

ツガのさし木による苗木育成 (II) 母樹による発根率の違い

河合昌孝・今治安弥

Propagation of Japanese Hemlock, *Tsuga sieboldii*, by Cutting (II).
Difference of rooting rate between mother trees.

Masataka KAWAI and Aya IMAJI

マツタケの宿主植物の一つであるツガについて、迅速に大苗を得るためにさし木による増殖を試み、母樹間の発根率を比較した。樹齢約 30 年生の 4 母樹から、3 月に採穂して、オキシベロン®液剤 40 倍液 (IBA 濃度 100ppm) 処理して差し付けたところ、約 6 か月後の発根率が 78.3~95.2%であった。 χ^2 検定により発根率に有意差が認められたことから、各母樹の発根率を Tukey の方法により多重比較したところ、一番発根率が高い母樹と、発根率が一番低い母樹および 2 番目に低い母樹との間に有意差が認められ、ツガは個体により発根率に違いがあることが示された。また、発根率から考え、樹齢 30 年生程度であれば、ツガは発根性が良好な樹種であると考えられた。

1. はじめに

ツガ (*Tsuga sieboldii* Carr.) はマツ科ツガ属に属する針葉樹で、福島県以南の本州、四国、九州に分布している¹⁾。また、近縁のコメツガ (*T. diversifolia* (Maxim.) Mast.) とともに、マツタケ (*Tricholoma matsutake* (S. Ito et Imai) Sing.) と共生することが知られている²⁻⁴⁾。このため、松枯れが激しい地域では、マツタケの宿主としてツガ・コメツガを利用することも検討される⁴⁾。しかし、ツガは種子発芽後の成長が遅く⁵⁾、山出しするまでに数年を要する⁶⁻⁹⁾。このため、接種試験用の苗木を実生で育てた場合、マツタケ接種のための宿主として利用できるまでには、かなりの年月が必要と思われる。前報¹⁰⁾において、マツタケの接種試験が可能となる大型の苗を育成することを目的として、ツガのさし木を行ったところ、従来はさし木困難樹種といわれていたが¹¹⁾、比較的発根が容易な樹種である可能性が示された¹⁰⁾。

前報¹⁰⁾においては、さし木時期による発根率の違いについて試験したが、今回は、母樹による発根率の違いを調べたので報告する。

なお本研究は、農林水産技術会議の委託プロジェクト研究「高級菌根性きのこ栽培技術の開発」(平成 27 年度~令和元年度)の一部として実施したものである。

2. 材料および方法

奈良県森林技術センター内の半日蔭の場所に植栽された、樹齢約 30 年の母樹 4 本 (母樹 A~D: 表 1) の比較的日当たりの良い枝から、約 100 本ずつ採穂した。このうちの 2 母樹 (B および C) は、前報¹⁰⁾の春ざしにおいて使用したのと同じ母樹であった。

採穂は 2020 年 3 月 9 日に行い、30~50cm の荒穂に調整した後 1 晩水にさし、翌日 1 次枝もしくは 2 次枝を、枝頂部から約 20cm のさし穂に調整した。調整したさし穂は、オキシベロン®液剤 (バイエル クロップサイエンス株式会社: インドール酪酸 (IBA) 濃度 0.40% (4000ppm)) 40 倍液 (IBA 濃度 100ppm) に約 17 時間浸漬処理した。浸漬処理したさし穂は翌日、パーミキュライト GS (ニッタイ株式会社) を入れたプランター (縦×横×高: 600×170×190mm) にさし付け、ガラス室内の西日が当たらない場所に置き、用土が乾かないよう水道水で適宜灌水した。さし付けは 1 つのプランターに 1 母樹分の穂木をさし付けた。母樹 C および D は、母樹 A および B よりも採取できた穂がやや少なかったため、同じ程度のさし付け密度となるよう間隔を調整した (図 1)。発根確認は 9 月 2 日 (175 日目) にさし穂を掘り取り行った。この時、1mm 以上の根が確認できたものを発根とした。発根率は、母樹間差について全体を χ^2 検定したのち、Tukey の方法¹²⁾で多重比較した。

なお、Tukey 法による多重比較は以下の手順¹²⁾により行った。

- ① 各群を発根率の小さいものから順に並べ、発根率の最小値を p_1 、最大値を p_k とし、対象となる2つの群とその群に含まれるすべての群の総データ数に占める発根数の割合から平均発根率 P を求める。
- ② まず、発根率の最小値 p_1 と最大値 p_k を持つ群間について検定を行い、両群間の標準誤差 (SE) を、①の平均発根率 P を用いて式1により計算する。 n_1 および n_k はグループ内で発根率が最大と最小となる群のデータ数である。

$$SE = \sqrt{P(1-P)\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_k}\right)}$$

式1

- ③ スチューデント化された範囲の表(表2)¹²⁾を用い、危険率 $\alpha=0.05$ 、群数 k 、自由度 ∞ におけるパーセント点 (q) を求める。
- ④ 式2により、Wholly significant difference (WSD) を求め、発根率の最大値と最小値の差が WSD 以下の場合、すべての群間には有意な差があるとは言えないと判定し、発根率の差が WSD より大きい場合、最小値と最大値の間には有意な差が認められると判定し、さらに検定を続ける。

$$WSD = \frac{SE \times q}{\sqrt{2}}$$

式2

- ⑤ 発根率の最大値または最小値のいずれかを含む群をはずし、群数 $m=k-1$ となるサブグループについて、以下のように検定を行う。
- (a) 平均発根率 p を求める。平均発根率 p は、対象となる2つの群とその群に含まれるすべての群の総データ数に占める発根数の割合として計算される。
- (b) (a)で求めた p を用いて、標準誤差を計算する(式3)。 n_i と n_j は、サブグループ内で発根率が最大と最小となる群のデータ数である。

$$SE = \sqrt{p(1-p)\left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j}\right)}$$

式3

- (c) スチューデント化した範囲の表から値を読み取り、式4により平均 q を求める。使用する値は、最大群数 k に相当する値 (q_k) と、実際の比較対象に含まれる群数 m に相当する値 (q_m) の平均とする。

$$\text{平均 } q = \frac{q_m + q_k}{2}$$

式4

- (d) 式5により WSD を求め検定を行う。

$$WSD = \frac{SE \times \text{平均 } q}{\sqrt{2}}$$

式5

- ⑥ 以下、群数を1つ減らして同様に検定を行い、群間に有意差が認められなくなるまで継続する。

表1 各母樹の樹高と胸高直径

	母樹			
	A	B	C	D
胸高直径(cm)	7.1	9.2	5.2	6.9
樹高(m)	6.3	8.9	7.0	7.3



図1 さし付けの様子

表2 スチューデント化した範囲の表 (自由度= ∞)¹²⁾

群の数*	危険率 (α)	
	$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$
2	2.7718	3.6428
3	3.3145	4.1203
4	3.6332	4.4028

* : 今回の検定に必要な群の数が4までを抽出した

3. 結果と考察

さし木の結果を表3に示す。さし付け175日後の発根率は最も高い母樹Aで95.2%、最も低い母樹Dで78.3%であった。また、前報¹⁰⁾の春ざしに使用した母樹BおよびCの発根率はそれぞれ83.5%と87.9%であった。母樹間に発根率の違いがあるかを調べるために χ^2 検定を行ったところ、1%の危険率で母樹間に発根率の差が認められた($P=0.0012$)。 χ^2 検定により母樹間の発根率に差が認められたことから、Tukey法による多重比較を行った。発根率が最も高い母樹Aと最も低い母樹D及び、母樹Aと発根率が2番目に低い母樹Bとの間では危険率5%で有意差が認められた(表4)。これらのことから母樹Aは今回試験した4母樹の中では発根率が高い母樹であると思われ、ツガは母樹により発根性に違いがあることが示された。今回使用した各母樹は近接して植栽されているが、日照条件に差がある。母樹Aは朝日がほとんど当たらず西日が当たる。一方、他の母樹は朝日が当たるが、西日はほとんど当たらない。今回の発根率の違い

がこの生育環境に起因するものか、遺伝的要素によるものかは不明である。しかし、試験などで複数の個体から、それぞれ一定数の苗木を確保する場合は、母樹により発根率が異なることは留意しなければならない。

ところで、前報¹⁰⁾の春ざしにおいて発根率100%であった母樹BおよびCは、今回の試験ではそれぞれ83.5%と87.9%であり、前年の発根率との間に差がある(χ^2 検定 $P < 0.001$)。チャノキの場合、同一品種であってもさし木する年による発根率に差がある¹³⁾。また、スギにおいてもさし付け年によりクローンの発根率に違いが認められる¹⁴⁾。このように樹木のさし木においては、さし付け年により発根率の違いがあることが示されており、ツガもさし付け年により差があると考えられる。しかしながら、今回の試験では、発根率が最も低い母樹でも78.3%であり、かつ前報¹⁰⁾の春ざしでは発根率100%と2年連続で高い発根率を示したことから、ツガは30年生程度であれば比較的発根性が良い樹種であると考えられる。

表3 各母樹の発根率(さし付け175日後)

母樹	さし付け数	発根	未発根	発根率 (%)	枯れ*
A	126	120	6	95.2	2
B	127	106	21	83.5	0
C	99	87	12	87.9	1
D	115	90	25	78.3	5

*: 未発根のさし穂の内枯死したもの

表4 危険率5%における母樹間の発根率の多重比較

比較	q	SE	WSD	比率の差	
D A	3.6332	0.0443506	0.1139395	0.1697723	*
D C	3.47385	0.0515102	0.1265288	0.0961792	
B A	3.47385	0.0394671	0.0969462	0.1177353	*
D B	3.2025	0.0505066	0.1143728	0.0520370	
B C	3.2025	0.0473437	0.1072102	0.0441422	
C A	3.2025	0.0364357	0.0825090	0.0735931	

*: 5%の危険率で有意差あり

発根の形態としては、前報¹⁰⁾の春ざし試験と同様、切り口部分での発根がもっとも多く、顕著なカルス形成は認められなかった(図2)。今回は秋ざしは行っていないが、前報の結果では、発根はさし穂の切り口よりも上部で起こっている¹⁰⁾。切り口よりも上部で発根した場合、切り口付近で発根した個体に比べ、切り口から発根部位までの長さ分地上部が小さくなる。また、発根率も春ざしの方が秋ざしよりも高い¹⁰⁾。これらのことから、さし木により大きな苗を多量に生産することを目的とするならば、秋ざしよりも春ざしの方が優れていると考えられる。また、前報の試験¹⁰⁾と同様これらの根には菌根は形成されていなかった(図2)ことから、さし木を利用することにより菌根菌接種試験に利用できるツガ苗を簡易に生産できると思われる。

ところでマツタケでは、アカマツに対する菌根形成率が菌株により違いがあることが示されている^{15,16)}。また、菌根性きのこであるホンシメジも、菌株によりアカマツに対する菌根形成率が異なる¹⁷⁾。これらの試験では、宿主であるアカマツは、クローン増殖が難しいことから実生苗が用いられている。実生苗の場合遺伝的ばらつきがあることから、クローン苗を用いることができれば宿主の条件も統一できた試験が可能となる。この点、ツガはさし木によるクローン増殖が比較的簡単であることが本研究で明らかになったので、菌株間の差異を調べる実験材料としても有用であると考えられる。また、菌側において菌株により菌根形成能の差があるように、宿主側にも菌根性きのこの共生しやすさに個体差がある可能性がある。今後、さし木を用いた菌根形成試験が進めば、マツタケと菌根形成しやすい宿主の開発につながるかもしれない。

これまで、ツガのさし木は困難であると考えられてきた¹¹⁾が、今回の試験および前報¹⁰⁾の試験においても発根率が高く、30年生程度であれば比較的さし木増殖が容易な種であると考えられる。ツガは実生苗の初期成長が遅く⁵⁾、山行き苗を育成するのに時間がかかる⁶⁻⁹⁾。今回の試験においては約20cmの苗を数か月で育成することができた。また、さし穂の大きさを変えればさらに大きな苗を得ることができるので、今後造林用の苗木生産の一手法として検討に値すると考える。今回のツガさし木に関する一連の試験は、マツタケ接種試験を行う苗木作りを目的としたもので、母樹の樹齢や形質は考慮しなかった。しかし、造林用の苗木生産を目的とした場合、より形質の良い個体から穂木を採取することが望ましく、その場合母樹の樹齢も高くなることが予想される。そのため、ツガの造林用苗木生産の手段としてさし木苗を利

用する場合、高齢木もしくは選抜されたクローンでの発根性についても、今後検討が必要になると思われる。

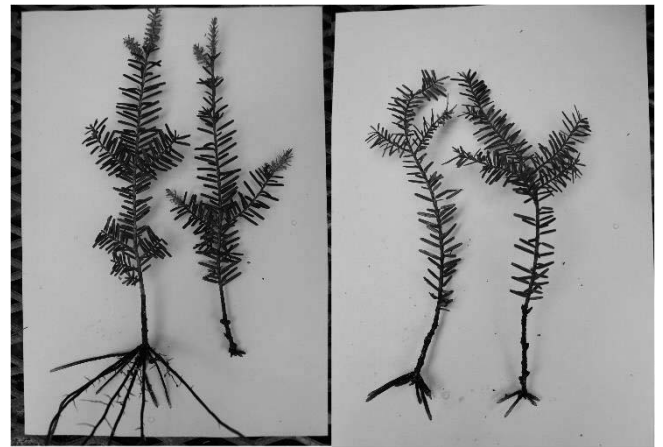


図2 発根の様子

引用文献

- 1) 北村四郎・村田源：原色日本植物図鑑 木本篇[II]. 保育社(大阪)1979
- 2) Ogawa M.: Microbial ecology of 'Shiro' in *Tricholoma matsutake* (S. Ito et Imai) Sing. and its allied species. IV *Tricholoma matsutake* in *Tsuga diversifolia* forests. Trans. mycol. Soc. Japan 18: 20-33, 1977
- 3) Ogawa M.: Microbial ecology of 'Shiro' in *Tricholoma matsutake* (S. Ito et Imai) Sing. and its allied species. V *Tricholoma matsutake* in *Tsuga sieboldii* forests. Trans. mycol. Soc. Japan 18: 34-46, 1977
- 4) 竹内嘉江・松下範久：ツガ・コメツガとマツタケ菌との共生関係. 日本菌学会第55回大会講演要旨集, 80, 2011
- 5) 浅川澄彦・勝田柁・横山敏孝編：日本の樹木種子 - 針葉樹篇一. 林木育種協会(東京)1981
- 6) 本多静六：造林学各論一第1編 針葉林木及竹類椰子類篇一7版. 三浦書店(東京)1907
- 7) 本多静六：林学教科書 造林学各論16版. 三浦書店(東京)1930
- 8) 森庄一郎：実用重要樹種のしおり. 森正林堂(奈良)1914
- 9) 柳田由藏：森林樹木の稚苗圖説(三九). 林學會雜誌 14: 370-376, 1932
- 10) 河合昌孝・今治安弥：ツガのさし木による苗木育成.

- 奈良県森林技術センター研究報告, 49 : 1-4 ,2020
- 11) 町田英夫 : さし木のすべて. 誠文堂新光社 (東京) 1974
 - 12) 青木敏伸 : K 群の比率の差の検定・多重比較 (対比較) テューキーの方法. ホームページ, <http://aoki2.si.gunma-u.ac.jp/lecture/Hiritu/Pmul-Tukey.html> (アクセス 2020.11.4.) 2004
 - 13) 松下繁・安間舜・鳥屋尾忠之 : 主要品種および系統のさし木発根性. 茶業研究報告, 42 : 14-18, 1975
 - 14) 吉野豊 : スギ精英樹さし木クローンの特徴(1) - 発根性と山行苗の大きさ -, 兵庫県立林業試験場研究報告, 27 : 8-15, 1984
 - 15) Yamada A., Kobayashi H., Murata H., Kalmış E., Kalyoncu F., Fukuda M.: *In vitro* ectomycorrhizal specificity between the Asian red pine *Pinus densiflora* and *Tricholoma matsutake* and allied species from worldwide Pinaceae and Fagaceae forests. *Mycorrhiza* 20 : 333-339, 2010
 - 16) Horimai Y., Misawa H., Suzuki K., Fukuda M., Furukawa H., Masuno K., Yamanaka T., Yamada A.: Sibling spore isolates of *Tricholoma matsutake* vary significantly in their ectomycorrhizal colonization abilities on pine hosts in vitro and form multiple intimate associations in single ectomycorrhizal roots. *Fungal Ecology* 43 : 1-12, 2020
 - 17) 河合昌孝 : 林地接種に用いるホンシメジ菌株の検定法. 日本きのこ学会誌 20 : 209-214, 2013

(2021年1月27日 受理)