木材加工学 I

はじめに

1. 木材の材料特性

構造材料と機能材料 工業製品を作るための材料を工業材料といい、一般に構造材料と機能材料（機能性材料）に大別される。構造材料は構造物や製品の骨格として使われるもので、ある程度の大きさをもち、強度性能が優れていることが条件になり、また大量に使われることが多いので、経済性も要求される。一方、機能材料は強度以外の特定の性能に着目して使われるもので、抜群の性能であれば経済性は問題にならないこともある。

木材の多機能性 木材は、プラスティックスや鉄鋼と異なり、原料（原木）そのものが材料として使える、軽くて強い、大きな、加工しやすい、優れた構造材料であるとともに、断熱性、耐熱性、湿度調節機能、ある程度の電気絶縁性や耐薬品性をそなえ、しかも表面の適度な光沢や木目模様、手触り感、吸音性などが人間にやすらぎ感を与える特性を有している（表 1）。さらに、水分を防ぎさえすればかなりの耐久性を発揮する。このように、木材は強度性能のみならず、きわめて多くの機能を兼ね備えた材料でもあり、構造材料および各種の機能材料として古くから使われてきた。しかし、木材の個々の性能を他の材料と比べると、平均点は上回っているものの群を抜いて優秀なものはほとんどなく、総合判定ではじめて優秀ということになる。このことは、木材が多くの用途でプラスティックなどの他の材料に置き換えられた歴史を見ても分かる。

ここで、材料を我々の日常生活に密接に関係する製品の材料と非日常的な製品の材料に分けて考えてみると、後者は二三の特性があり、経済性があれば十分であるが、前者は特定の機能のほかにできるだけ多くの機能を合わせもっていることが要求され、生活レベルが向上するほどその傾向は顕著になる。このことは、多機能である木材が個人用住宅の部材、家庭用の家具などの日常生活に近いところで根強く使用されていることの一つの理由と考えられ、今後の木材利用の方向や用途開発を考える上でも貴重な示唆を与えてくれる。

環境に優しい材料 近年、地球環境への関心が高まる中で、材料についても経済性のみを追求する考え方はもはや許されず、その生産から廃棄に至るまでの各段階で環境への負担が少ないことが要求されるようになってきた。木材は、適切な伐採と森林の再生が行われる限り、枯渇することのない再生産可能な資源であり、その成長過程では空気中の炭酸ガスを大量に固定する働きをする。また、製品化するときに必要なエネルギーが他材料に比べてきわめて少ない、廃棄の段階で環境問題が伴わないなどの特徴をもち、木材はきわめて地球に優しい材料である。このような観点に立つと、木材の三大欠点といわれる「燃える」、「腐る」、「狂う」という性質は、必ずしも欠点とはいえない。

表 1　材 料 の 特 性

	木　　材	プラスチックス	鉄　　鋼
資　　源	立　　木 希薄散在 再生無限	石油・石炭・天然ガス 集　　中 有　　限	鉄鋼石 集　　中 有　　限
原　　料	原　　木	モノマー （塩ビ，酢ビ，スチレン，エチレン，プロピレン，フェノール，尿素ーフォルマリン，メラミンーフォルマリンなど）	酸化鉄
材　料　成　分	天然有機高分子 ［セルロース，ヘミセルロース，リグニン］	合成有機高分子 (多種・多様成分重合体)	Fe の C 固溶体金属
比　　重	0.3～0.9 (実質物 1.5)	0.9～1.6	7.0～7.8
構　　造	不均質・異方性 多　孔　質 細　胞　構　造	均 質 ・ 異 方 性 稠　　密 非 晶 ー 結 晶	均 質 ・ 等 方 性 稠　　密 多 結 晶 合 金
含水率(%)	10～200	0.01～4.0	0
形　　状	柱 ・ 角 棒 ・ 板	棒・管・板・膜 鋳　型　物	柱・棒・管・線・板 鋳　型　物
力 学 的 性 能	含水率敏感(30%まで) 温　度　鈍　感	温度敏感，高温粘性，低温脆性	温　度　敏　感
引張強さ (kgf/mm^2)	4～20　(縦方向)	1～8	10～80
圧縮強度 (　〃　)	2～7　(　〃　)	2～12	40～180
弾性係数 (E)(　〃　)	600～2000　(　〃　)	50～1000	6000～25000
(G)(　〃　)	55～160　(　〃　)	ー	3000～8500
衝撃強度(kgf・m/cm^2)	0.3～1.6	0.01～0.40	2～20
硬　　さ	ー H_B 0.4～7	H_V 5～60 H_B 2～25	H_V 130～520 H_B 130～490
鋼 と の 摩 擦 係 数	(静)　0.26～0.60 (動)　0.10～0.25	(静)　0.10～0.70 (動)　0.05～0.45	(静)　0.40 (動)　0.35～0.40
熱的性能　比　熱 (cal/g℃)	0.33	0.25～0.55	0.11
線 膨 張 係 数	(0.3～4.5)×10^{-5}	(5～20)×10^{-5}	(1.0～1.2)×10^{-5}
熱　伝　導　率 (cal/s・cm・℃)	(1.5～5.0)×10^{-4}	(3～12)×10^{-4}	1150×10^{-4}
耐 熱 性 使 用 限 度	100℃	60～200℃	300℃
分　解　開　始	200℃	300℃	700℃(変態)
電 磁 気 的 性 能			
体積抵抗率 (Ωcm)	10^6～10^8，含水率敏感	10^{11}～10^{19}	(13～25)×10^{-6}
誘　電　率	2～5，含水率敏感	2～5	ー
帯　電　性	なし	有	なし
磁　　性	なし	なし	有
電 波 透 過 性	有	有	なし
光 学 的 性 能	不透明	不透明ー透明	不透明
化学的特性　光　劣　化	有	甚だしい	なし
化学的特性　着　色　性	良好	良好・多彩	なし
化学的特性	酸・アルカリに割合強い 有機溶剤に溶け難い	酸・アルカリに強い 有機溶剤に溶け易い	酸・アルカリに弱い 有機溶剤に溶けない
生　物　劣　化	甚だしい	少ない	なし
耐 久 性 (年)	10～100	1～10	10～100
感 覚 的 性 能	上	中	下
複　　合	合板，積層材，集成材，パーティクルボード，ファイバボード	FRP 発泡材	合金鋼
加　工　性	上	中	下
再　利　用　性	大	小	中
廃　棄　処　理	易	難	やや難
利　用　実　績	1000 年以上	10～70 年	250 年

（杉原ほか，1977）

2. 木材加工（林産加工）

木材は丸太のままで使うこともあるが、一般には切削、曲げ、結合、乾燥、注入、接着、塗装などの加工をしてから利用する。このように、木材に機械的、物理的、あるいは化学的な操作を施してその使用価値を増殖させることを木材加工といい、広義には集成材、合板、パーティクルボード、ファイバーボードなどの木質材料の製造も含む。木材加工は施す操作の種類によって物理加工、機械加工、化学加工のように分類されることも多いが、加工の目的によって分類すると、製品に合わせて必要な形を与える「賦形」、非適性を補うか、さらに別の性能を与えて不足する性能を増す「表面加工（化粧）」、内部の性質を変化・改善させる「改質」、本来の木材としての特性を変化させる「変質」などに分けられる（図 1）。

木材を利用するときに最も多く用いられるのは、刃物を用いた分割と除去加工であり、その中でも切屑を出しながら工作物を必要な形状に加工する「切削加工」である。すなわち、木材は原木の伐採をはじめとする各種の切削加工（機械加工とも呼ばれる）によってはじめてその利用価値を生じ、その上で物理・化学加工が施されて最終製品になるのが一般的である。また、切削加工のみで製品になる場合も多い。

木質材料の製造も含めた広義の木材加工をここでは「林産加工」と呼び、林産加工およびそれに関連する諸問題に関する理論と実際についての科学と工学を「林産加工学」と呼ぶ。関連する諸問題には、加工対象となる木材・木質材料の材質や健全性の評価（非破壊試験など）、製品の品質評価、加工関連の情報の収集・整理なども含まれる。なお、林産加工に用いられる機械のうち、林産物に固有の機械が「林産機械（木材加工機械）」（表 2）であり、林産機械およびそれに関連する分野についての科学と工学を「林産機械学」と呼ぶ。

賦　形 (造　形)	分　割	切削、剪断、剥ぎ取り、はつり、こそげとり、割裂、破砕
	除　去	切削、研削
	変　形	曲げ木、圧刻
	集　合	組接ぎ、釘着、接着
	鋳　造	成形ボード
化　粧 (表面加工)	美　観	塗装、着色、印刷、琢磨
	触　覚	琢磨
	防　護	塗装、オーバーレイ、圧密化
改　質	寸法安定化	乾燥、注入、化学処理
	難燃化	注入、塗布、オーバーレイ
	防　腐	注入、浸漬、塗布、化学処理
	防　虫	注入、浸漬、塗布、化学処理
変　質	繊維化	すりおろし、磨砕、爆砕、脱リグニン（蒸解）
	炭　化	加熱分解
	糖　化	加水分解
	飼料化	微生物分解
	肥料化	微生物分解

図 1　木材加工の目的による分類　（杉原）

表 2　木材加工機械（JIS B 0114: 1997）

大分類	中分類	加工機械の例
製材機械	調木機械	チェーンソー、リングバーカ、ヘッドバーカ
	帯鋸盤	テーブル帯鋸盤、送材車付き帯鋸盤、ツイン帯鋸盤
	丸鋸盤	テーブル丸鋸盤、シングルエジャ、トリマ
	その他の鋸盤	おさ鋸盤、
	木材乾燥機械	熱気乾燥機、減圧乾燥機、除湿乾燥機
	選別機械	外観選別機、強度等級区分機、保証荷重試験機
	運搬装置	搬送装置、積載装置、転送装置
	鋸仕上機械	帯鋸歯研削盤、丸鋸歯研削盤、帯鋸ロール機、帯鋸歯溶着機
集成材機械	継手加工機械	スカーフジョインタ、フィンガジョインタ
	接着剤塗布機械	接着剤塗布機械
	集成機械	縦継ぎプレス、横はぎプレス、積層プレス
	その他の集成材機械	連続ラミナ製造装置、強度等級区分機
合板機械	単板製造機械	ベニヤレース、スライサ
	単板乾燥機械	ローラ乾燥機、連続乾燥機、熱板乾燥機、ベニヤスタッカ
	調板機械	テンダライザ、ベニヤジョインタ、単板仕組装置
	接着機械	グルースプレッダ、ホットプレス、ローラコータ、フローコータ
	合板仕上機械	ダブルサイザ、ワイドベルトサンダ
	合板工具研削機械	ベニヤナイフ研削盤
パーティクルボード機械	原料処理機械	ヘッドバーカ、ドラムバーカ、磁気選別機
	小片製造機械	ディスクチッパ、ドラムチッパ、ディスクフレーカ、リングフレーカ、ディスクリファイナ
	小片乾燥機械	ロータリドライヤ、ローテーションドライヤ
	小片分級機械	気流分級機、振動ふるい分級機
	成板機械	グルーブレンダ、フォーミングマシン、パーティクルボード用ホットプレス、蒸気噴射プレス
	パーティクルボード仕上機械	ワイドベルトサンダ、マルチプルサイザ
ファイバボード機械	原料処理機械	ヘッドバーカ、ドラムバーカ、チップ選別機
	ファイバ製造機械	連続蒸煮装置、蒸煮解繊装置、ディスクリファイナ
	ファイバ乾燥機械	ジェットドライヤ、フラッシュドライヤ
	成板機械	円網式抄造機、長網式抄造機、エアフェルタ、ファイバボード用ホットプレス、連続プレス
	ファイバボード仕上機械	ワイドベルトサンダ、マルチプルサイザ、オイルテンパ装置
木工機械	木工鋸盤	昇降丸鋸盤、リッパ、木工帯鋸盤
	かんな盤	手押しかんな盤、自動一面かんな盤、モルダ、仕上かんな盤
	木工フライス盤	木工縦フライス盤、単軸面取り盤、NC ルータ
	ほぞ取り盤	立軸ほぞ取り盤、エンドマッチャ
	木工せん孔盤	木工ボール盤、角のみ盤、チェーンせん孔盤
	木工旋盤	木工普通旋盤、木工正面旋盤、木工ならい旋盤、木工カッタ旋盤
	組合せ木工機械	万能木工機
	サンダ	ベルトサンダ、スピンドルサンダ、ディスクサンダ
	木工レーザ加工機械	木工レーザ加工機械
	木工接着機械	縁貼り機
	接合機械	自動くぎ打機、だぼ打機
	複合機械	2 面かんなギャングリッパ、カットボーリングマシン、建築用構造材加工機（CAD／CAM プレカットシステム）
	塗装機械	スプレー塗装機
	木工乾燥機械	UV 塗装乾燥機、木工フローコータ
	木工工具仕上機械	自動かんな刃研削盤、超硬丸鋸歯研削盤

林産物の主たるものは木材であり、木質材料の製造や紙・パルプの製造は独立した分野として扱われるのが一般であるため、ここでは狭義の木材加工およびそれに関連する分野を「木材加工学」とし、本講義（木材加工学 I）では木材利用の種々相で基本的かつ重要な部分を占める切削加工を取り上げ、木材の切削機構、木材の被削性とその評価、代表的な加工法と機械、特殊加工（レーザ加工、高圧水流加工、振動切削など）、単板（ベニヤ）の剥ぎ取りなどについて述べる。なお、その他の木材加工（乾燥、曲げなど）と関連する分野については住宅生産や家具生産の観点から「木材加工学 II」で取り上げられる。

本講義では、テキストとして「切削加工　第 2 版（木材科学講座 6）」（番匠谷・奥村・服部・村瀬 編、海青社、2007 年）を使用し、必要に応じてプリントを配布する。

3. 本講義の内容（括弧内はテキストで該当する章および節）

0. はじめに
1. 切削機構　（第 1 章）
2. 木材の被削性　（第 2 章）
3. 各種切削加工　（第 3 章）
   - 3.1 工作機械　（第 3 章、第 1 節）
   - 3.2 鋸挽き　（第 3 章、第 2 節）
   - 3.3 回転削り　（第 3 章、第 4 節）
   - 3.4 穴あけ　（第 3 章、第 7 節）
   - 3.5 研　削　（第 3 章、第 8 節）
4. 特殊加工　（第 3 章、第 10 節）
5. 単板切削　（第 3 章、第 9 節）

参 考 文 献

（ゴシックは本講義のテキスト）

A. 木材の切削加工のみを扱ったもの

1. 枝松信之・森　稔：「製材と木工」，森北出版 (1963)
2. Vorreiter, L.: “Holztechnologisches Handbuch, Band III”, Verlag Georg Fromme, Wien u.München (1963)
3. Koch, P.: “Wood Machining Processes”, Ronald Press, N.Y. (1964)
4. **番匠谷　薫・奥村正悟・服部順昭・村瀬安英 編：「切削加工 第 2 版（木材科学講座 6）」，海青社** (2007)
5. 日本木材加工技術協会製材・機械加工部会木材切削用語辞典編集委員会 編：「木材切削加工用語辞典」，文永堂出版 (1993)（改訂版を作成中）

B. 木材・木材加工一般に関するもの（一部に切削または機械加工を含む）

1. Kollmann, F.: “Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe, II. Band”, Springer-Verlag, Berlin (1955)
2. 梶田　茂 編：「木材工学」，養賢堂 (1961)
3. Kollmann, F. and W. A. Côtè, Jr.: “Principles of Wood Science and Technology, I. Solid Wood”, Springer-Verlag (1968)
4. 森林総合研究所 編：「木材工業ハンドブック（改訂 4 版）」，丸善 (2004)
5. 浅野猪久夫 編：「木材の事典」，朝倉書店 (1982)
6. 杉原彦一ほか 4 名：「改訂　基礎木材工学」，文教出版 (1983)
7. 日本木材学会 編：「木材科学実験書　Ⅰ．物理・工学編（増補／改訂）」，中外産業調査会(1989)
8. 日本木材学会 編：「木材の加工（木材の利用・１）」，文永堂出版 (1991)
9. 日本材料学会木質材料部門委員会 編：「木材科学略語辞典」，海青社 (1992)
10. 日本木材学会 編：「木材科学実験マニュアル」，文永堂出版 (2000)

C. 金属切削に関するもの

1. 臼井英治：「切削・研削加工学(上)(下)」，共立出版 (1971)
2. 會田俊夫ほか 4 名：「切削工学（精密工学講座 11）」，コロナ社 (1973)
3. 臼井英治：「現代切削理論 ―コンピュータ解析と予測システム―」，共立出版 (1990)

その他多数

D. 木材に関するもの（B 以外のもの）

1. 日本木材加工技術協会関西支部編：「木材の基礎科学」，海青社（1992）
2. 日本木材学会編：「木質の構造」，文永堂（2011）
3. 日本木材学会編：「木質の物理」，文永堂（2007）
4. 日本木材学会編：「木質の化学」，文永堂（2010）
5. 中戸莞二編著：「新編　木材工学」，養賢堂（1985）

その他多数