

区分	受託研究
研究期間	平成30年度

平成 30 年度受託研究報告書

単板積層材の用途拡大に必要な耐久性
能に関するデータの整備

平成 31 年 3 月

地方独立行政法人北海道立総合研究機構

森林研究本部 林産試験場

目次

はじめに.....	1
1 LVL の耐朽性能に関する検討	2
1.1 目的	2
1.2 実験方法	2
1.2.1 屋外暴露試験	2
1.2.1.1 試験体の作製と設置.....	2
1.2.1.2 被害度の評価.....	3
1.2.2 実大寸法の LVL 等を用いた強制腐朽処理方法	4
1.2.2.1 試験体の作製.....	4
1.2.2.2 腐朽源ユニットの作成	4
1.2.2.3 強制腐朽処理.....	4
1.3 結果と考察	5
1.3.1 屋外暴露試験	5
1.3.2 強制腐朽処理試験	6
2 造膜形透明塗装による LVL の耐候性能の向上に関する検討	7
2.1 目的	7
2.2 実験方法	7
2.2.1 試験体の作製	7
2.2.2 屋外暴露試験	8
2.2.3 表面欠陥率の測定	9

2.2.4	塗装面の補修方法の検討	10
2.3	結果と考察	12
2.3.1	塗膜の劣化状況.....	12
2.3.2	塗装断面の劣化状態および補修処理.....	18
2.4	参考文献.....	21
3	含浸形透明塗装による LVL の変色抑制効果に関する検討.....	22
3.1	目的	22
3.2	実験方法.....	22
3.2.1	試験体の作製	22
3.2.2	屋外暴露試験	25
3.3	結果と考察	25
4	全体のまとめ	34

はじめに

単板積層材（LVL）は、製材や集成材に比べて強度のばらつきが少なく、寸法安定性が高いといった特徴がある。また、中小径木や曲がり材等も原料に用いることができるため、スギ、カラマツなど地域材の有効利用の点からも利用の増加が期待されている木質材料である。LVLの主な用途は構造材であるが、近年は建築物の屋外で利用したいという要望があるため、LVLの耐久性や簡易な処理による性能向上方法、LVLの意匠を活かした透明塗装仕上げに関する耐候性能の把握が必要とされている。また、LVLの日本農林規格に保存処理規定が追加されており、実大製品寸法の耐朽性評価方法の開発が求められている。このようにLVLの耐久性に関するさまざまなデータを蓄積することが求められている。

このような背景の中、林産試験場では、2010年から全国LVL協会からの受託研究として、LVLの耐候性能および耐朽性能に関する検討を進め、この中で屋外暴露試験によるLVLの耐候性能と耐朽性能の評価、および木材保存処理や塗料を用いた性能向上効果を検討してきた。また、2017年からは、実大寸法のLVLの強制腐朽処理を開始した。本研究では、これまでの受託研究において設置した試験体の評価を行い、さらなる知見の蓄積を目的とした。

1 LVL の耐朽性能に関する検討

1.1 目的

無処理の LVL および木材保護塗料で処理した LVL の屋外での耐朽性能を評価するため、林産試験場において屋外暴露試験を実施することとした。なお、被害度の調査は設置後 1 年毎に実施することとし、本受託研究では設置後 6 年目の調査を行った。また、未処理および保存処理 LVL の耐朽性能に関するデータを蓄積するため、実大寸法の LVL 等を用いた強制腐朽処理方法について検討を行った。

1.2 実験方法

1.2.1 屋外暴露試験

1.2.1.1 試験体の作製と設置

無処理のスギ LVL から $30 \times 30 \times 600$ (mm) の試験体を 100 体切り出した。切り出した試験体のうち 50 体を無処理 LVL とした。残りの 50 体は木材保護塗料（キシラデコール#103 チーク）を用いた表面処理（塗布量は 2 回の塗布で付着する量とした）を行い、これらを表面処理 LVL とした。それぞれの試験体 50 体のうち 10 体を暴露しない対照用とし、残り 40 体を林産試験場内にある暴露試験地に設置した。アースドリルを用いて林産試験場の暴露試験地の土壤に穴をあけたのち、試験体の中央（木口から 30 cm の位置）が地際と同じになるように垂直に設置した（図 1-1）。試験体は格子状に配置し、隣り合う試験体の距離は 50 cm とした。なお、比較のため無処理のスギ辺材についても同寸法の試験体を用意し設置した。



図 1-1 林産試験場屋外暴露試験地に設置した試験体

1.2.1.2 被害度の評価

所定期間経過後の試験体を抜き出し，地上部，地際部，地中部について，表 1-1 に示す基準に基づき被害度を調査した。

表 1-1 被害度の評価基準

被害度	試験体の状況
0	健全
1	部分的に軽度の腐朽
2	全面的に軽度の腐朽
3	2の状態の上に部分的に激しい腐朽
4	全面的に激しい腐朽
5	腐朽によって形が崩れる

1.2.2 実大寸法のLVL等を用いた強制腐朽処理方法

1.2.2.1 試験体の作製

断面寸法 105×105 (mm) の無処理のスギLVLから150 mmの長さで切り出したものを試験体とした。試験体は60℃で48時間乾燥した後、40℃の乾燥器内で約2時間静置し、直ちに重さを測定した。その後、使用するまで室温下で保管した。

1.2.2.2 腐朽源ユニットの作成

腐朽源ユニットには2種類の大きさのプラスチック製容器を用いた。外寸法が219×219×55 (mm) , および, 167×117×58 (mm) のプラスチック製容器を用いた腐朽源ユニットを用いたものを, それぞれ「腐朽源ユニット大」および「腐朽源ユニット小」と称した(図1-2)。腐朽源ユニット大には700mL, 小には560mLの寒天培地を用いた。これらの寒天培地上に, 約1週間プラスチックシャーレ内のPDA培地上で培養したオオウズラタケを接種し, 約2週間培養したものを強制腐朽処理に用いた。



図1-2 腐朽源ユニット小(左)および大(右)の上に設置した試験体の様子

1.2.2.3 強制腐朽処理

単板面が腐朽源ユニットに接触するような状態で試験体を各腐朽源ユニット上に置き, 腐朽源ユニット大の場合, 腐朽源ユニットと試験体をビニール袋に入れ, 袋の口にシリコセンを取り付けた。一方, 腐朽源ユニット小の場合, 通気性のあるフィルムで腐朽源ユニットと試験体を巻き, 2か所に通気用の穴を設けた。試験体を置いた腐朽源ユニット2個ずつを, 塩化カリウムの飽和塩水溶液の入った容器と共に, 密閉式のバックルコンテナに入れ, 蓋をした後, 26℃の恒温槽内に入れた。

13 カ月経過後、試験体を取り出し表面の菌糸を除去し、60℃のオーブンで1週間乾燥した。その後、40℃の乾燥器内に2時間静置した。次に、オーブン内の試験体を取り出し、直ちに重さ（W2）を測定した。試験前の重さ（W1）とW2から以下の式に従い質量減少率を算出した。

$$\text{質量減少率（\%）} = (W1 - W2) / W1 \times 100$$

1.3 結果と考察

1.3.1 屋外暴露試験

屋外に設置した試験体の様子を図 1-1 に示す。試験体の地際部の暴露後6年間の被害度の推移を図 1-3 に示す。無処理 LVL の被害度は、無処理のスギ辺材よりも低い傾向にあるものの、暴露後3～4年間で耐用年数（地際部の被害度が2.5）に達した後、その後さらに高い値となった。一方、表面処理 LVL は無処理 LVL よりも被害度が緩やかに上昇し、3～4年経過後では1程度、6年経過後でも2程度であった。この結果から、木材保護塗料の塗布により、腐朽の進行を遅らせることが可能であることが示された。

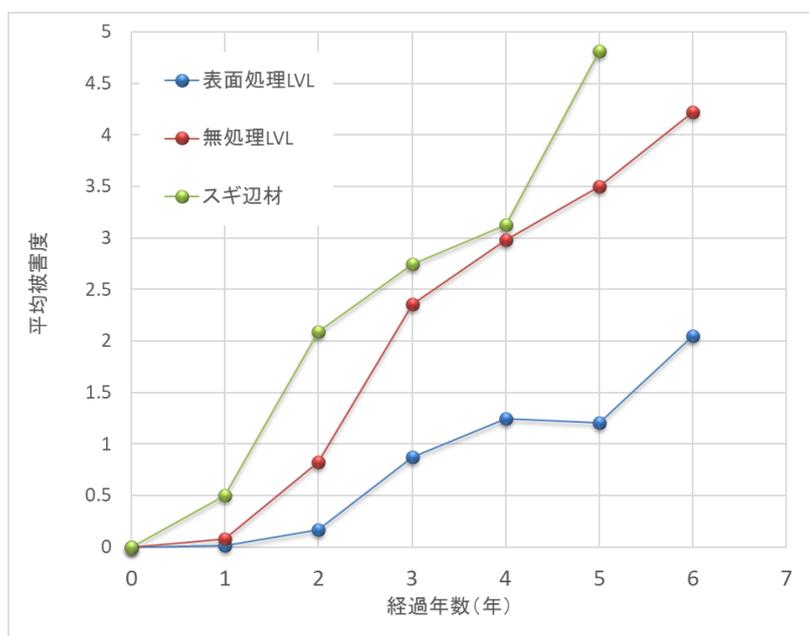


図 1-3 暴露試験体の地際部の平均被害度（基材：スギ）

1.3.2 強制腐朽処理試験

腐朽源ユニット大および小の上に設置した試験体（図 1-2）を 26℃のインキュベータ内で 13 カ月間静置した後，回収した。回収時の試験体の様子を図 1-4 に示す。試験体の質量減少率は腐朽源ユニット大に設置したもので 2.9%，小に設置したもので 2.2%と低い値を示した。また，腐朽菌は LVL が腐朽源ユニットに接触している側の一部に広がっているのみであったことから，試験体の一部においてしか腐朽が生じていないと考えられた。このことは，LVL の製造に使用したフェノール系接着剤のアルカリ成分が腐朽菌の生育を阻害したことによると考えられた。

実大断面を用いた強制腐朽試験においては，コントロールとして用いられる無処理 LVL が比較的短期間である程度腐朽することが望ましい。今後，腐朽菌の生育を阻害したと考えられる接着剤由来のアルカリ成分を除去する耐候操作などについて検討する必要があると考えられた。

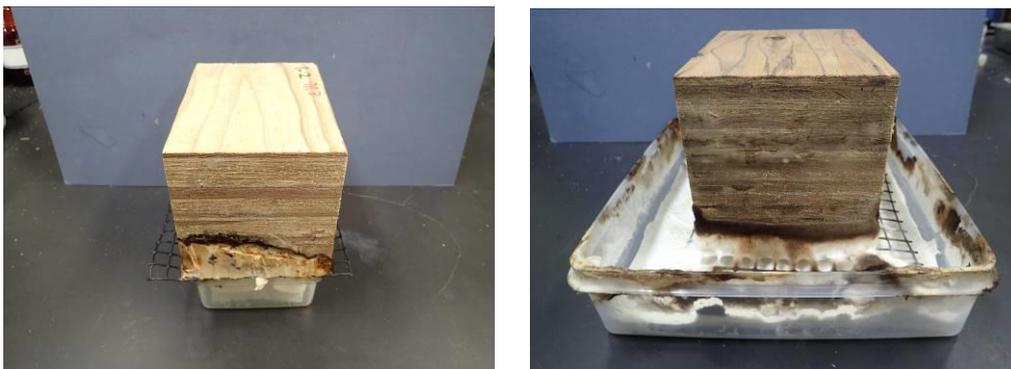


図 1-4 腐朽源ユニット小（左）および大（右）のに設置した試験体の回収時の様子

2 造膜形透明塗装による LVL の耐候性能の向上に関する検討

2.1 目的

LVL の主な用途は梁や柱などの軸材であるが、外装材等への利用も進められている。LVL の屋外利用を進める上で不安視されるのが、塗装後の耐候性能に関する問題である。塗装面を長期間に渡り健全な状態で維持するためには、隠ぺい性の高い着色顔料を多く含む塗料を用いることが必須である。しかし、LVL の持つ特徴的な意匠を活かして、透明塗装で仕上げたいという要望も多い。

そこで、LVL に適した透明塗料の選定および透明塗装された LVL の耐候性能の把握のため、2013 年から屋外暴露試験による耐候性評価を実施してきた。本年度は、5 年経過の暴露結果とともに、昨年回収した 4 年間の屋外暴露試験後の試験体を用いて、塗装面の補修方法に関する知見を蓄積することを目的とした。

2.2 実験方法

2.2.1 試験体の作製

塗装基材には、スギとカラマツの LVL (70×300×35mm) を用いた (図 2-1)。それぞれの木材について、単板面と積層接着面を暴露面 (70×300mm) に用いた。

表 2-1 に、試験に用いた塗料の概要を示す。試験体の一覧と各塗料の塗布量は表 2-2 に示した。塗装は刷毛塗りとし、各試片の全面を塗装した。塗料が乾燥した後、木口面は 2 液性のエポキシ樹脂を用いてシールした。

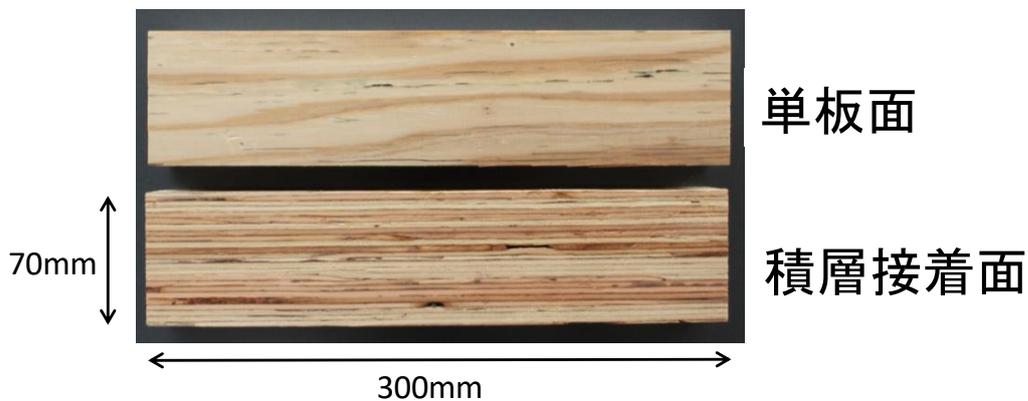


図 2-1 試験体の概要

表 2-1 使用した塗料

塗装記号	樹脂の種類	水系/有機溶剤系
K	アクリルシリコン	水系
S	アルキド	有機溶剤系
W	アクリルシリコン	水系
G	ウレタン	有機溶剤系
C	無塗装	

2.2.2 屋外暴露試験

屋外暴露試験は、北海道旭川市の林産試験場屋外暴露試験地で実施した。暴露角度は、0度、南向き45度、南向き90度とし、各暴露角度につき3体の試験体を暴露した（図2-2）。暴露は2013年12月から開始し、0度と南向き45度暴露の条件については、4年経過後（2017年12月）に回収した。南向き45度の条件については、暴露を継続しており、2018年12月に5年目の耐候性評価を実施した。



0度暴露



南向き45度暴露



南向き90度暴露

図 2-2 屋外暴露試験の様子

2.2.3 表面欠陥率の測定

試験体表面の両木口面 50 (mm) , および幅方向の 10 (mm) を除く 200×50 (mm) の範囲を, 10×10mm のマス目で 100 箇所に分け, 塗膜の割れや剥がれが生じたマス目の個数を計測して百分率で表した (図 2-3)。

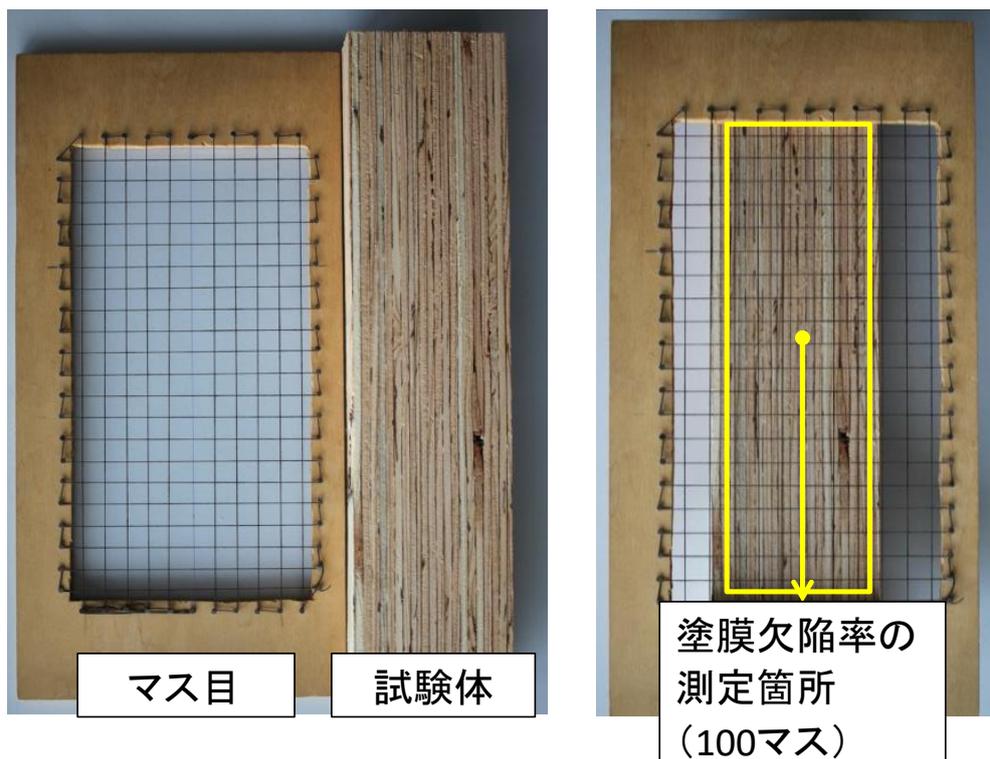


図 2-3 表面欠陥率の測定

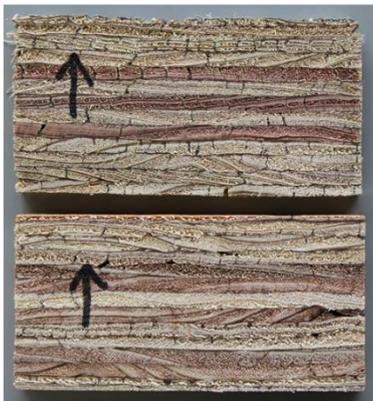
2.2.4 塗装面の補修方法の検討

南向き 45 度の条件で 4 年間の屋外暴露試験を実施した試験体を用いて、劣化した塗装面の補修方法を検討した。はじめに、暴露後の試験体を切り出し、断面の割れや変色状態について実体顕微鏡 (SMZ-U, NIKON) を用いて観察した (図 2-4)。次に、劣化した暴露面の補修を想定して、グラインダーを用いたサンディング処理 (G10VE : HiKOKI, トクマル J : H-GP-100TMJA 粒度 100) および植物種子殻の粉末を用いたブラスト処理 (MOK リバ工法, 大谷塗料) を実施した (図 2-5, 2-6)。

① 暴露後の試験体から 5mm 厚のサンプルを採取



② 試験体中央部の劣化状態を観察



屋外暴露4年後の断面
(上側が塗装面)

暴露前の断面

③ 実体顕微鏡による塗装断面の観察

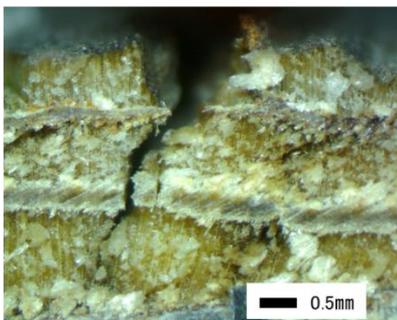


図 2-4 屋外暴露試験後の塗装断面の観察手順



図 2-5 ディスクグラインダーによるサンディング処理



図 2-6 植物種子殻の粉末を用いたブラスト処理

2.3 結果と考察

2.3.1 塗膜の劣化状況

表 2-2, 2-3 に屋外暴露 60 カ月間の表面欠陥率の変化を示す。併せて、図 2-7~2-10 に、南向き 90 度の暴露条件で 60 カ月間暴露した試験体の外観変化の一例を示す。なお、図中上段の塗料 K については、最も表面欠陥率が小さな値を示した塗料であり、中段の塗料 W については、本試験の中で最も早期に表面欠陥率が増加した塗料である。また、下段の写真は無塗装の試験体である。塗料 K (アクリルシリコン樹脂) については、塗布量約 500g/m² の条件において、スギ、カラマツともに表面欠陥率は数% 以下の値を示し、塗膜の劣化はほとんど観察されず耐候性能が高いことが明らかとなった。

既往の研究において、南向き 45 度の屋外暴露に伴う木材表面の浸食速度は、南向き 90 度での暴露条件と比較すると約 2 倍速くなることが報告されている¹⁾。また、隠蔽性の高い造膜形塗料を用いた事例では、両者の劣化速度は塗料の種類によって傾向は異なるものの、平均的には南向き 45 度の暴露条件での塗膜劣化は 90 度暴露と比較して平均すると 1.4 倍程度塗膜劣化が早くなると報告されている²⁾。本研究において、塗料 K (塗布量 500g/m²) の 45 度暴露条件下での表面欠陥率は、48 カ月 (4 年) 経過後もほとんど認められなかったことから、90 度暴露条件では、少なくとも 72 カ月 (6 年) より長い期間の耐用年数が得られると推測された。45 度暴露条件と 90 度暴露条件の劣化速度の差異を把握することは、今後新たな塗装仕様の屋外暴露試験を実施するにあたり重要な知見となることから、今後も屋外暴露試験を継続することが重要と考えられた。

表 2-2 スギ LVL における試験条件と屋外暴露 5 年間の表面欠陥率の変化

暴露面	塗装記号	塗布量 (g/m ²)	塗布回数 (回)	暴露角度	表面欠陥率(%)				
					12ヵ月後	24ヵ月後	36ヵ月後	48ヵ月後	60ヵ月後
単板面	K	498	3	O度	0	0	0	0	-
				南向き45度	0	0	3	4	-
				南向き90度	0	0	0	0	0
	K	304	2	O度	0	46	67	67	-
				南向き45度	2	10	28	58	-
				南向き90度	0	2	8	10	34
	S	300	2	O度	3	100	100	100	-
				南向き45度	18	76	88	100	-
				南向き90度	7	19	31	45	86
	W	299	2	O度	100	100	100	100	-
				南向き45度	100	100	100	100	-
				南向き90度	3	16	47	58	73
	G	496	6	O度	1	13	37	82	-
				南向き45度	0	0	4	18	-
				南向き90度	0	0	1	2	32
	G	306	4	O度	1	32	42	100	-
				南向き45度	0	9	33	92	-
				南向き90度	0	2	9	9	10
積層接着面	K	500	3	O度	0	0	0	1	-
				南向き45度	0	0	0	0	-
				南向き90度	0	0	2	2	2
	K	309	2	O度	0	0	1	2	-
				南向き45度	0	1	12	19	-
				南向き90度	0	0	1	1	1
	S	299	2	O度	8	75	100	100	-
				南向き45度	30	89	100	100	-
				南向き90度	0	9	25	35	53
	W	299	2	O度	100	100	100	100	-
				南向き45度	100	100	100	100	-
				南向き90度	6	62	97	100	100
	G	495	6	O度	0	3	8	51	-
				南向き45度	0	3	13	23	-
				南向き90度	0	0	2	2	7
	G	306	4	O度	0	20	83	100	-
				南向き45度	1	21	52	93	-
				南向き90度	0	1	6	7	23

表 2-3 カラマツ LVL における試験条件と屋外暴露 5 年間の表面欠陥率の変化

暴露面	塗装記号	塗布量 (g/m ²)	塗布回数 (回)	暴露角度	表面欠陥率(%)				
					12ヵ月後	24ヵ月後	36ヵ月後	48ヵ月後	60ヵ月後
単板面	K	499	3	O度	0	0	0	0	-
				南向き45度	0	0	0	1	-
				南向き90度	0	0	0	0	3
	K	304	2	O度	0	0	2	11	-
				南向き45度	0	3	12	25	-
				南向き90度	0	0	0	1	2
	S	300	2	O度	10	53	100	100	-
				南向き45度	10	22	57	100	-
				南向き90度	15	65	71	74	92
	W	298	2	O度	54	80	100	100	-
				南向き45度	100	100	100	100	-
				南向き90度	51	63	73	80	83
	G	495	6	O度	1	16	37	45	-
				南向き45度	5	21	27	34	-
				南向き90度	0	0	0	0	9
	G	306	4	O度	0	0	13	22	-
				南向き45度	0	0	13	34	-
				南向き90度	0	0	0	0	6
積層接着面	K	500	3	O度	0	0	0	0	-
				南向き45度	0	0	0	0	-
				南向き90度	0	0	0	0	0
	K	302	2	O度	0	0	9	27	-
				南向き45度	0	2	10	13	-
				南向き90度	0	0	1	0	3
	S	300	2	O度	40	96	100	100	-
				南向き45度	57	93	99	100	-
				南向き90度	0	14	29	36	52
	W	298	2	O度	100	100	100	100	-
				南向き45度	100	100	100	100	-
				南向き90度	2	30	64	68	81
	G	495	6	O度	5	23	43	78	-
				南向き45度	1	11	22	30	-
				南向き90度	0	1	6	6	22
	G	306	4	O度	16	52	84	96	-
				南向き45度	10	42	82	98	-
				南向き90度	0	3	5	7	9

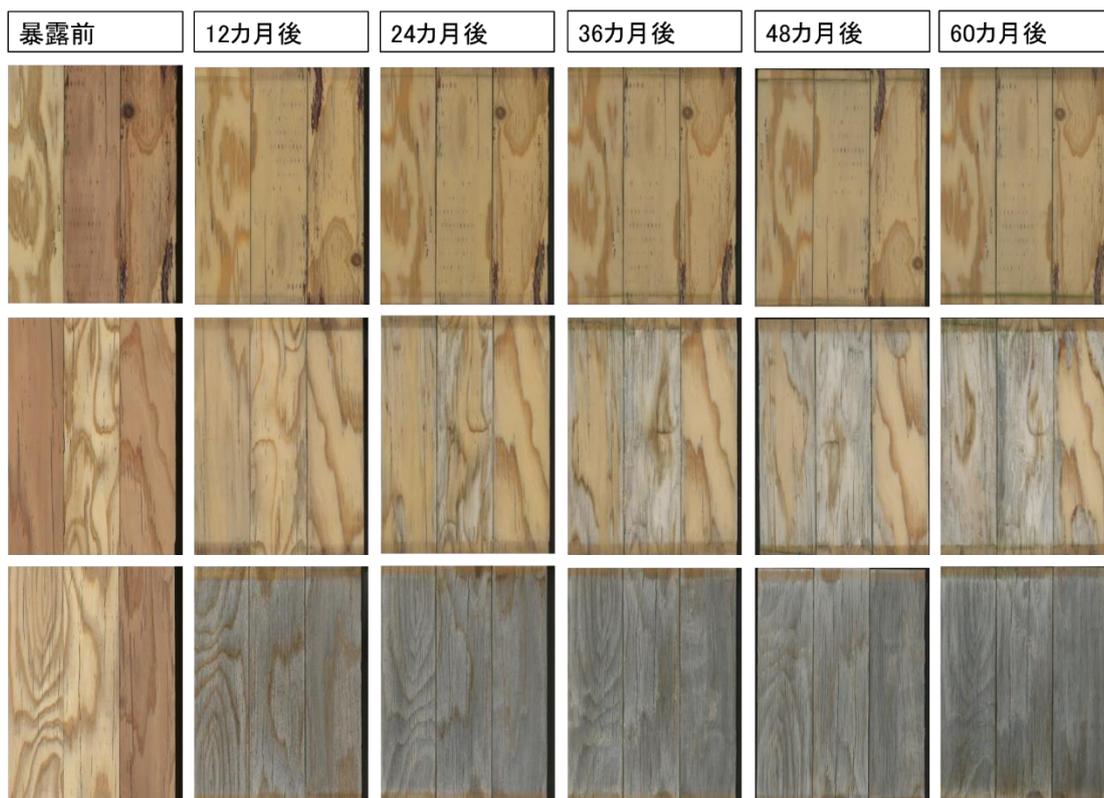


図 2-7 南向き 90 度暴露条件で 60 カ月間暴露したスギ LVL の単板面の塗装面の変化

上段: 塗料 K 塗布量 498 g/m^2

中段: 塗料 W 塗布量 299 g/m^2

下段: 無塗装



図 2-8 南向き 90 度暴露条件で 60 カ月間暴露したスギ LVL の積層接着面の塗装面の変化

上段: 塗料 K 塗布量 500 g/m^2

中段: 塗料 W 塗布量 299 g/m^2

下段: 無塗装

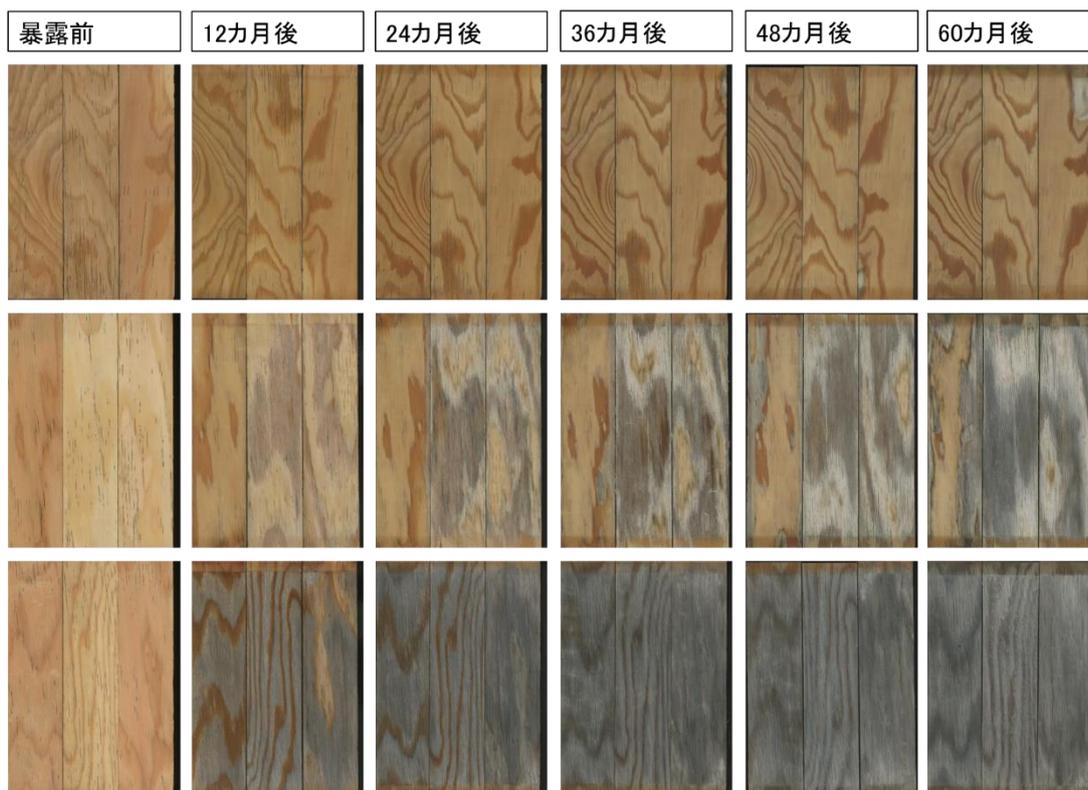


図 2-9 南向き 90 度暴露条件で 60 カ月間暴露したカラマツ LVL の単板面の塗装面の変化

上段: 塗料 K 塗布量 499 g/m^2

中段: 塗料 W 塗布量 299 g/m^2

下段: 無塗装

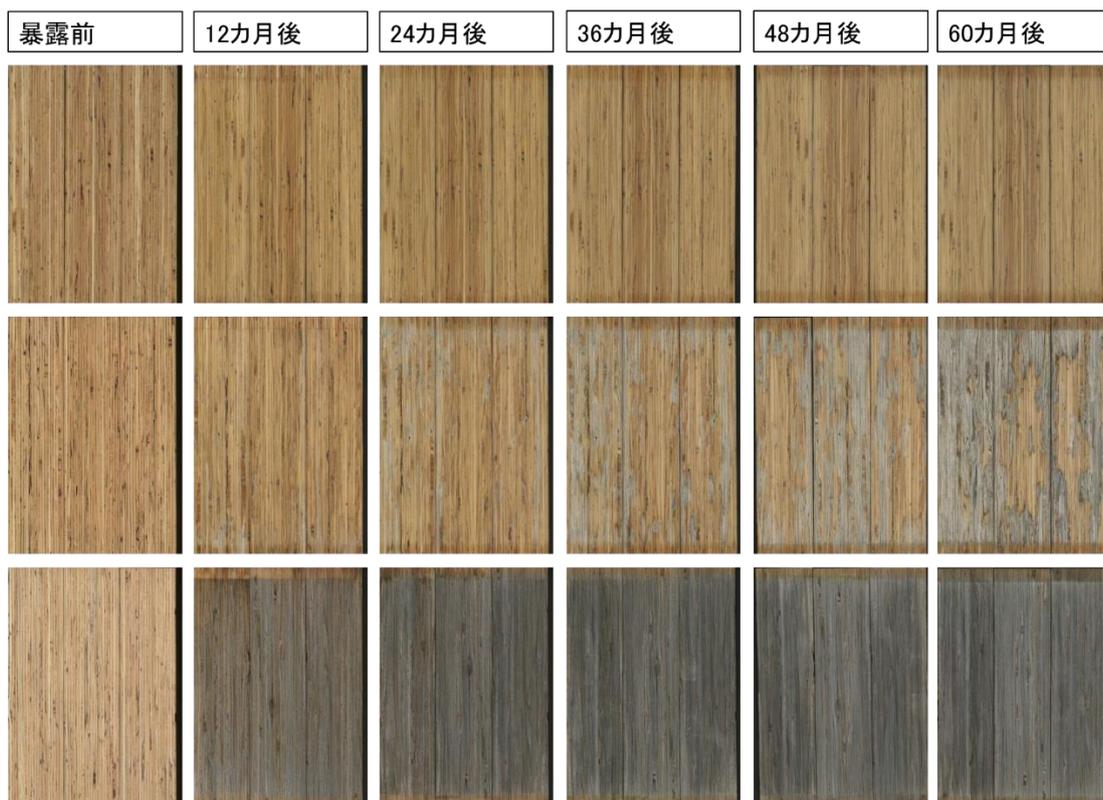


図 2-10 南向き 90 度暴露条件で 60 カ月間暴露したカラマツ LVL の積層接着面の塗装面の変化

上段: 塗料 K 塗布量 500 g/m^2

中段: 塗料 W 塗布量 298 g/m^2

下段: 無塗装

2.3.2 塗装断面の劣化状態および補修処理

南向き 45 度の暴露条件で 48 カ月間屋外暴露を行った試験体を切り出し内部の劣化状態を目視により観察した結果、すべての塗装条件において、LVL 内部には変色や腐朽などは観察されなかった。塗膜劣化が大きかった塗料や無塗装の試験体についても、割れや変色の影響は表層から数mm程度に留まっていた（図 2-11 中段と下段）。塗膜劣化がほとんど観察されなかった塗料 K では、塗膜下の木部の割れや変色も観察されなかった（図 2-11 上段）。これらの観察結果から、劣化した塗装面の補修に際しては、劣化が生じた表層のみ削り取ることによって補修可能であると考えられた。

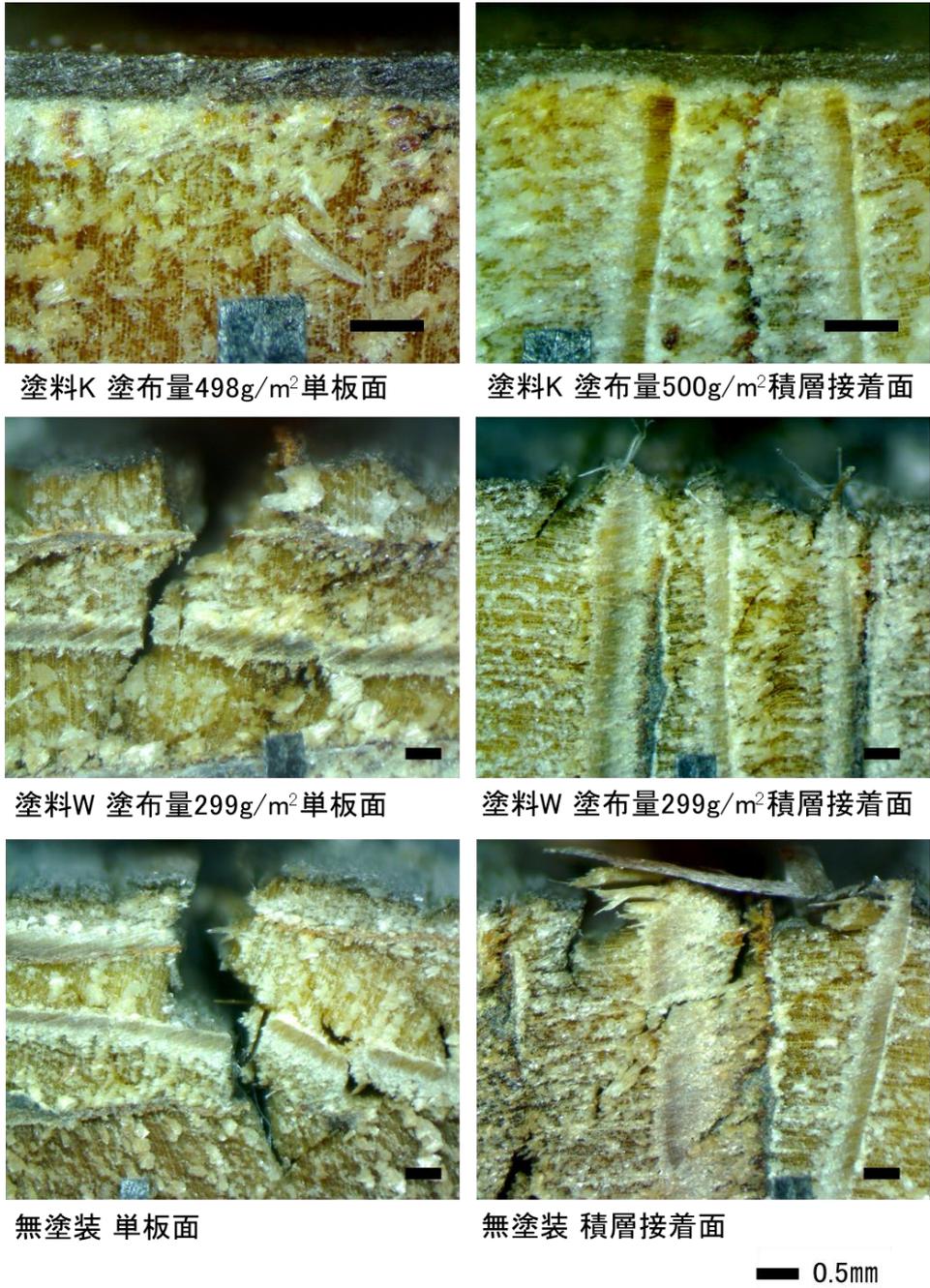


図 2-11 スギ LVL における塗装断面の割れの一例

サンディングおよびブラスト処理前後の一例を図 2-12、2-13 に示す。両処理ともに灰色に変色した表層を削りとることが可能であったが、仕上がり後の表面性状は大きく異なり、サンディング処理では平滑な表面となる一方で、ブラスト処理では浮造り状の表面となった。作業性に関しては、ブラスト処

理はサンディング処理より速やかに表面を削りとることが可能であり，また研磨に伴う騒音もほとんど発生しないことが特徴として挙げられた。

実際の建築物における塗装面の補修作業では，作業時の周辺環境，再塗装に使用する塗料の種類などさまざまな状況変化が考えられるため，ここで用いた処理間の優劣は判断できないが，塗装面に劣化が生じて表面を研磨することで元の状態に復元して利用できることが明らかになった。



スギLVL 単板面 塗料W



スギLVL 積層接着面 塗料W

図 2-12 サンディング処理前後の外観の一例



スギLVL 単板面 塗料W



スギLVL 積層接着面 塗料W

図 2-13 ブラスト処理前後の外観の一例

2.4 参考文献

- 1) Williams R. S., Knaebe M. T., Evans J. W., Feist W. C., Erosion rates of wood during natural weathering. PartⅢ.Effect of exposure angle on erosion rate, Wood and Fiber Science, 33(1), 50-57(2001).
- 2) Kropf, F. W., Sell J., Feist W. C., Comparative weathering tests of North American and European exterior wood finishes, Forest Products Journal, 44(10), 33-41(1994).

3 含浸形透明塗装による LVL の変色抑制効果に関する検討

3.1 目的

前項では、LVL の持つ意匠性を維持しつつも、可能な限り耐候性能を高めることを目的として、造膜形の透明塗装を用いたときの耐候性能を検討した。木部用透明系塗料には造膜形塗料とともに、塗膜形成が目立たない含浸形塗料も市販されている。含浸形透明塗装では、LVL の表面の変色や劣化を長期間維持することは難しいが、塗膜の形成が目立たないことから、LVL 表面の質感は損なわれにくい。また塗装を施さない未処理の状態を利用するよりは耐水性等が向上し変色抑制効果が維持されると期待されるが、これら塗料の測定例がほとんどないため、変色抑制効果の性能把握が求められている。

そこで本項では、含浸形塗料や撥水剤（ここでは、撥水剤も含浸形塗料の一部として扱う）といった塗膜形成が目立たない塗料を用いたときの変色抑制効果、塗装面の劣化形態を把握するための屋外暴露試験を実施した。なお、最終的には、これらの透明塗装を使用したときに生じる変色や表面の劣化の状態が使用者が設計段階で把握でき、補修時期や補修方法をイメージ可能な技術資料をまとめることを目的としている。

3.2 実験方法

3.2.1 試験体の作製

塗装基材には、スギ、カラマツ、ラジアータパインの LVL (70×300×35mm) を用いた。それぞれの LVL について、第 2 章と同様に単板面と積層接着面を暴露面 (70×300mm) として用いた (図 2-1 参照)。

表 3-1 に、試験に用いた塗料の一覧を示す。また、表 3-2 に、塗布量を示す。撥水剤に分類した塗料の中で、防カビ剤等を含有していない塗料については、防腐・防蟻・防カビ剤 (有効成分：チアメトキサム、シプロコナゾール、チアベンダゾール) を塗布した後に、各種撥水剤を塗布した。塗装は刷毛塗りとし、各試片の暴露面と側面を塗装した。塗装後、木口面は合成樹脂塗料 (2 液性、ウレタン樹脂) を用いて塗装した (木口からの吸水を防ぐため)。

表 3-1 使用した塗料の概要と塗装仕様

塗装記号	水系/有機溶剤系	製品の種類 ¹⁾	色	木部処理剤の有無 ²⁾ (防腐・防蟻・防カビ剤)	塗装条件	
					塗布回数 下塗り	塗布回数 上塗り
1	有機溶剤系	撥水剤	クリア	○	-	2
2	水系	撥水剤	クリア	○	-	2
3	水系	撥水剤	クリア	○	-	2
4	水系	撥水剤	クリア	○	-	2
5	水系	撥水剤	クリア	-	1	1
6	水系	撥水剤	クリア	-	1	1
7	水系	撥水剤	クリア	-	-	2
8	有機溶剤系	含浸形塗料	クリア	-	-	2
9	有機溶剤系	含浸形塗料	クリア	-	-	2
10	水系	含浸形塗料	クリア	-	-	2
11	水系	含浸形塗料	クリア	-	-	2
12	-	-	-	-	-	-

1) 撥水剤と含浸形塗料の分類は、メーカーの資料に基づいた。

2) 5～11については、防腐・防蟻・防カビ剤等の配合が確認されたため、木部処理は行わなかった。

3) 12は無塗装の試験体

表 3-2 各試験体の塗布量

基材	暴露面	塗装記号	塗布量 (g/m ²)		
			木部処理剤	塗料	
				下塗り	上塗り
カラマツ	単板面	1	262	-	201
	積層接着面	1	235	-	177
スギ	単板面	1	263	-	192
	積層接着面	1	263	-	179
ラジアータ	単板面	1	238	-	190
	積層接着面	1	238	-	190
カラマツ	単板面	2	254	-	209
	積層接着面	2	236	-	187
スギ	単板面	2	243	-	178
	積層接着面	2	237	-	167
ラジアータ	単板面	2	238	-	182
	積層接着面	2	238	-	173
カラマツ	単板面	3	257	-	115
	積層接着面	3	250	-	105
スギ	単板面	3	262	-	107
	積層接着面	3	257	-	102
ラジアータ	単板面	3	238	-	190
	積層接着面	3	238	-	167
カラマツ	単板面	4	263	-	239
	積層接着面	4	260	-	223
スギ	単板面	4	270	-	261
	積層接着面	4	270	-	219
ラジアータ	単板面	4	238	-	214
	積層接着面	4	238	-	167
カラマツ	単板面	5	-	104	84
	積層接着面	5	-	94	77
スギ	単板面	5	-	96	77
	積層接着面	5	-	105	78
ラジアータ	単板面	5	-	95	86
	積層接着面	5	-	95	86
カラマツ	単板面	6	-	105	111
	積層接着面	6	-	106	107
スギ	単板面	6	-	123	134
	積層接着面	6	-	126	120
ラジアータ	単板面	6	-	119	119
	積層接着面	6	-	119	119
カラマツ	単板面	7	-	-	233
	積層接着面	7	-	-	211
スギ	単板面	7	-	-	194
	積層接着面	7	-	-	194
ラジアータ	単板面	7	-	-	186
	積層接着面	7	-	-	183
カラマツ	単板面	8	-	-	187
	積層接着面	8	-	-	182
スギ	単板面	8	-	-	173
	積層接着面	8	-	-	170
ラジアータ	単板面	8	-	-	168
	積層接着面	8	-	-	165
カラマツ	単板面	9	-	-	179
	積層接着面	9	-	-	176
スギ	単板面	9	-	-	176
	積層接着面	9	-	-	170
ラジアータ	単板面	9	-	-	171
	積層接着面	9	-	-	175
カラマツ	単板面	10	-	-	181
	積層接着面	10	-	-	180
スギ	単板面	10	-	-	177
	積層接着面	10	-	-	175
ラジアータ	単板面	10	-	-	171
	積層接着面	10	-	-	171
カラマツ	単板面	11	-	-	178
	積層接着面	11	-	-	179
スギ	単板面	11	-	-	193
	積層接着面	11	-	-	187
ラジアータ	単板面	11	-	-	180
	積層接着面	11	-	-	180

3.2.2 屋外暴露試験

屋外暴露試験は、北海道旭川市の林産試験場屋外暴露試験地で実施した。スギとカラマツ LVL の屋外暴露は、2017 年 10 月に開始した。ラジアータパイン LVL の屋外暴露は、2018 年 10 月に開始した。暴露角度は南向き 45 度、南向き 90 度とし、各暴露角度につき 3 体の試験体を暴露した（図 3-1）。



図 3-1 屋外暴露試験の様子（左：南向き 45 度暴露，右：南向き 90 度暴露）

3.3 結果と考察

図 3-2、3-3 に、スギとカラマツ LVL の屋外暴露 12 カ月間の色差変化を示す。また、外観の変化を図 3-4～図 3-7 に示す。ラジアータパインの LVL については、本年度から屋外暴露試験を開始したため、評価は次年度から開始する。全体的に、45 度暴露条件下の色差変化は 90 度での暴露条件下よりも小さくなった。この理由として、日射の影響が大きいことと水分が滞留しやすいことが考えられた。45 度暴露条件下における 12 カ月経過後の色差値を比較すると、撥水剤を使用した塗装記号 1 から 7 では、塗装記号 12（無塗装）と同程度もしくは無塗装よりも大きな色差変化を示す場合もあった。塗装記号 5 については、暴露面に高密度のカビ汚染が確認され、全体的に色差値が高い値を示すとともに、無塗装試験体よりも濃い灰色となった。含浸形塗料を用いて塗布した塗装記号 8～11 については、無塗装よりも色差値が小さくなる結果が得られた。しかし、撥水剤を用いた場合と比較して、塗装記号 11 のように不均一な変色を示す場合もあった（図 3-8）。塗装記号 8 の試験体については、全体的に色差値も小さいことに加えて、外観上の変化もほとんどなく、今回用いた含浸形塗料の中では変色抑制効果が高いこ

とが明らかになった（図 3-9）。また、この塗料については、暴露面のカビ汚染が小さいことも特徴として挙げられた。

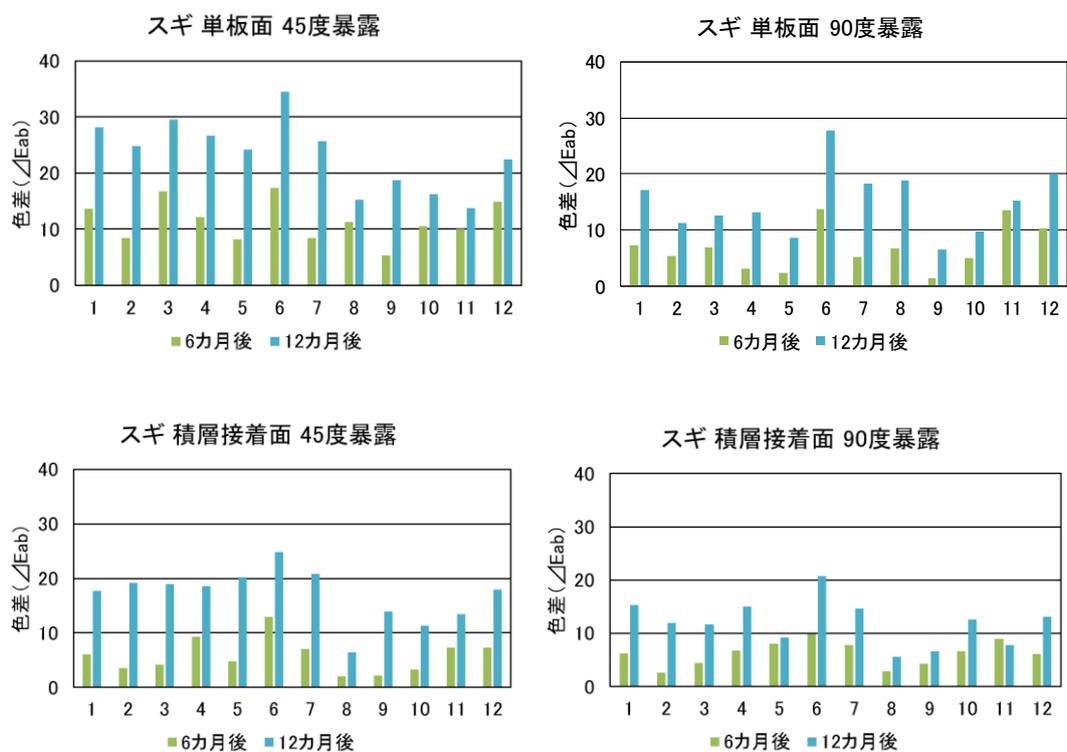


図 3-2 スギ LVL における屋外暴露 12 カ月間の色差変化（図中の数字は塗装記号を示す）

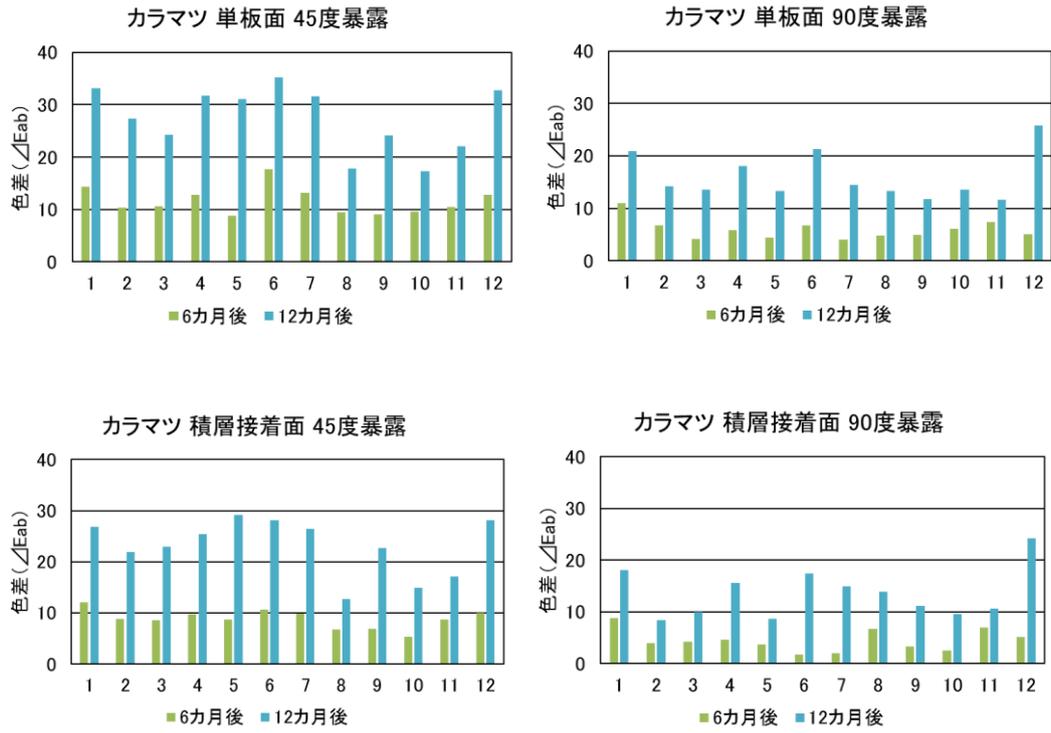


図 3-3 カラマツ LVL における屋外暴露 12 カ月間の色差変化（図中の数字は塗装記号を示す）

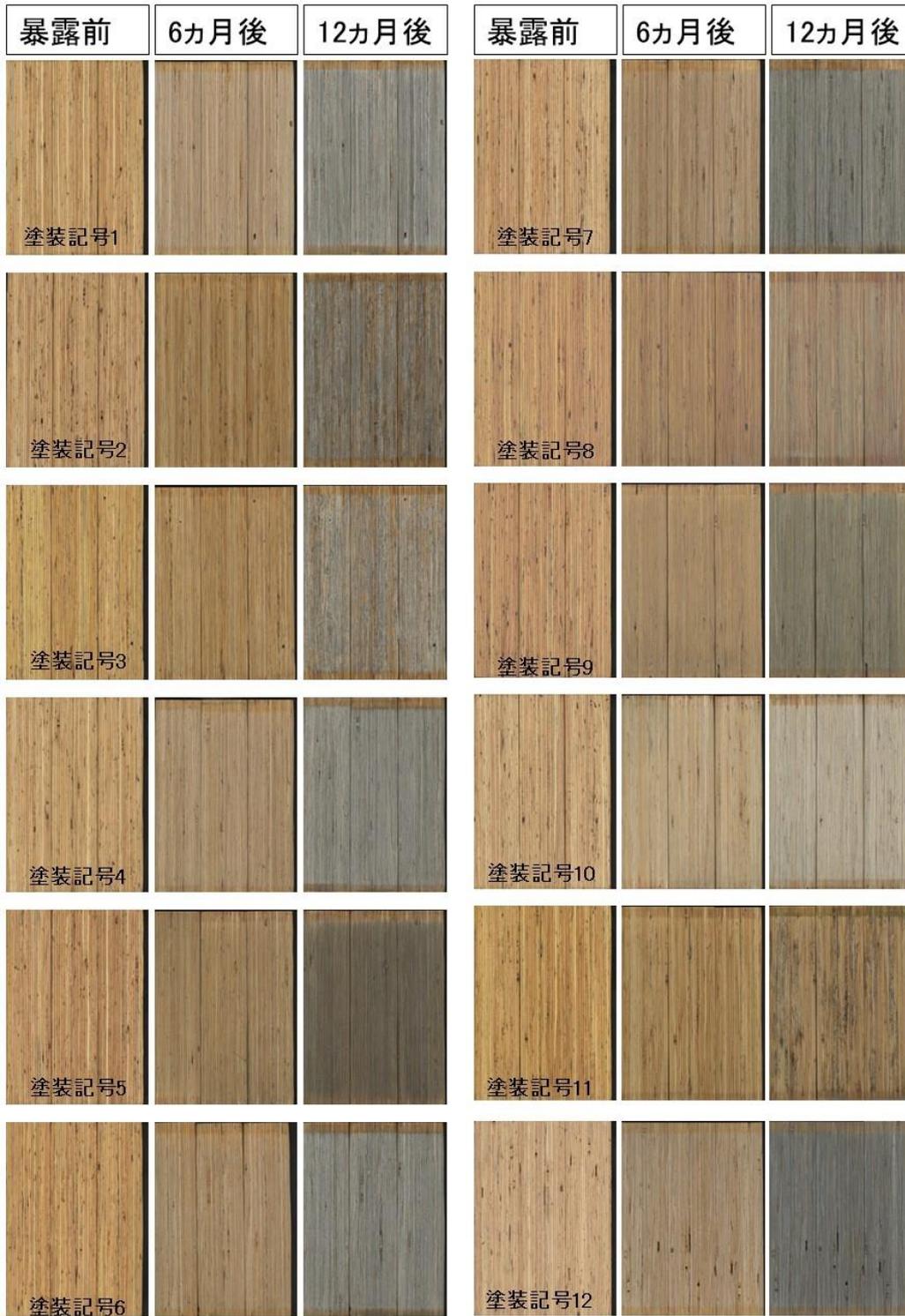


図 3-4 カラマツ LVL における屋外暴露 12 カ月間の外観変化（暴露面：積層接着面）



図 3-5 カラマツ LVL における屋外暴露 12 カ月間の外観変化（暴露面：単板面）

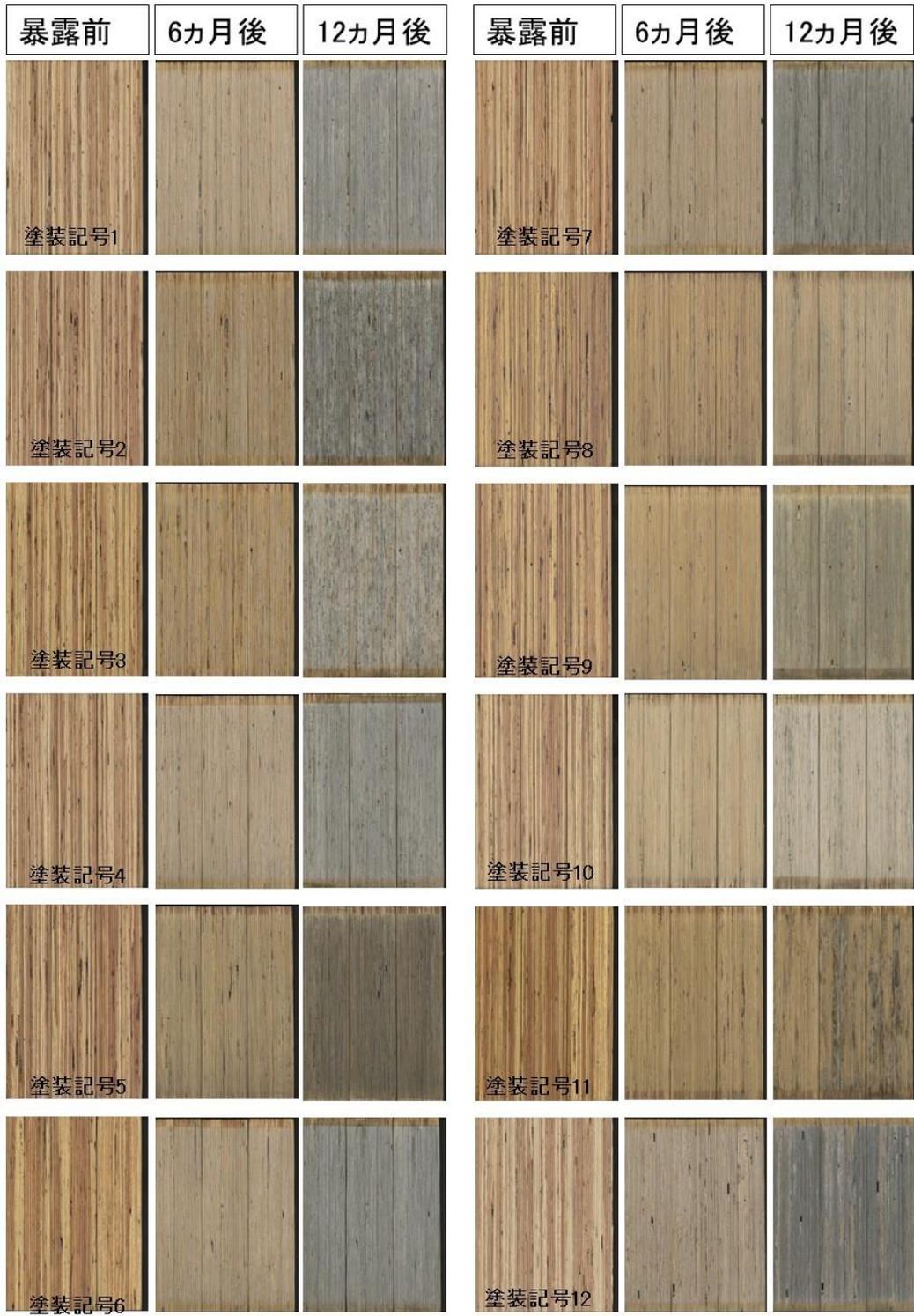


図 3-6 スギ LVL における屋外暴露 12 カ月間の外観変化（暴露面：積層接着面）



図 3-7 スギ LVL における屋外暴露 12 カ月間の外観変化（暴露面：単板面）

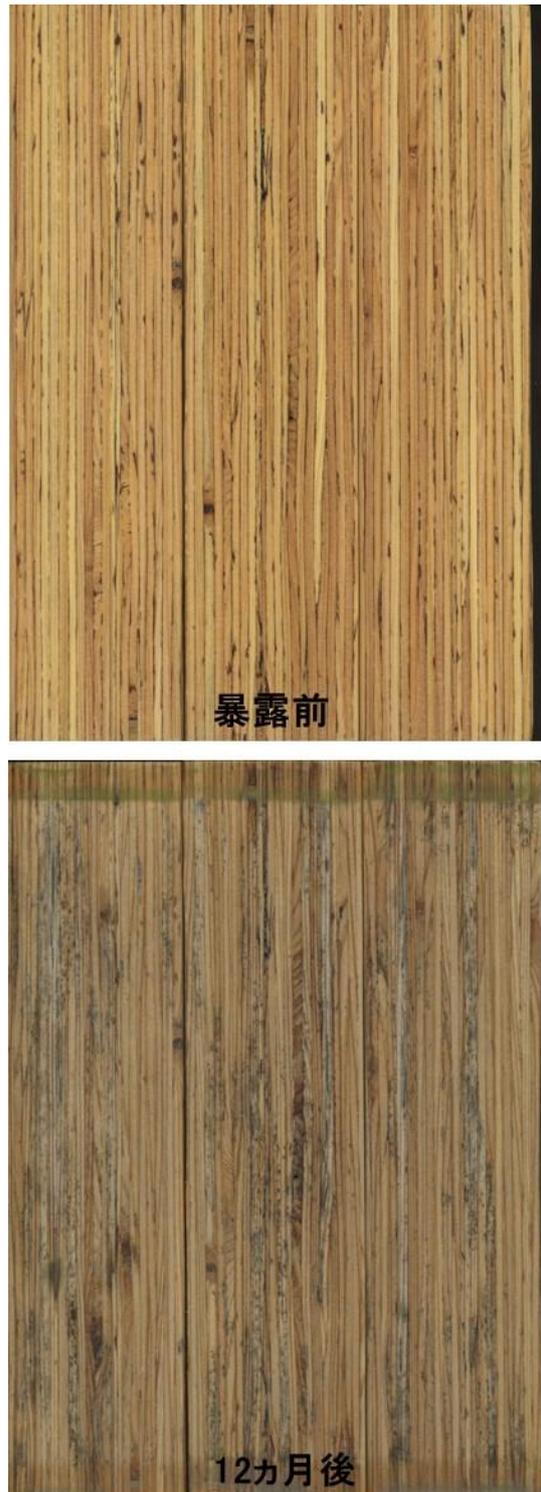


図 3-8 カラマツ LVL の屋外暴露試験前後の拡大写真（塗装記号 11, 45 度暴露）

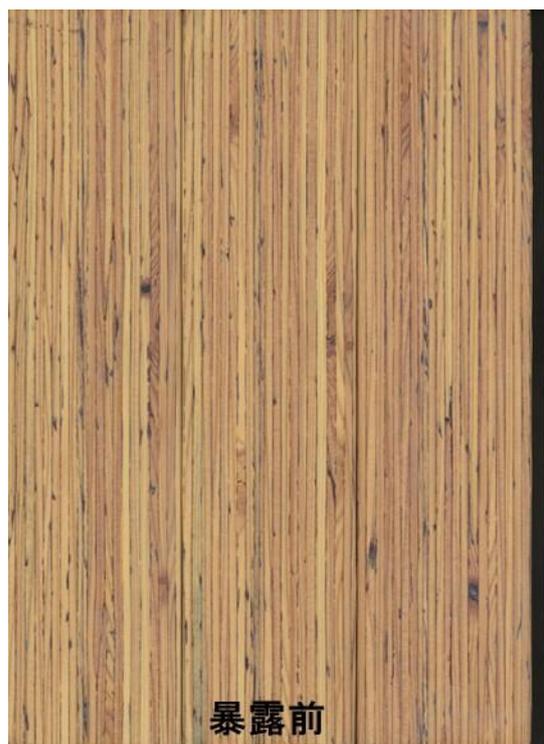


図 3-9 カラマツ LVL の屋外暴露試験前後の拡大写真（塗料 8, 45 度暴露）

4 全体のまとめ

LVL の屋外利用用途拡大に向け、LVL の耐候性能および耐朽性能に関するデータの蓄積を図るために各種暴露試験を実施した。

屋外暴露試験 6 年間の結果から、木材保護塗料による表面処理は、腐朽の進行を抑制する効果があることを明らかにした。

製品寸法の LVL の耐朽性能を把握するため、腐朽源ユニットを用いた強制腐朽処理を実施した結果、13 カ月間の処理でも腐朽がほとんど進行せず、フェノール系の接着剤のアルカリ成分が腐朽の生育を阻害している可能性が示唆された。次年度からは、強制腐朽処理を実施する前に試験体中のアルカリ成分の除去を目的とした耐候操作を実施し、腐朽への影響を検討する。

造膜形透明塗料による塗装は、南向き 90 度の暴露条件で屋外暴露試験 5 年間を経過しても塗膜の欠陥が発生しない塗装仕様もあることを明らかにした。

南向き 45 度暴露の条件で 4 年間の屋外暴露試験を実施した試験体を用いて、塗装面の補修方法を検討した結果、劣化は表層のみにとどまっており、サンディング処理やブラスト処理を用いて表層を削り取ることで、元の状態に復元可能であることを明らかにした。

透明系の撥水剤や含浸形塗料の変色抑制効果を調べるための屋外暴露試験を実施し、屋外暴露 12 カ月間までの劣化傾向を調べた結果、撥水剤では、無塗装と同程度かそれ以上の色差変化を示し、カビ汚染が顕著に発生する場合も存在した。含浸形塗料については、塗料の種類によって、変色抑制効果が高いものや、塗装面の劣化むらが大きく現れる塗料も存在することを明らかにした。

研究担当者

地方独立行政法人北海道立総合研究機構 森林研究本部 林産試験場

性能部 保存グループ 研究主任 伊佐治 信一

主査 宮内 輝久

研究職員 渋井 宏美

技術部 生産技術グループ 専門研究員 平林 靖