sup> )	
スギ（参考）		51.2	46.9	49.7	73.2	143.3	
3	18~24		22 54.9		85 42.2	15 41.2	
	25~30		1 143.4		8 88.8	1 170.4	
	18~24		54 30.9		120 23.4	7 44.6	
	25~30		15 55.8		25 40.9	20 57.5	
全本数（総材積）			3169 (212m <sup>3</sup> )		5672 (527m <sup>3</sup> )	7728 (671m <sup>3</sup> )	
全平均単価			18.1		19.2	24.9	
ヒノキ（参考）							
3	18~24		3 262.5		22 121.4	16 27.6	
	25~30		2 179.2		1 334.5	2 203.7	
	18~24		4 72.3		37 65.7	5 152.4	
	25~30		3 220.5		1 388.9	4 88.1	
全本数（総材積）			2879 (145m <sup>3</sup> )		5810 (315m <sup>3</sup> )	5124 (411m <sup>3</sup> )	
全平均単価			16.7		18.9	51.2	



この表によれば、全般的な傾向としては一般市よりも特市の方が良材の搬入が多いと見られ、取り扱い本数も単価も一般市を凌駕している。また、長級別・径級別の内容を見ると、長級が長いほど、径級が大きいほど高値の傾向を示している。これらの価格を同市の特定の長級・径級のスギ・ヒノキ材と比較してみると、単木売りのスギ・ヒノキ材の中にはかなり高値の材も認められるが、全販売本数の平均単価では、ケヤキ材の方がはるかに高いことがわかる。

## 8) 考 察

以上のように、本研究の主流は、ケヤキ用材生産のための望ましい密度管理法であるが、特に、その裏づけとしてスギ・ヒノキ人工林における単木モデルの林分シミュレーションを応用したケヤキ人工林における局所密度と直径成長の関係ならびに林分因子と林分蓄積の関係、さらに、これまでほとんど放置の状態にあったケヤキ人工林であるために、その他の問題点としてケヤキの品等、アカケヤキ・アオケヤキの判別法および価格の動向にも言及した。したがって、全体としてはやゝまとまりがないとの「そしり」をまぬがれなくもないが、新しい研究課題としてやむを得なかった。(森田栄一)

## 引用文献

- 1) 熊本営林局：主要樹種造林提要 叢書 6. p 190～227, 1942
- 2) 木梨 謙吉：Growth Model について, 85日林講, 61～62, 1974
- 3) 宮城県林試：56年度 林試業務報告 15, 28～29, 1982
- 4) 箕輪 光博：線形システムとしての林分の成長 林統研誌 10, 1～24, 1985
- 5) 森田 栄一：間伐率の変化にともなう成長予測 (II) 日林九支研論26, 33～34, 1973
- 6) 森田 栄一：椎林 俊昭：XYプロットによる立木位置図の作成, 林試研報 296, 41～76, 1977
- 7) 森田 栄一：コジイ林分密度管理図の作成 (I), 日林九支研論37, 117～118, 1964
- 8) ————：————— (II), 日林九支研論38, 33～34, 1985
- 9) ————：————— (III), 日林九支研論39, 31～32, 1986
- 10) ————：同齡単純林における蓄積推定の一方法, 林統研誌11, 48～57, 1986
- 11) ————：ケヤキ人工林の生育に関する研究 (I), 林統研誌12, 53～62, 1987
- 12) ————：————— (II), 林統研誌13, 101～117, 1988
- 13) 西沢 正久・真下 育久・川端 幸蔵：数量化による地位指数の推定法, 林試研報 176, 1～54, 1965
- 14) 坂口 勝美：間伐の本質に関する研究, 林試研報 131, pp 95, 1961
- 15) 安永 朝海・森田 栄一：暖帯性広葉樹材の流通 (1) 日林九支研論38, 7～8, 1985
- 16) ————：————— (2) 日林九支研論39, 3～4, 1986

- 17) ————：————— (3), 日林九支研論40, 3～4 1987
- 18) ————：————— (4), 98日林論, 61～62, 1987

## 3. 広葉樹人工林における主要病害の検索と被害実態

### 1) はじめに

広葉樹に発生する病害のうち、コジイについては総合的な調査が行われ<sup>4)</sup>新病害であるシイビスケットタケによる幹腐れ病が明らかにされ、病原菌についての生理的性質のほか発生生態などについて研究報告がなされた<sup>5)</sup>。しかしながら、そのほかの広葉樹の病害については、石狩川源流の針葉樹原生林の総合調査の中で一部報告がみられる<sup>2)</sup>ほかは、葉枯れ性あるいは胴・枝枯れ性病害などについての断片的研究があるだけで、広葉樹に発生する病害を対象とする総合調査は皆無に等しい。そこで、昭和61, 62年度と限られた期間ではあったがコジイ以外の広葉樹に発生する病害についての発生実態調査を行ったので概要を報告する。

### 2) 広葉樹林における病害の実態調査

#### (1) 調査場所と方法

佐伯営林署41ろ林小班78年生イチイガシ林、加治木営林署26い林小班ケヤキ林、水俣市ケヤキ民有林、大口営林署 8 林班コジイ、イスノキ林において病害の実態調査を行った。調査は外観から枝や幹の胴枯れ症状の有無を調べたほか、間伐木あるいは主伐木では木口から変色や腐朽の有無を調査した。変色や腐朽の見出された試料については、約5mm角の大きさの分離片を切り出し、火炎により軽く表面殺菌<sup>1)</sup>した後、カンジタ培地、ジャガイモ寒天培地(PDA)上に静置し、そこから伸長した菌を分離した。さらに菌の分離頻度などから被害原因との関連性を考察した。

#### (2) 結果と考察

イチイガシ、ケヤキ、コジイ、イスノキ林における病害の実態調査結果を総合すると、絹皮病が重要病害と考えられた。絹皮病は担子菌の一種 *Corticium argenteum* Kobayashi による多犯性の病害<sup>6)</sup>で、これまでにコジイ、アラカシなど21科37種の樹木に寄生する病害として報告<sup>3)</sup>されている。表-1に大口8林班、佐伯41林班で見出された絹皮病の

表-1 絹皮病発生樹種

調査地	樹 種
佐伯41林班	タブノキ、ヤブニッケイ、イスノキ、ヒサカキ、ヤブムラサキ、コガクウツギ、バリバリノキ、アラカシ
大口8林班	ウスギモクセイ、ヒサカキ、ヤブツバキ、イスノキ、トキワガキ、イヌビワ、アラカシ、コジイ



罹病木の種類を示した。このうちバリバリノキはこれまで絹皮病の発生記録のない新寄主

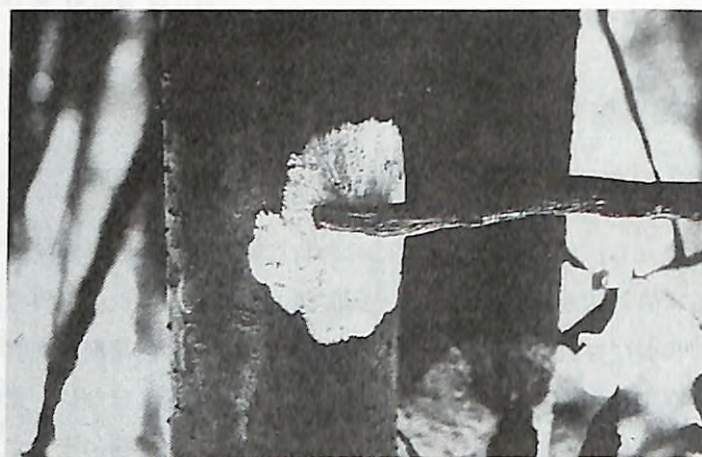


写真-1

発病枝の接触部から  
感染、進展する絹皮  
病菌の菌糸



写真-2

絹皮病に感染し、白色腐朽  
を起こしたコジイ

である。本病は罹病枯死したヒサカキの枝などが健全木の樹幹部に接触し（写真-1）、そこから菌糸が健全木に伝染し（写真-2）、胸高直径40cmを越す樹木でさえ数年間の内に菌糸が樹幹部を一周し、枯死に至らしめる。大口8林班や佐伯41林班のコジイ、イスノキなどでこのような激しい被害が高い頻度で見出された。本病は罹病木上に子実体を形成するため、野外では孢子による伝染もあり得るが、実態調査で観察した範囲では、本病の伝染方法としては病患部の接触によるものがほとんどと考えられた。また本病の発生は光との関連が深く、風倒などにもとない林内が明るくなることにより、病気の進展が抑えられた例がいくつか見出された。従って本病による被害を回避するためには、罹病した枝条はなるべく林外へ搬出するとともに、日光がさし込むような林内環境にコントロールすることが重要と考えられた。

佐伯41林班のイチイガシ林では枝折れ、被圧による枝枯れ部にミノタケ、ニクウスバタケなど腐朽菌の寄生が認められたが、枝の基部には一種の防衛組織が形成され、樹幹部へ進展する腐朽は見出されなかった。

水俣市民有林、加治木26林班のケヤキ林で病害の実態調査を行った結果、水俣市民有林のケヤキでは、樹幹部に数例の腐朽被害が見出された。被害木はいずれも尾根の直下の落石が当たり易い場所に分布していた。被害部別に菌の分離を行った結果、分離菌の種類が部位ごとに違っており、尾根からの落石が最初の傷の原因と考えられ、そこに数種類の菌がそれぞれ定着したものと考えられた。加治木26林班のケヤキでも1、2例腐朽被害が見出されたが、一種類の菌が強い病原性を発揮して起こす流行病などとは異なり、なんらかの原因でできた傷口から腐朽菌が二次的に寄生して発生した被害と考えられた。

以上イチイガシならびにケヤキについては、2年間の限られた期間内の不十分な調査からの結論ではあるが、広葉樹の中では、胴枯れ、枝枯れ、腐朽被害などが比較的起こりにくい樹種と考えられた。

#### 4) 数種の広葉樹に対する腐朽菌の接種試験

##### (1) 材料と方法

広葉樹林において高い頻度で見出される数種の腐朽菌を、立田山実験林内の数種の広葉樹に接種し、生立木に対する影響を調べた。胸高直径10~20cmのコジイ、クヌギ、コナラ、アラカシ、クスノキに対して、広葉樹林で枝あるいは幹の腐朽菌として高い頻度で出現するウチワタケ、カワラタケ、コガネカワラタケ、シマウチワタケ、それに数年前の調査で大口、川内営林署管内で発見され、コジイの幹腐れ病菌として報告されたシイビスケットタケ<sup>5)</sup>、さらにシイタケを加えて接種を行い、それぞれの樹種の生立木に対する腐朽力の有無を調べた。接種は昭和61年5月に行った。接種方法は、あらかじめオガクズ・米ヌカ培地とともに培養した径9mm、長さ10cmの大きさの種駒を、それぞれの樹種に開けたドリ



ル穴に打ち込んで行った。接種1年後の昭和62年5月に伐倒し、玉切り、割材して変色、腐朽の有無、腐朽長の測定を行った。併せて接種部位周辺から約5mm角の大きさの分離片を切りだし、軽く火炎殺菌<sup>1)</sup>したのちPDA平板、カンジタ平板培地上に静置して再分離試験を行った。

## (2) 結果と考察

接種試験に供試した樹種のうちコジイはほとんどの菌の接種区で明瞭な腐朽を現し、特に辺材部に激しい腐朽が認められた。クヌギ、アラカシ、クスノキは接種部位を中心に変色を現したが、接種時の傷から色素が広がったものと考えられ、腐朽へは進まないものと考えられた。コナラでは変色から腐朽への移行段階と判断される変色部が見出された。

表-2に腐朽菌の接種により形成された変色、腐朽長をとりまとめた。コジイではカワラタケとシイタケの接種区で腐朽長はわずかであったが、他の樹種への接種結果と比較すると腐朽程度ならびに腐朽長が著しく長く、腐朽菌の侵入に対してきわめて弱い樹種と考えられた。なお、コジイのシイビスケットタケ接種区に示された $\alpha$ は、腐朽長が玉切り長以上に進展していたため正確に測定できなかったものである。

表-3に再分離試験の結果を示した。この結果からもコジイには各種の腐朽菌が定着し易い傾向が認められた。またコナラに対するカワラタケ、アラカシに対するコガネカワラタケとシマウチワタケ、クスノキに対するシマウチワタケの接種区でそれぞれ接種した菌が再分離されたが、変色、腐朽の程度と併せて考察すると、生立木に対してはそれほど強い殺傷力は発揮せず、腐朽力も弱いものと考えられた。(楠木学・河辺祐嗣・清原友也・池田武文・堂園安生)

## 引用文献

- 1) 青島 清雄：木材変色菌の分離法，日菌報，3，8～10，1957
- 2) 今関 六也・青島 清雄：石狩川源流原生林総合調査報告Ⅱ-2菌害，pp 275，日林協，東京 1955
- 3) 伊藤達次郎：絹皮病の研究，東大演習林報，8，79～87，1951
- 4) 河辺 祐嗣・橋本 平一・清原 友也：コジイ天然林における主要病害4種について，日林九支研論，38，179～180，1985
- 5) 河辺 祐嗣・清原友也・橋本平一：シイ林の立木腐朽調査(3)-川内・大口地方のコジイ4林分における被害実態，日林九支研論，39，203～204，1986
- 6) 小林 義雄：絹皮病菌の位置と*Cyphella pulchra*，日菌報，12，70～78，1971

表-2 腐朽菌の接種により形成された変色、腐朽長

樹種	接種菌	変色、腐朽長 (cm)		
		接種部上方向	下方向	合計
コジイ	ウチワタケ	27	24	51
	カワラタケ	10	11	21
	コガネカワラタケ	30	30	60
	シイタケ	10	11	21
	シイビスケットタケ	32	31+ $\alpha$	63+ $\alpha$
	シマウチワタケ	30	26	56
	対照区(駒のみ)	-	16	(32)
クヌギ	ウチワタケ	7	6.5	13.5
	カワラタケ	-	1.5	(3)
	コガネカワラタケ	-	3.5	(7)
	シイタケ	7	7.5	14.5
	シイビスケットタケ	-	4.5	(9)
	シマウチワタケ	6	6	12
	対照区(駒のみ)	1	-	(2)
コナラ	ウチワタケ	10	10	20
	カワラタケ	13	12	25
	コガネカワラタケ	11	14	25
	シイタケ	15	14	29
	シイビスケットタケ	12	11	23
	シマウチワタケ	12	11.5	23.5
	対照区(駒のみ)	7.5	7	14.5
アラカシ	ウチワタケ	4.5	4.5	9
	カワラタケ	7.5	7.5	15
	コガネカワラタケ	5	6.5	11.5
	シイタケ	7	6.5	13.5
	シイビスケットタケ	5.5	5.5	11
	シマウチワタケ	7.5	6.5	14
	対照区(駒のみ)	4.5	5	9.5
クスノキ	ウチワタケ	4.5	4.5	9
	カワラタケ	9	11	20
	コガネカワラタケ	7	7	14
	シイタケ	9	8	17
	シイビスケットタケ	5	7	12
	シマウチワタケ	3.5	3.5	7
	対照区(駒のみ)	-	4	(8)



表-3 腐朽菌の接種と再分離試験

樹種	接種菌	再分離
コジイ	ウチワタケ	+
	カワラタケ	+
	コガネカワラタケ	+
	シイタケ	+
	シイビスケットタケ	+
	シマウチワタケ	NT
	対照区(駒のみ)	+
クヌギ	ウチワタケ	-
	カワラタケ	-
	コガネカワラタケ	-
	シイタケ	-
	シイビスケットタケ	-
	シマウチワタケ	-
	対照区(駒のみ)	-
コナラ	ウチワタケ	-
	カワラタケ	+
	コガネカワラタケ	-
	シイタケ	-
	シイビスケットタケ	NT
	シマウチワタケ	-
	対照区(駒のみ)	-
アラカシ	ウチワタケ	-
	カワラタケ	-
	コガネカワラタケ	+
	シイタケ	-
	シイビスケットタケ	-
	シマウチワタケ	+
	対照区(駒のみ)	-
クスノキ	ウチワタケ	-
	カワラタケ	-
	コガネカワラタケ	-
	シイタケ	-
	シイビスケットタケ	-
	シマウチワタケ	+
	対照区(駒のみ)	-
+ ; 分離		- ; 非分離
		NT ; 未試験

## IV 要 約

### 1. 広葉樹人工林の適地判定

#### 1) 立地要因と成長の関係解析

- (1) 佐伯営林署管内のイチイガシ人工林について、地形測量を行い、地形と立木位置図を製作し、微地形条件と成長との関係を調べた。
  - ① 標高と樹高成長との間には、標高が高くなるに従い樹高成長には僅かながら小さくなる傾向を示した。
  - ② 標高、地形の凹凸、傾斜の三要因についてある程度の相関が得られた。すなわち、斜面下部の成長が良く、また平坦地形から凹地形での成長が良い。
- (2) 大口営林署管内のケヤキ人工林の成長について、イチイガシ林と同様の調査を実施し、次のような結果が得られた。
  - ① 標高、地形の凹凸、傾斜の三要因と成長について検討した結果、相関係数 0.74 と比較的高い相関が得られた。
  - ② 標高で示される斜面上の位置では斜面下部ほど成長が良い。また、凹地形での成長が良く、微地形条件の解析による適地区分が可能である。
- (3) イチイガシ・ケヤキ人工林について、成長に関与している立地条件と成長との関連を検討した結果、両樹種ともに凹凸の微地形条件や、斜面上の位置が成長に関与している結果が得られた。両樹種ともに人工造林地の土壌は B<sub>D</sub>(d)~B<sub>D</sub> 型土壌であり、スギの適地に相当する。従ってイチイガシ・ケヤキ、スギ、イチイガシとケヤキの植栽区分を行うことはかなり困難なものと考えられる。

#### 2) 広葉樹人工林の成長と適地

- (1) 大口・佐伯営林署管内のイチイガシ人工林について、樹高、直径成長、樹幹析解、林床植生、植生被度や稚樹の発生状態を調査し、さらに、高岡・綾営林署管内のイチイガシ天然林の成長状態と比較検討した。
  - ① 調査林分のイチイガシ人工林の材積成長量は天然林より優れていることが判明した。
  - ② 胸高直径分布をみると、同齢のスギ林に比べて変動形数が大きく、イチイガシ人工林の胸高直径分布幅が大きい。
  - ③ 樹高成長は、縦軸に樹高階、横軸に本数を取り、樹高分布をみると、人工林では明らかな L 字形の分布を示すが、天然林では逆 J 字形の分布を示した。
  - ④ 人工林の上層木、準上層木、被圧木を選定し、樹幹析解を行い、樹高成長及び胸高直径成長を検討した。各調査木ともに 20 年生までは同じような成長パターンを示すが、20 年生過ぎから優劣が現れ、3 年生頃には明確な上・下層関係の形成された経過を示した。



⑤ 林床に存在するイチイガシの実生稚樹は極めて少なく、うっ閉した林内では、人工林天然林を問わず種子供給はあるものの成長は期待できない状態であった。うっ閉した林内での更新の困難性を示した。

(2) 以上のようにイチイガシ人工林の調査結果から、天然林と比べ形質とくに枝下高や通直性は劣ることはない。また、林冠を形成している上層木の樹高成長は高齢級(80年)に達しても成長しており、高密度任立で択伐等による長期収穫の可能性が見だされた。

## 2. 密度管理技術(ケヤキ人工林)

(1) 熊本営林局管内ケヤキ人工林76林分を対象とし、樹高、直径成長の経過から、今後の施業指針としての林分密度管理法を、地位指数、林分蓄積の関係などから検討した。

① 76林分から地位指数曲線を作成し、樹高成長の悪い9林分を除いた67林分から修正地位指数表を作成した。

② 林分因子(林齢、直径、樹高、本数密度)により林分蓄積 $V$ を推定する方法は、林分管理図や林分収穫表から推定してきた。ケヤキ林についても同様の手法により、林分因子と林分蓄積との関係からケヤキ林分の蓄積推定表(表-3)を作成し、さらに $D/H$ に対する地位指数と本数密度の関係を求め、 $D/H$ 比の推定表(表-4)を作成した。

③ 林分因子と林分蓄積を示した表-3をさらに図化し、ケヤキ林分管理図[ $D \leftarrow (N) \rightarrow V$ ](樹高21m)を作成し図-3に示した。

(2) ケヤキ用材林生産として望ましい密度管理法は、直径40~60cmを目標とした林分密度は、直径40cm、蓄積500 $m^3$ では400本/haとなる。また、直径40~60cmの成長を期待するときには、林分密度は100~400本/ha、林分蓄積200~500 $m^3$ /haとなる。

調査検討資料とした現実林は、林齢50~70年、本数密度は500本/ha以上の林分が多い。直径成長を40~60cmの範囲を期待するための林齢は100年とし、段階的に利用間伐を実施し、今後の成長状態を熟視しながら、さらに第2段階の利用間伐を実施し修正することが望ましい。

## 3. 広葉樹人工林の主要病害の検索と被害実態

イチイガシ・ケヤキ・コジイ・イスノキ林の病害の実態調査を行った。外観上からは枝幹の胴枯れ症状を、間伐木、主伐木では木口からの変色や腐朽の有無を調べた。

① イチイガシ、ケヤキ、コジイ、クスノキ林における主要病害は絹皮病と考えられ、また、イチイガシ、ケヤキについては胴枯れ、枝枯れ、腐朽被害などは比較的起りにくい樹種と考えられた。

② 腐朽菌の接種試験から、コジイには各種の腐朽菌が定着しやすい傾向が認められた。この他コナラ、クヌギ、アラカシに対する各種菌の接種効果からは、接種菌が再分離されたが、変色、腐朽の程度は小さく、生立木に対しては強い殺傷力はなく、腐朽力も弱いものと考察した。

# 寒冷地域におけるマツ枯損、とくに 年越し枯れ診断法の確立と媒介者 カラフトヒゲナガカミキリの評価



## 寒冷地域におけるマツ枯損、とくに年越し枯れ診断法の 確立と媒介者カラフトヒゲナガカミキリの評価

### 1. 寒冷地域におけるマツ材線虫病診断法の確立

#### I 試験担当者

保護部線虫研究室	庄 司 次 男
“	真 宮 靖 治
関西支場樹病研究室	黒 田 慶 子

#### II 試験目的

マツ材線虫病の診断は、枯死木材片から病原体のマツノザイセンチュウ（以下線虫と略す）を検出して始めて行える。ところが、材線虫病に感染後翌年になってから徐々に病徴を表す木（以下年越し枯れという）の場合、普通、材線虫病診断のために採取する樹幹下部付近の材片からは線虫の検出頻度の低いことが多く、病気の診断を困難にしている。そこで、年越し枯れ木樹体内の線虫分布状況について調査し、材線虫病診断法確立のための手がかりを求めることにした。さらに、これらの調査から得られた線虫の材内における部分的な生息の原因を追求するために若干の実験を行った。このような調査は、とくに寒冷地域における材線虫病に対する的確な診断を行う上で急務とされることである。

##### 1. 調査地および方法

調査地は、茨城県多賀郡十王町に所在する高萩営林署上台国有林255林班に12小班内に設置した林業試験場の松くい虫防除試験地で、昭和60年5月から7月中に発生枯死した年越し枯れ木（アカマツおよびクロマツ、樹齢約30年、樹高10～14m）の98本を対象にして行った。同時に対象木として同年秋に枯死した当年枯れ木（感染当年に枯死した木をいう）38本についても行った。調査材料の採取法は、樹幹の0m、1m、2m、4m、6m、8m、10m、12m、および14mの部分ドリルまたは斧（おの）を用い、なるべく材表面から材中心部にいたる材片を採取した。材料の採取は、60年11月5日から7日にかけて行った。この調査で線虫が全く検出されなかった木については、12月17日に、結果の中で述べるように検出頻度が高かった6m以上の部分を50cm間隔に上記方法で採取して、再調査を行った。

線虫の分離は、ベルマン法によった。

61年の調査は上記の試験地で、1月から2月にかけて枯死した年越し枯れ木23本について、



3月14日、上述した間隔（1～2 m間隔）で各部位から採取した材片から線虫の分布と密度を調査した。さらに、これらの中から各部位で高密度に線虫が確認された8本については1年7カ月間にわたって線虫の消長を継続的に調査した。また、5月から6月に枯死した6本についても8月に伐倒して同様な調査を1年5カ月間継続した。さらに、同年9月から10月に発生した当年枯れ木の胸高部分の線虫密度を調べ、これを年越し枯れ木の同部分の結果と比較した。

樹幹内での線虫の部分的生息の原因を調べるため、アカマツ健全木を伐倒して、その直後、1、2および3カ月間野外で経過した丸太（長さ1 m、平均直径13 cm、1処理6本供試）に線虫を接種し（1本当たり60,000頭）、これらの材内での線虫増殖数を3カ月間調べた。

### Ⅲ 試験の経過と得られた成果

60年調査の年越し枯れ木と当年枯れ木の樹高0 m付近における線虫検出結果を表-1に示した。これによると、当年枯れ木の材片の95%から線虫が検出されたのに対して、年越し枯れ木

表-1 時期別枯損木からのマツノザイセンチュウ検出結果  
（地際付近から採取した材料による）

枯損時期	調査本数	検出本数	検出率
年越し枯れ木	98	12	12.2
当年枯れ木	38	36	94.7

表-2 年越し枯れ木からのマツノザイセンチュウ検出結果  
（樹幹2 m間隔で調査した場合）

調査本数	98	再調査の結果
検出本数	70	
非検出本数	28	
検出率(%)	71.4	
		85.7

---

非検出個体の再調査（6m以上の樹幹を50cm間隔で調査）		
調査本数	26	
検出本数	14	
検出率(%)	53.8	

からは12%と著しく低率であった。しかし、年越し枯れ木の樹幹2 m間隔で調査した結果では、表-2に示すように、検出率が71%になった。さらに、当初検出されなかった調査木26本についてより詳細に調査したところ14本から検出され（54%）、再調査木を含めた最終検出率は85.7%となった。線虫の検出された木の樹幹部位別線虫検出率は図-1に示すように、0 m17%、1 m31%、2 m34%、4 m50%、6 m60%、8 m65%、10 m72%、調査事例は少ないが12 m84%、14 m（梢端部）では89%と樹幹上部にいくほど検出率が高まった。これらの部位別の線虫密度を、著しく少ない（材片生重10 g当たり10頭以下）、多い（同10～100頭）および著しく多い（同100頭以上）に区別して図-2に示す。これによると、いずれの部位でも線虫の密度に大差なく出現して一定の傾向は認められなかった。

寒冷地域で発生頻度が高い年越し枯れ木からの線虫検出率は低い場合が多く、宮城県の調査例では34%しか検出されず（早坂ら1982）、岩手県でもわずか27%であった（作山ら1983）。

また、栃木県の例でも検出されない例が多いことが報告されている（横溝ら1981）。本調査の結果でも、胸高部付近からは30%程度の検出率であった。しかしながら、このような木でも、樹幹上部まで調査点数を増して調べることによって、検出率を大幅に向上させることができた（図-1）。一方、金子ら（1985）は、山形県で1月から6月にかけて発生した年越し枯れ木について6月に調査した場合、樹幹地際部分でも80%以上の高い検出率を得ており、本調査の結果と異なった。この場合、枯死時期あるいは調査時期の違いを考慮しなければならず、時間的経過を追って調査する必要がある。

さらに、本調査の結果では、線虫が樹幹上部に局在する例もしばしば見られたことで、線虫の部分的生息と樹体の発病との関連性を示唆し、発病機構を考える上での問題点を提起している。

61年の調査結果から、1月～2月の年越し枯れ木と9月～10月枯死の当年枯れ木の胸高部分の線虫検出率を表-3に示した。線虫検出率は両者共に高く差はなかった。年越し枯れ木の枯死

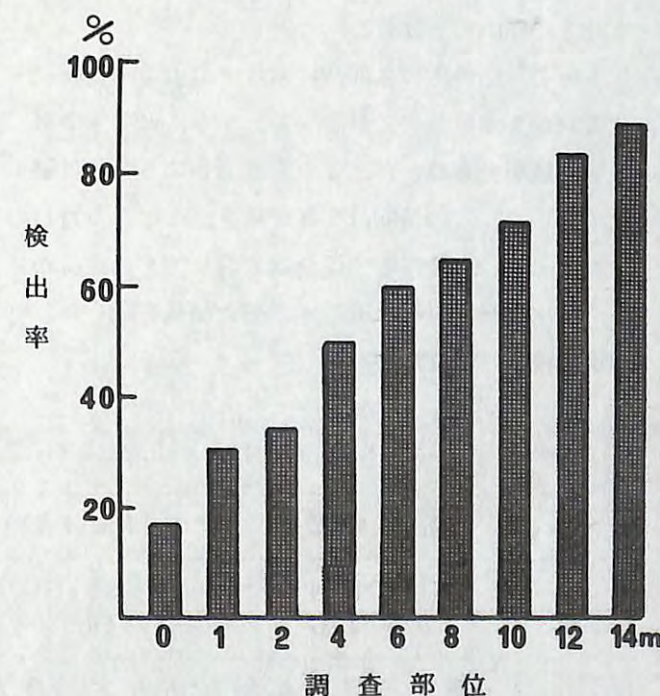


図-1 年越し枯れ木の部位別マツノザイセンチュウ検出結果



1～2カ月間経過後の木と夏期ををはさんで6カ月経過した木の各部位の線虫検出率は図-3に示すように、枯死後1～2カ月経過した場合は、線虫がどの部位からも高率に検出されるのに比べ、枯死後半年経過したものは、検出率が全体に低く、とくに樹幹下部(2m以下)で著しく、この結果は前年の調査結果と一致した。このように枯死直後では線虫がどの部位からも検出されるが、時間の経過と共に線虫数が減少する例は、当年枯れ木でも(清原ら1975, 真宮ら1973)年越し枯れ木でも見られる現象である(在原1985, 作山ら1986)。

1～2月枯れ木の各部位における線虫の消長を図-4に示す。ここでは調査木8本のうちの代表的な2本について解説する。まず、92号木では、調査開始の3月、全幹にわたって高密度の線虫数が見られたが、3カ月経過後の6月には減少し、とくに樹幹下部での減少が著しかった。そして、この傾向は1年間続き、1年7カ月目の10月ではどの部分からも線虫が検出されなくなった。272号木の場合は6月までどの部位からも線虫が検出されず、8月に全調査部位から検出され、以後は92号木と似た消長を示した。そして、やはり1年7カ月後では全部位で線虫が検出されなかった。

表-3 当年枯れ木と年越し枯れ木の胸高部分におけるマツノザイセンチュウ検出比率

枯損時期	調査本数	検出数	検出率(%)
1 - 2月	25	23	92
9 - 10月	40	40	100

調査月日: 年越し枯れ木 3月14日

当年枯れ木 10月27日、11月4日

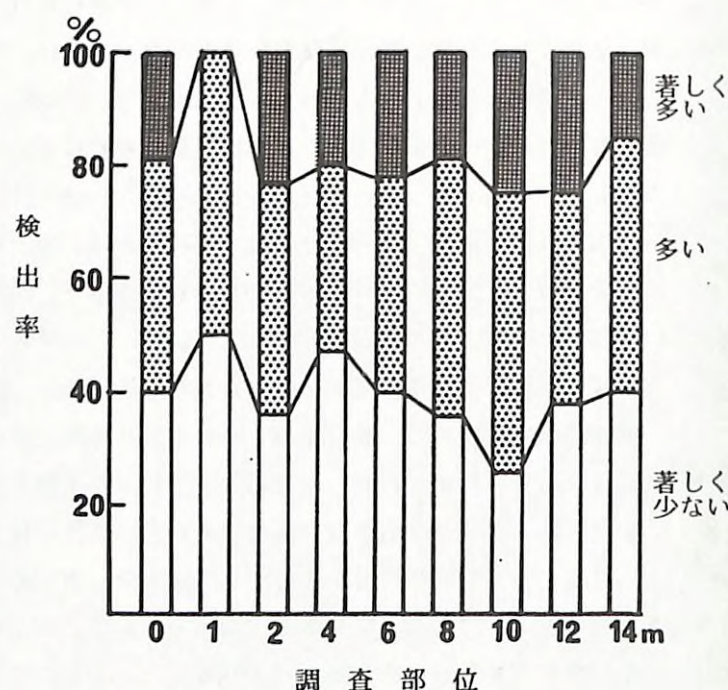


図-2 年越し枯れ木の部位別マツノザイセンチュウ検出結果

つぎに、5月～6月枯損木の結果を図-5に示すように、478号木の8月調査では、1m以下で少なく、その他の部位では高密度であったが、11月頃から全幹にわたって減少傾向が見られた。また、733号木では、調査開始の8月、全幹を通して線虫が全く検出されず、9月になって樹幹下部で低密度、上部で高密度の線虫が検出されたが、その後の経過は上部で部分的に生息していた。

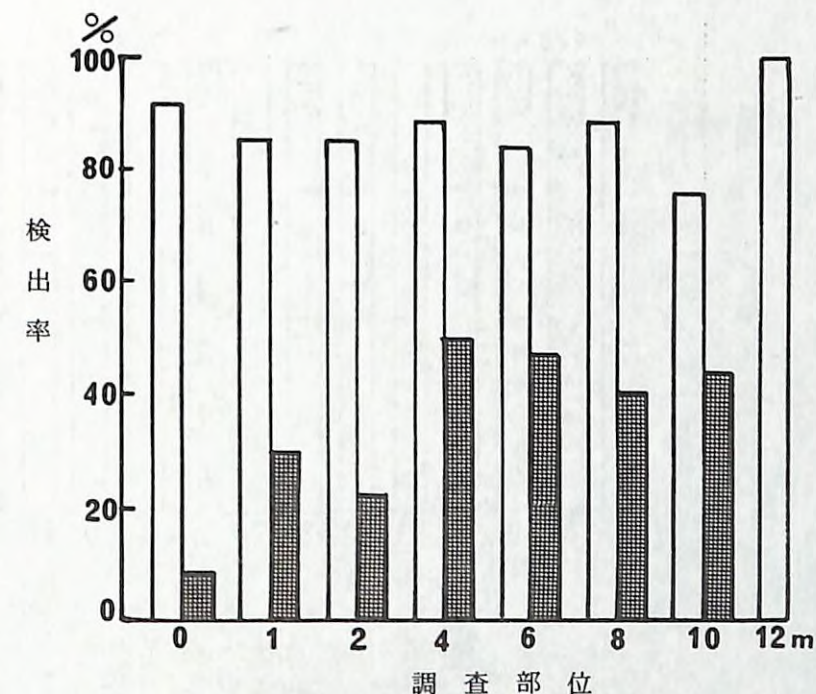


図-3 年越し枯れ木の部位別マツノザイセンチュウ検出率  
□ : 1～2月枯れ, 3月調査  
▨ : 5～6月枯れ, 12月調査 (12m部分なし)

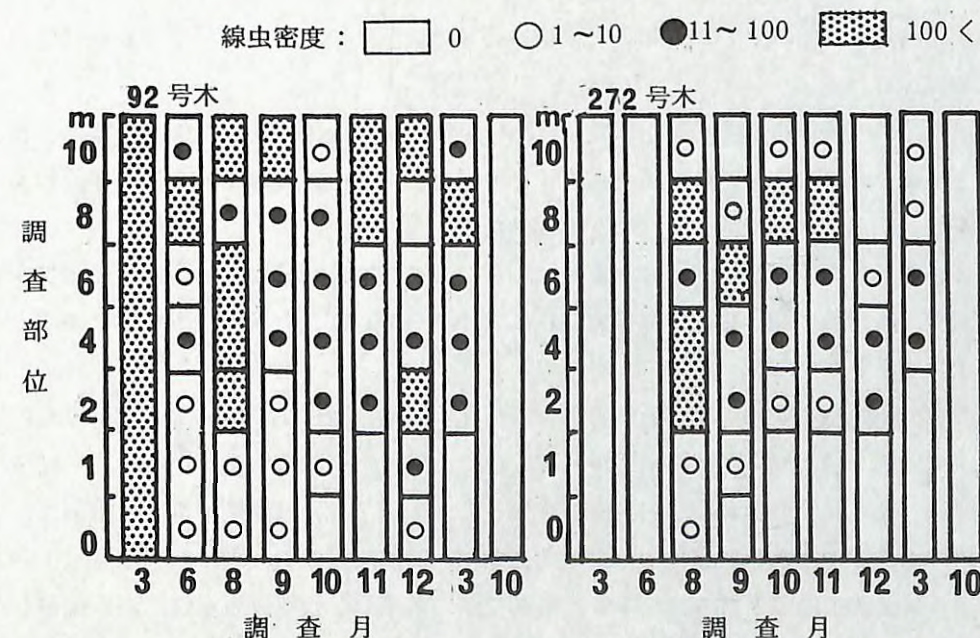


図-4 年越し枯れ木の部位別マツノザイセンチュウの時期別消長 (1～2月枯れ)



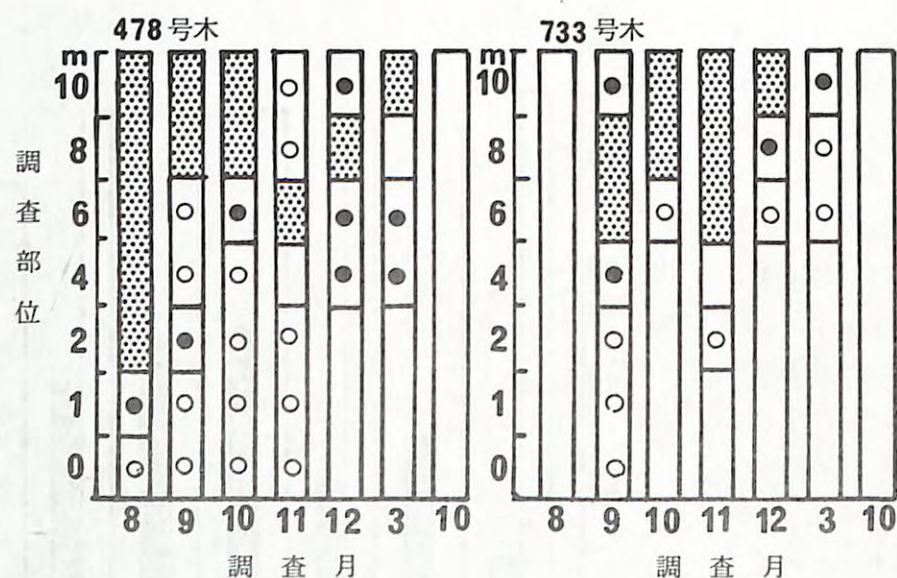


図-5 年越し枯れ木の部位別マツノザイセン  
チュウの時期別消長 (5~6月枯れ)

733号木は枯死後1~2カ月経過したに過ぎず、マツノマダラカミキリの産卵対象木となりうる可能性もあって、産卵時の線虫感染によって増殖したものとも考えられるが、しかし、試験期間を通して調べた範囲では、産卵痕は見当たらず、さらに、林内にはこれらの他に産卵対象木が林立する環境であったことも考慮すれば、産卵時の線虫感染とは考えられない。したがって、樹体内における線虫の部分生息と、樹体の発病枯死との相関性を示す今後の興味ある課題として残された。

樹幹下部における線虫密度の低下の理由については、その原因を明らかにできなかった。しかし、とくにこれらの部分では材の腐朽、穿孔虫の食害、その他の線虫との検出率比較を行った結果を図-6に示す。樹幹0m (図-6下段)では、8月以降から、その他の線虫の増加傾向が見られたものの、6m以上では明確でなかった。この結果だけで、他の線虫の増加が線虫の密度減少に直接的に関与したとは考えられず (清原ら1975) 今後、線虫生息と環境との関係を追求する必要がある。

線虫の部分生息を明らかにするためにに行った実験結果を図-7に示した。伐倒直後の材では、線虫増殖数が最も高く、ついで1カ月間経過した材であり、最も増殖が劣った材は2~3カ月間経過したものであった。材内含水率を見ると (図-7右) 線虫接種時の含水率はどの材でも大差なく、接種3カ月経過後では全処理区で10~20%の減少であった。橋本ら (1973) がいうように、線虫増殖と材の含水率にはあまり関係なく、むしろ材の変質などが影響しているように考えられ興味ある課題として残された。

#### IV ま と め

1) 年越し枯れ木の診断には、普通、診断のために採取する胸高部付近の高さの材片からでは線虫生息の密度が低いために、検出されない場合が多く診断を困難にしている。このような場合には、材の各部位から、とくに高部位から材片を採取して線虫を検出しなければならない。

2) 年越し枯れ木の材内線虫は、時間の経過とともに減少し、はぼ1.5~1.7年で樹高のすべての部位から検出されなくなる。

3) 年越し枯れ木の材内線虫生息は、枯死当初では全幹にわたって高密度で生息する場合と、部分的に生息する場合が認められ、当年枯れ木よりも複雑な生息環境があるように考えられる。この原因は明かではないが、部分的な生息でも樹体を枯死させ得ること、また枯死後の材の変質などに関係して線虫増殖の局在化が起こるものと考えられる。

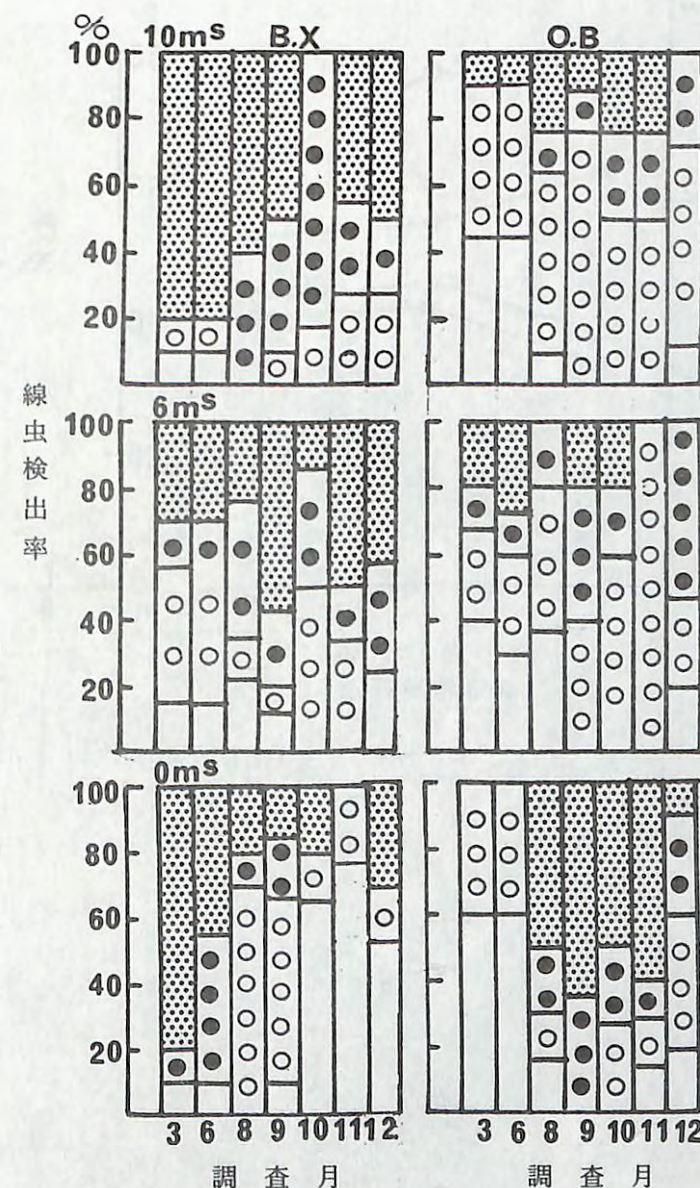


図-6 マツノザイセンチュウ (B.X) とその他の線虫 (O.B) の時期別消長 (1~2月枯死8本の合計)  
S: 調査部位 (線虫密度は図-4と同じ)



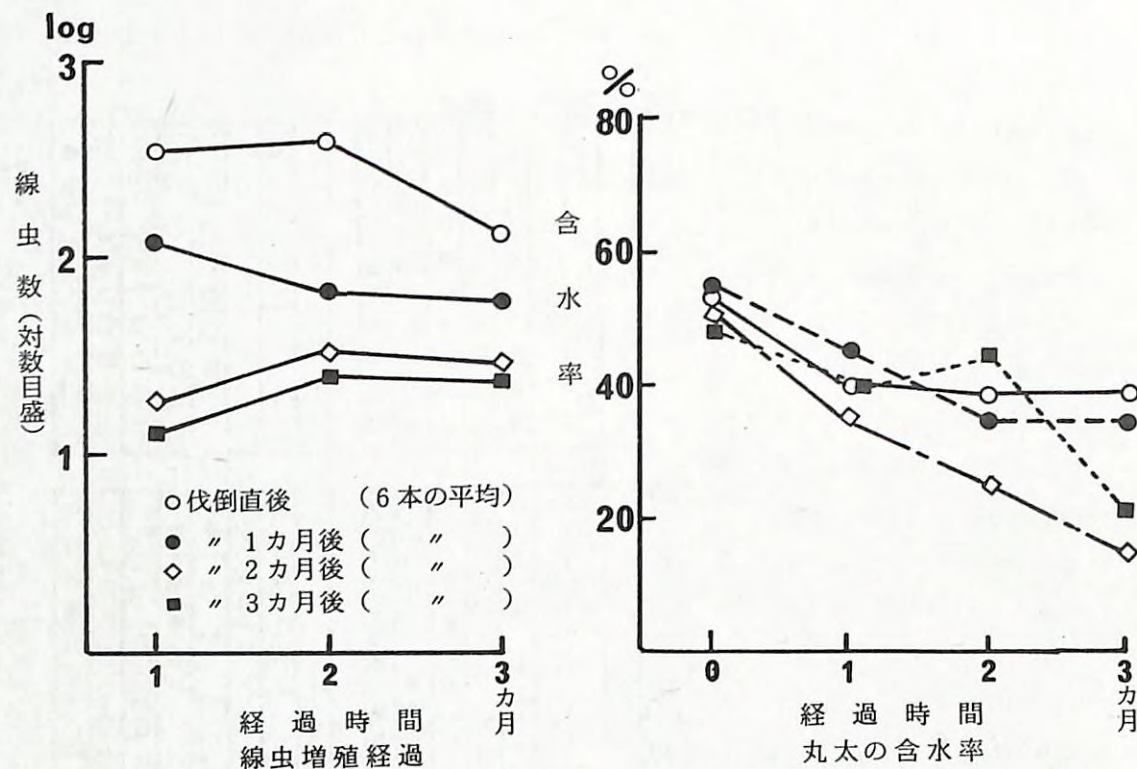


図-7 アカマツ丸太内におけるマツノザイセンチュウの増殖

## 2. カラフトヒゲナガカミキリの媒介者としての評価

### I 試験担当者

保護部昆虫第2研究室	遠田 暢 男
"	野淵 輝
"	榎原 寛
"	藤田 和 幸
保護部昆虫科長	小林 一 三

### II 試験目的

マツ類の衰弱木に寄生加害するマツの穿孔虫約60種のうち、マツノザイセンチュウ *Bursaphelenchus xylophilus* (以下材線虫)の保持昆虫はカミキリムシ科に属する10種が知られている。このうち材線虫の保持数、保持率、成虫の加害様式などから、マツ枯損に関与する伝播者としての役割を果たしているのはマツノマダラカミキリ *Monochamus alternatus* (以下マダラ)が唯一のものとされてきた。

しかし、材線虫病の被害が拡大するにしたがって、東北地方などの寒冷地域では感染の翌年以降に枯死する割合が高く、これらの年越し枯れ木がカラフトヒゲナガカミキリ *Monochamus saltuarius* (以下カラフト)の繁殖源となって、材線虫の媒介者となることが実験的に明らかにされた(滝沢ら1982)。このためカラフトの生理・生態的な性質を明らかにするとともに、自然条件下におけるカラフトの加害時期、寄生率、線虫保持数、保持率などをマダラとの比較のもとに解明し、媒介者としての役割について吟味した。

### III 試験地の概要と調査方法

試験地は茨城県多賀郡十王町(255林班に12小班)のアカマツ天然林で、樹齢30~42年(平均直径14cm, 樹高12cm), 面積4.0 haである。昭和60年4月設定時の立木本数は約5,000本で、このうちすでに枯死した1,650本は4~5月に伐倒し、薬剤散布後にパルプ用材として搬出した。さらに林内に残された梢端部と枝条部のうちカミキリ類幼虫の食痕のあるものは、林内に集積して臭化メチル剤とNCS剤でくん蒸処理した。枯損木除去後の生立木数は3,286本で、このうち林内周囲に位置する490本にグリーンガード、ネマノン両剤の樹幹注入処理を同年3月に行なった。

試験地設定後の枯損調査は5月以降毎月末に行ない、針葉の褐色、黄変など外見上明らかに枯死と認められた立木、ならびに部分的な針葉の黄変、一部の枝枯れ木なども含め、その都度



樹幹下方を剥皮して穿孔虫の加害食痕のあるものや樹皮下が変色したものは枯死木と断定し、色別のテープを巻いて標示した。これらの枯損木は毎年12月と3月に伐倒剥皮し、加害種構成から産卵時期を逆算することによって樹脂異常発現時期を判定した。さらに伐倒木のうちカミキリ幼虫の加害部位を単木別に標示して搬出し、枯損時期別に林試構内の野外網室内に収容した。脱出成虫は初日から終了するまで毎日採取した。特にカラフトについてはその都度脱出孔を確認して標示し、マダラの脱出孔と区別ができるようにした。また脱出直後の成虫から常法により材線虫を分離・計数した。

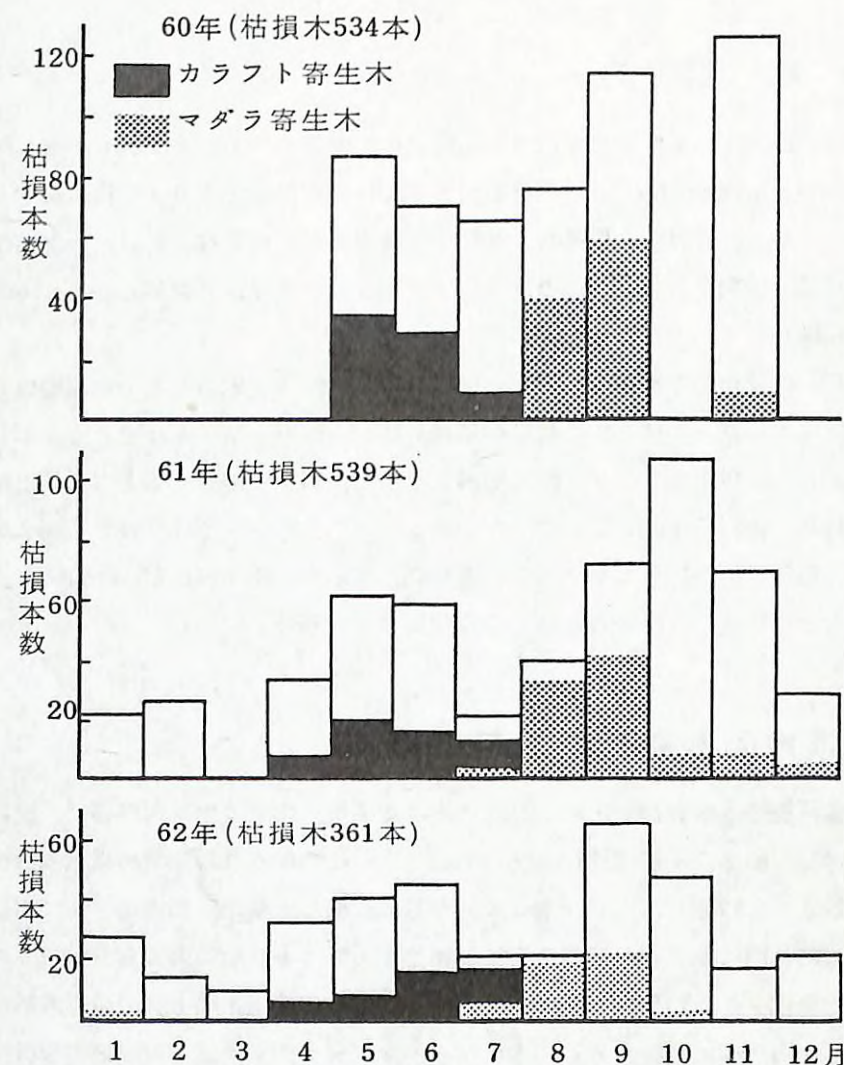


図-1 時期別枯損推移とカミキリ2種の寄生木

## IV 試験の経過と得られた成果

### 1. 枯損経過とカミキリ2種の寄生率

試験地設定後3年間の月別枯損推移を図-1に示した。設定後の60年5~12月までの枯損木は534本で、生立木数3,286本に対する枯損率は16.3%であった。5~8月までの月別枯損率は65~86本、枯損率は2.1~2.6%ではほぼ一定しているが、9~11月は当年の材線虫感染による枯損木が113~125本に増加している。伐倒木を剥皮し樹皮下の加害種構成から5~7月の枯損木221本は前年の材線虫感染で樹脂異常となり、59年秋に活動産卵するクロキボシゾウムシと60年春に産卵したマツキボシゾウムシが優占種となり、幼虫の加害食痕と成虫の脱出孔が見られ、樹幹下方の厚皮部にはマツノキクイムシの脱出食痕がある典型的な年越し枯れ木であった。このうち72本(寄生率32.6%)がカミキリ類の産卵対象木となり、樹冠付近と枝の一部に幼虫の食痕が認められた。月別の枯損本数に対するカミキリの寄生率は6月が41.4%、5月39.5%、7月13.8%の順で、外見上5~6月の枯死木に集中している。これらの被害材から翌年5月に脱出した成虫はすべてカラフトで、搬出木72本のうち36本から110頭の成虫が脱出しているが、カラフト寄生木からのマダラの成虫脱出は認められなかった。

さらに8月以降になると枯損木が増加し、カミキリの寄生本数率が高くなる。寄生率は8月が52.0%、9月が49.6%で枯死木の半分がカミキリの寄生を受けているが、10~11月では枯損木125本のうちカミキリの寄生木はわずかに9本、寄生率は7.2%に激減している。8~12月の枯損木313本のうち、カミキリの寄生木は104本(寄生率33.2%)で、これらの被害材から61年6~7月にマダラが脱出した。

翌61年1~12月の枯損木は539本、枯損率は19.6%で前年に比べて増加している。このうち1~7月までの枯損本数は224本でカラフトの寄生率は25.9%、8~12月の枯損本数325本のうちマダラの寄生率が31.1%である。62年も同様な枯損経過を示しているが、年間枯損率(16.3%)とカミキリ2種の寄生率(24.4%)が減少している。

この林分の年間枯損率は60年・62年とも16.3%、61年が19.6%で激害となっており、3年間の累積枯損本数は1,436本、枯損率は43.6%に達している。月別の枯損推移は年内にはほぼ二つのピークがある。いずれの年も冬期間の枯損率は1%以下に抑えられているが、気温が上昇する4月から増加し5~6月に最初のピークがある。さらに8月以降に再び増加し、9~11月がピークとなっている。

一般に関東南部以西の激害地では、夏季の材線虫感染後急激に発病し、遅くとも年末までに枯死する当年枯れ木(8~12月)の発現が大半を占めているが、東北地方など寒冷地の場合には病徴の進行が緩慢で、感染の翌年以降に枯死する年越し枯れ木(1~7月)の割合が高くなる。この林分での当年枯れ木と年越し枯れ木の比率はほぼ6:4で寒冷地の様相を示し、



マダラとカラフトの3年間の寄生本数率は前者が30.8%, 後者では27.4%で、両種の加害対象木が異なっている。

マダラより1カ月も早く出現するカラフトの産卵対象木は前年の材線虫感染で生理異常となり、秋から春に活動する他の穿孔虫が先に寄生加害した年越し枯れ木であるが、そのうちでも特に3月に出現するマツキボシゾウムシ、マツノキクイムシが産卵した春型（または春夏型）枯損木が対象となる（表-1）。また、カラフトは比較的新鮮な樹皮下の部分が残されている5~6月の枯死木に集中産卵する。加害部位は樹冠内の幹と枝の一部であることが多い。しかし他の穿孔虫の食害が優占するため、カラフトの寄生本数率が高い割には老熟幼虫までの生存率が低く脱出成虫は少ない。

表-1 茨城県北部におけるアカマツの枯損型と加害種構成

枯 損 型	部 位 別 主 要 加 害 種		
	根元・厚皮部	幹・薄皮部	樹冠部・枝
当 年 枯 れ — 年 越 し 枯 れ	夏 型	シラホシゾウ属 オオゾウムシ	マツノマダラカミキリ キイロコキクイムシ
	夏秋型	シラホシゾウ属 サビカミキリ クロカミキリ	マツノマダラカミキリ キイロコキクイムシ クロキボシゾウムシ
	秋 型	シラホシゾウ属 サビカミキリ	クロキボシゾウムシ ニトベキバチ キイロコキクイムシ
	秋春型	シラホシゾウ属 サビカミキリ マツノキクイムシ	クロキボシゾウムシ ニトベキバチ カラフトヒゲナガカミキリ マツキボシゾウムシ
	春 型	マツノキクイムシ シラホシゾウ属	マツキボシゾウムシ カラフトヒゲナガカミキリ

一方、マダラは当年の材線虫感染で多量に発生した8月以降の異常木が産卵対象木となっている。このように年越し枯れ木と当年枯れ木の違いが両種幼虫の発育または後述する材線虫の繁殖力にも影響しているものと考えられる。

## 2. カミキリ2種の発消長と材線虫保持数

同一林分内の枯損木から羽化脱出したカラフトとマダラの発生経過を図-2に示した。カラフトの脱出は60・61年とも5月上~下旬、62・63年は4月下旬から5月中旬にみられ、ほ

ぼ20日間の短期間に終了した。マダラは5月下旬から7月下旬まで約50日間の長期にわたって脱出しており、両種の脱出時期は交叉することはない。

脱出直後のカミキリ成虫1頭あたりの保線虫数を表-2に示した。カラフトの場合、保線虫数および保持率とも年によるバラツキが大きく、59年の調査数16頭のうち1頭だけから38,000頭も検出し、これを平均しているため2,375頭となっているが、マダラに比べて非常に少ない。59~64年の総調査数177頭（2年1世代虫除外）の平均保線虫数は979頭、保持率は27%で、このうち保線虫数1,000頭以上がわずかに11.3%（うち10,000頭以上が

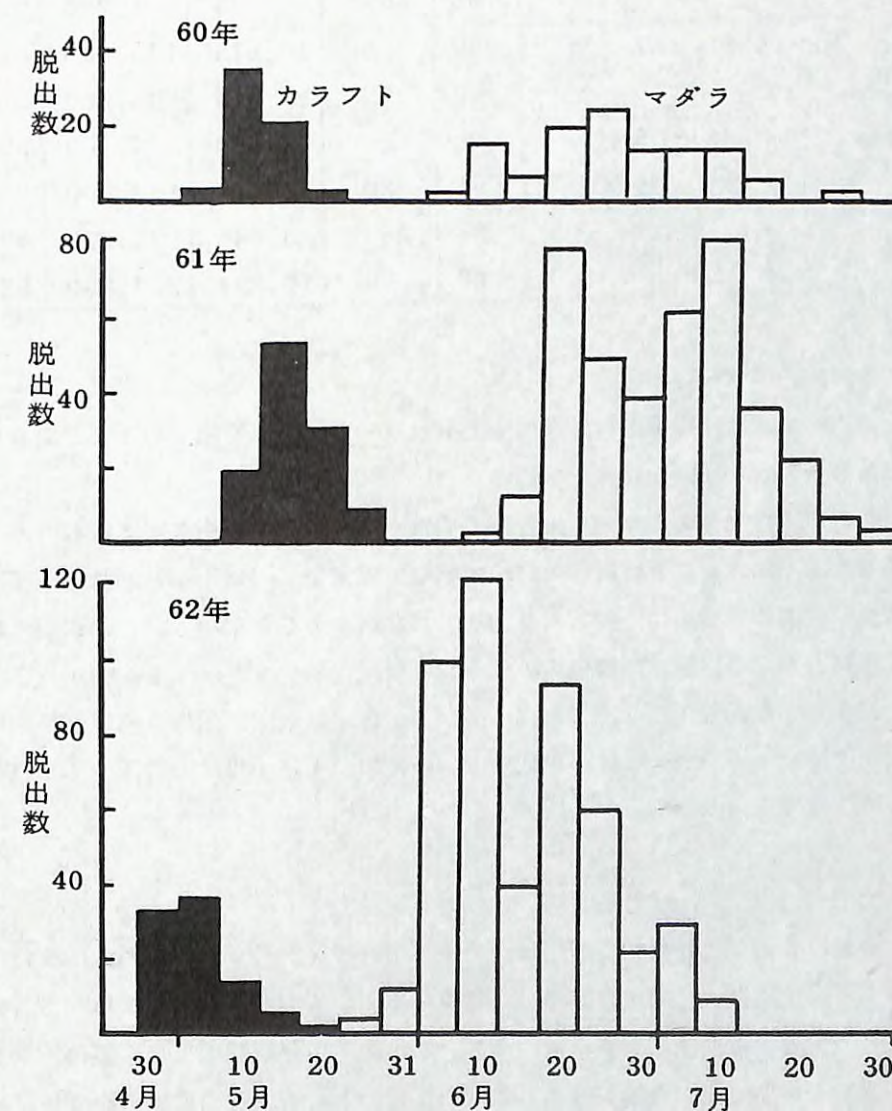


図-2 カミキリ2種の羽化脱出消長



表-2 同一林内の枯損木から脱出したカミキリ2種の材線虫保持数

種 名	年度	調査数	1頭あたり保線虫数		
			平均	最高	保持率
カラフトヒゲナガ カミキリ	59	16	2,375	38,000	6.3%
"	60	54	1,798	30,000	44.4
" (2年1世代)	"	2	0	0	0
"	61	44	170	2,050	22.7
"	62	40	721	20,100	20.0
"	63	23	86	1,230	21.7
マツノマダラカミキリ	59	55	19,875	188,000	81.8
"	60	95	13,275	85,000	91.6
" (2年1世代)	"	4	1,680	6,700	50.0
"	61	80	19,858	183,000	86.3
"	62	264	5,548	74,000	49.6
"	63	60	19,827	272,000	82.0

3.4%)にすぎない。

一方、マダラは保線虫数、保持率ともほぼ一定し、平均値でカラフトより10倍以上、最高保持数は272,000頭を記録している。

この原因は両種の産卵対象木となる異常木の発現時期の相違によるものと考えられる。前述したようにカラフトは前年の材線虫感染で異常になった年越し枯れ木に産卵加害するため、成虫が脱出するまでに、被害木は約20カ月経過することになる。この期間に材の変質・腐朽、乾燥にともなう材線虫の繁殖力の低下および死亡消失などによる影響がカラフトの保線虫数の減少につながる重要な因子となっていると推察される。同様な傾向は長期に材内に滞在したマダラにもみられ、2年1世代虫の保線虫数は1年1世代虫に比べて1/10に激減し、保持率も少なくなっている。

### 3. カラフトヒゲナガカミキリの生態

本種は普通年1世代で、成虫は東北地方では5~6月、関東以西では5月に羽化脱出し、マダラの出現期より約1カ月早い(写真-1)。成虫はマツ類の新梢など若い小枝の樹皮をかじり栄養を摂取する(後食という)。雌雄とも生存期間中後食を続け、マダラと同様に脱出後約3週間で雌の卵巣が成熟して産卵が可能となる。この期間の後食量は直径1cmの生枝の樹皮を長さ5~6cm摂食するが、マダラに比べて後食量は少なくその約1/4である。さら

に産卵期における成虫の飛翔力を昆虫飛翔力測定装置によって測定した結果、1回の連続飛翔(1飛び)の距離は最高1,300m、秒速89cmで全体的にマダラより飛翔力が弱い傾向があるが、気象条件によっては広範囲の移動が可能であることが判明した。

交尾後の雌は樹皮にかみ傷をつけ、皮下に産卵管を挿入し1粒ずつ産卵するが、産卵痕のかみ傷はマダラとよく似ており両種を区別することは困難である。個体飼育による3カ月間の1雌あたり平均産卵数は58粒、最高134粒である。卵は長楕円形で長さが3mm、最大幅0.8mmでマダラよりやや小さい。



写真-1 カラフトヒゲナガカミキリ成虫(雌体長19mm)



写真-2 カラフトヒゲナガカミキリ材内老熟幼虫



卵期間は23℃条件下で6～8日、20℃では9～11日間で孵化する。各温度の卵期間から求めた発育限界温度（発育零点）は8.5℃、有効積算温量は115日度となる。

孵化した幼虫は内樹皮を摂食して成長するが、幼虫期の脱皮回数（齢数）や材穿入までの期間は不明である。現在24℃恒温条件下で新鮮なアカマツの樹皮付き材片を餌として飼育中であるが、孵化後2カ月で一部の幼虫が老熟幼虫となり、材入孔に木屑をつめて蛹室内に定着した個体もある。野外ではマダラ同様9～10月までに材入し、老熟幼虫態で越冬する（写真-2）。

63年2月に割材して越冬中の幼虫を採取し16～27℃までの4段階の温度条件下に置いて発育経過を調査した。供試虫169頭の体重は62～395mgの範囲にあって平均177mg、頭幅は1.80～3.20mm、平均2.43mmで、いずれも終齢幼虫と考えられる。成虫になるまでの期間は27℃で平均11日、20℃が18日、16℃では29日となり、加温後短期間にほとんどの個体は蛹化（96%）、羽化（92%）した。

越冬幼虫から成虫までの発育速度と温度の関係は $Y = 0.5460X - 5.3879$ （ $r = 0.956$ ）となり、発育零点は9.9℃、有効積算温量は183日度となる（図-3）。この理論値はマダラの発育零点13℃（東北地方の場合）に比べてかなり低い温度で休眠から覚めて成長することが実験的に明らかにされた。このことからマダラが分布できない寒冷地でも繁殖が可能で

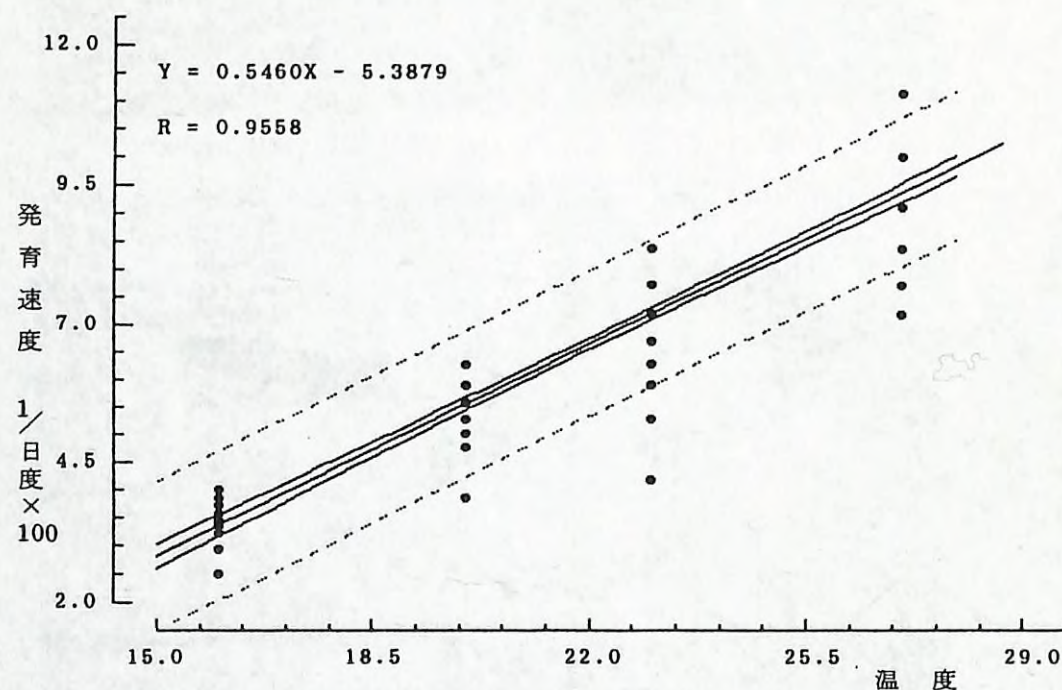


図-3 カラフトヒゲナガカミキリ老熟幼虫の発育と温度との関係

あることが示唆された（別途発表予定）。

本種はマダラと形態および生態的にも非常によく似ていて、成虫の後食と産卵様式、幼虫の形態と食痕などからは両種を区別することが難しい。分布はマダラより狭く、国内では四国、近畿、関東、東北地方などで、九州と北海道からはまだ記録されていない。

関東地方では一般に材線虫病の侵入に伴い被害が進行するにしたがってマダラが優占するため、本種は徐々に駆逐され生息分布が限定される傾向がある。微害地や高海拔地の風雪害木や除間伐木が本種の繁殖源となり、マダラに比べて加害対象木は鮮度がやや低下したもののでも細々と繁殖が可能であるため、二次性の強いものと推察する。

## V ま と め

茨城県北部のアカマツ天然林において材線虫病による枯損発生時期とカラフトヒゲナガカミキリ・マツノマダラカミキリ両種の加害時期および寄生率、材線虫保持率、カラフトの生理・生態について調査した結果、次の知見が得られた。

- 1) この林分の年間枯損率は60年・62年とも16.3%、61年が19.6%で激害型となっている。3年間の累積枯損本数は1,434本で、枯損率は43.6%に達した。
- 2) 材線虫感染による当年枯れ木（8～12月）と年越し枯れ木（1～7月）の比率は6：4で質的には寒冷地型となり、マダラとカラフトの寄生本数率は前者が30.8%、後者では27.4%である。
- 3) 月別の枯損推移は梅雨期をはさんで4～6月と8～11月のほぼ二山型となり、産卵対象木は前者がおもにカラフト、後者ではマダラが優占し、両種の加害対象木が異なるため重ならない。
- 4) カラフトの材線虫保持数、保持率ともマダラに比べて非常に少ないことから、両種が生息する被害の激しい地域ではカラフトの線虫媒介者としての役割は少ないものと推察される。
- 5) 飼育によるカラフト雌1頭の産卵数は平均58粒、最高134粒で3カ月以上生存する個体もある。
- 6) 温度と発育速度から求めた卵の発育零点は8.5℃、有効積算温量は115日度、終齢幼虫から成虫までの発育零点は9.9℃、有効積算温量183日度であった。したがってマダラの分布域より、気温が低い寒冷地でも繁殖が可能であることが明らかにされた。

## 引用文献

- 1) 遠田暢男・野淵 輝・榎原 寛：茨城県北部におけるマツの枯損時期とカラフトヒゲナガカミキリの寄生，98回日林論 535-536，1987
- 2) 滝沢幸雄・庄司次男：岩手県におけるカラフトヒゲナガカミキリの分布とその材線虫病媒介の可能性，森林防疫 31(1)，4-6，1982



### 3. カラフトヒゲナガカミキリの誘引剤に対する反応の解明

#### I 試験担当者

保護部薬剤第2研究室	池田 俊 弥
"	中 島 忠 一
"	大 谷 英 児

#### II 試験目的

マツノマダラカミキリのほかに材線虫の媒介者として注目されているカラフトヒゲナガカミキリの化学生態学的研究はほとんど行なわれていない。そこで、マツ伐倒生丸太の揮発成分などのカミキリに対する誘引活性成分の検索を行ない、利用の可能性について検討する。

#### III 試験の経過と得られた成果

カラフトヒゲナガカミキリ成虫の触角を切りとり、各種揮発成分による刺激で生じる電位差を計測する。いわゆるEAG（触角電図）利用による誘引候補物質のスクリーニングを行なった。

26成分について検討した結果、カミキリの雄に対しては $\alpha$ -pinene,  $\alpha$ -terpinene, myrcene,  $\alpha$ -DL-terpineol, L-myrtanol, L-carveol が、雌にたいしては、limonene, p-cymene, terpinolene, ocimene,  $\alpha$ -pinene,  $\beta$ -pinene,  $\alpha$ -DL-terpineol, n-DL-bornylacetate が強い反応をしめした。これらの値は、マツノマダラカミキリに対するものとほぼ同程度であった（表-1）。

表-1 カラフトヒゲナガカミキリ幼虫に対する各種化合物のEAG活性 (mV)

	Females		Males						
	501-1*	32D 33D**	502-1 <30D>	502-2 <30D>	501-1 32D 33D	502-2 35D 37D	430-1 <34D>		
<b>1. Terpene Hydrocarbon</b>									
Limonene	1.00		0.25	0.13	0.25				
p-Cymene	0.75		0.38	0.13	-				
Myrcene	0.63		0.50	0.25 反	0.38		反		反
$\alpha$ -Terpinene	0.63		0.50	0.13	0.50				
Terpinolene	0.75		0.38	0.25 応	0.38		応		応
Ocimen	0.88		0.38	0.13	0.25				
$\alpha$ -Pinene	(0.75 0.75		0.38 1.00	0.13 な	0.38 0.75	0.13 な	0.13 な		な
//	(0.50		0.50	0.13	0.13				
$\beta$ -Pinene	(0.88 0.75		0.38 1.00	0.13 し	0.25 0.75	0.13 し	0.13 し		し
//	(0.75		0.20	0.25	0.13				
<b>2. Terpene Alcohol</b>									
$\alpha$ -DL-Terpineol	0.75 0.50		1.00	0.38	0.25 0.50	0.25	0.13		
$\alpha$ -D-Terpineol	0.50 0.50		0.75	0.46	0.38 0.50	0.13	0.13		
$\alpha$ -L-Terpineol	0.75 0.25		0.75	0.38	0.25 0.25	0.13	0.13		
L-Myrtanol	0.50 0.50		1.00		0.25 0.50	0.25	0.13		
L-Perillyl Alcohol	0.63 0.50		0.88		0.13 0.50	0.13	0.13		
L-Carveol	0.50 0.50		1.00		0.13 0.50	0.25	0.13		
D-Dihydrocarveol	0.50 0.50		0.75		0.25 0.50	0.13	0.13		
L-Dihydrocarveol	0.38 0.25		0.63		0.25 0.25	0.13	0.13		
<b>3. Terpene Ester</b>									
n-DL-Bornyl Acetate	0.75				0.75	-	-		
$\alpha$ -D-Terpinyl A.	0.38				0.38	-	-		
$\alpha$ -L-Terpinyl A.	0.25				0.25	-	-		
D-Dihydrocarvyl A.	0.25				0.25	-	-		
L-Dihydrocarvyl A.	0.13				0.13	-	-		
cis-L-Carvyl A.	0.13				0.13	-	-		
L-Perillyl A.	0.13				0.13	-	-		
<b>4. Alcohol</b>									
n-Propanol	0.50		0.38 0.75	0.13	0.25				

注.\* : 個体 No. (羽化月日 - No.)。

\*\* : 成虫の日令を示す。



## カモシカ等被害防止技術



## カモシカ等被害防止技術

### I 試験担当者

保護部長（鳥獣科長兼務）	横 田 俊 一
鳥 獣 第 1 研 究 室	桑 畑 勤
“	関 勝
“	平 川 浩 文

### II 試験目的

カモシカ、シカ、ノウサギなどの植食性獣類による造林木の食害が頻発し、各種の防除法が使用されているが、その効果は必ずしも十分でなく、多くの問題がある。したがって、現行の防除法を見直し、その欠点を改善することは、経済的で、かつ効果的な防除法の開発という防除研究の本来的目的を達成するための現実的な研究方法であると考えられる。

この研究では、カモシカとシカの食害に対する忌避剤の効果試験を中心にして、防護柵の経済的効率を向上させるための電気柵の試験、ノウサギの捕獲法の検討、およびカモシカ食害の林業・経済的評価に不可欠な食害木の生長過程の予測のための問題抽出を行ったので、その結果を次の順序で報告する。

1. ベイトに対するノウサギの反応とその捕獲効果について
2. 忌避剤による被害防止
3. 防護柵（電気式）による被害防止
4. カモシカによるヒノキ造林木食害の実態と解析



# ベイトに対するノウサギの反応とその捕獲効果について

平 川 浩 文

## 1. 試 験 目 的

ノウサギによる造林木被害は、野ネズミ類による被害のように急激な増加や減少を示すことは少なく、むしろ日常的に発生している。しかし、発生被害の程度には条件により大きな相違があり、被害防止対策を難しくしている。くくり罠、銃器、巻狩り等の捕殺による個体数調整は忌避剤の使用と並んで被害防止対策として一般的である。しかし、ノウサギの通常の密度が絶対的に低く（多いときでヘクタールあたり1頭ぐらいとされる）単独生活者であることなどからその生息密度の推定は難しく、積雪地帯でかつ極めて限られた条件のもとでのみ可能な方法を除き、有効な密度推定法はない。このため、生息密度と被害発生との関連もまだ的確に把握されておらず、個体数調整は密度推定や目標密度設定なしに漠然と行われている現状にある。また、個体群動態や一般生態に関する研究も大きく遅れている実態にある。

簡単な捕獲法の開発は、ノウサギの個体数調査や個体群動態・一般生態研究に必要であると同時に、くくり罠等職人芸的捕殺法に変わる方法として必要である。このため、ベイト（餌）を用いた捕獲法の可能性について検討することにした。

罠による捕獲に際してベイトに期待される作用は誘引である。誘引作用は、①動物を遠くから罠（あるいはベイト）の視認距離まで引き寄せる作用、②罠（あるいはベイト）を視認した動物をさらに罠の中（上）に導く作用、の2つに便宜的に分けて考えることができる。ベイトに期待される基本的作用は第2のものであるが、第1の作用を併せ持てばベイトとしてより有効だといえる。

ベイトは一般に経験的に選択されており、ノウサギに対するベイトとしてはよくリンゴが使われている。これはリンゴの芳香が上記の第1の誘引作用を持ち、その高いとされる嗜好性が第2の誘引作用を持つと期待されているからであろう。しかし、ベイトがノウサギの生息環境中に通常存在しないものである場合、ベイトが視覚的あるいは臭覚的に当初どのように認識されるかはわかっていない。

無条件に強い誘引作用を持つベイトがあればいい。しかし、ノウサギをはじめとする広食性の植食動物は一般に経験に基づいて食物を選択することが知られており、特に飼育ノウサギでは新しい種類の食物に対して「ハンガーストライキ」と呼ばれる強い拒否反応を示すことが知られている。このため、ノウサギに馴染みのない餌のベイトとしての有効性にはある種の限界があると考えられる。ノウサギがすでに食物としている植物中に高い誘引性（あるいは嗜好性）を持つものがあればそれをベイトに用いることも考えられるが、こうした植物は今のところ知られていない。

ベイトに関わるこのような問題を検討するために、リンゴを用いて野外のノウサギを対象に

試験を行った。罠の影響を除くため当初罠を設置せずリンゴだけを散布してノウサギの反応を調査し、リンゴの摂食が始まった後には罠にリンゴを置いて反応を見た。

## 2. 試験の経過と得られた成果

調査地は茨城県筑波郡谷田部町内にある栗・桜苗木の圃場で面積は約4ha、三方を松林、一方をクヌギ林によって囲まれている。苗畑にはノウサギがよく出入りしており、桜の苗木には種類によって大きな被害の出ているものもあった。地面がよく耕され表面が柔らかいためノウサギの足跡が非常にきれいに残り、毎日の行動の様子がよく観察できた。調査は1980年9月から12月まで行った。

苗畑の中でノウサギの糞のよくみられる区画の1つ（120m×40m）に当初数個（4～8個）のリンゴを散布し、ノウサギの出現とリンゴの摂食状況をほぼ毎日調査した。リンゴの散布を始めて10日間はノウサギが毎日出現し、すぐ近く（2～3m以内）を動き回るにも関わらずまったく摂食がみられなかった。しかし、9月30日になって始めて摂食痕が観察され、その後は毎日摂食された。摂食が続くので10月6日になってかご罠を現場に設置し、10月8日に罠の中にベイトを置いたところ、2日後の10月10日に捕獲に成功した。捕獲個体は再放逐を行わず、罠は捕獲後撤去した。

1頭捕獲後も同様にリンゴの散布を継続し、ノウサギの出現と摂食の有無を観察した。捕獲後も毎日同区画へのノウサギの出現は認められたが、10月15日にわずかな摂食痕が見られたのを除けば10月22日までの14日間再び摂食の見られない日が続いた。10月23日になって再度連日の摂食が始まり、12月27日までの間で観察を行った47日間で摂食がなかったのは5日だけであった。11月7日および14日から新たに1個ずつかご罠をリンゴ散布カ所に設置したが、12月27日まで捕獲に成功しなかった。かご罠を設置している間、罠の中のリンゴとは別に数個のリンゴを罠の扉付近の地面の上に置いたが、これらは例外なく摂食された。何も捕獲することなく罠の扉が落ちていることが数回あったが、ノウサギが罠に掛かり損なったものと確実に判断できたのは1回のみであった。

また、同じ苗畑の中で別の区画に糞塊の集中しているところがあり、そこへ11月15日よりリンゴをベイトとしたかご罠を設置していたところ、12月25日に1頭の捕獲に成功した。この捕獲個体は調査区画にも出入りしていた個体であろうと推察した。なお、使用したかご罠はすべて新潟大学で改良された型のもので、大きさは35×35×60cm、両扉で中央に吊したベイトにノウサギが食いつくと扉が落ちる仕掛けの物である。

## 3. 考 察

リンゴの散布を始めた最初の10日間と1頭捕獲後の14日間には1回の例外を除いてまったく摂食がなかったことから、リンゴは初めのうちは摂食可能なものとして認識されていなかった



と考えられた。また、一度摂食が始まった後はほぼ毎日摂食が続いたことから、前記の事実にも関わらずリンゴはノウサギにとって比較的いい食物であったと考えられた。結局、リンゴはノウサギにとっていい食物でありながら初めからそのように認識されることはなかったのである。食物としての認識には試行的な摂食が必要なのであろう。したがって、自然環境下に存在しない食物をベイトとして用いる場合、あらかじめベイトを十分食物として認識させておくことが重要であろう。そうしておかなければ、そのベイトに誘引性をあまり期待できない。初めから罠の中にベイトを設置すると、罠に対する忌避性が先立つためにベイトに接触する機会がなく、ベイトの誘引性が罠に対する忌避性を上回ることがない可能性がある。

北海道や秋田県では冬期リンゴ他の食物を用いた捕獲成功例が多く見られる。こうした例では予め十分な期間をかけて餌慣らしをなくしても罠の設置と同時に周りに同じ食物を配置しておくといった程度の工夫でこうした成果をあげている。これはこれらの地方では冬積雪があり、生息環境中の食物がきわめて限られるためにノウサギが食物に逼迫して食物探索活動が活発化することが原因であると思われる。

今回、積雪のない10月から12月にかけて2頭の捕獲に成功したのは予め十分餌慣らしを行った効果によるところが大きいと考えられる。効率よい捕獲を行うためにはノウサギにとって初期の抵抗感が少なく、きわめて誘引作用の強いベイトを見つけることが鍵となろう。

## 忌避剤による被害防止

関 勝

### 1. 試験目的

獣類による森林被害を防止するひとつの方法として、対象獣が嫌う化学製剤や動物質の腐敗汁などの、いわゆる忌避剤を植栽木に塗布または散布して被害を防止する方法がある。この方法は、防護柵や植栽木をポリネット等で覆うなどして被害を防止する他の方法にくらべると、経済的であり、取り扱いも比較的簡便である。にもかかわらず、この方法があまり広く実施されていないのは、製剤の確実な効果、効果の持続期間などに問題があるからではないかと思われる。そこで、ここでは新しく開発された製剤、開発途上にあるもの、あるいは、既往の製剤の使用方法等についての試験を実施し、検討を加え、実用化をはかれる製剤を見い出すことを目的として、この試験を行った。

### 2. 試験の経過と得られた成果

この試験は、東京営林局天城営林署、栃木県々民の森管理事務所、林業薬剤協会、林業試験場浅川実験林多摩試験地の協力を得て、また、供試薬剤は各製薬会社より提供を受けて実施したものである。

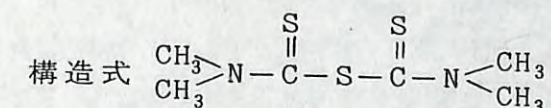
この試験に使用した製剤のうち、すでに忌避剤として市販されている製剤の場合は、使用方法に検討を加え、使用方法を変化させることにより、その製剤が対象としている獣類のみならず他の獣類に対しても忌避効果があるかないかについて試験を行った。それ以外の製剤は、まだ農薬登録以前の段階のもので、それぞれの製剤に対して、対象獣がどのような反応を示すかの試験を行い、効果の良否を判断した。

試験方法は、あとに述べる各製剤についての項で詳述するが、まず、飼育下の対象獣に対しての基礎試験を行い、その結果、忌避効果が良好であった製剤を野外（林野）試験へと移行させる方法で試験を行った。また、ある対象獣に有効な製剤は、対象獣を変えての試験も行った。

この試験で使用した各製剤の有効成分は、つぎのとおりである。

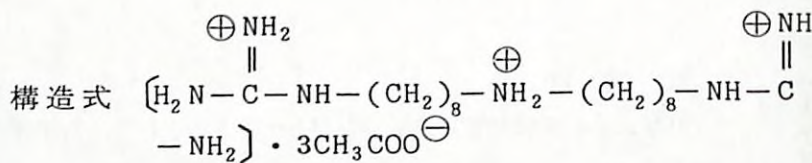
チウラム(thiuram)

化学名 Bis-(dimethylthiocarbamoyl)sulfide

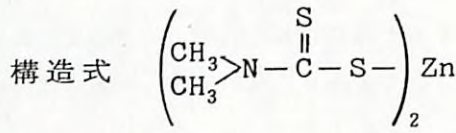




グアザチン(guazatine) 化学名 1-iminiodi(octamethylene)diguanium triacetate



ジラム(ziram) 化学名 Zinc dimethyldithiocarbamate



これらの有効成分は、すべて、現在農林業で多く使用されている殺菌剤の有効成分である点で一致している。そして、これらを有効成分とする殺菌剤で、農薬として登録されているものは、使用方法に誤りがなければ安全度は高いようである。

有効成分別に試験方法、結果などについて述べれば、つぎのとおりである。

(1) チウラムを有効成分とする製剤

カモシカ食害防止用忌避剤として開発されたチウラム・ラノリン混合剤について述べ、グアザチン・チウラム混合剤については、グアザチンを有効成分とする製剤の項で述べることにする。

○チウラム・ラノリン混合剤

本剤は、前述したようにカモシカ食害防止用忌避剤として開発されたもので、林野庁の報告書では、開発途上の本剤について、試験結果は良好であったと述べている。

その後、この混合剤は改良が加えられ、チウラム25%を含有する製剤が、カモシカ用忌避剤として市販されるようになった。

ここでの試験には、すべて、この市販製剤を用いて行った。

① カモシカに対する忌避効果

この試験は、栃木県足尾町大間々事業区の201林班は1小班(4.98ha)のヒノキ造林地(昭和56年春植栽)を試験地として実施した。さらに、試験地内の林縁部、尾根部などそれぞれ異った地形のところに、A、B、C、Dの4つの試験区を設定した。

試験方法は、試験区内の植栽木をナンバーテープで、忌避剤処理木と対照木に区分けした。区分けにあたり、処理木と対照木が隣接せず、千鳥状の配置になるよう心掛けた。

供試木への忌避剤の処理方法は、ゴム手袋を着用し、両手のひらに、ペースト状の忌避

表-1 カモシカに対するチウラム・ラノリン混合剤忌避効果試験結果

試験区	忌避剤処理木				対照木				備考				
	供試木 本数	被害程度			供試木 本数	被害程度							
		健全	頂端部 枝葉部	計		健全	頂端部 枝葉部	計					
A 区	131	本	0	本	0	本	121	本	0	本	4	本	12
B 区	168	本	0	本	3	本	162	本	1	本	4	本	7
C 区	198	本	3	本	0	本	217	本	0	本	6	本	6
D 区	138	本	1	本	3	本	134	本	0	本	20	本	24
計	635		4		6		634		1		38		49
A 区	131		0		9		129		0		1		3
B 区	168		1		11		164		0		3		5
C 区	198		0		1		221		1		6		8
D 区	138		0		3		142		3		6		11
計	635		1		24		656		4		16		27

注：供試木への忌避剤処理は昭和57年12月 2日に行った



剤の適量（苗木1本あたり約3g）をのばし、供試木の頂端部、枝葉部を両手でごくよくうにして塗布した。なお、忌避剤を処理する直前に、各試験区内の供試木のこれまでの被害カ所は、すべてせん定ばさみで切断し、被害をゼロの状態にして以後の調査にそなえた。

供試木への忌避処理は、昭和57年12月2日に行い、効果調査は、翌58年2月と6月の2回実施した。その結果は表-1に示すとおりである。表中の被害量は、調査時から調査時までの被害量であって、累積の被害量ではない。調査に際しては、供試木の被害状況を、頂端部のみ、枝葉部のみ、両者の複合被害の3つに区分して記録した。なお、カモシカによる樹幹部の皮はぎ、切断などの被害は、筆者の知る限り、造林されたヒノキ、スギの幼齢木には発生をみることがないのでこれを除いた。

結果の表をみてわかるとおり、2月の第1回目の調査のとき、供試木に、頂端部あるいは枝葉部など、なんらかの被害があったのは、忌避剤処理木が10本、対照木は49本で、両者の間に被害の差がみられる。しかし、6月の第2回目の調査では、両者の間にその差は全く見られない。これは、この時期には、すでにすべての供試木の新芽が伸長しており、忌避剤処理木に発生した被害は、この伸長した新芽の忌避剤が処理されていない部分に限られていた。

以上のようなことから、この忌避剤はカモシカによる被害防止に、有効に作用していることが推測できる。

## ② ノウサギに対する忌避効果

さきにも述べたように、この忌避剤はカモシカによる被害防止を目的として開発されたものであり、製品も対象獣をカモシカと指定している。しかし、カモシカが生息するところには、カモシカのみならず、他の獣類のシカ・ノウサギなどが混棲している場合が多い。そして、これらの獣類とカモシカの食性とが類似しているところから、植栽木の被害にもまた、これらの獣類との被害が混在しているのが普通である。このようなことから、この忌避剤に対してノウサギがどのような反応を示すかについて知ることが必要と考えこの試験を行った。

試験は、まず、浅川実験林多摩試験地の屋外飼育場で飼育中のノウサギに対して実施した。

### ア. 飼育下のノウサギに対する忌避効果

ノウサギによる植栽木の被害形態を観察すると、頂端部・枝葉部のほか、樹幹部の皮はぎ、切断などの被害が多く、これらは植栽木にとって決定的な被害になりやすい。そこで、この試験では、製品の使用説明書にあるカモシカに対する通常の方法、すなわち、ゴム手袋を着用し、手のひらにのばした忌避剤を指先につけ、頂端部・枝葉部の数カ所に塗布する方法に、樹幹部へも塗布する方法を加え、飼育下のノウサギについて忌避効果の試験を行った。

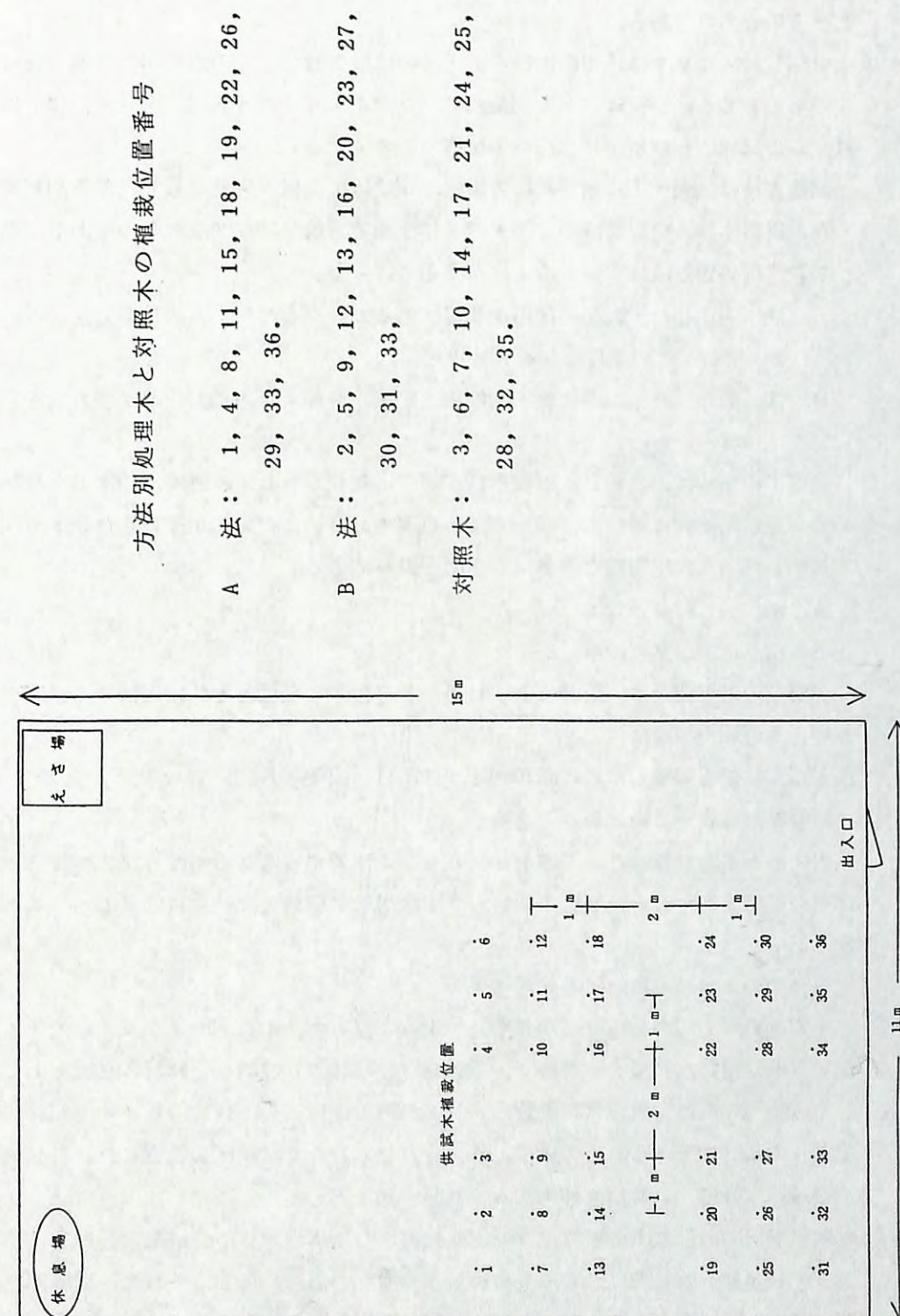


図-1 屋外飼育場略図



試験実施場所は、浅川実験林多摩試験地の屋外飼育場で、飼育場の規模、構造などは図-1のとおりである。

供試したノウサギは、和歌山県産のオスの成獣2頭で、この飼育場で2頭一緒に飼育中のものである。飼育は、水と固型飼料（ウサギ・モルモット用）を与え、餌の投与量は、この試験中も含め、常に飽食の状態を与えている。

試験方法は、図-1に示した飼育場内の定位置に供試木を植栽して、忌避剤処理を行った。供試木は、苗畑養成のヒノキの3年生苗で、苗高60~80cmのものである。供試木への忌避剤処理方法は、つぎのような要領で行った。

A 法：前述した、製品の使用説明書にあるカモシカに対する通常の方法。この試験では、この処理方法をA法と呼ぶ。

B 法：前述、A法に樹幹部・側枝部への塗布を加えた方法。この処理方法をB法と呼ぶ。

供試木の本数は、A・B法処理木12本ずつと対照木として無処理木12本の合計36本である。忌避剤処理に際して、同一方法の処理木あるいは対照木が連続しないよう配慮して処理を行った。使用した薬量はつぎのとおりである。

A 法 12g/12本

B 法 14g/12本

忌避剤の効果調査は、処理後、1日目、3日目、7日目とそれ以後は、1週間ごとに行い、5週間つづけた。

なお、試験を実施したのは昭和60年4月23日~同年5月28日である。

試験結果は表-2のとおりである。

表でわかるとおり、この忌避剤は、カモシカに対する通常の処理方法に樹幹部・側枝部への処理を加えると、飼育下のノウサギに対して極めて高い忌避効果のあることがわかる。

#### イ. 野外でのノウサギに対する忌避効果

忌避剤処理方法のB法（前項参照）によって行った、飼育下のノウサギに対する忌避効果試験が良好な結果を得たので、これを野外（林野）試験へと移行させたものである。

試験実施場所は、天城宮林署管内、135林班は小班（4.45ha）のヒノキ（昭和59年春植栽）の造林地である。この中に、A、B、C、Dの4試験区を設定した。各試験区での供試木本数は、忌避剤処理木50本、対照木50本とした。

各試験区での供試木の配置はランダム配置とし、供試木への忌避剤の処理方法は、頂端部・枝葉部への処理は、カモシカに対する所定の方法で行い、それに、樹幹部、側枝部への塗布を加えたB法（前項参照）で行った。

供試木、1本あたりに使用した薬量は、約1.0gであった。

試験区の設定、供試木への忌避剤処理は、昭和60年12月10日~11日に行い、翌年5月23日に効果調査を行った。

なお、試験区設定以前の供試木の被害は、試験区を設定したときに、被害カ所をはさみで切断、あるいは記録するなどして被害をゼロの状態にして以後の調査にそなえた。

効果調査は、ノウサギとシカによる被害とを区別し、また、被害カ所は、頂端部・枝葉部・樹幹部と、それらの複合被害に分けて記録した。その結果は表-3のとおりである。

結果の表から、ノウサギによってなんらかの被害を受けた供試木は、4試験区を合計すると、チウラム・ラノリン混合剤処理木が2本（1.0%）に対し、対照木は21本（10.5%）であった。さらに、それを被害部位でみると、樹幹部の皮はぎの被害は、本剤処理木では、1本に部分的な被害がみられ、一方、対照木では、12本に、将来枯死するか、または、植え替えが必要な程の被害がみられた。このようなことから、この忌避剤を植栽木へ処理する場合、B法によって行えば、ノウサギによる被害防止には、有効であると言える。

#### (2) グアザチンを有効成分とする製剤

グアザチンを有効成分とする殺菌剤は、リンゴの腐らん病などに有効な殺菌剤である。この殺菌剤を処理した果樹には、ノウサギ、ノネズミなどの獣害がみられなかったことから、グアザチンを動物忌避剤の有効成分として利用できるか否かを確かめるため、試験を行ったものである。

使用した製剤は、グアザチン3%を含有するもの、およびグアザチン3%を含有し、チウラム6%を含有する混合製剤である。後者の混合剤は、グアザチンとチウラムの相乗効果を期待して調剤された製剤である。

試験は、この2つの製剤の原液、2倍液、4倍液、6倍液と言うように濃度を変え、また、飼育下、野外（林野）等の条件を変え、そして対象獣の種を変えて行った。

実施した各試験の内容、結果などはつぎのとおりである。

#### ① 飼育下のノウサギに対する忌避効果

飼育下のノウサギに対する試験は、すべて浅川実験林多摩試験地の屋外飼育場に飼育中のノウサギについて実施した。ノウサギの飼育は、水と固型飼料を飽食の状態を与えている。

#### ア. グアザチン製剤およびグアザチン・チウラム混合剤の原液の忌避効果

この試験に供試したノウサギは、鹿児島県産のオスの成獣1頭である。供試木は、苗畑養成の3年生のヒノキで、苗高40~50cmのものを使用した。試験は、昭和57年12月22日から、翌年1月にかけて実施した。

供試木への忌避剤処理方法は、両剤とも、原液を使用したもので粘性が高く、噴霧器が



表-2 飼育下のノウサギに対するチウラム混合剤の忌避効果試験結果

供試木 番号	1日目	3日目	7日目	14日目	21日目	28日目	35日目
1	○	○	枝1切断 幹腐状痕は甚	×			
4	○	○	幹腐状痕は甚 3×12cm	×			
8	○	○	枝2切断 幹30cm切断 幹腐状痕は甚				
11	○	○	○	×			
15	○	○	○	×			
18	○	○	○	×			
19	○	○	○	×			
22	○	○	○	×			
26	○	○	○	×			
29	○	○	○	×			
33	○	○	○	×			
36	○	○	○	×			

供試木 番号	1日目	3日目	7日目	14日目	21日目	28日目	35日目
3	○	○	枝1切断 幹腐状痕は甚 1×30cm	×			
6	○	○	枝5切断 幹腐状痕は甚	×			
7	○	○	枝2切断 幹35cm切断 幹腐状痕は甚	×			
10	○	○	枝3切断 幹腐状痕は甚	×			
14	○	○	○	×			
17	○	○	枝2切断 幹腐状痕は甚	×			
21	○	○	○	×			
24	○	○	枝2切断 幹42cm切断 幹腐状痕は甚	×			
25	○	○	○	×			
28	○	○	枝3切断 幹38cm切断 幹腐状痕は甚	×			
32	○	○	枝1切断 幹腐状痕は甚	×			
35	○	○	枝1切断 幹腐状痕は甚	×			

注： 1. ○印は健全(無被害)状態  
2. ×印は被害のため将来枯死すると思われるもの

供試木 番号	1日目	3日目	7日目	14日目	21日目	28日目	35日目
2	○	○	○	○	○	○	○
5	○	○	○	○	○	○	○
9	○	○	○	○	○	○	○
12	○	○	○	○	○	○	○
13	○	○	○	○	○	○	○
16	○	○	○	○	○	○	○
20	○	○	○	○	○	○	○
23	○	○	○	○	○	○	○
27	○	○	○	○	○	○	○
30	○	○	○	○	○	○	○
31	○	○	○	○	○	○	○
33	○	○	○	○	○	○	○

表-3 ノウサギに対するチウラム混合剤の忌避効果試験結果

試 験 区	忌 処 対	建 理 照	剤と木	供試木 本 数	被害程度								ノ ウ の サ ギ 以 害	
					健 全	頂 端 部	枝 葉 部	樹 幹 部	頂 端 部 枝 葉 部	頂 端 部 樹 幹 部	枝 葉 部 樹 幹 部	頂 端 部 枝 葉 部 樹 幹 部		計
A 区	チウ ラ ノ 対	ラ ム リ ン	混 合 剤 照	50	33	0	1	0	0	0	0	0	2	15
B 区	チウ ラ ノ 対	ラ ム リ ン	混 合 剤 照	50	37	0	4	1	0	0	0	0	6	7
C 区	チウ ラ ノ 対	ラ ム リ ン	混 合 剤 照	50	42	0	0	0	0	0	0	0	0	8
D 区	チウ ラ ノ 対	ラ ム リ ン	混 合 剤 照	50	37	0	3	4	0	0	0	1	8	5
E 区	チウ ラ ノ 対	ラ ム リ ン	混 合 剤 照	50	39	0	0	0	0	0	0	0	0	11
F 区	チウ ラ ノ 対	ラ ム リ ン	混 合 剤 照	50	35	0	0	0	0	0	0	0	0	15
G 区	チウ ラ ノ 対	ラ ム リ ン	混 合 剤 照	50	27	0	1	6	0	0	0	0	7	16
合 計	チウ ラ ノ 対	ラ ム リ ン	混 合 剤 照	200	142	0	1	1	0	0	0	0	2	56
試 験 区	チウ ラ ノ 対	ラ ム リ ン	混 合 剤 照	200	140	0	8	11	0	0	0	1	21	39

注：忌避剤処理期日 昭和60年12月10～11日  
効果調査期日 " 61年5月23日



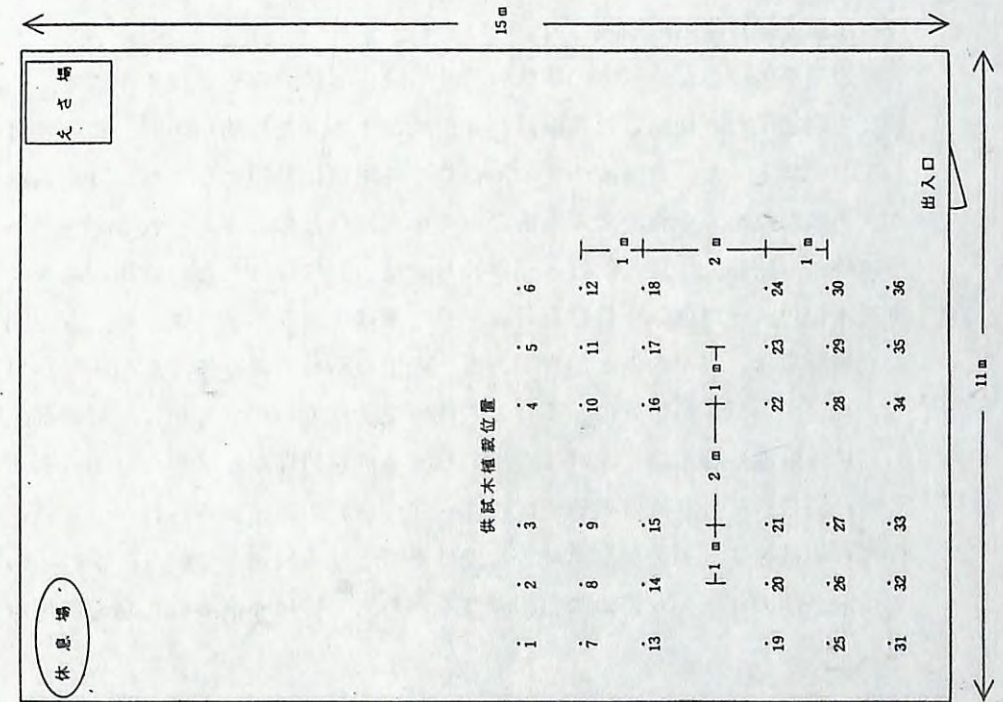
表-4 飼育下のノウサギに対するグアザチン混合剤(原液)の忌避効果試験結果

グアザチン製剤(原液)						グアザチン混合剤(原液)					
供試木 番号	1日目	3日目	5日目	7日目	10日目	供試木 番号	1日目	3日目	5日目	7日目	10日目
1	○	○	○	○	○	2	○	○	○	○	○
5	○	○	○	○	○	6	○	○	○	○	○
9	○	○	○	○	○	7	○	○	○	○	○
10	○	○	○	○	○	11	○	○	○	○	○
14	○	○	○	○	○	15	○	○	○	○	○
18	○	○	○	○	○	16	○	○	○	○	○
19	○	○	○	○	○	20	○	○	○	○	○
23	○	○	○	○	○	24	○	○	○	○	○
27	○	○	○	枝3切断 幹皮はぎ2× 30cm	変化なし	25	○	○	○	○	○
28	○	○	○	幹皮はぎ1× 5cm	変化なし	29	○	○	○	○	○
32	○	○	○	○	○	33	○	○	○	○	○
36	○	○	○	○	○	34	○	○	○	○	○

対 照 木

供試木 番号	1日目	3日目	5日目	7日目	10日目
3	○	枝3切断 幹皮はぎ2× 12cm	枝2切断	枝2切断	枝7切断 幹皮はぎ1× 11cm
4	○	○	○	幹30cm切断 幹全面皮はぎ	×
8	○	枝3切断	幹根元切断	×	
12	○	○	幹皮はぎ2× 25cm	枝1切断	枝1切断
13	○	幹皮はぎ1× 17cm	枝5切断	幹30cm切断 枝全部切断	×
17	○	幹20cm切断 枝全部切断	×		
21	○	幹皮はぎ1× 7cm	幹皮はぎ2× 20cm	幹10cm切断	×
22	○	幹13cm切断	×		
26	○	幹40cm切断	変化なし	変化なし	幹35cm切断
30	○	幹皮はぎ2× 20cm	幹25cm切断 枝全部切断	×	
31	枝1切断	幹32cm切断 幹全面皮はぎ	×		
35	○	枝1切断 幹皮はぎ2× 28cm	幹25cm切断 枝全部なし	×	

図-2 屋外飼育場略図



供 試 木 番 号

グアザチン製剤	1, 5, 9, 10, 14, 18, 19, 23, 27, 28, 32, 36.
グアザチン混合剤 チウラム	2, 6, 7, 11, 15, 16, 20, 24, 25, 29, 33, 34.
対 照 木	3, 4, 8, 12, 13, 17, 21, 22, 26, 30, 31, 35.
グアザチン混合剤 チウラム (4倍液)	2, 5, 7, 10, 15, 18, 20, 23, 25, 28, 23, 36.
" (6倍液)	3, 6, 8, 11, 13, 16, 21, 24, 26, 29, 31, 34.
対 照 木	1, 4, 9, 12, 14, 17, 19, 22, 27, 30, 32, 35.



使用できないため、植栽前の供試木の全体にハケで塗布処理をした。処理後、自然乾燥させ、図-2に示す位置に植栽した。使用した薬量は、両剤とも、供試木1本あたり約12gである。

効果の調査は、忌避剤処理後、1日目、3日目、5日目、7日目、10日目の5回調査を行った。

試験結果は、表-4に示すとおりで、混合剤を処理した供試木には、この試験期間中全く被害がなかった。また、グアザチン製剤の供試木には7日目に2本の被害がみられるものの、対照木の被害状況と比較して判断すれば、両剤とも忌避効果は高いものといえる。

#### イ. グアザチン・チウラム混合剤の4倍および6倍液の忌避効果

グアザチン製剤およびグアザチン・チウラム混合剤の原液が飼育下のノウサギに対して忌避効果が高かったが、その後、他のいくつかの試験を経た結果、グアザチン製剤にくらべ、混合剤の方がより忌避効果が高いように思われた。そこで、再度、飼育下のノウサギに対して、経済的な面も考慮に入れて、混合剤の4倍および6倍液で試験を行った。

供試したノウサギは、和歌山県産のオスの成獣2頭で、供試木は、ヒノキ2年生（苗木育成苗）の苗高30~50cmのものである。

試験方法は、混合剤の原液を水で4倍および6倍に希釈した液を作り、これを植栽前の供試木に噴霧器で処理した。処理した供試木は、自然乾燥させたのち図-2に示すような配置で飼育場内に植栽した。

忌避剤を処理した供試木の本数は、4倍液、6倍液ともに12本ずつで、これに対照木の12本を加えた。使用した薬量は、4倍液が1本あたり約15ccで、6倍液は1本あたり約33.3ccであった。6倍液の1本あたりの使用量が多量になったのは、希釈により粘性が失われたため、それによる液剤のロスがあったためと考えられる。

試験は、昭和60年10月29日~同年12月3日の間に実施した。効果の調査は、忌避剤処理後1日目、3日目、7日目と行い、その後は1週間ごとに実施し、5週間つづけた。

試験結果は、表-5のとおりである。表にみられるように、対照木は14日目になると、ほとんどの供試木が枯死に至るほどの被害を受けている。しかし、忌避剤処理木は、14日目に4倍液処理木が1本（1カ所のみ）、6倍液処理木が2本（各1カ所ずつ）被害を受け、21日目には6倍液処理木に1本（2カ所）の被害がみられた。これらの被害は1回だけの被害で、その後は再被害を受けることなく経過している。これらのことから、この混合剤の4倍、6倍の両希釈液は、ともに（特に4倍液は）忌避効果が高いといえる。

表-5 飼育下のノウサギに対するグアザチン・チウラム混合剤（4倍・6倍液）の忌避効果試験結果

試験木 番号	1 日目	3 日目	7 日目	14 日目	21 日目	28 日目	35 日目
1	幹30cm切断 ○	幹皮は1× 20cm ○	変化なし ○	幹27cm切断 枝5切断 ○	変化なし ○	変化なし ○	変化なし ○
4	○	○	○	幹15cm切断 ○	○	○	○
9	○	○	○	幹16cm切断 ○	○	○	○
12	幹30cm切断 ○	○	○	○	○	○	○
14	○	幹皮は1× 15cm ○	幹27cm切断 ○	幹18cm切断 ○	○	○	○
17	○	○	○	幹9cm切断 ○	○	○	○
19	○	○	○	幹23cm切断 ○	○	○	○
22	○	○	○	幹全断面は ○	○	○	○
27	○	○	○	幹全断面は ○	○	○	○
30	○	○	○	○	○	○	○
32	○	○	○	○	○	○	○
35	○	○	○	○	○	○	○

試験木 番号	1 日目	3 日目	7 日目	14 日目	21 日目	28 日目	35 日目
2	○	○	○	○	○	○	○
5	○	○	○	○	○	○	○
7	○	○	○	○	○	○	○
10	○	○	○	○	○	○	○
15	○	○	○	○	○	○	○
18	○	○	○	○	○	○	○
20	○	○	○	○	○	○	○
23	○	○	○	○	○	○	○
25	○	○	○	○	○	○	○
28	○	○	○	○	○	○	○
33	○	○	○	○	○	○	○
36	○	○	○	○	○	○	○

試験木 番号	1 日目	3 日目	7 日目	14 日目	21 日目	28 日目	35 日目
3	○	○	○	○	○	○	○
6	○	○	○	○	○	○	○
8	○	○	○	○	○	○	○
11	○	○	○	○	○	○	○
13	○	○	○	○	○	○	○
16	○	○	○	○	○	○	○
21	○	○	○	○	○	○	○
24	○	○	○	○	○	○	○
26	○	○	○	○	○	○	○
29	○	○	○	○	○	○	○
31	○	○	○	○	○	○	○
34	○	○	○	○	○	○	○



## ② 飼育下のカモシカに対する忌避効果

飼育下のノウサギに対して有効であったグアザチン製剤とグアザチン・チウラム混合剤の両剤に飼育下のカモシカがどのような反応を示すかについて、栃木県県民の森管理事務所飼育中のカモシカに対して試験を行った。

### ア. グアザチン製剤およびグアザチン・チウラム混合剤の2倍液の忌避効果

この試験に供試したカモシカは、昭和56年に栃木県下で、哺乳中の幼体で保護されたものを県民の森管理事務所が飼育し、現在に至ったオスの成獣である。餌は、冬期には乾燥牧草（牛用の市販のもの）を与え、夏期には乾燥牧草とアカシヤの葉などの緑葉を飽食の状態を与えている。

供試木は、苗木育成の4年生のヒノキで、苗高は60～90cmのものである。

試験方法は、両剤とも水で希釈した2倍液を作り、植栽前の供試木にハケで塗布処理した。処理後、自然乾燥させ、図-3に示す飼育場内の定位置に植栽した。なお、この試験では、混合剤の一方の有効成分であるチウラムの3%液を作り、同様の方法で供試木に処理して、同時にその効果を調べた。供試木の本数は、各製剤処理木、対照木4本ずつの計16本である。使用した各製剤の1本あたりの薬量はつぎのとおりである。

グアザチン製剤	}	約30cc
グアザチン		
チウラム		
チウラム3%液		約20cc

効果の調査は、供試木を植栽後、1日目、3日目、7日目、14日目の4回、被害の有無、程度について記録した。

試験は、全く同様な方法で、昭和58年12月22日～同59年1月4日と同59年4月12日～4月25日の2回実施した。

試験結果は表-6に示すとおりである。2回の結果から、各忌避剤とも、対照木の被害状態からみると忌避効果のあることがわかる。しかし、各忌避剤処理木も時間の経過とともに被害が増加していくようである。

## ③ 野外でのシカに対する忌避効果

ノウサギに対して、有効な忌避作用のあった両忌避剤に、野生のシカがどのような反応を示すかについて、天城営林署管内で試験を実施した。

### ア. グアザチン製剤およびグアザチン・チウラム混合剤の2倍液の忌避効果

試験実施場所は、天城営林署135林班は小班（4.45ha）で、ここはシカによる被害が多くみられるところである。植栽樹種はヒノキで、昭和59年春に植栽され、樹高は50～80cmである。

試験方法は、4.45haの小班内に、A、B、Cの3つの試験区を設定し、各試験区ごと

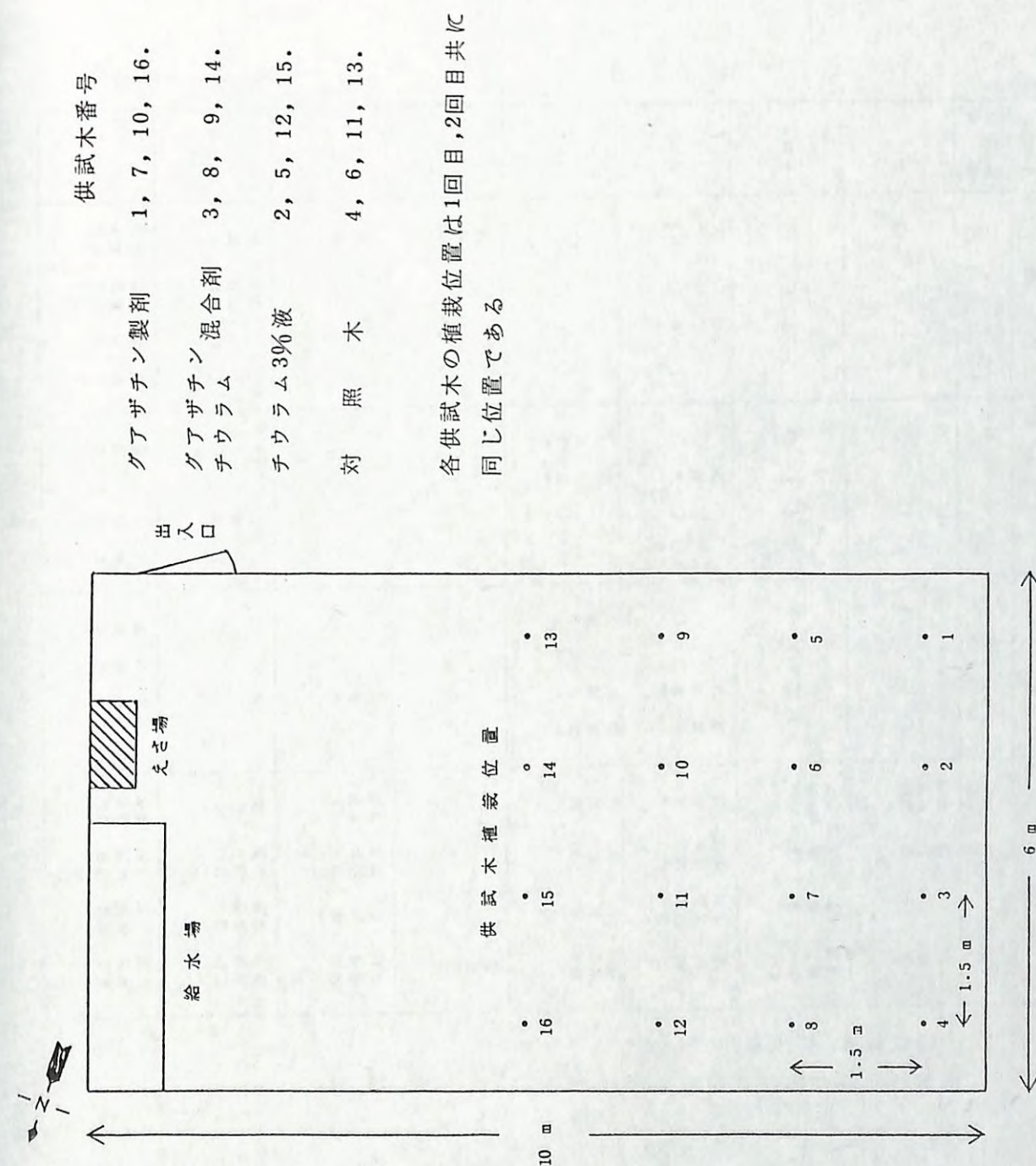


図-3 屋外飼育場略図



表-6 飼育下のカモシカに対するグアザチン製剤 (2倍液) の忌避効果試験結果  
グアザチン製剤  
チウラム混合剤

忌避剤 処理木 番号	1 回 目				2 回 目			
	1 日 目	3 日 目	7 日 目	14 日 目	1 日 目	3 日 目	7 日 目	14 日 目
グアザチン 製剤	1	○	○	○	○	○	○	○
	7	○	○	○	○	○	○	○
	10	○	○	○	○	○	○	○
	16	○	○	○	○	○	○	○
グアザチン・ チウラム 混合剤	3	○	○	○	○	○	○	○
	8	○	○	○	○	○	○	○
	9	○	○	○	○	○	○	○
	14	○	○	○	○	○	○	○
チウラム 3% 液	2	○	○	○	○	○	○	○
	5	○	○	○	○	○	○	○
	12	○	○	○	○	○	○	○
	15	○	○	○	○	○	○	○
対 照 木	4	頂端部 枝葉部4	頂端部 枝葉部13	枝葉部8	枝葉部4	○	頂端部 枝葉部5	枝葉部6
	6	枝葉部1	枝葉部11	頂端部 枝葉部9	枝葉部7	○	頂端部 枝葉部11	頂端部 枝葉部17
	11	○	枝葉部5	頂端部 枝葉部19	枝葉部14	○	枝葉部4	頂端部 枝葉部20
	13	枝葉部2	頂端部 枝葉部13	枝葉部11	頂端部 枝葉部14	枝葉部2	頂端部 枝葉部20	頂端部 枝葉部16

注：○印は健全(無被害)状態  
枝葉部5等の数字は被害カ所数である

表-7 シカに対するグアザチン製剤 (2倍液) の忌避効果試験結果  
グアザチン製剤  
チウラム混合剤

試験 区	忌避剤処理 模と対照木	供試木 本数	被害程度					シカ 以外の 被害
			健 全	頂 端 部	枝 葉 部	頂 端 部 枝 葉 部	計	
A	グアザチン 製剤	40	32	0	4	4	8	0
	グアザチン・ チウラム 混合剤	40	0	0	0	0	0	0
	対 照	40	25	1	5	6	12	3
B	グアザチン 製剤	40	35	0	5	0	5	0
	グアザチン・ チウラム 混合剤	40	39	0	1	0	1	0
	対 照	40	30	1	4	4	9	1
C	グアザチン 製剤	40	26	0	2	1	3	11
	グアザチン・ チウラム 混合剤	40	29	0	2	1	3	8
	対 照	40	17	0	10	2	12	11
合 計	グアザチン 製剤	120	93	0	11	5	16	11
	グアザチン・ チウラム 混合剤	120	108	0	3	1	4	8
	対 照	120	72	2	19	12	33	15



の供試木は、2つの忌避剤処理木と対照木それぞれ40本ずつの合計120本とした。各供試木の配置は、青、赤、白色の3色のナンバーテープを供試木と同数、袋に入れてかくはんしたのち、無作意にとり出して、供試木に添付した。その結果、青色ナンバーテープのついた供試木をグアザチン製剤処理木とし、赤色を混合剤処理木、白色を対照木とした。

供試木への両忌避剤の処理方法は、両剤とも水で希釈した2倍液を作り、噴霧器を使用して供試木へ散布処理した。使用した両製剤の液量はつぎのとおりである。

グアザチン製剤 4ℓ 処理本数120本

グアザチン  
混合剤 3.5ℓ 処理本数120本  
チウラム

処理本数120本は、3試験区合計である。

供試木への忌避剤処理は昭和59年11月7日に行い、効果の調査は、翌年5月30日に行った。その結果は表-7に示すとおりである。

表から、供試木になんらかの被害（頂端部、枝葉部あるいはそれらの複合被害）を受けたものは、3試験区を合計するとつぎのとおりである。

グアザチン製剤処理木 16本（13.3%）

グアザチン  
混合剤処理木 4本（3.3%）  
チウラム

対 照 木 33本（27.5%）

この結果から、両忌避剤で処理された供試木の被害は、対照木の被害より、いずれも少く、とくに、混合剤の場合は、その効果を評価できる。

### (3) ジラムを有効成分とする製剤

動物忌避剤として新しく輸入されたものでジラムを32%含有する製剤である。この製剤を使用して行った効果試験について、以下に述べる。

#### ① 飼育下のノウサギに対する忌避効果

多摩試験地に飼育中のノウサギに対して試験を行い、この忌避剤の原液と2倍液、そして3倍液と5倍液の2回の試験を行った。

2回の試験は、その方法、条件などほぼ同様な要領で実施したので、まとめて述べるとつぎのとおりである。

実施時期 第1回目 原液と2倍液試験

昭和60年1月16日～2月20日

第2回目 3倍と5倍液試験

昭和60年3月13日～4月17日

供 試 木 ヒノキ 3年生（苗畑育成苗）苗高60～80cm

供 試  
ノウサギ 和歌山県産 オス 成獣 2頭

試験方法 第1回目の原液と2倍液の試験では、供試木への忌避剤処理は、植栽前にハケで樹幹部・枝葉部に塗布し、自然乾燥させたのち、図-4に示すような配置で飼育場内に植栽した。忌避剤を処理した供試木は、それぞれ12本ずつで、それに対照木として12本を加えた。忌避剤の希釈は水を使用した。

第2回目の3倍液と5倍液の試験では、供試木への忌避剤処理を噴霧器で行った以外は、すべて第1回目と同様な要領で実施した。

供試木に処理した忌避剤の量はつぎのとおりである。

	供試木本数	忌避剤使用料	1本あたり忌避剤の量
原 液	12本	150g	12.5g
2 倍 液	12本	200g	16.7g
3 倍 液	12本	600ml	50.0ml
5 倍 液	12本	750ml	62.5ml

効果の調査は、供試木植栽後、1日目、3日目、7日目とそれ以後は1週間ごとに行い、それを5週間つづけた。

試験結果は表-8、9に示すとおりである。

表でわかるように、この忌避剤の原液、2倍液は、飼育下のノウサギに対しては確実な忌避効果があり、また、3倍液、5倍液も対照木の被害状況と対比すれば、その目的は十分に達しているといえる。

#### ② ジラム製剤3倍液の野外でのノウサギに対する忌避効果

飼育下のノウサギに対する忌避効果試験で、良好な結果を得たのでそれを野外（林野）試験へと移行させたものである。

試験を実施した場所は、天城宮林署管内の135林班は小班（4.45ha）のヒノキの造林地（昭和59年春植）である。この造林地内にA、B、C、Dの4試験区を設定して試験を行った。各試験区での供試木本数は、忌避剤処理木50本、対照木50本とした。

各試験区での供試木の配置方法はランダム配置とし、供試木への忌避剤処理方法は、水で希釈した3倍液を作り、噴霧器で供試木全体に散布処理を行った。供試木1本あたり使用した薬液量は約40ccであった。

試験区の設定、供試木への忌避剤処理は、昭和60年12月10日～11日に行い、翌年5月23日に効果調査を行った。

なお、試験区を設定したときに、それ以前の供試木の被害は、被害カ所をはさみで切断



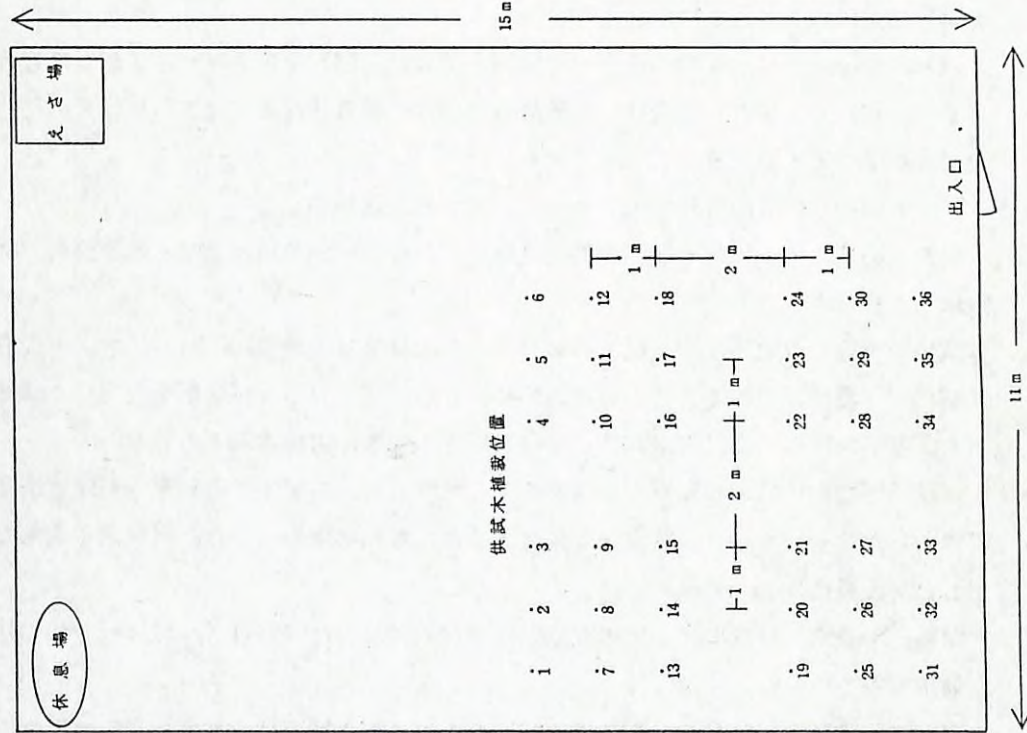


図-4 屋外飼育場略図

表-8 飼育下のノウサギに対するジラム製剤(原液・2倍液)の忌避効果試験結果

供試木番号	1日目	3日目	7日目	14日目	21日目	28日目	35日目
1	○	○	○	○	○	○	○
4	○	○	○	○	○	○	○
8	○	○	○	○	○	○	○
11	○	○	○	○	○	○	○
15	○	○	○	○	○	○	○
18	○	○	○	○	○	○	○
19	○	○	○	○	○	○	○
22	○	○	○	○	○	○	○
26	○	○	○	○	○	○	○
29	○	○	○	○	○	○	○
33	○	○	○	○	○	○	○
36	○	○	○	○	○	○	○
2	○	○	○	○	○	○	○
5	○	○	○	○	○	○	○
9	○	○	○	○	○	○	○
12	○	○	○	○	○	○	○
13	○	○	○	○	○	○	○
16	○	○	○	○	○	○	○
20	○	○	○	○	○	○	○
23	○	○	○	○	○	○	○
27	○	○	○	○	○	○	○
30	○	○	○	○	○	○	○
31	○	○	○	○	○	○	○
34	○	○	○	○	○	○	○

供試木番号	ジラム製剤 (原液)	忌避効果試験結果
1, 4, 8, 11, 15, 18, 19, 22, 26, 29, 33, 36.	ジラム製剤 (原液)	1, 4, 8, 11, 15, 18, 19, 22, 26, 29, 33, 36.
2, 5, 9, 12, 13, 16, 20, 23, 27, 30, 31, 34.	〃 (2倍液)	2, 5, 9, 12, 13, 16, 20, 23, 27, 30, 31, 34.
3, 6, 7, 10, 14, 17, 21, 24, 25, 28, 32, 35.	対照木	3, 6, 7, 10, 14, 17, 21, 24, 25, 28, 32, 35.
1, 4, 8, 11, 15, 18, 19, 22, 26, 29, 33, 36.	ジラム製剤 (3倍液)	1, 4, 8, 11, 15, 18, 19, 22, 26, 29, 33, 36.
2, 5, 9, 12, 13, 16, 20, 23, 27, 30, 31, 34.	〃 (5倍液)	2, 5, 9, 12, 13, 16, 20, 23, 27, 30, 31, 34.
3, 6, 7, 10, 14, 17, 21, 24, 25, 28, 32, 35.	対照木	3, 6, 7, 10, 14, 17, 21, 24, 25, 28, 32, 35.



し、あるいは記録するなどして、被害をゼロの状態にし、以後の調査にそなえた。

効果調査は、ノウサギとシカによる被害を区別し、また、被害状況は、頂端部・枝葉部・樹幹部、そして、それらの複合被害とに分けて記録した。その結果は表-10のとおりである。

表にみられるように、この忌避剤の3倍液で処理された供試木には、被害が全くなく、試験期間を経過し、飼育下のノウサギに対してと同様、確実な忌避効果を立証している。

### ③ 飼育下のカモシカに対する忌避効果

ここでの試験は、ノウサギに対して忌避効果の高いこの忌避剤を、カモシカに応用できるか否かを確かめるため、飼育下のカモシカについて行ったものである。

試験を実施した場所、供試したカモシカは、グアザチン製剤の項で述べた場所と同じ栃木県県民の森管理事務所であり、同じカモシカである。

供試木への忌避剤の処理方法は、忌避剤の原液と水で希釈した2倍液、5倍液を用意して、植栽前の供試木の全体にハケで塗布処理をした。処理後、自然乾燥させた供試木を飼育場内の図-5に示す位置に植栽した。忌避剤を処理した供試木は、それぞれ4本ずつで、それに対照木4本を加えた。使用した薬液量はつぎのとおりである。

	供試木本数	使用薬液量	1本あたり薬液量
原 液	4本	65g	16.25g
2 倍 液	4本	60g	15.00g
5 倍 液	4本	60g	15.00g

効果の調査は、供試木植栽後、1日目、3日目、7日目とその後は1週間ごとに行い、それを5週間つづけた。

試験結果は、表-11のとおりである。

この忌避剤の原液、2倍液は飼育下のカモシカに対しても、確実な忌避効果のあることが判明した。また、5倍液の場合は、対照木の被害とくらべれば僅少ではあるが、時間の経過とともに被害を受けるようになることがわかった。

### 考 察

これまでに効果試験を行ってきた忌避剤のうち、すでに市販されている、チウラム・ラノリン混合剤をカモシカ、ノウサギなどによる被害の発生地域で使用する場合は、頂端部、枝葉部への処理ばかりではなく、樹幹部への処理も加えることを是非奨励したい。それは、これまでに述べてきた試験の中で、樹幹部へ本剤を処理することにより、ノウサギによる被害を著しく軽減できることを実証できたからである。獣類によって植栽木が受ける被害のうち、枝葉部の少々の被害は、植栽木の成長にはあまり影響はない。しかし、樹幹部へ受ける被害は決定的なものになりやすい。

表-9 飼育下のノウサギに対するジラム製剤(3倍・5倍液)の忌避効果試験結果

供試木 番 号	1 日 目	3 日 目	7 日 目	14 日 目	21 日 目	27 日 目	35 日 目
3	枝5切断 幹1切断 除3は1 X3	X					
6	枝7切断 幹1切断 除3は1 X3	X					
7	枝4切断 幹1切断 除3は1 X3	X					
10	枝10切断 幹1切断 除3は1 X3	X	X				
14	枝5切断 幹35cm切断 除3は1 X3	X					
17	枝5切断 幹1切断 除3は1 X3	X					
21	枝5切断 幹1切断 除3は1 X3	X					
24	枝7切断 幹40cm切断 除3は1 X3	X					
25	枝5切断 幹1切断 除3は1 X3	X	X				
28	枝9切断 幹1切断 除3は1 X3	X					
32	枝5切断 幹1切断 除3は1 X3	X					
35	枝5切断 幹1切断 除3は1 X3	X					

供試木 番 号	1 日 目	3 日 目	7 日 目	14 日 目	21 日 目	27 日 目	35 日 目
1	○	○	○	○	○	○	○
4	○	○	○	○	○	○	○
8	○	○	○	○	○	○	○
11	○	○	○	○	○	○	○
15	○	○	○	○	○	○	○
18	○	○	○	○	○	○	○
19	○	○	○	○	○	○	○
22	○	○	○	○	○	○	○
26	○	○	○	○	○	○	○
29	○	○	○	○	○	○	○
33	○	○	○	○	○	○	○
36	○	○	○	○	○	○	○
2	○	○	○	○	○	○	○
5	○	○	○	○	○	○	○
9	○	○	○	○	○	○	○
12	○	○	○	○	○	○	○
13	○	○	○	○	○	○	○
16	○	○	○	○	○	○	○
20	○	○	○	○	○	○	○
23	○	○	○	○	○	○	○
27	○	○	○	○	○	○	○
30	○	○	○	○	○	○	○
31	○	○	○	○	○	○	○
34	○	○	○	○	○	○	○







表-11 飼育下のカモシカに対するジラム製剤（原液・2倍・5倍液）の忌避効果試験結果

液対 状照 と木	供番 試 木号	1 日 目	3 日 目	7 日 目	14 日 目	21 日 目	28 日 目	35 日 目
原 液	1	○	○	○	○	○	○	○
	7	○	○	○	○	○	○	○
	10	○	○	○	○	○	○	○
	16	○	○	○	○	○	○	○
2 倍 液	2	○	○	○	○	○	○	○
	5	○	○	○	○	○	○	○
	12	○	○	○	○	○	○	○
	15	○	○	○	○	○	枝葉部1	変化なし
5 倍 液	3	○	○	○	○	○	○	○
	8	○	○	○	○	枝葉部7	枝葉部5	枝葉部2
	9	○	○	○	○	枝葉部4	枝葉部2	頂端部 枝葉部6
	14	○	○	○	枝葉部2	枝葉部8	頂端部 枝葉部16	枝葉部9
対 照 木	4	頂端部 枝葉部4	枝葉部10	枝葉部1	枝葉部2	×		
	6	○	枝葉部11	枝葉部3	頂端部 枝葉部33	×		
	11	枝葉部9	頂端部 枝葉部11	枝葉部4	頂端部 枝葉部18	×		
	13	○	○	枝葉部3	頂端部 枝葉部15	×		

- 注： 1. ○印は健全（無被害）状態  
 2. ×印は被害のため将来枯死すると思われるもの  
 3. 枝葉部3等の数字は被害カ所数である

すなわち、樹幹部を環状に剥皮されれば枯死に至ることはいうまでもなく、また、部分的な剥皮被害でも、将来、材質などにおよぼす影響は大きなものであろう。このようなことから、植栽木の樹幹部を保護する上で、本剤は大きな役割をもつものと考えられる。

グアザチンを有効成分とする製剤では、グアザチン単剤の製剤よりも、グアザチン・チウラム混合剤の方が、ノウサギ、シカに対して、忌避効果があることが判明した。使用するにあたっては、経済的な面も考えると、2～3倍液でも、充分その目的は達せられるものと考えられる。

ジラム製剤は、試験結果から、ノウサギ、カモシカなどに対して、極めて高い忌避効果があることがわかった。これは近い将来市販されるものと思われるが、本剤を使用する際、2～4倍液でも充分な忌避効果が得られるものと考えられる。

忌避剤を使用して被害防止をするにあたっては、つぎに述べるようなことを念頭におくことが肝要である。

カモシカ・シカ・ノウサギなどの植物質を餌とする獣類による被害は、植栽木以外の植物が落葉あるいは枯れる時期の晩秋から冬にかけてが発生しやすい。しかし、林床植生が欠如していたり、未発達な造林地では、春、夏でも被害は発生する。とくに新植地では、地ごしらえしてから間もないため、林床植生が未発達なところが多く、また、植栽時期には、植栽木以外の植物が未だ開葉していない場合もある。このため、餌植物の不足から、被害は多発する。そして、この時期の被害は、獣類の摂食による被害のみではなく、新植された植栽木の活着が十分でないため、獣類が摂食時に起す引っ張りなどの物理的原因による根浮きで枯死する二次的被害も少なくない。こうした被害を防止するためには、植栽前の苗木に忌避剤を処理するか、または植栽直後に処理するかの対策をとる必要がある。

使用する忌避剤については、その効能、使用方法等を事前に熟知しておくように心掛け、最大限に効果を発揮させることが必要である。

#### 参 考 文 献

林 野 庁 カモシカ被害防止対策調査報告書 昭和54年3月



# 防護柵（電気式）による被害防止

関 勝

## 1. 試験目的

大型獣類による被害の発生が予想される造林地の周囲を柵で囲い、加害獣の侵入を阻止して被害を防止する方法は、いままでに、全国各地で多種多様な構造型式で設置され、実施されてきている。この方法による被害防止の利点は、柵が堅固完全なものであれば、完全に被害防止ができることである。一方、欠点としては、設置に要する費用が多額であるということである。地況によっては、経費が増大し、経済的に設置不可能となるところもある。このことが、防護柵の普及を困難にしている最大原因ではないかと思われる。そのため、ここでは、電気式防護柵がその欠点を補うことができるか否かを確かめることを目的として、この試験を行った。

## 2. 試験の経過と得られた成果

この試験は、東京営林局天城営林署の全面的な協力により実施したものである。

電気柵は、すでに畜産関係では放牧場の囲い柵として多く使用されている。また、林業でもそれを防護柵として応用して、被害防止に役立させているところもある。この試験では、既往の電気柵の電気装置とは異なった、新しいタイプのものを採用して試験を行った。

使用した電気装置の本来の目的は、広域な施設・設備などを警戒する防犯警報装置として開発され、使用されているものである。

作動様式は、施設内への不法侵入者がこの装置が施してある電線にふれると警報が発報され、侵入者を察知するようになっている。

この原理を応用し、電線に微弱な電流を流しておき、対象獣がこの電線にふれると、電流が体を通して地上に流れる。このとき装置がこれを感じ、高圧発生器が作動して、高圧電流が流れるようになっている。この高圧電流が、対象獣に対してショックを与え、柵内への侵入を阻止するのである。なお、この場合、電圧が高くても電流が微弱であるため、感電によって失神したり、死に至るようなことはない。

この装置の規格・性能等の概略はつぎのとおりである。

使用電源	12Vバッテリー、重量2kg
消費電流	感応時0.2A以下
持続時間	3600時間以上（150日間以上）
充電時間	6時間
感電電圧	300～2400VP-P（ノッチ切換）
使用時温湿度	－20℃～60℃，90%以下

応答時間	0.5秒
感電時間	1～2秒
断線チェック	テストボタンによるネオランプの点灯を確認してチェックする

防護柵は4つの異なった構造のものを設計して設置した。各型式の防護柵の設置場所は天城国有林の図-1にある太線で囲ったところである。また、防護柵の効果を判定するための無柵の対照区も設定した。

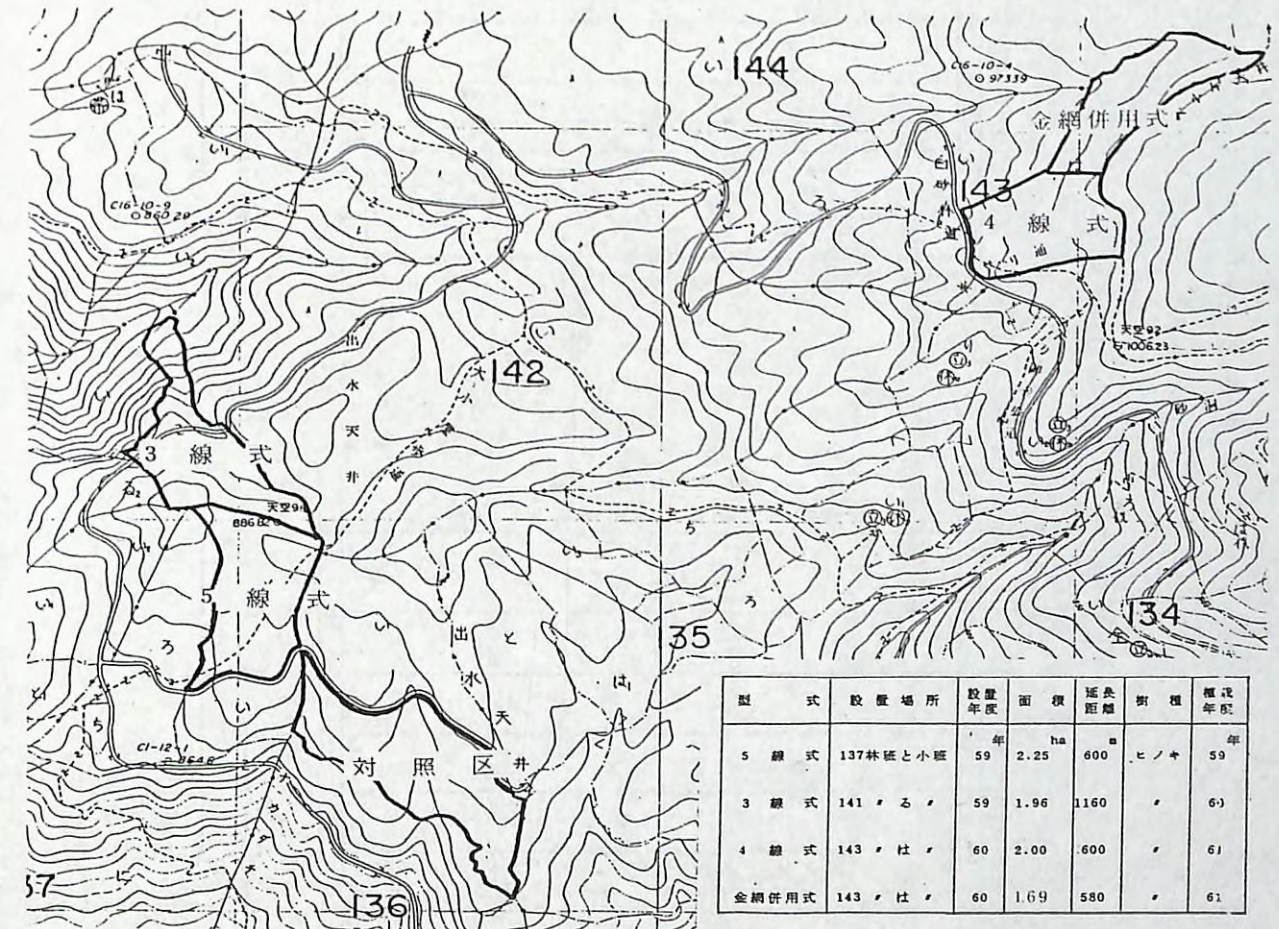
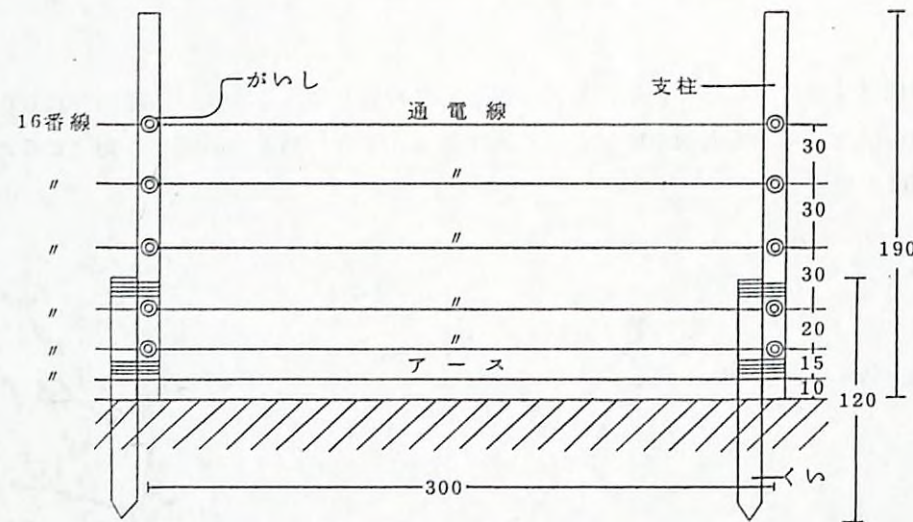


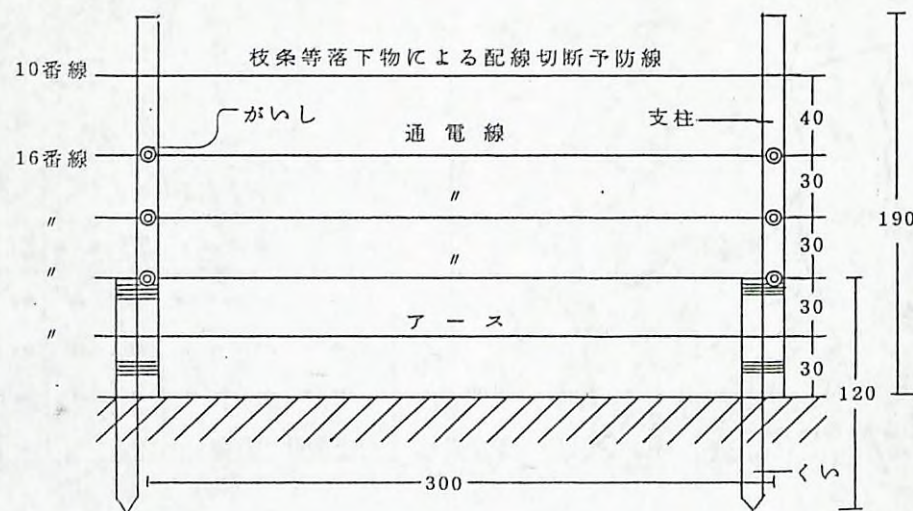
図-1 各型式防護柵設置位置図



— 5 線 式 —



— 3 線 式 —



注：数字の単位はcmである

図-2 型式別防護柵の構造略図

防護柵を設置したこの地域は、シカ、ノウサギによる被害の多発地域で、フィールドサインである食こん、足跡、糞粒などが多く見られるところである。

(1) 設置した防護柵について

設置した各型式の防護柵についての概略を述べるとつぎのとおりである。

1) 5 線 式

この防護柵は、4つの型式のなかで最初に設計し設置したもので、設置場所は図-1にある137林班と小班の植栽直後のヒノキ造林地である。構造は図-2に示したように、3m間隔に立てた支柱（高さ190cm）に5線の通電線と1線のアースを配線して囲ったものである。支柱と通電線との接触部位には漏電防止のため「がいし」（専用特注品）を使用した。

この防護柵の特徴は、シカの被害防止のみならず、ノウサギの被害防止をも考慮に入れて設計したことである。すなわち、最下位の通電線をできるだけ低い位置に配線し、ノウサギがそれにふれるように仕向けたことである。

防護柵で囲った面積は2.25haで、柵の総延長は600mであった。これに要した経費の概算は表-1に示すとおりである。電気装置は最高8線まで通電可能なものを用いたため、高額となっている。なお、使用した支柱・くい（釘）は営林署の内部振替によるものであるため、表中の金額は聞き取り調査などによる推定金額である。また、設置作業も営林署の協力により実施したので、作業賃金は推定金額である。これらは後述する各型式共、みな同じである。概算の総額は900,706円となり、haあたりに換算すると400,313円になる。また1mあたりでは1,501円となる。さらに、表中にも特記したように、この防護柵に使用した電気装置は、後述する3線式防護柵にも兼用させたので、その費用を2分の1と考えれば、概算総額は702,706円となり、haあたりでは約312,314円となる。そして1mあたりで約1,171円となる。

設置年月は昭和59年5月である。

2) 3 線 式

5線式防護柵の被害防止効果は、シカに対しては好結果を得たので、ノウサギによる被害の防止方法は別に考案することとし、シカだけを対象にこの防護柵を設計して設置した。設置場所は、図-1にあるとおり141林班の小班で、既設の5線式防護柵に隣接するところである。設置年月は昭和60年1月で、このとき柵内にはまだ植栽がされてなく、春にヒノキが植栽される予定地であった。

この防護柵の構造は、経費節減、省力化を目的として、通電線3線、アース1線とした（図-2参照）。また、新たな試みとして、通電線の最上段線の更に上部に、枝条などの落下物による通電線の切断予防のための1線を配線した。

この防護柵による囲い面積は1.96haで、総延長は1,160mである。面積に比して延長距離が長いのは、この柵内を林道が通過しているため、林道の両側に柵を架設したから



である。これに要した経費の概算は表-1のとおりである。電気装置は前述の5線式のものを用いたので購入の必要がなく、また、支柱、くい、作業賃金は推定金額である。概算の総額は、641,880円で、haあたりの金額は約327,490円となり、1mあたりは約553円である。5線式と兼用した電気装置の金額を2分の1を加算すれば総額は、839,880円である。したがって、haあたりでは約428,510円で、1mあたりは約724円である。

### 3) 金網併用式

林野での、野生獣類の生息状況を見ると、そこに生息する獣類が1種のみ限定されることは、極めて特殊な条件のところを除けば、まずあり得ない。カモシカ・シカ・ノウサギ・ノネズミなどが複数種で混棲しているのが普通である。これらの獣類の食性は、大部分が植食性であることで一致している。したがって、森林被害もこれら複数種の獣類による被害が混在するのもまた普通である。ここにあげた獣類のなかでノネズミの場合は、殺鼠剤による個体数の調整が被害防止の一般的な方法である。しかし、諸般の事情により、個体数調整による方法が困難な他の獣類の場合は、被害防止を共通な観点で考えてゆくことが望ましいことである。このようなことから、シカ・ノウサギによる被害を同時に防止しようとの金網併用式防護柵を考案した。構造は図-3に見られるように、柵の下部約90cmまでを金網で囲い、ノウサギの柵内侵入を防止し、その上部に2線の通電線を配線してシカの柵内侵入を防止しようと試みたものである。

設置場所は、図-1にある143林班は小班で、昭和61年3月に設置した。設置当時は、ヒノキの春植予定の未植栽地であった。

この防護柵の囲い面積は1.69haで、総延長は580mである。この防護柵の設置に要した経費の概算は表-2に示すとおりである。使用した電気装置は、前述の8線型ではなく4線型（最高4線まで通電可能）で、価格も8線型に比して安価である。経費概算の総額は802,308円で、haあたりでは約474,738円となり、また、1mあたりでは約1,383円となる。なお、この防護柵に使用した電気装置は、後述する4線式防護柵に兼用したので、その費用を2分の1として計算すれば、つぎのようになる。総額は677,308円となり、haあたりでは約400,774円、1mあたりでは約1,168円となる。

### 4) 4線式

この防護柵は、前述の金網併用式防護柵に隣接して同じ143林班は小班内に設置した。設置時期も同じく昭和61年3月である。構造は、図-3のように通電線4線、アース1線と切断予防線1線を配線したものである。通電線を4線とした理由は、使用した電気装置が金網併用式防護柵と兼用した4線型であったので、その通電可能範囲の4線をすべて使い、装置の性能を確かめようとしたためである。

この防護柵の設置に要した経費の概算総額は、457,100円である（表-2参照）。haあたりでは約228,550円で、mあたりでは762円となる。金網併用式防護柵と兼用した電

表-1 各型式の防護柵の設置費用概算

### - 5 線 式 -

設置場所：137林班と小班  
設置年月：昭和59年5月  
面積：2.25ha  
延長：600m

品名	規格	数量	単価	金額	要領
電気装置	8線型	1式		396,000	支柱固定用
金針	10番線	38kg	132	5,016	通電およびアース用
"	16"	57"	170	9,690	支柱固定用
支柱(丸太)	8cm×190cm	200本	250	50,000	支柱固定用
くい(丸太)	6cm×120cm	200"	200	40,000	支柱固定用
がいし		1,000個	200	200,000	専用特注品
計				700,706	
(賃金)				25人@ 8,000	円 200,000
総計					円 900,706

(注) 電気装置は3線式と兼用したので、その費用を $\frac{1}{2}$ とすれば総額は次のようになる。

$$900,706 - 198,000 = 702,706$$

### - 3 線 式 -

設置場所：141林班と小班  
設置年月：昭和60年1月  
面積：1.96ha  
延長：1,160m

品名	規格	数量	単価	金額	要領
電気装置	(既設5線式のものを用い)	150kg	132	19,800	支柱固定および通電線切断予防線
"	16"	74"	170	12,580	通電およびアース用
支柱(丸太)	8cm×190cm	390本	250	97,500	支柱固定用
くい(丸太)	6cm×120cm	390"	200	78,000	支柱固定用
がいし		1,170個	200	234,000	専用特注品
計				441,880	
(賃金)				25人@ 8,000	円 200,000
総計					円 641,880

(注) 電気装置は既設5線式のものを用いたので、その費用の $\frac{1}{2}$ を加算すれば総額は次のようになる。

$$641,880 + 198,000 = 839,880$$



表 1-2 各型式の防護柵の設置費用概算

## 一 金網併用式一

## 一 4 線 式 一

設置場所：143林班は小班  
面 積：169ha設置年月：昭和61年 3月  
延 長：580m設置場所：143林班は小班  
面 積：2.00ha設置年月：昭和61年 3月  
延 長：600m

(機材費)

品 名	規 格	数 量	単 価	金 額	備 考
電気装置	4 線 型	1 式	¥	¥	
金 網	ビニール被覆 #18・26 <sup>1/2</sup> <sub>m</sub> 0.9 <sup>1/2</sup> <sub>m</sub> ×30 <sup>1/2</sup> <sub>m</sub>	23 巻	7,800	250,000	
針	8 番 線	68 kg	125	8,500	地刺カンザシ
"	10 "	34 "	132	4,488	支柱固定用
"	12 "	102 "	130	13,260	支柱・金網補 強用
"	16 "	23 "	170	3,910	通電用
"	20 "	4 "	200	800	カンザシ
支 柱 (丸太)	8 <sup>cm</sup> ×190 <sup>cm</sup>	167 本	250	41,750	
く ( " )	6 <sup>cm</sup> ×120 <sup>cm</sup>	167 "	200	33,400	支柱固定用
が い し		334 個	200	66,800	専用特注品
計				602,308	

(賃 金)

25人 8,000 200,000  
 総計 802,308

(注) 電気装置は4線式と兼用したので、その費用を $\frac{1}{2}$ とすれば総額は次の  
ようになる。

802,308 - 125,000 = 677,308

(機材費)

品 名	規 格	数 量	単 価	金 額	備 考
電気装置	(金網併用式のものを用)		¥	¥	
針	10 番 線	25 kg	132	3,300	支柱固定用
"	12 "	25 "	130	3,250	支柱補強用
"	16 "	40 "	170	6,800	通電および アース用
支 柱 (丸太)	8 <sup>cm</sup> ×190 <sup>cm</sup>	227 本	250	56,750	
く ( " )	6 <sup>cm</sup> ×120 <sup>cm</sup>	227 "	200	45,400	支柱固定用
が い し		908 個	200	181,600	専用特注品
計				297,100	

(賃 金)

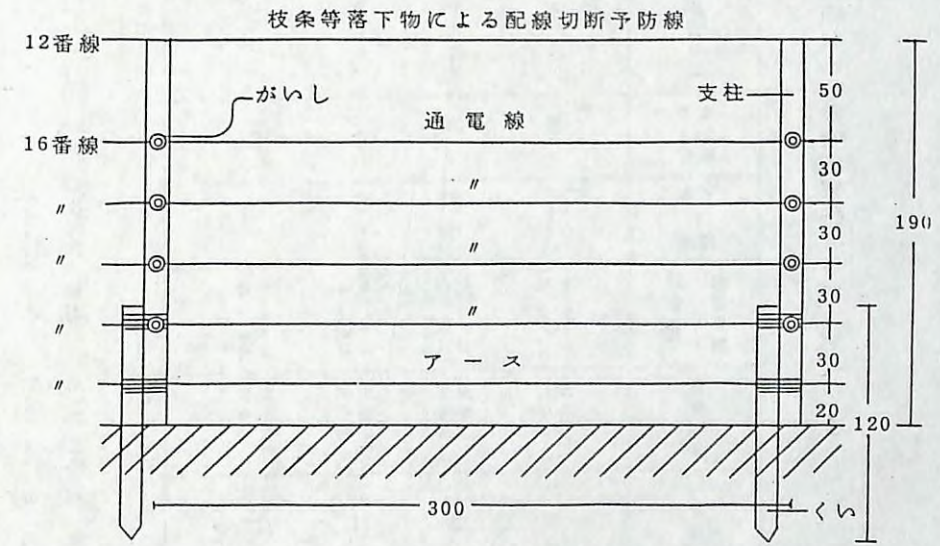
20人 @8,000 160,000  
 総計 457,100

(注) 電気装置は金網併用式のものを用いたので、その費用の $\frac{1}{2}$ を加算  
すれば総額は次のようになる。

457,100 + 125,000 = 582,100

注：数字の単位はcmである

## 一 4 線 式 一



## 一金網併用式一

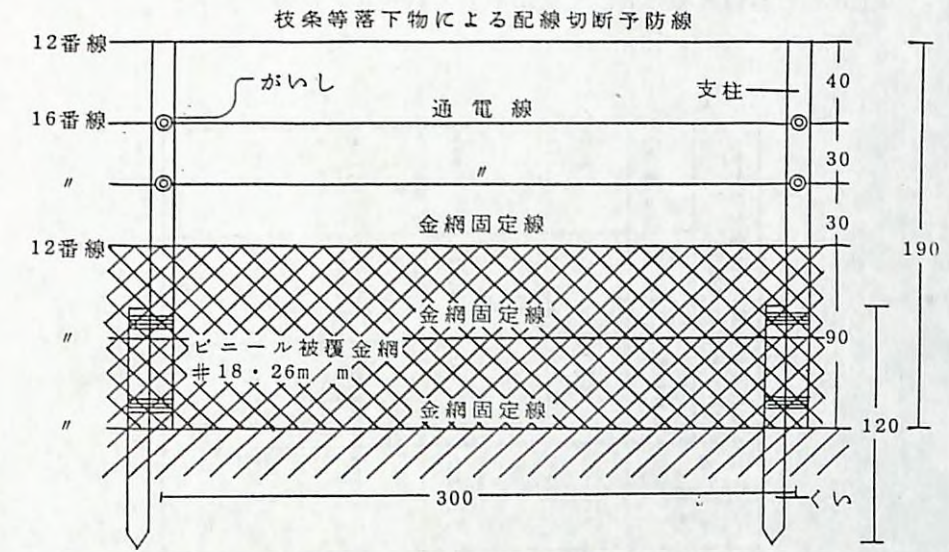


図-3 型式別防護柵の構造略図



電気装置の費用の2分の1 (125,000円)を加算するとつぎのとおりである。  
 総額582,100円, ha あたり291,050円, mあたり970円である。  
 以上述べた各防護柵の主要な事項をまとめたものが表-3である。

表-3 各型式防護柵の主要事項一覧

防護さく の式	使用した 電気装置	設置年月	設置場所	植栽樹種 と 植栽時期	面積 ha	延長 m	経費総額	単価 (haあたり)	電気装置の費用 <sup>1</sup> をそれぞれ 加算・減算した場合		
									経費総額	単価 (haあたり)	単価 (mあたり)
5線式	8線型	S.59.5	137林班 と小班	ヒノキ S.59.春	2.26	600	900,706	400,313	702,706	312,314	1,171
3線式		S.60.1	141林班 と小班	ヒノキ S.60.春	1.96	1,160	641,880	327,490	839,880	428,510	724
金網併用式	4線型	S.61.3	143林班 と小班	ヒノキ S.61.春	1.69	580	802,308	474,738	677,308	400,774	1,168
4線式		S.61.3	143林班 と小班	ヒノキ S.61.春	2.00	600	457,100	228,550	582,100	291,050	970

注: 電気装置の価格 8線型 396,000円  $\frac{1}{2}$  = 198,000円  
 4線型 250,000円  $\frac{1}{2}$  = 125,000円

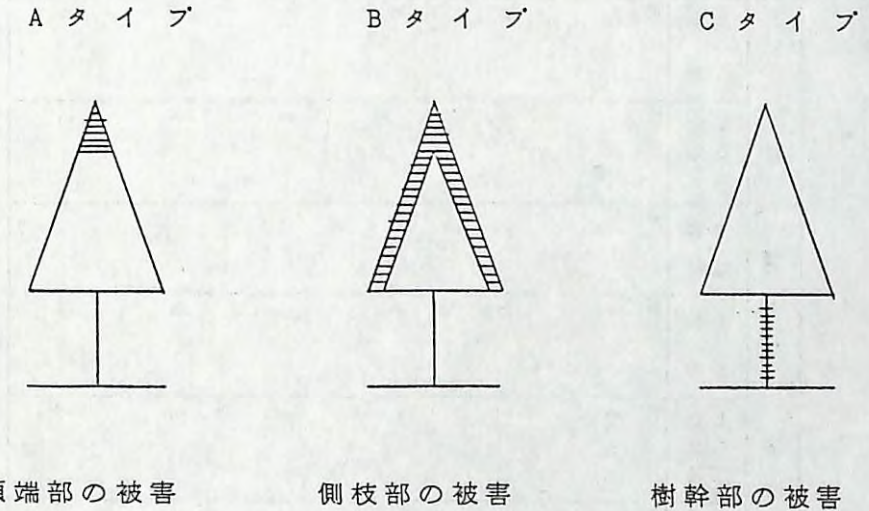
なお、これらの防護柵の効果を検討する上で必要な資料を得るため、対照区(無柵地)を設定した。場所は5線式防護柵に隣接する136林班ち小班(図-1参照)で、植栽樹種はヒノキ、植栽時期は5線式防護柵内と同じ昭和59年春である。

## (2) 防護柵の効果について

各防護柵の被害防止効果の良否を判定するにあたり、つぎに述べるような方法で被害状況の調査を行った。

各防護柵と対照区のほぼ中央部に、等高線に平行した、幅約5mのベルト状の被害状況調査区を設定し、この区域内の植栽木を調査の対象木としてすべての調査木にナンバーテープをつけた。調査の際には、ノウサギとシカによる被害を区別し、さらに、図-4に示したように、調査木の頂端部(Aタイプ)・側枝部(Bタイプ)・樹幹部(Cタイプ)の被害およびそれらの複合被害を区別して記録した。調査実施のたびに、被害を受けた調査木は被害カ所をせん定ばさみで切断し、次回の調査のとき重複しないようにした。また、皮はぎ等の樹幹部の被害は、その部分の新・旧によって判断した。したがって、被害量は調査から調査までのものであって累積ではない。調査は5線式防護柵の初年度を除き、設置後、年2回づつの割合で実施した。そのほか、営林署の職員により、防護柵周囲の巡視を随時行い、通電状態、対象獣の柵内侵入形跡などについての調査を行った。

図-4 調査木の被害タイプの分類



以上述べたような調査によって得られた結果をまとめたものが表-4である。なお、この表では、表の繁雑化を避け、理解しやすいように、前述した被害のタイプ別の表示ではなく、それを総合したものとした。



表-4 各防護柵内と対照区の食害状況

調査 年月	線式			金網併用式			4			対照区		
	調査 本数	ノウサ ギ被害 本	カ 害 被 本	調査 本数	ノウサ ギ被害 本	カ 害 被 本	調査 本数	ノウサ ギ被害 本	カ 害 被 本	調査 本数	ノウサ ギ被害 本	カ 害 被 本
60.5	171	51	4							71		78
60.10		2	0		13	0				1	10	
61.6		9	0		2	0		0	0	1	2	
61.11		1	0	162	0	0		0	0	3	3	
62.6		6	0		1	0	155	2	0	0	0	
62.11		3	0		1	0		2	0	2	1	

表に見られるように、各防護柵内に設定した調査区でのシカによる被害は、5線式防護柵内の調査区で、昭和60年5月の調査のとき4本の調査木（調査木本数171本）に被害が見られた。これは昭和59年12月（設置後7カ月目）に約10日間、風倒木による通電線の切断事故があり、このときシカが柵内に侵入したためによるものと思われる。その理由としては、電気装置が正常に作動しているときには、随時、実施している防護柵巡視の際、シカの柵内への侵入形跡が全く見られなかったことによるものである。

他の各防護柵内の調査区でのシカによる被害は、表に見られるとおり、全く無し状態で経過している。また、シカの柵内侵入形跡も皆無であった。

以上のことからその効果について言えば、これまでに述べてきたいずれの型式の防護柵も、シカによる被害防止の効果は高いものと判断することができる。

一方、ノウサギによる被害防止効果については、表-4に示された結果から見て、金網併用式防護柵以外の各型式の防護柵は、いずれも有効とはいえない。

金網併用式防護柵の場合も、柵内の調査区で、昭和62年11月の調査のとき1本の被害木が見られたが、これは金網と地上面との接触部分にすき間が生じたためにノウサギの侵入を許し、被害発生となったのではないかと思われる。こうした不良カ所の発見、監視を厳重にすればその目的は充分に達することが出来るものと考えられる。

### (3) 考 察

冒頭で述べたように、ここでの試験は、従来から行われてきている、被害防止のための防護柵の欠点（特に経済的な面で）を補うことができるか否かを確かめることを目的として実施したものである。したがって、ここでの試験防護柵と他の防護柵との比較を行わなければならない。

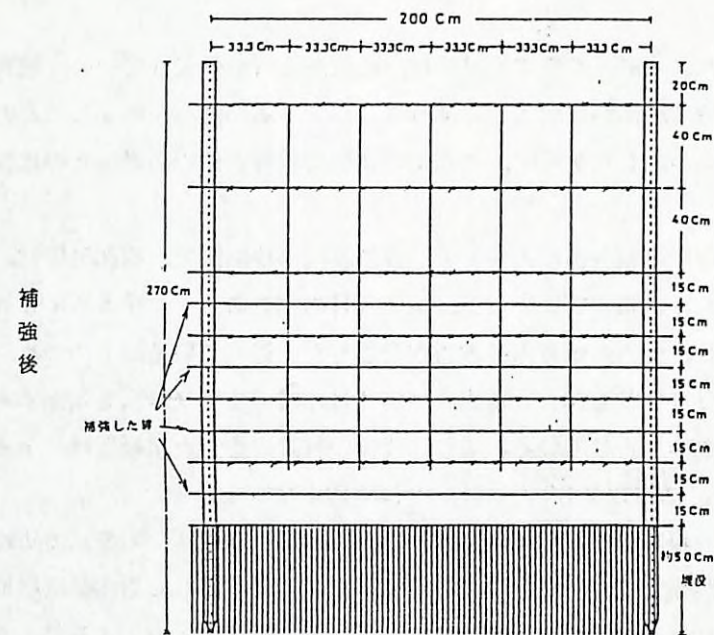
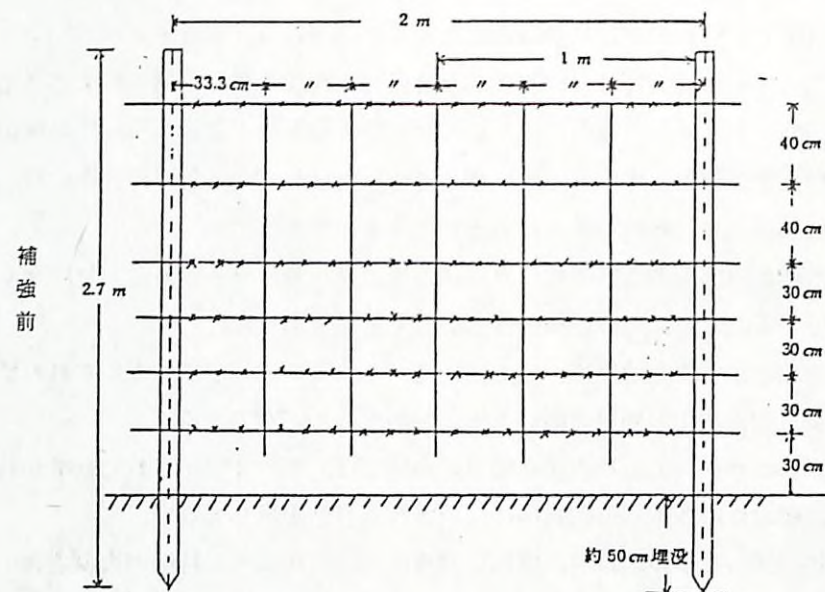
図-4は林野庁の報告書にあるカモシカ防護柵の構造図で、昭和51年秋、長野県下に設置されたものである。報告書によると、52年3月の調査のとき、7カ所にカモシカの柵内侵入形跡が発見され、柵内の植栽木に被害が発生したと述べている。そのため、52年11月に図の下段に示すような補強を加えた結果、54年3月の時点までは侵入を阻止することができ、一応の成功をおさめたとしている。この防護柵の設置に要した諸経費は、1mあたり、補強前が1,320円で、補強費が60円、計、1,380円となっている。

前橋営林局の報告書のなかでは、図-5,6に示すような4つの型式の防護柵について、効果試験の結果が報告されている。これらの防護柵の設置された栃木県足尾地区は、治山事業のため植栽された緑化木へのカモシカ・シカによる被害の多いところである。報告書では、合成繊維網防護柵の網の耐久性に問題があるとしながらも、すべての防護柵に効果のあったことを認めている。これらの防護柵の1mあたりの経費をまとめて見るとつぎのようである。

有刺鉄線防護柵 1,164円

(S. 48, 11. 設置)

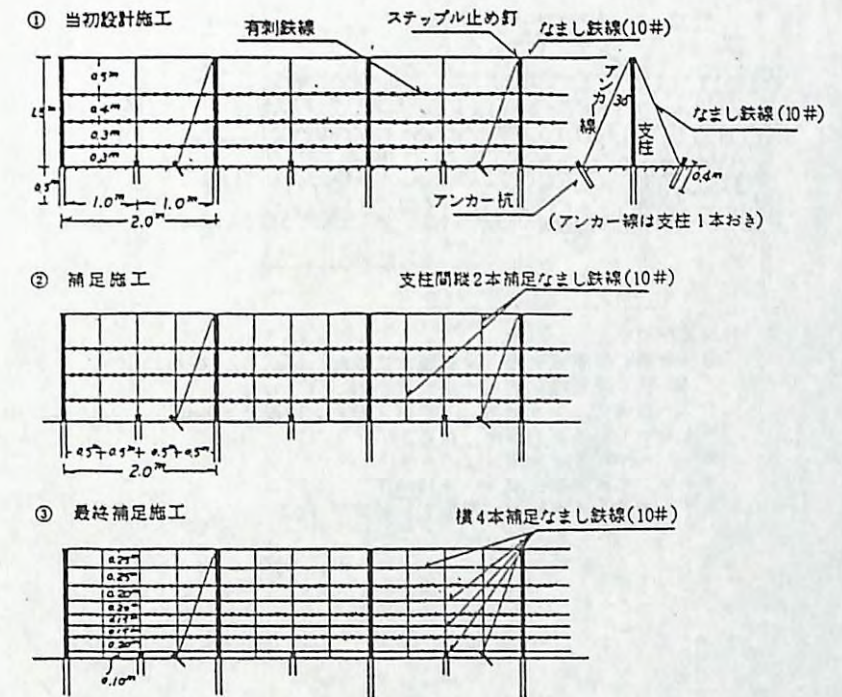




注：林野庁報告書(昭和54年3月)より

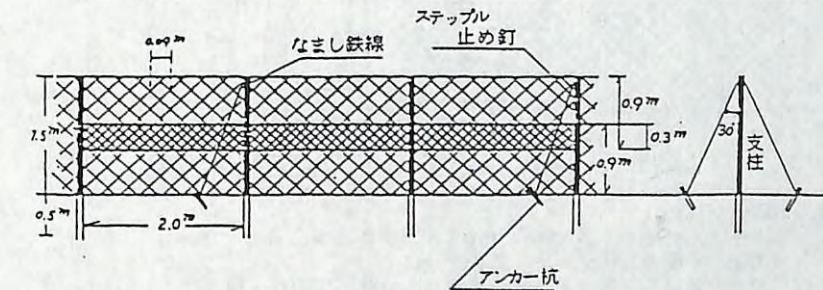
図-4 有刺鉄線防護柵構造図

### 有刺鉄線防護柵



注：材料及び規格  
有刺鉄線、支柱(木柱2m)、アンカー杭(木製)、なまし鉄線(10番線)、ステッ  
プル止め釘

### 菱形金網防護柵



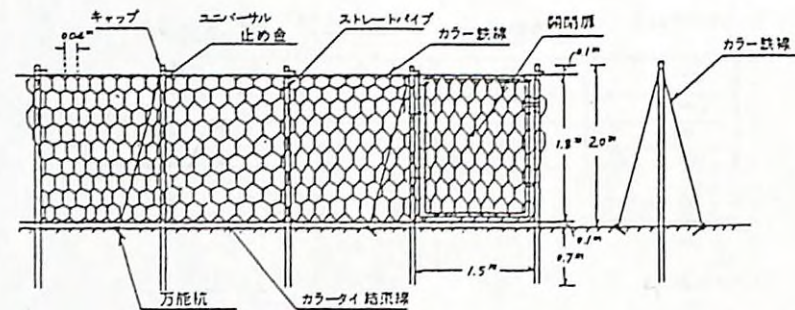
注：材料及び規格  
菱形金網(12番線タキロン被覆加工線、幅90cm、長さ10m)、なまし鉄線(アンカー  
用12番線)、支柱(木柱2m)、アンカー杭(木製)、ステップル止め釘

注：前橋営林局報告書(昭和52年12月)より

図-5 防護柵構造図



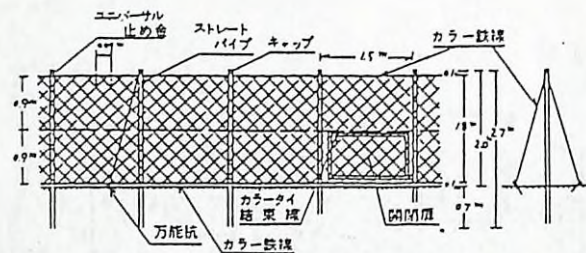
# 亀甲金網防護柵



注：材料及び規格

亀甲金網(16番線タキロン被覆加工鉄線、幅90cm、長さ10m)  
 万能杭(硬質塩化ビニール、長さ36cm)  
 カラー鉄線(アンカー用、14番線タキロン被覆加工鉄線)  
 ストレートパイプ(19cm、長さ2.70m)  
 ユニバーサル(19cm用ジョイント)  
 キャップ(硬質塩化ビニール19cm用)  
 カラータイ(タキロン被覆加工、結束用)

# 合成繊維網防護柵



注：材料及び規格

ネット(ナイロン糸0.8mm、幅0.9m、長さ35m、目合せ50mm)  
 万能杭(硬質塩化ビニール長さ36cm)  
 カラー鉄線(14番線タキロン被覆加工鉄線、アンカー用)  
 ストレートパイプ(1.9cm、長さ2.7m)  
 ユニバーサル(1.9cm用ジョイント)  
 キャップ(硬質塩化ビニール1.9cm用)  
 カラータイ(タキロン被覆加工、結束用)

注：前橋営林局報告書(昭和52年12月)より

図-6 防護柵構造図

# 菱形金網防護柵

3,228円

(S. 48, 11. 設置)

# 亀甲金網防護柵

1,357円

(S. 51, 12. 設置)

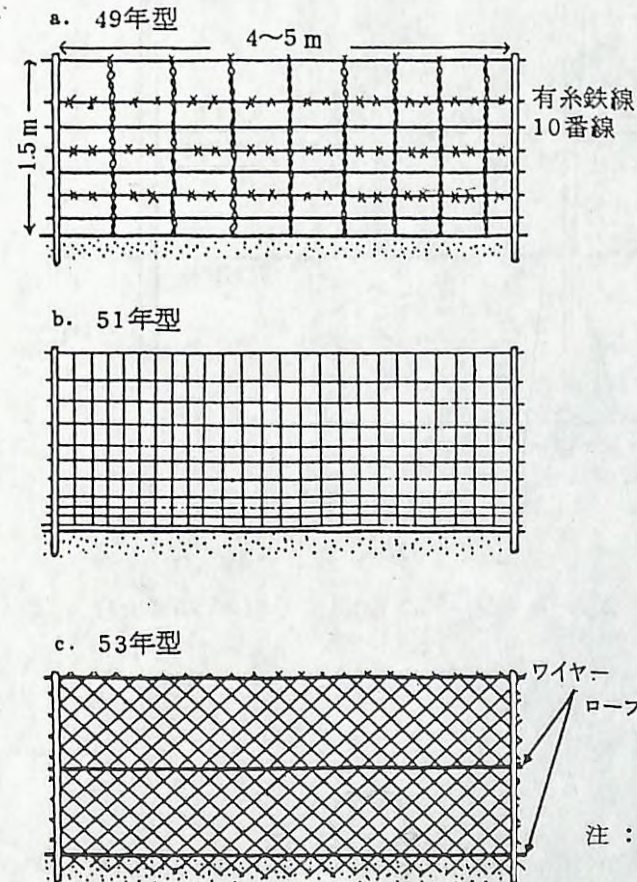
# 合成繊維網防護柵

1,248円

(S. 51, 10. 設置)

また、青森県下でのカモシカに関する報告書のなかで、図-7に示すような防護柵についての報告がなされている。その報告では、図の上段にある49年型のものが初めて設置され、その後改良が加えられ、下段の53年型となり、以後、新しく設置する場合はこの53年型を採用していると述べている。そして、それらの1mあたりの設置費用はつぎのとおりである。

49年型	1,300円
51年型	2,000円
53年型	3,000円



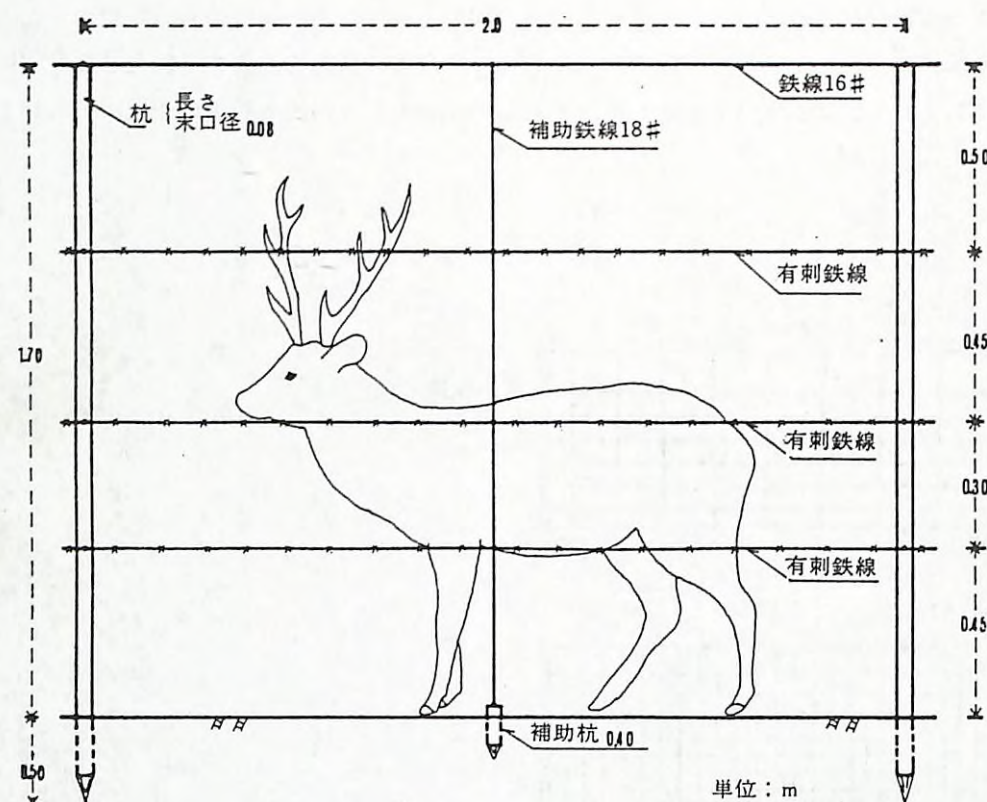
注：脇野沢村ニホンカモシカ調査総合報告書(昭和61年12月)より

図-7 防護柵構造図



さらに、もう1例について述べると、飯村は、著書「シカの生態とその管理」のなかでつぎのように述べている。

神奈川県下において、シカによる被害防止用防護柵の研究推進過程で、いくたびかの経験を経て、図-8に示すような改良防護柵に到達した。そして、この防護柵は、シカの柵内侵入を完全に阻止できなかったとしながらも、被害防止効果はあったとしている。また、この防護柵の設置に要した経費は、100 mあたり100,000円（1 mあたり1,000円）と述べている。



飯村 武著「シカの生態とその管理」（昭和55年9月）より

図-8 防護柵構造図

表-5 各防護柵の1 mあたりの単価

防護柵型式	設置年月	1mあたり単価	摘 要
有刺鉄線防護柵	昭和52年11月	1,380 円	林野庁報告書より
有刺鉄線防護柵	昭和48年11月	1,164	前橋営林局報告書より
菱形金網防護柵	昭和48年11月	3,228	
亀甲金網防護柵	昭和51年12月	1,357	
合成繊維網防護柵	昭和51年10月	1,248	
49年型防護柵	昭和49年 月	1,300	脇野沢村ニホンカモシカ調査総合報告書より
51年型防護柵	昭和51年 月	2,000	
53年型防護柵	昭和53年 月	3,000	
飯村式改良防護柵	昭和47年 2月	1,000	シカの生態とその管理より
5線式防護柵	昭和59年 5月	1,171	この試験のなかで実施したもの
3線式防護柵	昭和60年 1月	720	
金網併用式防護柵	昭和61年 3月	1,168	
4線式防護柵	昭和61年 3月	970	

以上、いく例かの防護柵について述べたが、それらの防護柵とこの試験のなかで実施した防護柵の1 mあたりの設置費をまとめたものが表-5である。



表でわかるとおり、この試験で実施した防護柵（以下、当試験防護柵と言う）の1 mあたりの設置費は、他の防護柵のうち、前橋営林局有刺鉄線防護柵と飯村式防護柵の2例を除きすべて安価である。この2例についても、設置年度でいえば、当試験防護柵の年度との間に約10年の隔りがある。この10年間の賃金・物価の上昇を考えれば、同等あるいはそれ以下の経費ですむのではないかと思われる。

当試験防護柵以外の防護柵は、カモシカ・シカによる被害防止を目的としていて、当試験防護柵の金網併用式のようにノウサギによる被害防止をも含めた防護柵はないようである。しかし、ノウサギの被害防止にはふれていないが、金網を使用した防護柵がその目的を達成できると仮定すれば、前橋営林局の防護柵に2例ある。この2例の設置費は、当試験防護柵の金網併用式より割高である。当試験防護柵の欠点としては、使用する電気装置が高価なことである。しかし、この装置は1基購入すれば、通電能力は無限といっても差し支えない程の能力を有している。今、ここに仮定として、当試験防護柵のうち、金網併用式・4線式防護柵の構造・規模共に全く変らないものを、4線型電気装置（価格125,000円）1基を使用して増設したとすれば、1 mあたりの単価は、表-6に示すように変動する。このほか、利点と思われるいくつかをあげればつぎのとおりである。

- ◎ 電気装置の電源はバッテリーであるため、どこでも使用でき、しかもバッテリーの持続時間（3600時間）が長い。
- ◎ 電気装置の通電能力は無限と言える程の能力がある。
- ◎ 配線はすべて針金を使用しているので作業能率がよい。有刺鉄線を使用する場合は、輸送中あるいは作業中に危険をとめない、能率が悪く、経費増になりやすい。
- ◎ 通電線が切断した場合、その他異状の場合は、電気装置が感知して知ることができる。
- ◎ 断線など事故の補修が簡便である。

これまでに述べてきたことから、当試験防護柵は、被害防止効果、設置経費節減の点ではその目的を果し得ているのではないかと思われる。

今後、当試験防護柵の設置を考えるならば、シカ・ノウサギの同時被害防止の場合は、金網併用式を、シカを対象にするなら、確実に期するため4線式防護柵を設置するのがよいと思われる。

当試験防護柵の対象獣は、シカ・ノウサギであったが、シカと体形が類似するカモシカに対しても有効ではないかと考える。

電気装置1基でその能力を最大限に活用するには、保残帯をおきながら、順次、造林地を拡大させてゆくような施業地が最適といえよう。

表-6 金網併用式防護柵を増設した場合の1 mあたりの単価の変動

防護さく の 式	使用する 電気装置	1カ所設置 した場合	3カ所設置 した場合	5カ所設置 した場合	7カ所設置 した場合	10カ所設置 した場合
金網併用式	4線型	円 1,383	円 1,096	円 1,038	円 1,013	円 995
4線式		1,179	932	845	821	804

注：この表の数字は、本文中に述べた防護柵と構造・規模共、全く同じものを増設した場合のものである。

最後つけ加えれば、対象動物が通電線に触れるたびに感電するため、いわゆる、「学習」効果（放牧の牛には実際にそれがあると言われている）も期待できるのではなかろうか。

#### 参 考 文 献

前 橋 営 林 局	カモシカ等獣害防止試験	昭和52年12月
林 野 庁	カモシカ被害防止対策調査報告書	昭和54年3月
飯 村 武	シカの生態とその管理	昭和55年9月
下北野生動物研 究グループ	カモシカとの共存をめざして 一 脇野沢村ニホンカモシカ調査総合報告書	昭和61年12月



## カモシカによるヒノキ造林木食害の実態と解析

桑畑 勤, 横田 俊一, 関 勝

## 1. 試験目的

カモシカによるヒノキ造林木の食害状況は造林地の場所によって異なり、食害をまったく受けないところから激食害を被るところまで、その実態は様々である。<sup>1), 2)</sup> どのような場所で、どの程度の食害が発生するのか、という食害発生機構の解明は、食害を未然に防ぐうえで欠くことのできない重要な研究であるが、この研究には、未解明の問題がまだ多く残っており、カモシカ食害を完全に防除できないのが現状である。

そこで、カモシカ食害の林業・経済的評価が問題になる。カモシカの食害は一過性のものが非常に少なく、その多くは何年も連続的に食害を繰返すため、カモシカ食害を評価するのに必要な資料の収集には、長期にわたる計画的な調査・研究が不可欠である。何年も繰返えされる食害の程度を、その都度、的確に把握する一方で、食害を受けながら回復する成長状態の調査、つまり、食害木の成長過程を解明する研究が必要である。

しかし、カモシカ食害の林業・経済的評価に関する研究は始まったばかりであり、食害評価に必要な資料の蓄積は、ほとんど何もないといってもいいような状況にある。<sup>3), 4), 5), 6), 7), 8)</sup>

そこで、植栽直後のカモシカによる食害度が、一定の方法で把握されているヒノキ造林地を選出し、植栽直後の食害度が、その後の成長にどのように影響するかを明らかにするための実態調査と、その解析を行った。その結果を取りまとめて、ここに報告する。

## 2. 試験の経過と得られた成果

### (1) 調査区の設定と調査・解析方法

### 1) 調査区の設定

調査区の選定にあたっては、まず、植栽直後の食害度が一定の方法で調査され、しかも、その後<sup>2)</sup>に発生する食害の経過や成長の回復状態が十分に解析できる20年生程度の造林地が適当であると考えられたが、食害経過の明らかな、このような造林地が見つからないため、7年生の造林地を調査区に選定せざるを得なかった。すなわち、植栽直後の食害度が、無食害、中食害、激食害と判定された3つのヒノキ造林地である。

無食害調査区は、長野営林局上松営林署上松担当区の158林班<sup>2)</sup>ぬ小班で、昭和55年植栽の造林地に設定された(図-1)。中食害調査区は、無食害と同じ林班のる小班で、55年植栽の造林地に設定され、無食害調査区と隣接している。激食害調査区は、長野営林局南木曾営林署南木曾担当区の23林班<sup>2)</sup>お小班で、55年植栽の造林地に設定された(図-2)。

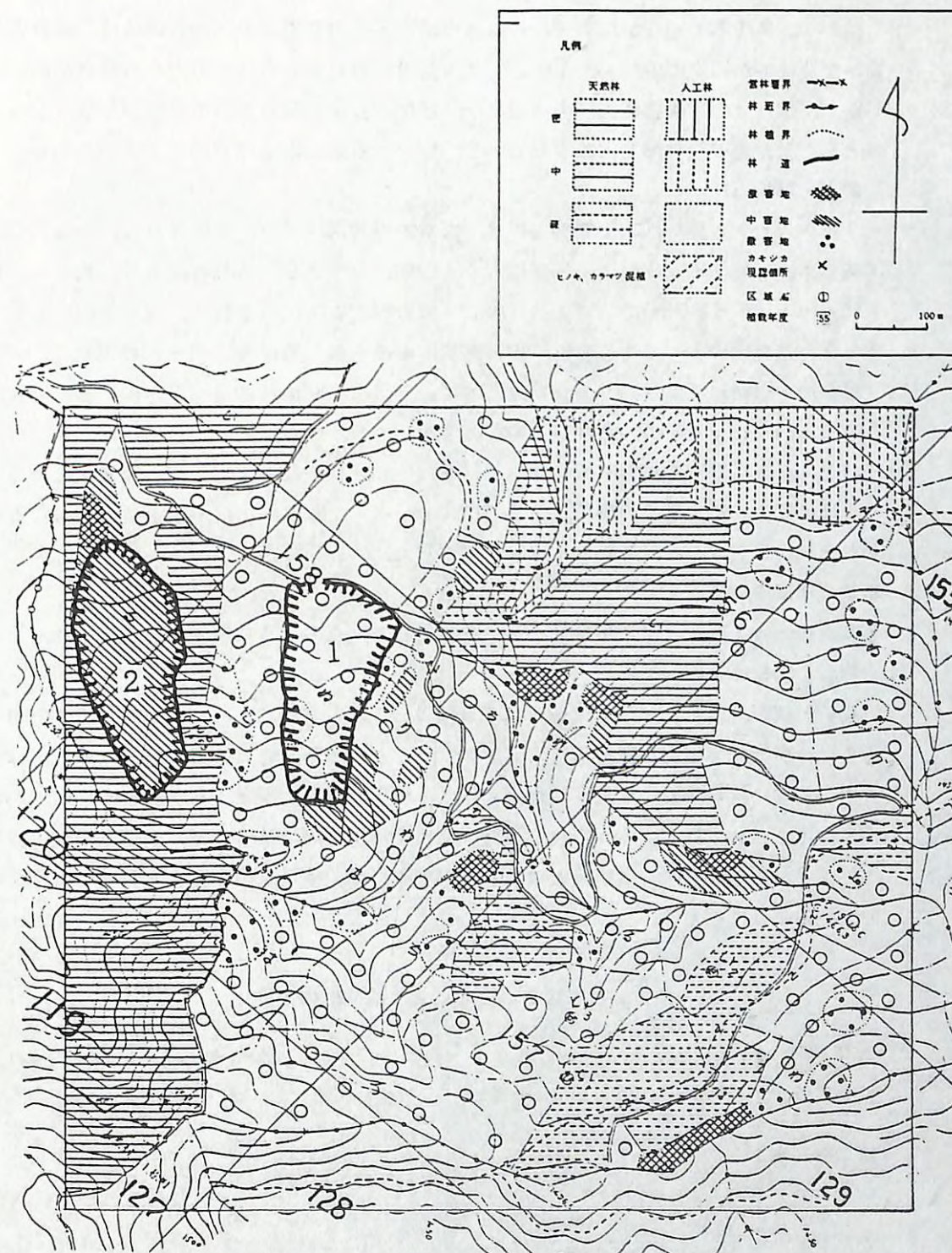


図-1 無食害調査区(1)と中食害調査区(2), および  
その周辺の状況(文献, 2)より引用)



図-1, 2をみて明らかなように, 無食害調査区と中食害調査区の周辺には, 激食害を受けた造林地が非常に少なく, 全体として無食害や微食害の造林地の占める割合が高い。しかし, 図-2の激食害調査区の周辺には, 逆に中食害や微食害の造林地が非常に少なく, ほとんど激食害の造林地で占められている, いわゆる激食害地域であることがわかる。

## 2) 調査・解析方法

7年生のヒノキ造林地の実態調査には, 森本の樹幹形状区分が使用された。すなわち, ①通直木, ②屈曲木, ③叉木, ④矮性木の4段階区分である。各調査区には, 幅4m, 長さ50mのベルトを約20m間隔で4個配置し(無食害調査区のみ2個), ベルト内に生育するヒノキ造林木のすべての位置と, 樹幹形状別樹高と根元直径をそれぞれ測定した。

植栽後, 引続いて受けたカモシカ食害の経過と, その回復状態を明らかにするために, 各調査区から13~16本ずつ合計44本の造林木を抽出し, 樹幹解析のために伐採した。通直木, 屈曲木, 矮性木別にそれぞれ樹幹解析を行った。樹幹解析は, 食害の経過をできる限り正確に把握するために, 樹高1mまでは10cmごとに, また, 1.2m以上では40cmごとに, それぞれ円板を取り, 年輪数と年輪幅を測定した。

## (2) 植栽7年後の実態

植栽直後の食害度が, 7年生ヒノキ造林木に対して, どのような影響を及ぼすかを検討する。

### 1) 樹幹形状組成

樹幹形状区分にしたがって調査した結果は表-1のとおりである。この表でまず気付くことは, 矮性木の出現が調査区によって異なることである。無食害調査区では矮性木は全く出現しない。しかし, 激食害調査区では, 7年を経過した現在でも全調査本数の約28%が矮性木で占められている。中食害調査区での矮性木の出現は少なく, 全調査本数の約3%である。このように, 7年後の矮性木の出現率には, 植栽直後の食害度がそのまま反映しているように見える。

表-1 植栽7年後のヒノキ造林地の実態

樹幹形状 調査区	通直木 本・(%)	屈曲木 本・(%)	叉木 本・(%)	矮性木 本・(%)	合計 本
無食害	22 (9.9)	181 (81.5)	19 (8.6)	0 (0)	222
中食害	60 (19.9)	199 (65.9)	33 (10.9)	10 (3.3)	302
激食害	25 (8.6)	140 (48.3)	45 (15.5)	80 (27.6)	290

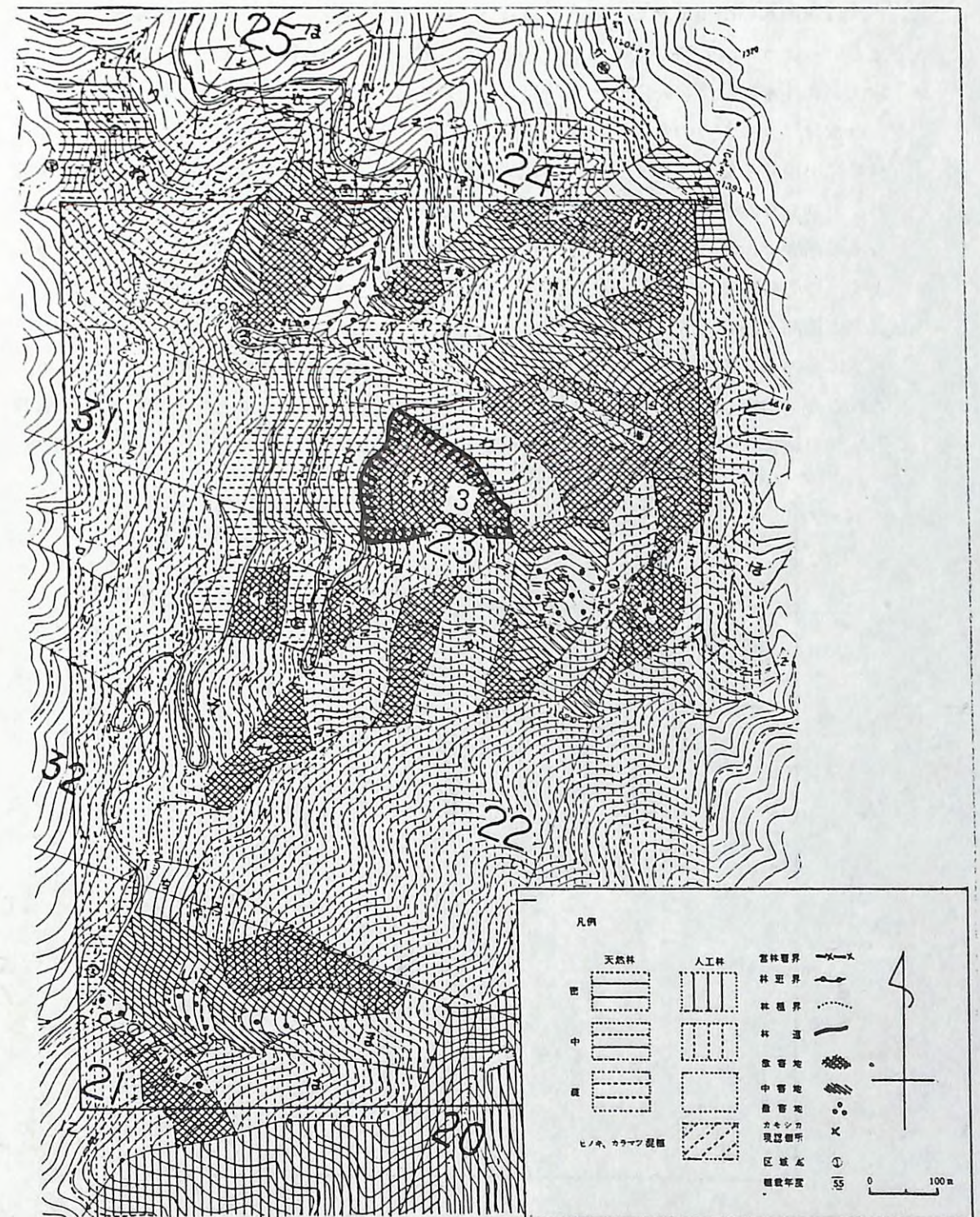


図-2 激食害調査区(3)とその周辺の状況  
(文献, 2)より引用)



次は屈曲木の出現である。無食害調査区では全調査本数の81.5%，中食害調査区65.9%というように、食害が全くない、あるいは比較的軽い調査区においても植栽木の過半数以上が屈曲木になっていることが注目される。

森本は、カモシカの食害が屈曲木の起因であるという前提のもとに、ヒノキの不成績造林地に出現する屈曲木のすべてを、植栽初期に受けたカモシカ食害の後遺症であると断定し、カモシカ食害がもたらす林業的損害の大きいことを強調したが、表-1を見るかぎり森本の前提は否定される。つまり、屈曲木はカモシカ食害以外の原因でも生じるということを、この表は物語っている。

## 2) 平均樹高の調査区間・樹幹形状間比較

7年生のヒノキ造林地は、通直木、屈曲木、叉木、矮性木によって構成されているが、これらの平均樹高は表-2と図-3のとおりである。図-3をみると、平均樹高には樹幹形状間や調査区間にそれぞれ違いがあることがわかる。

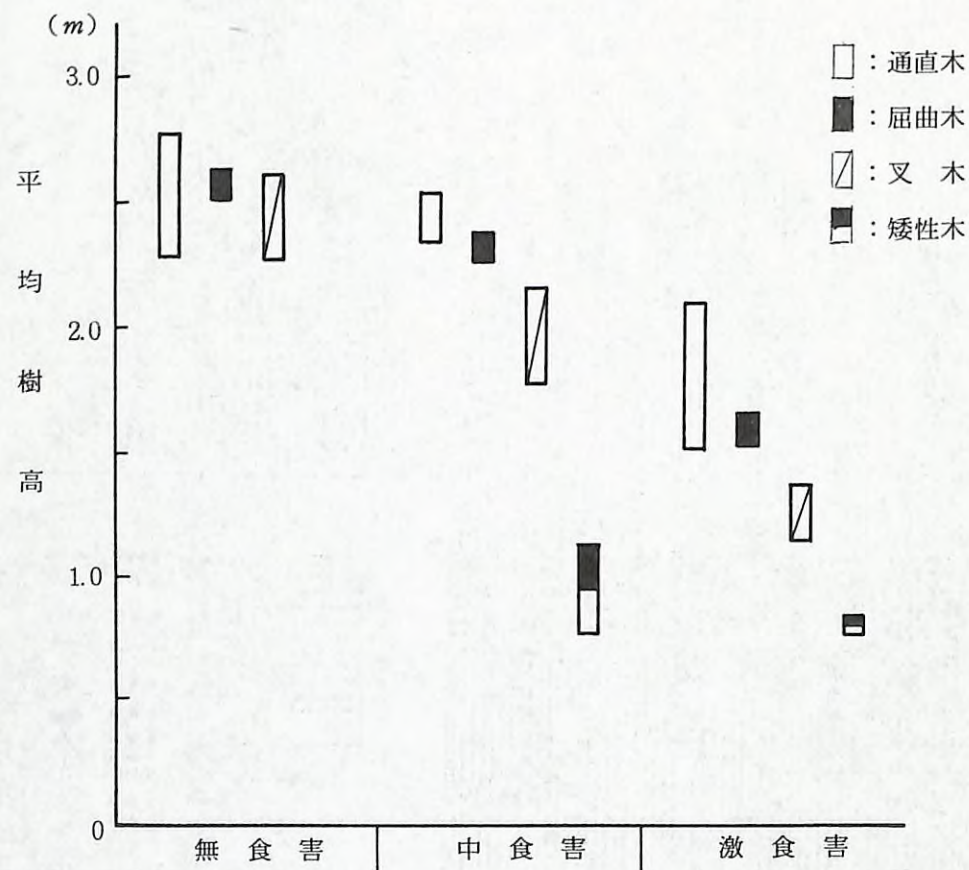


図-3 7年生ヒノキ造林地における植栽直後の食害度と平均樹高との関係（棒の長さは平均値の区間推定幅）

表-2 ヒノキ造林木の平均樹高 (cm)

樹幹形状 調査区	通直木	屈曲木	叉木	矮性木
無食害	252.5 ± 25.1	256.1 ± 6.3	243.2 ± 16.8	
中食害	243.3 ± 9.7	231.4 ± 6.1	196.4 ± 18.9	94.0 ± 17.9
激食害	180.0 ± 29.0	159.7 ± 7.1	125.9 ± 11.1	80.5 ± 3.9

無食害調査区の通直木、屈曲木、叉木の3者の平均樹高には統計的有意差が認められなく、これらの樹高にはすべて差がないと考えられる。

中食害調査区では、樹幹形状間に樹高差が認められる。すなわち、通直木と屈曲木の間には統計的有意差が認められないが、通直・屈曲木と叉木間、あるいは矮性木間、さらに叉木と矮性木間にそれぞれ統計的有意差が認められる。この結果、中食害調査区の平均樹高には、通直木=屈曲木>叉木>矮性木という順位がある。

激食害調査区の平均樹高にも中食害調査区と同じように、通直木=屈曲木>叉木>矮性木という順位が認められる。樹高の最も低い矮性木はカモシカの執拗な連続的食害によって作られたものであると考えられるから、その原因は明らかであるが、中食害調査区と激食害調査区では、なぜ叉木が通直・屈曲木より樹高が低いのか、その原因は全くわからない。

次に同じ樹幹形状を有するヒノキ造林木の平均樹高を調査区間で比較すると、通直木では、無食害=中食害>激食害、屈曲木と叉木では、無食害>中食害>激食害、矮性木では、中食害=激食害となり、激食害調査区の平均樹高は、矮性木を除くすべての樹幹形状で最も低い。とくに、激食害調査区の通直木と屈曲木の樹高が無食害調査区や中食害調査区のそれらと比べて著しく低いことが注目される。

## 3) 平均根元直径の調査区間・樹幹形状間比較

7年生ヒノキ造林木の平均根元直径は表-3と図-4にそれぞれ示されている。図-4で気付くことは、無食害調査区と中食害調査区の通直木、屈曲木、叉木の3者の平均根元直径には、統計的有意差が認められなく、ほとんど同じ直径であると考えられる。しかし、激食害調査区のこれら3者の平均直径には、無食害調査区や中食害調査区でみられたものとは全く違ったパターンが示されている。

激食害調査区の樹幹形状別平均根元直径には、通直木>屈曲木=叉木>矮性木という順位が認められるが、矮性木を除く残りの造林木の平均直径は、無食害調査区や中食害調査



区のそれらと比べて著しく小さい。つまり、根元直径にあらわれたカモシカ食害の後遺症であると考えられる。

表-3 ヒノキ造林木の平均根元直径 (cm)

樹幹形状 調査区	通直木	屈曲木	叉木	矮性木
無食害	5.1 ± 0.7	5.7 ± 0.2	6.3 ± 0.7	
中食害	5.4 ± 0.4	5.4 ± 0.2	5.2 ± 0.7	1.8 ± 0.7
激食害	3.7 ± 0.5	2.9 ± 0.2	2.7 ± 0.3	2.1 ± 0.2

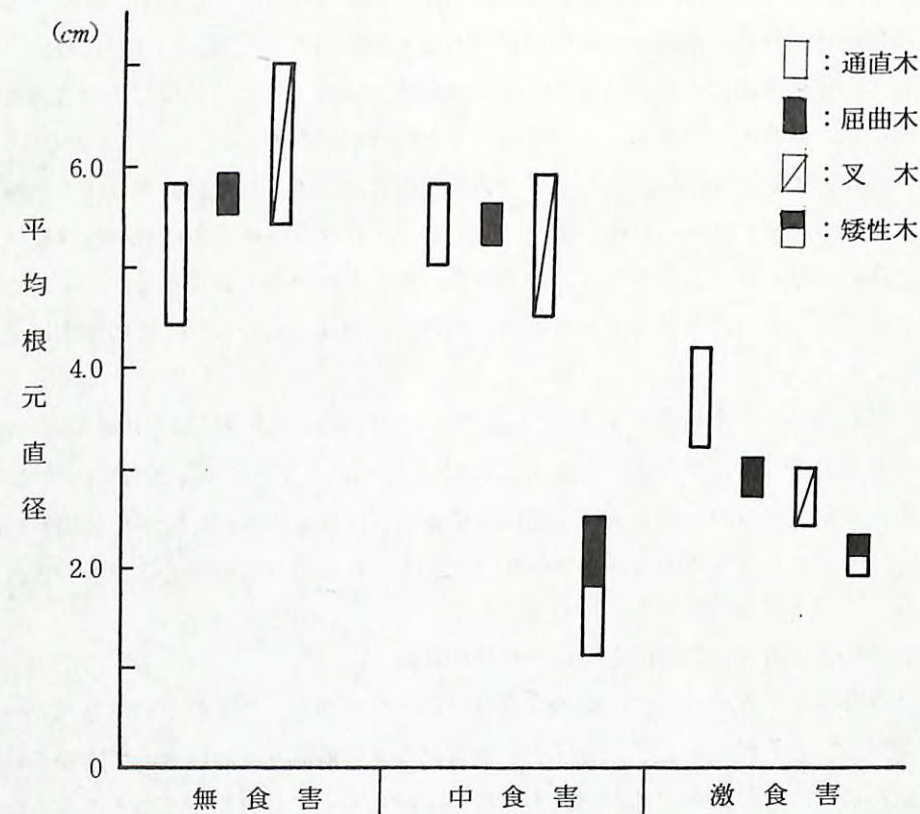


図-4 7年生ヒノキ造林地における植栽直後の食害度と平均根元直径との関係 (棒の長さは平均値の区間推定幅)

### (3) 樹幹解析による成長過程の解析

各調査区(無食害, 中食害, 激食害)から通直木, 屈曲木, 矮性木をそれぞれ一定本数ずつ抽出し, 樹幹解析を行った結果, 樹幹形状のみの区分では, 激食害木の成長過程を十分に説明することができなく, 食害経過を加味した区分が必要になった。すなわち, 通直木と屈曲木のなかから, 一時的に激食害を受け, その後の回復によつて外観上通直木, または屈曲木の形状を呈していると推測できる標本を分離して, これを仮に一時的激食害木と呼ぶことにした。したがって, 激食害を受け, まだ回復せずに「ほうき状」を呈している矮性木は, 慢性的激食害木と読みかえることになる。

#### 1) 樹高成長

一時的激食害木を分離した通直木と屈曲木の両者の平均樹高には, すべての樹齢で差がないので, 両者を統合して通直・屈曲木の平均樹高を計算した。表-4と図-5には, 通直・屈曲木, 一時的, あるいは慢性的激食害木の平均樹高と樹高成長曲線がそれぞれ示されている。

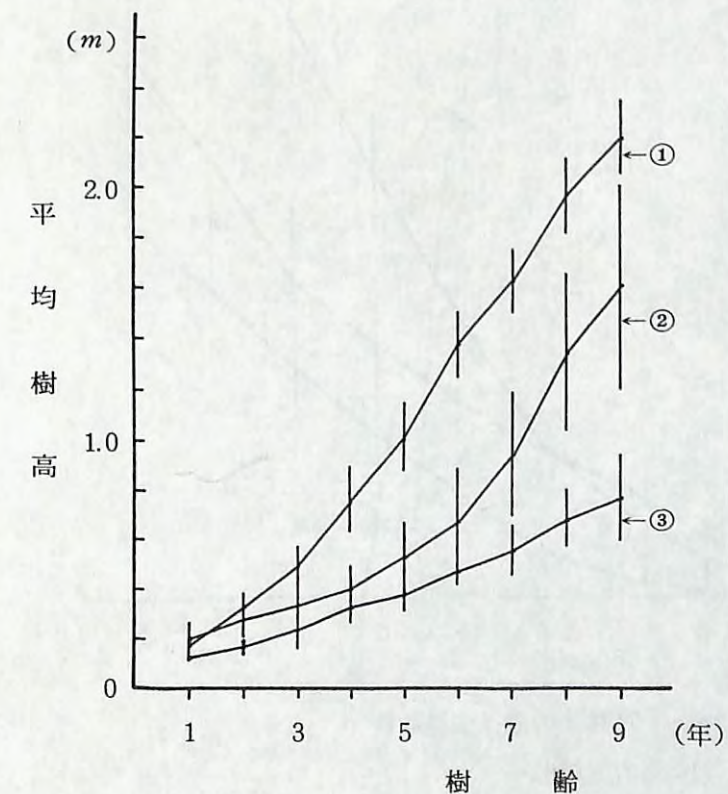


図-5 ヒノキ造林木の樹高生長曲線

- ①: 通直・屈曲木
- ②: 一時的激食害木
- ③: 慢性的激食害木



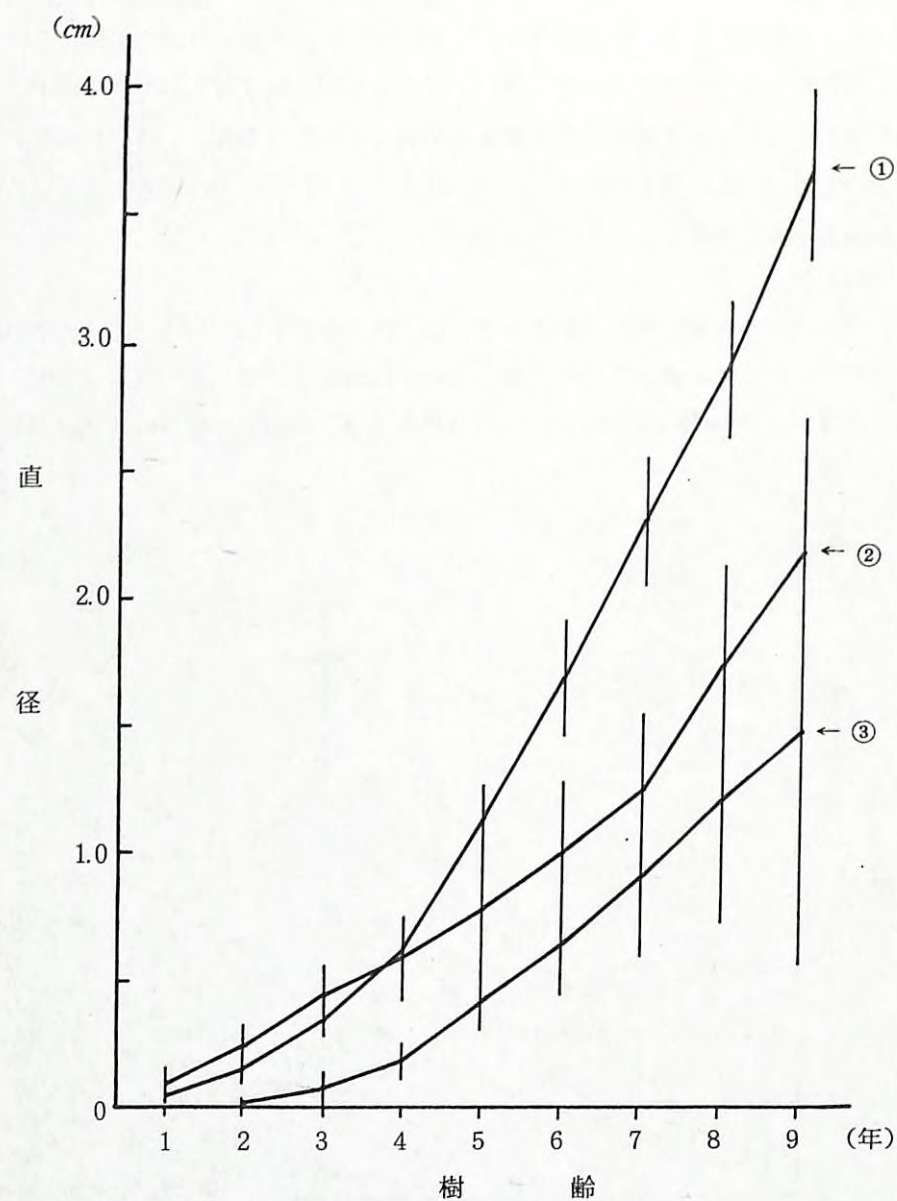


図-6 ヒノキ造林木の直径成長曲線

- ①：通直・屈曲木  
②：一時的激食害木  
③：慢性的激食害木

表-4 ヒノキ造林木の平均樹高

区分 樹幹形状	本数	樹齢別の平均樹高(m)								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
通直・屈曲木	14	0.18±0.03	0.33±0.06	0.49±0.08	0.76±0.14	1.02±0.14	1.40±0.13	1.65±0.13	1.99±0.15	2.23±0.15
一時的激食害木	9	0.20±0.07	0.28±0.07	0.33±0.08	0.40±0.10	0.53±0.15	0.68±0.23	0.96±0.25	1.37±0.31	1.63±0.41
慢性的激食害木	7	0.13±0.01	0.17±0.03	0.24±0.07	0.33±0.06	0.38±0.06	0.48±0.05	0.57±0.10	0.70±0.12	0.79±0.18

表-5 ヒノキ造林木の平均直径

区分 樹幹形状	調査本数 (本)	樹齢別の平均直径(cm)								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
通直・屈曲木	14	0.04±0.03	0.14±0.05	0.34±0.06	0.62±0.09	1.13±0.14	1.69±0.23	2.31±0.25	2.91±0.27	3.67±0.33
一時的激食害木	8	0.08±0.07	0.23±0.09	0.44±0.12	0.59±0.16	0.78±0.27	1.00±0.28	1.24±0.31	1.74±0.40	2.18±0.54
慢性的激食害木	7	0	0.01±0.02	0.07±0.07	0.18±0.07	0.42±0.11	0.64±0.19	0.91±0.31	1.21±0.48	1.48±0.91



通直・屈曲木の樹高は、年当り15cm程度から最高40cm弱までの範囲で、ほぼ直線的に成長するが、一時的激食害木は、4年生ぐらいまでは成長が緩慢で、年当り5～8cm程度の抑制された成長を示す。しかし、その時期を脱すると成長は回復し、通直・屈曲木とほとんど同じ成長率になる。

一方、慢性的激食害木は、頂芽の連続的食害によつてヒノキの頂部がほうき状となり、矮性の樹幹形状を呈している、この激食害木は、年当り5～6cmから最高10cm程度の抑制された成長のため、通直・屈曲木や一時的激食害木との樹高差は、樹齢の増加にともなつて拡大する。

しかし、慢性的激食害木の樹高成長曲線は、毎年わずかつつ増加しているから、一定年数を経るとカモシカが頂芽を摂食することができない樹高に達する。このとき、ほうき状になっている頂部に、どのように芯が立ち、主軸が形成されるかが問題になるが、それを議論するための資料は見当たらない。

## 2) 直径成長

表-5と図-6には、通直・屈曲木、一時的、慢性的激食害木の平均直径と直径成長曲線がそれぞれ示されている。一時的激食害木を除いた通直木と屈曲木両者の平均直径には、すべての樹齢で差がないので、平均樹高と同様、両者を統合して通直・屈曲木の平均直径を計算した。

通直・屈曲木の直径成長曲線をみると、3年生頃までは成長が緩慢であるが、それ以後は直径の著しい増加がみられる。

一時的激食害木の成長曲線は、4年生頃までは、通直・屈曲木とほとんど同程度の成長を示しているが、それ以後は緩慢となり、むしろ慢性的激食害木とほとんど同率の成長を示していることが注目される。すなわち、図-5の樹高成長曲線と図-6の直径成長曲線を比べると、4年生以後の樹高成長では、一時的激食害木と慢性的激食害木の両者の差は拡大するのに対して、直径成長では同率になる。カモシカ食害が回避され、成長回復期にあると考えられる一時的激食害木において、樹高成長と直径成長との間で、このような食違いがなぜ生じたか、その原因が問題になるのである。

## (4) ジニの指数

カモシカの食害を施業面から評価するためにジニの指数が用いられている<sup>9)</sup>。この指数は被害木と正常木の相対的な位置関係を示す指標であるから、造林地における被害木と正常木の分布が問題になる。

7年生のヒノキ造林木に対して、正常木と被害木をどのように区分するかが問題であるが、ここでは、矮性木のみを被害木とし、これ以外の造林木、すなわち、通直木、屈曲木、叉木は正常木とした。したがって、矮性木の出現率が非常に低い中食害調査区(3.3%)でのジニの指数は、ほとんど問題にならないので、ここでは、矮性木の出現率が非常に高い激食害

調査区(27.6%)のジニの指数のみ計算した。

ただし、激食害調査区の通直木、屈曲木、叉木には、一時的に激食害を受けた造林木が多く含まれているものと考えられるが、現在では樹高成長がある程度回復し、外観上は正常木と同じ樹幹形状をしているので、矮性木以外のすべての造林木を正常木と考え処理したことを付記する。

木曽地方のヒノキ造林地の伐採時本数を木曽地方収穫表の地位Ⅱに基いて、ha 当り700～750本としたとき、造林木1本当りの占有面積は(4m)<sup>2</sup>以内となるので、4mメッシュでジニの指数を計算すると、0.62784となった。

被害木と正常木が適当に混ざり合っている程、ジニの指数は0に近く、両者が分離して分布していれば1に近い値になるから、0.63というジニの指数は、相対的に大きな値と判断され、正常林分への誘導が非常に困難であるという評価になる。つまり、林分に穴をあけないようにするためには、矮性木(被害木)を残さなければならないから、主伐時に至るまで矮性木を含んだ林分構成にならざるを得ないということになる。

以上のように、カモシカによって受けた植栽直後の激食害は、7年を経過した時点においてもなお大きな後遺症が認められたが、しかし、中食害より軽い食害では、後遺症と認められるものは殆どなかった。

## 3. あとがき

7年生ヒノキ造林地でのカモシカ食害の後遺症は、主に激食害調査区に集中していたが、そこには、性質の異なる2つの症状があった。ひとつは、外観上正常木の形をしている通直木、屈曲木、叉木の成長が、対照正常木のそれらと比べて著しく劣っていることであり、これは、植栽直後の数年間にわたる連続的激食害からの回復過程で生じた症状と特徴づけることができた。他のひとつは、矮性木である。これは、植栽直後に激食害を受け、全く回復しないままの症状なのである。

このような症状をもつ激食害木を樹幹解析すると、前者は、樹高が一時的に抑制されるが、その後は回復するので、これを一時的激食害木、後者は、成長が完全に抑制され、回復が全くないので、これを慢性的激食害木とそれぞれ呼ぶことにしたが、このような区分の仕方は便宜的である。主軸の形成が早い遅いかという現象にもとづいた区分にすぎないから、本質的な区分に改めることが必要であろう。

カモシカの食害によって、ヒノキ造林木の頂部が「ほうき」状を呈しているなかから、主軸が、いつ、どのように形成されるか、そして、その要因はなにかを明らかにすることは、激食害木の成長過程を予測するうえで非常に重要である。

現在、カモシカ食害の定量的評価法の確立が求められているが、このためには、まず、食害木の成長過程を長期にわたって追跡し、食害と回復の定量的資料を蓄積することが必要ではあ



るが、このような資料だけをいくら蓄積しても、食害木の成長過程を予測することができなければ、食害の定量的評価法の確立はできないと考えられる。したがって、いま、最も重要なことは、激食害木の成長過程の予測、つまり、主軸形成時期を予測することであるから、主軸形成要因の解明こそが当面の最も中心的な研究課題なのである。

この報告を取りまとめるにあたり、実態調査や資料の解析などの方法について一方ならぬご指導とご援助を賜った林業試験場経営部測定研究室の天野正博室長と同東北支場経営研究室の高橋和規技官に深謝する。また、現地調査の際、調査地の設定や造林木の成長調査などでご苦勞をかけた林業試験場木曽分場の佐々木紀分場長、下野園正氏（元木曽分場長）をはじめ場員の方々、および南木曽、上松両営林署の方々にお礼を申し上げます。

#### 引用文献

- 1) 和歌山県自然環境研究会：特別天然記念物ニホンカモシカに関する緊急調査報告書，和歌山県教育委員会，昭和54・55年度，1－190，1981。
- 2) 日本林業技術協会：カモシカ生息地における森林の施業と被害防止に関する調査報告書，日本林業技術協会，1－239，1984。
- 3) 森本勇馬：ニホンカモシカによる食害ヒノキ林のその後の生育経過，森林防疫，30，10，10－14，1981。
- 4) 樋渡ミヨ子：被害木の成長予測，33回日林関東支論，11－12，1981。
- 5) 桑畑 勤，黒川泰亨，山田文雄：カモシカ・シカによる造林木食害の実態と解析，林業試験場関西支場年報，24，38－50，1982。
- 6) 高橋文敏，菅野知之：林木被害の定量化手法－被害木の成長解析－，35回日林関東支論，47－48，1983。
- 7) 山田文雄，北原英治，黒川泰亨：カモシカ・シカによるヒノキ造林木食害の調査結果，林業試験場関西支場年報，26，53－58，1984。
- 8) 黒川泰亨，北原英治，山田文雄，桑畑 勤：カモシカ・シカによる森林食害の調査結果と今後の展望，林業試験場関西支場年報，27，47－54，1985。
- 9) 天野正博：カモシカによる食害の許容限度，林業統計研究会誌，13，79－84，1988。