

北海道のカラマツ類の樹皮に含まれる 樹脂成分の特性と有用性

利用部 バイオマスグループ 関 一人

■北海道のカラマツ類

カラマツは寒冷地においても成長が早いことから、1890年代に当時の北海道庁により自生地である長野県から道内へ造林木として導入されています¹⁾。現在では、北海道の人工林のなかでも、蓄積量、年間素材生産量、年間造林面積などが最も多く^{2,3)}、主力造林樹種となっています。

カラマツ類は容易に種間雑種を形成する特性があり、北海道では1940年代から優れた形質を有する林木の創出を目的とした林木育種が進んでいます。特に、サハリンや南千島から導入された北方系のカラマツ類であるグイマツを母樹とし、カラマツを花粉親として創出されたグイマツ雑種 F_1 （♀グイマツ×♂カラマツ、以下 F_1 という）は、成長速度や材質に優れるとともに、病虫獣害に対する抵抗性が高いため、積極的な林木育種がなされてきました⁴⁾。

近年、林業試験場と林産試験場が共同で、材の強度と幹の通直性に優れる「スーパー F_1 」や炭素の固定能力に優れる「クリーンラーチ」を特定品種として開発しています⁵⁻⁷⁾。これら F_1 類の年間造林面積も約540ha²⁾と年々増加しており、北海道における次世代の優良な森林資源として期待されています。

ところで、一般的に木部と比較して樹皮は、抽出成分に富むことが知られています。カラマツ丸太1m³に対する樹皮量を40kg/m³と仮定すると⁸⁾、年間素材生産量約179万m³³⁾の製材過程では約7万tの樹皮が発生すると推定されますが、実際にはほとんどが燃料などの低位な利用にとどまっています。そのため、将来的にカラマツ類の樹皮の抽出成分を有効活用したのち、さらに燃料として利用することが可能ならば、北海道における林業・木材産業の振興に大きく貢献することが期待できます。

林産試験場では、樹木に含まれる成分の化学的な有効活用に関して、これまでに様々な研究を行っています。近年、北海道のカラマツ類の樹皮において、樹脂成分を精査するとともにその利用に関して取り組んできました。ここでは、それらの化学的特徴や有用性について紹介します。

■樹皮の樹脂成分の同定

カラマツ、グイマツ、 F_1 のカラマツ類3種の樹皮に含まれている樹脂成分の組成を調べるためには、有機化学的手法を用いて、樹脂成分に含まれているそれぞれの主要化合物を単離してそれがなにかを調べる必要があります。

これまでに、これらカラマツ類3種の樹脂成分を含む樹皮の有機溶媒抽出物に関しては、グイマツの樹皮抽出物が最も多いことが分かっているため⁹⁾、これを原料として単離精製を行いました。

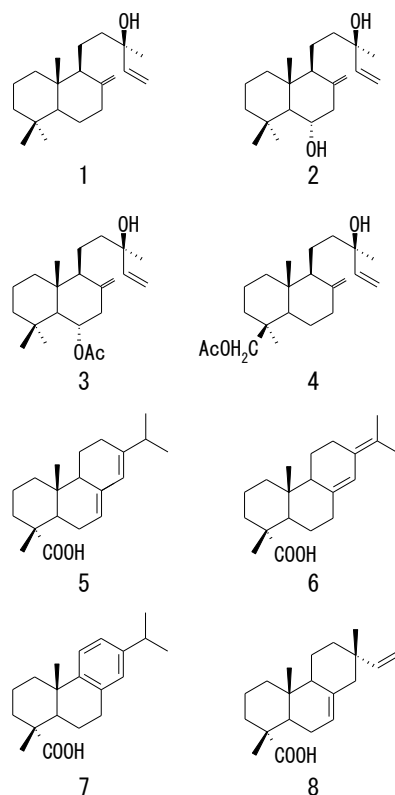


図1 グイマツ樹皮から得られた樹脂成分である
ジテルペノイドの化学構造

- 1: 13-エピマノール 2: ラリキソール 3: 酢酸ラリキソール
4: 酢酸-13-エピトルロソール 5: アビエチン酸
6: ネオアビエチン酸 7: デヒドロアビエチン酸
8: インビマール酸

グイマツの樹皮（約300g）の抽出物（約16g）から有機化学的手法により、約30~1400mgの8つの精製物を得ました。これらについて化学構造解析を行った

結果、図1に示すような化合物と同定されました¹⁰⁾。

これらは、いずれも炭素数が20で類似の基本的化学構造を有するジテルペノイドと呼ばれる化合物群です。また、この化合物群はマツ科植物の松ヤニに特徴的に含有する成分です。また、カラマツやF₁の樹皮の樹脂成分を分析したところ、これらのジテルペノイドの一部または全部が含まれていることが分かりました¹¹⁾。

従来より、マツ類の幹に傷を付けて採取された生松ヤニは接着剤の原料などとして手工業的に利用されてきました。生松ヤニを蒸留して精油を分離した残りの固形分はロジンと呼ばれ、この中にはカラマツの樹皮に含まれる化合物1~8(図1)のような樹脂成分が主要成分として含まれています。

現在ではマツ類を原料とした紙パルプ工業の副生物としてトール油ロジンが得られ、これらを原料として、塗料用樹脂、医薬品、製紙用サイズ剤、はんだ用剤などの様々な有用化成品が製造されています。

このように樹脂成分を原料とした一連の化学工業プロセスはパイン・ケミカル(マツの化学)とも呼ばれています。したがって、効率的な抽出法を開発すれば、カラマツ類の樹皮からも化成品工業の創出が可能であると考えられます。

■樹皮の樹脂成分の分布

樹皮の組織は、内樹皮(二次師部)と外樹皮(リチドーム)から構成されています(図2)。内樹皮は木部の外側の形成層から分化し、生きている組織であり、葉で光合成された糖類などの栄養分の輸送や貯蔵や、樹脂成分などの二次代謝物(≒抽出成分)の生合成などを行います。一方、外樹皮は不透水性のコルク形成層などからなる周皮によって、内樹皮の外部を取り込みながら発達する死滅した組織です。これまで、外樹皮の重要な機能は、最外部において樹体を外的要因から物理的に防御することと考えられており、化学的な検討はほとんどなされていませんでした。また、カラマツ類の樹皮はその外見から“うろこ状樹皮”とも呼ばれ、中高齢になると外樹皮の割合が多くなる傾向がありますが、樹皮を資源として考えた場合にその成分を精査することは重要なことと考えられます。

そこで、30年生のガイマツの枝(直径5cm, 枝齢10~15年)を用いて、内樹皮と外樹皮に含まれる樹脂成分の組成を調べました。その際、前項で単離精製した8種類のジテルペノイド(図1)と比較したとこ

ろ、内樹皮と外樹皮における各ジテルペノイドの存在比はほぼ同じでしたが、外樹皮の方が量的に多いことが分かりました¹⁰⁾。

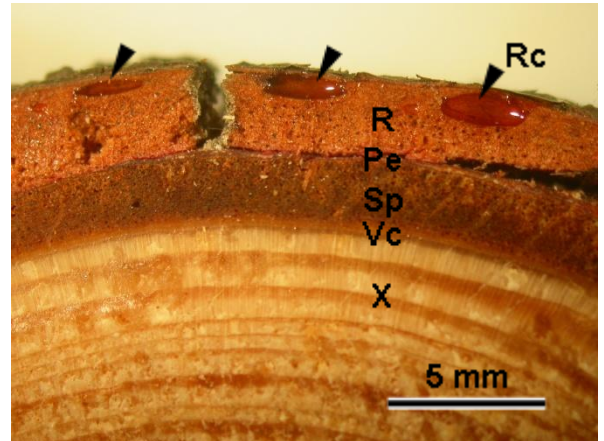


図2 ガイマツ枝の横断面*)

*) 引用文献¹⁰⁾ から一部改変

Rc: 樹脂嚢, R: 外樹皮(リチドーム), Pe: 周皮,
Sp: 内樹皮(二次師部), Vc: 形成層, X: 木部

この理由としては、①内樹皮に存在する樹脂成分を貯蔵する水平樹脂道が、内樹皮の外側では木部の肥大成長に伴って接線方向に広がり、その部位に樹脂成分が内樹皮の内側よりも多く貯蔵され、②内樹皮の外側において常に外樹皮が分化するから、と考えられています¹⁰⁾。

植物の生産する糖類、核酸、アミノ酸、タンパクなどは、生命維持活動に必要な不可欠であり、一次代謝物と呼ばれます。一方、樹脂成分やフェノール成分などの二次代謝物は、直接的に生命維持活動には不可欠ではありません。しかし、毒性や難消化性を有しているものが多く、一次代謝物などを搾取する植物病原菌や植食性昆虫・哺乳類などの外敵に対して化学的防御物質として働きます¹²⁾。

今回の分析結果では、コルク質で覆われた外樹皮中に樹脂成分が局在していました。このことは、外敵に対して化学的防御物質を最前線に配置するとともに、自己組織に対しても細胞毒性を有する樹脂成分を安全に貯蔵することになり、防御戦略上においてより適応的であることが示唆されています¹⁰⁾。

■樹脂成分を指標とした優良F₁苗木の判別

北海道に在来するユーラシア大陸系の野ネズミ(エゾヤチネズミ)によって、カラマツは導入当初から造林稚苗の重大な樹皮被害を受けてきました。1953-1970年の間、カラマツを主体とする針葉樹人

工林の野ネズミ被害は2万ha/年以上で特に1959年には11万ha/年という甚大な被害を記録しています¹³⁾。

北方系のカラマツ類であるグイマツは、野ネズミによる食害に対して高い抵抗性のあることが以前から知られていました。その子供である F_1 は、野ネズミに対する高い抵抗性に関する形質も受け継いでいます^{4,7)}。

優れた形質を有する F_1 ですが、その種子はグイマツとカラマツが混植された採取園において自然受粉させ、グイマツから採取されています⁷⁾。ところが、これらの種子は F_1 とグイマツの両方の種子が混在しており、現在のところ種子段階では F_1 を判別することができません。そのため、種子をまいたのち(図3)、熟練者によって、苗木の形態や黄葉時期などのフェノロジー(生物季節)の違いから本来必要である F_1 の苗木を判別しなければなりません。



図3 F_1 およびグイマツの2年生苗木の混在した苗床

二次代謝物は、植物系統や種によって特徴的な組成を示すとともに¹²⁾、遺伝すること¹⁴⁾が知られています。実際に、 F_1 の樹皮におけるジテルペノイド(図1)の組成や含有量を調べたところ、その両親であるカラマツとグイマツのほぼ中間の値を示す傾向があることから、量的遺伝を受けていることが考えられました¹¹⁾。

そこで現場では、苗木の樹皮における樹脂成分のジテルペノイドの量的な組成の違いを指標として、 F_1 とグイマツの苗木を判別できるのではないかと考え、より高精度な判別方法の開発を試みました。

あらかじめDNA判別しておいた F_1 とグイマツの2年生苗木(約200本)の枝の樹皮について、図1に示した8種のジテルペノイドの組成を統計解析した結果、高精度に F_1 を判別できることが分かりました。このことから、苗木の枝の樹皮のジテルペノイドの組成

は、雑種判別の有効な指標になることが示されました^{11, 15, 16)}。これらの技術とメロンなどの果物の糖度測定に用いられている近赤外分光分析法を統合することにより、 F_1 苗木の非破壊かつ瞬時の高精度判別が可能になると考えています。

これまでに、カラマツ、グイマツ、 F_1 のカラマツ類において、野ネズミに対する抵抗性と樹脂成分には関連性が示唆されています。このことから、カラマツ類の林木育種において、これらの樹脂成分は化学的防御物質の指標成分として、病虫獣害に対する抵抗性を高める目的の成分育種への応用も期待されます¹¹⁾。

■おわりに

本稿では、北海道に導入されているカラマツ類であるカラマツ、グイマツ、 F_1 の樹皮に含まれる主要な樹脂成分であるジテルペノイドについて紹介しました。カラマツ類の樹脂成分は、有用な化成品の原料としての直接的利用や、優良雑種の苗木の判別や病虫獣害に対する高抵抗性を旨とした林木育種における指標成分としての間接的利用が期待されます。

北海道では「北海道森づくり基本計画」(平成25年)を策定し、経済林ではカラマツなどの人工林を主体とした森林資源を循環利用することにより、林業・木材産業の振興と山村地域の活性化を目指しています¹⁷⁾。そのため、これまで述べてきた成果や知見が、このような政策や産業振興に活用されるよう、新たな展開を図る予定です。

本研究の一部は、(独)科学技術振興機構・地域イノベーション創出総合支援事業平成18年度シーズ発掘試験(課題番号01-089)および(独)日本学術振興会・科学研究費補助金(課題番号20580166, 25450221)の助成を受けて実施しました。

■引用文献

- 1) 高橋松尾: カラマツ林業総説, 第2版. 日本林業技術協会, 東京(1960)
- 2) 北海道水産林務部: 平成23年度北海道林業統計. 北海道, 札幌(2012)
- 3) 北海道水産林務部: 平成23年度北海道木材需給実績. 北海道, 札幌(2012)
- 4) 倉橋昭夫: 東大演報 79, 1-94(1988)
- 5) Fujimoto et al.: J. For. Res. 11, 343-349(2006).
- 6) Kita, K. et al.: J. Wood Sci. 55, 425-434(2009).
- 7) 林業試験場: 種苗の品種にこだわる時代がやって

- きた, グイマツ雑種F1の特定品種「クリーンラーチ」と「スーパーF1」. 林業試験場, 美唄 (2009).
- 8) 窪田 実: 林産試験場研究報告 79, 1-121 (1988).
- 9) Hayashi, E. et al.: J. For. Res. 3, 119-122 (1998).
- 10) Seki, K. et al.: J. Wood Sci. 58, 437-445 (2012).
- 11) Sato, M. et al.: J. Wood Sci. 55, 32-40 (2009).
- 12) Gershenzon, J.: Taiz, L., Zeiger, E. (eds.) Plant physiology, 4th edn. Sinauer Associates, Sunderland, pp 315-344 (2006).
- 13) Kaneko, Y. et al.: Res. Popul. Ecol. 40: 21-37 (1998).
- 14) Wink, M.: Theor. Appl. Genet. 75, 225-233 (1988).
- 15) 関 一人ほか: 特開2010-216993 (2010).
- 16) 佐藤真由美: 化学と生物 50, 82-85 (2012).
- 17) 北海道水産林務部: 北海道森づくり基本計画、北海道にふさわしい豊かな生態系をはぐくむ森林づくりに向けて. 北海道, 札幌 (2013).