

九州中部山岳地帯におけるモミ・ツガ天然林の成立過程に関する研究

荒上, 和利

<https://doi.org/10.15017/10824>

出版情報：九州大学農学部演習林報告. 57, pp.17-108, 1987-03-30. 九州大学農学部附属演習林
バージョン：
権利関係：

九州中部山岳地帯におけるモミ・ツガ天然林の 成立過程に関する研究

荒 上 和 利

Studies on the Process of Formation of *Abies* and *Tsuga* Natural Forest
in the Central Mountain District of Kyushu

Kazutoshi ARAGAMI

要 旨

九州における自然植生の分布は、群系からみると、低山地帯の照葉樹林と山岳地帯の夏緑広葉樹林、その中間にモミ、ツガを主とする常緑針葉樹林で構成されている。

本研究は九州中部山岳地帯に位置する三方岳西斜面に分布するモミ (*Abies firma*)・ツガ (*Tsuga sieboldii*) 天然林を対象として、その天然林の成立過程を明らかにすることにより、保続、拡大を目的とした天然更新の技術開発あるいは林分施業に対する基礎資料を得ることを目的としておこなったものである。

モミ、ツガの更新をおこなう場合、その成否を左右するのは結実量である。そこで結実の周期と結実量をしらべることにより、結実の豊年は2～3年おきにあらわれることを明らかにした。また、この隔年結果は樹種それ自体の内部的要因により、結実量には個体をとりまく外環境が関係するのではないかと推定した。

また、モミ・ツガ天然林におけるモミ、ツガの生長は稚樹の発生段階から生育途中での林分の構造と密接に関連しており、とくに初期生長の遅さとその後の急速な生長増大によって特徴づけられる。したがって、この初期生長を促進し、健全な後継樹の育成をはかるために初期生長に関与する植生環境をしらべる必要がある。

そこで、まず稚樹の発生と初期生長に対する明るさの関係をしらべ、稚樹の発生には明るさはほとんど関係ないが、その後の地上部、地下部の発達には、100%の明るさよりも40～80%の明るさが適当であること、また、ツガはモミにくらべて種子が極端に小さく、発生直後の生長は、光、温度、土壤水分等の外的要因に大きく影響を受けることを明らかにした。

つぎに、スズタケ群落内のモミ、ツガは、スズタケの高さをこえると、急速に生長が好転しているが、スズタケの高さとほぼ等しい2 mの樹高に達するまでに、モミ20年前後、ツガ25年前後の長年月を要している。そこで、当調査地の下層植生の優占種であるスズタケが林床の光環境を悪化させ、稚樹の生長にとって大きな阻害要因となっていることを明らかにし、スズタケの除去は稚樹の発生、生長促進のために有効な作業であることを認められた。

一方、モミ、ツガが高木層を占め、うっ閉がすすんだ純林状の林分では、スズタケの発

生はほとんどないが、後継樹もほとんど存在せず、モミ、ツガ稚樹は発生、消失をくり返すだけであることを明らかにした。

さらに、除伐による光環境の改善試験をおこなって、稚樹はもちろん、高齢の60年生前後の被圧木の生長も好転するが、再び上層樹冠がうっ閉すると生長がまた急速に衰退することを明らかにし、稚樹、被圧木の生長促進には単木的な除伐では十分ではなく、かなりの程度の林冠の疎開が必要であることを認めた。

以上のような結果をもとに、モミ・ツガ天然林の保続、拡大のためには、人為的干渉を導入した取り扱いが必要であることを明らかにした。

目 次

	緒 論		
1.	天然林の林分構成	4.	稚樹生育に関与する植生環境
1.1.	調査地の概況	4.1.	優勢木の生長
1.2.	群落組成	4.1.1.	調査法
1.2.1.	調査法	4.1.2.	調査結果
1.2.2.	調査結果	4.1.2.1.	上長生長
1.3.	年齢構成	4.1.2.2.	肥大生長
1.3.1.	調査法	4.2.	スズタケの群落環境
1.3.2.	調査結果	4.2.1.	調査法
1.4.	群落分散構造	4.2.2.	調査結果
1.4.1.	調査法	4.2.2.1.	光環境
1.4.2.	調査結果	4.2.2.2.	温度環境
1.5.	考察	4.3.	稚樹の分布とスズタケ
2.	結実性	4.3.1.	調査法
2.1.	結実年	4.3.2.	調査結果
2.1.1.	調査法	4.4.	モミ、ツガの生長とスズタケ
2.1.2.	調査結果	4.5.	被圧木の生長
2.2.	結実量	4.5.1.	被圧時代の分布
2.2.1.	調査法	4.5.2.	上長生長・肥大生長
2.2.2.	調査結果	4.5.2.1.	調査法
2.3.	考察	4.5.2.2.	調査結果
3.	稚樹の発生と消失	4.6.	葉齢構成
3.1.	稚樹調査	4.6.1.	調査法
3.1.1.	調査法	4.6.2.	調査結果
3.1.2.	調査結果	4.7.	被圧改善試験
3.1.2.1.	稚樹の発生と明るさ、母樹との関係	4.7.1.	試験方法
3.1.2.2.	月別稚樹発生及び消失	4.7.2.	試験結果
3.1.2.3.	年別稚樹発生及び消失	4.8.	樹冠の発達
3.1.2.4.	生存率	4.9.	林分生長
3.2.	庇陰格子試験	4.9.1.	調査法
3.2.1.	播種試験	4.9.2.	調査結果
3.2.1.1.	調査法	4.9.2.1.	本数の変動
3.2.1.2.	調査結果	4.9.2.2.	胸高断面積生長量
3.3.	考察	4.10.	考察
		5.	モミ・ツガ林の更新機構

5.1.	ギャップ生成とその修復	摘要
5.1.1.	モミ・ツガ純林の場合	謝辞
5.1.2.	モミ・ツガと広葉樹の混交林の場合	引用文献
5.2.	考察	Summary

緒 論

モミ属 (*Abies*) の分布 (牧野, 1963) (上原, 1977) (大井, 1978) は, 南は中央アメリカのグアテマラ, 西は北アフリカ, 欧亜, 北米等に自生し約 40 種あり, 日本におけるモミ属は, モミ (*Abies firma* S. et Z.), シラベ (*Abies veitchii* Lindl.), アオモリトドマツ (*Abies mariesii* Mast.), トドマツ (*Abies sachalinensis* Mast.), ウラジロモミ (*Abies homolepis* S. et Z.) の 5 種が知られている. また, ツガ属 (*Tsuga*) は, 東アジア, ヒマラヤ, アメリカ等に 10 種あるとされ, 日本では, ツガ (*Tsuga sieboldii* Carr.), コメツガ (*Tsuga diversifolia* Mast.) の 2 種がある. これらの日本におけるモミ属, ツガ属のうち, シラベ, アオモリトドマツ, トドマツの 3 種は亜高山-亜寒帯に生育し, ウラジロモミはそれより下部-南部に生育する. モミのみは例外的にこれら 4 種よりはるかに下部-南部に生育し, 植物带上暖温帯に分布領域を占める. また, コメツガは亜寒帯樹種でツガより高所, まれにシラベ帯の中にも混生し, 下部ではウラジロモミと混ざる. ツガは暖温帯の北半から冷温帯の中央部に生じ, モミよりやや寒地に, コメツガよりやや暖地にみられるが, 通常モミはツガと混生して, いわゆるモミ・ツガ林を形成する.

ところで本論文のテーマにとりあげたこのモミ, ツガ両樹種のわが国での分布領域 (図 1) (HORIKAWA, 1972) は, モミは本州 (岩手県釜石市付近及び山形県以南), 四国, 九州, 対馬に分布し, 南は屋久島に達する. 東経 129°~142°, 北緯 30°~39°, 海拔 2000 m 以下の間に分布する. 一方, ツガは関東地方以南の本州, 四国, 九州の暖温帯から冷温帯に分布し, やはり南は屋久島に達する. また, 韓国の鬱陵島にも産する. 東経 130°~140°, 北緯 30°~37°, 海拔 2250 m 付近まで分布する.

また, その材質もすぐれ, 高級建築材, 土木材, パルプ材等の用途をもつとともに, 樹形の美しい巨木となることから風致木としても重要で, 九州地方の高地山岳地帯の代表的な樹種となっている. しかしながら, とくに最近では, 天然資源の減少とともにモミ, ツガの収穫量は急速に減少している.

わが国の過去 20 年間 (1960~1980 年) のモミ, ツガの収穫量の動向をみても (林野庁, 1960~1980) (林野庁, 1985), 素材生産で 1960 年には $1.4 \times 10^6 \text{ m}^3$ の収穫量があり, 1964 年の $1.55 \times 10^6 \text{ m}^3$ をピークに 1970 年が $1.2 \times 10^6 \text{ m}^3$, 1975 年が $5.5 \times 10^5 \text{ m}^3$, 1980 年には $4.3 \times 10^5 \text{ m}^3$ と後退の一途をたどっている現状である.

そこで, これらの森林の現状を九州地方についてみると, 九州地方においても, いわゆる奥地林開発の名のもとに九州脊梁山脈地帯においては, 千数百 m の尾根筋まで天然林が伐採され, その跡地のスギ, ヒノキ, マツ等への画一的な人工造林地化がすすめられている. この対象になっている天然林は, 落葉広葉樹を主体とし, 局所的にモミ, ツガ等の針葉樹群落も含んでいるが, これらに対して, 気象, 地形などの環境条件を無視した伐採, 更新が実行されている場合が多く, そのため更新樹の生育不良, 病虫害, 気象災害の多発

が問題となってきた。また一方、台風が頻繁に襲来し、集中豪雨の危険にさらされている九州においては、峻険な山岳林の大面积伐採は山地保全の面からも多くの問題をひきおこしている。近年の市房山周辺の大規模な崩壊もこのあらわれであろう。

このように保続更新あるいは山地保全の面から、一斉大面积皆伐→人工植栽という天然林開発のやりかたは、とくに山岳奥地天然林についてはきわめて危険であり、そのかわりにこのような地域については、天然更新を主体とした取り扱いを考えねばならないといえる。ところで、九州脊梁山脈地帯のモミ・ツガ林は開発の進行にともない、次第に利用困難な奥地に押しやられ、資源的にも枯渇化してきているのが現状である。

そこで人工林化の困難な山岳奥地のモミ・ツガ林を皆伐して、成林のあやぶまれる他樹種に転換することはきわめて危険であり、木材資源上からも、モミ・ツガ林は保続すべき存在のものである。

このような見地から、山岳奥地林の天然更新、とくにモミ・ツガ林の天然更新研究の必要性が生じてきた。しかし、この天然更新については、他樹種と同様に大正末期から昭和初期にかけて試験的施業（林(泰), 1922）（林(泰), 1928）（林(泰), 1929）（野路, 1923）（福永, 1923）がおこなわれたが、その後あまり進展がなく、その生産力に関してはいくつかの報告（古野ら, 1967）（古野ら, 1971）がなされているが、保全、保続更新についての情報の蓄積はきわめて少ないのが現状である。

そこでこの天然更新の研究をおこなうにあたり、まず、現実のモミ・ツガ天然林の生態を理解する必要がある。

モミ、ツガの生育環境については、林(彌) (1969)、倉田 (1971)、矢頭 (1964) は、両種ともにほぼ表日本気候型に生育し、裏日本の豪雪地帯にはほとんど分布しないこと、モミは深根性で谷間や緩傾斜地の適潤な深層の肥沃地を最も好み、旺盛に生育するが初期の生長はきわめておそい。なお、耐陰性はかなり強く、母樹の下にも稚樹が生じ生長する。一方、ツガも適潤性ではあるが、やや乾燥する浅い土地を好み、主に尾根筋付近の斜面に分布、樹陰下でも稚樹を発生し生育するが、幼時の生長はきわめて緩慢である。通常モミと混生するが、モミより若干分布域はせまく、谷筋よりも稜線部に多く生育し、とくに古生層の急峻な山岳地にはモミより資源は豊富であると報告されている。

また、九州におけるモミ・ツガ天然林分布図(宮脇, 1980) (宮脇, 1981) と温量指数(森林立地懇話会, 1972) との関係(図2) からみると、モミは、北は対馬から南は屋久島まで分布しているが、林分として分布する主な地域は、対馬、多良岳、雲仙岳、宝満山、塀山、英彦山、御前岳、五箇荘、市房山、三方岳、尾鈴山、大瀬内山、白髪岳、霧島山、紫尾山、屋久島などである。ツガはモミにくらべると、低地まで分布しているものは少なく、林分としてまとまっているのは、祖母山北東斜面、大崩山三里河原周辺、内大臣、五箇荘、白鳥山北西斜面、市房山北斜面などの九州脊梁山地と尾鈴山、大瀬内山、霧島山、三方岳、屋久島である(中尾, 1985)。また、温量指数では110~65付近に集中している。

九州におけるモミ、ツガ林の位置づけについて、鈴木(1966) は、九州のモミ、ツガ林域をツガ群団として総合し、モミーシキミ群集、ツガーハイノキ群集などを区分している。この場合、ツガ群団は上部のブナ群団と下部のスダジイ群団に挟まれた残存的針葉樹林として取り扱っている。

また、宮脇ら(1971) はツガ群団が特定の種群との結びつきをもたないとして、モミ、

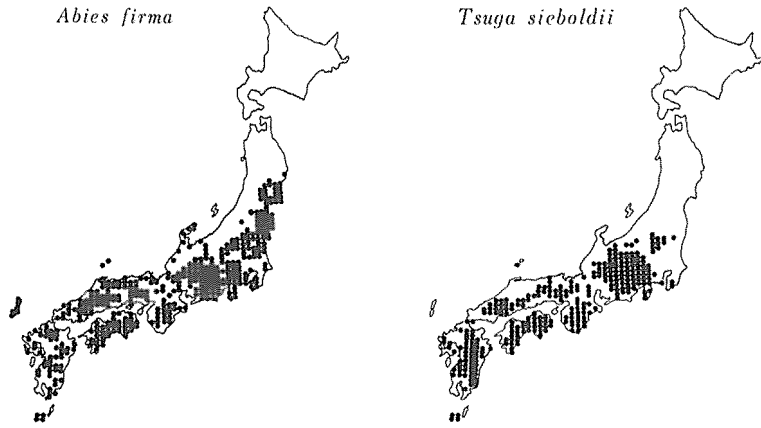


Fig. 1 Distribution of *Abies firma* and *Tsuga sieboldii* in Japan cited from HORIKAWA, 1972

図1 日本におけるモミ・ツガ天然林の分布



Fig. 2 Warmth index and distribution of *Abies firma* and *Tsuga sieboldii* natural forest in Kyushu

図2 九州における暖かさの指数とモミ・ツガ天然林の分布

ツガ林を総合せず、ミズナラーブナクラスとヤブツバキクラスの群集として扱っている。

また、森林社会としての位置づけについて中尾 (1985) は、モミ、ツガ林はスダジイ群団とブナ群団の境界域を中心として成立し、上部ではブナ、ミズナラ林に、下部ではウラジログシ、アカガシ、スダジイ林へと移行するが、その下層は両群団要素で構成されており、本来の土地的、気候的植物社会の上層を異質の種群で被覆しているといえる集団である。すなわちモミ、ツガは適宜、場所的には広葉樹と優占を交替しながら、この域の保全に寄与していると考えられるとのべ、植生不安定域の植生強化と、それによる上下両域を含めた生態系の安定にモミ、ツガ林の存在意義があるとのべている。

本論文では、モミ、ツガが照葉樹林上部のカシ帯から夏緑広葉樹林のブナ帯まで幅広く分布しており、しかも天然林がよく保存されている九州大学宮崎演習林三方岳団地 (標高 1000~1200 m, 温量指数 95~80) におけるモミ・ツガ天然林を対象として、その分布形態、生育状態、さらに更新機構について検討をおこない、モミ・ツガ天然林の成立過程を明らかにし、今後の更新技術開発あるいは林分施業に対する基礎資料を提供しようとするものである。

1. 天然林の林分構成

1.1. 調査地の概況

本研究をおこなった九州大学宮崎演習林三方岳団地は、三方岳西斜面に位置する標高 1000~1200 m, 森林面積約 2000 ha の天然林がよく保存されている団地である。

その植生は、針葉樹ではモミ、ツガが最も多く、これについてアカマツ (*Pinus densiflora* S. et Z.) が多く、コウヤマキ (*Sciadopitys verticillata* S. et Z.), ヒメコマツ (*Pinus parviflora* S. et Z.), カヤ (*Torreya nucifera* S. et Z.), イチイ (*Taxus cuspidata* S. et Z.), イヌガヤ (*Cephalotaxus harringtonia* K. Koch) 等がみられるがその量は著しく少ない。

初島 (1970) の植生調査結果によると、本調査地の代表的群落は、温帯林を代表するブナースズタケ群集で、その第一層は、ブナ (*Fagus crenata* Bl.) が優占し、ミズナラ (*Quercus mongolica* var. *grosseserrata* Rehd. et Wils.), ヒメシャラ (*Stewartia monadelphica* S. et Z.), ヨグソミネバリ (*Betula grossa* S. et Z.), コハウチワカエデ (*Acer sieboldianum* Miq.) がこれにつき、ほかにクリ (*Castanea crenata* S. et Z.), イヌシデ (*Carpinus tschonoskii* Maxim.), クマシデ (*Carpinus japonica* Bl.), ナツツバキ (*Stewartia pseudo-camellia* Maxim.), ハリギリ (*Kalopanax pictus* Nakai) 等を混じ、第二層には、シロモジ (*Lindera triloba* Bl.), タンナサワフタギ (*Symplocos coreana* Ohwi), リョウブ (*Clethra barbinervis* S. et Z.) が多く、これについて、コミネカエデ (*Acer micranthum* S. et Z.), ナナカマド (*Sorbus commixta* Hedlund), ノリウツギ (*Hydrangea paniculata* Sieb.), アオハダ (*Ilex macropoda* Miq.) 等、また、乾いた稜線には、アセビ (*Pieris japonica* D. Don), アカヤシオ (*Rhododendron pentaphyllum* var. *nikoense* Komatsu), ソヨゴ (*Ilex pedunculosa* Miq.), マンサク (*Hamamelis japonica* S. et Z.) 等が多い。第三層には、スズタケ (*Sasa borealis* Mak.) が多く、ところによっては高さ 3~4 m におよび通過困難なほどの密な群落をなすところがある。

また、本地域の気候は、九州中部山岳地帯に位置するため年平均気温が低く、降水量が多いという特色をもち、九州でもっとも雨の多い宮崎県地方でもとくに雨の多い地域に属している。

宮崎演習林事務所(標高 602 m)における観測記録(荒上ら, 1969)によると、日平均気温の月平均は、1月が最低(2.7°C)、8月が最高(23.6°C)で年平均は13.3°Cである(表1)。最高の極は、35.4°C、最低の極は、-12.0°Cであり、冬季は最低気温が0°C以下になる日が続き、-10°C前後になることもしばしばである。年降水量の平均は、3533 mmで、従来の最高は、1954年の6417 mmとなっている。年降水量の分布をみると、夏季に集中しており、6~8月の3カ月に年間の半分近く(47%)が降っている。また、日降水量100 mm以上の雨量が年降水量に占める割合は29%で、一時に多量の雨が降ることを示している。とくに梅雨前線の停滞時や台風襲来時には、日降水量が200 mmをこえることもめずらしくない。なお、最大の日降水量は、1954年の台風12号の際の725 mmであった。冬季は雨も少なく、また、降雪日数も少なく割合晴天の日が多い。

しかし、本研究をおこなったモミ・ツガ林は、1000~1200 m付近にあり、本気象観測地点である演習林事務所からは、500~600 mの高所にあるため気温はかなり低いと推定される。そこで気温減率(日本林業技術協会, 1961)(沼田, 1974)を考えると、山岳地帯においては季節による変化が大きく、また、山の地形にも影響されるが、本州、四国、九州の山地においては、冬季0.61°C、春季0.52°C、秋季0.51°C、梅雨季0.41°C、盛夏季0.64°Cといわれていることから、平均で気温減率を100 mにつき0.5°Cとすれば、本研究対象地は、気象観測点より2.5~3.0°C低いと考えられる。

また、標高1050 m地点に設置している雨量計の記録と比較すると、台風時の集中豪雨の例では、演習林事務所より23~26%多い雨量を記録している。

つぎに当調査地におけるモミ、ツガの分布をみることにする。

モミ、ツガが群落状に成立しているところを航空写真より判別して地図上に表わしたのが図3である。この場合写真上では、モミ、ツガの区別が出来ず両者を一緒に表現した。

これからわかるように、モミ、ツガは群落的には斜面か尾根筋付近などの凸型の地形のところに分布が限られており、斜面の下部の谷間に近いところには全く群落としては発達していない。

斜面の下部では、モミの方がツガよりも本数的にも材積的にも多く、上部になるにつれツガの混交歩合が多くなる傾向がみられる。

また、モミあるいはツガが独立して純林状で生育している場合はほとんどなく、モミ、ツガは混生し、大抵の場合、ブナ、イヌシデ、クマシデ、ヒメシャラ、ミズナラ、リョウブ、アオハダ等の落葉広葉樹やシキミ、ハイノキ、アセビ等の常緑広葉樹をまじえている。

モミ、ツガ両樹種の分布の密なところは、局所的ではあるが200~400 m²/haのところも存在している。

以上のように、航空写真よりモミ、ツガは群落的には尾根筋、稜線付近等の凸型の地形のところに多く分布していることがはっきりした。そこでこの分布型をMORISITA(1959)のIδ法により解析をおこなった。最小区画を50×50 mとし、面積800×800 mの範囲内を分割し、各区内のモミ、ツガ本数を読みとり図4に示した。なお、モミ、ツガが10本をこえる区画を斜線で示している。

表1 宮崎地方演習林における観測記録

Table 1 Atmospheric phenomena of University Forest in MIYAZAKI (Altitude: 602 m)

Temperature and monthly total precipitation

1944~1968

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Mean	Total
Mean temperature °C	2.7	3.7	7.4	12.3	16.1	19.4	23.3	23.6	20.8	15.0	10.2	5.1	13.3	
Maximum temperature °C	7.6	9.0	12.8	17.9	21.4	23.7	27.1	28.0	25.5	20.4	16.0	10.4	18.3	
Minimum temperature °C	-2.2	-1.7	1.9	6.7	10.8	15.0	19.4	19.1	16.1	9.6	4.4	-0.3	8.3	
Monthly total precipitation mm	85.5	123.7	182.5	273.7	338.7	550.1	555.8	568.8	451.3	189.5	120.1	93.7	294.5	3533.4

Weather

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Mean	Total
Fine days	11	11	11	10	7	4	5	7	7	11	12	13	9	109
Clear days	5	4	5	5	5	6	7	10	7	6	6	5	6	71
Cloudy days	8	9	9	8	10	11	10	8	11	10	8	9	9	111
Rainfall days	3	3	5	7	8	9	9	6	6	4	4	3	6	67
Snowfall days	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	7

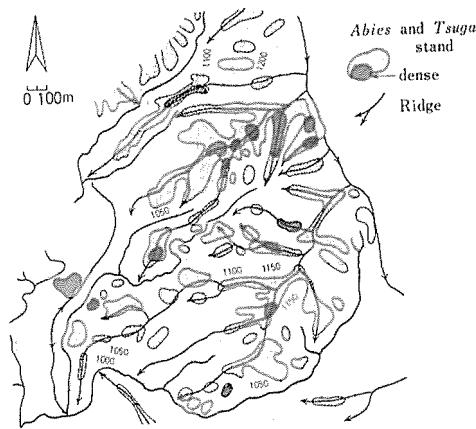
Fig. 3 Topography and distribution of *Abies* and *Tsuga* in Kyushu University Forest in MIYAZAKI

図3 調査地の地形とモミ、ツガの分布

$I\delta$ 曲線からモミ、ツガは小集団をもつ集中分布をしていること、また、集団の大きさは、 $I\delta(s)/I\delta(2s)$ 曲線から、 50×50 m よりも小さいものと判別される。したがって尾根、稜線に沿ってモミ、ツガは集中分布をしていることが明らかであり、小さい集団で尾根あるいは稜線沿いに並んでいるといえる。

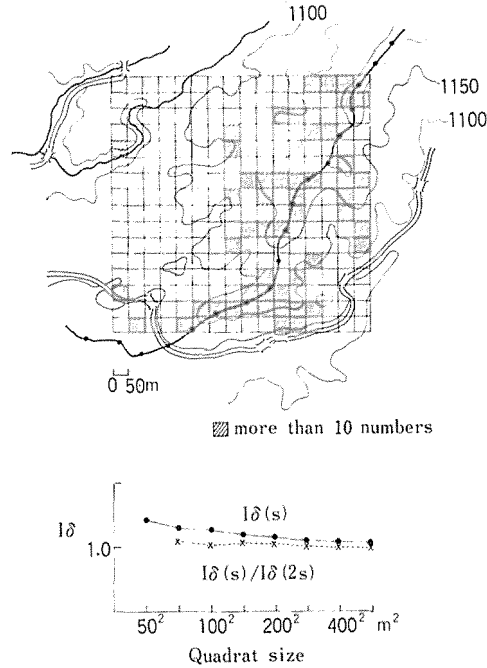


Fig. 4 Topography and distribution of *Abies* and *Tsuga* in surveyed stand, and $I\delta$ curves for the populations
 図4 調査地におけるモミ、ツガの分布と $I\delta$ 曲線

1.2. 群落組成

モミ・ツガ天然林の成立過程を明らかにするための第1段階として、まず、林相の異なる3林分について植生調査をおこない、各林分の種類構成からの検討をおこなった(汰木ら, 1976 b)。

1.2.1. 調査法

調査林分(I)は、20×20 mのプロットを4個、(II)は同じく20×20 mを4個、(III)は当調査地とほぼ隣接する檜葉国有林(宮崎県東臼杵郡南郷村)内に50×25 mを2個、50×20 mを1個の計3個を設置した。調査林分の状況は、表2に示す。

この3林分における種類構成を階層毎に分類し、本数及び材積混交率をしらべた。階層は1～5層の5段階に分類した。

分類法は第1～3層までは、本数及びha当り材積率で示し、第4～5層のスズタケ層と草本層は各方形区の中に2 m幅のベルトトランセクトを設定して個体数をしらべ、被度段階は、Braun-Blanquetの被度尺度(Braun-Blanquet, J., 1964)(佐々木, 1974)(正宗, 1962)を用いた。

1.2.2. 調査結果

(I)～(III)の種類構成をしらべ、とくに主要構成種について階層別に表3に示す。

表2 調査プロットの概況
Table 2 Outline of the plots

Plot		Altitude	Inclination	Direction	Area
I	1	1200m	24°	S	20×20m ²
	2	1210	24	SW	20×20
	3	1230	24	SW	20×20
	4	1240	24	SW	20×20
II	1	1170	21	NW	20×20
	2	1170	3	SSE	20×20
	3	1190	21	NW	20×20
	4	1230	34	NW	20×20
III	1	980	18	SW	50×25
	2	1000	10	WNW	50×25
	3	1100	30	N	50×20

I : } Kyushu University Forest in MIYAZAKI
 II : }
 III : KASHIBA National Forest

また、第1～3層までの総材積に対する階層別材積率を図5に示す。相観的にみて、モミ、ツガは上層林冠の主要構成種であり、材積的にみても第1層の主要構成員である。とくに(I)の1～4プロット、(III)の1プロットは、ほとんどモミ、ツガのみによって上層林冠が構成されている。

つぎに林分総材積を図6からみると、(I)はモミ、ツガで大部分が占められており、きわめて純林に近いといえる。

一方、(II)(III)は広葉樹の占める割合がかなり大きい。

さらにha当り本数及び単木材積を図7でみると、(I)は本数的にはとくに多いが、単木材積は最も小さい。また、(III)は本数はきわめて少ないが単木材積はきわだって大きい。

以上のことから、(I)(II)は生長の旺盛な壮齢のモミ、ツガ林であり、(II)は当調査地では平均的な林分であるが、(I)はとくに稜線部に局所的に発達した純林状の群落であると考えられる。林齢とともに伐根、樹幹解析から100年前後と推定された。(III)は林齢がはっきりしないが、付近にモミ、ツガ大径木の立ち枯れが点在することや、樹冠の葉量が減少し、太枝の先端部に少量着生するいわゆる衰弱型の樹型を示す個体がよくみられることから、この林分は老齢過熟林分であると考えられた。

種類構成については次のことがいえる。

(1) 本調査区域は、いわゆる温帯林に相当し、地域の主要な植生はブナースタケ群集(初島, 1970)であるが、モミ、ツガと混交して上層林冠を構成する広葉樹も、したがって落葉性のものである。その場合、ブナは主要構成種にはなっておらず、かわりにミズナラが入ってきている。また、これらの樹種は、モミ、ツガを含めて付近(標高1000～1100m)の崩壊地の初期侵入樹種とほぼ同じで、陽性の生長の早い樹種である(井上ら, 1975)。また、とくに(I)についてみると、下部林層を構成するアセビ、シラキ等の年齢

表3 調査区内の層別種構成
Table 3 Floristic composition classified by strata at each sample plots

Strata	I	II	III
First stratum	20~13m	18~12m	30~19m
	<i>Abies firma</i> <i>Tsuga sieboldii</i>	<i>Abies firma</i> <i>Tsuga sieboldii</i> <i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i>	<i>Abies firma</i> <i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i>
Second stratum	13~9 m	12~8 m	19~11m
	<i>Abies firma</i> <i>Tsuga sieboldii</i> <i>Carpinus laxiflora</i> <i>Clethra barbinervis</i>	<i>Carpinus laxiflora</i> <i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i> <i>Betula grossa</i> <i>Prunus jamasakura</i>	<i>Tsuga sieboldii</i> <i>Betula grossa</i> <i>Acer sieboldianum</i>
Third stratum	9~3 m	8~3 m	11~3 m
	<i>Tsuga sieboldii</i> <i>Pieris japonica</i>	<i>Illicium religiosum</i> <i>Sapium japonicum</i>	<i>Pieris japonica</i> <i>Illicium religiosum</i> <i>Parabenzoin trilobum</i> <i>Camellia japonica</i>
Fourth stratum	3~1 m	3~1 m	3~1 m
	<i>Sasa borealis</i> <i>Ilex crenata</i>	<i>Sasa borealis</i> <i>Symplocos myrtacea</i>	<i>Sasa borealis</i> <i>Symplocos myrtacea</i> <i>Neolitsea sericea</i>
Fifth stratum	1~0 m	1~0 m	1~0 m
	<i>Skimmia japonica</i>	<i>Skimmia japonica</i> <i>Carex morrowii</i>	<i>Skimmia japonica</i> <i>Mitchella undulata</i> <i>Abies firma</i>
Plot	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3
Number of species	20 20 19 21	57 45 31 35	51 30 47

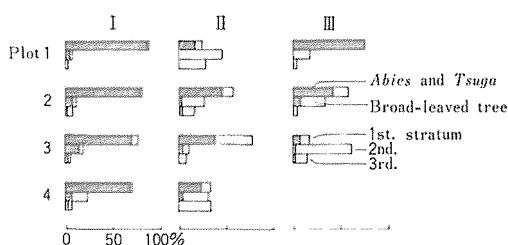


Fig. 5 Percentage volumes of tree species of more than 4 cm d. b. h. belonging to the 1st.~3rd. strata in the forest at each sample plots
Volumes of each trees are calculated by volume table

図5 プロット内の階層別相対材積分布

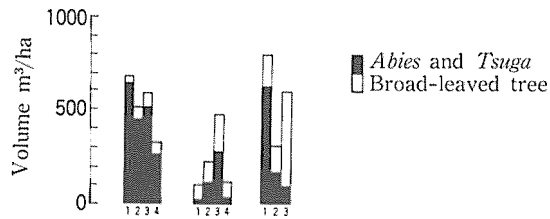


Fig. 6 Volumes per ha of tree species at each sample plots
 図6 調査プロットにおける樹種別 ha 当り材積

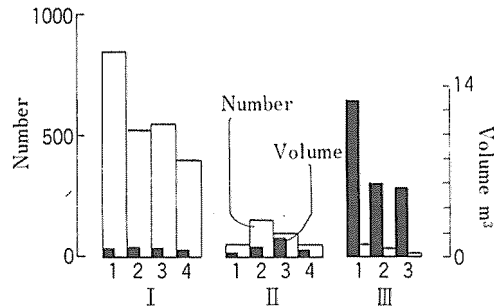


Fig. 7 Numbers per ha and mean volume of individual tree of *Abies* and *Tsuga* belonging to the 1st stratum at each sample plots

図7 第1層のモミ、ツガ ha 当り本数及び平均単木材積

が上層のモミ、ツガの年齢と近似していることから、このモミ・ツガ林は何らかの原因によって林分が破壊されたあとの発生により形成された林分ではないかということ推測させる。

(2) (III) のような老齢林分では、モミはツガよりも上長生長が早いので、ツガを抑え第1層を形成する。

(3) (III) は (I) (II) に比べて海拔高も少し低い点もあるが、植生の面からみると、ヤブツバキ、シロダモ、ツルアリドウシ等が多く出現することから、多分に暖帯林的要素が強く、暖帯林上位から温帯林下位植生に当る移行帯のモミ・ツガ林と思われる。

(4) 各階層における広葉樹との混交は、下の階層ほどモミ・ツガ率が下っている。

モミ、ツガの発達は林内環境を後継樹の生長を阻害する方向に向かわせ、かわりにより耐陰性の強い広葉樹を侵入させてくるものと考えられる。しかし (III) の一部にほぼ同年齢の多数の稚樹発生がみられ、上層林冠の状態からみて、過去に林冠の一部破壊があり、林内の光環境が改善されたことを推測させる。

(5) 方形区内に出現する種類数は、(II) (III) が多く、(I) が少ない。このことは、(II) では林内が明るく、下層植生も豊富であること、(I) はモミ、ツガによって上層が占められ、その密度も高いので、うっ閉が進み下層植生も貧弱になっていること、(III) は老齢過熟林分で樹冠の構成が不斉一になり、いわゆる択伐林的な林相で、構成種数も多くなっていることを示している。

1.3. 年齢構成

さきにモミ、ツガの天然分布を航空写真より判別して、モミ、ツガは群落的には斜面中、

上部か尾根筋付近などの凸状の地形のところに分布が集中し、斜面下部の谷間に近いところにはほとんど群落として発達していないことを明らかにしたが、ここでは林分の年齢調査からモミ・ツガ天然林の成立過程を検討した(汰木ら, 1975)。

1.3.1. 調査法

調査プロットは、モミ、ツガが群落的に成立する尾根筋付近の凸状の地形のところに設定した。

I区—標高 1150 m (図8のC)

1972年伐採跡地に20×20 mのプロットを5個設置し、プロット内のモミ、ツガ伐根から年齢を読みとり、肥大生長を測定し、伐根位置図を作成した。

II区—標高 1200 m (図8のD)

同じく20×20 mのプロットを隣接して4個設置し、モミ、ツガは全木、広葉樹は胸高直径10 cm以上のものについて毎木調査及び樹冠投影図の作成をおこなった。さらに伐採時(1974年)に樹高の実測をおこない、伐根については地際の年輪数及び肥大生長量を測定した。

この2調査地の年齢比較のため、IIの調査時点に合わせてIの測定年齢に2年を加えた。

1.3.2. 調査結果

調査木のモミ、ツガ樹種別本数を表4に示す。混交率は、標高が高いII区にツガが多い結果がみられた。また、根元直径をみると、60 cm以上の大径木はI区でモミ20本(最大, 111.06 cm)、ツガ2本(最大, 77.44 cm)、II区ではモミ10本(最大, 74.50 cm)、ツガ2本(最大, 69.46 cm)であり、I区に大径木が多く成立している結果がみられた。

つぎに図9の年齢別本数分布をみると、I区はモミ50~110年(平均, 96年)ツガ30~160年(平均, 96年)とツガにかなりバラツキがみられた。II区はモミ80~120年(平均, 102年)、ツガ70~120年(平均, 99年)とI区にくらべて年齢が高いがほぼ近い分布を示していた。さらに、本数的に一番多い年齢層は調査木全体からみて、どのくらいの割合を占めているかをみると、I区はモミ90~110年に87%、ツガ90~110年に66%、II区はモミ90~110年に87%、ツガ90~110年に82%の割合で分布している。

また、II区で広葉樹(胸高直径10 cm以上)の年齢分布をみると、わずかにモミ、ツガより早く発生しているものもあるが、ほぼモミ、ツガの発生と時期を同じくしている。

樹種別にみて、アセビ、リョウブ、ネジキ、アオハダ、アカシデ、マルバアオダモの本数が多く、とくに早く発生しているものは、アオハダ、マルバアオダモ、カエデ等があげられる。

つぎに、被圧との関係を林分の成立状態が明らかであったII区についてみると、90年生以下のモミは3本、ツガは21本と圧倒的にツガが多い。このことは、ツガの方が耐陰性が強いことを示しているともいえる。しかし、プロット内での一番の若木は、モミの83年、ツガの71年であり、それ以下の若木は全くみられない。これは最近70~80年間に発生がなかったのではなく、後述の稚樹発生調査の結果からみて、発生があっても稚樹は上層木による被圧のため十分な生長をとげることなく衰弱消滅をくり返してきたのではないかと推察される。

表4 プロット内のモミ・ツガ本数
Table 4 Number of *Abies* and *Tsuga* in plots

Plot	I		Plot	II	
	<i>Abies</i>	<i>Tsuga</i>		<i>Abies</i>	<i>Tsuga</i>
1	12	16	1	12	25
2	9	16	2	16	41
3	12	2	3	15	39
4	9	10	4	11	24
5	12	10			
Total	54	54	Total	54	129

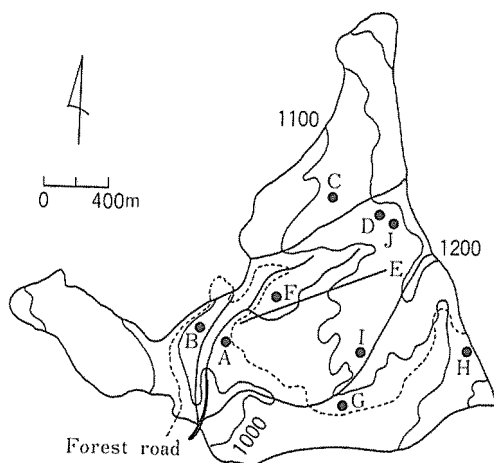


Fig. 8 Location of sample plots in surveyed stands (Kyushu University Forest in MIYAZAKI)

図8 調査プロットの位置

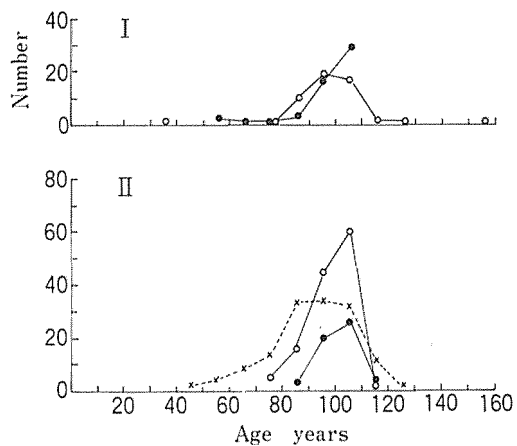


Fig. 9 Age compositions of *Abies* (●), *Tsuga* (○) and Broad-leaved tree (×) in surveyed stands

図9 調査地におけるモミ、ツガ、広葉樹の年齢構成

伐採高における肥大生長調査からみると、長期にわたる極端な被圧年輪は少なく、被圧期間は発生後15~30年であった。また、下層植生であるスズケが m^2 当り4~14本とかなり少ないことも林内の庇陰がかなり進んでいることを示している。

以上のことから、これらの調査林分は、モミ、ツガともに100年前後の天然林としてはかなり若い林分であるといえるが、初期被圧期間が短いことからみても、この林分成立初期に何らかの原因で上層樹冠が疎開した、いわゆるギャップが形成されたものと推定される。

すなわち、年齢構成とギャップが形成されると周辺より雑草木の侵入が激しいことから判断して、鈴木(1980)がのべているようにこの林分は、ギャップ形成以前にすでに発生していた個体がギャップ形成後に急速に生長したと判断される。

1.4. 群落分散構造

モミ、ツガは群落的には斜面か尾根筋付近などの凸形の地形のところに分布が限られていることを1.1.でのべたが、ここではこのモミ、ツガの群落内部の分散構造について調査をおこない、林分成立過程を検討した(汰木ら, 1976 a)。

1.4.1. 調査法

モミ、ツガが群落的に分布している尾根筋付近の林分に 20×20 mのプロットを4個(I)(図8のD)、 20×20 mを6個(II)(図8のJ)、 25×25 mを3個(III)(図8のB)を設定し、胸高直径3 cm以上のモミ、ツガについて毎木調査をおこない分布図を作成した。

また、稚樹についても、 20×24 mのプロット(1)、 10×10 m(2)、 20×20 m(3)、さらに当調査地と隣接する檜葉国有林内に 50×25 mのプロット(4)を各々1個設定し、分布図を作成した。解析の方法はMORISITA(1959)の $I\delta$ 法によった。

なお、林内の稚樹については、その発生場所により生長にかなりの差があり、外観上から若齢稚樹であるか老齢稚樹であるかの判別がむずかしく、稚樹高50 cm以下の個体を対象とした。

1.4.2 調査結果

成木についての分布図及び $I\delta$ 曲線を図10に示す。

I区—モミ、ツガ合計183本(図10-1)

わずかに集中分布がみられるが、ほとんどランダム分布に近いと考えられる。また、胸高直径20 cm以上のものを上層木とし、この上層木だけの分布をみても、やはりランダム分布という結果がみられた。

II区—モミ、ツガ合計139本(図10-2)

この区では、小集団をもつ集中分布であると考えられる。集団の大きさは、 2.5×2.5 mであるといえる。また、この区は伐採後伐根により分布図を作成したため、胸高直径が不明で根元直径25 cm以上のものを上層木とし、これについてみると、ほとんどランダム分布に近い分布であった。

III区—モミ、ツガ合計257本(図10-3)

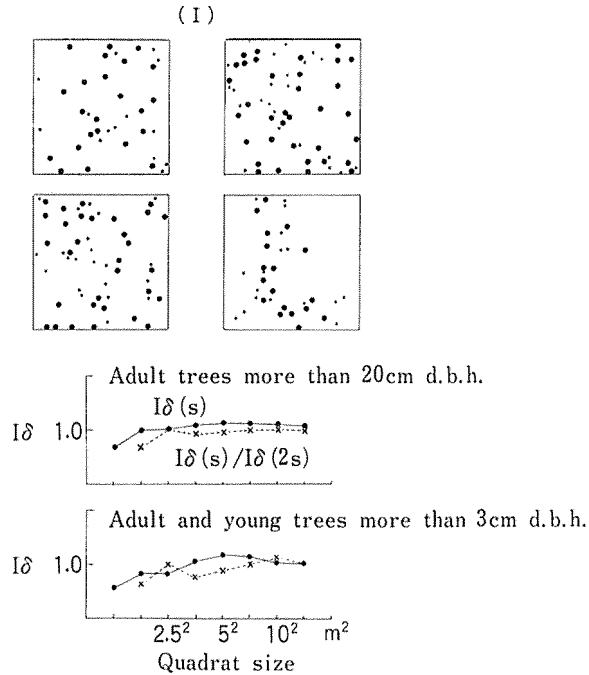


Fig. 10-1 Distribution maps of adult and young trees of *Abies* and *Tsuga*, and $I\delta$ curves for the populations at each sample plots

- Adult tree more than 20 cm d. b. h.
- Young tree more than 3 cm d. b. h.

図 10-1 モミ、ツガ個体群の分布と $I\delta$ 曲線

この場合もランダム分布と考えられる。また、上層木についてみると、ランダム分布と一様分布の中間的な分布型を示している。

次に稚樹について分布図及び $I\delta$ 曲線を図 11 に示す。

1 区—モミ稚樹 1864 本 (図 11-1)

これは小集団をもつ集中分布を示しており、集団の大きさは、 0.25×0.5 m といえる。

2 区—モミ稚樹 1034 本 (図 11-2)

これは大集団をもつ集中分布となり、 0.3125×0.3125 m の集団を形成している。

3 区—ツガ稚樹 330 本 (図 11-3)

大集団をもつ集中分布を示し、 2.5×2.5 m の集団を形成する。

4 区—モミ、ツガ稚樹 1312 本 (図 11-4)

小集団をもつ集中分布となり、集団の大きさは、 0.78×0.78 m より小さいと判別される。

以上のことから、モミ・ツガ天然林の分散構造を推測すると次のようなことが考えられる。

モミ・ツガ天然林が成立する過程として、まず稚樹の発生を考えると、稚樹はほとんど小集団か大集団をもつ集中分布をおこなっている。とくにモミの場合、結実量のところでのべるように比較的大きい種子であるため、母樹の樹冠下に落下するものがほとんどである。

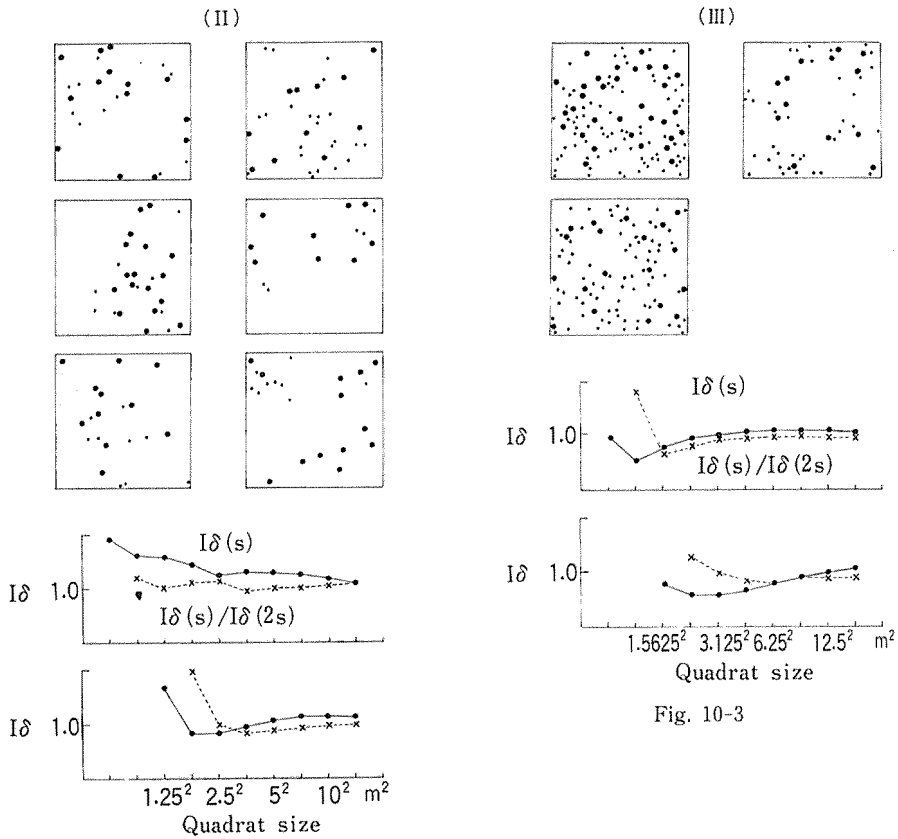


Fig. 10-2

り、そのため稚樹の発生も母樹付近に集中的に分布している、

しかし、その生長過程で発生後成木に至るまで、発生と消失のくり返しがおこなわれ、分散構造も集中分布からランダム分布へと変っていくものと思われる。このことは胸高直径 3 cm 以上の後継樹あるいは被圧木を含めた全成木についての分散は、ある程度の集中分布をみるが、上層木だけの分布をみると、ほとんどがランダム分布をしていることから推測できる。

1.5. 考 察

モミ・ツガ天然林の垂直的分布をみると、九州地方では、モミ 50~1300 m, ツガ 300~1800 m に分布 (林(彌), 1951) するとされており、とくに九州中部山岳地帯の温量指数 110~65 付近に集中している。本論文で調査地としたのは、この九州中部山岳地帯の一部、温量指数 95~80, 標高 1000~1200 m 付近に分布する比較的若い壮齢のモミ・ツガ林分を対象としたものである。

また、本地域のモミ、ツガは群落的には斜面か尾根筋付近の凸型の地形のところに、50×50 m よりも小さい集団をなして分布しており、モミ、ツガがそれぞれ独立して純林状で生育している場合はほとんどなく、モミ、ツガが混生し、大抵の場合、ブナ、イヌシデ、

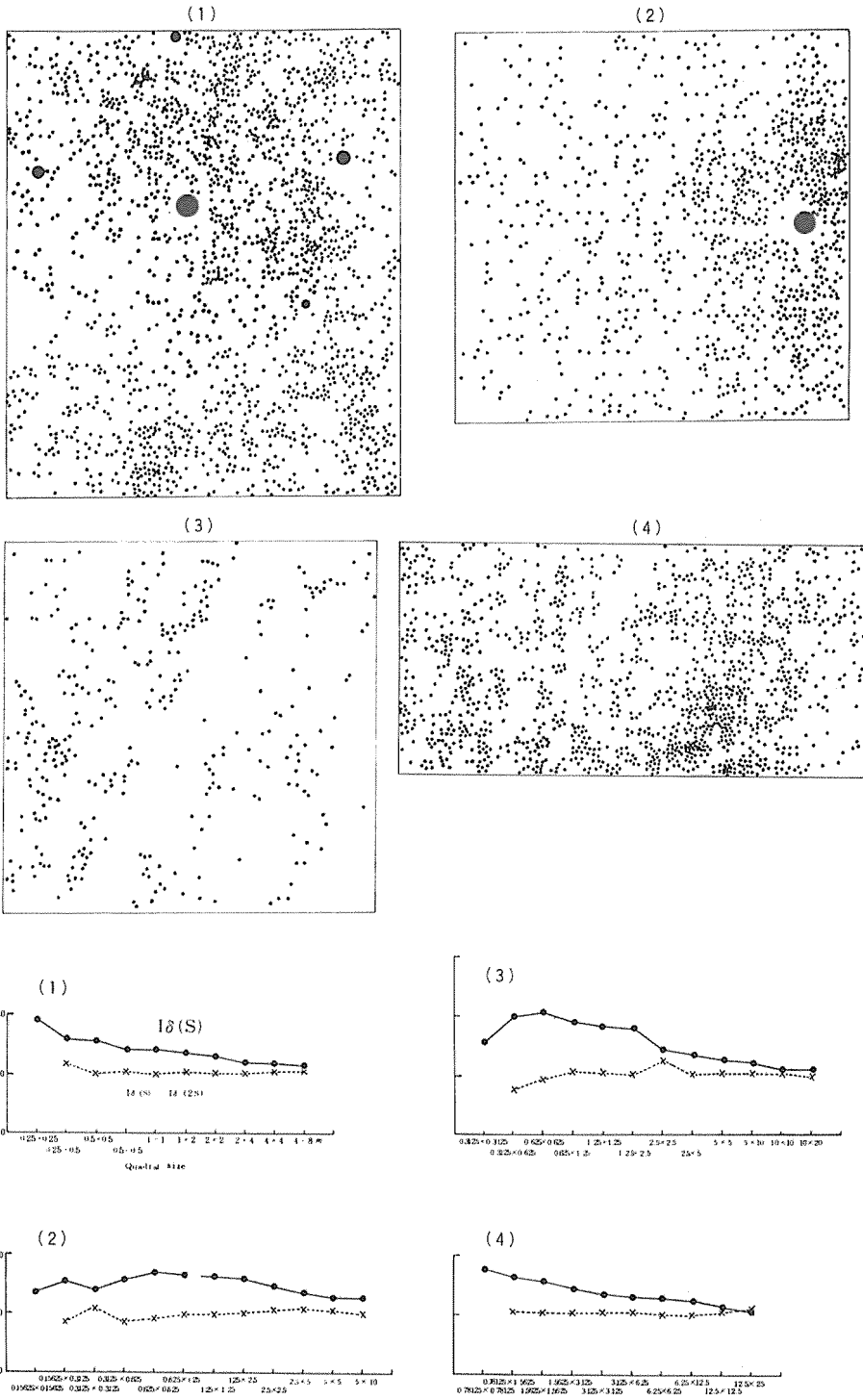


Fig. 11 Distribution maps of *Abies* and *Tsuga* seedlings, and $I\delta$ curves for the populations at each sample plots

図 11 モミ、ツガ稚樹群の分布と $I\delta$ 曲線

クマシデ、ヒメシャラ、ミズナラ、リョウブ、アオハダ、局部的にクリ等の落葉広葉樹、シキミ、ハイノキ、アセビ等の常緑広葉樹をまじえて成立している。

そこで、これらのモミ、ツガ林分に対しておこなった調査結果をもとにして、これらのモミ・ツガ林が成立するまでの過程について考えてみた。

モミ、ツガが群落的に成立する標高 1200 m の尾根筋付近の林分の測定結果からみると、年齢的には、モミ、ツガはその 80%以上が 90~110 年の間の樹齢を示し、広葉樹もモミ、ツガとほぼ同年齢を示していることからこの林分は過去に何らかの原因により上層樹冠が疎開し、被圧状態下にあった個体が急速に生長して成立した林分であったろうと推測した。

そこで、この林分に対し、林木を欠く状態にあったところにさかのぼり、どのようにして現在の森林が成立してきたかを考えるとき、まず第一に侵入してくる樹種は、周囲木からの種子の飛散距離が大きい、軽量の種子であろうと考えられる。しかし、林木を欠くとなると、かなり陽光、乾燥に耐える樹種でなければ生存はむずかしいため、陽性の樹種の発生ということになるだろう。それから、この陽樹が生長をおこない林冠を形成しはじめると、これが陽光の調節をおこない、陽光需要の少ない樹種の発生となり、最終的には、モミ、ツガ等の耐陰性の強い樹種の発生ということになる。

また、群落組成の調査結果から考えると、当調査地では、天然林としてはかなり若い林分であり、まだ生長が旺盛な壮齢のモミ・ツガ林であるといえるが、樫葉国有林にみるように老齡過熟林分においては、モミ、ツガの大径木の立ち枯れが点在することや、樹冠の葉量が減少し、太枝の先端部に少量着生するいわゆる衰弱型の樹型を示す個体が見られる。

また、当調査地においては、第 1 層はもちろん、第 2、3 層にもモミ、ツガの後継樹が見られるが、老齡林では後継樹となり得る個体が極端に少なく、林内には耐陰性の強い広葉樹が多数侵入していることから、モミ、ツガの発達は最終的には後継樹の生長を阻害する方向に向かわせ、かわりにより耐陰性の強い広葉樹種を侵入させてくるといえよう。

つぎに林木の分散構造をみると、稚樹の分布はそのほとんどが集中分布をおこなっている。とくにモミの場合は種子が大型であり、まとまって落下する場合が多く、樹冠下付近に集中分布を示すことは予測できることである。成木の分布をみると、胸高直径 3 cm 以上の後継樹や被圧木を含めた全立木では集中分布を示すが、上層木（胸高直径 20 cm 以上）の分布のみをみると、そのほとんどがランダム分布を示している。

このことは、生長過程において個体間に地上部で樹冠のせり合い、また、地下部では根系の争い等がおこり、この争いに打ち勝った個体が自己の樹体に地上部、地下部ともに適した領域を確保して生存しているため分散もランダム分布としてあらわれたものと考えられる。

したがって、この領域内にその後発生した稚樹は、上部樹冠層に何らかの変化が起らない限りはいずれ枯死、消失していく可能性が強いといえよう。

2. 結 実 性

天然更新をおこなう場合の基礎条件として、また、天然林の成立過程をのべる上で種子の結実年や結実量を知る必要がある。

更新の成否を左右するのは結実量であり、また、その施業年を決定する上からも結実周期を知ることがきわめて重要な課題である。

モミの結実年については、林(泰) (1922) が着果痕跡調査と稚樹年齢調査をおこなうことにより、安政3年(1856年)から大正9年(1920年)までの豊作年を調べ、豊年は3年に1回で、5周期ごとに1年早くなるという結果を報告している。

そこで当調査地内においても、モミ、ツガ稚樹の年齢調査と、モミについては、母樹の枝に着生する球果の痕跡調査をおこなうことにより結実周期を、また、球果を採取することにより結実量をしらべた(汰木ら, 1974)。

2.1. 結実年

2.1.1. 調査法

稚樹年齢調査については、モミ、ツガを主林木とする林分内に発生したモミ、ツガ稚樹を無作為に、モミ74本、ツガ41本を掘り取り各種樹について地際で切断し、その切断面における年齢を顕微鏡下で読みとった。また、掘り取った稚樹については、地上高、根長、葉重、幹重、根重の測定をおこなった。

着果痕跡調査については、モミの場合は、球果着生痕跡が枝上に長期間残存することが知られている。すなわち、球果着生状態を図示すると、図12のような状態で着生している。図は1971年10月の状態であり、1971年には、1970年の枝に球果が着生し、1969年枝には1970年に着生した球果の中軸だけが直立して残存しており、それ以前は中軸も折れ、ガクだけが残った状態である。

これからも球果は前年枝に着生することが明らかであり、したがって、結実年は球果着生枝年に1年を加えた年となる。

林(泰) (1922) もこのことから結実年の推測をおこなっているが、ここでもこの痕跡数を調べることにより結実年の推定をおこなった。

調査木は1971年に伐採されたもののうち14本のモミをえらび、球果着生枝の先端より順次枝の伸長年度とそこにみられる球果痕跡数を調査した。なお、この林分のモミ、ツガの樹齢を知るため、20×20mのプロットを6個設置し、プロット内のモミ、ツガ伐根調査をおこなった結果、この林分はモミ平均樹齢93年、平均直径43cm、ツガ88年、22cmの林分であった。

2.1.2. 調査結果

稚樹の年齢構成を表5に示す。この表からモミ、ツガともに1～2隔年毎に稚樹本数が多く、稚樹の発生には周期があることがうかがえるが、3.の稚樹の発生と消失でのべるように、稚樹の発生後の生長には、その周囲状況、とくに光条件あるいは気象条件により、毎年発生と消失のくり返しがおこなわれることが多いため、これらの稚樹の年齢調査からだけでは確実な周期を知ることがむずかしいといえよう。したがって、枝条に着生する球果の痕跡数をしらべることの方がより確実な周期を知ることができる。そこで調査木14本について、各々の枝条10本にみられる球果痕跡合計を示すと、表6のとおりである。

得られた結果からみると、やはり隔年ごとの豊凶が予想される。また、大部分の個体は数量の多少はあっても毎年結実の可能性をもっていると考えられる。一般には豊年と考えられない年にも、No. 10, 13, 14のようにかなりの結実を示す個体があることから、結実は個体内部の生理的リズムによっておこるほかに個体を取りまく外環境がその結実量を

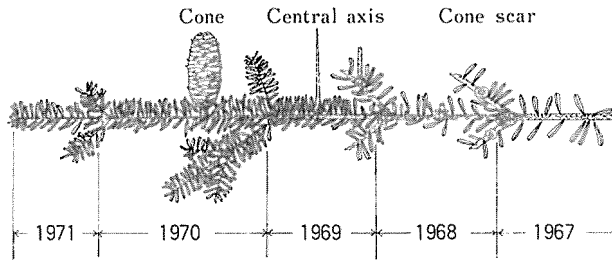


Fig. 12 Illustration of *Abies* cone and cone scar
 図 12 モミ球果と球果痕跡の着生図

表 5 モミ, ツガ稚樹の年齢構成
 Table 5 Age compositions of *Abies* and *Tsuga* seedlings

Age year	Number of <i>Abies</i> seedlings	Number of <i>Tsuga</i> seedlings
1	26	1
2	1	2
3	11	20
4	2	2
5	3	1
6	6	0
7	6	6
8	1	0
9	8	4
10	2	0
11	4	1
12	1	0
13	2	0
14	0	0
15	1	1
16	0	1
18	0	1
25	0	1
Total	74	41

かなり左右しているのではないかと考えられる。

2.2. 結実量

2.2.1. 調査法

結実が豊富であった 1972 年 10 月に結実木 7 本について、クローネ高を 3 等分し、さらに 4 方位の計 12 箇所 (図 13) に区切り、球果数を調べた。また、各部位より 10 個ずつの球果を抽出し、球果及び種子について形状と重量を測定した。

なお、抽出した球果についての測定値は表 7 に示す。

2.2.2. 調査結果

球果については、高さ別、方位別球果数を表 8 に、また、全球果数に対する高さ、方位

表6 モミ球果痕跡数
Table 6 Number of *Abies* cone scars at ten branches

Tree number	D. B. H. cm	1970*	'69	'68	'67	'66	'65	'64	'63	'62	'61	'60	'59	'58	'57	'56
1	34	17		13		16										
2	58			7		17										
3	46	8		39		27										
4	50		8	65		56	3	3	3	10		8	2	18	4	1
5	76	1	3	71	16	76	5	2	4	9	3			4	4	
6	66	3	14	73	2	50	4	3								
7	48		6	40		41	3	7	15	3	2					
8	38	6	25	73		69	2									
9	58		1	80	2	58	1									
10	60	15	71	52		116	17	2		1						
11	44	2	21	46	10	33	11	4	5	6	2					
12	74		6	53	15	27	1									
13	50	3	39	51	15	45	12	12	4	3	2					
14	50	1	36	41	12	114	13		5	6						
Total		56	230	704	72	745	72	34	36	38	9	8	2	22	8	1

* Branch elongated in 1970

別球果数の割合を図14に示す。

これから球果の着生位置は、クローネの上部に全球果数の80%、中間に33%、下部に5%が着生しており、そのほとんどがクローネの上部に集中して着生している。また、方位別にはほとんど差はみられなかった。

球果着生数は121~945個と個体間にかなりのバラツキがあることが認められた。このことは、林(泰)の調査でも同じように51~1536個とバラツキがみられることを報告している。

つぎに球果の大きさ、形状について球果の大きさを、直径(Diameter)×長さ(Length)であらわし、表9にその平均値で示す。ただし、球果総数は467個である。これによると、大きさは平均で3.72×8.53cmであり、形状比は229であった。

種子の重量については、表9より1球果内の総種子重量が6.5512gであり、1粒平均は0.0314gであった。

また、各母樹より大・中・小3個の球果(計21個)の種子重量(風乾量)を測定し、その重量分布を図15に平均値で示す。

これから種子重量は0.01~0.04gが多く、平均で0.0294gという分布を示している。

また、球果の大きさと平均種子重量を図16に示す。これによると、球果が大きくなれば種子重量もまた大となる結果がみられた。

2.3. 考 察

天然下種更新をおこなう場合、この更新の成否を左右するのは結実量であり、また、それをいつ実行するかという施業年を決定する上からは結実年をしらべ結実周期を知ることが必要であるといえる。

結実年については、稚樹の年齢調査と球果の痕跡調査から推定をおこなったが、若い芽生えの時期の生長はきわめて微々たるもので、とくに発生後10年間ぐらいの稚樹の年輪の算定はむずかしく、誤差が入りやすいと考えられる。その点、モミの場合の球果痕跡と着生年度との関係は明瞭で、豊作年の推定もツガにくらべて容易であった。しかし、この方

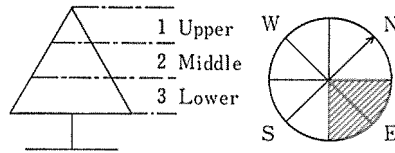


Fig. 13 Gathered parts of *Abies* cones by direction and height

図13 モミ球果の採取個所

表7-1 モミ球果の大きさや重量

Table 7-1 Dimension and weight of *Abies* cones

		Mean of 10 cones															
Tree number		N				E				S				W			
		L. cm	D. cm	F. L/D	W. g	L. cm	D. cm	F. L/D	W. g	L. cm	D. cm	F. L/D	W. g	L. cm	D. cm	F. L/D	W. g
Upper	1	9.51	3.57	2.67	69.9	8.90	3.43	2.61	59.1	9.00	3.45	2.61	58.5	8.84	3.58	2.48	55.6
	2	8.28	3.94	2.11	65.1	8.92	4.08	2.19	73.7	8.90	3.97	2.24	67.8	8.50	3.86	2.20	68.2
	3	9.49	3.87	2.45	78.4	9.42	3.74	2.52	78.3	9.02	3.64	2.48	74.9	9.37	3.79	2.47	76.0
	4	8.41	3.67	2.29	70.7	8.40	3.74	2.25	71.7	8.19	3.57	2.30	64.3	8.32	3.67	2.27	64.5
	5	8.21	3.75	2.19	68.3	9.09	3.95	2.30	77.5	8.84	3.84	2.30	71.6	8.26	3.84	2.15	69.5
	6	9.02	3.64	2.49	70.1	9.96	3.84	2.60	86.0	9.25	3.79	2.44	76.4	8.99	3.77	2.39	68.4
	7	8.49	3.82	2.22	70.8	8.48	3.75	2.27	68.2	8.41	3.98	2.11	72.6	8.71	3.78	2.30	70.8
	Mean	8.77	3.75	2.35	70.5	9.02	3.79	2.39	73.5	8.80	3.75	2.35	69.4	8.71	3.76	2.32	67.6
Middle	1	9.25	3.57	2.60	65.3	9.23	3.61	2.56	69.2	8.28	3.49	2.38	59.3	8.58	3.53	2.44	62.5
	2																
	3	9.58	3.93	2.44	84.7					8.67	3.64	2.38	64.5	9.29	3.89	2.39	81.6
	4	7.14	3.48	2.05	52.3	7.85	3.64	2.16	60.5	8.36	3.66	2.29	67.3	7.68	3.51	2.19	57.9
	5	7.57	3.62	2.10	56.2									6.38	3.45	1.85	42.1
	6					8.68	3.82	2.27	76.9					8.94	3.61	2.47	45.8
	7					7.87	3.68	2.13	59.8	7.38	3.60	2.05	53.5	7.28	3.53	2.05	49.0
	Mean	8.39	3.65	2.30	64.6	8.41	3.69	2.28	66.6	8.17	3.60	2.28	61.2	8.03	3.59	2.23	56.5
Lower	1									7.72	3.43	2.25	52.4	6.89	3.35	2.05	42.2
	2																
	3													7.97	3.41	2.33	54.7
	4	8.60	3.90	2.21	74.0					7.25	3.46	2.10	53.2				
	5																
	6																
	7																
	Mean	8.60	3.90	2.21	74.0					7.49	3.45	2.18	52.8	7.43	3.38	2.19	48.5

L.: Length D.: Diameter F.: Form exponent W.: Weight

表 7-2 モミ種子数及び重量
Table 7-2 Number and weight of *Abies* seeds

		Mean of 10 cones											
	Tree number	N			E			S			W		
		N.	W. g	M. g	N.	W. g	M. g	N.	W. g	M. g	N.	W. g	M. g
Upper	1	242	8.4975	0.0352	227	7.1468	0.0316	229	6.7961	0.0297	210	6.4381	0.0306
	2	213	5.2603	0.0248	231	5.7640	0.0250	232	5.4935	0.0237	219	5.0061	0.0228
	3	242	8.8363	0.0365	236	7.7998	0.0328	222	7.6687	0.0344	242	7.9746	0.0331
	4	183	7.7955	0.0425	183	8.1383	0.0447	184	7.0957	0.0387	178	7.4092	0.0416
	5	222	7.6124	0.0346	246	8.8519	0.0359	246	8.9296	0.0363	239	7.7303	0.0321
	6	199	5.9604	0.0297	216	6.4135	0.0297	194	5.5514	0.0285	183	4.7196	0.0256
	7	207	7.5892	0.0367	202	6.9329	0.0345	201	7.4021	0.0369	200	7.1154	0.0354
	Mean	214	7.3645	0.0343	220	7.2925	0.0335	215	6.9910	0.0326	210	6.6276	0.0316
Middle	1	241	7.4036	0.0309	231	7.0120	0.0303	215	6.5240	0.0303	221	6.7378	0.0304
	2												
	3	218	8.6156	0.0396				212	7.2055	0.0338	237	8.4017	0.0355
	4	160	5.2928	0.0330	170	6.3814	0.0375	185	7.3666	0.0397	163	6.1487	0.0375
	5	218	5.7679	0.0265							190	6.5438	0.0238
	6				198	5.9043	0.0296				163	4.3869	0.0258
	7				190	6.5528	0.0343	175	5.2877	0.0298	175	4.9213	0.0279
	Mean	209	6.7700	0.0325	197	6.4626	0.0329	197	6.5960	0.0334	192	5.8567	0.0302
Lower	1						198	5.4178	0.0273	175	4.2917	0.0244	
	2												
	3									200	5.8812	0.0292	
	4	208	7.1060	0.0342				153	5.0750	0.0330			
	5												
	6												
	7												
	Mean	208	7.1060	0.0342				176	5.2464	0.0302	188	5.0865	0.0268

* N.: Number W.: Weight M.: Mean weight

法も年代が古くなると痕跡の判別が困難で、林(泰)(1922)は数10年間にわたっての痕跡をしらべているが、本調査では長くて10数年間についてしか判別できなかった。しかし、これまでしらべた結果からいえば、モミの豊作年は1~2隔年おきに出現するものと予測され、林(泰)の調査とほぼ同様の結果が得られた。

また、結実量については、調査結果から球果着生数はたとえ結実豊年であっても、母樹によって22~945個とかなり幅広いバラツキが認められた。

球果の着生位置は、クローネの上部にそのほとんどが集中しているが、方位という点からみると、ほとんど差がなく、球果は母樹のうち一番生長がよい部位、すなわち母樹の先端部に方位に関係なく集中的に着果するといえる。

結実に関して藤島(1930)は、結実年齢はモミで60~70年であり、森林状態が密生して

表8 モミ球果着生数
Table 8 Number of *Abies* cones in a mother tree

Tree number		1	2	3	4	5	6	7	Total
D. B. H.	cm	62	57	46	53	50	55	68	
Height	m	18	19	18	20	21	23	22	
Upper	N	161	30	65	69	93	7	86	511
	E	239	50	27	75	79	64	69	487
	S	161	44	75	68	73	16	50	603
	W	150	40	63	94	105	22	90	564
Total		711	164	230	306	350	109	295	2165
Middle	N	54	0	40	36	10	0	0	140
	E	54	0	0	35	0	8	3	100
	S	60	0	13	69	0	0	8	150
	W	43	0	26	16	12	4	7	108
Total		211	0	79	156	22	12	18	498
Lower	N	0	0	0	1	0	0	0	1
	E	0	0	0	0	0	0	0	0
	S	14	0	0	3	0	0	0	17
	W	9	0	8	0	0	0	0	17
Total		23	0	8	4	0	0	0	35
Sum total		945	164	317	466	372	121	313	2698

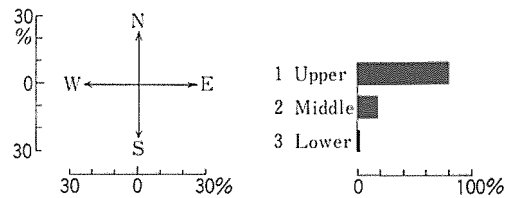


Fig. 14 Adnation rate of *Abies* cones by direction and height
図14 方位、高さ別モミ球果着生率

表9 モミ球果の大きさと種子重量
Table 9 Dimension of *Abies* cones and weight of seeds

Tree number	Diameter (D) × Length (L) cm	Form exponent L/D × 100	Number of seeds	Weight of seeds g	Mean weight of seed g
1	3.50 × 8.62	247	219	6.6265	0.0301
2	3.96 × 8.65	219	224	5.3810	0.0241
3	3.74 × 9.10	243	226	7.7979	0.0344
4	3.63 × 8.02	221	177	6.7809	0.0382
5	3.74 × 8.06	215	227	7.2393	0.0315
6	3.75 × 9.14	244	192	5.4894	0.0282
7	3.73 × 8.09	216	193	6.5431	0.0336
Mean	3.72 × 8.53	229	208	6.5512	0.0314

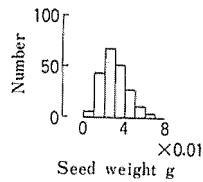


Fig. 15 Distribution of *Abies* seed weight
Mean: 0.0294 g

図 15 モミ種子の重量分布

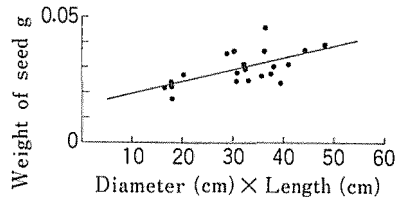


Fig. 16 Relation between dimensions of *Abies* cone and weight of *Abies* seed

Y : Weight of seed

X : Dimensions of cone (Diameter \times Length)

$$Y = 0.0146 + 0.000468X$$

図 16 モミ球果の大きさと種子重量の関係

いる場合は、これよりさらに 10～20 年遅れるとのべている。著者が調査をおこなった林分は、平均でモミ 93 年、ツガ 88 年であり、藤島の報告から考えると、結実年齢に達して間もない林分であったといえよう。また、結実の要因についても藤島は、どのような状態の下によく結実するものであるか明瞭ではないが、要因として考えられることは、陽光が結実を促進するということであり、1 年間、ことに開花から種実成熟までの晴天、曇天、雨天日数の如何は一般的に結実に関係するとのべ、さらに結実の良否についても、生立地の日当りの良否、樹冠の疎開するか否かによってきまるのであろうとのべている。

これらのことから考えて、結実の周期は、樹種それ自体の内部的要因によるであろう。また、結実量は個体をとるまく外環境によるところが大であるといえるのではないかと思われる。

3. 稚樹の発生と消失

天然更新をおこなう場合、その更新の成否を左右するのは種子の供給であることは先へのべたところである。

しかし、結実年には多量の種子散布があるにもかかわらず、林内には数 cm 以下の発生後の年数があまりたっていない、いわゆる稚苗に比較してさらに生育の進んだ若い更新樹の数がきわめてすくない。とくに、上層樹冠がモミ、ツガで占められている林分下でこの現象が著しい。

そこで、天然更新をすすめる上で、林内の自然状態での稚樹の発生、消失状態を調査することにより、発生稚樹が後継樹となるまでに生育が進まない原因を知る必要がある。

ここでは林内における自然発生稚樹と庇陰格子内に播種した発生稚樹について検討してみることにする。

3.1. 稚樹調査

一斉林状のモミ、ツガ林分下に発生している稚樹、また、あらたに発生、消失する稚樹本数を毎月調査することにより、稚樹の発生、消失時期、さらにその原因について検討した(汰木ら, 1971)。

3.1.1. 調査法

モミ、ツガが集团的に成立している林分(図8のB) 1.277 ha内の広葉樹及びスズタケを全て除去した後、これをI, II, IIIの3区に分割し、モミ、ツガ胸高断面積合計で、I : II : III = 0.5 : 1.0 : 0.75の比率で疎密度をかえ、その中に2×2 mのプロットを各区に3個、合計9プロットを1970年4月に設置し、プロット内の照度を測定し調査をおこなった。この調査は、プロット設置より5年を経過した1975年4月までの調査結果を示している。なお、この林分に発生する稚樹は、そのほとんどが高さ30 cm以下の発生後推定20年以下のものであり、それ以上のいわゆる後継樹として育つ稚樹が全くみられず樹高構成からみて不連続な林分である。

3.1.2. 調査結果

3.1.2.1. 稚樹の発生と明るさ、母樹との関係

各プロットの5カ年間の発生及び消失本数を表10に示す。ただし、ここでは5月から翌年4月までを1カ年とし、この間での発生及び消失本数を示す。なお、この林内の相対照度はほぼ15%以下の林分であった。

これからみると、1969年がモミの結実年にあたっているため、1970年のプロット設定年には、 m^2 当り3~8本のモミ稚樹の発生をみた。明るさと発生との関係をみると、照度約5%のII-2プロットに一番多く発生しているが、I-3プロットでは、同じ5%でも稚樹の発生は最も少ないことからみても、明るさと発生との間には関係がみられなかった。

また、同じような結果を庇陰格子試験(3.2.参照)でも認めている。

つぎに発生と母樹との関係をみるため、胸高直径20 cm以上のものを一応母樹とみなし、その分布を表11に示す。

プロット設定時の稚樹の成立本数は、II, III, I区の順であり、その後の発生も同じ傾向を示しているが、一方、母樹本数はI区で1.20本/ $100 m^2$ 、II区、1.71本、III区、1.65本で稚樹の発生本数と対応しており、このことから、この林分では母樹の多い区に稚樹もまた多く発生するといえるようである。

ツガについてみると、プロット設定時にはモミにくらべて稚樹本数も少なく、III区にわずかに多い程度であり、はっきりしたことはいえないが、モミと同様に発生と明るさとの関係はほとんどないものと考えられる。

3.1.2.2. 月別稚樹発生及び消失

5年間の稚樹の発生、消失本数を月別にみると、図17に示すとおりである。また、全発

表 10 稚樹の発生及び消失本数
Table 10 Germination and death of *Abies* and *Tsuga* seedlings for 5 years

Plot	Relative light intensity	Number of seedlings at the beginning		Number of germinated seedlings		Number of dead seedlings		
		<i>Abies</i>	<i>Tsuga</i>	<i>Abies</i>	<i>Tsuga</i>	<i>Abies</i>	<i>Tsuga</i>	
I	1	6.92	10	3	4	4	9 (6)	2 (1)
	2	10.40	16	0	19	5	18 (9)	0 (0)
	3	5.08	7	5	4	16	5 (4)	9 (2)
II	1	11.10	35	3	24	4	11 (3)	2 (2)
	2	4.82	50	0	35	0	28 (11)	0 (0)
	3	2.92	18	0	24	2	28 (15)	2 (0)
III	1	15.16	20	10	35	15	38 (18)	7 (5)
	2	13.44	15	13	16	10	9 (5)	9 (5)
	3	9.88	29	0	10	2	15 (10)	0 (0)

() : Seedlings at the beginning

表 11 母樹の分布
Table 11 Distribution of mother trees more than 20 cm d. b. h. at each sample plots

D. B. H. cm	I		II		III	
	<i>Abies</i>	<i>Tsuga</i>	<i>Abies</i>	<i>Tsuga</i>	<i>Abies</i>	<i>Tsuga</i>
20	6	7	9	10	9	1
22	4	5	8	7	7	3
24		11	6	7	6	1
26	3	3	10	6	6	3
28	2	2	3	2	3	3
30	5	5	6	3	5	
32	3	3	4		5	1
34	3	3	8	1	4	2
36		2	6		4	1
38	1		3		1	1
40	3	1	6		7	
42	2		3		4	
44	2		2		2	
46	3		1			
48	2		1			1
50	1		1		3	
52	1		1		1	
54			1		1	
56			1			
58			1			
60	1		1			
62	1					
64	1					
66	1					
68						
70						
72	1					
Total	46	42	82	36	68	17
Number per 100m ²	1.20	1.07	1.71	0.75	1.65	0.41

生本数に対する月別発生数及び全消失本数に対する月別消失本数の割合を表 12 に示す。

ただし、ここに示す I～III の数値は各区内における 3 プロットの 5 年間の合計本数から計算されたものである。

発生からみると、モミ、ツガともに 50～60% が 6 月に多く、ついで 5 月となっている。消失はモミで大体 5～7 月と 12, 2 月頃に多く、ツガは主に 6, 7 月が多い。これからみて稚樹の発生月は大体 5, 6 月といえる。消失は夏季の乾燥時、冬季の寒冷時に多いといえるが、図 17 からみて、III 区のモミの場合、発生月と思われる 5 月 (1971 年) にも消失本数が多くみられた。このことは原因は気象的なものではないかと考え、気温と降水量 (宮崎演習林事務所標高 602 m における観測記録) (図 18) をみると、気温は例年とほとんどかわりがないが、降水量が例年 4 月には約 350 mm であるのに対し、1971 年 4 月には約 70 mm と例年の 1/5 程度であったこと、また、5 月に入って 1～17 日までわずか 16 mm の降水量であったことから、土壌がかなり乾燥したため、枯死消失したのではないかと推定される。

3.1.2.3. 年別稚樹発生及び消失

全発生本数に対する年別発生本数率及び全消失本数に対する年別消失本数率を表 13 に示す。また、プロット内での稚樹の変動については図 19 に示す。

これによると、モミの発生は 1969 年が結実年であったため、その翌 1970 年にほとんど集中しており、1971, 1973 年にわずかにみられ、1972, 1974 年にはほとんどみられなかった。

ツガについては、1971 年に集中して発生していることから、1970 年が結実年であったものと思われる。

また、消失をみると、モミは稚樹発生年の 1970, 1971 年に、ツガも発生年の 1971, 1973 年に集中している。このことは稚樹発生後 1～2 年の間にはそのほとんどが消失していくのではないかということ推測させる。

3.1.2.4. 生存率

稚樹の発生、消失をみると、発生年もその翌年にかんがりの消失がみられることから、ここでは、同一発生年の稚樹についてその生存率をみることにする。

プロット設定時 (1970 年) の稚樹のなかには、発生して 1 年を経過していたものであるか、また、それ以前から成立していたものであるかが明らかでないものもあり、同一年次に発生した稚樹の変動をみるために、モミについてはプロット設定後 1 年目 (1970. 5. ～1971. 4.) の発生稚樹について、ツガは発生が多かったプロット設定後 2 年目 (1971. 5. ～1972. 4.) の発生稚樹について検討した。発生本数及び生存数、生存率を表 14 に示す。

これによると、モミの場合、発生した稚樹はその約 30% 近くが 1 年以内に消失しており、2 年目に約 50% が消失し、その後は徐々に消失し、7, 8 年目頃には 20% 弱の生存率を示すほどに減少している。

また、ツガについては発生稚樹数にかんがりのバラツキがあり、確かなことはいえないが、この結果からは発生後 1 年以内に 10 数% が消失し、その後は徐々に減少し、7 年目に約

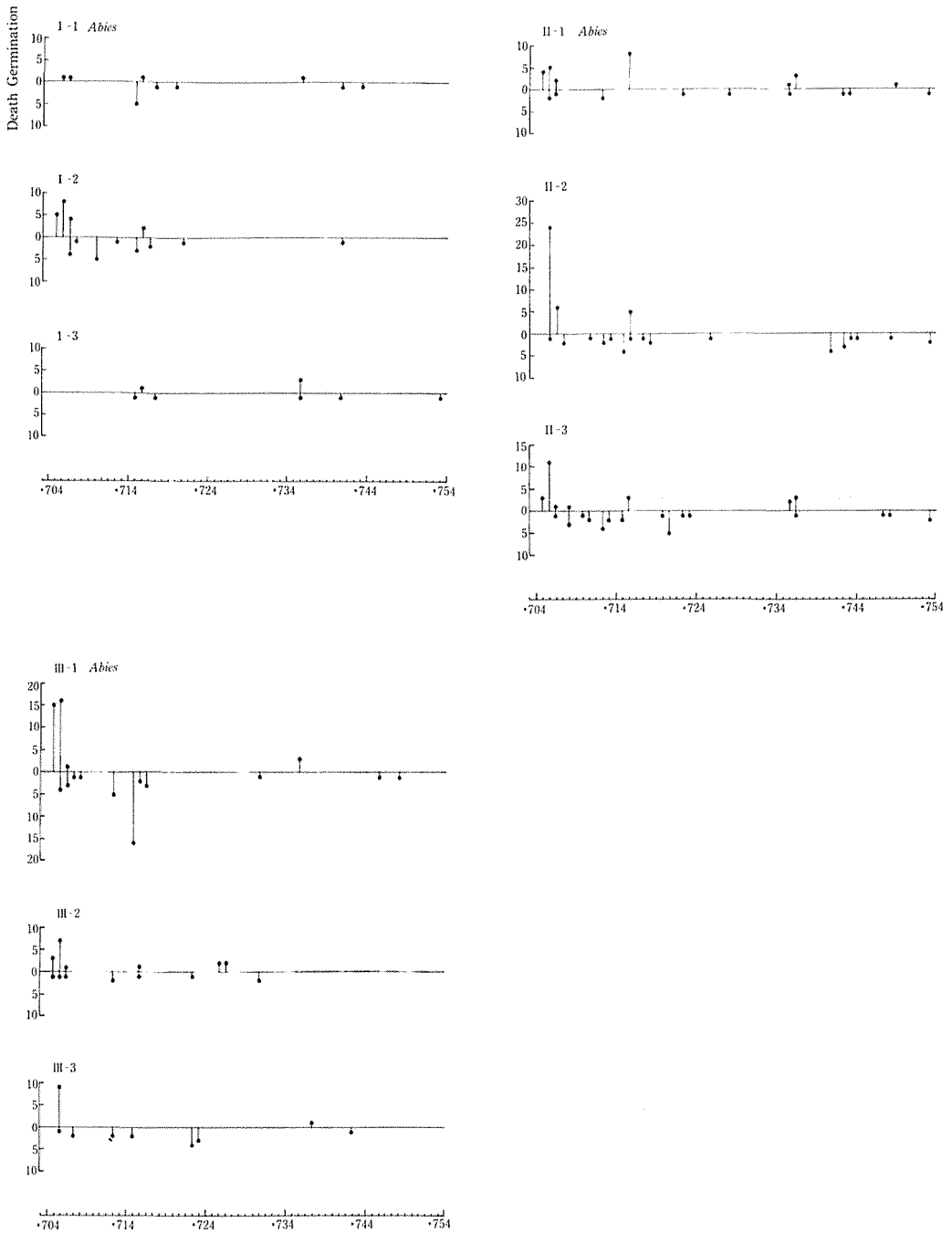


Fig. 17-1 Germination and death of *Abies* and *Tsuga* seedlings for 5 years
 図 17-1 5年間のモミ、ツガ稚樹の発生と消失

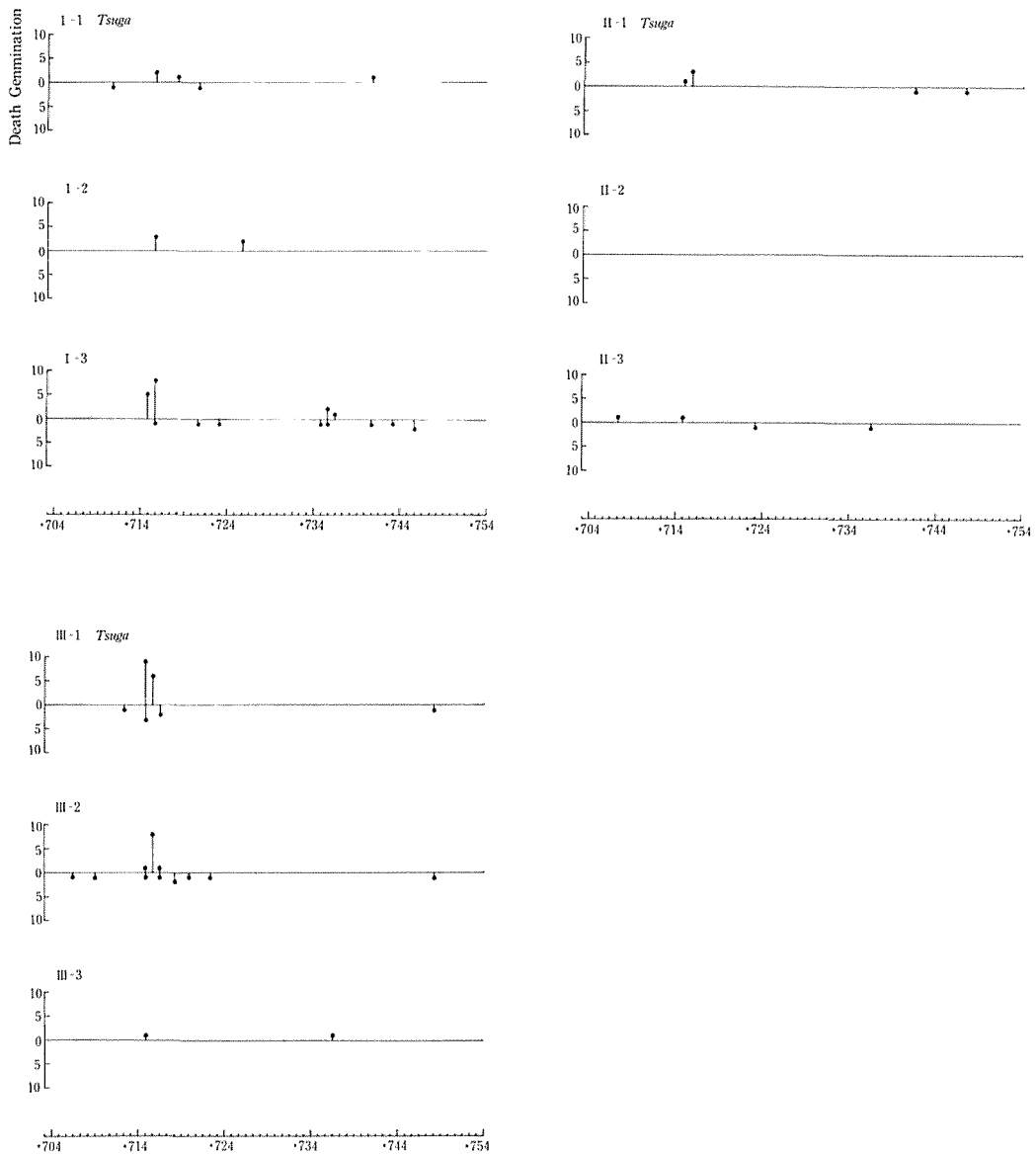


Fig. 17-2

40%の生存率を示しており、モミにくらべて生存率が高い傾向がみられた。また、プロット別にもと、上層木の一番疎な林分であるI区におけるモミ、ツガの生存率が低い値を示している結果がみられ、稚樹発生後の生長に対しては、適度の上層木樹冠の保護が必要であるといえるのではなかろうかと考える。

3.2. 庇陰格子試験

林内における自然発生稚樹について、その発生、消失時期について検討したが、ここで

表 12 月別稚樹発生及び消失率

Table 12 Germination and vanishing rate of *Abies* and *Tsuga* by month (%)

	Plot	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Number of seedlings 1970~1975
<i>Abies</i> Germination rate	I		18.5	63.0	18.5									27
	II		8.4	71.1	18.1		1.2	1.2						83
	III		29.5	62.3	6.6	1.6								61
	Mean		18.8	65.5	14.4	0.5	0.4	0.4						57
<i>Tsuga</i> Germination rate	I		20.0	68.0	4.0		4.0			4.0				25
	II		33.3	50.0		16.7								6
	III		40.7	51.9	7.4									27
	Mean		31.3	56.6	3.8	5.6	1.3			1.3				19
<i>Abies</i> Vanishing rate	I		28.1	3.1	18.8	9.4			18.8	12.5		3.1	6.3	32
	II	1.5	9.0	9.0	4.5	6.0	11.9		3.0	17.9		20.9	16.4	67
	III		30.6	16.1	11.3	4.8	3.2			4.8		24.2	4.8	62
	Mean	0.5	22.6	9.4	11.5	6.7	5.0		7.3	11.7		16.1	9.2	54
<i>Tsuga</i> Vanishing rate	I		9.1	36.3						36.3			18.2	11
	II			25.0	25.0						25.0		25.0	4
	III		6.3	18.8	25.0		25.0	6.3	6.3			12.5		16
	Mean		5.1	26.7	16.7		8.3	2.1	2.1	12.1	8.3	4.2	14.4	10

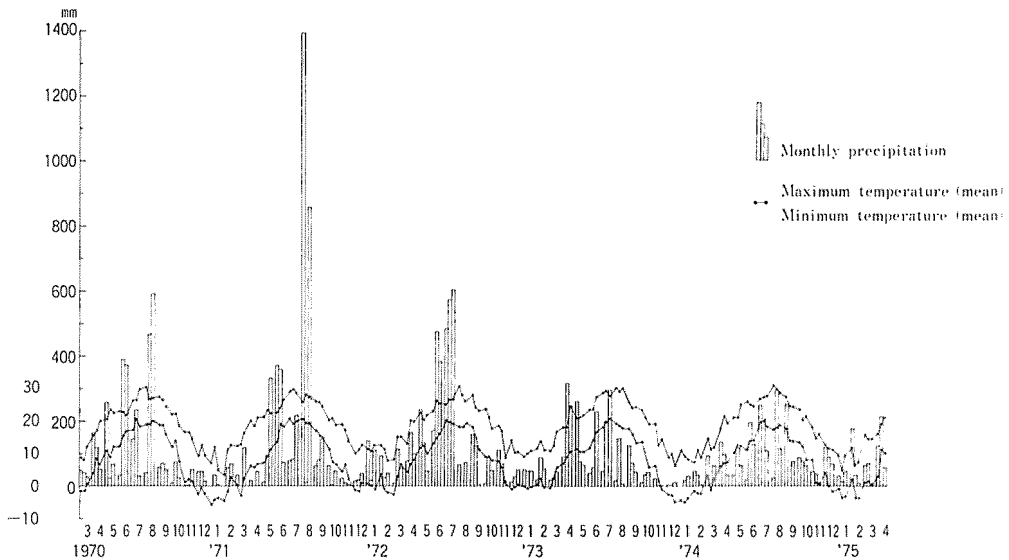


Fig. 18 Precipitation and temperature of University Forest in MIYAZAKI (Altitude: 602 m)

図 18 宮崎演習林における月間降水量と気温

表 13 年別稚樹発生及び消失率
Table 13 Germination and vanishing rate of *Abies* and *Tsuga* by the year (%)

	Plot	1970	1971	1972	1973	1974
<i>Abies</i> Germination rate	I	70.4	14.8	0	14.8	0
	II	68.7	19.3	0	10.8	1.2
	III	85.2	1.7	0	13.1	0
	Mean	74.8	11.9	0	12.9	0.4
<i>Tsuga</i> Germination rate	I	0	76.0	8.0	16.0	0
	II	16.6	83.4	0	0	0
	III	0	96.3	0	3.7	0
	Mean	5.5	85.2	2.7	6.6	0
<i>Abies</i> Vanishing rate	I	34.4	46.9	0	15.6	3.1
	II	37.3	28.4	3.0	19.4	11.9
	III	38.7	50.0	3.2	4.9	3.2
	Mean	36.8	41.8	2.1	13.3	6.0
<i>Tsuga</i> Vanishing rate	I	9.1	36.4	0	36.4	18.1
	II	0	25.0	0	50.0	25.0
	III	18.8	68.8	0	0	12.4
	Mean	9.3	43.4	0	28.8	18.5

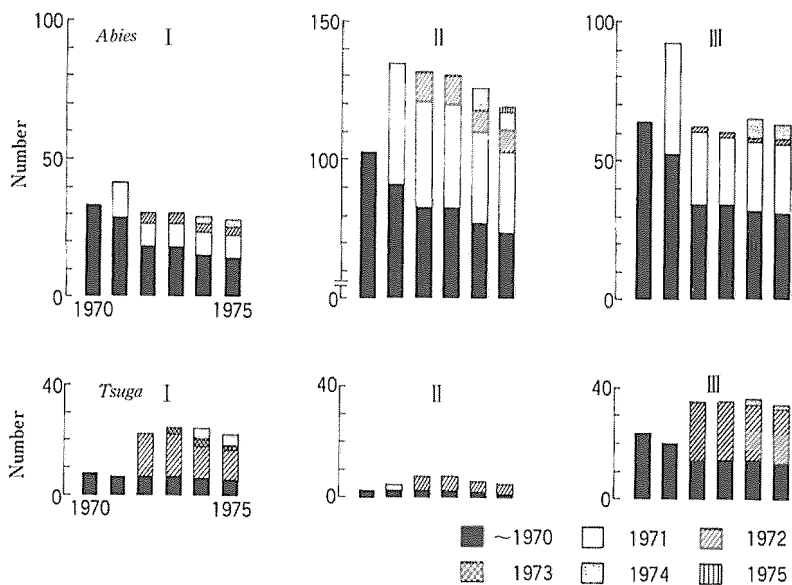


Fig. 19 Fluctuation of seedlings for 5 years
図 19 5年間の稚樹の変動

表 14 同一年次発生稚樹の生存率

Table 14 Survival rate of *Abies* and *Tsuga* seedlings germinated at the same year

	Germinated seedlings	Year								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
<i>Abies</i>	I	19	63.2(12)	42.1(8)	42.1(8)	42.1(8)	31.6(6)	15.8(3)	0(0)	0(0)
	II	57	77.2(44)	66.7(38)	64.9(37)	57.9(33)	47.4(27)	47.4(27)	14.0(8)	12.3(7)
	III	52	76.9(40)	50.0(26)	46.2(24)	46.2(24)	46.2(24)	46.2(24)	30.8(16)	28.8(15)
Total	128	75.0(96)	56.3(72)	53.9(69)	50.8(65)	44.5(57)	42.2(54)	18.8(24)	17.2(22)	
<i>Tsuga</i>	I	19	78.9(15)	78.9(15)	63.2(12)	63.2(12)	63.2(12)	42.1(8)	31.6(6)	
	II	5	100.0(5)	100.0(5)	80.0(4)	60.0(3)	60.0(3)	60.0(3)	40.0(2)	
	III	26	84.6(22)	84.6(22)	84.6(22)	76.9(20)	76.9(20)	53.8(14)	42.3(11)	
Total	50	84.0(42)	84.0(42)	76.0(38)	70.0(35)	70.0(35)	50.0(25)	38.0(19)		

(): Number of existed seedlings

は庇陰格子内にモミ、ツガを播種し、その発芽状態及び稚苗の生長について検討してみることにする(汰木ら, 1969)(汰木ら, 1973)。

用いた庇陰格子は、各辺 1.0 m の木製の枠に幅 2.0 cm、厚さ 0.75 cm、長さ 1.0 m の板を等間隔に釘でとめたもので、各面の空隙率が 80, 40, 20, 10% になるように調整した。この空隙率と相対照度を対比すると、10% (空隙率) → 7.9%, 20 → 17.0, 40 → 34.2, 80 → 72.1% である。なお、実験結果との対比には、庇陰度を用いることにしたが、空隙率と庇陰度との関係は、空隙率 10, 20, 40, 80, 100 はそれぞれ庇陰度 9, 8, 6, 2, 0 に対応している。

3.2.1. 播種試験

3.2.1.1. 調査法

モミについては、庇陰格子内及び対照区(庇陰度 0)に 1970 年 3 月 7 日に、20×20×10 cm の木製の植木鉢をそれぞれ 2 個ずつ配置し、それぞれの鉢にモミ種子 100 粒をまいた。なお、鉢はその上縁まで土中に埋めた。また、雨滴によって種子が露出することを防ぐため播種時に敷ワラをおこなった以外は、灌水等の管理は特別におこなわなかった。掘り取り調査は播種当年の 1970 年 10 月 8 日に各処理区 1 鉢について、残りは 1972 年 3 月 23 日におこなった。

ツガについてもモミの場合と同様の方法で各格子内及び対照区に 2 個ずつ配置し、鉢毎に第 1 回目を 1971 年 3 月 23 日に種子 1000 粒をまき(I)、第 2 回目を 1972 年 4 月 21 日に庇陰格子 20% を除く、80, 40, 10% 区にそれぞれ 170 粒ずつをまいた(II)。第 1 回目、2 回目ともに、1972 年 10 月 5 日に掘り取りをおこなった。

3.2.1.2. 調査結果

a. 発芽及び消失

—モミの場合—

庇陰格子にまきつけられたモミ種子の発芽とその後の経過を図 20 に示す。

発芽後ほぼ 50 日前後で発芽が終っている。消失する個体も発芽が始まると間もなく発生

しているが、庇陰度9の庇陰のもっとも強い区の消失はかなりおそく発生している。もっとも暑い8月以降になると、消失個体は庇陰度2区を除いてはほとんど発生せず、夏季前半に大半の消失個体が発生している。消失の原因としては、発芽直後は菌害による腐敗、虫害等によるものが多く、高温期に入るにしたがい、土壤乾燥によるものとみられる枯死が大部分を占めた。

また、1972年3月掘り取り時で本数変化をしらべてみると、1970年10月現在の生存本数に対して、庇陰度0区、39.29、2区、98.08、6区、97.50、8区、90.91、9区、93.02%となり、各区とも1~3本の消失あったが、無庇陰区だけは28本中11本が消失していた。これは1971年の夏季の高温乾燥によるものと考えられる。

まず、発芽率についてみると、表15のようであった。無庇陰区が庇陰区に比較して低い発芽率を示したが、庇陰区間にははっきりした傾向はみられなかった。

この結果からみると、庇陰は発芽に対してプラスの効果があったといえる(汰木ら、1970a)。

表16は消失率を示したものであるが、1生育期を経過した発芽後約160日の時点では、無庇陰区がもっとも高く、庇陰度が増すにしたがい低くなる傾向を示している。

また、2生育期を経た1972年3月23日の段階では、無庇陰区と庇陰区の差はきわめて明瞭となり、第1回の調査時点に比較して、無庇陰区の個体の消失はきわめて多く、65.6%の消失率であるのに対し、庇陰区は各区とも1~3本の減少を示したにとどまり、10%前後の消失率であった。しかし、この時点でも庇陰区間の差はみられなかった。この結果からみると、2生育期を経過した段階では、庇陰が原因で個体の生存が左右されるような現象は生じていないといえる。

一ツガの場合一

発芽率、消失率は表17、18に示すとおりである。

まず(I)をみると、発芽は播種後1カ月からはじまり発芽後80日で終わっている。発芽数は6区がすぐれており、ついで8、9区となり無庇陰区が劣っている。しかし、この間にはモミの場合と同様にはっきりした傾向がみられなかった。

また、(II)においても、播種後1カ月頃から発芽がみられ、発芽開始後35日目まで9、0区は終わっており、2、6区は70日頃までつづいている。発芽率からみると、2区がよく、つづいて6区で0、9区はとくに劣っている。

消失する個体はやはり発芽がはじまると間もなく発生しており、とくに夏季の高温乾燥期に集中しているようである。

消失率から、(I)では第1生育期を経過した時点で庇陰度9が最高で、196本の発芽に対し、183本消失(消失率93.4%)、庇陰度6が最低で、246本の発生で87本の消失(消失率35.4%)であった。発芽後1生育期を経過すると、消失個体も減少したが、その中でも庇陰度6は159本のうち7本の消失で、消失率が最低であったが、57本生存していた無庇陰区で37本の消失があり、消失率は最高であった(汰木ら、1973)。

このように、稚樹の消失は夏季に集中して発生しており、高温が影響しているように考えられ、高温乾燥期である8月の気象を1971年と1972年の両年についてみた。気温にはほとんどかわりがなかったが、雨量が1971年には2回の台風の襲来があったことも影響して、2200mmをこえており、1972年は155mmと極端に少なかった(図18)。このため1971

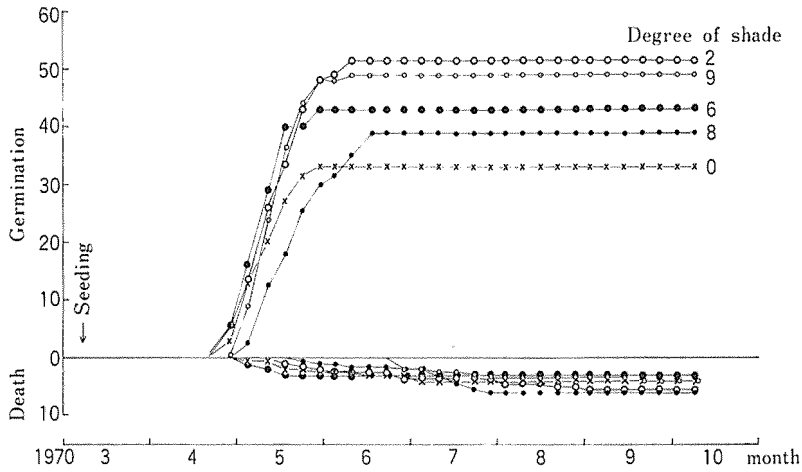


Fig. 20 Germination and death of *Abies* in the lattice shelter
 図20 庇陰格子におけるモミの発芽と消失

表 15 モミの発芽率

Table 15 Germination rate of *Abies* in the lattice shelter (%)

Seeding: 1970. 3. 7.

Degree of shade	0	2	6	8	9
%	33	52	43	39	49

表 16 モミの消失率

Table 16 Vanishing rate of *Abies* after 1 and 2 years (%)

Degree of shade	0	2	6	8	9
1 year (1970.10.8)	12.5	7.2	6.9	5.7	2.3
2 years (1972.3.23)	65.6	9.1	9.3	14.3	9.0

表 17 ツガの発芽率

Table 17 Germination rate of *Tsuga* in the lattice shelter (%)

I—Seeding: 1971. 3. 23.

II—Seeding: 1972. 4. 21.

Degree of shade	0	2	6	8	9
I	16.9	17.9	24.6	21.7	19.6
II	4.7	19.4	18.2	—	11.8

表 18 ツガの消失率

Table 18 Vanishing rate of *Tsuga* (%)

Degree of shade	0	2	6	8	9
I (1 year) (1972.10.5.)	66.3	46.4	35.4	64.5	93.4
I (2 years) (1972.10.5.)	64.9	17.7	4.4	18.2	61.5
II (1972.10.5.)	87.5	15.1	58.1	—	40.0

年夏季は多雨のため庇陰度の高い9区がとくに高温多湿となり、根腐れが多発し、また、1972年の夏は逆に高温乾燥のため、とくに無庇陰区は土壤乾燥がはげしく、枯死消失するものが多くなったものと思われる。(汰木ら, 1973).

b. 稚苗の生長

—モミの場合—

発芽開始(1970年4月25日)後約160日を経過した10月8日と、およそ2年近く経過した1972年3月23日の2回の掘り取り調査の結果をまとめてみた。

図21で伸びについてみると、第1回調査の場合は庇陰度9が苗高では最大で、逆に根長では最小であった。他の庇陰区は苗高では差はなかったが、根長で庇陰区間に差があり、6区が最大であった。

第2回の調査になると、苗高では無庇陰区と最大庇陰区が低く、中間が高いという山高の傾向がみられた。根長は庇陰区2が最大となっているが、9が最小なことは第1回と変りがなかった。根長には各処理間にかんがいのちがいがみられたが、これに比較すると、苗高にはそれほど差は現われていなかった。

重量生長を比較すると、地上重、地下重とも最大庇陰区がもっとも小さく、生長がすずむほどその傾向が強まっている。

第1回の調査では、地上重、地下重とも庇陰度の高い8、9区で重量生長が小さいほかは、0、2、6区には明確な差はみられなかったが、生長が進んだ第2回調査では、地上重で2、6(最大)、地下重でも2(最大)、6が大きくなっていた。無庇陰区では地上、地下重とも3番目の生長を示した。

この重量生長と伸長生長の結果からいえることは、庇陰度の高い8、9区とくに9区の生長は、伸びではある程度の生長を示してはいるが、重量生長が極端に低いことから、組織的にみて、きわめて貧弱であることを示している。

図22のT-R比でわかることは、庇陰度8まではそれほど庇陰のちがいによる差は現われていないが、9になると、かなり高くなっており、1回目の調査よりも2回目にその差が一層大きくなっている。これからみても、庇陰度9においては、地上部の生長に比較して地下部の生長が極端に悪いことがはっきりといえる。

以上の結果からみると、庇陰度9では生長が極端に悪くなっており、相対照度が大体10%以下になると、光量の不足が生長に制限因子的に働いていることがはっきりする。

図23で地上部の幹枝、葉の配分についてみると、初年度の場合は、幹枝はほとんど幹軸だけで枝の分岐はほとんどなかったが、第1回の測定では、庇陰の高い方が葉の割合が少なく、幹枝(この場合は幹軸のみ)の割合が多く、2回目の測定ではこれが逆になり、庇陰度の高い8、とくに9区の幹枝の占める割合が小さくなっている。

ところで、第1回の測定の時点で本葉が出ている割合を示したのが表19である。

この結果からみて、発芽後160日、ほぼ最初の生育期を経過した時点で庇陰度8、9区では、全ての個体が発芽直後の初生葉の出たままであるのに対して、庇陰度0及び2区では、ほとんどの個体が本葉を出しており、葉の配分をみた場合、第1生育期においては庇陰の度合いが小さいほど葉の発達充実が促進され、したがって葉の占める割合も大きくなっているが、その後は幹軸の肥大、枝の分岐等が盛んとなり、相対的に葉の占める割合が小

さくなるのに対して、庇陰度の高い9区においては、ある程度の葉の形成はおこなわれても、そこまで生成される同化物質の量は少なく、したがって幹枝の生長充実へまわされる割合も少なく、結果として、第2回目の測定で幹枝の占める割合が第1回の場合より小さくなったものと考えられる。

—ツガの場合—

発芽後半年（Ⅰ）とおよそ1年半（Ⅱ）を経過したものを掘り取り調査した結果を表20に示す。

伸びについてみると、（Ⅰ）（Ⅱ）ともに第1生育期では9、8区が苗高で最高で、逆に

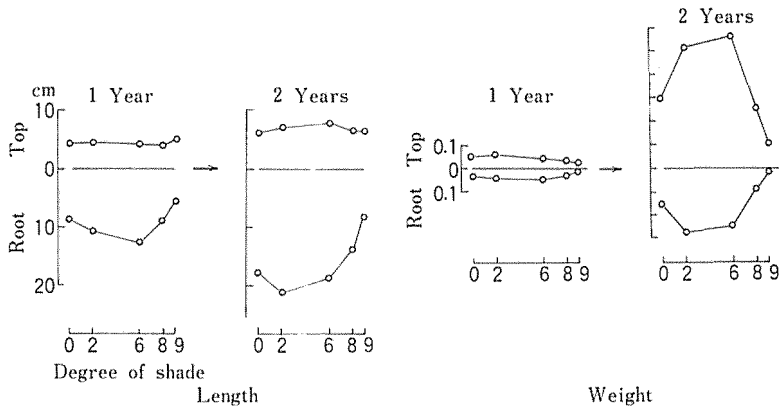


Fig. 21 Relation between degree of shade and growth of *Abies* seedlings
 図21 庇陰とモミ稚樹の地上部・地下部の生長との関係

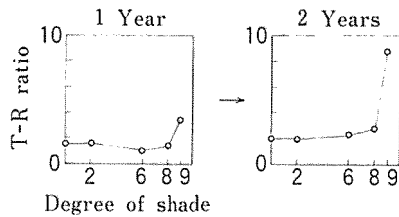


Fig. 22 Fluctuation of T-R ratio of *Abies* seedlings
 図22 T-R比の変化

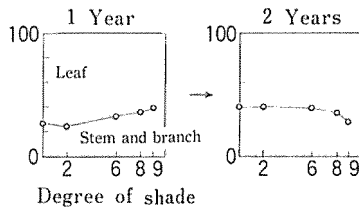


Fig. 23 Fluctuation of share of dry matter
 図23 幹枝と葉の配分

根長では最小であった。他の庇陰区間にはほとんど差がなかった。しかし、第2生育期に入って2区の伸びが最高になっており、逆に9区の伸びはほとんどとまっている。

このことは第2生育期からは上長伸長に光量の多少が大きく関与していることを示している。また、重量生長を比較すると、地上部、地下部とも9区がもっとも小さく、2区が最大であるが、T-R比をみると、9区がとくに高くなっている。このことから、9区においては、地上部の生長に比較して、地下部の生長が極端に悪くなっており、組織的にみてきわめて貧弱であることがわかる。

つぎに、(I)について本葉の形成をみると、9区は発芽直後の初生葉が出たままの状態であり、0、2区は全てが本葉を形成している。この現象は、モミの場合にもみられたことであるが、葉の形成には光量の多少が大きく関与していることを示している。

3.3. 考 察

天然更新を成功させるためには、林床に豊富な種子散布があること、また、これらの稚樹がいかに多く後継樹にまで生育発達するかである。

しかし、一般にモミ、ツガは林道沿やその法面等の土壌が露出したところに一斉に発芽している場合をよくみるが、1年を経過した段階で、そのほとんどが枯死、消失してしまっている。

林内においても、稚樹は照度10%以下のところにも多数発生しているが、若い更新樹の数がきわめて少ない。したがって、自然状態のままでは稚樹は発生、消失をくり返すことが予想される。そこで、天然更新をすすめる上でこれらの稚樹を健全に発達させるための手段を見出す必要があると考える。

稚樹の発生月は両種とも5、6月に集中し、消失は夏季の乾燥時、冬季の寒冷時に多いが、これらの枯死した稚樹をみると、根系の発達が貧弱で、腐植層をぬけて鉦質土壌に達しているのはまれであった。

発生調査プロットでは設定時に広葉樹、スズタケを全て除去しているが、プロット内は腐植層がかなり発達しており、この上に落下した種子は発芽をしても、その根系が腐植層をぬけて鉦物質土壌に達するにはかなりの時間を要すると考えられ、その間には夏季の乾燥による水分供給の不足、冬季の凍結による水分供給不足、霜柱による根系の浮上、また、雨水による根の洗い出し等の諸害を受けやすいと思われる。このような諸因のため根系の未発達な発芽当年生の稚樹は、その大半が1年目にして枯死、消失してしまうであろう。また、これらの諸害に耐え、生き残った2年目以降の稚樹も徐々に消失しているが、この原因としては、上層樹冠、下層植生による光不足、とくに下層植生の優占種であるスズタケによる光不足が大きく影響しているものと思われる。すなわち、光不足によって個体を維持するのに十分な光合成ができなくなり、次第に衰弱の方向に向かうであろうと予想される。また、庇陰格子内での稚樹の発生と生長をみると、モミの発芽率は無庇陰区が庇陰区にくらべ低い結果がみられ、庇陰は発芽に対してむしろプラスの効果がみられた。消失率からみると、第1生育期を経過した時点では無庇陰区が高く、庇陰度が増すにつれて低くなる傾向がみられ、第2生育期を経過してもやはり無庇陰区の消失がきわめて多かった。ツガの場合をみると、発芽率はモミとちがって庇陰度6区がすぐれており、消失率は、第1、2生育期を経過した時点においても庇陰度9と無庇陰区が多く、ツガの発生時には、

表 19 稚樹の本葉形成率
Table 19 Percentage of developed seedlings to all seedlings (*Abies*)

Degree of shade	0	2	6	8	9
%	100	98	5	0	0

表 20 ツガ稚樹の生長
Table 20 Growth of *Tsuga* seedlings

(I)

Degree of shade	Height cm	Length of root cm	Dry weight of top g	Dry weight of root g	T/R	Percentage of developed seedlings to all seedlings %
0	1.90	6.00	0.0122	0.0038	3.21	100
2	1.83	7.04	0.0128	0.0081	1.58	100
6	1.63	5.55	0.0084	0.0055	1.53	77
9	2.71	2.59	0.0047	0.0009	5.22	0

(II)

Degree of shade	Height cm	Growth of 1 year cm	Growth of 2 years cm	Length of root cm	Dry weight of top g	Dry weight of root g	T/R
0	6.18	2.55	3.63	12.08	0.0972	0.0392	2.48
2	7.37	2.43	4.94	14.70	0.1099	0.0589	1.87
6	4.46	2.69	1.77	5.80	0.0439	0.0158	2.78
8	4.33	3.40	0.92	6.88	0.0318	0.0157	2.03
9	3.12	2.82	0.30	3.12	0.0107	0.0023	4.65

光条件が良すぎても、極端に悪くても、マイナスとなる結果がみられた。このことは、ツガの種子がモミにくらべて極端に小さく、外的要因に大きく左右されるものと推察される。さらに生長がすすんでくると、モミ、ツガともに、地上重、地下重で庇陰度2, 6が最大となることから、発芽当初の稚樹にとっての最適照度は80~40%付近であろうと考えられる。

ところで、野路(1923)は、モミ、ツガは結実豊富な年に地かきし、真土を露出させて種子を受けることによって、一斉に多数の稚樹を発生させることができるとし、また、稚樹は発生後数年間庇陰下に置いて保護することが枯損を少なくし、生長をよくして更新上安全であるとし、稚樹を庇陰下に置く期間の長短は樹種により異なるが、ヒノキ、トガサワラは3~4年、モミ、ツガは5~6年を適当とするとのべている。

実際の林分では、とくにモミの葉は厚質で密な林分下では分解しにくく、腐植層が厚い。そのため、この腐植層をぬけだせずに消失してしまう稚樹の数も多い。したがって、種子落下前に地かきによりこの腐植層をとり除くことが必要であろう。

また、根系が腐植層にある間は上層を強度に疎開し、陽光を入れることは地表を乾燥させ、逆に消失を促すことにもなりかねない。庇陰格子の結果からもあわせ考えると、発生

後ある程度の庇陰下での保護期間をおくことも必要であろう。

また、稚樹発生林分に対する上木伐採量及びその影響について、福永(1923)は、疎開程度は総蓄積の51~67%をよいとし、林冠の疎密度は10~35%を適当であるとした。また、地被物とくに落葉は35~67%に疎開すると2~3年にして腐朽し、上木疎開は枝葉を硬直し、枝幹及び根部の発育をよくさせると報告している。

このように稚樹の生育には林冠を疎開することにより光条件をよくして、同化作用を促進させることが必要であることは明らかであるが、さらに根系の競合という点にも注目すべきであろう。

藤島(1930)は、一般に現在の林分内に新たに林木を生じるには、水平的にみて、現林木の根系に空隙があることを必要とするのみならず、垂直的の分布区域もまた相違することがよい。同一類の根系型の樹種間には駆逐力が現われ、異った種類の間には調和が得られる。また、根系の競合は単に根の発達余地を争うことのみならず、水分及び養分の奪取関係があるとのべており、この点では、モミは垂下根が発達して深部へ伸長し、ツガは水平的なひろがりを示していることから、お互いに共存しやすい関係にあると考えられる。

しかしながら、当調査地において最も重要なことは、稚樹の発生、生育には下層植生の優占種であるスズタケとの関係を考えなければならない。スズタケに関しては後にのべることにするが、スズタケの地下茎は土壤表層近くに複雑に絡み合っているため、根系の競合にも複雑な関係を生じることになる。

これらのことから、モミ、ツガ稚樹を発生、生育させるためには結実年の種子落下前に地表を発芽床として、種子の定着発芽に必要な水分保持ができるように、スズタケの刈払い、落葉層、腐植層の除去等をおこない、その後林床の相対照度が40%程度になるように、除伐あるいは枝打ちによりうっ閉度の調整をおこなうことが稚樹の発生を多くし、しかも早く生長させるための最良の方法であると考えられる。

4. 稚樹生育に関与する植生環境

モミ、ツガ稚樹群の生長過程をみてきた結果、モミ、ツガの初期生長には光条件が大きく影響を及ぼしていることがはっきりしてきたが、ここでは成木群について樹幹解析により生長過程をみることにする。

また、初期生長に大きな阻害要因となっているスズタケ群落の環境についてのべる。

さらに、更新を考える上では、モミ、ツガ林分下に後継樹をいかに育成するか、被圧木をいかに回復させるかが最も重要な問題となる。そこで、この一方法として、除伐による被圧改善試験をおこなった結果についてのべることにする。

4.1. 優勢木の生長

4.1.1. 調査法

モミ、ツガが群落状に分布する林分2箇所(図8のA, B)より調査木を採取した。

A区からモミ25本、B区からモミ28本、ツガ26本を径級ごとに採取し、樹幹解析をおこなった。樹幹解析法は樹高1/10の部位における円板を採取する10等分方式を使用した。このA, B両区は、ほぼ隣接している林分であるため、調査木は一緒に比較検討した。

4.1.2. 調査結果

4.1.2.1. 上長生長

まず、同一林分よりモミ、ツガ両種を採取したB区におけるモミ、ツガの樹高曲線を図24に示す。ただし、モミについては、樹幹解析木28本に同じB区で胸高直径と樹高を調べた15本を加えた43本の樹高曲線である。

曲線式は

$$\text{モミ: } Y = -0.0068X^2 + 0.6696X + 3.3139 \quad (1)$$

$$\text{ツガ: } Y = -0.0077X^2 + 0.6413X + 4.2800 \quad (2)$$

であらわされる。

この曲線からみると、モミ、ツガはほとんど同じような曲線を描いているが、モミはツガにくらべて生長がよいことがうかがえる。

さらに、樹幹解析木モミ53本、ツガ26本の年平均伸長量をみると、モミが20cm、ツガが15cmであり、個体別にみると、最高年伸長量はモミ32cm、ツガ20cmとなっており、これからもモミの生長がよいことがわかる。

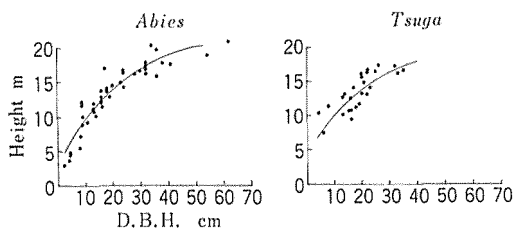


Fig. 24 Height growth curve of *Abies* and *Tsuga* by stem analysis

$$\text{Abies: } Y = -0.068X^2 + 0.6696X + 3.31139$$

$$\text{Tsuga: } Y = -0.0077X^2 + 0.6413X + 4.2800$$

Y: Height

X: D. B. H.

図24 樹幹解析によるモミ、ツガの樹高生長曲線

また、年齢と樹高との関係を図25を示す。

このうち、一番生長がよい個体（モミ、樹高21.4m、樹齢66年、ツガ、樹高16.6m、樹齢81年）の樹高曲線を図25に挿入し、これを基線にして横に10年間平行移動をおこない、この2本の曲線の間（実線と破線の間）に入る個体、すなわち、モミでは60年で樹高20mに達するものを一番生長がよい個体とすると、70年で20mに達するものまでの範囲のものを、この林分の優勢木と判断した。ツガも同様である。したがって、この優勢木に入る個体はモミ、ツガともに7本ということになる。また、このモミ、ツガ7本に加え、アカマツと当調査地の広葉樹の上層木であるブナ、ミズナラの各1本の測定値を表21に示す。

これからみて、モミ優勢木の年平均伸長量は30cm、ツガは18cmであった。アカマツはモミ、ツガの中間的な伸びを示し、ブナ、ミズナラはモミにほぼ近い伸びを示していた。

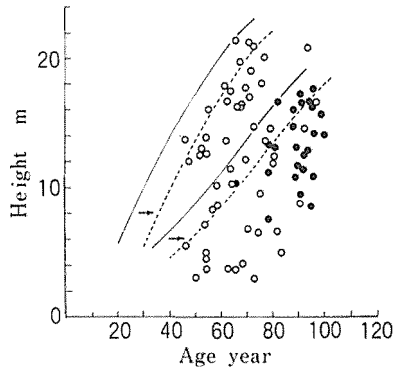


Fig. 25 Relation between age and height of *Abies* and *Tsuga*, and decision of dominant trees. Dominant trees are decided on the basis of individual showed the highest growth.

○ *Abies* ● *Tsuga*

図 25 優勢木の判定

また、各個体の樹高生長及び肥大生長（連年直径生長）を図 26 に示す。樹高生長速度をみるために、この図より 2 m の伸長に要する年数を読みとると表 22 の結果が得られた。

モミの場合、樹高 2 m に達するまでに 15 年、2 m から 4 m に 6 年、さらにその後の 2 m 生長ごとに約 5～6 年を要している。

表 21 モミ、ツガ優勢木の生長
Table 21 Growth of dominant trees

Species	Tree No.	Age	Height m	Basal diameter cm	Mean annual height growth m	Mean annual diameter growth cm
<i>Abies</i>	1	46	13.8	21.1	0.300	0.459
	2	55	16.1	20.9	0.293	0.380
	3	62	17.8	52.0	0.287	0.839
	4	67	19.9	61.0	0.297	0.910
	5	73	20.9	47.5	0.286	0.651
	6	71	21.2	37.0	0.299	0.521
	7	66	21.4	90.6	0.324	1.373
	Mean	63	18.7	47.2	0.298	0.733
<i>Tsuga</i>	1	65	10.2	16.9	0.157	0.260
	2	79	13.2	23.7	0.167	0.300
	3	88	16.0	30.0	0.182	0.341
	4	91	16.5	29.0	0.181	0.319
	5	81	16.6	29.8	0.205	0.368
	6	90	17.2	39.5	0.191	0.439
	7	95	17.4	29.9	0.183	0.315
	Mean	84	15.3	28.4	0.181	0.335
<i>Pinus densiflora</i>		75	18.6	37.4	0.248	0.499
<i>Fagus crenata</i>		55	16.0	32.2	0.291	0.585
<i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i>		57	15.8	38.7	0.277	0.679

ツガの場合、2 mまでに21年、2～4 mに14年、その後約9年を2 mの伸長に要しており、モミとツガの間には4～5年の差がみられた。アカマツ、ブナ、ミズナラは初期生長期から2 mの伸長に平均で約7～8年を要し、上層木に至るまで、ほぼコンスタントに生長を続けているといえる。とくにブナの発生から2 mに至るまでに、わずか3年であることは、ブナの初期生長がとくにすぐれていることを示している。

さらに各個体において、5年以内で2 mの生長をする時期を樹高生長が最も速い時期とするならば、モミは大体樹高6～12 mあたりにその生長のピークがあることから、スズタケ及び灌木層を抜け出した頃から急速に生長を速めているといえよう。

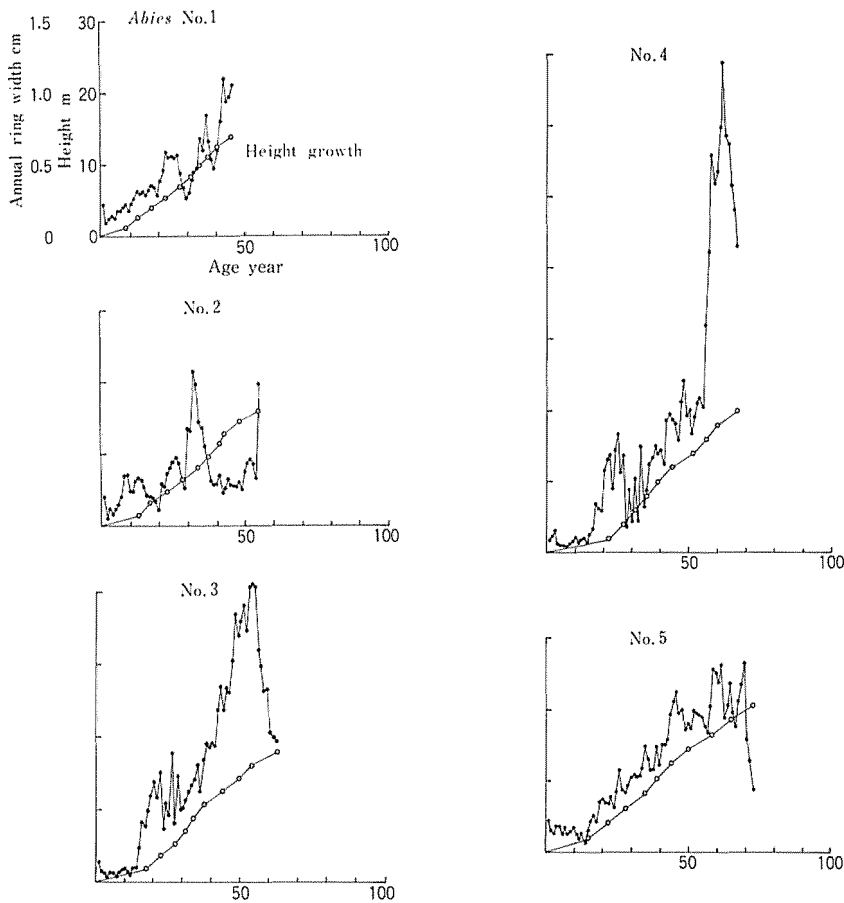


Fig. 26-1 Height and diameter growth of dominant trees

図 26 優勢木の上長・肥大生長

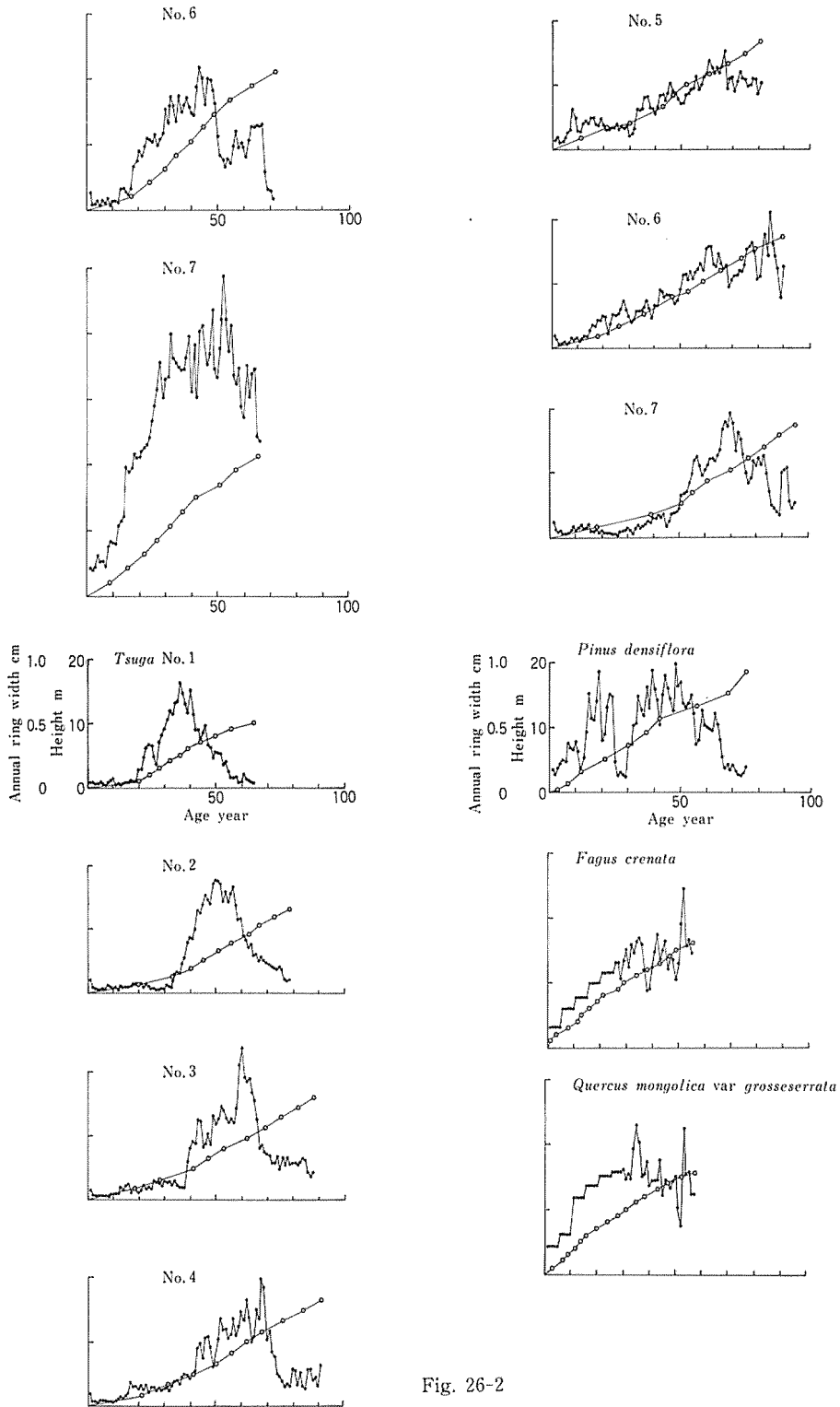


Fig. 26-2

一方、ツガは5年以内で2mの生長をする場合はほとんどなく、平均で8年を要する時期が生長の速い時期といえる。また、樹高6mに達するまでに、モミは30年以内であるが、ツガは45年を経過していることから、ツガは下層植生から抜け出してもモミ、あるいはアカマツ、ブナ、ミズナラのような生長速度の速い樹種に生長が抑えられることになるといえそうである。

4.1.2.2. 肥大生長

樹幹解析木モミ53本、ツガ26本の連年直径生長曲線から、モミは図27に示すように3つの型に分類される。

1. は大きく生長した時期がほとんどなく、全体的に生長量がきわめて小さい。14本がこの型にほぼ該当する。根元直径からいえば、大体10cm以下の個体が多い。

2. は初期生長の被圧期間がわりに長く、その後の生長がよくなる。24本が属し、根元直径10~30cmの個体。

3. は初期生長の被圧期間がほとんどないか、あるいはごくわずかで生長がきわめてよい。15本が属し、根元直径30cm以上の個体。

一方、ツガは全体的に初期の被圧期間が長く、30~50年近くあり、その後生長が徐々によくなるというモミでいうところの2.のタイプに属する個体が大半であった。

これらのことから、モミ、ツガとも、1.が被圧木、2.が生長の平均的なパターン、3.が優勢木であると判断される。もちろんこの3つの型と若干異なる個体もあるわけで、とくに型としては2.の型の生長をおこなうが、再び被圧状態下に入る個体もかなりみられる。

表22 モミ、ツガ優勢木の樹高生長
Table 22 Height growth of dominant trees (Year: the time required)

Species	Tree No.	Year									
		0~2 m	2~4	4~6	6~8	8~10	10~12	12~14	14~16	16~18	18~20
<i>Abies</i>	1	11	7	7	6	4	5				
	2	14	6	7	7	4	4	5			
	3	18	5	5	4	3	6	7	5		
	4	21	6	4	4	4	5	7	5	4	
	5	15	7	6	6	4	5	6	7	7	7
	6	16	7	6	4	5	4	5	4	7	8
	7	9	6	6	5	5	4	5	6	8	6
	Mean	15	6	6	5	4	5	6	6	7	7
<i>Tsuga</i>	1	24	8	7	11	15					
	2	27	13	8	8	9	8				
	3	20	15	10	8	10	9	8	8		
	4	23	12	12	8	7	8	10	9		
	5	12	16	12	6	6	10	9	7		
	6	19	10	10	8	11	8	8	8		
	7	21	21	11	5	10	8	7	7		
	Mean	21	14	10	8	10	9	8	8		
<i>Pinus densiflora</i>		9	7	8	9	6	8	13	10	4	
<i>Fagus crenata</i>		3	9	7	5	8	9	9	7		
<i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i>		7	5	4	8	7	7	9			

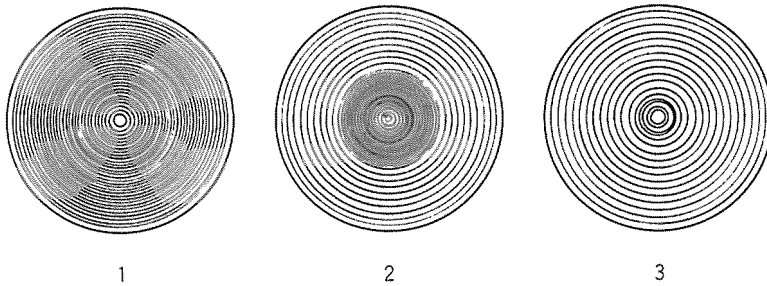


Fig. 27 Types of diameter growth of *Abies* classified by stem analysis

- 1: Suppressed tree type
- 2: Normal tree type
- 3: Dominant tree type

図 27 モミ直径生長のタイプ

これはその個体の成立位置すなわち周囲木との関係が大きく影響しているものと考えられる。

そこで、先に優勢木としたモミ、ツガ各7本についてみると、モミはほとんど3.の型をなし、ツガは2.の型をしている。

ツガの場合、優勢木とした7本の調査木に3.の型がほとんどみられなかったことは、モミほどの大径木がなかったことも考えられるが、先にのべたように、ツガの種子はモミにくらべて極端に小さく、稚樹もまた小さい。このため初期生長の段階で、モミあるいは広葉樹のような生長速度の速い樹種に抑えられる可能性が非常に強いといえる。したがってツガの場合、初期生長の被圧期間がわりに長いという2.の型になることが多いと考えられる。

また、この7本の年平均直径生長量は表34から、モミ0.7cm、ツガ0.3cm、アカマツ0.5cm、ブナ0.6cm、ミズナラ0.7cmであり生長順位は上生長の場合とほぼ同じ傾向を示している。

4.2. スズタケの群落環境

九州中部山岳地帯に位置する当調査地においては、ほとんど全域にわたりスズタケが生立している状態であり、これらのスズタケは上層の高木層がなくなっても残存するので、更新上とくに天然更新をおこなう場合においては生物的な阻害要因になっている。しかしながら、ヒノキの場合(赤井ら, 1967)、ササが生えていても、保護植生としてコントロールすれば天然更新は可能であるといわれている。また、地下茎がよく発達し、土壤表層を緊縛していることは、土壤保全の面に対し、とくに急峻な山岳林においてはきわめて有効な働きをしているのではないかということ予想させる。

そこで、林内の環境を調べるにあたり、このスズタケの群落環境を明らかにする必要がある。

4.2.1. 調査法

場所は図8のHの位置でおこなった。この林分の上層樹冠はブナであり、林床はスズ

ケが密生している。スズタケ群落内の光環境については、東芝5号型照度計及び積算照度計を用いて測定をおこない、さらに、群落内の温度については、スズタケ群落内とスズタケを刈払った区の地表10cm位の温度をライオン温度計を用いて、初夏から盛夏にかけての1975年6月、7月、ブナの落葉期の11月初旬と下旬及び開葉期直前の1976年4月にそれぞれ1週間ずつ測定をおこなった。

4.2.2. 調査結果

4.2.2.1. 光環境

スズタケ群落内は明るさが極端に低下しており、そのため地表植生は貧弱で、スズタケが密生していると他の地表植物の分布は皆無という場所もまれではない。

スズタケを刈払って3年から4年近く経過した場所のスズタケ以外の地表植生は木本植物の稚樹や草本植物が侵入して種類数や個体数もかなり多くなっている。

一方、スズタケをそのままにした対照区では、種類数、個体数とも少なく、全く地表植物のみられないところもあった。

図28は積算照度計(ラムダ社製センサLI-210S積算計LI500)を用いて、落葉期から開葉期にかけてのブナースズタケ群集内の明るさの変化をしらべた(沐木ら, 1977b)。ブナの落葉期には40%以上の明るさがあったスズタケ刈払区は葉の開出が始まると、急速に低下し数%以下になった。したがって、スズタケ群落内の明るさはこれよりもさらに低くなった。この結果からもスズタケ群落内のとくに地表近くの光環境はきわめて悪いことがわかる。一方、スズタケ群落内の上層から下層へかけてこの光環境をしらべてみると、図29のような結果が得られた。この場合、スズタケ葉層の直上の照度を100として比較している。また、スズタケの葉の着生状態を葉面積指数(Leaf area index)であらわしている。これ

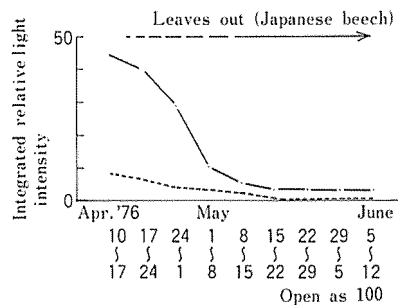


Fig. 28 Integrated relative light intensity in Suzutake community under the canopy of Japanese beech

— — — Integrated relative light intensity in cutting plot

..... Integrated relative light intensity in control plot

図28 ブナースズタケ群集内における積算照度

からもわかるように、群落内に入ると明るさは急速に低下している。これは葉面積層の累積曲線からもうかがえるように、スズタケの葉群が上層に偏在しているためと考えられる。

この結果ではスズタケ群落の地表の照度は上縁の5%から25%程度に低下している。

4.2.2.2. 温度環境

測定した結果をまとめたのが図 30 である。日最高温度は、いずれの場合もスズタケ区が大体において低い傾向を示した。日最低温度は、6月、7月のブナの開葉期はスズタケ区が低い値を示したが、落葉期(11月、4月)の測定では逆にスズタケ区が高く、刈払区が低かった。

日較差は開葉期は処理間にはほとんど差がなく、ややスズタケ区が少ない傾向(≒1.0°C)

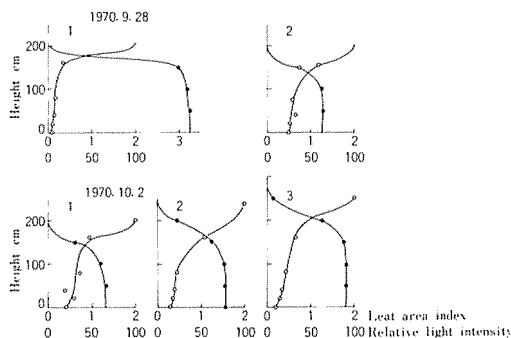


Fig. 29 Relation between leaf area index and relative light intensity in Suzutake community

●—● Leaf area index ○—○ Relative light intensity Open as 100
 図 29 スズタケ群落内の光環境の変化

を示したが、落葉期の測定では刈払区が大きく 4°C 以上の差がみられた日があった。

平均温度は開葉期ではスズタケ区が低かったが、落葉期には差がほとんどなくなり、さ

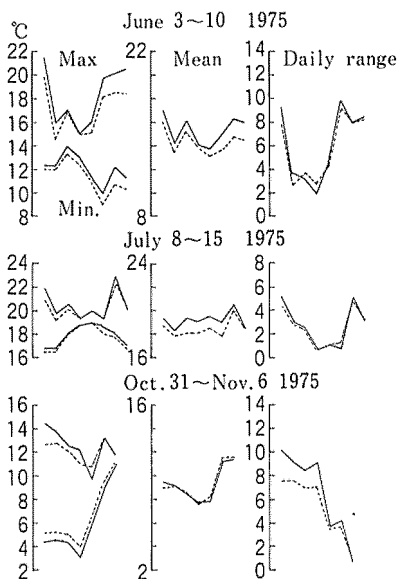


Fig. 30-1 Seasonal variation of the temperature at 10 cm above the ground under the canopy of Japanese beech
 — Cut ----- Uncut

図 30-1 ブナースズタケ群集内における地上 10 cm 位での温度変化

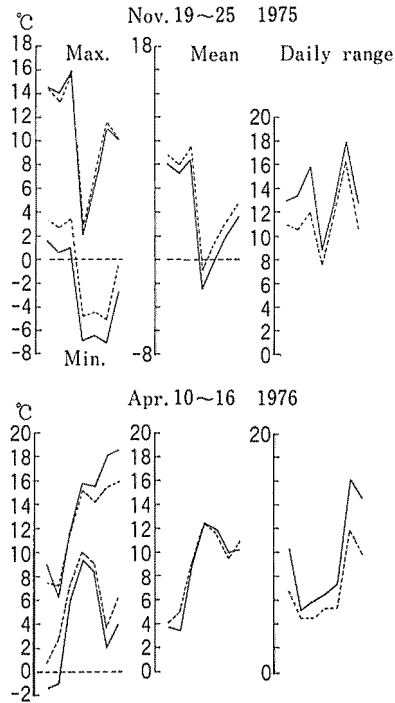


Fig. 30-2

らに落葉がすすんだ段階では、スズタケ区が高い日が多くみられた。これらの温度特性をまとめたのが表 23 である。

この表でみると、上層樹冠を構成するブナが着葉している高温の夏季には、スズタケ区が各温度項目とも刈払区よりも低い値を示している。また、光環境のところであきらかにしたように、スズタケ区では上層樹冠を通してわずかに林内に入ってきた陽光は、さらにスズタケ葉層にさえぎられ、きわめてわずかの量しか地表面に到達していない。このことがとくに夏季においては、スズタケ群落内の温度を低くおさえる結果になっていると考えられる。

一方、冬季低温の落葉期になると、上層樹冠は落葉しているため、樹冠層を通して林内に入る陽光は比較的多くなっているが、スズタケ区の最低気温は刈払い区よりも高い値を

表 23 スズタケ群落内の温度特性
Table 23 Air temperature in Suzutake communities

Season Temperature	The season of the leaves-out		The season of the leaves-fall	
	The first half	The latter half	The first half	The latter half
Maxima	Low*	Low	Low in general	Low
Minima	Low	Low	High	High
Mean	Low	Low	No difference	No difference

* : As compare with the cutting plot

示した。

また、日較差は相対的にかなり小さくなっている。この夏、冬の観測結果は、スズタケ葉層が上部樹冠表層について第2の能動面となり、群落内の温度の急激な変化をおさえるとともに、冷気を減じ、このスズタケ葉層と地表層との間に一つの保護された気層を作り出していることを示している。

4.3. 稚樹の分布とスズタケ

4.3.1. 調査法

モミ、ツガ稚樹について、落葉広葉樹林下における場合とモミ、ツガ一斉状林分下における場合の分布とスズタケとの関係をしらべた。まず、落葉広葉樹林下における場合の調査法は、モミ、ツガが点在している落葉広葉樹林内に幅 10 m×長さ 1000 m のベルトトランセクトを図 8 の E に示す位置に設定し、この長さ 1000 m のベルトを 40 m ずつに区切り、この一角に 5×5 m のプロットを計 25 個設置し、プロット内の稚樹本数とスズタケ本数をしらべた。

また、胸高直径 20 cm 以上のものが種子生産が一応可能であるとし、これらを母樹として考え、種子の散布は母樹を中心に樹高の範囲内がもっとも多量であろうと予想し、プロットの中から半径 30 m 内の母樹数をしらべた。

スズタケの量は m^2 当り 20 本程度を多とし、以下 10 本程度を中、5 本程度を少とした。

つぎにモミ、ツガ一斉状林分下における場合は、モミ、ツガが上層樹冠を形成し、ほぼ一斉林状になっている林分(図 8 の F)内で下層植生としてスズタケが密生している部分とスズタケを全く欠く部分からなっている個所に、幅 4 m のベルトトランセクトを 1971 年 6 月に 3 本設置し、ベルト内を 1×1 m のプロットに分割して、このプロット内に発生するすべての個体の分布図を作成した。

なお、この調査は 3 年後の 1974 年、6 年後の 1977 年にもおこなった。

4.3.2. 調査結果

落葉広葉樹林下におけるモミ、ツガ稚樹の分布をみると、まず、母樹の量を胸高断面積であらわし、これと高さ 50 cm 以下の稚樹の生立本数との関係を図 31 に示し、母樹本数と稚樹本数、また、スズタケ量との関係を表 24 に示した。

この結果から、母樹の量と稚樹本数との関係をみとめることはできなかった。

プロット別に稚樹本数をみると、プロット No. 23 で 35 本と最多であり、 m^2 当りにして 4 本、プロット全体の平均で m^2 当り 0.18 本とごくわずかであった。

また、スズタケの多少と成立本数との関係をみると、スズタケが少ないところでは、稚樹の発生本数が多い傾向はあるが、これだけでははっきりとはいえないようである。

つぎにモミ、ツガ一斉状林分下のモミ、ツガ稚樹についてみることにする。

ベルトトランセクト調査をおこなった 3 本につき、1×4 m を 1 プロットと考え、このプロット内のモミ、ツガ稚樹とスズタケの関係を図 32 に示す。母樹(胸高直径 20 cm 以上)の位置を矢印で図上に示す。

これによると、ベルト 3 本ともに、モミ、ツガ稚樹はスズタケ本数が少ないところに多く生立していることが明らかである。また、母樹下にはかなり多くの稚樹が生立している

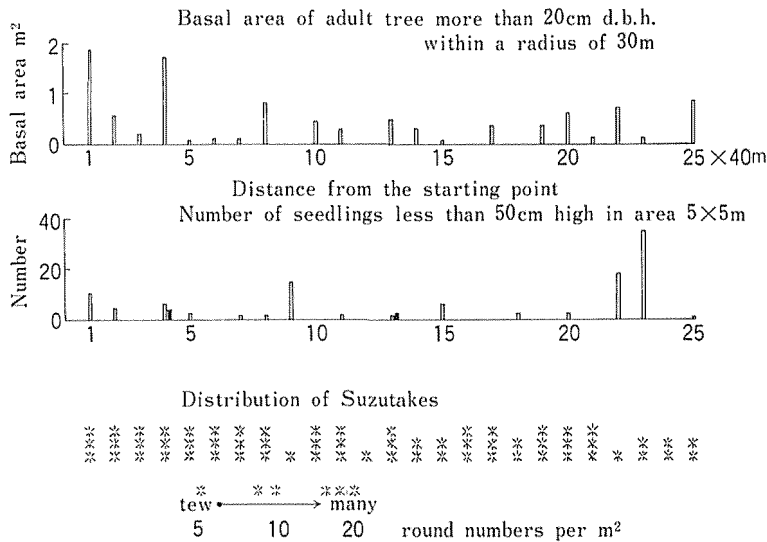


Fig. 31 Relation between seedlings and adult trees, and distribution of Suzutake
 図31 モミ、ツガ稚樹と母樹との関係

が、スズタケが密生しているところでは、母樹下であっても稚樹はわずかしかみられなかった。

また、モミ、ツガ、スズタケ及びとくに多い広葉樹の稚樹本数は表25のとおりである。モミ、ツガ以外の樹種では、イヌツゲ、ハイノキ、カエデ、シキミ、シロモジ、シデ、ガマズミ等の稚樹が多く発生していた。

スズタケは、プロット当たり1~98本とかなりバラツキがみられ、平均では20~27本であった。

モミ稚樹のプロット当たり本数は平均で、(I) 3.81, (II) 8.79, (III) 3.33本であり、スズタケを全く欠くプロット内の本数は、(I) 5.97, (II) 14.25, (III) 6.76本、スズタケが生立するプロット内では、(I) 2.38, (II) 0.59, (III) 1.29本とスズタケを欠くプロットはスズタケが生立するプロットの、(I) 2.5, (II) 24.2, (III) 5.2倍の稚樹本数を示している。

ツガ稚樹では、プロット当たり平均(I) 0.73, (II) 0.78, (III) 1.24本であり、スズタケを欠くプロットでは、(I) 1.18, (II) 1.00, (III) 1.64本、スズタケが生立するプロットでは、(I) 0.44, (II) 0.44, (III) 1.00本となっており、スズタケを欠くプロットはスズタケが生立するプロットの(I) 2.7, (II) 2.3, (III) 1.6倍の稚樹数を示している。なお、ツガの稚樹本数はモミ稚樹本数の2/5~1/10の発生しかみられなかった。

モミ、ツガ以外の樹種をみると、イヌツゲ、カエデはスズタケがないプロット内によく発生しており、しかも、そのようなところにはモミ、ツガ稚樹の発生も多い傾向があるようである。

一方、スズタケが密生して、きわめて庇陰度の高いプロット内にも多く発生するのはシキミであった。また、シキミは相対照度数%以下のモミ、ツガ林下によく現われることか

表24 母樹数とモミ、ツガ稚樹との関係
Table 24 Relation between seedlings and adult trees, and distribution of Suzutake

Plot No.	Number of adult trees more than 20cm D. B. H.								Number of seedlings less than 50cm high				Distribution of Suzutake
	Within plot		Radius										
			<10m		10~20m		20~30m						
	<i>Abies</i>	<i>Tsuga</i>	<i>Abies</i>	<i>Tsuga</i>	<i>Abies</i>	<i>Tsuga</i>	<i>Abies</i>	<i>Tsuga</i>	< 5 cm	5-10cm	10-50cm	Total	
1	1	0	2	4	6	3	3	3	9	1		10	***
2	0	0	3	1	1	3	0	1	4			4	***
3	0	0	0	0	0	0	0	1					***
4	0	0	2	1	5	4	1	6	6		(4)	6(4)	***
5	0	0	1	0	0	0	0	0	2			2	***
6	0	0	0	0	1	0	0	0					***
7	0	0	1	0	0	0	0	0			1	1	***
8	0	0	2	0	1	0	3	2	1			1	***
9	0	0	0	0	0	0	0	0	15			15	*
10	0	0	0	1	1	1	2	4			(1)	(1)	***
11	0	0	0	0	1	0	2	0			1	1	***
12	0	0	0	0	0	0	0	0					*
13	0	0	0	0	0	6	1	0	1(1)		(1)	1(2)	***
14	0	0	0	0	0	0	1	3					**
15	0	0	1	0	0	0	0	0	6			6	**
16	0	0	0	0	0	0	0	0					***
17	0	0	0	0	1	1	0	2					***
18	0	0	0	0	0	0	0	0	2			2	**
19	0	0	0	0	1	0	0	0					***
20	0	0	1	0	1	0	2	0	2			2	***
21	0	0	0	0	0	0	1	0					***
22	0	0	2	1	3	1	2	0	17	1		18	*
23	1	0	1	0	0	0	0	0	14	19	2	35	**
24	0	0	0	0	0	0	0	0					**
25	0	0	1	0	2	2	2	1	1			1	**
Total	2	0	17	8	24	21	20	23	80(1)	21	4 (6)	105(7)	

() : *Tsuga*

* ** ***
few ←-----→ many
5 10 20 round number per m²

らみて、シキミはきわめて強い耐陰性をもっていると考えられる。このことは、モミ、ツガ林下にシキミが多く、しかもモミ、ツガの更新稚樹をみないときは、その林分の明るさがきわめて悪いことを指標しているといえる。

また、このベルト3本の3年後の1974年、6年後の1977年の稚樹の変動を図33に示す。ただし、モミ、ツガのみを示している。

これらの稚樹の分布型をIδ法で解析をおこなうと、いずれもスズタケを欠く個所に集中分布を示しており、年々の消失により、個体数はかなり減少しているが、集中分布の度合いが強くなっている。しかし、集団の大きさは小さくなる傾向がみられる。また新たに多量の発生があると、全体としては当初の状態に近づくといったくり返しが周期的におこなわれるものと思われる。

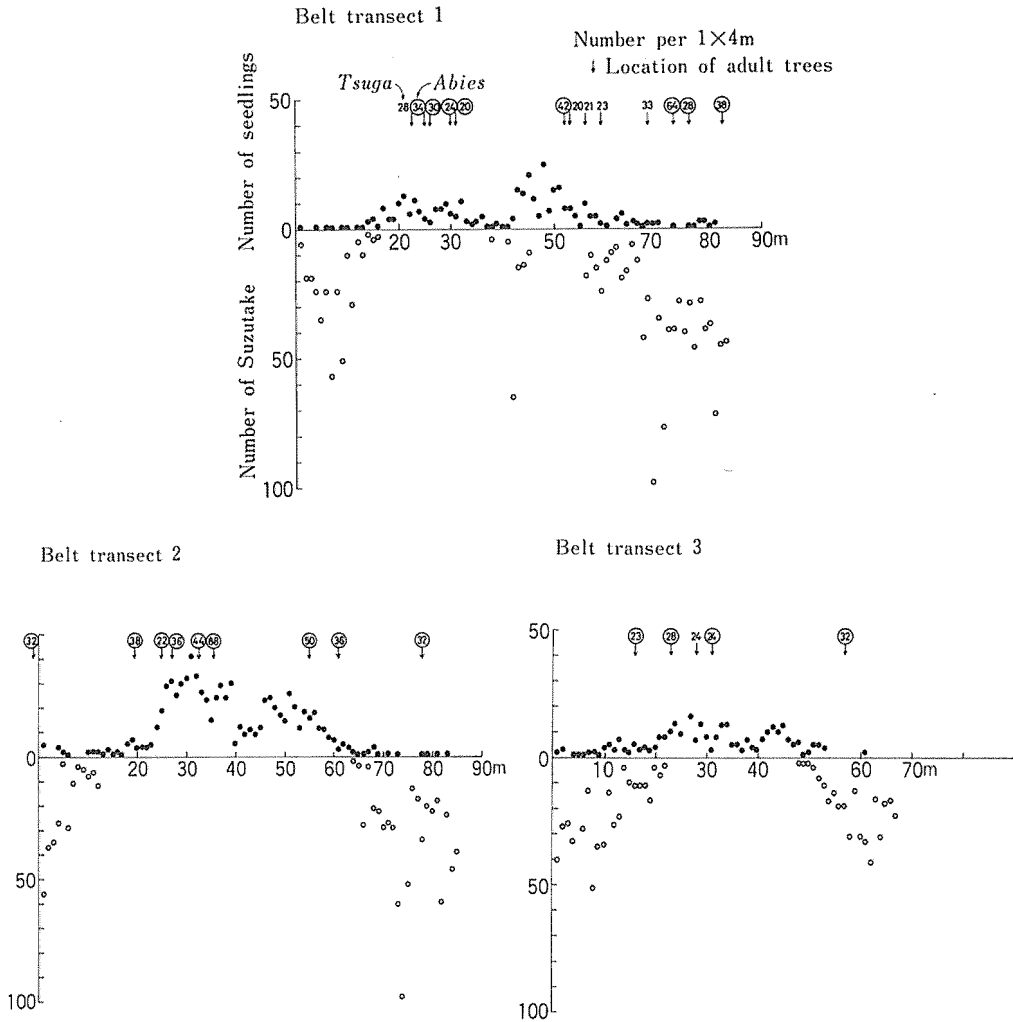


Fig. 32 Relation between seedlings of *Abies* and *Tsuga* and Suzutake in belt transect plots

● *Abies* and *Tsuga* seedling

○ Suzutake

28, ④: D. B. H. (cm) of *Tsuga* and *Abies* adult trees more than 20 cm d. b. h.

図 32 モミ、ツガ稚樹とスズタケとの関係

以上のように落葉広葉樹林下、モミ、ツガ一斉状林分下における稚樹の分布をみると、母樹が多ければ稚樹の発生、生立も多いということは一概にいえず、林分内の明るさ、林床の状態あるいは下層植生の有無などによってかなり影響されているようである。その中でも、とくに下層植生の優占種であるスズタケとかなり密接な関係があるといえそうである。

4.4. モミ、ツガの生長とスズタケ

先にのべたように、スズタケ群落内においては、光及び温度環境に変化があることがわ

表 25 ベルトトランセクト調査地内の稚樹数及びスズタケ本数
Table 25 Number of seedlings* and Suzutake in belt transect plots

Belt transect number	Number of plots (1×4m)	<i>Abies firma</i>	<i>Tsuga sieboldii</i>	<i>Carpinus sp.</i>	<i>Illicium anisatum</i>	<i>Lindera triloba</i>	<i>Ilex crenata</i>	<i>Acer sp.</i>	<i>Symplocos myrtacea</i>	<i>Viburnum dilatatum</i>	<i>Sasa borealis</i>
I	50	119	22	27	86	17	299	84	65	13	1342
	(33)	197	39	11	69	6	436	213	126	4	
II	34	20	15	0	19	4	173	4	50	3	891
	(51)	727	51	26	35	18	644	154	97	12	
III	42	54	42	0	78	8	101	24	40	0	844
	(25)	169	41	3	23	9	184	102	28	0	

* : Less than 3.0 m high
() : No Suzutake (*Sasa borealis*)

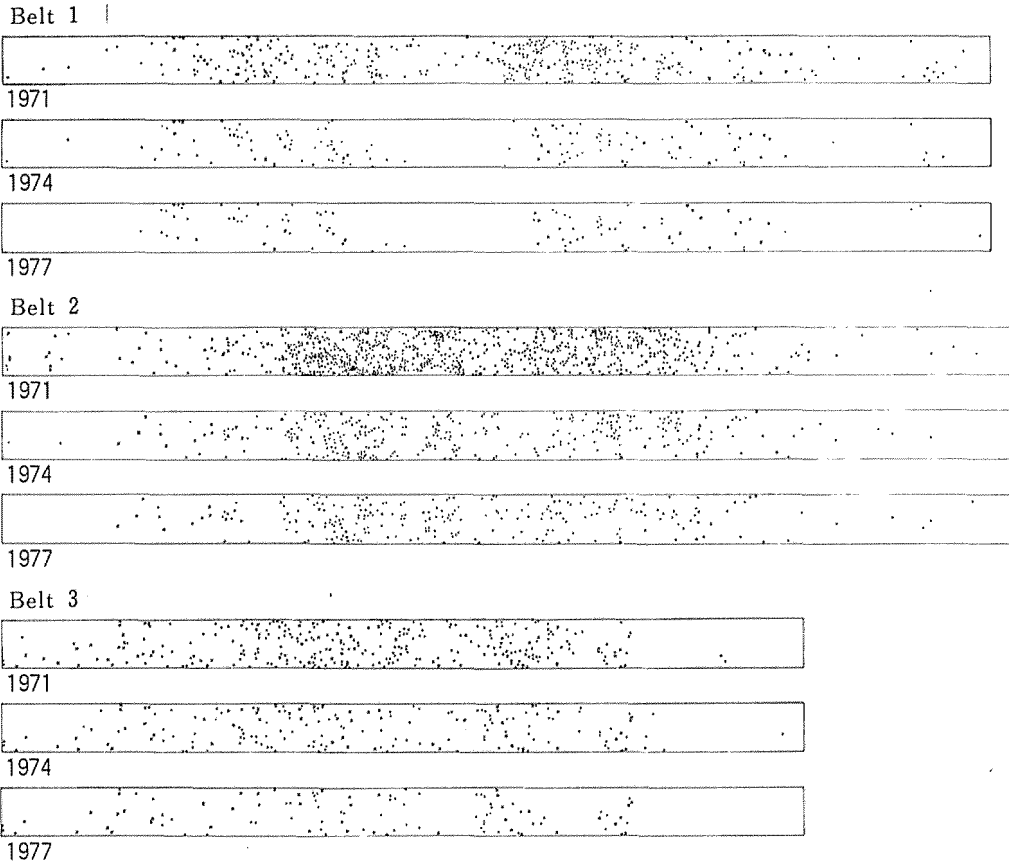


Fig. 33 Fluctuation of *Abies* and *Tsuga* seedlings in belt transect plots
Measured in 1971, 1974 and 1977

図 33 ベルトランセクト調査によるモミ、ツガ稚樹の変動

かったが、このことがモミ、ツガの初期生長にどのような影響を及ぼしているかを樹幹解析により検討をおこなった（汰木ら、1970 b）。

樹幹解析木の年齢構成を表 26 に示す。

また、モミ、ツガ各 4 本を例にとり、樹高生長をみると、図 34 のようである。

これからわかるように、2.0 m 付近までは遅々とした生長を示している個体も、その後はそれまでに要した期間に関係なく、いずれも急速に生長をはじめている。これを平均値で示すと、モミは 2.0 m に達するまで 18.81 年、4.0 m に達するまで 28.48 年、ツガは 2.0 m に 25.80 年、4.0 m に 40.25 年となり、2.0 m の生長に比較して期間が半減されており、樹高が 2.0 m を越すと生長が急速によくなっている。

ところで一般に、モミ、ツガの初期生長はきわめて緩慢であるといわれているが、この調査結果では個体間にかなりのバラツキがあり、モミの場合でも生育場所によっては、10

表 26 樹幹解析木の年齢構成
Table 26 Age composition of stem analysed trees

Age	<i>Abies</i>	<i>Tsuga</i>
41~ 50 years	4	2
51~ 60	12	0
61~ 70	18	1
71~ 80	14	4
81~ 90	3	9
91~100	3	13

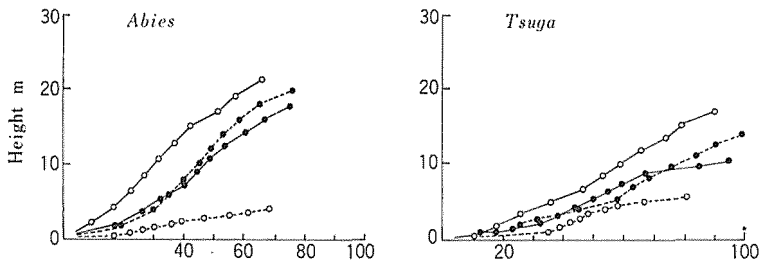


Fig. 34 Height growth curves of sample trees of *Abies* and *Tsuga*

図 34 モミ・ツガ調査木の樹高生長

年たらずで 2.0 m に達し、10 数年で 4.0 m に達するものもあれば、上層樹冠によって被圧されている場合には、70 年近くになってやっと 4.0 m に達するものもある。したがって、環境条件が良い場合には生育初期でもかなりの生長を示すことが考えられる。

そこで樹幹解析の結果から、生長に極端な被圧状態がみられるのは、樹高 2.0 m 付近までであり、スズタケ群落が被圧環境をつくる高さ、モミ、ツガの極端な生長の遅滞がみられる高さはほぼ等しく 2.0~2.5 m であることから、スズタケによる被圧であるといつて差支えないようである。

したがって、スズタケ群落内に発芽したモミ、ツガ稚樹は極端な光不足の条件下におかれ、発生後 20~30 年を要してようやくこのスズタケの高さを抜け出すが、その後は光条件が改善されるため、急速に生長をはじめるのであろう。また、スズタケ自体はかなりの低照度のところにも生育はしているが、相対照度が数%以下のモミ、ツガの密生している林

分下にはほとんど発生せず、割合に光条件のよい落葉広葉樹林下にきわめて密生しているのが特長である。そのため、落葉広葉樹林へのモミ、ツガの分布は、この面からもきわめて制限されているものと考えられる。

ところで、モミ、ツガの生長に及ぼすスズタケの影響について、これまで地上部の光環境の面から検討したが、さらに地下部における根系の競争についても考えてみる必要がある。スズタケの根系については、汰木ら (1977 b), 汰木ら (1984) が報告しているが、図 35 に示すように、スズタケはきわめて緊密な根系を土壌の表層部分に発達させている。

上田 (1956) によると、縦横に走っている地下茎をほぐして測った延長は 1m^2 のうちに 49m に及んでおり、地表下 $20\sim 50\text{cm}$ の深さに広がっていると報告している。

また、著者もスズタケを時期別に刈払い、その後のスズタケの動向を調査した試験地において、刈払い処理後 9 年を経過した時点で掘り取りをおこなった結果によると、スズタケ地下茎の深さは、上田の場合とほぼ一致しており、地下茎の延長は、1 月刈払区では 13m 、4 月刈払区 46m 、7 月刈払区 8m 、10 月刈払区 2m 、対照区 22m という結果が出ており、刈払い後のスズタケについては時期別にかなりのバラツキがみられた。

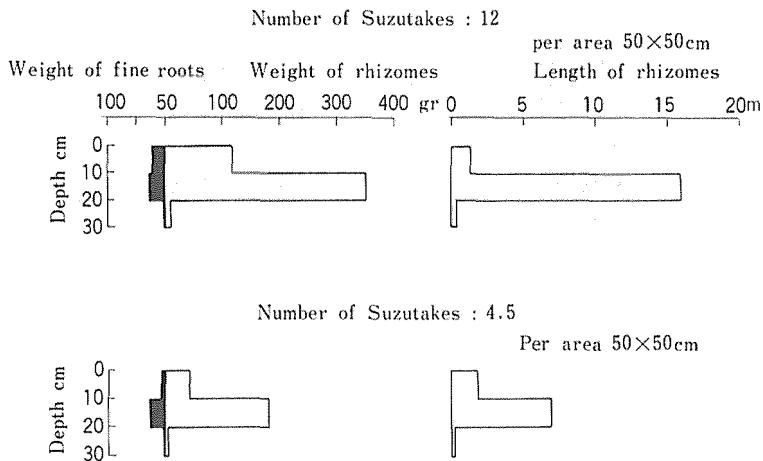


Fig. 35 Underground part of Suzutake group

図 35 スズタケ集団の地下部の生長

このようなスズタケの地下茎の発達、モミ、ツガ稚樹の根系と水分や養分の吸収に関する競争にかなり影響を与えていると考えられる。

4.5. 被圧木の生長

モミ、ツガ成木の樹幹解析をおこなってみると、そのほとんどが初期生長時代に被圧をうけており、その後この被圧状態を抜け出すと生長は急速に増加する傾向があるが、個体によっては、生長途中で再び被圧をうけているもの、また、被圧状態から全く抜け出せずに 60 年を経過しても樹高が 1m に達しないという極端な例もみられる。ここでは、これらの被圧状態下にあるモミ、ツガ個体の生長過程及び生育状態をみることにより、初期生長時代の被圧期間の短縮ならびに被圧木の生長回復の可能性の有無等について検討した。

4.5.1. 被圧時代の分布

先の優勢木の生長でのべた樹幹解析木モミ 53 本、ツガ 26 本にモミ 19 本、ツガ 20 本を加えこれらのモミ、ツガ 118 本について、断面高 0 m 位における年輪の疎密により、各個体がどの時期に被圧状態下にあったかをしらべた。

ところで、被圧状態下にあったと考えられる時代を年輪の疎密から判断するために、年輪幅で何 mm 以下が被圧状態下にある時代であるというような数値を決定するには問題があると思われるが、ここでは、仮りに 1 年輪幅が 1 mm 以下を被圧状態下の時代であるとした場合、各個体内での被圧時代の分布は図 36 に示すような結果が得られた。

モミについては、胸高直径 10 cm 以下の個体は、被圧時代がそのほとんどを占め、ほぼ一様に初期の被圧状態のまま未だ回復しない状態であるといえる。11~20 cm の個体では初期の被圧期間がわりに短かく、一時回復する場合が多いが、このうち半数近くのもの再び被圧状態下に入っている。

また、一般に母樹とみなし得る胸高直径 20 cm 以上の個体は、ほとんどが初期の被圧状態から抜け出すと急速に生長が回復している。とくに 60 cm を越えた大径木では、初期か

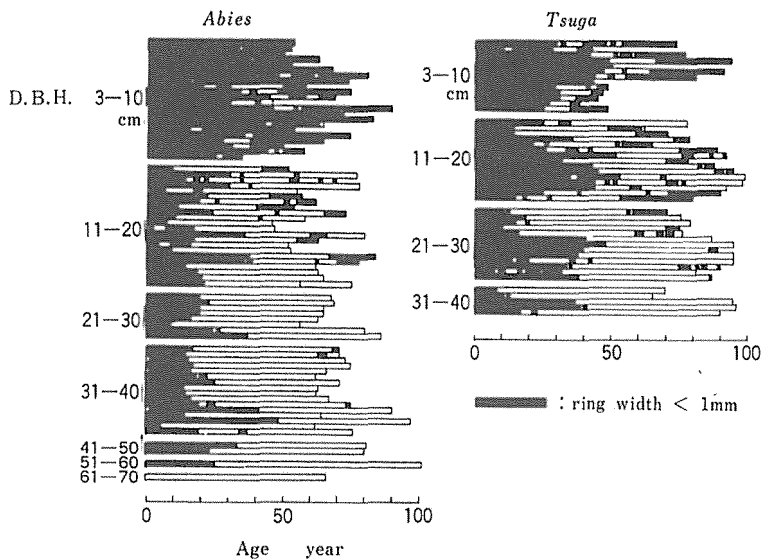


Fig. 36 Distribution of suppressed age
suppressed age: ring width at 0.0 m high < 1 mm

図 36 被圧時代の分布

ら全く被圧をうけておらず、はじめから旺盛な生長を続けているものもみられ、すべての個体はその生長初期に被圧をうけているわけではなく、場合によっては、マツ、スギのように初期から生長が旺盛な個体もあることを示している。ツガの場合も全体的にモミよりも初期の被圧期間が長い傾向がみられるが内容的にはほぼ同じであるといえる。

4.5.2. 上長生長・肥大生長

4.5.2.1. 調査法

調査地(図8のF)内で被圧木とみられるモミ, ツガ各10本を採取し, 前述の樹幹解析木モミ53本, ツガ26本とともに樹齢と樹高の関係を図37に示している. このモミ53本, ツガ26本と比較して, これらのモミ, ツガ各10本はいずれも樹高はもっとも低い水準にあった. 図中●印の個体である.

この被圧木の樹高, 根元直径, 年齢及び年平均生長量を表27に示す. また, 樹幹解析より樹高及び地際の直径生長曲線を図38に示す.

ただし, 調査木No.7~10は年齢5年おきの測定をおこなったため, 平均で年直径生長量としてあらわしている.

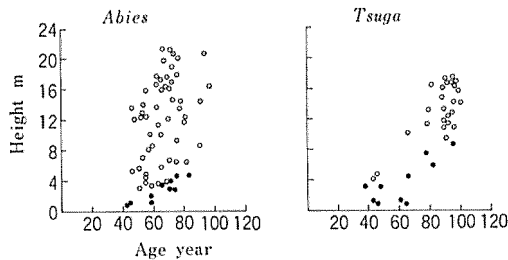


Fig. 37 Relation between age and height of *Abies* and *Tsuga*
● suppressed tree

図37 被圧木

4.5.2.2. 調査結果

表27から年平均樹高生長量はモミ, ツガともにほとんどかわりなく, 4~6cmであ

表27 被圧木の生長
Table 27 Growth of suppressed trees

<i>Abies</i>					
Tree No.	Basal diameter cm	Height cm	Age years	Mean annual diameter growth cm	Mean annual height growth cm
1	6.97	375	65	0.1072	5.769
2	6.09	495	83	0.0734	5.964
3	5.73	487	75	0.0764	6.493
4	5.55	411	70	0.0793	5.871
5	5.01	300	73	0.0686	4.110
6	4.42	316	70	0.0631	4.514
7	2.16	220	58	0.0372	3.793
8	2.08	146	58	0.0359	2.517
9	1.92	104	43	0.0447	2.419
10	1.62	112	44	0.0367	2.545
Mean	4.16	297	64	0.0623	4.400

Tsuga

1	10.40	865	94	0.1106	9.202
2	9.24	752	77	0.1200	9.766
3	6.49	590	81	0.0801	7.284
4	6.22	456	65	0.0957	7.015
5	5.25	312	47	0.1117	6.638
6	3.94	324	37	0.1065	8.757
7	1.93	125	60	0.0322	2.083
8	1.46	91	63	0.0231	1.444
9	1.36	114	42	0.0324	2.714
10	1.30	107	44	0.0295	2.432
Mean	4.76	374	61	0.0742	5.734

り、先にのべた優勢木の年平均樹高生長量モミ 30cm, ツガ 20 cm とくらべると, 約 1/5 程度の生長量である。

また, 図 38 から 2 m に達するまでに要する年数をみると, モミの場合 58 年, ツガ 63 年を経過しても 2 m に達しない個体もあるが, 優勢木とくらべると, おおよそ 2 倍程の年数

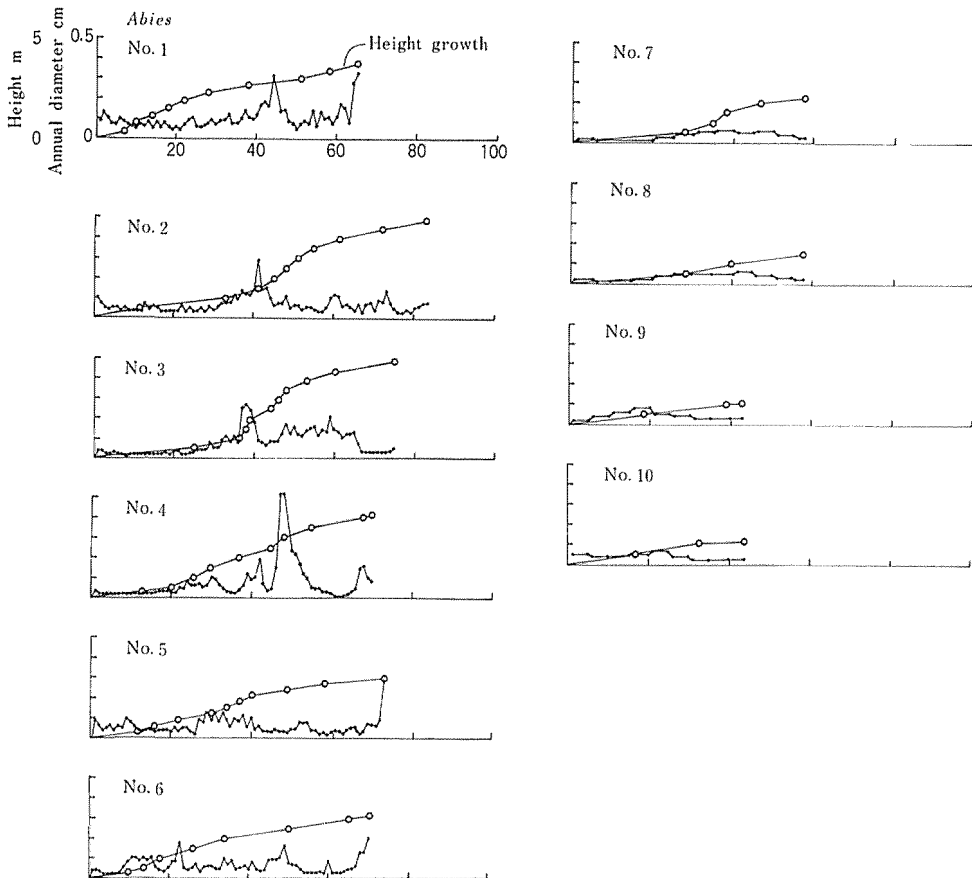


Fig. 38-1 Height and annual diameter growth curves of suppressed trees

図 38 被圧木の上長, 肥大生長

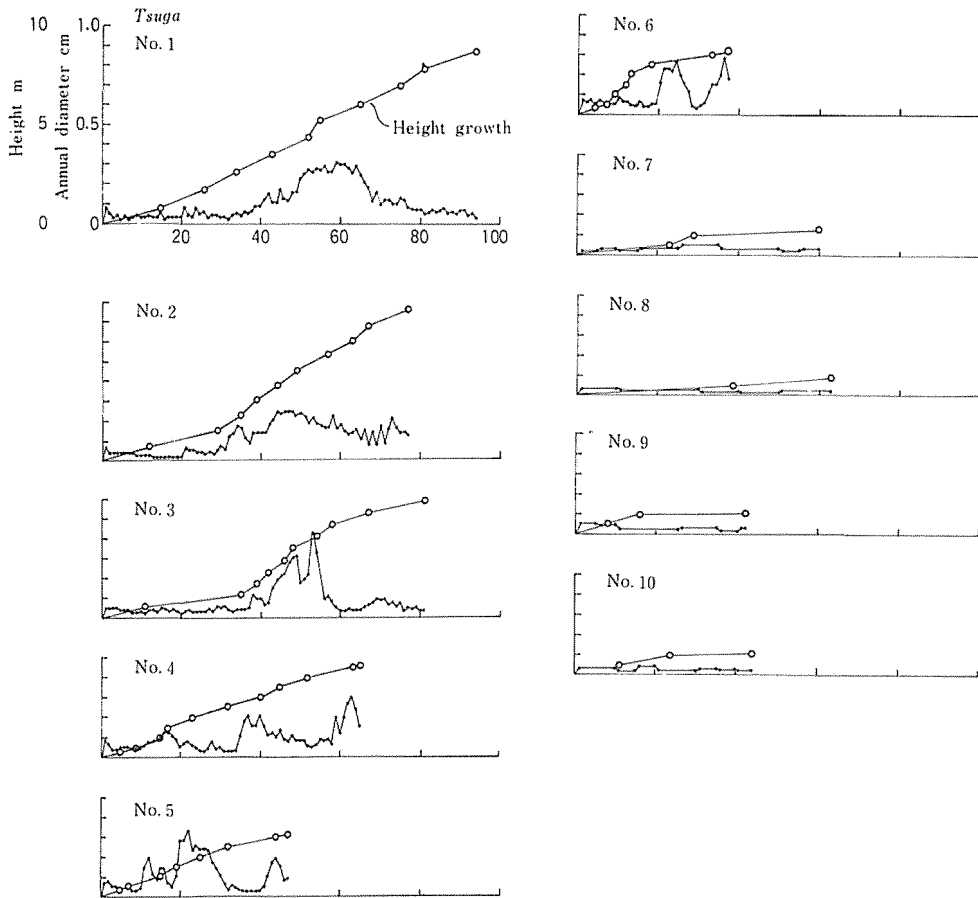


Fig. 38-2

を要しているといえる。

そこで、これらの被圧木についていえることは、ほとんど2 mをこえた頃から4 mに達する頃までに一時的に生長がよくなる傾向があるが、その後まもなく生長がおとろえて、極端な被圧状態下にあった No. 7~10 は全く下層植生を抜け出せずに遅々とした生長を示している。また、肥大生長をみると、地際における年平均直径生長量は、0.6~0.7 mm であり、優勢木の約 1/10~1/5 の生長量である。

このように、被圧木の直径生長は40年を過ぎたころに一時生長がよくなる個体もみられるが、初期生長の段階から大きく生長する時期がほとんどなく、細々と生長を続けている。

とくに根元直径が2 cm以下の個体 (No. 7~10) は年平均生長量は0.5 mm以下である。

4.6. 葉 齡 構 成

被圧状態にあるモミは、枝条の枯れ上りがひどく、枝葉は幹の先端部に集まり、樹冠は傘状を呈し、一方、ツガはモミとは異なり枝の枯れ上りは少ないが、全体的に葉の着生が

まばらになる特性があることは先にのべたとおりであるが、被圧とその樹冠の葉の年齢構成との関係についてはあまり知られていない。

一般に、天然更新の補助作業としての刈出しをおこなっても、生長にほとんど変化のない個体がしばしばみられる。この原因として葉の年齢構成も関係しているのではないかと考える（沓木ら、1977 a）。

4.6.1. 調査法

調査地F（図8）で外観的に被圧木とみられるモミ、ツガ小径木各4本を1974年6月に、また、調査地G（図8）で一応健全木とみなされる小径木を各3本、1976年9月に採取し、これら14本について、樹高、根元直径、幹重の測定及び50 cm ごとの樹幹解析をおこない、枝葉については各枝条ごとに葉年別葉重の生乾重を測定した。なお、葉齢のきめ方は、1年間に伸びた枝条の節間に着生する葉をその年の葉とし、同一年の葉を合計したものである。

この1974年に採取した8本について、これを完全な被圧木とみなしてよいかどうかの判定のため、モミ、ツガ健全木の根元直径と葉重との関係を示すグラフ上に、これら8本のデータをおとし、健全木のラインより大きくはずれる個体を一応完全な被圧木とすると、外観上被圧木とみられたモミ、ツガ各4本のうち、モミは4本全部、ツガはこのうち2本がこれに相当した。そこで、ここではこれら6本と健全木6本の比較をおこなった（図39）。

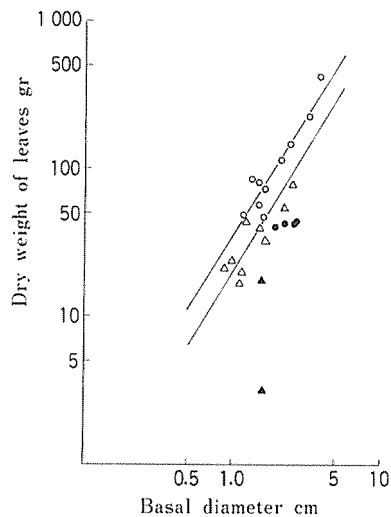


Fig. 39 Relation between basal diameter and dry weight of leaves

- Dominant tree (*Abies*)
- △ Dominant tree (*Tsuga*)
- Suppressed tree (*Abies*)
- ▲ Suppressed tree (*Tsuga*)

図39 モミ、ツガの根元直径と葉重との関係

4.6.2. 調査結果

調査木 12 本の各測定値を表 28 に示す。ただし、重量測定においては、測定段階での乾燥を考え、全て絶乾重で比較をおこなうことにした。また、これより幹重、枝条重、葉重の全地上重に対する割合をみると、図 40 に示すようになり、健全木はモミ、ツガともに幹、枝、葉の比率はほぼ近く、全地上重を 3 等分した形がみられる。一方被圧木は、幹重が 50%以上を占め、葉重が極端に少なくなる傾向がうかがえる。

表 28 被圧木と優勢木の生長
Table 28 Growth of suppressed and dominant trees

Suppressed tree									
	Height	Basal diameter	Age	Dry weight of stem	Dry weight of branches	Dry weight of leaves	Number of branches	Mean of diameter of branch bottom end	
	cm	cm	years	g	g	g		mm	
<i>Abies</i>	1	220	2.61	58	281.4	26.5	43.7	19	3.4
	2	112	1.95	44	89.9	24.9	41.6	19	3.6
	3	146	2.57	58	159.1	49.4	44.3	13	3.8
	4	104	2.27	43	98.3	44.4	43.4	10	4.6
Mean	146	2.35	51	157.2	36.3	43.3	15	3.9	
<i>Tsuga</i>	1	91	1.68	63	55.5	11.5	3.2	2	6.5
	2	107	1.58	44	39.8	22.5	17.7	9	3.5
	Mean	99	1.63	54	47.7	17.0	10.5	6	5.0
Dominant tree									
<i>Abies</i>	136	2.45	25	134.9	100.5	148.3	15	6.9	
	160	3.33	20	210.0	172.8	232.6	22	7.1	
	180	3.85	19	313.6	330.2	430.9	24	8.8	
Mean	159	3.21	21	219.5	201.2	270.6	20	7.6	
<i>Tsuga</i>	1	155	1.56	14	45.1	31.7	40.4	19	3.2
	2	148	2.54	17	107.1	57.8	76.9	21	3.9
	3	137	1.19	16	26.6	11.5	20.4	16	2.9
Mean	147	1.76	16	59.6	33.7	45.9	19	3.3	

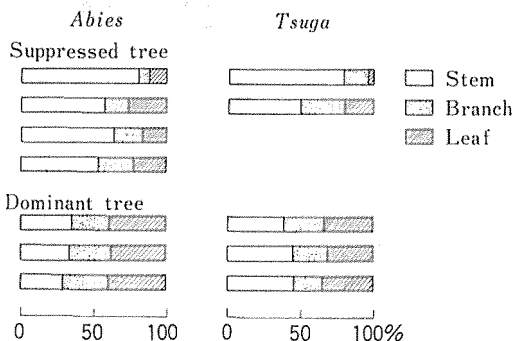


Fig. 40 Stem-branch-leaf ratio of suppressed and dominant trees
図 40 被圧木と優勢木における幹・枝葉の配分

表 29 着葉年別葉重

Table 29 Dry weight of leaves of suppressed and dominant trees by the year (g)

Suppressed tree																	1974	
Year	1976	1975	1974	1973	1972	1971	1970	1969	1968	1967	1966	1965	1964	1963	1962	1961	1960	Total
<i>Abies</i>	1		3.042	5.638	4.742	5.219	4.885	6.053	7.870	4.023	1.380	0.820						43.672
	2		2.369	5.557	5.514	5.331	5.720	6.200	5.336	3.809	1.380	0.387						41.603
	3		2.484	4.420	4.346	4.241	5.822	7.946	5.710	4.417	2.000	1.819	0.611	0.085	0.245	0.160	0.030	44.342
	4		2.489	7.116	6.190	5.385	6.232	6.917	5.354	2.906	0.451	0.232	0.068	0.104				43.444
<i>Tsuga</i>	1		0.162	1.014	0.828	0.625	0.337	0.102	0.128	0.028	0.005							3.229
	2		1.983	4.017	3.719	3.795	2.588	1.024	0.485	0.134								17.745

Dominant tree																	1976	
<i>Abies</i>	1	41.329	49.697	36.135	17.123	3.791	0.212											148.287
	2	64.682	66.265	57.259	28.009	11.216	3.924	0.906	0.335									232.596
	3	119.191	113.300	100.663	69.001	23.505	9.776	3.632	0.881									430.949
<i>Tsuga</i>	1	12.616	13.671	8.992	4.323	0.599	0.157	0.010										40.368
	2	18.425	28.154	20.621	6.664	2.378	0.637											76.879
	3	5.870	6.429	4.986	2.041	0.945	0.151	0.017										20.439

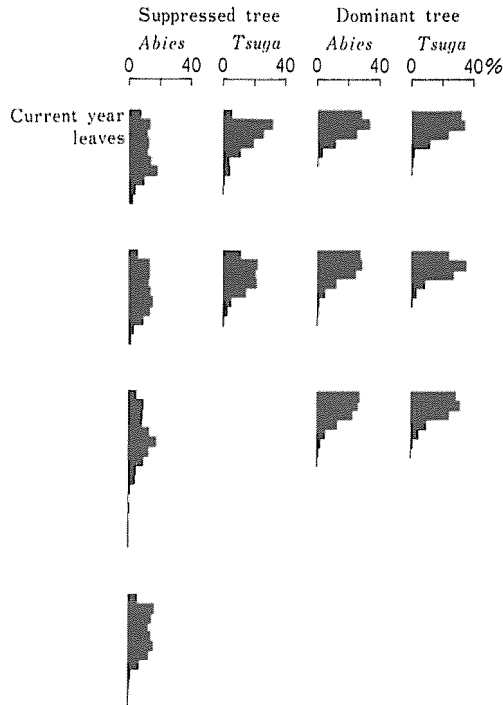


Fig. 41 Distribution of annual leaves weight of suppressed and dominant tree

図 41 被圧木と優勢木の葉重分布

そこです、枝条についてみると、モミは枝条数ではあまり大きな差はみられないが、枝条元口径、重さで極端な差がみられ、被圧木の枝条の貧弱さをあらわしているといえる。

また、ツガの場合、枝条数に差があり、元口径、重さに大きな差がみられないことからモミの場合とは逆に被圧木では、細枝の枯死脱落が多いためと考えられる。

つぎに葉重についてみると、被圧木は健全木の $1/10 \sim 1/6$ の葉重を示している。

着葉年別葉重を表 29 に、さらにこれを全葉重に対する割合で示すと、図 41 のようになる。

これからみると、モミ被圧木は 10~15 年間の葉をつけており、最近のおおよそ 8 年間の年別葉重にはほとんど差がない。一方、健全木は 6~8 年間の葉を着けており、新しい葉が最大で順に量も少なくなっている。

ツガの場合、被圧木、健全木ともに着葉量の多少はあるが、年別葉重はモミ健全木と同じような傾向を示している。ただし、被圧木の場合、一番新しい当年生葉 (1974 年葉) が少ないことは、測定時期が 6 月であり、まだ完全に当年分の開葉と生長が終っていないためと考えられる。

以上のような結果から、被圧状態下にあるモミ、ツガは、年出葉量がきわめて少なくなっているが、この年出葉量の減少を着葉期間を伸ばすことによって、生存のための最低限の葉量を確保しているといえる。

このように、被圧木は極端な庇陰下にあるため、葉はすべて陰葉であると考えられる。しかも葉の年齢構成の面からみても、全体として光合成能力の高い若い葉が少なく、葉の老齢化が進んでいるため、光合成能力はきわめて低い水準にあると考えられる。したがって、仮りに環境条件が良くなったとしても、それに対応して光合成を高める内部的な条件はととのっていないため、生長を急速に好転させることはきわめて困難であると考えられる。

4.7. 被圧改善試験

葉齢構成から、極端な被陰下にあるものの葉はすべて陰葉であると考えられ、全体として光合成能力はきわめて低い水準にあるため環境条件がよくなっても、生長を好転させることはむずかしいであろうと推測したが、実際に除伐をおこない、ある程度の環境条件、とくに光条件の改善が被圧木のその後の生長にどのような影響を与えるものであるかという検討をおこなった (荒上ら, 1980)。

4.7.1. 試験方法

調査地 B (図 8) のモミ、ツガ一斉状林分内で、被圧状態下にあると思われるモミ、ツガ各 15 本を調査木とし、周囲の広葉樹を全て伐採することにより光条件をよくした (1970 年 2 月)。

また、10 年間の生長期間を過ぎた 1979 年 8 月にモミ 10 本、ツガ 11 本を伐倒し、樹幹解析により、樹高、直径生長量を測定、葉量については当年生葉と古葉とに分けて重量を絶乾重で示した。

表 30 除伐後の被圧木の生長

Table 30 Growth of suppressed trees after the removal of Suzutake and broad-leaved trees
Abies

Tree number	Height m	D. B. H. cm	Clear length m	Dry weight of leaves (Current year leaves) g	Age years
1	5.11	6.20	2.82	1693.8 (193.1)	78
2	3.48	4.20	2.46	653.5 (47.6)	60
3	4.28	5.30	2.69	972.2 (28.4)	75
4	5.02	7.60	3.64	2312.6 (220.5)	86
5	4.17	4.70	2.08	736.4 (6.1)	53
6	2.95	3.20	2.19	178.5 (27.6)	69
7	2.70	3.30	1.82	468.9 (60.2)	50
8	2.83	3.65	2.02	582.9 (78.2)	61
9	4.09	6.05	3.20	882.5 (15.2)	68
10	3.06	2.50	2.40	138.7 (10.8)	53
Mean	3.77	4.67	2.53	862.0 (68.8)	65

Tsuga

1	4.12	4.30	0.65	616.0 (51.3)	54
2	5.64	7.75	1.86	1442.5 (210.7)	69
3	4.83	4.95	1.42	985.5 (141.8)	66
4	5.65	5.20	1.32	1147.1 (124.8)	59
5	3.35	2.80	1.97	165.9 (25.1)	51
6	4.23	3.65	1.33	323.8 (22.0)	44
7	3.85	4.20	0.86	552.4 (79.3)	45
8	2.75	2.05	1.16	186.7 (4.4)	42
9	4.12	4.25	1.05	662.9 (95.1)	69
10	4.20	4.10	0.82	655.9 (89.3)	58
11	3.62	3.65	1.56	323.9 (47.0)	62
Mean	4.21	4.26	1.27	642.1 (81.0)	56

4.7.2. 試験結果

伐倒した調査木についての測定結果(表 30)からみると、モミはツガにくらべ 10 年ほど年齢は高いが樹高は低かった。また、枝条の発達については、とくにモミは枝の枯れ上りが進み、枝下高が高くなる被圧木の特長を依然として示している(図 42)。

葉重では個体間にバラツキが大きく、平均ではモミが大きいのが、当年生葉は少ない。

この周辺環境の改善が生育形にはどのような変化を与えているかを設定当初と伐採直前の姿を図化するすると、図 43 に示すような変化がみられた。図中樹冠の黒塗部分は当年生葉をあらわしている。ただし、ここではモミ、ツガ各 4 本を例としてあらわした。

まず、樹冠についてみると、モミのほとんどは枝が極端に枯れ上り傘状を呈していたが、今回の調査では次第に円錐状に近い樹冠形を示しはじめている。ツガでは、葉がまばらについていたものが密になってきている。

また、調査木の周囲半径 10 m 内にある立木の樹冠との関係からみると、周囲木からの影響が少ない個体(モミ No.1, No.4, ツガ No.1)ほど円錐状に近い樹冠形を示しているよ

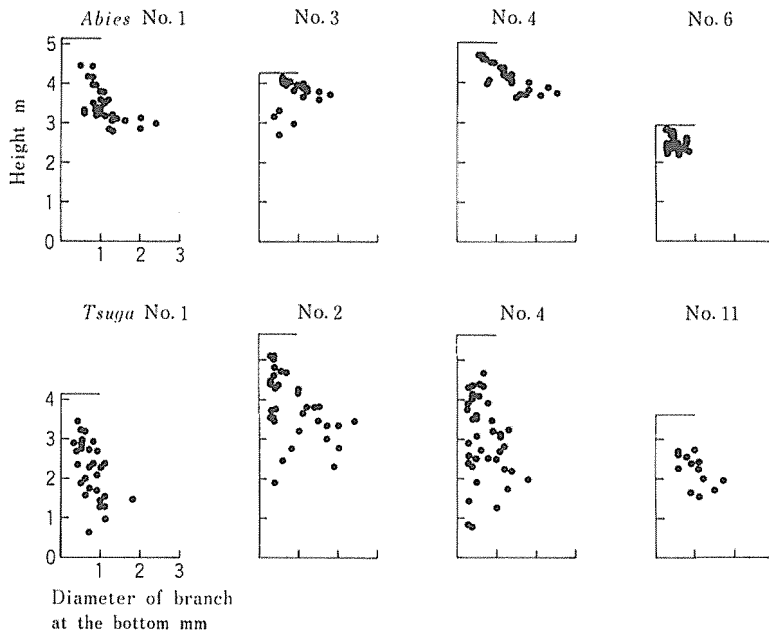


Fig. 42 Distribution of branches of sample trees
 図 42 モミ、ツガ枝条の着生図

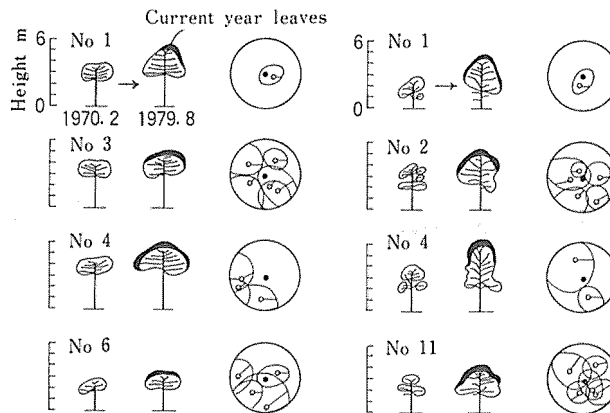


Fig. 43 Transformation of crown of *Abies* and *Tsuga* after the removal of Suzutake and broad-leaved trees

- Surveyed tree
- Adult trees more than 20 cm d. b. h. within a radius of 10 m

図 43 除伐後のモミ、ツガ樹冠の変化

うである。

樹高についてみると、図 43 ではモミ、ツガともに No. 1, No. 4 がよく、生長曲線(図 44)からみると、除伐直後からの生長が著しい。

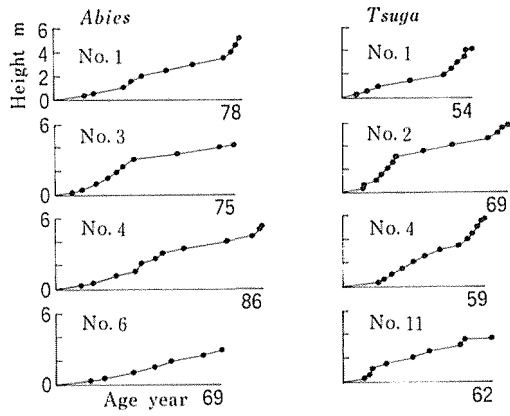


Fig. 44 Height growth curves of sample trees
 図 44 調査木の樹高生長

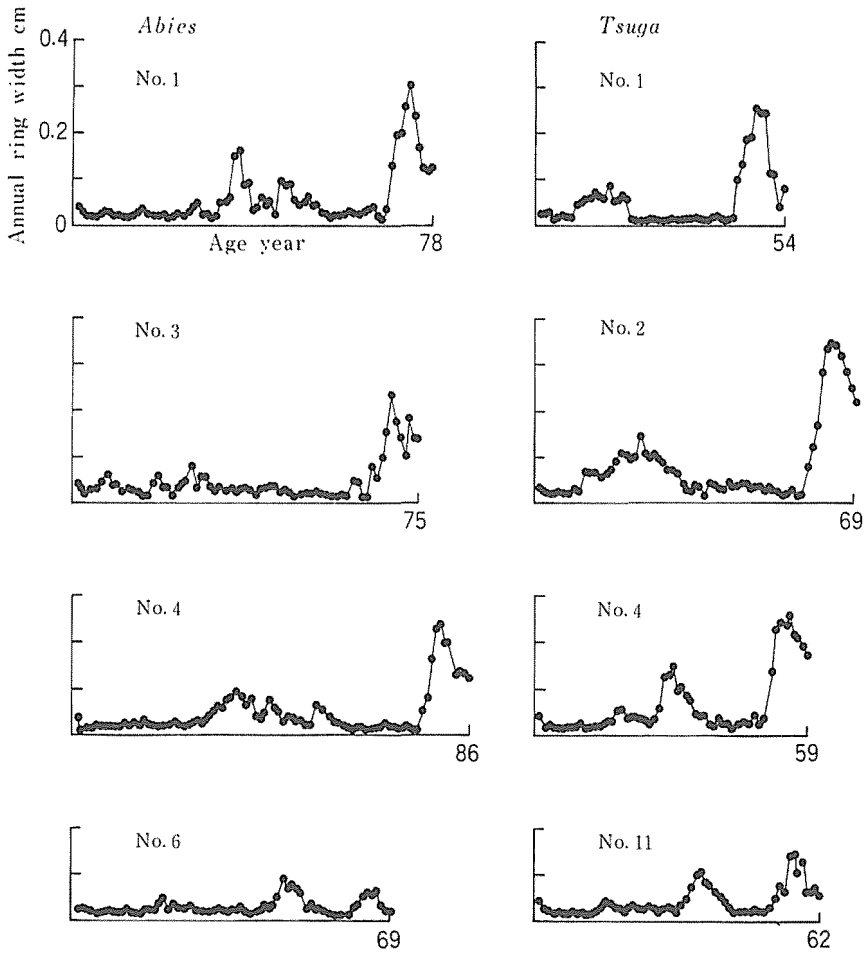


Fig. 45 Annual diameter growth curves of sample trees
 図 45 調査木の連年肥大生長

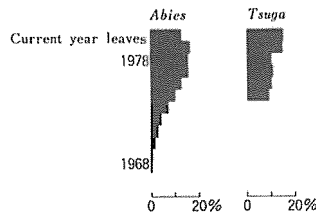


Fig. 46 Distribution of annual leaves weight
 Sample tree: *Abies* No. 7, *Tsuga* No. 5
 図46 葉重の分布

また、肥大生長（1年輪幅で示す）（図45）からみても、やはり最近10年間の生長が著しい結果がみられ、長い被圧状態から抜けだしはじめている傾向がうかがえる。

葉重についてみると、全葉重に対する当年生葉重の割合（図43）では、モミが約8%、ツガは12%である。

また、根元直径と葉重との関係を見るために今回の調査木結果を先にのべた葉齡構成での図39に挿入すると、健全木の直線上にほぼならんでいた。このことから、葉量については、被圧木というよりもむしろ健全木に近いといえる。また、調査木のうちでモミ、ツガ各1本（モミ No. 7, ツガ No. 5）について全葉量に対する年別葉重の割合をみると（図46）、一般には健全木は新しい葉が最大で順に量が少なくなる傾向があるが、この調査木では、健全木と被圧木の中間的な結果がみられ、被圧木の生長が次第によくなりつつある段階ではないかと推定される。ツガの場合、過去6年間までしか測定できなかった。

被圧時代の生長について、田中（1932）のエゾマツ、トドマツ原生林での報告によれば、老齡うっ閉林内の前生樹は年齢60~70年以下なる事と、その直径がこの年齢内に少なくとも2cm以上に生長することの条件を具備するものでなければ将来の主林木の資格に乏しいとのべているが、今回の調査木では、30~50年の被圧期間後の上木疎開によりある程度の生長の好転をみたが、この調査林分の上層木はおよそ樹齡100年前後であり、まだきわめて旺盛な生長期であるといえる。このため、ある程度の上木疎開により、一時生長回復がおこなわれるが、周囲上層木もまた旺盛な生長をおこなっているかぎり、これらの樹冠層の被圧を再び受ける結果となり、主林木にまでなるとは考えにくい。実際、図44、45の

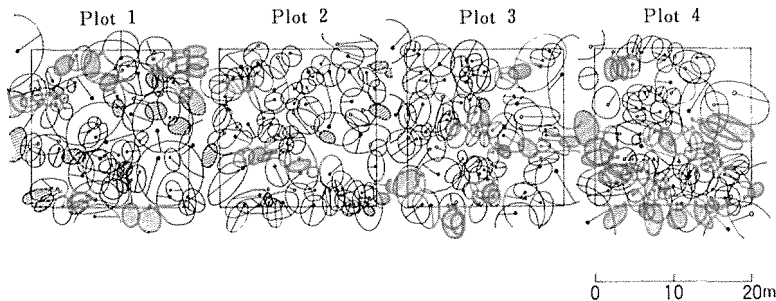


Fig. 47 Crown projection diagram in mixed stands
 ● *Abies*・*Tsuga* ○ Broad-leaved tree
 ⊗ Inclined broad-leaved tree
 図47 モミ、ツガと広葉樹混交林分の樹冠投影図

とくに肥大生長曲線にみられるように、一時旺盛な生長をおこなうが、再び下降線をたどる個体が多いことから、このことは推測される。

4.8. 樹冠の発達

林分内で樹木の樹冠をみると、樹木間の距離が適度に保たれているときは、その樹種独自の樹型もまた保たれているが、樹木位置が近接している場合、あるいはその近くにギャップが生じた場合には樹型に変化がみられることが多い。すなわち、同種個体間また樹種間における空間のうばい合い、働き合いがはじまる。

モミ、ツガの場合は、この空間のうばい合いも枝条を伸ばすことのみによっておこなわれ、幹は通直であり、いわゆる偏倚樹冠を呈している。

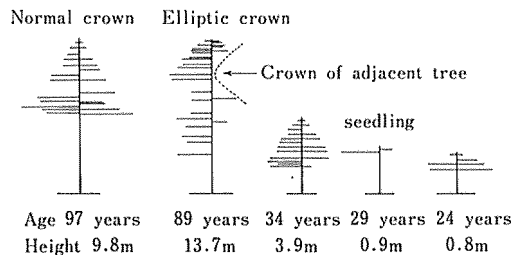


Fig. 48 Distribution of branches of normal and elliptic crown tree (*Abies*)

図 48 健全樹冠木と偏倚樹冠木の枝条の分布

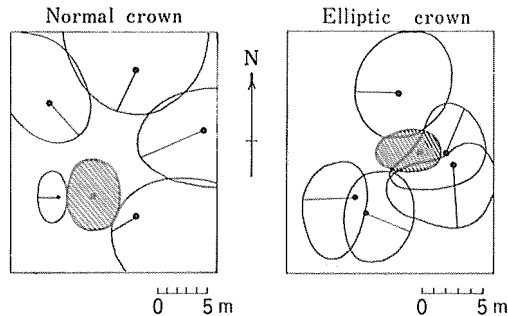


Fig. 49 Location of surveyed tree

● surveyed tree

図 49 調査木の位置

そこで、モミについて樹冠が偏倚しているもの、健全な樹冠のものを各1本、稚樹においても、健全なもの、被圧状態下にあるものを伐倒し、枝条の着生状態をしらべた（荒上ら、1985）。

落葉広葉樹とモミ、ツガの混交林において樹冠の状態をみると、図47のようであり、広葉樹の幹曲りがかなりみられる（斜線で示す）。とくに大径木付近に成立する広葉樹にその傾向が強いといえる。これは上木の樹冠下での光不足のため空間をもとめているものと思われる。一方、モミ、ツガの樹幹位置は常に樹冠内にあることが明らかである。

つぎに枝条の着生状態をみると、図48のとおりである。ただし、この図は南側の位置か

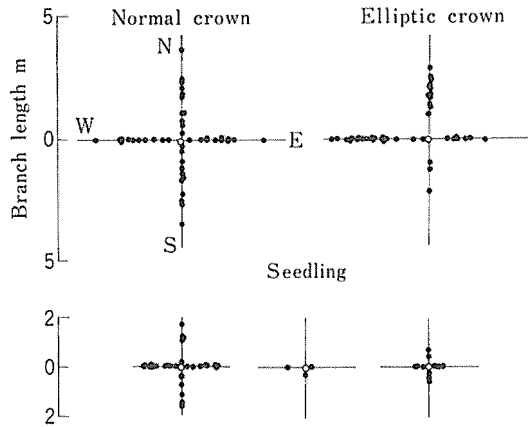


Fig. 50 Distribution of branches of normal and elliptic crown tree and seedling
 図 50 健全樹冠木と偏倚樹冠木における枝条の分布

ら東西の枝条の着生状態を模式化したものであり、この2本の立木位置と周囲木の関係は図49に示す。また、樹冠の方位別枝条数を図50に示す。

これらの各図から、健全木の場合、方位別枝数も枝の伸長もほぼ同じで円錐体を示している。偏倚樹冠木の場合は、隣接木樹冠の影響で東側の枝は枯れ落ちているが、西側の空間の方には全枝数の半数以上が着生している。このような極端な樹冠の偏倚にもかかわらず幹の通直性は保たれている。

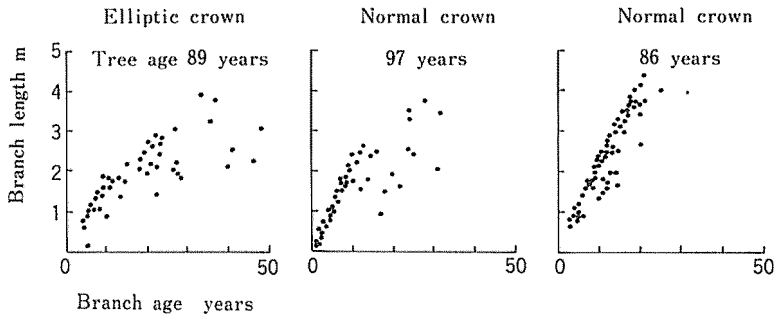


Fig. 51 Relation between branch length and branch age of normal and elliptic crown tree
 図 51 健全樹冠木と偏倚樹冠木における枝条長と枝齢との関係

また、稚樹の場合、健全なものは成木の場合とほとんど似通った樹冠型を示している。被圧状態下のもは枝の枯れ上りがひどく、傘状になり上部に残った枝を横に伸ばすことにより生命を維持しているといえる。この場合も幹の通直性はかわらない。

つぎに、成木について枝条の連年伸長量を見ることにする。この場合、上述の2本の成木にすでに伐倒されていたモミ大径木の枝も加えて測定をおこなった。

図51に枝齢と枝条長との関係を示す。これによると、枝齢は樹冠が偏倚している個体では樹齢の約1/2の枝条を着生しているが、健全木では約1/3の枝を着生している。ま

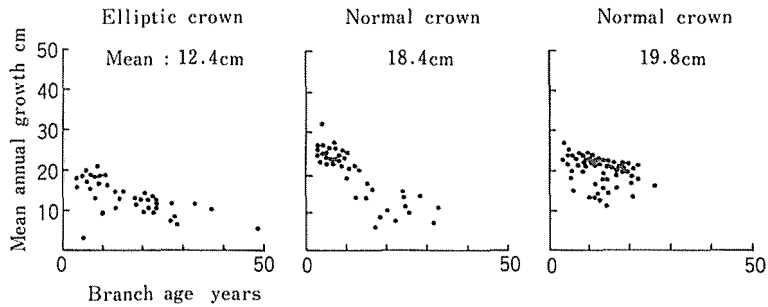


Fig. 52 Mean annual growth of branch of normal and elliptic crown tree
 図 52 健全樹冠木と偏倚樹冠木における枝条の年生長量

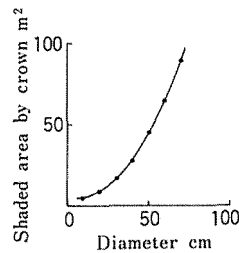


Fig. 53 Relation between diameter breast height and shaded area by crown
 Number of surveyed tree : *Abies* 87
 Tsuga 149

Y : Shaded area by crown
 X : Diameter breast height
 $Y = 0.0230X^2 - 0.4438X + 6.5037$
 図 53 胸高直径と樹冠面積との関係

た、枝齢と枝条長の間には健全木の大径木では、かなりはっきりした直線関係を示したが、樹冠が偏倚状態にあるもの、あるいは一応健全樹型をしている個体であっても、樹高が低く、樹齢が高い個体ではこの関係もはっきりしないようである。

次に枝条の年間伸長量をみると、図 52 の関係があり、樹冠が偏倚し、かなり古い枝を残している個体は、年間の伸長量も平均で 12.4 cm 程度であったが、健全木では平均でおよそ 20 cm の伸びを示している。

また、樹冠面積についてみることにする。調査地 B, D (図 8) より、モミ 87 本、ツガ 149 本について樹冠投影図より樹冠面積を測定し、これと胸高直径との関係を求めると図 53 に示すとおりである。樹冠面積 Y と胸高直径 X との間には次の関係がある。

$$Y = 0.0230X^2 - 0.4438X + 6.5037 \quad (3)$$

これから、胸高直径 40 cm をこすと急に樹冠面積を増加させている。

岡崎訳, SCHAEFFER *et al.* (1958) によれば、樹冠の直径は胸高直径の 15 倍にあたるとのべており、この数値は上記の関係式と比較するとほぼ一致する結果がみられた。

以上のような調査結果から、樹木群の樹冠構成を考えると、広葉樹の場合は主幹の偏

倚生長が起りやすい(汰木ら, 1985) ため予測がむずかしいといえるが, モミ, ツガを代表としてほとんどの針葉樹においては樹冠構成の予測をしやすいといえる。

4.9. 林分生長

4.9.1. 調査法

疎密度をかえたモミ, ツガ一斉状林分下において, 10年間を経過した時点での林分の変動について検討した。

調査地B(図8)のモミ, ツガ一斉状林分1.277 ha内で, この中の広葉樹を1968年にす

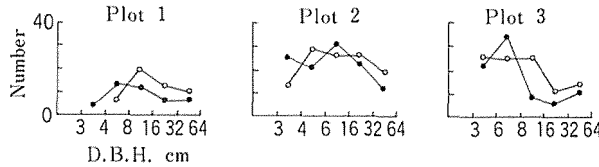


Fig. 54 Fluctuation of numbers at each sample plots for 10 years after the removal of Suzutake and broad-leaved trees
●—● 1968 ○—○ 1978

図54 プロットにおける10年間の本数変動

べて排除した後に3区に分割し, そのうち1区を無処理区とし(II), 1区をモミ, ツガ胸高断面積合計で無処理区の1/2とし(I), さらに1区を(I)と(II)の中間の胸高断面積合計になるように処理をおこなった(III)(3, 1.1, 参照). また, 各区内に25×25mのプロットを設置し, プロット内の立木(胸高直径3cm以上)の胸高直径を測定し, 樹冠投影図を作成した。

その後10年間を経過した1978年に再び直径を測定し, 胸高断面積合計により林分の生長を検討した。なお, (I)区の処理区に設置したプロットを1とし, 無処理区(II)をプロット2, (III)の処理区をプロット3とする(荒上ら, 1979)。

4.9.2. 調査結果

4.9.2.1. 本数の変動

まず, 本数からみると, 表31, 図54よりプロット1は, モミ, ツガ本数が少なく, しかも小径木も少なく, 樹冠投影図(図58)からみても, 林分が疎であることが明らかである。これをIδ指数によってみると, 分布型は胸高直径20cm以上のもの, また, 胸高直径3cm以上のものを加えてもランダム分布を示している。このプロットは全体的に下層植生が発達しており, 稚樹の発生も母樹下の下層植生がごく薄い一部に限られている。胸高直径は3~5cmの小径木は10年後の1978年には全くみられない。

プロット2は, 無処理区であるため本数は多く, 林分も密なプロットである。

分布型は直径20cm以上のものは規則分布を示しており, 3cm以上のものを加えるとランダム分布を示している。このプロットではモミが減少し, ツガが増加しており, とくにモミの直径5cm前後の枯死木が多くみられた。

プロット3は, 1と2の中間的な本数であり, 分布は20cm以上のものはランダム分布, 3cm以上のものを加えると集中分布を示している。このプロットではとくにツガの増加がみられる。プロット設定当初胸高直径3~5cmの小径木は, 全本数26本のうち13

表 31 10 年間の胸高断面積生長量
 Table 31 Changes of basal area for 10 years after the removal
 of Suzutake and broad-leaved trees

Plot		<i>Abies</i>		<i>Tsuga</i>		Total	
		Number	Basal area m ²	Number	Basal area m ²	Number	Basal area m ²
1	1978	14	1.6707	33	0.6994	47	2.3701
	1968	14	1.1005	30	0.4048	44	1.5053
	Growth		0.5702 (0.5430)		0.2946 (0.2268)		0.8648 (0.7698)
2	1978	88	3.8474	23	0.2461	111	4.0935
	1968	93	2.7121	18	0.2059	111	2.9180
	Growth		1.1353 (1.4558)		0.0402 (0.0810)		1.1755 (1.5368)
3	1978	58	2.9061	42	0.3215	100	3.2276
	1968	58	1.9812	26	0.2092	84	2.1904
	Growth		0.9249 (0.9590)		0.1123 (0.1089)		1.0372 (1.0679)
Total	1978	160	8.4241	98	1.2670	258	9.6911
	1968	165	5.7938	74	0.8198	239	6.6136
	Growth		2.6303 (2.9578)		0.4472 (0.4167)		3.0775 (3.3745)

(): Standard growth estimated from Fig. 55

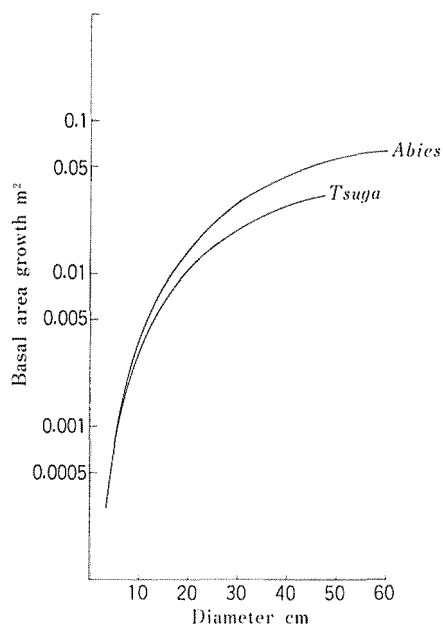


Fig. 55 Relation between diameter and basal area growth of *Abies* and *Tsuga*
 図 55 直径別断面積生長量

本, 10 年後には全本数 42 本のうち 21 本と半数を占めていることから考えて, 当初の直径 3~5 cm のものの大部分が 10 年間でそれ以上のクラスに上がり, 3 cm 未満であった稚樹で 3 cm 以上のクラスに上がったものが多いと思われる。これらのツガの増加, 密な林分でのモミ小径木の枯死という本数の変動には, モミ, ツガ両樹種の被圧に対する抵抗性の強弱の差があらわれているように思われる。

4.9.2.2. 胸高断面積生長量

1968 年と 1978 年の調査結果より 10 年間の胸高断面積生長量を表 31 に示す。また, この結果と 1970 年に同林分より径級別にモミ 31 本, ツガ 12 本を樹幹解析した資料より過去 10 年間の断面積生長量を算出した結果と比較し, 樹幹解析により算出した生長量をグラフ上に示すと, 図 55 にあらず曲線が描かれる。

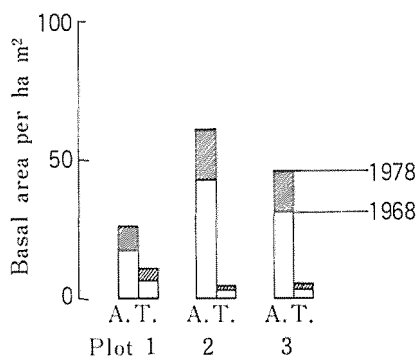


Fig. 56 Basal area growth of *Abies* (A.) and *Tsuga* (T.) per ha for 10 years
 図 56 10 年間のモミ, ツガの ha 当り胸高断面積生長量

そこで, 1978 年調査の各個体についてこの曲線にあてはめ, 過去 10 年間の生長量を推定した。その結果は表 31 の () 内に示す値であり, これらはこの林分の標準的な生長量であると考えてよいと思われる。そこで, これらの生長量を比較すると, プロット 1 は, モミ, ツガともに推定標準生長量よりもわずかに大きい結果を示してはいるが, ほぼ標準に近い生長量であるといえる。プロット 2 は, 逆に小さい結果がみられ, モミの減少, ツガの増加はあるが, これらの本数の増減はわずかであり, しかもこれらは小径木であることを考慮したとしても, 標準生長量よりもかなり低い生長量である。これは光不足がかなり生長に影響を与えていると考えられる。

プロット 3 も 1 と同じように, ほぼ標準に近い生長をおこなっているといえる。また, 10 年間の胸高断面積生長量を ha 当りに換算してみると, モミ, ツガ合計で, プロット 1 は 14 m², 2 は 19 m², 3 は 17 m² である。さらに, 図 56 より, 1968 年から 1978 年の 10 年間の胸高断面積生長量は, 1978 年現在の全胸高断面積のおおよそ 30% を占めている結果がみられた。

4.10. 考 察

モミ, ツガ稚樹の発生, 生長について, 実際の林分での場合, また, 庇陰格子を使用しでの実験で, とくに明るさとの関係についてしらべ, 発芽当初の稚樹にとってかなりの明

るさが必要であることを明らかにした。ここでは成木の樹幹解析によりモミ、ツガの生長過程を検討してみることにした。

モミ優勢木の年平均樹高生長量はおよそ30cm、ツガ18cmであるが、モミ、ツガともに樹高2mに達するまでかなりの年数を要している。平均的な個体においては、2mに達するまでモミで20年近く、ツガで26年、また、4mに達するまで、およそモミ30年、ツガ40年と生長初期にかなりの被圧状態におかれていたと推測される。優勢木においては、これより5～6年早く被圧状態をぬけ出している。この被圧の原因として考えられることはスズタケによる影響ではないかということである。それは、モミ、ツガが極端に被圧状態にある高さが樹高2mぐらいであり、スズタケの稈高、葉層の高さとほぼ一致することである。また、スズタケ群落内の光環境をみても、スズタケ群落の地表の照度は上縁の5～25%に低下しており、上層樹冠を通してわずかに林内に入ってきた陽光は、さらにスズタケ葉層にさえぎられるため、林床にはわずかの量しか到達しないという結果からも、モミ、ツガの稚樹時代に相当影響を与えることは明らかであろう。事実、スズタケ本数が多いところでは、モミ、ツガ稚樹の発生が非常に少ない結果を得ている。これは、スズタケが光条件を悪くしていること以外に、スズタケの地下茎が地表下20～50cmのところを縦横に走っていることから、モミ、ツガ稚樹の根系の競合にも複雑に関係していると考えられる。

つぎに、直径生長量についてみると、年平均モミ0.7cm、ツガ0.3cmであり、初期生長時代の被圧状態をぬけだすと急速に生長がよくなっているか、あるいは被圧期間がほとんどないという型がみられる。

被圧木についてみると、年平均樹高生長量は、モミ、ツガともに4～6cmで優勢木の1/5程度の生長しかみられず、樹高2mに達するまで優勢木の2倍の年数を要している。

年平均直径生長量は0.6～0.7mmで優勢木の1/10～1/5であり、大きく生長した時期がほとんどなく、全体的に生長量がきわめて小さいか、あるいは、初期生長時代の被圧状態をぬけだし、一時生長が回復するが、間もなく再び被圧状態に入るといった型がみられる。

また、葉齢構成からみると、被圧状態下にあるモミ、ツガの年出葉量はきわめて少なくなっている。しかし、この年出葉量の減少を着葉期間をのばすことにより、生存のための最低限の葉量を確保しているようである。また、全体として光合成能力の高い葉は少なく、葉の老齢化が進んでいるため、光合成能力はきわめて低い水準にあり、環境条件がよくなっても、それに対応して光合成を高める内部的条件がととのっていないため、生長の好転はのぞめないのではなかろうかと考えられる。

そこで、被圧状態下にあるモミ、ツガに対し、周囲の広葉樹を除伐することにより光条件をよくして10年後の様子をみると、かなりの個体が生長の回復をおこなっていた。このことから、生長の回復如何は、その被圧木の年齢によるのではないかと思われる。

田中(1932)は、エゾマツ、トドマツ原生林での調査で、老齢うっ閉林内の前生樹は年齢60～70年以下であることと、その直径がこの年齢内に少なくとも2cm以上に生長することの条件を具備するものでなければ将来の主林木の資格に乏しいとのべている。

著者がおこなった回復試験では、上層木はまだ生長が旺盛な樹齢であること、また、被圧木の樹齢も40～60年のものであることから、除伐等による光条件の改善の方法如何によっては、これらの被圧木もまた主林木となり得るものと考えられる。

また、上木倒壊後の被圧木の生長について田中（1934）は、やはりエゾマツ、トドマツ壮齢林において、各林木が前生稚樹として老齢木に被圧された時代の生長と老齢上木倒壊後の生長とは著しい差異があり、被圧時代の生長の約6～7倍を示しているともべており、肥大生長では著者もほぼ同様の結果を得ている。

ところで、被圧木の成因について原田（1948）は、Zon 及び Graves は、「幹の低き部分にある枝条又は密な林分の樹冠の死は、葉の同化作用に対する光線の不足に起因する」

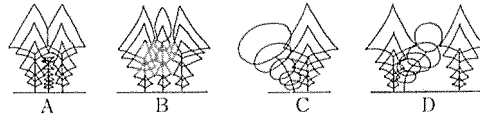


Fig. 57 Growth patterns of crown
 A, B: Conifer+Conifer
 C, D: Conifer+Broad-leaved tree
 図57 樹冠の生長型

とのべ、Wiesner もまた、最小光線により枝条の減少する原因は、「その芽に十分な光線を供給しないことにより、枝条を多量に有するものは最も耐陰性の強き樹木」と紹介している。

また、被圧木の問題は、光線単一の問題ではないとされはじめ、Morrow は、「モミの被圧は樹木間の競争による」ことを主張し、Dengler は、「陰樹は陽樹に比して側枝は水平的に拡張するため、モミ、ツガ等の傘状被圧形を取る」ことをのべ、回復に関して中村賢太郎は、「百数十年生の被圧高齢樹が伐採後数年を経て生長を開始した」事実を認めているとも紹介している。

著者も被圧木の成因については、光線の不足によるところが第1であると考え、樹木間の競争、とくに初期生長の段階での下層植生との競争、あるいは根系の競争、さらに生長過程における樹木間のせり合い、上層樹冠との関係にともなう光線不足等が複雑にからみ合っているものと考え。

そこで樹木の生長と樹冠の型を模式図であらわすと、図57のようである。

生長がよい個体間の稚樹が発生したときはAのように稚樹は左右の樹冠に抑圧されて被圧木特有の傘状の樹冠を呈するようになり、この状態がつづけば、いずれは枯死に至る。

また、同じような生長をおこなう、いわゆる優勢木同志の場合、あるいは密な林分での場合は、Bのように個体はお互いに相接する側の下部の枝は枯れ上がり、幅員は狭小な樹冠を呈するようになる。また、一方に空間がある場合は、空間を求めて枝条を伸ばし偏倚樹冠となる。つぎに広葉樹との組合せをみると、C、Dのように広葉樹は針葉樹の樹冠下におかれるのをさけるように、空間を求めて幹を曲げる。広葉樹の樹冠の発達については汰木ら(1985)は、スダジイ林、コナラ二次林についての調査により、樹冠を構成する個々の樹冠の中心は上層木であっても、幹の位置（根元）とはかなりずれており、お互いの樹冠をなるべく重複しないようにひろげている。とくに上木の樹冠下にある小さい個体は光不足の状態にあり、つねに光をもとめて上層樹冠の隙間に向かって伸長しようとしている。しかも樹冠を構成する枝条はいずれも主幹になりうる可能性をもつとのべている。

以上のように、モミ、ツガの生長特性をみてきたが、モミ、ツガ林の天然更新をおこな

う場合、最も重要なことは、はじめにのべたようにモミ、ツガによくみられる被圧時代をいかに短縮するか、被圧木をいかに回復させ健全な後継樹として育てるかということになる。したがって、まずモミ、ツガの初期生長時代に被圧を及ぼす大きな要因となっているスズタケの取り扱いについて注意をはらう必要がある。

スズタケの取り扱いについて、上田（1956）は、天然更新地では、ササの枯殺や刈り払いに費用をかけるよりも、その生育の抑制をはかった方がよい。ふつう上方がうっ閉するところでは、ササの繁茂の程度がひくく、稚樹が発生しているので立木の密度を調整して適当なうっ閉をはかり、ササの繁茂をおさえて稚樹の発生を促す工夫がのぞましいと述べている。

また、汰木ら（1984）は、スズタケの時期別刈払試験をおこなった結果、刈払処理をおこなうと、その後に発生してくるスズタケの高さはきわめて低くなり、刈払前の稈高とくらべると、1月刈払区で11.72%、4月刈払区17.85%、7月刈払区9.14%、10月刈払区8.71%と極端に小さくなっており、その後は次第に高くなるが、10~11生育期をすぎても刈払前の60~70%のみに達することはまれであることを明らかにしている。

さらに地下茎についても、10月に刈り払いをおこなうと、地下茎はすべてばらばらに寸断された状態で、再生、回復はきわめて困難であるとも述べている。これらのことから、スズタケに対しては、うっ閉の調整による方法も一方法であるが、10月前後にスズタケの刈り払いをおこなうことがのぞましいと考える。

また、被圧木の問題は、先にのべたように光線の不足が大きな要因であると思われるが、その他に地上部、地下部における樹木間の競争にもよると思われ、樹木間の距離を適当にすべきであろう。岡崎訳、SCHAEFFER *et al.* (1958)によれば、モミの場合、平均樹幹の直径の15倍の距離をあけることがのぞましいと述べている。すなわち、樹冠が十分にひろげられるだけの距離をおくということである。

したがって、このためには適度の除伐、間伐あるいは枝打ち等の方法も考える必要があるのではないかと思われる。

ところで、密なモミ、ツガ林分では、モミ小径木の枯死が多く、ツガが増加している結果がみられる。これはモミ、ツガ両樹種の被圧に対する抵抗性の強弱の差とも考えられるが、樹木間の距離の問題もあると思われる。すなわち適度に距離が保たれて成立している樹木間にその後が発生した個体は両方の生長におさえられて枯死するという図57でいうAの型をとると考えられる。しかし、ツガの場合は根系が浅いため、モミの間に成立してもかなり生存する可能性が強いと考えられる。

5. モミ・ツガ林の更新機構

山本（1984）によると、森林の更新とは、その世代交代を意味するが、具体的な現象としておおまかに定義すれば、林冠層を構成する樹木個体が何らかの原因で欠如してできた空間（Gap）を他個体が占めるという置換現象をさすとのべている。

このGap形成の原因として考えられることは、火災、洪水、台風、虫害あるいは寿命による枯死等であるが、火災、洪水はごくまれなことであると考えられる。したがって起こ

りやすいと考えられるのは、台風による一部の林冠層の欠如あるいは寿命による枯死、被圧による枯死等である。しかし、当調査地におけるモミ・ツガ林についてみると、年齢構成でのべたように100年前後の林分が多く、まだモミ、ツガにとっては生長が旺盛な年齢であると考えられ、寿命による枯死ということは、この林分では少ないといえよう。

したがって、台風時の風倒あるいは被圧による枯死以外は Gap の発生は、ここ当分の期間ほとんどないのではないかと考えられる。

そこで、モミ、ツガが群落的に成立している林分とモミ、ツガが点在する広葉樹林に対

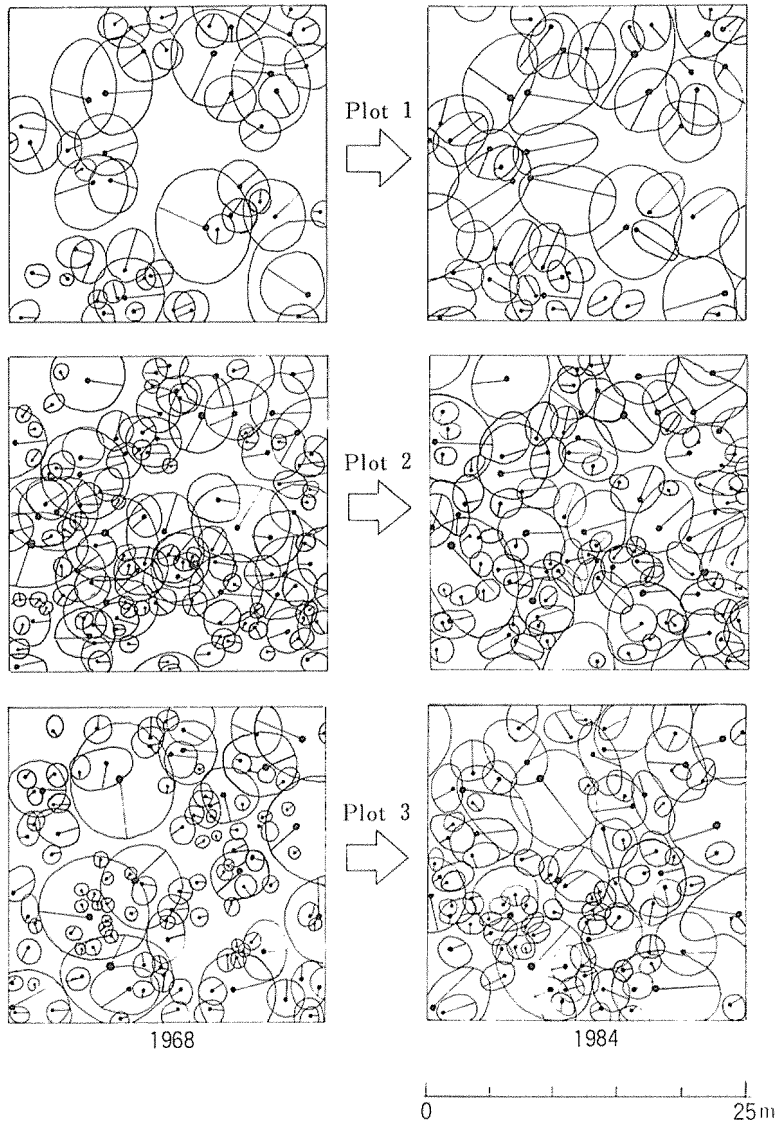


Fig. 58 Fluctuation of crown of *Abies* and *Tsuga* for 16 years after the removal of Suzutake and broad-leaved trees at each sample plots

図 58 除伐後 16 年間のモミ、ツガ樹冠の変動

表 32 調査プロットの状態
Table 32 Characteristics of the plots

		Number of trees	Dead tree	Weakened tree	Fallen tree	Number of broad-leaved seedlings
I	<i>Abies</i>	13(0)*	1			<i>Stewartia monadelpha</i> 18 <i>Styrax japonicus</i> 4
	<i>Tsuga</i>	32(15)	3		2	<i>Castanea crenata</i> 4 <i>Magnolia obovata</i> 1 <i>Sapium japonicum</i> 1 <i>Carpinus laxiflora</i> 1 <i>Ilex crenata</i> 1 <i>Acer sieboldianum</i> 1
II	<i>Abies</i>	78(18)	9		1	<i>Stewartia monadelpha</i> 3
	<i>Tsuga</i>	16(12)	1			
III	<i>Abies</i>	52(23)	2	3		<i>Stewartia monadelpha</i> 3
	<i>Tsuga</i>	37(29)	1	1		<i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i> 3 <i>Betula grossa</i> 2 <i>Magnolia obovata</i> 1 <i>Acanthopanax sciadophylloides</i> 1

* (): Less than 10 cm d. b. h.

し、人為的に手を加え、その後の林相の変化、更新状態をみることにした。

5.1. ギャップ生成とその修復

5.1.1. モミ・ツガ純林の場合

調査地においては、モミ、ツガの純林はほとんどないため、モミ、ツガが群落的に成立

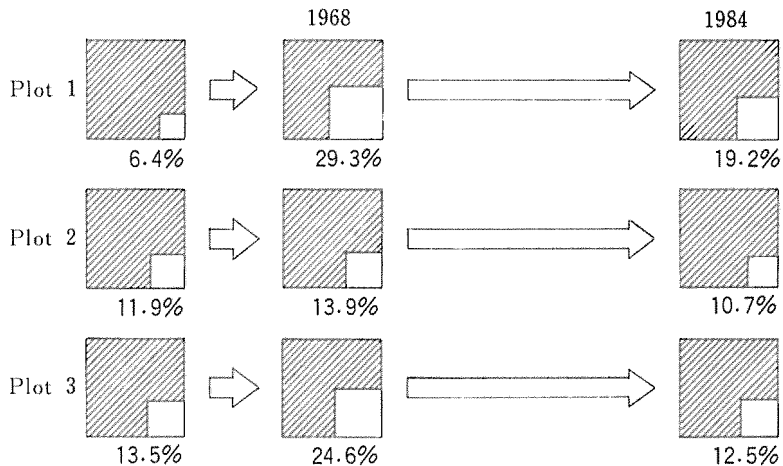


Fig. 59 Changes of porosity rate after the removal of Suzutake and broad-leaved trees at each sample plots

図 59 除伐後の空隙率の変化

している林分(図8のB), 1.277 ha内の広葉樹をすべて除伐し(1968年), モミ, ツガのみを残し純林状態に処理した。さらにこの林分を3区に分割し, この3区を胸高断面積合計でプロット1:2:3=0.5:1.0:0.75の比率で密度をかえた。いわゆる3段階のGapを人工的に作ったと考えてよいと思われる。そこで, 1968年プロット設定当初と, その後16

年を経過した 1984 年現在の樹冠投影図を図 58 に示す。

また、この 3 プロット内のモミ、ツガ本数及び枯死木、枯死直前木、風倒木本数、さらにこのプロット内に発生した広葉樹稚樹本数を表 32 に示す。

まず、1968 年と 1984 年の樹冠投影図を比較すると、密度をかえて 16 年を経過すると、樹冠にもかなり変化がみられる。とくに密度が最も疎な、いわゆる Gap が大きい 1 プロットにおいて樹冠の変化が著しい傾向がみられる。逆に、2 プロットのように密な林分の場合の変化はわりに少ないといえる。このことは、林分内に Gap が生じた場合、その周囲木はこの Gap をうめるように枝条を伸ばしているといえよう。

そこで、その 3 つのプロットについて空隙率の変化をみることにする (図 59)。

1 プロットは、1968 年の除伐処理前で 6.4%であったものが、処理後には 29.3%となり、16 年を経過した 1984 年には 19.2%であった。2 プロットは、11.9%→13.9%→10.7%、3 プロットは、13.5%→24.6%→12.5%であった。したがって、空隙率が最大の 1 プロットを除いては、2、3 プロットは処理前の状態に修復しているといえる。

以上のように、1 プロットにおいては、Gap が一番大きいため周囲木のモミ、ツガの枝条の伸長が顕著にみられるが、この Gap を閉鎖してしまうまでにはいかず、そのかわりにこの Gap 内に胸高直径 2~4 cm の広葉樹稚樹 (ヒメシャラ、クリ、エゴノキ、ハウノキ等) の先駆的で生長の早い広葉樹の発生がおこりはじめている。したがって今後このプロットでは、表 32 からモミの小径木が全くみられず、このプロット内の Gap は広葉樹林へと樹種交代がおこなわれる可能性が強いといえる。

また、2 プロットでは、林分の密度が高く、林分はほぼ閉鎖されている状態にあるため、林内の光条件が悪く、モミ小径木の枯死木が多く、更新樹の発達からみても、今後プロット内で何らかの変動がおこり、Gap ができない限り、あるいは人工的に林冠を疎開しない限りは現在の状態がしばらく続くものと考えられる。

3 プロットの場合は、モミ、ツガともに小径木の多いことから考えても、1968 年におこった処理がこの林分にとって適度の疎開であったと考えられるが、枯死木あるいは枯死直前の個体が増えはじめていることから、この林分も 16 年間の経過とともに林冠の閉鎖が進んだと考えられる。このままでは、2 プロットと同じような状態になり、いずれモミ、ツガ小径木も光不足におちいり、枯死していくことが考えられる。

5.1.2. モミ・ツガと広葉樹の混交林の場合

モミ、ツガが点在する広葉樹林 (図 8 の I) 内に 30×70 m のプロットを設定し、樹冠投影図を作成した。この林分は、1978 年に 10.3 ha 内の広葉樹を 787 本、材積にして 40 m³ を除伐し、地上より 1 m の位置での林内照度をおよそ 60%を基準にして林内の光条件をよくして 6 年を経過した林分である。

図 60 は、1) 胸高直径 20 cm 以上、2) 19~10 cm、3) 9 cm 以下の径級別にあらわしたものである。この図の 1) には、ツガ大径木の伐根の位置と樹高 50~500 cm の大型の稚樹の位置を示している。なお、立面図は胸高直径 20 cm 以上の個体と大型稚樹のみをあらわしている。

これによると、尾根筋付近にツガの大径木の伐根 (直径 60~100 cm) が多数みられる。これはいつの頃に伐採されたものであるか確かなことはわからないが、青柳 (1958) が、

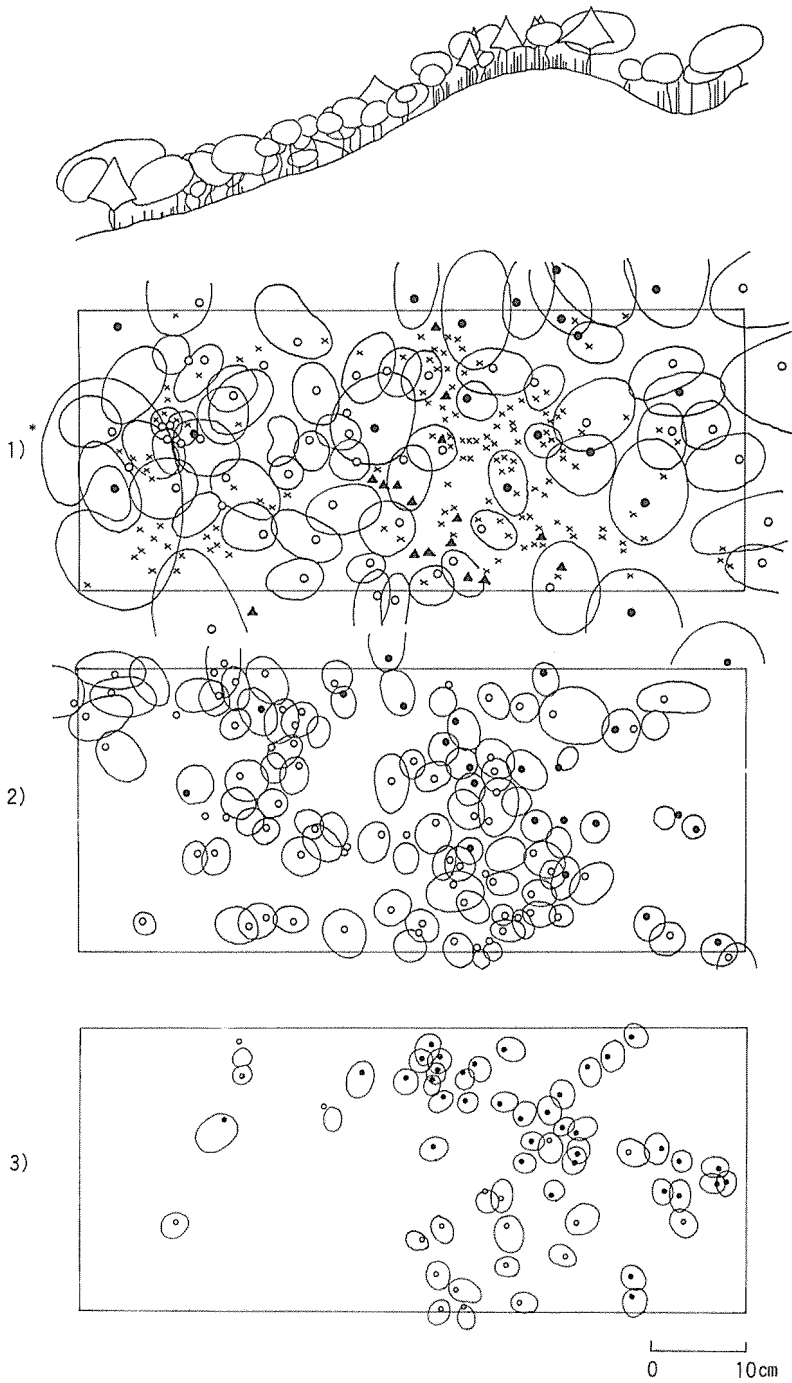


Fig. 60 Crown projection diagram and side view of trees in mixed stand
 * 1) D. B. H. ≥ 20 cm 2) D. B. H. 19~10 cm 3) D. B. H. ≤ 9 cm
 ● *Abies* and *Tsuga* ○ Broad-leaved tree
 ▲ Stump (*Tsuga*) × Sapling (*Abies* · *Tsuga*)
 図 60 モミ、ツガと広葉樹の混交林における樹冠投影図

宮崎演習林は大正の中葉（演習林設定前の民有時代）において、モミ、ツガを主とした針葉樹並びにケヤキ、サクラ、ブナ等の有用広葉樹の大径木の択伐がおこなわれ、大部分がその択伐跡地によって占められている。しかも、当時の択伐は更新保続を考えた方式でなく、利用面のみを考えた大径木の抜き切りを行ったものであるとのべていることから、当調査地でもその当時の抜き切りがおこなわれたのではないかと推察される。

さらに、この伐根の分布状態からみると、この林分は伐採前は、これらのツガによりかなり林冠がうっ閉されていたと考えられる。

図 60 でみられるように、中径木に広葉樹が多く、この伐根付近に集中して成立している

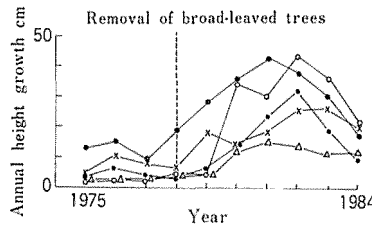


Fig. 61 Annual height growths of *Abies* saplings after the removal of broad-leaved trees

図 61 モミ稚樹の年間生長量

こと、また、樹高 4 m 前後のツガ大型稚樹もこの付近に集中して分布していること等からこれらのツガ大径木の伐採によりかなり大きい Gap が生じ、そのため Gap 内に発生していた稚樹の生長が好転したのではないかと考えられる。

伐根付近のモミ、ツガ稚樹（樹高約 3 m）の樹齢をみると、ほぼ 60 年前後、また、広葉樹中径木（サクラ）の 51 年、小径木（アカガシ）の 31 年であることから、広葉樹は明らかに Gap 発生後に出現したと考えてよいと思われる。

したがって、生長が早い広葉樹の方が先に、この Gap をうめ、部分的に一時針葉樹林から広葉樹林へと樹種転換がおこなわれたと考えられる。そしてこの広葉樹林の遮へい効果により、生長の遅いモミ、ツガ稚樹が次第に伸びつつある段階であると思われる。また、将来はモミ、ツガ稚樹の生長によっては再びモミ・ツガ林へと樹種転換がおこなわれる可能性があるかと推測される。

ところで、1978 年に除伐をおこなったことは先にのべたが、この除伐効果を見るため、3 m 前後のモミ大型稚樹の最近 10 年間の伸長量を測定した（図 61）。

これによると、ほぼ除伐後に急速に伸長量が増していることから、この除伐効果はかなりあったものと考えられる。しかし、1983 年頃から伸長量も再び小さくなりつつある。

これは、除伐により開いた上部空間への周囲木樹冠の侵入がおこりはじめており、再び光条件が悪くなりつつあるのではないかと考えられる。したがって、このような状態の個所には再度の除伐の必要性が生じている段階にあるといえるのではないかとと思われる。

5.2. 考 察

林冠層あるいは林冠木の欠如（Gap）をもたらす原因としては、大面積の場合は、火災、火山爆発による降灰、泥流、土砂崩壊、洪水、大型台風、虫害、恒常風等があり、小面積

の場合は、小型台風、暴風、寿命等が考えられる。これらの原因で生じた Gap のその後の更新、いわゆる Gap 更新 (RUNKLE, 1981) については数多くの報告がなされている。

大面積の林冠木の欠如として、吉野 (1976)、木村 (1977)、甲山 (1984) らは、亜高山帯のモミ属林 (シラビソ、オオシラビソ) に、SPRUGE (1976)、REINERS (1979) は北米東部のバルサムモミ林に縞枯れ現象を認めている。これらの縞枯れ現象の面積スケールは数 ha 規模であり、このような集団枯死は特殊な現象である。

比較的起こりやすい Gap の面積について山本 (1984) は、一般にブナ林や照葉樹林の Gap では 500 m^2 を超えるものは少なく、平均で $50 \sim 200 \text{ m}^2$ 程度の大きさであるとのべ、中静 (1984) はブナ林において、林冠木 1 ～ 数本の樹冠面積に相当する Gap が多く、最大約 500 cm^2 であると報告している。

当調査地のモミ・ツガ林においては、林冠木の欠如は 1 個体から数個体の場合が多く、この 1 個体の胸高直径が 50 cm であるとするならば、先にのべた樹冠面積の計算式 (図 53 参照) から、およそ 40 m^2 であり、Gap の大きさは数 10 m^2 から 200 m^2 以下であろうと考えられる。

また、山本 (1984) は、林冠木の大規模な枯死後の更新過程は林床の状態によって異なるとし、前生樹集団が存在すれば、これらが次世代の林冠木となる林分を形成するとのべこの前生樹集団を形成する樹種として、北海道のエゾマツ、トドマツや亜高山帯のシラビソ、オオシラビソ等を例にあげている。これらの樹種では、林冠木存在下の林床で発芽、定着し、暗い光条件下で稚幼樹の生存が可能で、林冠木の枯死をもたらすが林床をそれほど破壊しないような要因によって林冠木が枯死すると、暗い光条件から開放されて旺盛な生長を開始し林冠木となる。また、林冠木の枯死と同時に林床が破壊され裸地が形成される場合、種子散布によって新たに侵入してきた先駆的で生長のはやい陽樹類と次世代の林冠木となる林分がまず成立し、その後、陽樹類と同時にあるいは遅れて侵入した生長が遅いが耐陰性の高い陰樹類の林冠木からなる林分へ変化していく。さらに、林冠木の 1 個体の枯死によってできた小さな Gap では、その周囲の林冠木の枝の側方生長によって Gap

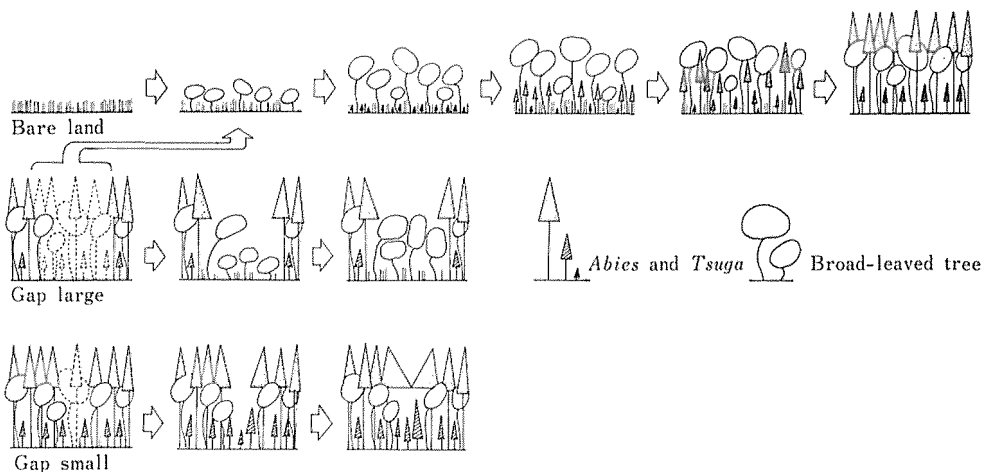
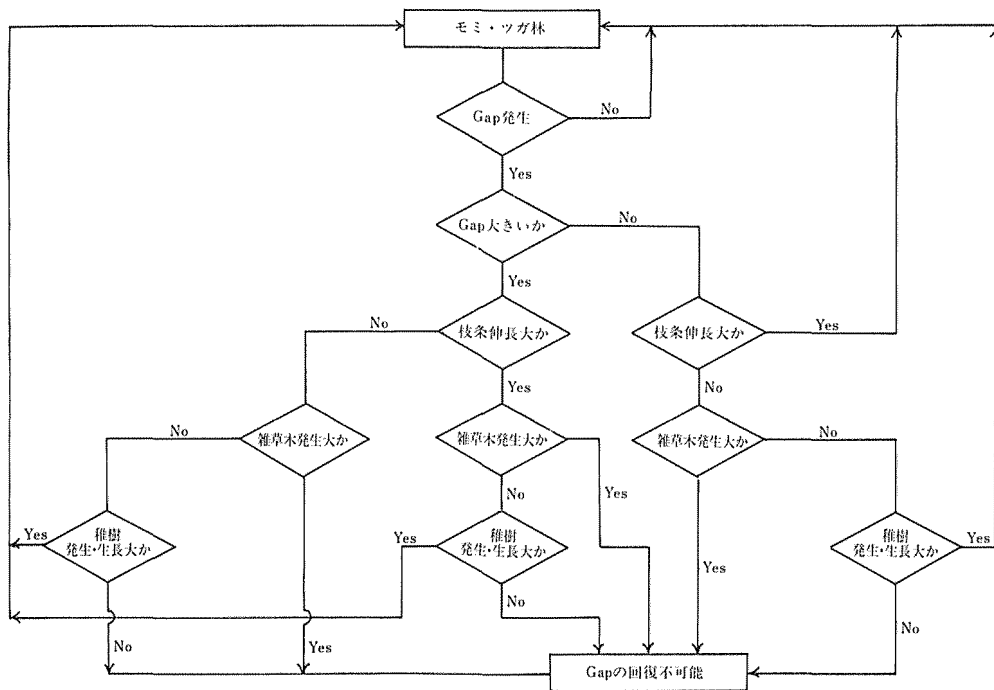


Fig. 62 Patterns of regeneration of *Abies* and *Tsuga*

図 62 モミ、ツガの更新の型



が閉鎖されたり、耐陰性の高い陰樹類がその場所の次世代の林冠木になるとのべている。
 また、森林の更新を考える場合、林冠層を構成する樹種の生活史特性と円滑な更新プロセスを阻害するササ類の存在にも注意をしておくことの必要性も説いている。
 甲山（1984）は、Gap 発生後の更新を担うものは、林内で待機していた実生や稚樹で、これを実生バンク、稚樹バンクと区別し、モミ属林冠木は下枝が高く枯れ上り、樹冠が小さく、この構造は純林型の林分が早い段階から一斉崩壊を起こしやすくなる一因となっており、この一斉崩壊のあとの更新には実生バンクが当たり、混交林の過熟林分では、モミ属林冠木が徐々に枯死していく傾向が強く、そこでは稚樹バンクからの更新が優勢であるとのべている。

このような諸氏の Gap 発生後の更新過程についての報告や著者の調査結果から、この Gap がどのような経過を経て修復するのか、あるいはどのような場合に修復が困難であるかをフローチャートで示すと上記のようになると考えられる。また、更新状態をモデル化すると図 62 のようである。

図に示したように林木を欠く状態にあったところにさかのぼると、まず第一に侵入してくる樹種は、周囲木からの種子の飛散距離が大きい、軽量の種子であろうと考えられる。しかし、林木を欠くとなると、かなり陽光、乾燥に耐える樹種でなければ生存はむずかしいため陽性の樹種の発生ということになる。それから、この陽樹が生長をおこない林冠を形成しはじめると、これが陽光の調節をおこない、陽光需要の少ない樹種の発生となり、最終的にはモミ・ツガ林を形成することになる。しかし、モミ、ツガが上層林冠を構成してしまうと、その後に発生してきたモミ、ツガ稚樹は、上層林冠の被圧を受けることになり、何らかの原因で林冠が欠如しないかぎり、被圧木としての一つの層を形成すること

になる。

この林分に Gap が生じなかった場合は、当然のことながらこのモミ・ツガ林はこのまま存続する。しかし、Gap が生じた場合を考えると、まず第 1 にこの Gap が大きい場合、この Gap 内にモミ、ツガ稚樹の発生、生長あるいは Gap が生じる前にすでに後継樹として成立していたものが光条件の改善で生長がよくなった場合は再びモミ・ツガ林へと回復するであろうし、Gap 内に雑草木の発生が多い場合は、モミ、ツガ稚樹の発生、生長が阻害され、モミ・ツガ林への回復が困難になり、一時広葉樹林へと樹種転換がおこなわれる可能性が強いといえる。

また Gap が小さい場合は、枝条の伸長が大きい時はこの Gap はすぐに閉鎖されるであろうし、枝条の伸長が小さくても、モミ、ツガ稚樹の発生、生長がよければ回復に向うであろう。

このように更新のパターンをのべてきたが、モミ、ツガが上層林冠を構成する林分においては、その後に発生してきたものは被圧状態下に入り、被圧木としての一つの層を構成する。この場合、上層林冠に Gap がおこらないかぎり被圧状態が続き、この状態が長期間にわたると被圧木は枯死に至り、モミ、ツガの後継樹は全く存在しなくなる。この林分をこのまま放置しておく、上層林冠が老齢化し寿命による枯死、あるいは何らかの原因で上層林冠が一斉に欠如した場合はモミ・ツガ林は消滅することになる。

したがって、これらのモミ・ツガ林を保全するためには、また、さらに拡大するためには常に後継樹を育成しておくべきだと考える。

ところで、天然更新法については、過去いろいろな方法がおこなわれているが、モミ、ブナ林を対象におこなわれてきた方法に傘伐天然下種更新がある(中村, 1930). 佐藤(1971)によれば、これを 3 伐天然下種更新としている。

これは成熟林分に対して、①更新準備のためにおこなう予備伐、②更新完了のためにおこなう下種伐、③稚樹の生長促進のためにおこなう後伐の 3 種の更新伐採を加えて更新を図ろうとするものである。

予備伐は、うっ閉した森林を疎開して、樹冠に十分な陽光を与え、開花結実を促進すること、林地に光線と温熱を与え、かつ空気の流通をよくして地被物の分解を促し、種子の発芽や稚樹の生育に好適な地床を準備すること、及び母樹となる老林木に風害抵抗性を与えること等を目的とする。その伐採度合は材積でおよそ全林の 20~30%、樹冠の間隔が 1~1.5 m となる程度とする。

下種伐は、林木が多量に結実した年に、種子の十分成熟した時期をみて、予備伐前の全林材積のおよそ 25~50%程度、下種伐後の林冠のうっ閉度が 0.4~0.6 となるくらいの伐採、残存木の樹冠の間隔が 2~3m、場合によっては 5~10 m となるようにする。

後伐は、稚樹の生育を促進するため、稚樹の生長に伴って徐々に老林木を伐り除くところの伐採であるとのべている。

著者もこの更新法が当調査地においては適していると考えますが、先にのべたように、当地においてはスズタケの取扱いが大きな問題であるため、伐採にはかなり慎重を要するものであると考える。それは伐採によりスズタケの侵入がはじまるとは、稚樹の生育がやぶまれることにもなりかねないからである。

また、当調査地ではモミとツガが混生していることから、伐採の仕方によっては、林床

を極度に乾燥させ、浅根性のツガ、とくにツガ稚樹にとっては非常に悪い結果にもなりかねないため伐採も徐々に起こうことが望ましいと考える。

以上のように、モミ・ツガ天然林の成立過程について検討してきたが、山本(1984)もこのように、わが国では自然林の面積が減少しつつあるとともに、空間的に連続した自然林そのものがなくなりつつあり、自然林が島状に点在する状態、すなわち、Forest Island (BURGESS *et al.*, 1981) になりつつある。このことは九州におけるモミ・ツガ天然林の分布をみても同じことがいえる。したがって、現状のままではモミ・ツガ天然林の分布はさらに減少することが予測される。

今後のモミ・ツガ天然林の保存あるいは拡大を考える場合、ある程度の人為的干渉を導入した取り扱いが必要であろうと考える。

摘 要

この研究の目的は、モミ・ツガ天然林の成立過程を明らかにし、モミ、ツガの更新に関する基礎資料を提供することにある。

調査は、九州大学宮崎演習林に分布するモミ・ツガ天然林でおこなった。

結果は次のようである。

- 1) 地形的にみると、モミ・ツガの天然林は斜面の中腹から尾根筋に分布している。
- 2) モミあるいはツガの純林はほとんど存在せず、通常混生している。
- 3) 調査林分の年齢はおよそ90~110年であった。一般に、モミ、ツガの樹齢は成熟林では200~300年であり、老齢林では400~500年であるといわれている。このことから判断すると、調査林分は、まだ若い発達している林分であるといえる。
- 4) モミ、ツガ集団の分布型をI δ 指数で分析すると、稚樹群は集中分布を示した。成木群も集中分布を示したが、優勢木だけの分布はランダム分布を示した。
- 5) モミ、ツガの結実の豊年は、2~3年おきにあらわれている。
- 6) モミ、ツガ稚樹の発生は5月から7月に集中している。稚樹の消失原因は夏期の高温、冬季の土壤凍結が主因である。発生した稚樹の半数は発生後2年以内に消失しており、その後は徐々に消失した。
- 7) 稚樹の庇陰格子試験から庇陰度の違いによって乾物の配分やT-R比が異なることがわかった。すなわち、明るさが10%以下になると光不足によって、生長が極端に阻害される。過度の庇陰は、地上部の生長のみならず根系の発達を著しく阻害するようである。また、全光下においても稚樹の生長は阻害された。この場合は、地表付近の高温、土壤乾燥等が原因であろうと考えられる。ツガ稚樹は種子がモミに比べて極端に小さいため、とくにこのような外的要因に影響を受けやすい。発芽当初の稚樹にとっての最適照度は80~40%付近ではないかと考えられる。
- 8) 当調査地における下層植生の優占種はスズタケである。スズタケは林床を覆い、そのため林床の光環境は極端に悪い。スズタケ群内の地床における照度は、スズタケ葉群上の5~25%であった。
- 9) モミ、ツガは、2.0mまではスズタケによって光が不十分のため樹高生長が阻害されている。しかし、スズタケの高さをこえると急速に樹高生長がよくなっている。

スズタケの地下茎は地下 20 cm の深さに、密にひろがっているため、この地下茎もまたモミ、ツガの生長を阻害していると考えられる。

10) 被圧状態下のモミの枝は下方から枯れ上がり、樹型は傘状を示した。

被圧木の新葉は少ないが、葉は長い間着生している。

11) 十分に発達したモミ・ツガ林では、林内の光環境は極端に悪くなり、後継樹や稚樹の生長が阻害される。被圧状態下にあるモミ、ツガに対して広葉樹を除伐することによる光環境の改善試験をおこなった結果、これらの被圧木の生長は改善された。しかし、除伐の程度が小さい時は、これらは再び被圧を受けた。

したがって、被圧木や稚樹の生長を促進させるためには、これらの林分に対して、スズタケや広葉樹の除伐等の効果的な人為的干渉を加えることが必要である。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、終始ご懇切なご指導を賜った九州大学農学部林学科名誉教授宮島 寛博士に対し、深く感謝の意を表する次第である。

また、長年にわたって直接ご懇切なるご指導とご便宜を戴いた九州大学農学部附属演習林助教津木達郎博士とご懇切なるご指導とご校閲を戴いた九州大学農学部林学科教授須崎民雄博士に対し、深く感謝の意を表する次第である。

さらに、本研究の遂行、とりまとめにあたり、有益なご示唆とご便宜を戴いた九州大学農学部附属演習林教授故加藤退介氏、同教授青木尊重博士、同教授宮崎安貞博士、同助教柿原道喜博士、同助教吉良今朝芳博士、同助教井上 晋博士、同助教薛 孝夫博士、同助手村瀬房之助博士、同助手丸谷知己氏、九州大学農学部林学科教授竹下敬司博士、同助教今田盛生博士、同助手矢幡 久博士、宮崎大学農学部林学科助教中尾登志雄博士に対し深く感謝の意を表する次第である。

また、本研究における調査及び試験の遂行に際して、多大のご援助とご鞭撻を戴いた九州大学宮崎地方演習林の職員各位に対し、芳名を記し深く感謝の意を表する次第である。

事務官松下憲一朗氏、同矢山哲也氏、同留田文也氏、技官故田中光義氏、同鎌倉邦雄氏、同椎葉康喜氏、同中井武司氏、同椎葉辰雄氏、同大崎 繁氏、同久保田勝義氏、甲斐（旧姓右田）久子氏、井手（旧姓阪本）房代氏。

なお、長期を要した本研究の遂行に際しては、九州大学農学部附属演習林職員各位の絶大なるご理解とご援助があったことを謹んで感謝する次第である。

引 用 文 献

赤井竜男・浅井節夫 (1967) : 天然更新に関する研究 (I). 京大農演報 39 : 35~63

青柳亜良太 (1958) : 標本抽出法による九州大学宮崎演習林第 2 次蓄積調査報告. 九大農演集 11 : 1~30

荒上和利・津木達郎 (1969) : 宮崎演習林の気象. 九大農演研究資料

荒上和利・津木達郎 (1979) : モミ、ツガ天然林の生態—10 年間の林分の変動について—, 日林九支論 32 : 217~218

- 荒上和利・汰木達郎(1980)：モミ，ツガ天然林の生態—被圧木の生長について—，日林九支論 33：91～92
- 荒上和利・汰木達郎・薛 孝夫 (1985)：樹木群の構成とその表現に関する研究 (IV)—モミ樹冠の発達について—，日林九支論 38：137～138
- BRAUN-BRANQUET, J. (1964)：Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. Springer-Verlag, Wien, New York
- BURGESS R. L. and SHARPE, D. M. (1981)：Forest Island Dynamics in Man-Dominated Landscapes. Ecological Studies 41, Springer-Verlag, New York
- 福永鴻介 (1923)：上木伐採量ノ多少カもみ，つが天然性稚樹ニ及ホス影響。林試彙報 11：47～60
- 古野東洲・川那辺三郎 (1967)：和歌山演習林におけるモミ，ツガ林の生産力調査 第1報，京大農演報 39：9～26
- 古野東洲・川那辺三郎 (1971)：和歌山演習林におけるモミ，ツガ林の生産力調査 第2報，京大農演報 42：128～142
- 藤島信太郎 (1930)：造林学，養賢堂，東京
- 原田 泰 (1948)：森林と環境，北民生協会，札幌
- 林 泰治 (1922)：もみノ結実年度並稚樹発生年度ニ就テ，林試彙報 6：1～10
- 林 泰治 (1928)：もみ・つが天然更新ニ関スル試験，林試彙報 24：31～90
- 林 泰治 (1929)：もみ・つが天然更新ニ関スル試験，林試彙報 26：1～47
- 林 彌榮 (1969)：有用樹木図説，林木編，誠文堂新光社，東京
- 初島住彦 (1970)：九州大学宮崎演習林の植物，九大農演報 44：1～80
- HORIKAWA, Y. (1972)：Atlas of the Japanese Flora. GAKKEM Co., Ltd. Tokyo
- 井上 晋・汰木達郎(1975)：温帯性落葉広葉樹林内における崩壊地の植生回復について，日林九支論 28：53～54
- 木村 允 (1977)：亜高山帯の遷移。群落の遷移とその機構 (沼田 真編)，朝倉書店，東京
- 甲山隆司 (1984)：亜高山帯シラビソ・オオシラビソ林の更新，遺伝 38(4)：67～72
- 倉田 悟 (1971)：原色日本林業樹木図鑑，第一巻，地球出版，東京
- 牧野富太郎 (1963)：新日本植物図鑑，北隆館，東京
- 正宗巖敬 (1962)：森林植物生態学，朝倉書店，東京
- 宮脇 昭 (1980)：日本植物誌，屋久島，至文堂，東京
- 宮脇 昭 (1981)：日本植物誌，九州，至文堂，東京
- 宮脇 昭・藤原一絵・原田 洋・楠 直・奥田重俊 (1971)：逗子市の植生—日本の常緑広葉樹林について—，逗子市教育委員会
- MORISITA, M. (1959)：Measuring of the Dispersion of Individuals and Analysis of the Distributional Patterns. Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ., Ser. E (Biol.) Vol. 2, No. 4：215～235
- 中尾登志雄 (1985)：九州におけるモミ，ツガ林の生態学的研究，宮大農演報 11：1～165
- 中村賢太郎 (1930)：天然更新論，帝國森林会，東京
- 中静 透 (1984)：ブナ林の更新，遺伝 38(4)：62～66
- 日本林業技術協会 (1961)：林業百科事典，丸善，東京
- 野路策三 (1923)：とがさわら，つが，ひのき，もみ天然下種更新試験，林試彙報 10：21～62
- 沼田 真 (1974)：生態学辞典，築地書館，東京
- 岡崎文彬訳，SCHAEFFER, A., GAZIN, A., D'ALVERNY A. (1958)：モミ林，林業技術叢書 22：1～68
- 大井次三郎 (1978)：日本植物誌，顕花篇，至文堂，東京
- REINERS, W. A. and LANG, G. E. (1979)：Vegetational patterns and processes in the balsam fir zone. White Mountains, New Hampshire. Ecology 60：403～417

- 林野庁 (1960~1980): 林業統計要覧
 林野庁 (1985): 林業統計要覧
 RUNKLE, J. R. (1981): *Ecology* **62**: 1041~1051
 佐々木好之 (1974): 植物社会学. 生態学講座 4. 共立出版, 東京
 佐藤敬二 (1971): 新造林学. 地球出版, 東京
 四手井綱英・赤井竜男・斉藤秀樹・河原輝彦 (1974): ヒノキ林—その生態と天然更新—. 地球社, 東京
 森林立地懇話会 (1972): 日本森林立地図. 農林出版, 東京
 SPRUGEL, D. G. (1976): Dynamic structure of wave-regenerated *Abies balsamea* forests in the north-eastern United States. *J. Ecol.*, **64**: 889~911
 鈴木英治 (1980): ツガ天然林の更新II. 約 260 年前および 50 年前におこった 2 回の更新過程. 日生態会誌 **30**: 333~346
 鈴木時夫 (1966): 日本の自然林の植物社会学体系の概観. 森林立地 **8**(1): 1~12
 田中祐一(1932): 邦領樺太北部原生林に於けるエゾマツ, トドマツの更新及び根系に関する研究. 九大農演報 **2**: 1~74
 田中祐一(1934): 邦領樺太北部幌登山に於けるエゾマツ, トドマツ—齊林の成立に関する考察. 九大農演報 **6**: 1~56
 上田弘一郎 (1956): ササの生態とその利用. 林業解説シリーズ **94**: 12
 上原敬二 (1977): 樹木大図説 I. 有明書房, 東京
 山本進一 (1984): 森林の更新. 遺伝 **38**(4): 43~50
 矢頭猷一 (1964): 図説樹木学, 針葉樹編
 吉野みどり(1976): 日本の亜高山帯におけるしまがれ現象の分布. 山岳森林生態学. 中央公論社, 東京: 183~202
 汰木達郎・荒上和利 (1969): 庇陰格子の微気象. 日林九支論 **23**: 103~104
 汰木達郎・荒上和利 (1970 a): モミ稚樹の成長と庇陰との関係. 日林九支論 **24**: 123~124
 汰木達郎・荒上和利(1970 b): 落葉広葉樹林内に点在するモミ, ツガの樹高成長. 日林九支論 **24**: 125~126
 汰木達郎・荒上和利 (1971): モミ稚樹の発生について. 日林九支論 **25**: 139~140
 汰木達郎・荒上和利 (1973): モミ, ツガの天然更新に関する研究 (I). 九大農演報 **47**: 106~121
 汰木達郎・荒上和利 (1974): モミの結実量について. 日林九支論 **27**: 83~84
 汰木達郎・荒上和利・井上 晋 (1975): モミ, ツガ天然林の年齢構成について. 日林九支論 **28**: 55~56
 汰木達郎・荒上和利 (1976 a): モミ, ツガ天然林の分散構造について. 日林九支論 **29**: 157~158
 汰木達郎・荒上和利・井上 晋 (1976 b): モミ, ツガ天然林の種類構成について. 日林九支論 **29**: 159~160
 汰木達郎・荒上和利 (1977 a): モミ, ツガ被圧木の葉齢構成. 日林九支論 **30**: 177~178
 汰木達郎・荒上和利・井上 晋 (1977 b): スズタケの生態に関する研究. 九大農演報 **50**: 83~122
 汰木達郎・荒上和利 (1984): スズタケの生態に関する研究 (II). 九大農演報 **54**: 105~123
 汰木達郎・荒上和利・薛 孝夫 (1985): 樹木群の構成とその表現に関する研究 (III)—広葉樹樹冠の発達について—. 日林九支論 **38**: 135~136

Summary

The purpose of this paper is to elucidate the process of the formation of natural forest of *Abies* (*Abies firma*) and *Tsuga* (*Tsuga sieboldii*), which distributed widely in mountainous district in Kyushu, and provide the fundamental data on their natural regeneration.

This investigation was carried out in natural forests of *Abies* and *Tsuga* distributed in the Kyushu University Forest of MIYAZAKI.

The results obtained are summarized as follows :

1) Topographically, a natural forests of *Abies* and *Tsuga* are distributed from the middle part of slope to the ridge of mountain.

2) Pure forest of *Abies* or *Tsuga* are rare, usually being mixed with each other.

3) Their age was estimated as about 90~110 years old. In general, it is said that *Abies* and *Tsuga* are about 200~300 years old in matured stands and about 400~500 years old in over-matured stands. This indicates the forests investigated in the present study to be young and developing.

4) The distributional patterns of *Abies* and *Tsuga* populations were analyzed by the 1δ index. Seedling population was distributed contagiously. Tree populations showed contagious distribution, but that of dominant trees was random.

5) Rich production of seeds of *Abies* and *Tsuga* occurred at intervals of 2-3 years.

6) The seeds of *Abies* and *Tsuga* germinate mostly from May to July, and the seedlings die in the winter.

Half of the seedlings that germinated died within two years following germination. After that, number of seedlings decreased slowly.

7) When the seedlings were very small, their root systems were similar but after becoming higher than 50 cm, *Abies* showed a deep rooted system and *Tsuga*, a shallow rooted system.

Judging from the root form, *Abies* and *Tsuga* were assumed to segregate well from each other underground.

8) By the lattice shelter experiment conducted on seedlings, the share of dry matter and T-R ratio were found to vary with the degree of shade.

That is, due to inadequate sunlight, growth was greatly obstructed in light less than 10% full sunlight.

Overshading retarded not only top growth but also root development.

In the full sunlight, the growth of seedlings was also obstructed.

It is considered that the factors such as high temperature at the soil surface and soil drought cause the results.

Tsuga seedlings were influenced particularly by these external factors since the *Tsuga* seeds were much smaller than those of *Abies*.

The optimum light intensity for the initial growth of seedlings ranged from 40~80% full daylight.

9) Dominant species of undergrowth in the stands examined was Suzutake (*Sasa borealis*). Suzutake grows close to the forest floor and consequently receives very little sunlight. Light intensity at the ground level in Suzutake groups was 5~25% the light intensity just above the foliage of Suzutake.

When the Suzutake group developed in the stand, it was almost impossible to find *Abies* and *Tsuga* seedlings there.

10) The height growth of *Abies* and *Tsuga* up to 2.0 m was considered obstructed due to inadequate light on the Suzutake group.

Abies and *Tsuga* elongated rapidly when height growth exceeded at about 2.0 m, equal that of Suzutake.

It might be a reason of growth obstruction that Suzutake roots distribute densely within the soil to a depth of about 20 cm.

11) The lower branches of *Abies* under suppressed condition died, resulting the tree form to be taken on an umbrella shape.

The new leaves of such trees were few, but remained on branches for a long period of time.

12) When *Abies* and *Tsuga* developed sufficiently, light penetrating into the forest became extremely slight, causing poor growth on the part of succeeding trees and seedlings.

The author thus carried out experiments to determine how to improve the light environment for *Abies* and *Tsuga* in the shade by the removal of broad-leaved trees. Tree growth was found to improve. But when the removal of such trees was slight, growth suppression occurred again.

Thus, to hasten the growth of suppressed trees and seedlings, it is necessary to control or remove the underfloor vegetation effectively.