

## 米野々演習林のモミ・ツガ天然生林における 森林土壌の理化学性と斜面地形との関係

辻田昭夫\*・二宮生夫\*・荻野和彦\*

Relation between the physical and chemical properties of forest soil and slope topography in a natural Fir-Hemlock forest of the Ehime University Forest in Komenono

Akio TSUJITA, Ikuo NINOMIYA, and Kazuhiko OGINO

**Summary** : The movement and accumulation of soil elements on the slope in a natural Fir-Hemlock forest, which developed on the parent material of granite, were analyzed. The results obtained are summarized as follows;

1. The A-layer became thicker in the lower part of the slope. The amount of fine soil and gravel increased in the lower. The content of clay was very low, under 10 per cent. Since the increment of fine soil in the lower was due to sand, the volume weight was high. The changes of soil elements along the slope were remarkable at the surface layer, suggesting that the movement of these solid elements at the surface layer is heavy.
2. Although the water permeability was great in general, the relation to the slope topography was not clarified.
3. Porosity and maximum water holding capacity were greater in the upper part of the slope. It appears that the ability of water storage in the lower is inferior to the upper.
4. The total amount of carbon in mineral soil was within the range 41-102 ton/ha · 50 cm and increased in the upper part of the slope. The total amount of nitrogen was 3.6-6.8 ton/ha · 50 cm and the effect of slope topography was negligible.
5. The amount of exchangeable (Ca+Mg) was within the range of 260-1250 kg/ha · 50 cm and increased markedly along the slope from upper to lower. This resulted in a weakening of pH and exchangeable acidity in the lower part of the slope.

---

\* 造林学研究室      Laboratory of Silviculture

**要 旨** 花崗岩を母材とした急傾斜地に成立するモミ・ツガ天然生林において、土壌要素の移動、集積などについて解析し、つぎのような結果を得た。

1. A層土壌の厚さ及び細土や礫の量は、斜面上部から谷にかけて増大する。しかし、この細土の増量分はほとんどが砂で占められ、そのため斜面下部で容積重が大きくなっている。なお粘土含量は、およそ10%以下できわめて少ない。

これら土壌要素の斜面上の推移状況は、表層土壌で顕著で、表層の固体要素の斜面流出量の大きいことが推定される。

2. 透水量は、全般的に大きいのが、斜面地形との間には一定の傾向は認められない。

3. 孔隙量や容水量は、斜面上部で大きく、下降するにしたがって小さくなる。この容水量の表われ方からして、斜面下部では、斜面上部よりも土壌水分保持力が劣り、貯水能も比較的小さいものと推察される。

4. 鉱物質土壌中の全炭素量は、約41~102ton/ha・50cmの範囲にあり、斜面下部よりも上部で大きくなる傾向がみられた。全窒素量は3.6~6.8ton/ha・50cmであるが、斜面地形との間に一定の傾向は示されない。

5. 置換性(Ca+Mg)量は、260~1,250kg/ha・50cmの範囲にあり、その値は斜面上部から下部に向って明らかに増大し、pHや土壌酸度を緩和させる傾向が認められた。

## 1. は じ め に

筆者らは、モミ・ツガ天然生林の再生過程を調べるなかで、その環境因子の1つとしての土壌について一連の調査をおこなっている。前報(1)では、土壌の分布状況ならびに微地形と土壌の物理性との関係について解析し、局所的環境の差違が土壌型や2・3の物理的要素に影響することを認めた。その際、特に本試験地のような花崗岩を母材とする急傾斜面では、降水による表層土壌や落葉枝などの移動、集積あるいは流亡が土壌の諸性質に大きく影響していることを察知した。

近年、森林の斜面立地と土壌の諸性質や林木の生長などに関連した研究は多く(2~10)、また中根(11)らのように斜面環境におけるこれらの状況を数値モデルによって予測する試みもなされている。本報は、まず花崗岩風化土上のモミ・ツガ天然生林でのこれまでの分析データをもとにして、土壌の理化学的性質が傾斜上部から下部にかけてどのように変化するかについて調べ、これによって、表層土壌や土壌中での物質移動、集積、流亡などの実態を把握することとし、次の段階での土壌生成にかかわる現実的なモデルを探索するための、基礎資料を得ようとするものである。

この現地調査にあたりご援助いただいた演習林教職員ならびに調査、分析にご協力を得た猪股重雄、下萩清海の両君をはじめ造林学研究室の諸氏に厚くお礼申しあげる。

## 2. 調査地および調査法

調査地および調査法は前報(1)のとおりで、調査地は本学演習林の第2林班を小班に属し、標高750~860mに位置する。気候は、平均気温12.3°C、年降水量約2,000mmである。地質は領家型の角閃石黒雲母花崗岩で、土壌は粗粒の礫に富み、粘土の少ない砂質壤土が大半を占めている。傾斜度は小尾根上部のほかは大部分が35°を超える急傾斜地で、中央を走る小さい谷筋や、斜面下部の林床植生の貧弱な場所では表層土壌の移動が認められ、岩塊が各所に露出している。調査地域の植生は、モミ・シデ類を主とし、中・下層にカエデ類、シキミ・ヤブツバキ・リョウブ・ク

ロモジ・ヤブムラサキなど、林床には沢筋や斜面下部を除いた全域にスズタケが比較的密に生立している。

土壌調査は、1984年10月と1985年5～7月の2回にわけておこない、試験地全域で簡易試孔調査後、各土壌断面の形態を代表する調査地点(合計17地点)を選び、林野土壌調査法(12)によって、断面調査ならびに分析試料を採取した。

土壌の理化学性の分析はつぎの方法によった。容積組成は400ml採土円筒を用い、透水量の測定は真下(13)の装置を用い5分後と15分後の値を平均して求めた。粒径組成はピペット法によった。化学性の分析にあたっては、pHはガラス電極法、窒素はKJELDAHL法、炭素はTYURIN法、塩基置換容量と置換性塩基Ca, MgはpH7.0の1-N酢酸アンモニウムによるSCHLLENBERGER法と原子吸光光度法(SrCl<sub>2</sub>を1000ppmになるよう添加)(14)によった。

### 3. 調査結果

Fig.1は試験地の土壌図と、これまでの調査地点をPlot番号で示したものである。本報では、はじめにも述べたように傾斜面における土壌物質の移動、集積あるいは流亡の過程を明らかにすることを主眼としたことから、この17調査地点のうち、ほぼ降水の流線に近いと思われる地点を選んでこれを結び、図に示すA, B, Cの3傾斜線を設けた。これら3測線はどれもほぼ尾根型斜面で、標高差は約50m, 水平距離は約70mで、平均勾配はどれも35°程度である。

この斜面地形における土壌断面形態をTab.1に示し、分析結果のうち物理性及び粒径組成をTab.2とTab.3に、化学性の分析結果をTab.4に示した。また斜面上におけるこれら諸量の分布状況をFig.2及びFig.3に示した。

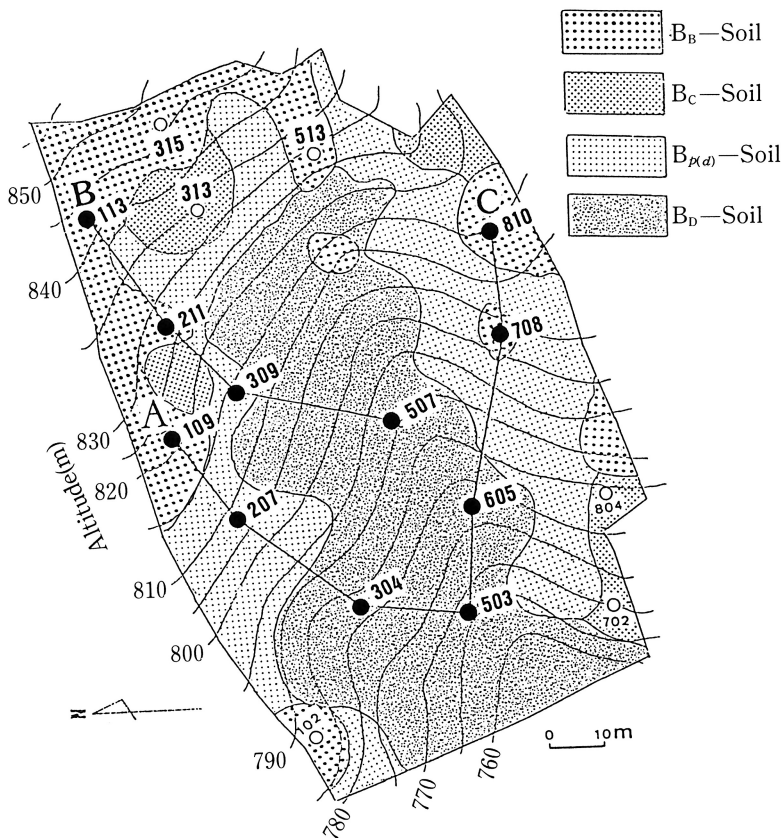


Fig.1 Topographical map of surveyed plot and sampling points

#### 3-1 土壌の物理性

土壌断面形態とA層土壌の厚さについてみると、各傾斜線とも斜面上部ではA<sub>0</sub>層が5cm程度で、F, H層がやや発達している。A層は5～8cmで薄く、土壌深さも浅いものはおよそ50cmでC層

Tab.1 Conditions of surveyed plots and description of soil profile

Stream line	Plot No.	Altitude (m)	Type of soil	Direction	Inclination	Topography (Deposit)	Horizon	Depth (cm)	Soil colour	Gravel (%)	Structure*
A	109	821	B <sub>B</sub>	S30°W	37°	中腹 小尾根肩 (匍行土)	A	0—5	10YR2/3	46.9	gr
							B <sub>1</sub>	5—28	10YR3/4	24.3	n
							B <sub>2</sub>	28—45	10YR4/6	37.0	bk
							C <sub>1</sub>	45<	10YR6/6	55.7	
	207	808	B <sub>D(a)</sub>	S47°W	35°	中腹 まるい 凸形斜面 (匍行土)	A <sub>1</sub>	0—5	7.5YR3/3	40.4	cr, n
							A <sub>2</sub>	5—20	7.5YR3/4	32.9	bk, n
							B <sub>1</sub>	20—35	10YR4/6	39.8	—
							B <sub>2</sub>	35—50	10YR5/6	41.2	—
	304	783	B <sub>D</sub>	S68°W	34°	斜面下部 平衡斜面 (匍行土)	A <sub>1</sub>	0—5	10YR2/2	51.2	cr, bk
							A <sub>2</sub>	5—18	10YR2/3	42.5	bk
							A <sub>3</sub>	18—35	10YR3/3	36.7	bk
							B	35—50	10YR4/4	47.7	bk
503	768	B <sub>D</sub>	S30°W	35°	斜面下部 谷沿斜面 (崩積土 匍行土)	A <sub>1</sub>	0—8	10YR2/2	40.7	cr	
						A <sub>2</sub>	8—20	10YR2/3	41.7	cr, bk	
						A <sub>3</sub>	20—42	10YR3/3	46.8	bk	
						B	42<	10YR5/4	54.5	—	
B	113	843	B <sub>B</sub>	S34°W	28°	斜面上部 小屋根肩 (残積土)	A	0—8	10YR3/2	20.5	gr, n
							B <sub>1</sub>	8—35	10YR4/6	22.2	bk, n
							B <sub>2</sub>	35<	10YR5/6	32.5	bk
							H—A	—	7.5YR2/3	27.0	
	211	826	B <sub>B</sub>	S36°W	35°	斜面上部 (残積土)	A	0—12	10YR3/4	23.6	n
							B <sub>1</sub>	12—30	10YR4/6	23.0	bk, n
							B <sub>2</sub>	30—80	10YR5/8	30.8	bk
							B <sub>3</sub>	80—120	10YR6/8	42.2	—
	309	814	B <sub>D(a)</sub>	S35°W	42°	中腹 微凹形 斜面 (匍行土 崩積土)	A <sub>1</sub>	0—8	10YR2/2	47.4	n
							A <sub>2</sub>	8—25	10YR3/2	47.9	bk, n
							B <sub>1</sub>	25—40	10YR3/3	55.0	bk
							B <sub>2</sub>	40—65	10YR4/4	57.3	—
507	792	B <sub>D</sub>	S12°W	40°	中腹 谷斜面 (崩積土)	A <sub>1</sub>	0—15	10YR2/3	45.3	cr, n	
						A <sub>2</sub>	15—30	10YR3/3	44.1	bk	
						B	30—65	10YR3/4	53.6	—	
C	810	815	B <sub>B</sub>	S10°E	35°	斜面上部 微凸形 斜面 (残積土)	A <sub>1</sub>	0—6	10YR3/2	28.2	L•gr, gr
							A <sub>2</sub>	6—12	10YR3/4	29.0	bk
							B <sub>1</sub>	12—45	10YR4/4	35.1	bk
							B <sub>2</sub>	45—70	10YR5/4	45.6	—
	708	804	B <sub>B</sub>	N63°W	34°	中腹 微凸形 斜面 (匍行土)	F—H	—	5YR2/3	41.3	
							A <sub>1</sub>	0—5	7.5YR3/3	39.9	gr, n
							A <sub>2</sub>	5—10	7.5YR3/4	17.8	n
							B <sub>1</sub>	10—40	10YR5/8	42.6	bk
	605	777	B <sub>D</sub>	S68°W	25°	斜面下部 谷沿斜面 (匍行土)	B <sub>2</sub>	40—70	10YR6/6	47.9	—
							A <sub>1</sub>	0—15	10YR2/2	43.2	bk, cr
							A <sub>2</sub>	15—32	10YR3/3	41.0	bk, n
							B <sub>1</sub>	32—60	10YR3/4	48.1	bk
503	768	B <sub>D</sub>	S30°W	35°	斜面下部 谷沿斜面 (崩積土 匍行土)	B <sub>2</sub>	60<	10YR4/6	44.4	—	
						A <sub>1</sub>	0—8	10YR2/2	40.7	cr	
						A <sub>2</sub>	8—20	10YR2/3	41.7	cr, bk	
						A <sub>3</sub>	20—42	10YR3/3	46.8	bk	
B	42<	10YR5/4	54.5	—							

\* gr: Granular structure, L•gr: Loose granular structure.  
 bk: Blocky structure, n: Nutty structure, cr: Crumb structure.

に達する。斜面下部では Ao 層を全く欠除するか、あるいは立木の根元や小凹地などで部分的に数 cm の L 層（落葉層）がみられるほかは、落葉枝の堆積がきわめて少なく、裸地の状態を呈する箇所が多い。A 層は 30~40cm で斜面上部にくらべかなり厚くなる。こゝで斜面地形における A 層厚さの推移 (Tab.1, Fig.2) をみると、斜面上部から下部にかけて順次深くなり、A<sub>1</sub>~A<sub>3</sub>層に細分化するようになる。したがって表層土壌では、細土の占める割合が斜面下部で増大する傾向を示す。

礫の各調査地点における垂直分布 (Tab. 2, Fig. 2) は、全体を通じて下層（土壌深さ 50cm の層位を指す。以下同じ）に多く、表層（各土壌断面の A 層または、A<sub>1</sub>層を指す。以下同じ）で少ない。特に斜面上部の Plot113, 211, 810 の表層土壌では 9% 以下の値をとり、残積型の堆積様式を明らかに呈している。この礫量を斜面地形からみると、下層土壌では一定の傾向を示さないが、表層土壌では斜面を下降するほど増大する。この A 層土壌や礫の斜面上部から下部への増加傾向から、降水による土砂の移動ならびに一部有機物の流入状況もうかがい知ることができる。

Tab.2 Physical properties of the soils

Stream line	plot No	Type of Soil	Horizon	Depth (cm)	Indication of the total volume (%)								volume weight (g/100ml)	Permeability (ml/min)	Moisture saturation (%)	Specific gravity (g/cm <sup>3</sup> )	
					Fine soil	Gravel	Root	Porosity	Moisture	Max. water capacity	Min. air capacity	F				G	
A	109	B <sub>B</sub>	A	0-5	13.2	12.7	1.0	73.1	13.3	47.8	25.3	34.1	46.0	27.8	2.20	2.61	
			B <sub>1</sub>	20-25	22.5	6.2	0.9	70.4	18.7	57.9	12.5	57.8	62.0	32.3	2.39	2.61	
			B <sub>2</sub>	40-45	21.7	21.9	1.4	55.0	12.8	43.5	11.5	74.4	172.0	29.4	2.63	2.62	
	207	B <sub>D(a)</sub>	A <sub>1</sub>	0-5	18.5	10.1	0.7	70.7	17.1	30.6	40.1	53.9	154.0	55.9	2.60	2.67	
			B <sub>1</sub>	25-30	26.4	15.8	1.5	56.3	13.8	40.9	15.4	86.1	121.0	33.7	2.70	2.67	
			B <sub>2</sub>	40-45	29.3	18.7	0.1	51.9	13.5	41.0	10.9	98.5	112.0	30.5	2.73	2.67	
	304	B <sub>D</sub>	A <sub>1</sub>	0-5	21.2	16.1	0.5	62.2	19.8	38.7	23.5	64.8	187.5	51.2	2.54	2.62	
			A <sub>2</sub>	25-30	24.7	13.2	0.3	61.8	25.5	46.8	15.0	73.2	167.0	54.5	2.56	2.63	
	503	B <sub>D</sub>	B	50-55	20.3	24.3	0.1	55.3	17.8	36.4	18.9	69.7	172.0	48.9	2.60	2.63	
			A <sub>1</sub>	0-5	24.0	17.7	0.2	58.1	17.5	41.7	16.4	76.6	127.5	42.0	2.61	2.62	
			A <sub>3</sub>	15-20	24.5	19.4	0.0	56.1	14.5	42.2	13.9	78.2	275.0	34.4	2.57	2.63	
	B	113	B <sub>B</sub>	A	0-5	21.1	3.4	1.2	74.3	22.1	57.2	17.1	53.3	202.0	38.6	2.41	2.60
B <sub>1</sub>				30-35	20.4	7.1	0.5	72.0	17.9	57.3	14.7	55.8	126.5	31.2	2.52	2.61	
B <sub>2</sub>				45-50	23.5	14.1	0.3	62.1	18.3	48.2	13.9	72.1	214.0	38.0	2.63	2.62	
211		B <sub>C</sub>	A	0-5	15.7	7.9	1.6	74.8	23.3	38.0	36.8	42.4	78.0	61.3	2.45	2.67	
			B <sub>1</sub>	18-23	22.4	4.4	1.6	71.6	31.4	55.9	15.7	64.6	163.0	56.2	2.71	2.67	
			B <sub>2</sub>	40-45	23.4	7.2	0.1	69.3	28.4	51.3	18.0	68.7	133.0	55.4	2.72	2.67	
309		B <sub>D(a)</sub>	B <sub>3</sub>	90-95	23.6	15.4	0.1	60.9	20.0	44.9	16.0	76.0	180.0	44.5	2.73	2.67	
			A <sub>1</sub>	0-5	21.8	18.1	0.5	59.6	17.3	44.4	15.2	69.1	656.0	39.0	2.57	2.63	
			A <sub>2</sub>	15-20	22.5	19.2	0.2	58.1	15.5	39.7	18.4	73.0	455.0	39.0	2.61	2.63	
507		B <sub>D</sub>	B <sub>1</sub>	35-40	19.9	29.1	0.1	50.9	11.9	33.3	17.6	74.0	344.0	35.7	2.64	2.63	
			A <sub>1</sub>	0-5	20.0	18.7	1.8	59.5	17.4	36.6	22.9	68.6	408.0	47.5	2.72	2.67	
			A <sub>2</sub>	18-23	20.4	22.0	0.4	57.2	16.0	33.0	24.2	71.1	276.0	48.5	2.76	2.67	
C	810	B <sub>B</sub>	B	40-45	21.8	21.8	0.2	56.2	15.2	32.9	23.3	77.3	190.0	46.2	2.77	2.67	
			A <sub>1</sub>	0-5	22.9	8.9	1.7	66.5	14.0	46.7	19.8	64.4	259.5	30.0	2.51	2.62	
			A <sub>2</sub>	15-20	24.9	9.3	0.4	65.4	13.4	42.1	23.3	71.7	173.0	31.8	2.59	2.61	
	708	B <sub>B</sub>	B	40-45	22.3	23.8	0.4	53.5	11.4	33.5	20.0	77.4	234.0	34.0	2.63	2.63	
			A <sub>1</sub>	0-5	16.6	11.2	0.6	71.6	21.8	41.8	29.8	46.9	205.0	52.2	2.49	2.67	
			B <sub>1</sub>	20-25	24.9	6.5	0.3	68.3	31.7	52.2	16.1	71.8	115.0	60.7	2.69	2.67	
	605	B <sub>D</sub>	B <sub>2</sub>	50-55	22.8	22.5	0.1	54.6	14.0	31.2	23.4	75.9	292.2	44.9	2.58	2.67	
			A <sub>1</sub>	0-5	20.9	15.0	1.2	62.9	18.3	38.7	24.2	63.3	181.0	47.3	2.54	2.63	
			A <sub>2</sub>	20-25	24.4	17.8	0.2	57.6	12.1	42.6	15.0	76.2	182.5	28.4	2.56	2.63	
	503	B <sub>D</sub>	B	50-55	26.6	15.4	0.1	57.9	13.8	45.8	11.1	80.7	154.5	29.5	2.56	2.63	
			A <sub>1</sub>	0-5	24.0	17.7	0.2	58.1	17.5	41.7	16.4	76.6	127.5	42.0	2.61	2.62	
			A <sub>3</sub>	15-20	24.5	19.4	0.0	56.1	14.5	42.2	15.9	78.2	275.0	34.4	2.57	2.63	
C	503	B <sub>D</sub>	B <sub>1</sub>	65-70	22.7	24.8	0.6	51.9	12.2	34.4	17.5	78.5	243.0	35.5	2.58	2.63	

Tab.3の粒径組成についてみると、粘土は3~22%の範囲にあり、その大部分は10%以下で著しく少ない。表層と下層土壌では、表層で高い値を示す。なおPlot113, 211で大きい値をとるのは堆積様式のちがいによるものであり、同じ残積型のPlot810で他よりやゝ低い値をとるのは、火

Tab.3 Mechanical composition of the soils

Stream line	Plot No.	Horizon	Depth (cm)	Percent. based on the fine soil(%)			Texture*
				sand	silt	clay	
A	109	B <sub>1</sub>	5-28	66.5	20.5	13.0	SL
		B <sub>2</sub>	28-45	81.9	12.4	5.7	SL
		C	45-	92.1	4.9	3.0	LS
	207	A <sub>1</sub>	0- 5	79.8	10.1	10.1	SL
		A <sub>2</sub>	5-20	82.6	9.3	8.1	SL
		B <sub>2</sub>	35-50	88.2	6.4	5.4	LS
	304	A <sub>1</sub>	5-18	79.9	13.1	7.0	SL
		A <sub>2</sub>	18-30	79.8	10.4	9.8	SL
		B	30-50	81.7	9.0	9.3	SL
	503	A <sub>1</sub>	0- 8	85.4	4.3	10.3	LS
		A <sub>2</sub>	8-20	88.2	6.5	5.3	LS
		A <sub>3</sub>	20-42	89.0	6.9	4.1	LS
		B <sub>1</sub>	42-70	91.2	4.9	3.9	LS
B <sub>2</sub>		70-80	92.9	3.7	3.4	LS	
B	113	A	0- 8	59.9	19.4	20.7	SCL
		B <sub>1</sub>	8-35	65.7	24.8	9.5	SL
		B <sub>2</sub>	35-	76.7	12.7	10.6	SL
	211	A	0-12	59.5	18.8	21.7	SCL
		B <sub>1</sub>	12-30	59.5	36.5	4.0	L
		B <sub>2</sub>	30-80	70.6	17.9	11.5	SL
	309	A <sub>1</sub>	0- 8	83.3	9.0	7.2	SL
		A <sub>2</sub>	8-25	88.2	5.4	6.4	LS
		B <sub>1</sub>	25-40	92.4	2.5	5.1	LS
		B <sub>2</sub>	40-65	92.1	3.0	4.9	LS
	507	A <sub>1</sub>	0-15	81.9	9.6	8.5	SL
		A <sub>2</sub>	15-30	87.2	6.1	6.7	LS
B		30-65	89.9	4.9	5.2	LS	
C	810	A <sub>1</sub>	0-6	75.9	11.3	12.8	SL
		A <sub>2</sub>	6-12	78.0	10.6	11.4	SL
		B <sub>1</sub>	12-45	82.7	8.1	9.2	SL
		B <sub>2</sub>	45-70	89.0	7.0	4.0	LS
	708	A <sub>1</sub>	0-5	70.8	13.4	15.8	SL
		B <sub>1</sub>	10-40	75.3	14.4	10.3	SL
		B <sub>2</sub>	40-70	88.0	5.6	6.4	LS
	605	A <sub>1</sub>	0-15	73.5	11.1	15.4	SL
		A <sub>2</sub>	15-32	75.4	11.8	12.8	SL
		B <sub>1</sub>	32-60	79.4	9.3	11.3	SL
	503	A <sub>1</sub>	0-8	85.4	4.3	10.3	LS
		A <sub>2</sub>	8-20	88.2	6.5	5.3	LS
		A <sub>3</sub>	20-42	89.0	6.9	4.1	LS
B <sub>1</sub>		42-70	91.2	4.9	3.9	LS	
B <sub>2</sub>		70-80	92.9	3.7	3.4	LS	

\* LS : Loamy sand, SL : Sandy loam, L : Loam, SCL : Sandy clay loam

山灰(赤オンジ)の影響によるものである。シルトは3~37%の範囲にあって粘土と同様に残積型>匍行型>崩積型の順に高く、垂直分布も粘土に類似して下層で減少する。これら粘土およびシルトの斜面上の推移は、3傾斜線ともおよそ斜面上部の残積型土壤で高く、谷に向って減少の傾向を示す。これに対して砂(粗砂+細砂)は、残積型の表層土壤のほかは、75~93%の範囲にあってマサ土の特徴をよく表わしている。その量的変化は、粘土、シルトと異なり斜面下部で増加の傾向を示す。これら粒径組成の傾斜面における分布状況からみても、砂は表面侵食によって斜面上部から流下し、下方で沈積、増加するものの、粘土・シルトの微粒子分は、下方透水によりなお一層低い谷部へ浸透流去するものと考えられる。また、斜面上部で表層土壤の粘土含量がやゝ高いことは、堆積様式とあいまって、これら地域に密生するスズタケの根による土壤緊縛効果も大きく関与しているものと推察される。

Tab. 2, Fig. 2より、孔隙量は、各傾斜線とも表層土壤で大きく、また斜面上部でその値が大きくなるため、表層と下層との較差も斜面上部で大きく、谷筋で小さくなる。

容積重は、孔隙量とは対照的に斜面下方で大きい値をとり、細土量と正の相関がうかがわれ、この関係は表層土壤で一層明らかである。このことは、さきに述べたように斜面上部から比重のやゝ大きい粗粒、細粒の砂・礫が流下してやゝ密に集積することを意味している。

含水量は、斜面上部の表層土壤でやゝ大きく、その平均値で50%程度、斜面下部で約40%で相対的に小さい。この含水量の斜面上の表われ方

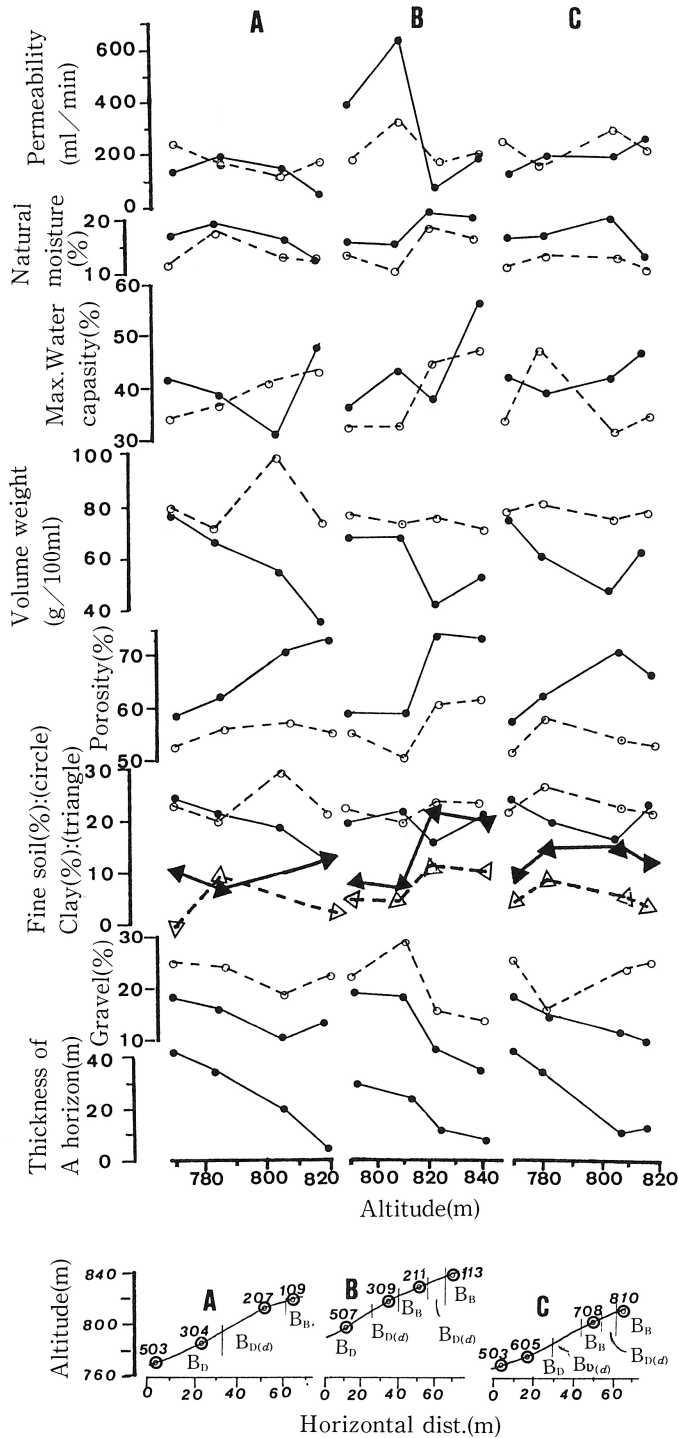


Fig.2 Distributions of soil physical values, based on altitude (black: A or A<sub>1</sub>-Layer, white: 50cm depth) double circle: sampling point)

をみると、森林土壌の一般的傾向に反し、土壌の水分保持力は斜面下部で劣るようである。この要因として、斜面下部での砂・礫の増加ならびに粘土あるいは後述の土壌有機物の減少などがあげられる。

透水性は前報で述べたように、尾根に近いところに分布する乾性土壌では菌糸や土壌構造の影響をうけて特異な値 (Plot109, 211) を示すものもある。全般的にみると100~300ml/min.の範囲にあり、透水性は良好といえるが、これと斜面地形との間には一定の傾向は認められなかった。

以上、土壌の物理性について、各要素の斜面上の推移と垂直的の分布についてみてきた。特に斜面上での物理性に関する各要素の動きを最もよく示す表層土壌では、いづれの傾斜線も斜面を下降するにしたがって礫量と容積重は増大する。また細土の量も増加傾向を示すが、その増量分の大半は砂で、粘土・シルトの含量はかえって減少する。したがって含水量は、これらを反映して斜面上部より下部で減少する傾向が認められた。透水量は全般的に大きいが、斜面地形との関連性は明らかでない。これら土壌の斜面上の物理性からみて、本試験地内での降雨による面侵食は、年数回の強雨時に起るほかは、大部分の降水の移動が土壌層内を通じておこなわれているものと思われる。またこの土壌の貯水能はさほど大きくないと推測される。

### 3-2 土壤の化学性

pH の各傾斜線の上部から下部にいたる推移 (Fig.3) は、表、下層土壤とも斜面下部で高くなる傾向がみられる。これに対して、置換酸度 ( $Y_1$ ) の値は下方に降るにしたがい著しく低下し、酸度はかなり弱まる。この傾向は表層土壤において顕著であり、斜面下部では下層土壤との差はなくなる。

土壤中の炭素および窒素は、そのほとんどが土壤腐植に由来すると考えられる。これら両者の含有率は、斜面上部の表層土壤では、粗腐植の影響を受けて高濃度を示し、下部で明らかに低下

Tab.4 Chemical properties of the soils

Stream line	Plot No.	Type of Soil	Horizon	Depth (cm)	pH (H <sub>2</sub> O)	pH (KCl)	Y <sub>1</sub>	C (%)	N (%)	C/N	CEC (m.e./100g)	Exch. base (me/100g)			D.S (%)	
												Ca	Mg	Ca+Mg		
A	109	B <sub>B</sub>	A	0-5	4.79	4.06	20.2	7.76	0.47	16.51	22.64	1.86	0.54	2.40	10.6	
			B <sub>1</sub>	5-28	4.87	4.40	13.1	4.66	0.24	19.42	16.32	0.98	0.14	1.12	6.9	
			B <sub>2</sub>	28-45	4.70	4.52	9.4	2.86	0.09	31.78	12.19	0.40	0.09	0.49	4.0	
				C	45-	5.05	4.57	5.8	0.55	0.01	55.00	6.12	0.32	0.07	0.39	6.4
	207	B <sub>D(d)</sub>	A <sub>1</sub>	0-5	5.61	4.53	7.8	6.94	0.53	13.06	15.26	5.32	0.37	5.69	37.3	
			A <sub>2</sub>	5-20	5.01	4.51	10.2	3.23	0.22	14.68	10.69	0.41	0.19	0.60	5.6	
			B <sub>1</sub>	20-35	5.09	4.57	7.2	2.01	0.14	14.36	7.71	0.24	0.08	0.32	4.2	
			B <sub>2</sub>	35-50	5.12	4.60	6.0	1.43	0.08	17.88	7.41	0.29	0.03	0.32	4.3	
			B <sub>3</sub>	50-95	5.02	4.64	4.1	0.94	0.06	15.67	5.62	0.18	0.04	0.22	3.9	
	304	B <sub>D</sub>	A <sub>1</sub>	0-5	5.22	4.68	4.1	5.53	0.34	13.32	13.81	4.34	0.81	5.15	37.3	
			A <sub>1</sub>	5-18	5.07	4.47	8.3	3.35	0.26	13.58	12.36	1.71	0.42	2.13	17.2	
			A <sub>2</sub>	18-30	5.15	4.60	7.0	3.02	0.21	14.30	11.02	1.10	0.27	1.37	12.4	
			B	30-50	5.56	4.59	5.7	1.79	0.10	17.90	8.79	0.48	0.10	0.58	6.6	
	503	B <sub>D</sub>	A <sub>1</sub>	0-8	5.90	5.07	1.5	2.52	0.22	11.45	10.81	4.70	0.96	5.66	52.4	
			A <sub>2</sub>	8-20	5.78	4.67	3.8	1.42	0.14	10.14	8.78	2.78	0.38	3.16	36.0	
A <sub>3</sub>			20-42	5.87	4.78	4.0	1.04	0.09	11.55	6.77	0.67	0.17	0.84	12.4		
B			42-70	5.86	4.83	2.9	0.67	0.05	13.40	5.50	0.51	0.09	0.60	10.9		
B			70-80	5.67	4.90	2.3	0.63	0.05	12.60	5.51	0.24	0.08	0.32	5.8		
B	113	B <sub>B</sub>	A	0-8	4.49	4.11	24.8	8.50	0.46	18.48	25.80	1.24	0.58	1.82	7.1	
			B <sub>1</sub>	8-35	4.97	4.50	11.2	3.13	0.13	24.08	14.36	0.98	0.14	1.12	7.8	
			B <sub>1</sub>	35-	4.91	5.63	8.9	0.86	0.03	28.67	9.50	0.18	0.05	0.23	2.4	
	211	B <sub>C</sub>	A	0-12	4.96	4.29	20.4	7.43	0.49	15.16	23.69	0.90	0.37	1.27	5.4	
			B <sub>1</sub>	12-30	5.10	4.61	7.2	2.54	0.16	15.88	14.05	0.24	0.06	0.30	2.1	
			B <sub>2</sub>	30-80	5.23	4.66	7.0	1.05	0.06	17.50	11.24	0.28	0.16	0.44	3.9	
			B <sub>3</sub>	80-120	5.64	4.66	4.7	0.60	0.04	12.00	10.02	0.46	0.17	0.63	6.3	
	309	B <sub>D(d)</sub>	A <sub>1</sub>	0-8	5.67	4.60	4.8	3.40	0.24	14.17	13.67	3.72	0.89	4.61	33.7	
			A <sub>2</sub>	8-25	5.48	4.60	7.2	2.54	0.17	14.94	9.19	1.16	0.37	1.53	16.6	
			B <sub>1</sub>	25-40	4.97	4.64	5.6	1.19	0.08	14.88	7.60	0.70	0.22	0.92	12.1	
			B <sub>2</sub>	40-65	5.60	4.68	3.6	0.68	0.03	22.67	6.11	0.84	0.18	1.02	16.7	
	507	B <sub>D</sub>	A <sub>1</sub>	0-15	5.33	4.62	6.0	3.37	0.30	11.23	12.33	2.73	0.66	3.39	27.5	
A <sub>2</sub>			15-30	5.25	4.55	6.9	2.44	0.23	10.61	11.87	1.41	0.13	1.54	13.0		
B			30-65	5.63	4.65	6.5	1.26	0.09	14.00	9.98	0.74	0.13	0.87	8.7		
C	810	B <sub>B</sub>	A <sub>1</sub>	0-6	4.85	4.14	17.6	4.64	0.30	15.47	17.05	2.72	0.92	3.64	21.3	
			A <sub>2</sub>	6-12	4.57	4.00	26.0	2.83	0.18	15.72	13.11	0.51	0.27	0.78	5.9	
			B <sub>1</sub>	12-45	4.46	4.05	27.3	1.62	0.10	16.20	10.78	0.16	0.16	0.32	3.0	
			B <sub>2</sub>	45-70	4.67	4.17	26.4	0.66	0.04	16.50	9.06	0.25	0.16	0.41	4.5	
	708	B <sub>B</sub>	A <sub>1</sub>	0-5	5.15	4.37	8.7	7.62	0.58	13.14	20.59	4.74	1.05	5.79	28.1	
			A <sub>2</sub>	5-10	4.98	4.33	19.3	4.81	0.33	14.82	15.56	0.98	0.45	1.43	9.2	
			B <sub>1</sub>	10-40	5.07	4.56	11.6	1.82	0.11	16.55	9.60	0.13	0.12	0.25	2.6	
			B <sub>2</sub>	40-70	5.34	4.71	4.9	0.33	0.02	16.50	6.04	0.38	0.03	0.41	6.8	
	605	B <sub>D</sub>	A <sub>1</sub>	0-15	5.40	4.55	5.6	5.90	0.33	17.88	16.75	3.76	0.69	4.45	26.6	
			A <sub>2</sub>	15-32	5.43	4.53	8.2	3.14	0.23	13.65	11.40	1.91	0.26	2.17	19.0	
			B <sub>1</sub>	32-60	4.40	4.60	6.0	1.80	0.14	12.86	7.98	0.29	0.05	0.34	4.3	
			B <sub>2</sub>	60-	4.78	4.47	7.7	2.19	0.14	15.64	8.06	0.22	0.03	0.25	3.1	
	503	B <sub>D</sub>	A <sub>1</sub>	0-8	5.90	5.07	1.5	2.52	0.22	11.45	10.81	4.70	0.96	5.66	52.4	
			A <sub>2</sub>	8-20	5.78	4.67	3.8	1.42	0.14	10.14	8.78	2.78	0.38	3.16	36.0	
			A <sub>3</sub>	20-42	5.87	4.78	4.0	1.04	0.09	11.55	6.77	0.67	0.17	0.84	12.4	
B			42-70	5.86	4.83	2.9	0.67	0.05	13.40	5.50	0.51	0.09	0.60	10.9		
B			70-80	5.67	4.90	2.3	0.63	0.05	12.60	5.51	0.24	0.08	0.32	5.8		



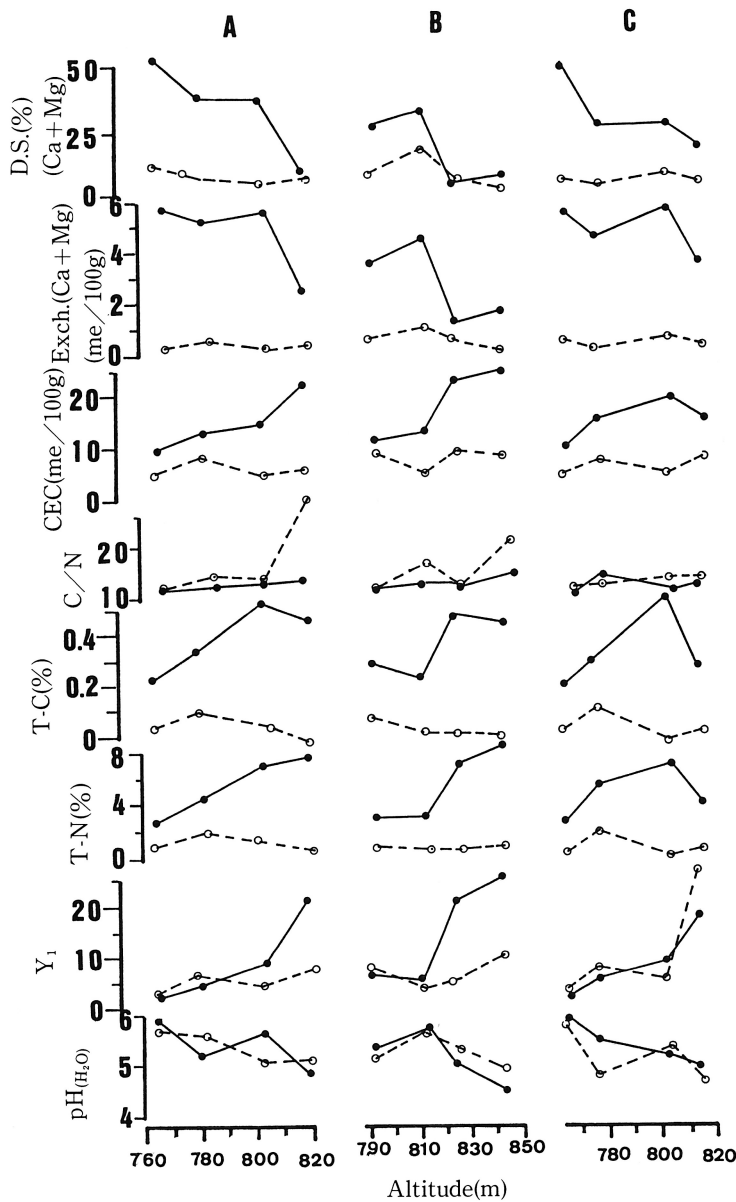


Fig.3 Distributions of soil chemical values, based on altitude (black: A or A<sub>1</sub>-layer, white: 50cm depth)

からみると、塩基置換容量と、さきの粘土含量および炭素含有率との間にはいづれも正の相関がうかがわれる。こゝには図示しなかったが、全調査試料について両者との相関を求めた結果、塩基置換容量は粘土含量： $r=0.81$  ( $P<0.001$ ) に対するより、炭素含有率との相関： $r=0.94$  ( $P<0.001$ ) の方が大きく表われる。このことは物理性で述べたとおり、本試験地土壤では粘土含量の絶対値が著しく小さいことからしても当然の結果といえよう。つまり、本試験地のような花崗岩を母材とする砂質土壤での塩基置換容量に対しては、土壤腐植の寄与率が特に大きくなるものと考えられる。したがって後で述べる土壤中の炭素量が斜面下部で減少することから、この塩基置換容量もそれに順じて斜面下部で小さくなる傾向が認められる。

する。一方下層土壤の値は低く、斜面上における推移もゆるやかである。

C/N比は、下層土壤で窒素濃度が僅少となるため、表層の値にくらべ大きくなる。表層土壤のC/N比はおよそ11-18で、褐色森林土壤としては、好範囲にあり、全般的にみて有機物の分解は進んでいるとみなされる。斜面地形からみると、斜面上部で大きく下部で小さくなる傾向を示す。以上のようなpHや置換酸度あるいはC/N比の斜面上の分布状態からして、斜面上部の乾性土壤では落葉枝の分解がやゝ不良で、断面形態でもふれたようにある程度のH層を形成するため、その腐植酸の影響が表層土壤のpHや置換酸度の値として示されている。これが斜面の下部に降るにしたがい緩和されるのは、谷筋に向って有機物の分解、無機化がスムーズに進行していることによるものと考えられる。

陽イオン置換容量は、表層土壤で大きく、下層土壤で小さい。また斜面上部から下部に向って小さくなる。この塩基置換容量は陽イオン吸着体とされる粘土および腐植コロイドの量に左右される。Fig.3

置換性のカルシウム (Ca), マグネシウム (Mg) 濃度についてみると, Ca>Mgであるが, 両者とも下層土壌に比べ表層で明らかに高く, また斜面地形では尾根から谷筋に向かって増大する。この鉱物質土壌中の塩基は, もともと鉱物の風化に由来するものであるが, これら濃度の垂直分布の状況や, C/N比が小さい斜面下部で高い値を示すことから, 表層における Ca, Mg の高濃度化は, 落葉枝の分解, 無機化に負うところが大きいものとみなされる。

塩基 (Ca+Mg) 飽和度は, 塩基置換容量にも関係して (Ca+Mg) の推移状態と一致して表われる。また土壌酸度とは対照的に示される。この置換性塩基 (Ca, Mg) は, 酸性土壌のもとでは土壌水によって大なり小なり絶えず洗脱をうけ, 土壌中を上方から下方へ移動していると考えられ, 一方では, そのある部分がこの場合, 主として土壌腐植に吸着されるとみなされる。そこで, 斜面地形におけるこれら土壌成分の推移状況をより詳しくみるため, 鉱物質土壌における各成分量を各層位ごとに算出し, これを各層位の深さで除して 1 cm 当りの量として垂直的な変化を示したのが Fig.4 である。また深さ 50cm までの総量を Tab.5 に掲げた。なお推定法は, 各層位の容積組成と容積重から細土量を求め, これに各成分含有率を乗じて算出した。

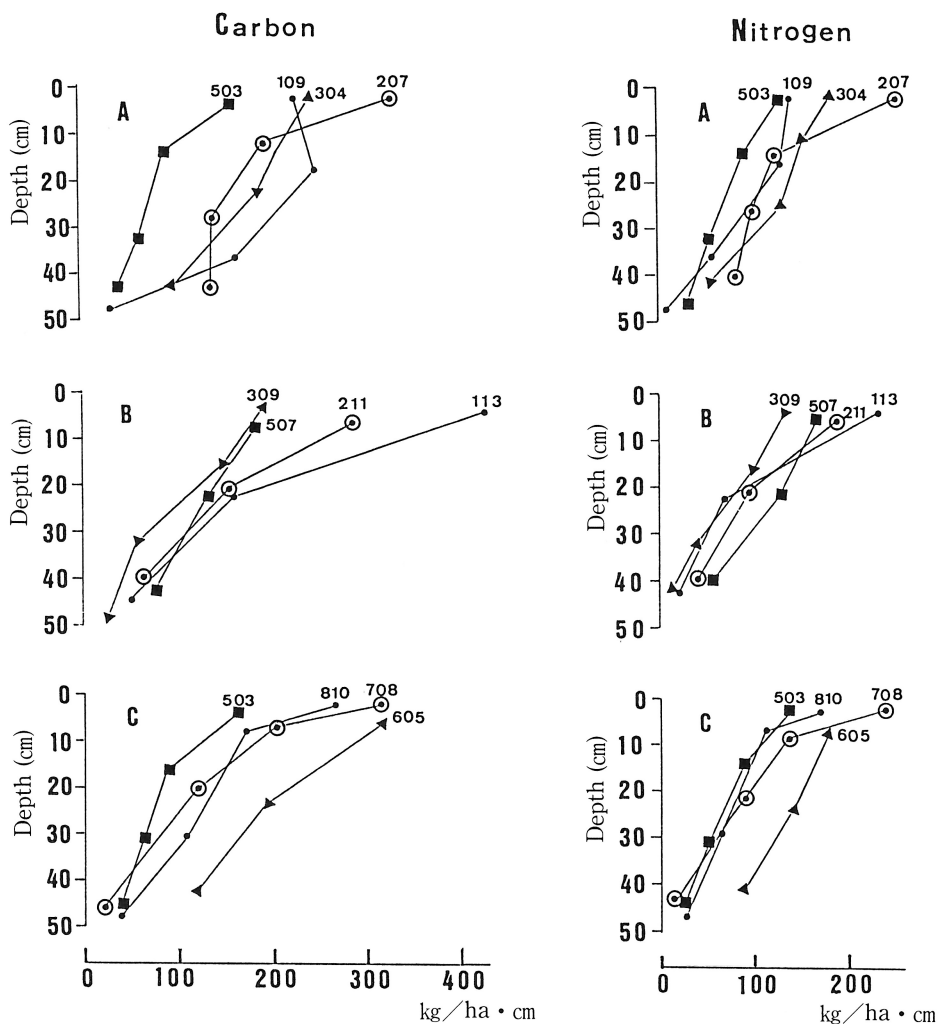
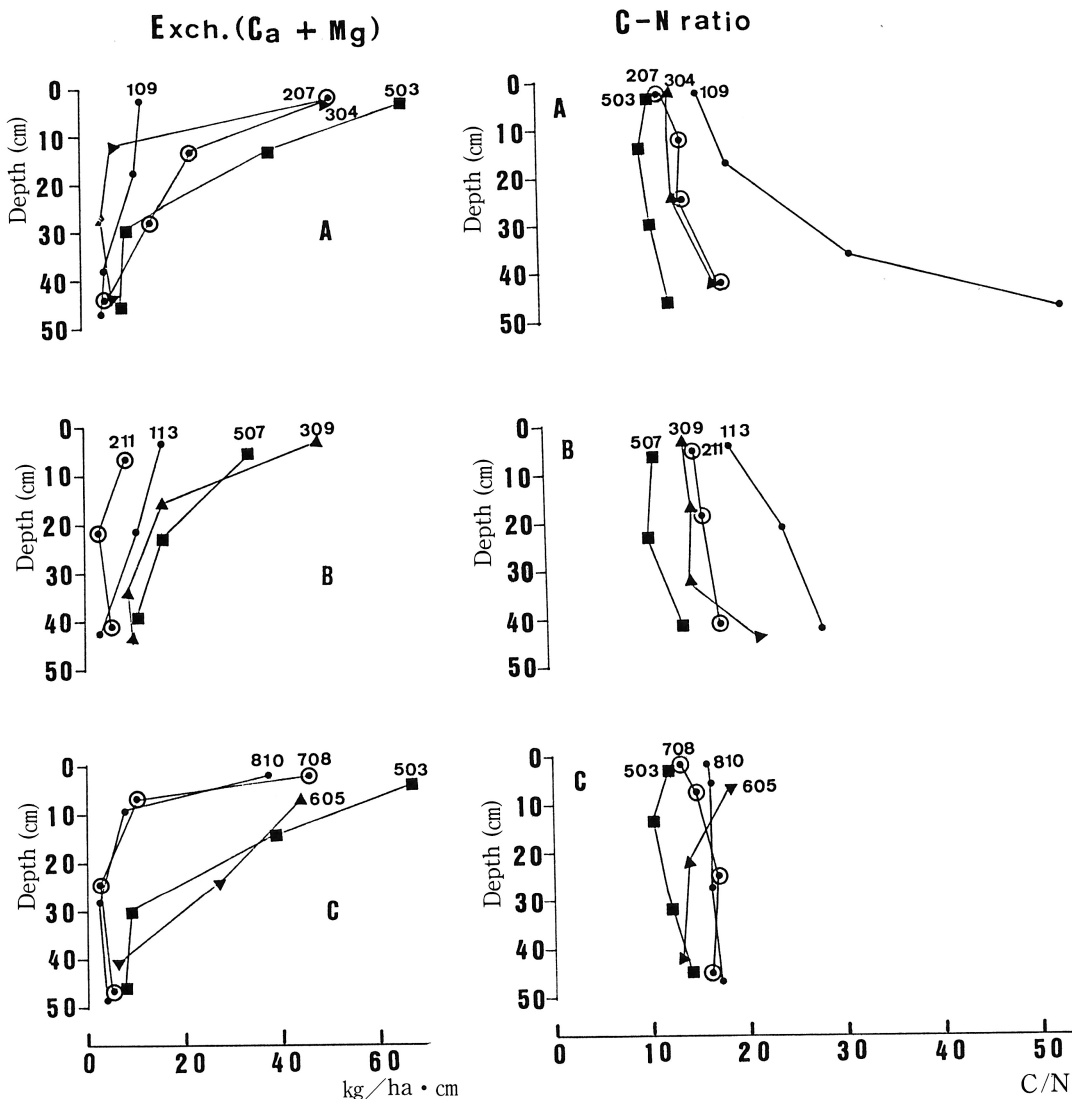


Fig.4 Distribution of carbon, nitrogen, exch. (Ca+Mg) and C-N ratio with soil depth

Fig.4 (Continued)



炭素量の各調査地点における垂直的な変化は、含有率でみられたと同様に斜面上部のものは表層から下層への減少割合が大きく、斜面下部では含有量が減少するが、下層への移りかわりはゆるやかである。この土壤中の炭素量は、およそ有機物の供給量とその分解速度に支配されており、一般的な傾向としては斜面下部で相対的に増加すべきものと思われる。しかし本試験地での斜面上部の分布は大略、斜面上部で大きく、下部で小さくあらわれた。この斜面下部での炭素量の減少傾向について、中根(11)は、尾根から谷に近づくほど土壌有機物のターンオーバーが速くなることによるとしている。本試験においても、斜面下部での上、下層の変化が、C/N比の値からややその傾向がうかがわれるが、この場合は、斜面下部で林床植生が著しく疎なこと、ひいては強雨による表面侵食で落葉の集積量が比較的少ないことを、更には粘土が少ないためこの腐植の集

積にも乏しいことなど、地況と土性が大きく原因しているものと考えられる。窒素量の上、下層における垂直分布は炭素の推移傾向と全く一致してあらわれる。

置換性(Ca+Mg)量の垂直分布は炭素、窒素とは対照的に斜面下部の適潤性土壌に近づくほど蓄積量を増し、上層から下層へ漸減する。斜面上部では、表層で高い値をとるものの、深さ10cmに下るとその値は、斜面下部の50cm層位の値と同程度にまで急減する。

Tab.5 Estimation of carbon, nitrogen and exch. (Ca+Mg) content of mineral soil (50cm depth)

Stream line	plot No.	Altitude (m)	C (t/ha · 50cm)	N (t/ha · 50cm)	Ca (kg/ha · 50cm)	Mg (kg/ha · 50cm)	Ca+Mg (kg/ha · 50cm)	C/N
A	109	821	98.31	4.56	394	44	438	21.6
	207	808	88.41	5.94	468	47	515	14.9
	304	783	80.96	5.55	765	103	868	14.6
	503	768	40.60	3.61	1125	127	1252	11.2
B	113	843	86.11	3.96	408	58	466	21.8
	211	826	75.35	4.77	207	53	260	15.8
	309	814	53.62	3.57	766	126	892	15.0
	507	792	62.95	5.44	860	98	958	11.6
C	810	815	62.96	3.95	309	98	407	15.9
	708	804	64.19	4.21	334	69	403	15.3
	605	777	102.39	6.79	1077	108	1185	15.1
	503	768	40.60	3.61	1125	127	1252	11.2

Fig.5は、A、B、C 3傾斜線における上方から下方への各土壌成分量ならびにC/N比の推移状況を、標高との関係で図示したものである。炭素量についてみると、C傾斜線の最上部Plot 810(赤オンジ系土壌)を除くと、先にも述べたように、およそ斜面上部で高く、下方で減少する傾向が示される。窒素量は斜面上部で明らかに少なくあらわれるが、標高差による変化に一定の傾向は認められない。この炭素と窒素の総量からみたC/N比は11-22の範囲にあり、両者の分布のし方を反映して、高地で大きく、低地で小さくあら

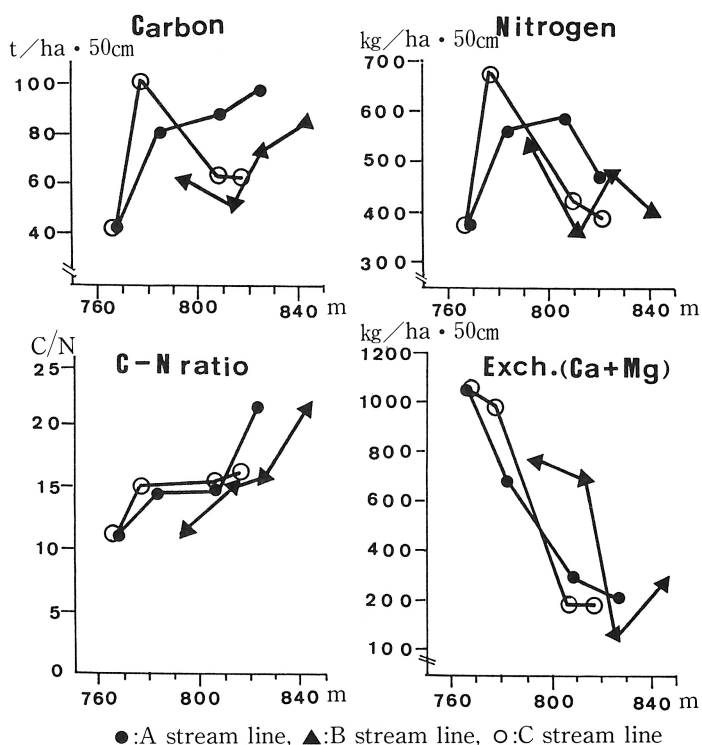


Fig.5 Relation of carbon, nitrogen, exch. (Ca+Mg) and C-N ratio to altitude

われ、このC/N比からも土壤有機物の分解が斜面上部より下部で速いことを示している。置換性(Ca+Mg)量の標高による差異は明確で、斜面下部で大きく尾根に近づくほど減少する。

これら鉱物質土壤中における各成分の現存量を、土壤深さ50cmの1 ha 当りで見ると (Tab.5)、炭素は斜面上部の乾性土壤で平均77.4ton、斜面下部の適潤性土壤で61.5ton、同じく窒素の総量ではそれぞれ4.3ton および5.3ton であった。この炭素量は、同じ花崗岩を母材とする奈良春日山の照葉樹林での野村ら(4)の測定値78.2ton/ha・m と比較してやゝ大きく、中根(11)の82.6~108 ton/ha・60cmよりやゝ小さいと推定される。

以上、土壤の化学性については、炭素、窒素のように供給源の大部分を植物の落葉枝や枯死根に由来するものでは、およそ斜面下方で減少する傾向を示すのに対し、置換性(Ca+Mg)では明らかに斜面下部で増大する。斜面下部での炭素量の減少についてはすでに述べたが、窒素量もこの炭素量の多少とも関連してあらわれるものと推測される。

置換性(Ca+Mg)量は、塩基置換容量の変化とは逆に3傾斜線とも斜面下部で増大した。このことは、斜面下部において、置換性Ca、Mgの生物的小循環が斜面上部に比べ円滑で、その分、土壤への供給が多いこと。また土壤の物理性からは、粗粒、粗孔隙性が保水性や陽イオン吸着能を低下させ、塩基類の下方への洗脱を加速し、同時に微粒の土壤コロイドも流去していることを示すものと思われる。したがって斜面上のある地点の成分濃度や量には、これら供給と流去の両作用の強弱が支配的に働くものと理解される。竹下ら(2)は、この森林土壤生成について、腐植物質などの表層から下層への垂直的な動きを静的とし、斜面に沿った侵食作用による移動、集積を動的な生成としており、時としては、侵食に伴う斜面上の土壤固体物質の移動現象に十分留意すべきことを示唆している。本試験地の場合、この動的生成因子が及ぼす影響は大きいといえよう。

#### 4. ま と め

花崗岩を母材とした急斜面上に成立するモミ・ツガ天然生二次林において、尾根から谷方向への土壤要素の推移状況ならびに表層と下層土壤から、その垂直的な変化を調べ、土壤の理化学的性質と斜面地形との関係について解析した。その結果、斜面地形と土壤の物理性との関係は、斜面を下降するにしたがい細土や礫及び容積重は明らかに増大するが、その細土の増量分はほとんどが粗砂であった。粘土含量は、全般的にみて著しく少なく、また斜面下方でやゝ減少し、シルトでその傾向は一層明かであった。これら粒径組成の斜面上の分布は、土壤の堆積様式と密接な関係が認められ、粘土とシルトは斜面上部に現れる残積型で大きい値をとった。孔隙量は、礫や容積重と対照的に斜面を下降するにしたがい小さくなり、含水量も斜面下部で上部より20%程度減少する。このように物理性については、斜面下部の特に表層土壤では、上方からの砂・礫の流下、沈積の影響が大きく表われ、これが土壤の物理性を大幅に規制し、自然の水湿状態や水分保持能力に大きく影響していることが明らかにされた。

化学性については、斜面下部で炭素や塩基置換容量が明らかに減少するものゝ、置換性(Ca+Mg)量の増大で、土壤のpHや酸度は緩和され、物理性とは異なりやゝ一般的な傾向を示した。しかし、土壤中の炭素量については、その主な供給源の落葉枝量が、通常斜面下部に多いとされているにもかかわらず、斜面下部で小さい値を示した。これは降雨後の土壤水分がもたらす環境差や、上方からの流砂による土砂と落葉枝の混和などで分解速度が早まるとも考えられるが、現地状況から判断すると、落葉類がなお一段低い谷方向へ移動していくためともみられる。これらの諸点は、今後Ao層の量的調査も含めて検討したい。

本試験地のように花崗岩の風化に由来するマサ土の、急傾斜地では、上方から下方への透水が

良好であり、林床植生とも関連するものゝ土壤物質の移動、流亡はかなり大きい。このことは容積組成や粒径組成あるいは塩基置換容量、置換性 Ca, Mg の測定結果からもいえることである。要するに本試験地のような地況や土壤条件下では、斜面上のある地点での物質の濃度や現存量は、有機物の分解量と、上方から流下してくる供給量ならびに土壤の保持力、これとその地点における洗脱、流亡作用の力とのバランスで決まるものと考えられる。本調査結果では、斜面下部で含水量や塩基置換容量の値が小さくなることから推察して、これらが多量に保持される場はなお斜面下方に出現するのか、あるいは系外に排出されているのか不明である。これらの点については今後の課題としたい。

## 引用文献

- 1) 辻田昭夫, 猪股重雄, 荻野和彦: モミ・ツガ天然生林における森林土壤の物理性と微地形との関係, 愛媛大演報, 23: 77~90, 1985
- 2) 竹下敬司・中島康博: 斜面の微地形と土壤に関する2,3の考察, ペドロジスト, 4(2): 68~78, 1960
- 3) 一・一・長浜三千治・樋口真一: 微地形及び土壤とスギ(品種)の生長に関する森林立地学的研究, 福岡林試時報, 12: 1~125, 1960
- 4) 野村籬・依田恭二・篠崎吉郎・吉良竜夫: 森林土壤中の有機物の垂直分布, 第8回生態学会講演要旨集, 13P, 1961
- 5) 竹下敬司: 微細地形及び地形解析と土壤に関する森林立地学的研究, 福岡林試時報, 14: 1~53, 1961
- 6) 一・中島康博: 微細地形及び地形解析と土壤に関する森林立地学的研究 I, 同時報, 16: 61~113, 1963
- 7) 堤利夫・片桐成夫: 森林の物質循環と地位との関係について I., 日林誌, 56: 83~90, 1973
- 8) 一・一: 同上 II., 同誌, 56: 434~440, 1974
- 9) 赤井龍男・吉村健次郎・真鍋逸平・有光一登・相場芳憲・松浦孝蔵: 人工降雨によるヒノキ林内の落葉, 土壤等の流出移動について(II), 日林論文集, 92: 213~214, 1981
- 10) 上田晋之助・赤井龍男・葉師寺清雄・有光一登・石井弘・片桐成夫: —————(IV), 同上, 92: 217~220, 1981
- 11) 中根周歩: 森林斜面における土壤有機物のダイナミックス, 日本生態学誌, 25(4): 206~216, 1975
- 12) 林野庁: 国有林土壤調査報告書: 農林省林業試験場, 1955
- 13) 真下育久: 森林土壤の理化学的性質とスギ, ヒノキの成長に関する研究, 林野土壤調査報告, 11: 1~158, 1960
- 14) 土壤養分測定法委員会編: 土壤養分分析法, 281~296養賢堂, 東京, 1976

(1986年7月31日受理)