

高野山国有林におけるスギ・ヒノキ 幼齡林施肥試験

〔関西地方における林地施肥試験（第1報）〕

河 田 弘⁽¹⁾
衣 笠 忠 司⁽²⁾

I. は じ め に

第2次世界大戦後わが国における林野の荒廃と木材需要の急激な増大に対処して、林地の生産力を増強する手段の1つとして林地肥培が注目され、各方面で試験研究が始められるとともに、林業家の間にもしだいに普及され、最近では肥培林の面積も急速に増大しつつある状態である。

林地肥培の試験研究、肥培事例調査等は今までに主として幼齡林について多数の成果が発表され、いろいろな角度から検討が行なわれている。これらの結果を通覧すると、肥培効果は樹種、土壤条件等によってかなりの相違が見られる場合が多い。また、同じ樹種、同じ土壤型でもいちじるしい相違を示す場合も少なくない。この点は環境諸条件、土壤の諸性質、施肥方法、苗木の形質等の影響によるものと思われる。このような結果は、林地施肥の実用化の技術的な面でも、基礎的な研究面でも、まだ多くの未解決の問題点が残されていることを物語るものといえよう。

筆者らの実施している関西地方における施肥試験地のなかで、高野山国有林におけるスギ・ヒノキ幼齡林試験地は満4年を経過し、以下に述べるように当初の計画を変更する事態を生じたので、今までの結果を中間報告としてとりまとめることにした。

この試験地は低位生産林地と予想されたボドゾル化土壤を対象として、施肥による林木の成長量の増大の可否を検討することを目的として、1961年春に筆者らの1人衣笠によって設定された。その後同年秋から河田が関西支場赴任にともなって参加した。

設定当初は植栽時施肥後数年の施肥効果の検討を目的としたために、以下に述べるようにやや密植に過ぎたきらいがあった。4年後にはスギの当初の予想をはるかに上回る良好な成長のために、列状に混植したヒノキは今後しだいに被圧されることが予想されるに至った。また、試験開始後さらに長期間にわたって追肥を含めた施肥効果の検討が要望されるに至ったので、満4年を経過した1965年春にヒノキを除伐して、今後はスギについて試験を継続することにした。

さらに、葉分析による林木の栄養診断の基礎的な資料をうるために、針葉の養分濃度と成長との関係および施肥の影響等について検討を行なったので、これらの結果もあわせて報告する。

(1) 関西支場育林部土壤研究室長・農学博士

(2) 関西支場育林部土壤研究室

II. 試験地および試験方法

II-1. 試験地

位置……和歌山県伊都郡高野山町，高野営林署管内高野山国有林7ろ林小班。

気候……この地域の気候は年平均気温約 10.5°C ，年降水量約 $2,000\text{ mm}$ である。

地況……試験地は高野山山頂部の準平地帯の山脚の短い山腹斜面の中腹に位置する。Plot A および Bは方位 $S 70^{\circ}E$ ，傾斜 30° ，Plot C およびDは方位E，傾斜 30° で，いずれも近接して斜面上に位置する。標高は 800 m ，古生層の砂岩および粘板岩を母材とする土壌である。前生樹はヒノキおよびコウヤマキの天然生老齢林であった。

II-2. 施肥試験の方法

試験樹種はスギおよびヒノキとした。1961年3月中旬にスギおよびヒノキを1列おきに $1.2 \times 1.5\text{ m}$ ($5,500\text{ 本/ha}$) のすじ植とし，植穴は $30 \times 30 \times 30\text{ cm}$ とした。スギ苗は2年生苗 (1-1，品種不明，地スギ，実生) を，ヒノキ苗は3年生苗 (1-2，実生) を用いた。

試験区は Plot A (1，3年目施肥)，Plot B (3年目施肥)，Plot C (1年目施肥) および Plot D (無肥) の4 Plot とし，くり返しは行なわなかった。

施肥はスギおよびヒノキいずれも同量とし，Plot A および C は1961年3月の植栽時に固型肥料㊟1号 (6-4-3，1個 15 g) を1本あたり12個を根ざわから 15 cm ，深さ 10 cm に周辺4か所に3個ずつ施した。その後 Plot A および B は1963年4月の成長測定時に，㊟1号 (24-16-11) 1本あたり 100 g を枝張りの先端の直下に，深さ 10 cm に円形に施肥した。

下刈りは毎年1回7月に行なった。

成長量の測定は第4～7表に記載した時期に，樹高および根ざわ直径 (高さ 10 cm) の測定を行なった。試験期間中に生じた下刈り，その他の事故による被害木はすべて測定から除外した。

II-3. 土壌および針葉の分析方法

土壌の透水性⁴⁹⁾および自然状態の理学的性質は土壌採取円筒を用い，孔隙量の測定⁵⁰⁾は素焼板法を用いた。

C……酸化滴定法⁴⁵⁾，N……KJELDAHL 法，P……1-2-4 amino-naphtolsulfon 酸 (HClO_4 酸性) による molybdenblue の比色法⁵³⁾，K……焰光分析法，Ca および Mg…… $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ を用いて Mn を除去後 Versenate 法を用いた。置換性 Ca および Mg は N KCl 浸出液 (2.5 倍量) について定量を行なった。

スギおよびヒノキの針葉の分析試料はいずれも，成長測定時に全測定木から前年に伸長した頂枝の中段の針葉を採取し， 60°C で乾燥後供試した。スギの針葉は乾燥後軽く圧碎することによって，針葉と枝—いわゆる緑色部—を分離して，針葉の部分だけを供試した。各無機成分は $\text{H}_2\text{SO}_4\text{—HNO}_3\text{—HClO}_4$ ⁵¹⁾ で湿式灰化後上述の方法で定量を行なった。

III. 土 壌

III-1. 土壌型・断面形態および植生

試験地の土壌はいずれも $\text{Pw(h)}\text{II} \sim \text{III}$ 型土壌 (湿性弱ポドゾル化土壌および湿性ポドゾル化土壌の中間型，腐植型) に属する。

第1表 土 壌 の 自 然 状 態 の 理 学 的 性 質
Table 1. Physical properties of soil in natural condition.

断面番号 Prof. No.	層 位 Horizon	表層からの 深さ Depth from surface (cm)	透 水 性 Water percolation rate (cc/min)			容積重 Volume weight	孔 隙 量 Porosity %			最大容水量 Water holding capacity %		最 小 容気量 Air mini- mum %	採取時容水量 Moisture content of fresh soil %	
			After		平 均 Average		細孔隙 Fine pore	粗孔隙 Coarse pore	計 Total	容 積 Volume	重 量 Weight		容 積 Volume	重 量 Weight
			5 分後 5 min	15分後 15 min										
1	A ₂	18—22	38	36	37	51	62	14	76	75	151	1	67	134
	B ₁	25—29	6	5	6	65	59	13	72	71	111	1	65	102
	B ₂	45—49	61	60	61	58	40	35	75	69	123	6	53	94
2	B (Upper)	18—22	14	13	14	74	56	14	70	66	88	4	61	81
	B (Lower)	35—39	15	15	15	61	48	25	73	69	117	4	59	100

第2表 土 壌 の 化 学 的 性 質
Table 2. Chemical properties of soil.

乾物あたり On dry basis

断面番号 Prof. No.	層 位 Layer Horizon	表層からの 深さ Depth from surface (cm)	炭 素 C %	窒 素 N %	C-N比 C / N	置換酸素 Exch. acidity Y ₁	置 換 性 Exch. (m. e. /100 g)		0.2 N HCl soluble (ppm)		リン 酸 吸収係数 P ₂ O ₅ absorp- tion's coeffi- cient	pH	
							石 灰 CaO	苦 土 MgO	カ リ K ₂ O	リン酸 P ₂ O ₅		H ₂ O (1 : 2.5)	KCl
1	H	10—18	46.5	1.43	32.5	21.7	10.5	6.46	609	402	—	3.80	3.30
	A ₂	18—22	12.3	0.48	25.6	79.4	0.63	0.69	131	10	1080	4.20	3.60
	B ₁	25—40	5.62	0.25	22.5	53.1	0.15	0.16	96	2	1510	4.40	4.10
	B ₂	45—55	3.97	0.15	26.5	20.5	0.12	0.12	70	4	1640	4.60	4.40
2	H	4—12	49.0	1.64	29.9	19.8	12.0	6.77	621	195	—	3.90	3.40
	A ₂	13—16	9.76	0.39	25.0	71.1	0.68	0.57	124	13	790	4.00	3.50
	B (Upper)	18—35	4.32	0.17	25.4	78.2	0.23	0.40	88	3	1290	4.60	4.10
	B (Lower)	40—50	3.52	0.18	20.7	45.0	0.21	0.25	64	5	1400	4.70	4.20

Prof. 1 (残積～削行土) …… (位置, Plot A および B の中間)

L 1～2 cm, コウヤマキ, ヒノキの未分解葉。

F 7～8 cm, 同上腐朽葉。

H 8 cm, 7.5 YR 2/1*, greasy, 湿。

A₂ 2～6 cm, 7.5 YR 3/4, 腐植に汚染された溶脱部が斑状に分布, massive, 礫なし, 軽埴土, 軟, 湿, 根系多, B₁ との境界明。

B₁ 22～26 cm, 7.5 YR 5/8, 集積層, massive, 礫なし, 軽埴土, 堅, 潤, 根系中, B₂ との境界漸。

B₂ 15 cm, 7.5 YR 5/6, massive, 礫なし, 軽埴土, すこぶる堅, 潤, 根系少。

植生…… (草本階) エビガライチゴ 2, キイチゴ 2, アセビ 2, ノリウツギ 1, リョウブ 1, サルトリイバラ 1, ススキ 1, シシガシラ 1。

Prof. 2 (残積～削行土) …… (位置, Plot C および D の中間)

L 1～2 cm, コウヤマキ, ヒノキの未分解葉。

F 1～2 cm, 同上腐朽葉。

H 8～10 cm, 7.5 YR 2/1, greasy, 湿。

A₂ 2～3 cm, 7.5 YR 5/3, 腐植に汚染された溶脱部が斑状に分布, massive, 礫なし, 軽埴土, 軟, 湿, 根系多, B との境界明。

B 35 cm, 7.5 YR 5/8, 集積層, 礫なし, 軽埴土, 堅, 潤, 根系中～少。

植生……Prof. 1 にほぼ同じ。

III—2. 理化学的性質および土性

土壌の理化学的性質および土性は第 1～3 表および第 1 図に示すとおりである。

土壌は各層位いずれも軽埴土に属し, 埴質であった。両断面はいずれも B₁ 層以下ないし B 層は堅密で, 透水量も少なく, 理学的性質は不良であった。

両断面の H 層は強酸性を呈していたにもかかわらず置換性 CaO および MgO 含有率は大きく, また, N/5 HCl 可溶 K₂O および P₂O₅ 含有率が鉍質土層に比べると, いちじるしく大きいことが注目された。これらの点は筆者らの 1 人河田⁴⁶⁾が木曾谷の湿性ポドゾルについて指摘した点と同様の傾向を示してい

第 3 表 土 性

Table 3. Texture of soil.

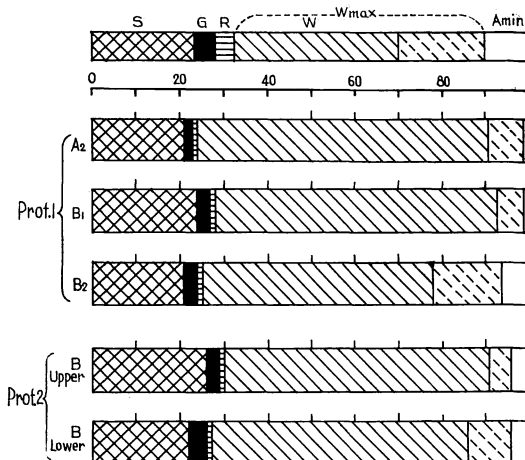
断面番号 Prof. No.	層 位 Horizon	砂 Sand %			微 砂 Silt %	粘 土 Clay %	土 性 Texture
		粗 砂 Coarse sand	細 砂 Fine sand	計 Total			
1	A ₂	10	16	26	35	39	1C
	B ₁	10	15	25	34	41	1C
	B ₂	10	17	27	37	36	1C
2	A ₂	11	16	27	34	39	1C
	B (Upper)	15	16	31	29	40	1C
	B (Lower)	10	17	27	32	41	1C

* 色名は農林水産技術会議事務局編“標準土色帳”(1960)を用いた。以下同じ。

第1図 自然状態の理学的性質

Fig. 1 Physical properties of soil in natural condition.

[S: fine soil, G: gravel, R: root,
W: moisture content of fresh soil,
 W_{max} : water holding capacity,
 A_{min} : air minimum].



た。

鉍質土層はいずれも強酸性を呈し、置換性 CaO および MgO 含有率は小さかった。N/5 HCl 可溶 P_2O_5 および K_2O については、他の分析例が少ないので十分な比較検討は難しいが、 P_2O_5 含有率はとくに小さいが、 K_2O 含有率は中庸に近いのではないかと思われた。

IV. スギの成長におよぼす施肥の影響—〔結果および考察(1)〕

IV-1. 成長経過および結果

植栽当年の 1961 年 5 月下旬の中間調査のうちに、多数のスギ供試木に、おそらく寒害によると思われる枝先の赤変が認められた。しかしながら、枯損したものは少なく、多くは秋までに回復を示した（頂枝が被害を受けて、上長成長の阻害が認められたものは事故木として除外した）。

以後全試験期間を通じてとくに異常な被害は認められなかった。

各測定時期におけるスギの成長は第 4～5 表および第 2～3 図に示すとおりである。

IV-2. スギに対する肥効

スギの成長におよぼす施肥効果は、植栽時および第 3 年目施肥のいずれの場合も明りょうに認められたが、とくに後者はきわめて顕著であった。4 年間の全上長および肥大成長量は、Plot D（無施肥区）に比べると、Plot A（植栽時・3 年目施肥区）は 164 cm [94%（無施肥区全成長量に対する%，以下同じ）]，28 mm (73%)，Plot B（3 年目施肥区）は 126 cm (72%)，17 mm (40%)，Plot C（植栽時施肥区）は 98 cm (56%)，15 mm (39%) の増大を示した。

これらの各施肥区の成長は、きわめて良好ないし、良好な立地条件における表系のスギ幼齢林の成長にほぼ相当するといえよう。

今までの各地における国有林土壌調査の結果では、一般にポドゾル化土壌におけるスギの成長は一般にあまりよくないとされている。この試験地の 4 年間の経過では、無施肥区のスギの成長は、表系スギのほぼ中程度ないしは中程度をやや下回る成長といえよう。

今回の結果は、ポドゾル化土壌においても植栽後数年間は、施肥によって成長をいちじるしく増大せしめることの可能性を示したものとといえよう。しかしながら、この試験地の土壌の諸性質にみられるよう

第4表 スギの毎年の樹高

Table 4. Annual height and basal

プロット Plot	立 木 本 数 Nos. of stand			1961年3月 Mar., 1961		1961年11月 Nov., 1961	
	植 栽 Planted	枯死および 事故 Dead and injured	測 定 Measured	樹 高 Height	根元直径 Basal diameter	樹 高 Height	根元直径 Basal diameter
A	47	11	36	$\frac{37}{33-42}$ (100)	$\frac{7}{5-8}$ (100)	$\frac{79}{57-100}$ (140)	$\frac{15}{10-20}$ (136)
B	48	10	38	$\frac{38}{32-43}$ (102)	$\frac{7}{6-7}$ (100)	$\frac{62}{45-84}$ (109)	$\frac{12}{9-15}$ (109)
C	48	9	39	$\frac{36}{32-43}$ (97)	$\frac{8}{6-11}$ (114)	$\frac{86}{60-118}$ (151)	$\frac{15}{9-23}$ (136)
D	46	8	38	$\frac{37}{32-43}$ (100)	$\frac{7}{5-10}$ (100)	$\frac{57}{45-80}$ (100)	$\frac{11}{8-15}$ (100)

備考 Remarks: 樹高 Height……cm, 直径 Diameter……mm

プロット A Plot A……1961年3月および1963年4月施肥。 Fertilized in Mar., 1961 and Apr., 1963.

プロット B Plot B……1963年4月施肥。 Fertilized in Apr., 1963.

第5表 スギの毎年の樹高

Table 5. Annual height and basal

プロット Plot	1 年 1st year		2 年 2nd year		3 3rd
	樹 高 Height	根元直径 Basal diameter	樹 高 Height	根元直径 Basal diameter	樹 高 Height
A	$\frac{42}{20-61}$ (210)	$\frac{8}{2-15}$ (200)	$\frac{73}{29-111}$ (148)	$\frac{18}{10-28}$ (200)	$\frac{103}{51-138}$ (163)
B	$\frac{24}{10-45}$ (120)	$\frac{5}{1-8}$ (125)	$\frac{55}{23-97}$ (114)	$\frac{13}{5-22}$ (144)	$\frac{107}{48-153}$ (170)
C	$\frac{50}{20-83}$ (250)	$\frac{7}{3-14}$ (175)	$\frac{75}{48-122}$ (153)	$\frac{17}{12-27}$ (189)	$\frac{83}{33-133}$ (132)
D	$\frac{20}{8-47}$ (100)	$\frac{4}{2-7}$ (100)	$\frac{49}{24-76}$ (100)	$\frac{9}{2-16}$ (100)	$\frac{63}{31-126}$ (100)

備考は第4表と同じ。Remarks are same as Table 4.

および根元直径
diameter of *C. japonica*.

1963年 4 月 Apr., 1963		1964年 4 月 Apr., 1964			1965年 3 月 Mar., 1965		
樹 高 Height	根元直径 Basal diameter	樹 高 Height	根元直径 Basal diameter	胸高直径 Diameter at breast	樹 高 Height	根元直径 Basal diameter	胸高直径 Diameter at breast
152 117—195 (143)	33 22—48 (165)	255 166—318 (151)	51 35—71 (159)	24 7—44 (240)	375 272—438 (178)	73 45—100 (162)	43 22—78 (240)
117 75—160 (110)	25 18—35 (125)	224 141—286 (133)	42 21—55 (131)	16 5—32 (160)	338 196—408 (160)	62 35—78 (138)	33 14—39 (183)
161 123—232 (152)	32 23—50 (160)	244 181—324 (144)	48 30—78 (150)	20 9—52 (200)	308 190—414 (146)	61 43—89 (136)	31 12—57 (172)
106 70—143 (100)	20 15—29 (100)	169 111—233 (100)	32 23—48 (100)	10 0—18 (100)	211 145—329 (100)	45 28—58 (100)	18 6—29 (100)

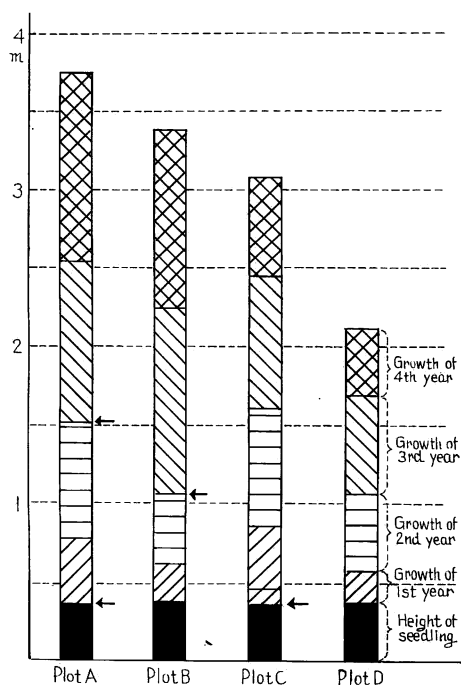
プロット C Plot C.....1961年 3 月施肥。Fertilized in Mar., 1961.

プロット D Plot D.....無施肥。Unfertilized.

カッコ内の数字は肥効指数, 施肥/無施肥。Figures in parentheses are fertilizer efficiency indexes, fertilized/unfertilized %.

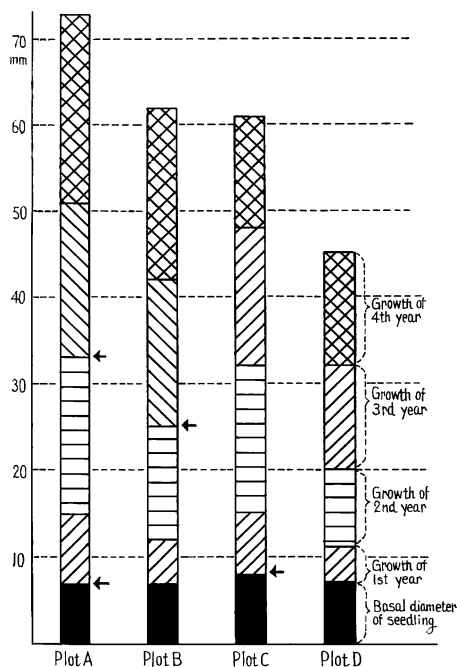
および根元直径成長
diameter growth of *C. japonica*.

年 year	4 年 4th year			4 年間の成長合計 Total growth during 4 years	
根元直径 Basal diameter	樹 高 Height	根元直径 Basal diameter	胸高直径 Diameter at breast	樹 高 Height	根元直径 Basal diameter
18 2—35 (150)	120 81—160 (286)	22 10—35 (170)	19 8—34 (238)	338 237—401 (194)	66 38—92 (173)
17 7—29 (141)	114 54—154 (271)	20 11—30 (154)	17 5—28 (213)	300 160—373 (173)	55 29—71 (144)
16 4—28 (133)	64 23—136 (152)	13 7—24 (100)	11 3—21 (137)	272 154—371 (156)	53 36—80 (139)
12 5—23 (100)	42 12—96 (100)	13 5—23 (100)	8 3—16 (100)	174 108—392 (100)	38 23—51 (100)



第 2 図 スギの樹高成長

Fig. 2 Height growth of *C. japonica*.
Remark: arrow shows the fertilization.



第 3 図 スギの根元直径成長

Fig. 3 Basal diameter growth of *C. japonica*.
Remark: arrow shows the fertilization.

に、湿性ポドゾルでは一般に下層土は理学的性質が不良である。樹齢の増大と成長にともなう、根系がしだいに下層土に伸長するにつれて、その発達が阻害され、これがスギの成長を阻害する有力な因子となる可能性が考えられる。化学的性質から推定される湿性ポドゾルにおける養分面の不足は施肥によって補うとしても、この両者がどのようにスギの成長に影響をおよぼすかは今後の経過を待って判定したい。

スギ幼齢林における施肥試験は今までに多くの試験研究および肥培事例調査が行なわれているが、施肥量、肥料の種類、施肥方法、立地条件、品種系統、実生苗およびサシキ苗等の相違によって、施肥効果はかなりの相違がみられる。また、肥効を論ずる場合にも、肥効指数（施肥区の成長量／無肥区の成長量、%）だけを尺度とするか、または、肥効指数とともに成長量の増加もあわせて論議するかによって、肥効の評価もそれぞれの立場によってかなりの相違がみられる。

今までの試験結果のなかで施肥後数年間を経たものおよび事例調査の結果（1）～（8）10）～17）19）～37）39）～43）56）を総合すると、表系のスギと裏系のスギでは肥効指数では明らかな相違を認め難いが、幼齢時の成長のおそい裏系のスギでは、成長量の増加は表系のスギに比べるといちじるしくおとり、また、サシキ苗も実生苗に比べると同様に肥効指数では相違は明らかではないが、成長量の増加はいちじるしくおとるように思われる。

今回供試したスギは品種は明らかではないが、産地からみて表系のスギと考えられる。上述のように、今後の成長経過にお問題点が残されているが、今までの結果は肥効指数および成長量の増加はいずれも

満足すべきものといえよう。

今までの多くの試験および調査例からは、スギ幼齢林に対する施肥効果は一般に肥効指数の面では初年度がもっとも大きく、年数の経過とともに低下する傾向が認められる場合がきわめて多い。肥効の持続期間は基肥として施した場合、B_B, B_C 型土壤のように乾性型土壤では 1~6 年*, B_D(d), B_D, B_Id 型土壤のような適潤性土壤では 1~5 年* にわたってかなりの幅がみられる。前者については資料が少なく十分な傾向を求め難いが、後者では 2~3 年程度の場合がもっとも多い。佐藤ら²⁷⁾⁵²⁾は東北地方では肥沃な土壤では肥効指数が小さく、持続期間も施肥当年のみであるが、やせた土壤ほど肥効指数が大きく、持続期間が長いという。安藤および小島¹⁰⁾は山梨県下で肥効指数は B_C 型土壤が B_D 型土壤にまさる例を、吉次¹⁷⁾は鳥取県下で肥効指数は B_D(d) 型土壤が B_D 型土壤より大きい例を報告している。これに対して桑原⁴⁷⁾は広島県下の例では B_D(d)型土壤は B_B 型土壤より肥効指数、成長量の増加が大きく、また、持続期間も長いという。

今回の筆者らの結果では、Plot C（植栽時施肥区）は年次をおって肥効指数は順次低下を示したが、4 年後もかなりの肥効が認められた。

施肥量については、複合肥料を用いた試験例が多いが、上述の各地の結果を総合すると、基肥として施肥した場合に、施肥量を 2~3 倍に増加しても 10~20% 程度ないしさらにこれを下回る上長および肥大成長の増加にとどまって、けんちょな肥効を認め難い場合が多い。また、全量を基肥とした場合に比べて、一部を基肥とし、2~3 回の追肥によって同量を分施した場合も、同様にけんちょな肥効を認め難い場合が多い。

しかしながら、基肥を同じくして、さらに追肥によって施肥量が増大している場合には、試験例は少ないが追肥の回数および量に応じて相当な肥効が認められる。

今回の筆者らの結果では、3 年目の追肥ないし施肥による成長量の増加および肥効指数の増大は、きわめてけんちょであった。造林木は植栽後数年間は、年を追って根系の発達にともなってしだいに成長量が増大する傾向を示す場合が多いように思われる。今回の結果では、Plot A（1, 3 年目施肥区）および B（3 年目施肥区）における 3 年目の施肥は N, P, K の量は植栽時の約倍量であったが、4 年間の全成長量はそれぞれ Plot C（植栽時施肥区）を上回る結果を示した。3 年目施肥がどの程度の肥効を持続するかは今後の経過を待たなければ判明しないが、施肥体系としては植栽時施肥および追肥の併用が理想的であるとしても、実用的には施肥回数の制限を受けるとすれば、植栽時施肥よりも 1~2 年後施肥の方が、施肥量は多くしなければならないにしても、実的にみて効果的ではないかと考えられる。

V. ヒノキの成長におよぼす施肥の影響〔結果および考察(2)〕

V-1. 成長経過および結果

前述〔IV-1〕の 1961 年春の寒害による被害はヒノキについては全く認められなかった。この点は、このような被害に対する抵抗力はヒノキはスギよりも大きいことを示すものといえよう。また、全試験期間を通じてとくに異常な被害は認められなかった。

各側定時期におけるヒノキの成長は第 6~7 表、第 4~5 図に示すとおりである。

* その他肥効の全く認められない場合もある。

第6表 ヒノキの毎年の

Table 6. Annual height and basal

プロット Plot	立 木 本 数 Nos. of stand			1961年3月 Mar., 1961		1961年 Nov.,
	植 栽 Planted	枯死および 事故 Dead and injured	測 定 Measured	樹 高 Height	根 元 直 径 Basal diameter	樹 高 Height
A	47	4	43	$\frac{37}{30-43}$ (97)	$\frac{6}{4-8}$ (100)	$\frac{52}{43-75}$ (106)
B	49	5	44	$\frac{37}{31-46}$ (97)	$\frac{6}{4-7}$ (100)	$\frac{47}{37-58}$ (96)
C	48	17	31	$\frac{38}{30-43}$ (100)	$\frac{6}{5-9}$ (100)	$\frac{58}{37-79}$ (118)
D	47	8	39	$\frac{38}{30-46}$ (100)	$\frac{6}{4-7}$ (100)	$\frac{49}{37-66}$ (100)

備考は第4表と同じ。Remarks are same as Table 4.

第7表 ヒノキの毎年の上長および

Table 7. Annual height and basal diameter growth

プロット Plot	1961年11月 Nov., 1961		1965年4月 Apr., 1963		1963年4月 Apr., 1964	
	樹 高 Height	根元直径 Basal diameter	樹 高 Height	根 元 直 径 Basal diameter	樹 高 Height	根 元 直 径 Basal diameter
A	$\frac{15}{7-42}$ (136)	$\frac{3}{1-7}$ (150)	$\frac{40}{17-67}$ (174)	$\frac{8}{1-15}$ (200)	$\frac{45}{24-67}$ (128)	$\frac{8}{3-19}$ (114)
B	$\frac{10}{4-19}$ (91)	$\frac{2}{1-6}$ (100)	$\frac{34}{10-58}$ (134)	$\frac{7}{2-12}$ (175)	$\frac{44}{20-74}$ (126)	$\frac{8}{1-19}$ (114)
C	$\frac{20}{5-39}$ (182)	$\frac{4}{1-6}$ (200)	$\frac{43}{27-62}$ (187)	$\frac{8}{2-15}$ (200)	$\frac{49}{29-69}$ (140)	$\frac{9}{4-22}$ (129)
D	$\frac{11}{3-26}$ (100)	$\frac{2}{1-5}$ (100)	$\frac{23}{2-49}$ (100)	$\frac{4}{1-10}$ (100)	$\frac{35}{10-62}$ (100)	$\frac{7}{1-14}$ (100)

備考は第4表と同じ。Remarks are same as Table 4.

V-2. ヒノキに対する肥効

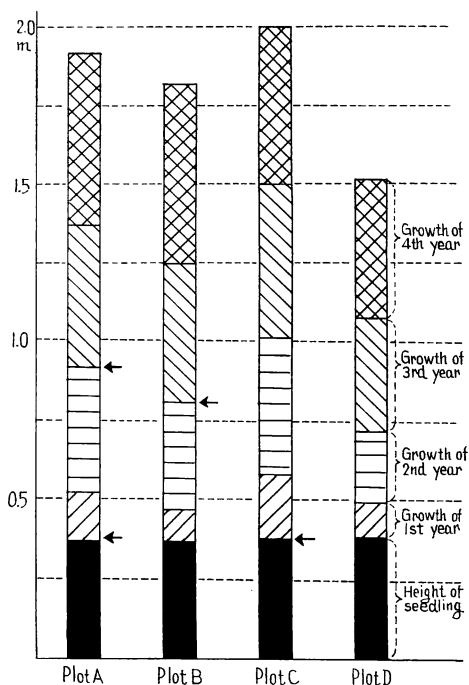
ヒノキの成長におよぼす施肥の影響は、植栽時の施肥はPlot A(植栽時・3年目施肥区)およびPlot C(植栽時施肥区)の1~2年間の成長量および肥効指数に見られるように明りょうな肥効が認められた

樹 高 と 根 元 直 径
diameter of *C. obtusa*.

11月 1961	1963年 4 月 Apr., 1963		1964年 4 月 Apr., 1964		1965年 3 月 Mar., 1965	
根元直径 Basal diameter	樹 高 Height	根元直径 Basal diameter	樹 高 Height	根元直径 Basal diameter	樹 高 Height	根元直径 Basal diameter
9 8—13 (112)	92 66—126 (128)	17 9—24 (124)	137 100—178 (128)	25 13—41 (132)	192 157—223 (127)	35 80—60 (140)
8 6—11 (100)	81 51—109 (113)	15 8—21 (125)	125 77—183 (117)	23 12—37 (121)	182 130—255 (121)	32 18—51 (128)
10 8—12 (125)	101 74—141 (140)	18 12—24 (150)	150 123—198 (140)	27 20—39 (142)	200 158—239 (132)	34 25—47 (136)
8 6—10 (100)	72 49—94 (100)	12 8—17 (100)	107 65—146 (100)	19 11—29 (100)	151 87—200 (100)	25 13—38 (100)

根 元 直 径 成 長
of *C. obtusa*.

1965年 3 月 Mar., 1965		4 年間の成長合計 Total growth for 4 years	
樹 高 Height	根元直径 Basal diameter	樹 高 Height	根元直径 Basal growth
55 32—81 (125)	10 4—19 (167)	155 122—217 (137)	29 13—55 (152)
57 32—82 (130)	9 2—16 (150)	145 93—216 (128)	26 13—46 (136)
50 24—74 (114)	7 3—12 (117)	162 117—201 (143)	28 16—36 (147)
44 16—65 (100)	6 2—13 (100)	113 47—166 (100)	19 9—33 (100)

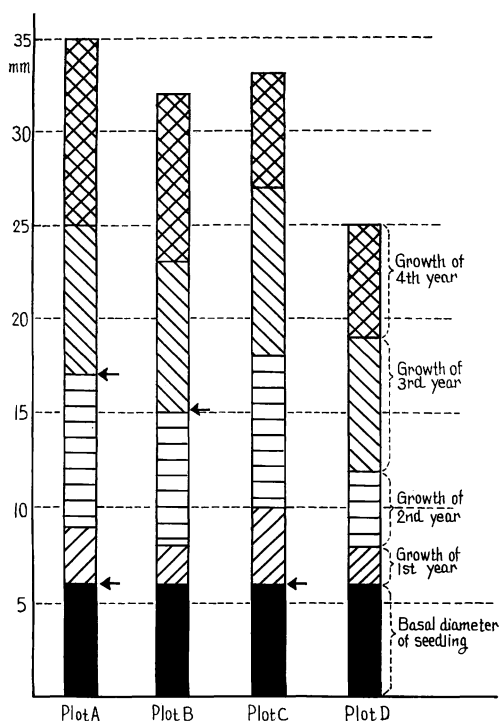


第 4 図 ヒノキの樹高成長

Fig. 4 Height growth of *C. obtusa*.

Remark: arrow shows the fertilization.

が、3年目の施肥ないし追肥の効果は、Plot A および Plot B (3年目施肥区) の3～4年の成長および肥効指数にみられるように、肥効は明らかではなかつ



第 5 図 ヒノキの根元直径成長
Fig. 5 Basal diameter growth of *C. obtusa*.
Remark: Arrow shows the fertilization.

た。Plot A の 3～4 年度における肥効指数は 1～2 年度に比べるといちじるしく低く、また、Plot B の 3～4 年度における肥効指数も Plot A と同程度であって、いずれもとくに高い値ではなかった。さらに、Plot A および B の第 3 年度の成長は Plot C の成長を下回り、第 4 年度は Plot C の成長をわずかに上回ったにすぎなかった。これらの点は、同じ Plot におけるスギが 3 年目の追肥ないし施肥によっていちじるしい成長量および肥効指数の増加を示したのに対して、大きな相違が認められた。

4 年間の全上長および肥大成長量は Plot D (無施肥区) に比べると、Plot A は 42 cm [37% (無施肥区全成長量に対する%, 以下同じ)], 10 mm (52%), Plot B は 32 cm (28%), 7 mm (36%), Plot C は 49 cm (43%), 9 mm (47%) の増大を示したにとどまった。

今までに行なわれたヒノキ幼齢林に対する施肥試験および肥培事例調査の結果では、肥効はスギの場合と同様に方法および条件の相違によってか

なりの差異がみられる。これらの結果^{5)・7)9)・11)14)15)18)・20)25)28)29)38)}を総合すると、全般的に表系のスギに比べると、成長のおそいヒノキの場合には成長量の増加の少ないのは当然であろうが、肥効指数でもスギに比べると小さい場合が多いように思われる。

また、肥効の年度別の変化、施肥量ないし施肥回数と肥効の関係、肥効の持続期間等について及川²⁴⁾は肥効の認められる場合スギは漸減型であるがヒノキは持続型であるというが、全般的には上述のスギの場合とほぼ同様の傾向が認められる場合が多いように思われる。

今回の試験結果では、ヒノキに対する肥効はスギに比べるとかなり低かった。同じ Plot 内に植栽、施肥した場合にヒノキの肥効指数がスギより劣ることを安藤・小島¹⁰⁾が指摘しているが、筆者らの結果も同様であった。

さらに、3 年目の施肥ないし追肥は、以下に述べるように、葉分析の結果では針葉の養分濃度に影響をあたえていたにもかかわらず、成長量には反映していなかったことは、今後の研究課題として残された問題であろう。

VI. スギおよびヒノキの葉分析による栄養診断

[結果および考察 (3)]

VI-1. スギ針葉の養分含有率および含有率比

スギの葉分析の結果は第 8 表に示すとおりである。

第8表 スギの針葉の組成

Table 8. Composition of *C. japonica* needle.

乾物あたり On dry basis

プロット Plot	C %	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	C/N	N/P	N/K	N/Ca	K/P
1963年 4 月 Apr., 1963											
A	53.7	1.46	0.12	1.08	0.48	0.13	36.8	12.2	1.4	3.0	9.0
B	52.3	1.46	0.11	1.04	0.46	0.16	35.8	13.3	1.5	3.2	9.5
C	53.1	1.59	0.14	1.10	0.59	0.13	33.4	11.4	1.4	2.7	7.9
D	53.2	1.35	0.11	0.93	0.58	0.15	39.4	12.3	1.5	2.3	8.5
1964年 4 月 Apr., 1964											
A	55.7	1.46	0.20	1.71	0.52	0.16	38.2	7.3	0.9	2.8	8.5
B	55.6	1.44	0.20	1.49	0.50	0.18	38.6	7.2	1.0	2.9	7.5
C	55.6	1.22	0.17	1.22	0.72	0.17	45.6	7.2	1.0	1.7	7.2
D	54.0	1.09	0.13	0.98	0.73	0.17	49.5	8.4	1.1	1.5	7.5
1965年 3 月 Mar., 1965											
A	49.3	1.26	0.17	1.53	0.48	0.25	39.1	7.4	0.8	2.6	9.0
B	51.5	1.20	0.17	1.35	0.54	0.27	42.9	7.1	0.9	2.2	8.0
C	52.9	1.20	0.14	0.98	0.80	0.24	44.1	8.6	1.2	1.5	7.0
D	52.4	1.15	0.12	0.84	0.72	0.29	45.6	9.6	1.4	1.6	7.0

備考は第4表と同じ。Remarks are same as Table 4.

これらの結果は、以下に述べるように多少の例外も認められるが、全般的には施肥によって成長量が増大するのにともなう、頂枝の針葉の中の N, P, K 含有率の全部、または大部分（一部は同程度）の増大が認められた。これらの点は施肥区と無施肥区、すなわち、2年度の Plot A および C と Plot B および D、3～4年度の Plot A, B および C と Plot D の比較によって明らかであろう。さらに、3年度における Plot A および B と Plot C の相違は3年度の施肥の影響を明らかに示しているといえよう。また、植栽時無施肥の Plot B および D を比較すると、成長のややまさる Plot B は Plot D より N, K 含有率が高かったことは、成長量と針葉の養分含有率について同様の傾向を示しているように思われる。

しかしながら、第2年度の Plot A および C の N, P 含有率、Plot A および B における第3年度の K 含有率および4年度における N, K 含有率がかなりの相違を示していたにもかかわらず、成長量はわずかな相違しか示さなかったことに多少の例外が認められた。

針葉の Ca および Mg 含有率と施肥および成長の関係については、上述の N, P, K の場合と同様に比較検討を行なったが、これらの含有率と施肥および成長の関係は各年度ごとにかかなりの相違がみられ、一定の傾向を求めることは困難であった。

養分の含有率比については、各年度とも各 Plot 間の相違の幅は小さかったが、全般的に各年度別に比べると施肥による成長量の増大にともなう C/N, N/P, N/K 比が減少を示している場合がきわめて多かった。また、N/Ca, K/P 比については増大する場合もしばしばみられたが、例外も多く全般的には一定の傾向を見いだすことは困難であった。

今までの針葉の養分濃度と施肥および成長との関係については、かなり多くの報告があるが、これらは主として肥培事例調査において養分吸収量の比較を主目的として行なわれたものが大部分を占めている。

肥培事例調査の結果では、針葉中の N, P, K, Ca および Mg 濃度について、竹下ら³⁴⁾は施肥木は無肥木に比べて P, Ca 濃度が大きく、Mg 濃度は低いが、N, K 濃度は一定の傾向を認めないという。これに対して、高橋⁴¹⁾はこれらの各養分の濃度について、いずれも一定の傾向を認め難いとしている。

針葉中の N, P, K 濃度について、塘⁴⁴⁾は施肥木は無肥木に比べて P 濃度は大きい³⁾、N, K 濃度は小さいという。吉次⁴⁵⁾の結果では N 濃度は大きい³⁾、P, K 濃度は低く、中島ら⁴³⁾は N 濃度は低い³⁾、P, K 濃度は高いという。また、東内ら³⁶⁾は K 濃度は高い³⁾、N, P 濃度は一定の傾向を認めないとしている。さらに、近藤ら³¹⁾、松尾ら⁴²⁾は N, P, K 濃度はいずれも一定の傾向を認めていない。

針葉中の N 濃度については、桑原³⁷⁾、中崎ら³⁹⁾、野村ら³²⁾は施肥木は無肥木より N 濃度が高いか、ないしは高い場合が多い³⁾というが、杉山ら³³⁾、清水ら⁴⁰⁾は一定の傾向を認めていない。

施肥試験における調査では、佐藤ら²⁷⁾は施肥 1 年後の例では施肥木は無肥木より N, K 濃度は高い³⁾、P 濃度は相違がみられず、また、施肥後 4～5 年経過した場合は N, P, K 濃度には施肥の影響を認められないという。また、石川ら²⁸⁾は施肥木と無肥木の N および灰分濃度の相違は一定の傾向を認められないとしている。

以上のように、今までの結果は針葉の養分濃度と施肥および成長との関係について、一定の傾向を認めることはできない。同時に、上述の筆者らの結果ともかなりの相違がみられる。これらの原因は Sampling の相違によるものであろうか？ 一般に林木の葉の養分濃度は着生している場所によってかなりの相違がみられ、樹高成長と葉の養分濃度との関連性は頂枝の 1 年生葉においてもっともよく認められるとされている⁴⁴⁾⁴⁸⁾⁵⁷⁾。上述の研究は樹体の全吸収量を求めるために全針葉を分析対象としているので、このような Sampling の影響であらうか？ または、施肥後年数の経過とともに施肥の影響がうすれたため²⁷⁾であらうか？あるいは希釈作用によるものであろうか？これらの点の検討は今後の多くの研究結果にまたなければならないと思われる。

VI—2. ヒノキ針葉の養分含有率および含有率比

ヒノキの葉分析の結果は第 9 表に示すとおりである。

ヒノキの針葉の N, P, K 濃度は第 2 年度の N については明らかでなかったが、その他の場合はいずれも施肥によって増大が認められた。この点は第 2 年度における Plot A および C と Plot B および D の比較、第 3～4 年度における Plot A, B および C と Plot D の比較によって明らかであらう。さらに、第 3～4 年度における Plot A および B と Plot C の比較は第 3 年目の施肥の影響を明りょうに示しているといえよう。この場合に、K 濃度は第 3 年度は N, P 濃度ほど相違は明りょうではなかったが、第 4 年度において明らかになったことは、Plot C における初年度施肥の残効によるものではないかと思われる。

ヒノキ針葉の Ca 濃度は施肥によって減少を示す場合が多く、また、Mg 濃度は一定の傾向を見いだし難かった。Ca 濃度については第 2 年度は施肥との関係は明らかではなく、第 4 年度は Plot C および D については相違を認め難かったが、全般的には上述の N, P, K 濃度の場合と同様の比較を行なうことによって、上述の傾向は容易に認められよう。

これらの針葉の養分濃度と成長との関連性は、大まかにみれば無施肥区と施肥区との比較によって、施

第9表 ヒノキの針葉の組成

Table 9. Composition of *C. obtusa* needle.

乾物あたり On dry basis

Plot	C %	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	C/N	N/P	N/K	N/Ca	K/P
1963年4月 Apr., 1963											
A	55.0	1.38	0.12	0.70	0.61	0.12	39.9	11.5	2.0	2.3	5.8
B	53.3	1.38	0.10	0.67	0.68	0.12	38.6	13.8	2.1	2.0	6.7
C	53.4	1.30	0.11	0.73	0.67	0.12	41.1	11.8	1.8	1.8	6.6
D	53.3	1.26	0.087	0.68	0.66	0.13	42.3	14.5	1.9	1.9	7.8
1964年4月 Apr., 1964											
A	56.3	1.53	0.14	0.84	0.61	0.12	36.8	10.9	1.8	2.5	6.0
B	55.7	1.46	0.14	0.82	0.56	0.17	38.2	10.4	1.8	2.6	5.9
C	55.2	1.19	0.096	0.80	0.71	0.13	46.4	12.4	1.5	1.7	8.3
D	56.7	1.08	0.075	0.71	0.75	0.14	52.5	14.4	1.5	1.4	9.5
1965年3月 Mar., 1965											
A	53.8	1.49	0.19	1.03	0.66	0.17	36.1	7.8	1.4	2.3	5.4
B	53.1	1.29	0.17	1.07	0.63	0.17	41.2	7.6	1.2	2.0	6.3
C	52.7	1.21	0.13	0.98	0.82	0.19	43.6	9.3	1.2	1.5	7.5
D	53.5	1.19	0.11	0.79	0.80	0.18	45.0	10.8	1.5	1.5	7.2

備考は第4表と同じ。Remarks are same as Table 4.

肥にともなう N, P, K の濃度の増大と Ca 濃度の減少は、成長量の増大と関連性を示すといえるであろう。しかしながら、前述のように、3年目の施肥ないし追肥が針葉の養分濃度には明らかに影響を及ぼしていたが、成長量の増大には関連性を示さなかった点からは、上述の関係を一般的なものとして認めるには、なお問題点が残されているといえよう。

養分の含有率比については、各年度別に比べると前述のスギの場合と同様にいずれもとくにけんちよな変化の幅を示していなかったが、各年度いずれも施肥にともなって C/N, N/P, K/P 比の低下が認められた。しかしながら N/K, N/Ca 比については一定の傾向を見いだすことは困難であった。

今までのヒノキの針葉中の養分濃度と施肥ないし成長との関係についての報告は少ない。石川ら²⁸⁾はヒノキ幼齢林における施肥（植栽時）2年後の針葉の N, 灰分濃度は施肥および成長との間にいちじるしい相違はみられず、また、一定の傾向も認め難いという。これに対して芝本ら⁵⁴⁾は 50 年生の壮齢林において、無肥林では上壤条件の相違にともなって、頂枝の針葉の N, P 濃度は樹高成長の増大に関連して漸増し、Ca, Si 濃度は減少するが、K, Mg 濃度は一定の傾向性を認め難いとしている。また、同氏らはこれらの林分は施肥した場合、1年後の頂枝の針葉の N, P, K 濃度の増大、とくに N 濃度は P 濃度に比べてけんちよに増大することを報告している。

芝本らの結果は樹齢は異なるが、施肥の針葉の養分濃度におよぼす影響は筆者らの場合と同様の傾向を示すといえよう。しかしながら、これらの問題については調査例が少ないために、一般的な傾向を見いだすためには今後の資料の集積を必要とする。

VII. ま と め

1) この報告は和歌山県高野営林署管内高野山国有林の湿性ポドゾルにおけるスギ・ヒノキ幼齢林施肥試験の4年間の経過を報告したものである。

2) 施肥試験の内容は Plot A (植栽時・3年目施肥), Plot B (3年目施肥), Plot C (植栽時施肥) および Plot D (無肥) の4 Plot とし, 各 Plot にそれぞれスギおよびヒノキを列状に混植した。

3) スギおよびヒノキに対する肥効は次のとおりであった。

A) スギ

i) 植栽時施肥および3年目の追肥ないし施肥はスギの成長をいちじるしく増大せしめた。4年間の上長成長量および肥大成長量は $A > B > C > D$ の順であった。

ii) 施肥区は無肥区に比べて 164~98 cm (94~56%), 28~15 mm (73~39%) の成長量の増大をもたらした。

iii) 植栽時施肥の効果は年を追って低下したが, 4年後も認められた。

B) ヒノキ

i) ヒノキに対する肥効は, 成長量の増大および肥効指数はいずれもスギに比べると低かった。

ii) 上長成長は $C > A > B > D$, 肥大成長は $A > C > B > D$ の順で, 3年目の追肥ないし施肥は明りょうな効果を示さなかった。

iii) 4年間の全上長および肥大成長量は施肥区では無肥区に比べて 49~32 cm (43~28%), 10~7 mm (52~36%) の増大を示したに過ぎなかった。

iv) 植栽時施肥の効果は年を追って低下したが, 4年後も認められた。

4) 第2~4年度にわたって行なった葉分析の結果は次のとおりであった。

A) スギ

i) 全般的な傾向として, 施肥によって成長量が増大するにともなって, 多少の例外はあるが N, P, K 含有率の増大 (一部は同程度) が認められた。また Ca および Mg 含有率の施肥による増減については一定の傾向が認められなかった。

ii) 養分の含有率比については, 施肥による成長量の増大にともなって, C/N, N/P, N/K 比の減少が認められる場合がきわめて多かったが, N/Ca, K/P 比については一定の傾向を認めることは困難であった。

B) ヒノキ

i) 第2年度の N 含有率を除くと, 施肥にともなって針葉中の N, P, K 濃度の増大が認められた。また, Ca 濃度は施肥によって減少を示す場合が多かったが, Mg 濃度は一定の傾向が認められなかった。

ii) 養分の含有率比については, 施肥にともなって C/N, N/P, K/P 比の低下が認められたが, N/K, N/Ca 比は一定の傾向が認められなかった。

稿を終るにあたって, この試験の全般にわたって多大のご配慮をいただいた関西支場長徳本孝彦技官, 試験地の設定, 管理, 保育を援助していただいた高野営林署の関係各位, および試料の分析に協力して下さった河田明子さんに対して心からの感謝を捧げたい。

文 献
Literature cited.

(林地施肥試験)

- 1) 宮城県農試：林業に関する試験成績書，昭和34年度，pp. 90～96；昭和35年度，pp. 47～62；昭和36年度，pp. 30～43
 - 2) 松岡久文：福島県林試報，5，pp. 1～9，(1959)
 - 3) 近藤篤三郎：群馬県林試報，3 (昭和37，38年度)，pp. 33～47，(1963)
 - 4) 埼玉県林試：埼玉県林試業報，昭和33年度，pp. 15～18
 - 5) 市村鉄雄：同上，昭和34年度，pp. 20～26
 - 6) 野村静男・大橋弘毅・市村鉄雄：同上，昭和35年度，pp. 26～31
 - 7) 奥貫静男：同上，昭和37年度，pp. 38～40；同上，昭和38年度，pp. 35～37
 - 8) 榎本善夫：千葉県林指業報，pp. 24～31，(1958)
 - 9) 栗田善一・南谷武雄・七宮 清：神奈川県林指報，7 (昭和36年度)，pp. 1～4，(1961)
 - 10) 安藤愛次・小島俊郎：山梨県林試報，8，pp. 3～43，(1959)
 - 11) 岩間義男・鳥居和之：愛知県林試業報，pp. 42～58，(1964)
 - 12) 加藤義雄・石川 務：福井県林試報，1，pp. 37～39，(1963)；2，pp. 137～152，(1964)
 - 13) 浜野 実・迫間克己：和歌山県林試報，15，pp. 12～22，(1957)；16，pp. 54～63，(1959)；17，pp. 17～26，(1960)
 - 14) 兵庫県林試：兵庫県林業報，昭和30年度，pp. 57～63；昭和31年度，pp. 37～45；昭和32年度，pp. 45～55；昭和33年度，pp. 28～34；昭和34年度，pp. 39～51；昭和35年度，pp. 51～60；昭和36年度，pp. 40～48；昭和37年度，pp. 59～70
 - 15) 大林弘之介：同上昭和38年度，pp. 91～97
 - 16) 大森一男・益子謙一：鳥取県林試報，3，pp. 10～20，(1958)
 - 17) 吉次信策：同上，4，pp. 49～50，(1960)；5，pp. 61～66，(1962)；7，pp. 29～31，(1964)
 - 18) 岡山県林試：岡山県林試報，1 (昭和34年度)，pp. 101～120，(1961)；2 (昭和35，36年度)，pp. 90～103，(1962)
 - 19) 岸 善一・田中悦郎：広島県林試報，昭和31年度，pp. 51～57；昭和32年度，pp. 95～101
 - 20) 桑原武男：同上，昭和34年度，pp. 69～79；昭和35年度，pp. 31～48；昭和36年度，pp. 58～64；昭和37年度，pp. 31～36
 - 21) 中崎哲二：山口県林試業報，昭和33～35年度，pp. 123～130，(1962)
 - 22) 清水 敬：愛媛県林試業報，昭和35～37年度，pp. 79～81，(1964)
 - 23) ————：同上，pp. 82～84，(1964)
 - 24) 及川安寿：大分県林試業報，昭和35年，pp. 76～102
 - 25) 及川安寿・飯田達雄・日隈正己・金田文夫：同上，昭和38年，pp. 39～60
 - 26) 中島精之：鹿児島県林試報，9，pp. 82～88，(1961)
 - 27) 佐藤 俊・山谷孝一・長谷川浩一・後藤和秋・西村豊昭・柳谷清子：林試研報，167，pp. 93～190，(1964)
 - 28) 石川達彦・岩村通正・可児義朗：71回日林講集，pp. 195～198，(1961)
 - 29) 石川達彦・岩村通正・園山裕史：72回日林講集，pp. 179～182，(1962)
- (肥培事例調査)
- 30) 秋田県林試：秋田県林試報，昭和36年度，pp. 84～121，(1961)
 - 31) 近藤篤三郎・岩田香二：群馬県林試報，昭和36年，pp. 19～35，(1961)
 - 32) 野村静男・奥貫春夫・井野 宏：埼玉県林試業報，昭和36年度，pp. 43～107
 - 33) 杉山元保：愛知県林試業報，pp. 66～98，(1964)

- 34) 竹下純一郎・東 基：岐阜県林試報，9，pp. 23～28，(1965)
- 35) 吉次信策：鳥取県の林地肥培の現状とその効果について，鳥取県林試資料，11，pp. 1～32，(1964)
- 36) 東内嘉美・寺坂富貴雄・横尾一行：岡山県林試報，3 (昭和37年度)，pp. 21～32，(1963)
- 37) 桑原武男：広島県林試報，昭和36年度，pp. 65～80，(1962)
- 38) ————：同上，昭和37年度，pp. 37～49，(1963)
- 39) 中崎哲二・西本哲明：山口県林試業報 (昭和36年度)，pp. 52～82，(1962)
- 40) 清水 敬・久米卓一・大石弥智代：林地肥培効果測定調査報告書，愛媛県林指，(1961)
- 41) 高橋重敏：高知県林指業報 (昭和38年度)，pp. 96～120，(1964)
- 42) 松尾俊彦・西村五月：長崎県総合農林センター報 (林業)，1，pp. 1～33，(1965)
- 43) 中島精之・山内幸平・牧野内文夫：鹿児島県林試報，10，pp. 129～152，(1952)
- (その他)
- 44) 原田 洗・後藤和秋：75回日林講集，pp. 273～275，(1965)
- 45) 河田 弘：林野土調報，8，pp. 67～80，(1957)
- 46) ————：林試研報，162，pp. 143～162，(1964)
- 47) 桑原武男：75回日林講集，pp. 124～126，(1965)
- 48) LEYTON, L. : The physiology of forest trees (edited by K. V. THIMANN), New York. 323～345, (1957)
- 49) 真下育久：林野土調報，11，pp. 1～182，(1960)
- 50) ————：森林立地，3 (1)，pp. 32～34，(1961)
- 51) PIPER, C. S. : Soil and plant analysis, New York, (1950)
- 52) 佐藤 俊・後藤和秋・長谷川孝一：74回日林講集，pp. 132～134，(1964)
- 53) SNELL, F. D. and C. T. SNELL : Colorimetric method of analysis, II, New York.
- 54) 芝本武夫・田島俊夫：日林誌，43，pp. 55～61，(1961)
- 55) 竹下純一郎・東 基：岐阜県林試報，7，pp. 80～83，(1962)
- 56) 塘 隆男：林試研報，137，pp. 1～158，(1962)
- 57) WHITE, D. P. : Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 18, pp. 326～330, (1954)

A Study on Fertilization of Young Mixed Forest of *Cryptomeria japonica* and *Chamaecyparis obtusa* in Mt. Kôya National Forest.

(Studies on forest fertilization in Kansai area. Part 1)

Hiroshi KAWADA and Tadashi KINUGASA

(Résumé)

1. Introduction

In recent times, as one of the important technics for increasing forest productivity, fertilization on forest stands has attracted the foresters' interest and attention. Numerous works on fertilizer trial and investigation of the fertilizer efficiency have been done by many authors, and their results have revealed the fact that widely different fertilization efficiencies were often observed on the same forest stand species under the same type of soil. They would be induced by the differences of the site conditions, chemical and physical properties of soil, fertilization technic, qualities of seedling planted, etc. Such information suggests that many pending questions have remained for introducing the fertilization to practical use in forest management.

This paper deals with the intermediate results of the fertilizer trials during the 4 years after planting on a young mixed forest of *Cryptomeria japonica* (Sugi) and *Chamaecyparis obtusa* (Hinoki) on podzolized soil, the poor productive soil, in Mt. Kôya National Forest and their nutrient diagnoses of the stands by needle analyses.

2. Test forest and method.

2-1. Test forest.

The test forest is located on the middle of the short mountain slope near the top of Mt. Koya forming the peneplain. It was a felled area of a mixed forest of naturally grown aged *C. obtusa* and *Sciadopitys verticillata* (Koyamaki).

Its site conditions were as follows:

Height above sea level.....800 m, Direction.....S 70°E (Plot A and B) and E (Plot C and D), Inclination.....30°, Parent material of soil.....sandstone and clayslate, palaeozoic, Annual average temperature.....10.5°C, Annual precipitation.....2000 mm.

Its type of soil belongs to Pw(h)II-III [intermediate type between wet slightly podzolized soil and wet podzolized soil (humus type)].

Four plots, A, B, C and D, were settled and the seedlings of 2-year-old *C. japonica* and 3-year-old *C. obtusa* were planted in alternate lines in each plot in the middle of March, 1961.

2-2. Fertilization.

The design of the fertilization was as follows:

Plot A.....Fertilized at the planting and the beginning of the 3rd year.

Plot B.....Fertilized at the beginning of the 3rd year.

Plot C.....Fertilized at the planting.

Plot D.....Unfertilized.

At the planting, in the middle of March, 1961, 12 particles of solid fertilizer (each particle is 15 g, N.....6%, P_2O_54%, K_2O3%) per one seedling and at the beginning of the 3rd year, early in April, 1963, 100 g of mixed fertilizer (N.....24%, P_2O_516%, K_2O11%) were given per one stand.

2-3. Analytical method.

The analytical methods of soil and needle were as follows:

Carbon was determined by the chromic acid titration and nitrogen by KJELDAHL's methods. Exchangeable CaO and MgO were extracted by 2.5 part of KCl solution shaken for 1 hour. Available P_2O_5 and K_2O were extracted by 0.2 N HCl. The mineral elements in the needle were determined after wet ashing by $HClO_4$ - H_2SO_4 - HNO_3 . P_2O_5 was determined by the molybdenblue method (1-2-4 aminonaphtol sulfonic acid in $HClO_4$ acidic solution), colorimetrically. Ca and Mg were determined by versenate method after removing MnO by NH_4 -sulfide. K_2O was determined by flame photometer.

The needles analysed were picked from the uppermost shoot of the measured stands.

3. Soil

The physical and chemical properties, and textures of the test forest soils were shown in Table 1~3 and Fig. 1.

The soils were clayey. Their horizons below B or B_1 were very compact. Their physical properties were inferior as shown by their little water percolation rates.

The fact that the H layers of both profiles were very acidic but abundant in exchangeable

CaO and MgO contents, and available P_2O_5 and K_2O is worthy of notice. Their mineral horizons were acidic, and very poor in exchangeable CaO and MgO and available P_2O_5 contents, and little in available K_2O contents.

4. The growth of *C. japonica* and the fertilization efficiencies.

The growing processes of young *C. japonica* during the 4 years after planting were shown in Table 4 and 5, and Fig. 2 and 3.

The fact that the growth of the main species of the conifers planted on the podzolized soils is usually poor is well known among the foresters by the results of the forest soil survey. The low nutrient concentrations and the inferior physical properties of the podzolized soils check the growth of the stands.

The growth of the young *C. japonica* in unfertilized plot in this test forest was inferior as presupposed before the beginning of this test. However, the fertilizations at the planting stage and the beginning of the 3rd year, especially the latter, stimulated the growth remarkably. The increments of the height and basal diameter of the stands in the fertilized plots in comparison with the unfertilized one during the 4 years after planting were distinguished as can be seen in the following table.

Plot	Height (cm)	Basal diameter (mm)
A	164 (94%)	28 (73%)
B	126 (72%)	17 (40%)
C	98 (56%)	15 (39%)

(Remark: Figure in parenthesis is the percentage on the unfertilized plot.)

The growth of *C. japonica* in fertilized plots was equivalent to the level of the one planted on the soil of very excellent or superior conditions. These results seemed to permit a hopeful forecast in some measure for afforestation of *C. japonica* on the podzolized soil. However, successive investigations would be required before coming to a definite conclusion on the practical *C. japonica* afforestation with fertilization. The probability of the development of the root system check by the very compact and humid soil (probably over-humid) as it grew on downwards could not be overlooked. Although the nutrient deficiencies for the stands of the soil would be supplemented by the fertilization, the abovementioned checking effects of the inferior soil's physical properties on the growth of the stands are unpresupposeable.

5. The growth of *C. obtusa* and fertilization efficiencies.

The growing processes of young *C. obtusa* during 4 years after planting were shown in Table 6 and 7, and Fig. 4 and 5.

The efficiencies of the fertilization on the height and basal diameter increments and the fertilization efficiency indexes of the young *C. obtusa* were less than those of the abovementioned *C. japonica*. The fertilization at the planting stimulated the growth during the 1st and 2nd years but the efficiencies of it at the beginning of the 3rd year were obscure.

The fertilization efficiencies of Plot A during the 3rd and 4th years were less than those during the 1st and 2nd years. Efficiencies of the Plot A and B during the 3rd and 4th years were nearly the same and were not distinguished. The growth on Plot A and B was less than that on Plot C in the 3rd year, and the growth on the former exceeded slightly that on the

latter in the 4th year.

The increments of the height and basal diameter of the stands in the fertilized plots in comparison with those in the unfertilized plot were shown in the following table.

Plot	Height (cm)	Diameter (mm)
A	42 (37%)	10 (52%)
B	32 (28%)	7 (36%)
C	49 (43%)	9 (47%)

(Remark: Figure in parenthesis is the percentage on the unfertilized plot)

Fertilization at the beginning of the 3rd year did not reflect on the growth of *C. obtusa*; nevertheless, it had its effect on the nutrient conditions of them as shown by the increments of the nutrient concentrations of the needle which were incompressive. These facts remain as very interesting questions for future investigation.

6. The nutrient diagnosis of *C. japonica* by the needle analysis.

The nutrient concentrations and their ratios of *C. japonica* needle during the 2nd~4th years were shown in Table 8.

The increments of N, P and K concentrations or most of them of the needle attended by the fertilization and the increments of growth were clearly recognized with but few exceptions at the annual comparisons of the fertilized and unfertilized plots. Furthermore, the differences of these nutrient concentrations and the growth among the fertilized plots, Plot A, B and C during the 3rd and 4th years clearly suggested the effects of the fertilization at the beginning of the 3rd year. However, comparing the Plot A and C in the 2nd year, Plot A and B during the 3rd and 4th years, the slight differences of the growth and the fair-sized one of a part of the concentrations among N, P and K were a few exceptions to the abovementioned correlations.

On the Ca and Mg concentrations, no clear correlations were observed with the fertilization and the increments of growth.

On the annual nutrient ratios, each of them showed no distinguished differences among the plots. However, the C/N, N/P and N/K ratios decreased to some extent by fertilization. The decreases of these ratios related to the increments of the growth. But no clear correlation was observed among the N/Ca and K/P ratios, fertilization and the increments growth.

7. The nutrient diagnosis of *C. obtusa* by needle analysis.

The nutrient concentrations and their ratios of *C. obtusa* needle during the 2nd~4th year were shown in Table 9.

The increments of N, P and K concentrations of the needle attended with fertilization were clearly recognized except in the case of the N concentration of the 2nd year when the annual comparisons of the fertilized and unfertilized plots were made. The differences among Plot A, B and C in the 3rd and 4th years clearly showed the efficiencies of the fertilization at the beginning of the 3rd year.

The decreases of the Ca concentration by fertilization were recognized in many instances. However, on the Mg concentrations, the author had difficulty in finding a definite tendency on the correlation with the fertilization.

Taking a broad view of the correlation between the nutrient concentrations and the growth of stands, the increments of the N, P and K concentrations and the decrease of Ca concentration correlated to the increments of growth. Despite the abovementioned fact that the fertilization at the beginning of the 3rd year unaffected the growth, it nevertheless reflected on the nutrient concentrations, which remains as a fairly significant question for future probing if we are to accept the abovementioned tendency as a general one.

On the annual nutrient ratios, each of them showed no remarkable difference among the plots, as the aforementioned one of the *C. japonica*. The C/N, N/P and K/P ratios decreased in some measure by the fertilization. However, the effects of the fertilization on N/K and N/Ca were obscure.

9. Acknowledgement.

The authors wish to express their gratitude to Mr. T. TOKUMOTO, Director of Kansai Branch of this Experiment Station for his encouragement and Mrs. A. KAWADA for her cooperation in carrying out the analytical work.