

# 湿性ポドゾルにおけるカラマツ幼齡林の施肥試験 カラマツの成長および針葉の組成 におよぼす施肥の影響

河 田 弘<sup>(1)</sup>

## I は じ め に

有名な木曾ヒノキの生産の一つの中心をなしている王滝国有林の奥地一帯の主要な部分は、主として石英斑岩に由来する湿性ポドゾル化した土壌によって占められている。これらの湿性ポドゾル地帯は標高が高く、寒冷な気候のために、ヒノキ天然生林の伐採跡地に植栽されたヒノキ人工林の生育はきわめて不良である。そのために、最近ではヒノキに代わって、カラマツの植栽が年々増大しつつあるが、これらのカラマツ幼齡林の成長も全般的には、必ずしも満足し難いように思われる。さらに、この地域のカラマツ林は落葉病の被害が少なくないことはすでに筆者<sup>7)</sup>の指摘した点であるが、このことはカラマツの拡大造林に対して多くの暗影を投げかけているように思われる。湿性ポドゾル地帯における更新方法は早急な解決を要する重要な課題となっているが、樹種更改、施肥、その他いろいろな面からの十分な検討が必要であらう。

筆者は木曾分場在任当時、湿性ポドゾルにおける造林対策をすすめるための諸試験の一部として、カラマツ幼齡林の施肥試験に着手した。現在試験開始後3年を経過したにすぎないが、今までの経過は以下に述べるようにけんちよな肥効が認められ、カラマツの造林に対してある程度の明るい見とおしが得られたといえよう。十分な決論をうるためには、なお今後の経過を待たなければならないが、筆者はその後関西支場に転任したために、今後の試験および調査は後任者に引きつがれることになったので、筆者の担当した植栽後3か年間の結果について、中間的なとりまとめを行なうことにした。

林地肥培試験において、施肥が林木の栄養にどのような影響をおよぼすかを明らかにすることは、今後の林地肥培の研究を発展させるためにも、林地生産力の維持ないし向上をはかるための基本としても、きわめて重要と思われる。最近農業方面では、葉分析による作物ないし果樹の栄養診断に関する研究がしばしば行なわれているが、林木についてはこの方面の研究は十分とはいえないように思われる。

筆者はこの試験において、同時に葉分析によるカラマツの栄養面の検討も行なったのであわせて報告する。

## II 試験地および試験方法

### II-1. 試験地

位置……長野県西筑摩郡王滝村、王滝営林署王滝経営区 205 林班。王滝経営区において、土壌の湿性ポドゾル化がもっともはげしい地域に属する助六谷に位置する。

(1) 関西支場土壌研究室長・前木曾分場土壌研究室長・農学博士

地況……試験地は山脚の長い平衡斜面上に位置するヒノキ天然生林の伐採跡地（1958年伐採）に、山腹斜面上部から下部にかけて短ざく状に幅10mの2本のベルトを設定し、それぞれ施肥区および無施肥区とした。さらに、各ベルトを地形とそれとともなう土壌型の相違によって、斜面上部（上部～中腹）と斜面下部（中腹～下部）に区分し、合計4プロットとした。各プロットの面積は約0.07 haである。

試験地は標高1,320～1,370m、方位S60°E、傾斜約30°である。

この地域の気候は、年降水量約3,500mm、年平均気温約7°Cである。

## II-2. 試験方法

1960年4月中旬にカラマツ1—1苗を2×2m（2,500本/ha）の密度に植栽した。肥料は@固型肥料2号（5—5—3）を苗木1本あたり12個とし、根際の半径15cmの円周上に、深さ10cmに植栽と同時に施した。

## III 分析方法

土壌および針葉の分析はつぎの方法を用いた。

透水性……土壌採取円筒を用い、5分および15分後の透水量を測定した<sup>13)</sup>。

C……酸化滴定法<sup>4)</sup>、N……KJELDAHL法、SiO<sub>2</sub>……重量法、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>……Aluminonによる比色法、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>……Tironによる比色法<sup>15)</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>……針葉はMolybden blue、土壌はVanadomolybden yellowによる比色法、CaOおよびMgO……Versinate法、MnO……過硫酸アンモニウムによる比色法、K<sub>2</sub>OおよびNa<sub>2</sub>O……焰光分析法を用いた。

置換性CaOおよびMgOはN-KCl浸出液について定量した。

カラマツの針葉の分析試料は、いずれも10月下旬に全測定木の各年度に伸長した頂枝の針葉を採取して供試した。針葉のSiO<sub>2</sub>を除く各無機成分は、試料をH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>—HNO<sub>3</sub>—HClO<sub>4</sub>で湿式灰化後それぞれ定量を行なった。

## IV 土 壌

第1表 土 壌 の 化 学 的

Table 1. Chemical properties and

断面番号 Profile No.	層 位 Layer, Horizon	深 さ Depth from surface (cm)	Carbon %	Nitrogen %	C—N ratio	Exchangeable	
						CaO (m.e./100g)	MgO (m.e./100g)
1 Upper part of mountain slope	H	3～13	41.8	1.86	22.4	21.3	3.85
	A <sub>2</sub>	18～22	6.00	0.35	17.1	1.78	0.48
	B <sub>1</sub>	25～40	4.45	0.27	16.4	0.65	0.20
	B <sub>2</sub>	45～55	2.62	0.16	16.3	0.24	0.06
2 Lower part of mountain slope	H	2～10	40.9	1.89	21.6	10.9	5.17
	B <sub>1</sub>	12～20	7.55	0.46	16.4	0.17	0.17
	B <sub>2</sub>	25～30	4.91	0.32	15.3	0.12	0.03

## IV-1. 母材および土壌型

試験地の土壌はいずれも石英斑岩を母材とし、斜面上部は  $Pw(t)-II$  型土壌 (湿性ポドゾル化土壌, 鉄型), 残積土であり, 斜面下部は  $Pw(t)-III$  型土壌 (弱湿性ポドゾル化土壌, 鉄型), 匍行~崩積土である。

## IV-2. 断面形態

各土壌の断面形態はつぎのようである。

**Prof. 1** (斜面上部,  $Pw(t)-II$  型土壌)

L, F +~2 cm, ヒノキ, ササ (枯) の遺体。

H 10~15cm, 暗紫色, greasy。

A, +~1 cm, 暗褐色, 埴土, crumb structure, 弱度~massive, 鬆, 湿, 石礫なし, 根系多,  $A_2$  との境界明。

$A_2$  2~7 cm, 灰褐色 (溶脱層), 埴土, massive, 軟~堅, 湿, 石礫なし, 根系多,  $B_1$  との境界漸。

$B_1$  30cm, オレンジ色 (集積層), 埴土, massive, すこぶる堅, 湿, 大礫少, 根系少,  $B_2$  との境界漸。

$B_2$  10cm+, 淡オレンジ色, 埴土, massive, すこぶる堅, 湿, 大礫多, 根系まれ。

**Prof. 2** (斜面下部,  $Pw(t)-III$  型土壌)

L, F +~1 cm, ヒノキ, ササ (枯) の遺体。

H 8~10cm, 暗紫褐色, greasy。

A 1~2 cm, 黒色, 埴土, crumb structure, 鬆, 軟, 湿, 石礫なし, 根系中, 溶脱は肉眼的には明らかではない,  $B_1$  との境界漸。

$B_1$  10~12cm, 暗灰黄褐色 (集積層), 埴土, massive, 堅, 湿, 石礫なし, 根系少,  $B_2$  との境界漸。

$B_2$  25~30cm, 灰黄褐色埴土, massive, すこぶる堅, 湿, 石礫なし, 根系まれ。

## IV-3. 理化学的性質

性 質 と 透 水 性  
water percolation rates of soil.

(On dry basis)

0.2 N HCl soluble		pH ( $H_2O$ )	Exchange- able acidity ( $Y_1$ )	透 水 性 Water percolation rate			
$P_2O_5$ (ppm)	$K_2O$ (ppm)			Depth from surface	(cc/min)		Average
					5 min	15min	
220	340	4.05	7.8	—	—	—	—
7	120	3.95	45.5	18~22	58	53	56
5	110	4.30	59.1	25~29	27	23	25
trace	120	4.50	24.5	—	—	—	—
180	310	3.90	21.2	—	—	—	—
6	130	4.40	26.9	12~16	32	30	31
4	110	4.50	11.6	24~28	1	1	1

土壌の理化学的性質は第1表に示すとおりである。

土壌はいずれも埴質で、B<sub>1</sub>層以下は堅密な土層を形成し、透水性の少ないことから裏づけされるように、理学的性質は不良といえよう。

両断面のH層はいずれも強酸性を呈していたにもかかわらず、置換性 CaO および MgO 含有量が多い——とくに斜面上部における CaO 含有量——ことが注目された。

鉍質土層はいずれも同様に強酸性を呈し、C/N率は中庸であったが、CおよびN含有量は少なく、さらに、置換性 CaO および MgO 含有量も少なかった。0.2N HCl 可溶 K<sub>2</sub>O および P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 含有量については、今までのわが国の森林土壌のこれらの含有量の測定値が少ないので十分な論議はむずかしいが、両

第2表 カ ラ マ  
Table 2. Growth

地 形 Topography	処 理 Treatment	植栽本数 Nos. of stand planted	枯損事故 Nos. of stand dead and injured	測定本数 Nos. of stand measured	Apr., 1960	Oct.,
					全 樹 高 Total height	年間成長量 Annual growth
斜面 上部 Upper part of mountain slope	無 施 肥 Unfertilized	108	20	88	$\frac{47}{29\sim66}$ (100)	$\frac{11}{1\sim21}$ (100)
	施 肥 Fertilized	112	35	77	$\frac{46}{27\sim62}$ (98)	$\frac{30}{3\sim51}$ (273)
斜面 下部 Lower part of mountain slope	無 施 肥 Unfertilized	124	18	106	$\frac{43}{34\sim62}$ (100)	$\frac{11}{1\sim27}$ (100)
	施 肥 Fertilized	120	36	84	$\frac{45}{34\sim63}$ (105)	$\frac{30}{4\sim56}$ (273)

寄 焼 跡 地 Appendix : The growth of larchs planted on the ruins of

斜面 上部 Upper part of mountain slope	無 施 肥 Unfertilized	41	13	28	$\frac{46}{30\sim65}$ (98)	$\frac{14}{4\sim35}$ (127)
	施 肥 Fertilized	30	11	19	$\frac{46}{31\sim57}$ (98)	$\frac{32}{10\sim47}$ (291)
斜面 下部 Lower part of mountain slope	無 施 肥 Unfertilized	25	4	21	$\frac{45}{28\sim60}$ (105)	$\frac{14}{2\sim33}$ (127)
	施 肥 Fertilized	20	5	15	$\frac{42}{33\sim60}$ (98)	$\frac{34}{10\sim54}$ (309)

注：( ) 内は成長指数，同じ山腹斜面上の位置における無施肥区（非寄焼区）に対する  
Remark : The parenthesized figures are the growth indexes. They were shown on the mountain slope.

断面はいずれもH層では両成分の含有量は大きかったが、鉍質土層では  $K_2O$  含有量は少なく、また  $P_2O_5$  含有量はきわめて少ないと思われる。

## V カラマツの成長およびこれにおよぼす施肥の影響

### V-1. カラマツの成長

この試験地では、筆者が試験地を設定する以前に、すでに寄せ焼地ごしらえが行なわれていたために、寄せ焼跡地に植栽されたカラマツは正規の試験から除外し、参考として別個に区分して扱うことにした。

また、試験期間中に生じた兎の喰害木、下刈りの際の切断木、積雪による傾斜木、その他の事故木等は

ツ の 成 長  
of larch.

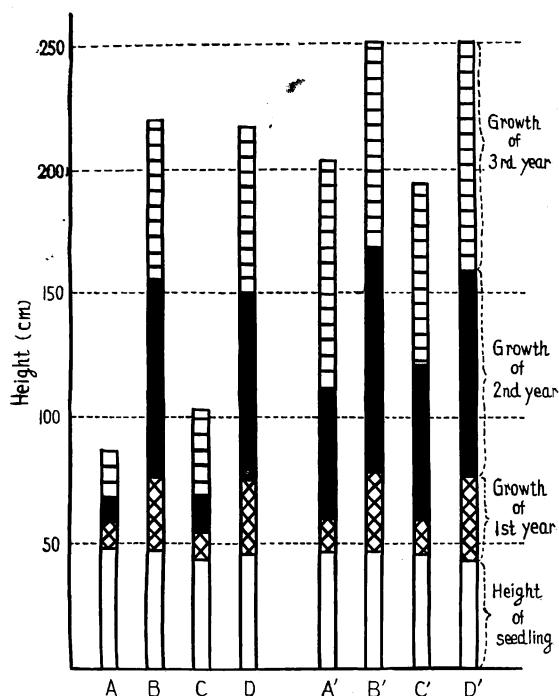
Height (cm)						直 径 (cm) Diameter at 10 cm height Oct., 1962
1960	Oct., 1961		Oct., 1962		3 か年間の全成長量 Total growth for 3 years after plantation	
全 樹 高 Total height	年間成長量 Annual growth	全 樹 高 Total height	年間成長量 Annual growth	全 樹 高 Total height		
58 35~77 (100)	10 1~61 (100)	68 41~117 (100)	18 1~91 (100)	86 48~180 (100)	39 7~129 (100)	1.7 0.9~3.2 (100)
76 45~104 (131)	79 40~112 (790)	155 91~202 (228)	64 21~95 (356)	219 150~297 (254)	173 102~253 (443)	3.7 2.4~5.2 (218)
54 37~79 (100)	15 1~63 (100)	69 39~120 (100)	34 1~85 (100)	103 45~177 (100)	60 10~153 (100)	1.9 0.8~3.1 (100)
75 41~115 (139)	75 36~106 (500)	150 107~211 (217)	67 30~100 (197)	217 137~287 (213)	172 98~245 (286)	3.5 2.1~4.5 (184)

burning for the preparation of soil.

60 45~82 (103)	64 21~101 (640)	124 75~175 (182)	79 52~102 (439)	203 153~231 (236)	157 111~236 (403)	3.6 2.6~5.2 (212)
78 54~98 (134)	90 51~124 (900)	168 129~222 (247)	83 31~109 (461)	251 174~314 (291)	205 127~261 (525)	4.5 3.4~6.0 (264)
59 43~78 (109)	62 26~107 (413)	121 80~185 (175)	73 37~108 (215)	194 150~271 (188)	149 97~226 (248)	2.9 2.3~3.7 (153)
76 48~96 (141)	83 36~107 (553)	159 89~203 (230)	92 64~105 (271)	251 180~300 (244)	209 142~258 (348)	4.2 2.5~5.3 (221)

percentage で示した。

as percentage on the growth of the unfertilized plot of the same locality



Remarks.

- A : Unfertilized plot on the upper part of the mountain slope.
- A' : Ruins of burning for preparation of soil in A.
- B : Fertilized plot on the upper part of the mountain slope.
- B' : Ruins of burning for preparation of soil in B.
- C : Unfertilized plot on the lower part of the mountain slope.
- C' : Ruins of burning for preparation of soil in C.
- D : Fertilized plot on the lower part of the mountain slope.
- D' : Ruins of burning for preparation of soil in D.

第 1 図 カラマツの成長

Fig. 1 Growth of larch.

く、第 3 年度は多少低下を示していた。

このような施肥の効果がカラマツの樹勢にも明りょうに反映していたことは、次のような野外観察の知見からも裏づけられた。すなわち、各年度いずれも施肥区では頂枝の針葉は長大で、長さ 4～6 cm に達していたが、無施肥区では短小で、長さ 1～3 cm にすぎなかった。同様に輪生葉も施肥区のほうがいちじるしく長大であった。さらに、初年度および第 2 年度の 10 月下旬の調査時には、無施肥区では斜面上部および下部はいずれも黄葉していたが、施肥区ではいずれの区もまだ緑色を呈し、明りょうな相違が認められた。しかしながら、第 3 年度は秋期に温暖な気候がつづいたためか、いずれの区も黄葉は見られなかった。

V—3. カラマツの成長におよぼす寄せ焼地ごしらえの影響

すべて測定から除外した。

植栽後 3 か年間の成長経過は第 2 表および第 1 図に示すとおりである。

V—2. カラマツの成長におよぼす

施肥の影響

無施肥区のカラマツの成長は、斜面下部では斜面上部に比べると、初年度は相違が見られなかったが、第 2 年度、第 3 年度の順に、年度を追うにしたがって多少良好となっていた。しかしながら、この両区における各年度のカラマツの成長は、いずれも不良であった。施肥区におけるカラマツの成長は、各年度とも斜面上部および斜面下部はいずれも良好で、両 Plot の間には明りょうな相違が見られなかった。

施肥区は無施肥区に比べると、初年度からいちじるしい成長量の増大を示し、3 か年間の全上長成長量をそれぞれ同じ地形ごとに比べると、斜面上部では 4.4 倍、斜面下部では 2.9 倍に達し、3 か年後の全樹高では、それぞれ 2.5 倍および 2.1 倍に達した。さらに、3 か年後の根際直径もそれぞれ 2.2 倍および 1.8 倍に達した。

このような施肥の効果は、斜面上部では斜面下部よりもさらにいちじるしいといえよう。また、年度別に見ると、上長成長量および肥効指数（施肥区成長量／無施肥区成長量、%）は、第 2 年度がもっとも大き

寄せ焼跡地におけるカラマツの成長は、各区いずれも測定本数が少ないために十分な試料とはいえないが、つぎのような興味のある諸点が見られたので、今後の参考として報告しておきたい。

無施肥区における寄せ焼跡地のカラマツの成長は、前述の非寄せ焼跡地に比べると、斜面上部および下部はいずれも初年度の成長量の増大は少なかったが、第2年度以降の上長成長量はけんちょな増大を示し、第2年度は斜面上部では6.4倍、下部では4.1倍に達し、さらに、第3年度もそれぞれ4.4倍および2.2倍に達した。3か年間の全上長成長量はそれぞれ4.0倍および2.5倍に達し、3か年後の全樹高はそれぞれ2.4倍および1.9倍に、また、根際直径はそれぞれ2.1倍および1.5倍に達した。

このような寄せ焼跡地のカラマツの成長量は、同じ地形の非寄せ焼跡地の施肥区の成長にはおよばなかったが、きわめて良好といえよう。

施肥区においても、同様に寄せ焼跡地では成長量の増大が明りょうに認められた。しかしながら、施肥区における寄せ焼跡地のカラマツの成長量の増大効果は、無施肥区の場合ほどけんちょではなかった。

さらに、寄せ焼による成長量の増大は、斜面上部の施肥区以外は、いずれも年度を追って順次増大していたことが注目された。

各年度における10月下旬の調査時の観察では、寄せ焼跡地のカラマツの頂枝の針葉は、施肥区では斜面上部および下部はいずれも長さ4～6cmに達し、非寄せ焼跡地と相違が見られなかったが、無施肥区ではいずれも長さ3～4.5cmに達し、非寄せ焼跡地よりも長大であった。また、初年度および第2年度は、無施肥区の斜面上部および下部はいずれも施肥区と同様に、10月下旬の調査時には黄葉を呈していなかった。このような寄せ焼跡地における野外観察の知見は、寄せ焼跡地のカラマツの樹勢が良好なことを示すものといえよう。

#### V-4. 考 察

これらの試験結果は、無施肥区におけるカラマツの成長がきわめて不良なために、施肥区における肥効指数はいちじるしく大きい値を示し、けんちょな施肥効果が認められた。しかしながら、施肥区におけるカラマツの成長は、信州地方の良好な立地条件におけるカラマツ幼齢林の一般的な成長に比べると、とくに良好な成長とはいえないように思われる。

このことは、湿性ポドゾルにおけるカラマツ幼齢林の成長は一般にきわめて不良であるが、施肥によっていちじるしく成長を増大せしめることの可能性を示すものといえよう。湿性ポドゾルにおけるカラマツの造林については、この試験は植栽および施肥後わずかに3か年を経過したにすぎないので、今後の経過をまたなければ結論を下すことはできないが、今までの結果はある程度明るい見とおしを示唆するものといえよう。

肥料3要素のカラマツ幼齢林に対する肥効について、筆者および佐々木<sup>8)</sup>は、N+P+K区およびN+P区の肥効がもっとも大きく、N+K区およびP+K区の肥効が小さいことを明らかにした。浅田および赤井<sup>9)</sup>も $P_2O_5$ の施肥量の増加にともなって、カラマツ幼齢林の成長が増大することを認めている。

この試験地の土壌は、前述のように鉍質土層における可給態 $P_2O_5$ 含有量はきわめて少ないが、可給態 $K_2O$ 含有量はとくに少ないとは考え難い。

この試験では複合肥料を用いたために、肥料3要素のいずれが効果があったかを明らかにし難いが、土壌の $P_2O_5$ 供給量の不足がカラマツの成長に対してもっとも主要な制約因子をなしていたが、施肥による $P_2O_5$ の供給が成長量のいちじるしい増大をもたらすのに もっとも効果があったのではないかと推定され

た。

このような推論は、後述のように施肥によってカラマツの針葉中の P 含有量がいちじるしく増大したと、および前述のように、寄せ焼地ごしらえの影響によって、カラマツの成長がけんちょに増大していたことから裏づけられるであろう。

焼土を行なった場合に、土壌中の  $P_2O_5$  が有効化されることは、すでに焼土効果として広く知られているが、前述の寄せ焼跡地のカラマツのいちじるしい成長量の増大は、焼土効果によって説明されよう。

## VI. 針葉の組成およびこれにおよぼす施肥および土壌条件の影響

### VI-1. 針葉の組成

カラマツの針葉の組成は、第 2 年度の調査時期（1961 年 10 月）が筆者の関西支場転任と時期を同じくしたために、十分な試料が得られなかった。したがって、初年度および第 3 年度の試料についての結果を示すにとどめたい。

分析結果は第 3 表に示すとおりである。

### VI-2. 針葉の組成におよぼす施肥、地形および土壌条件の影響

#### VI-2-1. N, P, K 含有量

無施肥区におけるカラマツ針葉中のこれらの成分は、斜面上部と下部ではつぎのような相違を示した。

N 含有量は各年度いずれも斜面上部では下部よりも明らかに減少を示していたが、さらに各区いずれも第 3 年度は初年度より明らかに減少を示していた。

P 含有量は各年度いずれも同様に斜面上部では下部より減少を示していたが、K 含有量は斜面上部は下部に比べると、初年度は大きかったが、第 3 年度は小さく、一定の傾向を示さなかった。

筆者<sup>6)</sup>はさきにからまつ壮齡林の新鮮な落葉について、山腹斜面下部では山腹斜面上部ないし台地上尾

第 3 表 カラマツ針  
Table 3. Compositions of

地 形 Topography	処 理 Treatment	Carbon %	Nitrogen %	C-N ratio	Ash %	Si %
1st						
Upper part of mountain slope	Unfertilized	50.9	2.30	22.1	3.61	0.51
	Fertilized	51.2	2.26	22.6	4.09	0.48
Lower part of mountain slope	Unfertilized	51.1	2.32	22.0	3.84	0.71
	Fertilized	50.0	2.20	22.7	3.93	0.50
3rd						
Upper part of mountain slope	Unfertilized	51.4	1.99	25.8	3.94	0.42
	Fertilized	52.5	1.85	28.3	4.53	0.42
Lower part of mountain slope	Unfertilized	52.2	2.13	24.5	4.14	0.46
	Fertilized	52.2	1.95	26.7	4.40	0.44



根に比べると, N, P および K 含有量が増大すること, さらに, N 含有量は表層土の C—N 率に, P 含有量は土壌中の可給態  $P_2O_5$  level に関連性を示すが,  $K_2O$  含有量は土壌中の可給態  $K_2O$  含有量に関連性を示さず, むしろ地形的な因子の影響が大きいことを指摘した。今回の結果は, N および P 含有量と地形的因子との関係は, 上述の筆者の以前の結果と同様の傾向を示していたといえよう。しかしながら, 斜面上部と下部では土壌の C—N 率および可給態  $P_2O_5$  含有量は明りょうな相違を示していなかったため, これらの点については明らかな決論が得られなかった。

施肥区におけるカラマツ針葉中のこれらの成分を, それぞれ地形別に無施肥区と比べると, つぎのような相違が見られ, 施肥の影響が認められた。

施肥区におけるカラマツ針葉中の N 含有量は, 各年度いずれも無施肥区より少なく, 施肥によってかえて減少を示したことが注目された。

これに対して, P および K 含有量はいずれも施肥区は無施肥区より明りょうに増大を示し, 施肥によってこれらの成分が増大することが認められた。

林木に肥料 3 要素ないしこれらの成分を単独で施肥した場合に, 葉中のそれぞれの成分含有量に影響することは, 次のように諸氏によって認められている。LUTZ および CHANDLER<sup>12)</sup> は一般に N の施肥によって葉中の N 含有量が増大することを指摘し, MITCHELL および FINN<sup>14)</sup> は P の施肥によって northern red oak および red maple の葉中の P 含有量は 2 倍に増大したという。WALKER<sup>20)</sup> はストロームツツが K の施肥によって葉中の K 含有量が増大したことを認めている。GESSEL および WALKER<sup>2)</sup> は Douglas fir の葉中の N 含有量が N の施肥によって増大したことを明らかにした。さらに, 芝本および田島<sup>17)</sup> はヒノキについて, 塘<sup>19)</sup> はアカマツについて, 肥料 3 要素の施肥によって, 葉中の各成分含有量が増大したことを指摘している。LEYTON<sup>10)</sup> も日本カラマツについて, N および K の施肥によって, 針葉中のこれらの成分含有量がそれぞれ増大したことを認めている。

葉 の 組 成  
larch needles.

Al %	Fe %	P %	Ca %	Mg %	Mn %	K %	Na %
year							
0.042	0.029	0.082	0.34	0.17	0.10	0.61	0.0052
0.032	0.006	0.18	0.40	0.22	0.095	0.81	0.0066
0.034	0.016	0.11	0.35	0.23	0.089	0.55	0.0040
0.028	0.005	0.18	0.45	0.18	0.071	0.71	0.0062
year							
0.048	0.019	0.13	0.42	0.14	0.14	0.49	0.0066
0.035	0.014	0.18	0.61	0.23	0.13	0.79	0.0069
0.037	0.015	0.14	0.48	0.17	0.11	0.59	0.0050
0.032	0.013	0.20	0.67	0.22	0.089	0.78	0.0055

これに対して、竹下および東<sup>18)</sup>は 3 要素を施肥したカラマツについて、葉中の N および P 含有量は無施肥木と有為な差が認められたが、K 含有量は相違が認められなかったという。また、施肥によってけんちよに成長量が増大した場合、いわゆる希釈効果 (Verdünnungseffekt) によって、かえって葉中の養分含有量が減少する場合もあることを、Leyton<sup>9)</sup> は日本カラマツについて、塘<sup>19)</sup> はスギについて認めている。

今回の試験で、施肥区のカラマツ針葉中の P および K 含有量が増大を示したことは、当然施肥の影響によるものと考えられるが、前述の諸氏の結果と同様の傾向を示しているといえよう。また、N 含有量が減少を示したことは希釈効果によるものと思われる。

#### VI—2—2. Ca, Mg, Mn, Fe および Al 含有量

今回の結果では、カラマツ針葉中のこれらの諸成分の含有量は、主として斜面地形にもとづく土壤条件の影響を明りょうに反映しているように思われた。

各年度いずれも、山腹斜面上部では下部に比べると、無施肥区では Ca および Mg 含有量は減少を示し、Mn, Fe および Al 含有量は増大を示していた。施肥区においても、Mg 含有量が斜面上部は下部に比べると増大を示していたが、その他の諸成分はいずれも無施肥区と同様の傾向を示していた。

筆者<sup>9)</sup> はさきにカラマツ壮齡林の新鮮な落葉について、Ca 含有量は土壤中の 0.2 NHCl 可溶 CaO 含有量よりも、地形的因子の影響の方が大きく、山腹斜面下部では上部に比べると明りょうに増大を示すが、Mg, Mn, Fe および Al 含有量は多少の例外も認められたが、Ca 含有量とは反対に斜面下部では減少を示すことを明らかにした。

山腹斜面の土壤については、斜面地形の影響によって、斜面上部からの塩基の流亡および斜面下部における集積が行なわれると考えられる<sup>9)</sup>。この試験地においても、斜面上部では下部に比べると土壤の podzol 化が進行していたことは、当然土壤中の  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$  および MnO 等の可動性を増大せしめているものと考えられる。

今回の試験結果では、針葉中の Mg 含有量が一定の傾向を示さなかったことは、なお今後の検討に待たなければならないが、その他の諸成分の含有量の相違は、斜面地形およびこれにともなう土壤条件の影響を反映しているといえよう。

さらに、これらの成分含有量の変化と施肥の関係を明らかにするために、それぞれ同一地形ごとに施肥区と無施肥区の比較を行なった。初年度の斜面下部の Mg 含有量以外は、各年度いずれも施肥区は無施肥区に比べると、Ca および Mg 含有量が多く、Mn, Fe および Al 含有量が少なかった。

原田<sup>9)</sup> はカラマツ 1—1 苗について、N または P の不足している状態で P または N を施肥しても成長量は増大しないが、N または P がある程度存在する場合に、P または N を施肥すると、成長をいちじるしく増大せしめると同時に、N, P 以外の K および Ca の吸収も増大せしめることを指摘している。中村<sup>10)</sup> はカラマツ 1—0 苗について、P の施用量を増加すると針葉中の N 含有量は増大するが、P が一定濃度以上では拮抗作用のためにかえって N 含有量は減少を示すこと、また、P および Ca 含有量は増大を示すが、K 含有量は減少し、Mg 含有量はほとんど変化が見られないことを明らかにした。

このように、N または P の施肥は、他の諸成分の吸収にも影響をおよぼすことが苗木について明らかにされているが、筆者の結果も上述のように、N, P および K の施肥が針葉中の他の諸成分含有量の変化をもたらしていたが、このような変化は前述の斜面地形の影響による場合と、ほぼ同様の傾向——Mg につい

では明りょうではないが——を示していたことは、すこぶる注目すべき点であろう。

#### VI-2-3. Si および Na 含有量

針葉中の各成分中 Si 含有量はもっとも大きく、Na 含有量はもっとも小さかった。施肥区および無施肥区をそれぞれ地形別に比べると、各年度いずれも、斜面下部では上部に比べると、Si 含有量は増大を示し、Na 含有量は減少を示した。

また、同じ地形について、それぞれ処理別に比較すると、施肥区では無施肥区に比べて Si 含有量は減少を示し、Na 含有量は増大を示した。

筆者<sup>6)</sup>の以前のカラマツ壮齢林の新鮮な落葉についての分析結果では、Si および Na 含有量は地形の因子との関連性は見られず、今回の結果と一致した傾向を示していない。これらの点についてはなお今後の検討に待ちたいと思う。

#### VI-3. カラマツの成長と針葉の組成との関係

今回の結果では、カラマツの針葉の諸成分中 P, K, Ca 含有量は成長と明りょうに関連性を示し、成長の良好な場合にはこれらの諸成分の含有量は大きかった。Mg 含有量は初年度の施肥区の斜面下部を除けば、同様の結果を示し、したがって、ある程度までは成長量と関連性を示すといえよう。しかしながら、前述のように、予想に反して N 含有量が成長量の増加にともなって減少を示したことは意外であったが、この点は希釈効果の影響によるものであらうと思われる。

その他、Mn, Fe および Al 含有量は、前述のように、同じ地形を比べると成長の良好な施肥区のほうが無施肥区より少なく、また、無施肥区では斜面下部のほうが少なく、成長とある程度の関連性を示すといえよう。しかしながら、全 Plot について総合すると、いずれも斜面上部の施肥区は下部の無施肥区より多く、必ずしも成長量と関連性を示さなかった。今回の結果は、施肥という特殊な条件下の比較であるが、これらの成分の含有量は施肥の影響——施肥による成長量の増大——よりも、斜面地形の影響をさらに強く受けることを示すものといえよう。

カラマツの針葉の組成と成長との関係について、中村<sup>15)</sup>は 10~50 年生の林木では、N および K 含有量が成長と密接な関連性を示すが、P および Ca 含有量は一定の関係が認められないこと、さらに、苗木では針葉中の P および Ca 含有量が成長と密接な関係が認められ、N および K 含有量は関連性が認められず、苗木と林木では明りょうな相違が見られることを指摘している。LEYTON<sup>9) 10) 11)</sup>は幼齢の日本カラマツについて、N および K の施肥はそれぞれ樹高および針葉中のこれらの成分含有量を増大せしめること (K は N に比べるとおとる)、および立地および成長の異なる日本カラマツの針葉の分析結果から、針葉の N および K 含有量は成長と直接に関連性を有するが、P および ash 含有量は K 含有量と関連性を有するために間接的に成長と関連性を示すという。竹下および東<sup>18)</sup>は肥効のいちじるしい 10 年生のカラマツについて針葉中の N および P 含有量は成長と関連性を有するが、K, Ca および Mg 含有量は関連性を認めないという。筆者<sup>6)</sup>はカラマツ壮齢林の新鮮な落葉について、N, P, K および Ca 含有量はある程度までカラマツの成長と関連性を示すが、カラマツの成長は養分関係以外に、土壌の理学的性質の影響も強く受けることを指摘した。

以上のように、カラマツの成長と針葉の組成についての今までの研究は必ずしも一致した傾向を示していない。これらの点については、なお今後の調査研究に待たなければならないであろう。しかしながら、今回の試験結果は、上述の筆者の以前の結果と多くの共通点が認められた。

## VI-4. カラマツ針葉中の養分比

林木が良好な生育を行なうためには、各養分の供給量とともに、その相互のバランスが好適な状態にあることが必要であろう。

今回の供試木について、葉中の各養分の相互の量的な関係が、カラマツの成長とどのような関連性を有するかを明らかにするために、前述のようにカラマツの成長と密接な関係を有し、かつ、養分としても要求量の大きいと考えられる N, P, K および Ca について検討した結果を第 4 表に示した。

第 4 表 カラマツ針葉の養分比  
Table 4. Nutrient ratios of larch needles.

地 形 Topography	処 理 Treatment	$\frac{N}{P}$	$\frac{N}{K}$	$\frac{N}{Ca}$	$\frac{K}{P}$
1st year					
Upper part of mountain slope	Unfertilized	28.0	3.8	6.8	7.4
	Fertilized	12.6	2.8	5.7	4.5
Lower part of mountain slope	Unfertilized	21.1	4.2	6.6	5.0
	Fertilized	12.2	3.1	4.9	3.9
3rd year					
Upper part of mountain slope	Unfertilized	15.3	4.1	4.7	3.8
	Fertilized	10.3	2.3	3.0	4.4
Lower part of mountain slope	Unfertilized	15.2	3.6	4.4	4.2
	Fertilized	9.8	2.5	2.9	3.9

同じ地形の施肥区と無施肥区をそれぞれ比較すると、各年度いずれも前者は後者に比べると N/P, N/K および N/Ca は小さく、また、第 3 年度の斜面上部を除けば K/P も同様の傾向を示した。したがって、カラマツの成長の良好な場合にはこれらの値は減少を示すといえよう。

これらの関係について、中村<sup>10)</sup>はカラマツの苗木と林木では養分の要求度が異なり、苗木では N/P, N/Ca および K/P は成長良好区では不良区に比べると小さい値を示すが、N/K は一定の関係が見られないこと、これに対して、林木では N/K は優良木は不良木に比べると小さい値を示すが、N/P, N/Ca および K/P は優良木と不良木との間に明りょうな相違が見られないことを指摘している。LEYTON<sup>10)11)</sup>は日本カラマツの針葉のこれからの比の適値について、N/P は 12.6, N/K は 2.4, K/P は 5.4 であるという。また、中村は優良木の N/K は 2.2~5.5 であるという。筆者の結果は、年度ごとに相違が見られるが、成長の良好な施肥区では N/P は 9.8~12.6, N/K は 2.3~3.1, N/Ca は 2.9~5.7, K/P は 3.9~4.5 を示した。

## VII ま と め

1. この報文は、木曾谷の王滝国有林の奥地一帯に広く分布する湿性ポドゾルにおいて、カラマツ幼齡林に対する施肥後 3 か年間の経過を、中間報告としてとりまとめたものである。

2. 試験地は、長野県西筑摩郡王滝村王滝営林署管内の助六谷に設定した。土壌は PW(t)-II および

Pw<sub>(t)-III</sub> 型土壤に属し、いずれも理学的性質は不良で、置換性 Ca および Mg にとぼしい強酸性土壤である。また、可給態 K<sub>2</sub>O 含有量は少なく、可給態 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 含有量はきわめて少なかった。

3. カラマツ 1—1 苗を用いて、植栽と同時に固型肥料 2 号を 12 個ずつ施肥したが、肥効はいちじるしく大きかった。

4. 施肥後 3 か年間の樹高成長量は、施肥区は無施肥区に比べて 2.9 および 4.4 倍、根際直径は 1.8 および 2.2 倍に達した。

5. 参考として調査した寄焼跡地のカラマツの成長は、非寄焼跡地に比べて、3 か年後の成長は、無施肥区は樹高は 2.5 および 4.0 倍、根際直径は 1.5 および 2.1 倍に達し、施肥区でもさらに成長量の増大が見られた。

6. 1 年目および 3 年目の 10 月下旬に頂枝の針葉の組成を調べて、斜面地形および施肥の影響、成長との関係等について検討した結果、つぎのような諸点が認められた。

i) 無施肥区では、斜面上部は下部に比べると、針葉中の N, P, Ca, Mg, Si 含有量は減少を示し、Mn, Fe, Al および Na 含有量は増大を示したが、K 含有量は一定の傾向が見られなかった。

ii) 同じ地形の施肥区は無施肥区と比べると、針葉中の N 含有量は減少を示したが、この点はおそらく希釈効果によるものと思われる。また、針葉中の P, K, Ca および Na 含有量は増大を示し、Mn, Fe, Al および Si 含有量は減少を示し、Mg 含有量は多くの場合増大を示した。このような針葉の組成はカラマツの成長との間に関連性が認められた。

7. カラマツ針葉中の養分比については、施肥区は無施肥区に比べて、N/P, N/K, N/Ca が小さく、成長と関連性が認められたが、K/P は調査年度によって異なり、一定の関係を認め難かった。

稿を終わるにあたり、終始ご懇切なご指導を賜った顧問研究員大政正隆博士、多大のご配慮をいただいた前木曾分場長(現四国支場長)渡辺録郎技官、木曾分場長梅原 博技官、関西支場長徳本孝彦技官、試験地の設定および成長量調査にご協力をいただいた木曾分場土壤研究室員鷹見守兄技官、前木曾分場土壤研究員稲葉正則技官および笠井正徳技官の諸氏に心からの感謝を捧げる。

## 文 献

- 1) 浅田節夫・赤井竜男：71 回日林講集，pp. 105~107, (1961)
- 2) GESSEL, S. P. and R. B. WALKER: Proc. Soil Sci. Soc. Amer., 20, pp. 97~100, (1956)
- 3) 原田 洸 (HARADA, H.): 林試報 (Bull. Gov. Forest Exp. Stat.) 108, pp. 83~113, (1958)
- 4) 河田 弘 (KAWADA, H.): 林野土調報 (Forest Soils of Japan), 8, pp. 67~80, (1957)
- 5) 同上 (ibid.): 同上 (ibid.), 10, pp. 1~108, (1959)
- 6) 同上 (ibid.): 林試報 (Bull. Gov. Forest Exp. Stat.), 136, pp. 1~33, (1962)
- 7) 同上 (ibid.): 王滝国有林におけるカラマツ 幼齢林の落葉病の発生と土壤条件、成長および針葉の組成について (A study on correlations of needle cast disease, soil conditions, growth and compositions of needles of young larch forests in Ōtaki National Forest), 林試報投稿中 (will appear in Bull. Gov. Forest Exp. Stat.)
- 8) 河田 弘・佐々木茂：日林誌, 44, pp. 364~366, (1962)
- 9) LRYTON, L: Plant and Soil, 7, pp. 167~177, (1956)
- 10) ibid: ibid., 9, pp. 31~48, (1957)
- 11) ibid: The physiology of forest trees (edited by K. V. THIMANN), New York, pp. 323~345,

(1957)

- 12) LUTZ, H. J. and R. F. CHANDLER Jr. : Forest soils, New York, (1951)
- 13) 真下育久 : 林野土調報, 11, pp.1~182, (1960)
- 14) MITCHELL, H. L. and R. F. FINN : Black Rock Forest Paper, 1, 2, pp. 6~9, cited from (12)
- 15) 中村 健 (NAKAMURA, T.) : 信大農紀要 (Jour. Fac. Agr. Shinshu Univ.), 2, 4, pp. 377~419, (1961)
- 16) 新名謹之助 : 林野土調報, 8, pp. 137~143, (1957)
- 17) 芝本武夫・田島俊夫 (SHIBAMOTO, T. and T. TAJIMA) : 日林誌 (Jour. Jap. Forest), 43, pp. 55~61, (1961)
- 18) 竹下純一郎・東 基 : 10回日林中部支講集, pp. 1~3, (1962)
- 19) 塘 隆男 (TSUTSUMI, T.) : 林試報 (Bull. Gov. Forest Exp. Stat.), 137, pp. 1~158, (1962)
- 20) WALKER, L. C. : Proc. Soil Sci. Soc. Amer., 19, pp. 233~236, (1955)

**A Fertilizer Treatment on Young Larch Forest on Wet Podzolised Soils.  
On effects of fertilizer on growth of larch and composition of needles.**

Hiroshi KAWADA

(Résumé)

Ōtaki National Forest in Nagano Prefecture is famous for the timber production of old naturally grown Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*). The main part of this forest is occupied by the wet podzolised soils originated from quartz porphyry. The foresters for a long time past had been perplexed with the very poor growth of Hinoki seedlings planted in this region. In recent times, the plantation of larch (*Larix Kaempferi*) has increased from year to year. In a recent paper <sup>7)</sup>, the author pointed out the widespread outbreaks of the needle cast disease of larch in the podzolised soils of this region, and the decrease of the growth of larch in relation to the increments of the extent of the damage by this disease, all of which would cast a gloom on prospects for the successive larch plantation in this region.

The establishment of the regenerating method in the wet podzolised soil region under the cold and humid climatic conditions was one of the most urgent silvicultural problems in this region. Investigation into fertilizer treatments, the regeneration of conifers (fir and spruce) and hardwoods (birch) and many other methods would be necessary for attaining this object, and fertilizer treatment on the young larch forest was started in Apr., 1960, by the author as a part of the studies for this object.

The remarkable increments of larch growth following fertilizer treatment were recognized for 3 years. These results seemed to permit a hopeful forecast in some measure for the afforestation of larch in this region. However, successive investigations and possibly additional fertilizer treatments etc. would be required before coming to a definite conclusion on the practical larch afforestation with the fertilizer treatment.

In this study, the foliage analyses were done for clarifying the effects of the fertilizer treatment on the mineral nutrient conditions of the young larches. In the author's opinion,

this information would be essential for the development of the fertilizer practice, the maintenance and improvement of the forest soil productivity.

The unexpected transference of the author from Kiso Sub-Branch to Kansai Branch in October, 1961, caused a discontinuance of this study. Consequently, the author was obliged to leave the future investigations to his successor, but before separating he summarized in this paper the results of operations in his charge during 3 years as an intermediate report.

### 1. Tested forest and method.

The site conditions of the tested forest were as follows:

Height above sea level ..... 1320~1370m, Direction ..... S60° E, Inclination ..... 30°, Parent material ..... Quartz porphyry,

This tested forest was under cold and humid climatic conditions. Its annual precipitations were about 3500mm, and its annual average temperature was below 7°C.

The experimental plots were settled on the long mountain slope. Two belts both 10 m in width, were established from the upper part of the mountain slope to the lower one. The one was fertilized and the other was the control. Each was divided into 2 plots according to the differences of the position on the mountain slope and the type of soil. The one was the upper part of the mountain slope (upper part—middle of the mountain slope) and belonged to the wet podzolic soil (iron type),  $Pw_{(t)II}$ —soil, and the other was the lower part of the mountain slope (middle—lower part of the mountain slope) and belonged to the wet slightly podzolised soil (iron type),  $Pw_{(t)III}$ —soil. The area of each plot was about 0.07 ha.

In the middle of April, 1960, 2-year-old larch seedlings were planted, and 12 particles of Maruyama solid fertilizer No.2 (each particle is 15 g, N ..... 5%,  $P_2O_5$  ..... 5%,  $K_2O$  ..... 3%) were given per one seedling.

### 2. Method of analysis.

The analytical methods of soil and needle were as follows:

Carbon was determined by the chromic acid titration method<sup>4)</sup> and nitrogen by KJELDAHL's method. Exchangeable CaO and MgO were extracted by 2.5 parts of KCl solution shaken for one hour. Available  $P_2O_5$  and  $K_2O$  were extracted by 0.2 N HCl. The mineral elements in the needle except Si were determined after wet ashing by  $HClO_4-H_2SO_4-HNO_3$ . Si was determined by the ordinary gravimetric method after dry ashing.  $P_2O_5$  in the soil was determined by the vanadomolybden yellow method and P in the needle by molybden blue method. Fe was determined by tiron, Al by aluminon, and Mn by the oxidation with  $NH_4$ -persulfate, colorimetrically. Ca and Mg were determined by the versinate method, and K and Na by flame photometer.

The needles analysed were picked from the uppermost shoots in late October, 1960 and '62.

### 3. Soil.

The well developed greasy H layers and the orange colored ferruginous deposits in B horizons characterized the soils of the experimental plots belonging to the wet podzolic soil group.

Their chemical and physical properties were shown in Table 1.

They were clayey. The horizons below B were remarkably compact and their physical

properties were inferior as shown by their very little water percolation rates. The fact that the H layers of both profiles were very acidic and were abundant in exch. CaO and MgO was very interesting. The mineral horizons were acidic and very poor in exchangeable bases. Their available  $K_2O$  contents were poor, and available  $P_2O_5$  contents were still poorer.

#### 4. The growth of larch and the effects of fertilizer upon it.

##### 4-1. The growth of larch.

In this experimental plot, the preparation of soil for afforestation by burning had been done before the author's establishment. The collected branches of the felled stands, the remains of shrubs and ground vegetation were piled up and burned off. The ash and burned remains of these piles were roughly dispersed in the experimental plots. Consequently, the larchs planted on these ruins were excepted from the normal examination. They were summarized separately for reference purposes in the future.

The growing processes of larchs during the 3 years were shown in Table 2 and Fig. 1.

##### 4-2. The effects of fertilizer on the growth of larch.

In unfertilized plots, the differences of the growth of larch between the upper part of the mountain slope and the lower part of it were not seen in the first year, but the growth of the latter was more superior to some extent than that of the former in the second and third years.

In fertilized plots, the growth of larch was superior both on the upper and lower parts of the mountain slope, no clear difference being apparent between them.

The distinguished fertilizer effects upon the growth of larch were clearly shown by the following growth indexes (growth of fertilized plot/one of unfertilized plot, shown in per cent). The total height growth indexes were 443 in the upper part of the mountain slope and 286 in the lower part of it. Furthermore, the diameter growth indexes were 218 in the former and 184 in the latter. The height growth index in every plot reached a climax in the second year and it decreased somewhat in the third year.

The reflection of these fertilizer effects to the vigour of the larch stands was clearly recognized in the following field observations. The needles of the uppermost shoots of the fertilized plots in both parts of the mountain slope were long and large and reached 4-6 cm in length, but those of the unfertilized plots were short and small and reached only 1-3 cm in length. Similar tendencies were observed on the needles of their aged branches. In late October of 1960 and '61, the needles of larchs of unfertilized plots turned yellow, but those of the fertilized plots did not put on the autumn tint. In the same season of '62, the climatic condition in the autumn was warmer than usual, and the needles of larch in all plots did not turn yellow.

##### 4-3. The effects of the preparation of soil by burning on the growth of larch.

The author was very interested in the growth of larch planted on the pre-burned area, but as the number of larchs was so few in every plot, they provided insufficient data for discussing these effects; nevertheless, the author summarized them to serve as a reference in future studies.

In unfertilized plots, the increments of the height growth in comparison with those on the normal stands were little in the first year, but they were very significant in the second and third years. The total height growth indexes during the three years were 403



in the upper part of the mountain slope and 248 in the lower part of it. The diameter growth indexes were 212 and 153, respectively.

In fertilized plots, the increments of the height and diameter growth were clearly observed, but they were not so distinguished as those of the unfertilized plots.

It was worthy of our notice that the preparation of soil by burning was very effective on the growth of larch seedlings. Field observations in late October in every year yielded the following facts: In the unfertilized plots, the needles of the uppermost shoots were 3-4.5cm in length, and, furthermore, the yellow tinged needles were not observed. In the fertilized plots, no clear differences were observed between them and the one of the normal stands.

#### 4-4. Discussions.

Summarizing the above results, the author obtained the following opinions.

The growth of larch seedlings on the wet podzolised soils was remarkably poor, but it would be possible to raise the standard to the level of the one planted on the superior site conditions in Shinshu area by fertilizer treatment. However, successive investigations would be necessary for coming to definite conclusions on the larch afforestation with fertilizer treatment on wet podzolised soils in this region.

On the effects of N,  $P_2O_5$  and  $K_2O$  on the growth of young larchs, the author and SASAKI<sup>8)</sup> pointed out that the effects of  $N+P_2O_5+K_2O$  and  $N+P_2O_5$  were excellent, but the effects of  $N+K_2O$  and  $P_2O_5+K_2O$  were not particularly significant. Other Japanese authors<sup>1)</sup> confirmed the increments of growth of young larchs according to the increments of the  $P_2O_5$  fertilizer. As stated above, the mineral soils of these experimental plots were very poor in available  $P_2O_5$ , but their available  $K_2O$  contents were not so poor. Therefore, the available  $P_2O_5$  supply of the soil to the young larchs would be the most effective limiting factor for their growth in these experimental plots. The increments of the  $P_2O_5$  supply by fertilizer treatment would induce remarkable increments of the growth.

Furthermore, the fact that the availability of  $P_2O_5$  in the soil increased by the burning is common knowledge, and phrased as the "burning effect of the soil". The remarkable increments of the growth of larchs planted in the burned ruins as above mentioned would be explained by the burning effect of the soil. And as mentioned below, that the P contents of the needles were increased by fertilizer treatment would support these opinions.

#### 5. The compositions of needles and the effects of fertilizer and soil conditions upon them.

##### 5-1. The compositions of needles.

The sampling period of the second year (late Oct., '61) fell at the same time as the author's transfer to Kansai Branch, and samples needed for adequate investigation could not be obtained. Therefore, the author was obliged to analyse only the samples in first and third years.

The results were shown in Table 3.

##### 5-2. The effects of fertilizer, topography and soil conditions upon the compositions of needles.

###### 5-2-1. N, P and K.

In unfertilized plots, the differences of the N, P and K contents between the upper and lower parts of the mountain slope were as follows:

The N content of the lower part was more abundant than that in the upper part in every year, and the N content in the third year of the two parts decreased clearly in comparison with that in the first year.

The P content of the lower part of the mountain slope was more abundant than the content in the upper part of it in every year, but the K content of the former was less than that of the latter in the first year and vice versa in the third year.

In fertilized plots, when comparing them with the unfertilized ones of the same topography, the following facts were observed. The N contents were decreased in every year, whereas P and K contents were clearly increased in every year. It was very interesting that the changes of the contents of these elements by fertilizer treatment were dissimilar.

The increments of the contents of these elements in the foliage of the forest stands following fertilizer treatment were observed by many authors<sup>2)10)12)14)17)19)20)</sup>. But in some particular cases, some authors observed the diminution effect of the nutrient elements, causing the contents of the element to decrease by the fertilizer treatment on account of the notable increments of the vegetative material producing rate being more than that of these elements' absorbing rate<sup>9)19)</sup>.

In this study, the increments of P and K contents in the needles by the fertilizer treatment were the same the above-mentioned many authors' results, and the decreases of N content would be explained by the diminution effect.

#### 5—2—2. The Ca, Mg, Mn, Fe and Al contents of the needles.

The contents of these elements in the needles would reflect clearly the effects of the soil conditions induced by the topographical factors.

The decrease of the Ca and Mg contents and the the increment of the Mn, Fe and Al contents of the upper parts of the mountain slope as compared with the one of the lower part of it except the Mg contents of the fertilized plots were clearly recognized on the fertilized and unfertilized plots.

Previously, the author<sup>6)</sup> pointed out the following facts on the freshly fallen needles of the mature larch forests. The topographical factors were more effective than the 0.2 N HCl soluble CaO contents of the soil upon the Ca contents of the needles. They increased more in the lower part of the mountain slope than in the upper part of it. But the Mg, Mn, Fe and Al contents of the needles decreased more in the former than in the latter, with some exceptions.

On the soils of the mountain slope, the author suggested the eluviation of bases from the upper part and the illuviation of them in the lower part<sup>5)</sup>. In these experimental plots, the more advanced proceeding of the podzolising process of the soil in the upper part of the mountain slope than in the lower part of it suggested the increments of the mobility of  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$  and MnO in the soil.

In this study, certain tendencies were not observed on the Mg contents of the needles and were left for future study.

To make clear the effects of the fertilizer on the contents of these elements in the needles, the fertilized and unfertilized plots on the same topography was compared. The increments of the Ca and Mg contents except the Mg contents of the lower part of the mountain slope in the first year and the decreases of the Mn, Al and Fe contents in the former as compared with that of the latter were clearly observed in every year.

Some Japanese authors<sup>8)15)</sup> pointed out that the N and P fertilizer treatments on the larch seedlings induced the increments of the uptakes of other elements. In this study, the N, P and K fertilizer treatments induced similar effects on the compositions of the needles except Mg as in the case of the topographical factors as mentioned above. This was a very interesting feature.

5-2-3. Si and Na contents of the needles.

Among the contents of the elements, Si was most abundant and Na was least. The Si contents increased more in the lower part of the mountain slope than in the upper part of it in both fertilized and unfertilized plots, and they decreased more in the fertilized plots than in the unfertilized one on the same topography. The very contrary was observed on the changes of the Na contents by the topographical factors and the fertilizer treatments.

5-3. The interrelation between the growth of larch and the composition of the needles.

Among the components of the larch needles, the P, K, Ca and Mg contents clearly correlated with the growth of larch with the only a exception of the Mg content of the fertilized plot in the lower part of the mountain slope in the first year. The contents of these elements increased according to the increments of the growth. The fact that the N contents of the needles did not correlate with the growth of larch was an unexpected result. It would be caused by the diminution effect.

The decreases of Mn, Al and Fe contents being more in the fertilized plots than in the unfertilized one on the same topography and in the lower part of the mountain slope than in the upper one of the unfertilized plots seemed to show their correlation with the growth of larch at the first glance. But summarizing all the data, we find the contents of these elements were more abundant in the fertilized plot on the upper part of the mountain slope than on the one of the unfertilized plot in the lower part of it. Nevertheless, the growth of the former was more excellent than that of the latter. Consequently, the effects of the topographical factor would be more effective than the fertilizer treatment factor on the contents of these elements.

NAKAMURA<sup>15)</sup> pointed out that the N and K contents of the larch needles correlated with the growth of 10 to 50-year-old larchs, but the P and Ca contents did not correlate with their growth. He confirmed the opposite interrelations on the larch seedlings in the nursery. LEYTON<sup>9)10)11)</sup> observed the increment of these elements in the needles according to that of the height growth on young Japanese larchs growing under different site conditions. However, he confirmed the close positive relation between the N and K contents and the height growth, but an indirect relation between the P and ash contents, and the latter because of their relationship with the K contents. Furthermore, he found increments of the N and K contents in the needles and the height growth by the N and K fertilizer applications. The other Japanese author<sup>18)</sup> observed the correlation between the N and P contents and the growth of larch, but no relationship on K, Ca and Mg contents. The author<sup>6)</sup> pointed out that the N, P, K and Ca contents of the freshly fallen needles in mature larch forests correlated with their growth to some extent. However, he confirmed that the growth of larch was affected by the physical properties of soil in addition to the chemical one.

As mentioned above, the previous authors' results on these relations showed no certain

tendency. However, the result from this study was similar to the one of the author<sup>6)</sup>.

#### 5—4. The nutrient ratios of the larch needles.

The nutrient ratios of the larch needles were shown in Table 4.

The ratios of N/P, N/K and N/Ca of the fertilized plots were less than those of the unfertilized one in every year. Therefore, the decreases of these ratios would correlate with the increments of the growth of larch. The ratios of K/P was less in the fertilized plots than in the unfertilized one in the first year, but they showed no certain tendency in the third year.

On these ratios, NAKAMURA<sup>18)</sup> pointed out that the ratios of N/K were decreased in the superior stands in comparison with the inferior ones, but the other ratios, N/P, N/Ca and K/P, did not correlate with their growth. But he observed the ratios of N/P, N/Ca and K/P of the superior larch seedlings to be less than in the inferior seedlings, and no certain relation in the ratio of N/K.

The results in this study did not agree with his results; therefore, these problems must be taken up in a future study.

#### 6. Acknowledgement.

The author wishes to express his gratitude to Dr. M. OHMASA, his respected teacher, for his helpful directions and kind guidance. He is also indebted to Mr. H. UMEHARA, Director of Kiso Sub-branch of this Experiment Station, Mr. T. TOKUMOTO, Director of Kansai Branch, for their encouragement, and to Mr. M. INABA, Mr. M. TAKAMI and Mr. M. KASAI for their cooperation in carrying out the field work.