

針葉の化学成分

本 間 千 晶

はじめに

樹木の葉は、木部や樹皮のような樹木の他の構成部と異なり光合成など生命維持機構に直接関連した多くのユニークな化合物を含んでいます。例えば、森林の香りの源である精油、クロロフィル・カロチンといった色素や、葉タンパク（リーフプロテイン）等がこれにあたります。しかし、現在枝葉はほとんど利用されず伐採後に林地内に放棄されています。特に、北海道ではトドマツ・エゾマツ等の針葉樹は2億4,100万 m^3 もの蓄積があり、このうち年間450万 m^3 が伐採利用されていることから、伐採後放棄されてしまう針葉は年間40万 m^3 にのぼるものと推定され、針葉の持つバイオマスとしての意義は大きいといえます。そこで今回はトドマツ針葉成分の分析結果に基づき針葉成分の有効利用の可能性について考えてみました。

香りの成分 精油について

樹木や草花には精油と呼ばれる芳香性の油状物が含まれています。この精油は、樹木や森林のさわやかな香りの源であり、香料原料としても使われています。ところで、この精油という名前の由来ですが、この言葉には哲学的、宗教的意味があるといわれています。いつごろかはさだかではありませんが、人々は“物（物質）の芳香にはその物の本質（精、エッセンス）がふくまれている”と考えていたようです。その香り、すなわちエッセンスにちなみ植物中の芳香性のある油状物を精油（エッセンシャルオイル）と呼ぶようになったわけです。最近話題の森林浴は、“森の精気”を浴びることであり、まさに精油にひたるということになります。ところで、精油の中にはテルペンと呼ばれる $(C_{10}H_{16})_n$ の化学式をもつ不飽和炭化水素の一群とその誘導体が含まれています。特に、

$C_{10}H_{16}$ ($n=1$) のモノテルペンが豊富に存在し、次いで、 $C_{15}H_{24}$ ($n=1.5$) のセスキテルペンが多く含まれています。これらモノテルペンやセスキテルペンとして数千種類もの化合物が既に見つかっていますが、分離、分析技術の進歩によりさらに新しい化合物が続々と見いだされています。これらの化合物の一つ一つが異なった香りをもっており、中には生物に対し強い生理活性を示すものも少なくありません。

樹木の精油成分が生理活性を示すことは、フィトンチッド（植物がもつ他を殺すもの）としてトーンキン、神山両氏により紹介されています。その例として、ユーカリやアカマツの木の回りには下草が生えないといわれていますが、その原因も樹木に含まれている精油成分にあると考えられています。またモミの針葉のエキス一滴を原生動物のいる水滴に加えると、原生動物は瞬時の内に死滅してしまうそうです。逆に人間や他の生物に有益な効果をもたらす例として、森林浴の有効性も数多く報告されています。トドマツやヒノキの香りの中でハツカネズミの運動量を測定したところ、精油の濃度が実際の森林大気のそれと同じレベルで最大の運動量を示したと報告されています。また、天然精油を含有する入浴剤の使用で（明らかな）鎮静効果が期待され、またストレス解消、リフレッシュといった森林浴の効果の一面を実証する結果が得られています。

精油は針葉だけでなく根、茎、花、樹幹など様々な植物体部位から得られ、その種類は500以上にものぼり、用途も食品香料、化粧品、工業原料など様々です。トドマツ針葉を原料としたアピエス油はわが国に輸入されており、せっけん、浴用剤、防臭剤などに広く用いられています。

精油の香りは、原料となる植物の種類や同じ植

1988年8月号

物でも葉、花弁、樹皮などの部位によってそれぞれ異なっています。これは含有成分の種類や量が違っていることによります。また、同じ植物の同じ部位から採取した精油でも季節によって収量や各成分の構成比に微妙な変化が見られます。表1にトドマツから得られた精油の成分組成を示しました。トドマツ針葉の場合、ボルニルアセテートという化合物が最も多く含まれています。この化合物はトドマツ以外にもエゾマツ、カラマツなどの精油中に多量に存在し、“森の香”とも呼ばれており、樹葉の香りの主成分の一つとなっています。これにしょう腦のようなにおいを持つカンフェンや α -ピネン、 β -ピネンをはじめ多数の微量成分が組み合わされトドマツ針葉特有の香りが出来上がっているのです。同じモミ属の針葉でも、モミや朝鮮モミではリモネンの含有量が多くなっています。この化合物はその名が示すようにレモン、ライムなど柑橘系の植物に多く含まれている成分で、オレンジのような香りを持っています。このように樹種によって精油中の含有成分の量比が異なり、その結果樹木はそれぞれ特有の香気を持つ

ことになるわけです。

ところで樹木の香りもこのようにいろいろの種類があることから、好まれるものとそうでないものがあると思います。農水省林業試験場の谷田貝氏の女性 300人を対象とした調査によると、ユーカリ、ヒノキ、スギ、ニオイヒバの香りが好まれ、トドマツやトウヒ類の香りは人気なかったようです。ちなみにトドマツやエゾマツの精油の香りは、嫌いではないが、少々個性が強すぎて飽きにくくというのが筆者の意見です。いずれにせよ樹木の放出するにおい物質の質、量およびそれらの構成割合で、人間の好みに合うものとそうでないものがあるようです。

精油中のかなり微量な成分までその性状が解明されていますが、それらをいくら調合しても自然の香りはなかなか再現できません。それは微量であるが香りを大きく左右する未知成分が含まれることと、香りそのものはなくても揮発の速さを調節する役目をもっている保留成分や、香りに丸みを与える調和成分などの微妙な組み合わせによって天然の香りが出来上がっているためです。

表1 トドマツ針葉の精油成分の季節変動
およびトドマツ樹皮の精油成分

針葉採集月	4	6	8	10	12	2	樹皮
精油収量**	6.8	5.1	6.0	8.2	6.2	6.2	1.7
成分組成**							
ボルニルアセテート	19.6	22.3	20.8	25.7	21.5	24.0	5.6
カンフェン	13.5	16.1	17.4	16.5	10.9	16.3	2.7
α -ピネン	11.9	13.0	13.7	12.8	8.4	12.5	16.9
リモネン	9.3	2.8	2.2	2.3	6.0	2.2	1.7
β -フェランドレン	5.5	3.6	11.1	2.3	2.3	6.1	25.5
β -ピネン	4.7	5.1	7.1	2.2	3.6	4.5	15.9
サンテン	2.6	2.3	2.5	2.2	2.7	2.2	0.2
トリシクレン	1.1	0.5	1.5	0.8	1.3	0.9	0.1
β -カリオフィレン	0.8	1.1	1.4	0.7	0.9	0.7	0.1
ミルセン	0.7	1.2	0.8	0.5	0.8	1.1	0.7

* a ml/100g (対絶対乾試料)
* b % (精油中含有率)

このように、精油は香料、医薬、農薬の分野でまだまだ未知の力を秘めており、特に、針葉油は収量が多く、種類も豊富であり、興味ある素材であるといえるでしょう。

色の成分 - 植物色素について

四季の樹木や草花の色の移り変わりからわかるように、葉や草には様々な色素が含まれています。樹木の葉は青々と生い繁っていますが、その中には緑の色素だけでなく、紅葉時にはっきりと現れる黄色色素も含まれています。従って、厳密には緑葉の色調は緑色素と黄色色素の割合によって決まることとなります。さて、緑葉の中にはクロロフィル（葉緑素）という緑色の色素が多量に存在していますが、この色素は植物が生きてゆくためには必要不可欠の物質で、光合成つまり植物体が太陽エネルギー（光）の力を借りて炭酸ガスと水からブドウ糖を作るという重要な反応にかかわっています。この光合成反応は人間を含めあらゆる生物が生存してゆくための根本的な反応であることはいうまでもありません。樹木のような高等植物の緑色素はクロロフィル a と b の2成分で、およそ 3 : 1 の比率で存在しています。クロロフィル a は青緑色、クロロフィル b は黄緑色で、ともに、植物組織中ではタンパク質と結合して存在しています。この結合しているタンパク質が酸や熱等によって変性するとクロロフィルは容易に分解をおこして葉の色は退色や変色してしまいます。

クロロフィルの構造は血液に含まれるヘモグロビンの構造の一部によく似ていますが、やはりクロロフィルが人や動物の体内でヘモグロビンに転換しうること、造血器官を刺激しいろいろなタイプの貧血症の治療に有効なことなどが報告されています。さらに、胃腸、肝臓、心臓、腎臓などの諸器官の機能を促進したり、創傷や化膿性疾患に有効なことも認められています。また、クロロフィルの持つデオドラント（防臭）効果も、利用に見逃せない優れた性能の一つです。このような性質から、クロロフィルは食品、化粧品の着色料、

1988年8月号

防臭剤に、また、医薬品として造血剤、創傷治療剤、静菌剤として用いられています。

現在、クロロフィル原料としてコンフリー、蝋燭などが用いられ、それらのクロロフィル含有量はそれぞれ 0.5~0.7%、及び0.3%といわれております。トドマツ針葉のクロロフィル含有量は表 2 に示すように、0.25~0.3%と現行の原料に匹敵する値を示しており、同時に抽出されるテルペン、ワックス類との効率的な分離技術が開発されれば、針葉はクロロフィル原料として非常に有望なものになります。

はじめに述べたように緑葉中にはクロロフィルの色に隠れて目立ちませんが、カロチノイドと呼ばれる黄~赤色系色素が含まれています。このカロチノイド系色素は、 β -カロチンに代表されるカロチン類と、ルテインに代表されるキサントフィル類に大別することができます。カロチノイド系色素は植物体のみならず昆虫、鳥、魚などの動物体内（鶏卵の黄身やサケの赤身等）でも見いだされ、生体組織中に含まれる色素のうちで最も広く分布し、自然界全体における生成量は年間10億トン以上と推定されています。これらカロチノイド系色素の中で量的にも質的にも最も重要なものは β -カロチンと呼ばれる化合物です。この色素1分子が動物体内で2分子のビタミンAに変化することはよく知られています。 β -カロチンの異性体である α -、 γ -カロチンも動物体内で分解し1分子のビタミンAを生成します。このよう

表 2 トドマツ針葉中の色素含有量

試料採集年月	クロロフィル含有量* ^a	カロチン含有量* ^b
1986	4月	3.16
	6月	3.22
	8月	3.04
	10月	2.53
	12月	2.83
1987	2月	2.61

* a mg/g (対乾燥試料)

* b mg/kg (対鮮葉試料)

に β -カロチンをはじめとするカロチノイド系色素は、その自然の色調とビタミン A源であることからバター、マーガリン、チーズ、ジュースなど多くの加工食品の着色料として広く用いられています。針葉中のカロチン含有量は、表 2 に示したように、トドマツで 0.01~0.02% と低く、カロチンを抽出する経済的意義はうすいと思われま

そのほかの成分の利用について

色素や精油のほかに針葉はタンパク質、ミネラル、セルロースのような炭水化物、ポリフェノール等を含んでいます。特にタンパク質は、トドマツで約 7%、カラマツで約 16%、アカマツで約 10% 含有されており、効率的に抽出することができれば貴重な植物性タンパク源になると思われます。

葉タンパクはその約 50% が葉緑体に存在し、そのうち 35~45% が脂質やクロロフィルと結合して複合体を形成し、いわゆる構造タンパクとなっている上、タンニンやフェノール性化合物からの分離が困難であることから、針葉からタンパク質のみを取り出して利用することは現在のところ難し

いようです。

ソビエトでは、ムカと呼ばれる針葉を乾燥、粉碎したものを実際に飼料に混合して家畜に与えています。こうすると針葉中のタンパク質、ミネラル、ビタミン、炭水化物等が、栄養源として有効に利用されることとなります。また、ムカは合板用の接着剤増量剤として小麦粉の代わりに使うことができることも報告されています。

おわりに

これまで述べましたように針葉は多種多様の成分を含んでおり、経済的な成分分離技術が開発されれば、農・畜産、食品、医薬など多方面での利用が考えられます。現在、筆者らは針葉成分の用途開発の一環としてカドミウム・クロム・水銀といった有害重金属の除去に針葉が使えないかということ調べておりますが、アカマツ、カラマツなどで好結果を得ており、このようなことから今後さらに針葉の用途が広がることを期待されます。

(林産試験場 化学加工科)