

グイマツ雑種F₁幼苗からのさし木増殖法

黒丸 亮*・来田和人*

Vegetative propagation of hybrid larch (*Larix gmelinii* × *L. leptolepis*) F₁
by rooted cuttings of juvenile seedlings
Makoto KUROMARU* and Kazuhito KITA*

要 旨

グイマツ雑種F₁苗木不足の解消と優良家系品種の普及のため、幼苗からのさし木増殖法の実用化を検討した。検討事項は、1) 台木の樹齢、2) さし木の基本技術の検証、3) さし付け方法、4) 床替え時期、5) 定植後の成長である。これらの結果を総合し最適な生産スケジュールを作成し、6) 実証試験を行った。結果の概要は以下のとおりである。1) 台木の樹齢による歩留まりの違いは大きく、樹齢が増すにつれて、発根率の低下、枝性の発生、成長不良などがみられる。このため、台木としては播種後2年目までの実生苗を使用する必要がある。2) 播種後2年目の幼苗の一次枝、主軸をさし付けたときの平均発根率は90%以上と高く、個体による発根率の違いも少ない。台木1本からの採穂数は、約10本であるが、台木を過密に育成させるとさし穂数は減少する。3) さし付けの深さやさし穂のサイズおよびさし穂の着生部位による成績の違いは少ない。さし穂の基部を摘葉しないままさし付けても歩留まりに違いはなく、摘葉省略によってさし付け工程を2/3にすることができる。発根に要する日数は約80日である。4) 床替え時期をさし付け翌年の春からさし付け当年夏にすると、山出し得苗率は大幅に向上する。そのため、発根に要する日数から逆算すると、さし付けは遅くとも5月までに、台木の育成は3月上旬に開始する必要がある。なお、ペーパーポットを外して裸苗の状態でも床替えした方が根系の発達抑制が少ない。5) 定植後5年間の成長は、対照として植栽した実生苗と違いはない。6) さし付け本数の68.5%、床替え本数の79.3%が実生山出し苗の規格に合格し、その際の山出し苗1本当たりの直接経費は約62円であった。以上のことから、グイマツ雑種F₁の幼苗からのさし木増殖法は、苗木の供給不足や優良品種普及のための増殖手段として実用化可能と考えられる。

キーワード：グイマツ雑種F₁，増殖，さし木，加齢，枝性

目 次

第1章 はじめに

- 1 研究目的
- 2 針葉樹のさし木増殖に関する研究事例

第2章 材料と方法

- 1 材料と調査方法の概要
- 2 基本方法

*北海道立林業試験場 Hokkaido Forestry Research Institute, Bibai, Hokkaido 079-0198

〔北海道林業試験場研究報告 第40号 平成15年3月, Bulletin of the Hokkaido Forestry Research Institute, No. 40. March 2003〕

第3章 台木の樹齢の影響

- 1 発根率
- 2 発根後の生育
- 3 循環さし木

第4章 基本技術の検証と改良

- 1 基本技術
- 2 さし付け方法
- 3 床替え時期
- 4 定植後の成長

第5章 さし木苗生産手順と実証試験

- 1 さし木苗生産手順
- 2 実証試験による生産歩留まりとコスト

第6章 今後の展望と課題

- 1 ギイマツ雑種F₁さし木苗増殖による供給不足解消と優良家系増殖に関する試算
- 2 残された課題

謝 辞

引用文献

Summary

付表 ギイマツ雑種F₁さし木苗生産の直接経費の内訳

第1章 はじめに

1 研究目的

ギイマツ雑種F₁は、北海道におけるカラマツ造林上の問題の一つである野鼠害を解消するために改良されたカラマツ属の種間雑種であり、母樹が千島列島およびサハリン島南部に分布するギイマツで、花粉親が日本のカラマツである（高橋ら 1968）。この雑種は両種の利点を兼ね備えており、耐鼠性のみならず、初期成長、諸被害抵抗性、さらには木材利用上の問題であった幹の通直性や材のねじれにおいてもカラマツよりも優れていることが分かってきた（Hamaya et al. 1981, 宮木 1990, 大島 1995）。このため、需要が増し、採種園での結実量が増加してきたにもかかわらず、供給不足は依然として続いている。採種園には、両種の精英樹クローンが混植されており、ギイマツ母樹から採種することにより、約6割のギイマツ雑種F₁が得られる。

最近10年間の山出し苗木の需給の推移(図 1)をみると、1993年から98年にかけて、供給量は20万本から87万本に増加し、その後現在までほぼ横ばい状態が続いており、供給率は依然として50~60%程度に留まっている。これは93年、95年の豊作年に貯蔵した種子を使って段階的に播種量を増やした結果であり、98年からは毎年60kgを安定的に播種している。ただし、採種園の結実年の不安定性を考慮すると、貯蔵種子だけでは、毎年の需要量を満たすだけの播種を行う余裕はない。最近10年間の平均では年間約77万本の山出し苗が不足

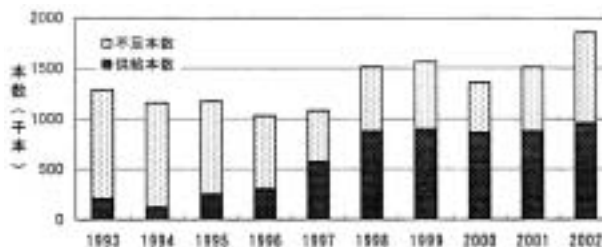


図 1 最近10年間のギイマツ雑種F₁山出し苗木の需給の推移

供給本数は、「平成11,13年度北海道林業種苗生産計画ならびに需給について」における使用実績,不足本数は各年の需要見込み量から使用実績を差し引いた値として表示した。

しており、2002年度では約91万本が不足する模様である（北海道 1998, 2002）。

一方、1994年に登録された品種「グリーン」は、グイマツの中標津3号と、カラマツの胆振1号を交配した特定の家系であり、幹の通直性はこれまでに検定されてきた家系の中で最も優れ、成長に関しても従来のF₁家系平均よりも16%以上上回っている。幹曲がりに関するJAS規格にあてはめてみると、グリーンは、中径材2等以上の本数割合が97%であり、事業用カラマツ、育種カラマツおよび事業用グイマツ雑種F₁よりもそれぞれ67, 52, 27ポイント高い値である。このグリーン以外の家系でも成長の良好なものがあり、これらは高品質の構造材生産用のカラマツ品種として利用できる（大島 1996）。しかし、特定の親どうしの交配種子を事業的規模で安定供給することは現状では困難であり、これらを普及するためには実生苗を栄養繁殖によって増殖する必要がある。

このような育種種苗の増殖に関する課題は、優良種苗を安定供給する上で、グイマツ雑種F₁に限らず多くの樹種で共通している。現在では事業的規模でさし木増殖が世界各地で試みられている。針葉樹でみると、トウヒ属では、ヨーロッパ、北欧での*Picea abies*、カナダでの*P. mariana*、イギリス、アイルランドでの*P. sitchensis*、マツ属ではニュージーランド、オーストラリア、チリ、ブラジルおよび南アフリカで、*Pinus radiata*をはじめ、*P. caribaea* × *P. elliottii*, *P. taeda*, *P. patula*などのさし木増殖が事業的規模で実施されている。また、アメリカ、ウェハウザー社では、*Pseudotsuga menziesii*のさし木苗を年間200万本生産している。*Larix* × *eurolepis*などのカラマツ属では、上記の樹種ほど広まっていはいないようである（Ritchie 1996; Weber 2000）。

この方法をグイマツ雑種F₁に応用し、実用化できれば、北海道における種苗の供給不足を補うためや、すでに優秀性が保証されている特定の品種や家系を事業的に普及するための技術として活用できる。

そこで、本研究は、主にカラマツ属で報告されている苗木からのさし木法を参考にして、グイマツ雑種F₁における実生苗からのさし木増殖の有効性を検証するとともに、実用化に向けて生産歩留まりの向上に係わる試験結果を検討し、実用化可能なさし木苗の生産手順を明らかにすることを目的として実施した。ここでの実用化可能とは、現状の山林種苗生産者が実施する際、特別の施設整備や難しい技術の習得なしに、実施できることを想定している。

なお、本研究は1993年～2001年までに行ったグイマツ雑種F₁のさし木増殖試験の結果をとりまとめたものである。そのうち、1996年～2001年度までの6年間は、林野庁の地域バイテク国庫補助課題として北海道山林種苗協同組合（道苗組）が進めた実用化試験と並行して実施した。すなわち、基本技術の検証やさし付け方法の詳細、改良点について得られた試験結果を道苗組に提供し、道苗組が実用化試験の中でその効果を実証する流れで進め、最終的に試験結果に基づく最適生産手順を作成し、その有効性を実証した。

2 針葉樹のさし木増殖に関する研究事例

針葉樹のさし木増殖に関するこれまでの報告は多数あるが、グイマツ雑種F₁の報告はほとんどない。他のカラマツ属やトウヒ属、マツ属等での報告を、さし木増殖に関わる要因別に整理すると、1) 家系・クローン間差（岡田 1969; Carter 1984; Morgenstern 1984; 川村 1987, 1988; 板鼻・丹藤 1995）、2) 台木の樹齢（水井・森田 1967; 石川 1968; Morgenstern 1984; McGranahan et al. 1999）、3) 枝性等の発現（Foster et al. 1987; Power et al. 1988; Timmis et al. 1992; Edson 1996; Ritchie et al. 1997）、4) 樹冠部位（前田 1978; Tousignant et al. 1995）、5) さし付け時期（石川 1968; John 1979; Morgenstern 1984; 川村 1987）、6) 台木の若返り法（前田 1978; 川村 1987; 川村 1988; 顧 1996）、7) 発根促進剤の効果（水井・森田 1967; Ross 1975; John 1979; 板鼻・丹藤 1995）などに区分できる。

これらの要因の多くは、現在では一般的に知られているが、樹種による程度のちがいがあり、実用化のためには少なくとも主要な要因について明らかにする必要がある。また、これらの報告の多くは、主に発根率や根系の状態など苗畑段階までの短期間の試験結果であり、山出し後の成績も含め、実生苗と比較し

た報告は少ない (Edson et al. 1996 ; Foster et al. 1987 ; Stelzer et al. 1998)。さらに、事業規模でのさし木増殖技術の事例も極めて少ない (Armson et al. 1980)。

その中で、グイマツ雑種 F_1 への技術導入を前提として、カラマツ属でのさし木増殖に関する報告を検討した結果、カナダ北東部における *Larix laricina* に関する試験成果 (Morgenstern et al. 1985 ; Park et al. 1987) を参考に、基本方法を設定した。その理由は、増殖目的が優良家系・クローンの事業的増殖であること、育成環境が北海道と比較的類似している地域での結果であったこと、検定林を造成できる規模の増殖を行い、かつ実生と同様に検定を進めていることなどである。

すなわち、幹の通直性と成長に関しカナダ北東部の天然林から樹齢 3 ~ 10 年生の個体を選抜しさし木増殖を試み、樹齢、クローンおよびさし付け時期による発根率、根系の発達への影響を調べた。その結果、最適条件は、さし穂基部が木化しはじめ、穂の先端が冬芽を形成中の 7 月下旬に 3 ~ 6 年生の台木を使用することであった (発根率 85 ~ 90%)。ただし、根系が十分に発根し床替え可能な状態にするまでにはさし付け後 3 ヶ月間を要するため、年内の床替えは困難であり、温室内での越冬が必要となる。したがってコスト的には 5 月下旬のさし付け (発根率 63 ~ 68%) の方が安上がりになると考えられた。樹齢の影響は、明瞭な差はなかったが、発根後の成長も含めより長期間観察が必要なことを述べている (Morgenstern et al. 1985)。その後彼らは、その応用編として温度、日長を制御できる温室内で 1 月に播種し、12 か月間に 2 回のさし付けを行い、クローン検定を兼ねた産地試験林の材料として 210 クローン 16,800 本 (80 本/本) のさし木増殖に成功し、植栽 5 年後の成長結果から、クローン造林戦略の構想を論議している (Park et al. 1987)。

以下、第 2 章 (材料と方法) では、材料の概要、カラマツ属を中心に既報の方法を参考にした基本技術と調査方法を一括して述べる。第 3 章 (台木の樹齢の影響) では、まず、使用すべき台木の樹齢を明らかにし、第 4 章 (基本技術の検証と改良) では、基本技術を検証しながら改良点を検討する。第 5 章 (さし木苗生産手順と実証試験) では、本研究で改良した増殖方法に基づく総合試験とコストの試算結果を示す。最後に第 6 章 (今後の展望と課題) で、現状のグイマツ雑種 F_1 苗供給上の課題をどの程度解消できるかに関して試算結果を示し、今後の課題を列挙する。

第 2 章 材料と方法

1 材料と調査方法の概要

次章以下で述べる試験項目別の試験実施時期および材料の数量等をまとめて表 1 に示す。材料は、台木の樹齢および基本技術の実証で使用した人工交配家系を除き、一般の造林用として使用されている採種園産種子から育成した播種翌年の幼苗であり、遠軽町 (佐々木産業清川苗畑) で育成した。試験地は美唄市 (道立林業試験場苗畑およびガラス温室) と遠軽町 (佐々木産業清川苗畑およびビニールハウス) である。台木の育成開始時期、さし付け時期および床替え時期は試験項目によって異なるが、台木の育成、さし付け床、用土の混合比およびさし付け後の管理・灌水・施肥・消毒方法は共通している。

調査は原則的に、さし付け直前の台木の形態 (苗長、根元径、一次枝本数、枝の着生部位、さし穂長、さし穂基部の直径等)、床替え前の発根調査 (1 次根数、根元径、軸長等) および山出し苗完成時の形態調査 (苗長、根元径) を実施した。山出し苗の得苗率を求める際は、実生山出し苗の基準 (1 号苗 : 苗長 35cm 以上、根元径 7mm 以上、2 号苗 : 苗長 30 ~ 35cm、根元径 6 ~ 7mm) を準用した。材料と育成等の詳細は必要に応じ各項目で述べる。試験に使用した資材は両試験地で共通しているが一部液肥、消毒剤は異なる。遠軽町で使用した資材等の詳細は付表に示した。林試で使用した液肥はハイボネックス (N : P : K = 10 : 10 : 10) 500 ~ 1000 倍液、消毒剤はチウラム水和剤 1000 倍液である。

表 1 検討項目別の試験経過と試験材料の概要

章 項目	検討項目1)	実施年	試験地	さし付け年月旬	台木本数	さし付け本数	床替年月旬	備考
3	台木の樹齢の影響							
1	発根率	'93-'96	美唄	(毎年),7,下	6	1,565		6個体について播種後5~8年目まで追跡
		'96-'98	美唄	(表 2)	40	1,232	(表 2)	40個体について播種後3~5年目まで追跡
2	発根後の生育	'98-'99	美唄	(表 3)	83	1,151	(表 3)	播種後2~4年目までの計83個体を同時調査
3	循環さし木	'99	美唄	'99,6,下	60	305		3章2で生産したさし木クローンを使用(表 4)
4	基本技術の検証と改良							
1	基本技術							
(1)	台木の育成経過、さし付け時期およびさし穂の採種部位	'93-'95	美唄2)	'93,7,上	45	531	'94,6,下	人工交配5家系を使用(表 5)
(2)	台木の育成密度とさし穂の休眠	'96-'97	美唄	'96,6,上	101	712	'97,6,中	
2	さし付け方法							
(1)	さし穂の成長およびさし付けの深さによる影響	'98-'99	美唄	'98,6,上	25	384	'98,10,下	
(2)	発根までに要する日数	'98	美唄	'98,6,上	25	384	'98,10,下	サンプリング調査
(3)	さし穂の摘葉省略	'98	美唄	'98,6,上	25	384	'98,10,下	5章2での材料と共通
3	床替え時期							
(1)	事例1	'97-'98	美唄	'97,5,下	99	1,630	'97,8,上	
(2)	事例2	'99-'00	遠軽3)	'99,5,下	497	5,200	'99,8,上	床替えまでは、すべて遠軽で育成し、床替え後の育成試験は、美唄でも実施
			美唄	~6,中			'00,4,下	4章1で育成したさし木苗のうちの20クローン100本、林試道東支場構内
4	定植後の成長	'96-'00	新得4)					
5	さし木苗生産手順と実証試験							
2	実証試験による生産歩留まりとコスト	'00-'01	遠軽	'00,5,下	470	5,064	'00,8,上	穂作りの摘葉省略の効果を含む

1) 本稿の目次と対応、2) 道立林業試験場構内苗畑および温室、3) 宍佐々木産業、清川事業所、4) 道立林業試験場道東支場構内

2 基本方法

今回実施した基本方法の手順は以下のとおりである。ただし、道苗組が遠軽町で実施した試験では、生産コストに配慮し、台木の育成の際にビニールハウスの暖房、日長処理は行わなかった(写真1)。林業試験場で台木の成長促進を行う際はガラス温室の温度を23℃に制御した。

(1) 台木は、通常の実生苗で、播種翌年の伸長中の幼苗を使用する(写真2)。

(2) さし付け時期は、伸長中の一次枝の基部が緑色から褐色みをおび始める時期とする。(台木の樹齢に関する検討を除き、播種後2年目の幼苗を使用し、苗畑で育成中であれば7月上旬、ハウス等で成長を早める場合は5月中・下旬となる。)



写真 1 台木の育成とさし付けから発根まで使用したビニールハウス
(遠軽町(宍佐々木産業清川苗畑))



写真 2 さし付け直前のさし穂台木の状態

(3) さし穂は伸長中の一次枝と主軸とし、カミソリで台木から切取り、穂の基部1/3～1/4を摘葉し、さし付け床にさし付けるが、その際発根促進剤は使用しない(写真3)。

(4) さし付け床にはペーパーポット(日本甜菜精糖株式会社F S 407:192穴/冊,40×60cm,深さ7.5cm,径4cm)に用土(ピートモス,パーミキュライト,鹿沼土を容積比で60:60:18に混合)を詰め,十分に灌水したものを使用する(写真4)。



写真3 さし付け作業の状況
(1組3人で行っている)



写真4 採穂(左)とさし付け作業(右)の状況(ハチの巣状のペーパーポットの穴(径4cm)に1本ずつさし付ける)

(5) さし付け後の1か月間は,温湿度の管理を十分に行い,消毒を兼ねた灌水を適宜実施する(写真5)。

(6) さし付け後1か月以降に灌水を兼ねた液肥による施肥を開始する。

(7) さし付け1か月後から二重被覆を外し,温室の環境に順化させる(写真6)。



写真5 さし付け終了後にハウス内に設置した二重被覆用トンネル
(内側がビニールシート、外側が寒冷紗)

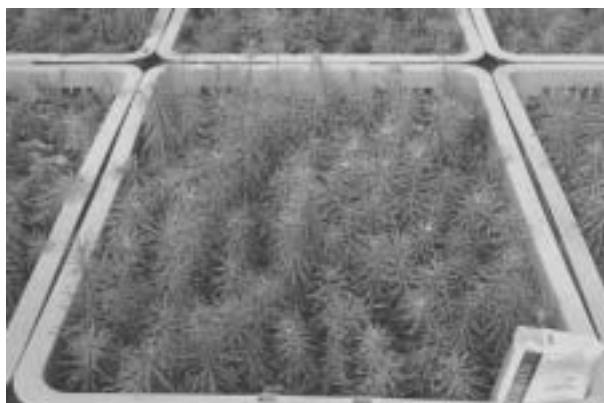


写真6 さし付け当年秋のさし付け床

(8) さし付け当年秋まで育成し、掘取り選苗した上で翌年春まで雪中埋蔵する(写真 7,8)。
 なお、使用後の台木をポット植えのまま野外で育成すると、この時期には樹形が回復する(写真 9)



写真 7 さし付け当年秋の掘取り・選苗作業の状況

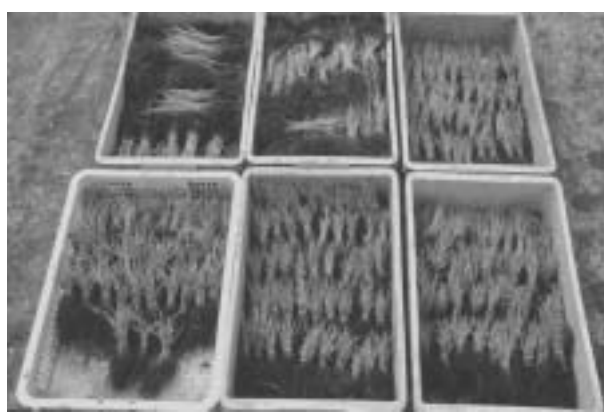


写真 8 掘取り・選苗したさし付け当年11月のさし木苗



写真 9 台木のさし付け直後とさし付け当年秋の状況
 (左：さし付け直後、右：さし付け当年秋)

(9) 翌年4月下旬に苗畑に床替えし、以降は実生苗と同様の育成を行う(写真 10)。

(10) 山出し苗の完成はさし付け翌年秋もしくは翌々年の春とする。



写真 10 さし付け翌年春床替え時と秋のさし木苗の育成状況
(左：さし付け翌年春、右：さし付け翌年秋)

第3章 台木の樹齢の影響

台木の樹齢が増すにつれさし穂の発根率が低下することは、グイマツ雑種F₁についても予想されるが、その実証例はこれまで報告されていない。そこで本章では、樹齢の増加に伴う発根率の低下がどの程度か、また、発根率以外に実用上問題となる枝性（さし木苗が直立せず、枝状に水平方向に伸びる現象）等がどの程度発生するのかを明らかにする。さらに、さし木苗から再度さし木増殖を行う循環さし木の可能性についても検討する。

1 発根率

用いた材料は、播種後2年目から4年目まで調査した事業用F₁苗40個体と播種後5年から8年まで調査した人工交配家系（中標津3×十勝35）6個体の合計46個体である（表2）。調査期間中、毎年台木別に採穂し、発根率等を調査した。1995年秋に遠軽町で掘り取り選苗された播種後2年目の幼苗40個体をビニールポットに植え、1996年4月上旬から温室内で育成した。初回の採穂は96年6月上旬で、採穂後はポット植えのまま野外で育成し、毎年さし付けの1カ月前から温室に入れ、7月にさし付けを行った。人工交配家系6個体については1992年春に苗列間4m間隔で林試構内の苗畑に定植し、同年7月に地際から60cmの高さで断幹・剪定した（うち2個体は93年はじめて剪定）。1993年から毎年7月下旬に台木別に当年伸長枝を採穂し、所定の本数をさし付けた。なお、台木1本あたりの平均採穂数は年々増加し、播種後5年では491本、播種後8年では909本となった。

表2 グイマツ雑種F₁苗からのさし木増殖試験に用いた材料の内訳と試験時期

台木の区分	播種後の年数	さし付け年月日	さし付け総本数	穂数/台木
採種園産 (40個体)	2	96.6.07	296	7.4
	3	97.7.16	502	12.6
	4	98.7.07	434	10.9
人工交配 (中標津3× 十勝35)F ₁ (6個体)	5	93.7.22	592	98.7
	6	94.8.05	373	61.9
	7	95.7.25	300	50
	8	96.7.25	300	50

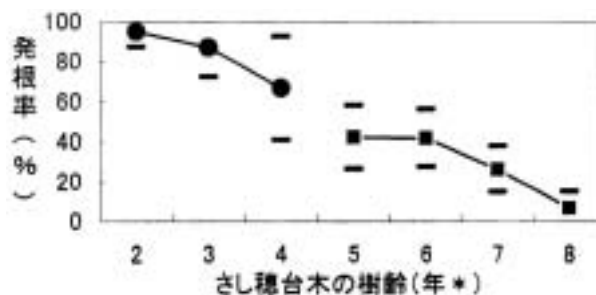


図2 グイマツ雑種F₁さし穂台木の樹齢による平均発根率の変化（黒丸・来田 1999）
：採種園産40個体，：人工交配家系（中標津3×十勝35）6個体，図中の横棒は標準偏差を表す。

全体として平均発根率は、樹齢が増すにつれ明らかに低下した(図 2)。播種後2年目から4年目まで調べた40個体の平均発根率は、2, 3, 4年目それぞれで $95.1 \pm 7.8\%$ $87.2 \pm 14.8\%$ $66.8 \pm 25.8\%$ であり、2年間で28.3ポイント減少した。樹齢が増すにつれクローン間のばらつきが大きくなる傾向がみられた。播種後5年から8年にかけて調査した6本の平均値では、 $42.4 \pm 15.7\%$ から $6.7 \pm 8.3\%$ まで減少し、3年間で35.7ポイント低下したが、台木間のばらつきは逆に小さくなった。個々の台木別にみると、播種後2年から4年まで調査した40個体(図 3)では、播種後2年目では40個体中27個体が発根率100%であったが、4年目ではわずか4個体に減少した。また3回とも発根率100%の台木から4年目では0%となったものまであった。人工交配家系6個体の発根率では多少の変動はあるものの、樹齢の増加に伴い発根率0%に収れんする傾向がみられた(図 4)。この原因の一つとして、特定の家系でしかも個体数が少なかったことが考えられる。樹齢7年のグイマツ雑種F₁13家系112個体を台木として4月に発根促進剤(オキシベロン)を使用してさし木増殖を試みた例(永田 1997)では、平均発根率は $43.4 \pm 22.5\%$ 、台木による発根率の範囲は0~97%であった。同様に樹齢7年のグイマツ雑種F₁3家系24個体では、7月に発根促進剤(IBA)処理を行いさし付けた結果では、発根率は家系によって50~92%であった(板鼻・丹藤 1995)。

2 発根後の生育

播種後2, 3, 4年生の事業用F₁苗計83個体の発根率および発根後の生育調査を行い、生産歩留まりを比較した(表 3)。なお、さし付け時期は台木の育成上の制約から播種後2年目の材料と他の材料では1カ月間のずれがある。床替えはさし付け当年の10月下旬に行った。さし付け翌年秋に苗長、根元径および枝性に関する主軸の傾斜の程度を4段階で判定した。判定の際、頂芽の枯れや損傷による芯替わりが原因と判断されたものは集計から除外した。

前項で述べたとおり、樹齢が高い台木ほど、発根率は低いことが確認できた。加えて、枝性を示

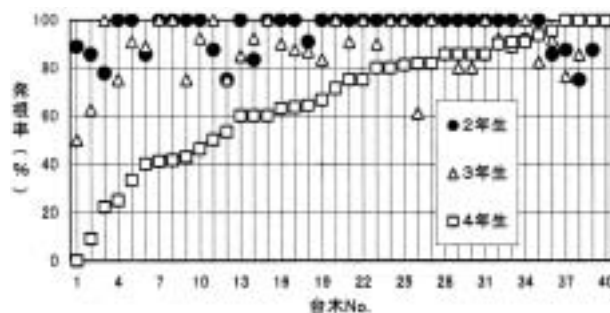


図 3 グイマツ雑種F₁さし穂台木別の樹齢による発根率の変化(採種圃産40個体(黒丸・来田 1999))

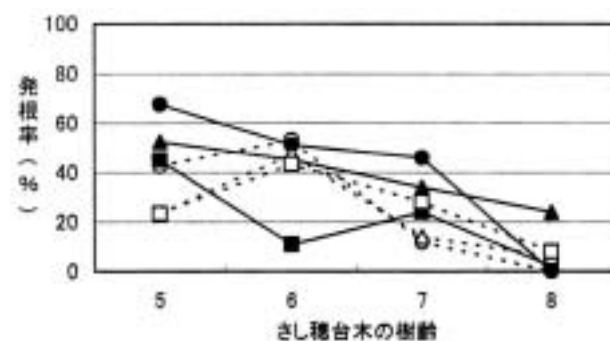


図 4 グイマツ雑種F₁さし穂台木別の樹齢による発根率の変化(人工交配家系6個体(黒丸・来田 1999))

表 3 材料の内訳と数量

台木樹齢*	台木本数	さし付け時期	さし付け数	さし付け数発根率(%)
2	25	98.6.3-4	384	94.7
3	18	98.7.7-8	333	79.9
4	40	98.7.7-8	434	66.8
計	83		1,151	81.2

* さし付け年秋での値であり、さし付け時には、その樹齢には達していない。

床替え：98.10月22日

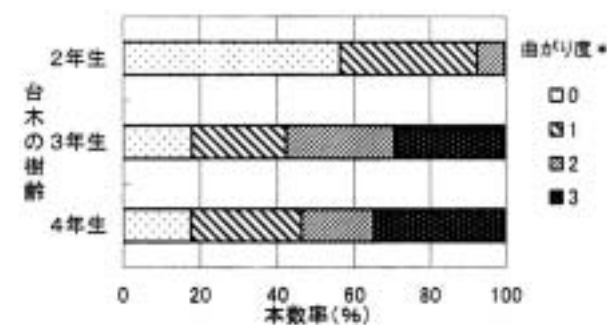


図 5 さし穂台木の樹齢によるさし木苗の曲がり度別本数率のちがい(黒丸・来田 2000)

* 曲がり度0：正常，1：弓なりだが、ほぼ垂直，2：主軸は地際近くで曲がり、先端は斜め上方を向く，3：匍匐している。

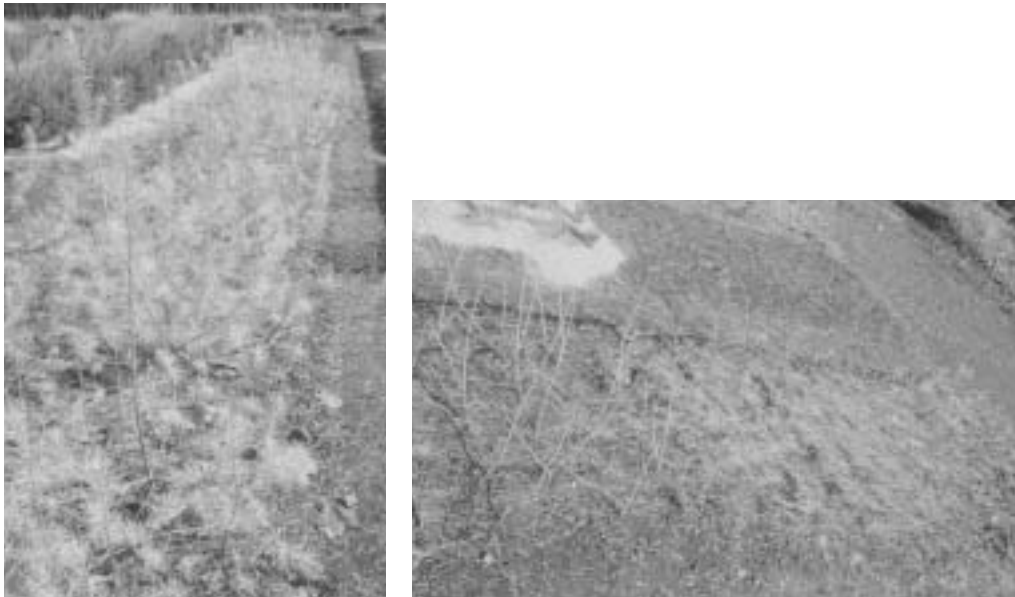


写真 11 台木の樹齢によるさし付け翌年秋での生育状況のちがい
(左：播種後2年目の台木から採穂、右：播種後3年目の台木から採穂)

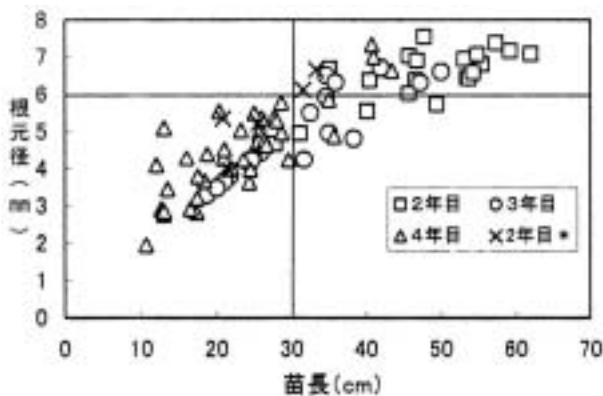


図 6 さし穂台木の樹齢によるさし木苗のサイズのちがい (黒丸・来田 2000)

図中の実線は山出し2号苗の基準値を示す。
* 床替え翌年に再度採穂し、循環さし木試験に使用した。

すもの割合が高くなり (図 5, 写真 11), 苗のサイズも小さくなった (図 6)。その結果, 実生苗の山出し苗規格を当てはめて見ると, 得苗率は播種後 2, 3, 4 年目の台木でそれぞれ 50.5, 18.9, 7.0% と大きなちがいとなった (図 7)。なお, この実験では, 床替え時期がさし付け当年の 10 月下旬になったため, 全体に歩留まりは低かった。

以上, 前項の結果を含め, 総合的に判断すると, 台木の樹齢に関しては播種後 2 年目までの個体を使用することが適当と判断された。

枝性の回復に関して, *Larix occidentalis* では, 樹齢 1.5 年生と 3 年生の台木由来のさし木苗の間で, 枝性の程度別本数率のちがいは大きくなかったが, 1.5 年生由来のさし木苗ではさし付け 5 年後ですべて回復し, 3 年生由来のものではさし付け翌年に枝性を示す本数率が上昇し, その後減少した (Edson et al. 1996)。一方, *Pseudotsuga menziesii* では若い台木由来のさし木苗でも枝性が観察され, 庇陰とコンテナによる根系発達抑制の影響との仮説から試験した結果, どの処理区でも最終的には枝性が回復し, はっきりした原因は分からなかった (Ritchie et al. 1997)。枝性に関しては現象として古くから知られているが, その原因については未だ解明されていない。今後とも重要な課題として検討する必要がある。

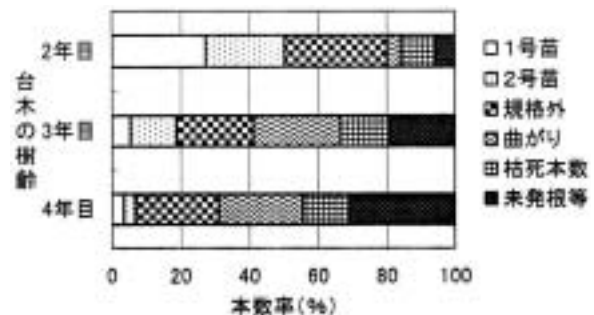


図 7 グイマツ雑種 F₁ のさし木増殖における台木の樹齢による歩留まりのちがい (黒丸・来田 2000)

3 循環さし木

さし木苗を採穂台木としてさし木増殖を繰り返し、ねずみ算式に増殖する循環さし木の可能性を検討するため、1998年に播種後2年目の実生苗5クローンから増殖した62本のさし木苗(98年10月床替え)を台木として、1999年6月30日にさし木増殖を試み、発根率を調査した。62本の台木は苗畑に床替えした状態のままでさし付け日に採穂したが、さし付けの約1か月前から寒冷紗をかけた。

1998年での結果と今回の結果を比較すると(表4)、発根率、採穂台木1本当たりのさし穂数ともに、値は大幅に低下し、クローンによるばらつきが大きくなった。この現象は前項の発根率(播種後2~4年目)での樹齢の増加に伴う変化と類似している。ただし、台木の育成条件としては、適切とは言えない。すなわち、さし付け前年の10月にさし付け床から苗畑に床替えしたため、測定はしなかったが、さし付け時点では、通常の実生苗を台木とする場合ほどには、根系が十分に回復していなかったことが考えられる。また、寒冷紗をかけたとはいえ、苗畑で育成中の台木から直接採穂したため、温室内の環境に順化しきれていなかったことも考えられる。これらのことが発根率を大きく低下させた原因の可能性もある。*Larix laricina*の例では5年生未満の実生苗由来のさし木苗を台木として、2,3,5年生時にそれぞれさし木を実施し、発根率を調べた。その結果、さし付け後の年数による違いは少なく(57~75%)、クローン間差の方が大きかった(17~98%)(Farmer et al. 1992)。一方、*Picea abies*での例では、枝性に関してもほとんど問題なく増殖でき、播種後3年間で芽生え1本当たりから約1000~1500本に増殖できると試算された(Johnsen 1985; Dekker-Robertson and Kleinschmit 1991)。

表4 グイマツ雑種F₁の循環さし木試験の結果

クローン	第1回目(1998年)のさし付け結果			第2回目(1999年)のさし付け結果			発根数	発根率(%)
	さし付け数	発根数	発根率(%)	二次台木数	さし付け数	さし付け数/台木		
20	17	15	88.2	12	42	3.5	26	61.9
22	10	8	80.0	7	27	3.9	2	7.4
23	10	10	100.0	8	36	4.5	20	55.6
24	21	20	95.2	20	129	6.5	12	9.3
25	15	15	100.0	13	71	5.5	55	77.5
計	73	68		60	305		115	
平均	14.6	13.6	93.2	12	5.1		23	37.7

1998, 1999年のさし付け月日はそれぞれ6月7日, 6月30日である。

第4章 基本技術の検証と改良

本章では第2章で述べた基本技術を検証する中で、さし木苗生産の効率化に関わる、台木の樹齢の影響以外の幾つかの改良点を明らかにする。

1 基本技術

(1) 台木の育成経過、さし付け時期およびさし穂の採取部位

次代検定用に苗畑で育成中の人工交配5家系幼苗45個体を用い、さし付けまでの台木の育成経過の違いやさし付け時期による発根率の違いを調査した。さし付けは7月1日と15日の2回、台木は5月下旬から温室内で育成した苗とさし付け日に苗畑から直接採穂した苗に分けた。さし付け日別の数量等は表5のとおりである。採穂部位と床替え翌年秋の苗長の関係については、材料のうちの8個体を用い検討した。発根調査はさし付け当年の11月に行った。床替えはさし付け翌年の6月下旬に行い、その後の成長経過を観察した。

さし付けまでの台木の育成経過の違いとさし付け時期による発根率の違い(表5)をみると、台木を5月下旬から温室で育成した方が発根率は高かった。また、さし付け日による発根率の差はほとんどなかつ

表 5 さし穂台木の育成経過別供試個体数と発根率

さし付け月日	台木本数 a)	さし付け本数 b)	b) / a)	発根数 c)	発根率 c) / b)	さし付けまでの台木の育成経過
7. 1	20	213	10.7	208	97.7	5月下旬、床替床からポットに移植し、さし付けまで温室で育成
7. 1	15	206	13.7	152	73.8	さし付け日に床替床から直接採穂
7. 15	10	112	11.2	107	95.5	5月下旬、床替床からポットに移植し、さし付けまで温室で育成
計	45	531	11.8	467	87.9	

播種後 2 年目の 5 家系 45 個体を使用、床替えはさし付け翌年 6 月に行った。

た。この結果を家系別平均でみると(図 8), 5 家系のうち中 3 × 十 35 で幾分発根率は低かったが全体として発根率は高く、家系・クローンによる差は少なかった。これらの結果から、台木は、さし付け前にあらかじめ温室内の環境に順化させる必要があると思われた。さし付け後軸が木化するまでは湿度の低下に伴いさし穂は萎れるが、萎れの程度は、苗畑から直接採穂したものの方が大きかった。一方、さし付け時期に関しては、今回の程度の違いであれば実用上大きな問題はないと判断された。

一方、さし付け翌年の床替え後の成長はほとんどなく、休眠したままのものも観察された。床替え翌年春以降は一般の実生苗と同様旺盛な成長をした。採穂部位と床替え翌年秋の苗長の関係を個別

にみると(図 9), 着生部位による一定の傾向はなく、クローンによる成長のちがいのほうが大きかった。
(2) 台木の育成密度とさし穂の休眠

1996年 6 月 7 日に幼苗 101 個体から 712 本をさし付け、発根した 674 本の半数は温室から野外へ移し休眠越冬させた。残りは温室内でそのまま育成を続け、1997年 6 月 16 日苗畑に床替えし、その後の生育を観察した。なお、温室内で育成したのもも床替え約 2 週間前から野外に移した。

野外で越冬した苗は床替え時および床替え年秋では冬期間温室内で育成した発根苗よりも小さかったが、床替え翌年秋で苗長が逆転した。野外で越冬したものの平均苗長は、床替え時、床替え年秋、床替え翌年秋でそれぞれ 18.4 ± 10.1cm 22.2 ± 10.5cm 84.8 ± 36.1cm で 温室で越冬したものではそれぞれ 28.6 ± 17.4cm, 34.1 ± 19.2cm, 79.0 ± 38.0cm であった。温室内で越冬した苗は、越冬期間中、穂によってばらばらに芽吹きと芽止まりを繰り返したが、伸長はわずかであった。この現象は組織培養中の冬芽でも観察される(黒丸 1991)。一方、床替えから床替え秋までの伸長はどちらも 4 cm 前後であったが、床替え秋から床替え翌年秋までの 1 年間での伸長率は温室で越冬したものが 2.3 倍であるのに対し、野外で越冬したものは 3.8 倍に

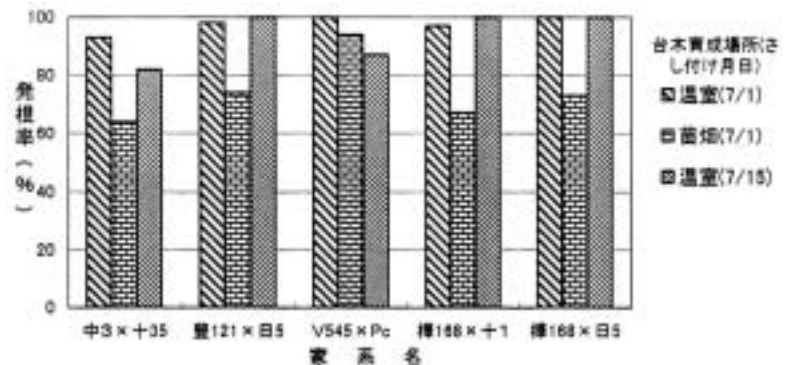


図 - 8 さし穂台木の育成経過別および家系別の発根率

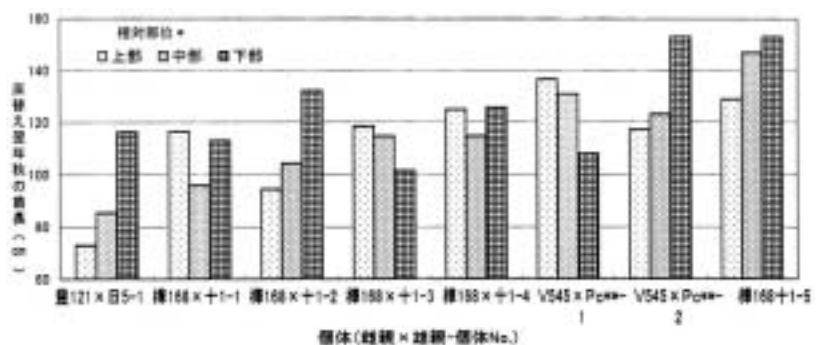


図 9 台木 8 個体における採穂部位によるさし木苗の苗長のちがい
* 一次枝着生部位を先端部から上, 中, 下部に 3 等分した各領域
* * カラマツ複数クローンの花粉を混合して人工交配 (Polycross)

なった。これは床替え当年秋までの根系の発達の違いを反映したものと予想され、その違いは越冬中の休眠の有無が影響していると思われる。

一方、上記の試験では台木1本当たりの採穂数が他の試験結果よりも少なかった。この原因は台木を過密に育成した影響ではないかと考え、採穂後の台木78個体を用い、育成密度を3段階として、採穂してから4ヵ月後（10月上旬）の一次枝およびそのうち採穂可能なもの（長さ5 cm以上）がどの程度あるかを調べた。その結果、1 m²当たりの育成本数は20～

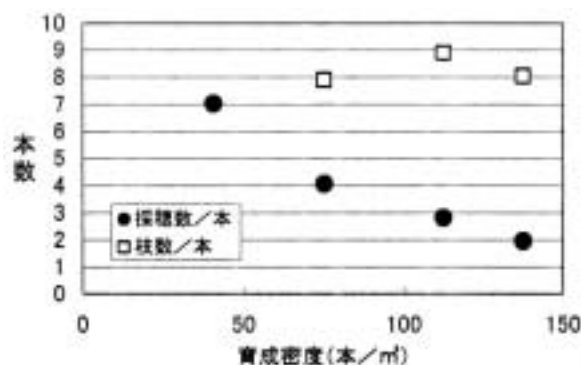


図 10 さし穂台木の育成密度と採穂数の関係
最も低密度で育成したときの一次枝数は未測定

25本程度が適当（図 10）と思われる。それよりも密にして育成すると一次枝は発生するがさし穂としては短すぎるものの割合が多くなる傾向があった。増殖率向上の最も単純な方法の一つは、単位面積当たりの採穂数を最大にすることである。*Pseudotsuga menziesii* や *P. sitchensis* ではむしろ逆で、1 m²当たり30本程度にした方がより多く採穂できる例もある（Wingmore and Woods 2000）。台木1本からなるべく多く採穂するか、単位面積当たりの採穂数をなるべく多くするかは、調達できる台木の数量やハウスの面積等によって判断は分かれる。グイマツ雑種F₁では調達できる台木の数量が限られる場合の方が多いと想定されるため、台木1本からの採穂数を多くするのが適当と思われる。

なお、この試験では、用土のうち、鹿沼土の影響を検討するため、鹿沼土を加えないさし付け床での結果も検討したが、鹿沼土を加えた方が、やや根系の発達が良好と思われた程度であり、はっきりした差はなかった。

以上2つの事例結果を作業手順にしたがって整理すると、以下のとおりである。

- 1) 台木はさし付け前に温室内の環境に順化させた方が発根率は高い。また台木の育成密度は、さし付け直前の時点で、隣接する台木の一次枝が触れ合わない程度の密度（1 m²当たり20～25本）が適切である。
- 2) 播種後2年目の幼苗をさし穂台木として、適期にさえさし付けすれば、発根率は90%以上であり、材料によるちがいは少なく、事業的には問題ないと判断できた。その際、採穂部位は限定する必要はない。
- 3) 床替え前の休眠の有無は床替え後の成長に影響する。
- 4) さし付け翌年6月に床替えした場合、その年の伸長成長はごくわずかであり、山出し得苗率は通常の実生苗育成の基準を大きく下回ることが予想される。床替え時期を早めるための育成スケジュールの再検討が必要である。

2 さし付け方法

事業用実生苗25個体から384本を6月上旬にさし付け、5ヵ月間のさし穂の成長を測定し、併せて発根までに要する日数を確認した。また、さし付け作業の方法をより具体的にするため、さし付けの深さに関して検討した。なお、さし付けの深さは、さし付け後の灌水に伴う用土深の減少のばらつきなどを考慮し、発根調査時に測定した地下部長（地下部と地上部の境は、樹皮の色から視覚的に明確に区別できた）とした。一方、さし付けから発根までに要する期間を確認するため、サンプリング調査により、さし付け後30日から約2週おきにさし付け床からランダムに10本のさし穂を掘り取り、長さ2 mm以上の1次根数を調査した。

(1) さし穂の成長およびさし付けの深さによる影響

さし付け時のさし穂長は5ヵ月後に約1.5倍、さし穂径では1.9倍に成長し、その間、さし穂1本当たり

の1次根は5.7本発生した(表6)。いずれの測定項目もばらつきが大きいのは、さし付け当年床替えするために早めに野外に移した結果、二次伸長するものが全体の19.5%あったためである。なお、未発根の穂は20本で、発根率は94.8%であった。

さし付けの深さとさし穂の成長や発根数の関係では、一定の傾向はみられなかった。さし付けが浅い場合(2~3cm)で、一次根数の多いものが観察された。ただし、浅植えによる倒覆が原因で、主軸が曲がったまま木化するものが観察されたことから、実用上、さし付けの深さは、さし穂長の1/3~1/4が適当と判断された。

表6 さし付け後5か月間でのさし穂の成長と発根数

	穂長(cm)			穂基部の径(mm)			掘取時1次根数
	さし付け時a	掘取時b	b/a(%)	さし付け時c	掘取時d	c/d(%)	
平均値	5.8	8.6	152	1.3	2.5	187	5.7
標準偏差	2.1	4.4	66	0.4	0.9	61	4.1

台木25本から384本をさし付けた。穂長、1次根数：n=364(未発根20本は除外)、穂基部の径：n=179

(2) 発根までに要する日数

結果(図11)をみると、早いものでさし付け約1ヵ月後から発根し始め、2ヵ月後から発根個体が急速に増え、一次回帰による推定から、さし付け後約80日でほとんどのさし穂が発根すると推定された。この日数は*Larix laricina*(Morgenstern 1984)や*Pseudotsuga menziesii*(Ross 1975)でも同様の値である。さらに、発根までに要する期間は発根促進剤処理により、短縮できるとの報告もある(Ross 1975; John 1979)。

(3) さし穂の摘葉省略

Tamarackをはじめ他樹種でもさし付け床に挿入される部分の摘葉は一般的に行われている。この理由は、さし付け後の腐朽や乾燥等による枯死、さし付け工程の低下(トウヒ属など堅い針葉をもつ樹種ではさし付けにくい)等を避けるためと予想される。本試験においても当初は摘葉することとしたが、さし付け作業には、1組3名が必要であった。内訳は、採穂1名、摘葉作業1名、さし付け作業1名である。もし、摘葉作業を省略して生産歩留まりに問題がなければ、効率化が期待できる。そこで、さし穂を摘葉してさし付ける3人1組の作業と、さし穂の摘葉を省略して2人1組でさし付け作業を行う場合で、工程と生産歩留まりを比較した。1時間当たりのさし付け本数を比較すると、2人1組では、666本(333本/人・hr)、3人一組では720本(240本/人・hr)であり、工程は1.39倍になった。また、摘葉区と比べ得苗率のちがいは認められなかった(図12)。これらのことから、さし付け作業時のさし穂の摘葉作業省略は有効と考えられた。

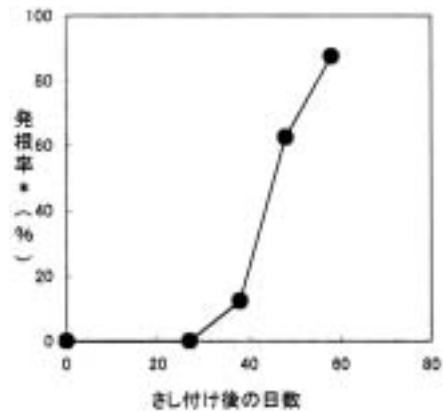


図11 さし付け後の発根経過

*調査は、さし付け1ヵ月後から開始し、原則2週間間隔で、無作為に10本を掘取り、根を確認した。

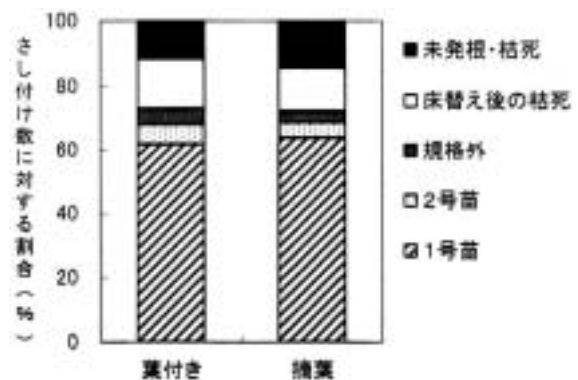


図12 さし穂の摘葉の有無別にみた得苗率
葉付き、摘葉の本数はそれぞれ1,560、3,504本

の1次根は5.7本発生した(表6)。いずれの測定項目もばらつきが大きいのは、さし付け当年床替えするために早めに野外に移した結果、二次伸長するものが全体の19.5%あったためである。なお、未発根の穂は20本で、発根率は94.8%であった。

さし付けの深さとさし穂の成長や発根数の関係では、一定の傾向はみられなかった。さし付けが浅い場合(2~3cm)で、一次根数の多いものが観察された。ただし、浅植えによる倒覆が原因で、主軸が曲がったまま木化するものが観察されたことから、実用上、さし付けの深さは、さし穂長の1/3~1/4が適当と判断された。

表6 さし付け後5か月間でのさし穂の成長と発根数

	穂長(cm)			穂基部の径(mm)			掘取時1次根数
	さし付け時a	掘取時b	b/a(%)	さし付け時c	掘取時d	c/d(%)	
平均値	5.8	8.6	152	1.3	2.5	187	5.7
標準偏差	2.1	4.4	66	0.4	0.9	61	4.1

台木25本から384本をさし付けた。穂長、1次根数：n=364(未発根20本は除外)、穂基部の径：n=179

(2) 発根までに要する日数

結果(図11)をみると、早いものでさし付け約1ヵ月後から発根し始め、2ヵ月後から発根個体が急速に増え、一次回帰による推定から、さし付け後約80日でほとんどのさし穂が発根すると推定された。この日数は*Larix laricina* (Morgenstern 1984)や*Pseudotsuga menziesii* (Ross 1975)でも同様の値である。さらに、発根までに要する期間は発根促進剤処理により、短縮できるとの報告もある(Ross 1975; John 1979)。

(3) さし穂の摘葉省略

Tamarackをはじめ他樹種でもさし付け床に挿入される部分の摘葉は一般的に行われている。この理由は、さし付け後の腐朽や乾燥等による枯死、さし付け工程の低下(トウヒ属など堅い針葉をもつ樹種ではさし付けにくい)等を避けるためと予想される。本試験においても当初は摘葉することとしたが、さし付け作業には、1組3名が必要であった。内訳は、採穂1名、摘葉作業1名、さし付け作業1名である。もし、摘葉作業を省略して生産歩留まりに問題がなければ、効率化が期待できる。そこで、さし穂を摘葉してさし付ける3人1組の作業と、さし穂の摘葉を省略して2人1組でさし付け作業を行う場合で、工程と生産歩留まりを比較した。1時間当たりのさし付け本数を比較すると、2人1組では、666本(333本/人・hr)、3人一組では720本(240本/人・hr)であり、工程は1.39倍になった。また、摘葉区と比べ得苗率のちがいは認められなかった(図12)。これらのことから、さし付け作業時のさし穂の摘葉作業省略は有効と考えられた。

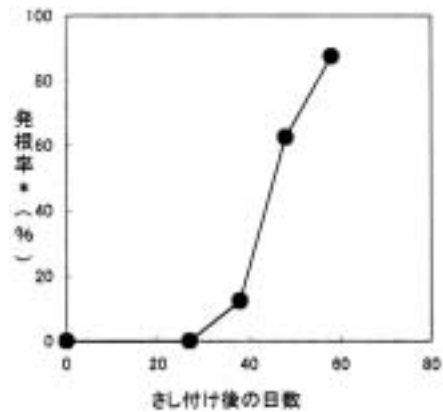


図11 さし付け後の発根経過

*調査は、さし付け1ヵ月後から開始し、原則2週間間隔で、無作為に10本を掘取り、根を確認した。

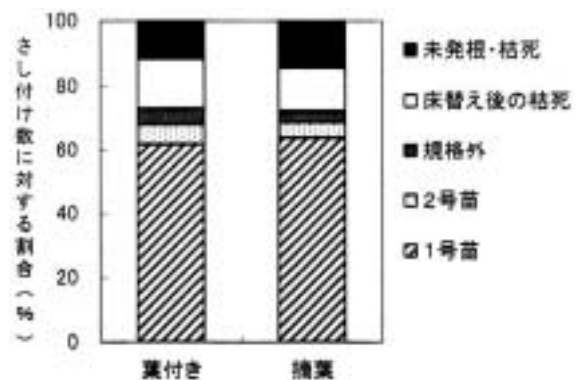


図12 さし穂の摘葉の有無別にみた得苗率
葉付き、摘葉の本数はそれぞれ1,560、3,504本

3 床替え時期

(1) 事例 1

1997年5月下旬に99本の台木から1630本をさし付け、さし付け当年の8月上旬に、苗畑に床替えした。翌年秋での成長調査の結果、さし付け本数に対する実生苗の山出し規格を満たした苗木の本数率は60.7%（1号苗：50.3%，2号苗10.4%）であり、明らかに前章での結果を上回る値であった。また、床替え後に枯死したのは13.0%であった。ただし、この試験では対照区を設けなかったために、その有効性をはっきり言い切ることはできなかった。

(2) 事例 2

事例 1 での結果を追試するため、対照区を加えて遠軽と美唄で同時に試験を実施した。遠軽では、1999年に497本の台木から5200本をさし付け、当年夏に2370本を床替えし、残りはさし付け床のまま野外で育成し、10月下旬に掘取り・選苗し、翌年5月上旬に床替えした。一方、美唄では、遠軽でさし付けたうちの260本を用い、さし付け当年の8月上旬と、翌年4月下旬に床替えした。翌年床替えしたものは、床替えするまで野外でさし付け床のまま野外で越冬した。

実生山出し苗の規格に合格する本数率でみると（図 13）、美唄での夏床、春床それぞれの得苗率は66%、25%、遠軽ではそれぞれ71%、18%であり、夏床替えの効果はいずれの試験地でも明らかであった。さし付け翌年の春床替えと比べ、遠軽、美唄それぞれで、53、41ポイント上回った。

一方、さし付け床に使用したペーパーポットのまま床替えすると、根系の正常な発達を阻害し、その後の成長に影響する危険性がある（Balisky et al. 1995）。ここで述べた事例 1 においても、山出しの際の掘取りで、直径約1cm以上の太い根が数本伸びただけで、実生苗と比べ細根が少ない苗が観察された。このような根の形態は据置き苗でよく見受けられるが、予防策としては、床替え翌年春の根切りを行うことが考えられた。

4 定植後の成長

本章の第1項で述べた台木の育成経過、さし付け時期およびさし穂の採取部位の試験で育成したさし木苗5家系20クローン100本（5本/クローン）を、雑種採種園産の山出し2年生実生苗4本とともに、1996年5月上旬に林業試験場道東支場構内に苗列間4m（625本/ha）で植栽した。設計は、単木混交による乱塊法5反復で、造成後の成長経過を観察した。

林齢5年現在までで、枯損木は100本中1本のみであったが、シカの食害のため成長が大きく阻害されたも

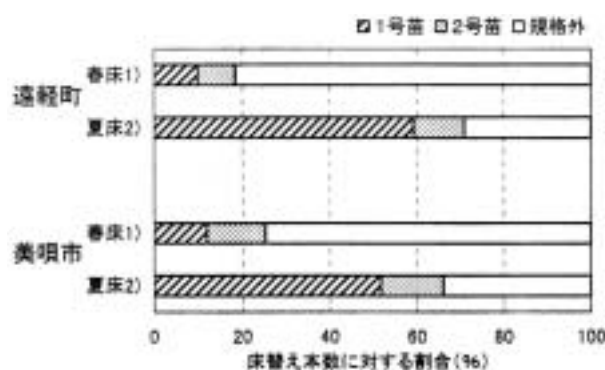


図 13 ギイマツ雑種F₁さし木増殖における床替え時期による得苗率のちがい（黒丸・来田 2001）
1) さし付け翌年春（4月下旬）床替え
2) さし付け当年夏（8月上旬）床替え

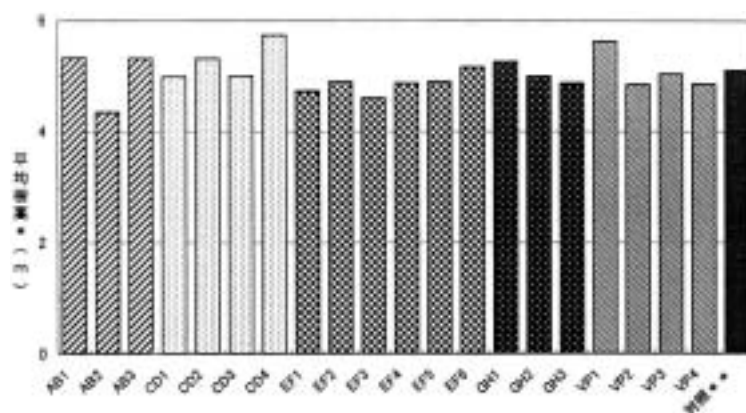


図 14 ギイマツ雑種F₁さし木苗のクローン別平均樹高（植栽後5年、道立林試道東支場構内）

* 各クローンとも原則5本の平均値、各棒のパターンは家系のちがいを表す。

** 採種園産実生

のが12本あった。また、対照の実生では4本中1本がネズミの食害のため枯死、1本はシカの食害を受けていた。健全木89本の全平均樹高は、 5.03 ± 0.64 mであった。家系・クローン別の平均樹高（図 14）をみると、クローンによるちがいはみられるが、全体としては、対照の実生苗と同様の成長経過を示していた。さし木苗の植栽後の成績に関する報告では、実生苗との際立ったちがいは認められていない（Foster et al. 1987；Ritchie et al. 1993；van den Driessche 1997；Stelzer et al. 1998）。

第5章 さし木苗生産手順と実証試験

前章までの結果に基づき、最適と判断される方法手順を示し、併せてその実証試験結果から生産コストに関する試算結果を示す。

1 さし木苗生産手順

前章までの結果を総合し、台木の育成から山出しまでのさし木苗生産手順を作成した（表 7、北海道山林種苗協同組合・北海道立林業試験場 2001）。前述した基本技術と比べての主な改良点は、さし付け当年の夏に床替えするために、3月上旬からハウス内で台木の生育を促進しさし付け時期を早めることである。また、さし付け時のさし穂の摘葉を省略する、さし付け後1か月間の温湿度管理のためにビニールシートと寒冷紗による二重被覆を行う、床替え時にペーパーポットを除いて裸苗の状態で行うことなども重要な諸点である。以上の諸点を実行することによって、さし付け本数の6割、床替え本数の7割が実生苗山出し苗木規格に合格すると予想された。

表 7 グイマツ雑種F₁の幼苗からのさし木増殖手順の概要

作業時期	作業の内容	留意点等
3月上旬	台木の育成開始	径10～12cmのビニールポットにあらかじめ播種床から掘取り・選苗した幼苗を移植し、ハウスで育成を行う。ハウス内の気温が低い場合には、さらにビニールトンネルを設置することも有効である。
5月中下旬	さし付け準備 さし付け	用土の混合、ペーパーポットの土詰め、灌水 2人1組（採穂1名、さし付け1名） さし付け後の約1か月間は、適温高湿を保つため、ビニールと寒冷紗による二重被覆をし、随時調節する。また、灌水を兼ねた消毒を1週間ごとに行う。
6月中下旬	施肥の開始	灌水を兼ねた液肥を1週間間隔で散布する。
7月下旬	鉢出し・床替え	さし付け床として使用したペーパーポットは外し、裸苗の状態で行う。 床替え以降の育成は実生苗と同様に行うが、床替え当初の2週間程度は寒冷紗を使用し、乾燥を防ぐ。
翌年秋または翌々年春	山出し	

2 実証試験による生産歩留まりとコスト

実証試験は遠軽町（佐々木産業清川苗畑）において2000年春から実施した（表 1）。470本のさし穂台木から5,064本をさし付け、最終的に3,469本の苗木規格に合格したさし木苗を生産できた（台木1本当たりからの増殖率は7.4倍）。それに要した直接経費合計は215,790円であり、さし木苗1本当たりでは62.2円と試算された。直接経費合計のうち、資材と賃金の比率は3：7（図 15）、また、台木養成から床替え前までと床替え以降の経費の比率は6：4であった。

各生産段階での歩留まりをみると、台木利用率（台木の育成本数に対する使用本数率）92.2%、幼苗得苗率（さし付け本数に対する床替え本数率）86.4%、床替え得苗率（床替え本数に対する山出し本数率）79.3%、山出し得苗率（さし付け本数に対する山出し本数率）68.5%であった。本試験以前に実施した試験結果と比べると、さし付け床段階で若干の病害発生により幼苗得苗率は5～10ポイントほど低かったが、

床替え得苗率が高かったため、結果として好成績の値となった。幼苗得苗率の善し悪しは、採穂時の穂の状態、さし付け後の病害発生の有無がポイントになる。仮に今回の試験で幼苗得苗率を90%とし、他の歩留まりが変わらないとすれば、1本当たりの直接経費は59.7円となる。一方、床替え得苗率は、さし付け当年の夏床替え後の天候に左右され、特に床替え直後の管理が重要である。

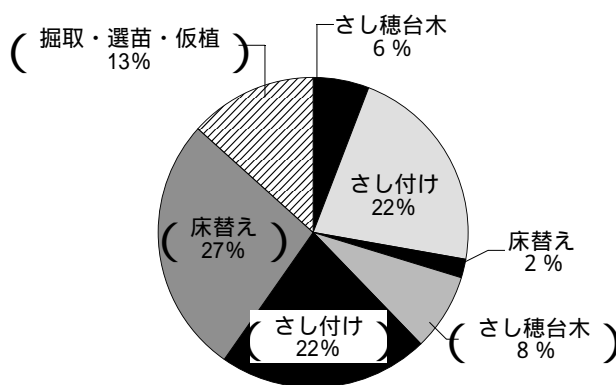


図 15 グイマツ雑種F₁さし木苗生産に係わる資材費と賃金の作業別割合

()で囲んでない項目は資材費を、囲んだ部分は賃金を表す。

第6章 今後の展望と課題

今回作成したさし木増殖法によって、本研究の目的であるグイマツ雑種F₁種苗の量質的課題を解決できる可能性はどれほどかを探るため、現在試験途中のデータを参考に試算した結果を示し、併せて今後の課題を列挙する。

1 グイマツ雑種F₁さし木増殖法による供給不足解消と優良家系増殖に関する試算

グイマツ雑種F₁の幼苗からのさし木増殖法は事業的さし木増殖法としてどの程度期待できるだろうか。現状のグイマツ雑種F₁の植林用苗木生産は毎年60kgを播種し、120万本の幼苗を生産しているが、さらに80~90万本が不足している。この不足分をさし木増殖でどの程度補えるか、さらに、優れたグイマツ雑種F₁家系・品種を普及できるほどに増殖できるか、について現在行っている別の増殖試験のデータを基に試算した。

すなわち、既存の採種園産種子、単一優良クローンを列状植栽した新たな方式による雑種採種園産種子および、人工交配による登録品種「グリーン」の種子をさし木増殖した場合について、便宜的に1kgの精選種子から何本の山出し苗が生産できるかを試算した。試算にあたって、種子の千粒重、発芽率および雑種率は、現在調査中の種子の形質や増殖試験での値を使用した(表8)。

の採種園は1994~96年に訓子府カラマツ採種

園を24m幅の带状に間伐し、その中央にこれまでの検定結果から選定した優良グイマツ母樹2クローン(中標津3,5号)計365本を植え込んだ新たな方式によるものである。これらのクローンは一般組合わせ能力が高いため(黒丸ら1985;清水1988)、花粉親を限定しなくても優れた雑種が生産できる。グイマツ、カラマツの複数クローンによる既存の混植採種園と比べ、母樹周辺の飛散花粉の多くはカラマツとなるため、雑種率の向上が期待できる。2000年に初めて数個体から採種することができた。2001年春に播種し、2002年秋の段階で、雑種率は約90%であった。のグリーン種子に関しては、2000年春、林試構内のクローン集植所でグリームの母樹(中標津3号)が着花し、人工交配を実施した。得られた種子約10gを2001年春に播種し、2002年4月下旬に選苗した台木約500本からさし木増殖を行い、同年8月上旬に約5,500本を床替えし、現在苗畑で育成中である。なおこの算定基準は既存の採種園産種苗の実績から勘案した。

表 8 種子源別の種子特性

種子特性	グリーン (人工交配)1)	単一クローン (母樹採種園)2)	既存の 採種園3)
千粒重(g)	4.5	5.9	3.8
発芽率(%)	39.4	46.7	40.0
雑種率(%)	100	90	60

1) 2000年春交配、2001年春播種での値(林試構内)

2) 2000年訓子府採種園産種子、2001年春播種での値(林試構内)

3) 雑種採種園産種子でのこれまでの実績から類推した値

種子の形質以外での各生産段階での歩留まりは、以下のとおり一部を除き、種子源に関係なく共通の値とした。すなわち、千粒重および発芽率から求めた種子 1 kg 当たりの発芽数の 90% に種子源別の雑種率を乗じたものを雑種幼苗本数とした。さらに、苗長で上位 60% を選苗する（グリーンはもちろん、単一クローン母樹採種園産でも選苗の必要性は少ないが、上記グリームのさし木試験での結果から、さし穂サイズの均一性を考慮し選苗することとした）。その内の 90% から実際に採穂し、さし付けを行う。台木 1 本当たりの採穂数は 12 本、発根率は 90% とした。発根苗のうちの 90% を床替えする。グリーンおよび単一クローン採種園産では床替え数の 85%、既存の雑種採種園産では 69% が播種後 3 年目秋に山出苗規格を満たすものとした。

なお、台木選苗から除かれた相対的に小さい実生苗と使用済みの台木は、さし付け当年春に床替えし、それぞれ床替え本数の 60、50%（グリーン、単一クローン採種園産種子の場合）が播種後 2 年目秋に山出しできるものとした。既存の採種園産での値は、それぞれ 50、40% とした。

試算結果をみると、種子源別の総山出し本数は、グリーン、単一クローン採種園産および既存の採種園産それぞれで、418,337,245 千本であり、いずれの種子源の場合も従来の実生苗生産に比べ約 7 倍の本数を生産できると予想された（表 9）。同じ 1 kg の種子からのさし木増殖で、種子源によるちがいが生じるのは、種子の形質のちがいを反映したものである。一方、試算したさし木苗を生産する

ために必要な施設面積は、播種床 200m²（5 g / m² として）、ハウス 1,500 ~ 2,000m²（例えば 10m × 50m のハウスが 3 ~ 4 棟）、床替床 15,000 ~ 20,000m²（36本 / m² として）ほどである。なお、この試算では突発的な被害等を想定していないため過大の推定値かもしれない。現状の供給不足を解消するには年間播種量 60kg のうちの、3 ~ 4 kg の種子をさし木増殖用に使用することにより供給不足は解決される。

一方、単一クローン母樹採種園産種子の供給は近い将来可能となることが期待できる。すなわち、表 8 に示したのと同じ品質の種子 1 kg を確保するために必要な球果数は調査結果から約 4300 個（例えば、100 個の球果を着けた個体が 43 本分）と推定できる。上記の調査で実際に採種した数個体のうち 1 個体では 83 個の球果を採取できた。単一クローン母樹採種園方式の採用はクローン植栽後 8 ~ 10 年を経過したばかりで、実生苗生産用種子の本格的供給までにはさらに十数年かかると思われるが、さし木増殖を前提とした採種であれば、これまでの既存の採種園での着果経過からみて近い将来十分可能な状態になることが期待できる。一方、グリーンとなる人工交配種子では、1 kg の種子を安定供給するには結実促進法の改良を行う必要がある。

2 残された課題

(1) 幼苗からのさし木増殖法のさらなるコスト低減策

- 1) 大量生産によるコスト低減：数十万本生産した場合のコスト削減幅の見極めが必要
- 2) 作業機械化の検討：台木育成にコンテナ苗生産システムの導入や、床替えの機械植え等
- 3) 増殖率の向上：播種当年の芽生えを用い、年 2 回のさし木を実施、台木 1 本あたりからの増殖率の向上（*Larix laricina* では 2 回のさし木で 80 倍に増殖した（Park et al. 1987））。ただし、温室の環境制御の点でコスト面での問題が予想される。

(2) 特定家系種子の安定供給

表 9 種子源別にみた種子 1 kg から生産される山出し苗の推定本数

山出し本数	グリーン (人工交配)	単一クローン 採種園	既存の採種 園種子
播種後 2 年 (a)	40,458	32,663	25,920
播種後 3 年 (b)	377,519	304,784	219,588
計	417,977	337,447	245,508
対照：実生 (c)	60,687	48,994	35,299

(a) 台木に使用しなかった幼苗と使用済みの台木から得られる実生本数

(b) さし木増殖で得られるさし木苗本数

(c) 従来の生産で得られる実生苗本数

小型の採種母樹を対象とした種子生産システムの構築(黒丸・錦織 1994): 採種母樹を小型化することにより, 着果枝の環境条件を均一化でき, さらにビニールハウス等での環境制御を可能にする。(小型化の利点は, 採取作業の安全性, 新たな材料への更新が容易などである。さらに従来の結実促進技術等を併用し, 少量種子を計画的に採取できる。)

いずれにしても, 上記のシステム構築のため, 事業的なさし木苗生産のための基盤整備(施設, 技術研修, 流通)を急ぐ必要がある。また, 上記のシステム構築は, グイマツ雑種F₁のブランド化を促進することになり, それらの系統管理を適正に実施するためのDANマーカー開発も進める必要があろう。

謝 辞

本研究を進めるにあたり, ご理解, ご協力いただいた元北海道山林種苗協同組合業務課長田畑宏昭氏, 同組合業務参事三浦廣幸氏をはじめ, (有)佐々木産業社長佐々木雅昭氏, 清川事業所所長佐藤忠雄氏, ならびに社員の皆様, 資材提供していただいた日本甜菜製糖株式会社および道立林業試験場の育種科, 管理科の関係職員各位に謝意を表す。

引用文献

- Armson K.A., M. Fung and W.R. Bunting: 1980 Operational rooting of Black Spruce cuttings. J. For.341-343
- Balisky A.C., P. Salenius, C. Walli and D. Brinkman 1995 Seedling roots and forest floor: misplaced and neglected aspects of British Columbia's reforestation effort?. For. Chron.71:59-65
- Carter K. K. 1984 Rooting of Tamarack cuttings. For. Sci. 30:392-394
- Dekker-Robertson D.L., and J.Kleinschmit 1991 Serial propagation in Norway spruce(Picea abies L.Karst.):Results from later propagation cycles. Silvae Genet. 40:202-214
- Edson, J. L., D.L.Wenny, L.Fins, and L.W. Roberts. 1996 Growth and form of western larch stecklings :plagiotropism and reiteration. Can. J. For. Res. 26:1273-1283
- Farmer R.E., J.T. Durst, Deng Shaotang and Yang Jun-Tao 1992 Effects of clones, primary ramets and age of stock plants on Tamarack rooting. Silvae Genet.41:22-24
- Foster G.S., C.C.Lambeth and M.S.Greenwood 1987 Growth of loblolly pine rooted cuttings compared with seedlings. Can. J. For. Res.17:157-164
- 顧 万春 1996 中国におけるクローナルフォレストリー 第2回林木遺伝育種セミナー クローナルフォレストリー 21世紀の新たなクローン林業をめざして (8 20)8p 社団法人林木育種協会
- Hamaya T., and A.Kurahashi 1981 Breeding of larch by species hybridization in Japan. IUFRO World Congress Proceed. Div.2:157-168
- 北海道(水産林務部森林整備課)1998 平成10年度 北海道林業種苗生産計画ならびに需給について
- 北海道(水産林務部森林整備課)2001 平成13年度 北海道林業種苗生産計画ならびに需給について
- 北海道山林種苗協同組合・道立林業試験場 2001 グイマツ雑種F₁幼苗からのさし木増殖の手引き 14p 北海道
- 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。さし木発根の内的条件に関する研究 林試研報214:77 109
- 板鼻直栄・丹藤 修 1995 グイマツF₁のさし木 日林北支論43:134 136
- John A. 1979 Propagation of Hybrid larch by summer and winter cuttings.

Silvae Genet.28:5-6

- Johnsen, O. 1985 Successive bulk propagation of juvenile plants from full-sib families of Norway spruce. For. Ecol. Manage. 11:271-282
- 川村忠士 1987 カラマツの夏ざしにおける採穂台木の発根性とさし付け時期の影響
日林東北支誌39 : 70 71
- 川村忠士 1988 カラマツの材質優良木クローンと13年生採穂台木におけるさし木発根性の違い
日林東北支誌40 : 86 87
- 黒丸 亮・高橋幸男・畠山末吉 1985 グイマツ雑種F₁の交配組合わせ能力 96回日林論 281 282
- 黒丸 亮 1991 組織培養による優良グイマツ雑種F₁の増殖 北海道の林木育種34(1): 11 16
- 黒丸 亮・錦織正智 1994 グイマツ雑種F₁の大量増殖 技術開発の現状と課題 北海道の林木育種37(1): 8 14
- 黒丸 亮・来田和人 1999 グイマツ雑種F₁のさし木増殖 台木の樹齢による発根率の変化 第110回日林学術講 266 267
- 黒丸 亮・来田和人 2000 グイマツ雑種F₁のさし穂台木の樹齢による発根後の生育のちがい 第111回日林学術講 255
- 黒丸 亮・来田和人 2001 グイマツ雑種F₁の幼苗からのさし木増殖 さし付け当年の床替えによる得苗率の向上 第112回日林学術講 251
- McGranahan M.F., N.M.G.Borrhalho and B.L.Greaves 1999 Genetic control of propagation effects and the importance of stock plant age and source on early growth in cuttings of *Pinus radiata*. Silvae Genet.48:267-272
- 前田千秋 1978 スギの個体内変異の利用 林木の育種108 : 1 4
- 宮木雅美 1990 ハイブリッドカラマツの改良 北海道の林木育種33(1) 7 - 12
- 水井憲雄・森田健次郎 1967 カラマツのサシキ試験 I A A , N A A の影響 日林北支講16 : 78
- Morgenstern E.K. 1984 Clonal selection in *Larix laricina*. I. Effects of age, clone and season on rooting cuttings.Silvae Genet.33:4-5
- 永田義明 1997 王子製紙(株)森林資源研究所栗山研究室 林木育種事業・研究最近の取り組み(挿木によるG L F₁苗木の生産)北海道の林木育種40(2): 20 21
- 岡田滋 1969 カラマツさし木試験 日林誌49 : 316 320
- 大島紹郎・黒丸 亮 1995 グイマツ雑種F₁の材質における特性 日林論106 : 297 298
- 大島紹郎 1996 グイマツ雑種F₁の優良品種の開発と普及 林業技術652 : 20 22
- Park Y.S. 1987 Genetic variances among clonally propagated populations of tamarack and the implications for clonal forestry. Can. J. For. Res. 17:1175-1180
- Power, A.B., R.S.Dodd, and W.J. Libby 1998 Cyclophysis and topophysis in Coast Redwood stecklings. I Rooting and nursery performance. Silvae Genet. 37(1):8-14
- Ritchie, G.A., Y.Tanaka, R.Meade, and S.D.Duke 1993 Field survival and early height growth of Douglas-fir rooted cuttings: relationship to stem diameter and root system quality. For. Ecol. Manage. 60:237-256
- Ritchie, G.A., J.W.Keeley, and P.A.Ward 1997 Effects of shade and root confinement on the expression of plagiotropic growth in juvenile-origin Douglas-fir rooted cuttings. Can. J. For. Res. 27:1142-1145
- Ritchie, G.A. 1996 Operational use of vegetative propagation in forestry: World overview

- of cloning and bulking In: Landis, T. O.; South, D.B, tech. coords. National proceedings, forest and conservation nursery associations. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-389. Portland
- Ross S.D 1975 Production, propagation and shoot elongation of cuttings from sheared 1-year-old Douglas-fir seedlings. For. Sci.21:298-300
- 清水 一 1988 グイマツ雑種F₁の生長の家系間変異 林木の育種「特別号」: 33 35
- Stelzer H.E., G.S.Foster, B.Shaw and J.B. McRae 1998 Ten-year growth comparison between rooted cuttings and seedlings of loblolly pine. Can.J.For.Res. 28:69-73
- 高橋延清・柳沢聡雄・久保田泰則 1968 雑種カラマツの生産と利用 180 p 北海道林木育種協会
- Timmis R., G.A. Ritchie and G.S. Pullman 1992 Age- and position-of-origin and rootstock effects in Douglas-fir planntlet growth and plagiotropism
- Tousignant D., M.Villeneuve, M.Rioux and S.Mercier 1995 Effect of tree flowering and crown position on rooting success of cuttings from 9-year-old black spruce of seedling origin. Can.J.For.Res.25:1058-1063
- 植田幸秀 1996 精英樹の実生苗からの採穂圃造成によるさし木造林 第2回林木遺伝育種セミナー クロナルフォレストリー 21世紀の新たなクロン林業をめざして (31 36) 58 p 社団法人林木育種協会
- van den Driessche, R. 1997 Growth and wood quality of Sitka spruce clones and seedlings and levels of spruce weevil attack. Can. J. For. Res.27:1434-1441
- Weber J. 2000 Operational rooted cuttings in Southern pines. In: Dumroese R.K.;Landis T.D., technical coordinators. Forest and Conservation Nursery Associations. 2000 National Proceedings.
- Wingmore B.G. and J.H. Woods 2000 Cultural procedures for propagation of rooted cuttings of Sitka Spruce,Western Hemlock, and Douglas-fir in British Columbia. Res.Br., B.C.Min.For., Victoria,B.C.Work. Pap.46

Summary

To confirm an operational procedure of propagating the hybrid larch (*Larix gmelinii* × *L. leptolepis*)F₁ by rooted cuttings of juvenile plant stocks, some of basic factors of stock plants and effective techniques on nursing were examined (1) age of stock plants, 2) an applicability of basic methods, 3) techniques for taking, sticking and rooting cuttings, 4) transplanting season 5) field trials). And then, 6) an optimum procedure on the results was operationally tried. Results were as follows. 1)The results indicated a clear tendency of maturation. The older stock plants were , the lower rooting rate, the more plagiotropic, and the smaller plant size. 2) To use two-year-old seedlings as stocks(about ten cuttings could be taken per stock), rooting rate was more than 90%, and responses were almost the same between stocks. 3)To use two-year-old seedlings as stocks, yield rate of rooted cuttings was almost not influenced by cutting position in a stock, sticking depth and cutting length. The amount of sticking work could be shortened to two-third by omitting to strip needles from the basal part of the cuttings, the omitting had no bad influences for growth of rooted cuttings. By about 80 days after setting cuttings, almost cuttings

had adventitious roots in the greenhouse. 4) The time of transplanting rooted cuttings from beds (paperpots) to a nursery should be on summer of the first year of sticking, then higher yield rate obtained than that on spring of the second year. So the time of setting cuttings and setting stock plants in a greenhouse should be the first of May, March, respectively. Rooted cuttings should be transplanted with bare roots without paperpots thereby developing of roots down. 5) In height at five years after outplanting there were no differences between cuttings and seedlings. 6) On an optimum procedure on the results, 5,064 cuttings were stuck from 470 stocks and 3,469 rooted cuttings capable to out planting (68.5% of stuck cuttings) were yielded, and direct cost based on wages and materials cost was 62 yen per one rooted cutting. Thus, the procedure established in this study represents an effective means to supplement the demand of plant materials and resistered excellent families of hybrid larch.

Keywords: hybrid larch, propagation, cutting, age, plagiotropism.

付 表 グイマツ雑種F₁さし木苗のコスト試算の根拠(2000年さし付け、2001年秋掘取りまでの結果)

区 分	作業区分	項 目	資材名等	数量・人工	単 位	単 価	金 額	備 考	
資材費	さし穂台木	幼苗	グイマツ雑種F ₁	510	本	15	7650		
		植付用ポット	ビニールポット	510	個	2.5	1275		
		植付用用土	土壌	109	リットル	1	109	0.66リットル/ポット	
				火山灰	109	リットル	4.5	490.5	混合比
				ピートモス	109	リットル	16	1744	土火山灰ピートモスパーク
				パーク	36	リットル	1.3	46.8	3:3:3:1
		施肥	硫酸(2回)	0.8	kg	37.5	30	400g/回	
			液肥(グリーンパワー2回)	0.2	リットル	2700	540	100g/回	
		保温用トンネル	ビニールシート	10	m	83.3	833	保温用	
	さし付け	ペーパーポット	F S 504(130穴)	39	冊	119.9	4676.1		
		挿し床用用土	ピートモス	300	リットル	16	4800	混合比	
			パーミキュライト	300	リットル	30	9000	ピートモスパーミキュライト鹿沼土	
			鹿沼土	100	リットル	41.7	4170	60:60:18	
			施肥・消毒	消毒液(オーソサイド6回)	0.3	リットル	2600	780	50mg/回mg
				液肥(グリーンパワー2回)	0.1	リットル	2700	270	60mg/回
			灌水用資材	塩ビパイプ	6	m	100	600	耐用年数8年
				穴あき散水ホース	20	m	187.5	3750	耐用年数8年
			ポット台	スノコ	8	枚	829.5	6636	耐用年数10年
			雑菌防止資材	殺菌シート	30	m	222	6660	
		ポット用ケース	サンテナー	39	個	128	4992	耐用年数10年	
		日除防止資材	寒冷紗	25	m	50	1250	耐用年数8年	
	床替え	基肥等(当年)	魚かす(オールフィッシュ)	13	kg	127.5	1657.5	120kg/1000m ²	
			硫酸	2.1	kg	37.5	78.75	20kg/1000m ²	
			硫酸カリ	2.1	kg	59	123.9	20kg/1000m ²	
			マグホース	2.1	kg	229.5	481.95	20kg/1000m ²	
			オーゼライト	2.1	kg	91.4	191.94	20kg/1000m ²	
			ダイアジノン	0.1	kg	206.7	20.67	60kg/1000m ²	
			追肥等(当年)	硫酸(1回)	0.8	kg	37.5	30	860g/回
				切わら(1回)	200	kg	8	1600	
			追肥(次年)	硫酸(1回)	0.8	kg	37.5	30	860g/回
			資材費計					64517.11	
	労務費	さし穂台木	用土調整、土詰、植付		5.1	時間	825	4207.5	
				保温用トンネル設置、灌水	2	時間	825	1650	
			灌水除草温度管理	15	時間	825	12375		
さし付け		用土調整、ポット詰め、灌水		7.5	時間	825	6187.5		
		採穂・さし付け		15.2	時間	825	12540	さし穂の摘葉を省略	
		さし付け後の管理	灌水・トンネル設置	3	時間	825	2475		
			消毒液散布(6回)	1.5	時間	825	1237.5		
			除草(1回)	2.5	時間	825	2062.5		
			追肥(1回)	2	時間	825	1650		
			幼苗掘取	25	時間	825	20625		
床替え		床作り(耕耘・床上げ)	トラクター	1	時間	5000	5000		
		床替え	幼苗床替え	24	時間	825	19800		
		床替床管理(当年)	灌水(3回)	6	時間	825	4950		
			除草(3回)	6	時間	825	4950		
			追肥(1回)	2	時間	825	1650		
			寒冷紗被覆(1回)	3.5	時間	825	2887.5		
			寒冷紗除去(2回)	2	時間	825	1650		
			切わら敷き	8	時間	825	6600		
			床替床管理(次年)	除草(4回)	8	時間	825	6600	
				灌水(2回)	2	時間	825	1650	
			追肥(1回)	2	時間	825	1650		
掘取・選苗		成苗の掘取・選苗・仮植		35	時間	825	28875		
		労務費計					151272.5		
合計						215789.6			