

カラマツ種子の安定供給のための技術開発

－採種園カラマツへの着花促進処理と採種方法の検討－

清水香代・西岡泰久*

近年のカラマツ再造林において必要なカラマツ種子を安定的に確保することを目的として、着果促進処理のうち物理的処理とされる環状剥皮やスコアリング処理を行った。その結果、品種間で差があるものの、処理区は対照区と比較して平均雌花着花指数と当年生から3または4年生枝の雌花着花数が増加した。また、列状に受光伐を実施し光環境を改善した場合も平均雌花着花指数が増加した。さらに、着生した球果を安全かつ効率的に採種するため、高所作業車による採種を検討した。その結果、着果指数4以上の場合、トラック式及びクローラ式高所作業車の1時間あたり球果採種量は、ツリーワーク用品を用いて木に登る従来方法と比較してトラック式で2.0倍、クローラ式で3.2倍となった。

キーワード：カラマツ、環状剥皮、スコアリング処理、受光伐、採種効率

1 緒言

近年長野県では、カラマツの主伐や更新伐が進められている。それに伴い、再造林時に使用されるカラマツ苗木の需要も増加している。これらに使用される苗木を生産するための種子は、成長や通直性に優れた品種で構成された育種母樹林（以下、採種園）から採取された育種種子であることが望ましい。しかし、県内のカラマツ採種園は苗含水需要が低下していた期間、種子の必要量も少なかったことから、積極的に管理できない期間が続いた。これにより、昭和30年代に造成された第一世代精英樹で構成された県内3か所のカラマツ採種園は、高木化が進んだことによる光環境の悪化から、下枝の枯れ上がりによって着花量が大きく減少している。新たに採種園を造成し安定的に採種できるようになるまでは20年程度の年月が必要であるため、当面は既設採種園の着果量を増加させる必要がある。

しかし、スギのジベレリン溶液の葉面散布やヒノキ採種木のジベレリンペーストの埋め込みのような確実な着花促進方法はカラマツでは確立されていない。そこで、既存採種園の採種木からより多くの種子を採取するため、環状剥皮による物理的処理による着花促進方法を検討した。環状剥皮は過去にも実施されている方法で県内の既存採種園には環状剥皮痕が残る採種木も多く存在する。その効果については、前年の6月に剥皮したところ、無処理木と比較し球果着果量が10倍も増えたとの報告がある（安達・畠山1970）。一方で花芽分化には極めて有効であるものの雄花に分化してしまい、結実にはつながらないという報告（関東林木育種場・関東長野支場1975）や、処理をした

が無処理よりも多くなく、環状剥皮した木は風倒や穿孔虫のキバチ、腐朽菌によって枯損するようになったため環状剥皮を中止した報告もある（畠山1974）。しかし、少なくとも採種園の施業技術として定常的に取り入れることは望ましくないものの、カラマツ種子不足に対処する緊急的な方法としては有効な方法とされている（関東林木育種場・関東長野支場1975）。そこで、県内における既存の方法（長野県林務部1998）よりも上下の剥皮の重ね量を変化させることによる着花促進方法を検討した。

一方、環状剥皮のような既存採種園の再活用の他に、県ではさらなる種子不足解消と、遺伝的形質の向上を目指し、新たに開発されたねじれの少ないカラマツ品種やカラマツ特定母樹を導入した採種園を県内4か所に計6採種園（2019年度末時点）を造成している。これらの新しい採種木で構成された採種園からできるだけ早期に種子を採取するため、海外では事業的に実施されている着花促進方法である幹や枝にらせん状の傷をつけるスコアリング処理の効果を検証した。

なお、これらの着果促進処理の効果を発揮させるためにも自然着果を促進するためにも間伐を適切に行い葉に十分に光があたるようにすることが必要であるとされるため（関東林木育種場・関東長野支場1975）、本研究では列状に受光伐を行い光環境の改善効果について検証した。

さらに、これらの作業により着生した球果を効率的且つ安全に採種する方法について検討した。これまでは枝を切り落とすことによる採種や、木登りによる採種が行われてきたが、高木化したカラマツは球果着生枝が樹冠上部に集中するため、

球果採取作業が枝の切り落としでないとなし、しかし、この方法では着果すべき枝齢の枝量が著しく減少することでカラマツ種子の結実を阻害し種子の豊凶に大きな影響を与えている(岡田ら1997)。そこで、種子の豊凶に影響を与えず、効率的で安全に短期間で大量の球果を確保する方法として機械による採種を検討した。合わせて、現在新しく造成している採種園の採種木は樹高を抑えて管理することを想定しているため、小型高所作業車による採種方法やその導入に必要な条件も整理した。

本研究は革新的技術開発・緊急展開事業(地域戦略プロ)「カラマツ種苗の安定供給に関する技術開発(平成28~30年度)」として実施した。

2. 環状剥皮による着花促進の検討(物理的処理)

2.1 目的

これまで実施されている環状剥皮は着果促進効果があるとされている(安達・畠山1970, 関東林木育種場・関東長野支場1975, 百瀬行男1983)ものの、その効果は確実ではない報告も多い(畠山1974, 百瀬行男1983)。そこで、本研究では、高木化し樹齢が高くなった採種木で剥皮強度を変えた処理を複数の系統に行い効果を検討した。

2.2 調査地と調査方法

調査は、2016年5月下旬及び2017年6月上旬に南佐久郡川上村にある昭和36年に造成された県営川上採種園の第一世代精英樹の採種木で行った。環状剥皮の最適な処理強度を調べるため、地上高1.2mの位置の樹皮を半円状に向かい合せになる方向に剥皮鎌や手鋸を用いて内樹皮まで剥皮した(図2-2)。剥皮幅は、既存方法と同様の2~3cm幅とした。上下の剥皮処理の間隔は胸高直径の1/2とした。上下の重なり量の違いと着花量の関係を調査するため、上下の剥皮処理の重なり量は、処理をしないもの(以下、対照区)、0%(以下、0%区)、10%(以下、10%区)、20%(以下、20%区)で処理を行った。

供試した系統は、自然着花性や着花応答性が見込まれると期待される6系統を選定し実施した。

(表2-1)。その後、2017年及び2018年の4月に、雌花着花指数及び枝への雌雄花着生数を調査した。双眼鏡を用いて目視により雌花の着生状態を確認し、評価は北海道育種場方式着果指数評価を用いて1~5段階の指数に分類した(表2-2)。さらに対照区、10%区、20%区は、着花が多く確認できた部分の前年伸長した枝(以下、前年枝)から4

生枝までを採取し、雌雄花着生数を1個体あたり10枝について調査した(図2-1)。

表 2-1 供試系統の内訳

系統名	対照区 (本)	0%区 (本)	10% (区)	20%区 (本)	合計本数 (本)
岩村田29	1	1	3	6	11
岩村田37	1	2	3	2	8
諏訪4	3	0	4	5	12
吉田13	4	2	5	5	16
吉田6	4	1	2	6	13
上田101	1	2	3	5	11

表 2-2 北海道方式着花指数評価

豊凶度	観察木の着果状況
5	樹冠全体に濃く着果している
4	樹冠全体に薄く着果している。多くの枝に多数着果している。
3	樹冠全体にまばらに着果している。数本の枝に多数着果している。
2	樹冠全体にわずかに着果している。数本の枝に少量着果している。
1	全く着果が見られない。

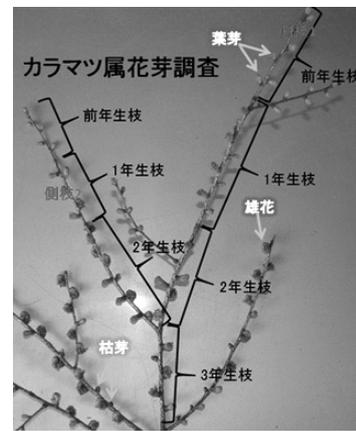


図 2-1 枝採取調査方法 (林木育種センター方式)



図 2-2 環状剥皮処理状況 (写真は10%区)

2.3 結果

2016年及び2017年に処理した個体の雌花着花指数を処理強度別に比較した。その結果、剥皮重ね量が最も少ない0%区では対照区と差が無かった。一方で、10%区及び20%区では、2017年の雌花着花指数が対照区1.3に対し、3.0に増加した。2017年より作柄が悪かった2018年でも、処理個体全体の雌花着花指数は対照区が1.8に対して、10%区で2.9、20%区が3.2と高かった。次に系

統別及び処理強度別の雌花花指数について調査した(図2-3)。その結果、剥皮効果は系統によって異なり、岩村田29号や吉田13号で着花指数が増加していた。次に、2017年に処理した個体を中心に枝サンプル採取による雌花着花数調査を実施した(図2-4)。その結果、枝10本あたりの平均雌花着花数は、2年生枝で対照区が1.2個に対し10%区で4.2個、20%区で5.4個、3年生枝で対照区が0.4個に対し、10%区が3.5個、20%区では6.1個、4年生枝で対照区が0.3個に対し10%区が3.6個、20%区で4.5個と多くなった(図2-4)。

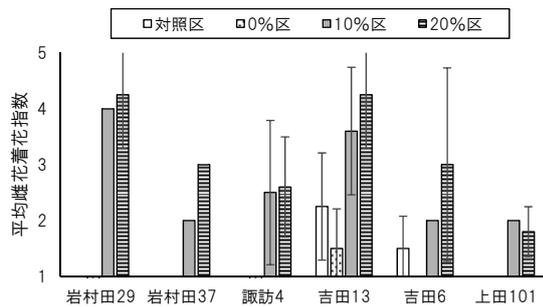


図2-3 別及び処理強度別の雌花花指数の比較(2018年)

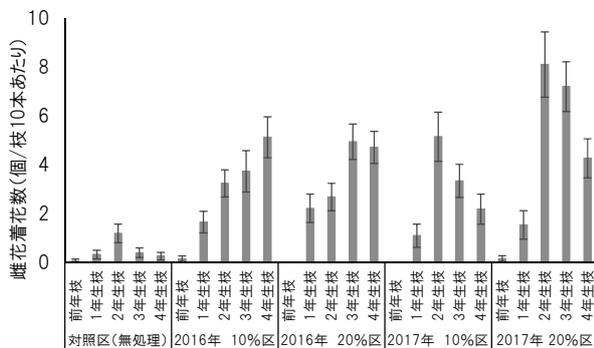


図2-4 川上採種園における処理強度と平均雌花着花数の比較(枝10本あたり・2018年)

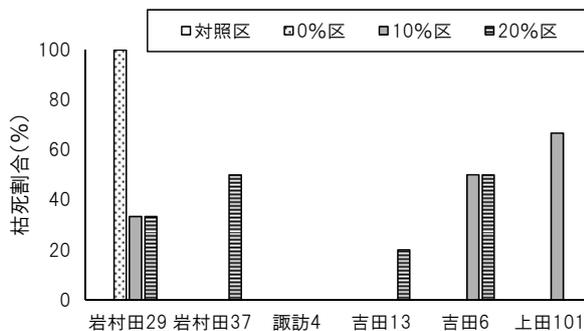


図2-5 川上採種園における処理強度と枯死個体割合(2018年)

採種園全体の作柄がよいと判断できた並作の2017年で平均雌花着花指数が10%区及び20%区で増加しただけでなく、凶作だった2018年でも10%区及び20%区で指数が高かった。このことから、剥皮後2年が経過しても、その効果が継続していることが確認できた。しかし、一方で剥皮重ね量の高い個体の一部の系統で枯死する個体が発生した。特に、岩村田29号では、対照区以外の全ての区で枯死が発生した(図2-5)。一方で、諏訪4号で枯死は1本も発生していなかった。

2.4 考察

樹高及び樹齢が高い採種木では、対照区と比較して処理区で雌花の着花促進効果が確認できた。しかし、一部の品種で枯死割合が処理強度にかかわらず高かったことから、処理対象とする採種木の樹冠サイズや葉量等から樹勢を判断する必要があると考えられる。また、剥皮位置より下部に下枝が残っていると樹勢が衰えにくいことから(関東林木育種場・関東長野支場 1975)、剥皮位置より下方に位置する枝の有無も処理の判断とすることも考えられる。さらに、系統間で着花応答性に相違がある可能性があることから、系統についても考慮が必要である。

3. 若齢木へのスコアリング処理(物理的処理)

3.1 目的

樹体への刺激により着花を促進させる処理は、国内では第2章で述べた環状剥皮が代表的な方法だが、海外ではスコアリング処理も行われている。この方法は、若齢木の早期着花が可能な方法であるものの、国内のカラマツに対する有効性は未確認である。また、県内にはねじれの少ないカラマツ品種の採種園が造成されたが、着花特性が不明で、種子採取がいつ頃から可能かの見通しはたっていない。自然着花におけるこれらの品種の着花開始樹齢を品種別に調査するとともに、若齢木でも実施可能なスコアリング処理試験を実施した。

3.2 調査地と調査方法

3.2.1 着花特性の把握(着花開始樹齢)

調査は、2005年に上伊那郡箕輪町にある県営中箕輪採種園内に植栽された樹高5m以下のねじれの少ないカラマツ品種(以下、材質優良品種)の25品種について行った。2013~2017年4月に品種別の雌雄花着花調査を行った。個体ごとに雄花は着花状況を目視で6段階に分類し(表3)、雌花は着生個数を目視で数え全数調査した。なお、スコアリング処理を実施した3品種(長野営25号, 長

野営9号, 前橋営85号) については, 2016年以降, 対照区のみで調査を行った。

3.2.2 スコアリング効果試験

調査は, 同採種園内に植栽された材質優良品種のうち, 過去の調査で複数回雌花の着生が確認できている3品種(長野営25号, 長野営9号, 前橋営85号) について行った。長枝の伸長開始が確認できた2016年5月13日に, 幹の高さ約1.2mの位置に, 内樹皮まで届くよう手鋸を用いて5周の切れ込みをらせん状に1cm間隔でつけた(写真3)。翌年4月中旬及び2018年4月に, 同一系統の異なる個体間において, 処理個体(以下, 処理区)と未処理個体(以下, 対照区)について, 目視により着花が多く確認できた部分の当年枝から3年生枝を採取し, 雌雄花着生数を供試木あたり10本調査した(図2-1)。合わせて, 処理による樹勢の低下, 枯死個体の有無も調査した。

表3 着果指数による評価方法
(独自方式)

指数	雄花着花状態
0	なし
1	木全体で僅かに着花
2	まばらに点在して着花
3	全体に点在して着花
4	目立つくらいにはある
5	多い(枝が黄色く見える量)



写真3 幹へのスコアリング処理状況

3. 結果

3.3.1 着花特性の把握(着花開始樹齢)

雄花及び雌花の着花開始樹齢は, 系統により異なっていた。雄花では, 25品種のうち18系統(72%)で3回, 4品種(16%)で2回, 3品種(12%)で1回のみ着花が確認された(図3-2)。また, 雌花は5年の調査期間内で, 15品種で1回

以上の着生が確認できたが, そのうち3回以上の雌花着花が確認できたのは7品種に留まった(図3-3)。

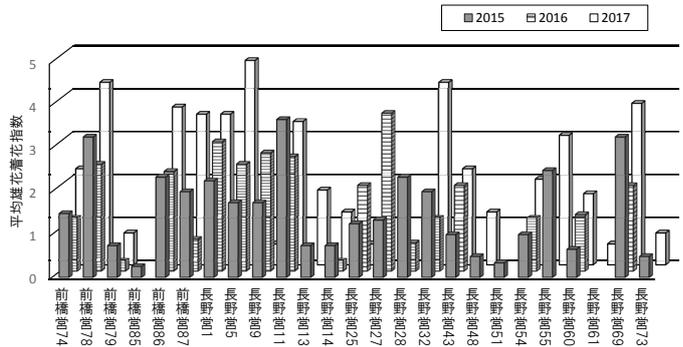


図3-2 材質優良品種の系統別平均雄花着花指数(採種木あたり・スコアリング処理個体除く)

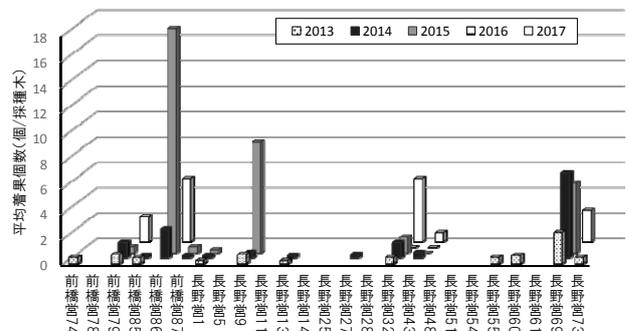


図3-3 材質優良品種の系統別平均雌花着花個数(採種木あたり・スコアリング処理個体除く)

3.3.2 スコアリング効果試験

同一系統の異なる個体間において処理区及び対照区の各枝の合計雌花着花数を比較した。その結果, 3品種間で雌花着花数には差があったものの2017年と2018年の調査ともに処理区で合計雌花着生数が有意に多かった(図3-4, 3-5)。なお, スコアリング処理によって樹勢が低下する個体や枯死する個体は確認されなかった。

3.4 考察

本調査では, 品種によって着花開始樹齢や, 雌花着花数に差があることが確認された。また, スコアリング処理の効果は, 品種によって異なるものの若齢木の早期着花に有効な可能性が見出された。処理個体で樹勢の低下, 枯死は確認されなかったことから環状剥皮と比較して樹木への過度な負担が少ない方法と考えられる。さらに, 雌花着花は2017年のみでなく, 1年後の2018年にも確認できたことから, 処理の効果は複数年継続する可能性が示唆された。

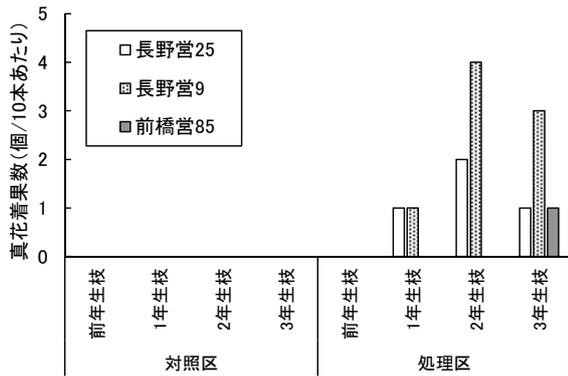


図 3-4 スコアリング処理による採種木の雄花着生数の比較 (枝 10 本あたり・2017 年)

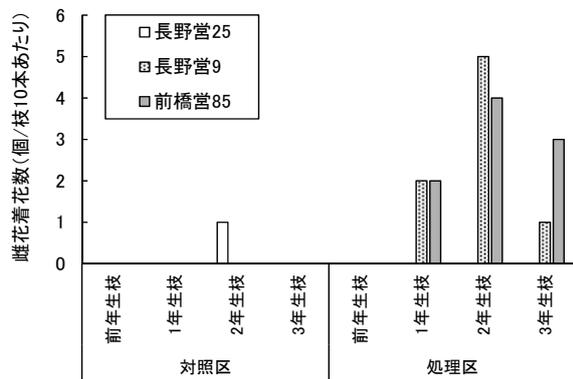


図 3-5 スコアリング処理による採種木の雌花着生数の比較 (枝 10 本あたり・2018 年)

4. 受光伐による光環境の改善効果試験

4.1 目的

新しく造成された採種園の採種木が安定的に着花するまでは、既存採種園の高木化した第一世代精英樹の採種木から採種せざるを得ない。しかし、既存採種園は高木化したことで光環境が悪化し着花量が減少している。そこで、受光伐による光環境の改善によって着花量を増やし種子量の増産を図ることを試みた。

4.2 調査地と調査方法

調査は、県営川上採種園で行った。作業道と直角方向にあたる東西方向に 2 列、計 8 本を列状での受光伐を実施した。受光伐を実施することにより開放部が生じる採種木 (以下、受光伐区) を調査対象として、枝高 2.5m・5.0m・7.5m で受光伐実施前後の光環境 (相対光量子束密度) をライト・メーター (メイワフォーシス (株) 製・LI-250A) 及び光量子センサー (メイワフォーシス (株) 製・LI-190R-BNC-5) を用いて測定し、その変化を比較した。着果調査は、雌花若しくは球果着生状況を双眼鏡で確認し、北海道育種場方式のカラマツ着花指数と判定基準を用いて 5 段階評価で指数評価

するとともに (表 2-2), 当年枝から 3 年生枝を採取し、雌雄花着生数を供試木あたり 10 本調査した。受光伐作業は 2016 年 6 月下旬に、光量子束密度測定は、同年 6 月 16 日及び 2017 年 6 月 22 日に実施した。また、着花数調査は 2017 年 5 月～2018 年 4 月にかけて調査した。

4.3 結果

受光伐実施前後の相対光量子束密度を測定し比較した。その結果、各測定枝高において、受光伐実施後の光環境は改善されていた (表 4)。測定枝高別の平均光量子束密度は、測定高 5.0m で伐採前 30.0% が 55.6% に、7.5m で 48.2% が 66.3% となった。伐採前は測定高全てで相対光量子束 50% 以上が確保できていなかったが、伐採後は 5.0m 及び 7.5m で 50% 以上となり光環境が改善されていることが確認できた。

次に、2017 年は受光伐区及び対照区で 7 本、2018 年は同様に 15 本の着果指数を調査した。その結果、2017 年及び 2018 年の受光伐区は対照区と比較して着花指数が有意に高かった。さらに 2018 年は、前年同様作柄が凶作と悪かったにも関わらず、前年に確認できなかった指数 4 の個体も出現した。(マン・ホイットニの U 検定, 2017 年 $p < 0.01$, 図 4-1・2018 年 $p < 0.05$, 図 4-2)。

表 4 測定高別の受光伐による明るさの改善状況

	測定高(m)		
	2.5	5.0	7.5
伐採前	34.4	46.3	65.5
伐採後	43.4	63.5	76.9

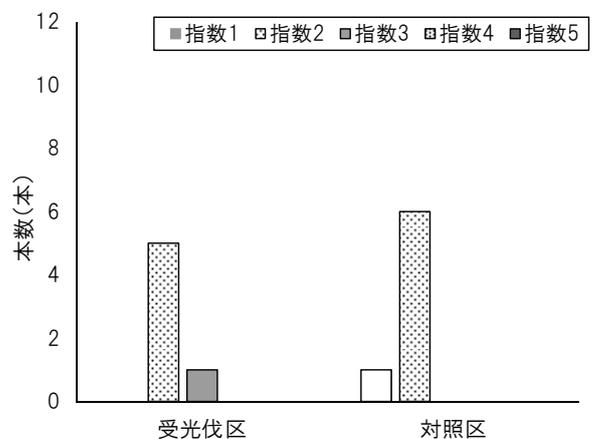


図 4-1 受光伐周辺個体の着花指数比較 (2017 年・並作・実施後 1 年経過)

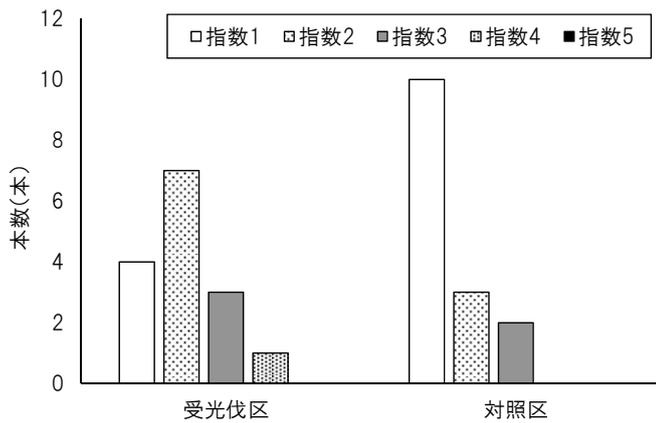


図 4-2 受光伐周辺個体の着花指数比較 (2018年・凶作・実施後2年経過)

4.4 考察

高木化した採種木でも、列状の受光伐を行い光量子束密度 50%以上確保することで雌花着花が増加することが確認できた。本調査を行った受光伐実施後の2年間は県内のカラマツの作柄は凶作だったにもかかわらず、複数の品種で雌花着花が有意に増加した。このことから、光環境を改善することにより作柄がよくない年でもある程度の球果を確保できる可能性が示された。

5. 効率的で継続的な採種方法の検討

5.1 採種方法と結実の関係

5.1.1 目的

県内のカラマツ採種園の採種木や一般の人工林で設定される普通母樹林のカラマツは、高木化が進み、採種が困難な状況にある。これら採種木から球果を採取するためには、特殊な技術を持った作業員が採種木に登り、鋸やチェーンソーを用いて枝を切断することによる採種や、伐採することで採種せざるを得ない。しかし、これらの方法は継続的な採種ができないことや、主枝の5～6年生以降から分枝した側枝に球果を着生する(百瀬1983)ことから、雌花着花が可能な枝量を減少させる問題がある。そこで、球果採取時の枝の損傷度合いが、その後の着花指数や着花周期にどのように影響するのかを調べた。

5.1.2 調査地と調査方法

調査は、県営中箕輪採種園のカラマツ第一世代精英樹採種木(平均樹高 19.8m, 平均胸高直径 44.0cm)で、2014年4月から2018年9月にかけて実施した。調査対象とした採種木は、林縁部に位置する比較的光環境の良好な個体で、2011年9

月に主幹に着生している枝をチェーンソーで根元から約3mを残して切除し採種を行った個体(以下、強度枝切除木, N=1, 着果指数4), 2014年9月中旬に球果が着生している枝を先端から約3～5m程度の長さで細かく切り落とし採種を行った個体(以下、枝切除木, N=5, 平均着果指数4), 同年9月上旬に球果のみをもぎ取る方法と、球果がまとまって着生している部位を剪定鋏により切り落として採種する方法を併用した個体(以下、もぎ取り木, N=2, 平均着果指数4)を対象とした。その後、毎年4月中旬～7月上旬に双眼鏡を用いて目視により雌花及び球果の着生状態を確認し、1～5段階の着果指数に分類した。なお、指数評価は北海道育種場方式着果指数評価を採用した(表2-2)。

5.1.3 結果

採種方法別着果指数の経年変化を図5-1に示す。調査を行った2014～2018年の県内の作柄は並作が2回、凶作が3回であった。強度枝切除木は、前回の採種から3年が経過した2014年は並作であったにもかかわらず、指数は1で、着果は確認できなかった。その後当該木で着果が確認できたのは、前回の採種から6年が経過した2018年だった。しかし、その着果指数は2で、球果着花数は10個未満と僅かだった。それに対し、もぎ取り木及び枝切除木は、作柄の影響により平均指数の増減はあるものの、毎年着果が確認できた。もぎ取り木の平均着果指数は枝切除木と比較すると採種翌年の2015年は低かったものの、その後3年間は高く、2回目の並作だった2017年の平均着果指数は4で、前回の採種時の平均着果指数と等しかった。

このことから、枝損傷が豊凶の周期がその後の豊凶周期を伸ばす可能性が示唆された。この結果

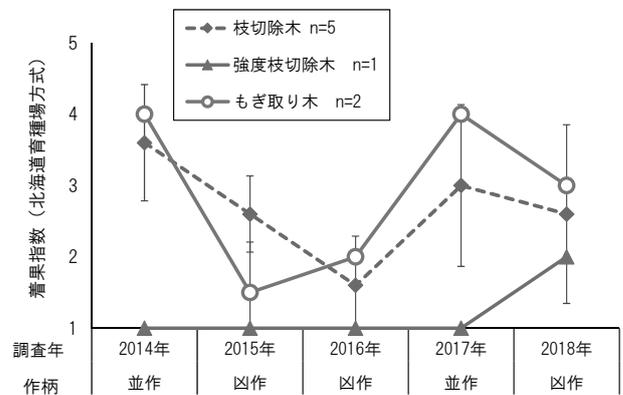


図 5-1 枝損傷度の異なる採種木における着果指数の推移 (2014～2018年)

は、カラマツの球果採取の更に数年後に球果が着生する枝までも切り落とすことが影響するという報告（岡田ら 1997）とも一致し、今回の調査対象木のような光環境が比較的良好な林縁部に位置する着花に有利な個体においても同様の結果となった。

5.2 樹高別の効率的な採種方法の検討

5.2.1 目的

これまでのカラマツ球果採種は、木登りや脚立を使用した方法が一般的だった。しかし、採種木が高い場合には、高所から落下する危険性を伴う。木登りについては、専門性が求められる点に加えて、カラマツは主幹から伸びた3～6年生枝の短枝に着生するため（長野県林務部 1998）、主幹から枝に移動して採種せざるを得ないし、主幹から採種しようとするれば、枝の損傷度が高くなり、豊凶周期を伸ばすことは前項で述べた。また、球果の採種適期内に大量の球果を確保するためには、短期間に多くの人員を動員しなければならないものの、労力の確保には限界がある。よって、今後の採種には、安全性や作業効率を向上させるための採種作業の機械化が必要と考えられることから、その作業性や経済性について検証した。採種園等における球果採取作業は、以下の2つのパターンが想定されるため、それぞれの場合について検証した。

(1) 「樹高の高い採種木」(10m以上)

手入れが不十分だった既存採種園や普通母樹林を対象とした採種

(2) 「樹高の低い採種木」(概ね 10m未満)

既存採種園における樹高の低い採種木や新たに造成された樹高の低い採種園等からの採種

5.2.2 調査地と調査方法

5.2.2. (1) 高木化した採種木からの採種

調査は、県営中箕輪採種園のカラマツ第一世代精英樹の採種木（平均樹高 19.8m, 平均胸高直径 44.0cm）、県営川上採種園の第一世代精英樹の採種木（平均樹高 16.0m, 平均胸高直径 45.4cm）、北佐久郡御代田町字清万にある東信森林管理署所管の清万採種園（標高 1,020m, 面積 2.0ha 以下、清万）の第一世代精英樹の採種木（1960年造成、平均樹高 19.6m, 平均胸高直径 36.3cm）で実施した。高所作業車による工程調査を実施した清万採種園は、採種園内に幅員 4.0m の砕石が敷設された作業路が整備されている。また、同調査を行った中箕輪採種園は町道が隣接し園内に高所作業車の進入が可能で、川上採種園においては、村道から採種園

内の幅員 2.5m の作業路が接続されている。

調査は、3採種園で 2016～2018 年に実施した（表 5-1）。ツリーワーク用品を用いて木に登る技術を持つ作業者が採種木に登る方法（以下、従来方法）と、トラック式高所作業車（4t 車ベース、アーム長 23m 以下、トラック式、写真 5.1）及びクローラ式高所作業車（バケット容量 0.45m³相当のベースマシン、アーム長約 21m 以下、クローラ式、写真 5-1）による採種方法を用い、各作業ともに、球果のみを手でもぐ若しくは、球果がまとまって着生している部位を剪定鋏で切除して採種した。採種作業をビデオカメラで撮影し、各作業時間を測定した。さらに、採種された球果を計量するとともに採種にかかった費用計算を行った。費用計算には、1日当たり労務費、機械による作業では高所作業車リース費や保証料、燃料費、機械回送費（クローラ式のみ）を加算した金額を1日あたりの費用として算出した（表 5-2）。なお、従来方法は3名でそれぞれ実施した。

5.2.2. (2) 樹高の低い採種木からの採種

樹高が概ね 10m 未満で管理されている採種園では、主に脚立による採種（以下、脚立）が行われてき

表 5-1 各工程調査対象木の樹高と本数

調査方法	従来方法	トラック式	クローラ式
調査本数(本)	5	3	3
平均樹高(m)	18.4	17.3	17.6

表 5-2 各採種方法に含まれる費用の内訳

各方法に含まれる費用	従来方法 労務費	トラック式 労務費 リース費 保証料 燃料費	クローラ式 (小型クローラ含む)
			労務費 リース費 保証料 燃料費 機械回送費(往復)



写真 5-1 高所作業車（左：トラック式アーム長 23m・右：クローラ式作業床 21m）

たが、機械による採種方法として小型のクローラ式高所作業車を用いた採種が考えられる。今回は、作業床高さ 6.8m の小型クローラ式高所作業車(以下、小型クローラ式、写真 5-2) で検討した。調査は、中箕輪採種園内に 2004 年に植栽された材質優良品種のうち着果が確認できた個体計 11 本(脚立による調査 6 本, 小型クローラ式による調査 5 本) で実施した。採種方法及び費用計算は高木の場合と同様である。



写真 5-2 高所作業車
(小型クローラ式・
作業床 6.8m)

5.2.3 結果

5.2.3. (1) 高木化した採種木からの採種の検討

着果指数 4 以上の場合の 1 時間あたり平均採種個数を作業方法別に比較した。その結果、従来方法では平均で 786 個/時間、トラック式では 1,559 個/時間、クローラ式では約 2,485 個/時間となり、トラック式が従来方法の約 2.0 倍、クローラ式が 3.2 倍の採種量となり、高所作業車による採種効率が格段に高いことが分かった(図 5-2)。次に、作業方法別の球果 1 個あたり単価と指数の関係について調査した(図 5-3)。その結果、従来方法では調査を行った指数 2~5 の平均で 35 円/個だった

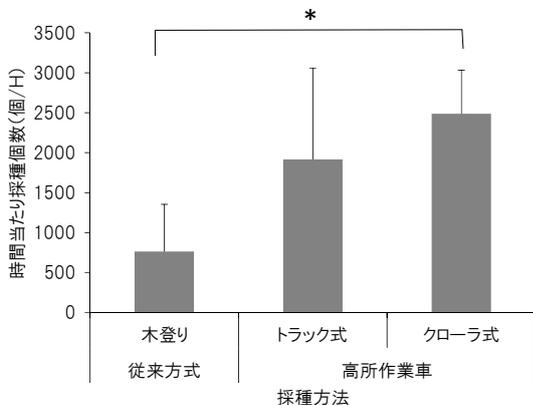


図 5-2 採種方法別の平均球果採種個数の比較
(採種木の樹高が高い場合) (Tukey-Kramer 法
による多重比較検定 * : $p < 0.05$)

ものの、指数 4 でも球果単価は 6~69 円/個と差が大きかった。トラック式では、指数 5 で 5 円と最も安価だったが、他の指数でも平均 11 円/個だった。クローラ式では、指数 2 で 157 円/個と調査対象指数中最も高額だったもの、指数 3 と 4 では 18 円/個及び 13 円/個と若干安価に抑えられた。

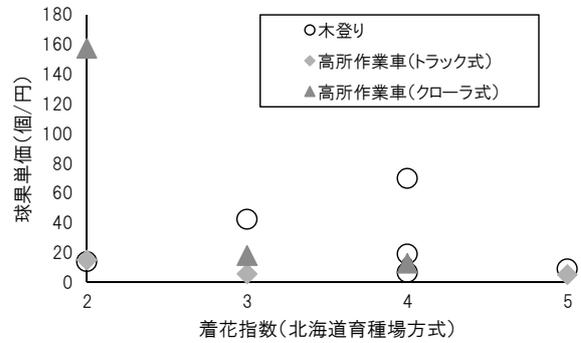


図 5-3 作業方法別の球果単価と着果指数の関係
(採種木の樹高が高い場合)

5.2.3. (2) 樹高の低い採種木からの採種の検討

樹高約 5.0~9.2m で着果指数 4 以上の採種木を対象に作業方法別に 1 時間あたりの平均採種個数を比較した。その結果、脚立による採種が 380 個/時間だったのに対し、小型クローラ式では約 550 個/時間で 1.4 倍の採種効率だった(図 5-4)。

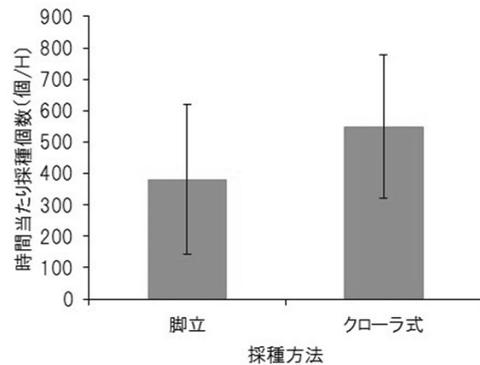


図 5-4 採種方法別の平均球果採種個数の比較
(採種木の樹高が低い場合)

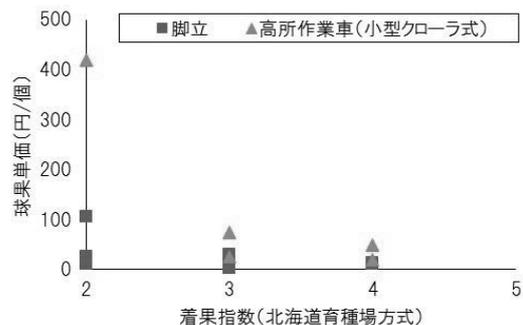


図 5-5 作業方法別の球果単価と着果指数の関係
(採種木の樹高が低い場合)

球果1個あたり単価と着果指数の関係について図5-5に示す。脚立では着果指数2～4で平均24円/個だったが、小型クローラ式では最も安価でも着果指数4の34円/個だった。着果指数4全体の小型クローラ式球果単価は19～48円/個と採種木で差が大きかった。

5.3 考察

採種に高所作業車を利用する場合、複数日連続して行うことで経費を抑えることができると考えられる。特にクローラ式では往復の回送費も計上されるため、複数日連続でレンタルする方が安価となる。また作柄が良い場合（着果指数が高い）、採種園内で多くの採種木が結実するため、次の採種木への移動時間も短縮でき、単位時間あたりの採種量も多くなると考えられる。クローラ式は走行速度がトラック式に比べて遅いため（時速0.9km）、採種対象木の密度が低いと採種効率は低下するが、作業道が整備されていない場合でも、灌木等が少なく、傾斜や凹凸が少ない緩斜面では、どこにでも移動し設置できるメリットがある。トラック式では、移動速度が早く、自走できるメリットがある一方で、採種木を移動する場合や1本の採種木でも複数回車両の設置位置を変えるような場合では、移動ごとにアウトリガーを再設置する必要がある

あり、この点でクローラ式よりも効率が落ちることを考慮しなければならないと考えられた。また、樹高の低い場合の採種では、小型クローラ式の球果単価は指数4でも脚立より高い採種体が多かった。この原因として単価が高かった個体は、球果着生量は指数4と評価できたものの、採種木の樹高自体は約5mと小さかったため、採種木全体の着果量が少なかったためと考えられた。よって、球果が着生し始めた若齢木の採種園では着果指数が高くても球果単価が割高になる場合があるため注意が必要である。樹高が高い場合でも低い場合でも、作柄（着果指数）によって採種単価が大きく変わるため、採種方法を決定する場合には、着果指数の調査結果も参考にする必要がある。また、高所作業車を導入するにあたっては、採種園へのアクセスや園内の路網状況、傾斜や設置位置の土壌等も導入にあたって考慮する条件となる。採種方法の導入条件を表5-3に示したので参考にされたい。

6. まとめ

本研究では、近年のカラマツ再生林において必要なカラマツ種子を安定的に確保することを目的として、着果促進処理や光環境の改善、効率的な採種作業について検討した。その結果、各課題について何も行わない対照区と比較して着果量が増

表5-3 各採種方法の導入条件

採種方法	採種木サイズ	メリット	デメリット
木登り	（上限は無いが個人の技術による）	<ul style="list-style-type: none"> ● 作業車の入れない場所での作業が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ● 特殊技術がある者しか作業ができないため採種量に限界がある ● 安全面で劣る ● 枝先端部分の採種は困難 ● 樹体への損傷が大きく、翌年以降の採種量が少なくなる可能
脚立	～5m程度	<ul style="list-style-type: none"> ● 作業車の入れない場所での作業が可能 ● 特殊な技術や資格は不要である ● 枝先端部の採種が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ● 安全面で劣る ● 脚立のサイズが大きくなったり、移動が多いと作業効率が落ちる ● 脚立の昇降移動や太い枝に移って採種する場合は作業効率が落ちる
高所作業車（トラック式）	～25m程度	<ul style="list-style-type: none"> ● 作業床のあるバケット内で安全に両手で作業が可能 ● 作業資格があれば各地で同時に採取適期に作業が可能 ● 枝先端部の採種も容易 ● 樹体への損傷が少ない 	<ul style="list-style-type: none"> ● 作業車が通行及び設置可能な作業道が必要 ● 採種場所は道沿いに限定 ● 傾斜地は設置できない。電線がある場所では注意や電線保護が必要
高所作業車（クローラ式）	～20m程度	<ul style="list-style-type: none"> ● （上記のホイール式の理由以外） ● 道路に隣接していない採種木でも採種が可能 ● 作業車の設置手間がない 	<ul style="list-style-type: none"> ● 傾斜地は注意が必要 ● 採種木が離れていると移動に時間がかかる ● 機械の輸送費が必要

加する効果が認められた。しかし、環状剥皮については、剥皮強度によっては枯死する個体があるため、今後は雌花着花量は増加しつつ、枯死リスクの低下するような適正強度をさらに検討する必要がある。また、受光伐による光環境改善効果の検証では、受光伐実施後に雌花着花指数の上昇が確認できているものの、処理後3年までの効果検証のみで留まっている。今後もその効果がより増大するかどうかや、作柄と効果の関係について検証を行い、事業的な受光伐の実施につなげたい。なお、枯死リスクを伴う環状剥皮処理も、受光伐予定箇所に予め実施した後、球果が着生した年の9月初旬に受光伐を兼ねて伐採を行うことで、将来にわたって残存させたい採種木の本数が減少するリスクを低下させることができる。また、伐採によって採種するため、高木化した採種木でも安全で効率的な採種が可能である。

さらに、今後造成される採種園については、より形質の優良な品種を導入しているため、早期に種子採取することが求められる。若齢木では、環状剥皮より枯死リスクの低いスコアリング処理を幹に行うことで品種間差はあるものの、無処理個体と比較して処理個体で雌花着花量が増加する傾向が確認できた。当該処理についても、作柄が着花に影響していることが考えられることから、継続的に着花調査を行い、さらに今回対象とした以外の品種についてもその効果を検証する必要がある。また、県内の採種園の土壌中の三大養分である窒素・リン酸・カリウムは、採種園同様に着生した果実を収穫する果樹園と比較すると大きく不足していることが確認されているため(清水未定稿)、不足する養分を花芽分化期や球果の充実期等に施用することも検討できると考えられる。土壌中の養分改善とスコアリング処理を併用することにより、樹体内の養分蓄積量を増加させることで雌花着花量の増加や豊凶周期の短縮も期待したい。

さらに、2017年から造成が開始され、現在育成中の特定母樹の採種園に導入されている品種の着花特性は不明である。今後は自然着花による雌雄花着花開始樹齢を確認した上で、若齢木でも実施が可能なスコアリング処理を行うと早期に特定母樹の育種種子を得ることができると考えられる。

なお、既存採種園、新規造成採種園にかかわらず、採種園の管理指針に基づいた再断幹や剪定作業、施肥等の適正な管理を行った上で、本研究において実施したような着花促進処理を行うことが

重要である。

謝辞

本研究を進めるにあたり、長野県林務部、川上採種園試験では佐久地域振興局、中箕輪採種園試験では上伊那地域振興局の関係者の皆様には、試験園提供や作業及び調査協力等多大なご協力を賜りました。また、林木育種センター及び課題に参画された各道県の試験場課題担当者の皆様には地域戦略プロ課題において様々なご助言、ご指導頂きました。この場を借りて感謝申し上げます。

引用文献

- 安達守・畠山末吉 (1970) カラマツ採種園の結実について 林業技術研究発表会論文集：203-208
- 畠山末吉 (1974) 昭和49年度光珠内季報カラマツ採種園の結実促進について：44-45
- 関東林木育種場・関東長野支場 (1975) 「林木育種事業における育種種子の生産技術—採種園の経営手引—」 P141
- 関東林木育種場・関東長野支場 (1975) 「林木育種事業における育種種子の生産技術—採種園の経営手引—」 P143-145
- 百瀬行男 (1983) 百瀬行男実践造林技術, 論文編集委員会：75-76
- 長野県林務部 (1998) 平成10年長野県採種園の管理技術指針：23
- 岡田充弘・小山泰弘・遊橋洪基・唐沢清・奥村俊介 (1997) 優良育種苗木の生産技術に関する研究. 長野県林総セ研報11：9-10