

アテ優良形質クローンの育種

三 浦 進

要旨: アテの材質改良を目的に育種を行った。平均繊維傾斜度2.4%以下、最大繊維傾斜度5%以下の基準を満たすクローンについて、人工乾燥後の木材のねじれを調べ、ねじれの小さい3クローンを優良形質クローンに選抜した。この内の1クローンは、曲げヤング係数の向上が示唆された。またこれら3クローンについて、RAPD マーカーによる DNA 型の同定を行った。

1 緒 言

アテは石川県の林業を代表する樹種である。肌目が細かく、曲げ強度に優れ、抽出成分に起因した耐朽性や芳香性を備える木材の性質は、土台や柱をはじめ内装材にも適している。アテは蓄積量は少ないが、施業体系の確立したヒバの人工林として、全国でも数少ない存在である。

アテの在来品種の成立過程は不明だが、明治時代後期には現在の品種が確立していた¹⁾。品種の成立には地域性が大きく影響し、また発根性や生長特性、材質について選択が働き、特性の異なる品種が各地で形成されたと考えられる。以後今日まで一部篤林家が自家用に選抜した例を除いて、アテの育種は行われなかった。

木材の加工技術の高度化、住宅の品質確保の促進等に関する法律の施行により、製材品は厳密な品質管理が要求されるように成った。アテの中で最も植栽面積が広く、苗の需要量も多いマアテにしばしば発生する木材の乾燥時のねじれは、品質管理上大きな問題である。対策として乾燥方法の検討も求められるが、この問題の根本的な解決策は、繊維傾斜度が小さいマアテを育種することである。

アテと同様にねじれが発生するカラマツについて、中川²⁾は繊維傾斜度について母樹とそのクローン間で、有為な相関を見出し、三上³⁾は繊維傾斜度の遺伝力を求め、育種手法による改良の可能性を示した。そしてカラマツでは林木育種事業の結果、ねじれの少ない優良クローンが選抜され⁴⁾、増殖が行われている⁵⁾。

マアテは遺伝的に多様であり⁶⁾、ねじれの小さい個体の存在が示されている⁷⁾事から、ねじれの

少ない優良クローンの作出に、選抜育種の手法が有効であると考えられる。そこで選抜育種による、繊維傾斜度の小さいマアテの作出を行った。

2 方 法

2. 1 外部形態による1次選抜

県内各地のアテ林から、外部形態の特徴が明確に表れる、樹齢約60年生以降のマアテ個体を対象に、外部形態を調査し1次選抜を行った。選抜の基準は、樹幹が通直完満で根曲りが無く、樹皮鱗片の樹軸に対する配向角度が5°以下であること、樹幹が正円で窪みが浅いこと、枝が細いこととした。

2. 2 繊維傾斜度の測定

地上高1.5mの部位から円板を切り出し、割裂法により求めた。両木口断面を樹軸に対し直角に揃え、木口面の髓を通る基準線で割裂した。対する木口面で各年輪の晩材部最外層での、割裂面の基準線からのずれを測定し、山側と谷側の値の平均値を年輪の繊維傾斜度とした。繊維傾斜度は次式により求めた。 $i(\%) = d/h \times 100$ i : 繊維傾斜度 d : 基準線からのずれ h : 樹軸高(100mm)

2. 3 木材のねじれ量の測定

地上高2.5~4.5mの樹幹部から、長さ2mで12cm角の心持ち正角材を製材し、除湿式乾燥機で含水率15%に人工乾燥した後、水平な基準台の上ののせ、両木口で材面の稜線と基準台との離反距離を測定し、4材面での最大値と角材の1辺長との比からねじれ量を求めた。 $t(\%) = d/a \times 100$ t : ねじれ量 d : 離反距離 a : 1辺長

2. 4 曲げ強度試験

JIS-Z-2113に定める無欠点小試験体による破壊試験を行った。地上高2mの部位から採取し

た2×2×30cmの柁目試験片を恒温室で含水率12%に調湿し、島津UH-20Aで荷重速度0.04tf/min、最大荷重0.4tfで荷重した。スパンは28cmとした。曲げヤング係数は次式により求めた。EL= $\Delta P l^3 / 48 I \Delta y$ EL: 曲げヤング係数 ΔP : 比例限度内での上、下限荷重の差 l: スパン I: 断面2次モーメント Δy : 変位量

2.5 DNA型の同定

葉からCTAB法の変法で全DNAを抽出し、11種のプライマー(表1)を使用してRAPD分析を行った。PCRの反応条件は次の通り。反応液組成は20mM Tris (pH8.4), 50mM KCl, 2.0mM MgCl₂, 0.2mM dNTPs, 0.4 μ M Primer, 1.0 unit *Taq* DNA Polymerase (GIBCOBRL), 20 ng 鋳型DNA。反応温度は94℃4分間熱変性の後、94℃1分間-45℃1.5分間-72℃1.5分間の周

表1 プライマーの塩基配列

配列 (5'-3')	
B97	a a g g t g t t g c g g
D70	a t c a t c g g g g t g
C58	g g a a a g g a a g g c
B44	c c t t g g a a c t c g
F47	g c g g t g a a t c c a
Z21	a g t t c g g t c c a c
C05	t c c c c t g a a c g t
D19	g t c c t g g a a g c t
D06	c t g g g c g a a t t g
A12	c t c c t g c t g t t g
B41	g a c a g c g t c c t a

期を35回行い、最後に72℃5分間の伸長反応を行った。反応生成物は2%アガロースゲルで電気泳動を行い、臭化エチジウムで染色し紫外線照射で可視化した。

3 結果と考察

3.1 外部形態と繊維傾斜度による1次選抜

県内のアテ林で樹齢約60年生以降のマアテを対象に予備選抜を行った結果、13クローンが選抜された(表2)。今回、県内の全てのマアテ林を調査することは出来ず、各産地の主要林分を対象に調査を実施した。従って更に多数の候補クローンが存在する可能性は考えられる。選抜されたクローンは、葉型や樹皮鱗片の形状はマアテと識別されたが、樹幹形態は窪みとねじれに代表される、典型的なマアテの形態とは異なり、正円に近かった。ねじれの少ないマアテの選抜は、品種内の形質の多様性に立脚し、目的の形質を有する少数クローンを見出す事であり、外部形態の相違は当然の結果である。

今回の予備選抜では、最大繊維傾斜度の小さいアテを選抜するための指標として、樹皮鱗片の配列角度を採用した。樹皮鱗片の樹軸に対する配列角度は、木部最外層の繊維傾斜度と相関関係にある(図1)ため、樹皮鱗片の配列角度から木部最外層の繊維傾斜度を推測することが可能である。アテの繊維傾斜の出現様式には4種あり⁸⁾、木部最外層で傾斜度が最大になる型の割合が13%、樹心近くで最大値を示しその後低下する型が50%、

表2 予備選抜木の外部形態

試料名	樹 齢	胸高直径	樹 高	樹冠径	鱗片の傾斜角度	力枝直径	窪みの数	採 取 地
MK 1	83	20	17.0	3.8×4.6	3	31	0	輪島市町野
MK 2	66	18	17.1	2.5×4.5	3	41	0	輪島市町野
MK 3	88	21	18.7	4.5×4.5	4	38	0	輪島市町野
MK 4	83	22	20.8	5.0×3.9	3	20	0	輪島市町野
MK 5	87	23	20.8	3.8×3.2	0	31	0	輪島市町野
MK 6	83	24	18.0	3.3×2.9	0	38	0	輪島市町野
MKM	69	24	20.2	4.0×4.6	2	30	0	門 前 野
MNG	58	30	20.0	3.7×4.5	3	—	4	輪島市三井
F I H	54	23	18.2	3.2×3.4	0	38	0	輪島市深見
F B 1	58	19	19.2	2.3×2.8	4	31	1	志 賀 町
F B 2	58	23	18.5	4.5×2.0	3	54	0	志 賀 町
F B 3	58	19	17.5	2.0×2.8	4	35	0	志 賀 町
F B 5	53	23	16.8	3.0×3.2	5	37	0	志 賀 町

単位 胸高直径: m 樹高: m 樹冠径: m 完満度: % 鱗片の傾斜角度: ° 力枝直径: mm

全年輪ではほぼ一定な型が37%である。従って樹皮鱗片の配列角度が小さくても、樹心近くで大きな繊維傾斜度を示す個体が1/2の確率で含まれ、選抜指標としての精度は約50%と決して高くない。しかし林地で外部形態により繊維傾斜度の小さいクローンを予備選抜するための、簡易な手法として有効であると考えられる。

予備選抜された13クローンを対象に、割裂法により繊維傾斜度を調べた。13クローンの胸高部円板の最大繊維傾斜度は2.2~8.5%で、全年輪の平均繊維傾斜度は0.5~5.8%だった(図2)。カラマツでは最大繊維傾斜度と平均繊維傾斜度の間に、高い相関関係が認められている²⁾が、アテでも両者間に相関関係が認められた(図3)。

カラマツにおける材質優良木の選抜基準は、最大繊維傾斜度5%以下、平均繊維傾斜度2.5%以下である⁹⁾。この基準がアテの1次選抜にも適用可能であるか明らかにするために、繊維傾斜度と

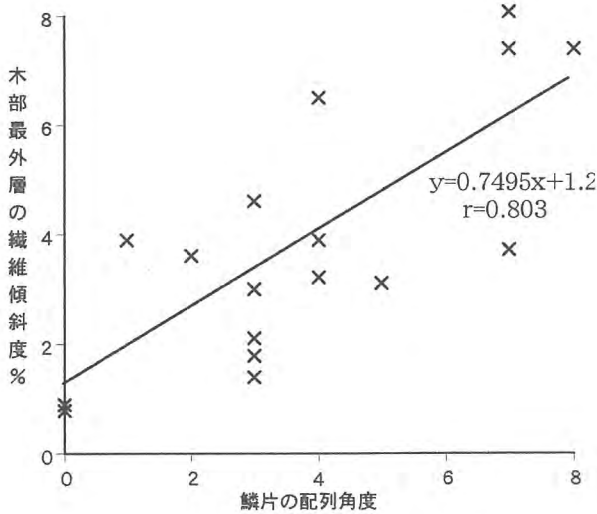


図1 樹皮鱗片の配列角度と木部最外層における繊維傾斜度との関係

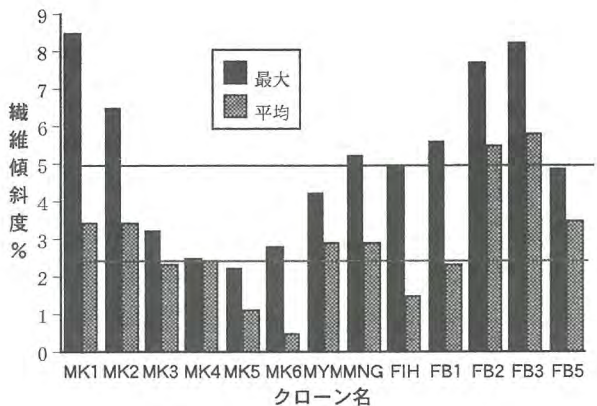


図2 予備選抜木の繊維傾斜度

正角材のねじれとの関係を調べた。その結果、平均繊維傾斜度とねじれの値に相関が認められた(図4)。実用上問題の無いねじれを5%以下とすると、それを満たす平均繊維傾斜度の上限値は、回帰式から2.18%となるが、相関係数を考慮し10%の加算を行った2.4%を平均繊維傾斜度の選抜基準とした。また最大繊維傾斜度とねじれとの相関は弱かった(相関係数0.655)が、カラマツと同様の5%以下を選抜基準とした。

この基準を満たしたクローンはMK3、MK4、MK5、MK6、FIHの5クローンであった。また最大繊維傾斜度が基準を満たすMYM、FB5と、平均繊維傾斜度が基準を満たすFB1についても1次選抜木に加えた。

3.2 1次選抜木の木材性能評価

8クローンの1次選抜木について、木材のねじれと曲げ強度を測定し優良形質クローンの選抜を行った。

製材品のねじれについてJASには具体的な規定が無いが、実用的な見地から定められたカラマツでの選抜基準は、長さ3mの正角材で5%以下である⁹⁾。今回の試験でもこの基準を踏襲するが、

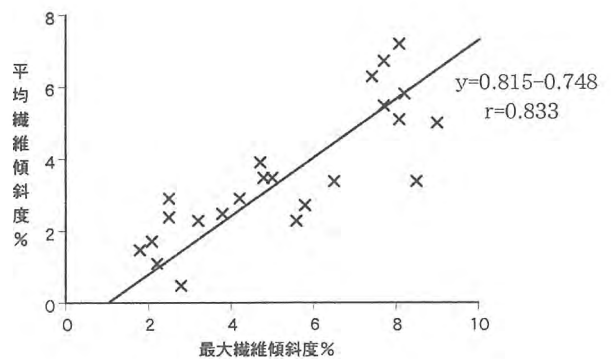


図3 胸高部円板での最大繊維傾斜度と平均繊維傾斜度の関係

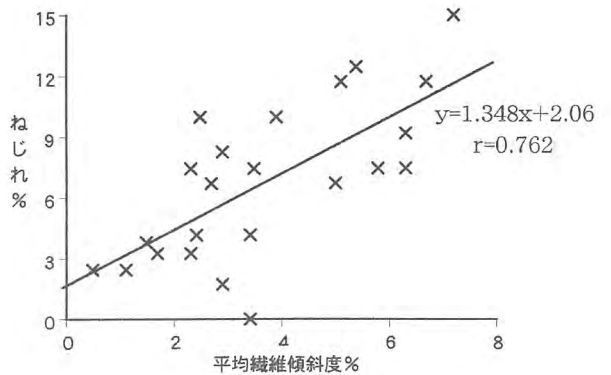


図4 平均繊維傾斜度と正角材のねじれとの関係

正角材の長さが2mであったので、3.3%以下を選抜基準とした。8クローンのねじれを測定した結果、MK3、MK5、MK6、MYMの4クローンが基準を満たした(図5)。

図5でFIH、FB1、FB5のねじれは、繊維傾斜度が同程度のMYMと比較して大きかった。この原因は繊維傾斜度の出現様式の違いと考えられる。FIH、FB1、FB5は20年輪程度まで高い値を示した。一方MYMは樹心部で値が低く外側に向かい徐々に上昇した(図6)。つまり幼齢時の繊維傾斜が、心持ち正角材のねじれの大きさ

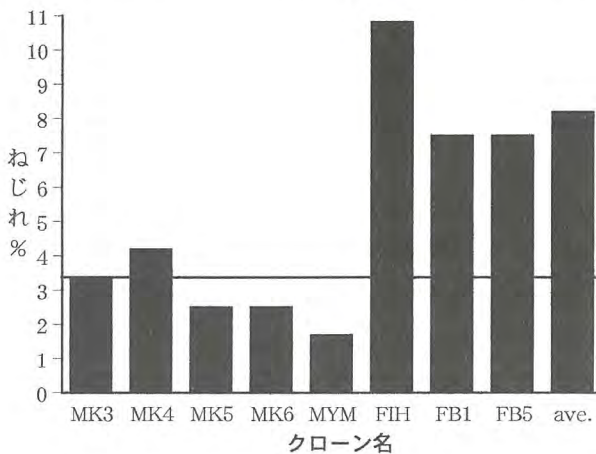


図5 1次選抜木の正角材のねじれ
ave. はマアテ28個体の平均値

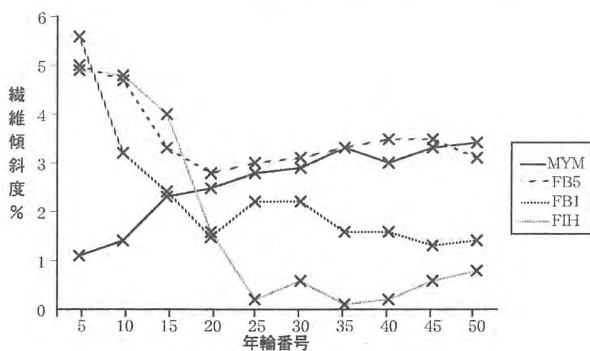


図6 繊維傾斜の出現様式

に影響を与えたと考えられる。

一方強度については曲げヤング係数で評価し、マアテの平均値98tf/cm²¹⁰⁾ 選抜基準とした。その結果1次選抜木の全てが基準を満たした(図7)。特にMK3とMK4は120tf/cm²を上回り、JASの機械等級区分E130を満たす可能性が示唆され、今後の検討が必要である。

3.3 優良形質クローンの選定

ねじれ及び曲げ強度試験の結果から、両者を共に満たすのはMK3、MK5、MK6、MYMの4クローンであった。またMK5は、木部に気根と思われる小孔が多数存在した。従って、MK3、MK6、MYMの3クローン(図8)をマアテの優良形質クローンとして選抜した。3クローンの木材の基本的性質を表3に記した。

3.4 優良形質クローンのDNA型の同定

選抜した3クローンを今後保存、増殖していく場合、クローン管理が重要となる。そこでクローン管理の有効な手段として、DNA型の同定を行っ

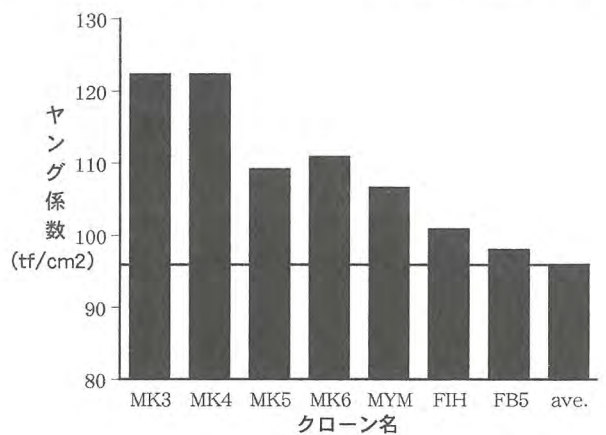


図7 1次選抜木の曲げヤング係数
ave. はマアテ41個体の平均値

平均年輪幅: 1.8~2.4mm、平均1.8mm
含水率: 11.0~12.2%、平均11.6%
比重: 0.40~0.48、平均0.44

表3 優良形質クローンの木材性能

クローン	平均年齢幅 (mm)	含水率 (%)	心材率 (%)	比重	平均繊維傾斜度 (%)	曲げヤング係数 (tf/cm ²)	ねじれ (%)	反り (%)	気根	入り皮
MK3	1.21	164.3 32.5	72.4	0.43	2.3	122.4	3.3	0.05	0	0
MK6	1.22	157.0 37.8	79.4	0.48	0.5	110.9	2.5	0	1	0
MYM	1.55	169.5 35.5	82.4	0.44	2.9	106.5	1.7	0	0	0

含水率上段: 辺材 下段: 心材 比重は木部の平均値 気根0: 無し 1: わずかに有り 入り皮0: 無し



MK 3



MK 6



MYM



MK 3



MK 6



MYM

図8 優良形質クローンの樹幹形態

表4 優良形質クローンのDNA型

マーカー	MK 3	MK 6	MYM
D70-550	1	1	0
D70-380	0	0	1
C58-370	1	0	1
D06-1000	1	1	0
F47-1000	0	1	0
A12B41-370	0	0	1
Z21-550	0	1	1
C05-1000	0	0	1
C05-650	1	1	0
D19-920	1	1	1
D19-850	1	1	0
B44-650	0	1	1
B44-350	0	1	1
B44-1250	0	1	1

1 : バンド有り 0 : バンド無し

た。11種のプライマーによる14個のRAPD マーカーによりDNA型を表した(表4)。14マーカーによる3クローンの識別について、異なるクローンを同一クローンと誤まって識別する危険率¹¹⁾を求めると、MK 3が0.00032、MK 6が0.00129、MYMが0.00004となる。最も危険率の高いMK 6では、約1/775の確率で他のクローンがMK 6と同一のDNA型を示すと考えられるが、実用上十分な識別能力を持つと考えられる。

4 終わりに

木材の乾燥時にねじれの発生が少ない、アテ3クローンの選抜を行った。これらは樹幹に窪みを

持たず、入り皮の形成も見られなかった。その内の1クローンは、曲げヤング係数の向上も示唆された。一方生長特性や漏脂病に対する抵抗性は、明らかにされていない。今後これらの解明を進めると共に、採穂園造成に際し採穂木の仕立て方を検討する必要がある。

育種による材質改良や耐病性の付与は、アテ林業の持続的な発展を図る上で不可欠な要素であるが、その基盤を成すアテ遺伝資源の収集と保存について、対策を検討する必要があると考える。

5 謝 辞

林地での予備選抜に協力して頂いた、森林所有者の皆様に深く感謝します。

6 参考文献

- 1) 齊藤晃吉編 “アテ造林史”，石川県林業試験場，石川県，1971.
- 2) 中川伸策：林試研報312, 21-43, (1980).
- 3) 三上 進, 渡辺 操, 太田 昇：日林誌54 (7), 213-217, (1972).
- 4) 金子富吉：関東林木育種場年報18, 149-175, (1986).
- 5) 佐藤敬二, 市川俊雄：関東林木育種場年報18, 176-190, (1986).
- 6) 三浦 進：第110回日林学術講, 252, (1999).
- 7) 能勢育夫：石川県林試研報11, 11-19, (1981).
- 8) 三浦 進：第50回日本木材学会大会要旨集, (2000). 印刷中
- 9) 金子富吉：関東林木育種場年報15, 135-150, (1983).
- 10) 小倉光貴：石川県林試業報28, 77-78, (1990).
- 11) 後藤 晋, 渡辺敦史, 池田浩一：日林誌79 (4), 229-233, (1997).