

論文

島根県産材の耐久性に関する研究 (I)[†]

— コナラ材の耐朽性及び耐候性 —

後 藤 崇 志・富 川 康 之・古 野 毅*, **

Studies on the Durability of Woods Grown in Shimane Prefecture (I)[†]

— Decay and Weathering Resistances of Konara Woods —

Takashi GOTO, Yasuyuki TOMIKAWA and Takeshi FURUNO*, **

要 旨

島根県産コナラ材の耐久性を明らかにするために、耐朽性試験と促進耐候性試験を行い、コナラ材の耐朽性と耐候性を検討した。耐朽性試験ではオオウズラタケとカワラタケによる腐朽試験を行った。促進耐候性試験では材面の色調と表面粗さの経時変化を測定した。その結果、以下の知見が得られた。

- (1) 耐朽比は、コナラ辺材ではオオウズラタケについて1.71, カワラタケについて1.02, コナラ心材ではそれぞれ1.95, 1.21であった。コナラ材の耐朽性は辺材ではオオウズラタケのみに対して高く、心材では2供試菌に対して高かった。
- (2) 促進耐候性試験での材面の色調変化について、コナラ材の ΔE^* はスギ材と比較して試験開始後100時間目までの範囲で小さく、初期の色調変化が小さいと考えられた。
- (3) コナラ材の表面粗さは、孔圏（早材）部分の凹みとそこから孔圏外（晩材）部分へ発生した微細な割れにより比較的大きかった。しかし、材面での侵食の発生は認められなかった。表面粗さの経時変化は各樹種の組織構造が影響すると考えられる。

I はじめに

島根県の森林資源構成において、天然林の約9割は広葉樹であり、その中でもコナラ材は蓄積量が830万m³に達し、広葉樹総蓄積量の27%を占める¹⁾ 主要な樹種の一つである。

コナラ材の用途は昭和20年代までは薪炭材、器具材、家具材などに利用されていた^{2, 3)} が、近年では直径20cm程度までの丸太はシイタケ原木に、それ以上のものはチップ用材に利用されるに止まっている²⁾。一方、近年

本州日本海側を中心にコナラやミズナラなどの集団的枯損被害（ブナ科樹木萎凋病）が報告されており⁴⁾、その被害は特に大径材で著しいことから⁵⁾ 早急な利用技術の開発が求められている。

本県ではコナラ材の利用技術に関する研究としてこれまでに素材の材質特性と強度性能の評価⁶⁾、コナラ材とスギ材とを複合化させた異樹種集成材^{7, 8)}、合板⁹⁾、LVL（単板積層材）^{6, 10)}の製造と強度性能、接着性能試験などを行ってきた。しかし、耐朽性や耐候性などに

† 本研究の一部は、日本木材学会中国・四国支部第20回研究発表会（2008年9月、松山）において発表した。

* 島根大学

** 文化財調査コンサルタント(株)

については試験を実施していない。

木材の耐朽性については心材に関する報告があり、その中でコナラ材は耐朽性区分「小（屋外で3～4.5年）」と示されている¹¹⁾。また、松岡らは代表的な国産材と外国産材46樹種の辺心材についての腐朽試験結果を報告している¹²⁾。しかし、これまで県産コナラ材について耐朽性を評価した資料はない。腐朽による木材の劣化は樹種や産地によって差異があることが報告されており^{11, 13, 14)}、県産コナラ材の基礎的な耐朽性を把握しておくことは利用技術を開発していく上で重要だと考えられる。

耐候性についても、県産コナラ材について促進耐候性試験あるいは屋外暴露試験を行い、劣化の過程や進行速度をまとめた資料はない。木材を屋外で使用すると、太陽光（紫外線）と風雨の影響によって材面の色調変化と風化が進行し、微細な割れが起因となって劣化が進展すると示されている^{15, 16)}。したがって、色調変化や、表面粗さを因子とした微細な割れの進展の経時変化などを測定すれば、劣化進行の考察に役立つものと考えられる。

そこで、本研究では県産コナラ材の耐朽性と耐候性を明らかにするために、耐朽性試験と促進耐候性試験を行って検討した。

Ⅱ 試験方法

1. 供試材

供試材として県産のコナラ (*Quercus serrata* Thunb.) とブナ (*Fagus crenata* Blume) の丸太を調達した。なお、促進耐候性試験にはこれらの他にスギ (*Cryptomeria japonica* D.Don) 丸太も供試した。促進耐候性試験での色調変化と表面粗さの経時変化を検討する際、組織構造や材質的な差異が劣化の進展に及ぼす影響を比較するためである。各丸太は曲りや平均年輪幅などの外観特性を

調査した後（表1）、製材した。

各丸太から厚さ30mmに製材したひき板は天然乾燥あるいは人工乾燥により含水率を15%以下に調整した。コナラ材では木口面に木口割れ防止剤を塗布した後、除湿式乾燥機（伊豆巴産業㈱製 MT-HC-20-3）により初期温度40℃で初期乾湿球温度差2℃、末期温度60℃で末期乾湿球温度差18℃の条件¹⁷⁾により約1ヵ月間乾燥させた。ブナ材は秋期（9月）に天然乾燥を約1ヵ月間行った後、恒温恒湿器（タバイエスベック㈱製 PR-4SPH）によりコナラ材とほぼ同じ条件で約2週間調湿処理を施した。スギ材は蒸気式乾燥機（㈱新紫設備製 SKD-045PJR）により初期温度60℃で初期乾湿球温度差3℃、末期温度70℃で末期乾湿球温度差13℃の条件¹⁸⁾で約1週間乾燥させた。各ひき板は養生した後、コナラ材では辺材と心材の試験体を作製し、ブナ材とスギ材では辺材のみから試験体を作製した。

2. 耐朽性試験

耐朽性試験は日本工業規格 JIS Z 2101-1994「木材の試験方法 17. 耐朽性試験」に従い、供試菌の接種、培養及び試験体の腐朽操作は以下に示す手順で無菌的に行った。なお、供試菌のオオウズラタケ (*Fomitopsis palustris* (Berk. et Curt.) Gilbn. et Ryv. MAFF420001) 及びカワラタケ (*Trametes versicolor* (L.:Fr.) Pilat MAFF420002) は(独)農業生物資源研究所 農業生物資源ジーンバンクから購入した。

500mlガラス瓶に石英砂250gを入れ、培地（グルコース40g、ペプトン3g、麦芽エキス乾燥粉末1.5g、蒸留水1,000ml、pH5.6～5.8）を分注し、高圧蒸気滅菌（120℃、30分）した後、供試菌を接種した。なお、接種菌は前述の培地1,000mlにスギ辺材風乾木粉（0.149mm目のふ

表1 丸太の外観特性と生材密度

樹種	材長 (cm)	末口径 (cm)	細り度 (%)	曲り (%)	平均年輪幅 (mm)	偏心量 (%)	真円率 (%)	心材率 (%)	生材密度 (kg/m ³)	本数 (本)
コナラ	208 (1.3)	34.1 (14.3)	1.9 (68.0)	9.6 (32.6)	3.3 (13.9)	12.1 (36.4)	89.3 (6.5)	61.0 (5.9)	1,153 (13.9)	5
ブナ	258 (12.9)	31.7 (2.9)	1.3 (72.5)	9.8 (15.7)	3.2 (3.3)	8.2 (22.1)	83.2 (5.0)	44.9 (20.8)	1,134 (1.9)	2
スギ	318 (3.2)	34.1 (4.4)	2.0 (42.5)	7.8 (24.9)	3.8 (30.4)	8.1 (45.0)	94.5 (3.8)	56.5 (4.9)	726 (10.4)	4

Note. 値は平均値を示し、()内は変動係数(%)を示す。

るいを通過したもの) 3 gを添加した培地で振とう培養(26℃)しておき、各培養瓶に培地ごと 3mlを接種した。培養は恒温恒湿器(タバイエスペック(株)製PR-4KP)を使用し、温度26℃、相対湿度70%の条件とした。培養10日目、供試菌が培地上面に蔓延したことを確認した上で試験体を培地上に置き、さらに60日培養(腐朽操作)した。

試験体は辺長20mmの二方柱立方体とし、供試数はコナラ辺材と心材は18体、ブナ辺材は15体(いずれも1培養瓶に3体)とした。試験体はあらかじめ気乾状態(温度20℃、相対湿度65±5%で7日間調湿)の質量、寸法から気乾密度を算出し、試験区ごとの気乾密度の平均値及び分散を同等にした。また、試験体は高圧蒸気滅菌(120℃、50分)した後、繊維方向を垂直にして培地上に置いた。

腐朽操作の前後で試験体の乾燥質量(温度60℃で48時間乾燥)を測定し、腐朽前質量に対する重量減少率(W)(%)を算出した。なお、腐朽後の試験体は表面に付着した菌糸及び石英砂を除き、20時間風乾後に扱った。また、腐朽に起因しない質量変化を補正するため、無腐朽試験区を設けた。これは、供試菌が未使用であること以外の条件を上述のとおりとし(供試数は試験区毎に12体)、質量変化率(W_0)(%)を算出した。 W から W_0 を減じて補正質量減少率(%)とし、またコナラ辺材および心材の補正質量減少率(W_s)とブナ辺材の補正質量減少率(W_b)から耐朽比($100-W_s/100-W_b$)を算出した。

3. 促進耐候性試験

促進耐候性試験は日本工業規格 JIS K 7350-2-1995「プラスチック-実験室光源による暴露試験方法-第2部:キセノンアークランプ」に従い、キセノンアークランプ式耐候性試験機(スガ試験機(株)製 XL-75)を用いて試験体に促進劣化処理を施し、材面の色調と表面粗さの経時変化を測定した。

試験体はコナラ辺心材及びブナとスギの辺材の板目板とし、寸法は厚さ10mm×幅67mm×長さ150mm、暴露面は木表面で幅56mm×長さ136mm、試験体数は各6体とした。試験体は恒温恒湿室(温度20℃、相対湿度65±5%)内で約2週間調湿した後供試した。

促進劣化処理は照度60W/m²、ブラックパネル温度63℃、湿度50±5%の条件下で紫外線照射と水スプレー(設定圧:0.08MPa)を18分間、続いて紫外線照射のみを102

分間、これを1サイクルとして250サイクル(計500時間)行った。そして、促進劣化処理前及び処理10、26、50、76、100時間目とそれ以降50時間ごとに材面の色調と表面粗さを測定した。

材面の色調は分光式色差計(日本電色工業(株)製 SE-2000)を用いてCIE $L^*a^*b^*$ 表色系により測定した。測定条件として光源はD₆₅光源、視野は10度、測定部直径は10mm、測定部位は暴露面で常に同じ2箇所とし、明度、彩度、色差などの経時変化を検討した。

表面粗さは表面粗さ形状測定機(株東京精密製 SURFCOM1400D)を用い、暴露面の長さ方向中央部で接線方向に長さ66mmの部分測定した。測定条件として測定速度は1.50mm/s、データは最小二乗曲線補正して表面粗さの経時変化を検討した。なお、試験体に反りが発生した場合は、接線方向中央部を中心として可能な範囲を測定した。

III 結果と考察

1. 耐朽性試験

試験期間を通して、供試菌の生長を目視により観察した。両菌とも腐朽操作15日目には試験体表面を覆い、特にオオウズラタケは著しい気中菌糸を認めた(写真1)。また、この状態はいずれの培養瓶も同様であり、腐朽操作の終了まで継続した(写真2)。

ブナ材及びコナラ辺心材の補正質量減少率を図1に示す。オオウズラタケについてはブナ材では54.04%(標準偏差:3.79)、コナラ辺材では21.54%(同:11.16)、

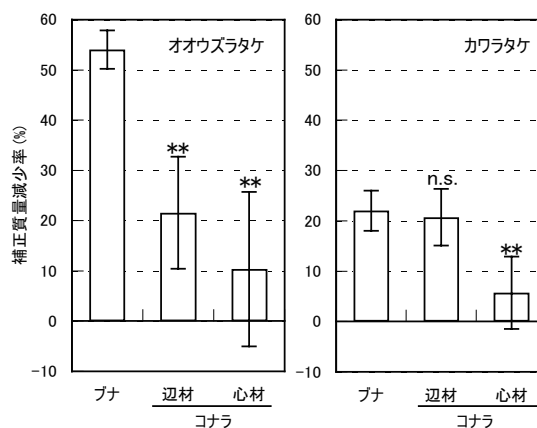


図1 耐朽性試験での補正質量減少率の比較

Note. エラーバー: 標準偏差, **: ブナ材と比較して危険率1%水準で平均値に差あり, n. s.: ブナ材と比較して平均値に有意差なし。

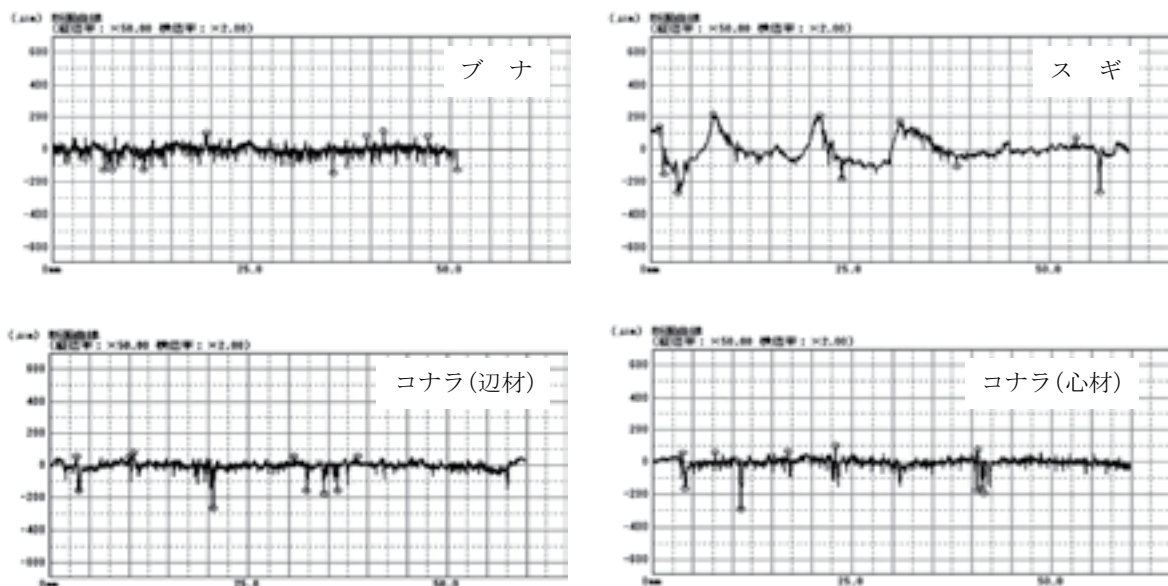


図3 500時間の促進劣化処理により生じた表面粗さ

が比較的小さいと考えられる。

2) 表面粗さの経時変化

促進劣化処理により材面に生じた特徴的な表面粗さ(材面の凹み)の測定結果の一例を図3に示す。ブナ材では100 μm 程度の凹みが一様に現れ、目視観察した結果多数の微細な割れを確認した。ブナ材は散孔材で大型の放射組織(広放射組織)が板目面で現れる¹⁹⁾ことから、広放射組織近辺で多数の微細な割れが発生したと考えられる。

スギ材では凹凸が最も顕著となり、早材部分では凹みが発生し晩材部分では凸となっていた。スギ材は早晚材の密度差があり、晩材の密度は早材の約5倍に達すると報告²⁰⁾されている。早材部分では紫外線照射と水スプレーの繰り返しによって著しい侵食が生じたと考えられる。

コナラ材では辺心材ともに孔圏(早材)部分での凹みが大きかった。コナラ材は環孔材であり、孔圏部分には大きな管孔が2~3列並んでいるため²¹⁾、板目面では孔圏の凹みが現れた。材面を目視観察すると、孔圏外(晩材)部分に微細な割れの発生も認められた(写真3(右))。しかし、コナラ材の気乾密度は平均で0.80~0.94 g/cm^3 (表2)で重硬な材質であることから、著しい侵食などは認められなかった。また、広放射組織近辺での割れも生じなかった。表面粗さの経時変化は樹種によって差異があり、組織構造が影響すると考えられる。

表面粗さの経時変化を図4に示す。ここで、「表面粗さの変化」とは「各処理時間での実測値(μm)/処理

前の初期値(μm)」として算出した。各樹種の処理前の初期値は、コナラ辺材では3.77 μm (標準偏差4.11)、心材では5.98 μm (同7.25)、ブナ材では5.38 μm (同1.95)、スギ材では4.76 μm (同1.38)であった。

コナラ辺心材では処理10時間目以降直線的に大きくなる傾向を示したが、150時間目以降はブナ材より小さかった。ブナ材は前述のとおり広放射組織近辺で割れが発生し処理時間の経過とともに割れの程度が大きくなったためだと考えられる。

コナラ材は、環孔材であるため孔圏部分での凹みが大きく、また孔圏外部分で微細な割れの発生も認められたため表面粗さの変化は処理時間の経過とともに大きくなった

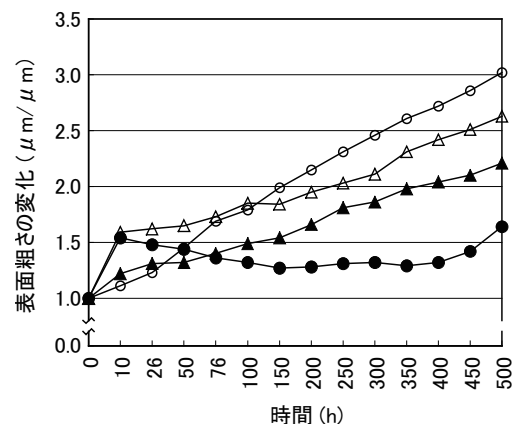


図4 促進劣化処理による表面粗さの変化の経時変化

Note. 表面粗さの変化($\mu\text{m}/\mu\text{m}$)とは、(各処理時間の実測値/処理前の初期値)により算出した、凡例は図2と同じである。

と考えられる。しかし、水スプレーによる材面の侵食や広放射組織近辺で割れも発生しなかったことから、表面粗さの変化が比較的小さかったと考えられる。今後、材面の色調変化と表面粗さの経時変化との関係を検討するとともに、コナラ材で特異的に認められた孔圏外部分での割れの発生などを考慮した保存方法の検討が必要である。

IV おわりに

島根県産コナラ材の耐久性を明らかにするため、耐朽性試験と促進耐候性試験を行い、耐朽性と耐候性を検討した。耐朽性は日本工業規格に従って腐朽試験を行った。耐候性はウェザーメータを用いた促進劣化処理により材面の色調と表面粗さの経時変化を測定した。その結果、以下の知見が得られた。

- (1) 耐朽性試験による耐朽比は、コナラ辺材ではオオウズラタケについて1.71、カワラタケについて1.02、コナラ心材ではそれぞれ1.95、1.21であった。コナラ材の耐朽性は、辺材ではオオウズラタケのみに対して高かったが、心材では2供試菌に対して高かった。
- (2) 促進耐候性試験による材面の色調変化は、コナラ辺心材では促進劣化処理100時間目までは ΔL^* 、 Δa^* 、 Δb^* はスギ材より小さく、 ΔE^* も小さくなった。コナラ辺心材は初期の色調変化が比較的小さいと考えられた。
- (3) 表面粗さの経時変化について、コナラ材は環孔材であり板目板では孔圏（早材）部分での凹みが現れた。また、孔圏部分から孔圏外（晩材）部分にかけて微細な割れの発生も認められた。しかし、これら以外の部分では著しい侵食などの発生は認められなかった。表面粗さの経時変化は樹種によって差異が認められ、各樹種の組織構造が影響すると考えられる。

謝辞

本研究は、平成19年度シーズ蓄積型研究課題「県産コナラ材の構造用材への利用・実用化技術の開発」の一部として行ったものである。丸太の調達などに協力いただいた関係各位に記して感謝の意を表する。

引用文献

- 1) 島根県農林水産部森林整備課：森林資源関係資料（平

- 成18年度末現在），2007，pp. 2-23，64-65.
- 2) 作野友康：最新木材工業事典，(株)日本木材加工技術協会，1999，pp. 60-61.
- 3) 平井信二：木の大百科，朝倉書店，1996，pp. 159-161.
- 4) 林野庁：平成19年版 森林・林業白書，(株)日本林業協会，2007，pp. 94-95.
- 5) 後藤崇志：木材工業**63**（4），192-195（2008）.
- 6) 後藤崇志，池渕 隆，古野 毅，中山茂生：木材工業**59**（2），61-66（2004）.
- 7) 後藤崇志，池渕 隆，中山茂生：島根林技研報**52**，11-19（2001）.
- 8) 後藤崇志，池渕 隆，中山茂生，福島 亮：島根県中山間セ研報**2**，77-85（2006）.
- 9) 島根県林業技術センター，島根県産業技術センター：「地域材を用いた建築部材及び家具・建具用素材の開発」研究報告書，2003，pp. 1-61.
- 10) 後藤崇志，越智俊之，藤田 勝：第57回日本木材学会大会研究発表要旨集，2007，122（CD-ROM版：PI002）.
- 11) 今村祐嗣：木材保存学入門 改訂版，(株)日本木材保存協会，2001，pp. 76-81.
- 12) 松岡昭四郎，庄司要作：林試研報**123**，137-152（1960）.
- 13) 藤平眞紀子，中村嘉明，磯田憲生，疋田洋子：木材学会誌**43**（7），589-594（1997）.
- 14) 滝内 浩，澤田 圭，佐々木貴信，岡崎泰男，土居修一，飯島泰男：木材学会誌**53**（1），46-51（2007）.
- 15) 木口 実：木材保存**19**（6），3-12（1993）.
- 16) 古野 毅：木材科学講座12 保存・耐久性，海青社，1997，pp. 165-170.
- 17) 寺澤 眞：木材乾燥のすべて，海青社，1994，pp. 231-239.
- 18) 黒田尚宏：わかりやすい樹種別乾燥材生産の技術マニュアル，(株)全国木材組合連合会，全国木材協同組合連合会，2004，pp. 29-31.
- 19) 貴島恒夫，岡本省吾，林 昭三：原色木材大図鑑，保育社，1977，p. 40.
- 20) 農林水産技術会議事務局：研究成果220 針葉樹造林木の単板積層加工利用技術の確立，1989，pp. 9-12.
- 21) 貴島恒夫，岡本省吾，林 昭三：原色木材大図鑑，保育社，1977，p. 44.

Studies on the Durability of Woods Grown in Shimane Prefecture (I)[†]

— Decay and Weathering Resistances of Konara Woods —

Takashi GOTO, Yasuyuki TOMIKAWA and Takeshi FURUNO*, **

* Shimane University

** Archaeological Research Consultant, Inc.

ABSTRACT

To clarify the durability of konara (*Quercus serrata* Thunb.) woods grown in Shimane Prefecture, we carried out decay resistance and accelerated weathering tests. The decay resistance test was examined using a brown-rot fungus (*Fomitopsis palustri*) and a white-rot fungus (*Trametes versicolor*). The accelerated weathering test was examined to measure the color changes on the timber surfaces and the surface roughness with time. The results are summarized as follows:

- (1) The ratio of decay resistance of konara sapwood and heartwood comparing with buna (*Fagus crenata* Blume) sapwood showed values of 1.71 and 1.95 against the brown-rot fungus, respectively. They showed values of 1.02 and 1.21 against the white-rot fungus, respectively. The decay resistance for konara sapwood was great only against the brown-rot fungus. That for konara heartwood was great against both fungi.
- (2) From the results of the color changes on the surfaces by the accelerated weathering test, it could be considered that the color difference (ΔE^*) of konara woods was small during the early stage up to 100 hours because ΔE^* of konara woods was smaller than that of sugi (*Cryptomeria japonica*) sapwood.
- (3) The surface roughness of konara woods was comparatively large because of the hollows of vessels in pore zones and the minute cracks running from there to the latewood, but the physical erosion was hardly observed. The development of surface roughness might be greatly influenced by the minute structure of each wood species.



写真1 腐朽操作15日目のコナラ心材試験体
(左：補正試験体，中央：オオウズラタケ，右：カワラタケ)



写真2 腐朽操作60日目のコナラ心材試験体
(左：オオウズラタケ，右：カワラタケ)

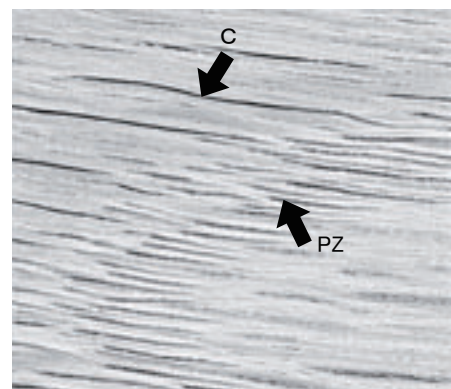


写真3 促進劣化処理500時間目のコナラ心材ひき板
(左：コナラ心材ひき板，右：写真左の丸印部分の拡大，PZ：孔圏（早材）部分，
C：促進劣化処理により発生した孔圏外（晩材）部分の割れ)