

木材接着の科学

作野友康・高谷政広 編
梅村研二・藤井一郎



海青社

木材接着の科学

作野友康・高谷政広 編
梅村研二・藤井一郎



集成材をふんだんに使った日南町庁舎全景(鳥取県日南町提供)



海青社



集成材建造物① スポーツセンター
(日本集成材工業協同組合 (株)中東提供)

集成材建造物② ドーム建築
(日本集成材工業協同組合
齋藤木材工業(株)提供)



集成材・LVL 建造物③ (株)オーシカ中央研究所ロビー(株式会社オーシカ提供)



集成材建造物④ 建築中
(㈱オーシカ提供)

集成材建造物⑤ 波野木橋
(日本集成材工業協同組合
山佐木材㈱提供)



集成材建造物⑥ 南江戸公園連絡歩道橋(日本集成材工業協同組合 齋藤木材工業㈱提供)



J パネル落とし込み施工作業(上)
J パネル(挽き板三層クロス構造) (左)
(協同組合レングス提供)



J パネル施工住宅(協同組合レングス提供)



スギ単板積層材 (LVL) 製品 (左、下)
(株)オロチ提供)



LVLを使ったユニークなベンチ
(上: 谷田佳子 作、右: 河崎佑佳 作)
(鳥取短期大学 生活学科 住居デザイン専攻提供)





縦継ぎ接着した針葉樹単板



針葉樹合板



北欧材集成材

上:レッドウッド(アカマツ)

下:ホワイトウッド(スプルース)



パーティクルボード



スプレッター（ロールコーター）による接着剤の塗布状況（㈱オーシカ提供）



パーティクルボード用連続プレス機（Dieffenbacher 社プレス機、日本ノボパン工業㈱提供）

執筆者紹介 (50 音順)

*：編集委員、[]：編集担当、()：執筆担当

UOZAKI Takashi	魚崎 剛志	(第5章 第6節)
		コニシ(株) 研究開発本部 大阪研究所 研究開発第3部 第1グループ
UMEMURA Kenji	*梅村 研二	[第2、3章] (第2章 第3節、第3章 第2、3節、第5章 第1、5節)
		京都大学生存圏研究所 循環材料創成分野 助教
OZAKI Shoichi	尾崎 章一	(第5章 第3節)
		(株)オーシカ 中央研究所 研究開発部 第2研究グループ 主任研究員
KANESHIRO Kenji	兼城 健司	(参考資料)
		(株)オーシカ 中央研究所 研究開発部 第2研究グループ 技術主任
KOMATSU Hitoshi	小松 均	(第5章 第8節)
		(株)オーシカ 中央研究所 研究開発部 第2研究グループ 技術主任
SAIGAN Yuki	西願 雄貴	(第2章 第2節)
		(株)オーシカ 中央研究所 研究開発部 第1研究グループ 主任研究員
SAKUNO Tomoyasu	*作野 友康	[第1、4章] (第1章 第1、2節、第3章 第1、4節)
		鳥取大学名誉教授
SUZUKI Shigehiko	鈴木 滋彦	(第4章 第2節)
		静岡大学農学部環境森林科学科 教授
TAKATANI Masahiro	*高谷 政広	[第1、4、6章] (第1章 第3節、第4章 第1節、第5章 第7節)
		近畿大学農学部バイオサイエンス学科 教授
TAKAHASHI Hideaki	高橋 英明	(第5章 第5節)
		ホクシン(株)技術開発部 部長
TOHMURA Shin-ichiro	塔村 真一郎	(第2章 第1節)
		(独)森林総合研究所 複合材料研究領域 木材接着担当チーム長
HATANO Yasunori	秦野 恭典	(第6章 第2節)
		(独)森林総合研究所 複合材料研究領域 領域長
HATTORI Kazuo	服部 和生	(第5章 第4節)
		日本ノボパン工業(株) 営業本部 営業企画グループ マネージャー
FUJII Ichiro	*藤井 一郎	[第5章]
		(株)オーシカ 中央研究所 所長
MIYAMOTO Kota	宮本 康太	(第6章 第1節)
		(独)森林総合研究所 複合材料研究領域 積層接着研究室 主任研究員
YOKOYAMA Yasuhiro	横山 泰洋	(第5章 第2節)
		(株)オーシカ 中央研究所 研究開発部 第1研究グループ 技術主任

まえがき

今日の木材および木質材料製品の多くが接着加工されたものであり、それらの製品の諸性能は使用される接着剤および接着加工技術の開発・進歩によって、著しく向上してきた。ところが、被着材となる木材は世界各地から輸入された材が多くなって、それらの材質や性状が接着におよぼす影響も複雑になってきている。また、木材と他材料との複合化も一層進んで、それらに伴う新たな接着技術と対応すべき接着剤の開発、改良がなされることとなってきた。しかしながら、当初は接着力や耐久性に関する性能向上に主として力点をおいた開発であったために、接着加工された諸材料の生活環境や製造現場周辺の環境への配慮などが極めて不十分であった。そのため、環境汚染や健康問題を引き起こす原因となってきた、それらに十分な配慮をしなければならなくなってきた。さらに、最近では建築物の解体によって排出される廃材の処理と再資源化・再利用化が厳しく問われ、それらに対処しなければならなくなってきた、これらのことに対する接着加工技術と接着剤の対応が急務となってきた、新たな展開を必要としてきている。

このような背景のもとに今日、木材の接着に関する知識と情報を総合的にまとめた出版物が求められている折から、編集者一同が相はかって本書を刊行することとなった。これまで、木材の接着に関する書籍としては、合板を初め木材の接着加工工業が急激な発展を遂げつつある 1960 年代に出版された『木材の接着と接着剤』（森北出版刊）が、当時の木材工業関係者にとってとても有益で貴重な参考書となった。その後、1980 年代出版の『木材の接着』（日本木材加工技術協会刊）、1990 年代の『木材の接着・接着剤』（産調出版刊）などがそれぞれの時代に対応した専門書として、また教科書として大いに活用されてきた。これらの名著に続いて、木材に関する多くの書籍を出版されている海青社より、これまでの木材接着の基礎を踏まえつつ新たな情報と今日的な課題を盛り込んで編集した本書を出版するものである。執筆者は産、官、学の各界よりそれぞれ

の分野において活躍中であり、特に産業界にあっては企業現場に精通した方々に執筆を依頼した。

木材工業界はいま他の業界同様に極めて厳しい状況下にあるが、今後の景気回復は木材接着技術の新たな進歩と製品開発に係っているといえる。そのため、接着技術と接着剤のさらなる開発、改良がその起爆剤となることが期待されるところである。ただしそのためには、一層複雑で高度な接着技術とそれに対応する接着剤の開発などが急務となるであろう。そこで、本書が企業現場、公設試験研究機関等で参考書として、あるいは大学等で学生の教科書として利用され、産、官、学各界にお役に立つことができれば幸いである。

本書の刊行にあたって多大なるご尽力、ご協力いただいた海青社の宮内 久社長ならびに福井将人氏に深謝いたします。

2009 年 11 月

編集者代表

作 野 友 康

木材接着の科学

目 次

まえがき	(作野友康)	1
第1章 木材接着の基礎	(作野友康・高谷政広 編集)	9
第1節 接着機構と接着理論	(作野友康)	9
1.1 接着機構		9
1.2 むれと接着の原理		12
第2節 木材の種類と構造	(作野友康)	15
2.1 用材の需給状況と木材の種類		15
2.2 接着加工用材として用いられる主な木材の種類		17
2.3 樹幹の構造と木材の切断面		22
2.4 細胞構成と断面微細構造		24
第3節 木材の物理的および化学的性質	(高谷政広)	26
3.1 密 度		26
3.2 木材の含有水分		26
3.3 異方性		28
3.4 木材の強度的性質		29
3.5 木材の化学組成		31
第2章 木材用接着剤の種類	(梅村研二 編集)	35
第1節 接着剤の分類	(塔村真一郎)	35
1.1 主成分による分類		35
1.2 形状による分類		37
1.3 固化様式による分類		38
1.4 接着強さによる分類		39
1.5 用途による分類		40
1.6 被着材による分類		42
1.7 ホルムアルデヒド放散による区分		42
第2節 主要接着剤の特性と製造方法	(西願雄貴)	44
2.1 エマルジョン系接着剤		44
2.2 合成樹脂系接着剤		48
第3節 その他の接着剤の特性	(梅村研二)	57

3.1 ウレタン樹脂系接着剤	57
3.2 アクリル樹脂系接着剤	59
3.3 α -オレフィン無水マレイン酸樹脂系接着剤	61
3.4 エポキシ樹脂系接着剤	62
3.5 ホットメルト系接着剤	64
3.6 ゴム系接着剤	65
3.7 天然系接着剤	67

第3章 木材接着の工程と影響する因子 (梅村研二 編集) 71

第1節 接着工程 (作野友康) 71

1.1 被着材の調整	71
1.2 接着剤の選定	72
1.3 接着剤の配合と製糊	72
1.4 接着剤の塗布(塗付)	73
1.5 堆積および圧縮	74
1.6 接着剤の硬化と養生	75
1.7 接着層の形成と破壊	75

第2節 木材に関する因子 (梅村研二) 77

2.1 樹種と密度	77
2.2 抽出成分	80
2.3 ぬれ・湿潤性	81
2.4 含水率	82
2.5 表面の平滑度	83
2.6 繊維走向	84
2.7 その他	85

第3節 接着剤に関する因子 (梅村研二) 87

3.1 接着剤の性能	87
3.2 粘 度	89
3.3 pH	90
3.4 硬化度	91

3.5 その他(極性、分子量)	92
第4節 接着操作に関する因子	(作野友康) 94
4.1 接着剤の配合	94
4.2 接着剤の塗布量	94
4.3 堆積時間	95
4.4 圧縮と接着層厚さ	96
4.5 硬化(固化)温度と圧縮時間	97
第4章 木材接着の性能評価と耐久性	(作野友康・高谷政広 編集) 99
第1節 接着性評価	(高谷政広) 99
1.1 JAS および JIS の処理条件と対応性能	99
1.2 試験方法	99
1.3 JAS 製品の合格性能値	106
1.4 JIS 製品の合格性能値	108
1.5 接着再構成木質材料に関する接着剤の規格	109
第2節 接着耐久性	(鈴木滋彦) 111
2.1 接着耐久性に關与する因子	111
2.2 耐久性の予測	114
2.3 屋外暴露試験	117
2.4 耐久性評価の変化	119
第5章 木材接着の実用	(藤井一郎 編集) 121
第1節 木質材料の種類と特性	(梅村研二) 121
1.1 木質材料の種類	121
1.2 木質材料の性質	123
1.3 木質材料の作り方	125
第2節 合板、LVL	(横山泰洋) 129
2.1 合板・LVL とは	129
2.2 樹 種	129
2.3 接着剤	130
2.4 接着性能	130

2.5	ホルムアルデヒド放散量	131
2.6	製造方法	131
第3節	集成材	(尾崎章一) 137
3.1	集成材とは	137
3.2	集成材の特徴	137
3.3	集成材の種類	138
3.4	集成材の製造工程	138
3.5	たて継ぎ接着(フィンガージョイント)	139
3.6	積層接着	140
3.7	使用できる接着剤	142
3.8	接着剤の種類と作業条件	143
3.9	要求される接着性能	145
3.10	使用する樹種	146
第4節	パーティクルボード	(服部和生) 147
4.1	パーティクルボードの定義・分類	147
4.2	パーティクルボードの製造方法	147
4.3	パーティクルボードの特性	150
4.4	パーティクルボードの用途	151
第5節	ファイバーボード(繊維板)	(梅村研二・高橋英明) 153
5.1	ファイバーボード(繊維板)の定義・意義	153
5.2	MDFの原料	154
5.3	MDFの生産	156
第6節	家具、木工	(魚崎剛志) 163
6.1	はじめに	163
6.2	化粧材の接着	163
6.3	フラッシュパネルの製造	165
第7節	WPC	(高谷政広) 171
7.1	WPCとは	171
7.2	WPCの原料	172
7.3	WPCの成形方法	172

7.4 WPC の分類と特性	173
第 8 節 現場接着	(小松 均) 175
8.1 はじめに	175
8.2 現場で使用される接着剤の特徴	175
8.3 現場で使用される接着剤の塗付方法	175
8.4 壁、床下地工事の接着	176
8.5 木質フローア床仕上げ工事の接着	178
8.6 内装・造作工事の接着	179
8.7 最後に	180
第 6 章 木材接着と環境・健康問題	(高谷政広 編集) 181
第 1 節 木質材料と VOC	(宮本康太) 181
1.1 VOC について	181
1.2 国内の規制や取り組み	182
1.3 材料からの VOC 放散	184
1.4 VOC 放散量の測定	185
1.5 VOC 放散特性(小形チャンバー法による測定)	187
1.6 建材の VOC 放散表示制度	188
第 2 節 リサイクル(廃材利用)	(秦野恭典) 191
2.1 はじめに	191
2.2 建設リサイクル法とリサイクルの現状	192
2.3 木材のリサイクル	194
2.5 おわりに	200
参考資料 規格と関連団体	(兼城健司) 201
●木材接着に関する主要な規格	201
●関連団体	203
索 引	205

第 1 章 木材接着の基礎

第 1 節 接着機構と接着理論

接着(adhesion)とは同種あるいは異種材料の固体面同士を接着剤(adhesive)という第3の物質を介して固着・結合させることである。この場合の固着・結合させる材料を被着材(adherend)あるいは被着体といい、木材接着においては木材を指す。実際の接着においては、被着材の種類、固体面の状態あるいは接着する場所の環境など種々の条件が異なるため、できるだけそれらの条件に適合する接着剤の選定が重要である。また、選定した接着剤が被着材面を流動して、満遍なくぬらしていったり硬化あるいは固化することが肝要であり、被着材自体もぬれ易いほうがよい。

木材接着では被着材である木材が多孔質で異方性の不均一材料である上に、種類も多種多様であり、適切な接合状態になるためには被着材の調整と接着剤の選定および接着操作が極めて重要である。

1.1 接着機構

被着材の表面が接着剤の流動によってぬれ、両者の親和力が働いて結合することによって接着強さを発現すると考えられている。その被着材と接着剤との界面の状態と接着力発現の機構については種々の学説がある。接着現象は種々の因子が関与するために、一つの説で単純に説明することはできず、現在では各説が総合的に作用して接着するものと理解することが妥当であろうとされている。提唱されている諸説を以下に紹介する。

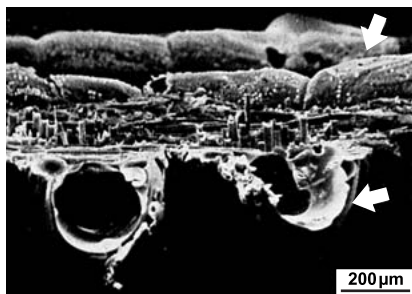


図 1-1-1 カプセル合板から分離したフェノール樹脂接着剤の鋳型³⁾

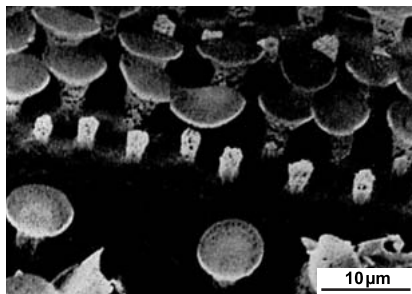
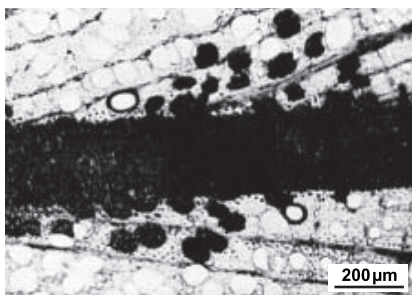
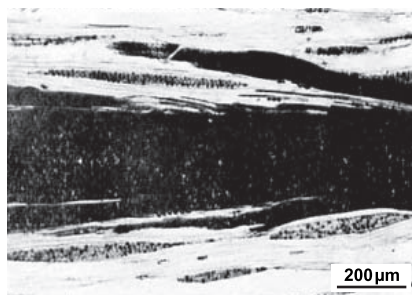


図 1-1-2 道管の壁孔から侵入して硬化したフェノール樹脂接着剤の鋳型³⁾



木口面



板目面

図 1-1-3 プナ挽板接着層におけるレゾルシノール樹脂接着剤の被着材への侵入状況⁴⁾

(1) 機械的接着説 (Mechanical adhesion)

この説は McBain, Hopkins によって、被着材の微細な孔隙に接着剤が侵入して固化あるいは硬化することによって結合力が生じて接着力を発現することが提唱され、支持されてきた¹⁾。すなわち、木材や繊維、紙などの多孔質材料の接着においては極めて合理的で妥当であると考えられた。その接着界面付近での状態は、微細な孔隙に釘を打ち込んだような状態で、孔隙内に侵入して硬化した接着剤は船が錨を下ろしたようになっていることから「投錨 (アンカー) 効果 (anchor effect)」と称して、そのことが接着力の発現に寄与しているとする説である²⁾。木材接着層におけるこの説を裏付ける状況が、佐伯ら³⁾の微視的な観察でうかがえる (図 1-1-1)。フェノール樹脂接着剤で接着したカプセル合板について、木材部分を化学的な処理によって除去し、残った接着剤層の鋳型を走査

型電子顕微鏡で観察したものである。接着剤が木材組織の中によく侵入して硬化しており、木材(単板)が接着剤を介して繊維方向を直交させて接合されている様子ははっきり示されている。これを、さらに部分的に拡大してみると、図1-1-2に示すように道管内に壁孔から接着剤が浸透して、まるでキノコのような形になって固まっている。このような状況は投錨効果をより明確に示しているといえる。

また、挽板の接着においても接着剤はかなり木材中に浸透しているのが、断面から観察することができる(図1-1-3)⁴⁾。これは、ブナの挽板をフェノール樹脂接着剤で接着したものの接着層近辺を端面から観察した写真であり、接着層とそこから浸透した接着剤(黒い部分)の様子が良くわかる。

(2) 比接着説(Specific adhesion)

接着界面が多孔質でない被着材の接着における結合力の発現する接着機構として、比接着説が提唱されてきた。被着材の分子と接着剤の分子が接着界面を通して共有化学結合や分子間結合、水素結合などによって結合して接着力を発現するという説で、固有接着説とも呼ばれている⁵⁾。2枚のガラス板の間に水滴を介在させると強い結合力を発現するが、この場合には被着材(ガラス)と接着剤(水)との接触界面における、分子間の引き合う力：分子間力(intermolecular forces)による二次結合(ファン・デル・ワールス力)が接着力を発現するという説で、これを分子間力説⁶⁾あるいは物理的相互作用⁷⁾とも称されている。また、界面における共有結合や水素結合といった化学結合(chemical bond)によって接着力を発現するもので、一次結合といって水素結合やファン・デル・ワールス力よりはるかに強く、最も強い結合力が期待されるところである。この説は化学結合説⁵⁾あるいは化学的相互作用⁷⁾とも称されている。

(3) その他の接着説⁶⁾

そのほかに次のような諸接着説が提唱されている。・静電接着説：誘電性物質では2種類の物体が接触すると界面を通じて電子の移動が起こり、電子供与体(ドナー)は正に、電子受容体(アクセプター)は負に帯電して電気二重層が形成され、その静電引力により界面の結合力が発現するという説。・拡散説：接着は界面における高分子の拡散によるとする説。・酸—塩基説：金属酸化物が被着材の場合には接着界面に酸—塩基相互作用が起こって接着するという説。

・接着剤の力学的特性によって接着機構が異なるとする説：どのような高分子をどのような条件下で接着剤として使用するかによって弾性率が特徴的な挙動を示して接着強さが異なってくるという説である。

1.2 めれと接着の原理

接着現象を起こさせる最初の条件は、まず接着剤によって被着材表面をぬらすことである。固体表面に液滴(接着剤)が接触した状態は図1-1-4のように表される。この場合、固体と液体の境界面に存在する3つの界面張力の間には次式(Youngの式)が成立する²⁾。

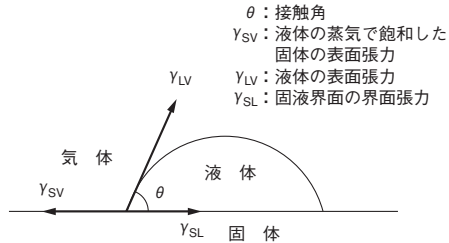


図1-1-4 固体面上の液滴の接触角²⁾

$$\gamma_{SV} = \gamma_{SL} + \gamma_{LV} \cos \theta \quad (1-1-1)$$

濡れた両者の接触面を引き離して、再び固体表面と液体表面を作り出すためには、引き離す力 W_{SL} が必要である(図1-1-5)⁸⁾。この W_{SL} が固体と液体との接着仕事であり、次式のようにあらわされる。

$$W_{SL} = \gamma_{LV} + \gamma_{SV} - \gamma_{SL} \quad (1-1-2)$$

この式を Dupre の式といい、これに(1-1-1)式を代入すると

$$W_{SL} = \gamma_{LV} (1 + \cos \theta) \quad (1-1-3)$$

となり、この式を Young-Dupre の式という。

このように接着仕事は同一表面張力の液体(接着剤)であれば、液滴の接触角 $\cos \theta$ 、すなわち「めれ(wettability)」と比例関係にあるといえる。したがって、被着材表面での液滴の接触角が低

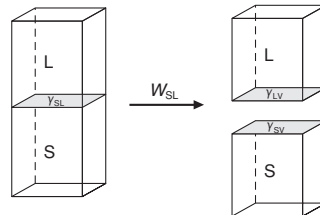


図1-1-5 固-液界面における接着仕事⁸⁾

このプレビューでは表示されないページがあります。

第 2 章 木材用接着剤の種類

第 1 節 接着剤の分類

接着剤は 2 つの物体を貼り合わせるために使われる物質で、一般に液状あるいはゲル状の物質から成り、接着後には固化して固体となることで接着力を発現する物質でなければならない。そのため主成分には溶剤の揮発や硬化反応などによって固化する性質を有する天然高分子または合成高分子(合成樹脂)が一般に用いられる。今日日常的に使われている接着剤の種類は工業用から家庭用まで多岐に渡り、各接着剤メーカーが様々なニーズに対応した接着剤を開発・販売している¹⁻³⁾。

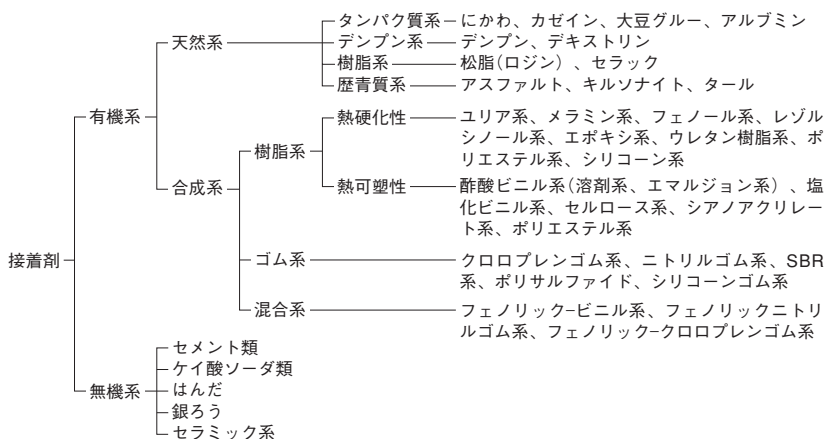
接着剤の分類には主成分(接着剤を構成する主要な化学成分)による分類、物理的形状による分類、固化の仕方による分類、接着強さや用途による分類などがある¹⁻⁶⁾。

1.1 主成分による分類

接着剤の主成分は高分子物質あるいは反応して高分子になるような物質がほとんどであるが、図 2-1-1 に示すように、主成分の化学的特徴を基にした物質の分類が一般的によく使われる⁴⁾。無機系の物質は高分子物質ではないが、広い意味での接着剤として分類できる。

天然系の接着剤は小麦、コーンスターチ、米粉などを主成分とするデンプン系と鳥獣の骨や皮からのコラーゲンやゼラチンなどを主成分とするタンパク質系に分類される。

合成高分子系の接着剤は熱硬化性樹脂系、熱可塑性樹脂系、ゴム系、混合系

図 2-1-1 主成分による分類⁴⁾

に分類される。

熱硬化性樹脂は熱あるいは触媒により不可逆的に硬化し、一旦固化すると再び軟化せず高温では分解するものが多い。硬化温度により、高温(100℃以上)・中温(室温以上100℃以下)・室温(20～27℃)・低温(室温以下)硬化性などに分類される。熱硬化性樹脂にはホルムアルデヒド系樹脂の他、エポキシ樹脂、ウレタン樹脂系、不飽和ポリエステル樹脂、反応型アクリル系などがある。

一方、熱可塑性樹脂は固化しても所定温度以上になると軟化、溶融する性質の高分子を主成分としている。接着剤としては適度の重合度の樹脂を溶剤に溶解または懸濁させた液状のものが多く、大部分の固化物は0℃以下ではもろくなり、60℃以上では軟化する。全般に耐久性は低いが、広範な材料によく接着するので、異種材料の接着、非構造的用途の接着に広く用いられる。熱可塑性樹脂には酢酸ビニル樹脂系、セルロース系などがある。天然ゴムや合成ゴムは外力を加えると変形するが、除けば元に戻る弾性高分子(エラストマー)であることから、ゴム系あるいはエラストマー系として分類される。

また混合系(複合系またはアロイ)は、一般には性質の異なる接着剤(例えば熱硬化性樹脂と熱可塑性樹脂)を混合したもので、それぞれの接着剤の欠点を補い合うことで、機能性を向上させ、適用範囲を拡大できる。

表 2-1-1 形状による分類⁶⁾

接着剤の形状	接着剤例
水溶性	デンプン、PVA、フェノール樹脂、ユリア樹脂、メラミン樹脂、レゾルシノール樹脂など
溶剤形	クロロプレン系、その他合成ゴム系、酢酸ビニル樹脂系、ニトロセルロースなど
エマルジョン形 (ラテックス形)	酢酸ビニル樹脂系エマルジョン、アクリル系エマルジョン、ラテックス系など
無溶剤形	エポキシ系、シアノアクリレート系など
固形	(粉末)カゼイン、PVA(塊状)にかわ、ホットメルト(ひも状) ホットメルト(フィルム状) エポキシ、フェノール・ニトリルゴム
テープ形	粘着系、ヒートシール系

1.2 形状による分類

接着剤を物理的な形状から分類すると表 2-1-1 のようになる⁶⁾。水に溶解する水溶性の接着剤はデンプン系その他ホルムアルデヒド系樹脂がある。溶剤形は主にゴム系などの柔らかい高分子物質を有機溶剤によって溶かして液状にした状態で製品となっており、いろいろな被着剤に対して初期接着性が非常に優れ、溶剤揮散も比較的速いことが特徴である。したがって建築現場における様々な建材の接着に使用されている。ただし、有機溶剤の成分の中にはシックハウスの原因とされるものもあることから、近年では室内濃度指針値の出されている揮発性有機化合物(VOC；volatile organic compound)のうちの4物質(トルエン、キシレン、エチルベンゼン、スチレン)に対する業界の自主規制の取組が始まっている(詳細は本書第6章第1節参照)。

エマルジョン(乳化懸濁)形はもともと水に溶解しない高分子が保護コロイドによってエマルジョン化されて水に溶けている状態であり、天然ゴムが主体の場合にはラテックス形と呼ばれる。

無溶剤形は溶剤を使わずに反応体自体が粘調な液体であり、反応すると全ての成分が固化に寄与し、体積収縮を伴わない接着剤である。代表的なものに2液を混合して接着するエポキシ樹脂があり、体積収縮をしない特性を活かして接着剤と空隙充填を兼ねて使用されることもある。完全に反応するには時間がかかるが、一旦固化すると非常に強い接着力を発現するため、主に構造用途と

このプレビューでは表示されないページがあります。

第 3 章 木材接着の工程と影響する因子

第 1 節 接着工程

木材の接着工程は接着の目的、被着物の種類など種々の接着条件によって詳細は若干異なるが、基本的に被着材の調整、接着剤の選定、接着剤の配合と塗布、圧縮、接着剤の硬化(固化)と接着層の形成、解圧・養生である。各工程の詳細について以下に述べる。また、接着に関係する因子についての詳細は以下の第 2～4 節を参照されたい。

1.1 被着材の調整

木材を被着材とする場合、素材の挽板あるいは角材の接着では被着材表面はできるだけ新鮮で、汚染や劣化がなく平滑に仕上げられていて、しかも、被着面同士が平行になっていることが肝要である。特に樹脂分が浸出し易いような被着材では、材面の切削後接着するまでの期間が経つほど接着性能が低下することが報告されており(図 3-1-1)¹⁾、できるだけ新鮮な材面にして接着した方が良い。

ただし、木質材料の製造におけ

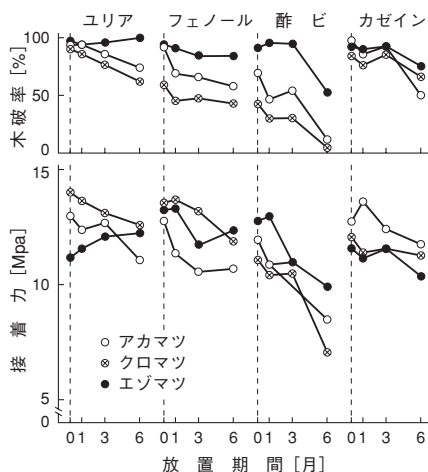


図 3-1-1 被着材表面の切削後放置期間と接着性能との関係¹⁾

このプレビューでは表示されないページがあります。

第 4 章 木材接着の性能評価と耐久性

第 1 節 接着性評価

木材接着体、および接着剤の接着性能を評価する方法は、実際の使用条件下において調べることが重要である。しかし、実際の使用条件は、色々な環境下にあり、様々な性能が要求される。ここでは、日本農林規格(JAS)および日本工業規格(JIS)に基づいた性能試験方法と評価基準値を取り上げることとする。日本では、接着剤に関しては、JIS や日本接着剤工業会規格(JAI)に、木質材料に関しては、合板、集成材、単板積層材(LVL)などは JAS に規定されているが、繊維板やパーティクルボード、配向性ストランドボード(OSB)などのボード類は JIS に規定されている。

1.1 JAS および JIS の処理条件と対応性能

木材接着製品の接着強度は、常態強度だけでなく、それぞれの接着製品に対応した耐水性能水準を調べるために、接着強度試験を実施する前に促進劣化処理が試験片に行われる。表 4-1-1 と 表 4-1-2 に JAS 合板と集成材・単板積層材等の接着試験に採用されている試験片の処理条件と対応性能^{1,2)}を示す。また 表 4-1-3 に JIS 接着剤の耐水性能試験における処理条件³⁾を示す。

1.2 試験方法^{4,5)}

JIS K 6848-1：1999 接着剤—接着強さ試験方法—第 1 部：通則によると、この規格は、接着剤の接着強さ試験方法の一般的な事項について規定されており、被着材の種類が木材・木質材料では、

このプレビューでは表示されないページがあります。

第 5 章 木材接着の実用

第 1 節 木質材料の種類と特性

木質材料は、木材などのリグノセルロースを細断・加工して細分化したものに接着剤を塗布して圧縮成形した材料の総称である。細分化したものを一般に「エレメント」と呼び、ラミナ、単板(veneer)、パーティクル、ファイバーなどの種類がある。このそれぞれのエレメントから、集成材、合板または単板積層材、パーティクルボード、ファイバーボードなどが製造される。言い換えると、エレメントの集合体が木質材料であり、そのエレメント同士を接合する役目をするのが接着剤である。したがって、同じエレメントで製造した材料でも、耐水性の高い接着剤を使用すれば耐水性に優れた材料となり、逆に耐水性の低い接着剤を使用すれば耐水性の低い材料となってしまう。すなわち、使用する接着剤の性質が材料の性質に大きな影響を及ぼすため、木質材料にとって接着剤は重要な役割を担っていると言える。

1.1 木質材料の種類

木質材料ではエレメントを接着成形するため、小径材や工場廃材、建築解体材などを原料に利用することができる。最近では森林資源の減少にともなって、バガスやケナフといった草本系植物を原料とすることもある。木質材料の利点は、木材特有の節や腐れなどの欠点が分散あるいは除去されるので、バラツキの少ない、均一な材質であることが上げられる。また、工業生産が可能であり、小さなエレメントから大きな材料を造ることも特徴の一つである。さらには、物理的・化学的处理によって木材本来にはない性質を与えることもできる。

このプレビューでは表示されないページがあります。

第 6 章 木材接着と環境・健康問題

第 1 節 木質材料と VOC

室内空気中の化学物質に起因する、いわゆる「シックハウス症候群」が社会問題となっており、建築物や住宅室内における化学物質気中濃度の低減化が求められている。実際の居室内では様々な化学物質発生源が存在するが、建材や家具などに使用される木質材料もその一つに挙げられる。木質建材や接着剤からの化学物質の放散については、従来、木材用接着剤に使用されるホルムアルデヒドが対象となってきたが、現在はこれに加えて、VOC(volatile organic compound；揮発性有機化合物)が注視されている。様々な VOC 測定法が確立され、建材の VOC 放散実態の把握が進んでいる中、建材からの VOC 放散量の低減化や製品の VOC 放散に関する情報開示が求められてきている。

1.1 VOC について

VOC という用語は、居住環境や建材のみならず、例えば大気汚染、自動車室内環境など様々な分野で使用されることもあり、それぞれに定義が異なる場合もある。室内環境に関しては、世界保健機関(WHO)による分類が一般的であ

表 6-1-1 WHO による室内有機汚染物質の分類¹⁾

名 称	略 称	沸点範囲 (°C)
高揮発性有機化合物	VVOC	<0～ 50-100
揮発性有機化合物	VOC	50-100～240-260
準揮発性有機化合物	SVOC	240-260～380-400
粒子状物質	POM	<380

このプレビューでは表示されないページがあります。

参考資料 規格と関連団体

●木材接着に関する主要な規格

(1) 日本工業規格 (JIS ; Japanese Industrial Standards)

a) 試験・測定方法

接着剤自身の性状と接着した際の接着性能について実施方法を規定している。性状については、密度・粘度・不揮発分等の測定方法が、接着性能については引張せん断・割裂・ホルムアルデヒド放散等の試験方法が記載されている。

JIS A 1901「建築材料の揮発性有機化合物(VOC)、ホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物放散測定方法—小型チャンバー法」

JIS K 6807「ホルムアルデヒド系樹脂木材用液状接着剤の一般試験方法」

JIS K 6800「接着剤・接着用語」

JIS K 6828「合成樹脂エマルジョン」

JIS K 6833「接着剤の一般試験方法」

JIS K 6851「接着剤の木材引張りせん断接着強さ試験方法」

JIS K 6852「接着剤の圧縮せん断接着強さ試験方法」

JIS K 6853「接着剤の割裂接着強さ試験方法」

JIS K 6855「接着剤の衝撃接着強さ試験方法」

JIS K 6856「接着剤の曲げ接着強さ試験方法」

JIS K 6859「接着剤のクリープ破壊試験方法」

b) 接着剤

各種用途に使用する接着剤の品質・性能を規定している。不揮発分、粘度、内容成分等が規定され、測定方法も記載される。

JIS A 5536「床仕上げ材用接着剤」

JIS A 5537「木レンガ用接着剤」

JIS A 5538「壁・天井ボード用接着剤」

JIS A 5549「造作用接着剤」

JIS A 5550「床根太用接着剤」

JIS K 6804「酢酸ビニル樹脂エマルジョン木材接着剤」

JIS K 6806「水性高分子－イソシアネート系木材接着剤」

c) 接着製品関連

木質接着製品の種類・試験方法等を規定している。種類は、密度・用途・接着剤等で分類される。試験方法には、曲げ・吸水厚さ膨張率・ホルムアルデヒド放散量等が規定され、性能により区分される。

JIS A 5905「繊維板」

JIS A 5908「パーティクルボード」

JIS A 5741「木材・プラスチック再生複合材」

(2) 日本農林規格 (JAS ; Japanese Agricultural Standard)

木質接着製品の品質・試験方法を規定している。製品寸法や接着の程度、外観の品質などが規定され、曲げ・ホルムアルデヒド放散量など各種試験の方法について記されている。JIS とは扱う木質接着製品が異なる。

「合板の日本農林規格」平成 15 年 2 月 27 日制定

「フローリングの日本農林規格」昭和 49 年 11 月 13 日制定、平成 20 年 6 月 10 日
最終改正

「集成材の日本農林規格」平成 19 年 9 月 25 日制定

「単板積層材の日本農林規格」平成 20 年 5 月 13 日制定

「構造用パネルの日本農林規格」昭和 62 年 3 月 27 日制定、平成 20 年 6 月 10 日
最終改正

(3) 日本接着剤工業会規格 (JAI ; Japan Adhesive Industry Association Standards)

接着剤の品質・試験方法を規定している。不揮発分・粘度といった接着剤性状の測定方法、引張せん断・圧縮せん断といった接着性能に関する試験方法がある。

JAI 5-1995「 α -オレフィン・無水マレイン酸樹脂木材接着剤」

JAI 6-2001「嫌気性接着剤試験方法」

JAI 7-1999「ホットメルト接着剤試験方法」

JAI 8-1981「 α -シアノアクリレート系接着剤」

JAI 12-1996「ウレタン樹脂系建材用接着剤」

JAI 13-1996「エポキシ樹脂系建材用接着剤」

JAI 14-1998「二重床施工用ウレタン樹脂系接着剤」

(4) その他の規格

その他、以下のような海外機関が制定する試験規格も使用される事がある。

ISO(International Organization for Standardization；国際標準化機構)

EN(European Norm；欧州規格)

ASTM(American Society for Testing and Materials；アメリカ材料試験協会規格)

DIN(Deutsche Industrie Normen；ドイツ連邦規格)

BS(British Standards；イギリス国家規格)

●関連団体 (URL は 2009 年 10 月 14 日現在)

日本木材学会	http://www.jwrs.org/
日本接着学会	http://www15.ocn.ne.jp/~adhesion/
(社)日本木材加工技術協会	http://www.jwta.or.jp/
(社)日本木材保存協会	http://www.soc.nii.ac.jp/jwpa/
日本合板工業組合連合会	http://www.jpma.jp/
全国 LVL 協会	http://www.lvl.ne.jp/
日本集成材工業協同組合	http://www.syuseizai.com/
日本繊維板工業会	http://www.jfpma.jp/
日本フローリング工業会	http://www.j-flooring.jp/
日本複合床板工業会	http://www.fukugo-yukaita.jp/
日本接着剤工業会	http://www.jaia.gr.jp/
(社)全国木材組合連合会	http://www.zenmoku.jp/
合成樹脂工業協会	http://www.jtpia.jp/
(財)日本規格協会	http://www.jsa.or.jp/
(社)日本農林規格協会	http://www.jasnet.or.jp/
日本工業標準調査会	http://www.jisc.go.jp
(財)日本合板検査会	http://www.jpica-ew.net/

(財)建材試験センター	http://www.jtccm.or.jp/
(財)ベターリビング	http://www.cbl.or.jp/
(財)日本住宅・木材技術センター	http://www.howtec.or.jp/
(独)森林総合研究所	http://ss.ffpri.affrc.go.jp/
(財)日本木材総合情報センター	http://www.jawic.or.jp/
NPO 木材・合板博物館	http://www.woodmuseum.jp/
農林水産省	http://www.maff.go.jp/
林野庁	http://www.rinya.maff.go.jp/
国土交通省	http://www.mlit.go.jp/
日刊木材新聞社	http://www.n-mokuzai.com/
接着剤新聞	http://adhesive.shinjusha.info/
ウッドミック	http://www.woodmic.com/
国際標準化機構(ISO)	http://www.iso.org/iso/home.htm
アメリカ材料試験協会(ASTM)	http://www.astm.org/

索 引

A ~ Z

- accelerated aging test 114
 adherend 9
 adhesion 9
 adhesion failure 76
 adhesive 9
 aging 126
 anchor effect 10
 API (aqueous vinyl solution-isocyanate resin)
 39, 45
 ASTM (American society for testing and materials)
 114, 203

 bond durability 111
 bound water 27

 chemical bond 11
 closed assembly time 74, 168
 cohesion 75
 cohesion failure 76
 curing 75
 curing agent 73

 double spread 74

 EMC (equilibrium moisture content) 28
 EVA (ethylene vinyl acetate copolymer) 46, 47,
 64, 164
 extender 73

 FB (fiber board) 123, 194
 filler 73
 five links theory 75
 free water 27
 FSP (fiber saturation point) 28

 GL (glued laminated wood) 122
 glue line 75
 glue mix 73

 HB (hard fiber board) 153

 IB (insulation fiber board) 153
 intermolecular forces 11

 JAI (Japan adhesive industry association standards)
 61, 99, 202
 JAS (Japan agricultural standard) 40, 99, 123,
 130, 137, 202
 JIS (Japan industrial standards) 42, 99, 123,
 147, 154, 161, 171, 186–198, 201

 LCA (life cycle assessment) 191
 LVL (laminated veneer lumber) 17, 20, 72,
 96, 99, 106, 118, 122–124, 129–136, 167

 MC (moisture content) 26
 MDF (medium density fiberboard) 48, 115,
 154–162, 164, 167
 MDI (methylene diphenyl diisocyanate) 45, 58
 mechanical adhesion 10
 MF (melamine-formaldehyde resin) 39
 MOE (modulus of elasticity) 30, 109
 MOR (modulus of rupture) 109
 MUF (melamine-urea-formaldehyde resin) 39,
 49, 115

 open assembly time 74, 168
 OSB (oriented strand board) 99, 123, 147
 outdoor exposure test 117

 PB (particle board) 123, 194

PF(phenol-formaldehyde resin) ...	39, 50, 107, 115
plasticity	30
pMDI	48, 59, 90, 148, 151, 155
pot life	73
pressing	75, 126
proportional limit	30
POM(particulate organic matter)	182
PVA(polyvinyl alcohol)	44, 46, 47
PW(plywood)	115, 122
REW(recycle engineered wood)	197
RF(resorcinol-formaldehyde resin)	39, 51
RPF(resorcinol-phenol-formaldehyde resin) ...	39
SBR(styrene-butadiene rubber)	46, 47, 61, 163
shelf life	161
single spread	74
specific adhesion	11
spread	73
strain	30
stress	30
SVOC(semi volatile organic compound) .	182, 187
tackiness	160
thermal deterioration	112
TVOC(total volatile organic compound)	182
UF(urea-formaldehyde resin)	48, 107
ultimate strength	30
VOC(volatile organic compound)	37, 171,
181-189	
—測定法	185
—放散特性	187
—放散速度基準	188
VVOC(very volatile organic compound)	182
wettability	12
wood failure	76
WPC	171
WPI(water based polymer-isocyanate adhesive)	
.....	45
Young の式	12
Young-Dupre の式	12

ア 行

アクリル樹脂エマルジョン形接着剤	59, 177
アクリル樹脂系接着剤	59
圧縮(pressing)	74, 75, 96, 97, 126, 141, 176
—圧力	96
—時間	97
アフリカ材	22
アミノ基	48
アミン当量	63
α -オレフィン無水マレイン酸樹脂接着剤	61
アンカー効果(anchor effect)	10
安定剤	60, 65
異種材料	175
イソシアネート	57
板目面	23
一次結合	11
インシュレーションファイバーボード	153
ウエファー	147
ウレタン結合	57
ウレタン樹脂	57
—系接着剤	36, 41, 57, 59, 65, 82, 148,
155, 164, 177, 178	
液滴の接触角	12
エクストルーダー	74, 134
エチレン・酢酸ビニル共重合樹脂エマルジョン	
(EVA)	46
—形接着剤	38, 39, 64, 164
エポキシ基	62
エポキシ樹脂系接着剤	13, 36, 37, 39, 59, 62,
73, 96, 143, 176, 178, 199	
エポキシ当量	63
エマルジョン	37
—系接着剤	44
エレメント	121-123
オーストラリア材	22
応力(stress)	29, 30, 113
応力-ひずみ曲線	30
屋外暴露試験(outdoor exposure test)	117
押し出しプレス	75

カ 行

カーテンコーター	74
カートリッジガン	175
加圧治具	75
外国産材	15
解体性接着剤	199
開放堆積時間 (open assembly time)	74, 95, 168
界面破壊	76
外力	29
化学結合 (chemical bond)	11
化学反応型接着剤	39
架橋剤	73
過酸化水素水	44
可使時間 (pot life)	73
荷重	29
カゼイングルー	67, 68, 97
可塑剤	60, 65, 66, 94
片面塗布	73, 95
仮導管	23
加熱硬化型接着剤	40
環孔材	25
含脂率	126
含水率 (moisture content)	26, 72, 82, 95,
101, 125, 132, 137, 148	
適正——	125
機械的接着説 (mechanical adhesion)	10
気乾状態	27
気乾密度	26
揮発性有機化合物 (VOC)	37, 181
キャタピラープレス	75
凝集破壊	76
凝集力	76, 77
強制攪拌式	73
極限強さ	30
極性	92
曲面プレス	75
空隙充填性	94, 96
クシ目ゴテ	175
グルースプレッダー	74
グルーブレンダー	149
グルーミキサー	133
クロロプレナム系接着剤	66

形成層	22
結合水	27
結合力	77
欠膠	94
ゲル化時間	54
建設リサイクル法	191
建築解体材	17
コールドプレス	134
硬化 (post cure)	75, 161
——温度	91
——剤	39, 51, 55, 62, 73, 90, 92, 94, 133,
143, 148, 163, 164	
——時間	91
——促進剤	80, 133
——度	91
高揮発性有機化合物 (VOC)	181
高周波加熱法	75, 98, 144
高周波接着	170
構造用集成材	138, 142
合板 (plywood)	13, 15, 17, 18, 20, 40, 48, 72,
77, 88, 90, 91, 94-99, 102, 106, 107, 111, 114,	
116, 117, 121-123, 125, 126, 129-136, 152, 163,	
164, 173, 183, 194	
——用原木	16
広放射組織	25
広葉樹	18, 23
糊液 (glue mix)	73, 90, 91, 131-134
——作成	133
——配合	133
小形チャンバー法	185
国産材	15, 17
——自給率	15
木口断面	23
コニカル二軸押し成形機	172
ゴム系接着剤	35, 65
混合系接着剤	35
コンタクト接着	170

サ 行

サーマルリサイクル	196
材料破壊	76
作業環境	97
酢酸ナトリウム	44
酢酸ビニル・アクリル共重合樹脂系接着剤 ..	164

酢酸ビニル樹脂エマルジョン接着剤	36-41, 44, 59, 73, 79, 142, 163, 164
酢酸ビニルモノマー	44
散孔材	25
三断面構造	25
残廃材	17
シアノアクリレート系接着剤	60
湿潤性	81
自動計量混合	73
しゃこまん	75
尺貫法	95
自由水	27
集成材	16-18, 39, 40, 46, 79, 95, 99, 101, 107, 111, 121, 122, 137-146, 194
充填剤 (filler)	46, 65, 73, 80, 90, 94
樹幹	22
縮合反応	90
酒石酸	44
樹木の細胞構成	23
準揮発性有機化合物 (SVOC)	187
使用環境 (A~C)	39, 131, 138, 142
準揮発性有機化合物 (SVOC)	181
常温硬化型接着剤	40
小径間伐材	17
芯材	165
心材部	22
浸せきはく離試験	145
針葉樹	17
水性高分子-イソシアネート系接着剤	39, 40, 45, 58, 87, 98, 130, 142-145
スギ植林木	17
スクャベンジャー (scavenger)	161
スチレン・ブタジエン共重合樹脂ラテックス (SBR)	163
ストランド	147
スプリングバック	150, 159
スプレーガン	74
スプレッダー	134
製糊	72, 134
静的管路混合式	73
接触角	12, 81
接線断面	23
接着 (adhesion)	9

接着加工用材	15
接着機構	9
接着工程	71
接着剤 (adhesive)	9
接着性能	99
接着層	75
接着阻害	80
接着耐久性 (bond durability)	111
接着破壊 (cohesion failure)	76
セルコース	31, 32, 68
繊維板	40, 99, 153
繊維飽和点	28
全乾状態	27
全乾密度	26
ソード単板	95
総揮発性有機化合物 (TVOC)	182
早材	22
造作用集成材	138
増粘剤	60
増量剤 (extender)	46, 73, 90, 94, 133
側圧プレス	75
促進劣化試験 (accelerated aging test)	114
塑性	30

タ 行

大豆グルー	67, 68
堆積時間	74, 95
多孔質材料	10, 60, 89
たて継ぎ	139
炭酸カルシウム	47
弾性率	30
タンニン	69
単板 (veneer)	121
単板積層材 (LVL)	17, 20, 72, 96, 99, 106, 118, 122-124, 129-136, 167
断面微細構造	24
チップ	147
中質繊維板 (MDF)	48, 115, 154-162, 164, 167
抽出成分	80
超異方性材料	23
突き板	40, 95, 163

添加剤	59
デンシティプロファイル	159
天然系接着剤	67
天然ゴム系接着剤	66
天然木化粧合板	163

道管	24
——配列	25
投錨効果(anchor effect)	10
ドクターロール	74
塗布(付)	73
——量	74, 80, 83, 94, 95, 125, 134, 141

ナ 行

内部はく離	82
ナイフマーク	72
生材状態	28
生材密度	26
南米材	22
南洋材	16, 18

二次結合	11
日本工業規格(JIS)	42, 99, 123, 147, 154, 161, 171, 186-198, 201
日本接着剤工業会規格(JAI)	61, 99, 202
日本農林規格(JAS)	40, 99, 123, 137, 138, 142, 202
ニュージーランド材	22
乳化懸濁	37

ぬれ(wettability)	12, 81
——性	81, 85, 86, 146

熱帯雨林	16
熱圧縮	127
熱圧工程	135
熱圧成型	147
熱可塑性エラストマー(ゴム)系接着剤	65
熱可塑性樹脂	36, 172
熱硬化性樹脂	36
——系接着剤	35
熱劣化(thermal deterioration)	112
粘性(tackiness)	160
粘度	54, 89, 160
年輪	23

ハ 行

パーティクル	121
パーティクルボード	40, 48, 88, 99, 105, 121, 123, 126, 147-152, 163, 164, 194
ハードファイバーボード	153
配向性ストランドボード(OSB)	99
はがせる接着剤	199
はく離強さ試験	105
ハタガネ	75
バッチ式糊液調整工程	73
ハネムーン型接着	74, 170
貼上時間	134
Hankinson 式	84
パンク	82
半径断面	23
晩材	23

ひずみ(strain)	29, 30
比接着説(specific adhesion)	11
肥大成長	22
被着材(adherend)	9, 88
——の調整	71
非ホルムアルデヒド系樹脂接着剤	59, 130
比例限度	30

ファイバー	121
ファイバーボード	88, 121, 123, 153, 194
ファイブリック説	75
ファン・デル・ワールス力	11, 27
フィンガージョイント	139
フェノール	50, 51, 69
——樹脂接着剤	10, 39, 48, 50, 80, 95, 96, 107, 109, 116, 130, 132, 135, 136, 148, 149, 151, 155, 198

フォーミング	127, 149
——マシン	149

付加反応	90
フタバガキ科	19
縁貼り	170
フックの法則	30
フラッシュパネル	165
ブリキュア	156
プリント化粧合板	164
ブルーミング	80
フレーク	147

プレス	75
ブレンダー	156
フローコーター	74
分級装置	156
分子間力 (intermolecular forces)	11
分子量	92
平滑度	83
平衡含水率	28
閉鎖堆積時間 (closed assembly time)	74, 96, 168
平板プレス	75
ヘミセルロース	31, 33
ベルトサンダー	159
辺材部	22
ボード類	17
放射孔材	25
放射組織	24
飽水状態	28
北欧材	20
北米材	16, 20
北洋材	16, 20
保存期間 (Shelf life)	161
ホットプレス	135
ホットメルト	170
——系接着剤	38, 64
ポリアミド系接着剤	65
ポリアミン	57
ポリエステル系接着剤	65
ポリオール	57
ポリオレフィン系接着剤	64
ポリ酢酸ビニルエマルジョン樹脂接着剤	44
ポリビニルアルコール (PVA)	44
ポリメリック MDI (pMDI)	48, 59, 90
ホルマリン	49, 51, 52
ホルムアルデヒド	48, 50, 51, 69, 142, 171, 181-186
——系樹脂接着剤	36, 37, 40, 48, 90, 109, 130, 133, 148
——放散量	131, 132, 147, 161, 183
ホワイトウッド	20

マ 行

マイクロ波加熱法	75, 98
柁目	23
マット	149

マテリアルリサイクル	194
水	57, 73, 133
水揮散型接着剤	38
水混和性	53
密度 (density)	26, 55
メチロール基	48
メラミン	49
——樹脂接着剤	40, 48, 77, 116, 130, 136, 148, 149, 151, 155
メラミン・ユリア共縮合樹脂接着剤	49, 148, 155, 163
面材	165
木材	15, 26
——の異方性	28
——の引張強度	31
——の化学組成	31
——の含水率	26
——の強度的性質	29
——の需給状況	15
——の種類	15
——の切断面	22
——の曲げ強度	31
——の密度	18, 19, 21, 26
——の輸入状況	16
木質材料	121
木繊維	24
木部破断 (wood failure)	76
モルダー	140

ヤ 行

有機溶剤揮散型接着剤	38
遊離ホルムアルデヒド	55
床仕上げ	178
床下地	176
ユリア	48
——樹脂接着剤	48, 54, 77, 79-81, 90, 96, 97, 107, 109, 116, 130, 131, 136, 148, 149, 151, 155, 163, 198

溶剤揮散型接着剤	38
養生 (aging)	75, 126, 127, 169

ラ 行

ライフサイクルアセスメント (LCA)	191, 200
ラテックス	37
ラミナ	16-18, 90, 104, 121, 139
ラワン	16, 19
リグニン	31, 34, 69
リサイクルエンジニアードウッド (REW)	197
粒子状物質 (POM)	182
両面塗布	74, 95
ルーズサイド	72
冷圧工程	134
レゾルシノール	51, 52
——樹脂接着剤	39, 40, 51, 79, 80, 83, 96, 98, 116, 142-144
レッドウッド	20
連続プレス	75
ロータリーレース	132
ローラプレス	75
ロールコーター	74, 134

英文タイトル
Science and Technology of Wood Adhesion

もくざいせつちやくのかかく
木材接着の科学

発行日 ————— 2010 年 2 月 10 日 初版第 1 刷

定 価 ————— カバーに表示してあります

編 者 ————— 作 野 友 康 ©
高 谷 政 広
梅 村 研 二
藤 井 一 郎

発 行 者 ————— 宮 内 久



海 青 社
Kaiseisha Press

〒520-0112 大津市日吉台 2 丁目 16-4
Tel. (077) 577-2677 Fax. (077) 577-2688
<http://www.kaiseisha-press.ne.jp>
郵便振替 01090-1-17991

● Copyright © 2010 T. Sakuno ● ISBN978-4-86099-206-4 C3058
● 乱丁落丁はお取り替えます ● Printed in JAPAN

ISBN978-4-86099-972-8(PDF)