

# 構造用木質パネルの耐久性

技術部 製品開発グループ 吹野信

## ■はじめに

木質パネルは合板とパーティクルボード (PB) ・MDF (Medium Density Fiberboard, 中質繊維板) ・OSB (Oriented Strand Board, 配向性パーティクルボード) などの木質ボードに大別されます。これらの木質パネルを住宅の床、壁、屋根の下地材といった構造用途に用いる場合、耐久性が重要になります。特に、従来、家具や内装材といった造作用途に用いられることが多かった木質ボードについては、構造用として用いる場合の耐久性に関するデータ蓄積が十分でなく、評価方法も未確立の状況です。

昔のイメージから、PBなど木質ボード類は膨れやすく構造用に不向きではないかという印象があるかもしれませんが、近年、特に接着技術の進展により、国内メーカーが製造している構造用PBと構造用MDFは、従来の造作用ボードとは一線を画すほど、強度や耐

水性、耐久性等、その性能が大きく向上しています。

このような背景のもと、日本木材学会木質パネル研究会では「木質パネル耐久性評価プロジェクト (以下、耐久性P)」において、①構造用に使用可能な国産ボード類の耐久性能を木質パネル全体から位置付けること、および、②屋外暴露試験、屋内暴露試験、促進劣化試験から木質パネルの耐久性評価を行うこと (実際使用環境下の耐用年数を推定する手法を開発することが最終目標。図1参照) を主目的とした取り組みが行われており、その途中結果が報告されています<sup>1-3)</sup>。その一部を本誌Q&Aで取り上げたこともあります<sup>4)</sup>。

ここでは、耐久性Pにおける最新の試験結果について、先行して進んでいる屋外暴露試験結果を中心に紹介します。



図1 耐久性評価を行う上での屋外暴露試験、促進劣化試験、屋内暴露試験の位置付け

## ■木質パネルの耐久性をどのように評価するか

木質パネルの耐久性評価方法については、静岡大学の鈴木教授、岩手大学の関野教授が次のような課題を指摘しています<sup>5,6)</sup>。

耐久性のデータとしては、未使用状態と長期間の使用後の材質試験の比較結果が最も説得力があります。しかし、木質パネルの耐久性に影響を及ぼす原料、接着剤、製法などは時代とともに変わっていくため、短期間に耐久性を評価する必要があります。短期間の耐久性評価方法としては、木質パネルの主な劣化因子である水分と熱を組み合わせた促進劣化試験がありますが、促進劣化処理と実際使用の場合とでは劣化機構が異なるという問題があります。

そこで、促進処理結果を屋外暴露結果と比較することで、各種促進処理の妥当性を検討する試みが行われてきました<sup>7,8)</sup>。すなわち、屋外暴露を自然環境ベースの促進劣化と位置付け、耐久性評価の最終判断の拠り所としています。北米や欧州の規格に定められた促進劣化処理法は、屋外暴露結果と対比させることで、その正当性を確保しています<sup>5)</sup>。

また、実際の使用環境における劣化推定の基礎データ収集のため、屋内暴露試験や実験住宅への施工試験が必要になります。屋内暴露試験においては、例えば、床下地使用を想定した場合、歩行荷重など繰り返し荷重の影響は、水分の影響より顕著に小さいと報告<sup>6,9,10)</sup>されていることから、水分レベルやその変動幅を主な劣化因子とした試験方法が適当と考えられます。

## ■試験に供した木質パネル

供試した木質パネルを表1に示します。耐久性Pで試験された4種類8タイプの木質パネル中、ここでは国内流通量の多い4種類5タイプについての結果を紹介します。

なお、現在、国内で流通している構造用合板、構造用PB、構造用MDFの大部分は国産品です。今回用いられた材料に北海道内で製造されたものはありませんが、構造用合板は道内に1社生産工場があります。PBも道内に1社生産工場がありますが、ここで取り上げたようなMDI接着剤を用いた製品は現在のところ生産されていません。MDFは道内に生産工場がなく、OSBは全量輸入品です。

## ■屋外暴露試験による木質パネルの物性変化

気温と降水量で6区分された全国8か所で屋外暴露試験を行いました(表2)。暴露開始5年後までは毎年、試験体を採取し、6年後に初期性能に対する強度残存率が50% (製品性能の失効を工学的に判断する際の一般的な基準) を下回ったパネルを回収し、7年後に全ての試験体を回収しました。8か所全てで暴露後の基礎物性試験(外観変化、厚さ変化、吸水厚さ膨張率、曲げ性能、はく離強さ)を行い、4か所(盛岡、つくば、岡山、都城)では釘接合性能試験(側面抵抗、頭貫通力、一面せん断)を行いました。これらの試験は、主にJIS「パーティクルボード」や「繊維板」に従い行いました。吸水率は、規格にはありませんが、吸水厚さ膨張率試験を行った際の重量変化

表1 供試パネルの種類

厚さ (mm)	種類	接着剤	製品密度 (g/cm <sup>3</sup> )	仕様	ホルム アルデヒド 放散量区分
12	合板	PF	0.64	国産、針葉樹、5ply、JAS「構造用合板」、特類・2級・C-D	F☆☆☆☆
	OSB	PF	0.64	北米産、JAS「構造用パネル」、3級	
	PB	MDI	0.80	国産、JIS「パーティクルボード」、18Pタイプ	
9	合板	PF	0.61	国産、針葉樹、3ply、JAS「構造用合板」、特類・2級・C-D	
	MDF	MDI	0.72	国産、JIS「繊維板」、30M(P相当)タイプ	

注：PF：フェノール樹脂接着剤，MDI：イソシアネート系接着剤，C-D：表板および裏板の品質（針葉樹構造用合板としてはC-Dが一般的）

表2 屋外暴露試験地と気象条件

試験地	年平均 気温 (°C)	年間 降水量 (mm)	区分
北海道旭川市	6.4	1091	低温・少降水量
岩手県盛岡市	9.8	1265	
秋田県能代市	11.1	1746	低温・中降水量
茨城県つくば市	13.2	1308	中温・低降水量
岡山県北部(勝田郡)	13.7	1398	
静岡県静岡市	16.1	2327	中温・多降水量
岡山県岡山市	20.3	1160	高温・少降水量
宮崎県都城市	21.9	2435	高温・多降水量

注：気象条件は過去30年の平均値

率です。なお、曲げ強さ試験は、合板やOSBのJAS規格とは試験片寸法などが異なるため参考値として見て下さい。

屋外暴露後の物性変化については、全体的な傾向として低温・少降水量の北海道旭川市で劣化が小さく、高温・多降水量の宮崎県都城市で劣化が大きい結果となりました。一例として中温・低降水量の茨城県つくば市における屋外暴露5年後の試験結果<sup>11)</sup>を図2に示します。

1つの材料ごとに初期性能(左側棒グラフ)と5年暴露後性能(右側棒グラフ)、残存率(%) (=5年暴露後性能/初期性能×100, 折れ線グラフ)を示しています。この中で折れ線グラフの残存率の値が大きいほど耐久性の高い材料と言えます。

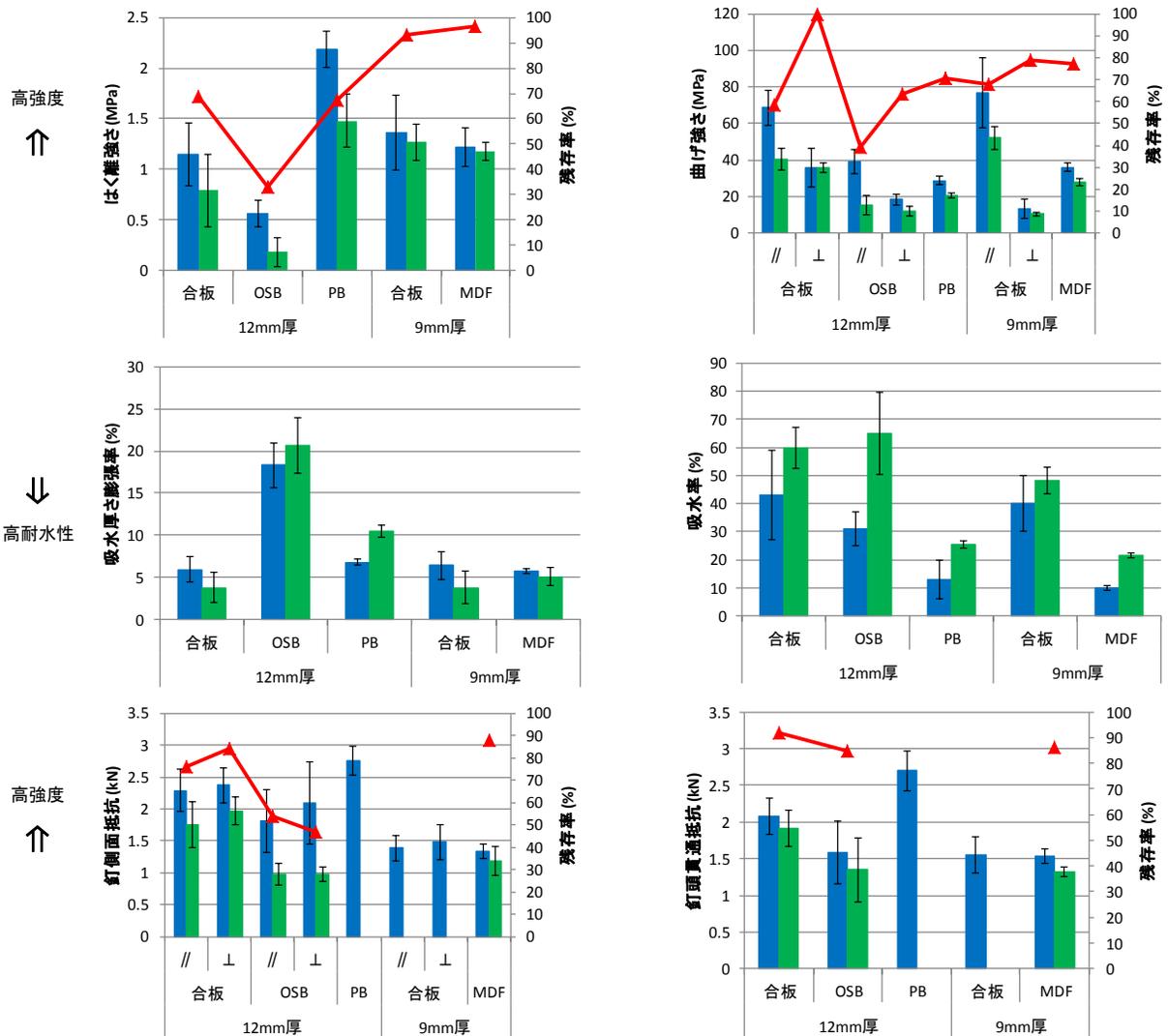


図2 初期(暴露前)と屋外暴露5年後(つくば市)の木質パネルの物性変化<sup>11)</sup>

注：Iは標準偏差。初期値と5年暴露後の物性値は左Y軸、各物性の残存率は右Y軸。合板およびOSBは、製品の長さ方向(//)と幅方向(⊥)で物性が異なるため、その影響を受ける試験項目については方向毎の性能を示した。

木質ボードの最も基礎的性能となるはく離強さ（使用接着剤の内部結合力を評価）において、PBはその初期性能が特に高いこと、MDFは劣化がほとんどなく残存率が特に高いことが目立ちます。その結果、PB、MDFともに5年暴露後のはく離強さがJIS規格で定められた初期性能（0.3～0.5MPa）を大きく上回っています。

PBは、建築廃木材からのチップを粉砕、乾燥後に接着剤を添加し、マット状に堆積後、熱圧した材料です。従来、耐水性・耐久性が高く、ホルムアルデヒドを原料としないMDI接着剤は、金属とも反応するためプレス機に付着し十分な量を添加することができませんでした。近年、この問題の解消などにより、はく離強さをはじめとする性能が大きく向上しました。

MDFは、工場廃材や建築廃木材からのチップを高圧蒸気で柔らかくした後に、微細な繊維状にまで解繊し、解繊直後の湿潤状態の繊維に接着剤を添加して、乾燥後にマット状に堆積し熱圧した材料です。PBと同様の技術により初期性能が高まったことに加え、接着剤を湿潤状態の微細な繊維に染み込ませるように添加するため、接着剤が個々の繊維を包むように均一に添加されることが耐久性の高さにつながっていると思われまます。

曲げ強さについては、2種類の合板（長さ方向と幅方向の平均値）、PB、MDFとも暴露後に70～80%程度の残存率を有していますが、OSB（長さ方向と幅方向の平均値）は50%程度とやや低い値となりました。耐水性（値が小さいほど高性能）のうち、吸水厚さ膨張率は、初期値について2種類の合板、PB、MDFが同等でした。暴露後のPBにおいてやや高い値となりましたが、JIS規格の初期性能（12%）はクリアしています。OSBは、一般的に言われているように、初期値、暴露後ともに大きい膨れとなりました。吸水率は、初期値、暴露後とも、合板、OSBが大きく、PB、MDFが小さい結果となりました。

釘接合性能については、釘側面抵抗、釘頭貫通抵抗とともに、初期値において、12mm厚パネルの比較でPB、合板、OSBの順に大きな値を示しました。9mm厚パネルでは合板とMDFが同等でした。また、暴露試験を行った合板、OSB（以上、12mm厚）、MDF（9mm厚）については、釘側面抵抗で残存率が合板80%（長さ方向と幅方向の平均値）、OSB 51%（長さ方向と幅方向

の平均値）、MDF 88%と大きな違いが見られました。

#### ■屋外暴露試験における劣化外力の分析

屋外暴露における劣化要因を調べるため、劣化外力（性能低下を起こす外から加えられる力や要因）の分析を行いました。劣化外力は、個々の外力（降水量、気温、相対湿度、絶対湿度、全日射量）または複合外力の総和として、各試験地の暴露1～5年までの劣化外力を日単位の積算を基本として算出しました。次に、劣化外力と前項で述べた各試験の残存率との相関関係を調べました。

その結果、現在までに、パネルの種類により、相対湿度、絶対湿度、降水量などが劣化に及ぼす影響が大きいことが分かってきており、引き続き、分析を進めています。こうした分析により、暴露試験地以外でも気象条件から劣化の推定が可能になることが期待されます。

#### ■促進劣化試験と屋外暴露試験の関係

各種促進劣化試験と屋外暴露試験との関係は、静岡の屋外暴露試験結果を用いて検討されました<sup>12)</sup>。

過去の研究から、米国における木質パネルの屋外暴露1、5、10年後の性能はASTM 6サイクル処理（ASTM：American Society for Testing and Materials、米国材料協会。ASTM 6サイクル法：①49℃の温水に1時間浸漬、②93℃のスチーム処理3時間、③-12℃で凍結20時間、④99℃で3時間熱風乾燥、⑤93℃のスチーム処理3時間、⑥99℃で熱風乾燥18時間を1サイクルとしてこれを6回繰り返す方法）や煮沸乾燥5サイクル処理（①10分間煮沸、②107℃3時間45分乾燥を1サイクルとしてこれを5回繰り返す方法）後の性能と相関が高いことが示されています<sup>7,8)</sup>。耐久性Pでは、このうちASTM 6サイクルに加えて、欧州規格や処理方法が簡易なJIS 6サイクル（JIS：Japanese Industrial Standard、日本工業規格。JIS 6サイクル：①100℃の沸騰水に2時間浸漬、②常温水に1時間浸漬、③60℃で21時間温風乾燥を1サイクルとしてこれを6サイクル繰り返す方法）などの検討を行いました。

その結果、屋外暴露5年後の性能について、ASTM 6サイクル処理が最もよく対応するという結果が得られました。また、その他の方法では、簡易なJIS 6サイクル法との対応も高いことが分かりました。

## ■屋内暴露試験および実験住宅の施工試験

屋内暴露試験は、表3に示す5つの水分レベルで実施しました。

その結果、水分レベルが最もマイルドな水分レベル I (20°C60%RHの室内放置) の5年放置後の釘側面抵抗、釘頭貫通抵抗については有意な低下は認められませんでした。現在、水分レベル II～V の試験および屋外暴露試験との対応が検討されています。

表3 屋内暴露の試験条件

水分レベル	暴露方法および温湿度条件	暴露期間
I	恒温恒湿室内放置 (20°C 60%RH)	5~6, 10年
II	住宅内(床下・小屋裏)放置	5, 10年
III	実験住宅への施工(野地板、軒天、外壁下地、床下地)	6, 10年
IV	高湿度下連続暴露 (20°C・90%RH)	3, 6, 12か月 2, 3, 5年
V	乾湿繰り返し (20°C) 40%RH3か月⇔90%RH3か月	1, 2, 3, 4, 5, 10サイクル

## ■おわりに

合板やパーティクルボード (PB), MDF, OSBなどの木質パネルを住宅の床, 壁, 屋根の下地材といった構造用途に用いる場合の耐久性について, 日本木材学会木質パネル研究会「木質パネル耐久性評価プロジェクト」の取り組みを中心に紹介してきました。実際の使用環境における屋内暴露試験や実験住宅への施工試験, 実際使用下の劣化に近い自然環境ベースの促進劣化を評価する屋外暴露試験, 屋内暴露試験と屋外暴露試験の劣化の時間換算の検討, 屋外暴露試験と対応の高い短期の促進劣化試験により, 短期の促進劣化試験から実際使用環境下の木質パネルの耐久性を評価し, 耐用年数を推定する手法を開発することを最終目標としています。

現在までに検討が進んでいる屋外暴露試験の結果から, パネル種類ごとの基礎物性や釘接合性能などの耐久性を把握しました。近年, 特に接着技術の進展により, 強度や耐水性, 耐久性などの性能が大きく向上している国内メーカーの製造する構造用PBや構造用MDFについて, 構造用合板と遜色ない耐久性を示すデータが得られています。

また, 短期の促進劣化試験としてASTM 6サイクル法による劣化が屋外暴露試験による劣化と最も近いこと, 簡易な処理方法のJIS 6サイクル法による劣化

も屋外暴露と近い劣化を示すことが分かりました。

現在, 屋内暴露試験や実験住宅への施工試験の分析を進めており, これらの結果から木質パネルの耐久性について最終的な取りまとめを行う予定です。

木質パネルの耐久性が明らかになることにより, 構造用合板に加えて, 従来は造作用途が中心であったPBやMDFの構造用途への利用促進につながればと考えています。

最後になりますが, 林産試験場では住宅下地材として実際使用後の木質パネルの物性試験を行う<sup>13, 14)</sup>とともに初期物性を調査する取り組みを行っています<sup>15)</sup>。まだデータが少ない状態のため, ご協力いただける住宅メーカーや工務店, 合板・ボードメーカーの方々がいらっしゃいましたらお声掛けいただければ幸いです。

## ■参考資料

- 1) 関野 登, 高麗秀昭: プロジェクト紹介「木質パネル第2次耐久性評価プロジェクト」, *J. Timber Eng.* 18 (4), 110-117 (2005).
- 2) 関野 登, 佐藤春菜: 木質パネル第2次耐久性評価プロジェクトー開始6年目の進捗状況ー, *J. Timber Eng.* 23 (5), 185-191 (2010).
- 3) 足立幸司: 木質パネルの耐久性評価方法, 日本接着学会誌 48 (11), 395-402 (2012).
- 4) 吹野 信: Q&A「木質パネルの耐久性について」, 林産試だより 2011年11月号, 9 (2011).
- 5) 鈴木滋彦: 木質ボードの耐久性評価方法, 木材工業 56 (1), 7-12 (2001).
- 6) 関野 登: 木質ボードの屋内外暴露試験, 木材工業 58 (7), 298-304 (2003).
- 7) River, B.H.: Outdoor aging of wood-based panels and correlation with laboratory aging, *Forest Prod. J.* 44 (11/12), 55-65 (1994).
- 8) Okkonen, E. A. and River, B.H.: Outdoor aging of wood-based panels and correlation with laboratory aging: Part 2, *Forest Prod. J.* 46 (3), 68-74 (1996).
- 9) 関野 登, 大熊幹章: 構造用パーティクルボードの耐久性 (第1報)ー曲げ疲労挙動ー, 木材学会誌 31(10), 801-806 (1985).
- 10) 関野 登, 大熊幹章: 構造用パーティクルボードの耐久性 (第2報)ー床下地材として実際使用した場合の曲げ性能についてー, 木材学会誌 32 (3), 163-169 (1986).

- 11) 「木質パネル第2次耐久性プロジェクト」中間報告書(その6)－屋外暴露5年間のデータ解析－, 日本木材加工技術協会第18回木質ボード部会シンポジウム講演要旨集, pp. 114-123, 139-142 (2009).
- 12) Y. Kojima and S. Suzuki: Evaluation of wood-based panel durability using bending properties after accelerated aging treatments, *J. Wood Sci.* 57 (2), 126-133 (2011).
- 13) 古田直之, 宮崎淳子, 平林 靖, 平井卓郎: 住宅の床下地材として長期使用された合板の接着性能劣化評価, 木材学会誌 59 (1), 45-54 (2013).
- 14) 古田直之, 平林 靖, 平井卓郎: 住宅の床下地材として長期使用された合板の曲げおよび面内せん断性能劣化評価, 木材学会誌 59 (5), 287-297 (2013).
- 15) 古田直之, 吹野 信, 平林 靖, 平井卓郎: 長期使用された構造用パーティクルボードの接着耐久性, 日本木材学会北海道支部講演集 45, 27-30 (2013).