

上賀茂試験地に生育している メタセコイア林分の現存量と成長

中井 勇・中根 勇雄

はじめに

1945年、中国の四川省の奥地で発見されたメタセコイア (*Metasequoia glyptostroboides* HU et CHENG) のわが国への導入は、1949年にアメリカの古植物学者の CHENNY 博士から100本が送られたことによるものであって¹⁾、その内の3本が京都大学農学部附属演習林上賀茂試験地に見本樹として植栽育成されている。以来、この生きている化石植物は多くの人達に興味もたれ、サンキ増殖が容易であったことから、当時「葉ざし」によって多量の苗木を生産し、各地への植栽を助長させた。さらに、このメタセコイアは成長が早いことから、1950年代の早期育成林業^{2,3)}が唱えられた時期、各地で造林樹木としての利用が考えられ、植栽された経緯がある。しかし、年数が経過するにしたがって、この樹木の特性が次第に明らかにされ、成長の良いことから材質が柔らかく、構造材としての利用は困難であり、また生育には極めて水分の要求度が高いことから植栽場所が限定されることなどが指摘されるに至り、現在では、主として緑化樹として利用されている。

著者らは1955年頃より上賀茂試験地でメタセコイアの挿し木増殖実験を行ない、その後、わが国ではじめての雌雄花の開花を記録⁴⁾、人工交配による実生苗の生産⁵⁾、さらには、個体の成長経過⁶⁾や樹幹の形状⁷⁾の調査など化石植物の生育に関心をもってきた。

導入されてから40年あまりが経過し、日本の各地には巨木に生育している個体がよく見受けられる。上賀茂試験地においても見本樹として育成している最大の個体は胸高直径74cm、樹高38mに達している。一方、林分として育成しているものはすでに林齢36年を経過している。

メタセコイアの物質生産はすでに斎藤ら⁸⁾、佐藤⁹⁾によって調査されているが、それらは若齢林分を対象としたものであった。本調査では壮齢に達した林齢36年の林分を対象として、1992年の生育シーズン終了時に、現存量の推定や成長経過、加えて土壌の水分条件の違いによる生育差などを調査検討した。

本論に先立ち、本調査に関しご指導を得た本学演習林の古野東洲助教授や本調査を進めるにあたり、適切な助言を賜り、その上貴重な資料を提供して戴いた京都府立大学の斎藤秀樹教授、さらに、本林分の育成に努力された上賀茂試験地の歴代の教職員の方々、本調査に協力戴いた現職員の方々に厚く御礼申し上げる。

調査林分の林況

本調査林分は上賀茂試験地の11林班に、1953年から1956年にかけて、ha当り約4,000本の密度で植栽造成されたが、大部分は1956年植栽で林齢は36年である。林分は図-1に示すように、北方向と南西方向が谷地形になっている。図上には現存の個体の成立位置が示されているが、南西部は生存個体が少ない。この部分は1965年9月17日の台風24号によって崩土した部分に当り、再造林されたが成林しなかった。さらに、林齢14年頃に間伐が行われ、密度が調節されたが、その詳しい資料は残っていない。現在の林分密度は850本/ha（標準地）で閉鎖状態にあるが、いわゆる谷筋には成長のよい個体が、斜面上部は成長のあまり良くない個体が成立している。加えて上層木の下にあって被圧された個体がわずかに成立している。生枝下高は5~16mであるが、大部分は10m内外で、樹体の上層部に枝葉が集中している。また、球果を着ける個体は全林で数本程度で、雄花の着生個体もわずかであった。球果や雌雄花の着生に関して、個体が疎な状態にある見本樹では多く、密な状態にある林分では着果の少ない傾向にある。下層植生はネザサ (*Pleiblastus chino* MAKINO v. *viridis* S. SUZUKI) とチュウゴクザサ (*Sasa veitchii* RED v. *hirsuta* S. SUZUKI) で覆われている¹⁰⁾。この林分の面積は約0.3haであり、標高は120~160mの間で、林分を取り巻く3方向は車道によって囲まれている。また、林分の東部分の中央部や北部分には車道側溝から排水が流れ込んでいる。

調査方法

林分内の個体位置をマッピングし、同時に胸高直径と樹高を測定した。標準地 (682 m²) は林縁を除く部分に設け (図-1)、リターフォールの季節変化を調べるためのトラップ (ゴースを張った1m×1m枠) は調査林分の標準地内の適当な位置に10個 (1991年7月1日に受け口の高さが地上1mとなるように) 設置した。リターフォールの回収ではその量の少ない時期には30日間隔であったが、多い時期には1週間間隔とし、1993年2月3日まで続けた。回収したリターフォー

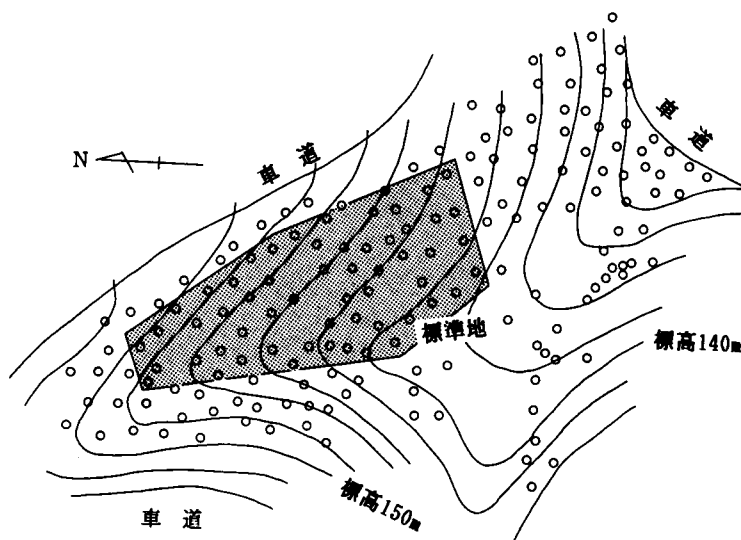


図-1. 調査林分と個体の成立位置

ルは枝（樹皮を含める）、葉、小枝（葉を付ける枝）とその他（昆虫の死体、虫糞や広葉樹の葉など）に分別して計量した。一方、幹、枝などの現存量は落葉後の1993年3月に大小の個体を含めた標準木7本を選んで伐倒し、常法に従って調査した。しかし層別の調査はしなかった。個体の成長解析は樹幹解析によったが、これまでの調査から幹下部の周囲は大きな凹凸がみられることから⁷⁾、各断面において5年ごとの断面積をプランメーターによって求め、この値を直径に換算し、求められた胸高直径、樹高や材積の成長リズムについて調べた。さらに、土壌水分と生育との関係を明かにするため、比較的晴天の続いた1992年の7月中旬に、林分の谷筋を基準として斜面上部にかけて2 m ごとの方角地点で、地下30cmの土壌を検土壌杖を用いて採土し、水分量を測定した。

結果および考察

1. 毎木調査

毎木調査の結果、胸高直径と樹高との関係はC~Dルールによって図-2、式(1)のように求められた。

$$H = D / (0.705 + (0.0164 \times D)) \dots\dots\dots (1)$$

胸高直径と樹高の大きさごとの本数頻度分布は図-3 Aのように、ともに正規分布しており、平均胸高直径は23.3±7.4cmで、平均樹高は21.1±5.18m、胸高断面積合計は40.3 m²/haであった。この結果に基づく幹の形状比は図-3 Bのように最小は60、最大は150で、100以上の幹の細長な個体は全体の66%を占めた。これは林分がすでに密になっているためであろう。ちなみに、構内に植栽された見本樹の形状比は45~58で、生枝下高も低い。

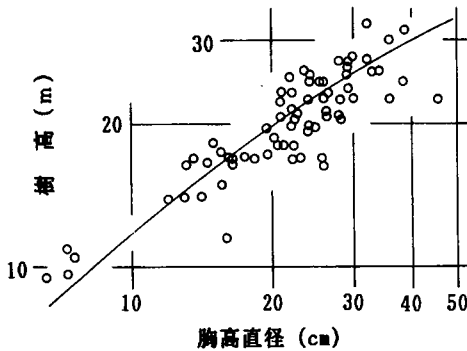


図-2. 胸高直径と樹高の関係

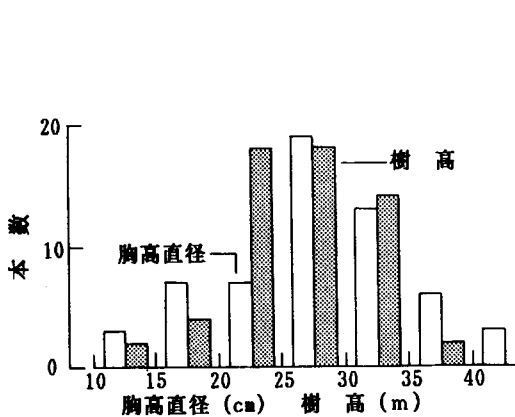


図-3 A. 標準地内の調査個体の胸高直径と樹高の本数頻度分布

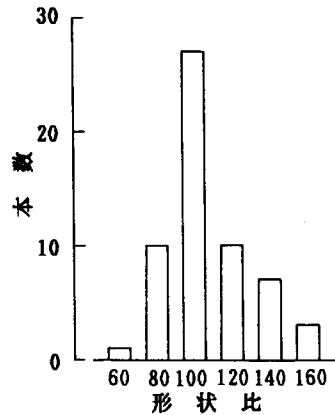


図-3 B. 標準地内の調査個体の幹形状比

2. 個体の成長

調査木は伐倒後、樹幹解析用の円盤を0.0m, 0.3m, 1.3m以後2m間隔に採集し、各円盤では5年間ごとの成長量を調べた。

本調査林分は先に述べたように、1950と1954,1955年に挿し木養成されたもので構成されており、植栽年度は1953年と1956年で、大部分は1956年に植栽されたものである。

今回選んだ調査木の中には1953年に植栽した42年生の個体が含まれている。この個体の5年ごとの成長経過は図-4に示すとおりである。この個体の胸高直径は29.2cm, 樹高は26.1mで、材積は0.587m³であった。根元部分における断面から読み取られた年齢は42年であり、各円盤の外側から読み取った5年間ごとの値を連続してつないだ、いわゆるタケノコを図-4の左側に示した。本図の右上には胸高直径、樹高と材積の5年ごとの年平均成長量を示した。まず胸高直径についてみると、22年までは年間に1cm前後の成長がみられるが、以後年齢の経過とともに成長量は減退し続けている。最近の成長量は0.14cmまで減退している。樹高成長量では17~22年生間に

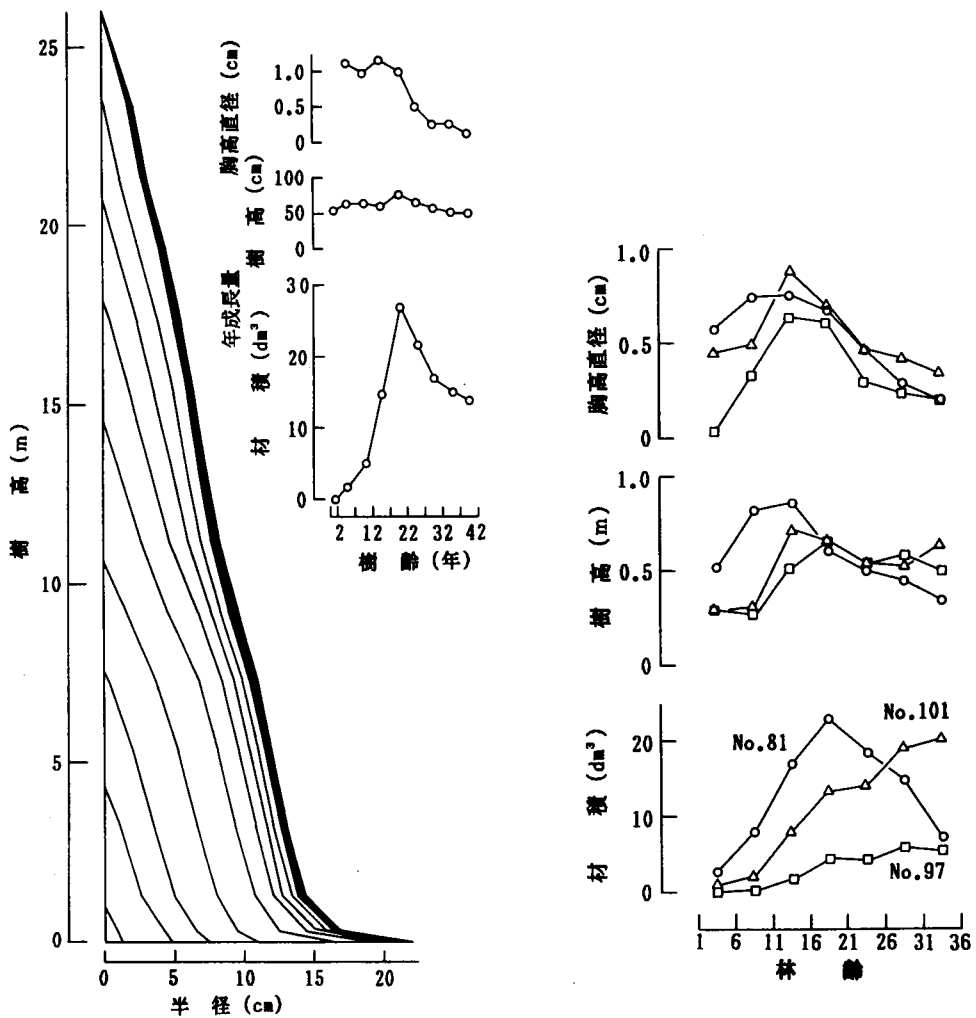


図-4. 42年生個体の樹幹解析図と年平均成長量

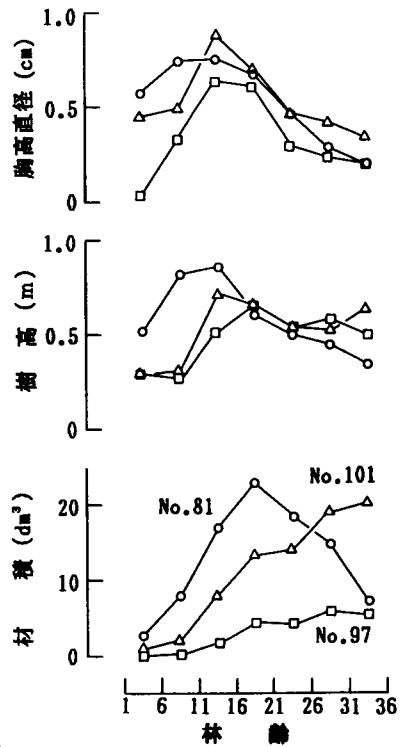


図-5. 林齢36年の大小個体の年平均成長量

は0.76mの最大成長量を示したが、他の年には0.5mから0.6mで大きな成長差はみられなかった。一方、材積は22年生までは年齢の経過に従って増加し、その最大値は27.37d³mであった。以後は減退し続け、最近の5年間における年成長量は14.14d³mであった。

この個体の他に調査した3個体の胸高直径、樹高と材積の年平均成長経過を図-5に示した。横軸は植栽後の林齢である。調査時点での個体の大きさはNo.97号木は胸高直径14.5cm、樹高17.98m、材積0.141m³であり、No.101号木はそれぞれ23.7cm、21.94m、0.465m³、No.81号木は24.9cm、25.1m、0.563m³である。これらの個体の中ではNo.97号木が最も小さい個体であり、No.81号木が大きい個体である。胸高直径の年平均成長量についてみると、植栽後5年間は大きい個体や中庸の個体では0.5cm前後に達しているが、小さい個体ではようやく胸高直径の計測できる大きさに達していることが分かる。植栽後16年を過ぎる頃から成長の減退が始まり、調査年の36林齢まで続き、以後、大きい個体は小さい個体と同じ程度の成長量を示したが、中庸の個体では前二者よりも優れていた。樹高の年平均成長量についてみると、植栽後16年まではどの個体も大きな違いはなく良い成長を示し、大きい個体では年間に80cmの成長がみられる。それ以後やや成長の減退がみられるが、大きい個体では他の二者よりも成長減退が目立っている。このことは成立場所の違いによるものであろう。材積の年平均成長量についてみると、大きい個体では21林齢までは成長量は増加し、16~21年では20d³m以上の成長を示したが、以後成長減退が続き調査年には8d³m程度まで下降している。一方中庸の個体では林齢の経過に従って成長量は増大傾向にあり、調査年には年平均20d³mの最大を示している。また、小さい個体も林齢の経過に従って成長量は増大しているが、その量は少なく、調査年には5d³mに留まっている。

3. 土壌水分と個体の大きさ

土壌水分の分布と個体の大きさとの関係を調べるために、標準地とその周辺部分の土壌を採土した。土壌水分はややバラツキを伴うが、等水分線を満足しており、その範囲内に成立している

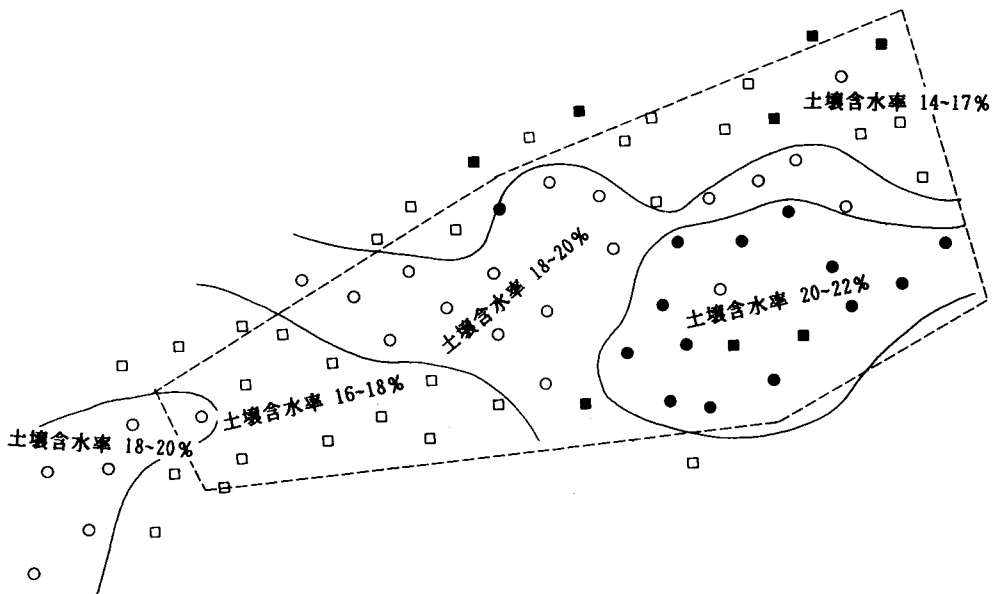


図-6. 標準地とその周辺の土壌含水率の等水分線と樹高の関係

■ : 樹高~15m, □ : 16~20m, ○ : 21~25m, ● : 26m~

個体の樹高を5m間隔でグループ化してプロットしたのが図-6である。測定した土壌の含水率は14~22%の範囲であったが、土壌水分の多い場所では樹高の高い個体が集中的に分布し、反面、水分の少ない場所では樹高の低い個体が成立している。すなわち、土壌水分の多い場所では樹高26m以上であり、水分の少ない場所では20m以下であった。その差は最大で14m見られるが、平均すると10m程度である。このようにメタセコイアは極めて水分の要求度が高く、しかもこのような場所は谷地形にあって肥沃地でもある。一方、構内の見本樹は平坦な場所に植栽されているが、そこでは土壌水分20数%で、樹高30m以上であり、しかも樹高差はあまり見られていない。このことから考えると、個体の大きさは土壌水分の多少に強く影響されるものと考えられる。

4. 林分現存量

A. 現存量の推定

A-1) 幹・枝量の推定

林分の現存量推定は伐倒調査木から個体の胸高直径の自乗と樹高の積 ($D^2 \cdot H$, $\text{cm}^2 \cdot \text{m}$) と樹体各要素との相対成長関係から求めた。 $D^2 \cdot H$ に対する幹材積 (V_s , m^3), 幹乾燥重量 (W_s , kg) および枝乾燥重量 (W_b , kg) の相対成長関係を求めると図-7のようになる。それぞれの関係式は、

$$\text{幹材積, } V_s = 0.00005973 (D^2 \cdot H)^{0.9382} \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{幹乾燥重量, } W_s = 0.0416 (D^2 \cdot H)^{0.8585} \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{枝乾燥重量, } W_b = 0.00653 (D^2 \cdot H)^{0.7973} \dots\dots\dots (4)$$

と求められた。図-7で枝量にややバラツキがみられるが、他の2要素ではバラツキは少ない。

斎藤ら⁸⁾が調査したメタセコイアの若年齢林分(9年生)で幹材積($\text{cm}^2 \cdot \text{m}$, dm^3)を、

$$\text{幹材積, } V_s = 0.05957 (D^2 \cdot H)^{0.948} \dots\dots\dots (5)$$

で推定しており、その勾配は本調査とほとんど違いがみられない。 $D^2 \cdot H$ と材積の関係は細長くても、短太でも相対成長は近似されるので、本調査資料と斎藤ら⁸⁾の資料を同一図上に求めると

図-8のように $D^2 \cdot H$ に対する幹材積の関係が以下の近似式で求めることができる。

$$\text{幹材積, } V_s = 0.00006359 (D^2 \cdot H)^{0.9066} \dots\dots\dots (6)$$

式(6)を用いれば各地のメタセコイアの幹材積は胸高直径と樹高を求めれば推定可能となった。このような関係はテーダマツ¹¹⁾やストロブマツ¹²⁾においても確認されている。上賀茂試験地の構内に植栽され大きく育っているメタセコイア[1949年アメリカから送られた苗木のうちの1本($D: 56.9\text{cm}$, $H: 35.00\text{m}$), と挿し木で繁殖させた1本($D: 74.2\text{cm}$, $H: 38.6\text{m}$)]の幹材積を式(6)で推定するとそれぞれ3.445 m^3 , 6.209 m^3 となる。

A-2) 葉量の推定

葉の推定は着葉時の調査であれば幹枝などと同様に伐倒により推定されるが、本調査では伐倒が落葉期のためリタートラップ

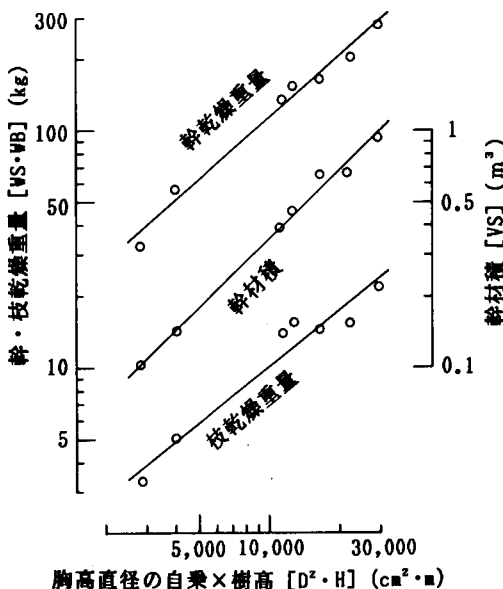


図-7. $D^2 \cdot H$ と幹材積, 幹重量及び枝重量との相対成長関係

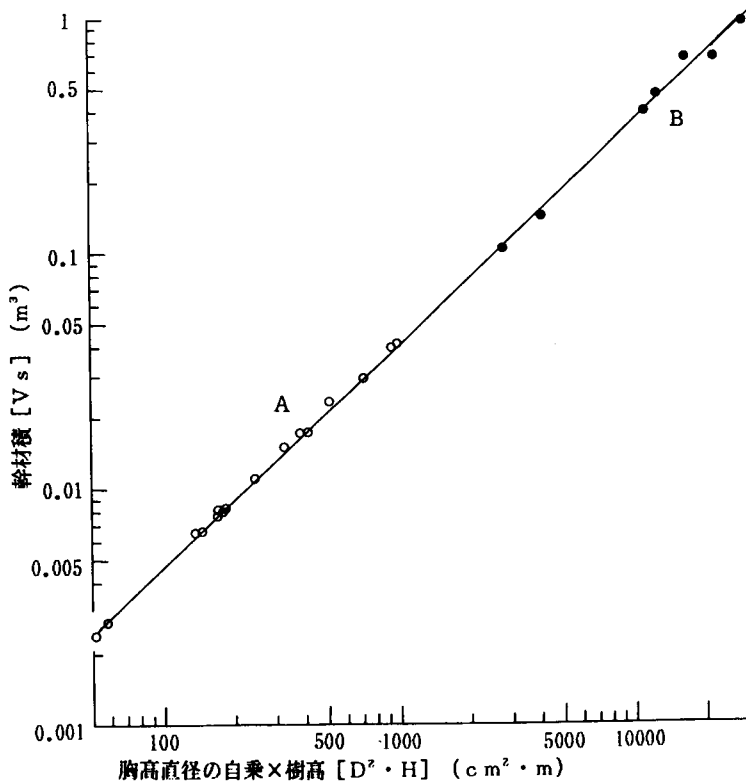


図-8. 斎藤ら⁹⁾の資料 (A) と本調査資料 (B) を合わせた $D^2 \cdot H$ と幹材積の相対成長関係

で集められた葉量より推定した。回収されたリターフォールは葉と葉を着けている小枝に分け、枝と樹皮、粉（虫糞を含む）及びその他（昆虫の死体、メタセコイア以外の樹木、草などの器官）に分別してその量を計測した。

ここでは葉の現存量の推定に先だってリターフォールの季節変化について検討した。

a) リターフォールの季節変化

回収されたリターを葉、小枝、枝+樹皮の各器官とその他に分け、回収間隔ごとの1日当りの量として集計、整理したのが図-9に示されている。まず、葉の季節変化についてみると、1991年は11月1日から12月16日の間に多く回収され、最大値は約8g/日で、1992年は11月17日頃から落葉が目立ち始め、12月2日から12月7日には最大の回収がみられ、12月14日にはほとんど回収し終えた。1992年には9月の中旬及び11月中旬に回収量が増加しているが、これは台風や強風によって落葉したものであって、メタセコイアの落葉最盛期は概ね11月中旬から12月中旬と考えられる。しかし、落葉は年間を通じてみられ、初冬に大部分落葉するが、新葉が展開して間もなく落葉するものや冬期から新葉が展開するまでの期間には離脱した葉が樹冠に留まっていたものが回収された。小枝量の季節変化は大まかには葉の季節変化と同様であるが、各回収ごとの葉に対する小枝の比率からみるとかなりのバラツキ（10%から168%）がみられた。落葉の多かった時期にはその比率は13~25%でほぼ安定していたが、小枝率の高かった時期はほとんどの落葉し

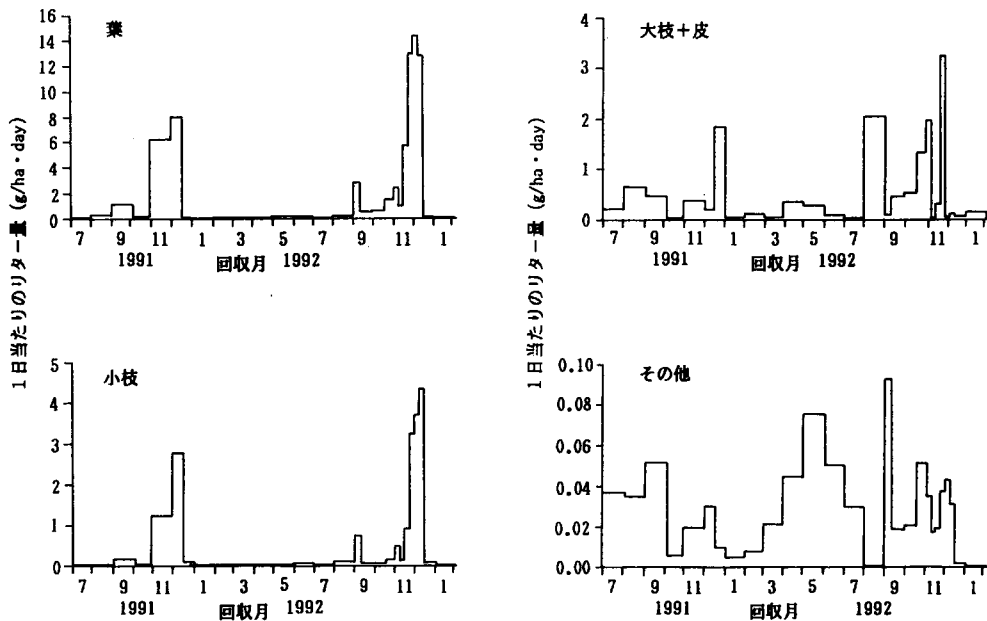


図-9. リターの季節変化

た後に樹冠に取り残された小枝が回収されたものである。落枝量の季節変化は、1992年の台風による影響（9月）はみられるものの大部分は冬期に多くみられた。メタセコイアの枝葉以外では、1991年には10月4日に、1992年には6月1日、9月11日、10月26日、11月2日および12月7日の回収量にそれぞれピークがみられる。これらには昆虫の死体や種子、本林分以外からのマツ葉やコナラの葉に加え本林分内のササ葉などが含まれ、とくに、夏期にはセミ、秋期にはマツや他の植物の種子が多く回収された。

b) 葉量の推定

リターフォールの調査が1991年7月1日から1993年2月3日であったので、1991年の7月1日から翌年の6月30日までに回収された量と1993年2月3日の最終回収日から遡る1年、1992年の2月2日までの期間における葉量に分けて集計し、その量を平均することによって年間の平均の落葉量とした。すなわち前者では3.632ton/ha、後者では3.901ton/haであり、両者間には約1割の違いがみられる。これまでに調べられた多くの樹種、例えばコナラ¹³⁾の年変動は1割以上もあり、本調査の平均値の3.767ton/haは平均的な落葉量としても問題はなからう。斎藤⁸⁾が調査した9年生の林分における葉量は5ton/haで、これには小枝が含まれている。小枝を除くと約4ton/haと報告している。また、佐藤⁹⁾は17年生林分で4.26ton/haの値を得ている。

本調査での小枝を含めた値は4.721ton/haであり斎藤⁸⁾と佐藤⁹⁾の結果の中間値となった。回収された葉と小枝を合わせた量に対する小枝量は約20%であり、斎藤⁸⁾が調査した値と同様な結果が得られた。

B. 林分の現存量及び林分成長量

本調査で推定したメタセコイア林の現存量や諸量を斎藤⁸⁾や佐藤⁹⁾の調査結果と対比して表-1に整理した。本調査の林齢36年時における林分での平均樹高は21m、胸高直径23cmで、胸高断面面積合計は40m²/ha、幹材積は414.6m³/ha、幹量126ton/ha、枝量11ton/ha、葉量（小枝を含む）4.7ton/haであった。ヘクタール当りの地上部の現存量は141.6tonで、同化部分の葉量は3.8ton

であり、地上部全体の2.7%であった。最近1年間の幹成長量でみると斎藤ら⁸⁾、佐藤⁹⁾、本調査の順になる。

表-1 メタセコイア林分の樹体各部分の現存量および最近1年間の成長量

		本調査	佐藤 ⁹⁾	斎藤 ⁸⁾
樹齢	(年)	40	17	9
立木本数	(No/ha)	850	753	6,180
平均胸高直径	(cm)	23.3	20.2	6.9
平均樹高	(m)	21.1	14.7	8.9
胸高断面積合計	(m ² /ha)	40.3	23.7	24.3
平均生枝下高	(m)	10.1	4.2	3.2
ha当りの現存量				
幹(材積)	(m ³ /ha)	414.6	179.7	125.0
幹	(ton/ha)	126.0	57.7	40.4
枝	(ton/ha)	10.9	12.7	7.5
葉	(ton/ha)*	4.7	4.3	5.1
地上部合計	(ton/ha)	141.6	74.7	53.0
ha当りの最近1年間の成長量				
幹	(ton/ha)	3.8	6.9	8.2
枝	(ton/ha)	0.4	4.3	3.8

* 小枝を含む、純葉量はこの値の約80%

樹体の各要素配分についてみると、表-2のとおりである。斎藤ら⁸⁾の結果では幹76.2%、枝14.2%、葉9.6%となっており、佐藤⁹⁾の結果では幹77.2%、枝17.0%、葉5.8%で、本調査林分では幹89.0%、枝7.7%、葉3.3%となっている。このように地上部の配分比は、幹では樹齢の経過に伴って増加し、葉では逆に減少しているが、枝では佐藤⁹⁾の17年生林分では密度が疎であることから最も多くなっている。しかし、同一林分での結果でないことからこの差が有意である保証はない。

本調査林分では現在850本/haの密度で成林しており、林齢36年生であることから考えると、林分における諸量はほぼ安定するものと理解される。すなわち、斎藤ら⁸⁾や佐藤⁹⁾が調べた林分は閉鎖状態であるが成長盛んな若齢であり、本調査林分と閉鎖の状況が異なるものと思われる。このことは生枝下高が斎藤ら⁸⁾の調査林分では3.2m、佐藤⁹⁾の調査林分では4.2mで枝葉が比較的低い位置に展開しており、本林分では生枝下高が10.1mであったように枝葉はかなり高い位置から展開している。

林分の成長量について、樹幹解析による最近5年間の成長量から年間の成長量(ΔW_s)を求め、 $D^2 \cdot H$ との相対成長関係を導き(図-10)、これによって林分成長量を算出した。 $D^2 \cdot H$ と ΔW_s の関係式は

表-2. 地上部各要素の配分比

要素	斎藤 ⁸⁾	佐藤 ⁹⁾	本調査
幹(%)	76.2	77.2	89.0
枝(%)	14.2	17.0	7.7
葉(%)*	9.6	5.8	3.3

* 葉には小枝が含まれる

$$\Delta W_s = 0.008407(D^2 \cdot H)^{0.66387} \quad \dots\dots\dots (7)$$

と求められ、かなりバラツキを伴うものの回帰を満足している。さらに、枝の年成長量 (ΔW_b) は測定していないが、幹の成長量に準ずるものとして求めた (図-10)。 ΔW_b と $D^2 \cdot H$ の相対成長関係は幹成長量よりもバラツキは大きい。算出された関係は次式のとおりであった。

$$\Delta W_b = 0.001328(D^2 H)^{0.6219} \quad \dots\dots\dots (8)$$

これらから求めた林分成長量は幹量では 3.846ton/ha、枝量では 0.405ton/ha であった。葉量は年間に 3.767ton/ha であることから、林齢 36 年生時における葉 1ton が生産する幹量は葉量にほぼ等しく、枝量は 0.11ton/ha と推定される。

若齢林分での幹や枝の林分成長量として、齋藤⁸⁾ は幹で 8.2ton/ha、枝で 3.8ton/ha、佐藤⁹⁾ はそれぞれ 6.9ton/ha、4.3ton/ha を得ている。本林分では幹成長量で若齢林分の約半分、枝成長量で約 1/10 であった (表-1 参照)。

おわりに

メタセコイアがわが国に導入されてから 40 数年が経過し、この間化石植物として広くわが国の各地に植栽され親しまれてきた。わが国における針葉樹の仲間では落葉する樹木はカラマツであるが、この樹木の現存量については佐藤¹¹⁾ が調査し、林分成長量についても解析している。メタセコイアに関しては林業的にあまり有用でないために、スギ、ヒノキのような調査研究は極めて少ない。そのため、若齢林分での調査資料だけであったが、今回成熟したと考えられる林分での諸量の測定が出来た。林業を対象とした樹木以外に外来植物が多く導入されている今日、それらの生育状況を詳細に調査しておくことが将来の導入に役立つものと考えられる。

メタセコイアが現在主として緑化樹木として利用されているが、この樹木が極めて水分要求度の高いことや土壌養分を必要とすることなどをよく把握しながら、環境整備に活用されることを願うとともに、今回の調査林分が将来どのように生育するか見届けたいものである。

引用文献

- 1) 三木 茂 (1953) メタセコイア 日本礦物趣味の会
- 2) 坂口勝美: (1958) メタセコイア. 早期育成林業. 森林資源総合対策協議会編 285~298.
- 3) 吉川勝好: (1966) メタセコイア早成樹の養苗と造林の実際. 林野庁研究普及課 地球出版 201~216.
- 4) 中井 勇・古野東洲 (1974) メタセコイアの開花結実について. 日林誌 5. 294~296.
- 5) —— (1976) メタセコイアの実生繁殖について. 林業技術 407. 39~41.

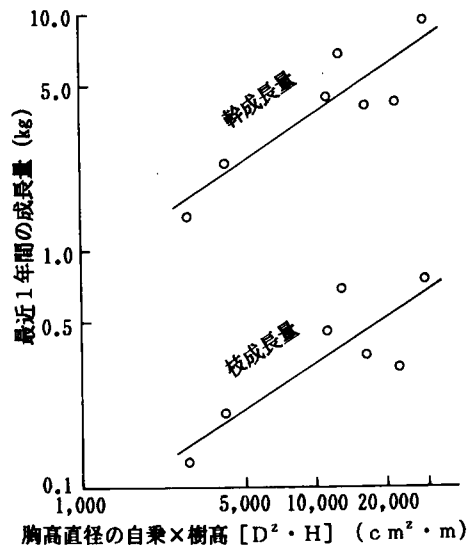


図-10 $D^2 \cdot H$ と最近 1 年間の幹と枝との相対成長関係

- 6) ——・中根勇雄・古野東洲 (1991) メタセコイアの生育について (予報). 第42回日林関西支部合同大会資料集 92.
- 7) ——・中根勇雄・金子隆之・古野東洲 (1993) メタセコイアの幹形について. 日林支論 2. 125~126.
- 8) 斎藤秀樹・河原輝彦・四手井綱英・堤 利夫 (1970) 若いメタセコイア林分の物質生産量について. 京大演報 41. 81~95.
- 9) SATO Taisitiroo (1974) Primary production relations of a young stand of *Metasequoia glyptostroboides* planted in Tokyo: Materials for the studies of growth in forest stands. 13. 東大演報 66. 153~164.
- 10) 渡辺政俊 (1991) メタセコイア実験林の林床を占めるササの刈払い後の回復. 京大演集報 22. 153~162.
- 11) SATO Taisitiroo (1974) Primary production relations in a plantation of *Larix leptolepis* in Hokkaido : Materials for the studies of growth in forest stands. 10. 東大演報 66. 119~126.
- 12) 古野東洲 代表 (1990) テーダマツ林の成長と現存量. 京大演集報 20. 88~99
- 13) —— (1991) ストローブマツ林の成長と現存量. 京大演集報 22. 67~78.
- 14) ——・斎藤秀樹 (1981) コナラ林におけるリターフォール量の季節変化および食葉性昆虫による被食量. 京大演報 53. 172~183.