

## クリーンラーチ挿し木苗の得苗率低下に影響する要因

今 博計\*・来田和人\*・黒丸 亮\*

### Factors affecting reduced productivity of hybrid larch (*Larix gmelinii* var. *japonica* × *L. kaempferi*) cv. Clean Larch cutting propagation

Hirokazu KON\*, Kazuhito KITA\*, and Makoto KUROMARU\*

#### 要旨

クリーンラーチ挿し木苗生産における生産開始以来の得苗率の推移を行政資料から把握するとともに、得苗率低下の原因把握を目的として、全生産者を対象に、生産スケジュール、挿し木苗の発根等の生産実態を調査した。生産が始まった最初の2年間は、得苗率（成苗数/挿し穂数）は70%程度だった。生産者数が増加した2006年以降は、得苗率は30%まで落ち込んだ。得苗率の低下は、挿し床での育苗と苗畑への移植後の期間に生じていた。挿し付けは4月下旬から8月下旬まで長期間にわたって行われていたが、挿し付け時期は発根率と根量に影響しており、挿し付け時期が遅くなるほどそれぞれ減少した。根量の減少は、苗畑に移植した後の生存と成長にも影響していた。これらの結果から、挿し木苗生産の低下は、挿し付け時期の遅れによって生じていると考えられる。

キーワード：クリーンラーチ、発根率、緑枝挿し、移植、栄養繁殖

#### はじめに

北海道立総合研究機構林業試験場は、北海道山林種苗協同組合と北海道水産林務部林務局森林整備課と共同でグイマツ雑種F<sub>1</sub>の挿し木増殖技術を開発し、2002年と2011年の2回にわたり生産の手引きを作成した（北海道山林種苗協同組合・北海道立林業試験場2002, 北海道水産林務部・北海道立総合研究機構林業試験場2011）。2004年から始まったクリーンラーチ（グイマツ雑種F<sub>1</sub>の優良家系）の挿し木苗生産はこの手引きに基づいて行われており、生産数は年々増加し2019年には約16万本に達した。しかし、挿し付けた穂のうち成苗まで育った割合（得苗率）は20~30%の水準に留まるなど、生産性が低迷している。そのため、挿し木苗生産を取りやめる生産者も現れ始めている。需要の高いクリーンラーチ苗木を増やすためには、得苗率の低下をもたらす要因を明らかにして、生産者へ改善策を提示することが喫緊の課題となっている。

北海道でのクリーンラーチの挿し木苗生産は、カナダ北東部で開発されたハイブリッドカラマツの挿し木生産技術を参考に、3年かけて行っている（Morgenstern 1987, 黒丸・来田

2003, Tousignant et al. 2007a, b)。1年目は挿し穂を採る母株（以下、挿し穂台木と呼ぶ）として用いる実生幼苗を育成している。現在、胆振管内の生産者がクリーンラーチの実生幼苗の生産を担っており、ここで育てられた1年生幼苗が2月に挿し木苗生産者に配布されている。2年目は挿し穂台木の育成と採穂、挿し付け、発根、床替えまでの育苗が行われる。挿し木用土は、ピートモス、パーミキュライト、鹿沼土等を配合したものが使われ、挿し床にはプラスチック製の育苗箱を用いている。挿し付ける穂は伸長中の新梢であり、育苗箱を農業用ハウスやハウスに設置したトンネル内に置き、穂を3カ月間ほど育て発根させる。発根した幼苗は8月下旬から11月に育苗箱から掘り取り発根苗が選別される。発根苗は苗畑に床替えるか、もしくは床替えせずに育苗箱に戻し越冬する。3年目は、雪融け後、育苗箱で越冬した発根苗の苗畑への床替え作業が行われる。床替え苗は秋もしくは翌年の春に掘り取って出荷する。なお、生育が悪く出荷サイズに達しない苗については、さらに1年間育成される。

クリーンラーチ挿し木苗の得苗率低下に影響する主な要因は発根にあると考えられてきた。クリーンラーチの挿し付け

\* 北海道立総合研究機構林業試験場 Forestry Research Institute, Hokkaido Research Organization, Bibai, Hokkaido 079-0198

[北海道林業試験場研究報告 第58号 令和3年3月, Bulletin of the Hokkaido Forestry Research Institute, No. 58, March, 2021]

当年秋における根の乾燥重量は0.1g程度であり（来田ら2019）、実生幼苗と比べて根系の発達が貧弱である。一般に、挿し木苗の根量が少ないと、苗畑に植栽した後の生存率が低下するため（米道ら2018）、苗生産にあたっては発根率だけでなく発根量も重要である。ヨーロッパカラマツの挿し木で炭素の動態を調べた研究によると、根に含まれる炭水化物の83～90%が挿し付け後の光合成産物に由来しているとされ（Pellicer et al. 2000）、挿し木は光合成をしながら稼いだ資源を根の形成に投資している。クリーンラーチでは挿し付けが5～8月の長期間に及ぶが、挿し付け時期が遅いほど生育期間が短くなるため、発根率が低下したり根量が少なくなる可能性がある。また、根量の低下が苗畑への床替え後の活着率や成長量を下げ、結果的に得苗率を下げているのかもしれない。

そこで本研究では、クリーンラーチ挿し木苗生産の得苗率低下の要因を明らかにすることを目的に、2つのアプローチにより取り組んだ。1つは、得苗率の低下が育苗過程のどの段階にあるのかを把握するため、挿し穂台木の育成から苗畑での育苗まで挿し木に関する行政資料の整理を行った。もう1つは、挿し付け時期が得苗率の低下に影響しているか検証するため、全生産者を対象にした生産スケジュールの聞き取り、挿し床と床替え床での成績調査、一部の生産者での発根調査を行った。

## 調査方法

### 1. 挿し木育苗過程における評価

苗木生産の失敗が育苗過程の2年目から3年目のどの段階で生じているかを把握するため、配布された挿し穂台木数

(a)、採穂した挿し穂台木数 (b)、挿し穂数 (c)、床替数 (d)、苗畑への床替数 (d'), 裸苗の成苗数 (e) について、北海道水産林務部林務局森林整備課が保管する「クリーンラーチ生産と山出し実績集計表」を整理し、以下の5つの項目を評価した（表-1）。

- A：台木使用率 (b/a)
- B：台木1本当たりの採穂数 (c/b)
- C：床替率 (d/c)
- D：苗畑床替え後の得苗率 (e/d')

Aは挿し穂台木の育成環境、特に水分管理や病虫害管理の適切性、Bは挿し穂台木の育成環境、特に植栽密度や栄養条件の適切性、Cは挿し付け後の挿し床管理の適切性、Dは苗畑における育成の適切性の評価を示す。2013年春から、幼苗の一部をコンテナに移植して育てるコンテナ苗生産が始まったが（2014年春出荷）、ここではクリーンラーチ苗生産の主流である苗畑に焦点をあてるため、裸苗を対象に解析した。なお、一部の生産者では2年生以上の挿し穂台木（多年生台木）を利用して生産が試みられているが、成苗にほとんど至っていないことから、集計では、1年生台木を利用した挿し木苗生産のデータのみを扱った。

データは生産が始まった2004年春の台木配布から2019年春の山出しまでの期間を集計した。

### 2. 生産実態調査

生産者ごとの詳しい生産実態を把握するため、2017年に挿し木生産を行った全17者を対象に、育苗2年目2月における台木の配布から3年目5月の床替えまでの各育苗工程で扱った時期、数量について聞き取り及び現地調査を行った（表-

表-1 クリーンラーチ挿し木苗生産の年別の生産経過一覧

台木配布年	生産者数 (者)	配布台木数 (a) (本数)	使用台木数 (b) (本数)	挿し穂数 (c) (本数)	床替数*1 (d) (本数)	苗畑床替数 (d') (本数)	裸苗成苗数*2 (e) (本数)
2004	1	500	500	5,330	5,059	5,059	3,985
2005	2	2,150	2,143	23,124	21,546	21,546	15,200
2006	12	3,100	2,794	26,800	21,529	21,529	8,194
2007	11	5,048	4,367	57,468	44,584	44,584	21,433
2008	15	8,450	7,279	89,879	66,765	66,765	31,150
2009	12	14,400	13,211	177,849	135,514	135,514	57,532
2010	12	20,300	20,250	269,395	153,748	153,748	64,910
2011	14	19,446	19,088	224,740	140,635	140,635	64,310
2012	15	22,013	21,684	266,508	143,650	143,650	48,428
2013	21	36,850	30,503	469,470	239,405	239,405	90,280
2014	17	48,750	44,713	551,372	298,443	298,443	114,380
2015	17	36,650	34,825	360,720	272,579	258,450	110,160
2016	17	43,050	35,789	467,513	295,577	244,877	141,810
2017	17	44,850	-	505,730	271,020	150,120	52,850
2018	16	44,000	-	734,221	332,429	190,531	89,810

\*1 苗畑とコンテナに床替えした本数

\*2 苗木生産者が振興局へ提出している得苗数（見込み本数）であり、出荷本数ではない。

表-2 挿し木苗生産における聞き取り内容

項目	内容
(1) 挿し穂台木と挿し付け時期	移植先, 移植時期, ハウス内での暖房使用, 苗畑での植栽密度, 挿し付け日, 挿し付け本数
(2) 床替	堀取り選苗時期, 幼苗の保管場所, 床替え時期

表-3 生産実態調査の概要

生産地域	生産者	生産調査	挿し床		床替床	備考
			発根・頂芽形成の推移	生育終了期の成績	生存成績	
道央	A					※1
道央	B	○	○	○	○	
道央	C	○		○	○	
道央	D	○	○	○	○	
道北	E	○		○	○	
道北	F	○	○	○	○	
道東 (オホーツク)	G	○		○	○	
道東 (オホーツク)	H	○		○	○	
道東 (オホーツク)	I	○				※2
道東 (オホーツク)	J	○		○	○	
道東 (オホーツク)	K	○		○	○	
道東 (オホーツク)	L	○		○	○	
道東 (十勝・釧路)	M	○		○	○	
道東 (十勝・釧路)	N	○				※3
道東 (十勝・釧路)	O	○	○	○	○	
道東 (十勝・釧路)	P	○		○	○	
道東 (十勝・釧路)	Q	○		○	○	

※1, 調査協力が得られなかった。

※2, 多年生台木から挿し木を実施していたため, 得苗等の解析から除外した。

※3, コンテナ容器で挿し木をしていたため, 得苗等の解析から除外した。

2)。なお, 1者からは回答が得られなかった(表-3)。

#### (1) 挿し穂台木の育成と挿し付け時期

現在, 挿し穂台木は2通りの方法で育成されている。台木をポットに移植し農業用ハウスで育てる方法と, 台木を苗畑に移植し育てる方法である。育成方法は, 各生産者の生産スケジュールにあわせて選ばれているが, 採穂までの育成日数については明確でない。ここでは採穂までに要する育成日数を把握するため, 育成日数と移植時期, 移植先, ハウスでの暖房使用との関係を調べた。また, 12者については前年の2016年の移植時期, 移植先, 採穂までの育成日数についても記録が得られたので解析に含めた。なお, 解析では挿し穂の採取長が他の生産者に比べて極端に短かった1者については除外した。

挿し穂となる一次枝の成長は, 隣接する台木との距離に影響を受けるため, 苗木の密度は挿し穂として利用できる枝数の減少要因となりうる。ポット苗では育成段階に応じて密度

を調整できるが, 苗畑では調整できない。そこで苗畑における適切な台木の植栽密度を把握するために, 密度と台木1本当たりの採穂数との相関関係を求めた。

また, 挿し付けの時期別数量を把握するため, 挿し付け日と挿し付け本数を聞き取りした。

#### (2) 床替え

床替えは挿し付け当年の8~9月もしくは翌年の4~5月に行われる。床替え時期が早いほど, 得苗率は向上するが(黒丸・来田2003), 寡雪地域では秋に床替えを行うと冬季の土壌の凍上により苗の倒伏が発生する可能性が高い。現在, 生産者がいつ床替えをしているのかを把握するため, 床替え時期, 堀取り選苗時期, 幼苗の保管場所について聞き取りした。

### 3. 一部生産者における成績調査

#### (1) 挿し床での発根・成績調査

挿し付け時期が発根に及ぼす影響を把握するため, 2017年

6月下旬から8月上旬に挿し付けた穂の発根状況を継続的に調べた。調査は道央のD生産者（挿し付け日：6月28日）、道北のF生産者（7月20日）、道東のO生産者（7月26日）、道央のB生産者（8月10日）の各施設で行った。なお、挿し穂台木の育成は、D生産者とF生産者はハウス、O生産者とB生産者は苗畑で行っていた。まず、各施設で育苗箱を1つ選び、箱内の挿し穂を行列番号により識別した。1箱あたりの挿し穂数は100本前後であり、その内40本を調査対象とした。穂の抜き取りは根を痛めないよう、ピンセットや薬匙等を使って行った。観察後は育苗箱に埋め戻し灌水した。また、穂の伸長の停止と発根の関係を調べるため、穂先の頂芽形成の有無についても記録した。これらの調査は、挿し付け4週間後、6週間後、8週間後、10週間後を目処に行った（ただし、14日おきではなく数日の誤差がある）。挿し付け時期が発根に及ぼす影響は、挿し付けから56日目（8週間後）の発根率を比較して評価した。なお、51日目で調査を打ち切ったD生産者では、37日目から51日目までの発根率の傾きから56日目の発根率を推定した。

また、生育終了期の挿し床での成績を把握するため、1年生の挿し穂台木を用い育苗箱で挿し木生産を実施していた14者（表-3）を対象に成長調査を行った。2017年10月から11月に、各生産者において1つの育苗箱から無作為に50本を選び苗長と根元径を測定した。また、根量の測定を行うため、10本を掘り取り実験室に持ち帰った後、茎葉（T）、根（R）に切り分け、乾燥機において80℃で3日間乾燥させた後、それぞれの部位の重量を計測しT/R率を求めた。挿し木幼苗（1年生）のT/R率の評価は、宮崎（1966）が報告したカラマツ実生苗（1年生）のT/R率と比べることで行った。挿し付け時期が根量に及ぼす影響については、挿し付け日と生育終了期の根の平均乾燥重量との相関関係から評価した。また、根の平均乾燥重量と床替率との相関関係も求めた。なお、床替率データが得られなかった2者については、相関分析から除外した。

(2)床替後の成績調査

苗畑に床替えた後の成績を把握するため、(1)で根量の測定を行った14者を対象に、苗木の根量調査と、苗木の生存・成長調査を行った。対象は2016年に挿し付けられ2017年4月から6月に苗畑に床替えられた苗木である。2016年5月から6月に、各生産者において床替え後の苗畑に調査区を設定し、苗木50本の苗長と根元径を測定した。また、根量調査のため、調査した50本とは別に苗木10本を掘り取った。生育終了期の10月から11月には、春に調査した50本の生存確認と、苗長、根元径の測定を行った。また、根量調査のため、50本の中から10本を無作為に選び掘り取った。各調査時に掘り取った苗は、実験室に持ち帰った後、茎葉、根に切り分け、乾燥機によって80℃で3日間乾燥させた後、重量を計測しT/R率を求めた。

春の床替え時の根量が生育終了期の得苗に及ぼす影響を明らかにするため、床替え時の根の平均乾燥重量と出荷基準を満たした規格苗（苗長30cm、根元径6mm以上）の本数割合との相関関係を求めた。

結果

1. 挿し木育苗過程における評価

挿し木苗の生産者数は、実証試験を兼ねていた生産開始1～2年目（2004～2005年）までは2者であったが、本格的な事業化が図られた3年目から急増し2013年には21者に達した（表-1）。調査を実施した2017年は17者、2020年現在では18者が生産を行っている。挿し穂台木の配布数も当初は数千本であったが、徐々に増加し2013年以降は4万本前後で推移していた。こうした状況の中、台木使用率は80%を越える水準で推移しており、集計データのある2004年から2016年までの13年間の平均（±標準偏差）では92.6±6.4%であった（図-1）。また、台木1本当たりの採穂数は、13年間の平均（±標準偏差）で12.2±1.5本であり、年変動はあるものの2007年以降はほとんどの年で目標の12本（北海道水産林務部・北海道立総合研究機構林業試験場2011）を越えていた。

一方、床替率は生産開始2年目までは90%台だったものの、3年目に80%台、4～6年目には70%台、7年目には60%を下回っており、年々低下をたどった（図-2）。2018年の床替

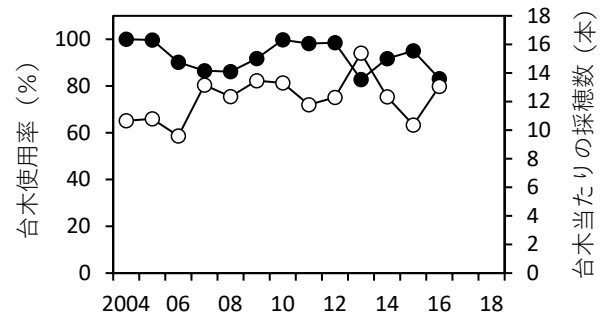


図-1 台木使用率（●）と台木当たりの採穂数（○）の推移

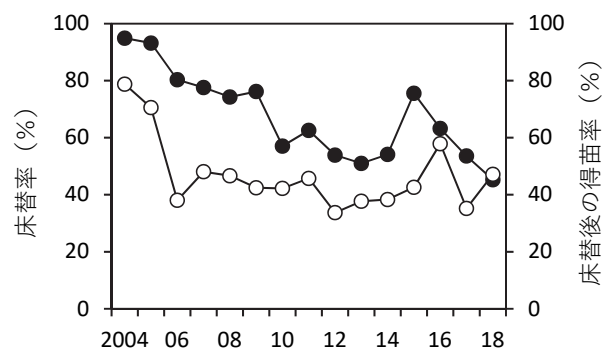


図-2 床替率（●）と苗畑への床替後の得苗率（○）の推移  
横軸は台木配布年であり、その台木から採穂された苗の床替率と得苗率を示している。



率は過去最低の45.3%に達していた。また、苗畑床替え後の得苗率は、生産開始2年目までは70%台だったが、3年目に急減していた(図-2)。3年目以降の得苗率は33.7~57.9%の範囲にあり、平均(±標準偏差)は42.8±6.5%だった。

2. 生産実態調査

(1) 挿し穂台木

挿し穂台木の移植先は、2016年は苗畑が6者、ハウスが6者であり、ハウスの内1者は暖房を用いていた。2017年の台木の移植先は、苗畑が7者、ハウスが9者(内、暖房使用が1者)だった。移植時期はハウスでは2月中旬から4月下旬に行われ、苗畑では4月上旬から5月上旬に行われていた(図-3)。ハウスでは、台木は全生産者とも農業用ハウスのトンネル内に置かれ、保温のためフィルムやシートで覆って管理されていた。暖房を用いた加温育成では移植から採穂までの日数は2016年が61日、2017年が71日だったが、同時期(3月5日~3月15日)に移植後、加温せずに育成した場合は平均99.5日(最短90日、最長115日)を要しており、加温による育成期間の短縮効果は大きかった(図-3)。また、4月中旬(4月13日と4月20日)に移植しハウスで育てた場合は、移植から採穂までの日数は平均52.0日と最短だった。一方、苗畑で育てた場合は、移植から採穂までの平均日数は76.9日(最短66日、最長95日)と、最低でも2カ月以上かかっていた。

苗畑での挿し穂台木の植栽密度は、1㎡当たり16本から50本まで様々だった。台木の植栽密度と台木1本当たりの採穂数との関係は、密度が高くなるほど採穂数が減少する負の関係が認められた(図-4、相関係数 $r = -0.91, p < 0.01$ )。密度が20本/㎡以下の時は、14本以上採穂できたが、32本/㎡を越えると採穂数が目標の12本を下回っていた。

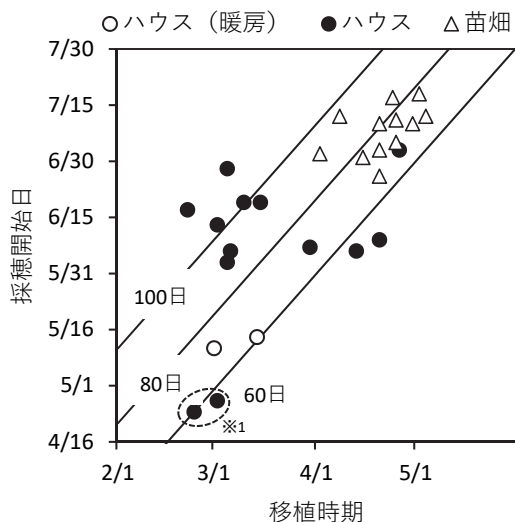


図-3 移植先別の挿し穂台木の移植時期と採穂開始日との関係

直線は移植から採穂までの育成日数を示す。  
※1、採穂が短い生産者の記録(2016年と2017年)

(2) 挿し付け時期と数量

挿し付け時期は4月下旬から8月下旬まで長期間にわたっていた(図-5)。生産者ごとの挿し付け期間は、最短が3日間、最長が73日間で平均では33日間であり、複数回にわたって採穂・挿し付けを行っていた。5月中に挿し付けていた生産者は2者、6月上旬に挿し付け始めた生産者も2者だけであり、残り11者の挿し付け開始時期は6月中旬以降だった。挿し付けの数量が増えるのは6月に入ってからで、7月上旬までに挿し付け本数全体の50.1%が挿し付けられていた(図-6)。

(3) 床替え

聞き取りを行った15者のうち、挿し付け当年に床替えしているのは2者だけであった。床替え時期は8月9日と9月9日である。13者は翌年の春に床替えていたが、7者が挿し床のまま越冬しており、越冬前に挿し床から苗木を掘り取り選苗していたのは6者だった。掘り取り時期は10月12日から12月10日であり、選別後の苗は育苗箱にもどして露地もしくは倉庫で越冬させていた。

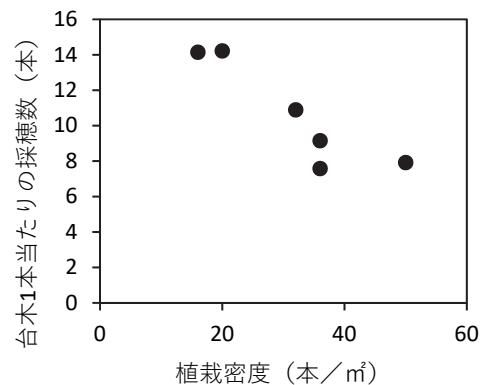


図-4 苗畑での植栽密度と台木1本当たりの採穂数の関係  
挿し穂台木を苗畑でのみ育成する6者を示す。  
2年生以上の挿し穂台木から挿し木している生産者は除く。

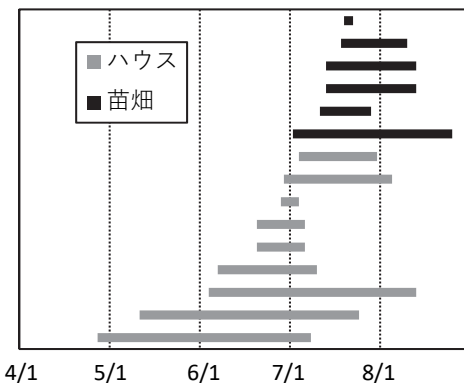


図-5 挿し穂台木の育成場所と挿し付け期間  
A生産者とI生産者を除く

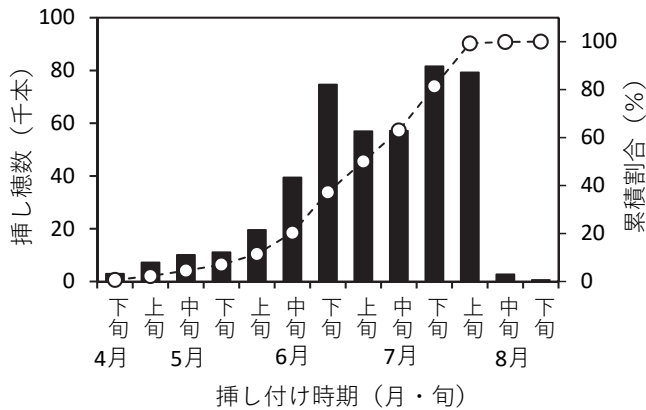


図-6 2017年の時期別の挿し穂数と累積割合  
A生産者と1生産者を除く15者分を集計(約44万本)

3. 一部生産者における成績調査

(1) 挿し床での発根・成績調査

挿し付けからの日数と発根率の関係を図-7に示す。挿し付け時期が早いほど、発根が早く始まる傾向が認められ、挿し付け56日目の発根率は、6月28日挿し付けで96.8%、7月20日挿し付けで75.0%、7月26日挿し付けで56.5%、8月10日挿し付けで37.8%であった。一方、頂芽形成率は、挿し付け

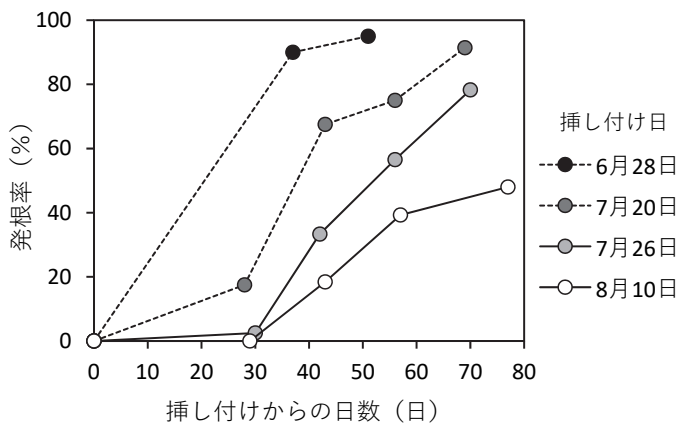


図-7 挿し付け時期の異なる穂の発根率の推移

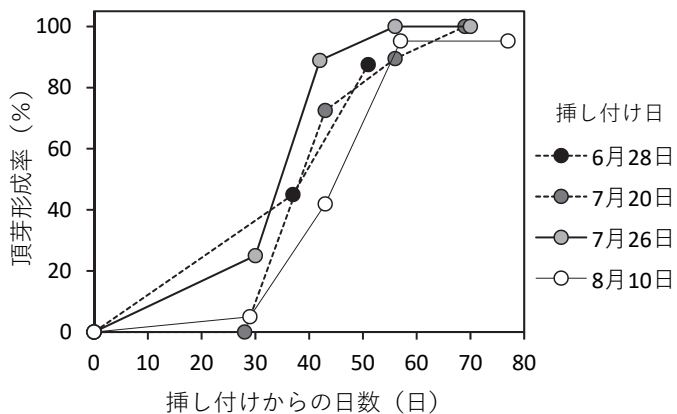


図-8 挿し付け時期の異なる穂の頂芽形成率の推移

時期に関係なく、同様の形成パターンを示し、挿し付け56日目には90%前後に達した(図-8)。

生育終了期(10~11月)の挿し床での苗の根量(乾燥重量)は、生産者間で大きくばらついた。一部の生産者では挿し床の管理に失敗し、発根に失敗したり根量が少なかったりしたが、全体の傾向としては、挿し付け時期が遅くなるにしたがって根量が少なくなった(図-9, 相関係数 $r = -0.69, p < 0.01$ )。また、各生産者の床替率(床替数/挿し穂数)は12.9~94.1%の範囲にあった。挿し床での苗の根量(乾燥重量)と床替率の間には有意な正の相関関係はなかったが(図-10,  $r = 0.35, p > 0.05$ )、根の平均乾燥重量が0.03g以下では、床替率が30%を下回っていた。

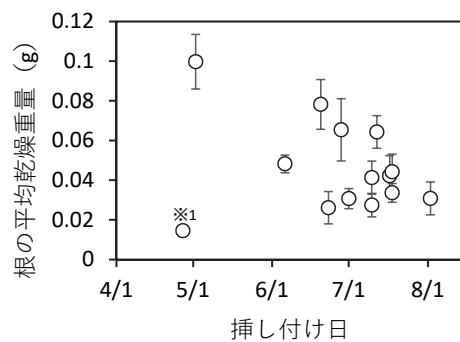


図-9 挿し付け日と生育終了期の根量との関係

\*1, 挿し床の管理に失敗したため、解析から除外した。

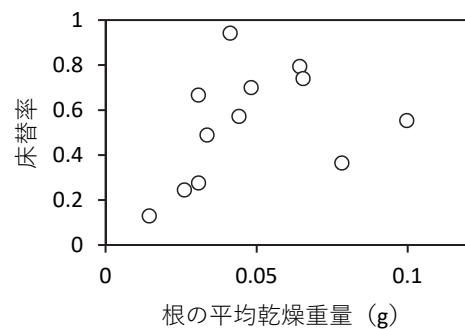


図-10 生育終了期の平均根量と床替率の関係

床替率が不明な2者は図示していない。

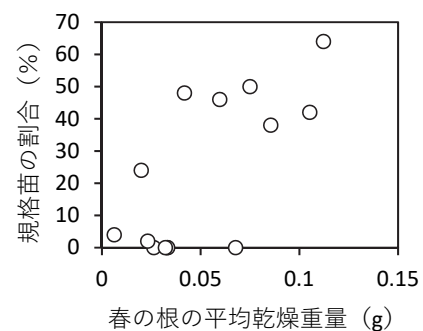


図-11 床替え時の根の平均乾燥重量と規格苗の本数割合との関係

## (2) 床替後の成績調査

床替え後の苗畑で生育終了期（10～11月）に苗長30cm、根元径6mmの出荷規格を満たした苗の割合は、春の床替え時の根量（乾燥重量）が少ないと低下する傾向を示していた（図-11、相関係数 $r = 0.72, p < 0.01$ ）。また、根の平均乾燥重量が0.04g以下では、ほとんど得苗が見込めなかった（ただし、1者だけ得苗率が24%に達した）。

生育終了期の床替苗（2年生）の地下部と地上部の乾燥重量の関係は、直線で近似でき（ $R^2 = 0.96$ ）、T/R率は苗木サイズに関わらず近似直線の傾き1.317に収束した（図-12）。一方、挿し木幼苗（1年生）では両者の関係はばらつきが大きく（ $R^2 = 0.72$ ）、T/R率は1.530であり、カラマツ実生苗（1年生）のT/R率1.256に比べると、地上部に対して根量が相対的に少ない苗が多かった。

## 考察

生産開始以来の得苗率の推移を行政資料から分析した結果、挿し穂台木の使用率は平均92.6%、台木1本当たりの採穂数は平均12.2本であり、いずれも高い水準にあった。このことから挿し穂台木の育成管理は適切に行われているといえた。一方、挿し穂のうち発根して苗畑等に床替えられた割合（床

替率）は、年々減少し2018年には過去最低の45.3%まで低下しており、挿し床での育苗が上手くいっていないことを示していた。また、発根苗を苗畑に床替えた後の得苗率も平均42.8%と低かった。以上から、育苗2年目と3年目の各段階で、それぞれ得苗率の低下を招く原因があると考えられるため、各段階における問題点と対策を以下に整理する。

## 1. 得苗率低下の原因

## (1) 挿し穂台木の育成と挿し付け時期

カラマツ類の緑枝ざしにおける挿し付け適期は、5月上旬から7月中旬にあるとされ、カナダ北東部ではこの期間中に複数回の採穂・挿し付けが行われている（Tousignant et al. 2007b）。また、挿し穂台木の育成は、5月上旬には挿し付けできるよう2月下旬からハウス内で開始されている。林業試験場が提案したクリーンラーチの挿し木苗生産においても、挿し穂台木の育成をハウス内では3月上旬から、苗畑では4月下旬から開始し、挿し付けを5月下旬から7月上旬の間に行うよう推奨してきた（北海道山林種苗協同組合・北海道立林業試験場2002、北海道水産林務部・北海道立総合研究機構林業試験場2011）。しかし、今回の生産実態調査の結果、7月上旬までに挿し付けた本数は全体の50.1%であり、約半数が適期を越えて挿し付けられていることがわかった。

挿し付け時期が7月中旬以降になる原因について、大きく二つのことが関係していると考えられた。一つは、挿し穂台木の育成方法である。聞き取り調査によると、複数の生産者では、ハウスで育てるよりも苗畑で育てた方が、穂の径が大きく良好な挿し穂を得ることができ、その後の成績が良くなると述べている。そのため挿し穂台木を苗畑に移植する生産者は半数ほどいた。しかし、苗畑での育成は雪融け後の4月下旬～5月上旬に始まるため、採穂できるのは7月上旬以降になっていた（図-5）。1回だけ採穂・挿し付けするのであれば、このスケジュールで問題はないが、ほとんどの生産者は、台木から芽吹いた穂を可能な限り採穂するため、挿し付け期間は30日以上にわたることも多く、結果として、7月中旬以降にも挿し付けが行われていた。ただし、挿し穂台木をハウスで育成した場合でも、7月頃から挿し付けを開始する生産者がいるなど、台木をハウスで育成する利点が生かされていないかった。

挿し付け時期が7月中旬以降になるもう一つの原因は、挿し付け作業を行う人員の問題である。クリーンラーチの挿し木苗の生産は、林業用種苗や緑化樹を育てる生産者が行っている。そのため挿し付け適期である5月から6月上旬は繁忙期にあたり、5月は山行き苗の出荷、床づくり、播種、カラマツ類の床替え、6月は出荷、トドマツ、アカエゾマツの床替えなどの作業に追われる。生産者によっては6月中旬頃から人員の余裕が生まれるが、それまでは挿し付け作業に労力を回せない状況が続く。実際、5月に挿し付けていた生産者

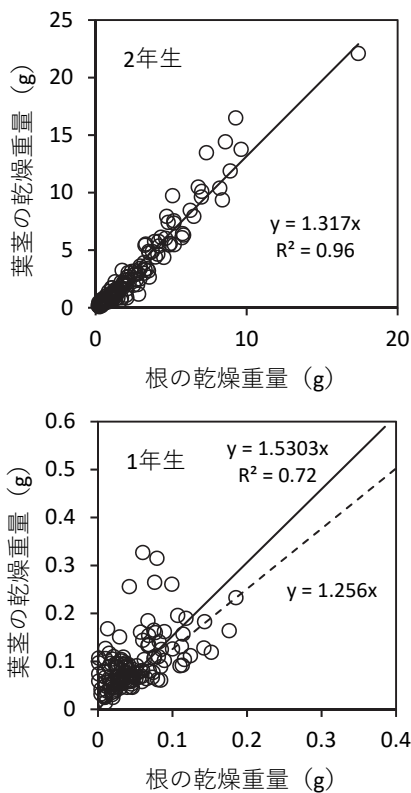


図-12 挿し木幼苗（1年生）と床替苗（2年生）の地上部と地下部の関係

1年生の図で示す点線は、1年生のカラマツ実生苗の地上部と地下部の関係（T/R率、宮崎1966）を示している。

は、ハウス内で暖房を用いた1者と採穂長が短い1者に限られ、挿し付けを6月上旬に開始した生産者も2者だけだった。また、繁忙期を避けて挿し付けていることは、台木の移植時期と採穂開始日との関係からも確認できる。例えば、4月中旬にハウスで育成開始した挿し穂台木では、移植から採穂までの日数は52日であり、6月上旬に挿し付けることができる(図-3)。したがって、3月上旬にハウスで育成開始した挿し穂台木では、少なくとも5月中には採穂可能な状態にあると考えられるが、実際に採穂されるのは移植から90日以上経過した6月上中旬であり、挿し付け時期をずらしているといえた。クリーンラーチの挿し木苗生産は、生産量の多い裸苗やコンテナ苗よりも後回しにされ、適期に挿し付けられないことで得苗率が低下し、そのことがさらに作業の優先順位の低下につながるという悪循環に陥っていると考えられた。

## (2) 床替え苗の根量

床替え後の得苗率(成苗数/床替数)は、床替え時期により違いがあり、挿し付け当年の8月上旬に床替えた場合では得苗率が66~71%であるのに対して、翌春4月下旬に床替えた場合では18~25%と大きく低下する(黒丸・来田2003)。そのため林業試験場では、当年夏に床替えるスケジュールを第一に推奨してきたが、床替えを挿し付け当年に行った生産者は15者のうち2者だけであった。生産者への聞き取りでも、多くの生産者は当年床替えすることで得苗率が上がることを理解していたが、当年8月から9月上旬に床替えを行うには、6月上中旬までに挿し付けを行う必要があるため、結果として翌春に床替える生産者が多数になっていると考えられた。

挿し付け翌春に床替えた時の得苗率は、床替え時点での根量が影響していて、根量が多いほど得苗率が増加した(図-11)。また、根量は挿し付け時期が遅いほど少なくなることから(図-9)、挿し付け時期が得苗率に影響しているといえた。一般に、カラマツ類では条件が良ければ挿し付け後8週後にはほとんどの穂が発根する(黒丸・来田2003)。今回の調査でも、6月28日に挿し付けた穂では、8週後には発根率が96.8%に達していた(図-7)。しかし、挿し付け時期が7月下旬を過ぎると、発根率の傾きが明らかに低下し、最終的な発根率も低下していた。これは9月を過ぎると気温が下がり、発根に適さない環境になることが原因と考えられた。また、発根しても生育期間が短くなるため、挿し付け時期が遅いほど根量も少なくなっていると思われる(図-9)。一方、挿し穂の頂芽形成は、挿し付け時期とは関係なく一定の時期が来たら形成しており(図-8)、穂の伸長が止まり頂芽を形成することと発根は連動していないことがわかった。

挿し木幼苗(1年生)の根量の少なさは、地上部重量との割合からも見ることができる(図-12)。一般に、地上部と地下部の重量比は樹種により一定になることが知られている(小田島1972, 佐藤1995)。今回の調査でも、床替床で1シー

ズン育成した挿し木苗(2年生)は、地上部と地下部への資源配分はバランスを保っていた。こうした資源配分が幼苗でも同じと仮定すると、挿し木幼苗(1年生)については、明らかに根の割合が少ないといえた。根量が少なくバランスが崩れた幼苗は、床替え後の活着率が低く、成長も抑制されるため、規格苗に達する割合が低くなると考えられた(図-11)。通常、生産者は発根した苗をすべて床替えするため、床替率は60%を保っていても、根量の少なさが原因で床替え後の得苗率が40%程度になっているのだろう。

## 2. 今後の対策

### (1) 挿し穂台木の育成

現状では、挿し付けを7月上旬までに終わらせることが、成績の向上に結びつくと考えられる。そのためには、挿し穂台木の育成から見直す必要がある。挿し付けを7月以降に行う生産者の多くは、挿し穂台木を苗畑で栽培している。もし、苗畑で挿し穂台木を育成するならばマルチやトンネルを使った促成栽培により解決できる可能性がある。苗畑栽培では、4月の台木移植から採穂までの平均日数は76.9日(最短66日, 最長95日)かかり、最低でも2カ月以上かかっているが、同時期にハウスで育てた場合は52日で採穂できる(図-3)。北海道の林業用樹種の苗をマルチやトンネルで育てた事例はほとんどないが、資材費用も安価なため事業的にも実行できる可能性がある。実際、上川地域の生産者では雪融け後すぐに苗畑のパイプハウスにフィルムを張って挿し穂台木を育成する促成栽培に取り組み、採穂時期の早期化に成功している。挿し穂台木の促成栽培については、今後検討すべき事項である。

苗畑での台木の植栽密度については改善の余地があった。一部の生産者では、台木の植栽密度をカラマツ幼苗の移植と同じように1m<sup>2</sup>当たり30~50本としていたが、密度が高くなることで台木1本当たりから得られる採穂数は減少してした(図-4)。今回の調査から、採穂数が最大になる台木の育成密度は20本/m<sup>2</sup>程度であり、側枝が伸長できる十分な空間を確保することが、台木の生産性を上げることにつながると考えられた。

### (2) 挿し床

苗畑での床替え後の成績低下は、根量が少ないことが影響していたが、それ以外の原因として、裸苗の状態で床替えしていることも影響していると考えられる。挿し床である育苗箱から苗を掘り取り苗畑へ移植する過程では、根の損傷が生じる。損傷を受けた苗は、床替え後の乾燥ストレスに弱く、活着や成長の低下につながる。こうした植え痛みによる問題は、セルトレイ(プラグ)を用いた挿し木により改善できる可能性がある。農業用資材には固化培土がトレイに収まったものが販売されており、中には挿し木用に挿し穴が空いたものもある。こうした資材を使うことで、選苗や移植時にかかる苗



のストレスを緩和でき、床替え後の成績が向上することが期待できる。実際、ねぎ、キャベツ、トマト、キュウリなど野菜苗のほとんどがセルトレイで栽培されており、裸苗を移植していた方法に比べて移植後の畑での活着が大きく改善している。ただ、野菜用のセルトレイは深さが45mmであり、現在挿し木で使用している育苗箱の深さ70~75mmに比べると浅く、クリーンラーチの挿し木にとって十分な深さ、容量なのか検討しなければならないが、こうした視点からの取り組みも必要になるだろう。

## 謝辞

本研究を実施するにあたり、北海道水産林務部林務局森林整備課保護種苗グループの齊藤智裕氏、柳谷奈緒氏、各（総合）振興局林務課職員には現地調査、試料の採取にご協力いただいた（所属は当時）。北海道山林種苗協同組合の出口隆氏、竹本諭氏には生産データの整理にご協力いただいた。厚くお礼申し上げます。本研究の一部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）、研究課題名：カラマツ種苗の安定供給のための技術開発（H28~30）」によった。

## 引用文献

- 北海道山林種苗協同組合・北海道立林業試験場（2002）グイマツ雑種F<sub>1</sub>幼苗からのさし木増殖の手引き. 14pp.
- 北海道水産林務部・北海道立総合研究機構林業試験場（2011）さし木増殖の手引き. 13pp.
- 来田和人・今博計・石塚航・黒丸亮（2019）グイマツ雑種F<sub>1</sub>優良家系「クリーンラーチ」のコンテナ挿し木育苗方法の開発. 森林遺伝育種 8 : 8-14.
- 黒丸亮・来田和人（2003）グイマツ雑種F<sub>1</sub>幼苗からのさし木増殖法. 北林試研報40 : 41-63.
- 宮崎榊（1966）図説・苗木育成法. 470pp. 高陽書院, 東京.
- MORGENSTERN, E.K. (1987) Methods for rooting of *Larch* cuttings and application in clonal selection. For. Chron. 63: 174-178.
- 小田島洸（1972）民営苗畑におけるカラマツ山行苗生産の慣行技術と苗木形質. 光珠内季報12 : 12-19.
- PEER, K.R. and GREENWOOD, M.S. (2001) Maturation, topophysis and other factors in relation to rooting in *Larix*. Tree Physiol. 21: 267-272.
- PELLICER, V, GUEHL, J-M, DAUDET, F-A, CAZET, M, RIVIERE, LM and MAILLARD, P (2000). Carbon and nitrogen mobilization in *Larix × eurolepis* leafy stem cuttings assessed by dual <sup>13</sup>C and <sup>15</sup>N labeling: relationships with rooting. Tree Physiol. 20: 807-814.
- 佐藤孝夫（1995）樹木の根系の成長に関する基礎的研究. 北林試研報32 : 1-54.
- TOUSIGNANT, D., LAMHAMED, M.S., COLAS, F., RIOUX, M., LEMAY,

P., and ROBERT, N. (2007a) New technological developments in cutting propagation for increased forest productivity in Quebec. Ministère des ressources naturelles et de la faune, Carrefour de la recherche forestière, Québec, Québec, Canada. 19-20 Sept. 2007, 6 p.

TOUSIGNANT, D., TREMBLAY, L., RIOUX, M., GUAY, JY., BONNEAU, A., and RIOUX, C. (2007b) Saint-Modeste Nursery. Field Trip Guide. Larix 2007: International Symposium of the IUFRO Working Group S2.02.07.

米道学・軽込勉・久本洋子・後藤晋（2018）アカマツ・アイグロマツ挿し木苗の発根指数と吸水量および植栽後の針葉発生数と生存・枯死の関係. 日録工誌43（4）：611-613.

## Summary

To understand the reason for reduced productivity of cutting propagation of Clean Larch, we examined the production schedules and rooting of cuttings in 16 nurseries. For the first two years of production, the rate of production of cuttings (the number of seedlings/cuttings) was approximately 70%; however, after 2006, when the number of producers increased, the rate of production fell to 30%. Production failure occurred both in the propagation bed and during the period after transplantation to the field. Softwood cuttings were taken from late April through late August. The season when cuttings were taken affected both the percentage of rooting and the root biomass, both of which declined with time. Differences in root biomass were reflected in the survival and growth of cuttings after transplantation to the field. Thus, the reduced productivity of cutting was caused by delay of the production schedule.

## Key words

Clean larch, percent rooting, softwood cutting, transplanting, vegetative propagation