

徳島県における針・広混交林の森林構造の把握

島村 雄三・宇水 泰三郎・橋本 茂

要旨：混交林など多面的機能の発揮に適した森林造成管理技術を検討するため、県内に存在する針葉樹と広葉樹との混交林のうち代表的な 20 林分の森林構造等の実態を調査した。本県においては、人工的に造成された針・広混交林はほとんどなく、天然生の針・広混交林や不成績造林地に広葉樹が混入した林分がほとんどであった。調査した 20 の混交林はその機能や成林方法別に分類し、その造成管理技術について検討した。

また、混交林に導入可能な広葉樹の生理生態特性、特に光環境に対する適応性を検討するためケヤキ、キハダ、コナラ、クヌギ、サクラ、アラカシ、スダジイ、ヤブツバキ、クスノキ、ウバメガシの 10 樹種の人工被陰試験を実施した結果、相対照度 50-60%被陰区における樹高成長量が対照区や低照度区に比べ高くなる傾向がクヌギとコナラ以外の 8 樹種にみられた。

さらに、低照度区（相対照度 3-5%）における生育特性の継続調査の結果、ケヤキは、生存率が他の樹種に比べて最も高く、4 年間の長期間でも枯れる個体は少なく、光合成速度や葉の比面積（SLA）の測定結果からもはっきりと陰葉化が認められ、耐陰性が高い樹種であることが認められた。一方、キハダは低照度での生存率は低くケヤキに比べ耐陰性は低いようであった。

1 はじめに

森林に求められる機能が公益的機能の高度発揮など多様化する中で、森林の造成管理技術についても、従来の一斉林から地域の自然条件経済社会等に適合した多面的な森林の準成管理技術が要請されている。このため、針葉樹と広葉樹の混交した林分、いわゆる針・広混交林の機能評価を行うとともに、その森林構造、立地環境構成樹種の生理生態特性の解明を行う必要がある。本県では、混交林の森林構造および構成樹種の生理生態特性（光環境適応性）を重点的に取り上げ、平成 6 年度から平成 10 年度の 5 カ年間調査研究したので、その成果を報告する。

なお、本研究は林野庁の大型プロジェクト「混交林等多面的機能発揮に適した森林造成管理技術の開発」の一部として実施したものである。

2 調査方法

2.1 混交林の森林構造の調査

2.1.1 調査林分の設定及び調査項目

平成 6 年度から 10 年度の 5 年間に針・広混交林を 20 林分、混交林との比較林分としてキハダ、ケヤキの各一斉林 2 林分の計 22 林分を調査した。調査内容は、施業履歴、地況調査

及び毎木調査で、毎木調査は原則として 0.1ha の標準地内とし、調査項目は樹高（H）、胸高直径（DBH）、枝下高、枝張長（4 方向）である。また、標準地内に設置した精密調査区（10m×10m）内の林木配置を調査した。

なお、これら調査林分は原則として今後も 5 年毎に継続調査を実施する予定である。

2.1.2 調査林分の森林構造の解析方法

調査林分は機能別・成林方法別に分類するとともに、H 及び DBH の頻度分布、胸高断面積合計比率（BA）、D-H 図※、M-w 図※(Hozumi 1975)¹⁾等を作成し、森林構造を解析した。

2.2 構成樹種の生理生態特性の調査

2.2.1 有用広葉樹の人工被陰試験

混交林に導入する有用な広葉樹の生理生態特性、特に光環境に対する適応性を検討するため、平成 7 年度から平成 8 年度にかけ、寒冷紗を用いた人工被陰下におけるケヤキ、キハダ、コナラ、クヌギ、サクラの落葉広葉樹 5 樹種の生育特性について調査検討した。試験区は相対照度別に 3%区、5%区、50%区、61%区、対照区の 5 段階とし、各区には各樹種 20 本計 100 本を植栽し、樹高、地際直径、生存率を調査した。

また、平成 9 年度から 10 年にかけては、落葉広葉樹の 3%区、5%区、対照区における 3、4 年目の継続調査を行うとともに、新たに、アラカシ、スダジイ、ヤブツバキ、クスノキ、ウバメガシの常緑広葉樹 5 樹種の 50%区、58%区、対照区の 3 区における生育特性を調査した。

2.2.2 人工被陰したケヤキの光合成速度と葉の形態の測定

2.2.2.1 光合成速度の測定方法

これら人工被陰した広葉樹のうち、ケヤキの光環境に対する適応性を調べるため単葉の比面積（SLA：cm²/g）と光合成速度を測定した。光合成速度の測定には、島津製作所の携帯式光合成蒸散速度測定装置 SPB-H を使用し、光源には自然光及び Kenko のテクノライト（ハロゲンランプ使用）を用いた。

単葉を PLC（パーキンソンリーフチャンバー）ではさみ、チャンバーへの導入空気とチャンバーからの外出空気の CO₂ 濃度差から試料の量（今回はチャンバー内の片側葉面積）、単位時間当たりの CO₂ 吸収量あるいは放出量を求め、純光合成速度を得た。算出は次式による。

$$P_n = \frac{(S - B) \times 44 \times 273 \times F \times 60}{W \times 22 \times (273 + T) \times 1000}$$

ここで、P_n は純光合成速度（mgCO₂・dm⁻²・hr⁻¹）、B、S はそれぞれチャンバー内通過前後の通気 CO₂ 濃度、T（℃）はチャンバー内気温、F（l・min⁻¹）は通気流量、W は試料の量であり、今回は葉面積 dm² で求めた。

さらに、何段階かの光強度下で求めた純光合成速度に、暗黒下で求めた CO₂ 放出速度を呼吸値として加え、その光強度での総光合成速度（P_g）とした。

なお、光合成速度はすべて通気 CO₂ 濃度が 330ppm のときの値に換算した。

(光 - 光合成曲線)

求めた総光合成速度 P_g から光 - 光合成曲線を描いた。

光 - 光合成曲線は

$$P_n = \frac{bI}{1 + aI}$$

上式を変型して

$$\frac{1}{P_g} = \frac{1}{I} \times \frac{1}{b} \times \frac{a}{b}$$

で表される。(Tamiya 1951, Monsi & Saeki 1953)

ここで、 P_g は総光合成速度、 I は光量子密度 ($\mu \text{ mol/m}^2/\text{sec}$) である。また、 b ($\text{mgCO}_2 \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{hr}^{-1}$ ($\mu \text{ mol/m}^2/\text{sec}$)⁻¹) は曲線の初期勾配をあらわし、 b/a ($\text{mgCO}_2 \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{hr}^{-1}$) は最大光合成速度を表す定数である。

一般に、陰葉化した葉は陽葉に比べ初期勾配 (b) が高く、最大光合成速度 (b/a) が低い。これは、陰葉が自らの生活する光環境すなわち弱光下での光合成をより有利に行うように適応したため、逆に陽葉は強光下での光合成効率を高めている。

2.2.2.2 供試材料

供試したケヤキ単葉は、森林総合研究所四国支所試験林（以下、支所試験林とする）及び徳島県林業総合技術センター内に設置した人工被陰試験区（以下、センター被陰試験区とする）から採取した。

供試材料は、原則として梢端部約 40cm 程度を水切りし、水を満たした三角フラスコ等に切り口を浸して速やかに実験室内に持ち帰った。測定はいずれの材料についても採取日から 2 日以内に行った。測定を行う供試材料は、あらかじめ自然光あるいはランプを充分当てておき、光合成が飽和している段階から測定を始め、光源とチャンバーの間に灰色及び白色の寒冷紗を挿入することにより段階的に照度を下げて測定した。最終的にはチャンバー全体をアルミホイルで包んで暗黒下とし、そのときの値を暗呼吸量とした。

また、測定後の供試材料はできる限り健全な葉を採取し、葉面積を測定するとともに絶乾重量を比面積 SLA (cm^2/g) を求めた。

2.3 針・広二段林下の相対照度の測定

針葉樹を上層木、広葉樹を下層木とする二段林下での光環境条件を検討するため、5 年間に調査した針・広混交林等のうち、スギ・ヒノキを上層木、広葉樹を下層木とする二段林林内の相対照度を測定した。照度の測定は、ミノルタのデジタル照度計 T-1H を使用し、原則として夏至前後の晴れた日の正午前後に、各林分内においてランダムに 100 箇所以上の測定を行い、林外との比較により相対照度を求めた。なお、測定地上高は下層木の先端部上とした。

3 結果と考察

3.1 混交林等の森林構造の解析

3.1.1 調査林分の概要と機能別・成林方法別の分類

5年間に調査した林分概要を表-1に示す。

表 1 調査林分の概要

調査年度	調査地	地 況	構 成 樹 種	平均樹高(m)	平均胸高直径(cm)	立木密度(本/ha)	林分タイプ	備 考
6	鳴門市	標高 100m 斜面方位 NE 傾斜 30° 土壌型 Bc	針 広 ヒノキ クスギ 計 2樹種	11.21 14.38	18.22 21.35	820 240	⑦	ヒノキ・クスギは32年生 山腹下部の小さな尾根を挟んだ斜面
						1,060		
6	三野町	標高 350m 斜面方位 NE 傾斜 30° 土壌型 B ₀ (d)	針 広 スギ ヒノキ ソヨゴ、リョウブ、ヒサカキ他 計 25樹種	7.76 8.65 3.74	9.38 11.34 2.81	220 890	④	ヒノキ17年生、スギ16年生、 前生樹はマツ35年生 棚の間に生えてきた灌木を残存 里山部の尾根筋に近い平衡斜面
						2,980		
6	簗敷町	標高 230m 斜面方位 S 傾斜 20° 土壌型 B ₀ (d)	針 広 スギ ヒノキ アカマツ エノキ、サクラ、カエデ他 計 6樹種	13.38 13.29 17.20 4.21	20.77 21.54 41.70 4.49	180 390 10 530	⑥	上木のスギ、ヒノキは30年生、下木は5年生 治山事業で造成された生活環境保全林 相対照度18%
						1,110		
6	池田町	標高 680m 斜面方位 NE 傾斜 30° 土壌型 B ₀ (d)	針 広 スギ ケヤキ 計 2樹種	0.86 0.90	(地際径)11.76 (地際径)6.99	1,570 140	⑦	スギとケヤキの混雑林2年生 混雑率は9:1 前生樹はスギ50年生
						1,710		
6	海南町	標高 500m 斜面方位 SW 傾斜 40° 土壌型 Bc	針 広 スギ、ツガ、モミ スタジイ、ツクバネガシ他 計 30樹種	11.57 9.13	19.62 15.71	500 1,090	②	毎年継続調査林分 H5年11月に育成天然林施業、 選木は太いものと良いものを残した スギの80年生は前生樹の残りで植林木、 現在は50年生
						1,590		
7	一字村	標高 1100m 斜面方位 NE 傾斜 27° 土壌型 B ₀	針 広 スギ キハダ 計 2樹種	16.95 2.33	30.76 (地際径)2.53	400 283	⑤	上木スギ32年生、下木キハダ5年生 山腹中部斜面 相対照度32%
						683		

7	西祖谷山村	標高:650m 斜面方位:SE 傾斜:25° 土壌型:B ₀ (d)	針 スギ 広 ヒノキ 計 キハダ 2樹種	21.04 13.95 4.25	27.72 18.63 4.71	500 40 330 870	⑤	上木スギ33年生、下木キハダ12年生 相対照度17%
7	一字村	標高:800m 斜面方位:S 傾斜:18° 土壌型:B ₀	針 キハダ	3.55	(地際径)3.84	2,922	⑩	キハダー斉林7年生
7	木沢村	標高:380m 斜面方位:E 傾斜:37° 土壌型:B ₀	針 スギ 広 ヒノキ 計 ケヤキ 2樹種	20.36 6.60 2.02	32.36 9.30 1.94	267 11 2,322 2,600	⑤	上木スギ40年生、下木ケヤキ9年生 相対照度41%
7	木沢村	標高:420m 斜面方位:NE 傾斜:35° 土壌型:B ₀	広 ケヤキ	3.85	3.17	4,257	⑩	ケヤキー斉林11年生 山腹下部斜面
8	木沢村	標高:650m 斜面方位:NE 傾斜:36° 土壌型:B ₀	針 スギ 広 ケヤキ、アカメガシワ他	5.98 7.03	8.25 6.98	814 3,014	①	スギ植栽後、無施業の放置林分
8	上那賀町	標高:620m 斜面方位:NE 傾斜:20° 土壌型:B ₀	針 スギ、ツガ、スギ、アカマツ 広 ツバキ、サカキ他	15.50 7.95	29.50 8.05	190 2,876	③	放置林分 スギ天然生林
8	海南町	標高:500m 斜面方位:S 傾斜:30° 土壌型:B ₀	針 スギ、ツガ、スギ、アカマツ、 広 シラカシ、スダジイ他	11.98 8.69	20.17 11.68	547 2,021	②	H5年青成天然林施業地 スギ約20年生
8	寛敷町	標高:100m 斜面方位:S 傾斜:20~35° 土壌型:B ₀	針 スギ、ヒノキ、 広 モクセイ、ツバキ、クスノキ他	21.78 3.37	31.01 3.13	592 958	⑥	治山事業で造成された生活環境保全林 上木スギ、ヒノキ30年生 下木広葉樹は7年生 相対照度11%
9	美馬町	標高:980m 斜面方位:SE 傾斜:20° 土壌型:B ₀	針 スギ 広 ヒノキ 計 マツ カヅラ ケヤキ 9樹種	20.21 17.05 17.25 5.69 4.39	40.50 28.81 47.60 7.62 5.13	84 84 24 350 181 796	⑥	平成元年に治山事業で造成された生活環境保全林 上木はスギ、ヒノキ45年生、下木広葉樹は9年生 相対照度66%
9	海南町	標高:— m 斜面方位:— 傾斜:— 灰色低地土	針 クロマツ 広 クスノキ 計 ヤマモモ 5樹種	7.45 8.40 3.98	12.87 11.12 3.69	694 931 315 2,098	④	昭和63年にクロマツ林の下層にクロマツ、 クスノキ、ヤマモモの3樹種を植栽した林分。 昭和63年度保安林機能強化事業。 相対照度23%
9	山城町	標高:650m 斜面方位:NNW 傾斜:25~35° 土壌型:B ₀	針 スギ 広 ケヤキ 計 トウカエデ 3樹種	18.07 0.75 1.03	27.55 0.75 1.09	493 795 1,016 2,304	⑤⑥	スギ38年~50年生林分の下層にトウカエデ、 ケヤキの2樹種を植栽。 下木は2年生 相対照度28%
9	阿波町	標高:175m 斜面方位:SE 傾斜:30~38° 土壌型:B ₀	針 クロマツ、アカマツ 広 コナラ 計 ヤマザクラ 14樹種	5.79 5.12 4.36	10.58 5.23 4.45	181 459 218 1,402	⑨	施業前は17年生クロマツを主とした天然林。 マツ喰い虫被害を伐採するとともに、コナラ等の 有用材を残し、ケヤキ、サクラの大苗を植栽した。 平成9年度生活環境保全林整備事業で実施。
10	木沢村	標高:750m 斜面方位:SE 傾斜:35° 土壌型:B ₀	針 ヒノキ 広 モミ 計 シデ他 22樹種	15.54 7.21 10.27	23.24 18.18 9.91	451 226 1,061 1,738	②	ヒノキは57~58年生。6年前に間伐を実施。 植栽前は焼畑地。
10	貞光町	標高:500m 斜面方位:N 傾斜:20° 土壌型:B ₀	針 スギ 広 ヒノキ 計 キハダ 3樹種	18.05 19.79 6.47	25.75 37.60 6.09	699 122 390 1,211	⑤	早期選木育林育本林 スギ40年生、キハダ9年生
10	土成町	標高:250m 斜面方位:E 傾斜:25~30° 土壌型:B ₀	針 ヒノキ 広 ハリエンジュ 計 クスギ他 13樹種	3.85 7.47	5.80 12.61	572 163 303 1,038	⑧	昭和44年頃、ハリエンジュを植栽。 昭和63年に保安林改良事業で 下層にヒノキを植栽。平成9年まで下刈り実施。
10	日和佐町	標高:60~80m 斜面方位:S 傾斜:20~30° 土壌型:B ₀	針 ヒノキ 広 アカマツ 計 コナラ・ハゼノキ他 14樹種	6.11 8.29 6.98	7.60 7.30 8.59	2,181 53 1,623 3,750	⑧	コナラの抜き伐り後、昭和56年にヒノキを植栽。 その後は放置。

また、これら調査林分を機能別や成林方法別に分類した結果、表 - 2 に示す 10 のタイプに分けられた。各タイプにはこの林分の主な機能を示した。経済林は用材生産を主目的とした林分、環境林は公益的機能発揮を主目的とした環境保全林を表す。

なお、表 - 1 の林分タイプの欄には表 - 2 で分類した番号を記した。

表 - 2 調査林分の機能別、成林方法別の分類

番号	林分タイプ	主な機能	調査林分数
①	造林地に広葉樹が自然に混入した放置林タイプ	経済林	1
②	①の後、広葉樹のうち有用樹を残す等の施業を行った林分	経済林・環境林	3
③	天然生の針・広混交林	環境林	1
④	スギ・ヒノキ植栽地に広葉樹の混入を誘導した林分	経済林・環境林	1
⑤	スギ・ヒノキ下層に用材生産を主目的とした広葉樹を植栽した二段林	経済林	5(1)※
⑥	スギ・ヒノキ下層に景観を主目的とした広葉樹を植栽した二段林	経済林・環境林	3
⑦	スギ・ヒノキと用材生産を主目的とした広葉樹の混植林	経済林	2
⑧	有用広葉樹を残し、スギ・ヒノキを植栽した林分	経済林	2
⑨	天然マツを残し有用広葉樹を植栽	経済林・環境林	2
⑩	広葉樹一斉林（混交林との比較のため）	経済林	2

※ ()内は⑥のタイプとの重複数で内数

県下の針・広混交林の実態調査を行った結果、本県では、針・広混交林は①や③のタイプが多く、人工的に造成され混交林は比較的少ないのが実態であった。また、近年⑥や⑧の林分が生活環境保全整備事業等で県下に多く造成されている。

3.1.2 主なタイプ別針・広混交林の森林構造解析と造成管理方法の検討

5年間に調査した林分のうち、主なタイプにおける代表的な林分の森林構造の解析を行うとともに、その造成管理方法を検討した。

3.1.2.1 不成績造林による針・広混交林

不成績造林による混交林として、平成8年度調査の木沢村の林分がある。この林分はスギを20年前に造林したが、その後まったく手を入れなかったいわゆる放置林分で、広葉樹が30種類侵入しておりそのほとんどが落葉広葉樹である。広葉樹中で最も個体数の多いアカメガシワは959本/haでスギの814本/haを上回っていた。BA（胸高断面積合計）をみてもスギの28%に対し、アカメガシワが20%を占め両樹種で48%を占めていた。樹高についてもスギを上回ったものが多く、スギは他の広葉樹に被圧されている状態である。

また、H、DBHの頻度分布を樹種毎にみると、いずれも一山型の一斉林的な分布パターンを示す樹種が多くみられた。林分全体でみると小径木が多く、約20年生という林齢の若さが反映されている。

M-w図※により階層構造をみると林分全体（図-1）あるいは主要樹種でも1階層であり、階層の分化はみられなかった。また、樹冠深をみると、広葉樹に比べスギの枝下高が低い傾向がみられ、侵入した落葉広葉樹に対して常緑であるスギは、より弱い光をも利用する体制を持っていることが考えられる。

こういった放置林分では立木密度も3,000本/haを超えており、主林木の健全な成長のためにも、広葉樹の抜き伐り施業等により林内環境の改良を早急に実施する必要がある。

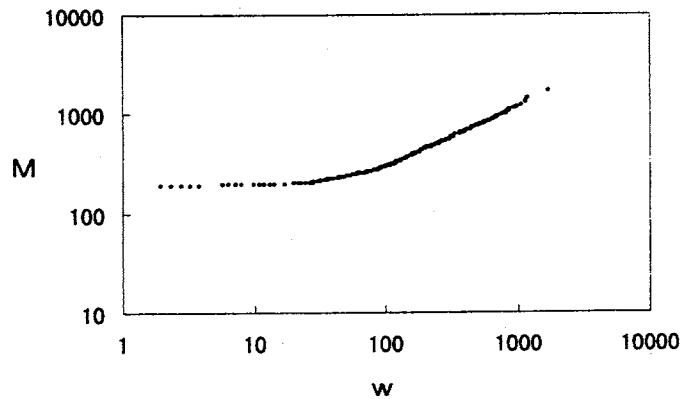


図 - 1 木沢村（H8 調査）の針・広混交林の M-w 図
（林分全体）

※（M-w 図による階層構造の解析）

w_i は最大個体から数えて i 番目の個体重、 M_i は最大個体から i 番目の個体までの平均値であり、 M_i-w から得られる線分の数階層数に相当するとされる。ここでは w の近似値として $D^{5/2}$ 用いた。²⁾

3.1.2.2 天然生の針・広混交林

これら天然林タイプの代表として平成 8 年度調査の上那賀町の林分を解析した。この林分は、モミ、アカマツ、スギを上層木とし、シラカシ、シダ類、ツバキ、サカキ等の広葉樹を下層木とした天然生林で、常緑樹が多い。BA では下層木のシダ類（15.3%）と上層木であるモミ（17.3%）、アカマツ（15.3%）、スギ（14.1%）の 3 樹種で全体の 62%を占めている。また、この林分は針葉樹 - 広葉樹の二段林的な林分構成であり、M-w 図による解析でも数階層がみられた。調査区域内のスギ（DBH：59.3cm，H：18m），アカマツ（DBH：61.7cm，H：25m）は 1 個体ずつではあるが極端に大きな個体であり、広葉樹の H，DBH は針葉樹と明らかに分布域が異なっていた。こういった林分は奥地山林の尾根部等によくみられる。下層木は自然淘汰により成立しており、これら林分の持つ公益的機能を重要視し、今後においても公益性を生かした林分として扱うことが適当と考えられる。

3.1.2.3 育成天然林施業による針・広混交林

育成天然林施業による針・広混交林は平成 6 年度及び 8 年度調査の海南町の林分がある。2 林分ともツガ・モミ・スギの針葉樹とカシ、シイ等の常緑広葉樹が混交した林分で、BA ではカシ、シイ類が上位を占めている。いずれの林分も平成 5 年度に育成天然林施業が行われており、広葉樹除伐作業の際に小径木を除き大径木を残したことから、広葉樹は H，DBH とともに小径木が少ない L 型の分布パターンが多くみられた。また、M-w 図解析では、林分全体として数階層がみられた。こういった林分は、用材生産が主目的であるため、今後も除伐等による健全な林内環境の管理が必要である。

3.1.2.4 針葉樹と広葉樹の混植林

平成 6 年度調査の鳴門市の林分はヒノキとクスギの混植林、池田町の林分はスギとケヤキの混植林である。鳴門市の林分ではクスギは平均樹高、平均胸高直径でもヒノキを上回る成長をしている。H、DBH の頻度分布でも、ヒノキは小径木の方に偏りがみられるが、クスギは一山型の一斉林的な頻度分布を示す。これに対し、平成 10 年度調査の日和佐町の林分は、コナラの小径木を残した林間にヒノキを植栽しているが、その後の管理も悪くコナラによるヒノキの被圧がかなりみられた。クスギ、コナラといった陽樹と針葉樹の混交林型を検討した場合、照度面や被圧の関係から混植林型が適当であると考えられる。しかしながら、近年クスギ等の原木の需要が少なくなっており、原木林の造成はほとんどみられないのが現状である。

また、池田町のスギとケヤキの混植林分は、平成 5 年度にスギとケヤキを 9:1 の本数率で植栽しているが、ケヤキは下刈り時の誤伐等により本数が減少している。図 - 2 及び図 - 3 に 2 年生時から 6 年生時までの両樹種の成長経過を示す。樹高、直径、枝張面積ともにケヤキに比べスギの方が大きい、6 年生時にはケヤキ平均枝張面積がスギを超えるようになっている。現在のところ両樹種間には競合関係がみられていないが今後の継続調査が必要である。

この林分では、ケヤキは単木植えである。後述する苗畑での人工被陰試験では、ケヤキは中間からやや強い相対照度での樹高成長が優れ、直径成長では照度が高くなるほど成長量は多くなる結果が得られた。また、今回調査したケヤキの一斉林（H7 年度、木沢村 11 年生林分、4,300 本/ha）とスギ・ヒノキ - ケヤキの二段林（H7 年度、木沢村スギ 40 年生、ケヤキ 9 年生、相対照度 41%、上層木 270 本/ha、ケヤキ 2,300 本/ha）及び不成績造林地に混入したケヤキ（H8 年度、木沢村、約 20 年生、全体で 3,800 本/ha）といった林分の立地環境とそれぞれのケヤキの成長（樹形）経過を比較検討した結果、スギ - ケヤキの混植ではケヤキの群状混植が望ましいと考えられる。これは、初期成長の段階でスギに被圧される可能性があることと、下刈り時のケヤキの誤伐防止の面でも効果的である。また、植栽密度の点から考察すれば、高密度の植栽において分枝が少なく、枝下高の高い形質が期待できることから、3,000 本/ha 以上の植栽密度が望ましいと考えられる。

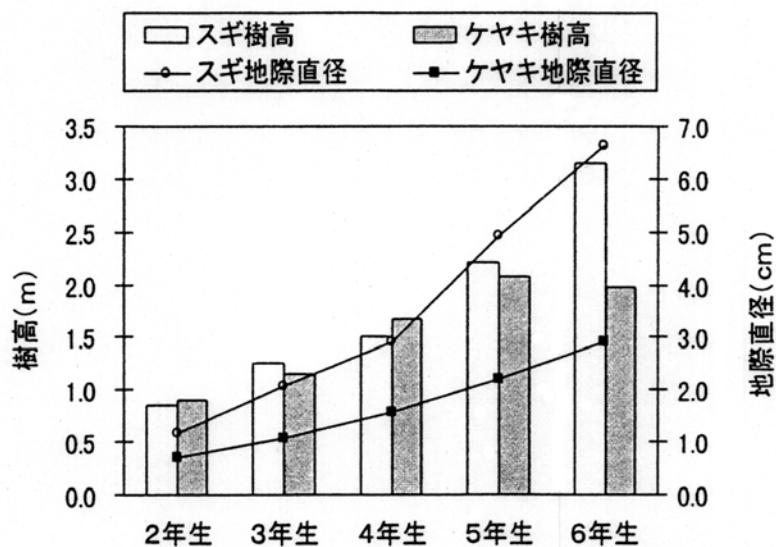


図 - 2 スギ・ケヤキ混植林の樹高及び直径成長の推移

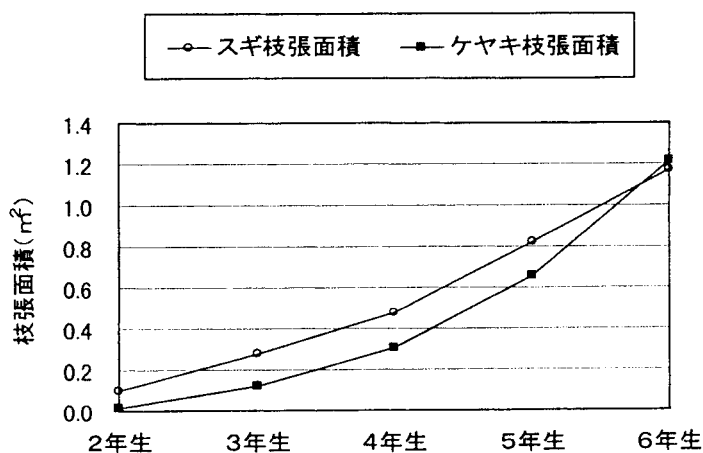


図 - 3 スギ・ケヤキ混植林の枝張成長の推移

3.1.2.5 針葉樹層への景観木植栽林

近年、生活環境保全林整備事業等によりスギ・ヒノキの下層へ景観を目的とした広葉樹の植栽が多く行われている。今回の調査においても、針・広混交林の1つのパターンとしてその森林構造を調査した。調査した林分には、スギ・ヒノキの下層にサクラ、カエデ、エノキ、モクセイ、クスノキ、ヤブツバキ、カツラ、ケヤキ等の広葉樹が植栽されていたが、適正な照度管理が必要な林分もいくつかみられた。特に下層木が陽樹である場合、十分な光環境下になれば、景観木としても適当な成長が望めないため、上層木による照度管理が重要となる。また、上層木に対しても景観的な施業をする必要のある林分が若い林を中心に見られた。

二段林という比較的環境管理の容易な林分であることや、下層木が用材生産を主目的としないことから、こういった林分の造成は公共事業等を中心に今後も増加するものと考えられるが、植栽する広葉樹の特性と立地環境が互いに適したものでなければならな

いことが重要である。

3.2 キハダ、ケヤキの林相別（一斉林及び二段林下層木）の成長特性

現在、徳島県において針葉樹や広葉樹の下層植林木として有用とされる広葉樹にキハダ、ケヤキがある。これら2樹種については、実際にスギ・ヒノキ林の下層木として植栽されている例もあることから、これらの樹種を一斉林として造成した場合と下層木として植栽した場合等、林相の違いによる成長特性を比較するため次の解析を行った。

なお、調査した林分の概要は表-1に示すとおりで、スギ・キハダの二段林が3林分、スギ・ケヤキの二段林が2林分、それぞれの樹種の一斉林が2林分の計7林分であるが、ケヤキについては、H8年度調査の木沢村の混交林林分内にも多くみられたため、この混交林内のケヤキも比較の対象とした。

3.2.1 林相別の樹高及び胸高直径の頻度分布

各林分のHとbBH（地際直径の場合もあり）の頻度分布を解析した。キハダの一斉林（7年生）ではH、DBHのいずれも中心あたりにピークを持つ一山型の分布パターンを示すが、一宇村の二段林（5年生）ではH、DBHともに小径木の多いL型のパターンを示し、西祖谷山村の二段林（12年生）ではH、DBHとのピークのはっきりしない長方形型の分布パターンがみられた。また、貞光町の二段林（15年生）ではH、DBHとも一山型の分布パターンを示し、林相によるパターンは判然としなかった。

一方、ケヤキについてみると、一斉林（11年生）と木沢村の混交林（～20年生）ではH、DBHとも一山型、二段林（9年生）ではL型の分布パターンがみられた。

3.2.2 林相別のH、DBH、 H_B （枝下高）、樹冠面積、樹冠深、 D^2H 間の相対成長関係

キハダ、ケヤキの2樹種について、調査した林相の違いによるH、DBH、 H_B 、樹冠面積、樹冠深・ D^2H の相対成長関係を解析した。

キハダでは、Hと樹冠面積の関係で一斉林の樹冠面積が二段林に比べ相対的に小さく抑えられてる個体が多い傾向がみられた。

一方ケヤキでは、相対的に混交林内のケヤキの枝下高が一斉林や二段林の個体に比べて高く、樹冠の深さも小さい傾向が見られた。（図-4、5）これは、混交林内のケヤキが自然生えであり、一斉林及び二段林のケヤキが人工造林された苗木という違いや、林齢の違いはあるものの、活着後の環境の違いが影響しているものと考えられる。一般にケヤキ等の有用広葉樹は枝下高が高いことが材として有利であるとされていることから、混交林内においては、芽生段階からの他の樹種との競合等によって優れた樹形が形成されることが期待される。

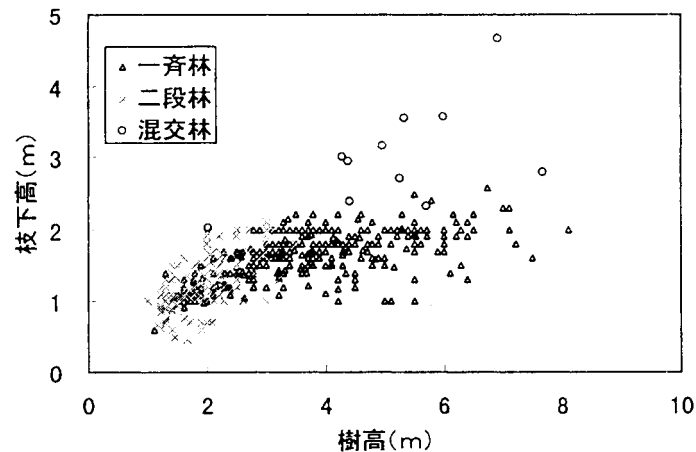


図 - 4 林相別のケヤキの樹高と枝下高の関係

3.3 構成樹種の生理生態特性の解明

3.3.1 落葉広葉樹の人工被陰試験結果

生存率では、コナラ、クヌギの 3%、5%被陰区の生存率が低くほとんどの個体が 1 年目で枯れた。50%、61%被陰区ではコナラ、クヌギにやや枯れる個体がみられた程度で、他の樹種には枯れる個体はなかった。一方、対照区ではすべての樹種で枯れる個体はみられなかった。樹高成長量では、コナラ・クヌギは相対照度が高い試験区ほど成長量が多いが、キハダ、サクラ、ケヤキでは 61%被陰区での成長量が対照区に比べて高かった。これらの樹種においては、樹高成長量が中間からやや強い光環境で優れていることが考えられる。直径成長量においては、キハダを除く 4 樹種で相対照度が高い区ほど成長量が大きかった。キハダでは、樹高成長特性と同様に 61%区での成長量が最も高くなった。

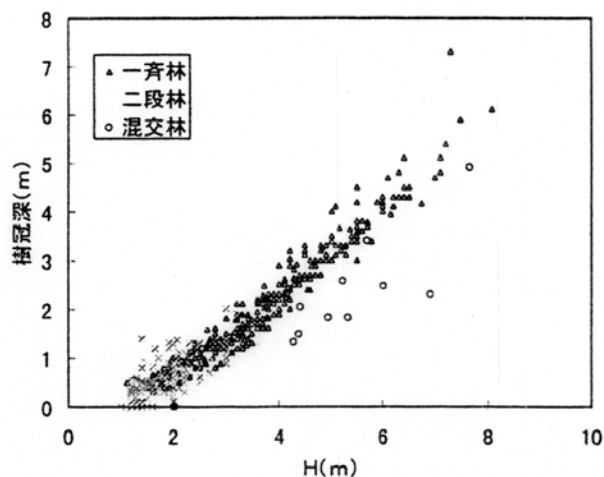


図 - 5 林相別のケヤキの樹高と樹冠深さの関係

また、相対照度 3%, 5% 区の低照度試験区での成長経過を 7 年度から 10 年度までの 4 年間継続調査をした。図 - 6 に各樹種の 4 成長期間中の樹高、地際直径、生存率の年次変化を示す。

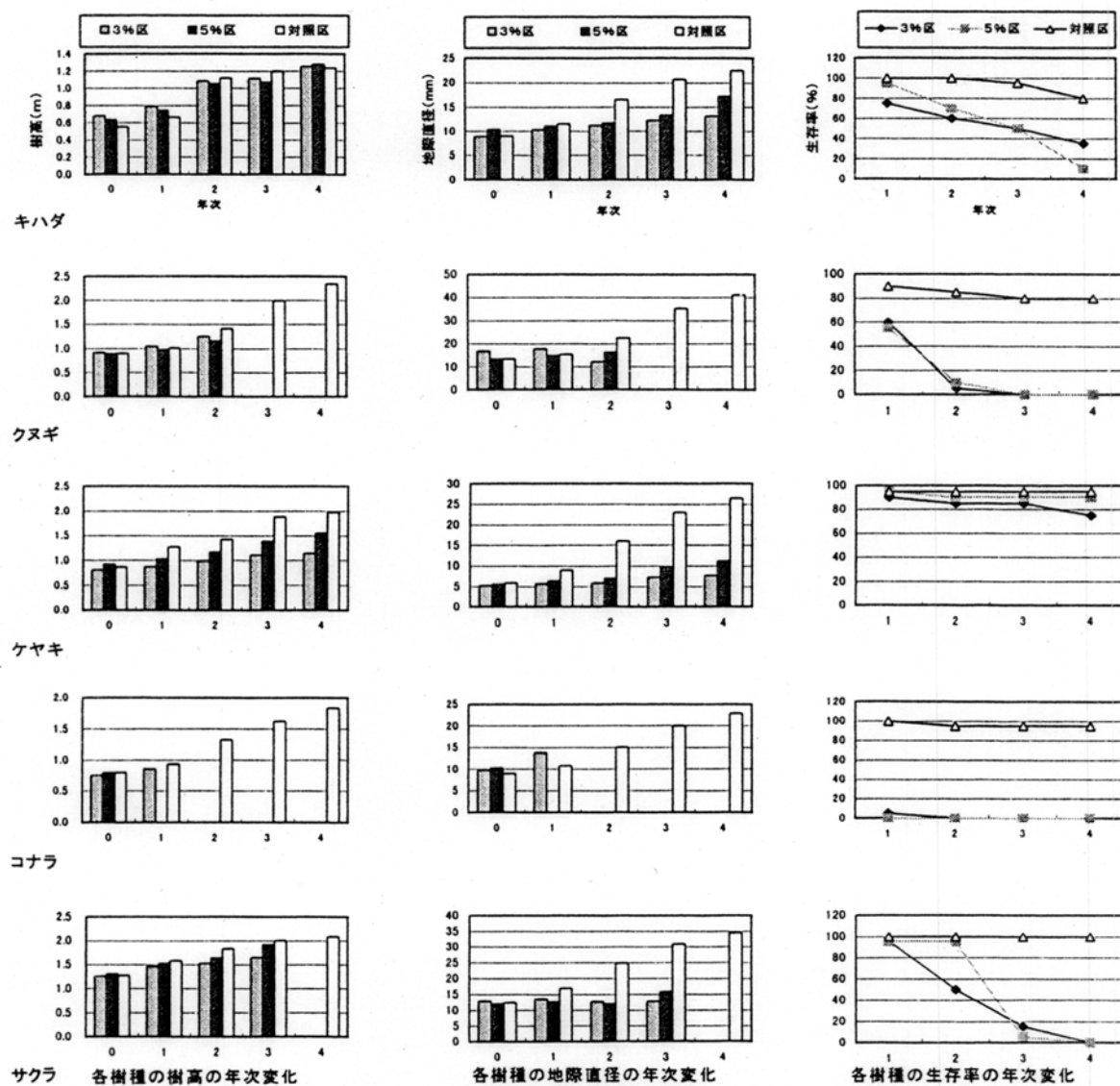


図 - 6 落葉広葉樹 5 樹種の被陰区別成長と生存率の年次変化

クヌギ、コナラは 1 年あるいは 2 年目には被陰区の個体はほとんど枯死し、サクラは 4 年目に被陰区内の個体がすべて枯死した。

キハダは被陰区、対照区ともに生存率は徐々に低下するが、被陰区において減少率が高いようであった。成長量をみると、樹高成長では被陰区と対照区の差がほとんどないが、直径成長では被陰区と対照区の差が経年ごとに大きくなっていった。

ケヤキについては、被陰区、対照区ともに生存率が高くほとんど枯死する個体はなく、5 樹種中最も生存率が高かった。成長量をみると、樹高・直径成長ともに対照区の方が被陰区に比べ高いが、直径成長においてその差が明瞭であった。

一般的に、よくうっ閉した林分の林床での相対照度は5%以下になることから³⁾、うっ閉林下におかれてもケヤキは枯死することは少ないものと考えられる。当然ながら、健全な成長にはより良好な光環境が必要である。

3.3.2 常緑広葉樹の人工被陰試験結果

生存率をみると、設定した被陰区が50%、58%区といった比較的弱い被陰のため、いずれの樹種においても試験期間中に枯死する個体はほとんどみられなかった。

樹高成長では、いずれの樹種も対象が被陰区に比べ低く、特にクスノキ、スダジイが被陰区との差が大きかった。

直径成長では、アラカシ、ウバメガシの対照区が被陰区に比べ成長量が大きく、スダジイでは対照区の成長が最も少なかった。クスノキでは、樹高成長と同様に58%区が最も高くなった。ヤブツバキは、試験区間の差がはっきりと現れなかった。

3.3.3 光環境の違いにおけるケヤキの単葉の形態及び光合成速度

ケヤキにおいては、支所試験林内のケヤキ林冠木から陽葉と陰葉、また、センター被陰試験区内(5%区)のケヤキからそれぞれ試料を採取し、その光-光合成曲線とSLAを求めた。なお、ケヤキ林冠木の試料採取部の相対照度(RLI:%)は、陽樹冠部で100%、陰樹冠部で22%とした。陰葉採取部のRLIは、平成9年9月19日から23日までの5日間の積算照度を測定し、対照区との比較により求めた。

図-7に5%被陰区と林冠木の光-光合成曲線を示した。林冠木ケヤキのbは陰葉が高く、b/aは陽葉の方が高いという典型的な陽葉、陰葉の光合成曲線のパターンがみられる。一方、被陰区のケヤキはb、b/aいずれの値も林冠木に比べかなり低い値を示し、光合成能力の低いことがわかる。

また、図-8にはそれぞれの葉について、葉面積(LA)と比面積(SLA)の関係を示した。林冠木のSLAにおいても、陽葉と陰葉のSLAに明確な違いがみられ、被陰区内の葉のSLAは林冠木陰葉(220~280)に比べてもかなり高い値(300~400)がみられ、形態的にも変化していることがわかる。被陰試験区内のケヤキは枯損するものは比較的少ないが、樹高成長及び直径成長のいずれも対照区に比べかなり劣っていることは、光合成能力の低さが原因と考えられる。

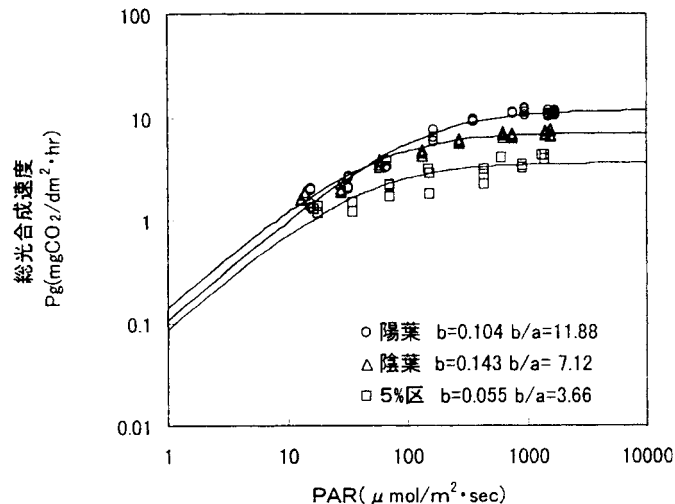


図 - 7 ケヤキ林冠木から採取した陽葉と陰葉及び相対照度
5%の被陰試験区内のケヤキから採取した単葉の
光 - 光合成曲線

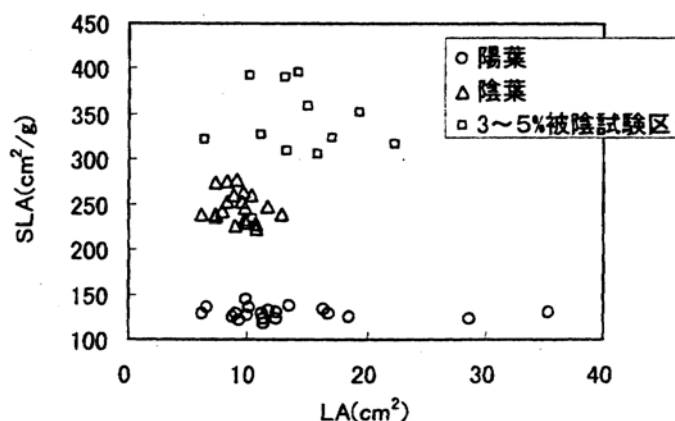


図 - 8 ケヤキ林冠木の陽葉と陰葉及び RLI3-5%人工被
陰区内のケヤキの葉面積 (LA) と比面積 (SLA) の
関係

3.4 針・広二段林下の光環境条件の検討

今回測定した針葉樹 - 広葉樹二段林下の相対照度を、表 - 1 の備考欄に載せた。照度測定を行った二段林はいずれも人工的に造成された林分であり、上層木密度は 200~600 本/ha の範囲にあり、これに対する相対照度は 10~70% の範囲にあった。上層木密度と照度の関係には、収量比数、林齢、上層木林冠のうっ閉度を考慮にいれなくても負の相関関係がはっきりとみられた (図 - 9)。今回調査した二段林では、下層木の生育状況は現在のところ問題はみられないが、樹種によっては照度管理の必要性がある。これらの点については、特にキハダとケヤキの 2 樹種について検討したが、いずれの樹種においても良好な成長を望むなら 50~60% 程度以上の照度が必要であると考えられる。また、ケヤキについては人工被陰試験の結果から数%程度の照度下でも成長は望めるものの、当然それ以上の光環境下に管理することが望ましいと考えられる。

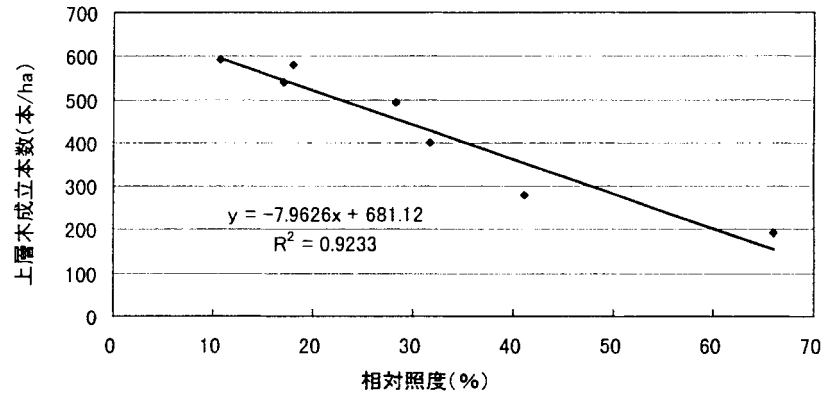


図 - 9 針 - 広二段林における上層木成立本数と林内相対照度の関係

4 おわりに

今回の調査により、本県における針・広混交林の実態や代表的な針・広混交林タイプの森林構造が把握できた。また、本県において有用とされる広葉樹の光環境に対する適応性がある程度把握できた。しかしながら、多面的な機能を有するこれら混交林の造成管理技術の開発には、森林構造と立地環境の関連性の解明や構成樹種の生理生態特性の解明がさらに必要であるとともに、施業体系や更新・保育技術の検討に当たっては自然環境条件、社会経済条件に応じた機能評価に基づいたものでなければならない。また、混交林の構成樹種である広葉樹に関する研究はスギ・ヒノキ等の針葉樹に比べ大きく遅れているのが現状であり、今後さらなる有用広葉樹の樹種特性の解明が必要である。

なお、今回調査した林分については5年ごとに継続調査を実施し、より適正な管理技術の資料とする。

参考文献

- 1) Hozumi, K : Seicho 2(3), 1963
- 2) Hozumi, K : Jap. J. EcoL 25, 1975
- 3) 依田恭二 : 「森林の生態学」。築地書館, 1971