

ISSN 1343-912X

*Wood Science in Kyushu*

# 木科学情報

27卷1号 2020



日本木材学会九州支部

## 目 次

---

### 総説・主張

「アゾレス諸島の日本スギ」について……………長濱 静男 1

### レビュー

天然糖鎖薄膜の界面機能化と細胞応答制御 ……………島山真由美 5

### 支部大会レポート

第26回日本木材九州支部大会（宮崎）を振り返って ……………雉子谷佳男 9

第26回日本木材学会九州支部大会（宮崎）における研究発表動向（生物・化学分野）  
……………須原 弘登 11

第26回日本木材学会九州支部大会（宮崎）における研究発表動向（物理・工学分野）  
……………田中 圭 12

### トピックス

黎明研究者賞を受賞して／口頭発表部門 ……………島田菜津美 10

黎明研究者賞を受賞して／ポスター発表部門 ……………宗像 典哲 13

編集後記 ……………15

---

### ●「レビュー」原稿募集！●

木科学情報では、会員の皆様からの投稿原稿を募集しています。  
投稿された原稿の中から、特に優秀なものについては黎明賞（論文）の対象  
といたします。  
奮ってご応募ください。

## 総説・主張

# 「アゾレス諸島の日本スギ」について

長濱 静男



## 1. はじめに

昨年末ネットを検索していて Moiteiro ら 4 名による「アゾレスの日本スギの精油の特徴」<sup>1)</sup> (2013) を発見、調べてみた。(以下この論文を筆頭著者のインシヤルを取りM論文と記す)筆者寡聞にしてアゾレス島に日本スギがあることに戸惑ったが、これは明治時代日本政府の協力により移植されたことが判明した。アゾレス諸島の植生が全滅したのでポルトガル政府は日本に助けを求めた。日本政府は明治 16 年 (1881) 樹木試験場に命じてヒノキ、スギ、マツ等 116 種の樹木種子を送付した。そのうちのスギがアゾレス島の気候にあい大いに育ったというわけである。林業関係者には公知のことらしい。

アゾレス諸島は中央大西洋海嶺の最高部が海面上に現れたもので、大小 9 つの島からなり、総面積 2322 km<sup>2</sup> ある。宮崎県の 1/3 程度の面積の群島である。北緯 36° から 39° にわたり新潟県から秋田県に相当する。首都のあるサン・ミゲル島ではスギ人工林は 2007 年で 12500ha になった。製材所もあり林業が立派に成立している。苗の生産から精英樹の選抜までおこなわれているという。

アゾレス諸島へのスギの導入については福井昭一郎氏の詳しい解説がある。{木霊 (TARUSU) 森林施業研究会ニュース・レター No.38 2007. 8. 8.}

M論文は林業廃棄物の有効利用を狙ったもので、枝葉、心材と樹皮に分け、水蒸気蒸留し、得られる精油の生物学的評価を行ったものである。スギを芯材の色で赤芯と黒芯に分け、それぞれの枝葉、材、樹皮について合計 22 個の試料を分析した。材料はファイアル島 (5 番目に大きい島、面積 173km<sup>2</sup>) の 2 つの植

栽地から、黒芯スギは高度 140m、赤芯スギは高度 480m の植栽地から各 5 本を選び、枝葉は 4 日、材は 6 週間室温乾燥後、裁断して 4 時間水蒸気蒸留にかけた。問題は黒芯スギと赤芯スギの植栽地が異なることで、精油成分は植栽地により変化する場合があるので、この方法では厳密に赤芯と黒芯の比較にはならない。M論文はその結果を水蒸気蒸留による台湾、朝鮮、中国の研究と比較し、アゾレス島との違いを気候に求めている。

筆者が前後 20 年にわたって行ってきたスギの成分研究とは目的が違うので比較はしがたいが、それでも気になる点があるので論評を加えたい。

## 葉の精油について

### 1) ジテルペン炭化水素

筆者は 1963 年スギ葉のジテルペンが (一) kaurene であることを指摘<sup>2)</sup>し、1964 年スギ材油に sandaracopimarinol を発見<sup>3)</sup>、ついでセスキテルペン部に cryptomerione を報告<sup>4)</sup>した。この年産業界に転じ、天然物化学から遠ざかったが 1978 年熊本工業大学 (現崇城大学) に転職した。この間にスギの化学には大きな発展があった。1968 年 Appleton ら<sup>5)</sup>は phyllocradene (P)、sclarene (S) を主成分とするスギがあることをイギリスに移植されたスギで発見した。個体によって異なるが、稀に二者、三者が共存することがある。この発見を受けて安江ら<sup>6)</sup>(山形大学)は広範な分析を行い、日本中の分布を調べ、S 型は北陸、P 型は東北、K 型は太平洋側に頻度が高いことを示した。遺伝的には優性順位は P>K>S であると考えている。筆者は第 4 の成分として ent-rosadiene (R) を報告<sup>7)</sup>し、調節遺伝子を仮

定することにより、複合型を含めた遺伝の様式を提案<sup>8)</sup>した。

スギの化学分類の第一歩はジテルペンがP型かK型かではじまる。M論文は5本のスギを混ぜて水蒸気蒸留して、その範囲は赤芯でP;3.5~26.5;K;0.4~20.6という。こういうデータの提示法では5本のスギの何本がPスギで何本がKスギなのか全く分からない。M論文には安江らの論文は引用されているが、その本質は理解されていないようだ。

## 2) セスキテルペンアルコール

筆者らの研究<sup>9)</sup>によれば4-hydroxygermacreneD (1)、hedycariol (2)、thujopsanol (3)、cedrol (4)が主成分で、この組み合わせで分類できることを示した。

### 溶剤抽出法と水蒸気蒸留法

この研究で同一試料の一部を水蒸気蒸留法で採出し、ヘキサン抽出と比較した。中国柳杉の一試料は1のみを含み、これは水蒸気蒸留で22%に減少し、 $\alpha$ -cadinolが50%生成した。2からeudesmolの生成については本誌<sup>10)</sup>に論じたが、水蒸気蒸留でバッファーを使いpH 10に保てばeudesmolは増加しないが、バッファーなしでは $\gamma$ -eudesmolの増加が認められ、pH 3では2は消失し $\gamma$ -eudesmolに異性化してしまう。また2は熱によりelemolに変化することも報告した。eudesmolとelemolを2の副生物とみて2+であらわずと日本のスギは主に(1+2+)型(初期の報告では5型、あるいはH+G型)であるが、南九州には(1+2++3+4)型(初期の報告では7型、あるいはH+GCT型)が多い。又(1+2++3)型、(1+2++4)型も見出されている。

2+を欠くものは屋久島に見いだされ、精英樹下屋久133は(1+3+4)型(GCT型)であり、下屋久112,116は(3+4)型(TC型)であった。中国柳杉の中には1型(G型)と2+型(H+型)、それに1+4型(GC型)が見いだされ、その自殖により1型と4型が分離された。またGC型を詳細に検討したところ微量ながらelemol、eudesmolの存在が認められた。

このことは2由来でない生成経路があることを暗示している。最近渡部ら<sup>11)</sup>によりクベボール(5)を主成分とする型が見いだされた。

M論文のデータでは葉に1も2も見出されていないかわりにeudesmolが多く見いだされている。また2はelemolに変化している。筆者の経験によるとガスクロのインジェクション温度が180°C以上で転移が始まる。M論文は260°Cに設定しているから2はすべてelemolとして検出されると思われる。

こうしてみるとM論文のデータは日本スギの(1+2+)型と変わらないように思える。

### 材の精油について

#### 1) ジテルペノイド

筆者らの研究<sup>12)</sup>において材のジテルペノイドの主成分はsandaracopimarinolとferruginolであって、PもKも見出されていない。M論文ではKが少量みだされているが含酸素ジテルペンは水蒸気蒸留では殆ど得られていない。

#### 2) セスキテルペンアルコール

M論文ではcubebol(2.7~39.9%黒芯)、epicubebol(4.1~26.9%黒芯)と報告され、主成分のように見えるが両者の関係はわからない。筆者らの研究ではcubebolが多いのは東臼杵5号(オビスギ群)28.8%、日出3号(タノアカ)27.6%、始良26号(メアサ)26.9%などがあり、それらのepicubebol含量は半分以下であった。アヤスギなどは両者が少量、しかもほぼ同量含まれている。(1.4~8.8%)ヤブクグリの一部(小国町出荷)には全く含まれていなかった。Cubebolよりepicubebolが多い例は見出されていない。

従ってM論文のデータはepicubebol26.9%に対するcubebolは39.9%かもしれない。そうすると合計66.8%となるので明らかに主成分といえる。その代わり両者あわせて10%程度を含む精油が得られている計算になり、この場合の主成分はcubebolになるのだろうか。

筆者らの研究ではhedycariolは未検出である。M論文ではわずかながら検出されているが、上述の理由

から疑問が残る。

### 樹皮の精油について

筆者ら<sup>13)</sup>はスギの樹皮を内樹皮と外樹皮に分離し、それぞれをヘキサン、メタノールで抽出し、精油成分を分析、材成分と比較した。外樹皮ヘキサン抽出物は 6,7-dehydroferruginol が主成分 (30.3%) で、内樹皮ヘキサン抽出物では ferruginol が主成分 (37.7%) になる。材成分の主成分である sandaracopimarinol (27.3%) は 1% 程度に減少した。また樹脂成分として知られている cryptojaponol が外樹皮に 10.0%、内樹皮に 8.6% 含まれていることがわかった。セスキテルペノイドでは cubebol が検出された。2013 年 Saijyo ら<sup>14)</sup>はスギの内樹皮、外樹皮をヘキサン、酢酸エチル、メタノールで順次抽出し、赤潮プランクトンの発育阻止能を調べ、ヘキサン抽出物が有効であることを報告した。その有効成分は cubebol、phyllocradanol、ferruginol であった。

M 論文では樹皮を水蒸気蒸留して、黒芯から 0.2%、赤芯から 0.1% の精油を得て、その中セスキテルペノイドは 84.7% (黒芯)、68.0% (赤芯) を含んでいた。またジテルペノイドは 9.6% (黒芯)、20.9% (赤芯) 含まれており、溶剤抽出に比べ高沸点部が減少することは当然と思われる。セスキテルペノイドの主成分は  $\delta$ -cadinene で次に多いのは cubenol となっている。また hedyariol が 6.2% (黒芯)、1.4% (赤芯) と報告されているが、これは上述の理由から疑問が残る。樹皮の水蒸気蒸留は収率が低く、しかも得られた精油が材油とあまり変わらないということであれば有効な方法とは思えない。

### スギの遺伝子研究

冒頭に紹介した福井氏の報告によれば、2009 年 6 月の IUFRO (国際森林研究機関連合) の森林バイオテクノロジー学会で C. Faria, M.H.Almeida, J.Belerique の 3 氏が日本のスギを東北・関東・関西・九州のブロックに分け、さらに韓国のもを加えて比較し、アゾレス島のスギのルーツを調べ発表したとある。そこで

インターネットで M. H.Almeida の文献を調査し、C.Faria、J. Belerique、ほか 3 名と H.M.Almeida による「アゾレス諸島自治区におけるスギの遺伝子検査の予報」<sup>15)</sup> (2014 ?) (原文ポルトガル語) を発見した。

これは壮大な計画をもとに北海道を除く東北、関東、関西、九州の 49 都道府県からの 49 ロットと、ファイアル島、サン・ミゲル島、テレシア島、ピコ島から 5 ロット、それに韓国からの 1 ロットを加え、合計 55 ロットの種子を 2002 年春から 2003 年春にかけて 4 つの島に設けた 5 つの試験場に播種、2 年後に樹高を調べた。同時に msp-PCR 法によりインジケーターを 6 種使用して遺伝子をしらべた。結論として本文に説明もなく、次に示す判じ物のような表 (Table 3) を提示している。

Table3

Hypodense	Labaçal S.Miguel	Pico Gordo Terceira	Aberto Faial
(1) Açores ≠ Area Natural	Yes	Yes	Yes
(2) Açores ≠ Corea	No	No	No
(3) Açores ≠ Tohoku	Yes	Yes	Yes
(4) Açores ≠ Kanto	Yes	Yes	Yes
(5) Açores ≠ Kansai	No	Yes	Yes
(6) Açores ≠ Kyushu	No	No	Yes

結論は、「本論文で述べたことは全く予備的であるが、様々な異なる遺伝子を持つスギの生存と成長は、この種がアゾレスの気候に適合し、すでに現地の種となっているように見える。アゾレスのスギ遺伝子に関する解析によると日本のものに劣っているように見える。これら日本と韓国からもたら

された個体群がアゾレス個体群の遺伝的基盤の拡大に役立つことを期待する」となっている。大掛かりな研究であるが、2003年に親の不明な実生のサンプルを集めて、遺伝子を分析しても、1881年日本から送られた種子の遺伝子（つまりアゾレスにおけるスギのルーツ）に結びつくとは考えにくい。

森林総合研究所の津村義彦氏ら<sup>16)</sup>は約8千のスギゲノム部分塩基配列情報を得て、PCR法により共優性DNAマーカー（遺伝子のタイプがホモ接合型かヘテロ接合型かを見分けることが出来るマーカー）を合計496個について開発し、これを用いてYA家系とクモトオシ×オキノヤマスギF2家系の3家系について高密度遺伝子連鎖地図を作製、さらに全国から収集した25集団、合計711個体を共優性DNAマーカー120遺伝子座につき解析し、これまで形態的特徴から言われてきたウラスギ系、オモテスギ系の2系統がゲノム上も分化していることを示した。

この方法をアゾレス島の在来杉の1個体に適用すれば、それがどの地方から移植されたかのルーツを探ることが出来よう。その前にアゾレス島のスギの家系（品種）を明らかにする必要があり、遺伝子の表現型の一つである成分の分析はそのためにも有用であると思考している。

## 文 献

- 1) C. Moiteiro et al., Natural Product Communications Vol.8 p1785-1790 (2013)
- 2) S. Nagahama, Bull.Chem. Soc. Jpn, 36,753 (1963)
- 3) idem. ibid. 37, 886 (1964)
- 4) idem. ibid. 37, 1029 (1964)
- 5) R. A. Appleton et al., Phytochemistry, 7 135 (1968) ; 9, 581 (1970)
- 6) 安江保民ほか, 日本林学会誌、58, 285 (1976) ; 同誌 59 221 (1977) ; 60, 345 (1978)
- 7) S. Nagahama et al., Phytochemistry, 36 77 (1994)
- 8) 長濱静男ほか 木材学会誌、45, 409 (1999)
- 9) S. Nagahama et al. Phytochemistry, 33, 879 (1993)
- 10) 長濱静男、木科学情報、26 (1) , 10 (2019)
- 11) 渡部大寛、高橋孝悦、芦谷竜矢、第68回日本木材学

会大会（京都）(2018)

- 12) 長濱静男ほか、木材学会誌、39, 9 (1963) ; 41, 330 (1965) ; 42, 1121,1127 (1966) ; 44, 282 (1968) ; 46, 225 (2000) ; 47, 487 (2001) ; 48,380 (2002)
- 13) 芦谷竜矢ほか、木材学会誌、47, 276 (2001)
- 14) H. Saijyo et al., J.Wood Sci. (2013)
- 15) C. Feira, J. Belerique, et al; Resultado Preliminares dos Testes Genéticos com *Cryptomeria japonica* na Região Autónoma dos Açores (PDF)
- 16) 津村義彦ほか、スギの遺伝子地図とその利用。森林総合研究所 (2001)

(ながはま しずお・崇城大学名誉教授)

## 天然糖鎖薄膜の界面機能化と細胞応答制御

畠山 真由美



## 1. はじめに

近年、再生医療の実現へ向けた生体外細胞培養技術のさらなる発展が希求されている。中でも核酸・タンパク質に次ぐ第三の生命鎖である糖鎖の機能活用に期待が集まっている。糖鎖生命科学の進展にともない、細胞の表面糖鎖と糖鎖レセプターを介した相互作用が、細胞の接着・分化・感染・免疫・ガン化などの多くの生体反応に直接関与していることが明らかになっており<sup>1)</sup>、この相互作用界面、いわゆるバイオインターフェースで起こるイベントを材料機能として利用する研究に興味を持たれている。

我々は、樹木の主成分であり地球上で最も豊富に存在する天然高分子であるセルロースや甲殻類の構造多糖であるキチン（セルロースのアナログ）などに由来する天然糖鎖を用いる細胞培養基材の研究を進めている。本稿では、細胞が接する基材表面に種々の糖鎖ナノ構造を構築することで、細胞の接着や機能に直接働きかける新規なバイオインターフェース材料の開発を試みた我々の研究成果をご紹介します。

## 2. 糖鎖の還元末端の界面集積による細胞応答の制御

## 2-1. 糖鎖の還元末端固定化膜の界面設計

一般に、生体組織は細胞と細胞外マトリックス (Extracellular matrix; ECM) から構成されており、細胞は ECM を足場として接着している<sup>2)</sup>。ECM には、ヒアルロン酸やコンドロイチン硫酸などのグリコサミノグリカンと総称される多糖類が広く存在していることから、これらの酸性多糖類を用いる細胞培養基材の研究例は極めて多い。それらの研究では、水溶性の多糖類を架橋剤やゲル化剤などを用いて不溶化することで、培地中での利用を可能にしている。

例えば、ヒアルロン酸の C6 位のカルボキシ基をリンカーで化学架橋することで膜成型する研究<sup>3)</sup>では、正確にはヒアルロン酸の化学構造は保たれていない。

そこで我々は、多糖類の還元末端のみに存在するアルデヒド基に着目し、位置選択的にチオセミカルバジド (TSC) で S 誘導体化する技術により、多糖分子の化学構造 (とおそらく機能) を保持したまま、還元末端のみを金基板上に固定する手法で多糖基材の調製を行った (図 1)。

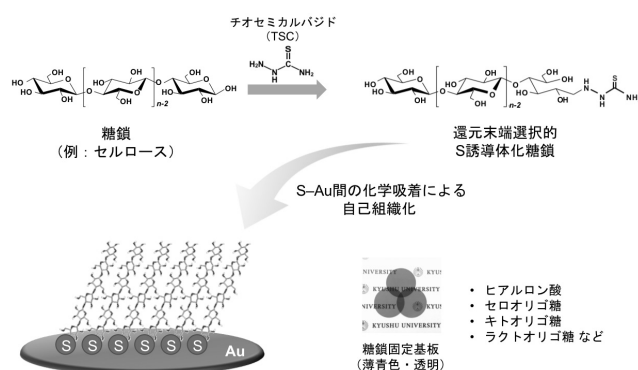


図 1 糖鎖の還元末端固定化膜の調製と界面機能化

ガラス基板に約 10 nm 厚の金ナノ層をスパッタリングして薄青色の透明基板を調製し、還元末端基を S 誘導体化したヒアルロン酸水溶液に浸漬させることで、S-Au 間の化学吸着によりヒアルロン酸層を自己組織化させた<sup>4)</sup>。ヒアルロン酸レセプターを持つマウス線維芽細胞 (NIH/3T3) を用いて細胞アッセイを行ったところ、未修飾の基材と比較して明瞭な接着誘導と伸展成長が見られ、TSC 化なしのヒアルロン酸スピンコート膜では、培養中に徐々に溶出して基材として機能しなかったことから、還元末端特異的固定化法の有用性が示された。本手法を用いて、構造多糖であるセルロース分子の還元末端を金基板上に固定することで、熱力学的に最安定ではな

い天然セルロースの平行鎖の配向および結晶構造を膜状で再現することにも成功している<sup>5)</sup>。次項では、この技術を利用した糖鎖非還元末端の界面集積についてご紹介する。

## 2-2 糖鎖ハイブリッド膜上での細胞応答の制御

前述の通り、細胞膜表面は糖鎖で覆われており、細胞接着を含む生体反応全般に深く関わっている。より厳密に捉えると、糖鎖の還元末端は脂質あるいはタンパク質と結合しているため、作用部位は糖鎖の非還元末端の数残基である。また、糖鎖を介したタンパク質などとの相互作用は非常に弱く、それを補うために細胞膜表面に種々の糖鎖集密化構造を形成して作用を増幅させることが知られており、これは糖鎖クラスター効果<sup>6)</sup>と呼ばれている。ところで、前項の手法で糖鎖の還元末端を金基板に固定したセルロース分子は、見方を変えると糖鎖の非還元末端基が表面に剥き出しになっており、かつ結晶化するほど密な構造を取っている。この特異的なナノ構造が細胞応答に何かしらの影響を与えると考え、糖鎖の非還元末端基の密度制御による細胞接着・機能制御の検討を試みた。

具体的には、バイオイナートなセルロースと生理機能糖であるキチンの強い分子間相互作用に着目し、構造が明確なセロヘキサオース（スペーサー分子）とキトヘキサオース（生理活性分子）からなるハイブリッド膜を調製することで、膜表面の詳細な糖鎖比率を精密制御することに成功した<sup>7)</sup>。キトオリゴ糖 61%/セロオリゴ糖 39%の膜（糖鎖密度 0.425/0.277 chains nm<sup>-2</sup>）において、ヒト肝ガン細胞（HepG2）がスフェロイド（凝集塊）を形成し、肝臓の薬物代謝酵素であるシトクロム P450 1A1 (CYP1A1) の活性が向上することを見出した。糖鎖ハイブリッド膜上の HepG2 スフェロイドは、市販のスフェロイド形成基板を用いて培養した細胞をはるかに上回る肝機能を発現しており、糖鎖分子ではなく糖鎖ナノ構造界面が、接触している細胞の生体機能に直接働きかける現象を初めて確認した。

## 2-3 糖鎖ハイブリッド膜界面の糖鎖認識によるシグナル伝達

糖鎖ハイブリッド膜上の糖鎖が細胞に直接働きかけていることを明確にするため、細胞表面に自然免疫受容体の一種である Toll-like receptor 2 (TLR2) を発現させたヒト胎児腎細胞 (HEK293) 形質転換細胞株を用いて、キトオリゴ糖とセロオリゴ糖のハイブリッド膜上での免疫応答を検討した (図 2a)。TLR2 は、リポタンパク質やペプチドグリカンなどの病原体の構成分子を認識して自然免疫応答を活性化させる受容体であり、キチンに対してもシグナル伝達が活性化されることが知られている<sup>8)</sup>。TSC 化したキトオリゴ糖およびセロオリゴ糖の混合比率を変化させて自己集積化膜を作製し、それぞれの膜上で TLR2 発現型 HEK293 細胞の培養を行なった。

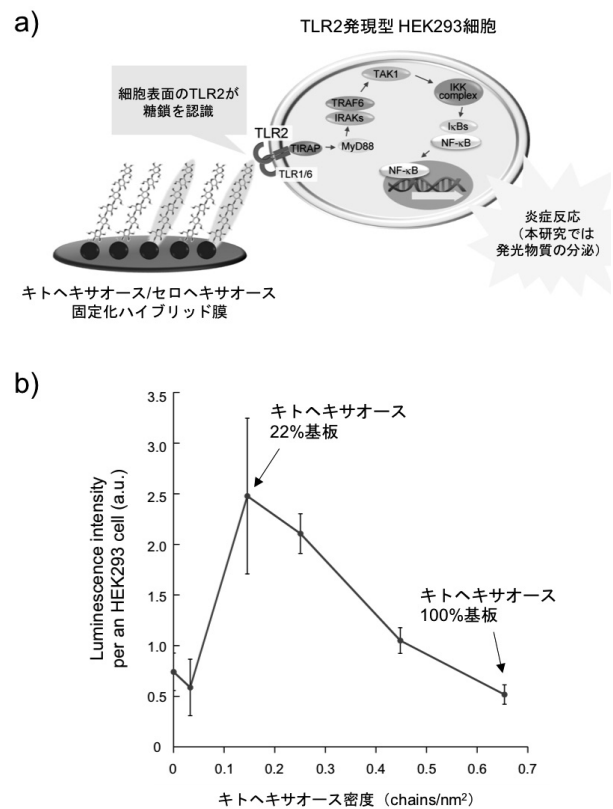


図2 TLR2発現型HEK293細胞による炎症反応の(a)模式図および(b)糖鎖密度と炎症度の相関

培養した細胞の炎症度を測定したところ、キトヘキサオース 22%/セロヘキサオース 78%の膜（糖鎖密度 0.146/0.513 chains nm<sup>-2</sup>）において顕著な炎症反応が起こり、糖鎖ハイブリッド膜による直接的な細胞への刺激が認められた (図 2b)<sup>9)</sup>。また、バイオイ



ナートなセロオリゴ糖 100% の基板だけでなく、キトオリゴ糖 100% の基板においても炎症反応が誘導されないことから、TLR2 のリガンド認識における最適糖鎖密度の存在が示唆された。レクチンなどの糖鎖を認識するタンパク質において、糖鎖認識には最適な密度が存在すると言われており、糖鎖をペプチドやデンドリマーに結合させることで密度を制御する研究が多く行われている<sup>10)</sup>。我々の糖鎖固定化技術は、スペーサーであるセロオリゴ糖と生理機能糖を TSC 化し、混合比率を変えた糖鎖溶液に金でコートした基板を浸漬させるだけで密度の異なる糖鎖薄膜が設計可能であるため、様々な生理機能糖を用いる応用展開に期待がもたれる。

### 3. 糖鎖界面のマイクロパターンニングによる細胞応答の変化

細胞の形態と機能には密接な関係があることが知られている。そこで、TSC 化糖鎖を固定する金基板をあらかじめマイクロパターンニングすることで、細胞接着に空間的な制限を加えた (図 3)。マウス筋芽細胞 (C2C12) を、100-1000  $\mu\text{m}$  幅のマイクロレール上に自己組織化させたキトヘキサオース界面で培養したところ、細胞の伸長方向の制御に成功した<sup>11)</sup>。

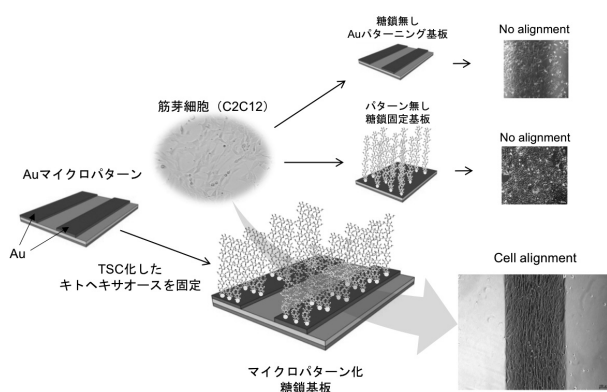


図3 マイクロパターン化糖鎖基板における C2C12 細胞の配列

C2C12 の細胞サイズ (浮遊時) は 10-20  $\mu\text{m}$  程度であり、マイクロパターン化した糖鎖レールの幅より十分に小さいが、マージ部分 (糖鎖集積表面と糖鎖フリー表面の境目) で細胞遊走や伸展方向に制約が加わることで、パターン化基板全体で接着細胞の挙動

に影響が及んだと考えられる。

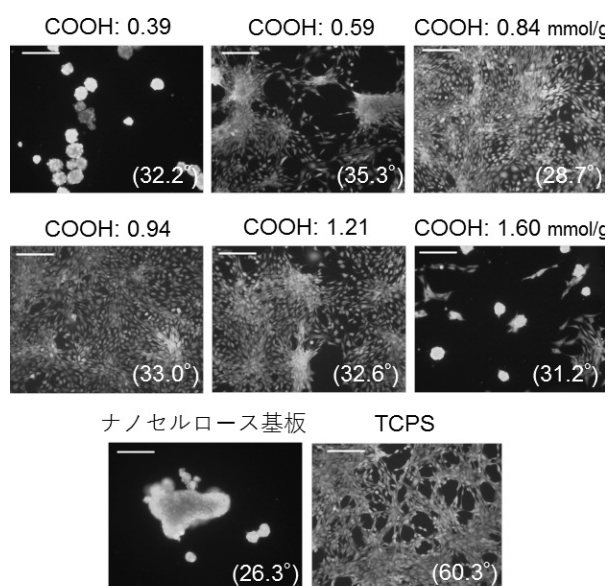
次に、マイクロパターン化糖鎖薄膜での C2C12 細胞の筋形成について、Myosin heavy chain (MyHC) アイソフォームの遺伝子発現に着目したところ、培養 3-5 日後に *MyHC-2a* の発現量依存的な細胞融合の開始が認められた。培養 7 日後には筋芽細胞同士の融合が起こり、筋管様細胞への分化に成功した<sup>12)</sup>。この現象は、“分化誘導血清を含まない” 培養条件においても観察された。すなわち、キトヘキサオース集積薄膜が筋芽細胞の融合に直接働きかける、極めてユニークなバイオ界面効果を見出した。再生医療分野では、種々の薬剤や FBS など他生物種由来の血清の使用自体が臨床応用を阻んでいるが、培養細胞が接触する基材表面の糖鎖ナノ界面の構造制御で細胞接着や生体応答の制御が可能になれば、無血清培養に向けた展開も期待されることから、従来の多糖膜とは一線を画する新規なバイオインターフェース材料と言える。

### 4. ナノファイバー形状の糖鎖界面による細胞接着挙動の制御

さて、前項までの糖鎖の還元末端固定化技術から話題は変わるが、近年、バイオマスからのナノマテリアル創出研究が脚光を浴びている。その機運を決定付けたのが、セルロースナノファイバーである。我が国の成長戦略「日本再興戦略」に特記されたセルロースナノファイバーは、カーボンナノファイバーに匹敵する極細サイズ (3-20 nm 幅) で高アスペクト比 (200-1000 以上) の天然ナノマテリアルであり、精密に構造制御された単一の化合物である。

ナノセルロースの新たな機能開拓に向けて、生体内における ECM の物理的構造 (剛直なナノファイバー構造) と化学的構造 (ヒアルロン酸などに見られる酸性官能基の繰り返し構造) の双方を模倣した糖鎖薄膜の機能化を試みた。TEMPO 酸化ナノセルロース (TEMPO-oxidized cellulose nanofiber; TOCN) は、結晶表面の一級水酸基のみがカルボキシ基に酸化された規則的な繰り返し構造を特徴とするナノセルロースである。

## 各基板上で72時間培養後のNIH/3T3細胞



Scale bars: 200  $\mu\text{m}$ , 括弧内の数値は水の接触角

図4 表面カルボキシ化セルロースナノファイバー薄膜における NIH/3T3 細胞の接着挙動

様々なカルボキシ基密度を持つ TOCN を作製し、ガラス基板上に塗布・乾燥することで造膜し、NIH/3T3 細胞を用いた細胞培養試験に供した (図4)。カルボキシ基を持たないナノセルロース基板では細胞接着が見られず、スフェロイドを形成した。同様に、カルボキシ基密度が 0.39 mmol/g の TOCN 基板においても細胞が凝集した。しかし、カルボキシ基量の増加にともない細胞が接着・伸展する様子が観察され、カルボキシ基量が 0.84–0.94 mmol/g の基板においては、細胞培養用ポリスチレンよりも細胞が増殖した。一方、カルボキシ基量をさらに増やすと再び細胞が凝集する様子が見られたことから、細胞の接着に最適なカルボキシ基密度の存在が示唆された。本来、セルロースはバイオイナートな多糖であり、TOCN 基板がもたらす細胞の接着・増殖における詳細な作用機序は現段階では不明であるが、ナノファイバーの物理的特性と界面の化学的特性の双方が、NIH/3T3 細胞の接着・増殖に重要であると考えており、細胞培養の基材設計におけるバイオミメティクスの面からも、興味深い結果である。

## 5. おわりに

本稿では、糖鎖の還元末端を固定化することで基板表面に糖鎖の非還元末端を集積し、細胞が糖鎖を単に分子として認識するのではなく、ナノ構造界面として細胞と直接作用することで、生理活性の変化や細胞の分化・増殖を誘導できるかもしれない、新概念の細胞培養基材研究を紹介した。また、セルロースやキチンは、天然資源で生分解性の「環境にやさしい素材」として、これまで主にバルクで大量・安価に利用されてきたが、その単純な一次構造からは想像できない特異なナノ構造特性を秘めている。天然の構造多糖の特徴である剛直なナノファイバー構造が、物理特性と化学特性の両面で生体内の ECM を機能模倣できる可能性もあり、今後の展開に期待が持たれる。

## 引用文献

- 1) M. E. Taylor, K. Drickamer, Introduction to Glycobiology, Oxford University Press (2003)
- 2) R. P. Mecham, The Extracellular Matrix: an Overview, Springer (2011)
- 3) S. Oerther *et al.*, *Biotechnol. Bioeng.*, **63**, 206 (1999)
- 4) N. Tanaka *et al.*, *Carbohydr. Polym.*, **82**, 100 (2010)
- 5) S. Yokota *et al.*, *Adv. Mater.*, **19**, 3368 (2007)
- 6) Y. C. Lee, R. T. Lee, *Acc Chem. Res.*, **28**, 321 (1995)
- 7) Y. Yoshiike, T. Kitaoka, *J. Mater. Chem.*, **21**, 11150 (2011)
- 8) C. A. Da Silva *et al.*, *J. Immunol.*, **181**, 4279 (2008)
- 9) M. Hatakeyama *et al.*, *Colloids Surf. B Biointerfaces*, **175**, 517 (2019)
- 10) J. L. J. Blanco *et al.*, *Chem. Soc. Rev.*, **42**, 4518 (2013)
- 11) P. Poosala, T. Kitaoka, *Biomolecules*, **6**, 12 (2016)
- 12) P. Poosala *et al.*, *Int. J. Mol. Sci.*, **17**, 686 (2016)

(はたけやま まゆみ：九州大学大学院農学研究院)

## 支部大会レポート

### 第 26 回日本木材学会九州支部大会（宮崎） を振り返って

雉子谷 佳男



#### 1. はじめに

第 26 回日本木材学会九州支部大会は、令和元年 9 月 12 日（木）、13 日（金）に宮崎市民プラザで開催されました。研究発表は、口頭発表 16 件（フェーズ I が 1 件）、展示発表が 19 件でした。大会及び懇親会への参加者はそれぞれ 72 名（一般 51 名、学生 21 名）および 53 名（一般 42 名、学生 11 名）、要旨集への広告掲載企業は 16 社、公開講演会では約 100 名の参加があり、盛会のうちに終えることができました。ご参加およびご協力頂いた皆様に心よりお礼申し上げます。

#### 2. 大会 1 日目の概要

1 日目は、まず展示発表から始まりました。19 件の発表のうち、九州各県の公設試験センターからの発表が 5 件ありました。公設試験センターの発表比率の高さが九州支部大会の特徴であり、活性の源になっています。発表内容は、材料性能から分子レベルまで多岐にわたりました。



写真 1 展示発表の様子

展示発表の後は、1 件の口頭発表（フェーズ I）を経て、恒例となっている公開講演会（九州支部研鑽プログラム）が開催されました。「未来の木材利用を考える」というテーマのもと、3 名の講師の先生に講演頂きました。1 件目は、国立台湾大学教授 Chun-Han Ko 氏による「台湾の農林業廃棄物再利用政策から生じるバイオマスに基づくエネルギー供給の将来性について」です。台湾に求められる 2 つの課題、すなわちエネルギー問題と地球温暖化防止の両者を解決するためには木材自給率の改善が重要であり、そのためには台湾林業の復活がカギとなることを予測モデルで解説されました。台湾の人工林は日本から持ち込まれたスギが主要な造林樹種であるため、九州のスギ林業との連携が期待されます。2 件目は、山佐木材株式会社会長の佐々木幸久氏による「木造建築時代実現のために～材料と構法開発、担い手～」です。木材業界のトップランナーとして活躍されてきた佐々木会長の長年にわたる実績に基づく講演でした。大断面集成材と非住宅木造建築（中大規模木造建築）事業への取り組みに始まり、CLT への取り組みや超高層ビルに木材を使用する研究会の発足について紹介頂きました。木造建築時代実現には、材料と構法の開発と担い手の育成がカギとなることを述べられました。3 件目は株式会社山下設計の岸野泰典氏による「CLT 耐力壁を活用した宮崎県防災拠点庁舎の設計」でした。環境配慮型建築（Green Building）は世界的な主流になりつつあります。宮崎県の防災拠点庁舎設計にあたり木質材料を耐火上どう取り扱うかが課題であり、CLT を地震時のみに抵抗する耐力壁とすることで、“あらわし”での使用が可能となったことを示されました。「宮崎県防災拠点庁舎」では、

鉄骨骨組の中に木質材料 (CLT) を耐力壁として配置した新たな構造システムであり、実大実験に基づく解析モデルを用いた安全性の確認プロセスを説明して頂きました。



写真2 公開講演会の様子

同日行われた懇親会では、本部からは船田学会長にもご臨席賜り、ご挨拶をいただきました。また、参加者の皆さまには宮崎県の郷土料理と宮崎大学プロデュースの本格焼酎「薫陶（日本パッケージングコンテスト最高賞受賞）」を楽しんで頂くとともに、公開講演会講師の先生との交流を深めて頂きました。

### 3. 大会2日目の概要

2日目の口頭発表（フェーズII）では、前回大会に引き続き、高校生による発表がありました。研究発表終了後は、総会ならびに黎明研究者賞の授賞式が行われました。九州支部では、毎年、支部大会において優秀な発表を行った者に対して黎明研究者賞を授与しています。今年度は、口頭発表部門では「モウソウチク当年稈由来マイクロソーム膜画分におけるコニフェリンおよびp-グルコクマリルアルコールの輸送」と題して宮崎大学の島田菜津美さんが、展示発表部門では「モウソウチク当年稈成長過程におけるキシラン、フェルラ酸およびリグニンの分布」と題して宮崎大学の宗像典哲さんが受賞されました。また、九州支部刊行の「木科学情報」誌に掲載された論文

の中から優秀な論文に対して贈られる論文部門では「シロイヌナズナにおけるモノリグノール輸送体の探索」と題して九州大学の武内真奈美さんが受賞されました。受賞者の皆さま、おめでとうございます。

木材学会九州支部大会の話題から少し離れるのですが、私が窓口となり、宮崎大学農学部と国立台湾大学森林環境・資源学科との学术交流協定を進めております。今回の公開講演で講師として国立台湾大学の先生を招待したことも、この取り組みと関連しております。今年の初めに、学术交流協定締結に向けて調整が進み、調印式を残すのみとなりました。また、宮崎県木材利用技術センターおよび林業技術センターと台湾林業試験所（台湾森林総合研究所）との連携協定を進めるとの話を関係者から伺っております。台湾における木材利用は、ほとんど進んでおらず、大きな可能性があると考えております。九州と台湾は、共通の森林資源（スギ人工林）を持つアジアのパートナーであり、大学・県の試験場レベルからスタートし、現場（林業・木材産業）での良い関係が構築できればと考えております。



写真3 国立台湾b大学訪問

最後になりますが、来年度の支部大会は、琉球大学の高島幸司先生を運営委員長として沖縄で開催される予定です。多くの方々のご参加をお待ちしています。

（支部 HP）

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

（きじだによしお：宮崎大学農学部）

## 支部大会レポート

### 第 26 回日本木材学会九州支部大会（宮崎） における研究発表動向 （生物・化学分野）

須原 弘登



9月12日及び13日に令和になって初めての木材学会九州支部大会が宮崎市民プラザ（宮崎市）で開催されました。公開講演では台湾大学より Chun-Han Ko 教授をお迎えし、山佐木材の佐々木会長、山下設計の岸野氏と併せて3名による「木材利用の未来を考える」と題した講演会が催されました。研究発表においては16件の口頭発表と、19件の展示発表が行われ、多岐にわたる分野について成果の報告があり、例年にも増して盛況でした。ここではその内の生物・化学分野の発表について簡単に紹介いたします。

口頭発表（フェーズⅠ）では1件の発表があり、九大院農の Rogers らからオリブオイル抽出残渣からのアレルギー抑制物質について報告がありました。素晴らしい発表を行っていただいたことで、本大会の成功への寄与も大きかったのではと感じています。フェーズⅠは九州地区の研究の質を示す指標の一つだと思いますので、今後も各大学の若手研究者の積極的な参加を期待したいところです。

口頭発表（フェーズⅡ）では16件の発表があり、そのうち10件が生物・化学系に関する内容でした。O-1~3の3件では木部形成の機構を分子や化学物質などの挙動から解明を試みる取り組みが報告されました。同分野の内容はP-17でも報告され、分析機器の性能の向上や、分子生物学的手法の成熟により、当該分野での研究速度が加速していることが伺われる内容でした。O-10では木材分野ではCLTと並び注目度の高いセルロースナノファイバーを大豆皮より調整することで、他にはない特性が得られることが報告されました。セルロースナノファイバー関連の発表はP4~5でも行われ、当該分野の活性の高さが伺われました。O-11では石炭や木炭に木粉が混ざる

ことで粉塵爆発の危険性が高まることが報告され、バイオマス燃料として取り扱う際には注意を要することが指摘されました。O-12~13では木質化した住環境が人の心理応答に与える影響についての研究が報告されました。同様の報告はP-16、19でも行われ、人の心理応答という不確定要因の多い研究ですが、着実にデータを積み重ねていることが伺われました。筆者らもスギ精油の機能性を評価するためにゴキブリに対する忌避効果を検証した成果をO-14にて報告しました。O-15,16ではキノコ分野の研究報告がありました。当該分野はP-10、13、15でも行われ、いずれのテーマも他のきのこ研究と類似しない独自性の高いものや、地域性を生かしたキノコの栽培に取り組む挑戦的な内容でした。

ポスター発表については前段であらかた触れたので割愛しますが、ご紹介していないものの中ではP-7の植物テルペノイドを、糸状菌のP450群で処理し新たな化合物を得る取り組みが、個人的に非常に興味を持ちました。

今大会は例年にも増して、参加者も発表件数も多く、大会実行委員の一人として、末筆ながら皆様のご参加とご協力に謝意を表したいと思います。

（すはら ひろと：宮崎県木材利用技術センター）

## 支部大会レポート

### 第 26 回日本木材学会九州支部大会（宮崎） における研究発表動向 （物理・工学分野）

田 中 圭



9月12日及び13日に第26回木材学会九州支部大会が宮崎市民プラザ（宮崎市）で開催されました。ここでは、その内の物理・工学分野の発表について紹介します。

まず初日の午後、ポスター発表から始まりました。ポスター発表全18件の半分の9件、2日目に行われた口頭発表（フェーズⅡ）では、全16件中、5件が物理・工学分野の発表でした。その内容は大きく4つに分類できます。一つは、重ね梁、CLT、集成材など木質材料・建材に関するもの、次に、乾燥・材質関係、耐久性関係、そして心理系です。

木質材料関係では、ヒノキCLTの開発、CLT製造方法の違いによる反りへの影響、接着しない重ね梁など、公共建築の木造化や大型木造に九州産材を如何に適用させていくか、様々な取り組みがされていることがわかりました。また、韓国の合板と宮崎のヒノキを使ったCLT、大径材から製材した2×6材など、新しい取り組みも紹介されました。

乾燥・材質関係では、黒心材の判別システムや棧積みするときの棧の跡の研究など、基礎的な研究開発が発表されました。また、分野的には化学系に分類されるのかもしれませんが、乾燥方法と揮発成分の関係を取り上げた研究もあり、興味深く拝聴しました。

耐久性関係では、熊本県林業研究・研修センターが新しい実験棟でその外壁面を利用して、様々な外構塗装を塗り分けて、実際の経年変化を測定した結果が報告されました。一方で福岡大学でも校舎の改修工事に伴って様々な樹種の木材やWPCを使ったウッドデッキの耐久性観察を始めた例が紹介されました。公共建築の木造化や大型化に伴い、木材、木質材料

の耐久性を定量的に示してほしいとの要望は、建築サイドから高まっていますが、これらの知見を得るには多くのデータと年月を要するため、これらの発表の今後のデータに期待したいところです。

本年度の支部大会では、木質材料の使用と人間の心理・生理面への影響を研究した発表が、全部で4件いずれも同じ九大の研究チームから報告された。著者も非木造の大型建築物（学校や庁舎など）の内装の木質化を推奨する際に、施主側からその効果について具体的な説明を求められることが多く、これらの研究の進展と最終的なアウトプットに大いに期待しています。

また、今回の支部大会では、佐賀県立唐津南高校の生徒さんによる「国の特定名勝 虹の松原における有効資源活用と循環型プランの構築」という発表があった。通常、大学院生や公設試の方の発表がメインである本支部大会の中で、高校生の発表は大変フレッシュでよかったし、木質資源や森林保全の大切さといったいわゆる「木育」の成果発表の形態として、今後の木材学会の発表会の発展のヒントとなるものではなかったかと思います。

（たなか けい：大分大学理工学部）

## トピックス

## 黎明研究者賞を受賞して

## — 口頭発表部門 —

島田 菜津美



この度は第26回日本木材学会九州支部大会において、口頭発表部門での黎明研究者賞を賜り、誠にありがとうございます。ご推薦くださいました諸先生方、ならびに関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。このような賞をいただきましたのも、宮崎大学農学部の津山 濯助教、亀井一郎教授の多大なるご指導、ご支援によるものと深く感謝しております。また、森林資源化学研究室並びに森林バイオマス科学研究室の皆様には多くのご指摘やご助言を頂きました。この場をお借りし、皆様にお礼申し上げます。

今回、「モウソウチク当年稈由来ミクロソーム膜画分におけるコニフェリンおよび  $p$ -グルコクマリルアルコールの輸送」という研究テーマで発表しました。

リグニンの生合成はリグニン前駆物質の細胞内での生合成、細胞内から細胞壁への輸送、細胞壁での重合の3つの段階からなります。このうち輸送に関する知見は乏しく、単子葉類における知見はほとんどありません。そこで本研究ではタケにおけるリグニンモノマー輸送メカニズムの解明を目的としています。

モウソウチク当年稈における各成長段階のリグニン量を迅速 TGA 重量法（島田ら、2019）により定量し、木化が活発な組織を選抜しました。ミクロソーム膜画分を調製し、輸送実験を行いました。リグニン前駆物質としてコニフェルアルデヒド、シナップアルデヒド、 $p$ -クマリルアルコール、コニフェルアルコール、シナピルアルコール、またモノリグノール配糖体である  $p$ -グルコクマリルアルコール、コニフェリン、シリンジンをを用いて輸送実験を行いました。その結果、コニフェリンと  $p$ -グルコクマリルアルコールの ATP 依存的な輸送活性が見られま

した。さらにこの輸送活性は同じ日に採取したタケ3個体でも同様にみられました。

輸送メカニズムを調べるために阻害実験を行いました。コニフェリン輸送は ABC トランスポーターや細胞膜局在性  $H^+$ -ATPase の阻害剤であるバナジン酸では阻害されず、V-ATPase の阻害剤であるバフィロマイシン A1 によって大きく阻害されました。また  $H^+$  勾配除去剤であるグラミシジンや  $NH_4Cl$  でもコニフェリン輸送は阻害されました。これらのことから、モウソウチクにおけるコニフェリン輸送には V-ATPase と  $H^+$  勾配が関与していることが示唆されます。コニフェリンと同じく、ATP 依存的な輸送活性があった  $p$ -グルコクマリルアルコールを基質とした阻害実験においても、バフィロマイシン A1 やグラミシジン、 $NH_4Cl$  によって大きく阻害されました。このことから  $p$ -グルコクマリルアルコールの輸送にはコニフェリンと同じく V-ATPase と  $H^+$  勾配が関与していることが示唆されます。さらにこのメカニズムは既報のポプラおよびヒノキ分化中木部におけるコニフェリンや  $p$ -グルコクマリルアルコールの輸送メカニズムと同様のものです。

以上のようにコニフェリンと  $p$ -グルコクマリルアルコールの輸送活性は、維管束植物の木化組織において共通して存在し、そのメカニズムも共通であることが示唆されます。これらの輸送活性は、木化に重要な役割を果たしているかもしれません。

このような名誉な賞を賜りましたことを、誠に嬉しく思うとともに、発表時にいただいたご指摘、ご意見を生かし、これからも研究に一層励んでいきます。最後になりましたが、日本木材学会九州支部の益々のご発展を祈念申し上げます。

（しまだ なつみ：宮崎大学農学部）

## トピックス

黎明研究者賞を受賞して  
— ポスター発表部門 —

宗像 典哲



この度は第26回日本木材学会九州支部大会において、ポスター発表部門での黎明研究者賞を賜り、誠にありがとうございます。はじめに、ご推薦くださいました諸先生方、ならびに関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。またこのような賞をいただきましたのも、宮崎大学農学部の津山濯助教をはじめ、亀井一郎教授、雉子谷佳男教授の多大なるご指導、ご支援によるものと深く感謝しております。さらに、森林資源化学研究室および森林バイオマス化学研究室内の皆様には日頃から貴重なご指導、ご鞭撻を賜りました。この場をお借りして、皆様に厚く御礼申し上げます。このような非常に名誉ある賞を賜りましたことは、大変嬉しく思うとともに、今後の自身の研究生活において、非常に励みとなるものとなりました。心より感謝申し上げます。

今回の大会では「モウソウチク当年稈成長過程におけるキシラン、フェルラ酸およびリグニンの分布」という題目で発表させていただきました。この研究では、イネ科植物におけるヘミセルロースである、フェルロイルアラビノキシランのフェルラ酸が木化の開始点の一つであるという仮説のもと、これまで知見のない細胞壁形成段階におけるフェルラ酸の堆積過程および分布、またフェルラ酸とリグニンとの関係性について明らかにすることを目的として実験を行いました。まず、LM11（抗キシラン抗体）およびLM12（抗フェルラ酸抗体）を用いて免疫蛍光標識に供したところ、どちらの標識も原生道管、維管束鞘繊維、後生道管の順で見られました。一方で、フロログルシン塩酸反応（Wiesner 反応）により、リグニンの沈着過程を観察すると、原生道管、後生道管の順にリグニンの沈着が見られ、その後後生道管周辺の維管束鞘繊維から外側に向かって徐々に沈着し

ていく様子が確認されました。この結果から、フェルロイルアラビノキシランとリグニンの堆積様式が若干異なることが示唆されました。さらにLM11の標識は、どの組織においても細胞壁均一に標識が見られたのに対し、LM12の標識は維管束鞘繊維や柔細胞において、二次壁に強い標識が確認されました。さらにこれらの詳細な局在を明らかにするために、免疫電子顕微鏡法に供したところ、LM12の標識は二次壁の中でも特にS2層の外側から内側に向けて標識密度が徐々に増えていることが明らかとなりました。この結果から、モウソウチクにおいて、生合成されるキシランのタイプがS2層形成段階のタイミングでフェルラ酸の付加していないキシランから、フェルロイルアラビノキシランに切り替わっていることが示唆されました。

私は現在、モウソウチク当年稈におけるフェルラ酸やリグニンだけでなく、抗体の無いp-クマル酸やトリシンをはじめとした様々な成分の推移や構造の変化を明らかにするために、アメリカのウィスコンシン大学マディソン校のJohn Ralph先生の研究室に留学しております。成長が著しく速く、他のイネ科植物よりも木に似ている材質を持つタケの成長段階における成分や構造の推移を明らかにすることができれば、タケ特有の成長の秘密が解明され、将来の効率的なタケバイオマス利用につながるきっかけにもつながると考えております。

最後になりましたが、このような名誉ある素晴らしい賞を賜り、誠にありがとうございました。今回の受賞を励みに今後の日々の研究に一層精進して参ります。また、今後の日本木材学会九州支部大会の益々のご発展を祈念申し上げます。

（むねかた のりあき：宮崎大学農学部）



## [編集後記]

木科学情報第 27 巻 1 号をお届けします。

総説・主張では、まず、崇城大学名誉教授の長濱静男先生に『「アゾレス諸島の日本スギ」について』を寄稿いただきました。

また、レビューのコーナーでは、九州大学の畠山真由美様に「天然糖鎖薄膜の界面機能化と細胞応答制御」という原稿を頂きました。

2019 年支部大会レポートとして、運営委員長をされました宮崎大学 雉子谷佳男先生に「第 26 回日本木材九州支部大会（宮崎）を振り返って」をまとめていただき、発表動向報告として、生物・化学分野は宮崎県木材利用技術センター 須原弘登氏にご報告いただき、物理・工学分野を田中がまとめました。

併せて、支部大会関係のトピックスとして、黎明研究者賞を受賞した 2 名のかたに、受賞した研究の紹介と感想を書いていただきました。

このように本号でも多くの方々から、お忙しい時期にも関わらず、原稿をご執筆いただき、御礼申し上げます。

田中 圭

## [各種問い合わせ先]

## ●支部全般に関わること（総務：藤本 登留）

E-mail:fujipon@agr.kyushu-u.ac.jp Tel/Fax: 092-802-4661

## ●会費、入退会に関わること（会計：一瀬 博文）

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

## ●木科学情報に関わること（編集：田中 圭）

E-mail: kei@ota-u.ac.jp Tel:097-554-7756 / Fax:097-554-7930

## ●支部ホームページ

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

木科学情報 27 巻 1 号

2020 年 8 月 31 日発行

編集人 中 尾 哲 也

発行所 一般社団法人 日本木材学会九州支部

発行人 西 野 吉 彦

〒 819-0395

福岡市西区元岡 744

九州大学大学院農学研究院環境農学部門

サステイナブル資源科学講座内

Tel/Fax : 092-802-4661

※著者以外の方が本誌に掲載された論文・記事等を複写あるいは転載する場合には本誌編集委員会にご連絡ください。

