

[木材学会誌 Vol. 51, No. 1, p. 29-32 (2005)]

木質材料のこれまでの発展と今後の展開*1

鈴木滋彦*2

Current Trends in the Development of Wood-Based Materials*1

Shigehiko SUZUKI*2

1. はじめに

木質材料は衣食住の住に深く関わっており、住宅や家具を対象として、人々の暮らしに必須の材料として利用されてきた。この半世紀の間に、木質材料は大きな発展を遂げてきた。新しい材料の開発や機械装置を含めた製造システムの進歩は目覚ましく、ちょうど、木材学会の創設から成長期と呼応しているようにも見える。本稿では、木質材料の生産実態を注視しながら、開発研究の経緯ならびに関連する資源の動向を中心に述べてみたい。

2. 木質材料発展の概観

木質材料の歴史は、古くは古代エジプト王朝にまで遡ることができるといわれているが、近代工業としての発展は19世紀以降である¹⁾。特に、材料開発が加速されたのは1960年以降であり、この時期を境として新旧を分類すると、古い、すなわち既存の材料としては集成材、合板、パーティクルボード、ハードボードがあった。集成材は挽き板(ラミナ)をエレメントとする軸材料であり、木材小片からなるパーティクルボードと木材繊維を構成エレメントとするハードボードが古い時代の典型的な木質材料であった。それに対して、新しく開発された材料としては、ウエファーボード、MDF、LVL(単板積層材)、木片セメント板、OSB(配向性ストランドボード)、PSL(パララム)、OSL(配向性ストランドランバー)

などがあげられる。

木質材料は、再構成木質材料や複合木質材料と呼ばれることもあるが、いずれも木材を構成要素(エレメント)に分割した後に再度構成したものであり、その形状および用途により、軸材料と面材料に分類される(表1)。軸材料は製材から始まり、集成材→LVL→PSL→OSLの順で開発されてきた。構成するエレメントに着目すると、ラミナ→単板→単板ストランド→ストランドと順次小形化してきたことが示すように、小形のエレメントから高性能な材を得ることが、木質材料開発の方向であったことがわかる。エレメントの寸法はラミナの 10^7 mm^3 から^{1,2)}ストランドの 10^4 mm^3 へと1/1000にまで変化した。

木質材料の分け方にはこのほかに、単板ベースとパーティクル(小片)ベースという区分がある。海外のシンポジウムではこのような分類で発表が組み立てられる場合がある。ここでいう「パーティクル」とはストランド、パーティクル、ファイバーなど小形の木質エレメントの総称である。この区分によれば、LVLと合板が単板ベース材料であり、OSL、OSB、パーティクルボードやMDFなどのマット成

表1 代表的な木質材料の種類と構成エレメント

構成エレメント	軸材料	面材料
ラミナ	集成材	-
単板	LVL	合成
単板ストランド	PSL	-
ストランド	OSL	OSB
ウエファー	-	ウエファーボード
パーティクル	-	パーティクルボード
繊維/繊維束	-	MDF、ハードボード、 インシュレーションボード

*1 Received August 2, 2004; accepted September 13, 2004.

*2 静岡大学農学部 Shizuoka University, Shizuoka 422

形タイプ木質ボードのすべてがパーティクルベースと呼ばれる。PSL³⁾はその境界に位置している。

これは、従来からある軸材料か面材料かといった用途によらず、原料となるエレメントによって分けようというものである。これまで明瞭な区分があった軸材料と面材料の製造技術上の境界が、一部で共通化されてきたことがその理由であろう。エレメントの小形化は、同一のエレメントから軸材料も面材料も造りうることを意味しており、スタートが単板か、パーティクルかといった分類の方が合理的な場合もあるということである。この傾向が進むならば、将来、ファイバーベースの軸材料と面材料といった区分が現れるかもしれない。

この50年間を概観して、木質材料の性能にとって最も大きな変化は、造作用、内装用が中心であったものから構造用途を志向してきたところにあるといえよう。図1に集成材の国内生産、輸入量および集成材建築数の推移を示した⁴⁾。構造用集成材の日本農林規格が1986年に制定され、その時期を境に集成材の利用が急増していることがわかる。構造用集成材の発展には、原料の乾燥技術、フィンガージョイントなどの縦継ぎ技術、接着剤の開発、信頼性向上のためのエンジニアリング技術などがその背後にあることはいうまでもない。このほかに、構造用LVL、構造用合板、構造用パネルなど木質材料の多くが構造用途への利用を展開した。もともと非構造用が主流であったパーティクルボードやMDFについても同様である。

3. 軸材料

木質系軸材料の中心は集成材であり、中でも大規模木構造用の進歩は注目を集めてきた。その中でも象徴的な建造物であるドーム構造に着目すると、1991年の出雲ドーム（鳥根県出雲市）、やまびこドーム（長野県松本市）、樹海ドーム（秋田県大館市）などがあり、2004年には木の花ドーム（宮崎市）が完成している。ドームの構造をみることで、大規模木構造をとりまく原木環境の一端を垣間見ることができる。集成材製造に使用している原料をみると、順にベイマツ、カラマツ、スギ、スギとなっている。このことは、北米から渡来した大規模木構造の技術をもとにベイマツ集成材を使い、次ぎにベイマツと同程度の強度を有するカラマツに適用し、次いで、密度が低く強度的にもやや劣るスギを使うところまで技術的な進歩があったとみることができる。宮崎の木のはなドーム（図2）ではスギ集成材の一層構造となっていることから、樹海ドーム以降、スギを

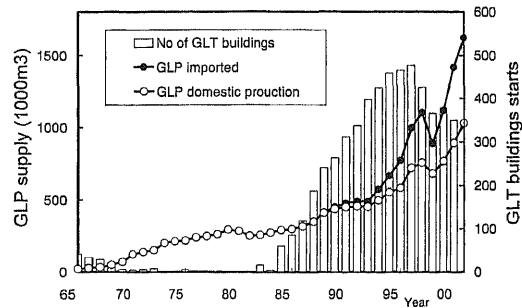


図1 集成材生産、輸入量、集成材建築数の推移⁴⁾
GLT：構造用集成材，GLP：集成材

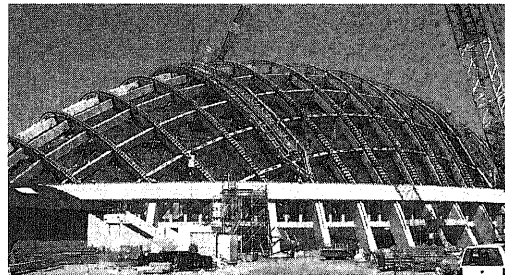


図2 建設途中の木の花ドーム（本文参照）

原料とした集成材にかかわる技術にいつその進歩があったものと思われる。

今後は、大規模木構造といえども原木の低質化はさげられず、北米においてもベイマツのオールドグロウスから、二次林や強度では下位ランクの樹種への移行も進んできたように⁵⁾、低質材の利用が課題となるものと推察される。

集成材の次に期待される軸材料は、LVLであろう。表1に示すとおり、集成材、LVL、PSL、OSLが軸材料の代表であるが、この他に、I型-ビーム、ボックスビーム、複合梁なども、広義には木質系の軸材料と呼ぶことができる。こうした材料は、原木からの加工度が高いため、低質材の利用が可能となる。フランジ材にLVLを用いウェブ材にOSBを用いたI型ビームなどは、木質材料を高度に複合させた軸材料の典型ともいえる⁶⁾。

この他に、国内では細長いスティック状エレメントを用いたSST⁷⁾が、海外では木材をのしイカ状にしたエレメントによるスクリンパーと呼ばれる軸材料の開発などが行われた。最近では、建築解体材などのリサイクル材を破砕加工した長めのチップを一軸配向させる成形軸材料の開発が試みられている⁸⁾。いずれの場合も、木材の持つ繊維方向の高強度を材料の軸方向に移転することに腐心している。

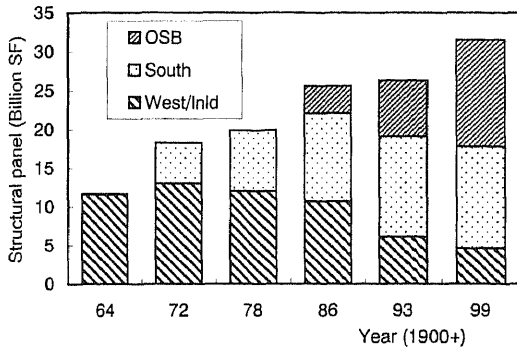


図3 北米における構造用木質パネルの推移 SF:9.5 mm厚換算平方フィート

また、ハニカムコア構造や、発泡フォームを芯に挟んだサンドイッチ構造なども、複合型の材料として可能性を秘めている。

一方、単板をベースにしてヘリカルワインディング構造をもたせた中空LVLは^{9,10)}、木材細胞の微細構造を模倣した新しい発想の軸材料といえよう。

4. 面材料

木質系の面材料として代表例を表1に示した。この他に、木片セメント板や石膏をマトリックスとしたパーティクルボードやファイバーボードなどがあり、広義には木材プラスチック複合体¹¹⁾も含まれる。原料も木本からバガス、ジュート、ケナフなどの草本も含めて多様化しており、研究対象も原料や手法を含めて多岐にわたっている。

木材学会大会時の研究発表部門の区分をみると、1960年当時は、「合板・接着剤」と「繊維板」に区分され、1970年以降、繊維板にパーティクルボードが加わった。1980年以降の20年間は「合板・ボード類」とくくられ、2000年からは「木質材料」と名を変えた。これは、前述の通り、原料の変化と製造技術の進歩が、面材料と軸材料の境界をなくしつつあることに対応した結果であろう。また、研究発表をその内容によって分類する際、1980年当時は、「パーティクルボード」、「繊維板」、「合板」、「木片セメント板」といった区分けが可能であったが¹²⁾、2000年になると、このような区分けは困難となり、「原料適性」、「製造方法」、「材料の特性」、「製造因子」といった基準で分類されるようになった¹³⁾。面材料のなかにおいても、研究面では製品の境界が取り払われ、原料や手法が共通の関心事になっていることをうかがわせるものである。

面材料の原料事情を論ずるために、北米の構造用

パネルの推移(図3)を事例として示す。構造用とは、居住空間を確保するために必須の材料であることを意味する。同図が示すように、供給量が年とともに増加することは、同時に、必要性が増していると解釈してよいであろう。しかしながら、量の増加が資源の変化、すなわち質の変化によって支えられていることを見逃してはならない。図中の「West/Inld」とは、主に西海岸のレインフォレストを中心とした、ベイマツなどの優良な大径木を原料とした合板である。「South」とは、南部を中心としたいわゆるサザンイエローパイン合板を示している。1970年代に入って、中小径材といわれたサザンパインから合板を造る技術が開発されたことを契機に、それまで価値の低かった南部のパインが有望な資源として扱われるようになったのである。さらに、1980年代に入って、北米北部のアスペンを中心としたいわゆる未利用樹種がOSBの原料となるや¹⁴⁾、その後、OSBは居住住宅の面材料の中心となっていった。

図3が示すように、生産量の増加は原料となる資源の質の変化によって支えられていることが分かる。それも、優良大径木から中小径木へ、さらに未利用低質材へと変化している。また、質の変化は技術の裏付けによって成り立っていることが知られている。サザンパインから単板を剥く技術や、アスペンをストランドに加工して配向させる技術などはその典型であろう。それにより、利用可能な資源が増大することになる。

木質パネルの世界の総生産量は1980年に1億 m^3 、1997年に1億5千万 m^3 を超え、現在では2億 m^3 に達している¹⁵⁾。このように、木質パネルの必要性が増し、生産量も増加傾向を示す一方で、図3が示すように資源は低質化している。すなわち、生産量の増加と優良な資源の減少の両者が相まって、優良大径材から中小径材、未利用材へといった変化を推し進めてきたことが分かる。それに続くものとして、リサイクル材や農産廃材由来のリグノセルロースが木質パネルの原料として加わってくる可能性が高い。現に、リサイクル材はわが国だけでなく¹⁶⁾、欧州においても利用実績があり、規格化も話題に上っている¹⁷⁾。さらに、アグロファイバーは次の材料として期待が高まっている¹⁸⁾。

5. 製造技術

木質材料の製造技術、材料開発の研究は盛んに行われてきた^{1,19,20)}。その中から3つを話題として取り上げるとするならば、筆者は、連続プレス、配向技術、蒸気噴射プレスを選びたい。

連続プレスの出現は、木質材料製造の歴史の中でも、最も大きな技術革新といえよう。多段プレスでは、材料の挿入や取出し、熱板の昇降などの際に時間とエネルギーのロスが大きいことが問題であった。これを解決するために、連続プレスが開発された。スチールベルトでマットを挟み、高温高压で圧縮している最中にプラテン面間を滑らせてしまおうという発想が大胆である。当初、4種類のプレス(Küstners Press, Hydro-Dyn, ContiRoll continuous press, Conti-Panel System)が開発された。Küstnersが1977年に登場したのを皮切りに、以下順に1981年、1984年、1990年に登場した。スチールベルトがプラテン面を移動する際に、それを支えかつ滑らせる方法が機種によって違っているが、基本的な概念はほぼ同じである。そもそも、生産能力増大と薄ものへの対応などを目的として、MDFの生産に導入された。その後、パーティクルボードにも導入され、現在ではOSB製造でも使われている。初期にはプレス長15mほどだったものが、現在では50mを超えるものもある。90年代以降、長くて速いプレスを導入することで生産能力を拡大することが市場要求となってきた。

蒸気噴射プレスは、熱圧縮時に、プレスの両面あるいは片面に多数あけられた噴射口から、蒸気を噴射することにより内部温度を急激に上げることを目的として開発された。通常の熱板プレスよりも所要時間が極めて短いのが特長であり、1985年に実機が稼働した。現在では、単段プレスによる厚もののパーティクルボードなどに使われ、OSLなどの軸材料の製造にも用いられている。そもそも、木質マットが熱圧縮され、さらに所定の寸法に達した後に、マット内部の含水率、温度、蒸気圧がどのように変化しているのかを解明することは容易ではない²¹⁾。そこに、蒸気を噴くのであるから複雑であり、研究者による理論的な解明と²²⁾、技術者による実機での試行努力が並行して進められた。

エレメントを配向させることは、軸材料では特に重要で、PSL、OSLでは配向の成否が物性に大きく影響する。かつては、木材の持つ横方向の弱点を補強して異方性の少ないことが木質パネルの特長とされていたが、OSBの出現は、配向効果を再認識させる結果となった。木質エレメントの配向は静電場^{23, 24)}によるものが一時期研究されたが、実生産では機械配向が用いられている。

いずれにしても、木材の持つ繊維方向の特長を材料に反映させる基本技術が配向であり、今後も研究の対象であることに変わりはないものと思われる。

文 献

- 1) 川井秀一：木材学会誌 **43**, 617-622 (1997).
- 2) Kawai, S. : Third Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium, Kyoto, 1996, pp. 1-4.
- 3) Bledsoe, J. M. : Proc. 1990 ITEC, Tokyo, 1990, pp. 203-206.
- 4) 日本集成材工業協同組合統計資料 (2003).
- 5) 飯村 豊：木材学会誌 **40**, 1021-1026 (1994).
- 6) Forest Products Laboratory, "Wood Engineering Handbook", Prentice Hall, New Jersey, USA, 1990, pp. 10-11.
- 7) Miyatake, A., Fujii, T. : Proc. Joint Japanese/Australian Workshop on Environmental Management, Tsukuba, 1997, pp. 66-70.
- 8) 占部達也, 井上宏夫, 刈茅孝一：第10回日本木材学会九州支部大会講演要旨集, 鹿児島, 2003, pp. 79-80.
- 9) Sasaki, H., Yamauchi, H., Koizumi, A., Tamura, Y., Sasaki, T., Kawai, S. : Proc. International Wood Engineering Conference '96, New Orleans, USA, 1996, pp. 3-538/3-540.
- 10) 山内秀文, 三浦 泉, 岡崎泰男, 川井秀一, 佐々木光：木材学会誌 **48**, 363-370 (2002).
- 11) 岡本 忠：木材学会誌 **49**, 401-407 (2003).
- 12) 鈴木滋彦：日本木材学会木質パネル研究会設立記念シンポジウム講演要旨集, つくば, 2004, pp. 7-14.
- 13) 洪沢龍也：木材工業 **58**, 326 (2003).
- 14) 鈴木滋彦：木材工業 **52**, 207-211 (1997).
- 15) FAO 資料：http://www.fao.org/, Forestry Data, Wood-Based Panels (2004).
- 16) 鈴木滋彦：森林文化研究 **21**, 117-125 (2000).
- 17) European Panel Federation, EPF Annual Report 2002/2003, p. 266 (2003).
- 18) Proc. Symposium on Utilization of Agricultural and Forestry Residues, Nanjing, China, 2001, pp. 1-405.
- 19) 佐々木光, 川井秀一：材料 **37**, 1349-1356 (1988).
- 20) 川井秀一, 佐々木光：材料 **37**, 1470-1476 (1988).
- 21) Bolton, A. J., Humphrey, P. E. : *Holzforchung* **42** (6), 403-406 (1988).
- 22) 畑 俊充, パンバンスピヤント, 川井秀一, 佐々木光：木材学会誌 **35**, 1080-1086 (1989).
- 23) Talbott, J. W. : Proc. WSU Particleboard Symp. No. 8, Pullman, WA, USA, 1974, pp. 153-182.
- 24) 川井秀一, 佐々木光, 則元 京：木材学会誌 **33**, 872-878 (1987).