

アカマツ更新の方法と施肥の効果について

佐藤 亨⁽¹⁾
及川 恵 司⁽²⁾
宮崎 紳⁽³⁾

I ま え が き

アカマツはわが国主要樹種の1つとして国内における分布がきわめて広いというばかりでなく、土地に対する要求度が低くて適応範囲が広いということから近年ますます重要性を増している。その需要は構造材・原料材として多量に使われており、ことにパルプ用材としては現在なおきわめて多量の消費量（全パルプ用材の65%強）を示し、原木価格の高騰と原料材不足に対処するため、パルプ・製紙会社等においても産業備林としてアカマツを造林する傾向にある。

このようないきさつから、昭和25年ころよりアカマツを主体としたパルプ用材の短期育成林業が唱えられ、短期間に所要規格のアカマツ材を生産することが急務となつた。林業試験場においても造林部が主体となつて、「パルプ用材林の短期育成に関する試験」なるテーマのもとに本場・支場を通じてアカマツを主としたパルプ用樹種の育種・更新方法および生産構造の諸試験がとりあげられた。もと好摩分場においても昭和26年秋から施肥効果をあわせ考えたアカマツの更新方法に関する試験を開始し、その後いろいろな事情で多少変転はあつたが、更新初期の成長促進の目的を達することができた。この試験開始当時から担当したものうち、宮崎は昭和29年本場へ転出し、佐藤・及川も昭和30年ころから育種試験を担当するようになり、その片手間に本試験を担当しつつあつたが、さらに佐藤は関東林木育種場へ、及川はもと青森支場へ転出したりして、アカマツの生育の進行にともなつて考えなければならない追肥や除伐の実施が中断されつつ試験開始後8年を経過した。幸い、昭和34年佐藤が東北支場へ復帰し、また昭和35年及川も東北支場へもどつたので、一応いままでの成績を調査してとりまとめ、ここに報告することとした。今後の試験はこれをけいぎとして、東北支場育林第2および第4研究室で担当することとした。

そもそもアカマツは土地に対する要求度が低く、更新その他の施業方法が容易なものとせられ、これが伐採跡地の更新方法に関する総合的な調査報告はあまり豊かではない。過去の研究報告によれば、アカマツ林の更新は可能なかぎり天然更新によるべきで、人工植栽による造林成績は必ずしもかんばしいものではなく、その原因として中村¹²⁾は次のことがらを掲げている。すなわち、

- 1) 遺伝質の悪い不良母樹のタネを使用した場合、または産地を誤つて遠くからとりよせた場合。
- 2) 環境、特に地味があまりにも不良な場合。
- 3) 移植により根系の自然的発達が阻害されること。
- 4) 植えつけ本数が少なすぎたこと。

(1) 東北支場育林第3研究室長（心得）

(2) 東北支場育林第3研究室員

(3) 土壌調査部土壌肥料研究室員・農学博士（もと好摩分場長・土壌調査部長）

5) 虫害および土用芽による害が多いこと。

等を指摘している。

一方また母樹のない土地のアカマツ更新(樹種更改などの場合)は、人工造林によらなければならないが、その際人工下種によれば人工植栽の欠陥を排除し得て好結果が得られたという報告²⁰⁾もある。

また、植栽による造林も束植え(巢植え)によるときは、平植え(普通植え)に比べてはるかによい結果が得られたとし、適地を選び、移植の害を補ない、植えつけ本数を増して手入れを十分に行なえば植栽造林必ずしも悲観すべきでないという報告¹⁰⁾もある。

林地肥培に関しては、最近林力増強の一手段として大きくとりあげられつつあるが、本格的な研究はこれからという現状¹⁹⁾にある。スギ・カラマツなどについては肥効が相当認められた例が多いが、アカマツについてはあまり認められていないのが実情のようである。

いずれにしても、アカマツの更新方法に関する研究調査の報告は少ないとはいえないが、成長経過を説明するさまざまな因子についての量的な把握に不十分なものがあり、更新方法に関してはいまだ根本的に十分解明されていないともいえる。アカマツの成長初期における成長量を最大にする更新方法はいかなる手段を、またどんな補助手段をとるべきかについて検討しようとした本試験も、この範ちゆうを出ないのであるが、昭和34年秋で本試験開始後8年を経過し、ほとんどの試験区においてうつべい状態に達して除伐すべき時期にいたつたので、林分の構造状態を解析し、更新初期の成長経過についてまとめる意味から調査を行なつたものである。

本試験の計画に当たられた林試、もと造林研究室長 坂口勝美技官(現林試場長)、もと好摩分場土壤肥料研究室長 沖永哲一技官(現広島短大教授)、もと好摩分場造林研究室 千葉春美技官(現林試赤沼試験地主任)に対し、また試験実行に当たつていろいろご指導を賜わつたもと好摩分場長 吉田藤一郎技官(現東北支場研究顧問)、とりまとめに当たり種々ご指導をいただいた林試造林部 土井恭次・安藤 貴両技官、もと東北支場育林部長 橋本与良技官(現林試調査室長)、現育林部長 松井光瑤技官、もと同育林第2研究室長 蜂屋欣二技官(現林試造林部造林研究室長)らの諸氏に対し厚くお礼申し上げる。さらに本試験の現地実行と調査に終始努力された東北支場育林第3研究室の村山要助技官に心から感謝する。

II 試験地の概要と試験設計

1. 試験地の概要

本試験地は岩手県岩手郡玉山村大字好摩、林業試験場東北支場好摩試験地実験林第4林班内(当時好摩分場試験林)に昭和26年秋に選定された。この試験地は一部を除いて、昭和26年当時、約35年生のアカマツ天然生林で、これが昭和26年の秋から冬にかけて伐採され、27年春正式に設定して、ただちにじかまき区の実行から始めた。試験地は1plotの面積を約0.1ha($31.5 \times 31.5 \text{ m} = 0.0992 \text{ ha}$)で36plot 3.6haをFig. 1のように配列した。

本試験地は海拔高約250mに位置し、Fig. 1でわかるように、全体として南西に傾向した緩斜地で、その標高差は約25mである。ただし、No. 31~36plotは北ないし北西に傾斜している。この試験地は北側と南側にアカマツの天然生壮齢林があり、東側は民地雑木林で本試験地よりやや高くなつており、西側は採草地で本試験地より低くなつている。

本試験地の土壤型はおおむねB/b_(d)、B/bに属するもののようで一般にツマリ型であり、岩手山の噴出

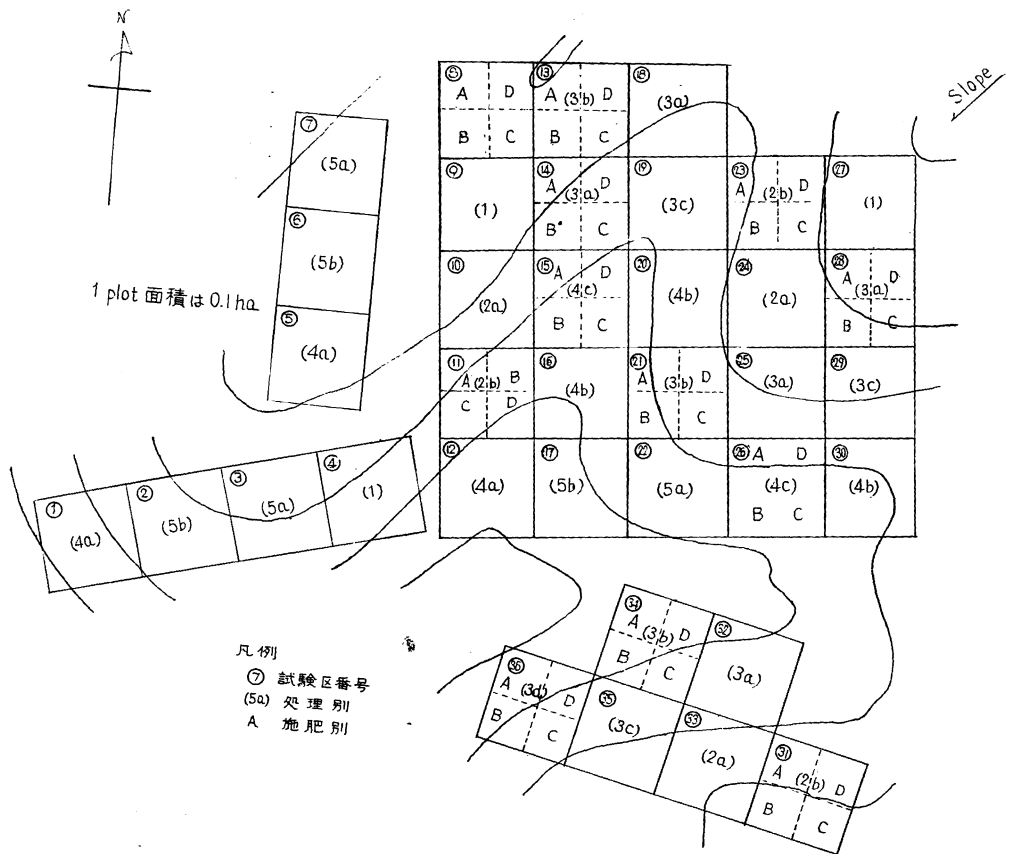


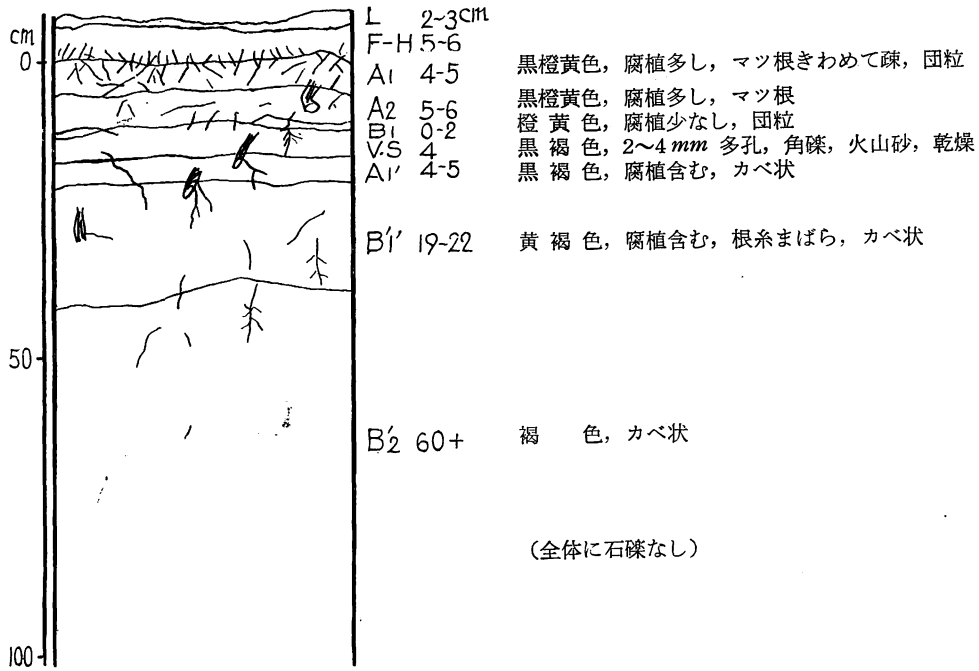
Fig. 1 試験地概況図
 岩手県岩手郡玉山村好摩, 林試東北支場好摩試験地 (コンターは 5 m)
 Arrangement of plots.

物による 2 回またはそれ以上の堆積層が認められる。土壤断面のおもな特長は表層から 10~30 cm の深さに厚さ 5 cm 内外 (2~8 cm) の火山砂礫 (1~5 mm の多孔質の暗黒色の砂礫) が層状に堆積していること, および表層 (A 層) がうすく, 埋没 A' 層 (砂礫層の下層) が厚く堆積し, その厚さは平均して 10~20 cm, 厚いところでは 40~100 cm 以上のところもある。これらは主として No. 6, 7, 8, 13, 15, 22, 32, 34, 35, 36 plot にみられた。土性は A, B 層が砂壤土, A' 層が壤土である。

伐採前における試験地各 plot ごとの, アカマツの林分構成と植生状況について調査した。アカマツの樹高・胸高直径および単位面積あたりの材積は Table 1 のとおりであり, 各 plot によりアカマツの成長状況は異なるが, 全体としてみた場合, 岩手地方アカマツ林分収獲表の地位中に相当する。

植生状況は Table 2 に示したとおり, 採草地であつた No. 5, 6, 7 plot を除いた他の 33 plot はアカマツが優勢で, コナラやサクラの類がこれに混じて高木階を構成している。すなわち, アカマツの立木本数が少ない No. 8, 9, 10, 11, 15, 18, 21, 22, 25, 26 plot は, 広葉樹と複層の混交を示して植杉²³⁾の M_B 型をあらわし, そのほかの各 plot は M_A 型をあらわすものと考えられる。

No. 3 plot-profile B/D_(d)



No. 6 plot-profile B/D

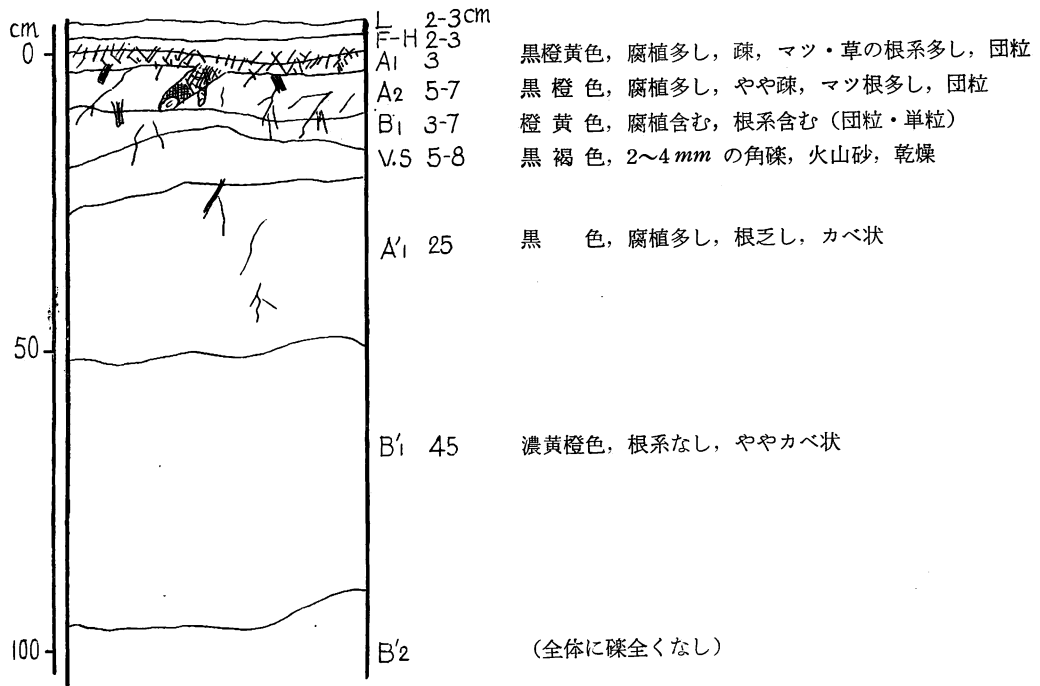


Fig. 2-1 試験地内のおもな土壌断面
Soil profiles at several plots.

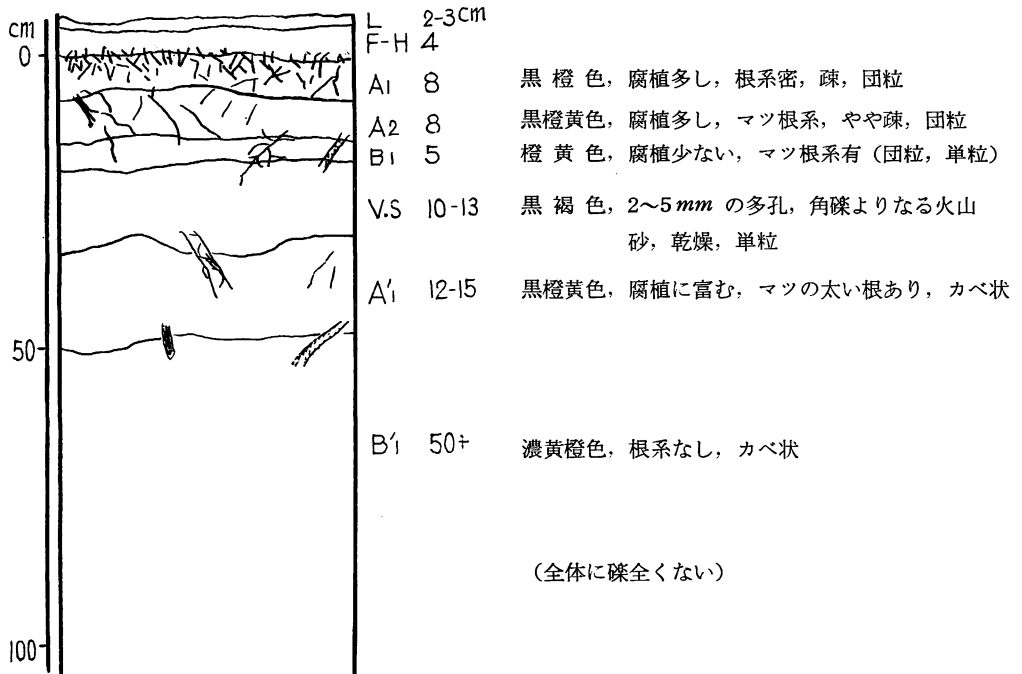
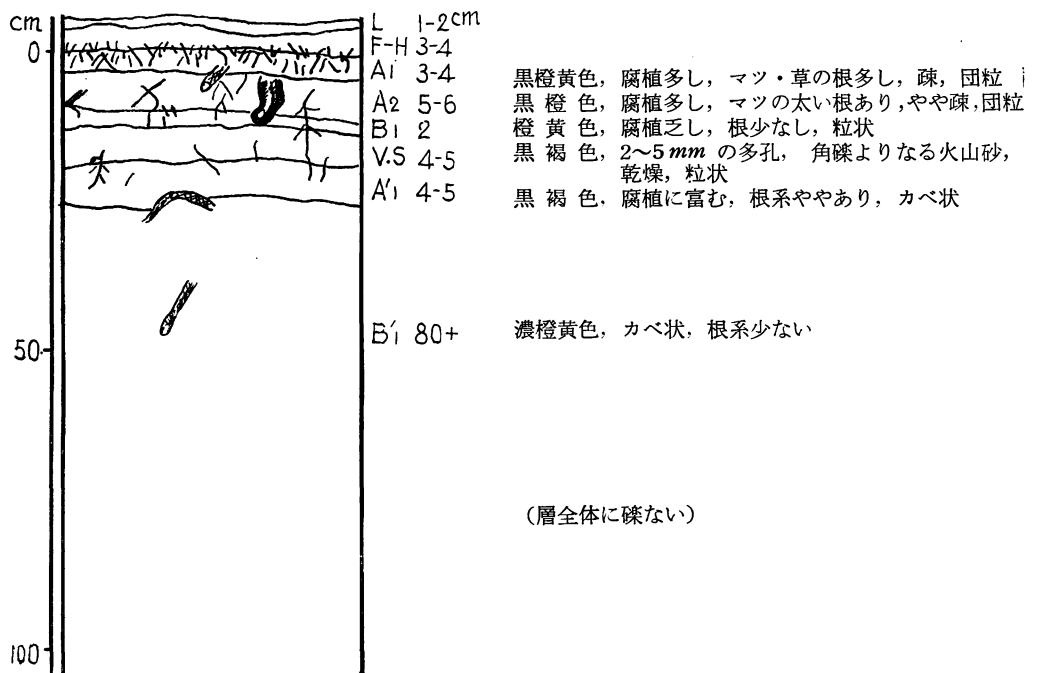
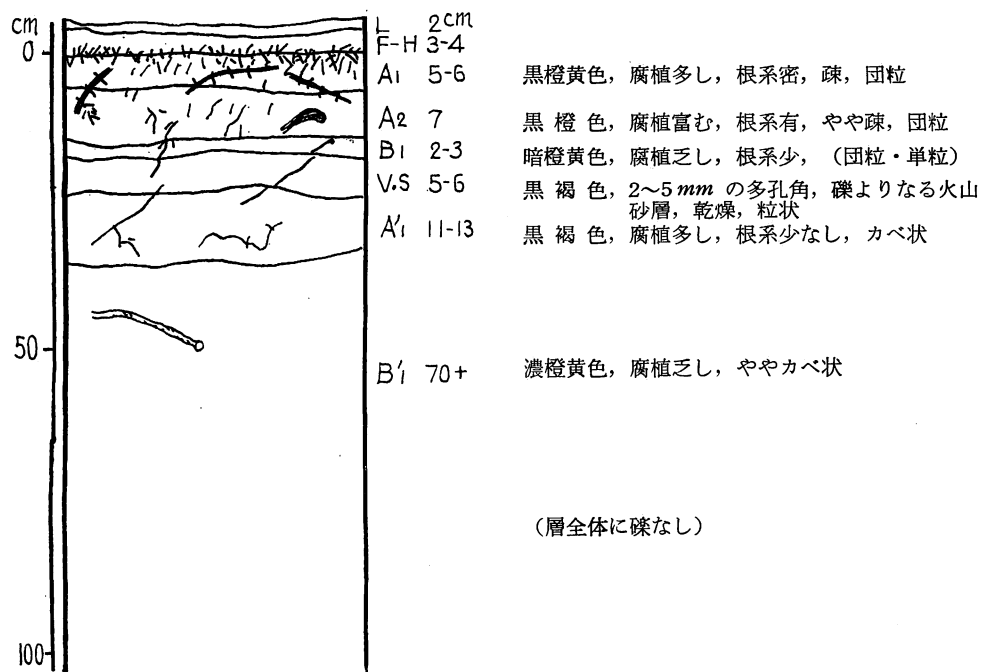
No. 12 plot-profile B/D_(d)No. 23 plot-profile B/D_(d)

Fig. 2-2 試験地内のおもな土壌断面
Soil profiles at several plots.

No. 33 plot-profile B/d



No. 34 plot-profile B/d

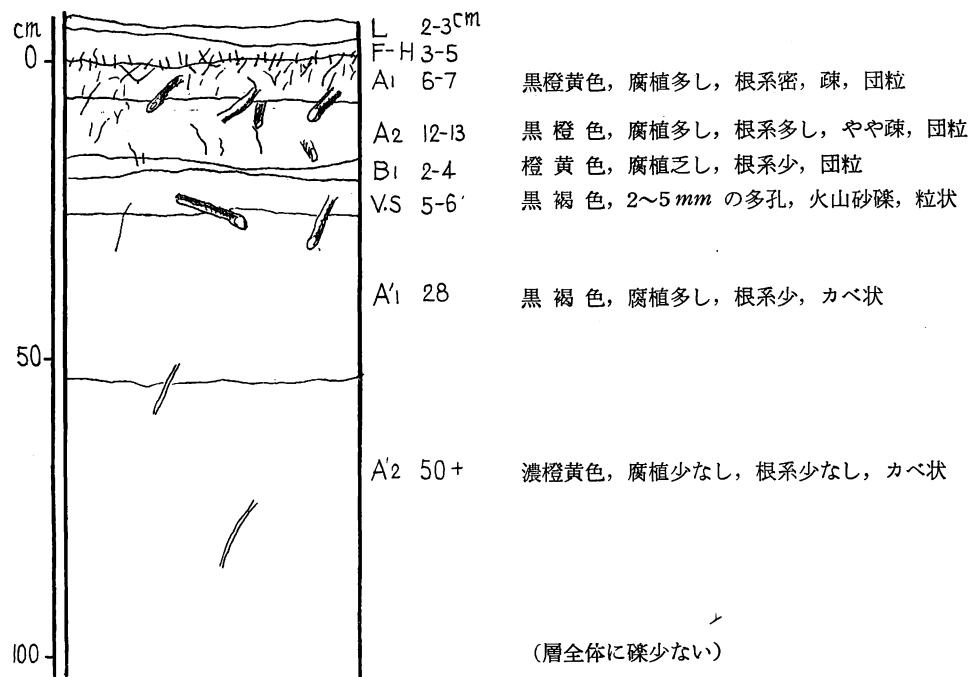


Fig. 2-3 試験地内のおもな土壌断面
Soil profiles at several plots.

Table 1. 伐採前における各区のアカマツの樹高, 胸高直径および材積
Height, D.B.H., and Volume of preceding natural AKAMATSU
(*Pinus densiflora*) at the felling age.

試験区番号 Plot No.	立木本数 0.1haあたり Numbers of trees per 0.1 ha	平均樹高 Average height (m)	平均胸高直径 Average D.B.H. (cm)	1本あたり 立木材積 Volume/tree (m ³)	試験区全材積 Volume/0.1ha (m ³)	地 位 Site quality
1	126	14.5	17.7	0.193	24.318	中
2	189	13.6	14.0	0.111	20.979	中
3	162	13.1	14.9	0.118	19.116	中
4	153	15.6	17.0	0.182	27.846	中
5	—					} 採草地
6	—					
7	—					
8	63	14.1	12.3	0.083	5.229	中
9	54	12.1	12.7	0.085	4.590	下
10	36	10.3	11.9	0.060	2.160	下
11	72	13.0	17.2	0.150	10.800	中
12	99	14.2	17.9	0.181	17.919	中
13	117	11.8	9.5	0.050	5.850	下
14	198	12.8	10.1	0.054	10.692	中
15	135	12.3	11.1	0.060	8.100	下
16	45	13.2	21.6	0.247	11.115	中
17	99	13.8	18.8	0.200	19.800	中
18	54	12.7	10.8	0.065	3.510	中
19	81	9.8	9.1	0.034	2.754	下
20	117	15.5	13.6	0.126	14.742	中
21	72	13.7	19.6	0.222	15.984	中
22	90	16.1	18.8	0.227	20.430	上
23	180	14.5	11.4	0.074	13.320	中
24	189	14.0	14.3	0.111	20.979	中
25	54	17.0	25.4	0.405	21.870	上
26	36	16.0	23.8	0.353	12.708	上
27	171	13.3	14.9	0.118	20.178	中
28	99	13.1	18.8	0.199	19.701	中
29	171	14.0	17.2	0.161	27.531	中
30	108	12.6	18.8	0.169	18.252	下
31	117	13.6	18.0	0.181	21.177	中
32	108	15.2	18.2	0.193	20.844	中
33	63	14.5	16.8	0.172	10.836	中
34	99	12.6	19.3	0.187	18.513	下
35	108	14.2	13.8	0.111	11.988	中
36	108	13.1	16.7	0.150	16.200	中

Table 2. 試験地の伐採前の植生状況 (Plot ごと)
The vegetation of experimental area at the felling age.

植 物 名 Vegetation	被度階級 Cover density						頻度 Frequency %	植 物 名 Vegetation	被度階級 Cover density						頻度 Frequency %
	5	4	3	2	1	+			5	4	3	2	1	+	
第1層 (高木層) Dominant tree layer								ウグイスカグラ					3	6	25
ア カ マ ツ	24	4	2	1	2		100	アズキナシ				1	4	2	19
カスミザクラ		2	4	2	3	1	36	ク リ					3	3	17
コ ナ ラ		2	3	5	5		45	ハ シ バ ミ			2	2	1		14
ミ ズ キ			1	1	2		12	ウワミズザクラ					3	2	14
ウワミズザクラ					3	2	15	ツ リ バ ナ			1	1	3		14
セ ン ノ キ				1		1	6	コ ブ シ				1	2		8
アズキナシ					1	2	9	ク ロ モ ジ				1	2		8
ヤマボウシ			1				3	ヌ ル デ			1	1	1		8
ウリハダカエデ				1			3	タ ラ ノ キ				1	2		8
								セ ン ノ キ				1	2		8
第2層 (亜高木層) Sub dominant tree layer								ホ ホ ノ キ				1	1		6
ヤマウルシ				4	5	7	48	ヤ マ ナ シ					2		6
カスミザクラ				2	5	6	39	サンシヨウ					2		6
コ ナ ラ			2	1	8	2	39	ニ ガ キ				1	1		6
ウワミズザクラ				1	4	3	24	イタヤカエデ					2		6
ヌ ル デ					3	4	21	ムラサキシキブ			1		1		6
アズキナシ				1	4		15	ハウチワカエデ					1		3
ツノハシバミ					2	2	12	ニ シ キ ギ					1		3
ク リ				1	2	1	12	エ ゴ ノ キ					1		3
イタヤカエデ				1		2	9	カ ン ボ ク				1			3
セ ン ノ キ					1	2	9	第4層 (草本層) Ground flora							
ホ ホ ノ キ						3	9	コ ナ ラ			4	6	5	21	100
ニ ガ キ			1		1		6	ヤマウルシ					9	21	83
ムラサキシキブ						2	6	ガ マ ズ ミ				1	11	17	81
ツ リ バ ナ						2	6	コ マ ユ ミ			1	1	4	19	69
コ ブ シ					1	1	6	ウワミズザクラ						18	50
ミ ズ キ					2		6	ツ リ バ ナ					1	10	30
タ ラ ノ キ						2	6	ウグイスカグラ						9	25
カラコギカエデ					2		6	アズキナシ						7	19
ヤ マ グ ワ					2		6	コ ブ シ						6	17
ウリハダカエデ						1	3	ウ コ ギ						6	17
ミツバウツギ						1	3	ヌ ル デ						6	17
ルリミノウシコロシ						1	3	セ ン ノ キ						5	14
ヤマボウシ				1			3	ウリハダカエデ						5	14
ニ シ キ ギ					1		3	イタヤカエデ						4	11
第3層 (低木層) Shrub layer								タ ラ ノ キ					4	11	
ヤマウルシ		1	4	5	15	6	86	ア カ マ ツ					4	11	
コ ナ ラ			1	4	10	8	64	ク リ					3	8	
ガ マ ズ ミ				2	8	8	50	ホ ホ ノ キ					3	8	
シウリザクラ				1	4	4	25	ニ シ キ ギ				1	2	8	
コ マ ユ ミ					6	3	25	ハウチワカエデ					3	8	

Table 2. 試験地の伐採前の植生状況 (Plot ごと) (つづき)
The vegetation of experimental area at the felling age.

植 物 名 Vegetation	被度階級 Cover density						頻度 Frequency %	植 物 名 Vegetation	被度階級 Cover density						頻度 Frequency %
	5	4	3	2	1	+			5	4	3	2	1	+	
第4層(草本層) Ground flora								ウメガサソウ						5	14
ミズキ						3	8	イカリソウ						4	11
クロモジ						2	6	イタドリ						4	11
ツノハシバミ						1	3	サルトリイバラ				3	1	11	
シウリザクラ					1		3	シユンラン						4	11
ニガキ						1	3	ウマノミツバ						3	8
カラコギカエデ					1		3	アキカラマツ						3	8
ヤマボウシ						1	3	ノガリヤス						3	8
イボタノキ						1	3	シオデ						3	8
ヒカゲスゲ			3		12	19	94	ニガナ						2	6
ホタルカズラ				1	3	15	67	オミナエシ						2	6
オケラ				1		13	39	オカトラノオ						2	6
アブラススキ					2	10	33	フタバハギ						1	3
チヂミザサ			1	2	2	6	30	タチツボスミレ						1	3
センボンヤリ						9	25	蔓茎・攀縁植物 Liana							
チゴユリ						9	25	クマヤナギ			2	1	5	18	86
ヌスビトハギ			1		1	6	22	ヤマカシユ				1	5	25	86
スズラン					1	7	22	アケビ				2	6	20	78
キンミズヒキ						8	22	サルトリイバラ					6	16	61
ジノウイチャクソウ				1	2	4	19	ヤマブドウ					1	17	55
スミレサイシン						7	19	ツルウメモドキ					1	9	28
オクミヤコザサ	2	3	1				17	ヤマノイモ					1	7	22
ミヤマウスラ						6	17								

注：1. 植生調査方法は各 plot の中央 10m 平方の Quadrat について行なつた。

2. 層わけは

第1層 (高木層)	樹高 6m 以上
第2層 (亜高木層)	// 6m 以下 2m まで
第3層 (低木層)	// 2m 以下 80cm まで
第4層 (草本層)	// 80cm 以下 3cm まで
蔓茎・攀縁植物	

に分けた。

3. 被度は次の5階級に分けた。

被度階級	占有面積
5	1~1/2
4	1/2~1/4
3	1/4~1/8
2	1/8~1/16
1	1/16 以上
+	極 稀

4. 表示方法は試験区 36 plot について被度階級ごとの plot 数を示し、頻度は 36 plot に対する出現 plot 数の百分率で示した。ただし、第1層、第2層については、plot No.5~7 についてアカマツその他の高木、亜高木が成立していなかつたので、33 plot に対する百分率で示した。

2. 試 験 設 計

アカマツの更新手段としては、天然更新、人工下種、人工植栽等が考えられるが、細かい点についてみれば多岐にわたる。しかし、本試験では人工植栽については 1 年生苗（1—0 苗）と 1 回床替 2 年生苗

Table 3. アカマツ更新方法試験計画表
The design of the regeneration methods test on AKAMATSU
(*Pinus densiflora* S. et Z.).

1. 全 体 計 画 Design of experiment.

試 験 区 Experiment section	処 理 区 Treatment	内 容 説 明 Explanation	プロット番号 Plot No.
1.	天 然 下 種 区 Natural seeding	昭和26年秋伐採時のタネおよび残存母樹のタネによる更新。	4, 9, 27
2.	人 工 下 種 区 Artificial seeding	昭和27年実行。	
2 a	人工下種 無施肥区 Direct seeding, no fertilization	0.1 ha あたり 576 カ所, 1 カ所に 25~30粒まきつけ。	10, 24, 33
2 b	人工下種 施肥区 Direct seeding, fertilization	0.1 ha あたり 576 カ所に施肥したものに 2 a と同様まきつけ。	8, 23, 31
3.	1 年生苗 (1—0) 植栽区 Planting of 1-year-old seedlings	昭和27年まきつけ養成, 28年植えつけ。	
3 a	1 年生苗 (1—0) 単植無施肥区 Single planting of 1-0 seedlings, no fertilization	0.1 ha あたり 576 本植えつけ。	18, 25, 32
3 b	1 年生苗 (1—0) 単植施肥区 Single planting of 1-0 seedlings, fertilization	3 a と同様に植えつけしたものに施肥。	13, 21, 34
3 c	1 年生苗 (1—0) 複植無施肥区 Plural planting of 1-0 seedlings, no fertilization (Nest planting)	0.1 ha あたり 576 カ所, 1 カ所に つき 5 本あて植えつけ。	19, 25, 35
3 d	1 年生苗 (1—0) 複植施肥区 Plural planting of 1-0 seedlings, fertilization	3 c と同様に植えつけしたものに施肥。	14, 28, 36
4.	2 年生苗 (1—1) 植栽区 Planting of 2-year-old seedlings	昭和27年まきつけ, 28年床替, 29 年植えつけ。	
4 a	2 年生苗 (1—1) 植栽無施肥区 I Single planting of 1-1 seedlings, no fertilization I	0.1 ha あたり 288 本植えつけ。	1, 5, 12
4 b	2 年生苗 (1—1) 植栽施肥区 II Single planting of 1-1 seedlings, no fertilization II	0.1 ha あたり 576 本植えつけ。	16, 20, 30
4 c	2 年生苗 (1—1) 植栽施肥区 Single planting 1-1 seedlings, fertilization	4 b と同様に植えつけしたものに施肥。	11, 15, 26
5.	肥料木混植 2 年生苗 (1—1) 植栽区 Planting 2-year-old seedlings mixed soil improvement tree	昭和29年実行, 4 と同じ苗木にヤマハシノキを混植	
5 a	肥料木混植 2 年生苗(1—1)植栽区 I Single planting of 1-1 seedlings mixed with soil improvement tree I	0.1 ha あたりアカマツ 576 本, ヤマハシノキ 144 本植えつけ。	3, 7, 22
5 b	肥料木混植 2 年生苗(1—1)植栽区 II Single planting of 1-1 seedlings mixed with soil improvement tree II	0.1 ha あたりアカマツ 288 本, ヤマハシノキ 288 本植えつけ。	2, 6, 17

注：処理 1 以外のタネはすべて昭和 26 年沼宮内営林署産のタネを用いた。

2. 施肥区設計 Design of fertilization trial.

施肥区名 Arrangement of fertilizer	1カ所あたり施肥量 Amount of fertilizer per one spots	0.1 ha あたり施肥量 Amount of fertilizer per 0.1 ha
A ちから粒状固形肥料+熔燐 Chikara Fertilizer cake+Fused magnesium phosphate	ca. 100 g+11 g	60 kg+6.7 kg
B みとせ粒状固形肥料 Mitose granule Fertilizer	ca. 135 g	81 kg
C 硫安+熔燐+塩化カリ Ammonium sulphate+Fused magnesium phosphate +Potassium chloride	ca. 40 g+33.5 g+10 g	24 kg+20 kg+6 kg
D 硫安+過石+塩化カリ Ammonium sulphate+Super phosphate+Potassium chloride	ca. 40 g+37.5 g+10 g	24 kg+22.5 kg+6 kg

注 1. 1カ所あたりの N : P₂O₅ : K₂O 施用量は 8 : 6 : 4 g

2. 「ちから」および「みとせ」粒状固形肥料は 6~8 mm の円形に泥炭で固めた肥料で成分量は次表のとおり。

(Remark) 1. Contained quantity of N : P₂O₅ : K₂O per one spots = 8 : 6 : 4 g

2. Chikara or Mitose fertilizer consolidated with peat, each diameter 6~8mm.

肥料名 Commercial Name	成分量 Element guaranteed %		
	NH ₄ -N	Available P ₂ O ₅	Water soluble K ₂ O
ちから粒状固形 Chikara fertilizer	8	4	4
みとせ粒状固形 Mitose fertilizer	6	5	2

(1—1 苗)の使用を考えるにとどめ、苗木代の安価な 1—0 苗については単植*と複植(巢植え)をとり入れ、天然更新、人工下種は細かく分けなくて大ざっぱに考えた。さらに補助手段としての施肥は天然下種以外に用いた。以上のようなことから Table 3 にその内容を示したとおりの 12 処理とし、各処理を 3 回のくり返しとして Fig. 1 のように配列した。

天然下種区は昭和 26 年秋に結実した前生母樹のタネによるほか、1 plot 10 本内外の直径・樹高ともに大きいアカマツを選んで下種のための母樹として残し、天然更新を期待した。

天然下種以外の 11 の処理区に使用したタネは、岩手営林署(当時沼宮内営林署)で昭和 26 年秋、事業的に採集を行なつたいわゆる御堂マツのタネで、昭和 27 年春以後のじかまきまたは苗畑における養苗にあてた。

施肥については施肥区を A, B, C, D の 4 区に分け、Table 3 の 2 に示したように施肥量を決定した。A, B, C, D 各区とも、まきつけ穴または植え穴 1 カ所あたりの N, P₂O₅, K₂O の量はほぼ 8, 6, 4 g になるようにおのおの肥料を与えた。施与は処理 2 の人工下種においてはまきつけ前、処理 3 以下

* 単植とは一般の植栽のように 1 カ所 1 本植えることであり、複植とは Fig. 4 (2) に示すように 1 カ所に 5 本を植えるもので、ソビエトで行なっている巢植えにあたるものである。

の植栽区においては植えつけ後に実行することとした。

Ⅲ 実 行 経 過

Table 3 に示された設計にもとづいて、昭和 27 年から実行した仕事のおもな内容は次のとおりである。

<昭和 27 年>

- 1) 試験地配置設定 (Fig. 1 のとおり)。
- 2) 人工下種区 2 a, 2 b 区 (plot No. 10, 24, 33 および 8, 23, 31) の実行

Fig. 3 に示したように、まきつけ穴を約 $1.3 \times 1.3 \text{ m}$ に 1 カ所あてとし、 0.1 ha あたり 576 カ所とした。まきつけ穴はおよそ $30 \sim 45 \text{ cm}$ 平方の落葉層 (A_0 層) をはぎとり、唐鍬で耕起してのち、ふみ固め、その上にタネを $25 \sim 30$ 粒まきつけし、手で約 5 mm 程度おおい土した。なお、まきつけ穴はまきつけ後、落葉層、主として L～F 層でうすくおおつた。

施肥区は無施肥区と同様にまきつけ穴を耕起後、Fig. 4(3) に示したように穴全体に所定の肥料を施し、かきまぜてのち平坦にして軽くふみ固め、その上に間土 (肥料を施さない土) を約 3 cm 程度の厚さに敷いて、さらにふみ固めてまきつけ床とした。

まきつけに用いたタネは、あらかじめウスブルン消毒 (800 倍液に 6 時間浸漬) をしたのち、催芽処理*を行なつたものをを用いた。まきつけに用いたタネの量は、1 plot 当たりおよそ 150 g あてで 1 カ所 (1 巢) あたり $25 \sim 30$ 粒である。

- 3) 天然下種および人工下種無施肥、施肥区の計 9 plot の手入れおよび成長量の調査を行なつた。人工下種区の手入れは下刈りのほかまきつけ箇所の除草および間引き (1 カ所あたり 15 本以上成立しているところは 15 本以下に) も軽く行なつた。
- 4) 処理 3 a～5 b 各区に植えつけるべき苗木のまきつけ養成した。

<昭和 28 年>

- 1) 1 年生苗植栽区、すなわち 3 a, 3 b, 3 c, 3 d 各区 (plot No. 18, 25, 32, 13, 21, 34, 19, 29, 35, 14, 28, 36) の植えつけ実行

1 年生苗単植無施肥区 (3 a) は Fig. 3 に示したように $1.3 \times 1.3 \text{ m}$ に 1 カ所あての植え穴を約 $30 \sim 45 \text{ cm}$ 平方に落葉層 (A_0 層) をはぎとつてのち掘りおこし、1—0 苗を 1 本あて植えつけた。同じく施肥区 (3 b) は 1—0 苗を 3 a 区と同じように植えつけたのち、Fig. 4(2) に示した位置に施肥した。

1 年生苗複植無施肥区 (3 c) は 3 a と同様に植え穴を作り、1—0 苗を植え穴に 1 辺 25 cm 程度の方形に 4 本、その中央に 1 本、計 5 本の苗木を植えつけた。施肥区 (3 d) は 3 c と同様に植えつけたものに対して所定の施肥量を Fig. 4(2) に示した位置に分施した。

なお、この実行に当たっては植え穴作りと植えつけを別々にし、前者は唐鍬を用い、植えつけには planting dibble を用いた (Fig. 4(4) 参照)。そして植えつけ後は苗木の根元に落葉層 (A_0 層) をかき寄せて土壌の乾燥を防いだ。

- 2) 前年まきつけ 6 plot のまきつけ箇所の間引きおよび、今年までに実行した処理 21 plot の手入れおよび成長量の調査。

* ウスブルンからひきあげたタネは布袋に入れたままでバットにひろげ、同じ大きさのバットでおおいをして、 25°C 内外の温度を保つ堆肥中に 48 時間以上入れ、芽が出始めたものである。

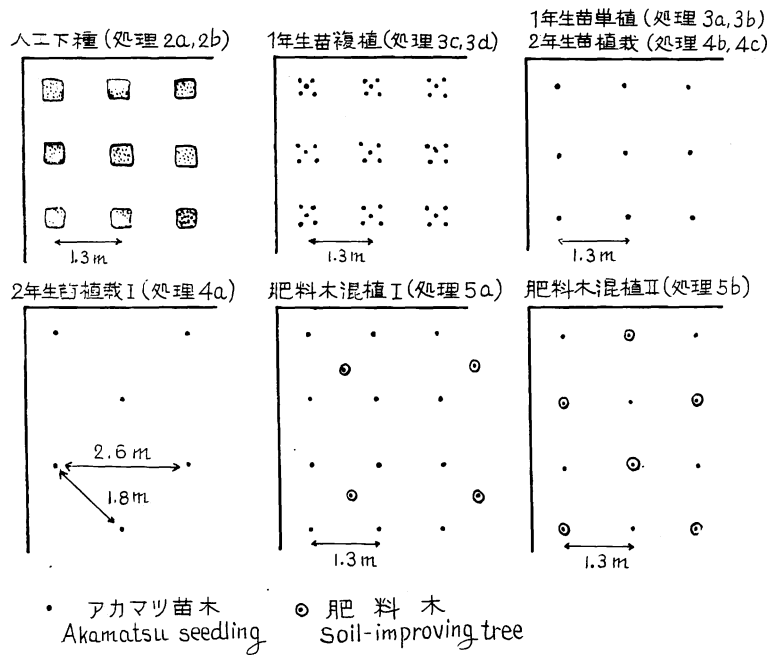


Fig. 3 まきつけおよび植えつけ方式図

Diagram showing arrangement of seeded and planted places.

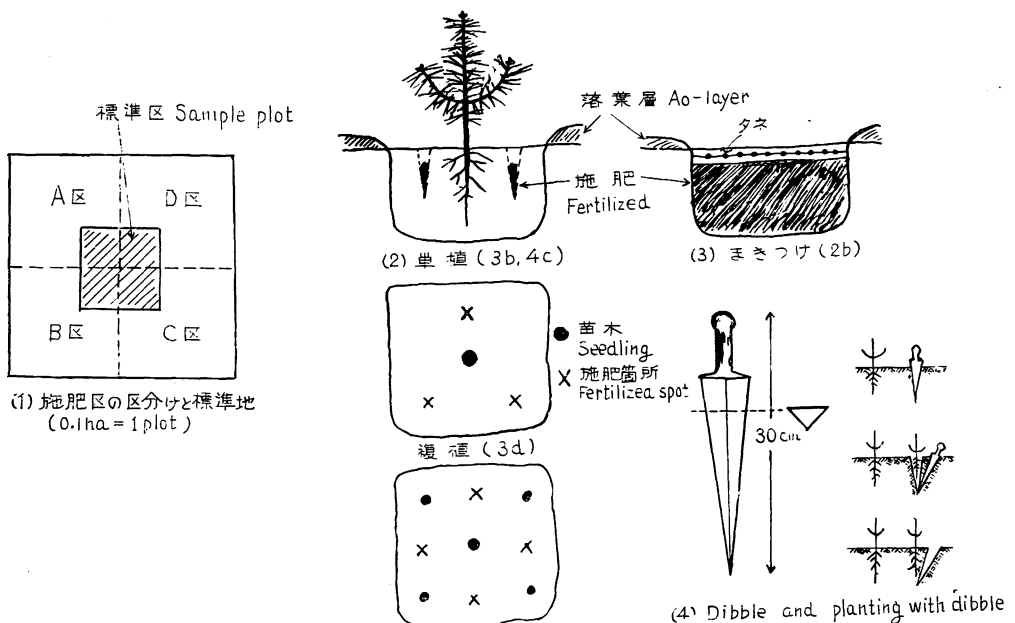


Fig. 4 施肥区の区分けおよび施肥方法

The sub-division of fertilized plots and fertilizing methods.

3) 処理4 a～5 b各処理区に対する植えつけ用の苗木の床替養成。

＜昭和29年＞

1) 2年生苗植栽区4 a, 4 b, 4 c (plot No. 1, 5, 12, 16, 20, 11, 15, 26) および肥料木混植2年生苗植栽区5 a, 5 b (plot No. 3, 7, 22, 2, 6, 17) 各区の実行

この年の植えつけは1回床替2年生苗(1-1)を1カ所1本植えつけるので普通の植えつける方法でよかったが、一応植えつけ穴を30cm平方程度に掘り起こして後、一斉に植えつけた。各処理区の植えつけ間隔および肥料木混植2年生植栽区のアカマツと肥料木(ヤマハンノキ)の配列はそれぞれFig. 3に示した。

2) 試験地全体の下刈りおよび人工下種2 a, 2 b処理区6plotの間引きを行ない、1穴あたり8～10本以下の成立本数とした。

3) 試験地各区の標準地の成長量を樹高・根元直径について測定した。

＜昭和30年＞

1) 昭和29年5月の晩霜に起因すると思われるアカマツの枯損が生じたので、試験地全区の高低測量および枯損状態を調査した。

2) 試験地全体の下刈りおよび全区の成長量調査。

3) 天然下種区(plot No. 4, 9, 27)の保残母樹の伐倒。

＜昭和31年＞

1) 人工下種2 a, 2 b区6plotの第3回目の間引きを実行し、1穴あたり5～6本以下とする。

2) 試験地全体の下刈りおよび成長量調査。

＜昭和32年＞

1) 肥料木混植5 a, 5 b区の肥料木として昭和29年植えつけたヤマハンノキがほとんど全部枯死したので、肥料木のみ改植することにしてタニガワハンノキを秋植えた。

2) 試験地全体の下刈りおよび標準地の成長量調査。

＜昭和33年＞

1) 試験地全体の下刈りおよび標準地の成長量調査。

＜昭和34年＞

1) 統計的な標本抽出調査を行なつてやや精密に成長量を把握し、さらに一部林分構造を調査した。

IV 調査方法

1. 成長量調査

本試験地はFig. 4(1)に示したように試験開始当時から標準区域を設けて、稚苗の連年成長(苗高・根元直径)を調査測定してきた。しかし、標準地は各plotの中央10×10mとしたので、無施肥区はほぼ満足と思われるが、施肥区はFig. 4(1)に示したように、施肥A, B, C, D各区の一隅について少本数測定してきたにすぎないことになり、きわめて片寄った地点を測定してきたのである。

昭和34年秋はやや精密な試験地全体のdataをつかむため、以前の標準地を無視して統計的な標本抽出調査に従った。すなわち、次式により調査すべき抽出標本数をきめた。

$$n \geq \frac{N}{1 + \frac{N\varepsilon^2}{u^2C^2}} \dots\dots\dots (1)$$

n : 実際に調査する稚樹数 ε : 誤 差 率
 N : 各 plot 中の全体の稚樹数 u : 信頼度係数
 C : 変化係数

本調査では信頼度95%, 誤差率5%として計算したが, 問題になるのは変化係数の値である。さいわい試験開始当初から33年秋まで各 plot の標準地について樹高（苗高）および根元直径について測定した data によりそれぞれの変化係数が知られている。一般には試験開始当初からしだいに年を経るにつれて, 変化係数Cの値は小さくなる傾向が知られているので, ここでは昭和33年秋の樹高のそれを用いることにした。これによれば天然更新区が最大で1/3.9を示し, 他は1/4.6~1/6.8程度であつた。

この変化係数により各処理区の抽出本数を決定し, 施肥区については各肥料区ごと, つまり施肥A, B, C, D区ごとの標本数をきめた。この結果は Table 4 のとおりとなつた。この際用いた各 plot (施肥区では各肥料区ごと) のNについては, 前年の調査 data により稚樹の成立本数を推定した。Table 4 に

Table 4. 測 定 標 本 数 の 決 定
 The determination of sample number.

処理区名 Treatment	昭和33年測定値よりの推定成立本数 Tree number estimated from the data in 1958	同左樹高変化係数 Coefficient of variation on height	(1)式より算出した抽出数 Determination of sample number of tree	人工下種および複植区の抽出穴数 Sample No. of spots	1 plot につき実際に測定した箇所数または本数 Surveying or spot number in 1 plot
1	1,500本	1/3	159本	—	101 m ²
2 a	1,800	1/5	62	16	45穴(巢)
2 b A	450	1/5	56	16	30 "
B	450	1/5	56	16	30 "
C	450	1/5	56	16	30 "
D	350	1/5	54	16	30 "
3 a	450	1/4	82	—	99本
3 b A	144	1/4	59	—	69 "
B	144	1/4	59	—	69 "
C	144	1/4	59	—	69 "
D	144	1/4	59	—	69 "
3 c	2,000	1/4	96	25	57穴(巢)
3 d A	600	1/5	56	16	30 "
B	500	1/5	55	16	30 "
C	500	1/5	55	16	39 "
D	500	1/5	55	16	34 "
4 a	288	1/5	53	—	70本
4 b	400	1/4	89	—	99 "
4 c A	144	1/4	59	—	69 "
B	144	1/4	59	—	69 "
C	144	1/4	59	—	69 "
D	144	1/4	59	—	69 "
5 a	576	1/5	86	—	102 "
5 b	288	1/5	53	—	78 "

求めた数値は樹高の変化係数をもととして計算したが、根元直径における変化係数は一般にこれより大きい値を示し、これで抽出標本数を計算すればさらに多く抽出しなければならないので、実際には Table 4 の抽出数より相当余裕をもった標本数とした。

以上のようにしてきめた標本数は、各処理区の植え穴またはまきつけ穴に通し番号をつけて、任意に抽出して稚樹を測定すればよいが、1カ所に多くの稚樹が成立している人工下種区や1年生苗複植区のような場合は1穴についてどれを測定するかが問題があるので、この場合抽出された穴の全稚樹を測定することにし、次式により穴数をきめることにした。すなわち、Nが相当大きいものとして、

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad \left(\sigma_{\bar{x}}^2 = \frac{N-n \cdot \sigma^2}{N-1 \cdot n} \right)$$

$\sigma_{\bar{x}}$: 標本平均 $\bar{x}$ の標準偏差 σ : 母集団の標準偏差 n : 標本稚樹数

なる式を用いて、今 $n=3$ (1穴あたりの平均稚苗成立本数) として、

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{3}} \quad \text{したがって} \quad C_{\bar{x}} = \frac{C}{\sqrt{3}}$$

ここで変化係数Cは Table 4 のCを用いればよく、たとえば人工下種無施肥区2aの場合は、

$$C_{\bar{x}} = \frac{1}{5\sqrt{3}}$$

とおき、 n (さきに(1)式できまつた抽出数) およびこの $C_{\bar{x}}$ を(1)式に代入して

$$m \geq \frac{n}{1 + \frac{n\epsilon^2}{u^2 C_{\bar{x}}^2}} \dots\dots\dots (2)$$

からきめることができる。人工下種および1年生苗複植の各区の抽出穴数は Table 4 に示すとおりとなつたが、この場合も実際には相当余裕をみてまきつけ穴または植えつけ穴を抽出することとした。

なお、天然更新区は成立稚樹本数から面積的に逆算抽出した。

このようにしてきめられた抽出数は、まきつけ穴または植えつけ穴にとおし番号をつけ、at random に抽出して、そこに成立している稚樹の樹高・胸高直径および根元直径を測定した。樹高は測定用の棒で cm 単位に測定してのち $5cm$ 括約で整理した。胸高直径は地上 $1.2m$ の部分、根元直径は地上 $5cm$ の部分の直径を一方向のみにつきノギスで mm 単位で測定し、のち $5mm$ 括約で整理集計した。

2. その他の調査

成長量調査のほか、林分の構造をつかむために相当量の稚樹を伐倒して幹・枝の大きさや葉を含めての垂直的な配分関係をしらべようとしたが、きわめて多くの時間と労力を要するため、代表的な区から最少本数を伐倒して調査するにとどめた。しかし、この標準木の選び方は一応、IV-1で調べた結果の平均に近いものを抽出伐倒した。

伐倒した稚樹は試験区外に搬出してもとの成立状態にもどして撮影後、節間ごとの幹の材積と、その幹の節から出た枝の材積とを簡単なシロメーターで測定し、葉は枝からむしりつつ各階枝ごとに生重で全量測定を行なつた。この結果から全体の林の状態を推定することは、はなはだ心もとないが、一応の目安をつけるために図表にまとめて記載した。

V 調査結果と考察

以上記した調査方法により、昭和34年10月に本試験地 36 plot を調査したが、その結果と試験開始時

Table 5. 生存率および推定生立稚樹数
The survival ratio and the estimated number of surviving seedlings.

処 理 区 Treatment	調査穴数(面積) Spot number of surveying (area)	左に対する稚 樹成立穴数 Spots number of survival seedlings	生 存 率 Survival ratio	調査穴(面積) 内の 稚 樹 数 Nos. of seedlings in surveyed spots	1 ha あたりの推 定稚樹成立本数 Estimated num- ber of surviving seedlings per ha
1	304 m ²	—	—%	446本	14,900本
2 a	135穴(巢)	133穴(巢)	98.5	482	20,580
2 b (A,B,C,D)	360 "	345 "	95.8	1,087	17,390
3 a	295本	229本	77.8	229	4,490
3 b (A,B,C,D)	828 "	637 "	76.9	637	4,430
3 c	171穴(巢)	170穴(巢)	99.9	602	20,290
3 d (A,B,C,D)	399 "	396 "	99.2	1,454	20,990
4 a	208本	180本	86.5	180	2,490
4 b	297 "	234 "	78.7	234	4,530
4 c (A,B,C,D)	828 "	699 "	84.4	699	4,860
5 a	307 "	297 "	96.7	297	5,570
5 b	234 "	220 "	94.0	220	2,710

から昭和33年までの7年間にわたって標準区を設定して測定してきた data とを合わせて記載して考察する。

1. じかまき, または植えつけた苗木の生存率および樹高・胸高直径分配表

抽出調査した穴数に対して, どれだけの苗木がどれだけ生きているか。また, 現在推定される各区の稚樹の成立本数は, どのようになっているかについてまとめたのが Table 5 である。一般にまきつけた区, または巢植えした区, つまり人工下種区 (2 a, 2 b) および1年生苗複植区 (3 c, 3 d) は, 1穴 (1巢) に数本あて成立せしめてある関係上, 穴 (巢) 全体が枯損しているところは少なく, 生存率は全穴数に対して95%以上の高率である。これに対して, やや弱い1年生苗 (1—0) を1穴1本あて植えつけた1年生苗単植区 (3 a, 3 b) は, 33%程度の枯損数を示している。そして, 2年生苗 (1—1) を植えつけた各区はバラツキが目立ち, 植えつけた plot によつて枯損数に差があるようで, 生存率で79~97%を示している。

次に現在各処理区に成立している稚樹本数を Table 5 からみれば, まきつけ後2回ほど間引きは行なつたが, まだ数本あて成立している人工下種区 (2 a, 2 b) と, 1穴5

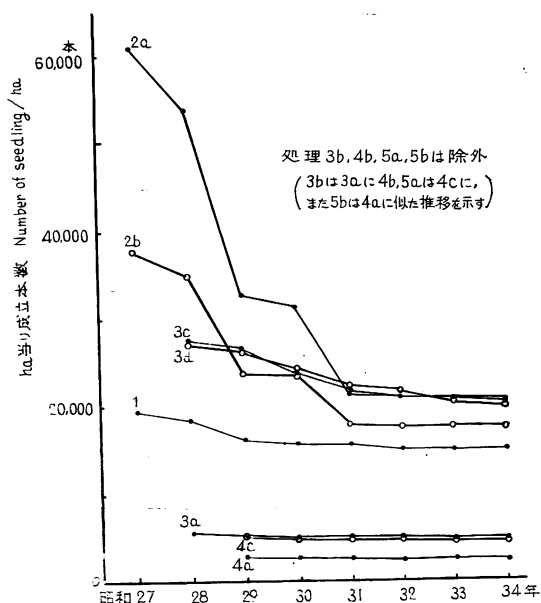


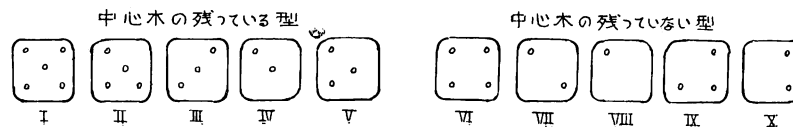
Fig. 5 稚樹成立本数の推移
The transition of seedling number per ha.

Table 6. 複植(巢植え)区における苗木の生存状況
The growing of the remained seedlings at the plural planting plot.

処 理 区 Treatment	中心木の有無 Existence of center tree	区 番 号 Plot No.	中 心 木 の 残 っ て い る 型 The type of survived center tree						中 心 木 の 残 っ て い な い 型 The type of dead center tree					
			I	II	III	IV	V	計 Total	VI	VII	VIII	IX	X	計 Total
1 年生苗複植 施 肥 区 3 d	まわりの木より中 心木の成長のすぐ れた箇所	14	7	18	1	1	8	35						
		28	6	12	2	0	4	24						
		36	4	11	2	3	5	25						
		Total	17 (4.3)	41 (10.3)	5 (1.3)	4 (1.0)	17 (4.3)	84 (21.2)	18 30	3 1	2 1	10 12	5 2	38 46
		14	18	22	7	2	12	61	21	2	2	23	8	56
		28	16	29	5	1	14	65	69 (17.4)	6 (1.5)	5 (1.3)	45 (11.4)	15 (3.8)	140 (35.4)
1 年生苗複植 無 施 肥 区 3 c	まわりの木より中 心木の成長のすぐ れた箇所	36	15	17	4	3	7	46						
		Total	49 (12.4)	68 (17.2)	16 (4.0)	6 (1.5)	33 (8.3)	172 (43.4)						
	まわりの木より中 心木の成長の劣つ た箇所	19	2	5	2	2	2	13						
		29	5	4	0	0	2	11						
		35	5	5	2	0	3	15	3	2	4	10	3	22
		Total	12 (7.1)	14 (8.2)	4 (2.4)	2 (1.2)	7 (4.1)	39 (23.0)	13	0	2	3	2	20
		19	6	7	4	1	3	21	7	2	2	8	2	21
	まわりの木より中 心木の成長の劣つ た箇所	29	7	15	0	1	3	26	23 (13.5)	4 (2.4)	8 (4.7)	21 (12.3)	7 (4.1)	63 (37.0)
		35	2	10	2	0	7	21						
		Total	15 (8.8)	32 (18.8)	6 (3.5)	2 (1.2)	13 (7.7)	68 (40.0)						

注：() 内数字は3 d, 3 cともに調査穴数に対する各型の出現%。

3 d 総合計は396穴 (100%), 3 c 総合計170穴 (100%)。



本あて植えつけして、その後間引きを行なっていない1年生苗複植区（3c, 3d）は、8年生現在で *ha* あたり 20,000 本強の成立本数を示している。これらは事業的に *ha* 3,000 本植えつけを想定して 2,880 本/*ha* 植えつけた2年生苗植付け無施肥区 I（4a）のように *ha* あたり 2,490 本成立している区や、事業的に 6,000 本/*ha* 植えつけを想定して 5,760 本/*ha* 植えつけた多くの区では、4,430~5,570 本/*ha* 成立している区に比べて7~3.5 倍の多くの成立本数をみている。

この data に過去7年間の標準区の調査による data を連絡して、試験開始当初からの各処理の成立本数を示したのが Fig. 5 である。この図をみれば人工下種区 2a, 2b は試験開始当初から非常に多くの稚樹が成立していたが、その後数回の間引きでしだいに減り、さらに自然枯損で現在の20,000~17,000 本/*ha* になった。また、1年生苗複植区 3c, 3d は植えつけ当初実際植えつけた本数は 28,800 本/*ha* であつたが、自然枯損、特に植えつけ当年には1年生苗（1-0）という小苗を植えつけた関係で枯損が目だつて、27,000 本/*ha* となり、その後2, 3年枯損があり、34年現在では人工下種区とほぼ同じ本数の 20,000 本/*ha* 成立している。1年生苗（1-0）を植えつけた1年生苗単植区 3a, 3b は、2年生苗（1-1）を植えつけた2年生苗植栽区の 4a, 4b, および肥料木混植2年生苗植栽区 5a, 5b よりやや枯損が目だっている。

34年現在成立本数の多いじかまきおよび巢植え、それに天然下種区は枝のふれあいとか葉のつき具合その他からみて、すでにうつべい状態にあるといえよう。それに比べて他の区は、下枝は張っているがまだふれ合っていない。

ここで一言しておきたいのは、昭和29年春植えた肥料木のヤマハンノキが全部枯死し、その後昭和32年に秋植えたタニガワハンノキ（通称コバハン）もこれまた全部枯死したので、肥料木混植はその効果はほとんどないものと思われ、5a 区は 4b に、5b は 4a に等しいものとなつた。

植えつけた苗木の枯損および生存している苗木の伸長関係で最も興味をひかれるのは、1年生苗複植区 3c, 3d の巢植えの際に、巢の中央に植えつけた苗木の枯損と生き残つた場合の成長である。この結果をとりまとめたのが Table 6 である。この表で中心木、つまり巢の中心に植えつけた稚樹の成長のすぐれている箇所としたのは、巢のまわりに植えたどの稚樹よりも樹高が少しでも高い箇所を示したものである。それで、中心木が枯れないで残っているものは 3c 処理区で全体の 63%, 3d 処理区で 65% とほぼ同じ率で、施肥による差はみられない。また、中心木の樹高成長がまわりのどの稚樹よりもすぐれている箇所はそれぞれ全体の 23%, 21% でほぼ同率で、これまた施肥による差は認められない。中心木が周囲木のいずれかより樹高成長が劣っているものの率は全体の 40% という高い率が示された。しかし、周囲木の平均樹高に比べればさほど優劣がないように見受けられるが、胸高直径では多少中心木が劣るもののである。

次に樹高—胸高直径相関表を各処理区ごとに、抽出測定した本数そのままを集計した本数分配表として、Table 7 に示した。

2. 樹 高 成 長

前述の測定計画本数を at random に測定、集計した各処理区別の樹高の平均値 $\bar{H}$ と、その標準偏差 σ は Table 8 のとおりである。各処理区の数値をみれば、同処理でも plot によつて 30~50 cm, 極端な処理区では 60 cm の差があるが、これは plot 相互間の地位の差によるものと考えられるもののほか、天然下種区 1 では樹高成長のすぐれている区は成立本数の少ない plot で、伐採前の母樹の樹高は他の plot

Table 7. 各処理ごとの本数分配表 (H: Dв.н.)

The distribution of seedling number after 8-years growth (H: Dв.н.).

天然下種区 (1)

($r = +0.655$)

Dв.н. H	mm 5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	Σ
100 cm			1											1
125	4	4	2	1	3									14
150	4	25	2	4	3									38
175	1	28	21	3		1	1		1					56
200		3	43	46	3		2							97
225		3	19	54	27	4	1			1				109
250			1	16	24	11	4	1						57
275		1	4	2	9	10	7	3						36
300			2		3	4	8	4	1					22
325						1	6	4	2	1				14
350								1	1					2
Σ	9	64	95	126	72	31	29	13	5	2				446

人工下種無施肥区 (2 a)

($r = +0.749$)

Dв.н. H	mm 5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	Σ
125 cm			1											1
150	1	3												4
175		3	1											4
200		1	20	4	1	1								27
225		3	20	28	3	1								55
250		1	3	40	39	4	3		1					91
275			4	18	48	23	9		1					103
300			2	4	25	48	16	5	2					102
325			1	1	8	23	13	14	4					64
350							9	7	4	1				21
375						1	1	3		1				6
400					1	1			1					3
425									1					1
Σ	1	11	52	95	125	102	51	29	14	2				482

人工下種施肥 (A, B, C, D) 区 (2 b)

($r = +0.682$)

Dв.н. H	mm 5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	Σ
175 cm		3												3
200		3	1	1										5
225		2	13	12	4	1	1							33
250			13	27	23	5	1	2						71
275		1	7	42	72	33	10	3						168
300			2	31	80	87	37	11	3					251
325	1			10	38	92	73	34	5	5	1			259
350				1	10	31	52	40	12	5	1			152
375				2	3	7	34	24	14	8	2	1		95
400						2	7	8	13	8	2		1	40
425								2	5	2	1			10
Σ	1	9	36	126	230	258	215	124	52	28	7	1		1,087

Table 7. 各処理ごとの本数分配表 (H: D.B.H.) (つづき)

The distribution of seedling number after 8-years growth (H: D.B.H.).

1年生苗単植無施肥区 (3 a)

(r = +0.798)

D.B.H. H	mm 5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	Σ
150 cm		6	3	1										10
175		2	8	3	1									14
200			8	18	6	2								34
225				23	16	7	3							49
250				3	19	21	15							58
275			1	1	5	6	16	6	1					36
300				2	1	1	10	8						22
325							2		2					4
350								2						2
Σ		8	20	51	48	37	46	16	3					229

1年生苗複植施肥 (A, B, C, D) 区 (3 b)

(r = +0.835)

D.B.H. H	mm 5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	Σ
125 cm	1	4			2	1								8
150	1	15	4	1										21
175		13	17	6	1	2	3							42
200			19	39	11	1	1	1						72
225			2	36	50	11	3				1			103
250				11	46	65	30	4	1	1				158
275		2	1	1	9	41	46	16	2	2				120
300					1	15	31	24	3	1	1		1	77
325							7	7	8	3	2			27
350								1	2	2	2			8
375											1			1
Σ	2	34	43	94	120	136	121	53	16	9	7	1	1	637

1年生苗複植無施肥区 (3 c)

(r = +0.719)

D.B.H. H	mm 5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	Σ
125 cm					1									1
150	4	10	2											16
175		13	11	1	1	1	1							28
200	1	11	37	16	1	1								67
225		3	27	46	29	4	1							110
250		2	11	56	59	31	1							160
275		1		19	73	48	3	2						146
300		1			22	19	13	1						56
325					4	6	4	1						15
350					2		1							3
Σ	5	41	88	138	192	110	24	4						602

Table 7. 各処理ごとの本数分配表 (H: Bв.н.) (つづき)

The distribution of seedling number after 8-years growth (H: Bв.н.).

1年生苗複植無施肥 (A, B, C, D) 区 (3 d)

($r = +0.758$)

Дв.н. H	mm 5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	Σ
150 cm	2	7		1										10
175	2	21	4											27
200		25	32	7	2									66
225		16	63	52	9	3	1							144
250		4	36	122	92	20	7	1						282
275			10	77	176	94	15	6	1					379
300		1	3	17	94	159	53	9	2					338
325				2	14	55	49	15	4					139
350		1			4	9	22	11	4					51
375					2	1	4	7	4					18
Σ	4	75	148	278	393	341	151	49	15					1,454

2年生苗植栽無施肥区 I (4 a)

($r = +0.928$)

Дв.н. H	mm 5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	Σ
125 cm		2												2
150		5		1										6
175		6	8	6	1									21
200			7	13	7	2								29
225			2	17	19	9	2							49
250			1	3	18	7	6	2						37
275				1	3	5	9	6						24
300							3	6	1					10
325								2						2
Σ		13	18	41	48	23	20	16	1					180

2年生苗植栽無施肥区 II (4 b)

($r = +0.487$)

Дв.н. H	mm 5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	Σ
125 cm		1												1
150	1	12	2	2	2	1								20
175	1	5	10	10	1		1							28
200		1	8	28	15	2	1							55
225			5	16	23	8	3		1					56
250				9	18	16	7	1		1				52
275				1	2	7	5							15
300						2	4	1						7
Σ	2	19	25	66	61	36	21	2	1	1				234

Table 7. 各処理ごとの本数分配表 (H: DB.H.) (つづき)

The distribution of seedling number after 8-years growth (H: DB.H.).

2年生苗植栽施肥 (A, B, C, D) 区 (4 c)

(r = +0.763)

DB.H. H	mm 5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	Σ
125 cm	2	2		1	1									6
150	2	12	4	2		3	1							24
175		18	12	6	1	1								38
200		4	20	48	17	5	1							95
225		1	2	49	62	28	8	1						151
250		1	1	10	59	68	38	2		1				180
275				1	9	59	52	17		2	1			141
300				1		11	22	11	4		1			50
325							5	6	1	1				13
350							1							1
Σ	4	38	39	118	149	175	128	37	5	4	2			699

肥料木混植 2年生苗植栽区 I (5 a)

(r = +0.478)

DB.H. H	mm 5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	Σ
150 cm		9	1				1							11
175		7	6	5	1		1							20
200		3	11	26	2	2	1							45
225			12	25	21	7	6							71
250			2	9	20	18	16	2						67
275				2	4	10	23	6						45
300					3	12	11							26
325						1	7							8
350						1	2							3
375							1							1
Σ		19	32	67	51	51	69	8						297

肥料木混植 2年生苗植栽区 II (5 b)

(r = +0.696)

DB.H. H	mm 5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	Σ
125 cm	2	1												3
150	2	11	2	1										16
175		4	15	8	2									29
200		1	10	26	3	2								42
225				23	26	7	8							64
250				2	10	14	6	4						36
275				1	3	5	10	4						23
300						1	1	3						5
325							1	1						2
Σ	4	17	27	61	44	29	26	12						220

Table 8. 樹高成長量表(8年生)
The height growth of seedlings after 8-year growth.

処 理 区 Treatment	I	II	III
	$\bar{H} \pm \sigma$	$\bar{H} \pm \sigma$	$\bar{H} \pm \sigma$
1	(4) 190.5 ± 39.5^{cm}	(9) 232.2 ± 47.0^{cm}	(27) 189.3 ± 37.5^{cm}
2 a	(10) 293.6 ± 34.4	(24) 254.3 ± 34.2	(33) 282.6 ± 50.7
2 b A	(8) 290.3 ± 39.6	(23) 303.0 ± 30.0	(31) 327.7 ± 48.6
B	(8) 305.4 ± 40.4	(23) 311.6 ± 29.1	(31) 343.5 ± 41.9
C	(8) 314.3 ± 36.7	(23) 286.8 ± 30.3	(31) 326.8 ± 45.9
D	(8) 329.0 ± 36.6	(23) 292.9 ± 32.3	(31) 350.3 ± 37.1
3 a	(18) 259.0 ± 37.6	(25) 223.5 ± 35.6	(32) 236.7 ± 38.8
3 b A	(13) 227.2 ± 45.3	(21) 232.8 ± 34.8	(34) 199.6 ± 41.1
B	(13) 267.8 ± 36.7	(21) 254.2 ± 30.3	(34) 240.3 ± 36.7
C	(13) 286.5 ± 29.2	(21) 249.5 ± 38.4	(34) 236.1 ± 40.2
D	(13) 265.2 ± 47.9	(21) 244.7 ± 39.0	(34) 196.5 ± 37.2
3 c	(19) 240.0 ± 40.0	(29) 247.9 ± 33.9	(35) 246.8 ± 39.3
3 d A	(14) 283.1 ± 36.9	(28) 256.8 ± 33.1	(36) 284.2 ± 44.2
B	(14) 266.3 ± 35.9	(28) 272.1 ± 35.9	(36) 282.6 ± 48.9
C	(14) 268.5 ± 40.9	(28) 269.1 ± 37.8	(36) 274.5 ± 44.3
D	(14) 273.3 ± 34.2	(28) 279.3 ± 29.2	(36) 275.2 ± 42.3
4 a	(1) 218.4 ± 34.4	(5) 244.1 ± 38.9	(12) 222.8 ± 36.5
4 b	(16) 216.5 ± 34.2	(20) 217.5 ± 34.1	(30) 215.4 ± 36.7
4 c A	(11) 258.5 ± 26.1	(15) 237.3 ± 33.0	(26) 261.9 ± 34.2
B	(11) 249.6 ± 29.3	(15) 226.4 ± 35.0	(26) 255.3 ± 37.1
C	(11) 230.2 ± 38.1	(15) 203.0 ± 34.8	(26) 230.3 ± 34.3
D	(11) 243.4 ± 35.3	(15) 206.7 ± 39.7	(26) 242.2 ± 32.0
5 a	(3) 210.3 ± 32.8	(7) 270.5 ± 35.3	(22) 237.4 ± 32.0
5 b	(2) 196.2 ± 31.2	(6) 230.0 ± 40.5	(17) 231.9 ± 30.9

注 $\bar{H}$: 平均樹高 Average height σ : 標準偏差 Standard deviation

() 内数字は plot No.

よりすぐれているとはいえず、広葉樹の落葉層が多少深く堆積したので、やや肥沃であつたのではないかと考えられるような plot もある。

タネが同一産地、同一年度産である人工下種区以下肥料木混植2年生苗植栽区までの11処理区を比べてみれば、人工下種施肥区(2b)が最も樹高が大で280~350cmであり、ついで同無施肥区(2a)の250~290cm、1年生苗複植施肥区(3d)の250~280cmがすぐれた成長を示し、他の区はほとんど200~270cmで大同小異で続いている。

ここでまず施した肥料の種類A, B, C, D4区の間には差があるかどうかについて、Table 9のように人工下種、1年生苗単植および複植、2年生苗植栽各区の各施肥区の肥料A~Dの資料について統計分析した。その結果は肥料の種類A~Dの間には有意差がなく、更新方法つまり、人工下種、1年生苗単植および複植、2年生苗植栽区間にはきわめて有意な差がみられた。この結果からいえることは、肥料の種類は違つても肥料成分が同じであつた本試験では、ただ1回のみの施肥によつてはアカマツの樹高成長には差を認めることができなかった。

Table 9. 肥料間の分散分析表 (樹高)

The analysis of variance among the kinds of fertilizers.

1. 資料 (各処理ごとの樹高) Data (The height of each plots).

施 肥 Fertilization 処理 Treatment	施 肥 A Fertilizer A	施 肥 B Fertilizer B	施 肥 C Fertilizer C	施 肥 D Fertilizer D
人 工 下 種 (2 b)	290 <i>cm</i> 303 328	305 <i>cm</i> 312 344	314 <i>cm</i> 287 327 ·	329 <i>cm</i> 293 350
1 年生苗単植 (3 b)	227 233 200	268 254 240	287 250 236	265 245 197
1 年生苗複植 (3 d)	283 257 284	266 272 283	269 269 275	273 279 275
2 年生苗単植 (4 c)	259 237 262	250 226 255	230 203 230	243 207 242

2. 分散分析表 Analysis of variance.

要 因 Factor	偏差平方和 S.S.	自 由 度 ν	分 散 V	分 散 比 F	確率 (有意性) P
処 理 間 : A	55435.23	3	18478.41	26.692	*** ($V_{A \times B}$ を基準)
施 肥 間 : B	770.73	3	256.91	0.371	($V_{A \times B}$ を基準)
試験誤差 : A × B	6230.53	9	692.28	1.508	(V_s を基準)
抽出誤差 : s	14689.33	32	459.04		
全 体 : T	77125.82	47			

*** 0.1% point で有意

Significance at 0.1% point level.

Table 10. 施肥・無施肥間の分散分析表 (樹高)

The analysis of variance between fertilized and unfertilized plots.

1. 資料 (各処理区ごとの樹高) Data (Height of each plots).

施 肥 ・ 無 施 肥 Fertilization 処理区 Treatment	無 施 肥 区 Unfertilized			施 肥 区 Fertilized		
人 工 下 種 区 (2 a : 2 b)	(2 a)	294	254	283 <i>cm</i>	(2 b)	312 300 338 <i>cm</i>
1 年生苗単植区 (3 a : 3 b)	(3 a)	259	224	237	(3 b)	263 245 221
1 年生苗複植区 (3 c : 3 d)	(3 c)	240	248	247	(3 d)	273 270 279
2 年生苗植栽区 (4 b : 4 c)	(4 b)	217	218	215	(4 c)	246 221 249

2. 分散分析表 Analysis of variance.

要因 Factor	偏差平方和 S.S.	自由度 ν	分散 V	分散比 F	確率 (有意性) P
処理間: A	16152.4	3	5384.13	15.07	*** $V_{A \times B}$ を基準
施肥・無施肥間: B	3290.0	1	3290.00	9.21	** $V_{A \times B}$ を基準
試験誤差: $A \times B$	1071.2	3	357.07	1.55	V_s を基準
抽出誤差: s	3680.0	16	230.00		
全体: T	24193.6	23			

** 1% point で有意 Significance at 1% point level.

*** 0.1% point で有意 Significance at 0.1% point level.

そこでこれらの肥料の種類に無関係に施肥区として平均値を集計し、それと無施肥区との樹高を比較検討してみることにした。すなわち、処理 2 a : 2 b, 3 a : 3 b, 3 c : 3 d, 4 b : 4 c を、Table 10 の資料としてこれを統計的に吟味してみた結果、施肥の効果は 1% の危険率で有意差が認められた。つまり統計的にも相当施肥効果があつたことになる。さらに Table 9 の結果と同様更新方法については 0.1% の危険率で有意であり、人工下種が最もよく伸び、ついで 1 年生苗巢植え区が伸びているといえる。

以上のように肥料を与えたアカマツの成長が、そうでないアカマツよりすぐれた成長をしたことは認められたが、本試験では、じかまきまたは植栽時 1 回の施肥しか行なっていないので、施肥効果が何年持続するかが興味ある問題になる。Fig. 6-1 は試験開始当初から測定してきた標準地の数値と、34 年秋測定した数値とによつて樹高成長量を示した図である。これから施肥と無施肥の対象のある処理 2 a, 2 b, 3 a, 3 b, 3 c, 3 d, 4 b, 4 c を抜き出し、それぞれ無施肥区の樹高成長量を 100 とした施肥区の樹高成長量を示したのが Fig. 6-2 および -3 である。処理 3 b は総成長で、しだいに効果が現われていることがわかる。しかし他の処理 2 b, 3 d, 4 c は施肥翌年の樹高連年成長に大きい効果を与えており処理 2 b では無施肥 100 に対して 165, 処理 3 d では 140, 処理 4 c では 135 と大きい数値であるが、施肥後 3 年目からはしだいに効果は減退する。総成長でみれば処理 2 b は施肥翌年 150 を示し、以後しだいに無施肥区に近づき 34 年現在 115 である。処理 3 d では施肥 3 年後に最高で 128, 以後しだいに効果はうすれて、34 年には 111 となり、処理 4 c は施肥後 4 年目が最高でその前後はなだらかな線で示されている。本試験では処理によつて施肥の効果は異なるが、一応施肥をした翌年の連年成長に最大の効果を示すことが認められた。

以上のように施肥の効果は一応認められたが、各 plot の地位との関係が問題になる。いま、試験地が以前採草地であつた plot—No. 5, 6, 7 の 3 区を除き、plot ごとの前生アカマツの樹高を X 軸に、34 年測定の更新アカマツ稚樹の樹高を Y 軸にとつて各 plot の位置を示したのが Fig. 7 である。これをみれば無施肥の場合は、複植・じかまきを除いては一般に前生アカマツ樹高で示した地位のいかにかわらずほぼ同じ程度の樹高成長を示しているが、施肥区の場合は、じかまき・複植および単植を含めて地位の高い方にやや効果がよくみられる傾向のようである。

つぎに本試験の基本計画である Table 3 の 12 処理の効果が試験開始後 8 年目の樹高成長量に対してどのように表われているかを統計的に処理して Table 11 を得た。この結果は相互間には 0.1% の危険率

で有意差がある。つまり前述したように、人工下種施肥区(2b)がすべての処理区よりすぐれた成長をしており、人工下種無施肥区(2a)に対して5%の危険率、1年生苗複植施肥区(3d)に対して1%の危険率ですぐれた成長をしているほか、他の区よりすべてに0.1% point ですぐれた樹高成長をしていることを示している。ついで人工下種無施肥区(2a)は処理2bより劣るが、1年生苗複植施肥区(3d)とほとんど差のない成長をし、他のすべての区よりすぐれた成長をしていること、また処理区3dは処理区2aとほとんど同じ成長をしており、天然下種区(1)は処理4a、4b、5bとほぼ同じ成長をし、その他のすべての区より劣る成長をしていることを示している。そして他の多くの区はほとんど同様な樹高成長であることがわかる。この結果、アカマツの更新に当たっては人工下種または複植によつて密生させ、それに施肥を加えれば効果的に更新がなされるのではなかろうか。人工下種施肥区でも施肥後3年目まで130%以上を示しているから、このころ、さらに施肥をすればその効果がみられることと思う。

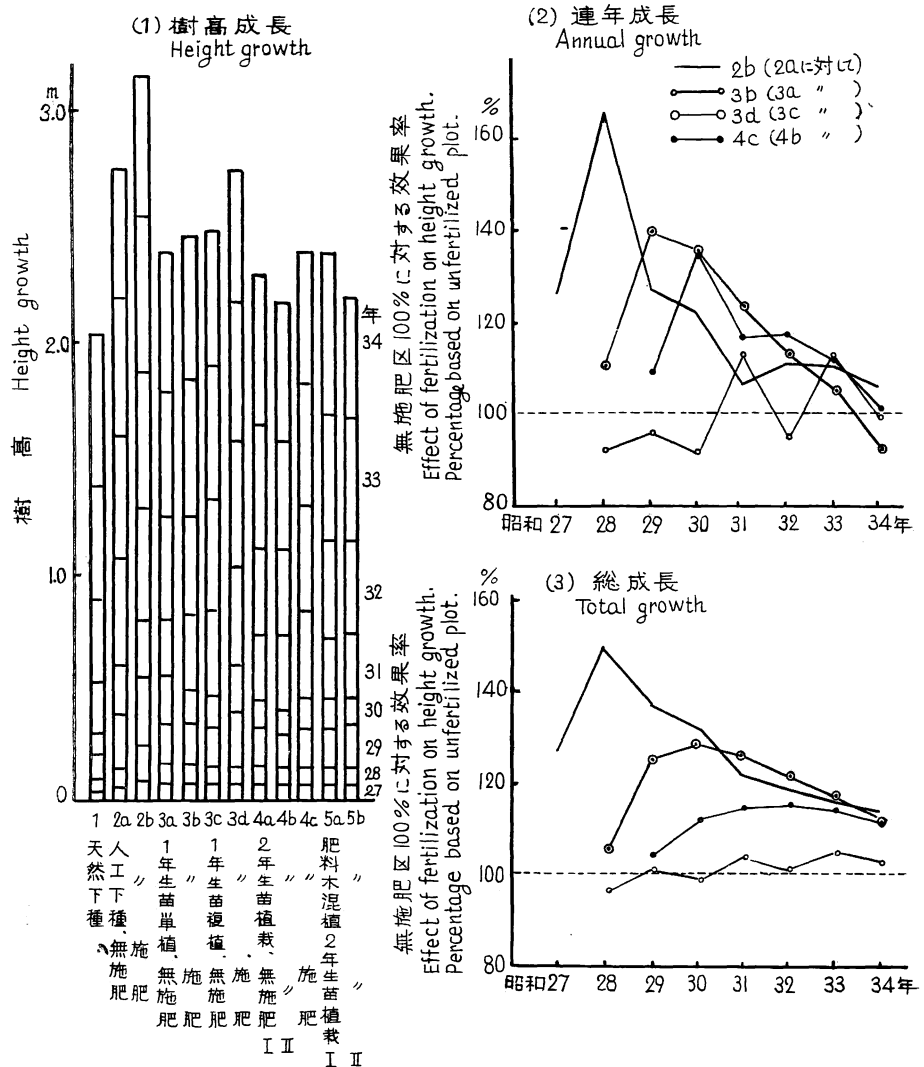


Fig. 6 樹高成長に対する施肥の効果

The effect of fertilization on height growth.

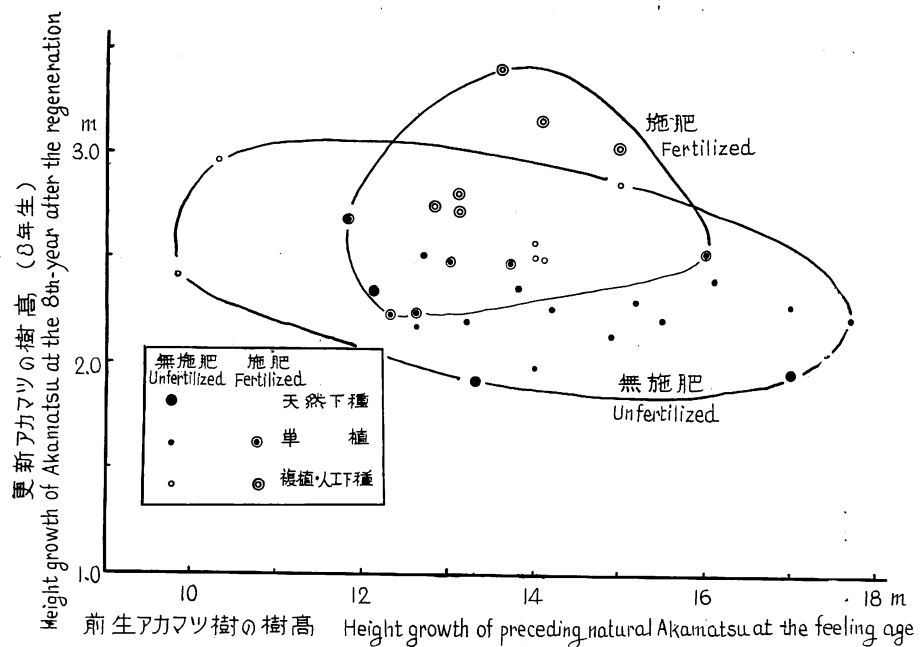


Fig. 7 施肥区および無施肥区の分布
The distribution of tree height in the test plots.

Table 11. 処理間の分散分析表 (樹高)

The analysis of variance among the kinds of regeneration methods (Height).

1. 資料 (各処理ごとの樹高) Data (Height of each treatment).

処 理 Treatment	1	2 a	2 b	3 a	3 b	3 c	3 d	4 a	4 b	4 c	5 a	5 b
各 plot の 樹 高 (cm)	191 232 189	294 254 283	312 300 338	259 224 237	263 245 221	240 248 247	273 270 279	218 244 223	217 218 215	246 221 249	210 271 237	196 230 232

2. 分散分析表 Analysis of variance.

要 因 Factor	偏差平方和 S.S.	自 由 度 ν	分 散 V	分 散 比 F	確 率 P
群 間 : C	31567.0	11	2869.72	8.69	***
群 内 : W	7926.0	24	330.25		
全 体 : T	39493.0	35			

*** 0.1% point で有意, Significance at 0.1% point level.

3. 各処理間の有意性 Significance between each treatments.

	1	2 a	2 b	3 a	3 b	3 c	3 d	4 a	4 b	4 c	5 a	5 b
1												
2 a	***											
2 b	***	*										
3 a	*	*	***									
3 b	*	*	***									
3 c	*	*	***									
3 d	***		**	*	*							
4 a		**	***				**					
4 b		***	***				***					
4 c	*	*	***				*					
5 a	*	*	***				*					
5 b		***	***				**					

* 5% point で有意 Significance at 5% point level.

** 1% // // at 1% //

*** 0.1% // // at 0.1% //

3. 胸高直径成長

各処理区ごとに測定した胸高直径の平均値および標準偏差 ($\bar{D}_{B.H.} \pm \sigma$) をとりまとめた結果は Table 12 のとおりである。本試験地の胸高直径を測定しようになつたのは6~7年生以上になつてからで、いまだ1~2年を経過しているにすぎない。したがつて、処理区または plot によつて一定の傾向を示す

Table 12. 胸高直径成長量表 (8年生)
The $\bar{D}_{B.H.}$ growth of seedlings after 8-year growth.

処 理 区 Treatment	I $\bar{D}_{B.H.} \pm \sigma$	II $\bar{D}_{B.H.} \pm \sigma$	III $\bar{D}_{B.H.} \pm \sigma$
1	(4) 17.3 $\pm$ 6.2 mm	(9) 27.4 $\pm$ 9.3 mm	(27) 18.4 $\pm$ 5.7 mm
2 a	(10) 32.1 $\pm$ 4.3	(24) 23.1 $\pm$ 6.0	(33) 26.7 $\pm$ 5.1
2 b A	(8) 28.0 $\pm$ 8.9	(23) 30.1 $\pm$ 6.2	(31) 31.2 $\pm$ 9.5
B	(8) 31.4 $\pm$ 8.6	(23) 29.3 $\pm$ 6.7	(31) 31.6 $\pm$ 8.8
C	(8) 33.0 $\pm$ 8.9	(23) 28.0 $\pm$ 5.7	(31) 33.5 $\pm$ 10.3
D	(8) 30.9 $\pm$ 8.2	(23) 28.4 $\pm$ 6.3	(31) 35.0 $\pm$ 8.3
3 a	(18) 30.4 $\pm$ 7.2	(25) 23.5 $\pm$ 7.0	(32) 26.1 $\pm$ 8.4
3 b A	(13) 27.7 $\pm$ 8.4	(21) 25.6 $\pm$ 6.6	(34) 20.6 $\pm$ 8.3
B	(13) 32.7 $\pm$ 9.7	(21) 30.1 $\pm$ 7.5	(34) 27.7 $\pm$ 7.1
C	(13) 35.6 $\pm$ 8.9	(21) 25.6 $\pm$ 8.2	(34) 25.7 $\pm$ 8.3
D	(13) 31.9 $\pm$ 10.2	(21) 27.4 $\pm$ 8.6	(34) 18.7 $\pm$ 8.2
3 c	(19) 22.8 $\pm$ 6.5	(29) 22.7 $\pm$ 7.0	(35) 22.7 $\pm$ 6.6
3 d A	(14) 27.7 $\pm$ 6.9	(28) 22.9 $\pm$ 5.4	(36) 24.2 $\pm$ 7.4
B	(14) 24.9 $\pm$ 7.2	(28) 25.2 $\pm$ 7.1	(36) 24.6 $\pm$ 8.2
C	(14) 24.8 $\pm$ 7.6	(28) 24.5 $\pm$ 6.9	(36) 26.2 $\pm$ 8.4
D	(14) 25.1 $\pm$ 7.2	(28) 26.5 $\pm$ 6.2	(36) 24.6 $\pm$ 7.9
4 a	(1) 22.7 $\pm$ 7.4	(5) 27.1 $\pm$ 8.7	(12) 26.1 $\pm$ 7.3
4 b	(16) 22.6 $\pm$ 7.3	(20) 23.0 $\pm$ 9.0	(30) 24.2 $\pm$ 8.2
4 c A	(11) 30.3 $\pm$ 7.2	(15) 25.3 $\pm$ 6.5	(26) 30.7 $\pm$ 6.0
B	(11) 29.7 $\pm$ 7.7	(15) 24.8 $\pm$ 7.3	(26) 30.1 $\pm$ 8.0
C	(11) 25.1 $\pm$ 7.2	(15) 19.1 $\pm$ 8.1	(26) 26.0 $\pm$ 7.8
D	(11) 27.6 $\pm$ 8.0	(15) 22.8 $\pm$ 7.0	(26) 28.9 $\pm$ 7.7
5 a	(3) 20.4 $\pm$ 7.1	(7) 32.7 $\pm$ 6.7	(22) 28.2 $\pm$ 7.2
5 b	(2) 17.4 $\pm$ 5.7	(6) 25.4 $\pm$ 7.7	(17) 27.6 $\pm$ 6.7

注 $\bar{D}_{B.H.}$: 平均胸高直径 Average $\bar{D}_{B.H.}$ σ : 標準偏差 Standard deviation
() 内数字は plot No.

にいたつておらず、8年目の結果からみて変化係数も1/2.3~1/7.5を示して非常にバラツキが大きい。

樹高成長の場合と同様に施肥区のA, B, C, Dを同一母集団とみなすことができたので、12処理について統計的吟味を行なつたところ、処理間に有意差はみられず、結局胸高直径成長量については処理による差は認められなかつた。

4. 根元直径成長

抽出された稚樹の地上 5cm における根元直径は Table 13 に示した。おおむね、根元直径は疎立しているほど大きく、いわゆるウラゴケの状態になりがちである。本試験地では、人工下種区 (2a, 2b) および複植区 (3c, 3d) は、ha あたり 17,000~20,000 本というきわめて密生している状態を示しているが、これらの区の稚樹は胸高直径に対して根元直径は細い。これに対し、ha あたり 5,500 本以下の単植区 (3a, 3b, 4a, 4b, 4c, 5a, 5b) は胸高直径の割合にはきわめて太い根元直径を示している。

稚樹の成立本数と根元直径との関係を処理区に関係なくプロットしてみたのが Fig. 8 である。この図では 15,000~6,000 本/ha の成立している部分がないので、はつきりした傾向はいえないが、一応うつべい状態に達しているじかまきおよび複植区は、根元直径は小さく、その他の処理区は根元直径が大きいことがわかる。根元直径は樹高成長と異なり、施肥と無施肥間、施肥の種類間にも有意差はない。

したがって根元直径については、成立本数との相関々係が大きいようであるが、一応処理間に有意差があるかについて統計的に吟味したのが Table 14 である。すなわち、処理間の差は 0.1% の危険率で有意である。そして根元直径が最大の処理区は 3a で、ついで単植区の 4a, 5b, 3b, 5a, 4c, 4b が大きく、これに反し複植区は小さく、2b, 1, 2a, 3d, 3c の順に小さいことが示された。

Table 13. 根元直径成長量表 (8年生)
The $D_{0.05mH}$ growth of seedlings after 8-year growth.

処 理 区 Treatment	I $\bar{D}g \pm \sigma$	II $\bar{D}g \pm \sigma$	III $\bar{D}g \pm \sigma$
1	(4) 34.1 ± 10.9 mm	(9) 53.2 ± 13.7 mm	(27) 45.6 ± 10.5 mm
2 a	(10) 44.6 ± 12.1	(24) 36.7 ± 9.9	(33) 38.4 ± 12.1
2 b A	(8) 44.0 ± 14.8	(23) 47.6 ± 9.7	(31) 42.9 ± 13.0
B	(8) 47.7 ± 13.5	(23) 47.1 ± 10.3	(31) 44.0 ± 11.7
C	(8) 50.4 ± 14.3	(23) 45.4 ± 10.6	(31) 46.5 ± 14.9
D	(8) 46.5 ± 12.9	(23) 45.8 ± 10.3	(31) 48.0 ± 12.1
3 a	(18) 57.2 ± 10.4	(25) 53.8 ± 10.8	(32) 52.5 ± 9.5
3 b A	(13) 56.2 ± 12.0	(21) 51.9 ± 9.8	(34) 52.5 ± 11.8
B	(13) 58.6 ± 11.3	(21) 56.8 ± 8.9	(34) 55.7 ± 10.6
C	(13) 58.9 ± 10.0	(21) 52.2 ± 11.1	(34) 52.6 ± 10.6
D	(13) 60.0 ± 13.8	(21) 54.3 ± 10.8	(34) 48.0 ± 8.2
3 c	(19) 36.7 ± 9.8	(29) 38.9 ± 9.5	(35) 35.0 ± 9.7
3 d A	(14) 44.0 ± 11.2	(28) 36.8 ± 7.8	(36) 38.2 ± 10.8
B	(14) 40.2 ± 10.1	(28) 38.5 ± 9.2	(36) 35.9 ± 10.6
C	(14) 39.5 ± 11.5	(28) 40.1 ± 10.3	(36) 37.9 ± 11.6
D	(14) 40.4 ± 10.2	(28) 41.7 ± 9.7	(36) 37.9 ± 10.8
4 a	(1) 58.3 ± 10.1	(5) 57.2 ± 9.3	(12) 56.8 ± 10.3
4 b	(16) 49.5 ± 9.3	(20) 47.7 ± 9.8	(30) 51.2 ± 10.4
4 c A	(11) 57.8 ± 8.0	(15) 53.1 ± 8.5	(26) 56.0 ± 8.4
B	(11) 57.6 ± 7.6	(15) 48.8 ± 9.7	(26) 54.6 ± 8.5
C	(11) 52.9 ± 9.1	(15) 47.4 ± 8.8	(26) 54.8 ± 9.0
D	(11) 53.5 ± 10.9	(15) 49.2 ± 8.7	(26) 53.1 ± 8.5
5 a	(3) 49.9 ± 9.4	(7) 56.8 ± 7.1	(22) 52.8 ± 8.6
5 b	(2) 53.1 ± 8.9	(6) 55.4 ± 9.4	(17) 57.8 ± 8.9

注 $\bar{D}g$: 根元直径平均値 (地上 5cm) Average $D_{0.05mH}$ (5 cm above ground level)
 σ : 標準偏差 Standard deviation () 内数字は plot No.

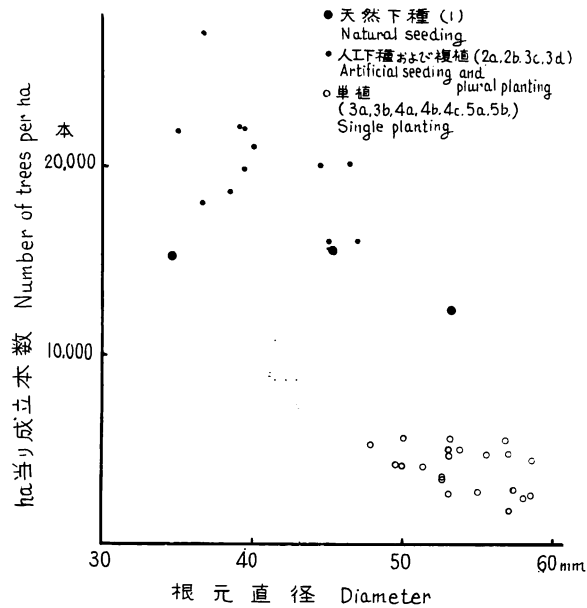


Fig. 8 成立本数と根元直径との関係

The relation between number of trees and $D_{0.05mH}$.

Table 14. 処理間の分散分析表 (根元直径)

The analysis of variance among the kinds of regeneration method ($D_{0.05mH}$).1. 資料 (各処理区ごとの根元直径) Data ($D_{0.05mH}$ of each treatment).

処 理 Treatment	1	2 a	2 b	3 a	3 b	3 c	3 d	4 a	4 b	4 c	5 a	5 b
Plot ごとの根 元直径 mm	34 53 46	45 37 38	47 47 45	61 56 55	59 54 53	37 39 35	49 38 40	58 57 57	50 48 51	53 50 56	50 57 53	53 55 58

2. 分散分析表 Analysis of variance.

要 因 Factor	偏差平方和 S.S.	自 由 度 ν	分 散 V	分 散 比 F	確 率 P
処 理 間 : C	16.55	11	1.505	8.958	***
群 内 : W	4.04	24	0.168		
全 体 : T	20.59	35			

*** 0.1% point で有意

Significance at 0.1% point level.

3. 各処理区間の有意性 Significance between each treatments.

	1	2 a	2 b	3 a	3 b	3 c	3 d	4 a	4 b	4 c	5 a	5 b
1												
2 a												
2 b												
3 a	***	***	***									
3 b	**	***	*									
3 c	*		***	***	***							
3 d				***	***							
4 a	***	***	**			***	***					
4 b		**		**		***	*	*				
4 c	*	**				***	**					
5 a	*	***	*			***	**					
5 b	**	***	*			***	***					

* : 5% point で有意 Significance at 5% point level.

** : 1% " " 1% "

*** : 0.1% " " 0.1% "

5. 樹高・胸高直径・根元直径相互の関係

以上樹高・胸高直径・根元直径の3因子について処理区ごとの成長度合を調べてきたが、試験開始後8年目における各 plot の樹高：胸高直径，樹高：根元直径および胸高直径：根元直径の相関々係を図示したのが Fig. 9 ないし Fig. 11 である。

この3図を一目してわかることは、人工下種または複植区のように立木密度（稚樹成立本数）の高い

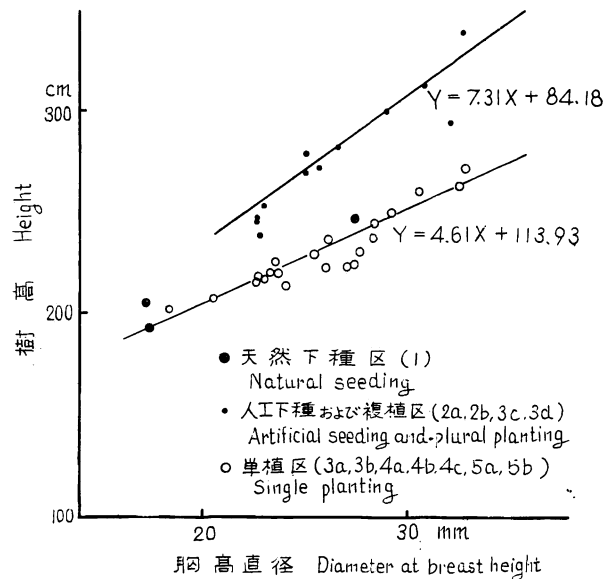


Fig. 9 樹高と胸高直径との関係
The relation between height and D.B.H..

plot と、その他の単植区のように立木密度の低い plot との間に、図上でのバラツキにきわめて明らかな分布の差があることである。天然下種の場合は単植区に似た分布を示しているが、成立本数からいえば、すでに複植区や人工下種区の本数に近いことになるが、一応ここでは図上にプロットす

るにとどめ、回帰式の算定等からは除いた。また、この3図に関するかぎり、施肥と無施肥の差はでてこないようである。

Fig. 9 の樹高：胸高直径についてみれば、稚樹成立本数の多い人工下種、複植区では回帰線の傾きが強く、胸高直径が大きいくほど樹高も高くなるが、単植区では回帰線の傾きが弱くて胸高直径が太くてもあまり樹高は伸びていないことを示している。Fig. 10 の樹

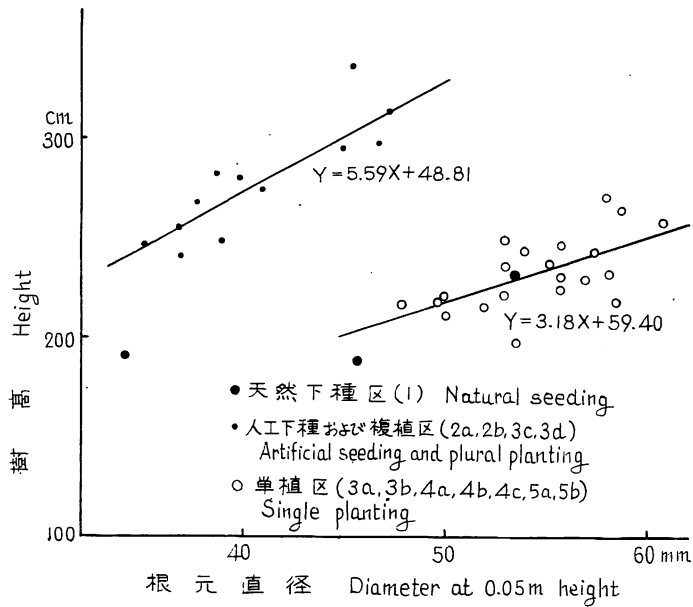


Fig. 10 樹高と根元直径の関係
The relation between height and $D_{0.05mH}$.

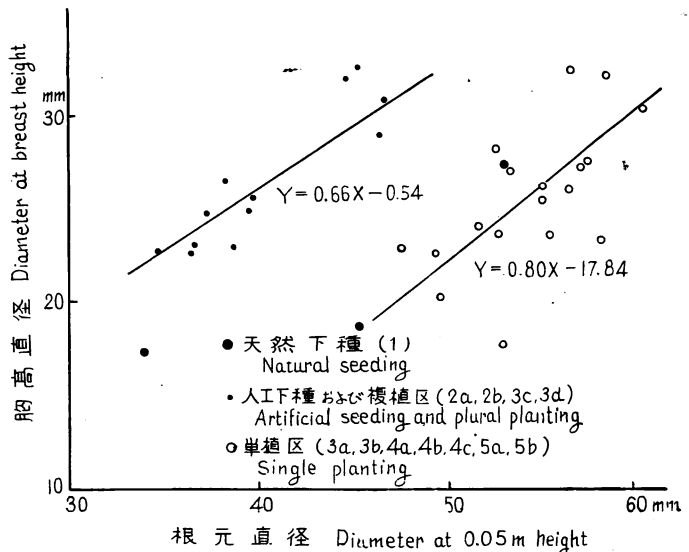


Fig. 11 胸高直径と根元直径との関係
The relation between DB.H. and $D_{0.05mH}$.

高：根元直径についても、Fig. 9 でいつたようなことがいえる。逆にいえば、樹高が等しいならば、人工下種、複植区は胸高直径、根元直径は細く、単植区は胸高直径、根元直径が太い。ことに根元直径は太い。しかしながら、一般には樹高成長は地位級によつて左右されるから、このような林分の取り扱い処理による樹高に対する胸高直径、根元直径の差は幼齢時代に限られるものであろう。

単植区は樹高成長の割には根元直径がきわめて大きく、幹材積の配分も根元の方に傾いている。極端ないい方をすれば、ズングリ型の成長をしている。このことは後述の Fig. 12 にはつきりと示されている。

以上のことを考えあわせると、多くの文献が証明しているように、林分の生産構造の解明の基本としての立木密度の違いが非常に大きな因子となるが、アカマツの幼齢林の取扱いについても、植杉²³⁾、坂口たち¹³⁾¹⁴⁾、佐藤たち¹⁵⁾¹⁷⁾によつて報告されているごとく、優良形質の林分を構成して生育関係も良好な林分に導くには、早期に密立うつべいさせることが必要であつて、このことは本試験の8年目の調査結果からも導きだされる。

すなわち、この試験でも、人工下種や複植区の成績がすぐれており、2年生苗や1年生苗の単植区の成績は前者より劣つている。このことは植えつけとか、じかまきとかによる差以上に、稚樹の成立本数つまり立木密度による違いが最も大きいものとする。2年生苗植えつけ区でも、複植（巣植え）の方法をとればよりすぐれた成長が期待できるであらう。

人工下種区と1年生苗複植区とはほぼ同程度の立木密度を有しているが、前者の成績がすぐれているということは、発生の当初から造林地の土壌・気候になれているばかりでなく、前者はじかまきによつて自然的な根系を発達しているのに対し、後者は植えつけによる根系の植え痛みと不自然さが原因しているものと考えられる。また、人工下種区はアカマツ前生樹林を伐採後直ちにじかまきを実行したので、雑草・灌木等との競合にさらされることが少なかつたことも、その生育を良好にしているものと考えられる。

密立させることがアカマツ幼齢林の成長量を最大にし、さらに形質の優良化を期待するのに最も有利な手段であるという結論からすれば、1年生苗・2年生苗植えつけの場合は、経済的に許される範囲で密植させることが望ましく、理想的には *ha* あたり 10,000~12,000 本を期待し、安価な1年生大苗（1-0）を巣植えした方が良結果をもたらすであらう。2年生苗（1-1）でも経済的に許すならば *ha* あたり 10,000~12,000 本の密植を望みたいが、*ha* あたり 5,000~6,000 本の場合でも、1カ所3~4本の巣植えとし、植えつけ間隔を広くする技術的手段もとられてよいのではなかろうか。つまり、林分全体としてはうつべいに達する年度は多少おそくなるが、おのおのの巣ごとのうつべいが早くなるような方法の検討も今後の研究課題であらう。

6. 幹材積・枝条材積・葉重等

試験開始後8年目の樹高・胸高直径からでは、幹材積を求めることはできないので、すでに求められた各処理区の樹高・胸高直径の平均値を基とし、林分の構成状態をも合わせ考えて各処理区ごとに標準木を選定し、伐倒して年次ごとの幹材積、各階枝ごとの枝条材積および葉重量の測定を行なつた。ただし、都合により処理区4 a, 4 b, 5 bについては除外し、また測定した本数（箇所）は各処理とも1本（箇所）にとどめた。

調査結果は Table 15 にまとめ、また平面および垂直的分配関係は Fig. 12 に示した。これだけの data からいろいろ結論をひきだすことはあまりにも早計ではあるが、多少考察してみたい。

まず、Fig. 12 から水平的・垂直的分配状態を検討してみる。

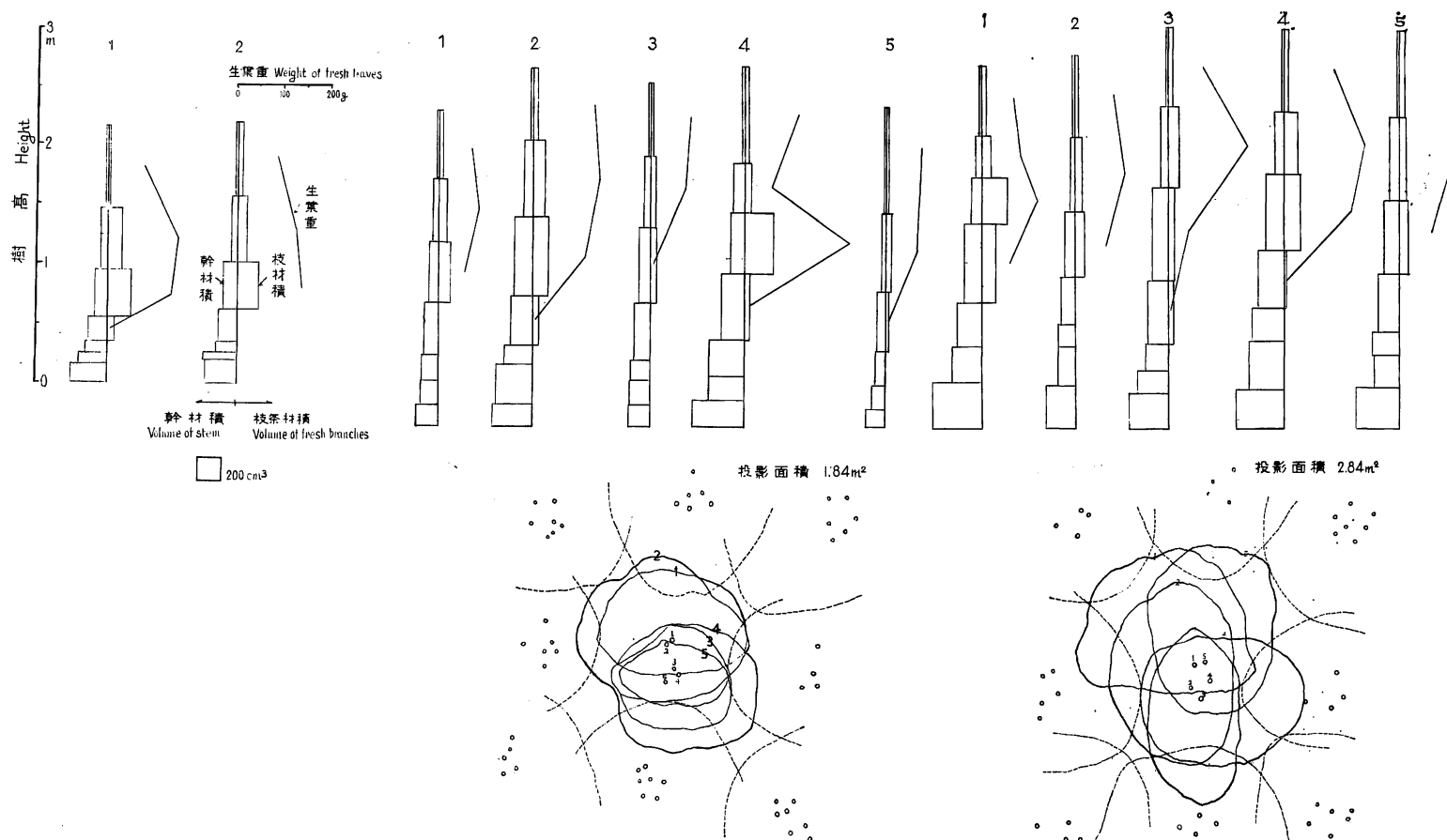
水平的配分の投影面積は単植区・複植区（じかまきを含む）とも大差なく、 $1.55 \sim 1.88 \text{ m}^2$ を示しているが、ただ処理2 bの抽出のし方が不適当のために 2.84 m^2 という大きな値が記録された。複植の場合、巣の中の各個体の樹冠は重なり合つて、1つの樹冠投影を示している。

垂直的配分のうち、幹材積にみられることは前述したように複植区（じかまきを含む）は樹高にくらべ

Table 15. 各処理区の幹・枝条材積と葉量（個体）
Volume of stems, branches and weight of leaves in each treatment (Individual tree).

処理区・個体番号 Treatment, Individual No.	樹 高 Height	胸高直径 D.B.H.	幹 材 積 Volume of stem	枝条材積 Volume of branch	全 材 積 Total volume	着生葉量 Fresh wei- ght of leaves
	cm	cm	cc	cc	cc	g
1 1	216	1.7	1039	828	1867	728
2	221	1.9	1079	750	1829	681
Total	437	3.6	2118	1578	3696	1409
Average	218	1.8	1059	789	1849	705
2 a 1	267	2.2	1088	488	1576	407
2	314	2.9	2174	1028	3202	763
3	293	2.4	1436	409	1845	332
4	306	3.4	2486	962	3448	797
5	271	2.8	768	259	1027	287
Total	1451	13.7	7952	3146	11098	2586
Average	290	2.74	1590	629	2219	517
2 b 1	308	3.0	2286	1077	3363	653
2	318	2.7	1581	552	2133	493
3	342	3.4	2318	710	3028	573
4	341	3.7	3160	994	4154	856
5	341	3.0	2516	581	3097	618
Total	1650	15.8	11861	3914	15775	3193
Average	330	3.16	2372	783	3155	639
3 a 1	229	2.2	2212	3230	5442	1979
3 b 1	285	3.6	3396	4642	8038	3230
3 c 2	281	2.3	1313	465	1778	387
3	247	1.9	819	712	1530	384
4	249	2.3	1412	1188	2600	932
5	295	2.6	1732	773	2505	578
Total	1072	9.1	5276	3137	8413	2281
Average	268	2.28	1319	784	2103	570
3 d 1	320	3.0	1986	507	2493	552
2	290	2.7	1753	573	2326	597
3	331	3.1	2618	1419	4037	987
5	288	4.0	1692	722	2414	578
Total	1229	12.8	8049	3221	11270	2714
Average	307	3.2	2012	805	2817	679
4 c 1	259	4.8	2543	3594	6137	2749
5 a 1	263	3.4	3431	3447	6878	2450

て根元直径が細く、幹は円錐体状をなしている。これに対して単植区の幹はナイロイド体状を呈し、根元の方の幹材積が大きい割合をしめしている。したがって、幹材積を2等分する線は複植区では樹高の1/3程度のところに位置し、単植区は1/4~1/5の低いところに位置する。

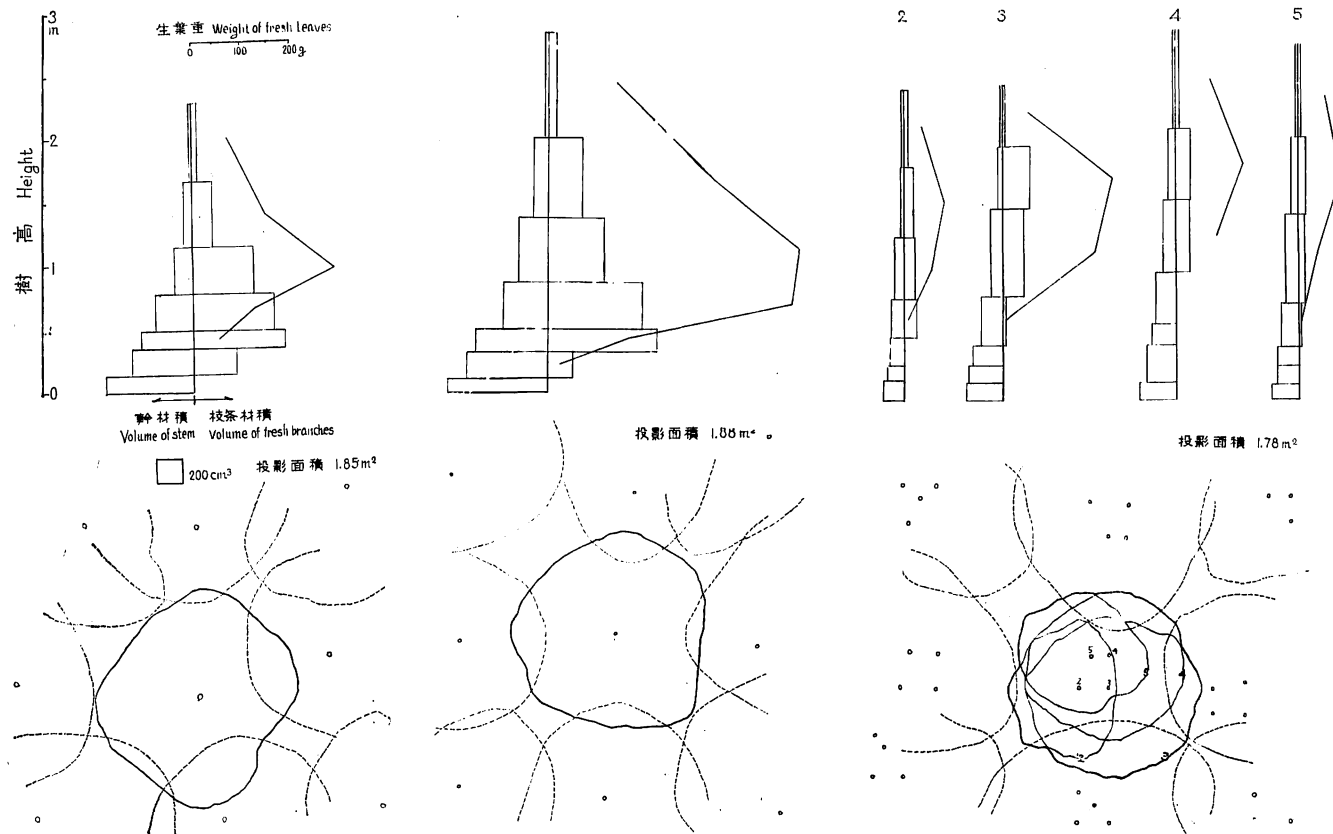


1. 天然下種
Natural seeding.

2a. 人工下種無施肥
Artificial seeding, no fertilization.

2b. 人工下種施肥
Artificial seeding, fertilization.

Fig. 12 処理別の水平的および垂直配分 (幹材積は下方の2年を合わせて図示)
Productive structure of each plot.

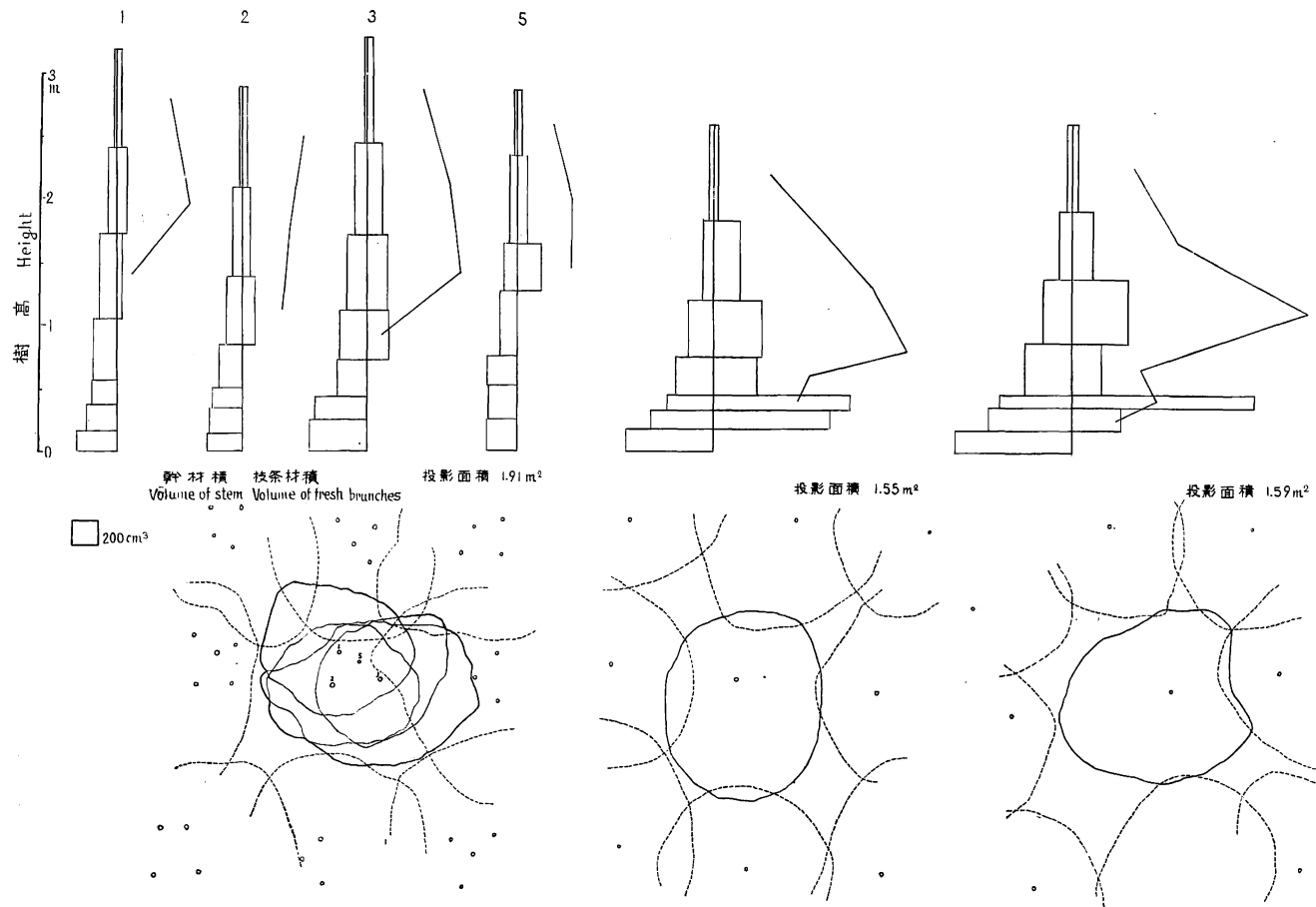


3a. 1年生苗単植無施肥
Single planting of 1-0 seedling,
no fertilization.

3b. 1年生苗単植施肥
Single planting of 1-0 seedling, fertilization.

3c. 1年生苗複植無施肥
Plural planting of 1-0 seedlings,
no fertilization.

Fig. 12 処理別の水平的および垂直配分(幹材積は下方の2年を合わせて図示)(つづき)
Productive structure of each plot.



3d. 1年生苗複植施肥
Plural planting of 1—0 seedlings,
fertilization.

4c. 2年生苗植栽施肥
Single planting of 1—1 seedling,
fertilization.

5a. 肥料木混植2年生苗植栽 I
Single planting of 1—1 seedling mixed
with soil-improvement tree.

Fig. 12 処理別の水平的および垂直配分（幹材積は下方の2年を合わせて図示）（つづき）
Productive structure of each plot.

枝条材積もまた幹材積の垂直的配分と非常に似ており、単植区の場合、下方の1階枝のみが枯死して2階枝から生枝をつけており、最大は下方から3～5階枝にある。これに反して複植区(じかまきを含めて)は、下方から3～4階枝まで枯れ上がり、最大は下方から5～6階枝にある。

生葉は枝条材積に相関して複植区(じかまきを含めて)は樹高の2/3程度の高さを中心としたその上下に着生しているのに対して、単植区では樹高の1/3～1/2の部分を中心に着生している。

天然下種区の幹材積・枝条材積および生葉重の垂直的配分は複植区と単植区のはほぼ中間的な状態を示している。

幹材積・枝条材積および生葉重について、個体の量的な関係は Table 15 のとおりである。個体の幹材積は一般に単植区が大きく現われているが、前述のように根元にのみ配分が大きく、いわゆるナイロイド体状を呈している。枝条材積は、単植区は1本あたり 3,200～4,600 cc に対し、複植区はじかまきを含めて 300～1,200 cc で非常に少ない。着生葉重も枝条材積に比例して単植区は1本あたり 2,000～3,000 g に対し、複植区は 300～900 g で非常に少ない値を示す。

Table 15 の data から ha あたりの幹材積その他を換算してみれば、Table 16 の結果となる。すなわち、幹材積+枝条材積は成立本数の多いじかまきおよび複植区が ha あたり 42～54 m³ に対し、単植区は 24～38 m³ で、はるかに前者の方が大である。しかも、幹材積のみを比較した場合、単植区は ha あたり 10～19 m³ に対して、じかまき・複植区は 26～40 m³ で約2倍以上の材積をもっていることになる。つまり全体の材積のうち、単植区では幹材積が40～50%を占めるに対して、じかまき・複植区は60～75%の多きを示している。生葉重は ha あたりにして9～14 ton で、稚樹の成立本数の多少にかかわらず平均している。丸山・佐藤⁹⁾、佐藤たち¹⁰⁾の報告その他によれば、アカマツの葉の量は条件が多少異なってもおよそ ha あたり 12～13 ton であることが報告されているが、わたくしどもの調査においても、まきつけ8年目で大体この範囲にはいることが明らかにされた。

Table 16. ha あたり各処理区の幹、枝条材積および葉量 (推定)
Volume of stems, branches and weight of leaves in each treatment (per ha).

処理区 Treatment	幹材積 Volume of stems (A) m ³ /ha	枝条材積 Volume of branches (B) m ³ /ha	全材積 Total volume m ³ /ha	B/A (A/A+B)	着生葉量 Fresh weight of leaves ton/ha
1	15.78	11.76	27.54	0.75 (0.57)	10.51
2 a	32.72	12.94	45.66	0.39 (0.60)	10.64
2 b	40.89	13.50	54.39	0.33 (0.75)	11.01
3 a	9.93	14.50	24.43	1.46 (0.41)	8.89
3 b	15.04	20.56	35.60	1.37 (0.42)	14.31
3 c	26.76	15.91	42.67	0.59 (0.62)	11.57
3 d	34.93	13.97	48.89	0.40 (0.71)	11.78
4 c	12.36	17.47	29.83	1.41 (0.41)	13.36
5 a	19.36	19.21	38.57	1.00 (0.50)	13.64

以上の調査結果とそれに多少の考察を加えたが、幼齢時代のアカマツは稚樹の成立本数を多くしたことによつて上長成長がよく、全材積が多くなる。また、全材積に対する幹材積の割合および幹の形状も密立

させた方が有利となる。植杉²⁴⁾は岩手地方アカマツ林分収穫表の地位中で、5年生の成立本数を *ha* あたり 11,800 本、10年生で 7,920 本、15年生で 4,850 本と示されているが、本試験地では単植区は15年生ではじめて同収穫表の成立本数に乗ることになり、じかまきおよび複植区では、すでに5年生で除伐の本数に達していることになる。しかし、多少過密になりすぎているきらいはあるが、アカマツの幼齢時代はなるべく稚樹を密生させておき、これから用材向きの壮齢林に導くことは、それほどむずかしい造林技術ではないと思われる。

さらに本試験では、一応施肥の効果は認められたが、アカマツは人工下種または1年生苗、または可能ならば2年生苗を巢植えして数回の施肥を実行して、速やかにうつべい状態に持つてゆくのが得策かと考える。

IV 摘 要

アカマツ短期育成試験として、更新方法（天然下種・人工下種・1年生苗単植と複植、2年生苗植栽・肥料木混植2年生苗植栽）およびこれに施肥を組み合わせて12の処理（Table 3）とし、昭和27年から林業試験場東北支場好摩試験地（もと好摩分場）において実行してきた。

昭和34年で試験開始後8成長期を過ぎて、うつべい状態に達した処理区もでてきたので、一応成長量の調査を行ない、過去の概要とあわせて報告することにした。

（1）更新方法として成長および林分構成状況からみて、最も有効適切と考えられるのは人工下種区で、これに施肥を加えたものは最大の樹高を示し、8年生で *ha* あたり 17,000 本の稚樹成立本数を示し、やや過密すぎるほどになっている。ついで人工下種の無施肥区と1年生苗複植区（巢植え）の施肥したもので、樹高も高く、*ha* あたりの稚樹成立本数はそれぞれ 20,000 本程度で、すでにうつべいして下枝は枯れ上がっている。

これに対して単植区（*ha* あたり 2,800～5,800 本の1年生苗（1-0）または2年生苗（1-1）植栽区）は下枝の繁茂は旺盛であるが、まだうつべいに達せず、樹高はじかまきまたは複植区より低く、胸高直径に比例させた場合の根元直径の大きさが、じかまきや複植区に比べて極端に大きく、ナイロイド体状の樹幹を呈している（Fig. 12 参照）。

したがって、アカマツの更新方法としては、人工下種によるものが最もすぐれた幼齢林分を構成できるものとするが、1年生苗のような廉価な苗木を巢植えによつて *ha* あたりの植えつけ密度を増すならば本試験のように良結果を得られると思う。さらに2年生苗では、苗木代が高くなるのでそれほど密植できないが、植えつけ箇所を *ha* あたり 2,000～3,000 カ所として巢植えの技術を導入して *ha* あたり 6,000～9,000 本くらいにすれば、よりよい幼齢林を期待できるのではないかと思われる。

天然下種区については稚樹成立本数が 15,000 本程度であつたが、あまりよい成績が得られなかつた。これはタネが違ふことのほかに土壌がややしまつた型なので、他の処理区がまきつけ、または植えつけの際に多少土壌が耕やされたことに起因する差が影響したものと考えられる。

（2）施肥の効果については一応認めることができた。すなわち、成分量を同じくしたときの肥料の種類による効果の有意差は認められず、人工下種・1年生苗複植区および2年生苗植栽区では肥料効果が明らかに認められたが、1年生苗単植区でははつきり認められなかつた。

施肥の効果は、いずれも施肥当年よりもその翌年の樹高成長に効果がみられるようであり、効果の順か

らえば人工下種区が最大で、1年生苗複植区、2年生苗複植区の順となつている。本試験ではまきつけまたは植えつけ当年に1回だけの施肥であるが、樹高成長に与える施肥の効果は4年目後にはほとんど認められないようであり、施肥によつて林力増強を望むならば、さらに施肥回数を多くするように考慮しなければならぬであろう (Fig. 6)。

1年生苗単植区に対する施肥の効果は認めることができないで、複植区に効果が認められたのは多分に苗木1本あたりの施肥成分量が多くて、いわゆる肥料まけの状態になつて根系の伸長が阻害されて効果が現われなかつたのではないかと考えられる。

(3) 本試験地では、試験途中で担当者の移動があり、成長状態に応じた施肥が十分に行なわれなかつたきらいがあるので、成長量にはなお期待にそわなかつたうらみがある。たとえば施肥は肥効の状況に応じて、第2回、第3回と繰返してゆけば、一層成長量の増大をみられたことと思われるが、1回施肥したのみで8年間をそのままにしてきたこと、および人工下種および1年生苗複植区の7~8年生ごろの間引きの不実行などが、いわゆる短期育成の目的に対し予期したほどにはあらわれてこない点があつたことと思う。今後はその成長状態に応じた施肥や保育をくり返して、十分当初の目的を達すよう進められたい。

文 献

- 1) 麻生 誠：赤松林の取扱について、赤松林施業法論文集，(1942) p. 301~329.
- 2) 井沼正之・野口常介：アカマツの更新林内における優勢木の成長経過について，日林東北支部第8回講演集，(1957) p. 66~69.
- 3) 石川栄助：近代統計学，(1957)
- 4) ————：東北方地の杉苗規格設定のための杉苗調査計画について，日林東北支部会誌，2，3 (1951) p. 23~27.
- 5) 伊藤陳重：アカマツ人工下種について，日林東北支部第3回講演集 (1952) p. 47~50.
- 6) 河田 杰：アカマツ及カラマツ植栽の疎密が成林状態に及ぼす影響 (第1回報告)，林試研報，25，(1924) p. 1~30.
- 7) ————：同上 (第2回報告)，林試研報，27，(1927) p. 1~28.
- 8) ————・金谷与十郎：同上 (最終報告)，林試研報，41 (1949) p. 29~62.
- 9) 丸山岩三・佐藤 正：林木及林分の葉量に関する研究—岩手県地方のアカマツについて，林試研報，65，(1953) p. 1~10.
- 10) 三宅 勇：アカマツ更新とその問題点，パルプ材短期育成試験，30年度業務報告記録，(1956)
- 11) 宮崎 榊・佐藤 亨・及川恵司：アカマツ造林と施肥 (I) 人工下種区の第1・2年目の成績，日林東北支部第5回講演集，(1958) p. 20~22.
- 12) 中村賢太郎：アカマツ優良林分育成法，赤松林施業法研究論文集，(1942) p. 91~93.
- 13) 坂口勝美・土井恭次・安藤 貴：立木密度からみたアカマツ幼令林の生産構造，アカマツに関する研究論文集，(1954) p. 312~327.
- 14) ————・—————・—————・福田英比古：本数密度からみたアカマツ天然生幼令林の解析，林試研報，93，(1952) p. 1~21.
- 15) 佐藤大七郎・扇田正二・中村賢太郎・高原末基：林分の生産構造の研究 (予報)，アカマツ植栽疎密試験地における若干の解析，東大演報，43，(1952) p. 49~57.
- 16) ————：育林，育林講座，(1952)
- 17) ————・扇田正二・中村賢太郎：林分生長論資料 I，立木密度のちがう若いアカマツ林，東大演報，48，(1955) p. 58~82.

- 18) 佐藤大七郎：林木の生長の物質的基礎，育林学新説，(1955)
- 19) 森林資源総合対策協議会編：早期育成林業，(1958)
- 20) 高橋秋男：青森県下大平狩場沢社有林におけるアカマツ播種造林について，赤松林施業法論文集，(1942) p. 117~124.
- 21) 塘 隆男：林業試験場赤沼試験地におけるアカマツ林の肥培試験，パルプ材短期育成試験30年度業務報告記録，(1956)
- 22) 塘 隆男・道仙喜一・三宅 勇・飯塚三男・佐藤克男：天然更新した6年生アカマツ林に対する肥の効果，(予報)，アカマツに関する研究論文集，(1954) p. 31~37.
- 23) 植杉哲夫：岩手地方アカマツ天然林の林型と更新に関する資料，赤松施業法論文集，(1942) p. 141~180.
- 24) ————：岩手地方アカマツ林の成長収獲並に施業法に関する研究，収獲表調整業務研究資料第1号，(1957)

**On the Regeneration Methods and Effect of the Fertilization
on AKAMATSU (*Pinus densiflora* SIEB. et ZUCC.)**

Tooru SATO, Keishi OIKAWA and Sakaki MIYAZAKI

(Résumé)

Since 1952, as the test to rear Japanese Pine tree (*Pinus densiflora*) under short rotation, 12 kinds of test of regeneration methods (natural seeding, artificial seeding, single and plural planting of 1-year-old seedling, planting of 2-year-old seedling and planting of 2-year-old seedling mixed with the soil-improvement tree and fertilization for each kind) have been carried out at Koma experimental area.

In 1959 after spending 8 growth terms from starting, in which the grown area has been treated, we now report the process and results of our tests.

1) An artificial direct seeding is considered to be the most efficient way as renewal regeneration in the point of growing and stand social element condition, and the fertilized one is the most effective in growing. The fertilized 8-year stands grew up to as thick as 17,000~20,000 trees per *ha* and the unfertilized area and fertilized area of one-year-old seedlings plural planting (nest planting) are 20,000 trees per *ha*. They are already closed and the lower part of branches are dead (Fig. 4).

On the other hand, the lower part of branches of single planting (2,800~5,600 trees per *ha*) grows closely, but the basal diameter is too big compared with breast-diameter, so it can not grow completely up to tree height with a tapering stem (Fig. 12).

As to the natural regeneration, we could not see good results. We think the reason why we got such results was that we used different seeds, and that the soil was too compact compared with other soil being tilled at the time of seeding or planting.

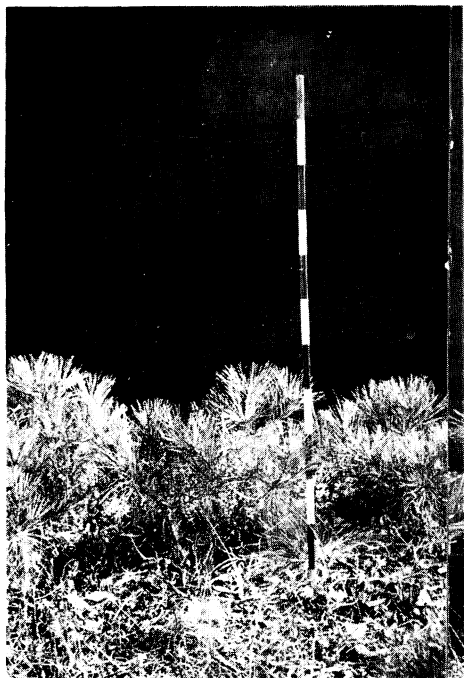
2) We found the effect of fertilizing although we could not find any difference among the kinds of fertilizers in the same element and quantity. We clearly noticed the effect of fertilizer in direct seeding, 1-year old seedling plural planting and 2-year old seedling single planting. But we were unable to find the effect in 1-year old seedling single planting.

Fertilizing was done only once at seeding or planting. And we found its effect in tree height growth of the coming year compared with the year of fertilizing. The order of effectiveness is direct seeding, 1-year old seedling plural planting, 2-year old seedling planting.

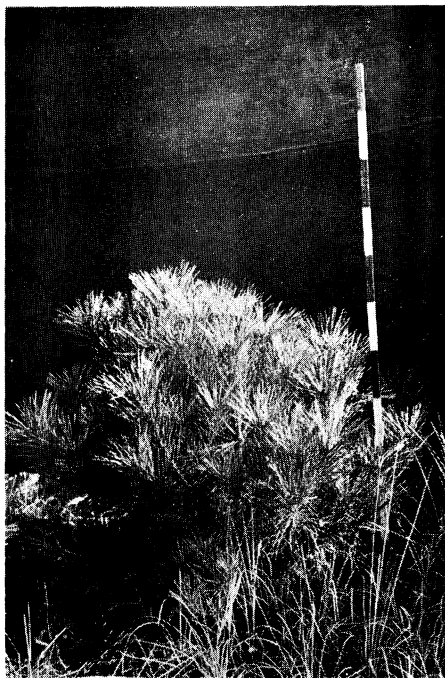
We could not find the effect of fertilizer after four years in tree height growth. If we require pro-motion of growth by fertilizer, we have to increase the frequency of fertilizing (Fig. 6).

We consider the reason why we could not find an effect of fertilizer in 1-year old seedling single planting in spite of the good effect in nest plural planting is that the quantity of fertilizer for a single seedling was too much, and it caused root damage.

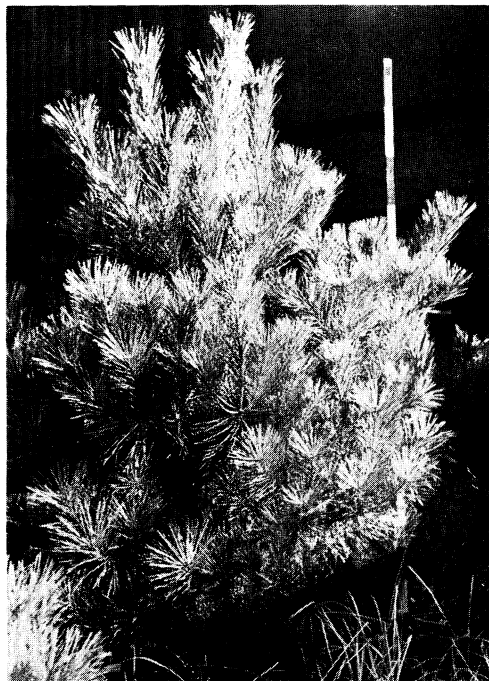
3) Owing to changes of research workers at the experimental station may explain why we could not work fully in compliance with growth requirements of trees and could not get a better growth yield as expected. For instance, if fertilizing was done repeatedly several times according to its response, we could expect more fruitful results. We regret we could not comply with the purpose of rearing in short rotation because we fertilized only once. Next time, we hope to fertilize repeatedly according to condition of growth and bring the experiment to a succesful conclusion.



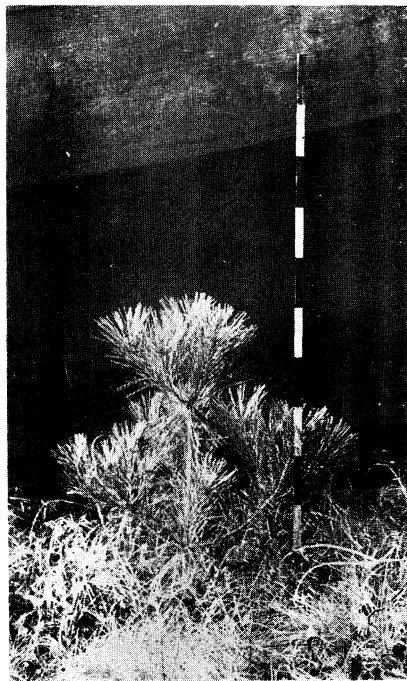
1. 天然下種(1)



2. 人工下種無施肥(2 a)



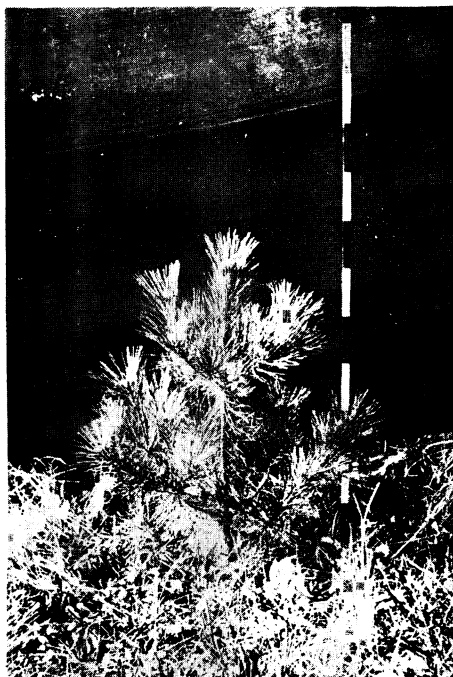
3. 人工下種施肥(2 b)



4. 1年生苗単植無施肥(3 a)

Photo. 1 昭和29年秋における各処理区の生育状況 (Scale の1目盛は 10cm)

Seedling's growth of each treatments at 1954 Autumn.



5. 1年生苗単植施肥 (3 b)



6. 1年生苗複植無施肥 (3 c)



7. 1年生苗複植施肥 (3 d)



8. 2年生苗植栽無施肥 I (4 a)

Photo. 1 昭和29年秋における各処理区の生育状況 (Scale の1目盛は 10 cm)

Seedling's growth of each treatments at 1954 Autumn.



9. 2年生苗植栽施肥(4c)



10. 肥料木混植2年生苗植栽I(5a)

Photo. 1 昭和29年秋における各処理区の生育状況 (Scale の1目盛は 10cm)

Seedling's growth of each treatments at 1954 Autumn



1. 天然下種区(1)



2. 人工下種無施肥区(2a)

Photo. 2 昭和34年秋における各処理区の稚樹生育状況 (ボールの1目盛は 20cm)

Seedling's growth of each treatment at 1959 Autumn.



3. 人工下種施肥区 (2 b)



4. 1年生苗単植無施肥区 (3 a)



5. 1年生苗単植無施肥区 (3 b)



6. 1年生苗複植無施肥区 (3 c)

Photo. 2. 昭和34年秋における各処理区の稚樹生育状況 (ボールの1目盛は 20 cm)
Seedling's growth of each treatment at 1959 Autumn.



7. 1年生苗複植施肥区(3d)



8. 2年生苗植栽施肥(4c)



9. 肥料木混植2年生苗植栽I(5a)

Photo. 2. 昭和34年秋における各処理区の稚樹生育状況(ボールの1目盛は 20 cm)
Seedling's growth of each treatment at 1959 Autumn.