

シリーズ”森林資源利用と地球環境”
森林資源科学においてゲノム科学戦略は必要か
ゲノムワイドに行ってみよう

割石博之・・・31

シリーズ”川上から川下まで”
林業と木材工業の連携による産地の形成（その2）

藤澤義武・・・35

[研究論文]
モウソウチク由来加圧熱水抽出物の
白血球細胞増殖阻害作用

安藤浩毅・坂木剛・大庭英樹・・・40

[研究論文]
高電圧パルスがシイタケの菌糸生長に及ぼす影響

前田貴昭・池田元吉・塚本俊介・秋山秀典・・・42

新会員紹介（有馬孝禮・近藤哲男）・・・47

トピックス
組織構造からみた保存処理材中の
薬剤の分布と定着性

松永浩史・・・44

<http://rinsan.wood.agr.kyushu-u.ac.jp/>

事務局からのお知らせ

●支部に関する問い合わせ先は以下になっております。

・支部全般に関わること

⇒総務 松村順司（九州大学大学院農学研究院）

E-mail : matumura@agr.kyushu-u.ac.jp

Tel : 092-642-2980

・勤務先変更など会員情報に関わること

⇒会計 藤本登留（九州大学大学院農学研究院）

E-mail : fujipon@agr.kyushu-u.ac.jp

Tel : 092-642-2985

●会員情報入力フォーム提出のお願い

現在、「九州支部会員名簿 2003」の発行に向けて会員情報入力フォームの提出をお願いしているところです。まだ提出されていない会員の方はご協力頂きますよう宜しくお願いします。

シリーズ “森林資源利用と地球環境”

森林資源科学においてゲノム科学戦略は必要か ゲノムワイドに行ってみよう

割石 博之

個々の生物が持つすべての遺伝情報（ゲノム）をまず解読し、その中のどこが遺伝子であり、それがどんなタンパク質を作り、生体内でどのように機能するのかを調べる、ゲノムワイドな研究が「ヒトゲノム解読計画」から始まった。現在は、数百種類の生物のゲノム解読が進行しており、森林微生物である担子菌（*Phanerochaete chrysosporium*）あるいは樹木（*Populus trichocarpa*）のゲノム解読計画が

進行している。これらのデータ（ラフドラフト）には Joint Genome Institute のホームページから誰でもアクセスできる（<http://www.jgi.doe.gov/>）。ただし、データの利用については、ホームページ記載の要領に従うべきであろう。

さて、生命とは何かという本質的質問に対し、ゲノム全塩基配列解読プロジェクトとはその答えを与えてくれる、あるいは、はっきりした研究指針を与

えてくれる、夢のような研究であると考えられていた。しかし、ヒトの全ゲノム塩基配列が明らかになった今、その答えは出たであろうか。残念ながら否である。では、ゲノム全塩基配列解読プロジェクトは徒労だったのであるか。これも否である。

学術審議会は2000年2月、「大学等におけるバイオサイエンス研究の推進について」という建議の中で、バイオサイエンスの定義を変更した。1986年、バイオサイエンスは、「20世紀後半に展開したDNAを基盤とする研究を従来の生物学の膨大な知識と結びつけ、分子、細胞、組織、個体、生態系に至るあらゆる生命現象を理解しようとする領域である」と定義された。2000年の建議では、「生物の重要な構成要素の働きを実験的に明らかにし、生命現象における普遍的な原理を追求する科学である。また、生命現象に関与する生体分子の物理化学的性質を明らかにし、生物に特有な分子識別をはじめとする生体分子間相互作用を解析するとともに、生命現象を分子、細胞、組織、個体、生態系などのあらゆる側面において検討し、各階層における普遍的な生命原理とそれを基盤にした生物の進化の機構および多様性形成と消滅の機構を理解しようとする領域である。さらに、生体機能分子を介した生体特有の情報処理や情報の獲得に関する研究を行う領域である」と改訂された。この定義の変更は、ゲノム全塩基配列の決定がひとつの学問領域の終結を指すのではなく、新しい学問領域のスタートであることを強く謳っているように感じる。

総合科学技術会議においては、全塩基配列解読後の研究（ポストゲノム研究）の目標として、オーダーメイド医療・予防医学の充実・革新的医療・新規食品開発・環境負荷の低減等を挙げている。ここで言うポストゲノム研究とは解読されたゲノム情報を基に展開される研究分野のことを指しており、そのポイントは以下のようにまとめられている。

1. 膨大だが有限な遺伝子が対象

体系的・効果的な資源投入（大型研究費の投入と人的整備）

創意あふれる個別研究の育成

2. 国際競争に伍していくための機動性・柔軟性

ヒトゲノム計画で十分な貢献が果たせなかった経験を活かす

3. 我が国の優位技術の把握とそれを利用した先取

リプロジェクトの企画推進

4. 具体的な戦略目標の設定と研究評価の実施

5. 産業応用への道筋（研究出口の明確化）

ここで筆者が強調したいことは、産業応用への道筋について、出口対応だけではなく、出口のある新たな入口の設定も重要であるということである。ゲノム情報という膨大なデータを駆使し、これまでの研究アルゴリズムに縛られない、新たな研究を展開することが求められているように感じている。しかも、万人に公開されているデータベースがその基盤にあり、その上で国際的イニシアチブをとろうというのである。ゲノム情報をさらに活かすためのデータベース（発現タンパク質の全解析や遺伝子発現ネットワークの解明等）の構築や膨大なデータを扱うための生物情報科学技術の拡充は必須事項となる。しかし、この分野においても我が国は米英に後れをとっている。もし既に持つ優位技術を利用した先取りプロジェクトの企画ができる場合は、直ちに実行すべきであろう。世界で自分しかできない技術の開発など、創意ある個人研究が研究活動の基盤であるということを改めて実感させられる。しかし、ゆるぎのない研究基盤の構築は、プロジェクト研究、特に国家プロジェクトとして強力に推進すべきものであることも間違いないようである。個人研究とプロジェクト研究、これらを両輪に戦略的な研究を進めることが重要であろう。

さて、それでは我が国は具体的にどのような取り組みを模索しているのだろうか。20世紀ゲノム研究の総括として、研究水準・研究者数・研究資金のいずれの分野も米英に後れをとっており、国際競争の中、21世紀初頭数年間の取り組みが、その後の日本のリーダーシップを左右するとしている。緊急に強化すべきゲノム科学分野として、タンパク質構造機能解析（構造ゲノム科学国家プロジェクト：タンパク質3000プロジェクト）や生物情報科学（バイオインフォマティクス）における人材育成・データベース整備・情報解析技術の開発等を挙げ、既に開始している。後者においては、新規理論の構築（システムバイオロジー）への取り組み強化も始まっている。さらに、今後強化・拡充するゲノム科学分野としてヒトゲノム多様性解析・疾患遺伝子解析（オーダーメイド医療実現の重要な基盤）・解析の加速化（コストダウンのための研究開発）・5大疾患遺伝子

表1 「生命科学の21世紀」に向けたバイオ施策（補正予算分）

項目	金額	備考
ヒトゲノム解析を突破口とした5大疾患の克服		
ヒトゲノム構造・多様性解析	28.0億円	SNPs
ゲノム機能解析（タンパク質3000プロジェクト）	198.0億円	含バ・イオノマティクス基盤拡充
再生医療	63.7億円	発生・分化・再生科学
イネゲノム	31.7億円	ゲノムプロジェクト/機能性食品
ゲノム研究開発の加速化のための基盤整備	52.2億円	動物ゲノム/微生物ゲノムなど
バイオ技術の応用による環境問題の克服		
バイオマスエネルギー実用化技術の開発	0.4億円	バ・イオマス・ニッポンへの展開
地域新生・食品産業活性化技術開発支援事業	3.2億円	環境問題対応分
生物機能を活用した地球環境調和型産業プロセスの開発	15.0億円	グリーンバ・イオバージョン

解析（痴呆等神経疾患、がん、糖尿病、高脂血症等代謝性疾患・高血圧等循環器疾患、気管支喘息等免疫・アレルギー研究）が挙げられている。また、ゲノム機能研究として、系統的遺伝子発現解析研究や遺伝子の個体における機能研究（ミュータージェネシスの推進）も重点項目とされている。数に限りのあるフェノタイプミュータントに替わり、RNA干渉の研究が注目を集めている。また、バイオ技術の応用による環境問題の克服をめざした、生物機能を利用した産業プロセス革新のための技術基盤の開発プロジェクトも開始されている。バイオ技術を利用した生産方法は、環境負荷が極めて低く、環境調和型の生産プロセスとして期待される。これまでの利用は、偶然自然界で発見された微生物等を改変して用いる程度であったが、近年数多くの微生物等の遺伝子解析が進んできたことから、これらの遺伝子を組合わせて、生産目的に応じた細胞を設計・作成して生産に利用することも可能となりつつある。このため、遺伝子情報に基づいたバイオプロセスのための新たな技術基盤の開発を行うとともに、生産プロセスを化石資源からバイオマス資源に変換するために、バイオプロセスの原料となるバイオマス収集・処理および利用への遺伝子組み換え技術・生物機能利用技術等の開発を狙っていくものである。表1に2001年の「生命科学の21世紀」に向けたバイオ施策（BT戦略）で組まれた補正予算一覧を示す。このバイオ施策の目標は、自然界に存する生物機能の解明および利用により、健康・環境分野での技術的課題をブレイクスルーし、副作用の少ない治療法や画期的な新薬、高機能食物、環境負荷の少ない生産プロセス等を開発することで、安心して暮らせる豊かな高齢化社会及び循環型経済社会を実現する、というものであった。

このデータはあくまで補正予算分のみであり、さ

らにこの数倍の規模で予算が投入されている。国としての施策は公開され、その方向性もある程度明確に示されているのである。これらの予算の多くは、いわゆる基礎研究にも投入されており、現在巷で取りざたされている独法化により基礎研究は阻害されるという意見には、心からは賛同しかねる点もある。個人研究とプロジェクト研究は、やはり両輪となり大学研究を支えていくのではないかと考えている。特に成果を求めるプロジェクト研究において、成果という面からは基礎研究に投入した方がより多くの実（論文）が出てくるのは明白である。基礎研究を新しい入口作りと考えれば、我々も腐ることなくやっていけるのではと考えている（やや楽観的ではあるが）。

さらに昨年、経済産業省・文部科学省・農林水産省・国土交通省・環境省からバイオマス・ニッポン総合戦略骨子が共同発表された。その中で、農林水産資源・有機性廃棄物などの生物由来の有機性資源であるバイオマスを、エネルギーや製品として総合的に利活用し、持続的に発展可能な社会「バイオマス・ニッポン」を実現することを謳っている。以下の4点が重点項目であり、具体的な施策が策定されつつある。各省庁で、目指すところが異なることに、アンテナをはっておく必要があると感じている。例えば、経産省ではバイオマスエネルギーに、農水省では農産廃棄物の高度利用に重きを置くであろう。国民への啓蒙活動には、日本木材学会や九州支部としても関わっていくべきであろう。

① 地球温暖化の防止に向けて

地球温暖化問題は、次世代に豊かな資源と美しい環境に囲まれた地球を残していくため、人類が早急に取り組まなければならない最も重要な環境問題の一つである。我が国も、京都議定書の締結により、

温室効果ガスの削減に本格的に取り組まなければならない。二酸化炭素 (CO₂) の排出源である化石資源由来のエネルギーや製品を、カーボンニュートラルという特性を持つバイオマスで代替することにより、CO₂ の発生を抑制し、地球温暖化の防止に貢献することが急務となっている。

② 循環型社会の形成に向けて

大量生産・大量消費・大量廃棄の社会から、廃棄物の発生を抑制し、限りある資源を有効活用することにより循環型社会へと移行していくことが求められている。この循環型社会の形成に向けて、バイオマスは重要な役割を担うものであり、その総合的な利活用を通じ、循環型社会への移行を加速化していくことが必要となっている。

③ 農山漁村に豊富に存在するバイオマスの利活用に向けて

化石資源・鉱物資源等の天然資源の乏しい我が国であるが、アジアモンスーン地帯に属し温暖・多雨な気候条件のおかげで、自然の恵みを受けて成長するバイオマスが豊富であり、その多くは農山漁村に存在している。また、家畜排せつ物、稲わら、林地残材等農林漁業から発生するバイオマスを有効活用することにより、農林漁業の自然循環機能を維持増進し、その持続的な発展を図るとともに、都市部と農山漁村のバイオマスの利活用を有機的に連携させることにより、都市と農山漁村の共生・対流を促進することが期待されている。農林漁業、農山漁村をバイオマス生産、利活用の場として再活性化することが求められている。

④ 競争力のある新たな戦略的産業の育成に向けて

大きな転換点にある我が国の経済社会において、90年代初めと比べて大幅に低下している産業競争力を再生することが経済活性化の鍵となっている。バイオマスを新たにエネルギーや製品に利活用することにより、革新的な技術・製品の開発、ノウハウの蓄積、先駆的なビジネス・モデルの創出等が可能となり、全く新しい環境調和型産業とそれに伴う新たな雇用の創出が期待できる。このバイオマス関連産業を日本発の戦略的産業として育成することにより、我が国の産業競争力を再構築していくことが必要となっている。

日本のお家芸である(あった)「ものづくり」、そして永遠のテーマである「エネルギー問題」に解決

策を見出すべく、バイオマス・ニッポン総合戦略が提案されたわけである。今後、どのような提言を我々が行っていくのか、それとも公募される研究テーマに自らをはめ込んでいくのか。色々な考え方はあろうが、バイオマス研究分野に我々が関与しないわけにはいかない。他の追随を許さない技術を我々は持っているのだろうか。筆者は、樹木やキノコのゲノム情報から提案できるバイオマス研究(出口のある入口)がきっとあるはずだと考えている。なお、上述の骨子策定グループに林産系の研究者は入っていなかった。

さて、膨大なゲノムデータを基盤とするポストゲノム解析を迅速かつ精度の高いものにするために、新たな方法論が必要となってきている。このパラダイムシフトに積極的に対応していかないと、同じデータを見ても得られる成果が少なくなり、解析する速度に決定的な差がついてしまうことで、実学への展開力を大きく左右してしまうであろう。

バイオインフォマティクスは、コンピュータなどの情報技術を用いて生命現象の解明を進めていくという技術・学問であり、生命がいろいろな環境の刺激に対してどう応答するかなどの予測を可能とし、例えば医薬品の開発、植物の品種改良、さらに石油に代わるエネルギーの開発などを指すものである。生命科学の研究と情報科学の研究を合体させて、今までできなかったような研究開発をしていく。そういう全く新しい分野がバイオインフォマティクスなのである。コンピュータの中でバイオロジーの研究をすることが、今世紀に非常に大きく展開すると期待されているのである。日々刻々蓄積されているゲノムデータは、科学的にも、ビジネス的にも「宝の山」である。膨大なデータを解析し、その中から本当の宝を見出すために、バイオインフォマティクスが重要な役割を果たすことは間違いない。

森林バイオマス研究の分野で各研究者が連携をとり、ゲノム・遺伝子・タンパク質そして代謝産物を体系的・総合的に研究することは、基礎研究を応用研究に素早く結びつけることを可能にし、21世紀のバイオマス研究分野における国際的なイニシアチブとなると感じている。森林生物資源を舞台としたオーミクス(Omics: いろいろな階層での網羅的解析、例えば、トランスクリプトミクス・プロテオミクス・メタボロミクスなど) およびその統合的解析

から、さらには比較ゲノム学（例えば、ポプラとシロイヌナズナやイネの染色体構造を統括的に比較する等）的観点から、木は何故木なのか、といった本質的質問に解答を与えることができよう。セルロースの配向性や結晶構造を決定する因子の推定、リグニン生成に関与する遺伝子の種類・数・染色体上の位置を木本・草本で統括的比較を行う等、夢はつきない。樹木の形作りに関与する遺伝子の統括的推定も興味深いテーマである。また、担子菌のユニークな代謝マップを明らかにすることは、現在、針の先で行われているコンビナトリアルケミストリーを細胞内で行う *in cell* コンビナトリアルケミストリーへと展開できるのではないか。現在、機能未知遺伝子（群）の機能解明に、これまでの一遺伝子を導入する系ではなく、一連のクラスターを形成する遺伝子を一気に発現させる系の開発が行われている。

これらの成果と相まって、*in cell* 物質生産も現実のものとなる日が来よう。

何故木は木なのか、何故キノコはキノコなのか、といった馬鹿正直な疑問に答えが見えたとき、新しい応用研究が爆発するような気がしている。

まとまりも結論もない雑ばくな文章になってしまいました。この場を借りてお詫びいたします。筆者は決してオーミクスやバイオインフォマティクスの信奉者ではありません。が、一つの方法論として、興味を持っていただければと思っております。もちろん筆者も、現存する企業と差し迫った明日を見据えた研究もやっております。ご意見、ご叱責をお待ち申し上げます。

（わりいし ひろゆき：九州大学大学院農学研究院）

シリーズ “川上から川下まで”

林業と木材工業の連携による産地の形成（その2）

藤澤 義武

1. 林木の育種とは

前回では、クローン苗を用いることによって、効果的に品質のバラツキが少ない木材を生産できることを紹介しました。実生苗に対してはもちろんのこと、九州の林業の特徴であるさし木の在来品種に対しても、単一のクローンを用いることでバラツキをより少なくすることができます。さし木の在来品種の中には、いくつかのクローンで構成されているものもあるからなのです。さらに、育種の技術によって品質を改良したクローン苗を用いるのであれば、成長量も高いうえに通直でしかも材質も優れ、しかも品質が均一な林分を育てることができます。例えばスナガキなら、心材の含水率が低く、ヤング率は高い素材を生産できる林分に変えることが出来るのです。ところで、「育種」という言葉は農作物からは犬・猫のペットの類に至るまで用いられており、テレビ等のマスコミでも頻りに耳にする身近な言葉の一つです。しかし、林木の育種は農作物や家畜等のそれらとは、少し異なっています。それには、林木の持ついくつかの特徴が関係しています。長い歴史を持

つ林業地帯であり、長い年月をかけて特徴を持ったれるとは思いますが、ここで復習の意味も込めて林木育種の特徴とどのようにして成長量や材質を改良するのか、その原理を紹介しましょう。

林木は、同じ植物である農作物と比べても大きく異なる部分があります。それは、体が大きく、他殖性であること、一世代が極めて長いこと、ほとんど遺伝的に改良を受けていない野生に近い状態にあること等です。他殖性とは、別の個体から来た花粉でない種を得ることができない性質をいいます。体の大きさでは、たとえば、アメリカに成育するジャイアントセコイア (*Sequoia dendron*) は高さが100m近くになりますし、一世代が極めて長いということでは、わが国のスギは3000年以上生存することができます。

一般的に知られた農作物の育種では、交配を繰り返すことで遺伝子が均一な「純系」と呼ばれる家系を作り、優良品種を固定します。しかし、林木で農作物と同じように育種を進めると、先に示したような特徴から、優良品種を固定するのに人間の何世代

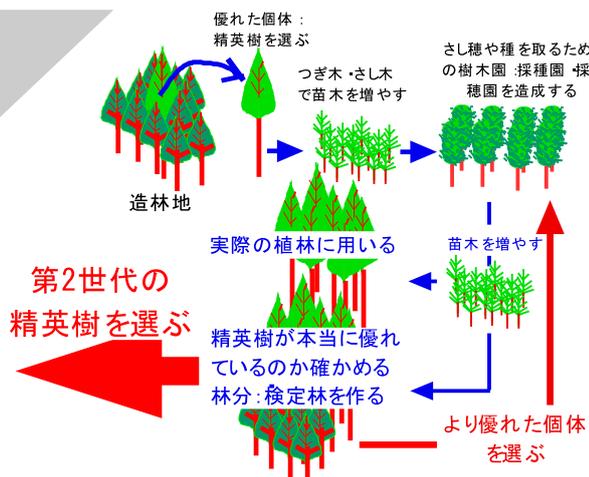


図1 精英選抜樹種の流れ

にもわたる長い年月が必要になってしまいます。そこで、林木では「精英樹選抜育種」という独特の手法に基づいて形質の改良を進めます。形質とは、成長や材質、病気や害虫に対する抵抗力等それぞれの個体の特徴が現れる性質のことをいいます。この方法は、林分から形質の優れた個体を選ぶとそれらの子供の平均値はもとの集団の平均値よりもすぐれていることが期待できることに基づいており、このことにはさきにお話しした林木の特徴が関係しています。この精英樹選抜育種の流れを示したのが図1であり、その概要を次に述べます。

まず、林分の中で優れた素質を示す個体を「精英樹：プラス木」として、林業経営上求められる形質、例えば樹高であるとか胸高直径であるといった基準によって選びます。この作業を「選抜」といいます。次に、これらの精英樹の集団をつぎ木やさし木で殖やします。これはクローン増殖なので、親の遺伝子をそのまま受け継いだ苗木の集団をつくることができます。さらに、この苗木によって、苗木を大量に生産するための種を生産する採種園、もしくは、さし木苗木を大量に生産するための穂木を生産する採穂園を造成します。これらによって大量に殖やした苗木はそのまま林業で実用し、ただちに山に植えます。これらの苗木は、もとの集団よりは選抜の基準となった形質に優れていることが期待できます。一方、次代検定林と呼ばれる試験林を造成し、精英樹の子供がもとの集団より優れている度合いを確かめます。選抜による形質改良の概念を図2へ示しました。ここに示したように選抜された集団の子供は元の平均値と選抜された集団の平均値の間にあることが期待できます。このとき、選抜された集団の平均値に対する子供の平均値の比率が遺伝率です。また、

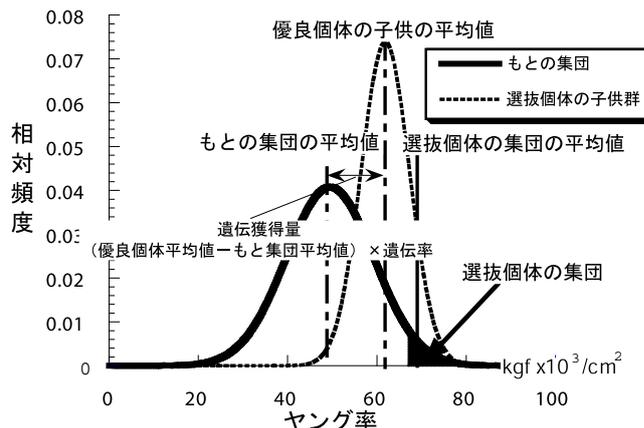


図2 選抜による形質改良の概念

精英樹の集団の中には、環境の影響などによってたまたま優れた性質を示したものが混じっています。次代検定林によってこのように誤って選抜された精英樹を見つけ、これらを採種園、採穂園から取り除くと、選抜の効果がさらに確実なものとなります。さらには、次代検定林から優れた精英樹を選び、それらだけで子供を作り、そこからさらに優れたものを第2世代の精英樹として選びます。このサイクルを繰り返すことによって精英樹の特性をより向上させることができます。これが精英樹選抜育種であり、その目的は育種に必要な長い年月を短縮することです。このシステムは、林木の成長が遅いスウェーデンで開発されました。

2. 実生とクローン、育種による改良効果の比較

では、育種によって色々な形質を人間の都合の良いように改良するとして、どれほどの改良効果（以後育種効果とする）があるのでしょうか？スギの実生で設定した試験林と同じくスギのクローンで設定した試験林を利用し、成長量や材質に関する両者の育種効果を比較しました。

2-1. 実生の場合

スギは、九州及び関西の一部を除くと実生苗で造林するのが一般的であり、関東・東北地方でこの傾向はより顕著となっています。よって、実生の育種効果はこれらの地域のスギ造林地で恩恵を享受できるものともいえるでしょう。

ここでは、容積密度、ヤング率、心材含水率の19年生の自然受粉家系と17年生の人工交配家系における遺伝率を算出し、これによってそれぞれの形質の育種効果を推定した結果を示します。自然受粉家系とは母親が同じで父親は不特定多数のものを指

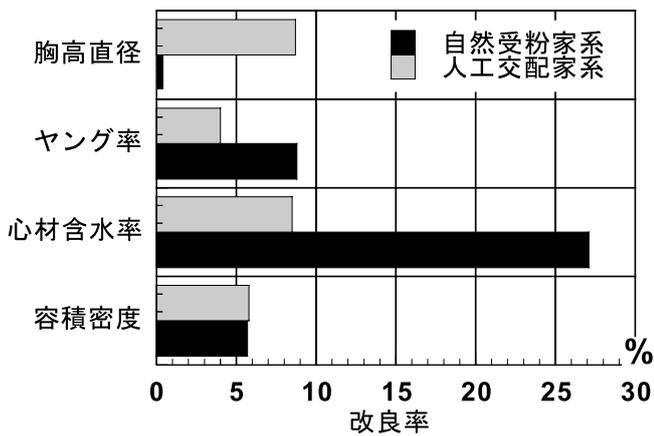


図3 実生苗における改良率 (変動係数×遺伝率)

し、人工交配家系は両親ともに同じものを指します。

図3にそれぞれの形質の育種効果を形質のバラツキを示す変動係数と遺伝率の積を改良率として示した。これによると、生長量の指標である胸高直径にくらべて、容積密度、ヤング率、心材含水率は大きな改良効果を得ることができることがわかります。

ところで、実生苗を生産する場合、種子を効率的に生産するため、採種園と呼ばれる施設を利用します。採種園では、色々なクローンを特定のクローン同士が隣り合うことが無いように完全に無作為に配置し、父親の効果が平均かするように配慮されています。この採種園から得た種子では、花粉がどの親からきたのかにかかわらず、特定の母親から優秀な子供が得られる確率（一般組み合わせ能力）を示す方が、より現実的な育種効果を示すことができるとされています。一方、自然界ではトビがタカを生んだり、逆にタカがトビを生んだりすることがあります。この場合、両親が特定の組み合わせの場合に、親以上に良い成績を出したり、逆に劣ったりする現象であることから、特定組み合わせ能力と呼ばれます。図4には17年生の人工交配家系の全体のバラ

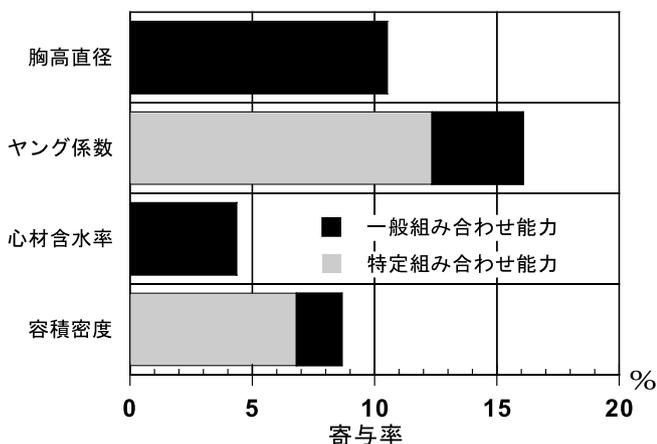


図4 形質毎の一般組み合わせ能力と特定組み合わせ能力の寄与率の比較

ツキに占める一般組み合わせ能力と特定組み合わせ能力の比率、すなわち寄与率を示しました。この例では、ヤング率と容積密度は特定組み合わせ能力の占める比率が高いことを示しています。これは17年生の若齢林分における一つ例であって、スギ全体に適用できる結果ではありませんが、このように実生ではトビがタカを生んだり、タカがトビを生む可能性があります。したがって、スギの実生では、材質、成長量ともに大きな育種効果を期待できるのですが、ヤング率、容積密度ではトビがタカを生む、あるいはタカがトビを生む可能性があります。トビがタカを産むのであれば言うことなしなのですが、タカがトビを産んだ日にはたまったものではありません。すなわち、確実に育種効果を得るためには確実に優れた子供を作ることがわかっている両親間で人工交配を行う、あるいはそれらの両親だけで採種園を造成するなどの特別な工夫が必要になります。

2.2. クローンの場合

ご存じのように、九州地域及び関西の一部の地域では、スギは一般的にさし木苗でします。特に九州地域では、さし木苗はスギ種苗生産量の97%を占めており（林木育種センター・1993）、造林面積に占める比率も概ね種苗生産量の比率に近いものと推測されています。さし木はクローン苗を生産する効率的な手法の一つであり、これらから、九州地域ではクローンの育種効果が林業の実態に即したものであるといえるでしょう。

一例として、九州にある21年生のクローン試験林の調査結果から広義の遺伝率を求めました。同じクローンであれば、遺伝子は完全に同じなので、遺伝率を求める意味はありませんが、形質のバラツキにしめる遺伝的なバラツキの比率を便宜的に遺伝率とし、両親が関与する本来の遺伝率と区分するために、広義の遺伝率と呼称します。この広義の遺伝率に基づき、各形質の育種効果を元の集団に対する改良率として図5に示しました。図5に示されるように、ヤング率の改良率は十八パーセントと高く、これは新しい「針葉樹の構造用製材の日本農林規格」の「機械的等級区分製材」において1ランクの引き上げにつながる効果です。

また、九州の各所に同じクローンを植栽した地域差検定林と呼ばれる試験林があります。この地域差検定林の中から、九州全域をカバーするように6箇所を選択してそれらのヤング率の変異を調査しまし

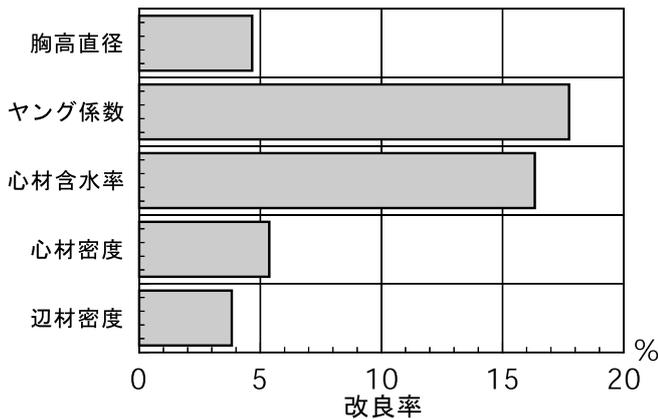


図5 クローン苗における改良率 (変動係数×遺伝率)

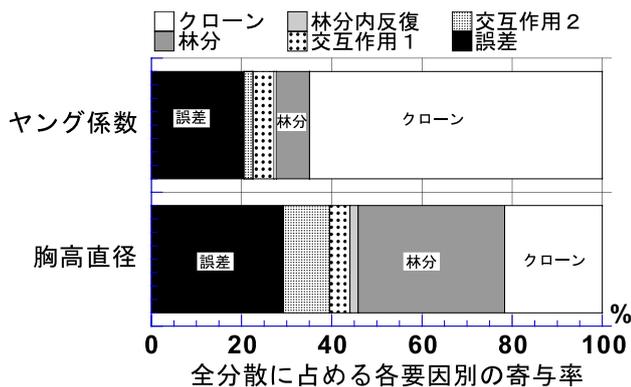


図6 ヤング率と胸高直径の分散寄与率

た。6箇所の林分の調査結果全体のバラツキに占めるそれぞれの因子別の寄与率を図6に示しました。図6から明らかなように、全体のバラツキの65%はクローンの違いに起因しており、検定林の違いによるバラツキはわずか七%にしかすぎませんでした。このことによって、ヤング率はクローンの違いに強く影響され、環境の違いによる変化は少ないことがわかりました。

3. クローンによる産地形成の可能性

このように、クローンでは育種による効果が高いうえで前回に述べたようにバラツキは小さくなります。さらに、成長や材質に優れたクローン品種を開発したならば、採種園によって品質を保證することができます。採種園ではよそから飛んできた花粉によって遺伝的に汚染され、苗木が異なった性質を示すことがあります。採種園ではそのようなことは起こりようがありません。従って、採種園に植わっている台木が間違いなくその品種であることを確かめておけば、後はさし穂がこの採種園で生産されたものであることを管理することで、品種の純粋性や品質を確実に管理することができます。ここで、DNA断片の多型の分析技術やアイソザイム分析その

他の技術に基づいた「品種鑑定システム」が重要な役割を果たします。また、このシステムは特定の品種の人気が高まると必ず出現するニセブランドへの対抗手段ともなります。

育種によって開発したクローン品種の品質は、採種園を核として管理・保証していくことができます。さらに、だれが何の品種を何年に何ヘクタール植栽したと言った情報をコンピュータで管理することにより、品質管理型木材生産を有利販売に結びつけることができます。データベースに登録された品種毎の蓄積状態を基にして販売計画を立てることにより、個々の林家の経営面積が小さくとも、品種毎にまとまった木材を生産・供給することができるというわけです。しかも、それらの木材は性能に優れ、品質が均一なのです。これがクローン品種によって産地を形成した状態です。これを実現するためには、研究者だけではなく、行政面でも認証・品質保証システムの構築、経営情報の一元的管理体制を確立すること等が求められます。しかし、これらの多くは現在進められている林業・林産業構造改革事業や流通効率化システム開発・普及事業の成果を利用していくことで効率的に進めることができます。とりわけ、さし木林業が主流を占める九州では、すでにクローン品種による産地形成を実現できる一歩手前のところにいるのです。

4. 産地の形成における育種の役割

さて、クローン品種によって性質が均一な木材を生産する品質管理型木材生産によって産地を形成していく上で、林木の育種はどのような役割を果たすことができるのでしょうか？

品質管理型木材生産による産地の形成のひとつの流れを図7に示しました。この中で、品種の開発と品種の品質管理、品質保証の部分について、林木育種センターを中心とした各公的機関の林木育種の分野が担当します。開発されたスギやヒノキのクローン品種の中からそれぞれの産地はそれぞれの経営戦略によって選択します。現在までのスギに関する研究成果では、成長形質、スギカミキリ、スギザイタマバエ等の虫害、寒さの害への耐性、ヤング率、容積密度、心材含水率、心材色、マイクロフィブリル傾角に加え、耐朽性と関係の深い抽出成分量他について、育種による改良が可能であることがわかっています。選択された品種によって採種園が造成され、

モウソウチク由来加圧熱水抽出物の白血病細胞増殖阻害作用^{*1}

安藤 浩毅^{*2}・坂木 剛^{*3}・大庭 英樹^{*4}

モウソウチクの生体に対する機能性探索および用途開発の一環として、モウソウチクを加圧熱水で加水分解した加圧熱水抽出物の株化白血病細胞に対する生物活性（細胞増殖阻害）について調べた。その結果、約 200°C の加圧熱水で分解抽出される生成物に、一部の株化白血病細胞の増殖を特異的に阻害する活性が認められた。

1. はじめに

鹿児島県はタケノコ（主にモウソウチク）の有数の産地であり、タケノコの品質向上や生産性向上のために、竹林の管理や整備（伐竹）等が進められている。伐採された竹の一部は、パルプの原料、竹炭、工芸品等へ利用されているが、まだ十分に利用されているとはいえない。モウソウチクには、元来キノコ類などの抗菌成分¹⁾が含まれていることが知られている。また、モウソウチクを 180°C 程度の加圧熱水（飽和蒸気圧以上に加圧された 100°C 以上の熱水）で加水分解したのものには、キシロオリゴ糖などの難消化性オリゴ糖が含まれており²⁾、腸内細菌の増殖促進³⁾など様々な機能性が報告されている。そこで本研究では、モウソウチクの生体に対する機能性探索および新規機能性素材としての用途開発の一環として、モウソウチクを加圧熱水で加水分解して得られる成分の株化白血病細胞に対する生物活性を調べた。

2. 実験方法

1) モウソウチクの加圧熱水抽出

モウソウチク (*Phyllostachys pubescens* Mazel) をカッティングミルで粉碎し、粒径を 177 ~ 250 μ m に篩い分けした。これを加圧熱水処理装置²⁾により 130°C で抽出される成分を除去した後、200°C で加水分解されて得られる加圧熱水抽出物を抽出液とした。また、比較対照としてシラカバ由来の精製キシラン (SIGMA 製) を同様に処理したものを実験に供した。

2) 細胞および細胞増殖阻害試験

株化白血病細胞は、ヒト白血病株化細胞の Jurkat (急性リンパ性白血病: ALL)、Molt-4 (ALL)、ML- II (急性骨髄性白血病: AML) および Supt- I (

リンパ腫: LY) を RPMI-1640 培地で培養し、対数増殖期にあるものを用い、また、健康人の末梢血からリンホセパール I を用いて分離したヒト末梢血リンパ球細胞を同培地で培養したものを対照として用いた。

株化白血病細胞の増殖阻害試験は既報⁴⁾に従い、細胞のミトコンドリア脱水素酵素が MTT (3-(4, 5-Dimethyl-2-thiazolyl)-2, 5-diphenyl-2H tetrazolium bromide) を基質として formazan 物質に変換する MTT 法により評価した。すなわち、濃度の異なる当該抽出物存在下で 24 時間培養後の細胞抽出液のミトコンドリア脱水素酵素活性を測定し、無添加 (PBS(-) 添加) 培養の細胞抽出液のミトコンドリア脱水素酵素活性を 100 とした時の各々の活性の相対値を生存率 (%) として表した。

3. 結果および考察

モウソウチク由来加圧熱水抽出物の各種株化白血病細胞の生存に対する影響を MTT アッセイにより調べた。その結果、ALL 由来株化白血病細胞の Jurkat および Molt-4 に対して、それぞれ 250 μ g/mL、100 μ g/mL の濃度で 50% 以上（無添加に対し）の細胞増殖阻害を示した（図 1-a）。また、この結果から、モウソウチク由来加圧熱水抽出物は細胞増殖阻害に対して濃度依存性があることが明らかとなった。その他の株化細胞、AML 由来の ML II や LY 由来の Supt- I に対しても同様の試験を行ったが、モウソウチク由来加圧熱水抽出物の細胞増殖阻害効果はほとんど見られなかった（図 1-b）。これらの結果から、モウソウチク由来加圧熱水抽出物の細胞増殖阻害活性は ALL 由来の株化細胞に対して特異的であること、また、その効果は、加圧熱水抽出物に含まれるキシロオリゴ糖等の糖類の存在が関与してい

*¹Hiroki ANDO, Tsuyoshi SAKAKI and Hideki OHBA: Growth inhibition effect on some leukemia cell lines by hot compressed water extractives of a moso bamboo.

*²鹿児島県工業技術センター Kagoshima Prefectural Institute of Industrial Technology, Hayato, Aira-gun, Kagoshima 899-5105

*³産業技術総合研究所九州センター National Institute Advanced Industrial Science and Technology, Kyushu center, Tosu-city, Saga 841-0052

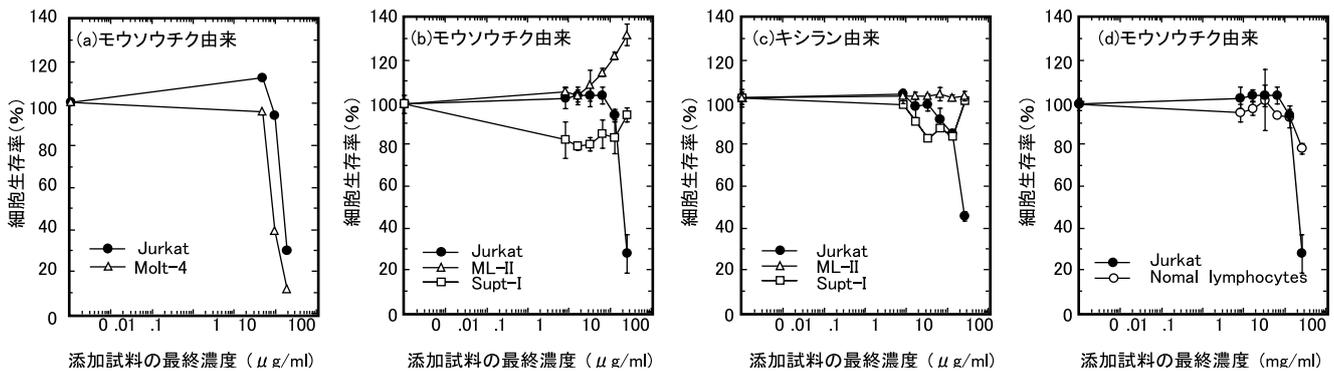


図1 モウソウチク由来加圧熱水抽出物およびキシラン由来加圧熱水抽出物の各種株化白血病細胞およびヒト末梢血リンパ球（正常細胞）に対する増殖阻害効果

ること等が考えられた。そこで、市販のキシランを加圧熱水処理して得られた抽出物を同様に Jurkat、ML- II、および Supt- I に対して添加し、各細胞の増殖に及ぼす影響を調べた。その結果、モウソウチク由来加圧熱水抽出物と比較して効果は低いものの、Jurkat に対して増殖阻害を示した。一方、ML- II および Supt- I に対しては、ほとんど増殖阻害を示さなかった（図 1-c）。これらの結果から、キシロオリゴ糖などの糖類以外にモウソウチク由来加圧熱水抽出物に含まれる成分との相乗効果が ALL 由来の株化白血病細胞に対する増殖阻害を誘発しているものと考えた。一方、正常リンパ球細胞に対する細胞増殖阻害効果はわずかであった（図 1-d. 写真 1）。また、顕微鏡観察の結果、試料添加後の Jurkat に細胞の萎縮と小胞子の形成等のアポトーシスに特徴的な形態変化が観られたことから、モウソウチク由来加圧熱水抽出物の株化白血病細胞に対する細胞増殖阻害活性がアポトーシスに起因している可能性が示唆された（写真 2）。

4. まとめ

モウソウチク由来加圧熱水抽出物は、ALL 由来の Jurkat および Molt-4 に対して特異的な細胞増殖阻害を示したが、正常リンパ球細胞に対しては増殖にほとんど影響を与えないことから、モウソウチク由来加圧熱水抽出物には正常細胞に対しては作用しないが、ALL 由来の株化白血病細胞に対しては選択的に作用し、アポトーシスに起因する増殖阻害活性が存在することが示唆された。今後、モウソウチク由来の成分を機能性食品素材として利用するためには、ALL 以外の株化白血病細胞に対する効果や、増殖抑制物質の同定および増殖阻害機構の解明等も含めてさらなる検討が必要である。

引用文献

1) 仁科 淳良：月刊フードケミカル 6、36-39 (1990)。

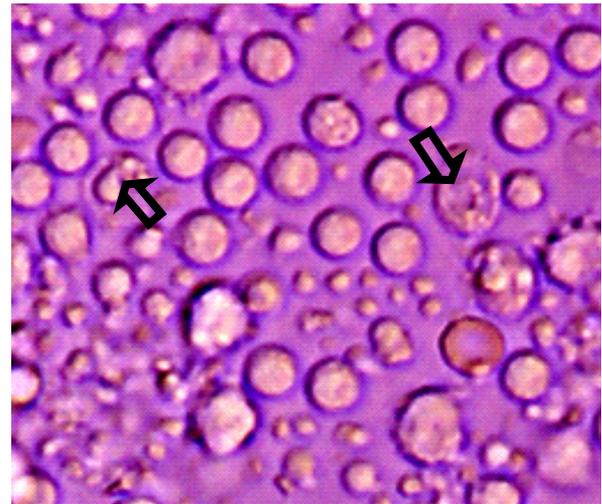


写真 1 モウソウチク由来加圧熱水抽出物を正常リンパ球に添加した時の細胞状態

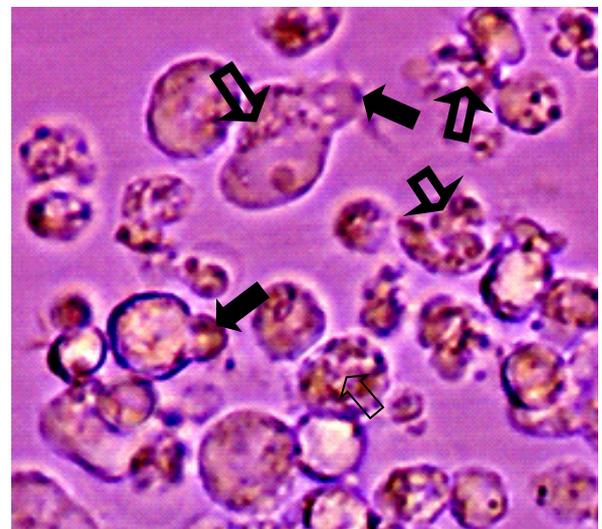


写真 2 モウソウチク由来加圧熱水抽出物を Jurkat 細胞に添加した時の細胞状態

2) 安藤浩毅ら：鹿児島県工業技術センター研究報告 14、45-51 (2001)。

3) 藤川茂昭ら：日本栄養・食料学会誌 44、37-40 (1991)。

4) Mosmann, T. : *J. Immunol. Methods* 65、55-63 (1983)。

高電圧パルスがシイタケの菌糸生長に及ぼす影響*1

前田 貴昭*2・池田 元吉*2・塚本 俊介*3・秋山 秀典*4

小型で持ち運び可能な誘導性パルスパワー電源を用いた高電圧パルスをシイタケ菌に印加し、その後の菌糸生長に及ぼす影響を検討した。その結果、50kV、80kV、100kV 印加のいずれの条件でも無処理と同様の菌糸生長を示し、今回使用した高電圧パルスは、初期の菌糸生長にほとんど影響を与えないものと考えられた。

1. はじめに

シイタケほだ場への落雷による子実体の大量発生は、生産者の間で昔から経験的に知られている。また、電気刺激がきのこの生育に及ぼす影響についても、これまでに多くの研究報告があり、その有効性は認められている^{1) 2)}。しかし、従来の研究で使われた装置は大きく実用化されていない。

今回検討した高電圧パルス発生装置は、細線ヒューズ（直径 0.03mm の銅線）溶断を利用した誘導性パルスパワー電源で、パルスの幅が従来のパルス刺激 μ (10 - 6) sec に比べ、n(10 - 9) sec と短いのが特徴で、高電圧を印加してもシイタケほだ木に損傷を与えず、加えて、従来の装置より小型化が可能で実用化が期待できる。また、本装置を利用した完熟ほだ木へのパルス印加試験でも、これまでの研究報告同様に子実体収量が増加する効果も確認されている。

そこで、本研究では、今回使用した高電圧パルス発生装置をきのこ栽培に幅広く利用するため、高電圧パルス印加がシイタケの菌糸生長に与える影響について検討した。

2. 試験方法

供試菌は、PDA 培地（日水製薬）上で培養した、市販のシイタケ種菌森 290 号を使用した。

(1) 菌糸の蔓延した木片へのパルス印加

パルスを印加した供試材は、図 1 のようにあらかじめ供試菌を蔓延させたクヌギ木片 (W=10mm、L=75mm、T=2mm) で、図 2 に示すと



図 1 菌糸の蔓延した木片



図 2 木片のパルス印加状況

おり、L 方向の両端を鱈口クリップで挟み高電圧パルスを印加した。処理条件は、各処理とも 1 回印加の 50kV 印加、80kV 印加、100kV 印加及び無処理の 4 条件とし、全ての処理をクリーンベンチ内で行った。なお、パルス印加後の木片には損傷等は見られなかった。また、高電

* 1 Takaaki MAEDA, Motoyoshi IKEDA, Shunsuke TSUKAMOTO and Hidenori AKIYAMA : Effect of Pulsed High Voltage on mycelial growth of *Lentinula edodes*.

* 2 熊本県林業研究指導所 Forestry Research and Instruction Station of Kumamoto Prefecture, 8-222-2 Kurokami Kumamoto 860-0862

* 3 有明工業高等専門学校 Ariake National College of Technology, 150 Higashi-Hagio Omuta Fukuoka, 836-8585

* 4 熊本大学 Kumamoto University, 2-39-1 Kurokami Kumamoto, 860-8555

圧パルス印加の際、目視による放電現象は確認できなかった。印加したクヌギ木片は、L方向10mm毎に切断した小片(10×10×2mm)とし、直径90mmシャーレのPDA培地中央に接種、その後の菌糸の生長状況を観察した。

(2) 寒天培地上の菌糸へのパルス印加

木片では菌糸のどの部分に高電圧パルスが影響を与えているか確認できなかったため、図3に示すとおり、直径5mmのコルクボーラーで打ち抜いた供試菌を新しいPDA培地に接種後、菌糸に直接高電圧パルスを印加した。なお印加の際、菌糸に直接当たった端子から菌糸上を広がるように放電が見られ、高電圧パルスがきちんと印加されている状況が目視で確認できた。処理条件は、各処理とも1回印加の80kV印加、100kV印加及び無処理の3条件とし、全ての処理をクリーンベンチ内で行った。高電圧パルス印加後は、温度25℃、湿度65%の培養室内で培養し、その後の生長状況を観察した。

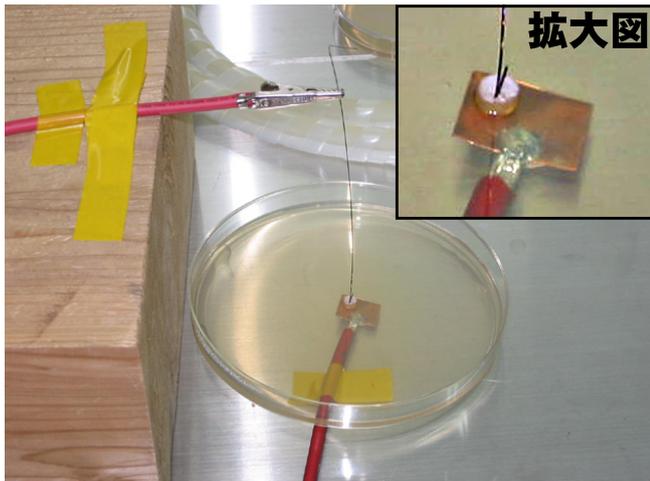


図3 寒天培地上の菌糸への印加状況

3. 結果及び考察

(1) 木片からの菌糸生長

図4に印加後の菌糸生長状況を示した。高電圧パルス印加による差は見られず、10日目にはすべての条件で菌糸がシャーレの縁に到達した。また、今回最大の印加電圧100kVの条件でも、無処理と比較した場合、目視による菌糸密度に差は見られなかった。

(2) 寒天上の菌糸からの生長状況

図5に印加後の菌糸生長状況を示した。木片の場合と同様に、パルス印加による差は見られず、10日目には全ての条件でシャーレ全体に菌糸は蔓延した。また、図上の2日目には数値として現れていないが、目視で供試菌からの発菌は確認された。持ち運び可能な誘導性

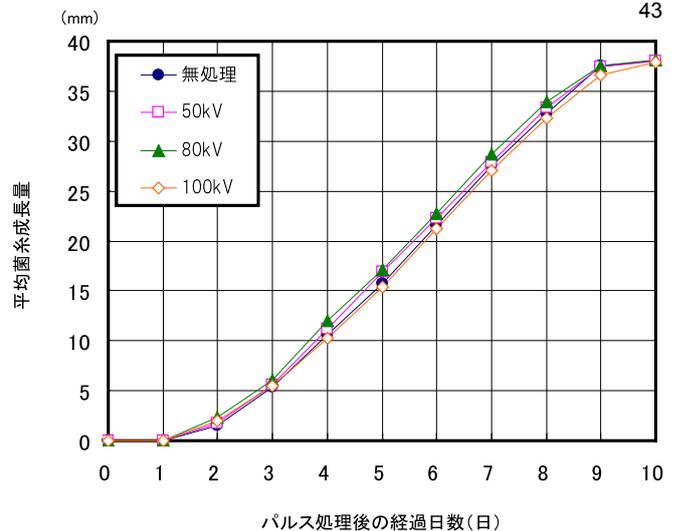


図4 高電圧パルス印加が木片菌糸に及ぼす影響

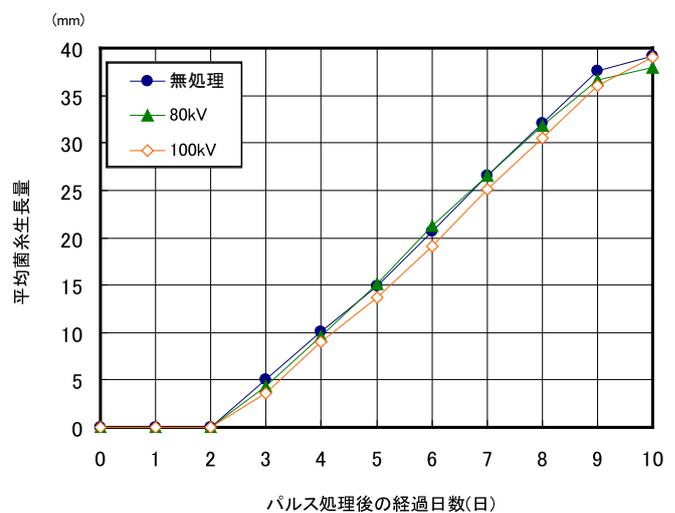


図5 高電圧パルス印加が寒天菌糸に及ぼす影響

パルスパワー電源を用い、シイタケ菌に高電圧パルスを印加し、その後の菌糸生長に及ぼす影響について検討した結果、今回処理した印加電圧の範囲では、初期の菌糸生長にほとんど影響を与えないと考えられた。

今回使用した誘導性パルスパワー発生装置は、小型化が可能であるためより実用化が期待できる。今後は栽培現地での実用的な利用方法、安全な作業方法等について継続して検討していきたいと考えている。

引用文献

- 金子周平ら：福岡県林業試験場時報，38,1～34(1987)
- Ohga S. et al.: Mushroom Sin. Biotechnol., 9, 7-12(2001)

新会員紹介

宮崎県木材利用技術センター

有馬 孝禮



4月より宮崎県木材利用技術センター所長として都城市に参りました。それに併せて木材学会九州支部会員となりました。どうぞよろしくお願いたします。私の故郷は鹿児島ですので、久しぶりの方言の中で何かゆったりとした豊かさを味わっています。

1997年に我が国で開催された国連気候変動枠組条約第3回締約国会議(COP3)において採択された「京都議定書」では二酸化炭素などの温室効果ガスを排出抑制するための具体的な目標が定められ、併せて森林における二酸化炭素の吸収を評価することになりました。我国の場合、削減目標は6%で、その削減分にわが国の森林での吸収源を最大で3.9%をみることで2002年に批准しました。ところが6%削減どころか8%以上の増加になっています。このことは森林の吸収源の大きさに期待して、本来やるべき化石エネルギー消費の抑制努力を軽くした雰囲気を生んできたようにみえます。さらに産業活動の落ち込みがこの問題に触れないように作用している側面も否定できません。産業の活力はエネルギー消費を増加させると考えるのが一般的であるからです。もっと問題は森林を吸収源として評価したため木材利用(すなわち伐採)を抑制した方がいいと誤解している人がかなり多いことです。現在、森林の伐採は二酸化炭素の放出と評価されています。このような状況は二酸化炭素の削減に関して森林や木材利用の役割が認識されにくいことを意味します。木造住宅や木製品は伐採後も炭素貯蔵されていますが、その評価については締約国会議の第2約束期間以降になっています。木材や木製品は製造に要するエネルギーが他材料に比較して著しく小さいこと、しかも木材が積極的に使用されることによって森林に新たな植林が生じるにもかかわらず都市と森林の連携が曖昧になっていることは否めません。九州はスギを中心とした人工造林木の主産地ですので、木材利用の積極的な発信が必要であり、広域、公益的な協調関係がこの厳しい情勢ではとくに要求されていると思っています。

九州大学大学院農学研究院

近藤 哲男



〒812-8581 福岡市東区箱崎6-10-1
TEL&FAX: 092-642-2997
(学生実験室: 092-642-3000)
E-mail: tekondo@agr.kyushu-u.ac.jp

4月1日付けで森林総合研究所から九州大学に転任してきました近藤です。この5月末の学会総会まで、本部の会計担当常任委員を務めさせていただきましたので、九州支部活動のアクティビティーの高さには、前々から驚かされておりました。今回、本会に加わることができ、光栄に存じます。九州と本部との学会活動の交流に関して、まだまだメール等で書き言葉では表現できないところ(?)での相互理解が難しいのが現状だと思います。ですから、微力ながらこの点について、なんらかのお手伝いができればと思っています。

ここで、私の研究紹介を簡単にさせていただきます。研究対象としては、結晶性資源高分子すなわち骨格構造高分子であるセルロース(細胞壁)、キチン(森林生物・昆虫骨格)、その他の構造多糖を扱っております。ただし、扱う対象サイズとしては、ここ5年間、マイクロフィブリルに代表されるナノメートルサイズが主で、いかに分子集合構造、あるいはさらに高次の構造が形成されるか、それを制御できるかという観点で研究してまいりました。単分子膜やLB膜創製はそのひとつの例です。最近、セルロース分子を独特の方法で配列させて、これまでになかった分子集合構造を有するフィルムを創製しました。この構造体は、極めてユニークな特性を示し、いろいろな方面への応用が期待されております。加えて、物質を生産する微生物(たとえばセルロース繊維を分泌する酢酸菌)や細胞の系にも関心もっております。そこで、この分子配向をもつフィルムをテンプレートとして、その上で酢酸菌を培養すると、菌が分子配向方向に沿って、まるでレールの上を走行するように挙動することを見出しました。走行と同時に、産生繊維が同方向にナノ配向・堆積制御されたシートが構築されることもわかりました。現在、この配向シート構築法の多方面への展開に力を注いでおります。4月より森田光博教授の下、研究のみならず、学生諸君とのふれあいも楽しく、有意義な毎日を過ごしております。お近くにいらっしゃる際は、遠慮なくお寄り下さい。コーヒーでも飲みながら、研究談義の花を咲かせましょう。今後ともよろしくお願いたします。

”トピックス”

組織構造からみた保存処理材中の薬剤の分布と定着性

松永 浩史

1. はじめに

高耐久性を付与する木材保存処理は、木材資源の耐用年数を延ばすので、地球環境にはプラスに働きます。しかしながら使用薬剤の人体への安全性や環境汚染の影響など、マイナスの要因も孕んでおり、環境への負荷が少ない保存処理薬剤の使用や保存処理製材の製造、廃棄処理について適切な対応が求められております。そのため、保存処理製材の工程管理、品質管理の徹底が要請されており、今後は用途に合わせた最適処理性を今よりも厳密に評価しなければなりません。

このような背景から、保存処理薬剤が木材実質中にどのような経路でたどりついて定着し、最終的にどのような分布になるかを知ることは重要であり、これには木材成分を含めた広い意味での木材組織構造を踏まえた知見を得る必要があると考えます。

そこで本研究では、CuAz（銅・ホウ素・アゾール化合物系木材防腐剤）で処理されたスギ辺材を、走査電子顕微鏡（SEM）にエネルギー分散型X線分光器（EDXA）を備え付けた分析電子顕微鏡（SEM-EDXA法）（図1）で表面組成分析し、材中の銅元素の濃度分布を細胞レベルで視覚化し、薬剤の定着性に関する因子を木材組織構造と関連づけながら考察することを目的としました。



図1 SEM-EDXA

2. 木材組織毎における銅元素の濃度分布

CuAz 水溶液を減圧注入したスギ辺材で、薬液が十分に浸透した領域における銅元素の濃度分布を図2に示します。図中のAは反射電子像（形態像）、Bはこれに対応する銅元素のマッピング像（X線強度比）です。マッピング像は、銅が高濃度に存在する場所程、明るい色で表示されています。図より、年輪界付近の典型的な晩材部、放射組織や樹脂細胞に銅が高濃度に存在していることが分かりました。

そこで、今度は放射断面試料を使って、高濃度に銅が存在していた樹脂細胞について、少し倍率を上

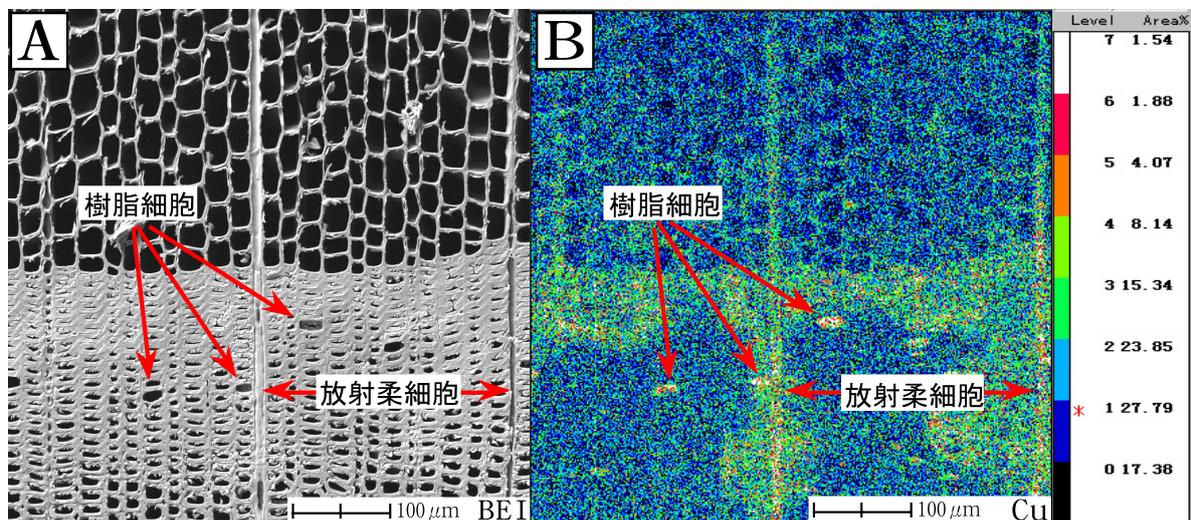


図2 スギ CuAz 減圧注入処理材における銅元素の分布（辺材、横断面）

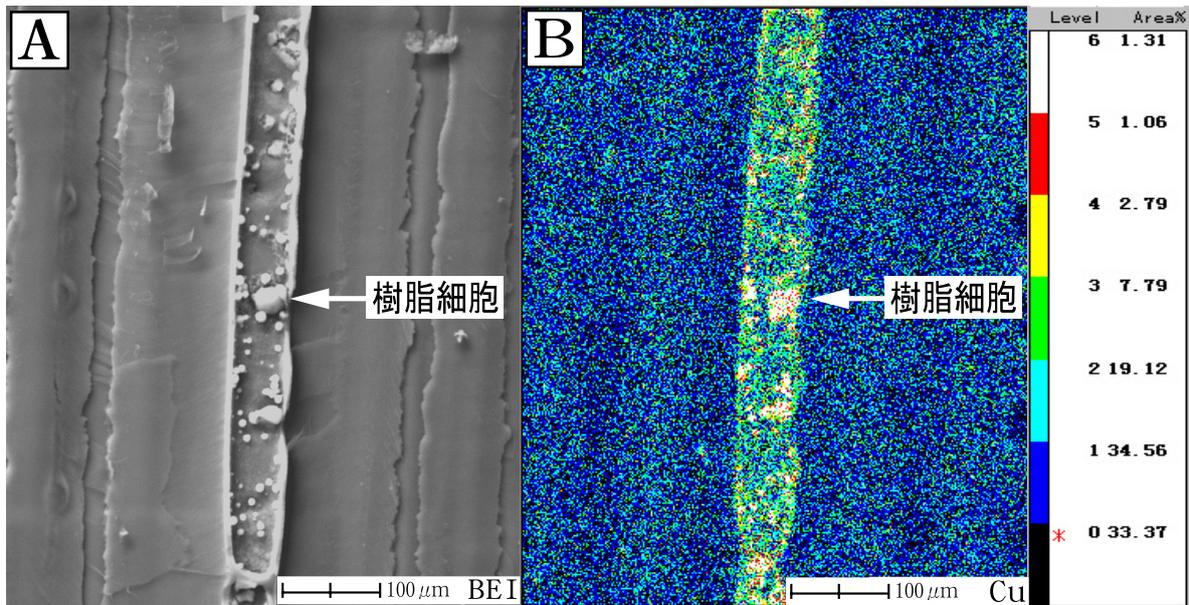


図3 スギ CuAz 減圧注入処理材における銅元素の分布（辺材、放射断面）

げて濃度分布を検討しました（図3）。Aの反射電子像では、樹脂細胞全体のコントラストが強調されていることから、反射電子の発生量が多いことが分かります。反射電子の発生量は、試料の平均原子番号に依存しますので、相対的にこの場所の平均原子番号が大きいことが推測されます。さらにマッピング像より、樹脂細胞から銅元素が検出されており、とくに顆粒状の内容物に高濃度に存在していることが分かりました。

以上の結果は、CuAz 水溶液が均一に浸透した領域のものです。材全体が銅系水溶性防腐処理材に特有の典型的なモスグリーン色を呈していた状態です。それに関わらず、分析結果は薬剤の分布は均一ではないことを示しました。しかも、その濃度分布のむらは無秩序ではなく、柔組織に集中する傾向があり、組織構造と密接な関連があることも分かりました。これらのことより、そもそも薬剤の定着性というのは、組織構造の違いによって異なるのでは？と考えました。そこで、次にスギ辺材から得た薄切片を使って、木材微小領域における CuAz の定着性に関する因子を検討しました。すなわち、薄切片に CuAz 水溶液を直接滴下して定着させ、養生後に未反応の薬剤成分を水洗したものを分析に用いました。

3. 木材微小領域における銅元素の分布

図4は、晩材仮道管の細胞壁内の銅元素の分布状態を示しています。線分析を行った結果、二次壁に

比べて細胞間層で高いピークが認められ、銅の相対濃度が高いことが分かりました。

CCA を針葉樹材に注入した場合、細胞壁内における Cr、Cu、As 元素の濃度分布は、二次壁より細胞間層の方が高いことはいくつか報告されています。CuAz の場合も CCA と同様の結果となりました。なお、早材仮道管についても検討を行った結果、同様の傾向が認められました。

図5は、晩材仮道管の有縁壁孔部を分析した結果です。Aは二次電子像、Bはこれに対応する反射電子像に線分析の結果を重ね合わせた像です。反射電子像から、二次壁<細胞間層、セルコーナー部<

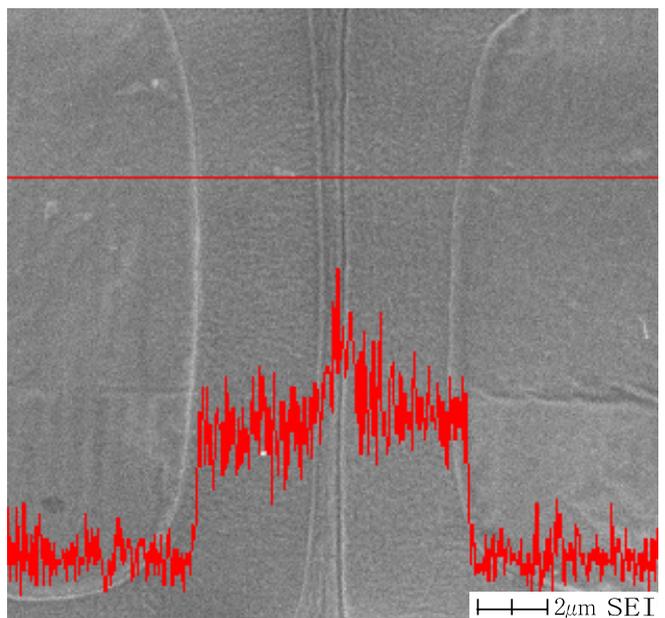


図4 CuAz 防腐剤を定着させたスギ辺材の仮道管細胞壁（晩材、横断面）

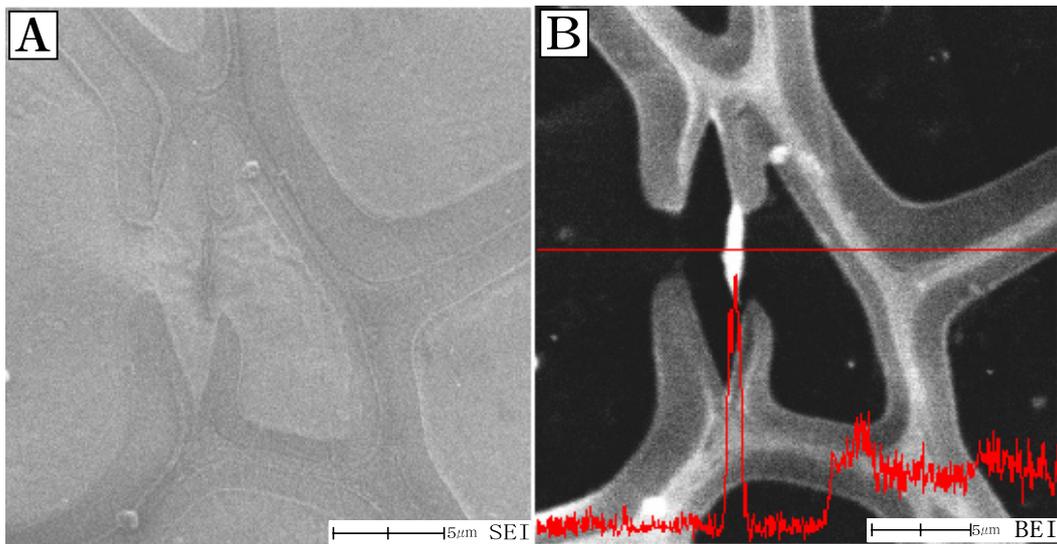


図5 CuAz 防腐剤を定着させたスギ辺材の有縁壁孔（晩材、横断面）

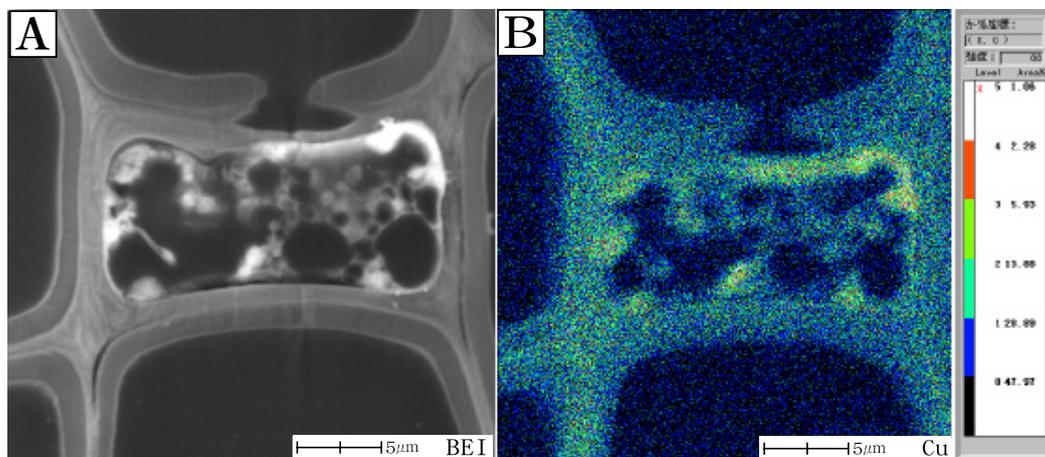


図6 CuAz 防腐剤を定着させたスギ辺材の樹脂細胞（晩材、横断面）

トールスの順にコントラストが強調されており、この順に相対的に平均原子番号が大きいことが推測されました。さらに、線分析の結果から銅元素が検出され、この順に銅の相対濃度が高いことが示されました。なお、早材仮道管の有縁壁孔部についても検討を行った結果、同様の傾向が得られました。これらのことから、早晩材ともに、トールスに銅が高濃度に分布することが明らかとなりました。図6は、樹脂細胞について分析した一例です。Aの反射電子像から、樹脂細胞内に内容物の存在が確認できます。また、Bのマッピング像から樹脂細胞に隣接する仮道管の二次壁に比べて、細胞間層やセルコーナ一部に銅が多く存在し、とくに樹脂細胞中の内容物に高濃度に沈着することが明らかとなりました。

以上の結果をまとめると、早晩材ともに二次壁に比べて細胞間層やセルコーナ一部から銅元素が多く検出され、とくにトールスや樹脂細胞の内容物に銅元素が高濃度に沈着することが明らかになりました。

4. 薬剤の定着性に関する因子

木材微小領域においても、銅元素の濃度分布は均一でないことが明らかとなりました。先程も述べましたように、これら薄切片は、CuAz 水溶液を直接切片に滴下処理して定着させ、さらに水洗（溶脱処理）したものであるため、分析結果は木材成分との定着性の優劣を示していることとなります。では、それぞれの部位にどれくらい銅が取り込まれているのでしょうか？

図7は、各部位における銅元素の相対濃度をP/B比という指標を用いて半定量的に表したものです。図より、P/B比は仮道管二次壁、細胞間層、半縁壁孔対の壁孔膜、トールス、樹脂細胞の内容物の順に高く、トールスや樹脂細胞の内容物にいたっては、仮道管二次壁の3倍程度もの多くの銅元素を取り込んでいることが分かります。

実は、CuAz 水溶液には銅の溶剤としてモノエタノールアミンが含まれており、水溶液中ではアミン-銅錯体を形成しています。そしてCuAzの場合、

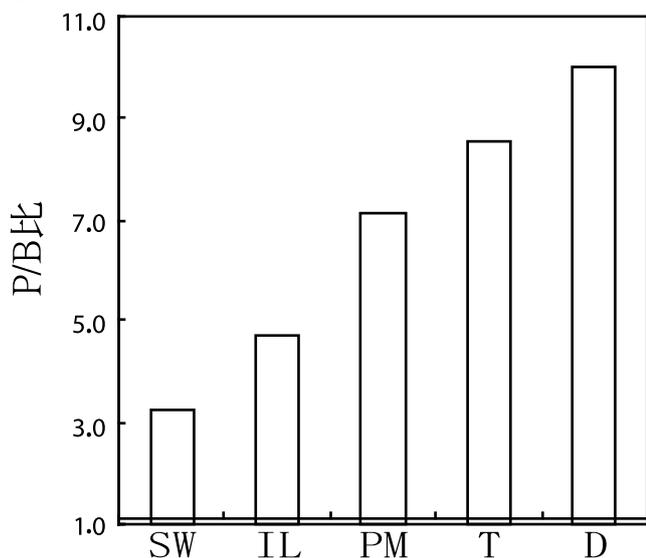


図7 各部位における銅元素のP/B比

注 SW: 仮道管二次壁 IL: 細胞間層 PM: 半縁壁孔膜 T: トールス D: 樹脂細胞の内容物

木材成分の酸性プロトンとアミン-銅錯体の中和反応で定着化が進むとされており、このときグアイアシルリグニンのフェノール性水酸基やヘミセルロースのカルボキシル基と銅錯体を形成します。

さて、細胞間層やセルコーナー部では仮道管二次壁に比べてリグニンが多く存在し、ヘミセルロースを含めると90%以上を占めます。これらのことが、二次壁よりも細胞間層やセルコーナー部に銅が高濃度に存在した理由と考えられます。

また辺材部のトールスには、ペクチン質が多く存在し肥厚していることが知られています。ペクチン質はガラクトウロン酸単位のペクチン酸が主成分で

あることから、数多くのカルボキシル基が存在しており、アミン-銅錯体がたやすく定着されることが考えられます。

一方辺材部の樹脂細胞には、でんぷんなどの貯蔵多糖類や原形質などの内容物が存在しています。このため、アミン-銅錯体が酸性多糖類、原形質などの内容物と複合体を形成していることなどが考えられます。これらのことがトールスや樹脂細胞の内容物に銅が高濃度に存在した理由と推測されます。

電子顕微鏡を使って保存処理材を眺めてみると、薬剤の分布はこのように特徴があり、木材成分を含めた広い意味での木材組織構造の視点を導入することにより、薬剤の木材への定着性を議論することができます。

5. おわりに

最初にも触れましたが、我が国では近年の環境問題の高まりから、保存処理製材の品質管理の徹底や使用環境に対応した性能区分、樹種の耐久性区分等などのさらなる徹底が要請されているのが現状です。そのため、使用環境下における有効成分の変化や溶出の現象、ウェザリングの影響など、保存処理製材に起こるさまざまな化学変化の解明が求められています。今後はこれらの問題の解決に、木材組織学的な観点から詳細な検討を研究展開します。

(まつなが ひろし：九州大学大学院農学研究院)

〔編集後記〕

木科学情報 10 巻 3 号をお届けします。シリーズ“森林資源と地球環境”では、九州大学の割石先生に寄稿戴きました。シリーズ“川上から川下まで”は、林木育種センターの藤澤義武氏による第2回目の開設です。今号から新たに新会員紹介コーナーを設けました。今回は有馬孝禮先生と近藤哲男先生の紹介です。さらに、トピックスとして、九州大学の松永浩史君に研究内容の紹介をして頂きました。その他、研究論文2編を掲載しております。お忙しいなかご執筆頂いた方々に厚くお礼申し上げます。(古賀信也)

〔各種問い合わせ先〕

- 支部全般に関わること (総務 松村順司)
E-mail: matumura@agr.kyushu-u.ac.jp
Tel: 092-642-2980

- 会費、入退会に関わること (会計 藤本登留)
E-mail: fujipon@agr.kyushu-u.ac.jp
Tel: 092-642-2985
- 支部ホームページ
<http://rinsan.wood.agr.kyushu-u.ac.jp>

木科学情報 10 巻 3 号

2003 年 7 月 10 日発行

編集人 村瀬安英
 発行人 藤田晋輔
 発行所 日本木材学会九州支部

〒812-8581
 福岡市東区箱崎 6-10-1
 九州大学大学院農学研究院
 森林資源科学部門内
 FAX 092-642-3078