



Title	北大和歌山地方演習林における林間苗圃跡地の更新状況
Author(s)	肥後, 睦輝; HIGO, Mutsuki; 神沼, 公三郎 他
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 46(3), 451-473
Issue Date	1989-07
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/21297">https://hdl.handle.net/2115/21297</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	46(3)_P451-473.pdf



# 北大和歌山地方演習林における 林間苗圃跡地の更新状況

肥 後 睦 輝\* 神 沼 公三郎\*\*

Regeneration of Trees on the Abandoned Nursery  
Site in Wakayama Experiment Forest

By

Mutsuki HIGO\*, Kinzaburo KANUMA\*\*

## 要 旨

和歌山演習林は森林面積の76%をスギ、ヒノキ人工造林地が占めている。近年、広葉樹林や混交林の持つ多様な機能が見直されつつあり、現存する人工林を多彩な形態の森林へと誘導することが急務といえる。しかし、そのためには森林の発達過程にともなう組成や構造の変化に関する情報の蓄積が必要である。本報告では、林間苗圃跡地に成立した森林の構造、種組成を調査した結果について述べるとともに、本地域における森林の発達過程について考察した。林間苗圃跡地にはヒノキ、スギ植栽木とアカマツが階層混交する林分(W3)、アカマツ、常緑広葉樹、落葉広葉樹が混交する遷移過程初期段階にある林分(W1)、そして常緑広葉樹が優占する林分(W2)の3タイプが認められ、各タイプの林分は多様性、構造に差異が存在することが明らかになった。また、W1は落葉広葉樹の優占度が減少することによって徐々にW2のような常緑広葉樹林に推移し、W2はさらに常緑広葉樹の優占度が高まり、より極相状態に近づくと推察された。面積的に狭い林間苗圃跡地に質的に異なる林分が成立している要因として、林間苗圃時代の利用の仕方の違いなど、人為的攪乱の程度の違いがもたらす更新の初期条件が影響していると考えられた。

キーワード： 林間苗圃跡地、天然更新、種多様性、階層構造、二次遷移。

---

1989年2月28日受理 Received February 28, 1989.

\* 岐阜大学農学部生物資源生産学科森林・緑地管理学  
Department of Forest Land Management, Division of Biological Resources and Production, Faculty of Agriculture, Gifu University.

\*\* 北海道大学農学部附属演習林  
College Experiment Forests, Faculty of Agriculture, Hokkaido University.

## はじめに

北海道大学和歌山地方演習林（以下、和歌山演習林）は、総面積 429 ha のうち人工造林地が 327 ha、76 % にのぼっている。造林地の内訳は、和歌山演習林設立（1925 年）以前の林種転換（スギ、ヒノキの人工林造成）が 13 ha、演習林設立後の戦前期のそれ（1927 年～1942 年）が 137 ha、戦後のそれ（1954 年～1972 年）が 177 ha である（1973 年以降は再造林のみ）。これらの数値にみられるように和歌山演習林の森林は、針葉樹人工造林地の造成を中軸においていた戦前来の我国森林資源政策、特に 1960 年代初頭から開始された拡大造林政策に強く影響されて推移してきたといえる。そのため森林の圧倒的部分はスギ、ヒノキの人工造林地で占められ、天然林は極端に少ない状況になっている。

もとより和歌山演習林が林業地に所在することから、一定面積を使用して価値の高いスギ、ヒノキ人工林を育成し、地域における林業技術の真のリーダーを目指すことは一方で当然である。だがこの目標に対しては、全面積の 75 % 余りに達する人工造林地が果して必要であるか否か、今後の問題として検討を要すると思われる。もっと小さな面積で、かつ法正状態を実現すれば、高度な人工造林技術の追求は十分に可能であり、むしろ大学演習林としては、スギ、ヒノキ人工林を縮小していくかわりに、天然林、混交林、各種の広葉樹林など多彩な形態の森林を長期的目標のもとに造成して、森林機能の多様性に関するデータを様々な角度から集積することが肝要であると考え（神沼 1988）。

ところで今日、天然林からスギ、ヒノキ人工林への転換の結果、いくつかの自然的弊害が生じていると一般的にいわれている。単純な人工林に変わったため、森林の保水力が明らかに低下していることや、スギ、ヒノキを二代、三代にわたって人工造林すると、いわゆる地力減退が目に見えて現われることなどがその事例である。これらの現象は和歌山演習林の所在地域でも指摘されているが、こうした自然的弊害の隘路から脱却するためにもさきの観点は有効であると思われる。

以上のような課題意識にたって和歌山演習林の森林を展望するとき、幸いにも和歌山演習林にはすでに格好のサンプルが与えられている。かつて林間苗圃として使用した跡地（現在は「複合育成試験林」と命名されている）が、天然更新、人工造林によって森林状態に回復している。またその苗圃用地の一部には天然林も残存しているので、森林の自然的ならびに人為的推移を観察するには好都合である。

今回、筆者らは旧林間苗圃内の三つの代表的林分に固定試験地を設定し、各林分の構造を調査した。この調査により、和歌山演習林における天然更新、長期間放置の人工林、天然林の生態について一定の知見が得られたので、さきの課題意識にもとづいて和歌山演習林の森林を改造していくにさいして、現実的な参考資料にすることができよう。もちろん固定試験地については、今後、定期的に調査を重ねていくつもりである。

本研究にあたり北海道大学農学部林学科の五十嵐恒夫教授には懇切な御教示をいただいた。また和歌山演習林の杉下義幸，前田万寿郎，寺本守，倉岡光博，前田寿美夫，前田英之助，寺本薫の各氏には森林調査にさいして多大なご協力をいただいた。ここに記して深謝の意を表する次第である。

## 調 査 地

### 1. 演習林の概況

和歌山演習林は、和歌山県東牟婁郡古座川町平井，古座川の支流平井川の源流部に位置し，面積 429 ha である。地形は急峻で，傾斜 30°以上の林地の面積が全体の 70 % を占めている。地質は，古第三紀牟婁層群に属し，砂岩および砂岩優勢の砂岩・泥岩互層（砂質フリッシュ）より成っている。急峻な尾根筋には乾性褐色森林土壌が見られるが，大部分の森林土壌は適潤性褐色森林土である。

演習林の気象条件について，演習林内の観測所で得られた 1971 年～1980 年の記録より見てみると次の通りである。年平均気温は 15.4°C（最高気温 36.8°C，最低気温 -6.9°C）で，年間降水量は 3761 mm と高温多湿な地域といえる。降水の大部分は夏期に集中している。暖かさの指数は 125.2°C となり，ほぼ暖温帯中部に相当する。したがって，天然林の大部分はウラジロガシ，アカガシ，ツクバネガシといったカシ類を優占種とする常緑広葉林であるが，部分的にモミヤツガが混交することもある。

### 2. 旧林間苗圃の概況

旧林間苗圃は和歌山演習林の 2 林班内に位置する（図一 1）。北向きないし北西向き斜面上にあり，その面積の多くは 5°程度の緩斜面である。

旧林間苗圃は 1928（昭和 3）年に設定され，表一 1 に示したとおり翌年から苗木の山出しが開始された。1932（昭和 7）年から 1935（昭和 10）年の 4 年間は各年とも山出し本数が 3 万本前後にのぼったが，1936 年には生産量を大幅に縮小し，同年限りで苗木生産を中止した。すでに和歌山演習林としては 1935 年に平井苗圃（平井 343-1 番地，現在は演習林職員の公務員宿舎用地）を設営し，比重を林間苗圃から平井苗圃へ移しつつあり，1937 年からは平井苗圃だけとなったのである。

生産された苗木はほとんどがスギ，ヒノキであるが，1936 年の山出し苗木に少数のアカマツ，ヒッコリーが含まれている。ヒッコリーは，1933 年の資料に「実験苗畑ヨリ送付」と記載されているので，1932 年か 1933 年に札幌の演習林苗圃から「送付」されたものと推察される。

旧林間苗圃の面積は当初は小さく，次第に拡張されていった。最大時は 1.69 ha である。現行の和歌山演習林「長期計画」では，「複合育成試験林」は 1.57 ha（天然林 1.19 ha，人工林 0.38 ha）となっているが，ここでは和歌山演習林に残されている資料にしたがって 1.69 ha としておく。

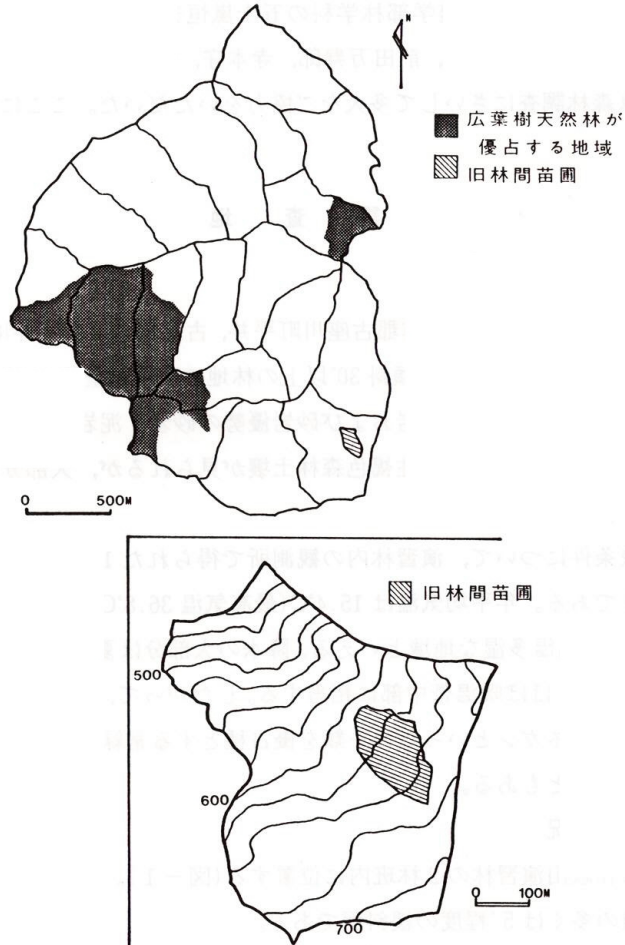


図-1 演習林の概要図および調査地周辺の地形

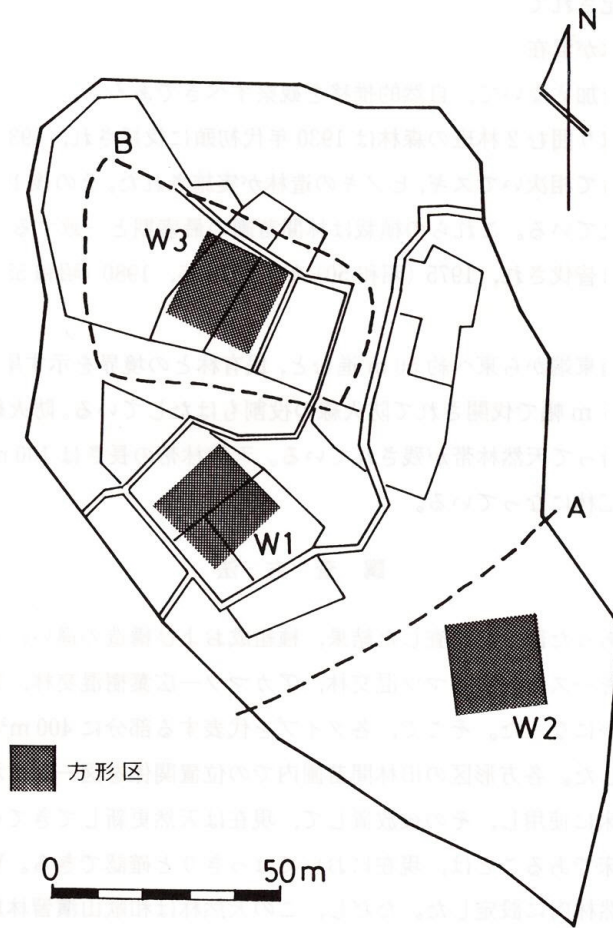
表-1 林間苗圃の実績

年次	苗圃面積 (ha)	うち利用面積 (ha)	苗木山出し本数(本)				
			スギ	ヒノキ	アカマツ	ヒッコリー	計
1929(昭和4)年	0.43	0.09	400	3,600			4,000
1930(昭和5)年	0.63	0.21			300		300
1931(昭和6)年	0.87	0.47	5,400	900			6,300
1932(昭和7)年	0.86	0.42	18,090	10,161			28,251
1933(昭和8)年	1.69	0.60	25,787	8,345			34,132
1934(昭和9)年	1.69	0.60	19,122	8,795			27,917
1935(昭和10)年	1.69	0.60	17,828	7,660			25,488
1936(昭和11)年	1.69	0.66	8,200	3,610	101	126	12,037

注1) 和歌山演習林資料より。

注2) 「利用面積」は苗床、道路敷、建物敷、「本年施業セザル既墾地」など、「未墾地」以外の土地面積。

注3) 1930年は樹種の記載がない。



図一 旧林間苗圃の概要と方形区の位置

最大時の形状を1935年の資料から図示すると図一2のとおりである。現地を観察すると、おおむね点線Aから上部(北側)の $5^{\circ}$ 内外の緩斜面を伐開したようである。そのうち実際に苗床、道路敷などに使用した面積は0.60 haと記録されている(ただし1936年は0.66 ha)。点線Aから下部(南側)は天然林をそのまま残したと思われる。これは、傾斜が $15^{\circ}$ 前後とやや急になるため、苗圃に適さなかったからであろう。また点線Aの北側でも外周部分には、防風効果を期待したのか、天然林を筋状に残した様子が散見される。

苗木の生産を中止したのちの1940(昭和15)年に、ヒノキ1,500本(3,950本/ha)を0.38 haの面積(図一2の点線B内)に人工造林した。2年後の1942年には同面積にスギ400本(1,050本/ha)を補植している。冒頭にふれたとおり、和歌山演習林の戦前期人工造林は1942年までであるが、スギの補植はその最終年に実施されたわけである。そして1942年、1943年、1944年、1957(昭和32)年、1958年の計5回、下刈りを実行しているが、造林地の成績はいず

れも「不良」と注記されている。その後の約30年間、保育の手は全く加えられていないため、現在では天然更新木が混在している。人工造林木の成育は現在も不良であるが、この林分については今後とも手を加えないで、自然的推移を観察すべきであろう。

旧林間苗圃を取り囲む2林班の森林は1930年代初頭に伐採され、1932年、1933年、1934年の3カ年にわたって相次いでスギ、ヒノキの造林が実施された。その後1935年、1936年、1937年に補植が行なわれている。これらの植栽は林間苗圃の最盛期と一致する。そして、1970年代中盤にこの造林地は皆伐され、1975(昭和50)年、1976年、1980(昭和55)年の3年間で再造林されている。

旧林間苗圃の南東端から東へ約50m進むと、民有林との境界を示す尾根筋に到達する。この尾根筋はおよそ5m幅で伐開されて防火線の役割もはたしている。防火線の向こう側の民有林には、防火線に沿って天然林帯が残されている。天然林帯の長さは100mほどで、その北側と南側はすでに人工林になっている。

## 調 査 方 法

旧林間苗圃であった部分を踏査した結果、種組成および構造の違いにもとづいて3つのタイプ、つまりヒノキスギアカマツ混交林、アカマツ-広葉樹混交林、常緑広葉樹林に区分できることが明らかになった。そこで、各タイプを代表する部分に400m<sup>2</sup>の方形区(W1, W2, W3)を設定した。各方形区の旧林間苗圃内での位置関係を図-2に示した。W1は、天然林を伐開して苗床に使用し、その後放置して、現在は天然更新してきている場所である。ここが、かつての苗床であることは、現在においてはっきりと確認できる。W2は、当時伐採されずに残された天然林内に設定した。ただし、この天然林は和歌山演習林創立以前に木炭生産の原木採取のため伐採されていたと考えられ、厳密な意味での天然林とはいえないだろう。W3はかつて苗床として使用され、その後スギ、ヒノキが造林された部分である。やはり、この苗床も明瞭に確認できる。

方形区内に生育していた樹高2m以上の全個体を対象として、樹種、胸高直径、樹高、枝下高、根元位置を記録した。枯死していた個体についても同様の調査を行なった。また、胸高直径4cm以上の個体については根元位置を中心とした4方向について樹冠の広がり測定した。

なお、本論文で優占度、あるいは相対優占度という場合、胸高断面積合計から求めた樹種の相対的な割合をさす。また、樹高2m以上6m未満を下層、6m以上10m未満を中層、そして10m以上を林冠層とする。

## 調 査 結 果

### 1. 各方形区の概要

各方形区の密度, 胸高断面積合計 (BA), 胸高直径, 樹高の最大値, 平均値および材積を表一2に示した。立木密度はW3でもっとも低く, 100本/400m<sup>2</sup>となっていた。W1とW2では, 373本/400m<sup>2</sup>, 383本/400m<sup>2</sup>とW3のほぼ4倍の立木密度となっていた。逆に, 胸高断面積合計はW3が2.3m<sup>3</sup>/400m<sup>2</sup>とW1, W2よりも大きな値を示していた。胸高直径の平均値がW3で13.7cmと大きな値をとっていることから明らかなように, W1, W2に比較してW3を構成する個体は相対的に大きいといえる。その結果, BAの値が大きくなったわけである。胸高直径の最大値は, W1で43cm, W2で54cm, W3で48.4cmであった。樹高の最大値はW1, W2, W3, それぞれ25.0m, 29.0m, 24.0mとなっていた。胸高直径, 樹高, いずれの最大値もアカマツのものであった。材積についてはBAの値とほぼ同様の傾向が認められた。W3が17.25m<sup>3</sup>/400m<sup>2</sup>(431m<sup>3</sup>/ha)と最も蓄積量が多く, 次いでW1の11.13m<sup>3</sup>/400m<sup>2</sup>(278m<sup>3</sup>/ha), W2の11.09m<sup>3</sup>/400m<sup>2</sup>(277m<sup>3</sup>/ha)となっていた。Minato et al. (1989)は和歌山演習林で50生のヒノキ人工林, スギ人工林について, それぞれ685m<sup>3</sup>/ha, 748m<sup>3</sup>/haといった蓄積を報告している。したがって, 3方形区とも, それほど高蓄積の発達した林分とは考えられない。

林冠層 (H $\geq$ 10m)の樹冠投影図 (図一3)より, どの方形区も林冠木によってうっ閉しているといえる。W1は林冠層が他の2方形区に比べて貧弱だという印象はある。しかし, 林冠層の空白部分は8~10mの樹高を持つ個体によって埋められており, 林床からみればほぼうっ閉しているといえるだろう。W3では, 林冠層の樹冠が2重, 3重に重なっている部分が多いことがわかる。階層的には最上層にアカマツ, そしてアカマツの概冠下にヒノキ, スギの樹冠が広がるといった形で2~3重の林冠層が形成されているためである。したがって, 林冠層によるうっ閉度はW3で最も高いといえる。W2では西側部分で林冠層が厚く, 2層位になっているのに対して, 東側部分は林冠層が比較的, 疎なようである。林冠層が2層と厚くなっている部分に比べて, 東側の林冠層が疎な部分では小径木が集中的に分布する印象を受けた。したがって, W2は, さらに2つ位の質的に異なるパッチから構成されている可能性がある。

## 2. 種組成

各方形区の種組成 (表一3)をみると, 方形区間で構成がかなり異なっていることが明らかである。W3はアカマツ, ヒノキ, スギが優占しており, これら3種で立木本数の91%, BAの99.8%を占めている。ヒノキ, スギは1940年, 1942年に植栽されたもので, アカマツはヒノキ, スギを植栽した直後に天然更新した個体と考えられる。広葉樹としては, クロバイ, ヒサカキなどが9本/400m<sup>2</sup>の低い密度で散生しているのみである。W3はアカマツ, ヒノキ, スギの林冠によってほぼうっ閉している (図一3)のために下層が全く発達していないといえる。観察によると, 樹高2m未満の層ではヒノキ, スギ, ヒサカキといった樹種の稚樹が生育しているものの, 個体数は極めて少なく更新状態は悪いと考えられる。一般に, ヒノキなどの閉鎖状態にある人工林では林床が極度に暗くなって下層植生が欠如し, その結果としての表土侵食,

表-2 調査区 の 概 要

方形区	立木密度 (/400m <sup>2</sup> )	B.A (m <sup>2</sup> /400m <sup>2</sup> )	胸高直径 (cm)		樹高 (m)		材積 (m <sup>3</sup> /400m <sup>2</sup> )
			平均値	最大値	平均値	最大値	
W1	373	1.68	4.6	43.0	5.3	29	11.13
W2	383	1.43	4.2	54.0	11.4	24	11.09
W3	100	2.30	13.7	48.4	5.5	25	17.25

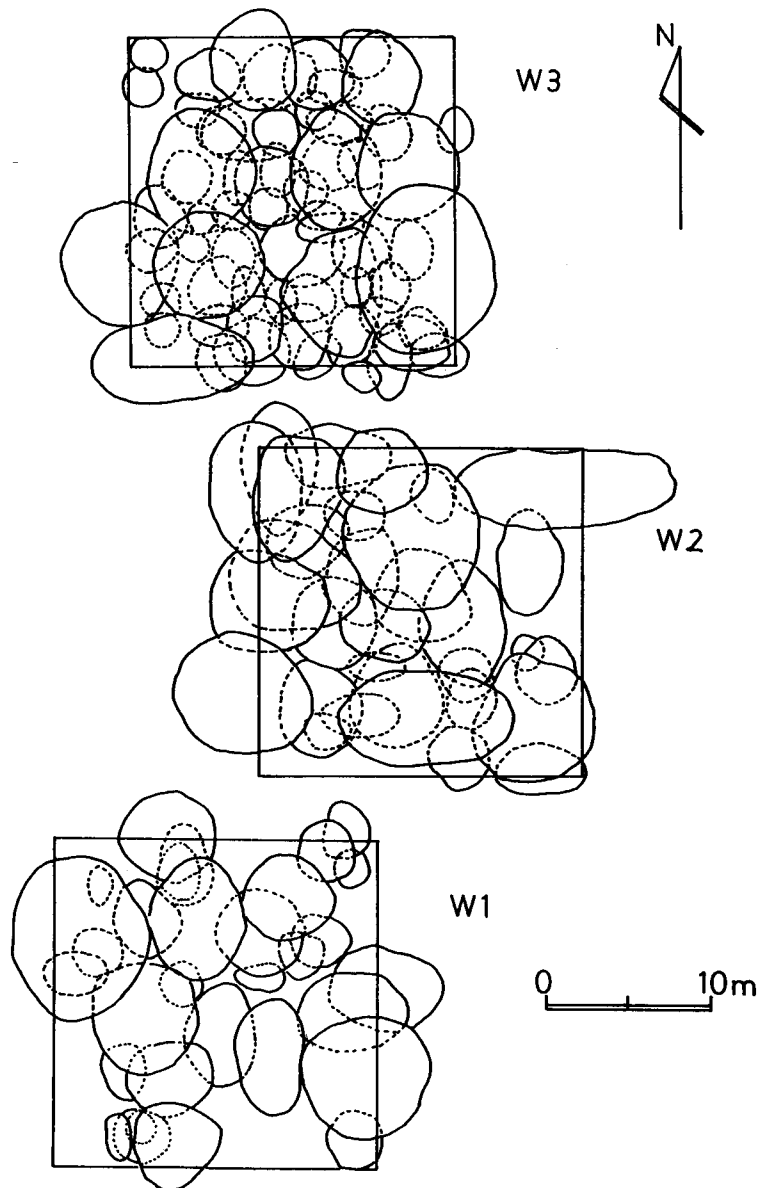


図-3 林冠層構成木の樹冠投影図

表-3 各方形区の種組成

樹種	方形区	W1		W2		W3	
		N	B.A	N	B.A	N	B.A
<b>針葉樹</b>							
スギ(CJ)	<i>Cryptomeria japonica</i>	25	0.80	—	—	24	5.43
ヒノキ(CO)	<i>Chamaecyparis obtusa</i>	26	2.08	—	—	50	14.83
アカマツ(PD)	<i>Pinus densiflora</i>	21	31.00	1	5.73	17	37.15
モミ(AF)	<i>Abies firma</i>	—	—	1	2.40	—	—
ツガ(TS)	<i>Tsuga Sieboldii</i>	—	—	1	0.30	—	—
<b>常緑広葉樹</b>							
アカガシ(QA)	<i>Quercus acuta</i>	1	0.01	23	3.15	—	—
ツクバネガシ(QS)	<i>Quercus sessilifolia</i>	1	0.06	1	0.03	—	—
ウラジロガシ(QSA)	<i>Quercus salicina</i>	—	—	28	3.70	—	—
アセビ(PJ)	<i>Pieris japonica</i>	46	1.19	10	0.32	—	—
タブノキ(PT)	<i>Persea Thunbergii</i>	—	—	4	1.13	—	—
カゴノキ(LL)	<i>Litsea lancifolia</i>	—	—	2	0.07	—	—
イヌガシ(NA)	<i>Neolitsea aciculata</i>	—	—	20	0.18	—	—
ヤブニッケイ(CI)	<i>Cinnamomum insularimontanum</i>	5	0.04	6	0.02	1	0.00
クロバイ(SYP)	<i>Symplocos prunifolia</i>	—	—	—	—	3	0.01
サカキ(CLJ)	<i>Cleyera japonica</i>	3	0.03	45	1.18	—	—
ヒサカキ(EJ)	<i>Eurya japonica</i>	69	0.85	92	0.73	2	0.03
ツバキ(CAJ)	<i>Camellia japonica</i>	4	0.01	31	0.66	—	—
ネズミモチ(LJ)	<i>Ligustrum japonicum</i>	—	—	1	0.10	—	—
シキミ(IA)	<i>Illicium anisatum</i>	—	—	91	2.62	—	—
ユズリハ(DM)	<i>Daphniphyllum macropodum</i>	—	—	5	1.11	—	—
ソヨゴ(IP)	<i>Ilex pedunculosa</i>	1	0.03	—	—	—	—
<b>落葉広葉樹</b>							
リョウブ(CB)	<i>Clethra barbinervis</i>	67	3.19	2	1.05	—	—
ミズメ(BG)	<i>Betula grossa</i>	5	0.41	7	4.77	—	—
アカシデ(CL)	<i>Carpinus laxiflora</i>	13	0.58	3	2.39	—	—
ネジキ(LO)	<i>Lyonia ovalifolia</i> subsp. <i>Neziki</i>	46	0.81	—	—	1	0.00
ゴンズイ(EUJ)	<i>Euscaphis japonica</i>	8	0.37	—	—	—	—
コバノガマズミ(VE)	<i>Viburnum erosum</i>	8	0.05	—	—	—	—
イロハモミジ(AP)	<i>Acer palmatum</i>	—	—	—	—	1	0.01
ウリハダカエデ(AR)	<i>Acer rufinerve</i>	1	0.01	—	—	—	—
クロモジ(LU)	<i>Lindera umbellata</i>	1	0.01	—	—	—	—
タンナサワフタギ(SYC)	<i>Symplocos coreana</i>	—	—	1	0.03	—	—
ヒメシャラ(SM)	<i>Stewartia monadelphica</i>	6	0.06	2	0.76	1	0.06
ヤマウルシ(RT)	<i>Rhus trichocarpa</i>	13	0.42	—	—	—	—
アオハダ(IM)	<i>Ilex macropoda</i>	1	0.01	—	—	—	—
カマツカ(PV)	<i>Pourthiaea villosa</i> var. <i>laevis</i>	2	0.04	—	—	—	—
ヤマザクラ(PJ)	<i>Prunus Jamasakura</i>	—	—	3	2.39	—	—
タムシバ(MS)	<i>Magnolia salicifolia</i>	—	—	2	0.31	—	—
ホオノキ(M)	<i>Magnolia obovata</i>	—	—	1	0.67	—	—
合 計		373	42.06	383	35.80	100	57.52

N: 方形区内(400m<sup>2</sup>)の立木本数BA: 胸高断面積合計(m<sup>2</sup>/ha)

括弧内は樹種の略号を示してある

地力の減退が進行するとされている(四手井 1974)。この林分でも同様の現象が起こっていると推察される。

W1ではアカマツ、ヒノキ、スギといった樹種も構成種となっているのに対して、W2にはアカマツが一本だけ見られたにすぎない点で2つの方形区は大きく異なっている。W1は、アカマツ、ヒノキといった針葉樹に加えて、アセビ、ヒサカキといった低木性の常緑広葉樹やリョウブ、ネジキ、アカシデ、ヤマウルシといった落葉広葉樹が主な構成種となっていた。方形区内に出現した本数はアセビが46本、ヒサカキが69本、リョウブが67本、ネジキが46本となり、これら4種で全本数の61%を占めていた。しかし、BAをみると4種の合計で6.04 m<sup>2</sup>/400 m<sup>2</sup>と全体の14%にしかならず、小径木が大部分であることを示している。ヒサカキ、リョウブ、ネジキは関西地方ではアカマツ林の亜高木層から低木層にかけて出現する樹種である(中西ほか 1983)。W1のヒノキ、スギに関しては、植栽されたという記録は残っていない。しかし、方形区を設定した場所が、旧林間苗圃の苗床であった部分であることから、放棄される時に苗床に残っていた苗木が生長したと推察される。アカマツはW3と同様に放棄された1936年前後に天然更新したと考えられる。そこで、W1とW2の中間地点で伐採したアカマツの樹齢について検討してみた(図-4)。アカマツの樹齢は55年で、生長経過をみても被圧を

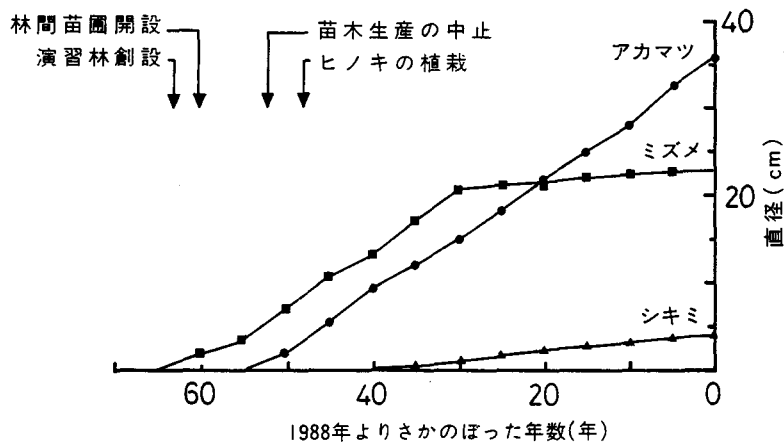


図-4 根元直径の成長経過

アカマツ、シキミは地際での、ミズメは地上高0.2mでの直径成長を示してある。

受けたような様子は認められない。したがって、林間苗圃が設定された1928年から苗木の生産が中止される1936年の間に発芽、定着したと考えられる。おそらく、アカマツの他個体も同じ時期に定着したと推察される。伐採したアカマツの樹冠下に生育していたミズメ、シキミの樹齢はそれぞれ、66年、41年となっていた。ミズメの樹齢は地上高0.2mでの年輪数であり、真の樹齢は67~70年の間くらいになると考えられる。つまり、ミズメは演習林が創設される直前

に定着した個体であるといえる。陽性の樹種であるミズメは、薪炭林として伐採された後のオープンな条件下で定着したのであろう。ミズメとアカマツの距離は5.0 mほどあり、ミズメが生育している場所は苗圃時代に保護樹帯として人手の入らなかった部分であり、そしてアカマツの定着した所は苗床として利用されていた部分にあると予想される。アカマツの根元から0.1 mしか離れていなかったシキミは苗木の生産が中止され、林間苗圃が放棄された1936年より後に定着している。

常緑広葉樹としては、他にヤブニッケイ、サカキ、ツバキが出現していた。カシ類としては、アカガシ、ツクバネガシが一本ずつ生育していたのみである。組成的な側面、さらに放棄されてから52年しか経過していないことから判断して、W1は遷移段階としては初期にあるといえる。赤井ほか(1986)は、カシ類が少ないスギ、ヒノキ、アカマツ、広葉樹混交林を遷移段階としては初期段階に位置づけている。したがって、今後、樹種の競争的排除を展開しながら、組成的、構造的に大きく変わるといえる。

W2はヒノキ、スギは全く生育しておらず、針葉樹としてはアカマツ、モミ、ツガが1個体ずつ出現していた。方形区内の本数の94%を常緑広葉樹が占めており、組成的には暖帯常緑広葉樹林といえる。常緑広葉樹の内、ヒサカキ、シキミ、サカキ、ツバキの本数が多く、それぞれ24%、23.8%、11.7%、8.1%を占めていた。しかし、BAに占める割合は、4種を合計しても14%未満と低位であった。また、タブノキ、カゴノキ、イヌガシ、ヤブニッケイといったクスノキ科の樹種も出現しており、本数ではイヌガシが20本と最も多くなっていた。カシ類としては、アカガシが23本、ウラジロガシが28本、ツクバネガシが1本出現していることから判断して、W2はカシ林として位置づけることができるだろう。落葉広葉樹は、ミズメ、アカシデ、ヤマザクラ、リョウブ、ヒメシャラ、タムシバといった樹種が出現していた。ミズメが7本、アカシデが3本、ヤマザクラが3本と本数的には少ないが、BAをみると4.77 m<sup>2</sup>、2.39 m<sup>2</sup>、2.39 m<sup>2</sup>/haとなっており、サイズの大きな個体が存在していることを示している。

3方形区全体で、枯死木としてのみ出現した樹種としては、クリ、イイギリ、エゴノキ、そしてニセアカシア（ヒッコリーと同じ時期に札幌の苗圃から送付されたもの）があった。

### 3. 種多様性

400 m<sup>2</sup>当りの種数はW3、W1、W2、それぞれ9、23、25種であり、構成種からみた多様性はW3が最も低いといえる(表-4)。特に常緑、落葉広葉樹の種数が少ないことがW3の大きな特徴といえる。また、W1では落葉広葉樹が12種、常緑広葉樹が8種となっているのに対して、W2では常緑広葉樹が14種と落葉広葉樹の8種を上回っていた。したがって、種数の上からもW1は落葉広葉樹優占林で、W2は常緑広葉樹優占林と考えられる。樹種間でどのように資源が分割されているかを検討するためにShannon-WeaverのH'を求めて比較した(表-4)。H'の値が高いほど、構成種間で均等に資源を分割しているといえる。H'はW2で3.85と高く、W1やW3に比べて資源を樹種間で均等に分配していることがわかる。Ohsawa(1984)

表-4 調査区の種多様性

	種数 (/400m <sup>2</sup> )				H'	優占種の種数
	全体	針葉樹	常緑広葉樹	落葉広葉樹		
W1	23	3	8	12	1.66	1
W2	25	3	14	8	3.85	9
W3	9	3	3	3	1.25	2

\* 優占種の種数は Ohsawa (1984) の優占構成種法を用いて求めた

の優占構成種法から決定した優占種をみても、W2が9種であるのに対してW1が1種、W3が2種となっていた。W1とW3では、林冠層を形成しているアカマツが極端に優占して資源を独占する傾向があるのに対して、W2では明瞭な優占種が不在であるためと考えられる。優占度一種順位曲線(図-5)からも、W3では上位の3種、アカマツ、ヒノキ、スギで資源を独占していることが明かである。W1では、アカマツが独占し、残りをリョウブ、ネジキ、アセビ、ヒサカキ、ヒノキ、スギで分け合っていることがわかる。W2の場合、第1位優占種はアカマツであるが、W1、W3のアカマツ程に優占度が高いわけではなく、むしろミズメ、ウラジログシ、アカガシ、シキミ、モミ、アカシデ、ヤマザクラと上位グループを形成して資源を分け合っているようである。したがって、種数、均等度から判断してW2の多様性が最も高

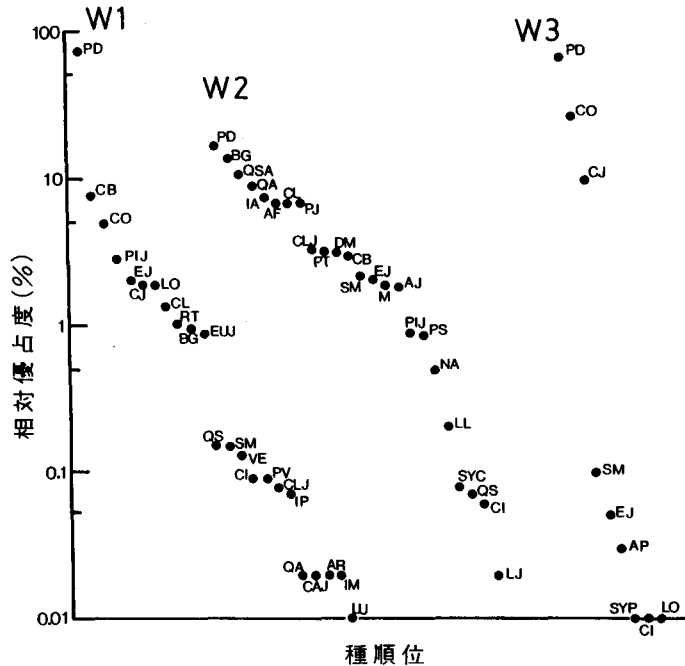


図-5 優占度一種順位曲線  
樹種の略号は表-3を参照

表-5 各方形区における階層別にみた多様性

	種 数			H'		
	下 層	中 層	林冠層	下 層	中 層	林冠層
W1	19	12	6	2.93	2.44	0.48
W2	14	16	15	2.76	3.27	3.38
W3	7	3	3	1.99	1.10	1.17

林冠層：2 m ≤ 樹高 &lt; 6 m

中 層：6 m ≤ 樹高 &lt; 10m

下 層：10m ≤ 樹高

く、W3の多様性が最も低いといえる。W1の場合、種数はW2と同じくらいであるが、均等度はW3程度であり、多様性はW2とW3の間となるだろう。

階層別に多様性をみると(表-5)、W1、W3では上の層ほど構成する種数が少なく、均等度も低くなる傾向を示している。しかし、W2では林冠層、中層、下層と種数はほとんど同じであり、均等度はむしろ林冠層や中層で高くなっている。W2の場合、上層は常緑広葉樹に加えて、落葉広葉樹も残っているために均等度が高くなっているのに対して、下層はシキミ、ヒサカキといった耐陰性の高い特定の樹種が優占しているため多様性が低下しているためである。

#### 4. 林内枯死木について

調査した方形区内には多数の枯死木が見られたので、方形区毎に枯死木の本数、枯死木のBA、枯死木率を示した(表-6)。枯死木率は以下の式で求めた。

$$\text{枯死木率} = (\text{枯死木の本数}) \cdot 100 / (\text{枯死木の本数} + \text{生立木の本数})$$

表-6 枯死木の発生状況

	枯死木の本数				枯死木の胸高断面積合計 (m <sup>2</sup> /400m <sup>2</sup> )	枯死木率(%)			
	全体	C	E	D		全体	C	E	D
W1	57	3	16	38	0.08	13.3	0.04	11.0	18.2
W2	40	3	31	6	0.23	9.5	50.0	8.0	22.2
W3	26	24	1	1	0.12	20.6	20.9	14.3	25.0

C：針葉樹

E：常緑広葉樹

D：落葉広葉樹

枯死木の本数はW1が57本と最も多く、次いでW2が40本、W3が26本であった。しかし、枯死木率はW3で20.6%と高く、W1が13.3%、W2は9.5%であった。枯死木率の高さは、構成個体間での競争の激しさを反映しているものと考えられる。枯死木の平均胸高直径をみると、W1で3.5 cm、W2で4.3 cm、W3で6.6 cmとなり、W3では他の2方形区より

も大きなサイズまで枯死木が発生しているといえる。枯死木の樹高を検討しても同様の結果となった。W3では林冠層が2～3層と厚くなっているために、中層木、下層木が極度に被圧されて枯死木率が高くなったと考えられる。

W2において、枯死木のBAが $0.23 \text{ m}^2$ と高い値を示しているが、これは胸高直径45 cmのアカツが立ち枯れとなっていたためである。

常緑広葉樹と落葉広葉樹の枯死木率を比較すると、いずれの方形区でも落葉広葉樹の枯死木率が高くなっている。おそらく、落葉広葉樹に比べて常緑広葉樹の方が高い耐陰性を持つためであると推察される。では、どのような状況にある個体が枯死しているのだろうか。枯死木の発生と局所的な密度の関係をみるために、方形区サイズにともなう $\tau$ 係数 (Iwao and Kuno 1971) の変化を調べた (図-6)。 $\tau$ が1より小さいと密度の高い部分で枯死が発生していることを、1より大きくなれば逆に密度の低い部分で枯死が多く発生していることを示す。その結果、W3では方形区サイズの減少にともなって $\tau$ が徐々に1より小さくなっており、若干局所密度による影響が認められる。しかし、W1、W2での $\tau$ はほぼ1に等しくなっており、枯死木の発生と局所密度の関係は認められなかった。つまり、枯死木の発生は密度依存的ではなく、むしろ上層林冠の被圧による枯死であることが示唆された。

### 5. 林分構造

胸高直径の頻度分布はW1とW2で下層ほど本数が増えるL型を示し、W3は10～12 cmにモードのある1山型を示している (図-7)。W1、W3では胸高直径20 cm以上の個体の大部分がアカマツであり、胸高直径20 cm未満をみるとW3ではヒノキ、スギ、W1では広葉樹とヒノキから構成されている。アカマツはいずれの方形区でも1山型を示している。ヒノキ、スギはW3で1山型、W1ではL型を示していることがわかる。W1における常緑広葉樹、落葉広葉樹はいずれも胸高直径2～4 cmにモードをもつ1山型を示している。しかし、実際は樹高2 m以上の個体を対象にしたために胸高直径0～2 cmの本数が少なくなったと考えられ、それらも含めればL型となるだろう。また、常緑広葉樹に比べて、落葉広葉樹は胸高直径

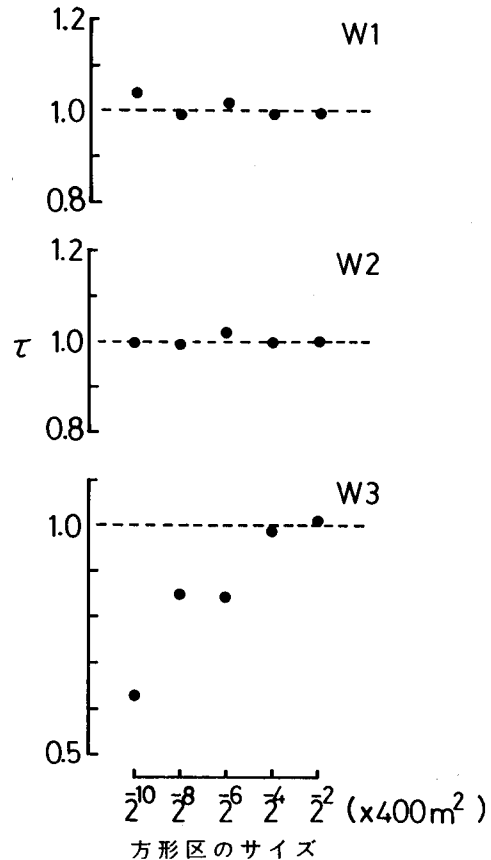


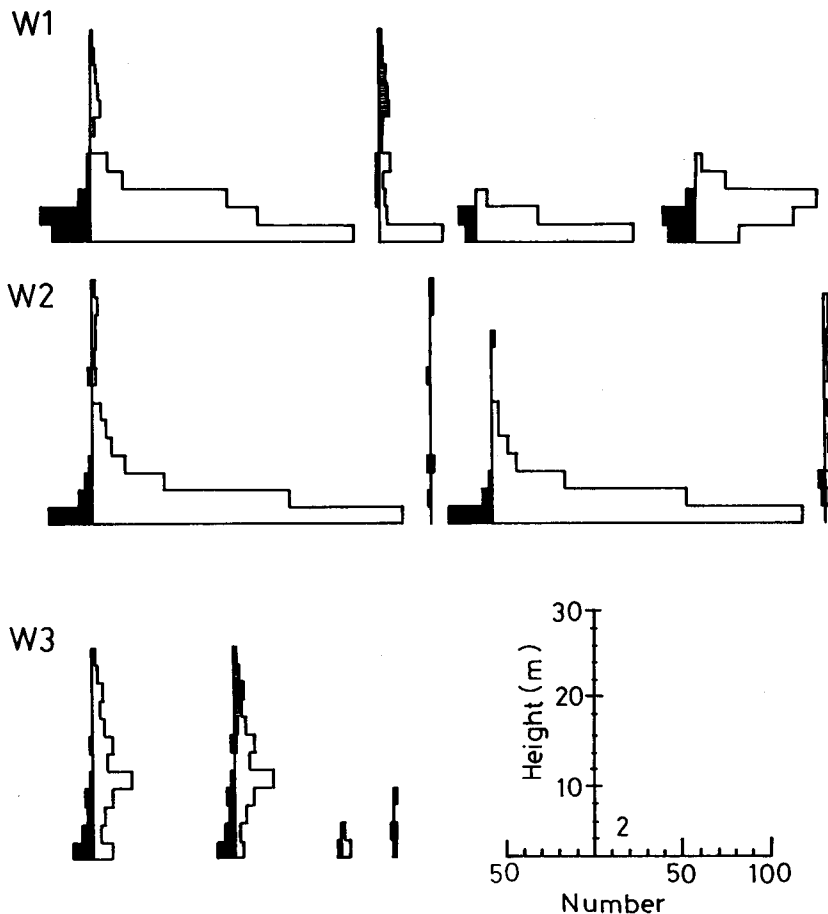
図-6  $\tau$ 指数と方形区サイズの関係



図一七 胸高直径の頻度分布

各方形区，下から全体，針葉樹，常緑広葉樹，落葉広葉樹の頻度分布を示してある。黒塗部分は枯死木を，縦線の部分はアカマツを示す。

4 cm 以上の本数が多いことは明かである。W2 の場合，胸高直径 20 cm 以上の個体があるのは，アカマツ，モミ，アカガシ，クスノキ，リョウブ，ミズメ，アカシデ，ヤマザクラであり，本数的には落葉広葉樹が多いといえる。胸高直径 10~20 cm は落葉広葉樹と常緑広葉樹が半々であり，10 cm 未満になると常緑広葉樹が圧倒的に増加してくる。したがって，常緑広葉樹が L



図一 8 樹高の頻度分布

各方形区、左から全体、針葉樹、常緑広葉樹、落葉広葉樹の頻度分布を示してある。黒塗部分は枯死木を、横線の部分はアカマツを示す。

型、落葉広葉樹は離散型とみなせる。沖津ほか(1986)は常緑広葉樹林の温量的分布限界にある森林で、落葉広葉樹が機会的(離散的)な直径の頻度分布を、そして常緑広葉樹が逆J字型(L型)の頻度分布を示すと報告している。

樹高の頻度分布(図一8)から階層構造について検討すると、W1、W2がL型、W3が1山型といえる。W1では、上層にアカマツ、中層に落葉広葉樹、そして下層に常緑広葉樹とヒノキ、スギが階層分化して混交しているのがわかる。W2では、林冠層で針葉樹、落葉広葉樹、常緑広葉樹が混交しているものの、10m以下の中、下層では常緑広葉樹が99%を占めている。W3では上層がアカマツ、そして中、下層にヒノキ、スギといった階層混交林を形成していることがわかる。枯死木は、いずれの方形区でも下層にある小径の個体に集中していることが明かである。したがって、W3では益々1山型が強まり、W1とW2ではL型が徐々に弱く

なることが予想される。特にW1の落葉広葉樹についてみると、2~8 mの個体に枯死が発生しており、下層の個体が減少して1山型が顕著になってきているようである。おそらく、今後時間の経過ともなってモードが大きなサイズに移動するとともに、下層の個体が間引かれてW2の広葉樹が呈している様な胸高直径や樹高の頻度分布を示すようになると考えられる。落葉広葉樹の下層における本数減少の要因として、林冠層による被圧、耐陰性の高い常緑広葉樹との競争があげられるだろう。

次に個体の分布状態、つまり分散構造を森下のI $\delta$  (Morisita 1959)を用いて検討してみた(図-9)。W1とW2では小さい集中斑をもった弱い集中分布であり、W3は規則分布である

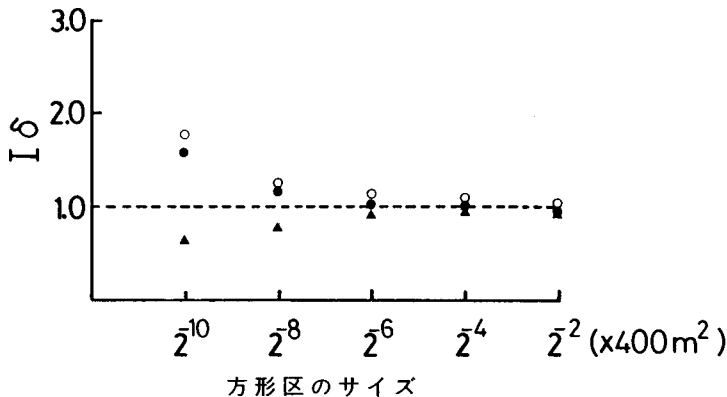


図-9 I $\delta$ と方形区サイズの関係

黒丸はW1, 白丸はW2, 黒三角はW3の値を示す。

ことがわかる。ヒノキ、スギは植林されたものであることを考えれば、規則的に分布するのは当然であろう。W1とW2で集中分布の傾向を示したのは、常緑、落葉にかかわらず広葉樹には萌芽更新をとる樹種が多いためと考えられる。そこで、株立ちしているものと単幹になっているものの割合を計算してみると、全体の90%は、他の個体と根元が分離している単幹の個体であることが明らかになった。しかし、観察によると地上部では分離していても地下部でつながっている個体の多いことが予想された。とくに、同一樹種で根元位置が10 cm程度しか離れていない個体は同一の株に属する場合が多いと考えられる。おそらく、伏状更新、あるいは根萌芽といった現象に起源する個体である可能性が強い。

## 考 察

### 1. 林分の推移

和歌山演習林は、気候的には暖温帯に属し、極相林はカシ、シイ類を優占種とする常緑広葉樹林となりうる。したがって、今回調査した方形区の中ではアカガシ、ウラジロガシに加えてタブノキ、イヌガシ、ヒサカキ、シキミが優占していたW2が最も極相状態に近い林分とい

える。しかし、W2でも林冠層にはアカマツやミズメ、ヤマザクラ、ホオノキといった落葉広葉樹が常緑広葉樹と混交していた。しかも、W2のBAは $35.8 \text{ m}^2/\text{ha}$ と常緑広葉樹林の値としては低く、発達した極相林とは言いがたい。したがって、遷移段階としては落葉広葉樹優占の段階から常緑広葉樹優占の段階に移行する過程にあると考えられる。

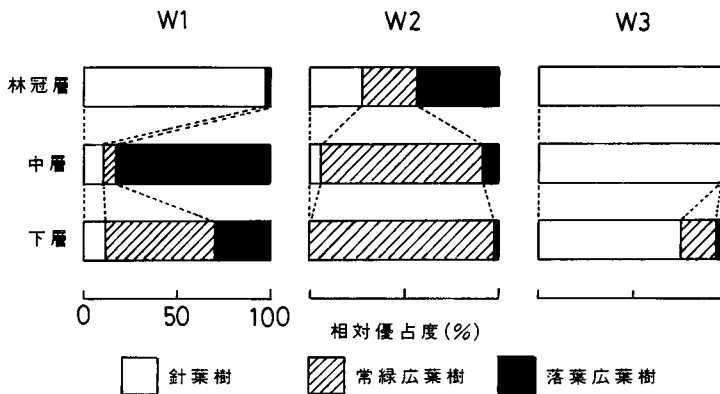
旧林間苗圃の面積は約1.6 haと比較的狭かったにもかかわらず、アカマツ、ヒノキ、スギが二段層的に混交するW3、アカマツ、落葉広葉樹、そして常緑広葉樹が階層的に混交するW1、さらに上層では落葉広葉樹がみられるものの、全体として常緑広葉樹が優占するW2と、組成的にかなり異質な部分を内包していることが明らかになった。一般的に安定した極相林では外的な攪乱によって形成されたギャップにおける再生過程の様々な発達段階をモザイク状に配列したパターンが認められる(Watt 1947)。森林を構成しているパッチ間での組成的な違い、あるいは構造的な差は、個々のパッチにおける再生過程を引き起こす引金となった攪乱の規模、質に求められるだろう(鈴木 1981)。つまり、ギャップのサイズ、ギャップ内の微環境、発生時期などが再生過程初期段階の種類組成に大きく関与していると考えられる。

このような初期状態の差異と林分の組成、構造といった視点から今回の調査結果を検討してみることにする。3つの方形区は、林間苗圃時代(1928年~1936年)にはそれぞれ異なった利用のされかたをしていたことが予想される(図-2)。つまり、W1とW3は苗木を生産する苗畑として利用され、常に耕作、除草といった人為が加えられていた部分といえる。W2は、林間苗圃時代にはほとんど手をつけずに、おそらく保護樹帯として残した部分であろう。ただし、演習林に編入される以前は薪炭林として利用されていたようである。したがって、W1、W3に比べるとW2は最も人為的な影響、つまり人為的な攪乱の程度が低く、演習林となつてから60年間は全く自然の推移に任されてきていると予想される。組成的には、薪炭林として利用される前の極相状態にあった常緑広葉樹林にかなり近いものを持っているものの、構造的には未発達であるといえる。

W1とW3は、苗圃が放棄された後の状況が異なっている。W1は放棄された後は人為的影響が完全に排除されており、自然の推移に任されてきた。放棄された直後は完全にオープンな環境であり、様々な樹種が侵入、そして定着するのに十分な光、水分、養分が備わっていたといえる。その様な好適な環境下でアカマツ、常緑広葉樹、落葉広葉樹が一斉に侵入、定着し、生育空間をめぐる個体間の競争を展開しながら林分を形成してきたのだろう。現在の階層的な混交、つまり階層構造はそれぞれの樹種グループの生長速度、耐陰性の違いがもたらしたものであろう。鈴木(1979)は、ツガ林の成層構造を分化させている主な要因として生長速度の違いをあげている。現在、下層で生育しているヒノキ、スギはおそらく苗圃時代から残存している個体であり、樹齢はW3の個体と大差ないと考えられる。W3は苗圃の放棄とほぼ時期を同じくして、ヒノキ、スギが植栽され、しかも植栽後数年間は下刈りが続けられた部分であり、人為的な攪乱が最も強く影響したといえる。W1と同様に植栽直後には、多様な樹種が侵

入したと考えられるが、その後の下刈りによってほとんど排除されたのだろう。毎年繰り返された下刈りによって、スギ植栽地の木本植生が極度に減少したという報告もある（四手井 1977）。ただし、アカマツは下刈りの過程で選択的に残された可能性がある。そして、下刈りが行なわれなくなった時点ではアカマツ、ヒノキ、スギの樹冠が重層的に林冠を形成しており、林床の光条件は樹木の定着を妨げるほどに悪化していたと考えられる。したがって、初期に多様な種類組成を持てなかった結果として、W3は組成、構造ともに極度に単純化してきていることが推察される。

次に、現在の種組成や構造から、今後の推移を予測してみることとする。今回調査した方形区は固定試験地として定期的に調査することになっており、現段階での予測を将来的に検証することが可能である。



図一〇 針葉樹、常緑広葉樹、落葉広葉樹の各方形区における階層毎の相対優占度

階層別に針葉樹、常緑広葉樹、落葉広葉樹の相対優占度を比較してみると(図一〇)、W1では下層で常緑広葉樹が優占し、中層では落葉広葉樹、そして上層で針葉樹(アカマツ)が優占していることがわかる。同様に、W2では中層から下層にかけて連続的に常緑広葉樹が優占しており、落葉広葉樹は上層だけに集中しているといえる。W3は下層から上層まで針葉樹が優占しているが、樹高の頻度分布(図一八)から明らかなようにスギ、ヒノキは中層から下層、アカマツが上層へと分化している。

現在、上層でアカマツが優占し中下層でヒノキ、スギが生育しているW3はアカマツが枯死した部分でヒノキ、スギが林冠木となり、ヒノキ、スギの優占する林分に変化して行くだろう。しかし、現状の様な林冠層のうっ閉度が高い状態が続くと、下層での広葉樹を含めた後継樹の定着が妨げられ、極度に単純な林分として推移する危険をはらんでいる。四手井(1977)は、植栽林では一旦林冠の閉鎖によって下層植生が消失してしまうと、林冠の過密状態が解消されて下層植生が回復しても、密度、多様性とも極めて低くなることを指摘している。したが

って、このような林分を構造的に多様で安定した林分に誘導するためには、できるだけ早い時期に林冠構成木の密度を低くして林床への光の透過量を増やしてやる必要がある。もちろん、林冠構成木の除去は光だけでなく、水分、養分といった下層木の生育にとって必要な資源を解放することになる。また林冠構成木の密度を極度に低下させると落葉広葉樹が、中庸ならば常緑広葉樹やヒノキ、スギが更新する可能性が高くなると予想される。

W1もW3と同じくアカマツ優占林分であるが、中層に落葉広葉樹、下層には常緑広葉樹が侵入している。したがって、林冠層のアカマツの衰退にともなって組成的に大きく変化するだろう。W1では下層ほど種数が多く、H'が高かった(表-5)ことから潜在的に大きく変化する可能性を持つといえる。つまり、落葉広葉樹が優占する時期を経て、現在のW2と同様の常緑広葉樹優占林分へと推移していくと予想される。一般的に、アカマツ林は優占種であるアカマツの衰退にともなって、常緑広葉樹林に推移すると考えられている(赤井ほか1977, 奥富1958)。W1の落葉広葉樹(リョウブ, アカシデ, ネジキ)はアカマツによる被圧, さらに常緑広葉樹との競合の結果として高い死亡率が示されている。したがって、落葉広葉樹林が優占する期間は短く、比較的短期間に常緑広葉樹優占林分へと移行することも考えられる。沖津(1987)は、亜高木層に常緑広葉樹が侵入している落葉広葉樹二次林は常緑広葉樹林へ変化すると述べている。

W2では、W1やW3ほど顕著な変化は見られずに、徐々に常緑広葉樹(アカガシ, ウラジロガシ, タブノキ, イヌガシ)の優占度が高くなっていくだろう。つまり、組成的にも構造的にも最も安定した状態にあるのがW2であるといえる。

以上議論してきたように、環境条件はほぼ均一とみなせる狭い地域においてさえ、初期状態の違いが種類組成や構造、ひいては再生過程の差異をもたらしていることが示唆された。また、人為的な介入によって初期状態を変化させたことが差異化の要因の一つとしてあげられ、種組成の人為的なコントロールの可能性を示していると考えられる。

## 2. 旧林間苗圃の存在意義

今回研究対象とした林間苗圃跡地の存在意義は、次の2点に集約される。第1点としては、島状に孤立した森林のダイナミクスを解明する貴重な研究材料であるという生態学的な側面である。最近、人間活動の拡大にともなって、自然林が細分化されて孤立林が増加し、様々な観点から注目を集めている(山本1987)。旧林間苗圃は周囲をスギ、ヒノキの造林地に囲まれており(図-1)、比較的閉鎖性が高い島の様な環境であるといえる。つまり、外部から種子などが侵入する可能性が低く、種子の生産から発芽、定着、生長といったサイクルを高い精度で、定量的に解析できるといった利点がある。したがって、現在急速に問題化している都市の中にある森林、つまり社寺林、公園林の維持、管理について基礎的な情報を提供することができるだろう。そのためには、林間苗圃跡地における推移、動態を、孤立化していない森林と比較しながら長期的に追跡、調査していく必要がある。

第2点は、この演習林の今後の森林施業の在り方や経営方針に大きくかわるものとしての重要性である。現在、和歌山演習林の施業の基本方針は、これまでの針葉樹一斉造林に対する反省から、過大な人工林を縮小し、そして幅広い機能を持つ混交林、広葉樹林を造成していく方向へと移行してきている(神沼1988)。広い面積を占めている人工造林地を活用して多様な形態、機能を有する森林を形成しようとする場合に、旧林間苗圃跡地に成立している広葉樹林が種子の供給源、つまり移住源としての役割を果たすということが期待できる。アカガシ、ウラジロガシといった堅果(ドングリ類)はリス、ネズミといった動物によって広い範囲に散布されていくことは従来の研究から十分予想できる。また、タブノキ、イヌガシなどクスノキ科の樹種や、ヒサカキ、サカキといった樹種は果肉を豊富に持つ果実を生産することから、鳥類によって周辺の造林地へ分布を拡大していこう。また、アカマツは比較的軽量で、翼をもつ種子を生産し、風の方で遠距離を移動し、裸地が形成された場合に素早く定着するだろう。山本(1987)は、新たな移住源となる要素である孤立林を維持管理することの重要性を主張している。この様な種子供給源の保存と適切な管理によって、生産力は高くても組成的、構造的に単純な人工造林地を、多様性をもつ存在価値のさらに高い針葉樹、広葉樹の混交した林分へと誘導できると考えられる。

#### 引用文献

- 1) 赤井龍男・阪上俊郎・大野次郎 1977. アカマツ・ヒノキ・広葉樹混交林の構造と二次遷移. 京都大学農学部附属演習林報告, 49: 64-80.
- 2) Iwao, S. & Kuno, E. 1971. An approach to the analysis of aggregation pattern in biological populations. *Statistical Ecology*, 1: 461-513.
- 3) 神沼公三郎 1988. 和歌山演習林の森林—その課題と展望—. 北大演試験年報, 6: 70-71.
- 4) Minato, K., Ujiie, M. & Hishinuma, Y. 1989. Growth and wood quality of Sugi and Hinoki trees in the plantations of the Wakayama experiment forest. *Research Bulletins of the College Experiment Forest, Hokkaido Univ.*, 46: 223-247.
- 5) Morisita, M. 1959. Measuring of the dispersion of individuals and analysis of the distributional patterns. *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ. Ser. E (biol)*, 2: 215-235.
- 6) 中西 哲・大場達之・武田義明・服部 保 1983. 日本の植生図鑑〈I〉森林, 保育社, 大阪.
- 7) Ohsawa, M. 1984. Differentiation of vegetation zones and species strategies in the subalpine region of Mt. Juji. *Vegetatio*, 57: 15-52.
- 8) 沖津 進・飯田由貴夫・中島 治 1986. 三石山郷土環境保全地域の植生, 千葉県自然環境保全地域等変遷調査報告書, 千葉県環境部自然保護課, 59-88.
- 9) 沖津 進・田辺 仁・浜名成之 1987. 八王子神社の森の植生, 千葉県自然環境保全地域等適地調査報告書 I, 千葉県環境部自然保護課, 1-24.
- 10) 奥富 清 1958. 向字品における森林植生の連続構造, 福岡学芸大学紀要(第三部理科系統), 8: 75-83.
- 11) 四手井綱英 1974. ヒノキ林の生態学. 「ヒノキ林—その生態と天然更新」. 四手井綱英・斉藤季樹・赤井龍男・河原輝彦共著, 地球社, 東京, 1-48.
- 12) 四手井綱英 1977. 林地管理と遷移. 「群落の遷移とその機構」, 沼田 真編, 朝倉書店, 139-146. 東京.
- 13) 鈴木英治 1979. ツガ天然林の更新 I. 樹幹解析によって推定した成熟林分の動態. 日本生態学会誌,

29 : 375-386.

- 14) 鈴木英治 1981. ツガ天然林の更新 IV. 久保谷山周辺の温帯針葉樹林植生, 日本生態学会誌, 31 : 421-434.
- 15) Watt, A. S. 1947. Pattern and process in plant community. *Journal of Ecology*, 35 : 1-22.
- 16) 山本進一 1987. 孤立林のダイナミクス, 生物科学, 39 : 121-127.

### Summary

The greater part of the forests in the Wakayama Experiment Forest is made up of plantations of *Chamaecyparis obtusa* and *Cryptomeria japonica*. Recently the value of broad-leaved forests and mixed forests which have diverse functions has come to be appreciated. So the object of forest management is to convert existing artificial plantations to mixed forests of coniferous and broad-leaved tree species. For this, it is necessary to gather information about structural and compositional changes in stand development.

In this paper, the structure and species composition of a forest regenerated naturally and artificially was examined from the viewpoint of the influence of initial conditions or the degree of disturbance on stand development. The forest analyzed in this paper is located in a narrow area (1.69ha) where a nursery had been established in 1928 and was utilized for seedling production for 8 years. Judging from their physiognomy, three types of stands (W1, W2, W3) were recognized in the forest. Field surveys of species composition and structure were carried out in quadrats (400m<sup>2</sup> in area) established at sites representative of each type of stand.

W1 was dominated by *Pinus densiflora*, a pioneer tree species with exploitive strategies. Other major component species were *C. obtusa*, *Clethra barbinervis*, *Lyonia ovalifolia*, *Pieris japonica* and *Eurya japonica*. Almost all of the species observed in W2 were evergreen broad-leaved tree species: *Quercus acuta*, *Q. sessilifolia*, *Q. salicina*, *E. japonica*, *Cleyera japonica*, *Illicium anisatum*. So it was concluded that W2 was most similar in composition to climax-state forest, because the climax-state in this area is considered to be warm-temperate evergreen broad-leaved forests. Although evergreen broad-leaved species dominated in the mid-story and under-story layer, in the canopy layer deciduous broad-leaved tree species shared dominance. As in W1, *P. densiflora* dominated in W3, which had regenerated immediately after the artificial planting of *C. obtusa* and *C. japonica*. But, there was a difference in species composition between W1 and W2. In W3, broad-leaved tree species were a minor component, and *C. obtusa* and *C. japonica* shared dominance with *P. densiflora*. Basal area in each quadrat was 42.0m<sup>2</sup>, 35.8m<sup>2</sup> and 57.5m<sup>2</sup> (W1, W2 and W3, respectively). The maximum value for BA was found in W3, but two-thirds of the value was from *P. densiflora*.

Stand structure was examined by DBH and height class distribution. The size frequency distributions of W1 and W2 were characterized by a L-shaped distribution. In W1, the larger-size, middle-size and smaller-size class mainly consisted of *P. densiflora*, deciduous broad-leaved species and evergreen broad-leaved species, respectively. In W2, evergreen broad-leaved species dominated in the middle- to smaller-size classes. In contrast to W1 and W2, the size frequency of W3 showed unimodal distribution which suggested a scarcity of trees in the smaller-size class. It is thought that the undeveloped understory in W3 had been caused by suppression of smaller trees by the dense canopy of larger trees. The stratifications recognized in each of the three quadrats might have been brought about by differences in growth rate and in shade tolerance between the component species.

Judging from the number of species and Shannon-Weaver's  $H'$ , it was concluded that diversity was highest in W2 and lowest in W3.

Based on vertical structure, size frequency distribution, species composition and the number of dead stems, the process of stand development in each quadrat was discussed. As a result, it was suggested that W1 was the most unstable stand and species composition in W1 would shift to dominance by evergreen broad-leaved species. Also in W2, the importance of evergreen broad-leaved species should increase. These shifts to dominance by evergreen broad-leaved species could be attributable to the death of deciduous broad-leaved trees in the upper layer of W2 and in the mid- and under-story layers of W1.

It was suggested that differences in the initial conditions at the time of abandonment might account for the differences in species composition and structure among the three types of stands. The importance of this forest enclosed by an artificially planted forest should become more and more important for the following two reasons. Firstly, information from investigations of this forest may become helpful in understanding the dynamics of fragmented forests in urban areas. Secondly, from the viewpoint of the schedule of forest management, this forest can play an important role as an example of the conversion of existing artificial plantations to more diverse forests. This forest, which consists of diverse species, could function as colonization foci or seed source. From the above discussion, although narrow in area, it is apparent that this forest must be preserved for the purpose of ecologically valuable investigations and practical experiments.