

## 肥培林業の経営に関する研究

宮崎, 安貞

<https://doi.org/10.15017/14779>

---

出版情報 : 九州大学農学部演習林報告. 42, pp.1-98, 1968-01-31. 九州大学農学部附属演習林  
バージョン :  
権利関係 :

# 肥培林業の経営に関する研究

宮 崎 安 貞

Yasusada MIYAZAKI

## Study on the Management of Fertilizing Forestry

### 目 次

はじめに	v ha 当り本数対平均胸高直径
第1章 総 論	vi 林 齢 対 幹 材 積
1 林地肥培の研究史	vii 林 齢 対 平均生長量
2 林地肥培の必要性	3 資料の吟味
3 肥培林業の推移と現況	4 地位区分
i 林地肥培の推移	5 収穫表構成数値の決定
ii 平均的な林地肥培	i 相知型スギ肥培林
第2章 スギ、ヒノキ幼齢林における 肥培効果	1) 主 林 木
1 スギ非等間隔水準肥料施用試験	a 平均樹高
i 目的と方法	b 平均胸高直径
ii 結果および考察	c 林 齢 対 胸 高 断 面 積 合 計
2 スギ等間隔水準肥料施用試験	d 林 齢 対 幹 材 積
i 目的と方法	e 林 齢 対 ha 当り主林木本数
ii 結果および考察	f ha 当り幹材積生長
3 ヒノキ非等間隔水準肥料施用試験	2) 副 林 木
i 目的と方法	a 平均樹高
ii 結果および考察	b 平均胸高直径
4 ヒノキ等間隔水準肥料施用試験	c ha 当り本数
i 目的と方法	d ha 当り幹材積
ii 結果および考察	3) 主副林木合計数値
5 樹高生長漸減則に関する考察	a 本 数
第3章 相知型スギ肥培林の収穫予想	b 幹 材 積
1 総 説	c 幹材積生長量および生長率
i 調査地の概況	4) 収穫予想表の調製
ii 相知肥培林の施業法	ii 相知地方スギ普通林
iii 資料のしゅう集と測定	1) 主 林 木
2 相知型スギ肥培林分の構成的特徴	a 平均樹高
i 林 齢 対 平均胸高直径	b 平均胸高直径
ii 林 齢 対 平均樹高	c ha 当り本数
iii 平均胸高直径対平均樹高	d ha 当り幹材積
iv 林 齢 対 本数	e 幹材積生長量

- 2) 副 林 木
  - a 平均樹高
  - b 平均胸高直径
  - c ha 当り本数
  - d ha 当り幹材積
- 3) 主副林木合計数値
- 4) 収穫予想表の調製
- 6 相知型スギ肥培林分収穫予想表の検討
  - i 相知地方の地位の推定
    - 1) 主林木平均樹高
    - 2) 幹 材 積
  - ii 相知型スギ肥培林の特徴
- 第4章 スギ品種と施肥集約度の最適組合せ
  - 1 総 説
    - i 肥培林業における下刈問題
    - ii 林木施肥における 樹高生長漸減の法則
    - iii 技術水準の向上と漸減則
  - 2 一品種のスギに対する施肥投入
    - i 施肥集約度と保育労働の省力
      - 1) 施肥の最適集約度
        - a 施肥度と樹高生長
        - b 樹高生長と下刈回数
        - c 林木施肥における合理的省力
        - d 賃率の変化と合理的省力
    - ii 林木施肥の最適組合せ
      - 1) 施肥投入の最適組合せ
      - 2) 賃率上昇の影響
      - 3) 林木施肥の経済限界
- 3 数品種のスギに対する 施肥投入の最適組合せ
  - i 施肥度と樹高生長
  - ii 樹高生長と下刈回数
  - iii 等節約曲線
  - iv 品種と施肥の代替性
  - v 最小費用の組合せ
  - vi 最適組合せ
- 第5章 相知型スギ肥培林地の経済効果
  - 1 総 説
  - 2 経済効果の一般的把握法
  - 3 相知型スギ肥培林および普通林の造林費用
  - 4 相知型スギ肥培林地における経済効果
- 第6章 相知型スギ肥培林業生産における 林木資本の経済的性質と最適輪伐期
  - 1 総 説
  - 2 輪伐期の計算
    - i 相知型スギ肥培林
      - 1) 最適輪伐期の概算
      - 2) 概算値の補正
    - ii 相知地方スギ普通林
      - 1) 最適輪伐期の概算
      - 2) 概算値の補正
  - 3 考 察
- 第7章 結 論
  - 1 要 約
  - 2 総括的考察
    - 引用文献

## は じ め に

今日、林地肥培は、ようやく林業経営における重要な問題の一つとなってきた。林業経営は、林業生産を中核とする組織として意識されるが、この林業生産は一面では一般に人間労働によって林地、種苗、肥料などの生産手段を結合して、林産物を作り出す物的過程とみられる。しかしながら他面ではある種の価値を犠牲にして、新しい価値を実現する価値的過程であるともいえよう。林地肥培は、林業における生産過程の一形態と考えられ、物的過程としての技術的過程と、価値的過程としての経済的過程の両面をもつものとして扱えられる。すなわち、林地肥培は個別資本の運動問題として扱われよう。個別資本の運動とは、個々の資本が剰余価値を生産し、実現し、獲得する過程であり、その意識的担い手である個々の企業家の意識には、原資本価値とその増殖分との関係、換言すれば、費用、収益、利益の関係として現われる。したがって、費用問題が基本的にして中核的な問題となる。林地肥培を林業経営の実践上有効な手段たらしめるためには、費用論的な視

点からの解析が必要なことはしばしば指摘されているとおりである。しかしながら、林業生産における生産期間の長期性、林業生産のもつ有機的生産という性質などから、研究対象としての肥培林業経営という実体が成立存在しているのを見いだすことすら容易ではなかったといえよう。

筆者は、1954年以来、北九州各地に試験地を設けて、恩師九州大学教授井上由扶博士のご指導のもとに、スギ、ヒノキ、アカマツ幼齢期肥培林について測定、観察を行なってきた。たまたま佐賀県東松浦郡相知町において、30数年にわたり同一施肥作業法を用いてきた既往肥培林の一群について調査することができたので、これらの生産時点を異にする両者を2本の柱として、それぞれの生産経済を吟味検討したのである。

研究方法としては、抽象法あるいは部分分析法を用いることとした。

稿を草するに当り、九州大学農学部附属演習林の元演習林長九州大学大野俊一名誉教授、前演習林長九州大学教授佐藤敬二博士、現演習林長九州大学教授塩谷勉博士および同演習林研究部長教授木梨謙吉博士、同助教授宮島寛博士、同助教授青木尊重博士の諸先生方に終始懇切なご助言、ご指導ならびにご支援を仰ぐことができた。また多年にわたる野外実験調査期間中、熊本営林局および佐賀県林務課の関係部局各位から多大のご支援をいただいた。佐賀県東松浦郡相知町字杉野の山林経営者故山口巻雄氏は格別の便宜を計って下さった。ここに心からなる感謝の意を表する次第である。

なお、試験地の設定、測定、計算には堂上龍雄、玉木久夫、関屋雄偉、柿原道喜、吉良今朝芳、長正道、永松謙二、道山奈緒恵、中井武司諸氏のご援助におうところが少なくない。併記して深甚なる謝意を表したい。

## 第 1 章 総 論

### 1 林 地 肥 培 の 研 究 史

林地を耕うんし、あるいは肥料を施して、植栽木の生育をより一層しやすくする、いわゆる林地肥培ということが、わが国ではいつごろから試みられたかは、参照する史実がなく知る由もないが、すでに江戸時代には実行されていたようである。当時、施肥は掛土の前に植え穴の中に入れられたものと、掛土の直後に地上に施されたものとの二種があった<sup>1)</sup>。すなわち、前者は享保年代スギの山出しについて「だるごやし(人糞尿)にて植ば千万本に一本も枯事なし」、あるいは寛政年代にも「肥を入、土を細に砕き、大麦粒を一抓入れて芸れば枯ることなし」など苗木の活着性を高める手段として考えられている。嘉永年代スギ、ヒノキに対して栃木県黒羽地方では「苗木を山へ植る節、植穴をほり、穴の内へ、干鰯、油粕、から稗の類を一つかみづつ入、植たる事有り、苗木の内は不知、成木に随ひ、格段にききめ見ゆるものなり」と肥効の持続性がすでに経験されていることは興味深い。また、安政年代飛騨高山地方では、植付け時耕うんおよび蚕糞(こくそ)掻交によって、根付が格別に良好となり、「年々木立盛に相成」と肥効の累積作用があることを指摘している。後者には文化年代カシに「時々水糞を用ときは多年ならず成長す」と施肥回数の増加によって早期育成が達せられるとした。文政年代近江国でもクスギ植栽後1年を経過して、約30cmに達したとき、「初て肥しを施すなり、其法は水を以て人糞を薄く融解し用ゆ」と、吸収根の発達後に施肥することがすすめられた。また、マツには油粕、人糞な

どで肥土を拵え植えること、禽獸魚介の肉を腐らして用いることの他、厩肥を一本に一つかみずつ置くことも推められている。さらに、元禄年代武蔵国ではケヤキ、スギの植付に際して、掛土後ただちに苗木の根元に糞、落葉などを敷いていて、いわゆるマルチ (mulching) 林業により防乾、施肥の目的を果たすことが試みられている。このように、江戸時代の林地施肥では、今日の林地肥培技術における主要な問題点がつとに注目されていたのである。しかしながら、この時代の肥料は、有機質肥料を中心とした自給肥料であった。

近代的林地肥培は、金肥の使用によって大きく発展してきたと考えられるが、例えば、硫安は1919年ごろ、新潟県小千谷市塩谷の山井記三郎によってスギ新植地に与えられている。すなわち、植付当年生から5, 6年生までの林分に、その状態に応じて4, 5回以内の連続施肥を行なっているが、その目的は生長促進にあり、さし当りは生長促進による雪起こし経費の軽減効果をうることにあった<sup>2)</sup>といわれる。

欧州においてはかなり古く、1755年にドイツにおいて JUSTI が林木生長促進のため播種造林前に林地耕うんおよび施肥を行なうことを論じ、1760年には植栽地または播種造林地への施肥を提議している。しかしながら、試験地を設けての研究は1905年ごろからはじめられたようで、V. HUGO<sup>3)</sup> はカシ、マツ、モミ、トウヒ新植林に3要素試験を行ない、人造肥料の有効なことを指摘している。E. REUSCH<sup>4)</sup> は、1928年にヒース地におけるトウヒ造林地に耕うんおよびトーマス燐肥、加里、および石灰が有効であるとしている。この時代には、林地肥培の効果は、ことに不毛地、低地位林においていちじるしいことが強調されたが、普通林に対してはその効果におおきく疑義をいだく学者も少なくなかった。SCHWAPPACH<sup>5)</sup> は林地肥培の進展が遅いのは、多くの林地が林木の生長に十分な養料を含んでおり、また深部土壌の理化学的性質を改良するのはなかなか困難なこと、林業生産の長期性および肥料の流亡性による効果的施肥の困難性などによるとした。JUNACK<sup>6)</sup> はアカマツ林に対する22カ年の試験成績から林地肥培に疑問的結論に達している。

戦後、欧米では森林の栄養という視点から、林木の葉の養分組成や養分分布を調べたものに TARRANT<sup>7)</sup>, LOUIS<sup>8)</sup>, WHITE<sup>9)</sup>, TAMM<sup>10)</sup> など、また林木の無機養分の栄養状態と林木の生長との関係を取り扱ったものに LEYTON<sup>11)</sup>, FLETCHER<sup>12)</sup> などの研究がある。また林木の養分欠乏を取り扱ったものに HEIBERG<sup>13)</sup>, GESSEL<sup>14)</sup>, WALKER<sup>15)</sup> などの研究がある。これらはいずれも林地肥培の基礎分野の一つである林木の栄養問題に関する研究である。これに対して、林地肥培試験によって実証的にその効果を解明しようとする立場から、LUNT<sup>16)</sup>, VIRO<sup>17)</sup>, MITSCHERLICH<sup>18)</sup>, ALTEN<sup>19)</sup>, NEMEC<sup>20)</sup>, LOHWASSER<sup>21)</sup>, THEMLITZ<sup>22)</sup>, GESSEL<sup>23)</sup>, HAUSSE<sup>24)</sup>, SCHAIRER<sup>25)</sup> などによって、それぞれ中間報告が行なわれている。

わが国では、芝本<sup>26)27)</sup> は林地肥培の重要性を強調したが、その後芝本<sup>28)</sup>, 朝日<sup>29)</sup>, 宮島<sup>30)</sup>, 宮崎<sup>31)</sup>, 塘<sup>32)</sup>, 川名<sup>33)</sup> などによるそれぞれの中間成績が報告されているのをはじめ、その範囲は基礎的なものから実践的なものまで数百編に及んでいる。

## 2 林地肥培の必要性

BAKER<sup>38)</sup> は、森林の生産過程において、窒素その他の養料の役目が農作物よりも重要性が少ないとする理由はないとしながらも (図1), 同時に、生物学的なまた経済学的な

数多くの特殊条件によって、実践的意義が失われているとしている。まず、林地肥培無用論の生物学的要因として、つぎの3点をあげている。

1 完全蓄積をもつ林分の、乾重生長量単位当り、および面積当りの窒素その他の塩類はほとんどの農作物より少ない。これは林木が主として炭水化物からできているという事実による。林木にはたいがいの食用植物を価値づけている高蛋白質やミネラルは含まれていないこと

2 土壤から吸収された養料の比較的小部分が樹幹にとどまり、大部分は葉や細枝の形で地床に落ち、土壤に還元されること

3 深根かつ長命な林木は、大量の土壤を利用し、養料を相当な深さから吸収する。吸出する土壤の容積という点からいえば、土地の単位当り養料の集中は、比較的浅根性の連年作物の場合よりも高くなくてはならないといわれないこと

また、林業生産において窒素は例外的に重要な養料であるとして、つぎの3つをあげている。

1 自然的手段で使いつくされた窒素を森林土壤に再蓄積させるのは、きわめて困難であり、また人工的に行なうのは経済的に不可能に近いこと

2 窒素は火入れや侵食によって、きわめて失われやすいこと

3 森林土壤において炭素(C)と窒素(N)はいろいろの比率をもつので、農業土壤ではめったに遭わない特殊型の土壤問題が提起されること

これらの森林土壤の特性から、林業生産においては、土壤管理に失敗しないようみずから注意しなければならぬこと、腐植を滅亡させてはならないことに留意すべきであろう。

つぎに林地肥培が大きく進展しえないおもな経営経済的要因は、林地施肥が木材の生長促進量と比べて割高となることであるとしている。

以上要するに、林地肥培は、収穫物や現金収入が用いられる肥培実践に左右される農業ほど重要ではないことを論じている。

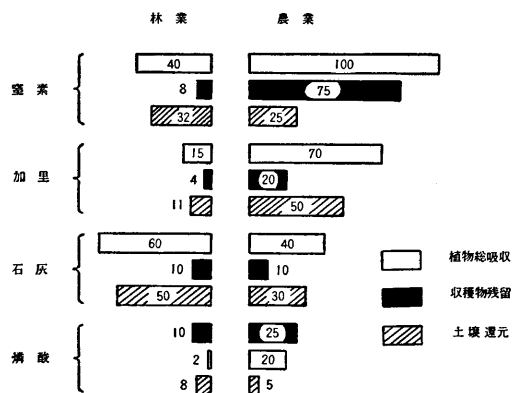


図 1. 平均的農林収穫物の養料吸収と利用 (Baker)

すその必要性を高唱されるのはなぜか。林地肥培必要論は、わが国の林業経営ないし林業生産のもつ自然的、社会的、経済的な特殊な環境条件によってもたらされているということができよう。これらの諸条件のうちおもなものを列挙すれば、つぎのとおりである。

わが国では、四手井<sup>37)</sup>は林地肥培に限界があることを、生態学的立場から指摘している。すなわち、わが国のような多雨地帯では、短伐期林業は地力減退をもたらすがゆえに、長伐期による自己施肥能を十分発揮できる永続的林業が適当であることを前提として、同化器官が完全に閉鎖した場合、施肥の効果が少なくなるとしている。

それにもかかわらず、林地肥培が研究的に、また実践的にますます

- 1 わが国の林地は一般に地形が急峻であり、また雨量が多く局地的な豪雨にしばしば見舞われる。そのため浸食による土壌の流亡が起こりやすい
  - 2 森林土壌の構成的特徴として、上層部の有機質層と、下層部の鉱物質層からなっていることが多い
  - 3 温暖多雨の気候条件により、塩基の溶脱作用が激しい。このため酸性土壌になりやすく、林木の生育環境は劣悪化しやすい傾向が認められる
  - 4 悪化しはじめれば、物理的、化学的な悪化にとどまらず、微生物などの活動が不活発となり、劣悪化は一層急速に進められる
  - 5 光合成能力のすぐれた、したがってまた養分要求度の高い樹種、品種が開発されるときともに、広く普及しはじめたこと
  - 6 利用関係の技術革新に伴って、短伐期のしかも大面積、皆伐、一斉林による植伐方式が用いられるようになり、さらに全幹ないし全木集材方式の導入により伐出技術は向上したが、他方では林地生産力の低下が懸念されること
  - 7 営農による落枝、落葉の採取
  - 8 わが国の経済発展に伴う木材需要の急激な高騰と需要構造の変化、ならびに木材価格の高騰による営林資本の蓄積と林業生産の将来性の再認識
  - 9 林業労働力の流出、林業労賃の高騰とこれに伴う省力林業技術の導入
  - 10 個別林業経営における経営者意識の高まり
- などである。

### 3 肥 培 林 業 の 推 移 と 現 況

#### i 林 地 肥 培 の 推 移

1960年に、わが国で化学肥料を施した林家数は約 52,000 戸といわれている。総林家数の約 2 %が林地肥培を行なったこととなる。これらの肥培林家は九州地方から北海道地方までの広い範囲に分布しているが、都道府県別には新潟、広島、愛知、鹿児島、愛媛などの各県は肥培林家数 2,000 戸以上となっている。つぎに 1960 年から 1964 年までのわが国における民有林の施肥面積の推移<sup>34)</sup>は、表 1 に示すとおりで、1960 年には約 15,900 ha が施肥され、その後は 46~13 %の伸び率で着実に増加して、1964年には約 36,000ha となっている。

地域別<sup>34)</sup>にみると、表 2 のとおりで、北海道および四国を除けば、新植面積のほぼ 5~12 %が肥培されている。

九州地方における 1964年から 1966年 (予想) まで 3 カ年の肥培面積は、各県ごとに表 3<sup>35)</sup> に示されている。それぞれの県で、肥培面積は増加しており、九州地方の合計では、1964 年の約 5,740 ha から 1965 年には約 9,100ha と、約 59%の伸び率を示している。また、九

表 1. 肥 培 面 積 推 移 (民有林)\*

年 度	施 肥 面 積	対 前 年 度 比
昭 35	15,900 ha	100 %
36	23,300	146
37	28,100	120
38	31,900	114
39	36,000	113

\* 「日本林業の現状」より。

表 2. 地域別肥培面積\*

地区	昭和 37 年度			昭和 38 年度			38年度 施肥面積 37年度 施肥面積 × 100
	新植面積	施肥面積	比 率	新植面積	施肥面積	比 率	
	ha	ha	%	ha	ha	%	%
北海道	34,860	187	0.54	34,151	147	0.43	78.6
東 北	47,318	3,027	6.40	46,284	3,557	7.69	117.5
関 東	21,885	1,414	6.46	20,000	1,544	7.78	109.2
北 陸	12,947	1,573	12.15	11,611	1,802	15.50	114.6
中 部	51,607	2,776	5.38	50,741	4,841	9.54	174.4
近 畿	33,531	3,210	9.57	30,121	3,740	12.42	116.5
中 国	35,892	953	2.66	34,727	1,933	5.57	202.8
四 国	27,695	11,788	42.56	28,397	9,858	34.71	83.6
九 州	58,135	3,157	5.43	51,431	4,508	8.77	142.8
計	323,870	28,085	8.67	307,463	31,930	10.38	113.7

\* 「日本林業の現状」より。

州、山口地方で用いられた肥料の種類および推定量<sup>35)</sup>は、表 4 に示すとおりである。林業用化成肥料の増加と、固形肥料の減少が目だっている。九州地方全体としては、林地肥培に用いられた各種肥料の総実トンは 1964 年度の 295 t から 1965 年度では 1,543 t と、約 5 倍になっている。

以上要するに、林地肥培は多雪の北陸地方から、温暖な九州地方まで広範囲に実行されており、一般に新植地の 10% 内外に適用品、施肥面積は毎年しだいに増加する傾向にあるということができよう。

## ii 平均的な林地肥培

1961 年に林地肥培協会は全国都道府県の林地肥培事例 5,839 例について位置、所有者、樹種、面積、林齢とともに、肥料の種類、施肥時期、施肥回数、施肥量を調査し、また林地肥培の効果を定性的に調査して、その結果をとりまとめている。これらの事例のすべてが平均的な技術段階にあるとは、もとよりいえないが、図抜けて集約的な肥培を行なった事例だけの統計ではなく、全国肥培林家の約 10% を標本としていることから、いちおうわが国の林業経営が林地肥培をその実践面でどのように受けとめているかをうかがい知ることができるものと期待してよいであろう。

表 3. 九州、山口各県別肥培面積\*

県	総森林面積	肥 培 面 積		
		昭和 39年	昭和 40年	昭和 41年予想
	ha	ha	ha	ha
福岡	238,284	700	1,100	1,500
佐賀	118,549	292	240	300
長崎	243,191	230	350	450
熊本	469,983	1,000	1,880	2,000
大分	402,151	1,620	2,500	2,500
宮崎	568,408	550	600	700
鹿児島	578,869	1,200	1,500	1,700
山口	430,900	150	950	1,070
計	3,050,335	5,742	9,120	10,220

\* 「九州、山口林地肥培シンポジウム資料」より。



まず、調査事例の施肥着手年次は表5に示されている。1935年以前の肥培事例はきわめて少なく、全体の約95%は1954年から1959年までに施肥されている。ことに1958、9両年に着手されたものが全体の過半を占めているのは、前述のわが国における林地肥培の普及傾向と一致するものと考えられる。

つぎに、どのような種類の肥料が用いられてきたか、肥料使用の推移は表6.1. 表6.2.に示すとおりである。すなわち、施肥林地面積の約94%は人造肥料を用いたもので占められているが、人造肥料のなかでは固形肥料が施用面積で最も広く全体の約54%、ついで窒素肥料の約30%、化成肥料の約8%、配合肥料の約2%などとなっている。固形肥料は1952年前後から林地肥培に用いられはじめ、しだいに窒素肥料と代替しながら増加したと考えられる。これは窒素肥料が1952年以前の既往肥培林において、その約73%を占めていたのに対して、1959年には約16%にまで使用率が減退していることからうかがえることである。一方、化成肥料は山林用肥料としての歴史が比較的新しいとはいえ、1959年ごろには約10%と相当な実績をもつに至り、その

後も林業用肥料として広範かつ大量に用いられていることは、先に述べたとおりである。

施肥の回数については、表7.1.および表7.2.に示すとおりである。1回施肥は肥培事例総数の約77%で、この当時はこの方式が最も多い。2回施肥は約15%、3回施肥は約5%、4回施肥は約2%、5回施肥は約1%で、6回以上の連用事例はきわめて少ない。

施肥時期がどのように選ばれているかについて、福岡県のスギ肥培事例をもとに考察してみると、3月が最も多く約71%、ついで4月が約10%、2月が約7%、以下5月、6月、10月、12月、1月などで、2月から4月にかけての春期施肥が最も多く用いられていることが認められる。

表 4. 九州、山口の肥料消費集計\*

年 間 肥 料 消 費 量 (実屯)						
年 度	単 肥		化 成 肥 料			固形肥料
	硫 安	尿 素	林地用	農業用	その他	
38	30	20	236	—	—	9
39	145	42	813	—	3	543
40	125	71	1,674	40	25	45

\*「九州、山口林地肥培シンポジウム資料」より。

表 5. 施肥着手年次別事例数\*

事例数 着手年次別	総 数	比 率
総 数	5,554 件	100 %
昭和10年以前	7	0
〃 11~20年	17	0
〃 21~25〃	44	1
〃 26~27〃	87	2
〃 28年	129	2
〃 29〃	250	5
〃 30〃	433	8
〃 31〃	622	11
〃 32〃	1,074	19
〃 33〃	1,442	26
〃 34〃	1,449	26

\*「全国林地肥培事例集」より。

表 6. 1. 年 次 別, 肥 料 別 面 積 \* (単位10 a)

肥料別 年次別	総 数	窒 素	化 成	配 合	固 形	有機質	その他
総 数	49,658	15,142	3,737	1,111	26,650	147	2,871
昭和27年以前	1,228	902	2	30	136	16	142
〃 28年	853	339	100	10	334	6	64
〃 29〃	2,174	1,015	37	29	877	2	214
〃 30〃	3,820	1,545	165	98	1,664	8	340
〃 31〃	5,839	2,051	213	103	3,080	41	351
〃 32〃	9,240	3,200	496	147	4,819	8	570
〃 33〃	13,180	3,881	1,437	357	6,736	35	734
〃 34〃	13,324	2,209	1,287	337	9,004	31	456

\*「全国林地肥培事例集」より。

表 6. 2. 年 次 別, 肥 料 別 面 積 比 率 \*

(単位：%)

肥料別 年次別	総 数	窒 素	化 成	配 合	固 形	有機質	その他
総 数	100	30	8	2	54	0	6
昭和27年以前	100	73	0	3	11	1	12
〃 28年	100	40	12	1	39	1	7
〃 29〃	100	44	2	1	43	0	10
〃 30〃	100	39	4	3	45	0	9
〃 31〃	100	35	4	2	52	1	6
〃 32〃	100	34	5	2	53	0	6
〃 33〃	100	29	11	3	51	0	6
〃 34〃	100	16	10	3	68	0	3

\*「全国林地肥培事例集」より。

表 7. 1. 施 肥 回 数 別, 効 果 別 事 例 数 \*

施肥回数別 効果別	総 数	1 回	2 回	3 回	4 回	5 回	6 回以上
総 数	5,539	4,270	844	249	116	33	27
効果が著しい	1,186	714	290	91	54	22	15
効果があつた	3,387	2,663	494	149	58	11	12
効果がなかつた	277	255	19	2	1	—	—
効 果 不 明	689	638	41	7	3	—	—

\*「全国林地肥培事例集」より。

表 7. 2. 施肥回数別, 効果別事例数比率\*  
(単位: %)

施肥回数別 効果別	総 数	1 回	2 回	3 回	4 回	5 回	6 回以上
総 数	100	100	100	100	100	100	100
効果が著しい	22	17	34	36	46	67	56
効果があった	61	62	59	60	50	33	44
効果がなかった	5	6	2	1	1	—	—
効 果 不 明	12	15	5	3	3	—	—

\*「全国林地肥培事例集」より。

施肥の効果は, 全体的にはその87%に認められている。また, 施肥回数の増加によって確実性が高まる傾向があり, 施肥1回(79%), 同2回(93%), 同3回以上では96%に施肥の効果と認められている(表7.2.)。

## 第 2 章 スギ, ヒノキ幼齢林における肥培効果

林地肥培は, その上に林木を仕立てるべき林地に, 耕うんあるいは施肥を行なって, 地力の向上を計り, この向上せしめられた地力の利用に基づいて, 林木育成による生産行為を行なうところの生産活動である。このように肥培林業生産は林木の育成を基調とする有機的生産であり, このことからいくつかの技術的特徴をもっている。すなわち, 肥培林業生産の特質として, 他の有機的生産と同様にまず報酬漸減の法則が作用すること, 他の生産要素との多様な組合せと相互作用の存在, 林地の本源の性質による影響, 気象条件による影響などをあげることができよう。本章でとり扱う主題は, このうちとくに報酬漸減の法則に関連する問題である。報酬漸減則に含まれる内容は, その観点によってはなほ多義であるが, ここでは比較対照される費用と報酬の表示を物量によることとし, したがって物的生産性に関する技術的法則とする立場にたっている。つぎに, 報酬と対比される費用は, 一定された生産財に結合される変動費だけを意味するものとした。最後に, この法則を静態的法則として解する立場をとった。そこで, 「施肥投入と林木生長との関係に重要な影響をおよぼす他の事情が一樣ならば」と仮定したが, そのためには, 施肥の費用各単位が等質で, 同じ組合せ比率で構成され, かつ同一の技術的方法で増加投入されることが必要である。このような均質投入は現実にはなかなか実行困難であるので, 各費用単位の価格が一定なことを意味するにとどめている。

林木施肥は, 林木の生育過程のいずれの時期に施すかによって, 幼齢期施肥と成木施肥に分けられている。幼齢期施肥は, 制限された分量の肥料で高い肥培効果をあげるためには養分要求絶対量が比較的小さい幼齢期を選ぶのが得策と考えられること, また幼齢期における生長促進は, その後の林木生長を良好ならしめるのではないかと推定されること, さらに幼齢期は林木の生産過程で最も手のかかる育林過程を含む時期であることなどから, 林地肥培の実行上最も基本的かつ重要なものであるということができよう。

本章は, 幼齢期におけるスギ, ヒノキ林木に対して, 樹高生長を指標としたとき林地肥

培の効果がどのようにあらわれるかを明らかにして、合理的な林地肥培法の技術的基礎を  
実証的に把握することを目的としている。

## 1 スギ非等間隔水準肥料施用試験

### i 目的と方法

新植されたスギ経済林に対して、施肥量を異にする5通りの林地肥培を行ない、それぞ  
れの効果の現われ方を把握して、しかる後にそれぞれの効果の間にどのような傾向がある  
かを検討する目的で、1954年からスギの非等間隔水準肥料施用試験を行なった。

試験地は4カ所で、それぞれ土壌、傾斜方位、下層植生などを異にするが、試験地内では  
なるべく一様性をたもつように選ばれている。各試験地の概況<sup>36)</sup>は表8に示すとおりで  
ある。

表 8. 試 験 地 の 概 況

試験地 項 目	宗 像 (P <sub>1</sub> )	小 石 原 第 1 (P <sub>2</sub> )	小 石 原 第 2 (P <sub>3</sub> )	小 石 原 第 3 (P <sub>4</sub> )
位 置	福岡寧業区 狩倉国有林 117.り	甘木寧業区 白石国有林 22.ぬ(下)	同 左 (上)	同 左 畑 有 11.は
地 況	0.2ha 傾斜 S.28° 石 礫 土	0.06ha E.40° 壤 土	0.0985ha E.25° 壤 土	0.1208ha S.25° 粘 土 質
植栽前の状況 植 生	マ ダ ケ 皆 伐 跡	スギ皆伐跡 雑 草	同 左	ヒ ノ キ 皆 伐 跡 灌 木 雑 草
苗 木	イ ス ス ギ 脇 山 苗 畑 産 1年生	イ ス ス ギ 小石原苗畑産 1年生	ア ヤ ス ギ 同 左	ア ヤ ス ギ 同 左
植 栽 本 数	496	269	346	365
平均苗高 cm	38.5	23.7	33.3	38.1
植 栽 月 日	3.9	3.23	3.25	4.30
施 肥 月 日	4.12	4.29	4.29	4.30
測 定 月 日	4.12	4.29	4.29	4.30

用いた肥料は、固形肥料丸山1号であり、アンモニア態窒素6%，可溶性磷酸4%，水  
溶性カリ3%を含む1個約15gr.の大型粒状肥料である。無施肥区を除く4種の処理区に  
苗木の活着をみきわめた後、4月下旬に施肥を行なった。施肥位置は、雑草その他の根に  
なるべく吸収されないよう深く施すこととして、苗木の周囲に約20cmの距離に深さ30  
cmを基準として鉄製案内棒で上半円状に孔をあけて挿入した。

試験は、斜面上部と下部の2ブロックに分けた乱塊法によった。ブロック内はそれぞれ  
5分して

- 1 無施肥対照区
- 2 固形肥料 2個/本区
- 3 固形肥料 4個/本区
- 4 固形肥料 10個/本区
- 5 固形肥料 20個/本区

の5処理をそれぞれ無作為に割り当てた。

測定は1954年4月の設定から1963年4月までの毎年、生長終期ごとに10回継続して行なった。なお、試験期間に生じた故障木(枯死木、切損木、病害木、雪害木、風害木、埋没木および補植木など)は、施肥効果の正しい把握をさまたげると考えられるので、被害のない正常木のみを集計比較した。正常木の設定時における樹高、根元直径などが各試験区間で同一水準であったかどうかを検定してみたところ、差異が認められなかった。

## ii 結 果 お よ び 考 察

スギ非等間隔水準肥料施用試験の結果は表9に示すとおりである。全体的把握を容易ならしめるため、とりまとめに当って9回の樹高生長量測定値のなかから3年目(Y<sub>I</sub>)、6年目(Y<sub>II</sub>)、9年目(Y<sub>III</sub>)の3時点を選んだ。したがって、本表の数値は4つの試験地(P)、5つの施肥処理(T)について前記の3時点においてそれぞれ2回反復(R)された測定結果を平均値で示したものである。

分析は、まず、各時点における個々の実験データに対して、分析Iに示す方法で解析を行なった。つぎに、実験の環境条件によって処理効果が異なるかどうかを明らかにし、また一連のすべての実験に対する処理の平均効果の推定と比較を行なうために、分析IIの方法により測定時点別の解析を行なった。それぞれの分析はつぎに示す手順によって行なわれている。

### 分析I

個々の実験データに対する解析は、乱塊法(一重の群分け)<sup>63)</sup>によった。すなわち、計算法を一般化して示すため  $t$  の処理と  $r$  の群があるとし、測定値を  $y$  であらわすと、分散分析はつぎの手順で計算される。

① 処理合計 ( $T_i$ )、群合計 ( $R_i$ ) および総計 ( $G$ ) を求める。

$$\textcircled{2} \text{ 修正項: } C = \frac{G^2}{t \cdot r}$$

$$\textcircled{3} \text{ 合 計: } \sum y^2 - C$$

$$\textcircled{4} \text{ 反 復: } \sum \frac{R_i^2}{t} - C$$

$$\textcircled{5} \text{ 処 理: } \sum \frac{T_i^2}{r} - C$$

$$\textcircled{6} \text{ 誤 差: (合計 s.s.) - (反復 s.s.) - (処理 s.s.)}$$

### 分析II

この分析は、肥料施用試験の実験結果をさらに広い地方に対して有用ならしめるために行なったものである。すでに4つの試験地は地力変化の広い範囲を含むように選ばれている。処理効果が実験の環境条件によって異なるかどうかを検討したが、すべての実験は同

表 9. 試験地別, 処理別, 時期別樹高生長

(単位: cm)

T	R	P Y	P <sub>1</sub>			小計	P <sub>2</sub>			小計	P <sub>3</sub>			小計
			Y I	Y II	Y III		Y I	Y II	Y III		Y I	Y II	Y III	
0	1		36	76	119	231	56	186	315	557	39	120	179	338
	2		37	105	197	339	56	188	323	567	41	105	180	326
2	1		35	89	126	250	39	159	282	480	56	149	266	471
	2		37	98	181	316	37	136	248	421	66	148	258	472
4	1		29	82	150	261	50	174	341	565	50	118	200	368
	2		41	138	285	464	41	152	287	480	44	115	196	355
10	1		27	83	125	235	49	165	308	517	52	154	283	489
	2		36	110	177	323	56	187	357	600	61	158	275	494
20	1		46	99	162	307	55	194	352	601	52	134	222	408
	2		51	145	247	443	53	187	336	576	43	106	195	344
計	1		173	429	682	1,284	249	878	1,593	2,720	249	675	1,150	2,074
	2		202	596	1,087	1,885	243	850	1,551	2,644	255	632	1,104	1,991
合 計			375	1,025	1,769	3,169	492	1,728	3,144	5,364	504	1,307	2,254	4,065

P <sub>4</sub>			小計	計	合 計
Y I	Y II	Y III			
48	140	261	449	1,575	3,126
32	108	179	319	1,551	
45	137	260	442	1,643	3,248
36	120	240	396	1,605	
49	172	288	509	1,703	3,371
38	119	212	369	1,668	
40	110	205	355	1,596	3,480
44	152	271	467	1,884	
38	101	180	319	1,635	3,487
55	163	271	489	1,852	
220	660	1,194	2,074	8,152	
205	662	1,173	2,040	8,560	
425	1,322	2,367	4,114	16,712	16,712

じ計画で行なわれているので, 計算はつぎの手順によった。

① 処理合計 ( $T_i$ ), 場所合計 ( $P_i$ ) および総計 ( $G$ ) を求める

② 修正項:  $C = \frac{G^2}{r \cdot t \cdot p}$

③ 場 所:  $\frac{\sum P_i^2}{r \cdot t} - C$

④ 処 理:  $\frac{\sum T_i^2}{r \cdot p} - C$

⑤ 処理×場所:  $\frac{\sum y^2}{r} - C - (\text{処理 s.s.}) - (\text{場所 s.s.})$

⑥ 反 復:  $\sum (\sum \frac{R_i^2}{t} - C)$

⑦ こみにした誤差: 分析 I の  $p$  個の  $s^2$  の合計

要因のうちいずれを分母として  $F$  検定を行なうべきかは数学模型を調べて決定した。 $x_{ij}$  が  $j$  番目の処理の  $i$  番目の場所で測定された平均,  $\pi_i$  と  $\tau_j$  はそれぞれ場所と処理の効果,  $\mu_{ij}$  は処理×場所の交互作用,  $\bar{e}_{ij}$  は実験誤差をあらわし, その場所でその処理を受けた  $r$  個の地区の平均である。仮定はつぎのように示される。

$$x_{ij} = \mu + \pi_i + \tau_j + \mu_{ij} + \bar{e}_{ij}$$

いま,

$$\text{母数のとき } \sum_i \pi_i = 0, \sum_j \tau_j = 0, \sum_i \mu_{ij} = \sum_j \mu_{ij} = 0$$

$$\text{変量のとき } E(\pi_i) = 0, E(\tau_j) = 0, E(\mu_{ij}) = 0, V(\pi_i) = \sigma_p^2, V(\tau_j) = \sigma_r^2, V(\mu_{ij}) = \sigma_{\mu}^2, \\ \bar{e}_{ij} \text{ は } N(0, \sigma_e^2)$$

となるので, 処理を母数と考え, 場所を変量と考える本実験における平均二乗の期待値は「混合模型」で示され, つぎのようになる。ただし, 記号  $r, p, t$  はそれぞれ反復, 場所, 処理の数である。

平均二乗の期待値 (混合模型)

$$\text{場所 (変量)} \quad \sigma_e^2 + r t \sigma_p^2$$

$$\text{処理 (母数)} \quad \sigma_e^2 + r \sigma_{\mu}^2 + \frac{r p}{t-1} \sum (\tau_j)^2$$

$$\text{場所} \times \text{処理} \quad \sigma_e^2 + \sigma_{\mu}^2$$

$$\text{誤 差} \quad \sigma_e^2$$

林木の生長を論ずる場合, 交互作用が存在するか少なくともその存在は無視できないと考えられ, しかも処理効果間に一貫した差があるかどうかを知らねばならない。そこで, その検定に対する  $F$  の分母は交互作用の  $m.s.$  を用いた。また, 場所 および 交互作用 場所×処理の 2 要因はそれぞれこみにした誤差 (pooled error) の  $m.s.$  を用いた。

分散分析の結果は表 10 (分析 II) および欄外 (分析 I) に示すとおりである。

表 10. 一連の実験結果の分散分析

要因	時点 項目	d.f.	Y I		Y II		Y III	
			s.s.	m.s.	s.s.	m.s.	s.s.	m.s.
反 復		1	113.8		3,052.6		16,834.6	
場 所		3	1,092.6	364.2**	25,106.1	8,368.7**	97,301.3	32,433.8**
処 理		4	217.6	54.4	1,074.65	268.7	4,977.6	1,244.4
処理 × 場所		12	1,164.4	97.0*	6,570.15	547.5	26,387.2	2,198.9
誤 差		16	615.2	38.5	6,556.4	409.8	18,656.4	1,166.0
合 計		36	3,203.6		42,359.9		128,666.1	

個々の実験に対する処理の  $F$  比

P <sub>1</sub>	7.67*	2.11	3.58
P <sub>2</sub>	6.71*	3.62	2.06
P <sub>3</sub>	3.77	9.65*	65.27**
P <sub>4</sub>	<1	<1	<1

分析Ⅰによれば、3年目では宗像試験地 ( $P_1$ ) および小石原第1試験地 ( $P_2$ ) は5%の有意水準で処理効果があると認められる。しかしながら、小石原第2試験地 ( $P_3$ ) および同第3試験地 ( $P_4$ ) においては処理効果に差が認められなかった。ここで、効果の認められた2試験地はいずれもインスギを用いており、認められなかった2試験地はいずれもアヤスギを用いている。アヤスギの特性として初期効果は樹高生長よりむしろ根元直径ないし樹冠の発達に貢献する傾向があると推定されるが、実験結果は品種の特性によって施肥効果が影響をうけたのではないかとすることを示していると考えられよう。また、6年目では4試験地のうち小石原第2試験地 ( $P_3$ ) だけが5%の有意水準で有意であった。9年目では同じく小石原第2試験地 ( $P_3$ ) が1%の有意水準で有意性を示したが、これらは前記と同様の理由に基づくのではないかと考えられる。

つぎに、処理効果が実験の環境条件によって異なるかどうかは分析Ⅱによって検討した。4試験地を結合した場合、3年目について処理×場所の交互作用の誤差に対する $F$ 検定を行なったところ、5%の有意水準で有意差が認められた。ついで処理の処理×場所に対する $F$ 検定を行なったが、有意差は認められなかった。このことから、処理効果は場所によって異なってあらわれるのではないかと推定される。同様にして6年目、9年目について一連の実験に対する検定を行なったが、それぞれ主効果および交互作用のいずれにも有意差が認められなかった。

これらのことから、場所によって施肥効果のあらわれ方が異なること、品種によって施肥後の生長経過が異なるのではないかなどが指摘できよう。

表11は9年目の対照区平均樹高に基づいて地位区分を行ない、対照区の各期生長量合計を100として、それぞれの施肥処理における生長量を指数であらわしたものである。

表 11. 地位別処理別の樹高生長指数

地 位	処 理	T				
		0	2	4	10	20
$P_1$	I 等 地	100	80	93	99	105
$P_2$	II 等 地	100	109	114	107	105
$P_3$	II 等 地	100	142	108	150	113
$P_4$	III 等 地	100	99	127	98	132
計		100	104	108	111	112

各処理の効果は

0 個区 (100) < 2 個区 (104) < 4 個区 (108) < 10個区 (111) < 20個区 (112)

となり、施肥量が増すにしたがって、樹高生長指数は増加する傾向が認められる。

以上要するに、スギ新植林分4カ所に対したただ1回の固形肥料施用を行ない、その他の林分とり扱い法を一定にした9年間の現地試験の結果、スギの樹高生長を促進する手段として、肥培処理は潜在的な有効性をもつこと施肥後3年目までのように比較的初期において効果が高いのではないかと、また環境条件によって肥効のあらわれ方がかなり異なることなどが推定されよう。



## 2 スギ等間隔水準肥料施用試験

### i 目的と方法

前と同様に、造林初期に行なわれた林地肥培の生長促進効果を把握することを目的として本試験を行なった。前節の結果から、固形肥料丸山1号の限界生長促進力が予想よりかなり小さいのではないかと考えられ、また試験地として選ぶる林分の面積的制約を考慮して、5個を単位として等間隔水準の肥料試験を行なったのである。等間隔性は、追加された肥料効果の吟味を簡明にする利点をもつことも、この設計を採用した理由の一つである。この試験は、1956年から福岡市近郊の2カ所のスギ新植地において行なった。

久山試験地(P<sub>1</sub>)は、福岡県粕屋郡九大粕屋演習林15.は林小班内にあり、面積0.1187ha南向きの斜面の中腹にある。傾斜は30度で、角閃岩を母岩とする深度中庸の埴壤土である。本試験地は前生の広葉樹の皆伐跡地で、そこに粕屋苗畑産の実生スギ(3年生)を人工植栽したものである。植栽本数はha当り約3,000本であった。1956年3月に植栽し、同年5月に施肥処理を行なった。

脇山試験地(P<sub>2</sub>)は福岡事業区脇山国有林85.は林小班内にあり、面積0.1132ha、北向きのやや風当りの強い山腹に位置している。傾斜は28度で、花崗岩の風化したやや深い匍行性埴土からなっている。スギの皆伐跡地に在来品種インスギ(ヤブクグリ)1年生挿木苗をha当り約3,000本植栽し最初の1年間はサトイモの木場作が行なわれている。植生はススキを主とする雑草である。1956年3月に植付け、同年5月に施肥を行なった。

用いた肥料は固形肥料丸山1号である。施肥の要領は前節で述べたものと同様である。

試験設計は、いずれの試験地においても、2ブロックの乱塊法によった。すなわち、試験地上部に第1ブロック、下部に第2ブロックを設け、それぞれ4つの施肥処理種を無作為に割り当てた。4つの処理種は、つぎに示すとおりである。

- 1 無施肥対照区
- 2 固形肥料5個/本区
- 3 固形肥料10個/本区
- 4 固形肥料15個/本区

測定は1956年5月から1962年4月まで、生長終期ごとに6年間継続して行なった。この期間内に生じた故障木は、測定とりまとめ資料から除外して、正常木のみの樹高生長促進効果を比較することとした。なお、1956年設定当時の樹高が各試験区間で同一水準にあるかどうかを確かめるため検定を試みたが、その結果両試験地ともいずれの処理区においても差異が認められなかった。

### ii 結果および考察

スギ等間隔水準肥料施用試験の6年間の成績を要約してみると、表12のとおりである。本表の数値は2つの試験地(P)、4つの施肥処理(T)、および2回の反復(R)別に3つの時点(Y)を施肥後2年目(Y<sub>I</sub>)、同4年目(Y<sub>II</sub>)、同6年目(Y<sub>III</sub>)に選んで樹高生長量を平均値で示したものである。

表 12. 試験地別, 処理別, 時期別の樹高生長

(単位: cm)

T	R	P <sub>1</sub>			小計	P <sub>2</sub>			小計	計	合計
		Y <sub>I</sub>	Y <sub>II</sub>	Y <sub>III</sub>		Y <sub>I</sub>	Y <sub>II</sub>	Y <sub>III</sub>			
0	1	74	176	306	556	20	66	116	202	758	1,491
	2	59	144	301	504	22	71	136	229	733	
5	1	70	158	289	517	20	57	99	176	693	1,409
	2	65	133	249	447	29	84	156	269	716	
10	1	88	246	358	692	23	59	101	183	875	1,673
	2	60	166	330	556	30	71	141	242	798	
15	1	79	186	309	574	23	77	139	239	813	1,627
	2	72	181	343	596	26	69	123	218	814	
計	1	311	766	1,262	2,339	86	259	455	800	3,139	
	2	256	624	1,223	2,103	107	295	556	958	3,061	
合計		567	1,390	2,485	4,442	193	554	1,011	1,758	6,200	6,200

## 分析

この表に基づいて, 前節と同様に分析Ⅰおよび分析Ⅱによる解析を行なった。すなわち, 分析Ⅰは個々の実験データに対する解析であり, 乱塊法 (一重の群分け) によっている。また, 分析Ⅱはさらに広い地方に対して有用ならしめるためにこれらの実験を結合して行なった分散分析で, 主効果としての処理効果および処理×場所の交互作用の $F$ 検定が眼目となっている。分散分析の結果はそれぞれ表13および同表の欄外に示すとおりである。

表 13. 一連の実験結果の分散分析

要因	項目	時点	Y <sub>I</sub>		Y <sub>II</sub>		Y <sub>III</sub>	
		<i>d.f.</i>	<i>s.s.</i>	<i>m.s.</i>	<i>s.s.</i>	<i>m.s.</i>	<i>s.s.</i>	<i>m.s.</i>
反場処 誤差 合計	復	1	433.25		2,682.5		1,465.25	
	所	1	8,742.25	8,742.3**	43,681	4,368.1**	135,792.25	13,579.2**
	理	3	120.5	40.2	1,905.5	635.2	2,880.5	960.2
	× 場所	3	34.25	11.4	2,407.5	802.5	3,490.25	1,163.4
	誤差	6	179.75	30.0	1,835.5	305.9	3,069.75	511.6
合計		14	9,510		52,512		146,698	
個々の実験に対する処理の $F$ 比								
P <sub>1</sub>			<1		2.80		3.94	
P <sub>2</sub>			1.92		<1		<1	

等間隔に設計した4施肥処理においては, いずれの試験地, いずれの時期についても樹高生長促進効果に差が認められなかった。また, 試験地を結合して時期別に処理および処理×場所について $F$ 検定を行なった結果, いずれの場合にも樹高生長に差が認められなかった。しかしながら, 対照区の生長指数を100としたとき, 固形肥料丸山1号5個区は95, 同10個区で112, 同15個区では109となる。1本当たり10, 15個のように比較的多量に施

肥を行なった区では生長促進の傾向が高くなるのではないかと考えられる。また、林齢の推移によって施肥効果がどのように変わるかを検討してみよう。施肥後2年目の対照区樹高生長指数を100とすれば、5, 10, 15 個区ではそれぞれ105, 115, 114といずれも対照区より高い。しかしながら年数の経過とともに指数の差は少なくなり、施肥後4年目では対照区の生長指数100に対して、5, 10, 15 個区ではそれぞれ95, 119, 112となって少量施肥区では施肥効果が認められない場合を生じ、さらに施肥後6年目では同じく92, 108, 106 となっていわゆる累積効果は認められないようである。これらのことから、施肥方法の改良とくに施肥後少なくとも2, 3年までに追肥を行なう必要があるのではないかと考えられる。

### 3 ヒノキ非等間隔水準肥料施用試験

#### i 目的と方法

ヒノキについて、造林初期における林地肥培の樹高生長におよぼす影響を把握することを目的として、ヒノキ新植林分を実験材料として1954年から9年間にわたって非等間隔水準の肥料試験を行なった。

試験地は3カ所でいずれもヒノキ適地と判断された林地である。各試験地の概況<sup>36)</sup>は表14に示すとおりである。

肥料は固形肥料丸山1号を用いた。施肥の要領はスギについて行なった前出の試験と同様である。

つぎに試験設計は、それぞれの試験地を上、下ブロックに区分した2ブロックの乱塊法によった。すなわち、ブロック内をさらに5等分して、それぞれに5施肥処理種を無作為に割り当てた。これらの施肥処理種は、

- 1 無施肥対照区
  - 2 固形肥料丸山1号2個/本区
  - 3 固形肥料丸山1号4個/本区
  - 4 固形肥料丸山1号10個/本区
  - 5 固形肥料丸山1号20個/本区
- である。

表 14. 試 験 地 の 概 況

試験地 項 目	周船寺(P <sub>1</sub> )	宮 野 第 1 (P <sub>2</sub> )	小 石 原 第 3 (P <sub>3</sub> )
位 置	福岡寧業区 道徳国有林 59.を	甘木寧業区 八国坂有山林 42.ろ	同烟ケ左 国 有 尻林 11.ほ
地 況	0.078 ha NW.30° 赤色粘土質	0.2417 ha S.20° 壤 土	0.0679 ha S.25° 粘 土 質
植栽前の状況	アカマツ皆伐跡 灌 木	アカマツ皆伐跡	ヒ ノ キ 皆 伐 跡
植 生	ウ ラ シ ロ	灌 木 雑 草	雑草広葉樹
苗 木	ヒ ノ キ 朝 倉 郡 民有苗畑産 1回床替1年生	ヒ ノ キ 十文字苗畑産 1回床替1年生	ヒ ノ キ 同 左
植栽本数(本)	294	886	206
平均苗高(cm)	42.3	34.9	36.7
植 栽 月 日	3.19	3. 5	3.27
施 肥 月 日	3.19	4.14	4.30
測 定 月 日	5. 1	4.14	4.30

測定は1954年4月設定時から1963年までの9年間である。この期間内で生じた各種の故障木を資料からとり除き、正常な生育を続けた林木のみを比較の対象とした。各試験地ごとに、処理区の設定時樹高の間に差があるかどうかを検定した結果、3試験地ともいずれの処理区間においても差異が認められなかった。

## ii 結果 および 考 察

ヒノキ非等間隔水準肥料施用試験の9年間の成績を要約して示せば表15のとおりである。本表の数値は3つの試験地(P)、5つの施肥処理種(T)、および2回の反復(R)別に施肥後3年目、6年目、9年目の3時点(Y)を選んで樹高生長量を平均値で示したものである。

表 15. 試験地別、処理別、時期別の樹高生長

(単位: cm)

		P		P <sub>1</sub>			小計	P <sub>2</sub>			小計	P <sub>3</sub>			小計	計	合計
		Y	R	Y <sub>I</sub>	Y <sub>II</sub>	Y <sub>III</sub>		Y <sub>I</sub>	Y <sub>II</sub>	Y <sub>III</sub>		Y <sub>I</sub>	Y <sub>II</sub>	Y <sub>III</sub>			
T	R	Y															
0	1		49	158	267	474	76	179	279	534	76	126	232	434	1,442	3,173	
	2		55	175	318	548	84	206	308	598	88	171	326	585	1,731		
2	1		54	157	282	493	70	163	276	509	101	126	277	504	1,506	3,440	
	2		82	221	361	664	85	217	367	669	126	182	293	601	1,934		
4	1		67	186	306	559	76	177	282	535	98	150	272	520	1,614	3,570	
	2		67	207	351	625	84	211	343	638	118	225	350	693	1,956		
10	1		68	176	306	550	83	193	315	591	99	152	272	523	1,664	3,436	
	2		69	196	332	597	90	211	344	645	115	136	279	530	1,772		
20	1		81	189	330	600	83	192	309	584	79	147	283	509	1,693	3,464	
	2		72	218	365	655	92	208	331	631	88	142	255	485	1,771		
計	1		319	866	1,491	2,676	388	904	1,461	2,753	453	701	1,336	2,490	7,919		
	2		345	1,017	1,727	3,089	435	1,053	1,693	3,181	535	856	1,503	2,894	9,164		
合 計			664	1,883	3,218	5,765	823	1,957	3,154	5,934	988	1,557	2,839	5,384	17,083	17,083	

## 分析

この表に基づいて、スギの場合と同様に分析Ⅰおよび分析Ⅱにより解析を行なった。すなわち分析Ⅰは個々の実験データに対する解析で乱塊法(一重の群分け)によっている。また、分析Ⅱはこれらの実験を結合してさらに広い地方に対して有用ならしめるため行なったもので、主効果としての処理効果および処理×場所の交互作用の $F$ 検定が主眼となっている。分散分析の結果はそれぞれ表16および同表の欄外に示すとおりである。

分析Ⅰによれば、3年目では宮野第1試験地(P<sub>2</sub>)は5%の有意水準で処理効果が認められ、また、小石原第3試験地(P<sub>3</sub>)は1%の有意水準で処理効果が認められる。しかしながら周船寺試験地(P<sub>1</sub>)は処理間に差が認められなかった。つぎに、処理効果が実験の環境条件によって異なるかどうかを分析Ⅱで検討してみると、3試験地を結合した場合、3年目における処理×場所の交互作用には1%の有意水準で差が認められた。ついで処理の処理×場所に対する $F$ 検定を行なったが、有意差は認められなかった。以上の分析結果から、処理効果は場所によって異なるのではないかと判断される。6年目および9

表 16. 一連の実験結果の分散分析

要因	項目	時点 <i>d.f.</i>	Y <sub>I</sub>		Y <sub>II</sub>		Y <sub>III</sub>	
			<i>s.s.</i>	<i>m.s.</i>	<i>s.s.</i>	<i>m.s.</i>	<i>s.s.</i>	<i>m.s.</i>
反	復	1	960.9		6,902.7		13,730.9	
場	所	2	5,249.4	2,624.7**	9,058.4	4,529.2**	8,232.1	4,616.1**
処	理	4	1,014.0	253.5	1,784.5	446.1	2,930.16	732.5
処理 × 場所		8	1,544.6	193.1**	2,638.3	329.8	3,808.24	476.0
誤	差	12	484.6	40.4	4,354.8	362.9	7,741.6	645.1
合	計	27	9,253.5		24,738.7		36,443	

個々の実験に対する処理の F 比				
P <sub>1</sub>		1.65	2.07	3.86
P <sub>2</sub>		7.60*	<1	<1
P <sub>3</sub>		21.94**	<1	<1

年目の両時点においては、分析 I および 分析 II のいずれにおいても有意差は認められず、したがってヒノキに対する林木施肥の効果は持続性に乏しいのではないかと考えられる。いま、生長指数により処理効果を検討してみると、対照区の樹高生長指数を100とすれば固形肥料丸山 1 号 2 個区、4 個区、10 個区、20 個区の生長指数はそれぞれ 108, 113, 108, 109 となり、施肥処理間に大きな差が認められない。ヒノキ幼齢林の施肥は、比較的少量でもかなり高い効果が期待できる場合があるのではないかと推定されよう。肥効の持続性について考察するため、対照区の 3 時期における生長指数をそれぞれ 100 として、4 つの施肥処理の 3 時期における平均指数をそれぞれ求めて比較した。施肥後 3 年目では平均施肥効果指数は 120 で最も高く、6 年目、9 年目にはそれぞれ 108, 108 と低くなる。本試験のような 1 回施用法では、3 年目以後は肥効が増進されるより、むしろ維持される形をとるのではないかと推定される。ヒノキについても、ほぼ 3 年目前後に追肥を行なうことが最低限必要ではないかと考えられる。

#### 4 ヒノキ等間隔水準肥料施用試験

##### i 目的と方法

この試験は、ヒノキを材料として、造林初期の林地肥培効果を実証的に把握することを目的として、1956年から開始した。

本試験地は、福岡県甘木事業区角田国有林 8. 林小班にあり、面積 0.093ha、西向きで傾斜は 35 度とやや急である。第 3 紀層に属し、小丘陵の中腹以上から頂上近くに位置し、土壌は壤土である。この丘陵はもと採草地であったが、ヒノキ新植後 2 年目に施肥試験地を設定したのである。

用いた肥料は固形肥料丸山 1 号である。施肥の要領は前に述べたものと同様である。試験地は、2 ブロックの乱塊法によって分割した。すなわち、試験地を上、下ブロックに分け、それぞれのブロックにつぎに示す 4 つの施肥処理をそれぞれ無作意に割り当てた。

##### 1 無施肥対照区

- 2 固形肥料丸山 1 号 5 個／本区
- 3 固形肥料丸山 1 号 10 個／本区
- 4 固形肥料丸山 1 号 15 個／本区

1956年5月に施肥処理を行ない、また設定時樹高を測定した。その後1962年まで生長終期ごとに樹高生長を6回測定した。なお、植栽本数はha 当り約3,500本であった。

1956年設定当時の樹高が、それぞれの試験区において同一水準にあるかどうかを確かめるため検定を行なったが、両試験地ともいずれの試験区間においても差異が認められなかった。

## ii 結果 お よ び 考 察

ヒノキ等間隔水準肥料施用試験における6年間の成績を要約すれば、表17に示すとおりである。本表の数値は1つの試験地(P)、4つの施肥処理(T)および2回の反復(R)の結果を施肥後2年目(Y<sub>I</sub>)、同4年目(Y<sub>II</sub>)、同6年目(Y<sub>III</sub>)ごとに樹高生長量を平均値で示したものである。

この表に基づいて、スギの場合と同様に分析Iによる解析を行なった。すなわち、分析Iは個々の実験データに対する解析であり、乱塊法(一重の群分け)によっている。分散分析の結果は表18に示すとおりである。

等間隔に設計した4施肥処理において、いずれの時点についても樹高生長促進効果に差が認められなかった。しかしながら、対照区の生長指数を100としたとき、固形肥料丸山1号5個区では110、同10個区では103、同15個区では115となり、施肥区はいずれも対照区より高い樹高生長指数を示している。また、林齢の推移によって施肥効果はどのように変わるかについて検討してみると、施肥後2年目

表 17. 処理別、時期別の樹高生長

(単位: cm)

T \ R		Y			小 計	合 計
		I	II	III		
0	1	69	133	215	417	814
	2	59	126	212	397	
5	1	67	129	207	403	892
	2	78	165	246	489	
10	1	63	122	200	385	839
	2	79	147	228	454	
15	1	83	148	233	464	935
	2	78	143	250	471	
計	1	282	532	855	1,669	
	2	294	581	936	1,811	
合 計		576	1,113	1,791	3,480	3,480

表 18. 分 散 分 析

要因	項目	時点 d.f.	Y <sub>I</sub>		Y <sub>II</sub>		Y <sub>III</sub>	
			s.s.	m.s.	s.s.	m.s.	s.s.	m.s.
反	復	1	18		300.125		820.125	
処	理	3	275	91.7	433.375	177.8	1,045.375	348.5
誤	差	3	233	77.7	697.375	232.5	481.375	160.5
合	計	7	526		1,430.875		2,346.875	

の対照区樹高生長指数を 100 とすれば、5, 10, 15 個区ではそれぞれ 105, 115, 114 となり、施肥後 4 年目では対照区樹高生長指数 100 に対して 5, 10, 15 個区ではそれぞれ 95, 119, 112 となり、さらに施肥後の 6 年目では同じく 92, 108, 106 となり、いわゆる累積効果は認められないようである。これらのことから、さらに高くまた継続的な施肥効果を得るためには施肥方法の改良とくに施肥後少なくとも 2, 3 年までに追肥を行なう必要があるのではないかと考えられる。

## 5 樹高生長漸減則に関する考察

本章の冒頭で、肥培林業の経営上、合理的な林地肥培法に近づくためには、林地肥培における生長漸減の法則を明らかにするのが重要な手段の一つであることを指摘した。その考察を行なうには、まだ資料が十分とはいえないが、本章の 1～4 において検討した実験成績に基づいて、また十分でない点は諸学者の研究成績を引用しながら、いくつかの点について考察を加えてみることにする。

### (1) 肥効の持続性

スギ、ヒノキなど林木は、一般に超永年作物であり、また熟期が明瞭でないで、どの時期を選ぶかによって生長漸減の法則は異なってくる。

施肥の効果を樹高の指数であらわした場合、施肥後の数年は高い指数を示すが、その後はしだいに増加しなくなり、ついにはいったん達した指数水準から維持または減少にかわる。塘<sup>39)</sup>はアカマツに 1 回だけ 3 要素施肥を行ない、8 年目までの樹高指数の年変化を調べ、図 2 に示すような施肥効果の増減の傾向をえている。

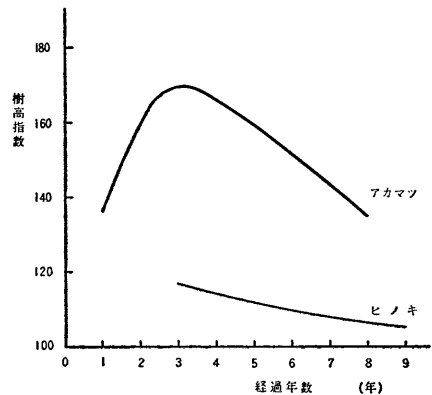


図 2. 樹高指数の年変化 (塘)

### (2) 樹高生長漸減の形態

合理的な肥培水準について、A. JACOB ら<sup>40)</sup>は肥料の費用と実現された収穫物価格の間の経済的優位性と同様に、収穫の種類、樹種あるいは品種、肥培の方法などによって、合理的水準は異なるとしている。また、きわめて少量の肥料、ことに磷酸や加里の少量施肥はほとんど効果が認められないことが多いことから、収穫曲線は横軸に施肥量をとったときに S 字型を呈するとしている。たとえば、図 3 は、その簡略化した傾向を示している。

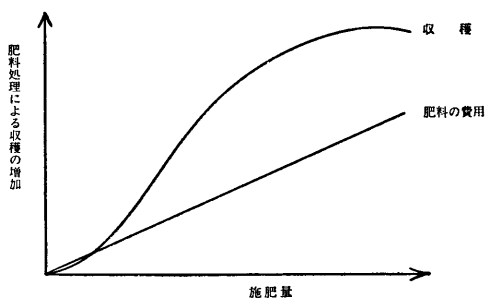


図3. 施肥費用と収穫の増加 (H. von Uexküll)

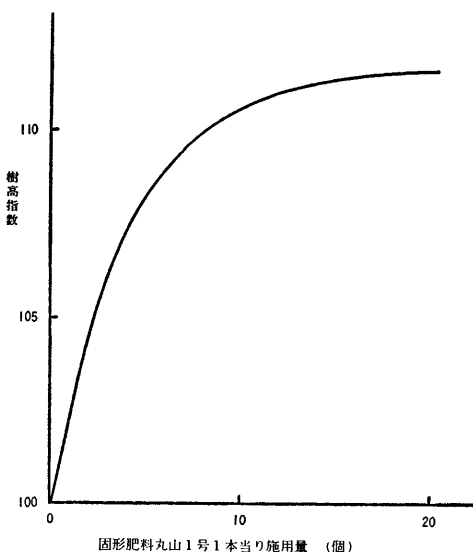


図4. スギ樹高指数の施肥量による変化

林木の収穫期は、一義的に決めがたいが、たとえばスギの樹高生長漸減の形態を調べるときに、3年目、6年目、9年目における樹高指数の平均値によって一種の収穫曲線を求めてみると、図4のような曲線となり、前図とよく似た傾向が認められる。一般的性質としてほぼ認められていることに、施肥量増加の頭初において収穫は漸増してその後漸減に移るという漸増減の形態があるが、スギなど林木においてこの漸増減が認められるかどうかは、さらに精細な試験によって確かめることが必要であろう。

### (3) 肥効増進方法と肥培効果の限界

前章において、現実の肥培林業経営に関する調査結果から、施肥回数を1回から6回以上まで増加させるにしたがって、いちじるしい肥効を示す例が多くなることを引用した。ある品種が与えられている場合、肥効の増進手段はこれらの施肥量、施肥回数のみならず、地拵え法、苗木の選択、植付法、植栽密度、保育法などおよそ人間の力で改良できる要素すべてが含まれよう。

土地の物理的、生物的改良法も肥効促進の一手段である。さらに各種の保護施設や保護活動なども含ませることができる。現実経営において林地肥培は無数の技術水準をもちうると考えられ、これらの技術水準は前記の施肥を含む生産各要素の結合の態様によって規定されるということができよう。

収穫の漸減性は、用いられた技術水準のいかんによってそれぞれ異なる曲線で示しうると予想されるが、林地肥培で最初に技術的関心をひくことの一つは、育林過程に林地肥培を導入した場合、到達しうる肥培効果の上部限界はどこにあるかということである。

まず、現実の林業経営のなかで、技術的に高い効果を収めることのできた例<sup>41)</sup>を検討してみることとする。1回施肥30例を含む71例の林地肥培の、回数別個所数および樹種こみの樹高指数階層別頻度分布は、表19および表20に示されている。樹高指数で150~250

表 19. 施肥回数別個所数\*

施肥回数	1	2	3	4	5	6	計
個所数	30	18	13	6	2	2	71

\*「第1回全国林地肥培コンクール成果集」より。

以上の高い肥効のあった例は、全体の約46%を占めている。このような傾向は、1962年の全国林地肥培コンクール応募林



表 20. 上長生長肥効率の階層別頻度分布 \*

肥 効 率	100 ~ 110	110 ~ 120	120 ~ 150	150 ~ 200	200 ~ 250	250 以上	不明	計	摘 要
個 所 数	2	6	30	19	5	6	3	71	不明は対照区が 設定されていないもの

\* 前掲書より。

分の樹高指数を示した表 21 においても認められるところである<sup>42)</sup>。また、1 回だけ施肥

表 21. 樹 種 別 肥 効 率 \*

樹 種	肥効率 %							計
	100~110	110~120	120~150	150~200	200~250	250~		
ス     ギ	1	0	10	17	8	4		40
ヒ   ノ   キ	0	0	7	6	3	1		17
マ     ツ	0	0	2	1	0	0		3
カ   ラ   マ   ツ	0	0	0	1	0	0		1
そ   の   他	0	0	1	0	0	0		1
計	1	0	20	25	11	5		62

\* 前掲書より。

を行なった場合でも、いろいろの工夫によってすぐれた肥効を発揮させていることは注目される。

また、林地肥培による樹高生長のすぐれている例を、1964 年 および 1965 年の前記コンクール応募林分からスギ、ヒノキ別にとりまとめて示せば図 5 および図 6 のとおりである。

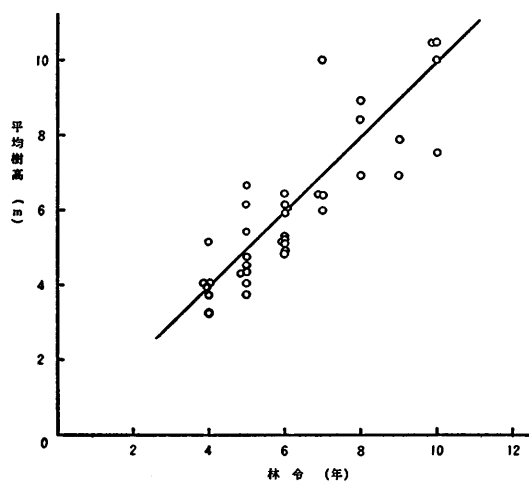


図 5. スギ優良肥培林の平均樹高

(第 4 回, 第 5 回全国林地肥培コンクール成果表による)

これらの図から、スギでは年平均生長量が 1.4m に及ぶ例、ヒノキでは 0.9 m に及ぶ例があることが報告されている。

さらに、林分材積収穫量は、無施肥林分と比べた場合、肥培林においていじめるいしく大きくなることは、図 7<sup>43)</sup>に示すとおりである。

以上要するに、周到な幼齢期における林地肥培は、施肥を組み込まなかった従来の育成林業ではとうてい達成しえなかった域まで、林地生産力を高める役目を十分に果たしていると認められ、このような可能性を実現する純粋技術としての林木肥培の追求およびその成果は、林業経営における合理的肥

培法の確立に大きな影響を与えるものと期待される。

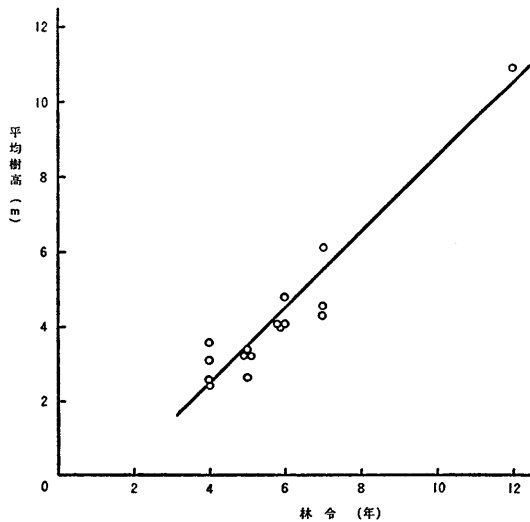


図 6. ヒノキ優良肥培林の平均樹高  
(第4回,第5回全国林地肥培コンクール成果表による)

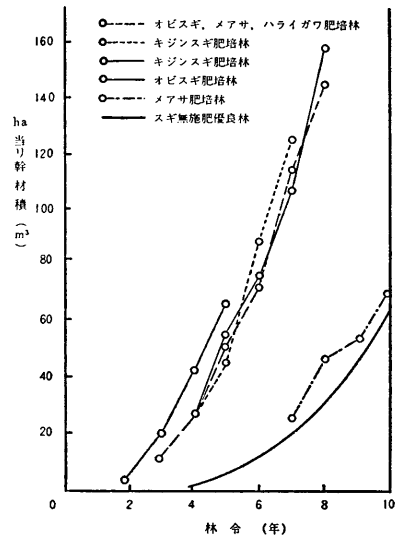


図 7. スギ優良肥培林の材積生長  
(森林と肥培, No.34 による)

### 第 3 章 相知型スギ肥培林の収穫予想

#### 1 総 説

相知型スギ肥培林は、佐賀県東松浦郡相知町地方において、同町の山口巻雄氏が30数年前から自己所有林に実施してきたもので、独特のスギ肥培施業法を一貫して用いていることから、とくにこの名称で呼ぶこととした。

篤林家によって古くから行なわれてきた肥培林について、その成績を調べることは、研究上また実践上きわめて重要なことと考えられる。しかるに、この分野の研究は、既往肥培林分を単独に調査した例、あるいは既往肥培林分を隣接した対照林分と比較検討した例などがみられるにすぎない。そのため、調査結果はその時点における成績を示すか、あるいは樹幹析解法により近似的に生長経過が推定されるにとどまっている。このようなことから、肥培収穫表の出現がまたれながらも、わが国の林地肥培の歴史がまだ日浅く、これまでのところ、同じ肥培方法によって伐期にいたるまで継続的に経営された事例がほとんどないので、研究は進められなかったのである。たまたま、統一的な林分とり扱い法により造成された前記相知型スギ肥培林分の一集団を見いだした。本章の目的は、その調査結果に基づいて収穫表ないし収穫予想表を調製することにある。

相知型スギ肥培林における肥培方法は、その集約度から判断すれば、おおむね中庸であり、したがってまた、中庸規模の林業経営に相当するのではないかと考えられる。

スギの肥培技術は日進月歩の現状にあり、本法をもって最も理想的な肥培技術であるとはもとより認めがたいが、不完全ながらも肥培収穫表を調製できるならば、技術的に林齢の推移による林分構成諸因子の実態を把握するとともに、後章の経済的な検討の基礎資料とすることができよう。

## i 調査地の概況

相知地方は佐賀県の北西部に位置しており、松浦川の上流、平野がつきて丘陵性の山がようやく迫ってきた辺りにある。調査地の標高は100～200m程度である。本地方は、佐里砂岩層に属しており、最上部は骨石、上部は凝灰質岩層を多く含む骨石帯である。礫岩以上の上部帯は主として灰緑色緻密堅硬な中～細粒の塊状砂岩であり、その風化によって黄褐色を呈している。化石種からは本邦新第3紀層のものと近縁であるとされている。佐里砂岩層は上部層は骨石帯といわれ、佐里型の薄板状砂岩と灰黒色砂質頁岩および凝灰質砂岩、頁岩などを主とし、いわゆる骨石および暗色緻密堅硬な珪質細粒砂岩をはさんでいる。浅海底で石英粗面岩質の火山灰が堆積して生じたという頁岩はこの地方の主岩で、淡青色ごく緻密堅硬な燧石質の凝灰質頁岩で、縦に柏子木状に割れ、これにそって風化して黄褐色ないし白色を呈する。

相知地方のスギ林土壌の性質について、佐藤敬二<sup>44)</sup>は30年生の地スギ肥培林および無施肥林地の地表層および表土の化学的性質を表22のように報告している。

表 22. 佐賀県相知町スギ施肥林土壌の化学的性質 \*\*

項 目	施 肥 区				無 施 肥 区			
	A <sub>0</sub>		A <sub>1</sub> (0—3cm)		A <sub>0</sub>		A <sub>1</sub> (0—3cm)	
	1	2	1	2	1	2	1	2
pH { 水	6.2	6.1	5.9	5.7	6.3	6.2	5.5	5.6
	KCl	5.3	5.3	4.8	5.3	5.3	4.1	4.2
全炭素 (%)	29.70	29.64	7.45	8.43	27.91	27.16	5.83	5.44
全窒素 (%)	1.09	1.07	0.54	0.56	0.92	0.90	0.39	0.40
C/N 率	27.2	27.7	13.8	15.0	30.3	30.2	14.9	13.6
置 換 性 Ca *	61.0	62.9	18.4	17.5	49.0	51.7	8.26	9.61
〃 Mg	6.66	6.34	2.65	2.65	6.46	6.03	1.90	1.91
〃 K	0.97	0.96	0.88	0.65	0.77	1.02	0.55	0.49
〃 Na	2.26	2.57	2.40	1.10	1.07	2.19	0.57	0.18
塩基飽和度	70.9	72.8	24.3	21.9	57.3	60.9	11.3	12.2

\* me/100g 乾土

第三紀層，安山岩，傾斜 6°，20点ずつとって 2 parts として分析。

\*\* 佐藤敬二「実践造林」より。

気象概況は、年平均気温 15.4℃ 内外、年平均降雨量 1,771mm 程度で、温暖多雨といえよう。

以上のような自然環境から、本地方の立地条件はむしろマツの生育に適しているのではないかと考えられる。スギ人工林は沿革的に新しく、採草地転換や広葉樹林の林種転換によってはじめられた第1代造林地が大部分を占めている。スギ林は中腹以下の谷筋に多いが全般としてはスギ人工林率はあまり高くない。

## ii 相知肥培林の施業法

スギ肥培林の品種は、在来品種アヤスギ系のアカバと推定され、相知地方ではナリヤマ

スギと称されている本地方の地スギである。苗木はいずれも2年生挿木苗を用いているが、育苗期にあらかじめ硫安その他による肥培管理を行なって、葉色がやや紫色がかかるほど十分に施肥を行なったということである。

山出し苗は、十分に発根し、かつ充実した2年生の健苗を選んでいる。植付けは、火入れ地拵えを行なった後、鍬を用いて幅約2.5尺(75cm)、深さ約1尺(30cm)以上の植え穴を掘り、雑草木の根を除去しながら耕うんを行ない、ごみがいらないよう注意しながら、ていねいに行なっている。植付けの時期はいずれも春期植栽である。

本数密度は、林木の生長を考慮して縦幅約1間(1.8m)、横幅約1間半(2.7m)の長方形植えとしているので、ha当り植栽本数を標準で示せば約2,060本である。

植栽後1カ月を経て苗木が活着した時期を選んで、第1回の施肥およびマルチ処理を行なっている。すなわち、苗木の根元から約20~30cmへだてた位置で、地表層ないし表土(A<sub>0</sub>~A<sub>1</sub>の一部)を上半円周状にかすりとり、苗木1本当たり約5匁(19g)の菜種油粕を施している。施肥後、1~2cmの厚さに薄く覆土しているが、さらにネズミの食害および風による根元の動揺を防ぎ、雑草木による植生競合から苗木を援護する目的で、苗木の周囲を岩礫で囲う一種のマルチングを併施した。菜種油粕は、有機質窒素肥料のなかでは土壌中での分解が最も遅い肥料の一つであり、林業用肥料として適当ではないかと判断して試用したものである。

施肥回数は、植栽の年から3年間にわたって毎年1回ずつ合計3回である。いずれも施肥要領は前記第1回目の方法と同様であり、マルチをいったんとり除き、肥培処理を行なった後、再びもとの位置に戻している。

補植は、新植の翌年に行なっている。また、施肥林の保育法についてのべると、まず下刈は初年度が年2回、2~3年目まで年2回で施肥実行年には集約な下刈を行ない、さらに4~5年目までそれぞれ年1回ずつ下刈を実施するのを基準としている。除伐や間伐は、被害木の除去以外にはあまり実行されていない。

以上要するに、相知型肥培施業法は、つぎの各項目に示す特色をもっているといえよう。

- (1) 遅効性有機質肥料を用いていること
- (2) 3年連続の施肥を行なうこと
- (3) マルチングの併用
- (4) 比較的少ない植栽本数
- (5) 林木の養分要求と雑草木による養分循環機能の合理的調整

ことに(5)について、実行者の山口氏の山作りは「山を作るには、まず草を作れ」という提唱に最も簡明に表現されているといえよう。

### iii 資料のしゅう集と測定

調査したスギ肥培林は、相知町字杉野の山口巻雄氏の所有、管理している林分で、3年生から37年生までの各齢級の正常林分と認められる同齢単純林である。また、比較対照するために、面積、林齢、疎密度、立木密度、健全性などが対照林分として適当と認められる普通無施肥林を、それぞれの肥培調査林分に隣接ないし接近した場所で選定した。以上により調査した標準地はスギ肥培林11カ所、無施肥林13カ所であった。

### 調査方法

これらの林分に対する調査測定法はつぎのとおりである。

#### (1) 面 積

収穫表調製資料を求める標準地として適当と考えられる林分を区画選定した。

#### (2) 主副林木の区分

調製要綱<sup>45)</sup>の主副林木区分基準にしたがって、中庸度の間伐を行なった場合に保残されるべきものを主林木、間伐されるべきものを副林木として、各標準地ごとに毎木調査を行なった。

#### (3) 林 齢

植栽年度から算定して求める、いわゆる経営林齢をもって林齢とした。

#### (4) 胸高直径

地上高 1.2m の位置をもって胸高として、輪尺で直角 2 方向の直径を測定し、その平均値をもって測定木の胸高直径とした。測定単位は 1 cm 括約である。

#### (5) 樹 高

幼齡林では測尺によって直接測定を行ない、0.1m 括約とし、壮齡林以後はワイゼ測高器により毎木測定を行ない、0.5m 括約とした。

#### (6) 平均胸高直径および平均樹高

主林木、副林木ごとにそれぞれ測定値を集計した後、平均値を算出した。単位は小数以下 1 位にとどめた。

#### (7) 幹 材 積

熊本営林局調製のスギ立木幹材積表によって単木材積を求め、その集計により総材積を求めた。

#### (8) 胸高断面積

主、副林木ごとに胸高直径階別頻度分布をとりまとめて、その結果から胸高断面積を集計により算出した。

### 結 果

上述の要領によって、スギ肥培林およびスギ無施肥林のそれぞれについて、測定結果をとりまとめて示せば表 23 のとおりである。

## 2 相知型スギ肥培林分の構成的特徴

表 23 に示された相知地方のスギ肥培林分および普通林分、ならびに熊本地方スギ林分収穫表<sup>46)</sup>の 3 者について、林分構成諸因子を比較して肥培林分の構成の相対的特徴を明らかにした。

### i 林 齢 対 平 均 胸 高 直 径

林齢の推移による平均胸高直径の増加は図 8 に示すとおりである。この図から、スギ肥培林木は単木の肥大生長がすぐれていると認められる。壮齡林においてますます較差が大きくなる傾向にあるといえよう。その理由としていろいろ考えられるが、第 1 に造林初期の肥培による効果の保持、集約な下刈による効果の助長、さらに還元された下層植生によ

表 23. 相知型スギ肥培林および相知地方スギ普通林標準地の総括

施 業 法	番 号	林 齢	主 林 木						副 林 木						主 副 林 木 合 計					
			平均直径	平均樹高	ha 当 り			平均直径	平均樹高	ha 当 り			平均直径	平均樹高	ha 当 り			平均直径	平均樹高	平均樹高
					本 数	胸高断面 積 合 計	幹材積			本 数	胸高断面 積 合 計	幹材積			本 数	胸高断面 積 合 計	幹材積			
		年	cm	m	本	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	cm	m	本	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	cm	m	本	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	cm	m	m
相 知 型 肥 培 林	1	3	—	1.1	2,052	—	—	—	—	—	—	—	—	1.1	2,052	—	—	—	—	—
	2	10	11.3	5.5	1,697	17.5	59.9	6.8	3.7	365	1.5	3.6	10.5	5.2	2,062	19.0	63.5	—	—	—
	3	10	13.7	6.2	1,036	15.8	59.2	9.8	4.5	346	2.7	7.6	12.7	5.8	1,382	18.0	66.8	—	—	—
	4	12	17.1	8.5	1,156	27.3	137.1	10.6	5.0	20	0.2	0.7	17.0	8.6	1,176	27.5	137.1	—	—	—
	5	12	17.9	8.5	951	24.0	117.8	9.1	4.9	135	1.0	2.2	16.5	8.1	1,086	25.0	120.0	—	—	—
	6	15	15.3	8.0	1,090	20.8	95.5	11.3	5.8	142	1.5	5.2	14.9	7.7	1,232	22.3	100.7	—	—	—
	7	22	22.0	13.4	1,273	49.0	352.8	16.4	10.2	242	5.2	30.0	21.1	12.9	1,515	54.2	382.8	—	—	—
	8	24	24.4	13.1	1,407	66.8	441.8	18.0	9.0	19	0.7	2.4	24.3	12.8	1,426	67.5	442.0	—	—	—
	9	26	22.5	14.9	1,538	61.2	371.0	—	—	—	—	—	22.5	14.9	1,538	61.2	371.0	—	—	—
	10	35	32.9	19.7	815	68.4	680.0	—	—	—	—	—	32.9	19.7	815	68.4	680.0	—	—	—
	11	37	35.7	19.4	784	79.7	723.1	29.1	17.1	31	2.1	17.4	35.4	19.3	815	81.8	740.5	—	—	—
相 知 地 方 普 通 林	1	6	1.8	2.4	2,740	(0.8)	1.9	—	—	—	—	—	1.7	2.3	2,740	(0.8)	1.9	—	—	—
	2	7	3.6	3.2	2,786	3.4	9.6	—	—	—	—	—	3.6	3.2	2,786	3.4	9.6	—	—	—
	3	12	6.9	4.5	2,532	10.9	27.9	3.3	2.6	404	0.4	10.9	6.4	4.2	2,936	11.3	38.8	—	—	—
	4	16	11.4	8.2	2,890	31.0	158.2	7.4	5.8	366	1.7	6.2	11.0	8.0	3,256	32.7	164.4	—	—	—
	5	18	13.4	7.4	2,217	31.8	143.1	9.8	5.5	642	5.2	18.6	12.6	6.1	2,859	37.0	161.7	—	—	—
	6	19	13.4	9.0	2,432	35.9	204.5	9.3	7.0	221	1.6	7.2	13.0	8.8	2,653	37.5	211.7	—	—	—
	7	21	17.0	11.1	1,330	31.1	192.6	12.2	7.0	395	5.8	23.5	16.0	10.2	1,725	36.9	216.1	—	—	—
	8	22	17.1	12.6	1,846	39.3	288.2	14.2	10.3	417	9.3	41.9	16.4	12.0	2,263	48.3	330.1	—	—	—
	9	25	19.0	12.6	1,448	40.7	277.6	14.9	10.7	561	10.1	61.3	17.9	12.1	2,009	50.8	338.9	—	—	—
	10	26	17.8	12.2	1,753	44.6	253.0	—	—	—	—	—	17.8	12.2	1,753	44.6	253.0	—	—	—
	11	27	16.4	13.0	2,185	47.9	355.9	12.1	10.1	252	5.0	33.5	15.7	12.6	2,662	53.8	392.2	—	—	—
	12	33	23.8	14.2	1,180	53.9	421.4	15.7	11.5	417	5.9	36.3	22.3	13.7	1,432	58.9	454.9	—	—	—

( ) 内は樹高 1.2m以上の調査木のみの合計数値を示す。

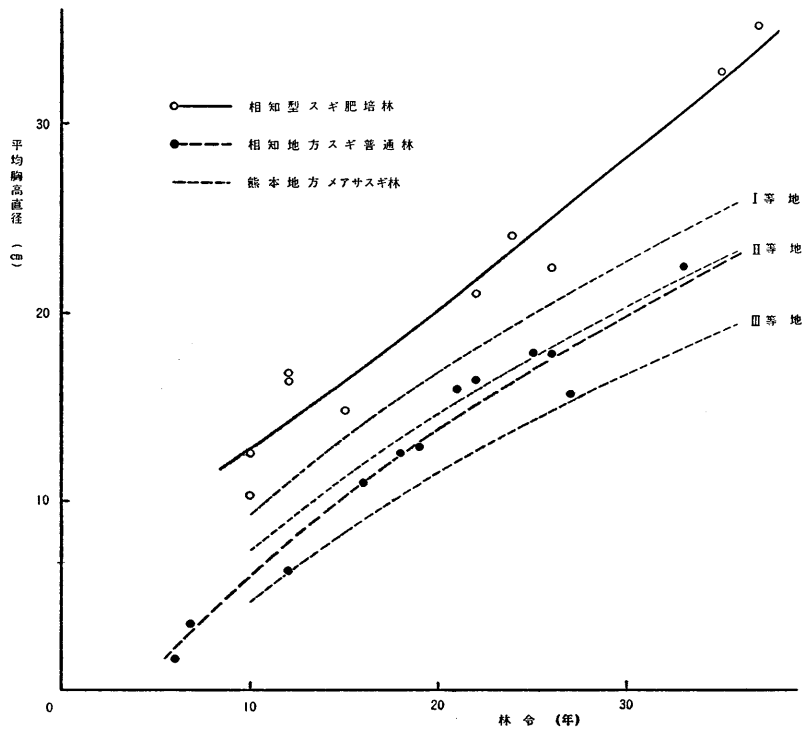


図 8. 林 齢 対 平 均 胸 高 直 径

る地力増進など、施肥を契機とする総合的な肥培効果により促進されたのではないかと推定される。また、肥培林の本数密度が比較的粗であることも大きな肥大生長を生じた原因のひとつではないかと考えられる。すなわち、疎植は急速な林分閉鎖による肥培木相互の競争を緩和するので、肥培木の肥大生長が一層強められたのではないかと推定される。

## ii 林 齢 対 平 均 樹 高

主副林木合計の平均樹高は、図9に示すとおりである。相知地方の地位を推定するために無施肥普通林の樹高生長を熊本地方メアサスギ林分収穫表の数値と比較してみると、同品種がやや晩生種に属することを考慮しても、本地方の平均地位はだいたい中庸度に近いのではないかと推定される。一方、肥培林の樹高生長は無施肥普通林のそれよりもかなり大きい傾向が認められ、またメアサスギ1等地の樹高生長をも上まわる。これらの比較により、相知型スギ肥培林施業の総合効果は壮齢に到っても樹高生長によくあらわれており、地位を1等級以上引き上げていることは、肥培林土壌の化学的性質が向上していることを指摘した表22の分析結果からみてもうなずけることである。

## iii 平 均 胸 高 直 径 対 平 均 樹 高

肥培林および無施肥普通林の各標準地について、平均胸高直径と平均樹高の関係を示せば図10のとおりである。

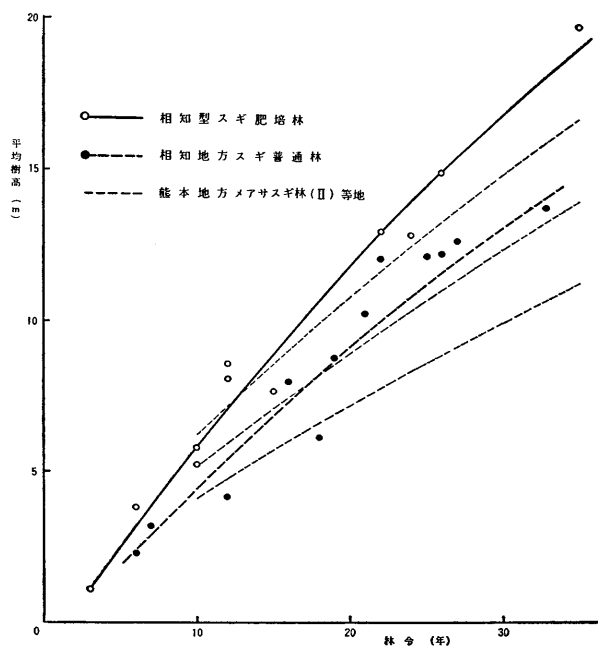


図 9. 林 齢 対 平 均 樹 高

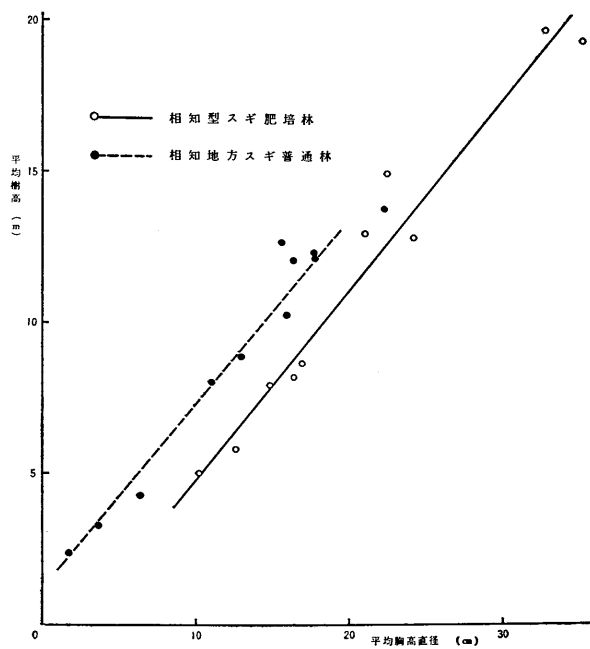


図 10. 平均胸高直径対平均樹高



同図にみられるように、両者の関係はいずれも直線回帰に近い。また、関係比率は無施肥普通林がやや大きい傾向にあるといえるようである。すなわち、平均胸高直径を固定して考えると、一定の平均胸高直径に対する平均樹高は無施肥対照区の方が大きい。これは主として肥培林における肥大生長が上長生長よりも大きいことを意味していると考えられる。

#### iv 林 齢 対 本 数

スギの立木本数は、地位、林齢によって異なるのみでなく、施業法によっても異なる。図11は、肥培林および無施肥普通林ならびにこれらと比較するため熊本地方メアサスギ林

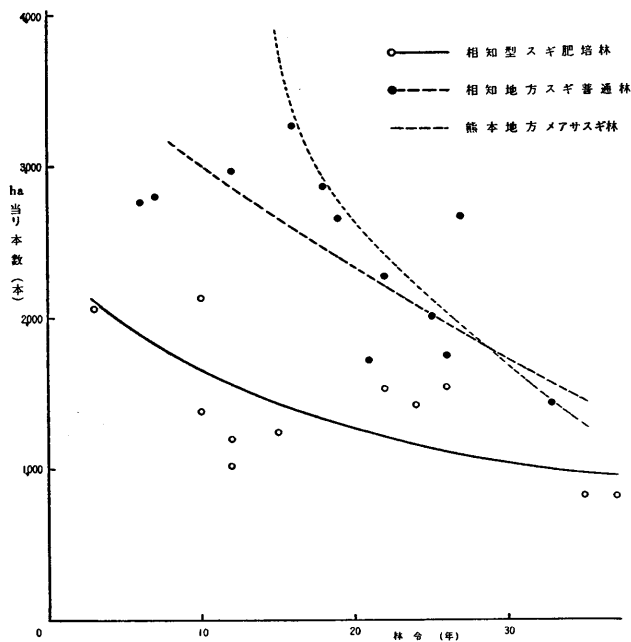


図 11. 林 齢 対 ha 当 り 本 数

の中庸地位における立木本数を示したものである。相知地方普通林の立木本数は分散がかなり大きい、メアサスギ林中庸地位における立木本数とはほぼ同程度と認められる。一方、肥培林ではこれらの両者に比べてかなり疎植といえよう。しかしながら、立木本数の較差は林齢の推移に伴いしだいに解消して、35年生前後ではほぼ同一水準に近づく。民有スギ林分では当初 ha 当り 3,000本~4,000 本の苗木植栽が普通であるが、間伐の手遅れあるいは伐り惜しみなどのため時期を失する例が少なくない。相知型スギ肥培林の実行者によれば、単木生長の促進による 林分収穫の早期増進の見地 および それぞれの林木に対する愛情から、意識的に減少せしめたという。

#### v ha 当 り 本 数 対 平 均 胸 高 直 径

各標準地について、平均胸高直径と ha 当り本数の関係を示せば図 12 のとおりである。

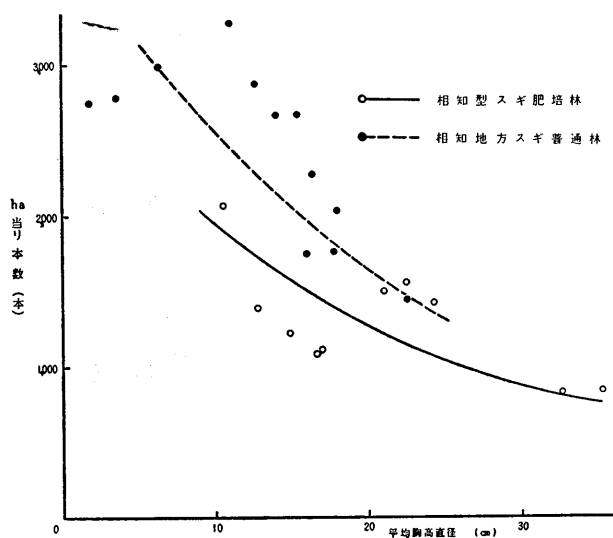


図 12. 平均胸高直径対 ha 当り本数

#### vi 林 齢 対 幹 材 積

スギ肥培林と同普通林, および相対的位置づけのために熊本地方メアサスギ林の3者について林齢と ha 当り幹材積の関係は図13に示すとおりである。肥培林の本数密度はきわめて小さく, 35年生で ha 当り 815 本であって, 普通林の同年生における 1,432 本に対し

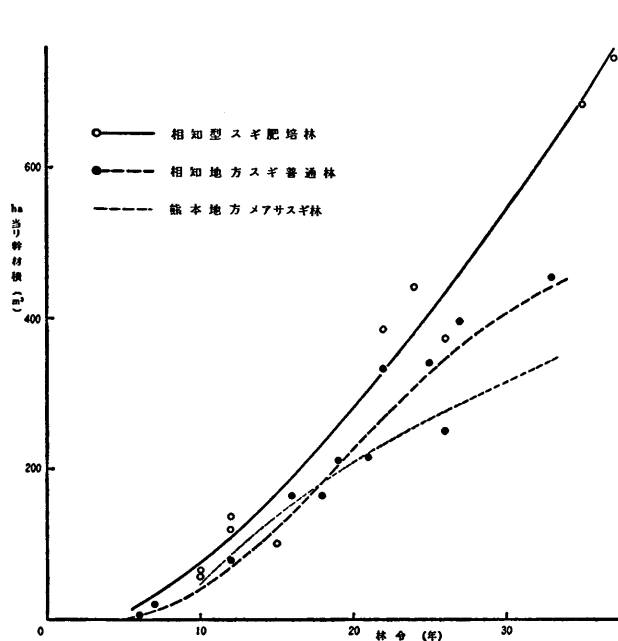


図 13. 林 齢 対 ha 当り 幹 材 積

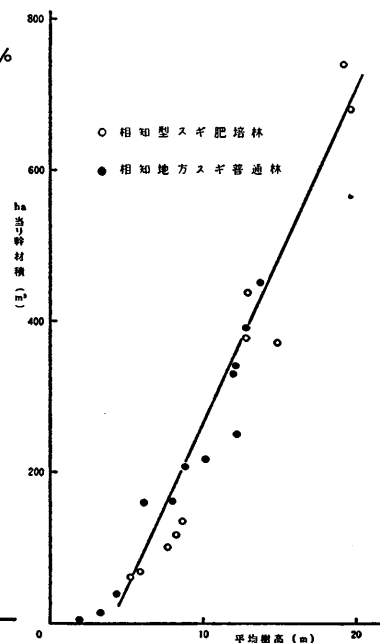


図 14. 平均樹高対 ha 当り幹材積

肥培林および普通林は, いずれも本数密度の減少にしたがって平均胸高直径は増加する一定の傾向が認められる。したがって, 肥培林および普通林の本数を比較すると, 両者の林齢範囲はほぼ似かよった標準地であるにもかかわらず, 肥培林の本数密度は比較的小さく, また平均胸高直径の大きいものが多い。これらの測定値を比較検討してみると, 肥培林木の特徴は, 一般に本数密度が普通林より小さく, 単木の肥大生長が大きいといえよう。

て約57%にすぎないが、単木の肥大生長にまさるので林分幹材積では約162%とかえって大きくなる。このような幹材積生産力差の生ずることを、ただちに施肥処理のみの効果とすることはできないが、施肥処理を含む肥培施業法の総合効果によるものと推定してよいのではないかと考えられる。

また、平均樹高と ha 当り幹材積の関係は肥培林および普通林ともいずれも直線回帰の関係にあることは図14に示すとおりである。

### vii 林 齢 対 平 均 生 長 量

林分材積をそれぞれの林齢で除して平均生長量を求めたのが図15である。肥培林分の平均生長量は37年生で最大値の約20 m<sup>3</sup>に達しており、20年生以上の5標準地における平均生長量はおよそ14~20 m<sup>3</sup>の範囲にある。これに対して、普通林では22年生における15 m<sup>3</sup>を最大値とし、20年生以上の6標準地における平均生長量はだいたい9~15 m<sup>3</sup>の範囲にある。以上から、平均生長量は肥培林がいちじるしく大きいこと、また林齢の推移とともにしだいに較差が大きくなる傾向が壮齢期で認められるということができよう。

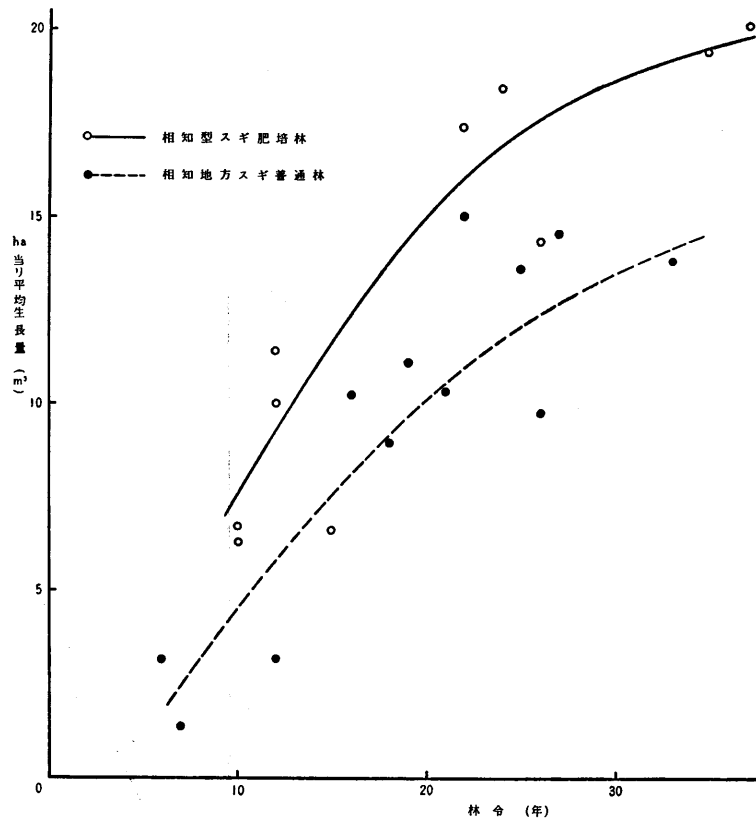


図 15. 林 齢 対 平 均 生 長 量

### 3 資 料 の 吟 味

測定地は、肥培林および普通林のいずれも正常林分と認められるものを選んでいますが、これらの測定地のなかには、一般的傾向からいちじるしく離れているものが含まれているかも知れない。

そこで、つぎの各項によって異常林分をみだし、これを棄却する必要がある。資料吟味に用いた条件<sup>47)</sup>は、つぎのとおりである。

- (1) 林齢に対する ha 当り主林木本数
- (2) 林齢に対する ha 当り主林木胸高断面積合計
- (3) 林齢に対する ha 当り主林木平均胸高直径
- (4) 林齢に対する ha 当り主林木幹材積
- (5) 主林木平均胸高直径に対する ha 当り主林木本数
- (6) 林齢に対する主林木平均樹高

これらの各項について、肥培林および普通林分別に資料を吟味することとして、資料の分布中央線の両側に带状曲線をえがき吟味した結果、一般的傾向からはずれた測定地は認められなかった。

### 4 地 位 区 分

収穫予想表調製のためしゅう集した各調査地は、いずれも相知町一帯にあり、それらの自然的な立地条件は比較的よく似ている。また、肥培施業林の事例は数が少ないので、地位区分を行なって各地位に対応する収穫予想表を調製する必要はないと判断された。そこで、肥培林分収穫予想表および普通林分収穫予想表のいずれも平均地位について調製することとし、地位区分は行なわなかった。

このように平均地位についてとりまとめたが、これはまず収穫予想表の適用範囲は相知町一帯であって比較的狭いこと、自然的立地条件が類似していること、これまでの検討結果から、林分構成の諸因子はいずれも偏差量が比較的小さいことなどから、前述のとりまとめ法によってもいちじるしい不都合は生じないものと認められたからである。

### 5 収 穫 表 構 成 数 値 の 決 定

#### i 相 知 型 ス ギ 肥 培 林

##### 1) 主 林 木

##### a 平 均 樹 高

主林木の平均樹高は、林齢との函数関係から求めた<sup>48)49)50)</sup>。すなわち、Korsūn 式および吉田式を適用して、最小自乗法により係数を決定すれば、つぎの実験式が得られる。

$$\log y = -0.85693 + 2.12249 \log x - 0.48267 (\log x)^2$$

$$y = \frac{x^2}{5.4317 + 0.8377x + 0.0264x^2}$$

(y : 平均樹高 (m), x : 林齢 (年))

上式から、各曲線を実測値分布図にえがき、実測値に対する適合性を検討すれば、図16

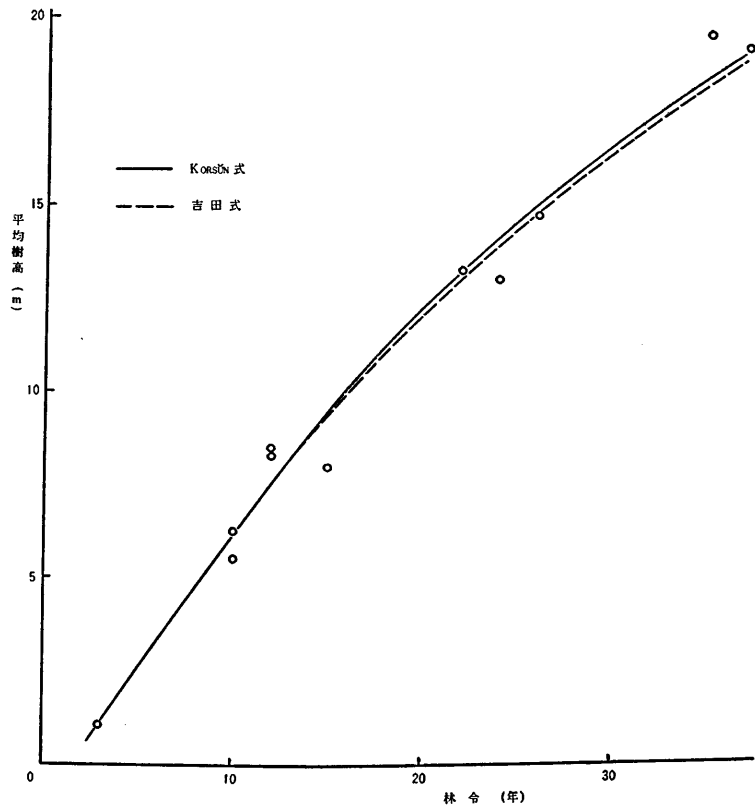


図 16. 林 齢 対 平 均 樹 高

および 表24 に示すとおりである。

両者にみられるように、両式はいずれも測定資料の状態をよくあらわしている。Korsūn 式は標準偏差および平均誤差率が吉田式よりも小さく、正負の個数差が少ないと認められる。そこで、Korsūn 式をもって関係式として、林齢に対する樹高分布の中央線とした。

表 24. 林 齢 対 樹 高 曲 線 式 の 適 合 性

算 出 式	偏 差					$\sigma$	m
	+		-		0		
	個 数	$\Sigma$	個 数	$\Sigma$	個 数		
Korsūn 式	5	m 3.31	6	m 3.65	0	m 0.79	% 6.60
吉 田 式	4	3.23	6	4.33	1	0.85	6.74

$$\text{ただし } \sigma = \sqrt{\frac{\sum (y - y')^2}{n}}, \quad m = \frac{\sum \left( \left| \frac{y - y'}{y'} \right| \right)}{n} \times 100$$

ここで,  $\sigma$  : 標準偏差,  $n$  : 個数  
 $y$  : 実測値,  $y'$  : 算出値  
 $m$  : 平均誤差率 (記号は以下同様)

### b 平均胸高直径

aと同様に, 実測値からみて, 比較的良好に適合すると認められる Korsun 式, 吉田式を用いて, 最小自乗法によって係数を求めれば次式に示すとおりである。

$$\text{Korsun 式} : \log y = 1.06166 - 0.33172 \log x + 0.40394 (\log x)^2$$

$$\text{吉田式} : y = \frac{x^2}{-0.16439 + 0.63526x + 0.01475x^2}$$

( $y$  : 平均胸高直径 (cm),  $x$  : 林齢 (年))

前と同様にして, 偏差, 標準偏差, 平均誤差率をもとに両式の適合性を検討してみると, 表25 のとおりである。

表 25. 林 齢 対 平 均 胸 高 直 径 曲 線 式 の 適 合 性

算 出 式	偏 差					$\sigma$	m
	+		-		0		
	個 数	$\Sigma$	個 数	$\Sigma$	個 数		
Korsun 式	4	cm 6.8	6	cm 7.5	0	cm 1.75	% 7.64
吉 田 式	4	8.4	5	12.4	1	2.40	10.43

この表から, 両式はいずれも比較的良好に適合していると認められる。しかしながら, 吉田式が凸形であるのに対して, Korsun 式はやや凹形を示すことは, 図17に示すとおりである。肥培林における生長特性の一つとして, 高い生長が壮齢期にいたるまで保たれることは実測値の分布状態から推定できよう。そこで, 両式のうち

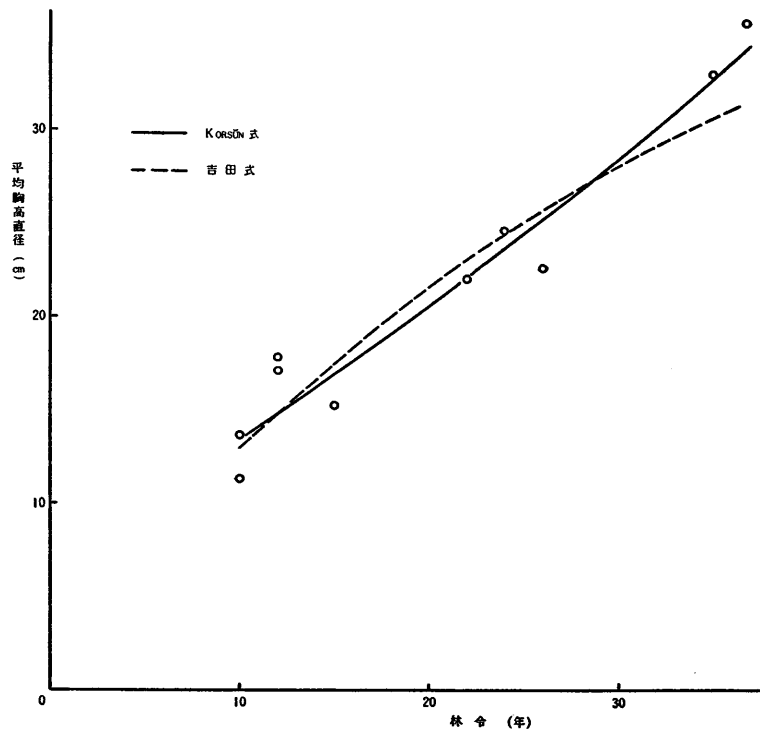


図 17. 林 齢 対 平 均 胸 高 直 径

Korsün 式が適当ではないかと考え、林齢に対する平均胸高直径の資料分布中央線として Korsün 式を用いることとした。

### c 林齢対胸高断面積合計

ha 当り胸高断面積について、前と同様にして Korsün 式および吉田式を用いて最小自乗法によって係数を算出し、次式を得た。

$$\text{Korsün 式: } \log y = -1.14299 + 3.13112 \log x - 0.75984 (\log x)^2$$

$$\text{吉田式: } y = \frac{x^2}{2.13670 + 0.36188x + 0.00068x^2}$$

( $y$ : ha 当り胸高断面積合計 ( $\text{m}^2$ ),  $x$ : 林齢(年))

両式について前と同様に適合性を調べてみると表26のとおりである。

表 26. 林 齢 対 胸 高 断 面 積 合 計 式 の 適 合 性

算 出 式	偏 差					$\sigma$	m
	+		-		0		
	個 数	$\Sigma$	個 数	$\Sigma$	個 数		
Korsün 式	5	$\text{m}^2$ 18.7	5	$\text{m}^2$ 23.1	0	$\text{m}^2$ 5.98	% 10.99
吉 田 式	4	23.1	6	30.7	0	6.95	13.37

この表からみると標準偏差, 平均誤差率は Korsün 式が小さく, 正負偏差の個数も等しい。また, 図18は両式と実測値の適合状態を示しているが, 吉田式は2次項の値が小さく, ほぼ直線性を呈するのに対して, Korsün 式は凸形となって, 30年以前では吉田式より大きく, それ以後では吉田式より小さい数値を示している。

以上の検討の結果, Korsün 式は実測値の平均状態

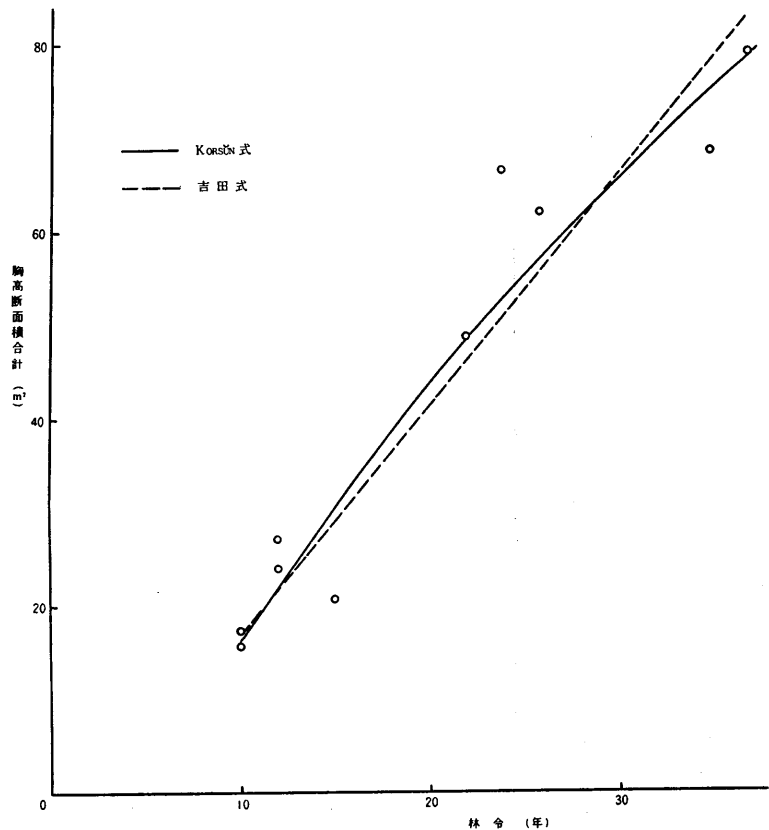


図 18. 林 齢 対 胸 高 断 面 積 合 計

をよくあらわしていると認められる。そこで、同式をもって資料分布中央線とした。

#### d 林 齢 対 幹 材 積

これまでと同様に、Korsün 式、吉田式を用いて、最小自乗法により曲線式を求めれば、つぎに示すとおりである。

$$\text{Korsün 式: } \log y = -1.09923 + 3.59619 \log x - 0.68070 (\log x)^2$$

$$\text{吉 田 式: } y = \frac{x^2}{2.15790 - 0.07994x + 0.00222x^2}$$

( $y$ : ha 当り幹材積 ( $\text{m}^3$ ),  $x$ : 林齢 (年))

また両式の適合性は、表27に示すとおりである。

表 27. 林 齢 対 幹 材 積 曲 線 式 の 適 合 性

算 出 式	偏 差					$\sigma$	m
	+		-		0		
	個 数	$\Sigma$	個 数	$\Sigma$	個 数		
Korsün 式	5	$\text{m}^3$ 88.0	5	$\text{m}^3$ 170.0	0	$\text{m}^3$ 38.55	% 16.27
吉 田 式	4	124.0	6	350.3	0	57.99	18.86

また、両式と実測値の関係は図19に示されている。

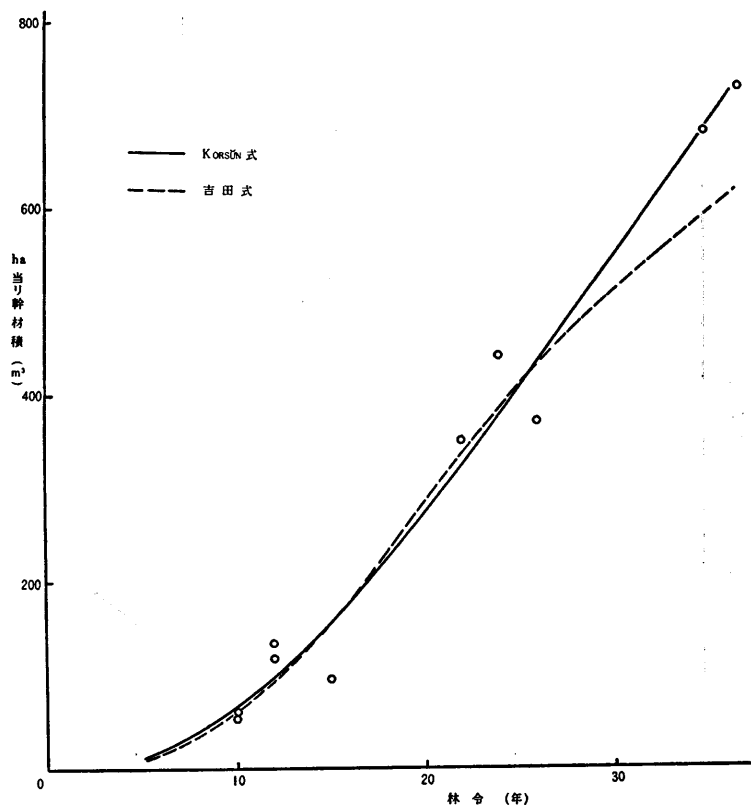


図 19. 林 齢 対 ha 当 り 幹 材 積



Korsün 式は、資料の分布状態をよくあらわしているのに対して、吉田式は壮齢期以後に過小値となる傾向があるのではないかと考えられる。すなわち、実測値との正負関係、標準偏差、平均誤差率はいずれも Korsün 式がよい適合性をもっていることを示している。

そこで、林分に対する ha 当り主林木幹材積の資料分布中央線として、Korsün 式を用いることとした。

#### e 林齢対 ha 当り主林木本数

林齢と本数の関係式を導く方法としては、適当な数式を選んで直接的にあらわす方法、また、平均胸高直径と本数との関係式を決めておいて、前記の林齢対平均胸高直径の関係式に代入して林齢と本数の関係を求める間接法、さらに両法の結果および現実の植栽本数などから総合判断を行なって適正な関係を推定する方法などが考えられる。

ここでは、まず直接法によって数種の式を検討してみたところ、Korsün 式は実測値の分布状態を比較的良好にあらわしており、最小自乗法による数式は次式のとおりである。

$$\log y = 3.4826 - 0.4532 \log x + 0.0905 (\log x)^2$$

( $y$ : ha 当り本数 (本),  $x$ : 林齢 (年))

この式の適合性は表 28 および図 20 の結果から、実測値分布を比較的良好にあらわしていると認められる。

表 28. 林齢対 ha 当り主林木本数曲線式の適合性

算 出 式	偏 差					$\sigma$	m
	+		-		0		
	個 数	$\Sigma$	個 数	$\Sigma$	個 数		
Korsün 式	6	1,172本	5	1,497本	0	270.8本	20.9%

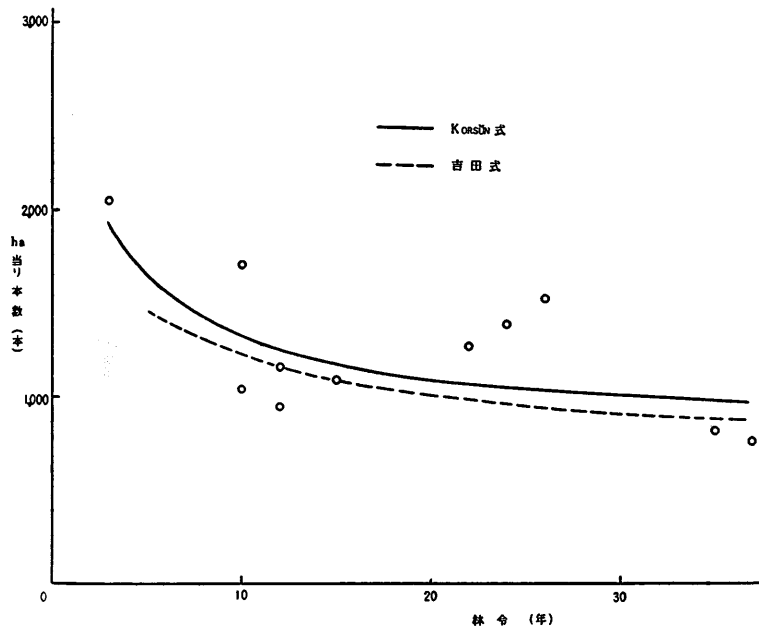


図 20. 林 齢 対 ha 当 り 本 数

つぎに第2の間接法において、和田式を用いて ha 当り本数と平均胸高直径の函数関係を求めて、つぎの実験式を算出した。

$$\log y = 3.5050 - 0.3737 \log x$$

( $y$  : ha 当り本数(本),  $x$  : 平均胸高直径 (cm))

この式の適合性を検討してみると、表 29 および図 21 のとおりである。

表 29. 平均胸高直径対 ha 当り本数曲線式の適合性

算 出 式	偏 差					$\sigma$	m
	+		-		0		
	個 数	$\Sigma$	個 数	$\Sigma$	個 数		
和 田 式	5	447本	5	1695本	0	278.4本	20.59%

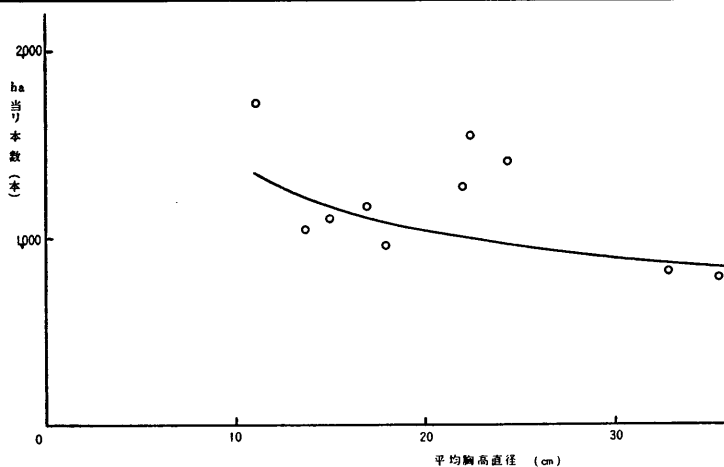


図 21. 平均胸高直径対 ha 当り本数

さらに、和田式に林齢対平均胸高直径の実験式を代入すれば、間接的に林齢と ha 当り本数の関係をあらわす次式が導かれる。

$$\log y = 3.5050 - 0.3968 \log x - 0.1510 (\log x)^2$$

( $y$  : ha 当り本数(本),  $x$  : 林齢(年))

この式の実測値に対する適合性を検討すれば表 30 のとおりである。

表 30. 林齢対 ha 当り主林木本数曲線式の適合性

算 出 式	偏 差					$\sigma$	m
	+		-		0		
	個 数	$\Sigma$	個 数	$\Sigma$	個 数		
間 接 式	6	592本	4	1,764本	0	304.4本	22.49%

直接法および間接法から導かれた両式について、その適合状態を比較検討してみると、直接法の Kors  n 式は実験式との正負関係が偏らず、また標準偏差および平均誤差率がとても小さい。

そこで Korsün 式を主として用いることとして、幼齡期の一部を修正して資料分布中央線とした。

### f ha 当り 幹 材 積 生 長

ha 当り幹材積連年生長量は、当該期間における主林木幹材積生長量 ( $A'-A''$ ) を期間年数(5)で除して求めた。また、ha 当り幹材積平均生長量は、各林齡における主林木幹材積( $A$ )をそれぞれの林齡数 ( $y$ ) で除して求めた。これらの主林木幹材積生長量は、表 31 および図22に示すとおりである。

### 2) 副 林 木

副林木の構成数値は、実測資料の各要素から主林木の場合と同様にして函数關係を用いて決定する直接法、あるいは主林木と副林木の各要素ごとに函数關係を用いて求める間接法によって求めることができる。

ここでは資料の關係から、主として後者によって副林木の構成数値を決定することとした。すなわち平均樹高、平均胸高直径は主林木との函数關係から、また本数は主林木本数の減少關係によって、さらにこれらの三者から ha 当り副林木幹材積を求めることとした。

#### a 平均樹高

副林木 および主林木平均樹高の相關關係を調べるために実測値の分布図をつくってみたところ、両因子間に直線回帰がなりたつと認められた。そこで実測値から最小自乗法によって常数項を決定して次式を得た。

$$y = -2.23 + 0.95x$$

ただし  $y$  : 副林木平均樹高(m),

$x$  : 主林木平均樹高(m)

実測値と回帰線を取りまとめて図示すれば図23のとおりである。そこでこの実験式に主林木の齡階査定樹高を代入して、それぞれの齡階における副林木の平均樹高を算出した。

林齡の函数に変換したこの副林木平均樹高曲線が実測値分布に対してどのように適合するかを検討したのが図24で、比較的よい適合を示すので間接法により平均樹高を決定した。

表 31. 幹 材 積 生 長 量

$y$	$A$	$A'-A''$	$A/y$	$A'-A''/5$
年	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> 12.06	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> 2.41
5	12.06		2.41	
		53.44		10.69
10	65.50		6.55	
		88.90		17.78
15	154.40		10.29	
		113.10		22.62
20	267.50		13.38	
		128.50		25.70
25	396.00		15.84	
		138.04		27.61
30	534.04		17.80	
		142.94		28.59
35	677.10		19.35	
		143.30		28.66
40	821.00		20.53	

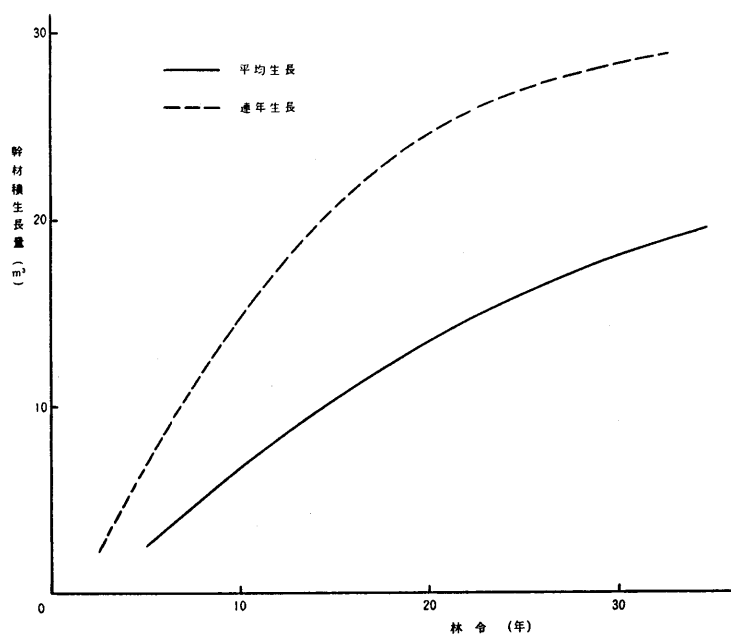


圖 22. 林齡對幹材積生長量

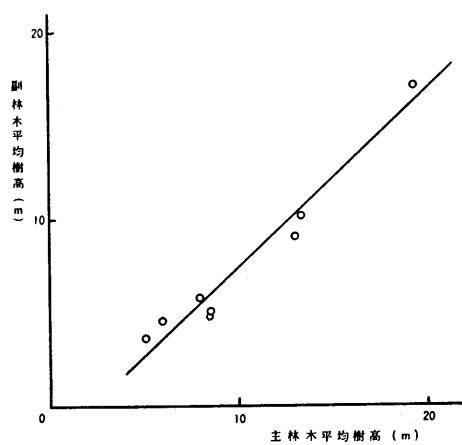


圖 23. 主林木平均樹高對副林木平均樹高

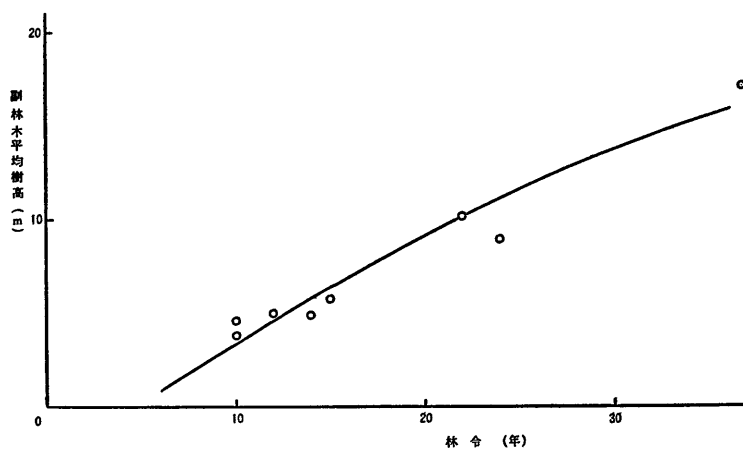


図 24. 林 齢 対 副 林 木 平 均 樹 高

#### b 平均 胸 高 直 径

副林木の平均胸高直径と主林木平均胸高直径との関係を実測値分布から検討してみると、直線回帰とみてさしつかえないようである。そこで実測値から最小自乗法により常数をきめて次式を求めた。

$$y = -4.00 + 0.91x$$

( $y$  : 副林木平均胸高直径(cm),  $x$  : 主林木平均胸高直径(cm))

上式は、図25に示すとおり、実測値との関係はよく適合していると認められる。

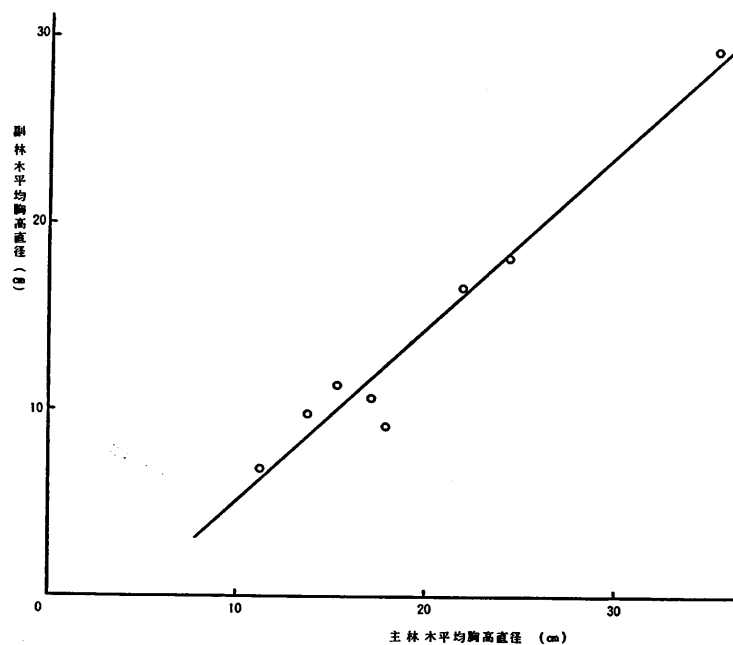


図 25. 主林木平均胸高直径対副林木平均胸高直径

そこで、この実験式に主林木の査定平均胸高直径を齡階別に代入して、副林木の平均胸高直径を算出した。こうして求めた林齡の函数とした副林木平均胸高直径が実測値分布にどのように適合するかは、図26に示すとおりで、比較的よく適合していると認められる。そこでこの実験式に齡階別の主林木査定平均胸高直径を代入して、副林木の平均胸高直径を算定した。

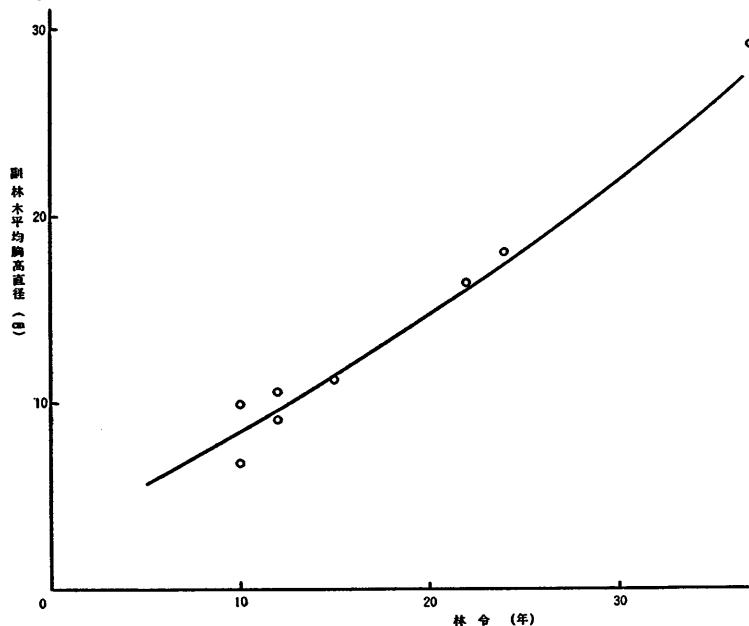


図 26. 林 齡 対 副 林 木 平 均 胸 高 直 径

#### c ha 当 り 本 数

各標準地における副林木本数は施業法が必ずしも斉一ではなく、ことに間伐法は林分により異なるので、副林木本数を実測値から直接に推定するのは不適当と考えられる。そこで、各齡階ごとの査定主林木本数の差をもって次期の副林木本数とする方法により、ha 当り副林木本数を査定した。その結果は図 27 に示すとおりである。

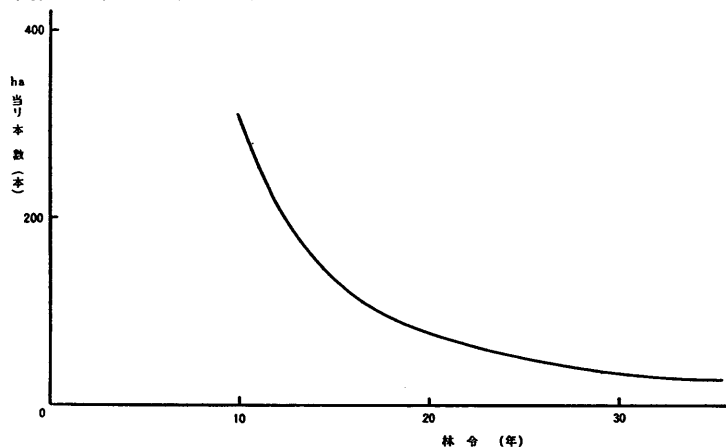


図 27. 林 齡 対 副 林 木 ha 当 り 本 数

## d ha 当り 幹 材 積

幹材積についても、前項 c と同様の理由から、直接に林齢との関係から求めるのは適当でないと考えられる。

そこで、前記 a, b, c で査定した副林木の平均樹高、平均胸高直径、および ha 当り本数の推定値に基づいて、立木幹材積表から材積を求めることとした。

すなわち、副林木の平均胸高直径と平均樹高から齢階別に次式、すなわち

$$\log v = 5.7962 + 1.8196 \log d + 1.0257 \log h$$

( $v$  : 平均木材積( $m^3$ ),  $d$  : 平均胸高直径(cm),  $h$  : 平均樹高) (m)

から平均木材積を求め、これらにそれぞれ ha 当り本数を乗じて ha 当り幹材積を求めた。その結果は表 32 および図 28 に示すとおりである。

表 32. 齢階別 ha 当り 副 林 木 幹 材 積

齢 階	$d$	$h$	$n$	$v$	ha 当り 材 幹 積
年	cm	m	本	$m^3$	$m^3$
5	—	—	—	—	—
10	8.4	3.5	304	0.0102	3.1
15	11.5	6.7	130	0.0374	4.9
20	14.7	9.4	76	0.0882	6.7
25	18.2	11.7	51	0.153	7.8
30	21.8	13.7	36	0.249	9.0
35	25.7	15.4	28	0.375	10.5

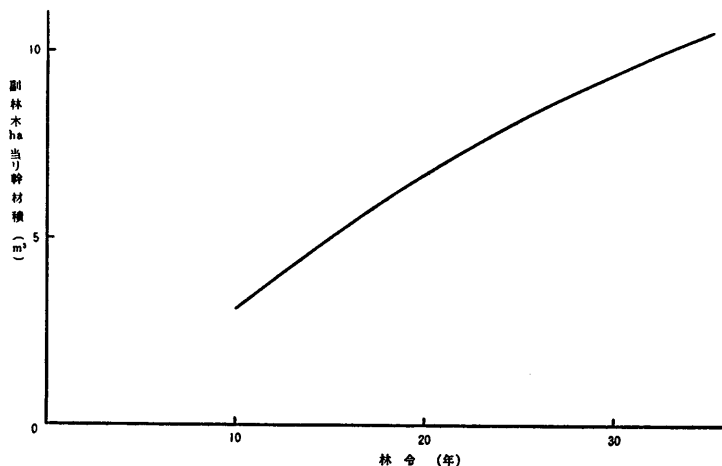


図 28. 林 齢 対 副 林 木 ha 当り 幹 材 積

## 3) 主 副 林 木 合 計 数 値

## a 本 数

主副林木合計本数は直接実測値から算出せず、さきに査定した主林木および副林木本数の和によって求めることとした。

## b 幹材積

主副林木合計幹材積は、各齡階ごとに査定した主林木および副林木幹材積を合計して求めることとした。

## c 幹材積生長量および生長率

幹材積連年生長量は、各齡階ごとに主副林木合計材積と前期齡階の主林木幹材積の差を期間年数で除して求めた。幹材積平均生長量は(A)，(B)の2様で示すこととして，(A)はある齡階までの総収穫量をそのときの林齡で除して求め，(B)はある齡階における主副林木合計幹材積をその林齡で除して求めた(表33)。

表 33. 幹材積生長量

齡階	主林木	副林木	合計	連年生長量	平均生長量	
					A	B
年	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
5	12.1	0	12.1	2.42	2.42	2.42
10	65.5	1.8	67.3	11.04	6.73	6.73
15	154.4	2.7	157.1	17.96	10.59	10.47
20	267.5	4.0	271.5	22.88	13.80	13.58
25	396.0	7.8	403.8	26.46	16.49	16.15
30	534.0	9.0	543.0	27.84	18.64	18.10
35	677.1	10.5	687.6	28.92	20.37	19.64

また、主副林木合計幹材積の生長率は、PRESSLER 式すなわち

$$P = \frac{M-m}{M+m} \times \frac{200}{n}$$

ただし P：生長率，M：最後の材積，n：期間年数，m：最初の材積  
によって算出したもので，その結果は表34に示すとおりである。

表 34. 幹材積生長率

齡階	M	m	M-m	M+m	$\frac{M-m}{M+m}$	P
年	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>		(%)
5	12.1	0	12.1	12.1	1.000	40.00
10	68.6	12.1	56.5	80.7	0.700	28.00
15	159.3	65.5	93.8	224.8	0.417	16.68
20	274.2	154.4	119.8	428.6	0.279	11.16
25	403.8	267.5	186.3	671.3	0.278	11.12
30	543.0	396.0	147.0	939.0	0.156	6.24
35	687.6	534.0	153.6	1,221.6	0.126	5.04

## 4) 収穫予想表の調製

以上のように相知型スギ肥培林分について、主副林木の構成数値を算定したが、これを見やすくならべて同地方の平均地位における基準収穫表を調製した。すなわち、5年ごとの齡階に分け、5年～35年の範囲について各構成数値を求めた結果はとりまとめて示せば



表 35 のとおりである。

表 35. 相知型スギ肥培林分収穫予想表(平均地位)

林   齡	主 林 木							副 林 木					
	平 均		ha 当 り					平 均		ha 当り			
	胸高直径	樹高	胸断面高積	本数	幹材積	幹材積連	年生長量	幹材積平	均生長量	胸高直径	樹高	本数	幹材積
年	cm	m	m <sup>2</sup>	本	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>			cm	m	本	m <sup>3</sup>
5	10.6	2.5	4.7	1,622	12.1	2.41	2.41						
10	13.6	6.1	16.9	1,318	65.5	10.69	6.55			8.4	3.5	304	3.1
15	17.0	9.4	30.8	1,188	154.4	17.78	10.29			11.5	6.7	130	4.9
20	20.6	12.2	44.1	1,112	267.5	22.62	13.38			14.7	9.4	76	6.7
25	24.4	14.7	56.1	1,061	396.0	25.70	15.84			18.2	11.7	51	7.8
30	28.4	16.8	66.1	1,025	534.0	27.61	17.80			21.8	13.7	36	9.0
35	32.6	18.6	75.9	997	677.1	28.59	19.35			25.7	15.4	28	10.5

主 副 林 木 合 計						總 收 穫 量	林 齡
ha 當 り							
本 数	幹材積	幹材積連	年生 生長量	幹材積平均生長量			
				A	B		
本	m³	m³	m³	m³	%	m³	年
1,662	12.1	2.42	2.42	2.42	40.00	12.1	5
1,622	68.6	11.30	6.86	6.86	28.00	68.6	10
1,318	159.3	18.14	10.83	10.62	16.68	162.4	15
1,188	274.2	22.98	14.11	13.71	11.16	282.2	20
1,112	403.8	25.92	16.74	16.15	11.12	418.5	25
1,061	543.0	27.84	18.85	18.10	6.24	565.5	30
1,025	687.6	28.92	20.55	19.65	5.04	719.1	35

## ii 相知地方スギ普通林

相知地方の普通施業によるスギ林分の収穫予想を行ない、前記の肥培林と比較対照して肥培施業法の相対的生産力を明らかにする目的でスギ普通林の収穫予想表を調製した。したがって、測定林分は、肥培林調査地とそれぞれ類似した立地条件をもつように隣接してあるいは付近に求めている。

資料の吟味、地位区分

資料の吟味はつぎの各項について行なった。

- (1) 主林木平均胸高直径に対する主林木の ha 当り本数
- (2) 林齢対主林木平均樹高
- (3) 林齢対主林木平均胸高直径
- (4) 林齢対主林木 ha 当り幹材積

これらの各要素について吟味した結果は 図 29～図 32 のとおりであり、比較的よい適合を示すのでいずれも採用することとした。

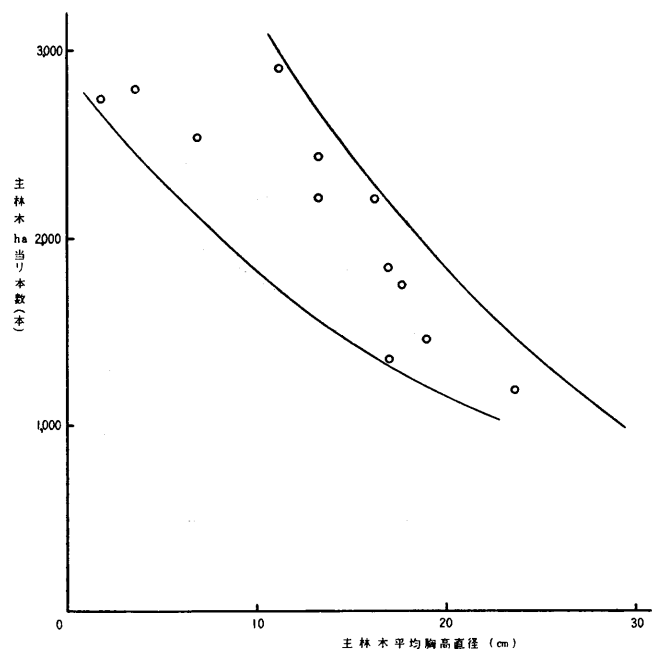


図 29. 主林木平均胸高直径対主林木 ha 当り本数

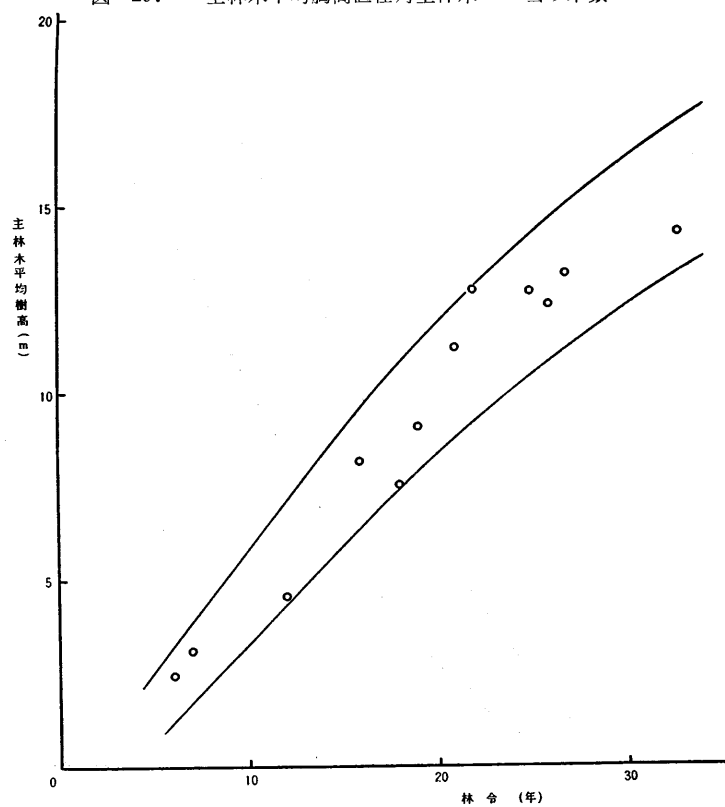


図 30. 林 齡 対 主 林 木 平 均 樹 高

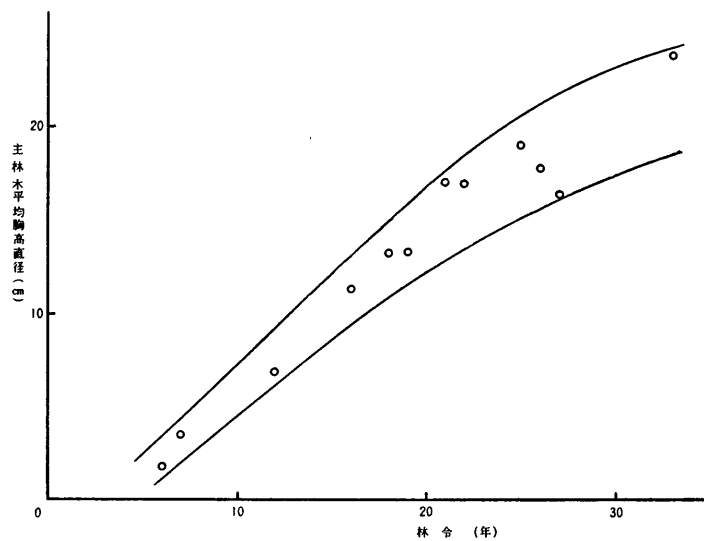


図 31. 林 齡 対 主 林 木 平 均 胸 高 直 径

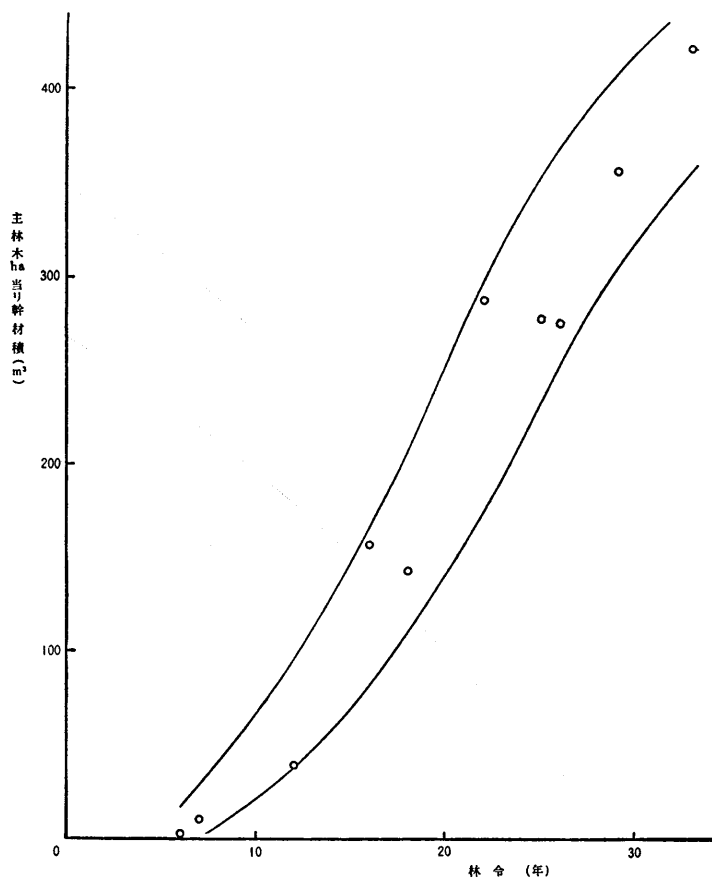


図 32. 林 齡 対 主 林 木 ha 当 り 幹 材 積

また、地位区分は、肥培林の場合と同様な理由、すなわち適用地域が比較的狭いこと、調査地の地位は比較的均一と認められることなどから行なわず、平均地位を示すものとした。

## 1) 主 林 木

### a 平均樹高

主林木の平均樹高は、林齢との函数関係から求めた。すなわち、Korsün 式および吉田式を用いて最小自乗法によって常数を決定すれば、つぎの式が求められる。

$$\text{Korsün 式: } \log y = 0.67753 + 1.50590 \log x - 0.17809 (\log x)^2$$

$$\text{吉 田 式: } y = \frac{x^2}{0.81818 + 2.35090x - 0.01249x^2}$$

( $y$ : 平均樹高(m),  $x$ : 林齢(年))

吉田式はやや凹型となり、一般の樹高と林齢の関係からみてやや特殊な曲線といえよう。これに対して Korsün 式はやや凸型を呈し、また偏差の斉一性、標準偏差および平均誤差率はいずれも吉田式にまさるので、Korsün 式をもって関係式とした。

### b 平均胸高直径

a と同様にして、実測値からみて比較的良好に適合すると認められる Korsün 式を用いて、最小自乗法によって係数を決めれば、林齢と平均胸高直径の関係は次式であらわされる。

$$\log y = -2.06457 + 3.92676 \log x - 1.10818 (\log x)^2$$

( $y$ : 平均胸高直径(m),  $x$ : 林齢(年))

偏差、標準偏差、平均誤差率などについてこの式の適合性を検討してみると表36に示すとおり、Korsün 式は林齢と平均胸高直径の関係をよくあらわしていると認められる。

表 36. 林 齢 対 平 均 胸 高 直 径 曲 線 式 の 適 合 性

算 出 式	偏 差					$\sigma$	m
	+		-		0		
	個 数	$\Sigma$	個 数	$\Sigma$	個 数		
Korsün 式	6	cm 5.6	5	cm 5.1	1	cm 1.20	% 8.12

### c ha 当り本数

主林木 ha 当り本数は、平均胸高直径との函数関係から求めることとした。いま和田式を用いて最小自乗法によって常数を決定すれば次式に示すとおりである。

$$\log y = 3.4900 - 0.1750 \log x$$

( $y$ : ha 当り本数(本),  $x$ : 平均胸高直径(cm))

表 37 より、その適合性を検討してみると、平均誤差率 18 % でやや大きい。

つぎに、和田式に林齢対平均胸高直径の実験式を代入すれば、林齢と ha 当り主林木本数の関係をあらわす次式が求められる。

表 37. 平均胸高直径対ha当り主林木本数曲線の適合性

算 出 式	偏 差					$\sigma$	m
	+		-		0		
	個 数	$\Sigma$	個 数	$\Sigma$	個 数		
和 田 式	6	1,733 <sup>本</sup>	6	2,531 <sup>本</sup>	0	425 <sup>本</sup>	18.0%

$$\log y = 3.8513 - 0.6872 \log x + 0.1939 (\log x)^2$$

( $y$ : ha 当り主林木本数(本),  $x$ : 林齢(年))

この式の実測値に対する適合性を検討してみると表 38 のとおりである。

表 38. 林齢対 ha 当り本数曲線の適合性

算 出 式	偏 差					$\sigma$	m
	+		-		0		
	個 数	$\Sigma$	個 数	$\Sigma$	個 数		
代 入 式	5	1,761 <sup>本</sup>	7	2,559 <sup>本</sup>	0	433 <sup>本</sup>	18.4%

以上から、代入式をもって ha 当り主林木本数の式とした。

#### d ha 当り幹材積

ha 当り幹材積の算定は、第 1 法として林齢と ha 当り幹材積との函数関係から、第 2 法として査定された平均胸高直径、平均樹高、本数をそれぞれ求めた後、さらにこれらの査定結果を比較勘案して適正と考えられる数値を決定する方法がある。

まず、前者は Korsūn 式を用いて最小自乗法により常数を決定すれば、次式のとおりである。

$$\log y = -5.19070 + 9.38388 \log x - 2.79337 (\log x)^2$$

( $y$ : ha 当り幹材積( $m^3$ ),  $x$ : 林齢(年))

Korsūn 式の実測値に対する適合性は表39に示すとおりである。

表 39. 林齢対 ha 当り幹材積曲線の適合性

算 出 式	偏 差					$\sigma$	m
	+		-		0		
	個 数	$\Sigma$	個 数	$\Sigma$	個 数		
Korsūn 式	6	130.4 <sup>m<sup>3</sup></sup>	4	163.5 <sup>m<sup>3</sup></sup>	0	30.5 <sup>m<sup>3</sup></sup>	22.5%

Korsūn 式が比較的よい適合を示すのに対して、和田式を用いた ha 当り幹材積と平均樹高の関係式

$$\log y = -0.47532 + 2.74430 \log x$$

( $y$ : ha当り幹材積( $m^3$ ),  $x$ : 平均樹高(m))

では偏倚し、平均誤差率 31%でありよい適合性を示すとは認められない。

以上から Korsūn 式を用いることとした。

### e 幹材積生長量

幹材積生長は、齡階ごとに ha 当り幹材積の査定数値を用いて、材積の連年生長量および平均生長量を求めた。

すなわち、材積連年生長量は、ある齡階の査定幹材積と前齡階の幹材積との差をその期間年数で除して求め、また平均生長量は各齡階ごとに査定幹材積をそれぞれの林齡で除することによって求めた。これらの生長量と林齡の関係は図 33 に示すとおりである。

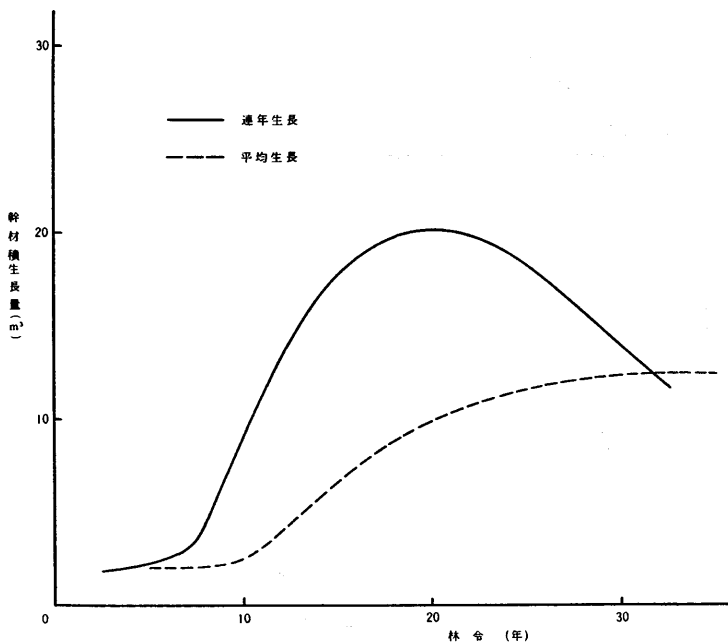


図 33. 林 齡 対 幹 材 積 生 長 量

## 2) 副 林 木

### a 平均 樹 高

実測値から副林木平均樹高と主林木平均樹高の相関関係を調べてみると、両因子にはほぼ直線回帰が認められる。

そこで回帰式を用いて最小自乗法によって常数を決定して次式を求めた。

$$y = -0.64 + 0.83 x$$

( $y$  : 副林木平均樹高(m),  $x$  : 主林木平均樹高(m))

実測値に対する回帰線の適合は図 34 に示されている。

つぎに、この実験式に主林木の齡階別査定平均樹高を代入して、それぞれの齡階における副林木の平均樹高を査定した。その結果は、図35に示され、比較的よい適合をしていると認められる。

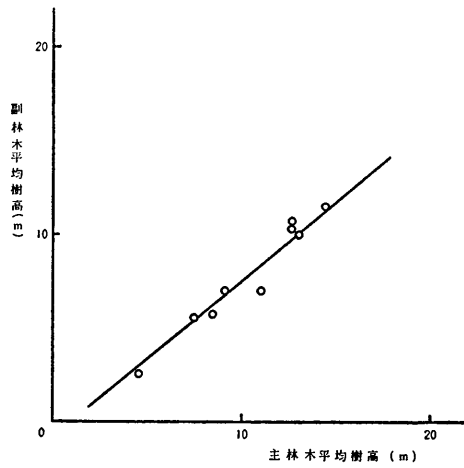


図 34. 主林木平均樹高対副林木平均樹高

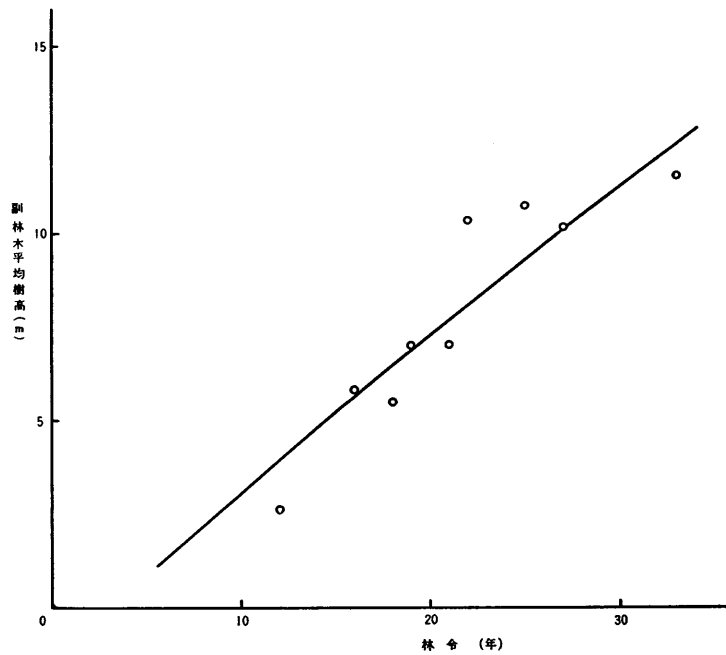


図 35. 林 齢 対 副 林 木 平 均 樹 高

#### b 平均胸高直径

副林木の平均胸高直径と主林木平均胸高直径の関係は、実測値の分布から直線回帰と認められる。そこで、回帰式を用いて最小自乗法により常数を決定すれば次式のとおりである。

$$y = -1.20 + 0.79 x$$

( $y$  : 副林木平均胸高直径 (cm),  $x$  : 主林木平均胸高直径 (cm))

この式は図36に示すとおり、実測値との関係が比較的よい適合状態にあると認められる。

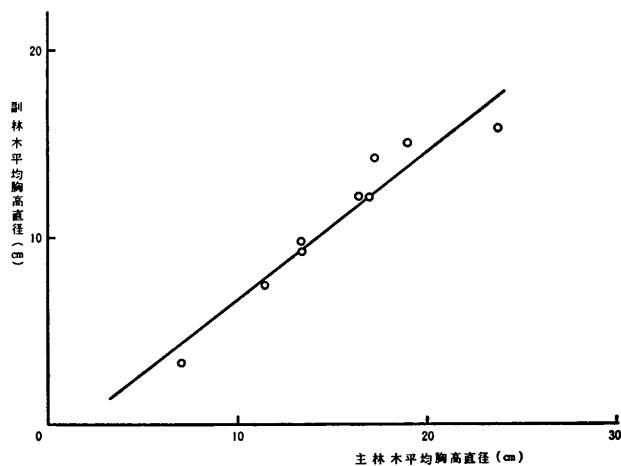


図 36. 主林木平均胸高直径対副林木平均胸高直径

そこで、この実験式に主林木の査定平均胸高直径を年齢別に代入して、それぞれの副林木の平均胸高直径を算出した。

こうして求めた曲線式の実測値分布への適合性は、図37のように比較的よく適合していると考えられる。

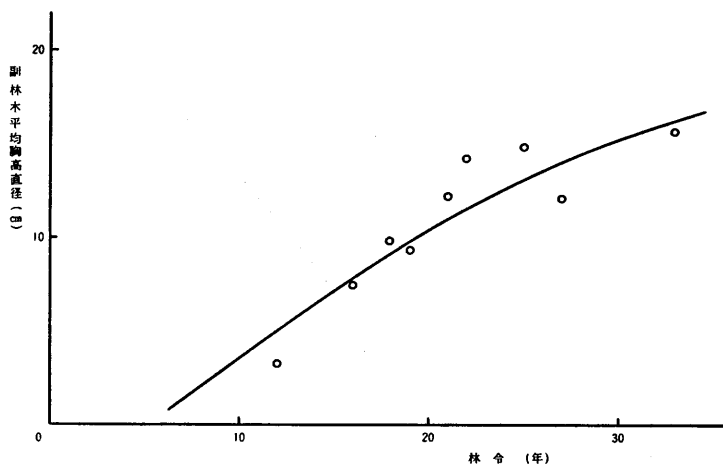


図 37. 林 齢 対 副 林 木 平 均 胸 高 直 径

したがって、この曲線に基づく数値をもって査定平均胸高直径とした。

#### c ha 当り本数

ha 当り本数は、各年齢ごとに査定した主林木本数の差をもって、次期の副林木本数とする。その結果は図38に示すとおりである。



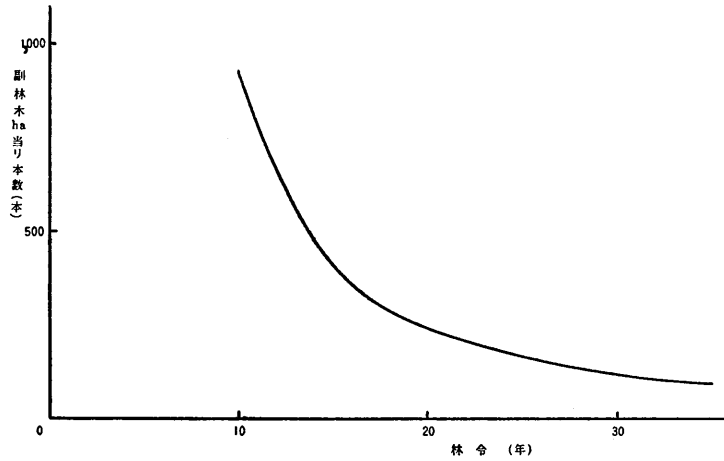


図 38. 林 齢 対 副 林 木 ha 当 り 本 数

#### d ha 当り幹材積

前記 a, b, c において査定した副林木の平均樹高, 平均胸高直径および ha 当り本数の数値に基づいて, 材積表から平均木材材積を求め, これに ha 当り本数を乗じて ha 当り幹材積を算出した。その結果は図39に示すとおりである。

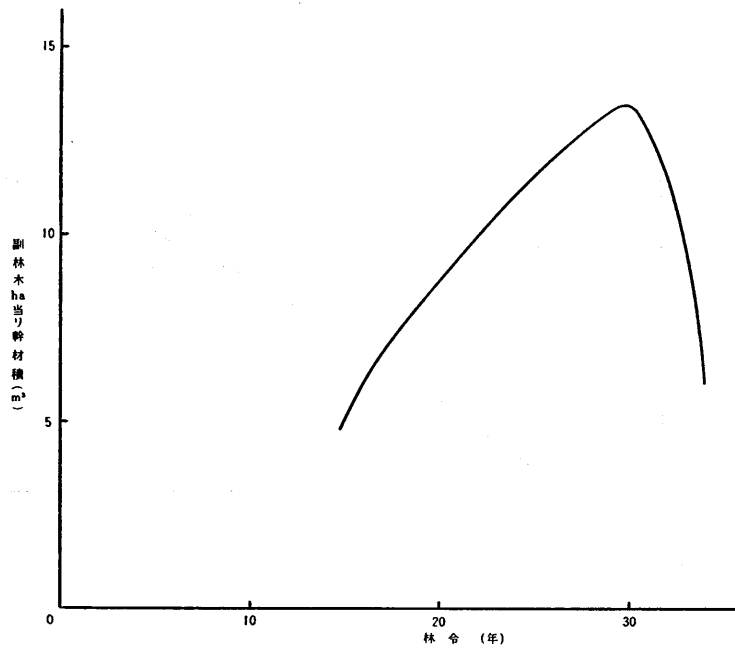


図 39. 林 齢 対 副 林 木 ha 当 り 幹 材 積

#### 3) 主 副 林 木 合 計 数 値

主副林木合計数値のとりまとめ要領は, 1. 3) の肥培林の場合と同様である。

## 4) 収穫予想表の調製

相知地方スギ普通林分について、平均地位における主副林木の構成数値をとりまとめ、利用しやすいようにならべて、基準収穫予想表を調製した。これは5年の齢階ごとに5年～35年までの各構成数値を示している。すなわち、相知地方スギ普通林分収穫予想表は、表40に示すとおりである。

表 40. 相知地方スギ普通林分収穫予想表(平均地位)

林   齡	主          林          木							副          林          木				
	平        均		ha    当    り					平        均		ha    当    り		
	胸高直 径	樹 高	本 数	幹材積	幹材積連	年生長量	幹材積平	均生長量	胸高直 径	樹 高	本 数	幹材積
年	cm	m	本	m³		m³	m³		cm	m	本	m³
5	1.4	1.9	3,210	10.1		2.02	2.02					
10	5.7	4.5	2,280	25.1		3.00	2.51	3.5	3.1	930	1.9	
15	10.5	7.0	1,867	95.9		14.16	6.39	7.1	5.2	413	5.0	
20	14.8	9.6	1,620	194.9		19.80	9.75	10.5	7.3	247	8.9	
25	18.2	12.0	1,451	294.1		19.84	11.76	13.2	9.3	169	11.5	
30	20.8	14.4	1,326	376.4		16.46	12.55	15.3	11.3	125	13.5	
35	22.7	16.7	1,229	435.4		11.80	12.44	16.8	13.2	97	14.6	

主 副 林 木 合 計						總 收 穫 量	林 齡
ha 當 り							
本 数	幹材積	幹材積連	年生 生長量	幹材積平均生長量			
				A	B		
本	m³	m³	m³	m³	%	m³	年
3,210	10.1	2.02	2.02	2.02		10.1	5
3,210	27.0	3.00	2.51	2.51	17.04	25.1	10
2,280	100.9	15.16	6.73	6.73	24.08	100.9	15
1,867	203.8	20.58	10.44	10.19	14.40	208.8	20
1,620	305.6	20.36	12.78	12.22	8.84	319.5	25
1,451	389.9	16.86	13.84	13.00	5.60	415.3	30
1,326	450.0	12.02	13.97	12.86	3.23	488.9	35

## 6 相知型スギ肥培林分収穫予想表の検討

相知型スギ肥培林のもつ諸特徴については、すでに本章2において明らかにしている。はたして相知型スギ肥培林は同地方のスギ普通林と異なる性格のものとして、別個の収穫表に調製すべきかどうかを検討した。このことにつき井上<sup>51)</sup>はアカマツについて中林型および純林型の収穫表を比較し、施業法の相違によって林分構成諸因子が変っていくことを確かめている。

ここでは、まず平均樹高および幹材積を指標として相知地方スギ普通林、北九州地方スギ林<sup>52)</sup>、内地一般スギ林<sup>53)</sup>の資料を比較することによって、相知地方の一般的地位がどのような位置にあるかを吟味した上、つぎに相知型肥培林の特徴を要約して示すこととする。

### i 相知地方の地位の推定

北九州地方スギ林収獲表は、北九州から中部九州方面を対象として調製されたもので、気象条件、自然的立地条件、施業法などは相知地方とはほぼ類似しているものと認められる。同表から地位別に上、中、下の3地位級を用いることとした。内地一般スギ林収獲表は、立木度別に調製されているが、地位別に同じく上、中、下の3地位級をとった。

#### 1) 主林木平均樹高

主林木の平均樹高は、一般に地位の指標としてよく用いられている。相知地方のスギ林は内地一般のスギ林と比べてみると、良好な上長生長をしているとは認められず、30年生前後では大体地位3等級に当る生長を示している。また、北九州地方のスギ林は、内地一般の水準をやや下回るのではないかと推定されるが、相知地方のスギ林は大体その平均地位に当る上長生長を示している（図40）。

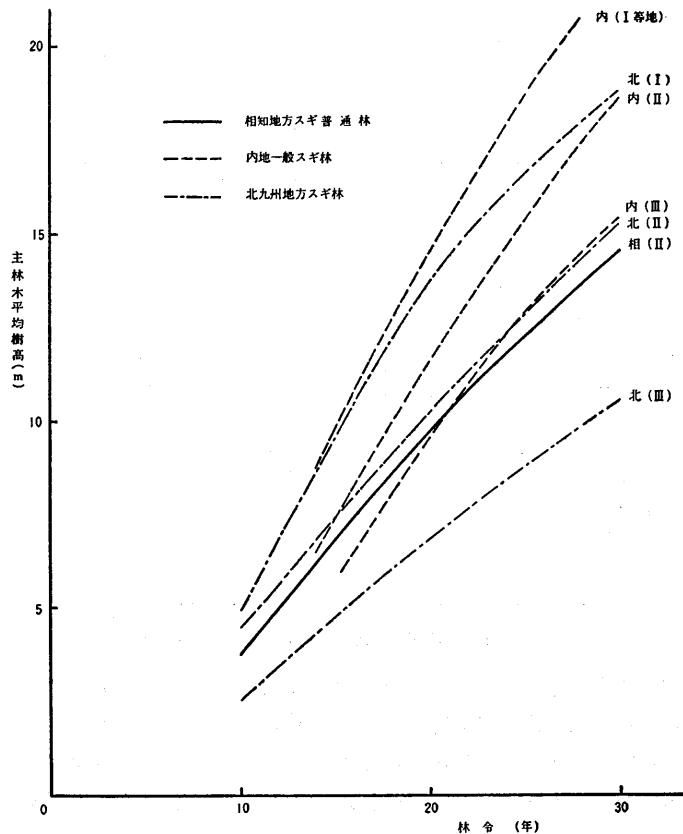


図 40. 林 齢 対 主 林 木 平 均 樹 高

これらのことから、相知地方のスギ生育環境条件は、全国的にやや劣悪、北九州地方としてはほぼ中等地に当るのではないかと考えられる。

## 2) 幹 材 積

ha 当り主林木幹材積は、図 41 に示すとおり、北九州地方の平均地位に当る生長をなすものと考えられる。このように相知地方のスギ林が ha 当り本数では比較的少ないにもかかわらず、幹材積では平均地位に当ることは、単木の幹材積が割合に大きいことを示している。また内地一般のスギ林と比べて、相知地方のスギ林幹材積生長は大体平均地位と下等地との中間に位置づけられよう。

以上の検討結果からみて、相知地方のスギ普通林はあまり優良な立地条件の上に成立したのではないことが推定できよう。

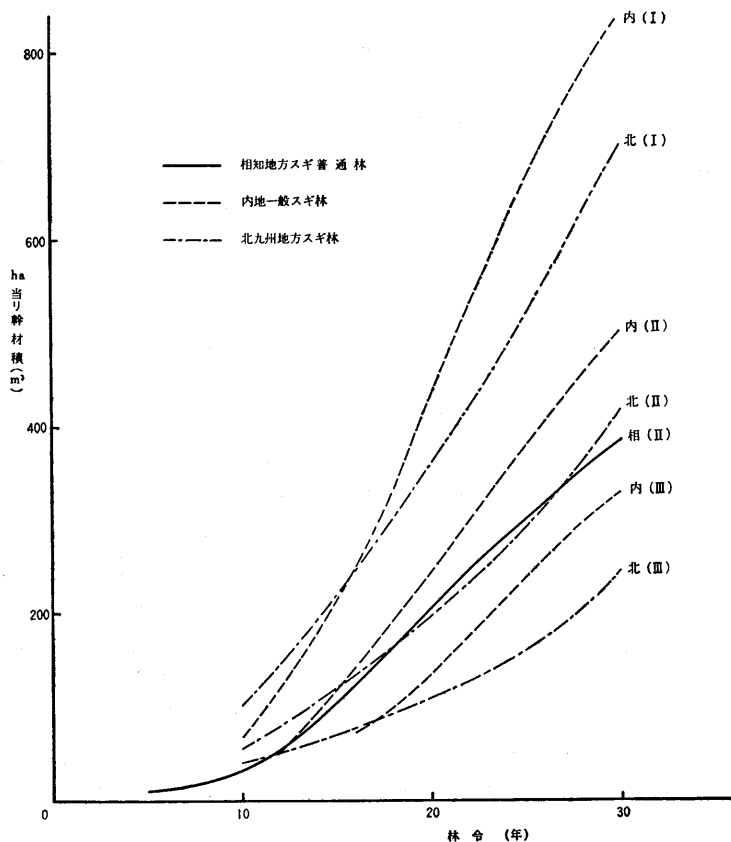


図 41. 林 齢 対 ha 当 り 幹 材 積

### ii 相知型スギ肥培林の特徴

相知地方のスギ普通林は一般的にいて中等地以下ではないかと推定されるが、それにもかかわらず、肥培林では伐期に至るまでよく高い効果が維持増進されている。相知型スギ肥培林の特徴は、つぎの諸点に要約することができよう。

(1) 施肥，マルチングを契機とし，合理的植栽本数，集約保育により地力の増進および維持を計り，その結果高い肥大生長を進めたこと。

(2) 肥培林の土壌は明らかに良質化する傾向が認められ，樹高生長からみて地位1等級

ないし2等級ひき上げられているのではないかと考えられること。

(3) 植栽本数からみると比較的疎植型で、間伐はほとんど行なわれず、30年生に至って一般のとり扱い法によるスギ林とほぼ同一の本数水準となる。したがって機械化林業に適した林分造成法のひとつといえよう。

(4) 幹材積の平均生長量は  $\text{ha}$  当り約  $20 \text{ m}^3$  (37年生) で、普通林の約133%となる。

## 第4章 スギ品種と施肥集約度の最適組合せ

### 1 総 説

林業経営には種々の形態があることは周知のとおりであるが、経営主体が異なればその目的とするところもまた違ってくる。一経営で幾つもの目的をもつことも可能である。しかしながら、合理的思想をもつ林業経営では、林業生産を手段として、最大の純収益を獲得することは最も一般的な目的のひとつであるといえよう。ふつう、利潤は最終生産物の価格と生産量ならびに生産原価の3者を把握することによって求めることができる。

$$\text{企業利潤} = (\text{価格} - \text{原価}) \times \text{生産量}$$

すなわち、経営は原価的観点からみれば、自由競争の下で価格が経営にとって与えられた条件の下では、できるだけ原価を低減し生産量を増大させようと努める。

生産原価は、生産のために犠牲とされる各種の生産財、およびその用役の物量に、単価を乗じたものの合計である。そこで、生産原価の低減は、価格を考慮して最低の生産原価が得られるような生産財の最小結合を求めることにほかならない。

肥培林業生産は、一定の土地をもととして、これに各種の固定的生産財を結合した固定的生産設備に、いろいろな消耗的生産財を投入して営まれる。ここで「生産設備の変更を伴うことなしに生産数量の適応を許すに足りない期間を短期 (short run) とすれば、生産設備は一定であって、生産量の増減は集約度の変化によるほかはない。

ここに造林後、数年間にわたって下刈を実行し、現在では下刈を行なわなくてもよい構成をもつ林分があるとする。このような下刈終了林分は、林業生産の特質から今後の林業生産に対する資本的林分であり、同時にこれまでの経営努力によりもたらされた生産物であるという2面性をもつということができよう。かかる中間生産物という時点で肥培林業をとらえる経営では、少なくとも同等以上の潜在生産力をもつ中間生産物を、生産財の最小結合によって実現することが中間目標となる。

本章の目的は、このような内容の中間目標をもつ合理的肥培林業経営において、施肥の最適集約度を追求することにある。

#### i 肥培林業における下刈問題

人工植栽に適する林地は、比較的地味優良なことが多く、そのため植栽木のみならず下層植生はしばしば旺盛な生長を行なうので、林木定着後にこれら下層植生の競合力を弱めることを目的として下刈処理が行なわれている。その期間は樹種、植生状態、立地条件などにより林分ごとに異なるが、一般には7年前後から10数年ぐらいである。また  $\text{ha}$  当り8~20人を要し、季節性をもつ。下刈費用は、生産期間が長く、面積の広がり大きい

林業生産で新植費用とともに重要な費用項目に数えられている。

このような下刈作業の負担を軽減する手段として、まず林木については樹種、品種の改良および選択、植栽密度、並木植えなどの植栽方式および地拵え法の吟味などが行なわれ、また植生に対して化学薬剤の散布、下刈方式の選択、下刈機械の導入などが考えられている。しかしながら下刈負担の軽減は、林分を早期に閉鎖状態に導くことが最も肝要であり、このような視点から林地施肥は有力な手段と認められつつある現況にある。

ことに林業労働の不足による育林労働の合理的省力を行なう必要性がますます高くなっている現在では、実践林家にとって下刈負担軽減のための林地施肥は重要な問題として意識されるに至っているといえよう。

そこでこのような問題意識から、合理的施肥集約度を追求してみることにした。

まず、林木の競合力判定の因子——下刈終了期を決定づける因子——として樹高生長を用いることにした。林地肥培の効果は、地下部の主根、細根の発達を促し、ついで葉、枝条、幹部などの地上各部に及ぶとされている。それにもかかわらずとくに樹高生長を肥効の指標に選んだのは、樹幹における樹高生長は一般に他の因子の生長量との相関が高いと認められるからである。

最適組合せの基礎事項の一つである収穫漸減の法則については、すでに第2章でスギ、ヒノキの肥培試験例その他によって実証したところである。本章ではまず本法則の一般的な経済的技術的性質を検討してみることとする。

## ii 林木施肥における樹高生長漸減の法則

林業生産において、一定の生産設備を伴う一定の土地を基盤としたとき、これに投入される変動費と生産量の関係は、いわゆる報酬漸減の法則 (*Gesetz des abnehmenden Ertrags, principle of diminishing returns*) としてひろく知られている。その内容はきわめて複雑であるが、そのうち数量関係を示す最も基本的な形態はつぎの2つといわれている<sup>54)</sup>。

一定の土地の上に費用（労働と資本からなる） $Y$ を投入して産出  $X$ を得るとする。さらに  $X$ を1単位だけ増加することによって産出が  $x_1$  だけ増加し、さらに  $y_2$ だけ増加して  $x_2$  だけ増加したとする。順次このようにするとき、漸減法則の内容はつぎの2式のいずれかで示しえよう。

$$1 \quad \frac{X}{Y} > \frac{X_1}{Y_1}$$

$$2 \quad \frac{x_1}{y_1} > \frac{x_2}{y_2}$$

第1のものは、総産出対総費用の比率、いいかえれば単位費用当りの産出が漸減することを意味する。これは平均報酬漸減の法則と呼ぶことができる。

第2のものは、新たに増加された産出分と、これに要した費用の増加分の割合が、直前のそれより漸減することを意味する。BRINKMANN<sup>55)</sup>はこれを収量増加分漸減の法則 (*Gesetz des abnehmenden Ertragswachses*) と呼んでいる。

このような漸減が、生産にどのような条件が備えられたときに起こるかについて、DUERR<sup>56)</sup>は3つの条件をあげている。

- (1) ある産出をうむために、経営がいくつかの生産要素を結合していること
- (2) 投入（結合される生産要素）のあるものは変動的であり、他のものは一定的なこと
- (3) 生産方法および生産条件が一定なこと

林地施肥量と樹高生長の間に漸減の法則性が認められることは、すでに明らかにしたとおりであり、9年生スギ林の例は上記の3条件を満足していると認められる。つぎに前出のスギ肥培林の実験結果から、林木施肥における漸減則の性質を検討してみよう。

農学方面では、漸減則を示すいくつかの数式が発表されている。MITSCHERLICH<sup>57)</sup>は変動要素 $y$ と収量 $x$ との間につぎの関係式を提唱している。

$$x = A(1 - e^{-cy})$$

ただし $A$ ,  $e$ ,  $c$ は常数で、 $A$ は最高収量

また、SPILLMANは漸減則の数量式として

$$x = A(1 - P^y)$$

を提唱している。この式は、変動費を1単位ずつ追増するとき、それに応じて収量の増加は1より小さい一定比率で漸減するという仮定から導いたものである。

つぎに稲垣は収量 $x$ の増加率は費用 $y$ に正比例して漸減するという仮定に基づいて、

$$x = A + By + cy^2$$

という式を導いている。

林木生産における施肥量と樹高生長の関係は、これらの数量式にはほぼ近い性質を示す。

図4に示した例からその主な特徴をあげてみると、

- (1) 第1単位から漸減がはじまっていること
- (2) 第4単位以上で急速に漸減すること
- (3) 技術水準を一定とした場合、大量施肥は肥料焼けをひきおこし、かえって生長を阻害することがあること

などである。

このような林木施肥における漸減則の性質からみて、肥培施業の実行上、技術的に合理的な施肥を行なうには、つぎの技術水準に注意すべきであろう。

### iii 技術水準の向上と漸減則

第1単位から生長増加分に漸減が起こることは、スギが比較的高い肥料感応力を備えているが、施肥量の増加とともに急速にその効果が漸減することを示している。したがって、一時に大量の肥料を施すよりも、生長期間を考慮して数回に分施するのが得策と考えられる。宮島ら<sup>58)</sup>は熊本県芦北郡のアカマツ林で肥料分施の効果を認めている。

つぎに固形肥料丸山1号の野外林地における成分保持力は比較的短い<sup>59)</sup>とされている。より成分保持力の大きな林業用肥料が開発されれば、漸減の急速な進行はある程度防がれるのではないかと考えられる。

その他、施肥回数増加とともに適正な更新法、保育法、保護法の適用など一般的な林業技術水準の向上は施肥効果を高める基本的事項であろう。

## 2 一品種のスギに対する施肥投入

まず、スギの在来品種に対して施肥の最適集約度を短期(short run)的に求めうること

を計算例で示すため、モデル化して検討してみた。

i 施肥集約度と保育労働の省力

1) 施肥の最適集約度

a 施肥度と樹高生長

肥培における幼時の投入と産出を、施肥処理と樹高生長の関係として把握することとして、両者の関係が表 41 の第 2, 3 欄のような場合について、価値づけをして分析し、最適集約度を求めてみよう。第 1 欄は施肥の対象林分を造成するに要した一定投入を表わし、1 単位当り 50,000 円と仮定する。第 2 欄は施肥費用で、0 から 20 単位まで変動しながら

表 41. 生産要素の組合せと樹高生長

一定費用	変動費用	樹高生長	施肥単位当り平均生長	施肥単位当り限界生長
5万円	千円	cm	cm	cm
1	0	300	—	12.5
1	2	325	12.50	17.5
1	4	360	15.00	11.0
1	6	382	13.67	8.0
1	8	398	12.25	6.0
1	10	410	11.00	5.0
1	12	420	10.00	4.5
1	14	429	9.21	4.0
1	16	437	8.56	3.5
1	18	444	8.06	3.0
1	20	450	7.50	



第1欄の一定投入と結合する変動投入である。これらの投入要素の結合によって、樹高生長という産出が実現される。変動投入単位0と一定投入単位1との組合せは、一般造林の場合を表わす。一般造林法を用いた林分で、下刈終期は7年と仮定して、投入種ごとに7年間の樹高生長量をcm単位で示せば、第3欄のとおりである。これによると最低樹高は一般造林の300cm、最高樹高はこれに20単位の施肥を組合せた場合で450cm、これは前者の150%に当る。変動投入1,000円当りの平均生長量は第4欄に示され、第4単位まで漸増して15.0cmとなり、これを越せば漸減する。これは第5欄の施肥の限界樹高生長力の増減に基づくもので、限界生産力は第3単位まで漸増して追加施肥1,000円当り17.5cmに達し、その後は漸減して施肥単位では追加施肥1,000円当り3.0cm以下となる。つぎに樹高生長と下刈回数との関係を検討してみることとする。

#### b 樹高生長と下刈回数

元来、下刈は、林木と競合関係にある下層植生に対して、林木の生育を有利に導くために行なわれる保育補助手段である。したがっていつまで下刈を必要とするかは、厳密には両者を2つの軸として、それぞれに影響を与える諸要因を考慮して決められることが必要である。しかしながら、簡単のためここではこれらの諸要因のうち林木の樹高生長のみを下刈終期の決定因子であると仮定した。普通造林で行なわれる標準下刈回数は、前節の例において7年間に年1回ずつ計7回であり、最後の下刈年の終期における樹高は300cmである。また、普通造林に施肥を組合せた投入において同時期の樹高はいずれも300cm以上である。そこでこれらの林木施肥造林では7年以内に樹高300cmに達すると考えられ、施肥集約度がすすめばすすむほど、樹高300cmに達するために必要な年数は短くなる。この短縮年数を具体的に知るためには、林木の樹高生長と林齢との間の関係を吟味すべきであろう。単純化するために、両者は直線回帰の関係にあると仮定しよう。しかるとき、 $y$ 年目の普通造林の樹高を $f_0$ 、同じく $i$ 単位の施肥処理を伴った場合の樹高を $f_i$ とすれば、下刈節約回数 $c$ は、次式

$$c = y(1 - f_0/f_i)$$

で表わすことができる。各施肥処理における下刈節約回数は表42の第2欄に示されているとおりである。

表 42. 生産要素の組合せによる下刈労働の省力性

変動投入 (施肥度)	総産出	施肥単位 当り平均 産出	限界産出	限界単位 費	限界単位 用収	総収益	総費用	純収益
千円	回	回	回	円	円	円	円	円
0	0	—			10,000	0	0	0
			0.269	3,717				
2	0.538	0.269			10,000	5,380	2,000	3,380
			0.315	3,175				
4	1.167	0.292			10,000	11,670	4,000	7,670
			0.168	5,952				
6	1.503	0.251			10,000	15,030	6,000	9,030

			0.111	9,009				
* 8	1.724	0.216			10,000	17,240	8,000	*9,240
			0.077	12,987				
10	1.878	0.188			10,000	18,780	10,000	8,780
			0.061	16,393				
12	2.000	0.167			10,000	20,000	12,000	8,000
			0.053	18,868				
14	2.105	0.150			10,000	21,050	14,000	7,050
			0.045	22,222				
16	2.195	0.137			10,000	21,950	16,000	5,950
			0.038	26,316				
18	2.270	0.126			10,000	22,700	18,000	4,700
			0.032	31,250				
20	2.333	0.117			10,000	23,330	20,000	3,330

\*：純節約最大の施肥集約度

### c 林木施肥における合理的省力

施肥という形態の変動投入が増加するにしたがって、その産出である下刈節約回数はしだいに増加して、20単位では2.333回となり、これは普通造林の場合の必要下刈回数の約33%に当る。

このことを省力林業の視点からみると、施肥度を増せば増すほど、下刈労働はいっそう節約の度合が高くなるといえよう。しかしながら経営上からは下刈労働の絶対的節約性のみならず、その目的達成の手段である投入との関係において、最も有利な投入が選ばれるべきであろう。このような意味における施肥の合理的省力性は表42における検討から求めることができよう。本表において、第3欄は施肥1,000円当り平均下刈節約回数であって、下刈節約回数を施肥単位で除して求められる。施肥第4単位において最大値0.292回となり、この点以下では漸増、この点を越えれば漸減する。第4欄は限界下刈節約回数であり、追加施肥1単位当りの節約回数で示されている。これは第3単位において、最大値0.315回となり、この点以下では漸増し、この点を越えれば漸減して、第20単位では僅かに0.032回となる。いま、1回の下刈がha当り10人を要し、その賃率が1人1日1,000円であるとすれば、1回の下刈費用は10,000円となる。下刈節約回数に単価を乗じて節約された総額を求めれば第7欄のとおりである。またこの節約のために投入した施肥投入の総費用は第8欄に示され、第9欄は両者の差額すなわち純益を求めたものである。

総純益の最大点はこの例では施肥第8単位にあり、この点では施肥に要する費用を考慮

しても、なお9,240円の超費余剰を得ることができる。この場合、下刈節約回数は1.724回であり、下刈労働数に換算すれば約17.2人の育林労働を省くことができるのではないかと推定しよう。

#### d 賃率の変化と合理的省力

下刈労働賃率が上昇する場合、最適施肥度はどのような影響を受けるであろうか。この場合施肥労働賃率を含む他の一切の技術的条件は変らないと仮定すれば、産出の単価およびそれぞれの施肥度における超費余剰は表43のように変わってくる。すなわち下刈労働賃率が1人1日1,500円になったとすれば、これは50%の上昇である。

表 43. 下刈労働賃率の上昇と最適施肥度（上昇率150%）

施肥投入	総 収 益	総 費 用	純 収 益
千円	円	円	円
0	0	0	0
2	8,070	2,000	6,070
4	17,505	4,000	13,505
6	22,545	6,000	16,545
8	25,860	8,000	17,860
10	28,170	10,000	* 18,170
12	30,000	12,000	18,000
14	31,575	14,000	17,575
16	32,925	16,000	16,925
18	34,050	18,000	16,050
20	34,995	20,000	14,995

このとき超費余剰の最大点は、施肥の第10単位に移り、その総額は18,170円、下刈労働の省力数はha当り18.78人に増加する。以上の結果を(1)の場合と比較しやすいようにとりまとめて示せば表44のとおりである。

表 44. 施 肥 度 と 合 理 的 省 力

賃 率	項 目	最適施肥投入	超 費 余 剰	省力人工数
下刈労働賃率 1,000円/1人1日		8 単位	9,240 円	17.24 人
下刈労働賃率 1,500円/1人1日		10 単位	18,170	18.78

#### ii 林木施肥の最適組合せ

##### 1) 施肥投入の最適組合せ

前節の考察では、林木施肥の費用に対して、その価値犠牲によって産み出される報酬が与えられるとき、最大の超費余剰をもたらす施肥度を見いだすとともに下刈労働の省力性

を検討した。しかしながら、投入および産出はいずれも同一時点で起こるのではないので、適当と考えられる利子率を選んで、発生の時間的ずれを補正する必要がある。比較の方法は前価による方法、後価による方法の2通りあるが、ここでは7年目における後価によって、利子率の作用下における超費余剰の最大点を検討してみよう。表45において第1欄は変動投入、第2欄はそれに対応する下刈費用の節約という産出を示したもので、後者はそれぞれの節約額にその発生年度からの利子を加えたものからなっている。第3欄の施肥費用後価は7年目の後価合計で示され、第4欄は超費余剰すなわち第3欄と第2欄の数値の差である。なお、利子率は6%を用いた。

表 45. 利子を考慮した最適施肥度

施 肥 度	下刈節約後価合計	施肥費用後価合計	超 費 余 剰
千円	円	円	円
0	0	0	0
2	5,703	3,008	2,695
4	12,477	6,016	6,461
6	16,254	9,024	* 7,230
8	18,738	12,032	6,706
10	20,469	15,040	5,429
12	21,840	18,048	3,792
14	23,091	21,056	2,035
16	24,162	24,064	98
18	25,056	27,072	-2,016
20	25,606	30,080	-4,474

本表から、超費余剰は施肥第6単位まで漸増して、この点で最大となり、金額で7,230円となる。この点を越えると漸減するが、ほぼ16単位において超費余剰は0円に近くなり、16単位以上の施肥では負数となる。したがって、最適組合せは普通造林と6単位の施肥との組合せであり、このとき純益は7,230円、省力工数はha当り15.03人となる。

## 2) 賃率上昇の影響

つぎに下刈労働の賃率の上昇によって合理的施肥集約度がどのように影響されるかを検討してみよう。前の場合と同様に賃率1,500円と50%上昇した場合の超費余剰は表46に示すとおりである。

表 46. 最適施肥度と賃率上昇

施 肥	総 収 益	総 費 用	純 収 益
千円	円	円	円
0	0	0	0
2	8,555	3,008	5,547

4	18,716	6,016	12,700
6	24,381	9,024	15,357
8	28,107	12,032	* 16,075
10	30,704	15,040	15,664
12	32,760	18,048	14,712
14	34,637	21,056	13,581
16	36,243	24,064	12,179
18	37,584	27,072	10,512
20	38,409	30,080	8,329

賃率以外の他の条件が変わらないとき、超費余剰は第8単位で最大値の16,075円となり、省力工数はha当り17.24人となる。これを越えれば漸減するが、第20単位まで追加投入してもなお8,329円の余剰を生むことができる。

生産要素の最適組合せを決めるのに、一定費用は何の役割も果たさない。組合せに影響を与えるのは

- (1) 変動投入に関連した産出
- (2) 産出の単価
- (3) 変動投入の単価

であり、これらの諸項目が変化すれば、最適組合せは変ってくる。その具体的な方法は模型構成(model building)であり、ここで独立変数と従属変数および相互の関係を直接に決めねばならない。

本章でとり扱った施肥問題において費用、利益模型は、

- (1) 変動投入は施肥処理に要する一切の資本財および労働
- (2) 産出は下刈の節約
- (3) 限界単位費用および限界単位利益の単位としては投入単位当りを選ぶ
- (4) 限界単位費用は下刈を1回節約するに要する施肥費用である
- (5) 限界単位利益は下刈の追加節約1回当りの利益である

の各段階によって得られる。

つぎに種々の独立変数のいずれかにおいて、ある変化を生じた場合にそれぞれの最適組合せを検討してみよう。

(1) 施肥の単位当り費用が安くなり、他の事項が不変ならば、最適組合せは施肥の増加方向へ進む。

例えば単位当り1,000円から500円に低減した場合には、最適組合せは表47に示すように6単位から10単位へ進み、このとき純利益は7,230円から12,949円へ、下刈省力工数は15.03人から18.78人まで増加する。

反対に施肥単位当り費用が1,500円と高くなれば最適組合せは4単位と減退し、純利益3,453円、下刈省力工数11.67人とそれぞれ減少する。

(2) 下刈節約回数が例えばいずれの施肥度においてもそれぞれ30%増加すると見込まれ

るとき、他の事項が不変ならば、増加前と比較して最適組合せは第8単位まで進み、純利益 12,327 円、下刈省力工数 18.78 人となる。反対に下刈回数が 30 %低下すると見込まれるとき、最適組合せは第4単位まで落ちて、純利益 2,718 円、下刈省力工数 11.67 人となる。

(3) 賃率の変化に基づく最適組合せの変化についてはすでに述べたとおりである。

(4) 期待利子率の変動に基づく最適組合せの変化についても、すでに触れてきたとおりである。

表 47. 施肥費用と最適組合せ

施肥	施肥単位当り 500 円			施肥	施肥単位当り 1,500 円		
	総収益	総費用	純収益		総収益	総費用	純収益
0	円	円	円	0	円	円	円
2				2	5,703	4,512	1,191
4				4	12,477	9,024	* 3,453
6	16,254	4,512	11,742	6	16,254	13,536	2,718
8	18,738	6,016	12,722	8	18,738	18,048	
10	20,469	7,520	* 12,949	10			
12	21,840	9,024	12,816	12			

\* 最適組合せ。

表 48. 下刈節約回数の増減と最適組合せ。

施肥	下刈節約回数 30% 増			下刈節約回数 30% 減		
	総収益	総費用	純収益	総収益	総費用	純収益
0	円	円	円	円	円	円
2	7,414	3,008	4,406	3,992	3,008	984
4	16,220	6,016	10,204	8,734	6,016	* 2,718
6	21,130	9,024	12,106	11,378	9,024	2,354
8	24,359	12,032	* 12,327	13,117	12,032	1,085
10	26,610	15,040	11,570	14,328	15,040	-712
12	28,392	18,048	10,344	15,288	18,048	-2,760

\* 最適組合せ。

以上の検討の結果、最適組合せに関連のある独立変数のうち、いずれかにおいてある変化が起これば、最適組合せは影響を受けることが明らかとなった。これらの影響をとりまとめて定性的に示せばつぎのとおりである。

1. 施肥の単位当り費用が高くなれば、施肥最適単位は低くなり、施肥集約度はすすみにくくなる。

逆に低くなれば、最適単位は高くなる。

2. 下刈節約回数が多いほど、最適組合せは大きい施肥単位の方へ進む。また少ないほど、施肥単位の小さい方へ戻る。

3. 下刈費率の高騰があれば、最適組合せは施肥単位の小さい方へ移る。

なお、2つ以上の条件が変化すれば、それぞれの正負、大小にしたがって最適組合せは変化すると考えられる。

### 3) 林木施肥の経済限界

林木に施肥する場合、施肥度をしだいに増加していけば樹高生長もしだいに増加するが、やがて最大値に達する。それ以上に施肥量を大きくしても、樹高生長は増大しないかかえって林木の生長を阻害する。これらの事実が存在することは、さきの漸減則に関する検討の際にすでに認められたところである。ここで林木施肥が漸減則に支配されるときに、操業規模が投入、産出の価格に影響を与えない——すなわち、思いのままに施肥集約度を変えることができることもにその単価は一定であり、その場合下刈節約費用という報酬は単位面積当たりの費用が一定である——という場合について、林木施肥の経済限界を検討してみよう。

まず、経済の上部限界を確かめるために、限界利益と限界費用の等しくなる点の上限を調べてみることにする。限界利益が0となる施肥投入よりも大きい投入においては、限界費用もまた負でなければ交点を結ばない。このとき変動要素は0より小さい利益を産出すると考えられるので、追加投入はとりやめるのが得策となる。したがって、最適組合せの上限は、限界利益が0となる点、換言すれば総産出を最大にする点にあるといえよう。

つぎに、生産の経済的下部限界を検討するため、同様にして限界利益と限界費用を等しくすることのできる点について調べてみる。この点は、平均変動費用が最小となるところにあり、この点における投入より小さい投入においては、等値点は存在するはずがない。その理由は、限界および平均利益が平均変動費用よりも大きくなければ等値点は生じないと考えられるからである。したがって、最適組合せの下限は最小平均変動費用ないし最大平均産出のところにありといえよう。下部限界では、生産の一定諸要素に帰属すべきはね返りは消えてしまい、すべての利益は変動諸要素を償おうとする。上部限界では、変動諸要素に対するはね返りは打ち消され、すべての利益は一定諸要素に帰属することとなる。両者の間にある領域内に限って、はね返りは両者からもたらされることができるのである。

## 3 数品種のスギに対する施肥投入の最適組合せ

### i 施肥度と樹高生長

前節ではある土地にスギを人工植栽して、さらに林木施肥を併せて施した場合、これらの最もよい組合せについて論じた。ある土地において、そこに適したスギの品種は、通常幾つかあげることができる。また、品種が異なれば、肥料に対する反応の相違が認められる。いま、ある土地において、施肥を伴ったそれぞれの品種の生長曲線が把握されたとき、前節と同様の意味の合理性を指向する経営では、品種および施肥の組合せをどのように選ぶべきであろうか。それにはまず、それぞれの組合せに対する樹高生長の関係を調べてみる必要がある。

#### 1) 生産函数

3品種にそれぞれ 0～20 単位の施肥を施した場合、7 年間の樹高生長は表 49 のように 3 元生産函数の形で推定されているとする。第 1 品種は在来品種で、すでに前節で用いたものである。第 2 品種は最下欄の数値を比べれば判るように、改良品種であって、この土地では在来品種より優れた生長を示している。第 2 品種および在来品種に対し、各施肥処理がもたらす樹高生長を比べてみると、適当な施肥度と結びついたときには品種の限界生産力は高められると考えてよい。この例では改良 1 単位は施肥 6 単位に相当すると仮定した。

表 49. 3 品種のスギに対する施肥の生産函数 (単位: cm)

施肥度	品 種		
	1	2	3
20	450	540	590
18	444	537	589
16	437	528	580
14	429	516	569
12	420	503	557
10	410	483	542
8	398	458	522
6	382	428	495
4	360	395	459
2	325	358	413
0	300	325	370

## ii 樹 高 生 長 と 下 刈 回 数

つぎに、在来品種の下刈終了期は 7 年生、またいずれの品種も樹高生長が林齢と直線回帰の関係にあると仮定しよう。しかるとき、7 年目の在来品種の樹高を  $f_0$ 、品種  $j$  の施肥  $i$  単位における樹高を  $f_{ij}$  とし、また、いずれの組合せにおいても樹高  $f_0$  に達したら下刈は中止されると仮定すれば、下刈節約回数  $c$  は次式で表わされる。

$$c = 7(1 - f_0/f_{ij})$$

表 49 の生産函数のそれぞれの値を上式によって下刈節約回数を示す数値に置き換えると表 50 がえられる。

表 50. 3 品種のスギに対する施肥と下刈節約回数 (単位: 回)

施肥	品 種		
	1	2	3
20	2.333	3.111	3.441
18	2.270	3.089	3.435



16	2.195	3.023	3.379
14	2.105	2.940	3.309
12	2.000	2.825	3.230
10	1.878	2.652	3.125
8	1.724	2.415	2.977
6	1.503	2.093	2.758
4	1.167	1.684	2.425
2	0.538	1.134	1.915
0	0	0.538	1.324

この表は在来品種を用いて無施肥造林を行なった場合、下刈は年1回ずつ7年、計7回を要するのに対し、在来品種を含む3つの品種にそれぞれ0～20単位 of 施肥を行なったとき、それぞれいかに下刈回数を軽減することができるかを回数単位で示したものである。

### iii 等 節 約 曲 線

さきに求めた33通りの品種と施肥の組合せのうち、いずれの組合せが最も経済的に有利であろうか。1回の下刈回数の軽減はha当り10,000円の利益をもたらす、施肥は同じく単位当り1,000円、品種は1段階改良されるごとに同じく6,000円ずつ高くなるとする。

さて表50からX軸に施肥、Y軸に下刈回数をとって品種ごとに3つの曲線および中間に想定した改良品種（破線で示す）をえがけば、図42に示すとおりである。

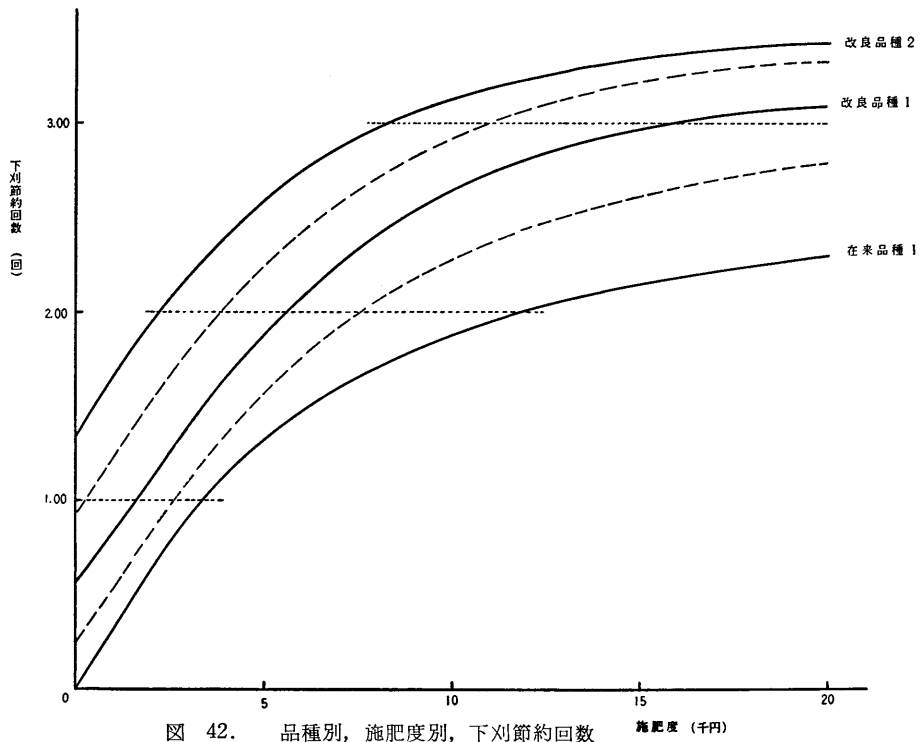


図 42. 品種別、施肥度別、下刈節約回数

この図に基づいて下刈節約回数の等しい組合せを1.0回間隔で求め1.0回から3.0回まで3本の下刈回数等軽減曲線を求めたが、その結果は図43に示すとおりである。

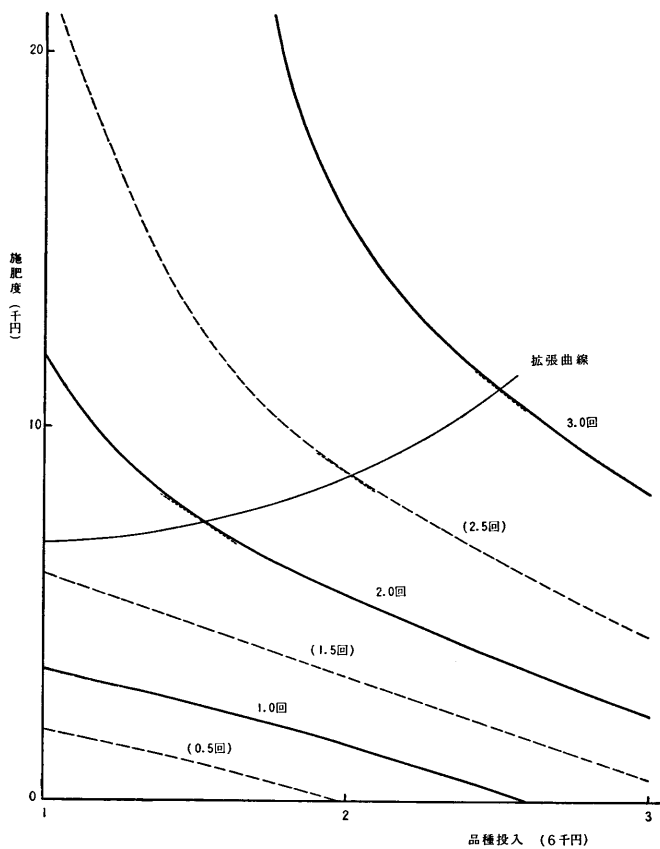


図 43. 等下刈節約曲線と拡張曲線

#### iv 品種と施肥の代替性

図43において、例えば下刈節約回数2.0という等産出をもたらす品種と施肥の組合せは、在来品種と12.0単位施肥、第2品種と5.5単位施肥、第3品種と2.3単位施肥などと考えられる。このうち、最初の組合せと第2の組合せの間では、施肥の品種に対する限界代替率 ( $P_2$ ) は、

$$P_2 = \frac{\text{施肥要素単位当り限界産出}}{\text{品種要素単位当り限界産出}}$$

で表わされ、 $P_2 = 6.5$  となる。同様に第3品種に対する施肥の限界代替率 ( $P_3$ ) は  $P_3 = 3.2$  となる。限界代替率がこのように漸減することは、品種が相対的に漸減則の影響を受けていることを示している。他の等下刈節約曲線における限界代替率を検討してみると、まず0.5および1.0回節約においては、限界代替率は漸増しており、1.5回節約では限界代替率はほぼ一定値をとり、2.0回節約以上の場合には限界代替率は漸減する傾向がある。

### v 最小費用の組合せ

たとえば、下刈節約回数 2.0 をもたらす施肥 ( $F$ ) と品種 ( $S$ ) の組合せにおいて、施肥の単位当たり費用 (1,000 円)、品種の単位当たり費用 (6,000 円) とすれば、それぞれの組合せの総費用は、

$$12.0 F + 1S = 18,000$$

$$5.5 F + 2S = 17,500$$

$$2.3 F + 3S = 20,300$$

となる。

施肥の限界費用に対する品種の限界費用の比率は 6,000円/1,000 円すなわち 6 である。経営が 1 単位の品種を 6 単位以上の施肥に代替せしめることができるかぎり、総費用は減少する。しかしながら限界代替率が 6 以下となれば、費用は再び増加してくる。しかるがゆえに最小費用の組合せは、限界代替率が限界費用率と等しくなる点に定まる。図43においてそれぞれの曲線に施肥の品種に対する限界費用の比率と傾斜の等しい直線をひき、それぞれの接点を求めれば、これらの接点は、最も少ない費用で所期の下刈節約回数をもたらす品種と施肥の組合せを示す。これらの接点を通る一つの曲線を得ることができるが、この曲線は拡張の径 (an expansion path) と呼ばれる。最小費用の組合せは、所期の総収益をうみだす多数の組合せの中では総費用が最小で、したがって総純収益が最高な組合せである。

しかしながら、最適組合せは、すべての組合せの中で総純収益を最高にするものである。拡張の径を検討してみると、林業実践上の種々の問題に対して有益な示唆が与えられよう。

### vi 最適組合せ

前図の拡張の径によって示された無数の最小費用点の中から、純収益を最大にする最適組合せを求めてみよう。X軸に下刈節約回数を取り、Y軸に径の上に示された総費用および総収益をとって、下刈節約回数と総費用、総収益の関係を求めれば図44に示すとおりである。また、最高純収益をもたらす組合せは、表51から求めることができる。

表 51. スギ3品種からの最適施肥度の決定

産 出	投 入		総 費 用			総 収 益	純 収 益
	品種	施肥	品種	施肥	計		
0 回	6千円 0	千円 0	円 0	円 0	円 0	円 0	円 0
0.5	0	1.9	0	1,900	1,900	5,000	3,100
1.0	0	3.5	0	3,500	3,500	10,000	6,500
1.5	0	6.0	0	6,000	6,000	15,000	9,000
2.0	(0.5)	7.5	3,000	7,500	10,500	20,000	9,500
2.5	1	8.7	6,000	8,700	14,700	25,000	*10,300
3.0	(1.5)	11.0	9,000	11,000	20,000	30,000	10,000

最適下刈節約回数は 2.5 回となることが図 44 から判るが、このとき最適投入は図 43 および図 44 から、第 2 品種 (品種は 1 単位増加させる) に施肥 8.7 単位を施した場合であることが明らかとなる。

最適組合せにおける純収益は 10,300 円である。これは在来品種のみを対象とした施肥のときの最適組合せで期待される純収益 9,240 円(表 42 参照) よりも大きくなり、肥料に対してよい感度をもつ品種を開発することは合理的肥培林業の実行上きわめて有意義なものと判断できよう。

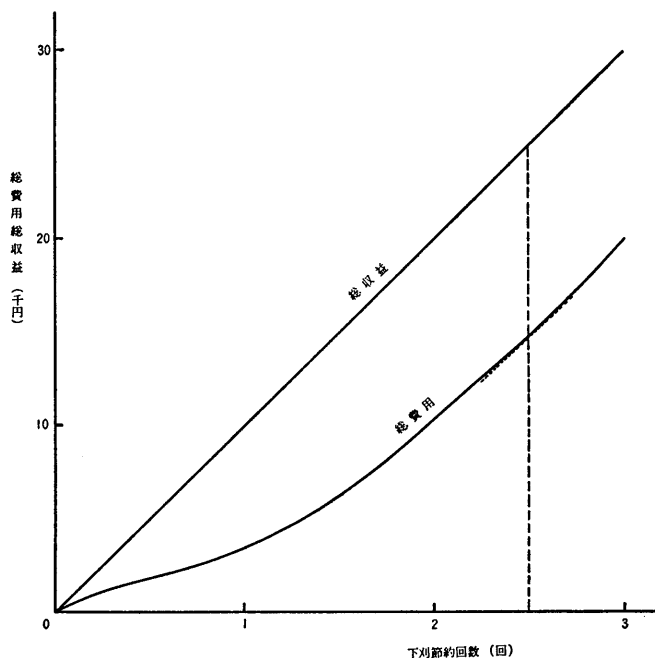


図 44. 最適下刈節約回数

## 第 5 章 相知型スギ肥培林地の経済効果

### 1 総 説

相知型スギ肥培林について、すでに第 3 章において投入と産出の技術的關係を収穫予想表の調製によって明らかにした。本章では相知型スギ肥培林の経済効果を検討してみることとする。

およそ経営における経済の機能は、評価、選択、決定の 3 つによってなりたっていると考えられる。評価を行なうにはまず評価尺度を定めなければならない。しかる後に投入の価値づけおよび産出の価値づけを行ない、両者の経済効果を検討したのである。さらにこれらの結果を用いて経営実践上重要と考えられる肥培林経営の企業計画ないし活動計画にふれることとする。

### 2 経済効果の一般的把握法

経済効果は、肥培林業経営の経営的思考である組織性および持続性ととも、経営における重要な関心事項の一つである。経済効果は一般に経済性と呼ばれており、とくに個別経営に関する概念として経営経済性と呼ばれることがある。

経営経済性は、費用と収益を比較して、経営の目的とする価値が合理的に実現される程

度を示すものである。経営主体は種々の経営目的を設定して経営を行なっていて、その指向するところは必ずしも単純ではないことは現実によく知られるところである。いま、資本家的企業として経営されると仮定すれば、その経営は一定の資本投下によって経営体が構成されていて、この資本の自己増殖、すなわち利潤追求を目的として営まれることとなる。

このような企業経営においては、経済性は利潤を中心とする利潤計算となる。この利潤 ( $G$ ) は、経営の一定期間における粗収益 ( $E$ ) から、経営費すなわち物財費 ( $M$ )、労働費 ( $L$ )、租税公課 ( $T$ )——費用租税のみで人的租税は含まない——、さらに借入資本利子 ( $0.0p R_0$ ) を控除した超費余剰である。ここに利子率は  $0.0P$  とする。この利潤から自己資本利子 ( $0.0p K_s$ ) および自己地地代 ( $0.0p R_s$ ) の見積り額を控除したものが企業利潤 ( $G_E$ ) であり、これは企業者が収得する残留所得となる。以上は利潤あるいは企業利潤を絶対額で示すもので絶対的経済効果と吉田<sup>60)</sup>が表現しているものに属する。

さらに、経済効果は歩合的経済効果によって示すことも可能である。それは利潤の投下自己資本に対する比率である利潤率 ( $P$ ) によって規定することができよう。

以上から利潤あるいは利潤率を示す式を求めれば、つぎに示すとおりである。

$$G = E - (M + L + T + 0.0p K_0 + 0.0p R_0)$$

$$G_E = E - (M + L + T + 0.0p (K_0 + K_s) + 0.0p (R_0 + R_s))$$

$$P = \frac{G}{K_s} \times 100$$

$$P_E = \frac{G_E}{K_s} \times 100$$

このような利潤あるいは利潤率は、資本構成および他人資本の利子率の高さに影響されるところが大きいので、生産過程それ自体の収益性を明らかにするためには他の方法によらざるを得ない。

純収益 ( $R$ ) および純収益率 ( $P_R$ ) はつぎの式で示すことができる。

$$R = E - (M + L + T)$$

$$P_R = \frac{R}{K} \times 100$$

すなわち、純収益は粗収益から物財費、労働費、租税公課を控除した超費余剰である。したがって、これは経営における所有関係を捨象した上で、運用総資本 ( $K$ ) に対する収益を示している。純収益率は経営経済それ自体の収益能力を示していて、LEHMANN のいう生産経済性 (Produktionswirtschaftlichkeit) であり、経営の客観的収益力を示しているといえよう。

利潤と純収益の関係は、利潤 ( $G_1$ ) に対して、

$$R = G_1 + 0.0p K_0 + 0.0p R_0$$

また、企業利潤 ( $G_2$ ) に対して

$$R = G_2 + 0.0p (K_0 + K_s) + 0.0p (R_0 + R_s)$$

となり、前者では利潤のみならず他人資本利子および借入地地代を併せたものをもって純

収益とするのに対して、後者ではさらに自己資本利子、自己所有地地代見積り額をも含むものである。

生産経済性の立場から経済効果を把握しようとするとき、一般に林業は自己所有地を基盤として生産を行なうことを考慮しなければならない。したがって純収益としては、

$$R = G_2 + 0.0pK_s + 0.0pR_s$$

なる式を用いるのが妥当であろう。しかしながら、資本利子を費用として考えれば、上式は

$$R = G_2 + 0.0pR$$

となり、純収益はいわゆる企業利潤 ( $G_2$ ) と地代 ( $0.0pR$ ) からなることが判る。

純収益概念は18世紀末以来、経営学の中心概念の一つとされてきた。学説史的にはその内容を土地資本を含まない経営資本に対する純収益とするもの (THEAR, SCHWERZ, KOPPE), 土地純収益とするもの (THÜNEN, BRINKMANN), 土地資本をも含む全資本に対するもの (GOLTZ, KRÄMER) の3つの見解がある。

相知型スギ肥培林の経済効果は、土地純収益に基づいて把握することとした。それは、さきに述べたように一般に林業生産は自己所有地において行なわれること、地代を分離してとらえることがきわめて困難であることによるが、相知型スギ肥培林においても同様の理由から土地純収益をもって評価、比較の際の尺度としたのである。

### 3 相知型肥培林および普通林の造林費用

相知型スギ肥培林および同普通林について、それぞれの施業法における標準的な造林投入を年度別、項目別に把握するとともに、その価値づけを行なった。

普通林における造林投入は、地拵え、苗木や植付けなどの新植、補植、下刈などの各作業からなっている。これに対して、肥培林のそれは、新植、補植の要領を異にするのみならず、施肥およびマルチングなど肥培作業が行なわれ、下刈作業の実行要領も異なってくる。これらの造林投入は施業法別にそれぞれ発生年度別、項目別に示せば表52のとおり

表 52. 造 林 投 入 の 概 要

記 号	発 生 年	相 知 型 ス ギ 肥 培 林			相 知 地 方 ス ギ 普 通 林		
		項 目	金 額	摘 要	項 目	金 額	摘 要
C0	1	地拵え	25,000	火入れ地拵え ha 当り 25人	地拵え	25,000	火入れ地拵え ha 当り 25人
		苗 木	8,110	ha 当り 1,622 本植え 1本 当り 5円	苗 木	16,050	ha 当り 3,210 本植え 1本 当り 5円
		植 付	10,813	1人1日 150 本植え 1人1日 1,000円	植 付	16,050	1人1日 200 本植え 1人1日 1,000円
		下 刈	15,000	1回目 ha 当り 8人 2回目 ha 当り 7人 1人1日 1,000円	下 刈	10,000	ha 当り 10人 1人1日 1,000円
		肥 料	5,000	1本 当り 約 20 g			
		施 肥	10,000	ha 当り 10人 1人1日 1,000円 耕うん重石のせ含む			

C1	2	苗木	810	補植率 10% ha 当り 160 本 1 本当り 5 円	苗木	1,600	補植率 10% ha 当り 320 本 1 本当り 5 円
		植付	1,000	1 人 1 日 160 本 ha 当り 160 本 1 人 1 日 1,000 円	植付	1,600	1 人 1 日 200 本 ha 当り 320 本 1 人 1 日 1,000 円
		下刈	15,000	1 年目と同じ	下刈	10,000	1 年目と同じ
		施肥	15,000	〃 〃 (肥料代を含む)			
C2	3	下刈	15,000	〃 〃	下刈	10,000	〃 〃
		施肥	15,000	〃 〃 ( 〃 )			
C3	4	下刈	10,000	ha 当り 10 人 1 人 1 日 1,000 円	下刈	10,000	〃 〃
C4	5	下刈	10,000	〃 〃	下刈	10,000	〃 〃
C5	6				下刈	10,000	〃 〃
C6	7				下刈	10,000	〃 〃

である。

この表について相知型スギ肥培林の特色を項目別にあげてみるとつぎのとおりである。

(1) 1 年目

① 地寄せ

いずれも全刈りによる火入れ地寄せ法を用いている。

② 苗木

肥培林の標準的植栽密度は ha 当り 1,622 本で、これは普通林の約 50% に当り、きわめて疎植であるといえよう。これは施肥によって単木の旺盛な生長、すなわち根系、樹冠張りなどの急速な充実を期待する施業法であり、林木相互の競合をおこさないような疎植としているのである。

③ 植付け法

肥培林では 1 人 1 日 150 本で、同 200 本の普通林より丁寧な植付けを行なっていると考えられる。この作業は家つきの熟練労働者によって行なわれており、その技能度が高いことは行き届いた植付けの実施につながっている。

④ 肥料

遅効性の有機質肥料である菜種油粕を用いている。1 本当りの施肥量は厳密な肥料設計によるものではなく、後に検量したところ、約 20 g であった。

⑤ 施肥

鍬を用いて植栽位置の周囲を耕うんし、施肥後覆土し、ついで肥料が野鼠の食害を受けないよう、また風によって植栽木の根がゆるまないようさらに雑草の繁茂をおさえ防乾するため、岩礫を囲りにのせる作業を行なっている。

⑥ 下刈

普通林では植栽の年には下刈は年 1 回行なうのが標準であるのに対して、肥培林では草生の盛んな生長を抑えるため年 2 回刈りとし、1 回目はやや早めに、2 回目はやや遅目に下刈を実行している。

(2) 2 年目以後

① 補植

新植の翌年に1回、補植を行なっている。その程度は植栽内容、気象条件により年々異なるが、標準としては植栽本数の1割を見込こんでいる。

### ② 施肥

1年目と同様の要領で2年目に第2回施肥、3年目に第3回施肥を行なっている。したがって3カ年継続した施肥となる。

### ③ 下刈

普通林では植栽当年から7年目まで毎年1回ずつ通算7回の下刈を行なうのが標準である。これに対して、肥培林では2年目、3年目まで年2回の下刈を行ない、4年目、5年目には年1回の下刈とするのが標準と考えられる。この時期には林木の生長促進により、林分の閉鎖度（うっ閉度）が高くなるので、下刈所要年数はこのように短縮しても、林木の正常な生長が期待できるのである。

## 4 相知型スギ肥培林地における経済効果

相知型スギ肥培林およびこれと比較対照する相知地方スギ普通林でそれぞれに実行された2つの施業法の成果から両者の経済効果を求め、さらに比較を行なった。

相知型スギ肥培林の実態が所有、経営を一にする形態をもつことから、経済効果は土地純収益によって評価した。

相知型肥培林で期待される粗収益は、主伐収入および間伐収入からなっている。主伐収入 (Au) は立木販売価格の見積り額であらわされる。すなわち、さきに調製した収穫予想表に基づいて、立木幹材積収穫に利用率を乗じて利用材積を求め、市場逆算価式 (formula of conversion surplus) から求めた単価を乗じて、伐期ごとにそれぞれ主伐収入の現在価 (current worth) を算出した。

間伐は、積極的な意識のもとに行なっているのではなく、風倒木、被害木などの伐除が行なわれるに過ぎないが、その立木処分収入を間伐収入と見たてて、15年生のとき第1回の収入間伐、その後5年ごとの間伐収入を見こんだ。これらの間伐収入見積り額はそれぞれ複利計算によって主伐期における現在価を求める基礎資料とした。このとき、利子は費用概念に含ませるとともに、利子率は本章を通じて最大期待収益率 (alternative rate of return) を用いた。この利子率は、ある土地を生産に用いるとき、林業はもちろん、農、畜産業など種々の代替可能な利用法の中からその基金に対して最善の利用を行なうことによって決められる利子率であり、ある土地について一定なものと考えられる利子率である。DUERRはこれを定義づけて、「a rate of interest determined by the firm's best alternative uses for its funds.」としている。

本章では alternative rate of return を6%と仮定して、諸計算に用いた。

つぎに、さきに述べた造林投入の年度別支出額を求めて利子率6%で現在価を求めた。

以上の主間伐収益および造林費は、1生産期間について異なる年数をとれば定期的な収益と費用の系を形づくる。

肥培施業法の経済効果を求めるには、まず粗収益の現在価から造林費の現在価をさし引いた金額 (r)、輪伐定期年数 (t)、最大期待利子率 (i) によって輪伐期首価値 ( $V_0$ ) を求めなければならない。

$$V_0 = r / [(1 + i)^t - 1]$$



また、このように定期的に発生する造林支出の他には支出項目は管理費のみとすれば、管理費は毎年支払うべきものであるから、年 ha 当り 2,000 円として管理資本は 33,333 円が見こまれよう。

以上の計算結果を、肥培林および普通林別にとりまとめて示せば表 53 のとおりである。この表で最下欄は輪伐期ごとの土地純収益の概数を示す数値である。

表 53. 肥培林および普通林の土地純収益  
(ha 当り円)

項 目	肥 培 林 輪 伐 期 ( t )				普 通 林 輪 伐 期 ( t )			
	25	30	35	40	25	30	35	40
定期純収益								
主 伐(Au)	831,600	1,401,750	2,166,800	2,868,750	352,920	611,650	914,340	1,281,000
第1回間伐 (D15)	5,266	7,047	9,429	12,618				
第2回間伐 (D20)	7,284	9,750	13,049	17,459	3,275	4,384	5,868	7,851
第3回間伐 (D25)		10,958	14,668	19,631		9,232	12,358	16,539
第4回間伐 (D30)			15,806	21,157			14,677	19,645
第5回間伐 (D35)				22,478				20,512
第1年造林費 (C0)	317,278	424,614	568,172	760,668	287,993	385,422	515,731	690,459
第2年造林費 (C1)	128,703	172,315	230,686	308,716	53,407	71,504	95,726	128,106
第3年造林費 (C2)	95,500	127,775	171,000	228,875	38,200	51,100	68,400	91,550
第4年造林費 (C3)	36,040	48,220	64,540	86,360	36,040	48,220	64,540	86,360
第5年造林費 (C4)	33,990	45,490	60,880	81,480	33,990	45,490	60,880	81,480
第6年造林費 (C5)					32,070	42,920	57,440	76,860
第7年造林費 (C6)					30,260	40,490	54,180	72,510
計	232,639	611,091	1,124,474	1,495,994	-155,765	-59,880	30,346	118,222
資本化純収益								
定 期 収 益	70,668	128,813	168,183	161,033	-47,316	-12,622	4,539	12,726
連 年 管 理 費	-33,333	-33,333	-33,333	-33,333	-33,333	-33,333	-33,333	-33,333
計 (土 地 純 収 益)	37,335	95,480	*134,850	127,700	-80,649	-45,955	-28,794	-20,607

\*：土地純収益最大

普通林では、25年から40年まで5年おきにとった輪伐期のいずれにおいても、土地純収益は負の数値となる。これは投資に対して6%の利子率を期待することができないことを示している。

これに対して肥培林では投資額が相対的に大きいにもかかわらず、土地純収益は6%の利子を考慮してもなお正の数値となり、かつ伐期が長くなるにしたがって純益は増加する傾向があり、伐期35年においてはほぼ最高値をとる。そしてその後は減少する傾向が認められる。伐期35年では、土地純収益は ha 当り 134,850 円となる。

この金額は林地肥培に当てる場合の裸地の最高値を概数で示したものとえよう。すなわち、もしある経営が ha 当り 134,850 円を越えない額で土地を購入し、予定通りの計画にしたがうならば、しかもこれまで述べた仮定や予見がすべて正しいと認められるならば、経営は税込みで投資に対して6%を下らない収益をあげることができるのである。

## 第 6 章 相知型スギ肥培林業生産における林木資本 の経済的性質と最適輪伐期

### 1 総 説

林業の資本は林木資本を主要な構成内容としていると考えられるが、これは他の産業における資本とは異なる種々の特質をもっている。まず林木それ自体が過去の生産活動から得られた一つの生産物であり、それと同時に将来の生産に対する資本の意味をもつことができるという2面性をもつこと、第2に生産期間が超長期性をもつこと、このことから市場、供給、所有関係、費用、技術などの将来における変化が予知しがたく、そのために損失を蒙る機会も多くなると考えられる。第3に、林業資本の収益力は一般に中庸度を示すことが多いこと、この状態は比較的長期間保たれるが、それは壮齢以後生長量が衰えても、生産物の質的な向上によって収益力が支えられるのが理由の一つと考えられる。第4には林業資本のあり方によって、林木生長に要する費用、ことに変動費用は大きな影響をうけること、すなわち蓄積価が高いほど、また林木資本に対する最大期待利子率 (alternative rate of return) が高いほど、林木資本の費用は高くなる。第5には林業資本は多用性 (versatility) をもつことである。すなわち資本の現在の利用では期待通りの収益率に達しないならば、もっと有利な収益率が期待できるような他の用い方に容易に変えることができる。このことは林木資本への投資を有利に導くものである。さらに、伐期の決定において直ちに伐採するか、あるいは延期するかを自由に選ぶことができるという意味で高い自由伐期性 (time versatility) をもっているといえることができる。

林木生長蓄積は、これらの諸性質によってきわめて複雑なものとなっている。肥培林における林木生長蓄積の最適組合せ、すなわち林木資本と利率の組合せを問題とすると、蓄積は変動投入であり、土地は一定投入であり、そして林木生長量——収穫対象物であると同時に原資である——は産出となるとして、DUERR<sup>61)</sup>は最適蓄積すなわち最適輪伐期の問題をとり扱っている。木梨<sup>62)</sup>は同様の立場から九州のスギ林分について検討している。

本章においては同様の視点から相知型スギ肥培林の最適輪伐期および同地方スギ普通林の輪伐期を求め、つぎに両者の輪伐期を比較検討して、もって林木資本の性質が肥培施業法の適用によってどのように影響されるかを明らかにすることとする。

### 2 輪 伐 期 の 計 算

#### i 相知型スギ肥培林

相知型スギ肥培林は、前述のとおり佐賀県東松浦郡相知町において一所有者が一定の肥培管理を行なって造成した民有肥培林であり、北九州地方のほぼ中庸地位に当る自然的立地条件の林地にわたって設けられている。

いま、この経営の最大期待収益率 (alternative rate of return) が6%であるとし、またその経営目的は、スギ用材の連年立木処分収入から1年当り最大の純利益を連年得るにあると仮定しよう。一般に経営は毎年継続して収入のあるのが理想的なので、思考の便宜上肥培林だけで構成された法正的肥培林を想定して検討を加える。

この場合、最適輪伐期はどのように決められるであろうか。まず第3章の相知型スギ肥培林分収穫予想表から材積収穫を、また別途調査した樹幹析解資料から利用率を求め、

5年間隔でそれぞれの齡階における利用材積を求めれば表54の第1, 第2欄のとおりである。

表 54. 相知型スギ肥培林の利用材積生長および価値生長

(ha当り)

林 齡	利用 材積	連 年 生 長		平 均 生 長	収 穫 価	連年価値生長		平均年価値生長
		材 積	比 率			金 額	比 率	
年 5	m <sup>3</sup> 4.84	m <sup>3</sup>	%	m <sup>3</sup> 0.97	円 2,420	円	%	円 484
		29.46	47.9			31,880	69.9	
20	34.30			3.43	34,300			3,430
		61.28	22.8			156,860	41.0	
15	95.58			6.37	191,160			12,744
		82.65	13.2			254,415	18.4	
20	178.23			8.91	445,575			22,279
		104.43	9.7			402,405	13.7	
25	282.66			11.31	847,980			33,919
		124.59	7.6			577,395	10.9	
30	407.25			13.58	1,425,375			47,513
		*142.83	6.2			*774,945	9.0	
35	550.08		*	*15.72	2,200,320		*	62,866
		49.92	3.0			199,600	4.2	
40	600.00			15.00	2,700,000			*67,500

\*: 最高値, または生長率が alternative rate of return (6%) に等しくなる点。

利用材積から各5年ごとの連年生長量(第3欄), またこれを生長蓄積に対する年率で第4欄に示した。平均年材積生長はそれぞれ収穫量を林齡で除して求めた。

#### 1) 最適輪伐期の概算

まず, 表54に示された8つの輪伐期案について, いずれが最適輪伐期であるかを検討しよう。ここで収穫表が正常林分について成立すること, また伐採後は直ちに更新を行なうと仮定する。このとき最適輪伐期に関する一つの考え方は, 経営成果が年平均生長量を最大とする, したがって単位面積当り年間生産量で最高の年平均を示すところに定まるとする考えである。前表からそれは35年と推定される。

しかしながら, これは経営目的からみて, 2つの根拠から補正されねばならない。その一つは輪伐期の長さによって変化する林木単価を考慮していないこと, 他の一つはかなり大きいと予想される林木生長に関する変動費用を考慮していないことである。同じ理由から第3, 4欄から得られる最適値もとりに上げるわけにはいかない。

そこで、2～5 欄に価値づけを行なった。すなわち、2 欄の利用材積に基づいて、林齢ごとにそれぞれ幹形、材質の向上を考慮した価値づけを行なった結果、6 欄の収穫価を得た。これは立木販売純収益 (conversion surplus) である。7～9 欄はそれぞれ3～5 欄に対応するもので、これらはいずれも価値的にあらわされている。

このような価値概念の導入は連年生長率を高くし、絶対生長の最大となる時期を遅らせる効果がある。そこで平均年生長の最大は40年にあらわれる。この平均年生長は粗収益をあらわしているが、さきに述べた経営目標の純収益を問題とするためには、なお、つぎの3つの変動費用を考慮した補正を行なって最適輪伐期あるいは最適生長蓄積の把握に近づかなければならない。

## 2) 概 算 値 の 補 正

林木生長のための変動費用は、輪伐期の長さにかかなり大きく影響すると考えられるが、そのおもなものは第1にその輪伐期の延長によって生ずる機会費用、第2にはこれに伴って次回からの収穫が遅延することから生ずる機会費用、第3に収益が毎年あがる経営が営めるよう林木生長蓄積を規制することから生ずる機会費用などである。補正の結果は表55に示されている。

表 55. 相知型スギ肥培林における ha 当り投入と産出、および最適輪伐期

輪伐期 年	収 穫 価 円	連年価値 生長率 %	資 本 価 円	法 正 蓄 積 価		ha 当り 法正生長 価 円	限 界 蓄積価 円	限界価値生長	
				t ha 当り 円	ha 当り 円			金 額 円	比 率 %
32	1,778,368		275,716	14,489,000	452,781	55,574			
		8.7					40,673	3,015	7.41
33	1,933,440		331,034	16,284,000	493,454	58,589			*
		7.1					42,134	2,343	5.56
34	2,071,680		* 331,416	18,210,000	535,588	60,932			
		6.2					47,583	1,934	4.06
35	2,200,320	*	329,089	20,411,000	583,171	62,866			
		5.4					46,023	1,550	3.37
36	2,318,960		324,453	22,651,000	629,194	64,416			
		4.8					44,617	1,240	2.80
37	2,429,280		318,131	24,931,000	673,811	65,656			

\*: 地代最高、生長率が最大期待収益率(6%)に等しくなる点を示す。

第1の補正についていえば、相知型スギ肥培林の単位面積当り収穫価はしだいに増加しているが、これらは発生の時点を異にするので直接には比較できない(第2欄)。そこで第3欄の林分年価値生長率のなかからどの林齢において生長率が6%以下となるかを検した。すなわち35年は第1の機会費用を考慮した補正值である。

第2の機会費用を考慮すれば、前表からたとえば32年ごとに1,778,368 円の収穫、あるいは33年ごとに1,933,440 円の収穫、と順次同表2 欄に示すような無限定期収益がある

として、その現在価で比較するのが妥当であろう。資本価は第4欄に示される。これらの資本価はそれぞれの輪伐期のもとで成立する裸地の資本価を意味している。そして、輪伐期は1年短縮されて、34年と補正すべきであろう。

第3の変動費用として、生長蓄積を規正することから生ずる費用について、その輪伐期への影響を調べてみることにする。第2の補正では、 $t$ 年ごとに1回の収益をあげる経営計画のもとでの最適輪伐期であった。しかしながら経営目的は先に述べたとおり毎年毎年収益をあげることにあるとすればこの目的を果しうよう1年ごとに輪伐林齢に達した林分があるように森林を規正する必要がある。すなわち概念的にはそれぞれの齡級に対して森林面積を  $1/t$  ずつ割り当て、これを毎年収穫するとともに直ちに更新すると考える必要がある。この計画における費用は表55の5~10欄に示すとおりである。第5欄は法正林において輪伐初年における、これから運用しようとする生長蓄積の  $t$  ha 当り総価値である。これらはそれぞれ  $0, 1, 2, \dots, (t-1)$  年までの ha 当り総価値の累計で求められる。第6欄は総価値を  $t$  で除した ha 当り平均価値である。これらの数値は毎年収益があるように規正を行なったすべての林分での生長蓄積の ha 当り平均価値を意味している。

また、第7欄は ha 当り法正林生長価を示し、 $t$  ha 当り平均価値生長を示している第2欄の数値を  $t$  で除して求められる。すなわち第7欄は平均年生長価 (mean annual growth) であるということができよう。

以上から、第6欄と第7欄は、規正された一斉皆伐林に対する生産函数であり、それに価値づけを行なった一対の生産函数であるといえよう。ここで土地面積が一定投入に当る。

したがって、林地と林木資本の最適組合せはつぎのように決定することができる。表55から、生長蓄積の限界価値は、第6欄の差を順次求めることによって算出される。限界価値生長は、同様にして第7欄から求められ、比率で示せば最終欄に示すとおりである。

以上の補正から、相知型スギ肥培林における最適組合せは、限界価値生長率が経営の最大期待収益率と等しくなる点に定まり、したがってまた最適輪伐期も同じ点すなわち33年に定まると推定される。

## ii 相知地方スギ普通林

相知地方スギ普通林について、肥培林の場合と同様に法正林を想定して、これについて最適輪伐期の計算を行なった。

### 1) 最適輪伐期の概算

5~45年までの5年間隔に選んだ9つの輪伐期案について輪伐期の概算を行なった。その結果、平均価値生長最大の輪伐期は、表56に示すとおり45年となる。

表 56. 相知地方スギ普通林の利用材積生長および価値生長

林 齢	利用材積	連 年 生 長		平 均 生 長	収 穫 価	連年価値生長		平均価値生長
		材 積	比 率			金 額	比 率	
5 年	m <sup>3</sup> 4.04	m <sup>3</sup>	%	m <sup>3</sup> 0.81	円	円	%	円
		6.76	21.8					
10	10.80			1.08	—			—

		39.65	36.1					
15	50.45			3.36	25,225			1,682
		61.64	17.3			86,865	34.7	
20	112.09			5.60	112,090			5,605
		* 71.27	10.3			254,630	26.8	
25	183.36			7.33	366,720			14,669
		70.08	6.7			266,880	11.6	
30	253.44		*	8.45	633,600			21,120
		61.56	4.5			311,400	8.3	
35	315.00			9.00	945,000			27,000
		51.00	3.1			336,000	6.3	
40	366.00			* 9.15	1,281,000		*	32,025
		42.00	2.2			351,000	5.0	
45	408.00			9.07	1,632,000			* 36,267

\*: 最高値, または生長率が alternative rate of return (6%)に等しくなる点。

## 2) 概 算 値 の 補 正

輪伐期の延長によって生ずる機会費用, これに伴う次回からの収穫遅延から生ずる機会費用, さらに連年収益をうるよう林木生長蓄積を規正することから生ずる機会費用を考慮すれば, 最適輪伐期は表 57 に示すように補正される。

表 57. 相知地方スギ普通林における ha 当り投入と産出, および最適輪伐期

輪伐期 年	収 穫 価 円	連年価値 生 長 率 %	資 本 価 円	法 正 蓄 積 価		ha 当り 法正生長 価 円	限界蓄積 価 円	限界価値生長	
				t ha 当り	ha 当り			金 額	比 率
				円	円	円	円	円	%
34	876,238		140,198	7,167,350	210,804	25,772			
		7.8					19,013	1,228	6.46
35	945,000		*141,256	8,043,588	229,817	27,000			*
		6.6					19,866	977	4.92
36	1,007,178		140,864	8,988,588	249,683	27,977			
		6.4					20,473	991	4.84
37	1,071,821		140,291	9,995,766	270,156	28,968			
		6.3					21,096	1,005	4.76
38	1,138,975		139,580	11,067,587	291,252	29,973			
		6.1					21,737	1,019	4.69

39	1,208,686		138,770	12,206,562	312,989	30,992			
		* 6.0					22,392	1,033	4.61
40	1,281,000		137,890	13,415,248	335,381	32,025			
		5.3					23,064	874	3.79
41	1,348,848		136,247	14,696,248	358,445	32,899			

\*：地代最高，または生長率が最大期待収益率(6%)に等しい点を示す。

最適輪伐期は 35 年となる。

### 3 考 察

相知型スギ肥培林において平均生長（利用材積）最多の輪伐期は 35 年であるのに対して，相知地方スギ普通林では 40 年となる。物的生産力を基礎とした輪伐期の比較では，相知型スギ肥培林は短伐期林業に近づくといえることができることは先に述べたとおりである。

つぎに，経営目的が純収益を最大とすること，しかもその純収益が毎年あげられることにあったとした場合，相知型スギ肥培林の最適輪伐期は 33 年となる。一方，相知地方スギ普通林では 35 年となる。両者を比較してみると，相知型スギ肥培林はやはり短伐期林業を指向するものであると理解されよう。

なお林木資本の最適組合せの決定因子には 2 つの直接的因子があると考えられる。

(1) 資本の限界価値生長率

(2) その経営における最大期待収益率 (alternative rate of return)

(1)はおよそ 3 つの要因によって影響される。その第 1 は利用材積生長率で示される基本的な生産函数であり，樹木の遺伝的素質，自然的立地条件，施業法などによって規定されるものである。第 2 には，林木単価の差異であり，樹幹の径級，林齢，蓄積などによって規定されるものである。第 3 に，林木育成に必要なあらゆる費用である（ただし alternative rate of return を除く）。更新費や税などがこれに含まれる。

これに対して，林木資本の最適組合せに無関係な項目がある。第 1 に費用のうち一定費がこれである。地価の高低，単位面積当りでかかる税などは最適組合せに影響を与えない。第 2 に林産物価格水準は生長蓄積の最適組合せに影響を与えない。林木価が上昇するときには，もっと有効にと保残することが考えられ，このとき他の事情は変わらないよう期待するものであるが，しかしながら他の条件が不変であるはずがなく，生長蓄積価も上昇するので，限界価値生長率は不変となってしまうのである。

## 第 7 章 結 論

林業における肥培管理の生産技術の特徴は施肥による直接的な林木生長促進を期待するのみでなく，林業生産の長期性を考慮すれば，施肥を契機として林内の養分循環を旺盛にして地力の保持改良を計り，もって林木生育に好適した環境条件に誘導することにあると考えられる。

このような機能と目的をもつ林地肥培は、近年におけるわが国木材事情のひっ迫から、森林の物的生産力を高める一手段として唱導され、またしだいに広く普及しつつある現況にある。しかしながら、肥培林業生産は反面では個別経営における価値増殖の過程として意識される。すなわち肥培林業の経営問題は、技術的側面と価値的側面という2面性をもつといえよう。この場合、林業生産過程でとくに重視すべき2つの時期がある。その一つは幼齢期であり、それはこの時期に肥培管理を含む更新、育林など大部分の投入がなされるからである。他の一つは伐期ないし輪伐期であり、それはこれらの決め方によって物的、また価値的過程がいずれも大きな影響をうけるからである。

本研究は、林業生産上それぞれ重要な意義をもつと認められる2つの時期すなわち幼齢期および収穫期における合理的肥培林業経営法をみいだすため、主として限界分析法によって追究したものである。以下各章の研究結果を要約して、これに総括的考察を試みることにする。

## 1 要 約

1) 第1章の総説においては、林地肥培の沿革および研究の文献などに基づいて、わが国では林地肥培が必要であることを論じた。また、それが現実の林業経営のなかにどのようにとり入れられているかそのすう勢を概察するとともに、これらの実践肥培において到達することのできた一般の成果水準を経営統計的に把握した。

林地肥培無用論のおもな根拠は、林木が主として炭水化物でできていること、正常な森林は養分の自給能力を備えていると考えられること、深根性のため養分の吸収範囲は広くかつ深いことなどにある。これに対して著者は、わが国の林業に林地肥培が必要であることを論じた。すなわち、わが国の林地は地形が急峻で局地的豪雨による土壌浸食が起りやすいこと、土壌構造の特殊性、酸化しやすいこと、したがって悪化の悪循環をまねきやすいこと、養分要求度の大きな品種の開発・普及、植伐方式の近代化、林業生産の短伐期化、省力林業の必要性、林業経営における経営者意識の高まり、木材需要の増大傾向などわが国林業は自然的、経営的、国民経済的な諸特徴によってつよく条件づけられているからである。

一方、現実の林業経営では1960年を例にとれば、化学肥料を施した林家数は約52,000戸といわれ、多雪の北陸地方から温暖な九州地方まで広範囲に実行されている。また、施肥面積は1960年以来、年率46~13%の伸び率でほぼ着実な増加を示している。

林業経営で実行されている林地肥培の技術的内容は、全国5,800事例についての経営統計からその一端をうかがうことができる。本格的普及は1958年ごろからと認められ、また1935年以前に着手された古いものは5%にすぎない。肥料は94%が人造肥料を用いているが、そのうち固形肥料(54%)、窒素肥料(30%)、化成肥料(8%)などがおもなものである。しかし化成肥料、窒素肥料による固形肥料との代替は、その後顕著なものがある。施肥回数は1回(77%)、2回(15%)、3回(5%)、4回(2%)、5回(1%)であり、その時期は3月が最も多く71%で、2月から4月までの春季施肥が最も普通である。つぎに肥効は全体の87%に認められ、施肥回数の増加によって確実性は高くなる傾向にあることが認められる。



2) 第2章ではスギ、ヒノキ幼齢林における肥培効果を検討した。報酬漸減の法則を物的生産性に関する技術的法則と理解するとき、スギ、ヒノキについて樹高生長を指標とした静態的本法則の把握を目的として、野外試験地による実証的研究を行なった。また、純粹技術としての林地肥培効果の上部限界がいずれにあるかを明らかにするため、技術水準を異にする各地のすぐれた実例に基づいて検討を行なった。

幼齢期の林地肥培はその実行上最も基本的かつ重要なものの一つであると認められる。そこでスギ、ヒノキ新植林分に固形肥料を施し、施肥投入と林木生長の關係に重要な影響をおよぼす他の事情をなるべく一様として、乱塊法による実験計画を組み、6～9年間にわたり延べ約15,000回の測定を行なった。これらの実験は4つの部分から構成されている。平均樹高生長指数は施肥量が多いほど大きくなる傾向が認められ、また、兩者の關係は2次式に近いと推定された。

つぎに、現実の林業經營が肥培を含む最も集約な技術水準によって到達しえた例を示せば、樹高の年平均生長はスギ1.4m、ヒノキ0.9mに達している。このような高い成果はスギ、ヒノキ集約林業經營において現実に到達しうる上部限界の程度を示唆しているものとみることができよう。

3) 第3章では独特のマルチ肥培施業法を統一的に適用した相知型スギ肥培林、および相知地方スギ普通林を調査比較することによって、兩者の林分構成に差異があることを明らかにし、ついで平均地位についてそれぞれ收穫予想表を調製した。

(1) 相知型スギ肥培施業法の特色は、遲効性有機質肥料を用いていること、3年連続して施肥すること、マルチングの併用、比較的少ない植栽本数、集約な雑草木刈払いによる養分循環機能の合理的調整などである。

(2) 相知型スギ肥培林の林分構成には相知地方スギ普通林と比べると明らかな差異が認められる。すなわち、平均胸高直径、平均樹高、ha 当り本数、同幹材積、同平均生長量などにそれぞれいちじるしい差異が認められる。したがって、收穫予想表はそれぞれ別途に調製することが必要である。

(3) 相知型スギ肥培林を対象として、37年生までの11カ所に標準地を選定し、その適否を吟味した後、平均地位についてつぎの回帰式を用いて收穫予想表を調製した。

$$\text{主林木平均樹高} : \log y = -0.85693 + 2.12249 \log x - 0.48267 (\log x)^2$$

( $y$  : 樹高,  $x$  : 林齡)

$$\text{主林木平均胸高直径} : \log y = 1.06166 - 0.33172 \log x + 0.40394 (\log x)^2$$

( $y$  : 平均胸高直径,  $x$  : 林齡)

$$\text{主林木胸高断面積合計} : \log y = -1.14299 + 3.13112 \log x - 0.75984 (\log x)^2$$

( $y$  : 胸高断面積合計,  $x$  : 林齡)

$$\text{主林木幹材積} : \log y = -1.09923 + 3.59619 \log x - 0.68070 (\log x)^2$$

( $y$  : 幹材積,  $x$  : 林齡)

$$\text{主林木 ha 当り本数} : \log y = 3.4826 - 0.4532 \log x + 0.0905 (\log x)^2$$

( $y$  : 本数,  $x$  : 林齡)

$$\text{副林木平均樹高} : y = 2.23 + 0.95 x$$

( $y$  : 副林木平均樹高,  $x$  : 主林木平均樹高)

副林木平均胸高直径： $y = -4.00 + 0.91x$

( $y$ ：副林木平均胸高直径， $x$ ：主林木平均胸高直径)

この収穫予想表による材積平均生長量最大期は、主林木については35年以上であり、主副林木合計についても同じく35年以上であり、まだ旺盛な生長をつづけていると認められる。

(4) 相知地方スギ普通林を対象として33年生までの12カ所に標準地を選定して、(3)と同様に回帰式を用いて平均地位の基準収穫表を調製した。材積平均生長量最大期は主林木、主副林木合計いずれも30年である。

(5) 相知型スギ肥培施業林のおもな特徴はつぎのように要約することができよう。

a 施肥，マルチングを契機として，合理的植栽本数および集約保育によって地力の維持，増進を計り，その結果高い材積生長力をもつ林分に誘導していること。

b 肥培林の土壌は明らかに良質化する傾向が認められる。

c 疎植型に属し，間伐はほとんど行わず，30年生前後にはじめて普通林と大差ない本数となる。したがって機械化林業に適した林分造成法のひとつといえよう。

d 幹材積の年平均生長量は，ha 当り  $20\text{m}^3$  (37年前後) で，普通林の約133%に当たっている。

4) 第4章では，第2章ですでに明らかにした樹高生長漸減の現象に基づいて，品種と施肥集約度の最適組合せに関する経済的考察を行なった。最近の林業生産では，保育労働の省力，保育経費の節減，林業労働の通年化が強く望まれているが，下刈年数の短縮によってこれらの諸問題に対処しようという林業経営は少なくないと考えられる。ここでは下刈経費節減を中間目標として，そのために林地肥培を行なう経営は，合理的な施肥集約度あるいは合理的な品種と施肥の組合せをどのように評価，選択，決定すべきかについて論じた。

(1) 第2章で明らかになった樹高生長漸減の諸性質に基づいて，在来品種に関する変動投入（施肥）と産出（樹高生長）の標準的な生産函数を決定した。つぎに次式によってそれぞれの施肥度に対する下刈節約回数を求めた。

$$c = y \left( 1 - \frac{f_0}{f_{ij}} \right)$$

( $c$ ：下刈節約回数， $y$ ：標準下刈終了年数， $f_0$ ： $y$ 年目の在来品種平均樹高，

$f_{ij}$ ： $j$ 品種に対する $i$ 単位施肥の平均樹高)

本章における計算事例では，省力工数最大は第8単位でha 当り17.2人となる。また，純収益の最大となる最適組合せは，最大期待利子率6%のとき施肥6単位に定まる。このとき施肥費用およびその利子を控除しても，下刈経費軽減額はha 当り約7,230円となる。

(2) 3つの品種のそれぞれに対して施肥を行なったときについて，それぞれ生産函数を推定し，経営目的にてらして最も有利な品種と施肥度の組合せを計算例で示した。まず等下刈節約回数曲線を求めた。つぎに最小費用の組合せは，

$$\text{限界代替率} = \frac{\text{施肥要素単位当り限界産出}}{\text{品種要素単位当り限界産出}}$$

とすれば，限界代替率が限界費用率と等しくなる点にきまる。これらの点を結んで拡張の径を求めた。この径に基づいて，いろいろな情報を得ることができることを示した。

純収益最大を目指す経営では、第3品種に8.7単位の施肥を行なうべきであり、このとき下刈節約工数はha当り22人で、純収益は10,300円となる。これは前述の1品種のみの場合より有利であり、肥料感応度のすぐれたよい品種の開発は、合理的肥培林業の実行上きわめて有意義であると考えられる。

5) 第5章では、相知型スギ肥培林地の経済効果を予算法によって推定した。

まず、経済効果の一般的把握法について考察を行ない、林業経営の現実から土地純収益に基づいて経済効果を把握することとした。つぎに肥培林および普通林の造林費用を年次別に総括した後、輪伐期の長さを5年ごとに25年から40年まで4段階とって、経営の最大期待収益率 (alternative rate of return) を6%と仮定して、土地純収益を算定した。肥培林では土地純収益最大の輪伐期は35年、その金額はha当り約135,000円であった。この金額は、林地肥培に当てた場合の裸地の最高値を概数で示したものである。すなわち、この額を越えない範囲で土地を購入し、予定していた通りの計画にしたがうならば、しかも、これまでの仮定や予見がすべて正しいと認められるならば、経営は税込みで投資に対して6%を下らない収益をあげるのである。一方、普通林では土地純収益はいずれも負の数値を示した。これは投資に対して6%の収益率すら期待しえないことを意味している。

6) 第6章では相知型スギ肥培林および相知地方スギ普通林について、それぞれ林木生長蓄積の最適組合せ、すなわち最適輪伐期を求めた。両者を比較検討して、林木資本の性質が肥培施業法の適用によってどのように影響されるかを明らかにした。

年平均生長量最大の時期は、肥培林では35年、普通林では40年となる。物的生産力からみて、肥培林は短伐期林業としてとり扱うのが有利なのではないかと考えられる。

林木資本の最適組合せは、(1) 資本の限界価値生長率、(2) 経営の最大期待収益率の2因子に影響されると考えられる。そこで、経営目的が純収益を最大とすることおよびその純収益は毎年経営にもたらされることの2要件をもつ経営について、前述の2因子を考慮して林木資本の最適組合せを求めたところ、肥培林で33年、普通林では35年となり、やはり短伐期林業を有利とする傾向があることが確かめられた。

## 2 総 括 的 考 察

この研究は、まず野外実験を行なって、生産初期過程における林地肥培の諸特徴を実証的に把握するとともに、既往肥培林の一例について林分構成の実態調査を行ない、収穫予想表を調製して、肥培成果の推移を統計的に検討し、もって伐期に至るまで継続して経営された肥培林分の林分構成的諸特徴を明らかにした。これらの諸現象に基づいて肥培林業生産を基礎づけている報酬漸減の法則あるいは本質的肥培機構の内容について考察を加えた。以上のべたような肥培林業生産技術の理解のもとに、ひき続いて生産経済的諸性質の解明と有効な肥培生産経済の展開のための経済的分析を行なったのである。

限界分析による合理的な林地肥培への接近法は、下刈負担の軽減を目指す林家のみならず、雪起こし負担を軽くしたい林家も応用することができよう。しかしながらこの接近法では将来得られるであろう林木収穫の増減分が考慮されていない。それは現在のところ数10年後の林木収穫は材積のまた価値的な推定がきわめて困難なためであり、数年後に当面すると考えられる下刈負担を一応問題とした所以である。

相知型スギ肥培施業法は、かなり安定した肥培法ではないかと考えられる。もとより理

想的な肥培施業法とはいえないが、本法を軸としてその改善を計るのも林地肥培を進展させる一つの道ではなかろうか。

## 引 用 文 献

- 1) 徳川宗敬：江戸時代に於ける造林技術の史的研究（1941）
- 2) 鐺木徳二：森林肥料論（1932）
- 3) V. HUGO: Ueber Forstdüngungsversuche in Mecklenburg. (1911)
- 4) EDUARD REUSCH: Ueber Düngungsversuche bei Fichtenanpflanzungen in Oedlandkulturen. (1928)
- 5) SCHWAPPACH: Forstdüngung. (1916)
- 6) JUNACK: Resultat eines forstlichen Düngungsversuche vom Jahre. (1906)
- 7) TARRANT, R.F.L.A. ISSAC and R.F. CHANDLER: Observation on litter fall and foliage nutrient content of some pacific northwest tree species, Jour. For., 49. (1951)
- 8) LOUIS, J.M.: Weight and calcium content of the annual litter fall on forests in south Carolina Piedmont. Proc. Soil. Soci. Amer., 16, (1952)
- 9) WHITE, D.P.: Variation in the nitrogen, phosphorus, and potassium contents of pine needles with season, crown position, and sample treatment. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 18, (1954)
- 10) TAMM, O.C.: The effects of nitrogen fertilization on tree growth and foliage composition in forest stand. Cited from Analyse des Plantes et probems des fumure minerals, (1957)
- 11) LEYTON, L.: The growth and mineral nutrition of spruce and pine in heathland plantations. Imp. For. Inst. Pap. (Oxford), 31, P. 109. Cited from Forest Fertilization, 1956. (1954)
- 12) FLETCHER, P. W. and OCHRYMOWYCH, J.; Mineral nutrition and growth of eastern red-cedar in Missouri. Univ. of Missouri Agri. Exp. Sta. Res. Bull., 577 (1956)
- 13) HEIBERG, S.O. and D.P. WHITE: Potassium deficiency of reforested pine and spruce stands in northern New York. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 15, (1951)
- 14) GESSEL, S.P., L.C. WALKER and P.G. HADDOCK: Preliminary report on mineral deficiencies in Douglas fir and Western red cedar. Proc. Soil Sci. Soc. Amer., 15, (1951)
- 15) WALKER, L.C.: Foliar analysis as a method of indicating potassium deficient soils for reforestation. Proc. Soil. Sci. Soc. Amer., 19, (1955)
- 16) LUNT, H.A.: Effect of fertilizer treatment on fild-planted spruce Proc. Soil. Sci. Soc. Amer., 10, (1945)
- 17) VIRO, P.J.: Fertilization trials on forest soil. Commun. Inst. for Finland. Cited from Forest Fertilization, 1956, (1950)
- 18) MITSCHERLICH, E.A.: Melioration und Forstdüngung. Forstwirtschaft. Holzw., 4, (1950)
- 19) ALTEN, F. and W. DOEHRING: Die Düngung in der Forstwirtschaft. Z. Pflanzen-ernähr. Düng. u Bodenk., 59, (1952)
- 20) NEMEC, A.: Effect of fertilizers on the degraded soils of the Lovcice in Bohemia Pháce vyzkum. Ust. lesn. CSR., 3, (1953)
- 21) LOHWASSER, W.: Kalkdüngungsversuche im Eggegebirge und Hunsruck. Forstarchiv., 24, (1953),
- 22) THEMLITZ, R.: Die Anwendung von Kalkstickstoff zur Rohhumswandlung und Ertragsteigerung im Walde. Z. Pflanzenernähr. Düng. u. Bodenk., 64, (1954)

- 23) GESSEL, S.P. and R.B. WALKER: Height growth response of Douglas-Fir to nitrogen fertilization. Proc. Soil. Sci. Soc. Amer., 20 (1956)
- 24) HAUSER, K.: Ergebniss von neuen Forstdüngungsversuchen im Wurttembergischen Schwarzwald. Allgemeine Forstz., 20, (1956)
- 25) SCHAIRER, E. und MOOSMAYER, H. U.: Ein Düngungsversuch an Douglasie. Allgemeine Forstz., 13, (1958)
- 26) 芝本武夫: 森林土壌の肥培, 林野庁, (1952)
- 27) 芝本武夫: 林地肥培, 山林, 848, (1955)
- 28) 芝本武夫・中島主一・井上円治: 愛知県瀬戸地方の荒廃林地土壌改良に関する研究Ⅰ, 水平溝設置と施肥との効果について, 東大演報, 48, (1955)
- 29) 朝日正美: 施肥造林試験, 日林会北海道支講集, 7, (1958)
- 30) 宮島 寛: シナアブラギリ幼齡林の施肥効果について, 九大演報, 19, (1951)
- 31) 宮崎 榊・佐藤亭・及川恵司: アカマツ造林地と施肥, 日林会東北支誌(第5回講演集), 19, (1954)
- 32) 塘 隆男・藤田桂治・三宅 勇・飯塚三男: 同上(第2報), 日林講, 69, (1959)
- 33) 川名明他: 2,3の林分に対する施肥試験, 日林講, 76, (1965)
- 34) 中央林業相談所: 日本林業の現状2 造林保護, (1965)
- 35) 日本硫安工業協会普及専門委員会福岡支部: 九州, 山口林地肥培シンポジウム資料, 7, (1966)
- 36) 井上由扶・堂上龍雄: 肥培林業の経営に関する研究 第2報, 日林九支講, 9, (1954)
- 37) 四手井綱英: 林地肥培について, 山林, 984, (1966)
- 38) F. BAKER, : Principles of Silviculture, (1950)
- 39) 塘 隆男: わが国主要造林樹種の栄養および施肥に関する基礎的研究, 林試報, 136, (1952)
- 40) A. JACOB, Dr. H. v. UEXKÜLL: Fertilizer Use, (1960)
- 41) 林地肥培研究会: 第1回全国林地肥培コンクール成果集, (1961)
- 42) 林地肥培研究会: 第2回全国林地肥培コンクール成果集, (1962)
- 43) 日本林地肥培協会: 森林と肥培, 34, (1964)
- 44) 佐藤敬二: 実践造林, (1966)
- 45) 林野庁: 同齡單純林の林分收穫表調製要綱, (1947)
- 46) 林野庁: 熊本地方スギ林林分收穫表調製説明書, (1955)
- 47) 林野庁: 前掲 45)
- 48) 井上由扶: アカマツ林の中林作業法に関する研究, 九大演報, 32, (1960)
- 49) 嶺 一三: 收穫表に関する基礎的研究と信州地方カラマツ林收穫表の調製, 收穫表調製業務研究資料, 12, (1955)
- 50) 関屋雄偉: アカマツ同齡單純林における材質, 重量, 熱量の成長に関する研究, 九大演報, 38, (1964)
- 51) 井上由扶: 前掲 48)
- 52) 徳本孝也: 北九州地方スギ林收穫表, (1914)
- 53) 寺崎 渡: 内地一般スギ收穫表, 林試報, 11, (1914)
- 54) 磯辺秀俊: 農業経営における費用の論理, (1962)
- 55) BRINKMANN, Th.; Die Oekonomie des landw., Betriebes., (1922), 大槻訳農業経営経済学, (1941)
- 56) DUERR, W.A.: Forestry Economics, (1960)
- 57) MITSCHERLICH, A: Ertragsgesetz, (1956)
- 58) 宮島寛他: 湯浦町における早期育成林業の造林技術改善に関する調査研究, (1961)
- 59) 佐藤敬二他: 林業施肥の合理化に関する研究, (1960)

- 60) 吉田正男：林価算法及林業校利学，(1949)
- 61) Duerr, W.A.： 前掲 56)
- 62) 木梨謙吉・坂本格：限界理論による最適輪伐期，日林講，76，(1965)
- 63) W.G. Cochran, G.M. Cox： Experimental Designs, (1965)

## Study on the Management of Fertilizing Forestry

Yasusada MIYAZAKI

### Résumé

This study was undertaken for the clarification of the characteristics of forest fertilization, first from the viewpoint of production techniques. Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don.) and Hinoki (*Chamaecyparis obtusa* Endl.) stands were chosen for this purpose. The effect of young stand fertilization was investigated on the height growth through field experiments continued for 6 or 9 years. On the other hand, Ôchi-type fertilized Sugi forests, adopting a unique forest treatment systematically and continuously for 37 years, were investigated on some elements of the stand composition.

Next, based on the results of these experiments and investigations, an approach to a rational management of fertilizing forestry was made by the marginal method and the budget method.

### 1) Introduction

#### (1) Necessity of forest fertilization

In general, it is said that fertilization of the soil is not so important in forestry as in agriculture on the ground that trees are essentially made up of carbohydrates, relatively greater parts are leaves and fine twigs that fall to the forest floor to be re-incorporated into the soil, and the deep-rooted, long-lived trees draw their nutrients from wide areas and considerable depths of the soil. Contrary to this, the author emphasizes the necessity of forest fertilization from the viewpoint of biology, management, national economy and social conditions in Japan.

#### (2) Forest fertilization in recent Japan

The forest fertilization using inorganic fertilizers was begun in 1919 in Japan, and fertilizing forest farms increased to about 52,000 in 1960. The steady expansion in acreage is estimated at 46~13% in the annual growth rate.

### 2) Effect of Fertilization on Growth of Young Sugi and Hinoki Stands

For the clarification of the relationship between the fertilizer levels and the tree height growth, the following 4 tests were carried out over 6 or 9 years:

Forest fertilization tests of levels in equal intervals (Sugi and Hinoki).

Forest fertilization tests of levels in unequal intervals (Sugi and Hinoki).



The fertilizer used was KOKEI HIRYO MARUYAMA No. 1 (a kind of complete fertilizer; N: 6 %, P: 4 %, K: 3 %). These tests were planned by the randomized block experimental design. The results obtained can be summarized as follows.

(1) The height growth curve based on increasing quantities of fertilizer took an S-shaped course or a parabolic one.

(2) Effect of fertilization on the growth of tree height was still reserved 6 or 9 years after treatment, but the average index had a decreasing tendency after about 3 years.

(3) So, additional fertilizing in about 3 years seems to be advisable if favourable response to fertilizer is to be obtained.

In other examples of more intensive forest fertilization in Japan, the average height growth was attainable to 1.4 m with Sugi and 0.9 m with Hinoki.

### 3) Prospective Yield-table of Ôchi-type Fertilized Sugi Forests

Ôchi-type fertilized Sugi forests investigated were composed of 11 stands subjected to a kind of particular mulch-fertilizing treatment by the late Mr. Makio Yamaguchi, and are located in Ôchi-machi, Higashimatsuura-gun, Saga Prefecture in Japan. For the comparison with the fertilized forests, 13 stands of ordinary Sugi forests were chosen. The treatments were described in detail, and some elements of stand composition were investigated, and the prospective yield-tables for average sites were prepared.

#### (1) Features of treatment

1. Use of ABURA-KASU (rape-seed oil cake).
2. Continuous manuring for 3 years.
3. Application of mulching with small stones and gravels.
4. Standard number of trees was about 1,670 per ha, that was less than 3,000 per ha in ordinary afforestation.
5. Intensive weeding for effective cycling of nutrients.

#### (2) Prospective yield-table

The prospective yield-table of Ôchi-type fertilized forests was prepared for the average site by the following regression formulae.

Average height of dominant crops:

$$\log y = -0.85693 + 2.12249 \log x - 0.48267 (\log x)^2$$

where  $y$ : height,  $x$ : age.

Average d.b.h. of dominant crops:

$$\log y = 1.06166 - 0.33172 \log x - 0.40394 (\log x)^2$$

where  $y$ : diameter,  $x$ : age.

Total basal area of dominant crops:

$$\log y = -1.14299 + 3.13112 \log x - 0.75984 (\log x)^2$$

where  $y$ : basal area,  $x$ : age.

Volume of trunk of dominant crops:

$$\log y = 3.4826 - 0.4532 \log x - 0.0905 (\log x)^2$$

where  $y$ : volume,  $x$ : age.

Average height of dominated crops:

$$y = -2.23 - 0.95 x$$

where  $y$ : average height of dominated crops,  $x$ : average height of dominant crops.

Average d.b.h. of dominated crops:

$$y = -4.00 + 0.91 x$$

where  $y$ : average d.b.h. of dominated crops,  $x$ : average d.b.h. of dominant crops.

The mean annual growth of Ōchi-type fertilized Sugi forest was estimated at about 20 m<sup>3</sup> per ha at 35 years of age, where its maximum period had not been reached.

### (3) Features of Ōchi-type fertilized Sugi forest

1. High productivity is maintained by fertilization and mulching together with the moderate planting density and intensive tending.
2. The chemical features of the soil in the fertilized forest has a tendency to be improved. (Table 22)
3. Ōchi-type forest fertilization is recognized to be suitable for mechanized forestry, because of its smaller planting density and practically no need of thinning.

## 4) Best Combination of Varieties of Sugi and Fertilization Levels

Recently, many forest farms in Japan have adopted forest fertilization in order to save labour and expenses of tending works and to realize even working throughout the year. So the method of weighing, choosing and deciding the rational fertilizing level to serve their interim purpose of lowering the burden of weeding, was explained by illustrative calculations.

### (1) Forest fertilization and number of weeding times saved

The relationship between fertilization and the number of weeding times saved is expressed by the following formula:

$$C = y(1 - f_0/f_{ij})$$

where  $C$  : number of weeding times saved,

$y$  : standard years of age where weeding comes to an end,

$f_0$  : tree height of ordinary variety at  $y$  years of age,  
 $f_{ij}$  : tree height of varieties (j) fertilized with (i) units.

(2) Best combination of ordinary Sugi variety and its fertilization level

It was shown by illustrative calculations how the best combination was decided for the ordinary variety.

(3) Best combination of some Sugi varieties and fertilization levels

The best combination of 3 kinds of Sugi varieties and fertilization levels was shown by illustrative calculations. The development of varieties that have higher fertilizer sensitivity was considered to be effective for the practice of rational forest management.

## 5) Enterprise Planning of Ôchi-type Fertilized Sugi Forest

When the estimates of revenue and cost per ha were given, an approximation of the best rotation length was calculated by the soil rent approach. The "Soil expectation value" that was an approximation of the ceiling price of the bare land, was estimated at about 135,000 yen per ha (alternative rate of return 6%). The fertilized forest was recognized to have the advantage over the ordinary forest.

## 6) Best Rotation of Ôchi-type Fertilized Sugi Forest

The best rotation of Ôchi-type fertilized Sugi forest and ordinary Sugi forest in Ôchi District were determined and compared. The best rotation for annual yield is that which equates the marginal growth per cent of the forest with the interest rate. In this marginal approach, allowances were made for three types of variable costs: (a) that of waiting out the rotation, (b) that of postponing subsequent yield, and (c) that of regulating the growing stock.

Best rotation for fertilized forest: 33 years.

Best rotation for ordinary forest: 35 years.

Financial maturity occurred at lower ages with the Ôchi-type fertilization, and it was recognized to be suitable for afforestation aiming at the short cut system, from the viewpoint of forest economics.