

カラマツ林の成長および有機物層の組成 におよぼす土壌条件の影響*

(前山・桐原国有林)

河 田 弘⁽¹⁾

1 はじめに

カラマツは信州地方の郷土樹種として知られ、現在人工林面積の約半ばを占めているが、最近はやears増加の傾向を示している。さらに、今後奥地林の開発が進められるにともなつて、高冷地における人工造林が積極的に推進されようとする機運にあるとき、カラマツは養苗が容易なこと、寒冷な気候に対する適応性が大きいこと、活着の良好なことなどの諸点からも、造林樹種としての重要性は今後ますます増大されようとする状況におかれている。

しかしながら、カラマツは他の主要造林樹種に比べると、土壌の諸条件に対する適応性については、いまだ十分に明らかにされているとはいいがたく、今後の検討にまたなければならぬ点が多い。

また、林木の落葉の組成が、分解過程および土壌の諸性質とどのような関連性を有するかを明らかにすることは、土壌生成、林木の栄養生理、林地生産力などの問題を解明するためにも、きわめて重要なことと思われる。

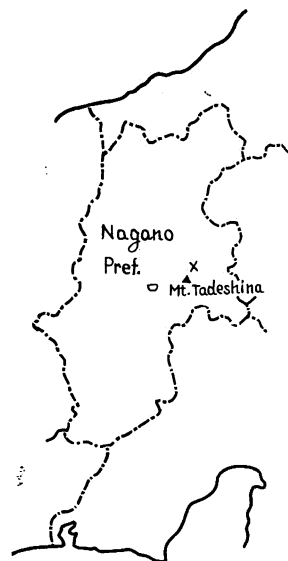
これらの諸問題を解明するためには、広範な調査研究の結果をまたなければならぬであろう。今回の報告はその一環として、長野営林局臼田営林署管内の前山・桐原国有林のカラマツ林について、土壌の諸条件がカラマツの成長および落葉の組成におよぼす影響を明らかにするとともに、あわせて落葉の組成および分解過程における変化等について検討を行なつた結果をとりまとめた。

II 試料採取地

II-1 位 置

試料採取地は長野県南佐久郡大沢村に位置する臼田営林署管内の前山・桐原国有林のカラマツ人工林において、つぎの8箇所を選んだ(第1図参照)。

Prof. 1 臼田経営区104い・林小班, 26 年生



第1図 調査地域
Fig. 1 Location of surveyed area.

* この研究の一部は、日本林学会中部支部講演会(昭和35年11月)および同春期大会(昭和36年4月)に発表した。

(1) 関西支場土壌研究室長, 元木曾分場土壌研究室長・農学博士

Prof. 2 白田経営区 104 い林小班, 26 年生 (Prof. 1 の山腹斜面上部)

Prof. 3 同 上 111 ろ林小班, 45 年生

Prof. 4 同 上 114 ろ林小班, 45 年生

Prof. 5 同 上 (Prof. 4 の山腹斜面上部)

Prof. 6 同 上 103 は林小班, 53 年生

Prof. 7 同 上 (Prof. 6 の山腹斜面上部)

Prof. 8 同 上 104 に林小班, 53 年生

II-2 地形および母材

調査地域は蓼科山の北東山麓部に位置する。蓼科山は中腹の大河原峠（標高 2,093m）付近から、ゆるやかな傾斜をなして北東にのびる山麓部は幾枝にも分かれて、いずれも山脚の短い緩斜な丘陵地形を形成し、また、尾根は緩斜～平坦な台地を形成している場合が少なくない。各試料採取地点はいずれもこれらの丘陵性地域に位置し、標高 1,050～1,260 m である。

これらの地域は複輝石安山岩を基盤とし、その上を数回にわたる火山活動によつて噴出した火山噴出物によつて厚く覆われている²²⁾。

II-3 立地条件、土壌型、断面形態および植生

この地域は黒色土壌群に属する土壌が大部分を占め、褐色森林土壌群に属する土壌の分布は少ない。前者は主として台地状の平坦～緩斜尾根および山腹斜面下部から沢沿いに分布し、後者は主として山腹斜面中腹から上部に分布する。また、両土壌群に属する土壌は、いずれも山脚の短い丘陵性地形のために、明瞭な乾性土壌の分布はきわめて少ない。

第 1 表 試料採取箇所の立地条件

Table 1. Site conditions of sampling plots.
(Parent material : Volcanic ash)

断面 番号 Prof. No.	海 抜 高 Height from sea level (m)	方 位 Direction	傾 斜 Inclination	地 形 Topography	堆 積 様 式 Mode of formation
1	1,050	N 25° E	15°	bottom of valley floor	colluvial soil
2	1,100	N 20° W	30°	ridge of mountain slope	residual soil
3	1,200	N 80° E	25°	lower part of mountain slope	colluvial soil
4	1,100	S 10° E	35°	ibid.	ibid.
5	1,160	S 35° W	35°	ridge of mountain slope	residual soil
6	1,120	S 25° W	25°	lower part of mountain slope	colluvial soil
7	1,200	S	20°	upper part of mountain slope	residual soil
8	1,260	N	8°	mountain top plateau	ibid.

第2表 断面形態
 Table 2. Description of profile.

断面 番号 Pro- file No.	土壌型 Type of soil	層位 Layer, Hori- zon	厚 さ Thick- ness (cm)	推移状態 Definition of bound- ary	色 Color	構 造 Struc- ture	堅密度 Com- pact- ness	石 礫 Stone (size, quantity)	根系 Root	外生 菌根 Ecto- tro- phic my- cor- rhiza
1	Bl _E	A ₀	L: 1 cm, F: 0.5 cm							
		A ₁	9		black	crumb	1	stoneless	4	—
		A ₂	20	G	black	crumb	2	stoneless	4	—
		A'	10	S	grayish black	massive	3	small, 2	2-1	—
		B ₁ '	15		blackish yellow	massive	4	small, 3	—	—
		B ₂ '	10+	C	light blackish yellow	massive	4	small, 2	—	—
2	B _B	A ₀	L: 1 cm, F: 2 cm							
		A	8-9		light blackish brown	granular	2	stoneless	4	—
		B	45+	C	yellowish brown	massive	2	stoneless	3-2	—
3	Bl _D	A ₀	L: 1-2 cm, F: 1 cm							
		A ₁	12		black	crumb	1	stoneless	4	—
		A ₂	15	G	black	massive	2-3	stoneless	2	—
		B ₁	20~25	G	blackish brown	massive	2-3	stoneless	1	—
		B ₂	20+	G	blackish yellow	massive	3	stoneless	1	—
4	B _D	A ₀	L: 1 cm F: 1 cm							
		A ₁	8		blackish brown	crumb	1	small, 1	4	—
		A ₂	12	G	dark brown	crumb~ massive	2	small, 1	4	—
		A-B	10~15	G	dark yellowish brown	massive	3	small, 1 ; medium, 1	3	—
		B	30+	G	yellowish brown	massive	3	large, 1 ; large, 1	2	—
5	B _A	A ₀	L: 1-2 cm, F: 3-4 cm							
		A	12		dark yellowish brown	loose gra- nular	1-2	small, 1	5	+
		B	40	G	yellowish brown	blocky~ massive	3	small, 1 ; large, 1	2-1	+
		A'	20+	C	dark brown	massive	3	stoneless	1	—
6	B _D	A ₀	L: 1 cm, F: 1 cm							
		A ₁	15-18		dark brown	crumb	1	stoneless	4	—
		A ₂	18-20	G	dark brown	crumb~ massive	2	stoneless	3	—
		A ₃	16-18	G	dark brown	massive	2-3	stoneless	2	—
		B	15+	G	dark yellowish brown	massive	3	stoneless	1	—
7	B _D	A ₀	L: 1-2 cm, F: 2 cm							
		A ₁	10		dark brown	crumb	1	stoneless	4	—
		A ₂	18-30	C	brown	massive	2	stoneless	3	—
		B	25-40	G	yellowish brown	massive	3	stoneless	2	—
8	Bl _D (d)	A ₀	L: 2 cm, F: 2 cm							
		A ₁	15		black	crumb~ granular	2	stoneless	4-3	—
		A ₂	15	C	black	massive	3	medium, 1	3	—
		B	30+	S	yellowish brown	massive	4	medium, 2 ; large, 2	2	—

Remarks:

Type of soil. (土壌型)

B_A : Dry brown forest soil (Steep slope type). (乾性褐色森林土, 急斜地型)

B_B : ibid. (Gentle slope type). (同上, 緩斜地型)

B_D : Moderately moist brown forest soil. (適潤性褐色森林土)

B_D(d) : B_D soil that has well developed granular or nutty structure in A horizon. (やや乾性の B_D 型土壌)

B_D : Moderately moist black soil. (適潤性黒色土)

B_E : Slightly wetted black soil. (弱湿性黒色土)

Definition of boundary. (推移状態)

S : Sharply defined. (明) C : Clearly defined. (判) G: Gradually merging. (漸)

Compactness. (堅密度)

1 : Soil aggregates bound loosely. (鬆)

2 : Soil aggregates bound densely and firmly. (軟)

3 : Soil aggregates bound compactly. (堅)

4 : Soil aggregates bound very compactly. (すこぶる堅)

Root. (根)

5 : Very abundant. (すこぶる多)

4 : Abundant. (多)

3 : Frequent. (中)

2 : Occasional. (少)

1 : Rare. (稀)

第3表 植 生
Table 3. Vegetation.

断面番号 Prof. No.	土壌型 Type of soil	植 生 Vegetation
1	B _E	D. カラマツ (5) Sh. サワフタギ (2), ニシキウツギ (1), コゴメウツギ (1), ハリギリ (1), ヤエガ ワカンバ (+), ヤマザクラ (+) G. ミヤコザサ (3), ゴヨウアケビ (1), キイチゴ (+), オトコヨモギ (+), タチ ツボスミレ (+), シラネセンキュウ (+)
2	B _B	D. カラマツ (5) Sh. ミズナラ (3), リョウブ (2), コゴメウツギ (1), クリ (1) G. コウヤボウキ (3), キイチゴ (1), ベニバナイチヤクソウ (1), ヤマカモジグサ (+), オトコヨモギ (+)
3	B _D	D. カラマツ (4) Ds. ミズナラ (2), クリ (2), カシワ (1) Sh. ムラサキシキブ (1), サワフタギ (1), ガマズミ (+) G. ベニバナイチヤクソウ (3), オシダ (+), シラネセンキュウ (+), ワラビ(+), ヘビノネコザ (+), ヒカゲスゲ (+), ガリヤス (+), オトコヨモギ (+)

4	B _D	D. カラマツ (5) Ds. クリ (2), ハリギリ (1), サワフタギ (1) Sh. サワフタギ (3), ミツバウツギ (2), ツノハシバミ (1) G. ゴヨウアケビ (1), ススキ (1), キイチゴ (1), トリアシシヨウマ (+), ヒカゲスゲ (+), オトコヨモギ (+), ワラビ (+)
5	B _A	D. カラマツ (5), アカマツ (2) Ds. クリ (3), ミズナラ (2), コナラ (1) Sh. リヨウブ (3), サワフタギ (1) G. ミヤコザサ (3), ヒカゲスゲ (+)
6	B _D	D. カラマツ (5) Ds. クリ (3), コナラ (+) Sh. サワフタギ (2), ツノハシバミ (2), クロモジ (1), アラゲアオダモ (+) G. ミヤコザサ (5)
7	B _D	D. カラマツ (5) Ds. クリ (3), ミズナラ (2), コナラ (2), シラカンバ (1), ダケカンバ (1) Sh. サワフタギ (2), ミヤマガマズミ (2), シロモジ (1) G. ミヤコザサ (4), ヒカゲスゲ (+)
8	B _{D(d)}	D. カラマツ (5) Sh. レンゲツツジ (3), クリ (2), ミズナラ (2), サワフタギ (2), ミズキ (1), カシワ (+), コナラ (+) G. ヒヨドリソウ (1), オトコヨモギ (1), ワラビ (1), ヒカゲスゲ (1), ススキ (+), ヘビノネコザ (+)

Remarks : D...dominant tree layer, Ds...subdominant tree layer,
Sh...shrub layer, G...ground flora.

各試料採取地の立地条件, 出現地形,
土壌型, 断面形態および植生は, 第1 ~
3表および第2図に示すごとくである。

III 試料採取時期, 調査 および実験方法

III-1 試料採取時期

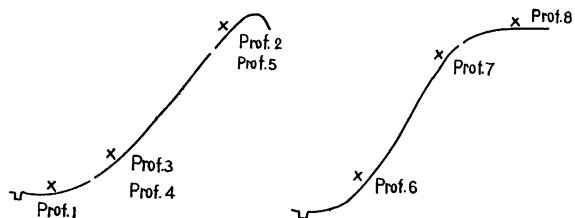
供試試料はいずれも 11 月初めの落葉期に採取した。また, 落葉(L)は地表に堆積した落葉直後の新鮮な試料を採取した。

III-2 野外調査

カラマツの成長量は各調査地点における 20×20m の方形区について, 毎木の樹高および胸高直径を測定し, 地位は信州地方カラマツ林収穫表²⁵⁾ によつて示した。いずれの場合も雪折れなどによる被害木および被圧木は成長量の測定から除外した。

III-3 土壌の理化学的性質および A₀ 層の組成

- 自然状態の理学的性質は 400cc の土壌採取円筒を用い, また透水性は真下法²³⁾ によつて測定した。
- 機械的組成は国際法を用いた。



第2図 地形

Fig. 2 Topography of sampling plot.

c) 炭素は酸化滴定法¹⁶⁾、窒素は Kjeldahl 法を用い、 Al_2O_3 は Aluminon 法³⁴⁾、 Fe_2O_3 は Tiron 法²⁷⁾、 P_2O_5 はチオ硫酸ソーダによる Molybden blue 法¹⁴⁾、 MnO は過硫酸アンモニウム法を用いてそれぞれ比色定量し、 CaO および MgO は EDTA 法、 K_2O および Na_2O は焰光分析法を用いて定量した。

P_2O_5 吸収系数は磷酸アンモニウム法、置換性 Ca は $NKCl$ 浸出液 (2.5 倍量) を用いて定量し、 pH (H_2O) はガラス電極を用いて測定した。

A_0 層の無機成分は $HClO_4-HNO_3-H_2SO_4$ ³⁰⁾ を用いて湿式灰化後、各成分はそれぞれ上記の方法で定量し、また、 SiO_2 は乾式灰化後常法どおり HCl で処理し、重量法で定量した。

IV 供試土壌の土性および理化学的性質

IV-1 土 性

各調査地点における土壌は、第 4 表に示すように、表層土の一部に Heavy clay、下層土の一部に Sandy clay および Sandy clay loam が見られたが、その他の大部分はいずれも Light clay に属し、埴質であつた。

IV-2 自然状態の理化学性

各調査地点における土壌の自然状態の理学的性質は第 5 表および第 3 図に示すごとくである。

第 4 表 土 壌 の 機 械 的 組 成
Table 4. Mechanical analysis of soil.

断面番号 Prof. No.	層 位 Horizon	砂 Sand		微 砂 Silt	粘 土 Clay	土 性 Texture
		粗 Coarse sand	細 Fine sand			
1	A ₁	25.3 8.0	13.8	25.3 21.9	49.3 42.6	hc
	A ₂	32.4 11.5	17.3	25.9 23.1	41.5 36.9	lc
	A'	33.3 11.6	17.4	25.3 22.1	43.1 36.1	lc
	B ₁ '	42.3 17.4	24.4	29.4 29.0	28.2 27.8	lc
2	A	31.7 8.1	22.1	28.0 26.7	40.3 38.4	lc
	B (upper)	52.3 20.6	18.3	16.9 12.6	30.8 22.9	lc
	B (lower)	63.4 18.7	33.9	9.8 8.1	26.8 22.2	sc
3	A ₁	34.9 14.0	11.6	25.3 18.6	39.6 29.1	lc
	A ₂	40.4 17.3	22.0	27.3 26.6	32.1 31.3	lc
	B	43.2 15.9	20.4	29.7 25.0	27.0 22.7	lc

断面番号 Prof.No.	層 位 Horizon	砂 Sand		微 砂 Silt	粘 土 Clay	土 性 Texture
		粗 砂 Coarse sand	細 砂 Fine sand			
4	A ₁	11.6	36.9 15.2	24.5 17.8	38.6 28.0	lc
	A ₂	16.1	41.3 19.5	24.0 20.7	34.7 29.9	lc
	A-B	21.2	41.8 17.6	22.8 21.2	35.4 32.9	lc
	B	28.4	48.1 17.0	20.5 19.3	31.4 29.6	lc
5	A	20.0	43.2 18.9	22.2 20.0	34.6 31.1	lc
	B (upper)	20.8	46.2 26.3	25.8 26.3	28.0 28.5	lc
	B (lower)	21.1	45.7 25.6	27.2 27.8	27.2 27.8	lc
6	A ₁	9.3	33.8 21.0	33.8 30.3	32.4 29.1	lc
	A ₂	12.7	39.0 24.2	34.1 32.3	26.8 25.4	lc
	A ₃	19.0	44.3 27.3	26.1 27.3	29.5 30.8	lc
	B	34.1	57.8 15.9	18.4 15.9	23.7 20.5	scl
7	A ₁	5.7	27.7 17.3	31.9 26.5	40.4 33.5	lc
	A ₂	10.2	34.2 21.6	30.5 28.4	35.3 32.9	lc
	B	5.5	36.6 31.0	32.2 32.1	31.1 31.0	lc
8	A ₁	7.1	27.4 13.0	29.0 21.3	43.6 32.0	lc
	A ₂	8.3	29.4 15.5	26.4 21.4	44.2 35.8	lc
	B	22.2	44.8 24.4	28.8 30.0	26.4 27.5	lc

Remarks : hc..heavy clay (重埴土), lc..light clay 軽埴土

sc..sandy clay (砂質埴土), scl..sandy clay loam (砂質埴壤土)

上段は測定値総和に対する%, 下段は細土に対する%

Upper ranks show the per cent to total measured values. Lower ranks show the per cent to fine soil.

第 5 表 土壌の自然状態の理学的性質

Table 5. Physical properties of soil in natural condition.

断面 番号 Prof. No.	層 位 Hori- zon	深さ Depth from surfa- ce(cm)	透水性 Water per- colation rate (cc/min.) after average			孔隙量 Poro- sity %	容積重 Volume weight	最大容水量 Water holding capacity Volume % Weight %		最小容 気量 Air minimum %	採取時含水量 Moisture content of fresh soil Volume % Weight %	
			5min.	15min.	ge							
1	A ₁	3-7	80	82	81	77	60	67	112	10	48	71
	A ₂	12-16	40	42	41	76	62	72	117	4	52	85
	A'	33-36	32	32	32	76	59	80	136	-4	61	105
2	A	4-8	86	92	89	80	49	76	157	4	42	87
	B(upper)	14-18	97	96	97	83	45	82	185	1	53	119
	B(lower)	34-38	118	121	120	82	50	68	136	14	47	94
3	A ₁	4-8	211	196	204	79	45	63	141	16	44	100
	A ₂	15-19	123	118	121	77	55	68	124	9	49	90
	B	33-37	126	127	127	77	56	71	126	6	49	88
4	A ₁	3-7	198	192	195	81	36	62	180	19	40	117
	A ₂	11-15	57	57	57	78	47	71	155	7	46	101
	A-B	22-26	49	47	48	76	53	72	138	4	50	100
5	A	5-9	248	242	245	71	52	57	114	14	32	64
	B(upper)	20-24	138	136	137	74	59	61	107	13	36	62
	B(lower)	40-44	59	57	58	71	67	62	97	9	39	62
6	A ₁	5-9	232	219	226	81	40	61	155	20	38	97
	A ₂	24-28	129	122	126	80	47	70	150	10	45	95
	A ₃	44-48	121	109	115	79	53	74	142	5	44	83
7	A ₁	5-9	278	268	273	81	38	56	140	25	38	94
	A ₂	14-18	78	81	80	78	51	72	143	6	45	90
	B	40-44	59	54	57	78	56	72	130	6	48	86
8	A ₁	5-9	180	162	171	80	40	63	163	17	43	111
	A ₂	20-24	69	68	69	81	43	75	178	6	52	124
	B	35-36	16	16	16	72	62	71	116	1	59	97

Prof. 1 Bl_E 型土壌は崩積土であるが、Bl_D ないし B_D 型土壌の崩積土に比べると、孔隙量が少なく、また透水性も劣る。さらに、A' 層は堅密で最小容気量はマイナスを示し、理学的性質は良好とはいえない。

この地域に主として分布する Bl_D、B_D および Bl_{D(d)} 型土壌は、堆積様式の相違によつて理学的性質はいちじるしい相違が見られた。これらの土壌の A₁ 層は理学的性質はいずれも良好で相違が見られないが、A₂ 層以下は残積土 (Prof. 7 および 8) の場合は崩積土 (Prof. 3 および 6) に比べると、透水性および最小容気量は減少を示し理学的性質は劣る。ことに緩斜～平坦な台地状尾根に位置する残積土 (Prof. 8) では、B 層はとくに堅密で以上の傾向がさらに顕著であつた。しかしながら、Prof. 4 は山腹斜下面部の崩積土であるが、A₂ 層以下の理学的性質は他の崩積土に比べると低下を示していた。

BA および B_B 型土壌はいずれもやや未熟な残積土である。BA 型土壌は孔隙量は少ないが透水性は良好であつた。B_B 型土壌は表層土の最小容気量および透水性は小さく、理学的性質は良好とはいえない。

IV-3 化学的性質

各調査地点における土壌の化学的性質は第 6 表、第 4 および 5 図に示すごとくである。

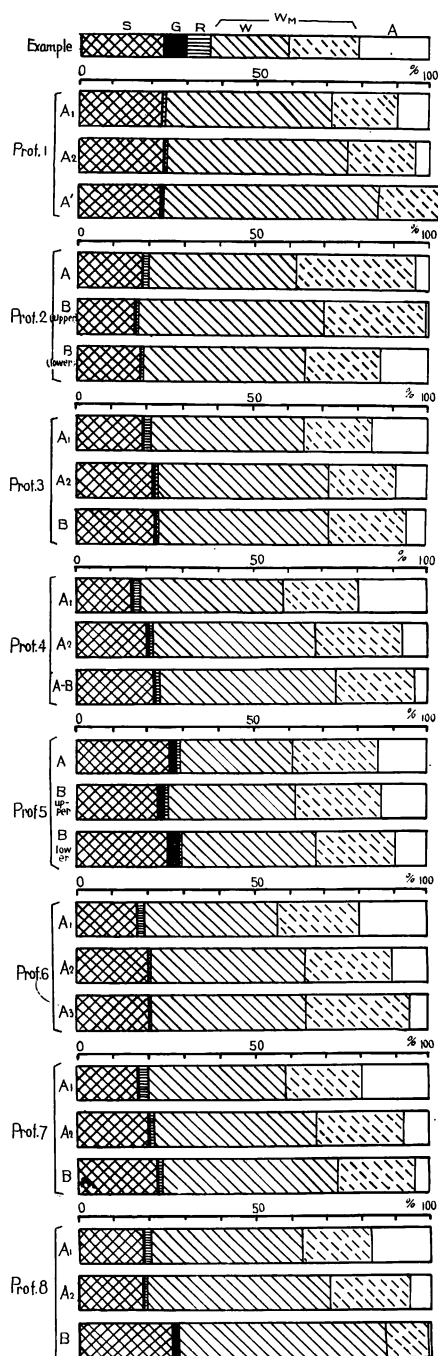
全般的には表層土ではつぎのような傾向が認められた。pH は 5.00~5.60 を示し中庸であつた。C-N 率は弱湿性ないし適潤性土壌は乾性土壌より小さかつたが、その相違は顕著なものではない。この点は断面形態に示されるように、乾性土壌においても比較的落葉の分解が良好なことから裏書されるが、さらに調査地域は前述のように山脚の短い丘陵性地形のために、斜面地形の影響を強く反映し難いことにもよるものであろう。

置換性 Ca 含有量は褐色森林土および黒色土壌の両土壌群の間では相違が見られ、前者ではいずれの断面も A₂ 層(乾性土壌では B 層)は A₁ 層(A 層)に比べていちじるしい減少を示したが、後者ではいずれの断面も A₂ 層は A₁ 層に比べると減少の割合はゆるやかであつた。

Prof. 1 Bl_E 型土壌は下層に至るまで置換性 Ca 含有量が多く、また、Prof. 2 B_B 型土壌は A 層の置換性 Ca 含有量は乾性土壌にもかかわらずいちじるしく多かつた。ことに後者は A 層の pH は各断面中もつとも高く、また、置換酸度も小さい点が注目された。これらの諸点がいかなる理由にもとづくものかは明らかにし得なかつたが、今後の興味ある問題であらう。

N/5 HCl 可溶成分については、P₂O₅ 含有量は各断面いずれも下層ほど減少を示したが、表層土を比較すると、乾性土壌では少なく、適潤性、さらに弱湿性土壌の順に増大を示し、また、適潤性土壌では山腹斜面上部より斜面下部の方が含有量が多かつた。

N/5 HCl 可溶 K₂O 含有量は、褐色森林土および黒色土壌の両土壌群の間では明りような相違が見られた。Prof. 1, 3 および 8 の適潤性ないし弱湿性黒色土壌では、いずれも褐色森林土土壌群の各土壌型(乾性土壌も含めて)よりいちじるしく少なかつた。Prof. 4 B_D 型土壌を除けば各断面いずれも下層ほど減少を示したが、表層土を比較すると Prof. 4 B_D 型土壌がもつとも多く、Prof. 4 の斜面上部に位置する Prof. 5 Ba 型土壌および Prof. 2 B_B 型土壌も乾性土壌にもかかわらずいちじるしく高い値を示し、Prof. 6 および 7 の B_D 型土壌より高い値を示した。これらの点から見て、N/5 HCl 可溶 K₂O 含有量は、地形的因子ないし土壌型との関連性は明らかでは



第3図 自然状態の物理的性質

Fig. 3 Physical properties of soil in natural condition.

[S : fine soil, G : gravel, R : root, W : moisture content of fresh soil, W_M : water holding capacity, A : air minimum]

第6表 土 壤 の 化 学 的 性 質

Table 6. Chemical properties of soil.

(On dry basis)

断 面 番 号 Prof. No.	土 壤 型 Type of soil	層 位 Horizon	深 さ Depth from surface (cm)	Carbon %	Nitro- gen %	C-N ratio	pH (H ₂ O) (1:2.5)	Exch. acidity y_1	Exch. Ca m.e./ 100g	0.2 N HCl Soluble				P ₂ O ₅ Absorp- tion's coefficient
										P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	CaO %	MgO %	
1	Bl _E	A ₁	3-9	7.63	0.60	12.7	5.30	10.3	14.8	0.0087	0.014	0.424	0.123	1970
		A ₂	12-22	6.82	0.47	14.5	5.10	12.4	15.1	0.0046	0.0080	0.447	0.067	1980
		A'	32-42	7.09	0.45	15.7	5.30	6.4	17.1	0.0053	0.0078	0.635	0.174	1990
		B ₁ '	42-52	3.30	0.26	12.6	5.45	7.1	15.9	0.0046	0.0084	0.505	0.092	1860
2	B _B	A	4-11	6.66	0.47	14.1	5.60	1.5	4.77	0.0040	0.030	0.166	0.090	2020
		B (upper)	14-24	1.62	0.14	11.5	5.25	1.2	0.31	0.0034	0.0048	0.030	0.020	1900
		B (lower)	34-44	1.37	0.10	13.7	5.10	1.4	0.04	0.0030	0.0029	0.016	0.013	1860
3	Bl _D	A ₁	4-13	10.3	0.74	13.9	5.35	10.9	8.61	0.0073	0.011	0.299	0.107	2150
		A ₂	15-25	7.62	0.57	13.6	5.30	11.3	4.35	0.0041	0.0047	0.166	0.043	2410
		B ₁	33-43	4.73	0.43	11.0	5.05	16.0	1.60	0.0028	0.0051	0.063	0.028	2240
4	B _D	A ₁	3-10	14.4	1.00	14.4	5.10	6.9	3.67	0.0059	0.041	0.176	0.056	2140
		A ₂	11-20	9.17	0.64	14.3	5.00	5.6	0.72	0.0051	0.025	0.057	0.025	2170
		A-B	22-32	3.54	0.29	12.2	4.80	6.5	0.65	0.0055	0.027	0.024	0.018	2050
		B	37-47	1.66	0.15	11.0	5.15	8.2	1.83	0.0036	0.031	0.061	0.026	1720
5	B _A	A	5-14	6.61	0.44	15.0	5.10	13.4	0.43	0.0045	0.021	0.015	0.017	1680
		B (upper)	20-30	2.58	0.18	14.3	5.00	10.8	0.04	0.0021	0.020	0.012	0.007	1560
		B (lower)	40-50	1.91	0.15	12.7	4.65	11.4	0.01	0.0015	0.017	0.012	0.006	1390
6	B _D	A ₁	5-14	9.81	0.70	14.0	5.20	3.2	2.95	0.0087	0.019	0.114	0.046	2230
		A ₂	24-34	7.07	0.55	12.8	5.15	1.6	0.60	0.0065	0.011	0.038	0.020	2370
		A ₃	44-54	6.55	0.53	12.3	5.25	1.6	0.59	0.0031	0.0091	0.030	0.017	2270
		B	60-70	3.92	0.35	11.2	5.30	0.7	0.28	0.0038	0.0091	0.017	0.012	2060
7	B _D	A ₁	5-14	10.8	0.68	15.3	5.10	6.0	2.81	0.0066	0.018	0.123	0.048	2190
		A ₂	14-24	6.19	0.44	14.0	5.25	1.4	0.45	0.0027	0.013	0.029	0.012	1840
		B	40-50	2.04	0.19	10.7	5.20	1.2	0.20	0.0024	0.0099	0.012	0.014	1210
8	Bl _{D(d)}	A ₁	5-14	15.7	1.02	15.3	5.00	19.8	2.93	0.0058	0.010	0.220	0.078	2430
		A ₂	20-30	15.8	1.09	14.4	4.80	19.8	2.78	0.0052	0.0092	0.103	0.032	2280
		B	35-45	2.76	0.26	10.5	5.00	7.3	0.28	0.0051	0.0023	0.017	0.012	1830

なかつた。

N/5 HCl 可溶 CaO および MgO 含有量は、いずれの断面も下層ほど減少を示し、また CaO 含有量は MgO 含有量より多かつた。また、N/5 HCl 可溶 CaO および MgO 含有量は、乾性土壌では少なく、適潤性、さらに弱湿性土壌の順に増大を示し、同時に N/5 HCl 可溶 CaO 含有量は置換性 Ca 含有量と関連性が認められた。

P_2O_5 吸収系数は各断面いずれも大きく、表層土では 1700~2400 を示した。この点は火山灰に由来する土壌の特徴を示すものといえよう。

V カラマツの成長と立地条件、土壌型および土壌の理化学的性質との関係

V-1 各調査地点におけるカラマツの成長

各調査地点におけるカラマツの成長は第 7 表、第 6 および 7 図に示すごとくである。

カラマツの成長 (地位) は樹高によつて論ずることとする。

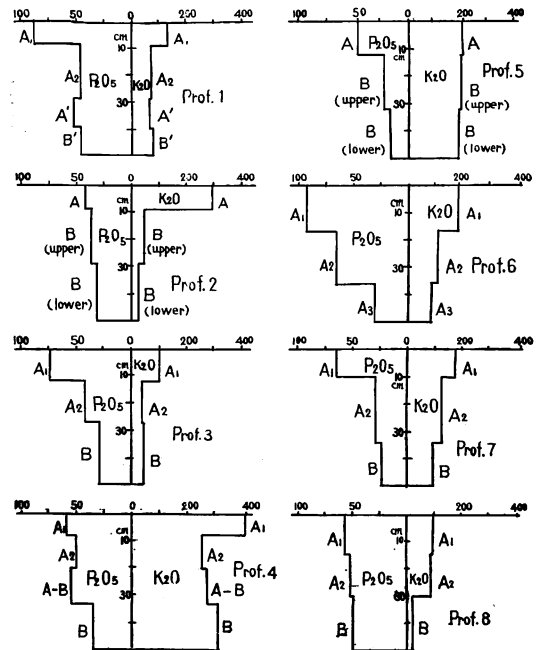
今回の各調査地点は、いずれも標高 1050~1260m の間に位置する。いままでの調査結果では、カラマツが良好な成長をなし得る標高限界は、調査地域によつて多少の相違が見られるが、おおよそ 1500~1700m¹⁰⁾¹²⁾³²⁾³⁷⁾ とされている。したがつて、今回の調査地域におけるカラマツの成長と土壌の諸性質との関係を考察する場合、標高の影響は無視して差し支えないであろうと思われる。

今回の各調査地点におけるカラマツの成長は特 I 上~III 等地下におよび、いちじるしい相違が見られた。これらの相違をもたらした土壌因子としては、以下に述べるように土壌の水分環境の相違 (土壌型)、堆積様式の相違とそれともなう理化学的性質の相違の影響が主要なものと考えられた。

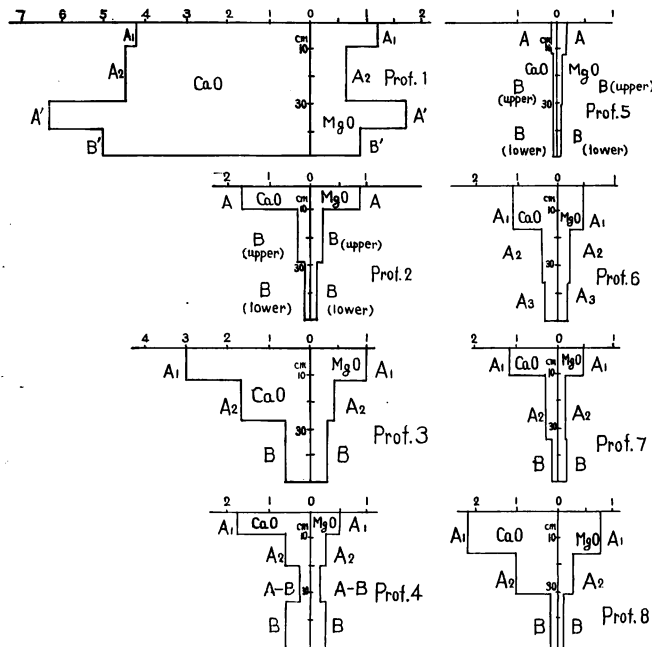
V-2 カラマツの成長と土壌型との関係

今回の調査結果では、土壌の水分環境の相違 (土壌型) はカラマツの成長に対していちじるしい影響をおよぼしていることが認められた。全般的には弱湿性→適潤性→乾性土壌の順に成長量の低下を示した。

弱湿性土壌 (Bl_B 型土壌, Prof. 1) では特 I 等地の成長を示し、きわめて良好であつた。適潤性土壌 (B_D , Bl_D および $Bl_{D(d)}$ 型土壌, Prof. 3, 4, 6, 7 および 8) におけるカラマツの成長は、斜面地形では I ~ II 等地、緩斜~平坦な台地状地形では III 等地の成長を示し、出現地形によつていちじるしい相違が見られた。この点は以下に述べるように、主として地形にもとづく堆積様式の相違と、それともなう理化学的性質の相違によつてもたらされたものと考えられた。乾性土壌 (B_A 型土壌, Prof. 5 および B^B 型土壌,



第 4 図 土壌の可給態 (N/5 HCl 可溶) P_2O_5 および K_2O 含有量 (土壌 1g 当たりの γ)
Fig. 4 Available (N/5 HCl soluble) P_2O_5 and K_2O contents of soil. (γ per 1 g of soil)



第 5 図 土壌の可給態 (N/5 HCl 可溶) CaO
および MgO 含有量 (土壌 1 g 当たりの mg)
Fig. 5 Available (N/5 HCl soluble) CaO and MgO
contents of soil. (mg per 1 g of soil)

その他、長野および名古屋営林局管内の土壌調査の結果では、高標高ないし風衝地などの特殊な場合を除けばつぎのように総括されよう³⁾⁴⁾⁵⁾¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾¹³⁾²⁶⁾³⁹⁾。斜面地形における褐色森林土および黒色土壌群においては、カラマツの成長は B_D ないし Bl_D 型土壌がもつとも良好な成長を示し、B_C ないし Bl_C 型土壌においても比較的良好な成長を示すといえよう。B_B ないし Bl_B 型土壌は斜面型および斜面上の位置によつてかなりの相違が見られる。すなわち、藤川¹⁰⁾ は B_B 型土壌におけるカラマツの成長は上昇斜面上部では不良であるが、下降および平衡斜面上部ではかなり良好な成長を示し、また、各斜面型の中腹ではいずれも良好な成長を示すという。また、向野²⁶⁾ は小沢、窪地および擬圈谷における B_B 型土壌は、かなり良好な成長を示すことを明らかにしている。さらに、浅川⁵⁾、安藤²⁾ および林¹³⁾ の調査結果からも、B_B ないし Bl_B 型土壌においてかなりの成長を示す例が認められる。B_A 型土壌については報告例が少ないが、カラマツの成長は不良であるという¹⁰⁾。

これらのいままでの調査結果は、今回の筆者の調査結果の Prof. 8 (Bl_{D(d)} 型土壌) の台地状地形の場合を除けば、他の斜面地形についてはほぼ同様の傾向を示しているといえよう。

V-3 カラマツの成長におよぼす土性および土壌の理化学的性質の影響

カラマツの成長におよぼす土壌の諸性質の影響をそれぞれ個々に解析することは、自然界においてはこれらの諸因子が相互に関連し合つて作用するためにきわめて困難な問題であるが、今回の調査結果からはつぎのことがいえるように思われた。

V-3・a 土 性

カラマツの成長におよぼす土壌の諸性質の影響については、いままでは主として土性、土壌の深さ、

Prof. 2) におけるカラマツは III 等地の成長を示すに過ぎず、良好な成長は望み難かつた。

カラマツの成長と土壌型との関係についてのいままでの調査研究の結果はつぎのごとくである。

筆者および鷹見¹⁹⁾ は、山梨県下の東京都水源林の花崗閃緑岩に由来する黒色土壌におけるカラマツの成長は、Bl_D 型土壌がもつとも良好で、Bl_{D(d)}、Bl_C、Bl_A 型土壌の順に低下し、Bl_A 型土壌では広葉樹の侵入がはげしく成長は不良であること、また、Bl_{E~F} 型土壌では成長量は大いだが、上長成長はむらが大きく、形質も不良であることを明らかにした。

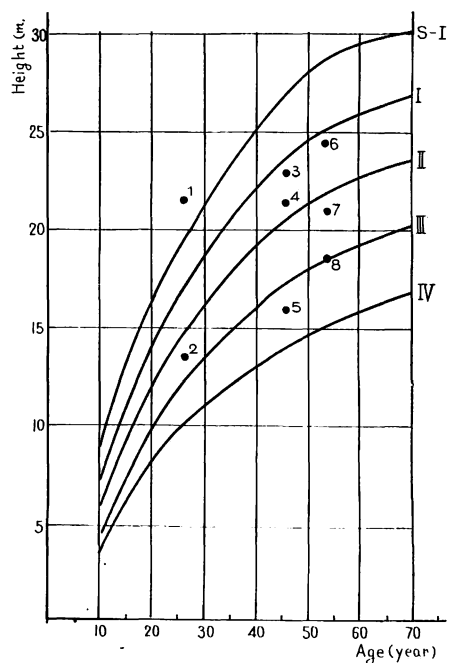
第7表 カラマツの成長
Table 7. Growth of larch.

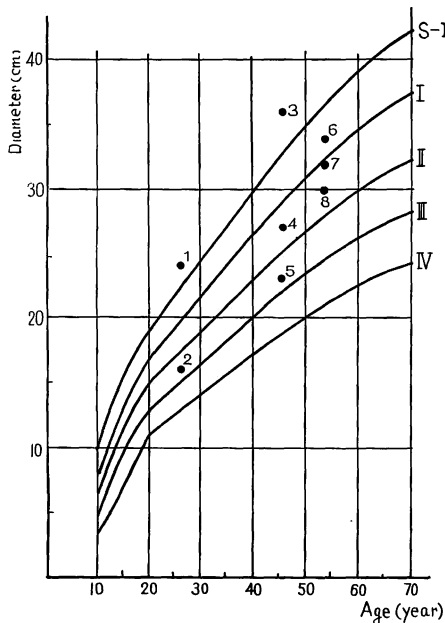
断面番号 Prof. No.	土壌型 Type of soil	樹 齢 Age (year)	成立本数 No. of stand (per ha)	樹 高 Height(m) aver. min.~max.	地 位 Site quality	直 径 Diameter (cm) aver. min.~max.	地 位 Site quality
1	Bl _E	26	350	$\frac{21.5}{18.5 \sim 24.5}$	S I	$\frac{24}{20 \sim 30}$	S I
2	B _B	26	1300	$\frac{13.5}{10.5 \sim 16.5}$	III	$\frac{16}{10 \sim 22}$	II ~ III
3	Bl _D	45	200	$\frac{23.0}{19.0 \sim 26.0}$	I	$\frac{36}{30 \sim 40}$	S I
4	B _D	45	500	$\frac{21.5}{18.5 \sim 29.5}$	II	$\frac{27}{18 \sim 38}$	I ~ II
5	B _A	45	400	$\frac{16.0}{9.5 \sim 18.5}$	III	$\frac{23}{12 \sim 32}$	II ~ III
6	B _D	53	225	$\frac{24.5}{20.0 \sim 28.5}$	I	$\frac{34}{28 \sim 44}$	S I ~ I
7	B _D	53	300	$\frac{21.0}{18.0 \sim 30.5}$	II	$\frac{32}{26 \sim 34}$	I
8	Bl _D (d)	53	200	$\frac{18.5}{16.0 \sim 23.5}$	III	$\frac{30}{28 \sim 32}$	I ~ II

水湿などの面から検討されたものが多い。

全般的な傾向として、佐藤³²⁾は壤土、土壌深度 80 cm 以上、水湿状態潤の場合を最適とし、高橋³⁶⁾は礫があつても粘土分が少なく、保水力が十分で、排水良好、空気量の多い土壌を可良とし、排水の悪い粘土質の土壌をもつとも嫌うが、乾燥はあえて意としないという。島³⁵⁾は浅間山麓のカラマツ林について、カラマツは浅根性のために深さ 30cm までの土性の影響が大きく、礫を含み、粘土の比較的少ない場合が良好な成長を示すという。以上のように、いままでの結果はいずれも埴質な土性によつてカラマツの成長が影響を受けることを重視している。

筆者の今回の調査地域は、いずれも埴質な土壌であるにもかかわらず、カラマツは全般的に良好な成長を示し、また、各調査地点における結果も、斜面地形における適潤～弱湿性土壌では良好な成長を示している点から見て、単に土壌が埴質であることは、カラマツの成長を阻害する因子にはなり得ないと考えたい。

第6図 カラマツの成長 (樹高)
Fig. 6 Growth of larch. (Height)



第 7 図 カラマツの成長 (直径)
Fig. 7 Growth of larch. (Diameter)

質の不良な Pw(i) I ~ II 型土壤においては、カラマツはほとんど活着せず、残存木も辛うじて生育しているに過ぎないという⁵⁾³⁹⁾。これに対して P_D 型土壤では、斜面中腹に位置する匍行土ないし崩積土の P_{Dm} 型土壤ではかなり良好な成長を示すことが、久々野¹⁰⁾、藪原¹²⁾ および王滝 (旧御岳)⁸⁾ 経営区において認められている。これらの P_D および P_w 型土壤におけるカラマツの成長の相違は、いずれも化学的性質は不良と考えられるために、堆積様式の相違にともなう土壤の理学的性質の相違と、さらに P_w 型土壤における埴質な土性が理学的性質の不良を助長しているためと考えられる。

V-3d 理化学的性質

今回の調査結果では、カラマツの成長は主として土壤型によつて支配されるといえる。しかしながら、同じ土壤型においても土壤の理化学的性質の相違によつて、いちじらしい成長の相違を示す場合も見られた。

Prof. 5 B_A 型土壤および Prof. 2 B_B 型土壤では、いずれも尾根に位置する残積土であるが、前者は良好な理学的性質を示すのに対して、後者は表層土の理学的性質はやや劣る。化学的性質は前者はいちじらしく劣るが、後者は比較的良好である。これらの乾性土壤においては、主として乾性の水分環境と、さらにそれぞれ理学的ないし化学的性質の劣ることが、前述のような不良な成長経過をもたらししているものといえよう。

今回の調査地域にもつとも多く出現していた B_{LD(d)}、B_{LD} および B_D 型土壤においては、Prof. 3, 4, 6, 7 および 8 に示されるように、崩積土→残積土 (斜面上部) →残積土 (台地状尾根) の順に、地形および堆積様式の相違にともなつて、カラマツの成長も順次低下を示していた。これらの土壤型においては、化学的性質よりもむしろ理学的性質の影響の方が大きいといえよう。すなわち、Prof. 6, 7 および 8 では、Prof. 7 (B_D 型土壤、斜面上部、残積土) では、N/5 HCl 可溶 P₂O₅ および CaO、置換性 Ca 含

莉住ら¹⁵⁾ によれば、カラマツの根系は嫌氣的な条件に対して抵抗力が弱く、生育の阻害因子をなすとされている。一般に Prof. 8 (B_{LD(d)} 型土壤) の例に示されるように、平坦～緩斜地形の残積土ないし凹地形における不良な理学的性質 (排水の不良など) が、カラマツの成長を制約する因子をなしている場合には、埴質な土性は土壤の理学的性質の不良をさらに助長するために、むしろ補助的な因子として制約因子になると考えたい。

つぎに述べる長野および名古屋営林局管内の土壤調査の結果も、このような推論を支持する資料を与えているように思われる。すなわち、王滝 (旧王滝) 経営区における Basalt に由来する平坦な台地の埴質な B_D 型土壤では、カラマツの活着がいちじらしく不良で、残存木の成長も III 等地に過ぎないという⁵⁾。また、podzol 土壤群においても、王滝 (旧王滝および旧三浦) 経営区の緩斜ないし平坦地形における埴質で理学的性質

有量などに示されるように、化学的性質は Prof. 6 (B_D 型土壌, 斜面下部, 崩積土) および 8 (Bl_{D(d)} 型土壌, 台地状尾根, 残積土) に比べると多少劣り, また, Prof. 6 および 8 では化学的性質はとくにいちじるしい相違が見られなかった。しかしながら, 理学的性質については, いずれも前述のように A₁ 層は良好であつたが, A₂ 層以下は透水性の低下に示されるように, 上記の順にいちじるしい低下を示し, 同時にカラマツの成長もこれにともなつて顕著な低下を示し, 両者の間に明りような関連性が見られた。また, 山腹斜面下部の崩積土の B_D 型土壌に属する Prof. 4 が, 同じ条件にある Prof. 3 および 6 に比べて, A₂ 層以下の理学的性質がやや劣るにともなつて, 成長も多少低下を示していたことは, 同様に理学的性質の影響の大きいことを示すものといえよう。

各調査地点中もつとも良好な成長を示した Prof. 1 Bl_E 型土壌は, 沢沿いの崩積土であるが, 同様の条件下にある B_D および Bl_D 型土壌に比べると理学的性質はやや劣るが, N/5HCl 可溶 P₂O₅, CaO および MgO, 置換性 Ca 含有量が下層まで豊富なことに示されるように, 化学的性質はきわめて良好といえる。したがつて, Prof. 1 におけるカラマツのきわめて良好な成長は, 主として弱湿性の水分環境と, さらに良好な化学的性質によつてもたらされたものといえよう。

土壌の理化学的性質のカラマツの成長におよぼす影響については, 以上のように理学的性質は堆積様式の相違にともなう下層土の透水性が, 化学的性質は N/5 HCl 可溶 P₂O₅, CaO および MgO 含有量, 置換性 Ca 含有量の相違が主要なものといえよう。しかしながら N/5 HCl 可溶 K₂O 含有量はカラマツの成長と明りような関連性が見られなかった。

VI 落葉の組成と分解過程における変化

各調査地点における落葉 (L) および F 層の組成は第 8 表に示すごとくである。

これらの結果をいままでの諸研究者の結果と対比して考察するとつぎのごとくである。

VI-1 カラマツ落葉の組成におよぼす土壌の化学的性質および樹齢の影響

VI-1・a C-N 率

供試したカラマツ落葉の C-N 率は 44~58 を示したが, 土壌および樹齢の影響が認められた。同じ樹齢の林地をそれぞれ比較すると, 乾性土壌では適潤性ないし弱湿性土壌より, また適潤性土壌間では山腹斜面上部および台地状尾根では, 山腹斜面下部に比べて C-N 率の増大 (N 含有量の減少) を示していた。しかしながら, これらの C-N 率の相違はおおよそ 10% 前後に過ぎず, とくにいちじるしいものとはいえないが, これらの点は各林地の表層土における C-N 率の相違と明らかな関連性が認められた。

樹齢別に見ると, 45 年生 (Prof. 3~5) と 53 年生 (Prof. 6~8) の間では, C-N 率の相違は明りようではなかつたが, 両者はいずれも 26 年生 (Prof. 1~2) に比べると明りように C-N 率の増大 (N 含有量の減少) を示していたといえる。これらの点は, 落葉の C-N 率は樹齢とともに徐々に増大することを示すのではないかと推定される。

落葉の C-N 率について, LAATSCH²⁰⁾ は落葉の N 含有量の多少は土壌中の N 含有量の多少と関連性を有するという。また, LUTZ および CHANDLER²⁰⁾ によれば, N を施肥すると葉の N 含有量の増大が見られることから, 土壌中の可給態 N 含有量の多少は葉の N 含有量の多少と関連性を有するという。しかしながら, CHANDLER⁷⁾ は各樹種の落葉中の N 含有量は, 肥沃な土壌と痩悪な土壌の間ではいちじるしい相違を示さないことを指摘している。さらに, 芝本および田島³³⁾ はヒノキの葉の N 含有量は, B_A,

第8表 L (落葉) および F 層の化学的組成
Table 8. Chemical compositions of L (freshly fallen needles) and F layers.

(On dry basis)

断面番号 Prof. No.	樹 齢 Age (year)	土壌型 Type of soil	層 位 Layer	pH (H ₂ O) (1:5)	Carbon %	Nitro- gen %	C-N ratio	Crude ash %	SiO ₂ %	Fe ₂ O ₃ %	Al ₂ O ₃ %	P ₂ O ₅ %	CaO %	MgO %	MnO %	K ₂ O %	Na ₂ O %
1	26	Bl _E	L F	5.45 5.70	51.7 46.2	1.18 2.37	43.8 19.5	5.13 12.1	2.64 (6.57)	0.021 0.25	0.065 0.96	0.23 0.37	1.09 2.22	0.39 0.52	0.012 0.018	0.30 0.18	0.011 0.019
2	26	B _B	L F	4.80 5.00	51.9 45.1	1.11 1.92	46.8 23.5	5.89 14.6	3.33 (8.65)	0.089 0.67	0.28 2.12	0.18 0.26	0.70 1.21	0.51 0.54	0.043 0.090	0.24 0.16	0.009 0.019
3	45	Bl _D	L F	5.00 5.45	53.6 47.5	1.09 2.04	49.2 23.3	4.22 9.38	2.02 (4.62)	0.025 0.34	0.066 0.92	0.19 0.28	0.92 1.78	0.40 0.52	0.007 0.047	0.28 0.15	0.011 0.013
4	45	B _D	L F	5.10 5.20	53.0 47.8	1.08 2.18	49.1 21.9	4.60 11.0	2.06 (5.76)	0.064 0.19	0.17 1.51	0.20 0.29	0.94 1.66	0.43 0.55	0.023 0.056	0.34 0.22	0.017 0.024
5	45	B _A	L F	4.95 4.40	53.4 48.5	0.98 1.84	54.5 26.4	4.35 10.7	2.08 (6.65)	0.048 0.42	0.26 1.34	0.18 0.26	0.74 0.86	0.45 0.26	0.021 0.11	0.21 0.16	0.017 0.021
6	53	B _D	L F	5.00 5.35	53.4 48.2	1.07 1.74	49.9 27.7	4.49 12.6	2.16 (7.70)	0.026 0.16	0.082 1.72	0.17 0.24	1.03 1.48	0.41 0.40	0.026 0.060	0.37 0.24	0.017 0.014
7	53	B _D	L F	5.00 5.10	52.5 40.4	0.91 1.38	57.6 29.3	4.67 35.1	2.56 (31.2)	0.048 0.61	0.13 0.80	0.15 0.21	0.83 1.42	0.43 0.28	0.026 0.042	0.28 0.15	0.013 0.023
8	53	Bl _{D(d)}	L F	4.90 5.10	54.2 47.0	0.96 1.94	56.5 24.2	3.98 12.3	1.91 (6.36)	0.034 0.55	0.13 1.76	0.16 0.33	0.81 1.60	0.34 0.46	0.042 0.11	0.18 0.17	0.011 0.017
5	40	B _A	L*	3.70	57.3	0.35	164	2.25	0.33	0.054	0.15	0.034	1.01	0.16	0.039	0.16	0.007

Remark:

L*...L layer of *Pinus densiflora*.

B_B, B_D 型土壌の順に漸増すること, および施肥によつて増大することを認めたが, 土壌および葉の N 含有量の間には関連性が見られないという。

上述の筆者の結果は, 落葉中の N 含有量は表層土の C-N 率に関連性を有し, 土壌の C-N 率の小さいほど落葉中の C-N 率の減少 (N 含有量の増大) を示していたが, これらの点は以前の筆者¹⁸⁾ の宝川のブナ林における結果と同様の結果を示していた。各断面の土壌中の N 含有量はいちじるしい相違が見られたために, 落葉中の N 含有量との関連性は求め難かつた。しかしながら, 土壌の C-N 率を N の可給性の指標と見なすならば, 表層土の C-N 率の小さい (N の可給性の大きい) ほど落葉中の N 含有量は増大するといえよう。

VI-1・b pH

供試したカラマツ落葉の pH は 4.80~5.45 を示し, 乾性土壌 (pH 4.80~4.95) では低く, 適潤性土壌 (pH 5.00~5.10), さらに弱湿性土壌 (pH 5.45) の順に, 土壌の水分環境が湿性に近づくほど上昇を示していた。しかしながら, 樹齢の影響は明らかではなく, また, 適潤性土壌間における A₁ 層の pH の相違および Prof. 2 (B_B 型土壌) の A 層におけるいちじるしく高い pH が, 落葉の pH に反映しているとは認め難かつた。

以上の土壌型別の落葉の pH 変化は, 筆者の宝川のブナ林における結果¹⁸⁾ と同様の傾向を示しているといえよう。

VI-1・c 灰分含有量

供試したカラマツ落葉の灰分含有量は 3.98~5.89% におよんでいたが, Prof. 1 および 2 の 26 年生の落葉が, 他の 45 年生および 53 年生の落葉に比べて灰分含有量が多かつた以外は, 土壌型ないし地形との関連性は明らかではなかつた。

VI-1・d 無機成分組成

供試した落葉の無機成分の組成と土壌型ないし地形的因子および樹齢との関係については, つぎのような傾向が認められた。

カラマツ落葉の無機成分組成は, 全般的には SiO₂ 含有量が多かつた, 灰分含有量の約半ばを占め, CaO, MgO, K₂O, P₂O₅ および Al₂O₃ の順にこれにつぎ, Fe₂O₃, MnO および Na₂O は少なかつた。

林木の葉の無機成分組成と土壌の化学的性質との関係についてのいままでの研究は, CaO, P₂O₅ および K₂O などを主要な対象として行なわれてきた。LUTZ および CHANDLER²¹⁾ は, 一般に土壌中の各成分の含有量が葉中の含有量におよぼす影響は, N, K₂O および P₂O₅ は CaO および MgO よりさらに大きいという。

今回の調査結果から, 落葉中の無機成分組成と土壌ないし地形的因子および樹齢などとの関係について, 各成分ごとに考察するとつぎのような諸点が認められた。

VI-1・d・i SiO₂

供試した落葉中の SiO₂ 含有量は, 土壌型ないし地形的因子, および樹齢との間に一定の関係を認め難かつた。

VI-1・d・ii P₂O₅

供試した落葉中の P₂O₅ 含有量を樹齢別に比較すると, 第 4 図に示した土壌中の N/5 HCl 可溶 P₂O₅ 含有量と関連性が認められた。すなわち, 弱湿性ないし適潤性土壌は乾性土壌より, また, 適潤性土壌間

では山腹斜面下部は斜面上部ないし台地状尾根に比べて、土壌中の $N/5\text{ HCl}$ 可溶 P_2O_5 含有量は増大を示し、同時に落葉中の P_2O_5 含有量も増大を示していた。しかしながら、このような土壌型ないし地形的因子にもとづく落葉中の P_2O_5 含有量の相違は比較的少なく、約 10~20% 程度の相違（減少）を示すに過ぎなかつた。

さらに、Prof. 3~5 および Prof. 6~8 に示されるように、土壌中の $N/5\text{ HCl}$ 可溶 P_2O_5 含有量はいちじるしい相違が見られたにもかかわらず、落葉中の P_2O_5 含有量の相違が比較的小さかつたことは興味ある事実であろう。この点は、林木の葉の P_2O_5 含有量は土壌条件の影響よりも、むしろ林木の生理的機能の影響の方が大きく、それによつてある程度の幅を有するとしても、ある一定の範囲に保たれることを示すものといえよう。

落葉中の P_2O_5 含有量は、樹齢の増大にともなつて徐々に減少を示すように思われた。この点は、適潤性ないし弱湿性土壌を樹齢別に相互に比較することによつて明らかであろう。さらに、Prof. 2 (26 年生) および Prof. 5 (45 年生) の乾性土壌は、土壌中の $N/5\text{ HCl}$ 可溶 P_2O_5 含有量は Prof. 6 および 8 (53 年生) の適潤性土壌より明りように少ないにもかかわらず、落葉中の P_2O_5 含有量は増大を示していたことは、落葉中の P_2O_5 含有量におよぼす影響はむしろ樹齢の方が大きいことを示すものといえよう。

林木の葉の P_2O_5 含有量について、LUTZ および CHANDLER²¹⁾ は異なつた立地条件に生育する林木の葉の P_2O_5 含有量は、いちじるしく異なるようには思われたいとの見解を示している。しかしながら、CHANDLER⁸⁾ は同じ樹種を比較すると、Acid soil では Productive soil より落葉中の P_2O_5 含有量はいちじるしく多いという。また、OVINGTON²⁰⁾ は林木の葉の P_2O_5 含有量は土壌中の P_2O_5 含有量の多少と関連性を有することを指摘し、さらに BARD⁶⁾ も土壌中の P_2O_5 level は葉の P_2O_5 含有量に比例することを明らかにしている。大政²⁸⁾ はブナの落葉は B_D , P_{DIII} , P_{WII} 型土壌の順に P_2O_5 含有量が減少することを認め、また芝本および田島³³⁾ はヒノキの葉の P_2O_5 含有量は B_A , B_B , B_D 型土壌の順に増大し、さらに施肥によつても増大することを認めているが、土壌中の $N/5\text{ HCl}$ 可溶 P_2O_5 含有量とは関連性が見られないという。その他 MITCHEL および FINN²¹⁾ は P_2O_5 を施肥することによつて、葉の P_2O_5 含有量が 2 倍に増大した例を報告している。

これらの結果は多くの場合葉の P_2O_5 含有量は、土壌の可給態 P_2O_5 含有量と関連性を有することを示しているが、今回の筆者の結果もほぼ同様の傾向が認められた。

VI-1・d・iii K_2O および CaO

供試したカラマツ落葉中の K_2O および CaO 含有量と土壌型ないし地形との関係は、いずれも P_2O_5 の場合とほぼ同様の傾向を示すといえよう。すなわち、同じ樹齢の林地を比較すると、弱湿性ないし適潤性土壌では乾性土壌より、また、適潤性土壌間では山腹斜面下部は斜面上部ないし台地状尾根に比べて明りような増大を示した。

落葉中の K_2O および CaO 含有量は土壌中の $N/5\text{ HCl}$ 可溶 K_2O および CaO 含有量よりも、むしろ地形的因子の方がいちじるしく大きな影響をおよぼしているといえよう。

すなわち、 K_2O については Prof. 5 (B_A 型土壌、尾根) は Prof. 3 (B_{Id} 型土壌、斜面下部) に比べて、土壌中の $N/5\text{ HCl}$ 可溶 K_2O 含有量はいちじるしく大きいにもかかわらず、落葉中の K_2O 含有量は少ないこと、また、同じ山腹斜面上に位置する Prof. 6 (斜面下部) および 7 (斜面上部) の B_D 型土壌では、土壌中の $N/5\text{ HCl}$ 可溶 K_2O 含有量は明りような相違が見られないにもかかわらず、落葉中の K_2O

含有量は Prof. 6 は 7 に比べて明りように増大を示していたことから明らかであろう。また、CaO については、Prof. 3 (Bl_D 型土壌) および 4 (B_D 型土壌) はいずれも山腹斜面下部に位置するが、前者は後者より土壌中の N/5 HCl 可溶 CaO 含有量はいちじるしく多かつたにもかかわらず、落葉中の CaO 含有量はほとんど相違が見られなかつたこと、Prof. 6 (B_D 型土壌、斜面下部) は Prof. 8 ($Bl_{D(d)}$ 型土壌、台地状尾根) より土壌中の N/5 HCl 可溶 CaO 含有量は少なかつたにもかかわらず、落葉中の CaO 含有量は明瞭に増大を示していたこと、Prof. 7 (B_D 型土壌、斜面上部) は Prof. 8 に比べて N/5 HCl 可溶 CaO 含有量はいちじるしく少なかつたにもかかわらず、落葉中の CaO 含有量は相違が見られなかつたことなどによつて示されるといえよう。

さらに、落葉中の K_2O 含有量については、同じ出現地形における Prof. 3 (Bl_D 型土壌) および 4 (B_D 型土壌) を比較すると、両者の間に見られた落葉中の K_2O 含有量の相違は、土壌中の N/5 HCl 可溶 K_2O 含有量の相違をある程度までは反映していると思われるが、上述の地形的因子の影響に比べれば、土壌中の N/5 HCl 可溶 K_2O 含有量の影響はいちじるしく僅少といえよう。

以上の主として地形的因子の影響にもとづく落葉中の K_2O および CaO 含有量の相違は、 K_2O はおよそ 20~50%、CaO は 20~40% の減少を示し、前述の N および P_2O_5 の場合に比べると大きいといえよう。

落葉中の K_2O および CaO 含有量と樹齢との関係については、地形的因子を重視して、山腹斜面下部ないし沢沿い、および斜面上部ないし台地状尾根をそれぞれ比較すると、 K_2O については前者では樹齢の増加にともなつてゆるやかな増大を示したが、後者では明りような関係を認め難かつた。また、CaO については、Prof. 1 (Bl_E 型土壌) を除けば、いずれの地形においても樹齢の増加とともにゆるやかな増大を示すといえよう。しかしながら、これらの関係についての結論は、今回の調査から明りような関係を見いだすことは困難であり、なお今後の検討にまきたい。

林木の葉の K_2O 含有量について、WALKER³⁸⁾ は、表層土の置換性 K_2O 含有量の多少は、各樹種の葉の K_2O 含有量に比例することを認め、さらに *Pinus strobus* に KCl を施肥した場合葉の K_2O 含有量が増大することを認めている。また、BARD⁶⁾ も土壌中の K_2O level は葉の K_2O 含有量に比例することを明らかにした。大政²⁸⁾ はブナの落葉の K_2O 含有量は B_D 、 P_{DIII} 、 P_{WII} 型土壌の順に減少することを指摘している。さらに、芝本および田島³³⁾ は B_A 、 B_B および B_D 型土壌におけるヒノキの葉の K_2O 含有量は土壌型との間に一定の関係が見られないが、施肥によつて増大すること、また、土壌中の N/5 HCl 可溶 K_2O 含有量との間に一定の関係が認められないという。これに対して CHANDLER⁸⁾ は、各樹種の落葉中の K_2O 含有量は Acid soil では Productive soil より多いことを指摘している。

林木の葉の CaO 含有量について、LUTZ および CHANDLER²¹⁾ は、全般的な傾向として Calcareous soil と Acid soil では天然生林の植生が異なるが、生育する林木の葉の CaO 含有量は、前者は後者より大きいという。MCHARGUE および ROY²⁴⁾ も同様の事実を認めるとともに、さらに Acid soil に多く見られる樹種が Calcareous soil に生育する場合には、葉の CaO 含有量は増大を示すという。同様に CaO 含有量の多少が林木の葉の CaO 含有量の多少と関連性を有することは、CHANDLER⁷⁾、OVINGTON²⁹⁾、ALWAY、KITTEDGE および YOUNG¹⁾、COILE⁹⁾、BARD⁶⁾ によつても指摘されている。これに対して、大政²⁸⁾ は B_D 、 P_{DIII} および P_{WII} 型土壌のブナの落葉の CaO 含有量は明りような相違を示さないことを明らかにし、また、芝本および田島³³⁾ はヒノキの葉の CaO 含有量は B_A 、 B_B 、 B_D 型土壌の順に減少を

示すこと、土壌中の N/5 HCl 可溶 CaO 含有量との間に関連性を認めないという。CHANDLER⁸⁾ は Acid soil と Productive soil における各樹種の落葉中の CaO 含有量はいちじらしい相違が見られないという。また、上述の BARD⁶⁾ も土壌の酸性が強くなると林木の葉の CaO 含有量はいく分か制限されることを認めるとともに、林木の葉の CaO 含有量は土壌中の Ca level よりも、むしろ個々の樹種が土壌から CaO を吸収する能力に大きく依存することを指摘している。

以上のように葉の CaO 含有量についてのいままでの研究結果は一定の傾向を示しているとはいえない。今回の調査結果は、落葉中の K₂O および CaO 含有量は土壌中の可給態のこれらの成分の含有量よりも、むしろ地形的因子—斜面地形—の影響を強く受けていることを示している。この点は山腹斜面に沿って流動する水によるこれらの成分の移動—尾根からの流亡と斜面下部ないし沢沿いへの集積—の影響によるものではないかと推定されるが、これらの点はなお今後の研究課題として残された問題であろう。

VI-1・d・iv MgO

供試した落葉中の MgO 含有量を各樹齢ごとに比較すると、Prof. 8 (Bl_{D(d)} 型土壌、台地状尾根) を除けば乾性土壌では適潤性ないし弱湿性土壌より、また適潤性土壌間では山腹斜面上部は下部より増大を示し、上述の K₂O および CaO 含有量の場合とは反対の傾向が認められた。このような傾向は Prof. 1 ~ 2 (Bl_E および B_B 型土壌) については明りようであつたが、Prof. 3 ~ 5 (Bl_D, B_D および B_A 型土壌) および 6 ~ 7 (B_D 型土壌、山腹斜面下部および上部) では各断面間の相違は僅少で、前者ほど明りようではなかつた。また、Prof. 8 は Prof. 6 および 7 に比べて MgO 含有量は明りように減少を示し、上述の見解に対する唯一の例外をなしていた。

これらの落葉中の MgO 含有量は土壌中の N/5 HCl 可溶 MgO 含有量とは逆の相関性が認められた。すなわち、Prof. 8 を除けば、上述の土壌型ないし地形の変化に伴つて土壌中の N/5 HCl 可溶 MgO 含有量は減少を示していたのに対して、落葉中の MgO 含有量は増大を示していた。また、Prof. 6 ~ 8 では、土壌中の N/5 HCl 可溶 MgO 含有量は Prof. 8 がもつとも多かつたが、落葉中の MgO 含有量はもつとも少なかつたことは、同様の傾向を示すといえよう。

以上の土壌型ないし地形別の落葉の MgO 含有量の相違は比較的小さく、約 10~25% の相違を示したにすぎなかつた。

落葉中の MgO 含有量は樹齢との間に明りような関連性を認め難かつた。

落葉中の MgO 含有量について、CHANDLER⁸⁾ は Acid soil では Productive soil に比べて、各樹種の MgO 含有量は少ないというが、この点は筆者の結果とは反対の傾向を示しているといえよう。

VI-1・d・v Na₂O

今回供試した落葉中の Na₂O 含有量を同じ樹齢ごとに比較すると、Prof. 1 ~ 2 および 6 ~ 8 では、前述の K₂O および CaO の場合と同様の土壌型および地形的因子との関連性が認められた。しかしながら、Prof. 3 ~ 5 では Prof. 3 (Bl_D 型土壌、斜面下部) がもつとも少なく、同じ山腹斜面上に位置する Prof. 4 (B_D 型土壌、下部) および Prof. 5 (B_A 型土壌、尾根) では相違が認められなかつた。以上のように、落葉中の Na₂O 含有量については、土壌型ないし地形的因子との間に必ずしも一定の関係を認め難かつた。

土壌型ないし地形別の落葉中の含有量の相違は、約 20~35% の減少を示し比較的大きかつた。

また、落葉中の Na₂O 含有量は樹齢との間に一定の関係を認め難かつた。

VI-1.d.vi Al_2O_3 , Fe_2O_3 および MnO

今回供試した落葉中の Al_2O_3 , Fe_2O_3 および MnO 含有量は、同じ樹齢ごとに比較すると、Prof. 4 (B_D 型土壌, 斜面下部) における Fe_2O_3 および MnO , Prof. 7 (B_D 型土壌, 斜面上部) における MnO を除けば、いずれの場合も乾性土壌では適潤性ないし弱湿性土壌より、また、適潤性土壌間では台地状尾根および山腹斜面上部は斜面下部に比べて明りように増大を示していた。

このように少数の例外が認められたが、落葉中のこれらの成分含有量の土壌型ないし地形的因子の影響にとまらなう変化は、全般的には前述の K_2O および CaO の場合とは反対の傾向を示していたといえよう。

土壌型ないし地形的因子の相違にもとづく落葉中のこれらの各成分の含有量の相違は、 Al_2O_3 は約 40~75%, Fe_2O_3 は約 45~75%, MnO は約 40~70% の減少を示し、前述の各成分に比べるといちじるしく大きいといえよう。

また、落葉中のこれらの各成分含有量と樹齢との関連性は明らかではなかつた。

林木の葉のこれらの成分の含有量について、POLYNOW³¹⁾ は黒海沿岸の Allitic soil に生育する林木の葉の組成は Allitic な性格を有し、同じ樹種のヨーロッパの分析例に比べると Al_2O_3 含有量がいちじるしく多いことを報告している。また、OVINGTON²⁹⁾ は土壌中の MnO 含有量の多少が、林木の葉の MnO 含有量の多少と関連性を有することを指摘している。

今回の調査結果では Fe_2O_3 および MnO 含有量に多少の例外も認められたが、全般的にはこれらの成分の含有量は前述の P_2O_5 , K_2O , CaO および一部の例外を除けば Na_2O などと反対の傾向を示していた点が注目される。

VI-1.d.vii カラマツの成長と落葉の組成との関係

以上の結果を総合すると、カラマツ落葉の組成は土壌型および地形的因子の影響を受けることが明りように認められたが、同時にカラマツの成長ともある程度の関連性を示すといえよう。

N, P_2O_5 のように一部の成分は樹齢との関連性も認められたが、同じ樹齢を比べると全般的には弱湿性ないし適潤性土壌は乾性土壌より、また適潤性土壌では山腹斜面下部は上部ないし台地状尾根よりカラマツは良好な成長を示し、同時に落葉の組成は N, P_2O_5 , K_2O および CaO などの植物の養分として重要性を有する諸成分および Na_2O などの含有量が多く、 Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO および MnO などの含有量が少ないといえよう。

しかしながら、調査地域においてもつとも広い分布を示した適潤性土壌を相互に比較すると、落葉中の N, P_2O_5 , K_2O および CaO 含有量は、必ずしもカラマツの成長とは関連性を示さなかつた。すなわち、Prof. 3 および 4 では、Prof. 4 は Prof. 3 より K_2O 含有量が多く、その他の成分は相違がきわめて少なかつたにもかかわらず、前者は後者に比べると成長がやや劣る。さらに、Prof. 7 および 8 では、落葉中の N 含有量は後者の方が多く、 K_2O は前者の方が多く、その他の成分は相違が少なかつたが、前者は後者より成長はすぐれていた。したがって、落葉の成分は土壌の化学的性質ないし地形的因子と関連性を示すが、カラマツの成長はその他に理学的性質の影響を強く受けることによるものであろう。

VI-2 アカマツ落葉の組成

Prof. 5 A (B_A 型土壌, 尾根) におけるアカマツ落葉は、カラマツと対比するために参考として供試したものである。このアカマツはカラマツ植栽後天然に更新したもので、樹齢約 40 年、樹高約 18~19m に達し、カラマツの上木を形成していた。

アカマツ落葉はカラマツ落葉に比べると、C-N 率はいちじるしく大きく、pH も低く強酸性を呈していた。これらの点は以前の筆者の浅間山麓における調査例¹⁸⁾と同様の傾向を示すといえよう。

無機成分については、カラマツに比べると灰分含有量はいちじるしく少なかった。また、灰分組成については、全般的に SiO_2 、 P_2O_5 および MgO 含有量がいちじるしく少なく、 K_2O および Na_2O 含有量も比較的少なかったといえよう。しかしながら、その他の各成分はとくにいちじるしい相違は見られなかった。

これらの点は、林木の落葉の組成は上述のように土壌および地形的因子、樹齢などの影響を受けてある程度の相違を示すとしても、樹種ごとに個有の特徴を有することを示唆しているように思われる。

VI-3 カラマツ落葉の組成の分解過程 (F 層) における変化

カラマツ落葉の分解にともなう化学的組成の変化を、F 層について考察するとつぎのごとくである。

各断面における L 層はカラマツの落葉以外に広葉樹 (低木) の落葉および草本類の遺体も多少混在しているために、F 層は純粋にカラマツ落葉の分解生成物と見なすことはできないが、Prof. 5 B_A 型土壌においてアカマツ落葉の混入が目だつた以外は、他の断面では L 層の大部分はカラマツの落葉によつて構成されているものと見なして差しつかえない状態であつた。

各断面いずれも落葉の分解は良好で、F 層はうすく、また H 層の形成は認められず、ムル型土壌に属する。

各断面の F 層は、いずれも L 層に比べると灰分含有量の増大、C-N 率の減少が明りように認められ、pH は Prof. 5 B_A 型土壌を除けば明りように上昇を示した。

筆者は先に¹⁸⁾ F 層の pH は落葉の pH とは関連性を示さず、落葉の分解過程によつて支配され、モル型土壌ではいちじるしい pH の低下を示し強酸性を呈するが、ムル型土壌では明りような上昇を示すことを明らかにした。ムル型土壌に属する今回の各調査地点では、Prof. 5 を除けばいずれも同様の傾向を示すといえよう。Prof. 5 は他の断面に比べると、F 層がやや厚く、分解過程の進行は多少劣る。F 層の pH (4.40) はとくに強酸性とはいえないが、カラマツ落葉に比べると低下を示し、カラマツおよび多量に混入していたアカマツ落葉との中間の価を示した。pH の低下はアカマツ落葉の混入の影響とも考えられるが、同時に落葉の分解が不良になるにともなつて F 層の pH の低下することを示すものといえよう。

無機成分組成については、各断面いずれも多少の土砂の混入はさけられなかったが、とくに Prof. 7 ではいちじるしかつた。したがつて、 SiO_2 (乾式灰化後 HCl 不溶物) については、土砂の混入の影響のために論議はさけたい。その他の諸成分についても、 HClO_4 - HNO_3 - H_2SO_4 処理によつて土砂から溶出する成分も多少混入するであろうと考えられるので、これらの価は落葉中の各成分の分解過程における変化を厳密に示すものとはいひ難い。しかしながら、L および F 層を比較するとつぎのような変化が見られた。

各断面いずれも F 層では落葉 (L) に比べると K_2O 含有量は明りような減少を示したが、その他の諸成分については Prof. 5 B_A 型土壌の MgO および MnO 、Prof. 6 B_D 型土壌の MgO および Na_2O 、Prof. 7 B_D 型土壌の MgO などの小数の例外を除けば、各成分はいずれも増大を示した。各断面いずれも F 層における Fe_2O_3 および Al_2O_3 含有量の増大は、他の成分の増大に比べるときわめて顕著であつた。この点は F 層に混入していた土砂からの溶出にもとづくものか、または他の原因によるものかは判定し難かつた。

各断面の F 層における pH、CaO ないし $\text{CaO} + \text{MgO}$ 含有量と断面形態に示される分解過程の進行の

程度（F 層の厚さ）との間には関連性が認められた。すなわち、断面形態に見られるように、弱湿性ないし、適潤性土壌は乾性土壌に比べると、また適潤性土壌間では山腹斜面下部は斜面上部ないし台地状尾根に比べて、分解が早く（F 層がうすく）、同時に pH が高く、また CaO ないし CaO+MgO 含有量が大きいといえよう。

Ⅶ お わ り に

1. この報文は、i) カラマツの成長におよぼす土壌条件の影響、ii) カラマツの落葉の組成および分解過程における変化と土壌の諸性質との関連性などについて、長野営林局臼田営林署管内前山・桐原国有林のカラマツ林について検討した結果を報告したものである。

2. 調査地域は山脚の短い丘陵性地形で、火山灰を母材とする。黒色土壌群に属する土壌が主として分布し、褐色森林土壌群に属する土壌は少なく、また、両土壌群とも適潤性土壌が広範囲に出現した。

3. カラマツの成長は主として土壌型によつて支配され、弱湿性→適潤性→乾性土壌の順に低下を示した。さらに適潤性土壌では、地形にもとづく堆積様式と、それにもなう理化学的性質—主として理学的性質—の相違によつて、崩積土（山腹斜面下部）→残積土（斜面上部）→残積土（台地状尾根）の順に低下を示した。

4. カラマツの成長におよぼす影響は、理学的性質では下層土の透水性、化学的性質では N/5 HCl 可溶 P_2O_5 、CaO および MgO 含有量の相違が主要なものと考えられたが、N/5 HCl 可溶 K_2O 含有量は関連性を示さなかつた。

5. カラマツの落葉の組成およびこれにおよぼす土壌および地形的因子の影響についてはつぎの諸点が認められた。

i) 無機成分組成では SiO_2 含有量がきわめて多く、CaO、MgO、 P_2O_5 、 K_2O および Al_2O_3 含有量などがこれにつぎ、 Fe_2O_3 、MnO および Na₂O 含有量は少なかつた。

ii) 同じ樹齢ごとに比較すると、弱湿性ないし適潤性土壌は乾性土壌より、適潤性土壌間では山腹斜面下部は斜面上部および台地状尾根に比べて、a) C-N 率の減少、b) P_2O_5 、 K_2O および CaO 含有量の増大、c) Al_2O_3 含有量の減少が認められた。

iii) 一部の例外を除けば、上述の土壌型ないし地形の変化にともなつて、a) Na₂O 含有量の増大、b) MgO、 Fe_2O_3 および MnO 含有量の減少が認められた。

iv) 樹齢の増大にともなつて、C-N 率の増大、 P_2O_5 含有量の減少が認められたが、その他の成分は樹齢との関連性は明らかでなかつた。

v) P_2O_5 含有量は土壌中の N/5 HCl 可溶 P_2O_5 含有量と関連性が認められたが、 K_2O および CaO 含有量は N/5 HCl 可溶 K_2O および CaO 含有量とは関連性を示さず、むしろ地形的因子の影響の方が大きかつた。

vi) pH は上述の土壌型の順に上昇を示した。

6. B_A 型土壌において混交していたアカマツ落葉の組成は、カラマツの落葉に比べると a) pH の低下、b) C-N 率の増大、c) SiO_2 、 P_2O_5 および MgO 含有量のいちじるしい減少、d) K_2O および Na₂O 含有量の減少が見られた。

7. 各断面の F 層の組成を落葉と比較するとつぎのような変化が見られた。

- i) pH は B_A 型土壌で低下した以外は、いずれも上昇を示した。
 - ii) 灰分含有量の増大および C-N 率の減少。
 - iii) 無機成分組成では、a) K₂O 含有量の明りような減少、b) 少数の例外を除けば他の各成分含有量の明りような増大、c) とくに Al₂O₃ および Fe₂O₃ の顕著な増大を示した。
 - iv) pH の上昇、CaO ないし CaO+MgO 含有量と分解過程の進行の間に関連性が認められた。
- 稿を終わるにあたり、終始ご懇切なご指導を賜わった東大教授大政正隆博士、多大のご配慮をいただいた木曽分場長梅原博技官、調査および実験に協力して下さった木曽分場土壌研究室員鷹見守兄技官ならびに笠井正徳氏に心からの感謝を捧げる次第である。

文 献

Literature cited

- 1) ALWAY, F. J., METHLEY, W. J. and YOUNG, O. R. : Soil Sci., 36,(1933) p. 399~407
- 2) 安藤愛次・小島俊郎・遠藤 昭 : 日林誌関東支部講演集, (1959) p.70~72
- 3) 荒木一郎・樋口俊明・林 信一・下出旭彦 : 長野営林局土調報, 5報(王滝, 旧御岳), 林野庁, (1959)
- 4) 荒木一郎・樋口俊明・南湖正和・福島道夫 : 同上, 8 報(諏訪, 旧八ッ岳), (1960)
- 5) 浅川林三・孕石正久・樋口俊明・林 信一・南湖正和・下出旭彦 : 同上, 4 報(王滝, 旧王滝), (1959)
- 6) BARD, G. E. : Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 10, (1945) p. 419~422
- 7) CHANDLER, R. F. Jr. : J. Forest., 35, (1937), p. 27~32
- 8) ibid. : J. Amer. Soc. Agron., 33, (1941) p. 859~871
- 9) COILE, T. S. : Ecol., 14, (1933), p. 323~333
- 10) 藤川順一・谷口治夫・柏木直樹 : 林野土調報, 6, (1956) p. 75~130
- 11) 孕石正久・斎藤礼治・下出旭彦・出口明子 : 長野営林局土調報, 3 報(阿寺), 林野庁, (1956)
- 12) 孕石正久・大友栄松・柳原利夫・松井 勝・下出旭彦・林 信一・南湖正和 : 同上, 7 報(蔽原, 旧小木曽), (1960)
- 13) 林 信一・下出旭彦 : 林野土調報, 3, (1953) p. 1~54
- 14) 池田長生 : 日化, 72, (1951) p.23~26
- 15) 苅住 昇・寺田正男 : 日林誌講演集, 68回, (1958) p. 97~100
- 16) 河田 弘 (KAWADA, H.) : 林野土調報, Forest Soils of Japan, 8, (1957), p. 67~80
- 17) 同上, ibid. : 同上, ibid, 10, (1959) p. 1~108
- 18) 同上, ibid. : 林試報, Bull. Govern. Forest Exp. Stat., 128, (1961), p. 115~144
- 19) 河田 弘・鷹見守兄 (KAWADA, H. and TAKAMI, M.) : Forest Soils of Japan, 8, (1957), p.81~124
- 20) LAATSCH, W. : Dynamik der mitteleuropäischen Mineralböden, Dresden u. Leipzig, (1954)
- 21) LUTZ, H. J. and CHANDLER, R. F. Jr. : Forest soils, New York, (1951)
- 22) 横山次郎 : 日本地方地質誌, (中部地方), 朝倉書店, (1950)
- 23) 真下育久 (MASHIMO, Y.) : 林野土調報, Forest Soils of Japan. 11, (1960), p. 1~182
- 24) MCHARGUE, J. S. and ROY, W. R. : Bot. Gaz., 94, (1932), p. 381~393
- 25) 嶺 一三 : 收穫表業務研究資料, 12, 林業試験場・林野庁, (1955)

- 26) 向野道幸・谷口治夫：林野土調報, 6, (1956) p. 29~74
- 27) 新名謹之助：林野土調報, 8, (1957) p. 137~143
- 28) 大政正隆 (OHMASA, M.)：林野土調報, Forest Soils of Japan, 1, (1951), p. 1~243
- 29) OVERTON, J. D.：Forestry, 29, (1956), p. 22~28
- 30) PIPER, C. S.：Soil and plant analysis, New York, (1950)
- 31) POLYNOV, B. B.：Trans. third Intern. Congr. Soil Sci., III, (1935) p. 158~161
- 32) 佐藤敬二：日林誌, 25, (1943) p. 30~32
- 33) 芝本武夫・田島俊夫 (SHIBAMOTO, T. and TAJIMA, T.)：日林誌, Jour. Jap. Forest, 43, (1961), p. 55~61
- 34) 重松恒信：分析化学講座, III-A, 共立出版社, (1956)
- 35) 島 俊夫：日林誌, 31, (1949) p. 6~13
- 36) 高橋松尾：カラマツ林業総説, 林業技術協会, (1960)
- 37) 玉木廉士・安藤愛次・小島俊郎：1956年度適地適木調査報告, (調査地 I ~ IV), 山梨県林試報, (1957)
- 38) WALKER, L. C.：Proc. Soil Sci. Soc. Amer., (1955) p. 233~236
- 39) 山本熊男・荒木一郎・林 亀・南湖正和・福島道夫：長野営林局土調報, 6 報, 王滝 (旧三浦), 林野庁, (1960)

A Study on Effects of Soil Conditions upon Growth and Composition of Organic Matter Layer in Larch Forest—(Maeyama and Kirihara National Forests).

Hiroshi KAWADA

(Résumé)

In the Shinshû Area of this country, larch (*Larix Kaempferi*) forests are widely distributed and come to about half of the total afforested lands. Nevertheless, the adaptabilities of larch to soil conditions are still not as well clarified as other main afforesting conifers, such as Japanese cypress (Hinoki), cedar (Sugi) and pine, etc. With the object of throwing light upon these problems, the author arranged to carry out a survey upon the growth of larch, and the chemical and physical properties of soil in Maeyama and Kirihara National Forests in Nagano Prefecture.

The freshly fallen needles and F layers were collected in the beginning of November for clarifying the correlation among the chemical compositions of needles (L layer), their transformations during the decomposing processes and soil chemical properties. In the author's opinion, such information is essential for the elucidations of the forest soil forming process, its productivity and the nutrient condition of the forest stands.

Surveyed area

The surveyed area is located on the northeast foot of Mt. Tadeshina. Its topography is hilly as a whole. The short gentle slopes of the mountain sides are succeeded by the mountain top plateaus in most cases. The types of soil belonging to the black soil group that are dominant in this area appear on the plateaus, the lower parts of the mountain slope and the valley floors. But the middle and the upper parts of the mountain slope are occupied by the types of soil belonging to the brown forest soil group. The wide distributions of the moderately moist types of soil and a few appearances of the typical dry types of soil belonging to both soil groups, would be attributable to the effects of the abovementioned topographical factors.

Methods

1) Survey in the field.

The heights and diameters of the stands were measured on those trees in plots of 20×20 m. The site qualities were determined by the yield table of larch in Shinshū Area.

2) Analytical methods.

Carbon was determined by the chromic acid titration method¹⁶⁾ and nitrogen by KJEL-DAL's method. Exchangeable CaO was extracted by 2.5 parts of N KCl solution shaken for one hour and was determined by versinate method. P_2O_5 absorption's coefficient was by the NH_4 -phosphate method. pH value was measured by the glass electrode.

The chemical compositions of needle and F layer were analysed as follows:

SiO_2 was determined by the ordinary gravimetric method after dry ashing. Other elements were by the following methods after wet ashing by $HClO_4$ - HNO_3 - H_2SO_4 mixture³⁰⁾.

Fe_2O_3 was determined by tiron, Al_2O_3 by aluminon, P_2O_5 by the reduction to molybden blue, and MnO by the oxidation of NH_4 -persulfate, colorimetrically. CaO and MgO were determined by the versinate method and K_2O and Na_2O by the flame photometer.

The physical properties of soil in natural condition were determined on the core soil (4×100 cm²), and water percolation rates by MASHIMO's method²⁸⁾.

The site condition, texture, physical and chemical properties of soil

The site conditions, the types of soil, the topographies and the descriptions of profile of the surveyed eight plots are shown in Table 1 and 2, and Fig. 2.

1) Texture.

The textures of soils were very clayey as shown in Table 4.

2) Physical properties.

The physical properties of soils in natural condition are shown in Table 5 and Fig. 3.

The physical properties of Prof. 1, B₁E soil, belonging to the colluvial soil on the valley floor, were inferior to B₁D or B₂D soils of the same mode of formation on the lower part of the mountain slope. These were shown by its less water percolation rates of the tested horizons, the compactness and minus air capacity of A' horizon. On the moderately moist types of soil, such as B₂D, B₁D and B₁D(d) soils, the striking contrasts of their physical properties were due to the differences of the mode of formation. The differences among their A₁ horizons were not clear, but the water percolation rates and air capacities of their A₂ and below horizons were remarkably more decreased in the residual soils, Prof. 7 and 8, than in the colluvial one, Prof. 3, 4 and 6. These were especially distinguished in B horizon of Prof. 8, the residual soil on the mountain top plateau. The physical properties of the lower horizons of Prof. 4, the colluvial soil on the lower part of the mountain slope, were somewhat inferior to the one of other profiles of the same mode of formation. On the dry types of soil, such as B₁A and B₂B soils, the residual soils at the ridge of the mountain slope, the former indicated less porosities but good water percolation rates; the latter showed less porosities and worse water percolation rates.

3) Chemical properties.

The chemical properties of the soils are shown in Table 6, and Fig. 4 and 5.

On the surface horizons, the pH values, ranging in 5.00~5.60, were moderate and the C-N ratios, ranging in 12.7~15.8, were relatively narrow as Japanese forest soils. The exchangeable CaO contents showed striking contrasts among both groups of soil. In the brown forest soil group they decreased remarkably in A₂ and the below horizons (or B horizons in the dry types of soil), but in the black soil group, they decreased more gradually in the lower horizons. It came as an unexpected and very interesting fact that the exchangeable CaO contents of all horizons of Prof. 1 were remarkably abundant, and the one of A horizon of Prof. 2, belonging to the dry type of soil, were relatively abundant. The author regrets that the elucidation of these causes had to be left for future study.

In every profile, the available (N/5 HCl soluble) P_2O_5 , K_2O , CaO and MgO contents were

more decreased in the lower horizons than in the upper ones except the K_2O contents of Prof. 4. On the surface horizons, the available P_2O_5 contents decreased in the following order as slightly wetted type of soil→moderately moist types of soil→dry types of soil. Among the moderately moist types of soils, it decreased more in the lower part of the mountain slope than in the upper part and the mountain top plateau. No clear differences between the same types of soil of both soil groups were observed. These facts would suggest that the available P_2O_5 contents were affected by the topographical factors.

The available K_2O contents showed a striking contrast between both soil groups. They decreased remarkably more in the types of soil belonging to the black soil group than in those of the brown forest soil group. Prof. 4, B₀ soil, indicated the highest value, and, furthermore, Prof. 5, B_A soil, and Prof. 2, B_B soil, more abundant contents than Prof. 6 and 7, B₀ soils. Therefore, from these results, the correlation among the available K_2O contents, types of soil, and the topographical factors, were not recognized.

The available CaO contents showed a correlation with the exchangeable CaO contents. They were more abundant than the available MgO contents.

The P_2O_5 absorption's coefficients were large, and they reached 1,700~2,400. These facts are characteristic of soils originating from volcanic ash.

Growth of larch

The growth of larch is shown in Table 7, and Fig. 6 and 7. For discussing the site qualities of the surveyed plots, the author looked upon the height growth rather than the diameter growth as the index.

The altitudes of the surveyed plots ranged from 1,050~1,260 *m*. The information to date sets the altitude limit of larch plantation at 1,500~1,700 *m*. Accordingly, the effects of the climatic factors induced by the high altitude upon the larch could be set aside. Notwithstanding the wide differences of the growth of larch in the surveyed plots, it was excellent in this National Forests as a whole.

The differences of the growth of larch would be attributable to the effects of the differences of the types of soil, the modes of formation, and the physical and chemical properties of soil.

1) Correlation between the growth of larch and the types of soil.

The growth of larch decreased in the following order, namely, slightly wetted types of soil→moderately moist types of soil→dry types of soil. Among the moderately moist types of soil, it decreased in the following order: lower part of the mountain slope→upper part of the mountain slope→mountain top plateau by the effects of the topographical factors. This information on the effects of types of soil upon the growth of larch is similar to the previous one of the author's⁽⁸⁾ and of the National Forest soil survey.

2) The effects of the texture of the soil.

The textures of the soil were very clayey, as stated above. Previously, some Japanese authors expressed an opinion that clayey texture of the soil produced powerful injurious effects upon the growth of larch. Some Japanese physiologists suggested that the roots of larch were much less resistable against the anaerobic conditions. In the plateaus or shallow concaved plots that have in most cases residual soils with inferior physical properties, such as a remarkable compactness of the lower horizons and poor drainage, the temporary stag-nations in the upper horizons at the rainy season or snow melting period that would be accelerated and prolonged by the clayey texture would accelerate the checking effects of the inferior physical properties of soil upon the growth of larch.

3) The effects of the physical and chemical properties of soil.

The root causes that induced the differences of the site quality among the surveyed plots would be collectively attributable to the differences of the types of soil. However, remarkable differences of the growth of larch among the same types of soil, especially the moderately moist types of soils (B₀, B_{1D} and B_{1D(d)} soils), were often observed. On these types of soil that were most widely distributed in this surveyed area, the site qualities dropped

in the following order as the colluvial soils on the lower part of the mountain slope, Prof. 3, 4 and 6→the residual soil on the upper part of the mountain slope, Prof. 7→the residual soil on the mountain top plateau, Prof. 8, by the differences of the topography and the mode of formation.

Among Prof. 6, 7 and 8, the chemical properties of Prof. 7 were somewhat worse than those of Prof. 6 and 8 as shown by the differences of available P_2O_5 and CaO and exchangeable CaO contents, but the differences between the properties of Prof. 6 and 8 were not so remarkable. The site qualities, however, went down as in the above order in proportion to the deterioration of the physical properties in the same order. Furthermore, among Prof. 3, 4 and 6, the site quality of Prof. 4 was somewhat inferior to the quality of the others in proportion to the deterioration of the physical properties of the lower horizons.

From this information, the author formed the opinion that the physical properties of the soil would be more effectable than the chemical upon the growth of larch.

Dry type of soil, Prof. 2 and 5, were the residual soils on the ridge of the mountain slope. The former had relatively good chemical properties but inferior physical ones, and the latter vice versa. On these soils, though their inferior site qualities were due mainly to the dry humidity circumstance of the soil, their inferior chemical or physical properties accelerated the checking effects upon the growth of larch.

The slightly wetted type of soil, Prof. 1, the colluvial soil on the valley floor, had the somewhat depressed physical properties of the abovementioned moderately moist types of soil of the same mode of formation, but it had very superior chemical properties, such as a remarkably abundant exchangeable CaO and available P_2O_5 , CaO and MgO contents. The very excellent growth of larch in this plot was principally due to the slightly wetted humidity circumstance of soil and its excellent chemical properties.

The author concluded that among the physical and chemical properties of the soil the differences of the water percolation rate of the lower horizons and the available P_2O_5 , CaO and MgO, and exchangeable CaO contents seem to relate with the growth of larch. Beyond the author's exception, the available K_2O contents would have no relation to the growth of larch.

The chemical compositions of the freshly fallen larch needles

The chemical compositions of the freshly fallen needles and F layers are shown in Table 8.

1) The effects of the chemical properties of soil and the ages of the stands upon the chemical compositions of the larch needles.

a) The C-N ratio.

LAATSCH²⁰⁾ pointed out the correlation between the abundance of the nitrogen contents of the tree leaves and that of the surface horizons of the soil. Some other authors observed the increments of nitrogen content of the tree leaves by the fertilization of nitrogen²¹⁾³³⁾. But CHANDLER⁸⁾ recognized that there were no remarkable differences of them between the fertile and unproductive soils.

From the author's information, the C-N ratios of the larch needles were in the range of 44~58. Comparing the same aged forests, respectively, to clarify the effects of soil chemical properties, the C-N ratios increased (the nitrogen contents decreased) more in the needles of the dry types of soil than in those of the moderately moist and the slightly wetted types of soil, furthermore, they increased more in the ones of the upper part of the mountain slope or of the mountain top plateau than in those of the lower part of the mountain slope among the moderately moist types of soil. These differences of the C-N ratio that amounted to about 10% were not so remarkable. Though there was no clear correlation between the nitrogen contents of the needles and that of the surface horizons of the soil that formed the remarkable difference among them, clear relations between the differences of the C-N ratios of the surface horizons and those of the freshly fallen needles were recognized. Therefore, if the C-N ratios of the surface horizons could be regarded as the

index of the nitrogen availability of the soil, the nitrogen contents (C-N ratio) of the needles would be affected by the nitrogen availability of the soil.

On the effects of the age upon the C-N ratios of the needle, those of Prof. 1 and 2, 26 years old, were clearly less than those of the other plots, 45 and 53 years old. This information on the effects of the soil chemical properties upon the C-N ratios of the needle agrees with the author's previous findings on the beech forest soils¹⁸⁾.

b) pH value.

The pH values of the larch needles were in the range of 4.80~5.45. They grew more acidic in the following order as slightly wetted types of soil (pH 5.45)→moderately moist types of soil (pH 5.00~5.10)→dry types of soil (pH 4.80~4.95). No clear correlation was observed between the differences of the pH values of the surface horizons of soil and of the needles among the moderately moist types of soils, and the remarkably high pH value of the surface horizon of Prof. 2 and that of its needles.

c) The ash content.

The ash contents of the needles were 4.0~5.9%. There was no clear correlation between the ash contents and the effects of the types of soil, the topographical factors and ages, except the more abundant ash contents of Prof. 1 and 2, 26 years old, than of the other profiles, 45 and 53 years old.

d) The mineral element composition.

On the inorganic matter composition of the larch needles the following results were obtained.

The SiO_2 contents were most abundant, and they reached to about half of the ash contents. The CaO , MgO , K_2O , P_2O_5 and Al_2O_3 contents ranked next, and the Fe_2O_3 , MnO and Na_2O contents were slight.

The chemical properties of soils and ages had no influence on the SiO_2 contents of the needles.

Comparing the same aged forests, the P_2O_5 contents were related to the available P_2O_5 contents of the soil. Both contents of the slightly wetted or moderately moist types soil increased more than those of the dry types of soil. Furthermore, among the moderately moist types soil, they increased more in the lower part of the mountain slope than in the upper part of the mountain slope and the mountain top plateau. The differences of the P_2O_5 content of the needles that reached about 10~20% were relatively small. The following facts were very interesting in that, though, the differences of the available P_2O_5 contents of the soil among Prof. 3~5, 45 years old, or Prof. 6~8, 53 years old, were very remarkable, the P_2O_5 contents of the needles were relatively little.

From these results, the author concluded that the P_2O_5 contents of the needles would be kept within a certain limit by the physiological properties of the trees, and that they were more effectable upon the P_2O_5 contents of the needles than the soil chemical properties.

The P_2O_5 contents of the needles gradually decrease with the advance in years. This fact was clearly shown by comparing the contents of the slightly wetted and moderately moist types of soil. Furthermore, the more abundant P_2O_5 contents of the needles of Prof. 2, 26 years old, and Prof. 5, 45 years old, that were the dry types of soil with the remarkably less available P_2O_5 contents than of those of Prof. 6 and 8, 53 years old, that were the moderately moist types of soil with the abundant available P_2O_5 contents would support the view that the influence of age upon the P_2O_5 contents of the needles were more effectable than the influence of chemical properties of the soil.

The previous information on P_2O_5 contents of the tree leaves of many authors was without agreement. LUTZ and CHANDLER²¹⁾ expressed a view that they would not appear to vary greatly in trees growing in different sites. But CHANDLER⁸⁾ observed more abundant P_2O_5 contents in leaves of trees growing on acidic soils than on productive soils. On the other hand, the correlation between the P_2O_5 contents of the leaves and the P_2O_5 levels of the soil was pointed out by BARD⁶⁾ and OVINGTON²⁸⁾. Furthermore, in this country the variations of P_2O_5 contents of the leaves in trees growing on different types of soil have been pointed out

by some authors. Their decreases in the following order as moderately moist type of soil→dry slightly podzolized soil→wet podzolic soil in beech forest reported by OHMASA²⁸⁾. SHIBAMOTO et al.³³⁾ recognized the decreases of them in the following order as moderately moist type of soil→dry type of soil (gentle slope type)→dry type of soil (steep slope type) in Japanese cypress forests. The increments of P_2O_5 contents in leaves by fertilization were often observed²⁰⁾³³⁾.

The abovementioned author's findings that recognized the correlation between the P_2O_5 contents of the needles and the available P_2O_5 levels of the soil was similar in part to those of the previous authors.

The previous information on the correlations between the K_2O contents of the leaves and the soil chemical properties was without agreement. The correlations between the K_2O contents of the leaves and the available K_2O levels of the soil were observed by BARD⁶⁾ and WALKER³⁸⁾. Their increments by fertilization were pointed out by SHIBAMOTO et al.³³⁾ and WALKER³⁸⁾. On the other hand, CHANDLER⁸⁾ observed more abundant K_2O contents of the leaves in trees on acid soil than in those on productive soil. In this country, the increments of K_2O contents of beech leaves in the following order as wet podzolic soil→dry slightly podzolic soil→moderately moist type of soil were observed by OHMASA²⁸⁾. But SHIBAMOTO et al.³³⁾ found no clear correlation among the K_2O contents of the leaves of Japanese cypress, the types of soil and the available K_2O contents of soil.

On the CaO contents of the leaves, LUTZ and CHANDLER²¹⁾, and MCHARGUE and ROY²⁴⁾ recorded more abundant CaO contents of leaves in trees growing on calcareous soil than on acid soil. Similar information that the CaO contents of the leaves correlated to the CaO levels of the soil were recognized by CHANDLER⁷⁾, OVINGTON²⁹⁾, ALWAY et al.¹⁾, COILE⁹⁾ and BARD⁶⁾.

On the other hand, OHMASA²⁸⁾ found no clear differences of the CaO contents of beech leaves among the wet podzolic soil, dry slightly podzolic soil and moderately moist type of soil. SHIBAMOTO et al.³³⁾ observed the decreases of the CaO contents of the Japanese cypress leaves in the following order as the dry type of soil (steep slope type)→dry type of soil (gentle slope type)→moderately moist type of soil, and they observed no correlation between the available CaO contents of the soil and those of the leaves. Furthermore, though BARD⁶⁾ recognized that the increments of the soil acidity limited the CaO contents of the leaves to some extent, he revealed that the CaO absorbing capacities of forest trees were rather more effectable than the CaO levels of the soil upon the CaO contents of the leaves. The fact that the differences of the CaO contents of leaves in trees on acidic soil and productive soils were not so distinguished were observed by CHANDLER⁸⁾.

The author's results show that the correlation among the K_2O and CaO contents of the needles, the types of soil and the topographical factors were similar to the case of P_2O_5 .

The influences of the topographical factors on the K_2O and CaO contents of the needles were more effectable than the available K_2O and CaO contents of the soil. The following facts support this opinion.

On the K_2O contents of the needles, though the available K_2O content of Prof. 5, the dry type of soil on the ridge of the mountain slope, was more abundant than that of Prof. 3, the moderately moist type of soil on the lower part of the mountain slope, the K_2O content in the needles of the former was less than that of the latter. Furthermore, notwithstanding no clear differences of the available K_2O content in the soil between Prof. 6 and 7, the K_2O content of the leaves in the former, the moderately moist type of soil on the lower part of the mountain slope, was more abundant than in the latter, the same type of soil on the upper part of the mountain slope.

From the fact that the differences of the K_2O content of the needles between Prof. 3 and 4, the same type of soil on the same site, seemed to be induced by the differences of the available K_2O content of the soil, the author was of the opinion that the available K_2O content of the soil would be affectable on the K_2O content of the needles, but its influence would be less than that of the topographical factors.

On the CaO contents of the needles, though the available CaO content of Prof. 3, the moderately moist type of soil on the lower part of the mountain slope, was remarkably more

abundant than that of Prof. 4, the same type of soil on the same site, the CaO contents of both profiles were not at variance. Notwithstanding the increments of the available CaO content of Prof. 8, the moderately moist type of soil on the mountain top plateau, being more than that of Prof. 6, the same type of soil on the lower part of the mountain slope, the CaO content of the needles of the former decreased as compared with the latter. Furthermore, in spite of the remarkable differences of the available CaO contents between Prof. 7, the moderately moist type of soil on the upper part of the mountain slope, and Prof. 8, the CaO contents of the needles of both profiles formed no clear contrast.

This being so, the author was of the opinion that the principal factors affecting on the K_2O and CaO contents of the needles would be the leaching of the bases from the soil on the ridge or upper part of the mountain slope, and the accumulation of them on the lower part of the mountain slope or valley floor, as was pointed out by the author¹⁷⁾ previously.

On the effects of age on the K_2O and CaO contents of the needles, the following information was obtained in comparison with the profiles on the same topography, respectively. Their gradual increments in the needles were observed in proportion to the advancing years with some exceptions.

On the MgO contents of the tree leaves, CHANDLER⁸⁾ found less MgO contents in the leaves on acid soils than on productive soils. His information is contrary to the author's findings given below.

From the author's results, the differences of the MgO contents of the needles among the same aged forests indicated the opposite tendency as the cases K_2O and CaO contents. They increased in the needles on the dry types of soil more so than in the moderately moist or slightly wetted types of soil, and more on the upper part of the mountain slope than on the lower part of it among the moderately moist type of soils, with the only exception of Prof. 8. These relations were very clear between the Prof. 1 and 2, but were not so distinguished among Prof. 3~5 and Prof. 6~7. The abundance of the MgO content of the needles was inversely related to the available MgO contents in the soil.

On the Na_2O , Fe_2O_3 , Al_2O_3 and MnO contents in the tree leaves, the following information was obtained by some authors previously. POLYNOV³¹⁾ observed the fact that the compositions of the leaves in trees grown on allitic soils had the allitic character. OVINGTON²⁹⁾ recognized the relation between the MnO contents of the leaves and the one in the soils.

From the author's observations on the contents of these elements of the needles, the following information was obtained.

On the Na_2O contents of the needles, no clear correlation between the types of soil and the topographical factors was observed.

On the Fe_2O_3 , Al_2O_3 and MnO contents of the needles, comparing the same aged forests, respectively, their increments were observed more in the dry types of soil than in the moderately moist or slightly wetted types of soil, and among the moderately moist types of soil their increments were seen more on the mountain top plateau and the upper part of the mountain slope than on the lower part of the mountain slope, with some exceptions, such as the Fe_2O_3 and MnO contents in Prof. 4 and the MnO content in Prof. 7.

The author was very interested in the fact that the correlations among the contents of these elements in the needles, the types of soil and the topographical factors were in contrast with the cases of the abovementioned cases of the K_2O and CaO contents.

2) The relations between the compositions of the needles and the growth of larch.

Considering the foregoing information collectively, the chemical composition of the needles would be affectable by the effects of the types of soil and the topographical factors, and, furthermore, they would be related to the growth of larch to some extent. It was possible to say that the abovementioned differences of N, P_2O_5 , K_2O and CaO contents that played an important part on the plant nutrition in the needles of larch growing on the different types of soil and the site conditions were related to the differences of the growth of larch, in general. But it does not always follow that this view is applicable on the moderately moist types soil that are most widely distributed in this surveyed area. Comparing the same aged forests belonging to the same types of soil and on the same site

conditions, though the K_2O content in the needles of Prof. 3 was more abundant than the one of Prof. 4 and the contents of the other elements in the needles of the both profiles were similar, the growth of the former was inferior to the latter. Furthermore, in spite of the more abundant K_2O content and the less N content in the needles of Prof. 7 than those in Prof. 8, the growth of larch in the former was much better than the growth in the latter.

These facts would support the following interpretation that the chemical composition of the needles is related to the effects of the chemical properties of the soils and the topographical factors, but the growth of larch is affected by the influences of the physical properties in addition to them.

The chemical composition of the pine needles

The chemical composition of the freshly fallen pine needles of Prof. 5 is shown in Table 8. They were analysed for future reference.

The pines were naturally regenerated after the larch plantation and were about 40 years old. Their growth was decidedly better than that of the larches of the same profile, and their heights reached 18~19 m.

The C-N ratio of the pine needles was very large as in the case of the larch. This is similar to the author's previous information on the pine forest on Mt. Asama¹⁸⁾. Their crude ash, SiO_2 , P_2O_5 and MgO contents were remarkably smaller than the contents of larch needles. But the contents of the other elements indicated no clear differences when compared with the larch needles.

This information suggests that, though the chemical compositions of the tree leaves were affected by the abovementioned factors, they would be inherent in the species within a certain limit.

The transformation of the chemical compositions during the decomposing process

Comparing the chemical compositions of the F layers shown in Table 8, with those of the freshly fallen needles, the following information was obtained on the transformation of the chemical compositions during the decomposing process.

In every profile, L layer contained small quantities of the leaves of the deciduous trees, forming the shrub or subdominant tree layers, and the grass residues, forming the ground flora, in addition to the larch needles. Accordingly, the chemical compositions of the F layer, strictly speaking, could not indicate the transformation of those of the freshly fallen needles during the decomposing process. However, in each profile, the bigger part of the L layer was made up of larch needles and in the F layer was mixed small quantities of soil mineral particles. The admixture of them in F layer was more abundant in Prof. 7 than in other profiles.

The profiles tested showed the well decomposing process of the leaf litters, and they belonged to the mull type of soil. In each profile, the F layer had more abundant ash content, lower C-N ratio, and higher pH value except Prof. 5 than the freshly fallen needles of larch, respectively.

The information on the tested profiles, belonging to mull, except Prof. 5, was similar to the author's previous information¹⁸⁾ on the changes of the pH values, namely that they were not related to the one of the freshly fallen leaves and they remarkably decreased in mor type of soil but increased in mull type of soils. In Prof. 5, the pH value of F layer was lower than that of the larch needles and was intermediate between the larch and pine needles.

As shown in the description of profile (Table 2), a somewhat worse decomposing process of the leaf litter (the increments of the thickness of F layer) than in other profiles was observed in Prof. 5. Though the pH value of the F layer of Prof. 5 (pH 4.40) was not remarkably acidic, it would support the above information that the depression of the pH value

of F layer advanced in proportion to the deterioration of the decomposing process.

In every profile, the K_2O content decreased much more in the F layer than in the freshly fallen needles, but the other elements increased with a few exceptions, such as the MgO and MnO contents in Prof. 5, the MgO and Na_2O contents in Prof. 6, and MgO content in Prof. 7. In every profile, the increments of Fe_2O_3 and Al_2O_3 contents in the F layer than in the freshly fallen needles were more distinguished than those of other elements. The author could not make clear whether these were induced from the soil particles by the $HClO_4$ - HNO_3 - H_2SO_4 treatment or by other causes.

The higher pH values, the more abundant CaO or CaO plus MgO contents and the more rapid decomposition of the organic matter, shown by the decreases of the thickness of F layer, in the slightly wetted and moderately moist types soil than those in the dry type of soil were clearly observed. These facts would suggest a correlation among the pH values, CaO or CaO plus MgO contents of F layer and the rates of the decomposing process of the organic matter.

Acknowledgement

The author wishes to express his gratitude to Prof. M. OHMASA, Department of Forestry, University of Tokyo, for his helpful direction and kind guidance. He is also indebted to Mr. H. UMEHARA, Chief of Kiso Sub-branch of this Experiment Station, for his encouragement, and to Mr. M. TAKAMI and Mr. M. KASAI for their cooperation in carrying out this work.