

收穫表調製業務參考資料

經營	36
測定	10

成長および收穫

昭和31年3月



林業試験場経営部

まえがき

本書は H. H. Chapman と W. H. Meyer の共著 *Forest Mensuration* の成長と収穫に關係する章を当研究室栗屋
教授が部内の研究用として抜萃翻譯したものである。原著
は今更その声価について述べる必要はないと思うが、アメリカの
大学教科書として最も典型的なもので特に成長と収穫につ
いてはすぐれた記載が見られる。この分野の従来ドイツ流の好著
としては Wiedeman, Weck のものが戦后発刊されたが、ア
メリカにはアメリカなりの行き方が見出され、対比し研究される
ときは中々興味のあることであらう。この方面に関心を抱く方
は是非 Wiedeman, Weck の著書もあわせて読まれることを望む
尚、翻譯は充分検討すべしとまがなく、印刷に附するのやむなきに
到つたので、誤訳等もあるかとも思われる。此の点 大分の御諒承
を請うものである。

昭和 31 年 3 月

林試 測定研究室 大友 栄 松

收穫表調製業務參考資料

成長および收穫

目 次

オ22章	成長に及ぼす影響	1
178	成長研究の目的	1
179	樹種の生活形態	6
180	正常な枯死—そのコントロール	8
181	異常な枯死—災害	10
182	樹高成長の特性	10
183	直径成長の特性	13
184	直径成長の低下、すなわち減退	14
185	伐株および枯死が直径成長におよぼす影響	16
オ24章	林木および林分の成長	20
192	林産物の特質	20
193	同令林対異令林または全令林	21
194	同令林の連年および定期生長量	22
195	平均成長量	25
196	異令林または全令林の定期、連年成長	28
197	成長量研究の目的	29
オ25章	樹令に基づく樹高成長	30
198	樹高成長研究の目的	31
199	樹木横断面の年令に基づく単木の樹高成長	33
200	樹令に対する平均樹高曲線	34
オ26章	大きさおよび形状における林木の成長	36
201	直径成長	36
202	直径成長に及ぼす影響	38
203	伐根上の直径成長	40
204	根株の直径成長のとりまとめと平均	43
205	皮付 $d_b h$ と根株直径成長量の相関係数	44

206	d, b, h の成長曲線のプロット	46
207	伐根直径の連年成長量からの胸高での成長量の誘導	50
208	上部直径又は形状の成長量決定の目的	50
209	樹幹の上部断面の直径成長量の測定	51
210	与えられたグループの林木の成長資料の平均	52
211	年令に基づく樹形のグラフ	52
212	短期間の成長量	53
213	中央木の成長成長	54
214	地位級による差異	54
第27章	同令林の正常收穫表とその複製	55
215	收穫表、定義	55
216	收穫表の正常立木度の基準	56
217	收穫量におよぼす地位の影響	58
218	森林土壌、環境の地位級への分類	60
219	地位指数のグラフ	61
220	收穫表調製にプロットを使用するもう一つの方法	62
221	正常立木度の林分対過小または過大立木度の林分	63
222	正常な林分から正常以下の林分への移行	64
223	間伐林分に対する正常收穫表の必要性	66
224	收穫表のための標準地の選択	67
225	標準地で行う測定	68
226	内業一標準地の計算	70
227	地位指数グラフまたは表の調製	72
228	各プロットの地位指数の決定	75
229	林令に基づく縦断面積表の調製	76
230	ボードフイートに対する收穫表	80
231	利用径級以下を除いた林分の利用收穫量	81
232	正常立木度の同令林の林分表(直径階別本数表)および蓄積表	82
第28章	正常收穫表を用いての平均同令林の定期成長量と收穫量の予測	85

233	平均林分への正常收穫表の応用	85
234	経験的すなわち正常以下の林分の收穫表	85
235	過小立木度の林分	86
236	立木度の数値的測定—疎密度比	87
237	林令、地位に独立な立木度の測定値—林分疎密度指数	88
238	現場で正常收穫表を用いて同令林の成長量を予測する方法	90
239	現在の立木度百分率を用いての予測	90
240	固定標準地で測定された正常な変化に基づく予測	92
241	Gerhardt の経験公式に基づく疎密度百分率を用いての予測	94
242	成長変量を基とした予測—Gevorkiantz	95
243	エーカー当たり本数による蓄積の比較できる累積表に基づく予測	99
第29章	林分表(直径階別本数表)による直径の定期成長および連年成長	103
244	全令林で令級の代りに直径を使用すること	103
245	林分表法の目的	105
246	林相、地位級、令級に関連させた林分表	106
247	将来の林分表に影響する枯死	107
248	直径成長に対する標本抽出の必要性	112
249	成長研究に供するための林分表の修正	114
250	林分表への過去の直径成長の適用	116
251	全林地への林分表および成長データの適用	118
252	更新樹の調査—群落クオドラット	122
第30章	林分表による林分定期成長量の予測	124
253	胸高における直径成長量の測定	124
254	樹皮の厚さの成長量に対する修正	127
255	d, b, h に基づいた樹高の定期成長	130
256	d, b, h, 樹高および伐積表の使用に基いた伐積成長量の予測	133

257	枯死に対する補正	140
258	現在と過去の成長量の比較方法	141
259	除伐効果の直接測定	142
オヨ1章	成長率	147
260	成長率の定義およびその性質	147
261	成長率の基礎	148
262	成長率を決定する方法	149
263	連年成長率対平均年成長率	151
264	定期成長率	151
265	成長量を予測する場合の成長率の利用	153
オヨ2章	標準地	156
266	既往の記録による成長予測一線返し調査	156
267	標準地の目的	158
268	選取と位置決定	159
269	大きさおよび回数	161
270	標準地の設定	162
271	林木の確認	163
272	林木の測定	164
273	記録帳対資源表	165
274	標準地に関する図	166

第22章 成長におよぼす影響

Influences affecting the growth of trees.

178. 成長研究の目的, *Purpose of Studying the Growth of Trees.*

原始林だけが利用されていた時代には、森林は農場や牧場を作るため開荒されるか、あるいは伐採するため準備されている資源と見做されていた。林木が生活をいとなみ、成長していることは明らかなことであるが、成長と衰弱する過程が林木あるいは林地に対する投資に影響する重要な因子であるという概念は原始林の大部分が伐採しつくされるまで当業者の念頭には浮ばなかった。この態度をもちつづけたことが火災や悪条件にもかかわらず、芽を出した二次林の大部分を遂に枯死させる原因となった。このような過程は現在残っている私有林の大部分特に小私有林ではあいかたらず優勢を示している。

木の熟木の多くは年輪の意味も知らなかったし、元木と同樹種の幼木を区別することさえ知らなかった。将来について懸念心であるのほさでおさこの態度は連年成長が林木の外観に反映する変化を比較的に緩慢なためである。

樹木および森林の成長および枯損はそれらが産物と区別される一つの特性であり、賢明な方法により恒続的に木成およびその生産物を生産しうる更新可能な収穫物として経営することを可能にする。これは大部分の面積が農業としては限界にあり、そこでの牧畜は林業よりも収入すなわち利益が少ない。

あらゆる生物と同じく樹木は発芽し、定場を見つけ、生残ったものは成熟するまで成長し、最後には枯死しなければならない。このようにして別の幼木のため空隙が作られる。

林木の寿命は公園や保存物としては何か事故が突発するまでは永生するものと思われ、"ワシントンエルム"や"チヤーターオーク"となるほど、人間の寿命を遙かに越すものではあるが不滅ではない。

林木の成長はまず若枝および大枝の突端すなわち生長点ではじまり、そこで樹高が伸長し生活力のある樹冠が広がる。ついで形成層という樹皮と木部との間の全面を覆っている生活細胞の増殖で起る。そこでは内皮、すなわち樹皮部と白木質すなわち木質部の新しい層が年々堆積され

る。毎年形成される年輪の厚さ、若枝、枝の高さおよび長さの伸びる差は全材積および利用材積の成長率で左右される。温暖な気候の土地、または一年が乾期と雨期とで区別されている熱帯では成長は毎年季節的に起り、はじめに形成された材すなわち春材は秋材と呼ばれる後で形成された材に比べて多孔質で軽量である。新しい成長がふたたびはじまれば、それは前年の遅く形成された材と並ぶような密度の点ではっきりした対照を示す。マツ類のような樹種の年輪は簡単に区別される。トネリコ、カエデ、ミナノキのように成長の組織が一緒になるほど肉眼で年輪を数えることは難かしくなる。しかし、正確な歴史的記録や地図が利用できる場合を除いて、年輪の区別および数は林木が生育するに要する期間を決める場合、林業技術者および土地所有者にとって唯一のたよりである。

第1章から20章までは測定方法は全体的に業務で調査と呼ばれているものに関係したものであった。

調査の目的はあたえられた時期に入手できるあらゆる種類の生産物の量を決定することである。この点に関してはこれ以上の生産物が収穫されるか売却されないかぎり、そのときのみ静的であり正確である。しかし、生産高と売上高を比較することは必須条件であるが、それはうまく業務を管理するのに必要な資料の単に一つの項目にすぎない。林業では調査は最終の製品より将来の経営の基礎となる資源の基積を調べることであり、その重要さはこのことによつて一層高められる。収穫され売却された全製品の正確な記録が得られる時期まで調査は続行することができる。そこで、林業では正確な推定値は伐採、または自然による成長、または消失、すなわち枯死による利用可能な立木の全材積の変化を調べることにより毎年修正できる。しかし諸君も経験されるであろうが、決定が行われるので伐採され、測られた測定材積はかなり正確であるが、成長および自然の消耗による森林の変化に適用する場合にはこの方法は非常に困難である。

最後の調査すなわち蓄積調査の後、どんなことがおこるかを満足に決めるものもない。これは何題となっている年のうちに第二の調査をすることで達せられるが、この過程は業務と同じく林業経営にとつても必要であるが、費用がかかるため10年以下の間隔をなされることはほとんどない。業務に必要なすべての情報がこの断続的調査、すなわち推定に

よつて得られるならば林木および用材林の実際の成長率は全然考究する必要はない。

10年ごとの樹幹の成長量ははじめの時期に利用し得る総材積を現在材積と対比し現在材積にその期間に伐採された量を加えることにより一層正確に調べられる。2つの合計の差が真の材積成長量である。成長、枯損、成熟および伐採による変化はいずれも継続的調査により自動的にしられられる。実際、いわゆる“定期的調査”法はヨーロッパの林業技術者が森林の過去の成長を測るのに使用した一般に認められた方法である。林木および用材林がどのように確実な成長をするかを決定しようとする際“定期的調査”よりさらに先にいくには正当な一つの強制された理由がある。それは将来を予想するための要求である。調査だけでは日程のためこれは行われぬであろう。将来の生産高は売却されたり、入手したりする製品の量でははかれない。

生産率は植物の大きさ、将来期待される市場、価格、労務者、熟練度、予想される利益によつて支配される。業務では過去の結果は将来を予想するためにそれを取り扱ひうる場合だけ価値がある。林業で林木および林分の過去の成績は将来の成長を予想するための唯一の確実な基礎であるが、それはまさしく、あらゆる成長研究の実際の目的である用材林の将来の材積の予測である。

過去の成長量を研究する方法が将来の全林分および森林の成長量をかなり正確に予測しうる場合にだけ森林の所有者および調査者にとつて真に価値のあるものであり得る。この規則を調べることであらゆる成長研究の正当性をはからねばならない。

成長研究の方針はよく志れられているが生産物の現在の価値は、すべてそれが生産しうる将来の真の収入によるという事実で強調される。現在の材積の調査は価値を決めるだけではない。

これは林分または林木が伐採された時に収穫されるものに支配され、したがつてそれ以前に起こることが確かであるだけ正確に予測の必要がある。自然の変化に支配され、単に将来の価格、費用および生産物の単価当りの利潤にはよらない。この将来の価値を現在の価値まで引下げるこゝが森林評価の目的である。

林木およびその生産物は森林のすべての価格を構成するものではない。

林木を生産する土地はちようど農地と同じように価値をもっている。この価値は将来の木材生産物の収獲を予想できない限りわからない。林木の成長量が全然価値のなかった過去においては、他の目的に使はれる以外林地が伐採された時には林地そのものは何も価値がなかった。それは売却されるか、そのまま放置された。

慰安や洪水防止についての森林および林地の価値は林木価格や成長量の調査では測定されない。その価値は別の方法で評価される。

測樹の分野における成長研究の重要性および蓄積推定、すなわち調査の関係は次のように要約できる。

1. 調査は林業にかくべからざるものであり、これなくしては正確な成長予測は企及することすらできない。これについては後の章でくわしく述べる。
2. 成長量および枯死量の予測は（林地、林木を含む）森林の現在の価値を定めるに同じく必要かくべからざるものである。
3. 将来の成長量の予測は開発の基礎以外に森林の健全な経営の唯一可能な基礎を与える。
4. 将来の成長の予測は現在の調査および過去の成長量で決定された事実に基づかなければならないが適宜に判断し適用されない限り過去の成長量に関するデータは正確な将来の結果を与えないであろうし、ひどい誤りさえ生ずる。成長研究の眞の目的を把握しそこなったため過去においては成長量のデータを解釈する際費用および無駄な労力を含めて誤りがおこされた。

成長量研究を規制する原則は次のようにいえる。

1. 単木の過去の成長ではなくエーカー当りの将来の成長量が目的である。
2. 直径、樹高、材積についての単木の成長は主として将来のエーカー当りの眞の成長量を決定する手段として役に立つ。
3. 将来における眞の成長量はその期間を通じての林木の一部の枯死によりて相殺された林分内の残存木の樹高、直径、材積、の増加率の変化の結果である。
4. エーカー当りの眞の生長量は過去については「継続調査」によって簡単に決定されるが将来については、単に単木としての木だけでなく

他の木と競走して林分内に生育している木の成長の自然方則を注意深く判断しなければならない。

玉切りによって単木の材積成長を決定し各断面の年輪数から10年ごとの材積を求めることは、——いわゆる樹幹折解法（26章）——初期の測樹学では熱狂的に実行された。しかしこの「樹幹折解法」は材積、面積、および林木が成長するに要する期間といふ三つの重要な問題を解く場合に限って用いられることがわかつた。さらにこれには莫大な費用がかかる。疎密度したかつて林木間の競走の度合を変えることにより樹幹の形状の変化に及ぼす影響を決めるための調査にその利用は限定されてきた。このために樹幹折解は役に立つ。この制約が認められた場合にだけ測樹学は林木のエーカー当りの将来の収獲量を予想する直接實際的な問題を解く方向へと進んだ。

競走からぎぬかれて孤立した箇所に生育している木は、その樹種特有の形態をもっている。樹冠は完全対象的に発達する。垂直主枝は地面近くまで伸長する。日蔭になるとか、風暴のためには、このような木は大きな価値をもっているが、森林生産にとつては比較的価値が少ない。これに対して、形状、樹高、直径、成長率および林木として残存する機会が同令林では同一樹種および異なる樹種、または異令林では老令木および大型木との生存競走により相殺される。

この競走がなければ散生木の木材収獲高はエーカー当りはるかに少なくなるばかりでなく、価値のあるものを育てることができず収獲物としての森林は不利なものとなるであろう。

生存競走における異なる樹種および個々の木の働き、ならびに人類に最大の価値および利益をもたらす林木を生産するように自然力を統制する方法は森林生態学および造林学で取り扱われている。造林学の目的は林木を生育せしめることである。造林的処理の確実な結果を測ることが測定の分野である。林木成長の基本法則のあるものを理解しようというのが林業に用いられているこの二つの分野の共通的な原則である。林木成長法則は要約して次の標題で考えることができる。

1. 一般に生存競走における働きおよび残存する能力のような、その樹種の生活形態
2. 競走が単木および林分に及ぼす影響、これは又つのはうきりした部

内にわかれる。

a 同令林における林木の働き、(27, 28章)

b 異令林における林木の働き (29章)

179. 樹種の生活形態 *The Life Pattern of Tree Species.*

ある樹種の生活形態はそれが同令林分で最良のものとして、あるいは、すくなくとも、その木だけでも残存するように構成されている。別の樹種では異令林において被圧のもとで残存しているものは成長が順調でありそれが習慣でもある。針葉樹であれ、広葉樹であれ、各樹種は苗木から成熟するまで特有の成長形態をもっている。

アカカシのように同じ林相で密接な関係のある樹種、あるいは全然違う気候帯で同じような地位に生育している樹種の生活形態は似ていることが多い。たとえば Lake 州の *jack pine*, Far West の *lodgepole pine*, Middle Atlantic 州の古い土地に生育している *Virginia Scrub pine* および南部の湿地の *pond pine* のように習慣的に同令林として生育している樹種の個々の木は 80 ~ 120 年という比較的短い寿命で直径ははじめは急速に成長するが成熟するにつれて緩慢となる傾向を示した。この習性は密生した林分に生育する *Slash pine* の特性でもあり、Lake 州の *Thort test pine* および欧州アカマツのはその程度はより劣っている。より耐陰性の強い「同令」の *pine* 特に *white pine* に属するあらゆる樹種はその全生涯を通じて優勢木となる木で一定の成長率を示す傾向がある。カシのように優勢木として残存する個々の広葉樹は大きくなるまでその直径成長率を維持するのに枝立つ広大な樹冠を発達させる。

生活曲線すなわち成長の傾向に加えて各樹種は先天的にその成長率が異なっている。*Longleaf pine* は他の南部産のマツに比べて一貫して緩慢な成長をする。*loblolly pine* の単木は *longleaf pine* より 50% 早く成長する、つぎに *Slash pine* は幼令では同一の環境の下で *loblolly pine* より早く成長する。*red oak* の類は同一場所の *White oak* より約 50% 早く成長する。適当な場所に生育している *Tulip poplar* は他の競走相手より早く成長する。

ミズキは最初 8 ~ 10 年で急速に成長するがそれから低下する、生活

曲線および先天的成長率のこの差異のため、正確な成長量予測は普通主要な樹種、林相について別々に研究する必要がある。

上に述べた生活形態は残存し成熟するために十分な陽光を要求するし、被圧されればいつでも枯死してしまう樹種の特質である。耐陰性すなわち被圧されても生き残る能力は、樹種によって非常に異なっている。一方の極端な例はハゴヤナギその種の陽樹であり、他方の例はアナ、カエデ、ツガ、バルサムファーマーである。

陰影はたとえその木を枯死させないまでもあらゆる樹種の成長を阻害する。被除されると成長が緩慢となり被圧された耐陰性の小さな木が相対老令であるのに驚かされる。しかもこの同じ木は被除から解放されれば順調に、耐陰力のない樹種に比敵する割合で成長し得るのである。ツガはこのいい例である。保護された場所を除いて実生苗として仕立てることはむづかしいが疎開されれば同じ場所の *White pine* と同じくらい早く成長するるのである。

そのため耐陰性樹種の生活形態は一定の陽光を必要とするので根本的に異なっている。連年成長量がほとんどないにもかかわらず残存する能力に、解放により正常な樹高および直径生長を回復する能力が加えられる。これはその木は何年生であるか、その成熟、衰微および終局の枯死はどのようにして決められるかという問題となる。この樹種の正常な生涯でどの木が最大の年齢に達するか？

どんな場合でもセコイヤ、*White pine*, ツガ、カシのいかんを問わず与えられた樹種の最老令木は長期間に亘って被圧および被除されたが、最後に正常な大きさに達するまで生き残ったものであることをみいだすであろう。

セコイヤの形態は 2000 年の平均寿命より 1000 年も老令なものを造り出すことができるのである。まれに 75 年も被圧された中心部をもつ 200 年生のカラマツがみられる。400 年生のツガは耳痕により生じた 2 ~ 3 の引のほされた被圧期間を示しており、たいてい 75 年に達する成長の緩慢な中心部をもっている。100 ~ 150 年生の小型のツガが解放されれば成長率は急激に増加する。しかし、成熟木の平均の大きさの木の解放は成長には大して関与しない。この形態は伐根の年輪を調べ、それを数えれば誰にでも簡単に発見ができる。この結論は林木の成長を

研究する人にとって重要である。

樹木の成熟は元素樹幹の大きさ、すなわち枚数によって左右される。実際の年齢は決定的な因子ではない。年齢はただそれが正常な成長を伴う場合に大切であるにすぎない。

d, b, h で表わされる大きさが成長研究の基礎としてこのような林分では年齢の代りに用いられねばならない。(29, 30 章)

180 正常な枯死；そのコントロール

Normal Mortality - Its Control

単木や樹種として樹木が競争する生存競争において枯死すはわち死による消失は、樹木生育のあらゆる段階でかならず起り、それかなければ樹種そのものが滅亡してしまうであろう。生きていくために樹木は毎年新しい年輪でその成長量および枚数を増加させねばならず、そのため成熟し結実するため、樹冠および根系が伸張する空間を絶えず増加させる必要がある。

動物と全く同じく、樹木の枯死は幼令期、成熟期および過熟の段階で生ずる。幼令期の枯死は残存木の樹冠の成長に必要な空間を与え、それは多数の苗木、種樹および小径木間の息がまるような競争の直接の結果である。

健康な成熟木の枯死は少ない。このクラスでは最良の時期に使用動物をと獲する牧畜業者と同じく利用のための伐採は枯死と同じ結果を生ずる。衰微した林分の枯死が生ずるには長い間かゝるが、上に指摘したように到達した大きさと密着に関係がある。

Red wood の個々の木の究極の死は、根が弱まったため巨大な樹幹の重力の中心が徐々に移動し、最後に倒れてしまうためであることがわかった。

枯死が残存木、成熟木、更新樹および林木の価値に及ぼす影響は、さうわめて重要なものである。自然の過程は主として究極のものすなわちその樹種の残存木に適用される、これに反して人間は自己の利益を生み出すことに興味を感じている。自然と人間の目的は過熟木について考慮する場合に一致しない。自然は死ぬまで頑健な老木を長期にわたって保持し、一群の広大な樹冠は新しい林分の成長を抑制し阻害する。自然は

最後に乱暴な方法でこの残存木を処分してしまう。

固定標準地に記載されている枯死は木が大きくなるほど（自然消失の2つの主要な原因）すなわち、風倒、虫害によって枯死する機会が多くなることを示している。そして大腐れが増大し風害、甲虫類に対する抵抗力は弱まる。

根はその活量を失う、火傷は最後にその木を焼き殺し、木は倒れてしまう。過熟木の枯死による将来の消失は時には成長の不均衡をきたす。ある直径限界以上の木の救済および速やかな除去は経営における一つの支配的因子となっている。

通則測樹は実行の手引きとなり被害を受けやすい大きさの範囲を示すかくて新しい林木はうまく生育をはじめ、その林地の成長率は回復できる。

更新および林木を仕立てる初期の段階でも成熟木は重要である、この場合の目的は枯死せしめないようにするのでなくて、速やかに枯死するのを助長することである。しかしこのことは、多くの種樹の更新がまず得られることを前提とする。更新の少ない公園のような林分は全熟成熟木がなく望みうる経済的利益はただ早期に結実し、後に豊富な更新木によって初期の欠乏がおぎなわれることである。この種の出売で樹高成長の急速な変異は上層林分がすかされるだけでなく後に形の良い無き木の樹幹が確保されるであろう。

ここでもまた人間は余分の木を抑制する過程において自然に協力しなくてはならぬ。また、自然の過程は長期にわたり継続が多くその最終的效果がどうであろうと問題とはならない。最も強壯なる木、すなわち、優勢木が他より相当速く成長しないならば全林分は樹高成長が阻害され大した直径成長をしない、樹冠の小さな過剰立木度の林分 (overstock) となる。自然に差異の生じた林分でも優勢木が良好な生育に必要な以上に樹枝の脱落するのをふせぐため遅く成長することは稀である。生活力のある樹冠 (green crown) の割合を全樹高のほぼ40%以下に確実に短くしている林分はほとんどない。しかも密林や正常立木度 full stocking の林分ではこの短縮は最も健康な樹冠でさえ死が運命づけられている、競走木が最後に枯死する以前に起る。

人為的な間伐は人間の目的のため競争による枯死の時期を合わせてあ

らかじめ手配をしコントロールすることが望ましい。間伐の時期が適当に行われる時には利用しうる大いさ、級面の被圧による自然死は実際にはなくなる。

181. 異常な枯死 - 災害

Abnormal Mortality - Calamities

腐朽、被圧および人為的に抑制するものと看做した3つの級の“正常”な枯死に対して災害と呼ばれている第4のものを付け加えねばならない。森林の部分的、あるいは完全な破壊は、暴風、火災、昆虫および樹病によつて起り、あるいはこれ以外の幾多の破壊的な行為による不規則な伐採による森林の毀損のためもたらされるものである。場合によつては風および火災後には天然播種があがられるが皆伐後にはひどい障害のあることが多い。

とにかく立木を完全に除去するということは新しい出発、すなわち、植林の出発を意味する。自然はこの突発事を充分注意し、*jack pine* のように火災後にその結果を開くようにその都合のよいように突発事を凌ぐことさえあるけれども、重要な昆虫や樹病の侵害に対しては自然の保護はなにもない。果が10年間でもとにもどることが分かっている場合その樹種の成長量を正確に推定するには何を使えばよいか。

この破壊作用と同じく幼令樹は初期において被害を受けやすい気候的障害に直面する。極端な寒さ、暑さあるいは湿気と乾燥は被害を甚大なものとし、種子の收穫量は激減する。天然林の生涯でその土壌および環境に順応し適合した樹種の更新が逐次はされる。人類の干渉でそれは永久に害なわれることがあり、その土地は人為的に森林を再びもとの蓄積をもつように仕立て直す必要がある。

測樹は正常立木度であることが確かめられた林分の成長量予測(27章)得られた収穫に及ぼす不完全立木度の影響の決定(28節)火災、風害昆虫樹病による破壊後、回復しうる救済可能な残存の推定と関係がある。

182. 樹高成長の特性

Characteristics of Height Growth

同樹種および異樹種の苗木間の 生存競争で生き残るものは主として

第一年目にはいまり、その木が競走相手に対して完全に優位を占めるまでのいくところの樹高成長の相対的比率に支配される。

樹高成長はまもなく未熟林分の将来の構造を予測し単熟林において成熟するまで残存する木を選ぶ場合重要になる。個々の木が頭角を表すのに成功すればその隣接した競走相手は樹幹の形成層の生活組織の面積を増大し、根を土壌中に拡大しようという欲求に答えるため十分な葉面を与えるに必要な樹冠の横方向への拡大に要する自由な空間を得ることができるのである。

樹高成長率が優位を占め、それを維持するのに不十分であれば陰を生ずる競走相手が成熟し、枯死するまで僅かな光線ですべて生きていくことのみが願ひの綱である。大抵の耐陰性の木は、さきめて緩慢な成長率でもって生存することになる。

どのような樹種の樹高成長の典型的コースもこれらの状態を反映した曲線を形作る。耐陰力のない優勢樹種では苗木の時は1ないし2年の緩慢な成長の後、樹高成長は生命がつかづく限りけつしてとまる事はないけれども成熟した残存、大きさに達する時には漸次平たくなるところの急上昇の曲線を形作る。

被圧から回復しうる耐陰性の樹種では、全年を通じて樹高成長曲線がやはり同じであつてこの木は疎開した林地に生じて被圧されていないことを立証している。

被陰されておればカエデ、アサ、バルサムファー、トウヒのような樹種の樹高曲線は年当り僅かに2〜6吋を示すにすぎず、これは樹高の成長とはなんの関係もないのである。南部の *loblolly pine* や *spruce pine* のようなさきめて耐陰性の強い松類のあるものは、正常な成長の1/5の樹高成長で生き残ることができ、生活力を失う前に解放されれば勢をとりもどす。回復する過程、および被陰下で生き残る期間の長さは直接相対的耐陰力によるものである。それゆえ、樹高成長率および年々に対する樹高の正常な曲線は同令林および生涯を通じて上層にあつて被害を受けずに成長する木に対してのみ意味がある。そのほか年令対樹高の関係は耐陰性の指標としてのほかは重要ではない。

同令林ではその出発にあたりて僅かに有利な立場を得た木は競走相手より速い樹高成長によつて主権を維持し、成長する。これらは広大な

樹冠を発達させあまり強壮でない優勢木となる。樹冠の大部分が十分な陽光を受け下側だけが陰となっているような木が「優勢木」として分類されるのである。

林分が成長し各樹種がもつと広い空間が必要とするようになると、若い優勢木の間に競走が起り元気のないものが消えはじめる。若木および上層樹冠の一部がやはり十分な陽光を受けているかぎり、この木は「半優勢木」と呼ばれ優勢木とともに主要な上層林冠を構成する(27章)。この半優勢木がしだいに被圧されるようになった場合、中庸木と呼ばれる(僅かな上方光線を受けるが樹冠の大部分は被陰されている。)完全に被圧された時被圧木と称せられる。

耐陰力のない樹種では約5年間のうちに枯死してしまふ。

全令林では優勢木は通常その耐陰力、あるいは陽光の豊富な小さな空地に生育したため初期の被圧期間に生き残った老令木である。耐陰性の木は耐陰力のない木に比べて被圧されても多量の樹冠を保持している。これは大木の除去によつて解放されればその成長を回復する能力をもっているからである。

耐陰性の木も適度に被圧されれば枯死するかその過程は長期にわたるしかつて、異令林の樹冠級は同令林の樹冠の特性に比してより以上に個々の木の状態に支配される。

太陽の直射を受けているかぎり優勢木および半優勢木の樹高成長は大して違はない。中庸木、被圧木を除いたこの2つの級の優勢木の平均樹高成長は完全な同令林の樹高成長率の信頼しうる指標となる。

このように決定された同令林の平均樹高成長は土壌の肥沃度、適度に供給される湿度の存在に直接関係して変化する。一方不毛な乾燥した土壌あるいは過剰な水分を有する土壌その他の鉱物質を欠く泥炭土壌では林分の樹高成長は低下し、達しうる最高樹高は減少する。このことは同一樹種あるいは同一構造の林相に対して地位による相異を区別するのに使われ、各地位級別に収穫量を分類する基礎となる。

樹高成長は「正常収獲表」で表わされている正常立木度 *fully stocked* の林分から平均エーカー当り獲得できる材積成長と直接かつ直接的な関係がある(直線ではないが)。(27章)

同令林の最もすみやかなる樹高成長は過密でも過疎でもない林分の優

勢木によつてはしとげられる。

疎開地に生育している木に対する最適密度の林分での樹高成長の超過は10%以上であるが、この値を越すことはほとんどない。悪い地位に生育している *jack pine*, *lodge pole pine*, *shortleaf pine*, *ponderosa pine* のごとき樹種の(過剰立木度の林分)では初期における過剰立木度は樹高成長がほぼ完全な沈滞の原因となる。たとえばエーカー当り500,000本以上ある70年生の *lodge pole pine* 林分ではわづかり畝の樹高であつた。

これに反して *longleaf pine* の様な樹種は単木間に差異を生ぜしめて初期の蓄積が過密となることが実際には不可能である位優勢さおよび早期の機械的な枯死を表わすような顕著な能力をもっている。

どのような場合にあつても同令林の上層林冠を形成する全林木の樹高成長率は大体同じであり、樹冠が被圧されるようになってはじめて著しく低下する。優勢木はその主導叙を維持するが生長は数呎にすぎない。植林のごときくい木れの木も均等な機会をもっている場合樹高成長は最も活気のある優勢木にくらべてそんなにすくには差を生じない。そこで初期の間伐が大切となる。

183. 直径成長の特性

Characteristics of Diameter Growth

d.b.h. の成長は全樹幹の直径成長およびその木の立方呎単位的全材積成長の指標にすぎない。材積成長は生活機能を有する樹冠の広がりど表面積に正比例している。被陰による樹冠の消失および下枝の枯損は、その木が被圧される前に起る。そこで梢頭の樹高成長は緑色樹冠の量が被陰のため減少した後も長く分らないままでおかれる。しかし直径成長は生活機能を有する樹葉がなくなるのに応じて低下する。

このため樹高成長よりはるかに速やかに成長が阻害される。樹冠に適用されることは樹冠と幹合を採たねばならぬ根の張りについて正しい。

解放された木の直径成長が増大するのは、それが陽光の増大と同じくらい、いはそれ以上に根が利用しうる空間が増すためである。これは特に *ponderosa pine* のごとき樹種では降雨の少ない地方では特に正しい。

このような理由で正常立木度の林分においてのみ優勢木は一様かつ正常な直径、枝積成長率を維持する。同令林では一様な成長率を維持するため優勢木が十分な長さとの広がりを持つ樹冠を持ち、一方その地位の全能力を最大限に利用するために特性反回数をもち間伐をするのが経営の業務である。多量の木を取のぞくところの十二分の空間をもつ木の急速な成長はけつしてその地位がなす最大のエーカー收穫を得るのに十分なものである。間伐の効果を決定するには固定標準地で繰り返し測定する必要がある(32章)。

適度な枝打ちが直径、樹高、枝積成長に及ぼす効果を定めるためにも測定が必要である。木の一部分を適度に枝打ちすればその木の成長が遅れ林分から脱落する原因となる。緑色樹冠の50%を除けば直径成長は阻害されるが25%を除いても成長を減じないことを測定結果は示した。樹高成長は樹冠長の約75%が除かれるまでは阻害されない。過密の過密のない林分を除いて同令の優勢木の直径成長は、全樹高に対し十分な割合の緑色樹冠が残っているかぎり正常な割合以下にはならない。これは優勢木がこの樹高対樹冠の比率を維持しているかぎり間伐の時期をおくらせることができることを示し、これにより傾台の間伐木は燃炭、パルプ材として利用される。

不自然な過密立木度の林分および密生している同令の植栽林、優生木の表われるのかおそい林分において、林分全体の直径成長が振わぬのは残存木と同様優勢木が必要とする樹冠比の損失によるためである。したがって直径成長の傾向は、長さ、巾による樹冠の広がりによって決定される葉の表面積に鋭敏に反応する。

しかし、樹冠に対する成長の直接の関係は直径ではなくて枝積の成長で表わされる。枝積は断面積と測定された樹幹断面の高さとの積である。

時算位直径に対する平方吋単位の断面積の関係は $A = \frac{1}{4} \pi D^2$ である。面積は D^2 として変化し枝積は $D^2 L$ として変化する。毎年同じ面積増加率で断面積が成長する木は次の表に示すように年輪の巾が一様に減少することを示しているにちがいない。

184. 直径成長の低下すなりち減退

Slowing Down, or deceleration of Diameter Growth.

断面積の年々の増加率が減少しないような直径成長の減退は非常に幼な木および被除されている耐限性の稚樹を除いて後の成長より広い巾をもっている、はじめの二三の年輪の特長である。減退せずに直径成長率が維持されておればつけ加えられる年輪の面積は逐次大きくなる。これは良好な造林の目的であり、ヨーロッパではしばしば実際に達成されている。均一の構造をもつ材が生産される。正常立木度の同令林が間伐されなければ、優勢木の樹冠率が約40%以下になると同時に上表に示すものよりはるかに大きい減退率が示されこのような状態は被圧木あるいは半優勢木では一番早い時期に起る *loblolly pine* の老令林は一様に20年と25年の間でこの原因によつて3年に1吋という正常な比率からこの1/2と1/5の間の比率にまで低下する直径成長の突然の減退を示す。

自然によるものと人工的であるものと枝打ちは成長が相当速くないかぎり今後加えられていく成長量から適当な比率の立派な材を生産するのに非効率的である。

面積, 平方呎	直径, 吋	面積の1/平方呎に等しい直径成長, 吋	減退, 吋
0.100			
0.200	6.05		
0.300	7.40	1.35	
0.400	8.55	1.15	0.20
0.500	9.57	1.02	0.13
0.600	10.49	0.92	0.10
0.700	11.33	0.84	0.08
0.800	12.11	0.78	0.06
0.900	12.84	0.73	0.05
1.000	13.53	0.69	0.04

Orchard の試験結果は枝打ちを効果的にするためには立派な木材の最小の巾は4吋以上でなければならないことを示している。自然による枝打ちは比較的に早く、そして適当な成長空間をもっている木よりも樹冠の繁茂している木の方がより上部を起る。

この利点は成長率の消失で全く相殺される。

南部産の松では正常立木度林分の自然による枝打ちは樹冠が50%近

く疎開した後継ぎされ、緑色樹冠の割合を40%以上に保つてある。幼立木として出売し主林木をりよう駕する樹冠の大きな短幹木だけはすっと自然による枝打ちが選れるが全然起らない。この関係からまず手入れをされていない森林、耐陰力の弱い樹種をもつ同令林では直径成長の阻害は非常に大きな級および大きさの木以外は普通あらゆる場合に生じ、より小さい大きさの木では特に早くこれを枯死させてしまう。オニの場合、正常な減退は断面積成長率が増さぬかぎりおこるのが当然である。

正常立木度をもつ管理された林では、直径の成長率は間伐によって規則的にすることが出来る。

岳頂の高い用材のエーカー当り最大の収穫量を維持するに必要なエーカー当りの本数を減少させないかぎり一様な成長を維持するという点以上には間伐の効果はあからない。

185. 伐採および枯死が直径成長におよぼす影響

Effect of Logging and of Mortality on Diameter Growth

この問題は同じ林地上にいくつもの令級を維持させるため、計画された耐陰性の樹種からなる森林、林分を取扱う場合には変わってくる。測定は森林の下層である。混交した令級および樹種の原則に基づいて選定されている林分の結果的な成長量および収穫量の測定によって始めて異なる経営方法、生態体系の相対的な価値が決定出来る。

林分に含まれる単木の成長率は最初の手掛りであるが、究極の解はエーカー当りの年伐積成長量でなければならぬ。

被圧されても生き残る能力のある樹種および成林するには実際に被圧された状態を必要とするもの(ツガ)は、優勢樹種およびそれらに被圧されている単木の枯死による成長に必要な空間にその成熟期が支配される。このような状態では被圧木の成長率は解放されるまでは大して意味がない。解放されたときの成長率は——これは500~1000%を越え得るが——の成長率とは何の関係もない。

loblolly pine の様な半耐陰性の樹種はトウヒ、バルサムファーマー、カ、が示す永続的な回復力を持っていないが、約30年生になる前に解放されれば十分な空間と陽光が与えられた場合、十分勢をとり戻すのである。被圧木が老令になるほど回復の可能性および割合は次第に減少する。

他の南部産の *pine* と同様 *longleaf pine* のような耐陰力のない樹種は残存樹冠がその中に無関係に長さが十二分に拡張されるくらい解放された年にはただちに回復するであろう。生きている樹冠が短かく、樹冠直径比が小さくないほど解放に対する反応は小さくなる。*shortleaf pine*、北方系樹種では樹種木の状態、地位で変わるが、反応は短期面おこれる。

樹高成長を回復し得る幼令木は生きている樹冠の長を増し、それによって直径成長率を増大し得る。樹高成長の終わったところでは反応はもっぱら全樹高に対する樹冠の実際の割合に支配される。

自然の状態で生育している木に正しいことは、伐採作業で解放されたものに一層強かに適用される。皆伐作業による天然更新は切り残された母樹の如何による。この木が成長の増加を示し、無さずの樹幹であれば *longleaf pine* で示されたように新しい林木を仕立てるに要する費用をすべて取戻すような割合で無さずの材を生産する。間伐と対照して大木が除去され、小木が残されるような皆伐が実行される場合にはもつと広範な問題が生ずる。

これを実施すれば、解放された木が回復力を持っていることが立証された残存林分のすべての木の成長率が増大することになる。一般に林分における大木の伐採はどの様な経営形態であろうとも残存木の成長を促進し直径の平均成長率が促進される傾向がある。このため耐陰力のない樹種の同令林分で比較的大きな優勢木が最初に伐採され岳頂の良い材を生産するため十分枝打ちのされた半優勢木を残すことが推奨される。成長率の増加は優勢木が取りさられたら、その成長率と等しいことはほとんどあり得ないので、粗雑な大樹冠短幹木を除いては疑問のあるやりかたである。

形体が良ければ速やかな成長をする優勢木は等しい期間に比較的川さな半優勢木より岳頂の高い材を生産できるのである。ここでもまた測樹は答を与える。

伐採による木の除去は成長量予想に同じような木の枯死と同じ効果と反す。中庸木および被圧木の伐採、すなわち下からの間伐はそれらの木が出口にあるので、実際には残存林分の成長に何の影響も与えない。このことは固定標準地で示されている。

上層林冠級の半優勢木の競走相手が除去された場合だけ残存優勢木の将来の成長量が影響を受ける。被圧木の解放は別の問題であってこれは実際に解放されねばならず、十分に成長する空間を利用するため多量の優勢木を有する林分を残す間伐ではない。大面積では伐採も枯死も通常絶えず行われる。枯死しようとした樹はあればあたかもその木が生き残ったか、正規の作業で伐採されたかのように伐採される残積は別名をうける。

この林が伐採開始時にもっていた残積に成長量の差に等しい量をつけ加えれば、その林地を伐採するに要する期間の最後に生残っている木の残積が得られる。

択伐式の伐採では、除去の対象となる木はまず過熟木、腐朽木あるいは別の木を解放した方が都合が良いので解放することの出来ない木をすべて除き、オニに指定されたエーカー当り残積を森林から除くことを目として選ばれる。このような選択は間伐林の皆伐にも適用される。間伐林では初令の密生林の復生の間伐を除いて択伐は順次大径木およびこれ以上成長によって残積を十分回復することのできない最大の大きさを越える木の増加率を変える傾向がある。

伐採の対象となった林分およびちようど伐採された林分の成長量の予測は残存林分とのみ関係があるにすぎないが、全林地についての予測の問題はそれについて経営の要求を満たすため十分な伐採残積が存在し、または成育せしめるところの直径限界を注意に仮定する必要がある。利用し得るすべての木を含む最小直径限界の代りに上部直径限界が示されるであろう。これは利用し得る丸太の直径に相当するものである。この限界が高い所に定められるほど将来の成長および経営のため採伐される用材は大となる。直径階別本数分配表や明確な表がない場合には、与えられた期間に伐採できる大よその残積が伐採又は印付けの目安として選ばれた直径限界以上の木の現在の残積に全期間を通じての成長量の差その期間に選ばれた限界に、あるいはそれ以上に生長する木の残積の差を加えたもの、さらに等しくなるようにこの仮定を定めねばならない。

(コック 節)。この目安とされた直径以上の木の大部分は成長が遅く蓄積が良好のため残されるべきで、その限界以下の低い等しい残積が欠点で間伐が目的で伐採されねばならぬということはデータを平均すること

を妨げる。択伐作業で適当に印しつけられ、伐採される林分は固定された直径限界が使われた場合より良好は平均直径成長を示すであろう。この成長量の改良はあらかじめ印付けのやりかたが分っておれば考慮に入れることができる。

将来の成長量を予測する場合天然林における枯死の影響は経営された林分は、斧や鋸の使用によって取つてかえられる。枯死量が毎年成長量と割合に総残積が変わらないことを意味する。静的である天然林というものは存在しない。

耐震性の全令林を構成する森林は風害、火災、昆虫、他からうつされたり病が比較的少ない場合にのみこの割合に近づくことができる。かかることは大面積では決して起らない。このため天然林は時期により残積が増加したり減少したりする。成熟木および欠点のある用材の除去および幼令級の間伐による荒廃、破壊の防止は重要なことであり、自己の利益になるように自然の過程を人為的に改善する。結果を予想することによって最後の解答を与える最良の経営および測樹学的方法を生態学、造林学は示す。

186. 定期成長に及ぼす気候帯の影響

Effect of Climatic Cycles on periodic Growth

太陽の黒点が気候および降水量に影響することは、与えられた地域の成長状態を改良したりあるいは、そこなうほど年成長量に影響を及ぼす。降水量が成長の制限因子であるところでは、光線および強度の降水の繰返し周期は更新および枯死と同様、直径、残積の総成長量に影響を及ぼす。乾燥した10年間はつぐ10年間の予想された年成長量はかなり減退であり、過去の湿気の多かった10年間による予測はかなり誇大に推定されるであろう。したがって、年成長量が調べられる地域では若干の10年間の組について信頼するに足る期間成長量と、降水量の相関を求めるこの因子は短期間の成長量の予測では無視することはできないが、少なくとも、成長量が下向きになる場合には安全率となる因子といえる。

第24章 林木および林分の成長

The growth of trees and of stands

192. 林産物の特質

Nature of Forest Crops

林木は土壌によって生産される収穫物であるが、成熟するまでにはかなり長年月を必要とする。農産物や果樹の毎年の収穫とは違って成熟の時期が一定しておらず、また一度にすべてを収穫する必要もない。各林木はそれが生立しているかぎり所有者にとって最も好都合なる時期ならは何時でもかつ或る目的のためにそれが使用できる大きさに達した後利用できる別々の収穫単位として取扱い得るのである。

生産された収穫の単位は農地の収穫の場合と同様、個々の林木であるが、この単位は穀物、果実、濃粉という単一の項目であり、さらに林産物は農業で用いられている二つの基準、すなわち量の測定および面積の測定によって測られねばならない。これらのことはこの本で取扱うかぎりの論議を構成している。このためには新たに時間の測定を加えねばならない。

農作物の生産ではこの期間は二つ以上の作物が同じ土地で単一の季節に同一または異なる種類の生育をする場合には一年または7年またはある作物では2年かゝることもあるの一計分である。

果樹園の場合には果物が実るまでに数年かゝり、土地はこの期間に他の収穫をあげ得ることもあるしそうでないこともある。果樹が成熟したならば年によって相当の変動はあるが、この収穫は毎年得られる。これは毎年収穫しなければならず、そうでなければ無駄になる。果樹が成熟するまでの最初の期間は臨時収入によって支払われぬかぎりこの期間に費した全費用に相当する利潤を取戻すために十分価値のあるものを生産することによって償なわれねばならない。若い果樹はそれが成熟した後に期待される真の年収の基礎として価値がある。

森林または林分の場合には明らかに違っている。林木は収穫することができず、それは1回かぎりである。林業はしたがって、自然または人為的方法に（造林）によって収穫を絶えず更新し、林木の成熟を待つて

これを伐採するという一つの過程である。毎年収穫する代り林木はその生涯においてたゞ一度の伐を生産するだけである。伐は年輪により増加していくが、この伐はそのまま残つて（木の枝葉に加えられるが）所有者が手に触れることができないところの利潤が合計に加えられると同じようにして与へられた年まで累積させていかなねばならない。

これに対して伐に対する需要は恒常的なものである。この需要は毎年いろいろな用材林分を伐採するか、他の年に残存木を伐倒したり、残したりするために林分間の林木を択伐することにより毎年供給されねばならぬ。

十分な面積があれば同じ森林から年々林産物の収穫をあげることは、これらの制限から可能である。

この調整は前に述べたように林木は成熟するまで、すなわちそれが枯死するか、役に立たなくなるまで無限に保持できるという事実によって非常に助けられる。伐は文字どおりそれが利用しうる大きさに達したならば、何時でも伐採できるのである。収穫されればそれが林地からの収穫物を構成する。

193. 同令林対異令林または全令林

Even-aged versus Many- or All-aged Stands

現存している用材を単に推定したり、また伐採したりすることは面積と収穫される枝葉の一つの尺度のみを与える。なお生産に要する時間的要素を決定しなければならぬ。枝葉すなわち、収穫量はそれを生産するに要する年数で測られねばならない。この方法で森林収穫とその他のものが比較されるのである。

年収穫量に對照させて林木のエーカー当りの成長率を調べる場合収穫は面積に基いて表わされるにもかかわらず、真の生産単位は林木であつて面積でないという困難性が存在する。面積、すなわち各林木が利用し得る空間はエーカー当りの成長量に相当な影響を及ぼす。

林木の収穫は二つの型で取扱われる。オーにいはれどもほぼ同令——いわゆる同令林——の林木の単一主収穫はエーカー単位で、示される。

オ二に、林木は他の木が疎開したあとに生ずるような長期間に単木または小さな群として伐採されたり枯死したりする。伐採がかかる林分

の自然の型にしたがって行われる場合には、その林地から少なくとも恒続的に収穫が得られる。この型の森林の構成は異令であり、林冠は多くのそれに応ずる高さに分けられる。森林は同じ年に全林木が発生している単純同令林から、樹令は数年違っているが多数のものは単一林冠を構成し、同令林と同じ様に取り扱われる同令林の変型を経て令分配がますます複雑で、(187節)年一令の全令林で各年令の木が一エーカーの内で見付けられるまでだんだん小さな群で樹令が配置されている林分まで変化している。

同令林分から構成されている森林は同令の性格を有する林分が個々に処理され別々に地図に表わされるほど遠く、離れた場処に存在するものである。全令林分から構成されている森林は令級面積で分けることができないう、地図に表わせないほど混同している森林である。各令級の分類または林相分けは群の大きさが小さくなるにつれて困難となる。

この二つの型の林分には一つの重要な区別がある。

同令林は林木が成長する全期間を通じて面積に基いて伐の平均年生産量を測ることができるが、異令林、全令林ではできない。全令林でいろいろな樹令を分類し、その面積を決定し、年当り収穫量を見出す正確な方法は考案されていない。この理由は同じエーカーの上に成熟期の異なる個々の木が占めている面積は一定の状体ではなくて林木が取りのぞかれるにつれてたえず増大し、隣接木は新たに生じた空間に根および樹冠を伸長させるからである。したがって、ある令級を構成する林木に対しては、その林地は最初は小さいが、それが衰弱するまでたえず増大していく。これに対して同令林分では、単一令級の面積はほとんど一定のまゝで空間に対する競走はこの級の林木にかざられている。

194. 同令林の連年および定期成長量

Current and Periodic Annual Increment for Even-aged Stands

一年毎の伐積の成長量が林木または林分の連年成長量である。それが発生して以来のすべての年の連年成長量の和は同令林の全伐積を与える。

平均成長量はこの全伐積をそれまでに要した年数で割ることにより求められる。

林木は幼令時には破圧および被陰により、成熟林分では昆虫菌類による腐朽、病害、落雪により絶えず亦林分から消えていく。(180節)。

したがって一エーカーの土地を占めている用材林分の成長量は現在生きている木が全部生き残ると仮定することによって求めることはできない。これはむしろ消失したものを除いて後、全体としての林分伐積の真の増加量である。与えられた10年間に現在の林分の一部は収穫されねばならないか、枯死するか、将来の利のため残されているかである。すなわち、40年生の林分が25,000 bd. ft. の蓄積をもつておれば年当り平均625 bd. ft. の増加量である。しかし50年生での収穫量を計算する場合に新たに生じた木の2,500 bd. ft. は枯死、腐朽または伐採のため消えてしまうであろう。

伐積がどうであつても林分は残存した生きている木だけで表わされている。この伐積が30,000 bd. ft. すなわち、この10年を通じて年当り平均500 bd. ft. であると想定する。これは40年で蓄積が22,500 bd. ft. の木によって得られたものである。全林分が与えられた年に伐採されたならば平均成長量は次の期間には枯死すると思はれる現在生きている林木を含んでおり、現在までに一度も間伐や前伐が行われていなければ、これは全収穫量を示す。

これに反して林木が間伐され消失が避けられたならばどのような期間の全収穫量も前に行われたならばどのような期間の全収穫量も前に行われた間伐の量だけ増加する。

間伐木はこのようにして林木生産では経営または林木育成のため別個の収穫量を構成する。

例えば上の例では50年の収穫量は30,000 bd. ft. 75年前10年間の間伐量、すなわち全体で32,500 bd. ft. である。

間伐で枯死しておらず、正常な成長を続ける余地のある木を除く場合には、この間伐はむしろそれが非常に強いものであれば次の10年間には収穫量は減少する。

林分の連年成長量は通常1年ではなく、10年間に對して測定される。10で割った定期成長量はその期間に對する平均定期成長量を与え、これは(普通連年成長の代りに使われる数値である)林分では生きた木の全伐積の真の増加量で定期成長量が測られ、その期間の年数で割られる。これはその期間に枯死または伐採された木の全伐積に等しい量だけ残存木によって加えられる成長量より少ない。上の例では間伐をしなかった

林分の真の定期成長量は $5000/10 = 500 \text{ bd. ft}$ であり、間伐の行われた林分では間伐木を含めて $7500/10 = 750 \text{ bd. ft}$ となるであろう。

それが林分の連年成長の真値または曲線を特長付ける期間毎の本数および材積のこの減少の要素である。

林分の生活史の最初の時期には林木は苗木または若木であつて、直径と樹高が成長する(59 図)。それ等はまだまだ小さいのである。利用材積を得る事ができない。

更新樹の多い林分では本数の消失が大きいけれども(60 図)、これは残存木にとっては利益である。全立方呎単位の材積に基づく場合でも林分の増加量は、幼令期にはきわめて緩慢である。

林分のより多くの木が利用し得る大きさに達した時、連年成長のオ二の期間が始まる。

この期間を置いて毎年すぐ前の年に対する連年成長は急激に増加する。被圧による本数の消失は絶えず、少なく、なつていくけれども、その割合はやはり高い。しかし、この期間に枯死する、殆どどの林木は、なおあまりに小さいので、利用可能なるものとして評価できる材積を持つことができないし、また林分の利用可能部分の真の連年成長量を低下させる事ができない。

連年成長のオ三の段階では本数の消失はかなり急速な割合で続けられる。しかしこの時期に枯死した多くの木は利用材積を有している。残存木の成長に対する埋合せとしての、この消失による減少は材積の真の連年成長量をオ二段階で増加したのと同じ速さで減少させる。しかし、最初からその林分がもっている平均成長量を越える林分の全材積はやはり充分な割合でもつて増加を続ける(195 節)。

オ四段階では林木は大きな樹冠を有する成熟したものになり、樹高成長は減少する。本数の消失は極めて緩慢であるが、除去される木は前段階より遙かに大きな材積である。林分の全材積からこの消失の減少は、成長量から僅かな真の収穫量を残す、かくて林分材積はオ四段階を通じて緩慢に増加を続ける。

オ五すなわち最終段階では最早このことはあてはまらない。この時期に達した場合、生きてゐる木の喬木の増大が加つて消失する材積は林分の真の成長量を越える。この時期の連年成長量は負となり、林分は

衰退し始めこの過程は天然林では最後の木がなくなるまで続けられる。オ五段階、すなわち衰退の終りは短命の樹種の 60 年からセコイヤの 2,000 年にまでおよぶ。

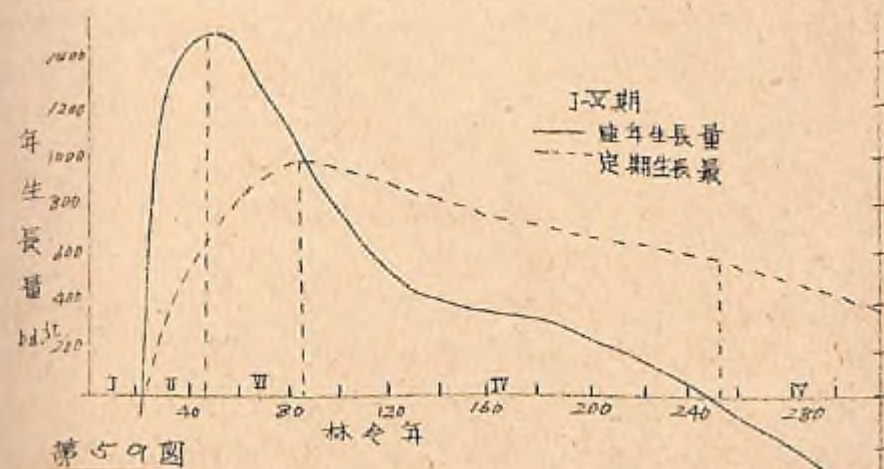
同令林の材積についての真の連年増加量または減少量の五つの段階は横軸の林令に対応して縦軸としてプロットされよう(図に示してあるような曲線をなすと思われる)。

連年成長量の段階かはつきりと見られる。その値はノ年毎に決定もプロットもされていないが、その期間の中央の年に対して平均定期成長量をプロットすることである。あらゆる他の年に対する近似的な連年成長量を結果として得られた曲線から読みとることができる。

同じ方法で横軸の林令に対して縦軸としてプロットされた本数は林分の一生を通じての本数の減少の段階を示す。(60 図)

総収穫量は連続する連年成長量の和、すなわち各期間の終りにおけるその前の全期間の真の総成長量の和である。連年成長の初めの 4 段階で、林令に基づく全収穫量の曲線はオ三、オ四段階では成長率が低いけれども絶えず増大する。

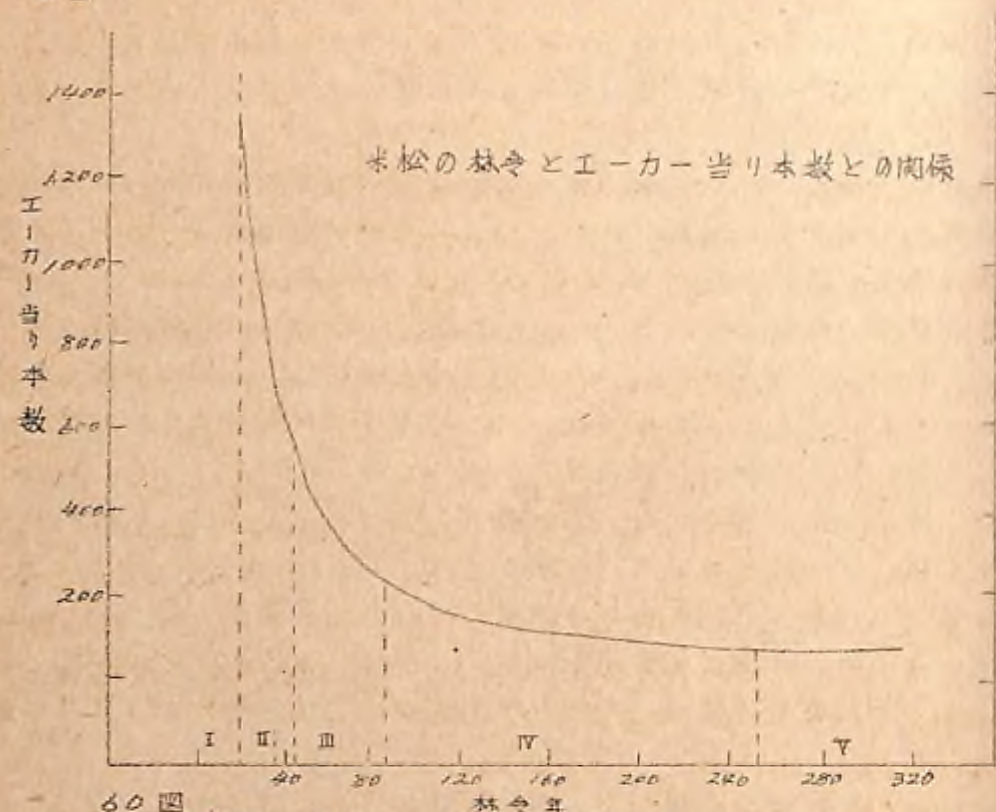
林令に基づく全収穫の曲線を 61 図に示す。



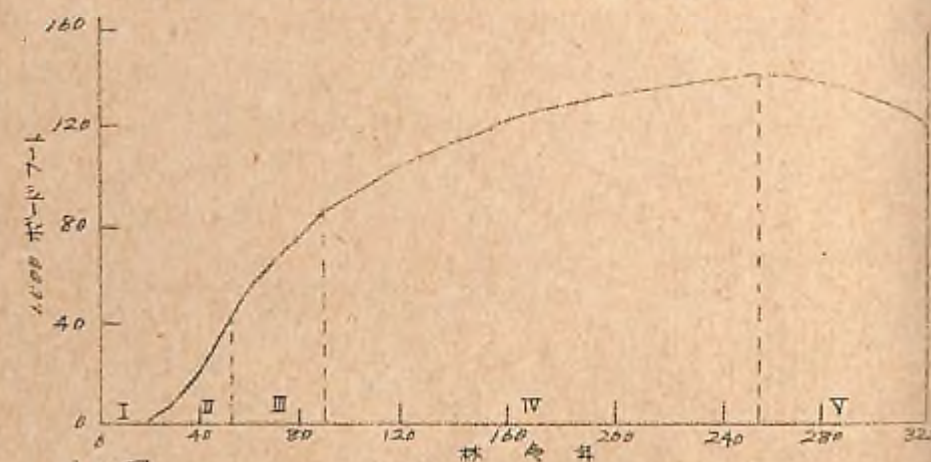
第59図

Pacific Northwest 地方の米松の国産規格ボードフット単位、連年および平均生長量で、160 年までは収穫表に基づき、傾向を示すため 300 年まで延長してある。

I ~ V 期は林分の一生における各段階を示す。



60 図 米松の一生の5つの期間について林令に対してプロットされたエーカー当り本数
160年までは収穫表からとられたもので300年まで延長してある。



61 図 59図の曲線の連年生長量の和から得られた林分の5の期間を示す。Pacific Northwest 地方の米松の林令に基づくボード呎単位総収穫量。これは 59図の平均年生長量の曲線が導かれる基となるものである。

195. 平均成長量

Average (Mean) Annual Increment

定義から平均成長量は林令で除した全収穫量に等しい。したがってこれは直接的にはる/ 図に示してあるような年令に基く全収穫量の曲線または表から、従つて間接的には連続する連年成長量から引出せる。

各連続した平均値はいずれも最盛の除数より1年大きい現在の年令で割った前の年のものに対する現在の成長量の変化だけ前の平均値とは違っている。現在の成長量がその年の始めの平均より大であるかぎり、連続する平均は元が除数の年数に等しい場合にはこの差の%だけ増加するだろう。この平均はその年の成長量が前の平均成長量を越えているかぎり、この現在の眞の増加量が上のオウ段階のように急激に減少する場合でも増加を続ける。連年成長量が平均に等しい量だけ低下する年ではこの連続した独立の平均値を表わすオウの曲線は最盛の点に達する。この時期は林分発展経過の三段階の完了を示す。

これ以後は眞の連年成長量による伐積の増加は前の平均より少なく1年毎にこの差の%だけ減らさねばならない。この減少は連年成長量の%5段階を通じて一様に減少する。しかし、眞の成長量の和の前の蓄積に成長量を加えたものに等しくなり林分の存在が終るまでは平均成長の曲線は零にはならない。伐採または火災、風、昆虫または樹病のような自然作用による重大な損失は二つの曲線が急激な下向の傾向を示す原因と考えられる。

平均成長曲線は眞の成長曲線ではなく、単に林分の連続した年令に対する伐積成長の算術平均の傾向にすぎないのである。

伐積生産だけに基いて、この年収穫量他の作物と比較すればエーカー当り最盛の年生産量は眞の連年成長量にまで減少し、全伐積の曲線が最盛点に達するこの曲線上の点では得られない。この時期には平均成長はすでにかなり低下している。その代り平均成長量が頂点に達した年に成熟が起り、その年には連年成長量はこの平均値にまで低下している。これは眞の収穫量が平均資本に対する利子の割合を越えているかぎり安全性が保証されていると判断することと比較し得る。

収益率がその頂点で連年成長量の極点と同じである場合には費用の点

でこれを売却することが強く要望されるであろう。

平均成長量曲線を連年成長量と関連させて59図に示す。

立方呎単位の平均成長量の頂点あるいはボードフット単位のものである、それだけでは用材林を収穫する適当な年令を示してはいない。産物価格と収穫物によって得られる値、金銭によるエーカー当り其の平均年成長量の頂点、最後に成長期間を通じて収穫物によって得られる最高の積算率は「熟代期」として知られている伐採年令を決める根拠である。これは森林経営学で取扱われている。

196. 異令林又は全令林の定期連年成長

Periodic and Current Increment of Many- or All-aged Stands

各令階の面積を地図に表わすことにより、分類できない年令の異なる小群、または単木が混交しているため用材林の平均令を決定できぬ場合には、苗木から成熟に至るまでの森林収穫の平均成長率を決定するためのなんらの基礎もないわけである。林木がその生涯において一度単純同令林として生育し収穫されようと、同じ期間で成熟した時順次伐採されようと、長期間では一エーカーの土地は大体同じ平均伐積を製造すると仮定されることが多い。

耐陰力のない樹種は同令林分では最良の生育し、それ自身または他の樹木の陰では生育し得ないため、この二つの極端な形の林木生産の収穫量を定めることは困難である。これとは逆にツガのような耐陰性の樹種は疎開地に生育することはほとんどないが、若い広葉樹の下で生育しているのがよくみられるし、一緒に発生したのであれば成長の速い樹種に凌駕され、その陰に生育している。

最後に競走相手が枯死して解放されれば、被圧された樹種または耐陰性の樹種は急速に成長する。しかし、その総令は被圧された緩慢な成長をする期間を含み、この樹令に基づく収穫量は、その地位の有している生産能力を示してはいない。生産能力は上層木 および、これに続く下層木が生育し収穫するのに要する全期間に対するあらゆる樹種の総収穫量を取ることで、うまく評価されるであろう。(192節)。カバ、ボアラの林に生育しているトウヒはこのよい例である。

広葉樹混交林はあらゆる年令のものが存在しやすい。原生林すなわち原始林では若い木の生育は初めから老令、腐朽した形状の悪い残存木に

より長期間抑圧されているが、幼令林に必要な光線と湿度とは確保できる。

林分からこの過熟木が除去された時に正常な成長率をとりもどす。更新能力のある樹種が部分的に被圧されている残存木の存在する森林では長期にわたる収穫量の記録は最終には木材生産の平均連年成長率となるであろう。このような林分の確率的連年成長量でも29章30章で示す方法で前もって10年でされば20年間の成長量を予想できるのである。

197. 成長量研究の目的

The Purpose of Growth Studies

林木および林分の成長の研究は、現在の用材林およびかぎられた将来において裸地に生ずる成長量を予測するという一つの目的しかもっていない。現在の林分の面積および伐積が必要とされるすべてであり、どのような変化がこの林分で起るか、あるいは将来どれほど増大し得るかということについて考えない場合には、成長の研究は必然的に重要ではなくなるであろう。これは林木を数年保持してから伐採しようとする木材会社の場合である。

成長に関して有用なデータが幼令林を大きな大きさに達するまで放置しておくのが経済であることを示しておれば、幼令林は保持されるであろう。収穫表がその出費を償うため与えられた年令において価値のある林木を生産し、待つおれば適当な返礼のあることを示しておればその土地は造林されるであろう。

林分および林木の過去の成長は測定することができ、これにより将来の成長がどのようなものであるかを予測する基が置かれる。かかる予測の基礎は似たものである。30年生の松林分の沿革が次の10年後にどうなるかを確信することはできないが、この将来の林分に近似させるには二つの方法がある。その一つは40年生の同じ特性を有する他のマツ林分を測定し、この林分は同じような方法で変化すると仮定することである。測定された老令林と幼令林とを比較する方法は同令林に対して収穫表を使用する根拠である。このような比較の基礎は全林令に基づくエーカー当りの収穫量である(27章)

あらゆる令階を構成している林分に対しては将来の成長量の予測はや

はり過去の成長に基かねばならないが、この場合には「個々の林木」と研究の基礎として用いねばならない。将来の成長量を予測するためこれが使えるか？

一つの方法は収穫表の場合に用いられた方法と同じである。すなわちある林木を他の老令の林木と比較する方法であり、例えば現在直径12時の木は過去10年間に2時の成長をなしたとする。この木は10年前には10時の木であった。この成長率は現在直径10時の木に適用されるであろう。林木または林分の過去の成長量を全令林の直径成長の曲線により将来にまで延伸するか拡張することにより将来の成長量を予測することはオニの方法でも可能である。

上に述べた老令木または林分と幼令のものとは比較して予測をする方法は全体としてオニの方法より信頼性が高い(259節)。収穫表のない場合同令林分では曲線で各直径級の成長量を予測する方法は正確な結果を与える。(257節)。

ある林地で測定された同令林分に対してはどのような林分も現実林分では直接競走力の結果を与え撫育作業で改良される場合を除いて単木の成長量は林分の成長量に依存している。成長量および枯死量の予測が正むを得ず、単木のそれに依存している異令林では枯死と衰弱という、(180と202節)二つの因子を鑑視すれば各直径級毎に別々に平均されている場合でも樹木級の過去の直径成長に基く成長量予測はいずれも無効である。

ヨーロッパの森林で実行されているように頻繁に適切な間伐を行うことは単木の直径成長が等しく、一定の比率を収穫するまで保持できることを示している。この仮定により始めてアメリカの森林の成長量を予測する基礎として現在の林木の過去の直径成長が使えるのである。そうすることは、もしも枯死を無視すれば、実際に行う場合より超過して容易に100%以上に達する誤差を生ずることになるであろう。

第25章 樹令に基く樹高成長

The growth of tree in total height based on age

198 樹高成長研究の目的

Objectives of study of Height Growth

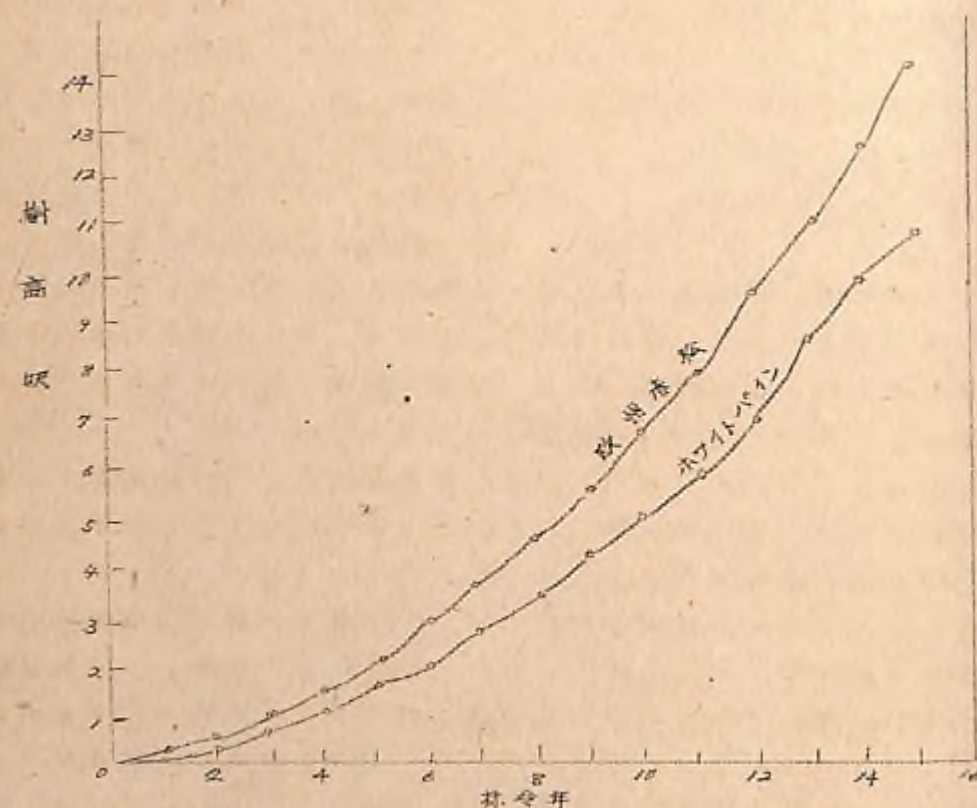
色々の樹種の平均樹高成長率は次々の樹令で選した全樹高を測ることにより求められ、直径成長と同様にエーカー当りの成長量と単木の変化とは別のものでして取扱われる。この目的のオニは面積と林木の全生産量を扱い、オニに生産、すなわち林分を構成する林木の生産方法を扱う。林木は優勢木、保残木、間伐林分の林木のように、同じ性格および作業法に基いてクラスにまとめることができる。地位や林分全体に影響を及ぼす一般的因子と同様に作業法、配置、樹種の選抜の効果がこのようにして決定できる。

エーカー当りの成長量を求める二つの標準方法は、同令林に対する収穫表と直径級に基く連年成長量である。この方法はいずれも単木の樹高成長量を確実に知る必要はない。

収穫表では(27章)林分の地位指数(219節)は林分の優勢部分の平均樹高を決定することにより年令毎に決定される。連続した令級は林木の絶えず下の級に一部といまっているため、平均して異ったその前の令級のものより少い本数を有するであろう。このため地位指数曲線(227節)は林令に基く真の樹高成長曲線ではなく、このような研究をしなくても示すことができる。連年成長量を研究する場合、直径の本数分配表および直径、樹高の連年成長率が使われる(28, 29章)。これは測定された林木の全樹令とは関係しておらず、短期間の樹高の成長量に傾斜があるにすぎない。

しかし、将来起ることを予知し、幼令林の植栽、除伐および被圧木を解放するに要する費用を適当に管理するため、林業技術者は混交林におけるいろいろな樹種のゆきについての知識を求めている。地位、生育競争、作業法により影響を受ける林令に基く樹高成長の知識はこの段階では直径成長に関する知識より重要である。苗木および稚樹の段階では直径成長より樹高成長がその樹種の中で残存するものと被圧されるものとの決め手。樹高の差異は幼令林でおこらねばならず、さもないと直径成長は傾われ、林分は殆どを失う。

急速な樹高成長の期間が終り、成熟期に近づいた場合始めて直径成長



62図

red pine 即ち

ペンシルバニア州 Pike 村 Milford の改州赤松と White pine の植栽林の
樹令に対する樹高成長量

47表 Chestnut oak の樹高成長量

断面長 呎	断面高 呎	断面の年齢数 年	次の断面にまで成長 するに要する年数	断面高における伐採 点からの年数
1	1	47	0	0
8	9	58	9	9
8	17	54	5	13
8	25	47	7	20
8	33	33	14	34
4	37	26	7	41
16	58	0	26	67

が樹高成長より植林的に重要であると考えられる。樹高成長研究の才一の目的は最終収獲で最大の樹種と品質とを得るため、初期の段階でいかにして林木の手入れをし収獲の管理をするかの方法を研究することである。

199. 樹木横断面の年令に基づく単木の樹高成長

Height Growth of Single Tree Based on Ages of Sections

樹高が樹令に基いている時には樹令が独立変数であつて、表は10, 20, 30年のような与えられた樹令で達する樹高を示す。樹高の成長の過程は各横断面の年輪を数えることによつて得られる。地上のどのような樹高でも最初の年輪は林木がこの樹高に達する年まで形成されない。林木が30年生で地上から8呎の処で切断されたとすると、この断面の年輪の数は8呎の樹高に達した後経過した年数を示す。この樹高に成長するに要する年数は、断面の樹令と林木の全樹令との差に等しい。例えば上の木が8呎で24の年輪を示しておれば、この樹高に達するまでに30年の中6年が必要である。

苗木の研究の場合を除いて最初の断面は伐採点でとられる。樹高対樹令の曲線は苗木伐採点の年令から計算される。それからこの曲線に苗木が伐採高に達する年数が加えられる(188節)。

年令を独立変数としてとれば、樹高対年令の関係のための樹幹解剖の理論的に正確な方法は正確な年令により樹高が定められるようすなわち各断面が10, 20, 30, 40, 年であるように多数の小断面に林木を切断することである。木の利用価値をそこなうことはさておき、特別の年令で断面をとることは、得られる結果に比してあまりに労力がかかる。連続する年に対する樹高成長が特に直接年令に基づくことができる方法は年々異つた輪生枝を作る樹種の幼令木に適用できる。

White pine や改州赤松のような針葉樹は、この性質を持っている。このような性質は他の針葉樹のいくらかにはあてはまるが、広葉樹はほとんどその性質を持っていない。loblolly pine および slash pine のような針葉樹は1年に2〜3箇の輪生枝をつくる。最後にはこの輪生枝、節さえもはつきりしなくなるが、幼令林特にチェックとして林分の全年令が既知であれば、1年に1箇の輪生枝をつくる樹種の樹高成長は

毎年あるいは必要ならば5〜10年の令級毎に測ることができる。5つのWhite pineと5つの歐洲赤松の年単位の樹高成長曲線を62圖に示す。

指定された間隔で切斷し、各斷面の年輪を数えて単木の樹高成長を決定する方法が67年の伐根年令に基づくChestnut oakの例で47表に示してある。平均値は含まれていないのである。すなわち樹高、年令も1本の木に対しては正確な資料を提供している。

200. 樹令に対する平均樹高曲線 Curves of Average Height on Age

樹高-樹令の資料を得る標準的な方法は樹幹に沿って等しい樹高間隔で年令を読みとることであるから、相本からの木から得られたデータを一緒にして樹令に対する平均樹高の平滑な曲線を定めることは難しい。その理由は等しい樹令間隔で平均樹高を直接求める方法はないからである。

軸を取替れば樹高に対する樹令の曲線が得られるであろう。その交換は樹と樹令の間に完全な相関があるという仮定に基づくものであるが、この場合にはそうではないので、これは必要とされる曲線ではない。(175頁) 必要とされる結果の近似値を得るためには、普通の方法を修正しなければならない。普通に使われている方法は、樹令を横軸、樹高を縦軸の尺度とするグラフ上に別々の点として根幹上8呎間隔の樹高と、樹令および木の全樹高と全樹令をプロットすることである。成長の遅い木は時々同じ令級に対し二つの連続した樹高を示すので、連続した令級内に落ちる樹高を平均することは実際には不可能である。したがって技術的には健全でないが、無理に8, 16, 24, 32呎等で樹令を平均する。20本の赤カシの測定結果を63圖に示す。

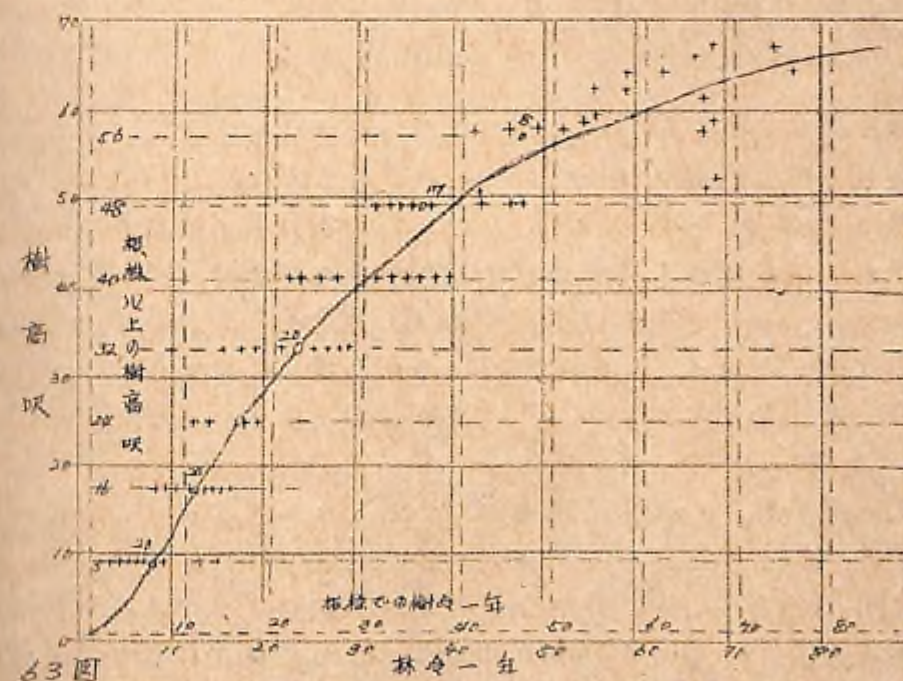
40呎までの樹高は横方向に平均される20箇の点を含んでいる。48呎では僅か1点であつて、不足の3点は48呎を僅かに越える全樹高を有する40年近くにかたまっている全樹高をプロットすることにより置きかえられる。この値を入れれば平均値は僅かに右上に移動する。56呎では8箇の斷面測定値が残つていて、重み付けられねば全樹高がプロットされている9本の木を考えることにより得られる。

この点から曲線は連続する10令級内の全樹高の平均から導かれる。合理的な修正方法は各林木に対し、10年毎の樹高の補間を含んでおり、適當な10年毎に補間された値をプロットし10年毎に樹高を平均する。曲線はこの平均値を匯つてみられる。この補間は二つの方法、すなわちオーは二つの連続する樹高、樹令間の直線による補間、オニは直接その点で樹令について測定された各斷面高をプロットし単木毎に樹令対樹高曲線を求めることによつてなされる。

曲線から全林木の樹高を直接樹令に対して平均し最終の曲線をプロットする。47表におけるこの方法のオーのものでは、25呎の樹令は20.33呎では34である。30年の樹高が欲しい。直線による補間は

$$[(33-25)/(34-20)] \times 10 + 25 = 30.7 \text{ ft}$$

二点間の樹高曲線の形状によつて左右されるので、オニの方法は幾分違った結果を与える傾向がある。この修正はいずれも相当時間のかかる計算を含んでいるが、オーのものではそうでないが、これをつくらうに足る結果が得られる。



East Lyme 20本のRed oakとScarlet oakの樹高成長量、1呎の伐採高に基いており、苗木が1呎高に達する平均年令が補正されている。

年々に対する樹高の曲形的な曲線は、苗木では緩慢な初期の成長、発芽時代では急激な成長を示している。苗木の成長はやがて速くなり、曲線の略々初め半分は急傾斜をしている。

成熟すれば樹高曲線は平坦になつて老令木において樹高が僅かに1時の2時という1年当り僅少な成長をする。Jack pine またはハコヤナギのような耐陰力の弱い樹種は往々初めに急激な樹高成長を示すが、White pine のごとき長命の木は長期間比較的緩慢な樹高成長率を維持し、最後には大きな高さに達し、おそらく100年以上の優勢木が残存しているであろう。

樹高の連年成長を測定する方法については、225節を参照せられたい。

第26章 大きさと形状における林木の成長

The growth of trees in dimension and form

201. 直 径 成 長

Growth of Trees in Diameter

成長量の研究で広く用いられている二つの方法は、オースに同令林に対する収穫表、オニに混交林または全令林に対する過去10～20年間の連年成長量を示すことである。(193節)。同令林の成長量を予測するために収穫表を使う場合、成長量を知るに必要な現地データは代表木の樹令だけである。直径成長率は測られない。したがつてこの方法は直径成長とは全く関係がない(227章)。全令林の連年成長量を調べる時には直径の成長量が測定されるが、それは最近10または20年間についてなされるにすぎない(29, 30章)。

この方法では林木の年令が測られるので、エーカー当りの連年成長量を決定する場合苗木からの成長量は必要でない。

上の方法のいずれにおいても必要なものは成長量を予測したい林分の現在の材積であり、さらに全令林の連年成長量では現在および将来の直径分配表である(245, 247節)。

林分の成長を予想する過程、すなわち調査と関係のある事業的問題を

林分の造林学的取扱および用材の伐採に関する同じように重要な興味のある問題とはつきり区別する必要がある。

前者でなく後者の分野では連年成長量と同様に単木の年令に基づく直径成長量は重要な用途をもっている。

造林学では全林分が最終的に収穫物を構成しており、個々の木は施業および伐採の単位を構成する他と林木と関係付けられている。この点で林業は各木が孤立している果樹園と個々の植物体がほとんど区別されていない穀物および牧草の収穫の中間にある。

林木は林分内で各林木を認め、最後に収穫される木や間伐または被圧による枯死のため除去されるものの管直の填充物として取扱うのが正しいので、きわめて大切である。この単木の面積およびその結果生じた樹冠の伸長は直径成長率および材木および収穫されるその他の生産物の材積に重大な影響を及ぼす(183節)。

成長量を予想する業務上の問題では、単木とは無関係に林分全体に対する平均および全成長量が必要とされる。造林的問題に関連して必要とされる直径成長を研究する時には、調べられた成長率は全林木の平均値ではなくてすべての木が同じ特性をもち同じ取扱いをうけている特別な組で平均率が示される。

特性および取扱い方の影響は林木の直径成長量の決定が一種重要な段階であるので材積成長量の形で示すことができる。

樹令に基づく直径、樹高、材積成長量の研究が必要とする造林上の問題は次のとおりである。

1. 混交林で残存し優勢を示す木。
2. 樹冠級の区分および樹令にともなう本数の減少。
3. 中庸木に対する優勢木の相対的成長量(直径、樹高、材積)。
4. 植付け間隔を含めて異なる樹令で林木の直径、樹高および形状、材積に及ぼす林木間隔の影響。
5. 間伐および林木の除去が存続木の直径成長量に及ぼす影響並に間伐の行われていない林分で間伐を必要とする年令および条件の指示。
6. 初期の優勢または疎用が同令林内で保護されている木が達する最終の太いさに及ぼす影響およびこの太いさの木を生産する方法の指示。
7. 林分のうっ閉疎開が1時当りの年輪数および秋材の内に及ぼす影

響に吾等の高い用材を生産するための経営方法の指示。

8. 被圧後回復する能力および成長量を増加させるため間伐により疎開させられた苗木および林木の能力およびこの効により自由になった樹冠の特長の関係。
9. 異なる立木間隔、その間および疎開地の成長あるいは伐採により競走相手から解放されたもののようになつた条件での樹幹のいろいろな部分の直径成長量の分布、異なる環境のもとで生ずる形状および質の枝積増加の変化。
10. 単木当りの直径、樹高、枝積成長量の樹種毎の発展過程の比較。

苗木の最初の仕立および外部の作用により林木が破壊されるのを防ぐことを除いて造林学にはほとんど重要な問題はない。すなわち、その効果の測定値および個々の木の直径成長量を生み出す能力に対して許容し得る費用の加減。その結果エーカー当りの収穫量および林木価値に及ぼす影響は分っていない。

202. 直径成長におよぼす影響

Influences Affecting the Diameter of Tree

単純林で或る樹種の直径成長に最大の影響を及ぼす二つの因子は地位と与えられた林令でのエーカー当り本数である。直径成長量は生活機能を有する樹冠の大きさを直接反映している。残存木の人数は樹冠の大きさおよび反比例している。種樹にあっては樹冠は地面上に広がる。この状態が続き、林分で優勢を与える樹冠級の差異が存続するかぎり直径成長量はやはりこの優勢木では測べられないままであらう。

疎開して立つている林木は広く拡がった密生した樹冠を生じ樹冠の下で最大の直径成長をしているが、狭きすの枝は最も少なく、形質も劣っている。

若い年令で樹高の成長競走および樹冠競走をもたらす樹冠の拡張は低い木をかく次被陰しそれを枯死させる。したがって生きている樹冠は短くなり、残存木の人数が多くなるほど被陰の影響は大となり、樹冠の相対的長さは短くなる。

直径成長量は特に耐陰力のない樹種の同令林で突然成長がおとろえた時、樹冠が全樹高の1/2以下から1/3以下になるまでその影響は樹種およ

の地位で違っている。)かなり正常な割合を維持するのであらう。耐陰力の強いほど、樹冠は長くなりその代り樹高及び上方からの影のため成長は幾度となる。

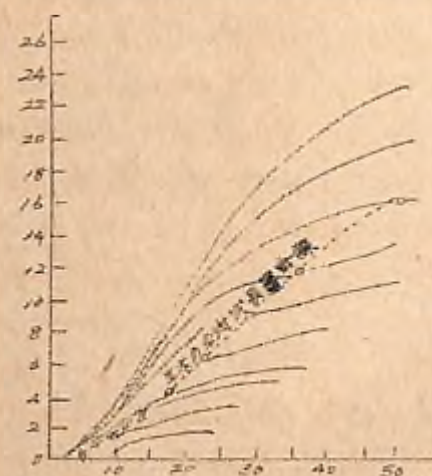
直径成長量は地位とともに変化し良好な場所では簡単に不良の場所の2~3倍となりうる。不良の地位では樹高及び直径は幾度成長しそう早くは慢劣を生じない。その結果間伐されていない林分は良好な地位に比べて不良の地位では与えられた年令に対して残存する本数は大となるが、充分な直径成長率を得るにはエーカー当りの本数を一層少なくする必要がある(183節)。

耐陰力のない樹種の樹高成長は林分の平均の成長率の付近を維持しなければならず、そうでなければ成長の幾度な木は被圧され枯死するので低い樹冠が被陰されてからは半優勢木および中庸木は直径成長を幾度にしても絶えず樹高成長をしなければならず、したがって直径成長は樹高成長より早く減退する。

同令林では優勢木は常に樹高成長が優れていると同時に最も早い直径成長を示すが、被圧木は直径成長が最も幾度な木である。同令林の直径別本数分配表は年毎の林分増加量として最大と最小の直径で分割された増加量を示す。異なる直径級の個々の木の直径成長量が生存期間を通じて年毎にプロットされれば違った増加率を示される。

ある年令で残存している最小の木の成長曲線は曲線が平滑となり、やがてその木が枯れでしめる中庸木または被圧木にこの級がなるまで最初のうちは十分な生活をしていることが見られるであらう。

継続した10年間の中央木の直径成長量が分れば、各10年間は中央木が異なる木であることを示し、成熟期で強大な樹冠をもつ少数の木が残存するようになるまで逐次一段上の優勢グループに近づく。優勢木は最初は中央木より一層迅速な成長をするが、中央木の成長過程すなわち、増加量とともに平均直径成長率曲線は最後には優勢木においつく。直径別の成長量面の簡略を図に示す。耐陰性の樹種の被陰または養分吸収の不可能および優勢木による土壌湿度の吸収は被圧期間を通じて直径成長をほとんど減退し得る程度にまで減じてしまう。解放され光線が射入し適当な湿度が得られれば、かかる耐陰性の木の持ち残して樹冠の長さは光線および根系の伸長によつて新しい機能を発揮することができるので、



64 図

色々な林令における全林分の平均直径に対する同令林分の優勢木から被圧木に至るまでの直径成長量の関係。

正常な状態に戻り平均優勢木を越えることさえできる。年令に基いてこの被圧期間の成長量をアロツトすれば、かかる被圧による影響が示されるかこの年令はその樹種の収獲量すなわち伐長の可能性を示す時には意味がない。(フタツ等)。

203. 伐根上の直径成長

Diameter Growth on the Stump

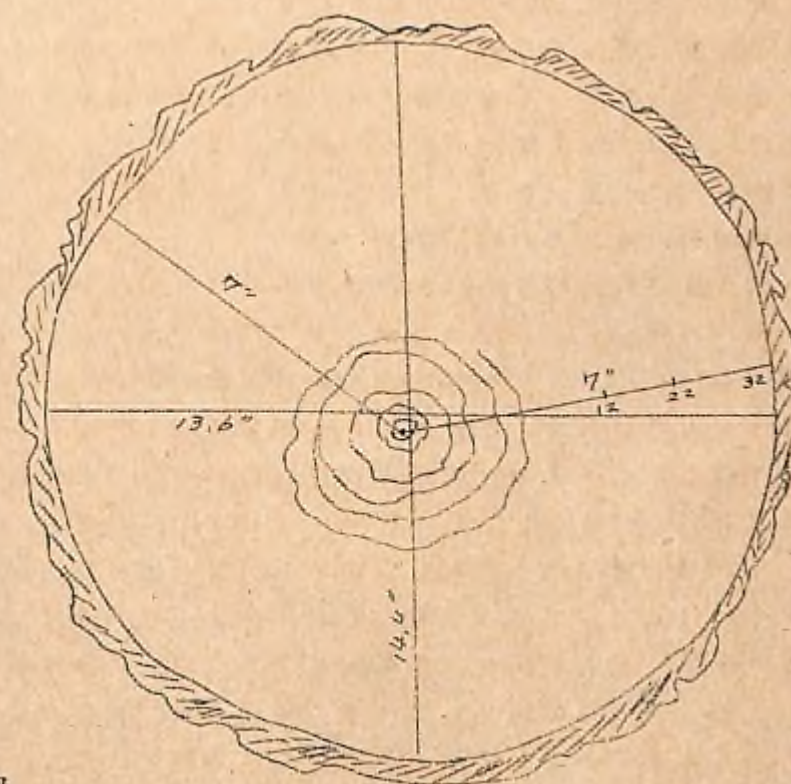
皮付樹高直径の成長は直径成長研究の一つの目標である。標準地の継続調査(フタツ等)によって直接樹高が測定されない場合、この成長量の決定には三つの段階が必要である。オ一に伐根の直径成長量、オ二に皮付 $d.b.h$ と皮内伐根直径の相関関係、オ三に、樹高が伐根の高さに等しい苗木の年令を加算することである。

全樹令に基いて樹高の成長量を直接研究するには、多くの木が成長量を測るには半径が大きすぎ7回だけで平均の半径を求めることが不可能であるから困難である。もしもとられるとこの成長量に樹高が4年間の苗木の年令が加算されねばならぬ。このため、年令に基づく直径成長量は普通伐根上で測定され、皮付 $d.b.h$ と関係づけられる。

根張は下に行くほど増し、伐木搬出のため地面が整えられる場合のよ

うに伐根が非常に低く伐採される時には地際の直径が示される。直径成長量がこのように低い断面で測定されると、異常に大きなものとなるであろう。伐根が高いほど伐採面の成長量は $d.b.h$ の成長量に近くなるであろう。

直径成長量の研究は通常特別な地域において与えられた問題を取扱っている。このため成長に関する資料をとろうとする林木が補助員によって伐採されるならば伐採高は必要であれば一様にする事ができる。どのような研究でも伐採された木の伐根の高と $d.b.h$ の間にはかなり一様



65 図

断面の平均半径の生長量を測る方法。二つの直径は直角方向に測られ、平均半径の長さが決定される。この半径は隣から2割されている。完全な横断面では必要な半径は、図に示してあるように2点で求めることができる。10年毎の年輪は形成層から内に向って数えられ、しるしが付けられ隣から外に向って測られる。この木は30年生である。中心部に2年の端数の年輪があり、これが最初に測られる。

な関係のあることが普通見られるであろう。それから伐根高の僅かな変動を無視すると、伐根の平均直径成長量を受入れてもよい。

たとえ伐根が円形であっても随すなわち成長の中心が正確に伐根の中心にある木はごく稀である。しかも成長量を測るべき半径は正確に伐根の平均直径の長でなければならず、直径で0.7時になるように0.05時単位で測らねばならない。どの断面でもこの半径の長さは少なくとも二ヶ所で測らねばならない。この半径の平均値を使えば伐根断面の測定には非常に都合がよい。

ら5図に平均半径を定める方法を示す。

連年成長量を研究する時には年輪は10年毎に測定される。年輪はまず平均半径の一つに沿って形成層すなわち樹皮との接点から内側に向けて数えられる。半径の線は成長の緩慢な木または被圧期間の稠密な狭い年輪を見るには、鋭利なナイフまたはノミで平滑にする必要がある。断面の10番目毎の年輪の内側に印をつける。

半径成長量の測定は今度は反対の方向、すなわち髄から外側に向けてなされる。伐根の年数が10の倍数でなければ中心の10年に満たぬものは数えないで置く。この端数かま木測られ記録用紙の一方の側にこの年輪の端数がかきこまれる。二番目以下の組は正確に10年である。その各々に対して髄からの全半径が積算的に記録されるが、10年毎の実際の半径成長量は記録されない。

こうすれば、髄上の点があるように物指が置かれ、移動による誤差およびそれによって生ずる端数の部分のあやまりを避けることができる。全半径成長量として10番目の年輪毎に記入される最小単位は0.05、すなわち1/20時である。物指または定規の最も便利な目盛はこの単位で目盛のしてあるものである。最後の半径の測定値は平均半径、すなわち平均直径の長に正確に一致しなければならない。

伐根の全年令および10年当りの成長量を決める精度は樹木の全生理を通じて加えられた連続した各年輪を区別する能力に左右される。

年令に基づく成長量が胸高で直接成長量をもって研究される場合、調査者は又回に大体ノミは髄に当るかまたは非常にその髄の近くにあるのでボーリングの軸に対する位置が年輪の弯曲によって示すことが可能である。

このような研究、さらに連年成長量の研究でもその重要さが認められるとコアーはd.b.h. および樹種で分類して適当な容器に集め、実験室で調べられさらに木頂部を示すため染色され年輪が区別される。ひどく被圧された木または判読困難な樹種で非常に薄い年輪の識別を誤れば、普通成長率は過大推定されるけれども一時期に二ヶ所の年輪を数えることは差効果となるであろう。

林木が10年以上で成長が著しき場合、取扱いが簡単な樹種では年輪では年輪で全年令の精度を吟味することが特に必要である。多くの地方および樹種においては南西部の人類学者により親しまれている方法が役に立つ。それ等人類学者によって実際の建設の年までpuebleの廃墟が1000年以上の期間経過しているということの助けとなった。

年輪カレンダーは、過去のいろいろな時期に伐採された木のいろいろな年輪市によつて形盛られている模様を組合せて作られている。この乾燥した地方の最大の成長量はてきして湿度の多い季節に生ずる、これはその参考の主要点を形作っている。(湿度の多い地方では時にはその逆もありうる)南部では1924年に6ヵ月間も(この100年間で最も厳しい)乾ばつが続き実際の松の年輪も異常に小さく、秋伐を欠いていた。土壌湿度の欠乏は1925年に2回目の成長の阻害された年輪を生じた。この二つの別々の年輪はそこから間接的に判る年輪数の参考となり、被圧されておれば残りの年輪を数えるよりはるかに信頼し得る場合が多い。これに付随して、この同じ年輪は必要であれば年令を示す年輪数の正当性を立証する生きた証拠であり、このことは一時、南部の科学者によつて論争された。年輪を決定する際の誤差は年令と成長量の百分率として反映する。すなわち、ある10年の組で年輪を1箇見逃すか、よけいに数えれば(10%の直径成長量の誤差に相当し)これによつて材積成長量に歪をともなう。

年輪数が累積誤差の可能性を越えることが立証されないかぎり、特に判読困難な樹種ではこれに基づいて成長量を予測することさえできない。

204 根株の直径成長のとりまとめと平均

Compilation and Averaging of Diameter Growth on Stump

成長量が平均されるべきクラスにあるすべての木についてオ-後階は

まず中心で10年に半端な組、次いで残りの10年毎の半径成長量を合計することである。平均成長量を求めるためには加えられた本数でこの合計を割る。この平均値を年令に基づく半径の成長量としてプロットし、曲線で結びつける。オーの、すなわち半端な組の平均をオーの測定値の平均年数に対してプロットし、それ以後の平均値は右の方に10年毎に延められる。65本の赤カシ、紅カシの半径成長量の原平均を48表に示す平均に用いられる全林木の全樹令 (total age) が同じであるか、同じ10年内にあるかぎり、この曲線は、半径で成長量を表はすときには補正しないまゝよい。

林木の全樹令が10年間以上違つておれば、すべての成長を表わしておらず常にこの成長曲線からはずれ、時にはまったく突然に、はずれてしまうであろう。それぞれ林木が同令であるいろいろな林分が測定されるならば、成長の早い木は高令になるまで残存するのでこの偏りは上向になるであろう。

耐陰性の樹種の被圧木が含まれておれば偏りは下向となるが、特別の予防線をこうしないのでこのような木に対して年令に基づく曲線を作つてはならない。

205. 皮付 d, b, h と 根株直径成長量の 相関関係

Correlation of Stump Diameter Growth with D.B.H Outside

伐根は d, b, h に基いて標準化されており、林木が与えられた期間に調査する大きさは d, b, h の測定に基いているので、伐根の直径成長量は皮付 d, b, h と結ぶつける必要がある。欲しいのは与えられた年令の木の皮付 d, b, h である。伐根の樹令が分り伐根の d, i, b が求められる。皮内伐根直径と皮付 d, b, h の関係が決められれば、伐根でこの年令の木に対応する d, b, h が示される。

伐根高はこの関係に影響するさうめて重要な因子であり、1呎の伐根高に適用される比は2呎の伐根に対しては正しくはないであろう。しかもこのことは、伐根の成長に対してもまったく同じである。成長量または伐根の細りを測る場合、伐根高がかなり一様でなければならぬことは明らかである。(伐根高が) 1/2 呎異なる毎に別々の成長量表を作り、これに対応して2呎間隔で伐根の細りをとることができる。こうすれば

表48 アカカシおよび紅カシの伐根の半径生長

アカカシ 年	伐根に於ける成長量	
	半径	本数
6	0.71	65
16	1.78	65
26	2.81	65
36	3.62	65
46	4.33	65
56	5.31	63
66	6.41	64

表49. 伐根 D.I.B から D.B.H までの赤カシと紅カシの細り

原 表		
本 数	伐 根 d, i, b 吋	d, b, h 吋
1	7.5	6.9
5	8.1	7.2
8	9.1	8.2
13	10.1	9.0
13	10.9	9.6
6	12.1	10.05
5	12.8	10.05
1	13.8	11.7
5	14.7	11.7
7	16.2	12.3
1	17.1	12.3
1	19.2	13.8

表50 細り、伐根 D.I.B - D.B.H アカカシおよび紅カシ
曲線から得られたもの

伐 根 D, I, b 吋	D, b, h 吋
8.0	5.4
9.0	6.3
8.0	7.2
9.0	8.1
10.0	8.9
11.0	9.6
12.0	10.2
13.0	10.7
14.0	11.3
15.0	11.8
16.0	12.2

最高の精度が得られる。しかし普通には与えられた地方の或る樹種に対する研究は、平均伐根高に基いてなされ、伐根高はいずれも同じ平均に入れられるであろう。

伐根 $d.b.h$ を細り表は次のようにして調製される。

1. 最小 300本以上について平均伐根高の $d.b.h$ と $d.b.h$ の一組の測定値がとられる。伐根の細りは成長に無関係でたい形状または大きさと関連があるにすぎないので、伐倒木または立木のいずれからもとることが出来る。伐倒木では $d.b.h$ は直接伐根上で測定される。

どのような場合でも $d.b.h$ は輪尺でもつて適当な高さで皮付で測られる。立木では伐根の $d.b.h$ は平均伐根高の輪尺による皮付測定値およびこの点の樹皮厚を必要とする。これは斧でけずるか、スエーデンの樹皮計をつかって測ることができる。

2. 1吋 $d.b.h$ の伐根級に基いて伐根の細りを分類する。伐根の $d.b.h$ は $d.b.h$ を推定する独立変数であり、したがって伐根の細りを分類する基礎としてとらねばならない。

横軸の尺度が根株の $d.b.h$ であるグラフの縦軸に得られた $d.b.h$ の生の平均をプロットする。小数の木を取扱う場合には、通常49表に示してあるように各 $d.b.h$ 級内の $d.b.h$ の値を平均し、この値を級の中央値上ではなく適当な縦軸上、すなわち、8.0吋ではなく8.2吋としてプロットする。

表49には、66本の赤および紅カシの伐根の細りの分類が対応する $d.b.h$ とともに、1吋伐根級毎にの1吋単位で示してある。

4. 級の中央値から（すなわち8.0吋等）読みとられた伐根の細りを縦軸から表にあらわす（50表参照）。

66図は Connecticut の64本の赤および紅カシの伐根の細りを示す。直径の増加で示される細りの増加は実際に樹種によって特徴がある。細りの程度は伐根および樹種で変る。

206. $d.b.h$ の成長曲線のプロット

Plotting the Curve of Growth in D.B.H

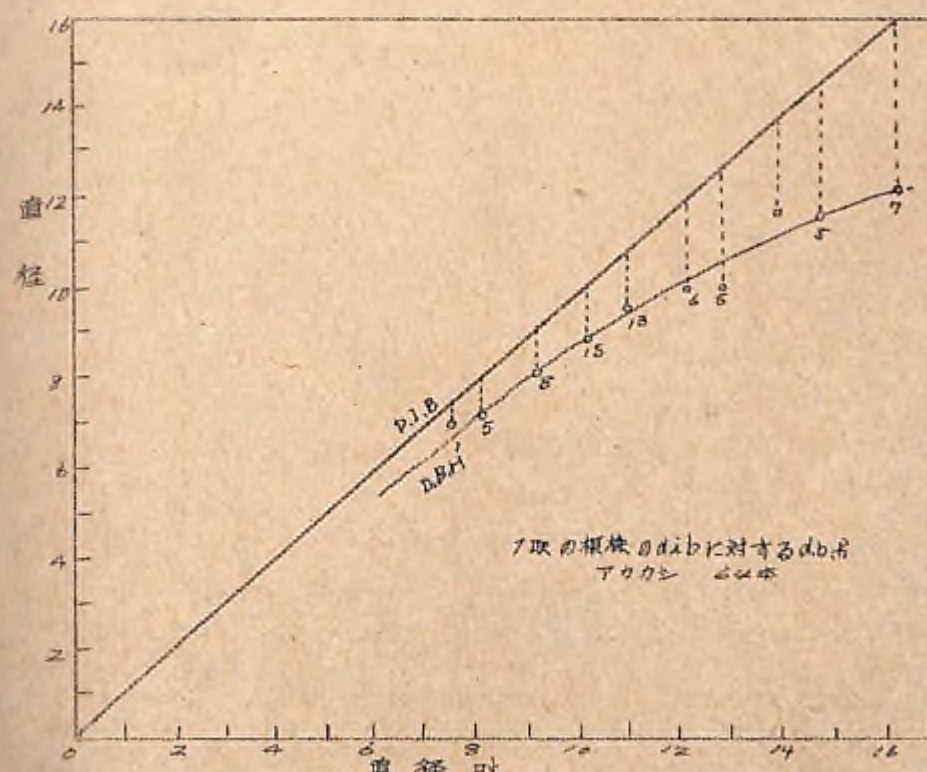
1. グラフ上に204節と205節で計算された成長の資料が年令に基く伐根の半径成長の曲線と組合される。最初の断級の組の成長量がこの期

間の年数一樹では6年である—に対してプロットされる。その後の成長量の値は右の方に10年おきに、例えば16, 26, 36年等に対してプロットされる（67図参照）。

本数が減るため不規則となる両端を除いて年令に基く成長曲線を平滑または調和させることは通例行わない。プロットされた点が結ぶ付けられ、その結果は調べられている木の成長史として認められる。

2. 吋単位の半径成長量を示す縦軸の尺度は2倍にされ、直径の成長量が読みとられる。直径をプロットする次の段階を可能にするためこの点で行われねばならない。

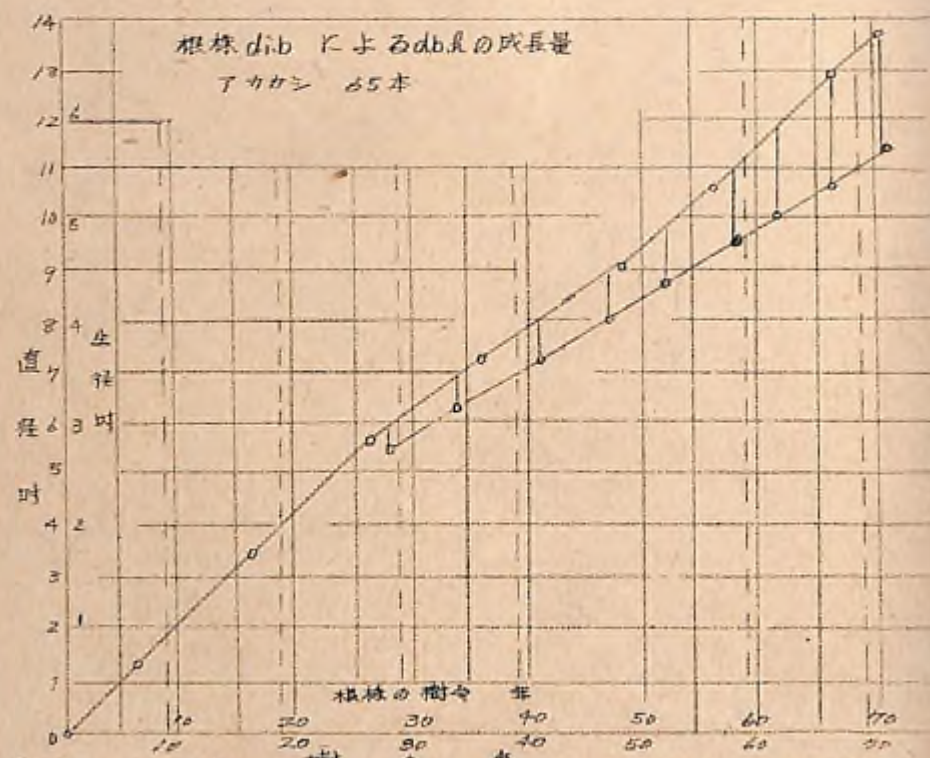
3. 66図で得られた伐根の細りは、今度は伐根 $d.b.h$ の直径成長曲線にプロットしなければならない。66図では年令はこの細りを求めるのに無関係であるが、この段階では年令は曲線の基礎をなしている。



66図 東北部諸州の East Lysee のアカシの1吋の伐根 $d.b.h$ に基く $d.b.h$

伐根の傾り、または平均 $d.b.h$ をプロットしなければならない。傾軸を見つめることは年令に対する $d.b.h$ 曲線上で連続する年々毎の伐根 $d.b.h$ を見出すことである。66図からこの伐根 $d.b.h$ に対応する $d.b.h$ が $1/10$ 時括約で読みとれる。2の $d.b.h$ が向題の年令に対して傾軸上にプロットされる。この過程を67図に示す。 $d.b.h$ の成長曲線を完成させるためにはあらゆる大きさの苗木について伐根の傾りを求める必要がある。この曲線は後面44/2 図の苗木の年令に等しい点で終らねばならないので近似的に作られる。

4. 曲線を作る最後の段階は伐根の年令に伐根高に等しい平均苗木の平均年令を加えて年令の目盛を修正することである。これを行うには指定された年数まで目盛の0点を右の方に移動せねばよい。消滅したものに對して画かれている67図では1年で伐根高に達する。乾燥した気候で成育する樹種の苗木の多くの例では、はるかに長期間、時には20年以上も全樹令に対して修正されることがみ



67図 伐根 $d.b.h$ の生長に基く $d.b.h$ における成長 東北部諸州の East Lyme のアカシ。

られる。67図の低い方の年令の目盛はこの修正を示している。この目盛から真の樹令が読みとられ、それについて必要な5~10年の間隔でその年令に対する $d.b.h$ が求められる。 $d.b.h$ および伐根高に等しい苗木の年令に対して修正されないかぎり、伐根直径の成長量は $d.b.h$ の大きさからの変動が大きくなりやすく、したがって伐根成長量の決定に使えないため、科学的かつ実用的な値ではない。

5. この完成された曲線から与えられた年令の $d.b.h$ を示す表が読みとられる。(5ノ表)

60年と70年の間で曲線が上昇するのは、おそらく最も成長の緩慢な木または被圧木が除かれるためである。

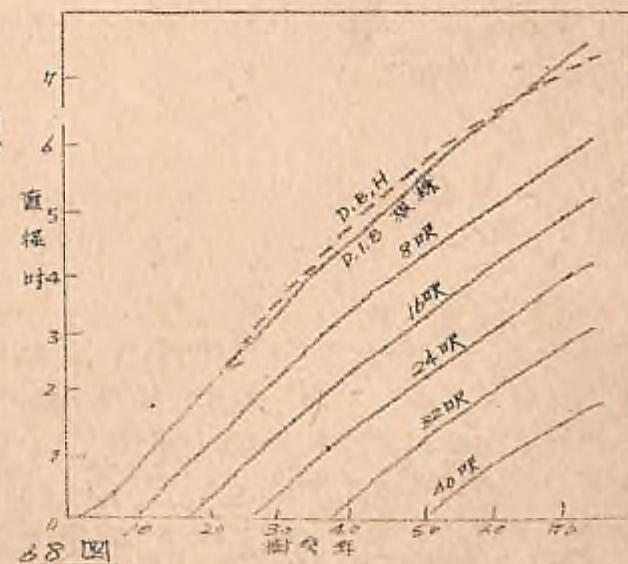
直径成長量が同じような樹冠の広がり、および成長率の木の平均に肩負われていないかぎり、平均断面積の木が求める代りに直径の算術平均を用いた場合林分の平均直径の決定に影響するものと同じ誤差を生じやすい(5節)。この誤差はいつでも負である。直径の平均成長量でなく林分伐根の成長量が目的であり、これは単木の成長によるより肩令林の収穫表でその目的が達せられる。したがって樹令に基く直径成長量は同じような成長率をもつ木の平均値にその利用は限定される。

5ノ表

与えられた年令における $d.b.h$
東北部諸州 East Lyme のアカシ
および紅カシ

(山頂部に生育している65本に基く)

年令 年	$d.b.h$, 吋	本数
10	—	65
20	—	65
30	6.4	65
40	7.0	65
50	8.4	65
60	9.8	43
70	11.0	44



68図 ペンシルバニア州 Pike 地方 Milford の35本のチエスナットオークの全部令に基く平均直径

207. 伐根直径の連年生長量からの胸高での成長量の誘導

The Derivation of Growth at B.H. from Current Growth in Diameter on the Stump

伐根成長量の測定及びb.f.の成長量と結びつける方法は、連年成長量の研究の場合と同様過去10年の成長が解明されている時にのみ使える。時折カシのように成長量の使用が難しい樹種にこの方法が必要の場合がある。

伐根では平均半径を測うことができるので、各測定値の精度は増す(203節)。必要な期間の成長量はこの半径上でb.f.と同様、内側の年輪から外に向って測られる、この成長量は今度d.b.f.と関連させねばならず、それには伐根d.b.f.の細り曲線を用いる必要がある。例えば過去10年間における10吋d.b.f.級の伐根の平均成長量が1.2吋であることが分ったとする、66吋で10吋伐根のd.b.f.は5.8吋である、1.2吋大きいすなわち、1.2吋の伐根に対してはd.b.f.は9.7吋である。

伐根の1.2吋d.b.f.の成長に対するd.b.f.の差は8.9吋である。この数字は過去10年間のb.f.の連年成長量を示す。同様にしてb.f.の数値は伐根d.b.f.級毎に得られる。b.f.の成長量の数値は最終的に横軸のd.b.f.上に縦軸としてプロットされ曲線で平滑にされ、これから横軸の目盛に各d.b.f.の適当な樹々を入れることによりb.f.での連年成長量の表が読みとられる。

208 上部直径又は形状の成長量決定の目的

Purpose of Determining Growth in Upper Diameter or Form

立方尺伐積は個々の木の内容に対する伐積又は価値の単なる尺度ではない。オニと考察されるのは大きさおよび形状、オニは品質、最後の要素は価格である。樹幹の大きさ、すなわちその樹高、樹幹の利用可能部分の直径、全利用可能樹高はボードフットで容積を決定し、枕木、丸太、杭木、成材の生産に重要なものである。品質は適に用材規定および最小の大きさおよび許容し得る欠点で分類することにより等級がつけられる(77章)。

一般に円筒形の木は1箇の生産物に対して円錐形に似ている木よりな

方頭当り通かに価値がある。細りが減るほど単位当りの価値は増大する。樹高成長の速い樹種はうべいた林分を作り、成長は通直となる習性を有するので、屈曲する傾向のあるものに比べて幾分多くの丸太および杭木を産出する。養生樹の林木の品質と同様形状を制御し根株上のいろいろな高さの直径の相対的成長に反ばす疎密度および間伐の効果を知り、測定することが重要となってくる。

単木としての林木あるいはまた樹種間の形状の最大の変動は、最初の10呎の丸太の束口とd.b.f.間の利用可能樹幹の細りに生じそれにつぐ変動は通常用材として利用される利用限界で生ずることがGirard (101節)により示された。これは玄葉樹では生活力を有する樹冠基部、針葉樹では最後の利用丸太の基部に相当する直径を意味する。

直径の成長はその木の生涯を通じて樹幹上の違った点毎に一棵のまゝではない。直径成長は樹冠の部分ではかなり迅速であり、大きくなるにつれてその基部に特徴のある根張が形造られる。生活力のある樹冠の下から根張までは樹幹は直径より断面積の点で一樣な成長をする(183節)。これは樹幹の上部の細り部分で直ちに巾の広い年輪を造り、(これは樹幹を一段円筒形に近づける傾向がある)長大な樹冠をもつ疎立した木は密生した木の上部の形に従ってより円錐形となる。

209. 樹幹の上部断面の直径成長量の測定

Measurement of Diameter Growth at Upper Sections of Bale

上部断面の直径成長量を測定する方法は203節で伐根断面について説明したものと同一である。形成層から髓の方向に数えて行く方法は、各断面毎に樹令に等しい十年毎の組に対応する10箇の年輪の粗を導る、単木を解析しても平均木の成長の十分な根拠とはならない。したがってオニとられた資料が測定された木に対して平均出来、オニにその結果を実際に、正確に立木および林分に適用できるような方法で根本部の樹幹折解を行わねばならない。この目的のオニのものは地上から等しい高さで標本木を玉切ることによって求められる。

造材で変な長さに伐られた木は、この要求にかなわないので、通常調査補助員が送らばれた木を玉切る必要がある。換算のための伐根が残存木の形に及ぼす影響を研究したものは、形状を一段異常にする代り一般

と平均の正常な形に近づくようにそれぞれのものを再配列をするような成長傾向のあることを示している。しかし根張の成長は風当りがより強くなると増大する傾向がある。

210. 与えられたグループの林木の成長資料の平均

Averaging the growth data for Trees of a Given Group

始めから損耗の年令に至る樹幹折斷を完成させるには一つの平均値に同じ年令の木、すなわち同令林からとられた木だけが含まれているのが最も良い。これらの木は巾が3吋を越えない直径級に分類しなければならない。

形成層から髓に至る初期の連続した10年毎の組の直径成長量は、各グループに含まれる木毎に平均され、連続する10年毎の組の平均直径が林令に相当する年令の目盛上にプロットされる。年令は、林分が創始されて(例えば火災または植栽)以来経過した年数として取ることができるし、あるいはそのグループの全林木の平均年令に基づく、あるいは、むしろ7~8の最大グループに含まれる優勢木の平均年令に基づくことができる(193節)。各グループの平均直径は横軸の林令に対して縦軸にプロットされ、初期の10年毎の組の平均直径は同様にこの組の林令に対して縦軸としてプロットされる。プロットされる点は(グループの平均の木が伐根高に達した時の林令に相当する点で始まっている)曲線で結ばれるこの年令は全平均林令からそのグループの伐根における平均年令を引くことにより得られる。

211. 年令に基づく樹形のグラフ。

The Graph of Tree Form Based on Age.

伐根断面の平均直径成長量は全年令に対して縦軸としてプロットされた全直径から始めて同じ方法で求められる。各断面の平均年令は、その林木の全平均年令から断面が測定される高さに達するまでに要する期間を引いたものに等しいから、次々の曲線の原点はそのグループの年令に基づく平均樹高成長曲線と一致するだろう(200節)。その結果得られた特定の高さにおける平均直径成長曲線を68図に示す。

伐根における成長曲線は普通のものと同じく皮付d.b.h.に対して修正出くる(206節, 67図)

68図に示されている曲線は与えられた点即ち816.24呎等の点の平均木の直径を与えるにすぎない。この木の全体の形を再現させるため高さを縦軸の目盛とし直径を横軸の目盛とするグラフ上に示し、すなわち全樹幹から内方に数えられた径組毎の皮内の形状または細り表示す曲線を再びプロットすることができる。68図の資料は69図にこの形で示されている。各曲線の始まる基点は伐根d.i.b.で、その終点は示された年令における樹高に近いものである。

その年令は次式を基として最後の断面より上の梢頭部の高さに比例させることにより得られた。樹高成長曲線によみとることができる。

梢頭表 = $\frac{\text{下の断面上に含まれる梢頭部の真の年令}}{\text{断面の高さに於ける年令差}}$

× 断面高

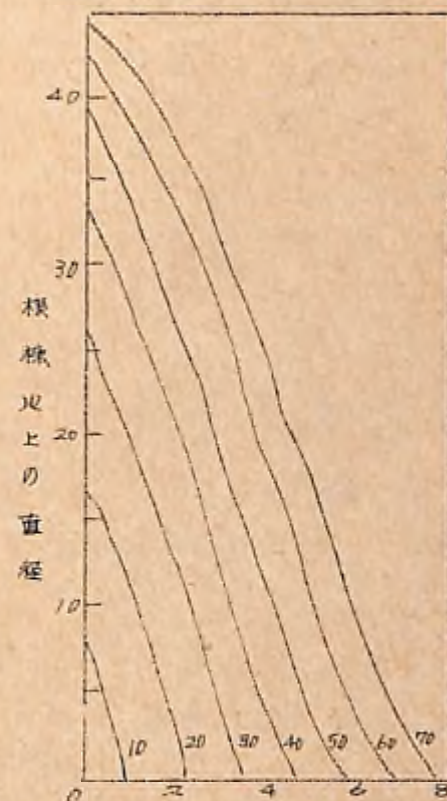
8呎の断面では(梢頭部の下の断面では13箇、上では8箇の年輪がある)。この梢頭部の年令は3年、すなわち13-10で上と下の断面の年令差は3年である。梢頭の長さは3x8=24呎である。

自伐根d.i.b.に相当するd.b.h.は横軸、すなわち縦軸の0目盛上に示すことができる。

69図に示してあるグラフの和点は平均の木の大きさかどのような高さまたは丸太の長さに対してお読みとすることができる点にある。この図は年令に基づく形状の変化を示す細り表を構成している。正確にプロットされれば年令の異なる木の形状比(90節)をこの図から計算することができる。

212 短期間の成長量

Growth for Shorter periods.



69図 樹幹のあらゆる点における組毎の直径変化が細り表示するためプロットされた68図から得られた平均木。

間伐後または被圧あるいは競走から解放された後に生ずる形状の連年の変化だけを研究する時には同じ方法が用いられる。この場合には解放された時、同じ過去の直径をもつ木が一緒に平均され、一組の曲線で表わされた平均の基礎として直径が例えば100年の令齢の木の代りに44時の木が置き換えられる。

連年成長量ではこの資料は69図に示してある段階を過ぎないで、直接69図に基いて平均できる。伐根上一定の高さ毎の直径はま市現在の木の d, b, c に対し、次に考えられている期間の初まりの d, b, c に対して平均される。底辺すなわち横軸の目盛は d, b, c であり、垂直の目盛即ち縦軸の目盛は伐根より上の高さである。林木の内部は測定されずその曲線は表わされない。

林木が伐株の時には成長分拆のため使用できるが、いろいろな長さの丸太に玉切られている時には現在および過去のある期間の大きさが単木毎に5582(73節)の形でプロットされ、これらの点で示されている曲線から調査に必要とされているある固定された点または長さにおける大きさが読みとられる。

213. 中央木の材積成長

Volume Growth of the Average Tree

立方呎、ある与えられた用材規格(支柱木、枕木、丸太、杭木、棚用杭)によるボード呎、のような材積単位でその形状が図(69図)に示してある中央木の材積成長量を決定するには必要とされる伐根より上の高さで年令毎に直径を読み、このようにして順次測定された丸太について材積が計算される。

あるいは d, b, c 、全樹高または利用樹高および平均形状比を読みとるか、10%吋単位の直径および7呎単位の樹高および最も近い形状級に対応する材積を得るため、材積表を補間することにより、69図から10年毎の組の連続する樹形に材積表を適用することができる。最初の方法の方が正確である。

214. 地位級による差異

Difference in Volume by Site Class

樹高成長量か地位の差を示す時には(217節)樹幹折解は地位級で分けなければならない。地位級が地位指標植物によって分けられている場合または若しそうであれば全く同じことかいえる。かかる地位の分類がなければそのグループ内の違った木の上部断面の成長量の原点は広範囲に拡がり、その結果この断面の平均から得られる成長量に関する資料の精度は失われてしまう。(与えられた地位級内で)標本木の樹高はかなり異なる時には、百分率による細りを使用することができ(107節)、かかる時には全樹高の各%の処で全切ることができ、その地位級および分拆されるグループの平均木の樹高の各%の処に断面が落ちるという仮定に立って、その結果をプロットする。

第27章 同令林の正常収穫表とその作製

Normal Yield Table for even-aged stands and their construction

215. 収穫表、定義

Yield Table, Definition

収穫表とはいろいろな生産能力をもつ森林で生育している林木をもつ同令林分に対して、種々なる伐令でのエーカー当りの材積、すなわち収穫量およびその他の林分の資料を示す表である。同令林の収穫表は年令にはよらず、別個に取扱われるであろう。

樹種毎および立方呎、標準コード、あるいは通例標準として米国際規格を含む7箇以上の与えられた丸太規格に対するボードフートのような各種の製品単位別に、またごく稀に価値生産量の単位に対して別個な収穫表が調製される。

収穫量の決定のために選集されたデータから年令の推移とともに、林分の性格およびその発達過程を示す別のこれに付随する表が調製される。これはエーカー当りのいろいろな地位、林令の根拠、断面積、立木本数、樹高、直径の平均を示す。

直径階別本数分配表または蓄積表と同様に平均および連年成長量の表も得られる。表52はボードフート単位の収穫表を示す。

収穫表は単一樹種の純林について調製されたものが多い(221節)。

収獲表はカシ混交林、マツ混交林、あるいは均一な広葉樹混交林のような同一の性質を持つ樹種群についても作製される。例えば「広葉樹混交林でカシが30%以下であれば、総収獲量は大した影響を受けまい」ということが研究の結果分つてきた。このことは混交林について収獲表を調製できることを示している。

216. 収獲表の正常立木度の基準

The Normal Standard of Stocking for Yield Tables

収獲表には正常および現実収獲表の2種類がある。正常収獲表 (Normal yield table) はその地位のもつてゐる正常な能力が森林に生育した林木をもつ同令林により完全に利用される時、その林地で生産し得る収獲量を示す。

此これらの表は主として經營の基準または目標として劣二に過小立木度 (Under stocked stand) 林分の可能な収獲量を定めるのに役立つ。現実収獲表 (Empirical yield table) はある程度の蓄積を有する林分に用いられる収獲表である。これは正常収獲表から引出されるか、直接現実林の測定により調製される (28章)。

表5.2 Louisiana州のLoblolly pineの伐付上部直径5吋までの66吋以上の木のエーカー当りのボード呎 (国際1/4吋規格 Kerf)

林分年	地位指数					
	70	80	90	100	110	120
	エーカー当り収獲量 bd. ft					
20	900	2,200	3,400	4,700	6,100	7,400
30	6,200	9,500	12,800	16,000	19,700	22,400
40	13,400	17,900	22,300	26,700	30,800	35,100
50	17,200	22,100	27,000	31,900	36,700	41,500
60	19,100	24,300	29,600	34,900	40,100	45,300
70	20,600	26,100	31,700	37,300	42,900	48,400
80	21,800	27,600	33,500	39,400	45,200	51,100
90	22,900	29,000	35,100	41,400	47,400	53,600
100	24,000	30,300	36,600	43,200	49,500	56,000

* Meyer W.H. Yield of Even-aged Stand of Loblolly pine in Northern Louisiana. Yale Forest School Bul. 51, 1942, 39pp

あらゆる用材林に対する自然の傾向はできるだけ早くその樹冠および根系が利用でき、かつ必要とする陽光および土壌水分を利用して正常な蓄積状態に達しようとする。林木が一樣ではあるが、あまり密生していない場合には、各樹木は樹冠を拡張するに必要な十分な空間をもっている。更に空間が拡張された樹冠や根系により究極的に吸収されるほど疎用していなければ、本数の点で最初過小な林分の究極的な材積収獲量はもっと密生した林分の収獲量に等しくなる。

したがって最小立木度の林分は、後には正常な立木度の林になる傾向があるが、その間被圧による消失は少ない。かなり早く正常な立木度 (fully stocked) となる林分は急速に本数が減少するが、成長は不振となりがちであり、したがって亦々立木度が過剰と考えられる。

理想的な、すなわち最適な林分密度は、全樹高の30%~40%下方まで拡っており、稚樹ではあるが決して大きくはない枝から成っているよく茂った樹冠を生育させるのに十分な空間をもつように配列された木によって全樹冠面積が占められている林分で見られる。この程度の立木度で林分は正常な樹冠の下にある枝を被陰するのに十分な程度密生している。

このような林分では (どの木でも一樣に相当急速な割合で) 直径生長を続け、したがって材積収獲を概然にせず、最も短い期間に異型木が生産されるであろう。林分が疎であれば被圧のため枯死する前に大きな直径となるであろう。これは、意図せぬおそれなく大径の赤松を感誘する焦点を形成するため、大きな節や不良な枝部ができることを意味している。天然林では個々の優勢木に最適な空間は年とともに大きくなっていくので、理想的な空間は大面積ではほとんど見られない。

天然の状態ではこの空間の増加は優勢木が劣勢木を被圧し枯死させることによつて得られる。このような競走、特に Jack, lodgepole, Norway pine のような針葉樹種との競走で林木は初期に樹高成長で区別できるほど一樣に釣合っている。

したがって特に直径成長を除いてすべての木の樹高成長は相当阻害され、これは更に木材生産を不振にする (184, 185 節)。林木を優勢木、中庸木、被圧木の樹高級に初期にはつきりと区分することは、林分にとつて明らかに利益がある。この区分がなければ正常収獲表は正常な立木度の場合でも得られない。

逆にその地力を十分に利用するため少な過ぎる本数をもつ林分は決して正常な立木度とはならない。white oak や live oak に似た樹種の孤立木、すなわち牧場用の木は巨大な樹幹を持ち、樹冠を構成するのに全然価値のない巨大な枝條を発生させる。節をなるべく少なくし、枝條よりもむしろ最大の樹幹をもつように成長するには、林木は幼令の際少なくとも成熟期に近い場合と同様に密生していなければならない。最良の形状をうるには幼令期即ち稚樹時代に少なくとも成熟期の3〜4倍の水が存在する必要がある。

正常な標準疎密度の択伐林ではある時期には、立木度が過少であつたか後には樹冠によつてうっ閉されるようなものから立木度の過大なものを区別することは実行できない。実際に完全な林冠を持つ林分はいずれも通常正常立木度、すなわち正常な林であると解釈されている。

2.7. 収穫量におよぼす地位の影響

The Effect of Site Quality on Yields

蓄積密度はさておき、林木の収穫量は地位、すなわち林木の成長に影響するあらゆる環境因子によりはなはだしく影響を受ける。緯度一年間の総熱量、総降水量およびその分布、経度の影響のようなこれらの因子のうち、或るものは広大な地域的影響を及ぼす。南向きか、北向きか、という方位か、または傾斜度のようなものは局地的なものである。しかし、土壌および土壌水分は最大の局地的影響を及ぼす因子である。更に土壌は比高、傾斜、方角、水面からの高さ、気候の影響を受ける。土壌の種類、構造および肥沃度は重要であるが、利用可能な土壌水分との関係は一層大切である。

地位級と同様飽和した土壌やかん水した土壌は林相を完全に変えてしまう。

最上の地位は土壌中に保有される、すなわち地下水面から利用できる最高湿度と土壌空気のための排水の両者を与えるものである。他のすべての因子が変らなければ地位は湿度の置剰または置欠によつて指題となる。最悪の地位は山頂または山脊の岩石上を被っている荒い土壌および乾えきつてしまっている湿地でみられる。地位に関係のある因子の組合せによつてこの最良と最悪の地位の間にあらゆる階級がある。

正常立木度の林分の成長量を予測するためすべてがこのように甚だしく違う地位の平均収穫量だけを使えば、平均から離れている個々の地位にこのような表を使えば50%〜100%以上の誤差を生ずる危険があり、どのくらいの差異があるか全然分らない。

最良の地位では樹高成長は相当早く、成熟期にはかなり大きな樹高を有し、林木間の差異は相当早く、したがつて直径は比較的速く、成長し残存木は広い直径範囲を持っている。また総収穫量も多く、成熟期は早く、エーカー当りの連年および平均生長量も大である。地位の良い所では悪い所に比べて林木の成長が遙かに速いので最後に収穫される林木は比較的少数であろう。この状態はその林分の生涯を通じて続けられる。

年令に基く平均収穫量が平均の地位だけについて求めたものであれば、現実林の収穫量と収穫表の材積の差は地位あるいはエーカー当りの立木本数の変化によるものであるかどうかをさめることはできない。しかし収穫表の調製の際地位が分けてあれば、林令毎に、平均材積、平均断面積、エーカー当り立木本数、林分の平均直径、平均樹高の様な収穫量に関連する他の林分因子を各地位級毎に見出せる。

この形の収穫表はこの置った地位に使える標準を与えるであろうし、林令が異なり、いろいろな地位に生育している現実林と比較する基礎として使える。この因子のうち、エーカー当りの平均材積、すなわち収穫量は明らである。立方呎単位の収穫量の基本表が計算されコード・ボード呎単位の収穫量は換算で得られる。

総断面積は林分の1吋以上の全林木の胸高での断面の平方呎単位の面積である。これは同一地位の単一樹種のいろいろな林分の相対的材積の信頼し得る尺度であり、アメリカではその最大値はSitka トウヒ、西部ワシの正常な立木度の林分の450平方呎に達する(170年で地位級200)ものである。

平均樹高はその林分で平均断面積を有する木の樹高と解される。

林分の平均直径は同様に平均断面積を有する木の直径と解せられ、これは全林木の実際の直径の平均から得られるものより常に大である。林分の平均樹高は平均断面積を有する木の樹高と考えることもできる。しかし、この平均値はいずれも林分の断面積、材積に対して貢献もせず枯死によりやがて消失してしまう小形木が普通多数存在するため不当な影

響をうける。そこで林分を地位級に分類するために中庸木および被圧木全部を除外することが実際に認められるようになった。これによって林分の平均樹高を計算するの用にられる断面積と、立木本数の総計に含まれるものとして上層樹冠の木、すなわち上方光線を十分に受けている優勢木、半優勢木が残されるであろう。

正しい樹冠級を送るには判断が必要であり、結果の確実さは大部分人の経験をつんだ現地調査者に託された収獲表の仕事の程度による。

218. 森林土壌・環境の地位級への分類

Classification of Forest Soils and Environment into Site Classes.

地位級に分類する目的は成長量を予測しようとする林令立地毎に細かく層別された林分に収獲表を適用するためである。収獲表に示されている地位級は現地で簡単に決定できるなんらかの数値的な地位指標に基づかなければならない。

現実林の疎密度には非常な差異があるので、この目的にはエーカー当たりの収獲量は役に立たない。現実の収獲量は材積と収獲表のそれとの比較によって地位を分類することは困難であり不可能でもある。

湿度、土壌含水率、土壌型および指標植物、すなわち地表に生育している特長のある草木または樺木が提唱され、フィンランド、カナダでは地位を決定する基礎として用いられていて、これは調査としては面白い分野であるが、アメリカでは広く実行可能であることは示されていない。

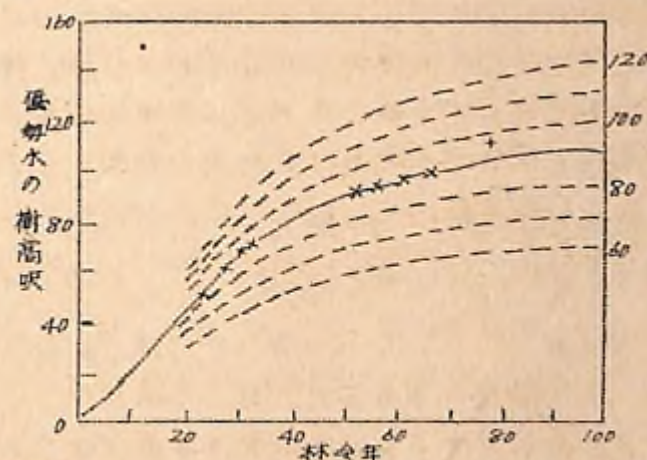
これに反してある年令で達する樹高がアメリカでは地位分類の実行可能な基礎をあたえるものとして採用されている。

最大の木、すなわち優勢木（半優勢木を含む）の樹高は生存競争の影響が最も少ないのでこの樹冠級の樹高はその土地の生産能力の最良の測定である。いろいろな地位において任意の基準林令例えば50年で達した、したがって平均優勢木の樹高が地位の指標として用いられてきた。いろいろな地位のあらゆる林令の優勢木の樹高は基準林令の樹高と関係があるであろう。（70図）。

この任意の林令はその樹種の樹高成長の最も速い期間を網羅するものでなければならず、普通その林令の範囲のほぼ真中の年がとられる。大部分の東部産樹種では50年が用いられる。成熟するのに長期間を要す

る西部の大産木ではよく100年が使われる。

Pacific Northwest のダグラスファーの基準林令は100年が送はれた。ヴァージニア州の矮性のマツでは30年が送はれ、南部産のマツおよび大湖州産の樹種では50年が用いられた。



70図

10呎地位級別に林令に対する優勢木の平均樹高の関係を示す loblolly pine の地位指標図

219. 地位指数のグラフ。

The Site Index Graph

林分の地位指数は上層樹冠級の林木がその樹種の地位区分の基礎として用いられる基準林令で達することが期待されるか、または過去においてすでに到達した平均樹高である。基準年令より若幼令および老令の林分はこの地位指数を拡張するには0から出発した帯から成立つグラフを作ることによって成就される。このグラフはいろいろな林分での平均樹高が基準林令で与えられた任意の樹高区分内におちることを示すあらゆる林令の標準地を含んでいる。

地位区分のための基準林令がその樹種について決定されるとその次はこの林令で到達した樹高に基づいて任意の地位級に地位の巾を分割することである。このように定められたクラスは10、20あるいは30呎の差がある。10呎区分が使われるのが普通であり、その幾都合がよければ20または30呎にそれをまとめる。地位級の数は基準林令で存在すると思われる平均優勢木の樹高の全範囲で左右される。20呎が最終的区分であれば、この林令で90~110呎の樹高級にある林分は100呎地位級とされ、70~90呎の樹高の林分は80呎地位級とされる。

与えられた林分の地位指数は基準林令の呎単位の樹高で表わすことができる。すなわち林分が50年の基準林令で93呎の樹高を持つておれ

は、その地位指数は 93 である。これ以外の林令では地位指数は単一標準地について説明した方法で (228 節) 各林令における各地位級の樹高を示す図 (70 図参照) から求められる。収穫表での現地における地位の分類および成長量の予測では区単位で地位を決めなくても、どの標準地位級にその林分が属するかを十分知ることができる。

220 収穫表調製にプロットを使用するも一つの方法

Alternate Methods of Using plots in Constructing Yield Table

収穫表は少なくとも理論的には地位級毎に稚樹から成熟の段階に至る平均の正常立木本数を持つ林分の値を示すものであると考えられている。いろいろな林令で林分が生産するものを求める最善の方法は、それが伐採されるまでの全成長期間を通じて 5~10 年間隔でその林分内に設けられた固定標準地を測定することである。

直径および樹高の実際の増加、毎年枯死する本数、残存林分の真の材積が記録事項である。これが完成するには長期間を要し従って火災、風倒、疫病その他のために林分は破壊される。

これにつぐ最良の方法は、いろいろな年令の林分内に設けられたいくつかの固定標準地を測定し、5~10 年間隔で測定を繰返すことである。(32 章)

選ばれた年令を一部重複させることで、あらゆる林令の標準地の 10~20 年間の生育傾向が 2 回目または 3 回目の測定後得られる。地位下生植生、地上植物の変化さらにこの変化さえ、このような固定標準地を設ける土地は所有者の出来心か試験を妨害しないように確実な所有者のもの—公有林であることが望ましいか—でなければならぬということが主要点である。これらの方法はいずれもあまりに長期間を要する。収穫表をすぐ使うために調製したいなら別の方法が必要である。この要求を満たすため、わが国では違った年令の標準地を比較することを原則とするオ三の標準的方法が広く用いられている。

地位は同じであるが、林令の違う林分の平均が成長傾向を示すと思われる曲線に結ばれる。林令、地位の違う幾多の標準地が測定されれば、各標準地は与えられた林令でそれが設けられた地位の正常立木度の林令で得られる収穫量を示すであろう。

例えば 20 年生の林分は 20 年で期待されるものを示し、30 年生の林分は現在 20 年生の標準地が 10 年後に生産すると思われる収穫量を仮定する。40 年生、50 年生の標準地についても同じである。研究をしようとする年に一連の林令の標準地を見つけ、これを測定できればこのデータをうまく集約することにより合理的な精度で最初の 10 年から成熟期に至る平均林分の確からしいゆきが示されるであろう。このため標準地はまず地位別にさらに地位内で 10 年級毎に並べられる。

221. 正常立木度の林分対過小又は過大立木度の林分

Normal or Fully Stocked versus Under and Overstocked Stand.

同令の“純林”(pure stand) は単一樹種だけから成立していることはまれで、決してこの状態にとどまっているものでなく、火災、風害、伐採等で乱されないとしても、後年一層耐食力の強い樹種の幼令樹で浸食される。したがって、純林は利用材積の 75% 以上が同一樹種の材積から成立している林分として定義される。

林分がこの意味で純林であれば、主林分の残りの百分率を構成する副小樹種の材積は測定されエーカー当りの正常収穫量に含まれるであろう。Shorileaf pine, red gum, カシが同令の loblolly pine と混交している場合のように副小樹種の材積の百分率を示すことができる。混交林が赤カシ、黒カシ、紅カシ群のように、同じような樹種から成立している時には正常収穫表は混交型で示される。

正常収穫表の目的は各林地がそれに適応した林分、樹種によりその正常な能力に応じて使われた時生産し得る平均収穫量を決定することである。大面積の平均林分が正常立木度をもっていることは稀である。あらゆる林相、樹種および経営されている林地の平均生産量が正常なものの 85~90% に達すれば良好であると考えられる。

地位内の局部的微細環境の変化は正常な生産量の揺りをつくる。普通平均値の場合と同様、この地位級内の林地の約 1/2 はその級について表に示してある平均の正常収穫量を越え半分はそれ以下である。この平均収穫量を最も有用な樹種の同令林の正常収穫量以下に減らす影響は数多くあり、避けられないのである。

正常収穫表の基準から除かればならぬ影響は現実林の収穫量を減少さ

せる破壊作用の影響である。これは昆虫樹病、暴風、異常な乾燥、あるいは収獲の準備がととのうまえに林分を害するような作用を含んでいる。正常収獲表のオーの役目はある樹種または混交した樹種の各林令、地位の可能な収獲量の平均の標準を定めることであり、これは経営、造林の理論的目標となるものである。オニは過小立木度の林分の将来の成長量を引き起す際に使う媒介物としての任務である。

222. 正常な林分から正常以下の林分への移行

Progress of Subnormal Stands toward Normality

いろいろな林令で表われる実際の立木本数と無関係に林分の住んでいる木が十分陽光、湿度、土壌を利用している場合にはどんな林令においても正常な立木度に達する。しかし、この概念は林業家を満足させていない。エーカー当りの林木が、できるかぎり短期間に最大の価値を生産するような林分内の残存木の最良の平均成長過程を求めているのである。播種後林木はいずれもできるだけ長期間残存するため、若しい適応力を示す。最も強く最も適応した木だけが成熟するにすぎない。残存する基本法則は喬木に成育し、樹冠を拡張しなければならないということである。

耐陰性の優勢木は競走相手を被圧し枯死させることで成功している。林木が被陰されると残存することは耐陰力の試験となり、逆に優勢木は圧制木の枯死を待ちうけている。(185節)

過小立木度 林分内の個々の林木は急速に成長する傾向があり、競争に上のおりであれば最小の林木がこの地位を十二分に利用するであろう。この林分はやがて正常な立木度の林分になる。同令林のノ部が死またはその他の作用によって破壊された場合には、この個々の令級の蓄積は永久に減少し、林分としてそれだけ早く成熟に近づく。新たにその疎開地に更新樹が成立すれば、全体としてその地位の能力は林木の成育のため十分に利用される。同令林の収獲表で使われる“正常度”(normality)という概念は単一令級の林分内の場合に限定されているが、正常な森林内の林分間の令級の分布には制限されていない。ある令級における正常な立木度すなわち百分率はけつして静止しておらず時の経過とともに変化する。したがって正常な立木度の更新樹として出発しなかつた林分はい

づれも過小立木度の状態から正常な立木度に、さらに過剰立木度の状態へと移行する傾向がある。old field pine や火災後受入してきた樹種(トネリコ, jack pine, 西部カラマツ, 米マツ, 白マツ)で見られるように最初から老き木との競走のない正常立木度の林分はオノ年目に生残った数々の過剰な種樹を生じ成長に必要な空間を互に競い合う。正常な生育過程は優勢木と劣勢木の差異を生ぜしめる能力により樹種ごとに決定される。比較的初期に優勢木を生みだす若しい能力を持っている。long leaf, loblolly, white pine のような樹種はたいていの場合うまくこれを行うことができ、かくて正常な蓄積を持ち正常な収獲を生みだし得るのである。

森林時代に優勢を示すことの出来ない樹種(ponderosa, short-leaf, lodgepole, jack, red, Virginia scrub pine)は成長が衰え、本数は過剰であるが蓄積は異常なものとなり、収獲量は正常なものの1/10以下に減ってしまう場合もある。(ponderosa lodge pole pine). 成長の衰えが極度のうつ病、被圧木の多いこと、樹冠が狭少であることに起因していることが明瞭な場所には正常収獲表を調製するための標準地を設けてはならない。

これに対する問題は、将来のある時期に正常な収獲を生みだすと思われる現実林の最初の蓄積密度を決定することである。林分がはじめから成熟木となった時全林地を利用するように配列された種樹で成立している時はいつでもそのような林分が“正常”(normal)となるのは遅れる。正常収獲表を作るため効令林分で選ばれた標準地では、このような基準は余り使われなかつた。普通は、その林分で正常な立木度を持っていることの明らかな、すなわち、林木が現在実際に十分うつ病しており、その地位を充分に利用している標準地が令階ごとに選ばれる。現在ある正常収獲表では同一林令の標準地における中央木の大きさは林令だけに関係するのではなく、逆にエーカー当りの立木本数、単木当りの成長空間と関係があるのである。— 正常立木度では立木本数が少ないほど中央木は大となる。

前述のように、間伐が行なわれたことのない天然林の正常収獲表では最初から正常立木度をもつ林分と、後にこの状態となった林分とを分けることはなんの役にも立たない。

与えられた林令、地位級で正常立木度を持つ全標準地について伐採積、総断面積、エーカー当り立木本数、平均断面積、平均樹高が平均され、これから表が調製される。

223. 間伐林分に対する正常収獲表の必要性

The Need for Normal Yield Tables for Thinned Stand.

初期における下木の疎伐のような正常立木度を導くため行う撫育作業はきわめて重要なことであるが正常立木度を持つ林分の将来の総蓄積は量的には間伐によつては増すことは出来ない。繰返し間伐が行われた、たとえば50年生の林分を、同じ林令の正常蓄積の天然林と比較したとき、経営された林分は普通総蓄積は少なくなっている。間伐が、その地位の正常な能力を継続して利用できないような点にまで立木本数を減少させるものであれば、このようなことが起るであろう。しかし、過剰立木度の成長の衰えた林分では、適当な間伐を行わなければ成長量および蓄積は減少してしまうであろう。成長しており、関係のあるすべての地位因子を利用する個々の林木の能力によつて、経営林分の総収獲量は少なくとも適当な時期に行われた間伐により除去された量だけは増加する。比較的に細長い樹冠を持つてゐる幼令木は完全にうっ閉するため最下の枝の拡張力をもつてゐるので、林分の利益のため、初期の間伐は後期の間伐より強度に行ふことができる。したがつて、中庸木又は被圧木だけが除去される軽度の間伐は余り実行されていない。*loblobly pine* では少なくとも3回、ときには4回で幼令正常立木度の林において最終の収獲量をへらすずに上部林冠の50%を除去することができるが、*long-leaf pine* では同じようなことを行へば総収獲量は減少する。間伐で初期の収入を得る場合の金銭的収益や自然に枯死するか消失してしまう木を救うことはさておき、重度の間伐の利点は残存木の正常な直径成長を続けさせることにある。

経過されてから50~60年後 *board feet* 単位の収獲量は比較的大きな木が得られ *board feet* 対 *cubic feet* 比が増大するために同令の天然林よりはるかに多くなる。同時に枝の自然脱落 (*Southern pine*) は充分な割合で繰え亦行はわれるであろうし、*White pine* のような樹種には枝打を行うことができるから品質についてはあまり心配いらぬ。

したがつて間伐された林分の *cubic feet* および *board feet* 単位の正常収獲表はきわめて必要である。間伐が行われた同令林についての満足のいく収獲表の調製は経たれている林分の成長量と成熟量のために準備される必要がある。この理由で固定標準地による方法は最善のものである。その間に、現在設置し得る不十分な固定標準地をもつて、予め測定された同地位、同令の天然林と比較することができ経過により得られる収獲量を示すため百分率が求められる。

天然林の正常収獲表は、その林令における残存木に対して林令ごとに立方呎単位でいろいろな地位、樹種の平均生産量を示すため (= 極度の間伐を阻止する手段として) に作られるであろう。残っている説明は間伐も経過管理も行われていない天然林の正常収獲表を作るのに使われる方法を取扱う。

224. 収獲表のための標準地の選択

Selection of plots for a Yield Table

地位ならびにその林分の輪伐期を少なくとも10年以上越える林令のすべてに、わたつて100~300箇の標準地が正常収獲表を調製するのに必要である。

各プロットの大きさはまず立木本数で決められ、本数はプロット当り100~300本必要である。したがつて老令林の標準地は幼令の小径木の林より大きくなるであろう。過熟木や老衰木がその令級内に含まれていない限り標準地の大きさが1エーカーを越えることはめつたにない。

標準地は四辺以上を持つ必要があり、60°以下の角度は許されないもので、できれば、標準地の形状は矩形とすべきである。できればどの標準地も同令、同性質の林木の孤立した帯で囲まれているのがよい。乾燥地帯では根系は樹冠から相当遠くまで分布しているのも正確に小標準地を設けることは非常に困難である。

小令林分では樹冠の裂目は正常立木度の一部をなしている。

標準地の囲囲はコンパス、テープ、平板あるいはこれと同精度の別の測量方法で定められる。

傾斜地の標準地の周囲は、1エーカーがそれ以上の表面積であるという明白な事実と無関係に水平に測量しなければならぬ。40%の傾斜ま

226 内業—標準地の計算

Office Work—plot Computations.

各 d, b, h 級、樹冠級および樹種の表と一しょに地位指標をさめるのに使われる優勢木級の木の集計、樹高曲線、使われた地方的材積表、断面積、立方呎単位の材積、国際九太規格またはその他の規格によるボードフット単位の材積、それ以下の各 d, b, h 級の木を原票に記載しておくは非常に便利である。このように記載されている表の集計は標準地ごとに合計され、各列の最下欄に記入される。

つぎには必要な係数を使って（全エーカーの標準地に対しては、250/1エーカー単位に標準地の値を換算する、このような標準地の値の集計は反対側の空欄に記入でき、またプロットされた樹高、その結果得られた樹高曲線も示され、標準地の位置、図記標識に結び付けた測線等のデータも記入するようになっている。標準地には一連の番号と日付がつけられている。

このような記載様式が示してある。どの計算も原票に基づいて記入してある。

データの集計は1エーカー単位で表わしてあり、普通標準地ごとに計算する。内容はつぎのとおりである。

全 林 分 Total Stand:

1. 1時以上の林木の断面積。
2. 立木本数、断面積および立木本数の集計は樹高および樹冠級ごとに計算される。
3. 全林分の平均 d, b, h は断面積を立木本数で除して平均断面積を求め、断面積表を渡つて d, b, h に換算することにより求められる。
4. 全林木の平均樹高は、平均 d, b, h と樹高曲線から求められる。
5. 全林木の立方呎単位全木皮付材積。

市販し得る林分 merchantable stand.

6. 与えられた上部直径までの利用材の立方呎単位皮付または製材材積。
7. 一定（5呎）の上部直径または d, b, h 級ごとの平均利用直径までの国際九太規格によるボードフット単位の材積。
8. d, b, h 級毎の平均利用直径までの、一般に使われている別の九太規

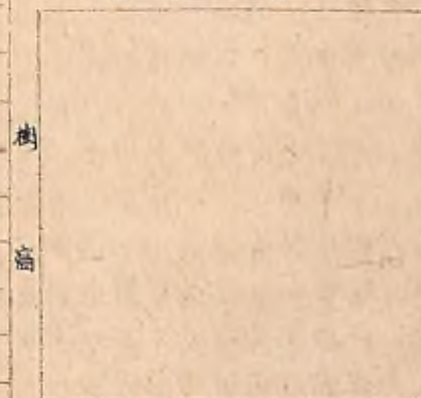
格によるボードフット単位の材積、この後の二つの数値は最小利用限以上上の d, b, h の木だけを含みものである。

取積表標準地取括め表

—年

標準番号	林令	平均直径	平均樹高	地位指数
全林分	標準地	乗数	エーカー当り	備考
本 数				
断面積				
中央直径				
材 積				
優勢木	標準地	乗数	エーカー当り	
本 数				
断面積				
中央直径				
中央高				
材 積				
1時以上	標準地	乗数	エーカー当り	
本 数				
断面積				
中央直径				
材 積				
1規格材付呎				
1規格材付呎				
1時以上	標準地	乗数	エーカー当り	
本 数				
断面積				
中央直径				
1規格材付呎				
1規格材付呎				

樹 高 曲 線



面 径

227, 228. 節に示してあるような標準地の地位指数の計算がまだ残っている。

227. 地位指数グラフまたは表の調製

Construction of a Site Index Graph or Table.

立方呎またはボード呎単位の標準地の材積は樹高曲線およびそれから得られる地方材積表を使って計算され、エーカー当りの材積に換算される。作業を行う地位に基く標準地の分類に着手する前に、地位級曲線を標準地全体について優勢木の樹高と林分から作る必要がある。

地位を分類するのに使われる樹高は、中庸木および被圧木を除いて、もっぱら優勢木（および優勢木）から求められる。従ってこの樹高は標準地の全林木の平均樹高と同じではない。

1. 標準地または林分ごとに優勢木の樹高における総断面積を計算する。
2. これを優勢木の本数で割つて平均断面積を求める。
3. 227節の表でこの平均断面積に相当する直径を求める。
4. 標準地ごとに描いた樹高対直径の曲線からこの直径の木の樹高を二つだけ出す。これが後にこの標準地の地位指数を決めるときに使われる樹高である。
5. この樹高を10年階ごとに分類し林分に対する優勢木の樹高の平均曲線を引く。53表はこのような平均値を示す。重み付けられた曲線はこれらの点の間で釣合っており、これは年令に対する優勢木の平均樹高の上昇傾向を示す規準曲線 (guide curve) である。樹高対樹令のグラフに各樹令における分布と樹高帯の上限と下限の巾を示す各標準地の樹高に相当する点を定めるといふ利点がある。

標準地はある樹種が所産しようとする地域で成育している地位の範囲全体に亘つて分布しておらねばならない。さうでなければ平均曲線は偏つたものとなつてしまふであらう。地位別の標準地の分析が各年令に亘つていなければさらに偏倚が生ずるであらう。平均曲線は決して各樹令における優勢木の平均樹高の正確な経歴段階を示すものではない。樹令に対する相連続する平均樹高は各樹令における優勢木の総本数から求められたものであり、この本数は常に限定されたものであるもので平均値にも前述の平均で成長の緩やかな木が含まれている。(200節)

6. 前に述べたとおり地位級の基礎となつてゐる樹高の一定または任意の分割をする標準林分が選ばれこれによつて標準地は地位級に分けられる。これが50年生で10呎間隔でとられれば50年の横座標のところの樹高の縦座標は規準曲線すなわち重み付き平均曲線の着ちる処に無間断に10呎目盛で分割される。10呎樹高間隔、40, 50, 60呎……は各帯の中心のところと定められる。すなわち50年のところの70呎の帯は平均樹高が66~75呎の間にある標準地を含むことになる。

7. さて問題となるのはこの固定された50年の樹高をとる。10呎の地位級を表わし、その樹令範囲を通じてその地位級にある優勢木の平均樹高の成長過程を示す曲線群を描くことである。

この曲線の型の基礎となるのは50年階の単一重み付き曲線である。標準地が現地調査で地位に区分されていないか区分できなければ規準曲線とそれに適合した地位曲線によつて分類しなければならぬ。この曲線はいつでも規準曲線と同じ型をしていて仮定されているが、50年における地位指数樹高 site index height とその林令における規準曲線の平均樹高との間隔に比例する距離だけ離れている。これは縦軸上の間隔が等しいことを意味しているが、いずれも0から出発して50年で10呎の差を生ずるのでその差は0から出発して50年で10に達し50年以上では10以上となる。

各曲線の規準曲線からの隔りの比率はどの年令に対しても同じと思われる。

いろいろな方法が示されているけれどこの比率を定めて地位指標曲線を引くのが一番簡単である。この比率は50年における規準曲線の樹高で50年の樹高を割つて求められる。たとえば53表のデータに基づいている70図によれば規準曲線で示されている50年における優勢木の平均樹高は94呎である。70呎の地位指標は70/94の比、すなわち10年階ごとに規準曲線の74.5%を持つことになる。10年間隔すなわち40, 30, 20, 10の林令に対する規準曲線の読みは74.5%にへらされ、新しい曲線はこの修正された読みからプロットされた点をとつて引かれる。その他の必要とされる地位級についても同じ方法が用いられるが、地位級の数は個々のプロットの樹高の範囲を十分におうものでなければならぬ。

完成した図面は二つの目的に使われる： オーに標準地を地位級に分類すること、オコに与えられた特性に関して表が現地で適用されたとさあらゆる林地を地位級に分類することである。

選う地位の林令に対する優勢木、平均樹高の真の曲線が標準曲線の形状に厳密に適合しているという仮定は繰り返し測定された固定標準地のデータの無い場合には一時的に役に立つ。やがては高い地位や低い地位に対する曲線の型は平均曲線と選うことが示される。

前述の適合した型に用いる仮定は（基礎となる標準地データが）全令級に亘って同じ様に効果的に地位級の同じ範囲に印さわたっているという仮定が立証されるならば長期に亘るデータが欠けている場合でも意味することができ、修正をすることが出来る。その方法はつぎのとおりである。

1. 前述のごとく標準曲線を引く。
2. 10 令階ごとに標準地を分けその令級に対する曲線上の樹高と実際の樹高の差に基づく各令級の優勢木の平均樹高の標準偏差を計算する。
3. 各令級の標準偏差を標準曲線から求めた平均樹高で割る。これは変異係数（ σ/μ 値）といわれるものである。
4. その令級に含まれる標準地の平均林令に対して変異係数をプロットする。
 - a. プロットされた点が水平な直線で表わすことができれば適合した形をしているという仮定、すなわち標準曲線の周りの比率の変動は一定であることが立証されたことになる。
 - b. プロットされた点が林令とともに平向し上方に凹んだ曲線内に落ちればつぎの段階に進む。
5. ある10呎地位級の値を選んでつぎのように修正係数を計算する。

修正係数 =

地位指数となる樹高 - 標準林令における標準曲線の樹高

標準曲線の樹高 × 標準林令における変異係数

6. つぎのように両側の地位指標曲線のあらゆる林令における標準曲線からの%単位の隔りをきめるのにこの係数を使う。
 X 年における標準曲線からの%単位の隔り = 修正係数 × X 年における変異係数。

7. X 年における標準曲線の樹高を乗して比率を呎に換算しその差を図上にプロットする。

地位指標曲線を求めるためこの点を結ぶ。

8. 必要な地位級すべてについて5~7段の操作を繰返す。

loblolly pine の例ではオ4段で水平な直線が得られたので、これ以上先に進む必要はなかった。

53表 令級による *Loblolly pine* の標準地資料の分類

令 級	平均林令 年	標準地数	優勢木の平均 樹高 呎	エーカ-当り 立木数 エーカ-	エーカ-当り 断面積 平方呎	エーカ-当り 材積 立方呎
20 ~ 24	23	16	51	530	121	2,332
25 ~ 29	27	15	62	431	138	3,390
30 ~ 34	32	11	70	381	152	4,147
35 ~ 39	37	19	78	255	146	4,328
40 ~ 44	43	42	86	170	137	4,539
45 ~ 49	46	43	88	144	135	4,589
50 ~ 54	52	24	94	149	132	4,884
55 ~ 59	56	34	95	139	125	4,657
60 ~ 64	61	31	98	149	138	5,204
65 ~ 69	66	16	101	137	133	5,199
70 ~ 74	70	19	102	123	138	5,383
75 ~ 79	77	5	113	97	145	6,404

228. 各プロットの地位指数の決定

Determination of Site Index for Each plot.

グラフ(70頁)の線は正確な10呎地位級(50, 60呎等々)に一致する。標準地や林分を簡単に10呎級に分類できるように線は引かれている。最も近い地位指標曲線に関してプロットされた優勢木の平均樹高の位置を記入することで、各標準地の呎括約の地位指数が得られる。たとえば、25年生の林分の標準地は70呎の樹高をもっているとする。このプロットされた点は110呎の線よりいくぶん上にある。25年において二つの隣りあった曲線の隔りは8呎である。70呎の樹高は曲線上7呎のところ、すなわち8呎間隔の1/2、すなわち0.125のところにおちる。地位指数の単位では、これは0.125の10倍すなわち1.25、まるめれば7に等しい。

したがってこの標準地の地位指数は $110 + 1$ 、すなわち111呎である。あまり用いられないが地位指数は目測で補間することができる。ここでは問題となっている標準地は、地位指数111において存続している、すなわち、50年での平均樹高に達しその後さらに大きくなるという仮定が設けられている。才2の42年生の標準地は現在63呎の樹高をもっている。上記のやり方で地位指数が69呎であることがわかる。

229. 林令に基く総断面積表の調製

Construction of a Table of Total Basal Area Based on Age

最初の現地選拔を補充し表の目的に重要な影響を及ぼすため、異常な標準地を棄却するには内業で使える方法が必要である。標準地当りの断面積はこの基準を提供する。

各地位の林令に対する断面積の表は林令対樹高で使ったのと同じ方法で曲線から依られる。(53表)各地位に無関係に全標準地の断面積を10令階ごとに平均し林令に対する断面積の重み付き曲線をプロットする。つぎにそれぞれ110呎地位級の標準地を林令に基いて平均する。断面積に対して普通この曲線はいずれも全体の標準地に対する規準または平均曲線と同じ形をしていると仮定している。しかし各曲線は等間隔である必要はない。実際曲線間の隔たりは通常地位の悪いところから良いところに向つて逐次減少し地位の悪いところと良いところの断面積の差は樹高や材積の差より遙かに小さいものである。

標準地の平均値も重みの大きい点を除いては不規則になる傾向がある。この作業は規準曲線の傾向に従うがプロットされた平均値に含まれる標準地数で曲線上の各点を重み付けることで原グラフ上に各地位級ごとに別々に曲線を引くことができる。各曲線の平均値は異なる記号または色でプロットする。全ての曲線がプロットされたならばその間隔が等しいか、累進図であるかを定め、この規則的な配列に対して曲線を再調整して平滑化しなければならない。

一つの操作で曲線の形を定め曲線をつり合せるという長所をもつ前述のものより簡単でしかも精確な方法が使える。そのやり方はつぎのとおりである。

1. 各標準地の断面積がその標準地の林令に相当する規準曲線上の断面積に対する百分率を計算する。たとえば32年生の林分の標準地が、

エーカー当り120平方呎あることが分つたとする。この点における規準曲線では128呎と読まれる。したがってその値は $120/128 \times 100$ すなわち93.8%である。

2. 林令に無関係に同じ10呎地位級に含まれる全標準地を一しよにして百分率の平均値を求める。正確な平均地位指数も計算する。

3. 平均地位指数に対して平均百分率をプロットし、この点につり合う曲線を引く。このグラフは一般に交叉図 (intercept chart) (71図参照) といわれる。

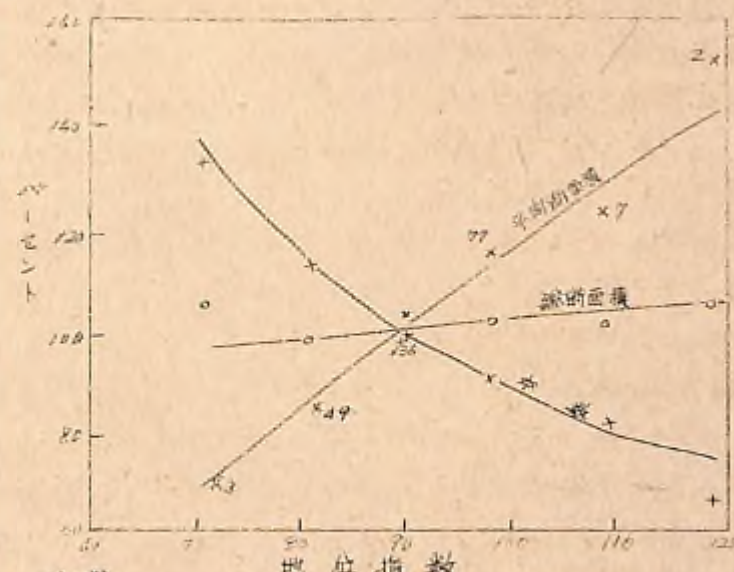
4. この交叉図から各10呎地位指数間隔で百分率を読み取る。

5. 各地位指数曲線に対する断面積を求めるため林令および10年間隔ごとに規準曲線から読みとられた断面積の百分率を適用する。この値をプロットする。いづれも平滑な曲線となるであろう。この曲線は各地位に対して林令とともに断面積の増加することを示す。

交叉図にプロットされた百分率は必ずしも直線上にはおかないが、ときには下に凹なる曲線が地位指数とともに増加する傾向があることにより最もよく適合することもある。

この方法は規準曲線の周りの断面積の変異係数が樹高の場合のように高くなる時のみ正しい。この条件を検定するには、優勢木の樹高の場合と同じ方法を使う。しかし適合させた線が上昇または下降するか、あるいは曲線であれば地位指数による断面積曲線は規準曲線に対して一定の百分率関係にないことが明らかである。

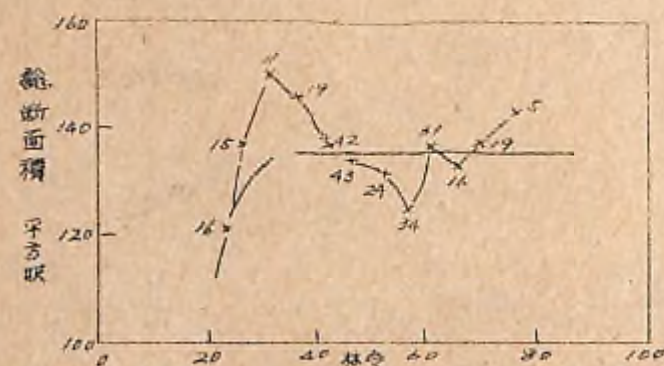
この場合には地位指数で曲線を定める



オ二の方法が必要となる。それは次の段階から成りたつてゐる。

1. 林令に対して断面の標準偏差をプロットしその点を曲線で結ぶ。
2. 標準曲線からの名標準地の偏差を標準地の林令に対応する標準偏差で割る。この比は標準単位 (Standard Unit) といわれる。
3. 地位級別に標準地を集め、クラスごとの平均標準単位を計算する。
4. クラスごとの正確な地位指数の平均に対して平均標準単位をプロットし、優勢木の樹高に対する交叉図を作ったのと同じ方法で曲線化する。
5. つぎに各地位曲線をつぎのように標準曲線を作った原図上にプロットする。
 - a. 標準曲線からの読みを取る。
 - b. 平均標準単位の表から地位指数の読みをとる。
 - c. 同令における標準偏差の読みをとる。
 - d. プロットする値を求めるためにbとcを乗じたものを加え合せる。
 - e. 10年ごとおよび地位級ごとに上記の操作を繰り返してプロットされた点を曲線で結ぶ。

53表の loblolly pine のデータについては、この二つの方法の中最初のもので十分である。71図、は交叉曲線を、72図は標準曲線を示す。標準曲線としてプロットされた点は、選別立木度の標準地、特に幼令級の影響をはつきり示しており、曲線の位置を定めるにはかなりの判断が必要であった。0年で断面は0平方呎でなければならぬため最左端で



72図 loblolly pine の断面面積の標準曲線

は急に下降する必要がある。交叉曲線は普通水平または、わずかに下方に凹である。10呎地位間隔に対する値はつぎのとおりであることが示された。

地位指数	交叉百分率
70	95
80	97.5
90	100
100	101.5
110	103
120	104

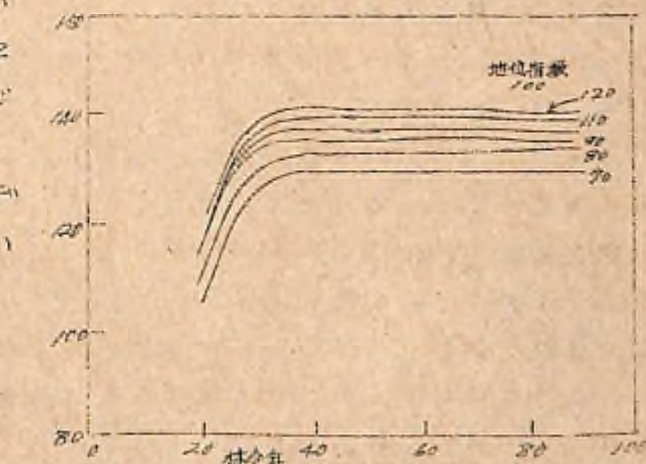
地位指数 70 の断面曲線は 95% を標準曲線の断面に乘ずることで作られ、また地位指数 80 の曲線は 97.5% 等々を乗ずることで作られる。

73 図は完成した図を示しており、これから正常林分の総断面は各林令、地位指数ごとに直接読みとれる。

同じ方法を立木本数、平均断面、さらに立方呎単位エーカー当り伐損について繰り返す。

総断面、立木本数、平均断面の曲線は独立に引かれているから 10 年ごとの点で互いにクロステイクすることは出来ない。たとえば、総断面を立木本数で割ったものは独立に引かれた曲線から読みとられた 10 年級ごとの平均断面を与えない。このために次のようにクロスチェックしなければならない。各地位-林令の読みに対し立木本数に平均断面を乗じたものが総断面に等しくなるという関係が当てはまる。このことは必要かつばからざる条件であるから、三つの標準曲線は同時に描かれ、上記の関係によつてその全範囲を通じて吟味される。クロスチェックが完全でなければ完全に一致するまで曲線は修正しなければならない。こゝで一つ困ることは恒々のプロットから計算された平均断面は全プロットの立木本数でその林令の全プロットの断面を割つて求めた平均断面と等しくないことである。

オ二の断面の計算は平均断面標準曲線のおとでなければならぬ。標準曲線の吟味を行い、交叉曲線を引いてから同様の吟味を次の関係を経てこの交叉曲線について行う。百分率単位で、平均断面に立木本数を乗じたものは断面に等しい。図 71、からとつた次のデータはこの方法を示している。



73図 loblolly pine の地位指数に対する調和断面曲線

地位指数	交 叉 百 分 率		
	断面積	立木本数	平均断面積
70	95	138.5	68.5
80	97.5	114.7	85.
90	100	98.	102
100	101.5	87.5	116
110	103	79.5	129.5
120	104	73.2	142

この表の各行において後の二つの百分率の積は最初の百分率に等しく
 (たとえば地位指数 100 では 87.5×116)で、したがって三つの曲線は
 この点でクロス・チェックしている。同じようなやりかたで吟味された規
 準曲線については各地位級林分に対するすべての曲線は自動的に釣り合
 っている。曲線を作り上げてから 10 呎地位級および 10 年ごとの令級の全
 範囲にわたってデータの各クラスについて表を作るのが普通の手順であ
 る。

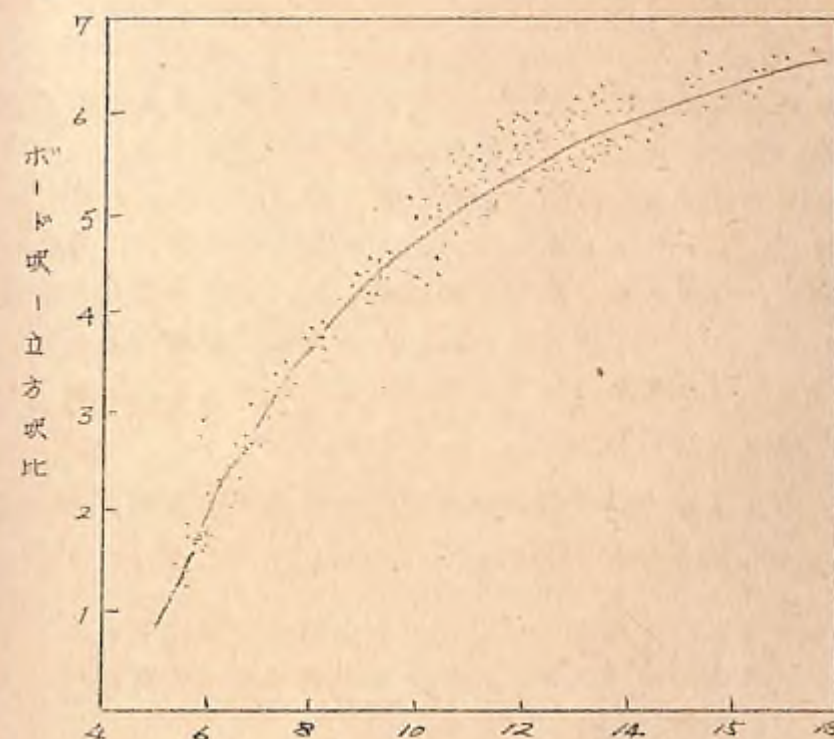
230. ボードフィート に対する 収穫表 *Yield Table for Board Feet.*

ボードフィートに対する収穫表は林分の平均直径に対して曲線化した立
 方呎対ボードフィート比を立方呎単位の収穫量に換算することにより全林分
 立呎単位の収穫表から誘導される。

この曲線を求めるため各標準地のボードフィート材積を全林分立方呎材積
 で割る。

この比を平均し、標準地の平均直径に対してプロットする。この曲
 線は非常にうまくきめられる。うまくきめられなければ、標準地の記録
 や計算を慎重に吟味してみる必要がある。74 図は *loblolly pine* のボ
 ードフィート対立方呎曲線である。

与えられた林分地位級のボード呎単位の収穫量を計算するには直達
 表からこの級に対する平均林分直径を求め曲線からこの直径に対するボ
 ード呎対立方呎比を読みとる。つぎにこのクラスの立方呎単位の収穫量
 にこの比を乗じボード呎収穫表に計算したボード呎を記入する。



74 図 *loblolly pine* の平均林分直径に対してプロットしたボード呎対立方呎比

231. 利用径級以下を除いた林分の利用収穫量 *Merchantable Yields for Partial Stands.*

立方呎およびボード単位の利用収穫量の表も普通与えられた樹種ごと
 に作製される。これはボード呎単位についても依られる。たとえば直径
 12 吋以上の林分に対する立方呎単位の収穫量、断面積、立木本数、平均
 直径を示す表を作ることもできる。全林分に対する基本表 (*basic tables*),
 (*merchantable table*) が利用表を作る出発点として依られる。ボード
 フィート比の場合には全林分と利用林分の対応する林分データ間の百分率
 関係にはそれが林分直径に対してプロットされた場合には相関関係が大
 である。

原標準地記録を使って利用林分の立木本数、断面積、および立方呎単
 位の収穫量を全林分の対応するデータで割り百分率を表わす。この百分
 率を分類し林分の平均直径に対してプロットする。75 図は一つの例で

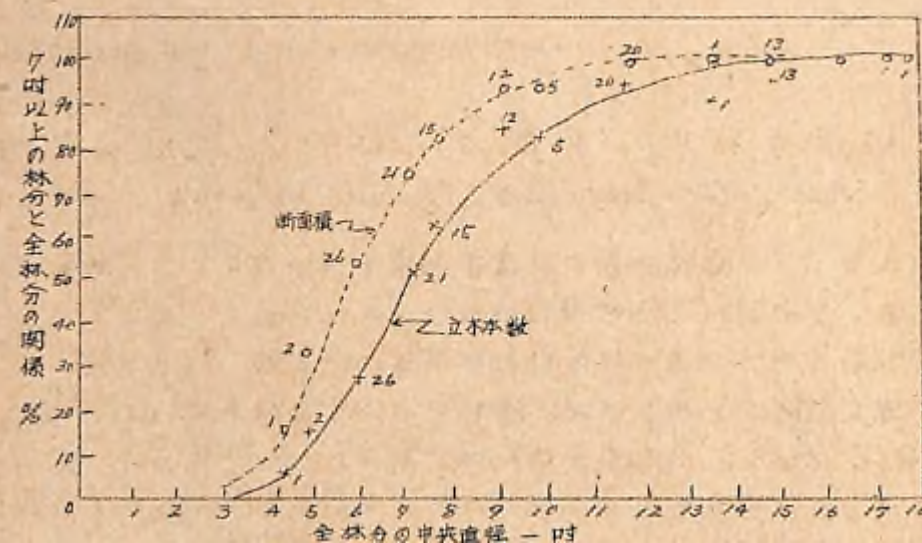
ある。立方収獲百分率を同じ図上にプロットすれば、これは断面積百分率の曲線のいくぶん上に来るであろう。

曲線の傾向は普通うまく定まり、プロットされた点でこゝには示していない)は狭い帯を形作る。利用可能林分の表を計算するには平均直径および特定の林令地位級の曲線上の百分率を読みとり全林分に対する表の相応する値にこの百分率を乗ずる。利用径級以下を除いた林分の平均直径はこの新しい立木本数で新しい断面積を割り、この平均断面積を $d.b.f$ に換算することによって求められる。ユーロ材、粗材、丸太材の収獲表は立木/28立方呎の標準ユーロ単位で表わされる。その調製は上と同じ原則にしたがって行われる。

232. 正常立木度の同令林の林分表 (直径階別本数表) および蓄積表

Stand and Stock Tables for Fully Stocked Even-aged Stands.

林分表 (直径階別本数表) は与えられた林分の直径階別エーカー当り立木本数を示す表として定義されている。蓄積表は各直径級の材積を示す。



75 図 ----- は全林分の断面積の百分率として算ひかれた7吋以上の木の断面積
————— は全林分の本数の百分率で算ひかれた7吋以上の木の本地、林分平均 $d.b.f$ に対してプロットしてある。

[Donald Bruce, *A Method of preparing Timber Yield Tables*, Jour. Agric. Res., 32 543-547 (1926)]

収獲の際正常立木度林分の林分表および蓄積表は林分の立木本数および材積分布の完全な様子を示してくれるので、きわめて役に立つ。これらの表によつてあらゆる直径級、直径級のグループ、直径階界以上または以下の材積分布および割合を求めることができる。林分表は頻度分布または曲線の調製を含んでいる (13 節)。同令林分では直径級に対する立木本数の頻度曲線は普通特に幼令林では歪んでいる。極く幼令林は J 型分布で出発している。すなわち最大の本数は最小クラスに在り、右にいくに従つて急激に減少する。

林令の進むにつれて徐々に曲線は右方に移動し一定の頂点が現われる (15 節)。曲線の頂点はいさゝ直径級にはあるが最小の直径級のところにはない。林分が老令になるに従い頂点は一層中心に近くなつていく。樹種によつては分布の中心を越えるものもあり、その結果歪の性質をもった歪みを生ずる。蓄積分布表の頻度曲線は一層極端であり、利用林分ではその端は利用直径で打ち切られているため複雑さが増している。

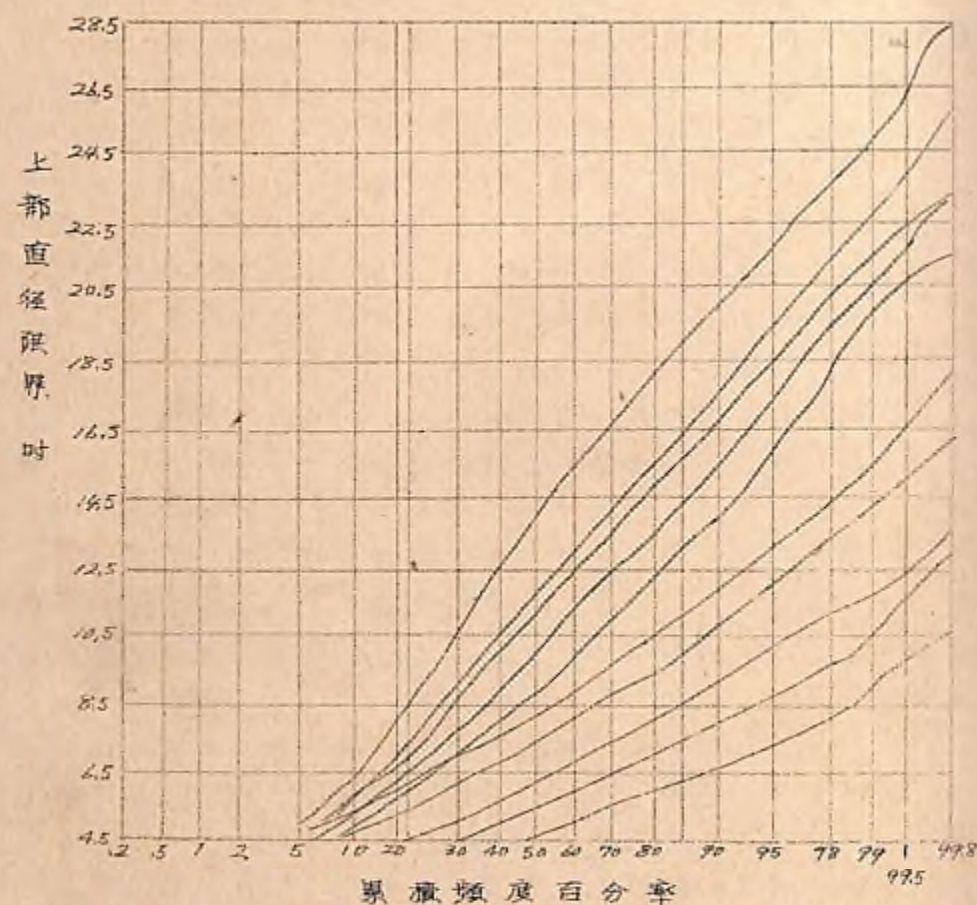
したがつて林分表および蓄積表の調製は容易ではない。少なくとも二つの図形的な方法および二三の数学的公式がこのために使われている。

この方法を充分に論ずることは本書の範囲を越えるものである。算術的確率紙を使う方法が最も簡単で 76 図に示してある。この図を作るには、まず標準地を平均直径級ごとにまとめる。各林分の各直径級の立木本数は平均累積頻度曲線を求めるためそのグループに入る全林分に対して集計する。それから直径階別立木本数の累積頻度分布を全立木本数に対する百分率に換算する (13 節)。特別目盛の方眼紙 (算術的確率紙) にその百分率とこれに対応する直径階界をプロットする。この方眼紙の百分率目盛は等間隔ではなく誤差の正規方則に合うように目盛つてある。換言すれば分布が本当に正規であればプロットされた点は図上に直線として表わされるであろう。分布が平均より右のほうに多い割合になつておればプロットされた点は下方に凹となる。百分率単位のすべての累積頻度の組をプロットしてから立方収獲表の調製で示したのと同じ方法で同じ方眼紙上で同種類の曲線にその組を平滑化する (84 節)。

この方法は林分表と同様蓄積分布表にもすぐ応用できる。利用可能林分の分布はこの方法によつて、なんらのめんどうなことも起らない。

右傾の歪をもっている場合とか小直径のような場合には対数確率を算

術確立紙の代りに使えばプロットされた線は直線を表わすであらう。



176 図

算術確率紙にプロットした loblolly pine の直径階別本数の累積分析

第28章 正常收穫表を使つての平均同令林の 定期年成長量と收穫量の予測

Prediction of the periodic annual
growth and yield of "average" even-
aged stands by use of normal yield tables.

233 平均林分への正常收穫表の応用

The Application of Normal Yield Table to Average Stands.

同令林に対する收穫表の第一の用途は、左範圍に互る林地に成着して
いる現実林の将来の成長量を予測することである。大面積の未経営林分
では收穫表に示してあるような正常收穫量は決して生産されないであら
う。このため現実の立木度に応じて差し引きをしなければ現実林の立木
度によって変化する百分率だけ收穫量は前に過大推定されることになる。
しかし、このことは正常收穫表の価値をそこなうものではない。
同令林の成長量を予測する最も実際的な正確な方法は正常收穫表を使う
ことである。收穫表から得られた正常な成長量を現実の成長量に換算す
ることによってこの予測が行なわれる。

234 経験的すなわち正常以下の林分の收穫表

Empirical, or Subnormal, Yield Tables.

ときには正常收穫表に用いたのと同じ方法で過小立木度林分の平均的趨
勢を知るため、すなわちいろいろな林令の林分内で十分な標準地から採
っている代表的標本を測定するが、標準地は正常立木度の林分だけに限
られておらず、そして正常立木度の林分すなわち正常收穫量というより
はむしろ大面積の現実の平均收穫量を示す表を作製するという一定の目
的をもっている、收穫表が作られる場合がある。

どのような林令においても現実の蓄積は正常なものの 0~100%ま
で変化しているから、かゝる表は測定された標準地で得られた偶然の平
均を表わすに過ぎず、したがって標本に含まれている林地のその時点に
おける状態を表わしているだけである。これは正常收穫表とまったく同
じように個々の林分について修正する必要がある。

収穫表がエーカー当りの平均の正常生産量に近くなればなるほど現実の収穫量を得るためにこの基準からより一層正確に修正することができるので正常収穫表ほど満足いく結果は得られない。正常以下のどのような基準も林分の正常な発展過程と一致させることが難しい判断の基準となるであろう。天然生の正常以下の立木状態では同樹種、同令、同位地位においても収穫量には相当の差異が認められるので、経験的収穫表を作成するには多数の標準地が必要であるばかりでなく、かかる表は地位や同伐による収穫量を示すのになんの価値もなく経営の目標である正常林 (*normal forest*) における正常潜在蓄積 (*normal potential growing stock*) を示すこともできないのである。

235 過小立木度の林分

Understocked Stands

正常な型をした樹群が伸長する範囲はほとんどの樹種では広葉樹より針葉樹のほうが特にそうであるが、厳密な制約をうけているので林分がその一生を通じて正常な立木度をもつためには、次の二つの条件が必要である。第一に林地は少なくとも成熟とほとんど同時にうつり代した樹群を形成しうる間隔をもつ稚樹および萌芽樹で一様かつ完全におおわれなければならない。最良の樹形および密度が枝の成長の抑制によって得られるならば、この密生させる事が必要である。

第二の条件はなお一層重要である。与えられた伐期または成熟期に正常な樹群半径を超えて成長したため林地で群状の枯死が起るような事故、あるいは損傷は決して起ってならない。このため林分に穴が残ることとなり、周りの樹群が伸長し疎開地における稚樹の成長は旺盛となるにもかかわらず、被害を受けた年から成熟するまで永久にその令級の収穫量は減ってしまう。林分が稚樹の成長、連年成長量の増加、最後に連年成長量の減少という段階を経てエーカー当り最大の平均年成長量を示す林令までには50〜120年というかなりの長年月を要するのでいろいろな事故や損傷が林分で起る。その結果ある令級でこのような被害をのがれ正常な立木度を保持している林分は普通稀れでその面積は小さい。被害を受けた残存林分はいずれも程度の差こそあれ過小立木度となっており正常収穫表の正常立木度の条件には達しないであろう。

正常収穫表の立木度の基準は林令の如何を問わず林分が標準地をとった樹林において正常な立木度をもっていると考えられるものである。したがって、過小立木度林分の疎密度は平均最大としてこの基準の項で表わされる。

236 立木度の数値的測定—疎密度比

Numerical Measure of Stocking-Density Ratio.

収穫表の正常立木度の林分と比較される立木度は現実のエーカー当り断面積のこれと同等の正常林分の断面積に対する比として測り得る。現実の立木本数と正常立木本数あるいは現実材積と正常材積に基づくこともできる。しかし断面積は最も確実な結果を与えるので立木度指数 (*stocking index*) を計算する基礎として一般に用いられている。単木当りの断面積は樹冠面積と直線関係をなしている。これは各樹種内では一致しているのが耐陰力の異なる樹種では違ってくる。立木度が完全に林分が利用可能の大きさに達した場合、どのような樹種でも樹冠被覆面積に対する断面積の比は一定になる傾向がある。総断面積はこれを生産する總林地面積と密接な関係がある。正常立木度の *lobloly pine*, *ponderosa pine* の林分ではある林分で、この比がひとたび定まればエーカー当りの平均断面積は個々の標準地の断面積の変動にもかかわらず、けっして増しもしなければ減りもしせず曲線は底辺に平行となることかばっきり示された。他の樹種では、林令の増加に伴っていくぶん増している。このような理由で、相対的断面積は正常立木度の百分率を決める妥当な基礎となっている。そこで、与えられた地位、令級の林分に対してそのグループのエーカー当り総断面積の平均を計算し、相対的立木度を求めるため同じ地位、令級の正常林分のエーカー当り断面積で割る。たとえば、70呎の林地 (50年生で地位指数70呎) の *Western white pine* の林分でエーカー当り実測断面積が150平方呎、正常立木度の林分の断面積が244平方呎であるとすればこの林分の疎密度比は $\frac{150}{244} = 0.615$ 、すなわちこの林分は61.5%の立木度である。

正常の程度が立木本数または材積で測定された場合には、立木度の百分率は若干違ってくる。

例えば *Pouglas fir* の再生林の研究で81の地方で計算した立木度

の百分率は次のように変化している。

基 礎	正常立木度に対する平均百分率
総立木本数	78.2
総断面積	82.0
立方呎材積	82.1
ボードフット材積 国産規格	84.3
スプリナー規格	85.7

上のことから明らかに断面積の密度は材積のそれと等しいという仮定は立方呎材積については正確であるがボードフット材積に対しては2~4%過小推定することになる。

237 林令地位に独立な立木度の測定値—林分疎密度指数

A Measure of Stocking Independent of Age and Site Stand Density Index.

上の例で立木度は何時でも林令と地位の函数である。立木度を決定する際、これら二つの要素を除いた方法は相当の利点をもっている。

Gevorshianty 及び *Reineke* はエーカー当り立木本数を林分直径に対してプロットしたら、本数は林令、地位に依りて直径が増すにつれて規則的に減少することを発見した。例えば、さめる樹種の正常立木度は平均9呎の直径をもつエーカー当り300本で表わされる。この数値には120呎の地位では27年、100呎の地位では32年、80呎の地位では37年で達し得る。正常立木度の林分は老令になるにつれて、樹冠や直径は絶えず増大するが、普通被圧木の枯死のため林木は消失してゆく。従って総立木本数は減少し、そのため比較的小さい木では平均直径の増加は分らなくなる。幼令の正常立木度の林分は、エーカー当り多数の本数と小さな平均直径をもっている。老令の正常立木度の林分はエーカー当り比較的に少い本数と大きな平均直径をもつ。

対数方眼紙に色々な林令、地位の正常立木度林分のエーカー当り立木本数をプロットすれば正常立木度を表わすすなわち過小立木度林分の標準曲線として使える直線が形造られる。現実の過小立木度林分の平均直径とエーカー当り本数がこの図上にプロットされれば、立木度の相対的百分率が示される。

樹計巾と樹幹直径との比は樹種によって異なるから樹種毎に正常標準曲線が必要である。

例えば、広葉樹は針葉樹よりも与えられた直径に対して常に大きな樹冠の広がりをもっている。一般的な関係に対する *Reineke* の公式は

$$\text{立木本数} = KD^{-1.605}$$

対数で表わせば

$$\log N = -1.605 \log D + R$$

∴ N = エーカー当り立木本数

D = 林分直径

K = 樹種によって異なる常数 = $\log K$

林分疎密度指数 (*stand density index*) は10呎単位の任意に選ばれた平均直径におけるエーカー当りの本数である。是が4605の時には公式 従って標準曲線は10呎で1000本あることを示す。全体の標準曲線は“林分疎密度指数1000”という名称があたえられる。これが実際に与えられた樹種の標準曲線であったならば、エーカー当り900, 800, 700本の所で10呎の横軸を横切るこれに平行な線を引くことが出来、同じ樹種のあらゆる現実林に対する林分疎密度指数を決めることができた。さらに立木度比は実際の林分疎密度指数を正常立木度林分の疎密度指数で割ることにより導き出すことができる。

Reineke は 調査した樹種について正常立木度の未経営林分において10呎平均木の林分疎密度指数は南部産マツの約400から *red fir*, *red wood* の1000まで変化することを発見した。

(*stocking note*)
林分疎密度指数も立木度比や百分率も林分が老令になるまで一定に保たれてはいない。過小立木度林分の直径成長は發生した林分より遅いのである。したがって過小立木度の林分は、林木の枯死も少なく直径成長も早いので、正常立木度林分に比較的早く近づく。これは実用的な精度で予測できるから過小立木度林分の将来の立木本数、平均直径立木度は現在、将来の林令、地位の如何を問わずその樹種の標準曲線から読みとることが出来る。このことは立木本数または平均直径だけではできないが、それは両者を使って実用的な精度で予測することは

できる。

238 現場で正常收穫表を使って同令林の成長量を予測する方法

Field Procedure for Predicting Growth of Even-aged Stands by Use of Normal Yield Tables.

同令林の成長量を予測するための基礎データを求める現地調査法は本質的には森林調査、あるいは蓄積推定である。しかしこのために森林調査では成長量を考えていない普通の蓄積推定では充分なものである大いさ級別の立木調査に加えて各林分の全林令、地位級を求めねばならぬ。従つて地図に空地、焼跡、不毛地の普通の区分に加えて各林相内の各地位、令級の林地を区分しなければならぬ。(150, 155節)

各地位-令級の境界を現場で地図に書き入れ推定のための表および林令表を林地毎に別々に作る(成長予測の精度は材積調査で得られる精度より長くすることはできないので)この方法は蓄積推定だけに必要なものよりもっと細分された結果を得るが、材積調査の精度は改良されるであらうし、将来の成長予測には必須のものである。(5節)

各林分の全林令は成長率による調査に別に定められた標準の成長量を加えることにより求められる。

各林分の地位級は標準木の標本の平均樹高を求め、地位指数グラフ上に標準地の全林令に対してこの樹高を安置することにより求められる。(219節)

林令、地位、疎密度という三つの因子が、かなり変動している大面積の林地を經營するにはこの三つの因子をもっと巾広いクラスにまとめる必要がある。林令をまず半単位で定め、標準地を5年、10年、20年のグループにまとめ平均する。例えば林令は輪伐期が100年以上の新種では20年でグループされるが、短い輪伐期のものに対しては10年でグループされる。地位の分割は4または5の巾広い地位級に限定しなければならない。立木度は疎、中密として示し得る。

分類でのより大なる改良点は主として平均收穫量推定の精度において慣れた増加なしに外果および内果計算に加えられるであらう。

239 現在の立木度百分率を使っての予測

Prediction by Use of Present Stocking Percentage

10年前すなわち1930-1940年代には過小立木度の林分が正常立木度の林分に近づく割合および成長の増加率を測定するため満足のゆく方法は一般に認められていなかった。1914年におけるCarterの先駆的業績は殆んど無視されていた。正常以下の林分の林木は正常林分のものより単木としては早く成長するという既知の事実は破壊的作用による将来起り得べき消失を埋合わせするのに役立つ成長量予測に收穫表を使う場合安全因子となるものとして使われていた。したがって断面積あるいはその他の基準で決めらる現在の正常度の百分率を将来における過小立木度林分の收穫量を求めるため正常收穫量に適用することが行なわれた。現在70%立木度の林分は将来10, 20, 30年等において正常收穫量の約70%の收穫であることが仮定されている。

Carterは60年生のWhite pineについて次表のような比較を示した。後の値は正常收穫表からの値である。

立木本数	正常本数に対する百分率	総断面積	正常断面積に対する百分率	ボードフット積	正常材積に対する百分率
136	36	175	74	39,200	83
176	46	208	88	45,830	97
380	100	236	100	47,400	100

この場合60年生で正常立木本数の36%という立木度は正常立木本数で示された比から予測されたものより明らかに130%多い收穫を上げる。その程度は斯るが、同じような相違を将来の收穫の基としてとられた幼令期における相対的断面積は示すであらう。

後に過小立木度の再生林は直線的割合で予測されるものよりはるかに大きな成長比を示すことが認められた。この成長量の増加を考慮した改良法は現在若干の主要な用材樹種について使われている。加えるべき樹種を研究すれば予測に使われるデータの範囲は一層広げられるであらう。このような方法は正常度元の傾向を定めるためいろいろ程度の過小立木度の同令林分を反覆測定することに基礎を置いている。(240節)

これは最も確実な方法ではあるが、非常に時間と労力とを要する。次の方法はGerhardt(241節)が提案したもののように経験的公式に基いている。Gevorkiantzはレーク州の場合にこの方法を適用し

た。カミの方法は累積林分表で成長量を分析することから導きだされる。正常度えの接近についてのデータでもって、その傾向を監視し、現在の立木度が将来においてもかわらないと仮定するのは誤りである。

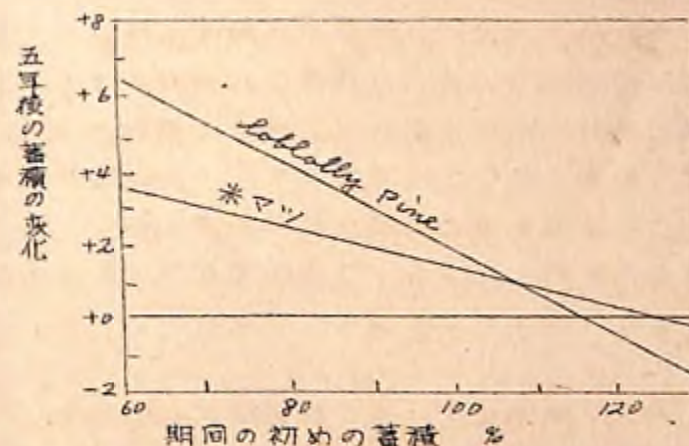
240 固定標準地で測定された正常な変化に基づく予測

Prediction Based on Normality Changes Measured from Permanent Sample Plots.

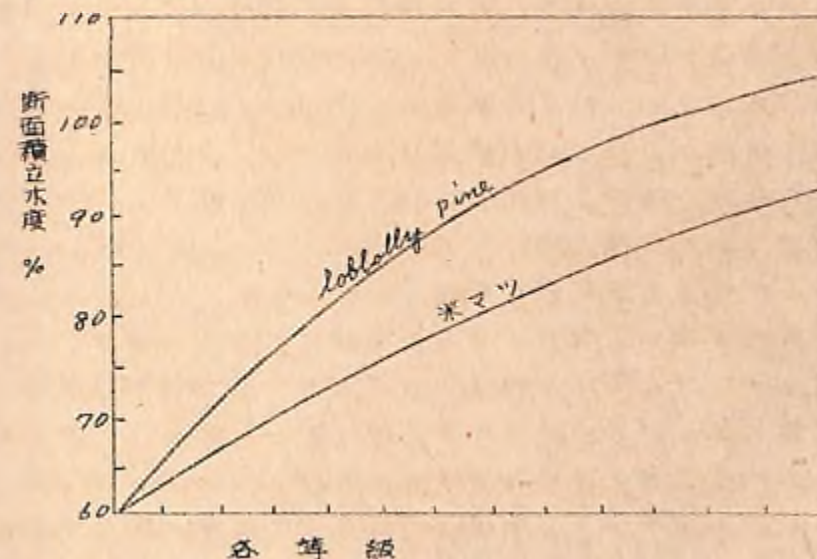
5年ごとに測定を繰返した固定標準地の測定地に基づくと少なくとも二つの標本のデータが、Douglas fir と loblolly pine に関するもの。過小立木度林分の正常度えの傾向をさめるのため使われた。正常百分率 (Normality percentages) は5年毎に計算され、その期間における立木度の変化がきめられた。この二樹種について過小立木度林分の現実断面積の正常立木度林分の断面積に近づく状態がグラフに示してある。この定期的変動を最初の立木度60%から順次加えてゆけばグラフの連続した曲線が得られる。両樹種とも過小立木度林分の断面積立木度は林分が老令になるほど増大し立木度の小さいほど、適当にその変化は早くなる。

この結果 林分が林令を増すにつれて平均立木度百分率はごく緩慢に増大するが、ときには100%すなわち正常状態以上に成長を続けることもある。これは比較された収穫量が正規の基準より幾分すくなめであることの証拠として受取れる。

与えられた林令に対する正常収穫量の百分率で表わした将来の収穫量は過小立木度林分の全林木の断面積の成長率に左右されることは明らかである。成熟期も平均成長量も影響を受け、最適本数が一ように分配されている時、成熟期は最も短くなるであろう。林分内で密生した部分の林木は正常立木度林分に一層近い成長をするであろう。したがって過小立木度は二つの条件の組合はされたものである。第一に、後になって樹冠が伸張しても被覆できない林分の穴、第二に将来樹冠および根系の伸張する範囲内での疎立である。Douglas fir についての林分構成の分析では平均して54表に断面積について例示してあるように樹冠の穴は正常立木度えの接近の遅延に重大な関係のあることが示された。



77図 期間の頭初の正常立木度百分率に対する断面積立木度の5年間の変化



78図 年令の進むにつれての断面積立木度百分率の増加

54表 立木度によらず同断対空隙の影響 ベイマツ Pacific North west

実の林分面積 = 全面積 - 空隙%	断面積立木度 %	空隙を除いた空間 に帰因する差
50	44	6
60	53	7
70	62	8
80	71	9
90	80	10
100	89	11

立木度に支配される54表における断面積立木度の不足額の総計——わすか6~12%にすぎないか——は疎立に帰因させることができる。この比率は空疎を避け、同種が過小立木度の主要因子となっている比較的小さな標準地で観測されたものであるから、78図から判断された正常度の成長はその傾向が過大推定されるであろう。

このことは林分が更新した場合には疎立することもあるが、一様な分布を獲得する必要のあることを強調している。

241 Gerhardt の経験公式に基づく疎密度百分率を用いた予測

Prediction by Use of a Density Percentage Based on Gerhardt's Empirical Formula.

正常度の成長を処理するため収穫表から得られた定期成長量の推定値を補正する方法が1930 E Gerhardtによって示された。補正を行うための公式は次のとおりである。

耐陰性(陰樹)の林木については $G = dZ(2-d)$

耐陰力のない(陽樹)林木については $G = dZ(1.7-0.7d)$

G = 10年間の材積の現実定期成長量

Z = 10年間の正常定期成長量

d = 現実断面積の正常立木度の断面積に対する百分率

方程式の dZ なる項は収穫表から得られた正常定期成長量を現在の立木度の状態に導く。二つの式の次の項 $(2-d)$ か $(1.7-0.7d)$ は次の期間における正常度の成長量 (growth of normality) に対する補正である。応用例として耐陰性の北方系広葉樹の林分で正常立木度は次の10年間にエーカー当り300 bd. ft. の定期年成長量を与えるものと仮定しよう。正常以下の林分の立木度は相対的断面積から0.5であることが分る。この林分については

$$G = 0.5(300)(2-0.5) = 150(1.5) = 225 \text{ bd. ft.}$$

立木度0.5、正常定期年成長量500 bd. ft. の欧州 Norway pine アカマツの林分は陽性樹種の公式から次の成長量を持つであろう。

$$G = 0.5(500)[1.7-(0.7 \times 0.5)] = 250(1.35) = 337 \text{ bd. ft.}$$

疎密度が疎になるほど d の値は小さくなり、この補正值は大きくなるであろう。55表はこの補正の効果を示すため一組の定期年成長量の値

を記載したものである。

55表 Gerhardt の成長量係数

立木度 百分率 (1)	陰 樹		陽 樹	
	現実と正常定期成長量の 百分比 (2)	(2)と(1)の比 (3)	現実と正常定期成長量の 百分比 (4)	(4)と(1)の比 (5)
90	99	1.10	96.3	1.07
80	96	1.20	91.2	1.14
70	91	1.30	87.4	1.21
60	84	1.40	76.8	1.28
50	75	1.50	67.5	1.35
40	64	1.60	56.8	1.42
30	51	1.70	44.7	1.49
20	36	1.80	31.2	1.56
10	19	1.90	16.3	1.63

※1列すなわち疎密度百分率は dZ の値とまったく等しく成長量の増加が無視されていた239節の疎密度百分率に対応する。※2列は陰樹の公式から得られた結果を示す。林分が90%の立木度であれば次の10年間の成長量は90%ではなく正常なものの99%であることが期待され、80%立木度の林分では96%である。※3列は最初の二つの列の対応する値の関係を示し、疎密度が10%づつ減少するのに対して常に10%増加することを示している。陽樹の公式は※4、※5列に示してあるとおり疎密度の10%の減少に対して7%増大することを示す。Gevorgiantz, Duerr が使ったこれらの公式の一般式は次のとおりである。

$$g = dG(1+K-Kd)$$

g = 過小立木度林分の10年間の成長量

G = 同じ林令地位の正常林分10年間の成長量

d = 疎密度すなわち立木度の百分率

K = 樹種による百分率

K の値は次のよう定められている。

陽 樹 0.6 ~ 0.7

中 間 樹 0.8 ~ 0.9

この二人は立方呎に対する係数 K は正常收穫表ではボード呎単位の成長量にそのまゝ適用されることを発見した。正常立木度林分に基いていない收穫表では K の値はそれ相当地に小さくなる。但し成長量に適用されるものではあるが、真の成長量すなわち枯死または損傷木を除いた成長量にも適用できることも分った。北方系広葉樹について *Georokiantz* は林令立木度に関係無く係数 K として1を使ったが、これは要令林にも使える。したがって同令林および対応する同令林の基本的正常成長量が問題となっている林分に適用できることが立証された同令林の成長量を予測するのに使える。

242 成長変量を基とした予測 — *Georokiantz*

Prediction Based on Growth Variables — Georokiantz.

Georokiantz は Lake 州の北方系広葉樹の択伐林で標準地の全林木の樹令を決めることにより令級分配を分析し、林分の大部分が短期間に更新する単一令階よりなる主林木から成立っていることを見出した。普通少数の老令級に属する老令樹が存在した幼令樹の群落も存在していた。そこで彼は成長予測は主として同令の主林木に基いて行い得ると結論した(図79A)。

地位級は独立変数としての主林分の平均直径上に従属変数としての主林分の平均林令の曲線をプロットすることにより決められた。

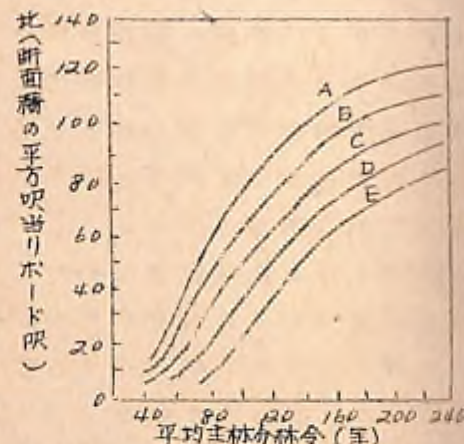
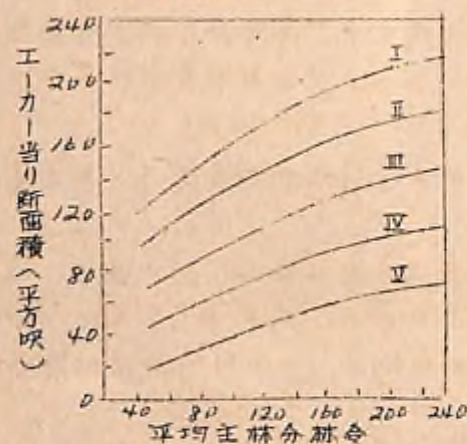
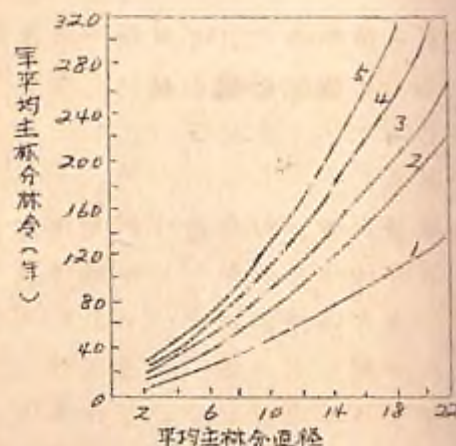
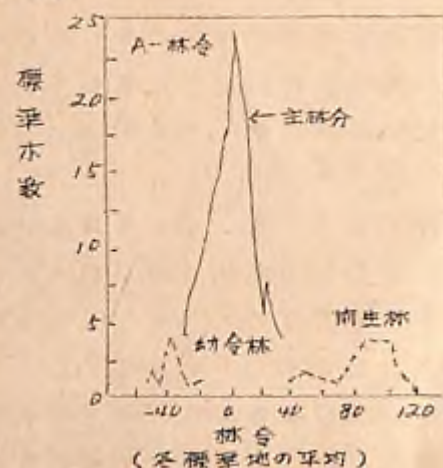
直径に基づく林令の規準曲線は与えられた直径に対する林令がそれぞれ規準曲線のそれよりも大、または小なる5つの曲線の基礎となるものとして役立つ(図78B)。最良の地位(5)では次の平均直径に達するに要する期間は最悪の地位(1)に至るまでのどの組のものよりも少なかった。このような平均林令は林分が比較的になさなものであるから成長するのに要した期間およびより大きなものになるのに必要な年数を示す。平均直径で与えられた年数だけ増大するに要するすぐ前または後の年数は表から求められるものであり、この期間が地位を決定する。地位指数の図は樹高に対するものと似ているが曲線の型は林積対直径のように下に凹なる上昇曲線である。図79Cはその林型の充分な立木度をもつ林分で取られた標準地から各林型毎に作られる。

これら林分のオオの変量と考えられる林分疎密度は各林令におけるエーカー当りの総断面積に基き、図上に5つの疎密度級として表わされた(図79C)。図79Dに示してある各地位級毎に別々の断面積の図が必要である。

成長量のオオの変量は「利用指数」と呼ばれている。これは林分の断面積の平方呎当りのボード呎数で同令林の收穫表の調製に使われたボード呎 — 立方呎比に似ている。こゝでもまた指標図は利用性の級を表わす5つの曲線でもって、林令に対して利用比をプロットすることにより作られる。この比は主として林分の疎密度と疎密度を変化させる中央木の直径の変動により影響され、断面積を構成する立木本数の影響を反映するものである。本数の少ないほど(大径木であるほど)利用指数は大となるであろう。逆もまた同じである。これらの図は順次、図79Dに示した各地位級ごとに作られている。

林分成長量はこの4つの因子から予測され短期間における各変量は次のようにして決定される。

1. 主林分の全直径範囲にわたって選ばれた木を成長錐で調査に加えて経験に基づいて主林分の平均林令を定める。
2. 主林分の平均直径に対する林令を定めることにより地位指数図(図79B)から地位を定める。
3. 示された地位に対する疎密度図(図79C)を選び主林分の林令に対するエーカー当りの断面積を定めることで疎密度級を決める。
(density chart)
4. エーカー当りの断面積でエーカー当りの総材積を割って利用率を計算し図79Dで主林分の林令に対して率を定めることで指標曲線(under curve)を求める。



79 図 Lake 州の北方杉及葉樹林相で示した成長量に影響する4大要素
(S.A. georkiantz and W.A. Puess, Methods of Predicting
growth of Forest Stands, Lake States Forest Expt, Sta.
Economic Notes 9, 1938)

5. 将来の断面積疎密度および利用率はこれら曲線の投影から求めることができる。将来の材積はこの二つを乗することにより求めることができる。

詳細な方法の特別な例を次に示す。

1. 林 令 120 年
2. 現在材積 4000 bd.ft.
3. 主林分平均直径 14 吋
4. 示された地位 2 等地 (79 B 図)

5. 林分断面積 80 平方呎
6. 疎密度 IV 等 (79 C 図)
7. 利用率 $4000/80 = 50$ bd.ft. 断面積の平方呎当り
8. 年50に対する利用率 D (79 D 図)
9. 図による 130 年生の断面積の予測量 87 平方呎
10. 図による 130 年生の利用率予測 130 年生で 63
11. 将来における材積 $87 \times 63 = 5481$ ボード呎
12. 10 年間の成長量 $5481 - 4000 = 1481$ ボード呎
13. 末期年成長量 148 ボード呎

この一般的方法は林令対材積、断面積対疎密度、与えられた林令における平均直径対地位に対する経験的基準およびいろいろな立木本数の影響を取扱うため利用指数に左右される。明らかに輪伐期全体にわたる基準となる同令正常林分に対する成長予測と対比させることで 10 年以上について成長量を予測することは過小立木度林分におけるこれら変量の影響のため不可能である。

243 エーカー当り本数による蓄積の比較できる累積表に基づく予測 Prediction Based on Comparative Cumulative Tallies of Stocking by Numbers of Trees per Acre.

まだ発表されていないが Alabama の未成熟の longleaf pine について 1945 年 H.H. Chapman が採用した方法は同じ 80 呎地位、の土地に生育している *Urania, La* の 32 年生の正常立木度林分に基礎をおいた。各林木の測定値は樹群の直径、樹高、材積の成長の分析からできる三つの過去の時期においてとられた。

各標準地の林木は直径成長率によってまとめられた。最も早い成長を示す 50 本の林木が平均された。この群に次の 50 本が加えられ、最も早く成長する 100 の木について平均が得られた。その上 100 本の木を加え、200、300 本等の林木に対する新しい平均を計算することにより正常立木度林において比較的大きく、成長の早い林木のエーカー当り本数増加に対する優勢木および成長率の減少状態を表わすそれぞれの立木本数についての成長率を得られた。最後の数値は成熟した林分の成長率を与える。5 年回隔で繰返し測定することにより 32 年に達する林令に

基いて — 曲線は次いで45年まで延ばされるか — 最大50, 100, 200 …… 本の林木に対するエーカー当りの材積曲線に必要な点を得られた。

この曲線はもしそれが全林分を構成しているならば指定されたエーカー当り立木本数となる成長量を示してはいない。100本しか表われていなければこの林分は過小立木度である。

過小立木度の割合は断面層に結びつけることができるが、この場合には比較の基礎は同じ立木本数が正常立木度林分を示す成長量を用いた。現在必要なのは正常立木度林分における成長の早い樹群の代りにそれらが過小立木度林分を構成するとき、この本数がどのくらい早く増大するかをさめることである。この比較は *Urania* の2標準地と *Alabama* の25標準地から得られた。これらの林分から得られた点は正常立木度林分の同じ立木本数の標準曲線に対比させて林令に対してプロットされ、修正された曲線が引かれた。バルブ材の皮付コード単位の収穫量に対するこの曲線を80図に示す。元になる規準即ち規準曲線は示してない。この比較は *Gerhardt* の仮定とよく一致した。正常なものに対する最大の過剰成長量は現実林における最小本数のもの及び幼令時に起る。正常なものへの近ずき方は早く、最初の本数にしたがって違った林令で正常立木度に達する。これは常に同じ林令において正常収穫表で示されている平均本数より少ない本数でもって到達する。

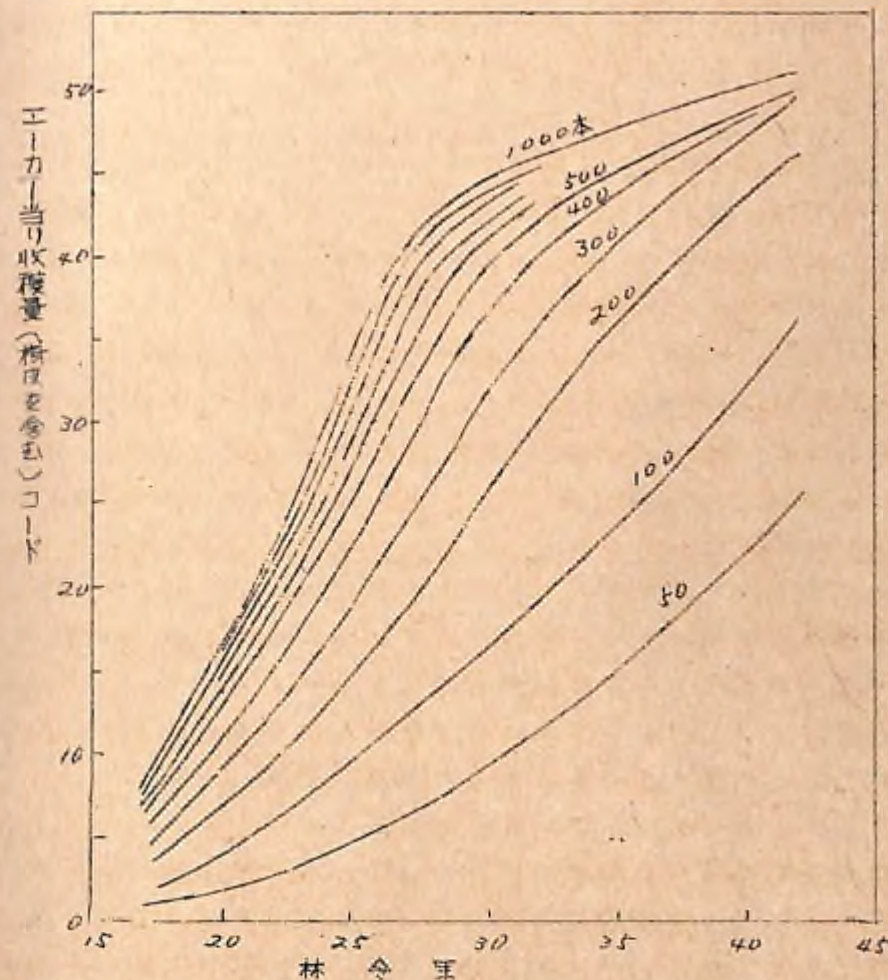
次の10年間の終りにおける全林地のコード単位のバルブ材収穫量は航空写真で得られた面積に80図の値を適用してきめられた。以前調査した年に発生した *longleaf pine* の令級が分った場合にはこれらは樹高の差によって地図上で分類でき、その面積が地図で表わされた。エーカー当り100本だけ違う疎密度級も航空写真で識別し分類できた。10年生の林分の将来の成長量が各林地に適用された。過小立木度 *longleaf pine* の稚樹の枯死は実際には無視できる。

地位に関する差、火災との関連 *longleaf*, *slash*, *loblolly pine* 間の非耐陰性は純林に対して75%限界を越える混交林がないのと同じである。

成長量の子測には使われないが56表はエーカー当り100本の差による断面層 *dbh* における中央木の相対的成長量におよぼす立木度の影響

と断面層に対する関係を現わすために示されたものである。

80図はかなり一様な間隔で過小立木林分が正常なものへと近づく様子を示している。(樹間拡張力を越える空隙はない。)



80図

南部 *Alabama* Hの *longleaf pine* . 過小立木度林分の粗材標準コードによる収穫量, エーカー当り50本と更新樹によって加算された100~1000本に対するもの。50年生で地位級80呎

表 56

正常立木度林分の樹高因子として生育している与えられた立木本数に
対する断面積、平均断面積、平均 D.B.H

Longleaf pine Umania, LA., 1945. 12 地位 80 呎

エーカ- 当り 本 数	22 年 生			27 年			32 年		
	断面積 平方呎	平均断面積 平方呎	平均 d.b.h. 吋	断面積 平方呎	平均断面積 平方呎	平均 d.b.h. 吋	断面積 平方呎	平均断面積 平方呎	平均 d.b.h. 吋
50	13	0.26	6.7	17	0.34	7.8	21	0.42	8.7
100	22	0.22	6.4	30	0.30	7.4	38	0.38	8.3
200	39	0.19	5.9	58	0.29	7.3	64	0.32	7.6
300	53	0.18	5.7	69	0.23	6.4	85	0.28	7.2
400	65	0.16	5.4	82	0.21	6.1	100	0.25	6.7
500	74	0.15	5.2	93	0.19	5.8	112	0.22	6.4
700	90	0.13	4.8	111	0.16	5.4	129	0.19	5.8
1000	115	0.11	4.5	137	0.14	5.1	151	0.15	5.2

同伐の行なわれた林分および行なわれなかった林分の平均値は 1913
年の播種期に発生した林分の中の 5 つの同伐および未同伐 1/4 エーカ-
標準地に基いている林令は播種の年からのものである。樹高は 6 年目
から始まった。それらが全林分を構成しているならば同じ立木本数の
林分はここに示してある比率より早く成長するであろう。

全生産物で判断される正常立木度は エーカ-当りの 700 本では 27
年、エーカ-当りの 500 本では 32 年、約 300 本では 37 年で到達
することが示されている。その地位を完全に利用するためこれらの樹種
に必要な立木本数は林分が老令になるにつれて絶えず減少する。

この目的は正常以下の立木度の比率を変え、このようにして得られた
立木度のエーカ-当り本数で分類された経験的收穫表を作り、将来の収
穫量に及ぼす影響、正常の近づく方、收穫物の材積と同様に面積を示
す標準地を設け測定を繰返すことにより達せられる。成長量の予測をす
る際の次の利点は色々な立木度、達った造林方法がとられた林分内に較
多くの固定標準地を設けることによりもたらされる。

一般に收穫表は将来の材積成長量を予測するため林業経営者にとって

役立つだけでなく、同伐および造林学的取扱いの性格すなわち将来の収
穫によって影響される森林の現在の価値、道路、伐採、工業施設の森
改善の妥当な範囲および価格、火災、昆虫、樹病による被害から森林を
保護するために行なわれなければならない測定の強度を示す最良の宛時的方
法である。期待される将来の收穫量から算出される現在の価値に対し現在
の費用が釣り合っているのはじめて森林は所有者に最大の利益をもたらす得るの
である。

第 29 章 林分表(直径階別本数表)による直径の

定期成長および連年成長

Periodic and Current growth in diameter based on stand tables

244 全令林で令級の代りに直径を使用すること

Substitution of Diameter for Age Class in All-aged Stands.

どのような生長予測の方法でも樹高対直径曲線から得られた各直径級
の平均樹高と各直径級別樹種別にエーカ-当り立木本数を示す直径階別
本数表から現在の林分材積が得られる。林令だけに基いている收穫表は
各林令における正常蓄積林分のデータを示し、これから同じ地位、林令
の現実の不完全蓄積林分の材積が予想できる。現存林令の予想された将
来の状態と同一地位、令級の正常林分が将来有すると思われる材積とを
比較することが一般に用いられている方法である。林分を構成している
樹木の成長率は陰影および耐陰性の影響によりかなりの差異があるため
陰樹の林分では意味のあるすなわち役に立つ平均林令を求めることは不
可能の場合が多い。179 節に樹木の成熟特に陰樹の成熟は年令より大
きさに密接な関係のあることが示された。これによれば近き将来一連常
は 10 年間であるが一筆木および直径級の直径および材積成長は変化
の少ない各直径級の木の平均林令より現在の直径と一層密接な関係が
ある。

long leaf pine や ponderosa pine のような陽樹でも幼時に老令木

成選木、幼令利用可能木、未成熟木のような3-4の大ざっぱな令級に原始林を分けることは実行不可能であることが分った。令級は大きさ、外観と関係させて大体区別できるが (*black jack pine* 対 *yellow pine*)、しかし各令級によって占められている面積の二枚の地図は決して一致しない。面積が分らなければいろいろな令級のエーカー当りの収穫量を知ることはできないし此の方法は棄てられる。

かゝる場合には直径級別にまとめて平均してある単木の林分表を全体としての林分あるいは林分内の別々の木の樹令の代りに使うことのできる。成長量の予測は別々に各直径級の平均木について行なわれる。過去の成長量は5, 10, 15, 20, 年のような過去の一定期間について 高木で成長錐をもって測定される。

樹令の代りに各直径級の平均木を用いる一般的方法は全令林に限られたものでなく、どのような林分即ち同令林、要令林にも使うことができる。例えば *old field* の *lobolly pine* の現存同令正常立木度の二次林分で70年生以上のものの見られない場合収穫表は80年生の林分に対してなんの比較にもなり得ない。この場合与えられた立地の70年生の林分は林分表の型で表わされる。5, 10, 15, 20, 年の過去の成長量は成長錐によって得られる。各直径級の成長量はこのような代表的な過去の期間についてきめられ、直径別に過去のおよび現在の直径、水平軸に代表的年令を示す別々の曲線がクラス毎に決定される。同令林では大径木の成長率は小径木より常に速い。(これが現在大径木である理由である) 最小直径級の成長率は0に近く曲線は水平になる傾向がある。成長が終ればこのクラスの木は枯死する。このような一連の直径成長曲線から実際に次の10年間に起る枯死を正確に予想できるのである。この方法については30章でくわしく説明する。林分表による方法の最大の利点はどのような正常以下の程度の林分にも直接適用出来、収穫の正常な基準から割引きをする必要がないことである。他の予測法と同じに(林木市場に於ける将来の価格)期間が永いほど結果は不正確となり誤差を生ずる可能性は大となる。林分表および直径級がエーカー当り枚数、年令に基づく収穫表の代りに使われる時には林分そのものの代りに林分を構成している木の将来予測が研究の基となる。林分はその構成部分すなわち林木に分割される。直径、樹高の将来の成長量および将来における形級の

変化は将来の材積を与える。枯死したりひん死または伐採された木は単木として取扱われはならず将来の「個」の材積を予測する時には無視されない。いろいろな直径級の中央木 *average tree* の性質およびその働きあるいは各直径級内に散ばっている色々な勢力、樹群をもつ木でも研究のための道具である。

22章で単木の直径、材積の成長率は根系および樹冠の伸長に利用できる空間に直接関係のあることを示した。林分が密なほど単木当りの成長量は少ない。この減少はエーカー当りの本数が多いことにより補われる。すなわちこれに代表的直径級の単木当り成長量を求めることによりエーカー当りの総成長量が得られるからである。適当なる間伐を行う林分の量的経営によって秋材の厚さで影響を受ける必要とされる留産、強度、年輪の緻密さ、強度を持つ材を最大量生産するように管理できる。立木度あるいはエーカー当り本数の変化に直接関係している直径の平均成長量の差は単に違った樹種についてだけでなく成長量を予測しようとする各林地について直径級毎に別々に平均成長率を研究する必要がある。樹種、林相、地位別に同類と占めている地区に見られる平均林分密度に適合した過去の成長量を得て、このしつかりした基礎からその特定の林地の将来についての予想をおえてするのがその目的である。どのような原因によるものにせよ大きな誤りは製材所および設備における過大または過小投資が将来の収量に影響するので経営に重大な損失をもたらす。どのような性質のものでもあまり細いことにかゝらば平均の結果はこの同類の解答となる。

245 林分表法の目的

Objectives of Stand Table Method.

現在の直径について林分表に適用するため林木級の過去の直径(樹高)成長から成長量を予測する場合にあらわれる問題は

1. 各直径級の現在の立木本数の中どの位が最後まで生き残るすなわち将来残存木となるかを定めること。(242, 243節)。
2. 成長量を調べる標本として成長錐で調査された木は全林分を代表するものであり、林分の平均成長率より早くも遅くもなく成長することを合理的に確かめること。(248節)

- 3 林分表の直径の計算に成長期間内に利用しうる大きさに成長する小径木を勘定に入れた大きさの巾を含ませること(249節)
- 4 各dbr級毎に将来における実際の直径成長量を予測する方法で過去の直径成長量を判断する。これは将来の成長量が過去の成長量と等しいであろうと仮定するだけでは駄目である。(250節)
- 5 サンプリングで得られた結果を森林の全林地に適用し経営の基礎として次の伐採期間の收穫量を予測することである。(251節)

246 林相, 地位級, 令級に関連させた林分表

The Stand Table as Related to Forest Types, Site classes, and Age classes.

前に示したように同じような成長をする樹種および樹種群は成長量を予測する時には常に別々に考えられている。しかし色々な地位に対して同一樹種の平均成長率に差があるかを定めることも大切である。大面積で将来の伐採量を規整するため全体にわたる総成長量の予想では樹種別の平均成長量を決定する単位として与えられた林相の全面積を比べれば十分である。成長量が調べられた標本が適当に代表的なものであればこのことはうまく行なえる。(248節)

小面積では地位の差は甚だしいことはなく樹種別の平均成長量は満足のものである。しかし低地の広葉樹林、高地の松、広葉樹混交林のように二つ以上の林相の存在するところでは積成樹種の成長率は各林相を一緒にして平均してはならない。低地広葉樹林の red-oak, red gum は高地の pine - 広葉樹林内の同樹種より一層速い成長率を示す。低地の広葉樹林に残存しているマツでさえ高地の林相にある同樹種より速く成長する。Arkansasの大森林で別々に研究された高地産 pine-広葉樹林を構成する樹種は loblolly pine, shortleaf pine, white oak, red oak 群であった。低地ではこの群は red gum, overcup oak, red oak, ヒッコリー類木であった。

単木当たり平均成長率が明らかに異なる林相は製図および林分表を計算する時、別々に取扱われねばならない。これ以外の理由による表の分別は直径成長および林分表が同令林に適用される時だけである。さもないければ林木を主要樹種別に表にした令級林分表は同類となっている林相

に対して満足のゆくものである。

運算伐採量を規整するため約50,000エーカーの小部分に分別された大面積の林地では各区劃ごとに別々の林分表が必要である。そうでなければ小區劃の平均成長量はこの林地から用材を伐採すべき割合と釣り合うこととできない。立木度の低い林分は過伐されることになる。その逆もいえる。

成長量予想の精度は林分表の精度を越え解ない。この表がごく小面積の場合を除いて標本から得られたとすると(正常な)推定値の誤差を生ずる。これは初めから避けることはできないが、コントロールできるため推定値の誤差に将来の枯死率、成長率を予想する場合に固有の誤差が加わってくる。10年間では成長予測の誤差の総計を現在林分の推定の誤差の二倍以下にすることが出来る。したがって成長量を予測する時サマリー考案級は必要ないことは現在の林分表の推定値の誤差をコントロールすることである。

247 将来の林分表に影響する枯死

Mortality as Affecting Future Stand Tables

現在の林分を構成している林木の直径、林高、材積は、将来成長するかわり廻りまで残存する本数は必然的に減少する。ある木が枯死するか伐採されたならばその木の全材積すなわち将来の成長量でなく過去の成長量も林分から失われてしまうのである。したがって一本の木がなくなるとは多数の木の将来の成長量を帳消しにしてしまう。枯死または瀕死の木を救い得る場合にはその材積は将来の收穫量に含まれる。伐採が毎年継続して行なわれると林木は10年間に平均5年間の成長をなし、この成長量が将来得ることのできる総收穫量を予想する際その現在材積に付け加えられる。林木が風害、火災、木喰虫等のため突然枯死したならばその枯死した年までの成長量は正常の状態に残っている。この木が被圧されて徐々に枯れる場合にはそうでない。かかる場合には最近10年間の成長量すなわち枯れる前に持っているわずかな量は無視される。

枯死は二つの原因によって起る。すなわち被圧され解放されない限り最後には枯れてしまう優勢木同士の競争および昆虫、樹病、風、異常な乾燥、火災のような外的因子である。火災、暴風等は外敵による広範囲に及ぶ全滅することが多い被害とキクイ虫による毎年の被害のための正常な地方的な損失、風による突然的な損失、南部マツの最後に風により倒されるまで火災による傷痕が逐次拡大されることとははっきり区別しなけ

れはならない。成木および過熟木の枯死を予測する時にはこの正常な地方的損失と度々繰返された過去の大火災で生じた破壊的な破壊、New Englandにおける1938年の大乾ばつ、アジアの新熱によるブリの全滅との間には、はっきり区別される。そのかわり成木の枯死の予測はあらゆる林相の林分の本数を減少させる因となる過去の平均損失に基づいて行われる。将来に拡張された場合、林分表は現在同じ林分が保有しているものより少ない本数を示すであろう。この損失はどのようにして予測することができるか？データだけがこの林分の過去の枯死量を示しており将来の損失の推定はこのレコードに基づいてなされる。

各直径級毎あるいは全体として林分ごとに将来の期間の最後になる時に枯れた木の本数を示せば（損失は）常に皆木のオノノ目に最大である。このことからどのような令級でも木が大きくなるにつれてしだいに残存木の残った樹幹および上干木の陰のため被圧されて毎年枯れていく数は減る。同令林、異令林を問わず、あるいは全体として森林についても若い小型級には成熟した級より何倍も多くの子木が存在しなければならぬ。林分表が全令級を含む森林全体に対して作られたとき、直径の増加とともに本数が減少する曲線の型を丁型と名付ける。全令同令林では同じ型の曲線が見られる。同令単純林では曲線はこの型ではなく左の方にひずんだ誤差の正規曲線に似ている（168節）。しかしあらゆる令級の同令林が一つの林分表でまとめられた場合には曲線はやはり直径の小さいほど多くの本数があり、わずかな数本の木が残存する大きな老令過熟木になるまで直径の増加とともに徐々に平になる丁型を示すであろう。

被圧、生存競争による枯死は樹冠層がかなり完全に残っている限り続く。しかし大きな木や大樹幹をもつ木では、他の原因による優勢木の枯死は更新樹および被圧木の残存によってうっ閉不可能というギヤツアが除かれ、林分は全令林になる傾向がある。このことは *Ponderosa pine* のような樹種が生育している乾燥地帯でも起る。ここでは土壌湿度が生き残るための制限因子である。このような場合きわめて耐陰力のない樹種がいろいろな年令の林分で生育しているのがみられる。

現在の林分表に示されている木の将来の枯死量を予測するには三つの方法がある。

1. 生木の調査により次の10年間に枯死すると思われる木と生き残る

と思われる木を別々に表に作る。この方法は主として幼令発生林に適用される。枯死の比率および確率は樹種の相対耐陰力で決められる。小径のツカは主にその樹種で被陰されて生育する場合枯死し高層樹の下では少ない。小径の耐陰力のないマツは広葉樹の茂った樹冠により早晩枯れてしまう。将来の林分表で表をこのように分割する時被圧木の将来の成長量は与えられた直径級の残存木の平均成長量を実際に達したもの以下に してしまうため測定されない。この方法は主として多数の小径木を含む林分に用いられるので10年以内に枯死すると思われる木の表を、一般の林分表の作業に使うより小数の標本に制限し、このため熟練者を使うことによって精度を高めることができる。別個を補助員に成長量による調査をまかせた時、この表は彼らによって作ることが出来、林分表はその林地の一部のみを含むにすぎない。

この場合直径級毎の枯死百分率は 次のように林分表の多数の木に適用されるであろう。

ノ 乙 時 級

林分表	標本	10年間に枯れると思われる木	枯死率	表から除かれる本数	量の将来の林分表
418	16	1	6.25	26	392

2. 最も信頼できる方法は固定標準地で長期にわたって実際の枯死率を記録し、枯れた木の直径、枯死の起った年または期間、枯死の原因をノートすることである。この累積された記録から与えられた将来の期間について、直径級ごとに適用できる百分率の数値は同じような性格大きさの分布をもつ林分に適用できる。

老令木に対するこのような記録は主として風、昆虫、樹病のような極端な作用による累積的效果および小径木の被圧による確率的損失を測定するものである。Louisiana のス40エーカーの *Longleaf pine* の林分で15年間の間の損失はもとの林分の材積の30%であった。その中8%は又年間の乾ばつで生じたものであり残りは火災で倒れた若干の木を含んでキクイムシ、風によって起ったものである。

ponderosa pine の記録は木が大きくなるほどより累積的原因によって生ずる損失の百分率は増大することを示した。dbh で分類されてい

る場合このようなレコードから（百分率の減少は）他の林分に適応するため将来の粗材種から求められる。

3. 厂的記録が見ている場合各直径級内で最近枯死した木をすべて表にするのが将来の枯死を調べるため最もよく用いられている標準的な方法である。このデータから立木本数に対する枯死木の百分率が分る。この三つの方法を論ずるに当り、まず地位、令級毎に正常な立木本数が通常表に示されている同令林でどのような事が起るかを考えてみる。57表はLouisianeのold fieldに生育しているloblolly pineのデータのsampleである。

30~40年で枯死が増加しているのは4吋級以上より枯死率が高い3吋以下の木を表から省いたためである。

57表 過去の期間の最初と最後の林分の%で表わした10年毎の立木本数における損失量

Louisianeのold field loblolly pineの正常立木度の同令林

林令年	本数	10年間の損失本数	最初の本数に対する損失率	最後即ち現在の木数に対する損失率
地位級 70				
20	810			
30	528	282	34.8	54.4
40	289	239	45.3	82.7
50	211	70	24.2	32.0
60	198	21	9.6	10.6
70	186	12	6.1	6.5
80	176	10	5.4	5.7
地位級 100				
20	580			
30	333	227	40.5	68.2
40	183	150	45.0	30.0
50	138	45	24.6	32.6
60	125	13	9.4	10.4
70	117	8	6.4	6.8
80	111	6	5.1	5.4

White pineの同令林標準地区について最初の直径級ごとの本数に対する残存木の百分率として表わされた枯死率の分類の例はDeerが行ったもので58表に示してある。40年生の林分では次の10年間に観察

3吋の直径の30%が残存し4吋の木は55%残存を示している。

58表 New EnglandのWhite pineの残存木、異なる年令で今後10年に残存すると思われる直径級毎の本数百分率

令級年	直径級													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
20	6	84	100											
25		54	88	100										
30		30	68	87	100									
35		11	49	72	87	96	100							
40			30	55	73	85	93	98	100					
45			16	40	61	75	86	93	98	100				
50				30	51	64	77	88	93	97	99	100		
55				23	43	59	71	80	87	93	96	99	100	
60				16	37	53	66	74	82	88	93	96	99	100

57, 58表は同令林から採られたものであるが被圧による本数減少の同じ一般的傾向は異令林にも適用される。現在同じ直径を持っている林木の将来の枯死量を予測するため各直径級の過去の成長量の百分率はどのように使われるであろうか。林令に基く過去の枯死量が全体としての林分の過去の本数に適用される時（この過去の林分の将来の枯死量を与える）にはこの百分率は過去の損失本数が現在の減少した本数に適用されたものより明らかに小さいものである。しかし将来の損失率は絶えず減少するため損失率の現在の根拠さえ極端なものである。

その意は林令でなく大きさもまた枯死の記録の基礎であるという事実にある。過去に生じた与えられた直径級の木の枯死量は将来同じ直径を有する木に適用されると仮定する。予想ではなく同じ根拠に基く比較によって過去の30年生の同令林の本数の減少および百分率は比較により現在30年生の同じ立木度の林分に用いられる。直径級による林分表では中庸または測定可能の過去の期間における与えられた直径の木の減少率は今後10年以内に同じ直径となる木に適用される。本数百分率はこの基礎をなすものであり減少率は木が大きくなるほどへると思われるのでその予防策として将来の枯死率は生木に対してではなく生木と枯木の総本数に対して求めなければならない。過去の期間が枯死木を表を表わした期間内であれば25年であろうと5年であろうと定期減少ではなく連年減少が分る。この連年減少量は（直径階別の）将来の平均年減少量の

予測に用いられる数値である。

選ばれた耳単位の過去の期間の長さかどのようなものであっても標本の林地において早期に枯死したものをあらかじめ除いてこの年以内に枯死する木を全部含む完全な表を作らねばならない。樹種、地域の違いなどについてはこの期間に枯死が起ってから経過した年数と一緒に枯死木の外貌、状態に起る逐次的変化で決められるであろう。マツでは枯れた針葉は1年目後に脱落する。次に主幹だけが残るまで逐次板が大きくなるにつれて小板は脱落する。樹皮はオス井目以後落し始めその剥落過程は年毎にみられる。広葉樹では同様の基準は稚木の記録から得られる。剥皮された木はこの情報をうるための図となるものである。

Southern Forest Surveyでは最近4年間に枯死した木を表にあらわした。手引としては次のものが用いられた。

1. 5~7吋直径のすべての材木および伐倒によりかっった場合でも割れなければ立木は4年以下枯死したとして表に示される。直径5吋に達する木は状態の如何を問わず表に示された。材が柔らかく腐って簡単に分解しない場合だけ6、7吋に達する木は表に表わされる。
2. 小板および小枝の切片をもっておれば8吋以上の木は全て立木。倒木の如何を問わず表に示される。
 - a. カシ、black walnut, locust, hickoryのごとき中級の耐久力のある材では3吋以下。
 - b. pine, 松、ハコヤナギ、ヤナギのように耐久力の弱い材では、3/4吋以下。

このような基準で調査者は各直径級別にある一定の期間に亘つてすでに枯死した木について別々の表を作製する。

248. 直径成長に対する標本抽出の必要性

Requirements of Sampling for Diameter Growth

特定の林地の成長量を決定するため過去の連年成長量を測定するには成長量または輪年で調査する必要がある。成長に関するデータは切枝で取り皮付d.b.h.に換算するため細りについて修正できるけれど(203~206節) このような測定は調査される林地の将来の平均成長量をうるため標本抽出の必要條件が満たされればあまり行なわれず、したがつ

て成長の測定はこの目的には使われない。成長量調査のための標本は林分表に含まれているものより常に少数である。成長量を測定するために選ばれる木は林分表の木の成長率の真のランダムサンプルまたは系統的サンプルでなければならぬ。成長量に関するデータが適用されるべき本数は林分表に直径級別に正確に示されているので少数のサンプルから平均成長量の数値を得ることかできる。

蓄積調査の検査の限界内で必要であれば、各直径級の過去の成長量について統計的に確かな推定量を得るため各直径級毎に十分成長量で調査し、その数は成長量調査を繰返すことによって平均値の標準誤差から近似的に求めることができる(17と17/節)。

各直径級は実際には別個のサンプルを構成しているので、各クラスの本数を等しくすることがサンプリングの必要條件をみたしてくれるものと思われる。サンプルは測定されるすべての直径範囲に亘るものでなければならぬ。しかし、1吋級にわたった場合でさえない巾をもつ直径成長と高い標準偏差の点で次の別の二つの考察はきわめて重要である。

1. サンプリングの目的は規定された限界内に平均値の標準誤差を決定するため、十数多くのものの平均を得ることである。これは各直径ごとに各級の標準偏差が大抵同じであることが立証されている若干のクラスで、同数の木について成長量調査を行うことによってなされる。同じ誤差でも少数に適用される場合より多数の木に適用される場合の方が重要である。サンプリングの単位が増すほど誤差は減るので、各クラスで等しい数のサンプリングを行うより2でのべている方法の方が標準的のものである。

2. 一定間隔で標本を選ぶことは直径級当りの成長率の正確な標本を与えるとはかぎらない。単木当りの直径成長量は立木度がへるほど増大する。10エーカーのストリップで成長量によって調査される木は立木度の低い林分では500本以下であり、密林では2000本以上である。各単木はやはり等しいウエイトを与えるであろう。この結果、平均成長率の過大推定量、すなわち許容できない偏った誤差を生ずる。そのかわりすべての木が等間隔の小プロット上で成長量で調査されればその標本はプロットのコントロールされた抽出誤差の限界内で、全林地の直径級ごとの平均成長率を正確に反映する。偏りのない系統的サン

ドリックでは、各直径級で測定される本数は林分表の総本数に大体比例するであろう。本数の多い直径級はその割に比率は大きくはないが、相当多くの木の成長量が測定される。

249. 成長研究に使うための林分表の修正

Modifying the Stand Table for Use in Growth Studies— Ingrowth

林分表は利用可能材だけの蓄積推定にはあまり用いられない。用材級では丸太材として小さすぎる木は省略されるであろう。実的に利用する場合には、用材級の限界は逐次低くなるが、東部地区の小中型木では約7吋以上 West Coast では12—16吋以上にとどめられている。バルブ材市場その他の利用の発達により推定される用材の最小直径は4吋と定められた。

成長量予測に必要な林分表は、この利用限界以下の木も含んでいる。林分表に含まれている最小利用直径限界以下の直径級の本数は、将来の成長量の推定を行う期間を通じて利用可能の級に成長し得る直径の範囲を含んでいなければならない。成長が早い木、あるいは10年以上の期間については、小さい方の直径の範囲は増大し、林分表の最小直径は現地の成長の遅慢な木より低めに定められる。

10年間に對して最大の成長率で左右される付加 3つの1吋級は普通 board feet に対する7吋限界に對して適當である。4吋限界が主として使われる場合には、この限界以下の計算は比較的小さい標本で行われる。この小直径の成長率は残りの林分と同じ方法で測定される。ingrowth というのはある一定の期間内にその限界に達するか、それ以上に成長し、予測が行われる期間を通じて利用可能の大きさに達した後、の成長量に加えられる現在最小利用直径限界以下にある樹木の全材積のことである。したがって将来の成長期間の最後において ingrowth はその期間内に利用直径級にはいるすべての木の総利用材積から成り立っている。

利用性と関係なく立方呎単位で測定される場合に林地の総成長量は、1吋(6~1.5吋)にまで引下げられた直径を持つ木を含みこの小木の計算が必要となる。前に示したように蓄積推定に使う林分表は、このよ

うに利用できない大きさの木は含んでいない。このようなときには、ingrowth の木の苗木からの総成長量は、それが利用可能となる期間計算されないであろう。将来の期間の最後で利用可能の大きさに達した小直径級の全生涯を通じて、これまでに得られた全成長量がその期間だけの成長量として入れられる。成熟したとき、すべての級の最後の收穫量が略等しいような各直径階の本数を持つ森林を具現化することができれば将来の期間の最後の ingrowth の材積も等しくなければならぬ。次の将来の期間の連年成長量として ingrowth tree 級の播種以後の全成長を含ませることは統計に小さい若い級の成長量を含ませないことで大体相殺される。大木と小木の間のこのような釣合状態が森林にあれば、現在利用可能の木の将来の材積成長量に ingrowth の総材積を加えたものと、苗木を含めたすべての級の実際の総材積成長量とは本質的に差異はないのである。違った樹木群すなわち幼令木と老令木、大径木と小径木の成長能力がこのように等しいということは実際に現実の森林には、決して起らない。そのかわり ingrowth を生み出す幼令の群の存在はさわめて多いかまたはその逆である。ある林地で短期間の成長量がこの方法か別の方法で予測される場合決定されるのは、全体としての林分、または森林の連年成長量であって単一林分の平均成長量ではない(194, 195節)。

広域的大きな用材だけが伐採される場合では普通残存林分、または林木は連年成長量を急激に増大し十分な立木量をもつ林地では次の10年間の ingrowth の材積は、永久に保持できる比率をはるかに越える。ちやうど利用可能の大きさに近づく二次林では ingrowth で取わされる總定期成長量の割合は、残りの利用可能林分の成長量を一時は越える。このような状態は相対的に短い期間だけしか維持できないと仮定的な年伐量の基礎としてはいけない。令級および大きさ、級が適當な分布をしておれば、連年成長量は急激に増大し恒続的に適當な收穫量をあげることでできる平均連年收穫量に近づく。

最小直径がいつでも使われるので ingrowth は一つの因子であり、その多少にかかわらず現在の利用可能林分の成長量に加えられる。したがって、それは林分表に基づく定期成長量の予測に含まれねばならない。

250 林分表の過去の直径成長の適用

Application of Past Diameter Growth to Stand Tables

胸高における過去の年輪成長の成長率調査および測定値は葉巻型と同様林木の過去の成長の記録に過ぎない。この過去の記録をどのように判断し、あらかじめその範囲についてエーガー当りの成長量の「季節的傾向」を決すべきであるか？

胸高ではあるが同時に少なくとも信頼し得る仮定は過去の直径成長率は、将来においても変わらないであろうということである。現在10吋の木が10年前9吋の直径をもっておれば次の10年間に11吋に成長すると仮定する。過去の成長量が将来に延長されたに過ぎない。過去10年間に於ける現在の直径階ごとの年単位成長量の表は単に成長量と名付けられ、この10吋の木について過去と将来にまったく同じように適用されると仮定する。最近まで「直線法」として知られているこの方法は広く用いられていた。この方法は過去および将来の成長の傾向を無視しており方法としてはすたれてしまった。この方法および次に述べる方法では、過去10年間に於ける年単位の成長量の単一測定値だけが考慮されるべきものである。

直線法のかわりに使われる次の方法は違った仮定に立っている。すなわち同じd.b.h.をもつ木は、この10年間でなく過去または将来を通じて豊合林では同じような比率で成長する傾向があるということである。この前提が認められれば現在10吋の木の胸高における過去の10年間の皮付直径成長量が1吋であれば、これは過去10年間の最初に9吋の直径であった木の成長量となる。現在d.b.h. 9吋の木はすべて次の10年間に1吋成長すると仮定する。過去において9吋の木は同じ大きさの現在の木と比較される。この方法では成長率で調査して過去のd.b.h.を決定してd.b.h. 級ごとの将来の成長量の表が調製され現在の林分表に適用される。これは、直線比較法といわれ森林調査の際 Forest Service で広く用いられている標準的方法である。これは予測に使われる成長率の基礎として現在の直径から過去の直径へ変換することだけが次の方法と違っている。

この二つの方法はいずれも過去の成長傾向を実際に研究するものである。いずれも将来もこの傾向が継続するとするので正確な予測はでき

ない。断面積の増大、ほかの樹木との競走の激えざる増加、自然の成熟に達することなど、将来の直径成長率を減少させるあらゆる原因により将来の直径成長率は、ほとんど必然的にへるということを計算にいれていない。(202節) 古い林地の pine 林分では約20年で樹高が急に短くなるときと同時にこのように変化して全く急激である。

この影響は同令林の收穫表を使って比較法で行うときにその結果として生産された量の総材積を測定しただけでは自動的に記録されない。単木および直径級が単位であるときにはd.b.h. 級ごとの将来の成長傾向および枯死量は厚の総成長量となる個々の要素であつて、原簿では別個の和として注意深く考察しなければならない。

仮定された過去の傾向は伐採そのほかによる樹叢のような急激な変化が起らない限り、将来の状態の指標となるであろう。成長の速い樹種や地方では、これは5年ごとに過去の成長をわけ、その二つまたはむしろ三つの期間について測定が行われる。成長の緩慢な木では2~3の10年同が適当である。過去の平均成長量が直径級ごとに得られ、プロットされた場合には3~4ヶの点が成長の下降、現状保持、あるいは上昇を示す過去の成長曲線を定める。(256節 8/ 図)

十分な資料に基いた過去の実績を示す曲線は、将来の10年間に延長するためのかなり正確な基礎を与える。この延長により将来のd.b.h. がd.b.h. 級の平均木について見出される。これは直線法(1) 直径比較法(2)に対して曲線延長法(3)といわれる。

過去の直径成長量を将来に適用するこの三つの方法のいずれでも取り扱われる平均木はその直径級の正確な中点にあるものと仮定している。^(mid point) 1吋括約では10吋の木は9.6~10.5吋のすべての木を表わしており、学術的には中点は10.05吋である。2吋括約では10吋の木は9/と11/の平均で同じようにわずかなずれがある三つの方法のどれでも将来の成長率、成長量に分れば、それが現在のd.b.h. に加えられる。成長量が1吋であればその平均木は11吋になる。0.9吋であれば10.9に達する etc. 将来の成長量が直線または曲線延長法で分ったときにこの規則が適用される。

しかし、この直径成長量測定の効用および精度を改善するため研究をここで止める必要はない。

今ノニ寸級に木を分類するか一括するのが都合が良ければこん後10年間の将来の林分表に同様なことをすることはやはり好都合である。こうすればさらに20年に拡張させることができる。1つの直径級からそのうえの直径級への移動は1/10吋級単位で一様に分布しているという仮定に基づいており各直径級のすべての木の成長率は固でうまく示される。

10年間にいすれも1.3吋成長する3本ずつの10吋より大きいものと小さいものを合せて現在10吋の10本の木についてクラス別の現在および将来の分布を次図に示そう。

1吋級の各10本の木がいすれも同じ比率で成長すると仮定すれば直線平均を使っても10級に分割しても成長予測には差はない。後者を逐々ばらばら級によって将来の林分表の調製に使用できるので、現在の林分表に将来の直径成長量を適用する標準的方法として使われている。適用方法は次のとおりである。

一段と高い級への本数の移動は、その期間の吋単位の成長量が直径間隔に適用した比率に比例していることが見られる。

e = 次の一段高い直径級に入ると思われる本数

c = 現在の級の総本数

g = 吋単位の直径成長量

i = 吋単位の直径級間隔

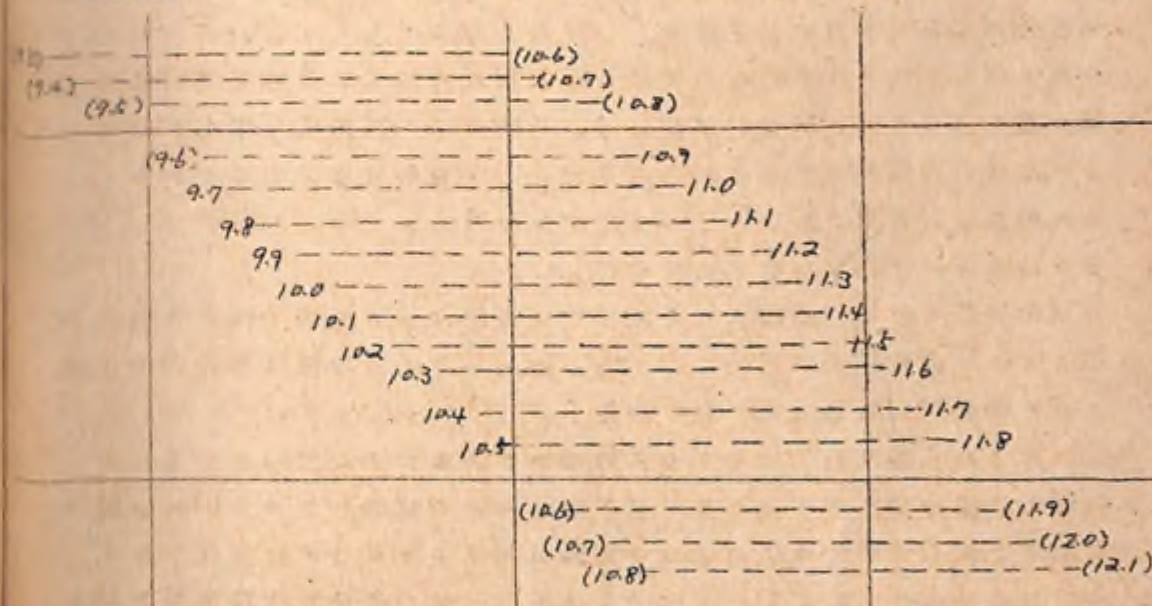
としよう。

$e = c(g/i)$ ここで g/i は g が測られる期間を通じて1クラス上と思われる級の本数 c の分率である。 g が i を越えれば比は1より大となる。これが1.3であればすべて木、すなわち100%1クラス上、そして原の級が成長した次の級の中下のクラスに、その本数の0.3を減らし0.3は二級昇進する。前にもいったとおり、この方法で予測された直径成長量は単純平均で得られたものと実用的には同じである。66, 67頁の例を参照。林分が最小直径を制限条件とする小生産物を生産している場所では、平均直径法がある小直径の級すべてが利用可能な大きさに達したときすべてが含まれるかまたは全く含まれないと仮定しているのに対して、この方法はその級の平均木の成長量ではなく、最小の利用級までの *ingrowth* を表わし必要な大きさを生産する本数を示すであろう。

直径級のすべての木が一様または、平均の比率の比率で成長するとい

う仮定は、固定標準地の個々の木の記録で、これが不正確なものであることを簡単に示し得る。10吋の多数の木では0.3, 0.4, 0.5, といったように1/10吋成長率に付けた個々の木の成長率は正規分布をする傾向のあることが *Ingalls* によって示された(168節)。これが正しいければ、統計的尺度を使えば正規曲線から得られた百分率にしたがって、現在の各級の将来の直径級に成長量の分布を使うことができる。余分の計算が必要であることが精度の増加で補なわれるかどうかは、やはり最終的には決定されていない。

効果的に行うにはあらゆる木、したがって各直径階の木の分類の原則を相対的な活力に基づく樹木級 (*tree class*) に利用し、この活力級のおおのについて別々に将来の直径成長量を予測することである。近來 *Dendroctonus* キクイムシに対する相対的な抵抗力の指標として企てら



れ、*Ponderosa pine* 後に *Lodgepole pine* に適用された *Keen* の分類は樹木級による将来の枯死量の推定と組合せた成長予測に同じように重要な応用分野を見出した。各直径級で活力がない、被害を受けやすい成長の遅い木を除くために、択伐される木の部をつけたり、伐採または除去されべき小直径木および大直径木の相対的割合を示す指標として役に立つ。最も強壯なものを除くために、択伐された林分での伐採後の成長量の予測は(25節)その直径級すべての木の平均成長量より、

むしろ残された木の過去の成長量を予測する。基礎とするときに非常に精度が致意される。将来20年間の精度は単純平均に基く10年間の精度に比敵することができる。

この改良された方法は果令のかなり成熟した大径木の林分によく適合する。伐採されたか伐採される木を成長データから除いた、長く間伐され経営されている幼令林および枯死するとと思われる木を計算から除外している幼令天然林ではこれを使う必要はない。

251 全林地区への林分表および成長データの適用

Application of Stand Tables and Growth Data to Total Area.

サンプリングで蓄積を推定する場合、エーカー当り材積および林分表の直径級における林木の分布は、いずれも標本としてとられたプロットの数でコントロールされた推定値の標準誤差の限界内で調査される大蓄積に適合するものと仮定されている。予測された材積成長量も同様にサンプリングされた林地のエーカー当りの平均として適合すると仮定される。この林地は全保有地である。それは林相が分けられている大きなプロットを覆成する一区域であることが多い。

現在の材積について取られたサンプルが何らかの理由で修正された林地について成長量を求めることが起ったとしても、材積成長量は同じ修正値で調整されると仮定されている。

推定された標本のエーカー当り材積が10%大きくなったとすれば、材積成長量は標本より10%大となると仮定される。このような材積の目測修正は40エーカー以下の単位の蓄積を推定できることが立証されているが、標本から得られたエーカー当りの材積が常に全林地の材積をしめすものとして調査されるときには、成長量は通常大きな単位で調査される。枯死や荷重としての利用のため減少する現在 将来の林分表に適用される地方的材積表が将来10年間の推定総材積増加量を求めるのに使われる。この期間の材積成長量は現在の材積成長量に換算される。

この過程で一般に使われる方法は将来の材積が現在の材積に与える比率を計算し、この比率から現在の材積から将来の材積を与える複利率を算出することである。この方法の欠点は現在の全材積に対する成長量は現在

の材積に複利率を算じて得られると仮定していることである。全森林地帯あるいは単一の林分でもこのことは現実と一致しない。二つの利率は相関があることが立証されているので、この10年間については複利による材積増加量は単利によるものと同じ結果を与えるであろうか。1年毎については全材積の成長量は単利計算に基かねばならない。

例えば10年間に10,000 bdfから15,000 bdfに成長する林分では成長率は50%で、これは単利率の5%、複利率の約4.1%に相当する。この期間の連年成長量は10,000に0.05を算じて得られる500 bdfである。4.1%なる複利率を用いれば410 bdfとなり、18%の過小推定となる。成長量利用、枯死量が毎年求められるような動的関係には複利は適用されない。森林あるいは単一林分の連年または平均年成長量の尺度としても使われない。上に例証した誤差の観点からも、森林調査の他の段階で定められた精度の基準を一きよにこわしてしまふ。

材積（または価値）成長量は、直径成長と材積成長の百分率関係を決めることで連年直径成長量からも得られる。これは樹高成長および形状の変化に対する調整を含んでいる。Lake 州で使われている材積成長百分率の近似式は

$$P = f \frac{d}{D}$$

- P ; 材積の連年成長量
- d ; 推定された10年間の直径成長量
- D ; 現在のd.b.h.
- f ; 樹高成長、形状の変化及び直径と材積の関係に対して補正された因子。

f/DをKとすれば上式は次のようになる。

$$P = Kd$$

Kの値の表を使うことができれば、吋単位の直径成長率に対して、その百分率は直ちに計算できる。

よって Lake 州の場合に使われたこのような計算である。

54表 直径増加を材積成長百分率に
換算するためのK因子

D. b. h 吋	Bd. fd 材積 同率 1/4 吋	全樹種のコード材又は利用 しうる立方呎材積
6		6.73
8		4.05
10		2.80
12		2.15
14	2.34	1.74
16	1.90	1.46
18	1.60	1.24
20	1.36	1.07
22	1.17	0.95
24	1.03	0.84
26	0.92	0.77
28	0.84	0.72
30	0.77	0.67

59表を使えば 1.5吋成長することゝ期待されている20吋の木の
b.d.f 単位の連年材積成長百分率は

$$P = 1.36 \times 1.50 \quad \text{すなわち} \quad 2.04\%$$

こゝで、20吋の木の因子Kは 1.36である。

252 更新樹の調査。一群落クオドラート

Reproduction Surveys - Stocked Quadrats

若者あるいは、上中水分と確実に接触できなかったため、あるいは陰
影やその他の競り合いにより初期の期間を通じて苗木は多量枯れてしま
うので、苗木級の計算は役にたため。結果年度の翌年には多数の苗木の
現出するのが見られ、それが後に活着するのが見られる。次いで苗木の
残存は、草本、種木、同令の木または他樹種の競走に支配され、最後

に大きな木の被陰と根糸競走からの開放に左右される。

このため数えられた個数に基く更新樹の表または計算は森林收穫物と
しての将来の重要性を予想する場合、何んら価値ある情報を生み出しは
れない。そのかわりこの目的は、最終的に木材生産物を生産し得る残存
木を持っている全林地の割合を予想することである。

群落クオドラート法は、この目的に広く使われている。株距間のスト
リップに沿って規則的同隔で小プロットをとり、陰影およびその他の成
長を妨害する影響がなくなれば、成熟木となり得る能力のある（元気の
いい苗木が）プロット上に存在しているか存在していないかを控えてお
くことである。

このような苗木以外のものもは、プロットの分類を変えはしない。本
数ではなくて面積が表の基礎である。プロットは 1 ~ 4 mil-acre
の大きさの範囲で、円形または矩形にすることが出来る。1 mil-acre
の大きさは 6.6 呎平方呎で、4 mil-acre は 12.2 平方呎の大きさで
ある。10 呎平方のプロットも使われる。

場所毎に 4 クオドラートの 1 プロットをとることゝ行われる。1
クオドラートだけが調査されれば 1 つの表が、2 つ調査されれば 2 つの表
がその場所に与えられる。更新樹調査が完了すれば、表の数が加え合さ
れ観測された全クオドラート数で割られ、このようにして百分率を
得られる。不規則に分布しているサンプリングに及ぼすプロットの大き
さの影響のためにプロットが大きくなるに従って調整として示される百
分率は大きくなるであろう。大きさの選択は樹種、成長の習性、成長する
生育物に關係している。

1 吋以下またはこれを含む樹幹について表が作られる場合にも成長
予測の基礎として面積や残存木より本数を対象にするのがやはり正しい。
特殊な研究のための固定標準地を除いて胸高で（林分表の）4 吋以下
の範囲はほとんど使われず、このように本数の計算から得られた将来の
蓄積に対する結論は、面積および究極の残存木に適用されるときには役に
立たない。

群落クオドラート法は主として同令林として生育している樹種に適用
される。全令林での林分表の最小直径限界以下の耐陰性の木の更新樹は
群落クオドラート法でなされる以外、表にされたり数えられたりするこ

る場合にも
たつた
はる

とはほとんどない。更新樹の有無および相対的に多いということが注意され、簡単に記述される。生存することは主として相対的耐陰力と林分の将来の厂災にかかっている。解放されるまで比較的緩慢な成長は、個々の苗木の存在を記録し、評価する必要があるための理由である。

最近 Douglas fir について、いろいろな百分率の群集クオドラットの将来の収穫量を予測する方法が考案された。

第30章 林分表による林分定期成長量の予測

Predicting the periodic annual growth of stands by the stand table method

253 胸高における直径成長量の測定

Measurement of Diameter Growth at B. H

成長量を予測する場合の三つの段階は次のことを決定することである。

1. 皮付 d.b.h. の成長量
2. 全樹高及び利用樹高の成長量
3. d.b.h. と樹高による材積を使ってノとを関連させた材積成長量

地上から正確に4呎以上の高さが決められてから d.b.h. が垂直方向に二回測られ % 単位で求められる。

d.b.h. の成長量は伐根ではなく (ノ) 地上4呎以上の皮内ではなく、皮付直径の成長量を意味している。皮付の成長量は樹皮の二重の厚さの成長に二重の半径、すなわち直径の成長を加えたものである。成長錐で測られた木材部だけの成長量は樹皮の成長のため d.b.h. の成長量を示すことができないで誤差が大体 10% 以上となる。

別々に測定された胸高での成長錐による木材部成長の半径測定値および樹皮の巾は半径は円の半径の $1/2$ であるから直径成長量を表わすには二倍しなければならない (Sec 65)。しかし、木材部と樹皮の半径測定値は直接測られたとおりに記録しておかなくてはならない。各測定値を倍することは骨が折れるばかりでなく、誤差の原因ともなる。資料を平均し

プロットしてから直径として読みとるために半径成長量の目盛を二倍する。樹皮厚の成長量は254節で取扱うことにする。

木材部の半径方向の成長量の測定値は現在の d.b.h. 級毎に記載される。本数でその級の全ての木の総成長量を割れば過去の平均成長量が得られる。これは現在の d.b.h. に対する木材部の過去の成長量曲線 (材部と樹皮を一括にしたものでないので d.b.h. の成長量ではない) の基となる表を与える。

成長錐で半径方向の成長量を求める時には、できれば平均半径にそって錐孔しなければならない。これは平均直径の両端の中の一方向に錐をおくことを意味している。これは錐が正確に木の中心部にあるという仮定に基いている。しかし、実際にはどの木の横断面も多少偏心している。偏心は通常中心をはずれているので異なる半径に沿った成長量も一層偏心的となる。平均半径の成長に等しい測定値を得るのが目的である。これは次の規則を守ればうまく実行できる。

1. 下の規則3で必要とされないかぎり傾いた木は成長錐で調査は行わない。
2. 平均直径の位置を定め、木の垂直軸に直角に成長錐を保ちその位置に成長錐を突込む。
3. 与えられたプロットでの成長錐調査はいずれもプロットを中心または中心線に面する木の側面で行われる。

このサンプリング方法によれば、傾斜および木の傾きが成長率に及ぼすあらゆる偏りを除くことができる。

成長錐を使う場合には、取出器に入れたまゝで年輪を数え測定する。緩慢な成長や偏り輪のため年輪を数えることが困難な時には、鉛筆ではっきりと d.b.h.、樹種番号を書いたものを貼付け、後で拡大鏡または顕微鏡で検べるか、細部をはっきりさせるため染色処理をする。大抵の樹種では測定はせん孔がなされた時現場で完全に行われる。成長錐の代りに斧が部各のよい時には (ノッチは製材工場で厚板または鉄板となる)、必要とされる期間の成長量を含ませるため胸高で十分深く水平に切込が入れられる。年輪はこのノッチで直接測定される。

まず成長量を決定すべき全期間を取った鉛筆、できれば消えない鉛筆で5年または10年間毎に印を付けながら慎重に内側に向けて数える。成

長が下降する割合を決めるため(ノ84節)、少なくとも3つの5年
の間隔または2つの10年の間隔を樹種、地方、成長率と関連させて測
る必要がある。半径方向の成長量は物指で一番内側の年輪から形成層ま
で測られ0.05吋単位で読まれる。測定値は次に示すように定規の移動
による微小な誤差をなくするため測定は累積的に行われねばならぬ。

樹 種	d.b.h	連 年 半 徑 成 長	
		10年	20年
loblolly pine	10.1	1.25	2.00

この木は最初の10年間にd.b.で1.25×2、すなわち2.5吋成長
し、次の10年間には僅かに0.75×2、すなわち1.5吋の成長をして
いる。したがって、直径成長率は減少している。

昔は最後の1/2吋の半径に含まれる年輪数を測定し、d.b.で1吋成
長するに要する年数を決定し、1吋毎の中央木は将来この期間に直径
で1吋成長するであろうと仮定することが一般に行われた。この方法は
成長量を独立変数、年数を従属変数としているが実際にはその逆が正し
いのであるから間違っている。二つの変数の間に完全な相関がある場合
にのみ(ノ75節)この交換を行うことができるのである。それはこの
場合には直径成長に影響するものは樹令だけであることを意味している。

したがって、直径の平均成長量は直径の過去の年数ではなく過去の年
数にもとずかぬならぬ。一定期間成長した年数の代りに、成長量を
平均する基礎として直径が1/2吋成長するに要する年数を使う時生ずる
誤差のため、10年当りの平均成長率は幾分小さくなる。年数が成長量
の代りに平均されるので成長が遅いほど直径の終りに近い一吋に含ま
れる年数は大となり、平均成長率を決める場合その重みは益々大となる。
遅慢な成長をする木は下の例に示すように成長の速い木の三本に等しい
重みをもちうるのである。

樹木番号	最後の1/2吋の年輪数	年当りの成長率
1	5	0.200
2	15	0.067
計	20	0.267
平均	10	0.133

※2列のデータは平均木では直径が1吋成長するのに10年かゝるこ
とを示している(ノ85節)。この二本の木の真の平均成長率は※3列
で見られ、1吋成長するのに約7年かゝり誤差は33%であることを示
している。

254 樹皮の厚さの成長量に対する修正

Correction for Growth in Thickness of Bark.

樹皮は直径が増すにつれて厚くなる。胸高におけるある期間の始めと
終りの平均樹皮厚の間の差は、d.b.h.の成長に及ぼす二つの要素に似た
ものを与える。この厚さの増加は大抵の木では樹皮の総成長量ではなく、
真の成長量である。平滑な樹皮を有する木の中にはその原皮をすべて保
有しているものもあるが、大部分のマツ、スギ、榿では、スギ、カシ、ノギで
見られるように鱗片状になって外皮は脱落する。樹皮の成長ははっきり
した年輪を形成しない。樹皮の平均厚は年令よりも直径と密接な関係が
ある。

過去の材積の直径成長量は令級ではなく、直径級毎に示される。樹皮の
樹皮厚の平均増加は必要な年数と無関係にd.b.h.で1吋成長する木毎に
定められる。この樹皮の真の成長量は過去におけるd.b.h.の成長量の1
吋の整数倍に比例している。成長量が10年間に1/2吋であり、1吋の
成長量に対する樹皮の成長量が0.1吋であれば、1/2吋の成長量に対す
る樹皮の成長量は10年間に0.05吋に等しい。

立木材積表は樹皮を含んでいることもそうでないこともある。樹皮の
材積は材とは別に示される。樹皮および材が腐材として消費される場合
には表は皮付の材積を示すであろう。樹皮がタンニン、澱粉、糖、
その他の製品に使われる時には、樹皮の材積が別に示される。皮なしの
材積は剥皮された容積あるいは利用可能な部分だけの材積を示す。しか
し、どのような場合でも材積表に使われている測定単位は無関係にその
木が材積表に示される大きさの級。したがってその材積は皮付d.b.h.で
決定される。したがってこれらの木の成長量は皮付の大きさで表わされ
ねばならず、直径の成長量と材積の成長量間には何んらの相関もありえ
ないのである。吋単位の成長量は何時も材と樹皮を合わせた吋単位の成長
量の意味している。成長するあらゆる生産物の材積成長量が調べられる

けれど、この目的は $d.b.h$ による材積と皮付の成長量を結びつけることとをさめて簡単に求められる。さしなれば成長量と同様材積表も胸高で皮内の測定値に基かねばならないが、これは骨が折れる割に精度は大して上らない。

樹皮の片側の巾は、スエーデン製樹皮計 (Sec 66) またはノッチングですぐ測ることができる。二つの測定値は木の正反対側でとられねばならないし、厚い樹皮を持つ木では4箇所測定する必要がある (65圖)。多数の木を測る時には一方の樹皮を測定するだけで十分である。

胸高での直径成長量はいずれも皮付で測定された現在の $d.b.h$ から過去の $d.b.h$ を引いたものに等しい。後者は計算する必要がある。そのやり方は

1. 現在の $d.b.h$ 級毎に平均の片側樹皮厚および過去の半径成長量の平均を求める。
2. 直径に直すため樹皮の厚さと材部の成長量の平均値を2倍する。
3. 万葉紙上に付単位の同じ尺度で垂直軸と水平軸とを目盛る。
4. $d.i.b$ を示すため45%の角度で直線を引く。
5. 2から $d.b.h$ 級毎の $d.i.b$ を求め、4の線の適當な $d.i.b$ の点上に $d.b.h$ をプロットする。
6. これらの点は直線または僅かに曲線上に落ちる。不規則なものを調節しながらそれらを通る平滑な線を引く。これらは $d.b.h$ の曲線である。

曲線と45°の線の間の垂直距離は与えられた $d.b.h$ と $d.i.b$ を持っている木の両側の樹皮の巾の平均である。

過去の期間に対応する両側の樹皮厚における成長量を求めるためには

7. 過去の $d.i.b$ を求めるため各 $d.b.h$ 級の平均木の $d.i.b$ から材部の半径成長量の2倍を引く。
8. この比較的小さな $d.i.b$ は図 (6) で見出され、それに対応する $d.b.h$ が読みとられる。
9. 現在の各直径級に含まれる木の胸高での過去の成長量を求めるため、現在の $d.b.h$ から過去の $d.b.h$ を引いてその値を表にする。これらの点は過去の期間が一つだけ測定された場合の旧式の直線延長法あるいは

は二つ以上の過去の期間が測定された場合の曲線延長法のいずれかで、成長量を予測する時に使用できる。これは過去の成長量が直径成長量を分類し予測する基礎として使われる比較法 (この方法については250圖参照) では役に立たない。

このような場合には、

10. 図 (6) から必要な期間の成長量で示されている現在の $d.b.h$ 等の過去の $d.b.h$ が読みとられる表 (9) からこの数値が得られる。
11. 6) と同じような曲線上に45度の線で過去の $d.b.h$ を表わし、過去の実際の $d.b.h$ 毎にこの点上に現在の $d.b.h$ をプロットする。
12. 正確に過去の $d.b.h$ 級毎に中点に相当する過去の $d.b.h$ 曲線の点からこの過去の級の現在の $d.b.h$ を読みとる。この過去の $d.b.h$ に相当する $d.b.h$ を現在持っている木は比較により将来と同じ成長率を持つものと仮定されるであろう。

両側の樹皮巾は皮内材部の直径の百分率で表わされる。 $d.b.h$ 級毎に求められると樹皮巾の百分率はいずれの $d.i.b$ 級でも、したがって変換によっていずれの $d.b.h$ 級に対しても、ほぼ同一であることが示された。

$d.i.b$ が等しい $d.b.h$ に増大する百分率を樹皮係数 *bark factor* という。これは樹種によって違ふが、各樹種に対しては一樣な係数を与える。Lake 州林業試験場で決定された Lake 州に生育している樹種の樹皮係数を60表に示す。樹皮厚の曲線は二点の位置を固定させることによって直線で $d.i.b$ の45°曲線上にプロットすることもできる。この二点はいずれも曲線上のその点の $d.i.b$ の値に対する必要とされる百分率を示すものである。樹皮厚が比較的大きなクラスで $d.i.b$ の百分率より小さくなれば、 $d.i.b$ 曲線は直線から修正されるであろう。

表60 Lake 州産の樹種の樹皮係数 (報告より引用)

トネリコ	1.17	ツガ	1.124	ホワイトバイン	1.117
ハユナギ	1.096	サトウカエデ	1.096	欧州赤松	1.112
ミナソキ	1.104	カシ	1.122	トウヒ	1.066
ブナソキ	1.046	ヒッコリー	1.087	カラマツ	1.056
カバ	1.075	スギノキ	1.107		

※ Lake 州の森林調査での林分成長量予測法

Lake States Forest Expt. Stn. Economic Notes 9, Table 28
April, 1938

255 d.b.h.級に基いた樹高の定期成長

Periodic Growth in Height, Based on D.B.H. Classes.

単木の直径、樹高成長を測定する目的は過去の成長量を決定し、これにより単木、林分、最終的には全林地の成長量を予測することである。d.b.h.級毎のイーカー当り本数を示す林分表で予測をする場合、樹高の成長量は将来の林分に応用するため、標準林分表から単木当りの地方的材積を求め、これに使用する将来の平均樹高を決定する(86節)。

現在の直径級の木の将来の樹高成長量を予測するには、過去の樹高成長量についての知識が必要である。過去の樹高成長量を知る方法は、

1. 樹令に基く全樹高成長量を利用する方法は主として同令林に適用される。この方法は他の方法の吟味として役立つ、老令木および伐採により解放された大木を取扱うのに役立つ。

普通は次のような方法の代りに本法を使ってはならない。

2. 伐採して過去(10年)の連年樹高成長量を実際に決定することは断面の年令—この例では10個—が必要な年輪数を示すまで伐り倒した標本を玉切ることとを前提としている。同令林の陽樹については、少なくとも優勢木あるいは最後に收穫される木では、樹高成長の傾向は直径より年令と密接な関係がある。方法2では林木はいつでも直径で分類される。

3. いろいろな年令の同令林分の樹高曲線を調製する。これは予測しようとする期間の最後における林分の同様な樹高曲線を描くのに使われる。1および2の方法は、いずれも真の樹高曲線であるが、1は年令に、2は直径にもとづくものである。どちらの方法も現在の直径級の木がその期間の終りにどのような平均樹高となるであろうかという問題に直接解答は与えない。曲線は各直径級の平均樹高、換言すれば成長量、すなわち年令が示されていない樹高曲線を示す必要がある。このような曲線は例えば林分の現在の材積を推定するのに使われる。将来の林分についても同様なd.b.h.樹高曲線が必要である。

直径対樹高曲線は成長曲線ではなく、与えられた時期、すなわち現在または将来におけるいろいろな直径の木の平均樹高を示すものであって、真の樹高成長量を決定する手段としては使えない。成長百分率(260節)の場合と同様に正しい実際の過去の成長量および予測し

ようとする期間の成長量はまず別の方法で決定しなければならない。しかる後将来のd.b.h.に対する将来の樹高の曲線をプロットすることができるのである。将来の成長量も直径級に基いている場合、将来の林分は現在の林分と同じ、各直径階に対する平均樹高をもつであろうと仮定することによって *Gordian knot* が容易かつ比較的簡単に切断されるのはこの簡略法がもっぱら使用されているためである。この方法では7吋の木がその期間に8.2吋に成長し、同じd.b.h.樹高曲線から読みとられた樹高の差が8呎であれば樹高成長量は8呎であると仮定するのである。

しかし、樹高は普通直径と同じ成長傾向には従わない(182節)。前者は樹高または林分の年令、すなわち典型的な樹高成長曲線と多少なりとも一定の関係を持ち続けている(200節)。これと対照的に直径成長量は優勢木、中庸木、被圧木のような樹木級でかなり変化し、樹高成長量より解放の影響を多く受ける。幼令同令林では現在10吋の優勢木は林分の残りの木より幾分高くに過ぎないが、直径は平均より相当に大である。現在から10年後に10吋となる木は中庸木または被圧木である。このような木は10年以上の樹高成長によって、現在の林分で10吋の直径を有している木より高くなるであろう。かくして同令林の新しい直径対樹高曲線は現在の曲線とは一致せず、一層高いものとなる。このことは同令林で測定を繰返した標準地の連続した直径対樹高曲線をプロットすることで示される(61表参照)。

ほとんど樹高成長を完了したが、苗木として解放されるか林分改良で解放された林木には逆の関係が存在するのであろう。この場合には直径成長量は樹高成長量より比較的早く増大する。したがって樹高は一層右の方に移り、将来10年間の直径対樹高曲線は樹高成長率を減少せしめる程度にまで現在の直径対樹高曲線の上側ではなく下側に落ちるであろう。これは実際の樹高が短かくなったという意味ではない。どのような直径級でも、将来の比較的大きな直径は一層大きい樹高を示すが、原曲線ほど大きくはない。同一の直径対樹高曲線が現在および将来の地方的材積表に使われる時のように、実際の樹高成長関係を無視すれば大きな誤差を生じ、幼令林に対しては過小推定、伐採によって解放された老令林分に対しては過大推定することとなる。

61表 いろいろな年令における直径対樹高

指定された年令で調査を行った50年生、地位級86頃のLouisianaで生育しているloblolly pineの同令林

D-b.h 吋	年 令			
	18	23	28	33
	樹 高 呎			
4	42	40	39	
5	43	45	45	
6	45	49	52	
7	46	52	56	
8	47	56	59	60
9	48	58	61	63
10	48	60	63	67
11	48	61	65	70
12	--	62	67	73
13	--	--	70	75

この表では見ても分るとおり、実際の樹高成長は示されておらず、いろいろな年令における直径対全樹高の關係が示されているに過ぎない。たとえば、28年で4吋の木はこれより小さな樹高は前の年において4吋以下の木であり、前年に4吋級の木より緩慢に成長している被圧された木に適用される。4吋の木は幼令林では優勢木であるが、これより老令な株分では中庸木もしくは被圧木である。現在の株分から、ある期間後の株分に対して得られた直径対樹高曲線を適用する時の固有誤差量ははっきりしたものである。

同一株内で年令に対してプロットされた真の樹高曲線に対するこのd.b.h.-樹高曲線の關係は、年令による樹高成長と直径によって決定された樹高との本質的な差異を示している。

62表 18年生の原直径級で分類された年令による樹高成長

原d.b.h 吋	年 令			
	18	23	28	33
	樹 高 呎			
6	45	52	59	64
7	46	55	62	70
8	49	57	66	74
10	51	60	69	76

この表では次の年の直径は示されていない。最初同一の直径級についてさえ成長率が違うため、次々の直径級と交錯しながら最初の各直径級に対してd.b.h.は拡大して行くであろう。

成長量は各年令のd.b.h.および静的樹高に基づくべきであるので、62表ではむしろ61表が必要とされる。

4 現在のd.b.h.-樹高曲線で示されている直径に対する一定の比率を保持するように、予測する将来の樹高を選ぶことが残っている。小面積については不正確であることが示されているが、大面積の除樹の異令林では許容しうる。この仮定は実際に決定することのできない樹高成長を認めるための道に過ぎない。

将来の直径に対する将来の樹高を予測するため、現在の直径対樹高曲線が用いられる。現在および将来のd.b.h.に対する樹高曲線から読みとられた樹高の変化が樹高の成長量であると仮定される。同一の樹高曲線から引き出されたのであるから同じ各直径階の単木当りの材積が現在の株分に適用されたのと同様に将来の株分にも使われるであろう。単一の株分では普通面積がへるほど誤差は増大をする。全令林の除樹は同令林の本に適用される成長法則に従わないので、かかる株分に対してこの方法はより適切なるものである。この方法はたゞ便利であり、費用を減じかなり正確な結果が得られるという理由で一般に大面積にわたる地域的森林調査に使用されている。

256 d.b.h. 樹高および材積表の使用に基いた材積成長量の予測。

- 形数の変化による影響 -

Prediction of Growth in Volume, Based on Growth in D.B.H., Height, and Use of Volume Table - Influence of Changing Form Factors.

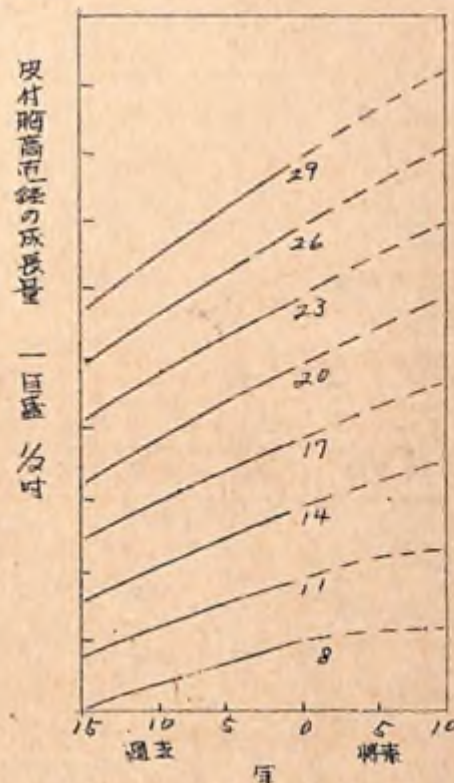
皆直の材積表を調製する場合、各d.b.h.樹高級の木は個々の木の形状の変化に無関係に平均される(149節)。林木の形状は年令とともに変化し、林木は次第に完満に近づく(81節)。優勢木は同じように完全な形状となる傾向を持っはいるが、半優勢木、被圧木に較べて一層劣った形状を持っている。どのような同令林でも将来の形状の変化に対して修正せずに同一の材積表を使えば将来の実際の材積成長量は逐次過小推定

されることになるであろう。幼令林と老令林、すなわち将来の林分の林分形級を決定し適当な形状級材積表を適用することがこの誤差を修正する唯一の方法である。この方法は近似的な方法でもある。いろいろの平均の大きさをもつ林分が太面積の一つの林分表で一括され、成長量が *d.b.h* に基いている場合には各 *d.b.h* 級の標準材積表から得られた平均材積は直径、樹高の変化と同様形状の平均的变化の影響を反映するであろう。

枯死について修正された将来の林分表および将来の直径対樹高曲線が調製されれば、蓄積推定のため現在材積を計算するのに使った方法と同じ簡単な方法で将来の林分材積が計算される。各直径級の将来の林分表に示されているエーカー当り本数がその級の将来の 1 年木当り材積に乘じられる。将来のエーカー当りの林分を求めるため、総蓄積は総面積をエーカー当り材積に掛けることで求められる。その期間の材積の定期成長量は現在と将来の材積の差であり、年当りの平均成長量はこの総計をその期間年数で除したものである。単利による将来の成長百分率は、連年成長量を現在の材積で除したものに等しい。複利として表わせればこれは複利率で示された将来材積に対しての現在材積が増加する割合である。現在の皮付直径級で定期成長量を予測し、*d.b.h* 樹高および材積の将来の成長量を求めるいくつかの方法を使った例を示すことができる。Louisiana 州の冒伐の行なわれなかった古い林地の *loblolly pine* の収穫表調製のための基礎データで測定された最老令林分は 80 年生のものであった。この 80 年生の林分は伐採し 90 年の材積を推定したかったのであるから、いずれも次の 10 年間の皮付 *d.b.h* の将来の成長量を求めるため 3 つの 5 年間の過去の成長量に基く二つの方法のいずれか一方で予測が行なわれた。直径による将来の樹高は直径級毎にプロットされ、10 年毎に行なわれた直径-樹高関係についての標準地の過去の記録から予測された。このことは同様な方法で伐倒木から求めることも出来る(上記方法 2)令級毎に固際 1/4 吋規則の board feet で示されている同一の材積表が使われた。

樹皮を含む *d.b.h* における直径成長量の予測を 3 吋級毎に 8/1 図に示す。普通 10 年間というような短期間の予想でも個人的判断が入って来ると誤差が生じやすい。

64 表は直径級毎に現在および 15 年前の樹高による 3 吋直径級毎の樹高成長量の予測量を示している。



81 図 Louisiana 州の *loblolly pine* の正常立木度の old field 林分の 80 年生 9 エーカーの 3 吋直径級毎の皮付 *d.b.h* の予測成長量

将来 10 年間の樹高は過去 15、10、5 年の直径対樹高曲線から延長によって求められ、このため 15 年前の曲線から求められたデータだけが表に示してある。

9 エーカーの 80 年生の現在材積の計算は 65 表に示してある。

63 表 Louisiana の正常立木度の 9 エーカー 80 年生、古い林地の *loblolly pine* の直径階別過去、現在、将来の皮付 *d.b.h*。

15年前 吋	現在 吋	10年後 吋
7.5	8	8.1
10.4	11	11.2
13.3	14	14.3
16.2	17	17.4
19.1	20	20.5
22.1	23	23.6
25.0	26	26.6
27.8	29	29.7

8/4に示す曲線化された平均値から得られたもので、各1/3吋級を示す。

表64 80年のd.b.h.によるLouisianaの正常立木度の9エーカー-80年生の林地のloblolly pineの過去、現在、将来の樹高

D.B.H. 吋	15年前の樹高 呎	現在の樹高 呎	15年後の樹高 呎
8	80	85	87
11	92	98	101
14	100.5	105	108
17	106	110	113
20	111	115	117
23	114.5	118	120
26	118	121	122
29	121	122.5	123.5

66.67表では枯死により減少する前の材積が90年生のloblolly pine 林分について予測された。二つの予測法が使われた(250節)現在の各d.b.h.級に対する将来の平均直径を見出す第1の方法は次のような段階で行なわれる。

1. このクラス直径に1/10単位で表わされた10年間の平均成長量を付け加えることで将来のd.b.h.を求める。
2. 将来の直径に対応する樹高を求める。
3. 樹木当りの材積を求めるため材積表で呎単位の樹高、1/10吋単位の将来のd.b.h.に対して補間を行う。これは10年間に直径が17.4吋、樹高が113呎になると思われる現在17.0吋の木については、次に示すような二段階で行なわれる。

補間値は17-18吋級の110-120呎の間にある。

a. 17吋で将来の樹高113呎の木に対する補間

	Bd. ft
110呎の材積	524
120呎の材積	559
1呎の差	5.5
3呎の差	16.5
113呎に対して補正された材積	521

同様に18吋の木については593 bdf が求められる。

b. 樹高113呎の将来の直径17.4吋の木に対する補間

65表 同際1/8吋規定のボードフットに依る9エーカーの80年生のold field loblolly pineの現在材積

D.b.h. 吋	本数	樹高 呎	1/8吋規定のボードフットによる 単木当りの材積	全材積 (bd ft)
7	6	78	34	204
8	9	85	57	513
9	18	90	83	1494
10	31	94	118	3658
11	45	98	161	7245
12	60	101	210	12600
13	50	103	262	13100
14	58	105	319	18502
15	60	107	378	22680
16	75	108	436	32700
17	69	110	504	34776
18	76	112	577	43852
19	54	114	658	35532
20	52	115	731	38012
21	39	116	805	31395
22	35	117	877	30695
23	27	118	967	26107
24	22	119	1053	23166
25	12	120	1134	13608
26	3	121	1226	3678
27	2	121.5	1316	2632
28	2	122	1406	2812
29	2	122.5	1496	2992
30	2	123	1586	3172
同際1/8吋規則による全材積				405197
1/4吋規則による全材積				366703
単木当りの平均材積				40745

	Bd. ft
17吋の木の材積	520
18吋の木の材積	593
1/10吋毎の差	7.3
0.4吋に対する差	29
樹高直径に対して補正された材積	546

クラス間の境の点(0.5)に落ちる数字を丸める標準的方法は次のように奇数は上のクラスに上げられ、偶数は下のクラス下げられる。

520.5は520となるが、521.5は522としなければならぬ。

オニの方法、すなわち林分表法では将来における木は将来それぞれが落ちると思われる直径級に再分類される。ある直径階内で 1/10 単位に落ちる本数は等しい。すなわちすべて同じ直径成長率をもっているという仮定に基づいている。

直径の成長量は d.b.h. 級の 1/10 インチの数と結び付けられているので — この場合には 1 吋クラスに 10 箇 — この級と同じ本数率を次のクラスに昇級させることができる (250 箇)。したがって 1 吋内の級で、0.4 吋成長する 17 吋の木では現在 69 本の中 4/10、すなわち 28 本は 18 吋となり、残りの 41 本は 17 吋クラスにとどまるであろう。この方法を使う場合には二つの利点がある。オニに将来の林分は現在の林分と同じような林分表で表わされる。二つの補間の最初のもの、すなわち 1 吋単位の樹高の補間だけでよい。したがって地方的材積表は 67 級の樹高に対する補正によって示されるものである。

66 表 枯死に対する補正なしで将来の平均直径を補間する方法による 9 エーカーの 80 年生の old field loblolly pine の国際 1/8 吋規則のボードフット単位の将来の材積

現在の d.b.h. 吋	10年後の 直径 吋	現在の 林分表 本	10年後の 樹高	次のものに対して 補正された単木材積		将来の 材積 bd. ft.
				樹高	直径	
7	2.0	6	80	35	3.5	210
8	8.1	9	87	58	6.1	549
9	9.1	18	93	88	9.2	1659
10	10.1	31	97	124	12.9	3999
11	11.2	45	101	169	17.9	8055
12	12.2	60	104	220	23.1	13860
13	13.3	56	106	274	29.1	14550
14	14.3	58	108	332	34.9	20242
15	15.3	60	109.5	390	40.8	24480
16	16.4	75	111	451	47.9	35925
17	17.4	69	113	521	54.6	37674
18	18.4	76	114.5	593	62.5	47500
19	19.5	54	116	673	71.0	38340
20	20.5	52	117	747	78.8	40976
21	21.5	39	118	828	86.9	33891
22	22.5	35	119	910	95.7	33495
23	23.5	27	120	1005	104.3	28161
24	24.5	22	121	1082	114.3	24860
25	25.6	12	121.5	1169	122.0	14640

26	26.6	3	122	1254	1307	3921
27	27.6	2	122.5	1342	1398	2796
28	28.7	2	123	1435	1502	3004
29	29.7	2	123.5	1530	1579	3194
30	30.7	2	124	1630	1700	3400

国際 1/8 吋規則による全材積

438378

1/4 吋規則による全材積

392624

9 エーカーにおけるエーカー当り平均材積

44.186

67 表 樹木を移動させる方法による古い林地の loblolly pine の将来の材積表 66 と同一の林分

D.b.h. 吋	10年後 の D.b.h. 吋	現在の 林分表	将来の直径階別本数分配表			10年後の 地方的材 積表による 木材積 bd. ft.	将来の材積 bd. ft.
			不変	下からの 移動	結果		
7	2.0	6	6	0	6	35	210
8	8.1	9	8	0	7	58	464
9	9.1	18	16	1	17	88	1496
10	10.1	31	28	2	30	124	3720
11	11.2	45	36	5	41	169	6929
12	12.2	60	48	9	57	220	12540
13	13.3	56	35	12	47	274	12878
14	14.3	58	41	15	56	332	18592
15	15.3	60	45	17	62	390	24180
16	16.4	75	45	15	60	451	27060
17	17.4	69	41	30	71	521	36991
18	18.4	76	46	28	74	593	43882
19	19.5	54	27	30	57	673	38361
20	20.5	52	26	27	53	747	39591
21	21.5	39	19	26	45	828	37260
22	22.5	35	16	20	36	910	32760
23	23.5	27	12	19	31	995	30845
24	24.5	22	10	15	25	1082	27050
25	25.6	12	5	12	17	1169	19873
26	26.6	2	1	7	8	1254	10032
27	27.6	2	1	1	2	1342	2684
28	28.7	2	1	1	2	1435	2870
29	29.7	2	1	1	2	1530	3060
30	30.7	2	1	1	2	1630	2260
31				1	1	1730	1730

国際 1/8 吋規則による全材積	437.718
1/4 規則による全材積	396.138
エーカー当り平均材積	44.815
表 66 との差	-0.39%

257 枯死に対する補正

Correction for Mortality

今度はこのサンプルの枯死量に対する補正をしなければならない。これにはすぐれた基礎がある。現実には7吋以下の木でこのクラスに入るほど速く成長するような木は一本もなく、事実33の中19本は枯死し、ingrowthは全然起らない。1939年と1947年の林分表を比較すれば9エーカーで、7年間に69本の木が消失していることが示される。1947年の表で65本の枯死木は直径別に表に示されている。残りの4本の消失木は7吋と8吋級に付け加えられた。直径級毎に消失した材積を計算することで枯死による消失の総量は8年間に9,834 bd. ft. であった。これは過去の枯死量であるがどの木も最後の年まで生存していたかのように計算されている。しかし、求めるものは将来の枯死量である。この老令林分では枯死量は減少するよりむしろ増大の傾向を示すであろうが、この林分はやはり健全であるから将来の消失は風害、虫喰害、火災等による予測できない消失を除いて被害木が大部分を占めるであろう。

枯死量は次のようにして9エーカーの過去10年間にについて予測される。

	Bd. ft.
8年間の過去の平均枯死量	9834
過去の年当り 平均枯死量	1229
過去のエーカー当り平均枯死量	136.5
エーカー当り 13.5呎増加するに要する限界	150
10年間のエーカー当り総減少量	1500
10年間のエーカー当り粗收穫量	44186
エーカー当り純收穫量 44186 - 1500	42,686

将来の減少量については最後に材の利用しうる部分を段階しはじめる赤腐れによる消失に注意を拂う必要がある。この減少量は林分が伐採された時検尺により最後に求められる。

一度も間伐されたことがなく、そのため枯枝によって生じた節が速かに癒合しないため、緩慢な直径成長をする林分では正常な直径成長をする林分に比べてこれが多い。

本法による10年間の成長予測量についての平均断面積、平均d.b.h. 吟味は漸進曲線で優勢木の平均樹高を求めるため優勢木についてのデータを使って97の林分の各地位級を計算することによって求められた。これによって50年で97.5呎の地位級では80年で112 ft. となった。古い林地での loblolly pine の收穫表で80年に対して補間をすれば国際 1/4 吋規則で37,925 bd. ft. という値はこのプロットでは、40745 bd. ft. に相当することになる。この表の曲線を90年にまで延長し補間すれば表示の收穫量は上側の42,686 bd. ft. に相当する37,925 bd. ft. である。80年生の林分では收穫量は表の1074%に当る。予測される90年生林分では107.2%である。これと対照して、公立機関で調整された老令級の基礎データを欠いている南部系パインの初期の收穫表はこの地位級の80年では47,625 bd. ft. すなわち+16.9%の差のある收穫量を示し90年の予測量では53,395 bd. ft. すなわち+25.1%の差のある收穫量を示すであろう。

258 現在と過去の成長量の比較方法

Method of Comparison of Present with Past Growth

(250 251節)に示したように最も信頼できない直径成長予測方法は各直径級の木の過去の平均生長量を同じ木およびクラスの将来にまで延長することに基づいている。比較の方法はこうするのではない(3, 250節)。その代り、その木の過去の成長量を決定することと与えられたd.b.h. 級一以前は同一d.b.h. の木の成長量が予測される。ただしこの比較によって現在このクラスにある木の将来の成長量を予想できるという仮定がおかれている。同令林分に適用される場合、さらに直径成長が緩慢に下降する傾向があり、個々の林分の大径木が高い成長率を有する林分、または陰樹で成立している森林に適用される場合でもこの方法は大きな

誤差を生じやすい。小面積の単一林分に対しては信頼しうるものではない。しかし、多くの成長量に関する研究は全林分（林相）を単位とし全令級が存在し望み合っている大面積を取扱っている。

さらに森林が混交しており林分が全令林となる傾向のある時には、全林分に対して成長率は年令より直径と密接な関係のあることが分る。ツガや或る種の広葉樹のような樹種の林分で成長量は木が大きくなるほど増加し、一層安全性を増す傾向がある。このような條件では同一直径を持つ木で示される過去の成長量に基く比較による直径成長率は、この場合過去の成長曲線の延長は加速的であり、その使用は同じような効果をもたらすものであるが、他の方法に比べて実際の状態をより正確に反映しうるものである。

半径で測られた現在の直径により過去の成長量と過去皮付 d.b.h. を結びつける簡単な方法は、樹皮厚の成長量はあらゆる直径の材部の成長量の 1/4 であること分かっているツガについて Connecticut に示されている。

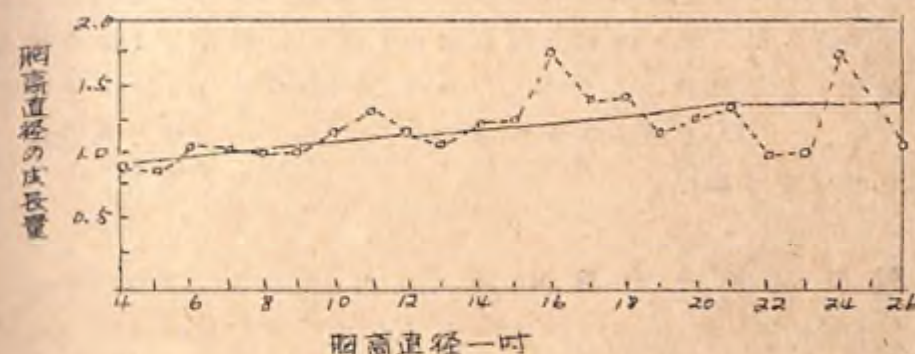
その方法は次のとおりである。

1. 現在の d.b.h. に対して皮付 d.b.h. の平均成長量をプロットし 82 図のように成長曲線を描く。今誤って過去の成長量を直線として将来に延長できると仮定したならば過去の成長量のデータは現在の直径級毎の将来の成長量を示すように表にしなければならぬ。成長木が、20 吋以上に達するまで成長量が直径とともに増大するような曲線型を示すことは明らかであるから、与えられた直径級の成長量が将来の成長量に等しいと仮定するのは誤りである。

2. 然って過去の大きさにまでもとって成長量を関係付けることで予測を行う必要がある。その期間が 10 年間であり、試験の成長量は直径級毎に d.b.h. によるこの推定量を示している。82 図の曲線は過去の直径に基く新しい曲線の基として直接使える。この新しい曲線上の点は次のようにして求められたものである。現在 12 吋の木で過去の成長量は 1.15 吋であった。したがって 10 年前この木の d.b.h. は 10.85 吋であった。

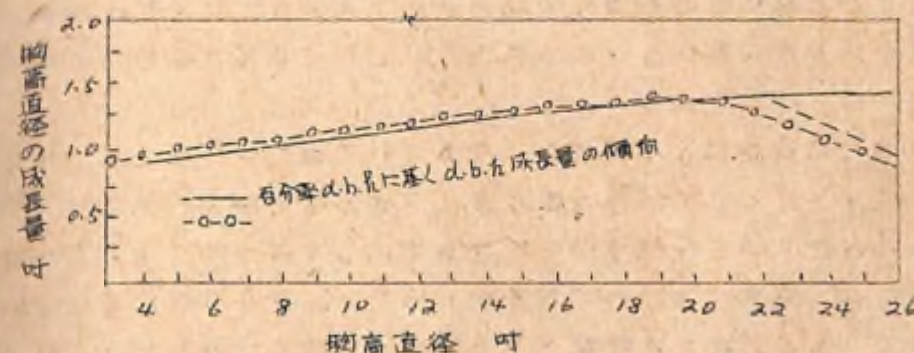
12 - 1.15 すなわち 10.85 の縦軸上の 1.15 吋の点に点がプロットされる。このようにして現在の直径級に対応する点がプロットさ

れ新しい曲線で結び付けられる。83 図の表はこのやり方の一例として全直径級に対する原曲線(82 図)によってプロットされた表を示すものである。現在の直径級毎の直径成長率は修正された曲線で読みとられる。



82 図 Connecticut ツガの 10 年間の d.b.h. の成長曲線

このような上昇曲線では各直径級の 10 年間の成長予測量は推定曲線から得られたならば幾分大となるであろうことが分る。すなわち、10 吋の木で原曲線では 1.11 吋なる成長量を予測し、推定曲線では 1.14 吋と予測される。同様な方法で直径ごとに上昇または下降の傾向のない場合には二つの曲線は同じであることが分る。下降曲線の影響を示すため 82 図の 21 吋と 26 吋の点にある値は 83 図では適当に下げられた。ここに示した推定曲線はこの直径級に対しては原曲線より低い直径成長量を予



83 図 過去の d.b.h. 級の過去 10 年間の成長量と比較する d.b.h. の成長量

測する。すなわち、常曲線ではユ4-吋の木の成長量は120吋であるが、推定曲線では110吋である。

この予測直径成長量の修正方法は成長率に変化のない時には基本的方法とまったく同じものであり、変化のある時にはこれはその変化を予測するので、比較法で直径級毎に成長量を予測しようとする時には常にこの修正曲線および方法を使わなければならない。現在および将来の林分材積を計算する方法は、65~67表の *loblolly pine* の場合と同じであるから、一たん直径成長率が決定されるとこのツツの例ではこれ以上先に進む必要はない。

259 除伐効果の直接測定

Measuring Directly the Effect of Release Cutting

これまで説明した直径成長量予測方法は、林分に部分的な伐採をしたり、あるいは全然外の影響をうけていないという前提、すなわち部分的な伐採による解放のため促進された成長量を何らの影響を受けなかった林木の成長量と一絶にして平均できるという前提に基いている。研究しようとする地域が将来の成長量に影響をする条件が少なくとも何本かの残存木の成長率を変化させるような部分的伐採により根本的な変化をしているか、やがてするのであらうと思われる時にはこのような変化の起る前に森林から得られた成長量の測定値、あるいは平均値は近き将来に起ることを予測するには当然使えない。結局10ないし30年以上経た現在の伐採の性質により後には樹叢の状態や根系競走並びにそのために生じた直径成長の緩慢な下降のため平均成長は林分が伐採前に持っていた全成長率に再び近づくであらう。とにかく生長に重要なのは次の10、20または30年である。

風倒または伐採による優勢木の除去されて開放されたため、成長量が回復し促進されることが成長率を変化させる重要な原因である。

成長旺盛な小径木を残すように注意を払って択伐的に成熟木が除去される時には、開放はさきめて広範囲にわたり、残存林分に及ぼす影響は非常に大である。林木が解放される範囲は各林木が競走相手に対する位置で決定される。

昔の皆伐は現在行なわれているように完全なものではなかった。ある

ゆる競走のなくなった南部に散在する用材級以下の小径木は原始林での性々成長が阻害される状態と対照的に高い成長率をほとんど示さなかった。実際老令であるが成長のさまたげとなる母樹の残存している処では直径成長はすぐれているが、樹高成長はこれに比例して増加しない。

このような変化に出合えば、未伐採林分の過去の成長量に基づく予測は伐採後の残存林分の成長量を相当過少に推定するであらう。しかも、将来の成長量は単なる当て推量であってはならない。予測の基礎をなすものは実際の測定値でなければならない。このような場合には二つのやり方が可能である。オーに同じような性格を有する老令の伐採木のないときには偶然に解放されたか、極端な競走の影響を受けず生育している森林と伐跡に残っているものに似た環境にある木とを採し出し、その成長率を決定するため努力しなければならない。もし採用されるならばオ二のもつと信頼し得る選び方は、伐採後5、10年あるいはそれ以上たつたものであることが分っておれば過去の伐跡地で測定できる。

残存林分の大部分が解放されるものとしているこのいずれの場合でも5~10年後には直径成長量は漸次下降するとした方が安全である。このような理由で比較法の方が曲線延長法よりも好ましい。成長量は過去の伐跡地で測られた木から求められる。その中には加速的な割合で成長するものがある。林分の伐採前の過去の成長が極めて緩慢であった最近伐採の行なわれた林分に適用できるけれど、これはもはや適当でない。普通は逆にこれらの木の将来の成長量を予測することが企てられている。皆伐林では林木の一部だけが解放され、加速的な直径成長量を示すのであるから、与えられた林分または森林の将来の成長率を求めるため適用する成長率は疎解された林分で示される成長率と解放による利益をうけなかった林分の部分のそれとを一絶にしたものまたは比率として計算しなければならない。最近伐採された場所でのこの目的のために伐られた林木表において、この二つの級の水を介けることによって、このことは行える。

各直径級の混合した成長率は各直径級で解放された木とされなかった木の重み付き直径成長百分率から求められる。解放された木とされなかった木の平均成長率を重み付ける方法は1898年 Gifford Pinchot の行つたこの地方に生育している木についての最初に発表された一連の

研究。すなわち "The Adirondack Spruce" から引用して68表に示す。これは伐採上でとられ樹皮の成長量については補正されていないが、資料の配列は現在このような研究で行なわれているものと同じである。

林分は調査が行なわれた5年前に伐採された。この表は調査されたプロットの一つを示す。オ3列、オ4列は残存林分全体に対する伐採前と伐採後の平均成長量を示す。オ6列には林分の伐採された部分、オ8列には伐採されなかった部分の成長量を示す。

68表 New York 州 Santa Clara の 115本の red spruce
について行った択伐前と後における伐採の直径成長量

伐採 番号 (1)	本数 (2)	伐採の 5年前 (3)	伐採の 5年後 (4)	残存木 の本数 (5)	定期 成長量 (6)	採伐され た木の本数 (7)	定期 成長率 (8)
6	11	0.085	0.150	6	0.205	5	0.084
7	24	0.085	0.130	7	0.190	15	0.074
8	18	0.115	0.150	7	0.180	11	0.131
9	21	0.125	0.185	12	0.240	9	0.112
10	28	0.145	0.170	7	0.215	17	0.147
11	11	0.130	0.140	2	0.210	9	0.124
12	2	0.175	0.255	1	0.280	1	0.230
計	115			46			
平均 値		0.118	0.158		0.211		0.123

林分の成長量は伐付 6.6 に換算したオ4行の平均直径成長量、直径成長の樹高の平均増加量および現在および将来の直径、樹高に対する地方的材積表の値に基いている。

第31章 成長率

Growth Percentage Definition and character of Growth Percentage

260 成長率の定義およびその性質

林木の成長量は利子の形で全部を一度に取戻した1時価額がある期間そのまゝ寝かしておきその間一部を取り戻すことのできる1資本金に比較する。あらゆる年令の林分あるいは林木から成立している森林の場合にはこれは当てはまらない。むしろ利子に等しいかあるいはその合計より大又は少なり量を毎年その林地から取得できる。大であれば資本は縮少し、小であれば増大する。資本の回収はまた自然にも生ずる。すなわち消失は所有者の意志に無関係におこれるものであるが、火災で枯死した成熟木の場合のように資本を現金にかえることができればある程度補償される。

森林資本の正常なる状態は短期間ではなく、輪伐期全期に亘って毎年最大の率の利潤の取得を可能にすることである。このためにはいろいろ年令を含むおぼろげの蓄積が必要である。

伐採の行われた林地や裸地は林木資本が完全に回収され、有用樹種を更新することと次で必要となる投資の対象としての天然の生産力を失ってしまうこととさえある。森林資本の涸渇とまったく座った種類の事業における資本涸渇との著しい差違は回復年を定めることとできないこと、すなわち向伐や迅速な再植林によって促進される自然の林木生産および成長過程によつて買わされている時間の制約を越えてこの資本を再び正常な段階に戻すに必要な時間を短縮できないことである。

この方法で蓄積できる金銭合計の場合には、利子は複利で計算される。資本によつて得られるすべての利子をその期間の年数で割ることによりこの利益を単利で表わすこととできるけれど、このようにして得られた利率は利子（成長量）が毎年新しい利子を生み出す複利合計を表す利率よりも勿論高い。

林木または林分の成長量を表わす場合、この関係を心に留めておく必要がある。同時に成長率は土地、資本の会計学的計算、生産コストおよび、森林評価の対象としての価値はささおき、まず林木資

本を構成する材積を対象とする。

所得についてのこの付け加えられた考察は不可欠の要素として材の大きさ、品質の増加とともに各単位の材積の価値を増大せしめる。これはまた、市場価格やドル価格に換算して取扱われ、その率を非常に増大せしめる要素は立方呎材積のみの増加で示される林分によって与えられる。成長率は測定に使われた製品の単位で異なる。それは比較的にかさね直径においてはボート呎—立方呎率の増加がこの百分率関係に影響するからである。したがって、林分の総合並びに総成長率は a) 特殊製品の材積 b) 製品の品質 (および量の相対的増加) c) 価格およびドルによる製品の価値で表わされた百分率の合計である。すなわち、

$$1 + (a + b + c)$$

ある与えられた期間における材積の成長率はその期間の最初の年の林木または林分の材積を終りの年の材積と比較することにより得られる。

この二つの数値が決定されてから成長率は最初の材積でその期間の材の平均年成長量を割ることにより単利として計算される。期間全体を通じて複利率表でこの比率に相当する価を探し、この期間における成長傾向とは無関係に増加率を定めることで複利として計算される。この方法の長所は任意である。産物が毎年収穫される森林ではその年の百分率と実際に全体としての森林に毎年与えられる。それぞれの林分については増加量は連年成長量曲線と与えられる。伐採量を実際の成長量に近づける正常林では通常よく起ることであるが、より高い生産力をもつ蓄積を確立する必要がある場合を除いて、連年成長量およびその率も年伐量に近づくであろう。未成熟木が存在し連年成長量が論伐期で達した年平均成長量を越えるような森林または林分では複利によって成長率を計算した方が適である。

どのような場合でも複利率の曲線が実際の年成長量を表わすと仮定してはならない。このことは利用しうる大きさ級と達する前の未成熟林に対してのみ正しくこの期間普通連年成長量は測られない。

261 成長率の基礎

Base of Growth Percentage

成長率は一年間の成長量を示すけれど、測樹技術はノ年のような短期間では十分な精度を示すことができず、年成長量は降水量

や平均気温とともに変化するので、成長量を同じ年の始めと終りで得られた値から計算することはできない。もっと長い期間——通常ノ年間——を使い、その期間の年数で定期成長量を割って平均年成長率を計算する必要があり、またそれが普通である。

直径成長量だけを考えれば成長率はノ年間に対してはほぼ一定である。この率はあまり大きな誤差なしにこの年の最初の直径の連年成長量を計算するのに使える。ある期間の材積成長量を求める場合には材積の成長は $\pi D^2/4 \times$ 樹高 $\times$ 係数に比例して変化するから、これは樹高の成長と一様な直径成長とともに年々増加する傾向がある。林分では被圧木だけの生長の埋合せとして失はれた全材積の差引を必要とする消失があるため成長量は複雑である (Sec 247)。

オーにはつきりしていることは、成長率は二つの量、すなわち材積の成長量とこの成長を生み出した最初の材積との関係であるといふことである。成長率を決めるにはまずこの二つの量を測定する必要があり、成長率は量ではなく関係、すなわち割合であつて材積成長量を予想する方法として率を代用することは危険である。これはその基礎となつていゝ材積の変動、あるいは林木資本の変化によつて変わるものである。成長量があれば資本は常に大となる。その割合、すなわち成長率を維持する必要があるれば資本の大きさの増すことは逆により大きな成長量を必要とする。

実際林木または林分の成育過程において材積の年成長量の割合は連年成長率の割合を保持し得るほど早くは決して増大しない。林木のごく幼年期において成長率は最大である。これは成熟期において金銭的な面でも連年利率が下落するまで絶えず下落する。林分の成長率は林木の消失のためよりはつきりした同じ傾向を示す。したがって、林木または林分の連年成長率は当然その年の最初の材積と適用される一年間または連年の成長量でなければならぬ。

262 成長率を決定する方法

Methods of Determining Growth Percentage

成長率の利用はまずオーとかなり成熟した用材についてその木が十分な割合で増大しているかを決定することである。幼木では成長率は高いことが知られており、その林木資本は十分な基盤と

しては余りに不適當なので意味がない。

成熟木では樹高成長は減少しているが事実上中止しており、形数の変化は僅かである。したがって、直径成長が最も意義のある現象である。

このために独逸の Eberswalde の Schneider 教授が考案した公式が標準的方法である。

n = 半径の一番外側の一時に含まれる年輪数

D = 皮付 d . b. n

P = 連年成長率

とすれば

$$P = \frac{400}{nD}$$

一番外側の一時の平均直径成長率は、過去および来るべき年のどちらに対しても有効であり、したがってこの比、すなわち率として最も有効な値であるという理論はこの公式は基いている。樹高および形数はこの二つの年に対して一定と見なされる。去年の最初の直径は $D - (2/n)$ であり、今年の最後では $D + (2/n)$ である。すなわち、10 吋の木が半径の一番外側の 1 時に 10 箇の年輪を含んでいたとすると $n = 10$ である。したがって過去の年の直径成長量は 2 吋を 10 年で割つたもの、すなわち 0.2 吋であり 1 年前の直径は 9.80 吋である。

この公式では材積の変化は断面積だけと関係づけられる。

去年においては

$$\frac{\pi}{4} (D - \frac{2}{n})^2$$

$$\text{成長量} = \frac{\pi}{4} D^2 - \frac{\pi}{4} (D - \frac{2}{n})^2 = \frac{\pi}{4} (\frac{4D}{n} - \frac{4}{n^2})$$

成長率 P は次のような比例で求められる。

$$\frac{P}{100} = \frac{\frac{\pi}{4} (4D/n - 4/n^2)}{\frac{\pi}{4} D^2}$$

$$P = \frac{400}{nD} - \frac{400}{n^2 D^2}$$

今年に対しては上記の誘導式は $D + (2/n)$ から出発し次式が得られる

$$P = \frac{400}{nD} + \frac{400}{n^2 D^2}$$

二つの比率の平均は

$$P = \frac{400}{nD}$$

皮付 d . b. n に適用されたこの公式の結果はまず皮付直径は皮内直径より大であり、オニに樹皮の成長が無視されており、それだけでも成長量の 10% の差違を生ぜしめ、最後に林木は樹高もやはり成長をするので

極目のものである。これは形数、直径および価格の増加も無視している。このことは他の要素が等しい場合伐採の際優先的に認識されるものをうまく模倣できるので、異なる林木、異なる林分間の材積の相対的増加の敏感な指標としての有用性を減少させるものではない。

263. 連年成長率対平均年成長率

Current versus Mean Annual Growth Percentage

平均年成長率は単利の關係で期間が同令林の寿命であり、資本が総材積、利子が平均年成長量である。

比率はこの平均年成長量を総材積で除したものである。正しい連年成長量はどの年の初めの総材積でその年の成長量を割つたものであり、連年成長量が最大の平均の域に達した年に平均年成長率と等しくなる。いずれも複利とは關係がない。これ以前の年には連年成長量はこの平均以上と増加しており、林分は明らかに成長を続けなければならぬ。これ以後には林分に対して最大の平均年成長量に達するまでその逆が正しいのである。

264. 定期成長率

Periodic Growth Percentages

上例の様に単利の原則が固執される場合には、成長率は何時でも現在の成長量と材積とに基づくものである。しかし、材積成長量は 10 年毎に測定される。単木では 250 箇で述べた方法によりこの成長量は将来の 10 年間に適用できるとはいうものの、この期間は過去の 10 年間である。

林分では過去の成長量はあまり重要でなく、将来 10 年間の成長量は收穫表または単木の材積成長の予測から決定される。どちらの方法によっても林分の眞の材積成長量を知る。

その期間の成長量が分ればそれを成長率で表わせる。その期間の初めの材積が基とされ、その期間の年数で割つた定期成長量を年増加量とするならば、その結果得られる百分率はこの最小の初期の材積に基づく単利である。これは年毎にその年の材積に与えられる正しい平均百分率即ち實際の連年成長率を越えるであろう。

複利の百分率はその期間の終りと初めの材積比を求め、複利率表を仮えば簡単に得られる。例えば、ある林分が現在はエーカー当り 12,000

bd.ftの蓄積を有しているが、10年前には僅かエーカー当り5,000 bd.ftで、年当りエーカー当り平均成長量が500 bd.ftであつたとすると、その比は $10,000/5,000 = 2$ である。複利表はこれが5000 bd.ftの原蓄積に対して7.2%の年利に等しいことを示す。単利ではその利率は10%である。いま、成長量がさらに10年間年当りエーカー当り500 bd.ftの割合を続けるに仮定すれば、その比は1.5で4%より幾分大きい複利および5%の単利に相当する。この例は二つの型の利子の不同および特に年当りエーカー当りの成長量の等しい場合の率の急激な変化を示すのに役立つ。

複利表の活用を避けるため、フレスラーはこの期間の平均伐積による利子の簡単な比を考案した。これは比較の基礎が揃すにつれて比が減少するという効果をもっている。

フレスラーの公式は次のようにして誘導される。

V = その期間の終りの伐積

u = その期間の始めの伐積

$$\text{平均伐積} = \frac{V+u}{2}$$

$V-u = n$ 年間の成長量

$\frac{V-u}{n}$ = その期間の年成長量

$$\begin{aligned} \text{成長率}(\%) &= \frac{(V-u)/n}{(V+u)/2} \times 100 \\ &= \frac{V-u}{V+u} \times \frac{200}{n} \end{aligned}$$

表67はこの利子曲線の二つの興味のある性質を示している。これを理解するとは正しい成長率の使い方の基である。木の大きさは常に直径成長量は10年間当り常に1吋であるという条件が仮定されており、しかもその成長率は最小直径級で比較的高い水準から出発し、大きさが揃すにつれて最初は急激にそれから次第に緩慢に減少している。表67 10年間当りの直径成長量が常に1吋であるという条件における断面積の単利複利、フレスラー比の比較

最初のdb. 吋	断面積の年成長率		
	単利 %	複利 %	フレスラー比 %
2	12.52	8.48	770
4	5.58	4.53	436
6	3.62	3.14	307

8	2.66	2.39	235
10	2.11	1.93	191
12	1.74	1.62	161
14	1.48	1.39	138
16	1.29	1.22	121
18	1.14	1.08	108
20	1.02	0.97	97
22	0.93	0.89	89
24	0.85	0.82	82
26	0.78	0.76	75
28	0.73	0.71	70
30	0.68	0.66	65

したがって、10年以上に対して2吋の木は12.52%という単利による成長率を使うことは、将来の最初の10年間において成長率は一層小さくおつており、20年後には僅か5.58%となるから重大な誤りである。単利と複利の間の関係も示されている。いずれも最後の10年には同一の値を与えるが、中間の年では複利計算は単利計算より幾分小さな値を与える。フレスラー比が小さくなりやすい最小直径を除いて複利とフレスラー式の関係は厳密に良く一致している。フレスラーの計算は事實上は単利計算であるが、最初の値の代りに中央の値に基いているからこれはさらに興味を引くものである。

成長率曲線の形は直径や断面積の両方だけでなく、成長量を直径、樹幹、エーカー当り伐積と関連させた場合にも基本的なものである。

立方呎単位の伐積の成長率は樹高成長量が含まれるため、直径成長率と同じ条件であっても断面積の成長率より幾分高くなる。ボードフット単位の材積の成長率は特に小さな利用径級では樹高の増加に加えてその木のボードフット立方呎の木材急激に増加するので、大体において大である。単利利用径級の木が突然利用径級になるような極端な場合には将来の最初の10年について計算される成長量は無限大となるであろう。

265 成長量を予測する場合の成長率の利用

Utility of Growth Percentage in Growth Predictions

フレスラー比または直線複利公式を使う場合に、收穫表によるものは単木の百分率が過去の期間について計算されたならばそれ本必ず

相当減少するような場合には、その過去の期間にだけ適用され将来には適用されない。成長率は決して一定ではなく絶えず減少するものである。したがって一年以上の将来の期間の林木または林分の生長量を予想する方法としてこれを用いれば百分率が適用される伐積についての眞の将来の比率でないかぎり過大視した結果が得られることは間違いない。連年成長率は林木または林分の次の10年間の眞の予想量を与えないであらうし、過去の成長率を与えない。

並に成長率が眞の将来の伐積から定められたものであれば、これは比較法により (Sec 250) 現在幼令または小直径の林分または林木に適用でき、したがって成長量を計算する便利な方法であり得る。これは一種の比であるから所要の林令、直径を持っているか、測定された標本とほぼ同じ平均木および直径分配をもつておれば理論的にはどのような蓄積の林分にも適用できる。この方法を適用すれば成長率はまづたゞ広範囲にわたって使用される。すなわち、上に引用した林分 (Sec 264) では現在伐積による単利の成長率は0.5であることが分った。

同令の同じような林分が今6000 b.d ftの蓄積であれば、この量の年当り5%の単利は次の10年間に對しては3000 b.d ftである。これは收穫表の値を0.6の立木量に減じたものと同じである。

しかし、最初に計算した過去の成長率が将来の同じ林分に適用されればそれは実際の成長量を遙かに越してしまうであらう。すなわち15,000 b.d ftの林分 (Sec 264) が10年毎に5000 b.d ftの割合で成長を続けるならば5%ではなくて約3%の成長率である。5%の成長率を再び15,000 b.d ftに適用されれば成長量は7500 b.d ftであると予想されその誤差は50%である。

単木によって得られた成長率は林分全体の木数が減少するため、確信をもつて林分に適用することはできない。したがって、中央木の成長率はそれが適当な数値であつても林分の成長率としては高過ぎるであらう。このような林分成長率を收穫表または林木の減少を補正した直径による成長量の研究から直接林分について決めることができるときにはこれが役に立つ。

連年成長率を算出した例はテキサスの或る会社で行つたものがある。これは特定のクラスの用材では利用伐積の実際の増加量は内部成長量にかゝ

る林分を構成する林木の比較的利用価値の少ない伐積の高い成長率を加えた数値にほぼ近いものであるといふことより幼令再生林の最初の推定値に毎年10%を加えたものである。この林分の実際の百分率はこの数値から相当変化しているが、毎年反覆測定する費用を節約し林分を低く評価することを防ぐため、(短期間では) 近似値として満足できる。

本章の概念は実際の成長量の決定や予測の代りによく用いられ、したがって広範囲にわたる現地調査や内算の計算は避けられるが、精度はあまり落ちる。将来の成長量が過去の成長率と同じとは仮定できず、この仮定とこの百分率の基となる増大する伐積と同じ成長率を適用することによる根本的誤差が加われれば予測は有名無実のものである。

欧州およびアメリカの植林はいずれも成長率は将来の林分の成長量を予想するには危険な手段であると考へている。過去の成長率が得られた林分と直径分布、立木量、地位が実際に同一である林分と比較して用いないかぎりその誤差は常に正であつて相当な量にのぼる。この事を決めるため問題になつてゐる林分について現在の林分表および蓄積を求める必要があり、それは伐おろすとする成長率が得られた10年前に持つていたものとは実際に違つてゐるであらう。成長量を予想するのに成長率を算することは馬の前に荷車をつなぐやうなものである。これは現在および将来の伐積が決定された後に始めて正確に求められるに過ぎない。

したがって、これを引出す二つの基本的因子 (例えば将来の伐積) のいずれか一方を求める簡便法として代用してはならない。林木または林分の成長量と伐積の現在の静的關係を表わす方法として、これは成熟に達した状態および林木または林分の伐採または保存の妥当性を示すのに使つて効果があるがその他の目的には使えない。

連年百分率を算えれば二つの既知、すなわち評価される量の關係を表わすために将来の伐積は常に評価されるものである) 成長量は最初の例では量前に予想されるべきならぬ。蓄積が十分でない林分に Gerhardt 百分率關係を使うことは同一地位の与えられた年令の林分の相対的成長率の予測ではなく比較に基づくものである。

32章 標準地

Sample Plots

266 既往の記録による成長予測—繰返し調査

Growth Predictions Based on Historical Record

—Recurring Inventories

林木成長に關係のある全因子の影響および同令あるいは異令林のその結果として得られる收穫量は、特定の林分について定期的に測定を繰返すことにより決定し得る。この方法では成長減退枯死、向伐雨期、乾期、耐陰力、土壌の影響はその最期的な形で表わされる。既往の記録による予測は観測林分とこれと同性質の幼令林で期待されるものとを比較するという形を取る。あるいは過去の情報からどのように測定された林分の将来の成長量を求めることもある。

過去の生長量についての既往の記録は少なくとも二つの方法で求められる。オーと小面積の固定標準地により全木の直径を5〜10年毎に1/10吋単位で記録し、全木または標本木の樹高表を樹高曲線を求めるのに依ることである。オニの方法はオーのものの拡張であつて、繰返し調査法 *recurring inventory method* と呼ばれている。100%または標本調査により得られる林分表が、普通5〜10年おきに依られ、過去における下の直径階から上の直径階への林木の移動がその期間の成長量を計算するのに使われる。どちらの方法でも最終結果は同じである。すなわち、その期間の最初と最後の伐積の差に伐採された量あるいは枯死による消失から救われた量を加えたものはその過去の期間におけるその林地の現実の成長量に等しい。

10年または20年後において固定標準地の記録はいろいろな定期成長の予測方法を科学的に比較し、かくして林業技術者が将来の成長量を予測するため現在の林分に適用する方法を選択あるいは修正することを可能にする。固定標準地の林分に正増立本数でなく、いろいろな立本数のものが含まれていることは正増立本数林分の測定と同様成長量予測の一方法として重要である。この二つの方法は成長量直接胸高で皮付きのまま測定され、そのため成長値調査で必要な樹皮厚と成長量の計算の要がなくなるという利点がある。固定標準地の全林木が全面積で番号が

つけられ、さらに胸高の樹皮の脱落を避ける様注意してペンキで印つけられたならば成長率の散ばり、生長の減退、向伐の効果、生長と樹厨の關係、相對的樹高成長、競走をしている樹種の相對的生長量についてのあらゆる問題を解決できる。

繰返し調査法が使われる場合、100%の調査は事実上一つの固定標準地である。直径分布がストリップまたはプロットからなる標本から得られたならば、次の調査で元の標本と同じ林地が再度測られる場合にのみ厳密な対比を行うことができる。円形または方形標準地の中心が二回目の調査のためしっかりと標識つけられている場合には、この作業と固定標準地には大きな相違はない。したがつて、アメリカの場合には(1)最初の調査および繰返し測定に余り重荷とならないよう十分小面積のいろいろな疎密度の代表的標準地の方式あるいは(2)林分表全体にわたる林地を最初の調査と比較し得る所要の精度にまで減らすことができる。大面積の林地の全面的調査を同じ測定単位、同じ生産物、伐根高、上部直径、同一伐積表を使つて繰返すことにより既往の記録の最大の利益を供與できる。眞の利用および異なった生産物を含む直つた条件と二回目の結果を調和させる必要があれば全伐積の修正を行うことができる。

關係のある林地で実際に過去において発生したつばを基礎としてゐる割合を除いて、繰返し調査法は実際には直径級の種動による予測方法(250, 256節)と同じものである。これは将来の増加を予測するための普通の過去の基礎として役立つにすぎない。この方法で行われるのは林分表を使つて同一林地上の林分の二つの連続した推定値を求めることである。

成長予測の基礎は林分表が得られたより広く分布した基礎標本を除いて標準地からのものより優れたものはない。将来の收穫量は林分の状態、その林令、大きさ、伐採量によって直ぐ前の期間の收穫量より多くすることも少なくすることも、あるいは一致させることもできる。

このような理由で繰返し調査法は本来森林または森林の一部の直径分布の変化、したがつてその結果としての伐積の変化の既往の記録にすぎず、単に過去の眞の成長量を推測するものである。大きさ級に基いて未經營の異令林における将来の成長量予測にこれを応用した場合には過去の成長量を拡張するかこれと比較することにより将来の直径を推定しよ

うとする実際の試みにもとづく方法より精度は劣る。間伐あるいは採伐の行われている森林のエーカー当り收穫量についての記録を積み重ねて行くことより、将来可能な收穫量は一層はつきりと分ってくる。過去の成長量だけが将来の直径分布および收穫量予測における特別な試みの基礎となるのであるから、経験に基いて、使用される方法の如何を問わず将来の收穫を一層正確なものに近づけることが出来る。繰返し調査法で成長量を調査する場合、標準地は40エーカー位とし、他の固定標準地と同じ精度で直径測定をしなければならぬがこの場合計算は直径級毎に行うことができ、林木に番号をつける必要はない。

直径成長の問題は、或る率での林木成長を論ずるだけでは解けない。これは普通、直線関係で過去と将来の成長は同じであると仮定しており、表は過去の成長量だけを示している。一方実際の過去の成長量と地方に予測された将来の成長量を区別し、オニの量を表わす手段としてオニのものだけを扱うことにより、成長量を調べるための適当な方法をうまく選ぶことができる。自然法則が成長を支配しており、数学だけではその結果はコントロールされない。前の章で成長に影響する最も重要な自然的因子について論じた。成長予測は林業技術者にとって経済分野の予測と同じく重要であり、それぞれの場合について詳しく十分なる理解を必要とする。これは素人にまかすことはできない。

267 標準地の目的

Purpose of Sample Plots

標準地は土壤や露出面のような環境に注意して、一定の科学的精度の基準で標準地上の植生を完全に測定出来るためのごく小面積の林地である。林業では標準地は特に林木と関係があり、牧畜では飼養植物と関係がある。標準地は唯一回測られる場合とは、收穫表の調製の場合と同様に多数の林令、地位の異った標準地を比較することによりその目的が達成される（27章）。

その標準地を将来使わないことが確かであればその位置は仮りに選んでおくだけでよい。固定標準地は、成長または枯死による林木の自然的・生態的变化を調べるために設けられたものである。それは樹冠の性格と伐積成長量との関係、いろいろな間伐方法およびその場合の効果、最終伐採更新方法、いろいろな造林方法、更新の結果および山火事の危険に

及ぼす火入れの影響、林床、枝条木本及び高植の変化、土壤状態の変化であり、要するに、人類に最も役立つという目的のため森林を改良することにより人類自身により利益となる方向にその性格を理解し統御しなければならぬ自然および人類の動的力によりもたらされるあらゆる変化である。

標準地の測定値が蓄積調査或は森林調査と違っている二つの重要な面はオニに採られる精度の基準であり、オニに記録されるものの性格である。直径測定値は1〜2吋クラスに括約する代りに0.1吋単位（角で注意して測られる）に統一される。樹高は呎単位で記録される。固定標準地で繰返し行なわれた測定値を同じ用紙の空欄に書き込めるようにしてある未く保存される適当な様式で記録が残される。森林の変化を調べる場合固定標準地は一時的な標準地に比較して大きな利益を持っている。標準地の状態を正確に評価し記録できる時点は現在の瞬間だけである。過去の状態および将来の変化について推定がなされるけれど、いずれもあいまい、かつ不確実なものである。自然の過程が過去の結果を変え、速さは驚くべきものであり、断片的な形跡から推定する以外には過去の事実を一語に結びつけることはできない。小径の枯死木、すなわち焼死するか被圧されたものは大部分辺材であり、2〜3年以内に枯れてしまう。その一部が丸太や岩石のような乾いた場所にとまっている場合を除いて6〜10年の中にも腐敗もなくなくなってしまう。林木組織、成長量更新、地表植生、未木板條、土壤の変化が系統的に記録され比較される。繰返し行なわれた精確な観測値にもとづいて調べることはできないが、重要な支配的な事実は見落され、誤った結論が下される。

268 選択と位置選定

Choice and Location

標準地は森林経営者の当面するあらゆる問題の解答ではない。その設置、維持には多額の費用がかかるが、このことは大きさを比較的小さくしプロット当りの費用を減ずること、埋合せさせる。固定標準地の選択と位置選定は調べるようとする問題の予備的研究では最初ではなく調査の段階である。そうでないと重要な支配的因子を評価しどこなうことにより多年の努力が無価値なものになってしまう。予備的に必要であるのは、その及ぼす影響を決めねばならぬ根本的な因子を把握する

ため、巾広の十分な研究を背景として一般的を観測ならでできるだけ集中的な研究を行うことである。

系統だてて述べられる問題の広い観点から、標準地の選択には二つの原則、すなわち特殊な因子の分離および対比することを含んでいる。例えば特殊な問題というのは向伐を必要とする林分の林令、大きさ、伐うべき向伐の度合および等級、目的或は生産物についてのものである。このためには正常立木度林分だけ本適當である。ここで学んだことは特殊林分に適用できる。しかし、成長量については過小立木度林分内にも標準地が必要である。対比は色々な処理の結果を測る鍵であり、このことは対象標準地 (check plot) を設けることによりなされる。かかる標準地は処理の行われた標準地にできるだけ似たものであり、その直ぐ近くと設けられ、処理された標準地に影響する因子が無くても成育するものでなければならぬ。対象標準地は処理された標準地特に向伐の行われた標準地毎に一つの対象標準地を設けることがすすめられる程重要なものである。

研究または処理される状態が一様であることは最も確実な正確な結果を与えるので、一連の適當な数の処理標準地及び対象標準地の対を設けるのに十分な大きさの林地はたやすく見付けることはできない。そこで調査及び試験に最適な林地を定めることはそれを早く設置することより遙かに重要である。標準地はいずれも価値のある結果を生み出すが、性格において全く反対のこともある。

設置されてしまえば、処理そのものは自然力の働きに基いたる評価に基かなければならず、それらは人類によつて誘導される。一つの例として、*log leaf pin* の更新方法の 10 年にわたる試験は幾分負の結果を生じた。或巧した自然的方法では隣接地で偶然発生した火災の結果として観測された。処理される標準地はできるだけ未処理の林地の影響を受けないものである必要がある。向伐の場合にはこのため標準地の周りに同じ処理のほどにされた隔離用の帯線 (isolate strip) が必要である。帯線の巾は未処理林地からの有害な影響、陰影、根系競走が測定される位置、すなわち固定標準地に影響を及ぼすことのできないように十分なものである必要がある。向伐の場合には普通 25 呎が適當である。*longleaf* の褐色斑点病 (brown spot disease) を抑制するには $\frac{1}{4}$ 哩の巾でも感

染予防には充分でない。

標準地試験のための植生の早期定着の危険は適當な付け加えるべき林地の欠如、またはすでに標準地に設けられた帯線を再調査することの不可能により引続き修正を必要とする抑制方法に含まれている方法、林地所有者を使用不能にすることにある。試験は定石とおり始められ、無用になるが、一方新しい観念および出発 (またはその期間正確な観測だけを行った) 他の研究機関あるいは個人は正しい結論に到達する。適當に植栽し変化を修正することは林産物の生産に及ぼす自然の作用および統制された環境因子の結果を量的、科学的に決めるための固定標準地の記録に比して真に適當なものではない。

標準地調査の長期計画に要する費用は 6 桁の数字に達するが、同一林地で定期的に正確な観測を行う方法はあらゆる林業技術者に開かれていゝる。確實かつ注意深く実行し、同じ標識点で写される航空写真および固定標準地の記録で補足されるならば、林業技術者或は土地所有者はその途中で林産物の問題及び経営方法について確実な理解をもつ實際的な造林学者になる。

現在ある標準地の相違や各期間における変化を観測する能力が有能な林業経営者を単なる行政官から区別させるものである。このような人々により我々の森林の将来の生産力は支配される。固定標準地から信頼し得る結果を得るに必要な態度は予想された基本原理でもって出発しこの命題の正しいことを立証するため努力することである。(それらとともに仕事を行い、またそれらに抵抗しないため自然力の眞の傾向を確めるため) 正直な研究者には基本的なことであるが、その仕事の科学的分析でそれを明らかにするかわり、"うまくない結果" を発表しないため、または上手にいいのがれるために努力を拂い、また拂つてきた。自然はその作用を隠したりカムフラージュしたりはせず、基礎的事実を変えたり分類したりする調査者の努力を粉砕してしまうであらう。

269 大きさおよび個数

Size and Number

標準地の大きさは調査の行なわれる林分の林木の大きさ、林令によつて変る。大面積標準地の測定に比較して小面積標準地の測定は原則的に容易であるので、標準地の個数は逆の關係にあることが多い。単一

標準地でなされた測定あるいはただ一組の対象組合せの比較は員の発展過程を示すと考えられないので、統計的方法は標準地の繰返しに最も力をそそいでいる。

ある結果が違った標準地で幾度も表われる場合に、はじめてその結果は意味のあるものになる。必要な標準地の何数は統計的に決定できるが同じような分野の調査での経験または同種の標準地での過去の経験によりその妨きの変化についての若干の予備知識が得られる。小面積標準地は標準地内の一様性と同様測定が容易であり、したがってその反復がし易いという長所があるが立地条件の僅かな差異を誇大に示す。これは大面積標準地を使うことにより主要な環境因子をうまく平均しなければならぬ)すなわち、6呎平方が標準地を設ける場合使われる単位である。標準地はその目的によつて1~100 mil-acre まで大きさを変える。

更新用の標準地や地表植生の研究のため設けられた標準地は僅か1 mil-acre 時には1/4 mil-acre のこともある。これは反して成長率やある樹種の材積や産量を調べるために設けられた標準地は、1エーカー (100 mil-acre)、特殊な場合には半エーカー、時には10エーカーのこともある。

270 標準地の設定

Establishment of Plots

一時的な標準地は土地所有形態に無関係に設けることができる。固定標準地は事業の目的に共鳴した確実不変の所有者のものでなければならぬ。そうでないと所有者はその期間の中に放牧、伐採、あるいは失火のような明白な行爲によつてほとんど間違いなく結果をそこなつてしまふであらう。標準地は公有または公共の森林内に設けられるのが最も良い。調査を行っている機関がその土地を所有している場合最良の結果が得られる。

矩形の固定標準地はつねにすくなくとも2本の柱、できれば鉄製パイプで四隅をはっきりと示しておかなければならない。すべての固定標準地の位置は地上に印された四隅と同様に、その境界を森林地図上に示しておかなければならない。そうでなければ遅かれ速かれ調査計画をよく知らない人々によつて取扱われる伐木作業はおうおう年のたつ内にこの標準地の林木を伐採してしまう。標準地は数年の再設置および現地資料の蒐集を容易にするため矩形、できれば正方形である。境界線の状態はこの仕事のための大縮尺の地図に示す必要があり、同様の状態および距離も若干の固

定的測量用図または他の標識に沿つて示される。

標準地は元来一時的のものと考えられることが多いが、再調査が非常に価値のあることと立証されたのではつきりと印がつけられその位置が定められている。

一時的、固定的な向はすすべての矩形標準地の境界は境界の外側の各林木を剥皮することにより上手く印付けることができる。剥皮処所は境界に面しており、水平の黒クレヨンの線が印が付けられる。この印は永続しその傷跡は永久的に残る。これとは別の方法は、白ペンキで標準地の内側の境界沿の全林木を印付けることである。

最近では1/4エーカーの大きさの多数の円形固定標準地を設ける方法がいろいろと立木度、林令樹種の林分成長量に必要なデータを迅速に獲得する手段として50年代によつて唱えられた。この場合標準地の中心は木にペンキを塗る支柱を打つて永久的に印付けられる。1/4エーカー標準地の半径は52.7呎で、境界の木はすべてその樹幹の二分の一以上が標準地内にあるか否かを定めるためテープで測つて定められる。過小立木度林分の成長に関するデータの必要性、この方法の相対的に速く安いことの認識が高まるにつれてその広範囲にわたる利用が約束されている。標準地はその再設定、再測ができるように一定の方向、一定の間隔で設けられている。

271 林木の確認標

Identification of Trees

特定のd.b.h (通常<5吋)以上の固定標準地の林木は一連の番号によつて確認される。この番号は樹皮上にペンキで書かれるが、このために樹皮が平に剥れるならばd.b.hも減少する危険がある。したがって番号はこの高さより充分に上または下につける必要もある。良質のペンキが必要であり、番号は5年毎に更新しなければならぬ。標準地が番号を取り除くような虫食の危険のない所では、金属性の符、出来れば帯にフロッツ毎に一連の番号がつけられ、1/4番ゲージ・2 1/2吋長さの鋼製の釘で樹高の処にひとりつけられる。地上から正確に樹高の位置は再測が元の点で行えるように釘またはペンキの線で永久的に印し付けられる。成長の速い木では釘は埋もれてしまうので釘抜き付の金鋸で5年毎に抜きとつて打ち直さねばならない。トウヒ、balsam fir ブナのよ

うに樹皮の平滑な樹種では番号をうつのこゴム印が使える。ゴム印はこれに使うため長さ約2吋巾 / 1/2 吋の数字がつけられている。固定標準地の林木に番号を付けるため二三のヨーロッパの国々ではこのような印形がもつぱら使われている。

一定の期間の更新を調べるために設けられた標準地では各稚樹は幹のまわりをゆるくしばつて細い銅線で稚樹に取り付けられ金属符で互手く同一のものとして取扱われる。防害のおそれの多いと思われる如では、番号符を焼きつけたい線の標識が稚樹の傍の土壌に突き立てられる。短期間の研究には小形の園丁用の杭が使われる。標準地上の林木すべてに番号をつけることがいつでも必要であるとはみぎらない。正常な木と林分の同伐試験ではもともと利用できないう被圧級に入る林木の大部分は、求同伐の林分。適当に同伐された林分（強過ぎない）のいずれにおいても枯死してしまうであろう。これらの林木は符はつけられぬが、それらの依用、因果関係、それから林分に及ぼすあらゆる影響を決めるため測定の際に d.b.h. 級別の完全な表を依る必要がある。松の下の大木樹のように水分の供給および上木のマツの成長を阻害する下木が成長し得るような場合には特にこのことが必要である。この影響は伐採または火入によって、対象標準地の広葉樹を定期的に除去することにより測定できる。

272 林木の測定

Measure ment of Trees

4 吋以上の全林木 d.b.h. が樹種別に記録される。番号のつけられた木は 0.1 吋単位で、番号のつけてない木は各吋級で記入される。直径巻尺または輪尺が使われる。前者を使えば、単木の連続測定値は比較的確であるが僅かながら正の誤差を含みやすい。輪尺では何々の誤差はかなり大きい。全体として標準地に対しては相殺される。反復測定には幾時でも初めに使ったのと同じ形の器具を使わねばならない。林木は優勢木、半優勢木、中庸木、被圧木のような樹冠級に分けられる。調査で必要ならば林令は苗令を調べることにより補足して成長値で決められる（23章）。

樹高の測定は各林木のデータによって次のいずれかが送られる。すなわち、完全な科学的記録が与えられる。直径対樹高曲線を依るのに要する

本数だけを測定するものである。しかし、どんな場合でも標準地毎に引々の曲線が必要である。二つ以上の標準地の曲線が一致すれば、一本の集成曲線を引くことができ、樹高測定値の数を増すという利益がある。これは前もって仮定することはできない。標準地当り 10 ~ 20 本の樹高が最小限必要である。

小形木の樹高は呎単位の目盛のしてあるポールでうまく測られる。直結ポール型のものでは 32 呎まで有効である。ポールを使えば、作業は迅速かつ比較的安くすむ。測高器が高い樹高に対して必要な場合には、直径測定に記録し番号打ちの代わりに 2 人の補助員が必要で、全木を測定するに要する時間は直径を記録し番号符を打つに要する時間の 3 ~ 5 倍であり、これがため樹高曲線で代りをする必要が強く勧められる。

樹下高は樹幹上で生枝の最低の輪生体の付け根まで測らねばならない。樹高が測られている場合には、ちよつとした観測値をつけ加えることによりすぐにできる。全林木の記録よりサンプリングで十分であり、全樹冠級、直径にわたって、標準地当り 25 本の樹高を測れば充分である。各木の樹高を順次に同じ点から測られぬが、木の傾により生ずる誤差は成長量の記録に偏奇を生ぜしめるが、全体として標準地ではこの誤差は相殺され、このむづかしい要求は不必要になる。

273 記録表対資源表

Listing Sheets versus Source Tables

標準地について連年、定期測定から得られたデータは記録表に記録され、特殊な調査に関して資源表が依られる。資源表は特定の直径以上の全木について依られるし、また特定の直径から 3 呎までの植生、樹高が 3 呎に至るまでの下層植生についても依られる。特定の直径以上の木の資源表では、樹種、または苗種、吋単位の d.b.h. 呎単位の樹高、樹下高、樹冠形、樹冠級、樹幹形、立地条件、備考の夫れぞれの欄に記入される。

中庸木、落木および更新稚樹を含む下層植生に関するデータは普通、樹種、量、頻度について表が依られる。

記録表の原本を前頁に示す。この表は番号がつけられた何々の木について 4 つの連続した記録が出来る様になつており、次の編集及び樹木級の依用の研究の基礎となつてゐる。

自然現象や植被、未木枝條、土壤條件についての情報は普通記載される。研究によつては研究室での科学的分析のため、そのための標本が標準地で取られることもある。一定期間土壤を連続分析すれば何々の標準地の條件において生ずる変化が示されるであらう。

224 標準地に南する図

資源表に記録されデータに加えていろいろ集められたデータをグラフで表わすためにいろいろな種類の図が役に立つ。現地で図を作る場合には方眼紙が使われる。

図の縮尺は図に表わそうとするデータによつて広範囲と変つてゐる。したがつて標準地に対する番号付の木の分布を表わすには、66呎が10呎相当する縮尺の図が普通使われる。

これに反して周密な下層植生を *mil-acre* について図に表わす場合には66呎が10呎に相当する縮尺は決して大きすぎはしない。

図には二つの一般的形、すなわち平面図と縦断面図がある。平面図は主として標準地上における林木の位置のように紙面に林木の位置、各木の樹冠の位置を表わすのに使う。

標準地の製図は直角に分割する方向に標準地を横切つて(天文図)紙を張つてこれを小さな単位に分ければ非常に便利である。標準地上の番号付の木を図に表わす場合、クオドラートの大きさは林木の年令大きさで変るが、それは66呎の倍数でなければならぬ。正方形が充分に小さい時には、方眼紙上の林木の位置は、目測または呎目盛のしてあるボールを使い、これをクオドラート上で互に直角におくことにより定めることができる。

縦断面図は垂直面の森林植生をグラフ的に表わしたもので、樹冠、草木の樹冠、狭い帯状態は林冠の高さによつて普通 1:60 または 1:120 の縮尺で表わされる。このような図は樹冠の位置、樹冠形、あるいは樹幹の形、長さ、位置、細りを示す。これはまた被覆の連続的様相を示す。

標準地を次々一定の間隔で図に表わすことによりいろいろな因子の次々の変化がグラフ的に示される。

樹冠はわれわれ吾人が鋸の鋸で樹冠の端の下を示し樹幹から人が立っている点までの距離をはかることによりうまく製図される。