

コウヨウザンの着花促進の試み

遺伝資源部 探索収集課 稲永路子 関西育種場 育種課 磯田圭哉
育種部 育種第一課 平尾知士

1 はじめに

コウヨウザン (*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook) はヒノキ科に属する中国原産の針葉樹である。スギ、ヒノキ等の日本の主要造林樹種と比較して成長が早いことから (山田ら 2018)、早生樹と呼ばれている。また構造材として十分な強度を持つため (劉ら 1999; 藤澤・何 2012)、スギ、ヒノキ等に続く新たな選択枝として人工林への本格的な植栽が期待されている (林野庁 2016)。林木育種センターでは、将来的な苗木の安定供給に資するため、コウヨウザンを安定的に着花させるための管理手法の開発に取り組んでいる。

林木の着花促進には代表的な方法として、植物ホルモンの施用と環状剥皮の2つの方法が使用されている。植物ホルモンではジベレリン3 (GA_3) が一般的で、スギ、ヒノキ、アスナロ等の広義ヒノキ科に効果が認められている (加藤ら 1959; 橋詰ら 1970; 那須・寺田 2002)。コウヨウザンもヒノキ科に属するが、これまでに行われた GA_3 による実験の多くは効果が認められていない (古越・谷口 1982; 加藤ら 1959; 林木育種センター遺伝資源部 2018; 稲永ら

2019)。環状剥皮とは、幹や枝の一部分の樹皮を狭い幅で環状に取り除く処理のことで、接木ナイフ等で傷をつける処理の場合はスコアリングと呼ぶ。環状剥皮は日本国内の造林樹種では主にカラマツおよびグイマツで行われているが (内山ら 2007; Matsushita et al. 2020)、コウヨウザンへの適用例は今のところ見られない。

そこで本研究では、 GA_3 およびスコアリングによってコウヨウザンの着花促進を試みた複数回の試験の結果を時系列を追って報告する。本研究は、第4期中長期計画の新需要創出に資する樹種の収集と保存の一環として行い、農研機構生研支援センター「イノベーション創出強化研究推進事業」の支援を受けた。

2 GA_3 ペーストおよびスコアリング試験

挿し木から3年程度経過した苗5クローンに対し、 GA_3 ペースト塗布、スコアリング処理、およびコントロールの3処理を行った (表1)。 GA_3 ペースト塗布では、根元付近で縦2.0 cm、横0.5 cmの範囲を剥皮

表1 実験に使用したコウヨウザン個体の各枝の処理と処理日

系統		7月		8月		9月		コント ロール	合計 個体数
		GA_3 ペースト	スコア リング	GA_3 ペースト	スコア リング	GA_3 ペースト	スコア リング		
茨城(林育)C2	個体数	1	2	1	2	1	2	3	12
	着花個体数								
109-6	個体数	1	1		1		1	1	5
	着花個体数		1						
470-①	個体数			1				1	2
	着花個体数			1				1	
470-②	個体数					1		1	2
	着花個体数					1		1	
593-1	個体数	1	2	1	2	1	2	3	12
	着花個体数		2		2		1		
合計個体数		3	5	3	5	3	5	9	33
合計着花個体数		0	3	1	2	1	1	2	10

し、ジベレリン協和ペースト（三井化学アグロ株式会社、東京都）を塗布した（図1）。スコアリング処理では手鋸を使用し、形成層まで届く深さの傷を幅1～2 cm 程度の間隔をあけて螺旋状に4周つけた。コントロールは無処理とした。処理個体数は1クローンあたり2～12個体、処理日は2018年7月19日、



図1 コウヨウザン挿し木苗の (a) GA₃ ペースト塗布および (b) スコアリング処理。

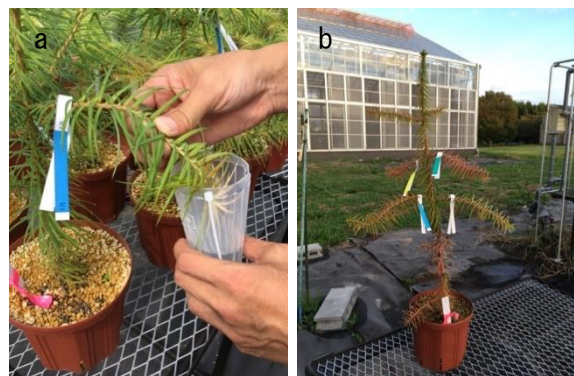


図2 コウヨウザン挿し木苗の GA₃ 水溶液の葉面散布。(a) 処理枝を GA₃ 水溶液に浸漬することで散布処理を行った。(b) 2019年10月4日の処理苗の様子。処理枝のタグは、青が7月、黄が8月、緑が9月、白がコントロールを示す。

表2 2019年に行った GA₃ 水溶液の葉面散布における処理グループ

処理日			
7月3日	8月5日	9月5日	コントロール
○			○
	○		○
○	○	○	○
○	○	○	○
○	○	○	○

各処理は個体内の枝1本づつに行われた。1行が1処理グループであり、1個体内の複数の枝にそれぞれ異なる処理を行った。1系統当たり4個体を各処理グループに使用したため、1系統の合計使用個体数は28個体となった。

8月23日、9月18日とした。

これらの結果、顕著な差は見られなかったものの、全処理日のスコアリングで着花個体が現れた。全て雄花で、雌花は見られなかった。処理個体数が12個体であった2クローンでは開花個体数に差があり、茨城(林育)C2は1個体も着花しなかったが、593-1ではスコアリング処理を行った5個体で着花した。クローンあたり、処理あたりの個体数が少ないため統計解析を行うことはできないが、着花にクローン間差がある可能性、およびスコアリングで着花が促進される可能性が示唆された。

3 1年生挿し木苗 GA₃ 葉面散布試験

林木育種センター内に植栽されている5クローン(茨城(林育)C4、C5、C8、C9、C10)の1年生挿し木苗を各28個体使用し、GA₃水溶液の葉面散布処理を行った。ジベレリン協和粉末（三井化学アグロ株式会社、東京都）を500 ppmの水溶液に調整し、プラスチックカップに適量を入れ、挿し木苗の枝先を浸漬することで葉面散布処理とした（図2）。処理は挿し木苗1個体から2～4枝を選定し、1枝あたり1処理を行った。処理の種類は2019年7月、8月、9月の3種類および無処理のコントロールとし、1個体の複数枝に処理する場合の交互作用を検出するため、個体内の複数の枝に対し1回処理、2回処理、3回処理の合計7種類の処理グループを作成した（表2）。ただし無処理のコントロール枝は全個体に作成した。各処理グループにつき1クローンあたり4個体を使用した。

これらの結果、2020年3月9日の調査時点で、全個体で花芽は見られなかった。本実験に使用した挿し木苗の生産には成木の伐採後に多数得られた萌芽枝を使用しており、すべて垂直に芯立ちした優良な苗木であった。一方、萌芽枝の発生からの経過年数が少なかったため、主幹と枝の両方が比較的貧弱であった。これらの挿し木個体は、着花よりも栄養成長に投資する段階にあったために GA₃ の効果が現れなかった可能性がある。今後は、より個体サイズが

大きく、挿し木からの経過年数が長い個体での再実験を行う必要がある。

表 3 2020 年に行った GA₃ 水溶液の葉面散布における対象クローンおよび各個体の処理枝数

調査地	系統名	個体番号	処理枝数		
			7月20日	8月19日	コントロール
861A	千葉(前沢)D1	1	3	3	1
	千葉(前沢)D2	1	3	3	3
	千葉(前沢)D10	1	3	3	3
	千葉(前沢)D27	1	3	3	3
	千葉(前沢)D44	1	3	3	3
	千葉(前沢)D57	1	3	3	3
	千葉(前沢)D67	1	3	3	3
	千葉(前沢)D68	1	2	2	2
	千葉(前沢)D69	1	2	2	1
	千葉(前沢)D78	1	1	1	1
	千葉(前沢)D84	1	3	3	3
	千葉(前沢)D87	1	2	2	2
	千葉(前沢)D111	1	2	2	2
	千葉(前沢)D118	1	3	3	3
	千葉(四郎治沢)B66	1	2	2	2
	千葉(四郎治沢)B112	1	3	3	3
851E	千葉(前沢)D124	1	3	3	1
		2	2	2	1
		3	2	2	1
	京都(大枝)A110	1	1	1	1
		2	1	1	1
		3	2	2	1
		4	2	2	1
	京都(大枝)A153	1	1	1	1
		2	1	1	1
		3	3	3	1
		4	3	3	1
	京都(大枝)A157	1	3	3	1
	広島(庄原)Y0012	1	3	3	1
		2	3	3	1
		3	2	2	1
	広島庄原I7	1	2	1	1
	高知(幸川山)C229	1	1	1	1
		2	2	2	1
高知(幸川山)	C239	1	1	1	1
	C267	1	2	1	1
	C270	1	3	3	1
	C325	1	1	1	1
		2	1	1	1
	C344	1	3	3	1
		2	2	2	1
		3	2	2	1
	C363	1	2	2	1
		2	2	2	1
		3	2	2	1
	C376	1	2	2	1
	熊本(菊池)E180	2	3	3	1
	鹿児島(高隈)E201	1	枯損		
	熊本(菊池)E248	1	2	2	1
		2	2	2	1
	鹿児島(高隈)E38	1	1	1	1
静岡(井川)	E216	1	1	1	1
	E88	1	1	1	1
	E96	1	1	1	1
	静岡(樹芸研)G341	1	3	3	1
	静岡(樹芸研)G364	1	3	3	1
		2	3	3	1
	静岡(樹芸研)G382	1	1	1	1
	静岡(樹芸研)G418	1	2	2	1
	静岡(樹芸研)G466	1	3	3	1
	静岡(樹芸研)G468	1	3	3	1

4 地植え個体および寝伏せ処理苗への GA₃ 葉面散布試験

林木育種センター内の 2 カ所に植栽されている合計 43 クローンを使用し、GA₃ 水溶液の葉面散布処理を行った。調査地 861A 地番では、地植えされている 16 クローンの各 1 個体から処理に適したサイズの 3 ～9 枝を選定し、2020 年 7 月および 8 月にそれぞれ 1 ～3 枝を 300 ppm の GA₃ 水溶液に浸漬した (表 3)。調査地 851E 地番では 27 クローンの各 1 ～4 クローンに対し同様の処理を行った。

これらの結果、2021 年 1 月 19 日の調査時点で、高知(幸川山)C267 の 7 月処理枝および静岡(樹芸研)G364 (個体番号 1) の 7 月処理枝において、それぞれ雄花芽 1 個を確認した。他のクローン、個体、処理枝では花芽は見られなかった。本実験で使用した個体は 2017 年から 2018 年にかけて植栽された個体であり、861A 地番の樹高は概ね 1.5 m 程度、851E 地番では採穂台木として寝伏せ処理をしていたため樹高は低いが、両調査地の個体とも処理枝には強い枝性が見られ、成木において典型的な着花枝の形状を示していた (図 3)。また、同時に植栽された他のクローンでは、GA₃ 等の促進処理無しで自然に着花した個体も存在した。したがって、前項の GA₃ 水溶液の



図 3 2020 年に行った GA₃ 水溶液の葉面散布に使用した 851E 地番の寝伏せ処理個体。処理枝のタグは、青が 7 月、黄が 8 月、白がコントロールを示す。



図4 2020年のスコアリング処理に使用した2年生挿し木苗、右側は7月処理、左側は8月処理。

表4 2020年に行ったスコアリング処理に使用したクローンと挿し木個体数

系統名	処理個体数		
	7月処理	8月処理	コントロール
茨城(林育)C2	3	-	3
茨城(林育)C5	6	6	6
茨城(林育)C8	6	6	6
茨城(林育)C9	5	5	5
茨城(林育)C10	5	5	5

葉面散布処理に使用した1年生挿し木苗よりも個体サイズおよび挿し木からの経過年数は改善されていたものの、本実験の条件ではGA₃水溶液の葉面散布処理に着花促進効果が無かったと考えられる。より個体サイズが大きく、挿し木からの経過年数が長い個体を使用すること、7月または8月以外の処理時期を検討することなどが必要である。

5 スコアリング試験

林木育種センター内に植栽されている5クローン（茨城(林育)C2、C5、C8、C9、C10）の2年生挿し木苗を使用し、スコアリング処理を行った（表4；図4）。スコアリング処理には上述と同様の手法を用い、3周とした。コントロールは無処理とした。処理個体数は1クローンあたり3～6個体、処理は2020年7月20日および8月19日に行った。

これらの結果、2021年1月28日の調査時点で、全個体で花芽は見られなかった。本実験で使用した個体の一部は2019年に行ったGA₃水溶液の葉面散布処理と共通しており、連年の着花促進処理にもかかわらず効果が認められなかった。本実験では根元径は2～3 cm程度とスコアリング処理が可能なサイズの個体を使用した、より個体サイズが大きく、挿

し木からの経過年数が長い個体での検討が必要と考えられる。

6 考察

コウヨウザンのGA₃による着花促進は日本において針葉樹の着花促進が検討され始めた最初期から試みられてきたが（加藤ら 1959）、2023年現在に至るまで国内での確実な成功報告が見られない。一方、中国には採種園での成功事例の紹介がある（迟・傅 1989）。この実験にはクローン増殖個体による採種園が使用され、園内に植栽された個体のうち2/3以上が接ぎ木後1～3年で開花していた。実験には未開花の個体が使用され、接ぎ木から3年目の時点でCMCペーストによるGA₃の樹皮下埋め込み処理を行っているが、クローン間差は考慮されておらず、処理対象の樹木サイズが不明であった。また、他のクローン増殖個体のうち2/3以上が開花済みであったことから、接ぎ木に使用した枝の枝齢や、すでに開花済みの枝を接ぎ木に使用したかどうかといった形質によって、接ぎ木後の開花が影響された可能性を排除できないと考えられる。

スギでは3年生実生でGA₃処理による着花促進が可能とされており（斎藤ら 2005）、ヒノキでは接ぎ木後2年から3年程度の若齢のクローン個体でGA₃処理が行われている（遠藤・小林 2013）。本研究でも挿し木から同程度の年数が経過した苗を供試しているにもかかわらず、有効な着花は見られなかった。このことから、コウヨウザンでは着花の準備が整った、より高齢の枝を使用したクローン増殖によって着花促進の効果を高める必要があるかもしれない。

表 5 本稿で紹介したコウヨウザン着花促進実験の手法および結果まとめ

実施年度	題名／実施内容	手法	対象	サンプルサイズと処理時期	効果
2019	GA ₃ および GA _{4/7} 一次枝埋め込み (稲永ら 2019)	CMCを 幹から直接岐出する 一次枝へ埋め込み GA ₃ = 7.5mg/枝 GA _{4/7} = 7.5 or 15.0 mg/枝	成木	7個体×(7月+8月+9月)×2枝 Cは各1枝	×
2018	GA3ペーストおよび スコアリング (項目2)	GA3ペースト, 樹皮を取り 除いて塗布 スコアリング, 4周	挿し木苗	5系統×(7月+8月+9月+C) 本数/系統はランダム 1本/処理(系統内繰り返しは無し)	△
2019	GA3葉面散布 (項目3)	GA ₃ 葉面散布, 500 ppm	挿し木苗	5系統×4本×(7月+C) 5系統×4本×(8月+C) 5系統×4本×(9月+C) 5系統×4本×(7月+8月+C) 5系統×4本×(8月+9月+C) 5系統×4本×(7月+9月+C) 5系統×4本×(7月+8月+9月+C)	×
2020	GA3葉面散布 (項目4)	GA3 葉面散布, 300 ppm	地植え個体 寝伏せ苗	43系統×1~4個体=合計61個体 1~4 枝/個体 (7月+8月+C)/枝	×
2020	スコアリング (項目5)	スコアリング, 3周	挿し木苗	5系統×3~13個体=計72個体 7月+8月+C	×

C, コントロール

稲永ら(2019)では GA₄と GA₇の混合試薬 (GA_{4/7}) を使用し、成木の太枝に対する着花促進を試みたが、有意な効果は見られなかった。ジベレリンは 2015 年時点で 136 種類確認されており (Hedden and Sponsel 2015)、ドイツトウヒのシュートからは GA₁、GA₃、GA₄、GA₇、GA₉、GA₁₂、GA₁₅、GA₂₀、GA₂₉、GA₃₄、GA₅₁、が、またヨーロッパアカマツの樹幹と針葉からは GA₁、GA₃、GA₄、GA₉、GA₁₂、GA₂₀ が検出されていることから (MacMillan 2002)、針葉樹は GA₃に限らず多様なジベレリンを生合成していると考えられる。コウヨウザンではこれまで針葉樹で使用されてきたものとは異なる種類のジベレリンを施用することで、着花が促進されるかもしれない。

本報告では物理的な着花促進手法としてスコアリングを採用したが、他の針葉樹に有効な手法として根切りが挙げられる (藤澤 2015)。根切りは主にカラマツの着花促進で検討されており、高い効果が見られる場合や (畠山 1974)、強度の根切りで環状剥皮と同程度の効果があるとする報告が見られる (三上ら 1979)。コウヨウザンでも今後の検討に値する

と考えられる。

本報告では確実な着花促進方法の開発には至らなかったが (表 5)、上記のように未だ試行錯誤の余地があることから、今後の研究の進展に期待するものである。

7 謝辞

林木育種センター遺伝資源部の山口秀太郎氏、弓野奨氏、近藤禎二氏、福山友博氏、植田守氏、岩井大岳氏、竹中拓馬氏、安部波夫氏、高橋誠氏 (順不同) には、苗木の育苗、作業補助、試験対象個体の管理、実験方法の指導などお世話になった。林木育種センター遺伝資源部の非常勤職員である栗原美雪氏、畠山ひとみ氏、船橋優子氏には現地調査にご協力を頂いた。この場を借りてお礼を申し上げたい。

6 引用文献

迟健・傅金和 (1989) 赤霉素促进杉木开花结实试验初报. 浙江林学院学报, 6, 333-335
遠藤良太・小林沙希 (2013) 千葉県で選抜された花粉

- の少ないヒノキクローン幼齡木の着花結実促進と種子生産. 森林遺伝育種, 2, 89-99
- 稲永路子・磯田圭哉・山口秀太郎・生方正俊・山田浩雄・増山真美 (2019) コウヨウザンの着花に対するジベレリン処理の影響. 林木育種センター年報 H27, 123-129
- 藤澤義武 (2015) 講座: 林木育種の現場の a b c (10) 採種園 (管理). 森林遺伝育種, 4, 77-81
- 藤澤義武・何学友 (2012) 12 年生コウヨウザンにおける樹幹ヤング率の産地間変異. 関東森林研究 63, 59-62
- 古越隆信・谷口純平 (1982) 実践林業大学 XXVI 林木の育種. 112-113. 農林出版, 東京
- 橋詰隼人・綱田良夫・福井温信・植木忠二 (1970) 環状剥皮とジベレリン処理によるヒノキ精英樹クローンの着花促進. 日本林学会誌, 52, 191-197
- 畠山末吉 (1974) カラマツ採種園の結実促進について. 光珠内季報, 22, 1-6
- Hedden P, Sponsel V (2015) A Century of Gibberellin Research. J Plant Growth Regul, 34, 740-760
- 加藤善忠・福原櫛勝・小林玲爾 (1959) ジベレリンによる針葉樹の花芽分化の促進 (第 I 報). 日本林学会誌, 41, 309-311
- MacMillan J (2002) Occurrence of Gibberellins in Vascular Plants, Fungi, and Bacteria. J Plant Growth Regul, 20, 387-442
- Matsushita M, Nishikawa H, Tamura A, Takahashi M (2020) Effects of Light Intensity and Girdling Treatments on the Production of Female Cones in Japanese Larch (*Larix kaempferi* (Lamb.) Carr.): Implications for the Management of Seed Orchards. Forests, 11, 1110
- 三上進・浅川澄彦・飯塚三男・横山敏孝・長尾精文・竹花修次・金子富吉 (1979) カラマツの着花促進. 林業試験場研究報告, 307, 9-24
- 那須仁弥・寺田貴美雄 (2002) ヒノキアスナロ精英樹のジベレリン処理に対する着花・種子のクローン間差. 平成 13 年度第 31 回林木育種研究発表会公演集, 林木の育種, 特別号, 22-24
- 斎藤真己・古賀由美子・古田喜彦・平英彰 (2005) 採種園産実生個体からの雄性不稔スギの選抜. 日本森林学会誌, 87, 1-7
- 林木育種センター遺伝資源部 (2018) コウヨウザンの特性と増殖の手引き. <https://www.ffpri.affrc.go.jp/ftbc/business/documents/koyozantebiki.pdf>. (2018 年 8 月 7 日閲覧)
- 林野庁 (2016) 平成 29 年度森林・林業白書, 47
- 劉元・中山義雄・金川靖・藤原新二 (1999) コウヨウザン植栽木の曲げ仕事量. 木材学会誌, 45, 359-366
- 内山和子・黒丸亮・来田和人 (2007) グイマツクローンの着果量に対する光条件と環状剥皮の影響. 北海道林業試験場研究報告, 44, 119-127
- 山田浩雄・近藤禎二・大塚次郎・磯田圭哉・生方正俊 (2018) コウヨウザンの簡易収穫予想表の試作. 第 129 回日本森林学会大会学術講演集, P2-102