

受入ID-1519990825D00034



昭和 45 年度

国有林野事業特別会計 林業試験成績報告書

(完了分)

昭和 46 年 6 月



02000-00043091-6

林業試験場

目 次

1. 牧草導入による共用林野の施業改善	1
2. 長焦点カメラおよびフォールスカラーフィルム等の活用による林分構造の解明	21
3. 航空写真および土じょう調査を応用した森林の測定ならびに地位指數調査法	53
4. 林地除草剤(塩素酸ソーダ)の合理的使用法	85
5. 国有林における採種園の害虫防除	117

牧草導入による共用林野の施業改善

I 試験担当者

農業部農業試験場研究室長	井上 桂一郎
タ 室員	山 鮎 泉
タ タ	岩 元 守 男
東北支場長	金 野 覧 郎
タ 経営部第四研究室長	神 長 毎 夫
タ 室員	小 川 澄
タ	川 崎 金 浩
タ	高 橋 長五郎
タ	黒 木 重 郎 (現九州支場)
タ	岡 野 誠 一 (現高萩試験地)

II 試験目的

林地の人工草地化が最近の民有林に多くみられるようになり、とくに幼令の人工林を対象として、苗木の植栽と同時に牧草類の播種を行なうことが多い。そして、この目的としているのは一般に家畜のための良質の粗飼料を林地から生産し、さらに苗木の生長をも助長しようとするものであるが、従来からなされている育林技術がそのままとられていることが多いため、牧草類の収穫可能の期間は比較的短期とならざるを得ない。

この試験においては、まず良質の粗飼料である牧草類の長期にわたる多収を図るために植栽様式を考えだし、これらの植栽様式と牧草類の収量維持の推移を把握し、さらに林木の生長の状況について測定しようとするものであるが、同時にこのような変形された植栽様式が、保育作業上にも与える障害などについても併せて觀察を続けようとして、この試験が始められた。

III 試験の経過

1. 試験設計

1-1 供試樹種と植栽本数 (haあたり)

- a. 本場の分 カラマツ 3,000本
- b. 東北支場の分 カラマツ 3,500本

1-2 準備した造林地の植生

- a. 自然草地 (野草地、現在のまま利用)

b. 人工草地(牧草地、耕起一施肥一播種により造成)

1-3 植栽様式

a. 方形植栽 カラマツ(1.8×1.8m)

アカマツ(1.7×1.7m)

b. 1列植栽 カラマツ(1.0×3.24m)

アカマツ(1.0×2.9m)

c. 3列植栽 カラマツ(1.0×1.0-1.8-3.4m)

アカマツ(1.0×1.0-2.4-2.4m)

d. 群状植栽 カラマツ(1.0×1.0-2.6-2.6m)

アカマツ(1.0×1.0-2.4-2.4m)

1-4 処理区の種類

以上のBのaとb、およびcのイロハニを組合わせて、つぎのような8処理区を設定し、2回反復とした。

① a(自然草地)-イ

② a-ロ

③ a-ハ

④ a-ニ

⑤ b(人工草地)-イ

⑥ b-ロ

⑦ b-ハ

⑧ b-ニ

1-5 試験地の面積

1処理区を500m²とし、自然草地が40a、人工草地が40a、計80aの試験地を設けた。

2. 試験地設定までの経過

2-1 本場担当

a. 位置

群馬県吾妻郡嬬恋村田代 前橋営林局草津営林署114林班。標高は1,362m。

b. 前植生と草地造成

試験地の附近一帯はミヤコザサの優勢なササ型を呈し、これにわずかに低木類や雜

草類を伴う程度で、典型的なササ草原であつた。昭和40年(1965年)の8月下旬にこれらミヤコザサなどを刈払い、消石灰を施し、小型ローターベータで約10cmの深度で耕起し、牧草類を播種した。

草種と播種量(10aあたり)は、オーチヤードグラス(1.7kg)、イタリアンライグラス(0.5kg)、K31フェスク(0.3kg)、ラジノクローバ(1.0kg)、合計3.5kgの混播とし、肥料は草地化成2号(6, 11, 6)を80kg/10a施した。

2-2 東北支場担当

a. 位置

岩手県岩手郡西根町字平笠、青森営林局岩手営林署532林班。標高は520m。

b. 前植生と草地造成

試験地設定当時の植生は、カラマツ人工林に若干の天然生のアカマツの混生する林地の伐採跡地で、低木類および雑草類の優占する型であつた。40年6月にレーキドーザによつて小落木の抜根および未木枝葉の整理を行ない、また人力によつて整地をなし、8月中旬に牧草類を播種した。播種した牧草類の草種および播種量と施肥量は本場分と同様に扱つた。ついで同年9月にアカマツを植栽したが、枯損が多かつたので翌41年5月に全面に改植した。

IV 試験成果の概要

1. 植生の推移

1-1 野草地について

a. 本場の分(群馬県草津署)

すでに述べたように、本試験地の設定当時の植生はミヤコザサが優占し、いわばササ草原の景観を呈していたのであるが、毎年1回の刈取りによつて、このような景観は相当に変化してしまつたのである。いま、5か年間の平均で野草地の植生の推移についてみれば第1表のようである。

すなわち、被度と草丈と頻度によつてSDR₅をもとめ、植栽様式の4区の平均によつて5年間の様相をみれば、試験開始当初に平均被度が全体の70%以上を占めていたミヤコザサが、積算後占度では2位に落ちてしまい、1位はヨモギとなつた。すなわち、ヨモギの83を最高に、ミヤコザサ(77)と続き、3位から6位まではヒメムカシヨモギ(60)、ヒヨドリバナ(53)、ヒメジョオン(50)、ノアザミ(49)とキ

ク科草本類によつて占められた。したがつて、刈取り以前はササ草原であつた自然草地が、5年にわたる連年の刈取りによつて、キク科草本とくにヨモギの優勢な雜草草原に推移したのである。

植栽様式ごとの推移の差は、さほど顕著にはあらわれなかつた。ただ、区によつては優勢種に若干の異動があり、以上掲げた優勢種の他に方形区ではワラビ、ハングンソウ、レンゲツツジなどが、1列区ではコウゾリナ、ノコギリソウ、ワラビ、レンゲツツジなどが、3列区においても1列区とほぼ同様の草種やヤナギランなど、そして群状区ではヤマアワその他などをあげることができる。

出現した草種数については、試験開始当初は10余種にすぎなかつたのであるが、刈取りの始まつた2年目から次第に草種数を増し、結局5年間の試験中に出現し消滅した植物の総数は37種を数えた。

1-2 牧草地について

a. 本場の分

連年の適当な施肥管理および刈取りの慣習によつて、牧草類の活力は普通に維持されたので、植生の状態には大きな変化はみられなかつた。

すなわち、造成当年の状態についてみれば、グラス類(オーチヤードグラスおよびケンタツキーブルーグラスなど)のひらがりは全体の約95%を占め、またラジノクローバが約10%を占めていた。そして、5年間の平均値をみてもグラス類が約90%を占めてほとんど変らず、クローバは約3%で若干減少の傾向があつた。

5年間の状態を SDR_3 によつてみれば、グラス類は被度も草丈もそして頻度も最高で100となり、ついで前植生の優占種であつたミヤコザサが未だ消滅せずに48で第2位にあり、またラジノクローバとヒメジョオンが44となつてゐた。そして一部の区においては、ヨモギが(SDR_54)、キジムシロ(同39~41)なども濃密であつた。

植栽様式ごとの差はほとんどみられず、各区とも優勢種とその順位はほぼ同様であつた。また年次ごとの出現消滅草種についても大きな差はなく、5年間の試験期間中に30余種の植物をみることができ、種数は野草地とあまり変りがなかつた。

	種度 C	草丈 H	割度 F	SDR_3	1列区				3列区				群状区				
					C	H	F	SDR_3	C	H	F	SDR_3	C	H	F	SDR_3	
ニヤコザサ	3.75	3.5cm	1.00%	79.0	5.53	44	100	83.0	2.30	28	100	65.7	4.98	37	100	800	
オーチヤードグラス	0.03	5.9	40	34.7	+	49	40	+	53	20	0.03	0.25	0.02	33	40	25.3	
ワラビ	0.48	2.9	80	41.0	0.35	35	80	41.7	0.95	24	80	45.3	0.02	82	40	44.3	
モモ	2.53	6.7	100	79.3	2.83	75	100	78.0	3.70	72	100	96.7	2.65	71	100	76.3	
ヨモドリバナ	0.30	7.0	100	60.7	0.08	52	70	59.7	0.08	71	60	50.3	0.25	72	40	36.7	
ヨモドリバナ	0.03	6.7	80	53.3	0.08	52	60	39.7	0.05	63	80	53.3	0.03	66	80	50.7	
コモドリバナ	0.43	40	60	38.3	+	15	20	+	45	20	58	40	0.05	0.05	47	80	44.0
コモドリバナ	0.18	5.9	80	49.3	0.03	62	60	43.3	0.03	74	60	54.0	0.15	68	80	52.0	
コモドリバナ	1.15	6.7	80	60.7	0.93	77	80	61.0	1.40	68	60	61.0	1.33	58	80	56.0	
コモドリバナ	0.45	7.3	100	63.3	+	63	40	0.03	65	60	68.0	0.15	93	100	67.7		
コモドリバナ	0.05	4.9	60	37.7	0.45	85	60	54.0	0.80	67	100	68.7	0.05	65	60	43.7	
コモドリバナ	0.94	2.0	80	0.03	72	80	0.15	71	0.05	71	20	0.05	71	84	20	20	
コモドリバナ	0.35	2.4	80	38.3	0.33	30	80	39.7	0.28	29	80	41.3	0.10	25	80	36.3	
コモドリバナ	0.03	1.4	20	12.0	0.05	16	40	19.7	0.13	14	20	14.0	0.28	17	60	28.0	
コモドリバナ	0.03	1.7	20	0.03	2.6	20	0.03	2.6	0.03	3.4	80	41.3	+	45	20	42.3	
コモドリバナ	0.03	7.5	60	47.0	0.03	90	40	47.0	0.03	56	60	43.7	0.18	59	60	42.3	
コモドリバナ	0.03	5.0	20	0.03	42	60	0.03	36.0	+	17	20	0.5	78	80	59.0		
コモドリバナ	0.03	2.5	20	0.03	25	20	0.05	20	0.05	0.03	56	60	43.7	0.03	56	60	
コモドリバナ	0.03	6.0	60	35.0	0.03	48	80	44.7	0.03	57	80	50.7	0.03	56	60	40.3	
コモドリバナ	0.03	4.1	60	0.03	53	60	0.03	53	0.03	52	20	0.03	59	40	0.03	55	
コモドリバナ	0.03	2.0	80	62.5	0.03	63	100	57.0	0.15	51	60	42.7	0.13	57	20	40	
コモドリバナ	0.03	3.2	60	31.7	0.05	38	60	34.3	0.15	51	46	40	34.3	+	57	20	
コモドリバナ	0.03	6.0	100	62.5	0.03	22	20	0.18	0.18	20	30	40	34.3	0.03	33	80	
コモドリバナ	0.03	3.2	60	31.7	0.05	33	20	0.18	0.18	20	30	40	31.3	0.03	45	40	
コモドリバナ	0.03	6.0	100	52.3	0.03	42	100	52.3	0.03	42	40	50	0.03	50	20	29.7	

方 形 区				1 列 区				3 列 区				群 状 区				
	熱度 C	草丈 H	頻度 F	SDR ₃	C	H	F	SDR ₃	C	H	F	SDR ₃	C	H	F	SDR ₃
ダラス	8.93	52cm	100%	100.0	913	51	100	100.0	8.85	50	100	100.0	8.88	51	100	100.0
ラジノクローバ	0.45	17	100	46.0	0.40	17	100	45.7	0.08	17	80	38.3	0.25	18	100	46.0
ミヤカゲ	0.08	21	100	47.0	0.08	21	100	47.3	0.08	20	100	47.0	0.08	24	100	49.3
ヒメムカシヨモギ	0.05	32	100	54.3	+	19	80	+	22	50	+	18	80	+	20	80
アキノキリンソウ	0.05	41	40	+	25	60	+	21	50	+	24	100	+	29	60	39.7
ヒコノコギリソウ	+	29	100	52.3	0.05	34	60	42.7	0.05	46	80	42.3	0.18	29	20	20
ノダムゴギリソウ	+	41	60	+	27	40	+	20	100	+	+	+	+	30	20	60
ハシバランソウ	17	60	+	15	20	+	35	20	+	21	20	+	28	30	20	60
ニタリガネニンジン	+	35	60	+	24	80	+	27	60	+	+	+	+	30	20	60
ボトリガネニンジン	+	30	20	+	30	20	+	27	60	+	+	+	+	30	20	60
ミツバクロリソウ	46	40	+	32	20	+	5	20	+	13	80	+	13	80	+	80
ジムシツチグノラ	+	16	40	+	12	20	+	20	20	+	16	60	+	16	60	60
シシグロリソウ	+	19	40	+	20	60	+	23	20	+	12	60	+	12	60	60
フシグロリソウ	+	17	80	+	10	60	+	16	20	+	21	80	+	21	80	40.7
トトカセソウ	14	50	+	18	80	0.10	18	80	39.0	0.05	15	80	+	15	80	40.7
ドクダミ	+	14	50	+	12	60	+	15	60	+	20	20	+	20	20	20
ナガバタケソウ	+	18	20	+	15	20	+	12	20	+	9	20	+	9	20	20
ナガバタケソウ	+	20	20	+	18	20	+	23	40	+	30	60	+	30	60	60

2. 飼料草の収量

2-1 人工草地

a. 本 塔(群馬県草津署)

施肥管理としては、利用2年目には草地化成2号を用いたが、3年目には484号(14, 18, 14)を80kg/10a、4年目は草地化成2号を80kg/10a、それぞれ3回に分けて(刈取直後)施した。なお、利用5年目(45年)は試験最終年にあたるので、次年度以後の牧草類の生長と林木との関係を考慮して、施肥は実行しなかつたものである。

刈取は年3回(1年目は2回)としたが、年次間の収量の差についてみれば、施肥をしなかつた45年は別として、利用2年目の42年が非常に低収量であつたが、このような傾向は次に記述する東北支場においても同様であり、42年の異常を気取たとえば牧草生育期間中の降水量の不足および高温などがこの原因のようにも考えられるが、確かではない。

1年次は28~30t/ha(方形および1列区), 23~24t(群状および3列区). 2年次には別記のように相当に低下して14~19tとなり, 3年目には各区間の差がなくなりて25t内外, 4年目は22~27t(1列と3列と群状区)であつたが方形区は18tでとくに低く, 5年目は無施肥のため4~6tにすぎなかつた. このように, 5年間の収穫では, 収量の増減や漸減はあまりみられず, その年次の施肥量や気象などが収量を大きく左右していたようにみうけられた.

つぎに植栽様式別に比較してみればつきのようである。すなわち、1年目の収量を100とした指標で5年間の推移を眺めてみれば、まず方形区は漸減の傾向をたどり、3~4年目は80~60となつてゐる。それに対して他の3区(1列、3列群)では3~4年目は100内外、すなわち初年目とほぼ同等の収量を維持しており、方形区とは別の推移を示している。また、これら3区の中では群区の推移が最もとくなめらかで、3列区そして1列区の順となつてゐる。

b. 東北支場(岩手県岩手署)

施肥管理の状況についてのべればつきのようであつた。すなわち、3～5年は1～2年にくらべて、Nは約2.9倍、Pが約3/4、Kは約2.5倍となり、NとKを増し、Pを減じた。

年次別の収量についてみれば、本場の分と同様に利用2年目(42年)の収量がとく

に低い傾向がみられた。すなわち、もつとも多取であつたのは利用3年目の約35t/ha(4区とも)であつたが、2年目はこれの半量強という収量であつた。しかし、1年および4、5年目は最高の3年目の収量の約3/4にとどまつていた。

つぎに植栽様式別にみれば、本場分のような様式別の顕著な差をみるとできなかつた。すなわち、本場分にからつて初年目の収量を100としてみれば、2年目の様式間に若干の差があり、群区が初年目とほぼ同量を維持したが、他の3区は50~70におわつた。しかし、3年目には4区とも非常に接近して130内外に集まり、4年目にもほぼ同様で95~110の間に分布し、そして最終年もこれとほとんど同様の傾向を示した。

第3表 人工草地の生草量(t/ha), 本場

	方形区	1列区	3列区	群状区	平均
41年	30.58	28.43	24.15	22.88	26.51
42々	16.38	19.19	16.23	14.24	16.51
43々	23.80	26.58	25.57	24.98	25.23
44々	17.43	26.71	21.99	23.96	22.53
45々	5.15	6.03	4.41	5.12	5.18
平均 (45年を除く)	22.05	25.23	21.98	21.51	22.69

第4表 追肥量(Kg/10a), 東北支場分

	N	P	K	回数	備 考
41年	5.6	11.2	6.4	4	草地化成 2号
42々	5.6	11.2	6.4	4	同上および草地用磷加安484
43々	16.0	8.0	16.0	3	草地用磷加安484尿素塩加りんご化成
44々	16.0	9.2	16.8	3	
45々	16.0	8.0	16.0	3	尿素複合磷加安

第5表 人工草地の生草量(t/ha), 東北支場分

	方形区	1列区	3列区	群状区	平均
41年	26.24	27.00	26.41	28.42	26.52
42々	16.62	27.49	13.75	19.16	19.26
43々	35.89	34.66	34.57	34.46	34.90
44々	27.96	25.87	29.26	26.91	27.50
45々	28.29	25.42	27.37	25.97	26.76
平均	27.00	28.09	26.27	26.98	26.99

c. まとめ

利用年次により、植栽様式によりそれぞれ若干の収量差はみられたが、顕著な傾向としては2年目の収量が本場も東北支場ももつとも低くかつたが、この年次の気象の状況または施肥管理などによるものであろう。いずれにしろ平均してhaあたり年間23t(本場)~27t(東北支場)の収量をあげたが、カラマツを用いた本場の試験においては、方形区よりも群状とか1~3列のような植栽様式の方が、年次を経ても比較的高い収量を維持している傾向がみられた。

2-2 自然草地

a. 本場(群馬県草津署)

毎年8月に1回の収穫を行なつたが、はじめに各年次の生草量についてみれば、3年目の収量が初年目よりも高くなつてゐるが、傾向としては漸減し、5年目には初年目の約30~50%, 平均42%に低下した。すなわち、初年目は1haあたり約10.3t(1列区)~7.8t(他の3区)の収量であつたが、飼料植物量にして約8.3t~4.6tであつた。そして最終年次の5年目にはこれが3.0t(方形区)~4.1t(3列区)となり、飼料植物量は2.0t~3.9tであつた。

植栽様式別にみれば、3列区の収量維持はもつとも円滑で、初年目の100に対し114, 139, 82, 53と推移し、実収量も5年間の平均で年7648Kg/haでもつとも高かつた。なお、方形区と1列区がこれと逆の傾向を示した。

つぎに、植物グループごとの収量についてみれば、試験当初はミヤコザサがこの造

林地の主体をなしており、全収量の 63% (538.2 Kg/ha), 飼料植物量の 96% を示していたのであるが、連年の刈取によつて次第に減収となつた。いま 5 年間の平均収量によつてグループ別の相対重量をみれば、食草類が 7.8 のうち雑草類が 4.0, ササ類が 3.4 を占め、不食草類 2.2 のうち雑草類が 1.5 を占めている。このように、自然草地の収量は毎年の刈取によつて一般に漸減したが、それでも haあたりにして 6~8 t を維持することができ、しかも、その約 80% は食草類であつた。

b. 東北支場(岩手県岩手署)

刈取は 8 月に 1 回行なつたが、最終年は刈取らなかつたので、4 年間の成績を別表に示した。これによれば、試験開始年の植生、すなわち、カラマツ伐採跡地の植生型の分布のかたよりが大きくあらわれ、たとえば低木類などの分布密度の高い 1 列や方形区などでは、1 haあたり実に 3.0~20 t の収量を示し、雑草類が主体となる 3 列と群状区は 8~9 t であつた。したがつて、4 年では 4 区の平均で haあたり約 16.9 t を示したが、2 年目には急激に減少し、3 列や群状区は前年の 6.0~5.3% の減少にとどまつたが、方形や 1 列は約 8.0% も減少した。しかし、この減少の傾向はこれで落着き、4 区の平均で 3 年目は 1 年目の 2.3% (約 3.9 t/ha), 4 年目は 2.0% (約 3.5 t) となつた。

植栽模式ごとに比較すれば、別記のようにすでに試験開始前の植生分布のかたよりが大きく、このような比較は不可能であるが、単に 4 年間の収量を平均してみれば、別表のように 1 年あたり haあたり約 43.0~11.60 Kg の収量となつてゐる。

第 6 表 自然草地の生草量 (Kg/ha)

		方 形 区					一 列 区					群 状 区								
		4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	平 均	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	平 均	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	平 均	
食 草	イネ科草類	4,186	1,527	2,861	1,235	1.9	1.7	7.2	8,102	1,754	3,317	1,495	1,159	3,165.4						
	ササ類			102	154	103	71.8					142	181	210	1,06.6					
	スゲ類			3,038	2,959	1,186	1,826.8	1.54	3,079	4,292	3,492	1,586	2,520.6							
	雜草類			339	318	73	1,46.0					532	209	119	1,72.0					
	かん木			6,340	4,685	2,048	4,147.4	8,256	4,833	8,283	5,391	3,103	5,973.2							
	計			4,630	3,034	2,89	1,043.4	1,620	1,445	658	232	20	795.0							
	草			2,353	1,316	825	434													
	煙			174	232	354	87	54	180.2	386	239	424	203	87	2,67.8					
	かん木			694	909	995	772	601	794.2	50	443	48	16	111.4						
	シダ類			3,221	2,457	2,174	1,293	944	2,017.8	2,006	1,734	1,525	483	123	1,174.2					
合 計		7,851	5,491	8,514	5,978	2,992	6,165.2	10,262	6,567	9,808	5,874	3,226								
		三 列 区					群 状 区					一 列 区					食 草			
		4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	平 均	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	平 均	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	平 均	
食 草	イネ科草類	4,784	803	342	154	93	1,235.2	4,456	2,045	3,993	1,881	1,443	2,763.6							
	ササ類			311	399	478	2,37.6					94	81	41	43.2					
	スゲ類			6,250	9,426	4,959	2,873	4,701.6		1,428	3,482	3,214	1,375	1,899.8						
	雜草類			77	296	437	352	2,324	116	210	327	125	73	170.2						
	かん木																			
	計			4,784	7,130	10,375	5,949	3,904	6,428.4	4,572	3,683	7,907	5,484	3,052	4,939.6					
	草			2,675	1,819	538	399	2,29	1,132.0	3,067	1,974	874	293	232	1,288.0					
	煙			386		51		874		193	280	395	415	411	3,38.8					
	かん木																			
	シダ類			3,061	1,819	538	450	2,29	1,219.4	3,260	2,254	1,529	731	660	1,686.8					
合 計		7,845	8,949	10,913	6,399	4,133	7,647.8	7,832	5,937	9,436	6,215	3,712	6,626.4							

第7表 自然草地の生草量 (kg/10a), 東北支場分

	方形区	1列区	3列区	群状区	平均
41年	2,002	2,999	826	914	1,685
42	436	578	325	431	443
43	328	594	275	353	388
44	305	479	309	286	345
平均	768	1,163	434	496	715

3. 林木の生長

3-1 樹高生長

a. 人工草地と自然草地との関係

① 本場分(群馬県草津署)

既に述べたように、植栽様式は4処理としたが、これら4区を平均した人工草地と自然草地の樹高生長のようすを年次ごとにみればつきのようである。すなわち、植栽当年(41年)の秋のカラマツの樹高は、牧草地も野草地も約51cmであつて、差がなかつたのであるが、1年後の秋には野草地が約27cm伸長して79cmになつたのに対して、牧草地の方ではわずか10cmの伸長量で61cmにしか達しなかつた。ところでこのような両草地の傾向は3, 4, 5年と続いたので、結局1年目の樹高を100とすれば野草地では152~216~285~381と推移し、牧草地では120~156~225~311という状態であつた。したがつて2年目から生じた両草地の樹高差は、年を経てもちぢまらず5年目まで続いていた。

しかし、年間の伸長量についてみれば、たしかに1~3年間は牧草地と野草地の差は大きかつたのであるが、4~5年ではその差がほとんど無くなり、年間伸長量はほぼ同量になつたことは特徴的なこととしてあげることができるであろう。

② 東北支場分(岩手県岩手署)

傾向としては、東北支場のアカマツも本場に似た生長状況を示した。すなわち、4区の平均で野草地と牧草地を比較してみれば植栽当年の秋に於ては両地とも約33cmであつたが、1年後では野草地が52cm、牧草地が48cmと若干開き、このような両草地の差はその後もちぢまらず、5年目には野草地の140cmに対して牧草地は138cmとなつた。したがつて、1年後の樹高を100とすれば、野草地は158~236

~309~429と推移し、牧草地では144~207~282~420と推移している。このように牧草地のアカマツは野草地よりも若干低い樹高ではあつたが、本場分のカラマツのような大きな差ではなく、とくに5年目には両地の樹高はほぼ同様となつた。

年間の伸長量についてみれば、1~3年間はやはり牧草地が少なく、野草地の年間伸長量は5cm内外多かつたが、4年間には両地ともほぼ同量となり、5年目には逆に牧草地の方が約8cm多い傾向を示したのである。したがつて、東北支場のアカマツは4年目から牧草地と野草地の年間伸長量が逆転したとみることができるのである。

b. 植栽様式との関係

① 本場分

つぎに4処理の植栽様式ごとの差についてみれば、野草地においては3年目から差がつきはじめ、3列一方形一群状ー1列の順に樹高が高く、また牧草地においても4年目から方形ー3列ー群状ー1列の順に高い樹高を示した。したがつて、3列と群状区が1列と方形区よりも高い樹高を示したが、これは前者の2区が斜面下部にあり、立地上の有利性によるもののように

第8表 樹高生長, 本場分

		人工草地				自然草地			
		方形区	1列区	3列区	群状区	方形区	1列区	3列区	群状区
樹高(cm)	41年	51.8	51.6	48.5	51.9	54.0	52.6	48.6	50.8
	42年	65.5	62.1	57.2	60.1	81.1	76.1	77.8	79.7
	43年	88.4	75.2	76.9	79.0	116.5	101.4	116.9	112.3
	44年	126.7	106.6	113.2	112.5	156.4	135.8	155.7	138.3
	45年	179.9	146.5	152.2	155.0	217.3	178.5	211.1	179.6
年間伸長量(cm)	2年目	13.7	10.5	8.7	8.2	27.1	23.5	29.2	28.9
	3年	22.9	12.9	19.7	18.9	35.4	25.3	39.1	32.6
	4年	38.3	31.4	36.3	33.5	39.9	34.4	38.8	26.0
	5年	53.2	39.9	39.0	42.5	60.9	42.7	55.4	41.3

第9表 樹高生長 東北支場分

		人工草地				自然草地			
		方形区	1列区	3列区	群状区	方形区	1列区	3列区	群状区
樹高 (cm)	41年	33.4	31.5	32.1	34.1	33.2	33.4	32.1	31.8
	42々	47.3	46.1	48.2	49.1	50.9	52.9	51.0	52.1
	43々	67.9	64.6	71.7	69.2	78.1	76.1	77.7	76.9
	44々	92.2	88.7	98.1	93.5	104.8	96.9	102.0	100.2
	45々	137.6	132.1	144.6	138.6	148.2	136.2	136.8	138.7
年間伸長量 (cm)	2年目	13.9	14.6	16.1	15.0	17.7	19.5	18.9	20.3
	3々	20.3	18.5	23.5	20.1	27.2	23.2	26.7	24.3
	4々	24.3	24.1	26.4	24.4	26.7	20.8	24.3	23.3
	5々	45.4	43.4	46.5	45.1	43.4	39.3	34.8	38.5

② 東北支場

東北支場のアカマツも、本場のカラマツとほぼ同様の傾向を示した。ただ、東北支場のアカマツの試験地においては本場のような地力の不均衡がみられなかつたので、方形、1列、3列、群状の4区の差は野草地においても、また牧草地においてもほとんどみられなかつた。

3-2 肥大生長

a. 人工草地と自然草地の関係

① 本場分

地上2-3cmの主幹の直徑の測定を5年間続けたが、その結果は第1表のようである。

すなわち、牧草地によつては4区の平均で、1年目秋には約8mmであつたが1年後には約11mmとなり、以後14mm、20mmと経過し5年目の秋には約33mmであつた。しかし野草地はこれによりすぐれ、1年目の秋が約9mm以後14mm、22mm、30mmと経過し5年目は42mmとなり、両地の差は9mmとなつた。

ところで、年間の肥大生長量を両地についてみれば、野草地では2-3年の生長

量が非常に大きく5-8mmであつたが、4年目に停滞して8mm弱となり、5年目は12mmにおわつた。しかし牧草地においては、2-3年目はなるほど3mm内外にすぎなかつたが4年では約7mmとなつて急に肥大しはじめ、5年目には、野草地よりも若干大きく12.4mmを示した。したがつて、野草地と牧草地の両地の比較では、牧草地は初期の肥大生長はこのましくないが、4-5年目ころから普通の生長を続けるようになられた。

② 東北支場分

東北支場においては、幹の下部の肥大生長の測定は44年～45年（最終年）の2回よりなされなかつた。この成績によれば44年には両地の根元径はほぼ同じであつたが、翌45年には牧草地の約47mmに対して野草地は45mmで、したがつて年間肥大量は前者の約1.4mmに対して後者は約1.2mmであつた。

第10 肥大生長、本場分

		人工草地				自然草地			
		方形区	1列区	3列区	群状区	方形区	1列区	3列区	群状区
根元直徑 (mm)	41年	7.3	7.6	8.0	7.7	8.9	8.2	8.7	8.6
	42々	10.6	9.9	10.5	11.1	14.0	14.5	13.7	13.3
	43々	14.2	12.4	13.9	15.0	22.6	22.2	23.1	20.8
	44々	19.8	19.1	21.4	21.6	30.5	31.0	30.5	27.0
	45々	32.4	31.0	32.6	35.6	44.8	42.8	41.2	38.4
年間伸長量 (mm)	2年目	3.3	2.3	2.5	3.4	5.1	6.3	5.0	4.7
	3々	3.6	2.5	3.4	3.9	8.6	7.7	9.4	7.5
	4々	5.6	6.7	7.5	6.6	7.9	8.8	7.4	6.2
	5々	12.6	11.9	11.2	14.0	14.3	11.8	10.7	11.4

第11表 肥大生長 東北支場

根元 直径 (mm)	44年	人工草地				自然草地			
		方形区	1列区	3列区	群状区	方形区	1列区	3列区	群状区
伸長量	13.8	13.2	14.9	13.6	11.5	12.2	12.4	11.4	
45年	46.7	43.4	49.4	47.2	46.0	43.1	44.4	46.0	
44年	32.9	30.2	34.5	33.6	34.5	30.9	32.0	34.6	

b. 植栽様式との関係

① 本場分

各植栽様式の年次ごとの肥大量は若干ずつ異をついているが、とくにとりあげるほどの差は未だあらわれていない。すなわち、樹高生長の際にも述べたように、地力の差による区ごとの若干の差はあるようにみられるけれども、きわめて小差でありここで問題にする程度ではない。

② 東北支場

東北支場においても同様であつて、年間肥大量が野草地では約1.1～1.2mm、牧草地では約1.3～1.5mmで、植栽様式間の差は少なかつた。

3-3 枝張り(底面度)

a. 牧草地と野草地の関係

① 本場分

樹冠の直径によつて枝の張りかたをぎんみするために、初年目の直径を100として各区の推移についてみれば、まず牧草地では樹高生長と同様に野草地よりも生長が緩まんで下まわつてゐたが、伸びかたは順調に5年間続いた。

しかし野草地では、4年目ころまでは一応牧草地を上まわる広がりかたをしてきたが、5年目に急激に伸長量が少なくなり、指數としては牧草地とほぼ同様となつた。もちろん、樹冠直径は野草地の方がまさつてをり、1年目の4区平均が牧草地の約2.4cmに対し野草地は2.9cmで初年目から優位であり、これが5年目になると牧草地は8.9cmであつたが野草地は11.5cmであつた。

したがつて底面度についてみれば、牧草地では各年次とも野草地より低く、最終

第12表 枝張り

		人工草地				自然草地				群状区
		方形区	1列区	3列区	群状区	方形区	1列区	3列区	群状区	
41年	23.8	25.5	22.9	22.5	29.4	30.2	27.3	27.6	1.5	1.6
42#	30.7	26.3	28.6	31.2	43.8	41.3	38.8	39.8	2.6	1.8
43#	46.8	39.9	43.5	46.1	67.0	65.1	67.7	65.3	5.6	4.2
44#	76.0	63.1	70.3	73.9	115.1	114.1	109.4	104.0	14.2	9.8
45#	92.8	82.5	83.6	95.7	123.8	115.4	113.0	107.9	20.7	16.0
46年	50	48	55	48	58	56	61	59	51	7.2
47#	78	73	81	77	80	76	73	81	13.8	11.0
48#	108	101	107	105	107	98	103	105	25.8	19.6
東北支場									23.2	23.1

年の5年頃には野草地は3.0%に達したが、牧草地は1.8%にとどまつた。

② 東北支場分

4区の43～45年の3カ年の平均でみれば、野草地と牧草地の差はほとんどみられず、両地の樹冠の直径および底面度はほぼ同様であつたといえるようである。すなわち、3カ年の平均直径が牧草地が7.8cm野草地は7.9cm、底面度は牧草地が1.4%で、野草地は1.5%であつた。

b. 植栽様式との関係

本場分では野草地においては、とくに処理ごとの差は顕著でなかつたが、牧草地においては1列区が他の3区に比較して若干劣つており、この劣勢は2年から5年目まで続いた。

また東北支場においても、このような傾向がみられ東北では牧草地野草地ともに、1列区の底面度が低い状態を示し、これは樹冠直径よりも顕著にあらわれた。

3-4 生長障害

5年間の試験期間中に種々な生長上の障害が生じた。すなわち、先枯病の発生をはじめとし、活力の低下による衰弱とさらにこれの進行した枯死、またわ草類の刈取りの際の誤刈、ノネズミの発生、などのおもなものであつた。

a. 牧草地と野草地との関係

① 本場分

牧草地と野草地には障害の種類に若干の差があつた。すなわち、誤刈は圧倒的に牧草地に多く、年平均野草地の2-3%に対し、牧草地は5-7%であつた。つぎに枯死も牧草地に多く発生し、野草地が年平均3-5%であつたが牧草地は5-7%、したがつて衰弱木も牧草地の方が若干多かつた。しかし、ノネズミによる食害は牧草地は非常に少なく、この害は44年と45年の2カ年でわかつて発生したのであるが、2カ年の平均で牧草地は0.2-0.9%平均1.1%であつたが、野草地では7.0-12.5%平均10.0%という状態で、牧草地の約10倍に達する食害木が発生した。なお、先枯病の発生率については差がみられなかつた。

② 東北支場分

本場のように顕著ではないが、東北支場においても、牧草地における障害率は若干高く、枯損率が年平均6.6%、誤刈が2%強であつたのに対し、野草地では前者が5.4%、後者が1.5%であつた。

第13表 障害率(%)、本場分

		方 形 区		1. 列 区		3. 列 区		群 状 区	
		誤刈	衰弱	枯損	先枯病/ノネズミ	誤刈	衰弱	枯損	先枯病/ノネズミ
人工草地	41年	5.2	8.0	20.1	10.1	5.2	10.1	7.0	12.8
	42%	5.2	8.7	1.4	3.9	19.8	1.6	5.2	16.0
	43%	10.8	19.4	0.7	2.8	12.7	2.6	3.3	15.3
	44%	2.7	0.7	3.8	0.4	6.9	0.4	0.7	4.2
	45%	0.4	2.1	0.4	0.4	0.4	1.3	2.0	0.9
自然草地	41%	4.7	5.6	15.3	4.2	7.5	8.1	6.3	5.9
	42%	2.1	3.8	3.3	1.3	11.0	1.3	2.8	5.9
	43%	1.0	9.7	2.4	1.4	2.9	13.2	4.7	0.7
	44%	0.4	2.8	0.4	0.4	3.7	0.7	1.0	1.25
	45%	1.3	4.8	0.8	0.8	0.8	6.8	0.5	0.9

第14表 障害率(%)東北支場分

	人工草地	自然草地
41年	5.1	4.1
42%	8.7	0.4
43%	8.3	4.5
44%	5.8	8.1
45%	5.2	6.7
		5.7

b. 植栽様式との関係

① 本場分

植栽様式と障害との関係では、もつとも予期されたのは誤刈であつた。すなわち、従来実行されている方形植栽に対して、1列または3列や群状に植えられた造林地では、苗木の樹高が低く牧草の草丈が高い場合に誤刈が発生やすいわけであり、事実そのような結果が本場分にあらわれ、方形区では植栽1-3年間の平均誤刈率は4.9%であつたが、他の3区は6.1-6.8%であつた。

長焦点カメラ および フォールスカラー
フィルム等の活用による林分構造の解明

I 試験担当者

経営部航測研究室長	中島 嶽
室員	長谷川 利子
室員	植渡 幸男
室員	大貫 仁人

II 試験目的

近年急速な進歩をとげつゝある写真技術および情報解析理論等の積極的な森林調査への応用により、林分構造の解明を計り、その現況と推移の予測を効果的に把握する調査法の解明を目的とした。

III 試験の経過

1. 43年度

帝広営林局 新得営林署管内、トムラウシ天然林約8,000haを対象とし、赤外カラーフィルムによる縮尺1/10,000、および一部1/5,000による二段撮影を実施、(R.M.K. $f=150\text{mm}$)。層化比例抽出を基準とする現地標本調査、ステレオグラムの作成をおこない、それにもとづき

- 1.) 経営案編成資料を目的とする全域の森林資源調査
- 2.) 写真判読の数量解析による林分構成要因の検討と推定法の研究
- 3.) 上記調査地内の約1,500haを対象とする精密調査を取りまとめた。

2. 44年度

同営林局 本別営林署管内、芽登天然林約10,000haを対象とする赤外カラーフィルムによる縮尺1/10,000、長焦点カメラ(R.M.K. $f=300\text{mm}$)撮影、現地標本調査、ステレオグラムの作成をおこない前年度の成果をもとにして

- 1.) トムラウシ、本別両天然林の材積、枯損量、生長量推定を目的とする写真判読要因による数値表の作成
- 2.) 上記数値表の適用、ならびに写真と現地作業との結合を計る数値写真図の作成を実施

3. 45年度

- 1.) 数値写真図の方眼区画毎に対する数値表適用による材積、枯損、成長量の推定

2) 上記推定結果の現地検討

3) これらを取りまとめて調査体系の系列化を計つた。

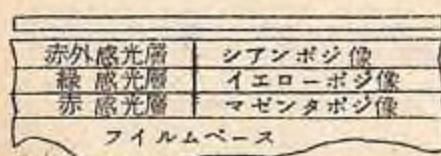
なおこの研究成果を応用した46年度以後の研究実施資料として北見営林局管内、北見、網走両営林署管内国有林のカラー写真的撮影を実施した。

IV 試験成果の概要

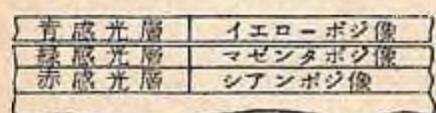
1. 赤外カラー写真

調査を目的とする写真とは調べようとするものが他と明瞭に区別されて、また細部までを表わしていることが必要であり肉眼感の再現は必要でない。

通常、活力ある植物の葉は葉緑素より反射される緑の波長(約550mμ)の光より数倍多くの近赤外領域の波長(700~800mμ)の光を反射している。



赤外線カラーフィルムの構造



天然色フィルムの構造

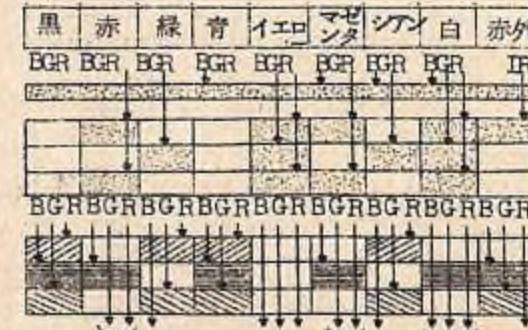
図1. 赤外カラーフィルム、天然色フィルムの構造

被写体の色

コダツクラツテンNo.12

感光 { 緑感光層
赤感光層

シアン色像
色像 { イエロー色像
マゼンタ色像



再現された色

図2. 赤外カラーフィルムの元色

の拡大が可能である。

フォールスカラー写真は肉眼感とは全く異なる表現力をもつものであるのでその判断には通常の白黒、または天然色写真とは違った解釈をむこなう技術を必要とし、その使用にはこの写真による判定の可能性と、最適使用条件を十分に理解することが重要である。

赤外カラーフィルムの基本的な感光層と発色構造を「図1, 図2」に示す。

すなわち、この写真の発色は色の相が肉眼感より一つづつ長波長側にずれたものであり、また近赤外線と共に可視光線内の色も感光することによつて、この両者の合成による色調を表わすものである。

植物反射光の基本特性を「図3」に示す。しかし植物は常にこの特性を有するものではなく、季節、成長状態、立地条件により多くの差異をもつものであり、また赤外カラーフィルムによる発色も現象条件とともに撮影の日時、天候、位置、高度、太陽角等により変化するものである。

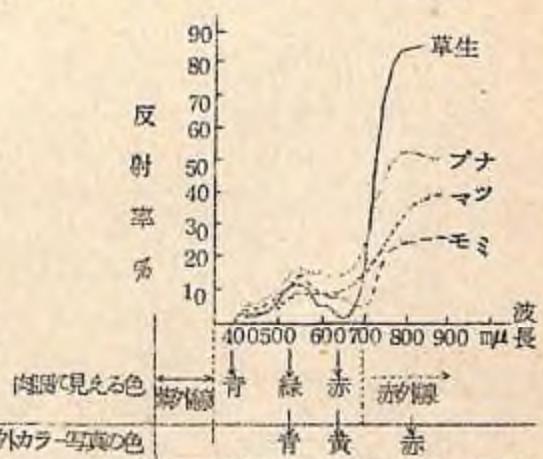


図3. 植物反射光の基本特性とカラー写真的色

このフィルムの効果は近赤外域の反射光の差を、いかに明瞭にとらえうるかによつて高めうるといえよう。表1. 赤外カラー写真による色彩例

被写体	肉眼感の色	赤外カラーの色
芝、地表雜草、枯れたもの 活力あるもの	黄～褐 淡黄～綠	白～黄 淡紅～綠
落葉広葉樹 枯葉 紅葉 黄葉 冬芽 綠葉	黄～褐 紅～紅 黄～紅 淡綠葉	白綠～黃 淡黃～綠
常緑広葉樹 針葉樹マツ 健康 虫害～変色 枯損	濃綠葉	濃綠葉
スギ ヒノキ カラマロ 落葉 綠葉	淡紅～淡赤	淡紅～黃
竹、ササ 湿地	淡黃～淡赤 綠葉	淡綠葉

なお森林における主要な発色例を「表1」に示す。

2. 長焦点カメラ

長焦点カメラは普通角、広角カメラに比べ同一撮影高度によつてより大縮尺写真をうることができる。またその画像は地物、地形の高低による位置ズレが少ない。

高空より大縮尺写真撮影の効果は特に低空飛行が危険を伴う山地において極めて有効であり、また特に空中散光を除去しうる赤外カラー写真の場合に効果的である。

これは縮尺のみならず同一画面内におけるレンズ集光効果による光量分布差をいちじるしく少なくし、画面内の色調の変化を少なくする。

広角写真赤外カラーフィルムの画面内の光量分布差を濃度測定により求めたものを「図4」に示す。長焦点カメラの像は、この周辺部分を切り去つたものと見ることができる。

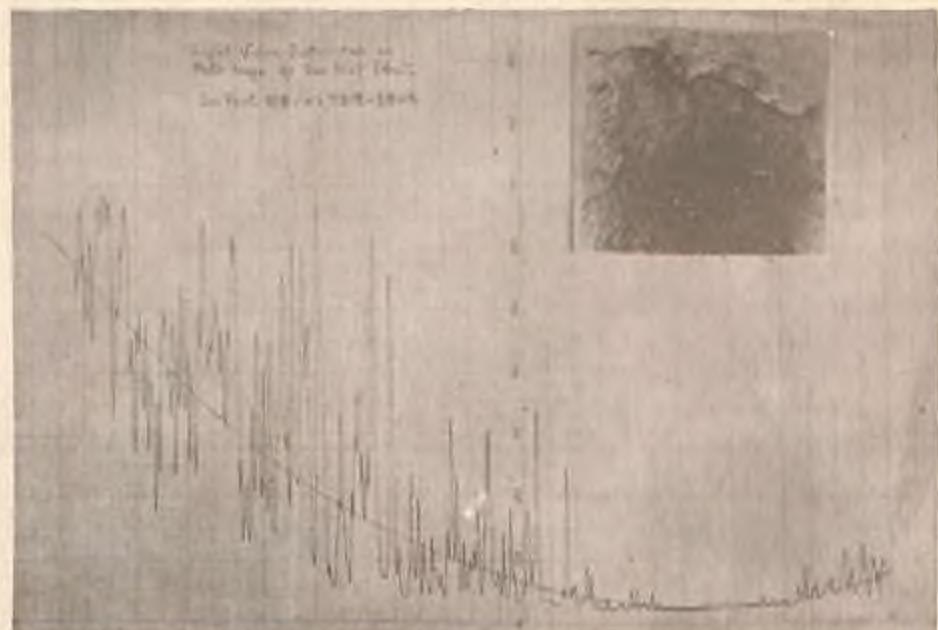


図4. サンポイントを中心とする広角カメラ写真画像の光量分布濃度測定図
(赤外カラー写真ネガフィルムより増巾作成)

3. 写真情報による林分解析

森林の現況と推移を予測するには、林木自体や生育する環境、人為条件など多くの関連する要因を解明する必要がある。空中写真的持つ豊富な情報を利用し、数量解析の手法をそれに導入することは、調査の能率と科学性を高める明らかに有効な方法である。

そのためには従来肉眼観察を基準として行なわれていた森林の測定を、肉眼とは全く異なる視野に立つた空中写真の視野での観測要因に置きかえねばならない。

写真像を中介としたとき、森林観察の要因は上空より見た林分の構造とそれをとりまく環境立地の状態である。

この観察要因が林分構造のなかで、どの様に相互に関連し、また現在森林計画立案に要求される材積量、成長量、枯損量等の推定にどのように関与するかを多変量解析によつて求め、またそれから上記のものを所要の精度をもつて推定するための数値表の作成を前記北海道天然林について実施した結果は写真像の科学的利用と写真情報解析システム開発の足掛りである。

3-1 写真情報利用の原則

森林は、生育する個々の立木が集合して形成する一つの生物社会である。林木は互に密接な関連を保ちながら、それらを取りまく環境との有機的な結びつきの中に成長を繰り返している。

過去より現在に至るまで、森林は木材生産の場として開発され管理されて来ているが、近代社会の高度な経済発展は、更に同じく生物体である人間社会の生活環境の調和と保全に対する機能をも森林の上に要求してきている。

元来、森林は、動植物資源などとは異なり、現在から将来につながる再生産性を重視すると共に、自然と人為の操作が刻々と変動を与える動的な現象として、一時点の状態、推移の原因や過程、社会経済の中での生産価値等が求められる情報と、それに基いた計画的な経営と利用がおこなわれる必要がある。

森林は昔から人間の肉眼による観察と、頭脳による判断の尺度によつて評価され計画が立てられてきた。

それは、いわば「山にある木を人が使う」立場からの資源面を主体とした考察であつて、静止した森林の一断面をとらえる努力であるといえる。

これを有機的な生物集団として動的に見ようとすれば、従来の人間の肉体的、また頭脳的能力限界をさらに拡張したより広い視野と判断力が必要となる。

それは肉眼で見られるよりもより小さな空間と同時に、より大きな空間、すなわち「目的物をとりまく外界との有機的な関連を追求させる空間」の系統的な観察と総合的な判断力の要求である。

いわば空間を縮少、拡大し、時間を延長し短縮もする目が、そしてその目には科学的

な説得力をもつ客観的表現を可能とする手立てがなければならない。

写真は人間の観察眼の縮尺を自在にえらびうることを可能とした。また写真を仲介とすることによつて写された被写体のすべては數値判定の手法へと持ち込まれるに至つた。

従来より空中写真は林業の分野においても基本図や林型区分図の作成其他、多くの効果をあげてきている。だがそれは従来の肉眼の補助としての利用に止まつてゐる。

今日の写真の有する効果をより活用するためにはその豊富な情報を順序よくとり出すと共に、それらの関連をとき、調査目的に向つて収集する情報解析システムの適切な活用が期待されなければならない。

それによつてようやく人間の観察力と判断力は増大するといえる。

3-2 林分の写真観察要因

森林経営にとつて、従来より最も基本的に要求されてきたものは、それぞれの時点における立木材積、成長量、枯損、更新、等の情報である。それに基づいて撫育や伐採の計画が立てられ評価がおこなわれてきた。

これらは社会的な森林の見方の推移いかんにかゝわらず重要なものである。

森林の現況のこれらの情報と、条件によつて変化するであろう予測の値がえられるとき、始めて具体的な諸計画が立てられる。

これらは従来、地上調査によつて求められていた。

対象地域が広大な場合には主に標本調査法が用いられ、空中写真はこのとき調査準備の林型区分図や現地調査点への誘導、確認等に用いられ、前記各主目的情報のデータは地上測定による標準地の立木の樹高、直径、本数、年輪巾、等々が用いられた。

今、写真像の観察を主体として前記の各情報を求めようとすれば、調査測定の要因はこのような肉眼観察法に準拠するものとは多くの異なるものが主体となつてくるはずである。それは写真条件によつても異なるものではあるが、根本的には視界とする空間の相異である。

そこでは個々の立木の値よりも、それら相互の関係や、森林としての総体的な値、また生育地域の地形、環境が有力な観察要因である。地上調査でも森林測定の要因は情報を引き出す為の一次要素であるので常であるとき、従来しばしば試みられたことではあるが写真利用でそれと同じものを推定しようと努力することとは不得策であろう。

空中写真像として森林が記録されているものは上空より見た森林の構造と生育地の状態であることから直接目的とする情報を引き出す関連を求めることが写真

利用を効果的にしうるものである。

写真により森林を整理分類する要因については、従来より林型区分を対象として行なわれてきたが、更にそれを有機的に見ようとする時には多くの人為と自然による立地条件の要因が加わる。

これらのうち社会経済的なものを除いて森林自体と立地条件のみを取り上げた場合、写真上の観察要因は本調査の例において「表2」の要因の如くなろう。この表においての区分（カタゴリー）は約1/20,000空中写真による場合である。

このような区分は写真観測によつて何等高度な機械や技術を用いらず、全く基礎的な技術でおこなわれることができ、かつ判定の誤りがもつとも少なくてすむような粗さを考慮したものである。第1の樹種群から、4.の径級構成までは天然林において特に複雑に出現するものであり、樹種群は地域によつて異なる。

なお樹冠直径、又は樹冠面積は写真上、上層木については測定可能であるが、一齊林形、或いは熱帯林地方等の如くに上層木が比較的均一な状態にあるときは適正な要因であり、測定の難易さを考えて、また他の要因との相関を検討した上で採用すべきである。

要因5～7までは従来の林型区分基準と同じである。8.の疎密度型は特に森林被害や表土荒廃に連関して明らかな表れ方をとる。

9.～13.はいずれも林木の生長に直接間接に影響をもつ立地条件であり、微気象、降水量、土性等もこれらと密接な関連をもつ、14.の地床は主に天然林の更新、造林、撫育に大きな関連をもつが、多くの場合に問題となるのはササの被覆である。

樹冠が地上を完全におおつている場合は、赤外カラー写真でもその局地の地床判定は不能であるのでこの要因は推定しうる場合に限られる。

3-3 写真情報解析

写真観測要因の値が標本地の資料や系統的に収集されたステレオグラムによつて求められれば、それらは各要因間の相互の関連性と、各種の推定目的に対してそれらがどの様な重要さで関与しているかを多変量解析の手法を応用して求めることができる。

それは推定すべき目的の基準値に対して夫々の要因の各区分を変数として推定の誤差を最小にするような多次元の逆立方程式を解くことである。

この場合、外的基準と呼ばれる推定目的の基準値は数量で表わされたものであるが、各カタゴリーの表現には、写真測定により直接数量として求めうるものもあるが、質的な表現で表わされるものもある。この試験において実施した写真観測の場合ではその概

Items and Category for Forest Type Classification of Natural Forest in Hokkaido

写真林型区分要因 (北海道天然林判別基準)

photo scale 1/2 0000

要因 (Item)	区分 (Category)
1. 樹種 (tree sp.)	N+r, N+r, N+r, NL, L
2. 混合割合 (mix %)	N, N>L, N/L, LN, L
3. 混合形 (mix type)	均等 (U), 塔状 (G), 团状 (H)
4. 径木構成 (mix Type Composition)	小径木 (Y), 中径木 (B), 大径木 (O) およびその組合せ
5. 上層木平均樹高 (Av. Height of Dominant T.)	~10m (H ₁), 11~18 (H ₂), 19~25 (H ₃)
6. 上層木本数 (No. of Dominant T.)	少 (few), 中 (med), 大 (many)
7. 葉冠密度 (Crown Density)	散 (Vo), 疏 (O), 中 (M), 密 (D)
8. 樹密度 (Density Type)	均等 (U), 斜状 (G), 团状 (H)
9. 樹高 (Altitude)	0~99, 100~199, 200~299, 300~
10. 方位 (Azimuth)	0, N, NE, E, SE, S, SW, W, NW
11. 傾斜 (Tilt)	0~9°, 10~19°, 20~29°, 30~
12. 地形 (Land type)	山頂 (Top), 台地 (Terres), 平衡 (Smooth), 凸, 凹, 深谷 (Eloidal), 推積 (Piled)
13. 位置 (Position)	尾根 (Ridge), 中腹 (上) (Side U), 中腹 (下) (Side L), 沢 (Bottom)
14. 地床 (Ground flora)	ササ (Sasa), 雜灌 (Bush), 無 (None)
	Total (67)

表2. 北海道天然林写真観測要因

Ordering and Partial-Correlation Coefficient of Photo-Observation Factors for Some Estimation on Natural Forest in Hokkaido

写真観測要因の推定に関与する順位と偏相關

順位 (Order)	A. トムラウシ原生林 (Tomuraushi Virgin Forest)				B. 本別天然林 (Honbetsu Natural Forest)			
	立木材積 St. Volume		枯損量 St. Inferior		生長量 St. Growth		立木材積 St. Volume	
	要因 Items	偏相關 Per. Coe.	要因 Items	偏相關 Per. Coe.	要因 Items	偏相關 Per. Coe.	要因 Items	偏相關 Per. Coe.
1. 大径木本数 (4)	0.562 樹高 (5)	0.508 混合形 (5)	0.748 大径木本数 (4)	0.735 樹高 (6)	0.368 混合形 (7)	0.704		
2. 台地地形 (6)	0.492 斜傾 (4)	0.410 台地地形 (6)	0.563 樹高構成 (8)	0.651 位 (9)	0.326 葉冠密度 (3)	0.545		
3. 位 (Position)	0.285 方位 (9)	0.428 葉冠密度 (3)	0.489 樹高構成 (8)	0.636 樹高構成 (8)	0.274 樹高構成 (8)	0.497		
4. 葉冠密度 (3)	0.602 位 (4)	0.211 位 (4)	0.382 樹高構成 (8)	0.311 樹高構成 (8)	0.262 大径木本数 (4)	0.414		
5. 樹高 (5)	0.332 混合形 (5)	0.194 大径木本数 (3)	0.297 方位 (9)	0.304 台地地形 (5)	0.218 方位 (9)	0.329		
6. 位 (Position)	0.294 樹高階 (3)	0.129 方位 (9)	0.357 樹高 (6)	0.236 葉冠密度 (4)	0.166 樹高 (6)	0.302		
7. 位 (Position)	0.264 位 (5)	0.292 樹高 (4)	0.379 位 (4)	0.193 位 (4)	0.108 樹高 (6)	0.213		
8. 混合形 (5)	0.314	位 (5)	0.270 台地地形 (5)	0.171 位 (4)	0.137			
N	168		168		167		167	
要因 Items	8 (26)	7 (26)	10 (26)	8 (16)	8 (16)	7 (16)	7 (16)	
カテゴリ Category	35 (89)	35 (89)	47 (89)	46 (81)	45 (81)	41 (81)		
重相関 R	0.894	0.949	0.648	0.781	0.899	0.974	0.930	0.974

表3. トムラウシ, 本別, 要因別偏相關表

-28-

表4 トムラウシ要因内部相関
Inner Correlation Matrix for Volume Estimation
(トムラウシ) エゾトド天然林 Tomuraushi Natural forest

Item	要因間の単相間							Simple Correlation Coefficient	Y
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇		
大径木本数 X ₁	1.000								0.711
局所地形 X ₂	0.042	1.000							0.268
立木構成状況 X ₃	0.145	-0.087	1.000						0.220
立木構成 X ₄	0.452	0.052	0.009	1.000					0.623
樹冠密度 X ₅	-0.03	-0.137	-0.241	0.073	1.000				0.93
樹高 X ₆	-0.054	-0.249	0.034	-0.107	0.046	1.000			0.029
位 X ₇	0.381	0.50	0.280	0.055	-0.120	-0.007	1.000		0.467
	0.323	0.139	0.110	0.133	-0.062	0.018	0.377	1.000	0.453

表5 本別要因内部相関
Inner Correlation Matrix for Volume Estimation
(本別) エゾトド天然林 Honbetsu Natural forest

Item	要因間の単相間				Simple Correlation Coefficient	Y
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄		
樹冠密度 (X ₁)	1.000					0.419
樹高 X ₂	-0.096	1.000				0.606
高さ X ₃	0.235	0.436	1.000			0.757
大径木本数 (X ₄)	0.095	-0.089	0.090	1.000		0.106
樹高階 X ₅	0.173	0.141	0.040	0.038	1.000	0.292

-28-

測定を推定目的に妥当な ような巾に類型化し区分したのである。

この多変量解析の手法は、各要因を一度に計算過程に加えるのではなく、一つづつ加重しては推定計算を繰り返してゆくことによつて各要因相互の関連は内部相関係数として表わされると同時に、夫々の要因の外的基準への関与性は個々の偏相関係数として、また夫々の場合の全体推定の精度は重相関係数または推定値の標準偏差によつて求められる。「表3」は要因が調査の一時点の材積、成長量、枯損量の推定目的に対してどのような重要さで関与しているかを上記の偏相関係数の値を参考に上位より順に、トムラウシ 本別について示した。

両者ともにエゾマツ、トドマツを主林木とする天然林であるが、トムラウシは全くの原始林であり、本別はかつて伐採によって人為作業の加わった林であり、両者の要因の関与性は全く異なる様子が見られる。

例えトムラウシは本別に比べ、すべての調査目的にはるかに自然環境要因の関与する点が大きく、材積推定のために第一の大径木の本数の多寡の次には局所地形の観察が大切であり、従来考えられていた樹高階の重要度ははるか下位となる。

一方本別の林においては樹高階は樹冠の疎密度に次ぐ大切な観察要因である。

これらの差はそれぞれの森林の成立過程による構造の差によつて特長づけられる特性であり調査に当つてはその森林では何をしらべることが効果的であるかを示すものである。「表4」「表5」は各要因間相互の内部相関係数を示す。

トムラウシ森林においては、各要因は大径木本数(X_1)と樹冠疎密度(X_4)樹高階(X_7)の間に当然ながら関係が見られる以外はほとんど数値的に独立である。

3-4 推定と数値表の作成

解析によつて求められた要因の関与性と相互の関連は、それが不偏性のあるものである限りそれぞれの森林の構成の特性を示すものである。

それらは推定目的として与えられた外的基準を最も誤差が少なく予測出来るように各カテゴリーに数量を与えた場合の結果である。したがつてこの値は外的基準が変わった場合に偏相関係数が異なるのは当然であるが、内部相間の値も異なつてくるものである。

またこの計算手法においては、同一外的基準に対しても、計算に加える要因の順、カテゴリー区分の違いによつて偏相関係数の値自体が変化するものである。

この内部相間係数、偏相間係数は相対的な参考数値として有効に用いられる。

したがつて内部相間の高い値をもつ要因については測定の難易、精度等を参考にいづ

れか一方をえらぶべきであろうし、また外的基準を異にした場合、他との関連が著しく異なる不安定な要因は不偏性について疑問が生じる。なお同一外的基準に対しても演算に加える要因の順序を変えたとき、偏相間係数が大きく変動するものについても、計算上の仮定を満しえないものともいえよう。しかし、このようなことがあつても一時点での森林の材積の推定する場合、写真上からどのようないくつかの要因を測れば最もよい推定値がえられるかが大切なことである。

したがつて、たとえ写真像に写される森林視測の要因が常識的に森林の生成過程や環境要因との間に相互関係があるものであつてもこれらの相互関連が明らかに数値上認められない場合にはこの両者を要因として用いてもよいであろう。事実上、写真上に記録された森林像の要因と環境要因との間には数値的な関連性が極めて少ないと内部相間係数によつて知られる。

写真像を仲介としたとき、森林要因と環境要因はいづれも同等な観察要因として検討されうるものである。

なお外的基準に対して関与性の少ない要因は測定の能率と、それを加えることによつて生ずる効果との検討により取捨選択されねばならない。



図 5-1. 第2次要因による実測値と推定値の比較図 (材積)

Actual and estimated stand volume by selected items.

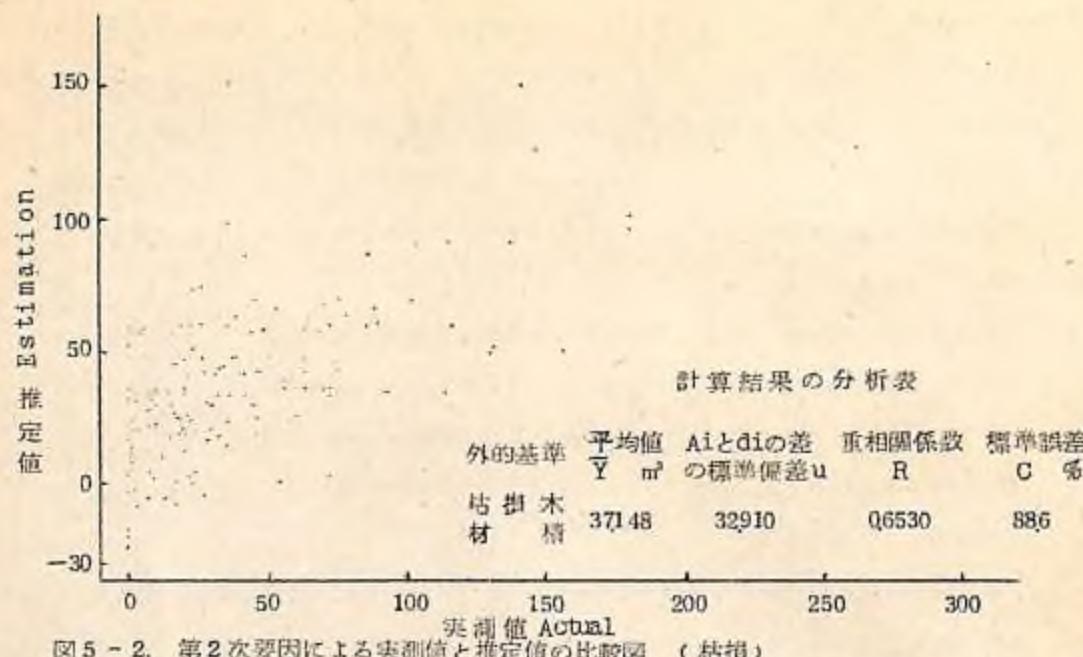


図 5-2. 第2次要因による実測値と推定値の比較図 (枯損)

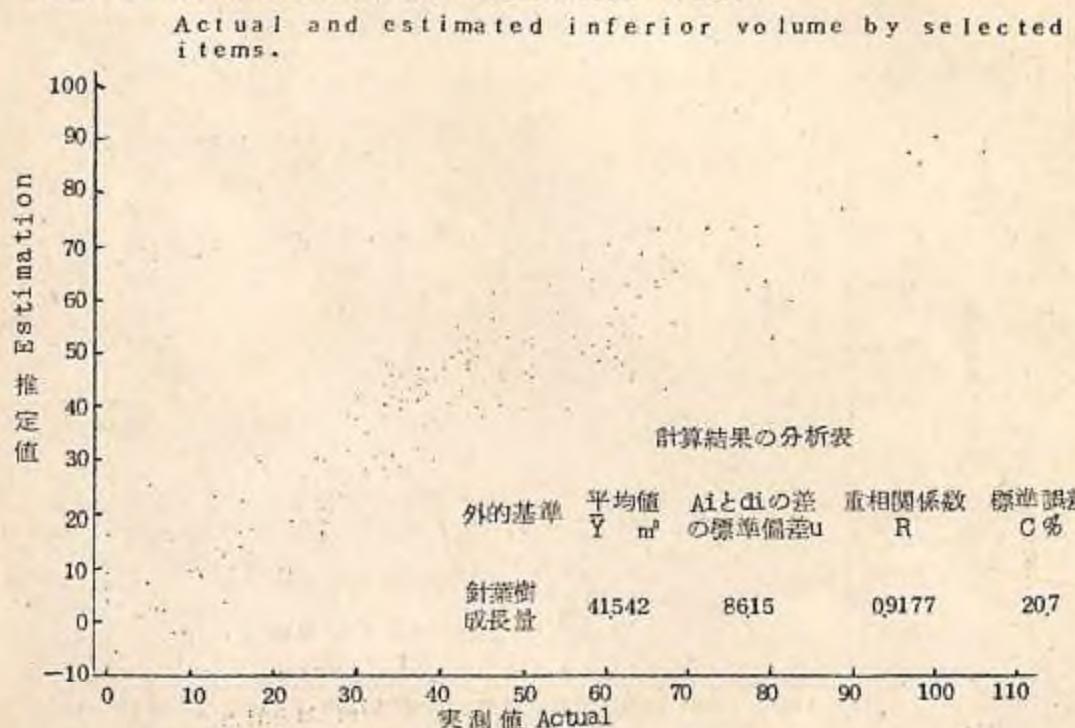


図 5-3. 第2次要因による実測値と推定値の比較図 (成長量)

Actual and estimated increment volume by selected items.

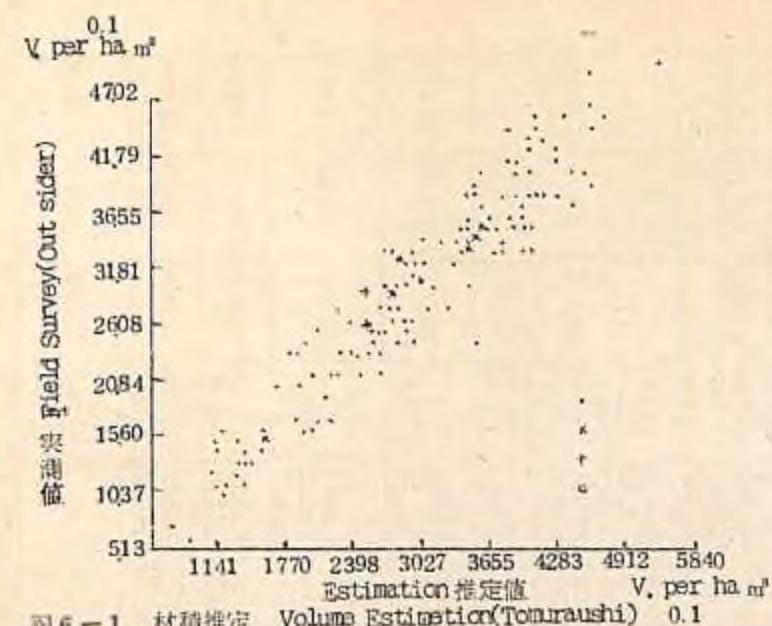


図 6-1 村積推定 Volume Estimation (Tomuraushi) 0.1

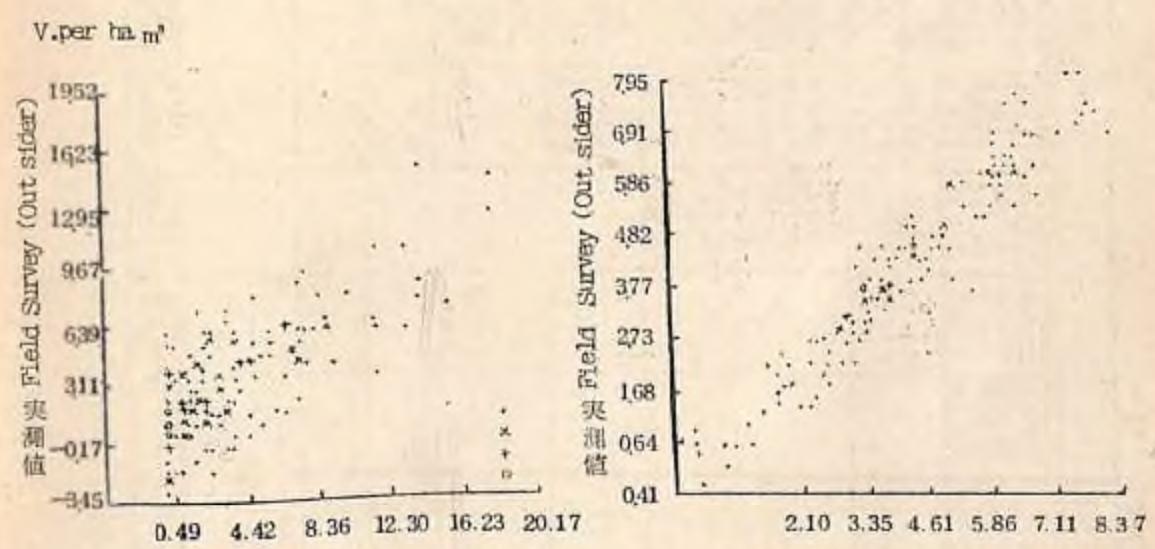


図 6-2 枯損量推定 Inferior Estimation (Tomuraushi)

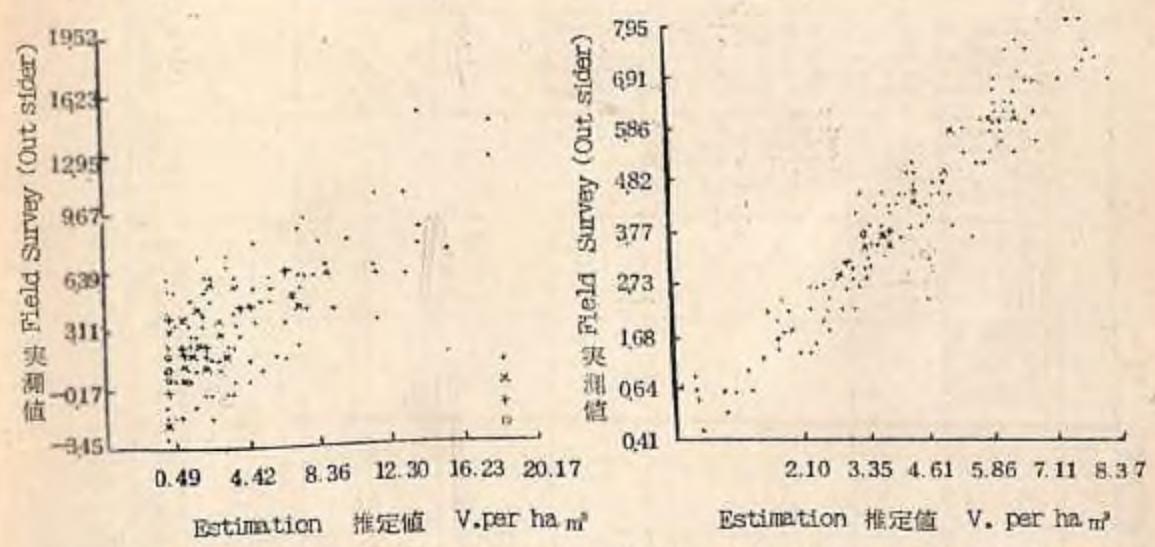


図 6. 本別 林分推定値と実測値比較

表6-2 トムラウシ枯損数値

卷六-3 トムテラヲ (生後)

表 6-3 トムラワシ (生長)										個相間		平均値		個相間		
要因	項目	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	V ₁₂₃₄	V ₁₂₃₅	V ₁₂₃₆	V ₁₂₃₇	
要因	要因	53415	67483	46642	38960	39312	34278	33156	27678	35135	44900	0.895	0.898	0.898	0.899	
要因	要因	34385	49870	31309	23011	23037	18923	17977	11692	17712	26139	0.749	0.749	0.749	0.749	
要因	要因	23875	42617	27385	22810	23143	20805	16025	13062	19220	28727	38663	0.749	0.749	0.749	0.749
要因	要因	32200	48992	31891	25370	25789	22759	21317	15982	22325	32349					
要因	要因	10280	26133	86555	2052	2322	-1168	-4199	-8998	-4161	6037					
要因	要因	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0					
要因	要因	1	2	-12629	-10072	-13754	-13939	-15951	-19321	-18168	-16823	-18247				
要因	要因	2	3	-14369	-13129	-17543	-17578	-20511	-24327	-23324	-22171	-23428	241175	0.503	-17954	
要因	要因	3	4	-18001	-14976	-17961	-17859	-19212	-23678	-22823	-21828	-23553				
要因	要因	4	5	-19364	-17560	-22338	-22420	-23287	-17640	-20961	-22661	-24745				
要因	要因	5	6	-18575	-14668	-17679	-17895	-20265	-18695	-17168	-17423	-17749				
要因	要因	6	7	0	0	0	0	0	0	0	0					
要因	要因	7	8	6949	14126	14059	17555	16282	15020	13172	12512	23922	0.489	0.489	0.489	0.489
要因	要因	8	9	22908	29687	29218	32620	31479	27420	25545	23922					12145
要因	要因	9	10	0	0	0	0	0	0	0	0					
要因	要因	10	11	12764	12570	13128	12630	10772	10519	9606	12495					
要因	要因	11	12	1164	1248	0494	-1711	-1617	-1870	-2889					1.757	
要因	要因	12	13	46664	4602	3738	1528	1755	1524	0310						
要因	要因	13	14	0	0	0	0	0	0	0	0					
要因	要因	14	15	0484	-0463	1129	6547	8458	8385	12268	0.297	0.297	0.297	0.297	6884	
要因	要因	15	16	1118	2192	3000	10084	12228	12268							
要因	要因	16	17	0	0	0	0	0	0	0	0					
要因	要因	17	18	-6310	-16251	-12759	-42339	-15779	-15704	-2577						
要因	要因	18	19	0440	040	12759	4848	0967	2827	0.763						
要因	要因	19	20	6364	6264	-4848	5750	0809	3510	5459	9477	0.287	0.287	0.287	3605	
要因	要因	20	21	2858	2858	-5750	29442	5002	6900							
要因	要因	21	22	6266	6266	-4872	6225	2643	4700	5980						
要因	要因	22	23	6230	6230	-6225	4091	-6516	1439	3459	5079					
要因	要因	23	24	4337	4337	-4998	1786	1786	3711	5866						
要因	要因	24	25	0	0	0	0	0	0	0						
要因	要因	25	26	11915	14796	8586	5171	3719	3719	8239	0.279	0.279	0.279	0.279	3268	
要因	要因	26	27	21375	21375	14069	9982	9982	8239							
要因	要因	27	28	0	0	0	0	0	0	0						
要因	要因	28	29	4083	5633	4083	3722	1664	19854	0.270	0.270	0.270	0.270	5121		
要因	要因	29	30	6722	6722	3507	1634	1634	19208	19854						
要因	要因	30	31	21851	21851	19208	19208	19208	19208							
要因	要因	31	32	0	0	0	0	0	0	0						
要因	要因	32	33	-6277	-7493	-7133	-7133	-7133	-7133						-4353	
要因	要因	33	34	0	0	0	0	0	0	0					-5970	
要因	要因	34	35	-6669	-6712	-6712	-6712	-6712	-6712							
要因	要因	35	36	0	0	0	0	0	0	0						

表 7-1. 本別(材積)數値表

要因項目	要因カテゴリ	反応個数	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	レンジ	偏相關係数	平均値	偏 差
大本 径 木数	0~50	1	131.357	70567	-55.857	-17.356	6.703	-6.305	-14.849	-27.957	-27.886	198.368	0.738	57.697	
	51~100	2	211.918	1233.378	-20.767	5.2719	42.021	28.764	19.446	7.942	7.974				
	101~150	3	311.943	218.956	55.206	123.842	112.971	101.988	93.443	81.607	80.219				
	151~	4	425.154	324.467	148.884	209.944	200.821	186.522	181.831	173.740	170.482				
樹 高	1	1	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	243.622	0.651	116.333	
	1.2(2.1)(13)	2	18.444	23.425	8.259	0.339	9.141	16.619	19.754	23.609					
	2	3	81.483	105.334	90.806	82.975	95.873	103.957	108.427	113.775					
	2.3	4	68.809	105.072	93.714	86.732	98.246	103.996	106.925	110.845					
	2.4(4.2)	5	228.763	252.919	227.679	226.863	238.278	243.884	242.048	243.622					
	3.2	6	72.628	109.589	89.721	82.662	96.093	103.342	108.173	112.572					
	3	7	95.349	134.177	106.049	96.853	109.806	116.861	119.837	122.971					
	3.4(4.3)(4)	8	164.123	228.575	184.006	176.996	185.497	192.558	200.409	203.273					
疎 密度	散	1	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	144.284	0.636	70.522	
	疎	2	64.760	57.039	62.164	55.763	58.176	53.182	55.963						
	中	3	82.841	76.977	85.638	80.558	81.230	77.937	81.842						
	密	4	148.364	139.970	150.464	143.053	143.054	140.375	144.284						
針 広 混 交 割 合	Nエ	1	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	65.573	0.311	-325.93	
	Nエト	2	-39.078	-34.688	-31.719	-28.260	-22.663	-24.775							
	Nト	3	-52.219	-44.249	-40.547	-39.065	-32.168	-33.799							
	NL	4	-40.779	-32.638	-28.842	-23.965	-16.172	-17.566							
	NL	5	-69.164	-63.389	-60.866	-58.324	-47.845	-50.511							
	LN	6	-60.627	-52.395	-50.783	-45.372	-34.669	-35.930							
	L	7	-78.104	-76.702	-71.633	-69.447	-62.704	-65.573							
方 位	無	1	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	45.926	0.304	73.10	
	N	2	25.498	28.308	31.355	32.509	30.116								
	NE	3	-15.275	-18.725	-14.330	-10.251	-15.810								
	E	4	11.530	7.328	14.120	15.950	9.329								
	SE	5	23.491	22.611	26.817	32.213	26.196								
	S	6	10.697	7.754	8.286	11.470	7.721								
	SW	7	-20.162	-13.813	-9.557	6.287	-11.873								
	W	8	1.033	4.523	7.593	15.305	10.624								
	NW	9	-3.527	-0.931	4.158	14.200	9.492								
標 高	0~599m	1	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	45.484	0.236	3.739	
	600~699	2	7.121	11.610	14.016	14.808									
	700~799	3	-7.036	-3.905	-5.403	-3.490									
	800~899	4	73.12	13.034	14.938	14.779									
	900~999	5	17.766	18.648	20.887	20.911									
	1000~	6	-21.296	-21.377	-23.133	-24.573									
位 置	峰	1	0.	0.	0.	0.	25.983	0.193	-14.433						
	上	2	-17.612	-19.811	-21.095										
	下	3	-16.891	-20.538	-25.983										
	谷	4	-2.822	-3.618	-10.654										
局 所 地 形	山頂	1	0.	0.	0.	0.	19.169	0.171	3.877						
	山腹	2	7.617	11.923											
	{ 平	3	-9.729	-7.246											
	凹	4	8.389	8.686											
	低平地	5	4.311	6.024											
傾 斜	平	1	0.	0.	0.	0.	11.151	0.104	0.796						
	緩	2	4.388												
	中	3	4.974												
	急	4	-6.177												
重相関係数			0.784	0.836	0.893	0.905	0.913	0.916	0.918	0.920	0.920				
要因群偏相関係数			0.468	0.572	0.326	0.283	0.182	0.151	0.153	0.	0.				

表 7-2 本別（桔梗骨）数值表

Table 1. Summary of the main characteristics of the four groups of patients.

卷之三

Digitized by srujanika@gmail.com



図 7 數値写真図例
(本別 62林班 40m方眼)

-40-

本別 (林班)

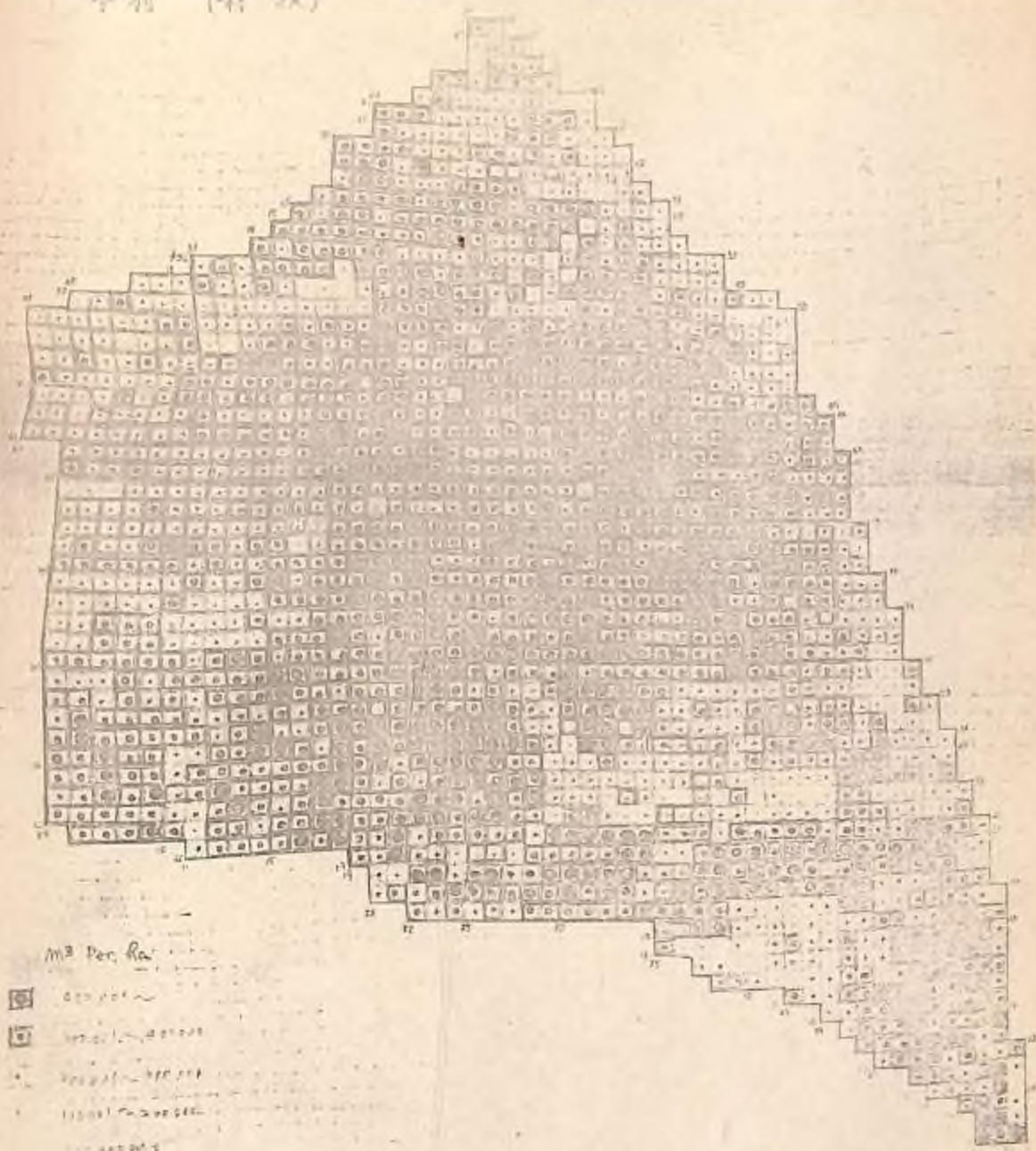


図 8-1 本別 6之林班 林情分布地図

-41-

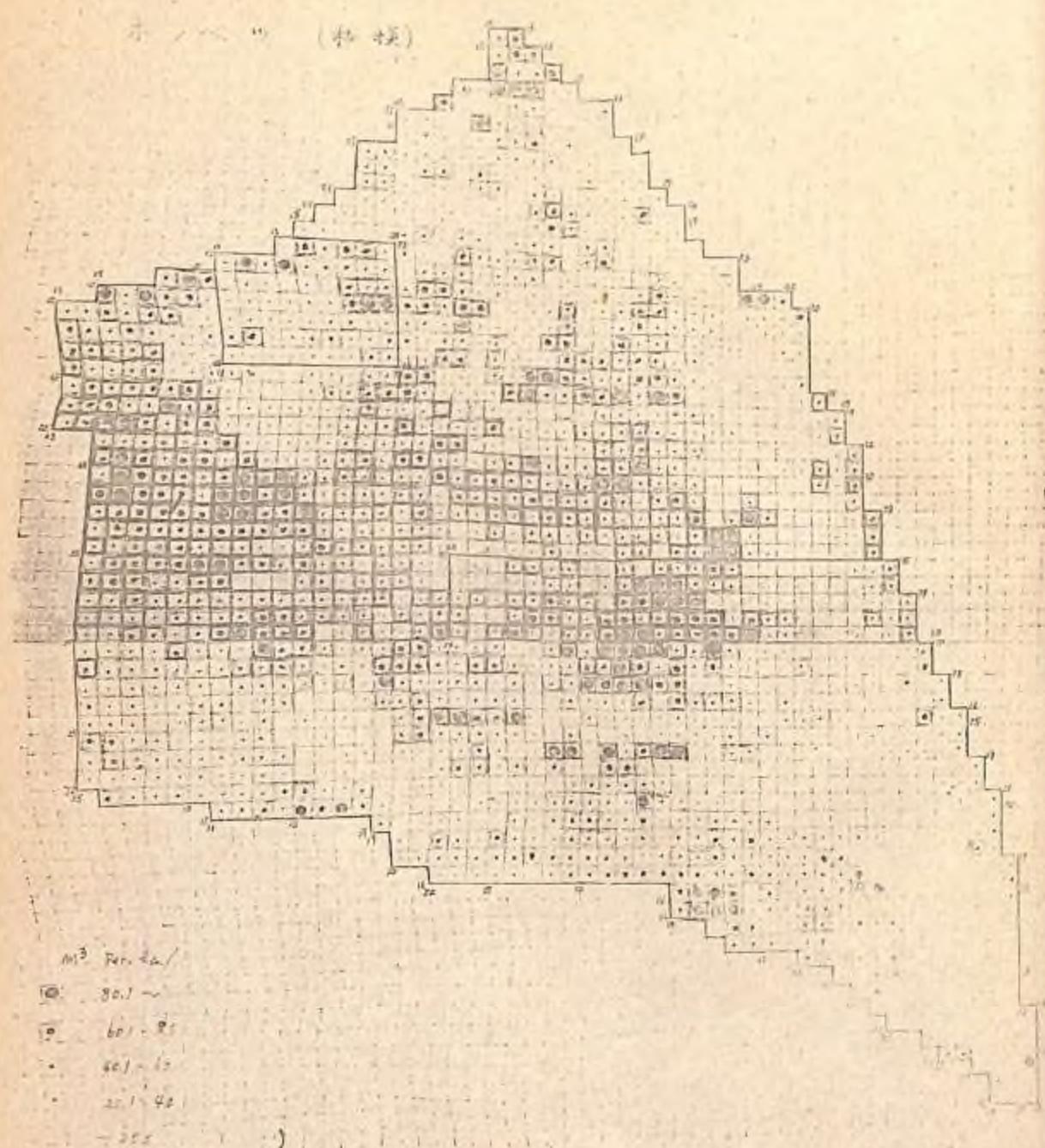
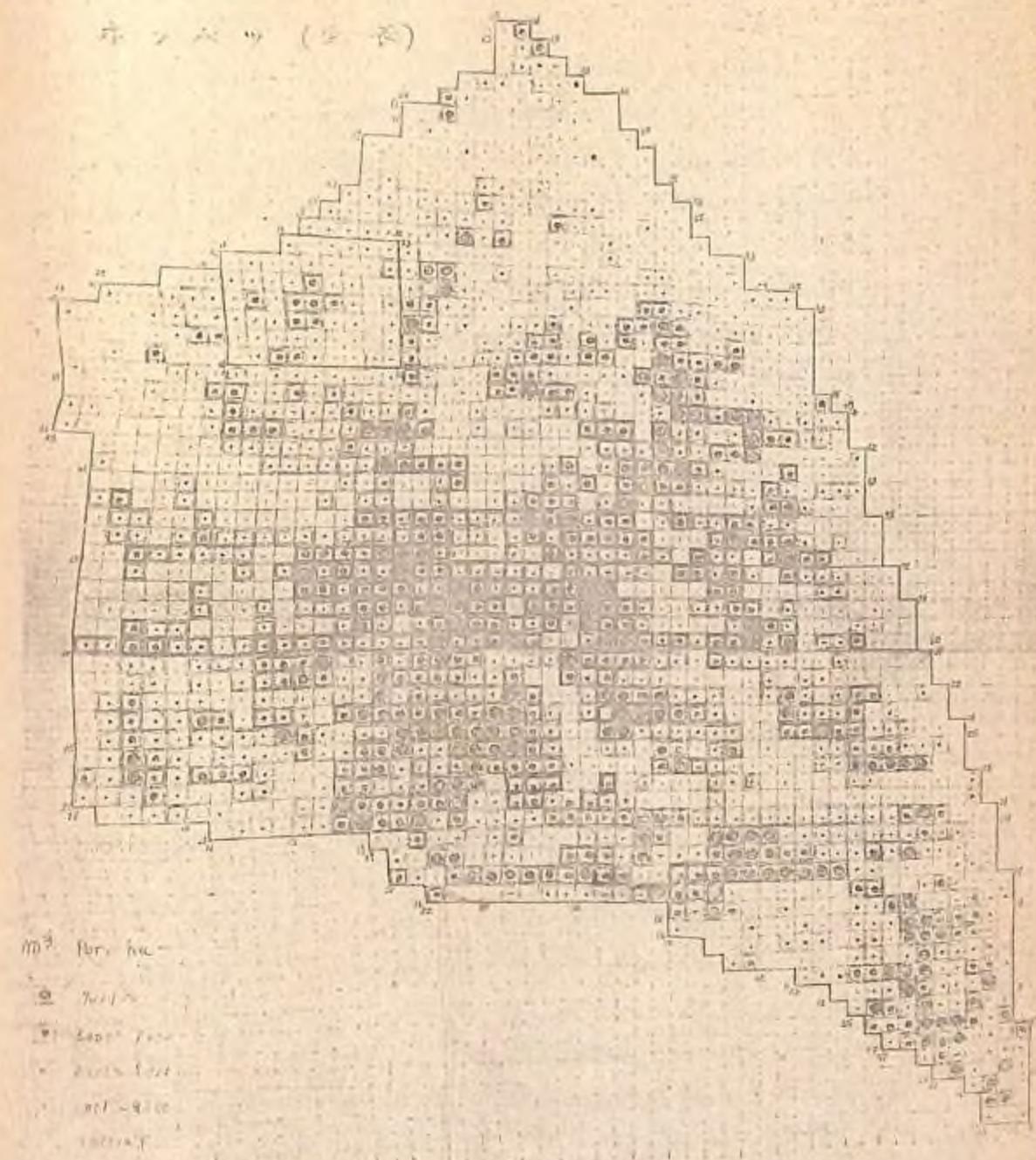


图 2-2 本制 62 班 班会 2016.12.2



12. 9. 8 - 3 本剖 6.2 管理 生長量 水分吸收

それぞれの推定目的に対して適切な要因と順序が求められた場合、各カテゴリー毎に最も適切な点数が与えられ、その集計によつて予測値が得られる。

トムラウシ森林、本別森林での材積、枯損、成長量についての実測値（外的基準）と推定値との比較図を「図5、図6」に示す。

この推定は材積、成長量については所要の精度が得られているが、枯損量の推定精度は十分でないのは「図5、6」に見られるように天然林においては少なくとも7%程度の枯損は観測要因に關係なく全面的に過去より累積、また自然発生している結果であり、推定の対象にならない存在があつたと思われる。

なお全要因を用いた推定の結果は前記、解析の段階において既に算出される。更に要因の選択と順位を改めた場合は新しい点数表が作成されなければならない。

選ばれた要因とその順位で最もよい予測値を得るために各カテゴリーに与えられた点数（スコア）を要因の加算順に表示したものが予測点数表である「表6」「表7」。

この表は写真により区分された林型区画、またはタオドラート区画内の森林の各観察要因、カテゴリーに該当する点数を集計すれば目的とする予測値がえられるものである。

この際、用いた要因が多い程精度のよくなることは、下行の重相関が増加することによつて知られるので必要な精度と観測の能率によつて、いくつの要因までをとるかを定めうる。

要因群間相関係数は上行の要因を加えることによつて高めうる効果であり、また予測の精度は推定値の残差分散の値によつて知られる。

このような点数表は写真撮影のみから個々の林分ごとの現況の推定を可能とする。また要因のパターンが変化した場合の林分の状況の変化が数値的に予測することが可能となる。

3-5 数値写真図（写真コードラート）

現地と写真像、またその測定値の完全な結合を計るために、平面図上に方眼網を形成する数値図の方眼点を写真像上に設定したものを「数値写真図」と名付けた。すなわちこの写真対は立体視すれば立体模像の上に方眼網をかぶせた状態があらわれ、またその方眼点はX、Y、Zの値が求められているものであり、同時に各コードラートは最大傾斜角、傾斜方位、平均標高が算出されている。（図7）

この作成は、1. 当概地域の数値地図の作成 2. その方眼座標（X、Y、Z）をそれぞれの写真座標（x、y）に変換、透明フィルム上に展開 3. ひずみ修正を行なつた

写真上にこの透明フィルム展開図を重ね焼、の過程によつて完成する。

本試験において作成したコードラートはトムラウシ計627個 本別1826個で各40×40mメッシュ、前者は5本のベルト状に、後者は62林班全域について作成した。

3-6 数値表の適用と現地検討

数値写真図により作成された各コードラートの写真像の観測、および地況要因の数値により、夫々の区画毎に数値表を適用、材積、枯損、成長量の推定を行なつた。この作業は電子計算機によつて行なわれ、結果は一覧表としてタイプアウトされる。例「表」。またこれは階層区分された分布として表わすことが出来る「図8」。

この推定の結果を現地検討し地上測定値との比較を行なつた結果を「図9」に示す。この検討はトムラウシ18個、本別12個のコードラートについて実施した。

この結果は推定は従来の標本調査値の局地適用結果に比べ著しく満足すべき値を示している。

特に材積値は実測と推定の間に高い相関を示した。これを本別、トムラウシを混みとして見た計算では次の如くである。

N = 31			
ΣX^2	3826936.802556	α^2	711.080581
ΣX	10658.525	S_{yx}	4.7869372
ΣY^2	3693843.043445	S_a	0.66194
Y	10534.727	誤差率	1.3.93%
ΣXY	3745074.057942		
b	0.757848		
a	79.264012		
r	0.904896		

これは元来地上測定法が材積測定には適確さをもち、枯損、成長量測定等はそれに比べるかに変動の多い測定法であることをも示しているものである。

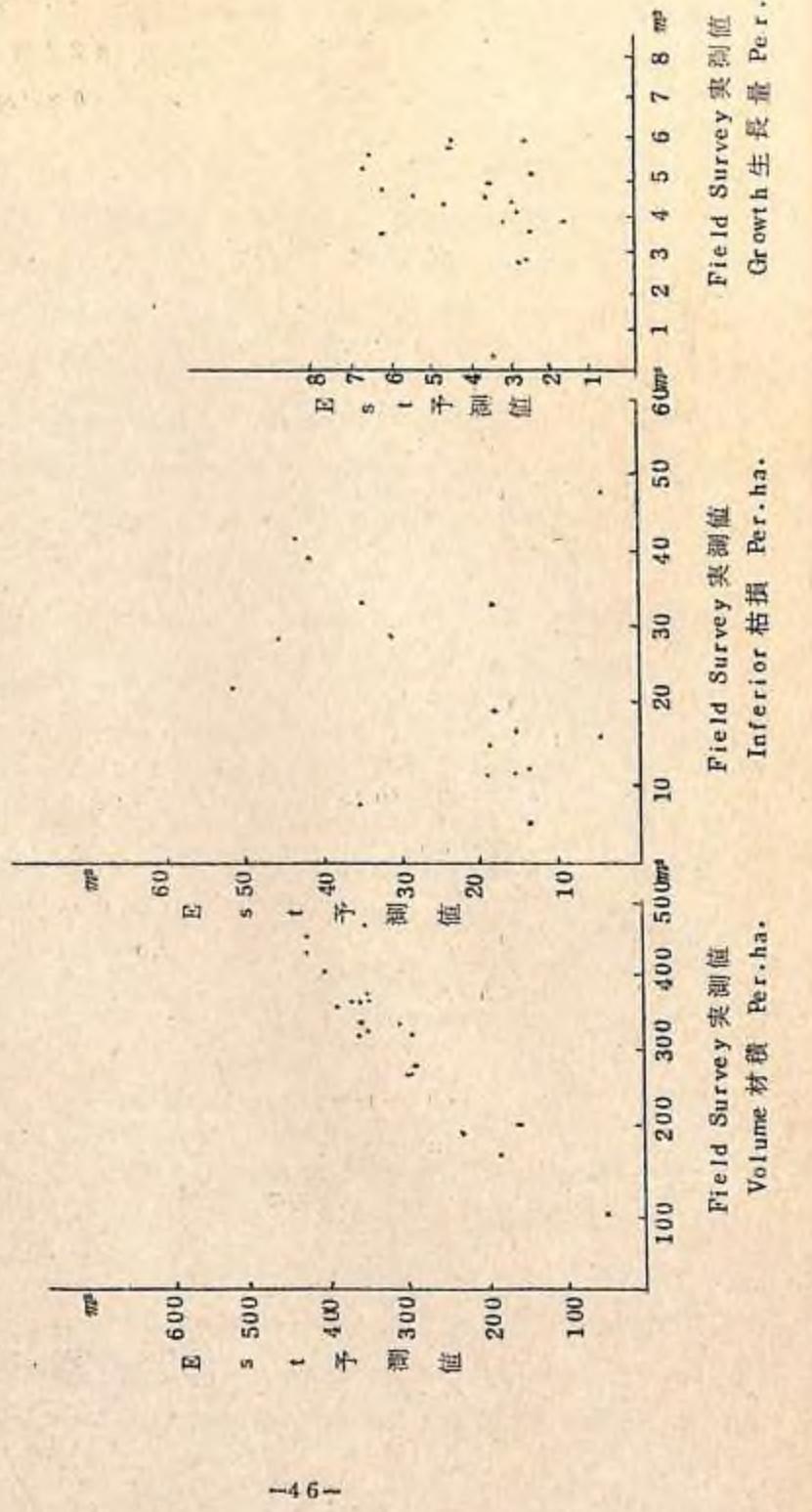
3-7 空中写真利用による森林調査の体系

森林調査には総括的な計画立案を目的とする情報収集と同時に、個々の林地での施業に必要な資料収集の目的を満さねばならぬものもある。森林調査にとつてこの両者では調査必要事項も、また要求される情報の詳細性も大きく異なるのが通常である。

Fig. 9-1. 標準地 現地調査、予測値 ドラグラフ

Field survey and Estimation of Sample plot.

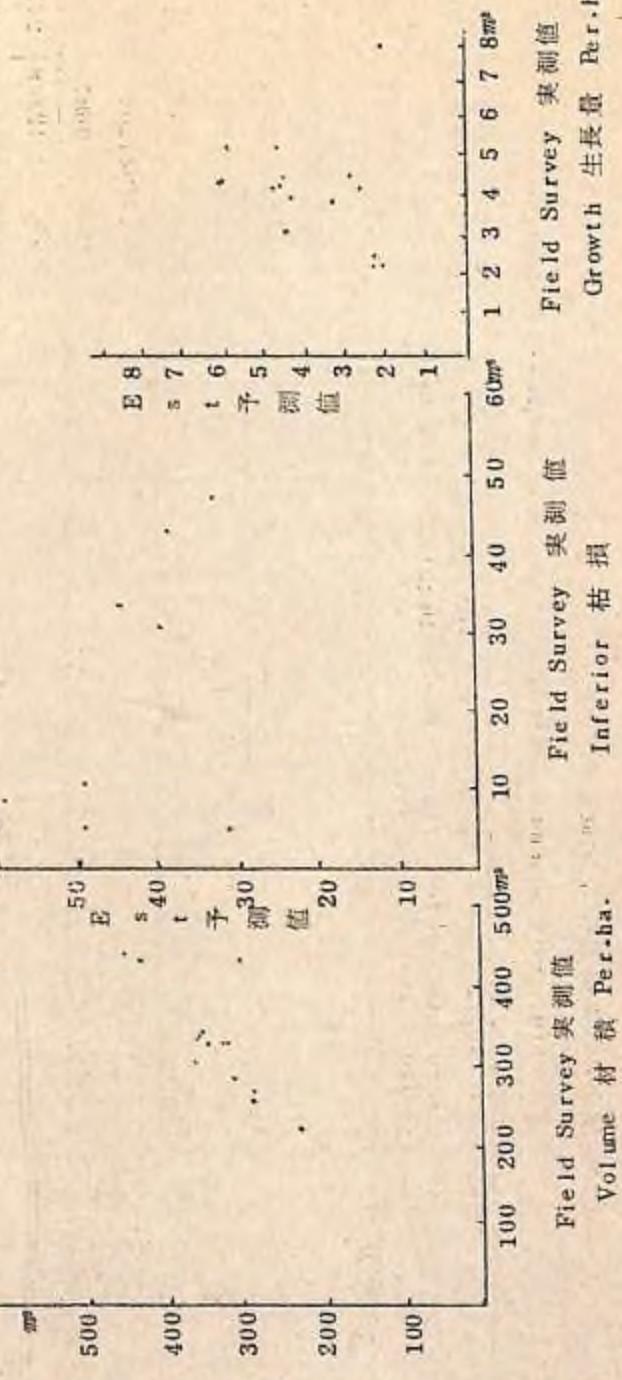
(Tomuraushi)



Field Survey 実測値
Inferior 枯損 Per.ha.

Fig. 9-2. Field survey and Estimation of Sample plot

(Honbetsu)



147-

Field Survey 実測値
Inferior 枯損 Per.ha.

表8 標準地 現地調査，予測値比較表

Field survey and Estimation of sample plots (40×40m)

Plot No.	Item	本數 No. of Tree	地形 Land Type	種類密度 Comp. or Densi- ty	標高 Altitude	位位置 Position	樹高 Height C.	混交率 Mix- ture	方位 Azim- uth	傾斜 Tilt	立木材積 Volume	枯損量 Infe- rior	生長量 Growth	Per ha.
1 (30-21)	標準 Field Est.	2	3	4	2	5	2	3	4	4	3	280744	64438	3,889
2 (30-22)	Field Est.	2	3	2	3	4	2	3	3	7	2	461681	16375	5,700
3 (30-23)	Field Est.	2	2	4	1	5	1	3	1	6	3	433381	18692	4716
4 (30-24)	Field Est.	1	2	2	2	4	2	2	2	6	2	203044	12188	2,710
5 (30-25)	Field Est.	2	4	2	2	4	1	2	1	5	2	283525	31938	4,397
6 (30-26)	Field Est.	1	3	4	2	4	2	1	2	5	2	299440	19140	2,996
7 (30-27)	Field Est.	2	2	2	2	4	2	2	4	6	2	181047	31652	2,683
8 (30-28)	Field Est.	2	3	2	3	4	2	3	3	7	2	348246	14134	2,803

9 (30-29)	Field Est.	3	2	2	3	4	1	1	2	6	2	328113	12056	4,374
10 (31-27)	Field Est.	2	2	2	2	5	1	3	1	6	2	363743	18875	4,802
11 (31-28)	Field Est.	2	2	2	2	5	1	3	2	7	2	390650	29344	4,629
12 (31-29)	Field Est.	2	1	5	3	5	1	1	2	1	1	348609	46136	3,750
13 (34-29)	Field Est.	2	1	1	3	4	1	1	2	6	2	291094	40000	3,641
14 (34-29)	Field Est.	3	2	2	2	5	1	3	2	7	2	378025	21988	5,508
15 (35-29)	Field Est.	3	3	4	2	5	2	2	4	4	2	360396	522210	6,855
16 (35-30)	Field Est.	2	1	2	2	5	1	3	1	6	2	319741	18375	3,534
17 (33-29)	Field Est.	3	3	4	2	5	1	2	3	2	4	307563	15306	6,360
18 (32-29)	Field Est.	2	1	5	3	4	1	1	2	6	2	361656	42063	4,804
19 (32-29)	Field Est.	2	1	5	3	5	1	3	2	7	2	375437	42265	2,594

表 8

(本 別 Honbetsu)

Plot No.	Item	本数 No. of Tree	地形 Land Type	樹高 Tree Height	疎密度 Density	標高 Altitude	位置 Position	混生型 Mix- ture	方位 Azimuth	傾斜 Tilt	Volume	Inferior	Growth Per ha. m ³
1 (42-35)	Field Est.	2	4	8	3	4	4	2	5	3	296519	43375	4428
2 (41-36)	Field Est.	2	2	8	3	4	4	3	5	3	319504	38224	4753
3 (37-37)	Field Est.	3	4	8	4	4	4	2	3	3	265450	31731	4702
4 (37-36)	Field Est.	2	4	8	3	4	4	3	5	3	288896	39361	2850
5 (36-36)	Field Est.	2	3	8	2	4	3	3	5	3	436835	47875	4587
6 (36-37)	Field Est.	2	3	8	4	4	3	3	5	2	394916	32984	6177
7 (35-37)	Field Est.	2	2	8	4	4	4	3	5	2	277469	62875	2623
8 (35-36)	Field Est.	2	3	8	4	4	4	2	3	2	287973	52419	2392
											223119	92125	2428
											229419	48355	2102
											331038	5875	3385
											317740	30443	4449
											339506	53313	3990
											355572	81057	3306
											347000	71563	4405
											346724	55752	4554

たとえ同一対象地域について調べるものであつても、異なる目的への調査を同時に、また両者を平等に満しうる方法は、それぞれの効率より見て、また実際の作業上からも極めて困難であるといえよう。

それは、この両者が対象とする空間を異にする括りにあるからである。

従来より総括的調査のためには主として標本調査法が適用されているが、この調査結果を同時に局地的に適用できるまでにしようとする時には多くの不合理が生じてくる。

それは標本調査法そのものが限られた労力、経費の範囲内で対象とする母集団について効率よく物を調べ、その答の信頼できる程度を明らかにしておく調査法であるからで、母集団、すなわち調査対象の括りの大小にかゝわらず、精度は基本的には標本の数、すなわち経費、労力に帰因するものであり、写真による層化や二重抽出、あるいはブロック抽出法等のいろいろの適用手段があるとしてもそれはそのなかで実施上の能率化を計つているにすぎない。

調査結果の上に局地的な詳細性を更に高めようすれば、必然的に工程と経費の面からこの調査法適用の原則を破ることになることが多い。

従つて、母集団、すなわち空間を異にする調査にはそれぞれの設計が必要となる。

ただ、ここで気付かねばならぬことは、この結論をもたらした従来の調査法が、肉眼によつて森林を観察し測定する空間視野を基準として設計され検討されたものであることである。

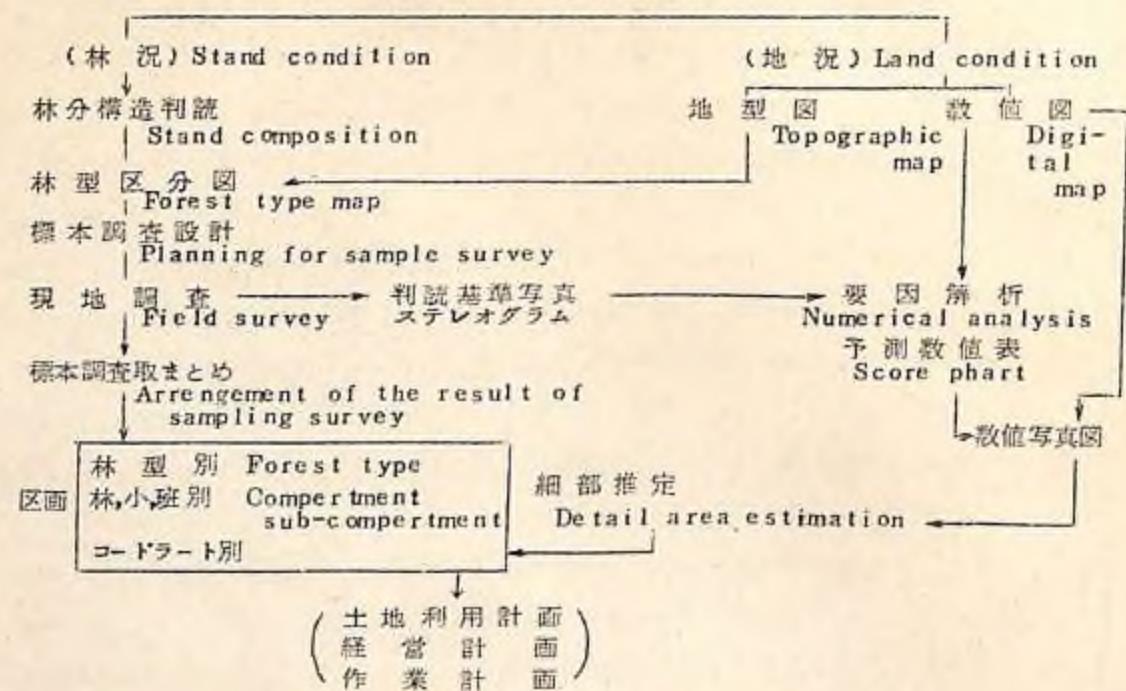
現在要望されている森林調査への空中写真的利用は、まず、写真の持つ自在な空間、それを仲介とすることによつて被写体の客観的な数値の求められることを十分に活用することを基本として設計し従来の調査法における障害を除くことを計つた体系で組立てる必要がある。

写真が森林調査の上で發揮しうる効果を要約すれば、まず森林の整理分類であり、次には写真像の効果的活用による森林の数量的取扱いである。

これらによる森林の資源調査、経営案構成等を目的とする最も一般的な調査の体系は現状にあつては次の如くであろう。

- 1) 写真観測による林分構造を主体とした林型区分
- 2) 林型の基準写真(ステレオグラム)資料の整備、および標本調査資料のための現地調査
- 3) 標本調査による総括取まとめ

表10. 森林調査体系模式図 Forest survey system
空中写真撮影



4) 林況要因と地況要因の写真撮影による林分構造の解析

5) 要因解析結果に基づく材積、成長量、枯損、更新等調査目的項目の予測数値表の作成

6) ステレオグラム数値表による森林生産力の現況と推移の細部推定

この区画単位には林小班等の管理区画、林型区画の他に、コードラートの適用が考えられる。これを模式図に示すと「図10」の如くである。

V 試験の効果

空中写真利用技術の開発によつて、我々は地物の観測の目盛、対象とする空間を目的に応じて荒くも細かくもえらぶことができ、また映像として捕える光線を肉眼で見える時間だけでなく、最適なものを用いて記録することができ、なお写真像を仲介とすることによつて撮されたものすべてを客観的な数値にかえて情報解析が可能となる手法を明らかにした。

これらは森林調査のみならず、他のあらゆる分野における観測方法を著しく近代化し、効率を高めるものであると共に、今後における遠隔検査の基礎研究をなすものである。

なお森林調査の細目についてはなお更新条件の予測、あるいは時間函数の導入、映像機械判定の実用化等への多くの問題を残している。

航空写真および土じょう調査を応用した森林の測定ならびに地位指數調査法

I 試験担当者

経営部経営第二科長	西沢正久
"測定研究室員	川端幸蔵
"	篠袋次郎
"	神戸喜久
"	西川匡英
"	椎林俊明
"航測研究室長	中島巖
同室員	長谷川訓子
"	樋渡幸男
"	大貫仁人
土じょう部土じょう第三研究室長	真下育久

II 試験目的

経営計画編成に必要な森林の情報を精度よくしかも省力的な方法で提供することは現在要望されている重要な課題の一つであらう。われわれは己に環境因子および土じょう因子から地位指數を推定する方法⁽¹⁾を明らかにしたが、これは伐採跡地で最適な造林樹種を選定する場合に有力な手段となるであらう。しかも現在この方法は各営林局で採用されプロック別に地位指數を推定するスコア表が作成されている。この場合のもととなる地位指數曲線の作成法について検討を加えると共に、航空写真および最小限の地上調査の資料を利用して現実林の林分構造を推定し、将来の収穫量を予測する経営計画編成に必要な人工林の情報を提供するシステムを確立することが本研究の目的である。

III 試験の経過とえられた成果

この研究は昭和41年度に調査が開始され、昭和45年度に完了したもので、カラマツ人工林およびスギ人工林を対象にしている。前者は前橋営林局草津管内草津事業区の2426.16haのカラマツ人工林に対して昭和39年度より航空写真を併用した森林調査法の研究で収集していた資料の補足調査を昭和41年度に実行し、後者については東京営林局水建管内飯尾事業区の439.36haのスギ人工林に対して昭和42年度より昭和45年度にわたり資料を収集したものである。

1. 資料の収集

1-1 カラマツ

2426.16 ha のカラマツ人工林の令級別面積は次の通りである。

令級	I (10~19年)	II (20~29年)	III (30~39年)	IV (40年以上)	計
面積 (ha)	198.95	209.50	155.04	1862.67	2426.16

各令級ごとに小班のカードを作りその累積面積をもとにして確率比例抽出によつて調査される小班を抽出し更にその小班に割当てられたプロット数を基本図上に画いた100m×100mの格子点から抽出し調査点とした。3年にわたり調査された令級別プロット数は次の通りであつた。

令級	I	II	III	IV	計
調査プロット数	13	11	10	95	129

基本図上に選定された調査点を航空写真上に移写し、調査点に近い写真上ではつきりした地点から測量して現地で調査点を確認した。調査点の中心から半径5.64m (0.01ha)、半径11.28m (0.04ha)、半径15.96m (0.08ha)の同心円のプロットをとり、プロット内の立木の胸高直径を山側一方差しの2mm括約で輪尺で測定し、樹高は0.01ha円内の立木に対してブルーメライス測高器を用いて0.1m単位で測定し、その他の円内の樹高は比較目測によつた。また0.01ha円内の立木の胸高位置で生長錐を用いて皮内直徑、5年前直徑、10年前直徑を調査した。円形プロット法とプロットレス法を比較するため中心点および中心点から東西南北に10m離れた点を中心としてレラマコープを用いて断面積定数4でカウントされる立木の番号を記帳し、この木がプロット外にあれば直徑、樹高を測定して記録した。また0.01ha円形プロット内で環境調査および土じょう調査も実行した。41年度はプロット数を増すため簡易調査とし、中心点より15本を近いもの順にとりそれらの木の胸高直径を中心点の方向に2mm括約で輪尺で測定し、樹高はブルーメライス測高器で4~5本m単位で測定し他は比較目測した。また中心点と樹木との距離を5cm括約で測定するとともに上層木と下層木の分類も行なつた。また中心点でレラスコープを用いて断面積定数4でカウントされる立木を記帳した。上記

15本以外でカウントされる立木は直径、樹高を測定した。この年度には地位指数曲線を作成するための資料として19割の樹幹解析を行なつた。

1-2 スギ

対象地域を森林立地学の面から生長状態の違うといわれている3つの地区 (B₁ : 濃口地区, B₂ : 新開地区, B₃ : 旧開地区) に分けた。つぎにこの地域でスギの生長環境の区分としては標高800mを界にして異なるとみられているため、800m以下 (H₀) と800m以上 (H₁) とにわけた。更にこの6つの区分の中で更に令級を3つ (A₁ : 8~29年, A₂ : 30~49年, A₃ : 50年以上) にわけ、各令級の中から暫定地位S₁, S₂, S₃の3つに分けてそれらの中から標木をとることにした。この暫定地位は大井天龍地方スギ林分収穫表の地位区分によつた。標本抽出の方法はB₁, B₂, B₃ごとに個々に行なつた。まづ各地区で1ha (100m×100m) の枠を対象林分に設け、基本図上に格子点を定め、そのうちから標高、令級のそれぞれ該当する候補格子点を写真上へ移写し、写真判読によつて平均上層高を求め、収穫表により暫定地位を決めた。令級、暫定地位、標高別に写真上に現地調査の候補点をそれぞれ数点づつ選んだ。このようにして選定されて42~45年の間に調査されたプロット数は第1表の通りであつた。参考のため各プロットの面積もせてある。

現地調査を行なつて写真上で決められた候補点が上の各因子の条件を満たしておれば、それが調査点となり、満たしていないときには別の調査点に移された。調査点が決まればその点を中心にして11.28m (A₂ およびA₃ 令級の場合) または5.65m (A₁ 令級の場合) の円形プロット内の毎木調査、土じょう断面調査、写真判読に必要な環境調査および地位指数曲線作成に必要な樹幹解析調査を行なつた。

現地調査法は次の通りであつた。

円形プロット内の4cm以上のスギに対して、胸高直径 (2mm単位)、樹高 (0.1m単位)、中心点から樹木までの距離 (0.1m単位) を測定した。中心点ではレラスコープによる検査 (A₁ 令級では断面積定数1, A₂ と A₃ 令級では断面積定数4を用いる) を行ない、この検査は円形プロット調査と独立であり、検査された立木は胸高直径と樹高が測定された。円形プロット内の大、中、小3本の標本木について生長錐測定 (皮内、5年前、10年前直徑の測定) を行なつた。また写真判読のための調査は標本点の傾斜、方位、地形区分などを行ない、標本点の中心を写真に正確に射針した。標本点での土じょう調査は土層区分および厚さ、土性および石砾、土色、腐植、構造、堅密度、土じょう水分などを

第1表 水窪スギの調査点数

林齡	標高	地位	プロット			計		
			B ₁	B ₂	B ₃			
A ₁	H ₀	S 1	5	19	8 (2)	32 (2)		
		S 2	3	4	4 (2)	11 (2)		
		S 3			3	3		
	細計		8	23	15	46 (4)		
	H ₁	S 1	4	3	2	9		
		S 2		5	1	6		
		S 3			1	1		
	細計		4	8	4	16		
	小計		12	31	19	62 (4)		
A ₂	H ₀	S 1	3	4	9 (4)	16 (4)		
		S 2	3	4	3 (1)	10 (1)		
		S 3		7	2	9		
	細計		6	15	14	35 (5)		
	H ₁	S 1	4	10	6	20		
		S 2	3	3	7	13		
		S 3	3	1	2 (1)	6 (1)		
	細計		10	14	15	39 (6)		
	小計		16	29	29	74 (6)		
計			28	60	48 (10)	136 (10)		
樹幹解析本数			20	28	25	73		
面積 (ha)			124.19	194.38	120.79	439.36		

注) (1) () はサブプロット

(2) 林齡 30 ~ 49 年の A₂ は現実には B₃ に 0.51 ha あるが小面積のためプロットはとられなかつた。

記録した。なお 4 年間で収集された樹幹解析木の資料は全部で 73 本であつた。

2. 資料の整理

カラマツ、スギの調査資料は分析を行なうために次のようにとりまとめつつある。

- プロット内の立木の胸高直径と樹高から材積表で材積を求め、その合計材積をプロット面積で割つて ha 当り材積を計算する。
- プロットごとに平均直径、平均樹高、ha 当り断面積、ha 当り本数を計算し、プロットの林令と 0.01 ha 円内の最高樹高の関係から別に作成された地位指數曲線を用いてプロットの地位指數を計算する。

c. プロットレスサンプリングによつてカウントされた立木の情報を用いて平均直径、平均樹高、ha 当り断面積、ha 当り本数、ha 当り材積を計算し、カラマツについては 5 つの標本点の可能な組合せに対してそれぞれの平均も計算した。

d. 生長録を用いて調査された皮内直径、5 年前皮内直径、10 年前皮内直径の資料については 10 ~ 19, 20 ~ 29, ... のような 10 年を単位とする令級ごとに皮付直径の合計と皮内直径の合計の比である樹皮係数を求め、これを 5 年前、10 年前の皮内直径に乗じて 5 年前、10 年前の皮付直径に変換して、現在直径から 5 年前または 10 年前の皮付直径を計算する資料とした。これに現在の樹高曲線式を適用すると 5 年前、10 年前の直径に応する樹高がわかり、材積表からそれぞれの材積が計算されて、現在材積と過去材積からプロットの材積生長量計算が可能となる。

e. 樹幹解析木については直径原表をもとにして NEAC1240 のプログラムを用いて各年令ごとの直径、樹高、断面積、材積およびそれらの生長量を計算する。この資料のうち特に樹高は地位指數曲線の作成に使用する。

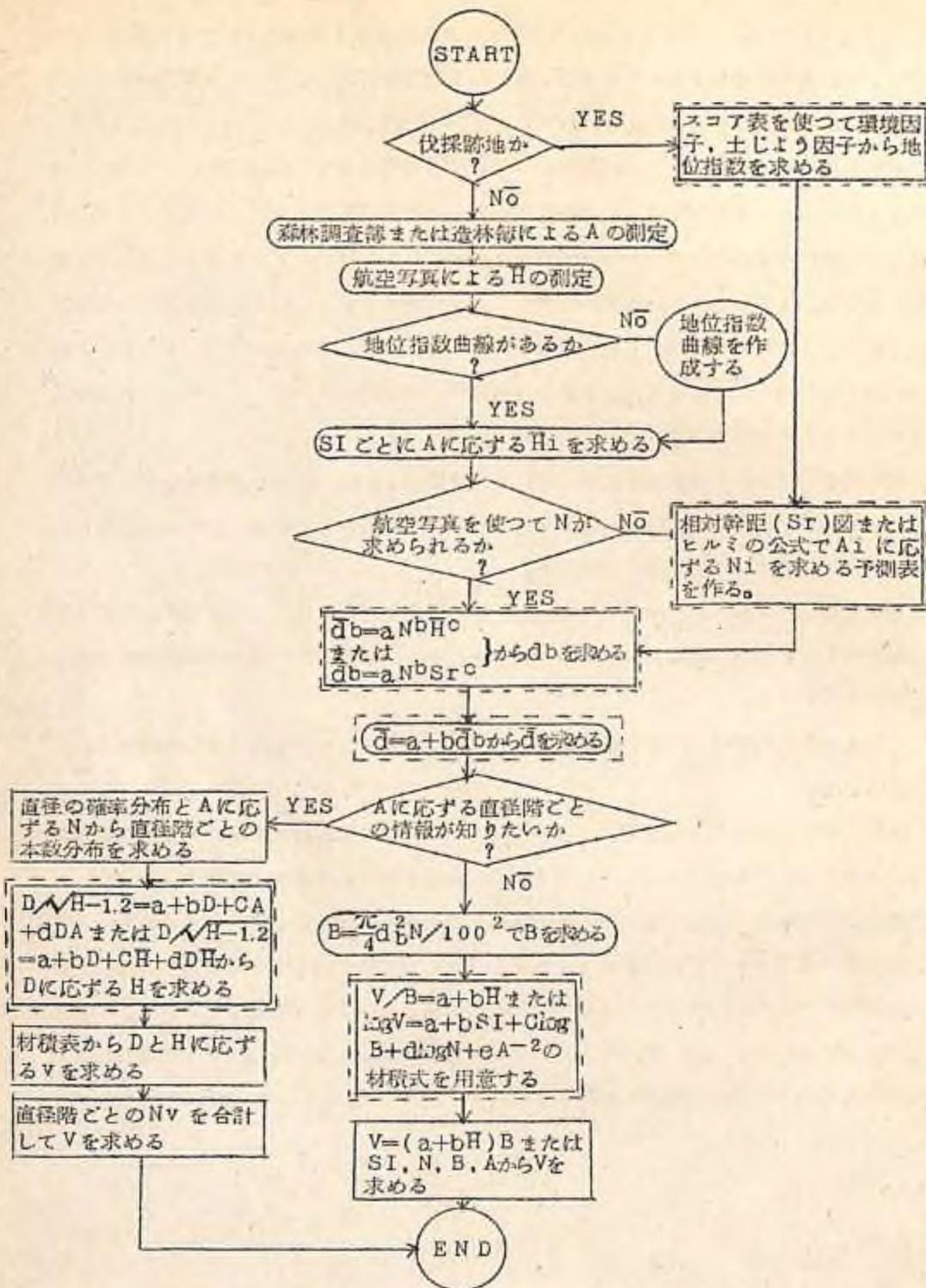
f. 航空写真上に刺針したプロットの中心点を中心として写真上に 0.025 ha と 0.05 ha の同心円を書き円内の樹高および本数の測定を行なう。またその付近の環境因子の判読の可能性も検討する。

g. 土じょう調査に関連した資料は多変量解析に使用することができるよう整理する。

3. 資料の分析

われわれの目的すなわち精度がよくしかも省力的な方法で森林經營計画に必要な情報を集めるシステムを立てるためには第 1 図のような流れ図を考えることができよう。

流れ図の中で破線で囲つてあるものは、現地で資料を収集するか、またはその地方の収穫表の標準地一覧表などの既往の資料をもとにしてあらかじめ準備しておくものである。これを流れ図の中のメインシステムに対してサブシステムと呼び、まづこのサブシステムに必要な情報の解析を行ない、ついでメインシステムを検討する。ここでは今までに資料の整理が終つたもののみについて検討した結果を概略的に説明したい。



注) H : 上層木平均樹高, A : 林令, N : ha 当り本数, Sr : 相対幹距 = $\frac{S}{H} \times 100$
 S : 平均幹距 = $100/\sqrt{H}$, \bar{d}_b : 平均断面積直徑, \bar{d} : 平均直徑,
 B : ha 当り断面積, SI : 地位指数, V : ha 当り材積, D : 幅高直徑,
 H : 樹高

第1図 流れ図

3-1 サブシステムの検討

3-1-1 地位指数

現在環境因子、土じょう因子は整理中であるが、前述のように已に各管林局でプロツク別に数量化理論を用いて地位指数を推定するスコア表が作成されているので、それを利用すれば造林地の樹種の選定が可能とならう。しかし、地位指数の比較だけで樹種選定を行なうのではなく、流れ図のメインシステムによつて樹種ごとに林分構造の推移を予測してお互の比較の結果によつて最適樹種をきめるべきであらう。この方法についてもメインシステムの検討の中で述べる。

ここではスコア表のもととなる地位指数曲線について検討したのでそれについて述べよう。スギについては3つのプロツクについて生長曲線の違いを検討するために資料を整理中であるので、カラマツについて分析した結果を紹介する。カラマツについて、19本の樹幹解析を行なつたが、この樹高生長をもとにしてガイドカーブを作り、それをもとにして地位指数曲線を作成した。また128個のプロツトの林令と0.01ha内の最高樹高の関係を用いがガイドカーブを作り、それをもとにして地位指数曲線を作成し、樹幹解析による地位指数曲線とプロツトによる地位指数曲線を用いてそれぞれプロツトの地位指数を求めて比較した。ガイドカーブとしていろいろな式をあてはめたが、一番あてはめのよいものをガイドカーブとして採用した。その式は樹幹解析、プロツトについてそれぞれ次の通りであつた。

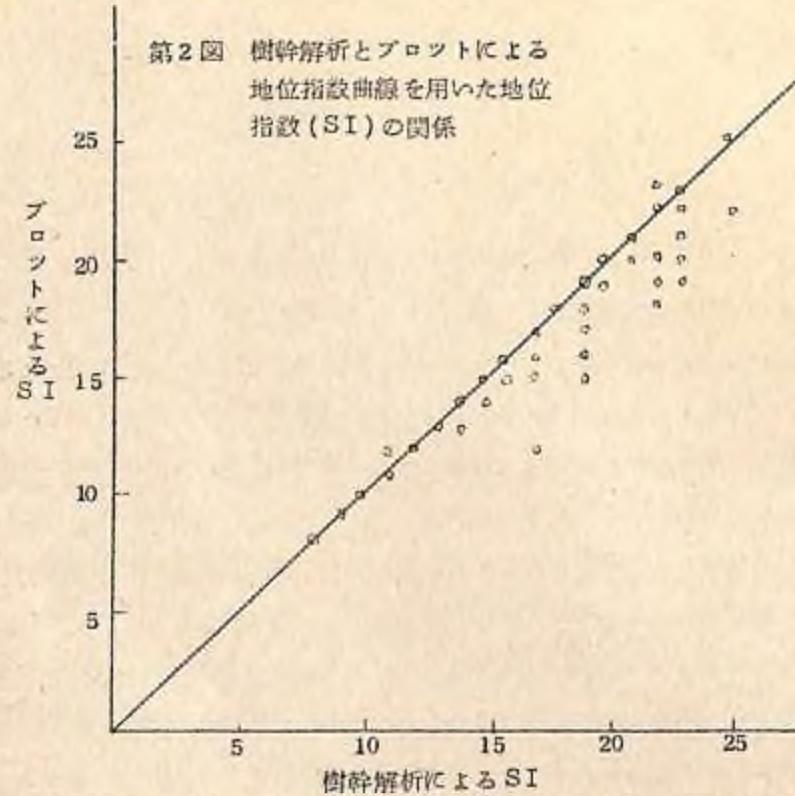
$$\text{樹幹解析: } H = 2.30265 - 21.6528 (0.863216) A$$

$$\text{プロツト: } \log H = 0.1954493 + 0.642520 \log A$$

ここに A は林令、 H はそれに応する樹高である。樹幹解析は19本、プロツトは全体の129個からサブプロツトのない1個を除いた128個をもとにして計算されたもの

である。

これらをもとにして作られた地位指數曲線を用いてプロットの地位指數を求め、横軸に樹幹解析による地位指數、縦軸にプロットによる地位指數をとつて両者の関係を表わしたグラフが第2図である。これによれば全体的にみて45箇にのつたものが多く、ほぼ同じ地位指數が求められるが、どちらかと云えればプロットによるものは高い地位指數



において樹幹解析によるものよりも低い地位指數を与えていることがわかる。しかし全般的に右上がりの傾向を示しているので絶対値はくい違うものも若干あるが、数個の例外を除いて相対的にはあまり違わないといえるであろう。したがつてこの分析結果によればわづか19本の樹幹解析木による単木の樹高生長をもとにした地位指數曲線をプロットによる林分の樹高生長量をもとにした地位指數曲線のかわりに用いても良いであろう。しかも前者による方法は樹高生長型の比較などにおいて変動の多い後者の方法よりも法則性をよく表わすことからも有効であらう。このことについては水産のスギの資料についても同様を検討を行ない更に確実なものとしたい。

3-1-2 林齢ごとのha当たり本数の推定

航空写真上で判読した本数と地上のha当たり本数の相関が高いものであれば、写真判読によつて林齢に応するha当たり本数を知ることができる。現在航空写真上にプロット原点を中心として0.025ha, 0.05haの同心円上の本数を判読して、プロットのha当たり本数の対比してその可能性を検討中である。このようない直接的な本数推定法とは別に収穫予想表のような間接的な本数推定法も考えられるのでこれについて検討した結果を述べよう。1957年ソ連のヒルミ⁽²⁾が森林の生物物理学的な考え方から立木本数の減少はある林齢に達すると自己疏開過程は終了し、自然疏開の速度の割合は0に等しくなるが、立木本数は一定の値Nに達するということをもとにして次の式を導いた。

$$N = \bar{N} \left(\frac{N_0}{\bar{N}} \right)^{1-\alpha} (t - t_0) \quad (1)$$

ここにNは時間tにおける立木密度、N₀は初期t₀における立木密度、N̄は限界密度、αは自然疏開の微分係数で地位には無関係な樹種により一定な定数で自己疏開係数と呼ぶ。

寺崎誠作⁽³⁾はこれを用いて樹木本数別収穫予想表を作成しているが、この理論を用いて無間伐林（自己疏開林分）および間伐林（管理モデル林分）の本数予測の方法を検討してみよう。ヒルミはマツ、トウヒ、およびナラの標準林分収穫表（自己疏開林分の生長過程を表わす）をもとにしてαおよびN̄を決定した。また寺崎誠作は収穫予想表をもとにしてそれらを決定している。ヒルミの(1)式の法則性は積極的な保育管理を加えない林分の生長について検討した結果得られたものであり、人為的な管理を行なつた林分は生長過程が非常に変化し、林齢ごとの本数減少に強く影響が与えられ、その場合には法則性が失われるので、保育管理を行なわないか、わずかの程度間伐を行なつて生育した林分がその目的に合致することを指摘しているが、この点収穫予想表をもとにしてα、N̄を決定することには疑問があろう。しかしこの問題については後でもう一度検討してみたい。いづれにしてもこのようない目的にかなつた収穫表があつた場合にαとN̄を求めるには次のようにして行なう。(1)式より

$$\log N - \log N_0 = a(t - t_0) + b \int_{t_0}^t \log N dt \quad (2)$$

$$\text{ここに } a = \alpha \log \bar{N} \quad (3)$$

$$b = -\alpha \quad (4)$$

を得る。t₀, t₁, ..., t_nが等間隔であり、それらに応する立木本数をそれぞれ

N_0, N_1, \dots, N_n とし、 n の数を偶数とする。(収穫表を用いる場合偶数でないときはあとをとする)。 (t_0, t_n) の中間の時間 t_m を選ぶと t_0, t_1, \dots, t_{m-1} より (t_0, t_m) の間がやはり偶数部分に区分される。(2)式を用いて次の2つの式を得る。

$$\begin{aligned} \log N_m - \log N_0 &= a(t_m - t_0) - b \int_{t_0}^{t_m} \log N dt \quad (5) \\ \log N_n - \log N_0 &= a(t_n - t_0) - b \int_{t_0}^{t_n} \log N dt \end{aligned}$$

ここに N_m は t_m に応する立木本数である。

$\int_{t_0}^{t_m} \log N dt$ および $\int_{t_0}^{t_n} \log N dt$ は Simpson 式を用いて次式で求めることができる。

$$\int_{t_0}^{t_n} \log N dt = \frac{h}{3} \{ \log N_0 + \log N_n + 4(\log N_1 + \log N_3 + \dots + \log N_{n-1}) + 2(\log N_2 + \log N_4 + \dots + \log N_{n-2}) \} \quad (6)$$

ここに h は時間間隔である。

したがつて(5)式は a, b を未知数とする二つの連立方程式であるから、これを解して a, b を求めれば、それらを用いて α, \bar{N} は次のようにして決定される。

$$\begin{aligned} \alpha &= -b \\ \log \bar{N} &= \frac{a}{\alpha} = -\frac{a}{b} \quad (7) \end{aligned}$$

α は地方および樹種によって一定であるが、 \bar{N} は地位によって変化し、良地位より悪地位になるにつれて多くなる限界本数を表わす。この α および \bar{N} がわかれば(1)式より N に応する N を理論的に求めることができる。ヒルミはマツの α は 0.019, \bar{N} は地位 Ia, II, III, IV, V, Va に応じてそれぞれ 239, 276, 297, 339, 444, 709, 834 であり、トウヒの α は 0.027, \bar{N} は Ia, I, II, III, IV, V に応じてそれぞれ 421, 506, 584, 748, 1000, 1316 であることを見出し、これらを用いて自己疎開林分の本数予測を行なつたら標準収穫表の本数によく一致することを例示している。寺崎試作は地位 2 等地の収穫予想表で名古屋営林局管内のヒノキは $\alpha = 0.0298$, $\bar{N} = 688$, スギは $\alpha = 0.0258$, $\bar{N} = 463$, カラマツは $\alpha = 0.047$, $\bar{N} = 434$ であることを示している。

現在われわれには自己疎開林分の α および \bar{N} を知る資料は何もない。したがつて参考のために国有林のスギの収穫表を用いて α および \bar{N} を計算⁽⁴⁾ したら α は 0.015~0.066,

$\bar{N} = 165 \sim 1015$ であった。いまわれわれにとつて必要なカラマツおよびスギに対してそれぞれ信州カラマツ、大井、天龍スギの林分収穫表から α および \bar{N} を求めたら次の通りであった。

信州カラマツ

地位	α	\bar{N}
特1	0.030	137
1	0.025	147
2	0.021	156
3	0.016	150
4	0.009	72

大井天龍スギ

地位	α	\bar{N}
1	0.058	618
2	0.061	737
3	0.066	1015

地位が悪くなるにつれて限界本数は多くなるべきであるが、信州カラマツは地位 3 等地からその関係が逆になつている。しかしこれらの α と \bar{N} を用いて(1)式を用いて林齢に応する本数を推定するとすべて収穫表の本数とよく適合している。例として大井、天龍スギの 2 等地の収穫表の本数とこの方法で推定した本数の比較を示そう。

林齢	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
収穫表	2994	2134	1564	1280	1110	999	926	870	838	808	783	763
推定値	2994	2072	1580	1293	1116	1001	923	870	833	807	788	774

したがつて α と \bar{N} を適当にきめれば(1)式を用いることによって自己疎開林分のみならず本数管理をされた林分の ha 当り本数の推定または予測することができるであろう。すなわち地方ごとに樹種ごとの自己疎開数(一般には管理係数と呼ぼう) α と限界本数 \bar{N} がわかつていれば地位ごとに林齢に応する ha 当り本数を知ることができる。この α および \bar{N} がわかつていない場合にどのようにしてこれを求めたらよいであろうか。ここに一つの方法を示してみよう。

平均幹距(S)と優勢木の平均樹高(H)の比の百分率を相対幹距(S_r)という。すなわち

$$S_r = \frac{S}{H} \times 100 \% \quad (8)$$

平均幹距は ha 当り本数を N とすると、正方形植えを仮定したときは

$$S = \sqrt{\frac{10000}{N}}$$

(9)

正三角形植えを仮定したときは

$$S = 1.0746 \sqrt{\frac{10000}{N}} \quad (10)$$

の関係がある。いろいろな林について S_r を検討した結果⁽⁴⁾、無間伐林では 10% 以下にはならず、弱度間伐、中庸度間伐、強度間伐の林分ではそれぞれ 13%、17%、21% の値となることがわかつた。普通いわれているように地位が密度に関係ないとすれば地位によつてその地方で到達する主林木の平均樹高を簡易調査または経験によつて知ることができ。たとえば北関東阿武隈のスギの収穫表から 100 年での主林木の平均樹高は地位によつてほほ次のようになることがわかる。

地位	I	II	III
平均樹高(回)	35	30	25

無間伐林であれば限界密度は地位ごとに上表の平均樹高に 0.1 を乗じて平均幹距 S を求め、(9)式から $N = (100/S)^2$ によつて推定できる。すなわち $\bar{N}_I = (100/35 \times 0.1)^2 = 81.6 \approx 82.0$, $\bar{N}_{II} = (100/30 \times 0.1)^2 = 111.1 \approx 110.0$, $\bar{N}_{III} = (100/25 \times 0.1)^2 = 160.0$

弱度間伐林なら 0.1 の代りに 0.13, 中庸度間伐林から 0.17, 強度間伐林なら 0.21 を用いればよい。次に植栽本数に応じて 10 年生での残存本数を仮定する。たとえば 3000 本植栽を仮定して北関東阿武隈スギでは $t_0 = 10$ での $N_0(I) = 2860$, $N_0(II) = 2890$, $N_0(III) = 2920$ と仮定する。

ついで α を 0.01 から 0.005 間隔で増加させて 100 年の限界本数 \bar{N} が地位ごとに上記の値になるように上の t_0 , N_0 の値を用いてシミュレーションすると $\alpha = 0.09$ でこの条件を満足することがわかる。この α がこのような無間伐林での自己疎開係数でこのようにして推定された林齢ごとの ha 当り本数は次のようになる。

$\alpha = 0.09$, $\bar{N}_I = 820$, $\bar{N}_{II} = 1100$, $\bar{N}_{III} = 1600$ によつて求めた自己疎開林分の本数密度

地位	I	II	III
10	2860	2890	2920
15	1819	2036	2348
20	1363	1629	2043
25	1134	1413	1870
30	1008	1290	1767
35	935	1218	1705
40	892	1174	1666
45	865	1146	1642
50	848	1129	1627
55	838	1119	1617
60	831	1111	1611
65	827	1108	1607
70	824	1105	1604
75	823	1103	1603
80	822	1102	1602
85	821	1102	1601
90	821	1101	1601
95	820	1101	1600
100	820	1100	1600

間伐林についても同様な方法で、における N_0 がわかり限界密度 \bar{N} がわかれば適当な管理係数 α をシミュレーションにより求めることができ、林齢ごとの本数を予測することができるであらう。現実林で α , \bar{N} を簡易に求める方法はメインシステムの中でも一度検討してみる。

3-1-3 ha 当り本数および相対幹距または上層木平均樹高からの平均断面積直径の推定。

測樹学では昔から平均断面積直径と ha 当り本数との間には地位には無関係に一定の関係があるとして正常収穫表を作成する場合にこの関係を異状標準地の棄却に用いている。すなわち横軸に平均断面積直径、縦軸に ha 当り本数をとつて標準地の両者の関係をプロットすると逆丁字型の一定の関係がみられる。この一定の関係からかけはなれた標準地は異状な標準地として収穫表作成資料から除外していた。しかし現実林においては除外されるよりな標準地の直径と本数を示すものも存在するのであるから、両者の関係の中に密度と地位の両方に関係した尺度である相対幹距を加え、しかも後の ha 当り

断面積の計算に便利なように ha 当り本数(N)および相対幹距(S_r)から平均断面積直径(̄d_b)を求める式を次のようにした。

$$\bar{d}_b = a^1 N^b S_r^c \quad (11)$$

これは $\log \bar{d}_b = \log a^1 + b \log N + c \log S_r$
 $= a + b \log N + c \log S_r$

の形の重回帰式に変形される。草津カラマツの129個および水道のブロックを考えたいて146個(サブプロットも含める)のプロットについて上の関係を求めるときそれ次のようになつた。

草津カラマツ : $\log \bar{d}_b = 4.0565 - 0.60897 \log N - 0.76670 \log S_r$
 $(R=0.9643)$

水道スギ : $\log \bar{d}_b = 3.8662 - 0.66374 \log N - 0.39523 \log S_r$
 $(R=0.9588)$

いづれも重相関係数(R)は高い。参考のため $\log \bar{d}_b$ と $\log N$ の単相関係数はそれぞれ-0.8682および-0.9328であり、 $\log S_r$ との単相関係数はそれぞれ-0.4542および-0.2024であつた。またCのt検定ではtの値はそれぞれ17.80および9.32となり若しく有意で $\log S_r$ をいれることにより精度の向上がみられる。

(11) 式の S_r に(8), (9)をいれると

$$\bar{d}_b = (a^1, 100^2)^c N^{b-c/2} H^{-c} \quad (13)$$

すなわち

$$\log \bar{d}_b = (\log a^1 + 2c \log 100) + (b - c/2) \log N - c \log H$$
 $= (a + 4c) + (b - c/2) \log N - c \log H$

となり、草津および水道に対してそれぞれ

草津カラマツ : $\log \bar{d}_b = 0.9897 - 0.22562 \log N + 0.76670 \log H$

水道スギ : $\log \bar{d}_b = 2.2853 - 0.46613 \log N + 0.39523 \log H$

となる。

(12) または(14)を用いれば ha 当り本数(N)および相対幹距(S_r)または上層木平均樹高(H)がわかれば平均断面積直径(̄d_b)を求めることができ、第1図の流れ図をみてもわかるように、̄d_b と N がわかれば ha 当り断面積(B)を

$$B = \frac{\pi}{4} \bar{d}_b^2 N / 100^2 \quad (15)$$

によつて求めることができる。

3-1-4 平均断面積直径と平均直径との関係

第1図の流れ図を見てわかるように詳細な林分構造すなわち直径階ごとの情報が知りたい場合には算術平均直径(̄d)を知る必要がある。われわれは前の段階で平均断面積直径(̄d_b)を求めることができた。したがつて̄d_b から̄d を求める関係式を必要とする。草津カラマツの129個および水道スギの146個プロットの̄d と̄d_b の関係を用いて一次回帰式を作ると次のようになつた。

$$\begin{aligned} \text{草津カラマツ} : \bar{d} &= 0.280 + 0.9971 \bar{d}_b \quad (r=0.9984) \\ \text{水道スギ} : \bar{d} &= 0.403 + 0.9960 \bar{d}_b \quad (r=0.9993) \end{aligned} \quad \} (16)$$

いづれも非常に高い相関を示しており上式を用いると殆んど誤差なしに̄d_b から̄d を求めることができよう。

3-1-5 直径の標準偏差の推定

これはサブシステムの中のものではなくメインシステムの中の単なる計算手順であるがここで説明しておく。直径の標準偏差をδ、標本数をn、平均直径を̄d とすると

$$\begin{aligned} \delta^2 &= \frac{1}{n} \sum (d - \bar{d})^2 \\ &= \frac{1}{n} \sum d^2 - \bar{d}^2 \\ &= \bar{d}_b^2 - \bar{d}^2 \quad \left(\frac{\pi}{4} \bar{d}_b^2 \cdot n = \sum \frac{\pi}{4} d^2 \text{ であるから } \bar{d}_b^2 = \frac{\sum d^2}{n} \right) \\ \therefore \delta &= \sqrt{\bar{d}_b^2 - \bar{d}^2} \end{aligned}$$

したがつて̄d_b と̄d がわかれば(17)式でδを求めることができる。

3-1-6 林齢または地位ごとの樹高曲線の作成

直径階ごとの材積を求めるためには直径に応する樹高が必要である。樹高曲線は林齢または平均樹高によつて変るであろう。草津カラマツおよび水道スギの資料から林齢および平均樹高の全体の範囲にわたるようそれぞれ216本および267本を抽出して直径(D)に応する樹高(H)を林齢(A)または上層木平均樹高(H)を用いて推定する重回帰式を次のようにして求めた。

○林齢(A)を用いる場合

$$\frac{D}{\sqrt{H-1.2}} = 1.324 + 0.26479 D + 0.012928 A - 0.0021947 DA \quad (R=0.9546)$$

$$\frac{D}{\sqrt{H-1.2}} = 1.109 + 0.24547 D + 0.019654 A - 0.0013345 DA \quad (R=0.9586)$$

○平均樹高(\bar{H})を用いる場合

草津カラマツ

$$\frac{D}{\sqrt{H-1.2}} = 2.15 + 0.23719D - 0.069963H - 0.0017929D\bar{H} \quad (R=0.9742) \quad \} \quad (19)$$

水窪スギ

$$\frac{D}{\sqrt{H-1.2}} = 1.789 + 0.25750D - 0.037669H - 0.0030787D\bar{H} \quad (R=0.9821)$$

平均樹高を用いた方が重相関係数は少し高いが、状況に応じていづれを用いても大した差はないであらう。

3-1-7 ha 当り材積の推定式の検討

直径階ごとの詳細な情報が知りたい場合は、直径の確率分布を正規分布と仮定すると、 \bar{D} および \bar{B} が林齡ごとにわかるので本数の確率分布がわかり、ha 当り本数がわかつてるので直径階別本数が計算され、(18) または(19) 式を用いて、直径に応ずる樹高がわかるので、材積表から材積が求まり、それに本数を乗じて合計すれば、ha 当り材積が計算される。

このような直径階ごとの情報を必要としない場合には、第1図の流れ図からわかるようにha 当り断面積(B)が(15)式のようにして求まると次の2つの方法でha 当り材積(V)を求めることができる。

a. $V/B = a + b\bar{H}$ を用いる場合

これは現実林分の材積のみを求める場合には有効であろう。この式はまだ草津カラマツおよび水窪スギの資料について検討を行なつていないが、茨城スギ収穫表の標準地一覧表の89個の主副林木合計の資料を用いて計算した結果

$$V/B = 0.458\bar{H} + 1.01$$

で、相関係数は0.988で、地位、密度には無関係に(勿論この式の中に地位の尺度として \bar{H} 、密度の尺度として B が含まれている)一定の関係が認められる。したがつて、 \bar{H} および B がわかれれば

$$V = (0.458\bar{H} + 1.01)B$$

として、ha 当り材積を精度より求めることができる。

b. $\log V = a + bS + C \log B + d \log N + e A^{-1}$ を用いる場合

この式は、現実林のha 当り材積を求めることができればかりでなく、地位(S)ごとに林齡(A)ごとに密度(ha 当り断面積 B やha 当り本数 N)を変化させることによつ

てどのようにha 当り材積が変化するか、すなわち管理林分の動きを知ることができ、しかもこの式は微分可能であるので、材積生長量の動きをこの式の係数を用いて知ることができるのである。草津カラマツ、水窪スギのそれぞれ129個、146個の標準地の資料を用いて、上の重回帰式を求めたら、次の通りであつた。

○草津カラマツ

$$\begin{aligned} \log V &= 1.04225 + 0.02174S + 1.08663 \log B - 0.16782 \log N \\ &\quad - 5.9124A^{-1} \end{aligned} \quad (20)$$

(R = 0.9931)

○水窪スギ

$$\begin{aligned} \log V &= 0.97400 + 0.010673S + 1.24557 \log B - 0.19977 \log N \\ &\quad - 2.8012A^{-1} \end{aligned} \quad (21)$$

(R = 0.9906)

いづれも重相関係数(R)は非常に高く、上式によつてha 当り材積が精度よく推定できることを示している。

以上サブシステムの中で必要な情報を提供する手段を概略的に説明したが、その中で環境因子、土じょう因子から地位指数を推定する多変量解析および航空写真からのha 当り本数の推定については、目下資料を整理中であるので、これらについては分析が終つてから別に報告したい。

3-2 メインシステムの検討

このシステムでは、現実林分の情報を提供する場合と、いろいろな施策をほどこした場合、すなわちある方法で管理された林分の将来の収穫量を予測する場合とにわけて説明しなければならない。前者については、ある程度実際的な数値で例示することができるが、後者については、目下計算中であるので、ここでは前者のみについて報告したい。以下の説明には、第1図の流れ図を参照されたい。

段階1、航空写真を用いて林相区分を行ない、森林調査簿、林相図、基本図などを参考にして、林小班の境界を確定する。森林調査簿または造林簿により、造林地の樹種、林齡(A)がわかり、航空写真の判読によつて上層木平均樹高(\bar{H})が測定される。

段階2、すでにサブシステムの中で作られている地位指数曲線のグラフ上で、 A に応ずる \bar{H} をプロットすると、その小班の地位指数(S)が求まり、その曲線により林齡(A_i)ごとに上層木平均樹高(\bar{H}_i)がどのように変化するかがわかる。伐採跡地については、サブシ

ステムで用意されている環境因子および土じょう因子のスコア表をもとにして、航空写真、地形図、地質図、土じょう図などを利用して、樹種に応ずる地位指数が求まり、地位指数曲線により前と同様に地位指数(S)に応ずる林齢(A_i)ごとの上層木平均樹高(\bar{H}_i)を知ることができる。

段階3、サブシステムの中で、ha 当り本数を推定するヒルミの方法で α 、 \bar{N} の決定法を一つあげたが、ここでは簡略調査による α 、 \bar{N} の決定法を述べよう。水星スギで幼齢および老齢林分でha 当り本数を調査したら、次の通りであつた。

年齢	ha 当り本数	年齢	ha 当り本数	年齢	ha 当り本数
10	3400	16	3000	80	900
10	3800	16	2600	80	700
11	3600	16	2400	81	800
15	3500	71	800	81	700
15	2500	71	1125	81	1000
15	2900	80	1000		

これを年齢ごとにとりまとめ、対数をとると次のようになる。

A	N	log A	log N
10	3600	1.0000	3.5563
11	3600	1.041	3.5563
15	2967	1.1761	3.4723
16	2667	1.2041	3.4260
71	963	1.8513	2.9836
80	867	1.9031	2.9380
81	833	1.9085	2.9206

log A を横軸、log N を縦軸にとつてプロットして、フリーハンドで直線を描くと第3図のようになる。この直線から各林齢ごとの本数を読みとり真数にもどすと次表を得る。

林齢	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
ha 当り本数	3758	2786	2270	1950	1718	1538	1413	1294	1175	1122	1059	1012	929	904	871

$t_m = 50$ として Simpson 式により、上表より

$$\int_0^{t_m} \log N dt = \frac{5}{3} \{ \log 3758 + \log 1175 + 4(\log 2786 + \log 1950 + \log 1538 + \log 1294) + 2(\log 2270 + \log 1718 + \log 1413) \} = 130438332$$

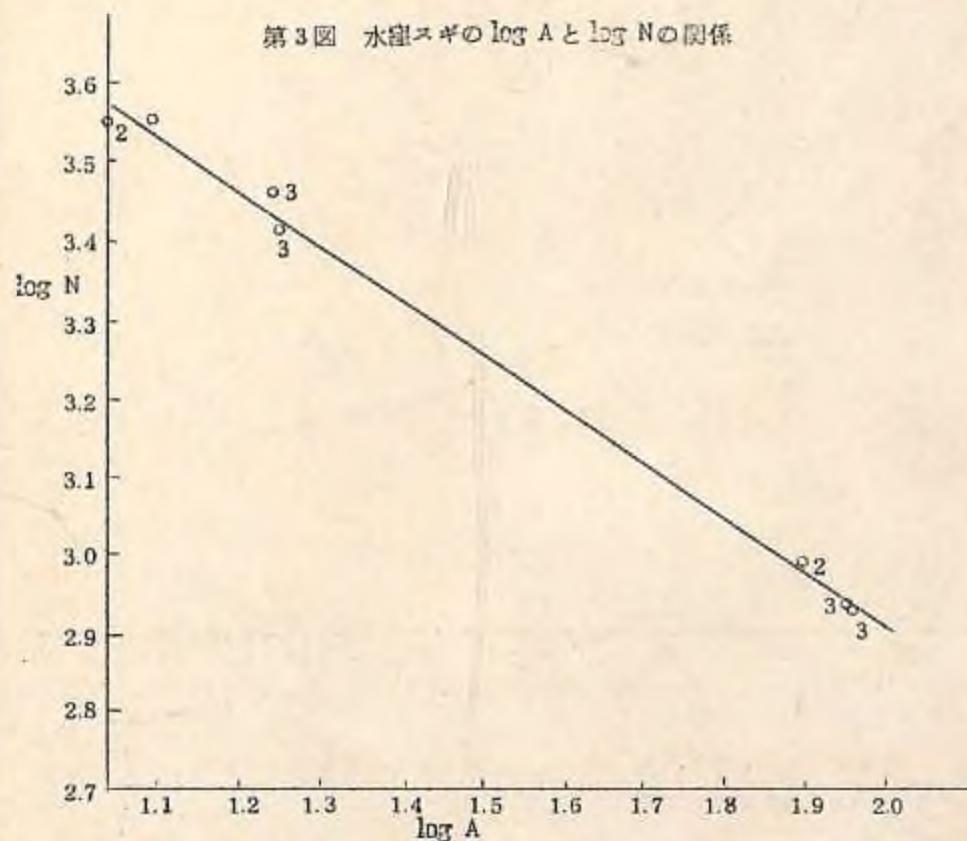
$$\int_0^{t_m} \log N dt = \frac{5}{3} \{ \log 3758 + \log 871 + 4(\log 2786 + \log 1950 + \log 904) + 2(\log 2270 + \log 1718 + \cdots + \log 929) \} = 220507073$$

したがつて(5式を用いて

$$(50-10)a + 130438332b = (\log 1175 - \log 3758)$$

$$(80-10)a + 220507073b = (\log 871 - \log 3758)$$

第3図 水星スギの log A と log N の関係



という連立方程式をたてることができ、これから

$$\begin{aligned} b &= -0.032045 \\ a &= 0.091874 \end{aligned} \quad \}$$

を得る。したがつて(7式から

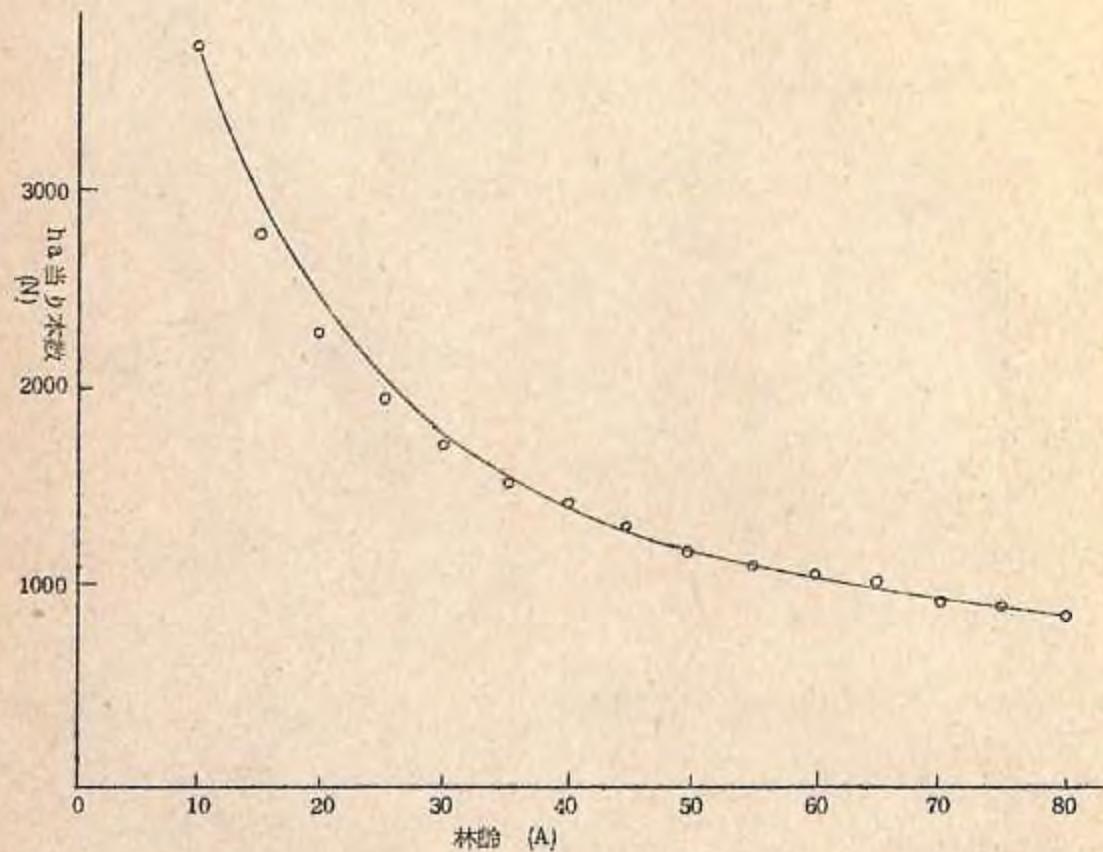
$$\alpha = 0.032045$$

$$\log \bar{N} = 2.867044 \quad \text{すなわち} \bar{N} = 736$$

を得る。この α および \bar{N} を用いて、(1式より

$$N = 736 \left(\frac{3758}{736} \right) e^{-0.032(t-10)}$$

によつてもに応する N を求めて、グラフに描いたものが第4図であり、非常によく適合していることがわかる。

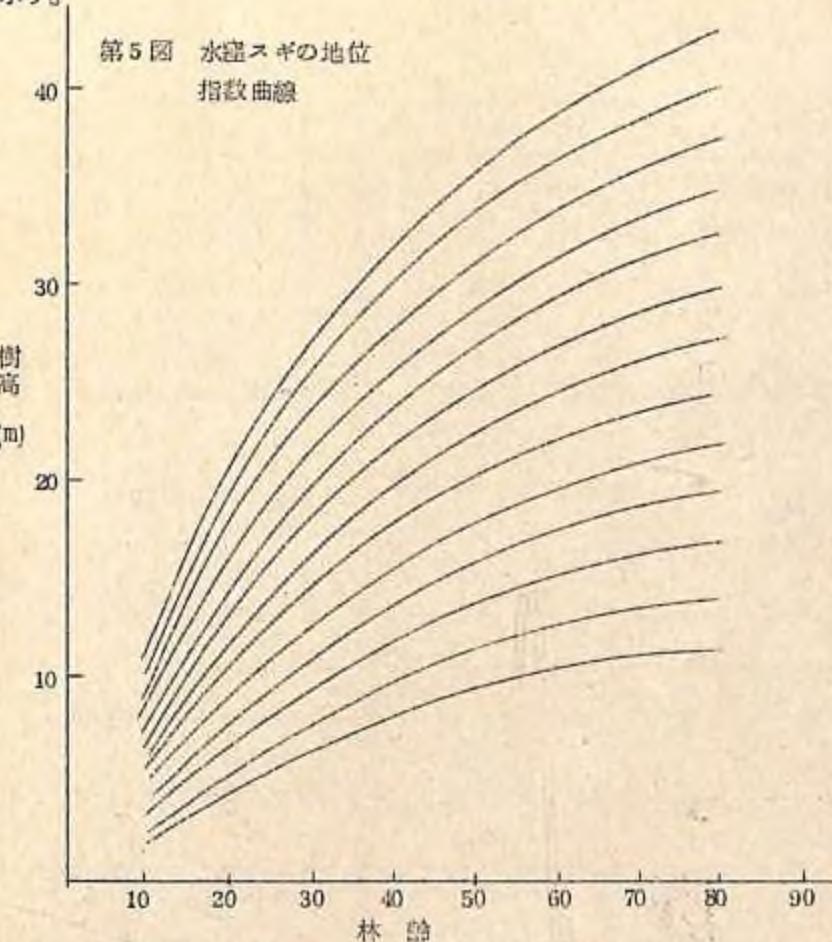


第4図 ヒルミの公式を いて推定した水道スギの林齢と ha
当たり本数の関係

以上の計算は、測定研究室の Y H P 卓上電子計算機で、プログラムを作つて行なつたものであり、データを入れれば自動的に結果が求められるようになつてゐる。

さていまわれわれが必要なものは α の値であり、水道スギの管理係数を0.032と仮定して、次のようにして地位、密度に応する本数の予想表を作成することができる。

水道スギの73本の樹幹解析木の樹高生長の値をもとにして作つた地位指数曲線を第5図に示す。



例として地位指数(S)は2.0, 1.6, 1.2の三つの段階でそれぞれに応じて密度の尺度である相対幹距(S_r)を疎(18%), 中(15%), 密(12%)として、それらに応ずる林齢ごとのha当たり本数予想表を作成する。 S_r の値を上のようにしたのは、たゞ80年近くの林分の S_r の値は1.0~2.0%の範囲を示しており、1.0~1.3%を1.2%, 1.4~1.6%を1.5%, 1.7%以上を1.8%として区分したものである。第5図の地位指数曲線から80年でのそれぞれのSに応する上層木平均樹高は、次の通りであることがわ

S	20	16	12
H (m)	27.2	22.0	16.7

これらの \bar{H} に S_r を乘ずると、平均幹距 S が求まり、(9式から) $N = (100/S)^2$ として ha 当り本数が計算される。80年を伐期とすれば、それが限界本数と考えられる。S と S_r に応ずる限界本数(N)の値は次のように求められた。

S の () 内は地位 I, II, III を表わす。

S	S_r (m)	18	15	12
20 (I)		939	601	417
16 (II)		1435	918	638
12 (III)		2490	1594	1107

次に初期本数 N_0 の値を仮定しなければならない。現在われわれには、これについての知認は何ももつてない。したがつていま 4000 本植栽を仮定し、15年生で地位 I, II, III に応じて、それぞれ残存率を 65%, 70%, 75% とするとも $t_0 = 15$ に応じて N_0 の値は次のようになる。

	I	II	III
N_0	2600	2800	3000

$\alpha = 0.032$ とすると、地位、密度に応じてヒルミの公式は次のようになる。

密度 地位	密	中	疎
I	$N = 939 \left(\frac{2600}{939} \right) e^{-0.032(t-15)}$	$N = 601 \left(\frac{2600}{601} \right) e^{-0.032(t-15)}$	$N = 417 \left(\frac{2600}{417} \right) e^{-0.032(t-15)}$
II	$N = 1435 \left(\frac{2800}{1435} \right) e^{-0.032(t-15)}$	$N = 918 \left(\frac{2800}{918} \right) e^{-0.032(t-15)}$	$N = 638 \left(\frac{2800}{638} \right) e^{-0.032(t-15)}$
III	$N = 2490 \left(\frac{3000}{2490} \right) e^{-0.032(t-15)}$	$N = 1594 \left(\frac{3000}{1594} \right) e^{-0.032(t-15)}$	$N = 1107 \left(\frac{3000}{1107} \right) e^{-0.032(t-15)}$

上の公式を用いて、 t_0 に応ずる N の値を計算したら次のような地位、密度に応ずる本数予

想表が作成された。

第2表 水窪スギ ha 当り本数予想表

地 位 密度 林齢	I			II			III		
	密	中	疎	密	中	疎	密	中	疎
15	2600	2600	2600	2800	2800	2800	3000	3000	3000
20	2237	2094	1984	2536	2374	2250	2918	2732	2589
25	1967	1741	1575	2332	2063	1867	2851	2523	2283
30	1763	1488	1294	2170	1830	1593	2794	2357	2051
35	1607	1301	1095	2041	1653	1392	2747	2225	1873
40	1483	1161	949	1938	1515	1240	2707	2118	1733
45	1387	1053	840	1854	1407	1124	2674	2031	1622
50	1309	969	758	1785	1321	1034	2646	1959	1533
55	1246	903	694	1728	1252	963	2622	1900	1461
60	1195	850	643	1681	1196	906	2602	1852	1402
65	1153	807	603	1642	1150	860	2585	1811	1354
70	1119	773	571	1610	1112	823	2571	1777	1314
75	1090	747	545	1583	1081	792	2559	1749	1281
80	1066	721	524	1560	1055	767	2549	1725	1254

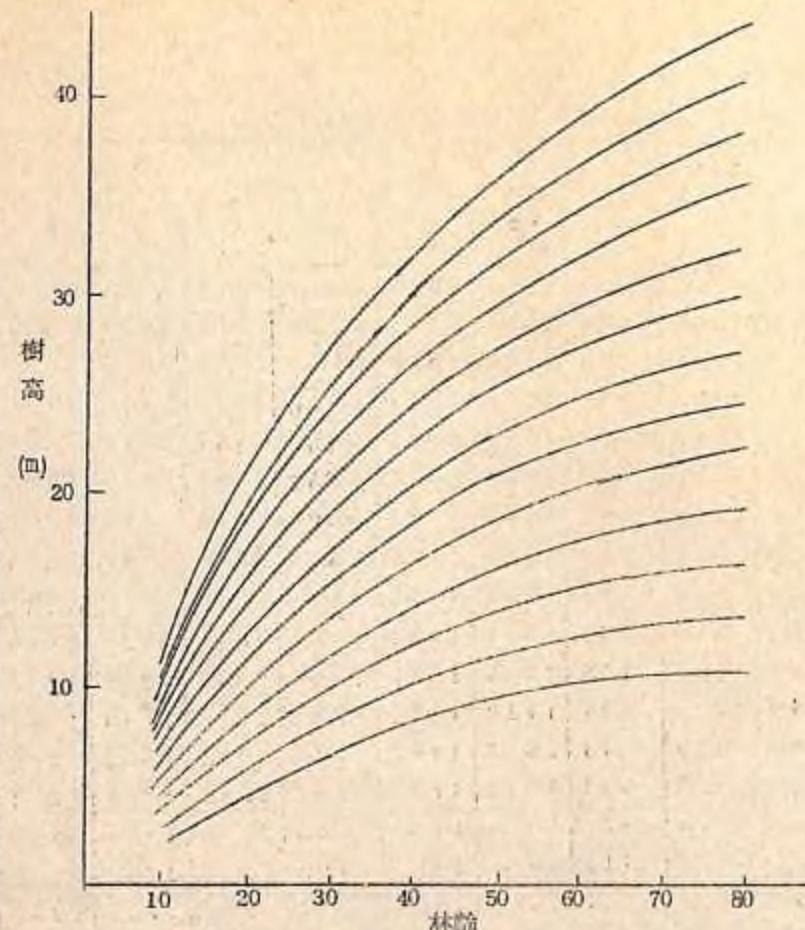
これと同じ方法でいろいろな地位指數、いろいろな相対幹距に応ずる ha 当り本数予想表を作ることができる。航空写真で判読した林分の上層木平均樹高により地位を判定し、疎密度を疎、中、密にわけることによつて、第2表から林齢に応ずる ha 当り本数を知ることができる。

カラマツについては、前述の信州カラマツ林林分収穫表から求めた α と \bar{N} を用いて、本数予想表を作成したが、以下の段階の計算例には、地位 I を用いるのでその予想表をここに示しておく。

第3表 カラマツ林地位 I の ha 当り本数予想表

林 齢	10	15	20	25	30	35	40	45	50
ha 当り本数	2200	1595	1202	937	752	619	522	449	394

段階 4、第6図に草津カラマツの地位指數曲線を示す。



第6図 草津カラマツの地位指数组曲線

第4表 草津カラマツ地位I収穫予想表

A (年)	① H (m)	② N (本)	③ db (cm)	④ B (m²)	⑤ V (m³)	⑥ d (cm)	⑦ σ (cm)
1.0	6.79	22.00	7.5	9.7	27.6	7.1	2.20
1.5	10.36	15.95	11.1	15.4	75.7	10.8	2.73
2.0	13.42	12.02	14.4	19.6	129.5	14.1	3.12
2.5	16.05	9.37	17.5	22.5	179.8	17.2	3.48
3.0	18.33	7.52	20.4	24.6	225.0	20.0	3.76
3.5	20.31	6.19	23.0	25.7	260.2	22.7	4.00
4.0	22.00	5.22	25.5	26.7	292.9	25.1	4.27
4.5	23.47	4.49	27.7	27.1	317.1	27.3	4.45
5.0	24.76	3.94	29.7	27.3	336.8	29.3	4.61

第4表の①欄は地位Iすなわち地位指数组曲線に応する第6図から読みとられた上層木平均樹高Hが書かれており、②欄は第3表のha当り本数Nが書かれている。この段階では、(4式)の草津カラマツのN, Hからdbを求める式を用いて、①, ②欄H, Nから平均樹面積直径dbを計算する。これが第4表の③欄に示されている。

段階5、②欄と③欄のNとdbを用いて、ha当り断面積B = $\frac{\pi}{4} d_b^2 N / 100^2$ を計算する。これが④欄に示されている。

段階6、S = 22, ②欄のN, ④欄のBを用いてAに応するha当り材積Vを(20)式の重回帰式を用いて計算する。その結果は⑤欄に示されている。

この方法と同じ段階をふんで、他のいろいろな地位および密度に応じて林齢ごとのH, N, B, Vなどを求めることができる。すなわち航空写真または簡易調査で林分の上層木平均樹高により地位を求め、疎密度を分類することによって、林齢に応ずるすべての林分構成因子を以上の段階をふんで次々に求めることができる。

さて第1図の流れ図をみてわかるように、林齢に応ずる直径階ごとの情報が知りたい場合には、段階5から次の方法で推定してゆけばよい。

段階5、段階4でdbが求められたので、(16)式の草津カラマツのdbからdを求める式を用いて、平均直径dを林齢に応じて求めることができます。これが第4表の⑥欄に示されている。

段階6: ③欄のdbおよび⑥欄のdを用いて、(17)式より直径の標準偏差σを求める。これが第4表の⑦欄に書かれている。

段階7、林齢ごとの⑥欄のdと⑦欄のσを用いて、正規分布を仮定して確率分布を求め、③欄のha当り本数Nに直径に応ずる確率をかけて直径階ごとのha当り本数を求める。これが第5表の①欄に結果のみが示してある。

段階8、(19)式の草津カラマツの樹高曲線式に直径(D), 第4表の林齢に応する①欄の上層木平均樹高Hを代入して、Dに応する樹高(H)を計算する。これが第5表の②欄に書かれている。

段階9、前掲カラマツ材積表を用いて、DとHに応する材積(V)を③欄に書く。

段階10、①欄のNに③欄のVを乗じたものが④欄に書いてある。これが直径階別の合計材積であり、これらを全部合計したらha当り材積となる。これが④欄の下に書かれている。備考欄に直径階別の情報が必要でない場合に前の段階6で求められたha当り材積が参考のために記してある。この数字と比較すると、ここで得られた結果は割合よく一致

第5表 草津カラマツ地位Iの直径階ごとの情報計算

A	D	① N	② H	③ V	④ N V	備 考
10	0	6				$\bar{d} = 7.14$
	2	60	2	0.0005	0.001	$\delta = 2.20$
	4	299	4	0.003	0.897	$N = 2.200$
	6	682	5	0.008	5.456	
	8	718	7	0.019	13.642	
	10	347	8	0.033	11.451	
	12	80	9	0.052	4.160	
	14	8	10	0.079	0.632	
	計				36.238	$V = 27.6$
15	2	3	2	0.0005	0.0015	
	4	24	4	0.003	0.072	$\bar{d} = 10.77$
	6	106	6	0.010	1.060	$\delta = 2.73$
	8	278	8	0.022	6.116	$N = 1595$
	10	437	9	0.037	16.169	
	12	418	10	0.058	24.244	
	14	232	11	0.087	20.184	
	16	79	12	0.123	9.717	
	18	16	13	0.169	2.704	
	20	2	13	0.208	0.416	
	計				80.6835	$V = 75.7$
	20	4	2	0.004	0.008	
20	6	11	7	0.012	0.132	$\bar{d} = 14.10$
	8	48	9	0.025	1.200	$\delta = 3.12$
	10	132	10	0.041	5.043	$N = 1202$
	12	243	11	0.063	15.309	
	14	302	12	0.095	28.690	
	16	252	13	0.134	33.768	
	18	142	14	0.182	25.844	
	20	54	15	0.240	12.960	
	22	14	15	0.289	4.046	
	24	2	16	0.363	0.726	
	計				127.726	$V = 129.5$
	25	6	2	0.013	0.026	
25	8	7	10	0.027	0.189	$\bar{d} = 17.17$
	10	27	12	0.049	1.323	$\delta = 3.48$
	12	72	13	0.075	5.400	$N = 937$
	計					

A	D	① N	② H	③ V	④ N V	備 考
30	14	143	14	0.111	15.873	
	16	199	15	0.154	30.646	
	18	208	15	0.195	40.560	
	20	152	16	0.256	38.912	
	22	84	17	0.328	27.552	
	24	32	17	0.387	12.384	
	26	9	18	0.479	4.311	
	28	2	18	0.552	1.104	
	計				178.280	$V = 179.8$
	30	8	1	0.030	0.030	
35	10	5	13	0.053	0.265	$\bar{d} = 20.03$
	12	17	14	0.080	1.360	$\delta = 3.76$
	14	45	15	0.118	5.310	$N = 752$
	16	90	16	0.164	14.760	
	18	139	17	0.221	30.719	
	20	157	18	0.288	45.216	
	22	137	18	0.348	47.676	
	24	91	19	0.436	39.676	
	26	46	19	0.507	23.322	
	28	18	19	0.584	10.512	
	30	5	20	0.708	3.540	
	32	1	20	0.794	0.794	
	計				223.180	$V = 225.0$
35	10	1	15	0.060	0.060	
	12	4	16	0.091	0.364	$\bar{d} = 22.69$
	14	12	17	0.134	1.608	$\delta = 4.00$
	16	31	18	0.185	5.735	$N = 619$
	18	63	18	0.234	14.742	
	20	98	19	0.304	29.792	
	22	121	20	0.388	46.948	
	24	116	20	0.460	53.360	
	26	87	20	0.536	46.632	
	28	51	21	0.650	33.150	
	30	24	21	0.746	17.904	
	32	9	21	0.837	7.533	
	34	2	21	0.922	1.844	
	36	0	—			
	計				259.672	$V = 260.2$

A	D	① N	② H	③ V	④ N V	備 考
40	10	0	-			
	12	1	17	0.097	0.097	$\bar{d} = 25.10$
	14	3	18	0.142	0.426	$\delta = 4.27$
	16	10	19	0.195	1.950	$N = 522$
	18	25	20	0.259	6.475	
	20	48	20	0.320	15.360	
	22	75	21	0.408	30.600	
	24	94	21	0.484	45.496	
	26	93	22	0.593	55.149	
	28	78	22	0.683	53.274	
	30	51	22	0.784	39.984	
	32	27	23	0.922	24.894	
	34	12	23	1.017	12.204	
	36	4	23	1.117	4.468	
	38	1	23	1.221	1.221	
	40	0	-			
	計				291.598	$V = 292.9$
45	12	0	-			$\bar{d} = 27.32$
	14	1	20	0.158	0.158	$\delta = 4.45$
	16	3	21	0.216	0.648	$N = 449$
	18	9	21	0.272	2.448	
	20	21	22	0.352	7.392	
	22	40	22	0.428	17.120	
	24	61	23	0.534	32.574	
	26	77	23	0.621	47.817	
	28	79	23	0.716	56.564	
	30	67	24	0.861	57.687	
	32	46	24	0.965	44.390	
	34	26	24	1.065	27.690	
	36	12	24	1.170	14.040	
	38	5	24	1.278	6.390	
	40	2	24	1.367	2.734	
	42	0	-			
	計				317.652	$V = 317.1$
50	14	0				$\bar{d} = 29.34$
	16	1	22	0.226	0.226	$\delta = 4.61$
	18	3	23	0.298	0.894	$N = 394$

A	D	① N	② H	③ V	④ N V	備 考
	20	9	23	0.367	3.303	
	22	19	23	0.448	8.512	
	24	35	24	0.558	19.530	
	26	52	24	0.650	33.800	
	28	66	24	0.749	49.434	
	30	66	25	0.899	59.334	
	32	57	25	1.008	57.456	
	34	42	25	1.113	46.746	
	36	24	25	1.222	29.328	
	38	12	25	1.336	16.032	
	40	5	25	1.429	7.145	
	42	2	26	1.626	3.252	
	44	1	26	1.758	1.758	
	46	0	-			
	計				336.750	$V = 336.8$

していることがわかる。

プロットサンプリングとプロットレスサンプリングの対比については、報究報告⁽⁵⁾ですでに草津カラマツの資料で分析したものを使っているが、全体推定においては、プロットサンプリングとプロットレスサンプリングでは差がない値が得られることがわかつた。またサブシステムの中で用いられる回帰式を作るために必要な資料は、簡単なプロットレス法で求めて十分であろう。したがつて最小限の簡易調査または収穫表の標準地一覧表の資料を用いてサブシステムに必要な関係式を作つておき、航空写真の判読による地位と疎密度の情報を利用して、メインシステムの段階をふねば、われわれが経営計画が必要とする情報を省力的に精度よく求めることができるであろう。これらの流れは森林調査情報システムとして電算機の中に組むことが可能であり、しかも個々の林分の将来の収穫量の予測もでき、施業のやり方を考えた場合の収穫量の変化も予測することができるであろう。この管理された林分の動きについての解析法は現在検討中である。地位指数に関するサブシステム、航空写真判読の精度問題および生長量調査資料についても現在分析中であり、これらが完成したときに完全な一つのシステムとして報告したい。

参考文献

- (1) 西沢正久, 真下育久, 川端章蔵: 数量化による地位指數の推定法。林試研報 176, 1970
- (2) ヒルミ著 高橋清訳: 森林の生物物理学理論, 新科学文献刊行会。1965
- (3) 植木本数別収穫予想表。名古屋管林局造林推進協議会, 立地部会資料 2, 1961
- (4) 造林事業における技術選択と投資配分の最適化に関する研究——昭和45年度中間報告——
林試経営部, 1971
- (5) 神戸喜久, 西沢正久: ブロットサンプリングとプロットレスサンプリングとの比較について。
林試研報 231, 1970

林地除草剤(塩素酸ソーダ) の合理的使用法

I 試験担当者

造林部除草剤研究室員	浅沼景吾
同 研究室長	真部辰夫
同 室 員	大場真男

II 試験目的

ササ地帯の伐採前地ごしらえに対するヘリコプター散布技術の普及などにより、塩素酸ソーダ系除草剤の林地での使用面積は年間5万haの多きに達している。

その殺草効果はササの種類、土壤有機物含有量、水分など土壤環境、植生の根の深さ、形態などによつて影響されることがわかつてきた。これらについての基準的研究も行なわれてきているが、枯殺効果に及ぼす影響の度合を総合的に解析する仕事はまだまだ不十分であり、実際の薬剤散布にあたつて適確な指針をたてるまでには至つていない。

そこで環境に応じた散布基準の確立に対する要求をみたすため、本試験においては、全国的にササ地帯に試験地を設定し、塩素酸ソーダの散布結果を、土壤環境を中心とした各種因子とともに調査し、枯殺効果に影響すると考えられる主な要因をチェックし、総合的に解析して、除草剤使用の合理化に役立てることを目標とした。

なお、本試験は林野庁、営林局、林業試験場の共同で行ない、とりまとめを林業試験場が担当した。

III 試験経過とえられた成果

昭和43年度に、これまでの研究成果と実際の散布事例などの報告を検討し、本試験の方法書を作成して試験地選定の基準を定め、各営林局に選定因子を指示した。また調査要領に従い、調査カードを作製した。（図1。）

各営林局ではこれに従つて、43年度以降試験地の設定・調査を行ない、林野庁・林業試験場へ報告した。とりまとめの段階では、北見、帯広、旭川、札幌、秋田、前橋、東京、長野、大阪、熊本の10営林局より最終報告が到着している。

試験地選定因子の基準に従い、実際に設定された試験地の主要因子の内容は表-1のとおりである。

図-1 調査カードの様式(裏)

表-1. 設定された試験地数(141ヶ所)

主要因子	作業		Ao層		火入		ササ密度		ササ根		上木		従来の効果		計
	地 下 ご し ら え	下 刈	厚 い	薄 い	有	無	大	小	深	浅	有	無	低	高	
ササの種類															
チシマザサ	4	4	4	3	1	1	2	2	1	2	1	1			25
スズタケ							3	3	2	2	2	2		1	15
クマイザサ	4	5	7	6	3	3	7	6	7	4	4	4			60
チマキザサ					1	1	1	1					1		5
ネザサ	1	1	1	1	1										5
アズマネザサ		2	1	1											4
メダケ							1	1	1	1	1	1			6
ミヤコザサ	3	2	2	2	2		1	1	1	2	2	1		1	20

1ヶ所20プロ

各営林局から送付のあつた調査カードをとりまとめ検討したが、試験の頭初に方法書によつて指定した試験地選定因子が現地の状況から計画どおりにとられなかつたことや、また薬剤処理効果の判定基準がややあいまいであつたことなどから、集約したデータは精粗さまざまで、その解析は充分にはなしえなかつた。

以下に、データ数の多かつた4種類のササについて、種類別・地域別に、薬剤処理の効果に影響を及ぼすと考えられる要因につき若干の検討を加える。

本試験では時期別に剤型・薬量を変えて薬剤が散布されているが、ここでは種類別・地域別に比較するのに都合のよい、粒剤——生长期散布、翌年7月調査の枯殺効果、のデータを主とした検討結果を述べることにする。

1. 枯穀効果に変動を与える環境因子の検討

1-1 クサイザサ (妥 - 2.)

表 - 2 クマイザサの枯殺効果と種々の環境因子

地下部重量 g/m ³						NaClO ₄					枯殺効果 ⁴⁾				
①	②	③	④	⑤	⑥	散布量 ³⁾ kg/ha					小 ← → 大				
401	800	801~1600	1601~3200	3201~5400	5401~						1	2	3	4	5
						150 (75, 225)					○				
						"					○○				
						"					○○	○			
						"					○○	○			
						"					○○	○			
						"					○○	○			
						"					○○	○			
						"					○○	○			
						200 (150, 250)					○				
						"					○○	○			
						"					○○	○			
						"					○○	○			
						"					○○	○			
						150 (75, 225)					○○	○			
						"					○○	○			
						"					○○	○			
						"					○○	○			
						"					○○	○			
						"					○○	○			
						150 (75, 225)					○○	○			
						"					○○	○			
						"					○○	○			
						"					○○	○			
						"					○○	○			
						125 (75, 150)					○○	○			
						"					○○	○			
						"					○○	○			
						"					○○	○			
						"					○○	○			
						75 (50, 100)					○○				
						125 (75, 150)					○○				
						"					○○				
						180 (120, 240)					○○				
						"					○○				
						"					○○				

注1) 土壌因子の調査は林野土壤調査方法書に従つて行なつた。
ササの生育状況を示す因子は1m
× 1mの枠内で調査した。

注2) 根元断面積合計値は

$$\left(\frac{\text{平均根元直径}}{2} \right)^2 \times \pi \text{m}^2 \text{当たり本数}$$

 で近似的に表わした。

注3) $NaClO_3$ 敷存量は各試験地域とも少量、標準量、多量の3段階が設けられた。標準量を中心に次のように表示した。

注4) ササ枯死率は枯死葉の葉面積比率(%)で調査されたが、判定基準が明確でなかつたために地域間で若干の変動がみられた。

(以下同様である。)

1-1-1 北見地域

試験地は、埴質なBD型土壌の林地に設定された。傾斜度が23°以上の急斜面での土壌母材は砂岩、また、22°以下のやや緩い斜面での母材は安山岩となつてゐる。前者では枯殺程度は比較的大きいが、後者ではやや小さい。これは母材ないし傾斜度のちがいもあるうが、主として土壌A層の構造や堅密度のちがいが関係しているように考えられる。

効果の良好であるところでは、土壌A層の構造は団粒状で堅密度は鬆、A層の深さは7～13cmと浅く、ササ地下茎分布深は10cm程度で、ササの高さもやや小さい。

効果のやや劣つたところでは、A層のPH値が高く、置換酸度の値がかなり低い、構造は粒状で堅密度が軟、A層の深さは16～23cmで、ササ地下茎分布深は13cm～20cmとやや深い。火入跡地では効果が劣つてゐる。

その他、AO層の厚さ、腐植や石疊含有量、土性、炭素含有量、ササの葉数や地上部重量地下部重量、などの因子と効果との関係については、明瞭な傾向がみられない。

1-1-2 蒲廣地域

花崗岩（一部熔結凝灰岩）を母材とするB1c～B1e型の、A層の深い（B1c型で25～35cm、B1d・B1eで65cm以上）土壌のところに試験地が設定された。ササの地下茎分布深は21～30cmとほとんどの場所でやや深目で、対下部重量もやや大きめであるためか、ここでは除草剤の散布量を200kg/haを標準としてとり試験を行なつてゐる。全体に枯殺程度は大きい。

効果の良好であつたところでは、A層の構造は团粒状で、PH値がやや低く、置換酸度が高目である。

効果の劣つたところは、火入跡地であり、A層の構造は粒状、PH値は6.5と高く、置換酸度の値が0.6ときわめて低い。ササの高さや地上部重量が特に小さい。

その他の土壌因子やササの生育状況と、枯殺効果との関係は明瞭でない。

1-1-3 旭川地域

試験地は安山岩及び砂岩・頁岩・粘板岩を母材とする埴質のBc～Bd型土壌の林地に設定された。A層の深さは9～19cm、ササの地下茎分布深は6～25cmであり深くないが、A層の構造は全体に粒状で軟の状態を呈し、全体の枯殺程度は大きくはない。

効果の良く現われたところでは、地下茎の深さも11cmより浅く分布しており、全体に高い値を示している置換酸度もさらに高い。

土壌型と効果との対応や、他の因子との関係については明らかな傾向はみられない。

1-1-4 札幌地域

石英安山岩を母材とするBc～Bd型の埴質な土壌の林地に試験地が設定された。全体にA層のPH値高く置換酸度が低く、枯殺程度は大きくない。

比較的効果の良く現われたところでは、A層の深さが16cm以下で浅目であり、構造は団粒状で鬆～軟の状態、PH値は6.0以下で、ササ地下茎分布深は10cmまでを示した。

効果の劣つたところでは、A層の深さは18～32cm、構造は主として粒状を呈し、PH値は6.1以上と高く、置換酸度も大部分1.0以下で低い。地下茎は10～22cmとやや深く分布する。

土壌型と効果との対応はつきりみられないが、Bc型土壌のところでも効果の劣る場合や、Bd型でも効果のやや良く出現する場合がみられる。その他因子との関係には、明らかな傾向はみられない。

1-1-5 秋田地域

低海拔の、凝灰岩を母材とするBD型土壌の林地に設定された。ここでは、土壌A層の深さは32～58cmと一様にかなり深い。構造は一様に団粒状で軟の状態を呈し、PH値は中位だが置換酸度は全体に高い値（大部分は2.4以上の値）を示す。ササの生育状況は、地下茎は10cm前後に分布し浅目で、密度が小さく、葉数や断面積合計値も小さめである。地上部重量や地下部重量も格別大きくはない。

散布量の標準が、125kg/haとやや少なめであつたこともあるが、枯殺程度は小さい。

ここはササ密度の小さいことに示されるようにササ以外の植生がかなり混在する。NaClO₃の効果が十分には現われず、ササの再生がかなりみられたが、これが混在する植生の被覆によるためかどうか不明で検討を要するところである。幼令造林地（スギ6年生）で以前からの下刈作業によりササの生育が抑えられ、他の植生が相当量混在してゐたところでは、ササの高さが小さく、地上部・地下部重量は小さいが、効果がかなりおちてゐる。また、上木に覆われササの高さや重量も普通程度であつたところでは効果がやや認められた。このようにササ以外の植生が多量に混在するところでは、効果の発現につき検討すべき点があるようと思われる。

1-1-6 長野地域

1,300m以上の高海拔地に設定された。ここでは土壌の堆積状態が崩積型であり、A層はあまり深くはないが、地下茎分布深が35～50cmと大きく、散布量が標準で180kg/ha

では枯殺程度が全体に小さい。

効果がやや認められたところでは、A層の構造は団粒状で粗鬆な状態を示し、PH値が低く置換酸度が高い。火入跡地も同様である。

効果の著しく劣つたところでは、A₀層の厚さが20cm以上もあり、A層の構造は粒状で軟の状態を呈し、ササの高さは大で極めて高密度で、地上部重・地下部重が大きい。土壤型がBE型のところも同様である。

1-1-7 総合検討

地域別にタマイザサの枯殺効果の変動と環境因子との関係をみたが、各地域ともほぼ同様な因子がとりあげられ、同様な傾向を示した。

地域のちがいや地形の差違による効果の変動は明らかではないが、本州の低海拔地でのタマイザサ群落で多少とも人手が加わり他の植生が相当混在していてササの重畠や高さなどの小さいところでは、NaClO₃の効果が十分に現われなかつた。この原因としては、植生によるササの被陰などが考えられるが、検討の余地が残されている。

土壤母材のちがいが効果に与える影響は大きいとは思われない。

上木の有無による効果の変動は一定の傾向がみられなかつたが、火入跡地では効果が劣るようである。

土壤型の差違と効果の変動との対応は、一定の傾向がみられなかつた。周知のように土壤型は気候地形のちがいに起因する微気象や水分環境の差違によって生ずる土壤の形態や性状のちがいをもとに分けられたもので、その差違は当然効果の変動にひびいてくるものと考えられる。しかし、同一の土壤型に位置づけられていても、出現した効果には大・小の差があり、以下に述べるようなさらに細かいレベルでの土壤条件の差違の検討によつてそれが説明されるものと考えられる。

土壤因子でまず注目されるのは、土壤の透水性と平行的関係にあるといわれる。A層の構造と堅密度の因子である。透水性・通気性の大きい土壤ではササの吸根も良く発達し粒剤散布の効果も大きいと考えられるが、団粒状で粗鬆な状態を示すところでは粒状で軟の状態のところより効果が良く出現した。

土壤の酸性度により、酸化力の強いNaClO₃の効果の変動することが考えられるが、一般にA層の置換酸度の値が高く、PH値の低い条件を示すところでは、効果は大きく出現している。

ササの根系の分布する土層の上を被覆するA₀層の存在は、粒剤散布の場合の効果出現に

はマイナス要因となることが考えられるが、厚さが数cm程度であれば影響はめだたず、極端に厚い場合に大きくひびいてくるようだ。

土壤A層の深さは、ササの地下茎の分布深を規制すると考えられるが、A層の深さのみでは十分な関係だけはできない。概略的にいえば、A層が浅い方が地下茎の分布深も浅く、効果の出現は良い。

土壤の堆積様式が崩積型を示し、土層の深部までササの地下茎が分布するところでは効果が、他の堆積型との関係は明らかでない。

その他、土性や石礫・腐植・炭素含有量と効果の変動との関係だけは明らかな傾向がみられない。

ササの生育状況を示す因子の中で、地下茎の分布深と効果の変動との関係については今まで重視されている。一般的には、分布深が浅い程、効果が大きく現われるようだが、この関係は連続的に変化していくものではなくて、概ね10cm程度の深さを境界として、それより浅い分布深では効果の劣ることがみられる。

ササの高さや重量などについても効果との関係が強いと考えられるが、ここでみられた結果では単純な関係ではなく、高さや葉数、断面積合計値、対上部・地下部重とも、一定の大きさ以下の範囲ではむしろそれらの値の大きい方が、枯殺効果が良好に出現するようである。

1-2 チシマザサ (表-3)

1-2-1 札幌地域

ほぼ平坦な、火山灰を母材とする砂質なBD型土壤の林地に設定された。ササの地下茎が分布するIA層は深さが13cm以下で全体に浅く、構造は一様に団粒状で軟の状態を呈し、全体の効果は良好である。

枯殺効果のやや劣つたところでは、PH値が高目で置換酸度の値がやや低く、地上部重が大きい。地下茎が20cmと深く、ササの高さもごく大きいところも同様である。

他の因子との関係については明らかでない。

1-2-2 秋田地域

火山灰を母材とする埴質なP_W(h)-Ⅲ型土壤をもつ、ほぼ平坦な林地に試験地が設定された。A₀層はいく分厚目で、A層の構造は団粒状、堅密度は堅～軟を呈する。全体にPH値はやや低く、置換酸度はやや高い。地下茎の分布深は10cm前後である。

ここでは、散布量の標準を12.5kg/haとやや少なめであつたこともあるが、枯殺程度は全体かなり小さい。

表-3 チシマザサの枯殺効果と種々の環境因子

要因	傾斜方位	傾斜度	基岩	土壌型
カテゴリ一 試験地域	①②③④ N E S W	①②③④ 23°~32° 10°~22° 0°~5°	①②③④ 安山岩 火山灰 凝灰岩 花崗岩 砂・頁・粘板	①②③④ Pvh-II BD BD(d) BC
札幌地域 ・恵庭	104	○	○	○
	105	○	○	○
	102	○	○	○
	103	○	○	○
秋田地域 ・十和田	121	○	○	○○
	114	○	○	○○
	119	○	○	○○
	120	○	○	○○
	117	○	○	○○
	115	○	○	○○
	118	○	○	○○
	116	○	○	○○
	113	○	○	○○
	112	○	○	○○
	111	○	○	○○
	110	○	○	○○
前橋地域 ・猪苗代	125	○○	○	○
	123	○○	○	○
	127	○○	○	○
	126	○○	○	○
	124	○○	○	○
	122	○○	○	○

要因	構造・堅密度	炭素含有量	PH	置換酸度	ササの葉数/ m^2
カテゴリ一 試験地域	①②③④⑤ 团粒-团粒-团粒-团粒-团粒	1.21~16.0% 8.1~12.0% 4.1~8.0% 2.1~4.0% 0~2.0%	1.1~2.0 2.0~5.5 4.6~5.0 5.6~6.0 6.1~7	1.2~2.0 2.0~3.0 3.0~4.0 4.0~5.0 5.0~6.0	3.21~ 3.21~ 8.1~16.0 4.1~8.0 2.1~4.0 1.1~2.0 ~1.0 ~1.0
札幌地域 ・惠庭	104 105 102 103	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○
秋田地域 ・十和田	121 114 119 120 117 115 118 116 113 112 111 110	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○
前橋地域 ・猪苗代	125 123 127 126 124 122	○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○ ○

ここでの土壤分析データからでは不明であるが、この原因は弱湿性ボドゾル土壤であることにあると考えられる。つまり、湿性ボドゾル土では土壤の透水性が不良で水分の停滞しやすい地形に出現することなどから、土壤の酸素欠乏状態を招き、土壤が還元状態になるとされている。この還元状態が、強い酸化力をもつ $NaClO_4$ の毒性低下につながることは想定されうる。

効果のやや認められたところは、火入跡地で、A層がやや浅く、堅密度は堅、水浸状態は適度で、地下部重が他より大きい。即ちササの生育状況はある程度よく、また土壤水分の状況も適当であつたと考えられる。

1-2-3 前橋地域

海拔1,300 m程度の安山岩を母材とするBD, BB型土壤の、ほど平坦な林地に設定された。こゝではチシマザサとチマキザサがほど半々に混生している。地下茎の深さが2.5 cm程度でかなり深く分析するが、ササの高さは3.0～5.0 cm程度で低い。全体にA層のPH値低く置換酸度の値が高い。ササの地上部重量はやゝ小さめだが地下部重量は大きい。全体に枯殺程度は小さい。

効果のかなり劣るところは、土壤が埴質なBB型で、A層は単粒状で堅密である。また置換酸度の値が他より低い。

その他の因子との関係については、明らかでない。

1-2-4 総合検討

チシマザサについても、クマイザサのところで検討したと同様の因子がとりあげられた。地域による差違としては、北海道では効果良好である結果が、本州では効果不良である結果が、それぞれ報告された。地域によつて林地の環境因子などには、明瞭な差違がみられたかつた。これらの結果が一般的なものであるかどうかは断定できない。

試験地が任意で選択された結果ではあるが、報告された海拔高と傾斜度のデータでは、クマイザサとチシマザサとで若干のちがいがあつた。チシマザサの場合は、やゝ高い海拔高と、傾斜度が殆ど0～5°で、最大でも10°程度の斜面側が報告された。クマイザサの場合には、海拔高は比較して低く、10°～22°程度の斜面の例が多く。かなりの急斜地のデータも報告された。

土壤母材としては、火山灰ないし安山岩の例だけであるが、データは不十分である。

土壤型の差違と効果との対応では、Pw(h)-III型の土壤で効果が著しく劣り、BB型土壤でも効果が劣つた。他の土壤型については、傾向が明らかでない。

また、湿性ボドゾル化土壤のところでは、火入跡地で効果が認められた。

土壤A層の深さは、1.0～3.0 cm程度の例が多く、全体に深くはない。地下茎分布深も同様に1.0～2.5 cmであるが概ね1.0 cm程度のものが多く、クマイザサより浅い分布を示す。Ao層やA層、地下茎分布深は、浅目である方が効果の出現は良い。

A層の土性が埴質に傾けば効果は劣るようである。また、A層の構造が团粒状で堅密な状態であれば効果が劣るようである。

PH値は全体に低く、置換酸度は高い値を示しているが、効果の認められるところでは、PH値はさらに低く、置換酸度はさらに高い値を示した。

ササの生育状況を示す因子では、葉数、高さ、断面積合計、地上部重、地下部重などの値の大きい方が効果出現は良い傾向を示す。

断面積合計値や、地上部重・地下部重の大きさについては、単位面積当たりではチシマザサもクマイザサも、大差ない。

1-3 ミヤコザサ (表-4.)

1-3-1 帯広地域

火山灰を母材とした、やゝ平坦なBD型土壤の林地に設定された。風積型の堆積を示し、IA層は6～11 cmと浅いが、地下茎は1.3～3.0 cmと深く分布する。構造は团粒状で粗鬆である。PH値は高く、置換酸度は低いが、散布量が200 kg/haを標準としてとられ、枯殺程度は大きい。

上木の多いところで、ササの高さが大きく地下茎分布深く、地上部重やゝ大であるところでは、効果が若干劣つた。

1-3-2 長野地域

高海拔(1,300 m～1,800 m)のところに設定された。Ao層はやゝ厚目で、A層の深さは2.0～3.0 cm程度。PH値は低く置換酸度は高い。ササの地下茎は2.0～4.0 cmとやゝ深目に分布する。枯殺程度は全体に高くはない。

効果の劣つたところでは、土壤型がPw(i)-III型で、上木うつ開度は9.5%と高く、PH値が低く置換酸度高く团粒状で粗鬆な状態を呈し地下茎の分布深は1.1 cmと浅い。

土壤がBⅡ型のところは、Ao層やゝ厚目で、A層は細粒状一軸、粒状一軸を示すが、あまり効果はおちていない。

表-4 ミヤコザサの枯殺効果と種々の環境因子

要因 カテゴリ 試験地域	傾斜方位				傾斜度				基岩				土壤型				上木林相・ ウツ閉度			
	①	②	③	④	①	②	③	④	①	②	③	④	①	②	③	④	①	②	③	
帯広地域 ○ 鋼 路	① N	○ E	○ S	○ W	① 0°	② 10°	③ 20°	④ 30°	① 花崗岩	② 砂・頁岩	③ 安山岩	④ 英斑岩	⑤ 火山灰	⑥ Pwi-II	⑦ BC	⑧ BB	⑨ BD(a)	⑩ BD	⑪ BD(d)	⑫ BC
長野地域 ○ 上 松	212	○				○			○				○							○
○ 訪 訪	211		○	○					○											○
○ 上 田	213	○				○			○											○
○ 日 田	210		○	○					○											○
	209	○		○					○											○
	207	○			○				○											○
大阪地域 ○ 福 山	217	○				○				○				○						○
	215	○				○			○					○						○
	214		○			○				○				○						○
	216	○				○				○				○						○
	218	○				○				○				○						○
	219	○				○				○				○						○

要因	構造・堅密度	炭素含有量	P H	置換度	酸度	7
カテゴリ	①②③④⑤ 团粒一堅	①②③④⑤ 团粒一軟	①②③④⑤ 团粒一軟	①②③④⑤ 团粒一軟	①②③④⑤ 团粒一軟	①②③④⑤ 3.21~
試験地域						
帯広地域	205 ○					
○ 鉄 路	201 ○					
	202 ○					
	206 ○					
	203 ○					
	204 ○					
長野地域	212 ○					
○ 上 松	211 ○					
○ 関 訪	213 ○					
○ 上 田	210 ○					
○ 日 田	209 ○					
	207 ○					
大阪地域	217 ○					
○ 福 山	215 ○					
	214 ○					
	216 ○					
	218 ○					
	219 ○					

要因	構造・堅密度	炭素含有量	P H	置換度	酸度	7	6	5	4	3	2	1	地上部重量
ササの葉数/m ²	1,601~3,200	8.01~1,600	4.9~6.4cm	~100	3.201~	6.401~	3,201~	3,201~3,200	1,601~3,200	8.01~1,600	4.9~6.4cm	~400	g/m ²
ササの高さ	~40cm	~8cm	~8cm	~100	~32cm	~32cm	~32cm	~32cm	~32cm	~32cm	~32cm	~32cm	~32cm
地下茎の深さ	2.01~2.40cm	1.61~2.00cm	1.61~2.00cm	~100	~9cm	~9cm	~9cm	~9cm	~9cm	~9cm	~9cm	~9cm	~9cm
根元断面積合計 mm ² /m ²	4.01~8.00	2.01~4.00	1.01~2.00	~100	~4.9~6.4cm	~4.9~6.4cm	~4.9~6.4cm	~4.9~6.4cm	~4.9~6.4cm	~4.9~6.4cm	~4.9~6.4cm	~4.9~6.4cm	~4.9~6.4cm

要因 カテゴリ	地下部重量 g/m ³	NaClO ₃ 散布量 Kg/ha	枯殺効果				
			①	②	③	④	⑤
試験地域			1	2	3	4	5
帯広地域	205	200 (150,250)	○				○
○釧路	201	“	○				○
	202	“	○				○
	203	“	○				○
	204	“	○				○
長野地域	212	180 (120,240)	○				
○上松	211	“	○				○
○諏訪	213	“	○				○
○上田	210	“	○				○
○白田	209	“	○				○
	207	“	○				○
大阪地域	217	130 (70,190)	○				
○福山	215	180 (90,270)	○				○
	214	“	○				○
	216	130 (70,190)	○				○
	218	“	○				○
	219	“	○				○

1-3-3 大阪地域

400～600 mの低海拔で中程度の傾斜地に設定された。土壤型はBD(d)で母材は硬砂岩(一部頁岩、花崗岩)。A層は12 cm程度で浅く、構造は團粒状-稜-粒状-軟、全体にPH値は低く置換酸度は高い。地下茎分布深は20～30 cmと一様に深目だが、標準散布量130 Kg/haでも枯殺程度は大きい。上木があつても、効果はおちていない。

1-3-4 総合検討

ミヤコザサの場合も、クマイザサとチシマザサのところで検討したと同様な因子が効果にひびいているものと考えられる。

地域や地形、土壤母材や土壤型の差違によるちがいは明瞭でない。

出現した土壤A層はやや浅めのものが多いが、地下茎の分布深は20～40 cmと一般に深い。A₀層はやや厚目のところが多い。

A層の構造は團粒状のものが多く出現したが、粒状のところでも効果は良い。A層の土性が埴質なところはやや劣る。

PH値は全体に低目であった。置換酸度の高いところでは効果良好である。

上木の多少との関係は明瞭ではない。

その他の環境因子やササの生育状況と、枯殺程度との間には、少ないデータの範囲からでは一定の傾向がみられない。

全体的に枯殺結果は、概ね良好である。

1-4 スズタケ(表-5)

1-4-1 東京地域

30°～35°の急斜地で、石英閃緑岩を母材とするやや砂質なBD型土壤の林地に設定された。ここはスギの壮年林下でうつ開度が90%以上。斜面上部と下部ではササの生育状況が多少異なる。A₀層はやや厚目だが、A層は深くなく、その他の条件もほぼ中庸で、効果は良い。

1-4-2 大阪地域(散布3ヶ月後のデータ)

海拔800～1,300 mの硬砂岩を母材とする。やや砂質なBD型、B_B型の30°～44°程度の急斜地に設定された。A₀層はやや厚目でA層の深さは中程度、構造は團粒状-軟。PH値は低く置換酸度は大きい。地下茎は27～57 cmと深部に分布し、地上部重地下部重はやや大きめで、標準散布量200 Kg/haでも全体に枯殺程度は低い。但し散布翌年の効果については未調査で不明である。

表-5 スズタケの枯殺効果と種々の環境因子

		試験地域				相・間・度					
カテゴリ		傾斜方位	傾斜度	基岩	土壌	模型	上木	林ウツ	間	度	
東京地域	401	○		○	○	○	○	○	○	○	
	402	○		○	○						
大阪地域	406	○		○	○	○	○	○	○	○	
	407		○	○	○	○	○	○	○	○	
	404		○	○	○	○	○	○	○	○	
	408	○		○	○	○	○	○	○	○	
	405	○		○	○	○	○	○	○	○	
	403	○		○	○	○	○	○	○	○	
■■本地域	415	○		○	○	○	○	○	○	○	
	410	○		○	○	○	○	○	○	○	
	409		○	○	○	○	○	○	○	○	
	412		○	○	○	○	○	○	○	○	
	411	○		○	○	○	○	○	○	○	
	413	○		○	○	○	○	○	○	○	
	414	○		○	○	○	○	○	○	○	

* 大阪地域の枯殺効果は、散布3ヶ月後の調査結果。

** 本地域の土壤調査因子は、試験地1409～1414までは、一つの代表値で示された。

試験地域 カテゴリ	PH	植株密度						ササの葉数/m ²	ササの高さ	地下茎の深さ
		①	②	③	④	⑤	⑥			
東京地域	401	○						○	201~240cm	8cm
・高 萩	402	○						○	○	○
大阪地域	406	○						○	○	○
・尾 鶯	407	○						○	○	○
404	○							○	○	○
408	○							○	○	○
405	○							○	○	○
403	○							○	○	○
熊本地域	415	○						○	○	○
・竹 田	410	○						○	○	○
409								○		○
412								○		○
411								○		○
413								○		○
414								○		○

根元断面積合計 mm ²	地上部重量 kg/m ²	地下部重量 kg/m ²	枯殺効果					NaClO ₃	散 布 量 kg/ha
			大 ← → 小	1	2	3	4		
6,401	3,201~6,400	1,601~3,200	○	○	○	○	○	150 (75,225)	○
6,401	3,201~6,400	1,601~3,200	○	○	○	○	○	''	○
6,401	3,201~6,400	1,601~3,200	○	○	○	○	○	200 (170,230)	○
6,401	3,201~6,400	1,601~3,200	○	○	○	○	○	''	○
6,401	3,201~6,400	1,601~3,200	○	○	○	○	○	''	○
6,401	3,201~6,400	1,601~3,200	○	○	○	○	○	''	○
6,401	3,201~6,400	1,601~3,200	○	○	○	○	○	''	○
6,401	3,201~6,400	1,601~3,200	○	○	○	○	○	180 (90,270)	○
6,401	3,201~6,400	1,601~3,200	○	○	○	○	○	''	○
6,401	3,201~6,400	1,601~3,200	○	○	○	○	○	''	○
6,401	3,201~6,400	1,601~3,200	○	○	○	○	○	''	○
6,401	3,201~6,400	1,601~3,200	○	○	○	○	○	''	○
6,401	3,201~6,400	1,601~3,200	○	○	○	○	○	''	○

効果のさらに劣つたところは、上木の多いところや、BB型土壤で構造が細粒状で堅密なA層を示すところである。

1-4-3 熊本地域

1,000m前後の海拔高の、30°～45°の急斜面に設定された。火山灰を母材とし、Bj(d)型土壤で、Ao層の厚さは5cm程度、A層の深さは12～20cm程度で深くない。地下茎分布深は20～35cmと深目で、ササの生育状況は葉数が多く高さが低いほかは、ほぼ中程度の大きさを示す。

効果の劣つたところは、上木うつ閉度高く、砂岩・粘板岩を母材としたBb型土壤で、A層はやゝ深く、構造は粒状一軸。ササの高さが2m以上と大きく、地上部重が大きい。

古い火入跡地では効果はおちない。

1-5 まとめ

クマイザサの項で主として検討を加えたように、数種の因子が、種類・地域をとわず同様にとりあげられた。

その中でとくに傾向の明瞭につかまえられたのは、土壤A層の構造一堅密度と、PH値-置換酸度の値であつた。

枯殺効果の程度によつて、前者の因子に順位をつければ次のように考えられる。

- ① 団粒-堅 > ② 粒状-堅 ≧ ③ 団粒-軟 ④ 粒状-軟 > ⑤ 細粒-軟 ≧
⑥ 団粒-堅 > ⑦ 細粒-堅 > ⑧ 単粒-堅

また、PH値と置換酸度については、PH値が低いほど効果が良く出現する傾向と、置換酸度の相対的な高・低のちがいとによつて、全体の効果の変動にむすびついていくようにみえる。

なお、こゝで得えたデータからは、ササの種類によつて出現する土壤のPH値にはやゝ傾向的なちがいがみられそうである。

土壤型と効果の変動に関しては、湿性ボドゾル化土壤、Bb型土壤など、やゝ極端なタイプの土壤では明らかに効果の低下がみられるが、その他の一般的土壤タイプについての関係は単純でなく、さらに細かいレベルでの検討が必要である。

地下茎の主として分布するA層の深さや地下茎分布深については、浅い方が効果の出現は良いが、これも単純な関係ではない。

また、これらについてはさらに、ササの種類によつて特性がありそうで、クマイザサは浅～深のA層の土壤に、中位～深部に分布する。チシマザサは中位の深さのA層をもつ土壤に、

比較的浅く分布し、ミヤコザサは浅いA層の土壤に、比較的深く分布する、スズタケは中位の深さのA層の土壤に、比較的深く分布するようである。これらのこととがまた、除草剤の効果にひびいて現われてくることは十分想定される。

直接に枯殺効果とはむすびつかないが、ササの根元断面横合計と現存量とが、かなり高い相関を示していることが観察された。(図2～4)

ササの種類によつて大きなかがいはないようみえるが、今後の資料の集積により、ササの現存量の多少によつて散布量の補正を考えるときなどは、この関係は使えそうである。

2. 今後の問題点

除草剤の枯殺効果に影響を与えると考えられる種々の環境因子について検討を加えたが、これにより一定の合理的な使用方法が確立されたわけではなく、2,3注目される因子がとり出されたにすぎない。

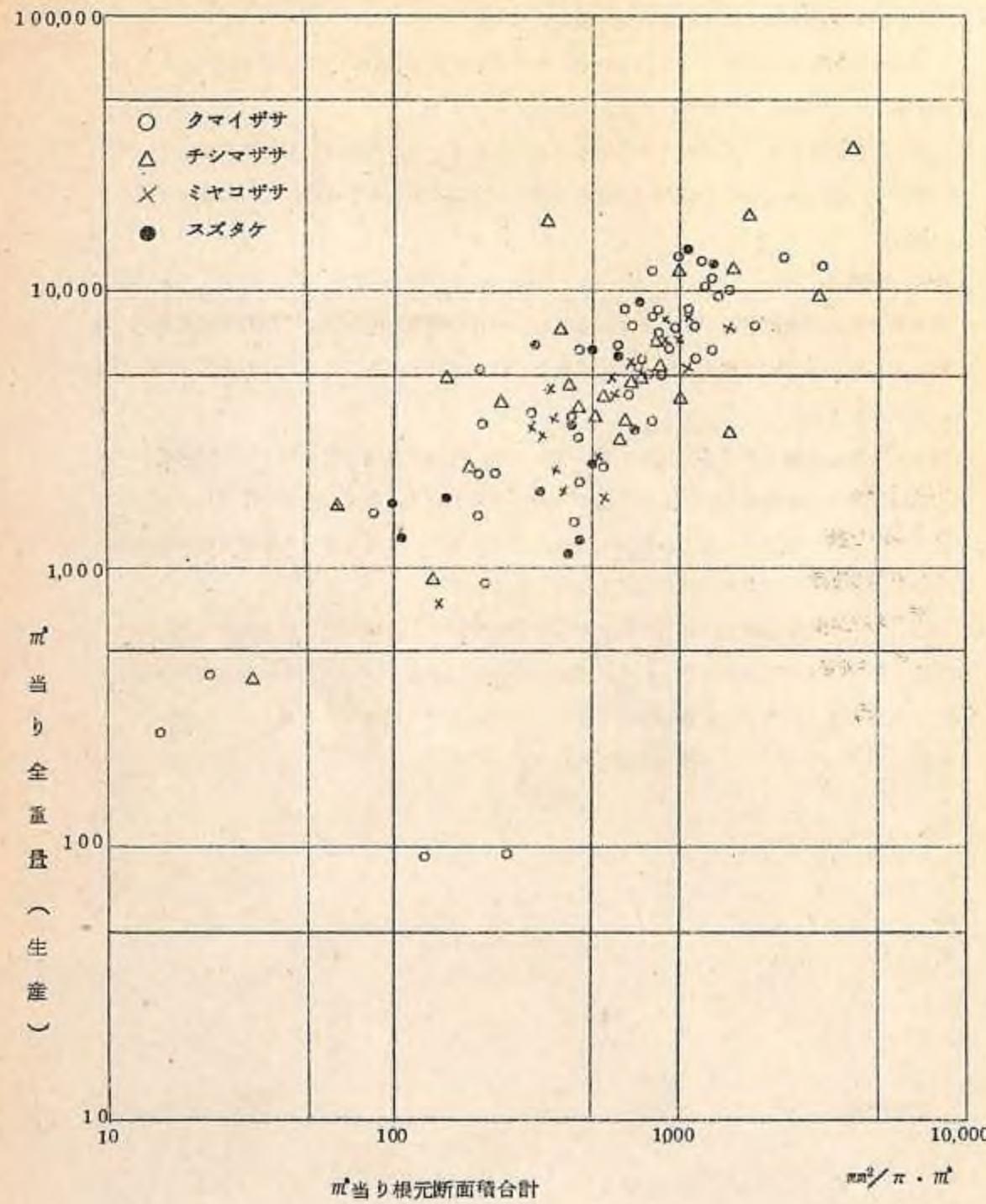
林地の利用が今後さらに多面化していくなかでは、今回の試験で行なつたように施薬レベルでも基礎データを単位ごとに一定様式のカードに残して行き、今後の除草剤使用においてチェックすべき要因を摘出することが重要である。そのうえに、これらデータの総合化・定量化を行なつて、合理的な使用方法の確立に役立つことになる。

今回はデータ数が少なく、数量化法などの統計的手法による検討ができなかつたが、種々の環境因子のデータを範ちゅう化したり、効果の変動に関与する度合の大きいと思われる因子を検討したことなど、今後この課題解決への一つの方向づけを行なつたと考える。

今後のこの方面のデータの集積が望まれるところである。

gr/m²

図-2. 4種のササの根元断面積合計と全重量



gr/m²

図-3. 4種のササの根元断面積合計と地下部重量

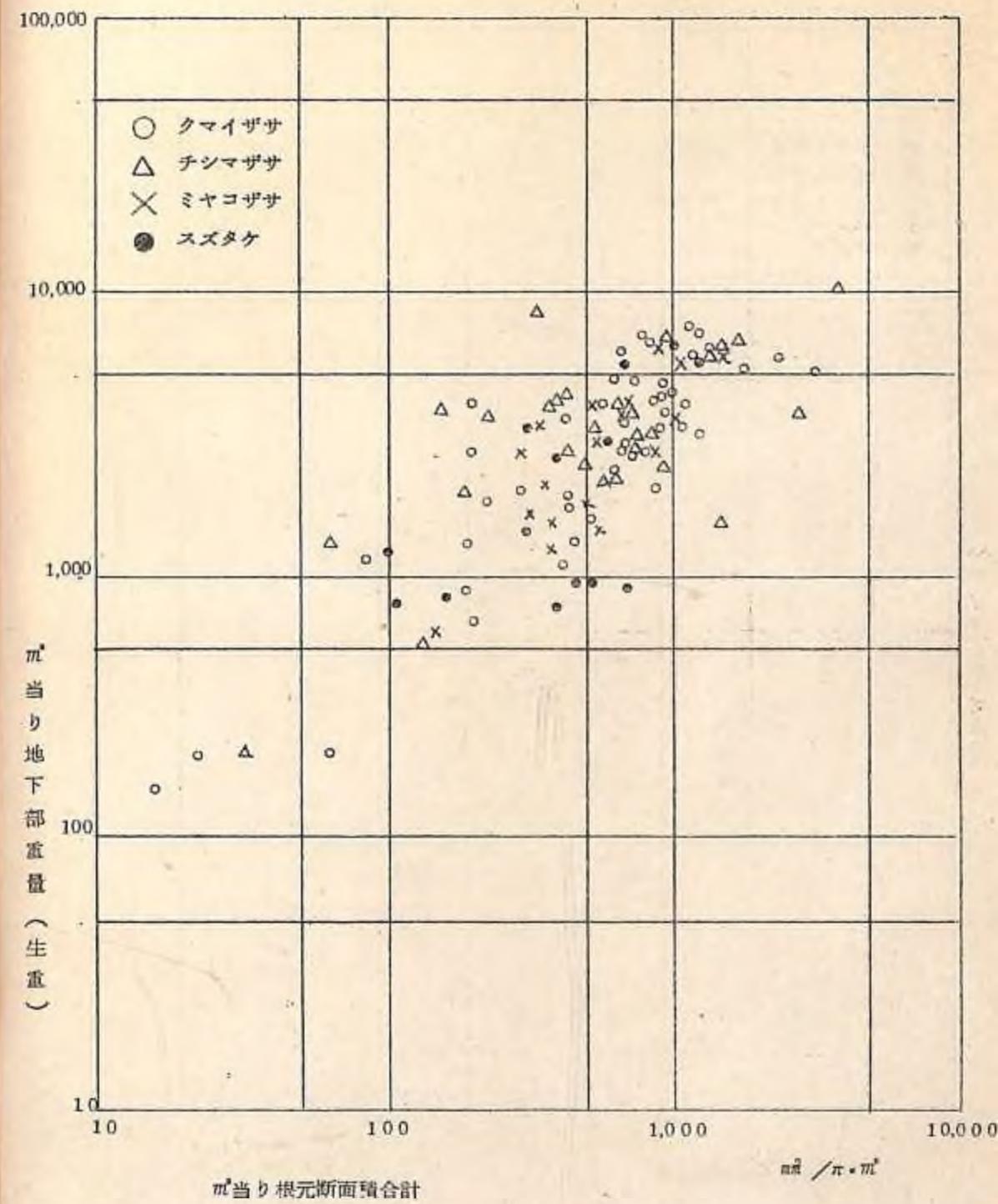
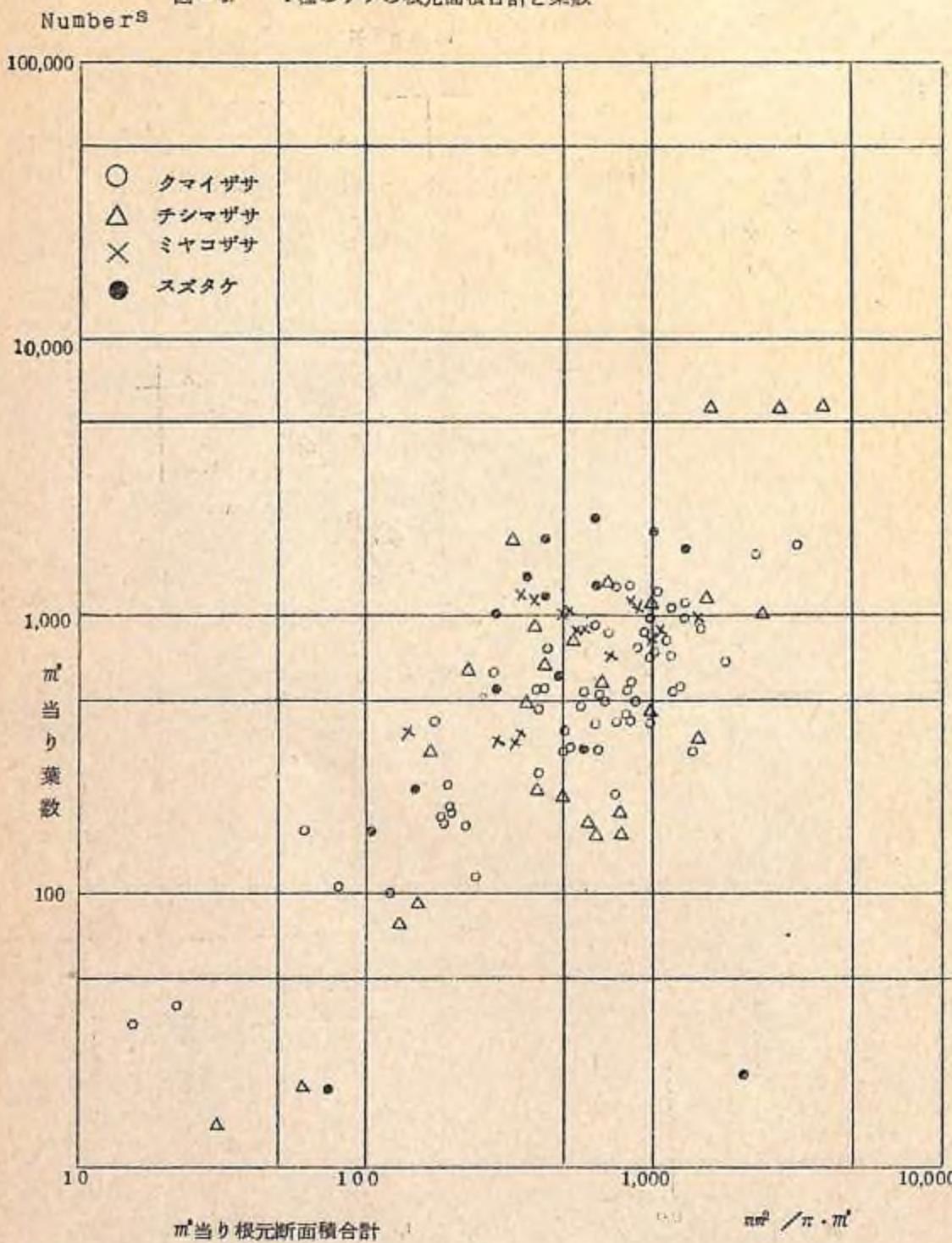


図-4. 4種のササの根元面積合計と葉数



国有林における採種園の害虫防除

I 試験担当者

保護部昆虫科昆虫第一研究室長	山田房男
同室員	小林一三
"	山崎三郎
"	西野トシ子
北海道支場保護部昆虫研究室長	山口博昭
" 保護部長	余語昌資
" 昆虫研究室員	平佐忠雄
関西支場保護部昆虫研究室長	小林富士雄
同室員	細田隆治
九州支場保護部昆虫研究室員	倉永善太郎
"	上野寿美子
木曾分場保護研究室員	小沢孝弘
浅川実験林天敵微生物研究室長	片桐一正
同室員	岩田善三
"	串田保
"	石塚秀樹
"	福泉ヤス

II 試験目的

林木育種事業の進展に伴い、各地で採種園が造成され、優良林木種子の生産が期待されつつあるが、その過程において虫害が著しく、とくに針葉樹における新梢、球果、種子の被害は各地で問題にされている。本試験は、種子生産上問題になる主要害虫について、その種類および生態を明らかにするとともに、効果的な防除法を確立することを目的にしている。

III 試験の経過と得られた成果

1. アカマツ、クロマツの害虫

アカマツ、クロマツの害虫については、本場、関西支場、九州支場、木曾分場、浅川実験林において、試験および調査が行われた。

1-1 害虫の種類

マツ類の採種園の害虫は、アカマツやクロマツの幼齢造林地における害虫と共通している場合が多いので、本試験における種類の検索は、採種園のはか、幼齢造林地においても行われた。

3年間に見出された害虫は、第1表に示されている。

第1表 まつのしんくいむし類

科名	種名
メイガ科 Pyralidae	マツノシンマダラメイガ <i>Dioryctria splendidella</i>
	マツマダラメイガ <i>D. abietella</i>
	マツアカマダラメイガ <i>Salebria laruata</i>
ハマキガ科 Tortricidae	マツヅアカシンムシ <i>Evetria cristata</i>
	マツトビマダラシンムシ <i>Gravitarmata retifarana</i>
	マツヅマアカシンムシ <i>Rhyacionia duplana simulata</i>
	マツアカシンムシ <i>Rh. dativa</i>
	ほかにマツノメムシもマツ類の球果を害することがある。

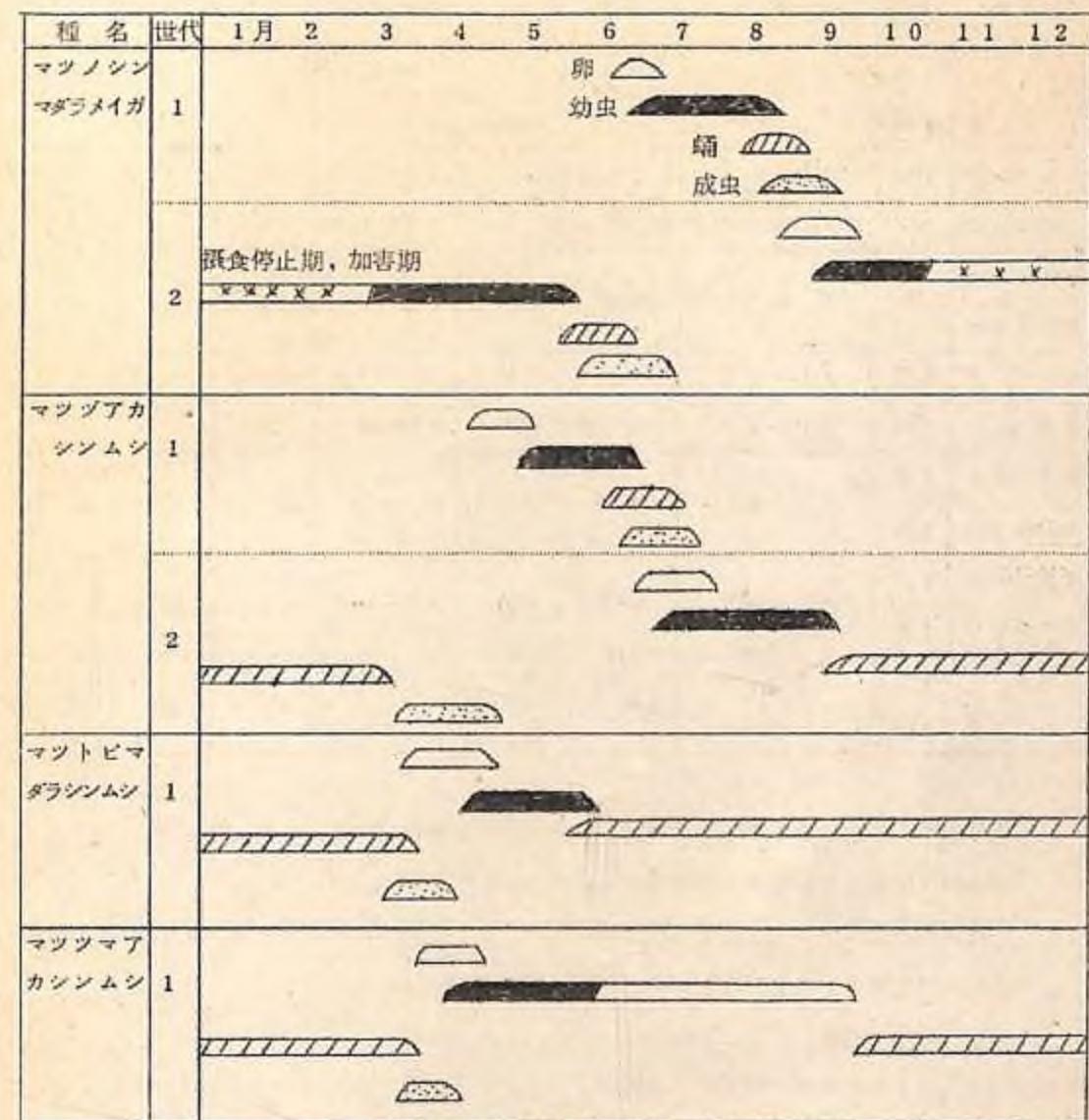
第1表に示されている害虫は、すべて、小蛾類であるが、採種園においては、球果に大害を与えるマツノシンマダラメイガ、マツヅアカシンムシ、マツトビマダラシンムシ等が注目される種類である。しかし、新梢や新芽に対する加害も、採種木の生育上、必ずしも軽視できない。

なお、マツトビマダラシンムシは、従来限られた地域だけで発見されていたが、本試験においては関東地域等においても分布している上に、球果および新梢に大きな被害を与えることが判明した。本試験において新たに分布が直接確認された例としては、マツノシンマダラメイガ—東京都、マツアカマダラメイガ—千葉県、マツヅアカシンムシ—東京都、千葉県、埼玉県、マツトビマダラシンムシ—東京都、千葉県、マツヅマアカシンムシ—東京都、埼玉県、マツアカシンムシ—千葉県等がある。そのほか、種名不詳なものも数種が見出されている。

小蛾類以外の害虫としては、マツバノタマバエ、マツノオオアブラムシ等が見られたが、採種園における被害としては、それほど問題にすることはないと考えられる。

1-2 主な害虫の過程習性

比較的大きな被害をひきおこすと考えられ4種について、関東地方における周年経過を



第1図 まつのしんくいむし類4種の周年経過(関東地方)

示したものが、第1図である。これは地域により、また年により、多少時期のズレがみられる。成虫の発生期を知ることは、後に述べるように、薬剤防除の場合の必要な事項である。次に同じく関東地方で調べられた数種について、経過習性の比較をしたもののが第2表である。これによつて、被害或いは発育経過から、加害種の大凡の見当をつけることが出来る。なお、

第2表 経過習性一覧表(関東地方)

種類	発生回数	幼虫期	加害部位	蛹化時期	蛹化場所	越冬態	越冬場所
マツマダラ メイガ	1年 1回	?	(スギ球果) 球果?	?	地上?	幼虫?	地上?
マツノシン マダラメイガ	1年 2回	6月中旬～ 8月中旬 8下～翌5下	新芽、新梢、球果 秋は当年枝梢、春 は前年枝梢	8上～8下 5下～6中	加害部 加害部	幼虫	加害部
マツアカマ ダラメイガ	?	?～5下	新梢、球果	6上～中	加害部	?	?
マツヅアカ シンムシ	1年 2回	5上～6下 7上～9中	新梢、球果 当年梢、球果	6中～7上 9中～下	加害部 加害部	蛹	加害部
マツトビマ グラシムシ	1年 1回	5上～6上	新梢、球果	6上～中	地上	蛹	地上
マツツマア カシンムシ	1年 1回	4下～9下	新芽、新梢	9下～10中	加害部	蛹	加害部
アツアカ シンムシ	1年 2回	4下～6上 ?	新梢 当年梢	6上～中 ?	加害部	蛹	加害部

種類毎の形態上のちがいについては、他の報告(森林防疫 Vol. 18, No. 3 その他)に記されているので、ここでは省略する。

今回の調査によつて、第2表に示されているように、マツノシンマダラメイガが関東地方においても1年に2回発生することが、野外で確認された。

1-3 球果の被害

アカマツやクロマツの球果の虫害は、マツノシンマダラメイガ、マツヅアカシンムシ、マツツマアカマダラメイガ、マツトビマグラシムシによつてもたらされる場合が多いが、とくに前二者による被害の頻度が高い。一つの球果がうける虫害の程度は、枯れてしまうものから、ごく僅かの食害のみにとどまり、実質的な被害のないものまでのいろいろな段階がある。しかし、2年生球果でも7月中旬までに、これら小蛾類幼虫の穿入をうけた場合に、枯れことが多いようである。枯死しない程度の球果では、その完熟期に、食害をうけていない種鱗の数に応じた割合で、正常な種子が残ることになる。しかし、球果の一部

のみが食害をうけたにすぎない場合でも、ヤニの浸出によつて食害部の周辺又はその先の部分の鱗片が、完熟乾燥後においても開くことなく、種子の採取率が著しく低下することは屢々みられる。

第3表には、関西支場において行つた落球果および樹上の異常球果の調査を掲げた。

落球果や異常球果は虫害に起因するものが多く、この場合の加害虫としては、2年生球

第3表 月別落球果調査結果(1969年5月～10月、関西林木育種場内)

樹種	当初球果数	原因	5月	6	7	8	9	10	計(%)
			2年生	219	虫害	2	1	1	
クロマツ (4本)	2年生	不明			1				1 (0.5)
		虫害			1		3	35	39 (15.8)
	1年生	虫害			1		3	35	39 (15.8)
		不明	3	1			2		6 (2.4)

注) 10月には樹上の異常球果をすべて調査した。

9月までは落球果のみを調査した。

果ではマツノシンマダラメイガ、マツヅアカシンムシが多く、1年生球果ではマダラメイガ亞科の1種がみられた。

1-4 薬剤防除試験

「まつのしんくいむし」と呼ばれているマツ類の球果や新梢に穿入加害する小蛾類には、従来、適確な防除法がなく、林業における防除困難な害虫類の一つとされていた。本試験研究においては、対象昆虫の生態調査を行つた上で、有効と考えられる殺虫剤の適用試験

第4表 2年生球果の無被害率(1968年4月20日～10月7日)

処理別	クロマツ	アカマツ
D D T 0.05%乳剤	88.1%	96.8%
スミチオン0.05%乳剤	86.0	93.0
無処理	27.3	43.2

注) 5～9月 毎月散布

関西林木育種における試験

第5表 薬剤散布後の球果の被害率(1968年, 関東林木育種場内試験)

区	DDT 2.0%乳剤 100倍液	バイジット 5.0%乳剤 500倍液	エカチン 2.0%乳液 500倍液	無処理
区1 アカマツ	2.9	3.4	10.4	12.2
区2 "	2.1	1.7	9.0	24.0
区3 クロマツ	0.0	7.1	6.4	25.5
区4 "	3.1	6.4	19.7	20.3

注) 7月16日散布, 8月21日調査

散布量は薬液が、葉からしたたりおちる程度とし、なるべく球果に散布した。

第6表 マツ球果に対する薬剤処理(1969)

処理区	春期散布(5月)		夏期散布(7月)	
	散布前	散布後(7月)	散布前(7月)	散布後(8月)
DDT 2.0%乳剤 100倍液	1.9	0.3	0.7	7.6
バイジット 5.0%乳剤 500倍液	3.6	0.6	0	3.5
スミチオン 5.0%乳剤 500倍液	0	0	0.6	4.9
無処理	4.3	6.3	1.8	29.6

注) 水戸市, 関東林木育種場構内における試験 1区4本4回くりかえし処理

散布日, 5月2日(春期), 7月3日(夏期)

夏散布後に被害球果を全て採取し, 調査した。

数字は1本当りの被害球果数

第7表 春期の薬剤散布結果(新梢被害) 1969

	回目	1(例)	2	3	4	計
DDT	1	17本 (1.89)	31本 (3.44)	21本 (2.30)	35本 (3.89)	104本 (2.89)
	2	9 (1.00)	9 (1.00)	2 (0.22)	16 (1.78)	36 (1.00)
バイジット	1	28 (3.11)	60 (6.67)	18 (2.00)	20 (2.22)	123 (3.50)
	2	28 (3.11)	29 (3.22)	19 (2.11)	7 (0.78)	83 (2.31)
スミチオン	1	20 (2.22)	24 (2.67)	46 (5.11)	29 (3.22)	119 (3.30)
	2	10 (1.11)	17 (1.89)	18 (2.00)	4 (0.44)	49 (1.36)
無散布	1	130 (14.44)	188 (20.89)	130 (14.44)	103 (11.44)	551 (15.31)
	2	268 (29.78)	334 (37.11)	267 (29.67)	249 (27.67)	1118 (31.06)

注) 1回目散布4.22, 5.9効果判定 2回目散布5.9, 6.4効果判定

()は調査木1本当りの平均被害新梢数

DDT 2.0%乳剤100倍液, バイジット 5.0%乳剤500倍液, スミチオン 5.0%乳剤500倍液。

をくりかえした結果, 第4表~第7表に代表されるような防除効果をあげることが出来た。

しかし, 最近, DDTなどの有機塩素系殺虫剤の使用が, 種々の面から問題にされるようになつてきているので, 当面の防除薬剤はスミチオン等の低毒性有機磷殺虫剤がとりあげられることになると考えられる。スミチオンやバイジットの乳剤使用によれば, 第7表にみられるように, 新梢被害を1回散布で約5分の1, 2回散布で10分の1以下におさえることができた例もある。

1-5 天敵昆虫

九州支場においては, まつのしんくいむし類の天敵寄生蜂を調査し, また, 2種類の寄生蜂の移殖試験を行つた。第8表は九州支場で調査された天敵寄生蜂のリストである。

第8表 天敵の種類と寄主

parasite	Host			
	D.s	E.o	R.d	G.r
HYMENOPTERA				
Ichneumonidae				
Apistehialtes sp.	○			
Eriborus sp.				
Itoplectis alternans spectabilis Matsumura	○	○	○	
" cristatae Momoi	○	○	○	?
Lissonota sapinea H. Townes, Momoi & M. Townes	○	○	○	
Pimpla disparis Viereck	○			
Scambus sp.				
Braconidae				
Apanteles sp.	○	○	○	○
Bracon sp.	○	○	○	
Macrocentrus gibber Eady & Clark	○	○	○	
Microgaster sp.	○			
不明種	○			
Eurytomidae				
Eurytoma sp.				?
Pteromalidae				
Pteromalus sp.	○	○		
Trichogrammatidae				
Trichogramma sp.				
Eulophidae				
Pediobius sp.	○	○	○	?
Elasmidae				
Elasmus issikii Yasumatsu et Kuranaga	○	○	○	?
Bethylidae				
Goniozus sp.	○	○		
DIPTERA				
Tachinidae				
Actia nudibasis Stein	○			

- D.s --- *Dioryctria splendidella* Herrich-Schäffer
マツノシンマダラメイガ
E.c --- *Evetria cristata* Walsingham
マツヅアカシンムシ
R.d --- *Rhacyonnia duplana* simula Heinrich
マツヅマアカシンムシ
G.r --- *Gravitarmata retiferana* Wocke
マツトビマダラシンムシ

なお、第2図は、寄生蜂移植試験の1例である。これによると、移植後の被害種調査では、天敵出現の都合が次第に高くなっていることがわかる。これは、今後検討されるべき天敵利用の一つの可能性を示しているといえよう。

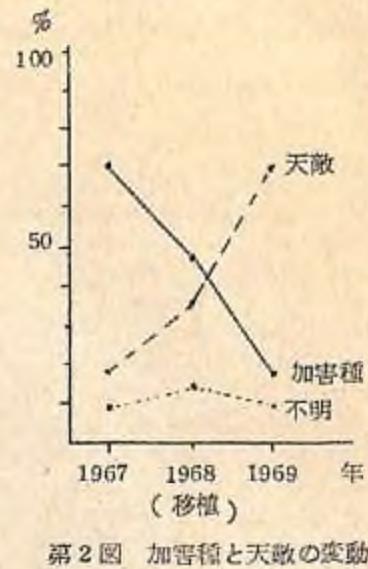
1-6 天敵微生物

千葉県下、神奈川県下等から採集したマツノシンマダラメイガおよびマツヅアカシンムシについて浅川実験林天敵微生物研究室において病原微生物の検索が行われてきた。その結果、細菌によると思われる軟化病、糸状菌によると思われる硬化病、或いはフザリウム菌やアスペギルス菌などが検索されている。

これらのうち数種の病原微生物について、接種試験を行い、まつのしんくいむし類或はその他の昆虫に対する病原性を比較検討中である。

1-7 その他

以上のはか、クローン別被害調査、両樹種間の被害のちがい、人工飼料による飼育、液剤の散量散布による殺虫試験、マツノシンマダラメイガ越冬幼虫の調査、マツノメムシの生態等の試験および調査が行われた。



第2図 加害種と天敵の変動

年月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
第1年					++ (○○○)							
第2年	***	***	***	***	***							

注) +成虫 ○卵 -幼虫 •蛹 ()は未確認

第3図 マツノメムシの周年経過(長野県大町市、標高800m幼齢造林地)

2. スギの害虫

スギの害虫については、本場、関西支場、木曾分場において、試験および調査が行われた。

2-1 害虫の種類

従来、スギ球果の害虫としてはスギカサガが知られており、数年前からウスアカチビナミシャクも球果に加害することが判つていた。また、スギメムシガは新梢に加害し、時には球果にも加害するといわれていた。今回の調査では、スギメムシガがスギ球果の害虫として、思いのほか大きい被害を与えていたことが判明した。とくに、関東地方や長野県下では、スギメムシガによる被害が軽視できないようである。なお、本場における調査では

第9表 スギ球果の害虫

科名	種名
ハマキガ科	スギカサガ
Tortricidae	Grapholitha cryptomeriae
シャクガ科	ウスアカチビナミシャク
Geometridae	Eupithecia rufescens
スガ科	スギメムシガ
Hyonomaitidae	Argyresthia anthocephala

チヤバネアオカメムシもスギの種子に害を与えることが判明した。スギ種子の害虫にはスギノミオナガコバチ(スギタネバチ)が知られているが、種子の害虫は、ここでは一応対象外とした。

2-2 球果の被害

1970年11月上旬の浅川実験林における調査では、スギ球果の害虫による被害球果としては、スギメムシガによるもの18.6%，スギカサガによるもの15.1%，ウスアカチビナミシヤクによるもの0.8%であつた。スギメムシガは1年に3世代をくりかえすと考えられるので、加害の程度或いは相位は時期によつて異なる。一般に、スギ球果に対するスギメムシガの加害は、第10表に掲げたような型に分けられる。

第10表 スギ球果に対するスギメムシガの加害型

I-1	9月頃から成熟球果の基部に侵入し、そこで越冬し、春に柄を食害し、基部の種鱗内で蛹化する。
I-2	3~4月に雌花芽の表面だけを残して内部を食害し、そこで蛹化する。
II-1	5~6月に発育中の球果に入つて食害し、老熟後、脱出する。球果は枯死、萎縮する。
II-2	上と同様であるが、球果の一部の鱗片は正常であり、他が異常となる。
II-3	5~6月に若齢幼虫が加害した場合、何らかの原因で幼虫がいなくなるもの。球果は小型となるが生育する。

中国地方においては、スギカサガおよびウスアカチビナミシヤクによる被害が多く、大型球果にはスギカサガが主として加害し、小型球果にはウスアカチビナミシヤクが主として加害しているという傾向が見られた。第11表には関西支場の調査結果が示されている。

第11表 スギ球果の被害調査(1970)

区分	健全球果(個)	虫害球果(個)	計
関西支場・大型球果	152 (72.7%)	57 (27.3%)	209
同上山陰支場・大型球果	344 (88.0%)	47 (12.0%)	391
小型球果	236 (64.3%)	131 (35.7%)	367

3. トドマツの害虫

北海道にはトドマツ採種園が28カ所、186haがあつて、植栽は1960年(昭和35年)以降に多く行われている。したがつて着果の量は、未だ少い。トドマツ球果害虫に関する調査は北海道支場が担当したが、上記のような理由から、調査は採種園のみに限らず、人工林および天然林から得られた試料をも供試した。

3-1 被害

北海道支場育種研究室の調査資料によると、トドマツ球果被害は、(a)雌花芽時代の鳥害や霜害によつて開花できないもの、(b)開花した後何らかの原因で萎縮するもの、(c)幼球果の発達過程で虫害をうけるもの、の3グループに大別され、(c)に属するものが40%ぐらい存在したといふ。

虫害としては大部分が受精後の被害と考えられる。1967年、野幌国有林25年生人工林において、2本の個体の調査結果が第12表に示されている。第12表の被害はほとんど全部が虫害によるもので、着果は上方ほど多いが、被害率ではほとんど差がない。

第12表 枝階別トドマツ球果着生数と被害(1967)

着生枝	全球果数	被害球果数	被害率
I-III枝階 (上)	276	130	47%
IV-VI枝階 (中)	133	60	46
VII枝階 (下)	35	19	54
total	444	209	47

なお、トドマツの結実周期は一般に3~4年ごとに豊作があり、豊作の次の年は必ず凶作年になるといわれている。また、前記育種研究室の調査では、虫害を主とした被害率は凶作年に高い傾向を示している。

3-2 球果の発達過程と被害型

球果の大きさは一般に老齡林のものが大きい。成熟球果の大きいものは長径80mmをこえるが、55mm以上は正常な球果といい得る。球果に含まれる種子数は、必ずしも球果の大きさに比例するものではなく、本試験における調査では最高400、平均200~300粒であつた。

虫害をうけてもなお健全種子はある程度残ることは屢々あるが、その率はさまざま、概してハマキガ類やシヤクガ類による加害は主軸にそつてなされるので、種子全部が被害をうけやすく、ハナバエ類やタマバエ類による被害球果には健全種子が比較的多く残る。第13表には、球果の発達過程と被害型が整理されて示されている。

第13表 トドマツ球果の発達過程と被害型

月	発達過程	球果の大きさ (長×径)	被害型	原因
前年 7~10月	花芽分化 発達期		花芽のまま 生長止る	不明
4月		6~7×4~5 mm	開花直後褐変	不明
5月	開花受粉期 生长期	14×7 30×13 40×20 50×20以上		ハマキによる花粉食害あるも影響ほとんどなし }ハマキ幼虫による外部食害 ハナバエ幼虫などによる。 マツトビマダラシンムシ、シャクガ等頭著。
9月	成熟期		幼虫脱出孔 (種子にも被害)	シャクガ幼虫等 タマバエ、オナガコバチ

3-3 害虫の種類と参考事項

第14表には、本試験において探索された害虫の種類と、試験調査の上で観察された事項の摘要を掲げた。なお、ここでは便宜上、種子の害虫をもつけ加えた。これらの中で比較的重要と思われたのはマツトビマダラシンムシ、フトオビナミシヤク、ハナバエ科の類等と考えられるが、地域によりその被害の程度はかなり異なる。

第14表 トドマツ球果害虫

加害種	事項
マツアトキハマキ <i>Archippus piceanus</i>	針葉樹類の葉を食害するが、5~6月球果を外部から食害する。 被害され。
コスジオビハマキ <i>Choristoneura coniferana</i>	5~6月球果を外部から食害することあり。また新芽、雌花も食害。 幼虫は頭、背板黒褐色、胸部淡黄褐色であるが、硬皮板黒く目立つ。
エゾマツカサガ <i>Pseudotomoides strobilla</i>	エゾマツ球果害虫として、ところによつては100%近い被害を与えた記録がある。 トドマツにはされ?
マツトビマダラシンムシ <i>Gravitarmata retiferana</i>	今回の調査ではもつとも多く、重要種と考えられる。

加害種	事項
エゾマツシロオビカサガ <i>Petrova monopunctata</i>	最近成虫記載あるのみ。 被害はされ。幼虫、生活史等不明。
トドマツコシンクイガ <i>Lasperisia kamijo</i>	最近成虫記載あるのみで、幼虫形態、生活史等不明。被害され。
ハマキガの一種	幼虫: 体長10 mm内外。頭茶、單眼部後方に黒斑あり。背側淡黒透明、体乳白色。 新梢部にも穿孔。重要種と思われる。
マツマダラメイガ <i>Dioryctria abietella</i>	今回の調査では発見されず。生活史にかなりの巾があり、大部分幼虫態にて土中越冬と思われる。
フトオビナミシヤク <i>Eupithecia gigantea</i>	7月すきに加害
オオクロテンカバナミシヤク <i>E. strobilata debrunneata</i>	今回は発見されず。
Earomyia sp.	クロツヤバエ科。北米でfir seed maggotと呼ばれる。 幼虫は白色、12節よりなるウジ。頭部に2コの大きいカギ、後端にキチン質の肛門突起がある。
Lasionoma abietis	ハナバエ科。北米でlarger white cone maggotと呼ばれ、幼虫は8 mm以下、13節よりなるウジ。 頭部に2コのカギあり。被害多し。
Lasionoma sp.	被害多し。新種。前者と幼虫の区別はできない。
タマバエの一種	種子に食入る。 幼虫: 5 mm。ピンク色円柱形先方細長く、第1節にY字形節片あり。尾端にキチン化した2本の突起を有し、尾端前の節に2コの小肉質トゲあり。 出現頻度高し。
トドマツミオナガコバチ <i>Megastigmus borriesi</i>	今回の調査ではされ。

生活史については未だ不明なものが多いが、一般的にはこれらの球果害虫には、その羽化期、産卵期がトドマツの開花受粉期の頃にあたり、また、土中越冬のものが多いようである。これらの点を考えると、直接薬剤を使用して防除する場合には、羽化期直前の林床処理等の方法も適用できるかも知れない。

4. その他の害虫

カラマツの球果害虫については、昭和42年度国有林野事業特別会計林業試験成績報告書（昭和43年6月）において、詳しく報告されており、今回の試験では、木曾分場において、既知種についての生態上の補足的調査を行つたが、特記すべき現象は得られていない。但し、カラマツ採種園においては、球果のみに加害するカラマツタネバエのほかに、食葉性害虫のカラマツヒメハマキ、カラマツツツミノガ、カラマツマダラメイガ、吸収性害虫のカラマツハダニ等を害虫として検索している。

同じく木曾分場では、球果以外の部分の害虫として、ヒノキ採種園でウリハムシモドキ（葉）、スギドクガ（葉）、アカマツ採種園でマツノメムシ（芽、葉）、アカマツハマキ（葉）、マツバノタマバエ（葉）、マツツアカシンムシ（新梢）、マツオオアブラムシ（新梢、小枝）、マツノシンマダラメイガ（新梢）、スギメムシガ（芽）等を検索しているが、採種園においても、夫々の樹種の害虫による被害が起ることは当然考えられることであるので、ここでは、球果以外の害虫についての詳しい試験調査については、これを省略する。

IV 成果の要約

1. 採種園において、主として球果に加害する害虫について調査した。重要種と考えられるものは、マツ類ではマツノシンマダラメイガ、マツツアカシンムシ、マツトビマダラシンムシ、スギではスギカサガ、スギメムシガ、ウスアカチビナミシャタ、トドマツではマツトビマダラシンムシ、ハマキガの1種、ハナバエ科の1種等があげられる。
2. 樹種別或いは地域別に、採種園における虫害の実態がかなり判明した。
3. マツ類の害虫については、重要種の野外生態を明らかにすることができた。
4. マツ類の害虫に対する採種園における薬剤防除法としては、スミチオンやバイシット等の低毒性有機磷剤の乳剤を使用する方法が効果的であるという結果を得た。
5. マツ類の害虫に対する天敵寄生蜂や天敵微生物を検索調査した。在来天敵の移殖については、一般にその効果に疑問がもたれているが、まつのしんくいむし類の天敵寄生蜂移殖では、ある程度期待が持てるかも知れないと考えられる例もみられる。
6. そのほか、たとえば、スギ種子に対してチヤバネアオカムシが加害するというような副次的な新事実も見出された。

V 今後の問題点

1. 種不明害虫の分類学的検討。
2. 種混同のおそれあるものの分類学的検討。
3. 害虫の地域別、食草別の形態的比較検討。
4. スギ球果、トドマツ球果の主要害虫の生活史調査。
5. 加害虫生息数推定法検討。
6. 被害解析。
7. 総合的防除法確立のための各種調査および試験。