

木質材料の進化と木質資源

静岡大学大学院 農学研究科 教授 鈴木滋彦

Professor Shigehiko Suzuki
Graduate School of Agricultural Science
Shizuoka University



1.はじめに

江戸時代に再建された東大寺大仏殿には、高さ50m近い建物を支えるため、何本もの木材を鉄のたがや釘で締めて柱や桁に使われている。このように何本かの材を集めて、太く長い材を得たいという思いは古くからあり、これは現在の集成材の発想に通じている。丸太から取れる一枚板の寸法には限りがあり、幅広の板を得たいという思いも同様であったろう。20世紀に入って積層接着と熱圧成形技術の進歩により、木質材料が開発された。大断面で長い、あるいは幅の広い材を得ること、天然素材の持つ欠点・弱点を補うこと、資源を有効利用することが開発の動機となっている。

木質材料とは原料となる木材を大小の構成要素（エレメント）に分割し、再構成した材料のことで、建築や家具など私たちの住環境に貢献している。製造・加工されたエレメントは接着剤を用いて軸材料（timber products）、面材料（panel products）へと再構成される。本稿では、木質材料の「進化」の歴史を概観し、エネルギー利用との関係を考えてみたい。

2.軸材料のエレメント

古くから、通常の木材からは得られない寸法と性能を有した軸材料を得る努力が続けられてきた。集成材（Glulam）はその代表格であり、事例を第1図に示す。同図は宮崎県産のスギ集製材を使用したドームの建設当時の写真で、2004年に竣工した。このほかにも、出雲ドーム（1992年）、信州博覧会グローバルドーム（1993年）、秋田県大館樹海ドーム（1997年）などが有名である。さて、集成材はラミナ（lamina、挽き板）と呼ばれるエレメントを多数積層接着して製造される。

ラミナの寸法を厚さ25mm×幅20cm×長さ2mと仮定すると、その体積はおよそ 10^7mm^3 となる。木材の集成加工の歴史は古



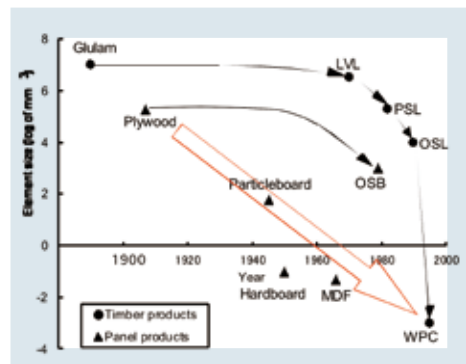
第1図 集成材を用いたドーム(宮崎)

く集成材登場の定義は難しいが、ここでは、接着剤を使って集成する今日のスタイルの集成材が1890年代にスイスの建築に使われたとの報告を採用する。この数値を第2図にプロットし、これを起点としてエレメントの体積を指標に木質材料開発の流れを追ってみる。

次に登場した軸材料

はLVL（単板積層材、laminated veneer lumber）で、その名のとおり単板（veneer）で構成される。単板とは原木丸太を「桂剥き」した薄板で、厚さ3mmとすると、エレメントの体積はおよそ $5 \times 10^6\text{mm}^3$ となる。また1990年代に利用が始まったPSL（parallel strand lumber）は構造用軸材料として北米で多用され（第3図）、わが国でも使われている。当研究室には国内での使用認可に際して行った試験体の一部が今も残っている。集成材の開発からPSLの登場まで丁度百年が過ぎていた。PSLを構成するエレメントは厚さ3mm、幅3cmの単板ストランドと呼ばれるもので、長さは60cm～2m程度である。その体積はおよそ 10^5mm^3 と見積もることができる。長めの「物指し」程度の寸法のエレメントが取れば、立派な軸材料の製造が可能となった。百年で軸材料のエレメントは百分の一に到達したと言えよう。

さて、OSL（oriented strand lumber）のエレメントはさらに小さく、七夕の短冊程度の大きさの木材切削片（strand）から造られる。厚さ0.5mm強、長さ30cm程度のストランドを配向



第2図 木質材料のエレメント寸法の推移



第3図 PSLを用いた校舎
(プリティッシュコロロンビア大学、カナダ)

させて熱圧成形した軸材料であり、構造用に認められている。エレメントの体積は 10^4mm^3 程度と見積られる。集成材からOSLまでの変化をながめてみると、体積比較で 10^7 から 10^4mm^3 と千分の1となっており、軸材料のエレメントに大きな変化が起こったことが理解できる。

混練型WPC (wood plastic composite) は木粉と熱可塑性樹脂を混練・成型した材料で、外構用デッキ材などに利用されている。WPCを第2図にプロットしてみた。現時点では構造用には認められていないが、その形状は軸状であり、軸材料とみなすことは不可能ではない。さて、木粉の寸法を 0.2mm 程度のキューブと仮定すると、体積は 10^{-2}mm^3 のオーダーとなり、さらに急激な変化が予感される。

3. 面材料の推移

面材料の代表は合板 (plywood) である。その歴史は古代エジプトにまで遡るが、工業生産は20世紀の初頭に始まった (第2図)。薄い単板を互い違いに直交させることで、木材の持つ異方性を補うことを可能にした画期的な製品であった。OSB (oriented strand board) はその合板に代わる構造用パネルとして1980年代に北米で開発され生産が拡大した。名刺程度の大きさの切削片 (strand) から造れることが特徴であり、もともとは、アスペン (ヤナギやポプラの仲間) という未利用樹種の活用が開発の原動力となっていた。エレメントの体積は 10^3mm^3 程度である。

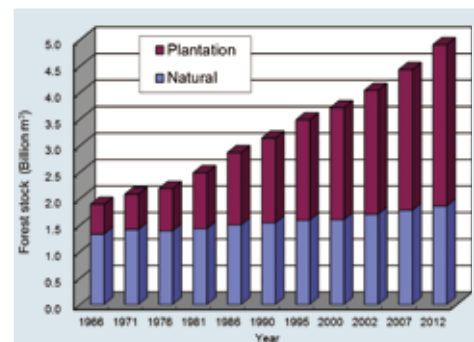
次に、非構造用の木質材料に目を転じたい。第2図中の赤矢印は造作用の木質面材料と成形加工品の推移を示している。1910年代の合板を起点として、パーティクルボードからMDF (medium density fiberboard) に向かい、エレメントは単板→木材小片→木材繊維へと変化している。その先にはWPCがあり、いずれもエレメントは小形化する方向に動いていることが分かる。

エレメントが小さくなることは、原料の選択性が増すことを意味する。1970年代の木質材料は天然の優良大径木に支えられていたが、そのような資源はいずれ枯渇する。天然林木から植林木への移行に加えて、未利用樹種、小径木、低質材などの利用が必要とされてきた。エレメントの小形化はそれに呼応するものであり、優良大径原木が減少するなかで、天然の木質資源を有効に利用するために必須の道となっていた。

4. 日本の森林蓄積

次に、木質の供給源となるべき日本の森林の状況を概観してみたい (第4図)。わが国には現在、天然林に19億 m^3 、人工林に30億 m^3 、合計49億 m^3 の蓄積があると推計

されている。戦後拡大造林された人工林が成長してきており、十分な蓄積があることが分かる。また、年間の総成長量は約8000万 m^3 と見積もられ、国内の木材需要を上回っている。森林の強みは、資源を生み出す機能を有しているところにあり、この成長量は枯渇の心配することなく、自由に使うことができる循環資源である。国産の木質資源を製材として、加えて木質材料として本格的に活用すべき時代に至っていると言えるのではないか。



第4図 わが国の森林資源の推移

5. 木質バイオマスとして

木材は炭素、水素、酸素で構成される天然の有機化合物であり、水と大気中の二酸化炭素に由来する。木材の質量の50%は炭素であることから、炭素量が容易に計算でき、さらに由来する二酸化炭素量に換算可能である。上述の49億 m^3 の木材には約12億tの炭素が含まれており、45億tの二酸化炭素に由来すると計算される。ここで、森林蓄積とは用材となる部分を求めているので、枝葉や根などを含めたバイオマスとしての値は、少々乱暴ではあるが、この1.5倍程度で67億t- CO_2 となる。

森林で成長した木材を住宅の部材として使うことは、資源を森林から都市に移動して蓄積することになり、木質材料は、資源を有効に利用する手段であると同時に、蓄積量を増大させる手段であると考えている。また、木材・木質材料は長期蓄積 (使用) の後に、エネルギー利用が可能である。木材の持つ発熱量は水分量に依存するので一意ではないが、植物光合成のエネルギー収支がグルコース1kgあたり16MJであることに照らし合わせると分かりやすい。

木質材料の開発行為は、光合成で蓄えられた太陽エネルギーを都市に蓄積する技術であるというのは穿った見方であろうか。

鈴木滋彦(すずき しげひこ) 氏 略歴

1978年3月 名古屋大学大学院農学研究科博士前期課程了
 1978年6月 静岡大学農学部助手
 1995年4月 静岡大学農学部助教授
 2004年4月 静岡大学農学部教授
 2011年4月 静岡大学農学部長
 2013年4月 静岡大学副学長(国際戦略担当)
 International Academy of Wood Science, Fellow
 日本学術会議連携会員