

平成15－16年度
江間忠木材・江間忠合板研究助成事業報告書

平成17年 4月 1日

1. 研究プロジェクト名 リサイクル資源を用いた木質ボードの耐久性とその評価方法
2. 研究領域 材料変換と高機能化
3. 研究代表者氏名 関野 登
 岩手大学農学部
 〒020-8550 盛岡市上田 3-18-8、019-621-6104、sekino@iwate-u.ac.jp

4. 研究組織：木質パネル研究会

- 代表者 関野 登（岩手大学農学部）
共同研究者 高麗秀昭（森林総合研究所）
 吹野 信（北海道立林産試験場）
 山内秀文（秋田県立大学木材高度加工研究所）
 大橋一雄（岩手県林業技術センター）
 東野 正*（岩手県林業技術センター）
 鈴木滋彦（静岡大学農学部）
 池田正行*（静岡大学農学部）
 梅村研二**（京都大学木質科学研究所）
 野上英孝（岡山県木材加工技術センター）
 藤元嘉安（宮崎県木材利用技術センター）
 岩崎新二（宮崎県木材利用技術センター）

計 12 名（*年度途中参加、**年度途中異動）

5. 研究概要

1991年度から第1次屋外暴露プロジェクトが実施され、有用な知見が得られた。しかし、現在は当時と状況が大きく異なってきた。熱帯雨林の減少により南洋材合板から針葉樹合板への変化、VOC問題による接着剤の変化、木材リサイクルによる原料の変化などが大きく変わった点である。そこで第1次プロジェクトの成果を踏まえて、木質パネル第2次耐久性プロジェクトを実施し、木質パネル（合板、ボード類）の耐久性を検討する。供試パネルは針葉樹合板（9mm3plyと12mm5ply）、OSB（北米産と欧州産）、PB（フェノールとMDI）、MDF（構造用と非構造用）の8種類である。暴露試験地は、旭川、能代、盛岡、つくば、静岡、岡山、岡山県勝山、都城の8地域であり、ほぼ日本の主な気候区を網羅している。暴露期間は10年であり、1、2、3、5、7、10年に供試パネルを採取し、曲げ性能、はく離強さ、厚さ膨張率などの基本的な性能を測定する。さらに盛岡、つくば、岡山、都城では釘を打ち込んだパネルも同時に暴露して、釘接合性能（釘頭貫通抵抗、側面抵抗、一面せん断試験）も検討する。これらの屋外暴露と同時にモデルハウスの床下、相対湿度65%、90%での室内暴露なども実施している。さらに様々な促進劣化試験を実施して、屋外暴露との相関関係を解析する予定である。盛岡においては供試パネルを使用して実験住宅を建設したが、ここで使用したパネルの劣化も測定する予定である。また秋田県立大学木材高度加工研究所においては接着剤の塗布量や種類を統一してスギを原料とした合板とPBを製造した。そして製造した合板とPBの屋外暴露による劣化を検討する予定である。

6. 研究報告

6.1 はじめに

日本木材学会木質パネル研究会の前身である“木質ボード懇話会”では、「木質パネルの耐久性評価プロジェクト」を1991年に開始した。従来、合板以外の木質パネルに関する屋外暴露試験データが乏しいことを背景に、当時の各種市販パネル（合板・OSB・PB・MDF・木片セメント板など）を対象として、10年間の屋外暴露試験（盛岡・静岡・鹿児島）を実施し、かつ、各種促進劣化試験および信頼性解析のための屋外暴露試験を組織的に行ったものであり、日本繊維板工業会並びに日本木材加工技術協会木質ボード部会の協力を得て行った。プロジェクトは2002年度までの12年間で一応の終了し、耐久性評価方法を検討する上で多くの知見を得ると同時に、暴露試験方法の具体的な改善策も整理された（本報の末尾に成果報告の一覧を掲載した）。今回実施するプロジェクトは、第2次耐久性評価プロジェクトと位置付けており、最近の木質パネルにおける原料およびバインダーの変化を考慮して、構造用パネルとしての耐久性能の把握とその評価方法を検討するものである。

6.2 プロジェクトの目的

木質パネル（合板・ボード類）の原料は、大径木から小径木へ、優良材から低質材へ、そして未利用材やリサイクル材の有効利用へと推移している。ボード類は解体材由来の原料や未利用低質材から製造が可能であり、木質資源の有効利用の一翼をになう材料として期待されている。たとえば、我が国で生産される木質ボードの原料は、近年急速に住宅解体材等のリサイクル資源へとシフトし、平成13年度統計ではパーティクルボード（PB）の66%、ファイバーボードの21%、両者を併せると生産量の51%が解体材由来の原料である。また、室内空気汚染防止の観点から、接着剤も低モル比のホルムアルデヒド系樹脂や非ホルムアルデヒド系（MDI）へとシフトしている。

上述の原料事情の変化を背景として、合板以外の木質パネル、すなわちマット成形されたボード類（OSB、PB、MDFなど）に対しても、合板代替性能が求められるようになった。合板と対比される性能には、強度、寸法安定性、接着耐久性、施工性、価格など多数挙げられるが、構造用途を前提としたとき最も懸念されるのが耐久性であり、原料木材や接着剤の変化に由来する信頼性への不安がボード類の需要拡大を阻む一因となっている。しかしながら、耐久性の判定は難しく、JISに規定される促進処理試験に加えて、各種の暴露試験結果などを総合して判断することが求められる。

本プロジェクトではこのような背景から、構造用に使用可能なボード類について、その耐久性を木質パネル全体から位置付けることを目的とする。比較材料には、合板とOSBを用いる。合板は、以前は南洋材が主体であったが、現在ではほとんどが針葉樹にシフトしており、接着剤も低モル比が進んだ。すなわち、従来合板の耐久性と同等に扱えるかは疑問が残る。一方、OSBは現在のところすべて輸入品であるが、この10年間で原料樹種や使用接着剤が多様化しており、合板と同様に耐久性データの更新が不可欠であると言える。

6.3 プロジェクト全体計画

本プロジェクトの実施内容は下記4項目であり、相互の関係を図1に示す。なお、屋外暴露試験は長期間（10年を予定）を要するため、本助成金による研究期間内（平成17年3月まで）に目的を達成することは不可能である。しかし、屋外暴露1年後のデータを促進劣化試験結果と対応させるなど、ある程度の解析は進めることができる。

- 1) 気象条件を考慮して全国数箇所に暴露試験地を設け、屋外暴露による基礎物性および釘接合性能の劣化を調べる。
- 2) 住宅等の温湿度環境をモデル化した屋内暴露試験（乾湿繰り返し試験）および実験住宅への施工による屋内暴露試験を行い、基礎物性および釘接合性能の劣化を調べる。
- 3) 国内外で規定される促進劣化試験を実施する。その試験結果を屋内および屋外暴露試験のそれと比較検討すると同時に、最適な促進劣化試験方法の開発も試みる。
- 4) 屋外暴露後の各種パネルを小片化してPBを製造し、劣化原料の状態とボード諸性能の関係を調べる。

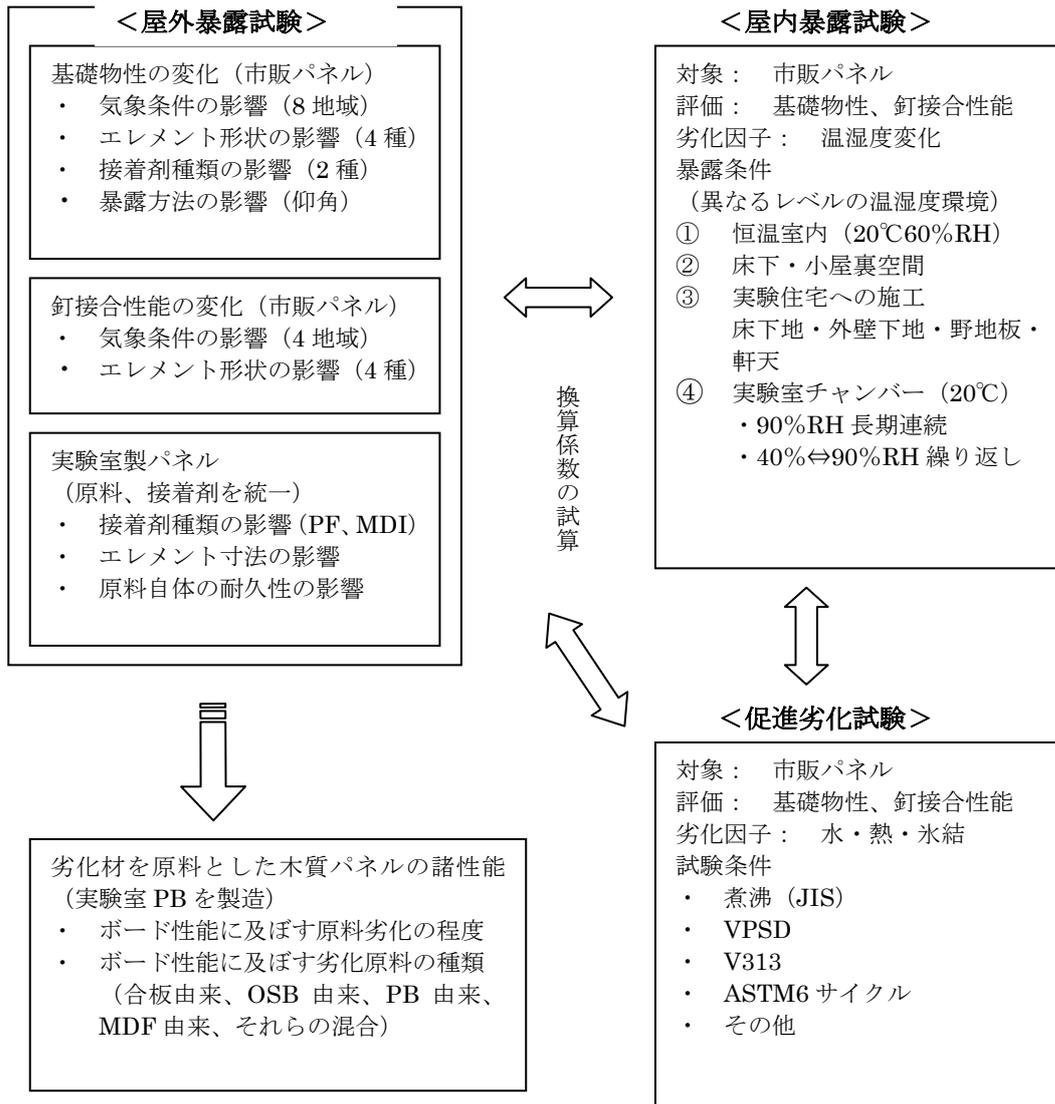


図1 実施項目と相互関係

6.4 研究組織と役割分担

本助成金申請時の研究者総数は10名であったが、実施計画の詳細を煮詰めることに伴い、現在では以下の12名で組織されている。また、役割分担も以下のように決定された。

氏 名	所 属	役割分担
高麗秀昭	森林総合研究所	供試パネル初期物性、屋外暴露試験（基礎物性・釘接合）、暴露方法の差異の影響（傾角）、屋内暴露試験、中湿度 3 ヶ月⇔高湿度 3 ヶ月 Cycle、高湿度下連続暴露、住宅内（床下・小屋裏等）での暴露
吹野 信	北海道立林産試験場	屋外暴露試験（基礎物性）
山内秀文	秋田県立大学 木材高度加工研究所	屋外暴露試験（基礎物性）、実験室製パネルの屋外暴露
東野 正 大橋一雄	岩手県林業技術センター	供試パネル初期物性、屋外暴露試験（基礎物性・釘接合）、屋内暴露試験（実験住宅への施工）、促進劣化試験（釘接合）
鈴木滋彦 池田正行	静岡大学農学部	屋外暴露試験（基礎物性）、各種促進劣化試験、屋外暴露と促進劣化処理との相関
梅村研二	京都大学木質科学研究所	実験室製パネルの屋外暴露（能代）
野上英孝	岡山県木材加工技術センター	供試パネル初期物性、屋外暴露試験（基礎物性・釘接合、勝山町&岡山市）
藤元嘉安 岩崎新二	宮崎県木材利用技術センター	供試パネル初期物性、屋外暴露試験（基礎物性・釘接合）
関野 登	岩手大学農学部	研究総括、供試パネル初期物性、屋外暴露試験（基礎物性・釘接合）、屋内暴露試験（恒温恒湿室内放置）、釘接合の促進劣化試験

6.5 平成15年度の実施内容

6.5.1 供試材料

(1) 材料の選定およびサンプル加工

表1に示す4分類（合板、OSB、PB、MDF）、各2種類ずつの計8種類を標準サンプル（屋外暴露全地域での共通サンプル）とした。第1次プロジェクトで用いた薄物繊維板やセメント系は除外したが、今後、暴露の空きスペースを用いて木片セメント等を順次追加する予定である。また、オプション材料として、製造元の異なる構造用MDFや実験室製ボードなどを適宜追加する予定である。一方、接着剤の耐水グレードは、第1次ではJISのP、M、Uのすべてを対象としたが、第2次では構造用を対象とするため、原則としてPタイプに限定した。

表1 供試パネル（標準サンプル）と仕様

分類	種類	仕様
合板	構造用合板 12mm	特類・PF・2級・CD・5ply・F☆☆☆☆
	構造用合板 9mm	特類・PF・2級・CD・3ply（3mm等厚）・F☆☆☆☆
OSB	北米産	JAS構造用パネル3級F☆☆☆☆、12mm、PFレジン、片面網目処理
	欧州産	JAS構造用パネル3級F☆☆☆☆、11.5mm、MDIレジン
PB	PFレジン	Recycle小片3層ボード・12mm・18PF☆☆☆☆
	MDIレジン	Recycle小片3層ボード・12mm・18PF☆☆☆☆
MDF	構造（耐力壁）用	JIS30・M・F☆☆☆☆（MDI、P相当）9mm
	非構造用	JIS30・M・F☆☆☆（MUF）12mm

表1に示す標準サンプルのうち、合板を除く6種類は日本繊維板工業会並びに日本木材加工技術協会木質ボード部会の協力により無償提供され、合板は購入した。原板サイズは3×6尺（構造用MDFのみ3×10尺）で、各25枚（欧州産OSBと構造用MDFは35枚）を入手した。原板重量を測定して密度のバラツキを確認後、実験住宅施工用の原板を各3枚（欧州産OSBは14枚、構造用MDFは21枚）を抜き取った。抜き取りに際しては、原板密度が母集団の中庸となるよう留意した。続いて、残りの原板をすべて尺角に鋸断して重量を測定した。

後述するように屋外暴露試験では尺角12枚をサンプル単位としている。そこで、尺角12枚を1セットと扱い、各パネルとも原則として33セット分について、各セットの平均密度がほぼ同一となるように分配した。その目的は、試験項目間でのサンプルの同一性を図ることにある。表2は試験項目とサンプル分配量（セット数）の関係を示したものである。

なお、供試材料の納入が完了したのは平成15年11月上旬であった。3×6原板総数が200枚を超える膨大なサンプル量であり、尺角サイズへの裁断や密度計測、そしてサンプル単位への分配には約2ヶ月を要した。また、後述するように屋外暴露試験の準備では、暴露架台の建設、試験体端面の塗装作業、そして釘打ち方法の検討および実施など、多大な準備時間が必要となった。そのため、当初予定した平成15年11月の暴露開始は不可能となり、暴露開始を平成16年1月下旬～4月上旬へと変更した。

表 2 サンプルセット（尺角 12 枚=1セット）の配分

		合板		OSB		PB		MDF	
		12mm	9mm	北米	欧州	PF	MDI	MDI	MUF
全セット数		33	33	33	31.5	33	33	33	33
初期値	基礎	2	2	2	2	1	1	1	1
	釘	1	1	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5
屋外暴露	基礎*	7+3	7+3	7+3	7+3	7+2	7+2	7+2	7+2
	釘**	8	2	8	2	4	1	4	-
屋内暴露 (標準)	恒温	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	住宅	1	1	1	1	1	1	1	1
	高湿	1	1	1	1	1	1	1	1
	乾湿	1	1	1	1	1	1	1	1
屋内暴露 (釘)	恒温	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	住宅	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	高湿	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	乾湿	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
促進処理	基礎	2	2	2	2	2	2	2	2
	釘*	4	4	4	4	2	2	2	2
計		32.5	26.5	32.5	26.5	24	21	24	20
セット残数		0.5	6.5	0.5	5	9	12	9	13

*合板と OSB：つくば以外は1セット、つくばでは1.5セット×2（90° と 45°）

他のパネル：つくば以外は1セット、つくばでは1セット×2（90° と 45°）

**合板と OSB では配向平行と直交の2方向で試験するため2セット/試験地

(2) 初期物性の計測

信頼性向上の観点から、初期値の試験体数は多いほうが望ましい。第1次プロジェクトでの初期値用試験体数は12から15であり、30cm×30cm原板を3~4枚供試した。今回は、同一ロット中の材質バラツキを確認するため30cm×30cm原板を最大3セット（12枚×3=36枚）準備した。初期物性の項目および測定方法は以下のとおりである。

- ① パネル厚さおよび密度（N=30）： 曲げ試験体の厚さおよび密度とする。
- ② 曲げ性能（N=30）： JIS A5908 に準じる。MOR、MOE、比例限度応力を算出。合板・OSB では面内2軸方向のデータを採取する。
- ③ 24時間吸水厚さ膨張（N=30）： 試験体は曲げ試験終了後に採取、方法は JIS A5908 に準じる。ただし、試験後に気乾に戻し（60℃24時間乾燥+20℃60%RH2週間程度養生）、スプリングバックを測定する。
- ④ はく離強度（N=30）： JIS A5908 に準じる。
- ⑤ JIS 湿潤時曲げ試験（B試験またはA試験、N=10）： JIS A5908 に準じる。

- ⑥ インターミナせん断試験：パネル厚さ中央部をせん断面とするブロックせん断試験。
- ⑦ 釘側面抵抗：ASTM D-1037 に準じる。
- ⑧ 釘頭貫通抵抗：ASTM D-1037 に準じる。
- ⑨ 一面せん断剛性・耐力：負荷は引張とし、枠材とパネル間の相対変位－荷重関係を解析する。

供試パネルの初期値を表3（厚さ、密度、曲げ性能）、表4（厚さ膨張率、はく離強さ）に示す。各パネルの密度および曲げ性能の特徴を概観すると以下のようなになる。まず、合板は樹種が欧州アカマツのため密度が比較的高く、ほぼOSBと同等である。厚さ9mmの合板は等厚3プライ構成のため、MORの異方度は約6、MOEでは約19となっている。また、表層繊維平行方向の曲げ性能は5プライ12mm合板（2.0+3.0+2.0+3.0+2.0mm）と比べて高くなっているが、バラツキが大きい。さらに、単板は同じCDグレードでありながら、9mm合板では節が目立ち表面性も悪い。用途が外壁下地に限定された商品のためと考えられる。欧州産OSBは、コア、フェイスともMDIが使用され、フェイスの樹種はスプルースと思われる。概観上のストランド配向は北米産と比べて小さく、曲げ性能にもその結果が現れている。また、北米産と異なり両面とも平滑なため、屋根などへの施工には不安を感じる。一方、北米産の樹種はアスペンおよびロジポールパインと思われ、フェイスには液体PFが、コアにはMDIが使用されている。MDIをバインダーとしたPBは、密度がPF樹脂PBよりも低いにも関わらず曲げ性能は高くなっている。また、MDFはPBと比べて相対的に高いMORを示すのが特徴である。

表3 供試材料の初期物性(厚さ、密度、曲げ性能、サンプル数：30)

分類	種類	厚さ(mm) Ave±std	密度 (g/cm ³) Ave±std	MOR (MPa) Ave±std	MOE (GPa) Ave±std
合板	5p-12mm	11.86±0.21	0.64±0.03	68.6±9.7 (//) 35.8±10.8 (⊥)	7.23±0.79 (//) 2.87±0.57 (⊥)
	3p-9mm	8.76±0.17	0.62±0.03	76.7±19.1 (//) 13.1±5.2 (⊥)	9.60±1.34 (//) 0.52±0.20 (⊥)
OSB	北米産	12.24±0.39	0.64±0.03	39.1±6.8 (//) 18.3±3.0 (⊥)	5.04±0.63 (//) 2.04±0.32 (⊥)
	欧州産	11.51±0.23	0.67±0.02	36.8±7.8 (//) 27.4±5.5 (⊥)	4.94±0.53 (//) 3.26±0.41 (⊥)
PB	PF	11.99±0.05	0.80±0.01	20.6±2.4	3.78±0.55
	MDI	12.09±0.07	0.75±0.02	28.3±2.2	4.04±0.24
MDF	構造用	9.02±0.03	0.72±0.02	36.1±2.4	3.14±0.19
	非構造用	12.08±0.05	0.76±0.02	45.4±2.9	4.22±0.27

次に厚さ膨張率とはく離強さの概要を示す。OSBのTSが高いことがわかる。特に北米産のOSBが高い。それに対して、合板のMDFのTSは低い。合板は圧縮変形量が小さいためにTSは低い。しかしMDFは圧縮変形量が大きい、TSは低くなっている。はく離強さでは北米産および欧州

産のIBが他のパネルより低い。PB、MDFのIBは接着剤のMDIを使ったボードのはく離強さが高いことがわかる。

表4 供試材料の初期物性(厚さ膨張率、はく離強さ、サンプル数：30)

分類	種類	TS (%)		IB (MPa)	
		Ave.	SD	Ave.	SD
合板	5p-12mm	5.94	1.54	1.15	0.31
	3p-9mm	6.43	1.66	1.36	0.37
OSB	北米産	18.3	2.61	0.56	0.13
	欧州産	10.4	0.94	0.64	0.19
PB	PF	9.31	1.46	0.83	0.09
	MDI	6.75	0.41	2.19	0.18
MDF	構造用	5.78	0.25	1.22	0.19
	非構造用	4.05	0.24	0.62	0.11

表5に釘接合抵抗の初期値を示す。ここでは一面せん断試験と側面抵抗の結果を示す。一面せん断試験では、合板の最大荷重では5plyが3plyより高かった。これは単板枚数が多いためであるが、初期剛性の点から見ると5plyと3plyの間には明瞭な差はなかった。OSBでは、欧州産では異方性は認められなかったが、北米産では異方性が確認され、垂直方向が高くなっている。また一面せん断の最大荷重と側面抵抗には相関が認められた。

表5 供試材料の初期物性(一面せん断、サンプル数：12、側面抵抗、サンプル数：30)

分類	種類	方向	一面せん断試験 (kN)								側面抵抗 (kN)	
			最大荷重		相対変位							
					0.4mm		1.0mm		2.0mm			
			Ave.	SD	Ave.	SD	Ave.	SD	Ave.	SD	Ave.	SD
合板	5p-2mm	平行	1.03	0.12	0.64	0.07	0.81	0.07	0.92	0.09	2.29	0.33
		垂直	1.02	0.16	0.64	0.05	0.83	0.07	0.93	0.10	2.37	0.28
	3p-9mm	平行	1.19	0.20	0.67	0.09	0.82	0.09	0.94	0.10	1.39	0.20
		垂直	1.19	0.17	0.60	0.12	0.83	0.12	0.98	0.13	1.48	0.27
OSB	北米産	平行	0.89	0.11	0.52	0.09	0.67	0.10	0.75	0.10	1.81	0.50
		垂直	1.03	0.12	0.60	0.05	0.75	0.07	0.83	0.07	2.09	0.57
	欧州産	平行	1.01	0.08	0.58	0.05	0.73	0.06	0.83	0.07	2.08	0.64
		垂直	0.99	0.12	0.53	0.10	0.70	0.09	0.82	0.09	2.00	0.48
PB	PF	1.01	0.05	0.59	0.06	0.77	0.08	0.89	0.08	1.74	0.24	
	MDI	1.21	0.18	0.71	0.05	0.89	0.06	1.01	0.06	2.76	0.23	
MDF	構造用	0.88	0.08	0.58	0.08	0.71	0.08	0.78	0.07	1.34	0.11	
	非構造用	0.99	0.10	0.55	0.04	0.73	0.04	0.84	0.07	2.38	0.21	

6.5.2 屋外暴露試験

(1) 試験地の設定

屋外暴露試験では気象条件が結果に反映するため、可能な限り多くの試験地を設定し、地域すなわち気象条件による劣化の差異が検討できるようにした。設定した8地域の気象条件を表6に示す。各地点の気象条件が日本の気候区分をどの程度カバーしているかは、今後検討の余地があるが、気温と降水量の観点から日本全国の気象条件をある程度カバーすると言える。



表6 試験地の気象条件 (*印では釘接合の屋外暴露も実施)

区 分	試験地	年平均気温 (°C)	年間降水量 (mm)	気象データ観測地
低温・少降水量	旭川 (北林産試)	6.4	1091	旭川市
	盛岡* (岩手県林業技術センター)	9.8	1265	盛岡市
低温・中降水量	能代 (秋田木高研)	11.1	1746	秋田市
中温・少降水量	つくば* (森林総研)	13.2	1308	水戸市
	岡山県北 (岡山県木材加工技術センター)	13.7	1398	勝山町
中温・多降水量	静岡 (静岡大学)	16.1	2327	静岡市
高温・少降水量	岡山瀬戸内* (岡山県立大学)	20.3	1160	岡山市
高温・多降水量	宮崎* (都城：宮崎県木材利用技術センター)	21.9	2435	宮崎市

(2) 暴露方法

方位と仰角： 高分子関係の屋外暴露試験における方位および角度は、**JIS Z2381**の屋外暴露方法通則、**JIS K7219**および**ISO 877**のプラスチックの直接屋外暴露、**JIS K7081**の炭素繊維強化プラスチック、**JIS K5600-7-6**の塗膜の耐候性などに規定されており、方位は南、仰角は30また

は45°が原則である。第1次プロジェクトで実施した南面垂直の条件は、実用（外壁を想定）に即した特別の角度と位置付けられる。第2次プロジェクトでは、第1次との直接比較のために南面垂直を原則とするが、つくばでは仰角45°も実施し、暴露方法の差異の影響を検討する。なお、試験体寸法は尺角である。

端面の防水処理：プラスチック材料では暴露面の紫外線劣化が主体となるが、低密度内層部が端面に露出する木質ボードでは、端面からの水分進入が問題となる。第1次プロジェクトでは端面防水処理を行ったが、厚さ膨張が大きいボードでは暴露開始数年以内に防水効果が失われた。しかし、今回の供試パネルは比較的耐久性の高いパネルを対象としているため、端面防水処理効果の持続がある程度期待できる。そこで、曲げ性能や寸法安定性などの基礎物性を調べるサンプルでは、第1次プロジェクトと同様な端面処理（アルミニウム顔料を含む塗料）を行い、表面からの劣化進行によるパネルの物性変化を調べることを目的とした。一方、釘接合では現実的には端部の劣化が重要であり、かつ、パネルが施工される際、通常は十分な端面防水は行われない。そこで、釘接合の耐久性を屋外暴露により調べる場合、端面を露出して暴露する。その意味付けとしては、施工後の事故的な漏水等によって端面劣化が進行し、かつメンテナンスが全く無い場合に、パネルの釘接合性能がどのように劣化していくか、その最悪のケースを屋外暴露により検証することになる。

(3) 暴露期間と試験項目

暴露開始は、2004年1月下旬～4月上旬とする。サンプル採取時期は、1、2、3、5、7、10年であり、基礎物性サンプルおよび釘接合サンプルとも同様である。

基礎物性サンプル：尺角2枚を採取して、以下の物性試験を行う。

- ① 外観の観察（変色、変形、生物劣化など）
- ② 重量変化、厚さ変化
- ③ 曲げ性能（MOE、MOR、比例限度応力）
- ④ はく離強度
- ⑤ 吸水厚さ膨張

釘接合サンプル

構造用木質パネルでは、釘接合耐力の劣化が重要となる。本来はパネルを主材（木材）に釘着した試験体を屋外暴露すべきであるが、木材の腐朽、釘自体の腐食など、考慮すべき課題も多い。釘を打ち込んだパネルのみを暴露し、パネル劣化に伴う保持力の変化を把握するだけでも貴重なデータとなり得ると考え、側面抵抗試験（縁端距離12mm）、釘頭貫通力試験および一面せん断試験（縁端距離12mm、採取後のサンプルを木材に接合）を実施する。釘はステンレス製で長さ50mm（直径2.7mm）を用いた。暴露地と試験対象パネル（原則として4分類各1種）の組み合わせは下記の通りである。

盛岡： 合板12mm・合板9mm・OSB北米産・PB(PF)・PB(MDI)・構造用MDF
つくば： 合板12mm・OSB北米産・OSB欧州産・PB(PF)・構造用MDF
岡山(瀬戸内)： 合板12mm・OSB北米産・PB(PF)・構造用MDF
宮崎： 合板12mm・OSB北米産・PB(PF)・構造用MDF

(4) 屋外暴露試験の実施状況

暴露試験の設定地のうち、既設の暴露架台を有するのは、旭川、能代、つくば、静岡の4地域であり、盛岡（岩手県林業技術センター）、岡山（内陸、瀬戸内の2箇所）、宮崎では、尺角パネルが120～240枚暴露できる架台を建設した。架台は単管パイプで骨組みを形成し、Lアングルでサンプル支持枠を作る方式とした。なお、本助成金の予算の大半は暴露架台の材料費に充当された。

以下の写真は、各地の屋外暴露風景または設置前の架台の様子を示している。旭川と能代では積雪の関係から暴露開始を平成16年4月上旬とした。また、静岡では、既存の暴露サンプルの関係から暴露開始を同じく4月上旬とした。盛岡では1月下旬に、つくば、岡山、宮崎では2月下旬に暴露を開始した。

		
旭川（2003.11 撮影）	能代（2004.2 撮影）	盛岡（2004.2 撮影）
		
つくば（2004.3 撮影）	つくば（45度、2004.3 撮影）	静岡（2003.10 撮影）
		
岡山瀬戸内（2003.12 撮影）	岡山内陸（2003.12 撮影）	宮崎（2004.2 撮影）

また、下記の写真は釘接合試験用の暴露サンプル準備の様子を示している。尺各サンプル 1 枚につき、側面抵抗試験片 3 体、釘一面せん断試験片 3 対 (6 体)、釘頭貫通力試験片 2 体が採取できるように設定され、1 条件につき尺角 2 枚が供試された。



(5) 実験室製パネルの屋外暴露

市販パネルの耐久性データを評価する場合、製造条件との関連がしばしば論議の的となる。市販パネルでは原料の素性や製造条件の詳細は必ずしも明瞭ではなく（あるいは詳細を公開できない）、原料木材や接着剤の種類別に耐久性能の実態は把握できるが、製造因子と耐久性能の関係が曖昧になることは否めない。そこで、原料や製造条件の相違による耐久性を比較検討するために、同一原料を用いた実験室製パーティクルボードおよび合板を製造し、屋外暴露試験を行う計画を立てた。

製造条件は以下のとおりである。

原料：秋田県産 60 年生スギより調製した 3mm 厚単板（剥き芯径 120mm まで切削）、これらの単板を心材に分別し、一部を合板製造用に残りをパーティクルボード製造用にリングフレイカーにて 0.5mm 厚の小片に加工。

接着剤：市販の水中自己乳化型 MDI および PF 樹脂（低ホルムアルデヒドタイプ）

成板条件：心材、辺材別に 350mm×350mm の合板（3 プライ 9mm 厚）およびパーティクルボード（単層 12mm 厚）を製造。接着剤塗布量および熱圧条件は合板が 200g/接着層、140℃・0.7MPa・4.5 分、パーティクルボードが 10%（対小片全乾重量比）、180℃・5 分（目標比重 0.65）。

6.5.3 屋内暴露試験

(1) 暴露条件の考え方

第 1 次プロジェクトでは、屋外暴露と対極条件にある室内暴露（20℃一定、湿度は成り行き）のみを行った。主な結果としては、アミノ系樹脂とくに UF 樹脂をバインダーとする合板、PB、MDF で 10 年間に 2～3 割のはく離強度が認められた。アミノ系樹脂は硬化後も縮合反応が進み、副生成物（水とホルムアルデヒド）が分離される。また、熱圧硬化の際は酸性であり、酸加水分解により劣化が進行すると言われている。前回の屋内暴露では、このような指摘が実証されたと見ることができる。

今回のプロジェクトでは、供試パネル中、アミノ系樹脂をバインダーとするのは MDF に限られるが、室内のマイルドな環境下で劣化進行が認められるか否かがひとつの焦点となる。また、住宅等の温湿度環境をモデル化し、それに対応する含水率変化をパネルに与えて諸材質の経時変化を測定する。さらに、日光および雨水は直接作用しないが、屋外の外気に暴露される条件、た

たとえば軒天や下部開放の屋根下地なども屋内暴露の範疇と見なす。

(2) 暴露条件の種類と方法

以下の5条件を設定する。

- ① 恒温室内（20℃・60%RH）に放置：寸法 30cm×30cm の全供試パネルについて、屋外暴露と同様の暴露期間ごとに基礎材質（重量変化、厚さ変化、曲げ性能、はく離強度、吸水厚さ膨張率）および釘接合性能（側面抵抗、貫通抵抗、一面せん断）調べる。実施機関：岩手大学
- ② モデル住宅内に放置（床下・小屋裏など）：①に比べて温湿度変化が大きい実際の温湿度環境化において、屋外暴露と同様の暴露期間ごとに基礎材質（重量変化、厚さ変化、曲げ性能、はく離強度、吸水厚さ膨張率）および釘接合性能（側面抵抗、貫通抵抗、一面せん断）を調べる。置場所は住宅メーカーのモデルハウスで、床下・小屋裏などの数箇所にサンプルを置く。また、温湿度簡易ロガーを設置して、周囲温湿度を記録する。実施機関：森林総研
- ③ 高湿度下連続暴露：90%RH に設定されたチャンバー内で 30cm×30cm の全供試パネルを暴露する（栈積み保管）。暴露後 1、3、6、12、24、36 ヶ月目にサンプル採取し、基礎材質（重量変化、厚さ変化、曲げ性能、はく離強度、吸水厚さ膨張率）および釘接合耐力（側面抵抗、貫通抵抗、一面せん断）を調べる。実施機関：森林総研
- ④ 低（あるいは中）湿度と高湿度の繰り返し暴露：低中湿度（40～50%RH 程度）と高湿度（90%RH）の繰り返し暴露による劣化（基礎材質および釘接合耐力）について、全パネルを対象に調べる。両湿度での暴露期間はそれぞれ 3 ヶ月とし、半年で 1 サイクルとする。これは、実際の夏型結露と冬型結露を想定しており、その間の各 3 ヶ月は比較的乾燥した状態を仮定している。サンプル採取は、1、2、3、5、7、10 サイクル目とする（最長 5 年間）。実施機関：森林総研
- ⑤ 実験ハウスへの施工（野地板・軒天・床下地・外壁下地）：岩手県林業技術センターでは種々の測定を行うため、実験ハウス（平屋・4.5 畳 2 部屋程度の規模）の建設を平成 15 年 11 月に着工した。この実験ハウスの部材として、本プロジェクトの供試パネルを使用する。床下地に OSB を 1 種類、野地板・軒天に全供試パネル、外壁下地に構造用 MDF を使用する。約 10 年後に解体してサンプルを採取し、基礎物性の劣化状況を調べる。実施機関：岩手大学および岩手県林業技術センター



実験住宅の躯体（岩手県林技セ）



実験住宅への野地板の施工

6.6 促進劣化試験

既存の促進劣化処理（JIS 湿潤曲げ、VPSD、V313、ASTM6 サイクル）を行って、MOR および IB の劣化を調べ、屋内および屋外暴露試験結果との対応を検討する（実施機関：静岡大学）。また、同様な促進劣化処理を行って、釘側面抵抗、釘頭貫通抵抗、一面せん断性能の劣化を調べ、屋内および屋外暴露試験結果との対応を検討する（実施機関：岩手県林業技術センターおよび岩手大学）。すべての促進試験の結果はまだでていないが、平成 17 年 3 月 31 日現在、JIS の湿潤試験の試験が終了したので、その結果をしめす。表 7 に JIS 湿潤曲げ、表 8 に側面抵抗試験の結果を示す。

表 7 JIS 湿潤曲げ（サンプル数：10）

分類	種類	方向	JIS-A 試験				JIS-B 試験			
			MOR (MPa)		MOE (GPa)		MOR (MPa)		MOE (GPa)	
			Ave.	SD	Ave.	SD	Ave.	SD	Ave.	SD
合板	5p-12mm	平行	29.4	4.10	3.69	0.52	25.0	3.38	2.98	0.59
		垂直	20.2	3.90	1.47	0.25	17.1	3.39	1.23	0.24
	3p-9mm	平行	31.4	8.73	4.55	1.21	29.9	7.49	4.16	1.14
		垂直	9.64	2.84	0.39	0.15	7.49	2.53	0.37	0.19
OSB	北米産	平行	8.59	1.20	0.90	0.16	8.29	0.54	0.74	0.10
		垂直	5.77	1.23	0.40	0.11	4.81	0.89	0.35	0.06
	欧州産	平行	13.2	2.06	1.30	0.25	11.6	1.38	1.13	0.12
		垂直	10.4	1.38	0.87	0.12	8.88	1.34	0.75	0.10
PB	PF		7.94	1.44	1.08	0.19	5.63	0.96	0.71	0.12
	MDI		15.0	1.14	1.57	0.10	10.7	0.82	1.19	0.06
MDF	構造用		17.6	0.87	1.30	0.06	13.8	0.57	0.91	0.07
	非構造用		13.8	1.08	1.04	0.05	10.1	0.77	0.71	0.04

表 8 側面抵抗試験 (サンプル数 : 6)

分類	種類	方向	JIS-A 試験				JIS-B 試験			
			湿潤		乾燥		湿潤		乾燥	
			Ave.	SD	Ave.	SD	Ave.	SD	Ave.	SD
合板	5p-12mm	平行	1.60	0.17	2.12	0.19	1.50	0.16	2.10	0.24
		垂直	1.51	0.29	2.40	0.25	1.60	0.34	2.15	0.27
	3p-9mm	平行	0.84	0.10	1.33	0.28	0.91	0.19	1.19	0.08
		垂直	1.10	0.10	1.65	0.26	1.09	0.21	1.55	0.36
OSB	北米産	平行	0.80	0.10	1.52	0.29	0.95	0.14	1.46	0.47
		垂直	1.18	0.44	1.67	0.47	0.91	0.19	1.58	0.62
	欧州産	平行	1.25	0.29	1.77	0.31	1.38	0.48	1.87	0.49
		垂直	1.10	0.13	1.60	0.55	1.34	0.47	1.87	0.42
PB	PF	0.83	0.09	1.17	0.08	0.68	0.11	1.00	0.12	
	MDI	1.59	0.21	2.79	0.19	1.58	0.07	2.53	0.15	
MDF	構造用	1.01	0.07	1.26	0.06	0.86	0.03	1.35	0.17	
	非構造用	1.27	0.14	2.09	0.22	1.25	0.12	1.93	0.22	

6.7 劣化木材を原料とした PB の製造と性能

現在、木質系廃棄物の最も一般的な再生利用はパーティクルボード製造である。解体材が比較的大きな断面寸法であれば、リユースやストランド化の対象となり得るが、クラッシュによるチップ化が大多数を占めるのが現状である。そのため、廃棄物のマテリアル利用は PB や繊維板の製造が主体とならざるを得ない。木質パネルが廃材となるとき、これを原料とする PB や FB はどのような物性を示すのであろうか？ 小片化や解繊にどんな工夫が必要となるのか？ 劣化を受けた木質パネルが原料の場合、再生ボードの物性は？ などと言った疑問が山積しており、多くの検討課題が設定できる。既に、PB や FB を再度 PB や FB として再生する技術開発 (森林総研) が進められているが、この種の検討は更に充実させる必要がある。本プロジェクトで行う屋外暴露試験からは、幸いにして劣化の程度が既知となる廃パネルが大量に得られる。そこで、屋外暴露サンプルの材質試験終了後に試験体を小片化し、これを原料とする PB を製造して劣化木材を原料とする PB の諸性能を調べる。

参考文献 (第 1 次プロジェクトの成果報告)

- ・パネル討論会「木質ボードの耐久性 (Part1)」: 屋内外暴露試験 (鈴木滋彦)・促進劣化試験 (梶田 熙)・信頼性の評価 (林 知行) 第 2 回日本木材加工技術協会木質ボード部会講習会テキスト、p 48-97、1993
- ・「木質パネルの耐久性」: 屋内暴露試験 (川井秀一)・屋外暴露試験 (鈴木滋彦)・信頼性 (林 知行) 第 7 回日本木材加工技術協会木質ボード部会講習会テキスト、p 1-45、1997
- ・関野 登: 屋外暴露による各種木質ボードの材質劣化の特徴、岩大演報、29、39-54、1998
- ・池田正行、鈴木滋彦: 屋外暴露による各種木質ボードの材質劣化の特徴、静大演報、23、25-36、1999

- ・林 知行、宮武 敦、川井秀一：配向性ストランドボード（OSB）およびパーティクルボードの強度分布に及ぼす屋外暴露の影響、材料 **49**（4）、384-389、2000
- ・「木質パネルの耐久性」：耐久性評価における屋外暴露試験の位置付け（鈴木滋彦）・わが国における 10 年間の屋内外暴露による木質パネルの材質劣化（関野 登）・木質材料の耐久性を考える（林 知行）、第 11 回日本木材加工技術協会木質ボード部会シンポジウム、p 39-93、2002
- ・N. Sekino and S. Suzuki: Durability of Wood-based Panels Subjected to Ten-Year Outdoor Exposure in Japan, Proceedings from the 6th Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium, Portland, Oregon, USA, Vol.1 pp.323-332, 2002
- ・S. Suzuki and N. Sekino: Wet-Bending Test for Evaluating the Durability of Mat-Formed Panel Products, Proceedings from the 6th Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium, Portland, Oregon, USA, Vol.2 pp.409-417, 2002
- ・関野 登：各種木質パネルの特徴と耐久性、建築知識 4 月号、118、202-204、2003
- ・関野 登：木質ボードの屋内外暴露試験、木材工業、**58**、298-304、2003

7. 研究成果

- ・ 関野登ら：木質パネル第 2 次耐久性プロジェクト中間報告会、要旨集(2004)
- ・ 藤元嘉安、高麗秀昭、関野登、野上英孝、大橋一雄：木質パネルの耐久性評価（第 1 報）供試パネルの初期物性および板厚方向密度分布、第 55 回日本木材学会大会研究発表要旨集、55、100(2005)
- ・ 野上英孝、関野登、高麗秀昭、藤元嘉安、大橋一雄：各種市販木質パネルの釘接合性能（第 1 報）側面抵抗と貫通抵抗の相関および一面せん断性能との関係、第 55 回日本木材学会大会研究発表要旨集、55、100（2005）
- ・ 関野登、野上英孝、高麗秀昭、藤元嘉安、大橋一雄：各種市販木質パネルの釘接合性能（第 2 報）促進劣化試験処理による耐久性の評価、第 55 回日本木材学会大会研究発表要旨集、55、100（2005）
- ・ 高麗秀昭、関野登、野上英孝、藤元嘉安、大橋一雄：各種市販木質パネルの釘接合性能（第 3 報）釘めり込みによる接合性の変化、第 55 回日本木材学会大会研究発表要旨集、55、100（2005）

以上