

抽出成分に関する研究の現状と展望*1

梅澤俊明*2

Perspectives of Future Studies of Wood Extractives*1

Toshiaki UMEZAWA*2

木材抽出成分は、中性の溶媒で木材から抽出される化合物の総称であり、いわゆる植物二次代謝産物の範疇に属する。そして、その成分組成および含有量は、植物二次代謝産物一般に見られる様に、スパシオテンポラルに極めて多様である。また、木材抽出成分は様々な生理活性を有しており、生態化学的に様々な役割を果たしていると考えられる。

古くから、木材抽出成分研究は、樹木を木材として利用する上で基盤として必要な成分化学情報を提供すると共に、抽出成分のもつ多様な生理活性あるいは工業原材料としての性質を利用する技術を開拓すると言う観点で進められてきた。このような研究の過程で、かつては、種々の植物成分研究に伍して木材から新規骨格をもつ成分も報告された。今後木材成分研究によって、新規骨格を有する天然物が続々見出されるとは思えないが、依然として上記の観点からの研究は重要であり、また、利用の対象として新たな樹種が狙上に上り続ける限り、この重要性は将来的にも消え去ることはないであろう。

すなわち、例えば熱帯産樹木は多様な生理活性抽出成分資源の宝庫であるが、その成分研究はまだまだ手付かずのまま残されている部分が多い。また、今後資源循環型社会を構築するためには森林環境の保全とバランスをとった熱帯早生樹の大規模植林がますます重要となりつつあるが、これらの熱帯有用樹木の成分分析も、熱帯早生樹の総合利用を図る上での基盤情報として必須のものである。例えば、ア

カシアマンガウムなどの代表的熱帯早生樹につき、様々な系統、例えば心材腐朽抵抗性個体と非抵抗性個体の網羅的な成分比較分析、高タンニン含量系統の探索などを行なうことは重要な課題であろう。さらに、これらの大規模一斉植林に対する環境影響評価において、抽出成分の生合成活性や含量を樹木代謝変動の指標として用いることは現実的に重要と考えられる。

一方、今後は上記の伝統的路線以外の研究も重要となろう。上述の通り、二次代謝産物である抽出成分は樹種を特徴付ける成分であると共に、草にはなく樹木に特徴的な代謝に直接的に関わっている。すなわち、心材形成は樹木特異的代謝の代表であるが、心材形成は抽出成分（心材成分）の生合成を伴っている。巨大な樹体の全体を生き永らえさせることは極めて負担の重いことと考えられ、樹木はその中心部の大部分（心材部分）を積極的に死に追いやられ、単に物理的に樹体を支えるという役割を担わされていると考えられる。心材は全て死細胞から成るが故に、木材腐朽菌が攻撃してきた場合生体防御反応を發動してこれに対抗する術がない。よって、細胞死の前に抗菌性の成分を予め生合成し、死んで行く部分に防腐処理を施しておくという生存戦略をとっていると考えられる。心材成分の全てに抗菌性が認められているわけではないが、大雑把に言ってこの防腐処理の過程が心材成分の生合成であると言える。

心材形成は、様々な代謝反応が複雑に組み合わさった過程であり、その生化学機構の全貌解明はなかなか手強い課題である。しかし、心材形成における代謝の総体に比べると心材成分の生合成に関わる遺伝子の数ははるかに少なく、従って、心材成分生合

*1 Received July 24, 2004; accepted October 4, 2004.

*2 京大学生生存圏研究所 Research Institute for Sustainable Humansphere, Uji 611-0011

成の調節の分子機構を解明することが心材形成機構解明の突破口になると考えられる。現在では、扱いやすい植物研究材料系を立ち上げることができれば、手にすることのできる分子生物学的手法を組み合わせることにより、心材成分生合成の調節機構の解明も可能となってきた。

心材形成機構の解明が進めば、樹木独自の代謝機構の解明が進み、木が木たる所以の機構が明らかになろう。このことは、それ自体学問的に重要であるが、応用面からも興味ある展開が期待されている。すなわち、これらの研究の過程では、関連遺伝子の機能解析のために当該遺伝子の発現を制御した形質転換体を作成することが必須であるが、これらの形質転換体の多くは応用的にも有用な形質を示すと予想される。例えば、抗菌性心材成分合成能が増強され防腐処理が不要となる木質を蓄積する樹木も得られると期待される。この分野では基礎研究と応用研究が表裏一体となっている。

ところで、心材成分に近縁の二次代謝産物の生合成に関しては、既にかかなりな知見が蓄積しているが、心材成分そのものの生合成には未解明の点が多く残されている。第一に、種々の心材成分について、その合成酵素の検出や精製、さらにその遺伝子のクローニングにまで研究が進展していないものが多く残されている。分子遺伝学的手法が取り難く、ゲノム科学的情報リソースの完備していない木材成分研究においては、伝統的な戦略、すなわち代謝物同定→代謝経路推定→当該酵素検出→酵素精製→cDNAクローニング→遺伝子発現部位(組織)の特定→遺伝子発現調節領域の特定と発現調節解析、という研究の流れが重要である。なお、最近我々はスギ心材成分であるノルリグナンの合成酵素を初めて検出した(S. Suzuki, M. Yamamura, M. Shimada, T. Umezawa, Chem. Commun., 2838-2839, (2004))が、次に当該cDNAの取得に進みたい。第二に、フラボノイドやスチルベンのように、それらの合成酵素遺伝子の情報が蓄積しているものもあるが、その殆どは草本植物を材料としたものである。今後は、心材成分としての木材抽出成分の合成酵素遺伝子を取得することが重要であり、これらの遺伝子が手に入れば、様々な基礎および応用研究へと展開することが可能となる。

以上、今後の抽出成分研究について、希望的観測も含めて可能性について述べてきたが、これらの研究を進展させるための方策について、以後若干の私見を述べることをお許し願いたい。

第一に、大規模一斉植林が行われている樹種や未

利用熱帯樹種の成分研究については、これらを散発的に遂行してもまとまった成果をあげるのには難しいであろう。これらの研究は、これらの樹種の総合利用プロジェクトの一環として材料系研究と協調し目標を絞り込んだ研究として遂行する必要がある。

第二に、心材成分の生合成研究では、遺伝子情報リソースを形質転換が可能であり且つ心材形成が早期に立ち上がる樹種について整備することが必要である。例えば、ニセアカシアやアカシアマンギウムなどがターゲットとして挙げられる。樹木のゲノムプロジェクトは、日本の大学レベルではとても取り扱えるものではないが、心材形成期に発現する遺伝子情報を集めた Expressed Sequence Tag (EST) プロジェクトなら、大学における研究として十分成り立ち、また得られる情報も多い。

第三に、今後は、単に抽出成分の生合成を研究するというスタンスではなく、木化や多糖の生合成の分子機構の解析と共に二次木部の形成として総合的に取り扱うべきであろう。心材成分もリグニンも共にケイヒ酸モノリグノール経路を経由して生成するが、この経路上の酵素遺伝子の発現の研究は、もはや対象を心材成分やリグニンに限るようなものではなくなっている。また、ESTを用いたアレイ解析によりスバシオテンポラルに特異的に動く機能未知の遺伝子が得られても、その機能解析は容易ではなく、未知遺伝子の機能同定は、メタボロミクス、プロテオミクス、トランスクリプトミクスとの協調を指向した有機化学、天然物化学や生化学・酵素化学を用いた解析なくしては進まない。米国等でポプラ等を用いた樹木のゲノム科学的研究が進みつつある現状において、我国でも心材形成を含め木質の形成に関する独自のプロジェクトを立ち上げ、様々な関連研究者相互の協力の下に、木質の形成機構の解明とその知見の応用に邁進することが急務である。

第四に、上記のようにプロジェクト研究は昨今の趨勢となっているが、先端プロジェクト研究を円滑に推進するためには、木質科学の十分な知識を持ちつつ、関連する基礎的学問分野、たとえば、有機化学、生化学、分子生物学、樹木組織培養技術などを正統的に身に付けた若手の育成が極めて重要であることは言うまでもない。

最後に、再生可能資源の代表である木質の利用は、今後の持続型社会の構築に向けてますます重要になって行くと思われるが、抽出成分研究を含めた木質科学研究が持続型社会の構築に貢献することを願って止まない。また、本稿をまとめる機会を与えていただいた木材学会誌編集委員会に深謝いたします。