

【解 説】

講座： 林木育種の現場のABC (2)

クローン苗の養成技術 -さし木-

植田 守^{*1}・藤澤 義武²

無性繁殖の始まりは何時？

樹木を無性繁殖させる方法には本シリーズの(1)で示したとおり、さし木、つぎ木、取り木、株分け、組織培養などがあるが、いずれも有性繁殖とは異なって自然界で自発的に発生する可能性は低く、人が意図的に行う場合が大半であろう。

これら無性繁殖技術の起源について、ローマのテオフラスタスが紀元前300年頃に記述したさし木とつぎ木の例を上原啓二が紹介している。それによるとオリーブやイチジクの無性繁殖はエジプトのピラミッドが造営された時代にまで遡れる可能性があるとしている。日本においては「古今著聞集(1210年)」と「明月記(1226年)」に八重桜の記載があることなどから、それ以前にはすでにつぎ木増殖が行われていたと推測される。また、さし木についての記載例が「憲教類典抄(1611年)」にある。

このように、無性繁殖は古くから行われており、こうして殖やした個体群が親木の特徴をそのまま受け継ぐことを経験的に知り、果樹などで野生種から人間に都合が良い特徴を示す個体を選ぶことにより、味が良く生産性の高い果樹や美しく大きな花などの創出に利用されてきた。近代にいたって、こうした無性繁殖技術は野菜の生産等で見られるオートメーション化された工業的生産システムにまで発展しているが、基本は紀元前3000年以上前に始まった技術と何ら変わることはない。

林業用苗木の生産と繁殖法

ところで、林業用の苗木は有性繁殖である実生と無性繁殖技術であるつぎ木・さし木等で生産されており、図

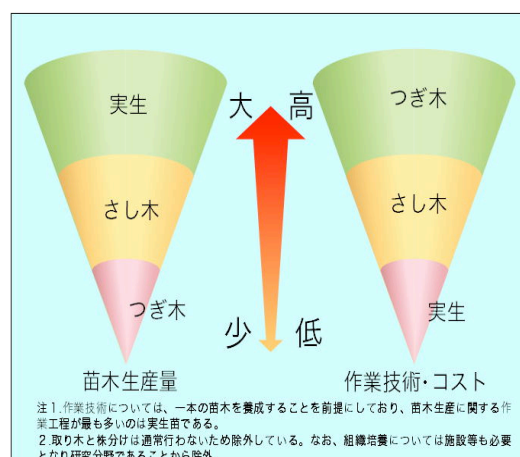


図-1 有性繁殖と無性繁殖の養苗技術等の比較

-1に両者の得失を示した。ここに示したとおり、作業技術の難易や生産コストはつぎ木が最も高く、さし木、実生の順に低下し、逆に苗木の生産量は技術の難易やコストが低い程高まり、つぎ木、さし木、実生の順に大きくなる。このように、つぎ木、さし木などの無性繁殖は生産コスト的に不利であり、山行き苗の生産は実生が主体となっている。しかしながら、九州など一部の地域ではさし木苗の生産が主体となっている。

このようなこともあり、我が国の林木育種事業の対象となっているスギ、ヒノキ、アカマツ・クロマツ、カラマツ、トドマツ、エゾマツ等は、いずれも実生による山行き苗の生産を前提として種子を効率的に生産する採種園の造成を基本において事業を進めている。日本全国の山林から成長や樹形に優れた個体を精英樹として選抜し、つぎ木やさし木等によってクローン増殖し、それら精英樹クローンによって都道府県が採種園を造成するのである。すなわち、山行き苗は効率の良い実生で生産し、そ

* E-mail: ueta77@affrc.go.jp

¹ うえた まもる 森林総合研究所林木育種センター北海道育種場

² ふじさわ よしたけ 森林総合研究所林木育種センター

のために必要な種子を生産する採種園は精英樹の特性をそのまま伝えるつぎ木、さし木などによって育成されたクローンで造成されているのである。

さし木と組織培養



写真-1 スギの枝条培養

さし木は植物体から枝などを切り取った切り口を砂や液体などの培地にさし付け、「癒合組織」すなわちカルスを形成させ、さらには発根を促して完全な植物体として再生・育成させる技術であり、つぎ木とは異なって根系から頂芽に至るまでオリジナルの個体、すなわちオルソットの遺伝子を持ったまさしくクローンとなる。この面では芽や枝による組織培養、すなわち枝条培養も同じである(写真-1)。しかし、組織培養では温度条件や光環境などをカルス形成・発根に最適なものとしてさらには無菌状態で管理するとともに、発根に適したホルモンなどを含む培地によって処理するため、露地や温室内で砂や鹿沼土などの挿し床にさし付けるさし木よりも、安定して発根及び個体の再生をおこなうことができる。ただし、温度等の精密な管理が可能でかつクリーンな環境を維持できる培養室などの高価な施設、ホルモン剤等の高価な消耗品が必要であるため、さし木に比べて格段にコストがかかる。このため、山行き苗の生産に用いられることは希である。

一方、新たなさし木技術として、マイクロカッティングがある。これは、通常のさし木よりも極端に小さな枝をさし付ける手法であり、これまで用いられることのなかった小さな枝などを利用することから、増殖の母材が小さい、あるいは利用可能な枝などが少ない場合でも、多くのクローン苗を得ることができる。利用する枝などの大きさは組織培養と同程度に小さくすることもある。ただし、マイクロカッティングでは、山行き苗として出荷できるサイズとなるまで圃場で育成する期間が通常よりも1~2年程度余分にかかる。このため、これらを含めて得失を判断する必要がある。

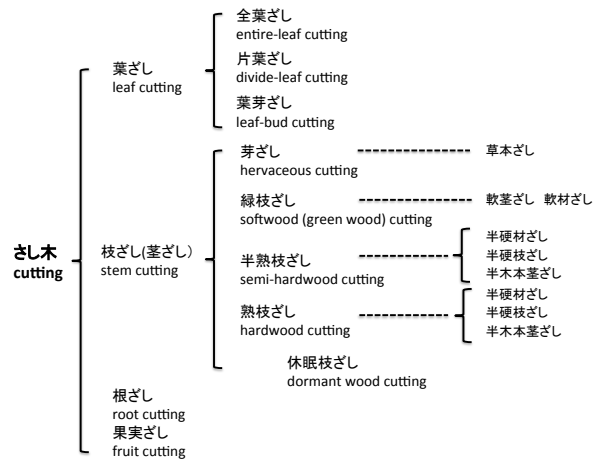


図-2 さし木の種類
町田 (1987) を改変。

さし木の特徴

町田はさし木に利用する部位によって図-2 のようにさし木技術を区分している。さし木は前述のとおり完全なクローンを育成することができるので、写真-2 のスギのさし木クローンに示されるように、同じ環境では、樹形、樹体の大きさともにほぼ同様に育つ。つぎ木では台木の状態によっては初期の成長等が変わることがあり、このため、試験材料としてつぎ木苗を利用する場合には、台木の選択と育成が重要であることは既報の通りである。



写真-2 スギのさし木クローンの外観
全て同じクローンの個体。

ところで、さし木はつぎ木に比べて比較的手間がかからないため、山行き苗の生産にも用いられている。九州では数百年にわたる林業の歴史の中で育成してきた、成長や樹形、材質に特徴を持った数多くのスギのさし木品種を持つこと、戦前に赤ガレ病が蔓延し、罹病しやすい

実生苗が嫌われたことなどから、スギ苗の97%はさし木で増殖されている。また、変わった例では、さし木は母材料すなわちオルテットの遺伝的な特性を100%示すことから、京都北山地域、奈良の吉野地域では天然絞個体のさし木苗を造林することで天然シボ材を生産している。

このように、無性繁殖法としてさし木は手間も比較的小さいことから、山行き苗の生産にも利用される実用的な無性繁殖技術である。一方で、本シリーズの(1)で述べたように、一部の樹種を除いて発根させるのは困難であり、さし木で山行き苗を生産することもあるスギですら、実用的な発根率を示すクローンはそれほど多くはない。このため、効果的にさし木増殖を行うには、それぞれの樹種、個体の発根率や根の出方、発根の時期などの特性を把握した上で、さらに発根を最大にするために最適な採穂部位、増殖率を最大にするためのさし穂の大きさ、さし穂の採取時期と貯蔵方法、さし床の培地の検討から水分、地温などの環境の管理、発根促進や挿し方など作業の工程の各段階で検討しておく必要がある。特に発根はさし木増殖の肝であるが、ここで重要となるのが発根を促進するための各種の処理法と発根前後の温度、水分の管理である。

発根を促進するためには、母材料から切り離されたさし穂をより早く正常の状態にすることであり、そのためにはさし穂の切り口にカルスをできるだけ早く形成させることが重要である。カルスは腐敗菌などの侵入を防ぐとともに、体内の水分が失われるのを防ぐなどの役目があり、その詳細は本シリーズの(1)に記載したとおりである。しかし、厳密にはカルスの形成と発根とは無関係であり、切口の保護のためにカルスは必要であるが、発



写真-3 キンモクセイのさし穂に形成されたカルス

根には必ずしも不可欠とはいえ、過度のカルス形成は発根を阻害することに留意する必要があります。写真-3はキンモクセイのさし穂の切り口に形成されたカルスである。こうしたカルスの形成や発根を促進するために必要なものが、オーキシンのホルモン剤や化学物質などによる「発根促進処理」である。発根促進処理には、採穂した時期や樹種によって利用する薬剤や処理の方法が異なる広葉樹で行われる夏ざしでは、幹から萌芽した柔らかい

表-1 一般的な発根処理

発根促進物質	薬剤名	使用目的	処理方法
植物成長ホルモン	インドール酪酸 (IBA)	根源基の形成促進	低濃度液浸漬法
	インドール酢酸 (IAA)		高濃度液瞬間処理法
	ナフタリン酢酸 (NAA)		塗抹法、軟膏法
	ナフタリンアセトアミド (NAd)		葉面散布法
ビタミン	ビタミン B ₁	根源基の形成補助	浸漬法
炭水化物	しょ糖	発根の助長ならびに発根にともなう栄養分質の補給	浸漬法
	ブドウ糖		
	果糖		
窒素化合物	尿素	発根にともなう栄養物質の補給	浸漬法、葉面散布法
	硝酸カリ		
	アミノ酸		

枝などを利用するが、この場合は、硝酸銀で前処理を行った後にホルモン剤で処理することで効果的に発根させることができる。ただし、処理後の硝酸銀溶液は処分が難しいため、現在は一般的ではない。表-1 に発根処理の例を示した。また、発根の良否はタンニン含量に左右されるといわれており、これを如何に減少させるかがポイントとなるため、オーキシシンなどで発根処理する前に、発根を阻害するタンニンなどの物質を出来るだけ減少させておくのがポイントである。前述の通り硝酸銀処理は難しいため、さし穂を流水で1〜2日程度洗い流すことを行うのが一般的である。

さし付けを行うための挿し床と水分の管理は一体で捉えるべきである。さし床は水分の停滞を避けるために水はけを良くする必要がある。そのためにさし床の用土は鹿沼や川砂、バーミキュライトなどを用い、必要な水分は散水やミスト等で供給する、もしくはビニール等で密閉して蒸発を避ける密閉さしなどによって保持する。水分などの環境条件は、樹種だけではなくさし付けの時期などによっても異なるので、十分に検討しておかなければならない。このとき、さし穂が萎凋点以下に乾燥することは避ける必要があるものの、過度の給水も発根を阻害するので留意しなければならない。

さし付け後数週間の管理がさし木で最も重要であり、発根の良否を決めるポイントである。第一にはさし床の地温である。23℃±2 が適温とされており、25℃以上では発根の向上は認められず、30℃以上では腐敗が進行する。また、低いと発根率が低下する。第2には光環境であり、直射日光を避ける必要がある。まずは、切り口のカルスの形成、さらには発根を優先するため、さし穂の上部成長を抑え、発根を誘導するのがその目的である。

さし付け後の管理において、ガラス温室などを利用してさし木を行うは、寒冷紗、天井の開閉、タイマーあるいは水分センサーなどによって制御するミスト灌水、電熱温床などの装置によって温度と光条件を適切に管理することが可能になるので、効果的な管理が可能である。

発根後は、樹幹、根系ともに成長を促していく必要があるため、寒冷紗を外して外光を多く取り入れるとともに根系の成長を促すために灌水量も多少落とす。その後は、圃場へ移すために外部の環境へ徐々に近づけ、順化させていく。

実際の作業

穂づくり、さし付け：さし木は、挿し穂の元となる粗穂（あらほ：枝付きの大きな穂）の準備（採穂して直ちに

さし木を行う取り挿しとさし穂を作るための粗穂を予め採取して冷蔵庫などによって貯蔵しておく場合とがある）、さし床の設置を終えていれば、粗穂からさし穂を作るさし穂作りとさし付けだけとなる。繰り返して述べたとおり、予め適切なさし床の環境とさし付けの時期を得ておけば、つぎ木とは異なって実際の作業はそれほど難しいものではない。手順は写真-4 に示したとおりであるが、ここでは、流水等によるタンニンの除去は終了したものとして、穂づくりから示している。



写真-4 スギの穂づくりからさし付けまでの手順

予め採穂しておいた粗穂から適切な枝をさし穂として切り取り、それぞれのさし穂の下部の枝をBのように除去し、Aのように切り込みを入れる。この時、出来るだけ鋭利な刃物を利用し、切り口を平滑にするのがポイントである。こうしてできあがったさし穂はCで示したように切り口をホルモン剤などの発根促進剤で処理したのち、Dに示したようにさし付ける。Aに示した鋭利な刃物にはオルファ等のいわゆる「折る刃式カッターナイフ」で十分であるが、この場合、新しいカッターナイフの表面の油分は事前に有機溶剤などで完全に落としておく必要がある。

液体の発根促進剤で処理する場合は、指示された濃度に薄めた液に約1日程度浸漬処理した後に、さし付けるのが一般的であるが、樹種やさし穂の大きさによっても変動があるので機械的に処理するのではなく、予め適切な処理条件を探っておくことが肝要である。ただし、少量さし穂を処理する場合はCの左側のように原液に3秒程度浸けたのちに、さし付けることも行われる。この場合はAの切り込み作業を浸漬処理の直前に行うのがポイントである。いずれの場合もさし付け後は写真-5 に示したように管理を行う。



写真-5 さし床と灌水及び遮光の様子

A: 鹿沼土のさし床、B: ミスト灌水、C: 川砂のさし床、
D: 寒冷紗による遮光。



写真-6 発根したさし穂

左: スギ、右: カナメモチ。

発根後の管理: 九州地方や関西地方の一部で行われていた林地に大枝を直接さし付ける「直ざし」は除外し、写真-6 のように発根した個体は圃場で育苗して充実させ、山出し後の厳しい環境へ適応できるようにする必要がある。挿し床では発根と根の充実が目的であり、地上部の成長は極力抑えるように管理する。そのため、先述のように山出しに耐える健全な苗木とするため圃場へ「床替え」し、樹幹、根茎を充実させることでさし木苗が完成する。このとき、春までさし床に据え置いておく場合と、秋にさし床から堀取って圃場に一冬仮植しておく場合とがある。どちらも圃場に植え付ける「床替え」を行う時期は同じであるが、翌年も連続してさし床を利用する場合は秋に堀取って仮植しておくのが一般的である。

さし木の適期: さし木の適期は樹種によって異なるものの5月から7月中旬とされている。しかし、利用する部位や発根促進及び挿し床の環境の改良などによっては適期が広がる可能性もある。特に、発根が難しい樹種、例えばブナやケヤキ等の広葉樹なども採穂やさし付ける時期を選ぶことで発根するとも言われており、今後も詳細に検討していく必要がある。また、アカマツ・クロマツはさし木が難しい樹種とされてきたが、大平らの多方面にわたる研究によって幼齢木を用いると発根率が向上することを明らかにするとともに、密閉ざしを基本としたさし木システムを確立し、実用化が普及に進められているところである。これについては、別途機会を設けて紹介することとしている。

最後に: さし木による養苗方法は、樹種の発根に関する特性や、最適の採穂部位、採穂時期等のポイントを理解すれば作業自体は簡単である。小規模試験などであれば、ビニールハウスなどの簡易施設で十分であるが、事業用としての大量生産を行うためには、温度管理や自然環境(台風や霜など)による被害を防ぐための施設で養苗環境を整えておくことより完全である。また、温室内などの施設を利用する場合は、病害の発生に常時注視しておく必要がある。とくに、「くもの巣病」などが蔓延すると当座の被害が大きくなるだけではなく、駆除が難しくなって施設を利用できなくなることもある。このため、定期的な薬剤処理を実施するとともに、耐性菌の発生にも留意して薬剤を変えるなどの配慮も必要である。

参考文献

- 藤井利重編著 (1967) 園芸植物の栄養繁殖 誠文堂新光社、東京
- 藤澤義武・植田守 (2012) 林木育種 現場のABC (1) クローン苗の養成技術 一つぎ木- 森林遺伝育種 1: 23-27
- 橋詰隼人 (1979) -有用広葉樹のさし木による増殖- その意義と技術的要点 林業技術 448: 15-18
- 小林亨夫 (1962) 苗木・花木・林木の病害 養賢堂、東京
- 町田英夫 (1987) さし木のすべて 誠文堂新光社、東京
- 森下義郎・大山浪雄 (1972) さし木の理論と実際 地球出版、東京
- 大平峰子 (2006) マツさし木技術を利用したマツ材線虫

抵抗性苗の生産. 林木育種技術ニュース 28: 4-5

大山浪雄 (1957) ヤマモモのさし穂に含まれる発根阻害物質とさし木の発根をよくする方法. 国立林業試験場研究報告 99: 145-170

渡邊次郎他 (2009) 高齢なブナのさし木増殖. 日本林学会誌 91: 344-347