

初期生長におけるスギと広葉樹の競争に関する研究*

谷 本 丈 夫⁽¹⁾Takeo TANIMOTO: Competition between *Cryptomeria japonica*
and Two Broad Leaved Species in Early Growth

要 旨：下刈り技術研究の一環として、雑木とスギとの競争を解析するため、落葉広葉樹のナンキンハゼ、常緑広葉樹のクスを用いた混植モデル試験を行った。実験は林業試験場四国支場構内の実験林で、1975年から1976年の2生長期の間に行った。スギの生長はどの密度区でも、純植、クス混植、ナンキンハゼ混植区の順に悪くなっていた。スギ純植区における相対照度の垂直分布は、生長の良かった区ほど、群落上層と下層との差が小さくなっていたが、混植区においては、処理によって大きな差は認められなかった。しかし、ナンキンハゼ混植区では、スギの樹高より高い位置から相対照度の減少がはじまっていた。このように混植樹種によって、スギの生長や群落内の光条件に差がみられたのは、ナンキンハゼとクスの生長特性の違いによって説明できる。すなわち、ナンキンハゼは主幹の伸長および肥大生長が早く、枝の展開が2~3本ずつまばらであるのに対して、クスは主幹の伸長と同時に多数の枝を散出させながら生長する型の植物であって、このような主幹や茎葉の展開様式の違いが群落内の光条件の変化をもたらし、スギの生長に影響したものと考えられる。

I は じ め に

わが国の森林を構成する植物は、気候が温暖多湿であるため非常に豊富で、伐採などで上層林冠がなくなった森林跡地では、元の森林の構成植物の萌芽や新たに侵入する植物によって複雑な群落が再形成される。したがって、若い造林地では下刈りが不可欠な作業となる。しかし、その作業内容は、経験的に会得されたものが多く、各林業地によって精粗まちまちになっている。

筆者は、このような下刈り作業に、生物学的資料にもとづいた裏付けを与える目的で、造林地において、1971年より植栽木と雑草木との相互関係をしらべてきた⁽⁸⁾⁽⁹⁾。しかし、多様な要因の絡まりあっている造林地では、植栽木の生長と雑草木との関係を、定量的に明らかにすることが難しい。そこで、圃場において、スギの生長におよぼす雑草木の影響を、スギの純群落における生長と対比させ、落葉および常緑性の広葉樹を用いた混植モデル実験によってしらべた。

本報のとりまとめにあたって、種々のご指導と有益なご助言をいただいた林業試験場造林部植生研究室 前田禎三室長ならびに実験遂行の全過程でご指導いただいた林業試験場四国支場造林研究室長 安藤貴博士の両氏に深く感謝する。また、野外調査では元林業試験場四国支場造林研究室 桜井尚武技官（現林業試験場東北支場育林部造林第二研究室）、林業試験場四国支場調査室 門田良夫技官、資料の整理では新玉府味、楠瀬晶子の皆さんにお世話になった。ここに記し厚くお礼申し上げる。

II 材 料 と 方 法

この実験は、林業試験場四国支場構内の風倒のため伐採された8年生のヤマハンノキ林跡地において、

1980年10月28日受理

造 林—52 Silviculture—52

(1) 造 林 部

* この報告の一部は遺伝 Vol. 33, No. 11 で報告した。

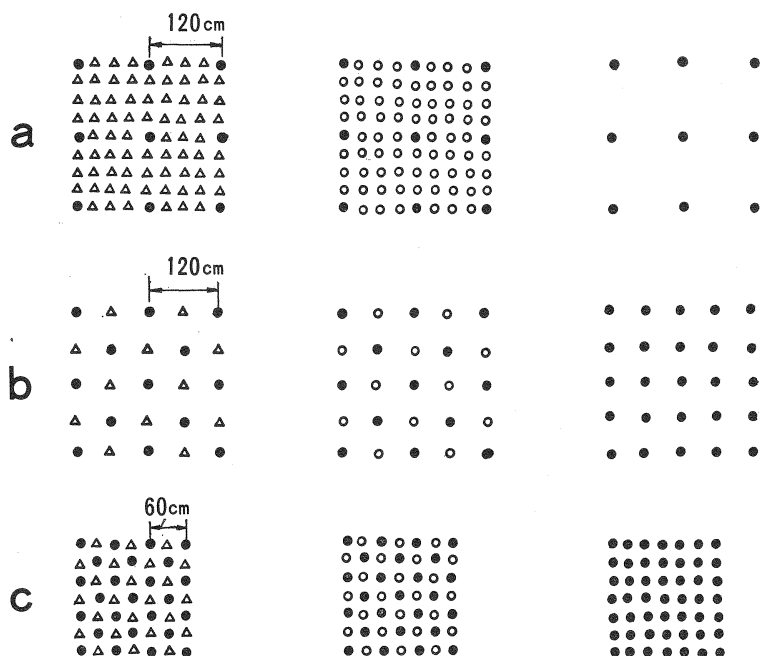


Fig. 1 スギと広葉樹の混植方法

Planting methods.

- : Sugi (*Cryptomeria japonica*)
 ○ : Kusu (*Cinnamomum camphora*)
 △ : Nankinhaze (*Triadica sebifera*).

Table 1. 植栽密度と混植本数

Number of planting trees in total and in each species (num./per 10 a)

混植方法 Planting methods 樹種 Species	a			b			c		
	ナンキンハゼ混植区 Mixed plant-ing with Nankinhaze	クス混植区 Mixed plant-ing with Kusu	スギ純植区 Pure plant-ing of Sugi	ナンキンハゼ混植区 Mixed plant-ing with Nankinhaze	クス混植区 Mixed plant-ing with Kusu	スギ純植区 Pure plant-ing of Sugi	ナンキンハゼ混植区 Mixed plant-ing with Nankinhaze	クス混植区 Mixed plant-ing with Kusu	スギ純植区 Pure plant-ing of Sugi
ナンキンハゼ* Nankinhaze	1042	0	0	139	0	0	555	0	0
クス** Kusu	0	1042	0	0	139	0	0	555	0
スギ*** Sugi	69	69	69	139	139	278	556	556	1111
計 Total	1111	1111	69	278	278	278	1111	1111	1111

* ; *Triadica sebifera*, ** ; *Cinnamomum camphora*, *** ; *Cryptomeria japonica*.

1975年3月から1976年12月までの2生長期の間に行った。混植樹種には落葉性で初期生長の早いナンキンハゼ、常緑性のクスを用いた。植栽の方法および植栽本数は Fig. 1, Table 1 に示すとおりである。

それぞれの供試木は、スギについては1974年3月に1回床替2年生苗を Fig. 1 に示す所定の位置に植え付けた。広葉樹は1年生苗を1年遅れて1975年3月にそれぞれ所定の位置に植え込んだ。

この実験では、閉鎖を早める目的で重量(%)で窒素20, 加里10, 燐酸10の配合肥料を50 g/m² ずつ毎年新葉の展開前に施肥した。

混植後生長期を過ぎた1976年に、各試験区において、相対照度、現存量および幹の当年生長量をそれぞれ測定した。すなわち、相対照度は、東芝5号照度計2台を用いて、1976年8月に、各試験区内と裸地とを同時に測定して求めた。群落内の測定場所は、実験群落がほぼ一様であったため、1本のスギの樹冠とそれに接する4本の樹冠の間で、地表および地表からの高さ20 cm ごととした。これを各試験区3箇所ずつ測定し、それぞれ平均値を求めた。20 cm ごとに測定したのは、樹幹解析の結果と対応させるためである。

現存量の測定は、ナンキンハゼでは1976年10月に、スギおよびクスは同年12月に行った。それぞれの供試木は、各試験区から3~15本ずつ注意深く掘り取り、地際から20 cm ごとに幹を切り離し、層ごとに葉、枝および根に区分した。なお、ナンキンハゼの掘り取り調査は落葉前にするため10月に行った。幹については、各高さごとに樹幹解析を行った後、枝、葉とともに80°Cの熱風乾燥機で7日間乾燥させた後、乾重を測定した。

幹の当年生長量は、樹幹解析の資料から各層ごとに1975年から1976年までの材積を推定し、これに層ごとの比重を乗じた値を合計して求めた。

III 結果と考察

1. 平均樹高および地上20 cmの平均直径

各組合せ区の実験終了時におけるスギ、クス、ナンキンハゼの平均樹高と地上20 cmの平均直径を Table 2 に示す。スギの平均樹高は、a組においてはスギとクスの混植区が一番大きい。純植区との差は少なかった。b組、c組のスギの樹高は、純植区、クス混植区、ナンキンハゼ混植区の順に小さくなっていた。

スギの地上20 cmの平均直径は、a組においては純植区、クス混植区、ナンキンハゼ混植区の順に小さくなっていたが、b組ではクス混植区、純植区、ナンキンハゼ混植区の順で小さくなる。しかし、クス混植区と純植区とではほとんど差がなかった。c組の平均直径もb組と同じような傾向であったが、各区の差はさらに小さくなっていた。このように、混植樹種によってスギの生長に相違がみられたのは、混植樹種であるクスとナンキンハゼの樹高の違い (Table 2) に関連があると思われるが、詳しくは後に述べる。

2. スギの平均個体重、各器官重と T/R 率

各組合せ区のスギの個体重、各器官重と T/R 率を Table 3 に示す。

a組においては、混植区のスギの個体重、各器官重は、純植区のそれより小さく、とりわけナンキンハゼ混植区で著しかった。b組では、純植区とクス混植区とでは個体重、各器官重とも大きな差はなかったが、ナンキンハゼ混植区の個体重は、純植区とクス混植区の約2/3に低下していた。c組の個体重は、b組と同じような傾向であったが、純植区およびクス混植区とナンキンハゼ混植区との差は、より少なくな

Table 2. スギおよび広葉樹の樹高，地上 20 cm の直径（平均個体あたり）
Height and diameter at 20 cm from ground level of Sugi,
Kusu and Nankinhaze per seedling

植 栽 方 法 Planting methods	種 名 Species	樹 高 (cm) Height (H) 地上 20 cm の直径 (cm) Diameter at 20 cm from ground level (D ₂₀)	スギ純植区 Pure planting of Sugi	クス混植区 Mixed planting with Kusu	ナンキンハゼ 混 植 区 Mixed planting with Nankinhaze
a	スギ <i>Cryptomeria japonica</i>	(H) (D ₂₀)	171 3.0	174 2.0	157 1.5
	クス <i>Cinnamomum camphora</i>	(H) (D ₂₀)		142 2.0	
	ナンキンハゼ <i>Triadica sebifera</i>	(H) (D ₂₀)			260 3.6
b	スギ <i>Cryptomeria japonica</i>	(H) (D ₂₀)	213 2.9	201 3.0	184 2.4
	クス <i>Cinnamomum camphora</i>	(H) (D ₂₀)		110 2.0	
	ナンキンハゼ <i>Triadica sebifera</i>	(H) (D ₂₀)			234 3.5
c	スギ <i>Cryptomeria japonica</i>	(H) (D ₂₀)	211 2.1	186 1.9	170 1.9
	クス <i>Cinnamomum camphora</i>	(H) (D ₂₀)		152 1.5	
	ナンキンハゼ <i>Triadica sebifera</i>	(H) (D ₂₀)			215 2.5

っていた。

四手井ら⁵⁾は，種間競争に及ぼす果うえの効果をしらべる目的で，スギ苗を 5 種に果うえし，この果を雑草類，広葉樹類で周囲から干渉させた実験を行った。この結果，種間競争があると果内本数の少ない果ほど，競争の影響をうける度合いが大きくなり，スギの個体重が小さくなると報告している。先に述べたように，本報の試験設計は果うえとは異なるが，結果において四手井ら⁵⁾の報告と同じ傾向となっていた。しかし，四手井らの報告では雑草類，広葉樹類の密度についての考慮がなく，競争の影響が根系によるものであるか，地上部によるものであるかはっきりしない。

T/R 率は，a 組のスギ純植区で 2.9 の値となり，混植区と他の組ではいずれもこれより大きい値となっていた。また，スギ純植区では，植栽本数が多くなると，T/R 率は大きくなっていったが，b 組，c 組とも混植樹種が同じ区では大きな差がみられなかった。このように，スギ純植区で植栽本数が多くなると T/R 率が増加する傾向は，これまでの報告¹⁾³⁾⁵⁾と同じであった。ここで注目すべきことは，a 組のスギ純植区と b 組の同じく純植区およびスギとクス混植区のそれぞれのスギは同じ程度の個体重でありながら，T/R 率がかなり異なっていたことである。すなわち，b 組のスギでは，地上部の重量が大きくなって，徒長ぎみの樹形になっていた。

これまでの多くの下刈り試験では，筋刈，坪刈，中途刈りなどを行うと，直径生長は全刈りよりも劣る

Table 3. スギの各器官重、個体重（g）と T/R 率
Dry weight (g) of stem, branches, leaves, root and their total
and ratio of top to root weight (T/R ratio) of Sugi

植栽方法 Planting methods	調査区 Stand	幹 Stem (g)	枝 Branch (g)	葉 Leaves (g)	根 Root (g)	計 Total weight (g)	T/R 率 T/R ratio
a	純植区 Pure planting	210	21	427	231	887	2.9
	クス混植区 Mixed planting with Kusu	110	1	245	59	414	6.0
	ナンキンハゼ混植区 Mixed planting with Nankinhaze	68	1	164	39	272	6.0
b	純植区 Pure planting	248	21	469	154	892	4.8
	クス混植区 Mixed planting with Kusu	230	19	475	164	887	5.2
	ナンキンハゼ混植区 Mixed planting with Nankinhaze	146	12	320	101	579	4.8
c	純植区 Pure planting	141	0	252	60	461	5.7
	クス混植区 Mixed planting with Kusu	127	2	255	73	456	5.2
	ナンキンハゼ混植区 Mixed planting with Nankinhaze	97	1	249	66	412	4.3

が、樹高生長は部分刈りの方が良くなると報告されたものが多い⁶⁾⁷⁾。これらの結果を併せて考えると、スギは雑草木などで側圧をうけた場合、地下部の生長を少なくして、樹高生長を多くする生長形態をとるようである。しかし、その理由やどの程度の側圧まで、そのような生長の仕方をするか明らかにできなかった。

また、健全な若木にするには、苗木の場合と同じように根の良く発達した樹形となるように、十分に陽光をあてて育成することが望ましいと思われる。しかしながら、現在の下刈り作業の傾向は、部分刈りやある程度の雑草木との共存はやむを得ないと考えられており、下刈りの程度と T/R 率、言い換えれば根系を中心とした健全度との関係、将来の成林に及ぼす影響などについて、さらに検討する必要がある。

3. 葉重、幹の当年生長量の垂直分布と相対照度との関係

各組合せ区におけるスギの幹生長量と葉重および相対照度の垂直分布を Fig. 2 および Fig. 3 に示す。

a 組における下部の幹の当年重は、スギ純植区、クス混植区、ナンキンハゼ混植区の順に小さくなり、その差は著しかった。この傾向は b 組や c 組でも同じようにみとめられるが、a 組ほどはっきりしていなかった。また、スギの生長の良いほど、上部の当年重と下部のそれとの差が大きくなっていた。尾中⁴⁾は、アカマツの年輪面積の垂直変化を孤立木と林内木とでしらべ、孤立木では裾ひろがりの樹幹形となり、林内木では樹幹上部と下部との差が少なくなると報告しているが、この場合も、先に述べたように、スギとアカマツの違い、樹齢に差があるにもかかわらず、全く同じ傾向となっていた (Fig. 2)。

葉重の垂直分布は幹の当年重と同様に、a 組ではスギ純植区、クス混植区、ナンキンハゼ混植区の順

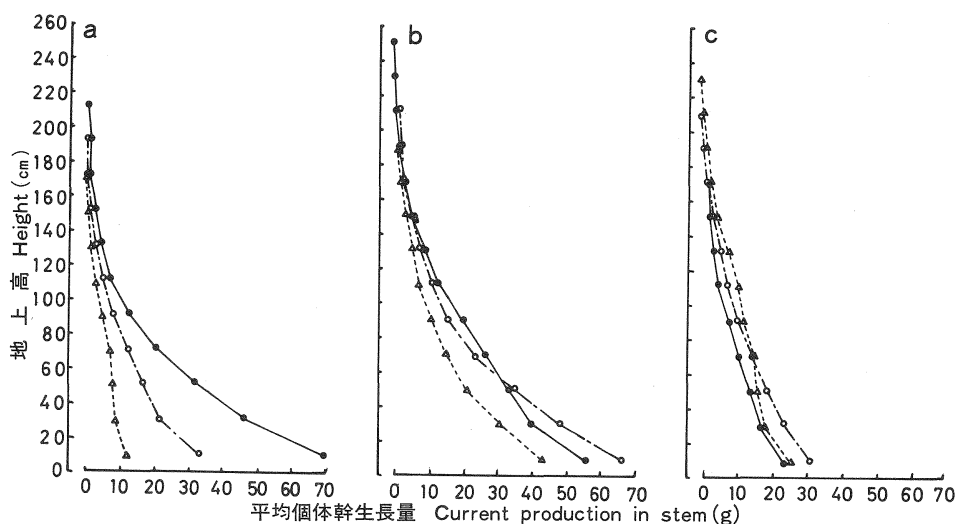


Fig. 2 スギの幹生長量の垂直分布

Vertical distribution of current production in stem of Sugi.

- : スギ純植区, Pure planting of Sugi
 -○- : クス混植区, Mixed planting with Kusu
 -△- : ナンキンハゼ混植区, Mixed planting with Nankinhaze.

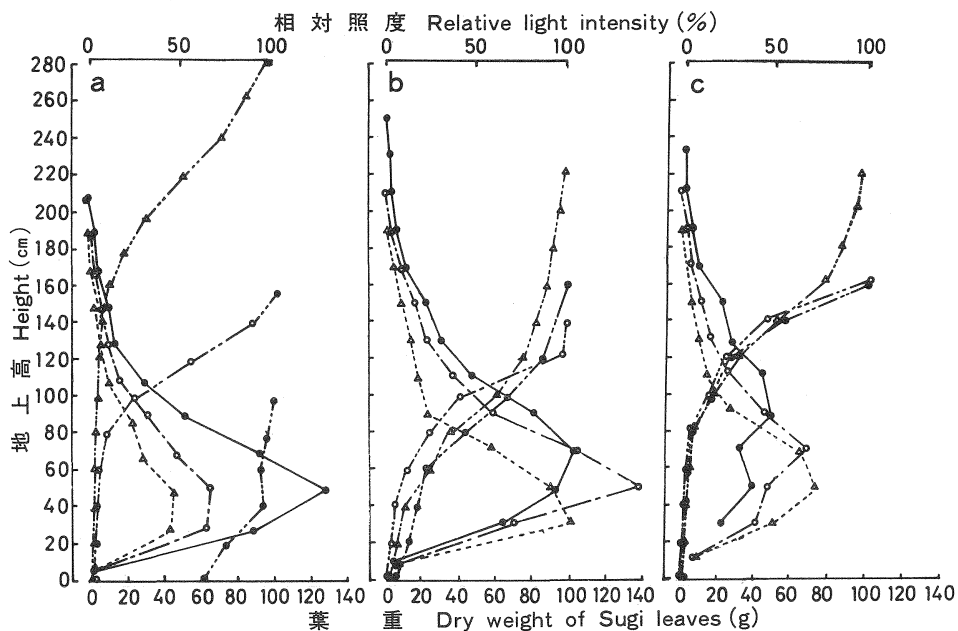


Fig. 3 スギの葉重と相対照度の垂直分布

Vertical distribution of leaf weight (g) and relative light intensity (%).

- Leaf weight ; —●— : スギ純植区, Pure planting of Sugi
 -○- : クス混植区, Mixed planting with Kusu
 -△- : ナンキンハゼ混植区, Mixed planting with Nankinhaze.
 Relative light intensity ; —●— : スギ純植区, Pure planting of Sugi
 -○- : クス混植区, Mixed planting with Kusu
 -△- : ナンキンハゼ混植区, Mixed planting with Nankinhaze.

に、上部と下部の葉重との差が小さくなる傾向となっていた。一方、b組、c組の葉重の垂直分布をみると、葉重が最大値を示す地上高の位置は、あまり処理による変化はみられなかったが、純植区、クス混植区およびナンキンハゼ混植区の順に中層部の葉重が少なくなる傾向がみとめられた。

相対照度の垂直分布は、植栽間隔、混植樹種によって異なり、a組の純植区ではもっとも変化が少なく、地表部でも相対照度60%の明るさであったが、クス、ナンキンハゼ混植区になるほど、より高い位置から相対照度の低下がみとめられた。この傾向はb組、c組の組合わせ区でもみとめられたが、とくにスギ純植区では植栽間隔が小さくなるため、自己被陰によって、a組のスギ純植区よりも相対照度の低下が著しかった。

このため、スギ純植区どうしの比較でわかるように、下部における幹の当年重および葉重は、ともに密度の高いほど小さくなった（Fig. 2, 3）。このように密植されると樹冠下部の光条件が悪くなるため、葉が枯れ上がり、活力のある葉の位置が樹幹上部に集中してくるので、幹の下部での生長低下が起こる⁴⁾。先に述べたように、ナンキンハゼとの混植は、密植と同様に、より大きく樹冠下部の光条件を悪化させ、スギの幹、とりわけ下部での生長低下が著しかった。

4. ナンキンハゼとクスの生育型の違い

ナンキンハゼとクスの各器官重を処理別に Table 4 に示す。ナンキンハゼの個体重は、いずれの混植区もクスのそれより大きかった。また、c組のナンキンハゼ、クスの個体重は、ともにa組やb組のそれより小さかった。

これは、c組のスギの植栽本数が他の組より多かったため、広葉樹植栽時にすでにスギの樹冠によって光のさえぎりの影響を受け、他の組のような生長ができなかったものと思われる。

つぎに、幹と枝の総重量に対する幹もしくは枝重の割合いをみると、クスの枝重の割合いは49～39%

Table 4. 広葉樹の各器官重と幹+枝に対する幹と枝の割合
Dry weight (g) of stem, branches, leaves, root, and total and
weight ratio of stem to stem and branch or branch to stem
and branch (%) of broad leaved trees

植栽方法 Planting methods	種 名 Species	幹 Stem (g)	枝 Branch (g)	葉 Leaves (g)	根 Root (g)	計 Total weight (g)	幹 幹+枝 Weight ratio of stem to stem and branch (%)	枝 幹+枝 Weight ratio of branch to stem and branch (%)
a	クス <i>Cinnamomum camphora</i>	116.4	75.0	136.6	115.3	443.3	60.8	39.2
	ナンキンハゼ <i>Triadica sebifera</i>	484.5	103.5	192.7	410.1	1190.8	82.4	17.6
b	クス <i>Cinnamomum camphora</i>	98.5	94.8	150.3	148.5	492.1	51.0	49.0
	ナンキンハゼ <i>Triadica sebifera</i>	424.4	121.4	144.7	321.2	1011.8	77.8	22.2
c	クス <i>Cinnamomum camphora</i>	60.6	44.0	80.7	59.9	245.2	57.9	42.1
	ナンキンハゼ <i>Triadica sebifera</i>	176.2	41.1	54.8	74.2	346.3	81.1	18.9

であったが、ナンキンハゼでは22~18%の範囲であった。幹の割合いはそれぞれ51~61%, 78~82%であった。このような枝と幹の重量割合の違いは、両樹種の幹の生長や枝の展開の仕方から説明できる。すなわち、Photo. 1と2に示すように、ナンキンハゼは太い幹に比較的長い間を置いて2~3本のまばらな枝をつけているが、クスでは多数の枝を短い節ごとに散出する生長形態をとる。また主幹の伸長、肥大生長はナンキンハゼのほうがクスよりも早い（Table 2）、前述のとおり、幹と枝の総重量に対する枝や幹の割合に違いが生じるのである。

このように両樹種には幹と茎の展開の仕方に相違がみられ、Table 2で明らかのように、ナンキンハゼの樹高は、スギのそれよりぬき出ており、クスの樹高はまだスギの樹高に達していない。これらの樹高の違いがもたらした光条件およびスギの生長の違いは、先に述べたとおりである。このような、種間競争における樹高生長の意義は、すでにソバとヤエナリの競争についての実験によって Iwaki²⁾ が述べている。

本報では、植栽密度を同じくして、混植樹種を変えることによって、地上部における種間競争の影響をしらべ、スギの生長が樹冠のおおわれ方で変化することを明らかにした。

しかし、スギの樹冠のおおわれ方は、雑草木の生育型の違いにともなう伸長速度の遅速と同時に、スギの植栽後の年数、下刈り、地位などによっても変化する⁶⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾。これらの問題も含めて、多様な雑草木の群落構造を類型化し、スギの生長との関係を定量的に明らかにする必要がある。

引用文献

- 1) 安藤 貴・宮本知子：スギ苗の生長に及ぼす光の強さと植栽密度の影響，日林誌，**54**，47~55，(1972)
- 2) Iwaki, H.: Ecological studies on interspecific competition in a plant community (1) An analysis of growth of competing plant in mixed stand of buchweats and green grams. Jap. J. Bot., **17**, 120~138, (1959)
- 3) 川邦辺三郎・四手井綱英：陽光量と林木の生育に関する研究 (Ⅲ)，針葉樹苗木の生長におよぼす被陰の影響，京大演報，**40**，111~121，(1968)
- 4) 尾中文彦：樹木の肥大成長と縦断面的配分，同上，**18**，1~52，(1950)
- 5) 四手井綱英・只木良也：林木の競争に関する研究 (1)，種間競争に及ぼす渠うえの効果，日林誌，**40**，325~331，(1958)
- 6) 島村芳雄・他：筋刈による下刈の現況調査，前橋営林局造林通信，**118**，5~8，(1974)
- 7) 袖口 功・小田治平：下刈方法別試験，同上，**112**，5~9，(1973)
- 8) 谷本丈夫：スギ幼齢造林地の雑草木の群落構造，83回日林講，184~187，(1972)
- 9) ———・宮本倫仁・木口恒夫：スギ幼齢造林地のスギと雑草木の現存量—山腹斜面を異にした場合—，24回日林関西支講，18~21，(1973)

Competition between *Cryptomeria japonica* and Two Broad Leaved Species in Early Growth

Takeo TANIMOTO⁽¹⁾

Summary

To study their growth under different weed community conditions, *Cryptomeria japonica* seedlings were grown in the following three ways with three kinds of density : pure planting, mixed planting with *Triadica sebifera* (Nankinhaze) and mixed planting with *Cinnamomum camphora* (Kusu).

The experiment was conducted in the experimental forest of the Shikoku Branch Station of the Institute located in Kochi prefecture, southwestern Japan. In the pure planting plots, the growth of *Cryptomeria japonica* was the best with the lowest density. In the mixed planting plots, the growth of *C. japonica* was worse in the combination with *T. sebifera* than in combination with *C. camphora*.

The vertical distribution of current production in stem volume showed a tendency that the difference between the upper and lower part of the stem volume increases as the growth of *C. japonica* increases. The ratio in weight of stem to stem and branch was 77.8~82.4% in *T. sebifera* and 51.0~60.8% in *Cinnamomum camphora*. Therefore, it is considered that the stem growth of *T. sebifera* is more rapid than that of *C. camphora*. Consequently *T. sebifera* overtopped *C. japonica*, but *Cinnamomum camphora* did not overtop the latter during the experimental period. It is probable that the difference in the growth of stems, branches and leaves between those two species affected the light condition in the communities and the growth of *C. japonica* seedlings was thereby affected.

Received October 28, 1980

(1) Silviculture Division



Photo. 1 実験終了時のスギの状態 (ナンキンハゼ混植区)
Sugi (*Cryptomeria japonica*) overtopped
by Nankinhaze (*Triadica sebifera*).



Photo. 2 実験終了時のスギの状態 (クス混植区)
Sugi (*Cryptomeria japonica*) exceeding Kusu
(*Cinnamomum camphora*).