

抽出されてくる化学成分のはたらき

抽出されてくる化学成分は普通抽出成分と呼ぶものです。抽出成分は植物の2次代謝産物の別称で、ヤニやタンニンが代表例です。ここであえて演題を抽出成分としなかったのは抽出されてくるものが抽出成分以外のものでもあるからです。例えば木が腐ると抽出されてくる化学成分は増えますが、これは抽出成分が増えるのではなく、リグニンなどが分解されて、低分子になり、抽出されてくるからです。

さて演題ですが、「はたらき」という言葉を「人間の利用への作用」と「樹木自身の生育における役割」との二つに分けて考えたいと考えます。今日はこの種の抽出成分について森林化学でやってきたこと、現状の紹介をしたいと考えます。

1. 人間の利用と抽出成分との関係

1.1 資源として利用される抽出成分

抽出するということは日常的にはお茶を出すとか、出汁(だし)をとるとか、まあエキスをとるのが目的でやっていることですが、そんな時には目的のものを沢山含む特別の植物あるいは魚を選んで抽出するのはご承知の通りです。抽出されてくる成分が多い部位は樹木ならば樹皮や根、実それに葉などで、木材を煮出すなどというのは余りやらないことです。ですから樹木の抽出成分を資源にしようと考えたときには、樹皮や根などを対象に選ぶのが普通です。勿論漢方薬もその一つです。この種の抽出成分は植物にとって防衛的な意味が強いものでして、それらを植物は危機に備え貯えていたものです。利用のためには傷つけると出てきたり、木から抽出しなければなりません。この種の話題を先ず取り上げます

(抽出成分) 私が大学院学生のとときにやった研究はイソノキの樹皮の抽出成分で、それは緩下剤としてつかえるアントラキノンなどを含むからでした。思えば単純な構造研究でして、当時やっと思えるようになった紫外吸収スペクトルを使ったことでした。教授になってから、大学院生の鮫島君にやってもらったのはもっと針葉樹樹皮のタンニン研究でして、これは大変複雑なものでした。スペクトルもNMR、H¹MSなど高度なものが発達しており、研究手法に20年の重みを感じたものです。針葉樹樹皮のタンニンは鮫島くんが構造の細部を明かにしただけでなく、その利用研究もあれこれとやりました。タンニンを純粋なものとして樹皮から取り出すのは手間がかかりすぎるので、タンニンを多量に含む熱水抽出物の利用を考えました。例えばスギの樹皮をきのこの害菌防除剤の原料に使うのです。これは最初、ナラ、クヌギの樹皮がトリコデルマなどのシイタケ害菌防除に役立っているらしいという情報を根拠にして始めたのですが、スギの樹皮のエキスは害菌防除はするのですが、実用レベルでは食用菌の生育にも害がでてしまい、実用にはなっていません。カラマツ樹皮のタンニンを接着剤に使う研究は富山県森林センターの高野さんが研究生としてやられましたが、タンニンの分子量が接着性能と関係をもつと言う興味ある成果がえられました。しかし樹皮の接着剤利用の実用化は世界的にみて成功例は少なく、南アのアカシアとオーストラリアのラジアータマツぐらいでしょうか。

大量の資源利用は樹皮より樹脂で行われています。マツヤニは有名で、チュウインガムのチクル、増粘剤のアラビアゴム、弾性ゴム、漆などは今も昔と変わらない資源です。こういった資源は日本では殆んど輸入されているのが現状でして、年間で300億円程になりますから、林産物が今も原料として相当な重みであるのは間違いありません。

(化学変換物) そうではありませんが、概していうと樹木の抽出成分そのものを産業的に使うことは大変に少なく、抽出成分その他の化学成分を化学的、生物的に変換して有用資源を得るのが普通です。例えば脂肪酸はマツから取られています、これはクラフトパルプ製造時に副産物として取られているもので、材中ではグリセライド、つまり脂肪としてあるのが加水分解されて出てくるのです。また材の主成分についても例があります。リグニンからのバニリン生産です。アイスクリームのバニリンがSD廃液から取られているのは存外しられていませんが、これはリグニンの酸分解で生まれたものです。このバニリンはバニラ原料として代替が少なく貴重です。

バニリンと言えはこの面でここ数年森林化学教室は大変目覚ましい成果をあげました。それはリグニンの微生物分解に関係している研究です。リグニンを有用資源に変換するというのは私の学生時代からあったアイデアですが、時代が省エネとなると、アイデアも変り、リグニン分解を化学薬品ではなく、微生物でやるという考えが支配的になりました。微生物としてキノコを使うのが普通の考えですが、森林化学では細菌使用を意図しました。細菌が高分子であるリグニンを分解出来ないのは自明だったのですが、もっと低分子のオリゴマーならある種の細菌により分解可能であろうと考え、その種の細菌のスクリーニングを行い大変強力な菌の分離に成功しました。その一つがシュードモナス1009株でして、この菌を徹底的に研究しました。その結果大変珍しい幾つかのことがわかりました。その一つに β -5などのモデル化合物がスチルベン構造をとって分解する経路があること、またそのスチルベン構造を分解する酵素がみつかったことがあります。スチルベンは勿論リグニンにはなく、抽出成分にはよくある構造です。そこでこの酵素、これをわれわれはLSDと呼びましたが、これを使うとリグニンは分解出来ないが、抽出成分のスチルベンなら分解できるかも知れないと考えました。スチルベンを分解すると何になるかといえますと、置換基の種類によって勿論変りますが、リグニンのようなグアヤシル基を持つものならバニリンになることもある。われわれはアカエゾマツの樹皮に1割りもあるスチルベンがグアヤシル基をもつことを知っていたので、これを単離してLSDを作用させてみたところ、バニリンが出てきました。予想が当たったわけです。いま鮫島さんを中心に酵素LSDを作る遺伝子の研究をしていますから、やがてこの酵素を生産できる大腸菌が誕生するものと思っています。

次は木材を人間が利用したときの抽出成分のはたらきです。

1、2 木材劣化のため抽出されるようになった成分

木材の95%は高分子と呼ばれるもので、高分子はベンゼンやアルコールのような有機溶剤や水には溶けないので、木材も有機溶剤や水には先ず溶けない。溶けてくるのは5%の抽出成分だけなのが常識です。所が微生物で腐った木材は5割りもが可溶であるのも珍しくない。これは何故かという抽出成分、つまり2次代謝成分が増えたのではなく、高分子が劣化して低分子となり易溶になったためです。つまり抽出される成分が増えたためといえます。こういうことはこのことだけを取り上げて考えると簡単なのですが、現実のなかに組み込まれると大変わかりにくい。そういった我々の仕事の一つをご紹介します。もう20年も前の事です。合板がやっと市民権を得たころの話です。セメントの硬化のために使う型枠、つまりセメント混練水を流し込んだ後硬化するまでの仮設の枠はスギの板を棧でつないで大きくしたものが使われていたのですが、合板は大きいいた。そこでこ

れを型枠に使えるわけですね。ところで実際に合板を使ってみると確かに便利なのですが、経験を積み重ねるうちに思わぬことがおこることがわかり始めた。シイノキで起こるのですが、型枠を剥がしたコンクリート表面が褐色で、ところ、ところ剥げ落ちている。手でさわってみると落ちてくる。つまりセメントが正常に固まっていない。シナノキを使うといつも硬化不良がおこるかという、そうでもない。正常に固まるともある。反対にスギを使うと、普通は正常に固まるけれど、ときどきおかしくなる。硬化不良が起こるのです。そんな例外は気になるが、とにかく硬化不良の原因を調べてみることにした。セメントが固まらないというのは水が不足するとか、温度が低すぎるとかでもおこるが、この場合そうではないのが研究からわかった。そこで原因は木材からセメントに有害なものが入りこんだためと考えた。セメントに有害な有機物にはどんなものがあるかという、砂糖がまず候補に上がる。砂糖がセメントの0、05%ほどあるとセメントは固まらなくなるとされている。そこでわれわれはシナノキとスギの温水抽出物を調べてみた。しかし特にシナノキに砂糖が多いというわけではなかった。つまり抽出成分である砂糖には違いがなかったわけですね。

そんな状況のとき建築技術者が大変興味のある観察を研究室に持ち込んだ。それは型枠をはずした建物の壁に角材の跡がついていたことです。角材のあとは白っぽく正常にセメントが固まっているのに、その周囲は褐色で手でさわってみるとその部分はぼろぼろ落ちる。つまり硬化不良が起きているのです。どうしてこういうことが起こったか、ここが思案のしどころというわけですね。われわれはこう考えた。角材は建築現場によくあるもの。型枠が立て込む前、ほおっておかれたときに、そのうえに角材がなにかのはずみでのっかっていた。それが何日間か続いた。その状態で太陽の光りを浴びた。光りのため角材の蔭は影響を受けなかったのにその周囲は劣化した。その結果生まれた成分がセメントに流れこんで、硬化を妨げた、こういうことではなからうか？

そこでいろいろな木材の表面を鉋で削ってから光にあてて、それを型枠としてセメントを固めてみた。その結果見事な成果が出た。大抵の樹種ではセメントは正常に固まるのに、光りが当たった型枠では硬化不良が起こったのです。光り照射時間が長くなれば硬化不良は大きいし、シナ、ブナなど広葉樹では、スギ、ヒノキなど針葉樹より同じ時間の照射で硬化不良も大きい。かくして光り劣化の仮説は見事になりました。

それでは光り劣化で増えたセメントに有害な成分とは何か。温水抽出物中の砂糖を調べてみましたが、光りが当たった型枠から特に沢山の糖がでてきたということもない。予想はずれた。どうしてか。いろいろ考えまして、セメントのアルカリ液に溶けるということを詳しく考え、そのアルカリ液が溶解力をもつ時間が比較的短いことに気づきました。光りの当たった、シナノキについて30分間で0、1%のアルカリ液に可溶性成分を調べたところ、光を当てた型枠では多量の糖が当てない場合よりずっと沢山見つかった。それは分子量が5000ほどのもので構成単糖はキシロースのみでしたので、木材中のヘミセルロースではなく、木材のヘミセルロースが光で分解し低分子物となったものであると考えたのです。つまり光り劣化で抽出され得る成分が増えたということになります。この抽出させる成分が別の実験でセメントの硬化を妨げたのは言うまでもありません。

1、3 抽出されない抽出成分

今度は上と全く逆の話をしていきます。

木材の抽出成分の多くは幹の柔細胞が死んで辺材が心材になった時作られます。だから心材に抽出成分が多く、辺材に少ない。辺材の抽出成分は木の養分であるデンプン、脂肪の類いです。私は長い間木の色に関心を払っていました。あんな鮮やかないろが何故できるのか。色変りが激しいのは化学的になんなのか？そんなことへの研究のきっかけを掴むため、色変りが激しいと教えられた木を15種程集めてきました。そして色変りに関係する化合物と取り出そうとしたのです。色は木の種類で大変に変わるから色の原因は抽出成分と考えました。これは原則的に正しい。木の種類で変わるのは95%を占める共通的な成分ではなく、5%を占める抽出成分だからです。

研究では先ず変色する前の木を木粉として各種溶剤で抽出してみました。抽出成分が変色の原因なら、関係成分は抽出されてくる筈です。そうとすれば抽出済みの木粉は変色しない筈です。抽出済み木粉に光をあて変色の程度を測定しました。標準に未抽出の木粉に光をあて変色の程度を測定したのはいうまでもありません。こうして較べました所、殆んどの木は抽出の影響を殆んど受けません。抽出されても、抽出しないものと同じように変色するのです。変色原因となるのは抽出成分ではないかのようです。良く知られている木ではマホガニーがあります。家具材として著名な木で、その色はお肌の夏の日焼け色として理想的だそうです。でも私が調べた範囲では、目に当たらないマホガニーはあんな色ではない。つまりマホガニーの色とは日に当たって生まれた色です。そのマホガニーの変色の原因物は抽出されないということが見つかった。つまり抽出成分ではないということになる。こういってしまえばなるほどということになるけれども、あんな個性的な現象が抽出成分でないというのは、理屈ではありえない。だから抽出成分であるのに何らかの理由で抽出できないと考えたほうが私にはピッタリします。例えば原因物は細胞の穴で出来るけれどそれが細胞壁にしみこんで、溶剤で出てこないことが考えられます。

これが色の原因についての第一の特色です。抽出出来ない抽出成分というのが考えられるということです。色の原因の第二の特色はついた色が落ちないということです。色は色素だから抽出される筈なのですが、抽出出来ないことがおおいのです。先に言いましたように抽出成分が心材化で出来て、五十年も百年もたってから木材は切り倒されるのですから、抽出成分は長い間洗わない洗濯物の垢のように沁みついて落ちないと考えてもよいでしょう。これは木材から殆んど色素が単離できないと言う経験とも一致します。色が出来るときに木材質に吸着されて抽出できなくなるらしいのです。例えばレンガスという銘木がありますが、その色の原因物は可成抽出されます。それも色がついています。でもそれに光りが当たって生じたものは色が赤く、現実の木材色に近く、しかも溶剤に溶けにくいのです。つまりこの場合マホガニーとは違うけれど似たことで、変色後の色は抽出成分と関係があるけれど、抽出されないと考えます。色は抽出成分によるから、研究がしやすい筈なのに、木材の色については詳しい知識がないというのは、抽出されにくい抽出成分と言うことと深く関係していると私は思っています。

2 抽出成分の植物での働き

2、1 抽出成分の進化

抽出成分、つまり植物の2次代謝成分は大変な数で誰も数えたことはないと思いますが、それが植物にとってどういう意味があるかといいますと、殆んどが対動物、対微生物の毒だと考えられています。毒の系譜とでもいいたししょうか、植物は藍褐植物に始まって大変

な遠化をしたのはご承知の通りです。進化につれて新しい毒をつくったから、毒の種類は増えているといえそうです。毒は大きく分け、テルペン、フェノール、アルカロイドになりますが、アルカロイドをつくるのは可成進化した被子植物の類いです。フェノールのフラボノイドは未進化の植物、こけなども作りますが、イソフラボン、ネオフラボンなどはマメ科でないで作りません。マメ科は進化した植物です。こうして抽出成分は数が増え、それらが葉や根や皮、幹に貯えられたと考えられています、裏返して考えると、こういった植物の進化、毒の増加は動物がそれらの毒を克服したため起きたと考えられています。どんな毒を植物が作ってもそれをどれかの動物が無毒なものとしてしまうというわけです。無毒かといってもいろいろな方法があるでしょうが、俗にいう免疫などというのちこれにあたるでしょう。

2、2 抽出成分と動物（ヒト）

人間と植物との付き合いは大分古いから、人間も毒を克服していることに成ります。人は植物の大抵の抽出成分に免疫になっているかということそうでもないのはご存じのとおりです。毒で人が死ぬのも起こることです。かぶれるなどというのは、免疫を獲得しそこないの例かもしれません。かぶれの研究で2〜3面白い経験をしましたので紹介します。それはローズウッドに似たマカエリウムのかぶれのことです。この木は昭和50年頃から日本に輸入されはじめました。ローズウッドつまり紫檀に似た木でしてピアノや家具に使われました。抽出成分としてはローズウッドと似た抽出成分、ダルバージオンを含むのですが、ローズウッドと違って大変にかぶれるのです。その原因はいろいろな人が調べていますが、メトキシ基が一つ余計についたダルバージオンが原因ということがわかりました。つまりダルバージオンはローズウッドに含まれていて、それには人は余りかぶれない。どうしてそうなのか勿論わかりませんが、ローズウッドは古くから多くの人が接しているのは確かです。つまりローズウッドはアフリカ、アジア、南アメリカに沢山あって世界中にばらまかれたからです。そこで大抵の人は免疫を獲得してしまったのかもしれませんが。ところがマカエリウムは南アメリカだけにしかない。そこでその木独特の抽出成分、メトキシダルバージオンには地球上の多くの地域の人には免疫がない。つまり被れるということになる、こう考えられるのです。イギリス、ドイツ、日本で同じかぶれ事件が社会問題になりました。ところが南アメリカでの研究報告によるとブラジルなどの人はこの木に殆どかぶれないということです。当たり前というか、不思議というか、ビックリするではありませんか。

ついでに加えますとマカエリウムという木はローズウッドが進化したものとされています。地球で大陸がパンゲニア一つだった時代にローズウッドは既にあり、大陸がアメリカ、アフリカ、アジアなどに分かれた時に、それぞれの大陸に移った。ところがアメリカ大陸に移ったものだけがマカエリウムという新種を生み出した、そう考えられています。

ある動物が植或る物の毒を無毒化するというのは地球規模の歴史では当たり前におこなわれています。例えば昆虫の脱皮ホルモンなど抽出成分を昆虫が加工したものだし、ワグ毒のように食べたものを体の一部に貯蔵しておき、外敵撃退に使うというのも時折見かける例です。こういった植物の作った毒が動物に効果があるというのは、人を始め動物達は抽出成分のような化学成分に対してなかなか適応できないように示しています

です。地球規模の歴史ですと、どの抽出成分もなにかの動物が克服してしまったことになりませんが。医学の本を読んでみますと、化学物質が体内に入ると、それを拒否しようといういろいろな防御反応が起こるそうです。体が適応していないためだそうです。多くの植物成分に対して、こういった拒否反応が起こる、それが色々な形で病状として現われるのはスギ花粉症という社会現象ではっきりしていきましょう。植物だって生き延びたいから、害になる動物達を追い払うのは当然といえば当然です。地球上は食いつ、食われつの世界ですから。

こういった植物毒は植物の生産量という大棒の中での出来ごとですから、動物が適応できなくて動物が死滅するなどということはないのですが、ヒトが化学物質を作り出したので事態は急変したようです。人が化学物質を作り出してからたかだか100年です。そんな短い間に動物特に人がそれらに適応出来る筈がありません。ここで言っているのは青酸カリのような猛毒ではありません。DDT、やBHC、農薬といった急性毒性のものも含んでいっているだけではありません。もっと当たり前のもの、例えば石油が燃えて出来る炭化水素の硫化物など排気ガスやプラスチックの添加物など普段あまり毒と考えられていないような産業製品を主にさしています。そんなものは急な毒性はないけれど、人間が絶えず接しているものです。そういったものに対する人間の不適応性は当然予想されます。だからそういったものに接したとき、さっき述べたように体内で拒絶反応が起こる筈です。するとそれがなんらかの形で症状としてあらわれる、つまり病気になる。こういった論理を展開したかったのです。これはご存じ複合汚染という考え方の原点になる発想で、日本で発行されているアメリカの医者ランドルフの一般書「人間エコロジー」で紹介されています。私にはなかなか説得力がありました。

終幕

長い間木材という人の憧れる材料に関係し、しかもその美しさに深く関わる抽出成分の研究をさせていただいてきました。それなりに幸福だったとおもうのですが、森林の破壊について世の批判が厳しくなり、抽出成分の植物にとっての意味を考える様になってみますと、私の前に開けた世界は全く違ったわけです。老後の仕事として無農薬農業に関係してみようと言う考えを受け入れる素地は、その時点からあったわけです。今は農林水産省の財団法人で「自然農法国際研究開発センター」というところに勤めております。財源はこういった運動を40年も昔からやっている宗教団体です。無農薬栽培をやっている農家が日本国中にあるそうですので、それを一つの自然と考え、特色を掴まえるという仕事をしようと考えています。幸い3~4億かけて研究所をすぐ作ってくださるそうで、最初の仕事は設立の青写真作成です。その後が自然、環境、健康をイメージする大学の設立のようです。

長い間、本当にありがとうございました。