

【日本工学アカデミー北海道・東北支部】特別講演会

木質マイクロプライ-樹脂の インサート成形技術の開発

秋田県立大学 システム科学技術学部
同 木材高度加工研究所

邱 建輝
山内秀文

2018年7月27日

1. 木質マイクロプライの開発

木材高度加工研究所 山内秀文

2. 木質マイクロプライと樹脂の接合

システム科学技術学部 邱 建輝

秋田県立大学 木材高度加工研究所

大学に属する機関としては唯一「木材」を冠する専門教育・研究機関



所在地;秋田県能代市海詠坂11-1



AKITA CAMPUS



HONJO CAMPUS



木質材料

木材に物理的・化学的処理を加え、利用目的に適する性能を与えた加工製品

パーティクルボード

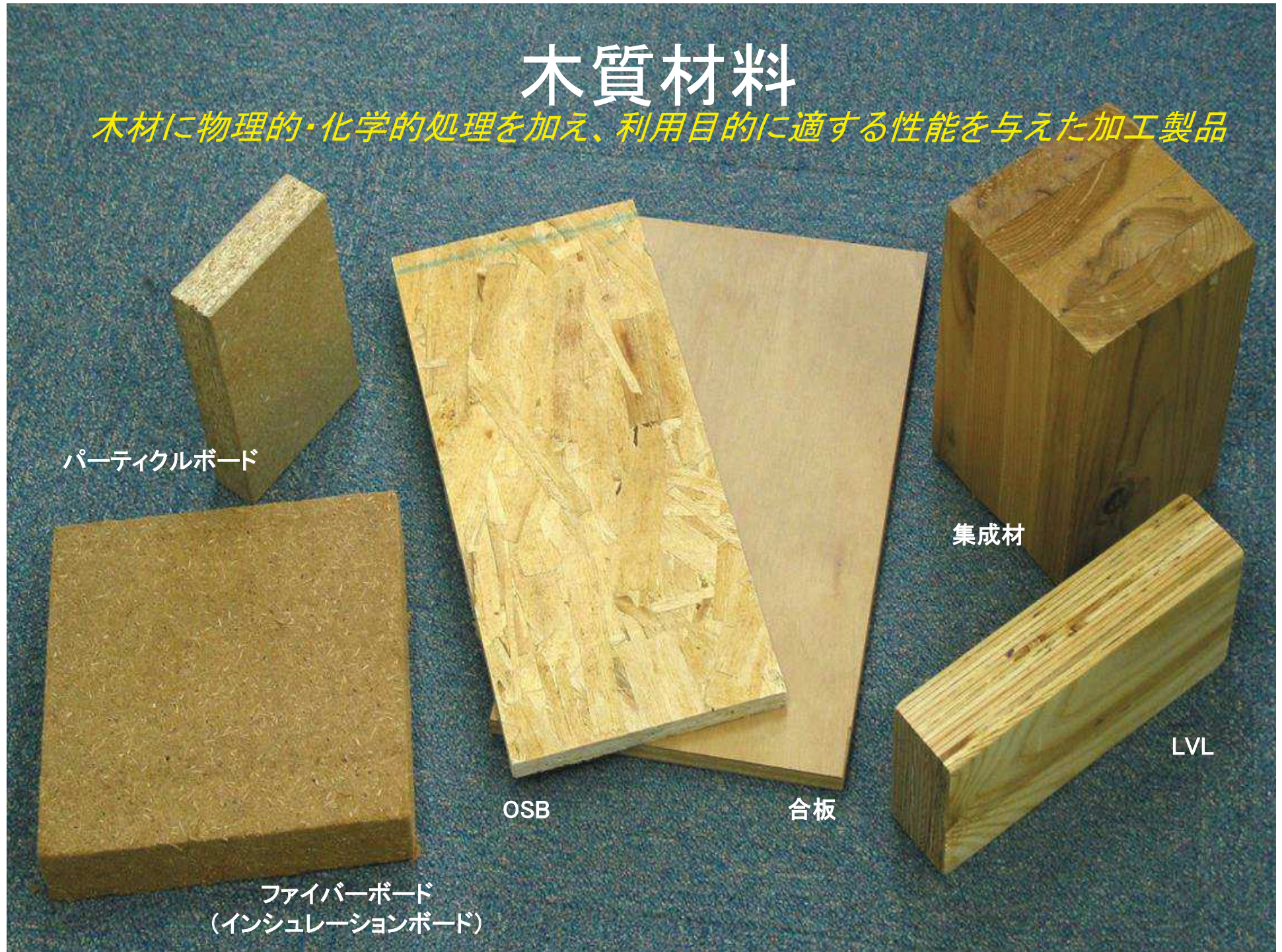
集成材

LVL

OSB

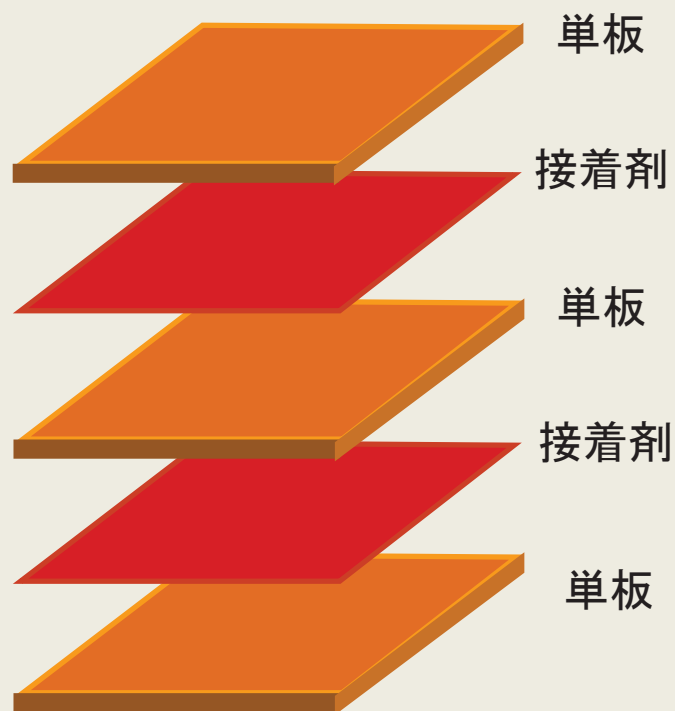
合板

ファイバーボード
(インシュレーションボード)



基盤技術: ① 接着剤の微量塗布技術の開発

現状の木質材料生産の現場では接着剤は必要不可欠



例) 合板; 最低でも100g/m²程度の接着剤が「積層数-1」の数だけ挿入される

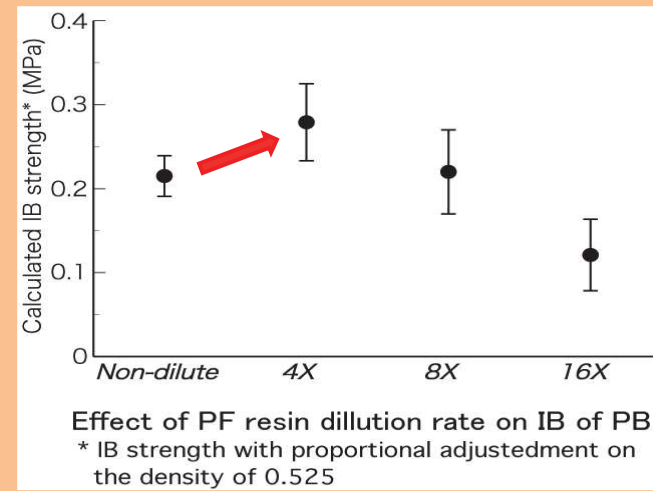
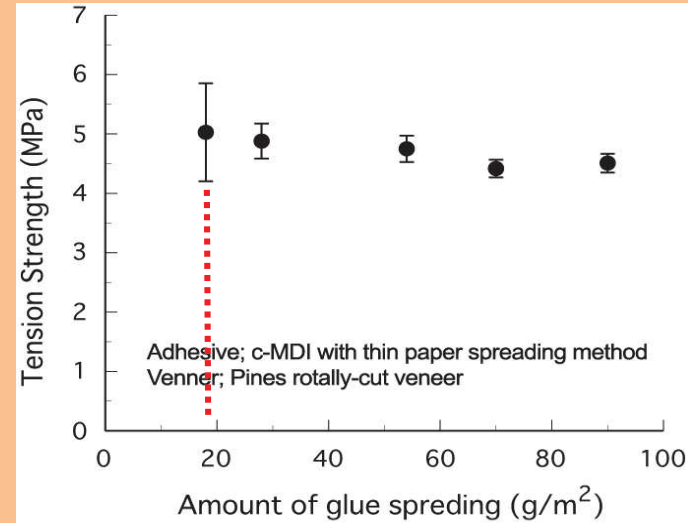
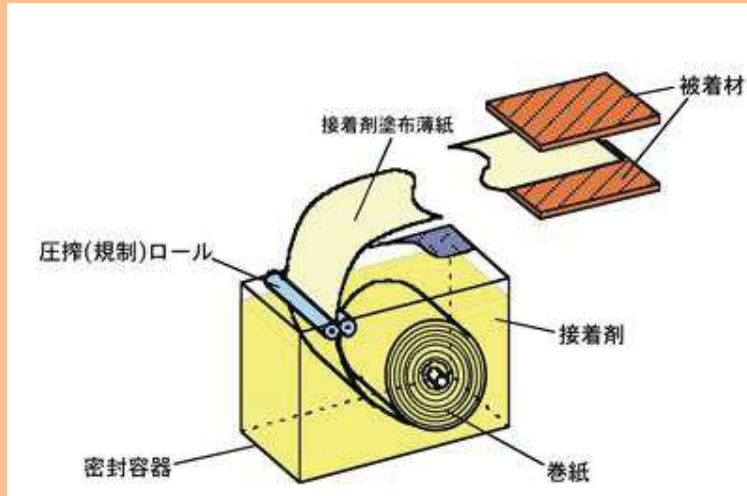


- ・接着剤のコストに占める割合は小さい
- ・健康問題などで攻撃のターゲットになっているのは接着剤由来物質
- ・環境負荷(LCA評価など)に占める接着剤の割合かなり大きい



接着剤の使用量低減で多くの問題が解決される！！

・ ・ ・ 接着剤はもっと少なくできるのではないか？



大多数の木質材料製造には接着剤が不可欠



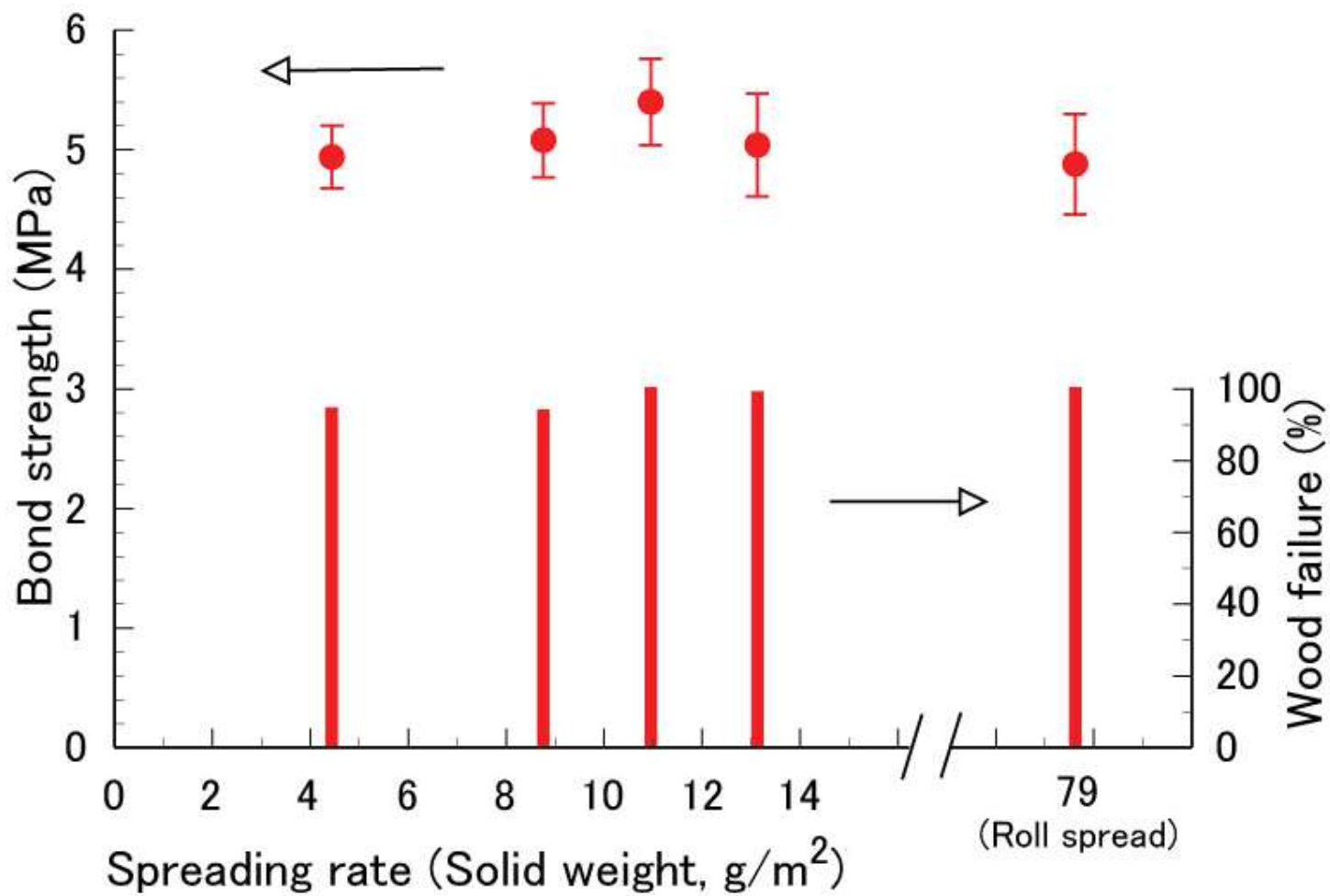
十分な接着性能を得るために必要な接着剤量は、
実はよくわかっていない？

そこで・・・ 微量塗布技術を用いて「接着性能に応じた必要接着剤量」を検討
(科学研究費補助金・基盤研究(C), 「インクジェット法を応用した接着剤の機能性塗布技術の開発」)



Ink-jet method

常態接着性能



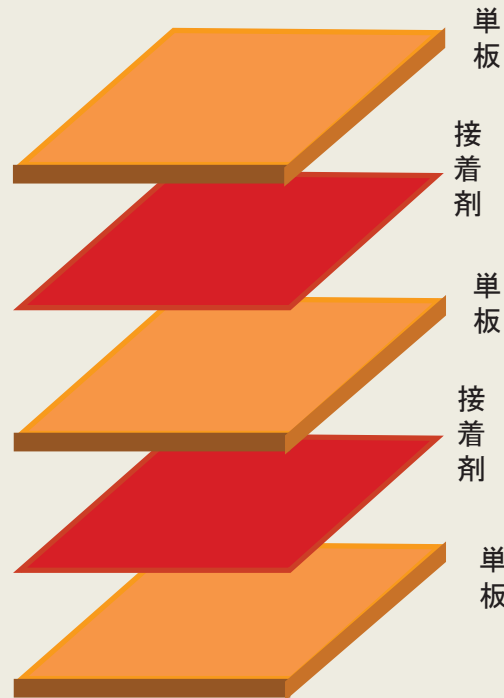
・接着面の平滑性などの影響



4時間煮沸後の1.0mm・3ply試験片

※1.0mm厚のスギ単板を1接着層あたり6g/m²で3ply合板構成

接着剤が新しい展開へのツールとなるのでは？



※例えば、密度 0.4g/cm^3 の単板を用い $9\text{mm}\cdot 3\text{ply}$ 合板を作る場合、単板重量は 3600g/m^2 だから、接着剤量を 100g/m^2 としても、すでに材料重量の約5%が接着剤！

※従来技術では、エレメントが小さく(薄く)になると、材料中の接着剤量が増加(コスト・密度の上昇=限界の存在)

だけども・・・

接着剤量は従来の $1/10\sim 1/20$ で十分！！

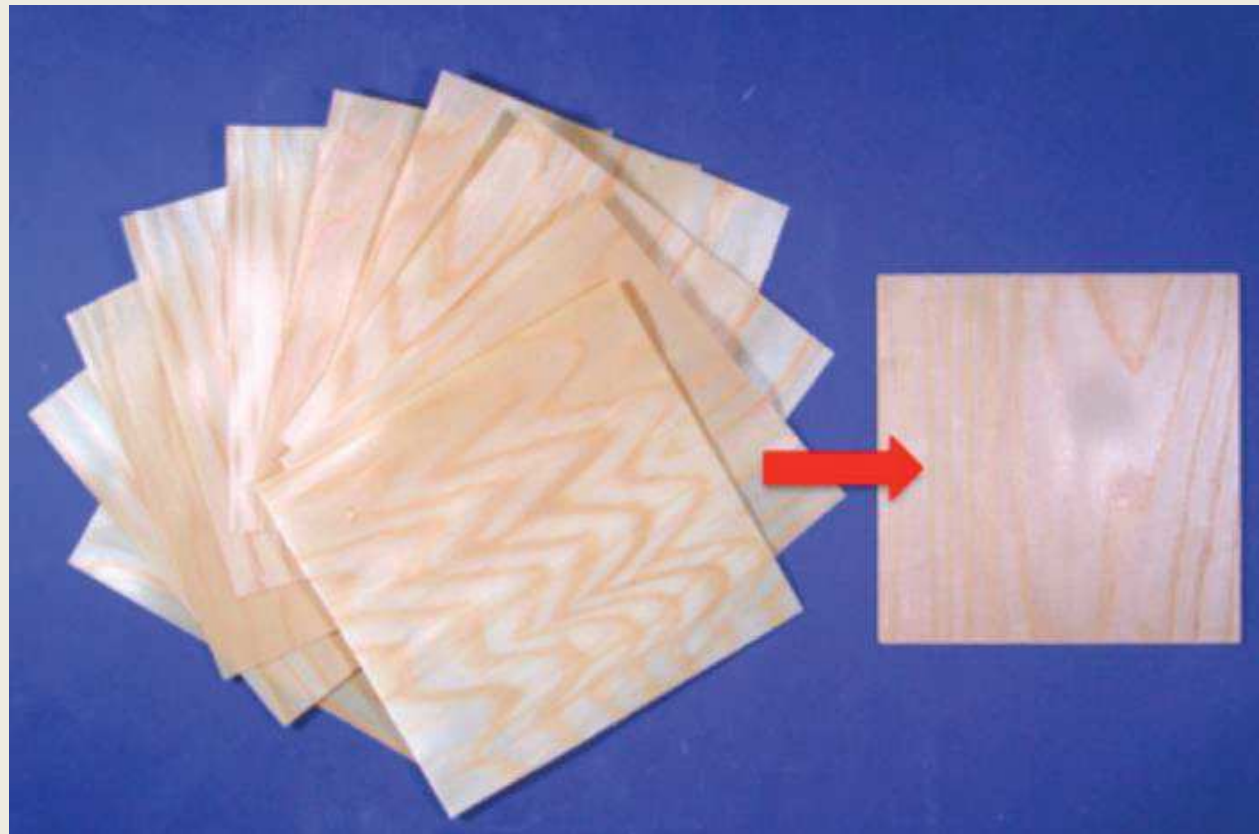
=多層化などにより、新しい機能性や用途を持つ材料が創れる？

＜技術的可能性＞

- ・より均質な材料物性が得る
- ・繊維走行の制御により、新しい面内物理特性を得る
- ・曲面成形などへの自由度の向上
- ・物性を落とすことなくより軽い材料が得られる

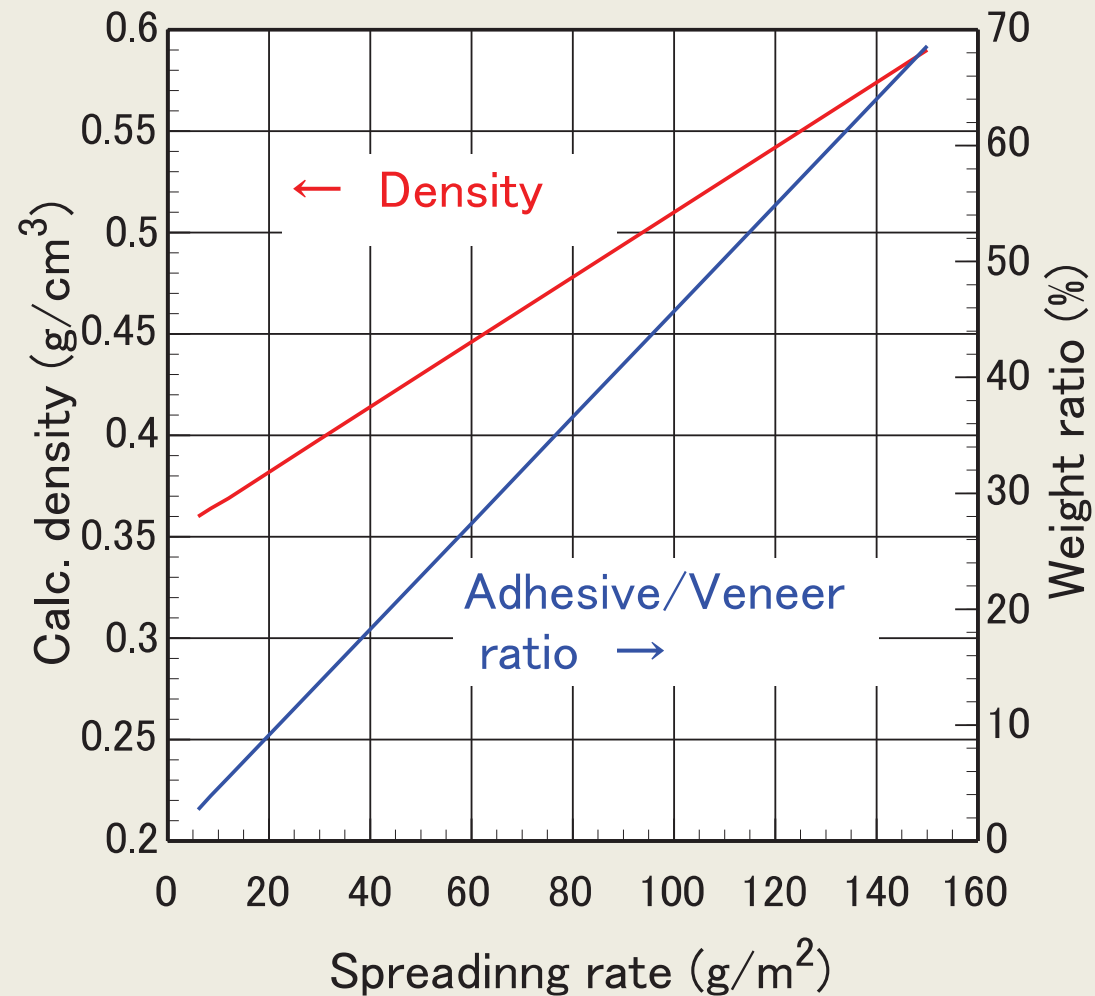
基盤技術：② 多層ながら極めて薄い断面を持った単板積層材料(木質マイクロプライ (MMP))を開発

微量塗布技術を適用し、厚さが極めて薄い単板状要素をエレメントとする積層材料の実現性と性能を検討



→厚さが極めて薄い単板状要素をエレメントとした木質マイクロプライの実現性と性能を検討

薄積層材料において顕在化する接着剤による高密度化



接着剤塗布量と計算上の密度および接着剤比率

※単板厚さ0.5mm、単板密度0.35g/cm³・5plyとして

薄物多層において、通常の接着剤使用量では大幅な密度増加を招く＝微量塗布技術適用

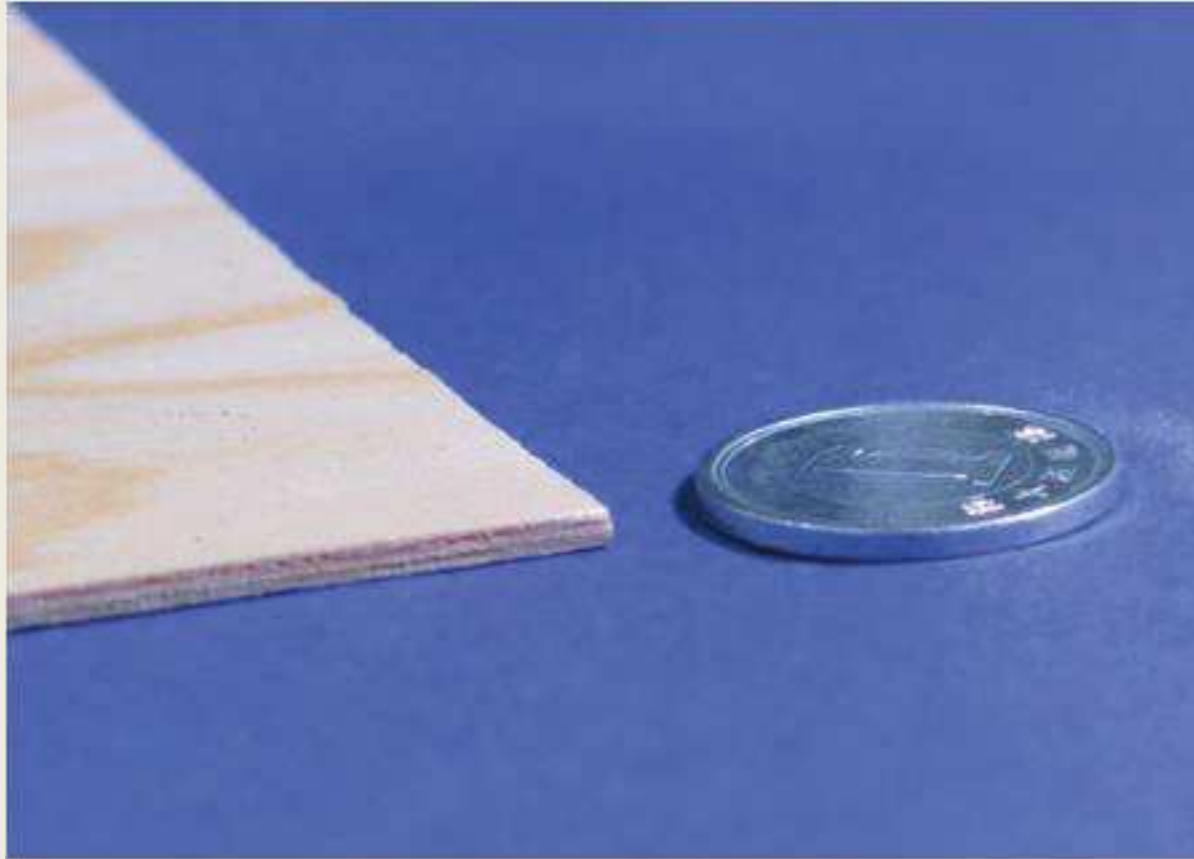
木質マイクロプライ(MMP)の性能・性質

- ・曲げ性能: 合板として標準～やや優秀な値を持つ
- ・耐久性: 接着剤にフェノール樹脂などの高耐久接着剤を用いることで十分な耐水性能を付与することが可能
- ・密度: 接着剤量の大幅な低減により増加は最小限にとどまる
- ・意匠性: フェノール樹脂のような濃色の接着剤を用いても影響は少ない
- ・作業性: 接着剤塗布と積層接着操作を分けられる可能性あり
- ・機能性付与: 単板の水分管理によって密度制御が可能
→ 一例として、竹のようなしなりを持つ材料も作成可能

木材の主要用途＝**建築材料**、家具材料



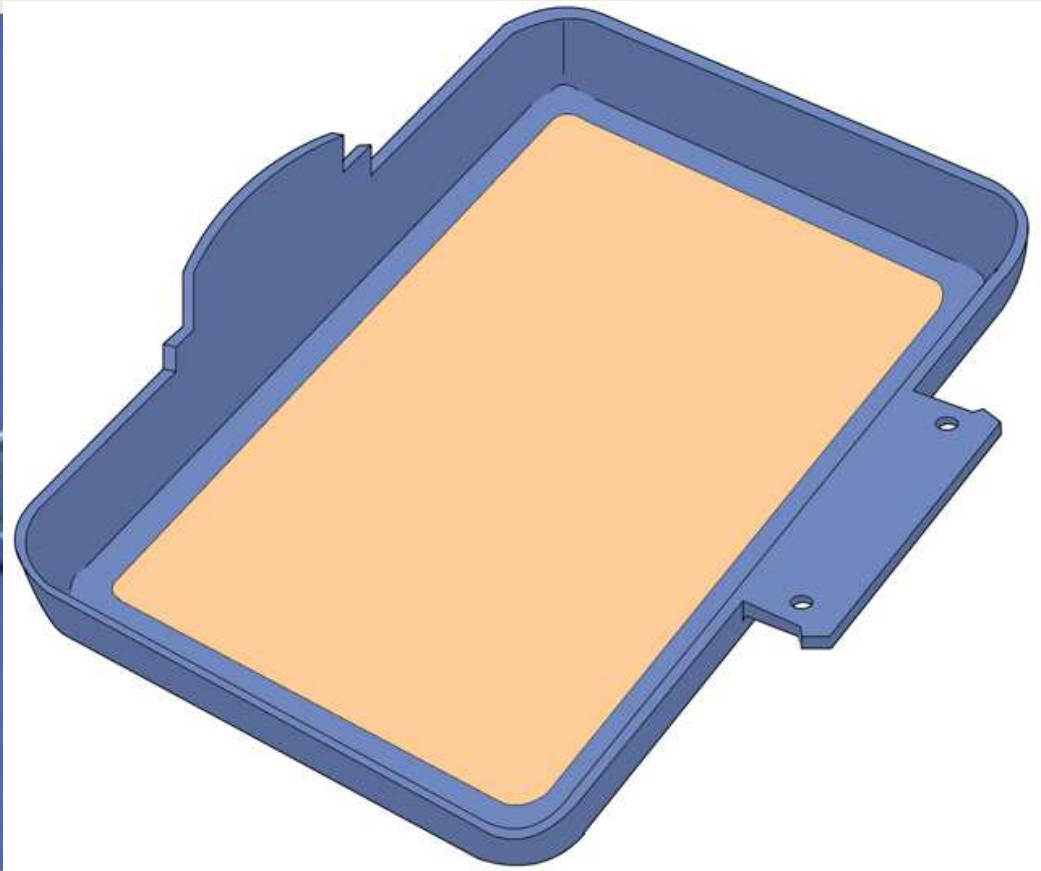
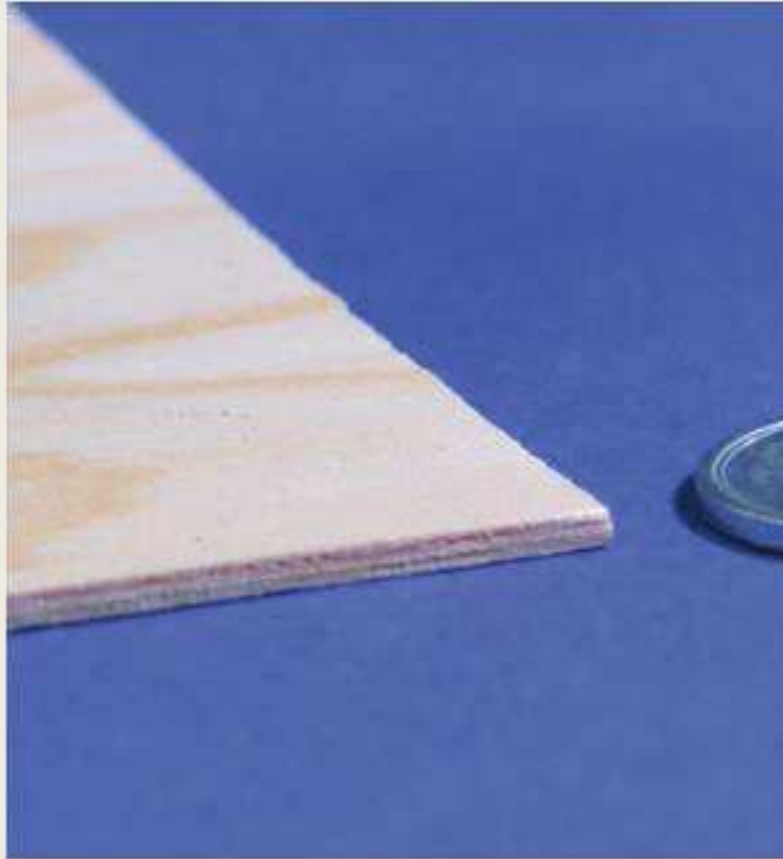
これらの巨大な需要が木材の本質的な性能を見えにくくしている！



10ply,
密度0.4g/cm³

性能は普通？ 否、普通じゃない！！

	MMP	PE	PP	PVC	PC
Density (g/cm ³)	0.40-0.50	0.95-0.97	0.90-0.91	1.30-1.58	1.2
Tensile Young's modulus (GPa)	3.0-9.0	1.07-1.09	1.10-1.60	2.4-4.1	2.4
MOR (MPa)	25-150	-	41-55	69-110	93



汎用樹脂と比べ、著しく低密度・高ヤング率

→樹脂と複合した“N-WPC”を開発できれば、
産業構造に新風を吹き込める可能性がある！？

「木質マイクロプライー樹脂」複合に向けて

実製品への応用を考えると・・・



複雑な形状への対応＝射出成形でのインサート成形が合理的

＜木材－プラスチック(樹脂)接合の課題＞

- ◆ 材料(材種)選択
- ◆ プラスチックとの物性差
- ◆ 樹種ごとの密度差や組織構造の相違

木材学の知識だけでは十分に検討できない！

1. 木質マイクロプライの開発

木材高度加工研究所 山内秀文

2. 木質マイクロプライと樹脂の接合

システム科学技術学部 邱 建輝

研究のねらい

優れた接合性を与える 木質マイクロプライ - 樹脂インサート成形技術の開発

<達成目標>

- ◆ 接合条件の確立
- ◆ 樹種ごとの構造・性質の影響解明
- ◆ プラスチック(樹脂)との接合メカニズムの解明
- ◆ 優れた接合性を示す樹脂/複合材料の選定と開発



実験材料

□ 無垢単板

- アカマツ (Red pine)
- カラマツ (Larch)
- ヒノキ (Hinoki)
- ヒバ (Hiba)

年輪の形成 : 長さ方向

寸法 : 80 × 5.0 × 4.0 (mm)

本学の木材高度加工研究所より提供

□ 樹脂

- ポリアミド6 (PA6, アミラン, CM1017)
- ポリプロピレン (PP, ノバテックPP, MA3)
- ポリカーボネート (PC, パンライト, PCL-1225L)
- ポリ乳酸 (PLA, Ingeo, 3001D)



実験材料

□ 木質マイクロプライ

●スギ(Sugi)

●ヒノキ(Hinoki)

●カバ(Kaba)

寸法: $80 \times 5.0 \times 4.0$, $40 \times 10 \times 4.0$ (mm)

スギ, ヒノキ: 9層 ($0^\circ - 90^\circ - 0^\circ - 90^\circ - 0^\circ - 90^\circ - 0^\circ - 90^\circ - 0^\circ$)

カバ : 8層8ply ($0^\circ - 90^\circ - 0^\circ - 90^\circ - 90^\circ - 0^\circ - 90^\circ - 0^\circ$)

0° : 長手方向に木目のある層

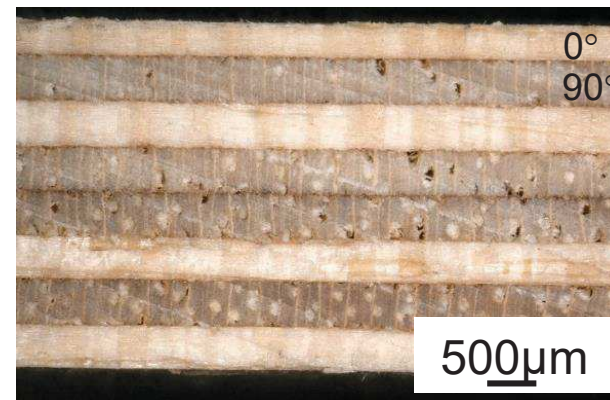
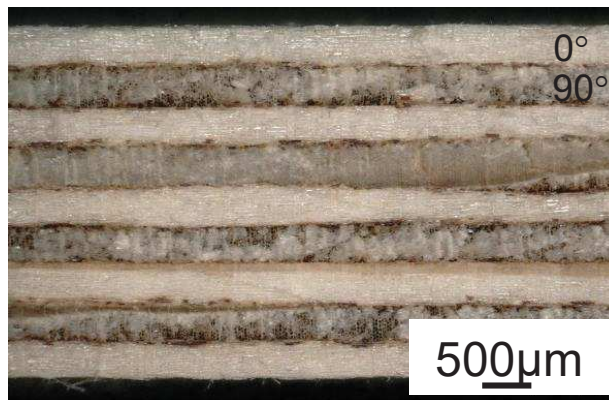


図 木質マイクロプライの外観

成形プロセス：インサート成形

成形装置：射出成形機

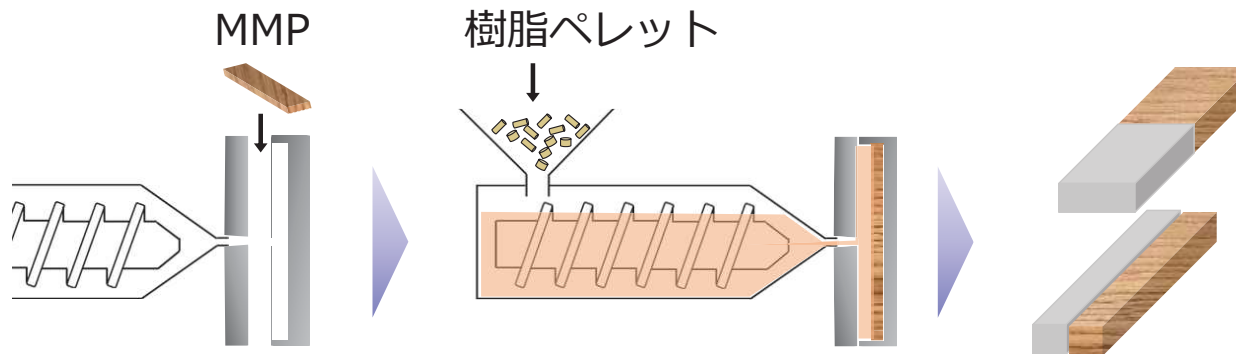
(日精樹脂工業(株)製、NP7-1F)

予備乾燥：for 24h at 105°C (全乾状態)
(MMP)
※樹脂ペレットはメーカー推奨条件に準拠

成形条件：射出温度 $T=200-290^{\circ}\text{C}$
射出速度 $v=20-140\text{mm/s}$
金型温度 $T_m=40、80^{\circ}\text{C}$



<接合工程>



(i) 金型にMMPを設置

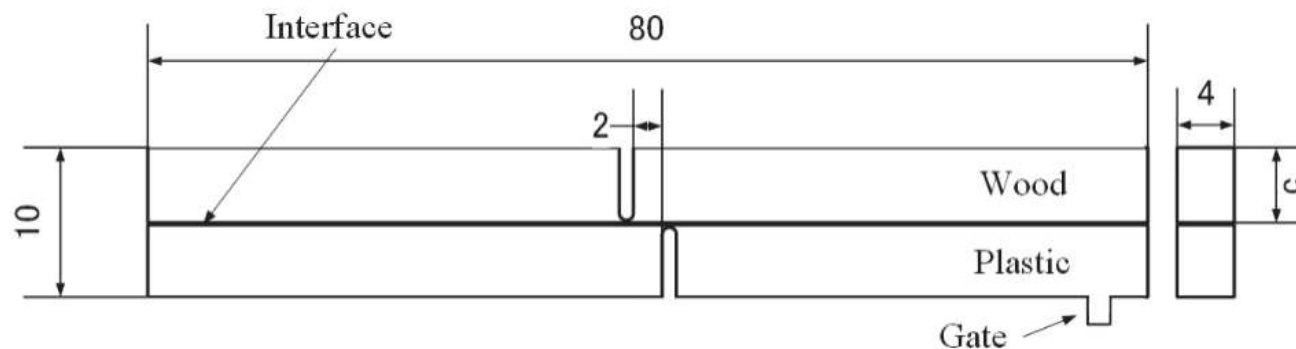
(ii) 樹脂を射出成形

(iii) 接合完了

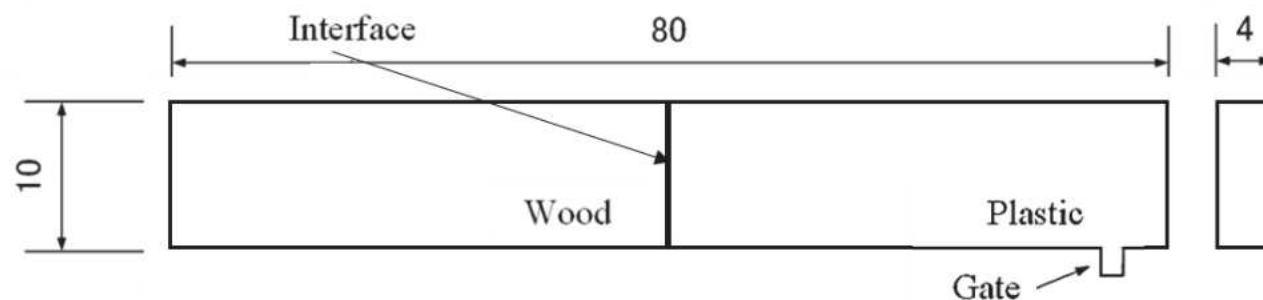


継手の形状

◆ 重ね継手試験片



◆ 突合せ継手試験片



(単位:mm)

無垢単板 - 樹脂に関するまとめ

◆ 無垢単板 - 樹脂の接合

木材の仮道管, 壁孔に樹脂が浸入 ⇒ アンカー効果

◆ 射出温度の上昇

樹脂粘度の低下⇒容易に浸入⇒微細な転写⇒接合強度向上
射出温度は260°C以下が望ましい

◆ HSP値の上昇に伴う接合強度の向上

接合強度に界面での分子間相互作用(水素結合)が関係

木材 - 樹脂の接合

樹脂浸入によるアンカー効果の発現(水素結合により効果増大)



木質マイクロプライ - 樹脂に関するまとめ

◆ 重ね継手

- 接合強度が木材単体のせん断強度を上回る
- 樹脂浸入により木材側の密度が上昇
- 90°層で見られる仮道管(空隙)への樹脂浸入を起因とするアンカー効果によって接合

接合強度は空隙の数に比例の関係を示す

◆ 突合せ継手

- 木材密度が低いほど接合強度が**向上**
- 接合面に凹凸ができ、アンカー効果が強く発現
- 接合強度 空隙構造 < プライ構造

空隙数の増加 ⇒ 圧縮応力**高** ⇒ プライの押込が増大

今後の展望

◆ 接合強度

- 木材単体のせん断強度を上回る
- 木材側の表面処理
- 樹脂側の複合化

◆ 実用化

- 日常生活用品
- 輸送機の軽量化

樹脂成形体



重量; 10g
樹脂使用量; 10g

薄単板積層材複合成形体



→ 5.8g = 2/3以下まで軽量化
→ 2.4g = 1/4に低減

そして、その強さは・・・

	MMP	PE	PP	PVC	PC
Density (g/cm ³)	0.40-0.50	0.95-0.97	0.90-0.91	1.30-1.58	1.2
Tensile Young's modulus (GPa)	3.0-9.0	1.07-1.09	1.10-1.60	2.4-4.1	2.4
MOR (MPa)	25-150	-	41-55	69-110	93