

コジイぼう芽林内の光環境とそこに植栽したアラカシ,イチイガシ,コジイ稚樹の成長変化

耐陰性からみた遷移系列への位置づけ

誌名	日本林學會誌 = Journal of the Japanese Forestry Society
ISSN	0021485X
著者名	田内,裕之
発行元	日本林學會
巻/号	72巻5号
巻号補足	
掲載ページ	p. 435-440
発行年月	1990年9月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



短 報

コジイぼう芽林内の光環境とそこに植栽したアラカシ、
イチイガシ、コジイ稚樹の成長変化
——耐陰性からみた遷移系列への位置づけ——*

田内 裕之**

TANOUCHI, Hiroyuki: Light conditions in the understory of a *Castanopsis cuspidata* coppice forest and the growth of young trees (*Quercus glauca*, *Quercus gilva*, and *Castanopsis cuspidata*) planted therein —Differences of shade tolerances and positions in the sere— J. Jpn. For. Soc. 72: 435~440, 1990

Growth changes of three young evergreen tree species (*Quercus glauca* THUNB., *Quercus gilva* BL., and *Castanopsis cuspidata* SCHOTTKY) planted in a *C. cuspidata* coppice forest have been studied for three years. Relative insolation of the understory was 1.9 % (May ~December). None of the species grew notably in height, but *Q. glauca* and *Q. gilva* increased in trunk diameters. There was a large change in the tree form of *C. cuspidata* after planting, in fact, three years after planting, 96 % of them were either dead or showed some degree of die-back. This mortality was greater than that of the other two species. The measured changes in tree form of each species were compared statistically to these of the other species using TURKEY's method. At the 5 % level, the only significant difference was between *C. cuspidata* and *Q. gilva*. In short, compared with *C. cuspidata*, *Q. gilva* has greater shade tolerance. Furthermore these species were distributed in the same area of natural forests. It would seem that the position in the sere of *Q. gilva* relative to *C. cuspidata* is of a more mature forest tree, and that of *Q. glauca* is intermediate between the other two species.

I. は じ め に

九州内陸部の低山地帯に分布する常緑広葉樹林には、人為攪乱（薪炭林施業）によって成立した、コジイやアラカシが優占するぼう芽林と、自然植生もしくはそれに近い状態でイチイガシ、ウラジロガシ等のカシ類が優占する森林とが存在する。宮脇(1981)によるとイチイガシ-ルリミノキ群集には高い常在度でコジイ、アラカシが生育している。藤原(1981)はコジイぼう芽林の原植生の一部はイチイガシ-ルリミノキ群集であると位置づけており、宮脇(1981)はさらに伐採が繰り返されるとコジイが消失し、アラカシが優占するぼう芽林が成立するとしている。またコジイ、アラカシは初期成長が速く陽樹的、イチイガシは陰樹的（三善, 1959）で、コジイ林はやがてイチイガシ林へ遷移する（埴田, 1986）という報告がある。一方、コジイが極相林で優占種となっている事例（NAKA, 1982）、コジイとイチイガシの立地が多少異なるとの指摘（鈴木, 1960）等があり、これらの遷移系列上の位置づけは確定していない。

本研究では、コジイの優占する林内に稚樹を植栽し、光環境とその後の成長様式から耐陰性を検討して、各樹種の生態的地位を明らかにしようとした。

なおこの研究の遂行、とりまとめにあたり、森林総合研究所埴田 宏種生態研究室長には有益なご意見をいただいた。また同所九州支所上中作次郎暖帯林研究室長には過去の知見についてご教示いただいた。ここに感謝の意を表します。

II. 試験地および研究方法

試験地は熊本県熊本市にある森林総合研究所九州支所内の実験林で、標高 65 m、南南西向きで傾斜角度約 18° の山腹斜面である。試験地は過去の伐採によりぼう芽更新した、林齢 35 年生（1987 年当時）の林分である。樹高は 14.0~15.5 m で、林冠構成木ではコジイが優占しており、胸高断面積の 86 % を占める。他の林冠構成種には、落葉樹であるコナラ、ヤマハゼが存在する。亜高木~低木層にはアラカシが多く、個体数では第 1 位である。

* 本研究の一部は 1989 年度日本林学会九州支部大会で発表した。

** 森林総合研究所九州支所 Kyushu Res. Center, For. and Forest Prod. Res. Inst., Kumamoto 860

1. 光環境の測定

1987年4月から1988年11月にかけて、試験地内の5カ所(地上高:1.0 m)にサンステーション(旭光通商 K. K. 製)を設置し2~6カ月間の積算日射量を測定した。1989年には林分内の照度分布のばらつきを調べるため、植栽木の成長点上の照度測定を行った。調査は曇天日の11:00~14:00の間に行い、照度計(トプコン製デジタル照度計 IM-3)で対照区と同時に瞬間値を繰り返し求めた。

一方、太陽の位置変化による林内照度の変化を検討するため、球状の受光面を持つ立体照度計(飯尾製作所製)で、太陽高度がほぼ同一となる1989年2月と10月の快晴日および曇天日に、1分間隔で1日間の照度測定を行った。

以上の光環境を相対値で表すため、全天光の対照区を付近の苗畑に設定した。なお比較のため、各地のコジイ林内(林齢20~45年生, 6林分, 地上高:1.2 m)で、相対照度の瞬間値を上述の方法で求めた。

2. 林内植栽試験

1982年秋に採取し土中に保存したアラカシ、イチイガシ、コジイ種子を1983年3月に植木鉢へ播種し、4年間育苗したものを1987年5月に鉢土ごと、コジイ林内に植栽した。植栽本数は各樹種25本ずつで、1.5 m間隔で植栽した。活着した稚樹73本については毎年成長終了期に樹高(H), 根元直径(D_0)および樹型を1989年まで3年間測定した。

なお、一定条件で育苗した稚樹を確保することができなかったため、異なる光環境下で育苗したものを使用した。その内訳(活着した本数)は、全期間(4年間)相対照度約40%で育苗したもの(アラカシ, イチイガシ, コジイの順に6, 8, 6本), 約60%で育苗したもの(7, 8, 6本), 全天光下(100%)で育苗したもの(6, 4, 7本), 始めの2年間は約5%でその後2年間は全天光下で育苗したもの(5, 4, 6本)である。これらを四つの前処理区とした。

III. 結果および考察

1. 林内の光環境

試験地の相対積算日照量と相対照度を表-1に示す。1987年の結果をみると相対積算日射量は4~6月が1.7%, 6~9月が2.1%, 9~12月は2.5%であった。コジイの成長期は4~11月で、4月下旬に展葉し、9月以降に2度目の展葉・伸長を行う。またコジイは4~5月に落葉のピークをむかえ、年間落葉量の40%

表-1. 試験地における林内の光環境

Light conditions in the understory of a *C. cuspidata* coppice forest

Dates(Terms)	Weather	Items	Relative values(%)
87/04/20~06/25		Insolation*	1.7
87/06/26~09/20		Insolation*	2.1
87/09/21~12/18		Insolation*	2.5
88/05/18~11/01		Insolation*	1.9
89/10/30	Cloudy	Illuminance**	1.6
89/02/14	Fine weather	Illuminance***	4.5
89/02/17	Cloudy	Illuminance***	2.8
89/10/29	Fine weather	Illuminance***	1.2
89/10/31	Cloudy	Illuminance***	1.8

* Summed volumes of insolation measured by actinometers. ** Mean instantaneous light intensity above the planted trees measured by photometers.

*** Continuous light intensity for one day measured by cubic photometers.

もしくはそれ以上がこの期間に集中する(只木・香川, 1968; 上中, 1990)が、展葉期と重複するため樹冠が疎開することはない。コナラ、ヤマハゼの着葉期は例年4月上旬~11月中・下旬(以降この期間を着葉期, それ以外を落葉期とする)である。つまり9~12月の日射量が高くなるのは、落葉期に入るためと考えられる。一方、コジイの成長期(1988年5~11月)における相対日射量は1.9%であった。

植栽した個所の相対照度のばらつきを求めると、最大値は2.0%, 最小値は1.0%, 平均1.6%, 変動係数0.14であった。他の6林分での相対照度は、林分間の平均値が2.1%, 変動係数は0.30であり、これに比べると試験地内の値はやや低いが、コジイ林の一般的な値の範疇であるといえる。

一方、一日における相対照度の変化は図-1のようになった。落葉期(1989年2月)における照度の変化をみると、曇天日で林外の照度が雲の移動に伴って短い間隔で大きく変動したが、それに対応した林内の照度変化率は若干小さかった。たとえば、南中時をはさむ12:00~13:00の照度の変動係数は林外で0.22, 林内で0.17であった。快晴日には、林外の照度が明確な円弧状を示すのに対して、林内ではサンフレックによる鋭いピークが生じた。最大時では相対照度59.8%となり、71,000 lxの照度が得られた。一方、着葉期(1989年10月)をみると、曇天日には落葉期同様、林内の照度はほぼ一定していたが、快晴日では、林内照度のピーク発生頻度が少なく、その強度も落葉期に比べて弱かった。

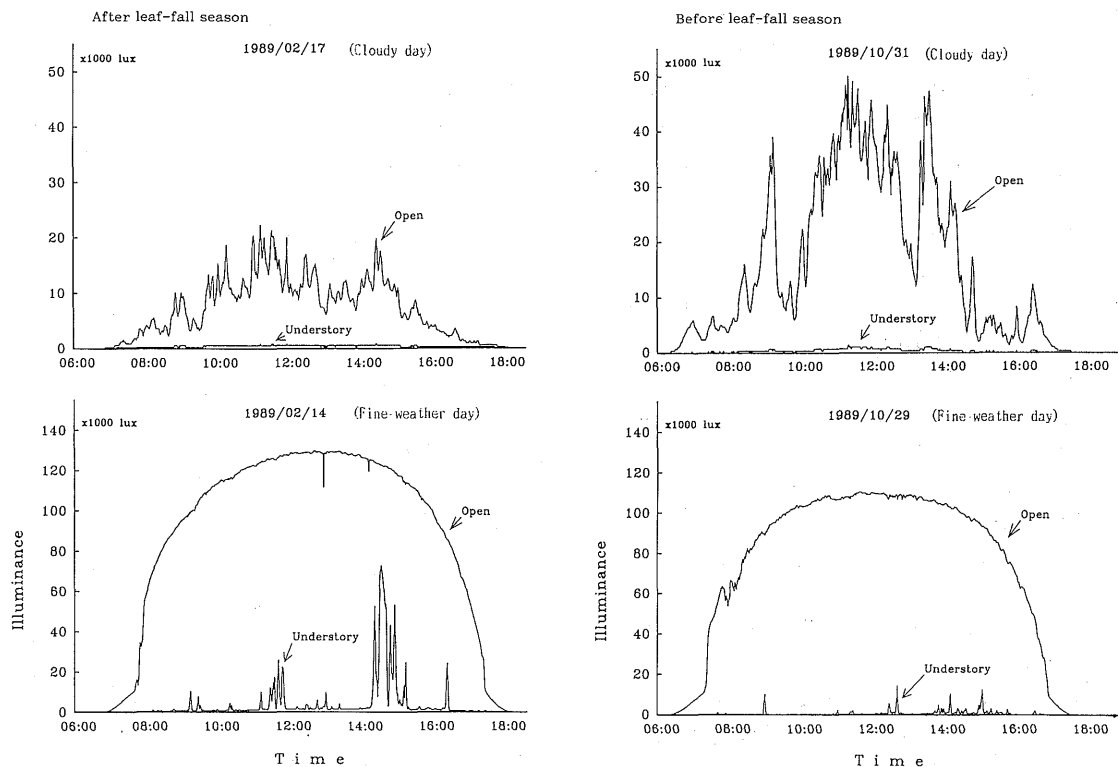


図-1. 落葉期(1989年2月)と着葉期(1989年10月)における1日間の照度変化
Typical changes of daily light intensity

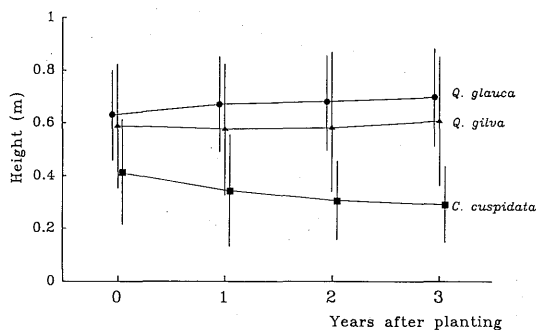


図-2. 植栽木の樹高の変化

Height growth of young trees planted in the understory

Vertical bars show standard deviations.

2. 植栽木の成長量の変化

このような光環境下のもとで、植栽木がどのように成長したかを検討した。生存個体の樹高の変化を図-2に示す。イチイガシは植栽当時平均樹高が0.59 mであったが、1~3年目までの間に0.57, 0.55, 0.61 mと

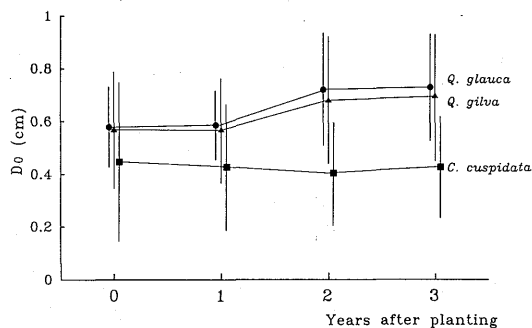


図-3. 植栽木の根元直径の変化

Diameter growth of young trees planted in the understory

Vertical bars show standard deviations.

ほとんど樹高成長をしなかった。アラカシも同様の成長パターンを示した。両種ともに1ないし2年目に樹高の低下がみられるが、これは先枯れを起こし、成長点が低くなった個体が多いためである。一方、コジイの場合は1年目から枯死する個体が生じ、先枯れ率も

高かった。また樹高は連続的に低下したが、これは先枯れ率の上昇によるものである。

根元直径の変化(図-3)をみると、イチイガシとアラカシでは同様のパターンをとり、樹高成長に比べると直径成長量の増加が明瞭であった。これは樹高成長はあまりしないものの横方向に分枝し、葉群を水平方向へ発達させている個体が多いためである。コジイに直径成長が認められないのは、水平方向への分枝の伸長を行わず、先枯れ・枯死へと推移したためである。

3. 樹型の変化と枯死率

上述のような生体個体の樹高および直径の変化は少ないが、樹型は植栽1年目から変化を起こした。GRIME, and JEFFREY (1965)は、被陰環境に対し、形態的には葉を薄く広くし、葉身を水平方向へ伸ばすことで適応し、成長速度を落とすことが可能な種が耐陰性を持つとしている。また川那辺・四手井(1965)は、被陰効果による稚樹の成長変化を葉面積指数や光合成量で測定した。本研究では形態変化から耐陰性の検討を行った。植栽後の樹型の変化を図-4に模式図として示す。育苗中の稚樹は、ほとんどの個体がはっきりとした主軸を持っていたが林内に植栽すると、樹型の変化を起こさず主軸を伸長させるタイプ(I)、主軸を伸ばさず側枝が発達するタイプ(II)、先枯れを起こし(すでにある主軸が枯死)、側枝も徐々に枯死しはじめるいわゆるダイバックタイプ(III)、枯死するもの(IV)の4タイプに分かれた。これらの樹型の変化を図-5に示す。一般的傾向をみると、いずれの樹種も植栽初年度からタイプ

IIが出現し、一部はタイプIIIとなる。ひとたびタイプIIIとなったものは、枯死部分が拡大し続け、再び主軸を上方成長させることはなかった。アラカシは植栽して75%が樹型の変化を起こし8%が枯死した。イチイガシも同様の樹型変化を起こすが、アラカシに比べてタイプII, IIIへの変化率が一年目でより高く、2, 3年目と変化率は減少した。コジイはこれらの変化率が最も高く、3年目には96%が樹型の変化を起こし、40%

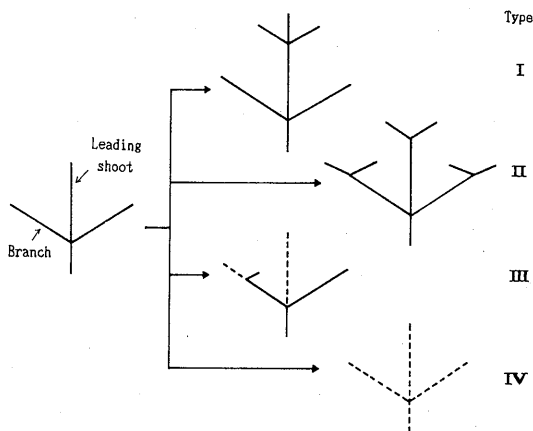


図-4. 植栽後の樹型の変化を示す模式図

Schema showing the changes of tree forms after planting

I, Keeps the leading shoot growing upward through it; II, does not keep the leading shoot growing upward and most growth is horizontal by the branches; III, die-back causes some parts to die; IV, dead. Dotted lines show the dead parts.

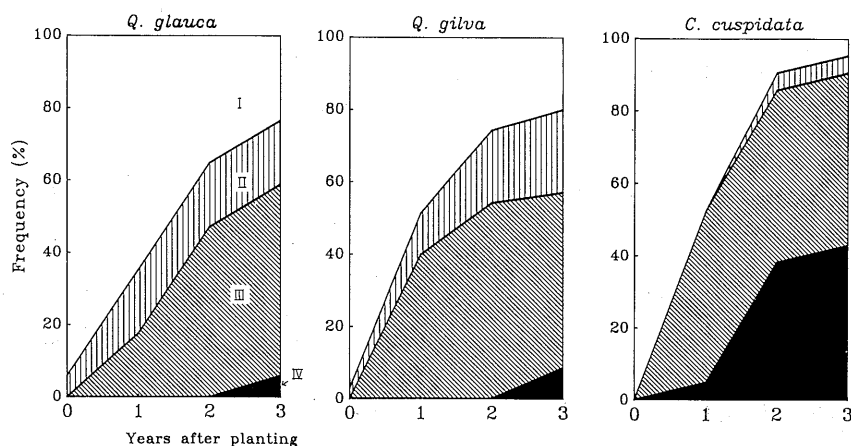


図-5. 植栽樹種の樹型変化率

Changes of tree forms after planting

Refer to Fig. 4. for I, II, III, and IV.

表-2. 相対照度が樹型変化に及ぼす効果の有意確率
Significant probability by KRUSKAL-WALLIS test on
the effect of light intensity extending over the tree
forms

Y.*	Species		
	<i>Q. glauca</i>	<i>Q. gilva</i>	<i>C. cuspidata</i>
1	33.99	12.10	54.78
2	34.69	23.68	65.87
3	22.91	9.13	82.01

* Years after planting. All units are expressed as percentages.

が枯死した。つまりコジイは被陰下ですぐに樹型の変化(障害)を起こし、枯死にいたった。

タイプIIIからIV(枯死)への移行速度は樹種間に差がみられ、コジイが最も速い。イチイガシはタイプIIIへの移行率が年とともに減少しており、植栽後林内の環境に順化してきたとも考えられる。タイプIIとなったものは葉群を横方向に広げ直径成長を行う。

これらの樹型変化が、各個体上の相対照度の違いに影響されたものか否かの検討を行った。各樹種ごとに樹型と相対照度の効果についてKRUSKAL-WALLIS検定(脇本ら, 1984)を行うと、植栽後3年間いずれの樹種にも5%未満の有意確率が得られなかった(表-2)。本来光強度の違いは成長様式に大きな影響を与えるものであるが、試験地の光環境(平均相対照度1.6%, 変動係数0.14)ではその効果差がみられなかった。

上記の結果から、林内の光環境はそれぞれの個体に対して均一であると考えられた。そこで、樹種間の樹型変化率の違いについて検討を行った。本研究では異なる光環境下で育苗した稚樹を用いたために、前歴の違いによって植栽後の成長に差が生じたのかもしれない。育苗時の光環境と先枯れ・枯死率(III+IV)との関係を見ると、全体的に被陰下で育苗した個体ほど先枯れ・枯死率は低いようであった。しかし育苗時の光管理が必ずしも厳密でなく、育苗途中で光環境が急変した前処理区もあるため、本報では前処理の効果差については考察しない。ただし前処理の違いを無視することはできないため、前処理区別に樹種ごとの先枯れ・枯死率を求め、FRIEDMAN検定を行うとともに、TURKEYの方法(白旗, 1987)によって樹型変化率について樹種間の多重比較を行った。それによると植栽1, 2, 3年目の検定統計量(T)はそれぞれ3.000, 4.933, 6.250となり、 χ^2 検定を行うと3年目に5%水準で有意となる。樹種間の有意確率(2年目, 3年目)は表-3

表-3. 多重比較による樹種間の先枯れ・枯死率の有意確率

Significant probability by multiple comparisons between three species on the rates of die-back and death

Species	<i>Q. glauca</i>	<i>Q. gilva</i>	<i>C. cuspidata</i>
<i>Q. glauca</i>	*	63.21	31.01
<i>Q. gilva</i>	49.31	*	4.64
<i>C. cuspidata</i>	20.48	83.77	*

All units are expressed as percentages. The upper right part shows the values three years after planting and the lower left part shows the values after two years.

に示すとおりで、2年目は樹種間に有意水準5%での差が認められないが、3年目ではコジイとイチイガシの間に有意差が認められる。つまり枯死に至る樹型変化率をもって耐陰性とした場合、コジイ、アラカシ、イチイガシの順に耐陰性が強く(図-5)、コジイとイチイガシとは明らかに耐陰性に差がある(表-3)ことがわかった。

4. 各樹種の耐陰性と遷移上における位置づけ

最後に各樹種の耐陰性からみた遷移上の地位について考察した。一般に、うっ閉した常緑広葉樹林の林床の植生量は貧弱で、林冠構成種の稚樹がほとんど存在しない。カシ類の実生稚樹の生存最低相対照度が2~5%という指摘(中尾ら, 1988)からみても、コジイ林のように、成長期に相対照度が2%以下となるような林床での成長は困難と考えられる。一方、FINEGAN(1984)やCONNELL, and SLATYER(1977)の遷移モデルを考えると、コジイ林内に3樹種の稚樹が存在した場合、イチイガシが最も長期間生存する事ができるため、やがてコジイと交代し優占種となる可能性を持つ。つまり、イチイガシはコジイ林内では樹高成長や直径成長がほとんどできない(図-2, 3)が、樹冠が開き光環境が好転するチャンスを待てる。さらに、CONNELL, and SLATYER(1977)のいう初期構成種群として、遷移の始めにこれらの種が存在している場合を考えてみる。稚樹の成長速度はコジイがアラカシに勝り、イチイガシは非常に遅い(三善, 1959)ため、まずコジイが林冠優占木としてうっ閉し、アラカシ、イチイガシが林冠層下部もしくはその下に成育することになる。コジイの優占期間(寿命)にも左右されるが、うっ閉状態が長く続くほど、より耐陰性の強いイチイガシが将来の優占種となる可能性が高い。これらによりイチイガシは遷移後期種、アラカシ、コジイは順に、より初期に出現する種であると位置づけられる。

IV. お わ り に

林内での耐陰性については単純に照度や日射量の相対値だけでは決定できない。それはサンフレックのような短時間に照射される直達光をどのように利用しているかの検討が必要だからである。またイチイガシの陰樹冠葉は、落葉樹の落葉期(秋, 冬季)でも光飽和に達する光合成を行っているという指摘(二宮・萩野, 1987)がある。実際, 落葉期には着葉期に比べ相対照度は2倍以上になり(表-1), 直達光の照度も非常に高くなる(図-1)。各樹種の生態的地位を判断するための「耐陰性」を決定するためにはフィールド上でのこれらの要因を加味する必要がある。しかしながら, 本研究のような外部形態による追跡調査によっても, 種間の耐陰性に差があることが認められ, イチイガシはコジイに比べ明らかに耐陰性が強く, アラカシは中間的でいくらかイチイガシに近い耐陰性を持つことがわかった。

引用文献

- CONNELL, J. H., and SLATYER, R. O.: Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *Am. Nat.* **111**: 1119~1144, 1977
- FINEGAN, B.: Forest succession. *Nature* **312**: 109~114, 1984
- 藤原一絵: 日本の常緑広葉樹林の群落体系-I, 横浜国立大学環境科学センター紀要 **7**: 67~133, 1981
- GRIME, J. P., and JEFFREY, D. W.: Seedling establishment in vertical gradients of sunlight. *J. Ecol.* **53**: 621~642, 1965
- 上中作次郎: コジイ壮齡林の落枝葉量, 種子生産量の年変動. 日林九支研論 **43**: 1990 (印刷中)
- 川那辺三郎・四手井綱英: 受光量と樹木の生育に関する研究(I) 2, 3の落葉広葉樹苗木の庇陰効果について. 日林誌 **47**: 9~16, 1965
- 宮脇 昭: 日本植生誌 九州. 484 pp, 至文堂, 東京, 1981
- 三善正市: カシ・シイの中心郷土地帯における常緑広葉樹の林分構成・生長・更新ならびに施業に関する研究. 宮崎大演報 **3**: 4~145, 1959
- NAKA, K.: Community Dynamics of Evergreen Broad-leaf Forests in Southwestern Japan I. Wind damaged trees and canopy gaps in an evergreen oak forest. *Bot. Mag. Tokyo* **95**: 385~399, 1982
- 中尾登志雄・中倉博之・黒木嘉久: 人工庇陰下におけるカシ類実生稚樹の生長. 99回日林論: 337~338, 1988
- 二宮生夫・萩野和彦: ケヤキ, イチイガシの陽樹冠, 陰樹冠における光合成速度. 愛媛大農演報 **25**: 115~135, 1987
- 白旗慎吾編: パソコン統計解析ハンドブック IV. 406 pp, 共立出版, 東京, 1987
- 鈴木時夫: イチイガシを中心としてみた森林立地. 森林立地 **2**(1): 1~6, 1960
- 只木良也・香川照雄: 森林の生産構造に関する研究(XIII) コジイほか 2, 3の常緑広葉樹林における落葉枝量の季節変化. 日林誌 **50**: 7~13, 1968
- 埴田 宏: コジイ林の天然更新と保育技術. 山林 **1229**: 25~31, 1986
- 脇本和昌・垂水共之・田中 豊編: パソコン統計解析ハンドブック I. 308 pp, 共立出版, 東京, 1984

(1990年1月16日受理)