

木 材 の 組 織 と 材 質

生物害と材料としての性質

林 昭 三*

Anatomy and Properties of Wood Biological Defects and Properties for Material

Shozo HAYASHI*

生物害を受けることにより木材は構造に変化を生じる。微生物による木材劣化は主として酵素による酸化分解反応が主体となって細胞壁の化学組成や微細構造に変化を生じるし、キクイムシやシロアリなどの昆虫および海虫による劣化はいわゆる食害によるもので、巨視的な外観はもちろん、比重も変化する。したがって強度をはじめその他の材料としての性質に影響があるのは当然である。

1. 外観・寸法

腐朽菌により木材は変色し、その色によって褐色腐朽、白色腐朽などと呼ばれることはよく知られている^{1~6)}。褐色腐朽は褐色方形腐れ、白色腐朽は白色孔腐れになる¹⁾。帯線は初期腐朽段階に現われ、材はわずかに変色し光沢を失う^{3,5)}。軟腐朽菌による変化は褐色腐朽に似ているが⁷⁾、くすんだ褐色または青灰色になり、乾燥すると亀裂を生じる⁸⁾。重量減少が20%以上になると収縮は増加する⁹⁾し、膨脹も著しく変化する¹⁰⁾。

キクイムシ類による穿孔^{3,11~15)}は種類によって穿孔の大きさが異なり、木理に平行なものと垂直なものがある³⁾。北洋材や米材では樹皮と形成層とに孔道がある種類が多く、南洋材では木部まで穿孔している¹¹⁾。また南洋材では幼虫が辺材の内部にいて外部から見えにくいものがある¹⁵⁾。

ラワン材のミミズとして知られる欠点は、それが生長輪に平行に出現することから、形成層の傷害によるものと考えられる。傷害の原因はカミキリムシ科あるいはタマムシ科の幼虫の食害¹⁶⁾あるいは穿孔虫のうちの *beetles* による¹⁷⁾。

カバ材におけるピスフレックは樹心から外方へ向うほど多く、樹木の基部から樹梢に行くほど少なく分布し、板目面では 1 m² に 800~850個出現する¹⁸⁾。チリ産 *coigue* 材のピスフレックは *Agromygidae* の幼虫によるもので、晩材部に多く出現する¹⁹⁾。

シロアリの加害については一般によく知られているように、シロアリが光を避ける習性があるので、外観は不変でも内部を空洞にしている^{20~22)}。合板では表面から食害することもあるが、削片板は側面侵食が多い²³⁾。すなわち密度の小さいところから侵食を始める³⁾。

海虫による食害は水面下にある材に対して認められ、表面はごく小さい孔でも内部を大きく食害していることで表面からは見付けにくい^{3,24)}。

* 木材生物部門 (Research Section of Wood Biology)

2. 強度・比強度

木材は腐朽により重量減少をするとともに強度が低下することはよく知られている^{25~27)}。これは菌の種類にかかわらず、またバクテリアにおいても認められる事実である^{3,28)}。水中貯木をした場合、強度低下が生じるのもこのためである²⁹⁾。腐朽が肉眼で識別できるようになればその材の強度は0に近く、肉眼的に判別できない程度でも、すでに50~70%の強度低下がある³⁰⁾。一方ワタグサレタケで腐朽したトドマツ材で、局部的に変色していたが、重量減少が1%までのものでは強度の変化はなく、30~44%の重量になると強度は96.5%まで減少した³¹⁾。他方重量減少が1%でも強度に大きい影響が現われ、同程度の重量減少を示した試片では白色腐朽材より褐色腐朽材の強度減少が少なかったという報告もある³²⁾。しかし強度に対する影響は、概して褐色腐朽の方が白色腐朽より大きい^{3,33,34)}。強度の減少は組織の切断³⁵⁾、セルロースの加水分解³²⁾、セルロース鎖の切断³³⁾に起因する。局部的に腐朽させて健全材と引張強度を比較すると、わずかに低下を認めたものの、有意差はなかったが、健全材にも穿孔が認められた³⁶⁾。5種の褐色腐朽菌と3種の白色腐朽菌による実験結果から、1つの仮道管に1つの穿孔がある程度の腐朽では靱性は低下しない³⁷⁾。ただ剛性をもって腐朽材の強度表示をするのは不適である³⁾。

ヤツバキクイムシによる枯損木は、枯損した直後には健全材と強度において大差はないが、枯損後の経過年数と圧縮・曲げ強度の関係実験式を求めると、ほぼ年数に比例して減少する³⁸⁾。数年経過した時点で、縦圧縮強度は69%、曲げ強度は56%減少した³⁹⁾。

3. 衝撃強度

腐朽材では強度の中でもとくに衝撃強度の低下が大きい^{26,35,40~45)}。他の強度に比べ衝撃強度には早く影響が現われ⁴⁴⁾、ついで静的曲げ強度、破壊強度、硬度である⁴⁵⁾。腐朽による材の脆弱化で局部的に応力集中が生じるためである⁴²⁾。白色腐朽において低下率は大きく⁴³⁾、侵された細胞の数に応じている⁴¹⁾。

防腐のために薬剤を注入した材は、未処理材に比べると、衝撃強度の低下が少なかった⁴⁶⁾。

4. 弾性・粘弾性

腐朽のごく初期でもリグニンと炭水化物の結合が切れると靱性は低下し⁴⁷⁾、白い斑点が現われるとただちに影響される⁴⁸⁾。また弾性係数は減少し、減衰能は増加した⁴⁹⁾。同じ重量減少では靱性の変化は白色腐朽と褐色腐朽とで相違なく⁵⁰⁾、他の強度に比して衝撃強度とともに影響を受けやすかった⁴⁴⁾。数か月スプリングリングすることによって10%の靱性減少をみた⁵¹⁾。

5. 熱的性質・燃焼性

腐朽材は比重が小さくなるため容積当りの熱量は健全材に比して減少するが、全乾重量当りの熱量は健全材と大きな差はない⁵²⁾。

6. 音響的性質

腐朽により内部に空洞が生じ、比重が小さくなり、音がにごる⁴⁾。

7. 浸透性

腐朽の進んだ材は吸湿性も吸水性も健全材に比して大きくなる^{3,44,53~55)}。低湿度では逆の現象になるが⁵³⁾、断続的に水に浸漬するとかかなり高含水を保持しやすい⁴⁴⁾。孔隙が増加するので浸透が増え、水分が多くなって腐朽がより進行する³⁾。

バクテリアによっても浸透性が大きくなる^{40,56~60)}。バクテリアが壁孔壁を攻撃して通路を拡大するためである^{57,58,60)}。放射組織も侵攻し⁵⁷⁾、放射方向の浸透性も大きくする⁴⁰⁾。しかし辺材の浸透性は大きくす

るが、心材ではそれほどでもない⁴⁰⁾。バクテリアにも浸透性に影響するものとしいないものがあり、*Pinus radiata* 心材の浸透性を増加させた種類もある⁵⁷⁾。水中貯木によって材の注入性を改良したり⁶¹⁾、浸透性が高くなる²⁹⁾のはバクテリアの作用にもよるのである。

8. 電気・放射線の伝導性

組織が変化しているため放射線の透過量が変わる⁶²⁾。この性質を利用して材質変化が電氣的に求められる⁶³⁾。

9. 乾燥適性

褐色腐朽材を乾燥すると落込みを生じるが、白色腐朽材ではそれほど収縮しない³⁾。

10. 加工性

ロータリー切削などベニヤ工業に対してバクテリアは影響を及ぼす²⁹⁾。

11. 耐薬品性

腐朽材は健全材に比してパルプ原木としては低劣なものである。しかも着生した菌の種類によって材質は著しく異なる。たとえばエゾサルノコシカケによって分離された天然ホロセルローズはほとんど完全に近い漂白パルプと考えられる⁶⁴⁾。貯木期間が長くとくに褐色腐朽を受けた場合にはパルプの収量は低下する⁶⁵⁾、腐朽材からのパルプは引裂強度がやや低下している⁶⁶⁾。パルプ原木としての腐朽材の研究のため、人工的に腐朽させた材の成分とパルプ化について一連の実験がある^{67~72)}。

12. 耐腐朽・虫害性

菌害と虫害との相互間には誘引作用のあるものと拮抗作用のあるものがある。軟腐朽菌と腐朽菌との間にも拮抗阻害作用があり、たとえば *Trichoderma viride* の生育した birch 材には木材腐朽菌の侵入が阻害された⁷³⁾。ブナ材を土中に埋め軟腐朽菌で侵した材に対するキクイムシの発育が調べられた⁷⁴⁾。シロアリに対しては菌によって誘引物質を有するものがあり⁷⁵⁾、あらかじめ地中に埋めて軟腐朽菌に侵された材はシロアリに対して弱かった⁷⁶⁾。海洋菌に侵された材は海虫による被害を受けやすい^{77,78)}。

文 献

- 1) 原口隆英：木材工業, **30**, 495 (1975)
- 2) 梶田 茂編：木材工学, 養賢堂 (1961)
- 3) NICHOLAS, D. D. ed.: Wood Deterioration and its Prevention by Preservative Treatment Vol.1, Syracuse Univ. Press (1973)
- 4) 林業試験場編：木材工業ハンドブック, 丸善 (1958)
- 5) 坂巻菊治：木材工業, **3**(5), 35 (1948)
- 6) 杉原彦一ら：基礎木材工学, フタバ書店 (1973)
- 7) FINDLAY, W. P. K. et al.: Proc. Inter. Bot. Cong., **7**, 315 (1950)
- 8) 西本孝一ら：木材工業, **30**, 500 (1975)
- 9) TOOLE, E. R.: F. P. J., **20**(6), 51 (1970)
- 10) WAZNY, J.: Holz als R.u.W., **17**, 427 (1959)
- 11) 川崎倫一：木材工業, **24**, 362 (1969)
- 12) 野淵 輝：木材工業, **31**, 94 (1976)
- 13) 野淵 輝：木材工業, **32**, 231 (1977)
- 14) 野淵 輝：木材工業, **32**, 278 (1977)
- 15) 布村昭夫：木材工業, **29**, 512 (1974)

- 16) 小林弥一：林試研報, No.134, 149 (1961)
- 17) ARNESON, G. N.: F.P.J., **13**, 149 (1963)
- 18) SIN'KEVIČ, A. L.: Nauč. Trud. Leningr. Lesoteh. Akad., No. 110 (1968)
- 19) KNIGGE, W. et al.: Holz als R.u.W., **27**, 224 (1969)
- 20) 河村 肇：木材工業, **9**, 449 (1954)
- 21) 小杉孝藏：木材工業, **32**, 327 (1977)
- 22) 田村 隆：木材工業, **5**, 66 (1950)
- 23) SCHMIDT, H.: Holz als R.u.W., **12**, 44 (1954)
- 24) 馬渡静夫：木材工業, **17**, 194 (1962)
- 25) 浅野猪久夫ら：木材工業, **8**, 118 (1953)
- 26) DUNCAN, C. G.: Forest Prod. Lab., Rep. No.2173 (1960)
- 27) 十代田三郎：建築論, (1938)
- 28) SEIFERT, K.: Holz als R.u.W., **26**, 208 (1968)
- 29) LUTZ, J. F. et al.: F.P.J., **16** (8), 23 (1966)
- 30) 十代田三郎：木材工業, **7**, 494 (1952)
- 31) 阿部 豊：北林指研報, **2**, 49 (1952)
- 32) KENNEDY, R.: F.P.J., **8**, 308 (1958)
- 33) 福田清春ら：東農工大演報, 11号 25 (1974)
- 34) 原口隆英：木材工業, **30**, 495 (1975)
- 35) CARTWRIGHT, St. G. et al.: Proc. Roy. Soc. B., **120**, 76 (1936)
- 36) WILCOX, W. W. et al.: Wood Sci. and Tech., **2**, 115 (1968)
- 37) WATERMAN, A. M. et al.: F.P.J., **7**, 77 (1957)
- 38) 矢沢亀吉：木材工業, **10**, 261 (1955)
- 39) 矢沢亀吉：日林誌, **23**, 39 (1941)
- 40) BAUCH, J. et al.: Holzforschung, **24**, 199 (1970)
- 41) LIESE, W.: Holz als R.u.W., **22**, 455 (1964)
- 42) NARAYAMAMURTI, D.: Holz als R.u.W., **9**, 334 (1951)
- 43) PECHMANN, H. V. et al.: Forstwiss. Zbl., **69**, 441 (1950)
- 44) SCHEFFER, T. C.: Bull. U.S.D.A., Tech. Bull., No.527 (1936)
- 45) WAZNY, J.: Holz als R.u.W., **16**, 285 (1958)
- 46) PECHMANN, H. et al.: Holz als R.u.W., **26**, 454 (1968)
- 47) HENNINGSSON, B.: Studia Forestalia Suecia, No.41 (1967)
- 48) MAYER-WEDELIN, H.: Holz als R.u.W., **11**, 175 (1953)
- 49) NARAYAMAMURTI, D. et al.: Composite Wood, **1**(3), 70 (1953)
- 50) RICHARD, D. B.: J. For., **52**, 260 (1954)
- 51) SCHELD, H. W.: F.P.J., **21**(4), 33 (1971)
- 52) 伊藤一雄：木材腐朽, 朝倉書店 (1953)
- 53) BURO, A.: Holz als R.u.W., **12**, 258 (1954)
- 54) 逸見武雄ら：木材腐朽菌学, 朝倉書店 (1945)
- 55) 中村忠雄：信大農学報, 2号, 13 (1952)
- 56) ELLWOOD, E. L. et al.: F.P.J., **9**, 283 (1959)
- 57) GREAVES, H.: Holzforschung, **24**, 6 (1970)
- 58) JOHNSON, B. R. et al.: A.W.P.A., **66**, 234 (1970)
- 59) KNUTH, D. T. et al.: F.P.J., **12**, 437 (1962)
- 60) LIESE, W. et al.: Holz als R.u.W., **26**, 202 (1968)
- 61) 土居修一ら：木材工業, **30**, 522 (1975)
- 62) 飯塚徳義：東大演報, **52**, 143 (1956)
- 63) MOTHERSHEAD, J. S. et al.: Proc. 2nd Symp. on Nondestructive Testing of Wood, Washington, 307 (1965)
- 64) 川瀬 清ら：北大農演報, **27**(1), 161 (1970)
- 65) 阿部 勲：北林指月報, No.97, 1 (1960)
- 66) BUTCHER, J. A.: TAPPI, **51**, 117A (1968)

- 67) 香山 彊：木材誌, **7**, 161 (1961)
- 68) 香山 彊：木材誌, **8**, 29 (1962)
- 69) 香山 彊：木材誌, **8**, 33 (1962)
- 70) 香山 彊：木材誌, **8**, 87 (1962)
- 71) 香山 彊：木材誌, **8**, 197 (1962)
- 72) 香山 彊：木材誌, **10**, 106 (1964)
- 73) SHIELDS, J. K.: F.P.J., **13**, 262 (1963)
- 74) BLECHLY, J. D.: Timber Tech., **67**, 295 (1959)
- 75) LUND, A. E.: Holz u. Organism., **1**, 497 (1965)
- 76) SCHULZ, W. O. et al.: Material u. Organ., **2**(2), 109 (1967)
- 77) MEYERS, S. P. et al.: Science, **126**, 969 (1957)
- 78) RAY, D. L.: A.W.P.A., **55**, 147 (1959)