

山腹植栽工によって成立した植物群落 における遷移に関する研究 II

—六甲山系における山腹植栽工での事例—

大手 桂二・加藤 博之

KEIJI OHTE* and HIROYUKI KATO**

Studies on the succession in the plant communities established by
executing the hill-side planting works II

—A case of the hill-side planting works at Rokko mountains in
Hyogo Prefecture—

要旨：六甲山系の植生は、その約80～90%にわたって二次的に成立したアカマツ林およびコナラ林であるとされている。しかし、このうちの約44%にもおよぶ面積に、明治35年以降、砂防植栽工が施されて現在に至っているのである。これら砂防植栽工を施工した結果、成立した林分について調査・解析を行なった結果につき、以下に示す事項が認められた。

1. 過去の砂防植栽方法の差にもよるが、昭和20年を境にしてその前後でアカマツ林とニセアカシア林・フサアカシア林などの砂防植栽林とに区別される。
2. 植生状況について、階層構造が発達した林分ほどより良い環境にあるという見方をすると、調査した林分はいずれも階層構造は認められるが No. 6 プロットを除いて、満足できる環境にまでは至っていないと考えられる。
3. これらの林分の環境の推移と下層植生の発達との間に何らかの関連性があるものとして、下層植生のうちの高木種の成育ぶりに注目し、これらの種の各層への侵入状況から、下層植生の充実度というものを仮定し、これを算定することを試みた。
4. その結果、アカマツ林の No. 4 プロット、No. 6 プロットおよびフサアカシア林の No. 16 プロットが他のプロットに比べ、遷移という点に関しては、好条件を保持していることが判明した。

緒 言

山地の荒廢地に緑化工を施し、立派に緑の山に復旧させることは砂防工事における究極の目標である。人口密集地であるわが国土において、いくばくかでもハゲ山なり崩壊裸地面が存在することは、土地利用の面から、また住民にとって精神衛生上悪影響をおよぼす

ことは論をまたない。

このような荒廢地を緑の山に復旧することの技術的および経済的な制約についてはここでは深くふれないが、過去にわれわれの先覚者たちの払われた努力というものに対しては大いに敬意をはらわなければならないと考える。

六甲山系の荒廢の歴史については、従来から史実の

* 京都府立大学農学部砂防工学研究室

Laboratory of Sabo Engineering, Faculty of Agriculture, Kyoto Prefectural University, Kyoto, Japan.

京都大学農学部森林生態学研究室

** Laboratory of Forest Ecology, Faculty of Agriculture, Kyoto University, Kyoto, Japan.

昭和54年7月26日受理

Table 1. Construction area of the hill-side planting works at Rokko mountains area in Hyogo Prefecture

施工時期	施工機関				
	大阪営林局	兵庫県 砂防事業	兵庫県 治山事業	神戸市	
	(km ²)	(km ²)	(km ²)	砂防植栽 (km ²)	人工造林 (km ²)
～明治36年		3.060 (0.963)	0.059	0.027	
明治37年 ～大正2年		4.900 (0.467)		5.100	1.660
大正3年 ～大正12年		2.100 (2.307)		3.990	1.670
大正13年 ～昭和8年		3.130 (0.172)		1.110	0.240
昭和9年 ～昭和18年		0.078 (0.046)	(8.731)		4.020
昭和19年 ～昭和28年	0.773		(9.824)		4.110
昭和29年 ～昭和38年	0.010		(3.650)		0.900
昭和39年～	0.055		(1.520)		0.530
計	0.838	13.318 (3.955)	0.059 (23.725)	10.227	14.130

()は施工台帳のみに記載された面積：27.680
 図面に記載された面積合計：38.572
 総計：66.252km²

伝えるところにより衆知の事実であるが、山本¹⁾はその経緯について、1180年における平清盛の福原遷都がその森林破壊の口火となり、以後1184年の一の谷合戦、1333年の摩耶合戦、1336年の湊川合戦、1467年の応仁の乱、1578年荒木村重の乱などの戦火を経て1583年に豊臣秀吉による大阪城築城にさいして、その用材および石材の採取を命じ、さらにその見返りとして地元民に木竹採取自由のお墨付を与えていることから荒廃の一途をたどったと述べておられる。

以上の事実のほか、山火事の発生などもこの推移に拍車をかけることになり、山鳥²⁾は明治30年代に六甲山系に登山した記述によれば、表六甲には木らしい木は見当らず草草が殆んどであったと述べておられる。

以上の荒地状況に対して、明治30年(1897年)に砂防法、森林法の制定されたことを機として、明治35年に始めて砂防植栽工の実施を見たのである。

Table 1 はそれ以後の各関係省庁により施工された砂防植栽工の施工面積を示している。

六甲山系を北は太多田川一有馬一山田川を結ぶ線、西を妙法寺川、東は甲山および市街地の線で囲むとほ

ぼ150km²になるが、Table 1の結果、明治35年に始まった砂防植栽工および人工造林地の合計は、途中第1次世界大戦および第2次世界大戦による中断はあったものの、ほぼ66.252km²にも及び、上記六甲山系区域の約44%にも達する広大な面積にわたり緑の回復のための先覚者たちの営々とした努力が積み重ねられてきたことになるのである。

そこで、これら砂防植栽工施工地における現在の植生の状況を調査する機会に恵まれたので、ここにその結果を報告するものである。

六甲山系の植生の現況については、1973年に文化庁による全国天然記念物緊急調査の一環として調査された植生図が存在するが、この機会に、上記Table 1に示した砂防植栽地の位置図が保存されていることを考慮して、昭和49年に撮影されたカラー密着空中写真により判読を行ない、1/10,000平面図上に植生区分を行なった。Fig. 1は六甲山系全域にわたって行なわれたものの1部分として芦屋市域での植生区分を示したものである。図に区分されたアカマツ林、ニセアカシア、フサアカシアおよびオオバヤシャブシ等による

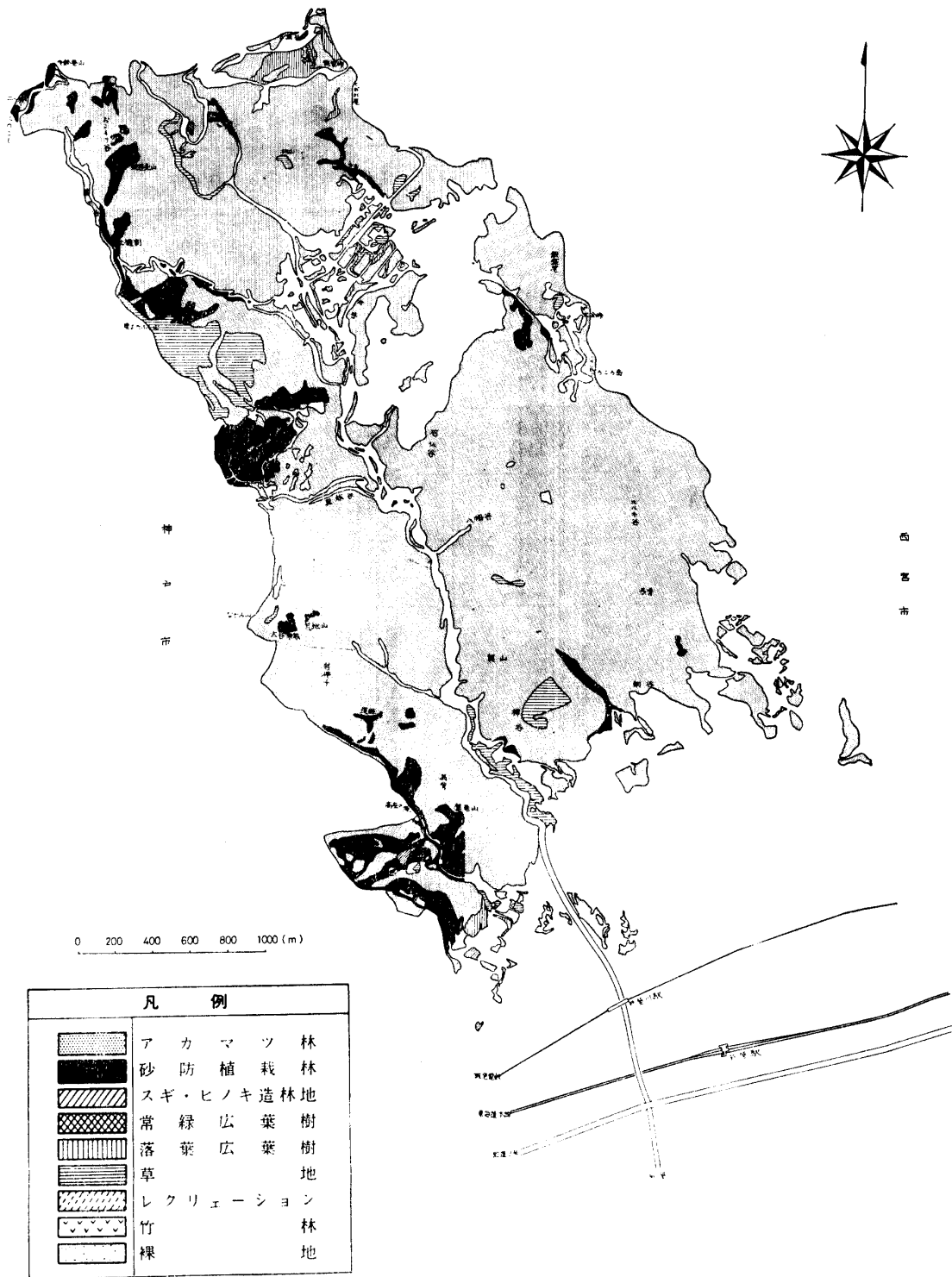


Fig. 1. Vegetation map at Ashiya City in Hyogo Prefecture

砂防植栽林, によって六甲山系のほぼ80%を占めることから, 砂防植栽工施工地の比重は当然無視することは不可能であり, これらの施工地を対象に植生調査を行なったのである。

六甲山系の自然環境については, 国際都市神戸市街地, 芦屋市および西宮市を南麓に擁し, 東に標高 932

mの六甲山を頂点とし, これから西に向って次第に高度を減じつつ, 摩耶山 (699m), 石楠花山 (653m), 再度山 (468m), 鍋蓋山 (485m), 高尾山 (403m), 高取山 (329m), 横尾山 (314m), 高倉山 (292m), 鉄拐山 (237m), 鉢伏山 (246m)などを連らねて海に迫っている。その延長は約24 km にもおよぶ山塊であ

Table 2. Monthly precipitation and mean temperature at Rokko mountains area in Hyogo Prefecture

観測地点 (月)	神戸市 ¹⁾ 58m		再度山 ²⁾ 365m		剣谷 ³⁾ 565m		六甲山頂 ⁴⁾ 932m	
	平均気温	平均降水量	平均気温	平均降水量	平均気温	平均降水量	平均気温	平均降水量
1	4.1°C	36mm	2.7°C	34mm	1.2°C	45mm	-0.7°C	—
2	4.3	50	2.9	52	1.1	63	-0.5	—
3	7.2	87	5.9	70	4.9	118	2.4	—
4	13.1	115	11.6	119	10.6	139	8.3	—
5	17.9	121	16.5	125	15.8	157	13.1	—
6	21.7	178	20.4	169	19.0	251	16.9	—
7	26.8	160	24.8	173	22.9	247	21.2	—
8	27.2	119	26.2	132	24.3	148	22.4	—
9	23.5	176	22.2	157	20.4	193	18.7	—
10	67.4	129	16.1	113	15.0	157	12.6	—
11	12.1	80	10.7	78	9.3	92	7.3	—
12	7.0	45	1.5	42	4.1	50	2.2	—
全 年	15.1	1,287	13.8	1,264	12.4	1,560	10.3	—
暖かさの指数 ⁵⁾	123.1		109.9		97.3		80.5	

1) : 1956年理科年表より

2) : 再度山永久植生保存地調査報告書神戸市緑地公園部 (1975) より

3) : 六甲山の気象累年報 (S 10~27) (1945~9 大阪営林局)

4) : 1)の平均値に高度による気温てい減率で補正したもの

5) : 吉良竜夫 : 日本の森林帯 (1950日本林業技術協会)

る。さらにこれら山塊を形成する地質条件としては六甲花こう岩が卓越して分布しこれに山塊の西南部に布引花こう岩と称する花こう閃緑岩が分布していることはよく知られている。

Table 2 には六甲山系各地における気象条件として月別平均気温および降水量を示す。これらのうち標高の低い神戸市および再度山においては温暖で降水量のやや少ない瀬戸内式気候の特徴が表われており、植物の生育条件を示す指標としての暖かさの指数においても110°~120°という値を示す。この事実は気候帯からいって、暖温帯にあたり、これに相当する植物帯としては、シイ・カシを主体とする常緑広葉樹林帯に属する。また、標高565mの剣谷の最上流地点での観測結果からは同様に暖かさの指数を求めると97.3および寒さの指数が-8.6とかなり条件がきびしくなり、さきの暖帯の上部で冷温帯との境界附近にあると考えられ、暖温帯と冷温帯との移行帯にあたりと考えられる。本来モミ・ツガ・クリ・コナラ・シデなどが出現する暖帯落葉広葉樹林帯が存在するものと考えられる。さらに、六甲山頂(932m)での暖かさの指数は80.5となり完全に気候帯は冷温帯に属し、ブナ・ミズナラを代表種とする落葉広葉樹林帯に位置すると考えられる。

以上のように、この限られた狭長な範囲内で明らかに気象条件の差が認められることは、この六甲山系が過去に豊かなそして変化のある森林が存在していたことを証明することにもなるのである。これらの原植生の姿は現在は跡かたもなく消失させて、やっとなアカマツ・コナラ・砂防植栽林という姿で存在しているに過ぎないことをここで肝に銘じておかなければならないのである。ただ、神戸市垂水区の太山寺境内林および再度山大竜寺の境内林としてのシイ林が太古の姿そのままに残されていることは一つの救いであり、前者の太山寺の原始林については岡本³⁾によって詳細に報告されており、兵庫県における学術参考林として指定されているのである。

以上のごとく、六甲山系の自然環境の現実の上に立って明治以来の砂防植栽工を施した効果が徐々に表われ、ようやく緑の木々によって覆われるまでに回復した現状を、今後も後世に残していかなければならないという使命を与えられているのである。この時にあたり、如何なる配慮をこれらの現実の林に対して行なっていけばよいかを模索するという意味で、これらの自然環境の変化がその地上植生の現状の上に現われているのであろうかという観点から、対象林分について植

Table 3. A list of reserch plots

群落区分	調査プロット	調査プロットの概要
アカマツ林	1	芦有・石宝殿インターの西斜面標高 600m 以上のプロット
	2	同上の別のプロット
	3	仁川より船坂への分岐点西北斜面標高 300~600m でのプロット
	4	宝塚光ヶ岡団地附近標高 300m 以下でのプロット
	5	渦ヶ森団地附近昭和時代の施工地でのプロット
	6	有馬街道長坂堰提上流・大正時代施工地でのプロット
	7	六甲山頂ドライブウエーかわうそ池周辺明治時代施工地でのプロット
	8	同上の他のプロット
ニセアカシア林	9	保久良神社西北の斜面昭和20年代施工地でのプロット
	10	同上の他のプロット
	11	再度山ドライブウエー南斜面昭和30年代施工地でのプロット
	12	同上の他のプロット
	13	神戸高校背山昭和40年代施工地でのプロット
14	同上の他のプロット	
フサアカシア林	15	杉谷右支深谷の南斜面戦後施工されたものとみられる
	16	同上
オオバヤシャブシ林	17	六甲山石宝殿附近山腹植栽の施工地
	18	芦有道路奥地附近沢地に自然侵入して成立した
常緑広葉樹林	19	大竜寺山門直下の南斜面でのコジイ林
	20	大竜寺本堂背山のアカガシを主とする林
落葉広葉樹林	21	石楠花山より西南にある二次林とみられる林
	22	プロット17の附近で北斜面にかろうじて残っているイヌブナを主とする林

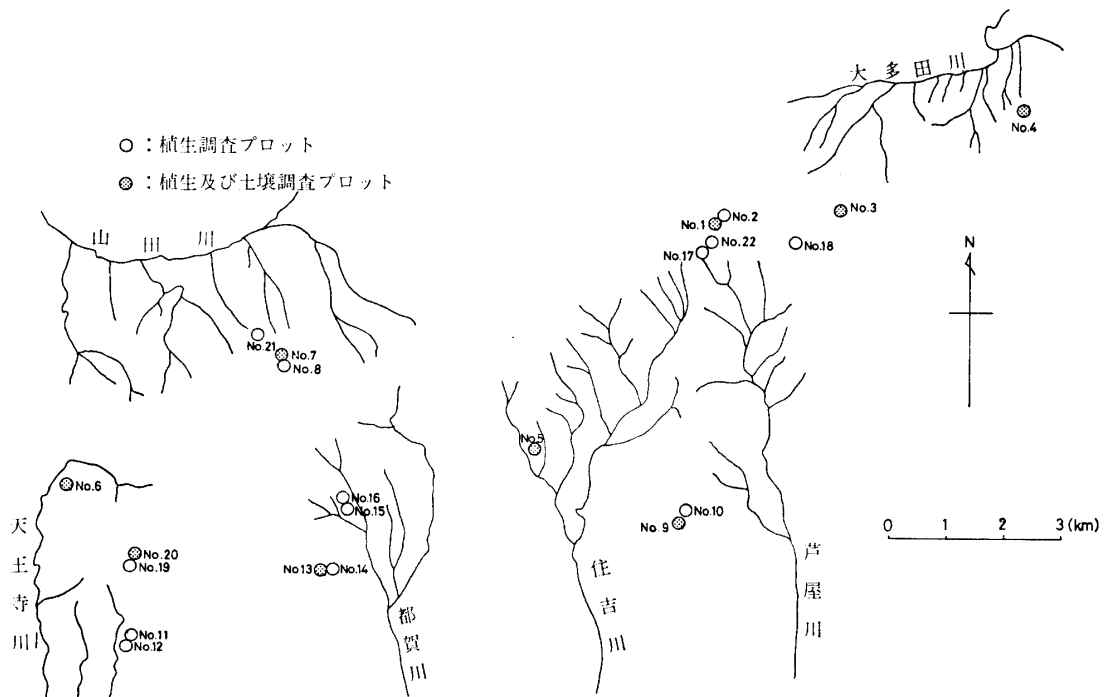


Fig. 2. Location map of research plots

生調査を行ない、その結果から、それぞれの林分の自然環境の回復度の判定が可能かどうかを試みようとしたものである。

なお調査にあたり終始温かい御援助を賜りました建設省近畿地方建設局六甲砂防工事事務所今西欽哉所長、同事務所原俊一副所長、畑谷祐一調査課長ならびに調査課の方々に深尽の謝意を表するものである。

植 生 調 査

1. 調査地の概要

植生調査は Table 1 に示した各年代の施工位置図に記載された施工地について行なうこととし、Fig. 1 の植生区分にしたがってそれぞれ Table 3 に示すような調査地点を選定した。すなわち砂防植栽施工地を主として対象とし、そのほか、天然性林分として大竜寺境内のシイ・アカガシ林、六甲山頂附近のイヌブナ林、石楠花山附近のコナラ林を選んで調査を行なった。

これら調査プロットの位置図を Fig. 2 に示す。

2. 植生調査

植生調査の詳細については本研究第 I 報⁴⁾で行なった方法に準じて行なった。その調査面積については、1プロットについて約 100 m² を目標とし、現地が砂防施工地であるため斜面の傾斜が急である場合が多いので幅 4 m のベルトトランセクト法で行ない、斜面の傾斜が緩かで 10×10m の方形調査地が可能な場合についてコードラート法で行なうこととした。

測定項目としては、高木層 (7 m 以上)、亜高木層 (7～2 m)、低木層 (2～0.5 m) および草木層の 4 段階ごとに出現する種の同定、高さおよびその個体の占有面積を測定し、そのうち、低木層および草木層では種の同定と被度を測定した。

調 査 結 果

調査結果としては全プロットの被度および頻度表、立面図、樹冠投影図を作成後に各プロットごとの調査結果の総括として植生調査表を作成しているのであるがここでは割愛して、Table 4, Table 5, Table 6 および Table 7 にそれぞれアカマツ林、砂防植栽林ならびに天然性林の種の構成表としてまとめて示しておく。

考 察

1. 近畿地方のアカマツ林

わが国のアカマツの天然分布については、林⁵⁾倉田⁶⁾が指摘するように本州最北端の青森県から南は九州屋久島に至るまで分布し、さらに豊原⁷⁾によれば朝鮮半

島、山東半島にかけて広く分布する種であって、生育のための温度要因および水要因について幅広い適用性をもつことを示している。

以上のように天然分布では広範囲なアカマツ林の成立に関して、四手井⁸⁾は気候や土壌などの自然環境の要因が寄与することは当然としながらも、それ以上の大きな要因として人為による作用をあげている。

人里近くの交通が便利である緩傾斜地や丘陵地に接近する山地帯が古くから伐採作用が行なわれており、その後二次的に成立したものがほとんどであると指摘している。そして、本州各地 (青森県から山口県に至る) の 18ヶ所にのぼるアカマツ林内に出現する植物の出現率として、ヤマウルシ・コナラ (94%)、サクラ類 (83%)、ヤマツツジ (78%)、クリ・ガマズミ類 (72%)、アオダモ (61%)、ミズナラ・リョウブ (56%)、ホオノキ・イヌツゲ・ナツハゼ (50%) などが主なものであり、近畿地方では、コナラ・ヤマウルシ (100%)、ソヨゴ・リョウブ・ネジキ・アクシバ (83%)、カマツカ・ヤマツツジ・イヌツゲ・ザイフリボク・コバノミツバツツジ・ヒサカキ・ナツハゼ (67%)、アオダモ・コシアブラ・アオハダ・クリ・サクラ類・ウリカエデ・クロモジ・コウヤボウキ・ヤブコウジ・ツクバネウツキ・アセビ (50%) の順に出現するとのでている。

豊原⁷⁾はアカマツ・モチツツジ群集であると記述し、李・門司⁹⁾はヒサカキ (83%)、モチツツジ (79%)、ネジキ (71%)、ヤマハゼ・ネザサ (50%) と出現頻度が高いとのべておられる。

以上のことは、本調査結果である Table 4 に示したアカマツ林の種の構成にもよく現われており、これら砂防植栽地によるアカマツ林が立派に成立していることを示している。ただ出現頻度が 8プロットの範囲内で、ヤマウルシ (100%)、コバノミツバツツジ (75%)、ヒサカキ・ネジキ (63%)、アセビ・ホソバアオダモ・クロモジ (50%) という結果になるが、亜高木層での積算優占度では、今回の調査地では、アセビ (69.3)、コバノミツバツツジ (61.3)、ネジキ (54.7)、ヤマウルシ (51.7)、コナラ (42.3)、ホソバアオダモ (40.0)、ヒサカキ (36.3) といった順になり、豊原⁷⁾の提唱される西日本のアカマツ林のもう一つのタイプであるアカマツ・コバノミツバツツジ群集に近いのではないかと考えられる。

さらに、これらのアカマツ林が当初裸地状態であった斜面にクロマツ・ヒメヤシヤブシを植栽木として施工した山腹施工地であることを考慮するとき、これらの導入種が現在ほとんど姿を見せずアカマツ林に遷移

Table 4. A list of species in AKAMATSU stand

Height (m)	Species	Plot 1	2	3	4	5	6	7	8
> 7	<i>Pinus densiflora</i>	●	●	●	●	●	●	●	●
	<i>Fraxinus sieboldiana</i>		○						
	<i>Quercus acutissima</i>				○				
	<i>Akebia quinata</i>				○				
7 - 2	<i>Rhus trichocarpa</i>	○	○	○	○	●	○	○	○
	<i>Rhododendron reticulatum</i>	○			●	○		●	●
	<i>Eurya japonica</i>			○	○	○	○	○	
	<i>Pieris japonica</i>	●	●					○	○
	<i>Lyonia elliptica</i>	○			○	○		○	○
	<i>Fraxinus sieboldiana</i>	○			○			○	○
	<i>Lindera umbellata</i>			●	○		○		○
	<i>Ilex pedunculosa</i>	○	○			○			○
	<i>Amelanchier asiatica</i>	○			○				
	<i>Pinus densiflora</i>		○		○				○
	<i>Vaccinium glabrum</i>		○			○		○	○
	<i>Quercus serrata</i>			○	○		○		○
	<i>Juniperus rigida</i>							○	○
	<i>Smilax china</i>			○	○		○		
	<i>Symplocos coreana</i>	○		○					
	<i>Clethra barbinervis</i>		○	○					
	<i>Camellia japonica</i>		○				○		
	<i>Alnus pendula</i>				○				○
	<i>Abelia serrata</i>				○			○	
	<i>Quercus glauca</i>				○		●		
<i>Prunus sargentii</i>					○	○			
<i>Pourthiaea villosa</i>					○			○	
	other species	1	1	5	4		13	1	
2-0.5	<i>Rhododendron reticulatum</i>	○	○	○	●	●		○	○
	<i>Rhododendron macrosepalum</i>	○	○	○	○	○		○	○
	<i>Ilex crenata</i>	○	○	○	○	○		○	○
	<i>Lindera umbellata</i>	○	○	●	○		○	○	○
	<i>Rhus trichocarpa</i>			○	○	○		○	○
	<i>Fraxinus sieboldiana</i>			○	○		○	○	●
	<i>Smilax china</i>	○			○	○	○		○
	<i>Pieris japonica</i>	○	○					●	○
	<i>Vaccinium glabrum</i>	○	○			○			○
	<i>Abelia serrata</i>		○		○			○	○
	<i>Castanea crenata</i>			○	○	○			○
	<i>Eurya japonica</i>			○	○	○		○	
	<i>Coccoloba trilobus</i>			○	○	○	○		
		other species	5	4	17	5	11	30	5
0.5 >	woody plants	16	16	31	22	24	20	22	28
	herbal plants	1	1	11	7	10	12	2	3
	climbing plants	3	4	10	6	7	16	2	2

Numerals indicate the species numbers

Table 5. A list of species in NISEAKASHIA and FUSAAKASHIA stands

Height (m)	Species	Plot 9	10	11	12	13	14	15	16
> 7	<i>Rhus succedanea</i>	●	●	●	●	●	●		
	<i>Robinia pseudo-acacia</i>				○				
	<i>Acacia dealbata</i>							●	●
	<i>Prunus lannesiana</i>							○	
7-2	<i>Robinia pseudo-acacia</i>	○	○	○	○	○	○		
	<i>Celtis sinensis</i>	○		○	○		○		
	<i>Pueraria lobata</i>	○	○						
	<i>Prunus sargentii</i>				○				○
	<i>Aralia elata</i>								
	<i>Ficus erecta</i>						○	○	
	<i>Acacia dealbata</i>						○	○	
	<i>Prunus lannesiana</i>							○	○
	<i>Aphananth aspera</i>							○	○
	<i>Rhus chinensis</i>	○							
	<i>Trachelospermum asiaticum</i>				○				
	<i>Ligusticum japonicum</i>								
	<i>Euonymus japonicus</i>						○	○	
	<i>Elaeagnus pungens</i>						○	○	
	<i>Quercus acutissima</i>								○
	<i>Quercus serrata</i>								○
	<i>Pinus densiflora</i>								
2-0.2	woody plants	3		9	3	5	8	23	21
	herba plants			2	2	5	11	4	3
	climbing plants	1		4	2	5	7	9	4
0.5>	woody plants	9	3	11	10	5	10	21	34
	herbal plants	7	3	16	20	8	16	18	12
	climbing plants	9	6	10	10	6	7	10	11

Numerals indicate the species numbers

してしまっている現実に直面するのである。これら砂防植栽林ではない、いわゆる天然性のアカマツ林が成立する過程についてもあまり明確な記述は見当たらないのであるが、それまでの林が何度か伐採されて裸地化するまでには至らずとも低木林時代からスタートしてアカマツ林になったと解釈するのが妥当な線ではないかと考えられる。これらの天然性のアカマツ林と砂防植栽林からスタートしたアカマツ林との区別が上記の群落構成種からつけられるのであろうか、もしその区別がつけられないとすれば、現在西日本に成立するアカマツ林のうち過去に砂防植栽工を施工された面積が相当な割合いで含まれることになるのである。これは多分に独断的になるかも知れないが、四手井⁸⁾のべられた人為作用がアカマツ林の成立に関与するという

解釈が一般には在来の森林を伐採したためその跡地に自然に成立したものであるととれる訳であるが、筆者は過去における人間の生活手段により破壊された林地を復旧させるために、明治以後砂防植栽工を施工された結果成立したアカマツ林が相当な面積にのぼると解釈したのである。

以上のように成立したアカマツ林であるが、調査結果からの印象として、全般的に主木であるアカマツの衰えが著るしく、近き将来、落葉広葉樹林へと遷移していく傾向が強いと感じられた。

2. 砂防植栽樹種による林

明治、大正および昭和初期にかけての砂防植栽樹種として用いられたものにクロマツ・ヒメヤシヤブシが代表的であったが、昭和20年以降は、オオバヤシヤブ

Table 6. A list of species in ever green broad leaved tree stand

Height (m)	Species	Plot 19	20
> 7	<i>Castanopsis cuspidata</i>	●	●
	<i>Quercus acuta</i>		●
	<i>Carpinus tschonoskii</i>	○	
	<i>Ilex integra</i>		○
	<i>Quercus glauca</i>		○
7-2	<i>Castanopsis cuspidata</i>	●	●
	<i>Camellia japonica</i>	○	○
	<i>Ligustrum japonicum</i>	○	○
	<i>Eurya japonica</i>	○	○
	<i>Smilax china</i>	○	○
	<i>Quercus glauca</i>	○	
	<i>Cleyana japonica</i>		○
	<i>Actinodaphne lancifolia</i>	○	
	<i>Quercus acuta</i>		○
	<i>Neolitsea sericea</i>	○	
	<i>Ilex pedunculosa</i>		○
	<i>Ilex integra</i>	○	
	<i>Pieris japonica</i>		○
	<i>Cinnamomum japonicum</i>	○	
	<i>Photinia glabra</i>	○	
	<i>Prunus sargentii</i>	○	
	<i>Aucuba japonica</i>	○	
	<i>Rhus trichocarpa</i>	○	
	<i>Viburnum dilatatum</i>	○	
	<i>Trachelospermum asiaticum</i>	○	
<i>Wisteria floribunda</i>		○	
<i>Euonymus sieboldianus</i>		○	
<i>Fraxinus sieboldiana</i>		○	
<i>Rosa multiflora</i>		○	
<i>Rhododendron tschonoskii</i>		○	
<i>Pleiblastus simonii</i>		○	
2-0.5	<i>Castanopsis cuspidata</i>	●	●
	<i>Quercus glauca</i>	○	○
	<i>Quercus acuta</i>	○	○
	<i>Camellia japonica</i>	○	○
	<i>Ligustrum japonicum</i>	○	○
	<i>Cinnamomum japonicum</i>	○	○
	<i>Photinia glabra</i>	○	○
	<i>Ilex pedunculosa</i>	○	○
	<i>Rhus trichocarpa</i>	○	○
	<i>Abelia serrata</i>	○	○
	<i>Lammaphyllum microphyllum</i>	○	○
	<i>Actinodaphne lancifolia</i>	○	
	<i>Machilus japonica</i>	○	
	<i>Cinnamomum camphora</i>	○	
	<i>Prunus sargentii</i>	○	
	<i>Sorbus japonica</i>	○	
	<i>Ilex integra</i>	○	
	<i>Rhamnus crenata</i>	○	
	<i>Cleyana japonica</i>		○
	<i>Euonymus sieboldianus</i>		○
<i>Eurya japonica</i>		○	
other species	10	7	
0.5>	woody plants	29	20
	herbal plants	19	6
	climbing plants	14	6

Numerals indicate the species numbers

Table 7. A list of species in deciduous broad leaved tree stand

Height (m)	Species	Plot 21	22	
> 7	<i>Quercus serrata</i>	●		
	<i>Fugus japonica</i>		●	
	<i>Quercus mongolica</i>		○	
	<i>Acer mono</i>	○		
	<i>Carpinus tschonoskii</i>		○	
	<i>Platycarya strobilacea</i>	○		
	<i>Styrax japonica</i>	○		
7-2	<i>Sorbus japonica</i>		●	
	<i>Clethra barvinervis</i>		○	
	<i>Fraxinus sieboldiana</i>		○	
	<i>Rhus trichocarpa</i>		○	
	<i>Lindera umbellata</i>		○	
	<i>Lyonia elliptica</i>		○	
	<i>Vaccinium glabrum</i>		○	
	<i>Platycarya strobilacea</i>		○	
	<i>Styrax japonica</i>		○	
	<i>Pourthiaea vilosa</i>		○	
	<i>Stewartia pseudo-camellia</i>		○	
	<i>Castanea crenata</i>		○	
	<i>Symplocos chinensis</i>		○	
2-0.5	<i>Mallotus japonica</i>	○		
	<i>Quercus mongolica</i>		○	
	<i>Magnolia salicifolia</i>		○	
	<i>Cornus kousa</i>		○	
	<i>Ilex macropoda</i>		○	
	<i>Carpinus tschonoskii</i>		○	
	<i>Fugus japonica</i>		○	
	other species	6	9	
	2-0.5	<i>Lindera umbellata</i>	●	○
		<i>Hydrangea hirta</i>	○	○
		<i>Rhus trichocarpa</i>	○	○
		<i>Symplocos coreana</i>	○	○
		<i>Rhododendron kaempferi</i>	○	○
<i>Vaccinium glabrum</i>		○	○	
<i>Carpinus tschonoskii</i>		○		
<i>Acer parmatum</i> T. subsp. <i>amoenum</i>		○		
<i>Hamamelis japonica</i>		○		
<i>Clethra barvinervis</i>		○		
<i>Symplocos chinensis</i>			○	
<i>Sorbus japonica</i>			○	
<i>Euonymus oxyphyllus</i>			○	
<i>Fraxinus sieboldiana</i>		○		
other species	10	4		
0.5>	woody plants	7	34	
	herbal plants	1	20	
	climbing plants	5	5	

Numerals indicate the species numbers

シ、ニセアカシア・ヤマハンノキ、フサアカシアなどの植栽が主流を占めるようになってきた。六甲山系においても、とくに表六甲においては、ニセアカシアが広範囲に植栽され、現在では5～6月に神戸の市街地から六甲山を望めば一面ニセアカシアの花で真白に染められるまでに生育している。Table 3 に示したように、昭和20年代、30年代および40年代施工の林分について、おのおの2プロットづつ計6プロットを調査することになったが、Table 5 に示したように、ニセアカシアおよびネザサの優占する林となっていて、本研究第I報⁴⁾の牛伏川流域のニセアカシア林とは大いに異なる構成種となっている。先駆植生として導入したニセアカシアの優占するのは当然のことであるが、低木層以下にネザサが優先することにより防災的見地からの斜面からの流出する土砂の扞止という点に関しては立派にその効果は発揮されているのであるが、牛伏川でみられたような、他の遷移に関与すると考えられる在来種の侵入が著しく阻害されているという結果になっている。したがって、その林分の構成種数も極端に少なく、林分の階層構造の発達も見られない貧弱な植物群落であるという印象を受けるのである。これに反し、同じマメ科の導入植生であるフサアカシア林では、林床でのネザサの侵入が弱いせいも、他の在来種の侵入がスムーズに行なわれ、ニセアカシア林に比べるとはるかに変化に富む植物相を呈している。

プロット17のオオバヤシャブシ林については、前述のように、導入植生としてクロマツが枯死して、オオバヤシャブシ林へと移行したと考えられる林分でその下層の植生は、前述のアカマツ林のそれと非常によく似た組成を示している。これに比しプロット18のオオバヤシャブシ林は開出した沢地形の個所に自然に成立したと考えられる林分で、オオバヤシャブシの生育状態からみて、その成立年代はそれほど古いとは考えられないが、林分として階層構造を形成し、容易に次の落葉広葉樹林へと遷移することが想像される群落であろうと考えられる。

3. 植物社会の環境変化に対する判定について

植物社会のそのおかれた環境の変化に従って遷移をくり返し極盛相に到達することは、クレメシツ¹⁰⁾なりタンスレー¹¹⁾によって提唱され、これらの説が金科玉条とされてきた。わが国においても、桜島の溶岩台地における田川¹²⁾および伊豆大島における手塚¹³⁾による研究により植物社会の遷移系列について明らかにされている。いずれの研究も裸地から極盛相に至るまでのタイムスケールが、ほぼ1000年前後の長期間を要することが示されている。

本研究における調査地のように山腹植栽工により1年生草木期および多年生草木期をとり越して、いきなり低木期からスタートさせた遷移系列のたどる道はやはり陽性樹種による林が成立しているものと解釈できるのである。手塚¹³⁾はそれぞれのステージでの環境変化の判定を林の構成種とともに土壌要因に焦点を絞り土壌層の発達との関連で報告している。筆者も本研究第I報⁴⁾において、土壌調査を同時に行ない、同年代の施工地であるため植物の構成種による遷移の差を認めることができても土壌層の発達に至るまでの結果は得られなかった。本報告に対する調査においても、アカマツ林およびニセアカシア林の一部で土壌調査を担当された本城¹⁴⁾は、明治時代、大正時代、昭和初期にかけての調査結果として、土壌層の形成について、それほど差は認められず、まだまだ未熟土壌であると報告されている。

そこで本研究の場合、しかるべき環境要因としての光の条件の測定なり、成長量調査などを行っていないために、地上の植生調査のみでこれらの環境の変化を判定するためには陽樹林としての形態が整っているかどうか、またこれらを構成する種のうちで遷移に関与する種が含まれているかどうかによって判定することの可否を検討しようとするものである。

本研究第I報⁴⁾において、牛伏川流域のニセアカシア林について、樹高が7m以上を高木層、7～2mを亜高木層、2～0.5mを低木層および0.5m以下を草木層として、各層における種の同定と、高さおよび被度を測定した結果、高木層にニセアカシアが優占するが、亜高木層なり低木層が欠除し草木層のみの林分があり、この群落がしだいに低木層を形成し、さらに亜高木層がこれに続き、ついでこれらの構成種のうちニセアカシアの優占度が低下するにつれて、在来種のカシミザクラ、シラカンバ、ミズキ等が成育していることを指摘した。したがって、以上にのべたごとく、植物社会が遷移していく場合には必ず高木層を形成する種と異なる種(高木)が成育していなければこれらの群落には遷移は生じないのである。

このような下層植生の成育状況を示すのに林分の階層構造の発達状況を明らかにする必要がある。

Fig. 3 は前記調査プロットにおける階層構造図である。この図の意味は、植物群落がある高さの群落を形成する場合に、それぞれの階層で占める空間を無駄なく利用することにより物質生産を最大にすることがその植物社会の環境を永続的に保ちうる最大の要因であるという概念に基づくのである。

Fig. 3 の (a), (b), および (c) に示したように、

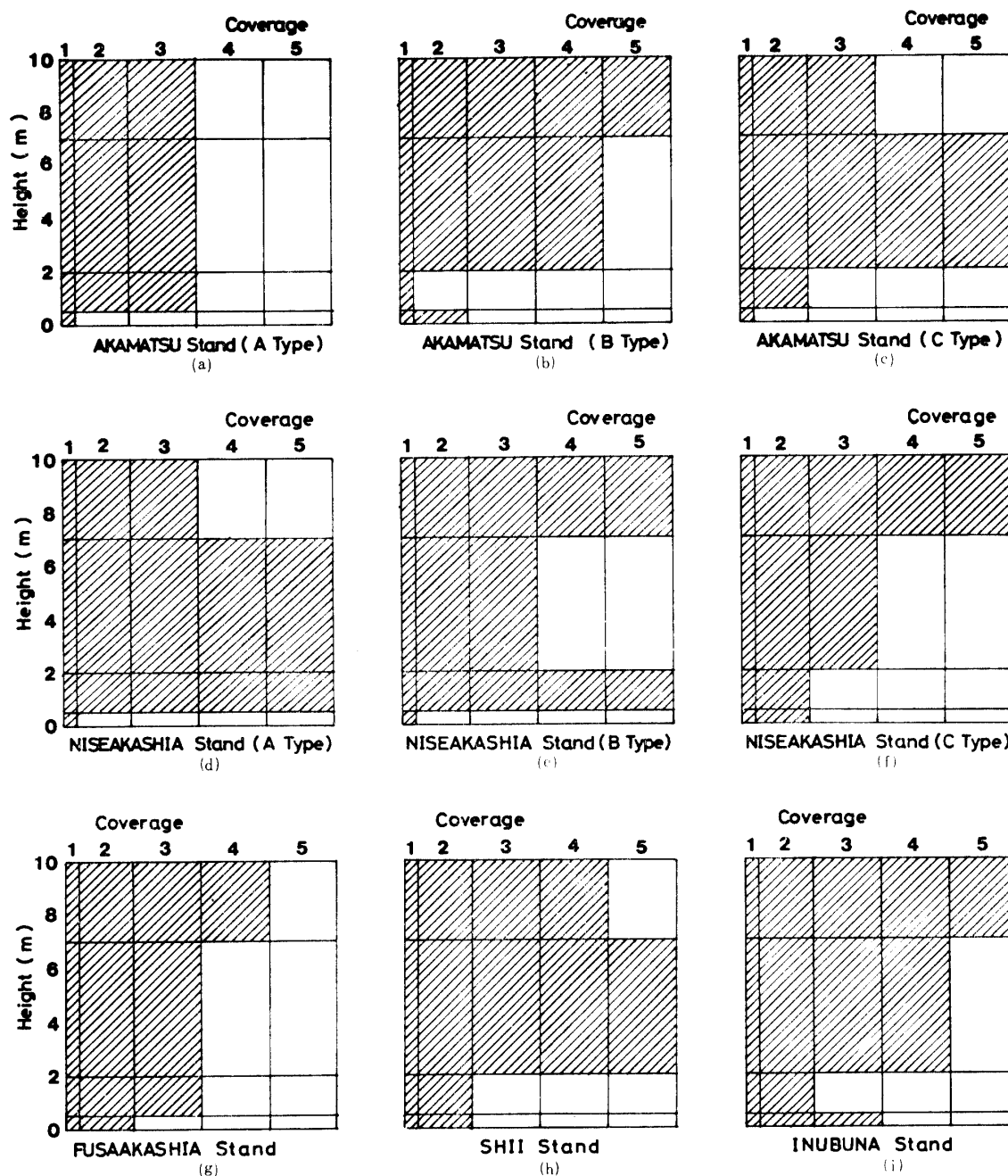


Fig. 3. Diagrams of vegetational strata

アカマツ林の階層構造について、Aタイプ、Bタイプ、およびCタイプに分類できるが、Aタイプは調査プロット No. 1 および No. 2 における状態を示し、アカマツの衰退が顕著で、亜高木層にアセビの古木が存在し、これ以外に目ぼしい高木種が見当たらないことから、また新たなアカマツ林に再生されるか落葉広葉樹林に移移していくかはまだまだ流動的な林分であると判断される。Bタイプは典型的なアカマツ林と考えられ、下層に、コナラ、ヤマウルシ、コバノミツバツツジ、クロモジ等が優占しており、Cタイプの場合は高

木層のアカマツが衰微の傾向を示し、下層の広葉樹が優勢であり、このまま推移すれば、これら広葉樹林に移移していくと考えられる林分である。(プロット No. 4, No. 6, No. 7 および No. 8)

以上のことから階層構造の面からは A→B→C の順で遷移が進むものと推察される。

ニセアカシア林についても Fig. 3 の (d), (e) および (f) に示したように Aタイプ (プロット No. 9 および No. 12), Bタイプ (プロット No. 10, No. 13 および No. 14) および Cタイプ (プロット No. 11)

にみられるような分類がなされ、六甲山系の場合、前記山鳥²⁾が指摘したように低木層のネザサの発達が顕著であって、AタイプおよびBタイプともに低木層にネザサが優占種となっているため、他の在来種の成育は極端に制限され、亜高木層の優占種はいずれもニセアカシアであり、ここ当分は導入された先駆植生による極盛相といった感があり、他の在来種の発達が望めない状態である。これに反しネザサの優勢でないCタイプでは、多少は他のプロットよりも種数は多いものの種の構成状態はそれほど差があるとは認められないプロットである。いずれのA、BおよびCタイプも亜高木層をニセアカシアで支配していることから遷移の進行がどうであるとは云えない状態で、ここ当分はニセアカシア林が続くものと考えられる。

同じ先駆植生群落であるフサアカシア林については調査時の前年(1977年)の冬期に西日本一帯が異常寒

波に見舞われ、高木層のフサアカシアの梢端がことごとく被害を受けたのであるが、下層木にはその影響はほとんどなく旺盛に育成を続けている。ネザサはそれほど優勢でなかったことにもよるが在来種の侵入は順調であり、ニセアカシア林とは異なった傾向を示しており、早期に在来種の林へと遷移しそうである。

本調査プロットのうちの極盛相と考えられるシイ林とイヌブナ林の階層構造であるが Fig. 3 の (h) および (i) に示してあるが、いずれも高木層亜高木層の充実ぶりは明らかで、林地の空間をほぼ完全に利用しており、その下層を占める種も上層木の後継樹が優占しており立派な森林であると判定できるのである。

以上のことから現状の植物群落がよりよい環境条件を形成していく上で、群落の遷移に関係すると考えられる種として、下層の構成種のうち、木本類に目を向け、中でも高木となりうる種が鍵を握ることになるの

Table 8. Percentage of tree species coming out of the vegetation of lower strata in the hill-side planting works stands

Plot number	Name of plant community	Percentage of tree species		
		Sub-tree stratum	Shrub stratum	Herb stratum
1	AKAMATSU stand	20(2)		14(3)
2		22(2)		10(2)
3		21(3)	15(4)	12(6)
4		32(6)	7(1)	11(4)
5		30(3)	19(4)	15(6)
6		43(9)	18(7)	8(2)
7			13(2)	8(2)
8			11(2)	19(6)
9	NISEAKASHIA stand	20(2)	25(1)	12(3)
10		100(1)		100(1)
11		67(2)	11(2)	11(4)
12		60(3)	22(2)	7(3)
13		100(1)	100(1)	50(1)
14		33(3)	12(3)	6(2)
15	FUSAAKASHIA stand	57(4)	11(4)	2(1)
16		71(5)	27(7)	15(8)
17	OOBAYASYABU SHI stand	18(4)	7(1)	
18		14(1)	20(6)	6(4)
19	EVER-GREEN B. L. stand	44(7)	34(11)	18(12)
20		13(2)	19(4)	16(5)
21	DECIDUOUS B. L. stand	29(6)	7(1)	14(2)
22		35(8)	15(3)	8(5)

(): tree species numbers

ではないかと考えるのである。Table 8 はこれら高木種を高木層、低木層および草本層ごとに表示したものである。

Table 8 によれば各階層ごとの出現種数に対する高木率で表現されているが、各階層を構成する種数が多ければこの値が低下し、逆に種数が少なければ、そのうちの高木種が1種のみでニセアカシア林のごとく100%、50%という高い値になりかねないのである。

したがって、これらの数値で遷移の過程を表現することに無理があると考えられ、やはり高木種の質および数が問題になることが予想され、その上これらの被度が関連してくるものと考えられる。

本研究の場合、アカマツ林とニセアカシア、フサアカシア林のような砂防植栽林とでは、前者が過去に砂防植栽された経歴をもち、現在では二次的なアカマツ林として成立しているのであるが、ニセアカシア・フサアカシア林では主木が同じ陽性の樹種ではあるが、砂防植栽樹として積極的に導入した種であるから遷移の段階ではあきらかに差があるものとし、同じ階層構造を形成するとしても、その構成種が導入種であるか由来種であるかに大いにその差を認めなければならないのである。また各階層を形成するにあたって、ある高木種の草本層での実生と、亜木層での個体とではこれを同一視することは不可能で、そこに時間的な意味を加味しなければならないことと、さらに、それらの生活状況が旺盛であるか否かといった面は当然その種の被度に表現されてくるものと考えられる。以上あげた点を考慮して、それぞれの植物群落の質的、量的変化を表現できれば、その群落の遷移、ひいては環境条件の変化と対応していくのではないかと考えるのである。

そこで一つの試みがあるが、これら亜高木層以下の高木種の数なり質からその群落の下層植生の遷移に対する成熟度（下層植生が成熟すれば、いつでも主木にとり替って遷移が進行するという尺度）とでも表現して、これを数量化するために、前記、各階層の高木種が由来種か導入種であるかである重みを与え、これを a とし、由来種と導入種との重みをいま仮りに10 : 1 とし、b を由来種の種類数とし、さらに、これら高木種が亜高木層、低木層および草本層に出現することに對する重みとして3 : 2 : 1 と仮定し、最後にこれら高木種による被度をペンファウンドの被度値をそのまま利用することにして、下層植生の充実度 (degree of completeness) を次式で算定してみた。

すなわち、

$$DC = \sum a_i \cdot b_j \cdot c_k \cdot d_l \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 a_i : 由来種では10, 導入種は1とする。

b_j : 各階層に出現する高木種数

c_k : 各階層ごとの重みで亜高木層で3, 低木層で2 および草本層で1を与える。

d_l : 各階層に出現する高木種による被度値
被度 75~100%を4, 50~75%を3,
25~50%を2, 6~25%を1, 1~5%
を0.2, 1%以下を0.04とした値を用いる。

以上の式を各階層ごとに算定した値をDC値として求めたのがTable 9である。これらの結果を両対数紙に横軸を高木種数とし縦軸に充実度(DC)をとり、プロットしたのがFig. 4に示す図である。

砂防植栽林とアカマツ林の双方とも同じ線上に並ぶ傾向がみられるが、これらの値がいくらになれば、次の植物群落へと遷移していくのかは未定であるが、ニセアカシア林なりアカマツ林がそれぞれの下層植生が充実し、それがどの程度になれば遷移が進行するかという判断には、DS値が100以上、出現高木種数が10種以上になって始めてその資格が得られるのではないかと考えられるのである。本研究の範囲内では、アカマツ林でのプロット No. 4 および No. 6 の両プロットと、フサアカシア林のプロット No. 16 がこれに当り、それぞれ落葉広葉樹林、No. 6 では落葉・常緑広葉樹の混交林へと遷移するものと判断しても差し支

Table 9. The degree of completeness for the vegetation of lower strata in the hill-side planting works stands

Plot number	Tree species numbers	Degree of completeness
1	5	6.0
2	4	5.6
3	13	24.4
4	11	104.8
5	13	27.6
6	18	121.2
7	4	4.0
8	8	42.8
9	6	13.4
10	2	3.0
11	5	9.3
12	6	33.3
13	3	0.7
14	8	50.2
15	9	47.7
16	20	218.2

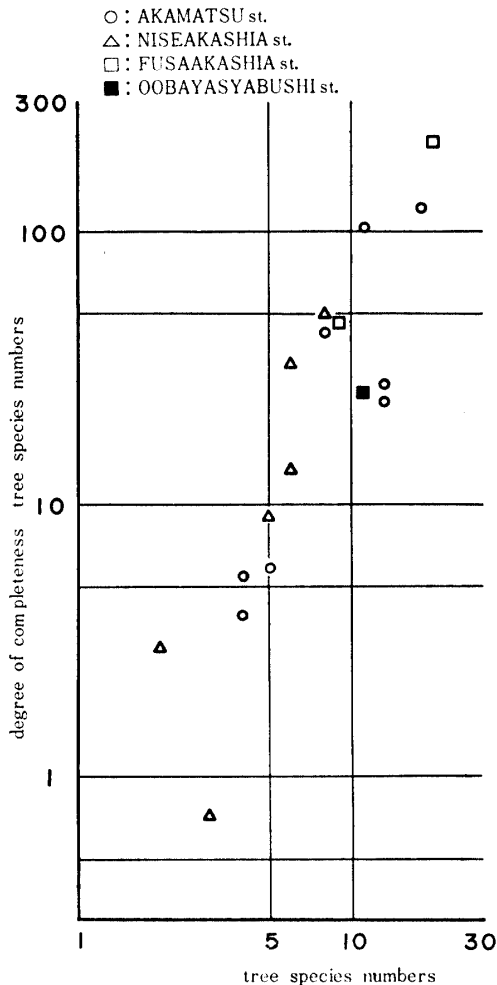


Fig. 4. Relation between the degree of completeness and the tree species numbers coming out of the vegetation of lower strata in the hill-side planting works stands

えないものと考えられる。

以上一応の結果らしき事項を示したが、沼田¹⁵⁾¹⁶⁾は遷移度という概念を示して、ヒメジオン群落、チガヤ・ススキ群落およびクロマツ群落という一連の遷移系列に対する数量化を示されている。本研究のようにプロットの選定のさいの無計画な面があって反省しているのであるが、施工年次の明らかな調査地が同程度の数だけ選定するのに非常な制約があったことなどで以上にのべたような解析方法でしか追求できなかった。

今後は以上の点を参考にして組織的に調査プロットを確保することと、調査項目を上記の遷移度なり充実度を算定できるよう調査を続けていきたい。

引用文献

- 1) 山本吉之助 (1977) : 六甲山系砂防計画に関する調査報告書, 建設省近畿地方建設局六甲砂防工事事務所, p. 27-33.
- 2) 山鳥吉五郎 (1944) : 六甲山の植物, 新民書房, p. 3-4.
- 3) 岡本省吾 (1955) : 六甲山系植物誌, 神戸市農政局, p. 8-10.
- 4) 大手桂二・本城尚正・妹尾俊夫 (1978) : 山腹植栽工によって成立した植物群落における遷移に関する研究 I, 京都府大学報 農, 30号, 58-71.
- 5) 林弥栄 (1969) : 有用樹木図説, 材木編, 誠文堂新光社, p. 47-48.
- 6) 倉田悟 (1964) : 原色日本林業樹木図鑑, 第1巻, 地球出版, p. 28-29.
- 7) 豊原源太郎 (1973) : 生態学講座4, 植物社会学, 共立出版, p. 48-53.
- 8) 四手井綱英 (1963) : アカマツ林の造成—基礎と実際—, 地球出版, p. 15-18.
- 9) 李一球・門司正三 (1963) : アカマツ林床群落の種類組成におよぼす植物成分の影響, 植物学雑誌, 76; 400-413.
- 10) Weaver J. E and F. E. Clements (1938) : Plant ecology, New York.
- 11) Tansley A. G. (1949) : Introduction to plant ecology, London.
- 12) 田川日出夫 (1964) : A study of the volcanic vegetation in Sakurajima, south-west Japan, 1. Dynamics of vegetation, Mem. Fac. Sci. Kyushu univ. Ser. E3; 3-4.
- 13) Tezuka. Y. (1961) : Development of vegetation in relation to soil formation in the volcanic island of Oshima, Izu, Japan, Jap. Journ. Bot., 17 (3); 371-402.
- 14) 本城尚正 (1978) : 六甲山系砂防計画に関する調査報告書, 第2編建設省近畿地方建設六甲砂防工事事務所, p. 202-239.
- 15) 沼田真 (1961) : 生態遷移における問題点—とくに, 二次遷移と遷移診断について—, 生物科学13 (4); 146-152.
- 16) 沼田真・林一六・小村登志子・大木薫 (1964) : 遷移からみた埋土種子集団の解析 I, 日本生態学会誌, 14 (5); 207-215.

Summary

It is general for the vegetation in Rokko mountains area (about 150 km²) that AKAMATSU (*Pinus densiflora*) and KONARA (*Quercus serrata*) stands are secondarily established, which occupy in 80-90% of mountains area.

There are various stands (about 66 km²), executing the planting works, in which many seniors of Sabo engineering gave their mind to execute the hill-side planting works since 1902.

We studied for the succession of these stands, the results are summerized as follow:

1. There was some relation between the development of the vegetation of lower strata and the changing phases of circumstances of these stands.

2. Especially, because there was worth notice how conditions of tree species growing up at the lower strata, we set up assumptively the concept of the degree of completeness (DC) for the vegetation of lower strata, and tried to calculate DC.

3. It was evidence that No. 4, No. 6 and No. 16 plots were better condition for the succession than other plots.