

六甲山系における山腹植栽工林地の土壌回復について

本城 尚正・*塩野 裕司**・大手 桂二***

TAKAAKI HONJYO*, YUUJI SHIONO** and KEIJI OHOTE***

The soil restoration of the hill-side planting worked area in the Rokko mountains

要旨：六甲山系は過去において大規模な人為的干渉を受け、殆んど全山が裸地と化したところである。その後、明治の末期より山腹植栽工が施工され、その結果、現在は緑が回復し立派に成林している。したがって、これらの森林は植生および土壌の経時的遷移について調査しうる貴重な場所と考えられるので、今回とりあげて、相互の様相を考察した。その結果要約すれば次のとおりである。

- 1) 全般に土層が薄く、砂質で土壌水分は乏しい。層位もやや不明瞭である。しかし植生遷移の進行に伴って、土壌も僅かではあるが遷移の様相を呈している。
- 2) 本地域の土壌はいずれも強酸性で無機養分も激しい溶脱化のため乏しい。
- 3) 一般的に土壌の理化学性はよくない。この程度の経過年数では、たとえ地上部の緑が回復しても、土壌はまだ未熟であって、良好な植物群落-土壌系の発達には長期間が必要でその維持、管理は容易でないと考える。

はじめに

六甲山系は、神戸市をはじめ宝塚市ならびに西宮市に隣接し、開発と保全に関して都市住民との深い関わりを持ってきた近郊緑地である。

本調査地は古い記録¹⁾からも明らかのように、かつて巨石や大木の採取地として人間による盗伐濫伐など大規模な干渉を受けてきたために、土壌は侵食・流亡によって荒廃し、ついには山地は裸地と化したところである。

その後明治末期より、裸地状態の斜面に筋工や積苗工が施工され²⁾、アカマツ、クロマツを主体に砂防植栽が何度となくくり返し行なわれ、その結果、今日ではそれらが立派に成林し、現在では六甲山系全域が緑

に包まれ、植生のない山腹は殆んど見受けられなくなったことは喜ばしいことであると同時に、長い間この治山、治水事業に携わった人々の偉業がしのばれる。

このような歴史的背景をも考慮に入れると本調査地は植生遷移と土壌遷移の経時的変化の比較研究の対象として格好の存在で、貴重な資料が得られるものと考え調査検討を行った。

今回の調査は、先に報告された²⁾植物群落の種類や構造と並行して、昭和52年度より土壌の現地調査を行ない、以後試料の分析を進め成果をとりまとめたものである。

この調査結果が、六甲山系のみならず他の林地の自然環境の保全や緑の管理育成のための資料として役立つことになれば幸いである。

* 京都府立大学農学部附属演習林研究室
Experimental Forest Station, Faculty of Agriculture, Kyoto Prefectural University, Kyoto, Japan.

** 京都府宇治市立南宇治中学校
Minamiuji Junior High School, Kyoto, Japan.

*** 京都府立大学農学部砂防工学研究室
Laboratory of Erosion Control Engineering, Faculty of Agriculture, Kyoto Prefectural University, Kyoto, Japan.

昭和57年7月9日受理

1 調査地の概要

1) 地形

六甲山系は大阪湾の北岸に位置し、西は明石海峡を隔てて淡路島と相対する西須磨海岸におこり、東は武庫川に及ぶ、その間約 30 km の西南西—東北東方向に長軸を有する地壘山地である³⁾。標高は通称六甲山の最高峰が 932.1 m、摩耶山 698.6 m、石楠花山 652.0 m、再度山 468.2 m、高取山 320.5 m、鉢伏山 245.7 m という数字が示すように、東から西に行くに従って低くなっている。四周との関係を大局的にみると、まず南は神戸低地に面するが、その境は急峻な断層崖によって低地に臨んでおり、北は大多田川—有馬温泉—有野川上流—山田川上流を結ぶ一連の谷によって、北側の低い丘陵地と相対する。一方、東と西とは従来必ずしも定説がなく、南東は甲山付近の北山山塊、西は小部、鈴蘭台付近の小起伏地、丘陵を含めている例も少なくないが、純粋な山地的範囲は、これらの区域を除外した、芦屋川断層以西、生田川布引谷以東の範囲に限定される。

その特徴としては、やはり尾根筋から山麓市街地に至る急峻さであって、表六甲山系の河川は、山地においてはいずれもその延長が短かく、急勾配で谷頭付近の侵食も激しく、かつ流域面積が狭い。また、その激しい侵食のために、これらの河川は市街地においては天井川となっているものが多い。

2) 地質

六甲山系のほとんどは、中生代(約 6 千万年~2 億数千万年前)に噴出した花崗岩で成り立っており、藤田ら³⁾ はこれらが広島型花崗岩と領家型花崗岩からなっていることを明らかにし、前者を六甲花崗岩、後者を布引花崗岩と名付けた。

布引花崗岩は、中生代の初めに貫入したものと考えられており、岩石は中粒で、石英の量が比較的少なく、長石は大部分が斜長石で僅かにカリ長石を含み、黒雲母と共に多くの角閃石を含む。

六甲花崗岩は、中生代末に布引花崗岩と古生層を貫いて貫入したもので、六甲山地の大部分を占めている。岩石の粒度変化はかなり激しく、多量の石英、カリ長石を含み、斜長石の量は少なく、鉄苦土鉱物としては黒雲母が普遍的であるが、白雲母または少量の角閃石を伴うこともある⁴⁾。

2 調査方法

調査の対象地点は、植生調査の結果にもとづいて、踏査による予備調査を行ない、次に示す林地を選定し

た。まず、明治時代から大正時代にかけて山腹植栽工がなされて、現在アカマツ林が成林している林地の中から 5 カ所と、山腹砂防工事が行なわれていないアカマツの林地で 1 カ所、そして残り少ない天然生林で本調査地域の極相林と考えられる常緑広葉樹林(シイ・アカガシ)を対照地として 1 カ所、合計 7 カ所(Fig. 1)を選定し、土壌調査を行なった。

まず、対象地の地形、植生、人為の影響などを考慮して、植生・土壌とも最も安定しているとみなされる地点を選定し、土壌断面を設定して調査を行なった。土壌断面は幅 1 m、深さ 1 m を原則としたが、未風化層である C 層が早くから出るため 1 m まで掘り下げることのできない断面もあった。

自然状態の理学性分析試料は深さ 4 cm の採土円筒の中央が、表土から 5, 10, 20, 40, および 70 cm の深さとなるように採土した。また、化学性分析試料も同じ深さから採取した。

土壌の分類および土壌断面形態の調査、理化学的諸性質の分析法は、わが国の森林土壌調査法で用いられている国有林野土壌調査方法書⁵⁾ に準じて行なったが、土色の判定は標準土色帖⁶⁾ によった。炭素、窒素は CN コーダ MT 500 型(柳本製作所)による乾式燃焼法⁷⁾、塩基置換容量(CEC)は Peech 法⁸⁾、置換性の Ca, Mg, K, Na は原子吸光法^{9), 10)} を用いて分析を行なった。

3 調査結果

1) 現地調査

土壌断面の現地調査結果を Table 1 に断面模式図を Fig. 2-1~7 に示した。

(1) Plot 1

本地点は明治 42 年に施工植栽された林分内で、植生の階層構造はつぎのとおりである。

高木層：アカマツ

亜高木層：ネジキ、ヤマウルシ、アセビ

低木層：アセビ、コバノガマズミ、コックバナ
ウツギ、コバノミツバツツジ

草本層：サルトリイバラ、ススキ、イヌツゲ、
コメツツジ

土壌は花崗岩質土壌であるため、一般的に連続的な風化過程をとらず、不連続な細粒化のおこりにくい粘土に乏しい砂質の土壌となっている。そのうえ、山腹砂防工事の施工によって、土壌の移動が大きく行なわれたり、その後の匍行によって、基岩までは深い小さな礫の多い砂土である。

堅密度は各層とも頗る鬆で粘性は特に弱い。通気透



Fig. 1. Location of the surveyed areas.

Table 1. Results of

NO.	Plot Forest Type (Construction time)	Slope Exposition Incline	Horizon	Depth (cm)	Texture	Humus	Color
1	AKAMATSU (1909)	S60°W 43°	A	0- 5	G	***	10YR 3/4
			B ₁	5-24	S	*	10YR 5/8
			B ₂	24-51	S	**	10YR 6/6
			C	51-	S	—	10YR 6/8
2	AKAMATSU (1916)	S40°W 35°	A	0-17	CL	***	10YR 3/2
			B	17-57	L	**	10YR 5/6
			C ₁	57-87	SiL	—	10YR 6/6
			C ₂	87-	S	—	10YR 6/8
3	AKAMATSU (1906)	N75°E 25°	A	0- 7	L	*	10YR 5/4
			B	7-28	SL	**	10YR 5/6
			C ₁	28-52	SL	**	10YR 6/6
			C ₂	52-	SL	**	10YR 6/6
4	AKAMATSU (1905)	S45°W 30°	A	0- 5	L	***	10YR 4/2
			B ₁	5-14	SL	*	10YR 5/4
			B ₂	14-38	SL	**	10YR 6/4
			C ₁	38-80	S	—	10YR 7/4
5	AKAMATSU (1910)	S70°E 30°	A	0- 5	L	***	10YR 3/2
			B	5-22	L	*	10YR 5/8
			C ₁	22-52	SL	**	10YR 6/6
			C ₂	52-	SL	—	10YR 6/8
6	AKAMATSU (Non-worked)	S80°W 25°	M	0- 5	S	***	10YR 4/2
			A	5- 7	S	***	10YR 4/4
			B	7-18	S	**	10YR 5/6
			C	18-	S	—	10YR 6/6
7	AKAGASHI- SUDAJII (Non-worked)	S10°W 32°	A	0-16	CL	***	10YR 4/4
			B ₁	16-22	L	**	10YR 6/6
			B ₂	22-36	L	—	10YR 6/8
			C ₁	36-60	S	—	10YR 7/6
			C ₂	60-	L	*	10YR 6/6

Texture

G : Gravel
S : Sand
CL : Clayey Loam
L : Loam
SL : Sandy Loam
SiL : Silty Loam

Humus

*** : abundant
** : occasional
* : rare

Structure

Gr : Granular Structure
Cr : Crumb Structure
N : Nutty Structure

Compactness

L₁ : Soil aggregates bound very loosely
L₂ : Soil aggregates bound loosely
F : Soil aggregates bound densely and firmly
C : Soil aggregates bound compactly

Stickness

S : strong
M : medium
W : weak

Moisture

W₁ : wet
W₂ : humid
D : dry

Root

**** : abundant
*** : frequent
** : occasional
* : rare

field surveys on the soil.

Gravel (p.c. area) (%)	Structure	Compact- ness	Stickness	Moisture	Root	Percolation	Boundary	Litter deposition (cm)
70-80	Gr	L ₁	W	W ₂	****	G	C	L=3
60	Gr	L ₁	W	W ₂	***	G	G	F=4
60	Gr	L ₁	W	W ₂	**	G	G	H=3
80-	Gr	L ₁	W	W ₂	**	G		
20-30	Cr	L ₂	W	W ₂	****	G	C	L=5.5
40	Gr	F	W	W ₂	**	B	G	F=3
40-50	Gr	C	W	W ₂	**	B	G	H=1.5
90-								
20	Gr	F	W	W ₂	***	G	S	L=3
40	Gr	F	W	W ₂	***	G	G	F=3
60	Gr	F	W	W ₂	**	G	G	H=3
40	Gr	F	W	W ₂	***	G		
2-3	Gr	L ₂	W	D	****	G	S	L=4
10	Gr	F	W	D	****	G	G	F=4
30	Gr	F	—	D	**	G	G	H=3
50	Gr	F	—	D	**	G		mycelium
90-								
-1	Gr	L ₂	W	D	****	G	C	L=5
20	Gr	F	M	W ₂	****	G	G	F=2
50-60	Gr	F	M	W ₂	**	G	G	H=5
70-80	Gr	F	M	W ₂	**	G		
20-30	Gr	L ₂	—	D	****	B	G	L=10
30	Gr	L ₂	W	D	*	B	G	F=4
50	Gr	F	W	W ₂	*	B	G	H=1
90-	Gr	C	—	W ₂	*	B		
-1	Gr	L ₂	W	W ₂	****	G	C	L=3
-5	Gr	F	W	W ₂	****	G	G	F=2.5
10-20	Gr	C	M	W ₁	**	B	G	H=1.5
60-70	N	C	W	W ₁	**	B	G	
50-60	N	C	W	W ₁	***	G		

Percolation

G: good

B: bad

Boundary

C: clear

G: gradually

S: sharp

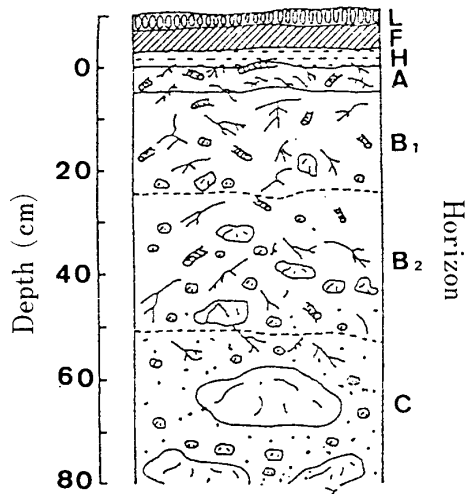


Fig. 2-1. Schematic presentation of soil profile (Plot 1).

水性も土性、構造上から下層まで極端に良好であるが未風化で粘土分が乏しく、そのうえA層のうすい未熟土壌であるため、周囲の林分の生長は悪く、安定した林分が形成されるには、まだかなりの長年月を要するものと思われる。

(2) Plot 2

山腹の砂防工事は大正5年に施工、同時に植栽され土壌の流亡が早期に止められたものと思われ、植生が定着し現在では、つぎに示すような階層構造となっている。

- 高木層：アカマツ
- 亜高木層：アラカシ、エノキ、シラカシ
- 低木層：ネズミモチ、ヤブツバキ、フジ

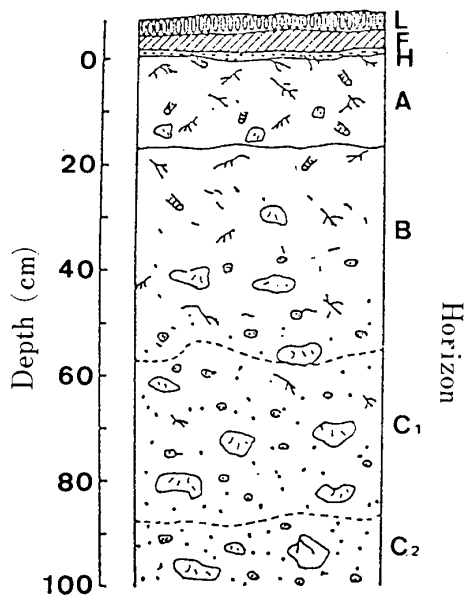


Fig. 2-2. Schematic presentation of soil profile (Plot 2).

草本層：ネザサ、イヌガヤ、サルトリイバラ、スゲ sp.
 植生の遷移は他の Plot に比較して相当進んでいるとみられる。すなわち、亜高木層および低木層に常緑広葉樹が数多く出現していることから明らかである。このように植生の発達とともに、土層の分化も幾分進み、A層は他の調査地に比べて17 cm と厚く、土壌有機物も蓄積されて、土色の黒色化が進み、下層部における根の量および分布が増加していることが認められる。また、リターの堆積状態からも考えあわせると、今後物質循環も行われ徐々にあるが植生・土壌とも安定していくものと考えられる。

(3) Plot 3

本調査地は山脚部に位置し、明治39年に砂防工事が施工され同時に植栽も行なわれたところで、現在の植生相はつぎのとおりである。

- 高木層：アカマツ
- 亜高木層：ヒメヤシャブシ、ヤマウルシ、アカマツ、コバノミツバツツジ
- 低木層：ヒサカキ、コバノミツバツツジ、コバノガマズミ
- 草本層：コウヤボウキ、サルトリイバラ、ツルアリドオン

土壌断面をみると施工時には相当量の土壌が、またその後も流亡により土砂の移動があったことが認められる。

土壌層位は花崗岩が母材であるため、顕著な発達が見られない。溶脱層 (A層) は薄く、腐植の含量も少ない。また集積層 (B層) の発達も悪く、相対的に物理的性質は良くないと判断される。

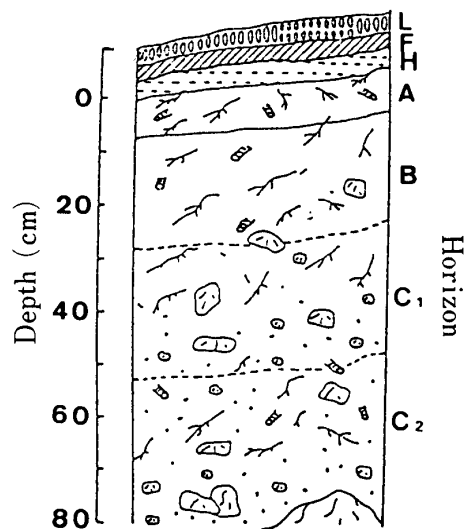


Fig. 2-3. Schematic presentation of soil profile (Plot 3).

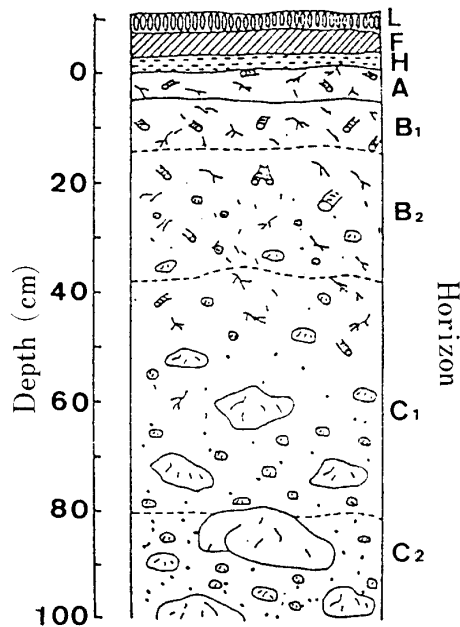


Fig. 2-4. Schematic presentation of soil profile (Plot 4).

(4) Plot 4

山腹植栽工は明治38年に施工され、現在の林相構造はつぎのとおりである。

高木層：アカマツ

亜高木層：リョウブ、クロモジ、モチツツジ、ムラサキシキブ、ヒサカキ

低木層：クリ、クロモジ、ホソバアオダモ、ヤマウルシ

草本層：ホソバアオダモ、チヂミザサ、コウヤボウキ、イヌツゲ、ヒサカキ

一般に花崗岩は、砂質で粘性および土壌水分も乏しい。本調査地も例外ではなくアカマツ林特有の土壌を示し、菌糸層が認められ非常に乾燥した土壌で、集積された腐植の分解速度は遅い。その結果として、A層の発達が極めて悪い。粒状構造のため通気透水性は良好で、根も深くまで達しているが、粘土分に乏しい乾燥した土壌である。したがって、樹木の生長は他の調査地点よりも劣る。

(5) Plot 5

本調査地の林相はつぎのとおりで、一般に瘠悪地でも生育しうる樹種である。

高木層：アカマツ

亜高木層：アセビ、ネジキ

低木層：アセビ、コバノミツバツツジ

草本層：ネザサ、イヌツゲ、クロモジ、サルトリイバラ

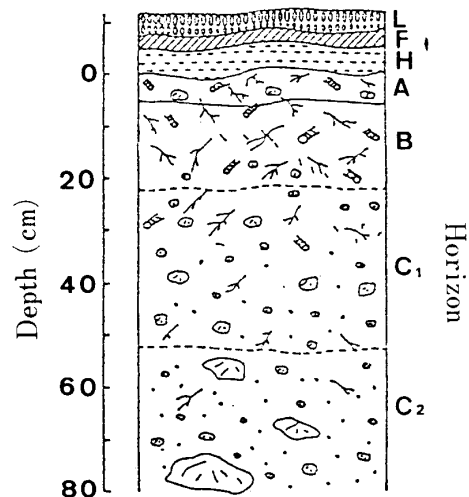


Fig. 2-5. Schematic presentation of soil profile (Plot 5).

土壌は浅く 22 cm で母材料のC層が出現する。これは過去において植生が破壊され、表層土が侵食のため流亡した結果と一見看做されるが、土壌断面を詳細に観察すると山腹砂防工事の際（明治43年）に土砂の移動が大きく行なわれたことに起因しているものと考えられる。現在リターの集積量も比較的多く、その分解も徐々ではあるが進み、A層は薄い但有機物の含量も多いことから、今後土壌化は漸次進むものと推定される。

(6) Plot 6

本調査地は山腹植栽工が施工されることなくアカマツが成林したところで典型的な尾根筋の土壌タイプを示し、土壌は極めて浅く深さ 18cm で未風化の基岩層(C層)が出現し、樹種もつぎに示すように瘠悪地に生立するものが殆んどである。

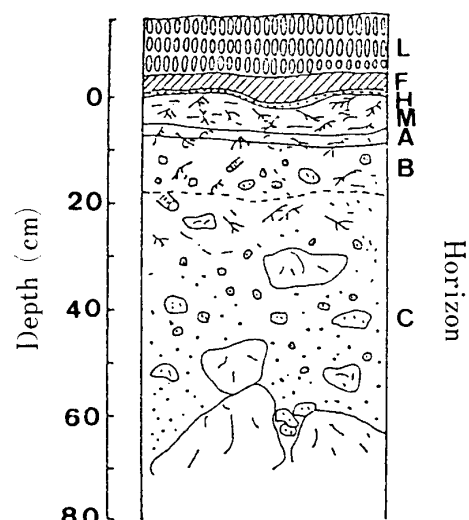


Fig. 2-6. Schematic presentation of soil profile (Plot 6).

高木層：アカマツ

亜高木層：ヤマウルシ、コバノミツバツツジ、ネジキ、ヒサカキ

低木層：モチツツジ、ヤマウルシ、コナラ、コバノミツバツツジ、ヤマザクラ、スノキ、ネジキ

草本層：コウヤボウキ、モチツツジ、コナラ、ヤマツツジ、コバノミツバツツジ、ヒサカキ、サルトリイバラ

A層はごく薄く、その上層には外生菌根の菌糸が認められ、菌糸網層(M層)が発達し非常に乾燥した土壌である。このように乾燥しているうえに、塩基流亡による強酸性の土壌であるため、有機物の分解が進まずリターが厚く堆積していることが特徴である。

(7) Plot 7

六甲山系は、森林植物帯からいえば緯度では暖帯北部に属し、高度および平均気温からは大部分が暖帯北部に、一部山頂付近が温帯南部に相当すると考えられる。

したがって、本調査地の大竜寺付近では現在成林しているシイ、アカガシ群落の常緑広葉樹が自然植生の極相と推定される。その林相を示すとつぎのとおりである。

高木層：アカガシ、シイ

亜高木層：シイ、ヤブツバキ、アセビ、コメツツジ

低木層：シイ、アカガシ、ヤブツバキ、ヒサカキ

草本層：ヤブツバキ、ツルアリドオシ、テイカ

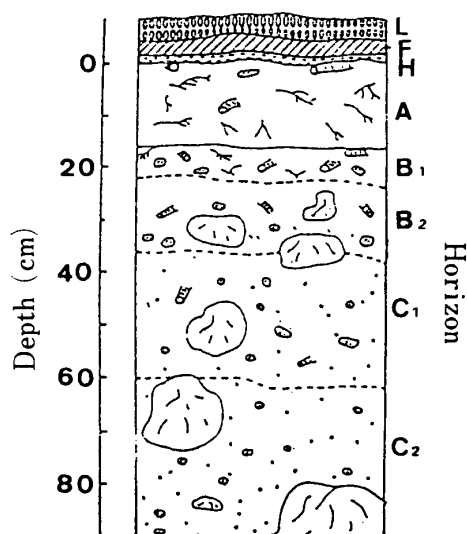


Fig. 2-7. Schematic presentation of soil profile (Plot 7).

カズラ

このように植生は安定相を示しているが、土壌は砂質であることも関係して、いまだに成熟した土壌相を示していないようである。その原因として考えられることは、急傾斜地ということもあって、過去に土砂が斜面に沿ってかなり移動したことに起因していることが今回の調査断面から明らかであり、そのうえリターの分解が光不足のため、あまり良くない。

2) 土壌の理化学性の分析結果と考察

(1) 土壌の理学的性質

植物の生育には土壌中に適度な水分、酸素が必要である。水分を保持する能力のない土壌や、根の伸長、生育を防げるような堅密な土壌では、たとえ養分が多く含まれていても植物の良い生長は期待できない。このように土壌の理学的性質は植生の生育を予測するうえからも重要であるため、この理学的性の各指標について測定を行なうとともに、それに基づいて考察する。

土壌の理学的性質の測定結果は Table 2 および Fig. 3 に示した。

土壌の透水性は土壌の排水、通気の機能の指標となるものとして、物理性のなかでも特に重要なものであり、林木の成長と特に密接な関係がある。^{9)~11)} 透水性の基準としては、1分間 100 ml 以上は透水性良好、50~100 ml は中庸、50 ml 以下は不良⁹⁾ とみなしてよい。

本調査地域は全般的に粒状の砂質土壌であるため、透水性は頗る高く、なかでも Plot 1 は異常と思える程の大きい値を示した。

一般の林野土壌同様、上層ほど透水性が良好な地点 (Plot 2 および 6)、逆に上層部より下層部ほど透水性がよい地点 (Plot 5) もあった。これは、表土が安定しているため、砂質土壌の上層部の熟化が進み、粘土分が増加し加えて土壌有機物を含む壤土に移行しつつあるものと考えられる。また、逆に表土が不安定なために土壌の熟化があまり進まず、上層から下層まで殆んど透水性が変わらない地点 (Plot 1 および 3) もあり、その他山腹砂防工事の施工時に土の移動が多く行なわれた地点 (Plot 4) は、各層で大きく異なった値をとっている。

また、対照地として選定した極相林と考えられる地点 (Plot 7) は、最下層に透水性の良好な粒状の土壌層が認められ、相当古い時代に起こった斜面崩壊の崩土が堆積したものと思われ、長年月が経過して現在ではその上層部において肥沃な土壌を形成しているものと考えられる。

Table 2. Physical properties of the soil profiles.

Plot No.	Forest type	Con- struction time	Hori- zon	Depth (cm)	Water percolation rate (ml/min)			Bulk density (g/100cc)	Total prospity (%)	Water max. (%)	Air min. (%)	Moisture content of fresh soil (%)
					After 5 min.	After 10 min.	After 15 min.					
1	AKAMATSU	1909	A	5	250	246	248	141.42	43.99	29.55	14.74	11.03
			B ₁	10	268	262	265	144.38	43.29	32.36	10.93	10.90
			B ₁	20	265	263	264	140.63	45.09	35.89	9.17	11.99
			B ₂	40	265	265	265	138.59	46.08	33.35	12.73	12.28
			C	70	264	262	263	154.43	39.67	26.70	12.97	9.46
2	AKAMATSU	1916	A	5	142	150	146	87.32	62.61	56.93	5.68	24.69
			A	10	152	154	153	125.83	49.68	42.05	7.63	18.83
			B	20	161	158	160	123.93	50.41	40.80	9.61	20.33
			B	40	74	77	76	133.40	47.60	41.19	6.41	19.18
			C ₁	70	30	28	29	146.11	42.97	34.45	8.52	17.69
3	AKAMATSU	1906	A	5	49	47	48	102.24	57.57	47.42	10.15	16.40
			B	10	72	72	72	114.39	54.36	45.35	9.01	14.92
			B	20	96	99	98	122.07	52.08	40.99	11.09	10.93
			C ₁	40	75	72	73	114.20	54.71	46.75	7.96	14.56
			C ₂	70	58	58	58	103.43	59.44	52.24	7.20	26.47
4	AKAMATSU	1905	A	5	70	66	68	122.62	50.32	37.17	13.15	9.72
			B ₁	10	68	68	68	135.18	46.99	32.77	14.22	8.49
			B ₂	20	110	106	108	155.53	39.72	36.32	3.40	6.84
			C ₁	40	44	44	44	147.93	42.41	33.61	8.80	6.87
			C ₁	70	77	75	76	134.45	47.10	38.65	8.45	10.69
5	AKAMATSU	1910	A	5	61	59	60	76.49	66.67	59.92	6.75	28.21
			B	10	55	54	55	85.39	64.56	58.73	5.83	26.08
			B	20	106	106	106	92.56	62.00	57.35	4.65	26.46
			C ₁	40	104	103	104	84.47	64.98	59.72	5.26	32.37
			C ₂	70	123	121	122	122.51	52.20	45.54	6.66	22.40
6	AKAMATSU	Non- worked	A	5	145	149	147	133.68	41.94	33.80	8.14	9.15
			B	10	153	151	152	169.07	34.46	24.38	10.08	8.71
			C	20	62	66	64	163.79	36.23	27.85	8.38	15.29
7	AKAGASHI- SUDAJII	Non- worked	A	5	146	142	144	91.78	55.41	50.10	5.13	25.94
			A	10	143	142	143	115.21	53.00	42.43	10.57	21.86
			B ₁	20	60	60	60	130.03	48.54	42.17	6.37	24.67
			C ₁	40	63	58	61	141.37	44.65	35.95	8.70	24.15
			C ₂	70	166	162	164	145.22	42.90	26.83	16.07	17.66

以上、種々のタイプが出現したが、このような砂質土壌では、とくに透水性がよいからといって、必ずしも土壌の理学性がよいとはいえない。すなわち Plot 1のごとく透水性のみで判定すると極端に良好と推定されるが、採取時の含水量をみると非常に低い値を示しており、この土壌は粘土分が少なく保水力が極端に悪いことが明瞭で、典型的な砂質土壌の未成熟土壌といえる。

容積重も土壌の理学性を示す1つの指標になりうる。容積重は土壌の腐植の含有率や構造にも関連性があり、一般に理学性の良好な土層では小さく40~60 g/100 ccで、不良な場合は大きな値を示す。極めて堅密な固結状態の場合は100 g/100 cc以上の値をとる⁹⁾ 現地調査結果でも土壌の遷移が進行していると考えられる Plot 2, 5 および 7 の上層部を除いては、すべて100 g/100 cc以上の値であり、いずれの調査地も理学

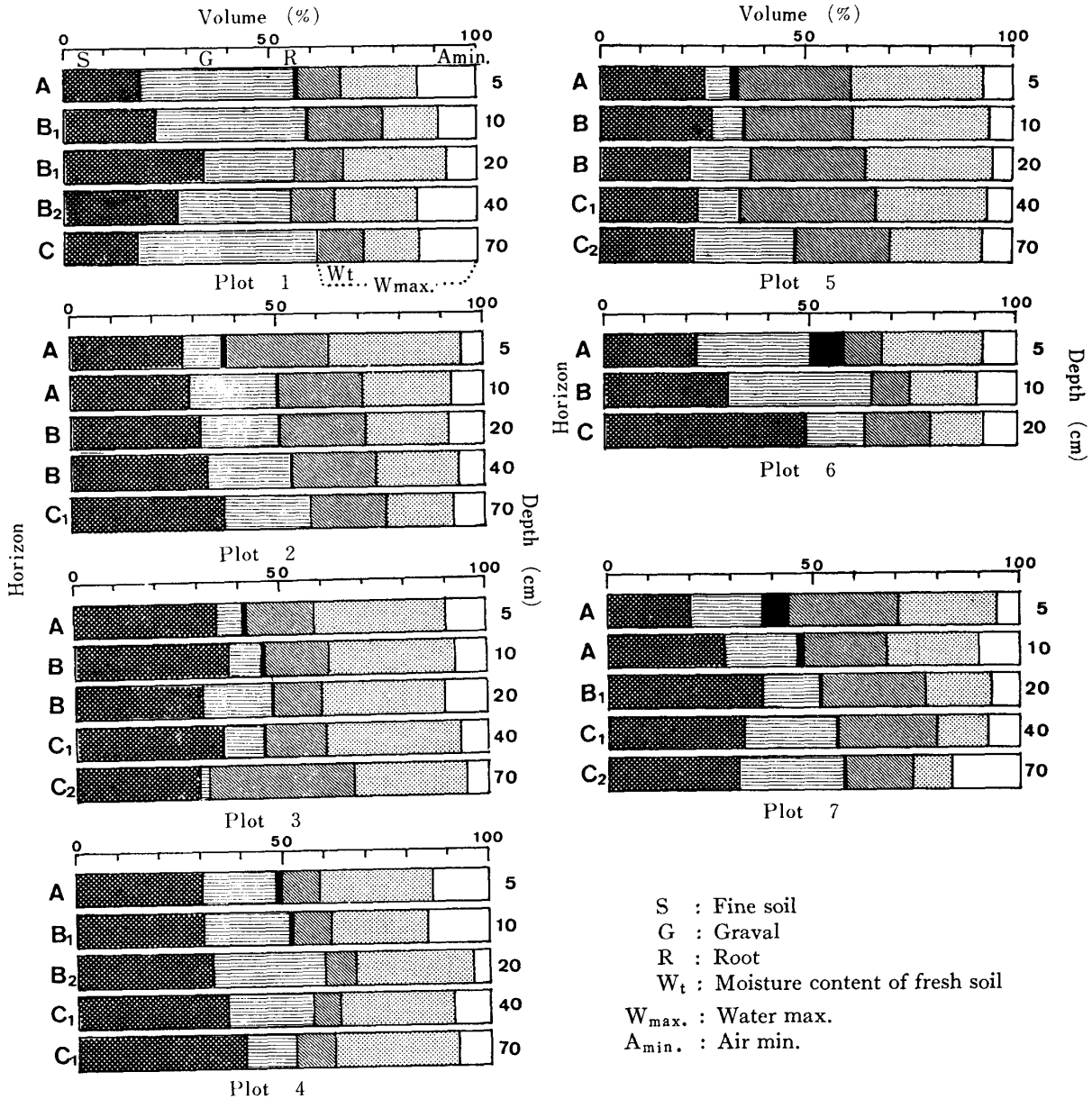


Fig. 3. Physical properties of natural soil.

性は悪いものと判定できる。

次に孔隙量は石礫の量、構造、堅密度などによって土壌ごとにかかなりの差異がみられることが多い。一般的に団粒構造の発達している土層では、孔隙量が70~80%でそれ以上の値を示す場合も多く見られ、土壌が堅密ないし固結状態では40~50%に過ぎない場合もみられる⁹⁾。しかし本調査はいずれも低い値を示しており、特に Plot 1, 4 および 6 は孔隙量からみても、土壌生成はあまり進んでいないものと考えられる。

土壌中の水分はいろいろの形で空隙の中に保持されているが、重力水だけを除いて自然状態において土壌が重力に抗して保持しうる水分量を最大容水量といい、最大容水量50~80%の範囲が土壌生物の活動に最適と

されている。この点からみると Plot 2, 5 および 7 は、他の Plot に比較してよいといえよう。しかし、土壌が最大容水量をとった場合の空隙量を示す最小容気量は、いずれも小さい数値を示した。

採取時含水量についてみると、土壌の遷移が進み、腐植が増加し土壌が細粒化すると、土壌の水分保持力は高くなる。このことから当然極相林である Plot 7 は高い値を示したが、その他でも Plot 2 および 5 は高い含水量を示しており、他の測定結果からも、幾分土壌の熟成が進行していると思われよう。

自然状態の土壌の組成は、個体部分(細土・礫・根)、液体部分(水)、および気体部分(空気)の3相に分けられる。この3相割合は土壌の通気、透水、保水等

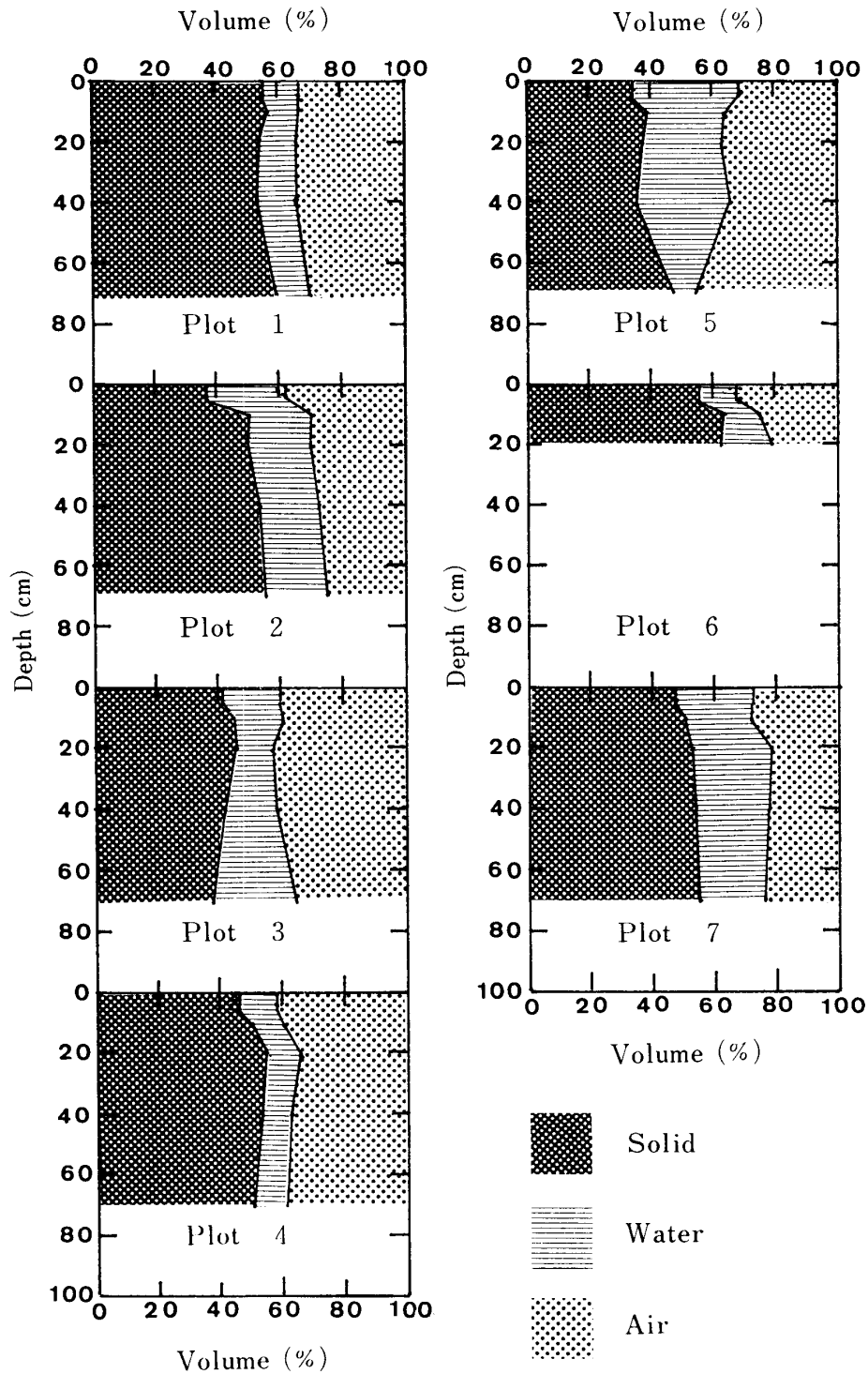


Fig. 4. Three phase distribution of the soil.

種々の物理的な性質に重要な関係をもっている。この3相について容積割合で示すと Fig. 4 のとおりである。

固相は普通25%前後で、比較的堅密と思われる下層でも30%前後であり、その他は空隙であって一部が水で占められている⁹⁾。しかしながら、関西地方に多い瘠悪林地では、固相の占める割合が極めて大きく、大部分のものが40%を越え、稀には70%近くなることも

ある。本調査地もこの例にもれず固相の割合が非常に大きく、これからみても土壤の理学的性質は悪く、地上部の植生が Plot 7 のごとく、たとえ極相林であっても、その土壤はまだ未熟であることが再確認された。このことから、土壤条件がかなり悪くても植物群落が相当の年数を経過し、かつ安定した遷移発達をするならば植生的には極相に達することがありうることを示しているものと考えられる。すなわち、植生の

遷移と土壌の遷移との間には、大きなずれがあるため、土壌の生成熟化には、非常に長い年月を経過しなければならぬことが教示される。

(2) 土壌の化学的性質

本調査地は前にも述べたとおり崩壊、流亡により殆んど裸地化した山地に、山腹砂防工事を施工後植栽された林地であって、土壌有機物は勿論のこと無機塩類

や土壌動物、微生物も少なく最悪の条件であったと考えられる。

そのような山地へそれ以後植生が成立発達し、それに伴って植物根の直接、間接的作用ならびに土壌動物や微生物の活動により土壌有機物・無機塩類の増加が進行し、土壌の化学的性質も裸地の状態とはだいぶ異なっているものと推定されるので、調査分析を

Table 3. Chemical properties

NO.	Plot Forest Type	Horizon	Depth (cm)	PH		Exch. acidity	Total C (%)	Total N (%)
				H ₂ O	KCl			
1	AKAMATSU (1909)	A	5	3.7	3.1	18.5	2.12	0.05
		B ₁	10	4.0	3.6	23.5	1.02	0.02
		B ₁	20	4.1	3.9	11.5	0.57	0.01
		B ₂	40	4.1	3.9	9.0	0.55	0.01
		C	70	4.1	4.0	11.5	0.46	0.01
2	AKAMATSU (1916)	A	5	4.4	3.7	9.5	3.90	0.22
		A	10	4.4	3.6	10.5	2.41	0.13
		B	20	4.1	3.7	12.5	1.50	0.08
		B	40	4.2	3.5	18.0	0.22	0.02
		C ₁	70	4.2	3.7	12.0	0.57	0.03
3	AKAMATSU (1906)	A	5	3.9	3.5	22.0	3.38	0.13
		B	10	4.0	3.7	16.0	1.14	0.04
		B	20	4.1	3.8	12.5	0.49	0.02
		C ₁	40	4.0	3.7	15.5	0.47	0.02
		C ₂	70	4.3	3.8	9.0	0.33	0.02
4	AKAMATSU (1905)	A	5	3.9	3.2	22.5	1.99	0.08
		B ₁	10	4.1	3.4	20.5	1.32	0.05
		B ₂	20	4.4	3.6	18.5	0.61	0.03
		C ₁	40	4.1	3.6	16.0	0.21	0.02
		C ₁	70	4.4	3.7	11.0	0.34	0.02
5	AKAMATSU (1910)	A	5	3.6	3.1	37.5	9.14	0.37
		B	10	4.0	3.9	7.5	5.48	0.20
		B	20	4.1	4.0	4.0	5.82	0.25
		C ₁	40	4.1	3.9	2.0	2.37	0.11
		C ₂	70	4.0	3.7	2.5	1.14	0.04
6	AKAMATSU (Non-worked)	A	5	3.8	3.2	27.5	2.06	0.05
		B	10	4.1	3.3	26.5	0.89	0.02
		C	20	4.2	3.5	18.0	0.62	0.02
		C	40	4.6	3.7	10.0	0.14	0.01
		C	70	4.6	3.8	8.5	0.06	0.01
7	AKAGASHI- SUDAJII (Non-worked)	A	5	3.4	3.0	47.5	6.78	0.22
		A	10	3.6	3.2	41.5	2.46	0.06
		B ₁	20	3.6	3.2	35.0	1.45	0.03
		C ₁	40	3.6	3.4	37.0	0.78	0.02
		C ₂	70	3.6	3.4	38.5	0.38	0.01

行なった。その結果は Table 3 に示したとおりである。

植物や地中植物・微生物の生活の場である土壌の酸度は、その生理作用に重大な影響を及ぼす重要な問題である。本調査地の pH 値は大体 pH (H₂O) 3.4~4.6, pH (KCl) 3.0~4.0 とかなり低い値を示しており、置換酸度からみても強酸性と考えられる。極相林であ

る Plot 7 の土壌も強酸性を呈しており、このような状態では、土壌動物や土壌微生物の活動も影響を受けて、人工的に手を加えなければ有機物の活発な分解は、なかなか進まないと考えられる。

土壌有機物の総量は測定することが困難であるため、全炭素の量をもって比較したほうが適切であろう。普通、森林土壌の炭素含有量は、農耕地に比較して非常

of the soil profiles.

C/N	Ignition loss (%)	CEC (mg/100g)	Exchangeable cations (me/100 g)					Base saturation (%)
			Ca	Mg	K	Na	Total	
42.4	5.98	4.76	0.38	0.06	0.05	0.17	0.66	13.87
51.0	4.70	4.96	0.19	0.05	0.03	0.09	0.36	7.26
57.0	3.94	4.08	0.19	0.03	0.05	0.07	0.34	7.08
55.0	3.62	3.89	0.25	0.15	0.04	0.15	0.59	15.16
46.0	3.61	3.86	0.19	0.06	0.03	0.05	0.33	8.48
17.7	8.66	4.90	1.81	0.40	0.38	0.10	2.69	54.90
18.5	7.06	5.40	1.69	0.29	0.33	0.95	3.26	60.37
18.8	5.90	4.23	0.56	0.13	0.18	0.17	1.04	24.59
11.0	3.97	3.73	0.69	0.29	0.14	0.16	1.28	34.32
19.0	3.88	3.14	0.44	0.13	0.14	0.17	0.88	28.03
26.0	9.35	4.68	0.50	0.13	0.13	0.11	0.87	18.59
28.5	6.29	4.79	0.44	0.08	0.10	0.10	0.72	15.03
24.5	4.50	2.69	0.19	0.05	0.13	0.14	0.51	18.96
23.5	5.17	2.97	0.25	0.10	0.13	0.16	0.64	21.55
19.0	3.81	2.32	0.31	0.08	0.14	0.15	0.68	29.31
24.9	4.68	6.91	0.56	0.13	0.06	0.08	0.83	12.01
26.4	3.96	6.64	0.50	0.08	0.05	0.09	0.72	10.84
20.3	2.78	6.80	0.44	0.06	0.04	0.09	0.63	9.21
10.5	2.00	5.89	0.38	0.05	0.03	0.05	0.51	8.66
17.0	2.70	5.09	0.56	0.10	0.06	0.09	0.81	15.91
24.7	19.34	8.00	0.38	0.13	0.15	0.13	0.79	9.88
27.4	13.47	4.52	0.31	0.06	0.05	0.09	0.51	12.10
23.3	12.61	3.04	0.38	0.06	0.05	0.06	0.55	18.09
21.5	9.09	2.92	0.31	0.10	0.04	0.13	0.58	19.86
28.5	5.61	2.94	0.25	0.05	0.03	0.09	0.42	14.29
41.2	5.28	7.52	0.56	0.22	0.18	0.09	1.05	13.96
44.5	3.55	12.24	0.75	0.23	0.14	2.39	3.51	28.68
31.0	2.68	8.58	0.75	0.46	0.14	2.51	3.86	44.99
14.0	1.78	4.56	0.63	0.56	0.08	0.08	1.35	29.61
6.0	1.66	4.07	0.38	0.85	0.08	0.13	1.44	35.38
30.8	13.76	5.54	0.44	0.14	0.25	0.17	1.00	18.05
41.4	7.63	5.90	0.44	0.16	0.10	0.12	0.82	13.90
48.3	6.32	6.07	0.31	0.10	0.12	0.15	0.68	11.20
39.0	5.79	2.12	0.25	0.08	0.13	0.35	0.81	38.21
38.0	5.23	1.41	0.31	0.10	0.10	0.36	0.87	61.70

に大きいことが特徴である。その含有量は普通A層4~15%, B層1~8%程である⁹⁾。本調査地は極相林 Plot 7 と幾分土壌の遷移が進んでいると思われる Plot 2 および5においては僅かに高い含有量を示したが、他は非常に低い値を示した。また、窒素は土壌の肥沃度の指標として重要な要素であり、普通の森林土壌におけるその含有量は、A層0.3~1.0%, B層0.1~0.5%位の範囲であるが⁹⁾、本調査地では、やはり全炭素含有量と同様に Plot 2, 5 および7の地点で比較的多い含有量を示したのみで、他の地点は極端に低く、土壌の化学性からみても急速な植生の発達は見えない。

土壌の C/N 比は、有機物分解の程度と質を評価する1指標となる。分解前の炭素率は大きく、C/N 比は、おおむね40~80と高い値を示し、分解がはじまると炭素は炭酸ガスとなって飛散するが、窒素は微生物の栄養源として固定されほとんど減少しない。したがって、この割合は分解が進むにつれて次第に減少し、ほぼ10に近い値となる。本調査地は、この比からみてもやはり有機物の分解はよくないと推察される。

土壌の養分吸着保持力の指標とみなされる塩基性置換容量は、粘土の質によっても異なるが、有機物の少ない砂質土壌では小さく10前後ないしそれ以下の値を示すことがあり⁹⁾、本調査地はいずれも極端に小さい値を示していることから、養分保持力は極めて低く、したがって低生産性土壌といえよう。

置換性塩基は容易に植物に利用され、土壌の肥沃度をはかる尺度となり、また、物質の溶脱集積を知るうえにも重要な手がかりともなる。

置換性塩基の総量と置換容量との比で表わす塩基飽和度も、前述の因子同様この数値の大小をもって間接的に土壌の良否の判定に用いられる。

一般に土壌が塩基に富んでいる場合には、有機物の分解は比較的速やかで、腐植と鉱物質粒子の混合がよく行なわれ、ムル型の腐植層が発達する。塩基置換容量も大きく、安定した膨軟性に富む良好な土壌構造の発達をみる¹⁴⁾。

しかし、本調査地のように塩基が著しく欠乏した土壌では、有機物の分解は遅く多量に生成される酸によって土壌の酸性化が進み、腐植と鉱物質粒子の混和はよく行なわれず、モル型の腐植層が発達する。酸度は極めて高く、塩基置換容量も小さく、塩基飽和度もまた低い値を示している。

以上のようにいずれの Plot も土壌の化学的性質は良好といえず、砂防工事施工後まだ経過年数が短いために顕著な回復は認められないようである。また、現

在極相を呈している Plot 7 の土壌は有機物源が多量供給され、上層部において集積固定はみられるが、落葉の分解が不良であるため、酸性腐植が増大し土壌の酸性を一層強めることから、土壌の塩基流亡も激しくなり地力の低下という危険にさらされているといえよう。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり多大の御配慮をいただいた建設省近畿地方建設局六甲砂防工事々務所 前所長今西欽哉氏および元所長藤原敏朗氏に感謝の意を表す。また、調査期間中御援助、御指導をいただいた六甲砂防工事々務所 元調査課長畑谷祐一技官、高桑稔技官、西川正也技官、京都府立大学農学部、竹岡政治博士、服部共生博士、妹尾俊夫博士、米林甲陽博士、山田秀和博士ならびに滋賀県日野中学校 中江三郎教諭の各位に厚く御礼申しあげる次第である。

あ と が き

六甲山系の大部分は、過去裸地と化した山腹に明治35年(1902)から大正時代にかけて砂防工事の施工および樹苗の植栽が行なわれ、そしてその後、漸次植生が侵入し今日に至っている。植生の遷移が進むにともなって、土壌も熟成するものと考えられるので、どの程度回復が進行しているものか興味があり、調査し検討を行なった。

その結果、本調査地の現状は、いずれも立派に緑を回復しているものの林相の発達はまだまだ悪い。

また、その土壌も花崗岩質の砂質土壌であるため、理学的性質および化学的性質のいずれも不良である。

今回の分析結果から、全般的にいえることは、最も植生遷移が進み極相林を呈している Plot 7 の土壌ですら、まだまだ未熟であった。土壌遷移をみるにはこの程度の経年数では短かく、土壌の回復の兆しはみられるが、顕著な変化や差異をもたらすまでには至らないことがわかった。すなわち、地上部の植物と地下部の土壌の相互作用により安定した生態の極相に達すると思われるのであるが、植生の遷移と土壌の遷移との間には、はるかに大きな隔りがあることが明らかとなった。

したがって、このような現状からでは、これらの林地において通常の経済林地としての施業を行なうことは無理であり、ここ当分は保安林的取扱いを続けて、それぞれの環境に即したきめの細かい施策を行なわなければ良好な植生の群落・土壌の維持発達は望めないであろう。

今後、もし現植生の破壊が行なわれるならば、連鎖反应的に拡大して最終的にまた過去のような崩壊を招き、裸地化した瘠悪な山肌をさらけ出すことになる。そのようになってからの植生の回復は非常に困難を極め、現在のような緑を取り戻すには、今まで以上に長い年月と努力、そして経費を要することは想像に難くないところである。

引用文献

- 1) 神戸市神戸財産区(1941)：補修神戸区有財産沿革史。
- 2) 大手桂二，加藤博之(1979)：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，京府大学報，農学，**31**，78-92。
- 3) 藤田和夫・笠間太郎他(1970)：神戸市および隣接地域地質図，神戸市調査室。
- 4) 松下 進(1975)：日本地方地質誌，朝倉書店。
- 5) 林野庁林業試験場(1955)：国有林野土壤調査方法書，1-47，林業試験場。
- 6) 農林省農林水産技術会議事務局(1967)：新版標準土色帖。
- 7) 木内和美(1967)：CN 自動分析装置による農作物の炭素，窒素の定量，農林省農業技術研究所作物栄養第1研究室，10-17。
- 8) 京都大学農学部農芸化学教室(1966)：農芸化学室実験書，第1巻，産業図書，239-252。
- 9) 河田 弘，小島俊郎(1976)：環境測定法，Ⅳ，森林土壤，共立出版，79-171。
- 10) 土壤養分測定法委員会(1976)：土壤養分の分析法，養賢堂，289-406。
- 11) 芝本武夫(1979)：森林の土壤と肥培，農林出版，51-69。
- 12) 真下育久(1960)：森林土壤の理学的性質とスギ，ヒノキの成長に関する研究，林野土壤報，**11**，1-243。

Summary

In the past time, the Rokko Mountains were almost bared by human activities. But, nowadays, as everybody knows, the Rokko Mountains are almost covered by vegetation. This is the fruit of the planting works at the end of Meiji era. Accordingly, this present pine forests are very valuable material for researching the correlation between the plant succession and the soil succession. The results obtained are summarized below.

- 1) As a whole, the soil in this area is thin in the thickness, sandy in the texture and low in the moisture content. The layering in the profiles is

not clear. But, as the plant succession goes on, it assumes an aspect of the soil succession.

- 2) The soil is more acid and small content of mineral nutrients by high leaching.
- 3) Though the vegetation looks recovered, the physical and chemical properties of the soil are not yet favorable condition in such a period, about 70 years. In other word, much more time is necessary for the development of the favorable plant community-soil system, and it is very difficult to keep up and control the conditions.