

【特 集】さし木技術の進展と将来展望

環境調節によってさし木の可能性をどこまで引き出せるか

渋谷 俊夫^{*,1}

はじめに

近年、精密な環境調節による施設園芸の高度化が注目されているが、このような環境調節は樹木のさし木技術においても有効であろうか。著者らは、低温の貯蔵環境下でさし木の基部に局所加温を施すことで発根を促進する技術（ボトムヒート貯蔵）を開発し、野菜や花きなどの園芸苗生産の高度化に取り組んできた（渋谷 2008, 2009）。本技術は、局所的な環境制御によって低温下で安定的に発根を促すことができることから、発根までの期間が比較的長い樹木のさし木に適した手法とも考えられる。本稿では、ボトムヒート貯蔵の研究事例を紹介し、さし木技術における環境調節の可能性について感じたところを述べていきたい。

ボトムヒート貯蔵とは

育苗には多くの労力がかかることから、苗の利用者が苗生産を専業とする企業から購入する方式が野菜や花き生産において広く行われている。苗生産のさらなる安定化・効率化を目的に苗貯蔵に関する研究が行われている（Heins ら 1995）。出荷前に苗を貯蔵できれば、需要に応じた出荷調整が可能となり、施設や労働力の利用効率を高めることができる。苗貯蔵に関する研究の多くは苗の品質を保持することを目的としてきた。それに対して、著者らが考案したボトムヒート貯蔵は、さし穂の一部（発根部位や接ぎ木接合部）を加温して、局所的に生育を促進することで貯蔵中に品質を向上させる技術である。

ボトムヒート貯蔵のカボチャさし穂を用いた試験の流れを図-1に示す。この試験で用いたカボチャは、キュウリの台木によく使われる品目である。カボチャ実生の胚軸を切断してさし穂を採取した直後に、低温下で

さし穂の基部を加温処理するボトムヒート貯蔵を1日間行った。ボトムヒート貯蔵後にキュウリ穂木を接ぎ木してから培地にさし木して4日間育成した。図-2は、さし木4日後の様子である。ボトムヒート貯蔵を行ったさし穂は、ボトムヒート貯蔵を行わなかったものに比べてさし木後の萎れからの回復が早かった。これは1日間のボトムヒート貯蔵によってさし穂が発根直前の状態になっており、培地にさし木してから比較的早い段階で発根したためである（Shibuya et al. 2007b）。

ボトムヒート貯蔵の最適温度は、トマト、ナスおよびカボチャにおいて 25℃～30℃であり、発根するまでの期間は、トマトで2日間（Shibuya et al. 2007a）、ナスで3

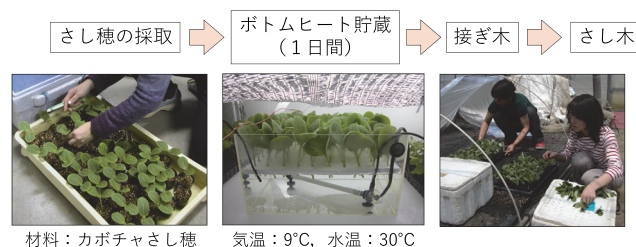


図-1 カボチャさし穂を用いたボトムヒート貯蔵の試験



図-2 カボチャさし穂のさし木4日後の様子（Shibuya et al. 2007b）

* E-mail: shibuya@envi.osakafu-u.ac.jp

¹ しぶやとしお 大阪府立大学大学院生命環境科学研究科

日間 (清水ら、2008)、キュウリやカボチャで1日間 (寺倉ら 2004 ; Shibuya et al. 2007b) である。さし木を行うときにすでに発根していると、作業中に根を傷める恐れがあるため、発根直前で加温処理を終了することが望ましい。

ボトムヒート貯蔵の利点

ボトムヒート貯蔵を行ったさし穂は発根直前の状態であり、さし木後に速やかに発根する。それによってさし木後のストレスを軽減できるため、さし木後の管理を簡易化でき、育苗期間の短縮も期待できる。このことから、ボトムヒート貯蔵は、簡易なさし木技術としても考えることができる。この方法は、ミスト室などを用いた従来法に比較して次のような利点を持つ。

1. 発根直前までさし穂の状態でも高密度に管理できるので、必要な空間が少なくて済む。
2. 低気温下では呼吸や蒸散を抑制できるので、光合成促進のための光照射や蒸散抑制のための加湿を少なくできる。その結果、設備の簡易化、ランニングコストの低減が期待できる。

一般に、さし木後の管理は蒸散を抑制しつつ光合成を促すことが最適と考えられるが、このような環境を実現するには大きなコストがかかる。なぜなら、光を導入しつつ、それによってもたらされる熱を取り除きながら湿度を高めることは、空調管理としては相反する動作になるためである。空調負荷だけを考えるのであれば、光照射を最小限にしながら低温に維持する方がエネルギーコストは小さい。ボトムヒート貯蔵は、あえて植物にとっての最適環境を目指さず、必要な部位を必要

な期間だけ最適に環境制御することで、コストを含めたシステム全体の効率化を図る環境調節法と言えよう。

ボトムヒート貯蔵による断根接ぎ木苗生産の効率化

ボトムヒート貯蔵を接ぎ木苗生産に導入した事例について紹介したい。ウリ科やナス科など野菜の接ぎ木苗生産では、接ぎ木の作業効率を高めるために断根した台木に穂木を接ぐ「断根接ぎ木法」が用いられることがある。接ぎ木したさし穂 (以下、接ぎ木さし穂と呼ぶ) を貯蔵することができれば、生産工程にバッファーを設けることができることから、生産効率の向上が見込める。接ぎ木さし穂の場合、接ぎ木接合部まで温水に浸けることで台木の発根だけでなく、接ぎ木接合部の癒合も促進できる。接合部を癒合させる最適温度は、トマトで27℃付近、ナスで30℃程度である。接合部を加温する場合、台木のほとんどの部分が浸潤するため、処理温度が高いと台木からの発根が抑制される傾向にある。したがって、発根だけを促進する場合よりもやや低めの温度設定にしたほうがよい。

ボトムヒート貯蔵をナスの断根接ぎ木に用いた試験の流れを図-3に示す。ナスの接ぎ木さし穂を14日間低温貯蔵し、貯蔵開始から3日間の加温処理を施した。貯蔵後にさし木を行いビニルトンネルで養生管理したところ、加温処理を施すことによって、貯蔵していないさし穂よりもさし木後の成長が促進された (図-4)。こ

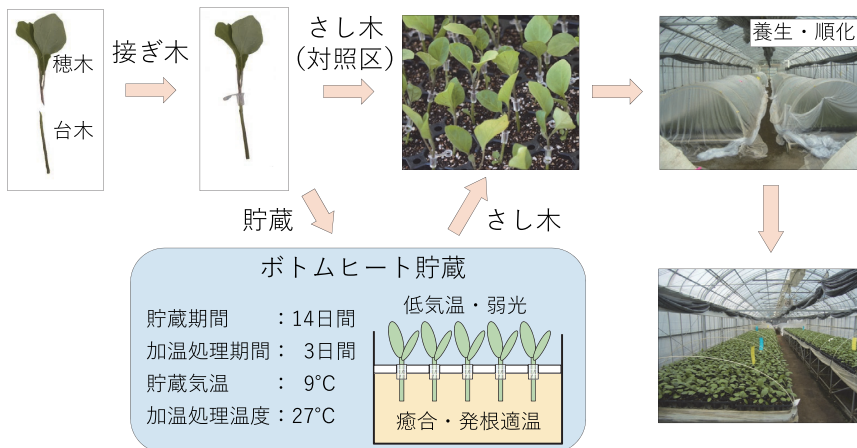


図-3 ナス接ぎ木さし穂を用いたボトムヒート貯蔵の試験



図-4 ナス接ぎ木さし穂のさし木7日目の様子 (Shibuya et al. 2011)

れは、貯蔵中に接合部の癒合および根原基の形成が促進されたことで、さし木直後に水ストレスを受けにくかったためである (Shibuya et al. 2011)。

ボトムヒート貯蔵の樹木のさし木技術への導入

ボトムヒート貯蔵を樹木のさし木技術に導入した事例を紹介したい。手近な材料として、大学構内のカロリナポプラを植物材料として、ボトムヒート貯蔵の効果を調べた。その試験方法を図-5に示す。葉1枚を含むさし木を採取し、ボトムヒート貯蔵で8日間処理してから、気温30℃・相対湿度75%の条件下で8日間育成した。対照区は、さし木後に気温30℃・相対湿度75%の条件下で連続して16日間育成した。試験期間中の発根率を調べたところ、その推移はボトムヒート貯蔵を行った試験区と対照区ではほぼ同じであった (図-6)。このことは、カロリナポプラの発根は気温にかかわらず発根部位の温度によって決定されることを意味する。育成終了時の葉の損傷を比較すると、ボトムヒート貯蔵を行った試験区において損傷が少なかった (図-7)。これは、ボトムヒート貯蔵期間中は低気温下で水分損失が抑制されていたためである。

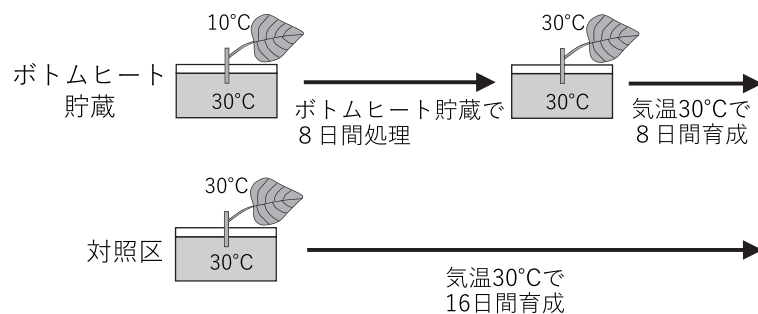


図-5 カロリナポプラさし木を用いたボトムヒート貯蔵の試験

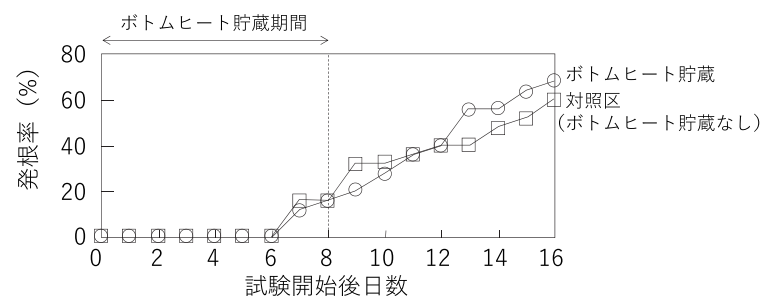


図-6 試験開始後におけるカロリナポプラさし木の発根率の推移。Shibuya et al. (2013) を改変。

スギさし木においては、カロリナポプラとは異なる結果が得られている。無花粉スギ‘爽春’を用いて、気温10℃で、さし木基部を10℃、20℃、25℃、30℃または35℃の水に浸ける処理を28日間行い、その後の発根を調べた (図-8)。気温25℃で水さしを行う対照区も設けた。さし木後における発根率は、気温10℃・さし木基部25℃で処理した試験区で最も高く、発根量も多かった (図-9、図-10)。さし木基部の温度が25℃でも、気温によって発根率が大きく異なったことは、スギさし木ではさし木基部の温度が発根を決めるのではなく、気温が低いことが発根を促していることを意味する。つまりは、基部を加温するボトムヒートではなく、成長点を低い温度にさらすトップクールの効果とも考えることができる。このような温度差による発根促進効果は生理学的にも興味深いところであるが、今から50年以上前に同様の現象が観察されている。図-11は、渡部ら (1964) が気温と地温がスギさし木の発根に及ぼす影響を調べた実験装置である。温床線を用いて気温と地温を個別に制御しており、実験方法は基本にボトムヒート貯蔵と同じである。この実験では、発根に最適な気温/地温の組み合わせは、10℃/25℃であると結論づけている。この報告は、スギのボトムヒート貯蔵について論文 (Shibuya et al. 2014) を取りまとめているとき

に見つけたもので、まったく同じ結論が導き出されていたことに驚いたが、半世紀以上前の成果をより精密な温度制御下において確認できたことは意義深いものと考ええる。なお余談ではあるが、渡部氏は千葉大学園芸学部園芸環境工学研究室 (現在、環境調節工学研究室) の元教授であり、環境調節分野の基礎を築いた研究者のひとりである。本稿の著者は同研究室の出身であり、不思議な巡り合わせを感じている。

ボトムヒート貯蔵



対照区



図-7 試験開始16日後におけるカロリナポプラさし木の様子

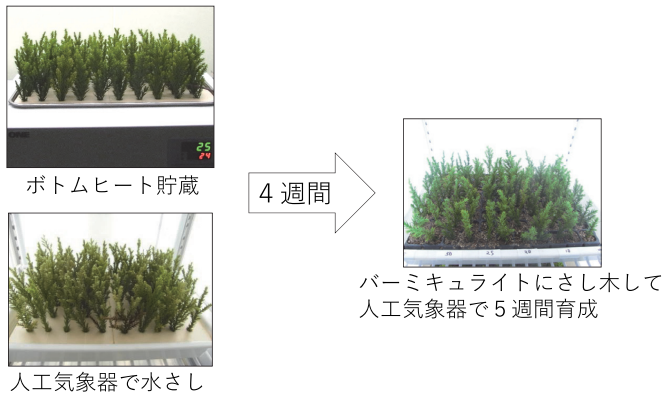


図-8 スギさし穂を用いたボトムヒート貯蔵の試験

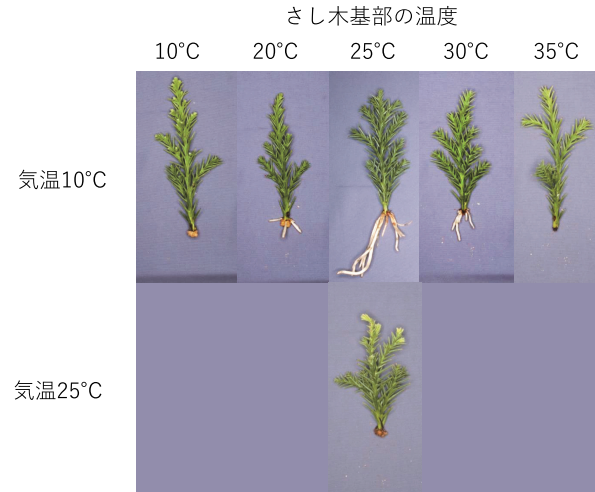


図-9 さし木 35 日後におけるスギさし木の発根の様子 (渋谷 2012, Shibuya et al. 2014)

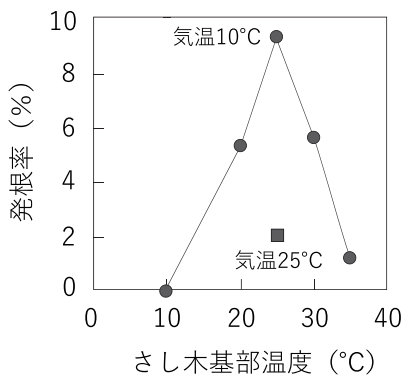


図-10 さし木 35 日後におけるスギさし木の発根数 (Shibuya et al. 2014)

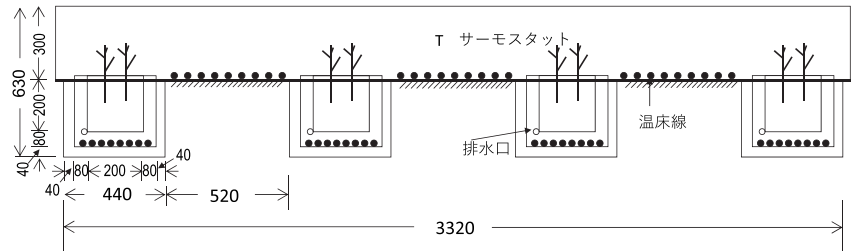


図-11 渡部ら (1967) が用いたスギの最適発根温度を調べるための実験装置。本図は、原図をトレースすることで作成した。数値の単位は mm。

ボトムヒート貯蔵の課題

ボトムヒート貯蔵のコンセプトは明快であり、苗生産の効率を大幅に高める技術として期待されたが、現在のところ生産現場への普及に至っていない。その要因のひとつとして、ボトムヒート貯蔵の効果が状況によって異なることが挙げられる。例えば、図-2 で示したような効果が必ず得られるのであれば、生産現場は積極的にこの技術を取り入れるであろう。しかしながら、生産現場においてさし木後の植物 (つまり、対照区の植物) が萎れたままになることはほとんどない。なぜなら、生産者はそれを防ぐためにきめ細かい管理を行っているからである。図-2 のような状況になったのは、さし木後の条件が通常よりもやや厳しかったことに起因する。したがって、本稿で紹介した研究事例は、ボトムヒート貯蔵の効果を代表したものとは言いがたい。野菜苗生産においてボトムヒート貯蔵の効果が図-2 のように

得られるのは、例えば好適な環境条件がづくりにくい夏季などに限定されるだろう。

樹木のボトムヒート貯蔵においてもその効果は限定される。図-12 はさし木の採取時期によるボトムヒート貯蔵の効果の違いを示したものである。ボトムヒート貯蔵後における発根率は、秋から冬にかけて高まるが、春から夏に向かって低下していく。この採取時期による発根率の傾向は針葉樹のさし木で一般に言われているものと一致する。このことから、ボトムヒート貯蔵はもともと発根が困難な状態を改善するものではないと考えられる。スギさし木の実験結果でもうひとつ注意が必要な点は、対照区の発根率が比較的低いことにある。これはこの実験におけるさし木条件が好適ではなかったためかもしれない。したがって、さし木後の環境をより適切に管理していれば、図-9 や図-10 で示したほど対照区との差は出なかった可能性がある。

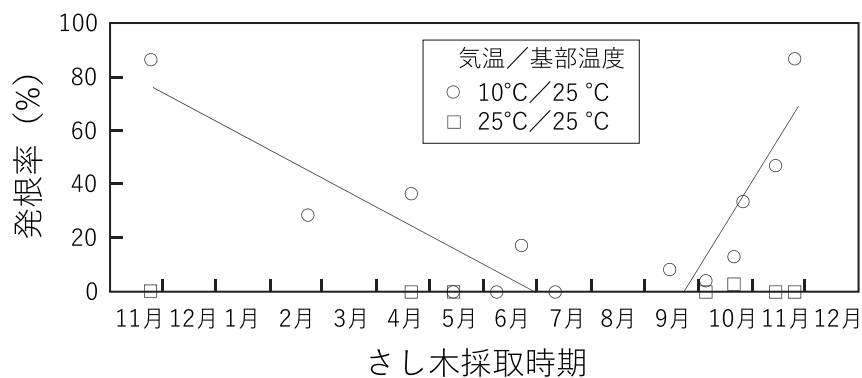


図-12 さし木採取時期によるボトムヒート貯蔵の効果の違い。Shibuya et al. (2014) を改変。

おわりに

以上、やや消極的な意見も述べたが、特性をよく理解して、効果を発揮できる場面にうまく導入することができれば、ボトムヒート貯蔵は有効な手段となり得る。環境調節による効果がもっとも発揮されるのは、植物が生きるか死ぬかの瀬戸際におかれた場合であり、そのようなときには少しの手助けが植物を生存側に大きく傾けてくれる。さし木において植物の通水が一時的に失われる状況は、その格好の事例であり、環境調節が貢献できる場面は少なくないと感じる。しかし、そのような場面では少しの環境条件の違いが結果に大きく影響する可能性があり、それが生産現場の現状とかけ離れたものになることがある。実験データを読む側も示す側も、そのことを十分意識する必要があるだろう。

引用文献

Heins R・古在豊樹ら (1995) セル成型苗の貯蔵技術. 農山漁村文化協会, 東京

渋谷俊夫 (2008) ボトムヒート貯蔵による苗生産、農業技術大系野菜編追録 32, 施設・資材 102: 32-39. 農産漁村文化協会, 東京

渋谷俊夫 (2009) ボトムヒート貯蔵による接ぎ木・挿し木苗生産の効率化. 今月の農業 1 月号 32-38

渋谷俊夫 (2012) ボトムヒート貯蔵を用いた樹木クローン繁殖の効率化. 林木の育種 243: 13-16

Shibuya T, Nakashima H, Shimizu-Maruo K, Kawara T (2007a) Improvement of graft development in tomato and eggplant grafted-cuttings by supplying warmed water to graft union during low-air-temperature storage. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science 76: 217-223

Shibuya T, Tokuda A, Terakura R, Shimizu-Maruo K, Sugiawaki H, Kitaya Y, Kiyota M (2007b) Short-term bottom-heat treatment during low-air-temperature storage improves rooting in squash (*Cucurbita moschata* Duch.) cuttings used for rootstock of cucumber (*Cucumis sativus* L.). Journal of the Japanese Society for Horticultural Science 76: 139-143

Shibuya T, Shimizu-Maruo K, Kawara T, Tsuchiya K, Douzono M (2011) Improvement of early growth of tomato and eggplant grafted cuttings by warming of graft union at beginning of low temperature storage. Acta Horticulturae 923: 255-260

Shibuya T, Tsukuda S, Tokuda A, Shiozaki S, Endo R, Kitaya Y (2013) Effects of warming basal ends of Carolina poplar (*Populus × canadensis* Moench.) softwood cuttings at controlled low-air-temperature on their root growth and leaf damage after planting. Journal of Forest Research 18: 279-284

Shibuya T, Taniguchi T, Tsukuda S, Shiozaki S, Itagaki K (2014) Adventitious root formation of Japanese cedar (*Cryptomeria japonica* D. Don) cuttings is stimulated by soaking basal portion of cuttings in warmed water while cooling their apical portion. New Forests 45: 589-602

清水 (丸雄) かほり・渋谷俊夫・徳田綾也子・瓦 朋子・杉脇秀美 (2008) 低気温貯蔵中における短期間ボトムヒート処理によるナス接ぎ木挿し穂の発根促進. 園芸学研究 7: 23-26

寺倉涼子・渋谷俊夫・北宅善昭・清田 信 (2004) キュウリ挿し穂の低温貯蔵中における短期間の供給培養液の加温処理が貯蔵中の品質および貯蔵後の発根に及ぼす影響. 生物環境調節 42: 331-337

渡部一郎・宮川逸平・小酒井一嘉 (1964) スギ挿し木の発根適温に関する実験. 農電研究所所報 5: 61-74