

2004年 春のシンポジウム

木質：21世紀の材料生物学

主催： 日本木材学会 組織と材質研究会

共催： 日本木材学会 レオロジー研究会

時： 2004年4月24日（土）－25日（日）

於： 名古屋大学シンポジオンホール1階ホール

（名古屋市千種区不老町）

学婚木 出木 出木の 2011 = 共同研究 (共同).

総合討論

福島

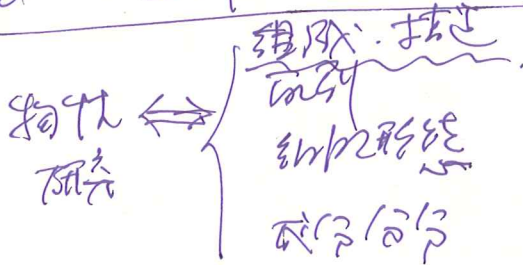
2011以降 成り 出木 (共同) 研究
各分野 methods } 総合せ.

model 研究 本 20 project 化

0 総合 共同 研究 化 → 総合 研究
共同 研究?

0 Compression wood 共同 研究 共同 研究

高橋



no. of angle of 研究. 共同 研究

第4 session 共同 研究 → 繊維-構造
共同 研究.

共同 研究

共同

共同 研究 (共同) 共同 研究 共同 研究.

共同 研究 共同 研究 共同 研究

sessions (1, 2, 4 共同 研究)

共同 研究 共同 研究

プログラム

4月24日

13:00-13:05 開会の趣旨説明

13:05-15:20 生化学研究者が想像する木質の機能・物性

オーガナイザ：福島和彦（名古屋大学生命農学研究科）

(1) 杉山淳司（京都大学生存圏研究所）

~13:20

セルロース：構造からみる、生合成・分解および機能

(2) 梶田真也（東京農工大学）

リグニン構造の可塑性がもたらす機能・物性の高度化

(3) 梅澤俊明（京都大学生存圏研究所）

心材抽出成分の生合成

梅澤俊明
福島先生が誘った
梅澤同志。

15:30-17:45 顕微鏡・生物学研究者が想像する木質の機能・物性

オーガナイザ：高部圭司（京都大学農学研究科）

(1) 藤田 稔（京都大学農学研究科）

材料解析における光学顕微鏡の役割

(2) 伊東隆夫（京都大学生存圏研究所）

フリーズエッチング法で見た細胞壁のミクロな構造

(3) 中田了五（独立行政法人林木育種センター東北育種場）

ミクロフィブリル傾角が遺伝するとはどういうことなのか？

18:00 から懇親会（名大内、グリーンサロン東山）

4月25日

9:00-11:15 資源利用化学研究者が想像する木質の形成と構造

オーガナイザ：近藤哲男（九州大学農学研究院）

(1) 小名俊博（九州大学農学研究院）

紙のリサイクル性の向上に好ましい木質の形成と構造

(2) 光永 徹（三重大学生物資源学部）

樹木の生理機能から学ぶ木質資源の成分利用化学

山本 / speaker には 学生時代 生物の分野の研究 (21) へ 進んだ。
木質の階層構造の認識
林業・物産研究には
形成・細胞階層構造の意義

高橋 / 発表 には 主に 木質の形成に
macro scale には 階層構造を 7 階層に 区別。
木質の 7-42 を 紹介 した。
「形成過程」には 小規模な FT-IR の 解析方法

松野 / 山本 には 物産研究者 であり
林業研究者 には 木質形成 について (21) へ
紹介 した。
EEL

山本 / 林業 には 物産 研究者 である。

吉島 / 発表 には 木質の 形成に
木質の 形成過程 について。 木質の 形成の claim 処理
について。 木質の 形成過程 について。
木質の 形成過程 について。 木質の 形成過程 について。

木質の 形成過程 について
木質の 形成過程 について loss

木質の 形成過程 について

光永 / 生物の 形成。
木質の 形成過程 について。 木質の 形成過程 について。
東大 林学 科 山本 先生

高橋 / Sample について 木質の 形成過程 について。 木質の 形成過程 について。

高橋 / 木質の 形成過程 について。 木質の 形成過程 について。 木質の 形成過程 について。

高橋 / Sample について 木質の 形成過程 について。 木質の 形成過程 について。 木質の 形成過程 について。

高橋 / mutant について 木質の 形成過程 について。 木質の 形成過程 について。

(3) 則元 京 (同志社大学工学部)
化学加工木材の構造と物性

11:30-12:10 材質・物性研究者が想像する木質の形成と構造

オーガナイザ: 山本浩之 (名古屋大学生命農学研究科)

(1) 棚橋光彦 (岐阜大学農学部)

木材の物理加工からみる木質の形成と構造

12:10-13:30 食事休憩

13:30-15:05 つづき

(2) 山下香菜 (独立行政法人森林総合研究所木材特性研究領域)

林木材質評価における現状と将来の夢

(3) 中井毅尚 (島根大学総合理工学部)

細胞壁物性から木質の形成と構造を垣間見る

15:40~16:55

15:15-16:15 総合討論・まとめ

前々回も

コーディネーター:

藤井智之 (独立行政法人森林総合研究所)

船田 良 (東京農工大学農学部)

矢野浩之 (京都大学生存圏研究所)

講師 12人

各セッションのオーガナイザーの発言

梅沢先生の報告 model tree species a 説

形成研究では

多岐な情報から genome

遺伝子

解析法

日本(=海外)大学の報告

現在 = 小規模で

総合的の分析が必要

塔の台担研究

組換え体

ゲノム解析

target に対応

栗原先生の報告

Populus tremula x tremuloides

ゲノム解析

Arabis Arabidopsis 等

genome size 1-2

組換え体の研究

改良品種

樹木改良の重要性

舟組 / 分子構造の修飾
UDPの定数 (経路)
Tm.
なぜ合成可能か?

→ 可逆と非可逆

近接

酵素反応... 誘導? — 酵素反応の
cellulose 分子の加水分解 (4) 細胞の加水分解

その反応...
酵素反応? ⇒ 右の通り

細胞

Exposed cellulose の 利用性

生体内で分解されるセルロースの量?

→ 酵素の 可溶性セルロースの量

hemicellulose - 臭素酸処理

高圧

繊維の長さ

繊維の長さの分布? 繊維の長さ?

→ 繊維の長さの分布
決定因子

105 → 100 or 100 → 95 分?

細胞の加水分解

高圧

二次繊維の長さ
分布?

→ 高圧/データは二次繊維の長さ
一次繊維のデータ

① CesA の構造 cellulose 合成酵素 / CesA の生合成

↳ 酵素 TC. → TC の酵素活性と cellulose minor face の構造

② CesA から glucose → cellulose 合成. 2 分子間酵素 (分子間?)

二回位構造 (セルロースの構造)

隣接 glucose の結合

セルロース: 構造からみる、生合成・分解および機能

京都大学生存圏研究所 杉山淳司

天然セルロースである I_α と I_β について、SR-X線、中性子回折から水素結合様式を含む結晶構造が精密化された。この構造モデルは、自然界でも特に結晶性の良い素材である海藻やホヤセルロースのデータに基づいている。精密な構造データは正確なモデル化や計算による予測を可能とするから、これらの2つの結晶形の形成の仕組みや相互変態の機構に関する研究にはずみがつくであろう。

matrix は水素結合 (植物では cellulose)

セルロースの高次構造は、結晶学的には精密化の対象であると同時に、見方を変えれば生合成や分解のメカニズムを考える上で有益な情報となる。コラーゲンの高次構造が老化の機構と関連することが分かり、生物学的な研究の花形となったとも言われるように。例えば、セルロースの構造の多様性は、合成機構の複雑さを物語る良い例であるが、今後の遺伝子・タンパク質レベルの研究進展に伴い、セルロース合成能力の進化をたどる一つの切り口となるだろう。

細胞壁骨格のセルロースマイクロフィブリルが、植物体の力学バランスを担うことはよく知られる事実である。木材ではマイクロフィブリル傾角という比較的マクロレベルの構造が、セルロースの役割を表すパラメータとなっている。さらに進んで、リグニンやヘミセルロースとの力学的な意味での連携、結晶に内在するストレスなど、より微細なレベルでの新しい実験データを蓄積する。それらは内部応力や成長応力を精密にモデル化することを可能とし、セルロースの物性に及ぼす影響を明らかにするだろう。

新しい考え方が生まれることを思いつつ、構造に関するいくつかの側面を紹介する。

- セルロースの新しい結晶モデル
- LODR と長周期構造
- 分解において酵素は分子鎖の方位や性質を認識する
- 細胞壁中でセルロースは引っ張られている?

X-ray diffraction

中性子-diffraction → 水素に敏感な

H₂O 透過 cellulose (高次構造) の diffraction.

DP = 300 ←

放射線による diffraction の仕組み

細胞壁中の cellulose の構造. test wood の表面

→ cellulose の構造

生合成の過程で引っ張られる mechanism?

どの方向?

or. tensional force (引っ張力) の方向?

↑
? 構造の多様性 = 高次構造の多様性

↑
? 高次構造の多様性 → 高次構造の多様性

梅取 / 組換えの⁷ア 保型 system は?

↳ 知らぬ. 保型 = screening method.

梅取 / 組換えの植物. / 733ニ 2/112.

7117 a lignin は 黒色 ... 枯木

の lignin 研究 = は?

lignin 産量 測定法.

Sample 植物 1 選. 2 選. 3 選. 4 選. 5 選.

梅取 / mutant a 検出法 は?

↳ screening 法 問題. ... 内訳 階級 2
も 1/100. 枯木

梅取 / 7117 組換えの 枯木 の 変色 は?

↳ 枯木 の 枯木 変色 1/100. 変色 枯木.

梅取 / lignin path way の 産量! 産量 枯木

リグニン構造の可塑性がもたらす機能・物性の高度化

代謝経路の可塑性

東京農工大学 大学院生物システム応用科学研究科

(現 星薬科大学 薬学部 応用微生物学教室)

梶田真也

2016.4月

～3月 農工大 競争

リグニンを研究対象とした生化学、分子生物学及び分子遺伝学の発展により、多くの生合成遺伝子の発現制御（抑制や高発現）が試みられ、これまでにシロイヌナズナ、タバコ、ポプラなどで数多くの興味深い表現型を持つ組換え植物の創出や変異株の単離が行われてきた。これらの新しい形質を持った植物個体では、特定の遺伝子の欠損、発現抑制或いは高発現により、細胞壁中のリグニン含有量が増減するだけでなく、野生型個体とは異なる分子構造のリグニンが蓄積する。また、リグニン生合成に関与する遺伝子の発現変化は、フェニルアラニンからヒドロキシケイ皮アルコール類へ向かうモノリグノール合成のための代謝経路の流れを歪め、代謝過程の一部を共有する他成分の細胞壁中の濃度を変化させると考えられる。更に、これまでに報告された幾つかの知見は、リグニン生合成経路の代謝変化が、代謝上では大きく隔たる多糖の含有量に影響を及ぼし、細胞壁の物理的構造を変化させることを示唆している。これらのことは、リグニンを対象とした代謝制御が新しい細胞壁（木質）の創生につながることを期待させる。

4CL 阻害 transgenic tobacco

演者らは、これまでに4-クマレート:CoA リガーゼやペルオキシダーゼなど、モノリグノールの生合成やリグニン重合に関与する酵素遺伝子の発現を調べ、遺伝子の発現を抑制した組換え個体を用いて代謝過程における各遺伝子の役割の解析を進めてきた。また、組換え個体から得られる木質材料を用い、そのパルプ化適性や微生物による分解性などを明らかにしてきた。本講演では、演者らの研究から得られた知見を踏まえ、今後のポストゲノム時代の木質研究のあり方についての私見を述べてみたい。

組換え体 laccase 阻害性

参考文献

Kajita et al. (2002) Improvement in pulping and bleaching properties of xylem from transgenic tobacco plants. J Sci Food Agric, 82: 1216-1223.

Li et al. (2003) Down-regulation of an anionic peroxidase in transgenic aspen and its effect on lignin characteristic. J Plant Res, 116: 175-182.

Boudet et al. (2003) Lignins and lignocellulosics: a better control of synthesis for new and improved uses. Trends Plant Sci, 8: 576-581.

Phanerochaete genome project
研究の進展方向
DNAの発現を抑制して
細胞壁の構造を
変化させる
... 木質の特性
primary xylem
木材の質を向上
させる
= DNAの発現を抑制して
細胞壁の構造を
変化させる

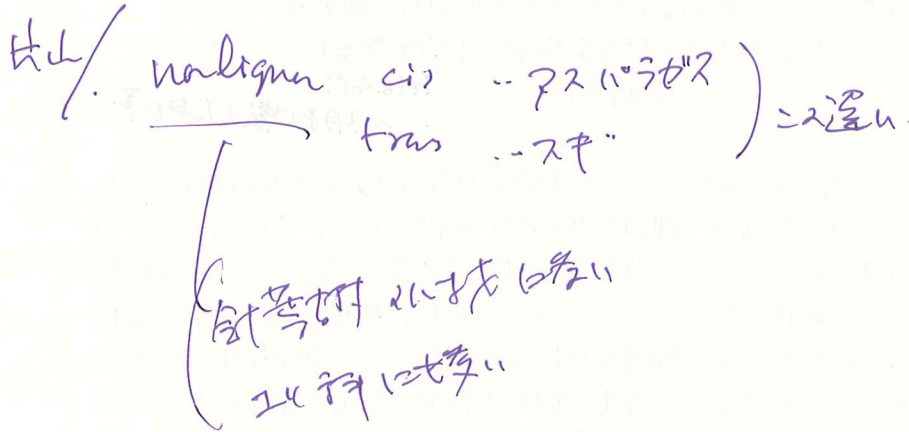
cell wall sampling
cell wall of
apical trunk of

cell wall
cell wall

lipin & lipoprotein代謝系は共有の経路か?

✳️ 共有経路, 2つ.

pathwayを統合して考察.



脂質 / = 量化的 a pathway. a key. (は2つか?)

脂質 / 脂質. a activation is?
↳ アサヒ酸 elicitation photoactivation

脂質 福島

不安定な代謝物も 脂質代謝系に

脂質代謝系 - 脂質代謝系 total 2つ 脂質 = 2つ
支那

心材抽出成分の生合成

京大大学生存圏研究所 梅澤俊明

木部母細胞から分裂したばかりの木部の細胞では、セルロースやヘミセルロースなどの多糖類の堆積により細胞壁形成が始まる。次いで、この細胞壁にリグニンが沈着する（木化）ことにより細胞壁が一応完成し、柔細胞以外の細胞は死滅する。その後、柔細胞は数年から数十年生き続けた後心材成分を合成し、次いで死滅する。この柔細胞の死滅過程が心材形成である。すなわち、木部細胞は、木化と心材形成の二段階に分かれて自発的に死滅すると言える。なお、木化は広く維管束植物全般に見られる代謝であるが、心材形成は草本には認められず、樹木独自の代謝活動である。

心材は樹木の幹の中心部にある全て死滅した細胞からなる部分であり、樹体をその中心部から物理的に支えている。心材は全て死滅した細胞からなるため、一旦心材が形成されてしまうと木材腐朽菌等の外敵の攻撃に反応する術がない。そのため、心材が完全に形成されてしまう前に抗菌性の心材抽出成分を合成し、心材形成後の外敵の攻撃に予め備えていると考えられる。従って、木部を樹体を支える構造材料と見ると、木化によって木部細胞の基本骨格が形成された後、心材抽出成分の蓄積を待って初めて生物材料として完成すると言える。

木材利用の側から見ると、一般に辺材に比べて心材が腐りにくく、また、心材成分は心材部の壁孔を閉鎖することにより木材の乾燥（水分の移動）や保存薬液の注入性に大きく影響を及ぼす。心材成分は心材色の原因物質ともなっている。たとえば、スギやヒノキの心材色はノルリグナンが、バيسギ心材色はリグナンが関わっているとされている。さらに、木材の音響特性に大きく影響を及ぼす抽出成分もあり、心材形成は樹木を木質材料として利用する際にも重要な形質となっている。

このように、心材形成は樹木独自の代謝であり、心材は応用面からも重要であることから、心材形成機構には古くから興味もたれてきた。心材形成全体は精密に統御された複雑な代謝活動の総体であり、その機構解明はなかなか難しいと予想されるが、幸いなことに、心材形成は多量な心材成分の蓄積を伴う。よって、これらの成分の生合成の調節機構の解明は、心材形成全体の機構解明の緒となり得ると考えられる。

近年まで、心材成分の生合成については、その調節機構はおろか、生合成酵素あるいは生合成経路さえも解明されていないものが多かった。最近我々は、初めてノルリグナン合成経路を確立すると共に、ノルリグナン合成酵素を初めて検出した (Suzuki et al., 2001; 2002)。また、典型的な心材リグナンの一つであり、かつ、抗腫瘍性リグナンポドフィロトキシンの生合成前駆体であるヤテインの生合成経路を確立した (Sakakibara et al., 2003)。本講演では、これらのフェニルプロパノイド系心材成分の生合成研究の現状について概説したい。

Magel et al. (1981) ~ 2001.

Robinia pseudoacacia 雑木

softwoods
PAL

4回/年 a sample 2回抽出

抽出後処理

木の心材max.

EST: Expressed Sequence Tag

- 10% ... 測定精度
- 10% ... 統計的に除外可能

播種の肉質 ... 繁殖性

形成に際しては cell expansion と 細胞の制御

抽出 生成に際しては cell wall 厚さ 隆起の形成方法か?

↳ 現在条件がどうなっているか

高圧 / 高周波加熱材料作製法か?

↳ film scanner が逆管に設計

抽出 凍結法か?

↳ センサーが凍結可能か

材料解析における光学顕微鏡の役割

京都大学農学研究科 藤田 稔

木材などの生物材料は化学成分とそれが織りなす形態で特徴づけられる。これには μm レベルの細胞構造が大きく関わるので通常の光学顕微鏡（光顕）が解析法の主役となる。光顕は定性的観察に優れた能力を発揮してきたが、材料学の基本となる定量的解析は苦手であった。しかし近年のデジタル画像処理との連携で定量的解析が容易になりつつある。筆者らは光顕の定量的解析能力を見直し中であり、木材学会誌に、木材細胞形態の定量的画像処理のための環境設定シリーズとして、I. 積算画像処理による各種誤差の検定 : 藤田稔ら 48(5), p332-340(2002), II. フィルムスキャナによる超広領域画像の非顕微鏡的サンプリングの試み : 尾形善之ら 48(5), p341-347(2002), III. 細胞壁厚さの高精度測定法 : 紀昌子ら 50(1), p1-9(2004), IV. フーリエ変換画像処理における全体的管理 : 緑川葉子ら 50(2), p73-82(2004)などで報告してきた。本研究会では、これらに基づき光顕の能力を光顕側と標本側の双方から問題提起したい。

光顕の基本的能力（伝統的解釈から新しい展開を目指して） : 光顕標本（木材の木口切片）の作製が、微細構造の保持、薄切（3次元構造の2次元化）、染色（増コントラスト）、封入（屈折率の均一化）、そして照明や焦点合わせなどが最善としても、光顕の画像拡大の基本能力は回折収差（具体的には光波などの波長）によって制約される。そして光顕の理論的分解能（近接した点あるいは線を区分できる最小値）は Abbe、Rayleigh らの理論式（光軸に垂直な平面での Rayleigh limit）に規制されてきた。ここで実用的な意味で乾燥系対物レンズを使用すると、分解能は $0.5\mu\text{m}$ 程度（針葉樹早材仮道管の壁厚のほぼ最小値）に規制されてしまう。また edge（たとえば細胞壁と内腔との境界）問題がつきまとう。対象物の視覚的識別は可能であっても、その寸法を測定・数値化するには能力が決定的に不足する。

一方対象物の存在（場所）だけを知覚する perception limit の概念もある。ここでは Rayleigh limit の数十倍の光顕能力を見積もれる。筆者らはこの概念を発展させて細胞壁厚の具体的測定法を提案した。また標本の選定方法や誤差のバランスについて検証したい。

アナログ画像からデジタル画像へ（コンピュータ技術の恩恵を受けて） : 従来の光顕観察と計測には写真法（アナログ法）が不可欠であった。最近では CCD カメラ、スキャナなどの廉価な機器による画像のデジタル入力、記録、出力が普及してきた。またデジタル化された形態情報は画像処理で数量解析に直結できる利点がある。しかしながらデジタル化には情報の消滅を伴うので、各処理段階での誤差の範囲を検定しておく必要がある。具体的には作業効率を高めるために、各処理段階での精度を揃えることが重要であり、これらについて検証する。

形態の定量的解析の考え方 : 木材は細胞の集合体である。個々の細胞の形状（寸法と形）が木材の材質に影響し、また集合様式が個々の細胞の配列と形状を規制する。通常の画像処理は前者に基づいているが、筆者らは後者の立場でフーリエ変換画像処理法を発展させてきた。フーリエ変換画像処理法の現時点での長所と短所を検証する。

细胞学描述的挑战

cellulose vs. Bicellulose 的区分

m.f. 的 lignin 描述物 12.11.7.

Xyloglucan 2.1.1.1

Em. cellulose chains 降解? (elementary fibril)

Xyloglucan 除去 (E2.2.1.1) 2
bundle (E2.2.1.1) 2

CC a CML 描述 primary wall 1. 纤维状? 2. 纤维状? 3. 纤维状?

freeze etching 中 纤维状物质 - 凝胶化 2.1.1.1

→ artefacts 可能产生

フリーズエッチング法でみた細胞壁のミクロな構造

京都大学生存圏研究所 伊東隆夫

細胞壁の成分には主にセルロース、ヘミセルロース、ペクチン、リグニンがあります。これらが細胞壁中でどのように相互に立体的に絡み合っているのかは細胞壁の力学的性質を理解する上で大切であると考えられます。これら成分同士の絡み合いを可視化することを目的に、これまで電子顕微鏡技法の一つのディープエッチング法を応用して研究してきました。その成果を紹介したいと思います。細胞壁のミクロな構造を可視化する方法はいくつかありますがセルロースの配列状態をみるにはフリーズエッチング法が優れています。しかし、この方法にも限界があり、セルロースやヘミセルロースやペクチンの絡み合いを可視化することは不可能です。それは、生体試料を生きたままの状態です。フリーズエッチング法により細胞壁を観察すると、余程成熟した木部試料でない限り、セルロースやヘミセルロースの間に入り込んだ水分が凍ってあたかも何か成分が詰まっているような錯覚を与えてしまうからです。したがって、試料から水分を取り除いて観察する必要があります。通常室温で生体試料から水分を取り除くと、水の表面張力により構造が収縮変形してしまいます。それを防ぐために、試料を -100 度以下の温度で凍らせて、そのままの温度で乾燥させると、試料の変形を防いで観察することができます。それを可能にしたのがディープエッチング法という観察法なのです。簡単に言うと、試料を -100 度以下の温度で凍結乾燥させてミクロな構造を電顕で観察する方法なのです。

最初に手がけた試料はポプラのけん濁培養細胞です。培養細胞の壁ではセルロースマイクロフィブリルとヘミセルロースやペクチンがゆるく結合していると考えたからです。培養細胞の細胞壁はセルロースの骨格構造が主に観察され、その間に水分が介在することを容易に想像させてくれる像を示してくれました。次に、セルロースの割合が高くかつセルロースマイクロフィブリルの直径が太い淡水緑藻のオーキスティス(*Oocystis apiculata*)の細胞壁を用いて、超薄切片法でみた像とディープエッチング法で見た像とを比較しました。その結果、後者の方法がセルロースとその周りに介在する他の成分との結びつきを可視化するのに格段に優れていることがわかりました。その後、エンドウを用いて細胞伸長にともなうペクチンやキシログルカンの結合状態の変化を可視化し、さらに、クロマツやユーカリにおける木部細胞の分化にともなう細胞壁構造の変化を観察しました。これらの成果についても時間の許す限り紹介したいと思います。

顕微鏡・生物学研究者が予想する木質の機能・物性 (その3)

マイクロフィブリル傾角が遺伝するとはどういうことなのか？

林木育種センター東北育種場 中田了五

1. はじめに

針葉樹仮道管において、セルロースマイクロフィブリルの配向が細胞軸に対してなす角度、すなわちマイクロフィブリル傾角が木材の物性・材質と深く関わっていることがよく知られている (例えば Harris & Meylan 1965, Cave 1968, 平川・藤澤 1995, 平川ら 1997, Butterfield 1998)。マイクロフィブリル傾角は、木材の機械的性能に関わる材質形質 (例えば軸方向ヤング係数) や木材の変形に関する材質形質 (例えば軸方向収縮率) と関係が深い。これらの材質形質は木材を利用する際に「材料の性能」という点で (またそれゆえ経済的にも) 重要な形質なので研究が進められてきた。さらに、材料としての木材の性能向上 (かつ木材の価格を上昇させたいという思惑を含む) を図るために、これら材質形質についての樹木の遺伝的改良 (育種、品種改良) が計画されている。

広く知られている通り、木部の細胞壁にはマイクロフィブリル傾角を異にする層状構造が存在する。針葉樹の仮道管については、二次壁S2層はもっとも厚いこともあり、S2層のマイクロフィブリル傾角は細胞壁あるいは木材 (特に仮道管が木部構成細胞の90-95%を占める針葉樹 (平井 1962)) の物性・材質にとって最も重要であると考えられる。このため筆者らの研究では主としてS2層に焦点をあててきた。よって本報告では主としてS2層のマイクロフィブリル傾角を扱い、マイクロフィブリル傾角をMFAと略し、とくに断りがない限り単にMFAといったときは仮道管のS2層のMFAを指すこととする。

本報告では、MFAが遺伝的な形質でありクローン間で大きく異なるという事実と、細胞単位でのMFAの変動について紹介する。シンポジウム参加者の研究にとって何らかのヒントが隠されているとうれしい。

2. MFAは遺伝する

九州の三つの林分 (地域差検定林) に共通して植栽されていたスギ精英樹12クローンを材料とし

て、MFAのクローン間林分間変動を調べた (Nakada et al. 2003)。試料採取時の林齢は21-26であった。1林分1クローンあたり9個体を供試した。供試木の胸高直径は10-28cm平均19cmであった。胸高部の髓から2, 5, 10, 15, 20年輪から試料を採取し、光学顕微鏡で晩材仮道管接線壁上のスリット上になった壁孔口の細胞軸に対する角度を測定した。この角度はS2のMFAと一致する (平川・藤澤1995)。1試料 (1年輪) あたり30仮道管 (仮道管あたり壁孔口1個) を測定し、平均してその試料のMFAとした。

図1にクローン平均値を示す。15年輪でクローンによって10-37度と非常に大きい変異を示した。クローンと林分を要因とした二元配置分散分析 (20年輪は欠測が多いため除く) の結果、どの年輪でもクローン間および林分間に差が認められた ($p < 0.01$) が、これら2つの要因の交互作用は認められなかった ($p > 0.05$)。

クローン間と林分間で大きくMFAが異なっていたことより、MFAは環境によっても変動する遺伝的な形質であると結論できる。

3. MFAの仮道管間変異

上述のMFAの測定を行っている際に、仮道管間のMFAの変動が大きいことに気づいた。測定値の例を示すと、

15, 13, 7, 3, 11, 13, 4, 9, 7, 10

であった。このような大きな変動を確認するための実験を行った。MFAには年輪内放射方向の変動 (早材でMFAが大きく晩材で小さい) が存在することが知られている (例えば佐伯ら1989)。年輪内放射方向の変動を除去して接線方向の変動のみを明らかにするため、SEMを用いて木口・板目の二断面試料を作製し、年輪界から2個目の晩材仮道管の接線壁上の壁孔口の傾きを調べた。結果を図2に示す。ほぼ同じ年輪内放射方向位置に存在する仮道管のMFAは接線方向に大きく変動している。隣接した二仮道管のMFAの差の最大値は11度にも達していた。

fusion intra-lamellar elongation ratio etc. a 違ひがね?

片岡・安藤の angular dipason (or 傾角で配向が異なる方向の誘導性)

$S_1 \rightarrow S_2$ 層への MFA の漸減傾向が仮道管の α step 数 α による

通常のMFAの測定は壁孔口の傾きで行っている。壁孔口の傾きがS2の傾きとほぼ一致することは確認しているが、それに加えて、細胞壁の破面の傾きでも実験を行った。この結果も壁孔口での結果と同様であった。次にほぼ同じ仮道管放射列の放射方向の変動もみたところ、早材から晩材にかけてのMFAの漸減傾向があるが、隣接した仮道管間での差は接線方向とあまり変わらなかった。

以上の結果と類似した結果は他の研究者も得ている(例えばDonaldson 1998)。すなわち放射方向でも接線方向でも隣接する仮道管間でMFAは異なっていた。放射方向では変動パターンは比較的漸進的で、早材→晩材へと低下して行く。一方、接線方向ではランダムに変動している。

以上の結果を考察すると、S2の堆積時にMFAを制御する因子は個々の仮道管で独立して働き、やや異なった結果(実際のMFA)をもたらしていると考えられる。

4. おわりに

本報告で明らかにした二つの結果(MFAは遺伝する、隣接する仮道管間でMFAが大きく変動している)、およびセルロースマイクロフィブリルの生

合成ならびにマイクロフィブリルの配向およびその変化についての研究結果を総合して、シンポジウムでは「木質の機能・物性について想像する」予定である。

文献

Butterfield BG ed. (1998) "Microfibril angle in wood." IAWA and IUFRO, Univ Canterbury, Christchurch. 410pp.

Cave ID (1968) Wood Sci Tech 2: 268-278.

Donaldson LA (1998) In Butterfield ed. "Microfibril angle in wood." IAWA and IUFRO, Univ Canterbury, Christchurch. 206-224.

Harris JM, Meylan BA (1965) Holzforschung 19: 144-153.

平井信二 (1962) 東大演報56: 399-413.

平川泰彦・藤澤義武 (1995) 木材誌 41: 123-131.

平川泰彦・山下香菜・中田了五・藤澤義武 (1997) 木材誌 43: 717-724.

Nakada R, Fujisawa Y, Hirakawa Y (2003) Holzforschung 57: 553-560.

佐伯浩・徐永吉・藤田稔 (1989) 木材誌 35: 786-792.

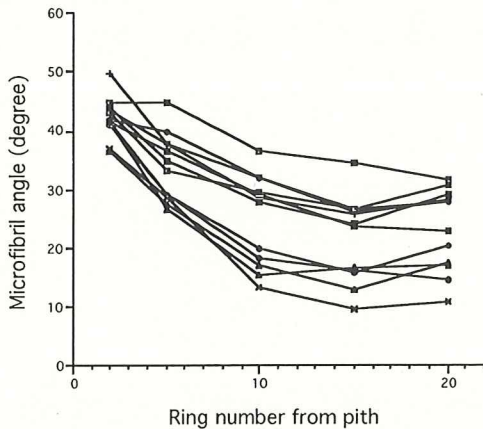


図1. MFAのクローン間差。
1クローンあたり9個体の平均値。

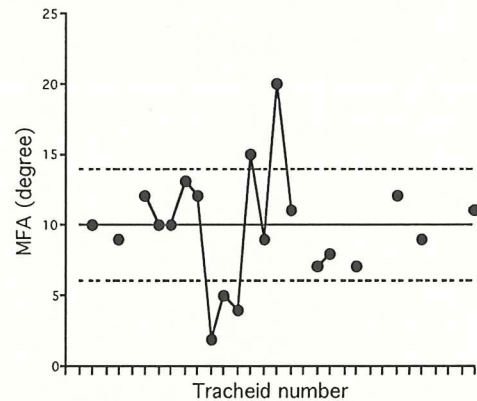


図2. 接線方向における仮道管間のMFAの変動(壁孔口の傾きで測定)。点は測定データ。実線で結ばれていないところは測定できなかったところ。n=21 (35の連続した仮道管)。実線の水平線は21データの平均値、点線は平均値±標準偏差。

suggestion
MFA angle 報告発表



紙のリサイクル性の向上に好ましい木質の形成と構造

九州大学 大学院農学研究院 小名 俊博

1. はじめに

京都議定書により、森林が大気中のCO₂を吸収することにより地球温暖化防止へ果たす役割が注目されている。2,000年現在、世界で持続可能な植林面積は約1.9億haあり、年間4.5百万haの増加が報告されている。しかし、CO₂吸収は成長期の樹木が最高であり、経済的に持続可能かつ環境に貢献するには伐採と植林を繰り返す、森林のリサイクルが最良の方法といえる。植林木は2001年では世界で年間1.46億tが紙製品に加工されており、再生紙の生産は年間1.46億t、またリサイクル率は44.9%であった。紙のリサイクルは、埋め立てを抑制することで、発酵による温室効果化ガスの一つであるメタンの放出を最終的には減少させ、天然林の伐採を抑制し、また紙製造における電力量を削減することで温室効果ガスの放出の現象に貢献する。紙をリサイクルできる理由は、以下のものである。紙は繊維間の水素結合により形成される。水分が紙の乾燥時に除かれると、大きな表面張力が膨潤した繊維、また分離した細胞壁層間に発生し、繊維同士を引き寄せ、接触させることにより強固な水素結合を形成させる。紙が水に浸されると、水は細胞壁を再度膨潤させ、繊維間結合を解裂させ、繊維-水-繊維の状態にし、繊維一本一本を分離させる。しかしながら、乾湿を繰り返すと、細胞壁層の剥離、細胞壁のひび割れ、収縮が発生し、繊維表面が不活性になり、繊維間の水素結合が弱まるために水中で膨潤し難くなる。結果として、繊維は短く、そして弱くなるため新しい紙パルプ製品へのリサイクルには十分ではなくなる。このため、工業的な紙のリサイクル回数は、紙の製造工程での微細繊維の損失により、約3回に制限されてしまう。これは、同じセルロースから作られた製品である綿のシャツを、三回しか洗濯できないようなものである。

以上のことから、本研究の第一の目的として、広葉樹では世界出最も植林されているユーカリ グロブラスをモデルとして取り上げ、同一地域で同様に植林・育成され、成長にほとんど差がなく、さらに紙にした際その品質にも差がないような場合でも、高リサイクル性を有するような個体(樹木)の選抜が可能かどうかを検討した。さらに、第二の目的として、高リサイクル性を有するような樹木の発生機構の解明を試みた。

FT-Raman/分光
による測定

2. 高リサイクル性を有する個体(樹木)の選抜

西オーストラリア南部と中南部に植林され、近似した気象状況のもと、同様に植林・育成された *Eucalyptus globulus* (9.5年生)を用いて、高成長、高クラフトパルプ収率を持ち、かつ引張強さにおいて高リサイクル性を有する優良個体の選抜を検討した。合計31個体を用い、それぞれの個体からカップパルプ 17~22のクラフトパルプを調製し、PFIミルにより7,500回叩解、JIS P 8222に従って、各個体について手すき紙を作製した。湿潤状態の手すき紙を80℃で24時間乾燥し、再び離解する処理を施す工程をリサイクル1回とし、5回までリサイクル処理を繰り返し、引張強さを測定した。さらにカーブフィッティングを行い、引張強さとリサイクル回数に関する非線形回帰式を得た。非線形回帰のパターンは異なり、リサイクルによる引張強さの減少の機構に違いがあることが示唆されている。言い換えると、初めて紙にした引張強度は同じでも、リサイクルことを繰り返すことにより、強度の減少の仕方は同様でないことを意味する。この回帰式から、リサイクル回数を無限大としたときの引張強さの予測値を算出した。この結果、用いた試料全てのリサイクル回数を産業的平均値である3回と仮定すると、リサイクル7.22回(リサイクル寿命

多量に
測定する

fiber diameter 漸増
lumen diameter 漸減
→ fiber cell wall a 厚さ
membrane 肉太さ
→ 3D-2D 向差? 何故?



2.41 倍) 可能な個体の選抜が可能であることが判明した(図1、表 1)。成長では平均値の 1.85 倍、パルプ収量では平均値の 1.20 倍を有する個体の選抜が可能であることが判明した。これらの特性はお互いに関係がなく、総合的には平均値に対してリサイクル回数で 2.37 倍、成長で 1.85 倍、パルプ収量で 0.97 倍の個体が選抜された。以上のことから、原料である樹木を選抜することにより、製品である紙のリサイクルを促進し、資源循環型社会の構築が可能になることが判明した。

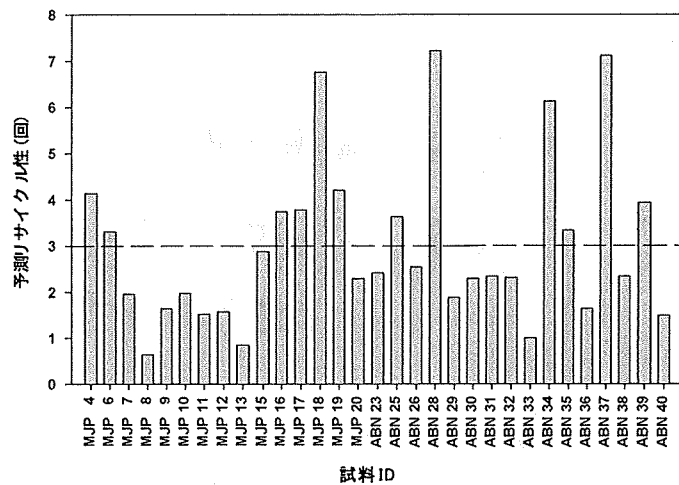


図1 ユーカリ *E. globulus* KPリサイクル性個体間差

表 1 高リサイクル性を有する個体の材積(成長)、パルプ収量およびリサイクル性ならびに 31 個体の最小値、平均値および最大値 (KP)

特性	MJP18	ABN28	ABN34	ABN37	最小値	平均値	最大値
材積 (m ³)	0.438	0.090	0.351	0.473	0.082	0.256	0.473
パルプ収量 (kg・m ⁻³)	270	229	264	265	206	273	328
リサイクル性 (回)	6.76	7.22	6.13	7.12	0.64	3.00	7.22

材積は樹皮下の容量を表す。

3. 高リサイクル性を有する発生機構の解明

リサイクル性と樹木中の細胞の特徴についてラマン分光法、熱分解法などを用い検討した、この結果、各種の繊維の特徴と有意義に高い相関を得た(表 2)。

表 2 リサイクル性と樹木中の繊維の特徴における有意義に高い相関係数(31 試料)

マンノース (mol%)	ヘミセルロース (%)	cis-Coniferyl alcohol (mol%)	繊維ルーメン直径 (μm)	繊維柔軟係数 (-)	ガラクトース (mol%)	セルロース (%)	Methyl guaiacol (mol%)	繊維長 (mm)	アラビノース (mol%)
0.580***	0.413*	0.367*	0.347*	0.312*	-0.502**	-0.467**	-0.355*	-0.344*	-0.305*

樹木中の繊維の形態はラマン分光法により予測した。*** 99.9%レベルで有意義、** 99%レベルで有意義、* 95%レベルで有意義

材中のマンノースなどのヘミセルロースを構成する中性糖は蒸解性と関係していることから、リグニンとの結合が想像され、これらが蒸解中に溶出し易いかどうかにより、パルプ繊維に与えるダメージが決まることが予想される。また、ヘミセルロースはセルロースに比べ柔軟性が高く、また水に対する親和性も高いことから、繊維に残留または再吸着される場合も想像され、繊維の柔軟度が形態的にも、また成分的にも高いことが、高リサイクル性を発生する機構と考えられるが、更なる検討が必要である。

伊東 / 外城多222) 成分子連u a(3.4) 14?

地0 / 夕222 - 7107E+

青島 / 成分子の裏復問題

存回 ... 甲虫の導入

147元11? の存回 → 成分子の成分子の生成

採収 / 心腐れに自生する成分子 7107E+

{ *Acacia mangium*
A. curriculi ... の置u.

樹皮の抽出物 -- 抽出物。
(木材の抽出物に 20% (??)
内包に → 抽出物)
↓
分析もまだ行っていない。

樹木の生理機能から学ぶ木質資源の成分利用化学

三重大学生物資源学部 光永 徹

1. はじめに

樹木は地球上で最大のバイオマス資源を誇り、地球の大気環境をコントロールする人類にとって欠かすことのできない生き物である。樹木を含め植物は自ら移動することができず、長い期間同じ場所で静かに生育しているように見えるが、実は分子レベルで見ると生体の内外でダイナミックな活動を行っている。これらの動きは植物の生理機能としてとらえられ、科学の発展とともに最近そのメカニズムが明らかにされつつある。本講演では、この樹木の多彩な生理機能の一部を紹介し、そこで起こっているメカニズムを樹木抽出成分の立場から生物有機化学的に解説するとともに、その機能性を生かした人間社会の中での利用について考究することで植物と人類の共生関係に対する一考察を述べる。

2. 微生物および昆虫と樹木抽出成分の関係

樹木の中には熱帯樹木のような過酷な環境条件下で生育するものもいるが、これらの樹木は紫外線、微生物、昆虫、動物など外的な要因から身を守る術を備えている。その中でインドネシア産アカシア属樹木の心腐れ抵抗成分とその働きについて、またオーストラリアサイプレス（豪州ヒノキ）材のシロアリ忌避成分の探索について解説する。さらに養菌性キクイムシ（カシノナガキクイムシ）の行動制御に及ぼすミズナラの樹皮成分と共生菌であるナラ菌の酵素と辺材成分との関わりから、予想されるミズナラ枯死メカニズムを述べる。

3. 樹皮タンニンの消臭活性

森林の機能の一つに大気浄化作用があげられるが、悪臭に対する消臭効果もその一つといえる。そこで樹皮及びその主要抽出成分である縮合型タンニンのアンモニアとメチルメルカプタンに対する消臭効果を検討し、樹皮の高い消臭機能が明らかとなった。縮合型タンニンはメチルメルカプタンには消臭効果は示さなかったが、アルデヒド化合物と付加縮合する事で劇的にその効果を発揮することが判った。

α,β-unsaturated
ketone

4. 木材の香りによる健康促進

最近大手化粧品メーカーでラズベリーやグレープフルーツの香り成分によるダイエット効果やスリミング効果が話題を集めているが、現在我々は木材の香り成分による肥満抑制効果について検討している。その結果ある種の木材の香りは脂肪代謝促進に影響を及ぼすことが明らかとなった。

||
抽出物

(分析もまだ行っていない)

代数 / cellular 是 (非) 拓扑学

↳ 代数拓扑学 (代数)

代数 / \mathbb{Z}_3 代数. 代数

代数 } 中 - 代数 (代数) 代数

代数 / \mathbb{Z}_3 -代数 代数. \mathbb{Z}_3 代数效果?

↳ 代数 \mathbb{Z}_3 代数 代数.

代数 (代数) \mathbb{Z}_3 代数 代数 代数 代数.

化学加工木材の構造と物性

同志社大学・工学部 則元 京

(2004年4月)

木材の構造と性質を変化させる手段の一つとして、化学処理がある。木材のもつ優れた特性を残しつつ、使用に際して望ましくない性質を改良するか、木材に新規の性能・機能を付与するための化学処理を施した木材のことを化学処理木材と呼ぶことにする。ここでは、木材のセル構造や細胞壁におけるセルロース結晶構造にはほとんど影響が及ばない程度の処理を対象としている。

構造と分類

化学処理木材は、セルレベルにおける構造と壁の分子レベル（マトリックス成分）における構造の組み合わせによって分類できる^{1~3)}。図1に、化学処理木材の構造についての概念図を示す³⁾。

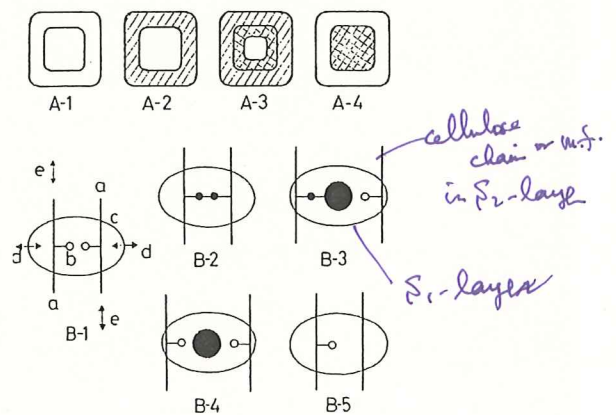


図1 化学処理木材のモデル

A:セルレベル, B:分子レベル

寸法変化の解析

木材の化学処理およびその後の吸湿・吸水に伴う寸法変化を、図2に示す接線および放射方向の膨潤率を軸とする座標系でベクトル表示する。この表示により処理に伴う木材の寸法変化と木材に寸法安定性が付与される様子を理解することができる。従来から用いら

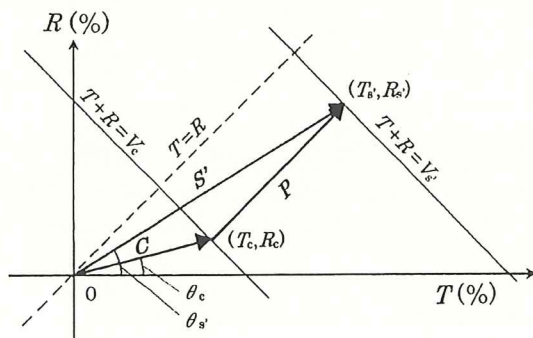


図2 種々の化学処理(C)とその後の吸水(P)による木材の寸法変化のベクトル表示

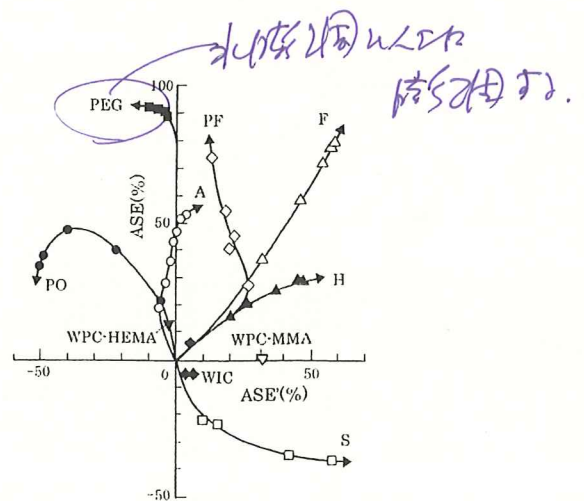


図3 化学処理木材のASEとASE'の関係

れている寸法安定性の評価指標 ASEと新たに定義した無処理木材の寸法を基準にした指標 ASE'

100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200

を用いて、種々の化学処理による寸法変化を比較したのが図3である⁴⁾。

粘弾性

化学処理木材の寸法安定性については、一般に、力が作用していない状態で評価されている。しかし、力が作用している場合には、その評価と異なる結果が得られる場合がある。種々の化学処理木材について、クリープ変形の起こり難さを表す指標 ACE と ASE の関係を図4に示す³⁾。処理の種類によって、粘弾性の温度依存性には特徴的な違いが認められる。室温における種々の化学処理木材の細胞壁マトリックス成分の $\tan \delta_m$ と貯蔵弾性率 E_m の関係を示したのが図5である⁵⁾。処理によって、木材の音響的な性質を飛躍的に向上させることができる。

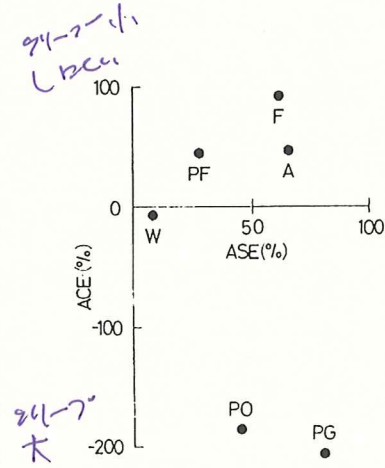


図4 化学処理木材の抗クリープ能(ACE)と抗膨潤能(ASE)の関係

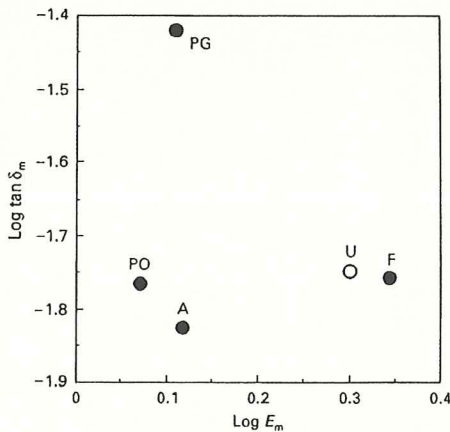


図5 化学処理木材における細胞壁マトリックス成分の室温における $\tan \delta_m$ と貯蔵弾性率 E_m の関係

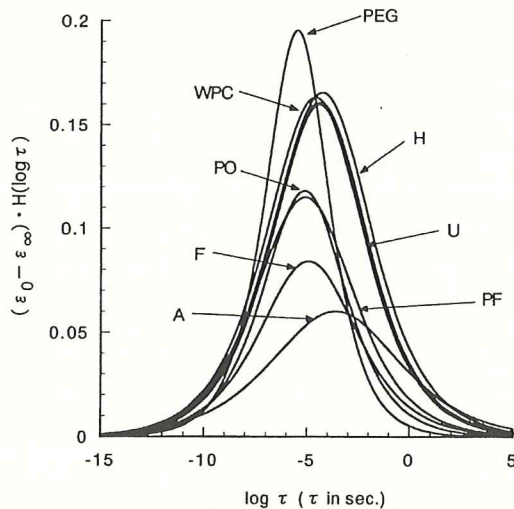


図6 -60°C における種々の化学処理木材の緩和スペクトル

誘電特性

化学処理の種類によって、誘電特性の温度・周波数依存性には、特徴的な差異が認められる。一例として、 -60°C における種々の化学処理木材の緩和スペクトルを示したのが図6である⁶⁾。

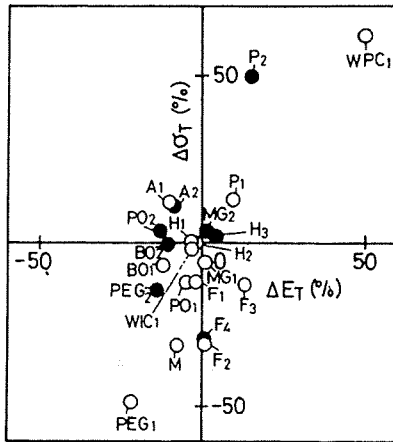


図7 処理による強度の変化割合 $\Delta\sigma_T$ と
ヤング率の変化割合 ΔE_T の関係

強度特性

化学処理によって、木材の強度特性には著しい変化が生じる。種々の処理木材について、無処理の木材に比べて強度およびヤング率が変化した割合を示したのが図7である。

大変形の固定

木材の繊維方向の曲げ大変形（曲げ木）や放射方向の圧縮大変形（圧縮木材）を、疎水化処理（熱処理、水蒸気処理）や分子架橋処理（ホルマル化処理）によって固定することが可能である。

記号説明 A：アセチル化処理，F：ホルマル化処理，
P，PF：フェノール樹脂処理，PO：プロピレンオキシ

ド処理，BO：ブチレンオキシド処理，PG，PEG：ポリエチレングリコール含浸処理，WIC：無機質複合化処理，W，WPC：木材プラスチック複合体，M：マレイン酸処理，MG：マレイン酸・グリセリン処理，H：熱処理，S：水蒸気処理

文献

- 1) M. Norimoto, J. Gril: Structure and Properties of Chemically Treated Woods, [In] Recent Research on Wood and Wood-based Materials (N. Shiraoshi, H. Kajita, M. Norimoto, Eds.), Elsevier Applied Science, pp.135-154 (1993)
- 2) M. Norimoto: 13 Viscoelastic Properties of Chemically Modified Wood, Chemical Modification of Lignocellulosic Materials (David N. -S. Hon, Ed), Marcel Dekker, Inc., pp.311-330 (1995)
- 3) M. Norimoto: Chemical Modification of Wood, [In] Wood and Cellulose Chemistry (David. N. -S. Hon, N. Shiraishi, Eds.), Marcel Dekker, New York, pp.573-598 (2001)
- 4) K. Ohmae, K. Minato, M. Norimoto: The Analysis of Dimensional Changes Due to Chemical Treatments and Water Soaking for Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) Wood, Holzforschung, 56(1), 98-102 (2002)
- 5) M. Sugiyama, E. Obataya, M. Norimoto: Viscoelastic Properties of Matrix Substance of Chemically Treated Wood, J. Mats. Sci., 33(14), 3505-3510 (1998)
- 6) M. Sugiyama, M. Norimoto: Dielectric Properties of Chemically Treated Wood, J. Mats. Sci., 38, 4551-4556 (2003)
- 7) M. Makinaga, M. Norimoto, M. Inoue: Permanent Fixation of Bending Deformation of Wood by Steam Treatment, Wood Research, No.84, 39-41 (1997)

藤田 / 双対の検査と結合

MFA of 2nd 測定法

(press - Xray 照射
乳がん検診)

中田 / 双対と MFA の関係

(早稲と晩稲の平均値の対比と変動)

藤田 / 赤心と黒心検の原因は?

→ 中田 か ... 高層水検で回答

木質-21世紀の材料生物学
材質・物性研究者が想像する木質の形成と構造
木材の物理加工からみる木質の形成と構造
岐阜大学 棚橋光彦

これまでリグニンの重合機構の研究や爆砕処理による木材成分の反応機構および分離精製とそれらの有効利用についてどちらかという化学的な立場で木質を眺めてきた。またこれらの研究成果のひとつである高圧水蒸気によるセルロースの結晶構造の変化から木材の圧縮成形加工やセルロース系繊維を中心とした天然繊維の形状記憶さらにはアラムド繊維のような高強度高耐熱性繊維の形状記憶などの開発を行い、また木質残廃材の有効利用を目指して、接着剤を使用しない木質ボードの(バイオマスボード)の開発や樹液成分の新たな高圧水蒸気蒸留法の開発などを行ってきたが、いずれも水以外の薬品を一切使用しないエコプロセス法による木質バイオマスの有効利用を目指して研究してきた。これらの研究成果から想像できる木質の形成と構造について、物性研究者というよりは樹木や木材が単に好きな雑学者から見た木質構造や形成過程についての私の妄想を紹介したい。

まず始めに高圧水蒸気を用いた木材の爆砕処理によって木材主要成分の分離や漢方薬などの細胞内含有抽出物の効率的抽出について検討してきた。木材は高温高圧の水蒸気によって数分間蒸煮されることによってヘミセルロースが急速に加水分解されるとともに、リグニンは α -および β -アリアルエーテルがホモリティックに解裂し、低分子化され、爆砕処理によってちょうどポン菓子やポップコーンと同じように細胞壁厚が数倍に膨張し、セルロースマイクロフィブリルがむき出しにされるため、爆砕木材は反芻家畜の粗飼料としたり、セルラーゼによる酵素糖化とそれに続くアルコール発酵による木質バイオマスからの石油代替液体燃料の開発など30年ほど前から研究してきた。最近またバイオマスエネルギーが世界的にも見直されてきており、われわれの研究成果もやっと陽の目を見る時期に來たと喜んでいる。この爆砕処理木材の操作型電子顕微鏡写真および木口断面のKMnO₄によりリグニンを染色した透過型電子顕微鏡写真観察の結果(図1)から判断するとシラカンバ爆砕材の繊維細胞の2次壁はおよそ15から20層の同心円状にセルロースのリッチな層があり、その間隙に染色されたリグニンの油滴が点在するのが観察される。このような層状構造は未処理木材繊維の2次壁ではほとんど観察されていないが、高温の水蒸気処理によってヘミセルロースやリグニンが部分的に低分子化され、軟化された状態で爆砕処理されることによってヘミセルロースやリグニンのマトリックス間が押し広げられ、細胞壁厚が3ないし5倍に拡張されることによって初めて観察できたものと思われ、この層の数は細胞が生きている日数とほぼ一致していることから植物細胞壁は1日周期でセルロースを主として合成し堆積する時間帯とヘミセルロースを主として合成する時間帯が交互に起こっていることが予測される。これはまさに昼にセルロースを合成し、夜はヘミセルロースを合成しながら細胞壁を堆積していると考えられる。そしてこのヘミセルロースのマトリックス中に遅れてリグニンが堆積し、ヘミセルロースの主として1級水酸基とリグニンのアルファ炭素がエーテル結合によって化学結合していると推定される。リグニンとのLCC結合により未処理木材では熱水抽出によっても溶出しなかったヘミセルロースが、1.2MPaの高圧水蒸気でたった1分間蒸煮爆砕処理することによってほとんど完全に水可溶となることから、ヘミセルロースとリグニンのこの α -エーテル非常に弱い結合であるが、細胞壁形成には不可欠な結合であると推定される。しかし1級水酸基を持たないペントースのキシロースが主体の広葉樹ヘミセルロースではこの結合は非常に少なく弱い処理で簡単にリグニンとヘミセルロースに分離されると考えられる。一方、リグニンの重合機構、特に広葉樹2次壁のシリングルリグニンの基質であるシナピールアルコールは

WZTW 2

$I_{\alpha} \rightarrow I_{\beta}$ se.

Distrik micel (p36-43) (52)
(18034)

liqua \rightarrow siringa regional se. 90%

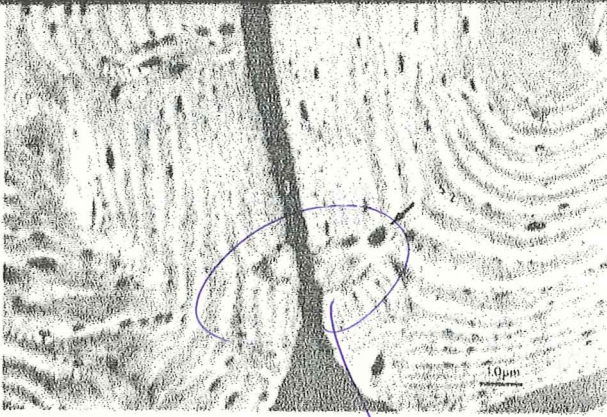
β -045385

水溶液中では脱水素重合によってβ-アリルエーテル構造は生じにくく、ほとんどシリングレジオールのみを生成するが、この条件下ではシリングリグニン^{リグニン}は高分子化できない。ところが、ヘミセルロースのマトリックス中は疎水的であり、この疎水条件下ではシナピルアルコールは主としてβ-アリルエーテル結合によって重合し、高分子化したシリングリグニンを生成することができる。このようにシナピルアルコールが脱水素重合されてS-リグニンを形成するためにはヘミセルロースの疎水環境が不可欠である。

またセルロースはこの高圧水蒸気処理によって非晶領域で部分的に加水分解を受けるが、グルコースまでには低分子化することはほとんどなく、水の存在する条件下で高温に加熱されることによって結晶のひずみが解消されて、水素結合を組み替えながらもっとも安定な結晶構造へと転移しつつ、結晶のミセル幅を未処理材のおよそ3.0nmから6.0nmと2倍に増大し、結晶化度もかなり増加する。またセルロースは高圧水蒸気処理によってセルロースI α型から熱的に安定なI β型へと転移し、配向度も向上して非常にきれいな結晶へと変化する。繊維軸方向ではもともと無限に長いセルロースマイクロフィブリルが観察されているが、高圧水蒸気で強く処理することによって樹種によっても異なるが約百nmから1000nm程度の分散の小ささなどのつたマイクロクリスタリンセルロースへと切断される。このことは一見すべてが結晶のように見えていたセルロースマイクロフィブリルも実は数百nm単位で結晶が乱れた部分を生じており、爆砕処理によってこの欠陥部分から選択的に加水分解されたことが推察される。

高圧水蒸気処理によってセルロースの結晶化が起こるだけでなく、結晶転移も起こっていることから、セルロースは高圧水蒸気下で一時的に水素結合が緩み、セルロース分子の熱振動により、最も安定した結晶状態にまで転移できることから、成長応力や、乾燥時に発生する内部応力、さらには曲げ木や圧縮によって木材中に蓄えられたセルロース分子のひずみを高圧水蒸気処理によって変形された状態で組み替えることが可能であると考え、木材の新たな加工法として高圧水蒸気圧縮成形加工法を開発した。すなわち木材の大変形には水と熱が必要であり、また変形形状の永久固定には水の存在する状態で180℃程度の温度に数分間保つことが必要であるため、高圧水蒸気中での圧縮成形加工は最も理想的な加工法であると考え。セルロースマイクロフィブリルの切断をあまり引き起こさない条件下で木材を圧縮固定処理することによりスギやヒノキのような軟質針葉樹を広葉樹以上に硬く、かつMOEやMORを向上することが可能である。一般に木材の熱伝導率は密度の増加とともに増加するが、圧縮材に関しては圧密化するにつれて熱伝導率は減少する傾向にある。これはある程度圧密化しても空隙は確保されており、熱伝導性の高い細胞壁の移動距離が長くなり、かつ熱容量も大きくなるためであり、圧縮によって木材の特性を失うことはない。この方法により切削することなくかなり自由な形状に木材を成形することが可能であり、軟質針葉樹から硬くて強度の高い木材を調製できるだけでなく、木質廃材から接着剤を一切使用することなくボードやトレイなどの形状に成形でき、公園の歩道やマルチ、除草ボードなどとして有効に活用されている。またこれらの技術を応用して木材や単板の3次元加工などが可能であり、スピーカーコーンなどへの利用が試みられている。また圧縮成形を伴った高圧水蒸気蒸留による精油成分の抽出方法は木材組織構造および抽出成分の化学的・物理的特性をうまく活用して行っており、細胞内孔や樹脂道中に閉じ込められている水に不溶の抽出成分を高圧水蒸気により細胞内で高温の水に完全に溶解し、圧縮処理によって高濃度の水溶液として細胞外に排出し、高温水蒸気蒸留により抽出成分を水との共沸によって効率よく蒸留する方法であり、常圧蒸留や、超臨界CO₂抽出の数倍もの抽出物を短時間で得ることが出来る。このように高圧水蒸気処理は非常に活用範囲が広く、新たな木材工業が起こるものと期待している。

HTSA & cloud 218?



Electron micrograph of exploded wood (birch) 28 x 10⁴ cm² - 16 min, 8 mmHg, steam. Magnification X 12,000. Film no. 7866-14-2A.

pit structure?

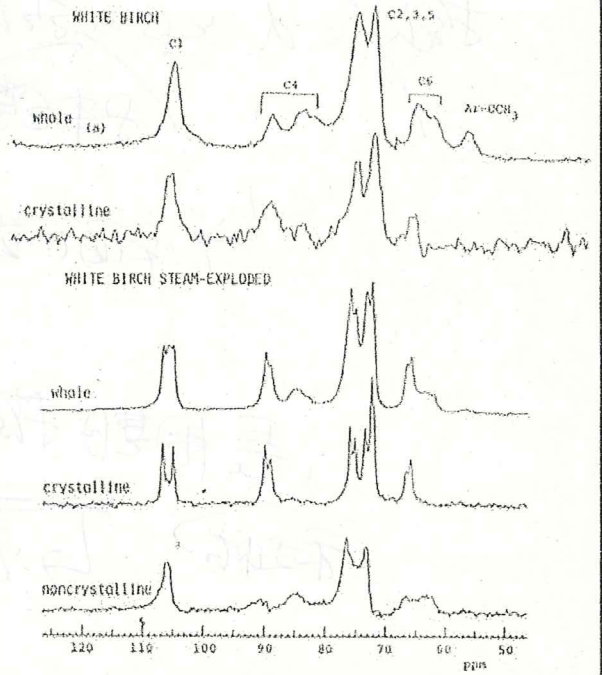
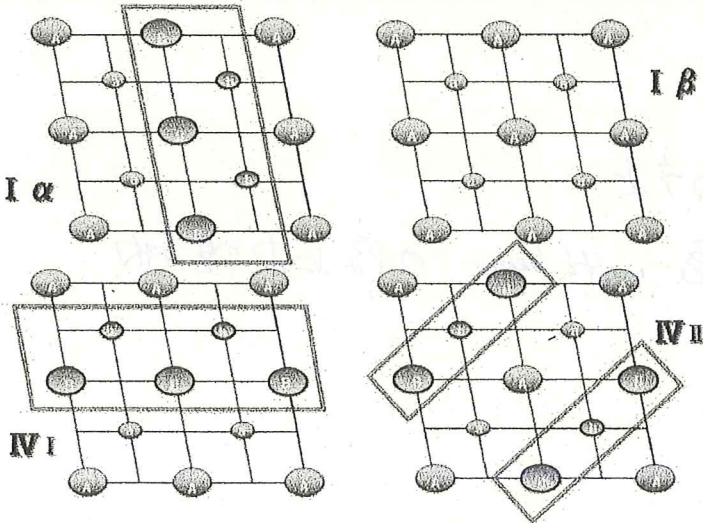
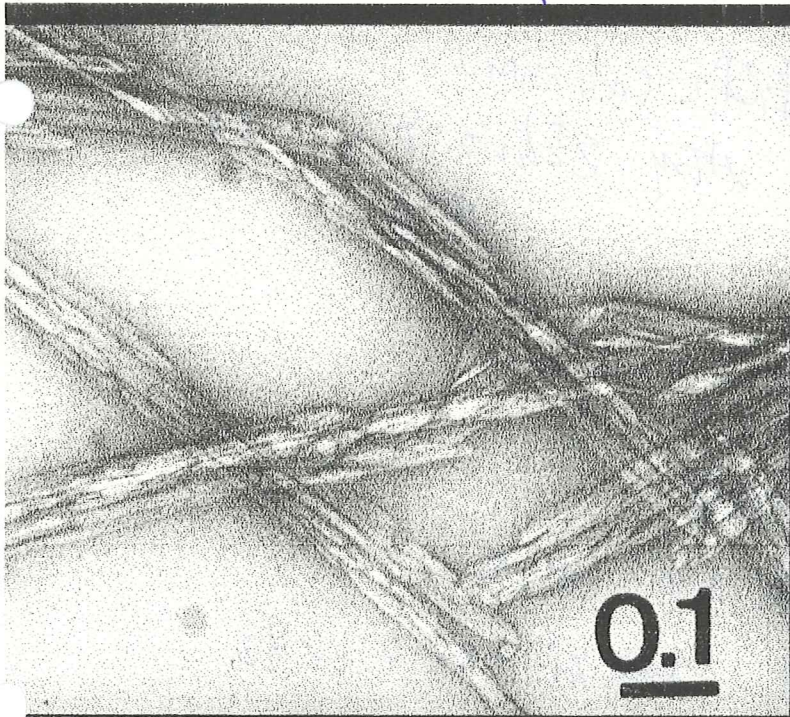


Fig. 9 CP/MAS ¹³C NMR spectra of steam-exploded white birch.



8本鎖によるセルロース結晶形態の新しい考え方

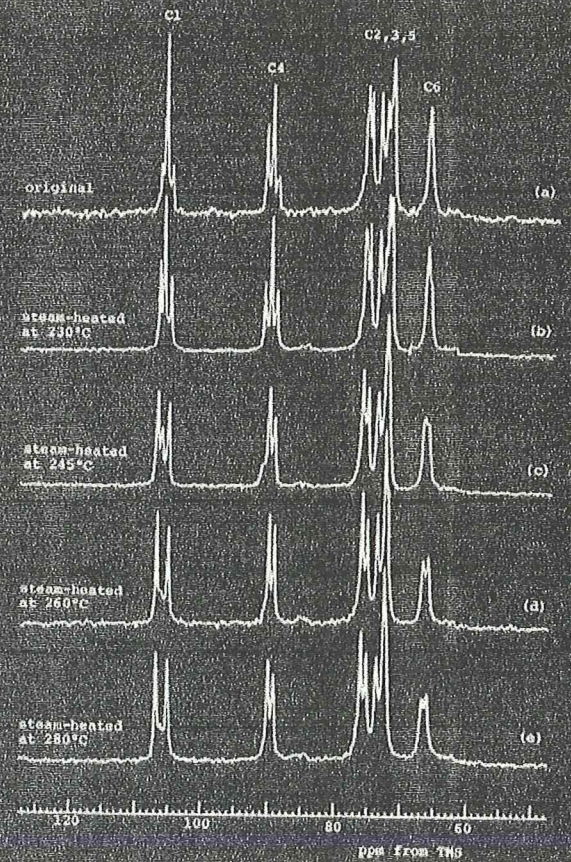


Fig. CP/MAS ¹³C NMR spectra of valonia cellulose steam-treated at different temperatures.

折曲 / d と β の折曲構造 ... 電子伝導折曲を
折曲の 解説している。

↳ 折曲の構造は $1d$ と $1d$ のこと。
折曲

長周期折曲は X-ray 折曲と一致する。

折曲) ↳ 構造は CaF_2 型
折曲 CaF_2 型と一致する。

8/3.4.5 札幌大会。

研究員: 佐野(北大)、中田

折曲の折曲。折曲を CaF_2 とする。

5日午後。
折曲。

3日夕方 札幌会。折曲

折曲 - 発表 with beer 折曲の折曲。

2005年9月大会 at 京大

林木材質評価における現状と将来の夢

(独) 森林総研 山下香菜

I 造林木を利用するにあたって

優良な天然資源の減少に伴って、持続可能な森林資源の利用をはかるため、国内外を問わず、若齢の早生造林木の供給が増えてきている。国内ではスギ、ヒノキ、カラマツが、海外ではマツ、カラマツ、スプルース、ポプラ、ユーカリ、アカシア、チークなどが造林され、それらの木材が供給されている。造林木を利用する上での問題点は、天然木とは材質が変化すること、同一樹種においても材質のバラツキが大きくなること、髄に近いコアウッド（未成熟材）の割合が増えることなど、成長を早めることに起因する様々な変化であろう。

英語 - 日本語の
不統一

II 用途に応じて求められる木材性質と木材性質に関与する木質の構造

木材利用においては、従来の建材に加えて土木や大型建築物など用途が多様化しており、さらに品質保証への対応も必要となるだろう。例えば、構造材であれば、強度が安定していることや寸法安定性が求められる。木材の材質が年輪内、樹幹内、個体間でばらつくのは避けられないが、用途別に要求されるそれぞれの木材性質について、バラツキの範囲や程度、それが生じる要因を明らかにすることが求められている。

スギの強度的性質の場合、ヤング係数のバラツキが大きいことが問題である。密度 ρ 、傾角 α はヤング係数に影響を及ぼす因子であるが、密度のバラツキだけでなく、 S_2 層 M_f 傾角のバラツキが 5-60 度と大きいことがヤング係数のバラツキに影響を与えているために M_f 傾角は重要である。 M_f 傾角が影響を及ぼす性質には収縮率もある。筆者らはスギの乾燥特性に関わる因子としてスギ品種の収縮率を調べている。3 品種において丸太のヤング係数および収縮率に違いが認められた (図)。品種間におけるヤング率や収縮率の違いは、品種間で年輪構造、細胞構造、 M_f 傾角等の細胞壁構造が違うことによるものと考えられる。

III 木質の形成の制御機構および遺伝子発現制御の解明

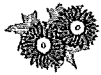
コアウッドは節が多く年輪の曲率も大きいために解析が困難な面があるが、強度が低い、バラツキが多い等の特有の問題を解決するためには、コアウッドを含む樹幹内の材質分布を明らかにすることが重要である。また、林木の材質にバラツキが生じる要因を解明するためには木部形成段階から研究することが不可欠である。若齢時の木質形成において、仮道管（繊維）長、密度、細胞寸法、 M_f 傾角が変化することは明らかにされているが、どのような機構で制御されているのか知りたいところである。立木における応力分布あるいは樹冠はどのような影響を及ぼしているのだろうか？年輪構造、 M_f 傾角、ヤング係数、心材含水率のクローン間差、品種間差は遺伝的要因の関与を示しているが、遺伝子が樹木の成長と木部の形成においてどのように発現し、材質に影響を与えているのか解明が待たれるところである。

手紙

MFA (E) 交渉の diffraction -

004 交渉の交渉?

↳ 交渉



細胞壁物性から木質の形成と構造を垣間見る

島根大学 総合理工学部 中井 毅 尚

研究を始めて15年、遅いか早いか小生自身では分からないが、最近やっと木材科学が楽しくなってきた。それに加えて、木の本質に触れるようになってきたら、小生の気持ちに木が応えてくれるようになってきた気がする。いささか宗教的でもあるが、客観性を失わぬよう、また引きこもりにならぬよう、今回もこうして皆様の前に性懲りもなく現れ、批判を受ける覚悟である。

昨年夏に木研（現生存圏研）で行われたシンポジウムでも感じたが、どうも木材学会の中においてレオロジー研究の勢いが他の分野の研究に押され気味である（多分このシンポジウムの最中にも感じていることであろう）。他分野のブームはやがて去るもの、と高をくくっていると、レオロジー研究に従事する者の絶対数が減り、やがて趣味的な人の集団に追いやられてしまう恐れもある。それも静かであま良いかあー、と思う人もいるであろうが、そんなネガティブ思考ではこれから将来のレオロジー研究に暗雲がたちこめてしまう。では打開策は・・・、と考えると・・・・・・・・、ひとまずこれで良いと思う。まずは考える人が増えれば議論も生まれる。議論もないと寂しいものである・・・。

さて、そろそろ本題に入らねば紙面の余裕が僅かになってきてしまった。

今回のタイトルはいささか壮大過ぎる。実際、細胞壁物性から木質の形成と構造を垣間見ることは非常に難しい。オーガナイザーでもある山本さんがタイトルをつけてくれたが、山本さんが20余年、この課題に取り組まれてこられて、未だ垣間見えていないと思われる（山本さんは独自の世界観があるのでひょっとして空想科学が膨らんでいるのかも・・・）ので、小生ごときが垣間見られるはずもない。しかし敵前逃亡も男の名が廃るので、垣間見ることは現段階では無理としても、細胞壁物性に関する実験事実をもう一度洗い直すと同時に、小生自身の目で確かめてみることにした。

木材物理屋が扱う領域、特に強度に関してはマイクロフィブリルオーダーが概ね最小単位であると思われるが、そんなオーダーを言い出したら、俗に言う木材強度屋さんはずぐさまソッポを向くであろう。通常の無欠点材を用いた材料試験では、他材料の解析手法を模倣した方法、あるいは小難しい理論を適用して、うまくいった気になっている人もいる。批判はお門違いだとは思いますが、木材科学を進歩させる一手法ではあると思うが、本質の解明からは遠ざかっている気がしないでもない。矢野さんではないが木（樹）の気持ちになると、木はもっと自分の本当の姿を我々木材科学研究者に理解してほしいのではないかと？

木材の弾性領域、塑性領域と簡単に言うが、実際には定義は非常に難しい（木材のヤング率一つとっても定義することは至難の業である）。何気なく行っている圧縮試験や引張試験。実際に木の気持ちに分かっているのであろうか、とふと思う。木材を複合材料として扱えば、またまた議論が四方八方に広がってしまう。確かに木材の主成分はセルロース、ヘミセルロース、リグニンであるが、これをもとにモデリングしても何だかマスターベーションの世界を彷徨っている気がする。だったらどうする・・・、としばし考え、在り来りではあるが、木材のマクロなレベル、セミミクロなレベル、そして分子レベルにおける力学応答を同時に観察するところから始めてはどうか、と思った。しかし言うは易しで、この試みは殊のほかほねのおれる作業ばかりで、やり始めたらこれといった成果もなく、あっという間に3年余りが過ぎてしまった。本日お見せするプロット一つ一つは、小生と小生を支えてくれた方々の血と涙と汗の結晶であり、決してプロットが粗い、などとは言わず温かい気持ちで見たい。

最後に最近心に残った文言（正確には自信がないが・・・）を・・・。しかし何処でこれを読んだか忘れてしまった。

“いかなる科学も意見を闘わせることなしには、批判の自由なしには、発展し達成されるものではないことを何人も認めるべきである。”



Apr. 25, 1955

19:50. symposium 3322

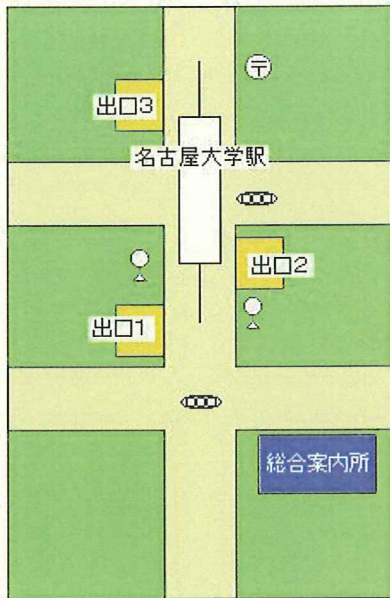
シンポジウム 木質：21世紀の材料生物学

4月20日時点判明分

出席者ご氏名	ご所属	資格種別	出欠	懇親会
尾形 善之	京都大学農学研究科	正		×
本庄 貴代子	京都大学農学研究科	学		×
紀 昌子	京都大学農学研究科	学		×
高部 圭司	京都大学農学研究科	正		○
栗野 達也	京都大学農学研究科	正		○
藤田 稔	京都大学農学研究科	正	招待（講師）	○
梅林 利弘	九州大学生物資源環境科学府	学		×
近藤 哲男	九州大学農学研究院	正		○
松村 順司	九州大学農学研究院	正		○
長谷川益己	九州大学農学研究院	正		○
小名 俊博	九州大学農学研究院	正	招待（講師）	○
科野 孝典	三重大学生物資源学部	学		×
光永 徹	三重大学生物資源学部	正	招待（講師）	
下津 祐樹	三重大学生物資源学部	正		×
杉山 真樹	森林総合研究所	正		○
大原 誠資	森林総合研究所	正		×
石井 忠	森林総合研究所	正		×
山下 香菜	森林総合研究所	正	招待（講師）	○
山本 幸一	森林総合研究所	正		×
藤井 智之	森林総合研究所	正		○
中田 了伍	林木育種センター	正	招待（講師）	○
村上 順也	（株）熊谷組 技術研究所	正		×
津島 俊治	大分県林業試験場	正		×
本母 雅博	飛騨産業（株）	正		×
大川 伸吾	同上	正		×
川井 安生	秋田県立大学木材高度加工研究所	正		○
臼杵 有光	豊田中央研究所	正		×
北條 正晃	東洋大学工学部	正		×
深町 直	静岡大学農学部	学		×
箕明 洋	王子製紙（株）	正		×
安江 恒	信州大学農学部	正		○
久保 典子	信州大学農学部	学		○

嶋田	千春	信州大学農学部	学		○
碓井	伸幸	信州大学農学部	学		○
柄沢	忠介	信州大学農学部	学		○
大林	宏也	東京農業大学	正		○
桃井	尊央	同上	学		○
片山	健至	香川大学農学部	正		○
布川	綾子	木材学会事務局	正		×
矢野	浩之	京都大学生存圏研究所	正		○
能木	雅也	京都大学生存圏研究所	正		○
岩本	伸一朗	京都大学生存圏研究所	学		○
勝又	典亮	京都大学生存圏研究所	学		○
朝田	鉄平	京都大学生存圏研究所	学		○
杉山	淳司	京都大学生存圏研究所	正	招待 (講師)	○
堀川	祥生	京都大学生存圏研究所	学		○
梅沢	俊明	京都大学生存圏研究所	正	招待 (講師)	○
伊東	隆夫	京都大学生存圏研究所	正	招待 (講師)	○
樋口	隆昌	元京都大学木質科学研究所	正		○
古野	毅	島根大学総合理工学部	正		○
中井	毅尚	同上	正	招待 (講師)	○
棚橋	光彦	岐阜大学農学部	正	招待 (講師)	○
船田	良	東京農工大学農学研究科	正		○
梶田	真也	星薬科大学	正	招待 (講師)	○
則元	京	同志社大学工学部	正	招待 (講師)	一日目欠
坂井	克己	同上	正		○
北野	孝久	愛知県稲沢市奥田町	正		×
加藤	義成	フリー	正		×
杉野	秀明	N E D O	正		×
竹内	和敏	産業技術総合研究所	正		×
相馬	奈歩	産業技術総合研究所	正		×
安藤	幸世	名古屋大学生命農学研究科	正		○
森本	さん	名古屋大学生命農学研究科	学		×
杉本	さん	名古屋大学生命農学研究科	学		×
小塩	良雄	名古屋大学生命農学研究科	学		×
阿部	賢太郎	名古屋大学生命農学研究科	学		○
小島	陽一	名古屋大学生命農学研究科	学		○
山下	佳織	名古屋大学生命農学研究科	学		×
荒川	義治	名古屋大学生命農学研究科	学		×
岡田	雅子	名古屋大学生命農学研究科	学		×

今井 將徳	名古屋大学生命農学研究科	学	×
波濤 千尋	名古屋大学生命農学研究科	学	×
佐野 仁美	名古屋大学生命農学研究科	学	×
鈴木 理江	名古屋大学生命農学研究科	学	×
茅 祐絵	名古屋大学生命農学研究科	学	×
齊藤 香織	名古屋大学生命農学研究科	学	×
中村 力也	名古屋大学生命農学研究科	学	×
辻 幸子	名古屋大学生命農学研究科	学	×
吉田 正人	名古屋大学生命農学研究科	正	○
福島 和彦	名古屋大学生命農学研究科	正	○
山本 浩之	名古屋大学生命農学研究科	正	○
寺島 典二	元 名古屋大学	正	○
(平嶋 義彦)	名古屋大学生命農学研究科	正	?
(寺沢 真)	元 名古屋大学	正	?



出口 1 名古屋大学西地区

Nagoya University West

文学部・研究科
(Graduate) Schools of Humanities
and Social Sciences

全学教育棟
Inter-Department Education Building

附属図書館
University Library

留学生センター
Education Center
for International Students

出口 3 名古屋大学西地区

Nagoya University West

工学部・研究科
(Graduate) Schools of Engineering

インキュベーション ション施設
Facility of Incubation

学生会館
Student Hall, Cafeterias and Shops
附属中・高等学校
Affiliate Upper and Lower Secondary School

出口 2 名古屋大学東地区

Nagoya University East

理系学部・研究科
(Graduate) Schools of Science

総合案内所・本学事務局
Information Desk,
Administrarion Bureau Building

豊田講堂・シンポジウム
Tyoda Auditorium, Nagoya University Symposion

博物館・広報プラザ
Nagoya University Museum ,Information Plaza



- | | | | |
|------------|---------------|------------------|------------|
| 1 事務局 1 号館 | 2 事務局 2 号館 | 3 事務局 3 号館 | 4 豊田講堂 |
| 5 職員会館 | 6 シンポジオン | 7 グリーン・サ
ロン東山 | 8 広報プラザ |
| 9 文学部 | 10 教育学部 | 11 法学部 | 12 経済学部 |
| 13 理学部 A 館 | 14 理学部 A 2 号館 | 15 理学部 B 館 | 16 理学部 C 館 |
| 17 理学部 D 館 | 18 理学部 E 館 | 19 理学部 F 館 | 19 遺伝子実験施設 |