

ISSN 1343-912X

*Wood Science in Kyushu*

# 木科学情報

23卷2号 2016



日本木材学会九州支部



## 目 次

---

### 巻頭言

広葉樹新時代？ .....松村順司 25

### ミニレビュー

Surf's Up ミクロスケールにまつわる科学の潮流と展望 .....巽 大輔 26

### 現場の声

スギ製材をより使い易くするために取組んだこと .....池田元吉 30

学校等公共建築物の木造木質化促進シンポジウム報告（2）.....藤本登留 31

編集後記 .....35

---

### ●「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。

## 巻頭言

# 広葉樹新時代？

松村 順司



2005年に「日本産早生樹を開発しよう！」を本誌に寄稿した。あれから11年、その後どうなったのであろうか？ 言うまでもなくザワついている。

タイトルの「広葉樹新時代」、実は昨年5月から7月にかけて5回に渡って林政ニュースが連載した記事のタイトルである。何の特集か？ 国産早生広葉樹である。この記事は、2015年3月に全国天然木化粧合単板工業協同組合連合会（全天連）から出された「未利用広葉樹資源の新規需要開拓に関する調査委託事業」が斬新だということから特集されている。何が斬新か？ 伐期が20～30年の国産早生広葉樹に絞り、商品化の可否を検討、今後の育成地として里山、耕作放棄地を挙げたことにある。

本稿では、この11年を回想するとともに、「先見の明があれば、時代は必ずついてくる」とのメッセージを送りたい。

冒頭の「日本産早生樹を開発しよう！」寄稿時は私の中で第1幕が終わった頃で、「国産早生樹」という言葉が新鮮で「それもありかもしれない」と思われ始めた頃である。年配の方から「面白い」、「素晴らしい」とお褒めの言葉をいただく一方、同世代や後輩からは「今すぐどうにかなる訳ではない。スギで手一杯」との反応であった。当時は「若手が将来を考えなくてどうする！」と思ったものだが、今考えると、年配の方が将来を憂いてるもので、成果を出すことを求められる若者が超現実的になるのもやむを得ない話である。それはさておき、その後も国産早生樹の発掘を地味に続け、次の第2幕は2011年になる。当時シンポジウムを企画しなければならず、「早生樹最前線」として育種、材質、利用の研究者、産業界を集めようと思った。ちょうど早生樹（海青社）が発刊される頃であったため、本の宣伝もし

ようと、関西の早生植林材研究会にも声をかけた。結果として、これがいろいろな化学反応を引き起こし、今日の関西勢のセンダン愛？が始まったと言える。今では、近畿・中国森林管理局や企業がセンダンを試験植栽するまでに至り、昨年9月には「産官学セミナー林業新時代へ」が京都府立大で開催され、本格的に始動したと実感できるものであった。

現在はと言えば・・・、第3幕の真っ只中である。広葉樹新時代をどのように切り拓いていくか？ 私も2014年から伝道師のように、関西の木材業界、林野庁、宮崎県、ツキ板業界、林木育種センター、広島県、日本製紙連合会、おおいた早生樹研究会等、あちこちで広報活動をしている。

森林・林業基本計画では、平成32年度までに国産材の自給率を50%にすることを目標としており、特に10歳級前後の豊富なスギ資源を積極的に利用できるよう環境整備を進め、ゆくゆくは、年齢別に資源量を平坦にすることで森林の多面的機能の強化を図っている。一方広葉樹には公益的機能が期待され、資源の活用について積極的な取り組みはなく、輸入が供給量のほとんどを占めてきた。しかし、今後は輸出国の資源保護、為替レート等から供給が不安定になるであろう。今こそ国内の広葉樹資源に目を向ける時である。それを裏付けるかのように、ここ数年、国内の広葉樹材に着目した事業報告書が森林総研や木構造振興株式会社から出されている。また「林業の成長産業化」なる言葉も耳にするようになってきた。そう！時代がついてきたのだ。

（まつむら じゅんじ：九州大学農学研究院）  
追伸：「スギを広葉樹に変えるのか？」と短絡的な質問をされる方がおられる。私は多種多様な国産木質資源が必要だと言っている。

## ミニレビュー

## Surf's Up

## マイクロスケールにまつわる科学の潮流と展望

巽 大輔



自然科学を探究することも、芸術や文化と同様、流行り廃りがある。流行りのときは人々に注目され、それに携わっている者たちには活気があふれているが、一旦廃れるといつの間にか見向きもされなくなってしまふ。そして歴史は繰り返され、以前流行っていてその後長い間注目されなかったことが、再び脚光を浴びることもしばしばである。そんな時、人々は言う「また波が来た！ (Surf's up!)」と。そう、人々の営みはまるで押し寄せる波のようでもある…。

波の存在を理解するため、少し歴史を遡ってみよう。木材科学ではなくて恐縮なのだが、筆者の研究領域が高分子であるので、よりマイクロな世界に目を向けてみることにする。さて、今でこそマイクロな世界というと原子や分子は当たり前だが、今から120年前は、まだ原子や分子の存在は認められていなかった。アトムという言葉はギリシア哲学を起源としているものの、それが本当に「ある」とは、わずか百年そこら前でさえ人々は考えていなかったのである。では、その時代は何が流行りであったのか？

19世紀末から20世紀はじめにかけては、人々の目がようやく「よりマイクロへ」と向けられた時代であった。1877年、ボルツマンは、原子や分子のレベルからマクロな熱力学パラメータであるエントロピーが導き出せるとして、有名なボルツマンの原理  $S = k \ln W$  を提唱した ( $S$  はエントロピー、 $k$  はのちのボルツマン定数、 $W$  は原子や分子の取りうる状態数)。しかし、このことでマッハやオストワルトらをはじめ原子説を信じない面々と長きにわたる激しい論争を繰り広げることになる。そんな中、1900年のプランクの量子仮説がマイクロな世界への扉を開いた。しかし、そのプランク自身でさえ、自ら導いた「エネルギーがとびとび (量子) である」という解釈には

懐疑的であったといわれている。そして迎えた1905年、若きアインシュタインは特殊相対性理論、光電効果、分散系の粘度、ブラウン運動といずれも画期的な論文を世に放った。

相対性理論は彼の代名詞的成果の一つ。光電効果の論文は、のちに量子力学へとつながり、彼にノーベル賞をもたらすことになる代表作。しかし、ここで注目してほしいのは、あとの二つである。「分散系の粘度」や「ブラウン運動」は、彼の華々しい業績の中では地味な印象を受ける。しかし、これらは言うなれば時代の最先端であったのである。

20世紀初頭は、今でいう物理化学が当時の最先端科学のひとつであった。先述のオストワルトは、物理化学を確立した人物として知られているし (彼の考案したオストワルト粘度計は現在も使われている)、のちに量子力学の建設に重要な役割を果たすポーアやシュレーディンガーも当時は表面張力の研究をしていた (彼らの研究は現在のコロイド科学の教科書にも掲載されている)。ということで、アインシュタインの「分散系の粘度」や「ブラウン運動」も、当時の流行を反映したものといえる。

歴史に「たら」「れば」は無用だが、もしアインシュタインがブラウン運動の理論をもう少しだけ早く世に出していたら、もしかするとボルツマンの悲劇的な人生は変わっていたのかもしれない。すなわち、アインシュタインはブラウン運動に理論的説明を与え、コロイド粒子がブラウン運動で揺動するのは粒子のまわりに熱運動する水分子が存在するためであるということを証明したのである。かの論争に疲れ果てたボルツマンが自ら命を絶ってしまったすぐ後に、ペランがアインシュタインの理論を実験的に証明し、アボガド数を正確に求めることに成功した

(1908年)。これをもって、原子あるいは分子の存在は確固たるものとなった。もしボルツマンがそれを聞いていたらどんなに喜んだことだろう。

コロイドという顕微鏡で見えるスケールの粒子を用いて、目に見えない分子の存在を知るというのは、今から考えても画期的である。現代的な言い方をすれば、「コロイドをプローブとして用いる」と言ったところか。ここで、そのブラウン運動の美しい式 (Einstein-Stokes の式) を記載しておこう。

$$D = \frac{RT}{6N_A \pi \eta a} \quad (1)$$

ここで  $D$  は拡散係数、 $R$  は気体定数、 $N_A$  はアボガドロ数、 $\eta$  は分散媒の粘度、 $a$  はブラウン運動している粒子の半径である。つまり、粒子の半径さえ求めれば、変位の自乗平均  $\langle x^2 \rangle = 2Dt$  より、“分子”の定数であるアボガドロ数が求まるという仕組みである。右辺の分子は“分子”がもつエネルギー、分母が粒子の動きにくさを表しており、ミクロ (分子) とマクロ (分母) が混在しているところがおもしろい。ボルツマンの原理も然りだが、これほどまでにシンプルな式がミクロとマクロの架橋になっていることに驚嘆せざるを得ない。

こうして、コロイドに端を発したミクロの科学は、人々をより小さな世界へと導くことになった。アインシュタイン以降、ボーアの水素原子モデル (1913年) およびド・ブロイの物質波 (1924年) で機は熟した。1926年にシュレーディンガーは、彼の名を冠することになる波動方程式を生み出した。これは、当時の物理学者にもなじみ深い“波”の形式であり、量子力学を記述する定式として広く受け入れられることになる。まさに「波が来た！」のである。

原子や分子の存在が認められていなかった頃から、四半世紀を経て一気に原子の中身までも記述できるようになった。さらにミクロへの旅は続く。原子→原子核→陽子・中性子…と、人々は自然の階層構造を明らかにしてきた。湯川によって拓かれた素粒子論を発端 (1935年) として、今日では、陽子や中性子は“素”粒子ではなく、さらに下の階層にクォークがあることが知られている。

ところが一方で、同じくコロイド科学を親に持ち、別のスケールに成長していった学問がある。それが高分子科学だ。20世紀初頭に人々がようやく原子や分子の存在を認めたのは先述の通りである。しかし、それが共有結合で長くつながった「巨大分子」が存在するとは認めようとはしなかった。そんな中、巨大分子 (以降、高分子と呼ぶことにする) の存在を世に認めさせようと孤軍奮闘していた人物がいる。シュタウディンガーである。量子力学を完成させたシュレーディンガーとは、名前の語感とその活躍した年代 (1920年代) が妙に一致している点がおもしろい。また、ボルツマンが四面楚歌の状態で世の中に原子の存在を認めさせようとしたのと経緯が似ている。しかし、ボルツマンとは違い、シュタウディンガーは生き抜いた。そして、高分子を認めない敵 (ミセル説: 高分子は存在せず、それは分子凝集体であるとする説。その端を発したのは、なんとあのオストワルトの息子である!) と闘ったのである。

シュタウディンガーのおもな論敵はマイヤーであったが、マイヤーといえばX線回折 (これも当時の最先端科学であった) を用いて、セルロース結晶の単位胞 (unit cell) を決定したことで有名である (一昔前の木材化学の教科書によく載っている、あれである。) マイヤーは、単位胞を縦にせいぜい10個程度並べた長さが分子の長さであると主張した。これは、セルロース溶液中の粒子 (分子) の拡散係数からその程度の値が求められるからである。彼らは、シュタウディンガーが提唱する高分子を“分子の凝集物”であるとして反論した。

これに対して、シュタウディンガーが切ったカードもなんとセルロースであった。硝酸セルロースを溶液にし、その粘度を測定したのである (例のオストワルト粘度計で!)。その結果、溶液の比粘度と分子量の間には次の関係があることが見いだされた。

$$\eta_{sp}/c = KM \quad (2)$$

ここで、 $\eta_{sp}$  は溶液の比粘度、 $c$  は濃度、 $K$  は定数、 $M$  は分子量である。この式は、現在 Mark-Houwink-櫻田の式として広く知られている次式

$$\eta_{sp}/c = KM^\alpha \quad (3)$$



の原型である。 $\alpha$  の値は、溶液中の高分子の形状によって0から2まで変化するのだが、セルロース誘導体に関しては $\alpha$  がほぼ1であるものが多い。これが意味するところは、セルロースの分子鎖がやや剛直（半屈曲性という）であることに起因している。偶然にも $\alpha = 1$  の試料を用いたのは彼にとって非常にラッキーであったが、もしかするとシュタウディンガーに対して勝利の女神がそれを使うようにそつとささやいてくれたのかもしれない。

かくして、分子量  $M$  が巨大であることが世に認められた。論争に使われたアイテムが双方ともセルロースであったのは、セルロースに携わっている者としてはなんだからうれしい気がする。さて、シュタウディンガーは、その後およそ25年を経て1953年にノーベル賞を受賞した。もうこの頃にもなると、現在の高分子科学の基盤がほぼできあがっていた。そして、かつてコロイド科学に従事した人々も、この頃にはその多くが高分子科学に移っていった。コロイドの波が引き、高分子の波が来たわけである。こうして、私たちの生活には高分子材料が大きな地位を占めることになった（今も、私は高分子でできたキーボードをたたいてこの原稿を書いている）。この頃の高分子科学の確立に中心的役割をはたしたフローリーも、およそ25年を経て1974年にノーベル賞を受賞している。フローリーの著作を見ると、すでに現代の高分子科学の教科書とほとんど変わらないことに衝撃を受ける。

時は流れて1991年、高分子の分野からもう一人のノーベル賞受賞者が出た。その人の名はド・ジェンヌ。彼はもともと超伝導などの現象をミクロな視点（量子力学と統計力学）で探求する物性物理学の仕事をしていたが、突如、その研究内容を高分子、コロイド、液晶といった、今でいう“ソフトマター”にくら替えした。そもそも、ソフトマターという用語は彼が最初に用いた言葉である。ここに来て、コロイド科学から派生して発展した二つの学問、すなわち量子力学と高分子科学が再び融合することとなったわけである。彼は、物性物理学の分野で用いられてきた理論を次々にソフトマターに展開し、マタ

ーたく間に（すみません、ダジャレです）時代の寵児となったわけである。おかげで、いったんは波が引いてしまったコロイド科学にも、再び波がやって来ることとなった。

なお、筆者もド・ジェンヌ氏の教科書（Scaling Concepts in Polymer Physics: 邦訳、高分子の物理学—スケーリングを中心に）にはずいぶんお世話になった。親日家の彼は、過去にたびたび日本を訪れた。大柄でおしゃれな彼が講演するさまは、なかなか格好がよく、自分もそうなりたいと羨望の目で見つめたものだ。ちなみに、筆者が会ったことがある他のノーベル賞受賞者は、クォーク六元モデルで有名な益川敏英氏である。京都大学で彼の講義を聴いて、質問に行った時のこと。「先生、これがわかりません」「わからんでいい」「じゃあ、がんばります」「がんばらんでいい」というやりとりを交わしたのが印象に残っている。後のノーベル賞受賞記者会見時の「うれしくない」を彷彿とさせるが、このあまのじゃく（失礼！）の背後には、氏の愛情があるのである。「わからんでいい」の背後には「そのうちわかるようになるから」が、「がんばらんでいい」の背後に「楽しくやんなさい」が込められているのである。

さて、この100年のあまりの間の、ミクロな世界に寄せては返す波を見てきた。それでは、現代はどうか？さらなる展望は？ということになる。現在注目されているのは、分子よりも大きなスケールで、かつバルク（マクロスケール）よりも小さなスケールである。これをメゾ（meso: 中間の意。湯川の間子も陽子と電子の中間の質量をもつため meson と名付けられた）スケールという。ド・ジェンヌのおかげで再び波が訪れたコロイドがまさにそのスケールであるといえよう。その代表格は、まず超分子だ。かつて、マイヤーが提唱した“分子の凝集物”はシュタウディンガーによって棄却されたのであるが、正真正銘の“分子の凝集物”が超分子という名前を与えられ、機能材料として脚光を浴びている。そしてもう一つはナノファイバーである。

セルロースナノファイバーの勢いは、もはや説明不要であろう。まさに大波が来ている感がある。筆者もこの波が来る前に、セルロース繊維分散系やセルロース溶液の粘度測定（オストワルト粘度計も使った！）などに携わっていた。自分が手掛けているときは、正直、「いまさらコロイド系の粘度測定なんてちょっと時代遅れとちゃうん？」と思いつつやっていた。（誤解を招かないように断っておくと、この研究そのものは非常に楽しかった。）そして気が付くと、大波がやって来たのである。周回遅れで先頭になったような感じがした。それではと、普通ならばその波に大いに乗ればよいのであるが、性格があまのじゃく(!)ゆえ、波が来たとき波にはあまり乗る気がしなくなるのである。おかげで波高の上昇とは裏腹に、うだつが上がらぬままである（苦笑）

さて。表題は、ビーチボーイズの楽曲の名前を拝借した。ビーチボーイズといえば、1960年代にビートルズと並んで時代を席捲し、サーフィンを歌った楽曲等で有名である。しかし、リーダーでありコンポーザーでもあったブライアンウィルソンは、その絶頂期に疲弊して精神を病んでしまう（このあたり、あのボルツマンと印象が重なるところがある）。そしてこのギリギリの精神状態の時代に彼が作ったのが、表題の Surf's Up である。おなじ“波”を扱った楽曲ながら、最初期の Surfin' USA などとは比べものにならないくらい楽曲のレベルが高く、かつ美しい。筆者は、この曲を聴くたびに、「しんどいときにも（このような良いものを）生み出せるはずだよ」と励まされる思いがする。まさに筆者にとって座右の曲である。ちなみに、ブライアンウィルソンは、その後、長い長い療養期間を経て完全復活（ボルツマンのような悲劇が訪れなくてよかった）、先日は73歳にして日本のステージにも立った。彼の栄光と挫折、そしてそれを乗り越えたからこそ放てる輝きを目の当たりにして、涙が止まらなかった。さあ、自分も負けじと荒波に漕ぎ出そう。その先にある、まだ見ぬ波を見据えつつ…。

メソスケールは、これからの発展が期待できる研

究領域である。このスケールとは、もちろん空間スケールのみならず、時間スケールも含む。個々の現象論が先行する中で、それらを包括する式(1)のようなエレガントな考え方が展開できるかが当面の鍵となるだろう。また、その解析に使われる道具は、小角散乱（空間スケールの解析）とレオロジー（時間スケールの解析）が考えられる。どちらも少々つつきにくい印象があるので、一般には敬遠されがちかもしれない。しかし、筆者は先述のとおりあまのじゃくなので、人がやりたがらないことをやりたがる性格である。ということで、農学部ではそれほどメジャーとはいえない小角散乱とレオロジー（と、ときどき量子力学）をメインツールに据えてきた。せつかくそのようなツールを持っているのだから、それを生かして微力ながら人様のお役に立てればと願う今日この頃である。

この小文は、2012～2013年に九州大学農学部で開催された Young Agri-Scientist Seminar での講演（現代の琵琶法師と称し、ギターを弾きながら漫談形式で行った）を元に加筆したものである。加筆はできるのだが弾き語りを紙面に載せられないのが少々残念である。なお、その Seminar も、この木科学情報への寄稿も、九州大学の清水先生のお声掛けによる。清水先生に感謝申し上げる。

参考文献（個々の文献番号は付さないが、以下の図書を参考にした。）

- D. リンドリー、ボルツマンの原子—理論物理学の夜明け、松浦俊輔 訳、青土社（2003）。
- E. セグレ、X線からクォークまで—20世紀の物理学者たち、久保亮五、矢崎裕二 訳、みすず書房（1982）。
- H. スタウディンガー、研究回顧—高分子化学への道、小林義郎 訳、岩波書店（1966）。
- P. J. フローリー、高分子化学（上）（下）、岡 小天、金丸競 訳、丸善（1955）（1956）。
- P-G. ド・ジェンヌ、高分子の物理学—スケーリングを中心にして、高野 宏、中西 秀 訳、吉岡書店（1984）。
- 日本化学会 編、コロイド科学実験法、丸善（1996）

（たつみ だいすけ：九州大学大学院農学研究院）

## 現場の声

# スギ製材をより使い易くするために 取組んだこと

熊本県林業研究指導所 池田元吉



平成 27 年 3 月東京で開催された第 65 回日本木材学会年次大会において「木材乾燥研究における学術振興と九州地域の木材関連産業活性化への貢献」の業績で第 23 回地域学術振興賞を受賞しました。栄えある賞を受賞できたこと本当にうれしく、また光栄に感じています。今回、受賞を受けこれまで取組んだことを紹介する機会を頂きました。有難く紹介させていただきます。ところで、何分“文章が下手”と自認しており、どこかで読んだことがあると思われるかも知れませんがご容赦願います。

当所での勤務は通算 28 年間になりました。最初の 6 年間は強度関係を、2 年をあげ二度目は乾燥を主に 20 年間の長丁場に。残り 2 年間は同所技術次長として勤めました。この間に取組んだことやその中で自分なりに興味を持ったことを紹介します。

### 強度関係

先ず取組んだのは、昭和 60 年代当時の大きな課題であったスギ間伐小径木の用途開発のための心持ち無背割り柱材の曲げ試験です。実大材試験機の導入前で、容量 10 トンのオートグラフでの実験でした。試験機定盤に取付けた長く重たい金属製曲げ試験用ビームの支点到材を載せ曲げ破壊するのですが、破壊箇所がほぼ目の高さになり大変迫力ある環境での実験でした。実大材試験機が設置されると試験環境は大きく変わりました。試験機周辺が広いこと、材の設置高さが低くなり材の設置・取外し作業がやり易くなりました。特に、破壊で折れ曲った材の取扱が楽に感じたものです。オートグラフによる試験期間は 2 年弱でしたが、試験材がほぼ目の高さにあり、少し視線を下げれば引張側の壊れ方を観察できるメリットがありました。

試験では、事前の欠点調査等を踏まえ破壊箇所（破壊シナリオの様なもの）を想定するのですが、その正解率を上げることは難しく破壊に至る経緯の複雑さを感じたものです。後に全国から集められた節径比と曲げ強度とのデータ解析において、スギは他樹種に比べ相関が高くないことが分かり、正答率の低さを納得したものです。

ところで、当時の間伐小径木から取った柱材木口の完全年輪数は 10 にも満たない程でしたが、その数とヤング係数との正の相関関係が強度性能区分に使えるのではないかと考え検討したことがあります。結果、元口より末口の年輪数との相関が高いものの、現在普及している打撃法に比べ、測定時間は長く、推定精度が低いというもので、ましてや今日の資源の高零級化に伴い径は同じであっても、年輪形成時の樹齢が異なる木においては、この手法の幅広い適用は難しいでしょう。

### 乾燥関係

二回目の勤務となった平成 6 年 4 月からは木材乾燥を担当、最初の頃に取り組んだのは複数の方法で乾燥したスギ心持ち柱材の曲げ強度性能の比較でした。天然乾燥、中温・高温の熱気乾燥、蒸煮減圧およびくん煙熱処理を前処理とする天然乾燥との組合せ乾燥材での比較です。結果、高温乾燥材の“ねばり”の低下が確認され熱処理の影響と推察されました。この実験結果から、出荷時には乾燥の方法、処理の温度ならびに時間を製品に明記すべきではないかと考え学会本大会で発表しています。

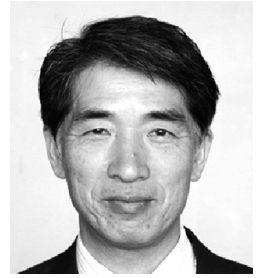
### さいごに

この 4 月から、再任用の연구원として林産加工部に舞い戻っています。今後ともよろしく願いいたします。(いけだもとよし：熊本県林業研究指導所)



## 学校等公共建築物の 木造木質化促進シンポジウム報告（2）

藤本 登留



前号に引き続き、平成28年1月26日、福岡市民会館で実施された「学校等公共建築物の木造木質化促進シンポジウム」について報告いたします。前号では学校建築の第一人者である、長澤悟先生（東洋大学名誉教授）の講演内容について報告しました。学校の木造化木質化の現状、その意義、普及促進の際の課題や解決策などについての貴重なご講演でした。

今回は、木材を居住環境や学習・作業室内で使うことによって具体的にヒトに対してどのような影響があるかを研究されておられる九州大学大学院農学研究院の清水邦義先生の講演内容についてご紹介いたします。

### 清水邦義先生の講演概要紹介

#### 「木質内装とヒトの相性について科学する～木の家と健康を科学するプロジェクトの紹介～」

私の専門は木材抽出成分です。木材の中に含まれている成分であり、それをどのようにして利用していくのかを研究しています。例えば、抽出成分を薬に使ったり、健康食品に使ったり、化粧品に使ったりする研究も行っています。そうした中、縁があって木材乾燥の研究も行うようになりました。

当時、隣の研究室では木材に関する物理・機械的研究が、私の研究室では木材抽出成分がヒトをはじめとするさまざまな生物にどのような影響を与えるのかといった研究が行われていました。そこから、各種乾燥木材がヒトにどのような影響を与えるかについて、本格的な研究がスタートしたのです。本日は、九州大学内の脳科学者、心理学者、生理学者の先生も含めて林野庁の予算を利用させていただきながら行っているプロジェクトの一端を、ご紹介いたします。

テーマは「木質内装とヒトの相性について科学する」です。林野庁の支援の下で木の良さを明らかにする検討会が開催されており、多岐にわたる情報を集めています。しかし、意外なことに、科学的に木がヒトに良い影響を与えるという科学的な情報は、数えるほどしかありません。ある意味、噂レベルの情報が多いようです。機能性表示食品や特定保健用食品が注目を集めていることからわかるように、最近の風潮として、ある食品が体に良いかを論じるには、特定の成分が入っているものとそうでない偽物（これをプラセボと言います）を比較して、科学的に証明することが求められます。それを木材に置き換えて考えた場合、なんとなく木材は体に良い、木質空間に入るとなんとなく心理的にリラックスするといっても、それだけでは社会は認めてもらえません。木材とそれに比較するもの、要するに偽物の木材のようなものとを比較して、その部屋に入る人はそれがどちらかわからない状態で、やっぱり木材の空間に入ったほうが、脳波や心拍変動がリラックス状態を示す、唾液中のストレスホルモンが変化する、といった生理・心理的な違い証明しないといけない時代なのです。ところが、私どもはこれら客観的なデータを探しましたが、なかなかありませんでした。そこで、木のヒトに対する効果を明らかにしようと言う事でプロジェクトがスタートしました。

木の家は気持ちがいいとよく言われますが、ヒトが感覚でとらえている無垢の木の良さを、見た目は同じだけれども、無垢の木ではないものとの比較については、あまり科学されていません。私たちはそれを何とかして比較実験したいと考え国産材を使用した居住空間がヒトに及ぼす影響を科学的に検証することを試みたのです。

1960年代から続く日本林業の不振、山間部の人口減少・高齢化、山間部の荒廃、森林環境の危機、林野庁による森林林業再生プラン（2009）を背景に、私たちは、国内の木材消費の多くを占める住宅に着目し、需要拡大を目指しました。健康食品も機能性表示食品として科学的に証明できれば、消費者もこれを受け入れ、爆発的な消費につながっていくという事例が昨年から増えています。そういう時代になってきました。そもそも最近の若い方々は、本物の木はあまり知りません。ですから、木の良さも知りません。木の空間が体に良いことも知りません。そうすると木が良いといっても説得力がありません。そこで、木材消費を増やすには、消費者のニーズにこたえられる木の良さを科学的に証明する必要があります。住宅に対する高い消費者ニーズの中でも、耐震性等構造強度的品質性能は対応が進んでいますが、健康への配慮についてはその科学的なデータも少なく、「木材」と「人」の相性の良さを示す科学的情報の充実を求められているのが現状です。また、国としても、国内林業活性化のために科学的に実証されたデータとして木の良さを広めたいわけです。

今回は、対象木材として、大規模工場で生産されている高温乾燥材ではなく、木材が本来持つ自然の香りと調湿作用の維持が可能な、自然乾燥あるいは低温乾燥された内装無垢木材（NPW：natural processing wood）を内装に用いた部屋で実験を行いました。比較として、ビニルクロスや複合合板フローリングなど（CPW：chemical processing wood）の部屋を使用しました。これは薬の研究でいうと、薬とプラセボ（偽物）との比較研究になるわけです。NPWには今回は大分県津江地方の津江スギを使用しました。

無垢材 NPW 棟の建材には、裁断と乾燥以外の加工はされていません。無垢材は製造に手間がかかり、費用が高い一方で、マイルドな乾燥であるため自然の香りや調湿作用が残ることなど、多くのメリットがあるといわれています。一方、CPWは化学物質を用いた接着、補強、着色などが施されており、比較的安価で丈夫だといわれます。さらに、高温乾燥な

どの過程で、自然の香りと調湿作用はある程度失われることが知られています。このように NPW と CPW を比較した試験はこれまでありませんでした。

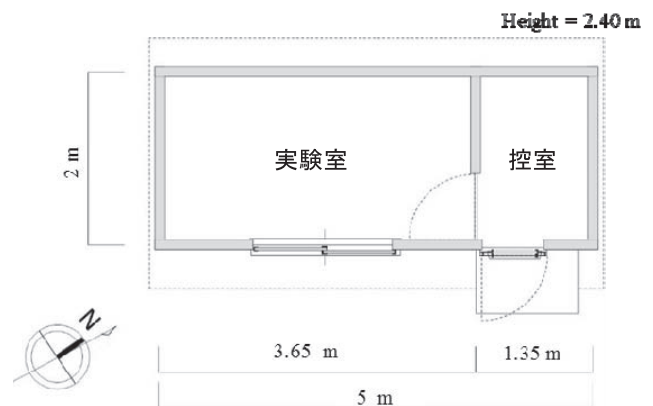


図1 実験棟の平面図



図2 実験棟の写真

- (a) 実験棟の外観、左：NPW棟 右：CPW棟  
(b) NPW棟実験室内観 (c) CPW棟実験室内観

ヒトに与える影響調査として、脳機能、生理機能、心理的評価などの面から主に調査しました。具体的には以下の項目を検討いたしました。

1. 各実験棟における睡眠時の心や身体の状態
2. 各実験棟に対する主観的な印象
3. 各実験棟における香り成分とその量

見た目は同じで、異なる内装の部屋を持つ建物を2棟を、大学農学部敷地内に建てて実験を行いました。これは視覚的先入観を排除するためです。被験者も木材に先入観を持たないように、農学部関連分野以外に限っています。平成25年から3年間実験を

進めています。

### 1. 各実験棟における睡眠時の心や身体の状態

睡眠実験では睡眠中の7時間以上の時間、体の状態を調べるわけですが、その時の室内の環境状態が重要になります。木材は調湿作用があることは知られていますが、実際にヒトが睡眠している実空間で調湿作用が実証された例はありません。今回実際に、睡眠実験の間の温度湿度を両実験棟で比較、測定しました。最初は空調機で温度、湿度を事前に調整設定した部屋に被験者に入室してもらい、被験者が睡眠する際に空調機を止め変化を測定しました。その結果、温度はCPWもNPWもその変化に違いは認められませんでした。湿度はCPWでは睡眠実験中に大きく増大する一方、スギ無垢材空間のNPWでは大きな変化はないことがわかりました。つまり、睡眠中の実空間で初めて木材の調湿作用を有することが示されたわけです。

さて、そのような環境の中で睡眠の質はどうであったかを男子大学生の被験者で調べました。この睡眠の質は脳波の測定でわかります。というのも、脳波を測ることによって睡眠のステージを判断できるのです。睡眠は浅い睡眠であるレム睡眠から睡眠ステージ1, 2, 3と段階的に深い睡眠のステージに分けられます。結果的に、浅い睡眠の時間は、すべての被験者でNPWよりもCPWで長い時間を示し、深い睡眠である睡眠ステージ3の時間はすべての被験者でCPWよりもNPWのほうが長いことが示されました。すなわち無垢材の室内で比較的質の高い睡眠が得られることが示唆されたのです。

### 2. 各実験棟に対する主観的な印象

さらに26年度は、短時間の室内滞在時における居心地のアンケートを、性別・世代別に実施しました。男性被験者はNPWとCPWでほとんど主観的差がありませんが、女性ではNPWのほうが居心地が良い、落ち着くなどの意見が得られました。また、女性被験者では無垢材の家に住みたいとの意見が有意に多く得られました。つまり、女性のほうが自然の木の良

さを敏感に感じているのかもしれませんが。

梅雨の時期に女性の睡眠実験を行い、その際の温湿度を計りましたが、梅雨の時期でもNPWで明確な調湿作用が確認できました。また、睡眠前後で部屋の印象評価をしたところ、いずれもCPWよりNPWに明確に良い印象を持っているという結果が得られました。女性被験者では、様々な印象項目の中でも、「においの強さ」と「あたたかさ」の2項目で、NPWとCPWの間に有意な違いが見られました。

ところで、木材の良さをさまざまな角度から検討したいと私たちは考えており、女性の肌質に与える影響についても調査しました。結果、水分量や脂分で違いは見られなかったものの、睡眠前後の肌印象はNPWでのみ違いが見られたことから、肌質にも何らかの影響を与えることが推測されます。

### 3. 各実験棟における香り成分とその量

次に、季節ごとに測定した各実験棟の香り成分やその量を比較しました。その結果、木の香り成分はNPWで多く発生していること、さらにその量は季節によって増減することがわかりました。すなわち、夏に香り成分は多く、冬で少ないことが明確に示されました。

現在、以上のような実験を季節ごとに、性別、年齢別にNPW、CPWの比較実験を進めています。木の良さについてはまだわかっていないところがたくさんあります。私たちは、木の良さを追求することで、学校など公共建築物の木造木質化推進に貢献したいと考えています。

(ふじもとのぼる：九州大学農学研究院)



## [編集後記]

木科学情報 23 巻 2 号をお届けします。巻頭言は、「広葉樹新時代？」とキャッチーなお題で、松村順司先生に、ご執筆いただきました。11 年も前から、いち早く国産早生樹の活用について提唱され、そして、現在、広葉樹資源に、産業界から熱い視線が向けられている。その経緯を紹介いただきました。「時代がついてきたのだ」という言葉に、今後の広葉樹活用戦略の勢いを感じました！そして、その巻頭言に続く形で、「また波が来た！（Surf's up）」とポップな題目で、巽大輔先生に、「ミクروسケールにまつわる科学の潮流と展望」について紹介いただきました。時代劇さながら？の、臨場感あふれる文章に引き込まれます。教科書の中で名前しか聞いたことのない偉人が、生々しく人格をもって、浮き上がってくるようでした。そして、いま、セルロースナノファイバーの大きな波が到来しているのですね。そして、あまのじゃくこそ、次の時代の波の創出者なのかもしれないと思いました。素敵なお寄稿どうもありがとうございました。

第 65 回日本木材学会年次大会において、「木材乾燥研究における学術振興と九州地域の木材産業活性化への貢献」の業績にて、第 23 回地域学術振興賞を受賞された池田元吉氏に、これまでの取り組みを振り返っていただきました。金属やコンクリート、プラスチックなどの均一な材料とは異なる「木材」を扱うことの難しさを、あらためて池田氏の 28 年にも及ぶ膨大な取り組みの中に感じました。強度、乾燥と、古典的に思えるような文言も、木材に対しては、いまだに、未説明現象が多々残っている解明すべき課題なのだと思います。

最後に、前号からの連載ですが、藤本登留先生に、「学校等公共建築物の木質化シンポジウムの報告（2）」と題して、ご執筆いただきました。大変恐縮いたしますが、私どもの研究を紹介いただきました。木質内装が、どのようにヒトの心理や生理に影響を及ぼすかということは、まだまだ、手探りで始まったばかりです！

木材研究、いろいろな波が来そうですね！

清水 邦 義

## [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: 092-642-2985

## ●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 Tel/Fax: 092-642-2994

## ●木科学情報に関わること（編集：清水 邦義）

E-mail: shimizu@agr.kyushu-u.ac.jp Tel/Fax: 092-642-3002

## ●支部ホームページ

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

木科学情報 23 巻 2 号

2016 年 9 月 9 日発行

編集人 北 岡 卓 也

発行所 一般社団法人 日本木材学会九州支部

発行人 藤 元 嘉 安

〒 812-8581

福岡市東区箱崎 6-10-1

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 : 092-642-3002

※著者以外の方が本誌に掲載された論文・記事等を複製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。



