

2. 研究ノート

P. engelmannii および *P. rudis* の

若い小林分の成長と現存量

上賀茂試験地マツ属研究グループ

まえがき

京都大学農学部附属演習林上賀茂試験地に収集されているマツ属は世界に分布する種の約80%に達している。収集された種は試験地と原産地との気象など環境状況の違いから十分に成長しない種も見られ、さらに成長しても病虫害により生育不良の種も明らかになっている。反面、上賀茂試験地の立地、環境に順応し、わが国原産種の代表であるアカマツ (*P. densiflora* S. & Z.) やクロマツ (*P. thunbergii* Parl) に相当するかなり優良な成長を示す種も明らかになっている¹⁾。北アメリカ大陸の東側の大西洋沿岸地域に原産するマツ属各種の生育は良い。とくにテーダマツ (*P. taeda* L.)、スラッシュマツ (*P. elliotii* Engelm.)、ストロブマツ (*P. strobus* L.) の上賀茂試験地における生育は良く、小面積ながらも優良な林分に育っている。これらの各林分の生育状況、現存量^{2,3,4)}、リターフォール^{5,6)}については、すでに調査されている。試験地に収集されたマツ属の中にはメキシコに原産する種も20種に達し、とくに発芽後数年は幼葉のみで成長し、また球果が大きい *P. maximartinezii* Rzedwsky や針葉が常に下垂している *P. patula* Schl. & Cham. など稀らしい種が多い。これらの種は原産地が低緯度地帯であるため、わが国の冬の気候に適せず、野外で生育不能の種も多く、現に上賀茂試験地においても、ガラス室内で育てられているメキシコ原産種は多い。

本調査の対象となった *P. engelmannii* Carr. と *P. rudis* Endl.、前者は北緯22–31°に、後者は北緯15–25°に分布し⁷⁾、メキシコ原産種でも上賀茂試験地の野外で生育可能な種である。その成長はアカマツ、クロマツほどではないが、林齢22年でほぼ林分としてみられるほどに生育している。調査は1995年1月23–25日に行われ、前の3種と同様に、上賀茂試験地勤務の当時の教職員(古野東洲、金子隆之、光枝和夫、山内隆之、平井岳志、藤本博次、田中弘之)が担当し、資料の整理およびとりまとめは古野、金子が行った。

本報告をまとめるにあたり、調査種の育苗、植栽に、また林分の育成に努力された関係教職員

Group for the study on Genus *Pinus*

Growth and Biomass of Young *P. engelmannii* Carr. and *P. rudis* Endl. Stands at Kamigamo Experiment Forest Station of Kyoto University

各位に、さらに有益な御助言を賜った大畠誠一教授に厚くお礼申しあげる。

調査地の概況および調査方法

調査地は、上賀茂試験地の4林班のマツ属見本林園に小集団に造林された *P. engelmannii* と *P. rudis* の小林分で、標高140–150m、ほぼ北面の平均斜度32度の斜面である。両種は隣接して西側に *P. engelmannii* が東側に *P. rudis* が植栽され、林分の周囲は *P. nigra* Arn.、*P. taeda* L.、*P. pinaster* Ait.、*P. koraiensis* S. & Z.、*P. virginiana* Mill.、*P. echinata* Mill.などが植栽されたマツ属見本林園で、導入された外国産マツ属各種にとり囲まれている。

林床には、ヤマツツジ (*Rhododendron kaempferi* Planch) が圧倒的に多く、スノキ (*Vaccinium smallii* v. *minus* A. Grey)、ネジキ (*Lyonia neziki* Nakai & Hara)、ソヨゴ (*Ilex pedunculosa* Miq.)、アセビ (*Pieris japonica* D. Don)、イヌツゲ (*Ilex crenata* Thunb.) なども少数生育している。これらの林床植生は毎年下刈り手入れが十分に行われ、常に20–30cmまでの高さに押さえられている。

調査両林分は、1970年2月に播種、育苗の後、1973年2月にhaあたり5,000本の基準で植栽された。以後、恒常の下刈り、つる切りなどの手入れが行われているが、見本林園であるため、年2回の手入れもたびたび行われ、林床は良く整備されている。

P. engelmannii、*P. rudis* 両種ともに、マツノザイセンチュウに比較的弱く、マツ枯れ激害地の白浜試験地に植栽された両種は大きな被害をうけている^{8,9)}。本調査地においては、毎年マツ属見本林園の被害木は伐倒、持ち出し駆除を徹底して行っているため、白浜試験地にみられるような激害をうけていないが、毎年1–数本ずつ枯れ、*P. rudis* が *P. engelmannii* より多く枯れている。

調査は、両林分に設けられた標準地 (*P. engelmannii* 林分 126.93m²、*P. rudis* 林分 113.54m²) の毎木を胸高直径および樹高の測定により行った。さらに毎木と同時に *P. engelmannii* で旧葉が目立って少ない個体がみられたので、これらの個体を区別した。

毎木調査の後、各径級に分けて、調査木として *P. engelmannii* で11本、*P. rudis* で9本を選んだ。調査木は地際で伐倒し、胸高直径と樹高を測定し、各枝階の地上高を求めた。幹を0.3m、1.3m、2.3m…の1m間隔に玉伐り、生重量を求め、樹幹解析用の円盤を採取した。枝、葉は幹の分枝部で1mごとの層別に分け、枝、旧葉、新葉の生重量を求めた。さらに、各個体別、各部位別にサンプリングした資料により生重量を乾重量に換算した。

結果および考察

毎木調査の結果を示すと表1のようになる。これまでの上賀茂試験地で調査した外国産マツ3種と異なる点は、調査前年のマツ枯れ被害によって針葉が褐変している枯損木がみられることである。*P. engelmannii*、*P. rudis* ともに白浜試験地で大きな被害をうけ、両種ともにマツノザイセ

表-1 *P. engelmannii* および *P. rudis* 林分の概況

	<i>P. engelmannii</i>		<i>P. rudis</i>	
	A	B	A	B
林 齢 (年)	22		22	
標準地面積 (m ²)	126.93		113.54	
標準地内立木 (本)	52	50	34	28
立木本数 (本/ha)	4097	3939	2995	2466
胸高直径 (cm)	9.2±3.8	9.2±3.9	9.2±3.4	9.6±3.5
樹 高 (m)	6.4±1.9	6.4±1.9	5.9±1.5	6.0±1.6
胸高断面積合計 (m ² /ha)	40.78	39.58	28.95	25.87

A : 標準地内全個体 (前年のマツ枯れ被害木を含む)

B : 標準地内生存個体

ンチュウに感受性であることは確認されていた^{7,8)}。上賀茂試験地では5-6年前から枯損がみられるようになり *P. engelmannii* の被害は少なかったが、*P. rudis* の枯損は多く、本数減少が著しかった。1994年の被害も *P. engelmannii* の2本に対し、*P. rudis* は6本で、*P. rudis* の枯損が激しかった。この両種の被害状況は、過去に、白浜試験地においても、同様な枯損経過が観察されている。

両種の植栽以後の本数減少の経過は不明である。植栽時の未活着および初期の下刈り手入れ時の事故による少数の本数減少はあったものと考えべきである。この初期の減少は、見本林園の造成のために、手入れなどの作業は相当に丁寧に行われたことを考慮すると、多く見積もっても1割以内と考えるのが妥当であろう。それ以上の本数減少はマツ枯れが原因である。1994年度の

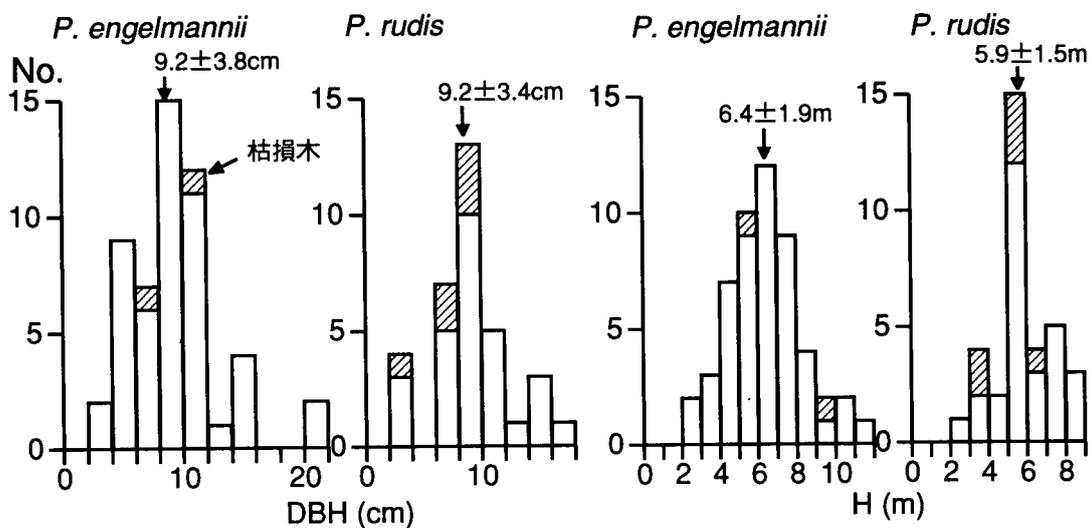


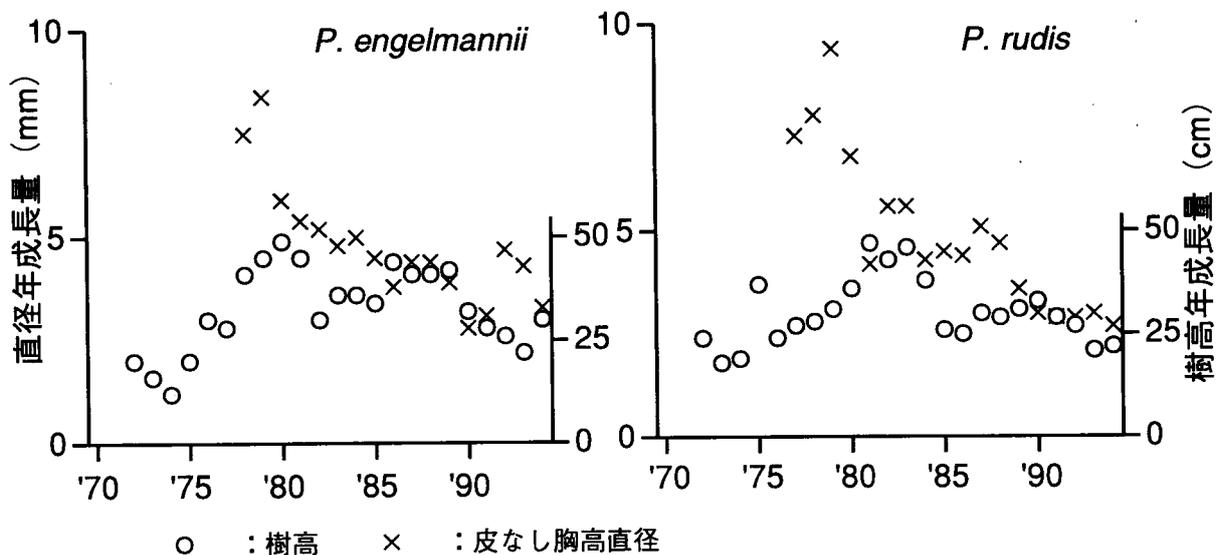
図-1 標準地の胸高直径、樹高の頻度分布

マツ枯れ被害木を除くと、*P. engelmannii* は ha あたりの立木本数は約 4,000 本、胸高断面積合計は 40m²弱で、林分としての形態は保たれているが、*P. rudis* は約 2,500 本と植栽時の半数に減少し、胸高断面積合計も 26m²弱と少なく、林冠にも空隙がみられるようになった。

毎木調査木の胸高直径および樹高の頻度分布を示すと図—1 のようになる。*P. engelmannii* では胸高直径が 20cm を越えている個体もみられ、樹高成長とともに *P. rudis* より成長はやや良い。両種の胸高直径の平均値が同じであるのは、*P. engelmannii* は直径の太い個体のある反面、細い個体も多くみられるため、直径の細い被圧木は、今後は次第に淘汰されていくものと思われる。*P. rudis* では、前述のように生存木も少なく、林冠にも空隙がみられ、自然間引きはおこらないと思われる。林分を維持するにはマツ枯れを防ぐ必要がある。

個体の成長

P. engelmannii および *P. rudis* の樹高成長はともに、年間の生育期の前半に伸長が終る単節型、アカマツ・クロマツ型である。ゆえに、枝階により樹高成長の経年経過を求めることが可能である。調査木のうちの優勢木の樹高および皮なし胸高直径の年成長経過を示すと図—2 のようになる。

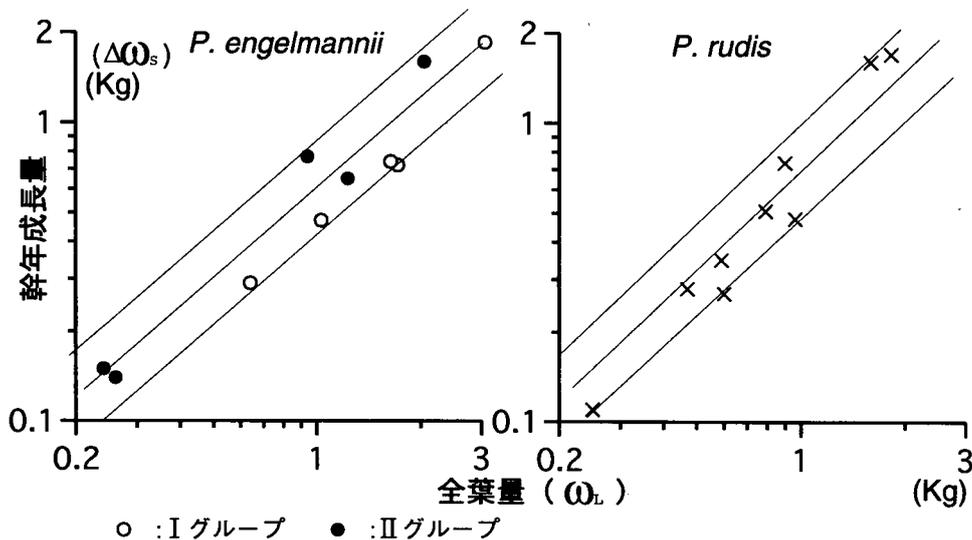


図—2 優勢木の年成長量

樹高成長で年間最大値を示したのは、*P. engelmannii* では植栽後 8 年目の 49cm、*P. rudis* では 9 年目の 47cm で、樹高成長の最大値は 50cm を越えていない。さらに、成長量は以後徐々に減退し、前者は植栽後 18 年目以後、後者は 13 年目以後、成長量は 30cm または以下に減退している。優勢木で過去 5 年間の平均年樹高成長量を求めると、両種ともに 27cm 強であった。上賀茂試験地に自生しているアカマツの平均的年樹高成長量が 50–60cm であることと比べると、林齢 22 年

の若い林でアカマツの約半分で、両種の樹高成長は良いとは云えない。

直径成長は、*P. engelmannii* は植栽後 6 年目で、*P. rudis* は 5 年目で 7mm を越え、続く 2 年または 4 年間の成長は良いが、以後次第に成長量は減退している。*P. engelmannii* では、最近も 4.0mm 以上の成長を示す年もみられるが、*P. rudis* では植栽 18 年目以後 5 年間は 3.0mm または以下の成長しかしていない。皮なし胸高直径の過去 5 年間の平均年成長量は両種ともに 2.0–2.4mm で、直径成長も樹高成長同様に良いとは云えない。



図—3 全葉量と最近 1 年間の幹成長量の関係

個体の葉量と成長量の関係は、これまでの報告で、成長量に代るものとして幹成長量を代表として求められ、両者の関係は、優勢木と劣勢木、上木と下木で、ある程度のバラツキを認めながらも比例関係が得られている。樹幹解析により得られた皮なし幹材積年成長量より樹皮を含めた幹成長量を求め、全葉量と最近 1 年間の幹成長量の関係を求めると図—3 のようになる。*P. rudis* では葉量が多い 2 個体は上限に位置し、1kg より少ない個体は中程から下限にバラツいている。このように大きい個体、すなわち林分の優勢木、上木と劣勢木、下木に差がみられるのは、これまでに調査したテーダマツ²⁾、スラッシュマツ³⁾、ストローブマツ⁴⁾においてもみられた現象である。これに反して *P. engelmannii* では、*P. rudis* ほど明瞭にはあらわれていない。優勢木の 2 個体はバラツキの上限に位置しているが、その他の個体はそれほどはっきりと分かれていない。*P. engelmannii* では、後述するように旧葉の脱落が目立つ個体がみられたが、これらの個体は図—3 において、中程から上限に、旧葉が脱落せず葉量が相対的に多かった個体は、中程から下限に求められている。両種の葉の能率をバラツキの巾で求めると、*P. engelmannii* では、1kg の葉は 0.42–0.83kg の、*P. rudis* では、0.44–0.99kg の幹を生産したことになる。図—3 において、両種それ

ぞれ上限、下限の中間の値を求めると、葉 1kg あたり、*P. engelmannii* は 0.59kg の、*P. rudis* は 0.67kg の幹を生産したことになり、*P. rudis* の葉の能率がやや良い結果が得られた。これまでの調査で、上賀茂試験地に生育していたスラッシュマツで 1.2kg³⁾の、テーダマツで 0.98kg²⁾の、ストローブマツで 0.82kg⁴⁾の値が求められ、さらに、テーダマツでは、熊本県下の壮齢林で 0.82kg¹⁰⁾、京都府夜久野町の若齢林で 0.99kg¹¹⁾の値が得られ、本調査の両メキシコ産マツの値は、これまで調査されたマツ属各種よりはるかに小さい値となった。本調査の上限値、*P. rudis* で 0.99kg、*P. engelmannii* で 0.83kg は、テーダマツ、ストローブマツの平均値に相当し、スラッシュマツの値より小さい。本調査の両メキシコ産マツの葉の能率は相当に悪いことが明らかになった。

林分現存量

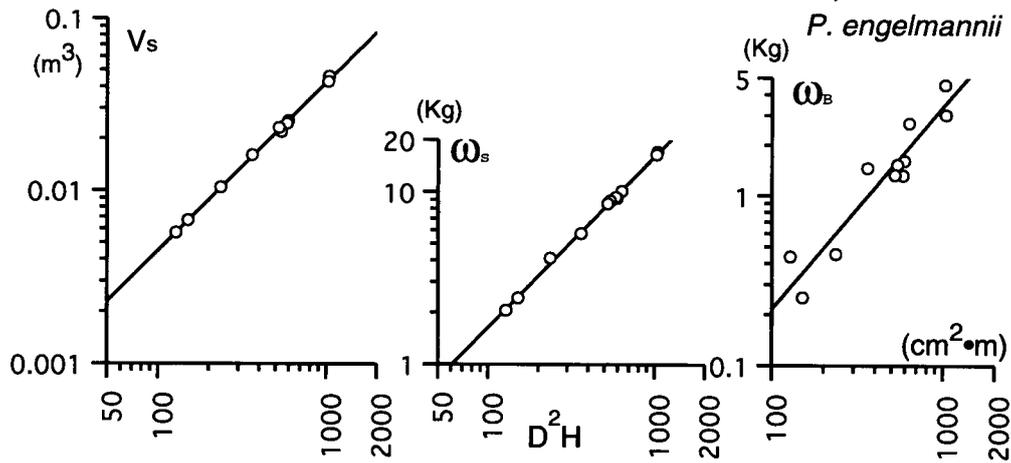
1. 針葉の寿命

マツ属の針葉の寿命は、2 生育期着葉して落葉する寿命の短いアカマツやテーダマツから 5 生育期着葉するヨーロッパクロマツ (*P. nigra* Arn.)、4 生育期着葉するクロマツ、フランスカイガンショウ (*P. pinaster* Ait.) のように寿命の長いものまで、種それぞれに特性がある¹²⁾。また、この寿命は個体が生育している環境によってもいくらか変動がみられる。本調査で伐倒した個体の針葉は、*P. rudis* では、1994 年に展開した新葉とその前年に伸長したシュートに展開した旧葉が残っていた。調査木の新、旧葉の割合は、両者がほぼ半々の個体から新葉が全葉の 80% を占めているものもあり、平均すると新葉 68%、旧葉 32% となった。旧葉は平均して、2 生育期を経過して 1/2 はすでに落葉していた。*P. engelmannii* では、葉の寿命は 1 年長く、3 生育期を経て針葉が残っているのが確認された。旧 2 年葉が新葉量に比べて 75% 近く残っている個体から 2% 程度と非常に少ないものがみられた。調査木 11 個体のうち 5 個体の旧 2 年葉は新葉量の 40% またはそれ以上着葉し、6 個体は 10% または以下の少量しか着葉していなかった。さらに、旧 2 年葉が多く残っていた個体の旧 1 年葉はほぼ新葉量と同じ量が残りに、ほとんど落葉した痕跡はみられなかった。これに反して旧 2 年葉が目立って少なかった個体の旧 1 年葉は一部に脱落した痕跡が認められ、旧 1 年葉は新葉量に比べて 50–88% であった。このように旧葉の少ない個体は、本調査では、自然に生理的な落葉に加えて、樹体のゆれのため隣接木との接触によって強制的に針葉が脱落したものと推察した。以上のように、*P. engelmannii* と *P. rudis* では、前者の針葉が 1 年寿命が長いことが明らかになった。

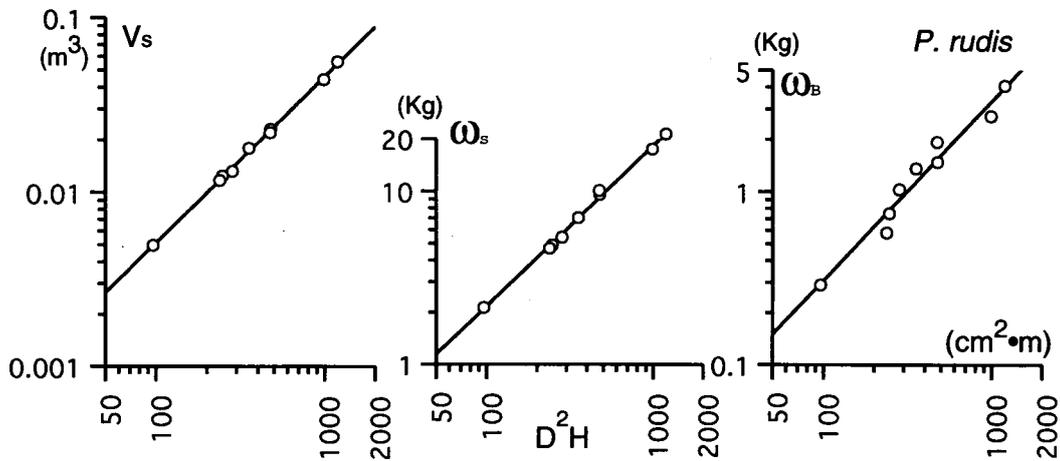
2. 地上部現存量

林分の現存量は、これまでの諸調査で用いられ、上賀茂試験地のマツ属林分の現存量の推定にも用いた、伐倒調査による各個体の胸高直径の自乗×樹高 ($D^2 \cdot H$) と樹体各部の諸量との相対成長関係を利用する常法によって推定した。

$D^2 \cdot H$ ($\text{cm}^2 \cdot \text{m}$) に対する幹材積 (V_s , m^3)、幹乾重量 (W_s , kg)、枝乾重量 (W_B , kg) の各相対成長関係は図一 4 および図一 5 のようになり、以下の近似式が得られた。



図—4 *P. engelmannii* の胸高直径の自乗×樹高 ($D^2 \cdot H$) と幹材積 (V_s)、
幹重量 (W_s)、枝重量 (W_b) の相対成長関係



図—5 *P. rudis* の胸高直径の自乗×樹高 ($D^2 \cdot H$) と幹材積 (V_s)、
幹重量 (W_s)、枝重量 (W_b) の相対成長関係

P. engelmannii

$$V_s = 0.000049383(D^2 \cdot H)^{0.97740}$$

$$W_s = 0.016749(D^2 \cdot H)^{0.99394}$$

$$W_b = 0.00086480(D^2 \cdot H)^{1.19658}$$

P. rudis

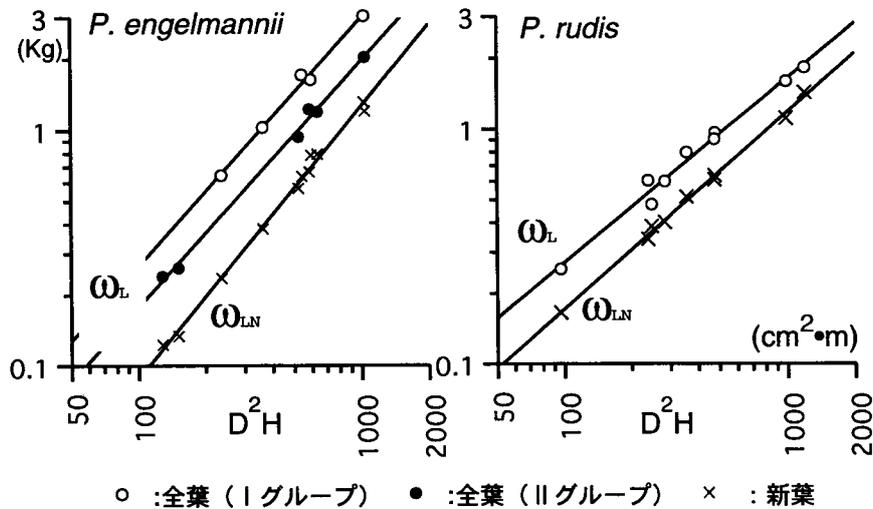
$$V_s = 0.000064360(D^2 \cdot H)^{0.95163}$$

$$W_s = 0.030293(D^2 \cdot H)^{0.92760}$$

$$W_b = 0.0027961(D^2 \cdot H)^{1.02458}$$

$D^2 \cdot H$ と幹量は、兩種ともに関係式をよく満足したが、枝量との関係には相当なバラツキがみ

られ、とくに *P.rudis* に比べて *P.engelmannii* のバラツキが大きい。このようなバラツキは、これまで調査されたマツ属林分でもみられたことで、個体による着枝量のバラツキは本調査両樹種に限ったことではない。



図一六 胸高直径の自乗×樹高 ($D^2 \cdot H$) と葉量 (W_L , W_{LN}) の相対成長関係

$D^2 \cdot H$ に対する新葉量 (W_{LN} , kg) と全葉量 (W_L , kg) の相対成長関係は図一六のようになる。*P.engelmannii* では、前述のように旧葉の着葉に違いがみられる個体が観察されたので、旧葉着葉量の多いもの (Iグループ) と脱落が目立ち葉量が少ないもの (IIグループ) との2つのグループに分けて、 $D^2 \cdot H$ と葉量との関係を求めた。それぞれの近似式は以下のようになった。

P.engelmannii

$$W_{LN} = 0.00042896(D^2 \cdot H)^{1.15640}$$

$$W_L(A) = 0.0020939(D^2 \cdot H)^{1.05219}$$

$$W_L(B) = 0.0014210(D^2 \cdot H)^{1.04744}$$

P.rudis

$$W_{LN} = 0.0036547(D^2 \cdot H)^{0.83597}$$

$$W_L = 0.0073717(D^2 \cdot H)^{0.78236}$$

それぞれの相対成長関係には、テーダマツやスラッシュマツにみられたようなバラツキはみられない。しかし、*P.engelmannii* では旧葉量の違いにより (I) および (II) グループに分けたことを、大きなバラツキとみるべきかも知れない。以上の各相対成長関係式を用いて、毎木調査の $D^2 \cdot H$ から調査林分の地上部現存量を推定すると表一2のようになる。

P.engelmannii 林分の葉量は、haあたり 9.19ton または 8.90ton と推定された。このうちの新葉量は、マツ枯れ枯損木を除くと 4.15ton である。上賀茂試験地のテーダマツ林(林齢 31 年)の 3.66–4.20ton²⁾、スラッシュマツ林(林齢 26 年)の 4.84–6.76ton³⁾、ストロブマツ林(林齢 28 年)の 3.94ton⁴⁾

表-2 *P. engelmannii* および *P. rudis* 林分の地上部現存量 (haあたり)

	幹材積 (m ³)	幹乾重量 (ton)	枝乾重量 (ton)	全葉乾重量 (ton)	新葉乾重量 (ton)
<i>P. engelmannii</i> (A)	134.333	51.297	11.549	9.187	4.262
" (B)	130.232	49.745	11.241	8.902	4.146
<i>P. rudis</i> (A)	90.729	36.279	6.472	3.311	2.351
" (B)	82.594	32.949	5.928	2.968	2.118

A, B : 表-1 参照

と比べても少なくはなくはなく、アカマツ林やクロマツ林の 3.0ton の平均的な新葉量に比べれば多い。テーダマツ林の調査報告²⁾でも述べたが、導入外来樹種の新葉量が在来樹種のそれよりも多く求められることには興味がある。テーダマツやスラッシュマツでは、新梢の伸長が生育期を通じて伸長する複節型であるためとも考えられたが、ストロブマツや *P. engelmannii* は単節型である。新葉量に差がみられる原因を明らかにするにはさらに多くの資料の積み重ねが必要となろう。一方、*P. rudis* では、マツ枯れ枯損木が生存していたとしても、推定された新葉量は ha あたり 2.35ton と少なく、すでにマツ枯れ被害によって林分のうっ閉は破られていることは明らかである。1994 年の被害木を除くとさらに林分の状態は悪く、本調査資料をうっ閉林分の他樹種と比較することは不可能である。

P. engelmannii 林の幹材積蓄積量は、上賀茂試験地に生立しているスラッシュマツ林の同年齢の蓄積量 (216-276m³/ha) と比べると 1/2 に近く、相当に少ない。スラッシュマツ林の 17 年生時の蓄積量 (132-226m³/ha) の最小値にほぼ等しい³⁾。すでに個体の成長のところでも述べたが、*P. engelmannii* の成長は良いとは云えない。*P. rudis* はマツ枯れによる本数減少のため、うっ閉が破られており、求められた蓄積量を、林分として比較することは無理である。*P. rudis* の成長が *P. engelmannii* に似たような個体の成長を示したことから、*P. rudis* も *P. engelmannii* に準ずるものと考えたい。

3. 林分の成長

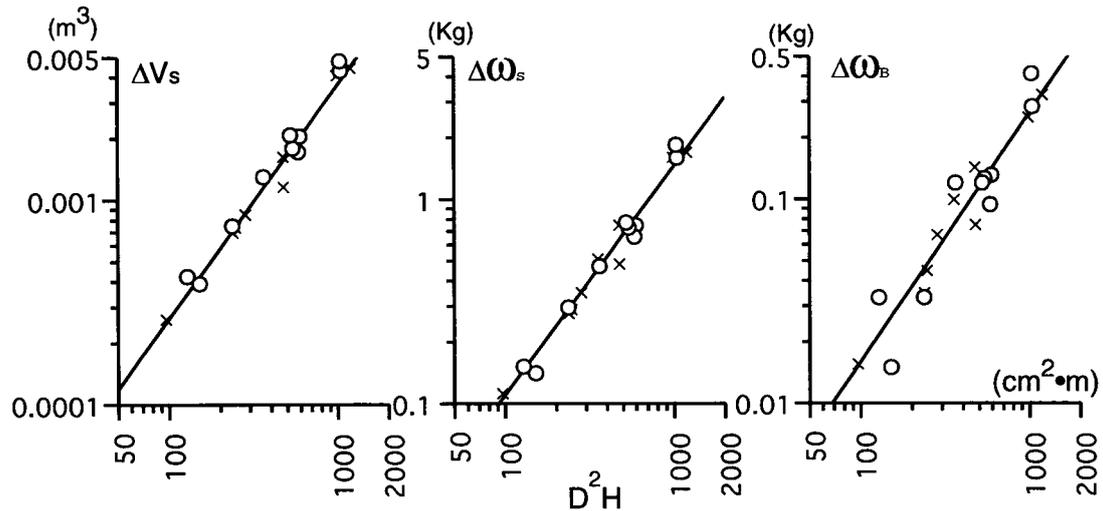
幹の成長量は樹幹解析による皮なし幹成長量より計算により樹皮を含んだ幹成長量を求め、枝については、枝解析を行っていないので、各調査木の枝量より、各個体別に、枝の成長も幹に準ずるものとして、幹量と幹成長量との比によって枝成長量をもとめた。

D²・H に対する計算された最近 1 年間の幹成長量 (ΔV_s, m³、ΔW_s, kg) および枝成長量 (ΔW_B, kg) の相対成長関係は図-7 のようになり、その近似式は

$$\Delta V_s = 0.0000011725(D^2 \cdot H)^{1.17995}$$

$$\Delta W_s = 0.00050586(D^2 \cdot H)^{1.15907}$$

$$\Delta W_B = 0.000051027(D^2 \cdot H)^{1.24975}$$



○: *P. engelmannii* ×: *P. rudis*

図一七 胸高直径の自乗×樹高 ($D^2 \cdot H$) と幹および枝の成長量 (ΔV 、 ΔW_s 、 ΔW_b) の相対成長関係

と求められた。これらの関係は *P. engelmannii* と *P. rudis* で大きな分離は見られず、バラツキの範囲と認められたので、同一の関係式として求めた。

推定された林分の幹および枝の年成長量に新葉量を加えた調査林分の最近1年間のhaあたりの地上部成長量は表一三のようになった。なお、表一三には、これまでに上賀茂試験地で調査した外国産マツのスラッシュマツ林³⁾、テーダマツ林²⁾、ストローブマツ林⁴⁾の成長量をも合わせ示した。

表一三 上賀茂試験地に生育するマツ属林分の地上部成長量 (haあたり)

	<i>P. engelmannii</i>		<i>P. rudis</i>		<i>P. elliotii</i> *	<i>P. taeda</i> *	<i>P. strobus</i>
	A	B	A	B			
調査年月	1995.1		1995.1		1988.1	1989.1	1990.1
林 齢	22		22		26	31	27
立 木 本 数 (本)	4097	3939	2995	2466	1353	2434	1402
胸高断面積合計 (m ²)	40.78	39.58	28.95	25.87	42.62	31.57	43.15
幹 成 長 量 (ton)	5.14	5.00	2.96	2.76	16.77	6.37	6.14
枝 成 長 量 (ton)	1.16	1.13	0.53	0.50	1.99	0.75	0.63
葉 成 長 量 (ton)	4.26	4.15	2.35	2.12	5.81	3.97	3.94
地上部成長量 (ton)	10.56	10.28	5.84	5.38	24.57	11.09	10.71

* : 3林分の平均値、A, B : 表一 参照

最近 1 年間の地上部成長量は、*P. engelmannii* 林分で、マツ枯れが発生しなかったと仮定すると 10.6ton/ha、枯死木を除くと 10.3ton/ha、*P. rudis* 林分は、それぞれ 5.81ton/ha、5.4ton/ha となった。

上賀茂試験地に育っているマツ属林分の地上部成長量は、スラッシュマツ林、テーダマツ林、ストローブマツ林、*P. engelmannii* 林、*P. rudis* 林の順になった。上賀茂試験地以外では、テーダマツ林は、白浜試験地の高密度幼齢林で 22–25ton/ha¹³⁾、熊本の壮齢林で 13–14ton/ha¹⁰⁾、京都府下のアカマツとの混交林で 15.2ton/ha¹¹⁾と求められ、さらに、白浜試験地の高密度のスラッシュマツ幼齢林で 17.4ton/ha¹⁴⁾の値が得られている。本調査林分では、今後の生育にもよるが、スラッシュマツ林、テーダマツ林、ストローブマツ林ほどの成長を望むことは無理のようである。

あ と が き

メキシコ産マツ属は、わが国の野外で生育可能な種が少なく、上賀茂試験地以外には多くは導入されていない。小林分ながらもまとまって植栽されているのは本調査樹種だけである。メキシコ産樹種の生産力調査は、本報告が最初となった。*P. engelmannii* では、うっ閉した林分としての十分な資料は得られたが、*P. rudis* では、マツ枯れが激しく、他林分と比較できなかったことは残念である。なお、*P. engelmannii* は白浜試験地の苗畑に単木で育っている本調査と同樹齢の個体が、現在(1997年9月)、胸高直径 30.5cm、樹高 13.2m に育ち、上賀茂試験地の構内見本樹は本調査木より 6 年樹齢が高いが、現在、胸高直径 31.2cm、樹高 16m に育っている。本調査林分の今後の生育に期待したい。

引 用 文 献

- 1) 上賀茂試験地マツ属研究グループ(1992) 上賀茂試験地に育てられている外国産マツの生育。京大演集報 23. 90–104
- 2) ———(1990)テーダマツ林の成長と現存量。京大演集報 20. 88–99
- 3) ———(1989)スラッシュマツ林の成長と現存量。京大演集報 19. 36–48
- 4) ———(1991)ストローブマツ林の成長と現存量。京大演集報 22. 67–78
- 5) 古野東洲(1993)ストローブマツ林の 12 年間のリターフォールについて。京大演報 65. 1–13,
- 6) ———(1995)上賀茂試験地に育てられているマツ属林分のリターフォールの季節変化および食葉性昆虫の虫糞量。京大演集報 27. 27–51
- 7) Critchfield, W. B. & E. L. Little, Jr. : Geographic Distribution of the Pines of World. Misc. Publ. 991, 96pp, U. S. D. A. For. Ser. Washington, D. C. , 1966
- 8) 古野東洲(1982)外国産マツ属の虫害に関する研究。第 7 報 マツノザイセンチュウにより枯死し

たマツ属について. 京大演報 54. 16-30

9) ————中井勇・上中孝治・羽谷啓造(1993)上賀茂および白浜試験地における外国産マツのマツのマツ枯れ被害 —マツ属のマツノザイセンチュウに対する抵抗性—. 京大演報 25. 20-34

10) 赤井龍男・上田晋之助・古野東洲・斎藤秀樹(1972)テダマツ壮齡林の物質生産機構. 京大演報. 43. 85-105

11) ————・大島誠一・中井勇: テダマツ・アカマツ混交林の物質生産について. 89回日林論. 201-202, 1978

12) 古野東洲: マツ属針葉の着葉年について. 日林関西支講 23. 60-61, 1972

13) 赤井龍男・古野東洲・上田晋之助・佐野宗一(1968)テダマツ幼齡林の物質生産機構. 京大演報 . 40. 26-49

14) ————・上田晋之助・古野東洲(1970)スラッシュマツ幼齡林の物質生産機構. 京大演報. 41. 56-79