

## 4. 1 時間耐火性能を得るための単板への最適な難燃薬剤吸収量の選定

### 4.1 経緯・目的

これまで難燃処理 LVL には薬剤吸収量確保の観点からスギ辺材単板のみを使用してきた。その結果、平成 28 年度事業においてはスギ辺材単板に難燃薬剤を  $300\text{kg}/\text{m}^3$  処理した LVL を用いることで、耐火集成部材として 1 時間の耐火性能を付与出来ることが明らかとなった。しかしながら、スギ辺材単板は薬剤の浸透性が高いがゆえに、難燃薬剤の吸収量のコントロールが難しく、注薬缶内圧力や加圧時間などの注入条件のみでは対応が難しい。一方で耐火集成材の製品化に向けて更なる低コスト化を図る上では、難燃薬剤の吸収量を適正值に抑えることが求められる。

そこで本章では、薬剤の浸透性が辺材よりも低いことが知られている心材の単板を用い、辺材との注入性の比較を行うとともに、注入条件の見直しを行うこととした。

### 4.2 試験方法

#### 4.2.1 試験材料

スギ単板は全て、株式会社オロチから手配したスギ辺材単板とスギ心材単板を使用した。単板は長さ  $1,300\text{ mm}$  × 幅  $1,368\text{ mm}$  × 厚さ  $3.8\text{ mm}$  で仕入れを行ったが、そのままのサイズでは難燃薬剤を処理する注薬缶に投入が出来ないため、幅方向にカットし、試験材料は全て長さ  $1,300\text{ mm}$  × 幅  $682\text{ mm}$  × 厚さ  $3.8\text{ mm}$  とした。単板の含水率は針式含水率計を用いて抜き取りで測定を実施し、辺材単板と心材単板のいずれも 10% 未満であった。

#### 4.2.2 注入処理

単板への薬剤注入処理はリン酸ホウ酸系難燃薬剤の 40% 作業液を用いて、越井木材工業株式会社にて実施した。注薬缶は内容積  $10.7\text{ m}^3$  のものを用い、表 4.2.2-1 の圧力条件にて注入処理を行った。この時、加圧工程の工程時間は最大圧となる  $1.60\text{ MPa}$  まで到達した時点で終了とした。注薬缶への単板の投入枚数や注入処理日は各回で異なるため、表 4.2.2-2 に示した。この内、スギ辺材単板については本委託事業締結前のデータとなるが同条件での比較のために記載する。

表 4.2.2-1 注入処理における圧力条件

工程	時間	圧力 (MPa)
減圧①	40 分	-0.08
加圧	1 秒	1.60
減圧②	40 分	-0.08

表 4.2.2-2 スギ辺材、心材単板枚数と注入日

単板	サイズ (mm)	素材手配枚数	対象注入枚数	注入日
スギ辺材	1,300×682×3.8	2,306	1,385	平成 29 年 5 月 23、24 日
スギ心材	1,300×682×3.8	810	292	平成 29 年 8 月 29 日

※ 対象注入枚数：スギ辺材は密度 0.295～0.354 の範囲のものを対象として注入したため、注入性の評価は同密度範囲の 292 枚の心材単板とで行う



写真 4.2.2-1 注薬缶外観



写真 4.2.2-2 注薬後の辺材単板

### 4.2.3 重量測定と薬剤吸収量の算出

単板の重量測定は注入前後の重量について表 4.2.2-2 の対象枚数を測定した。測定は注入処理日の前後 2 日以内で、注入前重量と注入後重量を測定し、注入前の単板密度、薬剤注入量、ならびに薬剤吸収量を下式にて算出した。

$$\text{単板密度 (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{注入前重量 (kg)}}{\text{単板体積 (m}^3\text{)} \times 1000}$$

$$\text{薬剤注入量 (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{注入後重量 (kg)} - \text{注入前重量 (kg)}}{\text{単板体積 (m}^3\text{)}}$$

$$\text{薬剤吸収量 (kg/m}^3\text{)} = \text{薬剤注入量 (kg/m}^3\text{)} \times \text{薬剤濃度 (\%)}$$

## 4.3 試験結果

### 4.3.1 スギ辺材単板と心材単板の単板密度

スギ辺材単板と心材単板の単板密度を図 4.3.1-1 に、平均比重を表 4.3.1-1 に示す。

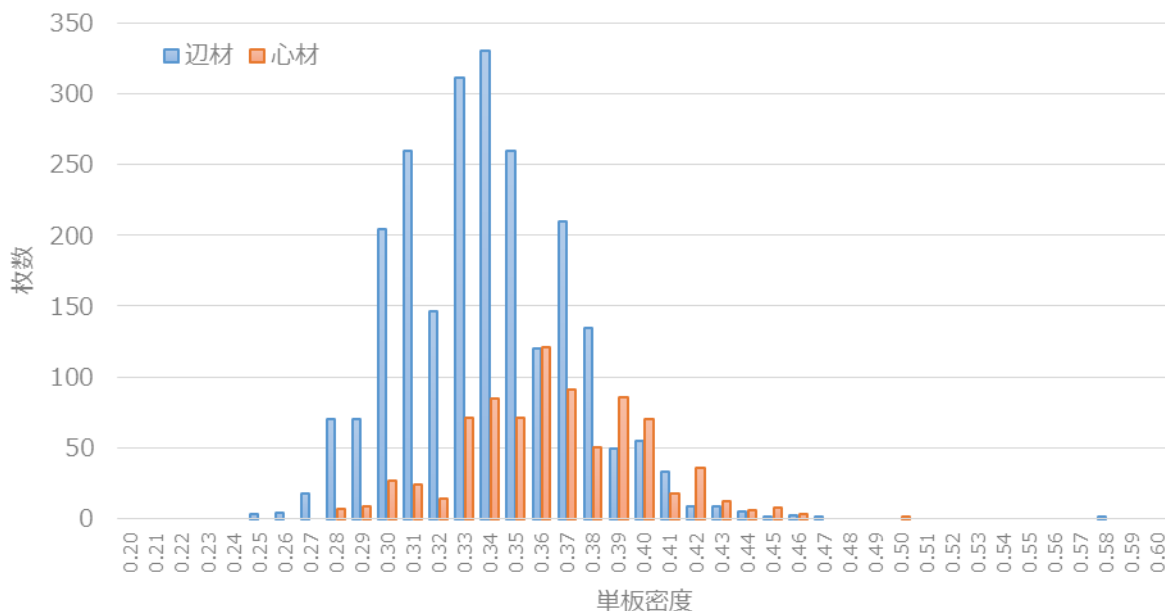


図 4.3.1-1 スギ辺材単板と心材単板の単板密度ヒストグラム

表 4.3.1-1 スギ辺材単板と心材単板の平均密度

単板	枚数	平均密度 (g/cm <sup>3</sup> )	最大密度 (g/cm <sup>3</sup> )	最小密度 (g/cm <sup>3</sup> )	標準偏差
辺材	2,306	0.34	0.58	0.25	0.0327
心材	810	0.36	0.50	0.28	0.0345

スギ辺材単板の平均密度は 0.34、心材の平均密度は 0.36 を示し、サンプル数は辺材に比べて少ないものの、心材単板の方が高い密度を示した。一方で標準偏差は同等の値を示しており、単板密度のバラつきは同程度であると考えられた。

#### 4.3.2 スギ辺材単板と心材単板の難燃薬剤吸収量の差異

スギ辺材は密度 0.295～0.354 の範囲のものを対象として注入処理を実施したため、同密度範囲の心材単板のみを抽出し、それらの難燃薬剤の薬剤吸収量を図 4.3.2-1 に、薬剤平均吸収量を表 4.3.2-1 示す。

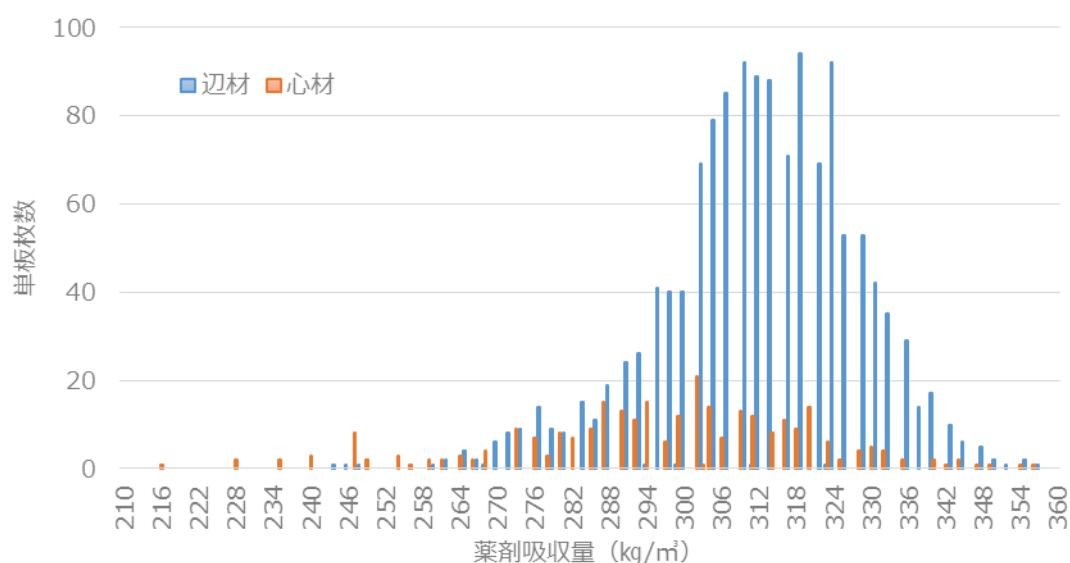


図 4.3.2-1 スギ辺材単板と心材単板の難燃薬剤吸収量ヒストグラム

表 4.3.2-1 スギ辺材単板と心材単板の難燃薬剤平均吸収量

単板	平均吸収量 (kg/m <sup>3</sup> )	最大吸収量 (kg/m <sup>3</sup> )	最低吸収量 (kg/m <sup>3</sup> )	標準偏差
辺材	312	357	244	15.88
心材	297	356	216	23.81

難燃薬剤の平均吸収量はスギ辺材で  $312\text{kg/m}^3$  に対して、心材では  $297\text{kg/m}^3$  を示し、 $15\text{kg/m}^3$  心材の方が低い結果となった。このことは辺材よりも心材の液体浸透性が低いこと、さらに心材単板は浸透性が低い節の発生が多くなるため、辺材よりも低い値を示したものと考えられる。一方で、難燃薬剤吸収量のヒストグラム、ならびに薬剤吸収量の標準偏差から、辺材に比べ心材は薬剤吸収量のバラつきが大きいことが明らかとなった。

#### 4.3.3 スギ辺材、心材の単板密度と薬剤注入量の関係

4.3.2 と同じく、密度  $0.295\sim 0.354$  の範囲の辺材単板と心材単板のみを抽出し、それらの難燃薬剤の薬剤注入量との相関を図 4.3.3-1 に示す。

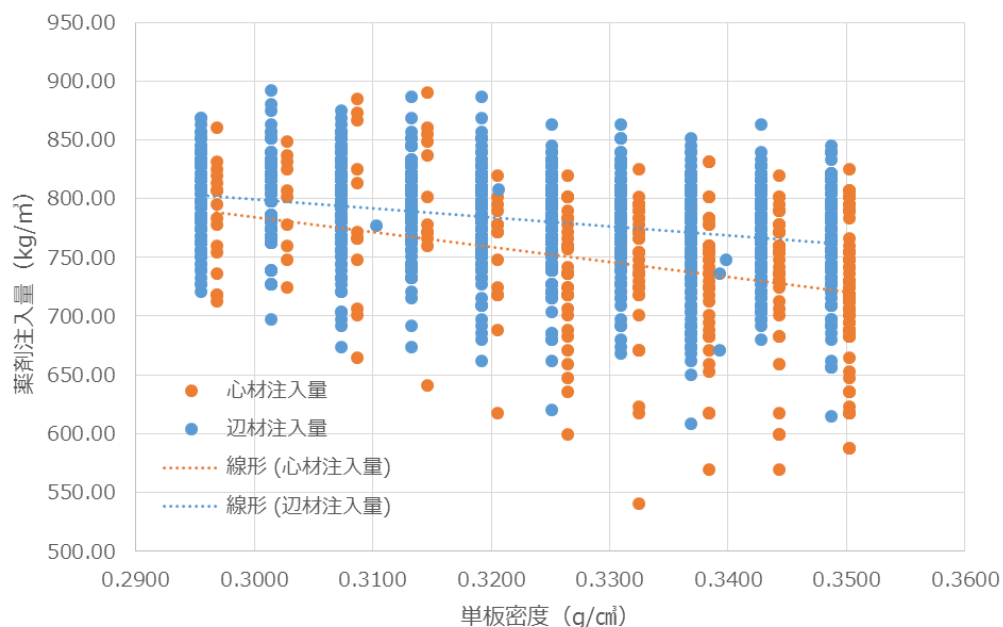


図 4.3.3-1 単板比重と薬剤注入量の関係

辺材単板、心材単板ともに単板密度の増加に伴い、薬剤注入量の減少が認められた。また単板密度に対しての薬剤注入量の減少は心材単板の方が顕著であることが明らかとなった。また薬剤注入量のバラつきについても心材単板の方が顕著であり、特に単板密度が高いものでバラつきが大きくなる傾向が確認された。

#### 4.4 まとめ

適正な薬剤吸収量を確保できる条件を検証すべく、スギ心材単板を用いて難燃薬剤の注入性検証試験を実施した。一般に木材における心材部は辺材部よりも浸透性が低いことが知られていることから、辺材単板と心材単板の比較検証を行ったが、難燃薬剤の平均吸収量においては、心材単板の方が低い値を示したものの、1時間耐火性能の指標となる  $300\text{kg}/\text{m}^3$  程度の薬剤吸収量は心材単板でも十分に確保できることが明らかとなった。

また辺材単板と心材単板では単板密度のバラつきは同程度であったが、同じ単板密度範囲における難燃薬剤吸収量は、心材単板の方でバラつきが大きいことが明らかとなった。このことは同じ単板密度範囲でも辺材より心材の方が薬剤注入量に対して強い負の相関を示している事が影響していると思われる。

今回の結果から安定的且つ、均一的な薬剤量の管理を目指す上では、単板密度、注入性ともにバラつきが少ないという点において、心材よりも辺材の方が LVL の基材として扱いやすいと考えられる。しかしながら、心材の平均薬剤吸収量は辺材と大きくは変わらない値を示しており、これらは単板を積層して製造を行う LVL として使用する場合、そのバラつきを抑えられる可能性があると考えられる。

難燃処理 LVL への心材単板の利用においては当然ながら、接着性の検証や耐火性能の検証については十分に行う必要があるものの、難燃処理薬剤の作業液濃度の管理や LVL 製造における辺材心材の単板構成の検討も併せて行うことによって、ある程度の難燃薬剤量のコントロールは可能と考えられる。またスギ心材の利用は材料の安定供給面や材料コスト面を考慮する上でも重要な意味があり、今後においても積極的な検討課題として取り上げていく必要がある。