HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	トドマツ人工林の物質現存量に関する基礎的研究
Author(s)	春木, 雅寛
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 36(1), 147-254
Issue Date	1979-03
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/21003
Type	bulletin (article)
File Information	36(1)_P147-254.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

トドマツ人工林の物質現存量に関する基礎的研究*

春 木 雅 寛**

Studies on the Material Biomass of *Abies sachalinensis* Artificial Forest*

By

Masahiro HARUKI**

目　　次

緒　　言 …… 148
第1章　研究方向および研究史 …… 150
第2章　この研究の目標および研究方法 …… 156
第1節　この研究の目標 …… 156
第2節　研 究 方 法 …… 156
第3章　調査地および調査林分の概要 …… 158
第4章　調査方法の検討 …… 169
第1節　供試木および樹体各器官の物質現存量 …… 169
第2節　枝階別刈取り法および枝葉各部の区分 …… 170
1)　生重量および乾重量 …… 171
2)　材　　積 …… 172
第3節　枝階別枝，葉量の推定方法 …… 172
1)　枝階別枝，葉量の推定方法 …… 172
2)　ま と め …… 174
第4節　形態不良木に対する枝，葉量推定法の適用 …… 175
1)　形態不良木および供試木 …… 175
2)　推定法とその検討 …… 180
第5章　結果および考察 …… 182
第1節　物質現存量の樹体各器官における配分関係 …… 182
1)　林木地上部の配分関係 …… 182
2)　林木の地上部と地下部の配分関係 …… 183

*　1978年7月20日受理

**　北海道大学農学部林学科造林学教室（現在　北海道大学大学院環境科学研究科環境保全学専攻生態系管理学講座）

**　Laboratory of Silviculture, Department of Forestry, Faculty of Agriculture, Hokkaido University. (Present address: Laboratory of Conservation of Biosystems, Division of Biological Conservation, Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University)

3) ま と め …… 185
第2節 樹体各器官の相対生長関係 …… 186
1) 生重量による相対生長関係 …… 188
2) 乾重量による相対生長関係 …… 191
3) ま と め …… 192
第3節 林分の単位面積あたりの物質現存量 …… 196
1) 単位面積あたりの物質現存量 …… 196
2) ま と め …… 200
第6章 この研究の応用的側面 …… 202
第1節 トドマツ造林木の径級別物質現存量 …… 202
第2節 垂直的な葉量分布および枝階数 …… 207
1) 枝打ちとの関連について …… 207
2) 垂直的な葉量分布および枝階数 …… 208
第3節 ま と め …… 212
第7章 総括および結論 …… 216
摘 要 …… 220
文 献 …… 222
Summary …… 224
附 表 …… 228
図 版 …… 249

緒 言

森林の物質生産に関する研究は，その物質生産量の地理的分布を明らかにしてゆくための極めて重要な役割をもっている。また森林を生態系の最も代表的なものの一つとして考え，これから供給される木材をはじめとする種々の利用価値が，森林の物質生産と深くかかわりをもっていることを重要視し，19世紀後半から西欧において種々の研究が開始された。その当初は林分全体の葉量と幹の生産量の関係，物質の生産と消費，物質の生産と循環等についてのものであり，種々の樹種，林齢の森林において，これらが調べられている。

日本でこの種の研究が行なわれはじめたのは第2次世界大戦後からであり，その後，諸外国と活発な研究交流を保ちながら現在の段階に至っていることを知る。

各国の物質生産に関する主要な共通課題の一つは，林齢および密度と，物質生産にかかわる諸現象の関係を解析してゆくことであり，この結果を森林施業に直接役立たせうることを期待したものといってよい。

しかし，このような様々な研究が進められているにも拘らず，森林の物質生産に関する法則性の解明は未だ不十分であり，従ってこの生産現象にかかわる因果関係を十分明らかにするに至っていない。日本では，スギ，ヒノキ，アカマツ等については比較的よくこの種の研究が行なわれているけれども，トドマツについてはかなりの立ち遅れが認められる。このトドマツは樺太，南千島，北海道に分布し，とくに北海道の主要郷土樹種として最大の造林面積を占め，

最も期待されつつある樹種であることから，これについての物質生産にかかわる研究の重要性が認められる。

これまでの物質生産に関する研究は，多くの場合，林分全体を対象とし，それを形成するそれぞれの個体の大きさの変化と，その多様性に伴う個体単位の物質生産に関する研究はほとんど行なわれなかった。この物質生産をある時間の一断面でとらえると，物質現存量と呼ぶことができ，当面これを林分にかかわる現象把握の基本の一つとして考えた。

森林の物質生産を正しく理解するには，森林の物質現存量，とくに同化器官である葉の量を正確に把握することが必要である。しかし林木の枝，葉量の測定は労力的，時間的に多くの困難がともなうため，既往の研究は調査本数が少なく，得られた結果の普遍性は十分なものとはなっていない。著者はトドマツ人工林の物質現存量の推定や生長の解析，林木保育に広く適用できる物質現存量の基礎的資料を得るために，多くの林分，およびそれらを構成するそれぞれの個体について詳細な調査・研究を行ない，これらを総合的に解析することにした。

すなわち，著者はトドマツ造林木について，その個体の大きさに応じた物質現存量の推移を調べ，かつトドマツが輪生枝階を形成しながら生長を実現してゆくことにも注目し，枝階形成に伴う物質現存量の垂直的分布を明らかにしたいと考えた。このような問題意識にもとづき，著者は本論文においてトドマツ人工林の物質現存量をそれぞれの大きさの単木について把握しかつ，これが間伐，枝打ち等によって物質生産量を人為的にコントロールしてゆくための有力な目安たりうることを提唱している。

本論文における主要な成果は，トドマツ単木の物質現存量を解析する上で必須条件である枝階別枝，葉量推定法と推定差の検討を行ない，また生育に伴い各単木が大きさの違いにより保持する樹体各器官の量，およびその配分割合を明らかにしたこと，次いで樹体各器官の量相互間に存在する相対生長関係を利用し，これまでの直線近似式に代わる，より適合性の高い2次曲線式によって，各胸高直径階に対する樹体各器官の物質現存量を生，乾重量および幹材積について求め，その一覧表を作成したこと，更にはトドマツの樹種的性質に注目し，従来の層別刈取り法に代わる枝階別刈取り法を用い，林木の大きさと葉量の垂直的分布，および枝階数との関連を明らかにし，以上の結果は林木保育についても適確な指標を与えることのできることを示したことである。

この研究に際して，終始懇切な御指導を賜わった北海道大学農学部造林学教室教授武藤憲由博士，ならびに本論文の御校閲を賜わった同前森林経理学教室教授谷口信一博士，砂防工学教室教授東三郎博士，造林学教室助教授柴草良悦博士に深く感謝する。北海道大学農学部附属演習林の助教授滝川貞夫博士，松田　彊氏，および琉球大学農学部造林学教室講師中須賀常雄博士には研究途上たえず熱心な討論を通じて多くの有益な助言を受け，また調査実施についての御援助を戴いた。北海道大学農学部林学科，附属演習林の諸先生，職員の方々，造林学教室の方々からは激励と御援助を与えられた。また，共通の関心をもつ同林学専攻大学院生諸兄

からの暖かい励まし，適切な助言と刺激は忘れ得ない。ここに記して，この研究ができあがる迄にお力添え戴いたこれらたくさんの人たちに心からの謝意を表する次第である。なお，本論文は「北海道大学審査学位論文」である。

第1章　研究方向および研究史

樹木の生長は，同化器官における物質生産による物質の蓄積であり，太陽エネルギーの固定の結果である。近年の森林の生長現象に関する生態学（特に森林生態学，植物生態学）の発展に伴い，林学と生態学は密接不可分の関係を保って発展してきた。森林の物質生産とその分配に関する林学研究は，それが樹種，林齢，本数密度などの他，取り扱い（森林施業）により強く影響されることをふまえた19世紀後半から20世紀前半にかけての各国での研究成果に基づき進んできた。

その後，動物の生長に関する研究の結果 HUXLEY (1932) の唱えた相対生長の法則は，林木においても一般的相対生長法則として広く成立することが明らかにされるに至り（吉良，1960），この林木体各部・器官の間の相対生長関係を利用して森林の生長現象を定量的，定性的に説明したり，又，単位土地面積当りの葉量など，林分の物質現存量を推定するようになった。これにより，森林の物質生産と樹種，林齢，本数密度とに関する調査・研究が多面的に進められるようになったといえる。

日本においては，種々の森林の物質生産による分配，蓄積を生産構造との関連で把握しようとする動きが，植物についての MONSI & SAEKI (1953) の層別刈取り法による生産構造図作成の提案以後強まった。林木については，四手井・只木 (1960)，只木・四手井 (1960) の材積生産構造図作成の提案がなされ，これにより物質生産とその分配，蓄積は樹冠との関連でとらえられるようになった。

一方，森林・植物生態学の側では，森林を一つの生態系として樹木，植物，動物，昆虫，微生物等により構成される有機的な共同体としてとらえるゆきかたが急速に進展し，特に1964年よりはじまった IBP（国際生物学事業計画）の推進により定着した。これはどのような森林生態系がどれほど多くの太陽エネルギーを固定し，又，その固定エネルギーが森林生態系内でどのように循環するかを明らかにしようとするものである。森林の生産力のこのようなとらえ方は，林学における森林研究に対して，森林内部の落葉，落枝，土壌有機物による森林再生産がどのように行なわれるのか，という新たな視点からの研究の必要性も認識させるに至った。このような研究方向の中で，天然林における複雑な種類組成をもつ森林群落での相対生長関係に樹種差が少ないことが北沢ら (1959)，四大学合同調査班 (1960)，WHITTAKER & WOODWELL (1968) らにより知られるようになった。これは，そのような天然生の森林群落を，主として量的に取り扱う場合，有効と考えられた。

植物群落における個体密度と収量，平均個体重との関係についての，同種群落の自然密度

に関する密度効果の法則性は吉良ら (1960) により明らかにされた。林木についても，この結果は幹材積収穫量のコントロールを目指した同齢単純林の密度管理に応用されるに至った。すなわち，林業においては幹の利用が主目的であることから，林分の密度と面積当り生産量，又は平均個体重量・材積の関連が只木・四手井 (1963)，安藤 (1968) らによって，かなり明らかにされ，安藤 (1968) により，林分の樹高階別に密度と幹材積，幹直径との関係から，スギ，ヒノキなど主要な日本産樹種について「林分密度管理図」と呼ばれる生長予測図が作られた。この林分密度管理図は，同齢単純林に対して定量的な取り扱いをする場合，又，現実林の樹高，胸高直径，幹材積の生長成績の判定の他，収穫予測，および量的な間伐設計のために応用し得るものとされた。しかし，その後林分密度管理図を現実林分に応用した場合，かなり大きなばらつきが出てくることが指摘されるようになり，現在，相場 (1975 a, 1975 b, 1975 c, 1977) などにより，この欠点を多少なりとも補うための試みがなされている。

林分密度管理図はトドマツについても同様に，真辺 (1974) により作成せられたが，トドマツは造林の歴史が浅く，養苗法が確立し，積極的に造林が推進せられるようになったのは昭和期に入ってからである。

次に現在に至るまでの，トドマツについての量的な面からの調査・研究をみると，幹材積については，中島 (1930) により全道の針葉樹（カラマツを除く），広葉樹の立木幹材積表が作成せられた。これは天然木についてのものであり，天然木は造林木に比べ，枝が大きく太く，又，おおむね幹材の完満度も造林木のそれよりも小さいため，この立木幹材積表は造林木に使用し得ないことを篠原 (1975) は明らかにしている。松井 (1966) はトドマツ人工林について，林分高に基づいて4階級に区分した地位級ごとに，一部天然林の資料も加えて全道のトドマツ林の主，副林木収穫予想表を作製した。この収穫予想表は林齢20年から5年おきに70年までの平均樹高，平均胸高直径，平均本数密度，幹材積を一表に表わしたものであった。

林分の幹材積収穫の立場からの幹材積表は，天然生の立木および人工林分についてこのように作成されてきた。他方生産量をできるだけ多く幹に蓄積させてゆくように，林木の物質生産とその分配，蓄積のありかたを人為によりコントロールしてゆくことは，大きな課題であるが，これを目指した基礎的あるいは応用的なトドマツの物質生産に関する研究はこれまで極めて少なかった。

以上が森林の物質生産に関する研究方向であるが，トドマツ林・林木の物質生産，物質現存量に関するこれまでの調査・研究を天然林，人工林に分けて以下に述べる。

i) トドマツ天然林

トドマツ天然林および天然木について幹のほか樹体各器官の容量，重量を含めた物質現存量に関する調査研究は少ない。まず，この最初のものとして三島・吉野 (1934) は樺太の保呂試験林において，トドマツ・エゾマツの樹冠，枝条量，針葉量について調査を行なった。この報告の中で，胸高直径と枝条量との相関関係は樹高と枝条量とのそれよりも密接であることを

明らかにして，4～34 cm の各胸高直径階に対する単木平均の枝条生重量，枝条容量の実測値からこの関係式を求めている。又，林分の枝条生重量を約 27～37 ton/ha と推定し，次に単木および林分の枝条容量率を算定している。更に，胸高直径に対する針葉重量，針葉全面積についても若干ふれ，トドマツ，エゾマツ混交林における林木の針葉葉面積は林地面積のおおよそ 13～20 倍であると述べている。以下は北海道内におけるものであるが，松井・馬場 (1951, 1962) は根室地方落石海岸の温根塘のトドマツ天然林について調査を行ない平均胸高直径 23.0 cm，平均樹高 14.5 m，立木本数 750 本/ha，幹材積 263 m^3/ha の林分において枝葉量を 60 m^3，葉量を 20 m^3 と推定し，葉の生重量を 20 (m^3)×0.9＝18 ton/ha，葉の乾重量を 18×1/3＝6 ton/ha と求めている。

四大学合同調査班 (1960) は北見営林局置戸・留辺蘂両営林署管内の イ). アカエゾマツの山火跡に生じた二次林で胸高直径 (DBH) 1～13 cm，立木本数約 13,000 本/ha，内 70% がアカエゾマツで残余の 30% がトドマツ，エゾマツ，ロ). トドマツの二次林で DBH 1～10 cm，立木本数約 20,000 本/ha，ほとんど全部がトドマツ，ハ). 風害跡地のトドマツ林分で主林冠をなすものの DBH は 15～30 cm，立木本数約 2,500～4,000 本/ha，内 95% までがトドマツで残余の 5% をアカエゾマツ，イチイが占める，以上 3 箇所の林分について 1958 年 8 月に調査を行なっている。トドマツの試料木は DBH 0～7.7 cm の 18 本，および 15.4 cm，23.4 cm の合計 20 本について伐倒し層別刈取り法により樹体各器官の物質現存量を求め，更に幼齢林で密度の極端に高い例として湧別国有林および京都大学北海道演習林 (標茶町に所在) 苗畑のトドマツ 2，3 年生苗を同様に調べている。この報告の中で 1). アカエゾマツ，トドマツ，エゾマツの樹種間の差がほとんど認められない。2). DBH と他の諸量との相対生長関係はかなり直線性への適合度がよいが，DBH のみでは DBH 2 cm 未満の小径木や，特に直径の大きな林木の場合には log V～log DBH の直線関係は乱れ，全体としては S 字曲線を描くのではないかと推定される根拠がある，と述べ，3). このため比較的若く，かつ一斉林に近い林型の場合には DBH のみを用いて推定を行なってもよいが，老大木を含む択伐林型に対しては D^2H (D は胸高直径，H は樹高) による推定の方がすぐれている。DBH のみを使う場合の限界は DBH 20 cm まで，樹高 20 m までが一応のめやすとなる。4). DBH～W_L，D^2H～W_L など葉重量 (W_L) との関係では適合度も悪く，又，多少樹種差もあるようである。5). D^2H と物質現存量との相対生長関係から，各胸高直径階に対する葉，枝，幹乾重量，および枝，幹材積の一覧表がトドマツについては DBH 1～60 cm，エゾマツ・アカエゾマツについては DBH 1～105 cm について作製された。

以上のような多くの調査結果の出された四大学合同調査班によるこの調査は，林況と環境，土壌有機物の蓄積・分解などをも網羅しており，規模からみても北海道のトドマツ林分の物質現存量に関する本格的な研究の最初のものといい得よう。

四手井・堤 (1962) は旭川営林局大雪営林署管内の DBH 約 2～30 cm，樹齢 35～46 年のト

ドマツ林分において，各径級毎に合計32本を伐倒し調査を行なっている。この報告の中で 1). DBH を基準とした樹体各部の相対生長から林木乾物現存量を求めたところ新葉，幹の生長量を除き前述の四大学合同調査班 (1960) の結果とよく一致する。2). トドマツでは林分が異なっても相対生長係数はほとんど変らなかった，と述べ相対生長関係の近似式を DBH (cm) と幹乾重量 (Ws, kg)，枝乾重量 (W_B, kg)，全葉乾重量 (W_L, kg) について $Ws=46.53\,D^{2.550}$, $W_B=6.468\,D^{2.570}$, $W_L=6.640\,D^{2.356}$ と求め，又，3). トドマツ林の ha あたり乾物現存量を幹 155 ton，枝 22.3 ton，葉 18.0 ton，地上部合計 195.3 ton と推定している。トドマツ天然林，天然木についてのこの種の調査・研究は以上が主なものである。

ii) トドマツ人工林

トドマツ人工林，林木についての調査・研究もまた同様にあまり多くはない。その大部分は当該林分で標準木を1～3本選定し，これを伐倒して調べるというものであり，供試木本数が少なく，又，多くの林分，林木に関する一貫した調査・研究はまだ行なわれていないのが現状である。これまでの報告は北海道における人工林についてのものに限られている。

加藤 (1961) は札幌の林業試験場北海道支場構内および野幌試験地の樹齢各 15, 16, 18, 25, 28 年，胸高直径各 0.5～6.5 cm，1.0～6.5 cm，1.0～11.5 cm，2.0～11.5 cm，5.0～16.0 cm，樹高各 1.5～5.0 m，1.5～5.5 m，1.5～9.0 m，2.0～9.0 m，7.0～13.0 m，生立木本数各 10,800 本/ha，15,600 本/ha，9,570 本/ha，18,600 本/ha，7,000 本/ha の5箇の密植林分について，1958～1959 年に胸高直径から層化無作為抽出により合計 37 本の供試木を伐倒して調べた。この報告の中で，各林分の ha あたり幹，枝，葉，根，枯枝の乾重量を求め，1). 葉量約 15 ton がおそらく十分な密度における最大量ではないかと考えられる。2). 葉の量の年間増加量は 3～4 ton 位ずつになり，したがって十分な密度のばあいには年間の落枝量もほぼ同量になるものと思われる。3). 配分関係は各林分を構成している個々の林木についても，その大小に関係なく林分全体の配分の傾向と似ている。4). 胸高直径，地上部全重量（乾重量）と各部乾重量，幹材積との相対生長関係について近似式の傾きを求め，樹齢や密度と関連して変化するものと考えられる，と述べている。

蔵本・永桶・真田 (1962) は定山渓営林署管内の林齢各 4, 6, 8, 10, 12 年，植栽本数各 3,000 本/ha，3,000 本/ha，3,000 本/ha，4,000 本/ha，4,000 本/ha，平均樹高各 1.0 m，1.5 m，1.6 m，2.4 および 3.4 m (地位，下—乾燥系土壌，上—湿潤系土壌)，3.5 および 4.5 m (地位，下—乾燥系土壌，上—湿潤系土壌) の林分についてそれぞれ標準木を選定して伐倒し，幼齢木の養分含有量と根系に関して調べた。この報告の中で 1). 各供試木の幹，枝，葉の生・乾重量および根の乾重量を求めている。2). 林齢と各部生重量との関係から，各部位の重量生長は閉鎖以前まではおおむね指数関数的に増加していることが推察される。3). これは同一林分でも地位によって，この場合は土壌型によって差がみられる，と述べている。

SATOO, T. (1966) は森林生態系における乾物生産量とその分配を種々の樹種林分について

調べた。トドマツでは林齢26年の林分について幹，枝，葉，地上部合計の乾物生産量をそれぞれ6.70, 3.82, 2.88, 13.40 (ton/ha・year) と述べているが，このトドマツ林の概況，所在地など詳細は不明である。

滝川・二通 (1970) は北海道大学天塩地方演習林の林齢8年，約3,000本/ha植栽のトドマツ林において供試木3本を選定し，伐倒して根系の水平的広がりの経年変化，および根系と地上部生長の関係を調べた。この報告の中で，各供試木の地上部および地下部生重量，T/R率などを求めている。

原田・永桶・塩崎 (1970) はトドマツ林に対する施肥の効果を，生長と養分吸収および土壌の変化についてみるために栗沢町の林齢22年の造林地において，本数で10%前後の間伐をした後，施肥・無施肥区を2回反復で設定し1968年秋，林齢28年の時に平均胸高直径15.5, 14.9 cm (以上2箇の施肥区) および16.1, 14.3 cm (以上2箇の無施肥区) の各区から各3本の標準木を選定し，伐倒して調べた。この報告の中で，各供試木の幹，枝，葉，枯枝の生・乾重量および幹材積を求め，haあたりの樹体地上部各器官重量，幹材積をそれぞれ推定している。

山本・真田 (1970) は滝川林務署管内の林齢8, 12, 23, 29年，平均樹高各1.0 m, 3.8 m, 8.2 m, 10.4 m，平均根元直径2.8 cmおよび平均胸高直径5.0 cm, 11.0 cm, 15.0 cm，立木密度各2,870本/ha, 2,726本/ha, 1,849本/ha, 1,427本/ha，および林齢25年時に第1回の弱度の間伐を行なった林齢35年，平均樹高16.2 m，平均胸高直径23.0 cm，立木密度1,178本/haの各トドマツ林において，各林分2～3本ずつの標準木を選定して伐倒し，トドマツ造林木の養分吸収量と造林地における養分循環ならびに土壌変化について調べた。この報告の中で 1). 各林分の単木平均およびhaあたりの乾物重量を幹，枝，葉について求めている。2). 林木の各部分の乾物分布割合は8年生時までは葉に大きく，葉46%，幹35%を示すが，林齢の増大にともなって幹部の分布割合が大となり，35年生時で葉11%，幹63%程度になる，と述べている。

原田・山本・塩崎 (1971) はアカエゾマツ林とともに，北見の林齢37年，平均樹高14.4 m, haあたり幹材積341 m^3，および標津の同林齢，平均樹高12.8 m, haあたり幹材積240 m^3のトドマツ林について，胸高直径階に応じて各林分5本ずつの供試木を選定して伐倒し，養分現存量について調べた。この報告の中で，胸高断面積比推定法によりhaあたりの幹，枝，葉，地上部合計の乾物重量を，北見のトドマツ林についてはそれぞれ149.4 ton, 42.4 ton, 25.6 ton, 217.4 ton，標津のトドマツ林についてもそれぞれ108.9 ton, 33.7 ton, 22.2 ton, 164.8 tonと推定している。なお，林分の成立過程については述べられていない。

原田・真田・塩崎 (1972) はアカエゾマツ林とともに，北見林務署管内の1964年に間伐を行なった林齢38年，平均樹高17.8 m，平均胸高直径20.2 cm，胸高断面積合計34 m^2/ha，立木密度1,050本/haのトドマツ林において，1970年秋に胸高直径階別に5本の供試木を選定して伐倒し，養分現存量について調べた。この報告の中で，胸高断面積比推定法により同林分のhaあたりの乾物重量を幹，枝，葉，枯枝，地上部合計について，それぞれ120 ton, 21.7 ton,

16.4 ton, 13.7 ton, 158.1 ton と推定し，又，最近一年間の ha あたりの幹，葉の乾物増加量を求めている。

以上のトドマツ造林木（および天然木）の枝，葉重量の推定方法はほとんど明らかではない。又，他の樹種（スギなど）における推定方法はあるが，著者の実験によれば適合性は低い。

中須賀・春木・中尾・松田 (1972) は，トドマツが毎年輪生枝階を形成しながら生長してゆくという特徴を有していることに注目して，四大学合同調査班 (1960) の用いた層別刈取り法を一歩進め，この変形法である枝階別刈取り法によって林木の地上部各器官の量の垂直的な分布を年次別に詳しく明らかにできるとした。又，トドマツ造林木の枝，葉量の実測が実際上不可能なことから，いくつかの推定方法を林齢 11 年の供試木 3 本について検討して，枝階別に枝葉を刈り取った後，枝数，枝長に注目して抽出するというやり方はばらつきが大きく，又，単木の枝，葉重量推定法としては枝階別 2 段抽出法が良好であることを認めている。

春木・中須賀・中尾・松田 (1972) はこの枝階別 2 段抽出法を用いて，北海道大学天塩地方演習林の林齢 11 年，平均樹高 2.35 m，平均胸高直径 2.09 cm，8,300 本/ha 植栽の林分，および同林齢，平均樹高 2.37 m，平均胸高直径 2.20 cm，5,000 本/ha 植栽の林分において，各林分とも供試木 7 本ずつを無作為抽出して伐倒し，両林分の ha あたりの幹，枝，葉，根，および林床植生の生・乾重量と幹材積を求めた。更に，D^2H と樹体各器官の量との間の相対生長関係についても近似式を求め，5,000 本/ha の林分の方が 8,300 本/ha の林分に比べて傾きが大きいこと，又，林床植生の量が造林地の地上部物質現存量全体に対して無視し得ないほどの割合を占めていることを認めている。

春木・中尾・中須賀・松田 (1973) は枝の太さ，大きさ，本数，葉のつき方，葉量などのばらつきが林齢の増大に伴って大きくなることから，このような林木の枝階別枝，葉量の推定法について北海道大学苫小牧地方演習林の林齢 35 年のトドマツ林における 3 本の供試木で検討した。この報告の中で枝階別 1 段抽出法および枝階別少量抽出法と名づけた推定方法が枝階別に，3 次枝全重量のほぼ 10% 以内の推定差を許せば十分使用できることを認めている。

佐藤 (1974) は富良野市山部にある東京大学北海道演習林の林齢 26 年，平均樹高 10.9 m，平均胸高直径 13.9 cm，胸高断面積合計 32.60 m^2/ha，立木密度 2,400 本/ha のトドマツ林において，1960 年に供試木として優勢木 2 本，胸高断面積の平均木 3 本，劣勢木 2 本を選定して伐倒し，物質生産について調べた。この報告の中で 1). 単木平均の地上部各器官の乾重量，純生産量，配分率を求め，更に胸高直径と幹，枝，葉の乾重量，生産量，純生産量の相対生長関係の近似式を求めている。2). ha あたりの樹体地上部各器官の現存量，純生産量を相対生長関係の近似式利用法，胸高断面積による比推定法，および平均胸高直径木利用により推定している。3). 胸高直径に対する新葉率の増加割合では，胸高直径 1 cm 増すごとに約 1.5% ずつ新葉率は増加する，と述べている。

春木・中尾・松田・中須賀 (1974) は前述の北海道大学天塩地方演習林の林齢 11 年の

8,300本/ha，5,000本/ha植栽の両林分において，樹体地下部と樹体地上部各器官との相対生長関係について調べ，その近似式を求めた。又，根を直径に応じ区分して切断し，その重量配分と根長などの関係についても述べている。トドマツ人工林，造林木についての，この種の調査・研究は以上が主なものである。

第2章　この研究の目標および研究方法

第1節　この研究の目標

林木を各部位・器官に分けて具体的にそれらの間の諸関係を明らかにしてゆくという手法は，直接，環境要因と生長現象の間の因果関係，あるいは環境要因の影響度合を問題にしてきたこれまでの手法とは異なった，生長現象の一つの解析法と考えてよい。本研究でも又，これと同様に，環境要因を個々に分けることをせず，総合的な環境要因が林木，林分の生長を実現したものであり，種々の生長現象は林木の側からみれば，生育に伴う総合的な環境のもとで，生育に伴う諸特性を林分内で発現したものと考えた。

この視点からまず生育に伴う諸性質をトドマツ造林木自身について物質現存量の面から定量的，定性的に解析してゆく。生育上の林木，林分の諸性質は樹種間に相違がある他，各樹種とも天然木と造林木とでも異なることは知られている。

林分間の比較は林齢，本数密度等を考慮しながらも林分内のさまざまな林木個体の変異を平均化しての比較となる。これに対し，生長現象の把握・解析はむしろ種々の林分内の，変異をもった林木個体それぞれが主対象として調べられねばならないと考え，本研究では主として種々の大きさの林木個体の有する物質現存量を具体的に調べ，生育に伴う樹体各部・器官の物質現存量の推移の様子を明らかにせんとした。このように推移を知ることにより，個々の林木がその大きさに応じてもつ樹体各部・器官の物質現存量がどれほどの量かについて一応の目安を与えることができ，これは広く森林施業一般，特に間伐，枝打ち等の保育技術を進める上で基礎となると考えた。

又，各供試木については層別刈取り法の一変形方法である枝階別刈取り法によって，枝階別の幹，枝，葉の各物質現存量の分布を明らかにしようとした。トドマツは輪生枝階を形成しながら生長を実現してゆくことから，枝階別の各物質現存量の分布を知ることが，各枝階での枝，葉量の幹生長量に対する貢献度を知る上での基礎となるものである。

第2節　研究方法

1.　対象としたのはトドマツ人工林の中でも枝打ち（生枝打ち），間伐がこれまで一度も行なわれていない林分，林木である。

2.　全供試木について枝葉を枝と葉とに区分することは実際上労力的，時間的に不可能に近い。このため研究を進める上で簡易かつ精度の高い枝，葉量の推定方法について検討を加える。又，この推定方法が，明らかな形態不良木に適用して，十分使用し得るものであるか否か

についても検討を加える。

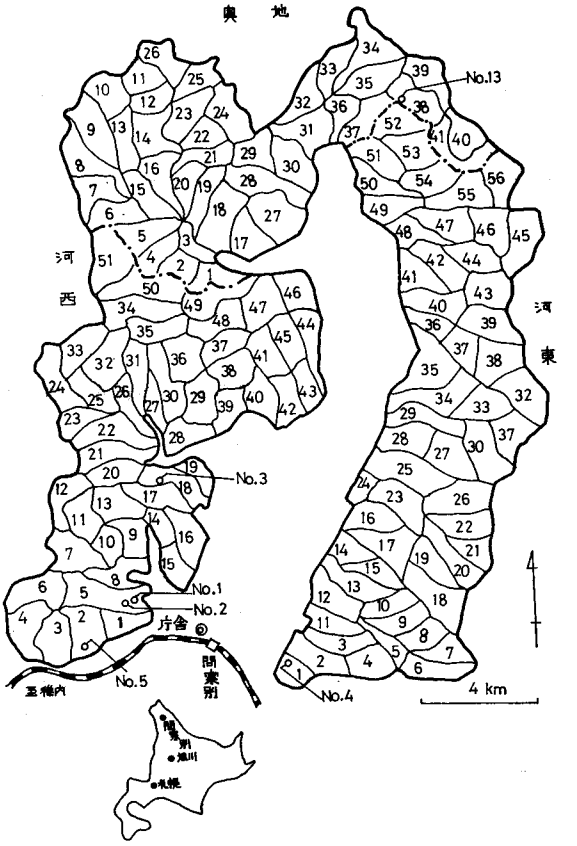
3. 生長現象の実現値として，林学研究においてこれまで重視されてきた胸高直径を，林木の大きさを表わす基準とした。樹高を用いなかった理由は，胸高直径が樹高に比べてより測定しやすく，更に樹体各部・器官の物質現存量と胸高直径，およびこの変形である胸高断面積との関係が，樹高に比べ密接な関係にあることが一般的によく知られた事実だからである（四大学合同調査班，1960；四大学および信大合同調査班，1964, 1966）。このことは，この研究で用いた供試木についても認められた。

物質現存量の樹体各器官別の配分関係は胸高直径との関係について調べた。又，樹体地上部各器官との相対生長関係は胸高断面積との関係について調べ，相対生長関係の近似式を求めた。更に，胸高断面積との相対生長関係を利用して，胸高直径階別に樹体地上部各器官の物質現存量の一覧表を求めた。

4. 樹体地上部各器官の物質現存量は既に述べた枝階別刈取り法を用いて，枝階別に求めた。枝階別に刈り取ることにより，これまでの層別刈取り法に比べ，各層に含まれる枝の出現年次は明瞭となり，その枝階番号と一致することになる利点があり，これは今後各枝階毎の枝，葉量の幹生長量に対する貢献度を知る上の基礎となると考えられる。この枝階別刈取り法による枝階数と葉量分布との関係についても明らかにする。

5. 相対生長関係の近似式，および供試木の物質現存量の枝階別分布から，各林分の単位面積あたりの地上部各器官物質現存量について調べる。加えて林木，林分の地下部および地上部各器官物質現存量の関連についても若干の考察を行なう。

実地調査林分としては北海道北部および南部にあり，地質，土壌などの条件の相異なる北海道大学農学部附属天塩地方演習林の林齢 11, 11, 11, 18, 38 年のトドマツ人工林 5 林分，および同苫小牧地方



第1図　北海道大学天塩地方演習林における調査林分位置図.

Fig. 1. Situation of Teshio Experiment Forest of Hokkaido University and the positions of investigated stands No. 1–5 and 13.

第1表　北海道大学天塩地方演習林における
Table 1.　Climate at Teshio Experiment Forest

月　別	平均気温 (°C)	平　均 最高気温 (°C)	平　均 最低気温 (°C)	5年間の最高，最低気温 (°C)			
				最　高 (°C)	起　日	最　低 (°C)	起　日
Jan.	−8.6	−3.6	−15.2	3.7	Jan. 24, 1973	−31.9	Jan. 9, 1971
Feb.	−9.3	−3.3	−17.0	5.5	Feb. 29, 1972	−33.5	Feb. 11, 1971
Mar.	−4.9	0.8	−12.0	10.4	Mar. 26, 1972	−29.7	Mar. 15, 1973
Apr.	4.0	8.4	− 2.3	23.0	Apr. 22, 1971	−13.7	Apr. 22, 1975
May	9.4	14.9	2.6	25.8	May 29, 1973	− 9.3	May 2, 1975
June	14.2	20.2	7.1	28.5	June 18, 1974	− 4.6	June 20, 1975
July	18.3	23.3	12.9	32.2	July 2, 1971	2.5	July 3, 1975
Aug.	19.9	24.4	15.2	32.0	Aug. 4, 1971	3.3	Aug. 19, 1971
Sep.	15.1	20.9	9.3	27.5	Sep. 1, 1975	− 1.5	Sep. 30, 1975
Oct.	8.8	14.4	2.9	23.0	Oct. 1, 1973	− 6.3	Oct. 20, 1974
Nov.	1.4	5.5	− 2.8	15.8	Nov. 6, 1975	−11.7	Nov. 13, 1974
Dec.	−5.6	−1.7	−10.7	7.3	Dec. 18, 1971	−27.9	Dec. 31, 1974
年	5.2	10.4	− 0.8	32.2	July 2, 1971	−33.5	Feb. 11, 1971

演習林の林齢9, 12, 12, 12, 35年のトドマツ人工林5林分の他，同天塩地方演習林苗畑の8年生の据置苗，札幌苗畑の7年生の据置苗について調べた。この他，形態不良木について，同天塩地方演習林で1箇所，同苫小牧地方演習林で2箇所の林分について調べた（第1図，第3図参照）。

第3章　調査地および調査林分の概要

北海道大学天塩地方演習林（以下，北大天塩地方演習林）は北海道天塩郡幌延町字問寒別に所在し，北緯45度東経142度に位置し，総面積は22,446 haである（第1図参照）。植物地理学的にみると，温帯北部から亜寒帯への移行帯に位置しているといわれ（舘脇・五十嵐，1971），地質と森林の様相は演習林の中央部を流れる問寒別川を境にして異なる。東側は神居古潭帯の白亜紀層と蛇紋岩からなっており，アカエゾマツ純林や蛇紋岩地特有の植物群落がみられる（舘脇・五十嵐前出）。西側は新第三紀層からなり，比較的緩慢な丘陵地で針広混交林となっている。林況は北部と東側ではアカエゾマツ，トドマツ，エゾマツなどの針葉樹が優占し，西側は針葉樹ではトドマツが多く，次いでエゾマツ，アカエゾマツと続き，ミズナラ，ハリギリ，シナノキ，カンバ類などの広葉樹をまじえる針広混交林となっている。林床はチシマザサが優占している（北大農学部附属演習林，1972）。同演習林の気候を最近5カ年（1971～1975年）の同演習林の観測資料でみると，年平均気温は5.2°C，年間降水量は1,185.7 mm，平均風速は3.1 m/secで南西風が強い。降雪は11～5月にみられ，1～3月の平均積雪深は約158 cmである（第1表，第2図参照）。

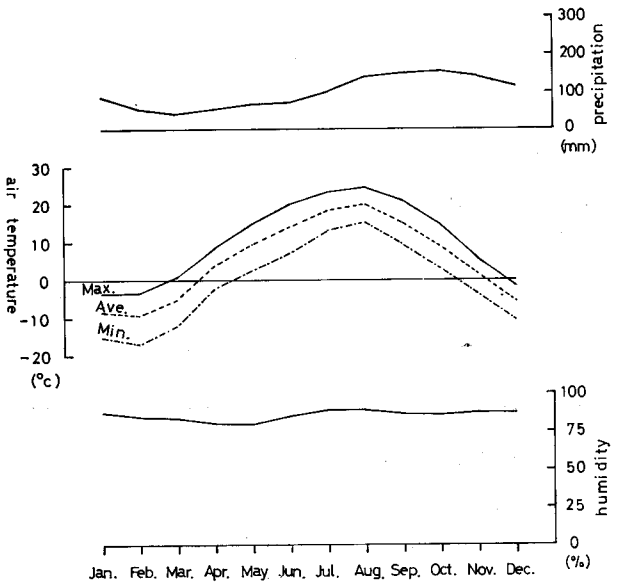
同演習林内における調査林分の詳細は以下のとおりである。

気象累年平均表 (1971～1975 年).
of Hokkaido University (1971-1975).

平均湿度 (%)	降水量 (mm) 総計 (mm)	日最高 (mm)	起日	日照時数 (hour)	平均風速 (m/sec)	最大積雪深 (cm)
87.3	86.7	20.6	Jan. 23, 1974	111.7	3.2	148
84.5	54.7	18.3	Feb. 27, 1974	169.0	3.3	160
83.8	42.1	17.6	Mar. 24, 1974	239.7	3.4	167
80.1	55.5	19.5	Apr. 17, 1973	201.8	3.7	135
79.9	68.7	26.0	May 30, 1973	192.8	3.9	6
85.2	72.5	39.0	June 30, 1972	192.9	2.5	
88.5	101.7	51.0	July 30, 1973	163.3	2.5	
89.0	141.8	83.0	Aug. 26, 1974	162.3	2.3	
86.5	149.8	78.8	Sep. 4, 1974	181.3	2.4	
85.9	155.3	37.5	Oct. 16, 1971	131.1	3.0	
87.3	141.4	54.4	Nov. 8, 1975	75.8	3.2	48
86.9	115.5	21.8	Dec. 23, 1973	73.7	3.3	124
85.4	1,185.7	83.0	Aug. 26, 1974	1,895.4	3.1	167

1. 調査林分 No. 1, No. 2 (林齢 11 年)

No. 1, No. 2 林分は河西 5 林班にあり, No. 1 林分 (0.50 ha) は 8,300 本/ha 植栽, No. 2 林分 (0.50 ha) は 5,000 本/ha 植栽の隣接する密植林分である。植栽は昭和 36 年 (1961 年) 5 月で, 苗齢 5 年, 平均苗長 40 cm の北大演習林札幌苗畑産の苗木が使われた。両林分は演習林庁舎から約 2.1 km 離れ, 南西面傾斜地 (平均斜度 27.5 度) で標高は約 70 m である。基岩は新第三紀中新世稚内層頁岩で, 土壌は一般に礫質壌土であり腐植層を 7 cm 前後有する。既往の山火跡地で, 植栽は No. 1 林分が列間 1.2 m, 苗間 1.0 m 植え, No. 2 林分は列間 1.6 m, 苗間 1.25 m 植えで, 昭和 49 年 9 月の現存本数率は No. 1 林分で 81.6%, No. 2 林分で 80.4% である。保育は昭和 36 年 6, 8 月, 37 年 6 月, 38～40 年各 7 月に下刈りが行なわれ, 昭和 41 年 8 月に除草剤としてデゾレート粒剤が



第 2 図 北大天塩地方演習林の気象 (1971～1975 年).

Fig. 2. Hythergraph at Teshio Experiment Forest of Hokkaido University.

100 kg/ha 散布された。昭和42年7月に下刈り，および残存上木の除伐が行なわれ，再び除草剤80 kg/ha が散布され，昭和43年8月に除伐—枝条整理，巻枯しが残存上木に対して行なわれた。なお，現在まで両林分ともにダケカンバ，ウダイカンバ等の広葉樹上木が保護樹として少数残されている。

調査は昭和47年6月中旬に行なわれたが，No. 1 林分の供試木 No. 8～10 のみは8月末に伐倒調査が行なわれた。両林分の概況は第2表に表わしたとおりである。下枝は No. 1 林分はもとより No. 2 林分でも又，列間もふれ合いはじめたところである。林内の相対照度は東芝5号形照度計で昭和47年8月24日，午前11時47分から午後0時48分にかけて，地上2.0 m から地表まで20 cm ごとに測定した。No. 1 林分では1.0 m，No. 2 林分では1.2 m から急激に相対照度（%）は減少し，地表では No. 1 林分が18.0%，No. 2 林分が16.8% となり，ほぼ同様の数値となった。

第2表　No. 1, No. 2 林分の概況.

Table 2.　General description of investigated stands No. 1 and 2.

項目 ＼ 林分	No. 1 林分	No. 2 林分
調査本数　(本)	123	90
平均根元直径　(cm)	5.91 / 1.9～9.2	5.94 / 1.4～9.5
平均胸高直径　(cm)	2.09 / 0.0～4.6	2.20 / 0.0～5.1
平均樹高　(m)	2.35 / 0.50～4.05	2.37 / 0.50～3.96
胸高断面積合計　(m^2/ha)	3.695	2.397
供試木本数　(本) および胸高直径　(cm)	10 0.45～3.05	7 0.75～3.90
林床植物名	エゾイチゴ，ミヤママタタビ，ツタウルシ，ウド，チシマアザミ，ヨツバヒヨドリ，アキタブキ，セイヨウタンポポ，エゾノタチツボスミレ，ツルリンドウ，スゲ類，シダ類，クマイザサ	

2. 調査林分 No. 3（林齢11年）

No. 3 林分は河西18林班にあり，植栽は昭和39年（1964年）5月で床替4回，平均苗長30 cm 以上，苗齢8年，および床替2回，苗齢6年の同演習林苗畑産の苗木が約3対1の割合で使われた。なお，補植はなされていない。同地は演習林庁舎から約5 km 離れ，南西面の緩斜地（平均斜度18.5度）で標高は約70 m である。基岩は新第三紀鮮新世勇知層で埴質壌土である。既往の山火跡地で，2列植えにより3.83 ha に3,300本/ha 植栽された。保育は昭和39～46年夏に1.5 m 幅の刈り残し，3.5 m 幅条刈りの下刈りが行なわれ，昭和40年7月に除草剤としてデゾレート粒剤が95 kg/ha 散布され，昭和43年8月にも再び散布された（散布量は不明）。昭和45，46年には下刈りの他に蔓切りも実行され，昭和47年7月に坪刈りが行なわれ，昭和48

年10月の現存本数率は74.0%である。林内は造林木保護のため，ハルニレ，オヒョウ，ミズナラ，シラカンバ，ヒロハノキハダなど樹高10m前後の広葉樹が少数残されている。調査は昭和49年9月末に行なわれ，林分の概況は第3表に表わしたとおりである。林床植生としてはクマイザサが優占し，被度4～5で密生しており，列間および苗間での平均稈高は約134cm，刈り残し帯の平均稈高は約140cmである。造林木は苗間で下枝が20cm前後ふれ合っている。

第3表　No. 3 林分の概況.

Table 3.　General description of investigated stand No. 3.

項目＼林分	No. 3 林分
調査本数 (本)	55
平均胸高直径 (cm)	3.65 0.00～6.30
平均樹高 (m)	3.05 1.15～4.40
胸高断面積合計 (m^2/ha)	3.988
平均最下生枝高 (m)	0.17
平均力枝高 (m)	0.63
供試木本数 (本) および胸高直径 (cm)	8 1.20～6.13
林床植物名	ハリギリ，シラカンバ，ケヤマハンノキ，タラノキ，ノリウツギ，エゾイチゴ，ヤマブドウ，ツタウルシ，エゾノサワアザミ，エゾヨモギ，ヨツバヒヨドリ，アキタブキ，エゾコウゾリナ，ウド，エゾゴマナ，スゲ類，クマイザサ

3. 調査林分 No. 4 (林齢18年)

No. 4 林分は河東1林班にあり，植栽は昭和32年（1957年）5月で，床替1～2回，苗齢4～5年の同演習林苗畑産の苗木が11.39 haに列間2.5 m，苗間1.6 mで2,500本/ha植栽された。補植は昭和35，37年5月に行なわれ，合わせて875本/haの苗木が使われた。同地は演習林庁舎から約3 km離れ，北向きの緩斜地（斜度は2～12度）で標高は約25 m，既往の山火跡地である。基岩は新第三紀鮮新世ヌポロマッポロ層で，埴質壌土である。保育は昭和32年8月，33年6，9月，34年8月，35年6，8月に苗木を中心に1.5 m幅条刈りの下刈りが，又，昭和36年7月，37年6月，38年8月，39年7月，41年8月に1.0 m幅の刈り残し，1.5 m幅条刈りの下刈りが行なわれ，昭和42年7月には除草剤としてデゾレート粒剤が80 kg/ha散布された。昭和42年7月，43年には除伐，昭和45～47年5月に蔓切り，除伐，昭和48年に蔓切りが行なわれた。林内は造林木保護のため，樹高9～10 m前後のダケカンバが少数残されている。調査は昭和49年8月上旬に行なわれ，林分の概況は第4表に表わしたとおりである。林床植生としてはクマイザサが若干の大型草本類を交えて，被度ほぼ5で密生しており，平均稈高は約130～140 cmである。造林木は既に下枝が十分ふれ合っており，現存本数率は89.2%で

第4表　No. 4 林分の概況.

Table 4.　General description of investigated stand No. 4.

項目 ＼ 林分	No. 4 林分
調査本数 (本)	302
平均胸高直径 (cm)	6.22 0.00～12.10
平均樹高 (m)	4.38 0.83～6.97
胸高断面積合計 (m^2/ha)	7.931
平均最下生枝高 (m)	0.27
平均力枝高 (m)	1.12
供試木本数 (本) および胸高直径 (cm)	13 1.95～13.15
林床植物名	ハリギリ，ダケカンバ，ナナカマド，ヒロハノキハダ，タラノキ，エゾノバッコヤナギ，イタヤカエデ，ノリウツギ，オオバスノキ，エゾイチゴ，ヤマブドウ，ミヤママタタビ，ツルアジサイ，ツタウルシ，ヨツバヒヨドリ，エゾニウ，ウド，エゾノサワアザミ，ヤマハハコ，ハンゴンソウ，アキノキリンソウ，エゾゴマナ，セイヨウタンポポ，バアソブ，ツルリンドウ，ワラビ，スゲ類，クマイザサ

ある。なお，この本調査に先立ち，昭和48年11月に供試木3本 (No. 36～38) について伐倒し調査を行なっている。

4.　調査林分 No. 5 (林齢38年)

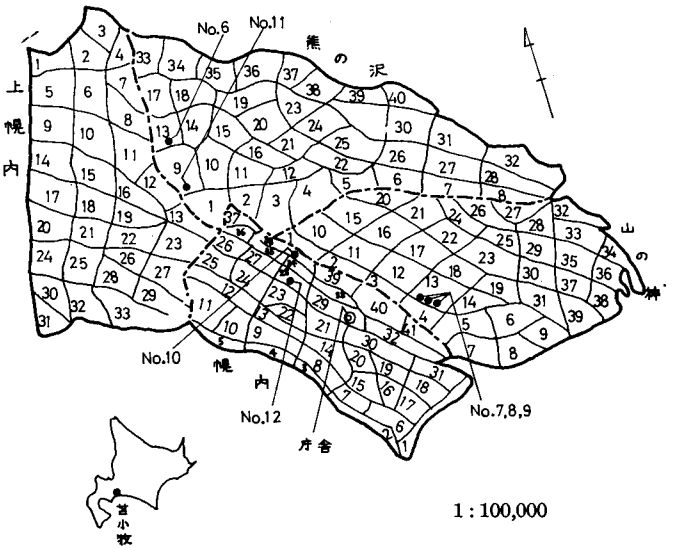
No. 5 林分は河西2林班にあり，植栽は昭和10年 (1935年) 5月で，床替2回，苗齢7年，平均苗長35.5 cm の同演習林苗畑産の苗木が6.87 ha に列間3.0 m，苗間1.5 m で2,175本/ha 植栽された。補植は昭和11年5月に行なわれ，床替2回，苗齢7年，平均苗長43.5 cm の同苗畑産のエゾマツが303本/ha 植栽されたが，現在全くみられない。又，トドマツに交ってドイツトウヒがいくらかみられるが，トドマツとの競争により被圧され上木とはなり得ず，病害によって枯れ，現在残存しているものはほとんどない。同地は演習林庁舎から約4.1 km 離れ，南向きの緩斜地 (平均斜度4度) で標高は約50 m，既往の山火跡未立木地である。基岩は新第三紀中新世稚内層で，土壌は一般に角礫を含んだ砂質壌土で弱湿性，腐植層を9 cm 前後有する。保育は昭和10年に植栽木を中心に幅1 m の条刈りの下刈り，11～14年7月，15年7，8月，17，19年6月に幅1.5 m の条刈りの下刈りが行なわれ，15年2月，35年8月には蔓切り，28年10月には蔓切りと共に枯枝打ちが行なわれた。調査は昭和47年9月末に行なわれ，林分の概況は第5表に表わしたとおりである。林床植生としてはヒロハノキハダ，イタヤカエデ等の広葉樹が下木としてみられ，クマイザサは林冠の疎開した箇所を除いていくらかみられる程度である。造林木の現存本数率は林地の下部でやや疎開していて29.4%，上部で89.2% である。

北海道大学苫小牧地方演習林 (以下，北大苫小牧地方演習林) は北海道苫小牧市字高丘に

第5表 No. 5 林分の概況.

Table 5. General description of investigated stand No. 5.

項目 ＼ 林分	No. 5 林分
調査本数 (本)	343
平均胸高直径 (cm)	14.9 3～27
平均最下生枝高 (m)	3.65
平均力枝高 (m)	4.40
胸高断面積合計 (m^2/ha)	34.947
供試木本数 (本) および胸高直径 (cm)	5 8.00～22.80
林床植物名	ハリギリ, イタヤカエデ, ヒロハノキハダ, ヤチダモ, ナナカマド, シナノキ, ハルニレ, ミズナラ, トドマツ稚苗, タラノキ, エゾニワトコ, ノリウツギ, ツルツゲ, ツルアジサイ, エゾイチゴ, ミヤママタタビ, ツタウルシ, ヤマブドウ, ウド, アキタブキ, エゾコウゾリナ, アキノキリンソウ, チシマアザミ, エゾゴマナ, ミミコウモリ, オニシモツケ, エゾショウマ, ヨツバヒヨドリ, エンレイソウ, セイヨウタンポポ, エゾノヨツバムグラ, オオバコ, エゾノタチツボスミレ, ノブキ, シシガシラ, スゲ類, シダ類, クマイザサ



第3図 北海道大学苫小牧地方演習林における調査林分位置図.

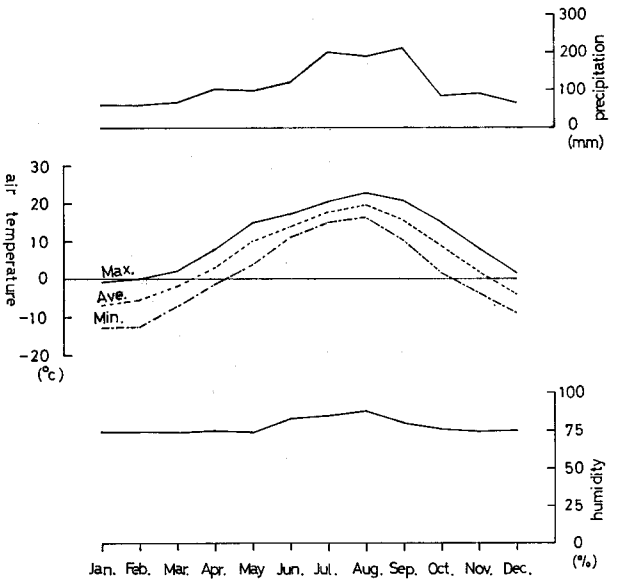
Fig. 3. Situation of Tomakomai Experiment Forest of Hokkaido University and the positions of investigated stands No. 6–12.

第6表　北海道大学苫小牧地方演習林における気象累年平均表 (1956～1965年).

Table 6.　Climate at Tomakomai Experiment Forest of Hokkaido University (1956-1965).

月別	平均気温 (°C)	平均最高気温 (°C)	平均最低気温 (°C)	10年間の最高，最低気温 (°C) 最高 (°C)	起日	最低 (°C)	起日	平均湿度 (%)	降水量 (mm)	降水日数 (day)
Jan.	−6.80	−0.82	−12.80	10.2	Jan. 13, 1964	−26.5	Jan. 24, 1960	73.6	59.0	9.6
Feb.	−5.50	0.03	−12.70	8.2	Feb. 24, 1960	−23.0	Feb. 9, 1956 Feb. 10, 1957	73.8	60.2	10.6
Mar.	−2.08	2.13	− 7.35	10.0	Mar. 18, 1961	−22.5	Mar. 3, 1956	73.6	66.6	7.0
Apr.	2.90	7.75	− 1.56	23.5	Apr. 24, 1961	−12.5	Apr. 3, 1957	74.8	102.2	9.8
May	10.10	14.90	3.70	25.0	May 28, 1958	− 6.5	May 9, 1960	73.8	97.0	9.9
June	13.80	17.30	10.96	29.5	June 28, 1961	2.1	June 2, 1963	82.9	121.8	12.6
July	17.67	20.57	14.98	35.2	July 16, 1958	6.0	July 7, 1962	85.3	202.1	15.9
Aug.	19.45	22.70	16.23	31.2	Aug. 23, 1957	5.5	Aug. 22, 1956	87.6	190.6	15.4
Sep.	15.60	20.60	10.10	30.0	Sep. 2, 1960	− 1.2	Sep. 28, 1964	80.3	212.6	13.5
Oct.	8.65	14.90	1.66	23.5	Oct. 5, 1965	−10.0	Oct. 26, 1961	75.9	83.3	9.6
Nov.	2.08	7.90	− 3.70	17.5	Nov. 5, 1964	−16.5	Nov. 14, 1961	74.5	89.4	9.4
Dec.	−3.90	1.50	− 8.96	10.6	Dec. 8, 1963	−21.5	Dec. 24, 1961	75.6	65.7	10.0
年	5.99	10.80	0.88	35.2	July 16, 1958	−26.5	Jan. 24, 1960	77.5	1,350.5	133.3

所在し，北緯42度40分，東経141度36分に位置し，総面積は2,740 haである（第3図参照）。森林植物帯上からは温帯北部林に属し，主な樹種はミズナラ，アサダ，サワシバ，ハルニレ，ヤマモミジ，ハリギリ，カツラ，シナノキなどの広葉樹である（北大農学部附属演習林，1967）。地質は苫小牧地方の表層数cmの黒色土壌の下は，厚さ3mにもおよぶ新しい放出火山灰未熟土壌が表層に堆積しており，その真下には数mにわたって降灰年代の異なる，かなり風化した樽前火山灰および恵庭火山灰が存在しているといわれる（氏家，1971；氏家・前田，1974）。地形は概して平坦で，海抜5～90mである。同演習林の気候を最近10カ年（1965～1974年）の同演習林の観測資料でみると，年平均気温は6.6°C，年間降水量



第4図　北大苫小牧地方演習林の気象 (1956～1965年).

Fig. 4.　Hythergraph at Tomakomai Experiment Forest of Hokkaido University.

は1,425 mm，平均風速は1.78 m/secで春，夏は南南東，秋，冬は北西ないし北北西の風が強い。積雪は11～4月にみられ，最大積雪深は2月の51.5 cmと少ない。北大苫小牧地方演習林の気象は，北大天塩地方演習林のそれに比べ，年間降水量がやや多く，それはとくに7～9月によく表われている。気温は年平均および月別の傾向においてもあまり相違はみられないが，湿度では年平均77.5%で，後者の85.4%に比べやや低くなっている (北大農学部附属演習林，1956～1975)。又，苫小牧地方は春から夏にかけて海霧により日照時間が不足し，冬季は積雪量が少ないため土壌の凍結が起るなど気象条件はかなり厳しい (第6表，第4図参照)。

同演習林内における調査林分の詳細は以下のとおりである。

1. 調査林分 No. 6 (林齢9年)

No. 6林分は413林班 (旧熊の沢事業区13林班) にある。昭和41年 (1966年) 5月に床替2回，苗齢5年，平均苗長約25 cmの同演習林苗畑産の苗木が，列間2.0 m，苗間1.2 mの方形植えで1.15 haに4,174本/ha植栽された。補植は昭和42, 43年の5月に行なわれ，床替2回，苗齢5年，平均苗長約30 cmの同苗畑産の苗木が合わせて約300本/ha使われた。同地は演習林庁舎から約3.3 km離れた平坦地で標高は約78 m，植栽前は広葉樹林で昭和40年度の皆伐跡地である。保育は昭和41, 42年8月，43年9月，44, 45年8月，46年7月に下刈りが行なわれ，

第7表 No. 6 林分の概況.

Table 7. General description of investigated stand No. 6.

項目 ＼ 林分	No. 6 林分
調査本数 (本)	75
平均根元直径 (cm)	3.63 1.8～6.8
平均樹高 (m)	1.58 0.87～2.75
胸高断面積合計 (m^2/ha)	0.506
平均最下生枝高 (m)	0.12
平均力枝高 (m)	0.58
供試木本数 (本) および胸高直径 (cm)	8 0.00～3.58
林床植物名	サワシバ，シウリザクラ，ケヤマハンノキ，イタヤカエデ，アオダモ，ハルニレ，アサダ，アズキナシ，ヤマモミジ，ミズナラ，ハリギリ，ホオノキ，シナノキ，キタコブシ，ヒロハノキハダ，タラノキ，エゾノバッコヤナギ，ヤマグワ，ワタゲカマツカ，イヌコリヤナギ，ツリバナ，ナニワズ，エゾイチゴ，ミヤママタタビ，ツルウメモドキ，チョウセンゴミシ，ツタ，ヤマブドウ，ヤマウルシ，ツタウルシ，ノイバラ，ハンゴンソウ，エゾショウマ，エゾヨモギ，フッキソウ，エゾゴマナ，エゾコウゾリナ，ヤマハハコ，セイヨウタンポポ，オトギリソウ，ヌスビトハギ，キンミズヒキ，モミジガサ，エゾノコンギク，ヒメジョオン，ウマノミツバ，エゾフユノハナワラビ，オシダ，イワノガリヤス，クマイザサ

47年10月の造林木の現存本数率は83.2%である。林分の周囲は胸高直径約5～100 cm，樹高約5～18 mの，エゾマツ，トドマツを少数交えたミズナラ，シナノキ，ダケカンバ，アズキナシ，コシアブラ，ケヤマハンノキ等の広葉樹林で囲まれているが，凍霜害がいくらかみられる。調査は昭和49年10月上旬に行なわれ，林分の概況は第7表に表わしたとおりである。林床植生としては蔓性の木本類，潅木，陽性の草本類が繁茂し，ササはほとんどみられない。

2. 調査林分 No. 7, No. 8, No. 9 (林齢12年)

No. 7, No. 8, No. 9 林分は313林班(旧山の神事業区13林班)にあり，No. 7 林分(0.36 ha)は8,000本/ha植栽，No. 8 林分(0.24 ha)は4,500本/ha植栽の密植林分であり，No. 9 林分(0.216 ha)は3,000本/ha植栽で相隣接している。植栽はいずれも昭和36年(1961年)5月に行なわれた。同地は演習林庁舎から約0.8 km離れ，南西面の緩斜地(平均斜度20度)で標高は約40 m，植栽前はドイツトウヒ造林地で昭和35年度の伐採跡地である。土壌は約10 cmの腐植層およびA層の下は火山砂礫となっている。林地の下部から中部にかけて凍霜害が多くみられ，補植は昭和38～40年度に行なわれ，合わせてNo. 7 林分では3,245本/ha，No. 8 林分では1,821本/ha，No. 9 林分では1,217本/ha植栽された。なお，新植，補植とも苗木の性状は不明である。保育は昭和36年9月，37年8月，38年7, 8月，39年6, 8月，40年8月，41年9

第8表　No. 7, No. 8, No. 9 林分の概況.

Table 8.　General description of investigated stands No. 7, 8 and 9.

項目＼林分	No. 7 林分	No. 8 林分	No. 9 林分
調査本数 (本)	118	92	35
平均根元直径 (cm)	4.92 / 1.80～8.40	5.18 / 2.90～8.10	4.93 / 2.70～7.30
平均胸高直径 (cm)	2.29 / 0.00～5.20	2.31 / 0.00～5.40	2.05 / 0.00～4.50
平均樹高 (m)	2.19 / 0.87～3.60	2.08 / 1.00～3.60	1.94 / 1.05～2.71
胸高断面積合計 (m^2/ha)	4.358	2.426	1.249
供試木本数 (本)	1	1	1
および胸高直径 (cm)	2.50	2.50	2.00
林床植物名	シナノキ，チシマザクラ，アズキナシ，ヤマモミジ，タラノキ，ワタゲカマツカ，ニシキギ，チョウセンゴミシ，エゾイチゴ，ヤマブドウ，ツルアジサイ，アキノキリンソウ，ウマノミツバ，セイヨウタンポポ，エンレイソウ，タネツケバナ，エゾノタチツボスミレ，ゲンノショウコ，スゲ類，シダ類	チシマザクラ，ヤマモミジ，シラカンバ，エゾノバッコヤナギ，エゾイチゴ，チョウセンゴミシ，ヤマブドウ，ヤブマメ，アキノキリンソウ，エゾヨモギ，ミツモトソウ，タネツケバナ，タガネソウ，スゲ類，ヒカゲノカズラ	ミズナラ，アズキナシ，チシマザクラ，エゾイチゴ，チョウセンゴミシ，エゾヨモギ，アキノキリンソウ，タガネソウ，スゲ類

月，42年9月，43年6，9月，44年7月，45年7，9月に下刈りが行なわれた。調査は昭和47年9月中旬に行なわれ，林分の概況は第8表に表わしたとおりである。林床植生はNo. 7，No. 8林分では蔓性の木本類，潅木，草本類が繁茂するが，No. 9林分では比較的少ない。補植後も林地の下部から中部にかけて凍霜害がみられ，このため現存本数率はNo. 7林分で40.69%，No. 8林分で36.36%，No. 9林分で77.96%となっているが，最近数年間は被害木も少なく生長は順調であり，Na. 7林分はもとよりNo. 8林分においても列間の下枝がふれ合いはじめている。

3. 調査林分 No. 10 (林齢35年)

No. 10林分は138林班(旧幌内事業区38林班)にある。植栽は昭和13年(1938年)5月で，床替1回，苗齢6年，平均苗長37.5～38.0 cmの同演習林苗畑産の苗木が1.95 haに列間2.7 m，苗間1.5 mで2,437本/ha植栽されたが，補植は行なわれていない。同地は演習林庁舎から約0.85 km離れ，南西面の緩斜地～台地(斜度は3～13.5度)で標高は約60 m，植栽前は広葉樹林で昭和11年秋季から12年春季の間の皆伐跡地である。土壌は約5 cmの腐植層，および火山砂礫をやや交えた約8 cmのA層の下は火山砂礫となっている。林内はかなりうっ閉しており暗く，又，土壌は適潤である。保育は昭和13～17年夏に下刈り，22年7月，26年11月に蔓切り，除伐，34年1，10月に除伐，39年に蔓切り，除伐が行なわれた。調査は昭和47年12月上旬に行なわれ，林分の概況は第9表に表わしたとおりである。林床植生としてはミズナラ，

第9表 No. 10林分の概況.

Table 9. General description of investigated stand No. 10.

項目 ＼ 林分	No. 10 林分
調査本数 (本)	217
平均胸高直径 (cm)	12.02 / 2～25
平均最下生枝高 (m)	2.89
平均最下枯枝高 (m)	1.34
胸高断面積合計 (m^2/ha)	29.771
供試木本数 (本) および胸高直径 (cm)	5 5.00～21.30
林床植物名	ミズナラ，ハリギリ，ヤマモミジ，イタヤカエデ，カツラ，シナノキ，アズキナシ，ホオノキ，ヒロハノキハダ，アサダ，サワシバ，アオダモ，コシアブラ，チシマザクラ，タラノキ，ニガキ，ノリウツギ，マユミ，フッキソウ，コクワ，チョウセンゴミシ，ツルウメモドキ，ヤマブドウ，ミヤママタタビ，ツタウルシ，ツルアジサイ，ハンゴンソウ，ミミコウモリ，エゾショウマ，アキノキリンソウ，エゾノサワアザミ，シャク，ハエドクソウ，ウマノミツバ，オオウバユリ，ヌスビトハギ，エンレイソウ，ツルリンドウ，タチマンネンスギ，ホソバノトウゲシバ，エゾフユノハナワラビ，オシダ

第10表 調査林分の概況一覧表 (No. 1～10 林分).

Table 10. Table of the general description of investigated stands No. 1–10.

Item \ Stand No.	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10
No. of investigated trees (No.)	123	90	55	302	343	75	118	92	35	217
Mean RD (cm)	5.91 1.9～9.2	5.94 1.4～9.5				3.63 1.8～6.8	4.92 1.80～8.40	5.18 2.90～8.10	4.93 2.70～7.30	
Mean DBH (cm)	2.09 0.0～4.6	2.20 0.0～5.1	3.65 0.00～6.30	6.22 0.00～12.10	14.9 3～27		2.29 0.00～5.20	2.31 0.00～5.40	2.05 0.00～4.50	12.02 2～25
Mean H (m)	2.35 0.50～4.05	2.37 0.50～3.96	3.05 1.15～4.40	4.38 0.83～6.97		1.58 0.87～2.75	2.19 0.87～3.60	2.08 1.00～3.60	1.94 1.05～2.71	
Mean clear length (m)			0.17	0.27	3.65	0.12				2.89
Mean height of the largest spreading branch (m)			0.63	1.12	4.40	0.58				
Total BA (m^2/ha)	3.695	2.397	3.988	7.931	34.947	0.506	4.358	2.426	1.249	29.771
No. of sample trees (No.)	10	7	8	13	5	8	1	1	1	5
DBH (cm)	0.45～3.05	0.75～3.90	1.20～6.13	1.95～13.15	8.00～22.80	0.00～3.58	2.50	2.50	2.00	5.00～21.30
Planting year and month	May, 1961	May, 1961	May, 1964	May, 1957	May, 1935	May, 1966	May, 1961	May, 1961	May, 1961	May, 1938
Stand age	11	11	11	18	38	9	12	12	12	35
Planting trees density (No./ha)	8,300	5,000	3,300	2,500	2,175	4,174	8,000	4,500	3,000	2,437

注): 測定を行なわなかった項目については空白とした。

コシアブラ，イタヤカエデ等の広葉樹が下木として少数散在する他，蔓性の木本類，潅木，草本類がまばらにみられる。造林木の現存本数率は77.96%であった。

以上に述べた各調査林分の概況を一覧表に表わすと第10表のとおりである。又，本論文で用いた略記号は第11表のとおりである。

第11表　本論文で用いた略記号一覧表.

Table 11.　Table of the code address used in this study.

根元直径	Diameter at ground level	RD
胸高直径（地上1.3 m）	Diameter at breast height 1.3 m above the ground	D or DBH
樹高	Tree height	H
胸高断面積	Basal area	BA
(胸高直径)^2×樹高	Square of diameter at breast height multiplied by tree height	D^2H
幹材積（皮つき）	Stem volume (with bark)	(V)
皮なし幹材積	Stem volume without bark	V
生重量	Fresh weight	Fw
乾重量	Dry weight	Dw
樹体幹重量	Weight of tree stem	Ws
樹体枝重量	Weight of tree branch	WB
樹体葉重量	Weight of tree leaf	WL
樹体地上部非同化器官重量	Weight of non-assimilation parts of tree above the ground	WTC
樹体地上部全重量	Weight of whole parts of tree above the ground	WT
樹体地下部重量	Weight of tree root under the ground	WR
樹体全重量	Weight of whole parts of tree	W

第4章　調査方法の検討

第1節　供試木および樹体各器官の物質現存量

供試木本数は各実地調査林分によって異なり，第12表に表わしたとおりである。供試木の選定の仕方はNo. 1林分（供試木No. 1～7），No. 2林分（供試木No. 11～17）については既に明らかにしているが（春木ら，1972），No. 1林分ではこの他更に，胸高直径の中央階付近から3本の供試木を有意に選定してこれに加え，供試木No. 8～10とした。他のNo. 3～10林分についてはまず，植栽が列状になされていることから無作為に数列を抽出し，これらの列内の林縁木を除く造林木について樹高，胸高直径，根元直径，枝張り，力枝高，最下生枝高などの毎木調査を行なった。次に，No. 7，No. 8，No. 9林分については樹高および胸高直径から各林分内の標準木を1本ずつ選定して供試木No. 52，53，54とした。No. 3～No. 6林分およびNo. 10林分については，各林分ごとに胸高直径階別本数分布表を作成し，各直径階を代表するように直径分布と見あわせて各林分内から供試木を選定して供試木No. 18～25，No. 26～38，No. 39～43，No. 44～51，およびNo. 55～59とした。

第12表　調査林分と供試木本数 (No. 1～No. 10 林分).

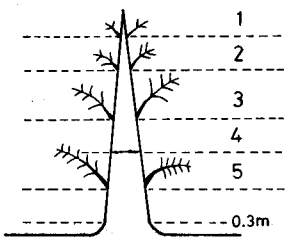
Table 12.　Investigated stands No. 1–10 and size of the sample trees.

Stand No.	No. of sample trees	DBH of the sample trees (cm)
1	10	0.45 0.50 1.45 2.25 2.30 2.70 2.90 3.00 3.00 3.05
2	7	0.75 1.40 2.00 2.40 2.80 3.80 3.90
3	8	1.20 2.98 3.43 4.48 4.53 4.58 5.30 6.13
4	13	1.95 3.93 4.68 5.23 5.85 6.00 6.27 7.23 7.95 8.53 9.13 9.20 13.15
5	5	8.00 11.46 16.43 19.90 22.80
6	8	0.00 (H: 128.9 cm) 0.75 1.25 1.55 2.08 2.10 2.65 3.58
7	1	2.50
8	1	2.50
9	1	2.00
10	5	5.00 10.40 13.80 18.30 21.30

供試木はいずれも1本ずつ枝張りを測定し，根際[注)]から伐倒して胸高直径，樹高，力枝高，最下生枝高，枝階長（枝階間の幹の長さ），枝階ごとの幹の直径などを測定した。次いで，後述する枝階別刈取り法によって枝階別に幹，枝葉を分離し，枝葉についてはこれも後述する枝階別枝，葉量推定法を用いて枝と葉のそれぞれの生重量および乾重量を求めた。幹についてもそれぞれ樹幹析解を行なった後，生重量，乾重量，および幹材積を求めた（附表1. 参照)。

この他に，北大天塩地方演習林苗畑の昭和41年5月播種の3回床替，据置きの苗木 (49本/m² 植え，同演習林産) 11本，および北大演習林札幌苗畑の昭和42年5月播種の3回床替，据置きの苗木 (49本/m² 植え，北大雨竜地方演習林産) 10本についても，前者は昭和49年6月上旬，後者は同5月中旬に無作為に抽出して，それぞれ供試苗木 No. 76～86, 87～96 とした。測定の方法は前述のとおりであるが，枝葉については葉を全てつみ取り，枝と葉それぞれの実重量を求めた (附表3. 参照)。

なお，No. 1 林分および No. 2 林分の供試木 No. 1～7, 11～17 についてのみ，四大学合同調査班 (1960) が行なっているのと同様の層別刈取り法によって刈り取りを行なった。



備考：輪生枝が何らかの被害により痕跡だけであっても同様に分ける (例. 第4枝階)。なお，枝階数は生枝を有する枝階（最も下部の枝階）まで数える。

第5図　枝階別刈取り法による枝階の区分と名称.

Fig. 5.　Division and the name of stair whorl branch which corresponds to whorl branch stratum method.

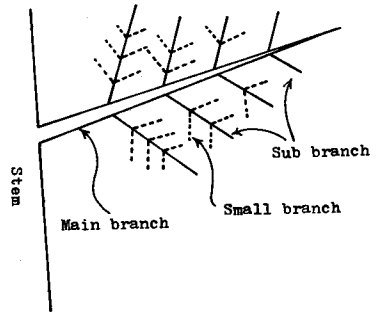
第2節　枝階別刈取り法および枝葉各部の区分

枝階別刈取り法による枝階の区分と名称は第5図に示したとおりである。トドマツ，エゾマツ，アカエゾマツなど北

注)：根際とは，ここでは幹と根株の境界面で，幹から出ている最上部の根の直上部とし，ここを伐倒面 (地上 0.0 m 高) とした。供試苗木 No. 76～96 についても同様である。

海道の主要針葉樹種では，その枝は毎年輪生枝として出現してくるものであり，非輪生枝に比べ樹木全体の枝葉量の大部分を占める注)。造林木の輪生枝階は天然木のそれに比べ，枝が枯れ落ちた後も，よくその痕跡をとどめており，又，枝階は一年に一つずつ上昇してゆくことから，これにより幹，枝，葉の各量の分布の年次的推移は明らかとなる。

トドマツはスギ，ヒノキ等と異なり，枝の緑軸部は当年生枝にしかみられず，又，枝と葉の区分は明らかである。枝葉の区分と名称は第6図に示したとおりで，1次枝，2次枝，3次枝とし，この区分は各部が更に枝と葉とに分けられる。



注): Main branch: First order branch (1次枝), Sub branch: Second order branch (2次枝), Small branch: Third order branch (3次枝).

第6図　樹枝の区分と名称.

Fig. 6. Division and the name of each part in tree branch.

1) 生重量および乾重量

供試木は伐倒して枝階別に幹，枝葉に分離した後，直ちにこれら各部分について0.2 kg～30 kg秤量の各種の台ばかりを用いて，現場で生重量の測定を行なった。枝葉を枝と葉とに分離することは多大の労力と時間とを要する作業であり，実際上，供試木の枝葉の全てを枝と葉とに分離することは，とくに針葉樹種では至難といえる。このため簡易かつ精度の高い，後述する幾つかの推定法を必要とした。これらの推定法により最終的に抽出した枝葉サンプルは直ちにビニール袋に入れた後，調査地近くの実験室に持ち帰り，枝と葉とに分離し，生重量の測定を行なった。

ビニール袋に密封中の蒸散による重量減少率を新葉，1次枝，2次枝，3次枝について調べたところ，15分後に約0.03～0.05%，30分後に0.16～0.17%の減少を示した。又，約26時間後に2.65～6.87%，50時間後に8.11～18.54%，77時間後に12.84～26.78%と増大する。このため短時間の間に枝葉サンプルを実験室で取り出し，再び重量を測定し，枝と葉とに分離した後，それぞれの重量を測定し，枝と葉との重量比から各枝階別の枝，葉重量の比推定を行なった。なおこの場合，枝と葉の蒸散による重量減少率は同じものとみなした。

これまで森林の物質生産に関する調査・研究においては，重量は多くの場合乾重量として求められ，又，生重量，乾重量の両者について報告しているものは極めて少ない。これに対して著者は，枝，葉は含水率，含有養分率も異なるものであり，樹木に付いて生育している時点から生重量として求められることが必要と考えている。又，樹木の枝，葉は各枝階，枝により含水率が異なるもので，トドマツについても認められたが，これを乾重量として包括してしまうことは，かなり現実にそぐわないものであろう。以上のことから，今後は森林内の物質生産

注): 著者が林齢35年および38年のトドマツ造林木合計10本について調査したところによると，9本までが，輪生枝が全体の78～96%の重量を占め，残り1本が56%を占めていた。

を生重量についてとらえ解析してゆく方向へ向うものと考え，一方これまでのこの種の調査・研究報告との比較，検討を行なう上から，全供試木の樹体各器官の物質現存量を生重量および乾重量について求めた。

乾重量は乾燥器内において，90°C で十分乾燥し，絶乾重量とした[注)]。幹については枝階別の幹部全体を乾燥し，絶乾重量を測定したが，No. 5 および No. 10 林分の供試木については，これらの幹重量，容積が大きく困難なため，各枝階別の円板を採取し，この乾重比を用いて枝階別の幹の絶乾重量を求めた。枝，葉については，葉の全つみ取りを行なった1次枝，あるいは2次枝ではそれぞれ枝，葉重量の10% 前後をサンプルとして無作為に抽出し，これを乾燥して生重量に対するこの乾重比から，乾重量の比推定を行なった。又，抽出単位全体については，生重量推定時に，各推定法により最終的に抽出して用いた枝，葉サンプルを乾燥し，生重量に対するこの乾重比から乾重量の比推定を行なった。これらを合計して，各枝階における枝，葉の乾重量とした。なお，供試木の枝階別の幹，枝葉の生重量を現場で測定する際，分離した後，秤量までに要するわずかな時間内の蒸散による重量減少については無視できるほど少ないものとし，いずれも秤量時の重量を生重量とした。

2) 材　　積

枝階別に分離した樹幹の各部分について樹幹析解を行なった。幹材積はこの樹幹の各部分についてそれぞれ求め，この合計をもって供試木1本あたりの幹材積とした。なお，幹材積の算定は Smalian 式による区分求積法を用いた。

第3節　枝階別枝，葉量の推定方法

1) 枝階別枝，葉量の推定方法

枝，葉量の全数調査は比較的小さな林木については行ないうるが，時間と労力を多く要し，大きなクローネをもつにつれて伐採時における多くの誤差要因を含む上，非常に多くの時間，労力，経費を要するので実際上不可能に近い。針葉樹では広葉樹に比べ一層困難である。このため，全数調査法に対して部分測定法にあたる各種の標本調査法が考えられている。標本抽出単位として考えられるものの一つに側枝があり，大隅ら (1971) はこの方法には細かく分けると，1. 標本側枝（基部断面積平均側枝）による葉量の推定，2. 側枝の基部直径と葉の重量との関係を利用する回帰推定，3. 単純無作為抽出法による葉量の推定，4. 副次抽出法による葉量の推定，等があると述べている。これまでのこの種の研究においては，層別刈取り法によって立木を層別に刈り取った後，各層ごとに少量の枝葉をサンプルとして抽出し，葉をつみ取り，枝と葉の重量を測定する。次いで，この枝と葉の重量比から各層ごとの枝，葉重量を比推定しているものであるが，推定差や具体的な推定方法等についてはほとんど明らかにされていない

注)：草本植物，作物について岩城 (1971) は，約 80°C で十分乾燥した上で測定を行ない乾燥重量としている。樹木ではヒノキについて只木ら (1968) は 80°C で2昼夜乾燥したものを測定し，絶乾重としているが，佐藤 (1973) は 85～90°C で十分乾燥し，これを絶乾重としている。本研究ではこの上限である 90°C で十分乾燥した上で測定し，絶乾重量とした。

ものが多い。

樹木は樹齢を増すにつれて個々の枝の内部においても葉の枯れ上りが起こり，各枝によってこの枯れ上り方，枝の大きさ，太さ，葉のつき方，葉量などにはばらつきが大きくなる。このため，前述の 4. 副次抽出法による葉量の推定，が最も適当であろうと考えられた。

枝階別の枝，葉量の推定は，枝階ごとに全枝葉重量を測定した後，1次抽出単位間の大きさの均等化を図るため，1次抽出単位を 2, 3 次枝とし，1次枝については葉の全つみ取りを行ない，このようにして各枝階の枝の太さ，大きさ，本数，葉のつき方，葉量等のばらつきに起因すると思われる推定差の僅少化に考慮を払った。1次抽出単位からの抽出の仕方の違いによる幾つかの推定法を検討し，それぞれ枝階別2段抽出法，枝階別1段抽出法，枝階別少量抽出法と称した[注)]。

枝階別2段抽出法は著者を含むグループにより，枝階別無作為抽出—比率法，枝数法，枝長率法，および枝階別有為抽出—比率法，枝数法，枝長率法ともども単木の枝，葉量推定に試みて検討を加え，その結果，単木全体の推定差は ±0.14～1.41% と良好であることが明らかになっている。この際の枝階別枝葉全重量に対する枝階別抽出枝葉重量の割合，すなわち枝階別抽出率はほぼ 7～30% の範囲におさまり，又，枝階別枝葉全重量に対する（枝階別推定葉重量－実重量）の割合，すなわち枝階別推定差は ±4.70% 以内であった（中須賀ら，1972)。

次に，枝階別2段抽出法を更に大きな林齢の，標本抽出単位間の大きさのばらつきが大となる林木に適用することは適当ではないと考え，このような単木の枝階別枝，葉量を推定するために，枝階別2段抽出法の変形方法として枝階別1段抽出法を単木の枝階別枝，葉量推定に試みて検討を加え，その結果を明らかにしている（春木ら，1973)。枝階別1段抽出法は，1次枝から切り離した2次枝についても全て葉をつみ取り，3次枝のみを標本抽出単位として1次抽出を行ない，次いでこの第1次標本から次式により枝階別の枝，葉重量の推定を行なうものである。

1. $3\text{次枝葉重量}(l_3) = 3\text{次枝合計重量} \times \dfrac{3\text{次枝サンプル葉重量}}{3\text{次枝サンプル合計重量}}$

2. 各枝階葉重量 $(Lm) = 1$ 次枝葉重量 $(l_1) + 2$ 次枝葉重量 $(l_2) + 3$ 次枝葉重量 (l_3)

3. 単木の全葉重量 $(L) =$ 第1枝階葉重量 $(L_1) +$ 第2枝階葉重量 (L_2)
$+ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots +$ 第 n 枝階葉重量 (Ln)

枝重量についても同様に算出できるが，枝葉合計重量から葉重量を差し引けばよい。

この際，前述の枝階別抽出率は生重量で約 2.21～7.66%（乾重量で約 2.47～7.89%）の範囲であり，又，各枝階の3次枝合計重量に対する抽出率では生重量で約 6.49～14.22%（乾重量で約 6.05～15.80%）であった。又，枝階別推定差は乾重量で ±6.01% 以内であり，±5% をこえ

注)：安藤ら (1959) は副次抽出法により，スギの単木の枝，葉量推定を行なっているが，これは各層について，各層に含まれる枝全てを1次抽出単位としており，1次抽出単位間の大きさの均等化の点から，ここではこの方法を用いなかった。

ることはほとんどなかった。枝階別1段抽出法は枝階別2段抽出法に比べてやや手数がかかるが，1次抽出単位の数を多くすることにより第1次標本の量を減らし，簡易化することができる。

次に，単木の枝階別枝葉量が少なく，あるいは枝階によっては他の枝階に比べ2，3次枝の大きさのばらつきが小さい場合の枝階別枝，葉量推定法として枝階別少量抽出法を考え検討を加えた。枝階別少量抽出法は，1次枝から切り離した2次枝以下を標本抽出単位として1次抽出を行ない，次いでこの第1次標本から次式により枝階別の枝，葉重量の推定を行なうものである。

1. 2次枝以下葉重量 (l_2) = 2次枝以下合計重量 × $\dfrac{\text{2次枝以下サンプル葉重量}}{\text{2次枝以下サンプル合計重量}}$

2. 各枝階葉重量 (Lm) = 1次枝葉重量 (l_1) + 2次枝以下葉重量 (l_2)

3. 単木の全葉重量 (L) = 第1枝階葉重量 (L_1) + 第2枝階葉重量 (L_2)
+ …… + 第n枝階葉重量 (Ln)

枝重量についても同様に算出できるが，枝葉合計重量から葉重量を差し引けばよい。

枝階別少量抽出法は，次節で述べる形態不良木を主たる対象として試み，検討を加えた。又，これとは別に前述の枝階別1段抽出法は，手数の多さを省くために枝階別に3次枝について，3次枝合計重量の多少に応じ抽出量を変えて試み，その結果を明らかにしている（春木ら，1973)。すなわち，この際の枝階別抽出率は生重量で約3.79～20.26％の範囲であり，各枝階の3次枝合計重量に対する抽出率では生重量で約15.72～30.91％であった。枝階別推定差は乾重量で±0.03～7.18％の範囲となったが，±3％をこえることはほとんどなかった。又，枝階別1段抽出法および枝階別少量抽出法を併用した単木全体の枝，葉重量の推定差は±0.55～2.12％と良好であった。

2) ま と め

1. 枝階別2段抽出法，枝階別1段抽出法，および枝階別少量抽出法における，枝階別の抽出単位からの標本抽出率は10～20％を目標とした。すなわち，抽出単位数は5～10個となるようにして抽出―推定を行なった。この結果，後述する形態不良木についての検討を含め，いずれの枝，葉量推定法によるものも少しずつ枝階別推定差のばらつきは異なるが，ほぼ±5～6％の範囲におさまることがわかった。

本論文においては，枝階別枝，葉量推定法を用いたいずれの供試木についても，最初に実測した後抽出―推定を行なうため，枝階別の枝葉合計重量は正確である。又，枝階別枝，葉重量の推定差も上述の如く±5～6％の範囲におさまったものと考えた。

2. 以上に述べた枝階別枝，葉量推定法のうち，枝階別2段抽出法を用いてNo. 1, No. 2, No. 5, No. 7, No. 8, No. 9林分の供試木No. 1～17, 39～43, 52～54について，又，枝階別1段抽出法および枝階別少量抽出法を併用し，あるいは後者によってNo. 3, No. 4, No. 6,

No. 10 林分の供試木 No. 18～38, 44～51, 55～59 について枝階別枝，葉量を求めた。供試木 No. 60～75 の形態不良木については，既に述べた枝階別少量抽出法を用いて枝階別，および単木全体の枝，葉量を求め検討した。供試苗木 No. 76～96 については葉の全つみ取りによって枝，葉ともに実重量を求めた。

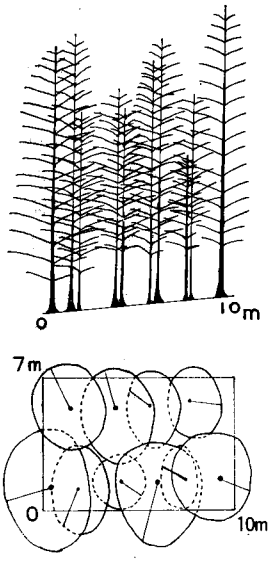
第4節　形態不良木に対する枝，葉量推定法の適用

1) 形態不良木および供試木

ここで述べる形態不良木とは，寺崎 (1905) の樹幹級区分で第2級木の b, c, および第4級木の被圧木にあたる。すなわち，造林地においては植栽後，生育に伴って生長差が現れ始め，それは樹幹級区分（第1～5級木）で表現されるような樹型を示すに至る。優勢木の中で，第1級木を除く第2級木では樹幹と樹冠の発達のアンバランスが目立つものであり，劣勢木の中で第4級木についても又，このことがいえる。このようなものを，ここでは形態不良木と称することにする。

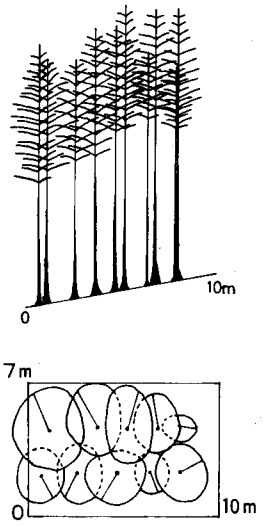
既に述べた各枝，葉量推定法を実地に検討した供試木，又，これらの推定法を使用して枝，葉量を求めた他の供試木についても，各林分において上，中，下層を問わず林冠各層から得たものではあったが，形態不良木といえるものは少ない。なお，これら枝階別2段抽出法，ならびに枝階別1段抽出法および枝階別少量抽出法を使用した調査林分を各々1個ずつ選び，小面積の帯状区を設定して林木配置と樹冠投影を図示すると第7, 8図および第9, 10図のとおりである。

この項では，前述の枝，葉量推定法が形態のほぼ正常な林木以外の形態不良木においても



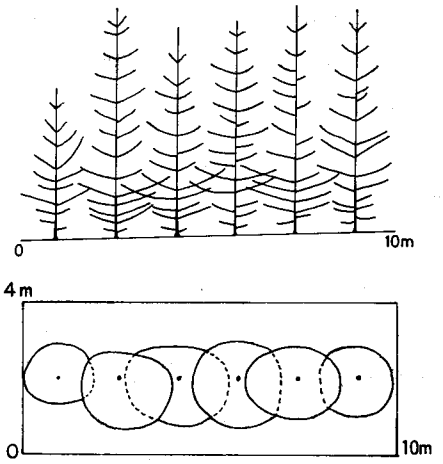
第7図　調査林分 No. 5, 帯状区 I (10×7) m².

Fig. 7. Belt-transect I in investigated stand No. 5.



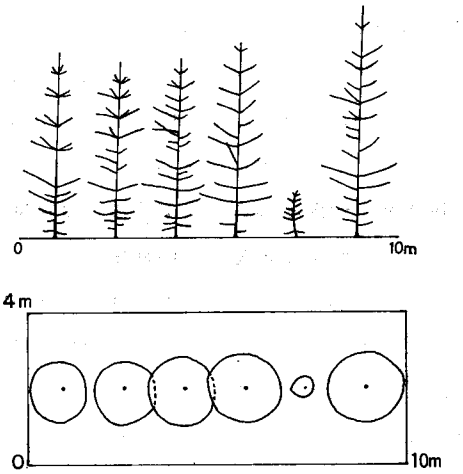
第8図　調査林分 No. 5, 帯状区 II (10×7) m².

Fig. 8. Belt-transect II in investigated stand No. 5.



第9図　調査林分 No. 4, 帯状区 I (10×4) m².

Fig. 9. Belt-transect I in investigated stand No. 4.



第10図　調査林分 No. 4. 帯状区 II (10×4) m².

Fig. 10. Belt-transect II in investigated stand No. 4.

十分使用できるかどうかを知ることは，枝，葉量推定法を含む本研究の実際の応用面を間伐，枝打ち等の林分保育のための諸作業に広げてゆく上で欠かすことはできないと考え，これを実地に供試木を選んで調べ，検討を試みた。調査は北大苫小牧地方演習林における樹下植栽地，および旧林間苗圃跡の放置トドマツ林について行ない，更に北大天塩地方演習林のほぼ一斉の

第13表　調査林分と供試木 (No. 11～No. 13 林分).

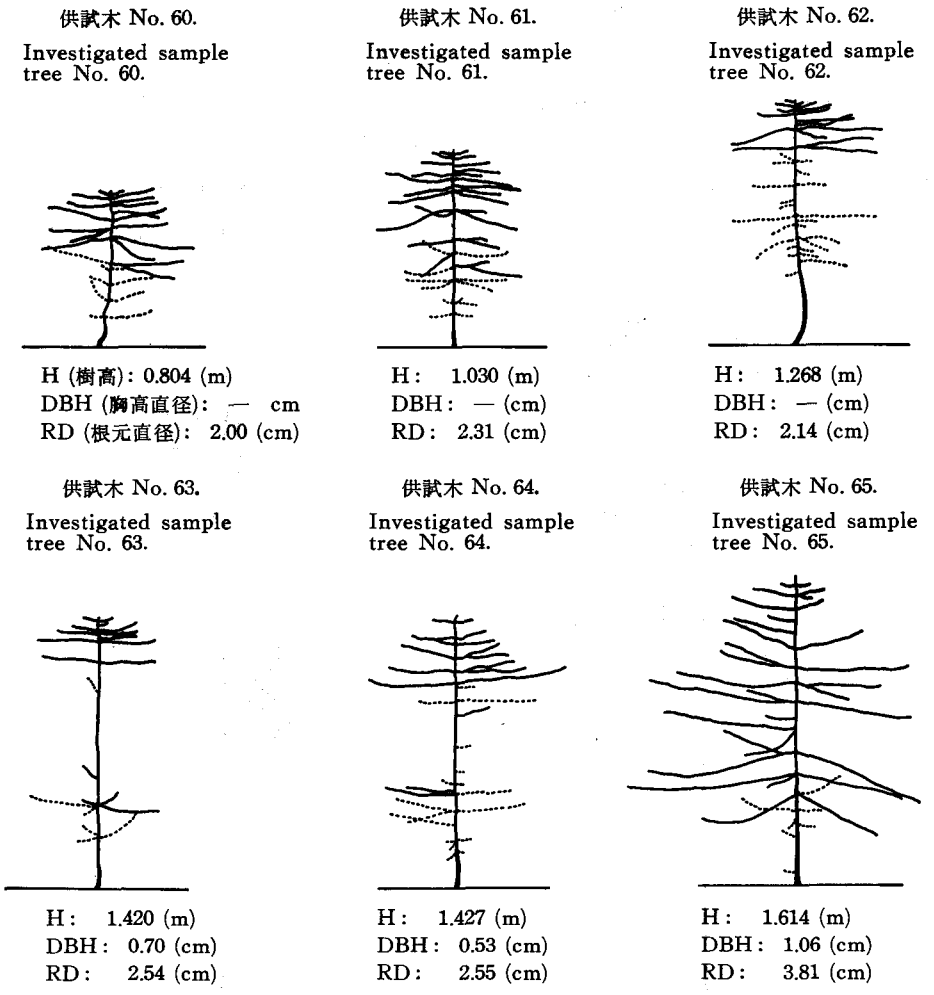
Table 13. Size of the sample trees in investigated stands No. 11–13.

Stand No.	Sample tree No.	H (cm)	DBH (RD) (cm)	
No. 11	60	80.4		(2.00)
	61	103.0		(2.31)
	62	126.8		(2.14)
	63	142.0	0.70	(2.54)
	64	142.7	0.53	(2.55)
	65	161.4	1.06	(3.81)
No. 12	66	290.5	2.31	(3.09)
	67	313.7	2.35	(2.89)
	68	366.9	3.53	(4.50)
	69	425.3	3.01	(3.58)
No. 13	70	66.9		(1.31)
	71	69.3		(1.15)
	72	98.1		(2.36)
	73	149.7	0.91	(3.86)
	74	174.0	1.38	(3.20)
	75	203.0	1.59	(3.10)

天然更新地のトドマツを比較のため同様に調べた。調査林分の概要は次のとおりである。又，各供試木の大きさは第13表のとおりである。

i) 樹下植栽地 (No. 11 林分)

北大苫小牧地方演習林409林班（旧熊の沢事業区9林班）にあり，昭和29年の台風15号の風害により上木（主に広葉樹）の疎立する林地6.5 haに昭和38年（1963年）5月，床替2回，苗齢5年，平均苗長25～30 cmの豊富町産の苗木が列間1.8 m，苗間1.8 mで植栽された。補植は翌年および翌々年5月に行なわれ，補植率は合わせて約9.58％であった。調査は昭和51年



注): 1. 枝の実線は生枝，破線は枯枝である。
2. 最も長い枝張りを見ることのできる位置からスケッチした。
3. 第12, 13図においても同様である。

第11図　供試木 No. 60～No. 65 (調査林分 No. 11).

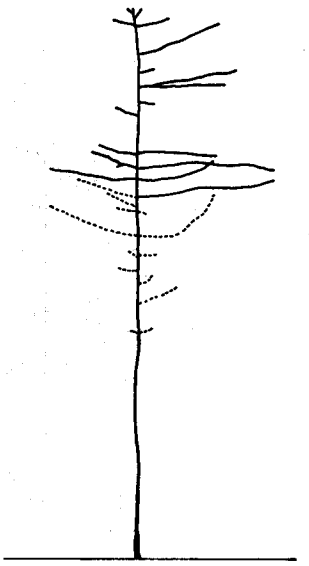
Fig. 11. Tree forms of sample trees No. 60–65 in investigated stand No. 11.

(1976年) 7月13～14日に行なわれ，径級の小さなものから大きなものまで合計6本を選定し，各供試木の形態を最も長い枝張りを見ることのできる位置からスケッチした後，根際から伐倒して供試木No. 60～65とした (第11図参照)。これらの多くは傘形 (武藤・信岡, 1975) を呈するか，枝が細く，樹幹の上方から下方に至るまでまばらに付いているものである。

ii) 林間苗圃跡放置林 (No. 12 林分)

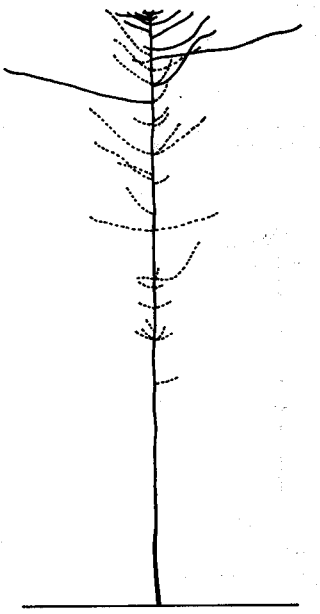
北大苫小牧地方演習林128林班 (旧幌内事業区28林班) ろ小班にあり旧林間苗圃の据置き，放置された面積約 (10×23) m^2 の密生林分である。旧林間苗圃についての記録が不明のため詳しくはわからないが，(1×2) m^2 のコドラートを2個設けて生存木の本数を調べたところ，80,000～85,000本/haで，トドマツの一般的な床替本数を49本/m^2 と仮定すると，生存本数比は約16～17% となる。調査は昭和51年 (1976年) 7月15～16日に行なわれ，径級の小さなものから大きなものまで合計4本を選定し，各供試木の形態を前述の如くスケッチした後，根際から伐倒して供試木No. 66～69とした (第12図参照)。これらの樹齢は30～34年であった。又，これらの供試木はもとより，このNo. 12林分の林木の大部分は樹幹が非常に細長く，枝も細く，樹幹の上部に付いている。

供試木 No. 66.
Investigated sample tree No. 66.

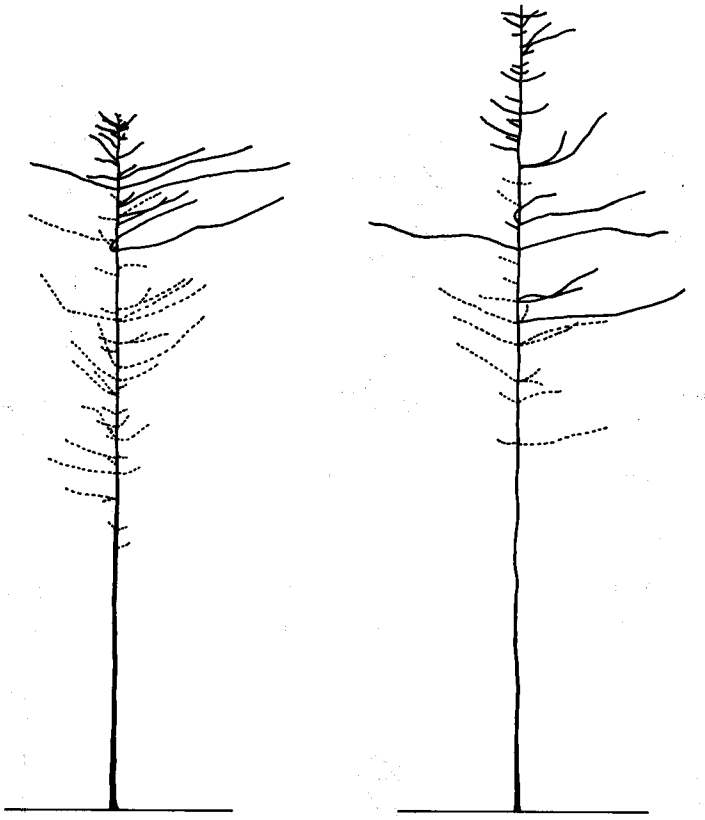


H:　2.905 (m)
DBH:　2.31 (cm)
RD:　3.09 (cm)

供試木 No. 67.
Investigated sample tree No. 67.



H:　3.137 (m)
DBH:　2.35 (cm)
RD:　2.89 (cm)

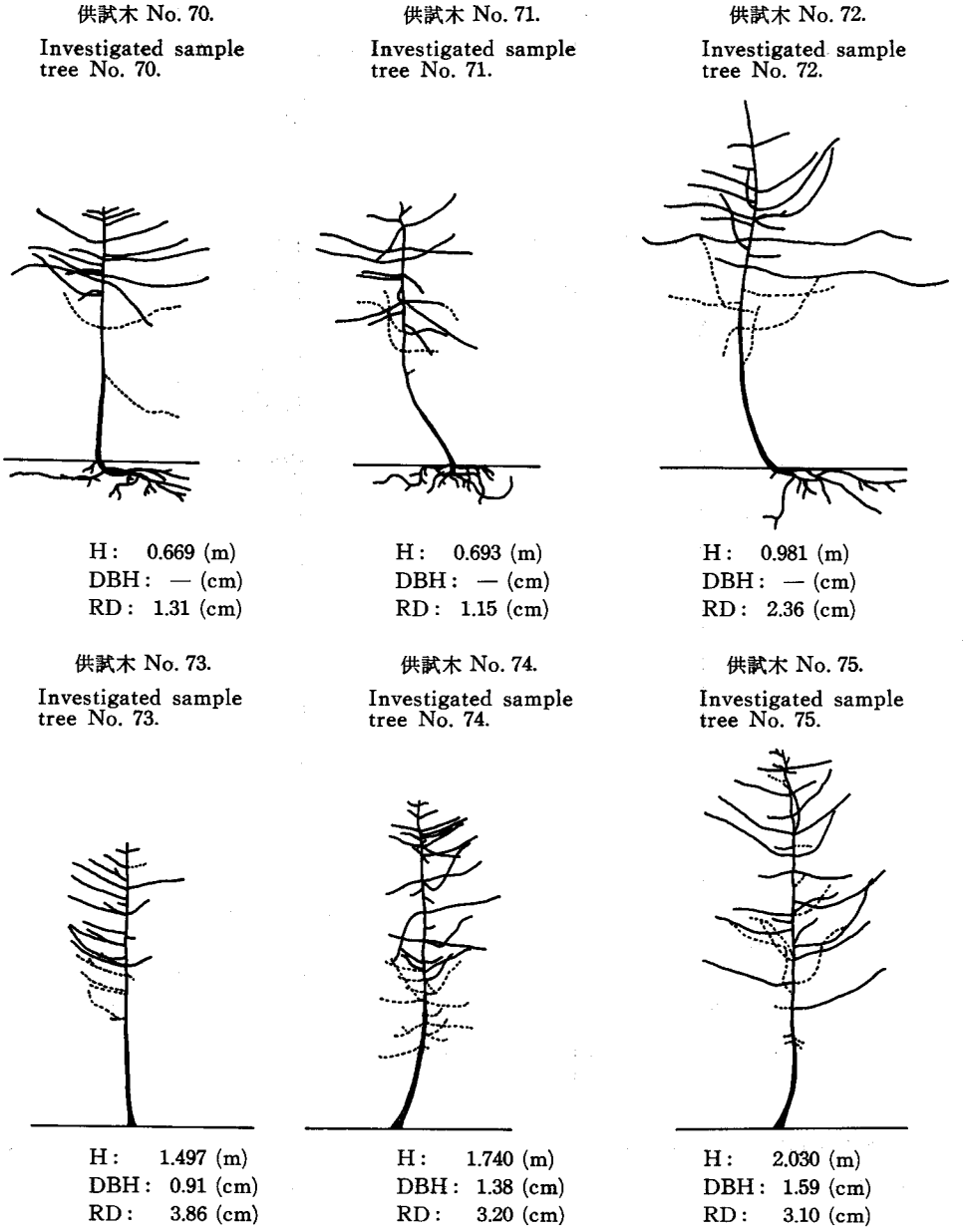


第12図 供試木 No. 66～No. 69 (調査林分 No. 12).

Fig. 12. Tree forms of sample trees No. 66–69 in investigated stand No. 12.

iii) 天然更新地 (No. 13 林分)

北大天塩地方演習林奥地38林班にあり，上木はほとんど無く，アカエゾマツを主としトドマツ，エゾマツのほか小さな広葉樹の混じた，樹高はおおむね3m未満の天然更新地である。供試木の樹齢は30年前後で，ほぼ一斉に更新したことがうかがわれる。調査は昭和51年(1976年) 7月31日～8月2日に行なわれ，径級の小さなものから大きなものまで合計6本を選定し，根際から伐倒して供試木 No. 70～75 とした。各供試木の形態は前述の如くスケッチしたが (第13図参照)，これらも又，枝のつき方が樹幹の上部に偏っているものが多く，中には供試木 No. 73 のように極端に左右で偏っているものもある。



第13図 供試木 No. 70～No. 75 (調査林分 No. 13).

Fig. 13. Tree forms of sample trees No. 70–75 in investigated stand No. 13.

2) 推定法とその検討

供試木はいずれも各枝階の枝葉重量が少ないため，前述の3つの枝，葉量推定法の間の比較を行なうことはできず，枝階別に枝葉全重量を測定した後，枝階別少量抽出法を用いて葉重量の推定を行なった。すなわち，2次枝以下を1次枝から切り離し，1次枝については葉を全

てつみ取り，枝，葉重量を測定した。2次枝以下枝葉はその大きさ，太さ，葉のつき方，葉量等のばらつきが少なく，3次枝を分離せずそのまま標本抽出単位として，数個のほぼ均等な大きさに分けられるだけの数に分けた後，その中の1個を標本として無作為に抽出した。次いで，これを枝と葉とに分けて各重量を測定し，既に述べた推定式を用いて枝階別の枝，葉各重量を推定した。標本以外の枝葉についても全て葉をつみ取り，枝，葉各重量を測定し，これによって各供試木の枝階別抽出率，枝階別推定差等を求め（附表4.参照），更に単木全体の各部・器官重量を求めた（附表2.参照）。

枝階によっては枝葉全重量が少なく，又，1次枝本数が少ないため2次枝以下の標本抽出単位数が少なくなり，このため抽出が容易でないものも生じた。このような場合，枝階別抽出率は枝階別枝葉全重量でおおよそ生重量で10 g[注)]を境として，これ以下では大きくなることが多かった。

枝階別枝葉全重量（生重量）が10 g以上の枝階での枝階別抽出率は生重量について，No. 60～65供試木で約4.35～27.59%，No.66～69供試木で約6.17～28.57%となり，これは乾重量ではNo. 60～65供試木で約4.28～25.37%，No. 66～69供試木で約6.34～25.59%，No. 70～75供試木で約6.67～30.27%であり，大部分が10～20%前後の抽出率であった。又，10 g未満の枝階での枝階別抽出率は生重量について，No. 60～65供試木で約21.05～60.00%，No. 66～69供試木で約15.38～60.00%となり，これは乾重量ではNo. 60～65供試木で約19.48～60.71%，No. 66～69供試木で約16.47～65.68%，No. 70～75供試木で約7.85～55.17%となるが，大部分が30%以下の抽出率であった。なお，生重量で1～2 gに満たないような，ごくわずかの枝葉を有する枝階では葉を全てつみ取り，その場合には抽出―推定は行なわれなかった。

各供試木の枝階別推定差および単木全体の枝，葉重量の推定差は乾重量について求めた。まず，枝階別推定差はNo. 60～65供試木では約±0.00～5.05%，No. 66～69供試木では約±0.00～3.84%となり，No. 70～75供試木では約±0.00～8.92%で，ほとんどが±5%以内におさまった。単木全体の枝，葉重量の推定差はNo. 60～65供試木では約±0.11～2.69%，No. 66～69供試木では約±0.22～0.75%となり，No. 70～75供試木では約±0.12～1.79%といずれも±3%以内におさまった。

以上のように，枝階別推定差はNo. 70～75供試木が天然木でもあり，枝，葉のつき方，量などの違いから推定差のばらつきがやや大きくなったと考えられるが，他の供試木No. 60～69の結果から，枝階別枝，葉量推定法（ここでは枝階別少量抽出法）は前述の形態正常木におけると同様に形態不良木についても有効で，ほぼ±5%以内の枝階別推定差となった。又，単木全体についても，ほぼ±3%以内で枝，葉各重量を推定でき，有効であることが明らかと

注)：No. 13林分のNo. 70～75供試木は乾重量のみについて求めた。この場合，他のNo. 11, No. 12林分の供試木（No. 60～69）が，各枝階の枝葉全重量においては乾重量の生重量に対する比がほぼ40～50%であるため，ここではNo. 70～75供試木については乾重量4 gが生重量10 gに相当するものとした。

なった。

なお，各供試木の中で枝葉重量の多い枝階において，枝階別少量抽出法によって標本を抽出して残った枝葉について枝階別2段抽出法を使用して，その枝階別抽出率，枝階別推定差等を求めた（附表5.参照）。枝階別抽出率は生重量で約6.09～28.13%，乾重量では約4.78～16.84%となり，枝階別推定差は乾重量で約±0.25～8.60%となり，ほぼ±6%の範囲におさまった。一方，枝階別少量抽出法による同一枝階の枝階別抽出率は生重量で約4.35～24.39%，乾重量では約4.28～25.37%，又，枝階別推定差は乾重量で約±0.17～4.82%であり，これに比べると枝階別推定差のばらつきもやや大きく，ここでは枝階別少量抽出法の方が良い結果を得た。

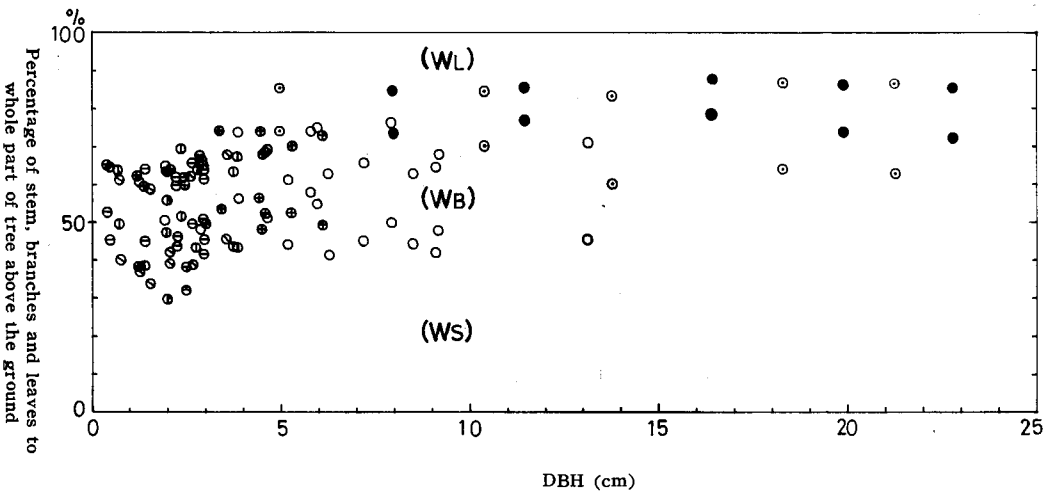
枝階別2段抽出法と枝階別少量抽出法との比較は簡単に結論づけることはできないが，形態不良木においてもある程度の枝階別推定差（ここでは，ほぼ±6%以内）を見込めば，枝階別少量抽出法ともども十分に枝階別枝，葉量の推定に適用できるものと考えられた。

第5章　結果および考察

第1節　物質現存量の樹体各器官における配分関係

1）林木地上部の配分関係

既にNo. 1, No. 2林分については物質現存量の樹体各器官における配分関係を，根を含



注）：1. Sample trees No. 1～10：⊖　No. 44～51：⊘
No. 11～17：⦶　No. 52　：⊖
No. 18～25：⊕　No. 53　：⊕
No. 26～38：○　No. 54　：⦶
No. 39～43：●　No. 55～59：⊙
2. 第15～37図においても同様である。

第14図　全供試木の胸高直径―地上部全重量の各部分比.

Fig. 14.　Percentage of stem, branches and leaves to whole part of tree above the ground in terms of fresh weight in relation to diameter at breast height.

めて報告しているが（春木ら，1972），これと同様の方法で No. 1，No. 2 林分を含む No. 1～No. 10 林分の全供試木の地上部物質現存量の配分関係について調べた。胸高直径をグラフ上で横軸にとり，縦軸に地上部全重量（W_T）に占める幹（W_S），枝（W_B），葉（W_L）それぞれの重量の割合を各供試木ごとに図示すると第14図のとおりとなる。これをみると，

1）W_T に占める W_L の割合すなわち W_L/W_T は単木的には異なるが，おおむね径級の増大に伴ってしだいに減少している。これは林齢の増加に伴い林分のうっ閉が強くなり，その影響が強く現れると W_L/W_T の減少傾向も大きな影響を受けることによると考えられる。この時の W_L/W_T の割合はほぼ12～17％であり，主に林齢35，38年の No. 10，No. 5 林分の供試木による。

2）No. 5，No. 10 林分を除く他の供試木の大半は胸高直径 10 cm 以下で，W_L/W_T はほぼ25～40％の範囲に，又，W_S/W_T はほぼ35～55％の範囲に集中してみられるが単木的なばらつきが大きく，径級，林分による一定の傾向は認められない。

3）W_S/W_T は No. 5 林分では約72～78％と分布範囲が狭く，ばらつきも小さいが，No. 10 林分では約60～74％と分布範囲がやや広く，葉重量を除く地上部全重量の中で幹重量と枝重量の比がばらつきの大きいことが認められる。

4）No. 1，No. 2，No. 7，No. 8 林分は 4,500 本/ha～8,300 本/ha 植栽，No. 6 林分は 4,174 本/ha 植栽の林分であるが，他はいずれも 2,175 本/ha～3,300 本/ha のほぼ普通の植栽本数をもつ林分である。密植高齢林分についての試料がないため，植栽本数と地上部全重量の樹体各器官における配分関係との関連については詳しく知ることはできないが，密植林分である No. 1，No. 2，No. 7，No. 8 林分および No. 6 林分の各供試木の配分関係は他の林分の供試木と比べてばらつきも大きくなく，顕著な傾向の差異は現在のところ認められない。

5）北大天塩地方演習林および同苫小牧地方演習林の供試木群を比較すると，後者では前者に比べて W_B/W_T の割合がやや多く，この分だけ W_S/W_T の割合が少なくなっている。この違いについては林齢，植栽密度との関連ばかりでなく，生育している土地条件，気候等種々の理由が考えられよう。

6）これらを通して，地上部物質現存量の樹体各器官における配分関係は胸高直径更には樹高にはあまり大きく左右されず一定となり，うっ閉の影響が強く現れるまでは配分割合は単木的にある程度の範囲内でまちまちである。又，植栽密度による影響はあまり大きく認められず，安藤ら（1962）はアカマツ天然林，加藤（1961）はトドマツ密植林分についてこのような結果を得ているが，これと同様の結果となった。

2）林木の地上部と地下部の配分関係

地下部の根重量（W_R）の調査は，深根性のトドマツはもとより一般的に容易ではない。樹木について直接測定を行なった測定例は，地上部に比べてはるかに少ないのが現状である。このため胸高直径，根元直径，地上部全重量等と根重量との相対生長関係からの推定の試みもい

ろいろ考えられている。しかし，根重量は単木的なばらつきが大きく，樹種による一定値が得られないばかりか，林齢，本数密度との関連についてもまだよくわかっていない。根重量は，樹体の地上部全重量と割合よく比例しているといわれるものの，ばらつきも大きく，簡単に地上部全重量の何割といった仮定を使うことは必ずしも適当ではない。

トドマツ単木の根重量についての測定例は他の日本産のスギ，ヒノキ，アカマツ等に比べてはるかに少なく，それが地上部全重量に対してどのくらいの割合の範囲にあるのかについてもほとんど知られていない。ここでは W_R/W_T の割合をおおまかに，調査を行なった供試木について述べ，林分の本数密度との関連についても述べる。

地下部物質現存量（根重量）は No. 1, No. 2 林分の供試木 No. 1～7, 11～17, および供試苗木 No. 76～86, 87～96 について測定を行なった。これらの供試木はその地上部を根際から伐倒した後，根はできるだけ細根を損傷せぬように掘り取り，水洗いして泥土を落し，水をよく拭き取って生重量を測定した。次いで，これを供試木 No. 1～7, 11～17 は直径 5 mm 以下，5～10 mm, 10～20 mm, 20～40 mm, 40 mm 以上，および根株とに，供試苗木 No. 76～86, 87～96 は直径 5 mm 以下，5～10 mm, 10 mm 以上，および根株とにそれぞれ切断した後，各直径区分別に乾重量を測定した。

No. 1, No. 2 林分における測定結果から単位面積あたりの地上部および地下部重量と，それらの割合を表わすと第14表のとおりである（春木ら，1972）。これをみると，W_R/W_T の割合は両林分でおおむね生重量で約 39～44%，乾重量で約 30～35% と考えてよいであろう。又，北大天塩地方演習林苗畑の供試苗木 No. 76～86，北大演習林札幌苗畑の供試苗木 No. 87～96 についての測定値（附表 3. 参照）から同様に算出すると，前者の W_R/W_T の割合は生重量で 23.68～57.50%，乾重量で 21.89～48.77%，後者の W_R/W_T の割合は生重量で 28.60～67.70%，乾重量で 28.77～71.50% となり，範囲が広く個体ごとのばらつきは大きい。

滝川・二通（1970）によると，北大天塩地方演習林の約 3,000 本/ha 植栽の 8 年生トドマツ林分の供試木 3 本の生重量測定結果から W_R/W_T の割合は 27.24～31.39% である。又，加藤（1961）によると，植栽本数 10,000～50,000 本/ha，現存本数 7,000～18,600 本/ha の林齢 15, 16,

第14表　No. 1, No. 2 林分の樹体地上部および地下部重量.

Table 14.　Weight of whole parts of tree above the ground and root weight in investigated stands No. 1 and No. 2.

林　分 (Stand No.)	No. 1		No. 2	
重量区分 (Division of FW and DW)	生重量 (FW)	乾重量 (DW)	生重量 (FW)	乾重量 (DW)
地上部全重量 (W_T) (ton)	41.14	18.27	23.92	10.12
地下部重量 (W_R) (ton)	16.01	5.44	10.50	3.56
Total (全重量, (W)) (ton)	57.15	23.71	34.42	13.68
W_R/W (%)	28.01	22.94	30.51	26.02
W_R/W_T (%)	38.92	29.78	43.90	35.18

18, 25, 28年の5個のトドマツ密植林分のhaあたりのWR/WTの割合は約15～23%となる。林齢15～18年の林分は約20～23%の範囲にあり，林齢25, 28年の林分は約15%だが，林齢，本数密度との関連でみると顕著な一定の傾向はみられず，逆転することもあるなど，ばらつきが大きい。

No. 1, No. 2林分の供試木の地上部全重量と地下部重量を両対数グラフ上にプロットしてその相対生長関係をみると，それぞれ個体間のばらつきの大きいことが認められる。No. 1林分の各供試木の地下部重量（乾重量）は209～918 g，平均約515 gとなり，No. 2林分では180～1,650 g，平均約799 gで，平均重量は植栽密度の少ないNo. 2林分できわだって大きいものの，両対数グラフ上では両林分間の顕著な傾向の差異はうかがわれなかった。

トドマツ天然林の1年間の全生長量（純生産量）の推定にあたっては，これまでヨーロッパアカマツ林の調査結果を参考にしてWR/WTの割合が約30%と仮定されて根の量が求められていたが（四大学合同調査班，1960），既に述べてきたようにWR/WTの割合は生育段階，林齢，本数密度等の違いにより林木各個体，林分によって異なるものであり，一定の値を仮定することは適当ではないと考えられた。今後更に資料を揃え，検討されねばならないであろう。又，トドマツ人工林については，一般的なT/R率の変化も考え合わせ，苗木が山出しされて後のWR/WTの割合は，地上部の生長との比例関係をある程度保ちながらも林齢が大きくなるにつれ減少してゆくものと考えられる。

3) まとめ

1. 物質現存量（生重量）の樹体各器官における配分関係を胸高直径0～22.8 cmの全供試木の地上部について調べた。幹，枝，葉の配分割合はうっ閉の影響がまだあまり強く現れていないと思われる林分では単木的にばらつきが大きいが，林齢の大きい林分においては胸高直径更には樹高の大きさに伴う単木的なばらつきは小さく，ほぼ一定の範囲内の割合を示すものであった。

2. 特に地上部全重量に占める葉の割合にそれはよく認められ，12～17%であった。幹の割合は60～78%と範囲がやや広く，生育地により幹と枝の占める割合にばらつきがみられた。

3. 配分関係においては，植栽密度による影響はあまり大きく認められず，これはアカマツ天然林，トドマツ密植林分についてのこれまでの結果と同様であった。

4. 物質現存量の樹体地上部と地下部の配分関係については，根重量の測定例が極めて少なく，それが地上部全重量に対してどのくらいの割合の範囲にあるのかについてもほとんど知られていない。トドマツ天然林の1年間の全生長量（純生産量）の推定にあたり，これまでヨーロッパアカマツ林の調査結果を参考にして地下部重量の地上部全重量に対する割合が約30%と仮定されていた。この割合は生育段階，林齢，本数密度等の違いにより林木各個体，林分によって異なるものであり，一定の値を仮定することは適当ではないと考えられた。

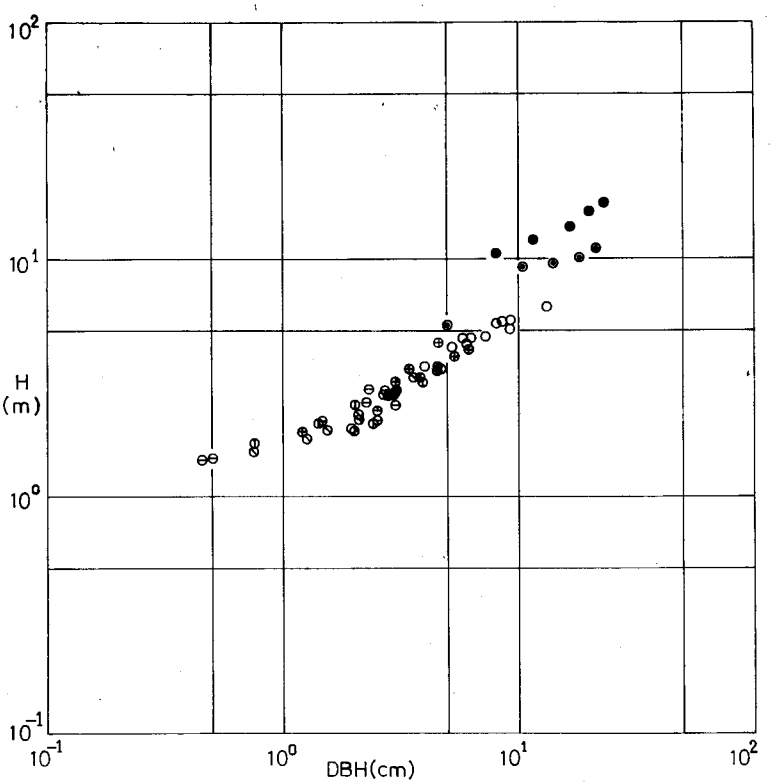
5. 苗木が植栽されて後のこの割合は，樹体地上部の生長との比例関係をある程度保ちな

がらも林齢が増すにつれて減少してゆくものと考えられる。地上部全重量と地下部重量の配分関係については今後更に資料を揃え，詳しく検討されねばならないであろう。

6. 地上部全重量に対する幹，枝，葉の割合，および地上部全重量に対する地下部重量の割合は，乾重量における場合も生重量における場合とほぼ同様で，数値や傾向に大きな違いはみられない。

第2節　樹体各器官の相対生長関係

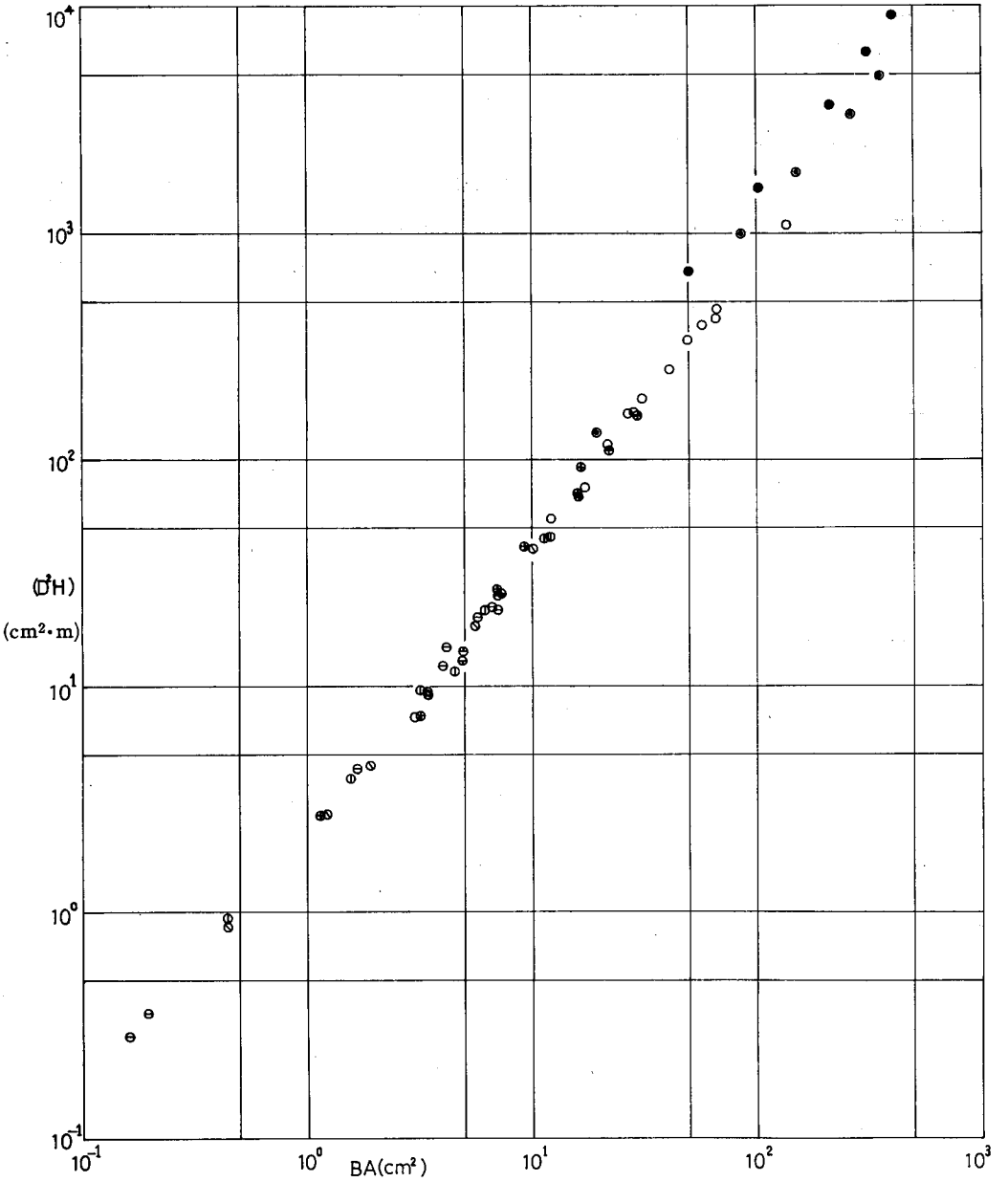
林木の各部・器官相互の間に存在する関係を物質現存量の面から把握するために，各部・器官の量相互間に成立する相対生長関係を用いてこれを調べようとした。ある林分において，林木の各部・器官の量相互間に成立する相対生長関係は D^2H (Dは胸高直径，Hは樹高) 又はBA (胸高断面積) を用いる方がD (胸高直径) のみを用いるよりも回帰直線からのばらつきが小さくなり，これを利用してその林分の物質現存量を推定する場合の適合度がよいといわれる。又，D^2H を用いるよりもBAを用いた方が測定容易で，実用性が高く，精度もかなりよい



注): 1. DBH: (cm), H: (m) である。
2. log H=0.66120 log DBH+0.16980
Correlation coefficient (r): 0.94286, Standard error of estimates: 0.09289 である。

第15図　胸高直径 (DBH) と樹高 (m) の相対生長関係.

Fig. 15.　Tree height in relation to diameter at breast height of sample trees.



注): 1. BA : (cm^2), D^2H : ($cm^2 \cdot m$) である。
2. $\log D^2H = 1.33097 \log BA + 0.30892$
Correlation coefficient (r): 0.99619, Standard error of estimates: 0.09259 である。

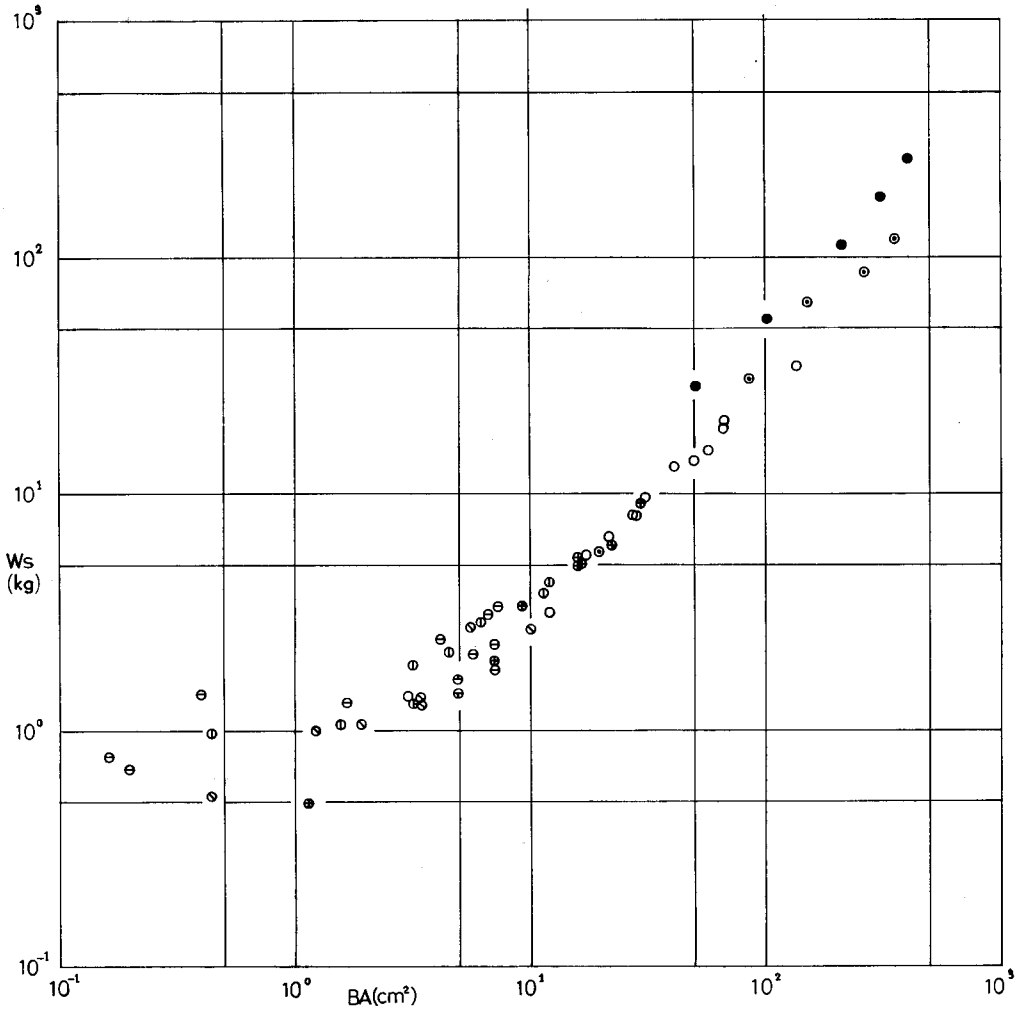
第16図 BA と D^2H の相対生長関係.

Fig. 16. Relative growth relationship between basal area and D^2H of sample trees.

ことが認められている。著者も又，調査を行なった全供試木（供試木 No. 1～59）の BA と D^2H の関係を両対数グラフ上にプロットし，この直線性がすぐれていることを認めた（第15, 16図参照）。このことから BA を用いて林木各部・器官の相対生長関係を調べた。

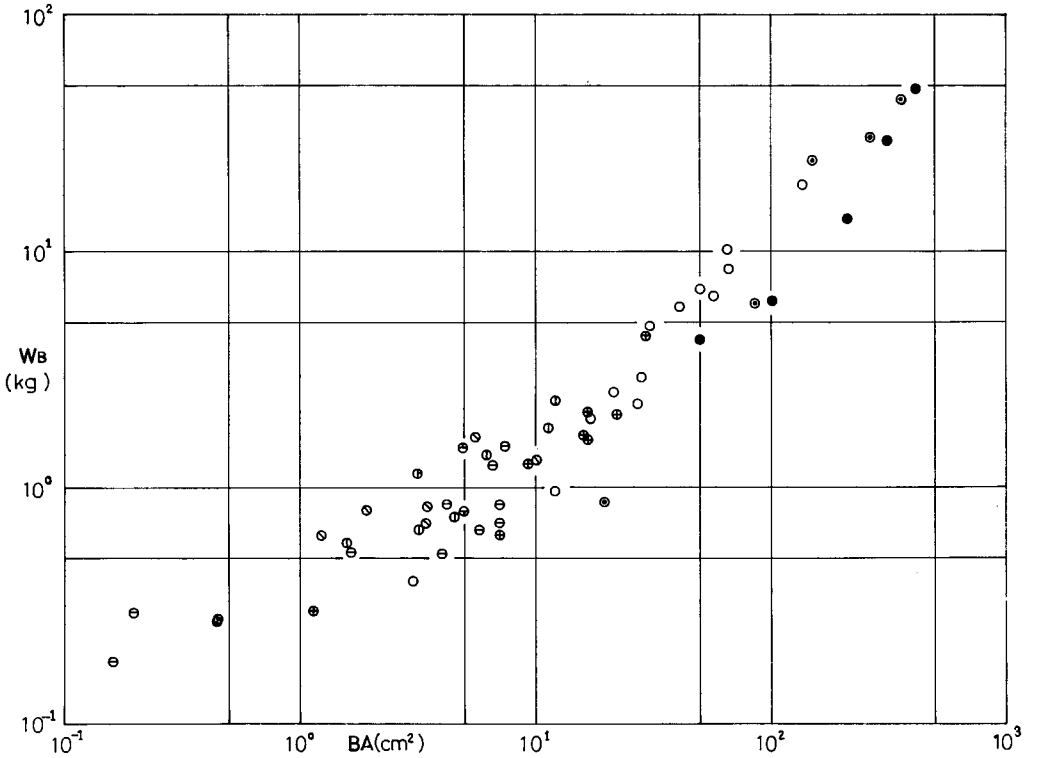
1）生重量による相対生長関係

供試木の BA (cm^2) と幹重量 (W_S, kg)，枝重量 (W_B, kg)，葉重量 (W_L, kg)，地上部非同化部分重量 (W_{TC}, kg)，地上部全重量 (W_T, kg)，および皮つき幹材積 ((V), cm^3) の関係を，実地に調査を行なった No. 1～No. 10 林分の前述の全供試木（供試木 No. 1～59）について両対数グラフ上にプロットすると，それぞれ第17図～第22図のとおりである。なお，供試木の胸高直径は 0.45～22.80 cm，樹高は 1.41～17.37 m の範囲にある。



第17図　BA と幹重量 (W_S) の相対生長関係.

Fig. 17.　Relative growth relationship between basal area and stem fresh weight of sample trees.



第18図　BA と枝重量 (WB) の相対生長関係.

Fig. 18.　Relative growth relationship between basal area and branch fresh weight of sample trees.

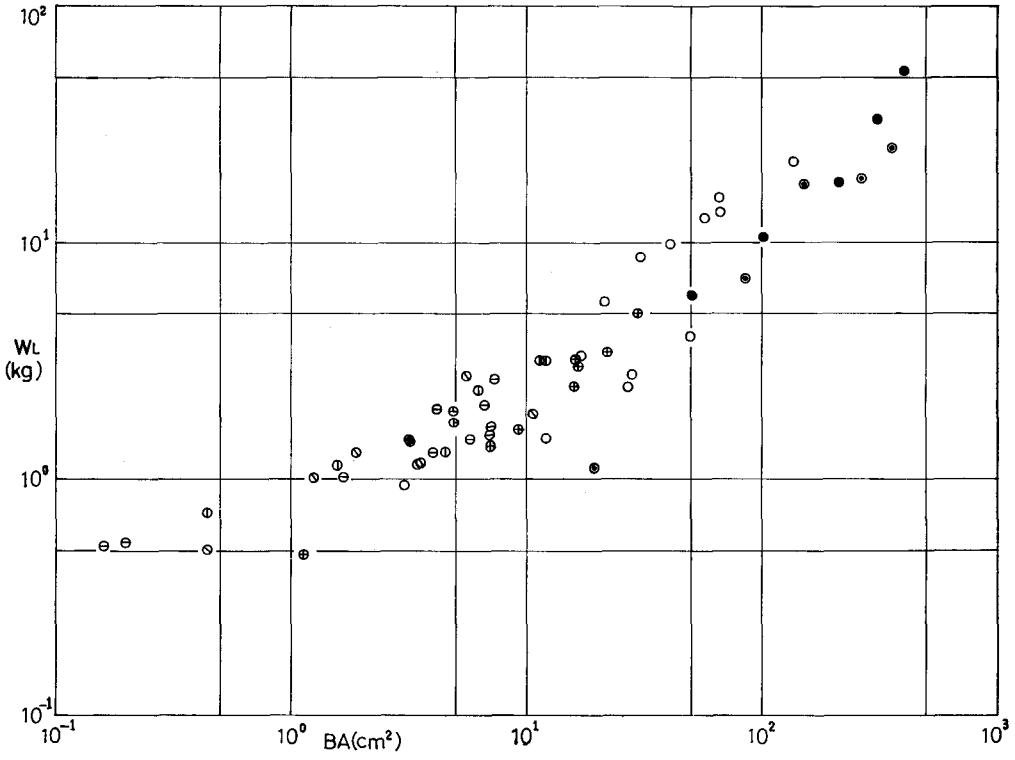
1)　第17～22図のいずれにおいても直線というよりは，横軸に対してやや凸型の曲線を描いているということがいえる。一方まだ，胸高直径と樹高の関係で一般的にみられるような，いわゆる生長の頭打ち傾向を示す林木の大きさには達していないと考えられる。

2)　これを D^2H ($cm^2 \cdot m$) と W_T の関係についても両対数グラフ上に表わすと第23図のとおりとなり，第17～22図と同様であることがわかった。

3)　各図とも密植林分における供試木も含めてプロットしてあるが，これらは他の供試木と著しい差異を示してはいない。

4)　図上にプロットした点はほとんどが BA＝1 (cm^2) 以上のものであり，ばらつきが小さいことからトドマツ人工林（無間伐林）の林木の相対生長関係は，調査を行なった北大天塩地方演習林および北大苫小牧地方演習林の地域差，土地・生育条件，林齢，更には本数密度を異にしてもよく成り立つものと考えられる。このことは，W_T-W_S, W_T-W_B, W_T-W_L の相対生長関係からも認められた（第24～26図参照）。

5)　次に，これらの相対生長関係の直線近似式を求めた。これを表わすと第15表のとおりとなる。



第19図 BA と葉重量 (WL) の相対生長関係.

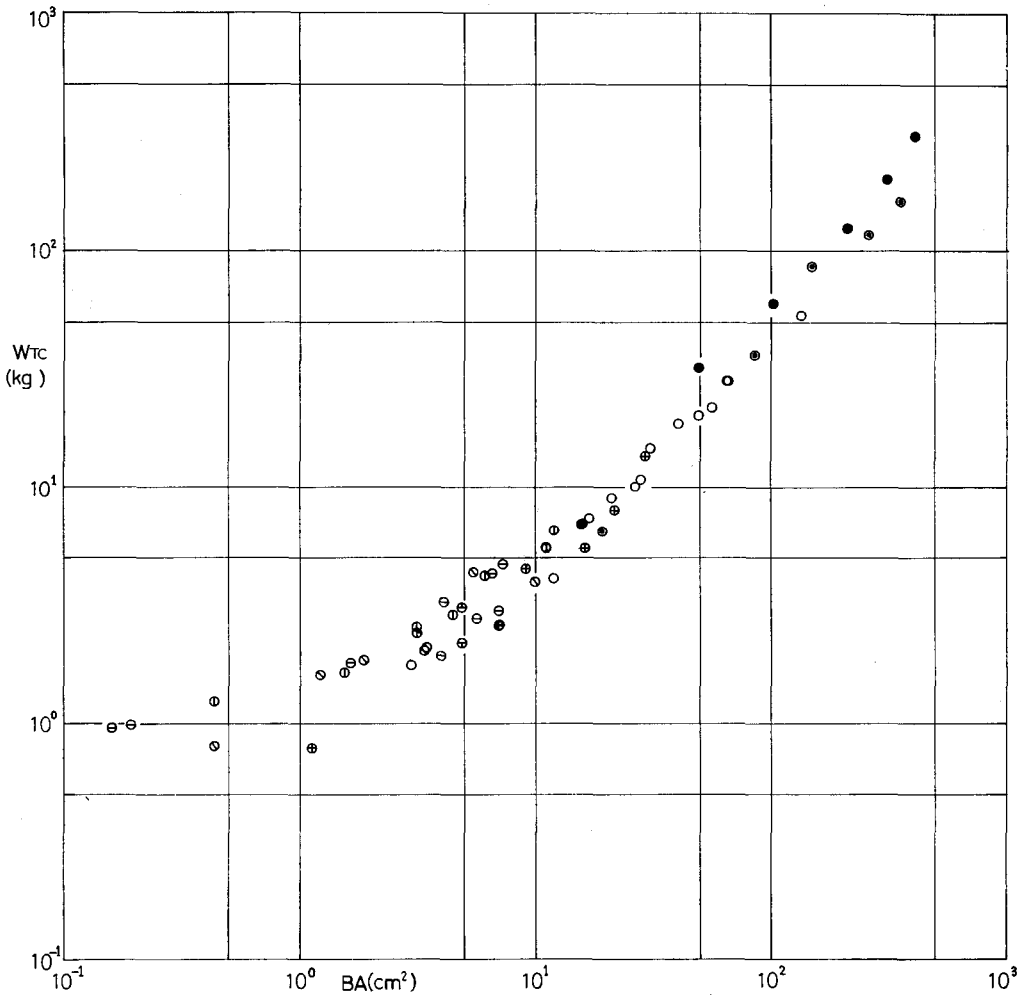
Fig. 19. Relative growth relationship between basal area and leaf fresh weight of sample trees.

第15表 BA に対する供試木各部の相対生長関係の直線近似式 (生重量, および幹材積).

Table 15. Primary regression formulas in the allometric relations of each part of tree above the ground to basal area of sample trees, in terms of fresh weight and stem volume.

Primary regression formula by utilizing the common logarithm	Correlation coefficient	Standard error of estimates
$\log W_S = 2.84186 + 0.80570 \log BA$	0.95112	0.20800
$\log W_B = 2.52042 + 0.71147 \log BA$	0.94607	0.19371
$\log W_L = 2.84570 + 0.59456 \log BA$	0.93931	0.17266
$\log W_{TC} = 3.01354 + 0.78283 \log BA$	0.95600	0.19100
$\log W_T = 3.22862 + 0.73456 \log BA$	0.95608	0.17905
$\log V = 2.69191 + 0.89518 \log BA$	0.95360	0.22474
$\log (V) = 2.78714 + 0.87521 \log BA$	0.95546	0.21494

注): 1. 単位は BA: cm^2; W_S, W_B, W_L, W_{TC}, W_T: g; V, (V): cm^3 である。
2. 供試木 No. 44 が胸高未満のためデータ数は 58 コである。
3. 第 16, 19, 20 表についても同様である。



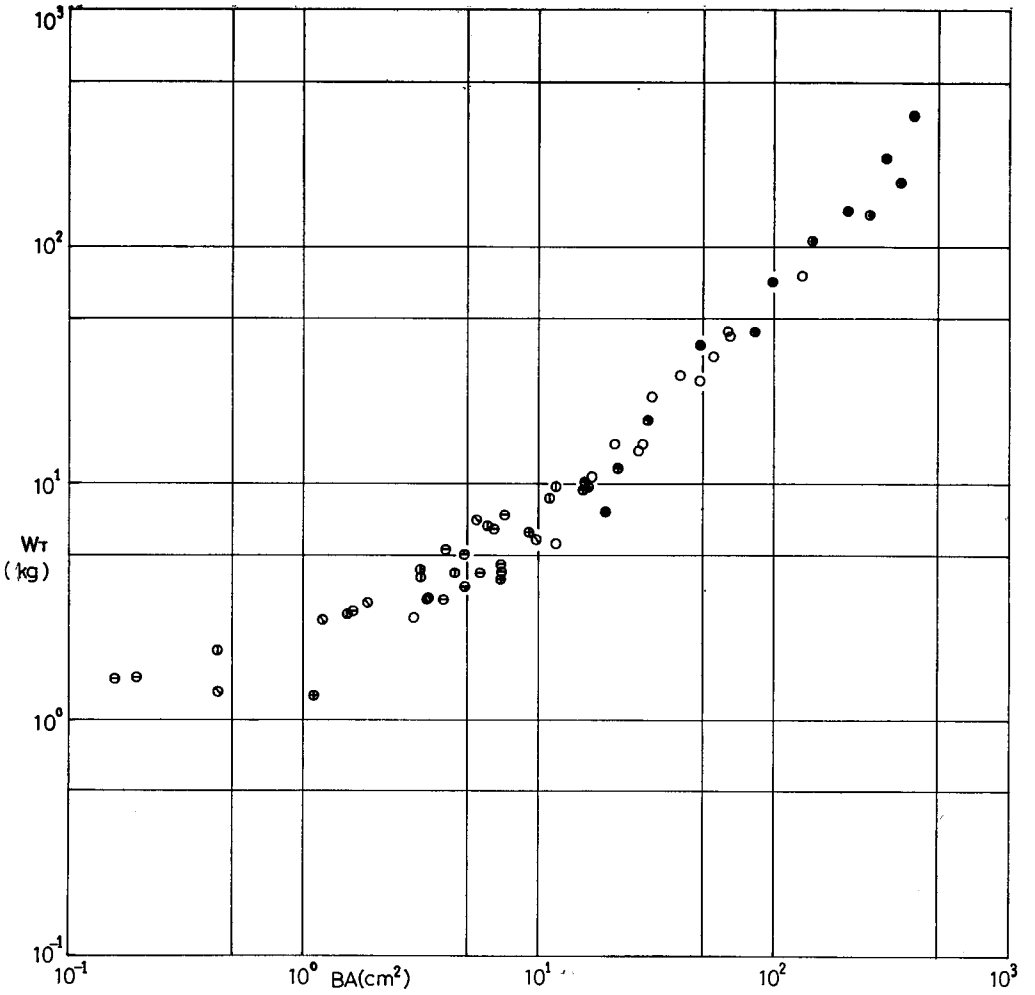
第20図 BA と地上部非同化部分重量 (WTC) の相対生長関係.

Fig. 20. Relative growth relationship between basal area and fresh weight of non-assimilation parts of sample trees above the ground.

6) 各図において，BA に対する樹体各器官重量，幹材積は BA＝30 (cm²) 付近で横軸に対してやや凸型となっており，又，BA の小さい時にばらつきがみられるため，勾配のゆるい直線近似式となった。これは D^2H に対する樹体各器官重量，幹材積の関係においてもみられ，胸高直径あるいは D^2H のかなり小さい時に直線上にあまりよく乗らないことは，天然木についての四大学合同調査班 (1960) の報告と同様であった。BA＝30 (cm²) 付近を境にして，これ以上ではほぼ直線となることがわかった。

2) 乾重量による相対生長関係

BA に対する樹体各器官の乾重量の関係を両対数グラフ上にプロットすると，生重量にお



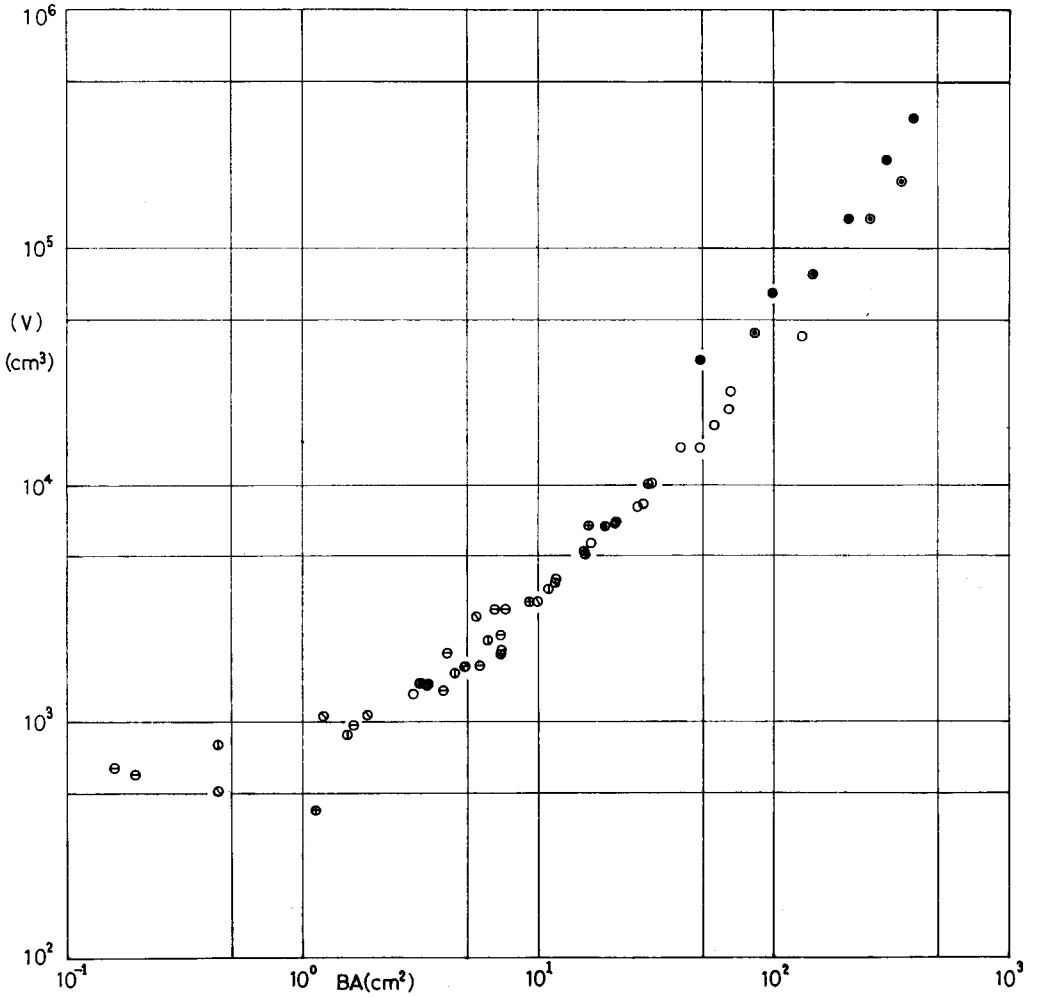
第21図　BAと地上部重量(WT)の相対生長関係.

Fig. 21. Relative growth relationship between basal area and whole parts of tree above the ground of sample trees in terms of fresh weight.

ける場合とほぼ同様の傾向を示すことが認められた(第27～29図参照)。BAに対する供試木各器官の相対生長関係の直線近似式を求めると，第16表のとおりとなる。

3) ま と め

1. トドマツ人工林(無間伐林)の林木の各部・器官相互の間に存在する関係を物質現存量の面から把握するために，樹体各部・器官の量相互間に成立する相対生長関係を利用してこれを調べた。相対生長関係は胸高直径0.45～22.80 cm，樹高1.41～17.37 mの，No. 1～No. 10林分の全供試木(供試木No. 1～59)について，胸高断面積(BA)と樹体各器官の量を両対数グラフ上に表わした(第17～22図参照)。又，BAとD^2H(Dは胸高直径，Hは樹高)の間には，両対数グラフ上でほぼきれいな直線関係が認められた(第16図参照)。

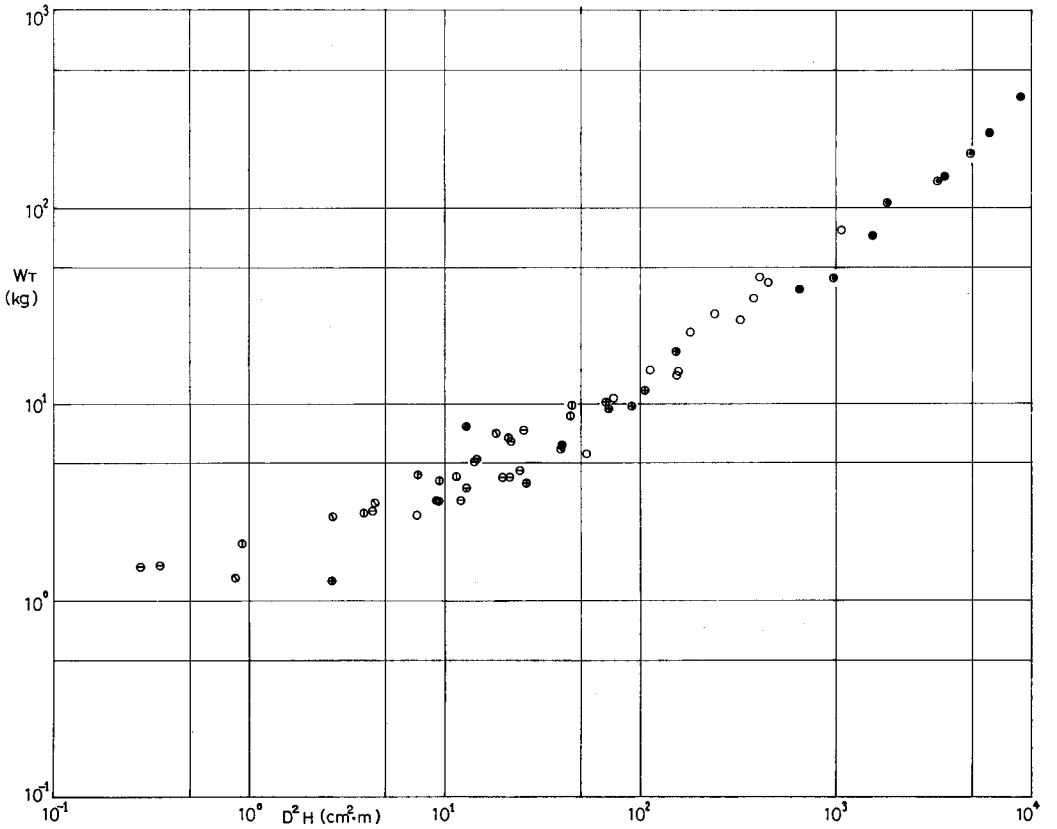


第22図 BA と皮つき幹材積 ((V)) の相対生長関係.

Fig. 22. Relative growth relationship between basal area and stem volume with bark of sample trees.

2. BA あるいは D^2H に対する樹体各器官の相対生長関係は, BA (cm^2) のごく小さい時にはややばらつきがみられ, その後 BA=30 (cm^2) 付近で横軸に対してやや凸型となり, これ以上ではほぼ直線となる。このため, 直線近似式は勾配のゆるいものとなった。なお, まだ胸高直径と樹高の関係で一般的にみられるような, いわゆる生長の頭打ち傾向を示す林木の大きさには達していないと考えられた。

3. 各図から, 多少のばらつきはあるものの, 全体としてトドマツ人工林 (無間伐林) の林木の相対生長関係は, 調査を行なった北大天塩地方演習林および北大苫小牧地方演習林の地域差, 土地・生育条件, 林齢の大きさ, 更には本数密度を異にしてもよく成り立つものと考えられた。このことは W_T-W_S, W_T-W_B, W_T-W_L の相対生長関係からも認められる (第24



注): 1. D^2H: ($cm^2 \cdot m$), WT: (kg) である。
2. $\log W_T = 0.55674 \log D^2H + 3.04976$
Correlation coefficient (r): 0.96816, Standard error of estimates: 0.15292 である。

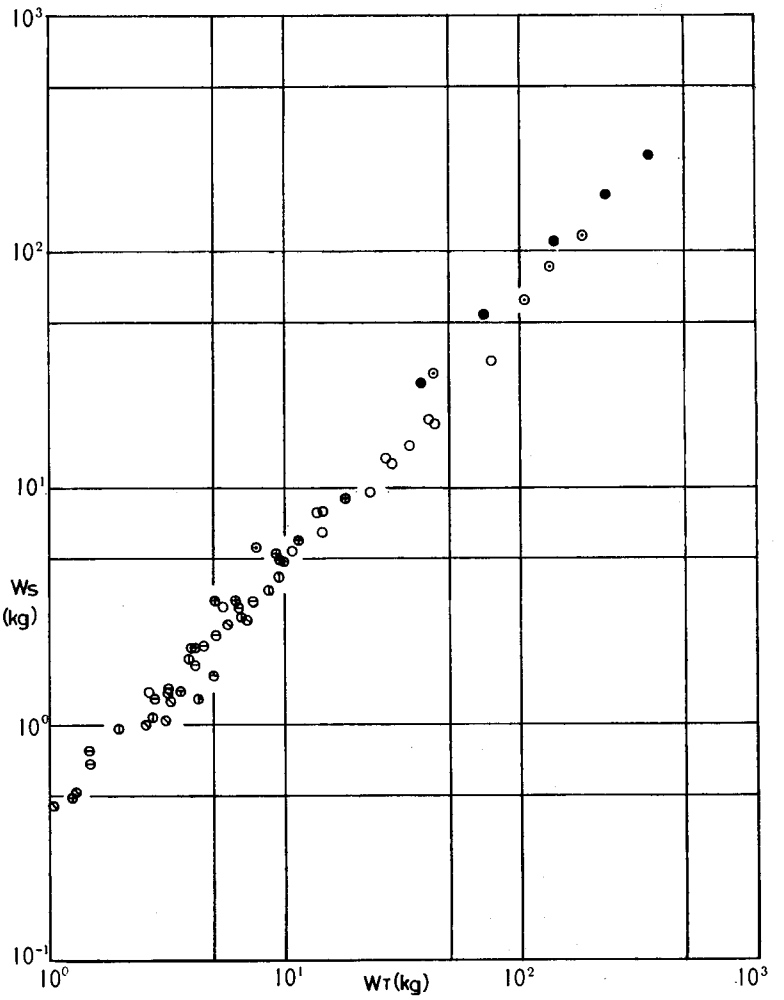
第23図 D^2H と地上部全重量 (WT) の相対生長関係.

Fig. 23. Relative growth relationship between D^2H and whole parts of tree above the ground of sample trees in terms of fresh weight.

第16表 BA に対する供試木各部の相対生長関係の直線近似式 (乾重量).

Table 16. Primary regression formulas in the allometric relations of each part of tree above the ground to basal area of sample trees, in terms of dry weight.

Primary regression formula by utilizing the common logarithm	Correlation coefficient	Standard error of estimates
$\log W_S = 2.44927 + 0.80133 \log BA$	0.94325	0.22430
$\log W_B = 2.18359 + 0.71089 \log BA$	0.94318	0.19912
$\log W_L = 2.48657 + 0.57931 \log BA$	0.93626	0.17284
$\log W_{TC} = 2.63821 + 0.77984 \log BA$	0.95077	0.20210
$\log W_T = 2.85767 + 0.72967 \log BA$	0.95206	0.18641



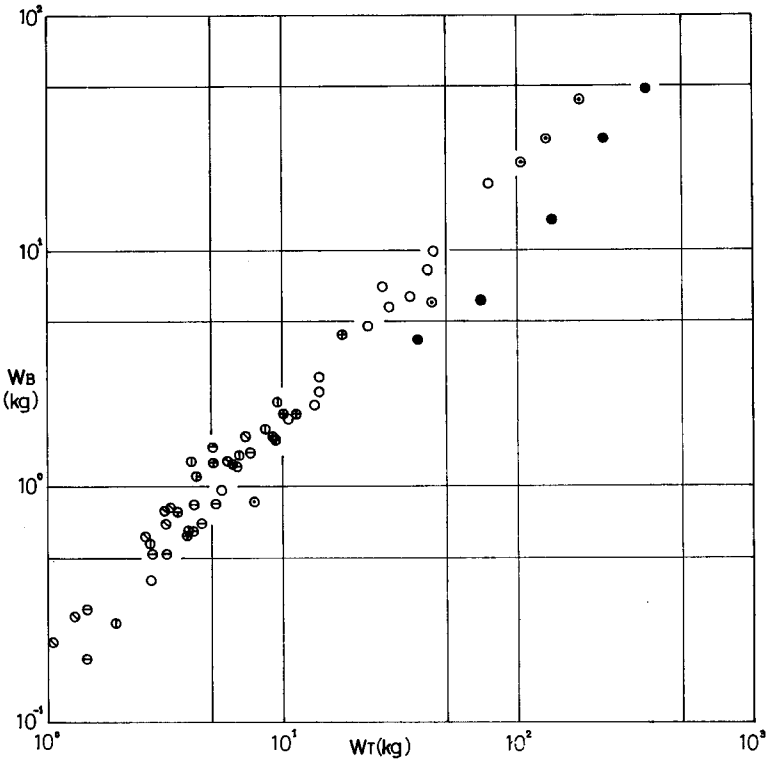
注): 1. WT: (kg), WS: (kg) である。
2. log WS=1.09381 log WT−0.68640
Correlation coefficient (r): 0.99422, Standard error of estimates: 0.07317 である。

第24図 地上部全重量 (WT) と幹重量 (WS) の相対生長関係.

Fig. 24. Relative growth relationship between whole parts of tree above the ground and stem of sample trees in terms of fresh weight.

～26図参照)。ただ細かくみると，北大苫小牧地方演習林の供試木は北大天塩地方演習林のそれに比べ，大部分が胸高直径の大きさの割には樹高がやや小さく，従って樹体各器官の重量，幹材積がやや小さいという結果をもたらしているものと考えられた。

4. 上述の相対生長関係は生重量の場合と乾重量の場合とで，ほとんど傾向に相違はみられない。近似式はBA−WS, BA−WB, BA−WL, BA−WTC, BA−WT, BA−V, BA−(V)について，常用対数を用いて生重量および乾重量の場合それぞれを求めることができた (第15,



注): 1. WT: (kg), WB: (kg) である。
2. log WB=0.96108 log WT−0.57639
Correlation coefficient (r): 0.98344, Standard error of estimates: 0.10970 である。

第25図　地上部全重量 (WT) と枝重量 (WB) の相対生長関係.

Fig. 25.　Relative growth relationship between whole parts of tree above the ground and branch of sample trees in terms of fresh weight.

16表参照)。

第3節　林分の単位面積あたりの物質現存量

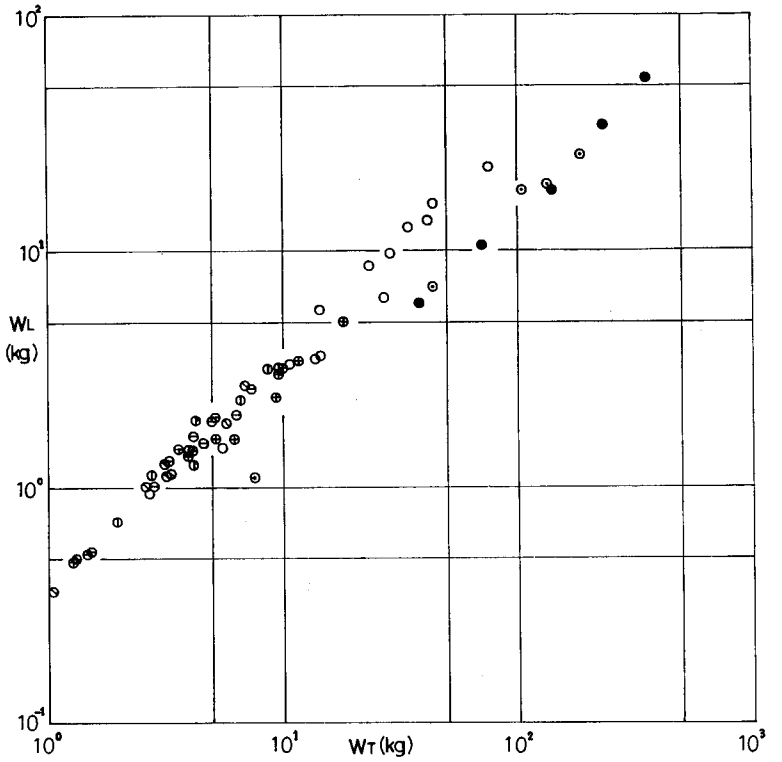
1) 単位面積あたりの物質現存量

林分の単位面積あたりの樹体各器官物質現存量を推定するためには，胸高断面積からの比推定法がこれまで多く用いられてきた。これは次式により林分の樹体各器官物質現存量を求め，得られた数値を単位面積あたりに換算するものである。

$$\text{林分葉重量} = \text{林分の胸高断面積合計} \times \frac{\text{供試木の葉重量合計}}{\text{供試木の胸高断面積合計}}$$

(幹，枝重量等についても同様に算出される。)

供試木は林分の毎木調査の結果から，1～数本の標準木を用いたり，得ようとする適当な信頼度，目標精度をもとに適正抽出本数を決定し無作為に抽出した供試木群を用いたりするもので，後者の方が誤差が少ないといわれる。最近ではこの他に，樹体各部・器官の相対生長関



注)：1. WT：(kg), WL：(kg) である。
2. log WL＝0.81340 log WT＋0.21461
Correlation coefficient (r)：0.98183, Standard error of estimates：0.09737 である。

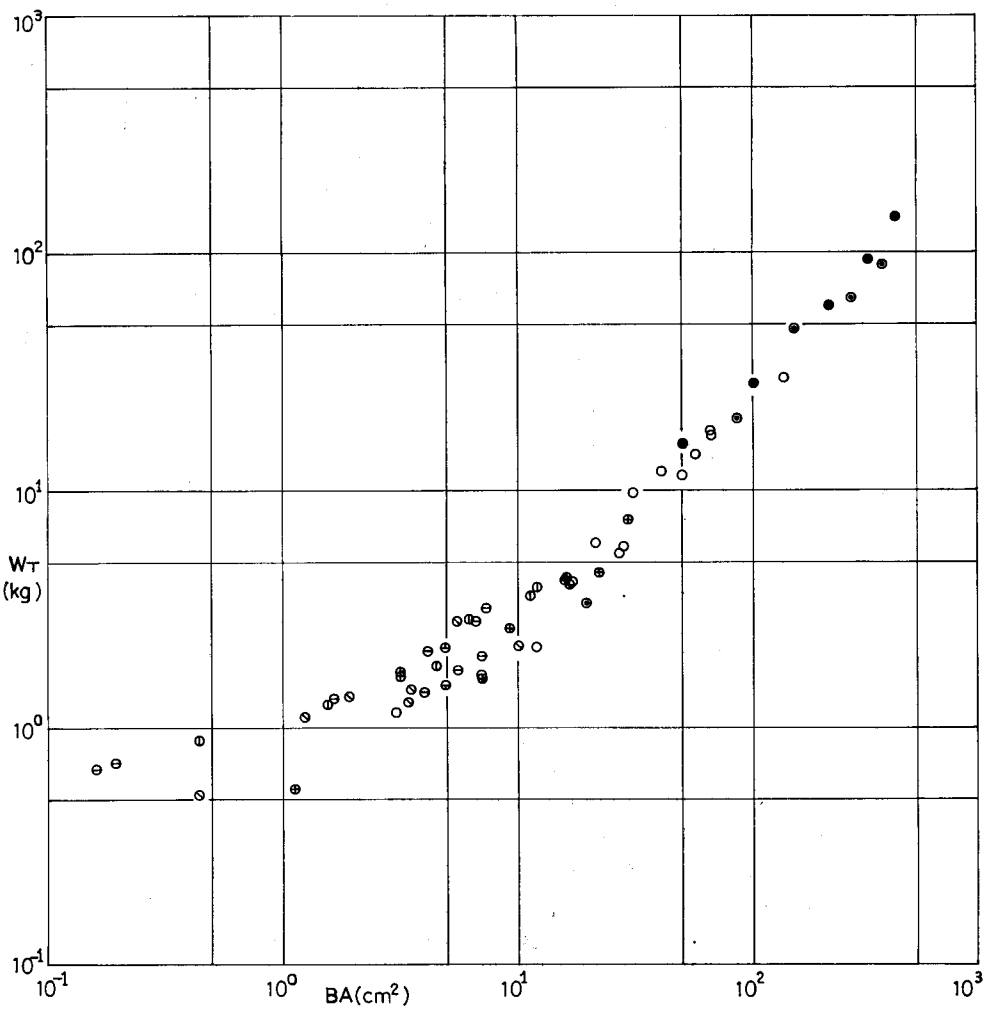
第26図　地上部全重量 (WT) と葉重量 (WL) の相対生長関係.

Fig. 26.　Relative growth relationship between whole parts of tree above the ground and leaf of sample trees in terms of fresh weight.

係を利用して林分の物質現存量の推定を行なうことが多くなった。これは樹木の最も計測しやすい胸高直径，胸高断面積，更には D^2H（胸高直径の二乗×樹高）などと樹体各器官の物質現存量との相対生長関係の直線近似式をまず供試木群注）について求める。次いでこの相対生長関係の直線近似式から各胸高直径階ごとの樹体各器官物質現存量を求め，これにそれぞれ胸高直径階別本数を乗じて得た各胸高直径階ごとの物質現存量を合計して林分の樹体各器官物質現存量とし，単位面積あたりに換算するものである。

これらのどの方法による推定値が現実林分に最も適合しているかについては，種々の多くの林分での，単位面積あたりの皆伐を伴うため，あまり研究がなされずまだ一般的によくわかっていない。ただ，胸高断面積による比推定法および相対生長関係の直線近似式利用法の両者による推定値がかなり近似し合うことは知られている（只木，1965；佐藤，1973)。

注)：供試木は無作為に前述のように抽出するか，胸高直径階別本数分布表から各胸高直径階を代表するように適当数を抽出する。

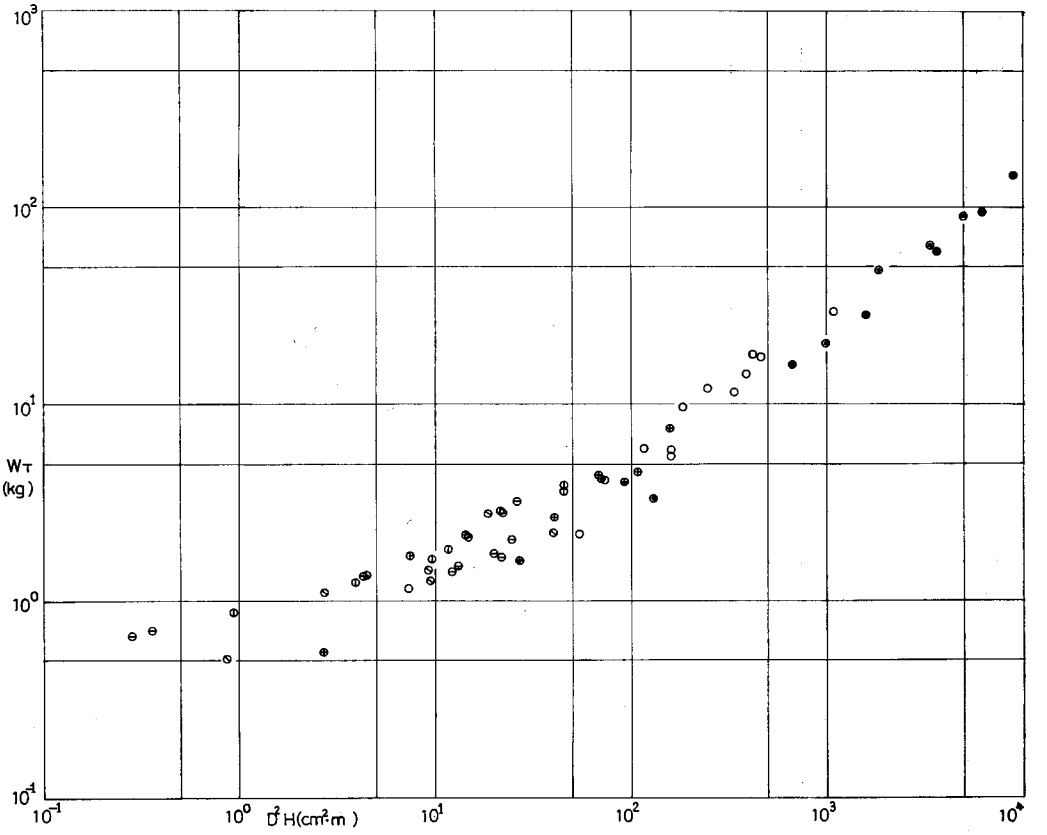


第27図 BAと地上部全重量(WT)の相対生長関係(乾重量).

Fig. 27. Relative growth relationship between basal area and whole parts of tree above the ground of sample trees in terms of dry weight.

各調査林分の樹体各器官物質現存量の単位面積あたり推定値を，後述する各胸高直径階別の樹体各器官物質現存量一覧表(第21, 22表参照)から求めると第17表のとおりである。上述の一覧表はNo. 1～No. 10林分の全供試木の胸高断面積(BA)と幹重量(WS), 枝重量(WB), 葉重量(WL), 皮なし幹材積(V), 皮つき幹材積((V))等との相対生長関係の近似式(2次曲線式, 第19～20表参照)を利用して作成したものである。

第17表から各調査林分のヘクタール(ha)あたりの樹体各器官物質現存量をみると，No. 5, No. 10林分を除く各林分とも乾重量でWLはWBを上まわっている。WL/WTの割合は乾重量で約14.37～36.78%であり，林齢の大であるNo. 5, No. 10林分ではそれぞれ約14.37,



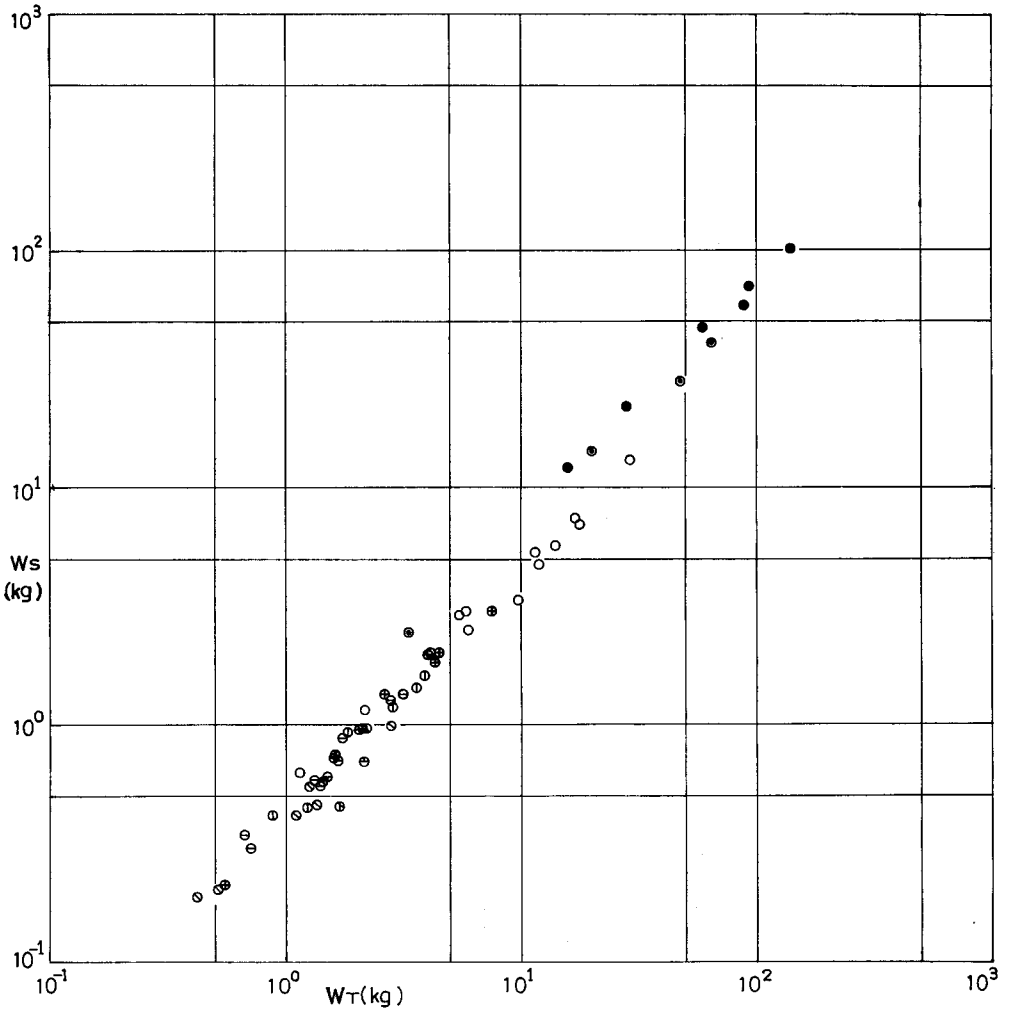
注): 1. D^2H : ($cm^2 \cdot m$), WT : (kg) である。
2. log WT = 0.55347 log D^2H + 2.67925
Correlation coefficient (r): 0.96485, Standard error of estimates: 0.16015 である。

第28図 D^2H と地上部全重量 (WT) の相対生長関係 (乾重量).

Fig. 28. Relative growth relationship between D^2H and whole parts of tree above the ground of sample trees in terms of dry weight.

18.43% と少ない。Ws/WT の割合は約 42.19～68.87% だが, No. 5, No. 10 林分ではそれぞれ約 68.87, 62.82% を占めている。WB/WT は約 17～19% を占める。林齢の大きな林分におけるこのような割合は, 他の樹種についてのこれまでの結果と比べて大差はみられない。これは林齢の増加に伴い, 強いうっ閉の影響が現れているためであろう。

次に, 大部分の調査林分において胸高直径階ごとに供試木を抽出するという方法をとっているため, 各調査林分について胸高断面積 (BA) と幹重量 (Ws), 枝重量 (WB), 葉重量 (WL), 皮なし幹材積 (V), 皮つき幹材積 ((V)) 等の相対生長関係の直線近似式 (附表 6. 参照) を求め, これを利用して得た各調査林分の物質現存量の推定値を, 第 17 表の数値と比較するとその差は第 18 表のとおりである。WTC, WT, V, (V) はほぼ 10% 程度の差におさまっているが, Ws, WB, WL については多少の差がみられる。これは各調査林分別に相対生長関係を両対数グラ



注): 1. WT: (kg), WS: (kg) である。
2. log WS=1.09627 log WT−0.68071
Correlation coefficient (r): 0.99254, Standard error of estimates: 0.08331 である。

第29図　地上部全重量 (WT) と幹重量 (WS) の相対生長関係 (乾重量).

Fig. 29.　Relative growth relationship between whole parts of tree above the ground and stem of sample trees in terms of dry weight.

フ上にプロットした場合,ばらつきがあり直線上にきれいに乗らないためであると考えられ,これに対して後述する2次曲線式で近似させた場合は,各調査林分とも適合性がすぐれている。

2) ま と め

1) 林分の単位面積あたりの樹体各器官物質現存量を推定するために,胸高断面積による比推定法の他に,樹体各部・器官の相対生長関係の近似式を利用した推定法が多く行なわれるようになっている。これらのどの方法による推定値が現実林分に最も適合しているかについて

第17表 相対生長関係の近似式 (2次曲線式)— 一覧表利用による各調査林分の ha あたりの物質現存量推定値.

Table 17. Material biomass of each part of tree above the ground per unit area (ha) in each investigated stand which estimated by utilizing the secondary regression formulas of relative growth relationship.

Stand No.	No. 3		No. 4		No. 5		No. 6		No. 10	
Item / Division of Fw and Dw	Fw	Dw	Fw	Dw	Fw	Dw	Fw	Dw	Fw	Dw
幹 (Ws) (ton)	9.6519	3.8710	23.5615	9.3240	118.0000	49.8897	3.5562	1.4794	113.9552	46.6773
枝 (WB) (ton)	3.8700	1.7801	8.0857	3.7155	26.4836	12.1421	1.5194	0.6998	30.3630	13.9328
葉 (WL) (ton)	6.3166	2.6615	11.2842	4.6717	25.9971	10.4123	2.9592	1.2860	33.8296	13.6938
WTC=WS+WB (ton)	13.5219	5.5611	31.6472	13.0395	144.4836	62.0318	5.0756	2.1792	144.3182	60.6101
WT=WS+WB+WL (ton)	19.8385	8.2226	42.9314	17.7112	170.4807	72.4441	8.0348	3.4652	178.1478	74.3039
皮なし幹材積 (V) (m^3)	8.4321		23.2514		153.5997		2.6702		132.9074	
皮つき幹材積 ((V)) (m^3)	10.0546		26.9048		164.7580		3.2677		147.0993	

注): 1. No. 1, No. 2 林分については既に明らかにされており，又，No. 7, No. 8, No. 9 林分はそれぞれ供試木本数が少ないため省いた。

2. 地上部非同化部分重量 (WTC), 地上部全重量 (WT) は，それぞれ WTC=WS+WB, WT=WS+WB+WL により算出した。

3. 第18表についても同様である。

第18表 両近似式による物質現存量の推定差.

Table 18. Difference of the material biomass estimator in connected with each part of tree above the ground in each investigated stand which estimated by utilizing the primary regression formulas and the secondary ones of the relative growth relationship.

Stand No. / Item	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 10
幹 (WS)	− 2.05 %	− 6.91 %	+15.42 %	−17.67 %	− 9.52 %
枝 (WB)	− 9.49	+18.05	−21.24	+14.75	+ 1.01
葉 (WL)	−13.57	+27.73	− 0.21	− 3.21	−30.47
WTC=WS+WB	− 4.18	− 0.53	+ 8.70	− 7.97	− 7.30
WT=WS+WB+WL	− 7.17	− 6.90	+ 7.34	− 6.21	−11.70
皮なし幹材積 (V)	+ 3.37	− 9.40	+ 4.37	−13.81	− 3.72
皮つき幹材積 ((V))	+ 1.78	− 9.05	+ 5.70	− 5.59	− 1.77

注): 1. 2次曲線式— 一覧表利用による推定値を基準に，これより大なる場合は +，小なる場合は − の符合を付して，推定値の差を百分率 (%) で表わした。

2. 重量は生重量 (ton/ha), 幹材積は m^3/ha を用いた。

は，種々の多くの林分での，単位面積あたりの皆伐を伴うため，あまり研究がなされておらず，まだ一般的によくわかっていないが，両者による推定値が，かなり近似し合うことは知られている。

ここでは，No. 1～No. 10 林分の全供試木の胸高断面積 (BA) による相対生長関係の近似式 (2次曲線式) を利用して，各調査林分の樹体各器官物質現存量を求めた。樹体地上部物質現存量の幹，枝，葉における配分関係は，林齢の増加に伴ううっ閉の強い影響を受けて変化するものと考えられ，他のスギ，ヒノキ等についてのこれまでの結果と大差はみられない。

2) この他に，各調査林分別に胸高断面積 (BA) による相対生長関係の直線近似式を利用して，同じ調査林分について樹体各器官物質現存量を求め，単位面積あたりに換算してその差の比較を行なった。W_{TC}, W_T, V, (V) はほぼ10% 程度の差におさまっているが，W_S, W_B, W_L については多少の差がみられた。これは各調査林分別に相対生長関係を両対数グラフ上にプロットした場合，ばらつきがあり直線上にきれいに乗らず，これに対して後述する2次曲線式で近似させた場合の方が各調査林分とも適合性がすぐれているためであると考えられた。

第6章　この研究の応用的側面

第1節　トドマツ造林木の径級別物質現存量

この調査・研究は合理的な森林施業を進める上での基礎的な面を多く含んでいる。すなわち，無間伐のトドマツ人工林の各径級の林木について，樹体各器官のおおよその物質現存量を事前に把握しておくことは，植栽時から間伐時に至るまでの林分・林木保育を進める上で欠くべからざる極めて重要なことと考えられる。今，この中でも特に間伐について述べると，これによって，ある無間伐林に対して径級の毎木調査を行なうことにより，その胸高直径階別本数分布表から径級別の各林木，およびその林分全体のおおよその樹体各器官ごとの物質現存量を知ることができる。

以上のような観点から，実地に調査を行なった No. 1～No. 10 林分の全供試木の胸高断面積 (BA) に対する樹体各器官の物質現存量の相対生長関係を利用して，胸高直径 1～30 cm の各直径階ごとにこれらの値を求め，一覧表に表わすことを試みた。無間伐林の林木の胸高直径はおおむねこの 1～30 cm の間におさまるものと考えられる。ただし，実際に伐倒し調査を行なった前述の供試木の胸高直径階は 0～23 cm である。

供試木の BA と樹体各器官の物質現存量の相対生長関係は既に前章で述べたように BA＝30 (cm^2) 付近でやや横軸に対して凸型となり，又，BA のごく小さい時には直線上によく乗らず，おおむね上方にプロットされている (第17～22図参照)。このため，既に求めた第15～16表の直線近似式は勾配がややゆるくなり，BA の小さい時には過大な値を，BA が 30 (cm^2) を越えかなり大きくなると逆に過小な値を得ることになる。これは四大学合同調査班 (1960) の報告においても，トドマツ，アカエゾマツ，エゾマツについて直線近似式から求めた各胸高直

径階についての数値は，両対数グラフ上にプロットされた実際の供試木に対して，BA の小さい範囲においてはかなり過小となっている。このことから，両対数グラフ上の相対生長関係から各胸高直径階に対する樹体各器官の物質現存量を推定する場合には，胸高直径の大小に拘らずよく適合するような別の近似式が必要とされる。回帰分析の結果からこれを2次曲線式（近似式）をもって直線近似式に換えると，BA の値の変化に伴うプロットされた供試木の樹体各器官物質現存量の各値は BA の大小に拘らず，かなりよく適合することがわかった。

この近似式を表わすと，生重量および幹材積については第19表，乾重量については第20表のとおりとなる。次いで，この第19, 20表を用いて1～30 cm の各胸高直径階に対する樹体各器官の物質現存量を求めた。これを表わすと，生重量および幹材積については第21表，乾重量については第22表のとおりとなる。

これらの数値は，これまでにトドマツ人工林（無間伐林，更には間伐後の林分）の単木で得られた値（原田ら，1970, 1971, 1972；加藤，1961；蔵本ら，1962；佐藤，1974；滝川・二通，

第19表　BA に対する供試木各部の相対生長関係の近似式（生重量，および幹材積）.

Table 19.　Secondary regression formulas in connected with the allometric relations of each part of tree above the ground to basal area of sample trees, in terms of fresh weight and stem volume.

Secondary regression formula by utilizing the common logarithm	Standard error of estimates
$\log W_S = 2.94247 + 0.34959 \log BA + 0.22074 \log^2 BA$	0.09894
$\log W_B = 2.59191 + 0.38739 \log BA + 0.15685 \log^2 BA$	0.14460
$\log W_L = 2.89957 + 0.35037 \log BA + 0.11818 \log^2 BA$	0.14328
$\log W_{TC} = 3.10736 + 0.35730 \log BA + 0.20585 \log^2 BA$	0.08573
$\log W_T = 3.31361 + 0.34930 \log BA + 0.18646 \log^2 BA$	0.09055
$\log V = 2.80394 + 0.38734 \log BA + 0.24578 \log^2 BA$	0.09460
$\log (V) = 2.89514 + 0.38563 \log BA + 0.23695 \log^2 BA$	0.08701

第20表　BA に対する供試木各部の相対生長関係の近似式（乾重量）.

Table 20.　Secondary regression formulas in connected with the allometric relations of each part of tree above the ground to basal area of sample trees, in terms of dry weight.

Secondary regression formula by utilizing the common logarithm	Standard error of estimates
$\log W_S = 2.55832 + 0.30699 \log BA + 0.23925 \log^2 BA$	0.10479
$\log W_B = 2.25494 + 0.38745 \log BA + 0.15654 \log^2 BA$	0.15212
$\log W_L = 2.53969 + 0.33853 \log BA + 0.11654 \log^2 BA$	0.14446
$\log W_{TC} = 2.73745 + 0.33001 \log BA + 0.21771 \log^2 BA$	0.09088
$\log W_T = 2.94690 + 0.32521 \log BA + 0.19575 \log^2 BA$	0.09187

第21表 トドマツ造林木の各胸高直径階に対する樹体各器官の生重量および幹材積.

Table 21. Table of the material biomass of each part of tree above the ground to each diameter grade at breast height by utilizing the secondary regression formulas of the common logarithm, in terms of fresh weight and stem volume.

DBH (cm)	W_S (kg)	W_B (kg)	W_L (kg)	W_{TC} (kg)	W_T (kg)	V (cm^3)	(V) (cm^3)
0.5	0.639	0.249	0.514	0.888	1.402	450	551
1.0	0.810	0.357	0.731	1.167	1.898	584	720
1.5	1.103	0.498	0.985	1.601	2.586	822	1012
2.0	1.482	0.666	1.268	2.148	3.416	1,141	1,398
2.5	1.947	0.860	1.578	2.807	4.385	1,545	1,883
3.0	2.504	1.082	1.916	3.586	5.502	2,043	2,475
3.5	3.159	1.332	2.282	4.491	6.773	2,645	3,187
4.0	3.922	1.612	2.676	5.534	8.210	3,363	4,030
4.5	4.799	1.922	3.098	6.721	9.819	4,209	5,018
5.0	5.801	2.265	3.550	8.066	11.616	5,196	6,165
5.5	6.938	2.641	4.030	9.579	13.609	6,340	7,485
6.0	8.220	3.052	4.540	11.272	15.812	7,654	8,995
6.5	9.655	3.499	5.079	13.154	18.233	9,153	10,709
7.0	11.257	3.983	5.650	15.240	20.890	10,856	12,647
7.5	13.034	4.506	6.250	17.540	23.790	12,777	14,823
8.0	15.002	5.070	6.882	20.072	26.954	14,939	17,260
8.5	17.166	5.673	7.544	22.839	30.383	17,352	19,971
9.0	19.546	6.322	8.240	25.868	34.108	20,048	22,985
9.5	22.145	7.013	8.966	29.158	38.124	23,034	26,312
10.0	24.989	7.751	9.727	32.740	42.467	26,344	29,987
10.5	28.082	8.537	10.521	36.619	47.140	29,995	34,024
11.0	31.440	9.370	11.348	40.810	52.158	34,007	38,446
11.5	35.075	10.254	12.208	45.329	57.537	38,409	43,278
12.0	39.010	11.190	13.104	50.200	63.304	43,228	48,553
12.5	43.243	12.177	14.033	55.420	69.453	48,475	54,275
13.0	47.813	13.222	14.999	61.035	76.034	54,203	60,505
13.5	52.723	14.322	16.000	67.045	83.045	60,425	67,253
14.0	57.971	15.476	17.035	73.447	90.482	67,151	74,518
14.5	63.612	16.694	18.110	80.306	98.416	74,453	82,389
15.0	69.650	17.974	19.223	87.624	106.847	82,355	90,876
15.5	76.092	19.315	20.371	95.407	115.778	90,870	99,995
16.0	82.937	20.716	21.555	103.653	125.208	100,002	109,754
16.5	90.269	22.191	22.783	112.460	135.243	109,878	120,279
17.0	98.033	23.726	24.045	121.759	145.804	120,440	131,501
17.5	106.302	25.335	25.349	131.637	156.986	131,786	143,532
18.0	115.040	27.008	26.688	142.048	168.736	143,890	156,322

DBH (cm)	W_S (kg)	W_B (kg)	W_L (kg)	W_{TC} (kg)	W_T (kg)	V (cm^3)	(V) (cm^3)
18.5	124.331	28.758	28.071	153.089	181.160	156,870	170,008
19.0	134.178	30.585	29.497	164.763	194.260	170,750	184,608
19.5	144.601	32.490	30.964	177.091	208.055	185,554	200,152
20.0	155.546	34.459	32.464	190.005	222.469	201,247	216,571
20.5	167.182	36.521	34.015	203.703	237.718	218,052	234,121
21.0	179.399	38.656	35.603	218.055	253.658	235,852	252,668
21.5	192.331	40.886	37.241	233.217	270.458	254,847	272,408
22.0	205.873	43.183	38.912	249.056	287.968	274,865	293,184
22.5	220.141	45.574	40.631	265.715	306.346	296,142	315,210
23.0	235.169	48.055	42.395	283.224	325.619	318,706	338,509
23.5	250.975	50.628	44.206	301.603	345.809	342,602	363,128
24.0	267.541	53.294	46.063	320.835	366.898	367,858	389,108
24.5	284.918	56.049	47.960	340.967	388.927	394,521	416,466
25.0	303.180	58.912	49.913	362.092	412.005	422,747	445,390
25.5	322.270	61.863	51.908	384.133	436.041	452,449	475,751
26.0	342.161	64.902	53.937	407.063	461.000	483,626	507,551
26.5	363.137	68.064	56.030	431.201	487.231	516,702	541,228
27.0	384.946	71.313	58.162	456.259	514.421	551,341	576,421
27.5	407.737	74.664	60.341	482.401	542.742	587,746	613,366
28.0	431.658	78.147	62.578	509.805	572.383	626,239	652,319
28.5	456.604	81.730	64.862	538.334	603.196	666,607	693,154
29.0	482.581	85.420	67.196	568.001	635.197	708,925	735,800
29.5	509.577	89.209	69.565	598.786	668.351	753,182	780,369
30.0	537.824	93.130	71.998	630.954	702.952	799,742	827,161

1970；山本・真田，1970）と比較して妥当なものといえる。又，樺太の天然生林で得られた1～34 cm の各胸高直径階の枝条重量（生重量）の数値（三島・吉野，1934）と比較して，いずれの直径階においてもこれを上回る。だが，その程度は直径階が大きくなるにつれて小さくなり，25 cm では約 30%，30 cm で約 15% 増となる。又，四大学合同調査班（1960）の天然生林についての推定値（乾重量および幹材積）と比較すると，枝，葉各重量ともいずれの直径階においてもこれを上回っている。幹重量では，1～3 cm ではこれを大きく上回っているものの 4 cm 以上では下回っており，その程度は胸高直径 5 cm で第 22 表の約 27% 増，10～15 cm では約 70% 増と最も大きいが漸次減少し，23 cm で約 37%，25 cm で約 28% となり，30 cm では約 7% 増となっている。又，幹材積については 1～3 cm で同様にこれを大きく上回っているものの，4～28 cm では下回っており，その程度は胸高直径 5 cm で第 21 表の約 20% 増，10 cm で約 50% 増と最も大きいが漸次減少し，20 cm で約 30%，25 cm で約 12% 増となっているが，29～30 cm では逆に約 5% 減となっている。四大学合同調査班が実際に伐倒して，樹体各器官の重量，幹材積を測定したトドマツ供試木の胸高直径は 23.4 cm までであるが，その範囲では

第22表 トドマツ造林木の各胸高直径階に対する樹体各器官の乾重量.

Table 22. Table of the material biomass of each part of tree above the ground to each diameter grade at breast height by utilizing the secondary regression formulas of the common logarithm, in terms of dry weight.

DBH (cm)	W_S (kg)	W_B (kg)	W_L (kg)	W_{TC} (kg)	W_T (kg)
0.5	0.289	0.115	0.228	0.404	0.632
1.0	0.338	0.164	0.320	0.502	0.822
1.5	0.446	0.229	0.427	0.675	1.102
2.0	0.589	0.306	0.546	0.895	1.441
2.5	0.767	0.396	0.675	1.163	1.838
3.0	0.981	0.498	0.815	1.479	2.294
3.5	1.234	0.613	0.966	1.847	2.813
4.0	1.531	0.741	1.129	2.272	3.401
4.5	1.873	0.884	1.302	2.757	4.059
5.0	2.266	1.041	1.487	3.307	4.794
5.5	2.714	1.214	1.683	3.928	5.611
6.0	3.220	1.403	1.890	4.623	6.513
6.5	3.790	1.608	2.109	5.398	7.507
7.0	4.429	1.831	2.340	6.260	8.600
7.5	5.140	2.071	2.583	7.211	9.794
8.0	5.931	2.329	2.838	8.260	11.098
8.5	6.803	2.606	3.104	9.409	12.513
9.0	7.768	2.904	3.384	10.672	14.056
9.5	8.824	3.221	3.675	12.045	15.720
10.0	9.985	3.560	3.979	13.545	17.524
10.5	11.252	3.920	4.296	15.172	19.468
11.0	12.632	4.302	4.626	16.934	21.560
11.5	14.133	4.707	4.968	18.840	23.808
12.0	15.762	5.137	5.325	20.899	26.224
12.5	17.521	5.589	5.693	23.110	28.803
13.0	19.427	6.068	6.076	25.495	31.571
13.5	21.481	6.572	6.473	28.053	34.526
14.0	23.683	7.101	6.882	30.784	37.666
14.5	26.059	7.659	7.306	33.718	41.024
15.0	28.610	8.246	7.745	36.856	44.601
15.5	31.342	8.860	8.198	40.202	48.400
16.0	34.251	9.502	8.664	43.753	52.417
16.5	37.378	10.177	9.146	47.555	56.701
17.0	40.700	10.881	9.642	51.581	61.223
17.5	44.248	11.618	10.153	55.866	66.019
18.0	48.010	12.384	10.678	60.394	71.072

DBH (cm)	Ws (kg)	WB (kg)	WL (kg)	WTC (kg)	WT (kg)
18.5	52.019	13.186	11.218	65.205	76.423
19.0	56.283	14.023	11.776	70.306	82.082
19.5	60.809	14.894	12.349	75.703	88.052
20.0	65.577	15.796	12.933	81.373	94.306
20.5	70.658	16.740	13.538	87.398	100.936
21.0	76.010	17.717	14.156	93.727	107.883
21.5	81.688	18.737	14.794	100.425	115.219
22.0	87.648	19.789	15.443	107.437	122.880
22.5	93.951	20.883	16.110	114.834	130.944
23.0	100.603	22.019	16.795	122.622	139.417
23.5	107.612	23.197	17.498	130.809	148.307
24.0	114.987	24.416	18.216	139.403	157.619
24.5	122.733	25.677	18.951	148.410	167.361
25.0	130.903	26.987	19.706	157.890	177.596
25.5	139.463	28.337	20.475	167.800	188.275
26.0	148.409	29.727	21.260	178.136	199.396
26.5	157.856	31.174	22.068	189.030	211.098
27.0	167.699	32.660	22.889	200.359	223.248
27.5	178.020	34.192	23.728	212.212	235.940
28.0	188.873	35.784	24.590	224.657	249.247
28.5	200.230	37.423	25.468	237.653	263.121
29.0	212.066	39.110	26.364	251.176	277.540
29.5	224.409	40.842	27.277	265.251	292.528
30.0	237.350	42.635	28.210	279.985	308.195

天然木は造林木に比べ枝，葉量ともに少ないが，この少ない枝，葉量でかなり多くの幹量を蓄積していると考えられる。

次に，第21～22表を，長期かつ強度の被圧，あるいは競争等により傘形（武藤・信岡，1975）を呈する造林木（供試木 No. 60～69），および上木の伐りすかし等により傘形を脱し正常な形態へ回復しつつある造林木についての数値（武藤・信岡，前出）と比較してみると，胸高直径ほぼ3 cm 以上では適合性がよいものの，3 cm 未満の造林木においては多少のばらつきがみられることがわかった。

このような傘形を呈する造林木は径級，樹高とも他の造林木に比べてはるかに小さく，又，現実の一斉林分ではあまりみられないが，広葉樹を上木とする樹下植栽地においては，造林木の生長に伴う上木伐りすかしの遅延等によってみられるものである。

第2節　垂直的な葉量分布および枝階数

1）枝打ちとの関連について

これまでトドマツについては枯枝打ちが行なわれてきた例はあるが，その実行方法，成果

等については不明な点が多い。これに対する緑枝打ち（生枝打ち）はスギ，ヒノキでは多くみられるし，枯枝打ちあるいは枝打ちを全く行なわない場合に比べ，種々の実行方法による緑枝打ちの効用は大きいことが一般的に知られている。緑枝打ちの効用としては幾つか挙げられるが，その中でも無節材を生産するいわゆる良質材生産の面において顕著な効用をもつと考えられる。

枝打ちは同化器官である葉の除去を伴い，除去の程度に応じて上記の効用は異なるが，同時に除去の程度に応じて幹の生長減退を招くことになる。この枝打ちの強度が幹の生長に及ぼす影響については不明な点が多く，今後この関連がよく明らかにされねばならないであろう。枝打ちの強度を表わす指標としては枝打ち高率（枝打ち高/樹高（%）），枝打ち長率（枝打ち長/樹冠長（%））等いろいろ考えられてきたが，これらは，立地条件や林分構造等の違いから葉量と樹高との間の比例関係があまりよくないこと，更には本数密度の高い林分ではほぼ一様に枝の枯れ上りが大きく，このように林木各個体により葉量が異なることから指標としてあまり適当ではない。このため林木各個体の全体葉量および除去葉量を推定し，葉の除去率（除去葉量/全体葉量（%））で表わす方がより適当であるといえる。これについては藤森（1975）も又，スギ，ヒノキの試験結果から枝打ちの強度を表わす指標として葉の除去率が適当であると述べているが同時に，ある程度の誤差を許容する場合には樹冠長に対する枝打ち長率を用いてもさしつかえがなさそうである，と述べている。

トドマツにおける緑枝打ちについての報告は現在までみられないが，枝階を形成しながら生長を実現してゆくという樹種的性質を有することから，下方から枝階ごとに枝打ちが行なわれてゆくことになり，この点でスギ，ヒノキとは異なった実行形態をとらざるを得ない。このため，トドマツでは各枝階別に枝，葉量を正確に測定し，これに基づいて単木の全体葉量に占めるそれぞれの枝階の葉量の割合が葉量の除去率としてとらえられることが適当となる。上述の観点に立って，本論文ではこれらの実行あるいは試験研究の基礎となる，個々の林木の枝階ごとの葉量の分布のしかたと個々の林木の大きさ，枝階数等の関連について調べることにより，そこに存在する一定の関係・傾向を明らかにしようとした。このことは，トドマツ供試木に枝階別刈取り法を用いて枝階別に幹，枝，葉の各物質現存量を求めることにより，はじめて可能となったわけである。

以下，実地調査を行なったこれまで枝打ち（緑枝打ち）を施していないトドマツ人工林（無間伐林）の各供試木について述べる。

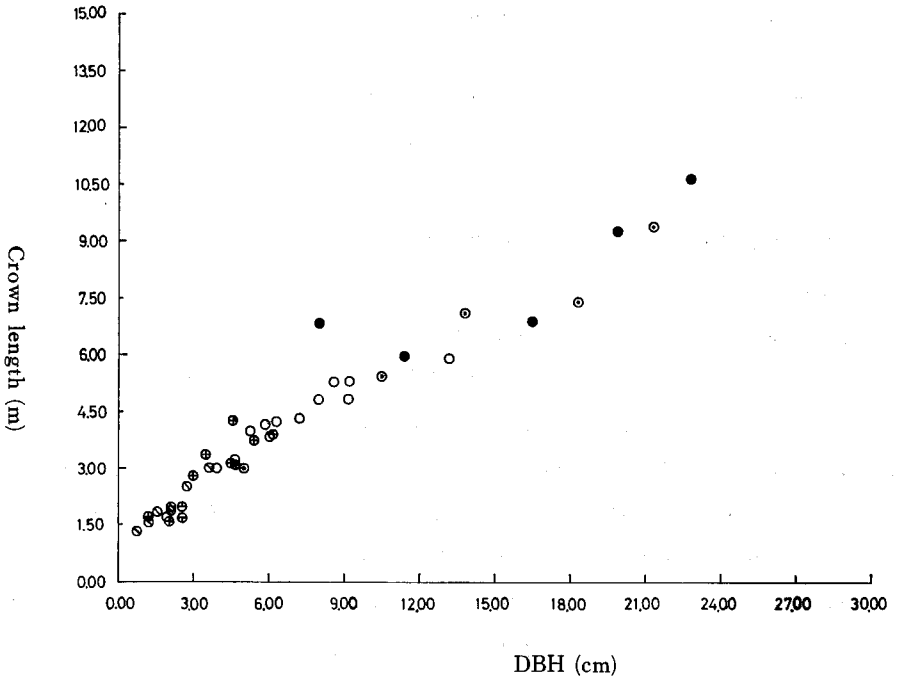
2）垂直的な葉量分布および枝階数

No. 1, No. 2 林分の供試木については各供試木の枝階長を計測しなかったため，垂直的な葉量分布と林木の大きさ，枝階数等との関連については No. 3～No. 10 林分の胸高以上の樹高を有する全供試木 41 本について調べ検討を行なった。なお，No. 3～No. 10 林分の林齢は 9～38 年，各供試木の樹高は 1.530～17.370 m，胸高直径は 0.75～22.80 cm で，各供試木の有する

枝階数は7～25枝階，樹冠長は1.290～10.640 m，最下生枝高は0.063～6.730 mであった(附表7.参照)。

樹体における葉群の垂直的な分布の幅は，樹高との関連で樹冠長(樹冠長＝樹高－最下生枝高)と呼ばれるが，これと林木の大きさとの関連を知るために，まず全供試木の胸高直径—樹冠長，樹高—樹冠長の関係をグラフ上に表わすと第30図，第31図のとおりである。これをみると，樹冠長はある程度林木の大きさに応じて増加傾向を示していることがわかる。又，前者の胸高直径—樹冠長の関係は後者に比べてばらつきが小さく，相関も高いが，後者では樹高の小さなものではばらつきが小さいが，大きくなるにつれてばらつきが大きくなり，全体的にみて相関も低くなっている。又，胸高直径—最下生枝高，樹高—最下生枝高の関係は，後者が前者に比べてかなり高次の相関関係を有し，これは吉田(1929)が東京大学千葉演習林の林齢7～33年のスギ13林分の力枝高と胸高直径，樹高との相関関係について得たのと同様の結果であるが，ここではきれいな直線的関係とはならず大きなばらつきがみられる(第32, 33図参照)。

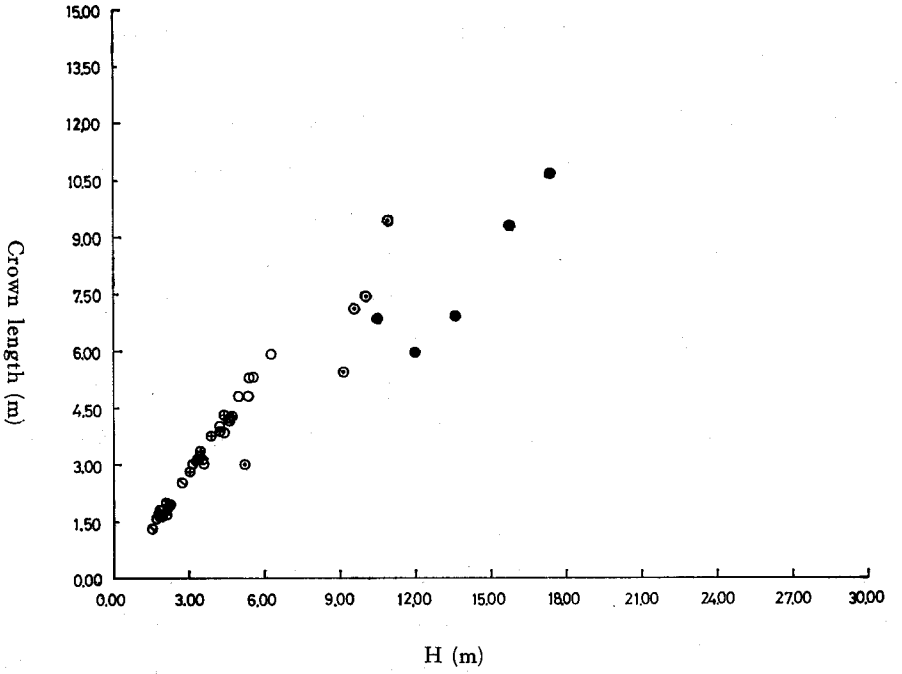
以上のことから，樹冠長は樹高よりもむしろ胸高直径の大きさの変化に応じて，よく比例して増大するものと考えられた。又，下枝の枯れ上りによる最下生枝高は，樹高やとくに胸高直径の増加に伴ってよく比例して増加するものではなく，このことから胸高直径や樹高の増加



注): DBH: (cm), Crown length: LK (m) で表わすと，LK＝0.38594 DBH＋1.45266
Correlation coefficient (r): 0.96897, Standard error of estimates: 0.57862である。

第30図 胸高直径—樹冠長関係図.

Fig. 30. Crown length in relation to diameter at breast height of sample trees.



注): H: (m), Crown length: LK (m) で表わすと，LK=0.54362 H+1.23786
Correlation coefficient (r): 0.94092, Standard error of estimates: 0.79267 である。

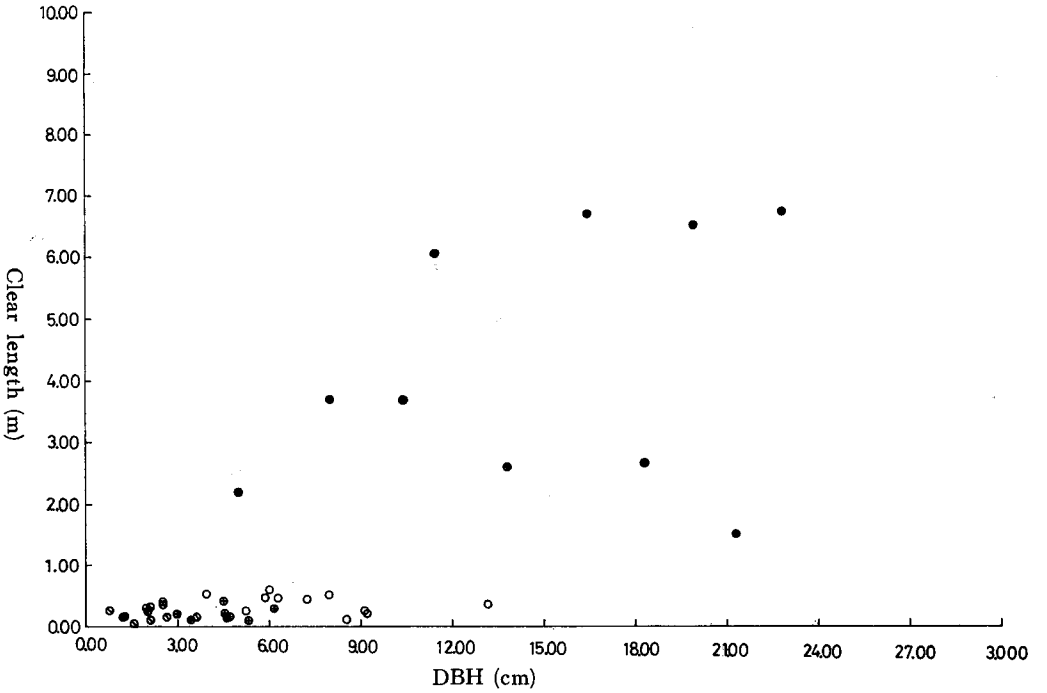
第31図　樹高—樹冠長関係図.

Fig. 31.　Crown length in relation to tree height of sample trees.

に伴う樹冠長の増加は，むしろ下枝の枯れ上りの遅滞化による面がかなり大きいものと考えることが妥当であろう。

次に，葉量の垂直的な分布と枝階数との関連について述べるが，全供試木について各枝階ごとの葉量の垂直的な分布を絶対量で表わし枝階数との関連をみても，各供試木の大きさにより各枝階ごとの葉量が大きく異なることから無意味である。このため，葉量除去を枝階ごとに下方から行ない，葉量除去率(除去葉重量/全体葉重量(%))が今各々便宜的に10%，25%，50%，75%となるように，これにできるだけ近づけるように枝階ごとに枝打ちを行なったと仮定した場合の枝階数除去率(除去枝階数合計/単木の枝階数(%))との関係についてみることとし，これを全てグラフ上に表わすと第34図のとおりである。この第34図をみると，葉量除去率と枝階数除去率とは強い相関関係を有し，又，10%，25%，50%，75%の葉量除去率の各目標区分に応じて，枝階数除去率も又，ある程度の幅を有する四つの範囲に区分されていると考えることができる。又，このようにプロットされた点がばらつき，広がりを示すのは，各供試木によって枝階ごとの葉量が異なるために，目標とした各葉量除去率を正確に実現できないためである。第34図から葉量除去率と枝階数除去率との関係を，前述の四つの目標区分に従って整理すると，おおむね第23表に表わしたとおりである。

次いで，この各供試木の葉量除去率および枝階数除去率に従って枝打ち長率がどのように



注): 1. DBH: (cm), Clear length: UBH (m) で表わすと, UBH=0.25348 DBH−0.55848 Correlation coefficient (r): 0.74046, Standard error of estimates: 1.35217 である。

第32図 胸高直径 (cm)—最下生枝高 (m) 関係図.

Fig. 32. Height of green tree branch in the lowest part above the ground (clear length) in relation to diameter at breast height of sample trees.

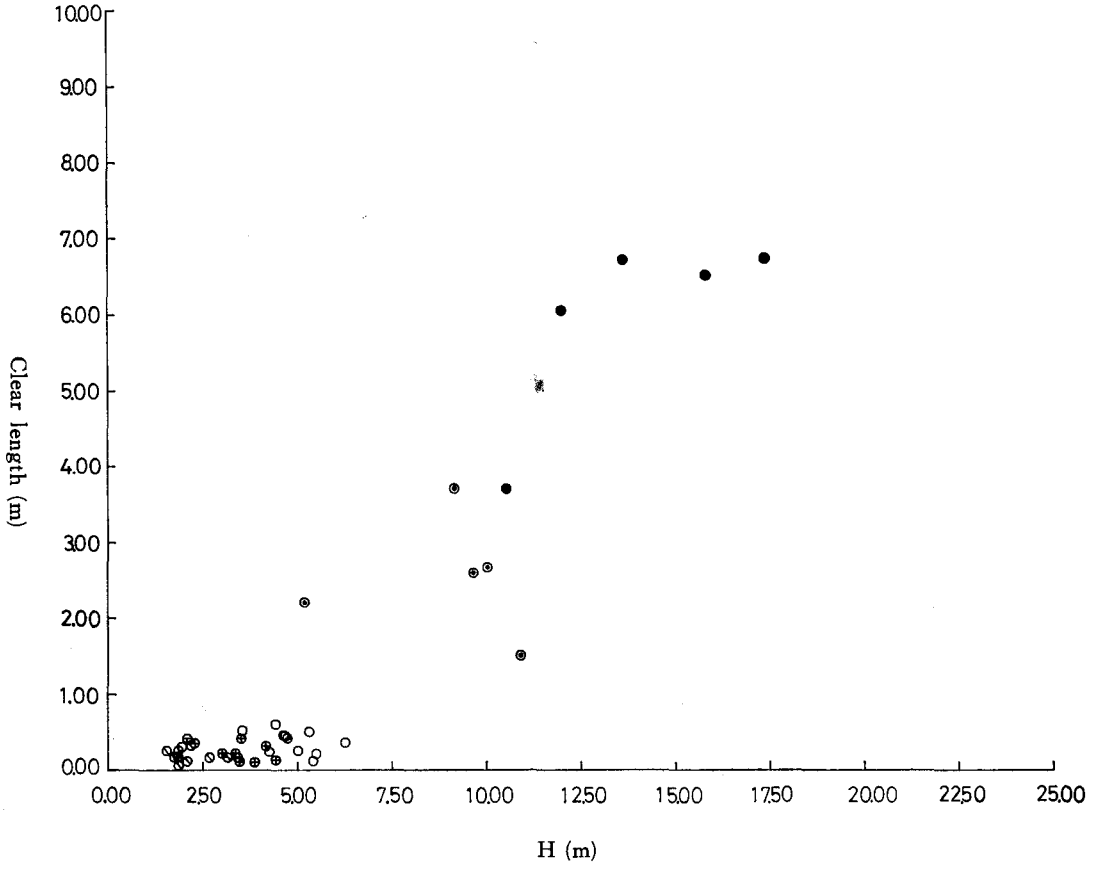
第23表 葉量除去率と枝階数除去率.

Table 23. Correlation table between the ratio of removed leaves to all leaves in terms of fresh weight and the ratio of removed number to the number of stair whorl branches of sample trees.

葉量除去率 (%) Ratio of removed leaves to all leaves		枝階数除去率 (%) Ratio of removed number to the number of stair whorl branches
目標 Ratio aimed at	ばらつきの範囲 Range of scattered values	
10	0 ~ 15	0 ~ 27
25	16 ~ 35	28 ~ 38
50	36 ~ 63	39 ~ 55
75	64 ~ 78	56 ~ 75

変化するのかを同様にグラフ上でみると, これらの関係はばらつきが大きく相関関係はきれいな直線的関係とはならず, 前述の如き四つの範囲には区分されないことがわかった (第35, 36図参照)。このことから, トドマツ造林木において枝打ち長率は枝打ちの強度を表わす指標としては不適であると考えられた。

第34図から逆に, 横軸に枝階数除去率をとり縦軸に葉量除去率をとることにより今, 枝階数除去率の範囲に応じた葉量除去率の範囲をおおまかに予測できると仮定すると, 第23表



注): H: (m), Clear length: UBH (m) で表わすと, UBH=0.45638 H−1.23786
Correlation coefficient (r): 0.91911, Standard error of estimates: 0.79267 である。

第33図 樹高 (m)—最下生枝高 (m) 関係図.

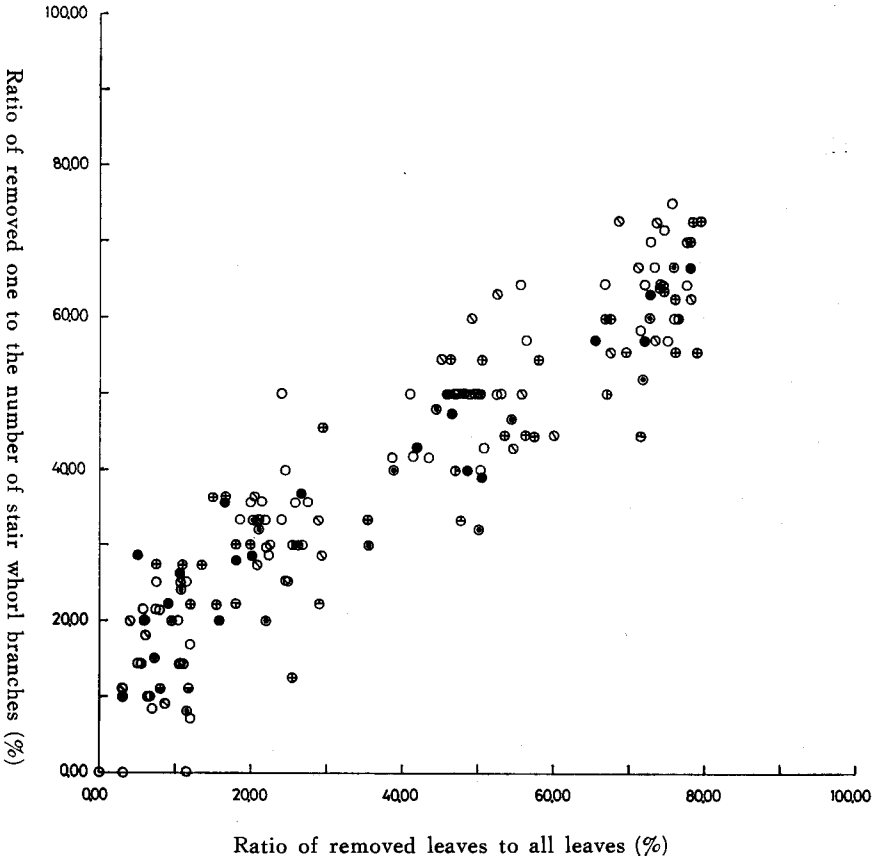
Fig. 33. Height of green tree branch in the lowest part above the ground in relation to tree height of sample trees.

から次のとおりとなる (第37図参照)。すなわち, 林木の下部から枝階数の0〜27% までに葉量全体 (葉重量) の0〜15% が分布し, 同様に28〜38% までに16〜35% の葉量, 39〜55% までに36〜63% の葉量, 56〜75% までに64〜78% の葉量が分布していると考えられた。

以上に述べた葉量の垂直的な分布と林木の大きさ, 枝階数との関連についての結果は今後, 単木のみならず一定の林分に対して枝打ち等を実施, あるいは試験研究してゆく上での基礎的資料となり, かつおおよその目安となるものと考えられる。

第3節 まとめ

1. トドマツ人工林 (無間伐林) における造林木が, その大きさに応じて樹体各器官にどれほどの物質現存量を有するのかをおおまかに把握しておくことは, 植栽時から間伐時に至るまでの合理的な林分保育を考え, 円滑に進めてゆく上での基礎資料としても必須のものと考えられる。これを実地に調査を行なった全供試木から, 胸高断面積 (BA) と幹, 枝, 葉各器官と



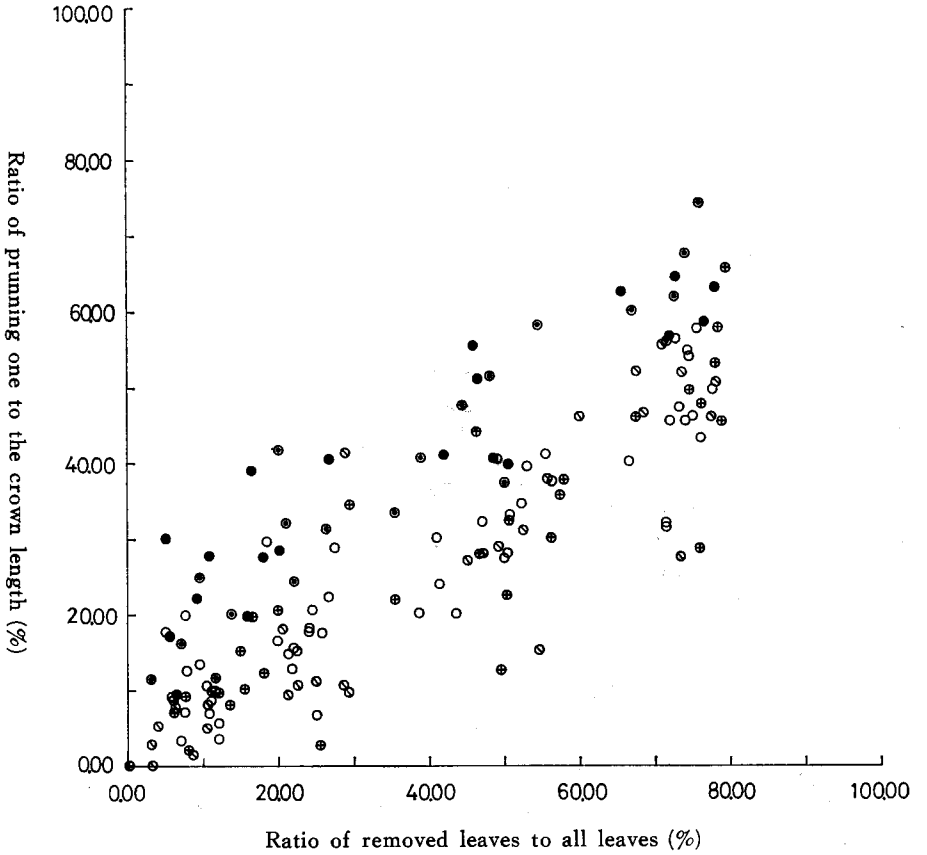
第34図　葉量除去率—枝階数除去率関係図.

Fig. 34. Ratio of removed one to the number of stair whorl branches in relation to the ratio of removed leaves to all leaves in terms of fresh weight of sample trees.

の相対生長関係の近似式を利用して1～30 cm の各胸高直径階ごとに求めることを試みた。

2. 近似式は2次曲線式をもって直線近似式に換えると，BA の値の大小に拘らず供試木の樹体各器官物質現存量の各値はかなりよく適合することがわかった (第19～20表参照)。これを用いて，径級 0.5 cm ごとに樹体各器官の物質現存量を生重量，乾重量および幹材積について一覧表に表わすことができた (第21～22表参照)。これらの数値は無間伐 (更には間伐後) のトドマツ造林木についての，これまでの各地での諸資料に照らしてみても妥当なものであった。なお，各胸高直径階における数値は，これまでトドマツ天然木について得られている数値とは多少の相違を示した。

3. このような一覧表により，植栽時から間伐時に至る林分の毎木調査を随時行なうことにより，胸高直径階別本数分布表と一覧表の径級ごとの数値とから，その時々における各林木および林分全体の生育状況を適宜把握し得，これに応じた間伐等の諸作業を合理的に進めてゆ



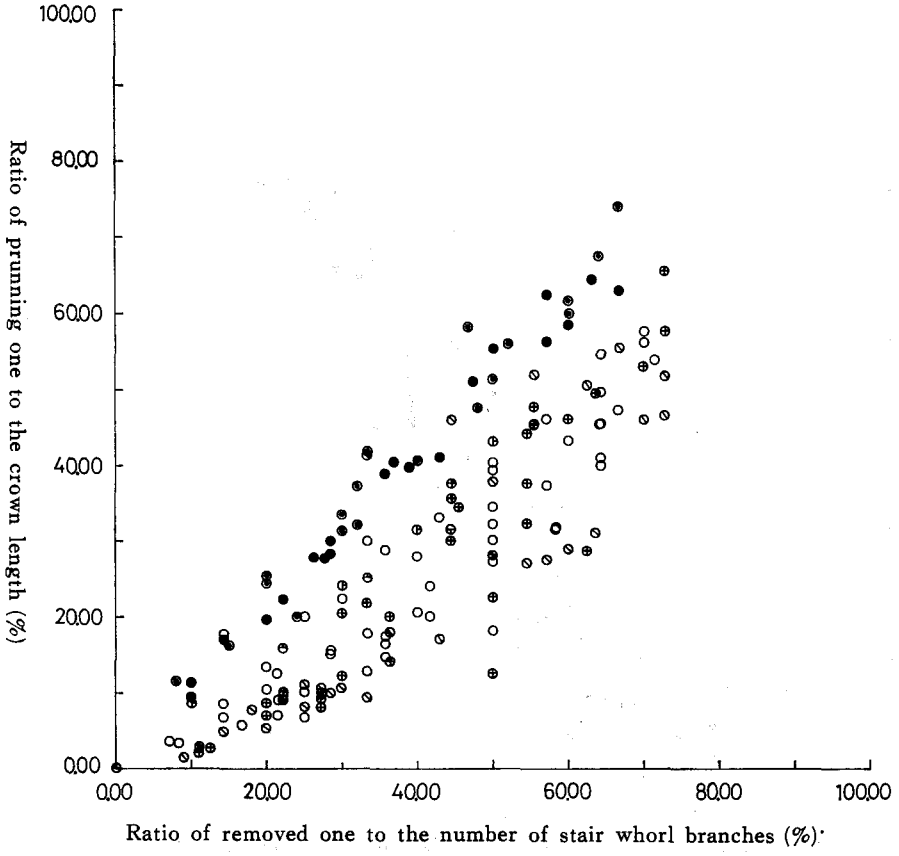
第35図　葉量除去率—枝打ち長率関係図.

Fig. 35.　Ratio of prunning one to the crown length in relation to the ratio of removed leaves to all leaves in terms of fresh weight, in the connection with an individual sample tree.

く上での基礎となし得よう。

4. トドマツ人工林の面積の増大に伴い，今後は目的とする用材生産に応じた枝打ちの実行あるいは試験研究もスギ，ヒノキ等と同様に考えられる。枝打ちは同化器官である葉の除去を伴い，枝打ちの強度を表わす指標としては全体葉量からの葉量除去率が最も適当なものであろう。一方，枝打ちは幹生長量の減退を招くことが知られているが，枝打ちの強度と幹生長量との関係については不明な点が多く，今後この関連がよく明らかにされねばならない。ここでは，この前提となるトドマツ人工林（無間伐林）の造林木の葉量の垂直的な分布と林木の大きさ，およびトドマツの樹種的性質から枝階数との関連を実地に調査を行なった供試木から明らかにした。

5. 目標とする葉量除去率を各々10%，25%，50%，75%とし，これにできるだけ近づけるように枝階ごとに下方から枝打ちを行なったと仮定した場合，葉量除去率と枝階数除去率とは強い相関関係を有し，葉量除去率の各目標区分に応じ，枝階数除去率も又，ある程度の幅



第36図 枝階数除去率一枝打ち長率関係図.

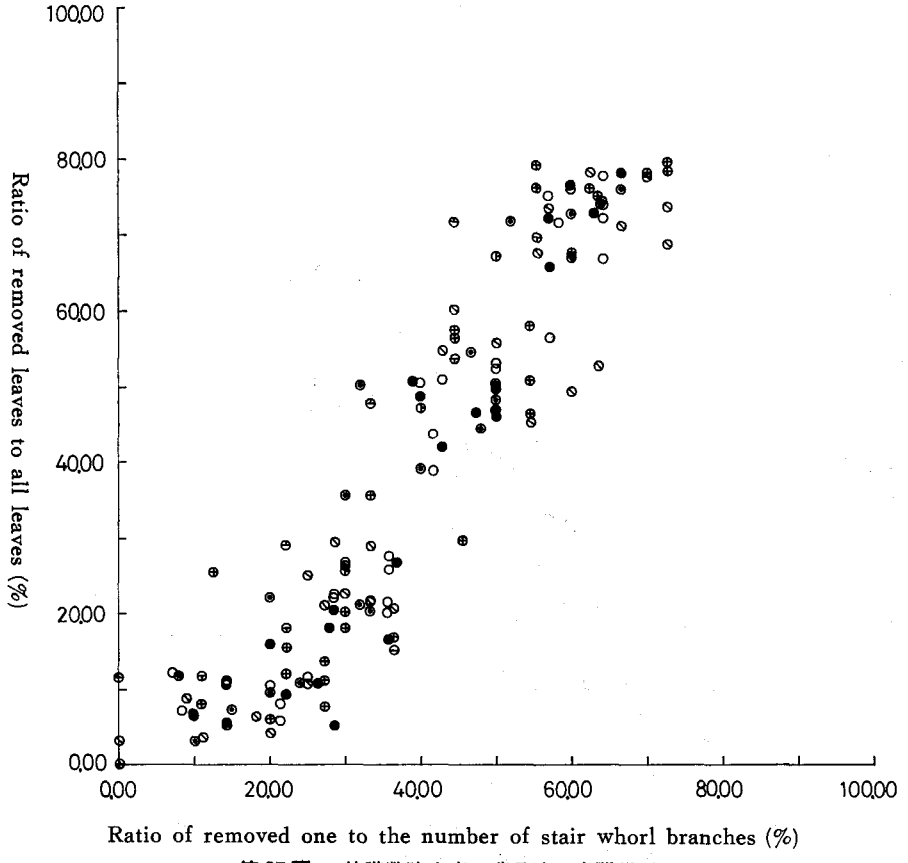
Fig. 36. Ratio of prunning one to the crown length in relation to the ratio of removed number to the number of stair whorl branches in the connection with an individual sample tree.

を有する四つの範囲に区分される (第34図, 第23表参照)。

このことから逆に, 枝階数除去率の範囲に応じた葉量除去率の範囲をおおまかに予測できるとすると, 林木の下部から枝階数の0～27% までに葉量全体 (葉重量) の0～15% が分布し, 同様に28～38% までに16～35% の葉量, 39～55% までに36～63% の葉量, 56～75% までに64～78% の葉量が分布していると考えられた。

6. 樹体における葉群の樹高に対する配置の状況を示す樹冠長は, 樹高よりもむしろ胸高直径の大きさとの相関が強く, ばらつきも少ないことがわかった。一方, 枝打ち長率と葉量除去率との関係を上述の如くグラフ上でみると, この相関関係はばらつきが大きく, 前述のような四つの範囲にはきれいに区分されず, このことからトドマツ造林木では枝打ちの強度を表わす指標として, 枝打ち長率よりも枝階数除去率の方が適していると考えられた。

これらの結果は今後, 単木のみならず一定の林分に対して枝打ち等を実施, あるいは試験研究してゆく上で基礎的資料となり, かつおおよその目安となるものと考えられる。



第37図　枝階数除去率—葉量除去率関係図.

Fig. 37.　Ratio of removed leaves to all leaves (in terms of fresh weight) in relation to the ratio of removed number to the number of stair whorl branches in the connection with an individual sample tree.

第7章　総括および結論

トドマツ人工林を対象として森林施業を合理的に進めてゆくためには，森林の木材供給をはじめとする種々の利用価値が森林の物質生産に基づくものであるという観点から，林分および林分を形成する個々の林木個体の生育諸現象を物質生産の面から詳しく把握してゆくことは欠かすことができない。これまで，物質生産の面から生育地，林齢，林分の違いによる種々の林分を形成する林木個体の大きさの異同とその生育現象の種々の多様性に重きをおいて，このような個々の林木個体および林分の生育現象を総括的に調べ，一貫して解析されたことはなかった。

物質生産はある時間の一断面でとらえると物質現存量と呼ぶことができ，このような時間の一断面で物質生産をとらえることが，当面現象把握の根本と考えて，枝打ち（緑枝打ち），間伐等による林分内の諸環境の急激な変化の起こっていない種々の無間伐林を対象として選び，

調査を行ないトドマツ林木の樹体各器官について物質現存量を求めた。これにより林木，および林分の生育現象を，林木個体の大きさの異同，多様性に重きをおいて，樹体各部・器官の量的変化，相互関係，相対生長関係，垂直的分布などについて解析した。又，これらを総括して，植栽時から間伐時に至るまでの無間伐林の林木個々の大きさに応じて，樹体各器官がおおよそどれくらいの物質現存量を有するかの目安となる，径級別各器官物質現存量の一覧表の作成を試みた。更にとくに枝打ちの実行，試験研究の基礎として有効な，葉量の垂直的分布のしくみと枝階数との関連についてもおおよその目安を得るべく，これを調べ考察した。

実地林分としては北海道大学天塩地方演習林および同苫小牧地方演習林の林齢9～38年の合計13林分，更に苗齢7，8年の据置苗などについて1972年から1976年にかけて調べた。

1. トドマツ造林木の樹体各器官の物質現存量を，従来の層別刈取り法の一変形方法として枝階別刈取り法を用いて求めた。トドマツは枝階を形成しながら生長を実現してゆくという樹種的性質を有することから，この方法により樹体各器官の物質現存量の垂直的分布のしくみを知ることができる。

2. トドマツ造林木の枝，葉量の直接測定は実際上不可能に近く，このためより簡便かつ精度の高い推定法を必要とする。この種の研究においては他樹種を含め，これまで枝，葉量の推定方法，抽出率，推定差の範囲などが必ずしも明らかにされていなかったが，本研究においては幾つかの推定方法についてこれらを検討した。

枝階別の枝，葉量の推定方法として枝階別2段抽出法の他，枝階別1段抽出法および枝階別少量抽出法が，又，単木全体の枝，葉量の推定方法としても単独あるいは併用することにより十分有効であることがわかった。枝階別1段抽出法および枝階別少量抽出法による葉重量の推定式は次のとおりである。枝重量についても同様に算出できるが，枝葉合計重量から葉重量を差し引けばよい。

枝階別1段抽出法

1. 3次枝葉重量 (l_3) = 3次枝合計重量 × $\dfrac{\text{3次枝サンプル葉重量}}{\text{3次枝サンプル合計重量}}$

2. 各枝階葉重量 (Lm) = 1次枝葉重量 (l_1) + 2次枝葉重量 (l_2) + 3次枝葉重量 (l_3)

3. 単木の全葉重量 (L) = 第1枝階葉重量 (L_1) + 第2枝階葉重量 (L_2)
+ …… + 第n枝階葉重量 (Ln)

枝階別少量抽出法

1. 2次枝以下葉重量 (l_2) = 2次枝以下合計重量 × $\dfrac{\text{2次枝以下サンプル葉重量}}{\text{2次枝以下サンプル合計重量}}$

2. 各枝階葉重量 (Lm) = 1次枝葉重量 (l_1) + 2次枝以下葉重量 (l_2)

3. 単木の全葉重量 (L) = 第1枝階葉重量 (L_1) + 第2枝階葉重量 (L_2)
+ …… + 第n枝階葉重量 (Ln)

3. 各推定方法の特徴は，枝階ごとに枝葉合計重量をまず測定するため枝，葉各重量の推

定差の多少に拘らず合計重量は正確であり，又，2次枝以下を抽出単位として枝の太さ，葉のつき方，葉量等抽出単位間の大きさの均等化をできるだけ図ることにより推定差の僅少化を考慮していることである。これらは，その林木の有する枝の太さ，本数，大きさ，葉のつき方，葉量等に応じて使い分け，あるいは併用した。

枝階別2段抽出法による枝階別枝葉重量の抽出率はほぼ7～30%，枝階別推定差は±4.70%以内，単木全体の推定差は±0.14～1.41%（各生重量による）であったのに対し，枝階別1段抽出法による枝階別枝葉重量の抽出率はほぼ2～8%，枝階別推定差は±6.01%以内で±5%（各乾重量による）をこえることはほとんどなかった。又，枝階別少量抽出法は枝階別1段抽出法を検討した供試木を用いて3次枝について行なわれ，枝階別枝葉重量の抽出率はほぼ4～20%，枝階別推定差は乾重量で±0.03～7.18%となり，±3%をこえることはほとんどなく，枝階別1段抽出法および枝階別少量抽出法を併用した単木全体の推定差は±0.55～2.12%であった。

4.　枝階別枝，葉量の各推定法が寺崎（1905）の樹幹級区分の第2級木b，cおよび第4級木のような形態不良木においても十分使用できるか否かの検討を，天然木を含む16本のトドマツ供試木を対象として試みた。枝階別の枝葉量が少ないため，枝階別少量抽出法により推定を行なったが，それでも2次枝以下の抽出単位数が少なくなって抽出率が大きくなるものも生じた。枝階別枝葉全重量（生重量）が10g以上の枝階での枝階別抽出率はほぼ4～29%，10g未満の枝階ではほぼ8～60%でほとんどが30%以下の抽出率であった。枝階別推定差はほとんどが±5%以内におさまり，単木全体の推定差は±3%以内であった。供試木のうち枝葉重量の比較的多い枝階において，枝階別2段抽出法をも試みたところ枝階別抽出率は生重量で6.09～28.13%，枝階別推定差は乾重量で±0.25～8.60%となり，おおむね±6%以内におさまったが，枝階別少量抽出法によるそれぞれ4.35～24.39%，±0.17～4.82%に比べ，枝階別推定差の範囲もやや大きく，ここでは枝階別少量抽出法が良い結果を得た。

以上のように，形態不良木についての検討を含め，いずれの枝，葉量推定法によるものも少しずつ枝階別推定差の範囲は異なるが，ほぼ±5～6%の範囲におさまることがわかった。本論文においては，以上のいずれかの推定法を使い分け，又は併用して供試木について枝，葉量を求めた。

5.　物質現存量の樹体各器官における配分関係を胸高直径0～22.8cmの全供試木の地上部について調べた。配分関係は胸高直径更には樹高にはあまり大きく左右されず，うっ閉の影響が強く現れるまでは幹，枝，葉の割合は単木的にある程度の範囲内でまちまちであるが，これを過ぎるとむしろ林齢や生育地により一定の割合に近づくものであると考えられた。特に地上部全重量に占める葉の割合にその傾向がよく認められ，ほぼ12～17%であった。又，植栽密度による影響はあまり大きく認められず，これはアカマツ天然林，トドマツ密植林分についてのこれまでの結果と同様であった。

6.　造林木の樹体各部・器官相互間に存在する関係を物質現存量の面から把握するため

に，胸高断面積 (BA, cm^2) と樹体各器官の量の相対生長関係を胸高直径 0.45～22.80 cm，樹高 1.41～17.37 m の全供試木 58 本について両対数グラフ上に表わして調べた。BA に対する樹体各器官重量，幹材積は BA＝30 (cm^2) 付近で横軸に対してやや凸型となっており，又，BA の小さい時にばらつきがみられるため勾配のゆるい直線近似式となった (第 15～16 表参照)。これは D^2H (胸高直径の二乗×樹高) についても同様で，胸高直径あるいは D^2H のかなり小さい時に直線上にあまりよく乗らないことは天然木についてのこれまでの報告のとおりであった。BA＝30 (cm^2) 付近を境にしてこれ以上ではほぼ直線となった。

又，多少のばらつきはあるものの，全体としてトドマツ造林木の相対生長関係は調査を行なった北海道大学天塩地方演習林および同苫小牧地方演習林の地域差，土地・生育条件，林齢の大きさ，更には本数密度を異にしてもよく成り立った。このことは W_T (地上部全重量)—W_S (幹重量)，W_B (枝重量)，W_L (葉重量) の相対生長関係からも認められ，又，生重量の場合と乾重量の場合とでほとんど傾向に相違はみられなかった。

7. 調査林分について，単位面積あたりの樹体各器官物質現存量を，胸高断面積による相対生長関係の近似式 (2 次曲線式) 利用による推定法を用いて求めた。

8. 無間伐のトドマツ人工林の各径級の林木について，樹体各器官のおおよその物質現存量を事前に把握しておくことは，植栽時から間伐時に至るまでの合理的な林分・林木保育を進めてゆく上で極めて重要なことと考え，実地に調査を行なった No. 1～10 林分の全供試木の胸高断面積 (BA, cm^2) に対する樹体各器官の物質現存量の相対生長関係を利用して，胸高直径 1～30 cm の各直径階ごとにこれらの値を求め，一覧表に表わすことを試みた。既に述べた直線近似式では勾配がややゆるくなり，BA の小さい時には過大な値を，BA が 30 (cm^2) を越えかなり大きくなると逆に過小な値を得ることになるが，回帰分析の結果からこれを 2 次曲線式 (近似式) をもって直線近似式に換えると，BA の値の変化に伴う供試木の樹体各器官物質現存量の各値は BA の大小に拘らず，かなりよく適合することがわかった。この近似式を表わすと第 19～20 表のとおりである。

これを用いて各胸高直径階に対する樹体各器官の物質現存量を生重量，幹材積および乾重量について一覧表に表わすことができた (第 21～22 表参照)。これらの値は無間伐 (更には間伐後) のトドマツ人工林の単木についての，これまでの各地での諸資料に照らしてみても妥当なものであった。なお，各胸高直径階における数値はこれまでのトドマツ天然木についての推定値と比べ，多少の相違を示した。

9. 枝打ちの強度を表わす指標としては，全体葉量からの葉量除去率が最も適当かつ正確なものといえる。枝打ちの強度と幹生長量との関係については不明な点が多く，今後この関連がよく明らかにされねばならない。ここでは，この前提となるトドマツ人工林 (無間伐林) の造林木の葉量の垂直的な分布と林木の大きさ，およびトドマツの樹種的性質から枝階数との関連を実地に調査を行なった供試木について明らかにすることを試みた。

目標とする葉量除去率を各々10, 25, 50, 75%とし，これにできるだけ近づけるように枝階ごとに下方から枝打ちを行なったと仮定した場合の葉量除去率と枝階数除去率とは強い相関関係を有し，葉量除去率の各目標区分に応じ枝階数除去率も又，ある程度の幅を有する四つの範囲に区分される。このことから逆に，枝階数除去率の範囲に応じた葉量除去率の範囲をおおまかに予測できるとすると，林木の下部から枝階数の0～27%の間に葉量全体（葉重量）の0～15%が分布し，同様に28～38%までに16～35%の葉量，39～55%までに36～63%の葉量，56～75%までに64～78%の葉量が分布している。

樹冠長は樹高よりもむしろ胸高直径の大きさとの相関が強く，ばらつきも小さいことがわかった。一方，樹冠長に対する枝打ち長率および葉量除去率の関係はばらつきが大きく，又，前述のような四つの範囲にはきれいに区分されず，このことから，トドマツ造林木では枝打ち長率は枝打ちの強度を表わす指標としては不適であると考えられた。葉量の枝階別分布および樹冠長，更にはそれらと胸高直径，樹高との関係についての以上の結果は今後，単木のみならず一定の林分に対して枝打ち等を実施，あるいは試験研究してゆく上で基礎的かつおおよその目安となるものと考えられる。

10. 以上のことから総合的に判断して，著者の行なった調査・研究方法はトドマツ人工林，林木の生育現象を物質現存量の面から明らかにする上で非常に有効な方法であったと考える。又，それは森林施業とくに林木保育作業を考え進めてゆく上での基礎となるものである。

摘　　要

森林の物質現存量に関する研究は，物質生産にかかわる現象把握の基本である。しかしトドマツ人工林および林木の物質現存量に関する法則性を明らかにしたものは極めて少なく，従ってこの生産現象にかかわる因果関係を明らかにするに至っておらず，より一層の調査研究が重要視される。

すなわち，森林の物質生産を正しく理解するには，森林の物質現存量，とくに同化器官である葉の量を正確に把握することが必要である。しかし林木の枝，葉量の測定は労力的，時間的に多くの困難がともなうため，既往の研究は調査本数が少なく，得られた結果は普遍性に欠けている。著者はトドマツ人工林の物質現存量の推定や生長の解析，林木保育に広く適用できる物質現存量の基礎的資料を得るために，この研究を行なったものである。さらに，これらの結果は植栽時から間伐時に至るまでの合理的な林分・林木保育を進めてゆく上に直接役立たせうるものであるという観点から，これに基づく森林施業への展開について考察を行なった。

実地林分としては，北海道大学天塩地方演習林および同苫小牧地方演習林の林齢9～38年の合計13林分，さらに苗齢7, 8年の据置苗などについて1972年から1976年にかけて調べた。

1) トドマツ単木の物質現存量を解析する上で必須条件である，枝階別の幹，枝，葉の各生，乾重量および幹材積を求めるための枝階別刈取り法，および枝，葉量抽出・推定法と，そ

の推定差の検討を行なった。推定差の僅少化をはかるため，1次抽出単位を2，3次枝とし，1次枝については葉を全部つみ取った。推定法は1次抽出単位からの抽出の仕方の違いにより，枝階別2段抽出法，枝階別1段抽出法，枝階別少量抽出法に分け，その推定差を検討した。

この結果，形態不良木についての検討を含め，いずれの推定法を用いても枝階別推定差はほぼ±6% 以内におさまり，枝階別抽出率は10～20% の見かけの目標抽出率に対しほとんど30% 以内であった。またトドマツ単木全体の推定差は±3% 以内であった。

2) 胸高直径0～22.8 cm の全供試木について物質現存量を調査し，大きさの違うトドマツ単木がそれぞれ保持する地上部各器官の量および配分割合を明らかにした。配分関係は胸高直径さらには樹高，植栽密度にはあまり大きく左右されず，うっ閉の影響が強く現れるまでは幹，枝，葉の割合は単木的にある程度の範囲内でまちまちであるが，これを過ぎるとむしろ林齢や生育地により一定の割合に近づくものであると考えられた。葉の占める割合において，その傾向がよく認められ，ほぼ12～17% であった。

3) 両対数グラフの上に表わして調べた胸高断面積(BA)と地上部各器官の量の相対生長関係では，各器官重量と幹材積(縦軸)はBAが小さい時には直線上にあまりよく乗らず，BA＝30 (cm^2) 付近で横軸に対してやや凸型となり，これ以上ではほぼ直線となった。またトドマツ造林木の樹体各部・器官にみられる相対生長関係はこの研究の両調査地の地域差，土地・生育条件，林齢の大きさ，本数密度を異にしてもよく成立することを明らかにした。

さらに，調査林分について単位面積あたりの地上部各器官の物質現存量を，BAに対する相対生長関係の近似式（2次式）を利用して推定した。

4) 胸高断面積(BA)に対する幹，枝，葉，地上部非同化部分，地上部全重量と皮なし幹材積，皮つき幹材積の相対生長関係の近似式を表示した。相対生長関係の1次式では勾配がややゆるくなり，BAが小さい時には過大な値を，BAが大きくなると逆に過小な値を得るが，回帰分析の結果から，2次式はBAの大小にかかわらずよく適合した（次表参照）。

1. BAに対する供試木各部の相対生長関係の近似式（生重量，および幹材積）.

Secondary regression formulas in the allometric relations of each part of tree above the ground to basal area of sample trees, in terms of fresh weight and stem volume.

2次曲線式	Secondary regression formula by utilizing the common logarithm	推定値の標準誤差	Standard error of estimates
log W_S	$=2.94247+0.34959 \log BA+0.22074 \log^2 BA$		0.09894
log W_B	$=2.59191+0.38739 \log BA+0.15685 \log^2 BA$		0.14460
log W_L	$=2.89957+0.35037 \log BA+0.11818 \log^2 BA$		0.14328
log W_{TC}	$=3.10736+0.35730 \log BA+0.20585 \log^2 BA$		0.08573
log W_T	$=3.31361+0.34930 \log BA+0.18646 \log^2 BA$		0.09055
log V	$=2.80394+0.38734 \log BA+0.24578 \log^2 BA$		0.09460
log (V)	$=2.89514+0.38563 \log BA+0.23695 \log^2 BA$		0.08701

2. BA に対する供試木各部の相対生長関係の近似式 (乾重量).

Secondary regression formulas in the allometric relations of each part of tree above the ground to basal area of sample trees, in terms of dry weight.

2次曲線式	Secondary regression formula by utilizing the common logarithm	推定値の標準誤差	Standard error of estimates
$\log W_S$	$=2.55832+0.30699 \log BA+0.23925 \log^2 BA$		0.10479
$\log W_B$	$=2.25494+0.38745 \log BA+0.15654 \log^2 BA$		0.15212
$\log W_L$	$=2.53969+0.33853 \log BA+0.11654 \log^2 BA$		0.14446
$\log W_{TC}$	$=2.73745+0.33001 \log BA+0.21771 \log^2 BA$		0.09088
$\log W_T$	$=2.94690+0.32521 \log BA+0.19575 \log^2 BA$		0.09187

注): 1. 単位は BA: cm^2; W_S, W_B, W_L, W_{TC}, W_T: g; V, (V): cm^3 である。
2. 供試木 No. 44 が胸高未満のためデータ数は 58 コである。
3. 以上は前頁の表にも共通である。

この2次式を用いて各胸高直径階 (0.5～30 cm) に対する上記の樹体各器官の物質現存量を求め，一覧表にした (第21, 22表参照)。

5) 枝打ちの強度を表わす指標としては，全体葉量からの葉量除去率が最も適当かつ正確なものといえる。この前提となる無間伐林のトドマツ造林木の大きさと葉量の垂直的な分布，および枝階数との関係を供試木について調査し，枝階数除去率の範囲に応じた葉量除去率の範囲の区分から，枝打ちの程度と葉量除去率の関係を明らかにした (第23表参照)。一方樹冠長に対する枝打ち長率は葉量除去率との関係ではばらつきが大きく，枝打ちの強度を表わす指標としては不適と考えられた。

6) 以上の如く，本論文はトドマツ造林木の地上部各器官の量相互間に存在する規則性を明らかにし，各胸高直径階ごとに樹体地上部各器官の物質現存量を一覧表とし，また林木保育の面でも適確な指標を与えることのできることを示した。

文　　献

1) 相場芳憲: スギ人工林の生長におよぼす保育の影響 (I) 収穫表における密度管理の検討. 日林誌, **57**: 1–5, 1975 a.
2) ———: 同上 (II) 現実林分密度における現存幹材積一定の傾向. 日林誌, **57**: 39–44, 1975 b.
3) ———: 同上 (III) 現実密度林分の現存幹材積の推定 ($\overline{H}$-$\overline{D}$-ρ-V diagram). 日林誌, **57**: 67–73, 1975 c.
4) ———: 同上 (IV) $\overline{H}$-$\overline{D}$-ρ-V diagram による林分生長の予測. 日林誌, **59**: 273–286, 1977.
5) 安藤　貴: 同齢単純林の密度管理に関する生態学的研究. 林試研報, **210**: 1–153, 1968.
6) ———・蜂屋欣二・土井恭次・福田英比古: 標本調査によるスギの単木および林分枝葉量の推定. 日林誌, **41**: 117–124, 1959.
7) ———・坂口勝美・成田忠範・佐藤昭敏: アカマツ天然生除伐試験林の解析 第1報 生育経過と相対生長. 林試研報, **144**: 1–30, 1962.
8) 藤森隆郎: 枝打ちに関する基礎的研究 I 生態学的調査資料に基づく枝打ちの考察. 林試研報, **228**: 1–38, 1970.
9) ———: 同上 III 枝打ち方法の違いによる林分構造の変化について (1). 林試研報, **246**: 55–67, 1972.

10) ———: 枝打ちの技術体系に関する研究. 林試研報, **273**: 1-74, 1975.
11) ———・早稲田 収: 枝打ちに関する基礎的研究 II 枝打ちの樹幹成長におよぼす影響 (1). 林試研報, **244**: 1-15, 1972.
12) 原田 洸・永桶留蔵・塩崎正雄: トドマツ成木林に対する施肥の効果—試験地設定6年後の生長, 養分吸収および土壌の変化—. 昭和44年度林試北支年報: 137-157, 1970.
13) ———・真田 勝・塩崎正雄: 北見市若松のアカエゾマツ優良造林地の養分現存量. 日林北支講, **21**: 51-54, 1972.
14) ———・山本 肇・塩崎正雄: アカエゾマツの成長と土壌条件ならびに養分含量について (II) —アカエゾマツ林の養分現存量—. 第82回日林講: 85-87, 1971.
15) 春木雅寛・中尾考一・松田 彊・中須賀常雄: トドマツ人工林における根系と地上部生長について (1). 第85回日林講: 97-98, 1974.
16) ———・———・中須賀常雄・松田 彊: トドマツ単木の枝葉量について (II) —枝階別1段抽出法による推定—. 日林北支講, **22**: 41-44, 1973.
17) ———・中須賀常雄・中尾考一・松田 彊: トドマツ人工林の現存量について. 日林北支講, **21**: 115-118, 1972.
18) 林 弥栄: 有用樹木図説 (林木編). 472 pp. 誠文堂新光社, 東京, 1969.
19) 北海道: 北海道山林史. 1,095 pp. 札幌, 1953.
20) 北海道林務部: 北海道林業統計. 札幌, 1945-1976.
21) 北大農学部附属演習林: 気象観測月報. 札幌, 1956-1975.
22) ———: 苫小牧地方演習林の概要. 20 pp. 札幌, 1967.
23) ———: 天塩地方演習林の概要. 20 pp. 札幌, 1972.
24) 岩城英夫: 物質生産の実態.「作物の光合成と物質生産」(作物の光合成と物質生産刊行会編), 219-225, 養賢堂, 東京, 1971.
25) 加藤亮助: トドマツ人工林の解析の一例—その現存量と相対成長—. 北方林業, **13** (1): 27-30, 1961.
26) 吉良竜夫 (編): 生態学大系 II (上) 植物生態学 〔2〕. 402 pp. 古今書院, 東京, 1960.
27) KIRA, T., and SHIDEI, T.: Primary production and turnover of organic matter in different forest ecosystems of the Western Pacific. Jap. J. Ecol., **17**: 70-87, 1967.
28) 北沢右三・木村 充・手塚泰彦・倉沢秀夫・坂本 充・吉野みどり: 大隅半島南部の植物生態学的研究. 資源研彙報, **49**: 19-36, 1959.
29) 蔵本正義・永桶留蔵・真田 勝: トドマツ幼齢木の養分含有量と根系に関する調査. 昭和36年度林試北支年報: 43-53, 1962.
30) ———・———・塩崎正雄: 造林地施肥試験 トドマツ幼齢林の養分吸収と施肥効果. 林試研報, **217**: 75-114, 1968.
31) 真辺 昭: トドマツ密度管理図. 北方林業叢書, 53. 65 pp. 北方林業会, 札幌, 1974.
32) 松井善喜 (編著): とどまつ 施業篇. 北方林業叢書, 21. 137 pp. 北方林業会, 札幌, 1962.
33) 松井善喜: 北海道の森林の取扱いに関する研究 II 北海道における各樹種の植栽沿革とその造林成績に対する考察. 林試研報, **189**: 1-160, 1966.
34) ———・馬場強逸: 防霧林帯の樹木の枝葉量. 北方林業, **3** (2): 12-13, 1951.
35) 三島 懋・吉野深造: トドマツ・エゾマツの樹冠, 枝条量並針葉量に就て. 樺太庁中央試験所彙報, **12**, 第二類 (林業) 第四号: 1-36, 1934.
36) NONSI, M. und SAEKI, T.: Über den Lichtfactor in den Pflanzengeselschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. Jap. Jour. Bot., **14**: 22-52, 1953.
37) 武藤憲由・信岡山治: 上木の疎開とトドマツ被圧木の生長. 北方林業, **27** (1): 12-14, 1975.
38) 中島広吉: 森林立木材積表. 44 pp. 柴田書房, 東京, 1930.
39) ———: 樹幹析解 (改訂版). 88 pp. 日本農林種苗, 東京, 1951.
40) 中須賀常雄・春木雅寛・中尾考一・松田 彊: トドマツ単木の枝葉量について. 日林北支講, **21**: 61-65, 1972.
41) 野田敏彦・田口 豊・渡辺定元・佐藤清左エ門・中西信行・金野真邦・江口 完: 間伐の実際. 北方林業叢書, 49. 166 pp. 北方林業会, 札幌, 1971.

42) 大隅真一・北村昌美・菅原 聡・大内幸雄・梶原幹弘・今永正明: 森林計測学. 415 pp. 養賢堂, 東京, 1971.
43) 坂口勝美: 間伐の本質に関する研究. 林試研報, **131**: 1-95, 1961.
44) 佐藤大七郎: 林分の葉の量の推定法についての考察. 日林誌, **44**: 267-272, 1962.
45) ————: ふたたび林分の葉の量の推定法について. 日林誌, **47**: 185-189, 1965.
46) SATOO, T.: Production and distribution of dry matter in forest ecosystem. Misc. Inform., Tokyo Univ. Forests, **16**: 1-15, 1966.
47) 佐藤大七郎: 陸上植物群落の物質生産 Ia —森林—. 生態学講座 **9**, 5-a. 95 pp. 共立出版, 東京, 1973.
48) ————: 北海道のわかいトドマツの植栽林の物質生産 —林分生長論資料 11—. 東大農演報, **66**: 127-137, 1974.
49) 四手井綱英・只木良也: 材積生産構造図 (仮称) の提案 (2)—その利用方法と検討—. 第70回日林講: 295-297, 1960.
50) ————・堤 利夫: 天然生トドマツ林の乾物養分現存量 (予報). 第72回日林講: 177-179, 1962.
51) 篠原久夫: 天然生トドマツ材積表の人工林に対する適合性について. 昭和49年度林試北支年報: 59-66, 1975.
52) 只木良也: 森林の生産構造に関する研究 (VIII) 立木密度の高いモリシマアカシヤ林の生産力. 日林誌, **47**: 384-391, 1965.
53) ————・尾方信夫・長友安男: 同上 (V) モリシマアカシヤ人工林の生産力について. 日林誌, **45**: 293-301, 1963.
54) 只木良也・尾方信夫・長友安男・吉田武彦: 同上 (X) 無間伐の45年生ヒノキ林の生産力. 日林誌, **48**: 387-393, 1966.
55) ————・四手井綱英: 材積生産構造図 (仮称) の提案 (1)— その意味と作図方法—. 第70回日林講: 294-295, 1960.
56) ————・————: 数量的間伐に関する生態学的研究. 京大農演報, **34**: 1-31, 1963.
57) 滝川貞夫・二通英二: トドマツ植栽幼令木の根系について. 日林北支講, **19**: 87-90, 1970.
58) 舘脇 操: 主要樹種の分布限界 (予報) (二). 北海道林業会報, **37**(4): 1-8, 1939.
59) ————・五十嵐恒夫: 北大天塩・中川地方演習林の森林植生. 北大農演報, **28**(1): 1-192, 1971.
60) 寺崎 渡: 落葉松ノ間伐試験. 林業試験報告, **2**: 97-176, 1905.
61) 氏家雅男: 苫小牧地方における森林土壌 (I). 日林北支講, **20**: 159-163, 1971.
62) ————・前田 豊: 同上 (IV)—堆積火山灰の土壌学的性状—. 日林北支講, **23**: 68-70, 1974.
63) WHITTAKER, R. H., and G. M. WOODWELL: Dimension and production relations of trees and shrubs in the Brookhaven Forest, New York. J. Ecol., **56**: 1-25, 1968.
64) 山本 肇・真田悦子: トドマツ造林木の養分吸収量と造林地における養分循環ならびに土壌の変化について. 林試研報, **229**: 93-121, 1970.
65) 四大学合同調査班: 森林の生産力に関する研究 第1報 北海道主要針葉樹林について. 99 pp. 国策パルプ, 東京, 1960.
66) 四大学および信大合同調査班: 同上 第II報 信州産カラマツ林について. 60 pp. 日林協, 東京, 1964.
67) ————————————: 同上 第III報 スギ人工林の物質生産について. 63 pp. 日林協, 東京, 1966.
68) 吉田正男: 植栽林の林木構成状態に関する統計的研究 (第一報). 東大農演報, **6**: 1-60, 1929.

Summary

Studies on the forest material biomass is supposed to be the basis for grasping various kinds of phenomena on the material production. However, it is too small number of results obtained in the way of this research work to explain precisely such regulations on *Abies*

sachalinensis artificial forest and the planted trees. Accordingly, the cause and effect relationships between these productive phenomena have not been examined sufficiently even at the present time.

Therefore, the author keenly feels that such investigations on the forest material biomass are quite necessary to research an actual situation of the forest. In other words, it is quite necessary for understanding the forest material biomass to measure precisely the weight of leaves as an assimilatory organ. However, measuring the branch or leaf weight of planted trees is attended with many difficulties in terms of the labour force and time being required. As the result, the number of sample trees in the investigation carried out in the past time forced to be restricted, accordingly, it is obvious that the results obtained in such cases lack universality, so to speak.

Thus, the author carried out this study to obtain fundamental data necessary for the assumption of the material biomass of *Abies sachalinensis* artificial forest, the analysis of growth and the wide application to the tending for planted trees.

While aiming at an effective application to the reasonable forest stand tending ranging from the planting to the first thinning, the author considered the development to the forest treatment depending upon the results above-obtained. 13 forest stands ranging from 9 to 38 years old in both Teshio and Tomakomai Experiment Forests of Hokkaido University, and seedlings still retained in bed ranging from 7 to 8 years old were precisely investigated from the view points described above during the period 1972 to 1976.

1) Each whorl branch stratum of all sample trees was cut down separately to obtain each fresh and dry weight in the connection with stem, branch and leaf, furthermore, stem volume in each separate stair of whorl branches. After this operation, the estimate values and their standard errors were calculated accurately as absolutely necessary factors for analyzing the material biomass in connected with an individual tree of *Abies sachalinensis*.

To begin with, all leaves of first order branches (Main branches) were cut down, in the next place, second and third order branches (Sub and Small branches) were selected as the primary sampling unit to eliminate an assumptive standard error of estimates as much as possible. Depending upon how to do sampling from the primary unit, the methods to be applied to each separate stair of whorl branches were devided into 3 categories such as one-stage, two-stage and small amount samplings, throughout such procedures, the standard error of estimates in all cases above-mentioned was calculated respectively.

As the result, the standard error of estimates including bad shaped trees in each separate stair of whorl branches fell approximately within ±6 percent even in any sampling method. Furthermore, any sampling rate in each separate stair of whorl branches fell approximately within 30 percent regardless of 10～20 percent sampling rate aimed at, furthermore, the standard error of estimates in the connection with individual sample tree of *Abies sachalinensis* was within ±3 percent.

2) By investigating the material biomass of all sample trees ranging from 0 cm to 22.8 cm in diameter at breast height, the weight distributed percentage of each part such as stem, branch and leaf to the whole trees above the ground in the connection with various different sizes of planted *Abies sachalinensis* was clarified respectively. The weight distributed percentage of each part above-mentioned is not so much influenced by diameter at breast height, tree height and planted tree density, moreover, this percentage individually varies within a certain

range until considerably strong influence depending upon the crown density can be recognized.

In the end, the author ascertained that the percentage above-mentioned gradually approached to the definite rate in the connection with stand age or forest land. Such a tendency was recognized considerably in terms of tree leaf weight percentage to the whole part of tree above the ground and this figure approximately amounted to 12～17 percent.

3) In terms of relative growth relationships between basal area at breast height (BA) and each part of trees above the ground observed on the double-logarithmic axis, each part weight of trees above the ground, and stem volume (vertical axis) do not fall on straight line strictly as long as basal area (lateral axis) is small, indicate somewhat convex shape to lateral axis near 30 cm^2 (BA) and approach to straight line when exceeding this figure.

Furthermore, it was proved sufficiently that the relationships above-mentioned in connected with *Abies sachalinensis* planted trees existed regardless of the locality difference in both Experiment Forests, site situations, growth situations, stand ages and planted tree densities.

In addition to these results, the material biomass of each part of trees above the ground per ha. in connected with each forest stand was estimated effectively by utilizing the secondary regression formulas indicating the relative growth relationships to be under-mentioned.

1. Secondary regression formulas in the allometric relations of each part of tree above the ground to basal area of sample trees, in terms of fresh weight and stem volume.

Secondary regression formula by utilizing the common logarithm	Standard error of estimates
$\log W_S = 2.94247 + 0.34959 \log BA + 0.22074 \log^2 BA$	0.09894
$\log W_B = 2.59191 + 0.38739 \log BA + 0.15685 \log^2 BA$	0.14460
$\log W_L = 2.89957 + 0.35037 \log BA + 0.11818 \log^2 BA$	0.14328
$\log W_{TC} = 3.10736 + 0.35730 \log BA + 0.20585 \log^2 BA$	0.08573
$\log W_T = 3.31361 + 0.34930 \log BA + 0.18646 \log^2 BA$	0.09055
$\log V = 2.80394 + 0.38734 \log BA + 0.24578 \log^2 BA$	0.09460
$\log (V) = 2.89514 + 0.38563 \log BA + 0.23695 \log^2 BA$	0.08701

2. Secondary regression formulas in the allometric relations of each part of tree above the ground to basal area of sample trees, in terms of dry weight.

Secondary regression formula by utilizing the common logarithm	Standard error of estimates
$\log W_S = 2.55832 + 0.30699 \log BA + 0.23925 \log^2 BA$	0.10479
$\log W_B = 2.25494 + 0.38745 \log BA + 0.15654 \log^2 BA$	0.15212
$\log W_L = 2.53969 + 0.33853 \log BA + 0.11654 \log^2 BA$	0.14446
$\log W_{TC} = 2.73745 + 0.33001 \log BA + 0.21771 \log^2 BA$	0.09088
$\log W_T = 2.94690 + 0.32521 \log BA + 0.19575 \log^2 BA$	0.09187

4) The author newly established and presented the regression formulas indicating relative growth relationships in terms of basal area between stem, branch, leaf, non-assimilatory organ of trees, all parts of trees above the ground in connected with their weight respectively and stem volume with and without bark. Moreover, the gradient of the primary regression

formulas gradually varied toward gentle, accordingly, somewhat exaggerative values were obtained in the case of small BA, and smaller values in accordance with the increase of BA.

It was proved that throughout the regression analysis, the fitness of the secondary regression formulas could be recognized regardless of BA values. Thus, the author measured the material biomass of each part of trees above the ground to each diameter grade (0.5～30 cm) at breast height by utilizing the secondary regression formulas and obtained two summarized lists (Refer to Tables 21 and 22).

5) In terms of the indicator for expressing prunning intensity, the ratio to be removed out of all leaves in the connection with an individual tree should be utilized. The author investigated the relationship between the vertical distribution of leaf weight and the number of stair whorl branches to the tree size in connected with sample trees in the non-thinning *Abies sachalinensis* artificial forests.

The relationship between the leaf ratio to be removed and the prunning intensity was clarified sufficiently by utilizing the division in connected with the ratio range to be removed in connected with leaves corresponding to the ratio to be removed out of the number of stair whorl branches (Refer to Table 23). On the other hand, the ratio of prunning one to the crown length indicated fairly large fluctuation in terms of the leaf ratio to be removed, such being the case, it was clearly proved that the ratio above-mentioned was not so much adequate as an indicator showing the prunning intensity.

6) As the author described in this paper, the regularity existing among the weight of each part of trees above the ground to each diameter grade at breast height could be recognized clearly.

Finally, the author obtained the summarized table in connected with material biomass of each part above-mentioned to each diameter grade at breast height and ascertained that the content of this table became to be the most adequate indicator for carrying out the reasonable tending of planted *Abies sachalinensis* trees.

附表 1. No. 1～No. 10 林分の供試木 No. 1～59 の概要.

App. table 1. General description of sample trees No. 1–59 in investigated stands No. 1–10.

附表 1-1. No. 1～No. 10 林分の供試木 No. 1～59 の概要 (生重量, および幹材積).

App. table 1-1. General description of sample trees No. 1–59 in investigated stands No. 1–10 (in terms of fresh weight and stem volume).

林分 No.	供試木 No.	W_S (kg)	W_B (kg)	W_L (kg)	W_{TC} (kg)	W_T (kg)	V (cm³)	(V) (cm³)
1	1	0.7750	0.1840	0.5200	0.9590	1.4790	571.2	642.3
	2	0.6900	0.2940	0.5360	0.9840	1.5200	517.0	606.4
	3	1.3000	0.5250	1.0250	1.8250	2.8500	872.5	965.2
	4	1.4200	0.5260	1.2840	1.9460	3.2300	1,135.6	1,333.5
	5	3.1000	1.2320	2.0580	4.3320	6.3900	2,605.1	2,963.7
	6	2.3250	0.6980	1.5320	3.0230	4.5550	2,011.1	2,308.5
	7	3.3300	1.3700	2.5900	4.7000	7.2900	2,586.0	2,953.5
	8	1.7900	0.8419	1.6426	2.6319	4.2745	1,720.1	2,026.2
	9	2.1150	0.6505	1.4442	2.7655	4.2097	1,452.7	1,724.1
	10	2.4100	0.8460	1.9694	3.2560	5.2254	1,635.5	1,948.1
2	11	0.9700	0.2720	0.7180	1.2420	1.9600	680.5	802.9
	12	1.0600	0.5800	1.1300	1.6400	2.7700	747.2	876.1
	13	2.1400	0.7380	1.2720	2.8780	4.1500	1,394.4	1,582.8
	14	1.8750	0.6570	1.4230	2.5320	3.9550	1,221.3	1,460.7
	15	2.8500	1.3530	2.3470	4.2030	6.5500	1,866.8	2,177.9
	16	4.1900	2.2820	3.1330	6.4720	9.6050	3,468.8	3,869.5
	17	3.7500	1.7470	3.1530	5.4970	8.6500	3,211.0	3,594.5
3	18	0.4892	0.2979	0.4826	0.7871	1.2697	320.3	425.4
	19	1.9630	0.6149	1.3514	2.5779	3.9293	1,573.5	1,916.0
	20	4.9064	2.0569	3.1976	6.9633	10.1609	4,592.9	5,268.5
	21	3.2962	1.2527	1.6024	4.5489	6.1513	2,688.9	3,154.2
	22	5.2760	1.6253	2.4309	6.9013	9.3322	4,306.9	5,044.4
	23	6.0177	2.0217	3.4515	8.0394	11.4909	6,036.5	7,118.7
	24	9.0042	4.3810	4.9444	13.3852	18.3296	8,499.0	10,022.7
	25	4.9496	1.5577	2.9828	6.5073	9.4901	5,748.4	6,599.9
4	26	1.3766	0.3983	0.9442	1.7749	2.7191	986.0	1,308.3
	27	5.4173	1.9380	3.3575	7.3553	10.7128	4,657.2	5,648.7
	28	3.1484	0.9564	1.4705	4.1048	5.5753	3,191.5	3,974.2
	29	6.4661	2.4818	5.6419	8.9479	14.5898	5,624.7	6,797.8
	30	9.5667	4.7993	8.7087	14.3660	23.0747	8,285.4	10,008.5
	31	12.8035	5.7924	9.8186	18.5959	28.4145	13,125.5	14,020.1
	32	18.4108	10.1670	15.3463	28.5778	43.9241	18,563.2	20,592.0
	33	15.1331	6.4611	12.6550	21.5942	34.2492	15,245.3	17,540.7
	34	19.6894	8.4275	13.3791	28.1169	41.4960	20,912.8	24,400.4
	35	34.4155	19.0838	22.2242	53.4993	75.7234	38,580.9	42,358.6
	36	7.9676	2.8735	3.6229	10.8411	14.4640	6,776.2	8,162.9
	37	7.9252	2.2285	3.5125	10.1537	13.6662	6,714.8	8,057.2
	38	13.4966	6.9057	6.4164	20.4023	26.8187	11,932.0	14,339.0

林分 No.	供試木 No.	Ws (kg)	WB (kg)	WL (kg)	WTC (kg)	WT (kg)	V (cm³)	(V) (cm³)
5	39	28.1200	4.2070	5.9930	32.3270	38.3270	29,705.3	33,100.3
	40	54.4600	6.1190	10.5340	60.5790	71.1130	57,587.9	64,100.9
	41	110.3200	13.4210	17.7810	123.7410	141.5220	114,646.4	132,029.1
	42	173.9500	29.1970	33.6200	203.1470	236.7670	215,780.0	232,742.1
	43	256.6300	47.8880	53.4860	304.5180	358.0040	329,931.6	342,908.7
6	44	0.4580	0.2201	0.3669	0.6781	1.0450	302.3	449.5
	45	0.5240	0.2796	0.5035	0.8036	1.3071	373.5	517.3
	46	0.9880	0.6250	1.0260	1.6130	2.6390	790.4	1,060.7
	47	1.0610	0.7891	1.2849	1.8501	3.1350	746.8	1,077.4
	48	1.2760	0.8250	1.1540	2.1010	3.2550	1,120.7	1,492.7
	49	1.3630	0.6976	1.1434	2.0606	3.2040	1,113.8	1,437.3
	50	2.7250	1.6297	2.6913	4.3547	7.0460	2,236.0	2,757.2
	51	2.6450	1.2911	1.8669	3.9361	5.8030	2,507.1	3,188.0
7	52	1.6200	1.4638	1.9245	3.0838	5.0083	1,357.0	1,658.8
8	53	1.4030	0.7865	1.4518	2.1895	3.6413	1,275.7	1,719.6
9	54	1.2934	1.1206	1.8960	2.4140	4.3100	1,118.6	1,407.5
10	55	5.6260	0.8650	1.1250	6.4910	7.6160	5,394.6	6,685.1
	56	30.5630	6.0580	6.9990	36.6210	43.6200	37,975.4	43,330.0
	57	63.4430	24.2640	17.6540	87.7070	105.3610	68,176.9	76,606.2
	58	86.3250	30.4130	18.7350	116.4730	135.4730	116,785.4	130,096.3
	59	117.2990	43.6270	25.2660	160.9260	186.1920	172,174.8	187,711.6

附表 1-2. No. 1～No. 10 林分の供試木 No. 1～59 の概要 (乾重量他).

App. table 1-2. General description of sample trees No. 1–59 in investigated stands No. 1–10 (in terms of size and dry weight).

林分 No.	供試木 No.	H (m)	DBH (cm)	RD (cm)	Ws (kg)	WB (kg)	WL (kg)	WTC (kg)	WT (kg)
1	1	1.413	0.45	5.50	0.3410	0.0920	0.2340	0.4330	0.6670
	2	1.420	0.50	5.35	0.3010	0.1470	0.2630	0.4480	0.7110
	3	2.060	1.45	7.00	0.5750	0.2730	0.4780	0.8480	1.3260
	4	2.440	2.25	5.80	0.5380	0.2650	0.5890	0.8030	1.3920
	5	2.640	2.90	8.10	1.2580	0.5870	0.9660	1.8450	2.8110
	6	2.720	3.00	8.08	0.9440	0.3550	0.7470	1.2990	2.0460
	7	2.765	3.05	8.80	1.3360	0.6600	1.1840	1.9960	3.1800
	8	2.410	3.00	6.60	0.6969	0.3537	0.6180	1.0506	1.6686
	9	2.760	2.70	7.20	0.8733	0.2791	0.5931	1.1524	1.7455
	10	2.800	2.30	7.30	0.9560	0.3649	0.7853	1.3209	2.1062
2	11	1.655	0.75	6.30	0.4110	0.1380	0.3300	0.5490	0.8790
	12	1.993	1.40	5.25	0.4450	0.2850	0.5140	0.7300	1.2440
	13	2.015	2.40	6.55	0.9250	0.3560	0.5470	1.2810	1.8280
	14	2.403	2.00	6.55	0.7420	0.2960	0.5850	1.0380	1.6230
	15	2.737	2.80	7.70	1.1740	0.6500	1.0320	1.8240	2.8560
	16	2.980	3.90	9.00	1.6080	1.0460	1.2370	2.6540	3.8910
	17	3.130	3.80	9.05	1.4240	0.8000	1.3880	2.2240	3.6120
3	18	1.851	1.20	3.30	0.2103	0.1224	0.2158	0.3327	0.5485
	19	3.000	2.98	6.03	0.7263	0.2717	0.6131	0.9980	1.6111

林分 No.	供試木 No.	H (m)	DBH (cm)	RD (cm)	W_S (kg)	W_B (kg)	W_L (kg)	W_{TC} (kg)	W_T (kg)
3	20	3.344	4.53	10.65	1.8373	1.0236	1.4330	2.8609	4.2939
	21	3.452	3.43	8.00	1.3407	0.5689	0.7201	1.9096	2.6297
	22	3.504	4.48	8.08	2.3323	0.7405	1.1074	3.0728	4.1802
	23	3.845	5.30	10.05	2.0059	0.9437	1.5632	2.9496	4.5128
	24	4.155	6.13	13.95	2.9804	2.1173	2.3783	5.0977	7.4760
	25	4.406	4.58	10.80	1.9843	0.7201	1.3641	2.7044	4.0685
4	26	1.929	1.95	5.65	0.6221	0.1842	0.3511	0.8063	1.1574
	27	3.404	4.68	9.90	1.9922	0.8351	1.2740	2.8273	4.1013
	28	3.526	3.93	7.35	1.1515	0.4773	0.5378	1.6288	2.1666
	29	4.269	5.23	10.70	2.5118	1.2074	2.2183	3.7192	5.9375
	30	4.674	6.27	11.70	3.3688	2.9073	3.4304	6.2761	9.7065
	31	4.716	7.23	14.28	4.7486	2.8123	4.3518	7.5609	11.9127
	32	5.033	9.13	15.33	6.9387	4.5862	6.2611	11.5249	17.7860
	33	5.385	8.53	15.03	5.6923	3.1318	5.2880	8.8241	14.1121
	34	5.482	9.20	18.05	7.4528	3.8147	5.8738	11.2675	17.1413
	35	6.246	13.15	20.55	12.8628	8.6250	7.8614	21.4878	29.3492
	36	4.415	6.00	9.88	3.0028	1.2919	1.5646	4.2947	5.8593
	37	4.617	5.85	10.93	2.9069	1.0169	1.5378	3.9238	5.4616
	38	5.289	7.95	13.63	5.2911	3.3288	2.8899	8.6199	11.5098
5	39	10.530	8.00	14.10	11.8744	1.7212	2.1417	13.5956	15.7373
	40	12.010	11.46	14.97	21.7157	2.8939	3.6805	24.6096	28.2901
	41	13.590	16.43	19.94	47.2524	5.8790	6.2759	53.1314	59.4073
	42	15.790	19.90	23.10	70.2417	11.6240	11.7723	81.8657	93.6380
	43	17.370	22.80	27.40	101.9679	19.3038	18.8295	121.2717	140.1012
6	44	1.289	—	3.14	0.1869	0.0998	0.1335	0.2867	0.4202
	45	1.530	0.75	3.95	0.2018	0.1123	0.1989	0.3141	0.5130
	46	1.719	1.25	4.74	0.4123	0.2751	0.4189	0.6874	1.1063
	47	1.857	1.55	4.69	0.4546	0.3514	0.5315	0.8060	1.3375
	48	2.072	2.10	6.02	0.5706	0.3487	0.5138	0.9193	1.4331
	49	2.174	2.08	6.02	0.5403	0.2582	0.4676	0.7985	1.2661
	50	2.647	2.65	6.89	0.9845	0.7460	1.0491	1.7305	2.7796
	51	3.129	3.58	6.62	0.9575	0.5602	0.7026	1.5177	2.2203
7	52	2.275	2.50	5.27	0.6854	0.6551	0.8083	1.3405	2.1488
8	53	2.085	2.50	5.35	0.5953	0.2986	0.6139	0.8939	1.5078
9	54	1.855	2.00	5.72	0.4523	0.4922	0.7669	0.9445	1.7114
10	55	5.210	5.00	6.63	2.4342	0.4161	0.4815	2.8503	3.3318
	56	9.145	10.40	15.53	13.9353	3.0496	3.1788	16.9849	20.1637
	57	9.665	13.80	17.98	27.8411	11.9820	8.0584	39.8231	47.8815
	58	10.055	18.30	28.55	39.9968	15.2225	9.0639	55.2193	64.2832
	59	10.895	21.30	28.73	57.8903	19.7549	11.2260	77.6452	88.8712

附表 2. No. 11～No. 13 林分の供試木 No. 60～75 の概要.

App. table 2. General description of sample trees No. 60–75 in investigated stands No. 11–13.

附表 2-1. No. 11～13 林分の供試木 No. 60～75 の概要 (生重量).

App. table 2-1. General description of sample trees No. 60–75 in investigated stands No. 11–13 (in terms of fresh weight).

林分 No.	供試木 No.	W_S (kg)	W_B+W_L (kg)	W_T (kg)	V (cm^3)	(V) (cm^3)
11	60	0.1338	0.2292	0.3630	91.2	128.6
	61	0.2367	0.3033	0.5400	166.8	234.6
	62	0.2604	0.1716	0.4320	180.5	253.3
	63	0.2654	0.1561	0.4215	189.0	256.8
	64	0.3636	0.4999	0.8635	285.0	373.8
	65	0.5813	1.0341	1.6154	593.1	720.7
12	66	0.8053	0.3497	1.1550	688.4	930.8
	67	0.8910	0.1725	1.0635	829.6	1,096.6
	68	2.2084	0.8422	3.0506	1,963.5	2,604.7
	69	1.9083	0.6097	2.5180	1,579.4	1,986.2
13	70	—	—	—	33.8	43.8
	71	—	—	—	19.6	28.2
	72	—	—	—	114.5	145.7
	73	—	—	—	431.1	544.3
	74	—	—	—	390.1	482.3
	75	—	—	—	554.2	667.4

注): No. 13 林分の供試木 No. 70～75 は生重量を測定しなかった。

附表 2-2. No. 11～13 林分の供試木 No. 60～75 の概要 (乾重量他).

App. table 2-2. General description of sample trees No. 60–75 in investigated stands No. 11–13 (in terms of size and dry weight).

林分 No.	供試木 No.	H (m)	DBH (cm)	RD (cm)	W_S (kg)	W_B (kg)	W_L (kg)	W_{TC} (kg)	W_T (kg)
11	60	0.804	—	2.00	0.0623	0.0386	0.0654	0.1009	0.1663
	61	1.030	—	2.31	0.1056	0.0442	0.0877	0.1498	0.2375
	62	1.268	—	2.14	0.1181	0.0326	0.0466	0.1507	0.1973
	63	1.420	0.70	2.54	0.1135	0.0222	0.0438	0.1357	0.1795
	64	1.427	0.53	2.55	0.1522	0.0661	0.1496	0.2183	0.3679
	65	1.614	1.06	3.81	0.1943	0.2094	0.2698	0.4037	0.6735
12	66	2.905	2.31	3.09	0.3847	0.0832	0.0654	0.4679	0.5333
	67	3.137	2.35	2.89	0.4600	0.0428	0.0285	0.5028	0.5313
	68	3.669	3.53	4.50	1.0261	0.2060	0.1534	1.2321	1.3855
	69	4.253	3.01	3.58	0.7651	0.1676	0.0965	0.9327	1.0292
13	70	0.669	—	1.31	0.0252	0.0081	0.0162	0.0333	0.0495
	71	0.693	—	1.15	0.0154	0.0050	0.0124	0.0204	0.0328
	72	0.981	—	2.36	0.0747	0.0235	0.0393	0.0982	0.1375
	73	1.497	0.91	3.86	0.2606	0.0597	0.0713	0.3203	0.3916
	74	1.740	1.38	3.20	0.2181	0.0500	0.0934	0.2681	0.3615
	75	2.030	1.59	3.10	0.3013	0.0895	0.1018	0.3908	0.4926

附表 3. 供試苗木 No. 76～96 の概要.

App. table 3. General description of sampled nursery stocks No. 76–96.

附表 3-1. 供試苗木 No. 76～96 の概要 (生重量).

App. table 3-1. General description of sampled nursery stocks No. 76–96 (in terms of fresh weight).

調査地	供試苗木 No.	Ws (g)	WB (g)	WL (g)	WTC (g)	WT (g)	WR (g)	W (g)
北大天塩地方演習林苗畑	76	58.5	19.2	55.3	77.7	133.0	31.5	164.5
	77	32.2	9.1	36.6	41.3	77.9	40.9	118.8
	78	51.0	21.1	67.1	72.1	139.3	80.1	219.4
	79	37.0	9.9	37.6	46.9	84.4	41.3	125.7
	80	43.4	13.1	53.4	56.6	109.9	33.1	143.0
	81	38.2	10.1	40.1	48.3	88.4	37.9	126.3
	82	83.3	21.6	76.1	104.9	181.0	88.7	269.7
	83	51.5	18.7	49.2	70.2	119.4	36.0	155.4
	84	68.3	22.5	70.8	90.8	161.6	57.0	218.6
	85	65.2	23.7	69.6	88.9	158.5	75.5	234.0
	86	70.6	20.8	61.8	91.4	153.1	75.6	228.7
北大演習林札幌苗畑	87	27.2	12.8	46.3	40.1	86.4	29.1	115.5
	88	16.4	7.6	30.5	24.0	54.5	32.8	87.3
	89	17.5	10.2	28.7	27.6	56.3	19.0	75.3
	90	31.9	21.2	55.6	53.1	108.7	44.4	153.1
	91	19.9	7.0	22.9	26.9	49.7	21.5	71.2
	92	26.2	19.1	49.4	45.3	94.7	36.2	130.9
	93	35.4	17.3	44.1	52.7	96.9	65.6	162.5
	94	35.6	21.8	50.6	57.5	108.0	37.4	145.4
	95	32.2	21.9	54.0	54.1	108.1	47.7	155.8
	96	35.7	11.6	40.1	47.3	87.4	25.0	112.4

附表 3-2. 供試苗木 No. 76～96 の概要 (乾重量他).

App. table 3-2. General description of sampled nursery stocks No. 76–96 (in terms of size and dry weight).

調査地	供試苗木 No.	H (cm)	RD (cm)	Ws (g)	WB (g)	WL (g)	WTC (g)	WT (g)	WR (g)	W (g)
北大天塩地方演習林苗畑	76	39.9	1.34	23.2	7.9	22.9	31.0	53.9	11.8	65.7
	77	42.0	1.28	13.6	4.8	17.5	18.4	35.9	14.8	50.7
	78	48.0	1.78	24.3	9.2	27.5	33.5	60.9	29.7	90.6
	79	48.5	1.60	16.3	3.9	16.5	20.2	36.7	15.4	52.1
	80	53.3	1.46	19.4	5.5	22.7	24.9	47.6	13.3	60.9
	81	53.6	1.30	16.6	4.1	17.5	20.6	38.1	13.9	52.0
	82	54.5	1.98	35.4	10.3	31.1	45.7	76.8	30.9	107.7
	83	55.4	1.60	21.6	7.6	19.6	29.1	48.7	14.3	63.0
	84	58.5	1.75	27.8	10.7	31.7	38.5	70.2	20.6	90.8
	85	59.9	1.65	28.8	10.6	31.8	39.4	71.1	29.6	100.7
	86	61.3	1.62	29.5	8.6	25.0	38.1	63.1	27.7	90.8
北大演習林札幌苗畑	87	25.3	1.39	11.4	5.5	15.3	16.9	32.2	12.1	44.3

調査地	供試苗木 No.	H (cm)	RD (cm)	Ws (g)	WB (g)	WL (g)	WTC (g)	WT (g)	WR (g)	W (g)
北大演習林 札幌苗畑	88	29.0	1.05	8.6	3.7	19.7	12.3	32.0	13.2	45.2
	89	30.2	1.09	8.6	4.3	10.8	13.0	23.8	7.9	31.7
	90	33.8	1.51	14.3	9.4	20.3	23.7	43.9	19.0	62.9
	91	34.3	1.04	8.8	2.9	8.1	11.7	19.8	9.5	29.3
	92	34.8	1.25	11.8	10.6	20.0	22.4	42.4	15.1	57.5
	93	34.9	1.68	16.5	7.8	15.7	24.3	40.0	28.6	68.6
	94	37.1	1.44	17.0	10.1	19.9	27.1	47.0	15.6	62.6
	95	39.3	1.51	14.0	10.1	19.4	24.1	43.5	18.4	61.9
	96	41.3	1.39	15.6	5.1	15.1	20.7	35.8	10.3	46.1

附表 4. No. 11～13 林分の各供試木の枝階別抽出率，および枝階別推定差.

App. table 4. Sampling rate and the standard error of estimates in each separate stair of whorl branches in the connection with individual sample tree in investigated stands No. 11–13.

附表 4-1. No. 11 林分，供試木 No. 60.

App. table 4-1. Sample tree No. 60 in the stand No. 11.

項目 / 枝階番号	乾重量 (Dw) 全枝葉重量 (g)	抽出枝葉重量 (g)	抽出率 (%)	推定葉重量 (g)	葉重量 (g)	推定差 (%)	生重量 (Fw) 全枝葉重量 (g)	抽出率 (%)
2	1.81	1.04	57.46	1.29	1.31	−1.10	4.5	55.56
3	5.66	1.22	21.55	4.09	4.12	−0.53	13.0	23.08
5	17.18	2.37	13.80	12.24	12.23	+0.06	40.5	13.58
6	4.32	1.25	28.94	2.99	2.95	+0.93	9.5	31.58
7	17.76	2.37	13.34	11.65	11.62	+0.17	38.0	14.47
8	22.99	1.84	8.00	14.19	14.02	+0.74	51.0	8.82
9	21.91	1.91	8.72	13.07	12.67	+1.83	47.5	8.42
10	12.40	1.85	14.92	6.92	6.50	+3.39	24.5	16.33

注): 枝葉全重量が 2～3 g とごく少ない枝階については，抽出—推定を行なわなかったので，附表 4-1.～4-16. の各表の中には含まれていない。

附表 4-2. No. 11 林分，供試木 No. 61.

App. table 4-2. Sample tree No. 61 in the stand No. 11.

項目 / 枝階番号	乾重量 (Dw) 全枝葉重量 (g)	抽出枝葉重量 (g)	抽出率 (%)	推定葉重量 (g)	葉重量 (g)	推定差 (%)	生重量 (Fw) 全枝葉重量 (g)	抽出率 (%)
1	1.00	0.51	51.00	0.76	0.75	+1.00	2.5	60.00
2	3.07	0.76	24.76	2.24	2.30	−1.95	8.5	29.41
3	7.75	1.09	14.06	5.93	5.95	−0.26	22.0	13.64
4	6.35	0.97	15.28	4.75	4.79	−0.63	16.0	15.63
5	10.11	1.45	14.34	7.49	7.58	−0.89	23.5	12.77
6	18.87	2.33	12.35	13.28	13.48	−1.06	45.0	11.11
7	18.76	2.29	12.21	13.00	13.04	−0.21	44.5	11.24
8	23.66	3.06	12.93	16.02	15.95	+0.30	52.5	11.43
9	26.72	2.54	9.51	16.99	16.78	+0.79	59.0	10.17
10	7.62	1.15	15.09	3.56	3.60	−0.52	15.0	13.33
12	6.10	1.29	21.15	2.79	2.74	+0.82	10.5	19.05

附表 4-3. No. 11 林分，供試木 No. 62.

App. table 4-3. Sample tree No. 62 in the stand No. 11.

項目 / 枝階番号	乾重量 (Dw) 全枝葉重量 (g)	抽出枝葉重量 (g)	抽出率 (%)	推定葉重量 (g)	葉重量 (g)	推定差 (%)	生重量 (Fw) 全枝葉重量 (g)	抽出率 (%)
5	2.52	0.84	33.33	1.80	1.76	+1.59	5.5	36.36
6	6.37	1.59	24.96	4.22	4.30	−1.26	14.5	27.59
7	6.93	1.65	23.81	4.51	4.58	−1.01	16.0	25.00
8	9.21	1.82	19.76	5.78	5.95	−1.85	21.0	19.05
9	27.82	3.22	11.57	17.26	15.92	+4.82	60.0	11.67
10	23.39	2.00	8.55	12.82	11.75	+4.57	48.0	8.33

附表 4-4. No. 11 林分，供試木 No. 63.

App. table 4-4. Sample tree No. 63 in the stand No. 11.

項目 / 枝階番号	乾重量 (Dw) 全枝葉重量 (g)	抽出枝葉重量 (g)	抽出率 (%)	推定葉重量 (g)	葉重量 (g)	推定差 (%)	生重量 (Fw) 全枝葉重量 (g)	抽出率 (%)
1	0.65	0.27	41.54	0.51	0.54	−4.62	2.0	41.50
2	2.00	0.73	36.50	1.64	1.60	+2.00	5.5	36.36
3	3.44	0.67	19.48	2.76	2.76	±0.00	9.5	21.05
4	5.02	0.75	14.94	3.87	3.94	−1.39	12.5	16.00
5	7.58	0.90	11.87	5.80	5.74	+0.79	19.5	10.26
6	5.62	0.88	15.66	4.11	4.10	+0.18	13.5	14.81
8	13.49	1.80	13.34	9.36	9.40	−0.30	30.0	13.33
9	13.61	1.91	14.03	8.67	8.41	+1.91	30.0	13.33
13	13.67	2.06	15.07	7.31	7.30	+0.07	31.5	15.87

附表 4-5. No. 11 林分，供試木 No. 64.

App. table 4-5. Sample tree No. 64 in the stand No. 11.

項目 / 枝階番号	乾重量 (Dw) 全枝葉重量 (g)	抽出枝葉重量 (g)	抽出率 (%)	推定葉重量 (g)	葉重量 (g)	推定差 (%)	生重量 (Fw) 全枝葉重量 (g)	抽出率 (%)
1	1.46	0.81	55.48	1.21	1.20	+0.68	4.5	55.56
2	4.67	0.95	20.34	3.58	3.60	−0.43	12.5	24.00
3	9.53	1.56	16.37	7.10	7.15	−0.52	27.0	14.81
4	19.54	3.78	19.34	7.35	7.30	+0.26	50.5	19.80
5	32.83	8.33	25.37	24.52	24.42	+0.30	82.0	24.39
6	52.01	8.44	16.23	37.35	37.93	−1.12	125.0	16.00
7	62.19	7.67	12.33	43.01	41.14	+3.01	138.0	14.49
8	12.44	1.86	14.95	8.24	8.36	−0.96	17.0	13.56
9	1.68	1.02	60.71	1.19	1.23	−2.38	3.5	57.14
10	9.58	1.93	20.15	4.94	5.25	−3.24	20.0	20.00
11	8.15	1.04	12.76	3.94	3.79	+1.84	15.0	16.67

附表 4-6. No. 11 林分，供試木 No. 65.

App. table 4-6. Sample tree No. 65 in the stand No. 11.

項目 / 枝階番号	乾重量 (Dw) 全枝葉重量 (g)	抽出枝葉重量 (g)	抽出率 (%)	推定葉重量 (g)	葉重量 (g)	推定差 (%)	生重量 (Fw) 全枝葉重量 (g)	抽出率 (%)
1	0.99	0.53	53.54	0.73	0.78	−5.05	3.0	50.00
2	5.31	0.94	17.70	3.80	3.90	−1.88	14.5	20.69
3	8.79	1.27	14.45	6.02	6.14	−1.37	23.0	13.04
4	12.07	1.26	10.44	7.68	7.73	−0.41	31.0	9.68
5	32.60	2.42	7.42	20.50	20.69	−0.58	76.5	7.19
6	49.74	2.56	5.15	30.61	30.92	−0.62	115.0	4.35
7	57.67	2.47	4.28	32.86	34.78	−3.33	135.0	3.70
8	75.69	5.29	6.99	42.42	43.31	−1.18	164.0	7.32
9	79.27	5.19	6.51	43.27	43.70	−0.54	171.0	6.14
10	79.72	6.48	8.17	40.92	42.32	−1.77	160.0	7.50
11	60.23	5.93	9.85	30.56	30.21	+0.58	110.4	9.51
12	17.16	2.73	15.91	5.40	5.35	+0.29	29.0	13.79

附表 4-7. No. 12 林分，供試木 No. 66.

App. table 4-7. Sample tree No. 66 in the stand No. 12.

項目 / 枝階番号	乾重量 (Dw) 全枝葉重量 (g)	抽出枝葉重量 (g)	抽出率 (%)	推定葉重量 (g)	葉重量 (g)	推定差 (%)	生重量 (Fw) 全枝葉重量 (g)	抽出率 (%)
1	1.57	0.80	50.96	1.24	1.23	+0.64	4.5	55.56
2	2.78	0.56	20.14	1.80	1.82	−0.72	7.0	21.43
4	11.08	2.19	19.77	6.69	6.71	−0.18	27.5	20.00
5	2.05	0.83	40.49	1.53	1.57	−1.95	5.0	40.00
6	40.15	3.91	9.74	25.17	24.88	+0.72	109.0	10.09
10	13.59	2.01	14.79	6.35	6.31	+0.29	30.5	16.39
11	26.31	2.49	9.46	8.14	8.47	−1.25	61.5	9.76
12	31.02	3.13	10.09	9.43	9.12	+1.00	61.5	12.20
13	17.75	1.85	10.42	3.90	3.81	+0.51	36.5	8.22

附表 4-8. No. 12 林分，供試木 No. 67.

App. table 4-8. Sample tree No. 67 in the stand No. 12.

項目 / 枝階番号	乾重量 (Dw) 全枝葉重量 (g)	抽出枝葉重量 (g)	抽出率 (%)	推定葉重量 (g)	葉重量 (g)	推定差 (%)	生重量 (Fw) 全枝葉重量 (g)	抽出率 (%)
1	0.63	0.34	53.97	0.50	0.52	−3.17	2.5	60.00
2	1.04	0.31	29.81	0.80	0.76	+3.85	3.0	33.33
3	1.68	0.58	34.52	1.23	1.24	−0.60	5.0	40.00
4	6.16	0.95	15.42	4.15	4.04	+1.79	16.0	12.50
5	1.69	0.62	36.69	0.97	0.97	±0.00	4.0	37.50
6	2.89	0.72	24.91	1.51	1.52	−0.35	7.5	20.00
7	6.73	1.57	23.33	3.14	3.11	+0.45	15.0	23.33
9	13.42	1.78	13.26	5.56	5.86	−2.24	33.0	13.64
11	12.11	1.61	13.29	3.18	3.30	−0.99	26.5	15.09
12	24.98	2.80	11.21	6.91	7.17	−1.04	59.5	11.76

附表 4-9. No. 12 林分，供試木 No. 68.

App. table 4-9. Sample tree No. 68 in the stand No. 12.

項目 / 枝階番号	乾重量 (Dw) 全枝葉重量 (g)	抽出枝葉重量 (g)	抽出率 (%)	推定葉重量 (g)	葉重量 (g)	推定差 (%)	生重量 (Fw) 全枝葉重量 (g)	抽出率 (%)
1	1.35	0.47	34.81	1.09	1.10	−0.74	3.5	28.57
2	2.55	0.42	16.47	1.61	1.65	−1.57	6.5	15.38
3	1.38	0.75	54.35	1.12	1.08	+2.90	3.5	57.14
4	1.60	0.47	29.38	1.16	1.18	−1.25	4.0	25.00
5	3.57	0.60	16.81	2.65	2.62	+0.84	8.5	17.65
6	10.71	2.09	19.51	7.28	7.29	−0.09	28.0	17.86
7	5.69	1.08	18.98	3.64	3.61	+0.53	12.5	20.00
8	89.46	8.28	9.26	43.32	42.13	+1.33	214.0	9.81
9	89.86	9.30	10.35	40.11	41.59	−1.65	215.5	10.21
10	45.85	4.09	8.92	21.52	21.71	−0.41	107.5	9.77
11	107.31	8.28	7.72	28.34	29.39	−0.98	238.0	8.82

附表 4-10. No. 12 林分，供試木 No. 69.

App. table 4-10. Sample tree No. 69 in the stand No. 12.

項目 / 枝階番号	乾重量 (Dw) 全枝葉重量 (g)	抽出枝葉重量 (g)	抽出率 (%)	推定葉重量 (g)	葉重量 (g)	推定差 (%)	生重量 (Fw) 全枝葉重量 (g)	抽出率 (%)
1	2.34	1.23	52.56	1.83	1.88	−2.14	7.5	60.00
2	5.98	1.53	25.59	4.23	4.23	±0.00	17.5	28.57
3	14.57	2.73	18.74	8.64	8.68	−0.27	40.5	18.52
4	2.40	1.19	49.58	1.61	1.64	−1.25	5.0	60.00
5	2.36	1.55	65.68	1.58	1.61	−1.27	5.0	60.00
6	11.69	1.89	16.17	6.62	6.72	−0.86	26.5	15.09
7	3.49	1.38	39.54	2.40	2.38	+0.57	7.5	33.33
8	30.15	3.62	12.01	12.46	12.34	+0.40	71.0	12.68
10	34.81	3.87	11.12	12.68	13.36	−1.95	78.5	12.74
11	85.70	5.43	6.34	24.25	24.09	+0.19	194.5	6.17
13	34.68	3.51	10.12	10.47	10.46	+0.03	76.5	9.80
14	35.51	3.80	10.70	8.92	8.87	+0.14	77.5	10.97

附表 4-11. No. 13 林分，供試木 No. 70.

App. table 4-11. Sample tree No. 70 in the stand No. 13.

項目 / 枝階番号	乾重量 (Dw) 全枝葉重量 (g)	抽出枝葉重量 (g)	抽出率 (%)	推定葉重量 (g)	葉重量 (g)	推定差 (%)
1	0.29	0.16	55.17	0.24	0.23	+3.45
2	0.93	0.20	21.51	0.71	0.72	−1.08
3	1.28	0.28	21.88	0.96	0.94	+1.56
4	3.52	0.77	21.88	2.58	2.60	−0.57
6	3.75	1.13	30.13	2.52	2.63	−2.93
7	3.70	0.74	20.00	2.63	2.54	+2.43
8	3.23	0.70	21.67	2.24	2.22	+0.62
9	0.69	0.36	52.17	0.44	0.48	−5.80

項目 / 枝階番号	乾重量 (Dw) 全枝葉重量 (g)	抽出枝葉重量 (g)	抽出率 (%)	推定葉重量 (g)	葉重量 (g)	推定差 (%)
10	3.46	0.76	21.97	2.21	2.14	+2.02
11	2.29	0.66	28.82	1.23	1.29	−2.62
12	1.10	0.15	13.64	0.38	0.38	±0.00

附表 4-12. No. 13 林分，供試木 No. 71.

App. table 4-12. Sample tree No. 71 in the stand No. 13.

項目 / 枝階番号	乾重量 (Dw) 全枝葉重量 (g)	抽出枝葉重量 (g)	抽出率 (%)	推定葉重量 (g)	葉重量 (g)	推定差 (%)
3	2.45	0.45	18.37	1.84	1.87	−1.22
5	2.78	0.53	19.06	2.02	2.04	−0.72
6	2.85	0.60	21.05	2.06	2.12	−2.11
7	0.92	0.34	36.96	0.64	0.63	+1.09
8	0.89	0.27	30.34	0.65	0.64	+1.12
9	1.59	0.58	36.48	1.03	1.02	+0.63
10	2.36	0.43	18.22	1.73	1.72	+0.42
11	1.32	0.43	32.58	0.88	0.89	−0.76
12	1.32	0.45	34.09	0.82	0.88	−4.55

附表 4-13. No. 13 林分，供試木 No. 72.

App. table 4-13. Sample tree No. 72 in the stand No. 13.

項目 / 枝階番号	乾重量 (Dw) 全枝葉重量 (g)	抽出枝葉重量 (g)	抽出率 (%)	推定葉重量 (g)	葉重量 (g)	推定差 (%)
1	0.75	0.38	50.67	0.59	0.61	−2.67
2	1.58	0.32	20.25	1.29	1.27	+1.27
3	7.51	1.26	16.78	5.59	5.69	−1.33
4	2.91	0.37	12.71	2.12	2.09	+1.03
5	10.72	1.72	16.04	7.43	7.51	−0.75
6	3.73	0.63	16.89	2.75	2.67	+2.14
7	9.39	1.80	19.17	5.80	5.90	−1.06
8	5.94	1.19	20.03	3.81	3.86	−0.84
9	7.64	1.14	14.92	3.83	3.86	−0.39
10	4.44	0.43	9.68	1.60	1.54	+1.35
11	8.19	1.12	13.68	4.74	4.26	+5.86

附表 4-14. No. 13 林分，供試木 No. 73.

App. table 4-14. Sample tree No. 73 in the stand No. 13.

項目 / 枝階番号	乾重量 (Dw) 全枝葉重量 (g)	抽出枝葉重量 (g)	抽出率 (%)	推定葉重量 (g)	葉重量 (g)	推定差 (%)
1	1.13	0.59	52.21	0.79	0.76	+2.65
2	3.22	0.67	20.81	2.19	2.20	−0.31
3	6.06	1.03	17.00	3.91	4.02	−1.82
4	14.75	2.57	17.42	9.78	9.72	+0.41
6	7.42	1.15	15.50	4.83	5.04	−2.83

項目 / 枝階番号	乾重量 (Dw) 全枝葉重量 (g)	抽出枝葉重量 (g)	抽出率 (%)	推定葉重量 (g)	葉重量 (g)	推定差 (%)
7	15.81	2.85	18.03	9.94	10.10	−1.01
8	26.05	4.89	18.77	15.52	15.19	+1.27
9	10.03	1.12	11.17	5.77	5.37	+3.99
10	14.61	1.98	13.55	7.51	6.90	+4.18
11	7.82	1.09	13.94	3.69	3.42	+3.45
12	16.41	2.99	18.22	7.01	6.88	+0.79

附表 4-15. No. 13 林分，供試木 No. 74.

App. table 4-15. Sample tree No. 74 in the stand No. 13.

項目 / 枝階番号	乾重量 (Dw) 全枝葉重量 (g)	抽出枝葉重量 (g)	抽出率 (%)	推定葉重量 (g)	葉重量 (g)	推定差 (%)
1	1.12	0.37	33.04	0.88	0.78	+8.93
2	5.06	0.73	14.43	3.63	3.60	+0.59
3	7.27	1.43	19.67	4.90	5.24	−4.68
4	8.06	1.31	16.25	5.68	6.08	−4.96
5	10.01	1.64	16.38	7.27	7.57	−3.00
6	23.08	3.14	13.60	16.61	16.57	+0.17
7	23.07	3.79	16.43	15.36	15.88	−2.25
8	24.95	4.25	17.03	14.93	15.21	−1.12
9	17.20	3.12	18.14	9.48	9.91	−2.50
10	12.68	1.70	13.41	7.06	7.62	−4.42
11	3.64	0.43	11.81	1.74	1.67	+1.92
12	3.86	0.81	20.98	1.61	1.84	−5.96
13	3.44	0.27	7.85	1.72	1.47	+7.27

附表 4-16. No. 13 林分，供試木 No. 75.

App. table 4-16. Sample tree No. 75 in the stand No. 13.

項目 / 枝階番号	乾重量 (Dw) 全枝葉重量 (g)	抽出枝葉重量 (g)	抽出率 (%)	推定葉重量 (g)	葉重量 (g)	推定差 (%)
1	1.99	1.06	53.27	1.54	1.54	±0.00
2	3.33	0.95	28.53	2.30	2.42	−3.60
3	5.88	1.78	30.27	4.42	4.54	−2.04
5	7.98	1.21	15.16	4.29	4.29	±0.00
6	12.00	1.45	12.08	6.01	6.16	−1.25
7	39.01	5.84	14.97	23.59	23.01	−1.49
8	37.91	7.54	19.89	18.11	20.04	−5.09
9	5.32	1.21	22.74	4.20	4.15	+0.94
10	14.06	3.12	22.19	7.44	7.83	−2.77
11	11.50	3.05	26.52	5.58	5.66	−0.70
12	10.07	2.26	22.44	4.74	4.74	±0.00
13	22.30	3.26	14.62	10.11	9.84	+1.21
14	5.31	1.34	25.24	2.24	2.35	−2.07
15	9.72	1.95	20.06	4.06	4.03	+0.31
17	4.84	0.85	17.56	1.32	1.16	+3.31

附表 5. 枝階別２段抽出法および枝階別少量抽出法による枝階別抽出率，枝階別推定差.

App. table 5. Sampling rate and the standard error of estimates in each separate stair of whorl branches in the connection with individual tree which calculated by two-stage and small amount samplings of each separate stair of whorl branches.

供試木 No.	枝階番号	乾重量 (Dw) 枝階別 2 段抽出法 全枝葉重量 (g)	抽出枝葉重量 (g)	抽出率 (%)	推定葉重量 (g)	葉重量 (g)	推定差 (%)	枝階別少量抽出法 抽出率 (%)	推定差 (%)	生重量 (Fw) 全枝葉重量 (g)	抽出率 (%)
60	7	17.76	2.99	16.84	11.98	11.62	+2.03	13.34	+0.17	38.0	14.47
	8	22.99	3.15	13.70	14.78	14.02	+3.31	8.00	+0.74	51.0	8.82
	9	21.91	3.40	15.52	13.86	12.67	+5.43	8.72	+1.83	47.5	8.42
	10	12.40	2.04	16.45	6.91	6.50	+3.31	14.92	+3.39	24.5	16.33
62	9	27.82	3.22	11.57	17.51	15.92	+5.72	11.57	+4.82	60.0	11.67
	10	23.39	2.21	9.45	12.96	11.75	+5.17	8.55	+4.57	48.0	8.33
64	4	19.54	2.55	13.05	13.66	14.60	−4.81	19.34	+0.26	50.5	19.80
	5	32.83	3.14	9.56	24.75	24.42	+1.00	25.37	+0.30	82.0	24.39
	6	52.01	3.09	5.94	39.15	37.93	+2.34	16.23	−1.12	125.0	16.00
	7	62.19	4.35	6.99	43.59	41.14	+3.93	12.33	+3.01	138.0	14.49
65	4	12.07	1.55	12.84	7.90	7.73	+1.41	10.44	−0.41	31.0	9.68
	5	32.60	2.00	6.13	20.61	20.69	−0.25	7.42	−0.58	76.5	7.19
	6	49.74	2.54	5.11	32.75	30.92	+3.68	5.15	−0.62	115.0	4.35
	7	57.67	3.27	5.67	36.16	34.78	+2.39	4.28	−3.33	135.0	7.41
	8	75.69	4.15	5.48	44.15	43.31	+1.11	6.99	−1.18	164.0	7.32
	9	79.72	4.24	5.32	46.77	43.70	+3.85	6.51	−0.54	171.0	6.14
	10	79.27	3.79	4.78	49.14	42.32	+8.60	8.17	−1.76	160.0	7.50
	11	60.23	4.38	7.27	32.84	30.21	+4.37	9.85	+0.58	110.4	9.51
66	6	40.15	4.77	11.88	26.49	24.88	+4.00	9.74	+0.72	109.0	10.09
67	4	6.16	1.33	21.59	4.14	4.04	+1.62	15.42	+1.79	16.0	12.50
	9	13.42	1.69	12.59	6.31	5.86	+3.35	13.26	−2.24	33.0	13.64

附表 6. 各調査林分の相対生長関係の近似式.

App. table 6. Primary regression formulas in the allometric relations of each part of tree above the ground to basal area in each investigated stand.

附表 6-1. No. 1 林分.

App. table 6-1. Stand No. 1.

	回帰直線式	相関係数	推定値の標準誤差
生重量	log W_S =3.09807+0.33172 log BA	0.91097	0.10223
	log W_B =2.63794+0.37639 log BA	0.90562	0.11996
	log W_L =2.97437+0.34452 log BA	0.94118	0.08419
	log W_{TC}=3.22969+0.34206 log BA	0.91862	0.10014
	log W_T =3.42185+0.34330 log BA	0.93041	0.09204
乾重量	log W_S =2.72244+0.30529 log BA	0.88570	0.10891
	log W_B =2.32476+0.35327 log BA	0.88970	0.12338
	log W_L =2.63113+0.32387 log BA	0.92340	0.09163
	log W_{TC}=2.87131+0.31729 log BA	0.90000	0.10459
	log W_T =3.06901+0.31990 log BA	0.91310	0.09722
幹材積	log V =2.97434+0.36022 log BA	0.92319	0.10206
	log (V) =3.03546+0.36457 log BA	0.92813	0.09952

注): 1. 単位は BA: cm^2; W_S, W_B, W_L, W_{TC}, W_T: g; V, (V): cm^3 である。
2. 附表 6-2～6-7 についても同様である。
3. データ数は 10 コである。
4. No. 7, No. 8, No. 9 林分については，供試木本数が少ないため，相対生長関係の近似式を求めなかった。

附表 6-2. No. 2 林分.

App. table 6-2. Stand No. 2.

	回帰直線式	相関係数	推定値の標準誤差
生重量	log W_S =3.06101+0.47089 log BA	0.95953	0.07704
	log W_B =2.60783+0.60431 log BA	0.96472	0.09192
	log W_L =2.96621+0.45274 log BA	0.94768	0.08500
	log W_{TC}=3.19518+0.50685 log BA	0.97095	0.06963
	log W_T =3.39738+0.48740 log BA	0.96931	0.06890
乾重量	log W_S =2.68585+0.44215 log BA	0.95951	0.07235
	log W_B =2.30053+0.57578 log BA	0.95768	0.09646
	log W_L =2.61866+0.42300 log BA	0.93277	0.09112
	log W_{TC}=2.83871+0.48323 log BA	0.97142	0.06581
	log W_T =3.04438+0.46179 log BA	0.96859	0.06608
幹材積	log V =2.89087+0.51690 log BA	0.94059	0.10401
	log (V) =2.96270+0.50010 log BA	0.94148	0.09980

注): データ数は 7 コである。

附表 6-3. No. 3 林分.

App. table 6-3. Stand No. 3.

	回帰直線式	相関係数	推定値の標準誤差
生重量	log W_S =2.62363+0.88610 log BA	0.99477	0.04362
	log W_B =2.34233+0.75753 log BA	0.94584	0.12463
	log W_L =2.59762+0.70324 log BA	0.98436	0.06033
	log W_{TC}=2.81044+0.84461 log BA	0.98834	0.06237
	log W_T =3.01780+0.79805 log BA	0.98984	0.05495
乾重量	log W_S =2.27001+0.82638 log BA	0.98282	0.07439
	log W_B =1.95181+0.80743 log BA	0.94728	0.13091
	log W_L =2.24316+0.71575 log BA	0.98285	0.06437
	log W_{TC}=2.44138+0.82240 log BA	0.98156	0.07677
	log W_T =2.65583+0.78466 log BA	0.98685	0.06161
幹材積	log V =2.42660+1.02255 log BA	0.99385	0.05461
	log (V) =2.54638+0.98053 log BA	0.99390	0.05217

注): データ数は 8 コである。

附表 6-4. No. 4 林分.

App. table 6-4. Stand No. 4.

	回帰直線式	相関係数	推定値の標準誤差
生重量	log W_S =2.65192+0.87929 log BA	0.99335	0.04398
	log W_B =1.96896+1.07474 log BA	0.98029	0.09347
	log W_L =2.40131+0.92105 log BA	0.93869	0.14599
	log W_{TC}=2.71942+0.93479 log BA	0.99094	0.05468
	log W_T =2.89254+0.93029 log BA	0.98175	0.07778
乾重量	log W_S =2.28345+0.84388 log BA	0.98710	0.05906
	log W_B =1.65248+1.07025 log BA	0.97298	0.10961
	log W_L =1.96954+0.94770 log BA	0.94223	0.14540
	log W_{TC}=2.36000+0.91492 log BA	0.98484	0.06955
	log W_T =2.50861+0.92602 log BA	0.97689	0.08743
幹材積	log V =2.46650+0.98171 log BA	0.99409	0.04628
	log (V) =2.61478+0.93106 log BA	0.99493	0.04060

注): データ数は 13 コである。

附表 6-5. No. 5 林分.

App. table 6-5. Stand No. 5.

	回帰直線式	相関係数	推定値の標準誤差
生重量	log Ws =2.65877+1.03937 log BA	0.99722	0.03328
	log WB =1.54491+1.16282 log BA	0.97084	0.12293
	log WL =2.01581+1.00728 log BA	0.98128	0.08464
	log WTC=2.68156+1.05592 log BA	0.99532	0.04388
	log WT =2.76513+1.04881 log BA	0.99404	0.04926
乾重量	log Ws =2.30897+1.02254 log BA	0.99755	0.03071
	log WB =1.23755+1.13325 log BA	0.98128	0.09521
	log WL =1.57593+1.00140 log BA	0.98058	0.08574
	log WTC=2.33554+1.03806 log BA	0.99633	0.03818
	log WT =2.40443+1.03350 log BA	0.99534	0.04286
幹材積	log V =2.50878+1.13066 log BA	0.99159	0.06319
	log (V) =2.60556+1.10559 log BA	0.99495	0.04774

注): データ数は5コである。

附表 6-6 No. 6 林分.

App. table 6-6. Stand No. 6.

	回帰直線式	相関係数	推定値の標準誤差
生重量	log Ws =2.90318+0.53651 log BA	0.95735	0.07927
	log WB =2.68559+0.50389 log BA	0.91819	0.10644
	log WL =2.91271+0.44406 log BA	0.87706	0.11908
	log WTC=3.10968+0.52478 log BA	0.95094	0.08359
	log WT =3.32331+0.49578 log BA	0.93036	0.09566
乾重量	log Ws =2.51439+0.50986 log BA	0.96952	0.06309
	log WB =2.30594+0.52019 log BA	0.88265	0.13563
	log WL =2.52425+0.43351 log BA	0.87639	0.11664
	log WTC=2.72475+0.51413 log BA	0.94270	0.08909
	log WT =2.93686+0.48544 log BA	0.92441	0.09806
幹材積	log V =2.77681+0.61967 log BA	0.96869	0.07776
	log (V) =2.91415+0.58341 log BA	0.97448	0.06580

注): データ数は7コである。

附表 6-7. No. 10 林分.

App. table 6-7. Stand No. 10.

	回帰直線式	相関係数	推定値の標準誤差
生重量	$\log W_S = 2.42552 + 1.05273 \log BA$	0.99413	0.06577
	$\log W_B = 1.16596 + 1.38852 \log BA$	0.98693	0.13017
	$\log W_L = 1.70979 + 1.08684 \log BA$	0.98061	0.12472
	$\log W_{TC} = 2.39834 + 1.11885 \log BA$	0.99312	0.07576
	$\log W_T = 2.47832 + 1.11433 \log BA$	0.99168	0.08308
乾重量	$\log W_S = 2.01157 + 1.08806 \log BA$	0.99615	0.05501
	$\log W_B = 0.86993 + 1.38014 \log BA$	0.98536	0.13713
	$\log W_L = 1.31285 + 1.11240 \log BA$	0.98040	0.12836
	$\log W_{TC} = 2.00289 + 1.14794 \log BA$	0.99444	0.06980
	$\log W_T = 2.08219 + 1.14316 \log BA$	0.99296	0.07833
幹材積	$\log V = 2.23635 + 1.18303 \log BA$	0.99753	0.04780
	$\log (V) = 2.38092 + 1.14085 \log BA$	0.99784	0.04313

注): データ数は5コである。

附表 7. 各供試木における葉量除去率と枝階数除去率，枝打ち長率.

App. table 7. Correlation table among the ratio of removed leaves to all leaves in terms of fresh weight, the ratio of removed number to the number of stair whorl branches and the ratio of prunning one to the crown length in investigated each sample tree.

供試木 No.			18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
胸高直径 (cm)			1.20	2.98	4.53	3.43	4.48	5.30	6.13	4.58	1.95	4.68	3.93
樹冠長 (m)			1.701	2.803	3.143	3.343	3.115	3.763	3.867	4.274	1.641	3.249	3.006
最下生枝高 (m)			0.150	0.197	0.201	0.109	0.389	0.082	0.288	0.132	0.288	0.155	0.520
枝階数			8	9	11	11	10	10	9	11	12	14	10
葉重量 (Fw, g)			482.6	1,351.4	3,197.6	1,602.4	2,430.9	3,451.5	4,944.4	2,982.8	944.2	3,357.5	1,470.5
目標葉量除去率	10 %	除去葉量 (g)	0.00	108.6	353.6	217.1	140.8	206.3	593.1	226.7	72.0	250.9	138.2
		葉量除去率 (%)	0.00	8.03	11.06	13.55	5.79	5.98	12.00	7.60	7.63	7.47	9.40
		枝階数除去率 (%)	0.00	11.11	27.27	27.27	20.00	20.00	22.22	27.27	25.00	21.43	20.00
		枝打ち長率 (%)	0.00	1.93	9.77	8.08	8.67	7.02	9.70	9.17	19.80	7.08	13.31
	25 %	除去葉量 (g)	122.7	207.9	477.5	267.3	483.5	619.7	1,755.7	879.7	174.0	805.3	361.9
		葉量除去率 (%)	25.42	15.39	14.93	16.68	19.89	17.95	35.51	29.49	18.42	23.99	24.61
		枝階数除去率 (%)	12.50	22.22	36.36	36.36	30.00	30.00	33.33	45.45	33.33	50.00	40.00
		枝打ち長率 (%)	2.70	10.13	15.14	19.68	20.42	12.22	21.85	34.56	29.68	18.16	20.49
	50 %	除去葉量 (g)	239.2	774.7	1,620.1	926.9	1,221.2	1,616.1	2,783.2	1,379.3	461.3	1,866.1	603.7
		葉量除去率 (%)	49.56	57.33	50.67	57.84	50.24	46.82	56.29	46.24	48.86	55.58	41.06
		枝階数除去率 (%)	50.00	44.44	54.55	54.55	50.00	50.00	44.44	54.55	50.00	64.29	50.00
		枝打ち長率 (%)	12.46	35.68	32.23	37.66	22.44	27.90	30.05	44.03	40.34	40.90	30.14
	75 %	除去葉量 (g)	366.6	1,029.6	2,503.6	1,193.3	1,896.1	2,327.2	3,898.9	2,367.7	714.2	2,501.8	1,069.9
		葉量除去率 (%)	75.97	76.19	78.30	74.47	78.00	67.43	78.86	79.38	75.64	74.51	72.76
		枝階数除去率 (%)	62.50	55.56	72.73	63.64	70.00	60.00	55.56	72.73	75.00	71.43	70.00
		枝打ち長率 (%)	28.69	47.70	57.68	49.48	52.94	46.11	45.31	65.49	57.65	53.83	56.25

注): 葉量は生重量 (g) である。

供試木 No.			29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
胸高直径 (cm)			5.23	6.27	7.23	9.13	8.53	9.20	13.15	6.00	5.85	7.95	8.00
樹冠長 (m)			4.034	4.22	4.281	4.79	5.27	5.286	5.891	3.83	4.154	4.787	6.83
最下生枝高 (m)			0.235	0.454	0.435	0.243	0.115	0.196	0.355	0.585	0.463	0.502	3.70
枝階数			12	12	14	14	14	14	14	12	10	14	14
葉重量 (Fw, g)			5,641.9	8,708.7	9,818.6	15,346.3	12,655.0	13,379.1	22,224.2	3,622.9	3,512.5	6,416.4	5,993.0
目標葉量除去率	10 %	除去葉量 (g)	670.9	602.2	500.2	1,646.8	991.0	766.4	2,449.5	416.7	363.0	764.1	308.0
		葉量除去率 (%)	11.89	6.92	5.09	10.73	7.83	5.73	11.02	11.50	10.33	11.91	5.14
		枝階数除去率 (%)	16.67	8.33	14.29	14.29	21.43	21.43	14.29	25.00	20.00	7.14	28.57
		枝打ち長率 (%)	5.70	3.32	17.68	6.78	12.52	8.97	8.57	9.79	10.45	3.51	30.01
	25 %	除去葉量 (g)	1,360.7	2,169.1	2,710.2	3,276.7	2,505.5	3,451.0	4,866.5	788.8	937.7	1,436.7	991.0
		葉量除去率 (%)	24.12	24.91	27.60	21.35	19.80	25.79	21.90	21.77	26.70	22.39	16.54
		枝階数除去率 (%)	33.33	25.00	35.71	35.71	35.71	35.71	28.57	33.33	30.00	28.57	35.71
		枝打ち長率 (%)	17.75	6.68	28.75	14.66	16.38	17.39	15.53	12.74	22.29	15.19	38.80
	50 %	除去葉量 (g)	2,334.9	3,795.3	5,209.4	8,022.2	6,303.1	7,539.4	11,278.1	1,401.0	1,768.0	3,026.0	2,748.0
		葉量除去率 (%)	41.38	43.58	53.06	52.27	49.81	56.35	50.75	38.67	50.33	47.16	45.85
		枝階数除去率 (%)	41.67	41.67	50.00	50.00	50.00	57.14	42.86	41.67	40.00	50.00	50.00
		枝打ち長率 (%)	23.95	19.95	39.34	34.49	27.25	37.42	33.12	20.10	27.90	32.19	55.34
	75 %	除去葉量 (g)	4,132.9	6,216.9	7,300.8	11,920.2	8,437.6	9,642.0	16,673.9	2,586.9	2,669.8	4,740.9	3,926.0
		葉量除去率 (%)	73.25	71.39	74.36	77.67	66.67	72.07	75.03	71.40	76.01	73.89	65.51
		枝階数除去率 (%)	66.67	58.33	64.29	64.29	64.29	64.29	57.14	58.33	60.00	64.29	57.14
		枝打ち長率 (%)	47.32	31.52	54.71	49.69	39.96	45.50	46.14	31.83	43.26	45.50	62.37

供試木 No.			40	41	42	43	45	46	47	48	49	50	51
胸高直径 (cm)			11.46	16.43	19.90	22.80	0.75	1.25	1.55	2.10	2.08	2.65	3.58
樹冠長 (m)			5.95	6.90	9.27	10.64	1.29	1.557	1.794	1.955	1.855	2.507	2.983
最下生枝高 (m)			6.06	6.69	6.52	6.73	0.240	0.162	0.063	0.117	0.319	0.140	0.146
枝階数			10	14	18	19	7	9	11	12	8	10	11
葉重量 (Fw, g)			10,534.0	17,781.0	33,620.0	53,486.0	503.5	1,026.0	1,284.9	1,154.0	1,143.4	2,691.3	1,866.9
目標葉量除去率	10%	除去葉量 (g)	672.0	983.0	3,106.0	5,740.0	52.9	31.9	80.1	122.4	36.4	108.7	162.5
		葉量除去率 (%)	6.38	5.53	9.24	10.73	10.50	3.10	6.24	10.61	3.18	4.04	8.70
		枝階数除去率 (%)	10.00	14.29	22.22	26.32	14.29	11.11	18.18	25.00	0.00	20.00	9.09
		枝打ち長率 (%)	9.41	17.03	22.22	27.73	4.81	2.76	7.69	7.98	0.00	5.23	1.34
	25%	除去葉量 (g)	1,660.0	3,604.0	6,090.0	14,280.0	147.6	296.0	264.3	245.4	283.7	605.5	389.6
		葉量除去率 (%)	15.76	20.27	18.11	26.70	29.31	28.85	20.57	21.26	24.82	22.50	20.87
		枝階数除去率 (%)	20.00	28.57	27.78	36.84	28.57	33.33	36.36	33.33	25.00	30.00	27.27
		枝打ち長率 (%)	19.66	28.33	27.62	40.41	9.77	41.30	17.78	9.26	11.11	10.61	10.56
	50%	除去葉量 (g)	5,124.0	7,447.0	17,041.0	24,866.0	275.2	615.1	580.4	544.3	636.5	1,325.5	981.5
		葉量除去率 (%)	48.64	41.88	50.69	46.49	54.65	59.95	45.17	47.17	55.67	49.25	52.58
		枝階数除去率 (%)	40.00	42.86	38.89	47.37	42.86	44.44	54.55	50.00	50.00	60.00	63.64
		枝打ち長率 (%)	40.50	41.01	39.70	51.03	15.19	46.11	26.98	28.08	37.79	28.84	31.08
	75%	除去葉量 (g)	8,050.0	12,814.0	26,240.0	38,901.0	369.6	692.5	943.7	819.7	894.1	2,086.4	1,278.8
		葉量除去率 (%)	76.42	72.07	78.05	72.73	73.41	67.50	73.44	71.03	78.19	77.52	68.50
		枝階数除去率 (%)	60.00	57.14	66.67	63.16	57.14	55.56	72.73	66.67	62.50	70.00	72.73
		枝打ち長率 (%)	58.49	56.38	63.00	64.38	27.44	52.09	51.84	55.40	50.62	45.91	46.60

供試木 No.			52	53	54	55	56	57	58	59
胸高直径 (cm)			2.50	2.50	2.00	5.00	10.40	13.80	18.30	21.30
樹冠長 (m)			1.935	1.680	1.60	3.01	5.435	7.085	7.400	9.390
最下生枝高 (m)			0.340	0.405	0.255	2.20	3.71	2.58	2.655	1.505
枝階数			9	9	10	10	15	20	25	25
葉重量 (Fw, g)			1,924.5	1,451.8	1,896.0	1,125.0	6,999.0	17,654.0	18,735.0	25,266.0
目標葉量除去率	10%	除去葉量 (g)	221.7	169.7	126.0	35.2	668.6	1,277.1	2,180.5	2,719.2
		葉量除去率 (%)	11.52	11.69	6.65	3.13	9.55	7.23	11.64	10.76
		枝階数除去率 (%)	0.00	11.11	10.00	10.00	20.00	15.00	8.00	24.00
		枝打ち長率 (%)	0.00	2.68	8.44	11.30	25.39	16.30	11.62	20.07
	25%	除去葉量 (g)	557.8	262.4	483.4	399.5	1,415.1	4,651.7	4,112.3	5,296.6
		葉量除去率 (%)	28.98	18.07	25.50	35.51	20.22	26.35	21.95	20.96
		枝階数除去率 (%)	22.22	22.22	30.00	30.00	33.33	30.00	20.00	32.00
		枝打ち長率 (%)	15.76	8.93	24.06	33.55	41.67	31.26	24.32	32.11
	50%	除去葉量 (g)	917.5	777.8	890.0	437.2	3,808.2	8,497.5	9,399.4	11,201.3
		葉量除去率 (%)	47.67	53.57	46.94	38.86	54.41	48.13	50.17	44.33
		枝階数除去率 (%)	33.33	44.44	40.00	40.00	46.67	50.00	32.00	48.00
		枝打ち長率 (%)	25.06	31.55	31.56	40.53	58.14	51.38	37.23	47.60
	75%	除去葉量 (g)	1,375.4	1,008.8	1,270.5	751.6	5,303.6	12,836.0	13,428.8	18,718.5
		葉量除去率 (%)	71.47	69.48	67.01	66.81	75.78	72.71	71.68	74.09
		枝階数除去率 (%)	44.44	55.56	50.00	60.00	66.67	60.00	52.00	64.00
		枝打ち長率 (%)	37.47	45.54	43.13	59.97	74.15	61.75	56.08	67.52

写真 1. No. 1 林分 (北大天塩地方演習林 河西 5 林班 : May 11, 1976).

Photo 1. Investigated stand No. 1.

写真 2. No. 2 林分 (北大天塩地方演習林 河西 5 林班 : May 11, 1976).

Photo 2. Investigated stand No. 2.

写真 3. No. 3 林分 (北大天塩地方演習林 河西18林班: May 11, 1976).

Photo 3. Investigated stand No. 3.

写真 4. No. 4 林分 (北大天塩地方演習林 河東1林班: May 10, 1976).

Photo 4. Investigated stand No. 4.

写真 5. No. 5 林分 (北大天塩地方演習林 河西 2 林班: May 10, 1976).

Photo 5. Investigated stand No. 5.

写真 6. No. 6 林分 (北大苫小牧地方演習林 熊の沢 413 林班: Jan. 18, 1976).

Photo 6. Investigated stand No. 6.

写真 7. No. 7 林分 (北大苫小牧地方演習林 山の神 313 林班: Mar. 30, 1976).

Photo 7. Investigated stand No. 7.

写真 8. No. 8 林分および右方の No. 9 林分 (北大苫小牧地方演習林 山の神 313 林班: Jan. 18, 1976).

Photo 8. Investigated stands No. 8 and No. 9.

写真 9. No. 10 林分 (北大苫小牧地方演習林 幌内 138 林班 : Jan. 18, 1976).

Photo 9. Investigated stand No. 10.

写真 10. No. 11 林分 (北大苫小牧地方演習林 熊の沢 409 林班, 広葉樹疎林への樹下植栽 : July 13, 1976).

Photo 10. Investigated stand No. 11.

写真 11. No. 12 林分 (北大苫小牧地方演習林 幌内128林班ろ小班, 林間苗圃跡の放置林: Mar. 30, 1976).

Photo 11. Investigated stand No. 12.

写真 12. No. 13 林分 (北大天塩地方演習林 奥地38林班, アカエゾマツ, トドマツ, エゾマツの天然更新地: July 29, 1976).

Photo 12. Investigated stand No. 13.