

カシ林の分布，立地特性
及び天然更新技術

カシ林の分布，立地特性及び天然更新技術

—カシ類の育成適地判定—

—カシ類の生理・生態的特徴とその天然更新への応用—

I 試験担当者

九州支所育林部長	藤田 桂治 (昭63～平元年度)
	柴田 順一 (平成2年度)
土壤研究室	河室 公康 長友 忠行
	森貞 和仁
暖帯林研究室	田内 裕之 西山 嘉彦
	竹下 慶子 上中作次郎
	佐藤 保

II 要旨

水俣，大口，出水，川内の各営林署管内国有林において，アカガシ，ウラジロガシの分布を調べ，分布地の立地特性を明らかにした。アカガシの分布は標高400 m～800 mであり，ウラジロガシは標高600 m以下であった。地形及び土壤環境としては，アカガシは稜線部緩斜面の乾性～弱乾性土壤に優占し，土壤の理学的性質は保水性が悪く，乾きやすい特徴を示した。ウラジロガシは山腹中～下部の適潤性土壤に成立し，その理学的性質は透水性がよく，保水性が大きい特徴を示した。また，アカガシ林は，その土壤及び地形の環境特性から，皆伐により土壤が劣化しやすいことを示した。

常緑広葉樹林の主要構成種であるカシ類には，イチイガシ，アカガシ，ウラジロガシなどがある。これらの樹種の間には，発芽特性，空間分布に差があることが認められた。一方，耐陰性，初期成長量，D B H分布型は同じで，いわゆる極相種の特徴が認められた。特に初期成長が遅く耐陰性が強いのがこれらの種に共通していた。

極相（成熟林）の閉鎖林冠下には，カシ類の埋土種子，実生・稚樹は少なく，ギャップ内にもこれらの存在は少なかった。これらより現体制のギャップ攪乱では，カシ類の更新はスムースに行われないようにみえた。しかし，カシ類の小径木は大規模なギャップ跡に多く存在すること認められ，更新には大規模ギャップ（攪乱）が必要でないかと考えられた。以上の特徴より，カシ類の更新施業は，母樹保残・後更作業より，前更・強度の抾伐方式がよいと考えられた。

III 言式馬糞 三 目的

自然環境の保全と有用広葉樹林育成などを目的とした育成天然林施業が注目されるようになり、特に九州では、激減した有用カシ類の育成技術体系化の中で、個々の樹種の適地の解明が期待されている。カシ類の中でイチイガシの適地については、前の調査でほぼ明らかにすることことができた¹⁾。しかし、標高ではその上部に分布するウラジロガシ、アカガシの適地については、岡野・須崎^{2・3)}、熊本営林局⁴⁾などの報告があるものの、いまだ不明な点が多い。

九州本島内の水俣、大口、出水、川内の各営林署管内では、現在でも比較的大きな面積でアカガシ、ウラジロガシを含む常緑広葉樹天然生林が残されている。そこで、この地域内における両樹種の分布の概況を調べるとともに、両樹種が立地環境を特徴的に反映して分布する水俣営林署管内上山国有林について、樹種の分布を特徴づける地形的及び土壤的環境特性の解析を行い、育成に好適な地形、土壤条件の抽出を行った。

日本の照葉樹林帯は、東北南部から関東以西の低山帯に広がり、一般にシイ・カシ林と呼ばれている。しかし、残念なことに、これらの多くは伐採され、耕作地、スギ・ヒノキなど人工林となり、「見渡す限りの照葉樹林」という風景に出会うことはまず不可能に近い。また、現在里山に残っている照葉樹林は、かつて薪炭林として繰り返し伐採されたもので、燃料革命以後は「雑山」と称され放置された若い2次林である。カシ類、特に有用樹とされているイチイガシ、アカガシ、ウラジロガシ、ツクバネガシなどは、齡級の高い（成熟した）天然林でないと、十分な価値を持った木材（大径高品質材）が確保できない。ところが、近年、天然林施業・広葉樹造林が木材資源確保・公益的機能の発揮などの観点からクローズアップされ、これらの施業技術の早急な確立が求められるようになった。本研究では、カシ類の生育するさまざまな林分で、分布・成長様式・更新過程などを調査し、さらに実験的に発芽特性・耐陰性を把握し、天然林内でカシ類がどのように生存しているのかを明らかにしようとした。また、これらの結果が、カシ類を中心とした有用広葉樹を多く含む森林の更新方法・誘導法の開発に、どれだけ寄与できるかを考察した。

IV 言式馬糞の方法と結果

1. カシ類の育成適地判定

1) 調査地及び調査方法

調査地域内で最も標高が高いのは、出水市と宮之城町界にある紫尾山（1086 m）である。紫尾山から北東に向けて、大口市と川内市界、大口市と水俣市界をなす標高400～800 mの分水嶺が続くが、カシ類を含む常緑広葉樹天然生林はその稜線部分に多く残されている（図1）。この中で水俣署管内上山国有林20林班は、自然環境保全地域に指定され、地域の常緑広葉樹天然生林の状況をよく表している。この広葉樹林については地形測量による微

地形解析、アカガシ、ウラジロガシの分布状況調査及び土壤調査による土壤図作成を行った。また、山頂から山脚まで東西方向の測線を設け、測線に沿った樹種分布、密度を調査するとともに、土壤条件については、測線に沿った土壤層厚分布調査、アカガシ、ウラジロガシ優占地の代表土壤断面調査を行った。代表土壤断面については、400 ml土壤円筒による理学性分析を行った。土壤理学性及び化学性の分析は、国有林林野土壤調査方法書⁵⁾によった。

2) 調査結果

(1) アカガシの分布

九州地域におけるアカガシの分布について、岡野・須崎⁶⁾は標高260～1010 mまでの分布を調べ、それらの林の種構成は多様で、より暖温帶性の組成種を有する林からブナ林に近い冷温帶性の林まで幅広く存在している。

調査区域は九州本島でも南西に位置するが比較的標高の高い山地であるため、その分布の最も低い所で上山国有林の400 m、最高所で紫尾山の800 m地点であった。ウラジロガシの最高所は紫尾山の600 mであった。

(2) アカガシ林の地形、土壤の特徴

地形的にはアカガシは山地の山頂部緩斜面に優占し、ウラジロガシは丘陵性地形の緩傾斜地から山地の山腹斜面に多くみられた（図2）。また、土壤条件としては、アカガシは主に全土層の深い乾性褐色森林土（BB型）～弱乾性褐色森林土（BC型）に分布し（図3），その土壤の断面形態はA0層の発達と表層部分の堅果状構造によって特徴づけられる（図4）。土壤の理学的性質として、排水性の指標値である透水性は中庸（50～90 ml/min）であるが、最大容水量は小さく、最小容気量が大きいので保水性が悪く、乾きやすい特徴を示した（表1）。また、アカガシ林の土壤 pH(H₂O)の分布を詳細に調べてみると、その値は4.2～5.2の範囲を示し、山脚部のコジイ林とほぼ同じであった（図5）。



図1. 調査区域位置図

表1. カシ林土壤の理学的性質

断面番号	層位	深さ	容積重	三相組成%			最大容水率%	最小容気量%	細孔隙%	粗孔隙%	透水性ml/min
				固体	水	空気					
1	A	0-5	49.5	22	22	56	46	32	34	44	89.0
アカガシ	B2	20-50	72.4	26	24	50	57	17	29	45	83.5
ガシ	B3	50-90	90.8	33	27	40	65	2	34	33	54.5
2	A1	0-5	68.4	24	27	49	53	23	26	50	882.5
ウラジロガシ	A2	5-40	82.2	31	35	34	62	7	33	36	180.0
ジロ他	B	40-90	84.3	30	38	32	59	11	38	32	136.5
3	A	0-10	62.4	23	37	40	61	15	37	40	264.5
コジイ	B1	10-50	68.7	25	35	40	67	8	35	40	101.5
皆伐跡	B	35-50	66.7	25	50	25	67	8	43	32	77.0

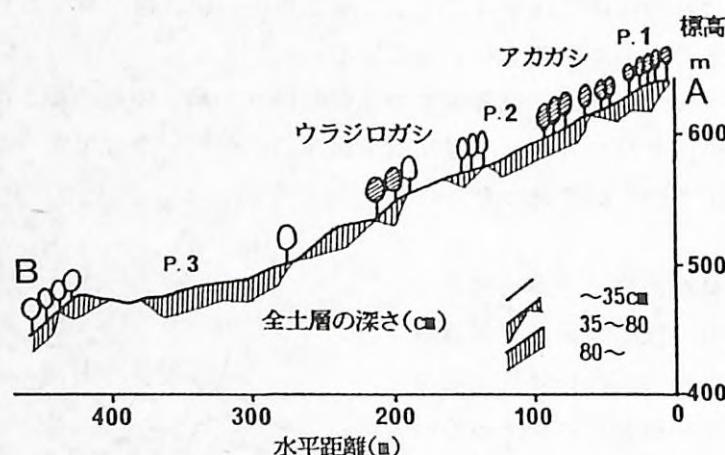


図2. 地形断面、土壤層厚及びカシの分布



図3. 上山20林班の土壤分布

アカガシ林の立地環境特性として、岡野・須崎²⁾は土壤の有効水分量が小さい特徴をあげている。有効水分量は、地形的位置、土壤層厚及び土壤母材などに支配されるので、稜線部に位置し、土壤層厚が薄く、水はけのよい土壤母材のような条件下で小さい値を示す。すなわち、土壤型としては乾性～弱乾性の土壤型であることを示し、理学的性質としては保水性が悪く、乾きやすい特徴を有することを意味する。これらの結果は、筆者らの調査結果とほぼ同じであったが、土壤層厚については異なる結果が示された。筆者らの調査した水俣、大口、出水の国有林では、アカガシ林は土壤層厚の厚い稜線部緩斜面に発達する。稜線部に層厚の厚い土壤が分布する地形的特徴は、火山灰の堆積層厚との関連が深く、アカホヤ火山灰が厚く堆積する南九州で特に顕著である。岡野・須崎²⁾の例が示した土壤層厚の薄い特徴は、火山灰堆積の少ない北九州を中心としたためであり、アカガシの立地特性も火山灰堆積の有無などの地域性を考慮しなければならないことを示すものと考えられる。

また、一般には常緑広葉樹林では堆積有機物層の分解が速く⁷⁾、厚いA0層は形成され難いと考えられるが、アカガシ林におけるA0層の発達は特徴的であり、樹種特性の1つとも考えられる。

(3) ウラジロガシの地形、土壤の特徴

ウラジロガシは山腹斜面の適潤性褐色森林土 (BD型) にみられる。この土壤は表層に移動小礫が層状に堆積している飼行土である (図4)。透水性が大きく (137~883ml/min.)

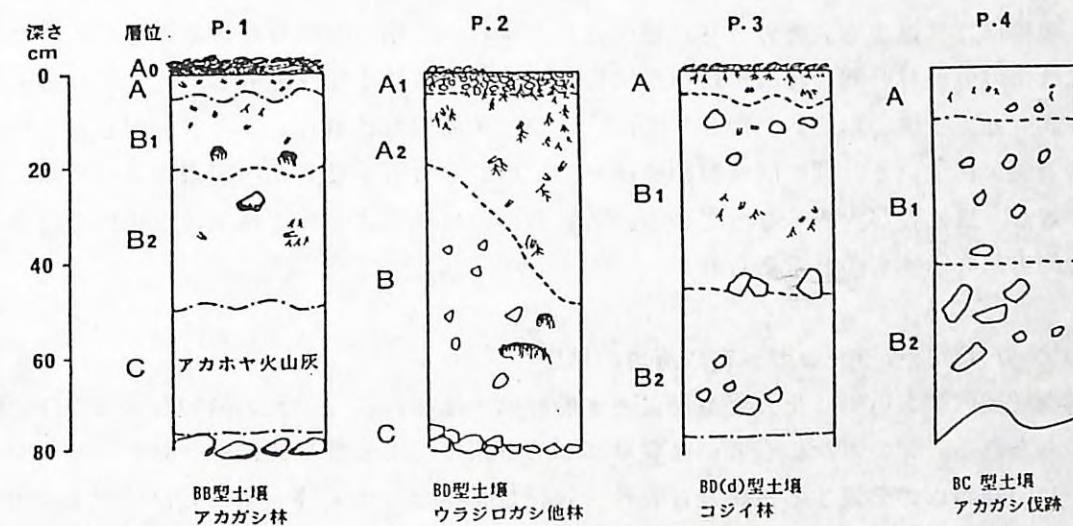


図4. カシ林土壤断面の形態的特徴

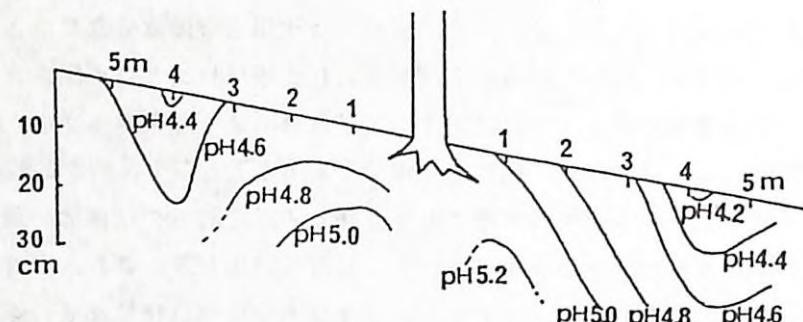


図5. アカガシ樹幹周辺土壤のpHの垂直分布（上山国有林）

排水はよいが、容水量が大きいので乾きにくい特徴を有する。

これらのカシ類に対して、コジイは山麓の緩傾斜地に群生する傾向がみられる。土壤条件としては、崩積性の適潤性褐色森林土偏乾亜型（BD(d)型）が優占し、その理学的性質は表層土の透水性が大きい（260ml/min.～）特徴がみられる。

（4）アカガシ皆伐跡地の土壤

アカガシ林は稜線部の乾性～弱乾性土壤に発達する。ところで、スギ林の場合でも皆伐による土壤変化（劣化）は地形的には稜線部で最も早く顕著に現れることが知られている⁸⁾。稜線部に発達するアカガシ林が皆伐された場合の土壤への影響を把握するため、地形的にはアカガシ林と同じ稜線部緩斜面で皆伐後2年を経た土壤を採取し、理学的性質の変化を調べた。土壤の形態的特徴としては、土壤の表面侵蝕の進行によりアカガシ林に特有なA0層を欠いている。理学的性質の変化としては、アカガシ林と比べ表層において粗孔隙が発達し、透水性が大きくなっている。これらは、皆伐による表土攪乱流亡に伴う土壤の総合的劣化を示すものと考えられる。

2) アカガシ、ウラジロガシ育成適地の摘出

調査区域内において、アカガシが優占する林は土壤条件のほかに地形的な環境条件に特徴がみられる。アカガシの育成に必要な基本的な条件である標高の条件（400～800m）のほかに、緩斜面の発達する稜線及び乾性～弱乾性土壤などの条件を満たした適地を摘出する方法としては、等高線の入った地形図、地形区分図及び土壤図が必要であり、これらを重ね合わせることによって適地を摘出できる。上山国有林について、森林基本図（縮尺1:5000）を基図として25mメッシュ図を作成し、アカガシ林育成適地の摘出を試みた。

一方、ウラジロガシについては、標高600m以下であること、適潤性土壤であること、

山腹斜面であることなどが育成に必要な基本的条件とみられるが、今回の調査では、アカガシのように優占度の高い林分ではなかったため、適地の摘出までには至らなかった。

（河室 公康・長友 忠行・森貞 和仁）

2. カシ類の生理・生体的特徴と天然更新施業への応用

1) カシ類堅果の発芽特性

カシ類の堅果は成熟時に休眠状態にあるといわれている⁹⁾。カシ類の休眠性、発芽特性の把握は、更新施業のスタート段階で重要なキーとなる。しかし、カシ類の堅果の発芽に関する研究は少なく、その休眠性は明らかにされていない。そこで、カシ類堅果の休眠性を検討するために、低温処理に対する堅果の発芽反応を調べた。

（1）材料と方法

試験を行った樹種はアラカシ、イチイガシ、シラカシ及びアカガシの4樹種である。堅果はアラカシが熊本県熊本市、イチイガシが大分県宇佐市、シラカシが福岡県大牟田市、アカガシが大分県別府市の母樹から1988年10月から12月に採取した。アラカシ、イチイガシは単一母樹より、シラカシは2個体の母樹より採取した。アカガシの母樹数は不明であるが、形状と果皮の色が類似した堅果を選んだ。採取した堅果は水選し、沈下した堅果を供試した。

低温処理は堅果をポリエチレン袋に密封して4℃の低温室に貯蔵して行った。発芽試験は脱脂綿を敷いたスチロール容器に水道水を加えて発芽床とし、25℃暗所で行った。供試粒数は一処理区50粒である。

（2）結果と考察

①採取時期と発芽

図6に採取日の異なる堅果の発芽率を示す。アラカシは樹上に着生している堅果を採取し、イチイガシ、アカガシは落下した堅果を採取した。

アラカシの堅果の落下は10月25日以前より始まり、12月2日以降まで続いた。10月30日及び11月5日採取の堅果の発芽率は比較的低く、11月5日採取の堅果は果皮を除去しても30日目の発芽率は82%にとどまった。また、この堅果は正の屈地性を示さないものが多く見られたが、幼根が屈曲した段階で発芽とみなした。しかし、11月12日以降に採取した堅果は高い発芽率を示し、果皮を除去すると100%発芽した。また、10月25日に採取した落下堅果も高い発芽率を示すことから、アラカシの休眠性は弱いと考えられる。

イチイガシは11月2日には堅果の落下はみられず、12月4日にはほぼ終了した。採取した堅果は前採取日から採取日の間に落下した堅果で、堅果落下期間の前半に採取した堅果の発芽率は低いが、後半採取した堅果は比較的高い値を示した。果皮を除去した堅果の発芽率は採取日に関係なく30日目でほぼ100%を示した。

アカガシは11月25日以前に落下が終了していた。アカガシはアラカシ、イチイガシと異なり果皮を除去しても発芽率が低く。果皮を除去した堅果の発芽率は採取日が遅れるにしたがい高くなり、12月15日採取の堅果では88%に達したが、発芽には60日を必要とした。

②堅果の発芽に及ぼす低温処理の影響

供試した堅果はアラカシが11月24日、イチイガシが11月25日、シラカシが12月1日、アカガシが12月4日に採取した落下堅果である。アラカシは低温処理なしでも60日目の発芽率は78%と高いが30日目では発芽はみられず、低温処理を行うことにより発芽速度が速くなった。イチイガシ、シラカシ、アカガシは低温処理により発芽率が高くなるが、シラカシ、アカガシはアラカシ、イチイガシに比較して発芽に長時間を要し、低温処理日数も多くを必要とした(図7)。果皮を除去することにより発芽が促進され、アラカシ、イチイガシ、シラカシは低温処理無しで30日目の発芽率がほぼ100%に達し、さらに低温処理により発芽速度が速くなった(図8)。一方、アカガシは果皮除去のみでは60日目の発芽率でも46%と低く(図6)、休眠性が強いと考えられる。果皮を除去することにより堅果の発芽が促進され、果皮が堅果の休眠に関与していることは明らかである。しかし、果皮を除去した堅果も低温処理により発芽速度が速くなった。さらに、アカガシ(12月15日採取)について、果皮を除去して低温処理を行った結果においても低温処理の影響が見られた(図9)。従って、休眠の原因は果皮にのみあるとは考えられず、ナラ類などで知られている休眠を制御するホルモンシステムのような胚の生理的要因を含む可能性がある。

低温処理をすると発芽可能温度

はさらに引き下げられ(図10)、発芽温度10°Cでは果皮を除去しても発芽しないが、低温処理を行うことにより発芽が起こった。アラカシは30日の低温処理で発芽率60%に達したが、イチイガシは45日の低温処理でも44%にとどまり、発芽日数を長くしても発芽率は高くならなかった。アカガシの発芽には60日の低温処理を必要とし、発芽率は10%にとどまった。果皮を除去しない堅果でもアカガシはアラカシに比べて発芽温度の幅が狭いことが認められており⁹⁾、休眠性が弱い樹種ほどより低温でも発芽が起こると考えられる。

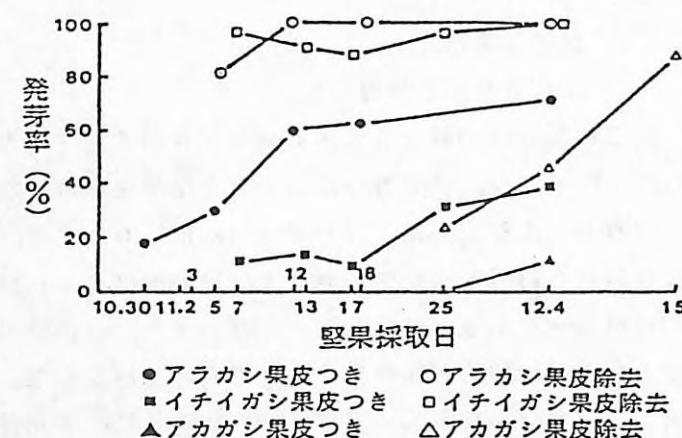


図6. 堅果採取日と発芽率の変化
果皮つきは60日目、果皮除去は30日目、
アカガシ果皮除去は60日目の発芽率

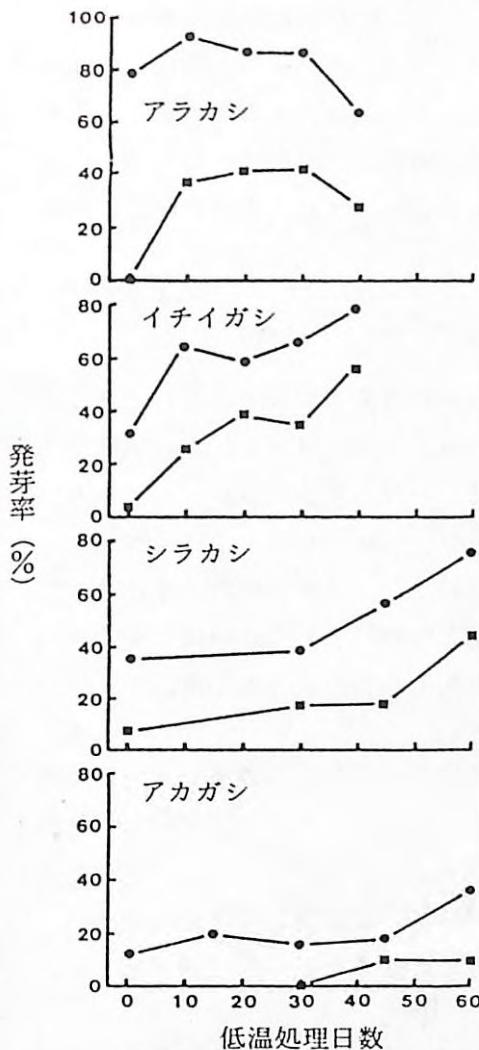


図7. 低温処理による発芽率の変化
■は30日目、●は60日目の発芽率

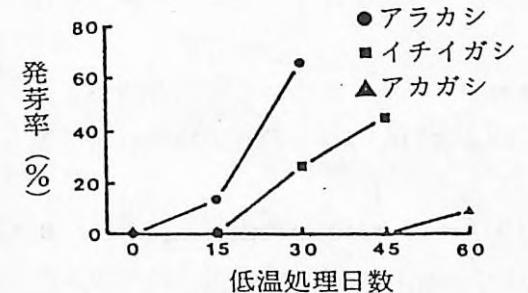


図8. 果皮除去堅果の発芽速度の変化

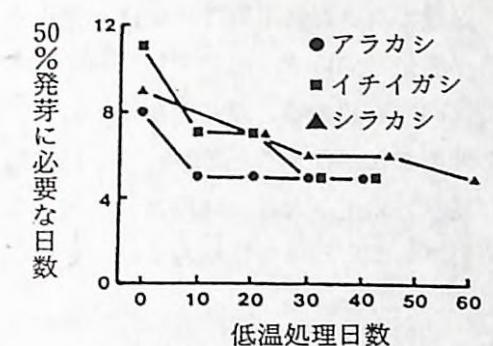


図9. 果皮除去堅果の発芽速度の変化

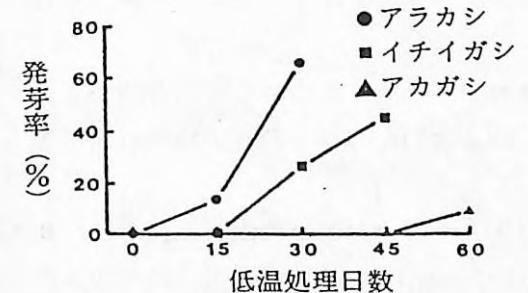


図10. 10°Cにおける発芽
果皮除去堅果、60日目の発芽

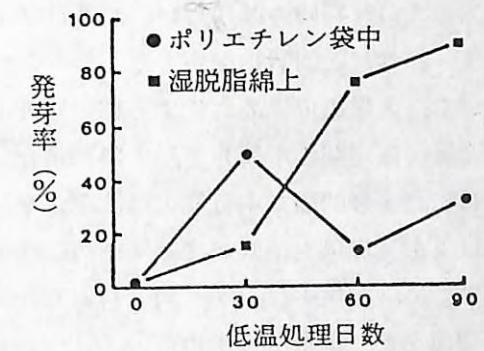


図11. 低温処理法によるアラカシ発芽率(30日目)の違い

この試験で用いた低温処理法では、堅果をポリエチレン袋に密封しているため内部のガス環境が変化している。図7、11に示すように、アラカシではポリエチレン袋による低温処理では30日を超えると発芽率が低下した。この原因として、炭酸ガス濃度の増加、酸素濃度の低下などが考えられる。一方、低温処理期間が短い場合には、湿脱脂綿上での低温処理に比べて効果が大きく（図11），ガス環境の変化あるいはエチレンの発生などが休眠覚醒に影響している可能性がある。

2) カシ類稚樹の耐陰性

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、ウラジロガシなどのカシ類が優占する成熟林とが存在する。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¹⁰⁾で、コジイ林はやがてイチイガシ林へ遷移する¹¹⁾という報告があり、耐陰性を明らかにすることが、更新技術の確立にとって重要である。ここでは、コジイの優占する林内に稚樹を植栽し、その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。

（1）試験地及び研究方法

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65m、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齡35年生（1987年当時）の林分である。樹高は14.0～15.5m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。ほかの林冠構成種には、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位であった。

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個所（地上高：1.0m）にサンステーション（旭光通商K.K.製）を設置し、2～6か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に、植栽木の成長点上の照度測定を行った。調査は曇天日の11～14時の間に行い、照度計（トプコン製デジタル照度計IM-3）を用いて対照区（林外）と同時に測定した。

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月の快晴日及び曇天日に、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（林齡20～45年生、6林分、地上高：1.2m）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、1.5m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）及び樹型を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つたため、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4つの前処理区とした。

（2）結果及び考察

①林内の光環境

試験地の相対積算日射量と相対照度を表2に示す。1987年の結果を見ると、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%もしくはそれ以上がこの期間に集中する¹²⁾¹³⁾。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、

表2. 試験地における林内の光環境

調査日（期間）	天候	調査項目	相対値（%）
87/04/20-06/25		日射量	1.7
87/06/25-09/20		日射量	2.1
87/09/21-12/18		日射量	2.5
87/05/18-11/01		日射量	1.9
88/12/04	曇	照度I	2.4
89/02/14	快晴	照度II	4.5
89/02/17	曇	照度II	2.8

調査項目

日射量：サンステーションシステムを林内に5か所設置。値は積算日射量

照度I：携帯用積算照度計で1分間の積算値を20か所で繰り返し測定

照度II：立体照度計を1か所に設置し、1分間隔で1日間測定

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き、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。ほかの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囲であるといえる。

一方、一日における相対照度の変化は図12のようになった。落葉期(1989年2月)における照度の変化を見ると、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。例えば、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。

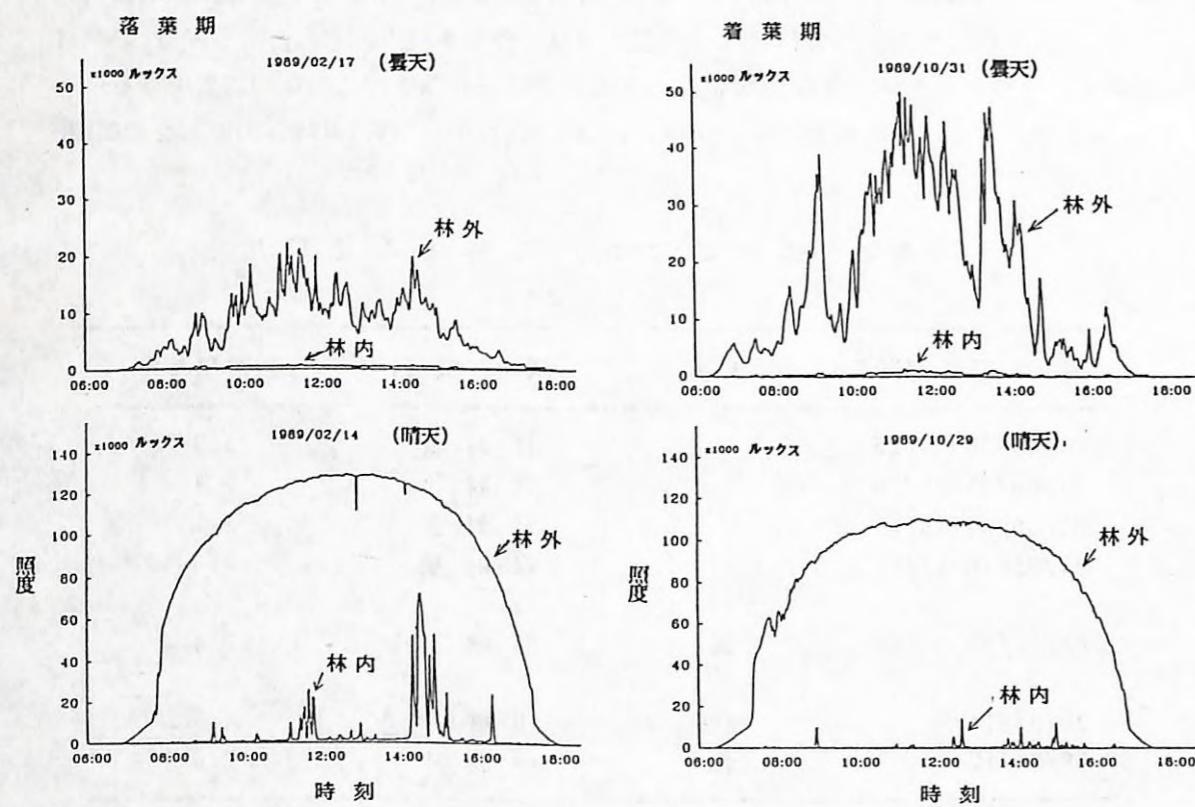


図12. 落葉期(左)と着葉期(右)における1日間の照度変化

最大時では相対照度59.8%となり、71,000 luxの照度が得られた。一方、着葉期(1989年10月)を見ると、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。

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13に示す。イチイガシは植栽当時平均樹高が0.59mであったが、1~3年目までの間に0.57, 0.55, 0.61mと、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見られるが、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。

根元直徑の変化(図14)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徑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。コジイに直徑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。

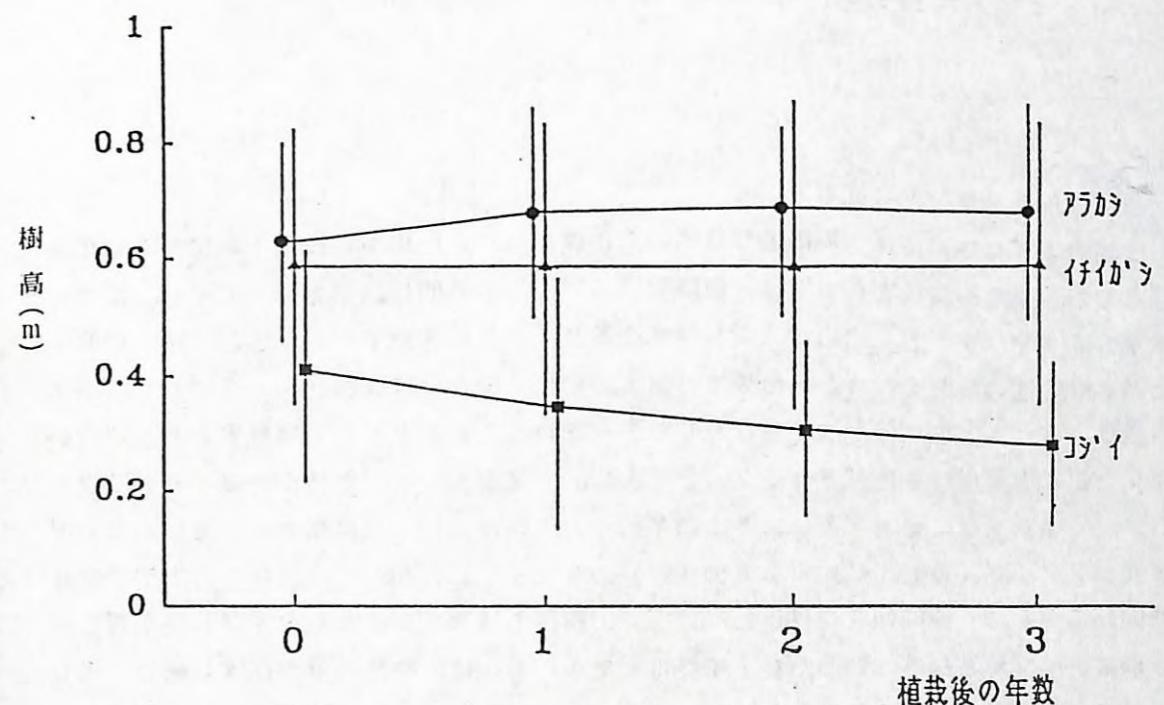


図13. 植栽木の樹高変化

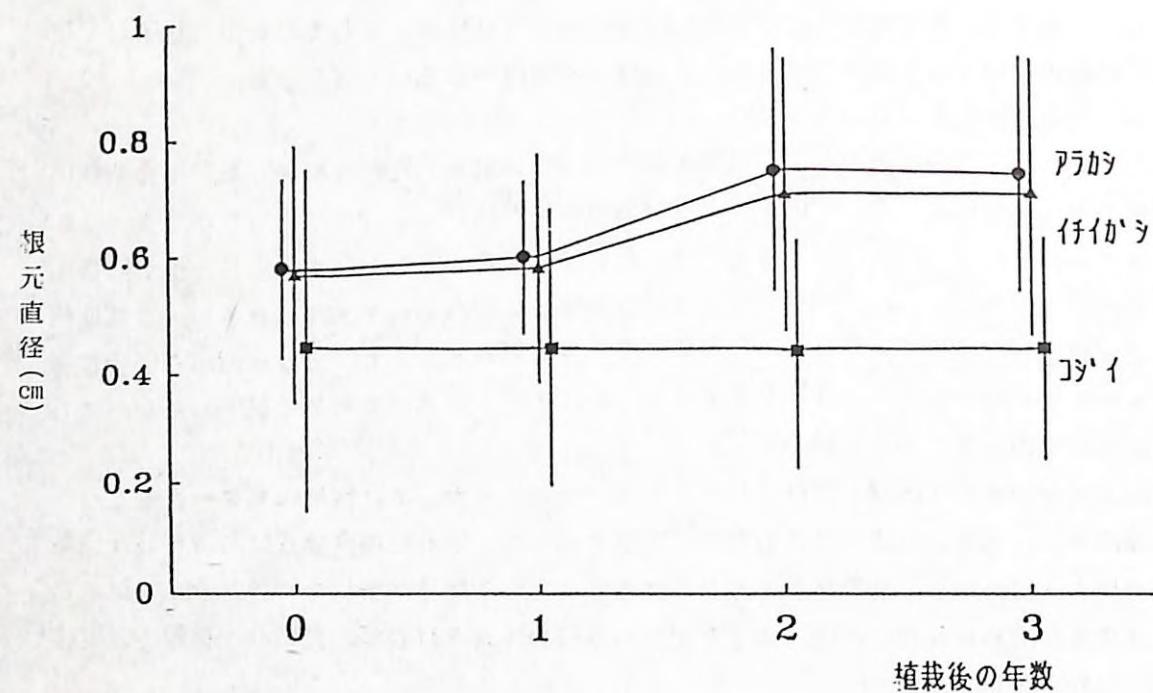


図14. 植栽木の根元直径変化

③樹型の変化と枯死率

上述のように生存個体の樹高及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。通常耐陰性を持つ種は、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である。ここでは、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15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つ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始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16に示す。一般的傾向を見ると、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となつたものは、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，

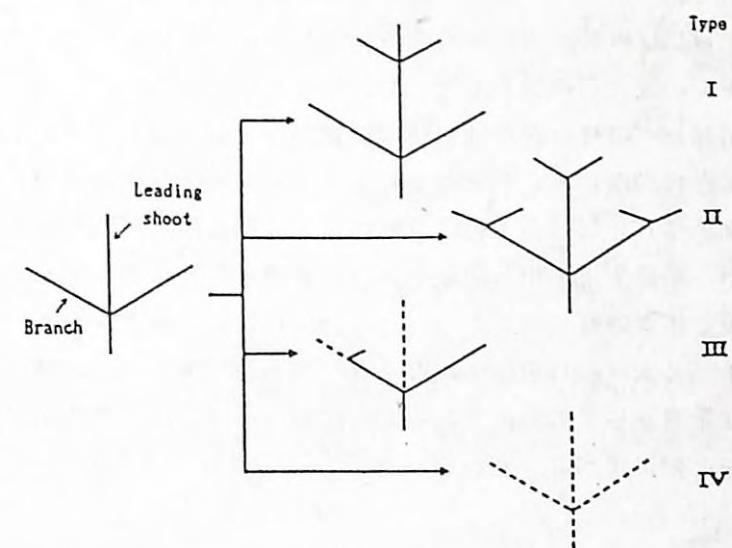


図15. 植栽後の樹型変化を示す模式図

I, II, III, IVのタイプ区分については本文を参照のこと

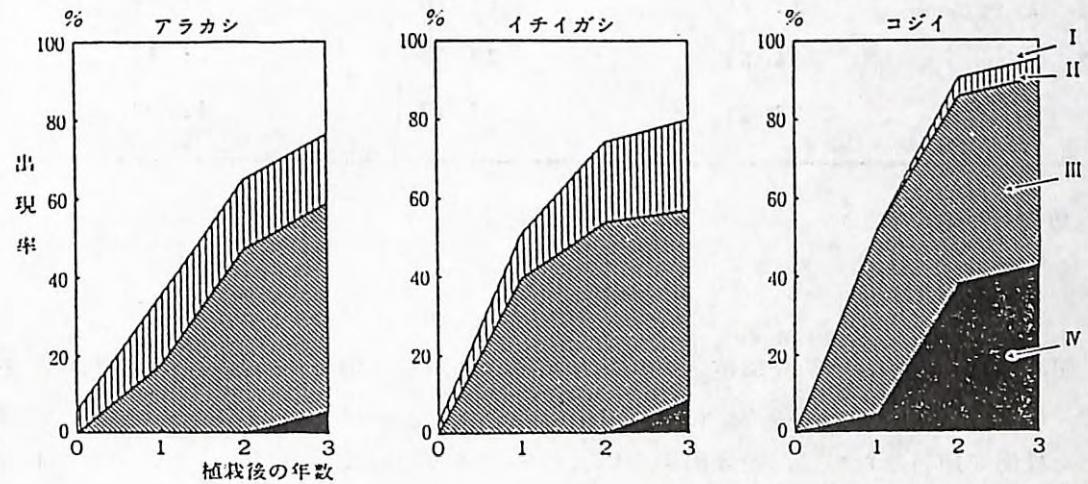


図16. コジイ林内に植栽した各樹種の樹型変化率

I: 主軸が伸長, II: 側枝が発達, III: 先枯れ, IV: 枯死

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%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となつたものは葉群を横方向に広げ直徑成長を行う。

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3）。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。

表3. 相対照度が樹型変化に及ぼす効果の有意確率（%）

年	種名	アラカシ	イチイガシ	コジイ
1		33.99	12.10	54.78
2		34.69	23.68	65.87
3		22.91	9.13	82.01

* 植栽後の年数

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知れない。育苗時の光環境と先枯れ・枯死率（III+IV）との関係をみると、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、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つ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16），コジイとイチイガシとは明らかに耐陰性に差がある（表4）ことが分かった。

表4. 多重比較による樹種間の先枯れ・枯死率の有意確率

樹種	アラカシ	イチイガシ	コジイ
アラカシ	*	63.21	31.01
イチイガシ	49.31	*	4.64
コジイ	20.48	83.77	*

単位は%

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、うつ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¹⁴⁾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、遷移過程を考えると、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ことができるため、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徑成長がほとんどできない（図13, 14）が、林冠が開き光環境が好転するチャンスを待っている。

3) 二次林内でのカシ類の成長

比較的高齢級のコジイ林内には亜高木~低木層にイチイガシ、ウラジロガシ、イスノキ、タブノキなどの極相樹種が高い頻度で存在している。一般にコジイの寿命は短く、樹齢40年を超すと腐朽菌や風害などによって枯死率が高くなる。台風によって一瞬にして優占種

がコジイからカシ類に移行した例も知られており、上述のカシ類がコジイよりも耐陰性が強いという事実からも、コジイ林はやがてカシ類を主体とした森林へと遷移していくものと考えられる。しかし、これらの種がコジイ林内にいつ定着し、どのように生育するかは不明である。ここでは伐採後放置された若いコジイーカシ類混交林の主要樹種のサイズや成長過程を調査し、その成長パターンや齢構成を明らかにし、これを解明しようと試みた。

(1) 調査地及び方法

鹿児島県大口市にある林齢24年生のコジイーカシ類混交林を調査した。過去に薪炭林施業が行われており、ぼう芽主体の若い林分である。調査は 250m²のプロットを設定し、毎木調査を行い、そのうち約半分の面積を伐採して一部を樹幹解析し、残りの切株は年輪を測定した。

(2) 結果及び考察

林冠構成木はコジイ、シラカシ、クマノミズキ、ウラジロガシ、タブノキ、イチイガシの6種であった。さらに、高木性樹種であるアカガシ、ツクバネガシ、イスノキが亜高木～低木層に生育していた。

なお、以下ではコジイ、シラカシ、クマノミズキを2次林種、それ以外を極相種と区分した。

① 胸高直径分布

分布型を調べるために樹種ごとの変動係数、歪度、尖度を立木数の多い6樹種について算出した（表5）。いずれの樹種も歪度がマイナスで、分布の山が平均値より小さい方にあり極相種ほど値が大きかった。また、変動係数も大きく、分布の幅が広かった。尖りの形はコジイ、シラカシでは中央が偏平で両側の広がりが大きい形（尖度：1.8付近）を取り、イスノキ、タブノキでは正規分布形を取り（3.0付近）、イチイガシ、ウラジロガシはピークが高くかつ広がりが大きい形（3.0より大）を取った。

② 樹高成長

林冠構成木は22-24年生であった。各種の林冠構成木の樹高成長を図17に示した。成長曲線に大きな差は認められないが、2次林種の成長量が極相種のそれを上回った。被陰木は成長が頭打ちになる傾向がみられた。これらからコジイ、クマノミズキ、シラカシなどの2次林種の成長量が、極相となるアカガシ、イチイガシのそれを上回ることが分かった。

③ 樹高分布

このうち2次林種であるコジイと極相種であるイチイガシとの樹高分布図を図18に示した。これによると、コジイは林冠層に多く優占種となっていたが、イチイガシは亜高木～低木層に多く分布していた。樹高分布を統計的にみると、2次林種は平均樹高が高く、歪度が小さい。極相種は平均樹高が低く、歪度がマイナスであり、尖度が3を超すものが多いのが特徴であった。

表5. 主な高木性樹種の統計量

胸高直径

樹種	立木数	平均	変動係数	歪度	尖度
コジイ	109	7.50	0.656	-0.136	2.245
シラカシ	47	5.12	0.799	-0.706	2.218
イスノキ	48	1.32	0.519	-0.782	3.332
イチイガシ	39	2.08	0.988	-1.840	5.103
ウラジロガシ	33	3.28	0.656	-1.707	5.791
タブノキ	16	3.61	0.922	-1.233	3.406

樹高

樹種	立木数	平均	変動係数	歪度	尖度
コジイ	109	8.88	0.497	0.647	2.026
シラカシ	47	6.87	0.584	-0.290	1.640
イスノキ	48	2.51	0.365	-1.202	4.799
イチイガシ	39	3.60	0.804	-1.720	4.806
ウラジロガシ	33	5.49	0.501	-1.118	3.384
タブノキ	16	5.13	0.627	-0.551	2.188

注) 調査面積 250m²、樹高 1.2m 以上の立木についての値である

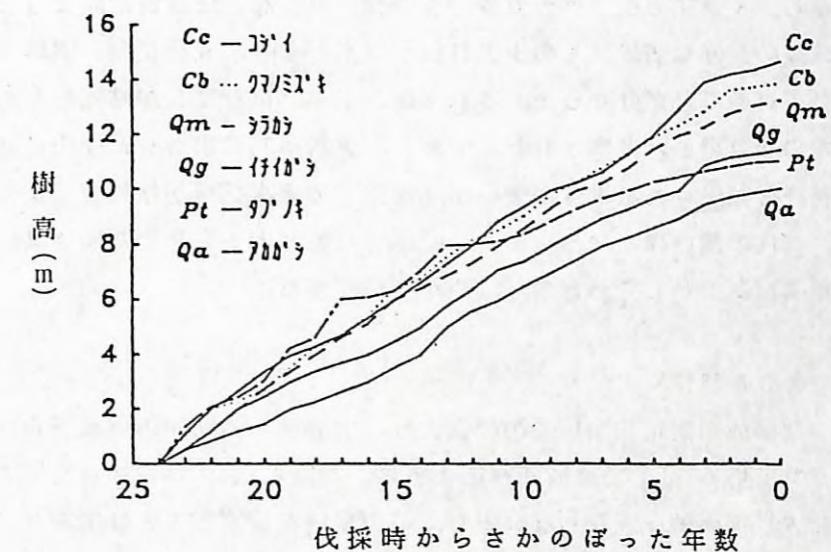


図17. 林冠構成木の樹高変化

④ 齢構成

齢は林床にある実生、ぼう芽枝を除くといずれの種もほぼ同じで伐採後同時に生育を始めたことが分かった。被陰木には齢が読み取れない個体があったが、ダイバックの形状や、節間の幅、数などより同齢であると推定された。さらに、イチイガシ人工林では同齢でDBH分布の変動係数が0.5以上という幅広い分布を取ることが知られており、これも推定を支持する根拠となつた。これらより、コジイの初期成長は早く、イチイガシの初期成長は遅いことが分かった。しかし、イチイガシの耐陰性はコジイよりも高いことが分かった。耐陰性については、上述の稚樹の植栽実験でも、同じ結果となつた。

⑤ 遷移について

以上のことから、イチイガシ、アカガシ、ウラジロガシなどは更新初期よりコジイとともに定着し、成長の良好な個体はそのまま林冠構成木となり、成長が悪い個体でも被陰下で長期間生存していることが分かった。これらは、上木（コジイ）が枯死したあとに優占し、林冠構成木になり得ると推察された。つまり、更新初期に定着した極相種は初期成長が遅く、2次林種に被圧される場合が多いが、被陰下で2次林種が枯死するまで生存できる確立が高く、次代の優占種となる。また、閉鎖した林分内で発芽した個体は成長ができない、林床に数年間パンクとしてとどまり、やがて枯死する。

4) 成熟林での分布特性

森林の構造や種組成の変化についての研究には、大面積・長期間の継続調査が必要であることが指摘されている¹⁵⁾。特に成熟林のように、林冠木1個体が占める空間の大きな森林では、十分に大きな面積を調査しない限り、その動態を論ずることはできないと考えられる。ここでは、ほぼ原生状態を保ち、数百ヘクタールの規模でまとまって残存している照葉樹林に、大面積プロットを設定し、カシ類を主体とした各種の分布特性を調査した。

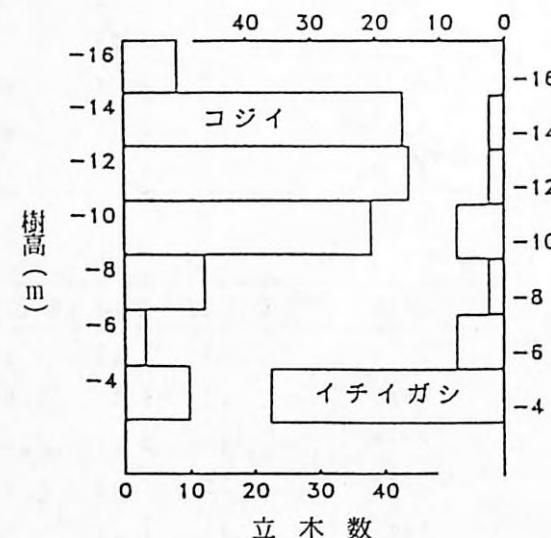


図18. 2次林における樹高分布 ($H=2.0\text{m}$ の個体)

(1) 調査方法

調査地は宮崎県東諸県郡綾町大森岳付近の綾営林署管内竹野国有林93林班である。プロットは標高約400m、北向き斜面の中腹部（傾斜角 15-35°）に設定した。プロットサイズは200m×200mである。プロット内では、DBHが5cm以上の個体についての毎木調査を行い、DBH、樹高階層、位置を測定した。ぼう芽幹か否かについての記録も行った。また、シイ類（シイ・マテバシイ属）、カシ類（コナラ属）については、DBH<5cm、 $H=1.3\text{m}$ の個体についても同様な調査を行つた。

(2) 結果と考察

① 種組成

毎木調査の結果、構成種数は50で、立木密度は $3,904\text{本}\cdot 4.0\text{ha}^{-1}$ 、胸高断面積合計は $193.2\text{m}^2\cdot 4.0\text{ha}^{-1}$ であった。構成樹種を、林冠を形成していた樹種（林冠構成種）、林冠は形成していなかったが樹高が10m以上に達していた樹種（亜高木種）、樹高がそれ以下の樹種（低木種）に区分すると、林冠構成種は21種であった。立木密度・胸高断面積ともにイヌキが第1位で、胸高断面積では、タブノキ、アカガシ、ウラジロガシがこれに続いた（表6）。

表6. 構成樹種の立木密度及び胸高断面積

種名（種数）	立木密度		胸高断面積		種名（種数）	立木密度		胸高断面積	
	4.0ha^{-1}	$\text{m}^2\cdot 4.0\text{ha}^{-1}$	4.0ha^{-1}	$\text{m}^2\cdot 4.0\text{ha}^{-1}$		4.0ha^{-1}	$\text{m}^2\cdot 4.0\text{ha}^{-1}$	4.0ha^{-1}	$\text{m}^2\cdot 4.0\text{ha}^{-1}$
林冠構成種			亜高木種		低木種				
イヌキ	1,274	40.34	サカキ	877	11.19	ヒバキ	100	0.34	
おバタフ	272	7.76	タブノキ	302	5.93	シイ	8	0.06	
タブノキ	149	33.66	カツラギ	107	1.88	シミ	7	0.05	
マテバシイ	137	5.12	バリバリノキ	101	2.61	イバウ	7	0.04	
ウラジロガシ	128	25.06	イヌカシ	67	1.25	ハマクチ	5	0.03	
アカガシ	86	31.63	タビノキ	19	0.36	アツク	4	0.03	
シノキ	63	8.61	カツラギ	14	0.66	ハイキ	3	0.01	
仔バシ	33	5.70	モジリ	12	0.30	タバキ	2	0.01	
スズリ	22	1.43	シロモ	9	0.26	おバタフ	2	0.01	
ケンシロギ	16	2.00	ヒメスズリ	6	0.12	ミズバシ	2	0.00	
その他	56	6.50	その他	12	0.29	その他	2	0.00	
計 (21)	2,236	167.81	計 (17)	1,526	24.85	計 (12)	142	0.58	

② 林分構造

DBHの分布型は、逆J字型を示すもの（A）、なだらかな丘型を示すもの（B）、分布幅の狭い凸型を示すもの（C）に区分できた（表7）。A型にはイヌキ、タブノキ、マテバシイ、サカキ、ヤブツバキ、バリバリノキなどが含まれ、亜高木・低木種のほとんど

がこれに属した。B型にはシイノキ、ウラジロガシ、アカガシ、イチイガシなどが属し、多くはカシ類であった。C型には、イヌシテ、イイギリ、リュウキュウマメガキなどが属し、落葉性高木種の多くがこれに含まれた。

表7. 主な種のDBH分布型

分布型	タイプ	種名
U	A	イヌノキ、タブノキ、ホノバタブ、マテバシイ、サキ、ヤツリノキ、ヤツリノツキ、バリバリノキ、イヌシテ、ヤマヒラ、モコクヒガキ
L	B	ウラジロガシ、アカガシ、仔カシ、シイノキ、イヌノキ
H	C	ヒノキ、タブノキ、トキワガキ、イヌシテ、リュウキュウマメガキ、イイギリ

林冠構成種の小サイズ個体（ここではDBH<5cm H>=1.3mを幼樹、H<1.3mを稚樹とする）は、C型の樹種では、ほとんど存在しなかった。B型に属する種は稚樹・幼樹ともにかなりの密度を有した。しかし、カシ類はどの種もDBH>=2cmの個体数が幼樹中5%未満であり、DBHの分布型からみても5-15cmクラスの小径木の比率が低く、稚樹から大径木へと立木密度が連続していなかった。カシ類3種のDBH分布型は図19に示した。A型の種であるイヌノキ、タブノキは幼樹の個体数が多く、稚樹数は上位を占めた。マテバシイはぼう芽個体が高い割合を示した。

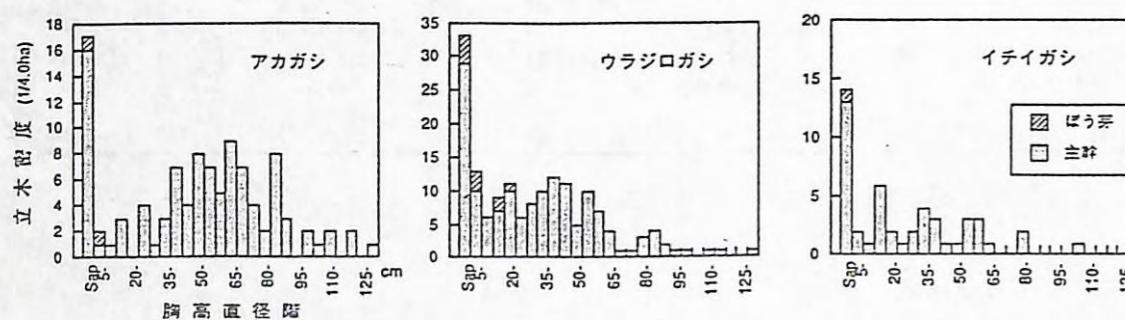


図19. 成熟林におけるカシ類の直径分布

一方、カシ類の立地特性を求めるために空間分布の解析を行った。表8は3種のカシが、互いにどのような関係で分布しているかを求めたものである。これによると、アカガシとイチイガシの林冠木で排他的な分布を示した。アカガシは斜面上部に多く、イチイガシは斜面下部に多く分布することが、統計解析によっても有意な差となってあらわれた。また、ウラジロガシとイチイガシにおいては、それらの林冠木と下層木が同所的に分布することが分かった。

表8. 成熟林におけるカシ類の空間分布相関

種名	アカガシ	ウラジロガシ	イチイガシ
アカガシ	(0)	0	-
ウラジロガシ	0	(+)	0
イチイガシ	0	0	(+)

注) 表の右上部分は林冠木、左下は下層木、()内は林冠木対下層木についての関係を示す。+は同所的、-は排他的、0は独立を示す。

5) カシ類の埋土種子及び実生

天然更新の成否を握る大切な項目に埋土種子量が上げられる。従来より天然更新の可能性を探るため森林型の違いによる埋土種子の調査を行っており、これまでにコジイ林、コジイ林皆伐跡地及びヒノキ林などと比較を行ってきた。ここでは、極相もしくはそれに近いタブノキ林と数種のカシ類が混交する林分において、埋土種子及び毎木調査を行って、両者の比較をしたので報告する。

(1) 調査地及び調査方法

調査地は、宮崎県えびの市川添国有林71林班い小班（タブノキ林）及び鹿児島県大口市五女木荒平国有林39林班ん小班（カシ類混交林）である。なお、調査日は、1988年10月と1989年2月である。調査方法は、毎木調査（タブノキ林面積 311m²、カシ類混交林面積500m²）と埋土種子数の調査を行った。特にカシ類混交林では連続した5プロットを設定して調査を行った。さらに、林冠構成種については実生調査も行った。

(2) 結果と考察

両調査地における林冠構成樹種の立木、実生及び埋土種子数は表9に示すとおりである。タブノキ林では埋土種子が存在する種はわずかに4種で、イイギリが最も多かった。しかし、現存木にはない樹種が多かった。これらの樹種は毎木調査プロット外に存在しており、

表9. 林冠構成種の立木数、実生数及び埋土種子数

(タブノキ林)		
林冠構成樹種	現存	実生
イギリ	350	
イノキ	30	
ウラジロガシ	20	20
スズリハ	20	5
タブノキ	1.0	150
スダジイ	15	
ツバキガシ	10	

(カシ類混交林)									
プロット 1	プロット 2	プロット 3	プロット 4	プロット 5	合 計	林冠構成樹種	現存	実生	埋土
クマノミズキ	160	1	255				1	0	415
イノキ	3	75	3	175			5	225	35
アカガシ			5	25	10		1	150	15
タブノキ	1		600	1	125			100	0
仔カガシ	1		25		50		25	75	0
イギリ		1						1	0
ウラジロガシ			1					1	0

現存：調査プロット内に出現した林冠木の立木本数（単位：本/100m²）実生： " 実生数（単位：本/100m²）埋土：調査プロット内に生存していた埋土種子数（単位：粒/m²）

その種子が落下してきたためと思われる。タブノキは実生数が最も多かったが、埋土種子は存在しなかった。タブノキの結実は7~8月で、結実後は短期間に落下し、すぐに発芽することから、調査時期には埋土種子としてカウントされない。カシ類混交林でも埋土種子存在種数はわずかに3種で、クマノミズキが圧倒的に多いが、プロット1, 2のみに出現し、ほかのプロットには存在しなかった。これは、現存木がプロット2に存在することによるものであろう。実生が存在するのは3種で、ここでもタブノキが最も多かった。カシ類は、豊凶の波が5~7年といわれ、その波の差は激しい。この調査では、ウラジロガシが豊作であったタブノキ林では、その埋土種子量が多かったが、カシ類混交林ではアカガシがわずかに埋土種子として存在するだけであった。なお、カシ類の堅果は落下後、動物による摂食、貯蔵行動による移動がみられる。そのためサンプリングする季節によっても、その量に差が現れると考えられた。林内に出現した種についてとりまとめたものが表10である。タブノキ林の場合、現存種19種中、埋土種子の存在する種はわずかに4種と少なかった。カシ林の場合でも現存24種中6種と少なく、共通していた。両林分で埋土種子数が最も多いのはヒサカキであった。ヒサカキはマテバシイ林、タブ林でも非常に埋土種子数が多い

表10. 調査プロット林内に出現した種の立木本数と埋土種子数

(タブノキ林)			(カシ類混交林)																
林内種	現存	埋土	Plot 1	Plot 2	Plot 3	Plot 4	Plot 5	合計	林内種	現存	埋土	現存	埋土	現存	埋土	現存	埋土	現存	埋土
ヒバ	2.3	405	1	95	3	75	3	105	1	115	2	60	10	450					
クロガシ	0.3	35			15		10	1	20	9	380	10	425						
リガ	10.0	30			5		5					0	10						
ミヤマキミ	2.6	5			5		5					0	10						
イタガキ	9.6		3	2			2		7	5	14	5							
ツバメ	8.0				5	2						2	5						
アオ	6.8		6	12	5	8	9	40	0										
シミ	5.5		4	5	6	2	3	20	0										
ヤツガハキ	3.5		1	5	2	4	6	18	0										
シバ	3.2		8	1	3	4	5	13	0										
ヤツケイ	3.2				1	4	11	0											
お川タブ	2.9				6	1	4	11	0										
カクレミノ	1.0				1	2	4	8	0										
ヌミモチ	0.3				3	2	2	7	0										
ハケイカ	0.3				5	1	6	0											
カノキ	0.3				2	4	6	0											
タミツチバナ	0.3				1	3	3	0											
クモ	0.3				2		2	0											
イカヤ	0.3				1	1	2	0											
カシ	1						1	1	0										
ハマガキ							1	1	0										
サマツミキ							1	1	0										
ツク							1	1	0										

現存：調査プロット内に出現した種の立木本数（単位：本/100m²）埋土：調査プロット内に生存していた埋土種子数（単位：100粒/100m²）

種である。ほかの立木と埋土種子との関係は不明であるが、鳥による種子散布の結果からこの林分でもこれらの多くは、鳥によって移入されたものと考えられた。表11には調査林分に存在しない種の埋土種子数について示した。タブノキ林では26種が確認できた。なかでもカラスザンショウ、クマノミズキ、アカメガシワ、ツルコウゾの4種は特に多い。カシ類混交林の場合22種が確認でき、アカメガシワ、フユイチゴ、クサイチゴ、カラスザンショウ、ピロウドイチゴが特に多い。両林分とも多く確認できたのは、カラスザンショウとアカメガシワであり、これらはいずれも鳥による持込みであろう。草本種は、両林分とも4ないし5種であったが、共通種は、ダンドボロギク、ベニバナボロギクで、種子数はほかの種に比べ非常に多かった。ほかの種には共通種がない。これは、両林分周辺地域の植生の特性を現したものであろう。図20に散布型ごとの埋土種子数を示した。散布型は、重力散布、動物散布、風散布型の3つに区分した。両林分とも重力散布型は、ウラジロガシ、

表11. 調査プロット内に出現しなかつた種の埋土種子数

(タブノキ林)

林外種 (木本)	林外種 (木本)	(カシ類混交林)					
		プロット1	プロット2	プロット3	プロット4	プロット5	合計
カスガソウ	カスガソウ	95	50	35	15	20	215
クマノミズキ	クマノミズキ	75	60	20	40	15	210
アカガシ	アカガシ	40	60	10	20	130	
ツルコウ	ツルコウ	35	30	10	25	120	
ヒロドウイ	ヒロドウイ	65	20	30			115
フユイコ	フユイコ	25	15	55			95
ニトコ	ニトコ	40	15	15		15	85
ミズキ	ミズキ	25		15			40
クサイコ	クサイコ	15		10	5		30
キブシ	キブシ	10	10	5			25
イサソウ	イサソウ	5		5	5		15
マタタキ	マタタキ	5				10	15
コソスイ	コソスイ		10				10
カバミジイコ	カバミジイコ	10					10
カツジイコ	カツジイコ		5				5
ノドウ	ノドウ			5			5
タケノ	タケノ	5					5
ヤマザクラ	ヤマザクラ			5			5
クサイコ	クサイコ	5					5
ムハ	ムハ			5			5
ムサキシキ	ムサキシキ			5			5
ウタカズラ	ウタカズラ				5		5
ヤマハセ	ヤマハセ						5
ヒヅル	ヒヅル						5
モコク	モコク						5
ヌテ	ヌテ						5
(草本)		(草本)					
タツノベニバナ	タツノベニバナ	170	90	70	45	85	460
チミツサ	チミツサ	5	30				35
アミノイヌズキ	アミノイヌズキ			15		10	25
カシ	カシ				5		5
			5				5

調査プロット内に生存した埋土種子数(単位:粒/㎡)

タツノベニバナ:タツノベニバナの合計

アラカシなどの林冠構成種がほとんどである。動物散布型では、両林分とも種数が多く種子数も多かった。これは鳥によって多くが持込まれているためであろう。また、両林分を林内、林外種で比較すると林内種が重力散布型の全て、及び動物散布型の25~50%を占めることが分かった。一方、風散布型は全て林外種であった。

以上のように、極相もしくはそれに近い成熟林にも林外から、先駆種を中心とした多量の種子の移入が大量にあることが分かった。一方、これらの林分で優占種となるカシ類の埋土種子、実生は少なく、カシ類がうまく更新するには個体数が不足していると考えられた。

6) 天然林でのギャップ分布とカシ類の更新特性
成熟林内での世代交代は主にギャップ更新によって行われており、高木層がなんらかのダメージを受けてギャップができない限りは、どちらかというと静的な状態を保っている。ここでは、成熟林でのギャップの大きさ、分布などを把握するとともに、ギャップ及び閉鎖林冠下におけるカシ類の分布、成育状況を調査して、カシ類のギャップ更新の可能性を考察した。

(1) 調査地及び調査方法

宮崎県綾町内竹野国有林(標高約400m、傾斜約30°、斜面方位N~NNW)でほぼ極相と見なせる林分を中心に行なった。過去のギャップの動態を把握するために、調査地のギャップの発生状況を空中写真(1956, 1986年撮影)により調査した。また、1989年には現地踏査によって測定精度を高めた。林床植生調査は、2m×2mのコドラーを設置し、植生高1.3m未満のものについて、それぞれの種の高さ(H, cm), 被度(C, %)を測定した。設置場所は、プロット内で比較的大きく新しいギャップ(面積約300m², 形成後約3年目)とそれに隣接した閉鎖林冠下で、それぞれ10, 24枠調査した。カシ類を中心に主な林冠構成種

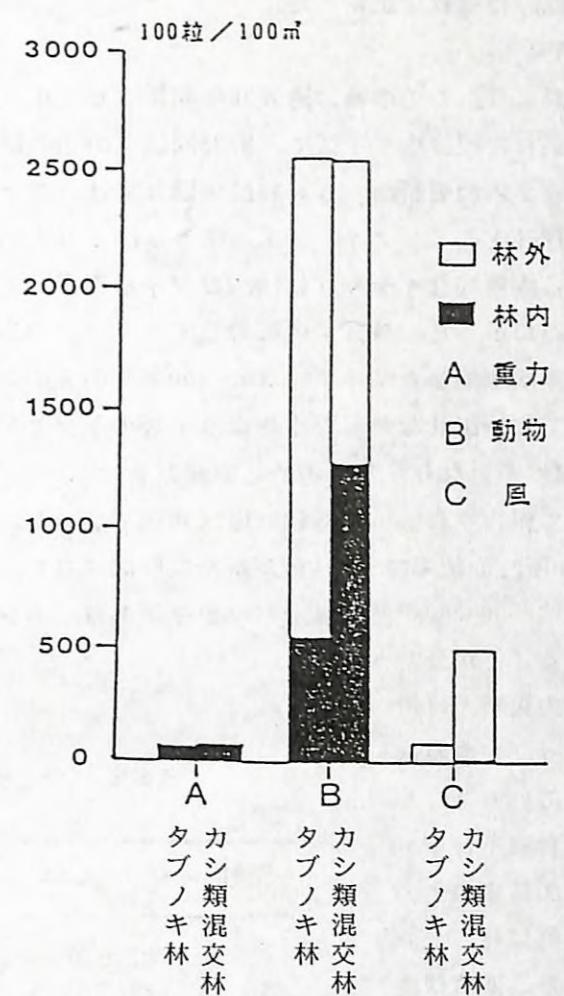


図20. 散布型ごとの埋土種子数

については、稚樹数を記録した。

(2)結果

空中写真より、この地域の過去30年間に生じたギャップの大きさを調べると、ほとんどが単木が倒れた程度のサイズで、0.05ha以上のものは認められなかった。単木が倒れた程度のギャップ内の更新は、写真判読の限りでは、ギャップ内もしくは周囲に存在する亜高木層の樹種（主にイスノキ）によってうつ閉されている。また、数10年以上前に生じたと考えられる大規模なギャップには、コジイが優占している。ギャップの分布及びサイズを表12、図21に示した。林分全体に対してギャップの占める面積割合は9.8%（1986年）で、単木～数本が倒壊したサイズ（200~400m²）のものが多数を占めていた。現地調査では、空中写真で拾い出せなかった小さなサイズのギャップが多く確認でき、平均ギャップサイズは100m²以下となり、その占める面積割合は10~15%であった。この結果は、ほかのブナ林などで報告されている数値とほぼ同様であった。また、ギャップは過去20年間にha当たり4.2か所、面積率で11.5%が新たに形成された。さらに安定した極相林の林冠構成木の齢構造は、90-280年と大きなバラツキがあり、カシ類の優占する成熟林は異齢モザイク集団であることが分かった。

天然林の更新・維持にはギャップが重要な働きをしている¹⁶⁾ため、閉鎖林冠下とギャップ内との林床植生の比較を量的に行ってみた。つまり、通常優占度の計算で用いられる比数を使わず、絶対値によって優占度（Σ（H×C）/株数）を求めた。それによると閉鎖林冠下、ギャップ内ともにホソバカナワラビ、イズセンリョウの

表12. ギャップのサイズ分布（綾93林班）

面積 (m ²)	年	1966	1986	1966-86*
- 82		-	-	-
- 141		16	18	17
- 255		41	38	27
- 394		47	37	23
- 578		18	20	13
- 857		3	7	1
- 1157		2	3	0
1157-		1	1	0

* 20年間に新たに生じたギャップ数

優占度が高かった。閉鎖林冠下のみに出現した種は18種で、ルリミノキ、ミヤマシキミ、オオキジノオシダの優占度が高かった。ギャップ内のみに出現した種は13種であった。このうち特に優占度の高い種はなかったが、カラスザンショウ、アカメガシワ、クサギなどの先駆性落葉樹種が出現した。いずれにも出現する種のうち、タブノキ、ホソバタブは閉鎖林冠下での、ヒメユズリハはギャップ内での優占度が高かった。なお、優占度の総計は、



図21. ギャップの分布と経年変化（綾93林班）

閉鎖林冠下とギャップ内とにほとんど差がなかった。ただし、林冠構成種はギャップ内の優占度が少なく、低木種はギャップ内で高い値を示した（表13）。また、林冠構成木の稚樹数について、閉鎖林冠下とギャップ内を比較するとカシ類では、イチイガシを除いては場所による差があまりなかった。カラスザンショウ、イヌシデのような落葉性高木種は、閉鎖林冠下にはまったく存在せず、ギャップ内のみに出現した（表14）。

(3)まとめ

林冠構成種について、上述（⁴⁾を参照）のDBH分布型別に更新様式を考えてみると、A型のイスノキ、タブノキは、特にギャップに依存せずに林内で更新を行っていると考えられた。B型に属するカシ類は、閉鎖した常緑広葉樹林内で長期間生存できるが樹高・肥

表13. 林床植生における各種の優占度

種名(種数)	閉鎖林冠下	ギャップ内	種名(種数)	閉鎖林冠下	ギャップ内
林冠構成種					
タブノキ	250.5	12.8	イチイガシ	754.4	2471.1
ホノカツバ	247.4	2.3	ムミノキ	318.4	
イヌキ	36.6	20.7	ヒバ	142.9	17.1
ウラジロガシ	28.4	8.4	ミヤシタ	93.8	
その他	35.3	17.5	アトロシバ	19.0	21.1
			その他	9.0	8.4
計 (14)	598.3	61.7	計 (9)	1337.5	2517.7
亞高木種					
ヤツニケイ	185.2	8.1	草本種		
サカキ	178.1	68.0	ホノカツバ	875.6	705.0
バリバリキ	140.7	50.0	ハメヨウガ	73.3	9.9
イヌガシ	116.0	42.7	オキナガシ	61.5	
ヤマヒラギ	24.9		ツツジ	34.5	30.5
ヤツリギ	20.7	18.3	キヅノオタ	21.5	
ヒヌリハ	2.4	125.0	モコシ		45.0
その他	8.4	28.0	その他	10.8	15.3
計 (17)	676.5	340.1	計 (15)	1077.1	805.7
つる性種					
ガマズミ		14.7	32.5		
その他		19.2	25.4		
計 (10)		33.9	57.9		

大成長をほとんどしない。そのため、閉鎖林冠下に存在するカシ類の稚幼樹は、満足な成長ができます、上木となり得ないであろう。また、ギャップ内でも密度・優占度の上昇が認められず、更新がスムーズに行われていないよう見えた。C型の種はギャップ内にのみ稚樹が存在するが、それ以上の小径木が存在しないため、更新は困難であると思われる。

まとめると、調査地内の大きなギャップ内では、低木種の発達が著しく、ギャップに依存して更新すると考えられた林冠構成種の割合が少なかった。立木密度・サイズ分布から見れば、現ギャップ体制が続くと仮定した場合、林冠構成種の一部（特にカシ類）はうまく更新できないと考えられた。

7) カシ林の遷移過程と天然更新技術

上述の結果やこれまでの知見をもとに、カシ林（常緑広葉樹林）の遷移を推論し、効率のよい収穫を目的とした更新、施業技術を考えてみる。

伐採や山崩れなどによって、新たにできた裸地は、放置しておけば緑に覆われ、やがて低木林から高木林へと変化していく。特に伐採跡地には前植生の種子、地下茎、根株などが残存しているため、伐採直後からかなりのスピードで植生の発達がみられる。まず最初にダンドボロギクやベニバナボロギクのような一年生草本類が一斉に繁茂し（ステージI），その次に寿命（20年程度）は短いものの、1年間に樹高が1m以上も成長する先駆性樹種群（アカメガシワ、カラスザンショウなど）が低木林を形成する（ステージII）。やがて常緑広葉樹で成長の速い樹種（コジイ（ツブラジイとも言う））が優占種となり（ステージIII），樹高10m以上の高木林を形成する。現在、里山に広く分布する照葉樹林

表14. 閉鎖林冠下及びギャップ内の稚樹数

種名	閉鎖林冠下	ギャップ内
タブノキ	100.00	60.00
イヌキ	30.21	30.00
ウラジロガシ	25.00	20.00
仔仔ガシ	17.71	2.50
シイノキ	9.38	10.00
アカガシ	8.33	7.50
トキワガシ	2.08	2.50
クロガネモチ	2.08	
ツクバネガシ	2.08	
アカメガシワ		15.00
イヌシデ		12.50
カラスザンショウ		12.50
コハツモチ		2.50

は、昭和30年代以降放置されたこのコジイ林が多くを占めている。コジイは材質が柔らかく、40年生を超えると腐朽などによって枯死率が高くなる。そのため、コジイが枯れ、倒壊したあとには、すでに林内で生育していたカシ類が林冠層を形成し、樹高30m以上に達する極相林（ステージIV）へと遷移する。

天然林施業のタイプを大きく分けると、

a. 量を目的とする短伐期施業

b. 材質を目的とする長伐期施業

を考えられる。

これらを樹種による林種で分けると、コジイ林とカシ林に区別できる。

つまり、コジイを目的とする場合は20~30年伐期の施業が可能であり（図22のステージI~IIIの繰り返し），カシ類の収穫を目的とする場合には70~80年以上の長伐期を要することになる（ステージI~IV）。

天然林施業を行うからには、当然天然力を上手に生かした施業を行う必

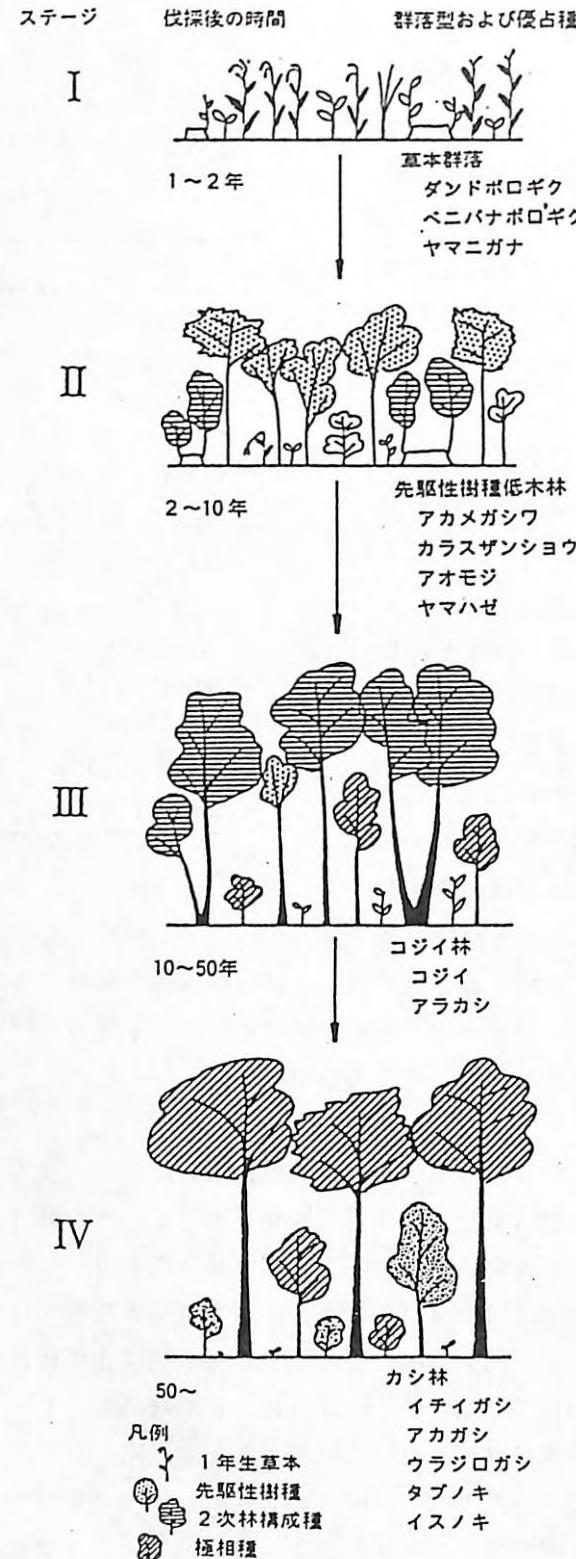


図22. 九州のカシ林域における伐採跡地の遷移模式図

要があり、そのためには目的樹種の特性を十分に知ることが必要である。例えば、同じ林分でブナとイチイガシを育てようとしても不可能で、それは両種の生育する森林帯（気候帯）が異なるからである。また、コジイとイチイガシを同時に収穫することも困難で、それは両種の生育する遷移のステージが異なるからである（図22参照）。

更新（収穫）のタイミングも重要な問題となる。特にカシ類のような極相種の大径材生産を目的とする場合、一斉皆伐は、遷移の段階をステージIまで引き戻すことになり、再び収穫期を迎えるまで100年以上を要することになる。目的樹種の実生や稚樹の発育状況を見ながら的確な択伐を行うと、択伐地の遷移段階は、ステージIIIないしはIVの初期までにしか後退せず、継続的な収穫が期待でき、林地の荒廃を引き起こすこともない。さらに下刈り、除間伐などの時期、方法なども遷移の動きを理解していれば、時期を逸することなく、より省力的な施業が可能となるだろう。これは、作業種でいうと、前更・択伐作業となり、基本的には比較的大きな穴をあけて、光環境を改善し、実生の成育を積極的に早めることである。従来、天然林更新作業で行われている母樹保残・後更作業はカシ類の定着が遅れ、その成長が他種に阻害されるので、あまり有効でないと考えられた。

（田内 裕之・西山 嘉彦・竹下 慶子・上中作次郎・佐藤 保）

Vまとめ

（IV-1のまとめ）水俣、大口、出水、川内の各営林署管内国有林において、アカガシ、ウラジロガシの分布を調べ、分布地の立地特性を明らかにした。アカガシの分布は標高400m~800mであり、ウラジロガシは標高600m以下であった。地形及び土壤環境としては、アカガシは稜線部緩斜面の乾性~弱乾性土壤に優占し、土壤の理学的性質は保水性が悪く、乾きやすい特徴を示した。ウラジロガシは山腹中~下部の適潤性土壤に成立し、その理学的性質は透水性がよく、容水量の大きい特徴を示した。また、アカガシ林はその土壤及び地形の環境特性から、皆伐により土壤が劣化しやすいことを示した。

アカガシ林の生育環境に関しては、火山灰堆積の少ない九州北部では土壤層厚が薄く、堆積の多い南部山地では厚い特徴があることが明らかになり、適地の条件に地域性のあることが示唆された。また、ウラジロガシの育成適地については、地形的にアカガシの下部に位置することが明らかになったにとどまり、適地の摘出にはさらに多くの林分を調査する必要があると考えられる。

（IV-2のまとめ）カシ類が成育する照葉樹林の動態・天然林施業についての研究は、ブナ林に代表される落葉樹林と比較すると非常に少ないのが現状である。なぜかというと、そもそも照葉樹林での用材林施業がほとんどなかったこと、ササのような更新を阻害するやっかい者が少ないと、放置しておいてもそこそこに更新がうまくいったなどの理由が

考えられる。ともあれ、天然林施業という名のとおり、天然の森林を相手にするわけで、従来の人工林施業のような下刈り、除伐などに多量の人力をかけることを考えるよりも、まず自然の仕組みを知ることが、天然林施業を組み立てる最短の道であると考えられる。

本研究では、カシ類の育成、施業技術の向上を目的として、カシ類が成育する天然林での調査を中心としてきた。しかしながら、研究期間の制約などから、同じ場所での長期間にわたる調査はできなかった。そのため、本報告は、いろいろな発育段階の天然林を多点調査し、実験データを加味して、推論を加えながら更新様式などを検討している。確かな実証データを得るために、大規模な長期間にわたる研究が必要とされており、今後はこのような試験研究が行われるべきであると考える。

- (13)上中作次郎：コジイ壮齢林の落枝葉量、種子生産量の年変動。日林九支研論、43. 93. 1990
- (14)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
- (15)中静透・山本進一：自然攪乱と森林群集の安定性。日生態誌 37. 19-30. 1987
- (16)山本進一：極相林の維持機構—ギャップダイナミクスの観点から。生物科学 33. 8-16. 1981

引用文献

- (1)藤田桂治ほか：暖温帯域における広葉樹人工林の育成技術。昭和62年度国有林野事業特会技発試験成績報告書。156-161. 1989
- (2)岡野哲朗・須崎民雄：暖温帯上部域広葉樹林に関する研究（II）。日林九支研論.38.11.3-114. 1985
- (3)岡野哲朗・須崎民雄：暖温帯上部域広葉樹林に関する研究（III）。96回日林論.393-394. 1985
- (4)熊本営林局：森林施業の手引 50-51. 1990
- (5)林野庁・林業試験場：国有林林野土壤調査方法書。47p. 1955
- (6)岡野哲朗・須崎民雄：暖温帯上部域広葉樹林に関する研究（I）。日林九支研論.37.11.9-120. 1984
- (7)塘隆男：広葉樹林とその施業。地球社 81-83. 1981
- (8)川添強・森貞和仁・河室公康・長友忠行：スギ壮齢林の皆伐後2年目における土壤溶液中の溶存成分濃度の比較。日林九支研論.43.185-186. 1990
- (9)橋詰隼人・相川敏郎：ブナ科4樹種のタネの発芽特性。鳥大農研報30. 128-133. 1978
- (10)三善正市：カシ・シイの中心郷土地帶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
- (11)塙田宏：コジイ林の天然更新と保育技術。山林 1229. 25-31. 1986
- (12)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