

# 成 木 施 肥 試 験

## カラムツ成木の施肥効果について

中 村 基・竹下純一郎\*

### I まえがき

林地肥培技術は、現在は殆んど実用化の段階に入った。その研究の歴史として当初は植栽木施肥が殆んどであった。その後、1959年頃施肥による投資期間を短かくすると云う発想のもとに諸外国でみられる成木林の施肥効果の検討が始められ、<sup>1)</sup>塘が体系的肥培論を提唱して林木の一生を通じた施肥が保育技術の一つとして定着した。

筆者らは<sup>2)</sup>成木林に関する試験として、1961年にスギ22年生林分に於いて成木施肥試験を着手し、その後、ヒノキについても試験をおこなった。<sup>3)</sup>また、1963年に<sup>4)</sup>国庫補助試験としてカラムツ成木林について試験を実施したが、この報告はカラムツ成木施肥試験結果をとりまとめたものである。なお、報告の一部は中部林学会に発表した。

この試験に対して終始御協力いただいた寒冷地林業試験場、山口清技師、および試験地を提供された青木優氏、平和林産KK、御援助された飛騨県事務所林務課に厚く御礼を申し上げる。

### II 試験の方法

#### 1. 試験地の概況

試験地は、岐阜県北部にあたる国府町字津江の12年生カラムツ林分と、宮川村小谷の31年生のカラムツ林分(写真-1および写真-2)に設定した。



写真-1. B林分

\* 林政部経営普及課



写真-2. C林分

概況は表-1のとおりである。

表-1. 試験地の概況

記号	樹種	場所	試験 開始年	開始時の 立木密度 本/ha	年平均 気温℃	年降水 量mm	海拔 m	方位	傾斜	土壌型
B	12年生 カラマツ	吉城郡国府町	1963.6	1,100	10.6	1,800	760	E	10°	B <sub>D</sub>
C	31年生 カラマツ	吉城郡宮川村	1963.6	700	8.0	1,800	900	N	20	B1 <sub>C-D</sub>

## 2. 試験期間

試験地の設定は1963年7月で、最終調査は1970年12月である。

## 3. 試験設計

この両試験地には、次の3処理を2回繰返しによって配列した。

B林分(12年生カラマツ)

B-N.P.K区(化成肥料区、面積1,200m<sup>2</sup>)

B-N区(チッ素単肥区、面積1,200m<sup>2</sup>)

B-U.F区(無施肥区、面積1,200m<sup>2</sup>)

C林分(31年生カラマツ)

C-N.P.K区(化成肥料区、面積1,350m<sup>2</sup>)

C-N区(チッ素単肥区、面積1,350m<sup>2</sup>)

C-U.F区(無施肥区、面積1,350m<sup>2</sup>)

施肥の内容を表-2に示した。B林分は試験開始前から落葉病が発生していたが、1965年に水銀ボルドー粉剤で消毒し、その後施肥の内容もリン酸、カリ成分の多用に変更した。

C林分は土壌が強酸性であったため、肥効が危ぶまれたので1965年に消石灰1,693kg/haを無施肥区以外のプロットに散布し酸度矯正を試みた。

## 4. 調査方法

測定方法は両林分とも毎木調査により、樹高(ブルーメライス)、直径(直径巻尺)を測定した。また、各区には直径階別に大、中、小の標準木を6本ずつ選定して、毎年各地上高階の直径、梢端部の長さを求めて伐倒によらない樹幹解析をおこなった。

表-2. 施肥設計

林分	試験区	施肥成分率%	ha 当りの施肥成分量 Kg/N : P : K							合計
			1963.7	1964.6	1965.5	1966.4	1967.4	1968.6	1969.6	
B	N:P:K 化成区	24:16:11 20:10:10	100:67:46	100:67:46	100:67:46	100:188:104	100:150:150	100:150:150	100:150:150	700:839:692
	N 尿素区	46:0:0	100	100	100	100	100	100	100	700:0:0
	U.F 対照区									
C	N:P:K 化成区	24:16:11 20:10:10	120:80:55	120:80:55	120:80:55	120:80:55	120:60:60	120:60:60	120:60:60	840:500:400
	N 尿素区	46:0:0	120	120	120	120	120	120	120	840:0:0
	U.F 対照区									

土壌調査は調査地点をきめて、分析用試料も常にここから採取するようにした。分析は国有林野土壌調査方法書に準じておこなった。また、葉分析はチッ素はケルダール法、リン酸はモリデン青法、カリは炎光分析法によった。

### III 試験結果

#### 1. 施肥が土壌におよぼす影響

両試験地の土壌断面の形態を表-3に示した。B林分は緩傾斜地で起伏がなく土壌は全体にしまっている。C林分は斜面中腹部で周辺にはシラカンバが点在する寒冷地帯であり、一帯は黒色土壌地帯で土壌条件のよい方に無施肥区を設定した。

両林分のAo層、理化学的性質について検討した。

##### 1) Ao層

##### (1) Ao層の堆積量

Ao層の堆積量を表-4に示した。B林分では、 $B-N.P.K > B-N > B-U.F$ と化成肥料区が最大であった。C林分については $C-N.P.K > C-N > C-U.F$ の順で、両試験地とも化成肥料区は落葉量の多かったことを示唆している。4大学合同調査の報告では18年生から48年生の林分の間では、ほとんど変化がなく乾重 $10 \sim 14 \text{ ton/ha}$ で、はは、 $13 \text{ ton/ha}$ 前後で動的平衡に達するものとみなされている。上記の資料では生重ではあるが、両林分を比較するとB林分の方が若干多いが、動的平衡状態にあると思われる。

##### (2) Ao層の栄養成分

C林分のAo層について、チッ素、リン、カリの分析結果を表-5に示した。

チッ素含有率は $N > N.P.K \approx U.F$ となり、チッ素単肥区の含有率が高い。リン含有率は $N.P.K > U.F \approx N$ となり、3要素施肥区が高くなっている。カリ含有率は処理の違いによる差が認められない。

##### 2) 土壌

##### (1) 土壌の化学的性質

両試験地の土壌の化学的性質について表-6に、開始時との変化を図-1に示した。両試験地とも酸性土壌地帯で土壌条件としては良いものではない。施肥の影響について検討すると、B林分では化成肥料を用いたB-N.P.K区は酸性化の傾向が強く、土壌中10~12cmまでにおよんでいる。炭素量は開始時にくらべて化成区での減少がめだっている。チッ素量は化成肥料区、チッ素単肥区とも増加しており、したがって $C/N$ 率が化成肥料区では小さくなっている。リンは化成肥

表-3. 土壌の断面形態

林分	プロット	土壌型	層位 cm	厚さ cm	推移状態	色	土性	構造	堅密度
B	N.P.K	BD	L.F.H	4	判明				
			A	24		7.5YR2/3	CL	cr ~ bk	軟
			A'	26		6.5YR2/1	C	bk	堅
			B	10+		10YR3/4	CL		堅
	N	BD	F	3	明 明	7.5YR2/3	L	cr	軟
			A	20		7.5YR2/1	CL		堅
			A'	30			CL		
			B	10+			CL		
	U.F	BD	LH	5	判明	7.5YR2/3	CL	cr	軟
			A	18		7.5YR2/2	CL		堅
			A'	20		10YR4/6	CL		軟
			B	15+			CL		
C	N.P.K	B1D	F	3	判明	10YR3/3	CL	Gr ~ bk	軟
			A	13		10YR2/2	CL	bk	堅
			A'	42		10YR5/6	CL		堅
			B	10+			CL		
	N	B1D	F	3	判明	10YR3/3	CL	Gr ~ bk	軟
			A	20		10YR2/2	CL		堅
			A'	30		7.5YR5/8	CL		堅
			B	15+			CL		
	U.F	BD	F	5	明 明	7.5YR3/3	CL	bk	スコブル 軟
			A1	6		5YR3/2	CL	bk	堅
			A2	25		7.5YR5/8	CL		堅
			B	20+			CL		堅

表-4. A<sub>0</sub>層の堆積量

林分	プロット	生重 Kg/1m <sup>2</sup>	生重 ton/ha
B	N.P.K	5.6	56
		4.7~6.5	47~65
	N	4.4	44
		3.8~5.0	38~50
	U.F	3.5	35
		3.4~3.6	34~36
C	N.P.K	3.8	38
		3.5~4.1	35~41
	N	2.4	24
		2.3~2.5	23~25
	U.F	2.8	28
		4.0~1.6	40~16

B....1969年 C....1970年

表-5. A<sub>0</sub>層の化学的性質

	N(%)	P(%)	K(%)
C-N.P.K	1.56	0.14	0.24
C-N	1.75	0.07	0.23
C-U.F	1.50	0.11	0.25

1970年

表-6. 土壌の化学的性質

林分	プロット	層位 cm	P H		Y <sub>1</sub>	CEC	C %	N %	C/N	total P %
			H <sub>2</sub> O	Kcl						
B	N.P.K	0~2	4.8	4.1	18.6	70.3	8.2	0.42	20	0.28
		5~7	4.8	4.1	14.2	63.4	7.3	0.41	18	0.12
		10~12	4.9	4.2	15.2	65.7	7.4	0.39	19	0.12
	N	0~2	5.0	4.1	20.3	58.8	8.0	0.49	16	0.09
		5~7	5.0	4.2	17.3	51.5	6.9	0.32	22	0.09
		10~12	5.1	4.2	14.6	59.7	6.1	0.29	21	0.09
	U.F	0~2	5.0	4.2	17.0	81.3	9.5	0.34	28	0.09
		5~7	5.3	4.4	11.5	63.4	8.2	0.37	22	0.08
		10~12	5.1	4.2	10.0	71.2	8.5	0.40	21	0.08
C	N.P.K	0~2	4.3	3.5	14.7	124.1	16.3	0.95	17	0.16
		5~7	4.4	3.7	17.4	124.8	14.5	0.81	18	0.12
		10~12	4.7	3.8	14.2	100.2	13.4	0.62	22	0.12
	N	0~2	5.1	4.1	2.3	119.0	16.5	0.96	17	0.10
		5~7	4.8	3.9	11.1	114.6	15.7	0.85	18	0.12
		10~12	4.5	3.9	15.1	153.5	15.4	0.84	18	0.11
	U.F	0~2	4.9	3.9	5.5	138.8	16.5	0.97	17	0.21
		5~7	4.8	3.7	17.0	130.2	14.6	0.84	17	0.09
		10~12	4.6	4.0	15.1	112.1	12.9	0.79	16	0.10

試料採取：B林分 1969年11月

C林分 1970年11月

PH = 1 : 2.5

料区の増加が顕著で、リン酸多用の影響があらわれている。

C林分は、やはり化成肥料区は酸性化の傾向がありy<sub>1</sub>も大きい。炭素量は経年的に小さくなり処理間の相違はみられない。チッ素量はやはり増加の傾向があるが、リンについては顕著ではない。

表-7. 土壌の理学的性質

(容積に対する)

林分	プロット	層位 cm	孔隙量	最大 容水量	最小 容気量	採取時 含水量 %	固 体 %	液 体 %	気 体 %	透水性 cc/5分後
B	N.P.K	0~4	73.2	62.9	10.3	37.1	26.9	37.0	36.1	124 2
		15~19	71.9	70.3	11.9	44.0	28.2	44.0	27.8	119 135
	N	0~4	69.6	64.0	5.6	37.5	30.5	37.4	32.1	32 146
		15~19	71.2	71.1	0.1	50.8	28.9	50.7	20.4	73 173
	U.F	0~4	71.1	72.3	1.2	50.8	28.9	50.7	20.4	91 192
		15~19	78.5	77.5	1.0	55.3	21.6	55.1	23.3	83 244
C	N.P.K	0~4	76.1	61.2	14.9	25.1	23.9	26.2	49.9	0 0
		15~19	75.3	34.3	41.0	37.3	24.7	37.5	37.8	63 0
	N	0~4	76.9	38.8	38.1	29.3	23.1	30.3	46.6	115 9
		15~19	76.8	63.7	13.1	43.7	23.2	43.9	32.9	300 9
	U.F	0~4	79.8	47.5	32.3	32.7	20.2	33.0	46.8	68 9
		15~19	75.9	68.2	7.7	47.2	24.1	47.4	28.5	56 9

試料採取：B = 1969年11月

C = 1970年11月

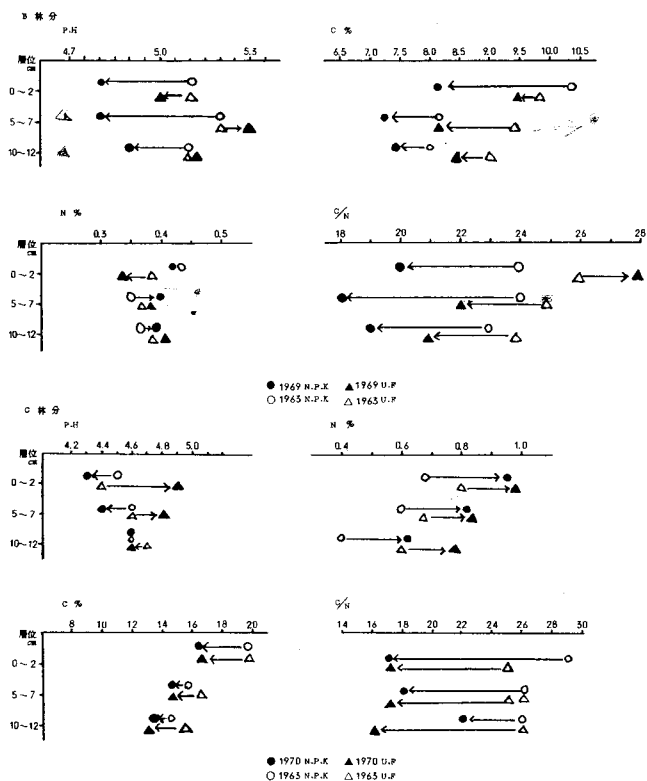


図-1. 土壌の化学的性質の変化

施肥が土壌の化学的性質におよぼす影響については、数例の報告があるが、ここでは酸性肥料の連用によって明らかに酸性化があらわれている。川名は施肥により  $\text{PH}$ ,  $\text{C}/\text{N}$  の低下が認められた。同じく川名らは石灰窒素の使用により施肥区の  $\text{PH}$  は変化しなかったが無施肥区は低下したと報告している。 $\text{C}/\text{N}$  について河田はカラマツ落葉中の  $\text{C}/\text{N}$  は経年的に大きくなるのではないかと推定しており、また筆者らのカラマツ植栽木施肥試験地の報告でも、やはり経年的に悪くなる結果をえている。しかし、今回の結果では必ずしも大きくなるとは云えなかった。

## (2) 理学的性質

最終時の試験地土壌の理学的性質を表一七に示した。各項目について処理の違いを検討するにあたって、開始時との比較はできなかったが、化成肥料区は、採取時含水量、液体組成などから乾性化の傾向があるのではないかと想像される。これは筆者らの行なったカラマツ植栽木施肥試験結果と一致している。

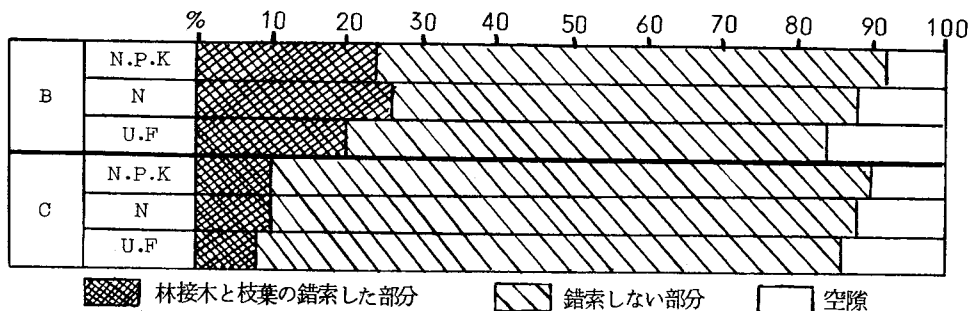
## 2. 樹冠のヘイサ状況および林床植生

### 1) ヘイサ状況

施肥により林分のヘイサが促進されることは実証され、施肥が幼令造林地の下刈り省力の手段としてすでに応用されている。佐藤らはカラマツ幼令木の施肥効果で、肥効は当初幹よりも枝葉の部分に早くあらわれることを明らかにしているが、このことは成木林についても同様と考える。

表一八.  $ha$  当りのヘイサ度

林分	プロット	(m <sup>2</sup> )		
		隣接木と枝葉の錯索した部分	錯索しない部分	空隙
B	N. P. K	2,517	6,750	733
	N	2,567	6,366	1,067
	U. F	2,025	6,558	1,417
C	N. P. K	873	8,151	976
	N	950	7,852	1,198
	U. F	714	7,867	1,419



図一八. 林分のヘイサ度

そこで、施肥の効果が林分のヘイサにおよぼす影響について検討するため、樹冠投影図を画いて、ヘイサ度合の変化を測定した結果を表一八、および図一八に示した。クローネ間の重複部分はN.P.K区>N区>U.F区となりN.P.K区がもっとも多い。また、B林分はC林分よりも過密化しており、後にものべるが、B林分の肥効はこのために現時点では認められず、成長率は無施肥林分と差異が認められない。

### 2) 地表植生

このような樹冠の成長にともなう林内照度の低下は、地表植生にも大きく影響するものと思われる。坪刈りによる植生量の測定結果を表一九に示した。B林分は試験開始前から林内の下層カン木草類は放置され、自然状態のままである。これに対して、C林分は試験地設定時に、かん木があまり密であったため、調査に支障をきたしたので一度全刈をおこなった。したがって、この地帯の自然植生とはいえない。B林分について検討を加えると、植生の量では、B-U.F>B-N>B-N.P.Kと無施肥林分が最大であった。主な植生はススキ、ワラビであるが、無施肥林分にはかなりのカリヤスが残っていた。幼令林施肥の場合は施肥によって草量が増加するが、このような成木の場合、肥効によ

表-9. 植生と重量

プロット		植生と重量	生重Kg/16m <sup>2</sup>	ha 当り植生量	ton/ha	
B	N. P. K	ススキ(120cm)	$\frac{2.00}{1.7\sim 2.3}$	ススキ	1.25	3.44
		ワラビ(80~100cm)	$\frac{0.75}{0.7\sim 0.8}$	ワラビ	0.47	
		スゲ, その他	$\frac{0.80}{0.6\sim 1.0}$	スゲ, その他	0.50	
		フジ, クリ, ニシキウツギ, その他	$\frac{1.95}{2.1\sim 1.8}$	フジ, クリ, ニシキウツギ その他	1.22	
	N	ススキ(165~180cm)	$\frac{3.00}{1.2\sim 4.8}$	ススキ	1.88	5.28
		ワラビ(100~120cm)	$\frac{2.15}{2.0\sim 2.3}$	ワラビ	1.34	
		スゲ, シシガラ, その他	$\frac{0.55}{1.0\sim 0.1}$	スゲ, シシガラ, その他	0.34	
		マユミ, ニシキウツギ, リョウブ ツツジ, その他	$\frac{2.75}{2.7\sim 2.8}$	マユミ, ニシキウツギ, リョウブ ツツジ, その他	1.72	
	U. F	ススキ(180cm), カリヤス(170cm)	$\frac{7.75}{4.5\sim 11.0}$	ススキ, カリヤス	4.84	6.75
		ワラビ(100~120cm)	$\frac{1.85}{2.2\sim 1.5}$	ワラビ	1.16	
		オカトラノオ, その他	$\frac{0.15}{0.3\sim 0}$	オカトラノオ, その他	0.09	
		フジ, リョウブ, その他	$\frac{1.05}{1.5\sim 0.6}$	フジ, リョウブ, その他	0.66	
C	N. P. K		タケニグサ, ハコネヒヨドリ, クサイチゴ, ニシキウツギ, リョウブ サワフタギ	2.33		
	N		タケニグサ, ワラビ, ノブドウ ハコネヒヨドリ, ツタウルシ, アオキ クサイチゴ, ヤマウルシ, サワフタギ	1.53		
	U. F		ハコネヒヨドリ, ワラビ, ササ ツタウルシ, タケニグサ, エビズル ニシキウツギ, アオキ, リョウブ	2.67		

B: 1969年8月 C: 1970年8月

る樹冠ヘイサのため林内照度が低下して草高も小さく量も少なくなっている。このほかに、施肥効果とは無関係であるが、試験地調査時の観察事項として、両林分内で調査を行なうためにAo層を処理した部分にムラサキシメジが多量に発生した。

## 3. 葉量および葉の生産能率

ha当たりの葉量の測定については、単木の葉量<sup>b)</sup>から相対成長で求めるものと、一定面積の落葉から試算するものがある。ここでは、プロット内に4×4mのネットを各2カ所設定して落葉終了後回収し測定した。C林分は降雪のため回収できなかった。

結果を表-10に示したが、B林分ではB-N. P. K > B-N > B-U. Fと無施肥区に比較して葉量の増大は顕著であった。

葉の生産能率については、施肥木は単位あたりの幹生産能率が<sup>1)12)13)14)15)</sup>高いといわれている。

表-10. ha当りの葉量(乾重)

	葉量 (ton)
B-N P K	4.6
B-N	3.4
B-U F	3.1

1969年

この試験の場合，B林分は $N:24 > U.F:23 > N.P.K:20 (\times 10^{-4} m^3/kg/年)$ ，C林分は $U.F:16 > N.P.K:14 > N:8 (\times 10^{-4} m^3/kg/年)$ と肥効の順( $N.P.K > N = U.F$ )とはならなかった。もちろん供試木も少ないので，今後，資料の積み上げによる検討が必要であるが，別報と合せて考察するとカラマツの場合は，必ずしも高くなるとはかぎらないのではないかと考えられる。

#### 4. 成長効果

##### 1) 毎木調査

表-11. 毎木調査結果

林分	処 理	1963 開始時				1967				1969* 1970**			
		N	H (m)	D b (cm)	$\Sigma Db$ $m^3/ha$	N	H (m)	D b (cm)	$\Sigma Db$ $m^3/ha$	N	H (m)	D b (cm)	$\Sigma Db$ $m^3/ha$
B*	N.P.K	112	11.6	12.2	10.78	112	14.7	15.8	17.24	105	16.0	17.4	21.28
	N	116	11.1	12.6	12.56	116	14.1	15.0	16.69	116	15.0	16.1	20.71
	U.F	122	10.1	11.6	11.00	122	13.2	14.1	15.96	118	14.6	15.3	18.74
C**	N.P.K	77	17.6	22.9	22.81	77	19.7	24.9	27.16	71	21.3	26.3	29.38
	N	62	18.4	24.0	21.61	62	20.0	25.7	25.38	60	20.6	26.8	25.97
	U.F	66	19.8	25.6	26.64	66	21.6	27.3	30.56	62	22.4	29.2	31.67

N……本数。H……樹高。D b……胸高直径。 $\Sigma Db$ ……胸高断面積合計。

表-12. 毎木調査による林分の成長状況

林分	処 理	樹 高				胸 高 直 径				胸高断面積合計/ha			
		5年間成長量		7年間成長量		5年間成長量		7年間成長量		5年間成長量		7年間成長量	
		m	P %	m	P %	cm	P %	cm	P %	m <sup>2</sup>	P %	m <sup>2</sup>	P %
B	N.P.K	3.1	4.7 (89)	4.4	4.6 (88)	3.6	5.1 (131)	5.2	5.0 (128)	6.46	9.2 (124)	10.50	9.4 (127)
	N	3.0	4.8 (91)	3.9	4.3 (83)	2.4	3.5 (90)	3.5	3.5 (90)	4.13	5.6 (76)	8.15	7.0 (95)
	U.F	3.1	5.3 (100)	4.5	5.2 (100)	2.5	3.9 (100)	3.7	3.9 (100)	4.96	7.4 (100)	7.74	7.4 (100)

(比数) P成長率

林分	処 理	樹 高				胸 高 直 径				胸高断面積合計/ha			
		5年間成長量		8年間成長量		5年間成長量		8年間成長量		5年間成長量		8年間成長量	
		m	P %	m	P %	cm	P %	cm	P %	m <sup>2</sup>	P %	m <sup>2</sup>	P %
C	N.P.K	2.1	2.3 (135)	3.7	2.4 (160)	2.0	1.7 (131)	3.4	1.7 (106)	4.29	3.4 (126)	6.51	3.1 (141)
	N	1.6	1.7 (100)	2.2	1.4 (93)	1.7	1.4 (108)	2.8	1.4 (88)	3.77	3.2 (119)	4.36	2.3 (105)
	U.F	1.8	1.7 (100)	2.6	1.5 (100)	1.7	1.3 (100)	3.6	1.6 (100)	3.92	2.7 (100)	5.03	2.2 (100)

(比数) P成長率

樹高，胸高直径，胸高断面積について測定結果を表-11に示した。また，これらの各成長量については表-12に示した。

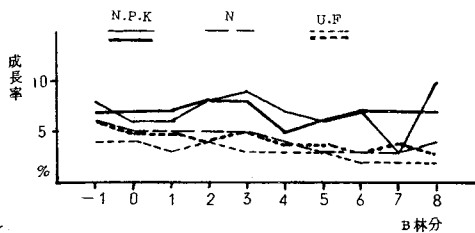
B林分の化成肥料区は樹高には肥効が認められないが，胸高直径には肥効が顕著である。しかし，肥効のあった胸高直径の場合，5年目よりも成長率が小さくなっており連続施肥による累年的な増加は認められない。胸高断面積合計は化成肥料区に肥効が認められた。

C林分では化成肥料区の肥効が樹高，直径ともに顕著である。また，樹高については累年的な増加が認められるが，胸高直径では中間時の5年目までは顕著であったが，その後は低下している。チッ

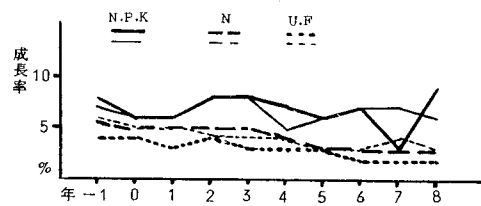
素単肥区では樹高には肥効は全くみられなく、対照区の成長率を下まわっているが、これは、試験区を配列する時に、作爲的に対照区を条件のよいところに当てたからだと思われる。胸高直径では対照区よりも成長率は上まわっているものの、この程度では施肥効果があるとみなせない。

## 2) 樹幹解析による材積成長

材積にあらわれる肥効の様子を知るために、標準木を伐倒して樹幹解析をおこなった。標準木の選定にあたって、カラマツは優劣の差が大きく、渡辺が指摘した局所密度による肥効差が大きいと思われるので、伐倒時点における平均的な共通木をえらんだ。両林分の標準木について材積の成長経過を図一3、図一4に示した。この結果から、肥効の大きかった化成肥料区について検討すると、B林分



図一3. 単木材積成長率



図一4. 単木材積成長率

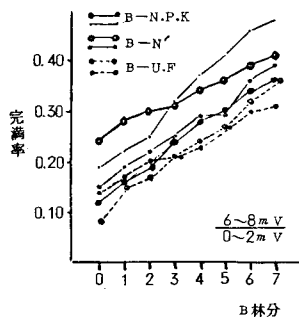
は施肥後2年目から材積増加が認められ4年目まで続いているが、その後は平行状態である。この場合、供試木間に若干のみだれが生じたのは、前にふれたように全体に落葉病が発生した際に個体の被害割合に違いがあったからと考える。C林分は施肥後2年目にあらわれ3年目まで続き、その後成長は無施肥木と殆んど変わらず、6年目に若干大きくなっている。

## 3) 幹の完満化の促進

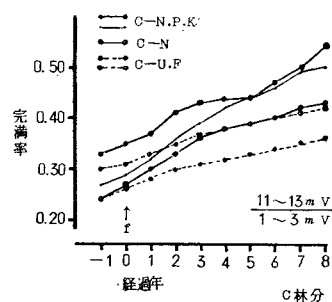
成木施肥は材積の増加のほか、完満材の生産が可能で、筆者らが報告したように採材上有利である。<sup>18)</sup>

カラマツについても同様のことがいえるかどうかについて試料不足であるが若干の検討をおこなった。完満化の定義には異論があるが、ここでは、樹幹下部の材積に対する樹幹上部の材積の比率で求めた。したがって本末同大の樹幹であれば理論的には1.0となるわけである。結果を図一5、図一6に示した。C林分は2年目から、この比率が大きくなり上部材積の増加の傾向がうかがえるが、B林分はその傾向はない。

このことは、枝下高の関係で、枝下高の高い場合は上部の成長率が大いだが、B林分のように枝下高の小さい林木では成長率も樹幹全体におよぶものと思われる。<sup>19)</sup> 桑原はヒノキでこのことを報告している。



図一5. 幹の完満度



図一6. 幹の完満度

## 4) ha当りの材積増加量の推定

カラマツの材積推定に際して、直径との相対成長関係が各針葉樹同様かなりよい精度で成りたつといわれているので、同様の方法をとってみたが、供試木の少ないことから精度の高い直線がえられなかったで、当地方のカラマツ幹材積表を併用した。幹材積表から求めたのが表一12である。<sup>5)</sup>

B 林分は化成肥料区のみ肥効が認められ、無施肥林よりも28 $m^3$ 増加しており、年平均4 $m^3$ の増加であった。

C 林分も肥効のあったのは化成肥料区のみで、無施肥林分よりも18.8 $m^3$ 増加しており、年平均2.4 $m^3$ の増加であった。しかし、C 林分は前にもふれたように、地位の上、中、下の順に無施肥区、チッ素単肥区、化成肥料区を設定したので、この条件を加味する方法の一つとして、無施肥林の成長率を供試林分の平均成長率と考えた場合には、施肥によって36.7 $m^3$ 増加し、年平均4.6 $m^3$ の増加であるといえる。

表-13. 材積の現存量および増加量

林分	処 理	ha 当りの材積 $m^3$				増加量および増加率(P%)			平均1年 当りの増 加量 $m^3$
		開始時	5年目	7年目	8年目	5年 間	7年 間	8年 間	
B	N,P,K	59.9	127.2	171.0		67.3 (112)	111.1 (185)		15.9
	N	70.2	128.1	153.2		57.9 (82)	83.0 (118)		11.9
	U,F	57.1	107.8	140.4		50.7 (89)	83.3 (146)		11.9
C	N,P,K	211.4	279.4		313.6	68.0 (32)		102.2 (48)	12.8
	N	199.6	245.7		268.5	46.1 (23)		68.9 (35)	8.6
	U,F	268.6	338.6		352.0	70.0 (26)		83.4 (31)	10.4

開始時 = 1963年

7年目 = 1969年

8年目 = 1970年

$$P' = \frac{\text{増加量} V}{\text{開始時} V} \times 100$$

#### 5. 葉の養分含有率

施肥木の葉の養分含有率が高いことについては多くの報告<sup>20)21)</sup>があり、この林分の場合も表-14に示すように施肥の影響があらわれている。窒素成分の含有率はB 林分では1.85~2.59%の間でN > N,P,K > U,Fの順でチッ素単肥区がもっとも高い。リンは0.07~0.13%の間で、N,P,K > U,F ≒ Nの順で、リン酸を多用した影響があらわれている。カリは1.02~1.06%の間でN > U,F ≒ N,P,Kの順で、施肥の影響は認められない。このことは塘<sup>21) 22)</sup>および朝日らの報告したように幹の集積について検討すべきであった。

表-14. 葉の養分含有率

林分	プロット	(絶乾)		
		N %	P %	K %
B	N,P,K	<u>2.16</u> 2.19 ~ 2.13	<u>0.13</u> 0.14 ~ 0.12	<u>1.02</u> 1.05 ~ 0.99
	N	<u>2.59</u> 2.60 ~ 2.58	<u>0.07</u> 0.05 ~ 0.08	<u>1.06</u> 0.95 ~ 1.17
	U,F	<u>1.85</u> 1.56 ~ 2.14	<u>0.08</u> 0.08 ~ 0.08	<u>1.03</u> 1.10 ~ 0.96
C	N,P,K	<u>2.39</u> 2.38 ~ 2.40	<u>0.15</u> 0.15 ~ 0.15	<u>0.45</u> 0.44 ~ 0.43
	N	<u>2.61</u>	<u>0.13</u>	<u>0.43</u>
	U,F	<u>2.01</u> 1.81 ~ 2.20	<u>0.14</u> 0.12 ~ 0.15	<u>0.40</u> 0.37 ~ 0.42

C 林分のチッ素含有率は2.0 ~ 2.61%でN > N,P,K > U,Fと同様にチッ素単肥区の濃度が高い。リンはN,P,K ≒ U,F ≒ Nの順で施肥の影響は認められないが、この場合はリン酸を多用していない。カリについては0.40~0.45%の間でN,P,K ≒ N ≒ U,Fとなりその差は明らかでない。

このような傾向は、筆者らがカラマツ10年生でおこなった施肥試験の結果と同様である。しかし、河田<sup>24)</sup>は、カラマツ林分の施肥と葉内成分の関係について、リン酸、カリは増加が認められたが、チッ素は希釈効果により減少したとのべている。佐々木<sup>25)</sup>らはカラマツ7年生の施肥木の無機養分について、チッ素は成育期に特に多く、リン、カリも無施肥区よりも含有率が高いとのべている。

## N 総合考察

カラマツ成木林の施肥試験を実施したが、林地肥培の効果をあげるため、これまでは3年連続施肥で充分であったが、今回は連続施肥によって肥効の機構がどのようにあらわれるかを検討した。

1. その結果、材積にあらわれた肥効はN、P、K区のみ施肥開始後2～3年が顕著で、その後は平行状態となり累年的な増加は認められなかった。N区は材積増加は認められなかったが、葉中のチッ素含有率は明らかに多く、このことは、原田がカラマツ苗木で、赤井らが造林木でリン酸の不足した状態ではチッ素の供給を増加しても成長が良くならないといっているように、黒色土壌であるこの試験地においても同様にリン酸が少ないため、あるいは肥効が現われなかったとも思われる。また、チッ素単肥区で葉中のチッ素成分が多いことについては、<sup>26)</sup>塘らが落葉病に対する施肥で検討しているようにチッ素の利用消費が正常でなく、成長によるチッ素の希釈作用がおこなわれなかったものと考えられる。カラマツの場合はリン酸分を多用した<sup>27)</sup>3要素の施肥の方が効果が大きいと思われる。もちろん、肥料の選択にあたっては、伊藤が指摘しているように土壌の性質に合った施肥方法が必要で、この試験におけるチッ素単肥区の場合には、1) 土壌が強酸性であること 2) カラマツであるため落葉の分解が悪いことなど考え併せると、尿素よりも石灰窒素の方がより効果的でなかったかと思われる。また、N、P、K区でも酸性肥料の連用によって明らかに土壌の酸性化をまねいたので、塩基性の肥料を選択すべきであった。

2. 継続的に施肥を行なったが、思ったほどの施肥効果が認められなかった理由については、ウッペイ度合が強くなり、林内への陽光量は極めて不足状態になった。これと同時に毎年の落葉による粗腐植が堆積したため、酸性腐植による土壌の酸性化が進んだ。それらのために、施肥により栄養分の補給は行なわれるが、林木が吸収しやすい条件でなかったことと、栄養成分以外の成育に必要な要因が不都合になったためと考えられる。

林分ヘイサ密度が高くなると肥効があらわれにくいことはよく議論されるところであるが、この試験の場合も林内の植生量、ヘイサ度合などからも、N、P、K区ではかなりヘイサが強いことが証明でき、これが肥効に悪影響をおよぼしたのと考えたい。最終時点での林分の収量比数曲線はB林分では0.70～0.72、C林分は0.57～0.63とこれら両林分では大きく違っていたが、B林分で肥効がみられなかったのは、この林分のウッペイ度に起因すると思われる。

## V ま と め

カラマツ12年生、31年生林分において7年連続施肥試験をおこなった。

1. 林地土壌は、酸性肥料の連用により酸性化の傾向が明らかに認められた。また、チッ素を与えたプロットは土壌中のチッ素含有率が高く、リン酸を多量に与えたプロットはリン酸の含有率が高い。

2. 葉の養分含有率はN区はチッ素の含有率が高く、リン酸、カリ多用のN、P、K区はチッ素、リン酸の含有率が高かった。

3. ヘイサ状態と林内下層植生量の関係は、ヘイサ度をもっとも強いN、P、K区で植生量をもっとも少なく、ヘイサ度をもっとも弱い無施肥区で植生量をもっとも多い。

4.  $ha$ 当たりの林分葉量をB林分について落葉トラップによって推定したがN、P、K区がもっとも多く、無施肥区がもっとも少なかったが、幹の生産能率は必ずしも施肥によって高くならなかった。

5. 材積成長面では3要素施肥区のみ肥効が認められ、それは施肥開始後2～3年がもっとも高く、過密林分（B林分）ではその後肥効は累加的には認められなかった。

6. 施肥による林分材積の増加量は7～8年間で $ha$ 当り $28m^3 \sim 36m^3$ であった。

7. カラマツ成木林の施肥はスギ林の場合と同様、連続施肥の累加的効果は認められず、2～3回の施肥で充分である。

参考文献

- 1) 塘 隆男：林業新知識，No.190，1969
- 2) 竹下純一郎，東 基，石原猛志，塘 隆男：成木施肥試験(1)，6年間採穂した22年生スギ林分に対する効果(第1報)，第74回日林講
- 3) 竹下純一郎，中村 基，山口 清：成木林肥培試験，岐林試業報，1966
- 4) 中村 基，竹下純一郎：成木施肥試験，カラマツ成木の施肥効果について，第19回日林中部支講，1970
- 5) 四大学および信大調査班：森林の生産力に関する研究，第2報信州産カラマツについて，日本林業技術協会，sept. 1964
- 6) 川名 明，相場芳憲，生原喜久雄，毛呂 真：壮令林の肥培に関する研究(1)，スギ壮令林の肥効について(その1)，農工大演報7号，1968
- 7) 川名 明，相場芳憲，松永栄夫：壮令林の肥培に関する研究(Ⅱ)，スギ壮令林の肥効について(その2)，農工大演報7号，1968
- 8) 河田 弘：カラマツ林の成長および有機物層の組成におよぼす土壌条件の影響，林試研報136，1962
- 9) 竹下純一郎，中村 基：林地肥培に関する研究(K)，カラマツ林における施肥が土壌の理化学的性質におよぼす影響(3)，第78回日林講，1967
- 10) 佐藤 俊，後藤和秋，山谷孝一，西田豊昭，長谷川浩一，柳谷清子：東北地方における主要造林樹種の幼令時の施肥効果について，林試研報167，1964
- 11) 塘 隆男：林地肥培の現状と問題点，グリーンエージ，1967
- 12) 桑原武男：壮令林肥培に関する研究(1)，ヒノキ壮令林の肥効について1，広島林試研報，1969
- 13) 西本哲昭：アカマツ成木施肥試験，山口林試業報，1968
- 14) 中沢迫夫：成木施肥試験(Ⅱ)，スギ23年生林の施肥終了後3年目の施肥効果，新潟林試研報第15号，1971
- 15) 伊藤守夫：壮令林肥培に関する研究(1)，スギ壮令林の肥効について，静岡林試研報第4号，1972
- 16) 関東，中部地区，林地肥培共同試験報告書，關中林試連協議会，1967
- 17) 渡辺哲夫：成木施肥試験(1)，スギ11年，19年，23年生林の施肥効果について，新潟林試研報第12号，1967
- 18) 竹下純一郎，中村 基，石原猛志，塘 隆男：成木施肥試験，6年間採穂した22年生スギ林分における効果(第2報)，第17回日林中部支講，1969
- 19) 桑原武男：ヒノキ壮令林の肥効について，第2回林業技術シンポジウム，1970
- 20) 佐々木 茂，後藤和秋，長谷川浩一，山谷孝一：カラマツの本数密度と肥培の効果との関係，林試東北支場年報，1969
- 21) 塘 隆男：林地肥培効果について2，3解析，林業技術，No. 344，1970
- 22) 朝日正美，原 孝季，原田泰次，八木久義：肥培木の栄養成分の分布(11)，第79回日林講，1968
- 23) 竹下純一郎，東 基：林地肥培に関する研究(第5報)，葉の栄養成分の含有率と施肥効果，第10回日林中部支講，1962
- 24) 河田 弘：湿性ポドゾルにおけるカラマツ幼令林の施肥試験，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，林試研報162号，1964
- 25) 佐々木 茂，後藤和秋，長谷川浩一，山谷孝一：カラマツの本数密度と肥培の効果との関係，(1)7年間の成長経過と葉中無機養分濃度の季節的变化について，林試東北支場年報10，1969
- 26) 原田 洸：苗木の成長と養分の吸収におよぼす土壌中の養分状態の影響(第2報)，林試研報108

号，1958

- 27) 赤井龍男，浅田節夫：カラマツ 2 代目不良造林地に関する研究(第 8 報)，第 72 回日林講，1962
- 28) 塘 隆男，千葉 修，藤田桂治，高洲省三，道仙喜一，児玉武男：カラマツ落葉病に関する研究，カラマツの栄養と本病の被害に関する研究，林試研報 178 号，1965
- 29) 伊藤忠夫：肥料の効き方は場所によって違う，森林と肥培 No. 71，1972

付表-1 単木材積成長量

試験区	No	H m	D cm	1963.7 材積 $m^3$	1967.12 材積 $m^3$	5年間の 増加量 $m^3$	成長率 %
B-NPK	30	14.25	14.3	0.0550	0.1064	0.0514	12.7
	13	13.50	14.3	0.0371	0.1034	0.0663	18.9
	7	15.00	14.0	0.0506	0.1014	0.0508	13.4
	10	14.75	15.6	0.0614	0.1432	0.0818	16.0
	32	14.50	15.5	0.0643	0.1300	0.0657	13.5
	45	16.50	16.2	0.0717	0.1494	0.0777	14.1
	平均	14.75	15.0	0.0567	0.1223	0.0656	14.8
B-N	15	14.50	15.4	0.0478	0.1268	0.0790	18.1
	70	14.75	14.3	0.0523	0.1115	0.0591	14.4
	61	15.50	12.8	0.0632	0.1049	0.0417	9.9
	7	10.25	13.1	0.0452	0.0654	0.0202	7.3
	38	13.00	13.7	0.0647	0.0860	0.0213	7.7
	46	11.50	13.3	0.0549	0.0759	0.0210	6.4
	平均	13.25	13.8	0.0547	0.0951	0.0404	10.6
B-UF	56	13.25	14.0	0.0548	0.1014	0.0466	11.9
	67	12.75	13.5	0.0455	0.0838	0.0383	11.8
	6	13.50	14.2	0.0557	0.1046	0.0489	12.2
	17	12.50	13.5	0.0515	0.0789	0.0274	8.4
	47	13.00	13.9	0.0480	0.0856	0.0376	11.3
	平均	13.00	13.8	0.0511	0.0909	0.0398	11.1
C-NPK	7	21.25	23.9	0.35499	0.45618	0.10119	5.0
	10	20.00	22.5	0.29186	0.34483	0.05297	3.3
	22	19.25	23.1	0.27522	0.34304	0.06782	4.4
	平均	20.17	23.2	0.30736	0.38135	0.07399	4.2
C-N	4	18.75	23.6	0.34553	0.38723	0.04170	2.3
	26	21.00	23.5	0.27513	0.34949	0.07436	4.8
	36	19.50	24.5	0.38915	0.45564	0.06649	3.1
	平均	19.75	23.9	0.33660	0.39745	0.06085	3.4
C-UF	31	20.75	24.1	0.37971	0.44341	0.06370	3.1
	11	20.75	24.9	0.40797	0.48220	0.07423	3.3
	27	20.75	23.9	0.39599	0.43928	0.04329	2.1
	平均	20.75	24.3	0.39456	0.45496	0.06041	2.8

付表-2

B-NPK-1

林令 (経過年)	9 (-2)	10 (-1)	11 (0)	12 (1)	13 (2)	14 (3)	15 (4)	16 (5)	17 (6)	18 (7)
総成長量 $m^3$	0.0361	0.0417	0.0477	0.0560	0.0648	0.0769	0.0982	0.1162	0.1374	0.1563
連年成長量 $m^3$		0.0056	0.0060	0.0083	0.0088	0.0121	0.0213	0.0180	0.0212	0.0189
成長率 %		16	14	17	16	19	28	18	18	14

B-NPK-2

林令 (経過年)	9 (-2)	10 (-1)	11 (0)	12 (1)	13 (2)	14 (3)	15 (4)	16 (5)	17 (6)	18 (7)
総成長量 $m^3$	0.0232	0.0316	0.0407	0.0461	0.0552	0.0677	0.0926	0.1136	0.1396	0.1654
連年成長量 $m^3$		0.0084	0.0091	0.0054	0.0091	0.0125	0.0249	0.0210	0.0260	0.0258
成長率 %		36	29	13	20	23	37	23	23	18

B-N-1

林令 (経過年)	9 (-2)	10 (-1)	11 (0)	12 (1)	13 (2)	14 (3)	15 (4)	16 (5)	17 (6)	18 (7)
総成長量 $m^3$	0.0392	0.0462	0.0520	0.0576	0.0638	0.0698	0.0761	0.0835	0.0935	0.1028
連年成長量 $m^3$		0.0070	0.0058	0.0056	0.0062	0.0060	0.0063	0.0074	0.0100	0.0093
成長率 %		18	13	11	11	9	9	10	12	10

B-N-2

林令 (経過年)	9 (-2)	10 (-1)	11 (0)	12 (1)	13 (2)	14 (3)	15 (4)	16 (5)	17 (6)	18 (7)
総成長量 $m^3$	0.0266	0.0356	0.0419	0.0462	0.0505	0.0566	0.0630	0.0697	0.0813	0.0916
連年成長量 $m^3$		0.0090	0.0063	0.0043	0.0043	0.0061	0.0064	0.0067	0.0116	0.0103
成長率 %		34	18	10	9	12	11	11	17	13

B-U.F-1

林令 (経過年)	9 (-2)	10 (-1)	11 (0)	12 (1)	13 (2)	14 (3)	15 (4)	16 (5)	17 (6)	18 (7)
総成長量 $m^3$	0.0276	0.0351	0.0392	0.0450	0.0503	0.0562	0.0678	0.0799	0.0969	0.1151
連年成長量 $m^3$		0.0075	0.0041	0.0058	0.0053	0.0059	0.0166	0.0121	0.0170	0.0182
成長率 %		27	12	15	12	12	30	18	21	19

B-U.F-2

林令 (経過年)	9 (-2)	10 (-1)	11 (0)	12 (1)	13 (2)	14 (3)	15 (4)	16 (5)	17 (6)	18 (7)
総成長量 $m^3$	0.0369	0.0439	0.0512	0.0594	0.0624	0.0747	0.0852	0.0948	0.1024	0.1134
連年成長量 $m^3$		0.0070	0.0073	0.0082	0.0030	0.0123	0.0105	0.0096	0.0076	0.0110
成長率 %		19	17	16	5	20	14	11	8	11

C-N.P.K-1

林令 (經過年)	29 (-2)	30 (-1)	31 (0)	32 (1)	33 (2)	34 (3)	35 (4)	36 (5)	37 (6)	38 (7)	39 (8)
總成長量 $m^3$	0.1949	0.2113	0.2246	0.2379	0.2564	0.2783	0.2970	0.3141	0.3362	0.3473	0.3804
連年成長量 $m^3$		0.0164	0.0133	0.0133	0.0185	0.0219	0.0187	0.0171	0.0221	0.0111	0.0331
成長率 %		8	6	6	8	9	7	6	7	3	10

C-N.P.K-2

林令 (經過年)	29 (-2)	30 (-1)	31 (0)	32 (1)	33 (2)	34 (3)	35 (4)	36 (5)	37 (6)	38 (7)	39 (8)
總成長量 $m^3$	0.2306	0.2469	0.2629	0.2802	0.3044	0.3299	0.3473	0.3680	0.3938	0.4211	0.4492
連年成長量 $m^3$		0.0163	0.0160	0.0173	0.0242	0.0255	0.0174	0.0207	0.0258	0.0273	0.0281
成長率 %		7	6	7	9	8	5	6	7	7	7

C-N

林令 (經過年)	29 (-2)	30 (-1)	31 (0)	32 (1)	33 (2)	34 (3)	35 (4)	36 (5)	37 (6)	38 (7)	39 (8)
總成長量 $m^3$	0.2416	0.2570	0.2705	0.2843	0.2998	0.3152	0.3278	0.3373	0.3478	0.3591	0.3718
連年成長量 $m^3$		0.0154	0.0135	0.0138	0.0155	0.0154	0.0126	0.0095	0.0105	0.0113	0.0127
成長率 %		6	5	5	5	5	4	3	3	3	4

C-U.F-1

林令 (經過年)	29 (-2)	30 (-1)	31 (0)	32 (1)	33 (2)	34 (3)	35 (4)	36 (5)	37 (6)	38 (7)	39 (8)
總成長量 $m^3$	0.2718	0.2834	0.2955	0.3050	0.3167	0.3276	0.3380	0.3468	0.3545	0.3624	0.3698
連年成長量 $m^3$		0.0116	0.0121	0.0095	0.0117	0.0109	0.0104	0.0088	0.0077	0.0079	0.0074
成長率 %		4	4	3	4	3	3	3	2	2	2

C-U.F-2

林令 (經過年)	29 (-2)	30 (-1)	31 (0)	32 (1)	33 (2)	34 (3)	35 (4)	36 (5)	37 (6)	38 (7)	39 (8)
總成長量 $m^3$	0.2461	0.2613	0.2734	0.2864	0.2976	0.3112	0.3226	0.3338	0.3439	0.3570	0.3693
連年成長量 $m^3$		0.0152	0.0121	0.0130	0.0112	0.0136	0.0114	0.0112	0.0101	0.0131	0.0123
成長率 %		6	5	5	4	5	4	3	3	4	3