

アカマツ同令単純林における材積, 重量, 熱量の成長 に関する研究

関屋, 雄偉

<https://doi.org/10.15017/15002>

出版情報 : 九州大学農学部演習林報告. 38, pp.39-159, 1964-11-28. 九州大学農学部附属演習林
バージョン :
権利関係 :



第5章 考察および研究の要約

この研究は、森林が林木の生産目標によって構造材生産林、原料材生産林、燃料材生産林に三分され、その理論的、実質的な量的尺度が、それぞれ材積、重量、熱量にあるとの立場から、アカマツ同令単純林を研究対象として、材積、重量および熱量の各成長について相互関係を研究したものである。

まず林分を構成する径級別林木の関係について研究し、林分の重量および熱量推定のための供試木採取法を検討することにより、合理的な標準木採取法を決定した。これにもとづき、つぎには年令を異にする多数の林分について、林分の重量と熱量を推定するための標準木を採取、測定し、林分材積収穫表、林分重量収穫表、林分熱量収穫表の調製を試みた。これにより林分の材積と重量および熱量の時系列的変化の相違およびこれらの各成長量の相互関係の検討を行なった。

これらの研究結果を要約して考察すればつぎのとおりである。

1 同令林内における径級別林木の材積重量および熱量

林木の材積、重量、熱量の各成長に関する研究にさきだち、同令林分を構成する各径級の林木について、各構成要素を検討し、材積、重量、熱量を測定するための供試木採取法を明らかにした。

1) 標準比重

同令林分より径級別に採取した林木の標準比重は、つぎにのべるような関係がある。

(1) 胸高直径との間にはつぎの実験式が成り立つ。

$$y = 0.410 + 0.0112x - 0.000282x^2$$

この式からみると同令林を構成する各林木の標準比重は、胸高直径の増加にもなって増加し、ある限度（本林分では 19.9 cm）を越えると減少するという二次の回帰式であらわされる関係である。しかし被圧された小径木を除けば、直径級の増大にもなって標準比重は減少する明らかな傾向が認められる。すなわち同令的構成の林木においては材積成長の大きい林木ほど標準比重が小さいのである。この点は平井信一^{7,8,9,10,11,12)}の一連の報告および HARTIG の *Fichte* の報告とほぼ一致しているが、平井の報告は径級の区分数が小さく、しかも小径級の林木がほとんどないために、概括的な傾向を指摘しているにすぎない。

以上の結果より考察すると、同令林の林分材積が等しい場合、林分密度を大きくして単木成長よりも林分成長に重点をおき、胸高直径の分散の小さい林分構成となるように施業することにより、林分の単位容積当り実質量を増加させうることが可能であると考えられる。

(2) 胸高平均比重との関係はきわめて高く、その関係は次式によってあらわされる。

$$y = 0.163 + 0.6259x$$

すなわち標準比重は胸高平均比重と一次の回帰式であらわされ、その相関は相関係数 0.90 が示すようにきわめて高い。したがってアカマツにおいてもリユウキユウマツについての報告⁵⁶⁾と同様、胸高平均比重から単木の標準比重を推定することが可能である。

2) 単木重量

同令林を構成する径級別林木についてそれぞれの樹幹重量を算出すると、全乾重量はつぎにのべる関係がみられる。

(1) 胸高直径との間にはつぎの関係がある.

$$\log y = -1.0118 + 2.32084 \log x$$

すなわち対数表示の単木重量と胸高直径の関係は一次の回帰式であらわされ、胸高直径の増加にともなって増加する。この点は標準比重の場合と大いに異なるところであって、単木重量はその材積の増加、すなわち横方向である胸高直径の増加に強く影響されるものである。

(2) 幹材積との間にはつぎの関係がある.

$$\log y = -1.3089 + 1.01597 \log(10,000x)$$

単木重量と幹材積との相関はきわめて高く、幹材積の増加にともなって単木重量も比例的に増加する。この関係はリュウキユウマツの研究報告⁵⁶⁾および *Ponderosa Pine* の報告⁵⁾とも一致するものである。

また材積平均成長量と重量平均成長量の間をみると次式であらわされる。

$$\log 1,000y = 0.6924 + 1.00383 \log(100,000x)$$

すなわち平均成長量についても重量成長は材積成長と比例的関係にある。

しかし前述のように、標準比重は胸高直径と二次の回帰式であらわされる点から考えると、単木重量が幹材積と完全に比例するとはいえない。上式の係数は1に近い値を示すことは、単木重量への標準比重の影響とみることができる。

(3) 対数表示の単木重量と幹材積との関係はほぼ比例的関係である。しかし幹材積は胸高直径および樹高の相乗的關係であらわされるから、単木重量もこれと同様な関係式であらわしうのはずである。したがって $1/(D^2H)^2$ を重みとし、胸高直径 (D)、樹高 (H) を変数とする重回帰式を求めると、単木重量式としてつぎの回帰式が得られる。

$$y = 3.383 + 7839 D + 0.08023 DH + 0.006105 D^2 H$$

すなわち単木重量は胸高直径および胸高直径と樹高の相乗的重回帰によってあらわされ、胸高直径、樹高の増加にともなって増加するものである。この結果は *Ponderosa Pine* について求められた式⁵⁾

$$\log y = 1.46847 \log D + 1.04867 \log H - 0.74002$$

と、樹高が単独の項としてあらわされている点において若干異なるが、胸高直径、樹高の増加にともなって単木重量も増加する関係については両者とも一致している。したがって両者の差異は適用した重回帰式の相違にもとづくものと考えられる。

3) 標準重量熱量

アカマツ同令林分における径級別林木の標準重量熱量は因子の変化に関係なくほぼ一定であって、その平均値は $4,800 \text{ cal/g}$ である。この測定値を既往の報告と比較すれば、津田⁵⁷⁾の測定値 $4,620 \text{ cal/g}$ より大であり、三浦²⁸⁾の測定値 $4,777 \text{ cal/g}$ とほぼ一致している。この点は前者の測定値が THOMPSON 式熱量計によるもので、やや小さい値となったものと考えられる。

4) 標準容積熱量

径級別林木の標準容積熱量は、標準重量熱量と異なり、つぎのような関係がある。

(1) 胸高直径との関係は次式であらわされる。

$$y = 2046 + 46.85x - 1.1849x^2$$

すなわち標準容積熱量は胸高直径が大きくなるにつれて増加し、ある径級（本林分では

19.8cm)で最大に達し、これを越えると減少する二次の回帰式であらわされる。この点は標準比重の場合と同様であるが、直径級の増大にもなう標準容積熱量の減少の傾向は標準比重の場合ほど鋭敏ではない。しかし両者の回帰式が類似していることは、後述するように、標準容積熱量と標準比重の関係が直線回帰であらわされることによって首肯されるところである。

(2) 標準容積熱量と標準比重とは相関が高く、その関係は次式であらわされる。

$$y=37.1+4724.7x$$

すなわち標準容積熱量は標準比重の増加にもなって増加する比例的関係にある。このように林木の単位容積当り実質量が増すことは、林木の熱量をも増加させることを意味している。したがって、林分密度を増大する施業を採用することにより、これを構成する林木の標準比重を増加させることが可能ならば、林木の標準容積熱量をも増加させようものと考えられる。

(3) 胸高平均比重との関係は次式であらわされる。

$$y=711+3135.7x$$

標準容積熱量は胸高平均比重の増加につれて増加する比例関係にあって、その相関はきわめて高い。したがってアカマツにおいては、標準比重の場合と同様、胸高平均比重を測定することによって、林木の標準容積熱量を推定することが可能である。

5) 単木熱量

同令林内における径級別林木の熱量についてはつぎにのべる関係がみられる。

(1) 胸高直径との関係は次式であらわされる。

$$\log y = -0.3342 + 2.32838 \log x$$

すなわち対数表示の単木熱量と胸高直径の関係は、単木重量の場合と同じ一次の回帰式であらわされ、胸高直径の増加にもなって単木熱量は急激に増加する。重量の場合と類似の式であらわされるのは、標準容積熱量と標準比重が直線回帰であることから当然であろう。

(2) 幹材積との関係は次式であらわされる。

$$\log y = 2.2983 + 1.0184 \log(100,000x)$$

対数表示の単木熱量と幹材積との相関はきわめて高く、幹材積の増加にもなって増加する比例的関係にある。

また熱量平均成長量と材積平均成長量との関係をみると次式であらわされる。

$$\log y = 1.3740 + 1.00592 \log(100,000x)$$

すなわち林木の平均成長量についても熱量成長は材積成長と比例的関係にある。

しかし前述のように、標準容積熱量は胸高直径と二次の回帰式であらわされる点から考えると、単木熱量は幹材積と完全に比例するとはいえない。単木熱量への標準容積熱量の影響が幹材積の影響にくらべて著しく小さいため上式の係数が1に近い数値となるものであろう。この点は単木重量の場合と同様であって、標準容積熱量が標準比重と比例するため類似の結果となるものである。

(3) 対数表示の単木熱量と幹材積の関係はほぼ比例的関係であらわされた。しかるに幹材積は胸高直径と樹高の相乗積であらわされるゆえに、単木熱量もこれによってあらわされるはずである。ゆえに $1/(D^2H)^2$ を重みとし、胸高直径 (D)、樹高(H) を変数とする重

回帰式により求めた単木熱量式はつぎのとおりである。

$$y = 22476 + 452.741 D + 534.416 DH + 53.4776 D^2 H$$

すなわち単木熱量は胸高直径および胸高直径と樹高の相乗的關係によってあらわされ、胸高直径、樹高の増加にともなって増加するもので、その重回帰式は単木重量の場合と同じ型である。

6) 林分の材積平均木と重量平均木および熱量平均木の關係

単一林分における材積平均木と重量平均木および熱量平均木を算出すると、各平均木の胸高直径はそれぞれ 17.9cm, 17.8cm, 17.8cm であって、その差異はわずかに 0.1cm である。この程度の差異は測定誤差とみなしうるので、林分の材積平均木、重量平均木、熱量平均木の胸高直径は 3 者とも一致するものといえよう。

しかし林木の標準比重、標準容積熱量を測定し、林分平均の標準比重、標準容積熱量を計算してこれに該当する林木の胸高直径を求めれば、大小 2 つの位置にあらわれる。したがって、これを主副林木それぞれの平均直径とみなし、主副林木別に平均木を選ぶことにより、その林分平均の標準比重、標準容積熱量を求めるのが合理的と考えられる。

このような根拠にもとづき、年令を異にする多数の同令林分の標準木選定にあたっては、主副林木別に材積平均木に相当する胸高直径の林木を供試木とするのが適切である。しかるに一斉林においては材積平均木と胸高断面面積平均木は等しい。これらの關係から、林分の材積平均木、重量平均木、熱量平均木を供試木として採取する場合には、主副林木別に断面面積平均木を求めることによって、いずれの目的をも達しうることが明らかにせられた。

2. 年令の異なる同令林分における林木の材積、重量および熱量

同令林分における材積、重量、熱量を測定するための供試木の採取法が明らかになったので、つぎに年令を異にする多数の同令林分の林木について材積、重量、熱量の各成長を検討する。

1) 標準比重

林木の標準比重と各因子について検討するとつぎのような關係がある。

(1) 主林木の年令と標準比重の關係は次式であらわされる。

$$y = 0.357 + 0.0082x - 0.000085x^2$$

すなわち標準比重は年令の増加にともなって増加し、ある限度（本研究では48年）を越えると減少する二次の回帰式であらわされる。

リュウキユウマツに関する研究⁵⁶⁾によると、標準比重と年令の關係式は著者の場合と異なり、年令の増加にともなって増大することを示しているが、これは林木の特性および生育環境の相違によるものか、あるいは前者が老令林木の資料を欠くことに起因するためかであろう。

副林木の標準比重は、年令との間に一定の傾向が統計的に認められない。すなわち成林後における副林木の標準比重は一定とみなされ、その平均値は 0.529 である。しかも副林木の標準比重は、壮令（本研究では30年）頃までは主林木のそれより大きく、老令期にいたれば主副林木の標準比重の差が少なくなる傾向が認められる。これらのことは、原材料生産林の施業技術上に問題を提示するものと考えられる。すなわち主林木の標準比重は、副林木のそれと異なって年令にしたがって変化し、大きくなる。しかるに成林以後に生ず

る副林木には、その変化が認められないばかりでなく、成長期においては主林木の標準比重より大である。したがって同令林木の利用上からみれば、標準比重の大きい副林木を原料材として用いることが有利といえよう。また林分の材積生産量に差がなかと仮定すれば、年令の増加にともなう単位容積当り実質量に変化を生じない劣勢木の除去というかたちで、林木の生育に応ずる立木密度の調節により残存木の標準比重の増大をはかることは、林分の単位容積当り実質生産量を増すことになる。

(2) 主林木の胸高直径と標準比重との関係は、次式であらわされる。

$$y=0.357+0.0132x-0.000225x^2$$

すなわち主林木の標準比重は胸高直径の増加にともなう増大し、ある限度（本研究では 25.2cm）で最大に達し、それを越えると減少する二次の曲線であらわされる。

しかるに副林木の標準比重は主林木の場合と異なり、胸高直径との間に一定の傾向が統計的に認められず、その平均値は 0.529 であって、成長期の林分では副林木の標準比重が主林木のそれより大きい。これは前述の同令林内における各林木の標準比重と胸高直径の関係において、胸高直径の増大にともなう標準比重は減少することと一致する。

(3) 主林木の樹高と標準比重の間には次式であらわされる関係がある。

$$y=0.340+0.016x-0.00032x^2$$

すなわち主林木の標準比重は樹高の増加にともなう増加し、ある限度（本研究では 25.0m）で最大に達し、これを越えると減少する二次の曲線であらわされる。しかし副林木にはこの関係は認められない。

単一同令林内の各林木の標準比重については樹高との間に一定の傾向が認められなかったが、年令を異にする林分における主林木には時系列の変化にともなう樹高も標準比重も増加するため、前記のような関係を示すものと考えられる。

(4) 胸高平均比重との関係は次式であらわされる。

$$y=0.111+0.7446x$$

すなわち標準比重は、主副林木の別なく胸高平均比重と一次の回帰式であらわされ、その相関は相関係数 0.972 が示すようにきわめて高い。

この関係は同令林分内の各林木の標準比重と胸高平均比重との関係においても認められたところである。またリュウキユウマツ⁵⁶⁾、カラマツ²⁴⁾、*Shortleaf Pine* と *Loblolly Pine*^{1,2)} における報告にもこの関係は認められているゆえに、胸高平均比重の測定により林木の標準比重の推定が可能である。

2) 単木重量

年令を異にする多数の同令林分よりそれぞれ主副林木別に平均木を採取し、単木重量と各因子との関係を検討するとつぎのとおりである。

(1) 年令と主副林木の重量との関係は次式であらわされる。

$$\text{主林木} \quad \log y = -1.8826 + 2.67324 \log x$$

$$\text{副林木} \quad \log y = -2.5862 + 2.88275 \log x$$

すなわち対数表示の林木重量と年令との関係は一次の回帰式であらわされ、年令の増加にしたがって重量は急激に増加している。この点は標準比重の場合と異なるところであって、林木重量は年令すなわち幹材積の増加にともなう増加するものである。

しかし前述のように、主林木の標準比重は年令と二次の回帰式であらわされる点から考

えると、主林木の重量は幹材積だけでなく標準比重の変化の影響をもうけるはずである。この場合、年令の増加にともなう幹材積の増加率が標準比重の増減率よりも大きいいため、重量への標準比重の影響が幹材積の影響に打消されて統計的には両者の対数表示の一次式であらわされるものといえよう。これに対して副林木の場合は、標準比重に一定の傾向が認められないため、幹材積のみに支配されるものである。

標準比重においては副林木が大きくても、同一年令ならば材積は主林木が大きいため、主林木の重量が副林木のそれより大きくなるのは当然であろう。

(2) 胸高直径と重量の関係は次式であらわされる。

$$\text{主林木 } \log y = -1.5588 + 2.81817 \log x$$

$$\text{副林木 } \log y = -1.2976 + 2.68256 \log x$$

すなわち対数表示の林木重量と胸高直径とは一次の回帰式であらわされる。この関係は単一同令林内の各林木間においても認められたところである。ゆえにアカマツ林については、主副林木を通じて対数表示の重量と胸高直径とは、一次の回帰式であらわされるものといえよう。

しかし前述のように、主林木の標準比重は胸高直径と二次の回帰式であらわされる点から考えると、主林木の対数表示の重量と胸高直径は、林木重量への標準比重の影響が胸高直径すなわち幹材積の影響にくらべて著しく小さいため、統計的に両者の対数の一次式であらわされる関係で示されるにすぎない。

(3) 林木の樹高と重量の関係は主副林木の別なく次式であらわされる。

$$\log y = -1.9024 + 3.21339 \log x$$

この関係は同令林内の各林木の樹高と重量の関係においても認められたので、アカマツ林については対数表示の重量と樹高は一次の回帰式であらわされるものといえよう。

年令または胸高直径と重量の関係は、主副林木別の回帰式で与えられるにもかかわらず、樹高との関係が主副林木の別なく1つの回帰式であらわされることは、樹高と単木重量との関係が、樹高と単木材積との関係にほぼ等しいためと考えられる。副林木の場合は標準比重の変化が認められないので、樹高すなわち幹材積のみの影響をうけるものである。しかし主林木の場合には標準比重が樹高と二次の回帰式で示される点から考え、両者の関係が完全に一致するとはいえない。林木重量への標準比重の影響が樹高すなわち幹材積の影響にくらべて著しく小さいため、統計的にみれば主副林木をあわせて1つの回帰式で示されるにすぎない。

(4) 林木の幹材積と重量との関係は主副林木別に次式であらわされる。

$$\text{主林木 } \log y = -1.4731 + 1.0549 \log (10,000 x)$$

$$\text{副林木 } \log y = -1.2911 + 1.0063 \log (10,000 x)$$

すなわち主副林木の重量は幹材積との相関がきわめて高く、幹材積の増加にともなって重量も増加するものである。

この場合、主林木の標準比重は年令と二次の回帰式であらわされ、副林木の標準比重には一定の傾向が認められない点から考えると、主林木の重量は標準比重の影響をもうけるに反して副林木では標準比重の影響がなく、幹材積のみの影響である。したがって両者の回帰式を比較すると、副林木の係数はほとんど1に等しいが主林木ではやや大きい値を示すものであろう。

また重量平均成長量と材積平均成長量の関係は次式であらわされる。

$$\log 1,000y = 0.5734 + 1.052072 \log (100,000 x)$$

すなわち林木の平均成長量についても重量成長と材積成長とはほぼ比例的関係にある。この式を同令林における径級別林木の場合と比較すると、その係数に差がみられる。これは単一同令林における胸高直径の差異による標準比重の増減よりも、年令にもとづく標準比重の増減が大きいためと考えられる。

前述の重量と幹材積の回帰関係は単一同令林内の林木においても、年令を異にする場合においても認められるばかりでなく、リュウキユウマツ⁵⁶⁾、*Ponderosa Pine*⁵⁾においても同様の関係が報告されている。すなわち単木重量と幹材積の関係は、年令の変化または径級の変化のいずれにおいても、ほぼ比例的関係にある。しかるに本研究による回帰式からみると、その係数は1よりも幾分大きく、完全に比例するとはいえない。ことに主林木の回帰係数が副林木の場合より大きいことは、標準比重の影響と考えられ、林木の実質量を利用する原料材生産の立場からみて、施業上の意義が認められる。

3) 標準重量熱量

年令を異にする同令林分より主副林木別に採取した林木の標準重量熱量は、年令その他の各因子の変化に関係なくほぼ一定であって、その平均値は **4,782 cal/g** である。これを前述の径級別林木の測定値と併せ考えると、アカマツの標準重量熱量は、年令および胸高直径などの林木の大小に関係なく一定とみなされ、三浦²⁸⁾の測定値とも一致する。したがってアカマツの重量熱量は **4,800 cal/g** 内外と認められ、他の樹種^{44), 45)}とくらべると比較的高い方の部類に属する。

4) 標準容積熱量

林木の標準重量熱量は、年令に関係なく一定であったが、標準容積熱量についてはつぎのような関係がある。

(1) 主林木の標準容積熱量は、年令との間につぎの関係がある。

$$y = 1738 + 41.707x - 0.474657x^2$$

すなわち標準容積熱量は年令の増加にともなって増加し、ある限度（本研究では44年）で最大に達し、これを越えると減少する二次の回帰式であらわされる。

副林木の標準容積熱量は、年令との間に一定の傾向が統計的に認められず、その平均値は **2,568 cal/cm³** である。しかも副林木の標準容積熱量は、成長期（本研究では30年頃まで）には主林木のそれより大きく、老令となるにつれて主副林木の差は少なくなる傾向がある。この傾向は標準比重と年令の関係と同一であって、標準容積熱量が標準比重と比例関係にあることから当然であろう。

(2) 主林木の標準容積熱量と胸高直径との関係は次式であらわされる。

$$y = 1786 + 69.006x - 1.401326x^2$$

すなわち主林木の標準容積熱量は胸高直径の増加にともなって増大し、ある限度（本研究では **24.6cm**）で最大となり、これを越えると減少する二次の回帰式であらわされる。

しかし副林木にはこのような回帰関係が認められない。

これらの関係は林木の標準比重と胸高直径の関係と同様であって、標準容積熱量と標準比重が比例関係にあるからである。

(3) 胸高平均比重と標準容積熱量の関係は、次式であらわされる。

$$y = -2166 + 14215x - 10356x^2$$

前述のように、胸高平均比重は標準比重との相関が高いが、標準容積熱量についても高い相関を示す。ゆえにアカマツ林木においては胸高平均比重の測定により、標準比重の推定ばかりでなく標準容積熱量をも推定することが可能である。

(4) 標準比重との関係は主副林木の別なく次式であらわされる。

$$y = 73 + 4651x$$

すなわち標準比重の増加にともなって単位容積当り熱量も増加するものである。この関係は径級別林木についても認められたところである。したがって林木の標準比重を増すことは標準容積熱量を増すことになり、さきにも述べた標準比重についての関係はそのまま標準容積熱量に適用される。ゆえに施業手段によって重量の増大化をはかることは熱量の増大化に通ずるものである。

4) 単木熱量

林木の単木熱量と各因子の間にはつぎのような関係がある。

(1) 林木の熱量と年令との関係は主副林木別に次式であらわされる。

$$\text{主林木 } \log y = -1.4572 + 2.81250 \log x$$

$$\text{副林木 } \log y = -2.0659 + 2.98169 \log x$$

すなわち林木の対数表示の熱量と年令の関係は一次の回帰式であらわされ、年令の増加にともなって急激に増加している。この関係は重量と年令の場合と同様であって、副林木の標準容積熱量が主林木より大きくとも、同一年令の場合には主林木の材積が大きいため、単木の総熱量は副林木よりも主林木が大きいのは当然である。

また前述のように、主林木の標準容積熱量は年令と二次の回帰式であらわされ、年令の変化につれて増減するが、単木熱量は年令の増加にともなって増加するものである。これらの点から考えると、年令の増加にともなう幹材積の増加率が著しく大きいため、標準容積熱量の増減の影響が打消されて統計的には対数表示の一次回帰であらわされるにすぎない。

(2) 胸高直径と単木熱量の関係は次式であらわされる。

$$\text{主林木 } \log y = -0.8253 + 2.77703 \log x$$

$$\text{副林木 } \log y = -0.5961 + 2.66577 \log x$$

すなわち対数表示の林木の熱量と胸高直径とは一次の回帰式であらわされる。この関係は径級別林木の熱量と胸高直径の間においても認められたところで、アカマツ林木については、対数表示の熱量と胸高直径とは一次の回帰式であらわされるものといえよう。

しかし前述のように、主林木の標準容積熱量は胸高直径と二次の回帰式であらわされる点から考えると、主林木熱量と胸高直径とが完全に比例するといえないことは、すでにのべた理由と同様に説明されよう。

(3) 樹高と熱量との関係は主副林木の別なく次式であらわされる。

$$\log y = -1.1901 + 3.21054 \log x$$

この関係は同令林内の各林木の熱量と樹高の関係においても認められるので、アカマツ林木の対数表示の熱量と樹高は一次の回帰式であらわされる関係にあるといえよう。

前述のように標準容積熱量は標準比重と高い相関を示すので、樹高と単木重量についての考察はそのまま単木熱量に適用されるものである。

(4) 幹材積との関係は次式であらわされる。

$$\text{主林木 } \log y = 5.3776 + 1.0434 \log (10,000 x)$$

$$\text{副林木 } \log y = 5.4191 + 0.9958 \log (10,000 x)$$

すなわち対数表示の熱量は幹材積との相関がきわめて高く、幹材積の増加にともなって熱量も増加する。

また熱量平均成長量と材積平均成長量についてみると次式であらわされる。

$$\log y = 1.2654 + 1.048552 \log (100,000 x)$$

したがって対数表示の熱量平均成長量と材積平均成長量の関係も一次の回帰式であらわされる。

しかし前述のように主林木の標準容積熱量は年令と二次の回帰式であらわされる点から考えると、単木熱量が幹材積と完全に比例するとはいえない。すなわち標準容積熱量が単木熱量に及ぼす影響については、単木重量に及ぼす標準比重の影響についてのべたことと同様の関係があるものと考えられる。

また熱量平均成長量と重量平均成長量の間をみると次式であらわされる。

$$\log y = 0.6909 + 0.996635 \log (1,000 x)$$

この式の回帰係数からみて、熱量平均成長量は重量平均成長量と比例的関係にあり、標準容積熱量が標準比重と比例関係にあることを裏づけている。ゆえに単位容積当り重量の大きい林木は標準容積熱量も大きいものといえよう。したがって燃料材生産林においても原料材生産林におけると同様に、材積ばかりでなく単位容積当り重量を増大させるような施業上の考慮がのぞましい。

3. 林分の材積、重量および熱量

つぎにアカマツ林分の材積、重量および熱量の関係をそれぞれの収穫表にもとづいて考察する。

(1) 主林木の材積、重量、熱量およびそれぞれの成長量を対比したのが第42表である。

この表からみると、芦北地方におけるアカマツ林分の材積平均成長量は25年で最大に達しているが、重量および熱量は30年において最大に達し、材積にくらべ約5年おくらせて重

第 42 表 主林木の各収穫および成長量の比較

Tab. 42 Comparison of Each Yield and Growth in Main Tree-crop

林令	材 積			重 量			熱 量		
	幹材積	成 長 量		重 量	成 長 量		熱 量	成 長 量	
		連年	平均		連年	平均		連年	平均
	m ³	m ³	m ³	t	t	t	1000kCal	1000kCal	1000kCal
5	13.0	2.60	2.60	5.1	1.02	1.02	25.1	5.02	5.02
10	55.2	8.44	5.52	23.4	3.66	2.34	115.0	17.98	11.50
15	107.2	10.40	7.15	48.6	5.04	3.24	238.3	24.66	15.89
20	158.4	10.24	7.92	75.6	5.40	3.78	370.8	26.50	18.54
25	205.1	9.34	8.20	102.3	5.34	4.09	499.9	25.82	20.00
30	244.8	7.94	8.16	126.1	4.76	4.20	614.9	23.00	20.50
35	278.4	6.80	7.95	147.1	4.20	4.20	713.9	19.80	20.40
					3.62			16.72	

林令	材積			重量			熱量		
	幹材積	成長量		重量	成長量		熱量	成長量	
		連年	平均		連年	平均		連年	平均
40	307.5	5.82	7.69	165.1	4.13	797.5	1000kCal	1000kCal	1000kCal
45	330.9	4.68	7.35	179.4	2.84	860.7	12.64	19.94	19.12
50	349.6	3.90	6.99	189.6	2.04	904.0	8.66	18.08	18.08
55	365.1	3.10	6.64	197.1	1.50	930.7	5.34	16.92	16.92
60	378.2	2.62	6.30	201.4	0.86	941.4	2.14	15.69	15.69

量および熱量は最大に達するのである。これはリュウキユウマツの材積と重量の関係においても認められた傾向⁵⁶⁾である。このように林分の重量もしくは熱量の平均成長量が、材積のそれよりもおくれで最大期に達する根拠については、年令の時系列的変化にともなう標準比重または標準容積熱量の変化と林分本数減少の影響とが考えられる。すなわち林木の標準比重または標準容積熱量は、ある年令で最大に達する二次の回帰式であらわされる関係から、林分の材積平均成長量が最大に達したのちも増大する。そのため林木の重量または熱量の平均成長量は、材積の平均成長量よりも幾分おくれで最大期に達するものであるが、これを収穫表の主林木について比較すると、林木本数が年令増加につれて減少する関係が累加されて、重量もしくは熱量の平均成長量が最大に達する時期は材積の場合よりかなりおくれることになる。以上の最大期に対し、収穫表の時系列的な重量および熱量を材積で除して求めた主林木の比重および容積熱量は、いずれも45年で最大に達している。この関係からも主林木の重量および熱量の総成長曲線は、材積総成長曲線に比較して、その増加状態が急激かつ持続的であって、その平均成長量は材積の場合よりもおそく最大に達するのである。

重量と熱量の成長曲線がほとんど一致しているのは、前述のように、標準比重と標準容積熱量が比例関係にあるためである。

(2) 主副林木合計の材積、重量、熱量およびそれぞれの成長量を示したのが第43表である。

第 43 表 主副林木合計の各収穫および成長量の比較
Tab. 43 Comparison of Each Yield and Growth in Stand

林令	材積			重量			熱量		
	幹材積	成長量		重量	成長量		熱量	成長量	
		連年	平均		連年	平均		連年	平均
5	13.0	2.60	2.60	5.1	1.02	25.1	1000kCal	1000kCal	1000kCal
10	63.8	10.16	6.38	27.8	4.54	136.3	5.02	22.24	13.63
15	124.0	12.04	8.27	57.2	5.88	280.2	28.78	18.68	18.68
20	178.3	10.86	8.92	85.8	5.72	420.6	28.08	21.03	21.03
25	227.0	9.74	9.08	113.6	5.56	554.9	26.86	22.20	22.20
30	268.8	8.36	8.96	138.5	4.98	675.2	24.06	22.51	22.51
35	302.4	6.72	8.64	159.5	4.20	774.3	19.82	22.12	22.12
		5.76			3.60		16.56		

林令	材積			重量			熱量		
	幹材積	成長量		重量	成長量		熱量	成長量	
		連年	平均		連年	平均		連年	平均
	m ³	m ³	m ³	t	t	t	1000kCal	1000kCal	1000kCal
40	331.2	4.66	8.28	177.5	2.82	4.44	857.1	12.60	21.43
45	354.5	3.60	7.88	191.6	1.98	4.26	920.1	8.30	20.45
50	372.5	3.04	7.45	201.5	1.46	4.03	961.6	5.20	19.23
55	387.7	2.40	7.05	208.8	0.76	3.80	987.6	1.60	17.96
60	399.7		6.66	212.6		3.54	995.6		16.59

材積の主副林木合計の平均成長量は25年で、重量および熱量のそれは30年で最大に達し、材積の場合と比較すると、5年おくれて最大に達している。この結果は主林木の場合と一致しているが、その原因としては、主林木の標準比重および標準容積熱量が前述のようにおくれるのに対して、副林木の標準比重および標準容積熱量に時系列的変化が認められずほぼ一定であるために、主副林木合計においては主林木の影響をうけるものと考えられる。

(3) 材積、重量および熱量の総収穫と年平均収穫量を示したのが第44表である。

第44表 総収穫および年平均収穫量の比較

Tab. 44 Comparison of Total Mean Annual Yield.

年令	材積収穫		重量収穫		熱量収穫	
	総収穫	年平均	総収穫	年平均	総収穫	年平均
	m ³	m ³	t	t	1000kCal	1000kCal
5	13.0	2.60	5.1	1.02	25.1	5.02
10	63.8	6.38	27.7	2.78	136.3	13.63
15	132.6	8.84	61.6	4.11	301.5	20.10
20	203.7	10.19	98.8	4.94	483.8	24.19
25	272.3	10.89	136.8	5.47	667.9	26.72
30	336.0	11.20	173.0	5.77	843.2	28.11
35	393.6	11.25	206.4	5.90	1002.6	28.65
40	446.4	11.16	236.8	5.92	1145.6	28.65
45	493.4	10.96	263.2	5.85	1268.4	28.19
50	535.0	10.70	285.3	5.71	1369.3	27.39
55	573.1	10.42	304.5	5.54	1452.9	26.42
60	607.7	10.13	320.0	5.33	1517.8	25.30

材積総収穫の年平均量は35年で、重量および熱量のそれは40年で最大に達し、材積の場合と比較すると、5年おくれて最大に達している。重量および熱量の平均収穫量が材積のそれよりおくれる理由については主副林木合計の場合と同様であるが、それぞれの最大期に達する年令は主副林木の場合よりも10年おくれて出現する。この現象は、総収穫が主林木と副林木累計とによって示されることに起因するもので、一般の林分収穫表においてもみられるところである。

以上アカマツの林分における材積、重量および熱量の各成長相互の関係について検討したが、いずれの場合においても、その最大期は材積に比較して重量および熱量は約5年お

くれ、重量と熱量はほとんど一致している。したがってアカマツ林における伐期令として、収穫量最多の伐期を基準に用いる場合、その生産目標を原料材もしくは燃料材におく林分では、構造材生産林の場合よりも幾分高伐期になるものと考えられる。しかし生産目標を原料材におく場合と燃料材におく場合の伐期について比較すると、両者の間には差異が認められない。

4. 総括的考察

アカマツ同令単純林における材積、重量および熱量の各成長について相互関係を明らかにしたが、最後にこれらの研究を通じて総括的考察を試みよう。

(1) 従来、林木の量的測定の尺度としては一般に材積が用いられている。しかし林木材積が等しい場合でも、単位容積当り実質量または熱量は樹種によってかなりの差異が認められるものである。したがって原料材生産林、燃料材生産林にあっては、材積成長のみでなく単位容積当りの実質量または熱量を加味して樹種、品種を選択することにより、重量成長または熱量成長の増大が期待せられる。

(2) 被圧された小径木を除けば、一般に材積成長の大きい林木ほど単位容積当りの実質量もしくは熱量が小さい。したがってアカマツ林を原料材生産林に向ける場合には、林分密度を大きくして単木の肥大成長よりも林木としての成長に重点をおき、胸高直径の分散の小さい林分構成となるように施業することにより、これを構成する林木の単位容積当り実質量を大きくすれば、林分の重量的生产を大きくすることが可能である。これらの点は、アカマツ林を燃料材生産林に向ける場合にも全く同様であって、原料材生産林と燃料材生産林の施業技術的性質には共通性がみられるが、標準材生産林とは異なるものといえよう。

(3) 同令林分の材積平均木、重量平均木、熱量平均木の関係は、その胸高直径において3者とも一致することが明らかにせられた。したがって同令単純林から材積、重量または熱量の平均状態をあらわす供試木を選ぶ場合には、いずれの場合にも断面積平均木をとることによって目的が達せられる。しかし林分平均の標準比重、標準容積熱量からすれば、主副林木別に断面積平均木を求めることが合理的である。

(4) アカマツ林木の胸高平均比重は、標準比重および標準容積熱量との相関がきわめて高く、一次の回帰式であらわされる。したがって林木および林分の比重または容積熱量を求める簡便法として、胸高平均比重を測定することにより、回帰式を用いて間接的に標準比重または標準容積熱量を推定することが実用的である。

(5) アカマツの主林木の標準比重および標準容積熱量は年令別、径級別に変化が認められ、増減している。しかし林木の重量および熱量の場合は、その標準比重および標準容積熱量に変化があるにもかかわらずその影響が材積変化の影響に比較して小さいため、材積とはほぼ比例的関係にある。これに対して副林木の標準比重および標準容積熱量は年令別に変化が認められず、壮令までは主林木のそれより大きい。したがって林木の利用上からみると主林木は構造材に向け副林木を原料材または燃料材として用いることが合理的といえよう。

(6) アカマツ林木の標準比重と標準容積熱量は、年令別、径級別のいずれの場合においても比例関係が認められる。ゆえに施業手段によって重量の増大化をはかることは熱量の

増大化にも通ずるものである。

(7) アカマツ同令林の生産目的を構造材、原料材、燃料材のいずれかにおく場合、それぞれの目的を材積、重量、熱量を最大にするとすれば、林木の標準比重または標準容積熱量の時系列に対する変化が、材積のそれと比較しておくため、原料材生産林、燃料材生産林にあっては構造材生産林における場合よりもその伐期令を高くする必要が認められる。しかし原料材生産林と燃料材生産林においてはほぼ一致した年令で平均収穫量が最大となる。

(8) 以上アカマツ同令林における材積、重量、熱量の各成長の相互関係を究明して若干の考察を試みたが、他の樹種についてもこれらの関係が明らかにされるならば、目的生産物を構造材、原料材、燃料材に分けた場合の施業技術を分離して研究することにより、それぞれの生産林についての経営に関する指針がより科学的に確立されるであろう。