

取り木苗由来のアテ幼齢林での肥培効果

- 2系統での比較 -

小 谷 二 郎

要旨：取り木苗によって植栽された6年生の2系統のアテ（マアテ・スズアテ）造林地で、植栽後3年間の施肥の効果を試験した。その結果、マアテの樹高成長は、6年生時点で無施肥区が144.5cm（地位級2相当）、施肥区が181.3cm（地位級上限相当）で、明らかに肥培効果（施肥によって約1年間の短縮）がみられた。しかし、スズアテは現時点では効果がみられなかった。5年間の成長量は、両系統とも無施肥区では小苗ほど大きくなる傾向があり、スズアテでは施肥区でその傾向がさらに強まったのに対し、マアテでは大苗でも成長が促進される傾向があった。施肥による林地被覆率の増加は、マアテで平均1.4倍高くなる傾向があった。窒素分析の結果、施肥により窒素含有量が高くなる傾向がマアテで際だち、成長の良さを裏付けていた。以上のことから、マアテに対する施肥は下刈り期間の短縮につながり、さらに今後の成長にも好影響を与えるものと考えられた。

はじめに

アテ（能登ヒバ）（ヒノキアスナロ； *Thujopsis dolabrata* var. *hondae* Makino）は、石川県の重要な造林樹種である。アテは、日本の樹木の中でも材の強度性能や耐久性などが優れおり、石川県では奥能登地域を中心に建築材としての需要が高い。

こうしたアテの材としての優秀さに反して、初期成長が遅いため、植栽後下刈りに多くの年数を要するのが実情である（石川県 2001a）。平成3年に発生した台風19号の被災跡地造林の80%にスギが植栽されたのは、昨今の厳しい材価低迷の中で、アテの初期成長に見合うだけの投資効果が期待できないという林家の率直な判断と考えられる。このことから、林家のアテに対する造林意欲を高めるためには、アテの初期成長を改善する方策が必要と考えられる。

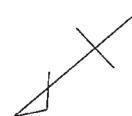
アテの初期成長が遅いことに対する改善策として、一部の篤林家は大苗の丁寧植えと林地肥培の重要性を指摘（石下 1994）している。また、アテの林地肥培に関しては、事例は少ないがその効果を指摘した報告（中野 1980）もある。しかしながら、施肥と苗木の由来・大きさ・品種系統との関係についての試験は行われておらず、十分に議論されていないと考えられる。

そこで、この研究ではマアテとスズアテ（エソアテ）というアテの中でも代表的な系統の取り木苗（地元では、「空中取り木」と称する）を用いて植栽後3年間の林地肥培がアテの成長に及ぼす影響について考察した。

材料と方法

1 苗木

試験に用いた苗木は、輪島市三井町洲衛で生産されたマアテ系統と輪島市町野町寺山で生産されたスズアテ系統の取り木苗である。マアテ系統は、地元三井町の造林地内の複数母樹から増殖された苗である。スズアテ系統は、鳳珠郡能登町の母樹に起源を持つ単一クローンである。



斜面上部

マアテ 無施肥区	スズアテ 無施肥区	マアテ 施肥区	スズアテ 施肥区
-------------	--------------	------------	-------------

斜面下部

図 - 1 試験地の設定状況

Fertilizing effect in a young Ate (*Thujopsis dolabrata* var. *hondae*) forest planted by layers-Co m parison in the two strains.



写真 - 1 施肥区



写真 - 2 無施肥区

2 試験方法

試験地は、輪島市町野町金蔵地内（標高160m、斜面方位北西、斜面傾斜25°、土壌型B_o型）の0.15ha内の造林地内に図 - 1 のとおり設定した。1999年12月に2系統が施肥区と対照区にそれぞれ40本ずつ配置されるように植栽した。植栽間隔は2mである。

施肥は、2000～2002年の3年間、毎年6月の下刈り前に、複合化成肥料（N:P:K=20:10:10）を1本当たり100gばらまきした。

測定は、1999年、2001年、2003年、2004の12月に樹高と地際直径（地上部5cm）を測定し、2004年には樹冠の幅を縦・横2方向で測定した。

また、2004年12月に2系統の施肥区と対照区を斜面上中下の3ブロックに分け、それぞれブロック内で全個体の樹冠中部の葉を採取し、持ち帰り窒素分析に供した。窒素分析は、林業科学振興所に依頼しC/Nコーダーで分析した。

結 果

1 成長に対する施肥の影響

表 - 1 に、植栽当時（1999年）および5年後

（2004年）の樹高・地際直径およびそれらの成長量と成長率を示した。両系統の植栽苗木の大きさには差があり、マアテは通常の山出し苗の大きさとほぼ同じであったのに対し、スズアテはそれよりも小さかった。

5年間の樹高成長では、マアテが無施肥区で144.5cmに対し施肥区で181.3cm、スズアテが無施肥区で92.8cm、施肥区で110.5cmとなり両系統とも施肥区の方が大きい傾向があった。成長量を二元分散分析で解析した結果、施肥の有無および系統間で有意な差がみられ（ $p < 0.001$ ）、また因子間での交互作用はみられなかった（ $p > 0.05$ ）。しかし、系統別ではスズアテでは有意な差が得られず施肥の効果が認められなかった（Scheffeの多重比較、 $p > 0.05$ ）。また、成長率ではマアテの無施肥区とスズアテの施肥区の間でのみ差がみられた（ $p < 0.05$ ）。

5年間の地際直径成長でも、樹高と同様な傾向がみられた。成長量では、施肥の有無および系統間で差がみられた（ $p < 0.001$ ）。しかし、スズアテでは施肥の効果が認められなかった（Scheffeの多重比較、 $p > 0.05$ ）。また、成長率ではマアテ

表 - 1 マアテとスズアテの5年間の成長比較

系 統	処 理	植栽時 (1999年)		5年後 (2004年)		5年間の成長量 (成長率)			
		H (cm)	D (cm)	H (cm)	D (cm)	H	%	D	%
マアテ	無施肥	36.5	0.89	144.5	3.23	108.0 ^b	23.4 ^b	2.34 ^{bc}	22.5 ^b
	施 肥	39.0	1.14	181.3	4.02	142.2 ^a	25.6 ^{ab}	2.88 ^a	22.3 ^a
スズアテ	無施肥	17.6	0.69	92.8	2.83	75.1 ^c	27.2 ^a	2.12 ^{bc}	24.3 ^{ab}
	施 肥	19.3	0.62	110.5	3.04	91.3 ^{bc}	27.8 ^a	2.43 ^b	26.2 ^a
二元分散分析の結果									
						***	-	***	-
						***	***	***	***
						-	-	-	-

H: 樹高、D: 地際直径。***: 危険率0.1%で有意差の認められたもの、-: 有意差の認められなかったもの。a~c: 多重比較（同じアルファベットが含まれた場合は有意差がない）。

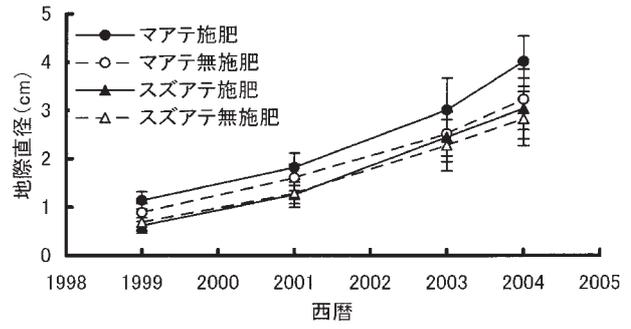
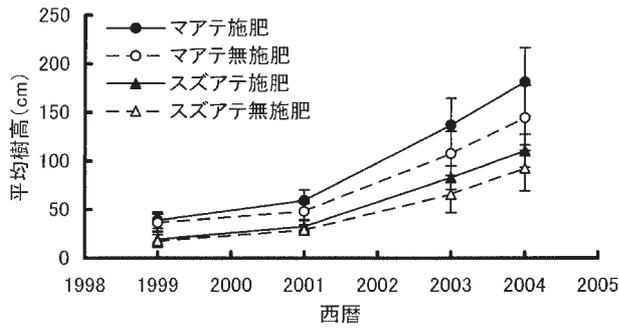


図 - 2 樹高および地際直径の成長経過

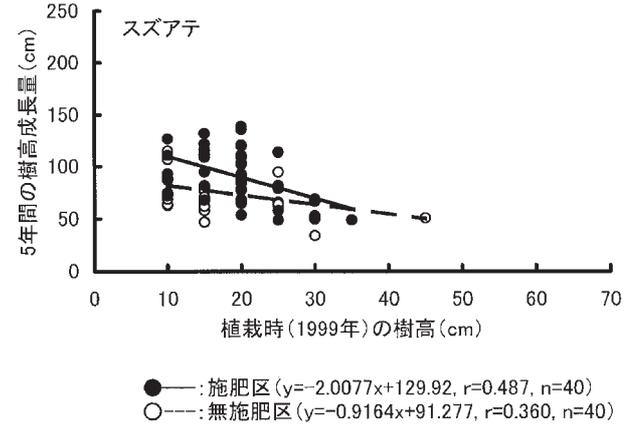
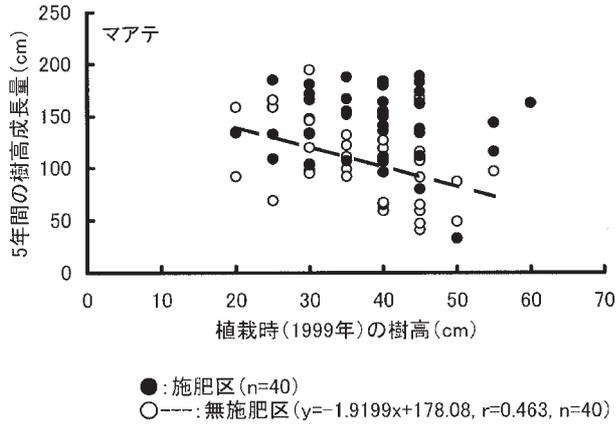


図 - 3 植栽時の樹高と5年間の樹高成長量の関係

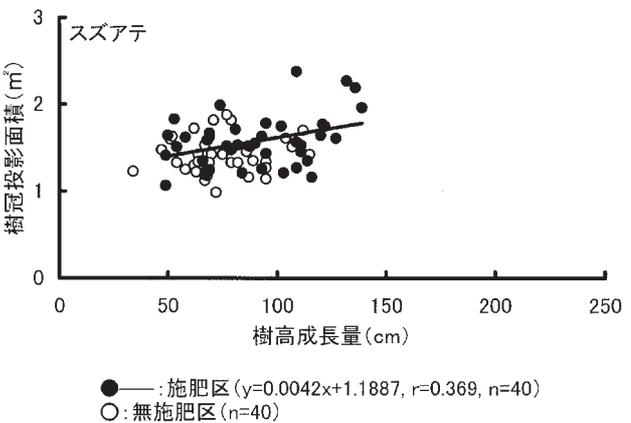
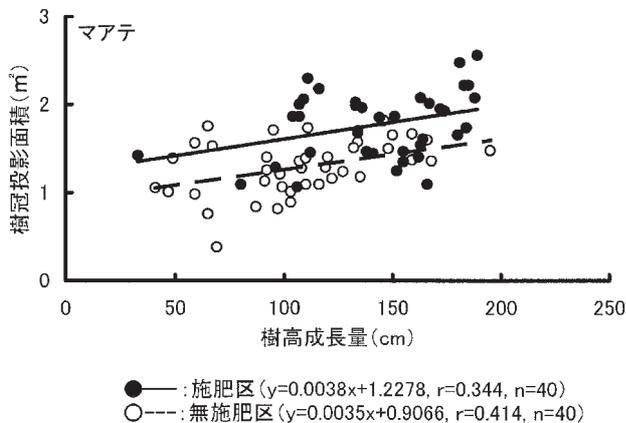


図 - 4 樹高成長量と樹冠投影面積の関係

の無施肥区とスズアテの施肥区の間でのみ差がみられた ($p < 0.05$)。

図 - 2 は、それらの5年間の成長経過を示している。マアテでは施肥の効果は、2年目(2001年)から樹高成長量に現れスズアテよりも有意に大きかった (Scheffe の多重比較、 $p < 0.05$)。

2 施肥の効果と苗木の大きさの関係

両系統での植栽当時の苗高と5年間の樹高成長量の関係を、施肥区と無施肥区で比較した (図 - 3)。無施肥区では、両系統とも小さい苗木ほど成長量が大きくなる傾向を示した (1次回帰式、

$p < 0.05$)。関係式で、30cm苗木の5年間の成長量を推定すると、マアテが120cmであったのに対しスズアテは63cmとなり、同じ大きさの苗木でもマアテの方が大きい傾向があった。施肥区で両系統の同様の関係を比較したところ、スズアテでは有意な相関関係が得られた (1次回帰式、 $p < 0.05$) のに対し、マアテでは有意な相関が得られなかった ($p > 0.05$)。スズアテの施肥区では無施肥区に比べ、小さな苗ほど成長量が大きくなる傾向がより強まった (共分散分析、 $p < 0.05$)。

3 林地被覆に対する施肥の影響

林地の被覆に対する施肥の影響を両系統で比較した。樹冠の被覆面積は、縦・横の平均樹冠幅から樹冠投影面積を計算し、樹高成長量との関係を求めた(図-4)。マアテでは、施肥区と無施肥区共に両者に相関関係がみられた($p < 0.05$)のに対し、スズアテでは施肥区でのみ相関関係($p < 0.05$)がみられた。また、マアテの施肥区の樹冠投影面積は無施肥区に比べ有意に大きく(Scheffeの多重比較、 $p < 0.05$)、無施肥区の約1.4倍林地被覆率が高くなった。しかし、スズアテでは有意な差は認められず、また施肥区も無施肥区もマアテとスズアテの間では有意な差はなかった(Scheffeの多重比較、 $p > 0.05$)。

4 乾重および葉の窒素含有量の比較

表-2は、単木当たりの葉・枝・幹の乾重と葉の窒素含有量を系統間と処理区間での比較を示している。乾重は、樹高と地際直径から橋本ら(2003)のヒバでの推定式を用いて算出した。各部分および地上部合計の乾重は、系統間および処理区間で差が認められた(二元分散分析、 $p > 0.05$)。地上部合計では、マアテで約1.6倍、スズアテで約1.3倍施肥区が上回った。マアテ施肥区は、スズアテ施肥区の約2.2倍であった。窒素含有率は、系統間および処理区間で有意な差は認められなかった(二元分散分析、 $p > 0.05$)。しかし、窒素含有量を比較すると、系統間および処理区間で有意差が認められた(二元分散分析、 $p < 0.05$)。無施肥区では、スズアテよりもマアテの窒素含有量が高かった(Scheffeの多重比較、 $p > 0.05$)。また、施肥によってマアテでは約1.6倍、スズアテでは約1.3倍、窒素含有量が高くなった(Scheffeの多重比較、 $p > 0.05$)。

考 察

1 成長に対する施肥の効果

初期3年間の施肥の効果は、現時点ではマアテにのみ効果がみられた(表-1、図-1)。2年目からその効果が現れ、5年間で樹高成長量にして約34cmの差(約1年分の成長の短縮)、地上部合計重量にして約1.6倍(表-2)に広がった。これまでの試験(中野1980)では、10年間で1.5~3年分の成長期間が短縮され、土壌条件が悪いところほど効果が大きかったことが報告されている。本試験の結果は、期間が5年間であるためか、まだこの範囲内に入っていない。しかし、この試験で注目すべき点は、マアテでは施肥によって樹高成長が5年間で181cm(無施肥区:144cm)で、10年後には320cm(無施肥区:252cm)に達するという結果が得られたことである。これをアテの収穫予想表(石川県農林水産部造林課1983)と比較すると、地位級2が地位級上限まで成長が改善したことになる。これまでの施肥試験では、B₀型の土壌条件で10年間に226cm(対照区:172cm)に達し、地位級3以下が地位級2の中に改善されている。このことから、マアテにおいては施肥によって地位級を1階級以上改善される見込みがあることが示された。

しかしながら、スズアテにおいては施肥の効果が明らかでなかった上に、地位級はせいぜい3程度と見込まれた(表-1、図-2)。植栽時の平均苗高がマアテよりも小さかったことも原因と思われるが、スズアテは同じ苗高でもマアテよりも成長が劣っている(図-3)。このことより、マアテとスズアテでは成長様式が異なっているようだ。

表-2 単木当たりの葉・枝・幹の乾重と葉窒素含有量の比較

樹種	処理区	葉乾重(kg)	枝乾重(kg)	幹乾重(kg)	地上部合計(kg)	葉の窒素含有量(g)	葉の窒素含有率(%)
マアテ	無施肥	0.33 (0.15)	0.10 (0.05)	0.23 (0.12)	0.67 (0.32)	3.99 (1.83)	1.20 (0.11)
	施肥	0.54 (0.17)	0.17 (0.06)	0.40 (0.14)	1.10 (0.37)	6.46 (2.05)	1.16 (0.08)
スズアテ	無施肥	0.19 (0.08)	0.06 (0.02)	0.12 (0.06)	0.37 (0.15)	2.25 (0.90)	1.20 (0.03)
	施肥	0.25 (0.11)	0.08 (0.04)	0.17 (0.08)	0.49 (0.23)	2.95 (1.35)	1.19 (0.04)

葉・枝・幹乾重および窒素含有量の供試数は、各処理区40本。窒素含有率の供試数は、各処理3サンプル。葉・枝・幹乾重の推定は、下記の橋本ら(2003)の推定式を用いた。窒素含有量は、葉乾重に窒素含有率をかけて算出。葉乾重の推定式： $Y = 0.03868 \cdot D^2H^{0.7766} \cdot \exp(-3.883E-04 \cdot D^2H)$ 、枝乾重の推定式： $Y = 0.03868 \cdot D^2H^{0.7766} \cdot \exp(-3.883E-04 \cdot D^2H)$ 、幹乾重の推定式： $Y = 0.03868 \cdot D^2H^{0.7766} \cdot \exp(-3.883E-04 \cdot D^2H)$

2 苗木の大きさおよび由来に対する施肥の影響
これまで、アテは挿し木で造林されるのが主流であったが、近年、取り木で生産された苗が造林されるケースが増えている。一般に、植栽時に大きい苗ほどその後の成長が早いこと（石井・藤田 1982、神谷・杉浦 1983、小谷 2001、林業新知識編集部 1979、田淵 1996）が知られ、アテでも挿し木造林地ではその傾向がみられる（小谷、2005）。したがって、アテの取り木苗でも大苗ほどその後の成長が早いことが予想された。しかし、両系統とも植栽時に苗高が低いほど5年間の成長量が大きく、スズアテでは施肥によってその傾向がより強くなった（図 - 3）。マアテの施肥区では、苗の大きさとの関係がはっきりしなかったことから、大きな苗でも施肥の効果が現れたと考えられる。

小さな苗ほど成長量が大きい傾向がみられたのは、苗木を作る段階での発根量に関係していると推察される。取り木の発根量は、枝葉重量とは関係が無く、水ゴケの量と関係する（小谷 未発表）。取り木苗の生産時には水ゴケの量はほぼ一定であることが予想されることから、苗によって枝葉量と発根量のバランスが保たれず、枝葉部分が大きな苗では、造林後の成長に見合うだけの発根量に達していなかった可能性がある。取り木苗ではあまり大きな苗を作ること意識する必要はなく、小さくても芯立ちのしっかりした苗を選ぶことが重要と考えられる。

3 施肥と下刈りの軽減

マアテでは、施肥によって成長が1年分短縮され、樹冠幅の拡大によって林地の被覆率が1.4倍大きくなった（図 - 4）。一般に、アテでは下刈りが10年程度続けられていることから（石川県 2001a）、施肥によって5年間で最低1年は省略可能である。しかし、スズアテでは有意な差は認められなかったことから、現時点では施肥は下刈りの省略につながらないと考えられる。ただし、マアテとスズアテの樹冠投影面積に差がなく、同じ樹高成長量を持つ個体ではスズアテはマアテに比べ樹冠幅が広く林地被覆率が高いと考えられる。

4 窒素の吸収量

今回の調査地での葉の窒素含有率は、1.16~1.20%（表 - 2）で、輪島市三井町での試験結果（0.92~1.09%）に比べ、やや高かった。これは、この試験地の土壌条件が三井町より良かった可能

性が考えられる。マアテの窒素含有量（無施肥区：3.99 g、施肥区：6.46 g）は、スズアテに比べ高い傾向（表 - 2）があり、マアテの成長の良さを裏付けていた。しかし、アテの窒素含有率は、同齡のスギとほぼ同等で、アカマツよりも低く（塘 1962）、単木当たりの葉乾重に含まれる窒素量は、スギ（塘 1962）やアカマツ（佐藤 1977、塘 1962）に比較するとかなり低い。このことは、アテの窒素吸収率が潜在的に低い性質を持つことが考えられる。アテでは、窒素よりもリンやカリの方が成長に貢献している可能性が指摘（中野1980）されていることから、今後これらの関与も調べる必要がある。

5 アテの造林に対する施肥の必要性

以上のことから、アテの初期成長に対する施肥効果は、マアテで明らかであった。スズアテでは現時点では判然としなかった。

アテは、スギよりも造林適応範囲が広く、どちらかと言えばヒノキの適地に近いとされている（石川県 2001b）。アテの土壌適応範囲が広いがために、松くい虫被害跡地に植えられるケースも多々あるようである。アテは元々初期成長が遅く、地位級上限でもスギの地位級3に相当する（石川県農林水産部 1980、石川県農林水産部造林課 1983）。したがって、多くの造林地では地位級3にも満たないのが実情である。このことから、地位級の低い場所では施肥は必ず必要であり、またアテといえども造林に当たってはスギと同等に近い土壌条件を選択すべきである。これに施肥を行うことによってさらに初期成長を伸ばし下刈りの省略につなげるべきである。

そのことは、結果としてその後の収穫時期の短縮にも好影響を及ぼすと考えられる。

謝 辞

この試験を行うに当たり、輪島市町野町寺山の久保宝二氏には苗木生産や試験地の提供から調査に到るまで多大なご協力を頂いた。心よりお礼申し上げます。次第である。

引用文献

- 1) 橋本良二・青木葉子・藤原慎也（2003）岩手県鶯宿地方のヒバ林地帯に造成されたスギ人工林におけるヒバの更新．岩大演報34：71 - 79.
- 2) 石井義久・藤田清仁（1982）ポットによる大

- 苗造林の成長経過について．東京営林局業務研究発表集14：26 - 34．
- 3) 石川県 (2001a) アテ林業．(石川県林業普及指導職員協議会編，石川県林業技術ハンドブック．石川県林業普及指導事業50周年記念，164pp)．34 - 35．
 - 4) 石川県 (2001b) 造林適地判定．(石川県林業普及指導職員協議会編，石川県林業技術ハンドブック．石川県林業普及指導事業50周年記念，164pp)．20 - 21．
 - 5) 石川県農林水産部 (1980) 石川県スギ人工林林分収穫予想表．189pp．
 - 6) 石川県農林水産部造林課 (1983) 石川県アテ人工林林分収穫予想表．93pp．
 - 7) 石下哲雄 (1994) 個性ある施業技術は今．アテ林業．林業技術623：12 - 16．
 - 8) 神谷信秋・杉浦直人 (1983) 高品質材等生産における大苗植栽について．東京営林局業務研究発表集15：1 - 8．
 - 9) 小谷二郎 (2001) プナ人工造林の適地および初期保育．石川県農林水産部研究成果集報3：50 - 51．
 - 10) 小谷二郎 (2005) アテ試験林の施業経過 - 早期多収益施業実証試験 - ．石川県林試研報37：57 - 58．
 - 11) 中野徹夫 (1980) アテ幼齡林施肥試験．石川県林試研報10：1 - 12．
 - 12) 林業新知識編集部 (1979) 成長のいいクヌギの大苗造林 - 福岡県上陽町 - ．林業新知識305：10 - 13．
 - 13) 佐藤久男 (1977) 笠間国有林におけるアカマツ幼齡林施肥試験 (植栽施肥後15年間の経過)．林試研報297：43 - 57．
 - 14) 田淵隆一 (1996) あの山はどうなった - 34 - 高知・山本森林 K.K. 大苗造林のその後．林業技術649：25 - 27．
 - 15) 塘 隆男 (1962) わが国主要造林樹種の栄養および施肥に関する基礎的研究．林試研報137：1 - 158．