

トドマツ針葉の養分組成と成長 および土壌条件との関係

山 木 肇⁽¹⁾
真 川 悦 子⁽²⁾

はじめに

森林土壌は、落葉類の分解や直接その場所に作用したあらゆる環境条件の影響をうけて生成され、その土壌の性質は森林の生産力に重要な関係をもつものである。

従来森林土壌の生産力を研究する場合、自然環境に対応して、土壌の諸性質と主要樹種の成長との関係を明らかにすることに主眼を置いて数多くの報告がなされてきたが⁽⁴⁾²⁰⁾²³⁾³⁸⁾⁴⁵⁾⁴⁷⁾、この分野は今後さらに林木の栄養生理学的な面ならびに堆積腐植の性状などを取りいれ究明することによって、大きな発展が期待され、林地土壌生産力を増強するための有力な基礎資料をうるものと思われる。

この林木の栄養生理の研究方法として、最近葉分析法が数多く導入され発展の機運がみられつつあるが^(1)7)~9)11)~13)16)22)24)25)31)34)36)37)39)40)41)42)46)、しかし主要樹種の葉分析の結果を、ただちに生産力と結びつけて体系化するには、まだ十分な資料が蓄積されているとはいえない。今後さらに追究しなければならない点が数多くあるものと考えられる。

著者らは、旭川営林局枝幸営林署管内のトドマツ林を対象とし、葉分析の結果がトドマツの成長および土壌条件などと、どのような関連性を有するかなどの諸点について検討を行なったので、その結果を取りまとめここに報告する。

この研究の調査ならびに取まとめにあたって、ご懇切な指導を賜わった林業試験場土壌調査部長橋本与良博士、同土壌肥料科長糖 隆男博士、同土壌第一研究室長松井光瑞技官、同土壌第二研究室長坂本正義技官ならびに林業試験場北海道支場長寺崎康正技官、同顧問研究員内田丈夫博士、同造林部長柳沢聡雄技官、同経営部長長内 力技官、同土壌研究室長原田 洸技官に、現地調査に深く協力していただいた経営研究室長真辺 昭技官、当研究室員真田 勝技官に深く感謝申し上げます。また、現地調査にあたって種々お世話いただいた旭川営林局枝幸営林署関係各位に、深い謝意を表する。

1. 調査地の概況

1-1. 位 置

調査地は、北海道北東部オホーツク海に面する枝幸郡枝幸町ならびに歌登町の2か所にぞくし、枝幸営林署枝幸事業区の山地および丘陵地で、東経約143°30′、北緯約45°40′付近に位置する。海拔高は約50~200mの範囲にわたっている。

調査位置は第1図に示すとおりである。

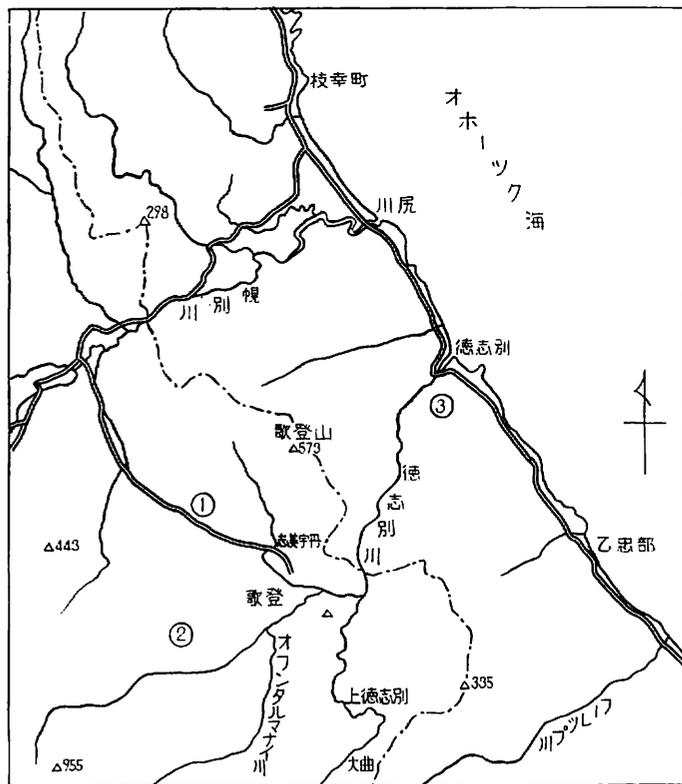
1969年12月6日受理

(1) (2) 北海道支場造林部土壌研究室

第 1 表 気 象

Table 1. Meteorological

	Location	Month			
		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
平均気温 Temp. °C Mean	Ômu	- 6.6	- 7.4	- 3.7	3.2
	Esashi	- 7.8	- 7.6	- 2.8	3.8
	Kamihoronai	-10.1	-10.4	- 4.6	7.2
最高気温 Temp. °C Max.	Ômu	- 3.7	- 3.9	- 0.3	6.9
	Esashi	- 4.8	- 3.9	1.0	7.8
	Kamihoronai	- 3.3	- 3.5	1.1	8.1
最低気温 Temp. °C Min.	Ômu	-10.3	-11.5	- 7.5	- 0.7
	Esashi	-11.3	-11.2	- 6.3	0.6
	Kamihoronai	-16.0	-16.5	-10.3	- 2.9
降水量 Precipitation (mm)	Ômu	32.6	45.2	40.7	56.7
	Esashi	98.1	81.0	72.8	67.0
	Kamihoronai	33.1	86.4	75.8	66.9



第 1 図 調査位置図

Fig. 1 Location of sample plots.

- ① 新第三紀層地区 ② 安山岩地区 ③ 新第三紀層地区

1-2. 気 候

調査地の気候は、第 1 表でみられるように、年平均気温は 4.9~5.4°C で、年間のうち 8 月の 18.7~20.3°C を最高に、最低は 2 月の -7.4~-10.4°C である。降水量は雄武の 893.7mm を最低に他の観測値は、1,253.1~1,266.9mm である。とくに雄武の場合北海道としても降水量の少ない地域である。また暖

状 況
condition

May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year Mean
8.6	12.2	17.2	20.3	15.2	9.1	1.8	- 4.7	5.4
8.2	11.3	16.4	18.7	15.6	9.5	1.0	- 3.3	5.3
9.1	13.9	18.4	19.6	14.8	8.7	1.2	- 5.8	4.9
15.2	15.7	20.7	24.3	19.8	14.1	5.5	- 1.8	9.2
12.4	14.8	19.5	22.1	20.1	13.8	4.4	- 0.4	8.9
15.3	20.3	23.9	25.0	20.6	14.5	5.6	- 1.2	10.5
3.8	7.2	13.5	16.5	11.1	4.3	- 2.2	- 8.6	1.4
4.5	8.4	13.7	16.2	12.2	6.1	- 2.1	- 6.1	2.1
2.9	7.8	13.3	14.4	9.3	3.0	- 2.9	-10.1	- 0.7
86.6	59.5	96.9	106.4	132.1	90.8	91.3	55.0	893.7
75.9	91.7	157.8	160.9	136.2	127.7	85.8	98.2	1253.1
60.3	76.1	107.2	158.1	160.7	151.3	117.1	107.7	1266.9

半期における平均気温は、13.7~15.2°C、降水量は481.5~622.5 mmと比較的小さい値を示し、乾燥性の気候を呈する。また枝幸測候所の観測資料によると、風向は一定していないが、春~夏には南西の風がつよく、冬期は比較的北東の風が強いようである。福井⁶⁾の気候区分によれば、この地域は独特のオホーツク海型の気候区にはいる。

1-3. 調査地

今回の調査研究の対象とした林分は、つぎの21か所である。

- i) 新第三紀層地区：No. 2~No. 9 (8か所)
- ii) 安山岩地区：No. 10~No. 13, No. 15, No. 17~No. 24 (13か所)

調査の対象林分は、30~38年生のトドマツ林で、いずれの調査地もBc型土壌からなり、その立地条件は第2表に示すとおりである。

第2表 立地条件
Table 2. Site condition of sample plot

断面番号 Prof. No.	土 壌 型 Type of soil	母 材 Parent material	地 形 Topography	標 高 Altitude (m)	方 位 Direction	傾 斜 Inclination
2	Bc	新第三紀層 Neogene tertiary	山腹斜面上部 Upper part of slope	130	NW	14°
3			山腹斜面中部 Middle part of slope	130	SW	15°
4			山腹斜面下部 Lower part of slope	140	N	18°
5			山腹斜面下部 Lower part of slope	100	SW	14°
6			山腹斜面中部 Middle part of slope	120	SW	3°
7			山腹斜面中部 Middle part of slope	110	SW	7°

第2表 (つづき) (Continued)

断面番号 Prof. No.	土 壤 型 Type of soil	母 材 Parent material	地 形 Topography	標 高 Altitude (m)	方 位 Direction	傾 斜 Inclination
8			山腹斜面下部 Lower part of slope	130	SE	9°
9			山腹斜面中部 Middle part of slope	110	SW	7°
10	Bc	安山岩 Andesite	山腹斜面下部 Lower part of slope	140	SW	5°
11			山腹斜面中部 Middle part of slope	150	S	7°
12			山腹斜面中部 Middle part of slope	130	S	3°
13			山腹斜面中部 Middle part of slope	120	SW	7°
15			山腹斜面下部 Lower part of slope	110	SW	11°
17			山腹斜面中部 Middle part of slope	110	SW	10°
18			山腹斜面下部 Lower part of slope	100	S	18°
19			山腹斜面下部 Lower part of slope	100	S	18°
20			山腹斜面上部 Upper part of slope	120	S	13°
21			山腹斜面中部 Middle part of slope	110	SE	29°
22			山腹斜面中部 Middle part of slope	100	S	12°
23			丘陵上台地 Hill top plateau	120	SW	3°
24			山腹斜面下部 Lower part of slope	120	SW	3°

2. 調査ならびに分析方法

2-1. 野 外 調 査

調査林分のなかでいろいろな立地条件を代表するような地点を選んで、ポイントサンプリング法により、円形プロットを選定し、そのなかの全立木の胸高直径、樹高を測定するとともに、プロットを中心近くに試孔点を取り土壌断面の観察を行なった。また地位指数曲線の作成資料とするため、1プロットあたり1～2木の優勢木をえらんで伐倒し樹幹解析した。この伐倒木は外観上二次成長や傷害による異状が認められないものなかからえらんだ。

伐倒木はプロット内の1、2級木の平均樹高と比較すると多少樹高の高い木が伐られているが、これら

伐倒木の過去の樹高の値は、対象地域の優勢木の成長傾向を示していると考えられる。

過去の樹高成長量は現地で測定してきた節間の伸長量と、1年ごとに読みとった樹幹解析用の各断面高における年輪数とを照合して決定した。

2-2. 土壌ならびに針葉の分析方法

土壌の自然状態の理学的性質は、土壌採取円筒を用い林野土壌調査方法書³⁰⁾によった。

土壌の化学的性質および針葉の養分組成はCは酸化滴定法¹⁹⁾、NはKJELDAHL法、塩基置換容量はPARKER法、Ca、P、Kは乾式灰化後²⁷⁾ CaはKMnO₄法、PはMolybdenblueの比色法、Kは蛍光分析法を用いた。

トドマツの葉分析の試料は、10月上旬伐倒した林木の樹冠上部から当年生葉をポリ袋に採取し、これを風乾後粉碎し、試葉ビンに貯蔵分析に供した。試料は乾式灰化後、上述の方法で無機成分を定量した。

3. 土 壌

3-1. 結 果

各調査林分の土壌断面形態は第3表、自然状態の理学的性質は第4表および第2図に、土性は第5表、第3図、化学的性質は第6、7表に示すとおりである。

第3表 断面形態
Table 3. Description of the profile

断面番号 Prof. No.	土 壌 型 Type of soil	層 位 Horizon	推移状態 Definition of boundary	厚 さ Thick-ness (cm)	色 Colour	構 造 Structure	堅密度 Com- pact- ness	根 系 Root
2	Bc	A ₀	C	2.0	10Y R 3/5 10Y R 4/4	Nu Nu	2 3	4 2
		A		18.0				
		B		20.0				
3	Bc	A ₀	G C	2.5	10Y R 3/4 10Y R 4/4 10Y R 4/5	Nu Nu M	2 3 4	4 3 1
		A ₁		14.0				
		A ₂		17.0				
		B		27.0				
4	Bc	A ₀	G C	1.0	10Y R 2/4 10Y R 3/5 10Y R 4/4	Nu Nu M	2 3 4	4 3 2
		A ₁		14.0				
		A ₂		11.0				
		B		16.0				
5	Bc	A ₀	C	2.0	10Y R 3/5 10Y R 4/5	Nu M	3 4	3 1
		A		15.0				
		B		30.0				
6	Bc	A ₀	C	2.0	10Y R 3/4 10Y R 4/4	Nu Nu~(M)	3 4	4 2
		A		20.0				
		B		20.0				
7	Bc	A ₀	C	3.0	7.5Y R 3/4 7.5Y R 4/4	Nu Nu	3 4	3 2
		A		20.0				
		B		35.0				
8	Bc	A ₀	G C	2.0	10Y R 3/4 10Y R 5/4 10Y R 6/4	Nu Nu~(M) M	2 3 4	4 2 1
		A		10.0				
		B ₁		10.0				
		B ₂		28.0				
9	Bc	A ₀	G C	2.5	10Y R 3/4 10Y R 4/5 10Y R 6/4	Nu Nu M	2 4 4	4 3 1
		A ₁		14.0				
		A ₂		11.0				
		B		30.0				

第 3 表 (つづき) (Continued)

断面番号 Prof. No.	土 壤 型 Type of soil	層 位 Horizon	推移状態 Defini- tion of boundary	厚 さ Thick- ness (cm)	色 Colour	構 造 Structure	堅密度 Com- pact- ness	根 系 Root
10	Bc	A ₀	C	1.5	7.5YR 3/4 7.5YR 4/4 5.0YR 4/5	Nu Nu~(M) M	2 3 4	4 3 1
		A		9.0				
		B ₁		17.0				
		B ₂		27.0				
11	Bc	A ₀	C	2.0	7.5YR 3/3 7.5YR 4/4 7.5YR 5/6	Nu Nu M	3 3 4	4 2 1
		A		9.0				
		B ₁		14.0				
		B ₂		33.0				
12	Bc	A ₀	C	2.5	5YR 3/4 5YR 4/3 5YR 4/3	Nu Nu Nu~(M)	2 3 3	4 3 1
		A		11.0				
		B ₁		15.0				
		B ₂		23.0				
13	Bc	A ₀	C	2.0	5YR 3/3 5YR 4/3 5YR 4/5	Nu Nu Nu~(M)	2 3 3	4 3 2
		A		12.0				
		B ₁		10.0				
		B ₂		28.0				
15	Bc	A ₀	G	2.0	5YR 3/3 5YR 4/4 5YR 4/5	Nu Nu Nu~(M)	2 3 3	4 3 2
		A ₁		11.0				
		A ₂		15.0				
		B		30.0				
17	Bc	A ₀	C	2.0	5YR 3/4 5YR 4/4 5YR 4/4	Nu Nu M	3 3 4	4 3 1
		A		11.0				
		B ₁		23.0				
		B ₂		25.0				
18	Bc	A ₀	G	2.5	7.5YR 3/2 7.5YR 3/3 7.5YR 3/4	Gr-Nu Nu Nu~(M)	2 3 4	4 3 1
		A ₁		6.0				
		A ₂		18.0				
		B		24.0				
19	Bc	A ₀	C	2.5	7.5YR 3/2 7.5YR 3/4 7.5YR 4/3	Nu Nu M	2 4 4	4 3 2
		A		5.0				
		B ₁		24.0				
		B ₂		27.0				
20	Bc	A ₀	C	2.0	7.5YR 3/4 7.5YR 4/3 7.5YR 4/4	Nu Nu M	2 3 4	4 3 2
		A		15.0				
		B ₁		14.0				
		B ₂		15.0				
21	Bc	A ₀	G	1.5	7.5YR 3/2 7.5YR 3/4 7.5YR 4/3	Gr Nu Nu~(M)	2 4 4	4 2 1
		A		5.0				
		B ₁		16.0				
		B ₂		35.0				
22	Bc	A ₀	G	2.0	7.5YR 3/4 7.5YR 4/4 7.5YR 6/4	Nu Nu Nu~(M)	2 3 4	4 2 1
		A ₁		10.0				
		A ₂		8.0				
		B		28.0				
23	Bc	A ₀	C	2.5	7.5YR 3/4 7.5YR 4/4	Nu Nu~(M)	2 4	3 1
		A		15.0				
		B		28.0				
24	Bc	A ₀	C	2.0	7.5YR 3/4 7.5YR 5/5	Nu Nu~(M)	2 3	4 3
		A		14.0				
		B		36.0				

Remarks (備考):

Definition of boundary (推移状態)……C (判): Clearly defined, G (漸): Gradually merging.
 Compactness (堅密度)……1: Soil aggregates bound loosely (しょう), 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)……4: Abundant (多), 3: Frequent (中), 2: Occasional (少), 1: Rare (まれ).

第4表 土壌の自然状態の理学的性質

Table 4. Physical properties of soil in natural condition

断面番号 Prof. No.	土壌型 Type of soil	層位 Horizon	容積重 Volume weight	孔隙量 Porosity (%)	最大含水量 Water holding capacity (%)	最小容気量 Air minimum (%)	採取時水分量 Moisture content of fresh (%)	透水性 Water percolation rate (cc/min)
2	Bc	A	85.5	63.7	53.3	10.4	39.3	310
		B	115.4	54.1	47.4	6.7	39.3	55
3	Bc	A ₁	84.8	64.5	53.1	11.4	36.6	265
		A ₂	118.2	52.3	47.2	5.1	38.2	49
		B	116.4	52.2	51.6	0.6	42.5	30
4	Bc	A ₁	76.3	67.7	57.8	9.9	45.8	259
		A ₂	108.1	53.5	51.1	2.4	33.1	164
		B	89.7	63.7	61.9	1.8	57.0	24
5	Bc	A	53.8	66.5	34.9	31.6	38.4	260
		B	124.1	50.8	50.4	0.4	49.7	8
6	Bc	A	79.9	66.8	35.6	31.2	27.6	230
		B	122.6	53.0	41.6	11.4	34.9	115
7	Bc	A	79.4	64.8	45.2	19.6	32.2	199
		B	117.5	53.6	46.4	7.2	37.0	45
8	Bc	A	84.1	64.2	49.1	15.1	33.5	122
		B ₁	115.8	52.2	50.5	1.7	38.3	86
		B ₂	123.1	51.8	50.6	1.2	42.0	27
9	Bc	A ₁	74.6	68.0	34.6	33.4	29.0	219
		A ₂	107.3	56.0	36.7	19.3	30.5	121
		B	134.2	48.4	46.7	1.7	36.6	24
10	Bc	A	60.8	72.2	58.2	14.0	47.7	431
		A ₁	93.1	59.2	53.9	5.3	45.4	185
		B ₂	89.8	61.6	59.5	2.1	47.6	15
11	Bc	A	60.7	66.8	49.0	17.8	34.2	236
		B ₁	93.6	61.5	60.1	1.4	52.2	170
		B ₂	104.9	55.0	54.8	0.2	51.7	10
12	Bc	A	72.8	67.3	51.2	16.1	39.6	425
		B ₁	86.3	63.2	54.4	8.8	45.8	205
13	Bc	A	68.9	70.1	60.7	9.4	48.5	340
		B ₁	86.1	65.4	58.7	6.7	48.4	140
		B ₂	109.5	57.3	60.2	-2.9	53.4	13
15	Bc	A ₁	51.3	72.0	49.0	23.0	36.5	336
		A ₂	70.0	63.2	51.6	11.6	39.5	165
		B	101.0	54.4	53.1	1.3	41.4	96
17	Bc	A	72.3	66.8	63.0	3.8	53.6	136
		B	96.4	57.0	57.3	-0.3	47.5	12

第 4 表 (つづき) (Continued)

断面番号 Prof. No.	土壌型 Type of soil	層位 Horizon	容積重 Volume weight	孔隙量 Porosity (%)	最大含水量 Water holding capacity (%)	最少容気量 Air minimum (%)	採取時水分量 Moisture content of fresh (%)	透水性 Water percolation rate (cc/min)
18	Bc	A ₁	55.4	70.3	41.5	28.8	28.6	180
		A ₂	61.2	76.3	57.7	15.9	43.9	160
		B	76.0	63.7	49.0	14.7	30.0	121
19	Bc	A	53.9	72.9	48.5	24.4	32.7	100
		B ₁	57.3	74.1	65.3	8.8	50.9	60
		B ₂	91.8	61.5	58.1	3.4	48.3	23
20	Bc	A	58.9	70.4	59.9	10.5	41.4	224
		B	89.0	63.8	54.5	9.3	41.5	20
21	Bc	A	75.9	64.6	59.8	6.4	47.5	81
		B	111.6	56.3	53.9	2.4	43.8	15
22	Bc	A ₁	64.7	71.5	56.2	15.3	40.2	295
		A ₂	70.3	70.5	52.1	18.4	34.6	124
		B	101.7	59.8	57.8	2.0	44.4	41
23	Bc	A	58.4	72.2	52.1	20.1	33.9	141
		B	86.2	62.6	59.6	3.0	47.6	29
24	Bc	A	71.5	63.2	59.0	4.2	43.9	225
		B	104.7	59.6	59.4	0.2	47.9	15

第 5 表 機械的組成

Table 5. Mechanical composition of soils

Prof. No.	土壌型 Type of soil	層位 Horizon	粗砂 Coarse sand (%)	細砂 Fine sand (%)	微砂 Silt (%)	粘土 Clay (%)	土性 Texture
2	Bc	A	2.3	31.9	22.4	43.4	IC
		B	11.3	38.2	19.6	30.9	IC
3	Bc	A ₁	0.4	37.3	32.9	24.9	IC
		A ₂	2.0	41.5	15.8	40.7	IC
		B	3.6	50.6	6.1	39.7	IC
4	Bc	A ₁	0.2	29.2	23.1	47.5	hC
		A ₂	1.4	29.8	18.9	49.9	IC
		B	5.3	51.8	8.5	34.4	IC
5	Bc	A	0.7	38.8	18.4	42.1	IC
		B	3.8	39.3	18.1	38.8	IC
6	Bc	A	0.7	33.0	15.0	51.3	hC
		B	1.4	55.3	4.0	39.3	IC
7	Bc	A	2.0	33.2	19.2	45.6	hC
		B	5.8	51.7	9.7	32.8	SC
8	Bc	A	0.6	37.1	23.4	38.9	IC
		B ₁	2.3	37.2	17.9	42.6	IC
		B ₂	11.1	51.1	7.4	30.4	SC
9	Bc	A ₁	0.6	37.1	20.6	41.7	IC
		A ₂	0.4	36.3	19.7	43.6	IC
		B	3.0	32.1	14.1	50.8	hC

第5表 (つづき) (Continued)

Prof. No.	土 壌 型 Type of soil	層 位 Horizon	粗 砂 Coarse sand (%)	細 砂 Fine sand (%)	微 砂 Silt (%)	粘 土 Clay (%)	土 性 Texture
10	Bc	A	0.5	14.6	3.4	81.5	hC
		B ₁	0.7	13.2	3.0	83.1	hC
		B ₂	0.8	44.3	5.6	49.3	hC
11		A	0.5	11.5	31.7	56.3	hC
		B ₁	0.7	10.4	24.2	64.7	hC
		B ₂	5.2	41.2	10.2	34.4	IC
12		A	0.6	9.9	26.9	62.6	hC
		B ₁	2.5	17.3	10.9	69.3	hC
		B ₂	1.1	10.1	45.5	43.3	L
13		A	0.2	13.1	6.4	80.3	hC
		B ₁	4.7	14.0	44.2	37.1	IC
		B ₂	2.3	13.2	19.2	65.3	hC
15		A ₁	2.0	11.9	26.8	59.3	hC
		A ₂	7.1	38.2	11.8	42.9	IC
		B	0.3	41.2	12.6	45.9	hC
17		A	0.9	44.6	13.2	41.3	IC
		B ₁	4.5	37.8	15.4	42.3	IC
		B ₂	8.9	27.3	13.5	51.3	hC
18		A ₁	0.9	22.1	7.1	69.9	hC
		A ₂	1.3	24.3	15.0	59.4	hC
		B	13.5	36.3	12.8	37.4	IC
19		A	1.9	19.7	18.4	60.0	hC
		B ₁	4.0	19.6	15.4	61.0	hC
		B ₂	2.4	52.2	2.4	43.0	IC
20	A	2.3	17.4	12.3	68.0	IC	
	B ₁	14.1	38.0	10.1	37.8	IC	
	B ₂	8.6	25.0	21.2	45.2	hC	
21	A	1.5	22.7	6.0	69.8	hC	
	B ₁	2.7	25.8	3.1	68.4	hC	
	B ₂	3.9	29.1	27.3	39.7	IC	
22	A ₁	1.1	12.7	19.3	66.9	hC	
	A ₂	7.8	12.7	1.0	78.5	hC	
	B	7.5	16.4	18.4	57.7	hC	
23	A	2.8	24.0	33.9	39.3	IC	
	B	0.7	13.3	32.3	53.7	hC	
24	A	0.2	10.3	40.8	48.7	hC	
	B	1.9	12.0	40.3	45.8	hC	

第6表 A₀ 層の化

Table 6. Chemical properties

Prof. No.	pH	C (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	塩基置換容量 Base exch. cap. (m.e./100g)	置換性石灰 Exch. Ca (m.e./100g)
2	5.2	43.8	1.12	0.18	0.18	1.19	59.5	22.0
3	5.4	43.0	1.52	0.22	0.24	1.65	71.8	34.5
4	5.6	44.8	1.28	0.22	0.18	1.66	65.8	33.4
5	5.1	40.5	1.34	0.33	0.23	1.20	70.3	28.3
6	5.5	44.3	1.39	0.39	0.22	0.82	68.5	18.9
7	5.6	39.4	1.21	0.22	0.24	1.15	70.1	28.4
8	5.4	43.1	1.43	0.27	0.20	1.36	68.5	32.7
9	5.2	43.0	1.48	0.28	0.20	1.38	71.1	33.4
10	5.8	42.0	1.26	0.23	0.22	0.73	60.0	16.2
11	5.7	44.6	1.50	0.26	0.24	1.20	67.3	23.1
12	5.6	40.7	1.40	0.23	0.22	1.53	64.9	31.1
13	5.2	41.8	1.44	0.24	0.22	1.39	66.6	31.0
15	5.5	40.1	1.30	0.24	0.20	1.44	58.7	26.5
17	5.5	40.0	1.27	0.21	0.22	1.64	57.2	27.5
18	5.3	40.2	1.24	0.29	0.18	1.20	61.9	21.7
19	5.3	40.5	1.17	0.25	0.16	1.36	72.5	30.4
20	5.4	45.5	1.29	0.23	0.18	1.36	67.7	33.0
21	5.7	42.2	1.21	0.27	0.18	1.44	68.5	32.4
22	5.5	36.6	1.23	0.24	0.26	1.40	78.5	31.7
23	5.3	39.1	1.27	0.21	0.25	1.68	67.9	34.5
24	5.7	41.6	1.39	0.23	0.22	0.68	45.5	19.8

第7表 土 壌 の 化

Table 7. Chemical properties

Prof. No.	層位 Horizon	深さ Depth (cm)	pH	C (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	塩基置換容量 Base exch. cap. (m.e./100g)
2	A	18	5.7	8.7	0.45	0.04	0.26	0.30	29.1
	B	20	5.2	1.5	0.15				13.2
3	A ₁	14	5.3	6.8	0.44	0.05	0.21	0.32	23.9
	A ₂	17	5.3	2.7	0.17				15.4
	B	27	5.3	2.5	0.13				17.7
4	A ₁	14	5.4	7.9	0.48	0.07	0.25	0.39	32.7
	A ₂	11	5.4	3.0	0.25				15.6
	B	16	5.3	1.7	0.14				14.6
5	A	15	4.6	4.7	0.25	0.05	0.24	0.22	12.6
	B	30	5.4	1.5	0.12				12.4
6	A	20	5.4	7.0	0.42	0.06	0.26	0.35	14.2
	B	20	5.0	2.3	0.17				14.5
7	A	20	5.1	7.4	0.46	0.07	0.31	0.31	26.4
	B	35	5.0	1.9	0.09				17.9
8	A	10	5.0	5.9	0.33	0.06	0.22	0.16	24.2
	B ₁	10	5.2	3.8	0.17				18.1
	B ₂	28	5.1	1.6	0.13				15.1
9	A ₁	14	4.9	5.8	0.32	0.06	0.26	0.23	16.2
	A ₂	11	5.0	3.1	0.20				18.6
	B	30	5.0	2.1	0.13				17.9

学 的 性 質
of A₀-layer

石灰飽和度 Ca saturation (%)	C/N	N/P	N/K	K/P	N/Ca	0.2 N HCl soluble (ppm)	
						P ₂ O ₅	K ₂ O
36.9	39.1	13.9	7.3	1.9	1.3	55.8	159.2
48.1	28.3	16.1	7.7	2.1	1.3	47.7	164.6
50.8	35.0	13.1	8.5	1.5	1.1	50.4	134.4
40.3	30.2	13.7	7.0	2.0	1.8	50.7	159.7
27.6	31.7	11.2	7.8	1.4	2.4	119.8	171.2
40.5	32.5	12.7	6.1	2.1	1.5	52.7	132.3
47.7	30.3	12.0	8.6	1.4	1.5	97.8	164.5
46.9	29.0	12.0	9.0	1.3	1.5	95.3	155.7
27.0	33.4	12.8	7.0	1.8	2.4	65.3	137.7
34.3	32.2	12.1	7.1	1.8	1.6	88.3	211.8
47.9	29.2	13.9	7.5	1.8	1.3	54.1	121.3
46.7	28.9	13.8	8.0	1.7	1.5	90.2	179.9
45.1	30.9	12.2	7.7	1.6	1.3	32.9	135.6
48.1	31.7	13.1	6.8	1.9	1.1	69.2	143.5
35.1	32.6	9.6	8.4	1.2	1.4	84.2	140.1
41.9	32.2	11.6	8.9	1.3	1.3	69.3	122.3
48.7	35.3	10.5	8.4	1.2	1.3	91.2	171.1
47.2	34.8	10.5	8.4	1.3	1.2	84.8	133.8
40.3	29.9	11.5	5.6	2.0	1.2	46.9	155.0
50.8	30.7	13.6	6.2	2.2	1.1	53.5	160.4
43.5	30.0	14.0	7.6	1.8	2.9	54.8	136.7

学 的 性 質
of the soil

置 換 性 Exch. (m. e./100g)		Ca 飽和度 Ca saturation (%)	Mg 飽和度 Mg saturation (%)	C/N	N/P	N/K	K/P	N/Ca	可 給 態 0.2 N HCl soluble(ppm)		置換酸度 Exch. acidity (y ₁)
Ca	Mg								P ₂ O ₅	K ₂ O	
7.9	3.7	27.2	12.7	17.8	25.7	2.3	11.1	2.3	2.5	26.6	3.1
1.8	1.3	13.4	9.9	10.3							23.6
6.7	1.6	27.8	6.6	15.5	20.4	2.6	8.0	1.9	6.4	27.1	2.8
2.1	1.3	19.9	8.5	15.6							9.8
1.6	0.8	9.1	4.7	18.6							18.1
9.6	1.8	29.4	5.5	16.5	16.4	2.3	7.1	1.7	8.7	21.5	19.1
2.1	1.3	13.3	8.0	12.3							15.2
1.7	0.3	11.8	5.4	12.5							15.3
2.2	1.1	17.7	8.9	18.8	12.1	1.3	9.5	1.6	8.0	19.5	9.9
1.5	0.7	11.5	5.5	12.8							17.5
5.4	1.2	38.0	8.9	16.7	15.1	2.0	7.7	1.6	4.8	16.6	21.3
1.9	0.6	12.9	4.7	13.4							18.4
6.5	0.9	24.6	3.3	16.1	14.9	1.8	8.4	2.1	4.1	17.5	21.5
1.6	0.5	9.0	2.9	21.4							17.4
5.0	1.3	20.8	5.7	17.9	13.3	1.8	7.3	3.0	4.9	18.2	19.6
2.3	1.2	12.9	6.9	21.1							18.5
1.5	0.8	10.1	5.2	12.4							18.3
4.4	0.8	27.1	5.0	18.1	12.0	1.5	8.0	2.0	2.9	18.0	19.6
3.1	0.7	16.8	4.2	15.8							20.9
2.3	0.5	12.7	2.9	16.0							25.0

第7表(つづき)(Continued)

Prof. No.	層位 Horizon	深さ Depth (cm)	pH	C (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	塩基置換容量 Base exch. cap. (m.e./100g)
10	A	9	5.6	8.9	0.54	0.13	0.34	0.41	36.4
	B ₁	17	4.8	3.9	0.31				
	B ₂	27	5.1	2.9	0.16				
11	A	9	5.3	8.3	0.56	0.12	0.32	0.32	27.7
	B ₁	14	5.0	6.7	0.25				
	B ₂	33	5.3	4.0	0.18				
12	A	11	5.2	7.2	0.41	0.09	0.21	0.19	23.0
	B ₁	15	5.3	3.1	0.26				
	B ₂	23	5.1	2.5	0.16				
13	A	12	4.9	9.1	0.46	0.06	0.28	0.30	23.6
	B ₁	10	5.1	4.4	0.23				
	B ₂	28	5.2	2.9	0.15				
15	A ₁	11	5.3	7.2	0.39	0.04	0.25	0.28	26.9
	A ₂	15	5.2	6.2	0.31				
	B	30	5.4	2.9	0.15				
17	A	11	5.2	7.7	0.40	0.12	0.30	0.31	21.6
	B ₁	23	5.4	5.7	0.25				
	B ₂	25	5.5	2.9	0.12				
18	A ₁	6	5.1	8.9	0.53	0.18	0.26	0.42	35.0
	A ₂	18	4.9	6.3	0.48				
	B	24	5.4	4.9	0.26				
19	A	5	4.7	6.4	0.33	0.08	0.25	0.24	24.6
	B ₁	24	5.3	4.5	0.25				
	B ₂	27	5.1	4.4	0.19				
20	A	15	5.4	6.0	0.38	0.13	0.19	0.40	35.4
	B ₁	14	5.9	3.2	0.25				
	B ₂	15	5.1	2.4	0.19				
21	A	5	5.6	7.8	0.51	0.18	0.27	0.37	29.7
	B ₁	16	5.3	4.2	0.38				
	B ₂	35	5.3	1.8	0.17				
22	A ₁	10	4.5	5.3	0.29	0.07	0.22	0.17	17.6
	A ₂	8	5.1	3.2	0.18				
	B	28	5.3	2.4	0.12				
23	A	15	5.1	5.8	0.31	0.06	0.23	0.24	21.8
	B	18	5.0	2.1	0.16				
24	A	14	5.4	8.4	0.51	0.11	0.31	0.42	38.7
	B	36	5.1	2.3	0.16				

3-2. 考 察

3-2-1. 新第三紀層地区 (Prof. No.2~No.9)

この地区は、一般に緩傾斜の短い斜面形をなし、その天然林は主としてトドマツ、エゾマツを主体とするが、落葉広葉樹も盛んに繁茂し大部分は針広混交林となっている。

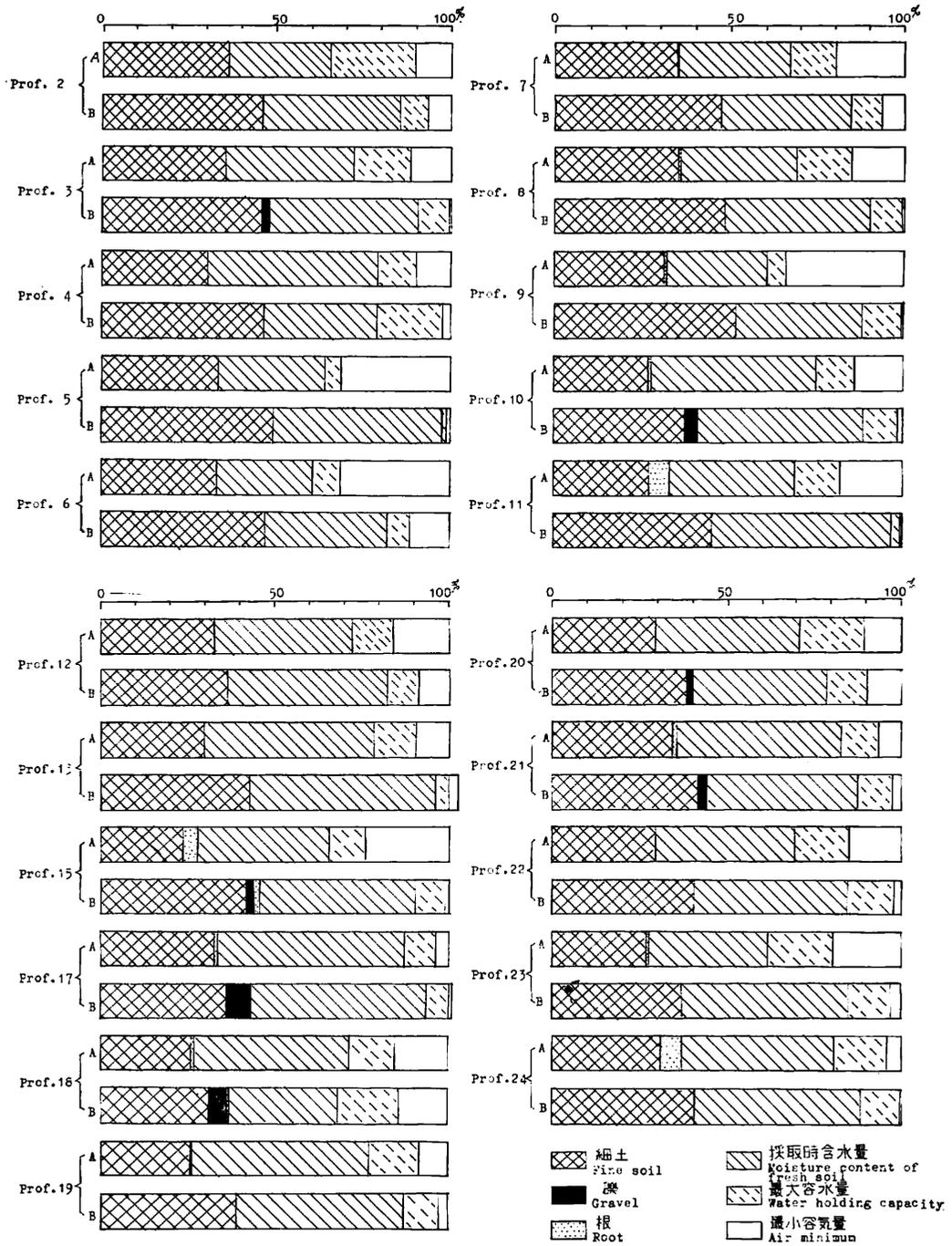
土壌は新第三紀を母材とし、混在する礫は砂岩を主とし、そのほか粘板岩および頁岩をまじえている。この地区はいずれも褐色森林土壌群にぞくする各種土壌型からなっている。

尾根部および南西斜面の凸部には、B_B型土壌が出現する場合もみられるが、その面積は僅少である。

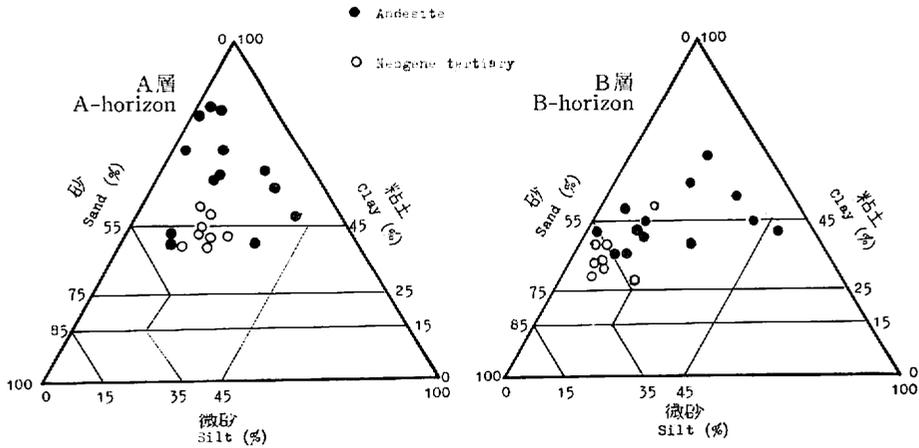
置換性 Exch. (m.e./100g)		Ca飽和度 Ca saturation (%)	Mg飽和度 Mg saturation (%)	C/N	N/P	N/K	K/P	N/Ca	可給態 0.2N HCl soluble (ppm)		置換酸度 Exch. acidity (γ_1)
Ca	Mg								P ₂ O ₅	K ₂ O	
10.3	2.9	34.7	8.1	16.5	9.9	1.9	5.2	1.8	3.1	29.4	21.9
2.7	1.9	13.3	9.5	12.4							35.9
0.2	0.5	0.9	2.4	17.5							30.5
8.6	2.3	31.1	8.3	14.8	12.6	2.1	5.2	2.4	7.7	39.2	31.6
4.3	1.1	19.6	5.2	26.7							35.1
1.7	0.5	13.1	3.9	21.1							21.1
6.5	2.5	28.4	10.7	17.6	10.6	4.7	2.3	3.1	5.5	27.7	19.9
4.1	1.1	22.7	6.3	11.8							52.1
1.9	0.7	9.9	3.7	15.8							45.2
5.6	2.4	23.7	10.0	19.7	19.0	2.0	9.5	2.1	6.4	25.2	25.6
3.1	1.7	17.2	9.4	18.6							36.1
1.6	0.9	8.8	4.8	18.7							37.6
5.9	2.7	22.1	10.1	19.7	21.7	1.9	11.4	1.9	8.1	43.7	13.9
4.1	2.3	20.6	11.7	19.7							18.6
2.0	1.1	11.0	6.2	20.1							24.8
7.2	2.7	33.7	12.4	19.2	7.4	1.6	4.6	1.8	6.9	26.9	13.1
4.6	2.0	25.4	11.3	22.7							17.3
3.0	1.2	15.5	6.1	25.1							26.8
7.5	2.6	21.5	7.3	16.9	6.9	2.4	2.8	1.8	2.2	51.8	16.1
4.8	2.1	20.5	8.9	13.1							22.1
2.4	1.1	12.0	5.3	18.9							22.8
6.8	2.8	27.6	11.5	19.1	9.2	1.6	5.8	1.9	3.9	54.6	19.4
5.0	2.2	19.1	8.4	15.9							27.8
4.1	2.0	17.8	8.7	23.1							27.5
9.1	4.7	26.9	13.3	15.7	6.9	2.4	2.8	1.3	2.3	26.2	12.8
8.4	5.3	26.5	17.1	12.5							14.1
4.3	5.1	15.4	18.2	12.5							11.3
7.2	5.1	25.8	18.1	15.3	6.5	2.3	2.8	2.0	4.1	104.2	12.1
4.9	4.5	18.5	11.6	11.0							15.4
4.1	2.5	16.1	9.8	10.3							20.4
3.6	1.9	20.4	10.9	18.9	9.3	1.6	5.8	2.4	1.3	18.2	20.5
3.2	1.2	17.3	6.3	17.5							28.4
1.2	0.4	6.5	2.4	19.9							32.3
6.0	2.4	27.5	11.2	18.7	12.1	1.6	7.5	1.8	2.3	25.8	16.6
3.6	1.2	15.4	5.2	13.7							13.0
13.3	4.9	34.2	12.6	16.5	10.6	2.0	5.4	1.7	1.6	23.7	19.4
6.8	1.2	23.9	7.7	14.2							26.9

おもな林床植生は、ミヤマシキミ、ハイイヌツゲ、ツツジ類、クマイザサ類である。Bc型土壌は尾根部から派生する斜面の中腹から斜面下部にかけて広範囲にわたって分布し、山腹斜面中腹部の南西面および平衡斜面の一部と下降斜面にはBo(d)型土壌が出現する。植生はオオカメノキ、クマイザサ、ツタウルシ、シダ類である。斜面の凹地および斜面下部の緩斜地にかけてBo型土壌が出現するが、その面積はきわめて少ない。Be型土壌はほとんど斜面下部と沢沿いに分布し、大半が崩積土からなり分布面積も少ない。クマイザサ、フッキソウ、そのほか大型草本類が優占している。

本研究におけるトドマツ造林地は、この地区に広範囲の面積を占めていたBc型土壌上にしか存在しない



第2図 自然状態の理学的性質
 Fig. 2 Physical properties of soil in natural condition.



第3図 土性区分三角図

Fig. 3 Triangle diagram of soil texture.

いので、同一母材からなる Bc 型土壌のトドマツの林分間の比較ということになった。

この新第三紀層地区の土壌は、全般的にいずれも埴質 (hC-IC) で腐植含有量は中庸一少で、容積重の大きい土壌のようである。

山腹斜面上部に位置する Bc 型土壌 (Prof. No. 2) の、A 層はややうすく透水性良好といいがたいが、北海道における森林土壌のこれまでの結果からみると、理学的性質は中庸の部類にはいるように思われる。斜面中腹 (Prof. No. 3, No. 6, No. 7, No. 9) に位置する Bc 型土壌は、比較的 A 層が厚く透水性も大きく理学的性質は良好であるが、このうち Prof. No. 7 は、透水性がやや劣り理学的性質はそれほど良好とはいいがたい。斜面下部に位置する (Prof. No. 4, No. 5, No. 8) Bc 型土壌のうち Prof. No. 4 は、A 層が厚くしかも腐植含有量が多く土壌は比較的柔らかく、透水性も大きい。したがって、理学的性質は良好と解される。反面 Prof. No. 5 および Prof. No. 8 の場合は、A 層がうすくしかも表層より土壌は堅密で、そのため透水性は劣り理学的性質はすこぶる不良であった。

化学的性質についてみると、全般的に各断面いずれも A 層の C/N 率は 16~19 で、褐色森林土としては普通の数値を示していると考えられる。pH は一般に弱酸性で置換酸度は、表層に小さいが下層に至ると大きい値を示す。この表層における値の小さいことは、火山灰被覆による影響があると思われる。塩基置換容量、Exch. Ca および Mg 含有量は、No. 5, No. 9 ではかなり低い値を示している。可給態 (N/5 HCl 可溶) K₂O 含有率は、一般にかなり高い数値を示したが、P₂O₅ 含有率は著しく小さかった。

以上のように、同一母材からなる同一土壌型間で土壌の性質に著しい相違がみられた点について、原因は明らかではないが、注目すべき現象であろう。

この地区における土壌の化学的性質は、今までの一般例にくらべると、多少劣る値を示しているように考えられる。これは塩基に乏しい砂岩などをおもな母材料とするためか、あるいは気候の影響によるものか、またはほかの原因によるものか将来の検討にまきたい。

3-2-2. 安山岩地区

この地区は、3-2-1 で述べた新第三紀層地区とはほぼ類似の地形および林相をなしている。土壌は安山岩

を母材とし、いずれも褐色森林土壌群にはいり、前者同様に Bc 型土壌の分布面積は広範囲にわたっている。

この土壌は埴質 (Hc-IC) で腐植含有量は、前者の新第三紀層の土壌にくらべて、やや多く容積重は小さいようである。

丘陵台地 (Prof. No. 23) および山腹斜面上部 (Prof. No. 20) に位置する Bc 型土壌はともに、A 層うすく透水性は小さく理学的性質は、すこぶる不良のように考えられる。斜面中腹に位置する (Prof. No. 11, No. 12, No. 13, No. 17, No. 21, No. 22) 土壌は、比較的 A 層はうすいが透水性は大きい。理学的性質は良好といえよう。しかし、このうち Prof. No. 21 は、A 層がとくにうすく表層より土壌は堅密のため透水量は 100 以下で (透水指数 1521) 理学的性質はきわめて不良である。このため地位指数 (30 年時の樹高) も劣っている。この原因として考えられるのは、第 2 表に示したように調査地のなかでは傾斜が急で、以前の表層土の一部が流亡したことにより、鉍質土壌表層より堅密な土壌断面形態を示しているものと解される。このことは本調査地点の斜面下部の林地において、土壌断面観察のさい明らかに埋没土の層位が形成されていたことからうなずかれるものである。

斜面下部に位置する (Prof. No. 10, No. 15, No. 18, No. 19, No. 24) 土壌は、全般的に A 層が斜面中腹にくらべて厚く有機物含有量も多い傾向にある。また、透水性も比較的大きく、理学的性質は一般に良好と思われる。このうち Prof. No. 19 の A 層は最もうすく表層より堅く透水性も劣り理学的性質は不良である。この理学的性質の不良な理由については、森林における物質循環がなんらかの影響で円滑におこなわれなかったため、A₀ 層が厚く堆積し、第 7 表の化学的性質からみても表層土における pH 低く、Exch. Ca および炭素など決して多いとはいえない。上記の落葉分解のおくれということが、理学的性質に不良な原因を誘引したものであろう。このようなことから他の林分にくらべて最近 5 年間の樹高成長量が劣ったものと考えられる。

化学的性質についてみると、全般的に各断面いずれも A 層の C/N 率は 15~20 の範囲にある。pH は Prof. No. 22 を除いては 5.3 前後を示すが置換酸度、塩基置換容量、Exch. Ca および Mg 含有量は新第三紀層に比較して比較的高い数値を示す傾向がみられる。可給態の K₂O 量はかなり高い値を示すが、P₂O₅ 量はいちじるしく小さい。これら同一土壌型の間における化学的性質の差異は、わずかに認められるが明りょうでない。また、地形の相違あるいは同一斜面上の上部と下部とのあいだにおける化学的性質にも、明りょうな差異は認められなかった。

4. トドマツの成長と土壌の諸性質

4-1. トドマツの成長

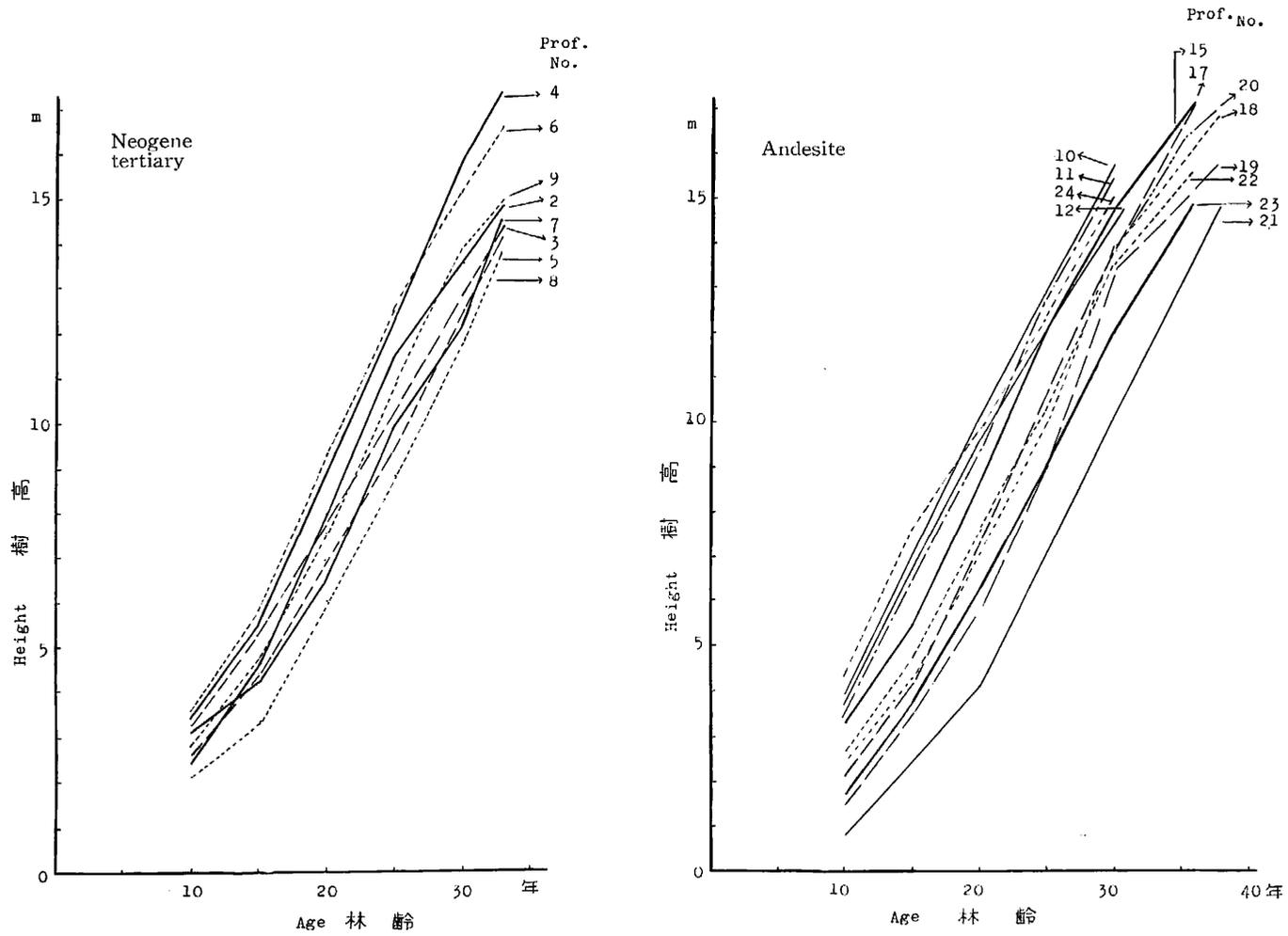
各調査林分におけるトドマツの成長は、第 4 図および第 8 表に示すとおりである。

4-2. トドマツの成長と土壌の諸性質との関係

トドマツの樹高成長と土壌の諸性質との関係を求めるために、林齢 30 年生時の樹高と深さ 50cm までの透水指数²¹⁾および鉍質土壌表層の化学的諸性質との関連性をしらべた。結果は第 5 図に示すとおりである。

4-2-1. 新第三紀層地区

トドマツの樹高成長は、第 5 図に示したように透水指数と最も深い関連性が認められた。また化学的性質では Exch. Ca, Ca 飽和度および pH などは、樹高成長と多少の関連性がみられるが明りょうではない。そのほかの化学的性質との関連性も明らかでなかった。また地形の相違による樹高成長の差異を検討



第4図 トドマツの成長 Fig. 4 Growth *Abies sachalinensis*

第8表 トドマツの成長
Table 8. Growth of *Abies sachalinensis*

断面 番号 Prof. No.	土壌型 Type of soil	林 齢 Age (year)	樹 高 Tree height (m)	胸高直径 Diameter at breast (cm)	立木本数 No. of trees (per ha)	haあたり 材 積 Volume per ha (m ³)	地 位 指数 Site index (m)	最近5年間 の樹高成長 Height-growth in the recent 5 years (m)	母 材 Parent material
2	Bc	33	14.9	22.2	1471	272	13.6	2.3	新第三紀 層 Neogene tertiary
3		33	14.4	21.5	2536	288	12.9	2.7	
4		33	17.4	22.4	1830	362	15.8	2.9	
5		34	14.2	20.6	1641	273	12.6	2.2	
6		34	16.7	24.9	1591	461	15.2	2.0	
7		34	14.6	22.2	1654	326	12.3	2.7	
8		34	14.0	20.3	1591	294	11.8	2.6	
9		34	15.0	25.0	1257	297	13.9	1.6	
10		Bc	30	15.7	20.8	1827	275	15.7	
11	30		15.4	22.4	1100	197	15.4	2.9	
12	30		14.8	21.3	1850	302	14.8	2.2	
13	30		14.9	22.6	1144	252	14.9	2.4	
15	36		17.2	27.4	1552	445	14.8	2.0	
17	36		17.2	21.9	1049	324	13.8	2.8	
18	38		16.9	23.0	1815	412	12.9	2.3	
19	38		16.0	25.0	1655	424	12.7	1.9	
20	38		17.2	24.5	1360	432	12.7	2.4	
21	38		14.8	21.9	1636	355	10.2	2.7	
22	36		15.7	25.1	1496	330	13.5	1.8	
23	36		14.9	22.6	1107	289	12.0	2.3	
24	30		15.0	23.2	1421	324	15.0	2.5	

したが、調査地は低山地帯で起伏量および谷密度が少なく、したがって、地形による樹高成長の差異はほとんど認められなかった。

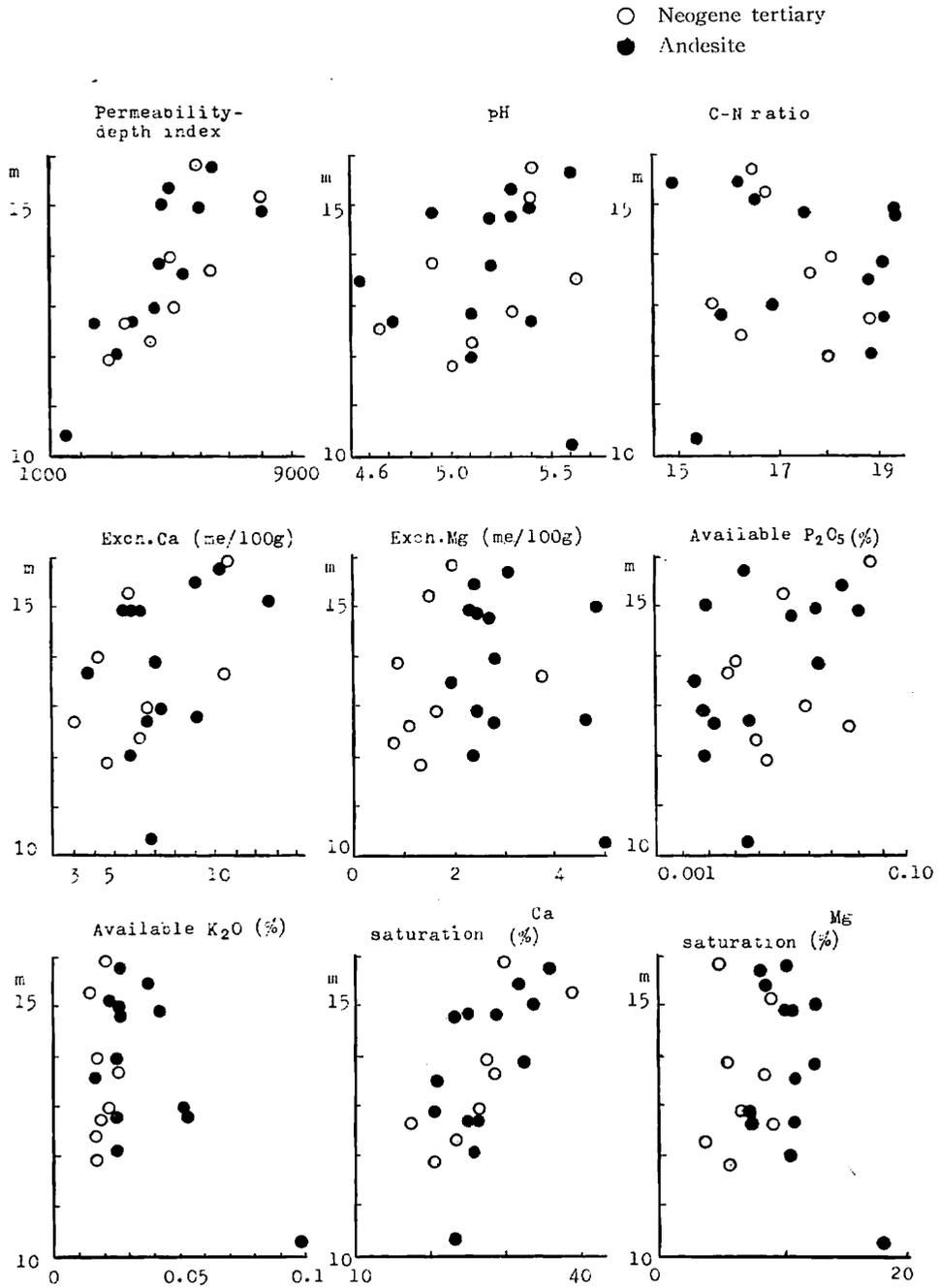
4-2-2. 安山岩地区

この地区におけるトドマツの樹高成長は、やはり前者同様に透水指数で最も深い関連性が認められた。化学的性質では Exch. Ca および Ca 飽和度が多少樹高成長と関連性をみとめられるが、透水指数ほど明瞭でない。またトドマツの樹高成長を地形別にみるならば、丘陵台地 (Prof. No. 23) および山腹斜面上部 (Prof. No. 20) では樹高成長は一般に劣る傾向にある。このほか Prof. No. 18, No. 19, No. 20, No. 21 のように、傾斜が比較的強い林地におけるトドマツの樹高成長は良好ではないようにみうけられる。Prof. No. 18, No. 21 は、表層より土壌は堅密で透水指数もきわめて小さいことが樹高成長に影響したものと思われる。

したがって、この地区を傾斜度および土壌の透水指数によって大別するならば、2つのグループに分けられ、それぞれ樹高成長と大まかに関連性を示す傾向がみられる。

4-3. 考 察

全調査林分について総合すると、トドマツの樹高成長は土壌表層の化学的性質のちがいが、すなわち、表層土の pH, 塩基置換容量, Exch. Ca および Mg 量などと、ある程度の関係をもっているが、それより



第5図 トドマツの成長と土壌の透水指数および表土の化学的性質との関係

Fig. 5 Relation between the growth of *Abies sachalinensis* and the permeability index of soil and the chemical properties of its surface horizon.

も傾斜や土壌の透水指数および土壌の堅密度と密接な関係をもっているようで、これがトドマツの樹高成長を支配するおもな原因といわざるを得ないようである。土壌中に栄養源が多量に含まれていても、土壌の理学的性質が良好でない場合には、林木はこれを十分に有効に利用しえないので、土壌の化学的性質とともに、土壌の理学的性質が林木の生育に望ましい状態にあるということが、良好な生育地としての価値を高めるものであろう。

5. トドマツの針葉の養分組成と樹高成長および土壌諸性質との関係

各林分の樹冠上部から採取した当年生葉の養分組成は、第9表に示すとおりである。

トドマツ樹冠上部葉の炭素含有率は、いずれの林分においても、52~55%を示し、ほとんど相違はみられなかったが、その他の成分にはかなり明りょうなちがいがみられた。

各林分のトドマツ樹冠上部葉の養分濃度と樹高成長との関係を検討したが、明りょうな関連性はみられない。しかし、樹冠上部葉の養分濃度と最近5年間の樹高成長量との間には明らかに関連性がみられた。

この結果を示すと、第6図および第7図のとおりである。

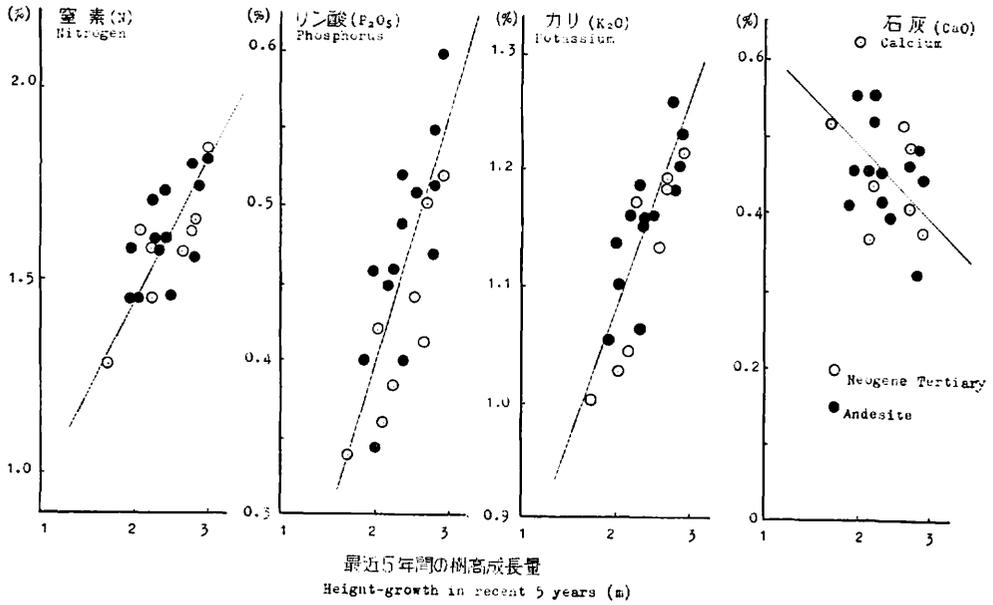
5-1. 最近5年間のトドマツ樹高成長量と樹冠上部葉の養分濃度との関係

上記の関係を母材別（新第三紀層および安山岩）に検討したが、母材差による関係は認められない。し

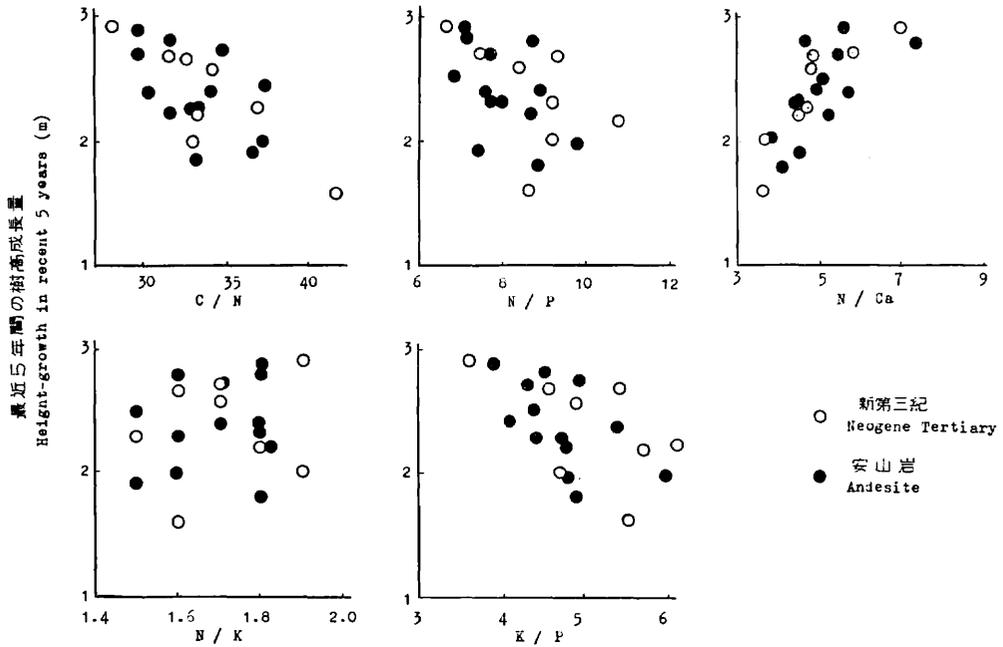
第9表 樹冠上部葉の組成

Table 9. Chemical composition of upper crown leaves of *Abies sachalinensis*

No.	最近5年間の樹高成長 Height-growth in the recent 5 years (m)	C (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	C/N	N/P	N/K	K/P	N/Ca
2	2.3	53.95	1.46	0.38	1.17	0.43	37.0	9.1	1.5	6.1	4.7
3	2.7	51.53	1.63	0.50	1.19	0.48	31.6	7.4	1.6	4.5	4.7
4	2.9	51.81	1.85	0.52	1.21	0.37	28.0	6.6	1.9	3.6	7.1
5	2.2	52.75	1.59	0.36	1.04	0.36	33.2	10.6	1.8	5.7	4.5
6	2.0	53.71	1.64	0.42	1.02	0.62	32.8	9.1	1.9	4.7	3.7
7	2.7	53.72	1.66	0.41	1.18	0.40	32.4	9.2	1.7	5.4	5.9
8	2.6	53.91	1.58	0.44	1.13	0.46	34.1	8.3	1.7	4.9	4.8
9	1.6	53.89	1.29	0.34	1.00	0.51	41.8	8.6	1.6	5.5	3.6
10	2.8	54.28	1.57	0.51	1.20	0.48	34.6	7.1	1.6	4.5	4.5
11	2.9	53.92	1.82	0.60	1.23	0.44	29.6	7.0	1.8	3.9	5.7
12	2.2	54.24	1.71	0.45	1.16	0.45	31.7	8.6	1.8	4.8	5.3
13	2.4	54.91	1.61	0.40	1.16	0.45	34.1	8.9	1.7	5.4	5.0
15	2.0	54.14	1.46	0.34	1.10	0.55	37.1	9.7	1.6	6.0	3.7
17	2.8	54.68	1.74	0.47	1.18	0.32	31.4	8.7	1.8	4.9	7.6
18	2.3	53.85	1.61	0.49	1.19	0.52	33.4	7.7	1.6	4.7	4.4
19	1.9	53.59	1.46	0.46	1.14	0.45	36.7	7.3	1.5	4.8	4.6
20	2.4	53.24	1.73	0.52	1.15	0.41	30.8	7.5	1.8	4.1	5.8
21	2.7	53.80	1.80	0.55	1.26	0.46	29.9	7.5	1.7	4.3	5.5
22	1.8	52.24	1.59	0.40	1.05	0.40	32.9	8.8	1.8	4.8	4.2
23	2.3	52.29	1.59	0.46	1.06	0.55	32.9	8.0	1.8	4.4	4.4
24	2.5	54.23	1.45	0.51	1.16	0.39	37.4	6.6	1.5	4.4	5.2



第6図 最近5年間に於けるトドマツの樹高成長と樹冠上部葉の養分濃度との関係
 Fig. 6 Relation between the nutrient content in upper crown leaves of *Abies sachalinensis* and its height-growth in recent 5 years.



第7図 トドマツ樹冠上部葉の養分比と最近5年間の樹高成長量との関係
 Fig. 7 Relation between the nutrient ratio in upper crown leaves of *Abies sachalinensis* and its height-growth in recent 5 years.

たがって、本調査の結果を一括して述べるとつぎのとおりである。

最近5年間における樹高成長量の大きいものは小さいものにくらべて、N, P₂O₅ および K₂O 濃度が高く、最近5年間の樹高成長状態とは直線的な関係がみられる。しかし CaO 濃度にあつては明りょうでない。

各養分量を Y 軸、最近5年間の樹高成長量を X 軸としてその関係を、それぞれ数式によって示すならば、つぎのとおりである。

N の場合	$\log Y = 0.9480 + 0.2767x$	$r = 0.7427$
P ₂ O ₅ の場合	$\log Y = 0.1247 + 0.1375x$	$r = 0.7473$
K ₂ O の場合	$\log Y = 0.7366 + 0.1679x$	$r = 0.8505$
CaO の場合	$\log Y = 0.6275 - 0.0739x$	$r = 0.4161$

すなわち、最近5年間の樹高成長量と K₂O, P₂O₅ および N 濃度の間には相当高い正の相関が認められた。反面 CaO 濃度の場合には負の相関を示す傾向にあるが、相関度は低いように思われる。

樹冠上部葉の養分比と最近5年間の樹高成長量との関係については、樹高成長量の増大にともなつて C/N 率および K/P 比は減少し、反面 N/Ca 比は増大の傾向が認められるが、N/K 比および N/P 比は樹高成長量との関連性は、明らかでなかった。

つまり最近5年間の樹高成長量と樹冠上部葉の養分比との関係のうち、とくに C/N 率および N/Ca 比の相関が高い傾向にみられた。K/P 比および N/P 比もわずかながう相関関係がみられるようであるが、相関度は低い。また N/K 比については、相関関係は全く認められないものと思われる。

5-2. トドマツ樹冠上部葉の養分濃度と土壌の諸性質との関係

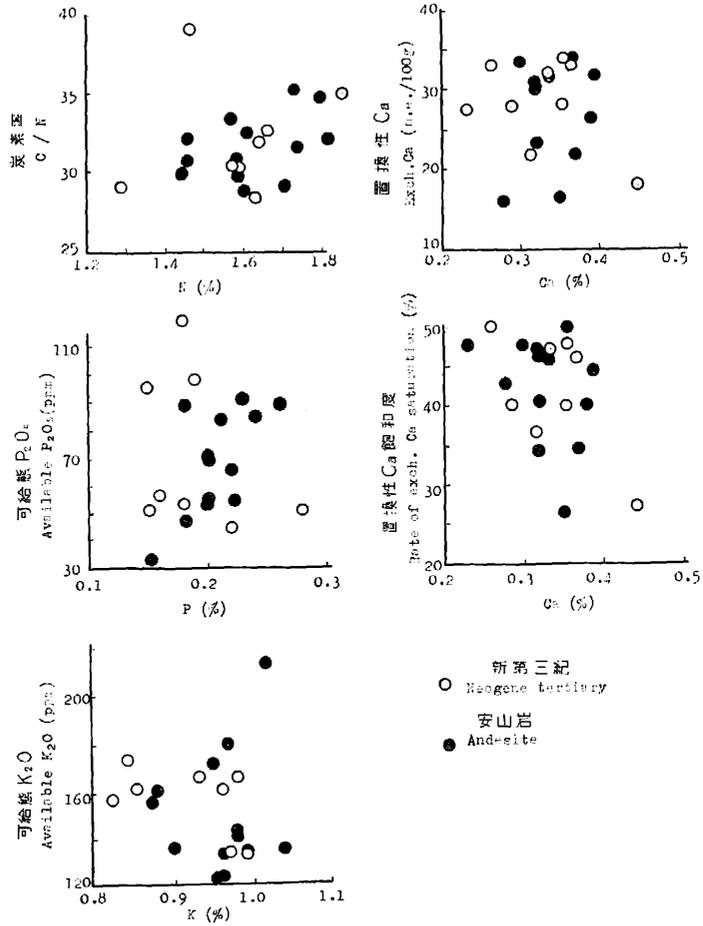
各林分のトドマツ樹冠上部葉の養分濃度と土壌の化学的性質との関係を、第6、7表および第9表から図示すると、第8図および第9図に示すとおりである。

これらの結果についてみると、トドマツ樹冠上部葉の養分濃度と A₀ 層の化学的性質の間にはほとんど関連性は認められない。反面鉍質土壌表層では、2、3の試料を除けば C/N 率、Exch. Ca、Ca 飽和度、可給態 K₂O および P₂O₅ 量と、トドマツ樹冠上部葉の養分濃度とのあいだに、わずかながう関連性が認められるようである。すなわち、トドマツ樹冠上部葉の養分濃度の高いものは、鉍質土壌中の C/N 率、Exch. Ca、Ca 飽和度の値は小さいが、可給態の P₂O₅ および K₂O 量は前者と逆に大きい値を示している。ほかの化学的性質にあつては、樹冠上部葉の養分濃度との間に関連性は認められなかった。

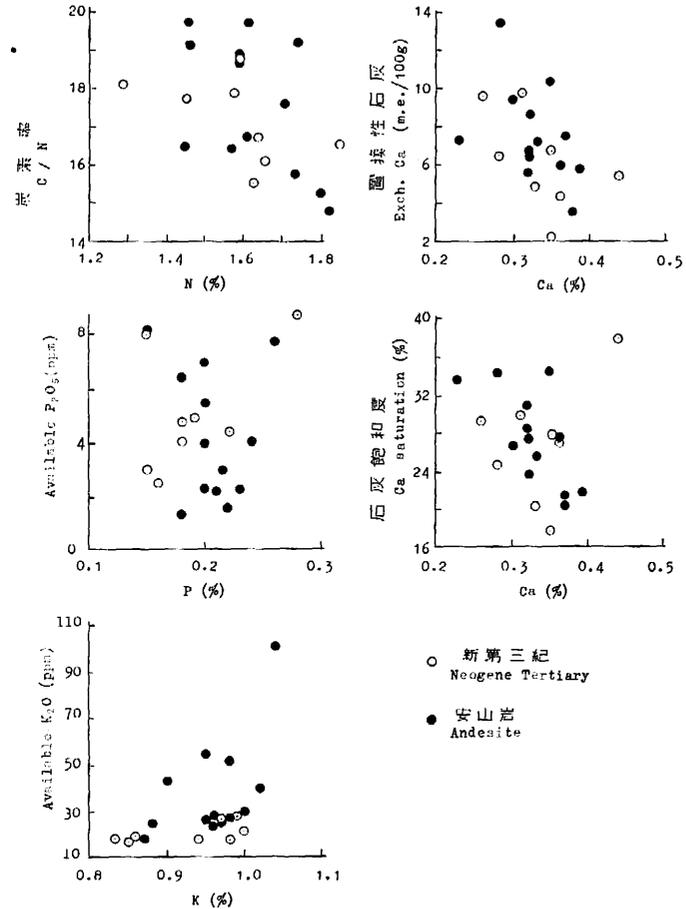
5-3. 最近5年間の樹高成長量と土壌の化学的性質との関係

各林分の最近5年間の樹高成長量と土壌の化学的性質との関係は、第6、7表および第8表にもとづいて図示すると第10~13図に示すとおりである。

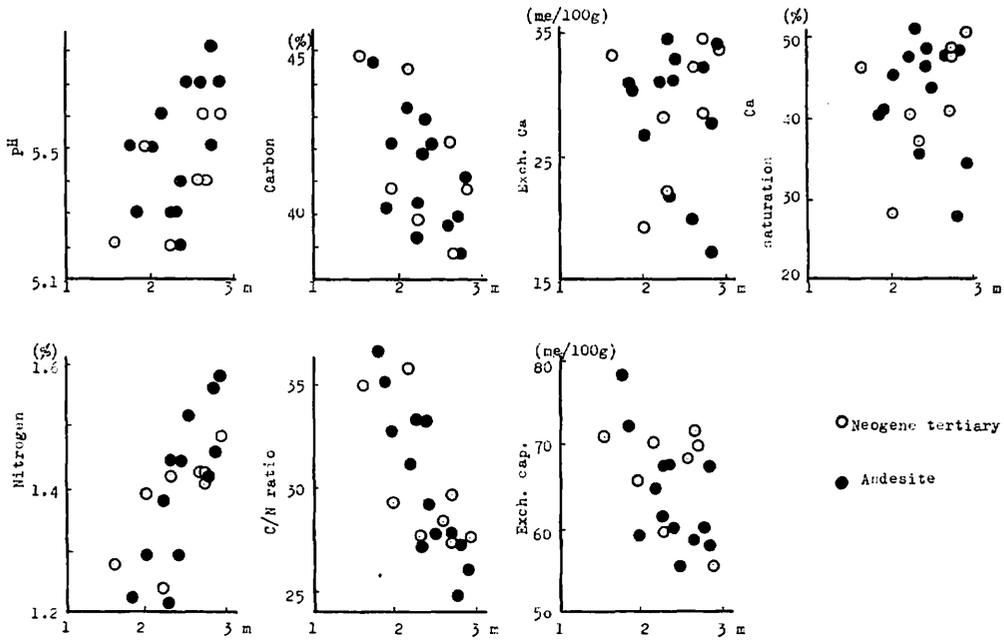
これらの結果から最近5年間における樹高成長量と A₀ 層および鉍質土壌表層の化学的性質との関係を見ると、とくに pH、C、N、C/N および塩基置換容量は、最近5年間の樹高成長量とのあいだに関連性が認められるよううかがわれる。また、最近5年間の樹高成長量と A₀ 層中の養分比との関係を見ると、C/N 率以外は明りょうな関係を示さなかった。すなわち、A₀ 層の C/N 率の大きい林地では最近5年間の樹高成長量は劣る傾向にある。一方鉍質土壌表層における養分比と最近5年間の樹高成長量との関係は、C/N 率および N/K 比でわずかながう関連性を認めるが、ほかの養分比ではほとんど関連性がみられない。要するに、C/N 率なる場合および N/K 比小なる場合に、最近5年間の樹高成長量は劣る傾向にう



第8図 トドマツ樹冠上部葉の養分濃度とA₀層の化学的性質との関係
 Fig. 8 Relation between the nutrient contents in upper crown leaves of *Abies sachalinensis* and the chemical properties of A₀-layer.

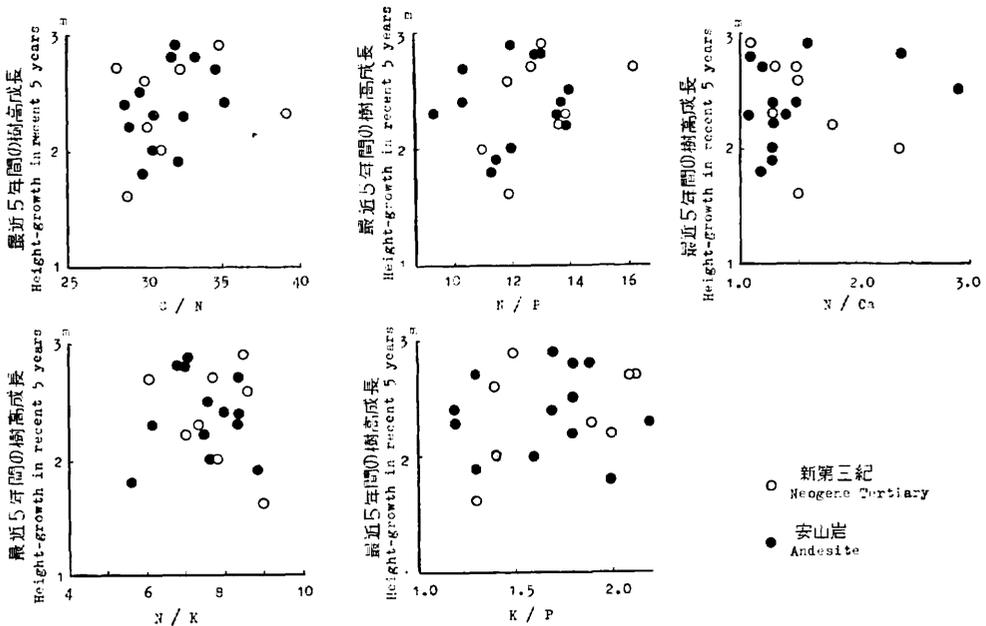


第9図 トドマツ樹冠上部葉の養分濃度と鉱質土壌表層の化学的性質との関係
 Fig. 9 Relation between the nutrient contents in upper crown leaves of *Abies sachalinensis* and the chemical properties of mineral surface soil.



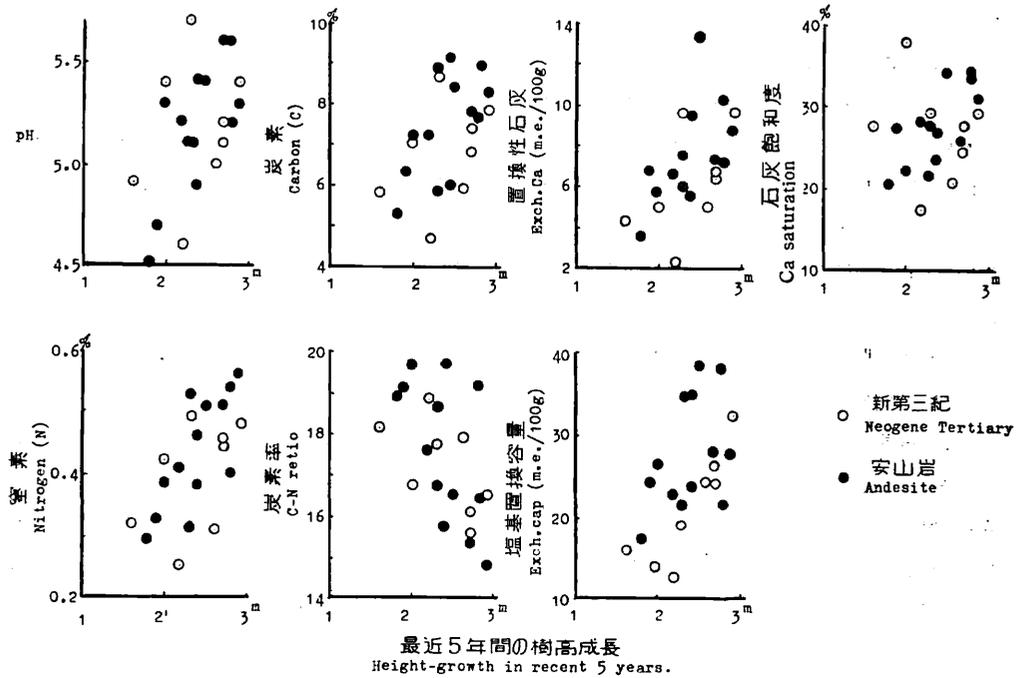
第10図 最近5年間の樹高成長と A₀ 層の化学的性質との関係

Fig. 10 Relation between height-growth in the recent 5 years and chemical properties of A₀-layer.



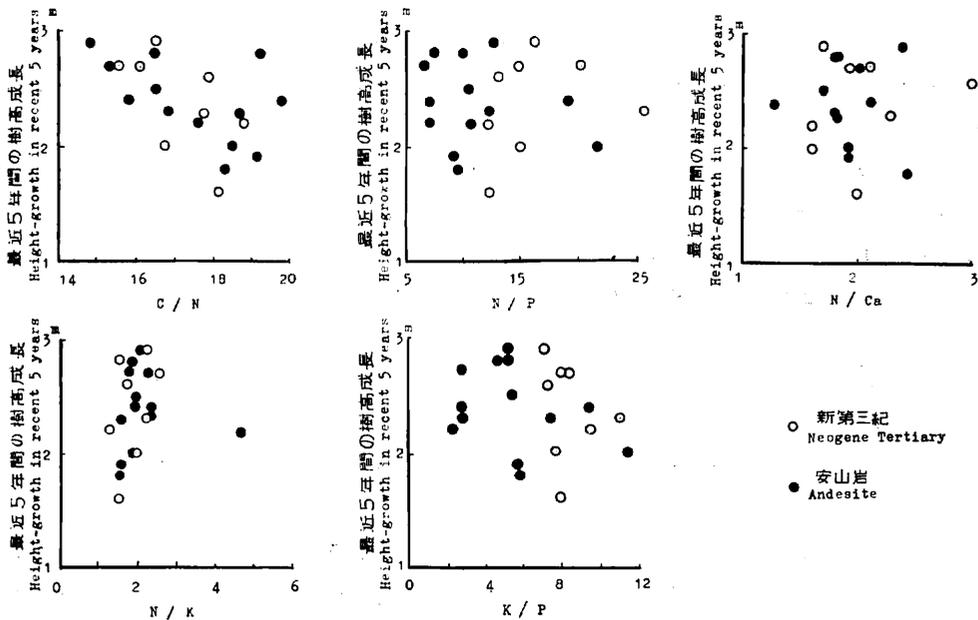
第11図 A₀ 層中の養分比と最近5年間の樹高成長との関係

Fig. 11 Relation between the nutrient ratio in A₀-layer and height-growth of *Abies sachalinensis* in recent 5 years.



第12図 最近5年間の樹高成長と鉱質土壌表層の化学的性質との関係

Fig. 12 Relation between the chemical properties of mineral surface soil and height-growth of *Abies sachalinensis* in recent 5 years.



第13図 A層の養分比と最近5年間の樹高成長との関係

Fig. 13 Relation between the nutrient ratio in A-horizon and height-growth of *Abies sachalinensis* in recent 5 years.

かがわれた。

5-4. 考 察

5-4-1. 林木の成長と針葉の養分濃度との関係

林木の成長と針葉の養分濃度との関係について、中村²⁶⁾はガラマツ（10～50年生）の樹高成長と針葉のNおよびK濃度とは、密接な関係を示すが、PおよびCa濃度は一定の関係がないことを指摘している。LEYTON¹⁸⁾は日本カラマツについて、針葉のNおよびK濃度は成長と直接に関係を有するが、PおよびAsh濃度はK濃度と関連性を有するために、間接的に成長と関連性を示すにすぎないことを述べている。芝木および田島²²⁾はヒノキの成長はBa<Bb<Bd型土壌の順に増大し、針葉のNおよびP濃度も上記の順に増して、成長と関連性を示すが、K濃度は関連性を示すことなく、Ca濃度は逆に上記の順に減少すると述べている。汰木⁴⁹⁾はスギについて、葉齡と全N濃度および樹冠の部位と全N濃度との関係を報告しているが、この結果によれば成長の盛んな時期における全N濃度は、葉齡が若い樹冠上部は樹冠下部より全N濃度の高いことを述べている。河田¹²⁾は高野山国有林において、低位生産性林地と予想されたポドゾル化土壌を対象として、スギ、ヒノキの幼齡林に施肥を行ない、その後葉分析を2～4年間行なった結果、スギでは成長量の増大にともなって多少の例外はあるが、N、P、K含有率の増大することを認めている。CaおよびMg含有率については一定の傾向がないという。また養分比は施肥による成長量の増大にともない、C/N、N/P、N/K比の減少が認められる場合が多いが、N/Ca、K/P比にあつては、一定の傾向がみられないとしている。またヒノキは施肥にともなって、針葉中のN、P、K濃度の増大がみられるが、Ca濃度は施肥によって減少を示す場合が多く、Mg濃度は一定の傾向がみられないとし、養分比は施肥にともない、C/N、N/P、K/P比の低下が認められるが、N/K、N/Ca比は一定の傾向がみとめられなかったとしている。

原田⁵⁾は秩父事業区で50年生のスギ林調査の結果、樹冠上部葉のN、P、K濃度と最近の成長状態とは正の相関を示すが、Ca濃度は負の相関がみられるという。なお、現在の樹高と樹冠上部葉の養分濃度とのあいだにおける関係は、不明りょうであつたと述べている。河田¹²⁾は関西地方の15年生前後のアカマツでの調査結果から、三木山国有林ではN、P、K濃度は樹高成長の増加にともない増大するが、Ca濃度は関連性が明らかでなく、Mg濃度は樹高成長の増加にともなって減少するとした。また大谷山、箱田山国有林の結果では、NおよびP濃度はかなり明りょうに樹高成長に比例して増大し、密接な関連性を示すが、KおよびCa濃度は地形的因子の影響を強くうけ、Mg濃度とともに関連性は示さないとしている。

針葉の養分比と樹高成長との関係は、三木山国有林では成長量の増大にともなって、C/N率の減少、N/K比の増大をみとめている。一方、大谷山および箱田山国有林の結果では、樹高成長の増大にともない、C/N率およびN/P比は減少を示し、密接な関連性のあることを明らかにしている。

以上のように、今までの諸研究者の結果では、針葉の養分濃度と林木の成長との関連性はいずれの場合も認められている。

今回の北海道における北見枝幸国有林での結果を総合すると、調査地は限られた狭い範囲内の、類似した地形のもとにおける新第三紀層および安山岩からなるBc型土壌地域の結果では、トドマツ樹冠上部葉のN、P、K、Ca濃度は、河田がアカマツ林で認めた総樹高成長量との関係のように、明りょうな関連性は認められなかった。むしろ原田⁵⁾が述べている樹冠上部葉の養分濃度と、最近5年間の樹高成長量との関係が明りょうに認められた。

すなわち、樹冠上部葉のN、PおよびK濃度は、最近5年間の樹高成長量の増大にともなって増加し、前述のように明りょうな関連性を示した。反面Ca濃度は両地域ともに減少の傾向を示すようであるが、前述の数式からみると相関係数は非常に低く、関連性は明らかではなかった。この点、原田のスギ林の調査結果とほぼ同様の傾向を示したといえよう。

要素量と生産量との関係について、芝本³⁹⁾はトウヒ、アカマツ、カラマツの健全生育判定の基準となる晩秋期当年生葉の含有量限界値について、Nで1.2~1.3%、 P_2O_5 で0.28~0.30%、 K_2O で0.5~0.6%がそれぞれ限界であるとしている。また、BARROWS³⁹⁾は、葉中の要素量と生産量を比較すると、ある程度までは濃度が高まるほど生産量も多くなるが、適当量をこすと、ぜいたく吸収になって生産量が増大せず、さらに多くなると害作用を及ぼし、生産量を減少するとし、上述の適当量は明確ではないが、一般にNで針葉樹は1.5~2.0%、広葉樹で2.0~3.0%ぐらいと考えられるものであるとしているが、著者らのトドマツ針葉の分析結果からみると、N、P、Kともに広い幅の変化はあるが、芝本が述べている含有量限界をはるかに上回っている結果が得られた。

北海道における30年生前後のトドマツ造林地は、比較的低山地帯に限られているため、調査林分は前述のように類似の地形で標高は低く、しかも同一土壌型のためか、河田¹²⁾が大谷山・箱田山で、アカマツ林で認めたような傾向は得られなかった。

したがって、北海道においても、今後地形および土壌型が異なる地域を対象にして、さらに追究検討する必要があるものと思われる。

針葉の養分比について河田は、N/P比はほかの養分比よりも変化の幅の小さいことを指摘しているが、北海道におけるトドマツの場合、前述のように、N/Ca比が最近5年間の樹高成長と関連性を示したが、しかしながら全調査林分について総合的にみると、K/P比の3.6~6.1、N/Ca比の3.7~7.6にくらべて変化の幅の小さいことがうかがわれ、河田と異なった傾向を示した。

この異なった点については樹種のちがいによるものか、あるいは気象的な影響によるものか判断しかねるが、要するにトドマツの最近5年間の樹高成長量は、前述のように樹冠上部葉のN、PおよびK濃度に関係する。また最近5年間の樹高成長量のちがいにともなって、これら成分の樹冠上部葉の養分濃度はかなりの相違を示すにもかかわらず、N、K両者の量的な比が、限られた範囲内ではほぼ一定の比率を示したという点については、すこぶる興味ある問題であり、今後各養分の樹体内での役割を検討する場合のひとつの目安になるのではないかと思われる。

5-4-2. 針葉の養分濃度と土壌条件との関係

林木の葉の養分濃度と土壌との関係について、LAATCH¹⁷⁾は落葉のN含有量の多少は土壌中のN含有量の多少と関係を有するという。BARD²³⁾は土壌中の P_2O_5 および K_2O 濃度はpHが低くなるにつれて増加するとともに、各種針、広葉樹の中のPおよびK濃度にも比例し、葉の中のCa濃度は土壌の酸性が増すと多少減少し、また土壌中の NO_3-N および NH_3-N 濃度は葉の中のN濃度と関連性を示さないと述べている。OVINGTON²⁹⁾は各種の針葉樹、広葉樹の葉の中におけるP濃度は、土壌中の可給態 P_2O_5 含有率に比例し、Ca濃度はCalcareous soilでは酸性土壌より大きく、それぞれ関連性が認められることを明らかにしている。WALKER⁴³⁾は針、広葉樹の葉の中におけるK濃度は鉍質土壌表層の置換性カリ含有率と比例することを明らかにしている。しかしながら、LUTZおよびCHANDLER¹⁹⁾によれば、Nを施用するとN含有量の増大がみられることから、土壌中における可給態のN含有量の多少は葉の中のN含有量の多少と関連性を示

すが、葉の中のP濃度は異なった立地環境条件に生育する場合でもあまり異ならないし、また林木の葉の中のCa濃度は、Calcareous soil では一般に酸性土壌より大きいが、普通の土壌ではCaの多少の違いは葉の中のCa濃度にいちじるしく影響をおよぼさないとしている。

以上のように諸外国での多くの結果は、それぞれ対象とした樹種および立地環境条件は異なるであろうが、要するに葉の中のN、P、K、Ca濃度などは土壌条件との関連性を認めている傾向の場合が多いように考えられる。一方わが国の結果では、このような問題について調査された資料も乏しいようであるが、大政²⁶⁾はブナの落葉はB_D、P_DⅢ、P_WⅡ型土壌の順にP₂O₅含有量が減少しているというし、芝本および田島³²⁾らはヒノキ葉中のN含有量は、B_D、B_B、B_A型土壌の順に減少し、さらに施肥によって増加することを認めているが、土壌のN含有量と葉中のN含有量とのあいだには関連性がみられないとし、また土壌中の全N、N/5 HCl可溶のP₂O₅、K₂OおよびCaO含有率と針葉のN、P、KおよびCa濃度とは関連性が認められないとしている。河田¹⁸⁾は同じ山腹斜面ごとに比較すると、多少の例外はみられるが全般的な傾向として針葉の各養分濃度は、表層土のC/N率、可給態のP₂O₅、K₂O含有率、Exch. Ca、Exch. MgおよびCa、Mg飽和度に関係し、かなり普遍性を有するようであるとしている。

これらの結果を総合して考えるならば、多くの場合、葉中のP₂O₅含有量は土壌中の可給態P₂O₅含有量と関連を有する傾向を示すように思われる。

今回調査したトドマツの樹冠上部葉の養分濃度と、土壌条件の関係について考察するならば、樹冠上部葉のN、P、K濃度とA₀層の化学的性質とのあいだには、第8図で示したように関係は不明りょうであった。また鉍質土壌表層との関係については、2、3の例外はみられるが第9図のように樹冠上部葉のCa濃度の高い値を示すものは、鉍質土壌表層のExch. CaおよびCa飽和度は減少し負の傾向の関係が認められるようである。また、樹冠上部葉のK濃度の高い数値を示すものは、鉍質土壌表層中の可給態K₂O含有量と正の相関を示す傾向が認められる。このほかN濃度と土壌中のC/N率、P濃度と土壌中の可給態P₂O₅含有量との関係は不明であった。

樹冠上部葉の養分濃度と鉍質土壌表層の化学的性質との関係を河田のアカマツ林で調査した結果と対比するならば、K₂Oにあってはほぼ同様の傾向をうるが、とくにCaの関係については逆の結果を得た。³⁾

この原因について考えるならば、土壌中の栄養分は林木の成長にともなって漸次吸収利用ののち、毎年落葉として林地に還元されるが、とくにトドマツ落葉は北海道の寒冷な気象と相まって非常に分解が緩慢で、無機化されふたたび林木に活用しうる形態に変わる回転率がおそいため、鉍質土壌表層は自ずから不飽和の状態に導かれるものである。そのために、林木の成長にともない針葉のCa濃度が増すにしがって、鉍質土壌表層のExch. Ca含有量およびCa飽和度は減少したためであろうと推察されるものである。

このような事実から、葉分析によって示される林木の栄養状態と鉍質土壌中に現存する可給態の養分量の把握はもちろんのことながら、北海道においては地形および土壌のちがいが、さらに地形の相違から生じる斜面における流動水中に含まれる養分の林木に対する影響についても、将来検討する必要があるものと思われる。

5-4-3. 最近5年間の樹高成長量と土壌の化学的性質との関係

林木の地位指数と土壌条件に関する研究は数多く報告されている(120)28)38)45)47)。

しかし、最近の樹高成長量と土壌の諸性質との関係は、著者らの知る範囲内ではほとんど見うけられない実状のように思われる。

今回著者らの調査地は、前述のように、低山地帯における地形の類似する限られた狭い範囲内であるために、個々の林分の成長にたいして大きな気象的な影響の差異を受けるとは思われなくて、立地環境条件がほぼ同一とみなすことができるので、この限られた狭い調査地でトドマツの最近5年間の樹高成長量に優劣をおよぼした原因について考えるとき、土壌という因子が大きく林木の成長に影響をあたえたように思われる。

したがって著者らは、現在 A_0 層ならびに鉍質土壌の化学的性質がいかなる状態におかれているかを知るために、今回はじめて最近5年間の樹高成長量と土壌の化学的性質ならびに養分比との関係を検討した。

これらの関係はすでに第10~13図で示したように、2、3の例外を除くと、最近5年間の樹高成長量のまさるものは劣るものにくらべて、 A_0 層での pH および N 含有量は高く、反面 C、C/N 率および塩基置換容量は低い数値をそれぞれ示す傾向にうかがわれる。また A_0 層中の養分比との関係は、一定の傾向がみられない。つぎに、鉍質土壌表層の化学的性質との関係を述べると、最近5年間の樹高成長量のまさるものは劣るものにくらべて、pH 高く、C、N、Exch. Ca 含有量多く、塩基置換容量は高いが C/N 率は低い傾向にあった。養分比は N/K 比だけがわずかに一定の傾向を示すようにみられたが、ほかの養分比は最近5年間の樹高成長量とは関連性が認められない。

つまり、最近5年間の樹高成長量の劣る要因としては、鉍質土壌中の C/N 率の大なる場合と N/K 比小なる場合にみられるようである。

6. A_0 層の乾重量と土壌の化学的性質

A_0 層の分解と物質の循環について、四手井³⁵⁾は、森林生態系では森林協同体と環境とのあいだに物質循環が行なわれ、その物質循環を通じて森林協同体の生活が保持されていくのが本来の姿で、落葉を通じておこる循環が量的にきわめて重要な意味を示すものであるとしている。吉良¹⁹⁾は生態系の内部でおこる物質の循環は、2つのカテゴリーの過程からなりたって、そのひとつは有機物の生産、他のひとつはその分解、消費であり、有機物の分解の過程は負の生産であるとしている。北沢¹⁴⁾は有機物の分解の速度は物質循環の回転率を決定し、生産力を大きく変化させるものであるとしている。

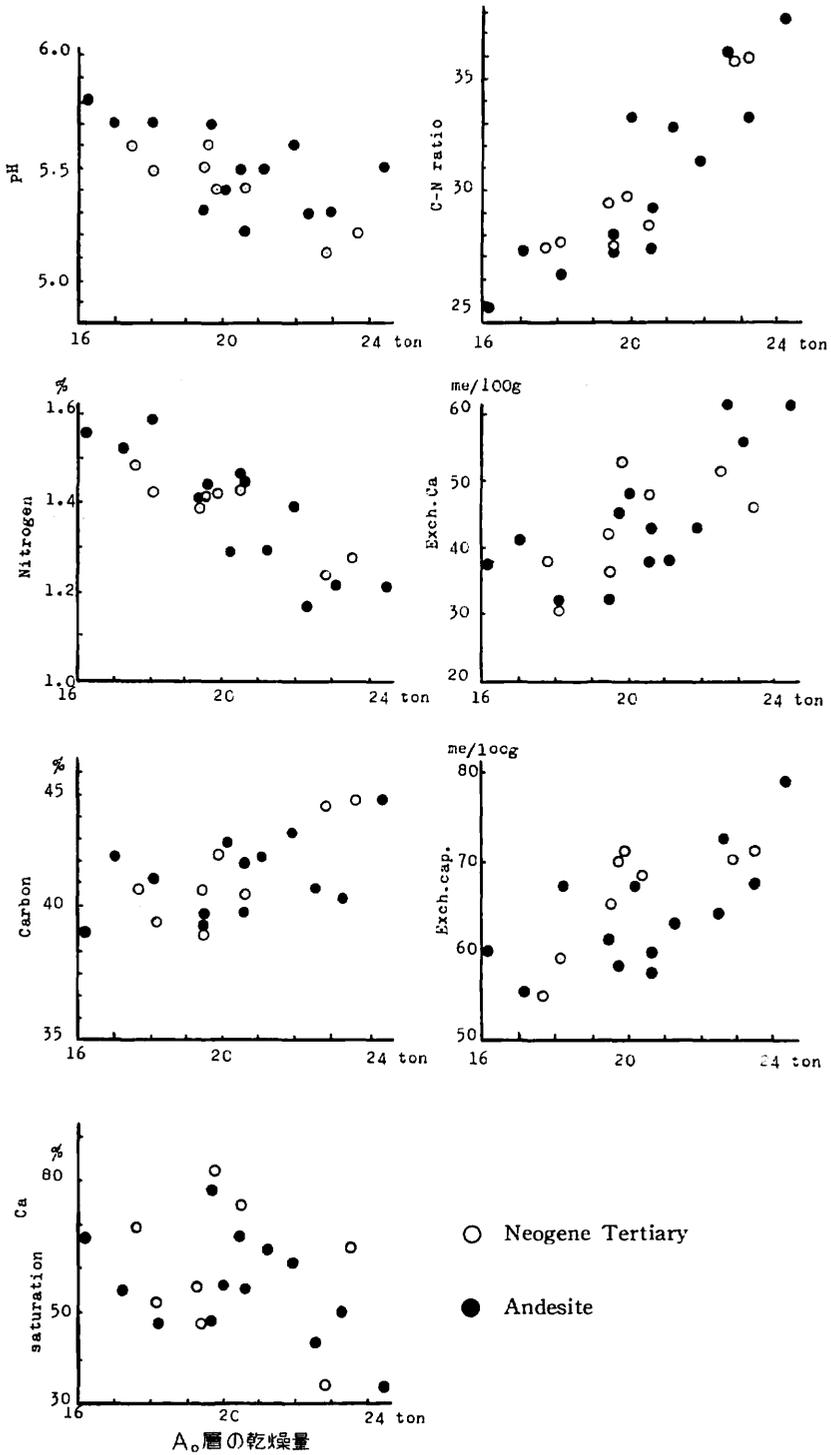
したがって、著者らは上述のような基本的な観念にたつて、林地に加えられた落葉がある期間分解を受け無機化されて、鉍質土壌表層はどのような諸性質を示すであろうかということを知るために、 A_0 層の集積量のちがいによる A_0 層および鉍質土壌表層における化学的性質との関係を既述の 1-3 の調査林分 21 か所を対象に検討した。

A_0 層の重量は、ウッペイ度および立木本数などの条件のちがいによって多少異なる点はあるが、本稿では ha あたり $1,500 \pm 500$ 本の立木本数を有する林地で調査を行なった。

調査方法は 21 か所の調査林分下において、 $1m^2$ のコドラートを 5 ないし 8 か所設定し、 A_0 層を剥離し、感量 10g 秤量 4kg のさおばかりを用いて、現地で生重を測定したのち、実験室内で ha あたりの乾物量を求めると第 10 表のとおりである。

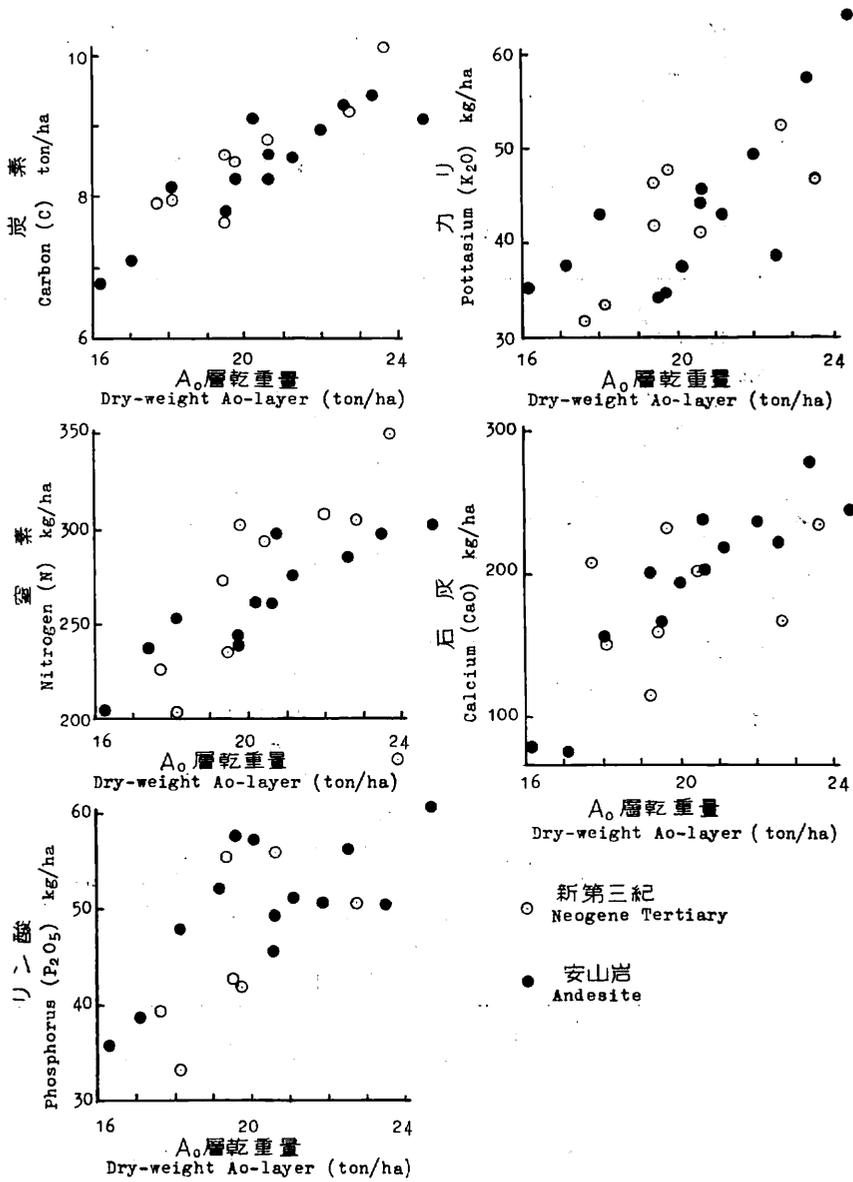
これら A_0 層の乾重量とその化学的諸性質との関係を示すと、第 14、15 図および第 10 表のとおりで、また A_0 層乾重量と鉍質土壌表層における化学的諸性質との関係を示すと第 16、17 図および第 12 表のとおりである。

A_0 層の乾重量とその化学的諸性質との関係を、第 14 図によってみるならば、 A_0 層の乾重量の少ない林



第14図 A₀層乾重量とA₀層の化学的性質との関係

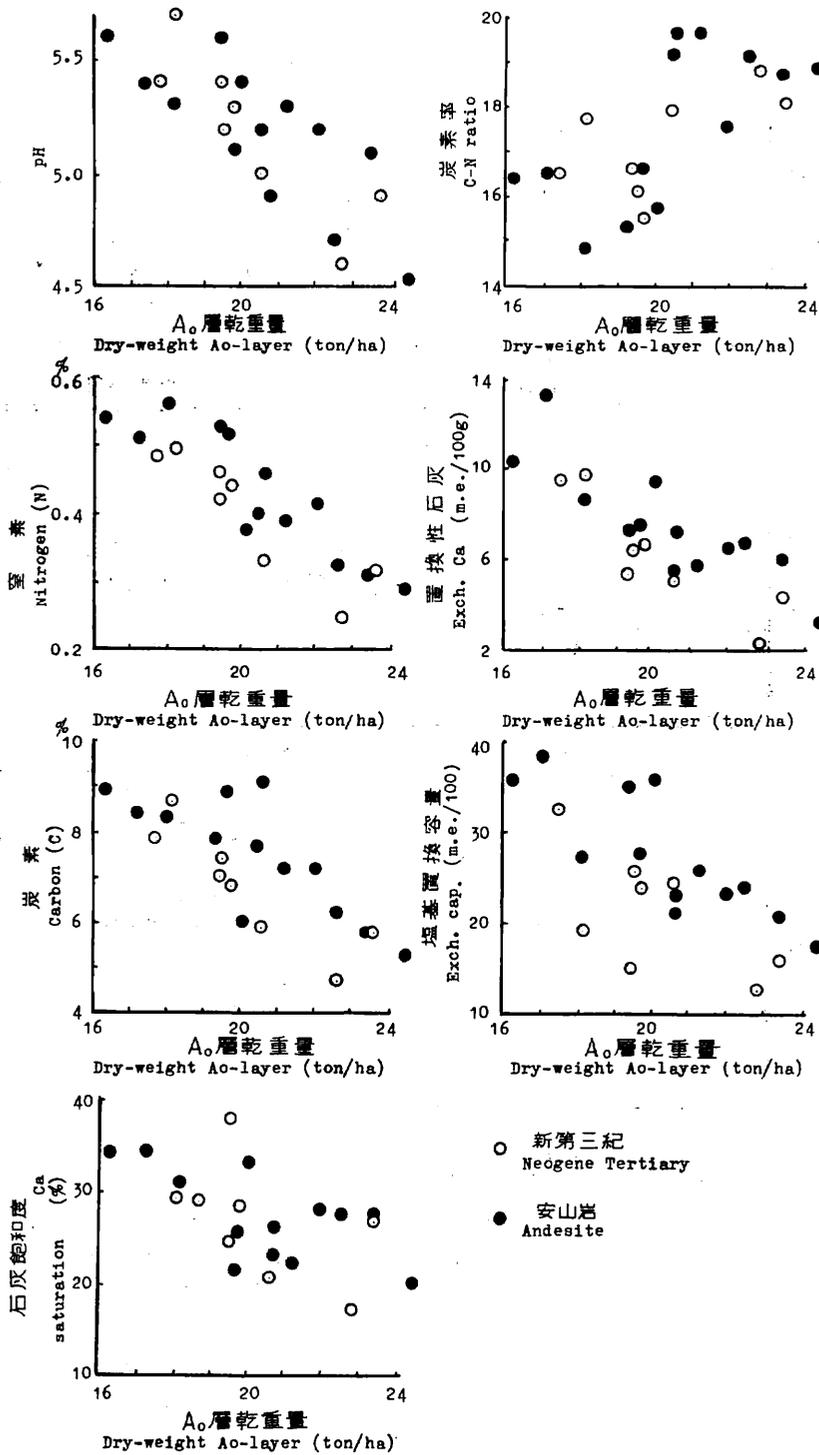
Fig. 14 Relation between the chemical properties of A₀-layer and absolute dry-weight A₀-layer per ha.



第15図 haあたり A₀層の乾重量と養分との関係

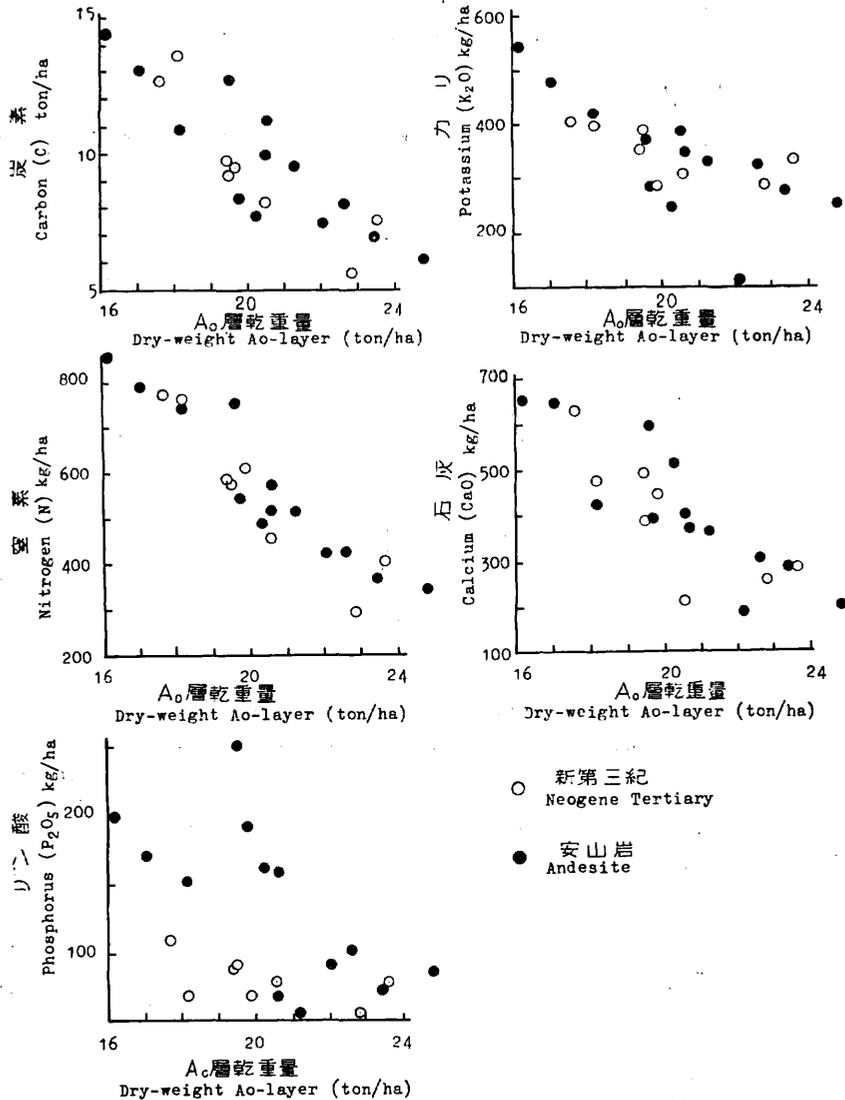
Fig. 15 Relation between the nutrient and absolute dry-weight of A₀-layer per ha.

地は多い林地にくらべて C, Exch. Ca 含有量が少なく, C/N 率および塩基置換容量は低く pH は高い傾向を示している。また A₀層の乾重量と, A₀層中のおもな現存養分量との関係を ha あたりでみると, 第15図で示したように A₀層の乾重量の少ない林地は, 多い林地にくらべて, C, N, P₂O₅, K₂O および CaO 量の現存養分量が少なく, 明らかに A₀層の乾重量と現存養分量との間に明りょうな関連性が認められ, かなり高い相関を示すように思われる。



第16図 A₀層の乾重量と鉱質土壌表層の化学的性質との関係

Fig. 16 Relation between chemical properties of mineral surface soil and absolute dry-weight of A₀-layer.



第17図 haあたり A₀層の乾重量と鉱質土壌表層の養分量との関係

Fig. 17 Relation between nutrient content in mineral surface soil absolute weight of A₀-layer.

ついで、A₀層の乾重量と鉱質土壌表層の化学的諸性質、ならびに現存養分量についてみるならば、鉱質土壌表層における化学的性質は、第16図で示したように、A₀層の乾重量の少ない林地はA₀層の乾重量の多い林地にくらべて、pHは高く、C、N、Exch. Ca含有量多く、Ca飽和度ならびに塩基置換容量は高い値の傾向を示すが、C/N率は低い値を示している。また鉱質土壌表層におけるhaあたりの現存養分量をみると、第17図のようにA₀層の乾重量の少ない林地にあっては、P₂O₅現存養分量はわずかに増大の傾向がみられる程度で、明りょうでなかったが、N、K₂OおよびCaO現存養分量は明らかに増大していた。

第10表 A₀ 層における現存養分量
Table 10. Nutrient per ha in A₀-layer

No.	A ₀ 層乾重量 Dry-weight of A ₀ -layer (ton/ha)	C (kg/ha)	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	CaO (kg/ha)
2	18.2	7953	203.3	33.4	33.5	153.8
3	19.9	8540	301.8	42.8	47.5	234.2
4	17.7	7908	225.7	39.5	31.8	209.1
5	22.8	9235	306.1	51.0	52.4	168.1
6	19.5	8613	271.8	55.7	42.0	114.2
7	19.5	7683	236.6	42.8	46.3	159.7
8	20.6	8868	293.0	56.1	41.0	199.2
9	23.6	10167	350.8	66.9	46.9	233.3
10	16.2	6818	204.3	36.7	35.3	84.6
11	18.2	8115	252.4	48.0	43.0	156.3
12	22.1	8994	307.9	50.9	49.3	241.2
13	20.6	8621	298.0	49.4	45.0	204.9
15	21.2	8505	274.9	51.5	43.2	219.1
17	20.6	8236	260.2	45.5	45.9	240.8
18	19.6	7885	242.1	57.5	35.0	168.1
19	22.7	9182	284.9	56.3	38.5	220.5
20	20.3	9225	261.4	57.1	37.4	196.7
21	19.7	8320	238.9	52.2	34.5	202.8
22	24.8	9080	303.9	60.4	64.9	247.9
23	23.4	9153	298.0	50.2	57.5	281.6
24	17.1	7113	237.0	38.6	37.6	82.8

第11表 鉱質土壌表層における現存養分量
Table 11. Nutrient per ha in mineral surface soil

(Depth 5cm)

No.	C (kg/ha)	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	CaO (kg/ha)
2	13572	764.4	68.3	399.6	474.2
3	9384	607.2	68.0	284.5	442.9
4	12719	772.8	108.0	401.8	631.1
5	5546	295.0	55.9	279.1	260.8
6	9730	583.8	88.5	358.3	493.4
7	9250	575.0	88.7	393.2	390.0
8	8201	458.7	79.1	304.1	216.8
9	7424	409.6	77.9	327.6	289.3
10	14151	858.6	198.9	541.2	656.7
11	10956	739.2	152.7	419.1	425.0
12	7488	426.4	93.3	110.2	192.4
13	11375	575.0	69.1	346.0	375.0
15	9504	514.8	54.4	325.9	368.3
17	9933	516.0	158.7	381.2	405.1
18	12638	752.6	251.5	372.9	595.0
19	8064	422.4	104.7	320.1	302.1
20	7680	486.4	162.3	239.3	517.1
21	8346	545.7	193.8	285.8	395.9
22	6254	342.2	83.8	257.4	201.8
23	6902	368.9	70.2	277.0	289.2
24	13020	790.0	170.5	482.6	646.3

以上のような点から、 A_0 層の少ない林地では多い林地にくらべ落葉の分解がある程度促進され、鉍質土壌表層へ栄養分の補給をうながしているのではないかと推察される。

6-2. 考 察

北海道における針葉樹林の堆積腐植について内田⁴⁸⁾は、道内各地に分布するものをおのおの共通の特徴から分類し、それぞれの腐植型と化学的性質の幅について述べているが、同一堆積腐植型における A_0 層の重量差による鉍質土壌への影響についてはふれられていない。そこで、内田の報告から最も人工林に多く見受けられる細屑状モル腐植型の資料から、 A_0 層の厚・薄の差が鉍質土壌表層にいかなる影響をおよぼしているのか検討してみると、 A_0 層の厚く堆積しているものは A_0 層のうすいものにくらべて、鉍質土壌 (A_1 層) の pH は低く、有機物、Exch. CaO 含有量などは減少し、塩基置換容量および腐植化度は低い結果を示しているように認められた。また四大学合同班⁴⁹⁾は、本道における天然生林の森林生産力に関する研究のなかで、 A_0 層の厚さから A_0 層の重量の推定を行ない、この A_0 層中に含有されている有機物量と N 含有量ならびに土壌中の有機物、N 含有量を深さ 10cm ごとに調査している。この結果から、 A_0 層の重量差が鉍質土壌といかなる関係にあるかをみると、 A_0 層重量の少ない林地は多い林地にくらべて、 A_0 層中では有機物および N 含有量は減少し、反面鉍質土壌表層の有機物および N 含有量は増加の傾向を示しているようにみられる。山本⁴⁹⁾のトドマツの成長と土壌の諸性質に関する報告の資料を基にして、 A_0 層の厚さと鉍質土壌表層の化学的性質との関係を各土壌型ごとに比較検討してみると、Bc、Bd (d) および Bd 型土壌ともに A_0 層の厚い林下の鉍質土壌は、 A_0 層のうすい林下の鉍質土壌表層にくらべて pH 低く、塩基置換容量は小さく有機物、N、Exch. CaO 含有量は減少を示す傾向にあった。とくに A_0 層が厚く堆積している場合には、鉍質土壌表層の N、Exch. CaO 含有量ならびに塩基置換容量は急激に低下を示す傾向がみられた。

Bd 型土壌の場合には、 A_0 層の厚さと、鉍質土壌の化学的性質との関係は、上記 3 土壌型のように明りような関係は認められなかった。

以上の諸研究者の報告は、 A_0 層重量と鉍質土壌表層の化学的性質との関係を論じたものではないが、著者らがこれら諸報告の研究資料を基にして検討した結果では、 A_0 層重量のちがいが鉍質土壌の化学的諸性質に、影響をおよぼしていることをうかがい知ることができる。

今回著者らの試験結果では、2、3 の例外はみられるが、一般的な傾向として A_0 層重量の少ない林地は A_0 層重量の多い林地にくらべて、鉍質土壌表層では pH 高く、N、C、Exch. Ca 含有量多く、Ca 飽和度ならびに塩基置換容量は高い傾向を、C/N 率は低い傾向を示した。また ha あたり (×深さ 50cm) N、 K_2O 、CaO 現存養分量で明らかに増大の傾向を示したが、 P_2O_5 現存養分量の場合、前 3 者のように明りような関係は認められないがやや増大の傾向にみられた。

さらにこれらの結果を総括し、 A_0 層重量と鉍質土壌表層の化学的性質ならびに現存養分量の関係を第 16 図および第 17 図によって考察すると、 A_0 層の少ない林地では多い林地にくらべて、落葉の分解が促進された結果、鉍質土壌へ栄養分の補給をうながし、林木の成長に対して好影響をおよぼしたものではなからうかと考えられる。

したがって、将来の森林施業にあたっては、森林の物質循環の立場からみた間伐度合の問題、あるいは広葉樹との混交林造成などがとりあげられるべきであろうと考えられる。

本試験結果は、今後上述の問題を追究するための有力な資料のひとつになるものと思われる。

7. 総 括

森林の生産力を恒続的に維持するためには、地力維持の問題は非常に重要である。

このための研究事項として、土壤条件の解析と並行して林木の栄養生理学的な面から、林木の栄養と成長の関係を把握することが必要である。

本稿は上述の観点に立脚し、葉の養分濃度がトドマツの成長および土壤条件などと、どのような関連性を有するかについて研究を行なったものである。

(1) この報文は旭川営林局枝幸営林署管内の新第三紀層および安山岩地区よりなる Bc 型土壤、合計 21 か所のトドマツ造林地を対象として、葉分析の成績と成長ならびに土壤条件との関係について検討を加えた結果を報告したものである。

(2)-a 新第三紀層を母材とする土壤の理学的性質は全般に埴質で容積重は大きい。置換酸度は表層で低く下層で高い値を示し、有機物、Exch. Ca 含有量および塩基置換容量は概して低い。可給態の K_2O 含有量はかなり高い値を示すが、 P_2O_5 含有量は著しく小さい値を示した。

本地区の土壤は一般例にくらべて多少劣る化学的性質を示しているようである。

(2)-b トドマツの樹高成長は林分によってかなり相違を示し、樹高と透水指数で示される土壤の理学的性質とは明りょうな関連性が認められたが、化学的性質のうち Exch. Ca 含有量、Ca 飽和度および pH は多少関連性が認められる程度で明りょうではない。

(3)-a 安山岩を母材とする土壤の理化学的諸性質は、全般的な傾向として埴質であるが、容積重は前者の新第三紀層土壤より値は小さい。置換酸度、塩基置換容量、Exch. Ca 含有量および Exch. Mg 含有量は新第三紀層からなる土壤にくらべて、わずかにまさるようであるが、極端な差異は認められなかった。

(3)-b トドマツの樹高成長は、新第三紀層土壤の場合と同様に林分によりかなり成長に相違を示すが、やはり土壤の透水指数が樹高と最も深い関連性がある。化学的性質の面では Exch. Ca 含有量および Ca 飽和度がトドマツの成長と関連性を示すが、透水指数ほど明りょうではなかった。

(4) 林木の成長と樹冠上部葉の養分濃度との関係

上記の関係を新第三紀層、安山岩の両母材別に検討したが母材による差が認められなかったため、これら両母材を一括して検討した。

トドマツ樹冠上部葉の N, P_2O_5 , K_2O 濃度は、最近 5 年間の樹高成長量の増大にともなって増加するが、CaO 濃度は関連性が明らかでなく、むしろ減少の傾向を示し、樹冠上部葉の養分濃度と総樹高成長量との関連性は明りょうでなく、一定の傾向はみられなかった。

つぎに、樹冠上部葉の養分比、すなわち C/N, N/P, N/K, K/P, N/Ca 比と最近 5 年間の樹高成長量との関係をみると、成長量の増大にともなって、C/N 率および K/P 比は減少し、N/Ca 比は増大する傾向が認められた。

(5) トドマツ樹冠上部葉の養分濃度と土壤の化学的諸性質との関係

樹冠上部葉の N, P, K, Ca 濃度と A_0 層の化学的性質との間には一定の傾向は認められなかった。樹冠上部葉の N および Ca 濃度と鉍質土壤表層の C/N 率、Exch. Ca, Ca 飽和度は負の相関がみられる。

また、樹冠上部葉の P, K, 濃度と鉍質土壌表層における可給態 P_2O_5 および K_2O 含有量とのあいだに、ある程度正の相関を示すように認められた。

(6) 最近5年間の樹高成長量と土壌の化学的諸性質との関係

最近5年間の樹高成長量大なる林分は、 A_0 層の pH および N 含有量は高い値を示すが、C/N 率、塩基置換容量は低い値を示す傾向にある。 A_0 層中の養分比には一定の傾向が認められない。また、鉍質土壌表層では pH、塩基置換容量高く、C, N および Exch. Ca 含有量多く、C/N 率は低い値を示す。養分比では N/K 比がわずかに関連性を示すにすぎなかった。

(7) A_0 層の乾重量と土壌の化学的諸性質との関係

一般的な傾向として、 A_0 層の乾重量の少ない林地は A_0 層の乾重量の多い林地にくらべて、 A_0 層の C, Exch. Ca 含有量は減少し、C/N 率、塩基置換容量は小さい。ha あたりの N, P_2O_5 , K_2O および CaO 現存養分量はともに減少している。これに反して鉍質土壌表層においては、pH 高く N, C および Exch. CaO 含有量多く、Ca 飽和度ならびに塩基置換容量は高いが、C/N 率は低い値を示している。ha あたり鉍質土壌表層の現存養分量では、N, K_2O および CaO 量は、明らかに増大するが P_2O_5 量にあつてはわずかに増大を示す傾向にみられるが、前3者のように明りょうな関係はみられなかった。

文 献

- 1) 穴沢規矩士：林地落葉の取扱いかたについて，朝鮮山林会報，113，pp.35~44.
- 2) BARD, G. E. : Soil Sci. Amer. proc. Soc., 10, pp.419~422, (1945)
- 3) BARROWS, H. L. : Mineral nutrition of tree, p.24, (1959)
- 4) COILE, T. S. : Relation of site index for shortleaf pine to certain physical properties of the soil. J. Forestry, 38, 8, pp.726~730, (1935)
- 5) 原田 洸：スギ林の養分調査，林試業務報告資料，pp.173~201, (1964)
- 6) 福井英一郎：気候学，古今書院，(1928)
- 7) 石原供三，内田丈夫：北海道主要針葉樹苗木の肥料要素摂取状態について，日林誌，pp.545~551, (1934)
- 8) 鎗木徳二：森林肥料論，東京，(1933)
- 9) 加藤知重：森林落葉問題，御料林，48，pp.62~78, (1932)
- 10) 河田 弘：TURIN 法による土壌有機炭素の定量の検討および改良法について，林土調報，8，pp.67~80, (1957)
- 11) 河田 弘：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，林試研報，136，pp.1~33, (1962)
- 12) 河田 弘：高野山国有林におけるスギ・ヒノキ幼齡林施肥試験，林試研報，191，pp.115~130, (1966)
- 13) 河田 弘：関西地方アカマツ林土壌に関する研究 (I)，林試研報，199，pp.68~97, (1967)
- 14) 北沢右三：生物学実験法講座，中山書院，(1955)
- 15) 吉良竜男：植物生態学 (2)，古今書院，p.347, (1950)
- 16) 蔵本正義・永福留蔵・真田 勝：トドマツ幼齡林の養分含有と根系に関する調査，林試北支報，pp.43~48, (1961)
- 17) LAATCH, W. : Dynamik der mitteleuropäischen Mineralboden, Dresden u. Leipzig, (1954)
- 18) LEYTON, L. : The physiology of forest trees (edited by K. V. THIMANN), New York, pp. 323~345, (1957)

- 19) Lutz, H.J. and R.F. Jr. CHANDLER : Forest soils. New York, (1951)
- 20) 真下育久：森林土壌の理化学的性質とスギ、ヒノキの成長に関する研究，林土調報，11，pp. 1～182，(1960)
- 21) 真下育久：土壌の理化学性——吸収板による簡単な PF の測定とこれによる土壌水および孔隙の区分——，森林立地，8，1，pp. 32～33，(1961)
- 22) 丸山岩三ほか：林木および林分の葉量に関する研究（I），林試研報，65，pp. 1～10，(1953)
- 23) Mcgee, C.E. : Soil site index for georgia slash pine. Southeastern forestry exp. sta. paper (119), pp. 1～9, (1961)
- 24) 皆川勝治：海岸林におけるクロマツ落葉について，蒼林，秋田営林局，8，pp. 23～32，(1957)
- 25) 守谷重政：落葉の成分および森林土壌の変成に関する研究（I），林試研報，10，pp. 153～172，(1915)
- 26) 中村 健：林木の葉分析に関する研究，信大農紀要，2，4，pp. 377～419，(1961)
- 27) 農業技術協会：作物試験法，pp. 269～299，(1955)
- 28) 大政正隆：ブナ林土壌の研究，林土調報，1，pp. 1～243，(1951)
- 29) Ovington, J.D. : The composition of tree leaves. Forestry, 29, pp. 22～28, (1956)
- 30) 林業試験場：林野土壌調査方法書，47pp., (1955)
- 31) 芝本武夫：スギ・ヒノキ・アカマツ苗木の鉍物質養分要求度に関する研究，林試研報，33，pp. 1～19，(1933)
- 32) 芝本武夫・田島俊夫：林木の葉分析に関する研究（I），ヒノキの葉の無機養分含有量と樹高生長および土壌型との関係，日林誌，43，pp. 55～61，(1961)
- 33) 芝本武夫：ドイツ国における肥培林をみて，森林と肥培，24，pp. 13～14，(1962)
- 34) 四手井綱英・堤 利夫：林地の有機物集積量とその平均分解率と気候との関係，日林誌，44，pp. 297～303，(1962)
- 35) 四手井綱英：アカマツ林の造成，地球出版，p. 28，(1963)
- 36) 高橋治助：無機養分の吸収と移行，戸刈ほか千氏共編：作物生理生態，pp. 87～93，(1955)
- 37) 辰見修三：主要樹種の栄養生理に関する研究，葉分析にもとづく無機成分の季節的変化について，日林講，72，pp. 174～177，(1962)
- 38) 寺田喜助：北海道森林土壌の地域性ならびにトドマツ地位指数と土壌因子に関する研究，道立林試報告，4，pp. 5～101，(1967)
- 39) 塘 隆男・原田 洸：林木の養分含有量に関する研究（I），年令別にみたスギの重量と肥料3要素の含有量について，日林講，66，pp. 75～77，(1956)
- 40) 塘 隆男・原田 洸：林木の養分含有量に関する研究（II），年令別にみたアカマツの養分含有量について，日林講，69，pp. 182～184，(1959)
- 41) 堤 利夫：林木の落葉の分解について，京大演報，26，pp. 59～87，(1956)
- 42) 堤 利夫・四手井綱英・岡村 徹：森林の落葉の分解について（II），京大演報，33，pp. 187～198，(1961)
- 43) 内田丈夫：北海道における針葉樹林の堆積腐植に関する研究，林試研報，114，205 pp., (1959)
- 44) Walker, L.C. : White birch helps restore potash-deficient forest soils. Biol. Abs., 29, p. 412, (1955)
- 45) 山本 肇：土壌の諸性質とトドマツの成長，林土調報，12，pp. 157～233. (1962)
- 46) 山本 肇：林木の生育と養分含有量について —とくにシラカンバの着葉量およびその無機成分—，林試研報，182，pp. 44～65，(1965)
- 47) 山本 肇・真田 勝・真田悦子：トドマツの生育と養分含有量の関係ならびに地力維持に関する2，3の考察について，林試北支報，pp. 32～55，(1965)

- 48) 山谷孝一：ヒバ林地帯における土壌と森林生育との関係，林土調報，12，135 pp.，(1962)
 49) 四大学合同班：森林生産力に関する研究 (I)，国策パルプ，pp. 81~85，(1960)
 50) 汰木達郎：林木の成長を支配する要因に関する解析的研究，九大演習林報告，37，pp. 153~154，(1964)
 51) ZONN, S. V. (遠藤健治郎訳)：森林と土壌，日林協，pp. 61~133，(1959)

**A Study on Correlations among Nutrient Concentrations of Todo-fir
 (*Abies sachalinensis* MAST.) Needle, Growth and Soil Conditions**

Tadashi YAMAMOTO ⁽¹⁾ and Etsuko SANADA ⁽²⁾

(Résumé)

1. Samples of needle leaves were collected from 21 sites of Bc type brown forest soil. These sites are located at tertiary and andesite districts within the jurisdiction of Esashi District Forestry Office under Asahigawa Regional Forestry Office, Hokkaido.

Samples were brought to the laboratory, and physical and chemical properties were analysed.

2-a. Physical properties of soils derived from tertiary parent material are generally clayish and dense. Values of exchange acidity are high in the surface soil and low in the subsoil. Values of organic matter and exchange Ca and base exchange capacity are generally low. Content of available K_2O is considerably high, while P_2O_5 is remarkably low. Thus, our analysis showed some values lower than the general level.

2-b. Though a remarkable difference was observed in height growth among individual Todo-fir stands, the relation between height growth and content of exchange Ca was not obvious; however, the degree of Ca saturation and value of pH seemed to have some correlation. Obvious correlation between permeability index of soils and height growth were observed.

3-a. Generally, soils derived from andesite are clayish and lower in density than tertiary soils. Slight superiority in exchange acidity, base exchange capacity, content of exchange Ca and Mg in andesite soil in contrast with tertiary soil was recognized. Contents of available K_2O and P_2O_5 were substantially the same in both sorts of soil.

3-b. On andesite soils, difference in heights of individual trees had a correlation with permeability index similar to the case of tertiary soils. Furthermore, content of exchange Ca and degree of calcium saturation had a correlation with height growth, but was not so obvious as the permeability index.

4. Relation between nutrient content in upper crown needle leaves and height growth.

We could not reach a firm conclusion on this point with individual sorts of soil. Both sorts of soil included high contents of N, and P in upper crown needle leaves in recent five years growth correlated with height growth, but content of Ca was rather low and had no obvious correlation with height growth. C/N, N/P, N/K, K/P and N/Ca ratios diminished as trees grew older, while N/Ca ratio increased.

Received December 6, 1969

(1) (2) Soils Unit, Silviculture Division, Hokkaido Branch Station.

5. Relation between nutrients in upper crown needle-leaves and chemical properties of A_0 layer.

We could not recognize any obvious correlation between N, P, K, Ca in upper crown leaves and chemical properties of A_0 layer. But higher content of N, and Ca in upper crown leaves have a negative correlation with C/N ratio, exchange Ca and the degree of Ca saturation in mineral surface soil. And higher content of P, K in upper crown leaves has a degree of correlation with content of K_2O and available P_2O_5 .

6. Relation between recent five years height-growth and chemical properties of A_0 layer.

In the case of high growth in recent five years, N content and pH value in A_0 layer are high, while C/N ratio and base exchange capacity are low. Nutrients ratios in A_0 layer did not correlate with height-growth.

In mineral surface soil, pH value and base exchange capacity are high, C, N and exchange Ca are rich and C/N ratio is low. Among nutrient ratios, N/K ratio only has positive correlation with height growth.

7. Relation between dry weight of A_0 layer and chemical properties. Generally, content of C, exchange Ca, values of C/N ratio, base exchange capacity are in proportion to weight of A_0 layer. Contents of N, P_2O_5 , K_2O and CaO per hectare have a similar tendency. In the forest where the weight of A_0 layer is light, surface mineral soil has high values of pH, N, C and exchange Ca, high degree of Ca saturation and high value of base exchange capacity and low value of C/N ratio. Contents of N, K_2O , CaO per hectare increase obviously, while increment with P_2O_5 is slight.

8. Even a forest stand with high height growth absorbs considerable volume of nutrients from soil; surface mineral soil has high values of pH and base exchange capacity, high contents of C, N and exchange Ca, low volume of A_0 layer and low C/N ratio (Fig. 12). This can be attributed to smooth decomposition of plant residues. Consequently, as indicated in Fig. 15 and 16, nutrients content in A_0 layer diminishes, the degree of Ca saturation and base exchange capacity increases, and contents of N, P, K and Ca supplied from A_0 layer increase. Thus, a positive correlation was recognized between height growth and contents of N, P, K in upper crown leaves.