

標本抽出法による九州大学宮崎演習林第三次(1958年)蓄積調査報告：三方嶽団地・北部地区

木梨, 謙吉
九州大学農学部

<https://doi.org/10.15017/15841>

出版情報：演習林集報. 15, pp.1-49, 1961-02-06. Kyushu University Forests
バージョン：
権利関係：



標本抽出法による九州大学宮崎演習林 第三次（1958年）蓄積調査報告

〔三方嶽団地・北部地区〕

木 梨 謙 吉・長 正 道

Kenkichi KINASHI and Masamichi CHŌ:
The Report of the Forest Inventory by Sampling
Methods in the Kyushu University Forests in
Miyazaki District (Report No. 3:
Northern Part of Mt. SAMPOO)

—— 1958 ——

目 次

I	緒 言
II	調 査 目 的
III	調 査 力
§ 1	人 員
§ 2	器 材
IV	調 査 方 式
§ 1	Representative sampling
§ 2	プロット調査
§ 3	標本木調査
§ 4	生長錐調査
V	調 査 結 果
§ 1	計画と実行・調査功程
a)	計 画 と 実 行
b)	調 査 功 程
§ 2	直径階別蓄積および百分率
§ 3	樹種別蓄積および百分率
§ 4	プロット別蓄積と誤差の吟味
a)	プロット別蓄積
b)	Representative sampling における誤差の吟味
§ 5	総蓄積の推定と抽出誤差
§ 6	直径生長量の推定
§ 7	材 積 方 程 式
A)	針 葉 樹
B)	広 葉 樹
§ 8	材積生長量の推定
§ 9	標 本 木
VI	総 括
	Résumé

I 緒 言

本報告は宮崎県東臼杵郡椎葉村所在・九州大学宮崎演習林三方嶽団地の中、既に調査終了の部分を除いた北部地区 33～37 林班全域 449.3ha を対象として標本抽出法による蓄積調査を実施したものの結果である。

宮崎演習林は既報^{1) 2)}のように九州中央部の脊梁山系をおおう、極めて粗雑な広葉樹を主体する天然生林であり、三方岳(1476 m)の南部および中部地区の調査は、1956年、1957年にいずれも標本調査方式を用いて調査がすすめられ、今回はこれに続く第三次調査として実施したものである。当初においては、このような山岳地帯の標本調査には極めて多くの不安を感じたが、次第に回を重ねることによつて、多くの収穫をもたらすに至つた。

即ち、このような天然生林では林班毎の蓄積推定は極めて困難且つ労費的であつて、標準地を求めることも極めて無理であり、結果の信頼性に拠りどころがなかつた。これに対し、一定の方式で、プロットをおくことは、実施上かなりの困難はあつても機械的に調査がすすめられ、標本抽出誤差を求めることによつてその推定の精度を把握しうるからである。

この意味から本調査の困難性にもかかわらず、逐年適当量の消化がなされてきたものである。

II 調 査 目 的

本調査の主要目的は演習林経営計画の基礎となる蓄積・生長量の推定にある。即ち針葉樹、広葉樹別の蓄積、成立本数、樹種別の蓄積、直径級別の蓄積、並びにそれらの生長量の推定を行わんとするものである。

また、これと附随してその目的の一つに林学科学生の測樹学実習があつた。森林内で実際に樹木に触れ、測樹し、多くの訓練を受けた学生たちには貴重な経験となつたであろう。とくに樹種識別(tree identification)の非常によい教育の場であつたと信ずる。そして学生と共にわれわれにも多くのよい教訓と試練の場であつた。ついで森林標本抽出法に関する真に生きた研究がなされ、且つ測樹学、とくに生長量推定の面で貴重な資料となつた。即ち学生の教育と相俟つてわれわれの研究もこの調査の大きな目的の一面であつた。

III 調 査 力

§1. 人 員

本調査は、昭和33年(1958年)3月13日より19日までの約1週間に亘り、測樹学実習として昭和31年度林学科進学生(20名)がその調査の主力となつている。その氏名を下記に記し、その労苦を多謝するものである。

班	氏 名			
I	秋 吉 昌 美	上 米 良 敬	白 浜 隆 久	橋 本 恭 平
II	伊 藤 正 己	神 代 智 紹	新 谷 安 則	堀 恭 平
III	緒 方 一 範	久保田 敏 彦	助 広 克 彦	松 尾 哲 郎
IV	兼 重 護	黒 田 義 治	園 田 恵 吾	松 田 道 雄
V	河 原 吉 晴	古 賀 孝 明	並 松 達 也	松 村 礼 次

(以上20名)

なお各班毎に班長、計画、器材、資料の分担を与え、且つ現地指導並びに保護のため、

- 1) 木梨謙吉・長 正道：標本抽出法による三方嶽天然林(九州大学宮崎演習林)蓄積調査報告(九州大学演習林集報第10号)1958.
- 2) 青柳亜良汰：標本抽出法による九州大学宮崎演習林第二次蓄積調査報告(九州大学演習林集報第11号)1958.

リーダーとして関屋雄偉，荒武時雄，椎葉俣嗣，青柳亜良太の諸氏，ならびに長正道がそれぞれ各班につき，木梨謙吉は全体的な指導に当つた。

調査班の構成は学生4名，リーダー1名，人夫2名，計7名からなっており，人員の面からは一応十分であつたと考える。

宿泊は大河内所在・宮崎演習林事務所内で，毎日現地迄の往復は歩行平均約10kmにおよんでいる。山地が地形急峻であることから，調査プロットの設定並びに測定には非常な困難を克服してなされたことをここに明記し，その調査力が若い学生諸兄によつて充実にしていたことを附言するものである。なお，今回の宿泊個所は比較的便利であつたが，それでも多数人員の受け入れに現地演習林各位の労苦は大変であつたことと想像する。

なお，本調査実施計画に当り，九州大学演習林長大野俊一教授，同研究部青木尊重助教授，宮崎演習林所長垣内重三郎氏，他関係者各位に対し深謝の意を表する次第である。

§2. 器 材

調査上必要な器材は主として教室および演習林研究部のものを使用した。その明細は次の通りである。

(イ) 各班分配調査器材 (各班にそれぞれ1組，計5組)

コ	ソ	パ	ス	1
Weise	測	高	器	1
輪			尺	1
直	径	テ	ー	1
成		長	錐	1
Swedish bark gauge				1
core box				1
ル		ー	ペ	1
メ	ー	トル	縄 (50 m)	1
テ	ー	プ	(20 m)	1
ス	ケ	ー	ル (30 cm)	1
ソ	ロ	パン	(四ツ玉)	1
半	円	分	度 器	1
小	型	磁	石	1
ド	ラ	イ	バ ー (小)	1
懐	中	電	燈	1
腰			鉈	1
大			鋸	1
図			板	1
水	平	距	離 換 算 表	1
立	木	幹	材 積 表 (熊本営林局)	1
現	地	航	空 写 真 (写)	1

(ロ) 野帳，用紙および文具類 (各班に分配)

毎 木 調 査 野 帳

調 査 報 告 書
 区 分 求 積 野 帳
 プ ロ ッ ト 調 査 功 程 表
 樹 幹 析 解 原 票
 core 測 定 野 帳

その他、西洋紙 100 枚、セクション・ペーパー (A-4) 1 冊、フルスカップ (A-3) 30 枚、資料整理用大型封筒 20 枚、チョーク 2 箱、マーキング・チョーク 1 箱、糊 1 瓶、ゴム付鉛筆 1 打、赤×青鉛筆 5 本、ナイフ 5 本、消ゴム 5 個、ゼムクリップ(小) 1 箱、ペーパー・ホルダー 5 個、画鋏 1 箱、細紐 1 巻、針ピン 1 箱、ベンジン 1 瓶、ペンキ(黄) 10 罐、刷子 5 個。

(ハ) 各人配布計画書およびプロット設定位置図

三方嶽天然生林北部地区蓄積調査計画書

九州大学宮崎演習林林班位置図

標本調査林地プロット設定位置図

(ニ) その他全体として携行したもの

Balow's tabs, 対数表, 数値表, 樹幹折解(中島), 植物図鑑(牧野), 森林家必携, 理科年表(昭 33 年), 宮崎演習林施業案説明書, 同森林調査簿(昭 33 年), 円分度器, キルビメーター, プラニメーター, バロメーター, 色鉛筆(12 色), 医薬品類。

IV 調 査 方 式

§ 1. Representative sampling

調査方式はいわゆる Representative sampling を試みた。これは一種の層別抽出法であるが、層化するに当つて地形や林相によらないで、一定のブロックによつて森林を区切り、その中で等距離的に 2 個のプロットを抽出した。この方式の特徴は広い天然生林の場合、図上であらかじめブロックをつくり、その中で標本をとる方式であつて、各ブロック毎に標本 2 個の観測値の差の平方を加えあわせることによつてただちに標本和の分散を計算し得るにある。

次図(第 1 図)のように 24 個のブロックによつて全体をカバーした。因みにブロックの形は 400m×400m とし、地区境界外にはみ出すものと、完全なブロックがとれないもの(即ち中心にプロットが 2 つおけないブロック)がおこるが、一応このようなブロックは棄てた。従つて母集団全域を完全にカバーしてはいないけれども、標本抽出は全体から総てを調査するものではなく一部調査であるという観点から切り棄てられている。

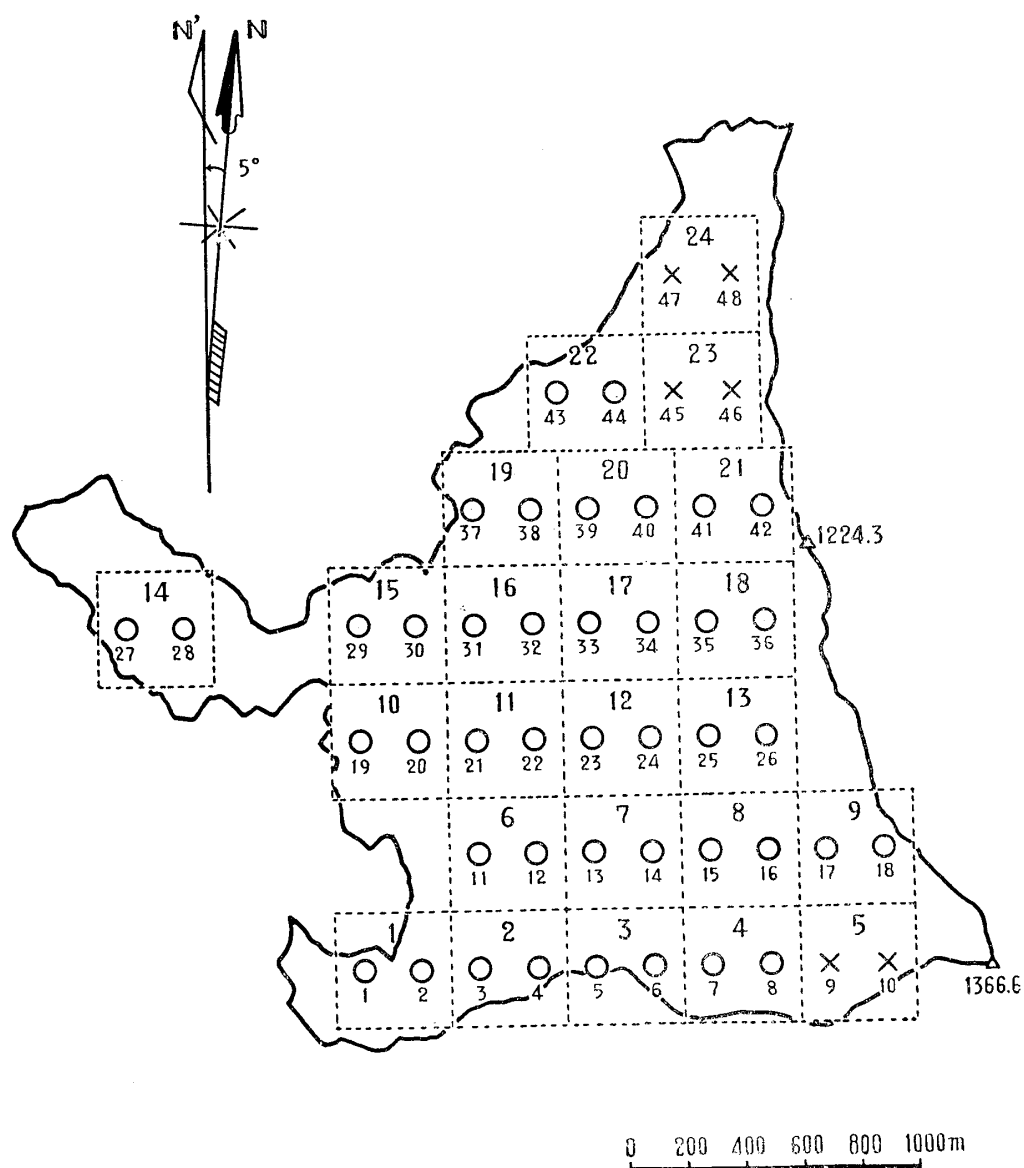
プロットはブロックの中心 W-E 線上に相互に 200m 離してブロック中心に対し対象的におかれているので、ブロック内外を通じプロットは東西方向には 200m 間隔、南北方向にはブロックの中、即ち 400m 離しておかれたことになる。

§ 2. プロット調査

プロットは面積 0.10ha, 即ち 31.62m×31.62m の正方形を進行方向に対し 45° まげた形で設定した。即ち中心点からそれぞれ直角方向の対角線の長さは第 2 図のように、隅抗までの長さは 22.35m となる。

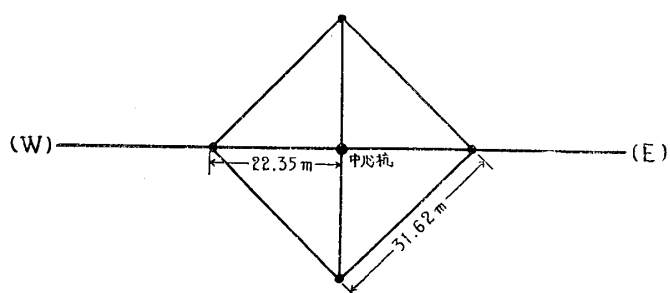
プロット設定の際、中心並びに四隅杭の至近立木に対しペンキを塗つて標示木とした。

第 1 図 三方嶽団地北部地区におけるブロック並びにプロット設定位置図



- 1) 点線は 400m×400m のブロックをあらわす
- 2) ブロック内で上欄の数字はブロック番号, 下欄はプロット番号を示す
- 3) プロットにおける○印は調査プロットを, ×印は調査を放棄したプロットを示す

第 2 図 プロットの設定方法



プロットは水平距離でとられているので、傾斜の急な地形では斜面積はかなり大となっている。前回でもそうであったが、地形が険しいので危険な場合がしばしばあった。なお、遠距離のため、都合 3 ブロック 6 プロットが放棄された。

抽出プロットの中心点は地図上に落とし、適当な起点を班毎にきめ、起点から compass 測量によつて中心点を現地に求めたあと、対角線により四隅の杭を立て、周囲を伐開して境界とした。毎木調査は *D.B.H.* 8 cm 以上を 2 cm 括約でとり、樹種識別をなし、樹高は毎木につき 1 m 単位で、主として目測によつて測定した。なお 0.10ha プロットでは 8 cm 以上の立木本数は平均約 100 本、多いときは 200 本以上におよび、樹種の多様性と相俟つてその分類整理には極めて手数を要した。

§3. 標本木調査

樹高曲線、材積表作製、その他の資料のため毎木調査木を一定の抽出間隔に基づいて標本木とし、伐倒して簡易樹幹析解（区分求積）を実施した。

その方法は切株 0.3m で伐倒し、1.30 m の胸高直径、以下 2 m 毎の直径測定後、最後の梢頭部 3 m 未満のとき 1 m をとつて最後の直径測定を行う、いわゆる Huber 法による区分求積（皮共）を実施した。なお、その測定は幹のみを対象としたが、広葉樹の多くは枝条の分岐の甚だしいものも少なくなかった。また同時に切株における年輪を測定して年令の推定を行った。

§4. 生長錐調査

毎木調査木中、一定間隔をもつて胸高直径部位に成長錐を挿入して core を抽出し、最近 10 年間の年輪の長さをスケールで mm 単位に測定した。この場合、方位による偏差を除くため、成長錐は常に中心杭の方向から挿入し、且つ樹皮の厚さを Swedish bark gauge によつて mm 単位に測定した。

core は一応 core box に入れて持ち帰り、後日検定の用に供した。

V 調査結果

§1. 計画と実行・調査工期

a) 計画と実行

次表（第 1 表）における計画実行対照表に示すごとく予定はほぼ実行された。最初の計画は 24 ブロックで、1 ブロックに 2 個のプロットをもつので、調査すべきプロットの数には 48 個であったが、実際にはこのうち 3 ブロック 6 プロットが放棄されたので 42 個のプロットが調査されている。その工期は実働 5 日とみて、1 日平均 8.4 プロット調査すればよいので 1 日 1 班平均 1.68 個調査したことになる。調査プロット数が平均して少ないのは、宿舎から現地迄の距離が遠いこと、並びにプロットの面積 0.10ha に比し小径木が非常に多かったこと等がその原因として挙げられる。

調査は慣れるに従つて早くなっているが、その工期は 1 班 1 日平均調査プロット数として

調査 第 1 日	第 2 日	第 3 日	第 4 日	第 5 日	第 6 日	平均
1	1.4	2.4	雨のため 休	2.8	(午前中) 0.8	1.68

示すと左表の通りとなり、3 日目ぐらいから初日の約 2.5 倍の調査力が発揮されている。

測線測量の距離もそれに応じて伸びており、1 班当り 300m~500m とな

第 1 表 計 画 ・ 実 行 対 照 表

月日(曜)	計 画	天 候	実 行
3.13(木)	12:00 宮崎演習林事務所集合 p.m. 各班別使用器材並びに野帳類の分配 調査方法の説明, 打合, その他	曇 後 晴	博多発 1:23—7:28 人吉 7:34—8:15 湯前着, 湯前 8:45—村所—12:30 大河内: 国鉄バス 13:00 宮崎演習林事務所(大河内) 集合 p.m. 各班別使用器材並びに野帳類の分配, 調査方法, 地況, 林況の説明, 打合, その他各種注意事項指示 (休 養)
3.14(金)	森林標本抽出調査 1. 調査対象林班 33~37林班 2. 抽出プロット a) 個 数 24ブロック 48プロット b) 間 隔 400m×400m ブロック内 200m interval c) 単 位 0.10ha (31.62×31.62m) 3. 毎木調査 —D.B.H. 8cm 以上の立木に 対して— a) 樹 種 b) D.B.H. (2cm括約) c) 樹 高 (1m 括約)	晴 後 曇	森林標本抽出調査開始 各班共, 測線原点を基本図上の石標番号より求め, これより測線測量並びにプロット抽出調査を開始 プロット調査個数 : 5 測 線 距 離 : 1475m
3.15(土)		小 雨	プロット調査個数 : 7 測 線 距 離 : 1460m 雨のため3, 5の2班は午前中にて調査打ち切り
3.16(日)		晴時々曇	プロット調査個数 : 12 測 線 距 離 : 2130m
3.17(月)	4. 成長錐調査 抽出間隔 10本 coreは最近10年間についてを測定 5. 標本木の測定 抽出間隔 30本 簡易樹幹析解施行 6. 功程調査 (調査終了予定)	雨	雨のため調査中止 このため最遠距離に当たる 5, 23, 24の3ブロックを調査予定より放棄 各班共, 野帳の整理, プロット材積の計算, その他の内業を行う
3.18(火)		晴時々曇	プロット調査個数 : 14 測 線 距 離 : 2670m
3.19(水)	a.m. 樹幹析解実習 p.m. 各班別使用器材, 各種資料の整理, 点検, 返却	晴	a.m. プロット調査個数 : 4 測 線 距 離 : 250m プロット抽出調査午前中にて打ち切り プロット調査個数 : 計 42 測 線 距 離 : 計 7985m 調査プロット面積 : 計 4.20ha p.m. 各班別使用器材並びに野帳類, その他各種資料の点検, 整理, 返却 本調査(実習)の経過および功程の検討並びに反省
3.20(木)	a.m. 現地解散	晴	a.m. 現 地 解 散 (学生は砂防工学実習に引続く)

つている。

なお, 調査期間中負傷者, 重病人等の出なかつたことは幸であるが, とくに学生を対象とするとき, 危害予防, 衛生管理, 無理な計画の排除等には十二分の留意が必要であらう。

b) 調 査 功 程

調査予定プロット 48 個に対し、実際には 42 個のプロットが調査されたので、調査の完成率は 87.5 % となつている。今回は安全原則の立場から無理なプロットは放棄して、85 % 程度以上の完成率に達したので一応調査を打切つた。

なお、各班とも 8 乃至 9 プロットを調査している (第 2 表)。

第 2 表 調 査 功 程 一 覧 表

班	月 日 区 分	3.14	3.15	3.16	3.18	3.19	計
I	調査(実働)時間 調査プロット数 測 線 距 離	5.25(5.00) 1 240	6.45(5.45) 2 400	7.10(6.00) 3 400	5.30(4.50) 2 400	— — —	24.50(21.35) 8 1440
II	調査(実働)時間 調査プロット数 測 線 距 離	5.30(5.00) 1 275	6.40(6.00) 2 400	6.10(5.30) 2 400	6.30(5.40) 2 400	3.00(3.00) 1 140	27.50(25.10) 8 1615
III	調査(実働)時間 調査プロット数 測 線 距 離	8.00(7.30) 1 300	1.00(1.00) 0 60	7.10(7.00) 3 400	6.00(5.40) 3 600	5.00(4.30) 1 0	27.10(25.40) 8 1360
IV	調査(実働)時間 調査プロット数 測 線 距 離	6.15(5.30) 1 260	7.45(7.15) 2 400	7.15(6.30) 2 530	7.20(6.40) 3 470	2.00(2.00) 1 110	30.35(27.55) 9 1770
V	調査(実働)時間 調査プロット数 測 線 距 離	6.30(5.30) 1 400	2.45(2.20) 1 200	5.35(4.35) 2 400	7.35(7.00) 4 800	1.50(1.50) 1 0	24.15(21.15) 9 1800
全体	調査(実働)時間 調査プロット数 測 線 距 離	31.40(28.30) 5 1475	24.55(22.20) 7 1460	33.20(29.35) 12 2130	32.55(29.50) 14 2670	11.50(11.20) 4 250	134.40(121.35) 42 7985

(単位：時間＝「時間・分」，測線距離＝m)

調査時間の状態は次表 (第 3 表) に示す通りで、記録の十分とれなかつた班もあつたが、平均して、測線測量は 100m につき約 40 分を要し、プロット (0.10ha プロット) の区画をつくるのに 1 プロット当り約 30 分、またプロット内毎木調査 (この中には標本木測定、生長錐調査その他の測定を含む) は 1 プロット当り約 40 分を費している。

宿舎から測量起点まで往復 (片道徒歩で約 1 時 30 分を要す)	時間 分 3.00	従つてプロット全体の調査にはおよそ 70 分を費していることになる。
測線延長 1 日平均 350m	2.00	これより各班を通じて今回の調査での平均的な時間の消化は左表の程度にみこまれる。
プロット調査 1 日平均 2 個	2.20	
中食その他	0.40	
計	8.00	測線測量、並びにプロット設定、毎木調査の時間の比率はそれぞれ 43.2% : 17.4% : 39.4% となつていて、調査時間の約 40 % 以上が測線測量に費されていることは、一面浪費的と考えられるであろうが、プロットに近づく手段としては避けられない行程と考える。ただし森林の踏査はこの間に地形、林相の体験的記憶を与えるであろう。

現地迄の距離やその日の地形のあり方でいろいろに変わっているが、上表から 0.10ha のプロットを 1 日に 1 班で最大 4 個、平均 2 個とみることができる。

なお、次表 (第 3 表) では I, III 班が工期の記録を欠いているがほぼ共通した工期と考えられる。プロットの区画設定は場所が悪いと非常なロスとなる。全体的にみて測量時間

第 3 表 功 程 要 因 に 対 す る 時 間 的 比 率

班	測 線 測 量			プロット区副設定			毎 木 調 査		
	測 線 長	所要時間	比 率	プロット	所要時間	比 率	面 積	所要時間	比 率
II	1615 ^m	766 ^分	46.3 [%]	8	301 ^分	18.2 [%]	0.8 ^{ha}	586 ^分	35.5 [%]
IV	1770	765	40.6	9	349	18.5	0.9	770	40.9
V	1800	563	42.9	9	194	14.8	0.9	554	42.3
単位当	100	40.4		1	32.5		0.1	73.5	
平 均			43.2			17.4			39.4

とプロット調査はほぼ同じくらいの時間がかかっている、前進してゆくのに要する時間は功程の面からは見逃がすことのできない比率を占めていることが察知される。

§ 2. 直径階別本数・蓄積および百分率

全プロットについて胸高直径階に基づく本数、材積の頻度分布を N (針葉樹), L (広葉樹) 別にパーセンテージで示すと次表 (第 4 表) の通りである。さらにそれをグラフで示すと第 3 図 [(a) 本数, (b) 材積] のようになる。

今回は 8 cm 以上の胸高直径を測定したわけであるが、本数については 42 プロット (面積: 4.20ha) の総本数 4961 本の中、針葉樹は 1008 本で 20.3 %, 広葉樹は 3953 本で 79.7 % となつている。ha 当りに換算すると $L=940$, $N=240$, 計 1180 本となり、立木本数は ha 当りにして約 1000 本程度であるといえよう。このうち 80 % ちかくが広葉樹である。なお針、広ともに小径木の本数が極めて多いことがグラフからも看取される。いま、小径木について 8~30cm までの本数、材積の累積パーセンテージを示すと右表のごとくである。

これより、本数の 50 % までは針 (N) で 12cm 以下、広 (L) で 10cm 以下となつていることからみても、非常に小径木の林であることがわかる。また 30

D.B.H.	N		L	
	本 数	材 積	本 数	材 積
8	23.2 [%]	2.1 [%]	31.0 [%]	6.6 [%]
10	40.6	5.0	54.8	14.7
12	54.1	8.4	67.2	21.0
14	62.1	11.5	77.3	28.6
16	67.2	14.3	83.4	34.3
18	72.7	18.5	87.7	40.2
20	78.1	24.0	90.8	45.5
22	81.8	28.1	92.4	49.2
24	84.3	32.5	94.1	53.8
26	86.7	37.1	95.2	57.9
28	88.3	40.6	96.2	61.9
30	91.4	48.9	97.0	66.0

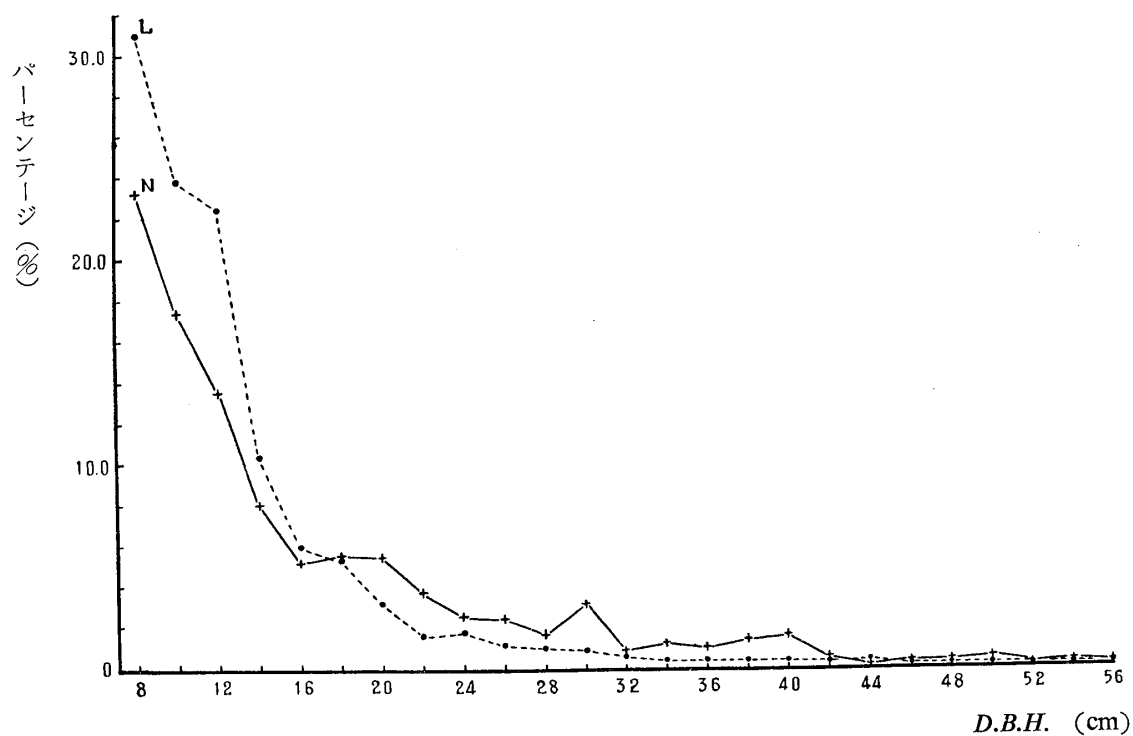
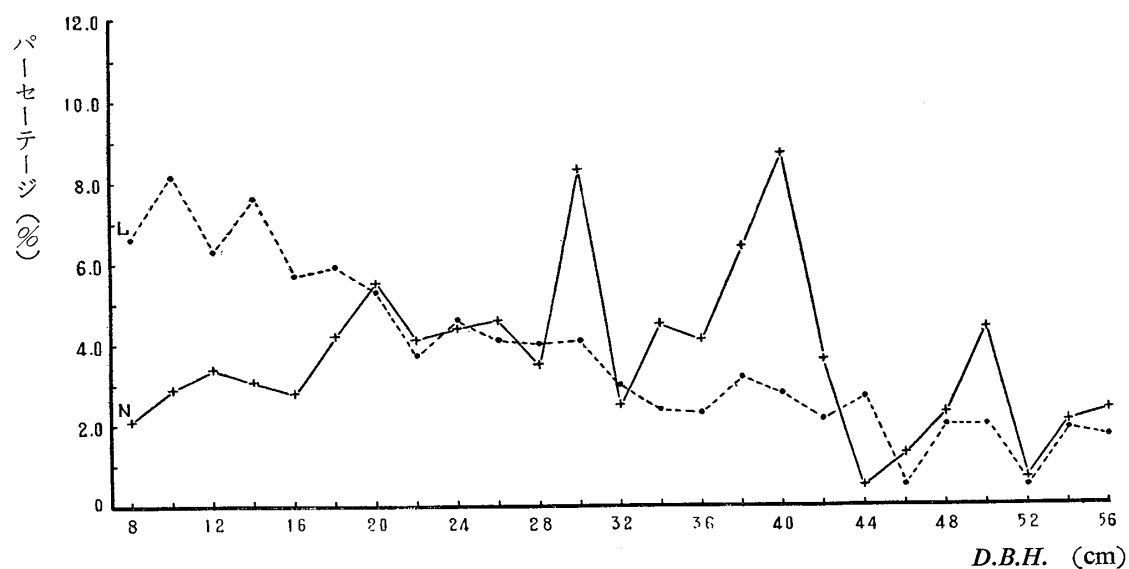
cm 以上のものの本数のパーセントはそれぞれ N で 10 %, L では僅かに 3 % にみえない程度で、いかに大径木の頻度の小さいかが察知できるであろう。グラフでも明らかなように 8~12cm 階に小径木が集中しており、14~16cm 附近から急に本数の減少を示し、30 cm 以上 80cm 附近までは各直径階 1 本あるかなしといった状態を呈している。

これに対し材積のパーセントはほぼ一定で、材積の 50 % までは N で 32cm 以下、 L で 22cm 以下となつており、本数の頻度の少ない上級直径階が却つて 50 % の材積を占めている点は全体として貧弱な材積状態であることを示しているものであろう。

以上のことは利用できない小さ過ぎる木と、利用径級以上ではあるがこれも伐採の対象にならない撒在的、且つ非利用立地の太木とから成り立っていることで、成林収穫の時期は小径木群の漸進的な生長という、かなり遠い将来であることを思わせる。

第 4 表 針・広別，直径階別本数並びに材積頻度分布表

D.B.H. cm	本 数			材 積		
	N	L	Σ	N	L	Σ
8	234(23.2)	1224(31.0)	1456(29.3)	4.1610(2.1)	26.1232(6.6)	30.2842(5.1)
10	175(17.4)	940(23.8)	1115(22.5)	5.5780(2.9)	32.3175(8.1)	37.8955(6.4)
12	136(13.5)	491(12.4)	627(12.6)	6.6123(3.4)	25.0699(6.3)	31.6822(5.3)
14	81(8.0)	409(10.3)	490(9.9)	5.9880(3.1)	30.2242(7.6)	36.2122(6.1)
16	52(5.1)	232(5.9)	284(5.7)	5.4470(2.8)	22.9192(5.7)	28.3662(4.8)
18	56(5.5)	170(4.3)	226(4.6)	8.2653(4.2)	23.3455(5.9)	31.6108(5.3)
20	55(5.4)	121(3.1)	176(3.5)	10.6710(5.5)	21.1557(5.3)	31.8267(5.4)
22	37(3.7)	63(1.6)	100(2.0)	8.0270(4.1)	14.5836(3.7)	22.6106(3.8)
24	25(2.5)	69(1.7)	94(1.9)	8.5180(4.4)	18.5150(4.6)	27.0330(4.6)
26	24(2.4)	45(1.1)	69(1.4)	9.0560(4.6)	16.5099(4.1)	25.5659(4.3)
28	16(1.6)	40(1.0)	56(1.1)	6.8190(3.5)	15.9625(4.0)	22.7815(3.8)
30	31(3.1)	32(0.8)	63(1.3)	16.3050(8.3)	16.1487(4.1)	32.4537(5.5)
32	8(0.8)	22(0.6)	30(0.6)	4.8330(2.5)	12.1149(3.0)	16.9479(2.9)
34	12(1.2)	14(0.4)	26(0.5)	8.8430(4.5)	9.5255(2.4)	18.3685(3.1)
36	10(1.0)	13(0.3)	23(0.5)	8.0120(4.1)	9.1809(2.3)	17.1929(2.9)
38	14(1.4)	13(0.3)	27(0.5)	12.4380(6.4)	12.8090(3.2)	25.2470(4.2)
40	16(1.6)	11(0.3)	27(0.5)	16.9250(8.7)	11.2498(2.8)	28.1748(4.7)
42	5(0.5)	8(0.2)	13(0.3)	7.0270(3.6)	8.2789(2.1)	15.3059(2.6)
44	1(0.1)	6(0.2)	7(0.1)	0.8890(0.5)	6.6044(1.7)	7.4934(1.3)
46	2(0.2)	2	4(0.1)	2.5930(1.3)	2.1117(0.5)	4.7047(0.8)
48	3(0.3)	5(0.1)	8(0.2)	4.4660(2.3)	7.8013(2.0)	12.2673(2.1)
50	5(0.5)	5(0.1)	10(0.2)	8.5980(4.4)	7.8321(2.0)	16.4301(2.8)
52	1(0.1)	1	2	1.4470(0.7)	2.0885(0.5)	3.5355(0.6)
54	2(0.2)	5(0.1)	7(0.1)	4.0360(2.1)	7.4387(1.9)	11.4747(1.9)
56	2(0.2)	3	5(0.1)	4.7160(2.4)	7.0403(1.8)	11.7563(2.0)
58	1(0.1)	1	2	2.1760(1.1)	2.0140(0.5)	4.1900(0.7)
60	1(0.1)	5(0.1)	6(0.1)	2.4380(1.2)	14.2368(3.6)	16.6748(2.8)
62	1(0.1)	1	2	3.2590(1.7)	2.5254(0.6)	5.7844(1.0)
64	1(0.1)	1	2	2.7060(1.4)	2.8700(0.7)	5.5760(0.9)
66						
68						
70		1	1		2.8080(0.7)	2.8080(0.5)
72		1	1		2.7331(0.7)	2.7331(0.5)
74						
76						
78						
80		1	1		3.8077(1.0)	3.8077(0.6)
82						
84	1(0.1)		1	4.3570(2.2)		4.3570(0.7)
Σ	1008(20.3)	3953(79.7)	4961(100.0)	195.2066(32.9)	397.9459(67.1)	593.1525(100.0)

第 3 図 [a] $N \cdot L$ 別, 直径階別本数分布のパーセンテージ[b] $N \cdot L$ 別, 直径階別材積分布のパーセンテージ

§ 3. 樹種別蓄積および百分率

針葉樹と広葉樹の比率は 20 : 80 (本数), 33 : 67 (材積) パーセントで, いわゆる広葉樹林とみなしてさしつかえない. 針葉樹の中での材積パーセントは右表の通りで, 全体的にはモミ 16%, ツガ 11%, アカマツ 4% となり, 比較的峯筋に部

モ	ミ	49%
ツ	ガ	33
ア	カ マ ツ	11

第 5 表 針・広別, 樹種別本数並びに材積頻度分布表

No.	樹 種 名	学 名	本 数	百 分 率		材 積	百 分 率	
				N・L別	平 均		N・L別	平 均
1	ツ	ガ	360	35.7	7.2	m ³	%	%
2	モ	ミ	292	29.0	5.9	64.4500	33.0	10.9
3	ス	ツ	219	21.7	4.4	96.2161	49.3	16.2
4	アイ	マ	64	6.35	1.3	6.4150	3.3	1.1
5	カ	ス	64	6.35	1.3	22.2535	11.4	3.7
6	樹	ヤ	8	0.8	0.2	4.5190	2.3	0.8
7	種	不明	1	0.1		1.1320	0.6	0.2
Σ(N)			1008	100.0	(20.3)	195.2066	100.0	(32.9)
1	シ	類	530	13.4	10.7	41.6444	10.5	7.0
2	リ	ブ	385	9.7	7.8	16.5740	4.2	2.8
3	ブ	ナ	217	5.5	4.4	56.4423	14.2	9.5
4	カ	シ	213	5.4	4.3	23.0828	5.8	3.9
5	ナ	ラ	200	5.1	4.0	46.8564	11.8	7.9
6	エ	キ	177	4.5	3.6	6.1245	1.5	1.0
7	カ	類	162	4.1	3.3	38.2599	7.8	5.2
8	ホ	ノ	153	3.9	3.1	6.1524	1.5	1.0
9	シ	ク	144	3.6	2.9	19.0822	4.8	3.2
10	サ	ラ	158	4.0	3.2	11.0039	2.8	1.9
11	ネ	ジ	122	3.1	2.5	5.2049	1.3	0.9
12	ソ	ヨ	110	2.8	2.2	4.7439	1.2	0.8
13	ヒ	メ	108	2.7	2.2	19.6784	4.9	3.3
14	シ	セ	106	2.7	2.1	4.4402	1.1	0.7
15	ア	キ	93	2.35	1.9	4.5585	1.1	0.8
16	ク	ミ	92	2.3	1.9	11.9840	3.0	2.0
17	ミ	ズ	78	2.0	1.6	9.7085	2.4	1.6
18	ヤ	ツ	49	1.2	1.0	1.7609	0.4	0.3
19	ム	サ	49	1.2	1.0	1.5827	0.4	0.3
20	オ	ニ	46	1.2	0.9	9.5325	2.4	1.6
21	ヤ	シ	38	1.0	0.8	9.0502	2.3	1.5
22	ツ	バ	38	1.0	0.8	1.0224	0.3	0.2
23	ハ	イ	37	0.9	0.7	1.0297	0.3	0.2
24	ミ	ズ	36	0.9	0.7	0.8488	0.2	0.1
25		ナ	34	0.9	0.7	7.3269	1.8	1.2

26	カ	ナ	ク	ギ	ノ	キ	<i>Lindera Thunbergii</i> Makino	34	0.9	0.7	3.0768	0.8	0.5
27	ミ	ア	ズ	ハ	メ	メ	<i>Betula carpinifolia</i> Sieb. et Zucc.	31	0.8	0.6	3.8012	0.1	0.6
28	タ	カ	ノ	ツ	メ	メ	<i>Ilex macropoda</i> Miq.	27	0.7	0.55	2.6413	0.7	0.45
29	ノ	リ	ウ	ツ	ギ	ギ	<i>Kalopanax imovans</i> Miq.	27	0.7	0.5	2.3740	0.6	0.4
30							<i>Hydrangea paniculata</i> Sieb. var. <i>floribunda</i> Regel.	26	0.7	0.5	0.8448	0.2	0.1
31	コ	ニ	ブ	ガ	シ	シ	<i>Magnolia Kobus</i> DC. Benn.	19	0.5	0.4	1.9114	0.5	0.3
32	ヌ	ガ	ル	デ	キ	キ	<i>Picrasma quasitoides</i> Benn.	17	0.4	0.3	0.8829	0.2	0.15
33	サ	カ	カ	キ	キ	キ	<i>Rhus javanica</i> L.	13	0.3	0.3	0.6474	0.2	0.1
34	ウ	リ	ハ	ダ	カ	エ	<i>Sakakia ochracea</i> Nakai	13	0.3	0.3	0.3529	0.1	0.1
35	ア	ワ	ブ	キ	イ	イ	<i>Acer rufinerve</i> Sieb. et Zucc.	12	0.3	0.2	0.9942	0.2	0.2
36	シ	ウ	ル	シ	ノ	ケ	<i>Meliosma myriantha</i> Sieb. et Zucc.	12	0.3	0.2	0.9793	0.2	0.2
37	イ	ハ	ゼ	ツ	ノ	ゲ	<i>Shiia Sieboldi</i> Makino	12	0.3	0.2	0.8103	0.2	0.1
38	ハ	マ	ザ	ク	ク	ラ	<i>Rhus verniciflua</i> Stokes	11	0.3	0.2	0.2678	0.1	0.05
39	ヤ	カ	バ	バ	カ	エ	<i>Ilex crenata</i> Thunb. var. <i>typica</i> Loes. f. <i>genuina</i> Loes.	11	0.3	0.2	0.2629	0.1	0.05
40	イ	ス	ノ	シ	デ	デ	<i>Rhus succedanea</i> L.	10	0.25	0.2	0.4023	0.1	0.1
41	キ	ハ	サ	カ	ノ	デ	<i>Prunus donarium</i> Sieb. var. <i>spontanea</i> Makino	10	0.25	0.2	0.8936	0.2	0.2
42	カ	バ	バ	バ	カ	エ	<i>Prunus Itosakura</i> Sieb. var. <i>subsessilis</i> Koidz.	9	0.2	0.2	0.4261	0.1	0.1
43	ヤ	マ	シ	バ	バ	エ	<i>Acer carpinifolium</i> Sieb. et Zucc.	9	0.2	0.2	0.4072	0.1	0.1
44	イ	ス	ノ	シ	デ	デ	<i>Distylium recemosum</i> Sieb. et Zucc.	8	0.2	0.2	0.6060	0.2	0.1
45	イ	ス	ノ	シ	デ	デ	<i>Carpinus Tschonoskii</i> Maxim.	8	0.2	0.2	0.3707	0.1	0.1
46	キ	ハ	サ	カ	ノ	デ	<i>Lespedeza Buergeri</i> Miq.	8	0.2	0.2	0.3616	0.1	0.1
47	ヒ	サ	ゴ	ノ	デ	デ	<i>Eurya japonica</i> Thunb. var. <i>montana</i> Blume	8	0.2	0.2	0.1474	0.1	0.1
48	カ	マ	ロ	モ	シ	シ	<i>Actinodaphne lancifolia</i> Meissn.	7	0.2	0.1	0.3520	0.1	0.1
49	ヤ	シ	ケ	シ	イ	イ	<i>Rhus sylvestris</i> Sieb. et Zucc.	7	0.2	0.1	0.3268	0.1	0.1
50							<i>Parabenzoin trilobum</i> Nakai	7	0.2	0.1	0.1717		
51	ケ	シ	イ	イ	イ	イ	<i>Zelkova serrata</i> Makino	6	0.15	0.1	1.3064	0.3	0.2
52	シ	イ	イ	イ	イ	イ	<i>Fraxinus commemorialis</i> Koidz.	6	0.15	0.1	0.7666	0.2	0.1
53	フ	サ	ワ	グ	ル	ミ	<i>Taxus cuspidata</i> Sieb. et Zucc.	6	0.15	0.1	0.2800	0.1	0.05
54							<i>Euptelea polyandra</i> Sieb. et Zucc.	6	0.15	0.1	0.2412	0.1	0.05
55	ハ	リ	ギ	リ	リ	リ	<i>Pterocarya rhoifolia</i> Sieb. et Zucc.	5	0.1	0.1	2.8172	0.7	0.5
56	ア	ブ	ラ	チ	ヤ	ン	<i>Kalopanax pictum</i> Nakai var. <i>typicum</i> Nakai	5	0.1	0.1	1.1099	0.3	0.2
57	その他の広葉樹						<i>Parabenzoin praecox</i> Nakai	5	0.1	0.1	0.1604	1.3	0.9
58	樹種不明							52	1.3	1.05	5.2257	2.8	1.9
59								131	3.3	2.6	11.0306		
Σ(L)								3953	100.0	79.7	397.9459	(100.0)	(67.1)
ΣΣ								4961		(100.0)	593.1525		(100.0)

註) 樹種分類は「森林家必携」(大改訂 1957 年版) に拠る

分的に分布しているので利用の立場からはいまずぐには役に立たないかもしれないが、一

ブ	ナ	14.2%	応は重要視されねばならないであろう。
ナ	ラ	11.8	広葉樹で、材積的にパーセントの高い
シ	デ	10.5	ものは左表に示す通りで、これらの合計
カ	シ	5.8	は全体的に 40.8 %になる。他の樹種は 4
ヒ	メ	4.9	%未満である。
サ	ク	4.8	今回の調査では広葉樹種約 85 種以上
カ	エ	4.8	を識別しているが、その識別は不完全で
リ	ヨ	4.2	ある。樹種の識別はこのような天然生林

ではもつとも困難であつて、植物分類の知識が極めて重要であることを痛感させられた。

またいかなる樹種がより需要度が高いか、どの程度の利用が可能かについては十分研究する必要があるが、本演習林内に自生するこれらの森林樹木について十二分な識別 (identification) の能力を涵養できる点からも演習林の果す役割は極めて貴重であるといえよう。

樹種名はできるだけ明らかにすることに努めたが、方言 (地方名) のもの、同名異種、異名同種のもの、つけちがい等があることを認めざるを得ない。従つて学名を省略したものもある。

前表 (第 5 表) は針・広別、樹種別本数並びに材積頻度の分布表である。なお、広葉樹中、その他の広葉樹とは本数が 5 本未満のもので、クスギ、コシアブラ、タラノキ、トネリコ、イタヤカエデ、チシヤノキ、モチノキ、タブ、アララギ、カツラ、コマユミ、マユミ、ヤマグワ、アカメガシワ、ヤマガキ、ヤマギリ、イヌギリ、ユズリハ等である。

§ 4. プロット別蓄積と誤差の吟味

a) プロット別蓄積

400m×400m のブロックの中心に 0.10ha プロット 2 個を持つ Representative sampling の方式に従つたが、この方式での抽出誤差は二つのプロットの差の自乗に基づくものである。

即ち、いま、一つのブロックの、二つのプロットの材積をそれぞれ x_1 , x_2 とすると

$$V(x_1+x_2)=(x_1-x_2)^2$$

であらわされる。換言すると、一つのブロックの中で標本和 (x_1+x_2) の分散は二つのプロットの材積の差の自乗に等しい。

次表 (第 6 表) は、針、広別に各プロットの本数並びに材積を一覧表として示したものである。

また、これに基づいて、各ブロック内の二つのプロットの材積をそれぞれ X 軸, Y 軸にとると第 4 図に示す通りである。即ち、45° の点線に近いほど分散は小さくなるのであるが、各点はひどく撒らばつていて、ここで用いた方式は必ずしも適当ではなかつたことを示している。この原因は、天然生林において既に過去にいくらか伐採されたこのような林相では、蓄積度が十分でなく、全体的にみて不均一で、400m×400m のブロックの効果は大して認められないことを示しているものとみられる。

第 6 表 針・広別プロット材積一覧表

No.	Block No.	Plot No.	N		L		Σ	
			本 数	材 積	本 数	材 積	本 数	材 積
				m ³		m ³		m ³
1	1	1	158	5.3830	—	—	158	5.3830
2	"	2	61	1.0320	—	—	61	1.0320
3	2	3	—	—	60	13.6704	60	13.6704
4	"	4	4	0.7670	54	8.1978	58	8.9648
5	3	5	15	9.2310	143	10.9174	158	20.1484
6	"	6	25	1.4670	86	5.9309	111	7.3979
7	4	7	8	0.4930	94	6.3887	102	6.8817
8	"	8	35	6.3240	85	25.8204	120	32.1444
9	6	11	25	13.9730	83	12.9165	108	26.8895
10	"	12	20	3.0290	54	7.7896	74	10.8186
11	7	13	19	11.3450	57	3.0484	76	14.3934
12	"	14	12	6.5090	75	9.0117	87	15.5207
13	8	15	3	0.7050	116	8.2774	119	8.9824
14	"	16	20	6.2770	89	21.1792	109	27.4562
15	9	17	1	1.5640	73	6.0390	74	7.6030
16	"	18	2	0.2530	72	7.8323	74	8.0853
17	10	19	80	7.3260	77	2.6361	157	9.9621
18	"	20	22	3.2800	46	1.9091	68	5.1891
19	11	21	33	4.5441	191	8.1324	224	12.6765
20	"	22	3	1.2640	108	13.9311	111	15.1951
21	12	23	18	1.4970	142	8.6177	160	10.1147
22	"	24	49	7.6700	210	10.9136	260	18.5836
23	13	25	3	0.4190	57	6.8864	60	7.3054
24	"	26	3	1.8260	72	6.7974	75	8.6234
25	14	27	20	5.2220	117	14.4223	137	19.6443
26	"	28	28	10.3530	78	4.2360	106	14.5890
27	15	29	86	22.3320	18	1.1400	103	23.4720
28	"	30	42	12.7270	52	9.6788	94	22.4058
29	16	31	3	0.3120	162	9.5170	65	9.8290
30	"	32	30	3.4320	135	15.6374	165	19.0694
31	17	33	26	1.4900	145	14.5335	171	16.0235
32	"	34	15	6.2110	109	9.9869	124	16.1979
33	18	35	16	3.3320	191	12.3663	207	15.6983
34	"	36	10	7.6812	07	15.1001	117	22.7813
35	19	37	12	2.4490	182	14.5824	94	17.0314
36	"	38	44	7.5153	170	10.3926	214	17.9079
37	20	39	23	5.5540	15	12.9739	138	18.5279
38	"	40	14	0.7070	196	8.4163	100	9.1233
39	21	41	3	1.3300	32	9.0600	135	10.3900
40	"	42	5	1.3930	98	5.7242	113	7.1172
41	22	43	4	4.6800	86	9.9428	90	14.6228
42	"	44	8	2.3080	116	13.3919	124	15.6999
Σ			1008	195.2066	3953	397.9459	4961	593.1525

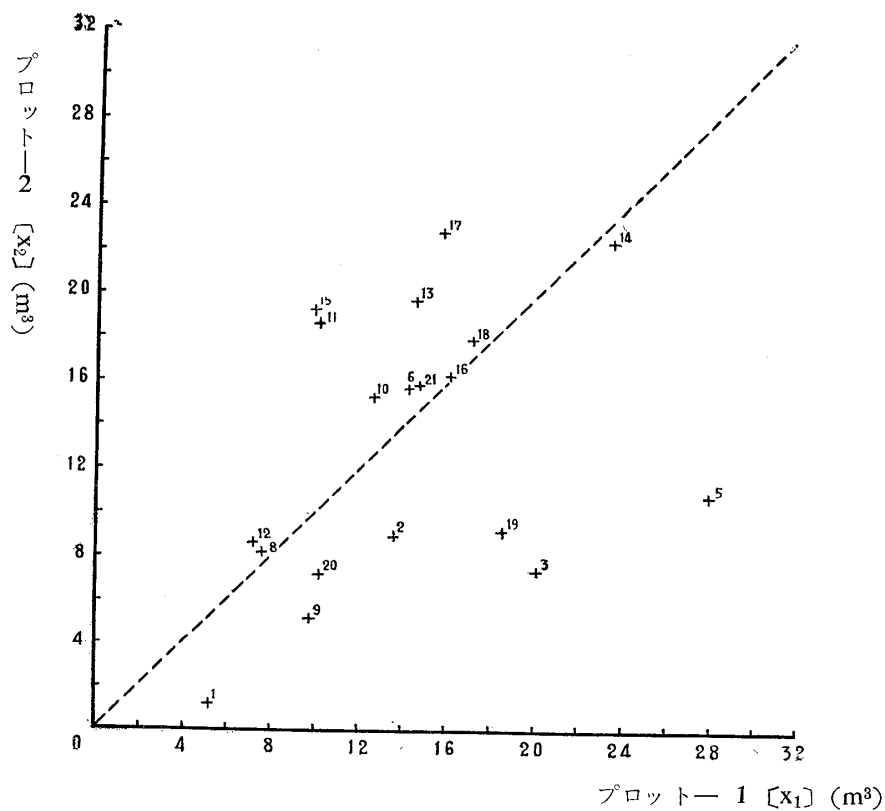
いま次図（第4図）において、各ブロック内のプロット測定値 x_1 と x_2 に対する回帰の相関係数 r を計算してみると次の通りである。

$$\Sigma(x_1x_2) = 421054.97$$

$$C.T. = 399544.95$$

$$Cov(x_1x_2) = 21510.02$$

第 4 図 同一ブロック内における対のプロットの材積の撒らばり状態



$$\sum(x_1^2) = 464475.51$$

$$C.T. = 380245.42$$

$$V(x_1) = 84230.09$$

$$\sum(x_2^2) = 558525.79$$

$$C.T. = 419824.04$$

$$V(x_2) = 138701.75$$

$$r = \frac{21510.02}{\sqrt{11682860885.6575}} \\ = 0.199$$

即ち、相関係数 r は 0.199 となり、極めて低い係数を示している。

b) Representative sampling における誤差の吟味

いま、21 ブロック、42 プロットから、次の四つの計算方式で求めた誤差を比較しよう。

即ち

1. 単純抽出とみた場合
2. Representative sampling の場合
3. 東西方向のプロット数の重みつき平均値の場合
4. 南北方向のプロット数の重みつき平均値の場合

からブロックおよびプロットの配置、並びにその番号は次の通りである。なお、各プロットの材積値は、これを ha 当り材積として位置的に標示したものである。また、ブロック

22 は、実際は 19 と 20 の中間の位置に設定されたが、本計算では便宜上 2, 6, ……19 のブロック線上に併列せしめた。

[illegible]

いま、各方式について計算内容を示すと次の通りである。

Block	x_1	x_2	$x_1 - x_2$	$x_1 + x_2$
1	53.8	10.3	43.5	64.1
2	136.7	89.6	47.1	226.3
3	201.5	74.0	127.5	275.5
4	68.8	321.4	-252.6	390.2
6	268.9	108.2	160.7	377.1
7	143.9	155.2	- 11.3	299.1
8	89.8	274.6	-184.8	364.4
9	76.0	80.9	- 4.9	156.9
10	99.6	51.9	47.7	151.5
11	126.8	152.0	- 25.2	278.8
12	101.1	185.8	- 84.7	286.9
13	73.1	86.2	- 13.1	159.3
14	196.4	145.9	50.5	342.3
15	234.7	224.1	10.6	458.8
16	98.3	190.7	- 92.4	289.0
17	160.2	162.0	- 1.8	322.2
18	157.0	179.1	- 70.8	384.8
19	170.3	227.8	- 8.8	349.4

20	185.3	91.2	94.1	276.5
21	103.9	71.2	32.7	175.1
22	146.2	157.0	- 10.8	303.2
Σ	2892.3	3039.1	-146.8 $\left\{ \begin{array}{l} +614.4 \\ -761.2 \end{array} \right.$	5931.4
平方和	464475.51	558525.79	180891.36	1865111.24

(1) 単純抽出の場合

a) 平均値

$$\bar{x} = \frac{1}{42}(2892.3 + 3039.1) = \frac{1}{42}(5931.4) = 141.22\text{m}^3$$

b) 平均値の分散 (但し有限補正項を除く)

$$\begin{aligned} V(\bar{x}) &= \frac{1}{(42)(41)} [(464475.51 + 558525.79) - (5931.4)(141.22)] \\ &= \frac{1}{1722} [1023001.30 - 837632.08] \\ &= \frac{185369.22}{1722} = 107.6476 \end{aligned}$$

(2) Representative sampling の場合: 平均値の分散は前表から

$$V(\bar{x}) = \frac{180891.36}{(42)^2} = \frac{180891.36}{1764} = 102.5461$$

E-W 方向

$\bar{x}$	w	$\bar{x}w$	$\bar{x}^2w$
151.6	2	303.2	
133.5	6	801.0	
179.7	10	1797.0	
109.6	8	876.8	
149.7	8	1197.6	
119.5	8	956.0	
Σ	42	5931.6	865439.52

N-S 方向

$\bar{x}$	w	$\bar{x}w$	$\bar{x}^2w$
196.4	1	196.4	
145.9	1	145.9	
129.4	3	388.2	
95.4	3	286.2	
157.9	6	947.4	
146.1	6	876.6	
158.4	5	792.0	
133.6	5	668.0	
98.5	5	492.5	
196.2	5	981.0	
76.0	1	76.0	
80.9	1	80.9	
Σ	42	5931.1	883063.91

(3) E-W方向重みづき

$$\bar{x}_w = \frac{5931.6}{42} = 141.23$$

$$\begin{aligned} V(\bar{x}_w) &= \frac{1}{\Sigma(w) \cdot (n-1)} [\Sigma(\bar{x}^2w) \\ &\quad - \frac{(\Sigma\bar{x}w)^2}{\Sigma w}] \\ &= \frac{(865439.52 - 837719.87)}{42 \times (6-1)} \\ &= \frac{1}{210}(27719.65) = 131.998 \end{aligned}$$

(4) N-S方向重みづき

$$\bar{x}_w = \frac{5931.1}{42} = 141.22$$

$$\begin{aligned} V(\bar{x}_w) &= \frac{[883063.91 - 837589.94]}{(42)(11)} \\ &= \frac{1}{462}(45473.97) = 98.429 \end{aligned}$$

これを総括すると次のようになる。

1. Systematic sampling :

$$141.22\text{m}^3 \pm 10.76\text{m}^3$$

2. Representative sampling :

$$141.22\text{m}^3 \pm 10.13\text{m}^3$$

その分散分析は右表のごとくである。

これより

$$F = \frac{4746.18}{4306.94} = 1.10$$

即ちブロックの効果は認められない。また

$$3. E-W \text{ 方向} : 141.23\text{m}^3 \pm 11.48\text{m}^3$$

$$4. S-N \text{ 方向} : 141.22\text{m}^3 \pm 9.92\text{m}^3$$

となる。

即ち $E-W$ 方向での変動が高いことは変化の方向が $S-N$ に沿っている傾向があることを示し、且つ奥の方（大河内から北方位）に対しての蓄積が高く、西部より東部の方（峯筋）が比較的少ないことを傾向的に示すものとみられる。

§ 5. 総蓄積の推定と抽出誤差

いま

針葉樹 30cm 以上を A , 広葉樹 30cm 以上を C

同 30cm 未満を B , 同 30cm 未満を D

とし、本数、材積の各ブロック毎につき、対のプロットを添字 1, 2 で示すと第 7 表 ([I], [II]) の通りである。

第 7 表 プ ロ ッ ト 材 積 明 細 表

[I] 本 数

No.	Block No.	Plot — 1					Plot — 2					A_1+A_2	B_1+B_2	C_1+C_2	D_1+D_2	$\Sigma_1+\Sigma_2$
		A_1	B_1	C_1	D_1	Σ_1	A_2	B_2	C_2	D_2	Σ_2					
1	1	—	158	—	—	158	—	61	—	—	61	—	219	—	—	219
2	2	—	—	2	58	60	—	4	—	54	58	—	4	2	112	118
3	3	9	6	3	140	158	—	25	—	86	111	9	31	3	226	269
4	4	—	8	3	91	102	3	32	10	75	120	3	40	13	166	222
5	6	7	18	4	79	108	1	19	2	52	74	8	37	6	131	182
6	7	6	13	—	57	76	3	9	4	71	87	9	22	4	128	163
7	8	—	3	2	114	119	4	16	12	77	109	4	19	14	191	228
8	9	1	—	—	73	74	—	2	6	66	74	1	2	6	139	148
9	10	3	77	—	77	157	2	20	—	46	68	5	97	—	123	225
10	11	4	29	—	191	224	2	1	8	100	111	6	30	8	291	335
11	12	—	18	1	141	160	6	43	3	208	260	6	61	4	349	420
12	13	1	2	5	52	60	2	1	4	68	75	3	3	9	120	135
13	14	4	16	7	110	137	6	22	1	77	106	10	38	8	187	243
14	15	7	78	—	18	103	6	35	3	49	93	13	113	3	67	196
15	16	—	3	2	60	65	1	29	8	127	165	1	32	10	187	230
16	17	—	26	4	141	171	14	8	3	106	131	14	34	7	247	302
17	18	2	24	4	187	217	4	6	8	99	117	6	30	12	286	334
18	19	1	12	7	75	95	7	37	2	169	215	8	49	9	244	310
19	20	3	20	4	111	138	1	3	4	92	100	4	23	8	203	238
20	21	2	1	3	130	136	1	14	2	96	113	3	15	5	226	249
21	22	3	1	9	77	90	2	6	2	114	124	5	7	11	191	214
Σ		53	513	60	1982	2608	65	393	82	1832	2372	118	906	142	3814	4980

〔 II 〕 材 積 (m³)

No.	Block No.	Plot— 1					Plot — 2					$A_1 + A_2$	$B_1 + B_2$	$C_1 + C_2$	$D_1 + D_2$	$\sum_1 + \sum_2$
		A_1	B_1	C_1	D_1	$\sum_1$	A_2	B_2	C_2	D_2	$\sum_2$					
1	1	—	5.3830	—	—	5.3830	—	1.0320	—	—	1.0320	—	6.4150	—	—	6.4150
2	2	—	—	3.8634	9.8070	13.6704	—	0.7670	—	8.1978	8.9648	—	0.7670	3.8634	18.0048	22.6352
3	3	8.0030	1.2280	2.9529	7.9645	20.1484	—	1.4670	—	5.9309	7.3979	8.0030	2.6950	2.9529	13.8954	27.5463
4	4	—	0.4950	2.1513	4.2374	6.8837	1.4270	4.8950	19.1411	6.6813	32.1444	1.4270	5.3900	21.2924	10.9187	39.0281
5	6	11.0950	2.8780	5.8415	7.0750	26.8895	0.7300	2.2990	3.2681	4.5213	10.8184	11.8250	5.1770	9.1096	11.5963	37.7079
6	7	8.3180	3.0270	—	3.0484	14.3934	5.3390	1.1700	3.6140	5.3977	15.5207	13.6570	4.1970	3.6140	8.4461	29.9141
7	8	—	0.7050	2.0034	6.2740	8.9824	4.6650	1.6120	14.6245	6.5547	27.4562	4.6650	2.3170	16.6279	12.8287	36.4386
8	9	1.5640	—	—	6.0390	7.6030	—	0.2530	3.9502	3.8821	8.0853	1.5640	0.2530	3.9502	9.9211	15.6883
9	10	2.1880	5.2460	—	2.6369	10.0709	1.6240	1.6460	—	1.9091	5.1791	3.8120	6.8920	—	4.5460	15.2500
10	11	2.7820	1.8390	—	8.2357	12.8567	0.7340	0.0900	8.6497	5.6448	15.1185	3.5160	1.9290	8.6497	13.8805	27.9752
11	12	—	1.9780	0.4573	8.0253	10.4606	3.3870	3.8760	1.9739	9.4815	18.7184	3.3870	5.8540	2.4312	17.5068	29.1790
12	13	0.3030	0.1160	5.0031	1.8836	7.3057	1.4470	0.3790	2.2982	4.4492	8.5734	1.7500	0.4950	7.3013	6.3328	15.8791
13	14	3.5140	1.7080	7.1462	7.2761	19.6443	5.0740	5.4770	0.5186	3.7172	14.7868	8.5880	7.1850	7.6648	10.9933	34.4311
14	15	11.3930	10.9390	—	1.1400	23.4720	6.8610	5.8060	5.8217	3.8571	22.3458	18.2540	16.7450	5.8217	4.9971	45.8178
15	16	—	0.3120	3.0639	6.4531	9.8290	0.6950	2.7370	6.0146	9.6228	19.0694	0.6950	3.0490	9.0785	16.0759	28.8984
16	17	—	1.4900	5.1866	9.3469	16.0235	5.4030	0.8080	1.9498	8.0371	16.1979	5.4030	2.2980	7.1364	17.3840	32.2214
17	18	1.8440	1.4800	4.0373	8.3290	15.6903	7.2400	0.6500	8.1220	6.7690	22.7810	9.0840	2.1300	12.1593	15.0980	38.4713
18	19	0.8720	1.5770	7.2276	7.3548	17.0314	5.1510	3.3500	1.5074	8.8494	18.8578	6.0230	4.9270	8.7350	16.2042	35.8892
19	20	3.1830	2.3710	3.9055	9.6840	19.1435	0.4950	0.2120	2.5178	5.8985	9.1233	3.6780	2.5830	6.4233	15.5825	28.2668
20	21	1.3140	0.0160	2.5239	6.5600	10.4139	0.4210	0.9720	1.7381	3.9861	7.1172	1.7350	0.9880	4.2620	10.5461	17.5311
21	22	4.6010	0.0790	5.9972	3.9454	14.6226	1.3740	0.9340	1.0694	12.3225	15.6999	5.9750	1.0130	7.0666	16.2679	30.3225
Σ		60.9740	42.8670	61.3611	125.3161	290.5182	52.0670	40.4320	86.7791	125.7101	304.9882	113.0410	83.2990	148.1402	251.0262	595.5064

第 8 表 分散並びに共分散計算表

〔I〕 本 数

No.	Block No.	a	b	c	d	e	a ²	a·b	a·c	a·d	b ²	b·c	b·d	c ²	c·d	d ²	e ²
1	1	—	97	—	—	97											
2	2	—	—4	2	4	2											
3	3	9	—19	3	54	47											
4	4	—3	—24	7	16	—18											
5	6	6	—1	2	27	34											
6	7	3	4	—4	—14	—11											
7	8	—4	—13	—10	37	10											
8	9	1	—2	—6	7	0											
9	10	1	57	—	31	89											
10	11	2	28	—8	91	113											
11	12	—6	—25	—2	—67	—100											
12	13	—1	1	1	—16	—15											
13	14	—2	—6	6	33	31											
14	15	—1	43	—3	—31	10											
15	16	—1	—26	—6	—67	—100											
16	17	—14	18	1	35	40											
17	18	—2	18	—4	88	100											
18	19	—6	—25	5	—94	—120											
19	20	2	17	0	19	38											
20	21	1	—13	1	34	23											
21	22	1	—5	7	—37	—34											
Σ							442	178	40	951	19528	—182	8811	460	—1173	46748	84428
f. c. t.							436.4750	175.7750	39.5000	939.1125	19283.9000	—179.7250	8700.8625	454.2500	—1158.3375	46163.6500	83372.6500

註) 1. $a=A_1-A_2$, $b=B_1-B_2$, $c=C_1-C_2$, $d=D_1-D_2$, $e=\Sigma_1-\Sigma_2$

たゞし $A=16$: Block area (ha)

$n=2$: Number of plot per Block

$a=0.1$: One plot area (ha)

$$2. f. c. t. (補正項) = \frac{N-n}{N} \frac{\frac{A}{a} - n}{\frac{A}{a}} = \frac{160-2}{160} = 0.9875$$

〔Ⅱ〕 材 積

No.	Block No.	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>a</i> ²	<i>a</i> · <i>b</i>
1	1	—	4.3510	—	—	4.3510		
2	2	—	—0.7670	3.8634	1.6092	4.7056		
3	3	8.0030	—0.2390	2.9529	2.0336	12.7505		
4	4	—1.4270	—4.4000	—16.9898	—2.4439	—25.2607		
5	6	10.3650	0.5790	2.5734	2.5537	16.0711		
6	7	2.9790	1.8570	—3.6140	—2.3493	—1.1273		
7	8	—4.6650	—0.9070	—12.6211	—0.2807	—18.4738		
8	9	1.5640	—0.2530	—3.9502	2.1569	—0.4823		
9	10	0.5640	3.6000	—	0.7278	4.8918		
10	11	2.0480	1.7490	—8.6497	2.5909	—2.2618		
11	12	—3.3870	—1.8980	—1.5166	—1.4562	—8.2578		
12	13	—1.1440	—0.2630	2.7049	—2.5656	—1.2677		
13	14	—1.5600	—3.7690	6.6276	3.5589	4.8575		
14	15	4.5320	5.1330	—5.8217	—2.7171	1.1262		
15	16	—0.6950	—2.4250	—2.9507	—3.1697	—9.2404		
16	17	—5.4030	0.6820	3.2368	1.3098	—0.1744		
17	18	5.3960	0.8300	—4.0847	1.5600	—7.0907		
18	19	—4.2790	—1.7730	5.7202	—1.4946	—1.8264		
19	20	2.6880	2.1590	1.3877	3.7855	10.0202		
20	21	0.8930	—0.9560	0.7858	2.5739	3.2967		
21	22	3.2270	—0.8550	4.9278	—8.3771	—1.0773		
Σ							342.4043	64.5181
<i>f. c. t.</i>							338.1242	63.7117

ただし前掲の諸表と数値の異りがあるのは、本計算は分類の前段階で行ったもので、最終的な合計においては

単 位	誤差計算に用いた数値	最終的に決定した数値	差
材 積 (m ³)	595.5064	593.1525	2.3539
本 数 (本)	4980	4961	19

即ち、いずれも合計に対して 0.4 % 以下の差に過ぎないのでそのまま使用した。即ち修正前の数値で抽出誤差の出されたものについて針葉樹 30cm 以上、同未満、広葉樹 30cm 以上、同未満、および針葉樹、広葉樹、針広合計につき ha 当り本数、材積、全面積に対する本数、材積は第 8 (前掲参照)～10 表の各表の通りである。

第 9 表 分散並びに共分散表

〔Ⅰ〕 本 数

A) 標本和に対する分散

	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
<i>A</i>	436.4750	175.7750	39.5000	939.1125
<i>B</i>		19283.9000	—179.7250	8700.8625
<i>C</i>			454.2500	—1158.3375
<i>D</i>				46163.6500

二つの負の共分散項は、針葉樹の小径木は

広葉樹の大径木の多いところでは少なく、広葉樹の小径木もまた同じ。その他は互に相殺するにいたっていないことを示す。

B) ha 当

	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
<i>A</i>	24.7435	9.9646	2.2392	53.2377
<i>B</i>		1093.1916	—10.1885	493.2462
<i>C</i>			25.7511	—65.6654
<i>D</i>				2616.9870

$a \cdot c$	$a \cdot d$	b^2	$b \cdot c$	$b \cdot d$	c^2	$c \cdot d$	d^2	e^2
66.5482	18.1785	120.3350	4.3506	14.4867	764.5449	40.7573	173.0238	1817.9868
65.7164	17.9513	118.8308	4.2962	14.3056	754.9881	40.2478	170.8610	1795.2620

〔II〕 材 積

A) 標本和に対する分散

	A	B	C	D
A	338.1242	63.7117	65.7164	17.9513
B		118.8308	4.2962	14.3056
C			754.9881	40.2478
D				170.8610

共分散項が全部(+)であることは、蓄積度が十分でなく、他を排除する段階にいたっていないことを示す。

B) ha 当

	A	B	C	D
A	19.1680	3.6118	3.7254	1.0176
B		6.7364	0.2435	0.8110
C			42.7998	2.2816
D				9.6860

§6. 直径生長量の推定

針葉樹 74 本, 広葉樹 171 本, 合計 245 本の生長錐片 (core) が, プロット全調査本数 4961

本に対し約 20 本に 1 本の割でとられた。

皮付胸高直径 D を測定し, ついで Swedish bark gauge により樹皮厚を mm 単位で測定してその 2 倍を直径に対応する樹皮厚 $2B$ とし, $D-2B$ をもつて皮内胸高直径 d とした. core 長を 10 年間の年輪の中 L として $x=d-L$ を皮内定期中央部の直径とみたと, $y=2L/10$ を皮内平均直径生長量とした。

ついで皮付胸高直径の合計 $\sum D$ と皮内胸高直径の合計 $\sum d$ から樹皮率 K を

$$K = \frac{\sum D}{\sum d}$$

により決定し, x, y に K を乗じてそれぞれ皮付定期中央部直径 $X=Kx$,

第10表 総蓄積に対する総括表

〔I〕本数

区	分	標本和	ha当	ha当分散	ha当標準誤差	95%標準誤差	誤差率	95%推定範囲	全面積(449.3ha)当	95%標準誤差
N	30cm以上(A)	118	28.1	24.7435	4.97	10.3	36.7	17.8—38.4	12625.3	4627.8
"	30cm未満(B)	906	215.7	1093.1916	33.06	68.8	31.9	146.9—284.5	96914.0	30911.8
L	30cm以上(C)	142	33.8	25.7511	5.07	10.6	31.4	23.2—44.4	15186.4	4762.6
"	30cm未満(D)	3814	908.1	2616.9870	51.16	106.4	11.7	801.7—1014.5	408009.3	47805.5
N	合計(A+B)	1024	243.8	1137.8643	33.73	70.2	28.8	173.6—314.0	109539.3	31540.9
L	合計(C+D)	3956	941.9	2511.4073	50.11	104.2	11.1	837.7—1046.1	423195.7	46817.1
NL	30cm以上(A+C)	260	61.9	54.9730	7.41	15.4	24.9	46.5—77.3	27811.7	6919.2
"	30cm未満(B+D)	4720	1123.8	4696.6710	68.53	142.5	12.7	981.3—1266.3	504923.3	64025.3
全	体(Σ)	4980	1185.7	4726.3407	68.74	143.0	12.1	1042.7—1328.7	532735.0	64249.9

〔II〕材積(m³)

区	分	標本和	ha当	ha当分散	ha当標準誤差	95%標準誤差	誤差率	95%推定範囲	全面積(449.3ha)当	95%標準誤差
N	30cm以上(A)	113.0410	26.9145	19.1680	4.3781	9.1065	33.8	17.8080—36.0210	12092.68	4091.55
"	30cm未満(B)	83.2990	19.8331	6.7364	2.5955	5.3986	27.2	14.4345—25.2317	8911.01	2425.59
L	30cm以上(C)	148.1402	35.2715	42.7998	6.5422	13.6077	38.6	21.6638—48.8792	15847.49	6113.94
"	30cm未満(D)	251.0262	59.7681	9.6860	3.1122	6.4734	10.8	53.2947—66.2415	26853.81	2908.50
N	合計(A+B)	196.3400	46.7476	33.1280	5.7557	11.9718	25.6	34.7758—58.7194	21003.70	5378.93
L	合計(C+D)	399.1664	95.0396	57.0490	7.5531	15.7104	16.5	79.3292—110.7500	42701.29	7058.68
NL	30cm以上(A+C)	261.1812	62.1860	69.4187	8.3318	17.3301	27.9	44.8559—79.5161	27940.17	7786.41
"	30cm未満(B+D)	334.3252	79.6012	18.0444	4.2479	8.8356	11.1	70.7656—88.4368	35764.82	3969.84
全	体(Σ)	595.5064	141.7872	101.7722	10.0882	20.9835	14.8	120.8037—162.7707	63704.99	9427.89

皮付直径生長量 $Y=Ky$ を計算した。

いま、これらの直径生長量を示すと次表（第 11 表 [I], [II]）の通りである。なお、樹種毎に共分散分析を試みることは極めて興味深いことであるが、ここでは以下に資料の一部を掲げるにとどめる。

モミ、ツガ、アカマツおよびヒメコマツ、スギ人工林の生長量の共分散分析
各樹種とも

X : 皮付直径, Y : 皮付連年直径生長量 (cm)

とすると、各樹種についての回帰式は 27 頁以下に示す通りである。

第 11 表 標 本 木 直 径 生 長 量 表

[I] 針 葉 樹

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
モ (25本)	ミ	ツ (21本)	ガ	I. アカマツ (5本)		5.2	0.97
6.7	0.17	6.8	0.15	3.8	0.67	5.4	0.94
6.7	0.20	6.8	0.15	14.5	0.67	5.6	0.91
8.1	0.41	7.8	0.42	15.6	0.25	6.1	1.20
10.2	0.46	8.1	0.32	27.1	0.82	7.4	0.98
11.0	0.17	10.1	0.25	27.3	0.36	7.7	0.90
11.4	0.11	10.2	0.32			8.3	1.61
12.3	0.74	11.6	0.50	II. ヒメコマツ (5本)		8.4	1.07
12.7	0.76	12.1	0.36	7.7	0.44	mean	
13.3	1.01	12.2	0.36	7.9	0.78	5.48	0.980
13.8	0.48	13.7	0.33	8.7	0.25		
14.4	1.29	14.9	0.53	9.2	0.78		
17.5	0.63	15.1	0.19	10.3	0.72		
18.5	0.68	16.1	0.40				
19.2	0.24	18.3	0.34	mean			
19.6	0.42	19.0	1.05	13.21	0.574		
21.2	0.65	21.2	0.53	ス (18本)	ギ		
23.1	0.74	23.1	0.39	3.8	0.81		
24.3	0.91	26.9	0.53	3.9	1.62		
25.7	0.59	36.6	0.31	4.3	0.70		
27.4	0.68	36.8	0.27	4.4	0.79		
28.5	0.23	86.5	0.11	4.4	1.11		
35.4	1.10			4.6	0.66		
36.0	0.83	mean		4.6	0.73		
37.1	0.84	19.71	0.372	4.7	0.65		
38.0	0.61			4.5	1.03		
mean				5.1	0.96		
19.68	0.598	マ ツ 類					

$$K_{(N)} = \frac{\sum D}{\sum d} = \frac{1368.00}{1298.72} = 1.0533$$

〔Ⅱ〕 広葉樹

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y		
シ デ 類 (23本)		9.7 10.3 11.7	0.41 0.33 0.45	ヒ メ シ ヤ ラ (8本)		フ ユ ナ ナ メ (4本)			
6.6 6.6 6.6 6.9 8.3	0.25 0.25 0.29 0.23 0.33	11.8 14.0 58.7 79.9	0.37 0.41 0.30 0.43	6.5 9.5 11.1 12.4 15.7	0.33 0.45 0.21 0.37 0.10	5.8 6.8 8.4 8.8	0.41 0.62 0.31 0.14		
8.6 8.7 10.2 10.7 10.9	0.27 0.23 0.35 0.25 0.47	カ シ 類 (12本)		19.2 19.9 23.8	0.25 0.11 0.15	ミ ズ キ (3本)			
11.3 11.9 12.1 12.5 12.8	0.50 0.43 0.27 0.35 0.25			8.3 9.7 10.4		0.33 0.47 0.36			
14.7 15.3 16.7 16.7 21.6	0.72 0.14 0.29 0.33 0.36			カ エ デ (3本)					
23.2 34.7 36.4	0.26 0.41 0.37			8.8 13.1 23.1		0.27 0.23 0.26			
				22.5 24.4	0.25 0.27	ミ ネ バ リ (3本)			
リ ヨ ウ ブ (15本)		ホ ウ ノ キ (12本)		シ ラ キ (5本)		22.7 26.8 29.2	0.25 0.29 0.31		
				6.6 8.0 9.0 9.3 10.7		0.25 0.41 0.23 0.17 0.21			
				ネ ジ キ (5本)		シ キ ブ (3本)			
				7.2 10.7 11.1 11.2 13.6		0.12 0.70 0.22 0.20 0.13			
				ク リ (4本)		ツ ゲ (2本)			
		10.2 13.0 15.9 16.3		0.31 0.52 0.48 0.33	8.8 25.0		0.13 0.29		
		ブ ナ (10本)		ナ ツ ナ ナ メ (4本)		ク ル ミ (2本)			
				9.1 9.3 15.5 16.9		0.21 0.33 0.17 0.20	8.2 26.6		0.31 0.32
				5.4 6.3 8.3 10.7 12.6		0.45 0.66 0.37 0.29 0.33	シ キ ミ (2本)		
				12.9 15.0 26.6 32.5 44.9		0.27 0.27 0.41 0.43 0.39			
				ミ ズ ナ ラ (14本)					
				6.3 6.3 6.6 7.1 8.0		0.27 0.31 0.29 0.47 0.33			
				8.1 8.5		0.35 0.33			

8.5 12.9 15.2	0.17 0.19 0.19	イ ス ツ ゲ (1本)	シ (1本) イ	8.4 9.8 10.8 16.6	0.30 0.89 0.23 0.25
イ モ ギ (2本)		6.1 0.35	11.8 0.50	21.8	0.56
10.2 28.6	0.23 0.27	コ ブ シ (1本)	ク ス ギ (1本)		
		13.1 0.25	18.2 0.21		
キ ハ ダ (2本)		ナ ツ コ ガ (1本)	イ ス ノ キ (1本)		
5.3 7.8	0.35 0.25	10.0 0.27	17.8 0.30		
エ ゴ ノ キ (2本)		ヒ サ カ キ (1本)	ハ イ ノ キ (1本)		
6.5 8.7	0.27 0.20	9.0 0.23	7.6 0.37		
タ ニ ガ シ (1本)		ツ バ キ (1本)	ウリハダカエデ (1本)		
11.1 0.17		9.3 0.17	8.8 0.19		
ヌ ル デ (1本)		コ シ ア ブ ラ (1本)	ザ ツ [樹種不明木] (6本)		
11.0 0.47		11.0 0.14	6.7 0.26		

$$K_{(L)} = \frac{\sum D}{\sum d} = \frac{2503.00}{2426.72} = 1.0314$$

a) モ ミ :

	1	X	Y	DF	MS	
1 X Y	25	492.1 11965.57	14.95 323.949 11.2609	25		
19.684 0.598		2278.07	29.6732 2.3208	24	0.3858	F=4.587*
0.01302559			1.9343	23	0.0841	

$$Y_{(\text{Momi})} = 0.598 + 0.0130(X - 19.68)$$

回帰係数 0.0130 は $F=4.587^*$ につき significant

b) ツ ガ :

	1	X	Y	DF	MS	
1 X Y	21	413.9 14330.31	7.81 141.443 3.6969	21		
19.7095 0.3719		6172.5381	-12.4870 0.7823	20	0.0250	F=0.628
-0.00202299			0.7570	19	0.0398	

$$Y_{(\text{Tsga})}=0.3719$$

回帰係数 -0.0020 は $F=0.628$ につき not significant

c) アカマツおよびヒメコマツ：

	1	X	Y	DF	MS
1 X Y	10	132.1 2335.87	5.74 74.528 3.7537	10	
13.21 0.574		590.83	-1.2974 0.4589	9	0.0029 $F=0.043$
-0.00219589			0.4561	8	0.0670

$$Y_{(\text{Matsu})}=0.574$$

回帰係数 -0.0022 は $F=0.043$ につき not significant

d) スギ（人工植栽）：

	1	X	Y	DF	MS
1 X Y	18	98.7 578.59	17.64 99.115 18.6002	18	
5.483 0.9800		37.39	2.3891 1.3130	17	0.1527 $F=2.106$
0.06389676			1.1600	16	0.0725

$$Y_{(\text{Sugi})}=0.980$$

回帰係数 0.0639 は $F=2.106$ で not significant

即ち、胸高直径 (X) に対する直径生長量 (Y) を樹種毎に再記すると次の通りである。

$$\text{モミ} : Y=0.598+0.0130(X-19.68), MS=0.0841, DF=23$$

$$\text{ツガ} : Y=0.372-0.0020(X-19.71), MS=0.0398, DF=19$$

$$\text{マツ} : Y=0.574-0.0022(X-13.21), MS=0.0670, DF=8$$

$$\text{スギ} : Y=0.980+0.0639(X-5.48), MS=0.0725, DF=16$$

なお、モミ以外のものはいずれもその X に関する回帰は有意でないのでおとされた。しかし共分散分析ではこれらの回帰係数がみかけ上ついているものとして計算をすすめた。

モミ、ツガ、マツ、スギをこみにした回帰式を General regression として求めると次のようになる。

	1	X	Y	DF	MS
1 X Y	74	1136.8 29210.34	46.14 639.035 37.3116	74	
15.3622 0.6235		11746.6341	-69.7752 8.5427	73	0.4117 $F=3.624$
-0.0059			8.1782	72	0.1136

即ち $F=3.624$ は 5% レベルでわずかに有意でないのでここでも X に関する回帰は棄

てられ

$$Y_{(\text{Gen.})} = 0.6235$$

となる.

つぎに Common reg., 即ち各々の回帰係数にその X の分散の重みをつけた重みつき平均回帰を計算すると次の通りである.

即ち Common reg. coeff.

$$b_{(\text{Com.})} = \frac{\sum \left[\frac{\sum xy}{\sum x^2} \cdot \sum x^2 \right]}{\sum [\sum x^2]} = \frac{18.2779}{9078.8281}$$

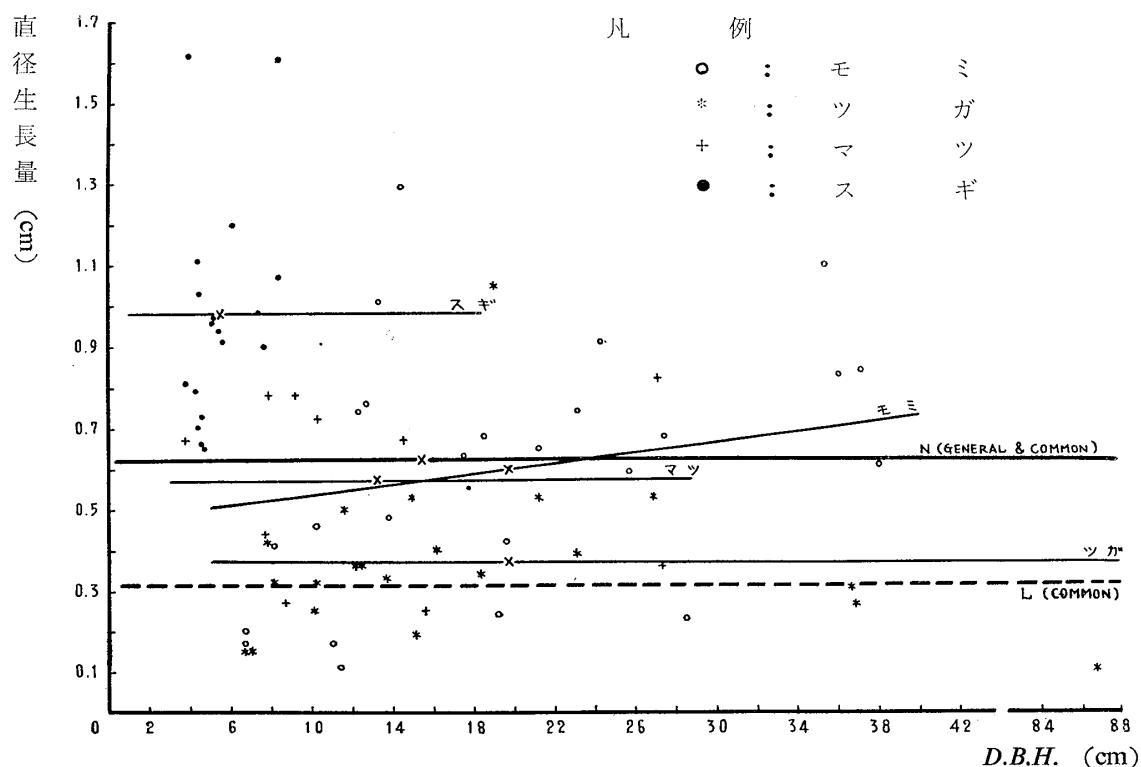
		DF		MS	
9078.8281	18.2779	4.8750	70	0.0366	$F=0.522$
0.00201324	4.8382	69	0.0701		

この場合も $F=0.522$ で $b_{(\text{Com.})}=0.0020$

は 0 と有意差がない. いいかえると General mean を通過して General regression と全く一致していることとなる.

以上の状態を図に示すと第 5 図のようになる.

第 5 図 針葉樹 4 樹种群の資料分布並びに回帰図



また共分散分析を示すと左表の通りである.

即ち, 四つの回帰係数は有意差がない. 換言するとモミ, ツガ, マツ, スギとも胸高直径と直径生長量との間の回帰係数は同一の分散をもつ母集団からの標本とみなされる.

	SS	DF	MS	F
Within	4.3074	66	0.0653	
Reg. diff.	0.5308	3	0.1769	2.70
Common	4.8382	69	0.0701	
Adj. mean	3.3400	3	1.1133	15.88**
General	8.1782	72		

そこで平均値に差があるかどうかをみると, General と Common の SS の差はそこに

著しい統計的な差を生じている。従つて、いま、スギとモミの平均値を比較してみると、まず差の分散は

$$s_D^2 = s_y^2 \times \left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} + \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)^2}{\sum x^2} \right]$$

から

$$s_D^2 = 0.0701 \left[\frac{1}{25} + \frac{1}{18} + \frac{(5.48 - 19.68)^2}{9078.83} \right] = 0.00826$$

$$s_D = \sqrt{0.00826} = 0.0909$$

モミとスギの修正平均の差

$$\begin{aligned} \bar{y}_{(\text{Momi})A} - \bar{y}_{(\text{Sugi})A} &= \bar{y}_{(\text{Momi})} - \bar{y}_{(\text{Sugi})} - b_{(\text{Com.})}(\bar{x}_{(\text{Momi})} - \bar{x}_{(\text{Sugi})}) \\ &= 0.598 - 0.980 - (-0.0022)[19.68 - 5.48] \\ &= -0.351 \end{aligned}$$

即ち、共通回帰において二つの修正差は

$$-0.351$$

従つて、これと $0.0909 = s_D$ の比較をすると

$$t = \frac{-0.351}{0.0909} = 3.86^{**}$$

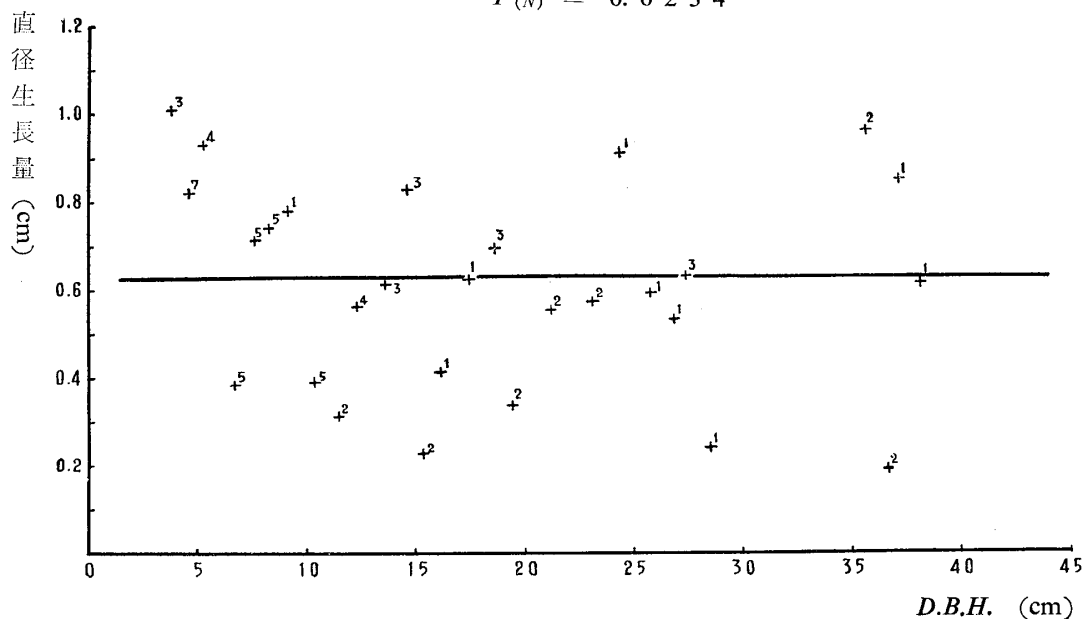
即ち、自由度は Common の mean square に基づく自由度 69 によるので著しく有意となる。これからみても天然生林の一部を早急に伐採して資源を利用するとともに、同時にスギのような生長の早い樹種を入れて林相の改善を行うことは、いわゆる経営的な面からの体質改善の必要な所以であると考えられる。

直径と直径生長量を示すグラフ（第 6 図）は針葉樹、広葉樹とも点の分散がひどい。両図とも平均値をプロットしているが、広葉樹についてはさらに個々の点のとび撒りをも示

第 6 図 直径生長量回帰図

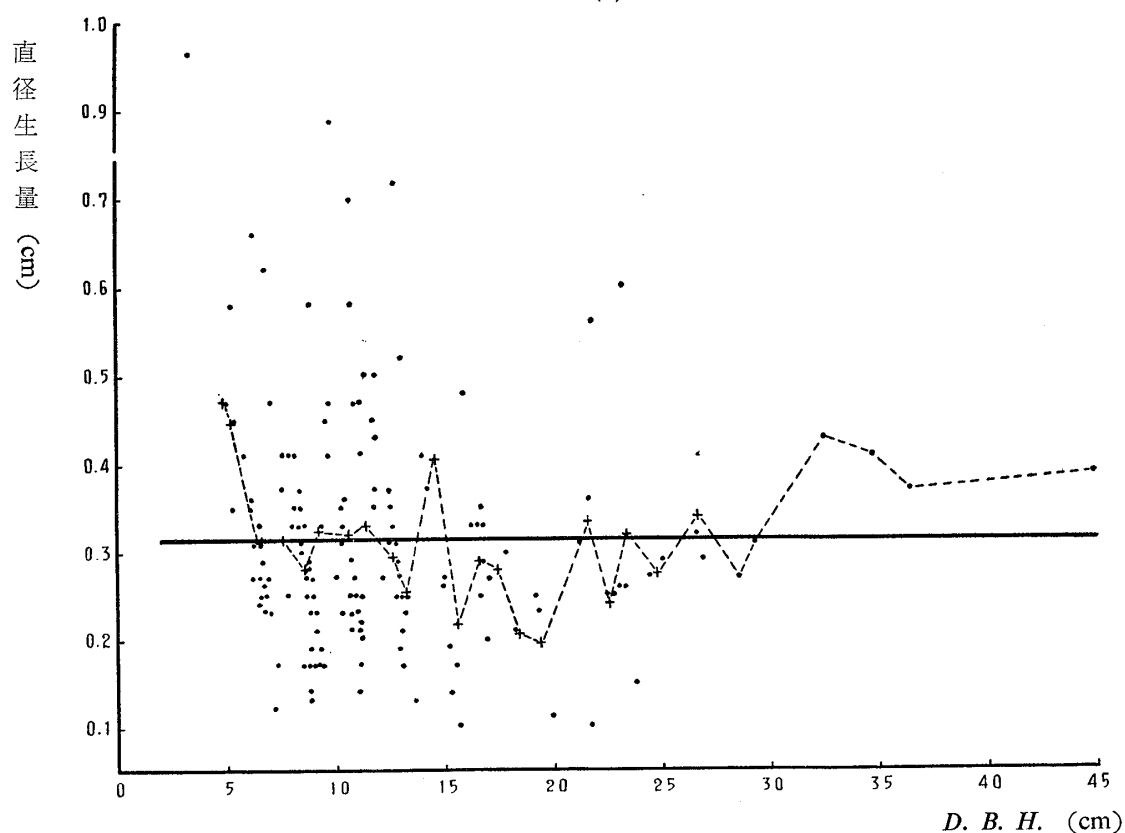
[a] 針葉樹

$$Y_{(N)} = 0.6234$$



(b) 広 葉 樹

$$Y_{(L)} = 0.3145$$



している。このことは針葉樹についても同様である。

さて、このような点の撒らばり方では直径に基づく回帰は得られないのが普通である。最小自乗解とその分析を示すと右表の通りである。

即ち、直径に基づく回帰は有意でない。従つて

$$Y_{(N)} = 0.6234$$

換言すると直径のいかにかわらなく針葉樹の直径生長量は皮付で年間平均 6.2mm の生長をしているものとみて計算することになる。

また広葉樹でも直径に基づく回帰は有意でない。従つて

$$Y_{(L)} = 0.3145$$

換言すれば直径のいかにかわらなく、皮付直径生長量は平均 3.1mm(年間)となる。

なお、針葉樹の直径生長量は広葉樹の約 2 倍となつているが、これは今回に限りスギ人工林の core が資料の約 24% を含む結果である。

〔I〕 針 葉 樹

	<i>w</i>	<i>wX</i>	<i>wY</i>	<i>wck</i>
1	74	1136.8778	46.1344	1257.0122
<i>X</i>		29198.7642	639.2938	30974.9358
<i>Y</i>			32.5859	718.0141
15.3632135		11732.6678	-69.4788	11663.1890
0.623437837			3.8240	-65.6548
-0.00592182			3.4126	3.4126

分散分析

	<i>SS</i>	<i>DF</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>
1	28.8619	1		
Reg.	0.3214	1		2.5427
Error	3.4126	27	0.1264	
Total	32.5859	29		

〔Ⅱ〕 広 葉 樹

	w	wX	wY	wck
1	171	2234.9760	53.7879	2459.7639
X		43125.5573	704.6584	46065.1917
Y			17.7497	776.1960
13.07003508		13914.3426	1.6487	13915.9913
0.31454912			0.8308	2.4795
0.00011849			0.8306	0.8306

分散分析

	SS	DF	MS	F
1	16.9189	1		
Reg.	0.0002	1		
Error	0.8306	28	0.0297	
Total	17.7497	30		

が、樹高測定もこのような山地での実行可能な程度のものであるから、本材積表を使用しても、それによつて誤差が問題にされるほどのものでないと思つた。また単木の平均材積は、多数による測定者の樹高推定の平均的なものであることから、あえて樹高曲線を用いず、むしろ材積曲線に基づいている点は従来の方法とやや異つてゐる。

なお、材積表調製のための原資料は次表（第12表）の通りである。

第12表 材積表調製のための原資料一覧表

直 径 D cm	N		L	
	平均 1 本 当 材 積 v	木 数 w	平均 1 本 当 材 積 v	本 数 w
	m^3		m^3	
8	0.0178	234	0.0213	1224
10	0.0319	175	0.0344	940
12	0.0486	136	0.0511	491
14	0.0739	81	0.0739	409
16	0.1048	52	0.0988	232
18	0.1476	56	0.1373	170
20	0.1940	55	0.1748	121
22	0.2169	37	0.2315	63
24	0.3407	25	0.2683	69
26	0.3773	24	0.3669	45
28	0.4262	16	0.3991	40
30	0.5260	31	0.5046	32
32	0.6041	8	0.5507	22
34	0.7369	12	0.6804	14
36	0.8012	10	0.7062	13
38	0.8884	14	0.9853	13
40	1.0578	16	1.0227	11
42	1.4054	5	1.0349	8
44	0.8890	1	1.1007	6
46	1.2965	2	1.0559	2
48	1.4887	3	1.5603	5
50	1.7196	5	1.5664	5

樹種間の差異等についての分析は別の機会に譲ることとする。

§7. 材積方程式

胸高直径に基づく材積表は各プロットの単木材積を悉く直径階に分類して、各直径階毎の材積をその本数で除して平均一本当り材積を導びき、それを基にして二次方程式の形から求めた材積表によつた。

なお、単木の胸高直径は輪尺または直径テープを用い、樹高は単木毎に測高器および伐倒による実測を基準として毎木毎に目測されたものである。単木の材積には熊本営林局の立木幹材積表を使用した。本材積表による場合は若干過大に推定されると思われる。

52	1.4470	1	2.0885	1
54	2.0180	2	1.4877	5
56	2.3580	2	2.3468	3
58	2.1760	1	2.0140	1
60	2.4380	1	2.8474	5
62	3.2590	1	2.5254	1
64	2.7060	1	2.8700	1
70	—	—	2.8080	1
72	—	—	2.7331	1
80	—	—	3.8077	1
84	4.3570	1	—	—
Σ		1008		3955

A) 針 葉 樹

	w	wD	wD^2	wv	wck
1	1008	162.80	36.2376	195.2097	1402.2473
D		36.2376	10.9920	65.6033	275.6329
D^2			4.2601	26.9129	78.4026
v				173.6532	461.3791
0.16150794		9.9441	5.1393	34.0754	49.1588
0.03595000			2.9574	19.8951	27.9918
0.19366042				135.8488	189.8193
0.51681902			0.3013	2.2843	2.5856
3.42669523				19.0828	21.3671
				1.7644	1.7644

分散分析

	SS	DF	MS	F
1	37.8121	1		**
D	116.7662	1		**
D^2	17.3184	1		**
Error	1.7644	27	0.0653	
Total	173.6611	30		

** 1%有意差を示す。

従属変数 v のconst., 直径 D , 直径自乗 D^2 , の各項に関する回帰の平方和は誤差の平方平均に対し著しく有意であるから, 求める材積方程式は次のように示される。

$$V_{(N)} = 0.0005 - 0.4916D + 7.5815D^2$$

B) 広 葉 樹

	w	wD	wD^2	wv	wck
1	3955	512.54	86.5284	397.9262	4951.9946
D		86.5284	20.8349	109.8601	729.7634
D^2			7.1329	41.4691	155.9653
v				250.5531	799.8085
0.12959292		20.1068	9.6214	58.2917	88.0199
0.02187823			5.2398	32.7632	47.6244
0.10061345				210.5164	301.5713
0.47851473			0.6358	4.8698	5.5056
2.89910379				41.5227	46.3925
7.65932683				4.2233	4.2233

分散分析

	SS	DF	MS	F
1	40.0367	1		**
D	168.9937	1		**
D ²	37.2994	1		**
Error	4.2233	29	0.1456	
Total	250.5531	32		

正規式からの回帰を **General reg.** とし, 2nd reduction の和から求めたものを **Common reg.** として以下の計算をすすめると

C) General reg.

	w	wD	wD ²	wv	wck
1	4963	675.34	122.7660	593.1359	6354.2419
D		122.7660	31.8269	175.4634	1005.3963
D ²			11.3930	68.3820	234.3679
v				424.2063	1261.1876
0.1360749546		30.8691	15.1215	94.7525	140.7431
0.0247362482			8.3562	53.7100	77.1877
0.1195115655				353.3197	501.7822
0.489858790			0.9488	7.2947	8.2435
3.069493441				62.4775	69.7722
7.68834317				6.3933	6.3933

D) Common reg.

	0.9371	7.1541	8.0912
		60.6055	67.7596
7.63429730		5.9890	5.9890

これから共分散分析を行うと下表の通りである。これより、針葉樹、広葉樹の材積方程式は差がないということが出来るが、生長量推定には一応個々の式を用いた。

	SS	DF	MS	F
Within	5.9877	56	0.1069	
Reg. diff.	0.0013	1	0.0013	
Common	5.9890	57	0.1051	
Adj. mean	0.4043	2	0.2022	1.92
General	6.3933	59		

従つて

$$V_{(L)} = 0.0323 - 0.7660D + 7.6593D^2$$

となり、この二つの材積式は第7図に示すように極めて近似している。果して同一の曲線で示し得るかどうかを検討するために次のように共分散分析を行つてみた。

まず、2つの正規式を加えあわせた

正規式からの回帰を **General reg.** とし, 2nd reduction の和から求めたものを **Common reg.** として以下の計算をすすめると

まず、2つの正規式を加えあわせた

正規式からの回帰を **General reg.** とし, 2nd reduction の和から求めたものを **Common reg.** として以下の計算をすすめると

まず、2つの正規式を加えあわせた

正規式からの回帰を **General reg.** とし, 2nd reduction の和から求めたものを **Common reg.** として以下の計算をすすめると

まず、2つの正規式を加えあわせた

正規式からの回帰を **General reg.** とし, 2nd reduction の和から求めたものを **Common reg.** として以下の計算をすすめると

まず、2つの正規式を加えあわせた

正規式からの回帰を **General reg.** とし, 2nd reduction の和から求めたものを **Common reg.** として以下の計算をすすめると

まず、2つの正規式を加えあわせた

正規式からの回帰を **General reg.** とし, 2nd reduction の和から求めたものを **Common reg.** として以下の計算をすすめると

まず、2つの正規式を加えあわせた

正規式からの回帰を **General reg.** とし, 2nd reduction の和から求めたものを **Common reg.** として以下の計算をすすめると

まず、2つの正規式を加えあわせた

正規式からの回帰を **General reg.** とし, 2nd reduction の和から求めたものを **Common reg.** として以下の計算をすすめると

まず、2つの正規式を加えあわせた

正規式からの回帰を **General reg.** とし, 2nd reduction の和から求めたものを **Common reg.** として以下の計算をすすめると

まず、2つの正規式を加えあわせた

正規式からの回帰を **General reg.** とし, 2nd reduction の和から求めたものを **Common reg.** として以下の計算をすすめると

まず、2つの正規式を加えあわせた

正規式からの回帰を **General reg.** とし, 2nd reduction の和から求めたものを **Common reg.** として以下の計算をすすめると

まず、2つの正規式を加えあわせた

正規式からの回帰を **General reg.** とし, 2nd reduction の和から求めたものを **Common reg.** として以下の計算をすすめると

まず、2つの正規式を加えあわせた

正規式からの回帰を **General reg.** とし, 2nd reduction の和から求めたものを **Common reg.** として以下の計算をすすめると

まず、2つの正規式を加えあわせた

正規式からの回帰を **General reg.** とし, 2nd reduction の和から求めたものを **Common reg.** として以下の計算をすすめると

まず、2つの正規式を加えあわせた

正規式からの回帰を **General reg.** とし, 2nd reduction の和から求めたものを **Common reg.** として以下の計算をすすめると

まず、2つの正規式を加えあわせた

正規式からの回帰を **General reg.** とし, 2nd reduction の和から求めたものを **Common reg.** として以下の計算をすすめると

まず、2つの正規式を加えあわせた

正規式からの回帰を **General reg.** とし, 2nd reduction の和から求めたものを **Common reg.** として以下の計算をすすめると

まず、2つの正規式を加えあわせた

正規式からの回帰を **General reg.** とし, 2nd reduction の和から求めたものを **Common reg.** として以下の計算をすすめると

まず、2つの正規式を加えあわせた

正規式からの回帰を **General reg.** とし, 2nd reduction の和から求めたものを **Common reg.** として以下の計算をすすめると

なお、この回帰は第7図の実線と点線のほぼ中間の曲線を示す。

§8. 材積生長量の推定

生長量の推定は直径階の材積差を用い、2 cm 毎に Δv の材積増加量があるから直径生長量 Δd に対しては $\left[\frac{1}{2} \Delta v \cdot \Delta d \right]$ の生長量があるとみなし、各階の本数を n とすると全生長量は

N, L をこみにした材積式は **General** の解から

$$V = 0.0241 - 0.6967D + 7.6883D^2$$

(SE=0.329)

$$\frac{1}{2} \sum_{k=1}^n (n \Delta v \Delta d)$$

となる。標本和およびプロット全面積 4.02ha で除して 1 ha 当りをもとめると

	材 積	生長量	生長率
N	195.1987	10.3881	5.32
L	397.8754	13.7759	3.46
Σ	593.0741	24.1640	4.07
ha当	$\left\{ \begin{array}{ll} N & (46.4759) \quad (2.4734) \\ L & (94.7322) \quad (3.2800) \\ N+L & 141.2081 \quad 5.7533 \end{array} \right.$		

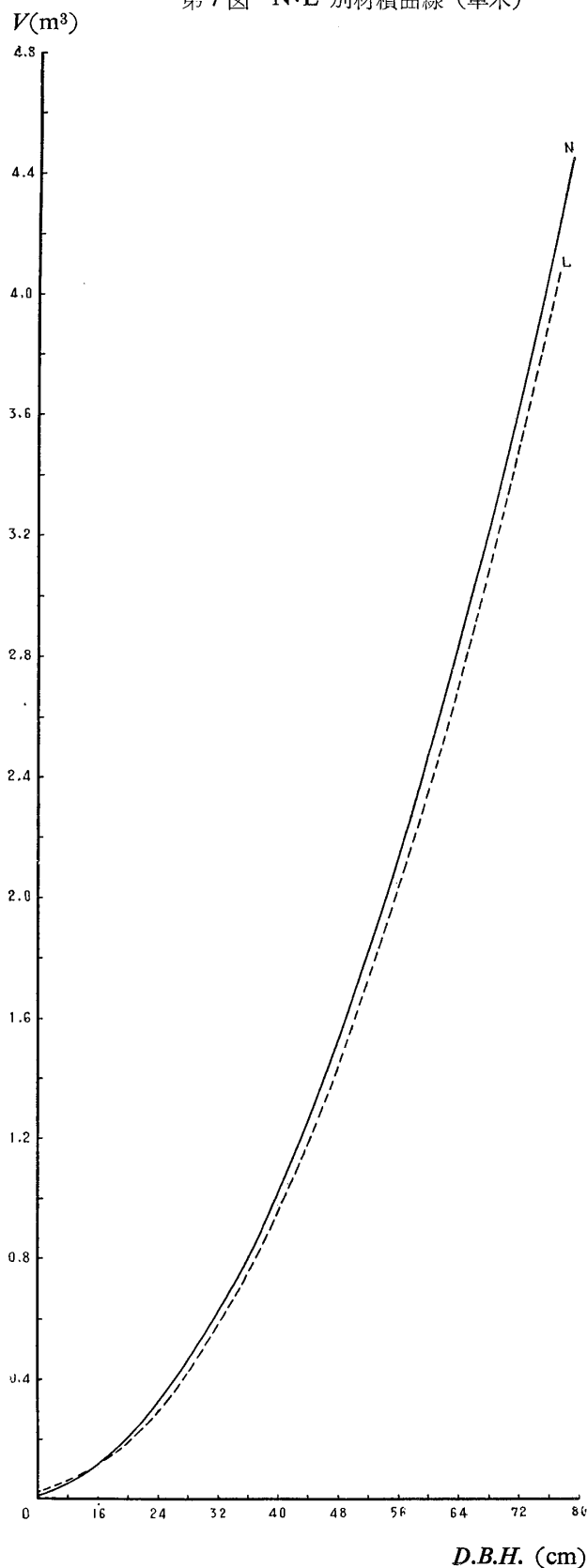
この場合、人工林のスギの資料が多すぎて針葉樹の生長量が過大になっていることは前述の通りである。

なお、次表（第 13 表）は材積生長量の計算表を掲げたものである。

表中、 D は胸高直径、 v はそれぞれの材積方程式に D の値を代入した材積、 Δv は直径階 2 cm 増加に対する材積増加量であるが、この場合は、下級直径階との差を用いた。この点は H.A. Meyer が行つたように考えている直径階を中心として上、下、両直径階の差を用いることが妥当であることは当然であるが、ここでは過去の材積量を計算に用いた形となつている。それは Δv の増加からわかるように、いくらか安全側とみたためである。

また Δd は直径生長量であるが、[I] の針葉樹では回帰の有意差はないが F の値がかなり高く暗示的であるので、回帰式を用い、[II] の広葉樹では回帰係数を 0 としてとつた。直径生長量回帰が有意でないのかかわらず、回帰式を用いると単木的にみて 62~64 cm 附近に生長量の

第 7 図 N・L 別材積曲線（単木）



極大点があらわれてくる。

なお、本数を乗じた場合、針葉樹では 12cm, 広葉樹は 10cm で max. point になる。

第 13 表 材 積 生 長 量 計 算 表

〔 I 〕 針 葉 樹

D	v	Δv	Δd	$\Delta v \cdot \Delta d$	$\frac{\Delta v \cdot \Delta d}{2}$	N	V
cm	m ³	m ³	cm				m ³
6	-0.0017						
8	0.0097	0.0114	0.6668	0.0076	0.0038	234	0.8892
10	0.0271	0.0174	0.6550	0.0114	0.0057	175	0.9975
12	0.0507	0.0236	0.6432	0.0152	0.0076	136	1.0336
14	0.0803	0.0296	0.6314	0.0187	0.0094	81	0.7614
16	0.1159	0.0356	0.6196	0.0221	0.0111	52	0.5772
18	0.1576	0.0417	0.6078	0.0253	0.0127	56	0.7112
20	0.2055	0.0479	0.5960	0.0285	0.0143	55	0.7865
22	0.2592	0.0537	0.5842	0.0314	0.0157	37	0.5809
24	0.3192	0.0600	0.5724	0.0343	0.0172	25	0.4300
26	0.3852	0.0660	0.5606	0.0370	0.0185	24	0.4440
28	0.4573	0.0721	0.5488	0.0396	0.0198	16	0.3168
30	0.5353	0.0780	0.5370	0.0419	0.0210	31	0.6510
32	0.6195	0.0842	0.5252	0.0442	0.0221	8	0.1768
34	0.7098	0.0903	0.5134	0.0464	0.0232	12	0.2784
36	0.8061	0.0963	0.5016	0.0483	0.0242	10	0.2420
38	0.9085	0.1024	0.4898	0.0502	0.0251	14	0.3514
40	1.0169	0.1084	0.4780	0.0518	0.0259	16	0.4144
42	1.1314	0.1145	0.4662	0.0534	0.0267	5	0.1335
44	1.2520	0.1206	0.4544	0.0548	0.0274	1	0.0274
46	1.3786	0.1266	0.4426	0.0560	0.0280	2	0.0560
48	1.5113	0.1327	0.4308	0.0572	0.0285	3	0.0858
50	1.6501	0.1388	0.4190	0.0582	0.0291	5	0.1455
52	1.7949	0.1448	0.4072	0.0590	0.0295	1	0.0295
54	1.9458	0.1509	0.3954	0.0597	0.0299	2	0.0598
56	2.1028	0.1570	0.3836	0.0602	0.0301	2	0.0602
58	2.2658	0.1630	0.3718	0.0606	0.0303	1	0.0303
60	2.4348	0.1690	0.3600	0.0608	0.0304	1	0.0304
62	2.6100	0.1752	0.3482	0.0610	0.0305	1	0.0305
64	2.7913	0.1813	0.3364	0.0610	0.0305	1	0.0305
66	2.9785	0.1872	0.3246	0.0608	0.0304		
68	3.1719	0.1934	0.3128	0.0605	0.0303		
70	3.3713	0.1994	0.3010	0.0600	0.0300		
72	3.5767	0.2054	0.2892	0.0594	0.0297		
74	3.7883	0.2116	0.2774	0.0587	0.0294		
76	4.0060	0.2177	0.2656	0.0578	0.0289		
78	4.2297	0.2237	0.2538	0.0568	0.0284		
80	4.4594	0.2297	0.2420	0.0556	0.0278		
82	4.6952	0.2356	0.2302	0.0542	0.0271		
84	4.9371	0.2419	0.2184	0.0528	0.0264	1	0.0264
Σ						1008	10.3881

〔 II 〕 広 葉 樹

D	v	Δv	Δd	$\Delta v \cdot \Delta d$	$\frac{\Delta v \cdot \Delta d}{2}$	N	V
cm	m ³	m ³	cm				m ³
6	0.0119						
8	0.0200	0.0081		0.0025	0.0013	1224	1.5912
10	0.0323	0.0123		0.0039	0.0020	940	1.8800

12	0.0507	0.0184		0.0058	0.0029	491	1.4239
14	0.0752	0.0245		0.0077	0.0039	409	1.5951
16	0.1058	0.0306		0.0096	0.0048	232	1.1136
18	0.1426	0.0368		0.0116	0.0058	170	0.9860
20	0.1855	0.0429		0.0135	0.0068	121	0.8228
22	0.2345	0.0490		0.0154	0.0077	63	0.4851
24	0.2897	0.0552		0.0174	0.0087	69	0.6003
26	0.3509	0.0612		0.0192	0.0096	45	0.4320
28	0.4183	0.0674		0.0212	0.0106	40	0.4240
30	0.4918	0.0735		0.0231	0.0116	32	0.3712
32	0.5717	0.0799		0.0251	0.0126	22	0.2772
34	0.6573	0.0856		0.0269	0.0135	14	0.1890
36	0.7491	0.0918		0.0289	0.0145	13	0.1885
38	0.8472	0.0981		0.0309	0.0155	13	0.2015
40	0.9514	0.1042		0.0328	0.0164	11	0.1804
42	1.0617	0.1103	0.3145	0.0347	0.0174	8	0.1392
44	1.1781	0.1164		0.0366	0.0183	6	0.1098
46	1.3006	0.1225		0.0385	0.0193	2	0.0386
48	1.4293	0.1287		0.0405	0.0203	5	0.1015
50	1.5641	0.1348		0.0424	0.0212	5	0.1060
52	1.7051	0.1419		0.0443	0.0222	1	0.0222
54	1.8522	0.1471		0.0463	0.0232	5	0.1160
56	2.0053	0.1531		0.0481	0.0241	3	0.0723
58	2.1646	0.1593		0.0501	0.0251	1	0.0251
60	2.3300	0.1654		0.0520	0.0260	5	0.1300
62	2.5016	0.1716		0.0540	0.0270	1	0.0270
64	2.6793	0.1777		0.0559	0.0280	1	0.0280
66	2.8631	0.1838		0.0578	0.0289		
68	3.0531	0.1900		0.0598	0.0299		
70	3.2492	0.1961		0.0617	0.0309	1	0.0309
72	3.4514	0.2022		0.0636	0.0318	1	0.0318
74	3.6597	0.2083		0.0655	0.0328		
76	3.8741	0.2144		0.0674	0.0337		
78	4.0947	0.2206		0.0694	0.0347		
80	4.3215	0.2268		0.0713	0.0357	1	0.0357
Σ						3955	13.7759

§ 9. 標 本 木

針葉樹 17 本, 広葉樹 32 本, 計 49 本の標本木を簡易樹幹析解した。これは調査全本数約 4900 本中, ほぼ 100 本に 1 本の割合で標本木をとつたことになる。

年令は下表に示すような分布をしている。ここに平均年令とは第 14 表の年令の平均値を示し, 且つその標準誤差を示している。平均的にみて 40~60 の附近を中心として 20 年

年令範囲	10	20	30	40	50	60	80	100	150	200	計	平均年令
<i>N</i>		3	2	3	2	3		2	2		17	52.9±8.6
<i>L</i>			3	13	3	2	3	5	1	2	32	51.4±8.1

~170 年までのものの分布が予想せられる。

標本木は全調査結果の集計から使用材積表の検討等, 今後の用に供する予定であるが, 次表 (第 14 表) は実測のままこれを一覧表として掲げたものである。

第 14 表 標 本 木 材 積 一 覧 表

〔 I 〕 針 葉 樹

No.	樹 種	樹 令	D. B. H.	H	V
			cm	m	m ³
1	ス	19	7.5	4.3	0.01656
2	ギ	18	8.4	4.65	0.01842
3	メ コ マ ツ	33	9.25	6.4	0.02432
4	ヒ ス	18	10.9	6.07	0.03263
5	ツ	60	12.68	7.87	0.05383
6	ヒ メ コ マ ツ	24	12.85	7.75	0.04936
7	モ	40	13.85	10.75	0.15174
8	ヒ メ コ マ ツ	32	14.15	9.6	0.07574
9	ア カ マ ツ	28	18.0	11.38	0.13728
10	モ	50	20.3	12.85	0.22287
11	ツ	53	20.55	12.5	0.22070
12	モ	58	23.0	17.0	0.33663
13	ツ	148	25.7	12.7	0.31013
14	モ	83	26.42	15.97	0.45756
15	ツ	101	28.5	15.61	0.40343
16	ツ	92	33.2	14.1	0.59016
17	ツ	43	34.45	15.41	0.62480

〔 II 〕 広 葉 樹

No.	樹 種	樹 令	D. B. H.	H	V
			cm	m	m ³
1	イ	40	7.0	6.9	0.01220
2	ハ	51	7.0	8.35	0.01431
3	サ	34	9.0	13.5	0.04857
4	シ	34	9.6	8.2	0.03098
5	ホ	37	9.9	8.7	0.03942
6	ナ	37	10.5	9.6	0.04600
7	シ	28	10.5	10.3	0.04975
8	リ	69	11.0	7.2	0.04501
9	サ	38	11.0	11.2	0.04851
10	ホ	65	12.0	10.6	0.06156
11	ミ	34	13.0	12.8	0.08287
12	ブ	52	13.6	12.4	0.09585
13	ホ	72	14.0	11.7	0.08890
14	ミ	37	14.0	13.03	0.09896
15	リ	86	14.5	10.0	0.07757
16	ホ	35	14.5	12.66	0.10319
17	ア	95	15.0	7.3	0.09281
18	シ	38	15.0	10.2	0.09934
19	リ	84	15.5	8.4	0.07182
20	タ	26	15.5	9.8	0.09392
21	ミ	34	16.0	9.9	0.10188
22	ナ	41	16.0	11.7	0.11909
23	イ	47	18.0	13.6	0.14519
24	ヒ	111	19.0	10.8	0.15827
25	ク	29	20.2	15.5	0.24640
26	シ	38	23.0	14.2	0.31346
27	カ	170	24.8	15.3	0.35269
28	ク	50	25.4	21.11	0.44469
29	カ	195	26.9	14.8	0.36069
30	ク	97	27.5	11.6	0.31688
31	ク	32	27.8	18.25	0.52330
32	ブ	97	33.0	16.2	0.73653

VI 総 括

本調査報告は、九州大学宮崎演習林第三次森林標本調査として、1958年3月、同演習林三方嶽団地北部地区に対し、林学科学生の測樹学実習を兼ねて実施したものであり、その総括的内容は次の通りである。

a) 調査対象林地：

宮崎県東臼杵郡椎葉村所在・九州大学宮崎演習林三方嶽団地北部地区
(標高：約1000～1500m)

b) 総 面 積：

449.3ha (33～37林班全域)

c) 林 相：

過去に利用伐採の行われた、広葉樹を主とする天然生林で、地形は極めて急峻な谷形を呈する。

d) 調 査 方 式：

Representative sampling (400m×400m ブロック 21, 31.6m×31.6m [0.10ha] プロット 42)

e) 調 査 年 月 日：

昭和33年(1958年)3月13日～19日

f) 調 査 メ ン ベ ー：

昭和31年度進学・林学科学生20名よりなる5個班編成

g) 調 査 功 程：

1班1日当平均功程2プロット、同測線測量350m

測 線 測 量 100m 当：40.4分(43.2%)

プロット区劃設定 1個当：32.5分(17.4%)

毎 木 調 査 1個当：73.5分(39.4%)

h) ha 当立木本数：

N・L別	区 分	ha当	95%標準誤差	95%誤差率
N	30cm以上	28.1	± 10.3	36.7%
	30cm未満	215.7	± 68.8	31.9
	計	243.8	± 70.2	28.8
L	30cm以上	33.8	± 10.6	31.4
	30cm未満	908.1	± 106.4	11.7
	計	941.9	± 104.2	11.1
合 計		1185.7	± 143.0	12.1

i) ha 当 材 積：

N・L別	区 分	ha当	95%標準誤差	95%誤差率
N		m ³	m ³	%
	30cm 以 上	26.9145	± 9.1065	33.8
	30cm 未 満	19.8331	± 5.3986	27.2
	計	46.7476	± 11.9718	25.6
	(全調査面積当)	21003.70	± 5378.93	

L	30cm 以上	35.2715	± 13.6077	38.6
	30cm 未満	59.7681	± 6.4734	10.8
	計	95.0396	± 15.7104	16.5
	(全調査面積当)	42701.29	± 7058.68	
合 計		141.7872	± 20.9835	14.8
(全調査面積当)		63704.99	± 9427.89	

j) 材積生長量:

$N \cdot L$ 別	ha当 材 積	ha当材積生長量	成 長 率
N	m^3 46.4759	m^3 2.4734	% 5.32
(全調査面積当)		1111.2986	
L	94.7322	3.2800	3.46
(全調査面積当)		1473.7040	
合 計	141.2081*	5.7533	4.07
(全調査面積当)		2584.9577	

註)* 新しい材積式から求められたもので、前掲の対応数値とは若干異なる

k) 主要樹種の蓄積と利用材積:

〔Ⅰ〕 針 葉 樹

(針葉樹全材積 $21004m^3$ として)

樹 種	比 率	材 積	利用材積*
	%	m^3	m^3
モ ミ	49	10292	4580
ツ ガ	33	6931	3084
ア カ マ ツ	11	2310	1028

註)* 利用材積は $D.B.H.$ 36cm以上 44.5%に基づいて算出

〔Ⅱ〕 広 葉 樹

(広葉樹全材積 $42701m^3$ として)

樹 種	比 率	材 積	利用材積*
	%	m^3	m^3
ブ ナ	14.2	6064	2802
ナ ラ 類	11.8	5039	2328
シ デ 類	10.5	4484	2072
カ シ 類	5.8	2477	1144
ヒメシヤラ	4.9	2092	967
サ ク ラ 類	4.8	2050	947
カエデ類	4.8	2050	947
リ ヨ ウ ブ	4.2	1793	828

註)* 利用材積は $D.B.H.$ 26cm以上 46.2%に基づいて算出

最後に本報告で銘記すべき若干の点について要約すると次の通りである。

第一は三方嶽団地北部地区は南部に比して蓄積がやや良好であることであり、部分的には針葉樹の蓄積の高いところもある。

第二はここで用いたような **Representative sampling** は、この程度の疎開した広葉樹天然生林ではブロックの効果が殆んど期待できないように思われる。ただし系統的な方式により、調査の完成度が高いことは事実で、調査上この意味からはむしろ好ましいと思われる。

第三には本調査ではとくに人工造林地をこみにしたので、プロットが造林地におちたものについて分析した結果、スギの生長量は他の天然生針葉樹のほぼ2倍の直径生長量を示し、現有資源を利用しつつ同時に伐採した部分、とくに土壌層の厚い地区に対し人工造林を導入することは全体の生長量を進展せしめるであろうと考える。そしてそのとりかかりは早

いほど好ましいと思われる。

第四は本地区はかなりの崩壊地が多いことである。測線測量が数個所に亘つて崩壊地を横切つて通過した。従つて、地区全体としての砂防土砂扞止上の保安性格に対する検討と対策は、主体としての現有天然生林を維持保続せしめる方向で考慮されることが望ましいであろう。

以上からみて、三方嶽団地北部地区は宮崎演習林として比較的蓄積の高い方に属すと認められ、災害保安の立場から天然生林の保続が望まれるが、一部経済的な立場からは或る程度の人工造林地の拡大は、森林全体の生長力に極めて大きい支柱を入れる役割を果たすであろう。

Résumé

1. Introduction

This forest survey was carried out in March, 1958 with twenty students and faculty members as the field work of forest mensuration course of Kyushu University. This series of sampling surveys in Miyazaki district of Kyushu University forests has started since 1956 and has followed year by year about half a thousand hectare per one time with about the same power of inventory counter clockwise. Mt. Sampoo has the highest peak which is 1476 meters and is located in about the center of the University Forests. The middle and south areas of it were sampled in the last two years. These districts are almost the top of Kyushu Island and many ridges are waving. There are steep and deep valleys, dense bush, dead rocks, non-economic and malformed trees in the range of the mountain. It can be said that these forest areas are never good sites. Moreover, once or more than once partial cuttings were made. The objectives of this forest survey are the estimation of total volume, growth increments, construction of forest trees and structure of stands. In the long run, they will be used in preparation of planning for management of the University Forests.

2. Method used

Twenty students were divided into five parties and one instructor and two laborers were with each party. Then one party consisted of 7 persons. The period of this inventory was from March 13 to 19, 1958 and the objective area was 449.3 ha, compartment numbers 33-37.

The method used is a Representative Sampling Method which consists of two plots within each block. A block is 400 m $\times$ 400 m square and a plot is 0.10 ha in area, 31.62 m $\times$ 31.62 m square which inclines just 45 degrees in the main cardinal direction. At the first time 24 blocks covered the total area and some edge areas were rejected. Each party starts from a suitable distinctive point and bears with metric tape mainly from west to east. The magnetic declination is 5 degrees to west. In the line from west to east the distance apart between plot and plot is 200 meters and in the north-south direction the distance apart is 400 meters. After marking the center stick, measuring 22.35 meters in diagonal directions, four corner sticks were placed. Every tree over 8 cm in DBH was measured with caliper and identified in botanical name.

Every 100th tree in Sampling trees for check of tree height and volume was cut down and sample cores for growth estimation were taken from every 20th tree, at same intervals respectively.

Tools used for mensuration of trees and survey are as follows:

1 Pocket compass, 1 Weise Hypsometer, 1 Caliper, 1 Diameter tape, 1, Increment borer, 1 Swedish bark gauge, 1 Core box, 1 Meter tape for 50 m, 1 Meter tape for 20m, 1 Scale, 1 Protactor, 1 Japanese calculator, 1 Slopetable, 1 Volume table issued by Kumamoto Regional Forest Bureau, 1 Map of University Forests, 1 Aerial photograph, 1 Field book, and lesser items.

3. Schedule for survey versus actual field work

Out of 24 blocks, 21 blocks were completely finished and three blocks were not worked, because these distances were so long and much too dangerous. We had 6 days for the survey but the fourth day we had exceedingly strong rainy weather. Actually we worked almost 5 days. Average number of plots worked was 1.68 plots per one day for one party. It seems that this survey was too slow, since they could not work more than two plots in average. There are, however, many reasons, and we can say that there are three main reasons. The first was the long distance which took about 1.5 hours per one side trip from camp to stands. The second reason was the very steep topography and dense bush, so we could not progress from plot to plot with speed of more than 40.4 minutes per 100 meters in average.

The third reason was small dense tree growth within plots, taking 32.5 minutes in average for plot establishment and 73.5 minutes in average for every measurement in a plot. It took time which consists of the following ratios: Survey from plot to plot, plot establishment, and plot measurements which were 43.2% : 17.4% : 39.4%. About a half day was expended for arrival at a plot. We were always spending much time and expending great physical energy for routine survey work. It must be given much consideration.

In spite of such conditions, we worked out 87.5 % completely of the initial schedule.

4. Volume and the number of tree percentage by diameter class

In this survey, 42 plots, 4.2 ha in area were measured. The total number of trees within total sample are 4961 and conifers are 1008 (20.3 %), hard woods are 3953 (79.7 %); Per ha 1180 trees and $L=940$ and $N=240$ trees respectively. Both tree species are abundant in small size diameter classes, while large size trees are very scarce. The following table may show this condition.

DBH cm	<i>N</i>		<i>L</i>	
	Tree Number	Volume (in accumulated percentage)	Tree Number	Volume
10	40.9	5.0	54.8	14.7
20	78.1	24.0	90.8	45.5
30	91.4	48.9	97.0	66.0

In the number of trees almost half or more than half are under 12 cm in DBH. But the volume of small size trees is relatively scarce and more than 30 cm large diameter class trees occupied about half the percentage of the total volume, in spite of the small percentage ratio of number of trees. This fact indicates that the stockings were not sufficient and after moving out of large size trees the small size trees are growing in spite of unfavorable conditions.

Sample sum is shown in the following table:

Tree number			Volume (m ³)		
<i>N</i>	<i>L</i>	Total	<i>N</i>	<i>L</i>	Total
1008	3953	4961	195.2066	397.9459	593.1525
20.3%	79.7%	100.0%	32.9%	67.1%	100.0%

5. Volume of tree species

Ratio between conifer and hard wood is 20 : 80 in tree number and 33 : 67 in tree volume. Then these forests are almost natural hard wood areas. Conifer tree volume per-

Momi (<i>Abies</i>)	33%
Tsuga (<i>Tsuga</i>)	49%
Red Pine (<i>Pinus</i>)	11%
Buna (<i>Fagus</i>)	14.2%
Nara (<i>Quercus</i>)	11.8%
Shide (<i>Carpinus</i>)	10.5%
Kashi (<i>Evergreen Quercus</i>)	5.8%
Himeshara (<i>Stewartia</i>)	4.9%
Sakura (<i>Prunus sp.</i>)	4.8%
Kaede (<i>Acer sp.</i>)	4.8%
Ryobu (<i>Clethra</i>)	4.2%

centage is shown by the left upper table.

They are mostly scattered on ridges and sometimes clustered in special locations. Almost all places where they grow are not suitable for cutting or not economical to work. Hard wood volume percentages, (main species more than 5%) are shown in the left under table.

Other species are less than 4 %. Tree species number is more than 85, however tree identification is not strict, because it was early spring time and

not all members had enough knowledge of tree identification.

6. Sampling data, plot volume data

For these natural broad leaved forests, representative sampling was laid out.

However it was not successful, because there were not significant differences between block variation and within block variation shown as the followg analysis of variation of blocks :

So there is no significant difference between *block variation and plot variation within blocks*. If there is much variation between blocks, for instance some blocks are highly stocked, so their two plot values will show relatively high

VARIATION	SS	DF	MS
Among blocks	94923.54	20	4746.18
Within blocks	90445.68	21	4306.94
Total	185369.22	41	4521.20

$$F = \frac{4746.18}{4306.94} = 1.10$$

volume comparing them to the other block plots. Similar value plots in the same block are, however, very scarce. Correlation of pair plots within each block is 0.199, which is too small. The case of systematic sampling, the case of representative sampling, *E-W* line weighted sampling and the case of *S-N* line weighted sampling are shown in average volume per ha and one standard error per ha as follows :

1. Systematic sampling : $141.22 \pm 10.76 \text{ m}^3$
2. Representative sampling : $141.22 \pm 10.13 \text{ m}^3$

3. *E-W* line weighted sampling: $141.23 \pm 11.48 \text{ m}^3$

4. *S-N* line weighted sampling: $141.22 \pm 9.92 \text{ m}^3$

These sampling errors are not so much different. Generally speaking, the block-wise sampling effects in these university forests are not recognized, and it is doubtful that a representative sampling in this way would be successful in Japan.

7. Total volume estimation and sampling error

We gave the following signs:

Conifer more than 30 cm in DBH.....*A*

Conifer less than 28 cm in DBH.....*B*

Hard wood more than 30 cm in DBH.....*C*

Hard wood less than 28 cm in DBH.....*D*

All calculation systems are followed by Schumacher and Chapmann's book. All digits are slightly different from the complete tabulated digits; while the difference is not so much, about 0.4 % in both number of trees and volume. In the number of trees covariance terms are plus sign except *Cov(BC)* and *Cov(CD)*. The two minus covariance terms mean that under large size hard wood trees, small sizes of both conifer and hard wood trees show some tendency toward decreasing. The plus coveriances mean that the stockings are not sufficient and they do not reach the stage of rejection of other species. In the number of trees all covariance terms are plus signs which mean not fully stock conditions. The results are shown in the following table.

(1) Number of trees

	per ha	S.E.	E.P.(%)	Total	S.E.
<i>A</i>	28.1	10.3	36.7	12625.3	4627.8
<i>B</i>	215.7	68.8	31.9	96914.0	30911.8
<i>C</i>	33.8	10.6	31.4	15186.4	4762.6
<i>D</i>	908.1	106.4	11.7	408009.3	47805.5
<i>A+B=N</i>	243.8	70.2	28.8	109539.3	31540.9
<i>C+D=L</i>	941.9	104.2	11.1	423195.7	46817.1
<i>A+C=30+</i>	61.9	15.4	24.9	27811.7	6919.2
<i>B+D=30-</i>	1123.8	142.5	12.7	504923.3	64025.3
<i>A+B+C+D</i>	1185.7	143.0	12.1	532735.0	64249.9

(2) Volume (m^3)

	per ha	S.E.	E.P.(%)	Total	S.E.
<i>A</i>	26.91	9.11	33.8	12092.68	4091.55
<i>B</i>	19.83	5.40	27.2	8911.01	2425.59
<i>C</i>	35.27	13.61	38.6	15847.49	6113.94
<i>D</i>	59.77	6.47	10.8	26853.81	2908.50
<i>A+B=N</i>	46.75	11.97	25.6	21003.70	5378.93
<i>C+D=L</i>	95.04	15.71	16.5	42701.29	7058.68
<i>A+C=30+</i>	62.19	17.33	27.9	27940.17	7786.41
<i>B+D=30-</i>	79.60	8.84	11.1	35764.82	3969.84
<i>A+B+C+D</i>	141.79	20.98	14.8	63704.99	9427.89

8. Diameter growth estimate

245 cores which consisted of 74 conifers and 171 hard wood trees were taken from

every 20th tree and core length in recent ten years in mm was measured. Bark thickness was measured by Swedish bark gauge.

Ddiameter in DBH with bark

Bbark thickness

d $D-2B$

Lcore length in recent ten years

x $d-L$; diameter in middle of the period

y $2L/10$ average diameter growth without bark

K(total D)/(total d), ratio of bark thickness

$X=Kx$, $Y=Ky$

All these signs are followed by H. A. Mayer's book for making the regression of Y

	X (cm)	Y (cm)
Momi(<i>Fir</i>)	19.68	0.598
Tsuga(<i>Tsuga</i>)	19.71	0.372
Matsu(<i>Pinus</i>)	13.21	0.574
Sugi(<i>Cryptomeria</i>)	5.48	0.980

Mean $K=1.0533$

on X . Volume equations were constructed by means of quadratics of diameter and converted to volume growth from diameter growth. Conifer tree diameter growth is shown at the left.

It is very interesting that each species had different diameter growth within

conifers and hard wood trees respectively. However, here we tested only conifer trees. Regression on X is not significant in almost cases. For instance, each within conifers is shown as follows:

$$Y_{(Momi)} = 0.598 + 0.0130(X - 19.68)$$

$$Y_{(Tsuga)} = 0.3719$$

$$Y_{(Matsu)} = 0.574$$

$$Y_{(Sugi)} = 0.980$$

Except Momi the three species have no regression coefficients, because their regressions on X are not significant in effect. So each has constant diameter growth regardless DBH size. If it is assumed that they have such regression equations, the covariance analysis may be available. The results are shown by the left table.

	SS	DF	MS	F
Within	4.3074	66	0.0653	
Reg. diff.	0.5308	3	0.1769	2.70
Common	4.8382	69	0.0701	
Adj. Mean	3.3400	3	1.1133	15.88**
General	8.1782	72		

From the above table the regression coefficient differences are not significant, but the adjusted mean differences are highly significant. Then testing the difference between Sugi and Momi,

$$t = 0.351/0.0909 = 3.86, **$$

it is highly significant. The highest diameter growth within natural conifer trees is Momi. Sugi plantation shows, however, a highly significant difference when comparing to other natural species. This fact may be a noticeable thing and it suggested that some plantation area may increase the evaluation of these forests.

Total conifers and hard wood tree regressions are shown as follows :

$$Y_N = 0.6234$$

$$Y_L = 0.3145$$

Both regressions are insignificant. They mean that conifers have 6.2 mm and hardwoods have 3.1 mm in diameter growth per year in average, regardless of diameter size.

9. Volume equation

Volume equation is formulated as quadratics. All data classified by DBH classes in plot sampling are used and weighted by the number of trees in each diameter class.

$$\text{For volume of conifer: } V_N = 0.0005 - 0.4916 D + 7.5815 D^2$$

$$\text{For volume of hard wood: } V_L = 0.0323 - 0.7660 D + 7.6593 D^2$$

The volume of each tree in plot is computed by the Volume Table of the Regional Forest Bureau of Kumamoto. So this equation is based upon that table. And the above two equations are not significantly different which may be shown by covariance analysis.

The covariance analyses are shown as follows :

F is not significant. Both equations may be without difference.

Then the general regression is as follows :

	<i>SS</i>	<i>DF</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>
Within	5.9877	56	0.1069	
Reg. diff.	0.0013	1	0.0013	
Common	5.9890	57	0.1051	
Adj. Mean	0.4043	2	0.2022	1.92
General	6.3933	59		

$$V = 0.0241 - 0.6967 D + 7.6883 D^2$$

This curve may be run about the middle zone among the above two respective curves. And all volume computations are available by this general equation.

10. Volume increment estimation

After H. A. Mayer Methods, volume increment in equation between two 2 cm diameter classes is denoted d and diameter growth corresponding to each diameter is denoted z which is constant in this case. And the number of trees in diameter class is denoted N and there are k diameter classes. Then volume increment S are expressed as follows :

$$\frac{1}{2} [\sum^k (Ndz)]$$

The following table shows sample sum, and per ha averages which come from subdivision of sample area 4.2 ha.

	Volume (m ³)	Increment (m ³)	Growth percent (%)
<i>N</i>	195.1987 (46.4759)	10.3881 (2.4734)	5.32
<i>L</i>	397.8754 (94.7322)	13.7759 (3.2800)	3.46
Total	593.0741 (141.2081)	24.1640 (5.7533)	4.07

() expresses values per ha

Relatively high value in growth percentage in conifers due to the data including Sugi plantation about 26 %.

11. Sample trees

For the later analysis 17 conifer and 32 hard wood tree samples are taken and average age will be shown as the following table.:

Upper range of age	20	30	40	50	60	80	100	150	200	sum	ave. age $\pm$ S.E.
<i>N</i>	3	2	3	2	3		2	2		17	52.9 $\pm$ 8.6
<i>L</i>		3	13	3	2	3	5	1	2	32	51.4 $\pm$ 8.1

12. Summary

The 3rd forest inventory for Miyazaki district of Kyushu University Forests were laid out as a field practice of Forest Mensuration Course with 20 students for the northern part of Mt. Sampoo in March, 1958.

1. Area : 449.3 ha (compartment numbers 33-37)
2. Sampling Design : Representative Sampling, 21(400 m $\times$ 400 m) square blocks and each block has two 31.6 m $\times$ 31.6 m square plots (0.1 ha) 200 m apart from each other in block. Total plot numbers are 42.

3. Hours expended for survey and mensuration :

Line survey : 40.4 min. ave. per 100 m.

Plot establishment : ave. 32.5 min. per 1 plot

Individual tree measurement : ave. 73.5 min. per 1 plot

4. Total volume estimation :

		per ha (m ³)	S.E. (95%)(m ³)	E.P. (%)
<i>N</i>	30cm (over)	26.91	$\pm$ 9.11	33.8
	28cm (minus)	19.83	$\pm$ 5.40	27.2
	Sum	46.75	$\pm$ 11.97	25.6
<i>L</i>	30cm (over)	35.27	$\pm$ 13.61	38.6
	28cm (minus)	59.77	$\pm$ 6.47	10.8
	Sum	95.04	$\pm$ 15.71	16.5
<i>N+L</i> Total		141.79	$\pm$ 20.98	14.8
		<i>N</i> : 21003.70	$\pm$ 5378.93	
Total volume (m ³)		<i>L</i> : 42701.29	$\pm$ 7058.68	
		<i>N+L</i> : 63704.99	$\pm$ 9427.89	

5. The number of trees

	per ha	S.E. (95%)	E.P. (%)
<i>N</i>	243.8	$\pm$ 70.2	28.8
<i>L</i>	941.9	$\pm$ 104.2	11.1
Total	1185.7	$\pm$ 143.0	12.1

6. Growth Estimate

	per ha (m ³)	Growth percentage(%)
<i>N</i>	2.4734	5.32
<i>L</i>	3.2800	3.46
Total	5.7533	4.07

7. Main species (m³)

Species	percentage (%)	stocking volume	useable volume
Momi (<i>Abies</i>)	49	10292	4580 (36cm plus)
Tsuga (<i>Tsuga</i>)	33	6931	3084
Matsu (<i>Pinus</i>)	11	2310	1028
Buna (<i>Fagus</i>)	14.2	6064	2802 (26cm plus)
Nara (<i>Quercus</i>)	11.8	5039	2328
Shide (<i>Carpinus</i>)	10.5	4484	2072
Kashi (<i>Evergreen Quercus</i>)	5.8	2477	1144
Himeshara (<i>Stewartia</i>)	4.9	2092	967
Sakura (<i>Prunus</i>)	4.8	2050	947
Kaede (<i>Acer</i>)	4.8	2050	947
Ryobu (<i>Clethra</i>)	4.2	1793	828

Finally we should report the following three points in this inventory. The first is that this area has relatively higher stocking than the other areas. The second, is that that representative sampling method will not be entirely suitable for these broad leaved forests. However the complete percentage of field work will be much better, because each block will be a field work unit. The third point is that growth of the Sugi plantation was much more valuable than the other natural conifer tree growth, especially more than the Momi tree. So a plantation will give more fruitful yields to these forests in the future. There are, however, so many eroded and dead areas that present natural forests must be protected as much as possible. Consequently, though Sugi has almost two times the increment of natural Momi stands, it is also suggested that plantation and watershed areas be balanced.