

# 樹木の栄養と施肥に関する研究(第1報)

林地に栽植した造林用樹木苗木の生育, 肥料養分のとりこみにたいする施肥の影響と林地土壤中における施肥養分の挙動について。

柘 植 利 久\*

## Studies on the nutrition and fertilizings of trees. (Part 1)

The fertilizing effects for growth and nutrient uptakes of afforestation tree seedlings transplanted in wood land, and the movement in wood soils of fertilizer nutrients applied at transplanting.

Toshihisa TSUGE

### Résumé

The effects of fertilizing on Japan cedars (*Cryptomeria japonica*) and loblolly pine (*Pinus taeda*) were studied.

On basis of the present experimental data, there should be no doubt that, by means of application of NPK compound fertilizers to transplantation of wood seedlings, it is possible very considerably to increase the growth of wood seedlings.

Furthermore, the experiments clearly show that the fertilizing effects of large sized solid fertilizers such as a tablet and spherical shapes is exceedingly high as compared with powdered fertilizers.

In fertilizer placement, the effects of dressing in forest soil surface was some inferior to hollow application or ring application of fertilizers.

In generally, the fertilizing on plantation of wood seedlings were increased significantly the production of dry matter of trees.

Under the conditions of this experiments, the absorption coefficients of nutrients on wood plant were calculated. Average values of absorption coefficient in percentage for N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O nutrients in fertilizer used to transplanting of wood seedlings indicate the number of 8.4—3.5—5.2, respectively.

The situation of Japan forestry today requires, with imperative necessity, as rapid as possible an increase in wood production. The fertilizing in plantation of wood seedlings was show that facilitate a rapid rate of felling and increase a profitableness of forestry.

---

\* 農学部農芸化学科, 土壤肥科学研究室 (Soil & Fertilizer Research Laboratory, Dept. of Agricultural Chemistry, Faculty of Agriculture)

## I 緒 言

わが国は第2次大戦によって2,000万haの森林を失ったがなお国土の70%にあたる2,500万haが森林によっておおわれ、世界的にも高い林野比率を示している。

人工林面積は昭和40年において国有林、民有林あわせて670万haで、森林総面積の27%、残余の73%は天然林によってしめられている。

人工林の大部分は針葉樹林であるが、天然林においてはその67%が広葉樹林、20%が針広混交林、13%は針葉樹林である。これらの森林における総蓄積量は約18億 $m^3$ (64.7億石)と推定せられ、その47%は国有林、52%は民有林である。樹種別にみると総蓄積の48%が針葉樹、52%が広葉樹で後者の方がやや多い。またこれらの蓄積を地方別、樹種別にみると針葉樹では杉は北海道を除く全地域にわたって広く分布し針葉樹の約30%をしめ、ついで松が多く中国、近畿地方において比率が高くエゾマツ、トドマツは北海道における支配的な樹種である。広葉樹ではブナが大きな比率をしめ北陸、東北地方以北に多く分布している。

木材の需要については戦後薪炭材は減少したが建築用材、パルプ材、合板材、チップ材などとしての消費は大布に増大し殊にパルプ材の比重は著しく上昇した。しかしてこれら木材の総需要量は昭和40年において7,125万1,000 $m^3$ (2.56億石)に達し、そのうち国産材の消費は5,102万3,000 $m^3$ (1.83億石)、外材の消費は2,022万8,000 $m^3$ (7.2千石)である。外材の主なるものはラワン材、米材、北洋材等で金額において約5億ドル、その輸入額は石油について第2位をしめている。

森林はその伐採に通例30~40年を要しこれが木材の生産コストを高め、林業における企業の利潤を低下せしめる。近年森林資源の涵養と林木の早期育成により伐期を短縮して林業収益の向上を図るため林地における施肥が試みられるようになり、その面積も逐年拡大しすでに昭和40年において民有林4,0369ha、国有林、15,734ha(計56,103ha)に達し昭和35年にくらべ民有林で2.54倍、国有林で13.70倍(全体として3.53倍)に増大した。

一般に森林植物は永年生で傾斜した瘠悪地に生育し従って生態的に、また立地条件において普通農作物と著しく相違するものとする。

本研究においては林地に新植した杉及び松の生長と養分摂取に対する肥料形態と施肥量及び施用方法の影響をしらべ、なお土壤中に施用した肥料の動向を検した。

## II 試 験 の 部

〔A〕 スギ、テーダ松の樹高及び直径生長に及ぼす施肥の影響

〔a〕 スギ (Japan cedar; *Cryptomeria japonica*) について。

本試験においては洪積系埴土の圃地に移植した3年生杉苗(松下1号と雲通しの2品種)に対する施肥の効果を検した。

肥料はすべて実験室での試作品を供用した。即ち単肥混合方式で調製した N-C, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-W, K<sub>2</sub>O 比率 9-8-8 の所謂配合式粉状肥料（径 < 2mm）と、これの粒状品（径 3~5mm）及び窖仕込方式によって調製した同じく比率 12-10-8 の化成粉状物（径 < 2mm）とこれの Tablet 状成型品（1個重 10g）さらに窖仕込式で調製した 10-8-8 比率の粉状物（径 < 2mm）と大小の球状成型品（大型球状品 1個重 10g, 小型球状品, 1個重 8g）であった。

杉に施用した肥料の形態とその施用方法を示すと Tab. 1. の如くである。

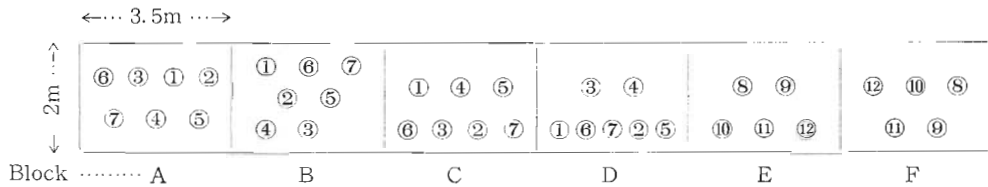
Tab. 1 Fertilizer plan to transplanting of 3-years-old Japan cedar seedling

Variety of Cedar	Number of Plant	Fertilizer forms and N-C P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -w. K <sub>2</sub> O ratio	Fertilizer amounts applied at transplanting in g. per tree	Amounts of pure nutrient in g. per tree			Fertilizer Placement.
				N (g)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g)	K <sub>2</sub> O (g)	
Matsusita-ichigo	①	12-10-8, Tablet	125	15.0	12.5	10.0	"Hollow application" fertilizer is placed in bottom of hollow digged to planting. do do do do do do
	②	do, Tablet	83.5	10.0	8.3	6.7	
	③	do, Powder	125.	15.0	12.5	10.0	
	④	do, Powder	83.5	10.0	8.3	6.7	
	⑤	9-8-8, Granule	113.7	10.0	9.0	9.0	
	⑥	do, Powder	113.7	10.0	9.0	9.0	
	⑦	Unfertilized	—	—	—	—	
Kumotoshi	⑧	10-8-8, Large sphere	100	10.0	8.0	8.0	"Ring applications" fertilized to shallow grooves in circumference of about 20cm. dia. to center a tree. do do
	⑨	do, Small sphere	100	10.0	8.0	8.0	
	⑩	do, Small sphere	150	15.0	12.0	12.0	
	⑪	do, Small sphere	100	10.0	8.0	8.0	"Surface scattering" an uniform scattering with fertilizers on soil surface of circular area of about 20 cm. dia. to center a tree. do
	⑫	Unfertilized	—	—	—	—	

Notice: The nutrient ratio as N-C, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-w. K<sub>2</sub>O is meant the ratio of total-N, Citrate Sol. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and Wat. Sol. K<sub>2</sub>O in 100g of fertilizer.

丸枠内の数字は供試苗木の符号にして各肥料の施肥量は N 15g 又は 10g 相当量であった。なお植穴施肥法 (Hollow application) はその植穴 (径約 30cm 深さ約 20cm) の底部に所定の肥料を投入して少量の土壌で被覆しその上に栽植した。又環状施肥法 (Ring application) とは苗木植付後活着するのをまち幹を中心とする直径約 20cm の円周上に輪状の浅い溝を掘り或は苗木の斜面上位に半円状に浅い溝を掘り施肥して軽く覆土した。表面撒布 (Surface scattering) については苗木の活着後それぞれ幹を中心とする直径約 20cm 内の地表面上に可及的一様に肥料を撒布した。

試験圃場(図参照)は1区画0.07aとし、その6Block(A.B.C.D.E.F)を設定し表1に示した始く松下1号に対しては施肥木6本と無施肥木1本の計7個体に対する試験を各A.B.C.Dの4Blockにおいてそれぞれ実施し雲通しについては施肥木4本と無施肥木1本の計5個体に対する試験をそれぞれEとFのBlockにおいて実施した。かくして松下1号における試験木はいずれも各4連制、雲通しにおける試験木は各2連制であった。各Block内の試験木に対する施肥に関しては表1に従ったがBlock内における各試験木の位置についてはすべて次図の如く無作為に配列せられた。



1960年5月3年生の試験苗木を図の如く各Blockに配置栽植して1961年9月にいたる期間6回にわたって樹高と根元直径を測定した。但し松下1号については4回目の調査後樹体重調査のためA.B.各Blockの試験木を掘りとった。かくして表2の松下1号の1~4回の調査成績はいずれもA.B.C.D各Blockにおける4連の平均値で5~6回の調査結果はC.D2Blockにおける2連の平均である。雲通しについては6回の調査結果はいずれも各EとFBlockにおける2連の平均値である。

Tab. 2は3年生杉苗木の移植時における施肥がその後の生育にいかにか影響するかを検したものである。

Tab. 2における12-10-8, 9-8-8, 10-8-8等は肥料中N-C.  $P_2O_5$ -w.  $K_2O$ の比率でその多量又は少量は施肥量がそれぞれN 15g又は10g相当量であることを示す。又Tablet, 粉状, 粒状, 球型大, 球型小等は供試肥料の形態を示すものである。

樹高は地表面から幹頂までの高さで根元直径は地上10cmにおける直径をCliperで測定したもので各4連又は2連の平均値で示した。

(b) テーダ松(Loblolly pine; *Pinus taeda*)について。造林地に新植したテーダ松の生育に及ぼす施肥の効果を検した。

植林地は三木市近郊のアカマツ(Japanese red pine; *Pinus densiflora*)林地で、海拔150m、傾斜15°の腐植の少ない第4紀洪積系褐色森林上壤地帯であった。供試林地の土壤断面における化学分析値を示すとTab. 3の如くである。

供用した肥料はTab. 1に示したN-C.  $P_2O_5$ -w.  $K_2O$ 比率10-8-8の試製窒式化成肥料の粉状物(粒径<2mm)とこれの球状成型品(1個重, 10gと8gのもの)であるがなお市販の

Tab. 2. The fertilizing effects on growth of 3-years-old Japanese cedar in field experiments.

Tree No.	Fertilizer form, Nutrient ratio as N-C. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -w. K <sub>2</sub> O and fertilizing amounts.*	Date of investigation		I		II		III		IV		V		VI		Remarks. ****
		Items of investigation		2 May, 1960		26 July, '60		17 Sep., '60		20 Dec., '60		13 May, 1961		13 Sep., '61		
		Height (cm)**	Diameter (cm)***	Height (cm)	Diameter (cm)	Height (cm)	Diameter (cm)	Height (cm)	Diameter (cm)	Height (cm)	Diameter (cm)	Height (cm)	Diameter (cm)	Height (cm)	Diameter (cm)	
Matsushita—ichigo																
①	12—10—8; Tablet; Large amount application.	44.0	0.97	54.3	1.30	59.0	1.30	62.5	1.40	67.5	1.80	85.5	2.40	Hollow application		
②	12—10—8; Tablet; Small amounts appli.	45.0	0.93	50.9	1.14	56.3	1.13	63.5	1.35	64.5	1.85	81.0	3.15	ditto		
③	12—10—8; Powder; Large amounts appli.	51.5	0.93	57.6	1.09	62.0	1.23	68.5	1.50	70.5	1.90	88.0	3.00	ditto		
④	12—10—8; Powder; Small amounts appli.	47.3	0.97	57.8	1.23	62.3	1.40	68.0	1.50	78.5	2.00	105.0	2.90	ditto		
⑤	9—8—8; Granule; Small amounts appli.	58.8	1.05	69.5	1.26	70.3	1.38	73.0	1.60	78.5	1.75	96.5	2.45	ditto		
⑥	9—8—8; Powder; Small amounts appli.	40.3	1.03	48.1	1.18	49.0	1.30	65.5	1.75	71.0	1.75	99.0	2.45	ditto		
⑦	Unfertilized.	49.0	0.97	50.3	0.97	57.3	1.03	65.0	1.30	71.0	1.70	87.0	2.35			
Kumotāshi																
⑧	10—8—8; Large sphere, Large amounts application.	46.0	1.00	58.0	1.35	73.0	1.60	91.0	1.80	101.0	2.20	170.0	3.50	Ring application		
⑨	10—8—8; Small sphere, Small amounts appli.	39.0	0.70	50.0	0.85	51.0	1.40	72.0	1.40	80.0	1.60	122.0	2.50	ditto		
⑩	10—8—8; Small sphere, Large amounts appli.	33.0	1.10	49.0	1.20	53.0	1.60	78.0	1.60	88.0	2.20	147.0	3.30	ditto		
⑪	10—8—8; Small sphere, Small amounts appli.	33.0	0.90	53.0	1.05	54.0	1.40	70.0	1.50	80.0	2.20	170.0	3.50	Surface scattering		
⑫	Unfertilized	51.0	1.10	63.0	1.65	70.0	1.80	86.0	2.50	100.0	2.50	139.0	3.70			

Notice: \*. Particulars on fertilizer form, nutrient ratio and applying amounts of fertilizers were indicated in Tab. 1.

\*\* Av. height in cm. per tree.

\*\*\* Av. diameter in 10 cm. above the root neck per tree.

\*\*\*\* This column shows method of fertilization.

**Tab. 3.** Characteristics of soil profiles of redpine wood land at Miki district.

Depth (cm)	Horizon	C (%)	N (%)	C/N	pH (1:25)	Exchangeable acidity, Y <sub>1</sub>	C. E. C* (me)	Exchangeable cation (me)		Mg/ /C.E.C	Ca/ /C.E.C
								Ca	Mg		
6	A-B <sub>1</sub> (Dark brown)	1.9	0.12	16	5.04	22.8	19.72	2.15	2.93	14.9	10.9
12	B <sub>2</sub> (Brown)	1.1	0.08	14	5.00	36.9	22.88	1.44	2.33	10.3	6.37
24	B <sub>3</sub> (Brown)	0.7	0.08	9	4.85	41.2	22.18	1.06	2.34	10.6	4.79
30+	C (Light reddish brown)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Remark : \*. Cation—exchange Capacity

N—C. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>—w. K<sub>2</sub>O 比率 10—8—8 の粒状複合肥料（粒径 3~5 mm）を供用した。

1961年4月慣行に従いテーダ松（3年生）を新植した約10a.の造林地を5分画（1区2a）し成分比10—8—8の市販の粒状複合肥料と窖式製造法によって試製した10—8—8の粉状肥料（粒径<2mm）及びこれを1個10g重（大型）又は8g重（小型）の球状に成型した肥料の各施用区と無施肥区の5区を設定した。1区の植付本数は50—60個体であった。

施肥は5月13日移植後苗木の活着するのをまち施肥区においては1個体当り各肥料をN8g相当量を根元から半径約15cm内の地表に撒布し浅く表土中に埋没した。又これと同時に各区につき無作意的に10本宛を抽出し樹高と幹の直径（根元直径）を測定した。かくして同年9月13日再び各区毎に無作意的に10本を選定し樹高と根元直径を測定した。かくして施肥時と5ヶ月後における生育状態を比較するとTab.4の如くである。

Tab.2及びTab.4は植林に際しての施肥の影響を数ヶ月から1ケ年にわたる比較的短期間において測定したものであるが一般に肥料の施用は植林した苗木の伸長生長（樹高）と直径生長（根

**Tab. 4.** Effects of fertilizing on growth of 3—years—old loblolly pine seedlings transplanted in wood land.

Experimental plot	Varieties of fertilizer and nutrient ratios as N—C. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> —w. K <sub>2</sub> O.	13 May, 1961 Date of fertilizer application		13 Sep., '61	
		Height cm*	Diameter cm**	Height cm	Diameter cm
I	{Commercial compound fertilizer, Granule; 10—8—8.	14.3	0.34	54.4	0.97
II	{Denprocess compound fertilizer (Trial sample), Large sphere, 10—8—8.	13.5	0.31	53.9	0.84
III	{ditto (Trial sample) {Small sphere, 10—8—8.	13.7	0.34	48.7	0.96
IV	{ditto (Trial sample) {Powder; 10—8—8.	13.3	0.34	51.7	0.93
V	unfertilized	14.6	0.39	46.9	0.83

Notice : \*. Av. height in cm per plant.

\*\* . Av. diameter in 10cm above the root neck per plant.

元直径)を増大することがみとめられる。しかしこれら植林した樹木の生育に対する肥料効果は樹種により又その生育期間によって異なり、なおその他肥料の形態、施肥量、林地の立地条件によって相違するものとする。

松下1号の植穴施肥についてみると成分比12-10-8の粉状肥料はTablet状肥料に比して又成分比9-8-8については粒状肥料は粉状肥料に比較してその樹高及び直径生長を増大する傾向がみとめられた。施肥量に関しては多量施肥(N成分でその15g相当量の肥料)は少量施用(N成分で10g相当量の肥料)に比較して伸長、肥大に関する肥効性は大であった。

雲通しについては苗木間に可成りの個体差がみとめられたが一般に環状施肥については成分比10-8-8の大型球状肥料(1個, 10g重)の樹高、直径生長に対する肥効性はその小型球状肥料(1個8g重)にまさり又小型球状肥料に対する施肥量については多量施肥は少量施肥に比し肥効性は大である。又10-8-8の小型球状肥料の少量施用に関してその表面施肥法は環状施肥法に比して樹高、直径の測定から肥効的にすぐれているものとする。

テーダ松の傾斜した造林地における施肥試験については栽植位置により個体の立地的条件が異なるため試験木の生育にかなりの個体差がみられるが一般に成分比10-8-8の粉状、粒状、及び球状(大型、小型)肥料については、いずれも施肥後5ヶ月間にわたる生育において、その樹高と直径生長に対する肥料効果は極めて顕著であった。しかし肥料の種類や形態と肥効との関連については、明瞭にみとめることが出来なかった。

#### 〔B〕 杉における乾物重生長量と肥料養分のとりこみ。

前記松下1号に対する施肥試験において第4回生育調査後即ち移植後230日間(1960年5月2日一同12月20日にいたる約8ヶ月間)生育せしめたのちAとB Blockにおける試験木を掘りとり葉、枝、幹、根の各部毎に乾物重を測定し、さらにこれらの各乾物中に含まれるN, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>Oを測定した。又これより肥料3要素の樹体における取りこみ量とその吸収率を算出した。

Tab. 5はこれに関する成績で表中成分比は肥料のN-C. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-w. K<sub>2</sub>O比率で多量施用はN成分として15g相当量、少量施用は同じく10g相当量であることを示しT/R率は地上部乾物重(葉、枝、幹部の合計量)と根部乾物重の比率である。N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>Oはすべ2連の平均値を示した。

即ちTab. 5において杉苗木(松下1号)に各種肥料を施用した後約8ヶ月間生育せしめて掘り取り各施肥木毎に枝葉部、幹部(地上部)と根部(地下部)につき乾物重を測定しこれを無施肥木の各測定値に比較した。即ち肥料の施用は移植した苗木の乾物重生長を著しく増進しこの傾向は一般に地下部において顕著にみとめられた。なお成分比12-10-8のTablet状と粉状肥料について多量施肥の場合は粉状肥料の施用はTablet状肥料の場合よりも、地上部に比し地下部の發育を良くしT/R比率を低位ならしめた。しかし少量施肥の場合においてはこの相違は明瞭にあらわれなかった。成分比9-8-8の粒状と粉状肥料についてもT/R比率は後者は前者よりも概して低い

Tab. 5. Fertilizing effects on weight growth and nutrient uptakes of 3-years-old Japan cedar seedlings (Matsusita-ichigo) planted in field.

Tree No.	Forms of fertilizer, Nutrient ratio as N—C. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> —W. K <sub>2</sub> O and application amounts.	AV. Water contents on fresh matter			AV. Wgt. of moisture-free matter				T/R	AV. percentages of nutrient on moisture-free matter.									AV. contents of nutrient on moisture-free basis.									Absorption coefficient of pure nutrient.		
		Branches and trunks (%)	Leaves (%)	Roots (%)	Leaves, trunk and branches (g)	Relative number	Roots (g)	Relative number		Nitrogen, N,			Phosphoric acid, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			Potassium, K <sub>2</sub> O			Nitrogen, N.			Phosphoric acid, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			Potassium, K <sub>2</sub> O			N (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)
										Branches and trunk (%)	Leaves (%)	Roots (%)	Branches and trunk (%)	Leaves (%)	Roots (%)	Branches and trunk (%)	Leaves (%)	Roots (%)	Leaves, branches and trunk (g)	Roots (g)	Total (g)	Leaves, branches and trunk (g)	Roots (g)	Total (g)	Leaves, branches and trunk (g)	Roots (g)	Total (g)			
①	12—10—8 ; Tablet ; Large amounts application	53.2	60.0	27.5	145.0	398	58.0	500	2.5	0.46	1.80	0.55	0.20	0.46	0.31	0.26	0.48	0.43	1.64	0.32	1.95	0.48	0.18	0.66	0.54	0.25	0.79	9.65	4.40	6.78
②	12—10—8 ; Tablet ; Small amount application	50.0	57.0	31.3	126.2	346	27.6	237	4.5	0.59	1.39	0.57	0.16	0.42	0.18	0.25	0.49	0.31	1.17	0.16	1.33	0.37	0.05	0.42	0.46	0.09	0.55	8.21	3.70	6.65
③	12—10—8 ; Powder ; Large amount application	48.6	57.0	32.5	131.2	360	67.5	581	1.9	0.65	1.54	0.93	0.19	0.42	0.24	0.26	0.46	0.38	1.44	0.31	1.75	0.40	0.07	0.47	0.47	0.13	0.60	8.26	2.97	4.91
④	12—10—8 ; Powder ; Small amount application	50.0	60.0	32.4	125.2	344	27.7	238	4.5	0.47	1.14	0.65	0.12	0.49	0.19	0.16	0.41	0.26	1.01	0.18	1.19	0.33	0.05	0.43	0.36	0.07	0.43	6.89	3.94	4.81
⑤	9—8—8 ; Granule ; Small amount application	52.0	56.0	37.5	138.0	379	31.3	269	4.4	0.44	1.44	0.90	0.18	0.42	0.25	0.22	0.39	0.36	1.29	0.28	1.57	0.41	0.08	0.49	0.42	0.11	0.53	10.74	4.26	4.72
⑥	9—8—8 ; Powder ; Small amount application	52.0	56.0	29.8	83.3	228	26.0	224	3.2	0.57	1.70	0.74	0.15	0.34	0.22	0.23	0.51	0.31	0.95	0.19	1.14	0.22	0.06	0.28	0.31	0.08	0.39	6.33	1.93	3.12
⑦	unfertilized	46.9	56.0	22.5	36.4	100	11.6	100	3.1	0.54	1.35	1.35	0.12	0.34	0.21	0.18	0.23	0.20	0.35	0.16	0.51	0.03	0.02	0.10	0.03	0.02	0.10	—	—	—

Notice : (1) A date on transplanting and fertilizing to cedar tree seedlings ; 2 May, 1960.

(2) A date on uprooting of a plant from the ground for examinations ; 20 Dec., 1960.



傾向を示した。即ち根系の発育に対しては粉状肥料が粒状肥料に此して良好である様に思われる。

ついで各施肥木中に含まれる N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O についてみると肥料の種類, 施肥方法によって異なるが一般に肥料成分の施肥木中の含有率は無施肥木に此して概して高い数値を示している。さらにこれらの数値から枝葉, 幹, 根の各部乾物中に含まれる N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O の含有量 (土壌と肥料から摂取した量) を求めると, 施肥した場合における吸収量はいずれも著しく大で無施肥における場合の3~数倍にも及ぶ場合がみとめられるがこれら各施肥木における N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O の吸収量からそれぞれ無肥料木中における N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O の吸収量を差引きこれを肥料よりの養分 (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O) の摂取量と見做し, これの施肥した各肥料成分量に対する割合を算出した。即ち肥料からの N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O 成分のとりこみは肥料の種類, 施肥量によって甚だしく相違するが一般に Tablet 状及び粒状肥料はいずれもその粉体状肥料, にくらべ又多量施肥は少量施肥に此してそれら肥料成分の吸収率は明かに大である。

かくして3年生松下苗木の移植に際して施肥し約8ヶ月間生育せしめた場合における樹体による肥料養分のとりこみの多寡は肥料の種類, 施肥量, 及び施肥方法によって異なるが一般的にみてその N 吸収率は 6.33—10.74 % (平均 8.35 %) P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 吸収率 1.93—4.40 % (平均 3.53 %) K<sub>2</sub>O 吸収率は 3.12—6.78 % (平均 5.17 %) の範囲にありその養分の吸収は N > K<sub>2</sub>O > P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> の順位にあるものと考える。

〔C〕 林地肥培土壌中における肥料成分の動向。

松下1号の抜きとり箇所における土壌を採集し N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O の分析を行い又抜きとり地点の土壌に見出された供試肥料の残留物につきその組成を検した。

(a) 試験後の施肥土壌に対する化学分析。

松下1号を掘りとった地点の土壌につき全 N, 熱塩酸可溶の P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> と K<sub>2</sub>O を定量した。Tab. 6 はその数値で, 各成分とも2連の平均である。

Tab. 6. Fertilizer nutrient contents in a soil on cultivation points of a test trees.

No. of test tree	Forms of fertilizer, Nutrient ratio as N—C. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> —w. K <sub>2</sub> O and fertilizing amounts.	Percentages in noisture free Soil basis.		
		N (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)
①	12—10—8; Tablet; Large amount application.	0.053	0.183	0.288
②	12—10—8; Tablet; Small amount appli.	0.083	0.391	0.316
③	12—10—8; powder; Large amount appli.	0.089	0.450	0.315
④	12—10—8; Powder; Small amount appli.	0.089	0.452	0.293
⑤	9—8—8; Granule; Small amount appli.	0.047	0.206	0.330
⑥	9—8—8; Powder; Small amount appli.	0.071	0.351	0.360
⑦	Unfertilized.	0.089	0.170	0.228

(b) 土壌中に残留した肥料形骸物質の検定。

前記松下1号を抜きとった跡地の土壌中において Tablet 状の固形肥料は不溶解性の形骸物質を

残留した。粒状肥料についてもまた土壤中にその不溶性残留物質の存在をみとめたが粉状肥料の場合においてはかかる肥料残留物を肉眼的に確認することはできなかった。

これらの土壤中において認められた肥料残留物を採集しこれに対して化学分析とX線廻折法(X-ray diffraction analysis)を適用してその組成と残留養分含有率を検した。Tab. 7は各成分比12-10-8, Tablet状肥料の多量施用と少量施用及び9-8-8, Granule肥料を施用して栽培試験を行った跡地土壌から採集せられた各肥料残留物質に対する化学分析とX線分析の結果である。X線分析における+はその存在の明確なもの, ±はわずかにその存在がみとめられ±?はその存在の疑わしいことを示し又-はその試料中に存在をみとめ得なかったことを示している。化学分析中T. N, T. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, W. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, W. K<sub>2</sub>Oの%はそれぞれ全窒素, 全磷酸, 水溶性磷酸, 水溶性加里の百分率である。

Tab. 7. Results on chemical analysis and X-ray diffraction analysis of residual matters of compound fertilizers remained in test field soils.

No. of test tree	Forms of fertilizer, Nutrient ratio as N-C. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -W. K <sub>2</sub> O and fertilizing amounts.	Chemical analysis				X-ray diffraction analysis.				
		T. N (%)	T. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	W. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	W. K <sub>2</sub> O (%)	CaSO <sub>4</sub>	CaSO <sub>4</sub> ½H <sub>2</sub> O	CaSO <sub>4</sub> 2H <sub>2</sub> O	CaHPO <sub>4</sub>	Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>
①	12-10-8; Tablet; Large amount application.	0.238	0.254	0.014	0.100	+	+	-	±?	-
②	12-10-8; Tablet; Small amount appli.	0.119	0.208	0.012	0.030	+	+	-	±?	-
⑤	9-8-8; Gnanule; Small amonut appli.	0.119	0.197	0.006	0	+	+	±	±?	±?

即ち試験木を抜きとった跡地の土壌につき N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O を分析した結果 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> と K<sub>2</sub>O はその施肥土壌における含有率はいずれも無施肥土壌における含有率よりも大である。Nについては明瞭でなかった。肥料形態との関係については一般に粉状肥料を施用した場合には Tablet 状又は粒状肥料の施肥土壌に比して土壌中における N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O の含有率は大でこれは特に P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> において顕著にみとめられた。この事実は主として肥料の粉状化は Tablet の如き固形又は粒状物に比して土壌との接触面積を増大せしめて土壌粒子による溶解性養分の吸着又は固定作用を促進したことによるものと考えられる。

又 Tablet 状及び粒状肥料施用土壌中に残留した形骸物質の化学分析については N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O の大部分は消滅し各成分ともわずかに供試肥料中の 1-2% が残存することがみとめられた。

なお Tablet 肥料についての多量施肥は少量施肥にくらべて肥料養分の残存率は幾分高い傾向が認められる。これら肥料残留物質中の残存肥料養分は恐らく難溶性の化合物として存在しているものと推定せられる。

### III 考 察

本研究においては杉松の植林に際して供用した形態の異なる複合肥料の肥効性を検した。

松下1号については試製の成分比 12-10-8 の Tablet 状肥料及び同じく 9-8-8 の粒状肥料とそれぞれの粉状肥料を苗木1本当り N, 15g (多量施用) 又は 10g (少量施用) 相当量を植穴に施用し雲通しに対しては成分比 10-8-8 の球状の試製品を N, 15g 又は 10g 相当量を環状と表面撒布により施用した。又造林地に新植したテーダ松に対しては上記の 10-8-8 の球状肥料とそれの粉状肥料のほかに成分比 10-8-8 の市販の粒状複合肥料につきその表面撒布における肥効を検した。

一般に肥料の施用は樹体の伸長並びに直径(根元)を増大するが松下1号の植穴施肥における17ヶ月間の調査において Tablet 状又は粒状肥料はその粉状肥料にくらべてすぐれた肥効性を示し、雲通しについての17ヶ月間の生育では大型球状肥料の肥効性は小型球状肥料にまさりまた小型球状肥料の多量施肥(N, 15g 相当量)は少量施肥(N, 10g 相当量)に比してその肥効性は大であった。なお雲通しに対する施肥位置については環状施肥は表面撒布法にまさる傾向が認められる。また造林地におけるテーダ松の5ヶ月間の生育についても肥料の施用(表面撒布)は樹高と直径生長を顕著に増進せしめる。

また松下1号につき8ヶ月間生育せしめた後一部を掘りとり各施肥木と無施肥木につき葉、枝幹、根の各部の乾物量を測定した結果施肥木における各乾物重生長量はいずれも無施肥木に比して著しく大である。なおこれらの乾物量の増加は、Tablet 状肥料又は粒状肥料の施用はその粉状肥料に比し、また多量施肥は施肥量の少ない場合に比し大であった。

かくして造林植物に対する施肥の影響は肥料の形態や施肥方法によって一様でないが肥料の施用はいずれの場合においても生長につれてその乾物重量を顕著に増大することは明かである。Tab. 2 及び Tab. 5 から移植した松下1号の施肥後8ヶ月間(1966年5月-12月)における樹高と直径生長量及びその期間内における乾物重生長量を無施肥木と比較した。即ち Tab. 8 は各施肥木に

Tab. 8. Comparison of growth amounts on fertilized and unfertilized Japan cedar trees.

Item of examination Difference of tree	Av. height of trunk	Av. diameter of trunk	Av. Wgt. of total dry matter on upper ground	Av. Wgt. of dry matter on under ground	Gross Wgt. of dry matter.
Fertilizing tree	102	116	342	341	341
Unfertilizing tree	100	100	100	100	100

- Notice: (1) Species of cedar tree; Matsusita-ichigo.  
 (2) Period of growth; 2 May, 1960 ~ 20 Dec., '60.  
 (3) The figures in fertilizing plants are indicated as relative numbers to 100 of unfertilizing plant.

おける樹高、幹直径と、地上部と地下部の乾物重における各平均値につき、無施肥木における各測定値を100とした指数で比較したものである。

かくして造林樹木の新植時における施肥の効果は樹高や樹幹の直径よりも乾物重生産量において極めて顕著にあらわれる。即ち施肥木の樹高、幹の直径は無施肥に比してそれぞれ10%程度の増加にすぎないが乾物重量については地下部、地上部ともそれぞれ無施肥木の約3.5倍に増大した。一般に肥料の施用は根張りをよくして根の占める空間容積を拡大する結果幹の伸長や枝張りを旺盛ならしめこれが樹体乾物重の生産量の増大をもたらすものとする。

また Tab. 2 と 4 から樹高生長と直径測定による肥大生長は松下1号、雲通し、テーダ松において一様でないことがみとめられる。即ちいずれも移植後伸長肥大するが松下1号において移植後17ヶ月間の樹高と直径生長量を移植時における場合に比較すると施肥木では樹高1.9倍、直径2.8倍、無施肥木では樹高1.8倍、直径2.4倍でまた雲通しにつき同じく移植後17ヶ月間の生長をその移植当時に比較すると施肥木では樹高は4倍、直径では3.6倍で無施肥木では移植時に比し樹高2.7倍、直径3.4倍である。しかるにテーダ松について移植後5ヶ月間における生長をその移植当時に比較すると施肥木においては樹高3.8倍、直径2.8倍、無施肥木では移植時にくらべて樹高3.2倍、直径2.1倍であった。かくして杉については一般に雲通しは松下1号に比して生長は速かである。これに反してテーダ松における生長は極めて迅速で施肥の効果も頗る顕著であることがみとめられる。即ちテーダ松の5ヶ月間における樹高及び直径生長量はいずれも雲通しや松下1号の17ヶ月間の生育に匹敵することがみとめられた。

樹体の養分濃度については施肥木における N,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  の濃度は葉、幹、根とも無施肥木に比して大である。なおこの養分濃度は施肥量の増加によって上昇を示すがその肥料形態によって異なり一般に Tablet 状又は粒状肥料の施肥は粉状肥料の場合に比してその養分含有率を増加する傾向がみとめられた。

従来葉における養分濃度は樹体の營養状態と密接な関係を有するものと考えられるが<sup>1) 3) 7) 9)</sup> 松下1号についての実験によると葉、枝幹、根の各部位における N,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  の含有率を比較するといずれもN含有率はもっとも高く  $P_2O_5$  又は  $K_2O$  含有率の2—4倍に達している。 $P_2O_5$  と  $K_2O$  含有率については  $K_2O$  含有率は稍高い傾向を示した。又葉部における N,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  含有率はいずれも枝幹部や根部におけるよりも大で特にN含有率において顕著にみとめられる。従って葉部における養分濃度は枝幹部や根部のいずれよりも著しく大である。なお根部と枝幹部については根部における養分濃度は枝幹部に比して一般に高い傾向がみとめられる。

かくしてN成分は樹体の生長に密接な関係を有することがみとめられるがなお樹体の栄養状態に関して、特に葉部における養分濃度が重要な意義を有するものとする。

また松下1号につき葉、幹、根の各部に含まれた養分の含有率から各成分間の比率を求めこれより樹体各部に含まれる養分濃度を比較した。即ち成分比 12—10—8 Tablet 肥料の多量施用と少量

施用において樹体の各部分に吸収せられた N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O の含有率における成分間の比率は枝幹部においては N/K<sub>2</sub>O, 1.7 (多肥)–2.1 (少肥); N/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 2.3 (多肥)–3.1 (少肥); K<sub>2</sub>O/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 1.0 (多肥)–1.6 (少肥), 葉部においては N/K<sub>2</sub>O, 2.8 (少肥)–3.7 (多肥); N/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 3.3 (少肥)–3.9 (多肥); K<sub>2</sub>O/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 1.0 (多肥)–1.1 (少肥) で又根部については N/K<sub>2</sub>O, 1.2 (多肥)–1.8 (少肥); N/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 1.7 (多肥)–3.1 (少肥); K<sub>2</sub>O/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 1.3 (多肥)–1.7 (少肥) である。しかるに無施肥木の場合における枝幹部の N/K<sub>2</sub>O は 3.0; N/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 4.5; K<sub>2</sub>O/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> は 1.5 で葉部の N/K<sub>2</sub>O は 4.8; N/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 4.0; K<sub>2</sub>O/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0.8 で根部については N/K<sub>2</sub>O, 6.8; N/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 6.4; K<sub>2</sub>O/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 1.0 である。即ち施肥木については樹体各部における K<sub>2</sub>O/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 比は N/K<sub>2</sub>O, N/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 比にくらべて一般に小さく, N/K<sub>2</sub>O と N/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 比率は葉部において著しく大で枝幹部これにつき根部は著しく小さい。しかして根部における N/K<sub>2</sub>O, N/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 比率はともに K<sub>2</sub>O/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 比率に近似している。無施肥木においては樹体のいずれの部分についても K<sub>2</sub>O/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 比率は小で N/K<sub>2</sub>O, N/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 比率は葉部, 枝幹部におけるより根部において大で施肥木における場合と全く対照的な結果を示した。即ち施肥木は無施肥木に比して吸収した養分の上部への転流が生長にともない速かに進行するためであると考える。

又 Tab. 8 について施肥木中の N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O の含有量即ち肥料と土壌からの各吸収量を無施肥木における吸収量に比較すると N, 2–3 倍, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 3–6 倍, K<sub>2</sub>O, 4–8 倍に達する。かくして施肥は樹木における生長を増大せしめるがさらに各施肥木につきその N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O の含有量即ち肥料及び土壌からの摂取量からそれぞれ無施肥木による土壌からの摂取量を差引き, これの施肥養分量に対する割合即ち肥料養分の吸収率 (%) を算出した。

その結果は樹木による肥料養分の吸収率は肥料の種類, 形態, 施肥方法によって異なるが一般に Tablet 状又は粒状肥料の施用はその粉状肥料に比し又多量施肥は少量施用よりもその養分吸収率は大である。即ち松下 1 号につき成分比 12–10–8 の Tablet 状と粉状肥料を多量施肥 (N, 15g 相当量) した場合の各吸収率は N, 9.56 (Tablet)–8.26 (粉状), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 4.40 (Tablet)–2.97 (粉状), K<sub>2</sub>O, 6.78 (Tablet)–4.91 (粉状) で少量施肥 (N, 10g 相当量) については N, 8.25 (Tablet)–6.89 (粉状), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 3.70 (Tablet)–3.94 (粉状), K<sub>2</sub>O, 6.65 (Tablet)–4.81 (粉状) であった。又成分比 9–8–8 の粒状肥料と粉状肥料の施用の場合は, その少量施肥における吸収率は N, 10.74 (粒状)–6.33 (粉状), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 4.26 (粒状)–1.93 (粉状), K<sub>2</sub>O, 4.72 (粒状)–3.12 (粉状) である。即ち Tablet 状又は粒状肥料はその粉状物に比してその養分吸収率を増大する。又施肥量については, その多量施肥は少量施肥に比して吸収率を上昇せしめる。一般に固形の Tablet 又は粒状肥料はその粉状物に比して高い吸収率を示すことは, あそらく肥料の固形又は粒状化は粉状物に比しその表面積を減少せしめて肥料成分 (特に P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> に関して) の土壌による吸着又は固定作用を軽減し, その他固形粒状化による塩類効果の発現及び土壌中における溶解作用の調節等が期待せられるためであると考える。かくして松下 1 号による養分吸収率は成分の比率, 形態や施肥量によって異なるが

一般に N, 6—11% (平均 8.4%),  $P_2O_5$ , 2—4% (平均 3.5%),  $K_2O$ , 3—7% (平均 5.2%) の範囲にありその吸収の順位は  $N > K_2O > P_2O_5$  であることが窺われる。かくして林木の如き永年植物における養分の吸収は生育期間にもよるが一般に低く肥料成分中その大部分は土壤中で流亡し又難溶化するものとする。

施肥土壤中における肥料の残留 (Tab. 7) について施肥後 8 ヶ月後の土壤中において Tablet 状肥料はなお原形をとどめ粒状肥料においても残留物質の存在がみとめられる。これらの土壤中に残留した肥料形骸物質をあつめて X 線分析に附した結果  $CaSO_4$ ,  $CaSO_4 \cdot \frac{1}{2}H_2O$ ,  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  の存在が実証せられたが  $CaHPO_4$ ,  $Ca_3(PO_4)_2$  についてはその存在を確認することは困難であった。かくして土壤中に残留する肥料形骸物質の主体は石膏 ( $CaSO_4$ ,  $CaSO_4 \cdot \frac{1}{2}H_2O$ ,  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ) であることが明かである。なお残留物質の化学分析の結果肥料成分の大部分は消滅したがなお一部 (3 成分ともそれぞれ肥料の 1—2%) の残存がみとめられる。ことに  $P_2O_5$  の残存量が多くついで N が多い傾向が示された。これらの成分はいずれも難溶性の状態に残留物質中に存在するものとする。

又土壤中の 3 成分含有率 (Tab. 6) については、肥培土壌における N 含有率は無施肥土壌におけると明瞭な相違はないが  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  含有率はいずれも無施肥土壌におけるより大で特に  $P_2O_5$  において顕著である。なお肥料形態については Tablet 状又は粒状肥料の施用土壌にくらべ粉状肥料の施肥土壌における N,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  含有率はともに大で特に  $P_2O_5$  含有率は著しく高い。即ち粉状肥料はその固形又は粒状肥料に比して溶解は速かど土壌による吸着又は固定作用による養分の難溶化が促進せられるためであるとする。殊に  $P_2O_5$  は肥料が細粉化するにしたがい土壌による吸着又は固定が著しくなることがみとめられる。

施肥量<sup>2) 5)</sup> に関しては独乙ではマツ類 (Pine) に対する基準量は ha 当り N, 60—80 kg,  $P_2O_5$ , 30—40 kg,  $K_2O$ , 40—50 kg, CaO, 10—20 kg とされるが日本においては新植の場合苗木 1 本当り針葉樹 (スギ, ヒノキ) に対しては N, 8—12 g,  $P_2O_5$ , 5—7 g,  $K_2O$ , 5—7 g. 又マツ類に対しては N, 6—8 g,  $P_2O_5$ , 4—5 g,  $K_2O$ , 4—5 g が標準とされている。なお新植 2—3 年目の追肥は前年の 2 割増がかなり顕著な効果を示すといわれ又成林木に対しては間伐期 2—3 年前に 1 本当り N, 80 g,  $P_2O_5$ , 50 g,  $K_2O$ , 50 g の肥料を施用し或は主伐期 2—3 年前に上記の 2 割増を見込んでの施肥が推奨せられている。なお本試験において N 15 g 相当量の施肥は同じく 10 g 相当量施肥の場合に比して肥効の増大がみとめられ林木に対しても有効施肥量のあることが推定せられる。本研究においては杉又は松の新植において苗木 1 本当り, 成分比 12—10—8 又は 10—8—8 の肥料 (固形, 粒状或は粉状肥料) を N で 10—15 g 相当量を施肥したが, 栽植本数を 3000 本/ha として, その肥料の所要量は 300—400 kg/ha となる。しかして造林地においては肥粉養分の一部は野草によって奪取せられるため, 施肥にあたりては必要量の 0.2—0.5 割程度多用することが望ましいものとする。

林木の生長に対する養分の所要量は本研究においても明かな如く N の需要が最も多くついで  $K_2O$

で  $P_2O_5$  の需要量は前二者に比して少いものとする。従って山林用肥料としては少なくとも N,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  3成分を含んだ複合肥料で3成分中特にN含有率の高いものが好ましいものとする。又形態的には使用に便利な形に加工成型したものの例えば Tablet 状又は球状の固形肥料が望ましく1個の重さもまた8—10g程度のもが使用上便利であると思われる。かくして3成分を含んだ固形状の複合肥料は粉状又は単肥に比して塩類効果や溶解度による肥効上の特質が期待せられて有利であるとする。また林地は一般に酸性化の傾向にあるため土壌改良の意味もふくめて森林用肥料としては化学的酸性が弱く中性又は塩基性肥料が望ましく、また肥料の運搬施肥労力の節減の点から林地肥料は一般に高濃度の複合肥料で特にN次いで  $K_2O$  含有率の高い、しかも養分が徐々に溶出せられて肥効に持続性のあるものが要望せられる。

なお施肥位置に関しては樹高、直径生長量の判定から植穴施肥、環状施肥、表面撒布による肥効性の差異を明かにすることは困難であるが、一般に林地においては植穴施肥法がすぐれ表面撒布と環状施肥法に関しては前者は後者に比し幾分肥効性を低減する傾向が窺われる。即ち表面撒布においては養分の一部は地表の雑草によって奪取せられるほか、肥料中の  $NH_4-N$  の一部は硝化作用をうけて溶脱せられ又  $P_2O_5$  についてはその位置的肥効性は甚だ小さくそのため  $P_2O_5$  の大部分は土壌の表層部に固定せられて下層に移行しないためであるとする。かくして植林地の施肥においては肥料はなるべく深く根に接近して施すことが得策である。

近年用材やパルプ材に対する需要が激増しこれらの資源確保に対して短期育林による生産性の向上が強く要請せられ林地肥培の効果に大きい期待がよせられている。しかして林野土壌の多くは侵蝕による土壌養分の流亡甚だしく又粗腐植の集積による酸性化により瘠悪化の傾向をたどりつつあり、かくして林野にも諸種の土壌型が分布し<sup>4)</sup> 森林地肥培の効果はその土壌型によって左右せられるほか林地の標高、傾斜度、方位、その他気象条件によって影響せられるものとする。

かくして林地肥培の効果は肥料の形態、施肥方法のほか土壌の立地条件や気象的条件によって異なるがこれらの施肥の効果を検討すると樹木に対して養分を補給する直接的効果のほかに生長を促進し、落葉の還元量増大による土壌の改善、ウツ閉促進による土壌侵蝕の軽減、土壌養分の天然供給量の増大等の間接的効果の増進をあげることが出来る。<sup>6)8)</sup>

一般に林地肥培による森林の造成は代期の短縮による生産性の向上と森林地力の涵養の上から注目すべき問題であるが實際上森林地の肥培には多大の労力を要し、将来これが省力化に役立つ適切な林地用施肥機の開発が望まれる。

本研究は新植した造林木の苗木に対する元肥の効果を検したのであるがさらに長期間にわたる生育の推移や又追肥の効果及び材質に及ぼす施肥の影響等は今後における興味ある研究課題であるとする。

#### IV 総 括

本報においては杉及びテーダ松の新植に際して施用した各種の試作複合肥料の肥効性につきその肥料形態と施肥方法の影響を検した。

(1) 造林樹木の生長は樹種によって異なるが一般にそれら苗木の林地への新植に際しての施肥（元肥）は樹幹の伸長並びに直径生長を促進する。かくして植林地における新植苗木に対する肥料の施用は根張りをよくして根の占める空間容積を拡大し地上部の生育を旺盛ならしめる。しかして樹幹の伸長ならびに直径生長量の肥料形態、施肥方法による相違は明かではなかった。

(2) 肥料養分の吸収により樹体の乾物重生長量の増大が著しく促進せられる。かくして林地における施肥の効果は樹高、直径におけるよりも樹体乾物重の増加において極めて明瞭にみとめられる。なお樹体の乾物重の増加は、Tablet 又は粒状肥料の施用は粉状肥料にまさり又施肥量が多い場合において著明である。

(3) 樹体中の N,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  の各濃度については一般に  $N > K_2O > P_2O_5$  の順である。樹体の部位における養分濃度は枝幹部、根部におけるより葉部において著しく大で殊にNにおいて顕著である。なおこれらの養分濃度は施肥により一般に上昇する傾向がみられる。

(4) 養分の吸収率は肥料の形態、成分比率、施肥方法によって相違するが一般に Tablet 状又は球状に成型した所謂大型固形肥料又は粒状肥料はいずれもその粉状肥料よりも吸収率高く肥効性のすぐれていることがみとめられる。この養分の吸収率は植林木の生育年限によって異なるであらうが本実験（移植後8ヶ月間の生育）においてはその値は平均的にみて N, 8.4%,  $P_2O_5$ , 3.5%,  $K_2O$ , 5.2% でその順位は  $N > K_2O > P_2O_5$  である。かくして一般に林木の養分吸収率はいずれも甚だしく低位である。以上の如く土壤中における施肥養分の一部は植物に利用せられるが残余の大部分は雨水により流亡し、また土壤に吸着固定せられて難溶化するものと考えられる。この土壤固定による植物養分の不溶化は  $P_2O_5$  と  $K_2O$  成分において著しく、肥料形態については粉状物の施用は粒状や Tablet 状に比して土壤中における養分の固定を増大せしめ、またこれら肥料養分の土壤による固定化は施肥方法によっても相違することが示唆せられた。

(5) Tablet 又は球状の固形複合肥料を施肥した場合には、土壤中に不溶解性の物質を残留する。かかる肥料形態物質の主体は石膏で肥料成分は3成分ともそれぞれ1~2%を残してほとんど溶出していることがみとめられた。なお石膏は複合肥料製造中に形成せられ肥料構成成分として含まれたものであると考える。又残存肥料成分は、石膏と化合物を作り或は難溶性化合物の形態で存在するものと思われる。

(6) 林地用肥料としては施用上の利便から粉状又は粒状肥料よりも固形状複合肥料が望ましく又含有成分は出来るだけ高濃度で、しかも肥効に持続性（遅、複効性肥料）があり特にN成分の高いものが好ましい。なお林地用肥料としては酸性よりも中性又は中性に近いものが合理的である。



(7) 本研究の範囲においては施肥量の多い方がその少ない場合に比して樹体における吸収率を高め乾物重を増大する。したがって林木に対しても至適施肥量のあることが示唆せられる。

(8) 樹高生長や根元直径の測定から植穴施肥、環状施肥と表面撒布法における肥効性に明白な相違をみとめることは困難であるが、一般に表面撒布は環状施肥、植穴施肥方法にくらべて肥効的に遜色あるものと推定せられる。即ち表面撒布においては養分は雑草によって奪取せられやすく又土壤表層部における硝化作用により N（特に  $\text{NH}_4\text{-N}$ ）の溶脱を容易ならしめ、 $\text{P}_2\text{O}_5$  に関してはその位置的肥効性は極めて低いためにその大部分は表層部の施肥位置で土壤に吸着固定せられて下層への移行がほとんどおこなわれないためであると考ええる。かくして植林地における施肥は出来るだけ深く根に接近して施すのが有利であると考ええる。この点において植穴施肥法は肥効的見地においてすぐれているものと推定せられる。

(9) 林地肥培の効果は肥料の成分比、形態、施肥方法のほか造林地の土壤条件、標高、傾斜、方位、気象環境等にもとずく自然条件や林地における成育空間によって異なるものと考ええる。一般に植林地における施肥によって養分の補給による生長促進、材質の増大に対する直接的効果のほか、ウツ閉促進による土壤侵蝕の軽減、落葉還元量の増大による土壤の改善ならびに林地土壤に対する養分の天然供給量の増進、下草刈費の節減等の間接的効果を期待することが出来る。

(10) 苗床における稚苗に対する施肥については従来一般林業家により実施せられているが植林地における施肥は伐期の短縮、森林生産性の向上に寄与するところ極めて大きく今後の林業経営における重要な研究課題であると考ええる。

(11) 本研究は苗木の新植後短期間内における樹木の伸長、肥太ならびに乾物の生産に対する施肥の効果を検したのであるが、さらに追肥の影響や施肥後長期にわたる生長の推移と施肥の材質に及ぼす影響等に関しては将来の研究にまたねばならない。

## 文 献

- 1) Gessel, S. P. & Walker, R. B., Soil Sci. Amer. Proc., **20**: 97 (1956)
- 2) Hermann, Mayer-Krepoll, "The Use of Commercial Fertilizers in Germany, Particularly Nitrogen in Forestry" (New York) (1956)
- 3) Kramer, P. J. & Kozlowski, T. T., "Physiology of trees" (1960)
- 4) 農林省林業試験場, "林野土壤断面図集" (1968)
- 5) 芝本, "森林土壤学" (1943)
- 6) 柴田, 森林と肥培, Nos. 6, 7, 8.
- 7) Strebel, O., Forstw. Centralb., **79**: 17 (1960)
- 8) 塘, 森林と肥培 Nos. 2, 3, 4.
- 9) Wehrmann, J., Forstw. Centralb., **78**: 129 (1959)