

カラマツ種苗の安定供給のための技術開発

Technical development for stable supply of *Larix kaempferi* cultivated cuttings

— コンテナ容器を用いたカラマツ苗の増殖 —

Breeding of the *Larix kaempferi* cultivated cuttings with the container

中村博一

要旨

播種後2年目のカラマツ幼苗を用いた、密閉環境におけるコンテナへのさし木増殖、施肥管理による採穂台木の成長促進及び発根後のさし木苗の育苗技術を検討したところ、以下のことが明らかとなった。

- 1 播種後2年目の若い実生苗木を活用した密閉環境によるさし木は、3か年において65～95%の発根率を得られたことから、有効な増殖方法であることがわかった。
- 2 発根率を高めるためには、さし床内の温度上昇を抑え、かん水を適切に行い湿度のバラツキを小さくする管理が重要であることがわかった。
- 3 採穂台木用として実生苗木を施肥管理することにより、通常のコンテナ実生苗木よりも約2倍のさし穂採取が可能となった。
- 4 発根後の育苗方法として、液肥や化成肥料を用いることが樹高成長に効果的であることがわかった。

キーワード：カラマツ、さし木、コンテナ、採穂台木

I はじめに

群馬県内の樹種別面積・蓄積を見ると、カラマツはスギに次ぐ順位であり、主要な造林樹種である。また、齢級別に見ても8齢級が全体の9割を占めており、伐期を迎えているとともに齢級構成に著しい偏りがある。カラマツは、2007年以降ロシア産の丸太輸出税引き上げにより輸入が困難となったこと、また、近年の乾燥技術の改良により割れや曲がりなどの欠点を克服したこと、加工技術等の開発が進み、建築、集成材、合板、土木用材等、幅広く利用され需要が増加していることから、外材に対抗しうる樹種として期待されている。しかし、北海道、青森県、岩手県、山梨県、長野県及び群馬県の6道県では、年平均269万本のカラマツ苗（グイマツ雑種F₁を含む）が不足している状況が続いている。今後、伐採量が増加することにより苗木不足がさらに深刻化すると予想されるため、苗木不足の解消はカラマツ林業地域における喫緊の課題となっている。

一方で、カラマツの種子生産には顕著な豊凶がみられる。凶作年には種子が全くつかないこともあるため、人為的な処理により、花芽形成を促進して種子を生産する技術が必要となっている。これまで、環状剥皮処理や植物ホルモン処理による花芽形成促進が試みられてきたが、安定的な種子生産の技術になるには至っておらず（生方ら、2016）、安定的な種子生産技術の確立が課題となっている。

また、さし木増殖は母樹齢が増えるにしたがい発根率が低下する傾向にあり、8年生を過ぎると非常に発根が悪くなることが分かっている（石川，1968）。北海道ではグイマツ雑種F₁の播種後2年目の幼苗からさし穂を用いることによりさし木増殖に成功している事例がある（黒丸・来田，2003）。そこで、母樹齢が若い2年生の実生山行き苗木を有効的に活用するため、今回、密閉環境によるさし木技術とコンテナ育苗技術を合わせることにより、増殖から育苗までの一貫管理が可能な技術開発について検討するとともに、採穂台木の成長促進によるさし穂採取量を増大させる技術開発、発根後の育苗管理について検討した。

II 方法

1 さし木増殖技術の検討

(1) 試験地

県中央部に位置する渋川市横堀地内の林木育種場（標高約550m）及び同地内の苗木生産者施設（標高約310m）の2か所で行った。

(2) 調査概要

カラマツのさし木を、2017年と2018年に実施した。コンテナ容器は2か年ともにスリット入りコンテナ（MT-150-40P，東北タチバナ）及びマルチキャビティコンテナJFA150を用いた。使用した培土はココピート、パーミキュライト及び鹿沼土の3種類を均一に攪拌した用土とした。なお、配合割合（容積比）は、2017年は10：10：3、2018年は4：1：1とした。

さし床の設置は、林木育種場は露地（図-1）とし、苗木生産者は既存のコンテナ育苗施設内（図-2）とした。コンテナ容器はいずれの箇所も露地に不織布（ユニチカラブシートブラック，ユニチカ（株））を敷き、この上に容器を直接設置した。配置は2種類のコンテナを交互となるようにした。さらに、さし床は密閉環境下を簡易に再現するために入手しやすい資材を用いて設置した。まず、ダンポールでトンネルを作り厚さ0.1mmの透明ビニールを被覆することでさし床を密閉し、上部には直射日光を遮るため林木育種場はよしずとトンネル内の温度の上昇を抑えるために黒の遮光ネット（遮光率50%）を適宜設置した（図-3）。苗木生産者施設は黒の遮光ネット（遮光率50%）のみを設置した。

2018年は、さし床内の温度の上昇を回避するため、トンネル用の資材を透明ビニールで被覆した区と不織布（ユニチカラブシート）で被覆した区を設定した（図-4）。上部には直射日光を遮るため黒の遮光ネット（遮光率50%）をトンネルとの間に空間を空けて設置した。なお、よしずの設置はしなかった。

さし穂については、苗木生産者が育苗した播種後2年目の若い実生コンテナ苗から当年枝を剃刀によりさし付け当日に採取した（図-5、6）。2017年のさし付けは林木育種場で2017年6月6日に、苗木生産者施設は2017年6月8日に行い、スリット入りコンテナ及びマルチキャビティコンテナに各200本ずつさし付けた。さし穂の長さは5～6cm程度で摘葉処理は行わなかった（図-7、8）。さし付け後のかん水はじょうろで行い、林木育種場は1日1回約12.5ml/本を約1か月半まで、その後は3日に1回とした。苗木生産者施設は1週間に1回約25.0ml/本を約2か月間、その後は12.5ml/本とした。2018年は林木育種場のみで、2018年7月2日に行い、ビニールを被覆した区と不織布の区それぞれスリット入りコンテナ及びマルチキャビティコンテナに各160本ずつ、合計640本さし付けた。さし穂の長さは2017年と同様とした。さし付け後のかん水はじょうろで行い、ビニール被覆区、不織布被覆区ともに1日1回約12.5ml/本を約3か月間、その後は3日に1回とした。さし床内には、温

度・湿度データロガー（KT-255F）を設置し測定を行った。

（3）発根調査

2017年は10月5日に、2018年は11月27日に全個体についてさし穂を軽く引き、引き抜けなかった個体は発根していると判断し発根率を算出し、カイ二乗検定及び残差解析により分析を行った。なお、統計解析には統計ソフトR ver. 3.4.3を用いた。



図－1 林木育種場試験地（露地）



図－2 苗木生産者施設試験地



図－3 密閉環境下を再現した簡易なさし床



図－4 不織布を用いて被覆した状況



図－5 採穂台木となる1年生実生コンテナ苗



図－6 採穂後直ちに水に浸けて乾燥防止



図-7 さし穂（5～6 cm程度）



図-8 案内棒を使用したさし付けの状況

2 台木からのさし穂採取量増大技術の検討

(1) 試験地

県中央部、榛名山東麓に位置する北群馬郡榛東村大字新井の林業試験場（標高約190m）地内に設定した。

(2) 調査概要

供試した苗は、ガラス温室内で2017年3月27日にエクセルトレイに播種を行った、カラマツ5家系（吾妻6、諏訪16、沼津101、南佐久5、南都留1）の実生苗とした。発芽後、稚樹を2017年4月24日にコンテナ苗木育苗培土（トップ（株））を用土とした、マルチキャビティコンテナJFA300へ移植した。なお、移植時にはグルタチオン0.75g/個体を元肥として施用した（図-9）。コンテナ苗は2017年5月2日までガラス温室内で育苗し、その後、試験地内にあるミスト自動かん水機が設置されているさし床で育苗を行った。育苗条件は、グルタチオン区は250倍に希釈したグルタチオン（W2）と2,000倍に希釈したプロフェッショナルハイポネックス（20-20-20）を混合した水溶液を、液肥区は400倍に希釈したハイポネックスプロ（20-20-20）とした。施肥は5月下旬から9月下旬まで週一回行った（図-10）。翌年2018年3月30日に、コンテナで育苗した苗を2リットル容器（6号菊鉢）に移植し、ガラス温室内で育成を開始した（図-11）。対照区は苗木生産者施設で通常に育苗した1年生カラマツコンテナ苗（スリット入りコンテナMT-150-40P）とした。

(3) 採穂枝数調査

2017年11月6日及び10日に苗木生産者のカラマツコンテナ苗と併せて採取可能穂数（枝数）を計測し、Steel-Dwassの方法による多重比較を行った。なお、統計解析には統計ソフトR ver. 3.4.3を用いた。



図-9 元肥としてグルタチオンを施用



図-10 液肥の施肥状況



図-11 容器に移植後ガラス温室内での育苗

3 さし木の発根後における育苗技術の検討

(1) 試験地

前述の林業試験場内に設定した。

(2) 調査概要

供試したカラマツコンテナ苗は、発根した苗高4～10cm程度の1年生苗を用いた。2017年にスリット入りコンテナMT-150-40Pへ直接さし木を行い発根した1年生苗を用いた（図-12）。育苗場所は、試験地内にあるミスト自動かん水機が設置されているさし床で行った。育苗条件は、液肥区、化成肥料区、対照として無施肥区を設定した。液肥区はプロフェッショナルハイポネックス（20-20-20）を400倍に希釈し、約10日おきに2018年6月から8月まで1個体当たり20mlの施肥を行った。化成肥料区はIBS1号大粒（2-2-2-2）を2018年3月27日に1個体当たり3個施肥し、追肥は行っていない（図-13）。

(3) 形状調査

2018年11月27日に苗高及び根元径を計測し、Steel-Dwassの方法による多重比較を行った。なお、統計解析には統計ソフトR ver. 3.4.3を用いた。



図-12 液肥の施肥状況



図-13 化成肥料の施肥状況

III 結果及び考察

1 さし木増殖技術の検討

2017年の箇所別及び容器別の発根率を図-14に示す。林木育種場の発根率は、スリット入りコンテ

ナが94.0%、マルチキャビティコンテナが95.0%であった。苗木生産者施設は、スリット入りコンテナが86.5%、マルチキャビティコンテナが82.0%であった。同一箇所では容器による発根率に有意差は認められなかった。このことから、スリット入りコンテナ及びマルチキャビティコンテナの発根率は同等であった。一方、箇所別の発根率については、スリット入りコンテナ及びマルチキャビティコンテナともに有意差が認められ、どちらの容器も林木育種場が高かった。

次にさし床内温度・湿度箇所別におけるさし付け後約4週間の温度を表-1に、湿度を表-2に示す。温度は林木育種場が平均22.0℃、最大40.0℃、最小12.1℃、苗木生産者施設は平均23.2℃、最大41.3℃、最小12.9℃で標準偏差および変動係数ともにバラツキは同様な傾向であった。一方、湿度は林木育種場が平均98.8%、最大99.0%、最小73.0%、苗木生産者施設は平均97.6%、最大99.0%、最小74.0%で変動係数は同様な傾向であったが、標準偏差を見ると苗木生産者施設の方が林木育種場よりもバラツキが大きかった。さし床内の温度と湿度の関係について図-15に示す。湿度のバラツキが大きかった苗木生産者施設は、温度の上昇に伴い湿度が低下していたが、林木育種場は温度が上昇しても湿度の低下が抑えられていた。これは、林木育種場が苗木生産者施設よりもかん水量が多く、さし床内に水分が十分にあったためと考えられる。かん水量が少ないと、密閉環境でも湿度のバラツキが大きくなることが示唆された。

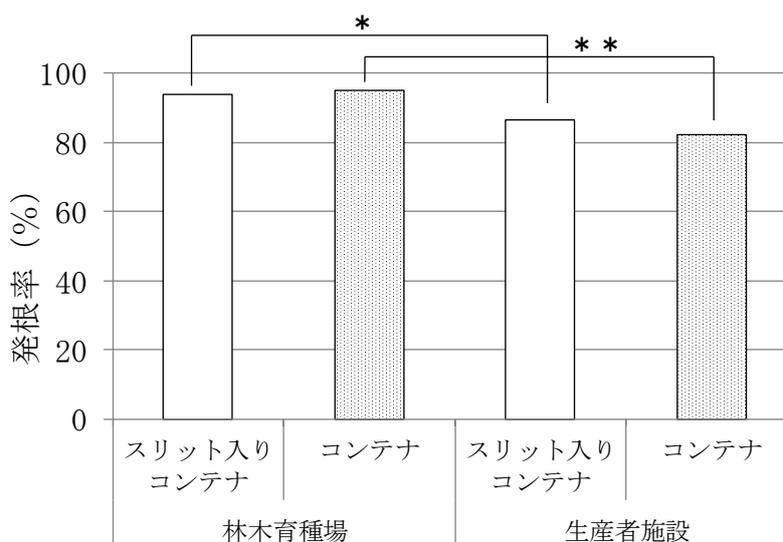


図-14 2017年試験の箇所別及び容器別発根率

※カイ二乗検定及び残差解析の結果、有意な差があったことを示す (*P<0.05、**P<0.01)

表-1 箇所別におけるさし床内の温度

	平均 (°C)	最大 (°C)	最小 (°C)	標準偏差 (°C)	変動係数
林木育種場	22.0	40.0	12.1	6.006	0.273
苗木生産者施設	23.2	41.3	12.9	5.697	0.245

表-2 箇所別におけるさし床内の湿度

	平均 (%)	最大 (%)	最小 (%)	標準偏差 (%)	変動係数
林木育種場	98.8	99.0	73.0	1.957	0.020
苗木生産者施設	97.6	99.0	74.0	4.168	0.043

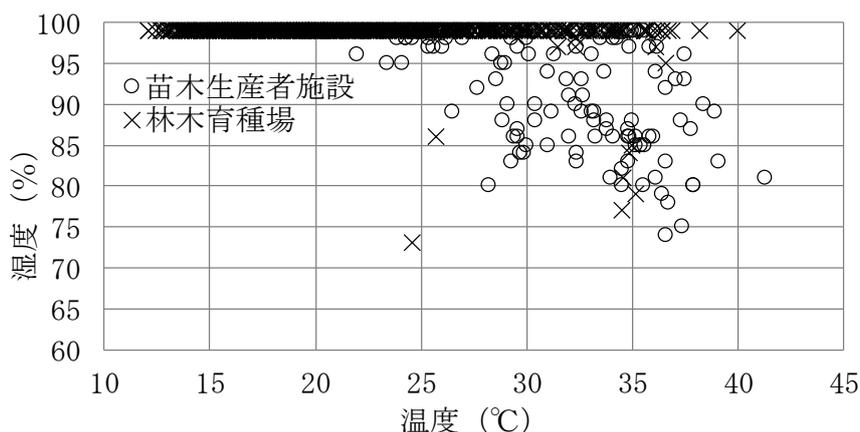


図-15 2017年試験のさし床内における温度と湿度の関係

2018年の被覆資材別及び容器別の発根率を図-16に示す。ビニール被覆区の発根率は、スリット入コンテナが68.8%、マルチキャビティコンテナが65.0%であった。不織布被覆区はスリット入コンテナが40.0%、マルチキャビティコンテナが44.4%であった。同一箇所では容器による発根率に有意差は認められなかった。2018年についても2017年同様にスリット入りコンテナ及びマルチキャビティコンテナの発根率は同等であった。一方、トンネルに用いた被覆資材別の発根率については、スリット入りコンテナ及びマルチキャビティコンテナともに有意差が認められ、どちらのコンテナ容器もビニール被覆区が高かった。

次にさし床内温度、湿度箇所別におけるさし付け後約4週間の温度を表-3に、湿度を表-4に示す。温度はビニール被覆区が平均30.4℃、最大46.6℃、最小21.1℃、不織布被覆区は平均28.2℃、最大43.8℃、最小19.7℃と標準偏差および変動係数ともにバラツキは同様な傾向であった。また、湿度についてもビニール被覆区が平均93.7%、最大99.0%、最小46.0%、不織布被覆区は平均91.8%、最大99.0%、最小39.0%と標準偏差および変動係数ともにバラツキは同様な傾向であった。さし床内の温度と湿度の関係について図-17に示す。いずれの区もさし床内の温度の上昇に伴い湿度が低下していた。温度、湿度のバラツキが同様の中、不織布被覆区の発根率が低かった要因として、散水量の不足が考えられる。ビニール被覆区、不織布被覆区ともに同じ散水管理を行っていたことから、不織布は通気性があるため風の影響やそれに伴う空気の乾燥によりさし穂が乾燥し枯損した可能性がある。

2018年は2017年と比較していずれの区も発根率が低かった。要因としてさし床内の高温とそれに伴う湿度の低下が考えられる。また、2018年はさし付けが2017年よりも約1か月遅いため、さし付け時期による影響も考えられる。発根最適温度は25.0℃付近(森下・大山, 1972)と報告されており、2018年はビニール被覆区で最高温度が46.6℃、不織布被覆区で43.8℃と高温であった。湿度についても低下が見られ、2017年は70%以上を維持していたが、2018年は39~46%であった。町田(1974)は、密閉環境ではさし床内の温度が40.0℃以上になる場合があり、温度の上昇があっても覆いを取らず、さし穂の蒸散を抑える方が効果的な場合が多いが、できるだけ30.0℃以下に抑えるような配慮が必要であると述べている。さし床内への定期的なかん水だけではなく梅雨明け後の気温が上昇する日中などの時期は、トンネル上部にも定期的かん水を行う、又は遮光ネットを二重にするなど直射日光を遮る工夫を行いさし床内の温度を上昇させない育苗管理が重要と考えられる。

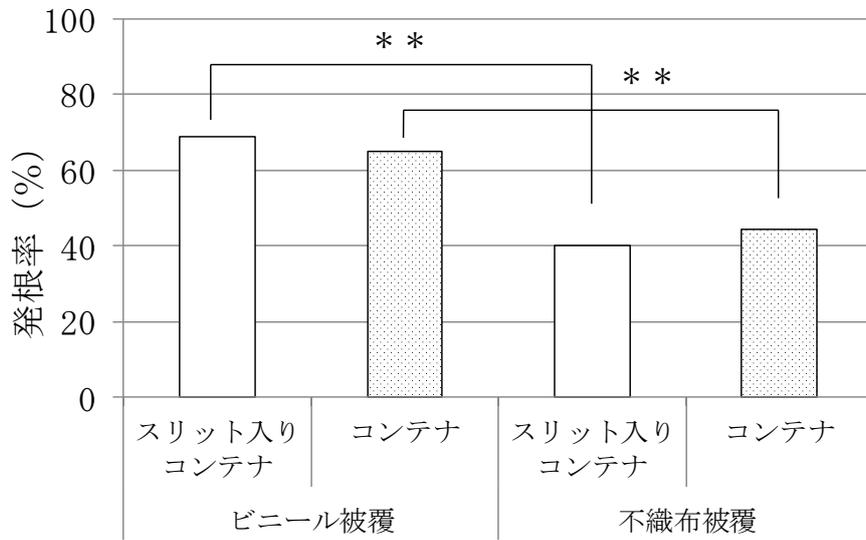


図-16 2018試験の被覆資材別及び容器別発根率

※カイ二乗検定及び残差解析の結果、有意な差があったことを示す (**P<0.01)

表-3 箇所別におけるさし床内の温度

	平均 (°C)	最大 (°C)	最小 (°C)	標準偏差 (°C)	変動係数
ビニール被覆	30.4	46.6	21.1	7.10	0.234
不織布被覆	28.2	43.8	19.7	6.56	0.232

表-4 箇所別におけるさし床内の湿度

	平均 (%)	最大 (%)	最小 (%)	標準偏差 (%)	変動係数
ビニール被覆	93.7	99.0	46.0	11.38	0.122
不織布被覆	91.8	99.0	39.0	12.38	0.135

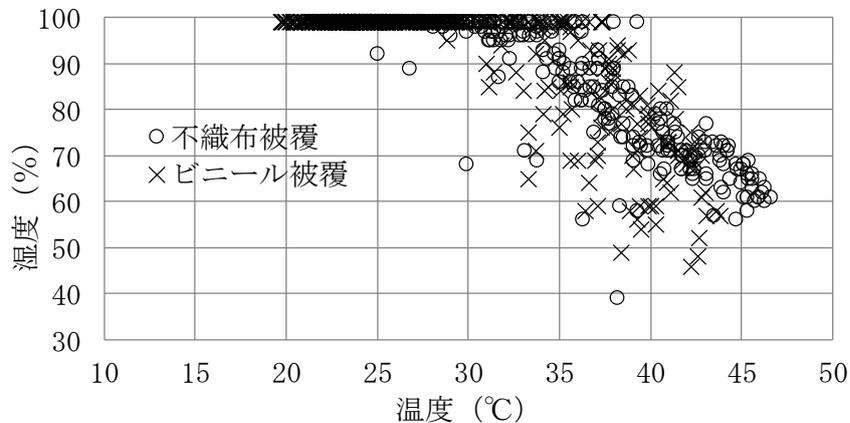


図-17 2018年試験の箇所別におけるさし床内の湿度

2 さし穂採取量増大技術の検討

施肥管理をした台木及び苗木生産者施設で育苗されたコンテナ苗の採取可能穂数を図-18に示す。グルタチオン区は平均24.5本/本、ハイポネックス区は平均25.8本/本、通常コンテナ苗区は平均12.8本/本であった。グルタチオン区、ハイポネックス区は通常コンテナ苗区と比較し有意な差が認められた ($p<0.01$)。なお、グルタチオン区とハイポネックス区の間には有意な差はなかった。施肥を行う育苗管理をすることで、さし木に利用できる側枝の数が通常に育苗したコンテナ苗よりも約2倍となった。岡山県農林水産総合センター生物科学研究所でも同様の試験を行った結果、最適な条件では2倍を大きく超える結果となっている(岡山県、2017)。本試験では施肥期間を約5か月間としたが、育苗環境や肥料の濃度、施肥期間を検討することにより、さらなるさし穂採取量の増大が期待できる。さし穂量の増大はさし木苗の増産につながるため、不足している苗木を補う一手法として採穂専用の台木を育苗し、施肥管理による育成方法が有効である。

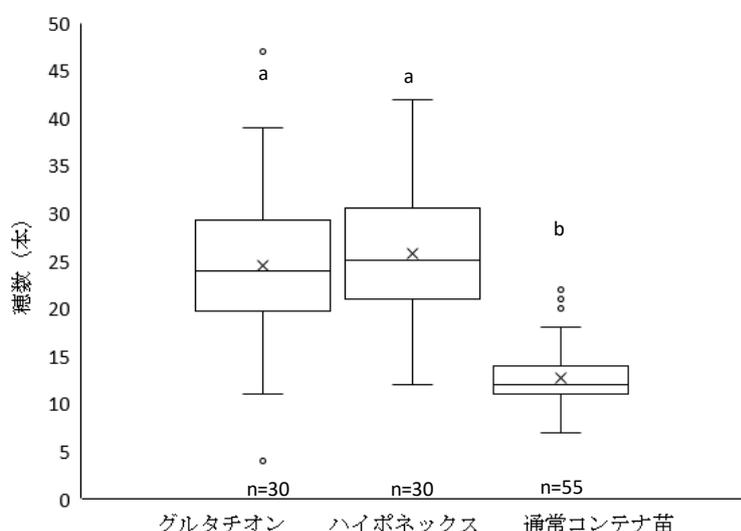


図-18 施肥管理をした台木及び苗木生産者施設で育苗された苗木の採取可能穂数

※図中の異なるアルファベット間にはSteel-Dwassの方法による多重比較1%水準で有意差あり

3 発根後における育苗技術の検討

施肥管理の違うさし木後翌年の生育状況を図-19に示す。得苗率については、無施肥区、液肥区が85.0%、化成肥料区が86.3%とそれぞれの間において、発根後の得苗率に差は認められなかった。苗高の状況を図-20に示す。無施肥区は平均6.4cmに対し、液肥区は17.4cm、化成肥料区は13.8cmと、無施肥区、液肥区、化成肥料区のそれぞれの間には有意な差が認められ ($p<0.01$)、液肥区>化成肥料区>無施肥区の順であった。根元径の状況を図-21に示す。無施肥区は平均2.1mmに対し、液肥区は3.6mm、化成肥料区は3.6mmと、無施肥区は液肥区、化成肥料区に対して有意な差が認められた ($p<0.01$)。なお、液肥区と化成肥料区の間には差は認められなかった。

現在、県内に流通しているカラマツコンテナ苗の規格は、苗高30cm以上、根元径4.0mm内外が最小であり、今回の育苗方法ではいずれの個体も適合には至らなかった。現状では山行きまでの育苗期間はさし付け後3年間を要すると考えられる。しかし、施肥を行うことで苗高、根元径の肥大成長に効果的であることから、施肥の種類や濃度、施肥期間の検討。また、さし付け当年に施肥管理を行うことで山行きまでの育苗期間を短縮できる可能性があると考えられる。

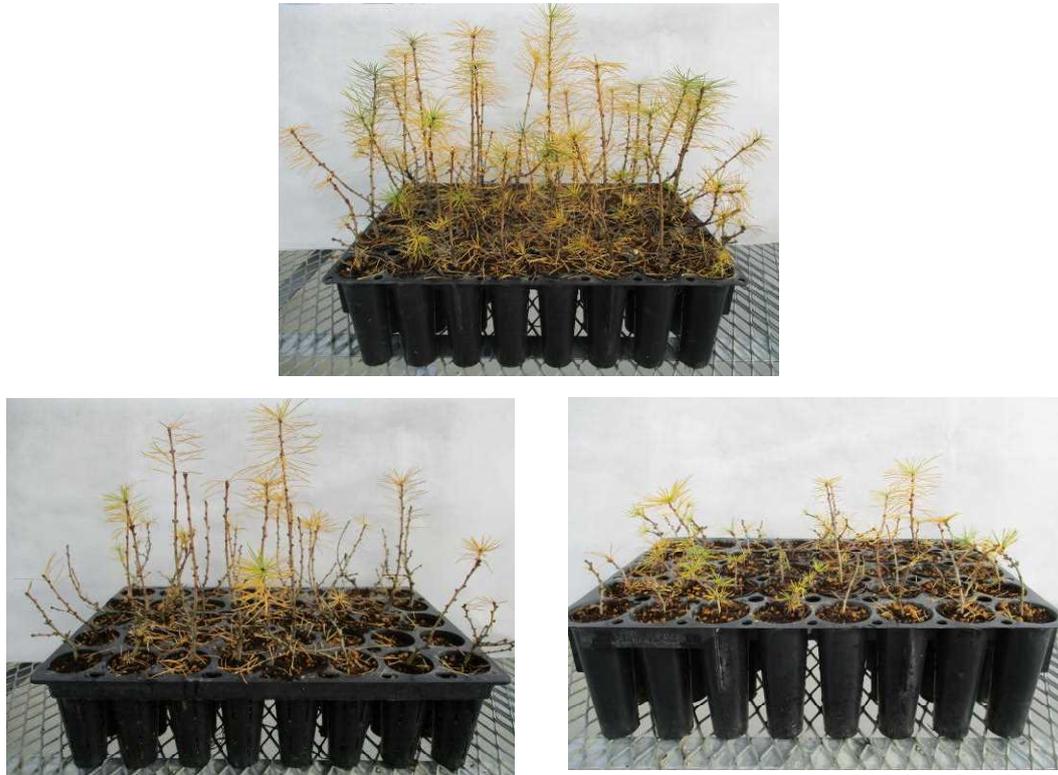


図-19 育苗履歴の異なる発根後1成長期後における状況
 左：化成肥料区 上段：液肥区 右：無施肥区

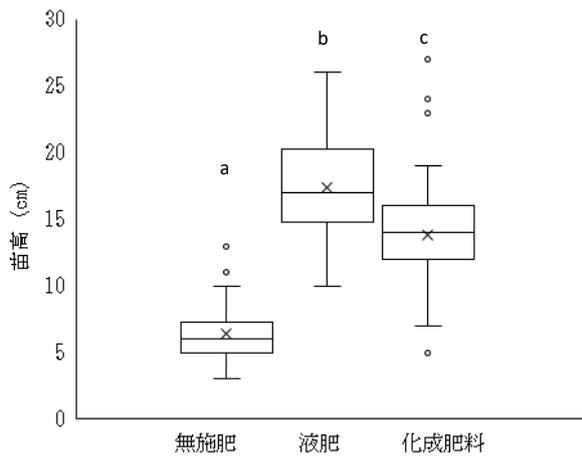


図-20 発根後における育苗別苗高

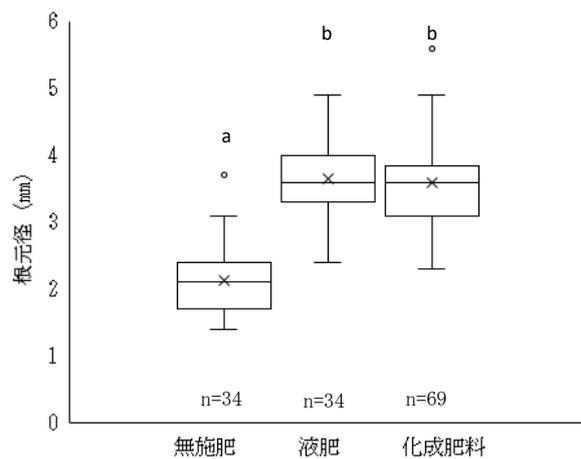


図-21 発根後における育苗別根元径

※図中の異なるアルファベット間にはSteel-Dwassの方法による多重比較1%水準で有意差あり

IV まとめ

今回、慢性的なカラマツ苗の不足を補う技術として、コンテナ容器を用いたさし木増殖について検討した。コンテナ容器を用いることで、増殖（さし付け）から育苗まで一貫管理が行え、露地で行うような移植や床替え手間を省くことが期待できる。2か年試験を行った結果、発根率は65～95%であ

った。さし木の事業化には71%以上の発根率が望ましい（戸田・藤本，1983）との報告があるが、2018年の試験ではそこまで至らなかった。密閉した環境下では、地温の上昇促進や地面からの水分蒸散防止等の効果があり、スギ、ヒノキなどでよい成績をあげている（田中，1979）報告がある一方、育苗環境では、さし床内における湿度のバラツキが発根率の低下に影響する（中村，2018）ため、さし床内の湿度のバラツキを小さくするためには、さし床上部に設置する寒冷紗の2枚重ねや適切な散水を行い、さし床内の温度の上昇を抑えつつ湿度のバラツキを小さくする対策が必要である。

これまで、カラマツの苗木生産は結実の豊凶に頼り、実生増殖以外は行っていなかった状況を見ると、本試験で得られた密閉環境下でのさし木増殖技術は、不足しているカラマツ苗を補う一手法として有効であると考えられる。本県ではさし木増殖は馴染みがなく、苗木生産者も経験が少ない状況ではあるが、現在、コンテナ容器による苗木生産をスギやヒノキ、カラマツ等において実生で行っていることから、技術移転は比較的スムーズに行うことができると期待している。

発根後の管理は、苗木生産者が主流としている化成肥料よりも液肥の方が効果は高かった。実生苗と違い、さし木苗は根量が乏しいため実生苗の育苗時よりも施肥量を増やす必要が考えられる。さし付け後、2成長期間で山行き苗として出荷を可能とするためには、さし付け年における根量の充実及び翌年の肥培管理が重要である。施肥量の増加は育苗コストにも影響するため、効果的な施肥管理に向けて今後も検討していきたい。

本試験は3か年と短い試験期間であったため、今後苗木生産者へ普及していく中で知見を集積し、地域に適したさし付け時期や施肥を用いた育苗方法など技術改良をしていきたい。

謝辞

さし穂及び試験地の提供、現地管理について、苗木生産者である吉田喜作氏、松下好氏にご協力頂いた。また、増殖技術の開発にあつては、（地独）北海道立総合研究機構林業試験場の今博計氏、来田和人氏及び黒丸亮氏にご指導いただいた。この場をお借りして厚くお礼申し上げる。なお、本研究は生物系特定産業技術研究支援センター「革新的技術開発・緊急展開事業（うち地域戦略プロジェクト）」の「実証研究型」の支援により実施した。

引用文献

- 石川広隆（1968），マツ・カラマツ類を中心としたさし木困難樹種の不定根の形成に関する基礎的研究その1．さし木発根の内的条件に関する研究，林業試験場報告，214，77-113
- 黒丸亮・来田和人（2003），グイマツ雑種F1 幼苗からのさし木増殖法，北海道林業試験場研究報告，40，41-63
- 町田英夫（1974），さし木のすべて，誠文堂新光社，東京，56
- 森下義郎・大山浪雄（1972），造園木の手引/さし木の理論実際，地球出版株式会社，東京，159-165
- 中村博一（2018），事業化に向けたカラマツ増殖技術の開発，関東森林研究，69-2，219-220
- 岡山県農林水産総合センター生物科学研究所（2017），生物科学研究所平成29年度研究年報，59-69
- 田中貞雄（1979），スギ・ヒノキサシ木のしかたと管理，社団法人全国林業改良普及協会，東京，231
- 戸田忠雄・藤本吉幸（1983），ヒノキのさし木に関する研究－精英樹クローンのさし木発根性－，日本林学会九州支部研究論文集，36，129-130
- 生方正俊・松下通也・田村明（2016），カラマツの環状剥皮に対する着花促進効果のクローン間変異，第127回日本森林学会大会学術講演集，142