

マアテ・クサアテの気乾収縮率

Comparison of shrinkage in the two races of *Thujaopsis dolabrata*, "Ma-ate" and "Kusa-ate".

能 勢 育 夫

I はじめに

アテは、能登地域に広く植栽されており、本県の主要樹種である。その材質は、光沢があり、耐久性にも優れていると言われている。アテ材の各品種における用材および製材品の品質については、本試験場の中野が先に報告したところである¹⁾。ここでは、アテの主要品種であり、比較的多く造林されているマアテとクサアテについて、用材および製材品における“そり”、“割れ”、“ねじれ”等の材の狂いに関連する収縮率、とりわけ利用上問題となる気乾収縮率について、樹幹内にどのようなにあらわれるか、また容積密度数、年輪巾とどのような関係があるかについて調べ、若干の知見を得たのでここに報告する。

なお本試験にあたり、供試木を提供して頂いた石下哲雄、三橋俊吉両氏に深く謝意を表します。

II 材料と試験方法

1. 供試木の概要

マアテは、輪島市三井町地内の林齢56年生の林分より、胸高直径 21.5 cm、樹高 21.0 m、枝下高 7.0 mを、クサアテは、鳳至郡穴水町地内の林齢 50年生の林分より、胸高直径 21.0 cm、樹高 15.0 m、枝下高 9.1 mを供試選伐した。

2. 試験片の採取

各供試木の地上高 3.3 m、6.6 m、9.9 m、13.2 m の位置において、約 10 cm の円盤を採取（ただしクサアテは第 3 円盤まで）し、試験片は、M（山側）、V（谷側）の 2 方向において、板目および柃目方向の収縮については、辺長 30 mm、厚さ 5 mm の正しい二方マサの板とし、繊維方向の収縮については、長さ 50 mm、幅 30 mm、厚さ 5 mm の正しい平マサの板を採取した。ただし、最外周部においては、試験片が若干小さくなくても試料として取り上げた。

3. 測定方法

試験片採取後、測定基準線を設け、煮沸により、飽水状態に達した時の長さを ℓ_1 、室内で一定期間放置し、自然乾燥した後の長さを ℓ_2 、105 °C で一定時間乾燥し、全乾状態に達した時の長さを ℓ_3 とし、3 軸方向について、下記の方法により、含水率 15% の気乾状態に調整し、収縮率を求めた。なお ℓ_2 測定時の含水率は、マアテが $11.5 \pm 0.60\%$ 、クサアテが $11.5 \pm 0.99\%$ であった。また同時に、

各試験片の容積密度数（全乾重量／飽水時の容積）と平均年輪巾を求めた。

飽水状態から気乾（含水率15％）時までの収縮率（気乾収縮率）

$$\alpha_{15} = \frac{l_1 - l}{l_1} \times 100 (\%)$$

ただし、 l ：含水率15％のときの基準の長さで、次式により換算したもの。

n ： l_2 測定時の含水率

$$l = l_2 + \frac{15(l_2 - l_3)}{n}$$

Ⅲ 結果および考察

1. 収縮量

両品種における気乾収縮率について、全体的にとりまとめ、平均年輪巾、容積密度数もあわせて表-1に示した。

この結果から、両品種を比較してみると、板目方向の収縮量では、クサアテ（平均3.063％）がマアテ（平均2.519％）に比べ大きい傾向にある。柎目方向の収縮量については、両品種（マアテ平均1.352％、クサアテ平均1.344％）間ではほとんど変わらない程度である。また繊維方向の収縮量では、板目方向と同様に、クサアテ（平均0.163％）がマアテ（平均0.082％）に比べ大きい傾向にある。標準偏差は、3軸方向（マアテ板目＝0.499％、柎目＝0.310％、繊維＝0.169％、クサアテ板目＝1.137％、柎目＝0.341％、繊維＝0.350％）ともクサアテが大きく、平均年輪巾、容積密度数の標準偏差も同様にクサアテが大きい。このように収縮率のバラツキは、これらの年輪構成要素により、大きく影響されるものと考えられる。繊維方向の収縮で、両品種とも負の収縮、すなわち飽水状態から気乾状態までの乾燥過程において、伸びをしめすものがある。また木材の特徴の一つである異方度は、それが大きいほど狂いが生じやすい。柎目方向に対する板目方向の収縮量の比をもって、横断面の異方度を平均値でみると、マアテでは1.86、クサアテでは2.27となり、異方度においてもクサアテが大きい傾向にある。

表-1 マアテ・クサアテの気乾収縮率および容積密度数、平均年輪巾

	気 乾 収 縮 率 (%)				容積密度数 (kg/m^3)		平均年輪巾 (mm)	
	最 小	平 均	最 大	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
マアテ								
板目方向	1.70	2.519	3.28	0.499	392.8	35.2	2.40	0.79
柎目方向	0.88	1.352	2.38	0.310				
繊維方向	-0.34	0.082	0.46	0.169				
クサアテ								
板目方向	1.65	3.063	4.59	1.137	376.1	80.0	3.62	0.94
柎目方向	0.76	1.344	2.06	0.341				
繊維方向	-0.28	0.163	0.99	0.350				

2. 収縮量の樹幹内分布

半径方向および地上高方向における収縮量の変動について、図-1から図-4にしめした。半径方向の変動については、M、Vの2方向の平均値により、各地上高別にその変動をしめした。なお図中のP-1、P-2等は、樹心部からの試験片の採取位置をしめし、P-1が樹心部に隣接した試験片であり、外周部に向うにつれ、P-2、P-3と記載してある。

一般に、心材と辺材とでは、その収縮量に差異があるとされており、³⁾⁴⁾⁵⁾樹種によって区々であるが、全体的には針葉樹では、横断面の収縮においては、辺材において大きいか、または辺・心材ほぼ近似的であり、繊維方向については、辺材においてより大きい傾向があるという報告がある。⁶⁾また一方繊維方向の収縮では、カラマツ材のように、樹心部で大きく現われる報告もある。⁷⁾ここでは、辺・心材の区別なしに、気乾収縮率の半径方向の変動についてみると、板目方向の収縮量は、クサアテの最上部の位置では樹心部が大きくなっているが、全体的には、樹心部から外周部に向うにつれ、増大する傾向にある。また各地上高における最大値と最小値の差は、地上高3.3mで、マアテが0.86%、クサアテが2.20%、地上高6.6mで、マアテが1.01%、クサアテが2.68%、地上高9.9mで、マアテが0.61%、クサアテが0.36%、地上高13.2mで、マアテが0.59%であり、両品種とも地上高の低い位置では差が大きく、両品種間では、クサアテが大きい傾向にある。柾目方向の収縮量は板目方向ほど明瞭な傾向はみられないが、両品種とも最上部の位置では樹心部が大きく、それ以外の位置では、ほとんど同じか、または外周部に向うにつれ、やや増大する傾向にある。また同様に、最大値と最小値の差は、地上高3.3mで、マアテが0.20%、クサアテが0.32%、地上高6.6mで、マアテが0.22%、クサアテが0.43%、地上高9.9mで、マアテが0.66%、クサアテが0.79%、地上高13.2mで、マアテが0.22%であり、板目方向とは逆に、地上高の低い位置では差は小さく、上部の位置で大きい傾向にあり、両品種間では、板目方向と同様クサアテが大きい傾向にある。繊維方向の収縮量は、両品種とも大まかに樹心部から外周部に向うにつれ、減少する傾向にあり、地上高3.3m、6.6mの位置では、外周部およびその内部において負の収縮をしめす。また同様に、最大値と最小値の差は、地上高3.3mで、マアテが0.54%、クサアテが0.59%、地上高6.6mで、マアテが0.18%、クサアテが0.70%、地上高9.9mで、マアテが0.29%、クサアテが0.52%、地上高13.2mで、マアテが0.35%であり、地上高別の大小については言い難いが、両品種間では、同様にクサアテが大きい傾向にある。

地上高方向における変動についても、地上高の変化にともなって収縮率も変化することが認められており、³⁾⁴⁾両品種についてみると、板目方向の収縮量は、両品種とも地上高が増すにつれ、減少する傾向にあり、最大値と最小値の差は、マアテが0.58%、クサアテが1.49%であり、クサアテが大きい傾向にある。柾目方向の収縮量においても、板目方向ほど明瞭ではないが、地上高が増すにつれ、やや減少する傾向にあり、またその差は、マアテが0.33%、クサアテが0.31%であり、両品種間ではほとんど変わらない。繊維方向の収縮量は、板目および柾目方向とは逆に地上高が増すにつれ、増大する傾向にあり、その差は、マアテが0.16%、クサアテが0.31%であり、クサアテが大

きい傾向にある。以上のような樹幹内の分布傾向は、カラマツ材のそれと似かよっている。またこのような傾向を与える要因として、容積密度数、柾目方向においては、年輪の曲率等が考えられ、とくに、繊維方向の収縮では、回旋木理傾角が大きな要因と考えられ、両品種とも回旋木理を有しており、この木理傾角の樹幹内分布をも検討する必要がある。

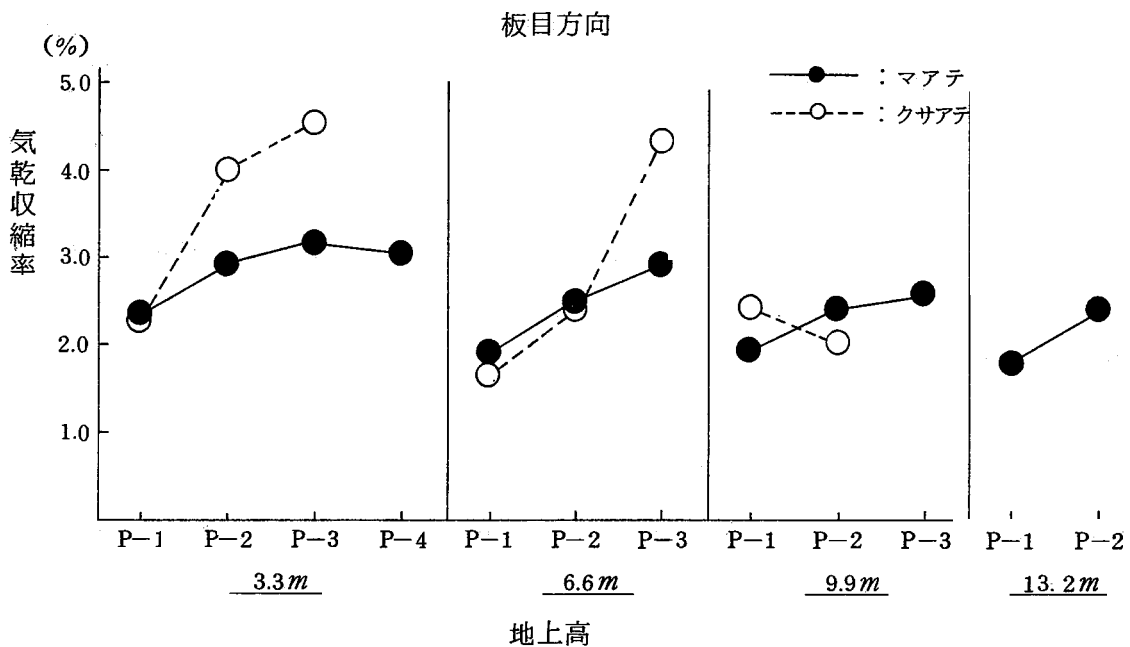


図-1 地上高別の半径方向における気乾収縮率の変動

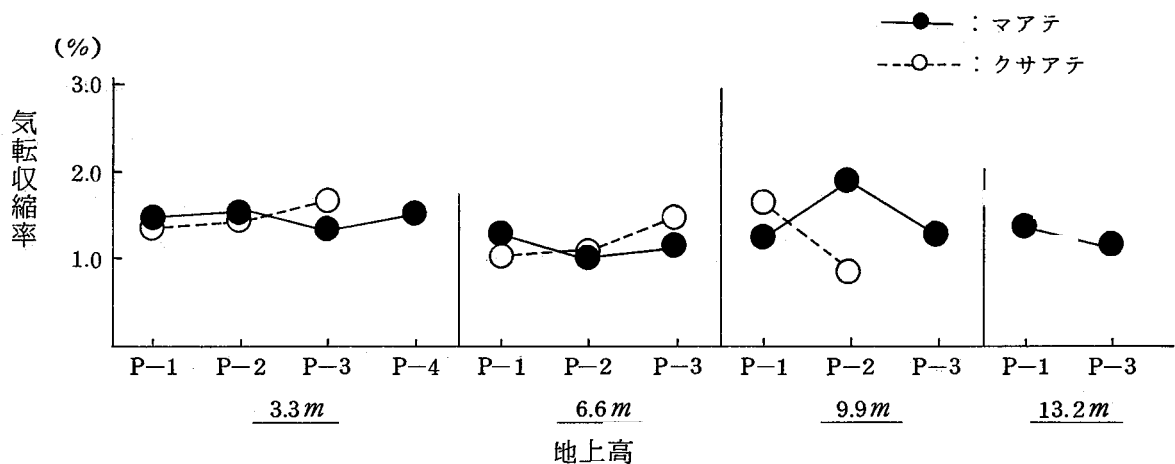


図-2 地上高別の半径方向における気乾収縮率の変動

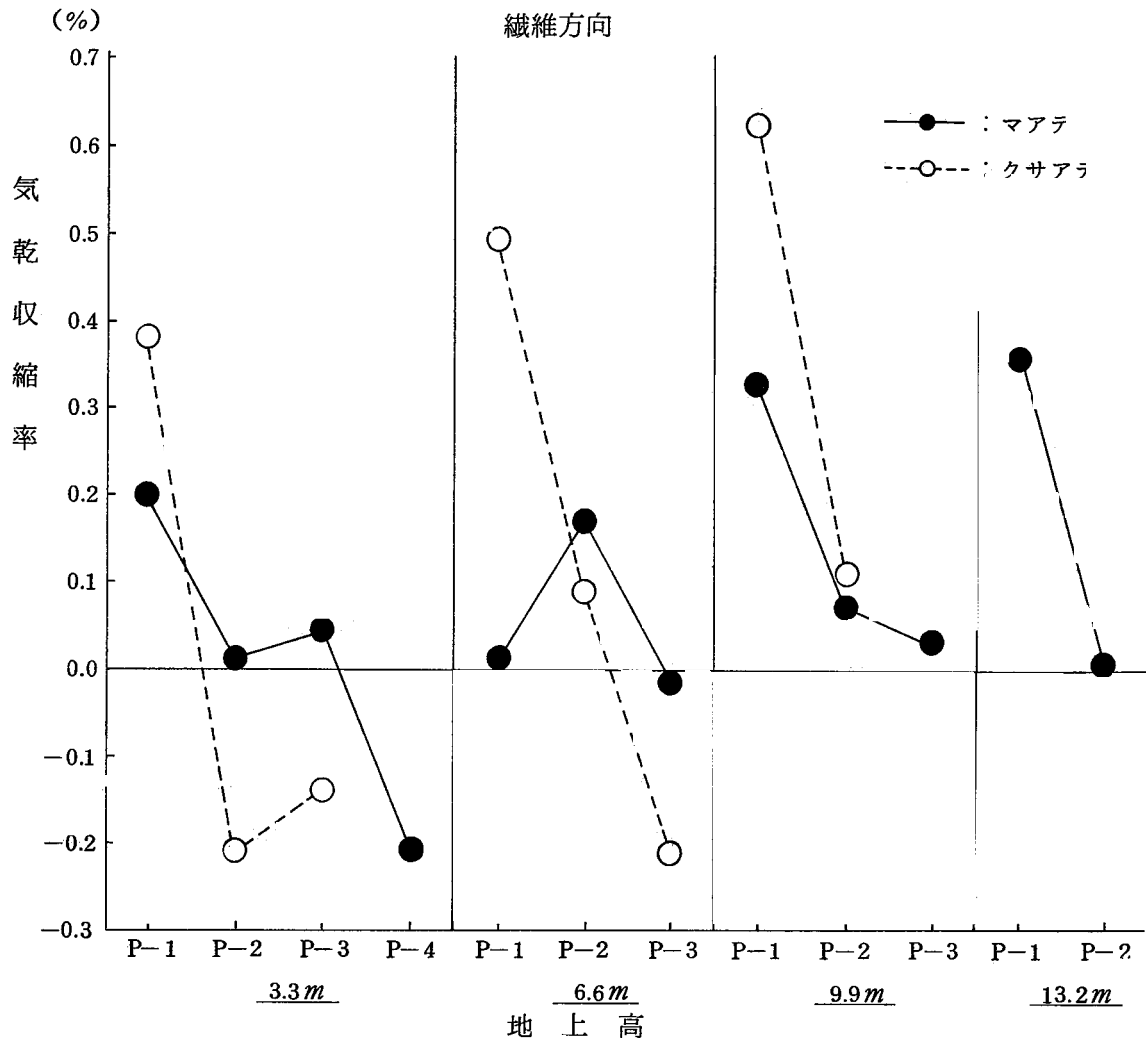


図-3 地上高別の半径方向における気乾収縮率の変動

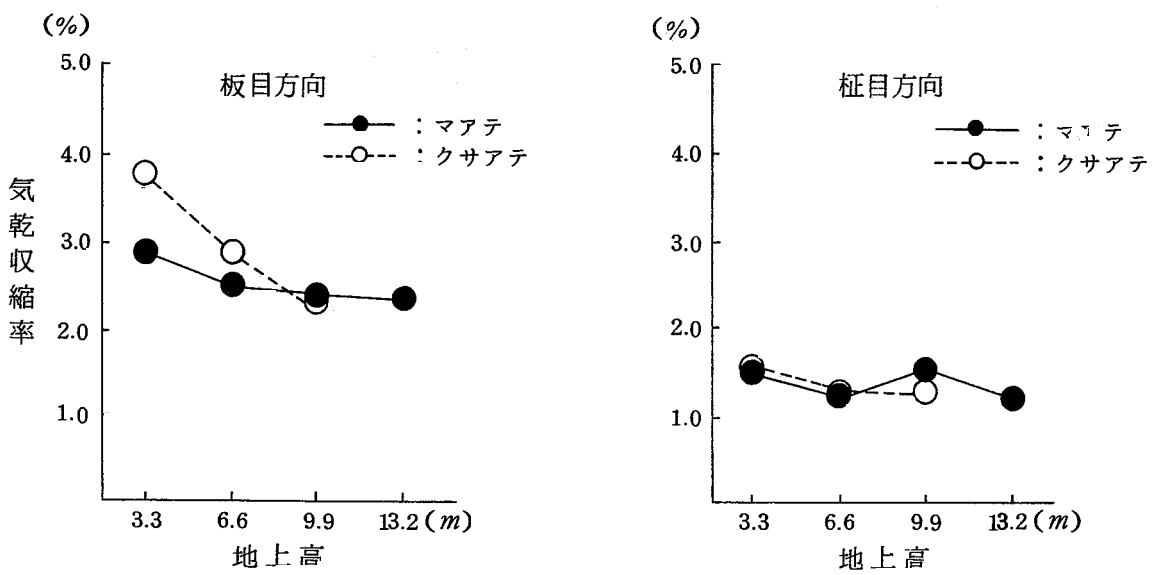


図-4 地上高方向における気乾収縮率の変動

3. 横断面の異方度の樹幹内分布

(図-4 つづき)

Ⅲ-1の項で、品種間の異方度の差について若干ふれ、全体的にはクサアテがマアテに比べ大きい傾向にあるが、ここでは両品種の樹幹内の変動について図-5、図-6にしめた。半径方向および地上高方向における分布の記載様式は、前項の収縮量の樹幹内分布と同様である。

半径方向の変動についてみると、大よそ樹心部から外周部に向うにつれ、異方度は増す傾向にある。また地上高方向の変動では、マアテにおいてはやや不規則であるが、採材位置の低いものでは、大きい傾向がうかがえる。この異方度については、一般には、容積密度数の増加にともなって曲線的に減少す

ると言われており、またある容積密度数の範囲では減少し、それ以上では逆にやや大きくなるという報告もある⁶⁾。本試料においても、図-7にしめすようにその関係を見ると、両品種とも容積密度数の増加にともなって曲線的に減少する傾向にあり、したがって、異方度の樹幹内分布の傾向は、容積密度数の樹幹内のあらわれ方に影響されるところが大きいと考える。

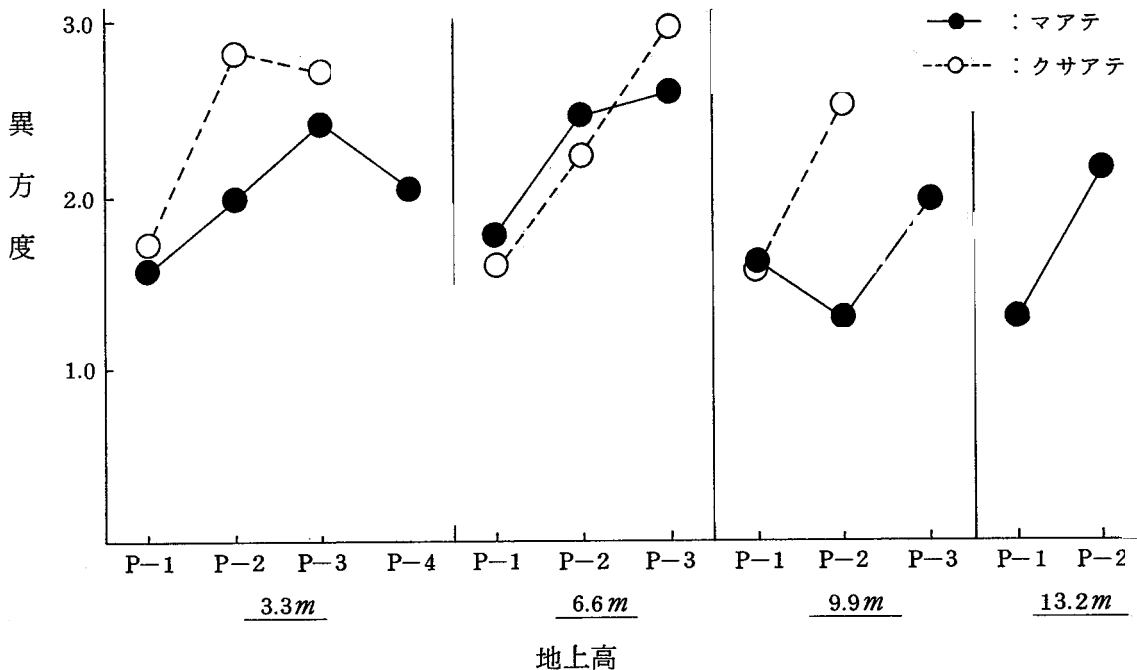
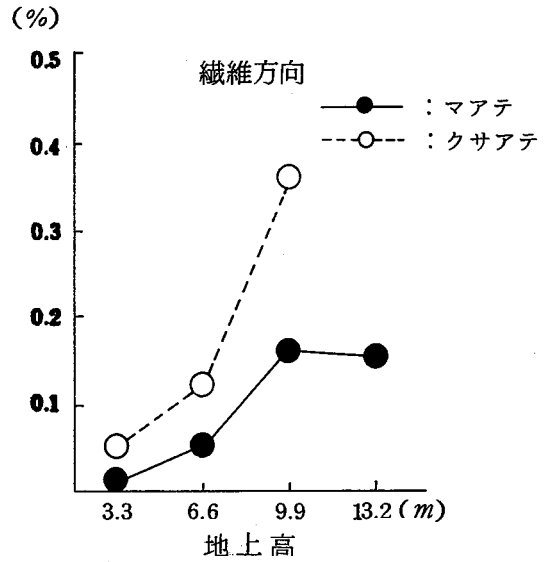


図-5 地上高別の半径方向における異方度の変動

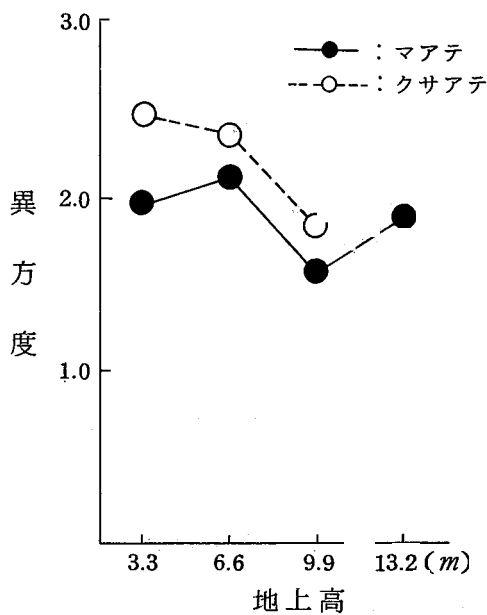


図-6 地上高における異方度の変動

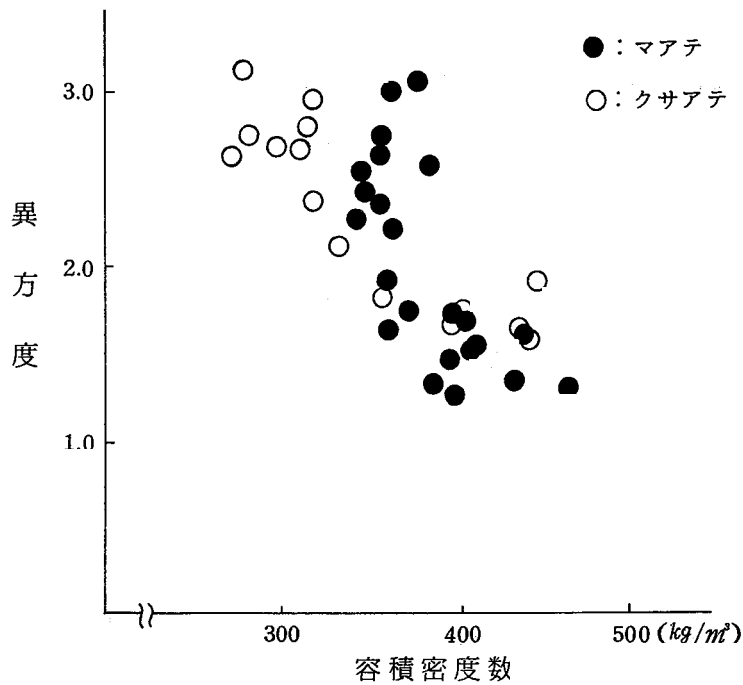


図-7 容積密度数と異方度の関係

4. 容積密度数と気乾収縮率の関係

板目および柾目方向の収縮においては、一定容積密度数の範囲において、直線的あるいは曲線的関係にあり、容積密度数の増加にともなって増大するものとされている。³⁾⁴⁾そこで本試料においても、両者の関係を検討するため、図-8から図-11に示すように、相関係数と回帰式を求めた。

板目方向の収縮についてみると、両品種とも負の高い相関がみられ、1%水準でともに有意性が

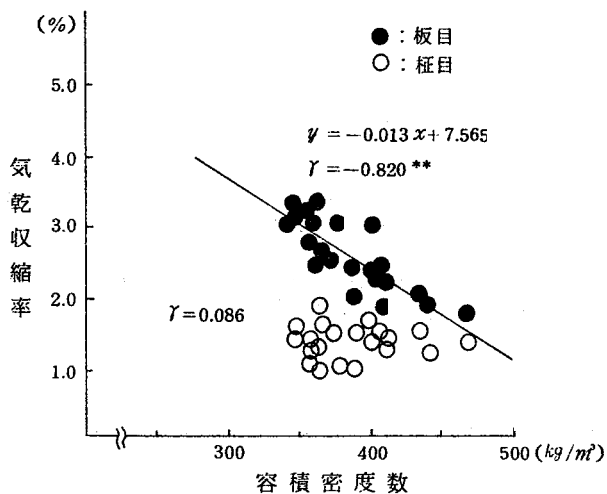


図-8 マアテ材の容積密度数と気乾収縮率の関係

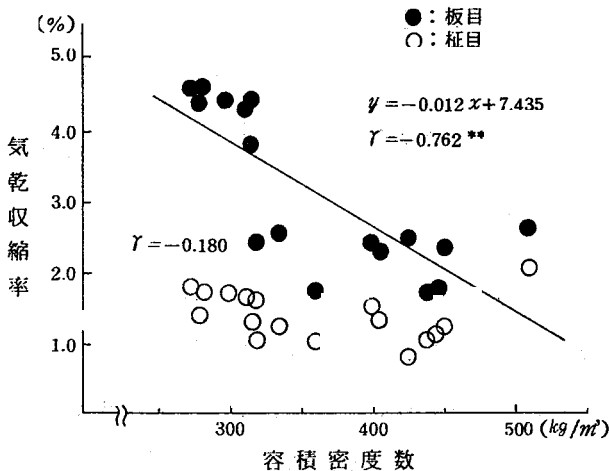


図-9 クサアテ材の容積密度数と気乾収縮率の関係

認められた。柎目方向の収縮については、マアテでは正、クサアテでは負の相関がみられるが、ともに非常に小さく、有意性が認められなかった。また繊維方向の収縮では、一般には、反比例的関係があるとされているが、両品種とも正の相関がみられ、とくにクサアテでは高く、ともに1%水準で有意性が認められた。以上のように、両品種においては、柎目方向では両品種とも両者の関係は認められないが、板目および繊維方向では、一般的な関係とは逆の関係にあり、板目方向では、容積密度数の増加にともなって収縮率は減少し、繊維方向では逆に容積密度数の増加にともなって増大する傾向にある。このことは、前述したように、両品種の収縮率は、板目方向では外周部ほど大きく、柎目方向では変動が少なく、また繊維方向では逆に樹心部で大きい傾向があり、容積密度数の変動については、樹心部に大きい傾向が認められており、このような両者の樹幹内分布の傾向によるものと考えられる。

5. 平均年輪巾と気乾収縮率の関係

材を利用する上で最も容易な材質指標は年輪巾である。また容積密度数は年輪によりかなり規制されるものであり、両品種についても両者の関係について、若干検討を行い、比例的な関係が認められた。⁸⁾ こういったことから、年輪巾による収縮率のあらわれ方を検討するため、図-12 から図-15 にしめすように、相関係数と回帰式を求めた。

板目方向の収縮についてみると、両品種とも負の相関がみられ、特にクサアテでは高く、ともに

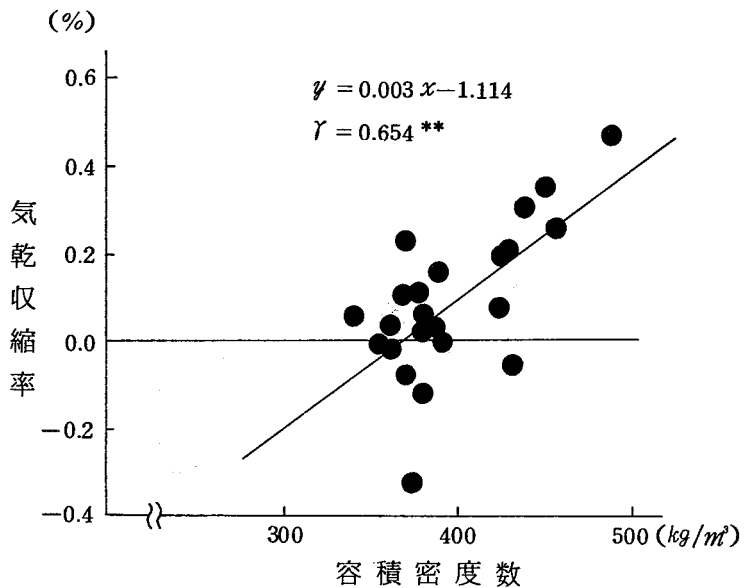


図-10 マアテ材の繊維方向における容積密度数と気乾収縮率の関係

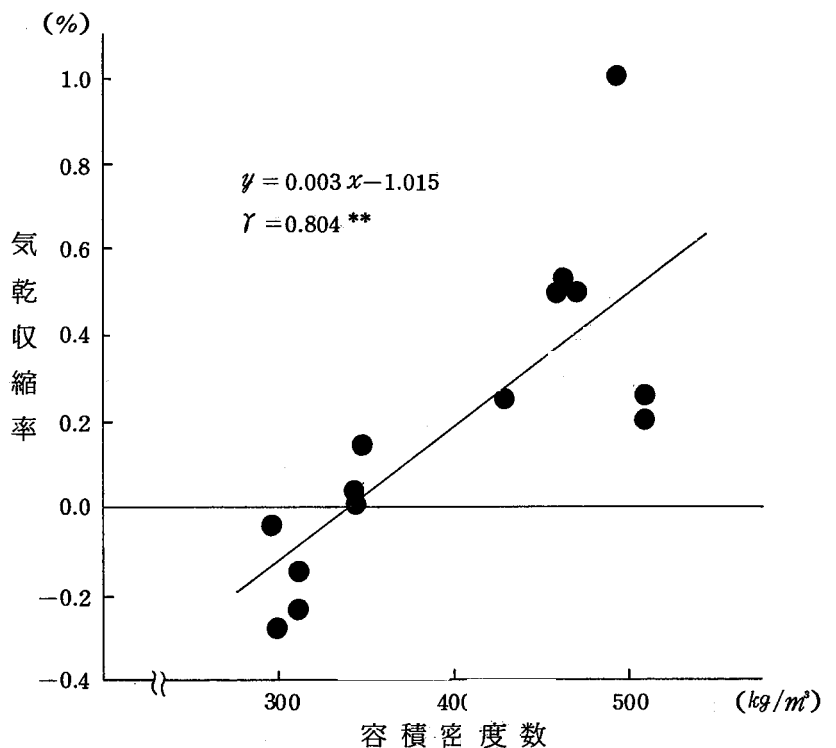


図-11 クサアテ材の繊維方向における容積密度数と気乾収縮率の関係

1%水準で有意性が認められた。柾目方向の収縮においては、マアテでは正、クサアテでは負の相関がみられ、マアテでは非常に小さく、有意性が認められなかったが、クサアテにおいては、1%水準で有意性が認められた。繊維方向の収縮では、両品種とも正の比較的高い相関がみられ、ともに1%水準で有意性が認められた。以上のように、両者の関係では、マアテの柾目方向を除いて相関が認められ、板目および柾目方向の収縮では、年輪巾が広くなるにつれ減少する傾向にあり、繊維方向の収縮では、逆に年輪巾が広くなるにつれ増大する傾向にある。

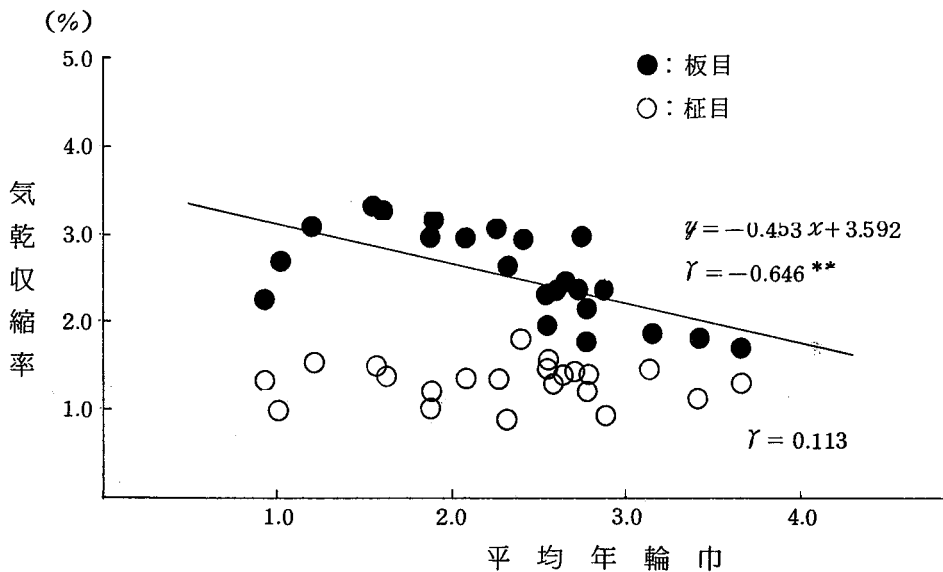


図-12 マアテ材の平均年輪巾と気乾収縮率の関係

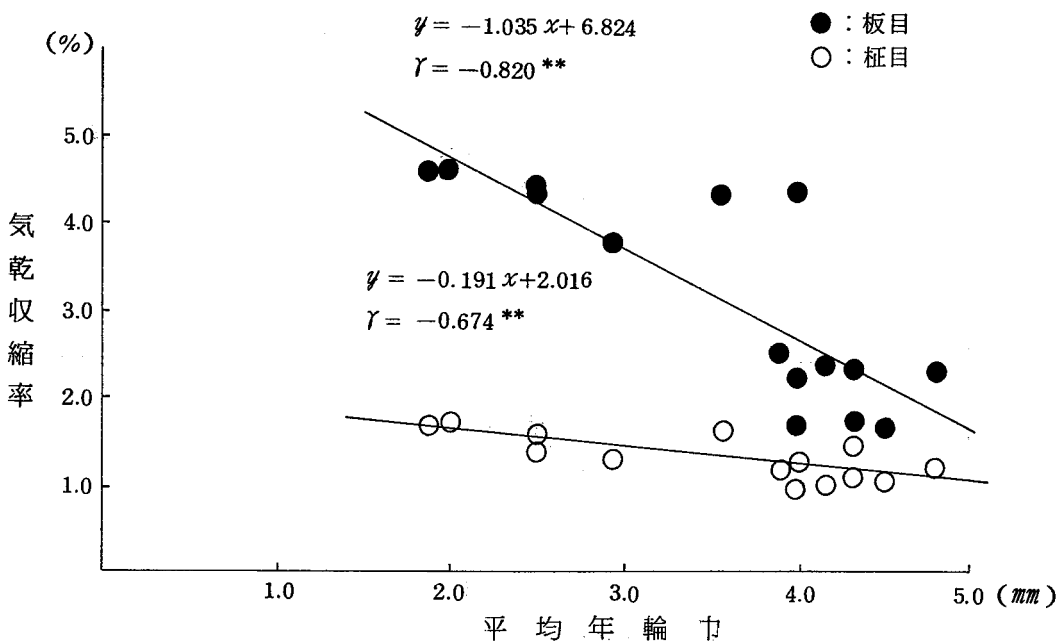


図-13 クサアテ材の平均年輪巾と気乾収縮率の関係

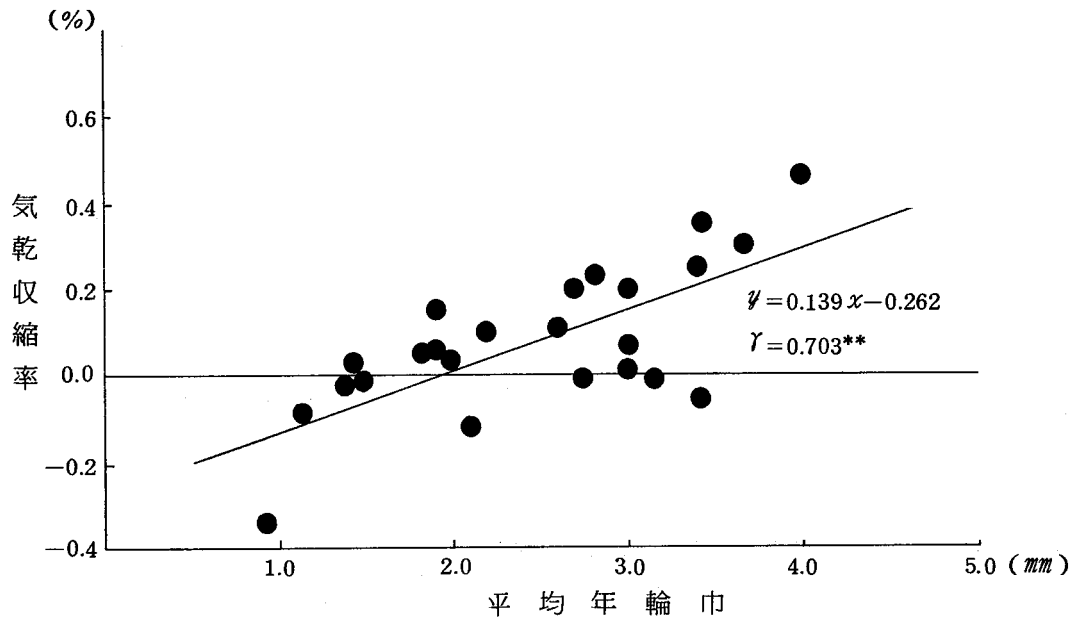


図-14 マアテ材の繊維方向における平均年輪巾と気乾収縮率の関係

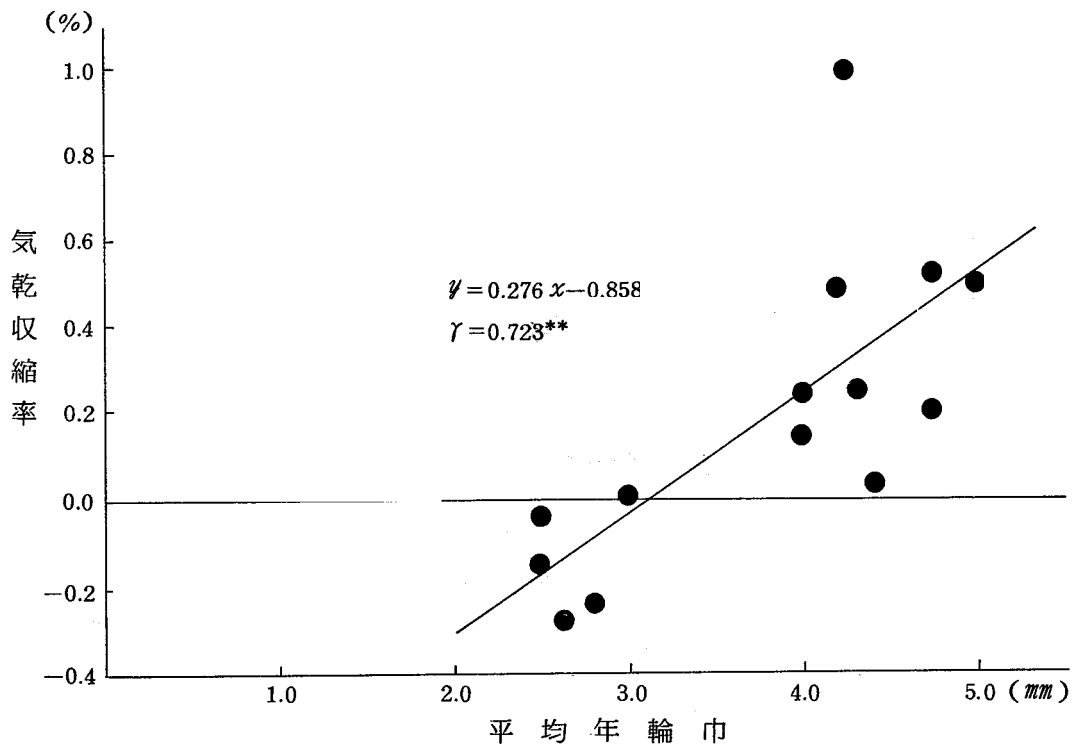


図-15 クサアテ材の繊維方向における平均年輪巾と気乾収縮率の関係

Ⅳ 要 約

マアテ、クサアテ材の気乾収縮率について、両品種を比較しながら樹幹内の分布、横断面の異方度および収縮率と容積密度数、平均年輪巾との関係について検討を加えた。

測定結果の概要は、つぎのとおりである。

- (1) 両品種間の収縮量は、柾目方向ではほとんど変わらず、板目および繊維方向ではクサアテが大きかった。(表-1)
- (2) また収縮率のバラツキは、3軸方向ともクサアテが大きかった。(表-1)
- (3) さらに横断面の異方度もクサアテが大きかった。(表-1)
- (4) 半径方向の収縮率の変動は、両品種とも板目方向では、樹心部から外周部に向うにつれ増大し、柾目方向では、やや増大するかまたはほとんど変わらず、繊維方向では逆に外周部に向うにつれ減少する傾向にある。(図-3)
- (5) 地上高方向の変動は、両品種とも板目および柾目方向では、地上高が増すにつれ減少し、繊維方向では逆に増大する傾向にある。(図-4)
- (6) 半径方向における横断面異方度の変動は、両品種とも樹心部から外周部に向うにつれ大きくなる傾向にある。(図-5)
- (7) 地上高方向における横断面異方度の変動は、両品種とも下部の位置では大きい傾向にある。(図-6)
- (8) 容積密度数と収縮率の関係は、両品種とも柾目方向を除いて相関が認められ、板目方向では、容積密度数の増加にともない収縮率は減少し、繊維方向では、逆に増大する。(図-8～図-11)
- (9) 平均年輪巾と収縮率の関係は、マアテの柾目方向を除き、板目および柾目方向では、年輪巾が広くなるにつれ収縮率は減少し、繊維方向では逆に大きくなる。(図-12～図-15)

Ⅴ お わ り に

マアテ、クサアテの気乾収縮率について検討を行ったが、収縮率に影響を及ぼす要因として、容積密度数、年輪巾のほかに、晩材率、木理傾角、2次膜層内のマイクロファイブリル傾角などが考えられ、これらの要因についても検討を行う必要があると思われる。また本試験では、試験片採取処理上、熱処理を行っているため、無処理材と若干異なると思われるが、両品種における収縮率の特性については、大よそ前述したような傾向があると考え、今後、材を利用する上で参考にして頂ければ幸いである。

引用および参考文献

- 1) 中野敏夫：能登アテの材質に関する調査，石川林試研報，7， pp.15～52. (1977)
- 2) 渡辺治人：木材理学総論，(1978)
- 3) 蕪木自輔：木材材質の森林生物学的研究(第13報)，北海道野幌地方における造林木の容積収縮率のあらわれかた。林試研報，90. pp.109～144. (1956)
- 4) 蕪木自輔：木材材質の森林生物学的研究(第15報)，トドマツ材における容積収縮率のあらわれかた—みかけの大きさとその容積密度数との関係，林試研報，144. pp.53～96. (1962)
- 5) 蕪木自輔：木材材質の森林生物学的研究(第17報)，トドマツ材における容積収縮率のあらわれかた—その年輪幅・晩材率との関係，林試研報，163, pp.1～34. (1964)
- 6) 蕪木自輔他：日本主要樹種の性質，物理的性質(第3報)，東北・中部・中国および四国地方産材の収縮性試験，林試研報，220, pp.199～230. (1969)
- 7) 重松頼生他：カラマツの材質試験，I回施木理と収縮率の樹幹内分布，第19回日本林学会中部支部大会講演集， pp.92～94.
- 8) 能勢育夫：アテ材の利用に関する試験，石川林試業報， pp.55～57, (1979)