

研 究 報 告

No. 17

昭和 49 年

沖 繩 県 林 業 試 験 場

沖繩県名護市字名護3626番地

〒905 TEL. 09805-2-2091

目 次

- シイ林の重量生長に関する研究.....安 里 練 雄..... 1
- リュウキュウマツのまきつけ時期に関する研究.....外 間 現 誠..... 89
末 吉 幸 満
仲 原 秀 明
- リュウキュウマツのまきつけと植つけ造林の成長比較.....外 間 現 誠.....107
末 吉 幸 満
仲 原 秀 明
- シラッシュマツとリュウキュウマツの成長量について (資料) 玉 城 功..... 119
高江洲重一
安次富長敬
仲 間 清 一

シイ林の重量生長に関する研究

安里 練雄

Isao Asato

Study on the Growth of Weight of SHII (*Castanopsis cuspidata*
[Thunb.] Schottky) Forest.

目 次

第1章 序 説	1
I 研究の目的	1
II 研究の方法	2
III 調査対象地域の概況	3
i 福岡県朝倉地域	3
ii 長崎県西彼杵半島地域	3
iii 宮崎県青井岳地域	5
iv 鹿児島県川内川流域	5
第2章 単木の比重および重量	6
I 樹幹内部における比重	6
i 資 料	6
ii 試験方法	7
iii 地上高別比重	8
iv 方向別比重	13
v 齡級別比重	15
vi 胸高部位における比重	17
vii 考 察	19
II 単木の比重および重量	20
i 資 料	20
ii 試験方法	20
iii 単木の標準比重	24
iv 単木の幹重量	29
v 考 察	33
III 樹皮の比重および重量	34
i 資料および試験方法	34
ii 樹皮比重	36
iii 樹皮重量	36
iv 考 察	39

IV	単木標準比重の地域性	40
i	資料および試験方法	40
ii	標準比重の地域差	40
iii	考 察	41
第3章	林分の比重および重量	43
I	同齡単純林を構成する林木の比重の相互的關係と林分重量	43
i	資料および試験方法	43
ii	構成木相互間の標準比重	43
iii	林分構成と林分重量	54
iv	考 察	59
II	林分の材積生長および重量生長	60
i	資料の収集	60
ii	資料の吟味および地位区分	62
iii	収穫表構成数値の決定	63
iv	コジイ林分材積収穫表	69
v	コジイ林分重量収穫表	70
vi	考 察	72
第4章	研究の要約および総括的考察	74
	参考文献	83
	Summary and General Consideration	85

は し が き

森林が存在し、成立することによって生ずる効果には多種多様なものがある。人間社会に対する影響はその一部にすぎないけれども、直接、間接に人間生活にとって欠くことのできない重要な役割をはたしている。森林のもつ間接的効用としては、森林が存在することによっておのずから果される大気浄化・空中酸素の補給機能や、水源涵養、各種の保安機能、そして最近特に要請されるようになった保健休養の場としての機能などのいわゆる公益的機能があげられる。直接的効用としては、林業経営の成立基盤として、労働の場を提供し、森林または個々の林木の物質生産能力を通して人間社会に直接的に必要とされる木材を生産する経済的機能があげられる。

このような森林のもつ諸機能に対する人間の要求で最も重要なことは、ここにあらためて述べるまでもなく、木材の生産基盤をなすことであり、林業経営の主目的がこのような木材生産を通じての価値の創造にあることは言うまでもない。したがって林業経営の目標は、社会の要求する財、すなわち木材の需要に効果的に対応することにあるといえよう。林業経営における生産目標の多様化、林業技術の変移、進展の必然性もここにその根拠がある。

林業経営における目的生産物は、従来その需要形態によって用材と薪炭材に区別されてきた。しかし近年は、急速な経済成長にともなって、木材の原形的利用を目的とする構造材と組成物質の利用を目的とする原料材の需要が著しい増加傾向にある反面、薪炭材の需要が低下し、需要量とともにその構造も変化しつつある。

このような木材の質的量的需要構造の変化は、当然、林業経営における生産目標、および生産技術に大きく影響し、より適切な経営、生産技術が要求されるようになるものと考えられる。

筆者は以上のような基本的認識のもとに、“林業における目的生産物をより効果的に生産するための生産技術研究”の一環として、林木の比重および重量生長について測樹学的研究に着手した。

林木の比重ならびに重量は木材利用上重要な要因であり、特に紙・パルプ原料材においては、林木の生長段階における繊維素収量の重要な指標といわれ、原料材としての林木の研究上主要課題の一つとして、研究報告も少なくない。

本研究は、九州地方における暖帯性広葉樹の主要樹種であるコジイについて、更新、生長、ならびに材の一般的性質からみて、紙・パルプ原料材として利用可能であるとの認識にもとづき、原料材生産技術上に貴重な資料を提供できるものと考え、そのための基礎的研究としておこなったものである。

もとより林木の生長および性質は自然的環境因子や遺伝的性質に支配される部分が大きく、原料材生産技術を明確に示すためには、関係する各分野からの研究が必要であることは言うまでもない。本研究はそのための基礎的一面を究明したにすぎない。

本研究を遂行するにあたり終始御指導を賜った九州大学農学部井上由扶教授、同関屋雄偉助教授、有益な御助言を賜った木梨謙吉教授、青木尊重助教授、比重測定に御便宜をおはかりいただいた木材理学教室、調査に御協力いただいた熊本営林局、の関係各位に心から感謝の意を表すものである。また調査測定に御協力いただいた森林経理学教室の井原直幸助手、長正謙助助手、松尾和幸、松尾和子、大学院生常岡雅美、高木勝久の各位、ならびに公私共に御指導、激励をいただいた琉球大学農学部砂川季昭教授、新本光孝助教授、同演習林平田永二助手の諸氏に心から感謝申し上げます。

なお本研究は九州大学大学院においておこなったものであるが、最終的なとりまとめは沖縄県林業試験場でおこなった。園吉清保場長はじめ玉城功経営研究室長、その他全職員のご理解と協力を得てなしたものである。記して感謝申し上げます。

第1章 序 説

1 研究の目的

本研究は、木材化学工業用の原料材生産を目的とする林分の生産技術体系を組織化するための基礎的研究としておこなうものである。

近年における我国の木材の需要は、経済のいちじるしい進展にともなう、量的増加の途をたどりつつ、質的にもその構造を変えつつある。²⁴大勢としては、構造材、原料材の需要が激増し、薪炭等の燃料材は漸減する傾向にある。特に用材需要量中に占める工業原料材の比率は、木材を原料とする工業の発展にともなう年々増加の一途をたどり、さらに利用技術の進展は、対象樹種の拡大を可能にした。すなわち、過去においては燃料材として粗放利用されるにすぎなかったか、あるいは、針葉樹への林種転換の対象、すなわち要改良林分とされてきた低質広葉樹林に利用の途が開かれ、その需要も急速に伸びてきている。このことは、これら低質広葉樹の生長や林分構造、用途にともなう諸性質についての認識と、適切な生産技術の確立が今後一層強く求められるようになるであろうことを示している。

九州地方をその中心郷土地帯として成立し、暖帯広葉樹林の主要樹種を構成しているシイ類は、古くは薪炭材としても低品位に属し、林業経営上人為的高次の対象樹種でこそあれほとんどかえりみられなかった。²⁵しかし最近では、九州地方で生産される広葉樹パルプ用原木の主体を占めるようになり、ますますその価値を高める可能性を多分にもっているものと推察される。もっとも、現在原料材として供給されているシイ材は、その大部分が天然性広葉樹林から他の樹種とともに伐出されたものであり、人工的保育作業が施された林分からのものではない。これらの暖帯広葉樹林の中には、経済性の高い針葉樹林へ転換されることが望ましい林分も多いけれども、自然的、経済的、社会的条件を考慮するならば、むしろシイ類等の有用広葉樹の郷土樹種を積極的に育成することの方が、より適当とみられる場合も少なくない。

九州地方におけるシイは、

- 1) 萌芽による更新が確実で、かつ容易である。
- 2) 旺盛な生長力を有する。
- 3) 比較的まとまった林分を構成しており、単純林としての育成、施業がおこなわれやすい。
- 4) 利用実績からしてパルプ用材としての要件をそなえ、また使用目的によっては構造材としての利用も可能である。
- 5) 粗放・低コストの取扱いに耐えうる。

などの特徴をもっており、暖帯広葉樹種のうちでも、純林の形成が比較的容易におこなわれ、単独の育成林業をおこなうのに適当である。したがって、特に安価で多量の供給が望まれる紙・パルプ用原料材としては、有望な広葉樹種と考えられる。

ところで、原料材は、木材化学工業の原料として木材組成物質の利用を目的とするものであるから、木材の実質量すなわち容積当り重量に材生産の重点がおかれるべきである。^{26, 27}したがって、原料材生産を目的とする林分の施業にあたっては、林分の比重が高く、絶乾重量収穫の最高を指向することに主目標が置かれるべきであろう。²⁸そしてそのための施業技術の基本をなすところの林木の比重、重量生長、および林分構造についての諸性質を分析し究明することはきわめて意義深いものと

考えられる。

本研究は、以上のような理解に基づき、将来、コジイ林分の原料材生産林としての適切な施業体系を組織化するために、基礎的資料を得ることを目標として着手したものであるが、広葉樹林分の原料材生産林としての研究がほとんどなされていない現在、貴重な資料が提供できるものとする。すなわち、暖帯広葉樹林の主体をなし、分布が広くかつ経済的価値ならびに利用度の高まりつつあるコジイを選び、林木の比重および重量生長に関する自然的法則性を究明することによって、原料材生産を目的とする広葉樹林分の施業技術の確立および発展に貢献することを目的とするものである。

II 研究の方法

木材の比重および重量は、その材の性質を表わす重要な指標の一つであるが、これは、単木の個体内においても、またはそれが生立している環境条件によっては個体間にも相当のパラッキを持つといわれる。ここに、林木の比重および重量を高めるための生産技術が関与しうる余地が存在し、このような観点からの研究報告がなされるようになった理由がある。本研究は、林分を構成する林木の相互的關係、すなわち林分構造上の特質を林木の比重および重量の見地から測樹学的に解明しようとするもので、生産技術研究に属するとみてさしつかえない。

研究の方法としては、まず、林木個体内の特質を知ることから始め、個々の林木の一般的傾向を把握し、それに基づいて林分の性質を究明する手順をとることとした。

具体的には、同齡單純林とみなしうる林分から系統的に抽出された標本木を樹幹析解し、単木個体内における比重の分布の傾向性を地上高、半径方向、および齡層と関連づけて検討する。そして、ここで認識された基礎的性質に基づき、生育条件や生育段階の異なる林分から抽出された多数の資料を用いて、単木の標準比重および重量の諸測定因子との關係を調べ、一般的単木標準比重式、同重量式の作成を試みた。これによって、立木の標準比重および重量を、年齢、胸高直径、樹高を測定することによって推定できるようにした。

つぎに、林分における各樹成木の關係を究明するために、成立条件の異なる地域から、ほぼ同齡單純林とみてさしつかえない林分を選定し、直径階ごとに標本木を抽出し、林分内において生長量の異なるそれぞれの林木の比重および重量を、胸高直径、樹高、幹材積、胸高年輪密度等の測樹学的に計測できる因子との関連において検討した。

その結果、林木の比重は、年齢、胸高直径、樹高によって異なり、重量も幹材積と密接な關係にあるとはいえ、比重のちがいであって差異のあることが明らかとなった。このことは、林分構造を人為的に操作し、林木の生長を調節することによって、個々の林木の比重を変え、林分の重量生長を調節することができることを示す。さらに、同一の生長段階にあって、かつ同材積を有する林分であっても、林分構造が異なることによって、林分重量に差異を生ずる可能性があることをも示している。このことをより明確にし、林分構造が異なることによる林分重量への影響を把握するために、代表的な林分構造をもつ林分を選定し、これをモデル化して林分材積と対比することによって、林分構造と林分重量との關係の検討を試みた。

さらに、林分重量の時系列的変化、すなわち林分重量生長を把握するために、林分重量収獲表を調整することとした。ここにおける方法は、できるだけ多くの資料を用いる必要があるため、林分

重量を直接計測できなかつた資料も含めることになり、そのために、まず、林分材積収穫表を調整し、これにすでに明らかにされた林木および林分構造上の特性と、比重および重量の関係を適応させることによって、林分重量収穫表を調製することにした。すなわち、測樹学的計測因子によって、林分重量生長の実態把握を試みた。

III 調査対象地域の概況

わが国におけるシイの天然分布は、日本海側においては新潟県、太平洋側においては福島県を北限とし、四国、九州を含む海岸線にそそ地域と南西諸島のはほぼ全域にまたがっており、暖帯広葉樹林の主要樹種をなしている。蓄積量の大部分は九州地方にあり、特に宮崎県の大淀川流域、鹿児島県の川内川流域がその中心集土地帯³⁾となっている。九州地方に分布するシイ類は、ほとんどがコジイ (*Castanopsis cuspidata* (Thunb.) Schottky) とイタジイ (*Castanopsis cuspidata* (Thunb.) Schottky var. *sieboldii* Nakai) であり、熊本宮林局の調査によると、図-1に示すごとく、コジイは内陸部、イタジイは海岸近くに生育している。すなわち、一般的にコジイは海拔500m、イタジイは海拔300m以下の地域に分布し、前者は粘土質土壌のところを通し、後者は乾濕地や砂質地によく生育する傾向にあるといえる。

シイは通常、傘状の樹形を呈し、樹高20mにも達する常緑高木で、密生して成林すると、通直で枝下も高くなる³⁾。九州地方においては、立地条件や経営の環境から、林種転換の困難なところに成立していることが多いにもかかわらず、同一地域に生育する他の暖帯樹種に比べて、幼壮齢期の生長が早い²⁾ことから、天然生林といえども、純林に近い状態を形成していることが少なくない。このような林分においては、形状のすぐれたものも多くみられる。また川内川流域においては、積極的にシイの用材林施策が実行されており、通直で形状のいい材を生産している。しかし、このようなシイの優良林分は、多くの場合コジイ林であり、特に九州中北部の天然生林で純林状態に近いシイ林の大部分がそうである。形態的にもイタジイよりコジイの方が良好い³⁾われている。本研究の対象をシイ類のうちでも特にコジイに限ったのは、上述の分布および生育上の特性を有するからに他ならない。もとよりコジイ林分といえども、同齡單純林とみなしうる林分は必ずしも多いものではない。しかし、本研究の目的がこれまでに述べたように、コジイ林を單純林として施策する上での指針を得ることにあることからして、コジイの單純林に近い林分のみを研究および調査の対象とした。したがって対象地域もおのずから限定される結果となったが、以下に主な調査対象地域の概況を述べる。

i 福岡県朝倉地域

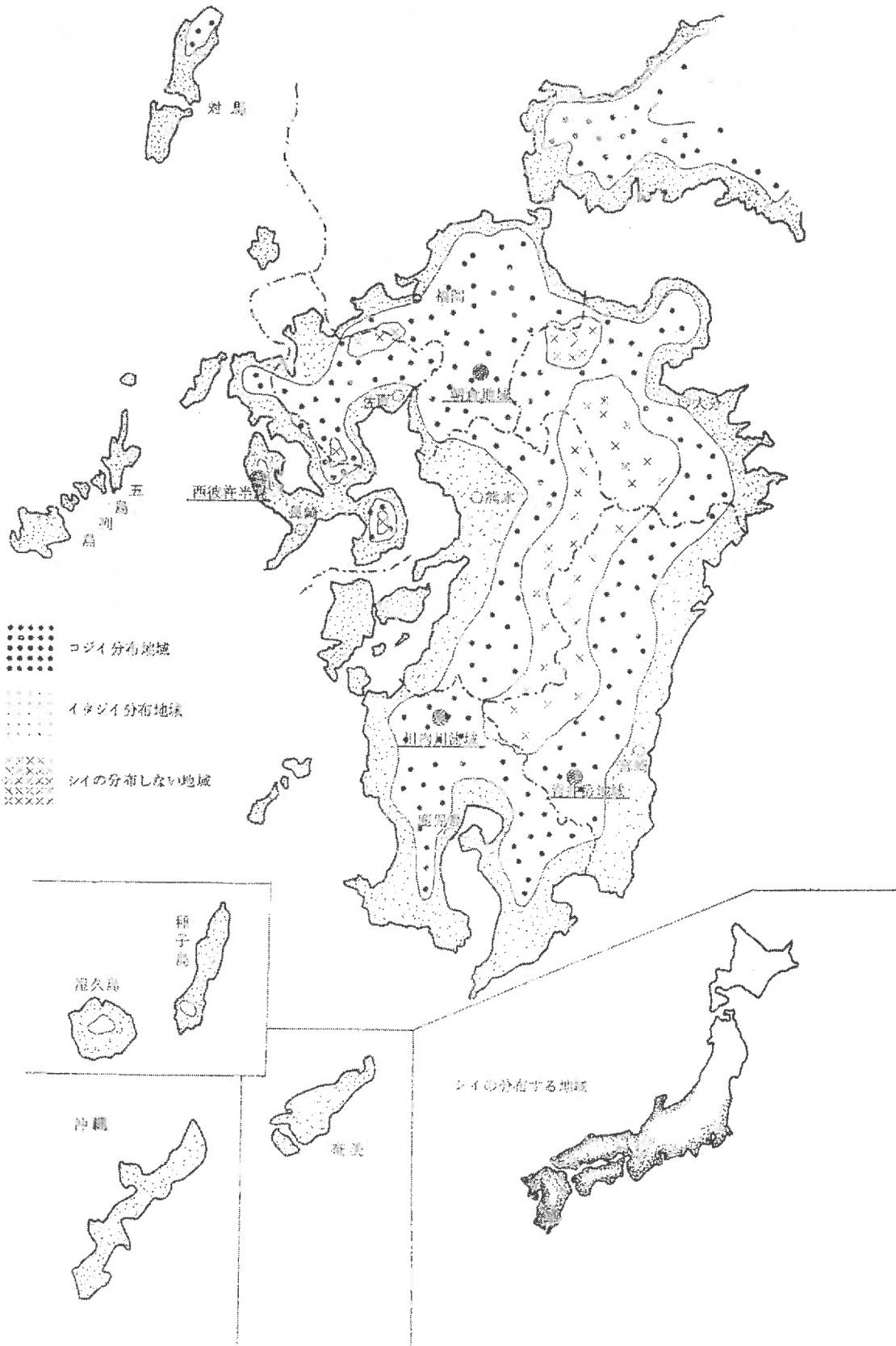
本地域において調査対象に選んだ林分は、朝倉町宮野にある国有林(42林班た小班)内にあって、標高約100mの南方向に30~40度傾斜した斜面の裾部に位置する。三奈木気象観測所での観測によると、この地域における年平均気温は16.2°Cで、年間降雨量は1,768mmとなっている。

調査地の林相は林冠層のすべてをコジイが占め、本数率約85%となっている。下層にはカシ、ヤブツバキ等がみられるが、林分構造上は、コジイのはほぼ同齡な單純林とみなしうる林分である。

ii 長崎県西彼半島地域

長崎宮林署管内の大瀬戸、神浦、大串の各担当区にまたがる国有林を、本地域における対象地域とした。調査地の多くが海拔150~300mにあって、山腹の中央位からやや上方にかけての緩傾斜面に位置する。基岩は結晶片岩類で雲母片岩が大部分を占め、植壌土または壤土質の土壌となっ

図-1 九州地方におけるシイの分布と主な産産地



いる。調査地付近の松島における年平均気温は 16.3°C で、年間降雨量は $1,731\text{mm}$ となっている。

なお西彼杵半島一帯の天然生林は、古くから遊炭林として短伐期の皆伐が繰り返され、気象、土壌条件も加えて、シイがきわめて優勢な林分となっていることが多い。したがって、九州内の他の地域に比べて純林に近いコジイ林分が見られる。

iii 宮崎県青井岳地域

青井岳は、都城付近に源を発する大淀川が宮崎市に至る弧状流域の内側に位置し、川内川流域と共にシイ郷土地帯に属している。³⁰宮崎県地質図によると、青井岳の北ないし西部の大淀川流域は霧島火山の噴出物による火山灰地帯を成し、壤土または砂壤土が多く、理化学性はがいして不良である。一方東ないし南部地域は中生層に属し、主として粘板岩を基岩とする壤土または壤土が多く、北西部一帯に比べて理化学性は良いと言われている。³¹都城における年平均気温は 16.4°C 、年間降雨量は $3,021\text{mm}$ となっている。

調査対象は付近国有林に求めたが、概して地形急峻、地利不便な林分が多く、また林分構造も他の調査地域に比べて、シイの純度がいくぶん低い傾向にある。

iv 鹿児島県川内川流域

川内川流域は大淀川流域と並んでシイの中心郷土地帯をなし、従来遊炭林作業や用材林作業がおこなわれてきた。特に川内川流域の民有林では萌芽整理、除・間伐等の保育がなされ、シイ林の集約施策が実行されている唯一の地域といえる。しかしこの地方は、特有のシラスに被われた地層で、安山岩等を含んだ丘陵性山地は地味はあまり良くない。

調査対象地域一帯は、いずれも川内川流域の海拔 80m 前後、比高 50m 以下の丘陵地帯にあって、鶴田町内の川内川北岸から山裾にかける地域にある。この付近一帯の気象は宮之城高等学校での観測によると、年平均気温 16.4°C 、年間降雨量 $2,284\text{mm}$ となっている。

調査は鶴田町の民有林の中から、天然生林でかつ純林状を呈する林分を選定しておこなった。この地域に多くみられる集約的な施策がおこなわれている林分は、他の調査地における林分とはかなり差異のある構成をなしているため、これらを含めることは適当でなく、取扱いを別にする必要があり参考資料にとどめた。

第2章 単木の比重および重量

本章では、単木の樹幹内における部分比重の特徴を明らかにすることによって、単木の比重および重量の合理的推定方法を検討し、さらに単木の比重および重量の測樹学的見地における諸性質の解明を主眼とする。

I 樹幹内部における比重

単木樹幹内における地上高別、方向別、年齢別にみた部分比重の性質を明らかにすると同時に、単木全幹の比重（標準比重）の推定方法を検討する。

i 資料

1) 調査地

調査対象に選定した林分は、福岡県朝倉市宮野の旧田宮林業管内宮野担当区に属する42林班の小班内において、皆伐後萌芽更新によって成立した20年生のコジイ林分である。調査地の概況は前章で述べたとおりであるが、付近一帯には、アカマツ天然生林が多くみられ、一般的に地位は低く、林木の生長は必ずしも良好とはいえない。

2) 調査林分の林木構成

調査林分は皆伐後、萌芽が30~50cmになった時点で1株当り2~3本を限す萌芽整理をおこない、随時枯損木等を除・間伐したいわゆる人工保育林分である。したがって林冠層のすべてをコジイが占め、下層にカシ類、ヤブツバキ、ミミズバイ、ヤマモモ、ヤブニッケイなどがわずかに見られる程度のはほぼ純林状を呈したコジイ林である。その中でも特に林木構成および生育状態が健全で、コジイ単純林とみてさしつかえないと思われる部分0.69 haを区画選定し、これを調査地として毎木測定した。その結果、立木本数は351本（ha当り5.087本）で、そのうち約85%がコジイである。材積は13,259 m³（ha当り192.16 m³）、胸高直径4~18cmで平均9.1 cm、樹高3~12mで平均7.8 mである。なお、林木構成状態を胸高直径別樹高別にまとめると表-1のとおりである。

表-1 胸高直径別樹高別本数分布

胸高直径 \ 樹高	3m	4	5	6	7	8	9	10	11	12	本数計	材積計
4 cm	6	23	15	5	5						54 本	0.205 m ³
6	3	3	20	14	11	3	2				56	0.552
8	1	1	3	8	23	19	8	1			64	1.345
10					7	22	31	8	2		70	2.675
12					1	7	11	22	11	1	53	3.196
14					1	3	5	11	13	4	37	3.094
16								4	3	4	11	1.276
18									2	4	6	0.916
計	10	27	38	27	48	54	57	46	31	13	351	13.259

ii 試験方法

1) 資料木の選定

胸高直径 2 cm 括約で毎木測定した結果に基づいて、胸高直径 4~18 cm の各直径階から、いちじるしい欠点のないものを 1 本ずつ計 8 本を資料木として選定し伐倒した。

2) 供試片の抽出

伐倒した資料木の地上高 0.2 m、(0.7)、1.2、2.2、3.2……の各部位から厚さ約 3 cm の円盤を採取し、各円盤の最長半径方向を基準に四方向の半径を測定すると同時に 5 年ごとの齢級を印し、四方向から円盤の各半径を長さとし幅および厚さが約 1.5 cm の角柱を採取する¹⁾。これをさらに各生長期間ごとの齢級が接続するようにして、輪級境年輪にそって区分し、鉋削して供試片とした。ただし、年齢または地上高によってはきわめて小さい供試片を生ずることになるが、このような場合には相接する輪級の供試片に含めた。

3) 測定および結果

作成された供試片を 100°C の熱風定温乾燥器に入れ、随時数個の供試片重量を測定することによって全乾状態と認められた時点(約 30 日後)で、すべての供試片重量を秤量した。これをいったん気乾状態にもどした後、パラフィンに浸して供試片表面にあらわれた導管などの空隙を満たし、表面に残ったパラフィンを拭き取って水銀測容器でもって容積を測定した。なおコジイは材部導管が比較的大きく容易に水銀が浸入するため正確な容積を測定するには何らかの表面(特に横断面)処理が必要である。

このようにして測定した供試片重量をその容積で除し、これを供試片比重とした。したがってここに単木の地上高別、方向別、輪級別の部分比重が得られたことになる。その結果に基づき、単木の樹幹内における比重について検討する。

次に、供試片の比重に基づいて、各地上高における平均比重を算出した。地上高 0.2 m の平均比重に幹足材積を乗じて幹足重量を、0.2 m と 0.7 m の平均比重によってこの間の区分重量を、1.2 m の平均比重に 0.7~1.7 m の区分材積を乗じて同区分の重量を、以下同様にして各区分重量を求め、さらに最上部比重に梢頭材積を乗じて梢頭重量を求めた。これら幹足重量、各区分重量、梢頭重量の合計をもって単木重量とした。したがって、ここに得られた単木重量は絶乾幹重量を意味し、かつ樹皮重量を含まない。

こうして求めた幹重量を同材積で除することによって得られる値をその単木の比重とし、これを標準比重と定義する。

ところで、単木の標準比重を上記の方法によって求めることにはかなり複雑な手間を要し、多数の資料木にこの方法を用いることは困難である。そこで、単木の標準比重が部分比重によって正確に推定できないものかどうか、胸高部比重との関係によってその可能性の検討を試みる。

ここで用いられる資料木についての測定結果を表-2 に示す。

表-2 比重および重量測定結果

資料木番号	年令	胸高直径 (皮内)	樹高	幹材積 (皮内)	幹重量 (皮内)	樹幹比重	胸高部比重
1	15年	3.7 cm	5.4 m	0.0037 m ³	0.0019 t	0.504 g/cm ³	0.480 g/cm ³
2	16	5.3	6.3	0.0076	0.0040	0.528	0.505
3	20	7.4	9.3	0.0243	0.0117	0.482	0.469
4	"	9.2	10.3	0.0341	0.0174	0.510	0.509
5	"	11.2	10.2	0.0489	0.0248	0.507	0.500
6	"	12.6	11.0	0.0708	0.0355	0.501	0.500
7	"	15.2	11.5	0.1017	0.0523	0.515	0.506
8	"	17.4	11.7	0.1382	0.0685	0.496	0.477

iii 地上高別比重

地上高による比重のちがいをみるために、地上0.2 mから1 mごとに円盤を採取し、その中心部および四方向にあらわれる比重が地上高ごとにその範囲を異にするかどうか“くり返し回数異なる場合の分散分析法”²⁸⁾によって有意性の検討を試みる。ここに“くり返し”とは円盤上における四方向と四方向が重なる中心部の合計5つの部分の測定を意味し、直径の大きさによっては、二方向と中心部のみを三部分の測定であったり、円盤全体が1個の供試片で測定された場合には1個(1回)の測定を意味する。

いま、番号3の資料木によって分散分析の手順を示せば以下のようなになる。

- (1) 仮説：地上高は部分比重に影響を及ぼさない。すなわち各断面にあらわれる比重は、地上高による有意差がないものとする。

表-3 比重測定原表

地上高	測定個数	1	2	3	4	5
0.2 m	5	0.579	0.585	0.532	0.523	0.527
1.2	5	0.488	0.438	0.493	0.457	0.509
2.2	5	0.477	0.451	0.497	0.509	0.458
3.2	5	0.447	0.487	0.481	0.442	0.510
4.2	5	0.479	0.491	0.478	0.445	0.480
5.2	5	0.448	0.469	0.492	0.462	
6.2	5	0.467	0.499	0.453		
7.2	5	0.489	0.466	0.506		
8.2	5	0.489				
9.2	5	0.602				

(2) 表-3に示した比竪測定原表の地上高ごとの合計およびその総計を求める。

ここに、原表における地上高0.2 mを A_1 、1.2 mを A_2 …… A_i ……9.2 mを A_l 、測定個数を1、2…… j …… n_i とすれば、各測定値を x_{11} 、 x_{12} …… x_{ij} …… x_{lj} とあらわすことができ、したがって

地上高ごとの合計は

$$\sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}$$

で求められ、その総計は

$$\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} = 18.100$$

が得られる。

(3) 総平均 $\bar{x}_.$ を求める。

$$\begin{aligned} \bar{x}_. &= \left(\sum_{j=1}^l \sum_{i=1}^{n_i} x_{ij} \right) \div \sum_{i=1}^l n_i \\ &= 18.100 \div 37 \\ &= 0.489190 \end{aligned}$$

(4) これより $\bar{x}_.$ の仮平均を $x_0 \approx 0.489$ として、原表の各測定値(x_{ij})について

$$X_{ij} = x_{ij} - x_0 \quad (x_0 = 0.489)$$

を計算し、各測定値の仮偏差を求め、原表と同じ型の仮偏差(X_{ij})表をつくる。ここで地

上高ごとの合計 $\left(\sum_{j=1}^{n_i} X_{ij} \right)$ およびその総計 $\left(\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^{n_i} X_{ij} \right)$ を求めると同時に、地

上高ごとの合計を二乗した値 $\left(\sum_{j=1}^{n_i} X_{ij} \right)^2$ を計算し、これをその測定個数で除して

$\left\{ \left(\sum_{j=1}^{n_i} X_{ij} \right)^2 \div n_i \right\}$ を、さらにその総計 $\sum_{i=1}^l \left\{ \left(\sum_{j=1}^{n_i} X_{ij} \right)^2 \div n_i \right\}$ を求める。

$$\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^{n_i} X_{ij} = 0.007$$

$$\sum_{i=1}^l \left\{ \left(\sum_{j=1}^{n_i} X_{ij} \right)^2 \div n_i \right\} = 0.037136$$

次に、各仮偏差値を二乗して、仮偏差二乗(X_{ij}^2)表をつくり、地上高ごとの合計

$\left(\sum_{j=1}^{n_i} X_{ij}^2 \right)$ 、およびその総和 $\left(\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^{n_i} X_{ij}^2 \right)$ を算出する。

$$\sum_{i=1}^l \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} X_{ij}^2 = 0.053865$$

(5) 修正項CT を次式により計算する。

$$\begin{aligned} \text{CT} &= \left(\sum_{i=1}^l \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} X_{ij} \right)^2 / \sum_{i=1}^l n_i \\ &= (0.007)^2 / 37 \\ &= 0.000001 \end{aligned}$$

(6) 平方和 S_T 、 S_A 、 S_E を計算する。

総平方和

$$\begin{aligned} S_T &= \sum_{i=1}^l \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} X_{ij}^2 - \text{CT} \\ &= 0.053865 - 0.000001 \\ &= 0.053864 \end{aligned}$$

地上高間平方和

$$\begin{aligned} S_A &= \sum_{i=1}^l \left\{ \left(\sum_{j=1}^{n_i} X_{ij} \right)^2 / n_i \right\} - \text{CT} \\ &= 0.037136 - 0.000001 \\ &= 0.037135 \end{aligned}$$

地上高内平方和

$$\begin{aligned} S_E &= S_T - S_A \\ &= 0.053864 - 0.037135 \\ &= 0.016729 \end{aligned}$$

(7) 平方和 S_T 、 S_A 、 S_E の自由度を求める。

$$\begin{aligned} S_T \text{の自由度} & \quad N - 1 = 36 \\ S_A \text{の自由度} & \quad l - 1 = 9 \\ S_E \text{の自由度} & \quad \sum_{i=1}^l (n_i - 1) = 27 \end{aligned}$$

(8) 以上で分散分析に必要な諸数値がすべて得られたことになるので、その結果に基づいて分散分析表をつくる。分散分析表における計算は、つきに示すとおりである。

分散分析表の計算方法

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比	判定基準(F_0)
水準間変動	S_A	$l-1$	$SA/SA (l-1)$	$F_0 = SA/SE$	$F_{\frac{l-1}{\sum(mi-1)}}^{(a)}$
水準内変動	$SE \sum_{i=1}^l (ni-1)$		$SE = SE / \sum_{i=1}^l (ni-1)$		
計	S_T	$N-1$			

これを番号3の資料木について実行すると表-4のとおりとなる。

表-4 分散分析表 (資料木番号3)

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比
地上高	0.037135	9	0.004126	6.65 **
誤差	0.016729	27	0.000620	
計	0.053864	36		

(9) F_0 と $F_{\frac{l-1}{\sum(mi-1)}}^{(a)}$ とを比較して

$$F_0 < F_{\frac{l-1}{\sum(mi-1)}}^{(0.05)}$$

ならば、仮説は採択される。

いま番号3の資料木についてみると、

$$F_0 = 6.65 > F_{\frac{9}{27}}^{(0.05)} = 2.37$$

$$F_0 = 6.65 > F_{\frac{9}{27}}^{(0.01)} = 3.39$$

となっており、このことはすなわち、地上高ごとの各断面にあらわれる比重は1%の危険率で、地上高による差があることを意味する。

以上の方法によって、各資料についておこなった結果を表-5~11の分散分析表に示す。

表-5 分散分析表(資料木番号1)

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比
地上高	0.006797	4	0.001699	1.76 not sig
誤差	0.005764	6	0.000961	
計	0.012561	10		

表-6 分散分析表(資料木番号2)

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比
地上高	0.007282	5	0.001456	1.26 not sig
誤差	0.012732	11	0.001157	
計	0.020014	16		

表-7 分散分析表(資料木番号4)

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比
地上高	0.029560	10	0.002956	2.42 *
誤差	0.031717	26	0.001220	
計	0.061277	36		

表-8 分散分析表(資料木番号5)

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比
地上高	0.005313	9	0.000590	0.99 not sig
誤差	0.017891	30	0.000596	
計	0.023204	39		

表-9 分散分析表(資料木番号6)

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比
地上高	0.031423	10	0.003142	3.99 **
誤差	0.025197	32	0.000787	
計	0.056620	42		

表-10 分散分析表（資料木番号7）

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比
地上高	0.026893	11	0.002454	2.07 not sig
誤差	0.040360	34	0.001187	
計	0.067353	45		

表-11 分散分析表（資料木番号8）

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比
地上高	0.045841	11	0.004167	7.77 **
誤差	0.019313	36	0.000536	
計	0.065154	47		

全資料木8木中、地上高別比重に有意差が認められるのは、番号3、4、6、8の資料木で他の4本は認められない。これらの結果からして、単木の樹幹内において地上高別各断面にあらわれる比重は、地上高によって差がある木とそうではない木があり、したがって単木の地上高別比重は個々の単木によって必ずしも同じ傾向をもつとはかぎらない。

iv 方向別比重

樹幹横断面上の半径の長短と比重の関係をみるために、地上高ごとに採取された円盤上の最長半径方向を基準とする四方向について、比重に差があるかどうかを検討する。すなわち、各円盤における最長半径方向を A_1 、その直線上の反対方向を A_2 、最長半径方向から右90度の方向を A_3 、その対方向を A_4 としてそれぞれの方向間の比重の有意性を調べる。なお資料木番号1、2は直径が小さく四方向について検討することができないので、それぞれ A_1 、 A_2 および A_1 、 A_2 、 A_3 の方向についておこなうこととした。

地上高別比重の場合と同様な方法によっておこなった分散分析の計算結果を表-12~19に示す。その結果から明らかなように、方向別比重に有意差が認められるのは資料木番号5の木のみで、他は有意でない。なおどの資料木にも偏倚生長はみられなかった。

表-12 分散分析表（資料木番号1）

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比
方向	0.001908	1	0.001908	1.16 not sig
誤差	0.006555	4	0.001639	
計	0.008463	5		

表-13 分散分析表 (資料本番号 2)

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比	
方向	0.002542	2	0.001271	0.93	not sig
誤差	0.010901	8	0.001363		
計	0.013443	10			

表-14 分散分析表 (資料本番号 3)

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比	
方向	0.001828	3	0.000609	0.52	not sig
誤差	0.026812	23	0.001166		
計	0.028640	26			

表-15 分散分析表 (資料本番号 4)

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比	
方向	0.002046	3	0.000682	0.64	not sig
誤差	0.023578	22	0.001072		
計	0.025624	25			

表-16 分散分析表 (資料本番号 5)

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比	
方向	0.006721	3	0.002240	4.34	*
誤差	0.013329	26	0.000513		
計	0.020110	29			

表-17 分散分析表 (資料本番号 6)

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比	
方向	0.001012	3	0.000337	0.35	not sig
誤差	0.026684	28	0.000953		
計	0.027696	31			

表-18 分散分析表（資料木番号7）

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比
方向	0.001502	3	0.000501	0.42 not sig
誤差	0.035717	30	0.001191	
計	0.037219	33		

表-19 分散分析表（資料木番号8）

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比
方向	0.001349	3	0.000450	0.28 not sig
誤差	0.051836	32	0.001610	
計	0.052875	35		

v 齢級別比重

生長途上にある林木の樹幹内部の名齢級に比重の差異があるかどうか、5年ごとの名齢級の比重を比較検討する。

資料木はいずれも地上高別、方向別および齢級別に供試片が採取され、比重の測定がおこなわれている。ここでは各資料木について1～5年の1齢級をA₁、6～10年の2齢級をA₂、11～15年の3齢級をA₃、16～20年の4齢級をA₄として供試片比重をまとめ、齢級間の比重の有意性を検討する。

分析の方法は地上高別、方向別の場合と同様で、各資料木についての分散分析の結果を表-20～27に示す。

表-20 分散分析表（資料木番号1）

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比
齢級	0.002853	2	0.001427	2.43 not sig
誤差	0.003519	6	0.000587	
計	0.006372	8		

表-21 分散分析表（資料木番号2）

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比
齢級	0.000983	2	0.000492	0.42 not sig
誤差	0.009350	8	0.001173	
計	0.010363	10		

表 22 分散分析表 (資料本番号 3)

要 因	平方和	自由 度	平方平均	分 散 比
齡 級	0.009107	3	0.003036	1.91 not sig
誤 差	0.034954	22	0.001589	
計	0.044061	25		

表 23 分散分析表 (資料本番号 4)

要 因	平方和	自由 度	平方平均	分 散 比
齡 級	0.009004	3	0.003001	1.66 not sig
誤 差	0.037931	21	0.001806	
計	0.046935	24		

表 24 分散分析表 (資料本番号 5)

要 因	平方和	自由 度	平方平均	分 散 比
齡 級	0.003886	3	0.001295	0.60 not sig
誤 差	0.049306	23	0.002144	
計	0.053192	26		

表 25 分散分析表 (資料本番号 6)

要 因	平方和	自由 度	平方平均	分 散 比
齡 級	0.016470	3	0.005490	6.23 **
誤 差	0.020272	23	0.000881	
計	0.036742	26		

表 26 分散分析表 (資料本番号 7)

要 因	平方和	自由 度	平方平均	分 散 比
齡 級	0.002133	3	0.000711	0.42 not sig
誤 差	0.044337	26	0.001705	
計	0.046470	29		

表-27 分散分析表（資料木番号 8）

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比
級 級	0.016682	3	0.005561	479 **
誤 差	0.034798	30	0.001160	
計	0.051480	33		

ここで明らかにされたように、資料木番号も、6 級外はすべて有意差が認められない。このことは、すなわち単木の異なる級級にあるおれる比重は他の級級のそれと差があるものもあれば、またそうでないものもあり、個々の立木によってその傾向が一律でないことを意味する。

vi 胸高部位における比重

これまで述べてきたように、単木の樹幹内部における比重は個体差があると考えられ、必ずしも同じ傾向性をもつとはかぎらない。ところが、単木全幹をとおしてその比重すなわち標準比重が樹幹の一定部分の比重と何らかの相関関係があるとするれば、単木の標準比重はその関係によって容易に推定することが可能となる。ここでは胸高部位における比重によって標準比重の推定が可能かどうかを調べ、同時にその際の資料採取方法を検討する。

1) 胸高部比重と標準比重

表-2 に基づいて胸高部比重と標準比重の関係をグラフ上に図示すると図-2 のようになる。圖

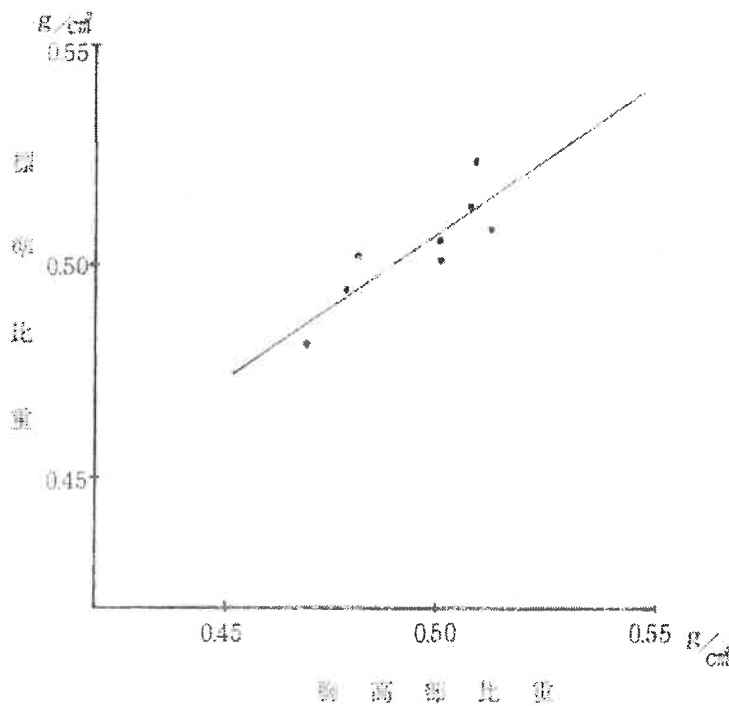


図-2 胸高部比重と標準比重

者の関係は、 $Y = a + bX$ の形の一次式によってあらわしうるものと考え、最小二乗法によりその係数を計算すると次式が得られる

$$G = 0.156255 + 0.707596g \quad (1)$$

G : 標準比重

g : 胸高部比重

なお分散分析法により両者の関係を検討した結果、表-28に示すように有意性が認められ、さらに相関係数は $r = 0.81$ となって標準比重と胸高部比重との相関が高く、上式が実測値に適合していることを示している。

表-28 分散分析表

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比	
I	2.043231	1	2.043231	27243.08	**
II	0.000835	1	0.000835	11.13	*
誤差	0.000449	6	0.000075		
計	2.044515	8			

胸高部比重によって標準比重を推定することが可能なることはここで明らかにされたので次に、胸高部比重の簡便な測定方法を明らかにするために胸高部における方向別、輪級別比重について検討する。

2) 胸高部における方向別比重

胸高部円盤における方向別比重の測定結果を表-29に示す。なおここにおける胸高部の各方向(4方向)とは、先に述べたものと同じである。

表-29 方向別比重測定結果

方向	1	2	3	4	5	6	7	8
A_1	0.459	0.479	0.438	0.482	0.503	0.504	0.494	0.458
A_2	0.550	0.487	0.493	0.531	0.522	0.488	0.481	0.470
A_3		0.542	0.457	0.504	0.477	0.502	0.533	0.493
A_4			0.509	0.501	0.512	0.482	0.493	0.493

表-29に基づいて分散分析法により方向別比重の有意性の検討をおこなった結果は表-30に示すとおりで、胸高部においては、方向別比重に有意性は認められない。したがっていずれの方向の比重によっても胸高部比重を代表しうるものと思われる。ただしここで用いた資料木は、いずれも偏倚生長が認められないものであり、偏倚生長した樹木についてはなお検討を要する。

表-30 分散分析表

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比
方向	0.003357	3	0.001119	1.82 not sig
誤差	0.015358	25	0.000614	
計	0.018715	28		

3) 胸高部における齢級別比重

胸高部円盤における齢級別比重の測定結果は表-31のとおりで、これに基づいて分散分析をおこなった結果を表-32に示す。

分散分析の結果は、胸高部における齢級別比重に有意差があることを示している。すなわち、齢級によって比重は異なるといえる。

表-31 齢級別比重測定結果

齢級 \ 資料木番号	1	2	3	4	5	6	7	8
A ₁ (1~5年)	0.478	0.505	0.483	0.608	0.491	0.576	0.536	0.477
A ₂ (6~10年)	0.478	0.505	0.452	0.497	0.503	0.494	0.487	0.464
A ₃ (11~15年)	0.484	0.505	0.454	0.485	0.501	0.480	0.498	0.460
A ₄ (16~20年)			0.510	0.528	0.500	0.511	0.516	0.512

表-32 分散分析表

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比
齢級	0.009872	3	0.003291	3.92 *
誤差	0.020126	24	0.000839	
計	0.029998	27		

以上、胸高部比重と標準比重の関係および胸高部における方向別、齢級別比重について検討した結果、標準比重は胸高部の比重によって推定することが可能であり、さらに胸高円盤上の全齢級を含まない方向の比重によっても胸高部比重を代表しうることが明らかとなった。

vii 考察

単木の樹幹内部における比重の分布状況および傾向性を明らかにするために、地上高別、地上高ごと横断面の半径方向別、および齢級別にあられる比重について差異があるかどうかを検討し、さらに胸高部における方向別または齢級別比重についてもその特徴を明らかにすることに努めた。

これらの結果について考察を試みる。

1) 地上高1mごとの各断面上にあるられる比重には、有意性が認められるもの(8本中4本)とそうでないものがあるが、個々の標本によって必ずしも同じ傾向をもつとはかぎらない。しかし、どの資料木も概して幹基部と拍動に近い部分は比較的高い比重を示し、中間部の大部分は地上高に関係なくはほぼ等しいものとなっている。この傾向は安達、佐々木、橋本らの報告と一致している。結局地上高による比重の有意性の存否は、幹基部および拍動部付近にあるられる比重と中間部の比重の差に影響されるものと思われる。

2) つぎに樹幹横断面の最長半径方向を基準とする四方向の比重についてみると、8本の資料中1本のみが有意で他は方向別に差が認められない。有意性の認められた1本も含めていずれも偏倚生長が認められなかったこと、林分斜面および日取方向等との関係を検討しなかったため、有意性の原因は不明であるが、ここにおける結果からみるかぎり、同一断面上での半径の大きさによる比重の差はないものと考えてもさしつかえないものと思われる。

3) 一方、樹幹を5年ごとに齢級区分し、各齢級の比重について検討した結果、8本中2本に有意性が認められた。このことはすなわち樹幹内の齢級別比重は、個体によって差があるものとそうでないものがあることを示している。測定値を概観したかぎりにおいては、安達、佐々木、橋本らの報告と同様に、樹幹内の齢級別比重は、最小齢級部と形成層に近い最大齢級部の比重が比較的高い傾向にあり、有意性の認められた2本にこの傾向が特に著しい。

4) ところで、樹幹内の比重は地上高によって有意差が認められるものがあることは前述のとおりであるが、胸高部比重と標準比重の間には胸高部比重が高いほど標準比重も高い一次式であらわしうな直線的関係が存在することが、関根、辻本らによってマツ類を用いて証明されている。コジイについて検討した結果も同様なことが明らかとなった。このことは、胸高部比重を測定することによって標準比重を推定することが可能なことを示している。また胸高部における比重は、齢級別には有意差が認められるけれども、方向別には認められない。したがって胸高部比重は胸高部位の全齢級を含むいずれか一方の方向の比重を測定することによって知ることができる。このことはまた、単木の標準比重は、胸高部位の全齢級を含むいずれか一方の方向の比重を測定し、これと標準比重との関数関係によって推定することが可能なことを示している。

II 単木の比重および重量

単木の標準比重および幹重量と各測定因子との関係を検討することによって、これらの測定因子を用いて一般的に適用できる単木標準比重式と幹重量式の作成を試みる。

i 資料

資料は、本研究において対象地として調査した全地域より採取したすべての標本木84本を用いた。使用した資料木についての測定値および算出値をとりまとめた結果は表-33に示すとおりである。

ii 試験方法

まず単木の標準比重と年齢、胸高直径、樹高、幹材積、胸高年輪密度との関係を調べ、その結果に基づいて標準比重を推定するのに適当な因子を検討し、これによって回帰分析による標準比重式を決定する。幹重量についてもほぼ同様な方法で各測定因子との関連性を検討し、多項回帰分析を実行して幹重量式の作成を試みる。

表-33 資料木測定結果 (その1)

資料木番号	年齢	胸高直径(皮内)	樹高	幹材積(皮内)	胸高平均輪径	幹重量(皮内)	標準比重	調査地
	年	cm	m	m ³	cm	t	g/cm ³	
1	15	3.7	5.4	0.0037	7.1	0.0019	0.504	福岡県
2	16	5.3	6.3	0.0076	5.3	0.0040	0.528	朝倉地方
3	20	7.4	9.3	0.0243	4.9	0.0117	0.482	"
4	"	9.2	10.3	0.0341	3.9	0.0174	0.510	"
5	"	11.2	10.2	0.0489	3.4	0.0248	0.507	"
6	"	12.6	11.0	0.0708	2.9	0.0355	0.501	"
7	"	15.2	11.5	0.1017	2.4	0.0523	0.515	"
8	"	17.4	11.7	0.1382	2.2	0.0685	0.496	"
9	11	4.0	6.8	0.0054	5.0	0.0030	0.561	"
10	15	5.4	8.1	0.0107	4.8	0.0051	0.479	"
11	18	7.3	8.6	0.0179	4.4	0.0091	0.508	"
12	19	8.8	10.4	0.0332	3.9	0.0169	0.510	"
13	20	11.2	9.6	0.0462	3.0	0.0224	0.485	"
14	"	13.0	11.9	0.0824	2.9	0.0383	0.464	"
15	"	16.1	10.6	0.1004	2.2	0.0468	0.466	"
16	"	17.9	11.3	0.1442	2.1	0.0655	0.475	"
17	16	4.0	6.4	0.0053	6.9	0.0029	0.548	長崎県
18	"	4.2	8.1	0.0071	6.7	0.0037	0.528	西原地方
19	18	4.3	7.2	0.0056	7.5	0.0033	0.589	"
20	"	5.9	8.4	0.0141	5.4	0.0070	0.499	"
21	"	6.7	7.6	0.0161	4.8	0.0079	0.492	"
22	"	7.6	8.5	0.0223	4.2	0.0106	0.477	"
23	"	7.9	8.7	0.0235	4.0	0.0117	0.498	"
24	"	9.6	9.0	0.0365	3.3	0.0177	0.484	"
25	"	10.5	9.3	0.0459	3.1	0.0226	0.492	"
26	"	10.8	9.0	0.0459	3.0	0.0224	0.489	"
27	"	11.6	8.8	0.0508	2.8	0.0237	0.467	"
28	22	4.3	9.0	0.0072	8.8	0.0037	0.514	"
29	"	8.9	10.2	0.0344	4.6	0.0176	0.512	"
30	17	4.2	9.2	0.0080	7.5	0.0043	0.538	"
31	25	4.1	7.9	0.0057	11.2	0.0042	0.623	"
32	"	4.9	7.8	0.0082	9.3	0.0048	0.585	"
33	26	5.7	9.5	0.0146	8.5	0.0086	0.590	"
34	"	7.4	11.5	0.0286	6.5	0.0159	0.555	"
35	"	9.3	11.6	0.0445	5.2	0.0239	0.536	"

(その2)

資料木番号	年齢	胸高直径(皮内)	樹高	幹材積(皮内)	胸高年輪密度	幹重量(皮内)	標準比重	産地
	年	cm	m	m ³		t	g/cm ³	
36	26	9.6	11.6	0.0473	5.0	0.0247	0.522	長崎県
37	"	11.5	11.1	0.0624	4.2	0.0335	0.528	西彼杵地方
38	"	13.2	13.7	0.0909	3.7	0.0496	0.496	"
39	"	16.4	13.7	0.1508	2.9	0.0736	0.488	"
40	21	3.7	8.4	0.0058	10.4	0.0032	0.546	"
41	20	4.4	8.4	0.0079	8.3	0.0039	0.494	"
42	18	5.3	8.9	0.0120	6.1	0.0062	0.519	"
43	19	5.6	10.2	0.0137	6.1	0.0072	0.526	"
44	20	5.9	10.0	0.0160	6.2	0.0077	0.479	"
45	22	7.0	9.6	0.0220	5.7	0.0114	0.517	"
46	21	7.8	11.3	0.0315	4.9	0.0152	0.483	"
47	22	9.8	11.5	0.0468	4.1	0.0252	0.517	"
48	"	10.1	12.2	0.0547	4.0	0.0266	0.487	"
49	"	10.1	12.8	0.0554	4.0	0.0258	0.466	"
50	"	11.3	12.4	0.0680	3.5	0.0350	0.514	"
51	"	11.4	12.8	0.0713	3.5	0.0335	0.470	"
52	"	13.4	14.0	0.1056	3.0	0.0523	0.495	"
53	"	14.3	12.8	0.1089	2.8	0.0537	0.493	"
54	20	4.0	8.5	0.0069	9.0	0.0035	0.506	"
55	26	4.8	10.5	0.0116	10.1	0.0063	0.539	"
56	"	5.2	10.8	0.0127	9.3	0.0069	0.543	"
57	28	7.6	12.6	0.0536	6.8	0.0179	0.534	"
58	"	9.5	12.8	0.0611	5.5	0.0253	0.495	"
59	"	11.7	13.5	0.0787	4.5	0.0401	0.509	"
60	"	13.3	15.5	0.1157	3.0	0.0600	0.519	"
61	"	14.8	15.0	0.1320	3.5	0.0655	0.496	"
62	"	17.7	15.0	0.1898	2.9	0.0877	0.462	"
63	"	19.4	15.2	0.2282	2.7	0.1136	0.494	"
64	17	4.4	6.8	0.0060	6.5	0.0030	0.498	宮崎県
65	"	5.5	7.1	0.0094	5.8	0.0047	0.504	青井岳地方
66	"	6.5	8.0	0.0154	4.6	0.0073	0.475	"
67	27	6.4	10.4	0.0186	7.2	0.0102	0.550	"
68	28	10.5	12.2	0.0590	4.9	0.0304	0.515	"
69	21	6.2	8.7	0.0140	6.1	0.0074	0.529	"
70	"	9.7	8.6	0.0369	3.7	0.0189	0.511	"

(その3)

資料木番号	年齢	樹高直径(皮内)	樹高	幹材積(皮内)	樹高年輪密度	幹重量(皮内)	標準比重	調査地
	年	cm	m	m ³		t	g/cm ³	
71	9	2.2	4.6	0.0011	6.4	0.0006	0.540	宮崎県
72	10	3.4	5.8	0.0027	4.1	0.0014	0.536	青井岳地方
73	29	9.2	10.6	0.0320	5.9	0.0147	0.459	"
74	"	16.9	14.0	0.1548	3.2	0.0775	0.501	"
75	25	16.6	13.0	0.1160	2.8	0.0542	0.467	"
76	29	11.4	16.1	0.0835	4.9	0.0409	0.490	鹿児島県
77	"	20.4	20.3	0.3264	2.7	0.1638	0.502	川内川流域
78	19	7.0	11.9	0.0225	5.1	0.0110	0.488	"
79	23	12.6	12.0	0.0803	3.3	0.0369	0.460	"
80	12	9.3	10.6	0.0309	2.4	0.0155	0.501	"
81	18	8.1	12.2	0.0335	4.2	0.0168	0.500	"
82	19	13.6	13.5	0.0985	2.6	0.0491	0.498	"
83	18	8.0	12.1	0.0316	4.3	0.0152	0.480	"
84	21	13.4	13.0	0.0897	3.0	0.0416	0.464	"

ii) 単木の標準比重

表-33に示した各資料木の標準比重と年齢、胸高直径（皮内）、樹高、幹材積（皮内）、胸高年輪密度との関係を検討し、標準比重を表わす実験式を求めらる。なおここに示される標準比重とは、絶乾皮内幹重量を皮内幹材積で除して得たものである。

1) 年齢との関係

年齢と標準比重の関係をみるために表-33の数値をグラフ上に示したのが図-3である。この図からも明らかなように、標準比重と年齢の間には何らかの傾向性をみい出すことはできない。すなわち同一年齢であっても他の因子、例えば胸高直径や樹高などのちがひによって比重にバラツキを生ずるものと考えられ、したがって年齢単独でもって林木の比重を求め、または推測することはできない。

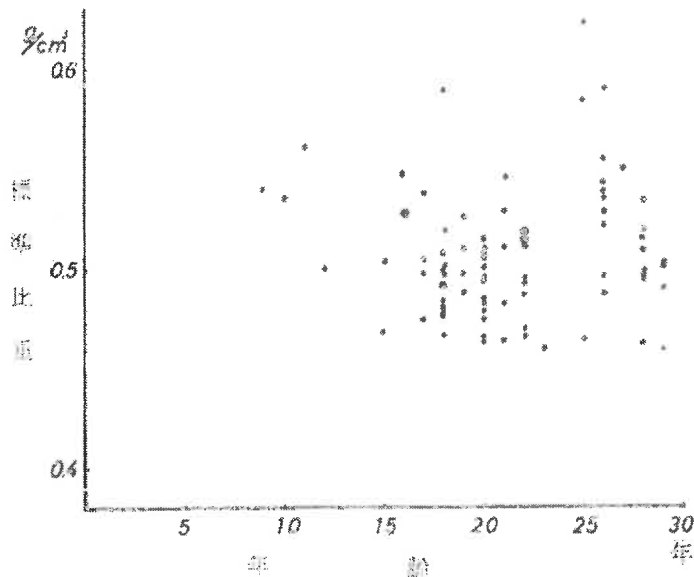


図-3 年齢と標準比重

2) 胸高直径との関係

この関係は図-4に示すように、概括的には胸高直径の増加にともなって標準比重が減少する傾向にあるといえるけれども、変動幅が大きく、分布の中心線を求めることによって全体の傾向を示すには適当でないと思われる。またこのグラフにおいて、同一直径をもつ資料木についてみると、年齢の低いものは比重も低く、逆に年齢の高いものは比重も高い傾向にあることが認められ、他の因子によって層化することが可能であれば、それとともに胸高直径を用いて標準比重を推測できるかも知れない。

3) 樹高との関係

樹高と標準比重の関係は、図-5に示すように、胸高直径との関係にはほぼ似た傾向性をもつものと思われる。しかし本研究で調査対象とした林分が30年生以下の幼壮齢林分であることと、現存するコジイ林分の多くが一般的に地位の低いところにあつて樹高生長が良くない場合が多く、

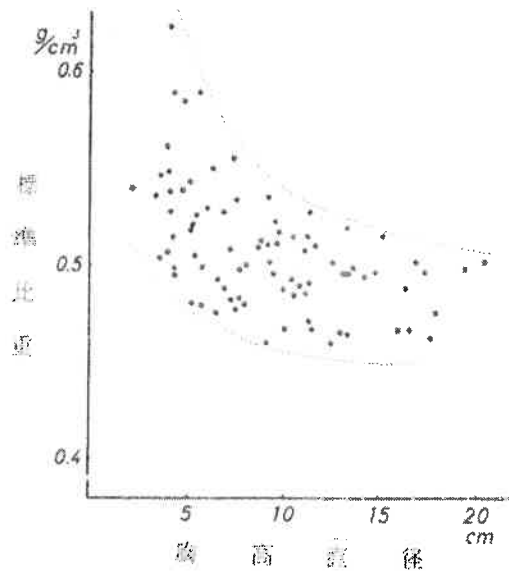


図-4 胸高直径と標準比重

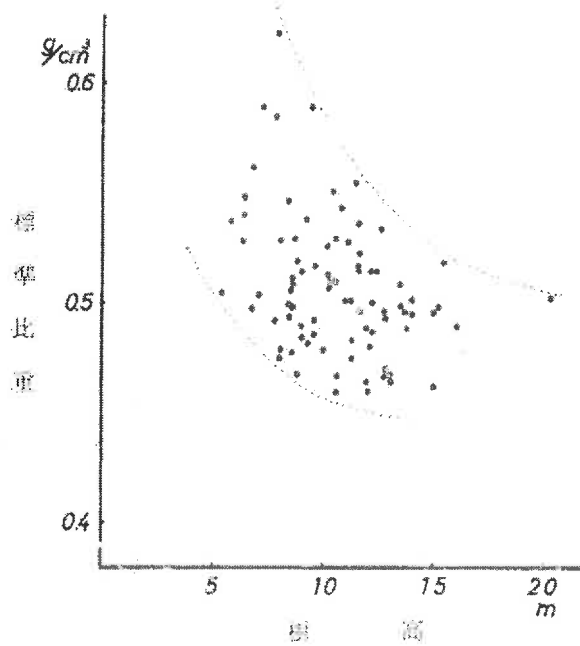


図-5 樹高と標準比重

したがって資料木の樹高変動幅が小さいものとなり、樹高が高いほど標準比重は低いという概括的傾向は胸高直径との関係におけるより不明瞭なものとなっている。しかしながら、詳細にみると資料木の中には樹高がほとんど等しくても年輪が若く、また胸高直径が大きいものは標準比重が低い値を示している場合が多い。

4) 幹材積との関係

次に図-6に対数表示による幹材積と標準比重の関係を示したが、通常幹材積は、胸高直径の二乗と樹高の相乗的関数の形であらわされることから、幹材積と標準比重の関係も總体的傾向性は胸高直径または樹高との関係に類似しており、またその場合よりもいくぶん鋭敏な傾向性をもってあらわれる。しかしここでは胸高直径や樹高の場合と同様、単一の曲線をもってその傾向をあらわすには、バラツキが一樣なうえに変動が大きすぎて適当でないと思われる。

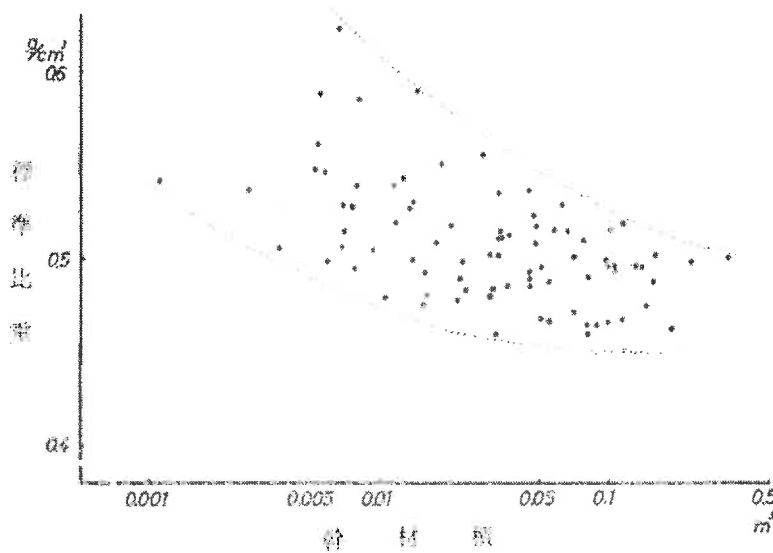


図-6 幹材積と標準比重

5) 胸高年輪密度との関係

胸高年輪密度は胸高部位における年輪数と胸高直径に基づいて示され、林木の生長状態をあらわす重要な因子の一つである。胸高部位の年輪密度と標準比重の関係をグラフ上に示すと図-7のようになり、胸高年輪密度が増加するにしたがって標準比重も増加している。この関係は一次式によってあらわすことができ、分散分析法により係数の有意性を検討すると表-34に示すように有意となる。なお最小二乗法によってその係数を求めると次のような実験回帰式が得られた。

$$G = 0.457853 + 0.010042 x \quad (2)$$

G : 標準比重 x : 胸高年輪密度

この式は図-7に示されるように、実測値に比較的によく適合しているといえる。しかし相関係数は $r = 0.67$ で、相関の度合いからすれば必ずしも良好とはいえない。ところで胸高年輪密度に対する標準比重の関係は、いうなれば、年輪で層化された胸高直径と標準比重の関係とみることも

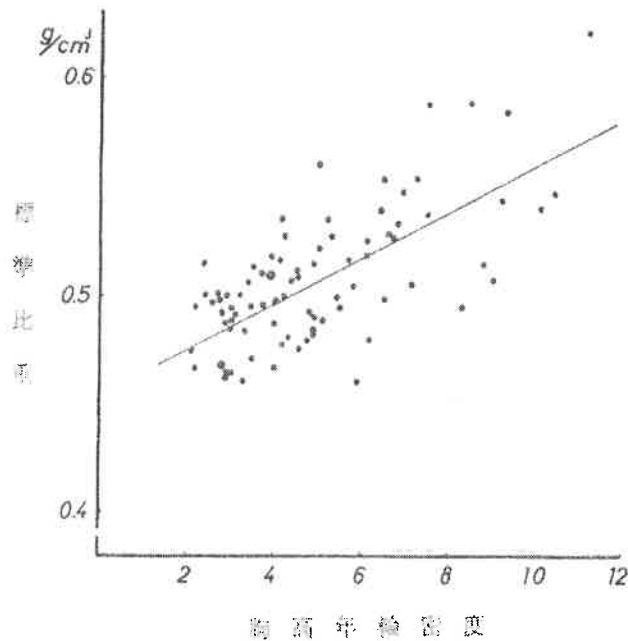


図-7 胸高年輪密度と標準比重

表-34 分散分析表

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比
1	21.620715	1	21.620715	38816.01 **
x	0.037157	1	0.037157	66.71 **
誤差	0.045626	82	0.000557	
計	21.703300	84		

でき、先に述べた「同一直径であっても年齢が高いと比重も高く、逆に年齢が低いと比重も低い傾向がみられる」ということと矛盾しない。

6) 単木の標準比重式

これまで、単木の標準比重と各測定因子との関係を個別的に検討してきたが、胸高年輪密度以外、一般的に計測される因子単独でもって標準比重を表わし、または推定することは適当でない。つま

り単木の比重は、その総合的成長状態によって異なるものと考えることが適切であり、生長状態を適切に表現しうる因子との関係によって検討されるべきものと思われる。具体的には、単木の成長状態をあらわすのに関係すると考えられる因子によって簡化された適当な測定因子を用いて表現を試みるか、またはいくつかの因子を複合的に用いる多項回帰式を求め、これによって推定することの方がより適当と考えられる。このような観点から、先の標準比重と各測定因子との関係をも考慮して、比重の高低に関与すると思われる主な因子として胸高直径を $\frac{1}{D}$ 、胸高年輪密度を $\frac{A}{D}$ の形でとりあげ、この両項を変数とする次式

$$G = a + b \left(\frac{1}{D} \right) + c \left(\frac{A}{D} \right)$$

の型の二項回帰分析をおこなうこととした。この式は $\frac{1}{D} = X_1$ 、 $\frac{A}{D} = X_2$ とおけば、

$$Y = a + bX_1 + cX_2$$

のかたちとなり、最小二乗法によって係数 a 、 b 、 c 、を決定することができる。

各要因についての分散分析の結果は表-35に示すとおりで、両項とも信頼限界99%で採択される。

表-35 分散分析表

要 因	平 方 和	自 由 度	平 方 平 均	分 散 比
1	21.620503	1	21.620503	38677.11 **
$\frac{1}{D}$	0.024683	1	0.024683	44.16 **
$\frac{A}{D}$	0.012847	1	0.012847	22.98 **
誤 差	0.045267	81	0.000559	
計	21.703300	84		

次に最小二乗法によって係数を計算して得られた実験式を示す。

$$G = 0.457975 + 0.012124 \left(\frac{1}{D} \right) + 0.017489 \left(\frac{A}{D} \right) \quad (3)$$

G : 標準比重

D : 胸高直径

A : 年輪

また、この関係を図示すれば図-8のとおりで、先に図-4に示した胸高直径と標準比重の関係ともよく一致し、年齢と胸高直径が明らかになれば、この実験式を用いることによって単木の標準比重を容易に推定することができる。

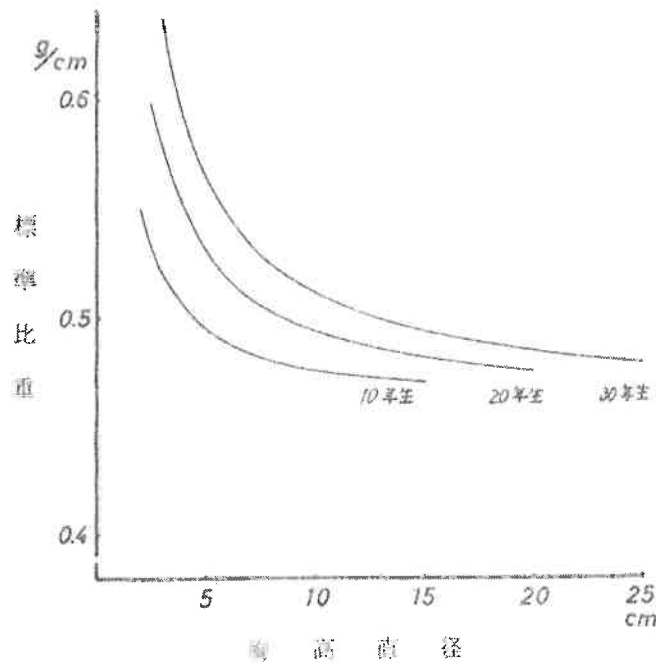


図-8 胸高直径と算出標準比重

iv 単木の幹重量

単木の幹重量は、その幹材積に比重を乗じて求められる。ところが、これまでに明らかにされたように、比重は大部分が $0.45 \sim 0.60 \text{ g/cm}$ の比較的小さい範囲内において、幹重量が幹材積に大きく影響されるであろうことは容易に想像できることである。ここではこのような性質をもつ単木幹重量（皮内、絶乾）と年齢、胸高直径（皮内）、樹高、および幹材積（皮内）との関係を検討し、さらに林木の重量に関係すると思われるいくつかの要因を用いて単木幹重量を表わす実験式の作成を試みる。なお、ここで示される幹重量とは、樹皮を含まない幹部の絶乾状態における重量を意味する。

1) 年齢との関係

年齢と幹重量の関係は、図-9に示すとおりである。林木の生長は遺伝的性質と気象、土壌、林分構成などの環境因子によって大きく影響を受けるものであって、林分中の個々の林木の生長に年齢の影響が同等に作用するとはかぎらない。したがって年齢に対する林木の大きさの範囲も年齢の増加につれて大きくなり、ことにここで用いた資料木が天然生林からいわば無作為に採取されたものであることを考えるならば、図-9における年齢と幹重量の関係は当然の結果といえよう。

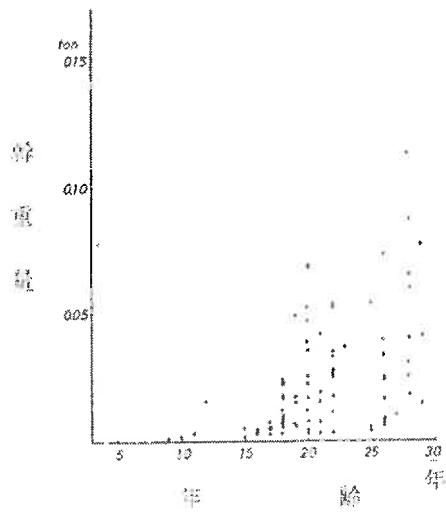


図-9 年齢と幹重量

2) 胸高直径との関係

胸高直径と幹重量の関係を、横軸に胸高直径、縦軸に幹重量をとってグラフ上に示すと図-10のようになる。

このグラフによっても明らかなように、両者のあいだには、二次曲線でもってあらわしうる関係が認められる。

最小二乗法によって回帰式の係数を計算した結果、次に示すような二次回帰式が得られた。

$$W = 0.009131 - 0.002808 D + 0.000411 D^2 \quad (4)$$

W : 幹重量

D : 胸高直径

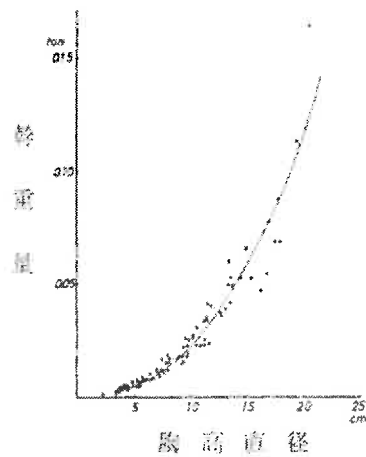


図-10 胸高直径と幹重量

上式による算出値が図-10の中に示された曲線であり、実測値によく適合している。

3) 樹高との関係

樹高と幹重量の関係も、胸高直径との場合と同様に二次式であらわすことができる。

最小二乗法によりその係数を決定すると、次のような実験回帰式が得られる。

$$W = 0.022464 - 0.007741 H + 0.000717 H^2 \quad (5)$$

W: 幹重量

H: 樹高

上式による算出値を実測値とともに示したのが図-11で、これは実測値によく適合していると言える。

4) 幹材積との関係

幹重量が幹材積に高い相関関係をもってあらわされる可能性があることは、先に述べたとおりであるが、この関係を実測値に基づいて検討してみる。図-12に示されるように、両者の間にはきわめて高い一次の相関関係が認められ、幹材積の大きさに比例して幹重量も変化する。

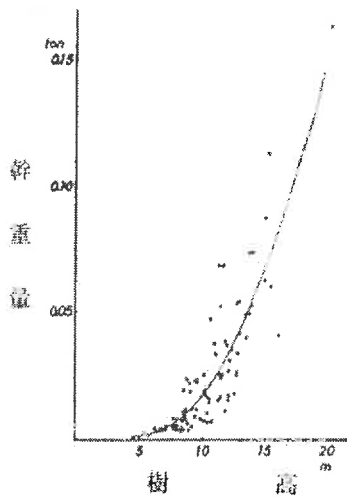


図-11 樹高と幹重量

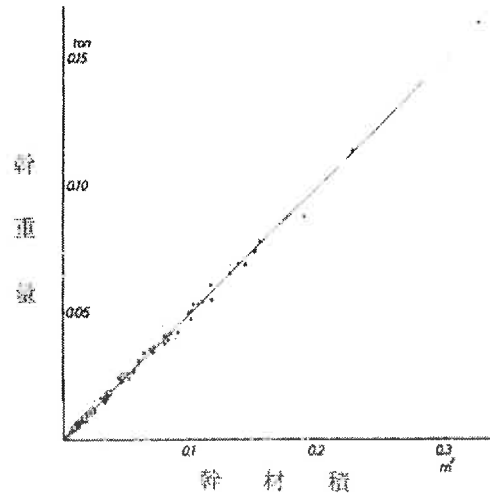


図-12 幹材積と幹重量

分散分析の結果は表-36に示すように、99%の信頼限界をもって有意であり、相関係数も $r=0.99$ で相関度がきわめて高いことを示している。

表-34 分散分析表

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比
I	0.056519	1	0.056519	32670.00 **
V	0.062760	1	0.062760	36277.35 **
誤差	0.000142	82	0.000002	
計	0.119421	84		

最小二乗法によって係数を計算し、得られた両者間の実験回帰式は次のとおりである。

$$W = 0.000226 + 0.490760 V \quad (6)$$

W : 幹重量

V : 幹材積

これらの結果からして幹重量は幹材積でもってかなり正確に推定できることを明らかにしている。

5) 単木の重量式

単木の重量は、これまでに述べたように、胸高直径、樹高、および幹材積との間に相関々係が認められ、これらの因子によって推定することが可能であることが明らかになった。しかし、これらの関係式においては林木の比重はすべて無視された形となっている。ところが、現実的には同じ胸高直径、同じ樹高、同じ幹材積をもつものであっても、必ずしも重量が等しいとはかぎらない。比重の高低によっては無視できない重量のちがいを生ずる可能性がないわけではない。そこで、ここにおいては、「幹材積等によってかなり正確に林木の比重が推定できる」ということは別の視点から、比重をも考慮したより詳細な幹重量の推定式の検討を試みることにする。

いま、林木の幹重量を (W)、標準比重を (G)、幹材積を (V) とすれば

$$W = G \cdot V$$

としてみらわすことができる。ところがGは(3)式のように

$$G = a + b \left(\frac{1}{D} \right) + c \left(\frac{A}{D} \right)$$

の形で、またVは一般的に

$$V = a + b (D) + c (D H)$$

の形であらわすことができる。(D : 胸高直径、A : 年輪、H : 樹高)

この三つの式から

$$W = \left\{ a + b \left(\frac{1}{D} \right) + c \left(\frac{A}{D} \right) \right\} \cdot \left\{ a + b (D) + c (D H) \right\}$$

となり、これを展開すると

$$W = a^2 + ab \left(\frac{1}{D} \right) + ac \left(\frac{A}{D} \right) + ab (D) + b^2 + bc (A) + ac (D^2 H) + bc (DH) + c (ADH)$$

となる。

この式から定数項を消去すると、幹重量に関係する因子は $\frac{1}{D}$ 、 $\frac{A}{D}$ 、D、A、DH、DH、ADH が残る。

そこで求める幹重量式を

$$W = a + bA + cD + d \frac{1}{D} + e \frac{A}{D} + f DH + g ADH + h DH$$

の形の多項回帰式によることとした。表-33に基づき、この各項について分散分析をおこなうと表-37のとおりとなる。

この結果からみて、 $\frac{A}{D}$ は有意とは認められず、これを棄却することとし、他の6要因によって次の形の重回帰実験式を求めることとした。

$$W = a + bA + cD + d\frac{1}{D} + eDH + fADH + gDH^2$$

表-37 分散分析表

要因	平方和	自由度	平方平均	分散度
I	0.056519	1	0.056519	9419.83 **
A	0.016613	1	0.016613	2768.83 **
D	0.036222	1	0.036222	6037.00 **
$\frac{1}{D}$	0.004082	1	0.004082	680.33 **
$\frac{A}{D}$	0.000004	1	0.000004	0.67 not sig
DH	0.004559	1	0.004559	759.83 **
ADH	0.000622	1	0.000622	103.67 **
$\frac{e}{DH}$	0.000352	1	0.000352	85.67 **
誤差	0.000447	76	0.000006	
計	0.119420	84		

最小二乗法により、それぞれの係数を計算すると次式が得られた。

$$W = 0.003508 - 0.000021(A) - 0.000404(D) - 0.007618\left(\frac{1}{D}\right) + 0.000025(DH) + 0.000001(ADH) + 0.000017(DH^2)$$

W: 幹重量 (7)

A: 年齢

D: 胸高直径

H: 樹高

ここに得られた幹重量推定実験式は、単に林木の大きさのみならず、生長状態を示す概念をも加味しており、論理的でより正確な重量推定が可能である。しかし計算に複雑な手間を要し、立木幹重量表の作成などには応用できても実用的なものとしては適当とはいえない。

v 考 察

単木の標準比重および幹重量の一般的特性を測樹学的因子との関係のうえで明らかにすると同時に、標準比重、幹重量の推定式について検討したので、それらの結果について考察を試みる。

1) 単木の標準比重と年齢、胸高直径、樹高、および幹材積の関係は図-3~6に示すように、概括的傾向性は認められるけれども変動幅が大きくまんべんなくらばっており、測定因子単独でもってその関係をあらわすことは適当でないと思われる。すなわち胸高直径と標準比重の関係について測定値を概観すると、総体的には胸高直径の増加にもなって標準比重は低下する傾向にあるといえる。しかし、胸高直径が等しくても年齢の大きいものは標準比重も高い傾向を示し、変動幅が大きかつまんべんなくらばる原因となっている。この傾向性は樹高、幹材積についても同様である。したがって単木の標準比重は単にその形状的大きさのみによるのではなく、総合的な生長状態との関連でとらえる方が妥当であると考えられ、その推定式の検討もこのような観点に立って

なされるべきだと思われる。

ところで、胸高年輪密度はいうなれば年齢と胸高直径の複合因子であって、単木の直径生長状態をあらわす因子である。そこで胸高年輪密度と標準比重の関係を検討すると、図-7に示すように胸高年輪密度の増加にともなう標準比重も高くなる直線的関係が認められ、実測分布もその関係式(中心線)に集束する傾向にあるといえる。そこでこの結果とともに各測定因子と標準比重の関係を考慮して、林木の標準比重に大きく影響をおよぼすと考えられる因子として、胸高直径を $\frac{1}{D}$ 、胸高直径生長状態を $\frac{A}{D}$ の形の直接測定できる因子であらわし、この両項を変数とする3式のような二項回帰式を得た。これは、林木の生長状態と標準比重の関係を示しうると同時に、実測値の分布傾向性をよくあらわしているのので、この式をもって単木標準比重の推定式とした。

以上のことを検証すると、コジイの標準比重は約0.45~0.60 g/cm³の範囲にあって、生長状態の良好なほど低くなる傾向にあるといえる。

2) 単木の幹重量はその幹材積と標準比重によって決定される。したがって比重に大きな差異がなければ、幹重量が幹材積に大きく左右されるであろうことは容易に想像できる。ところで、林木の標準比重は大部分の場合が0.45~0.60 g/cm³の比較的小さい範囲内にあることから、単木の幹重量と胸高直径、樹高との関係は、幹材積と胸高直径、樹高との関係にきわめて類似した傾向性をもち、特に幹重量と幹材積の間にはきわめて相関度の高い一次の相関関係が成り立つ。したがって単木の幹重量はその単木の生長状態(経過)が異なることによる標準比重の差を無視してもさしつかえない場合には、幹材積を変数とする実験回帰式によってある程度正確に推定することが可能である。しかしこの方法による単木重量の推定はいうなれば簡易的なものであって、単木の生長状態をも考慮して単木重量を検討する場合や、林分構成と林分重量の関係を詳細に検討する必要のある場合には不適当といわねばならない。

このような欠点を補うと同時に、立木を直接測定できる因子すなわち生長概念としての年齢、形状(材積)因子としての胸高直径、樹高によって単木重量を推定できるようにしたのが7式である。この式は林木の大きさ(材積)のみならず生長状態によって異なる標準比重の概念をも考慮されたものであって、より論理的で正確な単木重量が推定できる。しかし計算が複雑で、立木幹重量表の作成のような場合以外あまり実用的とはいえない。

III 樹皮の比重および重量

材の利用上からすれば林木の樹皮は不要な場合が多く、紙・パルプ原料としては取捨される部分である。しかし単木または林分の幹重量に占める割合からすれば必ずしも無視できるものではない。ここでは樹皮の比重および重量についてその特質を検討する。

1) 資料および試験方法

宮崎県青井岳一帯から採取した10本の資料木について、地上高1mごと(樹高の高いものは2mごと)に任意に1~2個の供試片を採取し、これについて幹材部と同様な方法で絶乾重量、容積を測定した。地上高ごとの各供試片の比重は、各資料木とも0.76~0.79 g/cm³のきわめて小さい範囲内であって、ほとんど差がないので資料木ごとの全供試片の絶乾重量合計をその容積合計で除してその資料木の樹皮比重とした。これに単木樹皮材積を乗じて樹皮重量を算出した。

樹皮の試供片は乾燥すると剥皮がおこると同時にこまかい亀裂が生じ、容積測定が困難となる。

表 38 樹皮測定結果

實地木 番号	年令	胸高直径 (皮内)	樹高 m	幹材積 A m ³	幹材積 (皮内) B m ³	樹皮材積 C=A-B m ³	樹皮平均 重量 D g/cm ³	樹皮重量 E=C×D kg	幹重量 (皮内) F kg	幹重量 G=E+F kg	材積樹皮率 C/A %	重量樹皮率 E/G %
1	17	5.5	7.1	0.0105	0.0094	0.0011	0.775	0.853	4.735	5.588	10.5	15.3
2	28	13.9	12.6	0.1156	0.1021	0.0135	0.766	10.341	55.131	65.472	11.7	15.8
3	28	10.5	12.2	0.0662	0.0590	0.0072	0.767	5.522	30.360	35.882	10.9	15.4
4	27	6.4	10.4	0.0209	0.0186	0.0023	0.781	1.796	10.226	12.022	11.0	14.9
5	48	24.5	22.3	0.5737	0.5363	0.0364	0.784	28.537	249.536	278.073	6.3	10.3
6	42	14.0	17.4	0.1491	0.1374	0.0117	0.774	9.056	62.832	71.888	7.8	12.0
7	48	9.0	12.7	0.0467	0.0428	0.0039	0.778	3.034	22.229	25.263	8.4	12.0
8	46	28.1	18.3	0.6021	0.5559	0.0462	0.769	35.528	252.193	287.721	7.7	12.3
9	46	18.8	18.2	0.2942	0.2712	0.0230	0.762	17.526	132.081	149.607	7.8	11.7
10	46	12.1	14.8	0.0923	0.0847	0.0076	0.774	5.882	46.028	51.910	8.2	11.3

そのために十分に信頼のできる測定ができにくく、結果的に資料数を減らすこととなった。

各資料木についての測定、算出結果を示せば表-38のとおりとなる。

試験方法としては、樹皮比重および樹皮重量と年齢、胸高直径（皮内）、樹高、幹材積（皮内）との関係を探べ、さらに樹皮率について検討する手順をとる。

iii 樹皮比重

樹皮の比重は図-13~16に示すように $0.76 \sim 0.79 \text{ g/cm}^3$ のきわめて小さい範囲内において、個々の林木による差がなくほぼ一定の値を示している。すなわち樹皮比重は林木の年齢、胸高直径、樹高、幹材積の大小に関係なく一定の値 0.773 g/cm^3 であると考えられる。

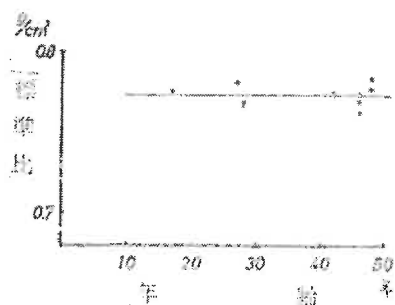


図-13 年齢と樹皮比重

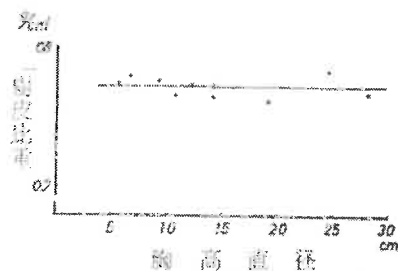


図-14 胸高直径と樹皮比重

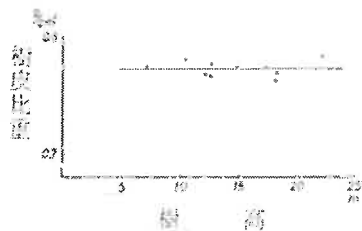


図-15 樹高と樹皮比重

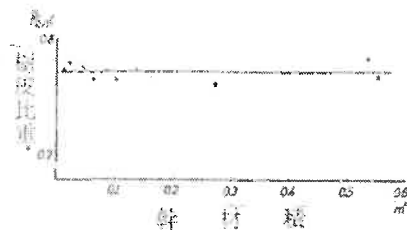


図-16 幹材積と樹皮比重

iv 樹皮重量

樹皮重量は、樹皮比重が平均 0.773 g/cm^3 で、ほぼ一定であることが明らかとなっていることから、当然樹皮材積に樹皮比重すなわち 0.773 を乗ずることによって算出することができる。

ここでは、実測値に基づいて、樹皮重量と胸高直径（皮内）、幹材積（皮内）、幹重量（皮内）との関係を検討し、最後に樹皮率を求める。

1) 胸高直径との関係

胸高直径と樹皮重量の間には図-17に示すように、胸高直径を変数とする指数関数によって表わしうる関係が認められる。

すなわち、両者の間の関係を

$$W_B = a D^b$$

の形の式であらわしうると想定すると、対数変換することによって

$$\log W_B = a + b \log D$$

の形をとり、最小二乗法によって係数 a、b を算出することが可能となる。

計算の結果、両者の関係をあらわす実験式として次式が得られた。

$$\log W_B = -1.6053 + 2.2251 \log D \quad (8)$$

W_B : 樹皮重量 (kg)

D : 胸高直径

この式による算出値を実測値とともに示したのが図-17の中の曲線で、これは実測値によく適合している。

2) 幹材積との関係

幹材積に対する樹皮重量の関係をグラフ上に示すと図-18のとおりとなる。この図からも明らかなように幹材積の増加にともなって樹皮重量も増加し、両者の間には一次式で示されるきわめて高い相関係数が認められる。

その相関係数は $r = 0.99$ である。

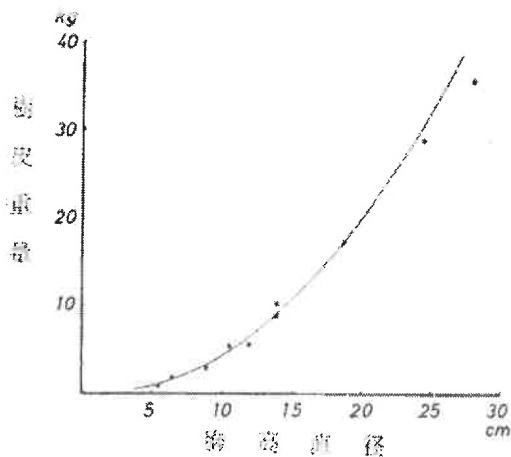


図-17 胸高直径と樹皮重量

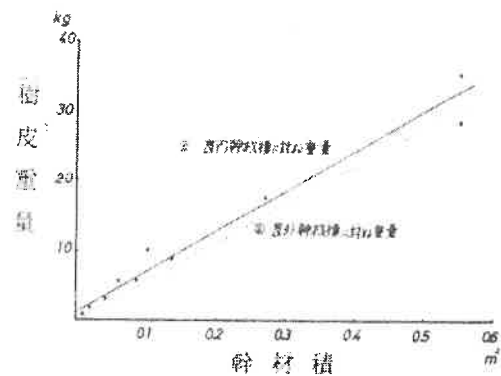


図-18 幹材積と樹皮重量

最小二乗法によって係数を求めると次式が得られる。

$$W_B = 1.5135 + 56.6413 V \quad (9)$$

W_B : 樹皮重量

V : 幹材積

この式による算出値が図-18における㉔である。また同様にして樹皮を含む幹材積との関係を求めると次式が得られる。

$$W_B = 1.3948 + 52.8216 V' \quad (10)$$

W : 樹皮重量

V' : 樹皮を含む幹材積

これをグラフ上に示したのが図-18における㉕である。なおこの場合の相関係数も18式の場合と同様 $r = 0.99$ で、両式ともに実測値によく適合している。

3) 幹重量との関係

幹材積と樹皮重量の関係の場合と同様に、幹重量との間にもきわめて高い相関係があり、相関係数を計算すると $r = 0.99$ で、したがって両者の関係式は一次式であらわされる。

最小二乗法により係数を求めると、次式が得られた。

$$W_B = 1.0339 + 0.1245 W \quad (11)$$

W_B : 樹皮重量

W : 幹重量

また同様にして求めた樹皮を含む幹重量との関係としては次式のようなになる。

$$W_B = 0.8923 + 0.1110 W' \quad (12)$$

W_B : 樹皮重量

W' : 樹皮を含む幹重量

この両式を実測値とともに示したのが図-19の㉖、㉗である。

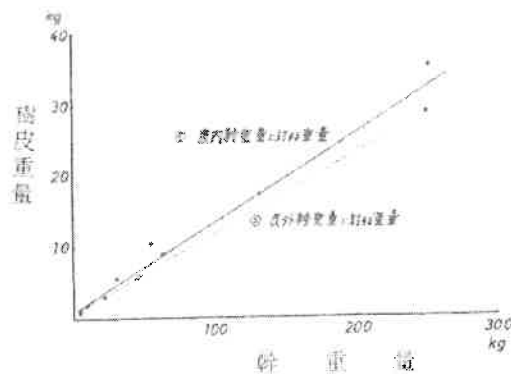


図-19 幹重量と樹皮重量

4) 樹皮率

つぎに、幹重量に対する樹皮重量の割合を樹皮率とし、これと胸高直径、幹材積との関係を検討

する。

樹皮率を胸高直径との関係でもって図示すると図-20のようになる。両者の関係を表わす回帰式は、最小二乗法によって係数を算出して次式を得た。

$$Y = 10.45 + 30.79 \frac{1}{D} \quad (13)$$

Y : 樹皮率

D : 胸高直径

重量樹皮率については上記のとおりであるが、ここに樹皮を含む幹材積に対する樹皮材積の関係をかわち材積樹皮率についても検討してみることにする。皮外幹材積に対する材積樹皮率の関係式は、最小二乗法によって係数を求め次式を得た。

$$Y = 11.24 - 2.20 \log(100V) \quad (14)$$

Y : 樹皮率

V : 幹材積

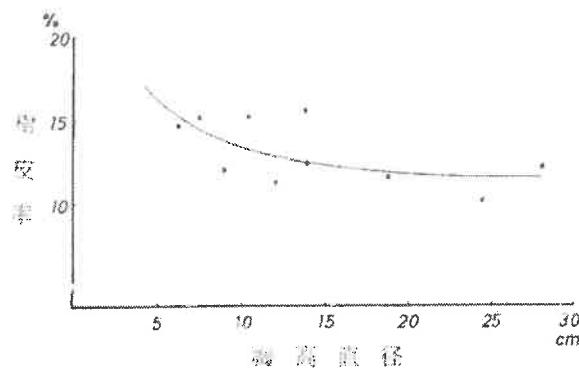


図-20 胸高直径と重量樹皮率

iv 考察

1) 樹皮の比重は年齢、胸高直径、樹高および幹材積の大きさに関係なく、平均 0.773 g/cm^3 の一定値を示す。したがって樹皮重量は樹皮材積に比例し、比例定数を 0.773 としてこれを樹皮材積に乗ずることによって算出することができる。

2) このようにして求められる樹皮重量は、幹材積、幹重量との間にきわめて高い一次の相関関係が認められ、必要に応じて幹材積、幹重量を要数とする回帰式によっても推定することができる。

ところで、材積樹皮率と重量樹皮率を比較すると、総体的に重量樹皮率が材積樹皮率を上回っており、全幹材積に占める樹皮材積の割合よりも全幹重量に占める樹皮重量の割合が大きいかと

を示している。これは樹皮比重が幹材部の比重すなわち標準比重より高いことに原因するものであろう。また重量樹皮率は材積樹皮率と同様、径級の小さい林木ほど樹皮率が²⁰高くなる傾向にあり、林分としての樹皮率は小径木の多いほど高くなるものと推察される。このことは林木の利用上望ましいことではないので、重量生長最大を指向する林分の施業においては、林分構成と径級別林木の比重との関係とも照合したうえで、適切な施業がなされるべきであろう。林木の大きさと樹皮率を考慮したうえでの原料材としての利用率については、今後の生産技術上の研究課題とされるところである。

IV 単木標準比重の地域性

九州北部から南西諸島にかけて生育しているシイの標準比重について、地域差があるかどうかを検討する。

i 資料および試験方法

福岡県 19 本、宮崎県 21 本、鹿児島県 14 本、屋久島 9 本、奄美大島 12 本、沖縄 10 本、合計 85 本の資料を用い、林木の標準比重の高さによる地域差を分散分析法により検討する。

試験方法としては、まず最初に全地域をとおしての標準比重の高さに有意差があるかどうかを調べ、次にそれぞれの地域間の差について検討する。

なお、福岡、宮崎、鹿児島はすべてコジイであり、屋久島、奄美、沖縄の資料はイタジイである。沖縄の資料は、琉球大学農学部演習林平田永二の²⁰報告によった。

ii 標準比重の地域差

地域ごとの標準比重平均値および変動係数は表一 39 に示すとおりである。

表一 39 標準比重の平均値と変動係数

地 域	木 数	平均比重	標準偏差	変動係数
福 岡	19 本	0.502 g/cm ³	0.025	4.9
宮 崎	21	0.506	0.032	6.3
鹿 児 島	14	0.499	0.033	6.6
屋 久 島	9	0.575	0.029	5.0
奄美大島	12	0.608	0.031	5.0
沖 縄	10	0.605	0.027	4.4

この表から明らかなように、標準比重平均値は鹿児島が最も低く 0.499 g/cm³となっており、福岡、宮崎がこれについて 0.502 g/cm³、0.506 g/cm³となってこれら 3 地域はいずれも 0.500 g/cm³内外で総合的に低い値を示している。屋久島はこれら 3 地域より高く 0.575 g/cm³、沖縄が 0.605 g/cm³、そして奄美が 0.608 g/cm³で最も高い値となっている。

これら全地域を通じて、標準比重の地域別平均に差があるかどうかを検討した結果が、表一 40

に示す分散分析表である。

これによると、不偏分散比が $F_0 = 37.42$ となっており、 $F(0.01) = 3.25$ と比較して明らかに有意である。すなわち 6 地域全体のシイの比重を同一視するわけにはいかない。

表一 40 分散分析表（全地域をとおしての標準比重の差）

要 因	平 方 和	自 由 度	平 方 平 均	分 散 比
地域間変動	0.182838	5	0.036567	37.42 **
誤 差	0.077252	79	0.000977	
計	0.260090	84		

次に、地域ごとの変動について検討した結果を表一 41 に示す。

福岡、宮崎、鹿兒島の九州本土内では有意差は認められず、差がないといえよう。奄美、沖縄間も九州本土 3 地域とは差が認められるけれども、ほぼ同一比重地域と考えられる。しかし屋久島だけは他のどの地域とも異なるようである。ところで福岡と長崎とも差がないことが明らかにされているので、このことも含めて考えるならば、九州北部から南西諸島にかけて、シイの比重は九州本土、屋久島、南西諸島をおのれののブロックとする三つの地域に区分して取あつかう必要があると思われる。

表一 41 地域間の標準比重の差

地 域	福 岡		宮 崎		鹿 兒 島		屋 久 島		奄 美 大 島	
	平均値の差	信頼幅	平均値の差	信頼幅	平均値の差	信頼幅	平均値の差	信頼幅	平均値の差	信頼幅
宮 崎	0.004	0.019								
鹿 兒 島	0.003	0.022	0.007	0.021						
屋 久 島	0.073*	0.025	0.069*	0.024	0.076*	0.026				
奄 美 大 島	0.106*	0.023	0.102*	0.022	0.109*	0.024	0.033*	0.027		
沖 縄	0.103*	0.024	0.099*	0.024	0.106*	0.025	0.030*	0.028	0.003	0.026

(信頼限界 95%)

iii 考 察

以上の結果からみて、シイの標準比重は、地域によって平均値がおよそ $0.5 \sim 0.6 g/cm^2$ と若干の差の存在が認められ、九州本土、屋久島、南西諸島の順に高くなる傾向のあることを示している。このことはまた、屋久島、南西諸島の資料がすべてイタジイであることからすれば、九州本土のコジイとこの地域のイタジイの差をみることもできるが、九州本土でのコジイとイタジイの差について検討を加えることなしには総体的な意味でのコジイとイタジイの差と結論づけることはできない。

このような比重の差は、当然林分重量に影響すると考えられるけれども、その地域の林分を収穫時に重量最大となる状態へと誘導する過程すなわち生育段階での林分施業のあり方に対して直接的に影響をおよぼすとはかぎらない。したがって林分施業上その中心的要件とも言うべき林分構造の操作を問題にする場合は、地域による総体的な比重に加えて、林分構造とその構成木の比重の関係、たとえば径級別比重の傾向性やそれが林分重量におよぼす影響などについても検討する必要がある。それによって原料材生産林としての適切な林分構造ひいては施業方法の検討が可能となると言えよう。

第3章 林分の比重および重量

II

本章では、まずコジイ単純林を構成する林木の比重について相互的關係を明らかにすることにより、林分構造と林分重量の關係を究明し、さらに、林分重量收穫表の調製をとおして林分の重量生長状態の把握を試みる。

I 同齡單純林を構成する林木の比重の相互的關係と林分重量

林分内における各立木は、それが単一の樹種によって構成され、かつ生長期間を同じくするものであっても、相互に影響しあうことによって異なる生長徑過をたどり、結果的に形状に差が生じてくることになる。すなわち林分は一般的に大きさの異なる立木によって構成される。ここでは、このような林分内の形質、形状の異なる林木間の比重について、相互的關係を明らかにすることにより、林分構成と林分重量の關係を究明する。

i 資料および試験方法

第2章Iで用いた資料の調査地に隣接し、その対照区として無施肥のまま成立したいわゆる天然生コジイ林分①、長崎縣佐賀半島の国有林浦戸留当区内33林班と小班②、同じく西彼当区内39林班(小班③)、の天然生林からコジイ純林にちかいかい状態を呈する部分を区画し、これを調査対象林分とした。3林分とも胸高直径2cm階級、樹高1m単位で毎木測定をおこなった結果、胸高直径階が①は4~18cm、②は4~12cm、③は4~16cmであったので、①については各直径階から1本ずつ計8本、②については直径階範囲が小さいので各直径階から2本ずつと標準本2本を含む計11本、ただし直径階12cmに相当する林木はきわめて少なく、付近にも適当なものがみあたらないことから1本のみを伐採した。③については各直径階から1本ずつと標準本2本を含む計9本、をそれぞれ伐採し、これをそれぞれの林分の資料木とした。資料木すべてについて標準比重および各測定因子を測定算出し、その關係を林分ごとに検討する。さらに、その結果をふまえて林分構成と林分重量の關係について検討を試みる。調査林分ごとの林木構成状態を表-42に、各資料木の測定算出結果を表-43に示す。

なお林分①は20年生林分で、調査面積0.025ha、立木本数101本(ha当り4040本)、そのうちコジイは73%となっている。コジイ以外の樹種としてはカシ類、ハゼノキ、ヤマモモ、ヤブツバキなどがみられる。林分材積は4.741m³(ha当り189.6m³)で、そのうち88%をコジイが占めている。林分②は18年生林分で、調査面積0.01ha、立木本数104本(ha当り10400本)、そのうちコジイは72%、コジイ以外にタブ、カシ類、モチノキ、ヤマビワなどがみられる。林分材積は1.406m³(ha当り140.6m³)で86%をコジイが占めている。林分③は26年生で、調査面積0.01ha、立木本数88本(ha当り8800本)、そのうちの81%をコジイが占めている。その他の樹種にカシ類、タブ、ハゼノキ、ヤマトリ、ヤマモモなどがみられる。林分材積は3.045m³(ha当り304.5m³)で95%はコジイである。

II 構成本相互間の標準比重

1) 胸高直径との關係

ほぼ同齡で單純林状を呈するコジイ林分の各構成本について、胸高直径(皮内)と標準比重の關係を検討する。圖-21~23に示すように各林分とも標準比重と胸高直径の間には $Y = a + b \frac{1}{x}$ の

表一 42 林分ごとの胸高直径別樹高別本数分布

調査地	樹高 直径	3 m	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	本数計	材積計
林分 ① 福岡県宮野 42-1-1 20年生 0.025 ha	4 cm	1	2	8	3								14	0.057
	6		2	2	4	3	1						15	0.157
	8			2	2	2	7	4					18	0.391
	10			1	1	1	3	7	4				17	0.641
	12						1	3	4	3			11	0.670
	14							3	2	2	4		12	1.052
	16								4	4	1		9	1.014
	18									1		4	5	0.759
	計		1	4	13	10	10	12	17	15	10	9	101	4.741
林分 ② 長崎県瀬戸 33-1-2 18年生 0.01 ha	4			11	23	10	1						45	0.220
	6				1	24	5						33	0.410
	8						13						13	0.299
	10						5	5	1				11	0.419
	12								1	1			2	0.118
	計			11	24	34	27	6	2				104	1.466
林分 ③ 長崎県西彼 39-1-1 26年生 0.01 ha	4			2	3	4	5	7	3				24	0.151
	6						2	5	6	3			16	0.262
	8							1	4	10	3		18	0.567
	10								1	2	13	2	18	0.943
	12									1	4	1	6	0.444
	14										3	1	4	0.404
	16											2	2	0.274
	計			2	3	4	7	13	14	16	23	6	88	3.045

表一 43 林分ごとの資料木測定結果

林分	資料木番号	年 齢	胸高直径 (皮内)	樹 高	幹材積 (皮内)	胸高年輪 密 度	標準比重 g/cm ³	幹重量 (皮内・絶乾) t
①	1	11年	4.04cm	6.8m	0.0054	5.0	0.561	0.0030
	2	15	5.37	8.1	0.0107	4.8	0.479	0.0051
	3	18	7.25	8.6	0.0179	4.4	0.508	0.0091
	4	19	8.78	10.4	0.0332	3.9	0.510	0.0169
	5	20	11.19	9.6	0.0462	3.0	0.485	0.0224
	6	"	12.97	11.9	0.0824	2.9	0.464	0.0383
	7	"	16.09	10.6	0.1004	2.2	0.466	0.0468
	8	"	17.87	11.3	0.1442	2.1	0.475	0.0685
②	1	16	4.04	6.4	0.0053	6.9	0.548	0.0029
	2	"	4.20	8.1	0.0071	6.7	0.528	0.0037
	3	18	4.28	7.2	0.0056	7.5	0.589	0.0033
	4	"	5.93	8.4	0.0141	5.4	0.499	0.0070
	5	"	6.64	7.9	0.0161	4.8	0.492	0.0079
	6	"	7.55	8.5	0.0223	4.2	0.477	0.0106
	7	"	7.93	8.7	0.0235	4.0	0.498	0.0117
	8	"	9.56	9.0	0.0365	3.3	0.484	0.0177
	9	"	10.45	9.6	0.0459	3.1	0.492	0.0226
	10	"	10.81	9.0	0.0459	3.0	0.489	0.0224
	11	"	11.55	8.8	0.0508	2.8	0.467	0.0237
③	1	25	4.10	7.9	0.0087	11.2	0.623	0.0042
	2	"	4.94	7.8	0.0082	9.3	0.585	0.0048
	3	26	5.68	9.5	0.0146	8.5	0.590	0.0086
	4	"	7.36	11.5	0.0286	6.5	0.555	0.0159
	5	"	9.29	11.6	0.0445	5.2	0.536	0.0239
	6	"	9.59	11.6	0.0473	5.0	0.522	0.0247
	7	"	11.51	11.1	0.0634	4.2	0.528	0.0337
	8	"	13.15	13.7	0.0999	3.7	0.496	0.0496
	9	"	16.41	13.7	0.1508	2.9	0.488	0.0736

型の式によってあらわしうる関係があると思われるので、この式について最小二乗法により係数を計算すると、それぞれの林分について次のような回帰式が得られる。なお、回帰に対する分散分析の結果は、表-44~46に示すようにいずれも有意である。

林分①

$$G = 0.446496 + 0.387565 \frac{1}{D} \quad (13)$$

林分②

$$G = 0.429820 + 0.497311 \frac{1}{D} \quad (16)$$

林分③

$$G = 0.452890 + 0.709375 \frac{1}{D} \quad (17)$$

G: 標準比重

D: 胸高直径

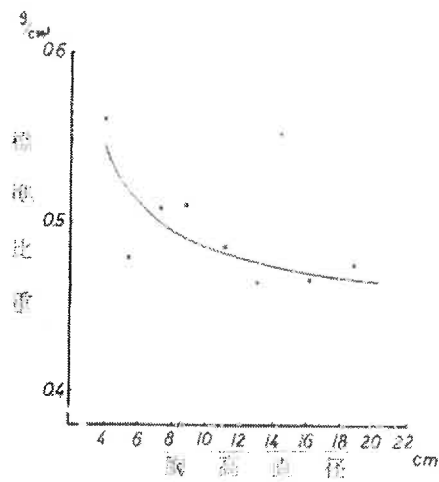


図-21 胸高直径と標準比重 (林分①)

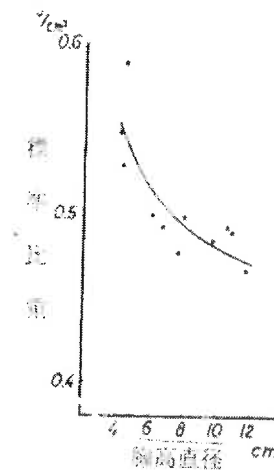


図-22 胸高直径と標準比重 (林分②)

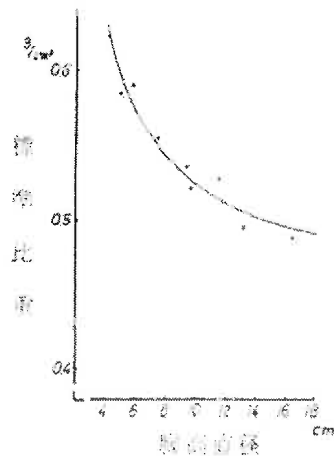


図-23 胸高直径と標準比重 (林分③)

表一 44 分散分析表 (林分①)

要 因	平 方 和	自 由 度	平 方 平 均	分 散 比
1	1.948338	1	1.948338	4531.02 **
$\frac{1}{D}$	0.004712	1	0.004712	10.96 **
誤 差	0.002578	6	0.000430	
計	1.955628	8		

表一 45 分散分析表 (林分②)

要 因	平 方 和	自 由 度	平 方 平 均	分 散 比
1	2.813359	1	2.813359	7364.81 **
$\frac{1}{D}$	0.009336	1	0.009336	24.44 **
誤 差	0.003442	9	0.000382	
計	2.826137	11		

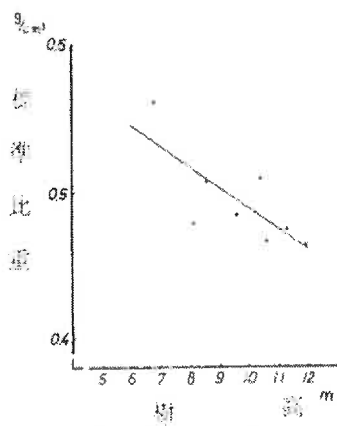
表一 46 分散分析表 (林分③)

要 因	平 方 和	自 由 度	平 方 平 均	分 散 比
1	2.692881	1	2.692881	25167.11 **
$\frac{1}{D}$	0.015576	1	0.015576	145.57 **
誤 差	0.000745	7	0.000107	
計	2.709203	9		

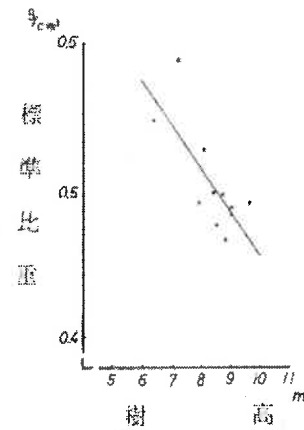
これらの結果から明らかなように、同一林分内においては径級の大きい立木ほど標準比重が低くなる傾向が認められる。また同一径級についての比重を林分ごとに比較すると、林分①、②については林齢が近似し生長状態がほぼ同等となっているため比重も差がない。林分③は前二者より林齢が高くしたがって同一径級を有する林木は前二者より生長が不良なことを意味し、比重も高い。これらのことはすなわち、単木的にも林分としても生長のよいものほど比重が低い傾向にあることを示している。

2) 樹高との関係

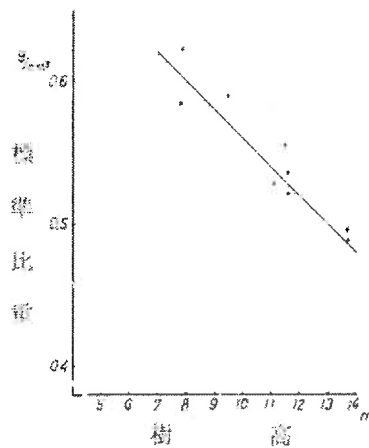
樹高と標準比重の関係を図一 24～26 に示す。両者の間には、樹高の増加にともなって標準比重が低下する負の直線的関係が認められ、次のような回帰式によってその関係をあらわすことができ



図一 24 樹高と標準比重 (林分①)



図一 25 樹高と標準比重 (林分②)



図一 26 樹高と標準比重 (林分③)

る。なお林分ごとの分散分析の結果を表一47～49に示す。

林分①

$$G = 0.630186 - 0.014146 H \quad (18)$$

林分②

$$G = 0.755820 - 0.030033 H \quad (19)$$

林分③

$$G = 0.761534 - 0.019622 H \quad (20)$$

G : 標準比重

H : 樹高

表一47 分散分析表 (林分①)

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比
I	1.948338	1	1.948338	3754.02 **
H	0.004178	1	0.004178	8.05 *
誤差	0.003112	6	0.000519	
計	1.955628	6		

表一48 分散分析表 (林分②)

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比
I	2.813359	1	2.813359	4657.88 **
H	0.007344	1	0.007344	12.16 **
誤差	0.005434	9	0.000604	
計	2.826137	11		

表一49 分散分析表 (林分③)

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比
I	2.692881	1	2.692881	10278.17 **
H	0.014485	1	0.014485	55.29 **
誤差	0.001837	7	0.000263	
計	2.709203	9		

3) 幹材積との関係

幹材積を対数目盛によって標準比重との関係を示すと、図一27～29のようになる。幹材積は

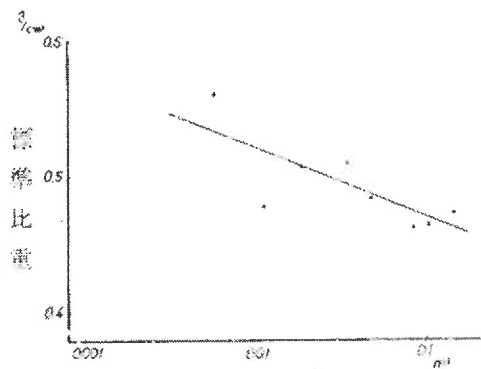


図-27 幹材積と標準比重(林分①)

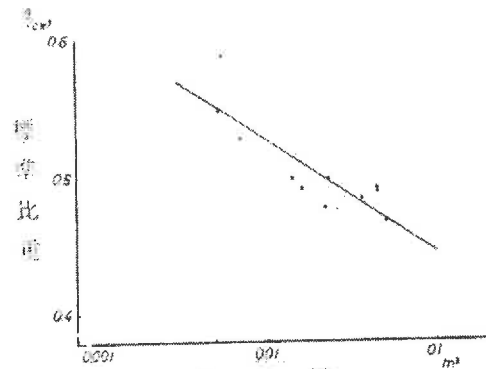


図-28 幹材積と標準比重(林分②)

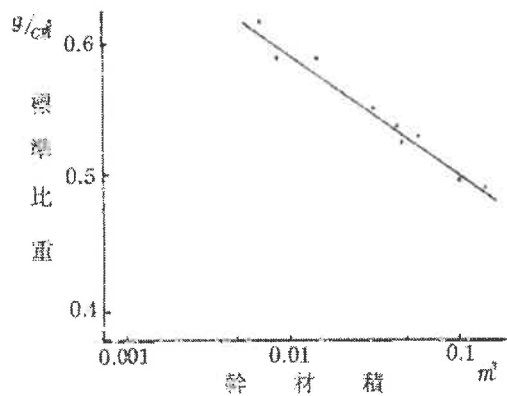


図-29 幹材積と標準比重(林分③)

一般的に胸高直径と樹高の両者の相乗した関数によってあらわすことができることから、幹材積と標準比重の関係は胸高直径及び樹高との関係よりも顕著なものとなっている。

最小二乗法により係数計算をおこなうと、それぞれ次のような実測値とよく適合した回帰式が得られる。各回帰式についての分散分析の結果も表-50~52に示すようにいずれも有意となっている。

林分① $G = 0.620829 - 0.050236 \log(10000 V)$ (21)

林分② $G = 0.692959 - 0.082415 \log(10000 V)$ (22)

林分③ $G = 0.783475 - 0.093914 \log(10000 V)$ (23)

G : 標準比重

V : 幹材積

表-50 分散分析表(林分①)

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比
I	1.948338	1	1.948338	4067.51 **
V	0.004417	1	0.004417	9.22 *
誤差	0.002873	6	0.000479	
計	1.955628	8		

表-51 分散分析表 (林分②)

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比
I	2.813359	1	2.813359	7195.29 **
V	0.009263	1	0.009263	23.69 *
誤差	0.003515	9	0.000391	
計	2.826137	11		

表-52 分散分析表 (林分③)

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比
I	2.692881	1	2.692881	24043.58 **
V	0.015541	1	0.015541	138.76 **
誤差	0.000781	7	0.000112	
計	2.709203	9		

4) 胸高年輪密度との関係

胸高年輪密度と標準比重の関係をグラフ上に打点して示したのが図-30~32である。胸高年輪密度が高いほど比重も高く、両者の間には直線関係が認められる。

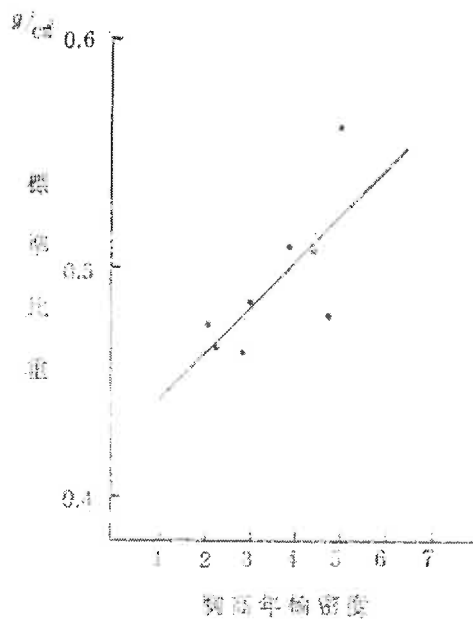
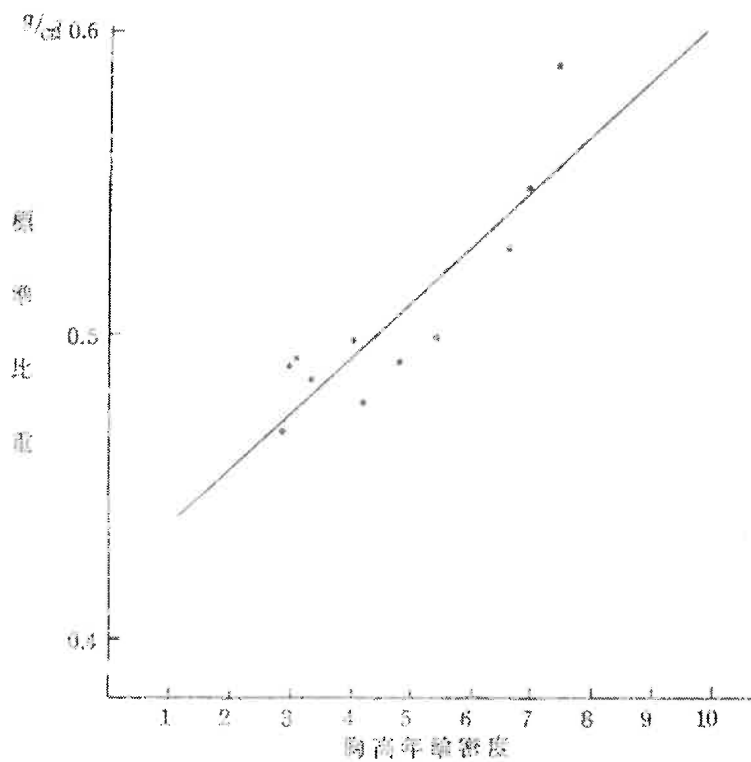
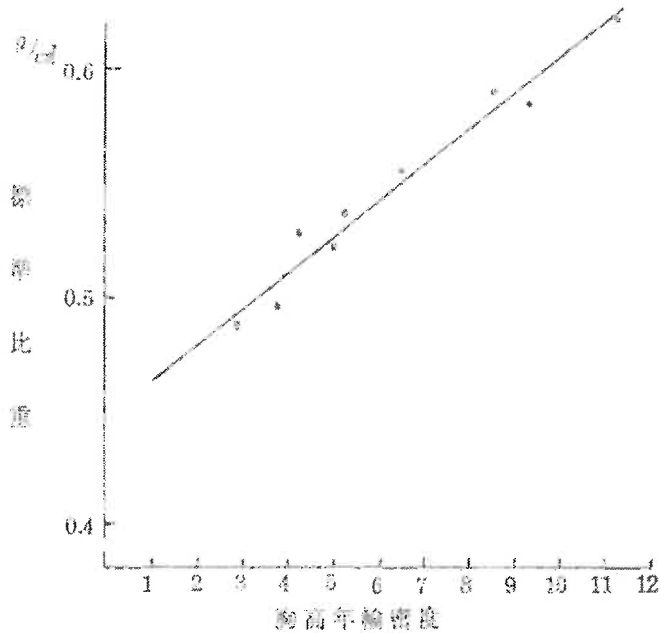


図-30 胸高年輪密度と標準比重 (林分①)



圖一31 胸高年輪密度と標準比重 (林分②)



圖一32 胸高年輪密度と標準比重 (林分③)

林分ごとに回帰式の係数を求めるとそれぞれ次のような式が得られる。各式は図にみられるように実測値とよく適合している。各式の回帰性についての分散分析の結果を表一53～55に示す。

林分①

$$G = 0.421795 + 0.020270 x \quad (24)$$

林分②

$$G = 0.418223 + 0.018618 x \quad (25)$$

林分③

$$G = 0.448131 + 0.015749 x \quad (26)$$

G : 標準比重

x : 胸高年輪密度

表一53 分散分析表 (林分①)

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比
I	1.948338	1	1.948338	3313.50 **
x	0.003763	1	0.003763	6.00 *
誤差	0.003572	6	0.000588	
計	1.955628	8		

表一54 分散分析表 (林分②)

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比
I	2.813359	1	2.813359	9224.13 **
x	0.010031	1	0.010031	32.89 **
誤差	0.002747	9	0.000305	
計	2.826137	11		

表一55 分散分析表 (林分③)

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比
I	2.692881	1	2.692881	3324.544 **
x	0.015754	1	0.015754	194.49 **
誤差	0.000568	7	0.000081	
計	2.709203	9		

ところで、同齡単純林の場合、胸高年輪密度と標準比重の関係は、胸高直径との関係におきかえてあらわすことができる。すなわち標準比重をG、胸高直径をD、林分の樹高生長が胸高(1.2m)に達する年数を2年と仮定すれば胸高部位の年輪数は林齢A-2、胸高年輪密度をx、a、bを係数とすれば、胸高直径と標準比重の関係は(15)～(17)式より

$$G = a + b \frac{1}{D}$$

によってあらわされる。いま、

$$\begin{aligned} X &= (A-2) / (D-2) \\ &= 2(A-2) \frac{1}{D} \end{aligned}$$

ゆえに

$$\frac{1}{D} = \frac{1}{2(A-2)} X$$

これを上式に代入すると、

$$G = a + b \frac{1}{2(A-2)} X$$

となる。

この式を林分③について検討すると胸高直径と標準比重の関係は(17)式で求めたように、

$$G = 0.452890 + 0.709375 \frac{1}{D} \quad (17)$$

によってあらわされる。いま資料木の年齢をすべて26年と仮定すれば、胸高年輪密度は、

$$\begin{aligned} X &= 2(A-2) \frac{1}{D} \\ &= 48 \frac{1}{D} \end{aligned}$$

ゆえに

$$\frac{1}{D} = \frac{1}{48} X$$

これを(17)式に代入すれば次式が得られる。

$$\begin{aligned} G &= 0.452890 + 0.709375 \left(\frac{1}{48}\right) X \\ &= 0.452890 + 0.014779 X \quad (27) \end{aligned}$$

この式を(26)式と比較すると、資料木の年齢が実際は同一でないことから係数は異なったものとなっているが、標準比重の計算値はほとんど一致する。

したがって、同齡単純林においては、胸高年輪密度と標準比重の関係は、樹高1.2m頃までの幼齡期間の生長がほぼ一律であれば胸高直径との関係から推定することができる。また逆に、胸高年輪密度と標準比重の関係が単純な直線関係によってあらわしうることから、これによって胸高直径との関係を推定することも可能で、かつ便利であろう。

Ⅱ 林分構成と林分重量

1) 直径階別林分材積と林分重量

林分構成木の比重のちがいが林分重量に及ぼす影響をみるために、各直径階ごとの幹材積と幹重量の全体に対する比率について比較検討する。

林分①、②、③について、各直径階ごとの材積に、(15)、(16)、(17)式によって算出されるそれぞれの林分についての直径ごとの標準比重算出値を乗じて各直径階ごとの重量を計算すると表-56のようになる。

この表における林分ごとの材積計、重量計をそれぞれ100とし、直径階ごとの材積および重量の比率を計算すると表-57のようになる。これをグラフ上に示したのが図-33である。

表-57および図-33において、林分材積に占める直径階別材積と林分重量に占める直径階別重量の比率を比較してみるといずれの林分も直径階分布の中心付近を境として比率に差異がみられる。すなわち、直径階の小さいほど材積率より重量率が高くなり、逆に直径階の大きいものほど材積率より重量率が低くなっている。つまり、全重量に占める直径階別重量の比率は材積の場

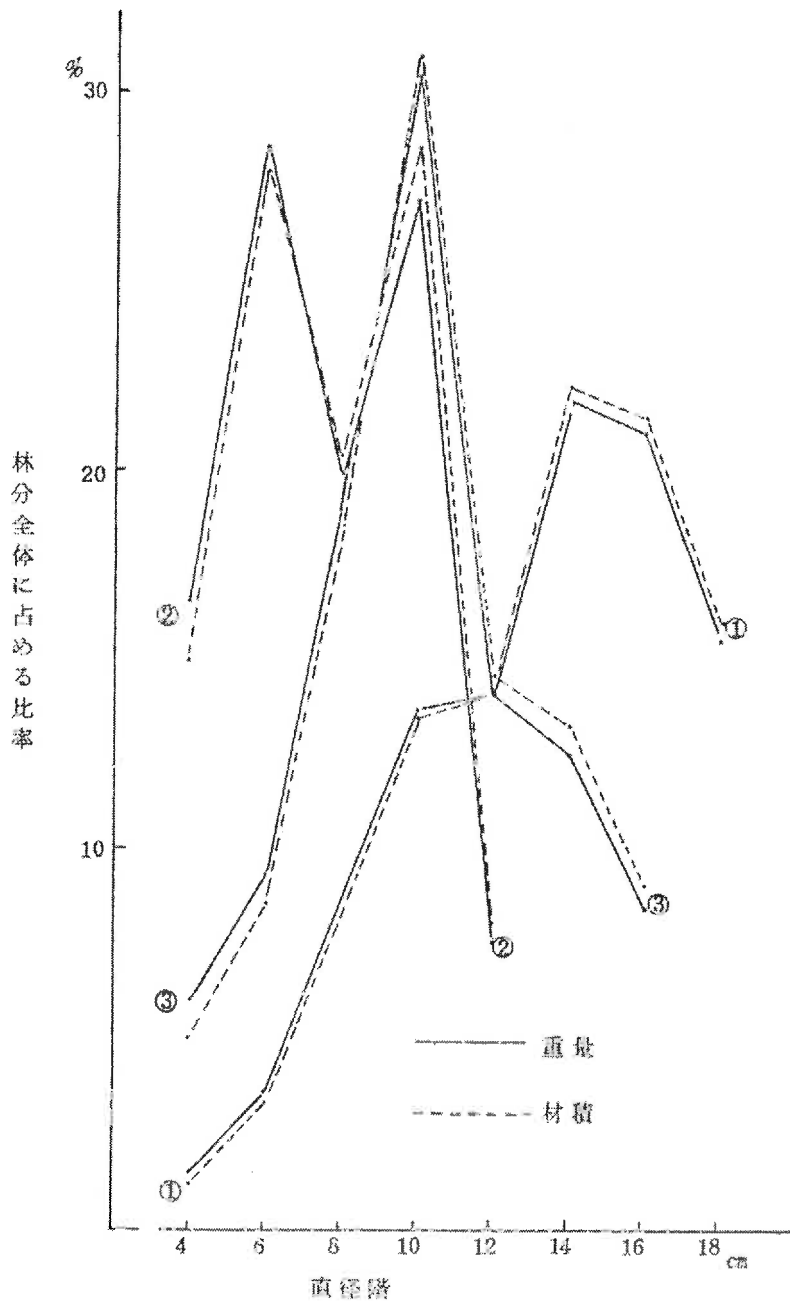
合とはいくぶん異なったものとなり、直径階の小さいものほどその比率を高める傾向にある。このことは明らかに同齡単純林においては直径階別比重は径級の小さいものほど高く、逆に径級の大きいものほど低いという事実の原因するものであって、比重の差が重量に差異を生じさせたものである。このことは林分構造と林分重量の關係に重要な示唆を与えるものであり、林分重量生長量または重量収穫量の最大を指向する林分の施策のあり方に指標を与えるものと考えられる。

表一56 林分ごとの直径階別材積および重量

胸高直径階	林分①			林分②			林分③		
	幹材積	比重	幹重量	幹材積	比重	幹重量	幹材積	比重	幹重量
cm	m ³	%	t	m ³	%	t	m ³	%	t
4	0.057	0.543	0.031	0.220	0.554	0.122	0.151	0.630	0.095
6	0.157	0.511	0.080	0.410	0.513	0.210	0.262	0.571	0.150
8	0.391	0.495	0.194	0.299	0.492	0.147	0.567	0.542	0.307
10	0.641	0.485	0.311	0.419	0.480	0.201	0.943	0.524	0.494
12	0.670	0.479	0.321	0.118	0.471	0.056	0.444	0.512	0.227
14	1.052	0.474	0.499				0.104	0.504	0.204
16	1.014	0.471	0.478				0.274	0.497	0.136
18	0.759	0.468	0.355						
計	4.741		2.269	1.466		0.736	3.045		1.613

表一57 林分ごとの直径階別材積および重量の比率

胸高直径階	林分①		林分②		林分③	
	幹材積	幹重量	幹材積	幹重量	幹材積	幹重量
cm	%	%	%	%	%	%
4	1.20	1.37	15.01	16.58	4.96	5.89
6	3.31	3.52	27.97	28.53	8.60	9.30
8	8.25	8.55	20.39	19.97	18.62	19.03
10	13.52	13.71	28.58	27.31	30.97	30.63
12	14.13	14.15	8.05	7.61	14.58	14.07
14	22.19	21.99			13.27	12.65
16	21.39	21.07			9.00	8.43
18	16.01	15.61				
計	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00



図一33 林分全体に占める直径階別材積と重量

2) 林分モデルによる林分の材積と重量

林分構造のちがいによる林分材積と林分重量の関係をより明確なものとするために、次にそれぞれ林齢が等しく葉集約度が異なることによって生ずると考えられる林分構造モデルを設定して、林分材積を等しくする場合の林分重量について検討する。

いま、気象、土壌等の自然的条件が等しく、施業の集約度が異なることによって結果的に生ずると考えられる林分の代表的なものとして、次の3モデル林分を想定した。すなわち林分④は無施業の放置林分、⑤は萌芽整理と被圧劣勢木の軽度の除伐を実行した林分、⑥は被圧劣勢木を対象に強度の除・間伐をおこなった集約施業林分をそれぞれ想定したものである。またいずれも林分材積がha当り200 m^3 になるように調整した。なお直径階別幹材積は表-42に基づいて直径階別単木平均材積を計算し、これに直径階別本数(想定本数)を乗じて求めたものである。また直径階別幹重量は、同材積に(17)式によって算出した直径階別標準比重を乗じて求めたものである。

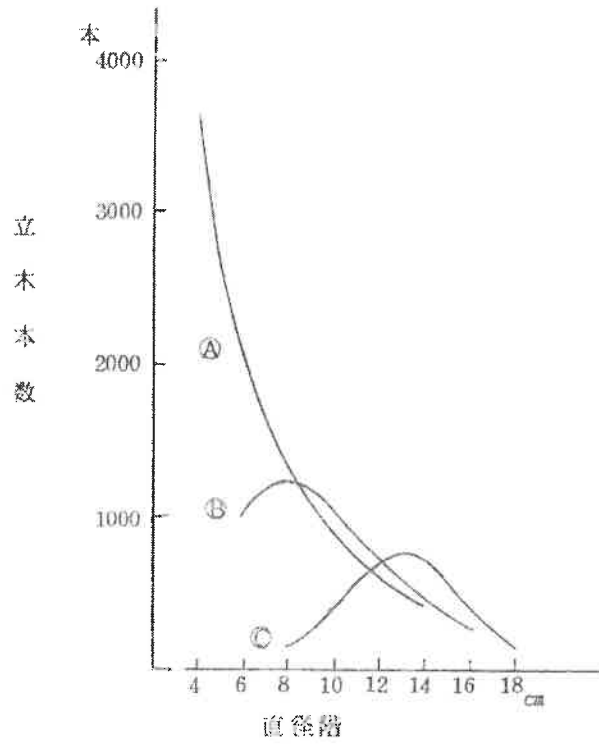
表-58は想定したモデル林分の林木構成と算出材積、重量を林分ごとに整理したもので、図-34はモデル林分の直径階別本数を、図-35は直径階別材積と同重量をそれぞれ示したものである。

表-58における林分重量計算値は、林分④がha当り107.4 ton、林分⑤が103.9 ton、林分⑥が101.2 tonとなって立木本数の多い林分ほど重量が大きいかを示している。ここにおける重量は平均的比重でもって材積に換算すると、およそ215 m^3 、208 m^3 、202 m^3 にあたり、ha当り2~15 m^3 の材積差に相当すると考えられる。

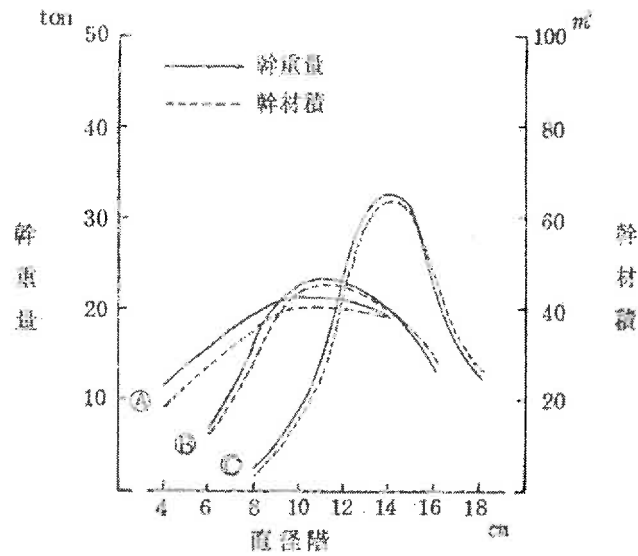
したがって、同齢単純林でそれぞれの林齢および材積が相等しいような林分では、林木構成が多数の小径木によって占められているほど林分重量は大きくなり、少数の大径木によって占められている場合には林分重量は前者より小さいものとなる。このことは伐期に材積収穫量が相等しいような林分であっても、小径木が多いほど、換言すれば立木密度の高い林分ほど重量収穫量が大きくなることを示すものと考えられる。したがって重量収穫量最多を指向する林分は伐期にすべての林木が利用可能径級に達しうる限度でできるだけ立木密度の高いことが望ましい。ただし利用率に基づくいわゆる利用重量収穫量の最多を指向する場合についてはさらに検討される必要があるといえよう。

表-58 林分モデルの林木構成と算出重量

胸高 直径階	ha当り立木本数			ha当り幹材積			比重	ha当り幹重量		
	④	⑤	⑥	④	⑤	⑥		④	⑤	⑥
cm	本	本	本	m^3	m^3	m^3	% m^3	t	t	t
4	3,600			18			0.630	11.3		
6	2,100	1,000		27	13		0.571	15.4	7.4	
8	1,400	1,200	150	36	31	4	0.542	19.5	16.8	2.2
10	900	1,000	400	40	44	17	0.524	21.0	23.1	8.9
12	600	700	700	40	45	46	0.512	20.5	23.0	23.6
14	400	450	700	39	40	64	0.504	19.7	20.2	32.3
16		250	400		27	44	0.497		13.4	21.9
18			150			25	0.492			12.3
計	9,000	4,500	2,500	200	200	200		107.4	103.9	101.2



図一34 林分モデルの直径階別立木本数



図一35 林分モデルの直径階別幹材積と幹重量

iv 考 察

ゴジイ天然生林のうちでも特に皆伐跡地に成林し、同齡單純林状を呈した林分について、構成木の標準比重の相互的關係および林分高さと林分重量の關係を検討したので、その結果に基づいて考察を試みる。

- 1) 構成木相互間における胸高直径と標準比重の關係には、胸高直径の逆数に比例して標準比重が高くなる傾向が認められる。すなわち一つの林分内においては径級の大きい林木ほど標準比重は低下し、生長状態の良好な林木ほど標準比重の低いことが明らかとなった。このことは傾向性に多少の差こそあれ、樹高、幹材積との關係によっても確かめられる。すなわち樹高の増加にともなう標準比重は直線的に低下し、対数表示の幹材積に対してもまた同様である。一方胸高年輪密度に対しては胸高直径の逆数に対すると同様、その増加にともなう標準比重も高くなる。

これらの結果は、ゴジイの同齡單純林においては個々の林木の標準比重はその生長状態すなわち胸高直径、樹高、幹材積の大きさによって異なり、形状の大きいほど標準比重は低下する傾向を示し、第2章の単木標準比重の性質をあらためて確認させるものである。したがって、林分構成は構成木それぞれの標準比重に影響を与えると同時に重量にも重要な影響をおよぼすとみられ、ゴジイ林分の重量生長量最大を指向する人為的的林分操作すなわち施業のあり方に重要な示唆を与えるものと思われる。

- 2) 一方、林分構成と林分重量の關係についてみると、林分幹重量合計に占める径級別重量の比率は、材積の場合とはいくぶん異なることが明らかとなった。すなわち径級分布の中央付近を境として、径級の小さいほど幹重量比率が高く、径級の大きいほどその逆の傾向にあることが認められる。これは先述の径級別比重の影響によるものであり、したがって林分重量上の見地における小径級木の評価は、林分材積上の見地における評価とは異ったものとするべきことを物語っている。このことを具体的にかつ端的に明らかにするために林齢、林分材積が等しくて林木構成、特に径級構成が異なるように想定した林分モデルを用いて林分重量の差異を検討した。その結果、立木密度の高い林分ほどすなわち小径級木の多いほど林分重量は大きくなることが明らかとなった。これらのことからして林分重量最大を指向する林分の施業にあたっては、高密度仕立ての林分による方が効果的と考えられる。

ところで、強度の除・間伐をくり返す林分は、比較的大きさのそろった材を生産しうるけれども、一般的に生産コストを高めるばかりでなく、主伐収穫量をも減少させることが考えられる。形質を特に重視する必要のない原料材生産林にあっては、強度の除・間伐の実行は育林費を増加せしめるだけでなく、材の比重を低下させ、材積収穫量の低下以上に重量収穫量の低下をもたらすと考えられるので、除・間伐材が効果的に利用されるのでなければ適当とはいえない。したがって原料材生産を目的とする林分においては、除・間伐等の施業はすべての林木が主伐時に利用可能な大きさに到達できる程度のものでとどめるべきで、可能なかぎり高立木密度を保つことが有利と思われる。しかしその際の具体的な立木密度管理などのいわゆる施業基準はそれを実行するに要する諸経費や収穫技術、収穫される材の利用率などの問題を総合的に検討してはじめて決定しうるものであって、今後の研究課題とされるところであろう。

このような観点からすれば、ここで明らかにされたことは、重量生長量または重量収穫量最大を指向する林分施業は必ずしも材積生長量または材積収穫量最大を指向する林分施業や、形質を

重視する林分施業と同一に考えるべきではなく、独自の施業体系が必要であり、そうすることによって原料材生産上の重要な課題といわれる“安価で大量の材を永続的に供給する”ことが可能となって来よう。

II 林分の材積生長および重量生長

これまでは、コジイの一般的性質にしる、また林分内の構成木の相互的關係にしる、どちらかといえば単木的の観点に立って林木の比重および重量の自然的法則性を測樹学的に究明してきた。ここでは総合的なものとしての林分の材積および重量について検討する。すなわち林分の材積および重量の時系列的変化つまり生長状態を的確に把握することは、施業上の重要な基礎的指針を提示することにもなるので、林齢の異なる多くのコジイ林分を用い、林齢の変化に対応する林分材積および林分重量の変化を明らかにするために、林分幹材積収獲表および林分幹重量収獲表の調製を試みる。

1 資料の収集

コジイは九州地方では内陸部を除くほとんどの地域に分布するとはいえ、純林状を呈する林分としては主に長崎県西彼半島、宮崎県青井岳一帯（大淀川流域）、鹿児島県川内川流域の3地域に見られるのみで、他はさわめて局所的に散在するにすぎない。したがって調査の対象は主にこれら3地域に限定されることとなった。標準地の選定にあたっては、天然性林またはそれに近いものでコジイの単種林状を呈する林分について地位、生育状態などを総合的に考慮したうえで、収獲表調製資料として適当と認められる部分を規定区画し調査をおこなった。

調査した標準地は41箇所^{31 39}で、その測定方法は次のとおりである。

1) 面積

地形、林齢、樹高等を考慮したうえで、標準地として適当な部分を区画選定した。

2) 主副林木区分

コジイ林を原料材生産林としてみるならば、主副林木の区分は特にその必要性が認められないので、この区分はおこなわないことにした。したがって収獲表の調製においても主副林木を分けて検討することはしない。

3) 林 齢

一般に天然生林においては各構成木の年齢は必ずしも同一でない場合が多い。しかしここで対象とした林分のほとんどが皆伐跡地に成林したもので、特に中齢木以上のいわゆる主林木に年齢の差が認められないことが多いので、いわゆる主林木の標準木の0.2 mにおける年輪数をもって林齢とした。それと同時に他の目的で伐倒した木、生長雑を挿入して得たコブ一等によって林齢を確認した。

4) 胸高直径

地上高1.2 mの位置を胸高とし、輪尺を用いて2 cm括約で測定した。胸高直径3 cm以上が毎木測定されている。

5) 樹 高

測桿を用いて1 m括約で測定した。

6) 平均胸高直径、平均樹高

胸高直径、樹高の測定値をそれぞれ算術平均して、単位以下1位にとどめ、それ未満は四捨五

入した。

7) 本 数

標準地内に生立する胸高直径3cm（2cm括約で4cm径階）以上の全立木本数である。

8) 幹材積

熊本官林局調製の広葉樹立木幹材積表を適用して単木材積を求め、その総和をもって林分の幹材積とした。

9) 胸高断面積

直径階別断面積を全直径階にわたって合計し、これを林分胸高断面積とした。

以上の方法によって測定算出した標準地ごとの資料をとりまとめて示すと表-59のとおりである。

表-59 收穫表標準地調査一覧表

番号	調 査 地		林令	調査面積	平均胸高直径	平均樹高	総立木本数	総胸高断面積	総幹材積	
	調査地域	林小班または所有者								
1	福岡県	朝倉郡	42 た	13	0.0351	7.1	6.0	5,925	24.5	85.5
2	"	"	42 た	20	0.0250	9.8	8.2	4,040	36.1	189.6
3	"	"	42 た	20	0.0690	9.1	7.8	5,087	38.3	192.2
4	長崎県	西彼杵半島	32 い	22	0.0100	6.5	8.1	10,000	38.4	201.3
5	"	"	33 と	18	0.0100	5.9	7.0	10,400	32.4	146.6
6	"	"	33 を	19	0.0269	6.1	7.3	9,591	31.9	141.7
7	"	"	33 わ	28	0.0648	8.8	9.1	4,272	35.2	211.3
8	"	"	39 は	19	0.0100	6.7	10.4	8,400	35.4	227.4
9	"	"	39 ほ	26	0.0100	7.7	10.2	8,800	47.7	304.5
10	"	"	56 い	22	0.0100	7.9	10.0	7,500	41.2	252.6
11	"	"	56 は	28	0.0100	10.3	11.5	5,100	53.3	331.4
12	宮崎県	青井岳	81 あ	25	0.0364	15.8	14.4	1,782	40.3	294.3
13	"	"	81 ぶ	24	0.0110	10.6	9.3	3,591	36.7	181.3
14	"	"	98 と	29	0.0296	14.0	14.7	2,703	49.2	363.2
15	"	"	100 る	46	0.0435	12.4	11.3	2,264	39.2	304.4
16	"	"	101 ほ	15	0.0110	5.9	6.9	6,000	14.8	61.1
17	"	"	102 は	21	0.0219	9.1	9.5	3,562	35.9	143.4
18	"	"	102 と	23	0.0450	9.8	9.7	3,947	35.1	212.1
19	"	"	106 に	10	0.0047	3.4	5.9	14,043	12.9	52.2
20	"	"	106 じ	17	0.0119	5.1	7.0	10,756	24.2	94.1
21	"	"	106 へ	47	0.0338	21.3	15.3	1,909	64.5	463.1
22	"	"	109 と	40	0.0209	12.5	12.5	2,156	30.1	232.2
23	"	"	109 ど	48	0.0532	15.5	12.4	1,692	44.0	358.6

番号	調査地		林令	調査面積	平均胸高直径	平均樹高	毎当り立木本数	毎当り胸高断面積	毎当り幹材積		
	調査地	林小面積又は所有者									
24	宮城県	高 橋	17	0.0091	8.4	9.6	5,165	32.8	191.3		
25	"	富 大 浜	17	0.0078	7.3	7.4	4,615	21.1	100.8		
26	"	"	12	0.0272	19.6	16.0	1,323	47.0	383.5		
27	"	"	12	0.0434	26.8	17.5	876	59.0	521.0		
28	"	民有林	28	0.0468	13.5	10.3	2,030	33.4	298.8		
29	鹿児島県	川内川流域	朝田町 大庭	6	0.0025	4.3	6.2	9,600	14.7	47.9	
30	"	"	"	6	0.0025	4.6	5.9	10,400	18.2	56.8	
31	"	"	"	9	0.0050	5.4	7.5	10,200	25.2	123.5	
32	"	"	"	16	0.0100	6.8	8.5	10,800	45.7	258.7	
33	"	"	"	30	0.0460	11.0	11.5	2,750	34.8	268.1	
34	"	"	"	30	0.0400	12.6	13.6	2,450	37.3	314.9	
35	"	"	"	39	0.0267	13.9	11.7	2,959	53.3	398.4	
36	"	"	"	中島	12	0.0100	7.8	9.1	5,800	31.6	181.0
37	"	"	"	川口	12	0.0508	7.2	8.7	5,945	27.3	130.8
38	"	"	"	曹山	13	0.0100	8.7	10.1	4,300	31.0	206.1
39	"	"	"	東	19	0.0207	11.5	11.9	3,768	36.1	287.2
40	"	"	"	栗野	21	0.0300	12.6	12.1	2,300	32.9	200.6
41	"	"	"	片野	23	0.0416	9.9	10.2	5,024	45.5	253.0

ii 資料の吟味および地位区分

前記標準地測定資料について、収穫率調査資料として適当かどうかを判定するために、つぎの各項の関係を検討し、一般的傾向と著しく差のある標準地は棄却することとした。

- 1) 林齢に対する毎当り立木本数
- 2) 林齢に対する毎当り胸高断面積
- 3) 林齢に対する毎当り幹材積
- 4) 林齢に対する平均胸高直径
- 5) 林齢に対する平均樹高
- 6) 平均胸高直径に対する毎当り立木本数

これらの各関係について通常おこなわれている方法に従って、後述するような回帰式に基づく中央分布線を決定し、その両側に带状曲線を描いて吟味をおこなった結果、標準地番号22、27の2つが不適当なものとして棄却された。

地位区分については、これを区分して地位ごとの検討をおこなうには十分な資料数とは言えないので、ここでは特に地位を区分せず平均的地位について検討することとした。なお現実の林分状況からしてコジイの成立している立地条件は、特殊な場合を除き他の有用針葉樹等への林種転

換に必ずしも適当と思えないような所が多く、一般的には地味不良地である場合が多い。またここで対象とした純林状を呈する林分も必ずしも多いものではないため資料数を増すことは容易でない。

iii 構成数値の決定

1) 平均樹高

平均樹高は林齢との関係により求める。両者の関係をあらわす実験式は種々あげられるが、ここでは次の3式について比較検討した。

最小二乗法により係数計算をおこなった結果は(28)、(29)、(30)式のとおりである。

$$\text{Log } H = 0.621690 + 0.082953 \text{ Log } A + 0.139034 (\text{Log } A)^2 \quad (28)$$

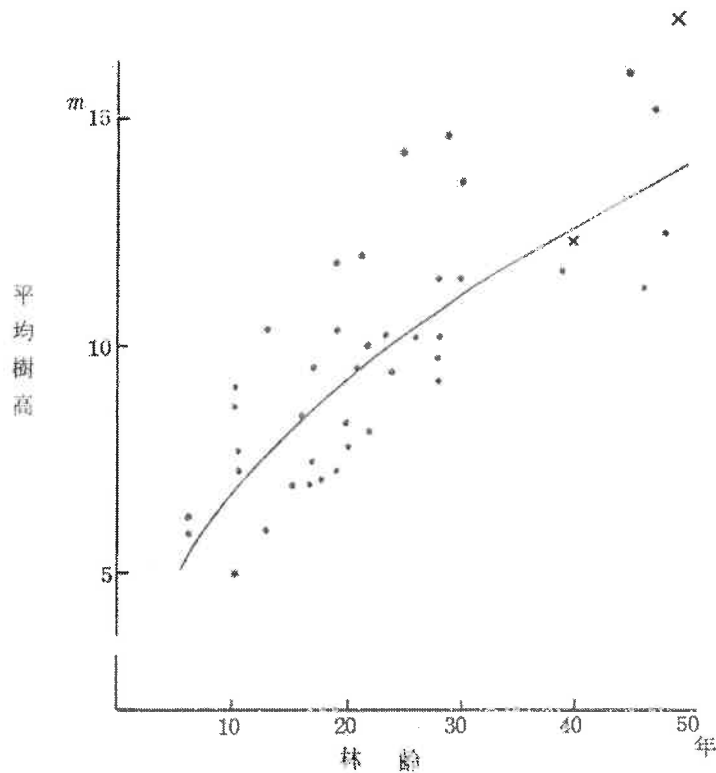
$$\text{Log } H = 0.408360 + 0.432797 \text{ Log } A \quad (29)$$

$$\text{Log } H = 1.117927 + 2.555610 \left(\frac{1}{A}\right) \quad (30)$$

H : 平均樹高

A : 林齢

これらの各式について実測値に対する適合性を検討した結果、(29)式が実測分布にもっともよく適合しているのを平均樹高曲線式とした。図一36はこの式による算出値を実測値とともに示したものである。



図一36 林齢と平均樹高

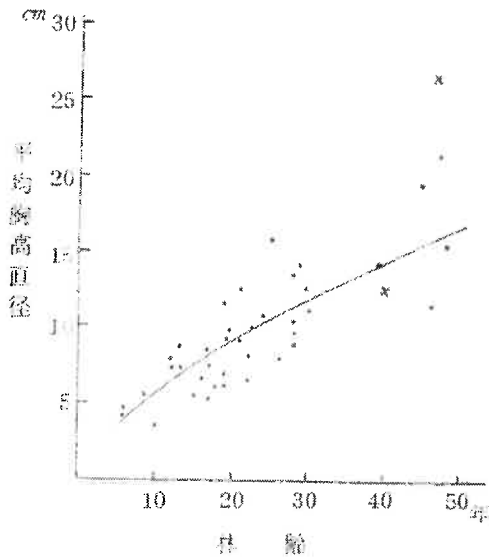


図-37 林齢と平均胸高直径

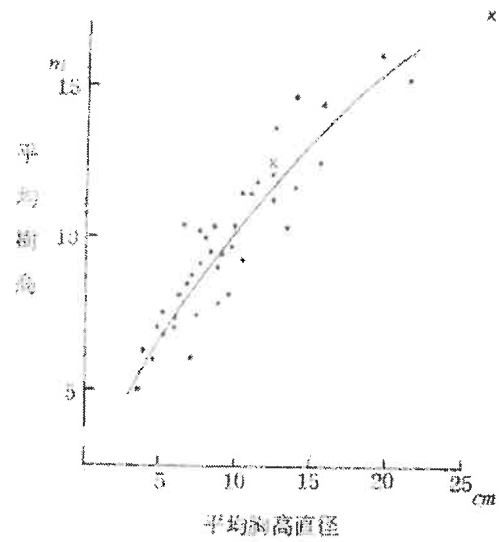


図-38 平均胸高直径と平均樹高

2) 平均胸高直径

林齢と平均胸高直径の関数関係をあらわす式も各種あるが、ここでは実測分布の傾向性を考慮して次の2式を用いることとし、最小二乗法によって係数を決定した。

$$\log D = 0.529412 - 0.109944 \log A + 0.318338 (\log A)^2 \quad (31)$$

$$\log D = 0.040928 + 0.691128 \log A \quad (32)$$

D : 平均胸高直径

A : 林齢

両式による算出値は35年頃まではほとんど近似しているがそれ以後は(31)式はやや過大となり、図-37に示すような(32)式が具体的に実測分布との関係がより適正と認められる。

(32)式の妥当性を確認するために、胸高直径と樹高の関係を検討すると、図-38に示すように実測値によく適合した次式を得た。

$$\log H = 0.393757 + 0.614549 \log D \quad (33)$$

H : 平均樹高

D : 平均胸高直径

先に求めた(29)式とここで得られた(32)、(33)式によるそれぞれの算出値を照合し、検討した結果、林齢と平均胸高直径の関係をあらわす式として(32)式を採用することは適当であると認められた。

3) ha当り本数

林齢と本数の関係をあらわす式として次の2つの型の式を採用し、最小二乗法によって係数を求めるとそれぞれ次式が得られる。

$$\log N = 3.493292 + 1.361316 \log A - 0.911494 (\log A)^2 \quad (34)$$

$$\log N = 4.891965 - 0.932387 \log A \quad (35)$$

N : ha当り立木本数

A : 林齢

両式の実測分布への適合性を検討した結果 (35) 式がより適当と認められた。図-39に実測分布に対する (35) 式の関係を示す。

つぎに、資料吟味の際おこなった方法と同様にして求めた平均胸高直径と ha 当り立木本数の関係および、先に検討した林齢と平均胸高直径の関係をここで採用することにした (35) 式と照合することによって、その妥当性を確かめる。

平均胸高直径と ha 当り立木本数の関係をあらわす式として次に示す各式を採用し、それぞれ最小二乗法により係数を決定した。

$$\log N = 4.453414 - 0.169590 \log D - 0.671319 (\log D)^2 \quad (36)$$

$$\log N = 5.028390 - 1.435025 \log D \quad (37)$$

$$\log N = 3.107934 + 4.570623 \frac{1}{D} \quad (38)$$

N : ha 当り立木本数

D : 平均胸高直径

これらの各式の算出値を実測分布と共に検討した結果、(37) 式が最もよく適合している。(37) 式を実測値と共に示したのが図-40である。

以上のようにして求めた林齢と胸高直径、林齢と ha 当り本数、胸高直径と ha 当り本数の各回帰式による算出値を相互対照した結果、それぞれ適正な関係にあることが認められ、したがってここで (35) 式を林齢と ha 当り立木本数の関係をあらわす式として採用することの妥当性が認められた。

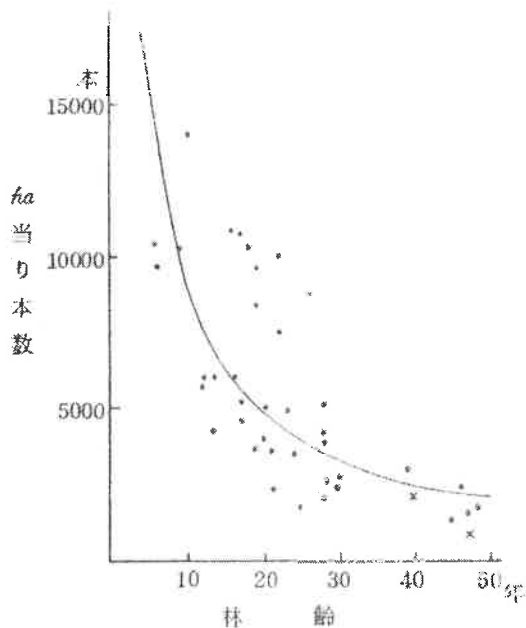


図-39 林齢と ha 当り本数

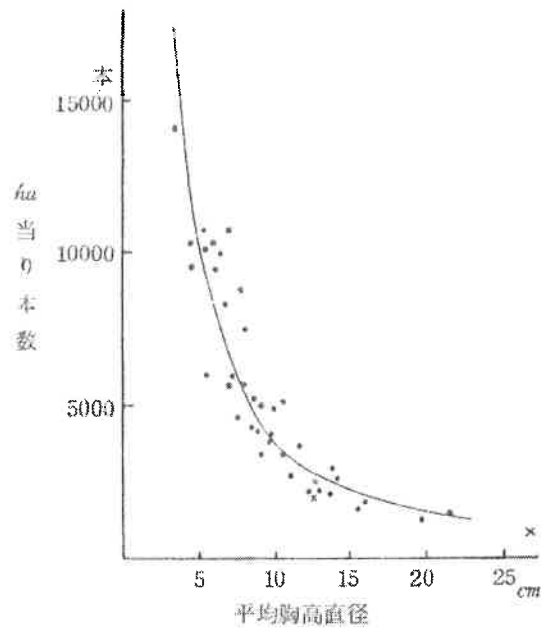
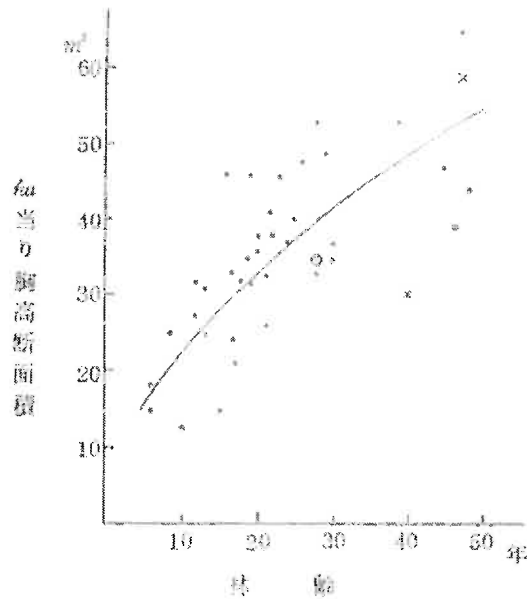


図-40 平均胸高直径と ha 当り本数



図一41 林齢とha当り胸高断面積

4) ha当り胸高断面積

林齢とha当り胸高断面積の関係をあらわす式として次の2式をとりあげ、最小二乗法によって係数を計算し、両者間の実験回帰式とした。

$$\log B = 0.467975 + 1.094533 \log A - 0.213984 (\log A)^2 \quad (39)$$

$$\log B = 0.796319 + 0.556065 \log A \quad (40)$$

B : 胸高断面積

A : 林齢

実測分布への適合性を考慮して、ここでは(40)式を林齢とha当り胸高断面積の関係を適切にあらわす式として採用した。この式による算出値と実測値との関係を示したのが図一41である。

5) ha当り幹材積

ha当り幹材積を林齢との関数関係によってあらわす式はいろいろ考察されているが、ここでは実測分布に適合すると思われる次の型の各式を用いることとし、最小二乗法によって係数を計算してそれぞれ以下のような回帰式を得た。

$$\log V = 0.644439 + 1.566238 \log A - 0.235638 (\log A)^2 \quad (41)$$

$$\log V = 1.006092 + 0.973234 \log A \quad (42)$$

$$\log V = 2.623119 - 6.129252 \frac{1}{A} \quad (43)$$

V : ha当り幹材積

A : 林齢

ここで得られた各式の実測分布に対する適合性を検討すると(41)、(42)式は30年頃まではほぼ一致した値となっているが、それを過ぎると(43)式は若干過大な値を示す。