

令和 4 年度 木材製品の消費拡大対策のうち CLT 建築実証支援事業のうち
CLT 等木質建築部材 技術開発・普及事業

「木ダボ積層材（DLT）の普及に向けた性能評価と普及活動」

報告書

2023 年 2 月
株式会社 長谷萬

令和4年度 木材製品の消費拡大対策のうち

CLT建築実証支援事業のうちCLT等木質建築部材技術開発・普及事業

「木ダボ積層材（DLT）の普及に向けた性能評価と普及活動」

目次

1. 事業概要	1
1.1 事業の背景と目的	1
1.1.1 事業の背景	1
1.1.2 本事業の目的	5
1.2 事業実施体制とスケジュール	6
1.2.1 実施体制	6
1.2.2 全体スケジュール	7
2. 事業内容	8
2.1 DLT壁の加熱試験①（無載荷加熱による予備試験）	8
2.1.1 試験目的	8
2.1.2 試験概要	8
2.1.3 試験方法	11
2.1.4 試験結果	14
2.1.5 試験結果の考察	28
2.1.6 試験写真	32
2.2 DLT壁の加熱試験②（載荷加熱による本試験）	33
2.2.1 試験目的	33
2.2.2 試験概要	33
2.2.3 試験方法	35
2.2.4 判定内容	39
2.2.5 試験結果	40
2.2.6 試験結果の考察	49
2.2.7 試験写真	50
2.3 DLT壁の吸音性能試験（実大居室による試験）	61
2.3.1 試験目的	61
2.3.2 試験方法	61
2.3.3 試験結果	66

3.	DLT の活用と普及にむけて	70
3.1	DLT の活用について	70
3.2	DLT の利用拡大に向けた課題	71
4.	添付資料	73
5.	謝辞	88
6.	参考資料	88

1. 事業概要

本報告書では、令和4年度 木材製品の消費拡大対策のうちCLT建築実証支援事業のうちCLT等木質建築部材技術開発・普及事業による「木ダボ積層材（DLT）の普及に向けた性能評価と普及活動」について報告する。

事業名 : 「木ダボ積層材（DLT）の普及に向けた性能評価と普及活動」

事業主体 : 株式会社長谷萬

事業期間 : 令和4年4月8日～令和5年2月20日

1.1 事業の背景と目的

1.1.1 事業の背景

- ・ 木ダボ接合積層材（DLT：Dowel Laminated Timber）は、製造時に接着剤や釘を使用せず木ダボで板材等を積層した床・壁・屋根などに使用できるマスティンバー材である（写真1）。大規模な製造設備が不要で、中小の製材事業者の高付加価値型の多品種少量に適している。地域分散型の生産で地域の木材産業の活性化につながるとして、欧州の中山間部では小さな製材所、加工所、工務店によって、DLTのサプライチェーンが構築されている。北米でもCLT、NLTなどの他のマスティンバー材と同様に多くの建築物で活用され普及が進んでいる。
- ・ DLTの製作は図1で示すように板の配列、穿孔、ダボ挿入という単純な工程で製造でき、木材の加工性の高さを活かした多彩な表面デザインが可能である（表1）。また素材段階での寸法許容範囲が広く、歩留りが良いため、現状よりさらに高い製材歩留りを目指せる可能性がある。

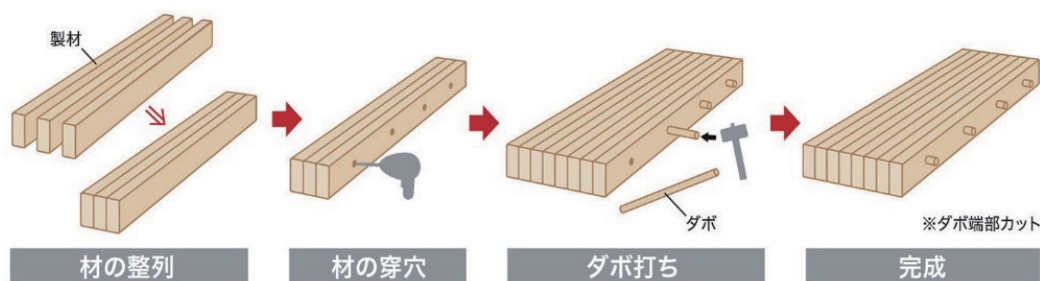


図1 DLT 製作工程

表 1 DLT表面意匠のバリエーション例

基本タイプ 加工しないひき板の積層。	ベベルエッジ タイプ 1 平面を残し、斜めに深く削り、凸凹を強調したもの。	ベベルエッジ タイプ 2 ひき板端部の斜め加工により、表面に変化をつけたもの。
		
丸身付き 丸身付きのひき板により、均質でない、自然でラフな印象。	グループエッジ タイプ 1 側面に溝をつけたひき板の積層により、それぞれのひき板を強調したもの。	グループエッジ タイプ 2 側面に溝をつけたひき板の積層により、ひき板の凸凹を強調したもの。
		



写真 2 DLT活用例 1



写真 3 DLT活用例 2

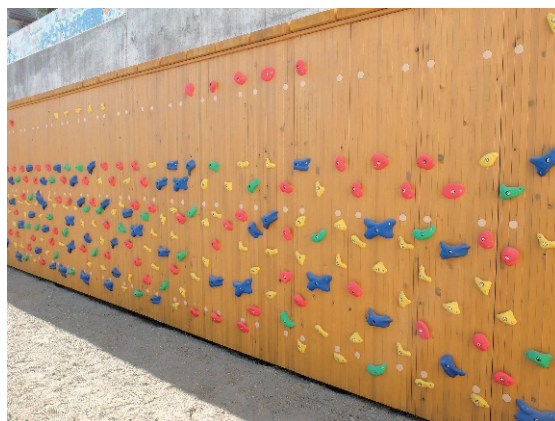


写真 4 DLT活用例 3

これまでDLTの各種性能について以下を確認している。

1) 曲げ性能の確認

令和元年度事業のDLTの曲げ試験の結果より、DLTは木ダボによる接合・積層で強度が増すことはないが、ラミナにJAS甲種2級同等材を使用したスギ DLT は、同断面のスギ集成材 E65F255 同一等級構成の梁の平使いと同等程度の曲げ性能が確認された。また、偏荷重による梁の曲げ試験により、木ダボによる荷重分散効果が確認された。

DLTの破壊性状は、集成材のように一気に壊れるような脆性的な曲げ破壊でなく、欠点を有する弱いラミナから徐々に破壊する、延性的で粘り強い性状で、床版や屋根パネルとして活用できることを確認した。

2) DLT・コンクリート複合床版の曲げ性能の確認

令和元年度事業で、DLTの上面にコンクリートを打設したDLT-コンクリートの複合材（Dowel Laminated Timber-Concrete Composite ; DLT-CC）の曲げ試験、クリープ試験から、コンクリート複合材として曲げ剛性の向上が確認され、将来的に木造以外のS造やRC造の床構造としてDLTとコンクリートの複合床版（DLT-CC）の活用が期待できる。

3) 壁性能の確認

令和元年度事業のDLT壁の面内せん断試験の結果より、DLT壁は構成材の幅寸法により高い耐力を有することが確認でき、DLT壁は耐力壁要素としても利用可能である。現状は壁倍率の認定未取得のため、DLTを耐力壁として使用する場合は、試験結果より得られた特性値をもとに許容応力度計算が必要であるが耐力壁として活用できる。

軸組構造の壁にDLTを組み込み、耐力面材に木質系耐力面材や、無機質系耐力面材を使用する場合、使用する構造用面材の種類に応じた壁倍率を利用することができる。

4) 意匠性の検証

令和元年度事業では、予め断面加工した木材を積層することにより、DLTに多様な意匠性を持たせられることを確認した。一般的に利用されない丸身付き材の活用により歩留まりを向上できる。DLTの高い意匠性を活かすことで、非住宅用途での天井現しの床や屋根、内装壁としても活用できる。

5) 吸音性の検証

令和元年度事業で、積層する木材の断面加工と吸音材との組み合わせにより、DLTに高い吸音性能を付与できることを確認し、吸音DLTは意匠性だけでなく吸音性も有する、機能的構造面材として活用できる。

6) DLT床構造の防火性能の検証

令和2年度事業では、国内で初めてDLT床構造について小型試験炉で予備試験、実大水平炉での載荷加熱試験を実施し、以下の3点が確認できた。

- スギ38×140DLT スパン3.9mの試験体で60分準耐火構造 床と同等の性能を有することを確認した。
- スギ30×105DLT スパン3.9mの試験体は、加熱開始後37分で試験中断し、45分 準耐火構造 床の性能を満たすことが確認できなかったが、必要な断面とすることで45分 準耐火構造 床の性能を確保できる確証が得られた。
- 試験の経過状況よりスギ 30ミリ×105ミリDLT スパン3.9mは、30分の準耐火構造の屋根と同等程度の性能を有することが確認できた。

1.1.2 本事業の目的

これまでに構造面の性能評価、検証を行い、現在、防火性能要求のない小規模建築物でDLTの利活用が進んでいる。令和3年10月1日施行の「都市（まち）の木造化推進法」に伴い、今後さらに、非住宅木造建築や木造準耐火建築物などで中大規模木造建築いわゆるマスティンバー建築の建設促進、木造以外の建築物の内装木質化が促進されると推測される。

そこで、木造準耐火建築物でのDLTの利活用推進のため、令和2年度の事業では実大水平炉によるDLT床構造の防火性能を検証した。本事業では木造準耐火建築物の壁構造（外壁）を対象として、DLT壁の基礎的な防火性能の検証・確認を行うものとする。

また、「都市（まち）の木造化推進法」により、建築物の内装木質化の促進も期待されることから、建築物の内装木質化におけるDLTの利用拡大を推進のため、実大居室での吸音DLTの性能評価を行う。

1）DLT壁構造の加熱試験

DLT壁構造（外壁）の載荷加熱試験（目標加熱45分間）で45分準耐火構造壁と同等の性能を有するか検証することで、集成材、CLT、NLTなどのマスティンバー材と同様に準耐火建築物（表2）における壁でDLT利活用の道筋をつける。

表2 準耐火建築物の種類

イ 準耐火建築物（主要構造部準耐火構造）	ロ 準耐火建築物1号（外壁耐火型）	ロ 準耐火建築物2号（不燃構造型）
延焼のおそれのある部分 屋根：30分 軒裏：45分 間仕切壁：45分 床：45分 軒裏：30分 外壁（非耐力）：30分 外壁（耐力）：45分 防火戸（防火設備） 階段：30分 はり：45分 柱：45分 ※時間は準耐火構造の要求時間	延焼のおそれのある部分 屋根の構造：20分 準耐火構造30分 防火戸（防火設備） 外壁：耐火構造	延焼のおそれのある部分 屋根葺材：不燃材料等 3F床：30分 床：準不燃材料 防火戸（防火設備） 階段：準不燃材料 はり：不燃材料 柱：不燃材料 外壁：準不燃材料
すべての主要構造部を準耐火構造として一定時間建物が崩壊しないようにする 〔主に木造〕	外壁を耐火構造として、一定時間建物が崩壊しないようにする 〔主にRC造、木造〕	主要構造部を不燃材料等でつくり、一定時間建物が崩壊しないようにする 〔主に鉄骨造〕

※イ準耐火建築物は、木造3階建ての共同住宅等・学校等・高さ16m超のいずれかの場合は、45分→1時間とする

2）DLT壁の吸音性能試験

これまでの取組みにおいて、1m×1m程度のDLTで加工形状、吸音材を変えた場合の吸音DLTの吸音性能を検証した。本事業では実大居室の壁にDLTを適用し、実大居室での吸音DLTの吸音性能を確認する。

1.2 事業実施体制とスケジュール

1.2.1 実施体制

製材業者、大学・研究機関と連携し、以下の体制で検討委員会を構成し、検討を進めた。

(敬称省略)

委員長 安井 昇 (桜設計集団一級建築士事務所 代表)

委員 網野禎昭 (法政大学デザイン工学部建築学科 教授)
宮田雄二郎 (法政大学デザイン工学部建築学科 准教授)
花井厚周 (株式会社竹中工務店 木造・木質建築推進本部 副部長)
小井土義治 (小井土製材株式会社 代表取締役社長)
原田寿郎 (森林研究・整備機構 森林総合研究所 研究専門員)
野中峻平 (一般財団法人ベターリビング つくば建築試験研究センター)
河野博紀 (一般財団法人建材試験センター 中央試験場)
小林 慧 (群馬県環境森林局 林業振興課 県産木材振興係 主任)
長谷川泰治 (株式会社長谷萬 代表取締役社長)

オブザーバー：

高木 望 (林野庁木材産業課 課長補佐)
熊谷有理 (林野庁 林政部 木材産業課 木材製品技術室 木材専門官)
横江美幸 (林野庁 林政部 木材産業課 木材製品技術室木材製品調査班 企画係長)
平原章雄 (木構造振興株式会社 常務取締役)
宮城県CLT 等普及推進協議会

事務局 鈴木康史、小林辰美 (株式会社長谷萬)

1.2.2 全体スケジュール

本事業は下表のスケジュールで実施した（表 3）。

表 3 全体スケジュール

	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月
委員会		▽				▽			▽	
材料調達			—	—		—	—			
試験体製作				—	—		—	—		
試験実施					—			—		
事業報告作成							—	—	—	—
P R 活動				—	—	—	—	—	—	—

委員会の開催日程

第 1 回 令和 4 年 6 月 28 日(火曜日) 10:00～11:30 オンライン

第 2 回 令和 4 年 10 月 26 日(水曜日) 10:00～11:30 オンライン

第 3 回 令和 5 年 1 月 27 日(金曜日) 14:00～15:30 オンライン

2. 事業内容

2.1 DLT壁の加熱試験①（無载荷加熱による予備試験）

四つ枠を使用して試験体 4体を同時加熱する試験を実施した。

2.1.1 試験目的

以下の項目についてDLTの防火性能を確認する。

- DLT パネルと、柱と DLT パネル接合部の燃込みの有無（遮炎性能、遮熱性の検証）
- 積層材の燃焼性状の確認（遮熱性能の検証、炭化速度の検証）

2.1.2 試験概要

1) 試験体の仕様

試験体は1,200mm (W) × 1,200mm (L) のDLT壁で、各試験体の仕様を下表（表 4）に示す。試験体A、B、Cは室内側加熱を想定して3つのDLT仕様を設定。試験体Dは外壁側加熱を想定して金属サイディング（ガルバリウム鋼板 t0.35mm）を施したDLTパネル1体の合計4体とした（図 2、図 3、図 4、図 5）。

表 4 壁炉 4つ枠試験体の仕様

	試験体A	試験体B	試験体C	試験体D
樹種	スギ	スギ	スギ	スギ
加熱面	室内側 (柱・DLT)	室内側 (柱・DLT)	室内側 (柱・DLT)	外壁側 (金属サイディング)
DLT構成材	30×105、30×120	30×105、30×120	30×105	30×105
柱仕様	105×105 105×120	105×105 105×120	120×120 120×150	105×105
構造用合板	t12mm	なし	t12mm	t9mm、t12mm
加熱時間	45分	45分	45分	45分

各試験体のラミナには小井土製材（株）製材の群馬県産スギ材を使用し、小井土製材（株）にて乾燥後の粗挽き材を下記の管理値で選別し寸法仕上げした。

木材比重の管理値 ：スギ 0.36 ±10% (Max0.38)

含水率の管理値 ：12% ±2%

2) 試験体の形状、寸法

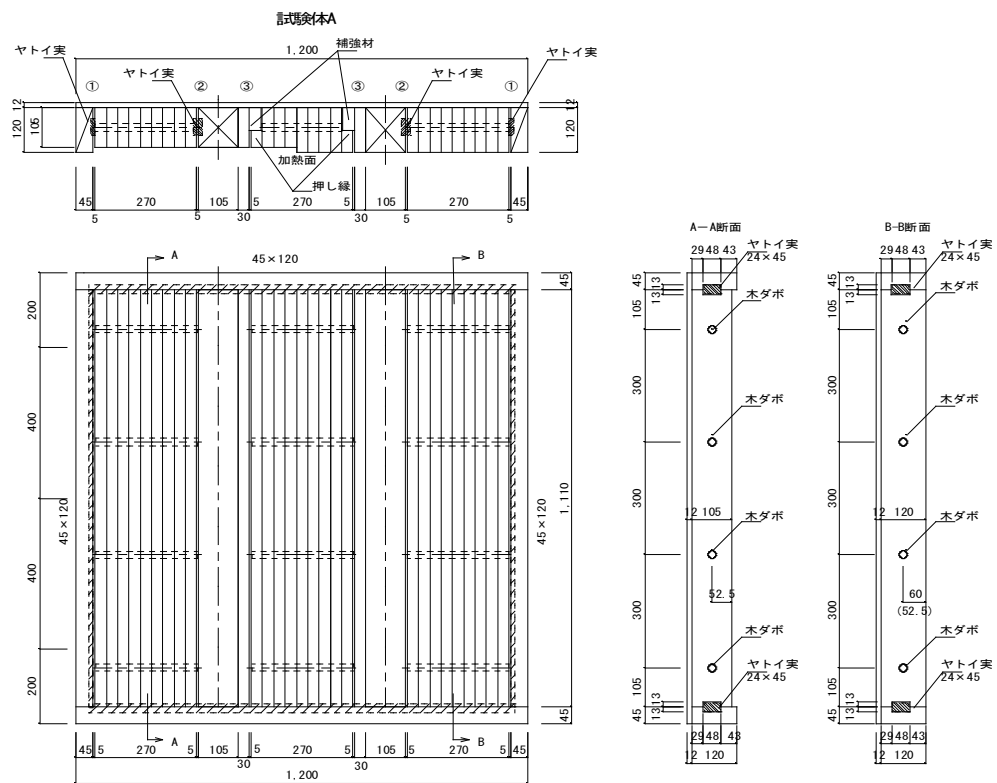


図 2 試験体A 姿図

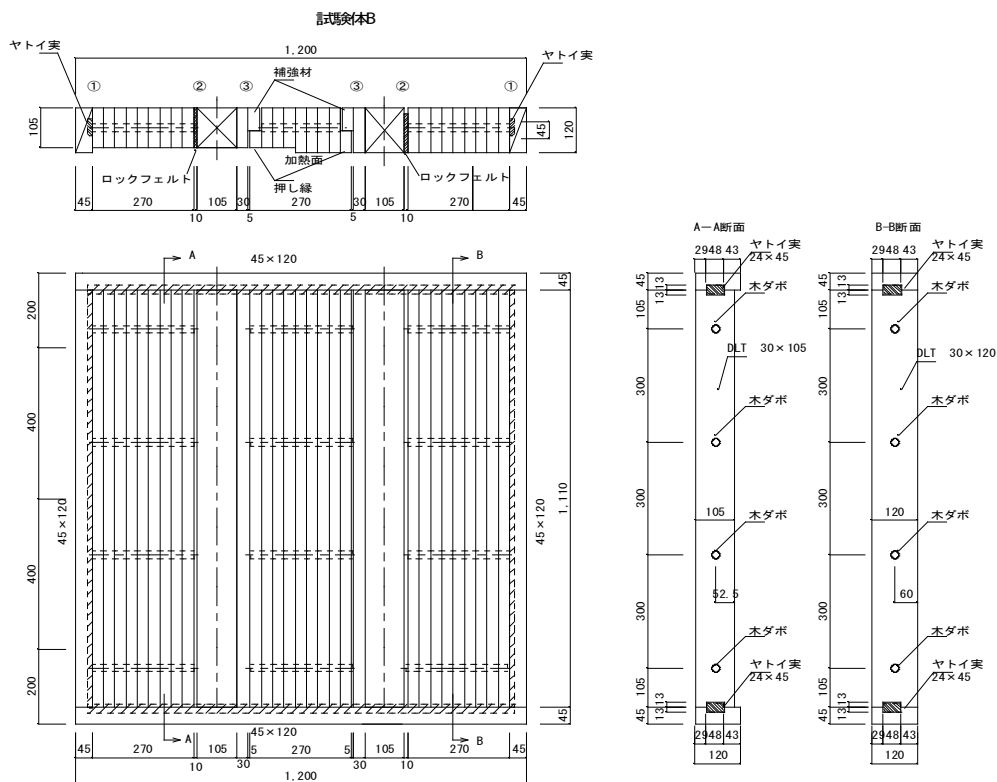
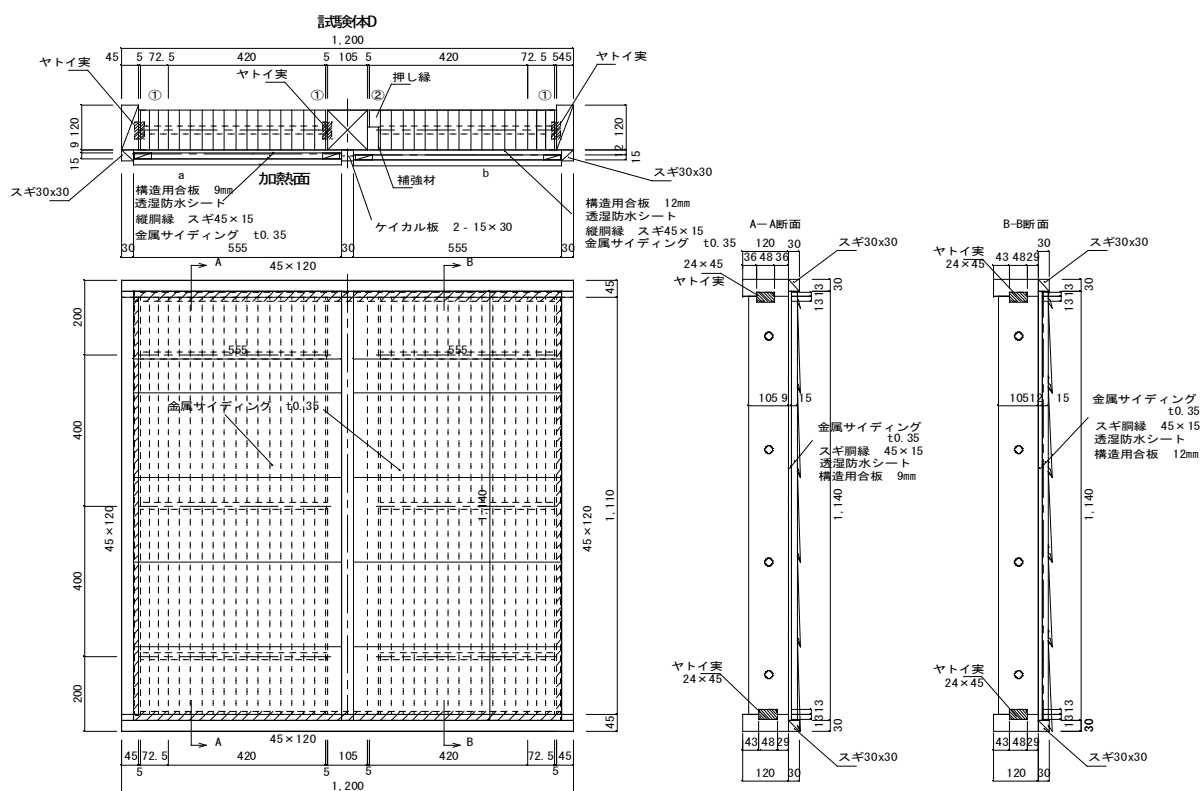
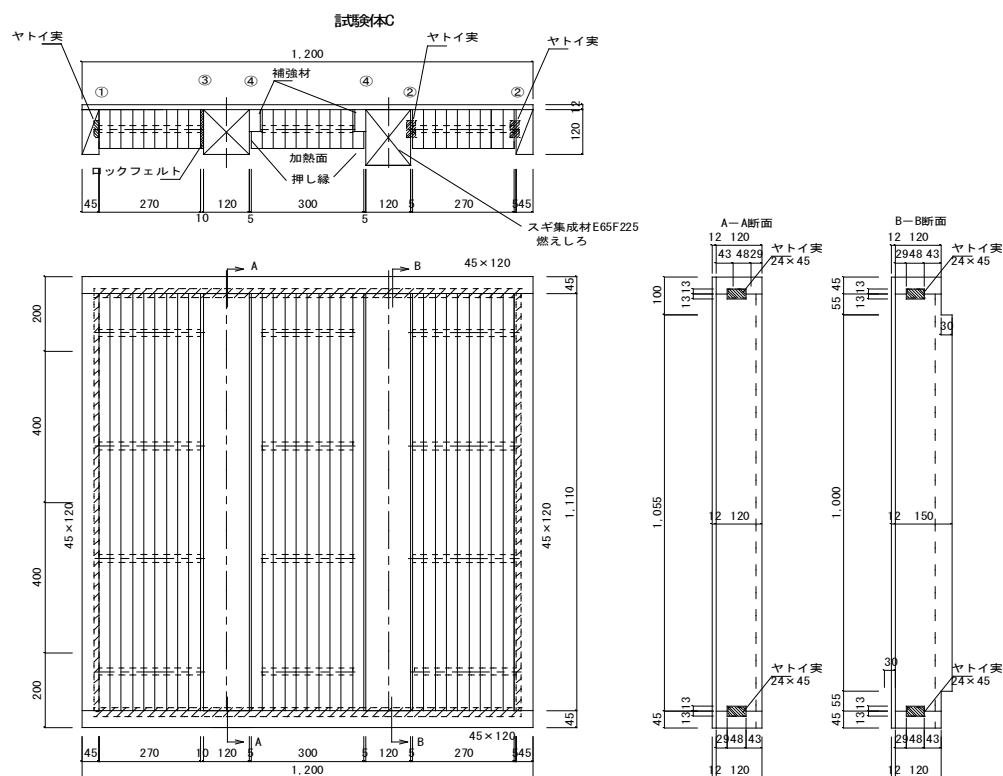


図 3 試験体B 姿図



2.1.3 試験方法

1) 加熱方法

試験は（公財）日本住宅・木材技術センター壁炉にて、炉内熱電対により測定した温度（加熱温度）が（公財）日本住宅・木材技術センター制定「防耐火性能試験・評価試験業務方法書」に規定する次式による標準加熱曲線に沿うよう制御しながら試験体の片面を45分加熱し、加熱終了後は速やかに脱炉し、注水消火した。

$$T = 345 \log_{10} (8t + 1) + 20$$

ここで、 T : 加熱温度（℃）、 t : 試験の時間経過（分）

2) 測定項目

① 加熱温度

炉内熱電対の熱接点は、試験体表面面から100mm離れた位置10点で測定した（図 10）。

② 内部温度、裏面温度

DLTの内部温度、裏面、加熱温度はJIS C 1605に規定するクラス2の性能を有する線径0.65mmのK熱電対をDLT断面内、柱断面内および構造用合板面に設置し測定した（表 5、図 6、図 7、図 8、図 9）。

表 5 温度計測位置図と熱電対番号

試験体 測定位置	試験体A	試験体B	試験体C	試験体D
DLT内部温度：○ 加熱面より 20.5mm 42.5mm 60mm	30×105,30×120 A1-1、A1-4 A1-2、A1-5 A1-3、A1-6	30×105,30×120 B1-1、B1-4 B1-2、B1-5 B1-3、B1-6	C1-1 C1-2 C1-3	合板9mm,12mm D1-1、D1-4 D1-2、D1-5 D1-3、D1-6
柱 内部温度：○ 加熱面より 20.5mm 42.5mm 60mm	A2-1 A2-2 A2-3	B2-1 B2-2 B2-3	120×120,120×150 C2-1、C2-4 C2-2、C2-5 C2-3、C2-6	
合板表面温度：×	加熱側 A3-1～7	—	加熱側 C3-1～4	加熱側 D4-1～4
合板裏面温度：□	非加熱側 A4-1～7	—	非加熱側 C4-1～4	加熱側 D3-1～4
木材裏面温度：△	—	非加熱側 B3-1～7	—	加熱側 D5-1～4

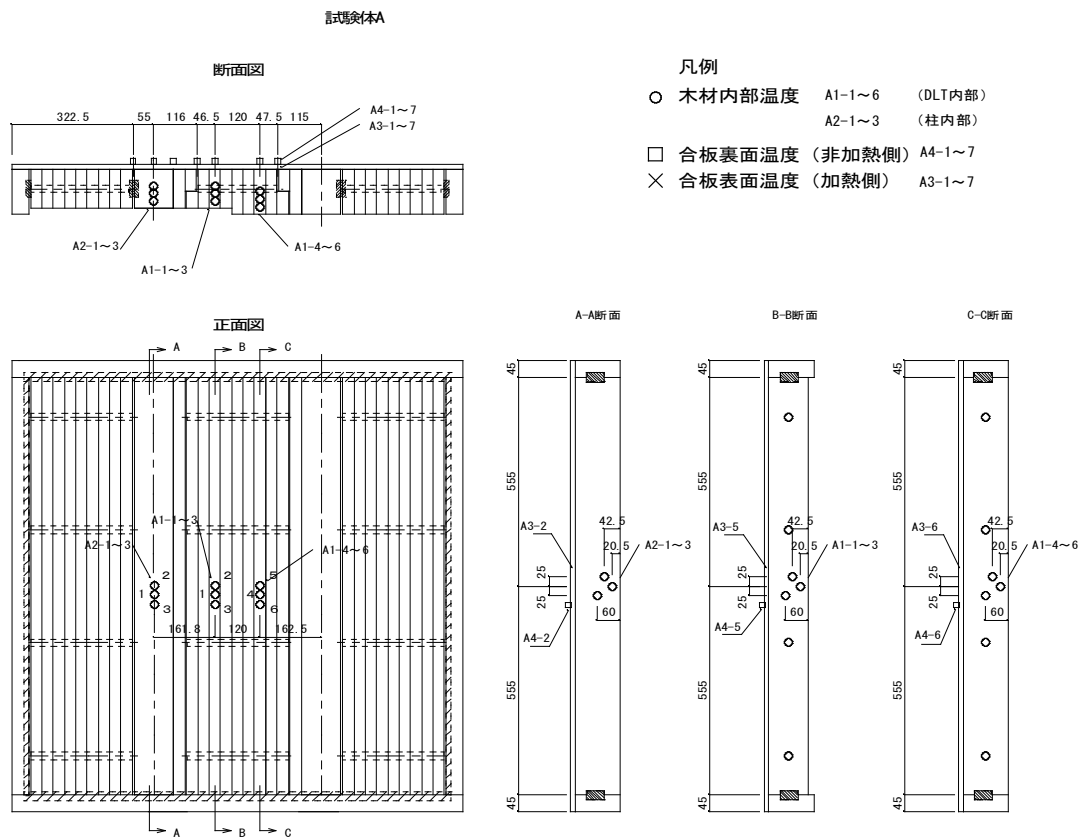


図 6 試験体A 温度計測位置図

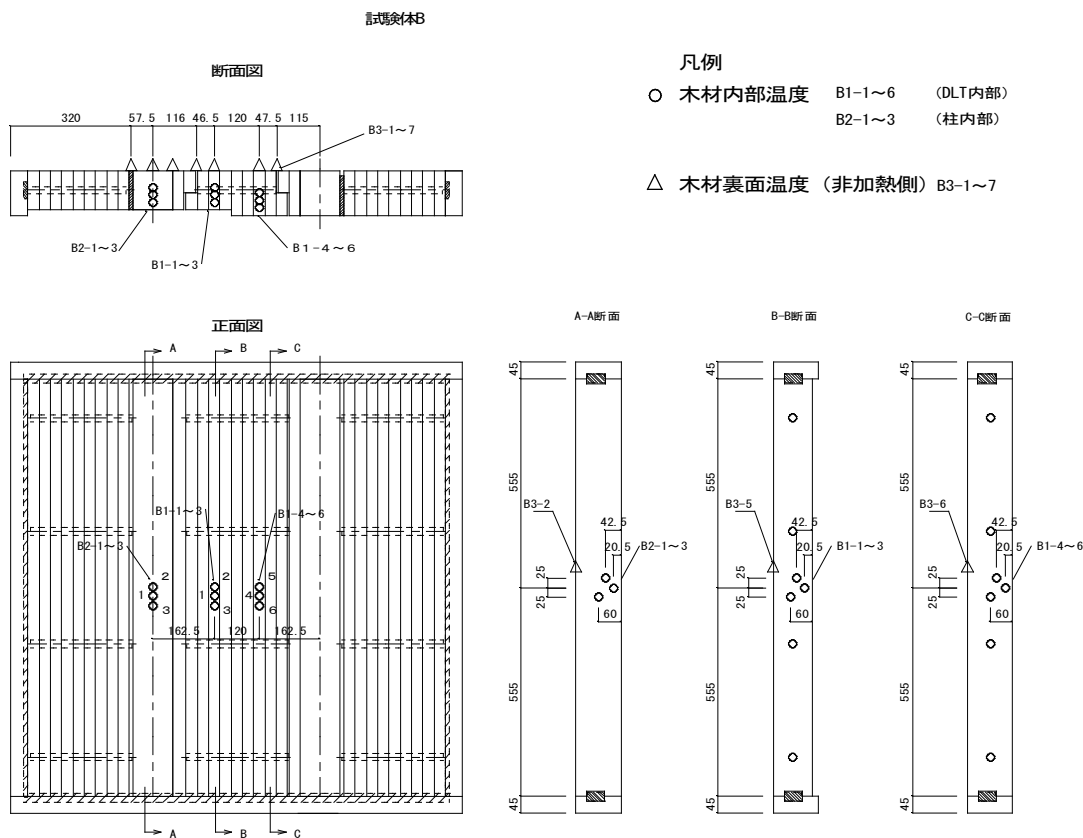


図 7 試験体B 温度計測位置図

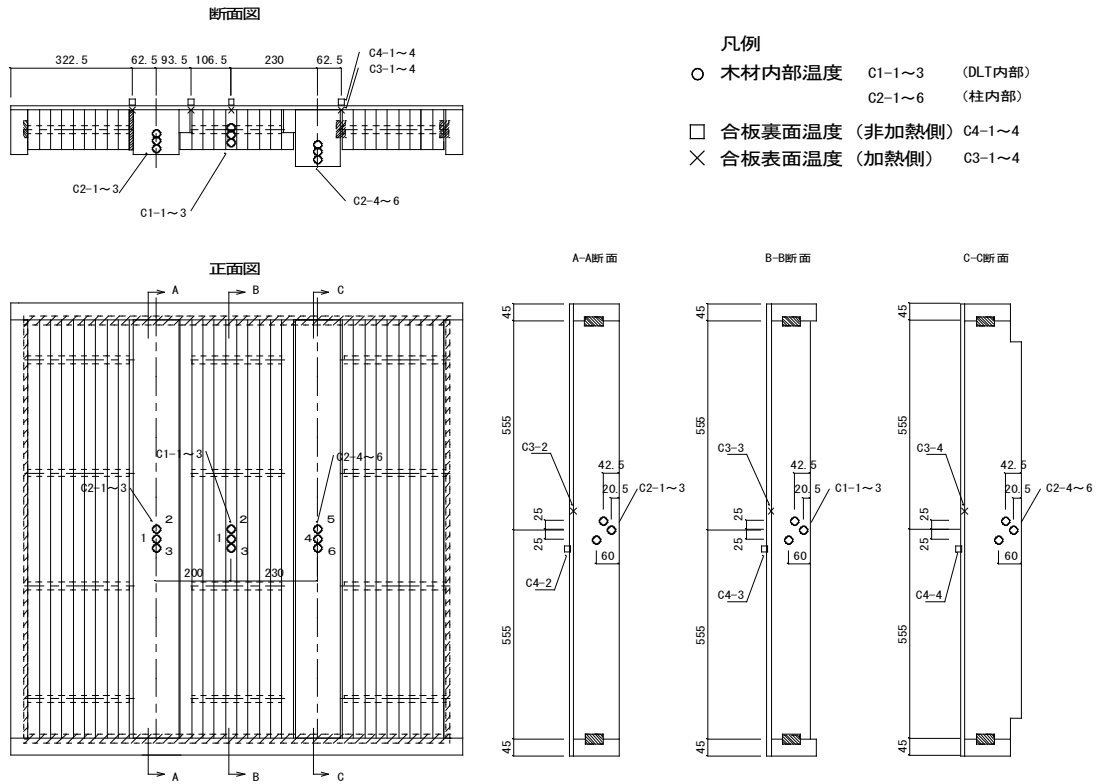


図 8 試験体C 温度計測位置図

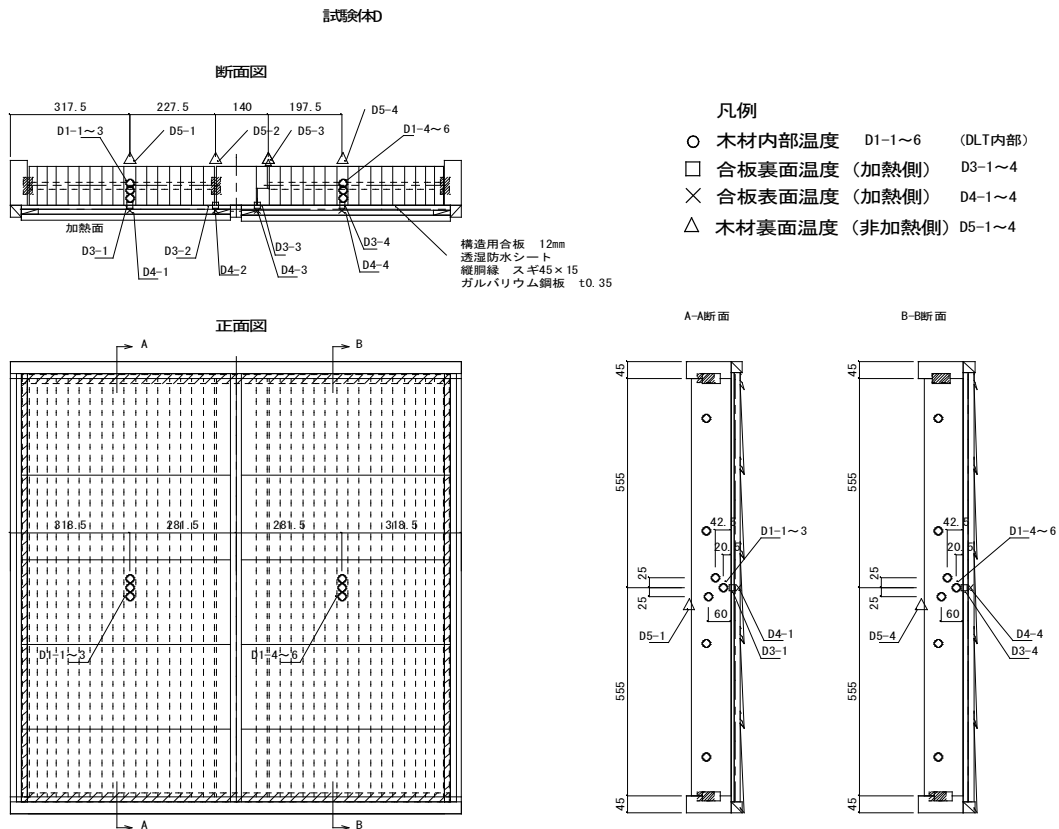


図 9 試験体D 温度計測位置図

2.1.4 試験結果

試験実施 公益財団法人日本住宅・木材技術センター

試験日 令和4年9月21日

加熱炉正面図を図 10 に各試験体位置を写真 5 に示す。加熱試験終了後、脱炉し注水消火を行った。加熱終了後、脱炉・注水消火まで約10分経過した。

試験結果を表 6 に、炉内温度を図 11、各温度、残存断面を試験体A：図 12～図 15、試験体B：図 16～図 18、試験体C：図 19～図 22、試験体D：図 23～図 27 に示す。

表 6 試験結果

		試験体A	試験体B	試験体C	試験体D
樹種		スギ	スギ	スギ	スギ
DLT構成材		30×105 30×120	30×105 30×120	30×105	30×105
柱断面		105×105 105×120	105×105 105×120	120×120 120×150	105×105
構造用合板		t12mm	なし	t12mm	t9mm, t12mm
金属サイディング		なし	なし	なし	あり
加熱面		DLT側	DLT側	DLT側	外壁側
加熱時間		45分	45分	45分	45分
260℃を超えた時間（加熱開始からの経過時間）	20.5mm	15.75分	15.25分	14.25分	—
	42.5mm	39.25分	38.25分	41.25分	—
	60mm	—	—	—	—
遮炎性	非加熱側へ10秒を超えて継続する火炎の噴出の有無	なし	あり (25分49秒)	なし	なし
	非加熱側へ10秒を超えて継続する発炎の有無	なし	なし	なし	なし
	火炎が通る亀裂等の損傷の発生の有無	なし	なし	なし	なし
遮熱性	初期温度	23℃	24℃	23℃	23℃
	非加熱面の最高温度	60℃ (A4-5) (42分45秒) (合板裏面温度)	697℃* (B3-7) (25分49秒) (木材裏面温度)	51℃ (C4-2) (43分45秒) (合板裏面温度)	65℃ (D5-2) (26分45秒) (木材裏面温度)
		【規定値：初期温度 + 180℃】			
	内部の最高温度	829℃ (A2-1) (43分15秒) (木材内部温度)	737℃ (B1-1) (45分00秒) (木材内部温度)	759℃ (C1-1) (45分00秒) (木材内部温度)	856℃ (D4-2) (44分30秒) (合板表面温度)

※試験体Bは合板がなく炉内貫通の状態であるため、温度は参考値とし遮炎性の判定及び裏面温度規定値の適用除外とする。

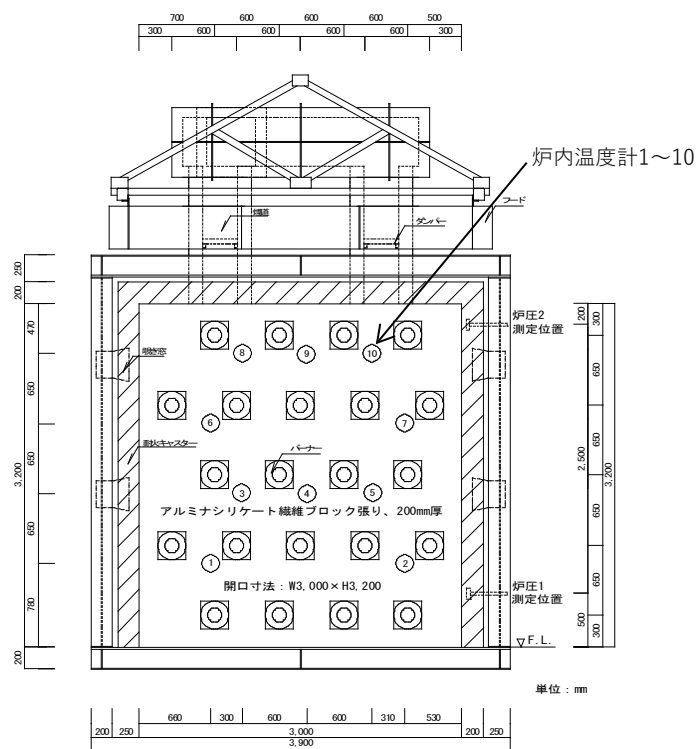


図 10 加熱炉 正面図



写真 5 試験体位置

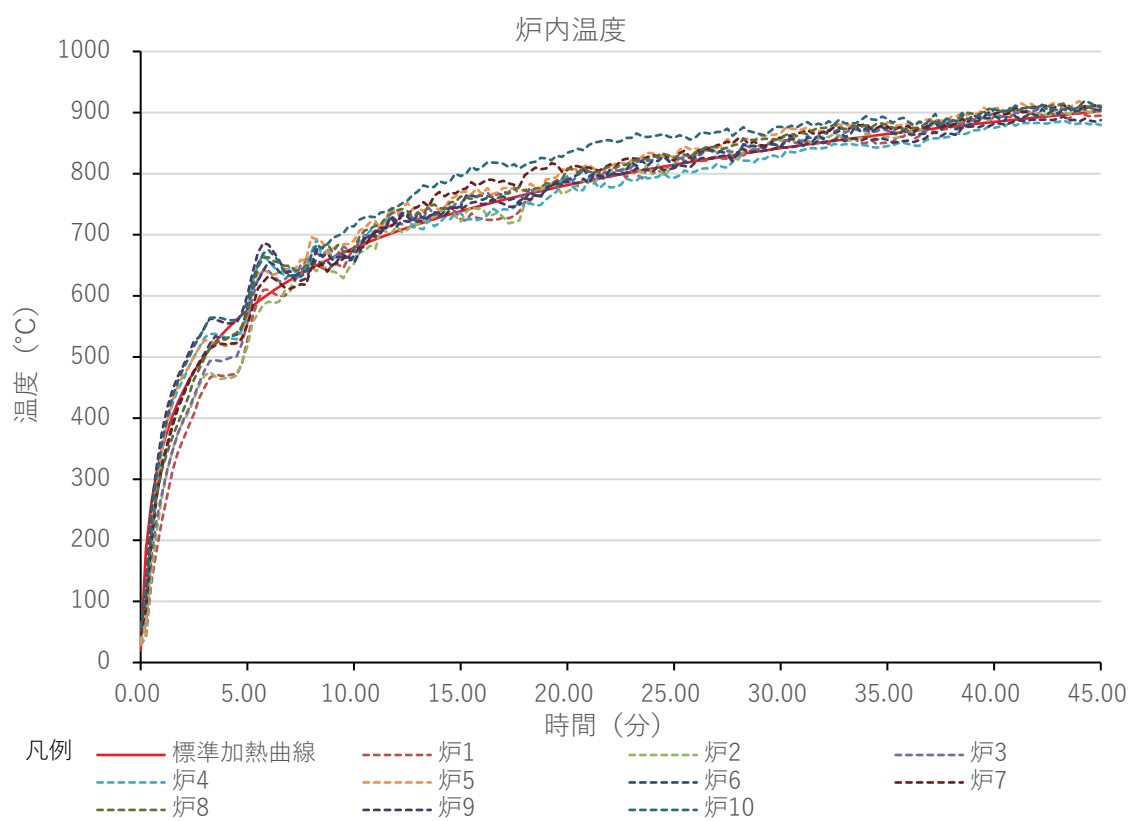


图 11 炉内温度

1) 試験体A

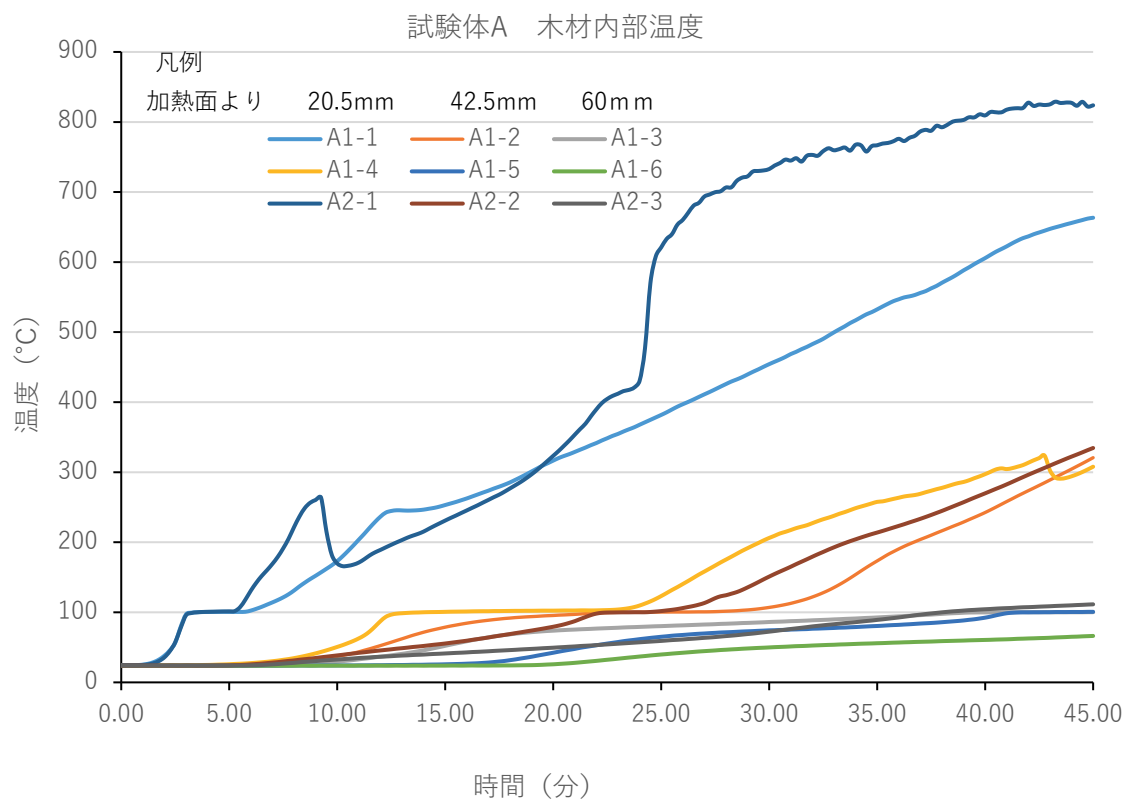


図 12 試験体A 木材内部温度

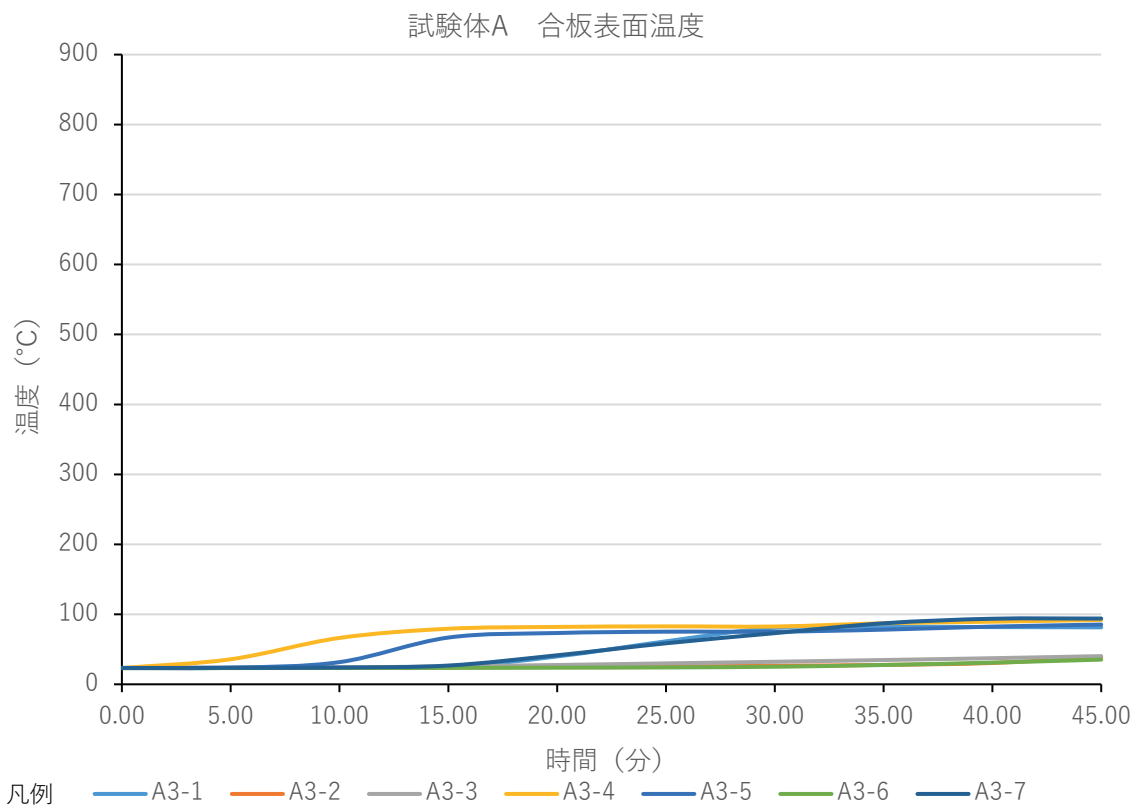


図 13 試験体A 合板表面温度 (加熱側)

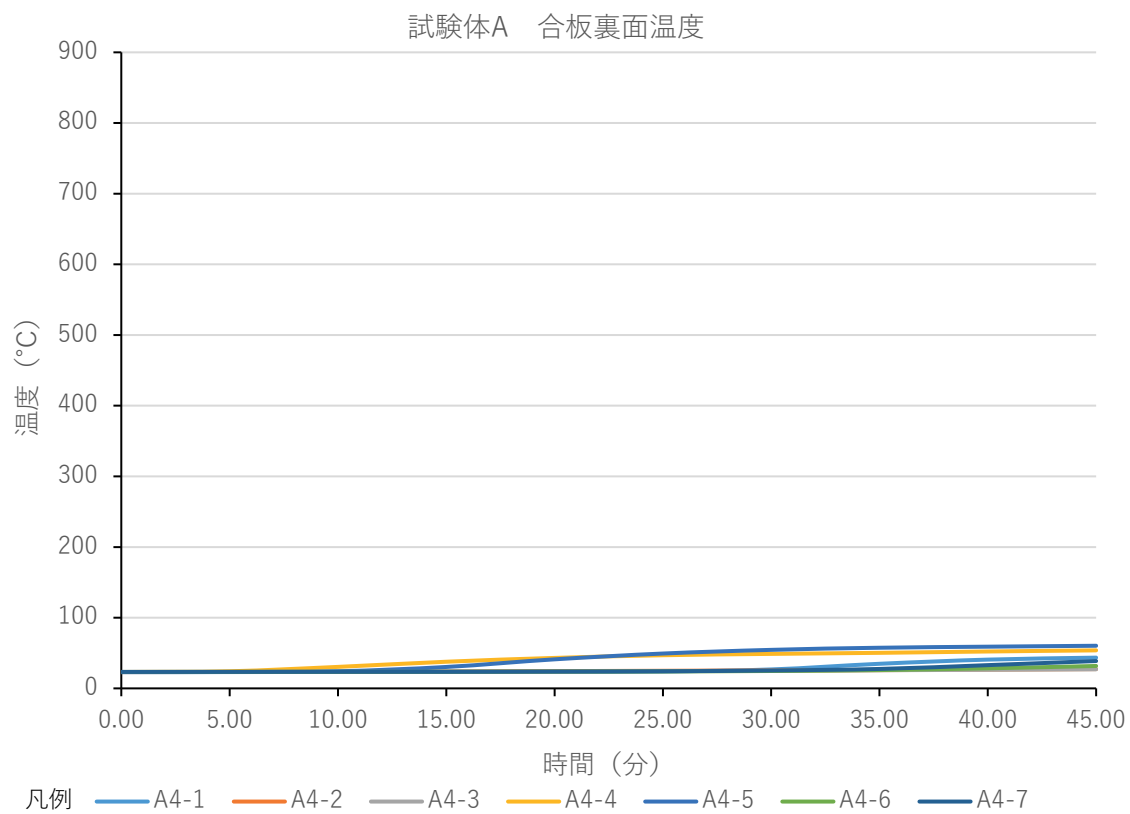


図 14 試験体A 合板裏面温度 (非加熱側)



写真6 試験体A 試験前



写真7 試験体A 試験後

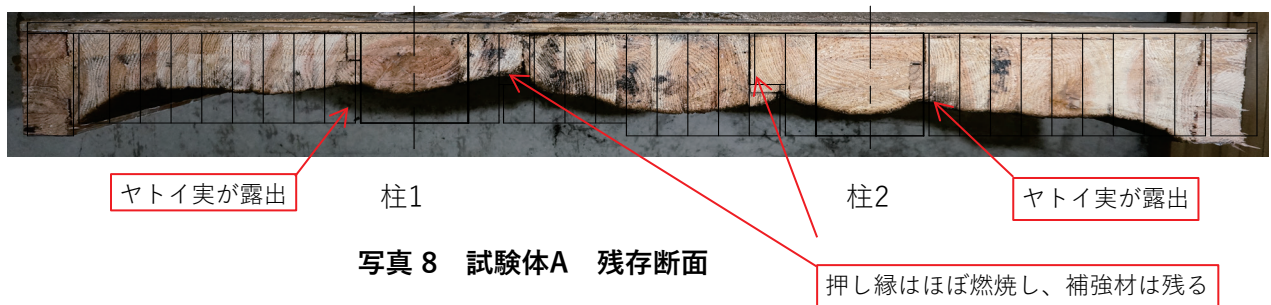


写真8 試験体A 残存断面

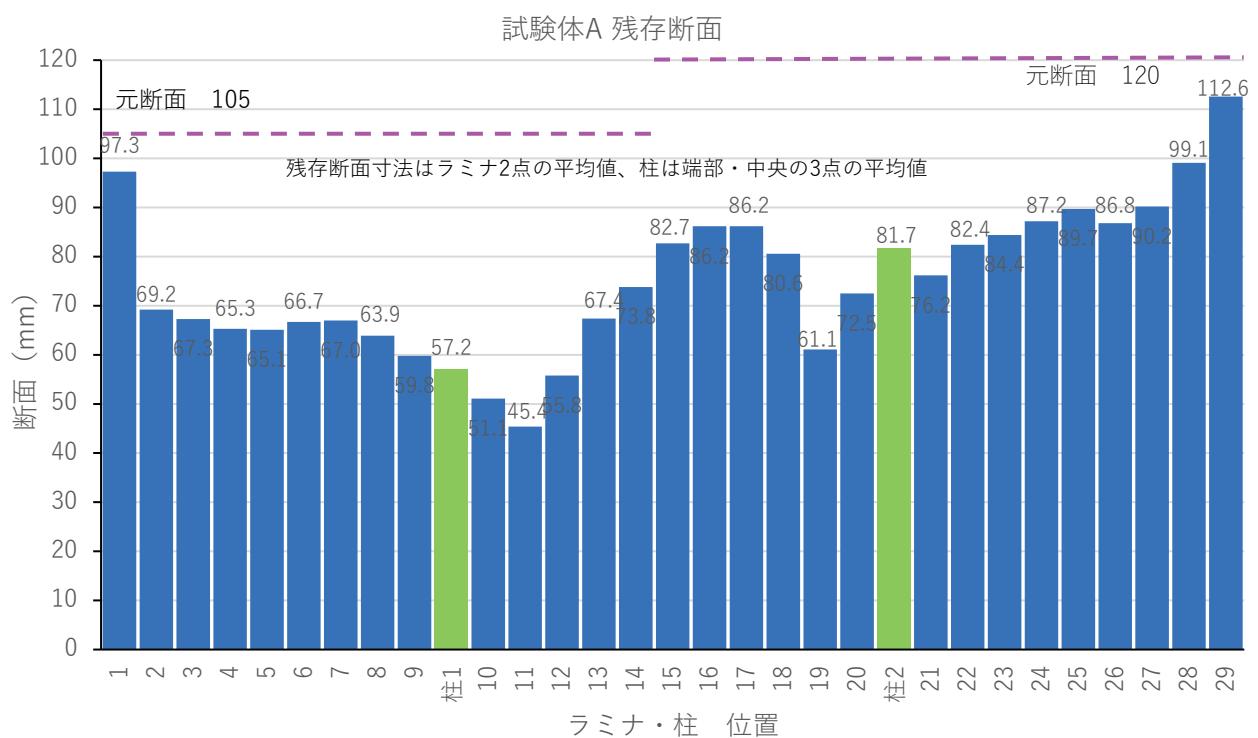


図15 試験体A 残存断面

2) 試験体B

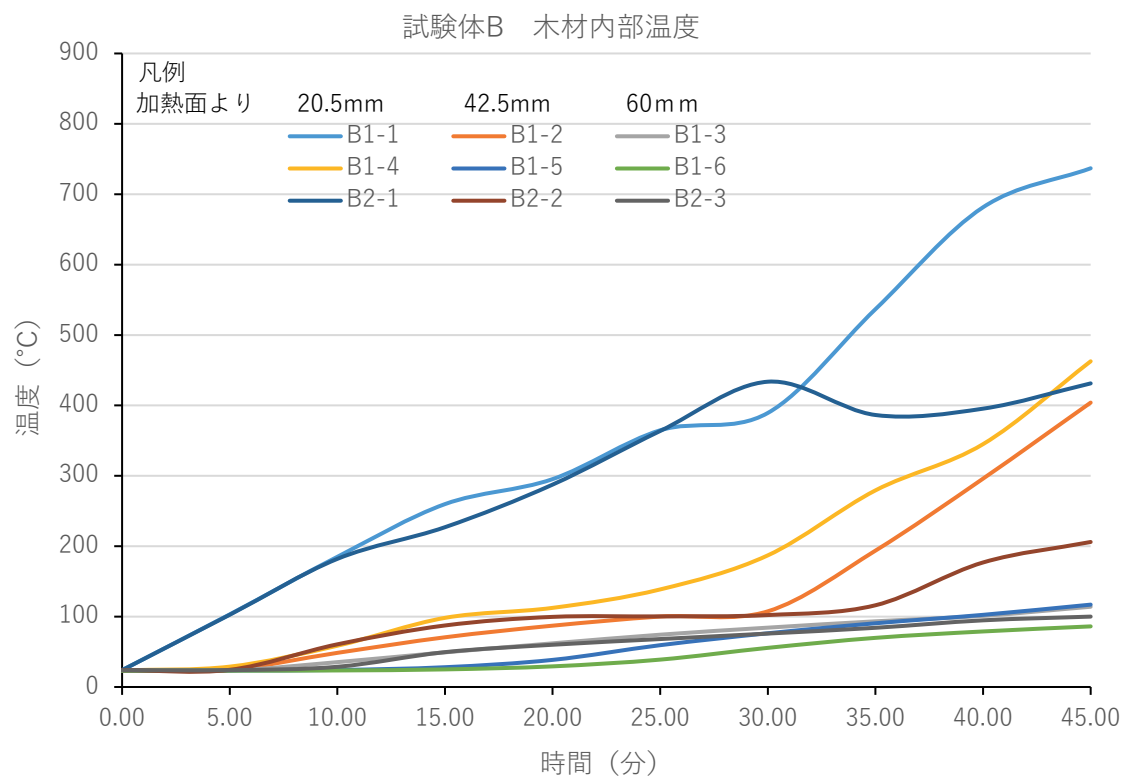


図 16 試験体B 木材内部温度

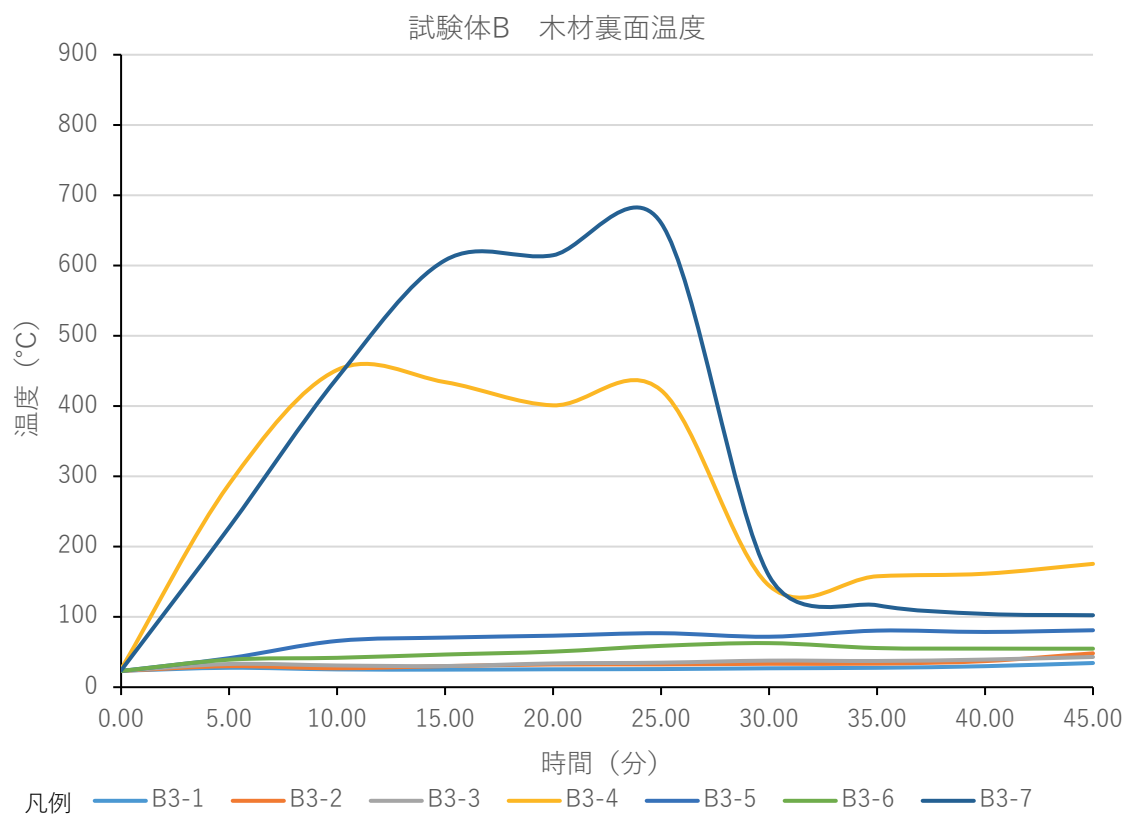


図 17 試験体B 木材裏面温度 (非加熱側)



写真 9 試験体B 試験前



写真 10 試験体B 試験後



写真 11 試験体B 残存断面

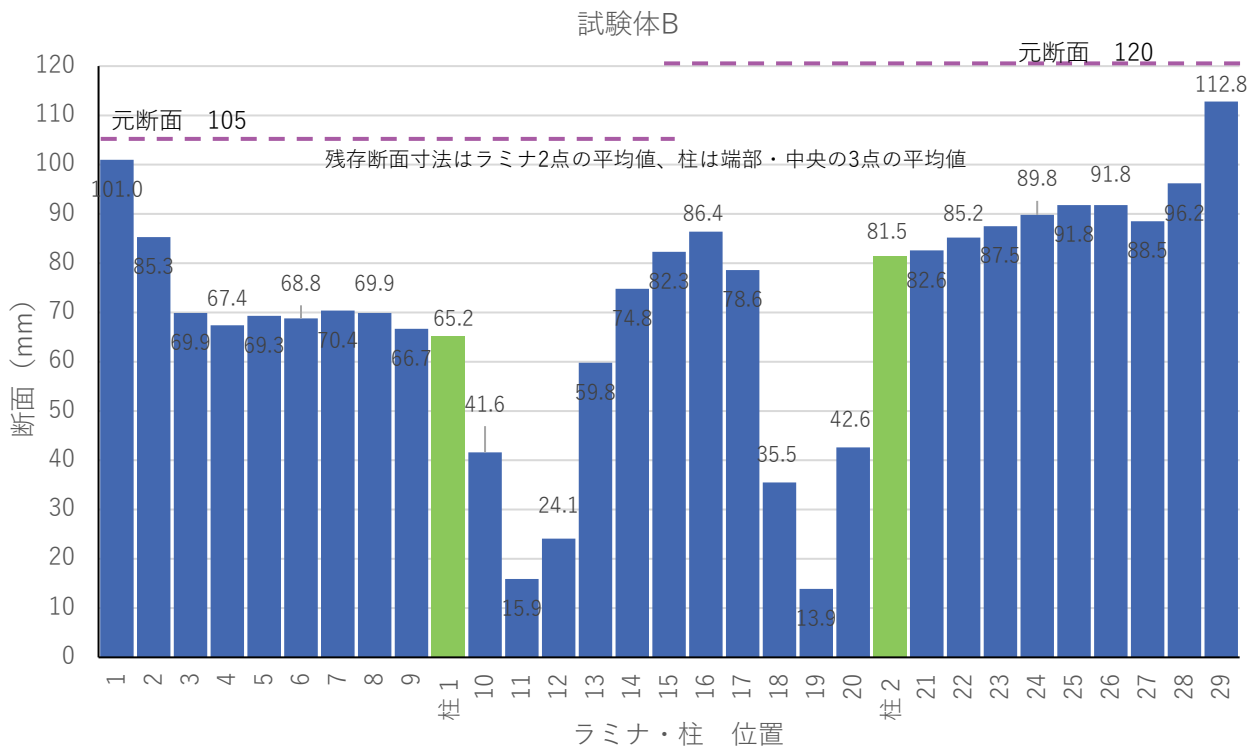


図 18 試験体B 残存断面測定結果

3) 試験体C

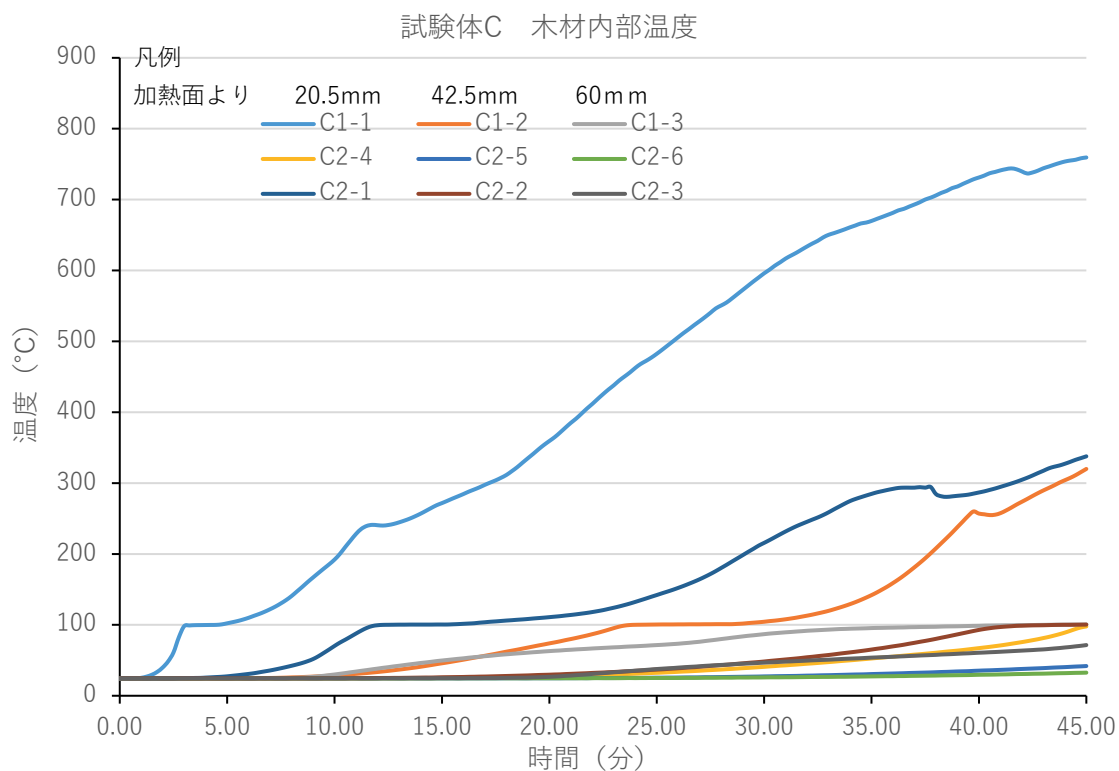


図 19 試験体C 木材内部温度

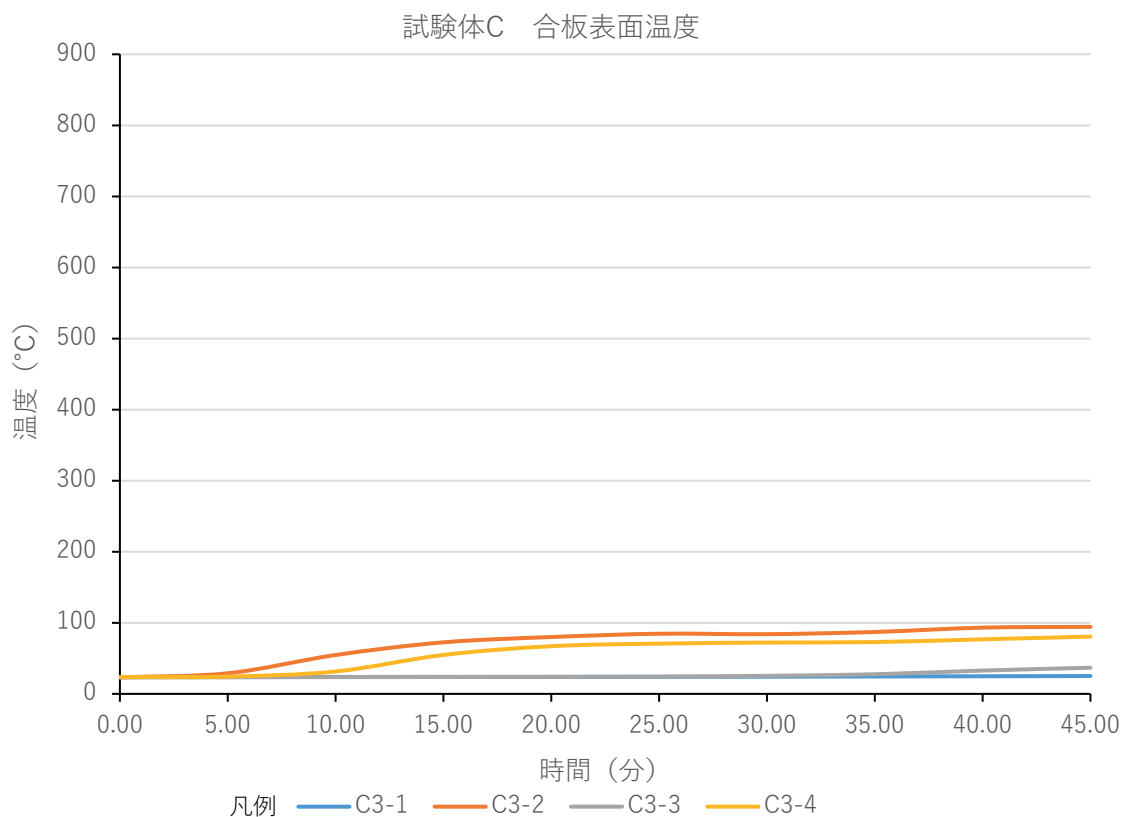


図 20 試験体C 合板表面温度 (加熱側)

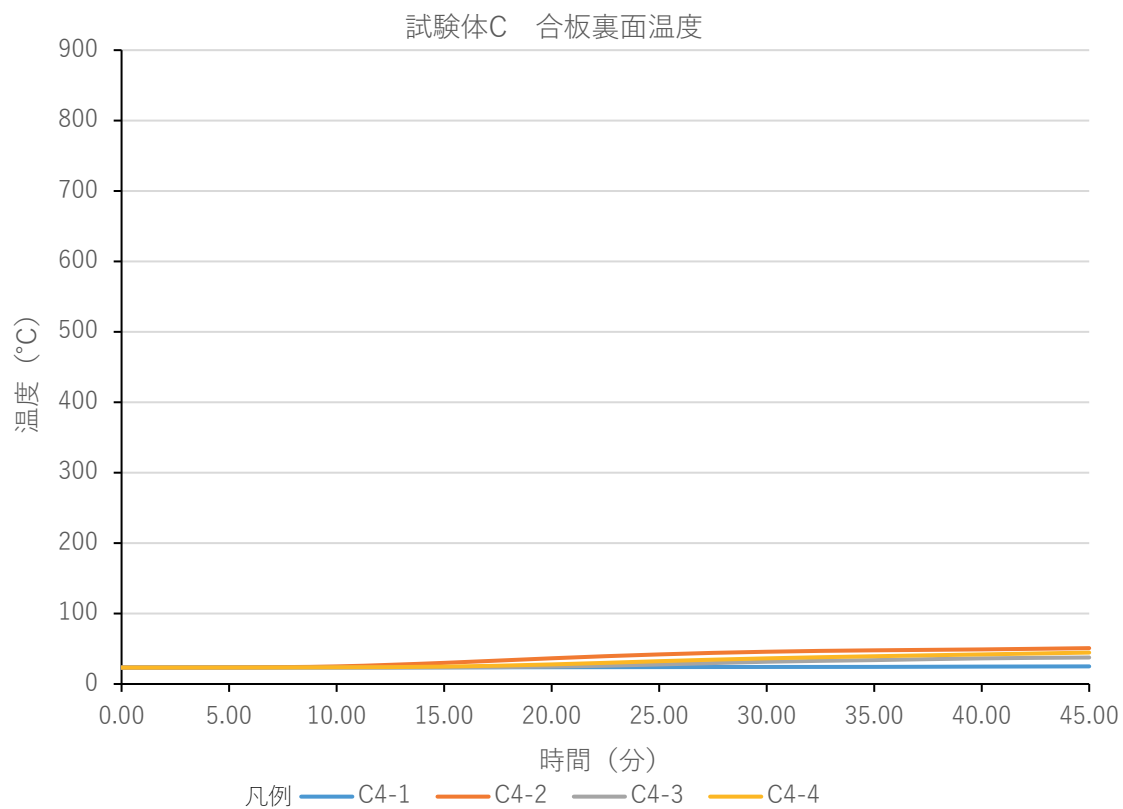


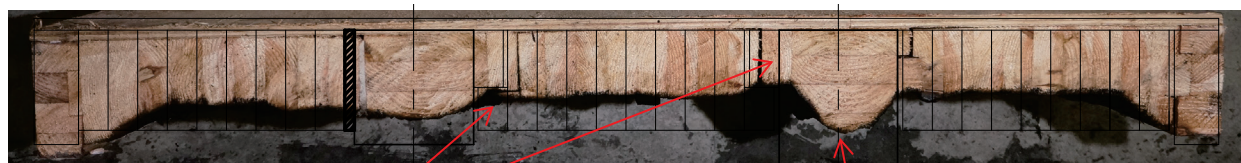
図 21 試験体C 合板裏面温度 (非加熱側)



写真 12 試験体C 試験前



写真 13 試験体C 試験後



ロックウール

柱1

柱2

補強材は残っている

写真 14 試験体C 残存断面

張出した柱は大きく燃えている

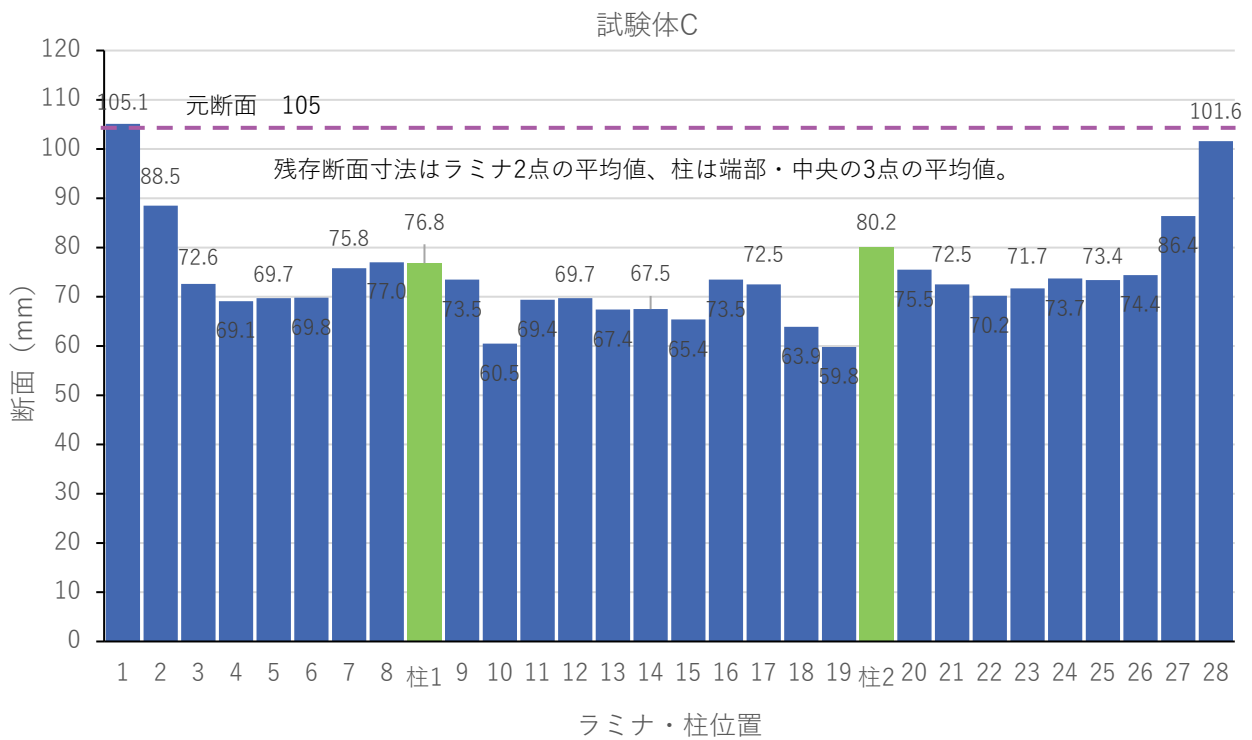


図 22 試験体C 残存断面測定結果

4) 試験体D

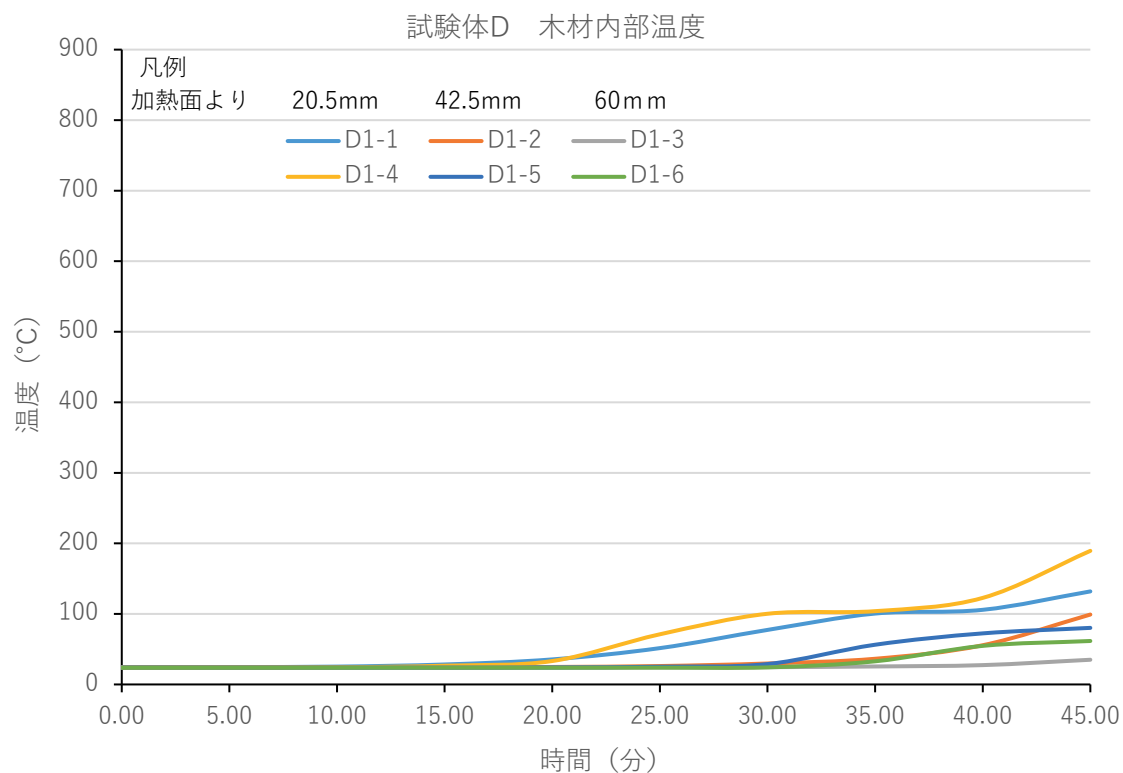


図 23 試験体D 木材内部温度

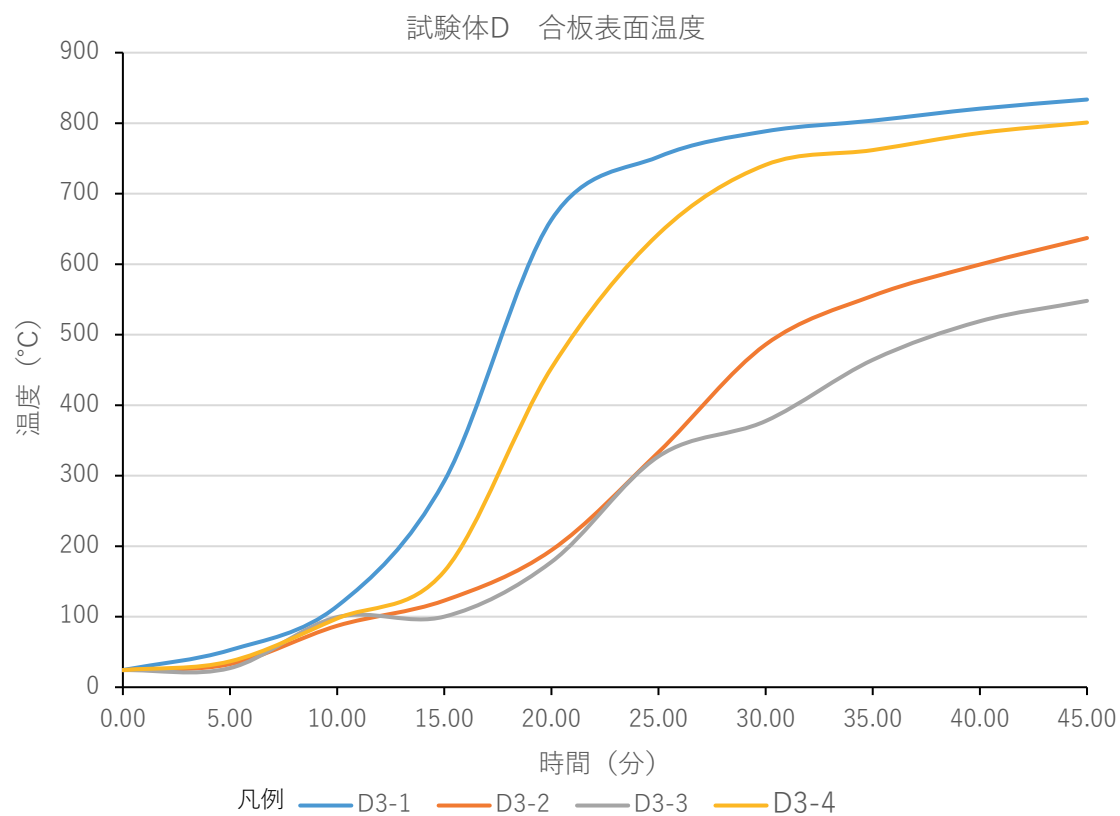


図 24 試験体D 合板裏面温度 (加熱側)

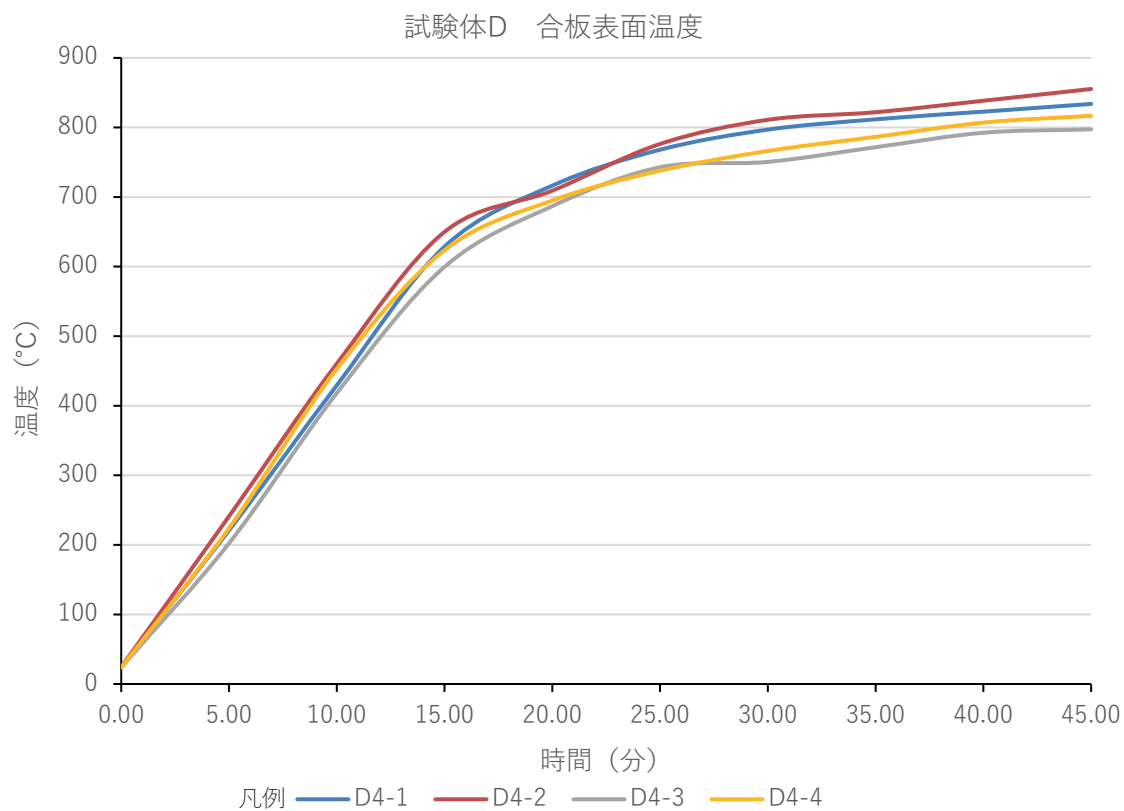


図 25 試験体D 合板表面温度 (加熱側)

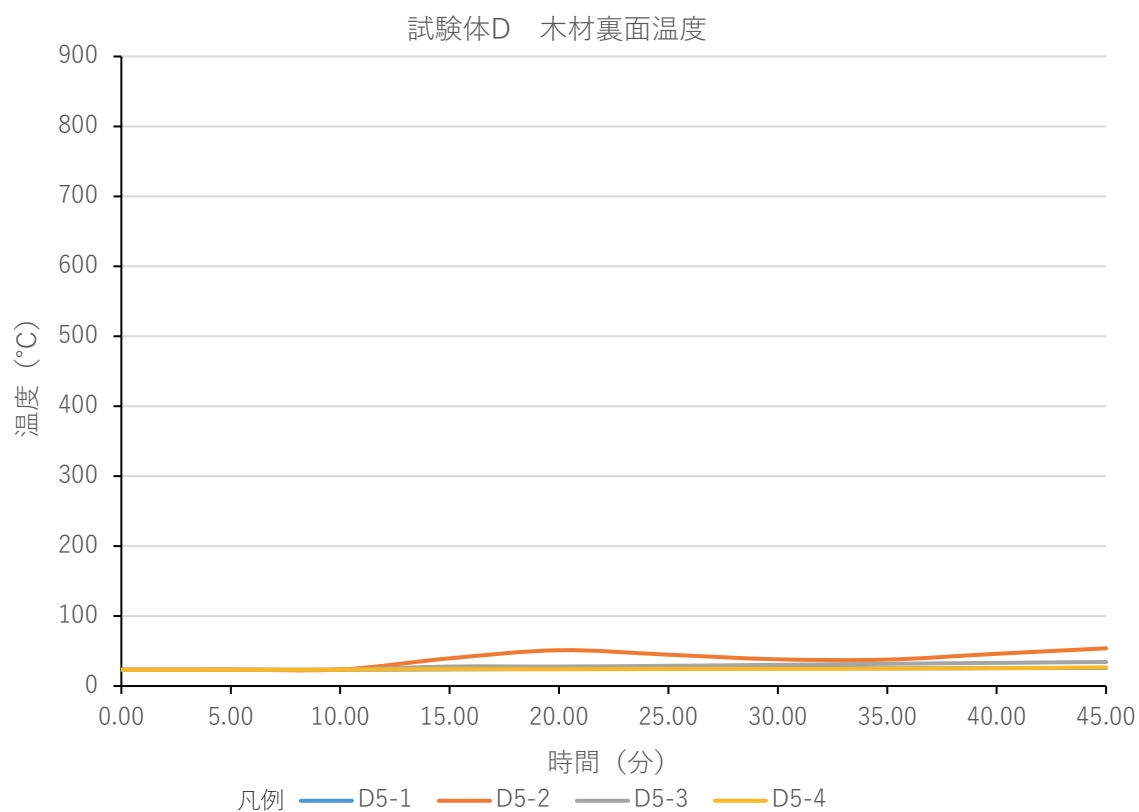


図 26 試験体D 木材裏面温度 (非加熱側)



写真 15 試験体D 試験前



写真 16 試験体D 試験後



合板9mm

柱

合板12mm

写真 17 試験体D 残存断面

サイディング、合板は燃えている

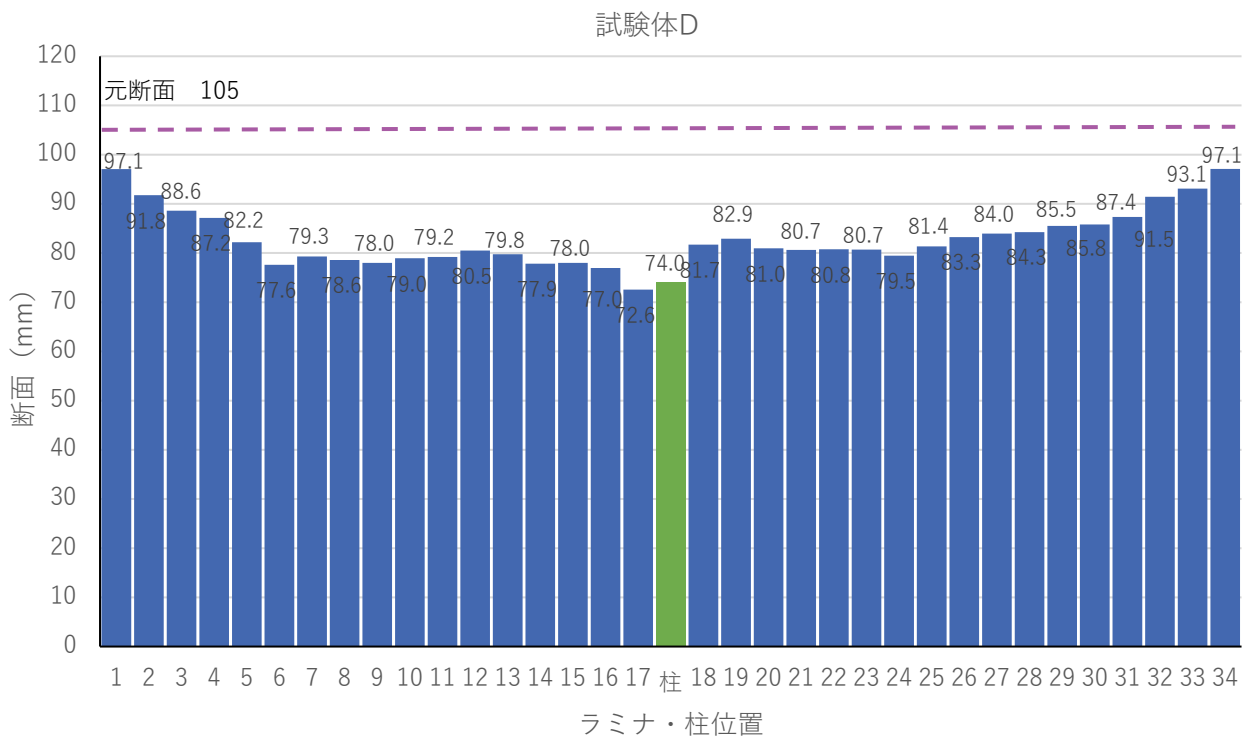


図 27 試験体D 残存断面測定結果

2.1.5 試験結果の考察

1) DLTの燃焼性について

予備試験結果より、裏面合板なしで5mmの隙間を設けた試験体Bでは、加熱開始から約25分経過時に火炎貫通し、耐火接着剤で火炎部を埋め45分間加熱を継続した。

DLT側から加熱した試験体A、Cでは、裏面の合板貼り、接合面にヤトイ実や押縁など通気止めを有するため、顕著な燃え込みが生じておらず、DLT壁でも裏面の合板貼りを有する場合はラミナ積層面で加熱貫通し難いことが確認された。

外壁側から加熱した試験体Dは、金属サイディング→（胴縁）→合板→柱・DLTの順で燃焼が進むこととなる。合板表面に着火（260℃を超えた）した時間は加熱開始約5分後位であることから、金属サイディングで5分程度の防火性能があると言える。また合板裏

面温度（木材表面温度）が260℃を超えた時間は、合板9mmで14.75分、合板12mmで17.5分であった。加熱終了時のDLT内部温度は、加熱面から20.5mm位置で134℃（合板9mm）、189.4℃（合板12mm）であり、**図 27**からDLT残存断面の平均は78.4mm（合板9mm）、82.4mm（合板12mm）であった。合板厚さと残存断面の結果より、外壁下地の合板厚は12mmが好ましいと言える。

2) DLTの炭化速度について

木材内部温度測定結果より炭化速度を計算した（**表 7**）。炭化速度は30×105DLTと105×105柱は同条件で計算した。

試験体A：DLT内部で深さ20.5mmの位置で15.75分頃、深さ42.5mmで41.25分。柱内部で20.5mmの位置で17分頃、深さ42.5mmで39.25分に260℃を超えており、炭化速度は表面から20.5mmまでの間で0.77～0.83mm/分、表面から42.5mmの間で0.98～1mm/分。

試験体B：DLT内部で深さ20.5mmの位置で15.25分頃、表面から42.5mmの間で38.25分。柱内部で20.5mmの間で18分に260℃を超えており、炭化速度は表面から20.5mmの間で0.75～0.88mm/分、表面から42.5mmの間で0.9mm/分。

試験体C：DLT内部で深さ20.5mmの位置で14.25分頃、深さ42.5mmで41.25分に260℃を超えている。炭化速度は表面から20.5mmの間で0.7mm/分、表面から42.5mmの間で0.98mm/分。また、柱内部で20.5mmの位置で33分頃に260℃を超えており、炭化速度は表面から20.5mmの間で0.62mm/分。

試験体D：金属サイディング側からの加熱で合板表面は5.5分、5.75分、6.0分で着火し（260℃を超

えた)、合板裏面温度は合板9mmで14.75分、合板12mmで17.5分、縦胴縁位置では22.75分、23分で260℃を超え、構造用合板の炭化速度は1.0mm／分であった。

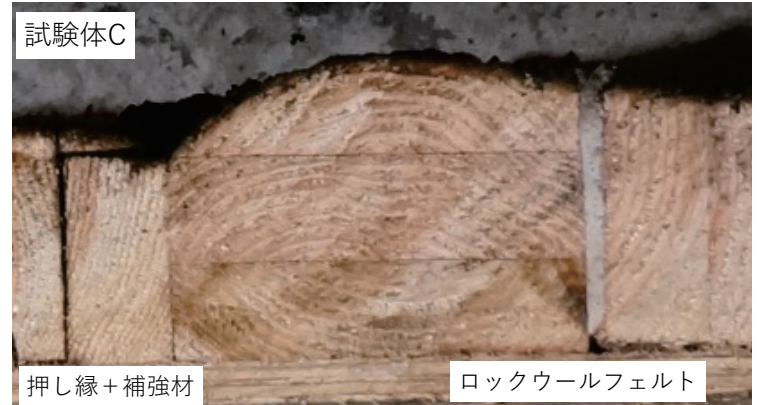
表 7 各試験体の炭化速度

		試験体 A	試験体 B	試験体 C	試験体 D
炭化速度 (mm/分)	表面～20.5mm	0.77～ 0.83	0.75～ 0.88	0.62～ 0.7	－
	表面～42.5mm	0.98～1.0	0.9	0.98	－
	平均	0.89	0.88	0.84	－
	合板 9mm、12mm	－	－	－	1.0

3) 柱接合部の仕様の違いによる差

柱とDLTの接合部の仕様の違いによる燃焼は下表（表 8）の通り。接合仕様による差はわずかで、隙間の有無と通気止めが防火性能に大きく影響することが確認された。壁においては両面側加熱であることから、施工精度を考慮するとDLTパネル同士の接合部ではヤトイ実が、柱との接合部では押し縁タイプが好ましいと考える。

表 8 柱とDLTの接合部仕様の違いによる燃焼の相違

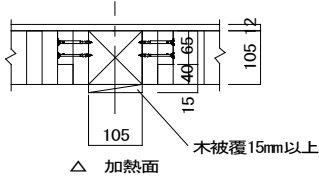
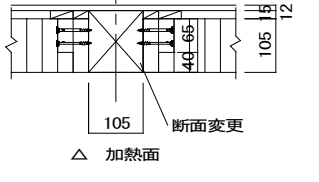
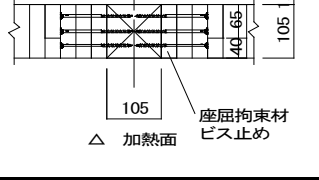
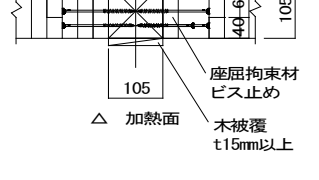
接合部の仕様	試験結果
試験体A  押し縁 + 補強材 ヤトイ実 補強材	- ヤトイ実で燃焼が進んでも通気抑制できるので、加工精度を高めることでヤトイ実による火炎の防止を期待できる。 - 目地を5mm設けたため、柱側面補強材で燃焼が進んでおり、目地幅を減らし、押し縁の密着度を高めれば燃焼抑止できると推測される。
試験体C  押し縁 + 補強材 ロックウールフェルト	- 幅広い目地が必要な場合、ロックウールフェルトが有効で接する木部の燃え込みも他に比べわずか。 - 押し縁材（45mm）はがわずに残ったが、裏材はほとんど燃焼がない。押し縁の密着度を高め、目地幅を減らせば柱の座屈拘束に利用可能と考える。
試験体D  押し縁 + 補強材 ヤトイ実	- 加熱面の下地合板の板厚差（3mm）分で押し縁材の燃焼が少ないが、ヤトイ実でも同様に燃焼が進んでも通気抑制できる。 - 加工精度を高め押し縁の密着度を高め、目地幅をできるだけ少なくすることで、押し縁、ヤトイ実により火炎貫通の防止が期待できる。

4) 45分加熱時の柱断面の検討

表 7より求めた炭化速度は 0.9 (0.88~0.89) mm/分となる。45分加熱時の断面減少量が計算上は約40.5mm、残存断面せいはスギ30×105、105×105柱では約64.5mmとなる。

DLT壁の加熱試験②(载荷加熱試験)では、柱に長期許容応力度が生じるよう荷重を载荷する。载荷加熱前の断面積に対し、45分加熱後の残存断面の断面は約61% (64.5mm/105mm) で、細長比を考慮すると座屈耐力は元断面の37%程度となる。さらに熱の影響で耐力およびヤング係数が低下することから、加熱による断面減少の抑制と柱の座屈拘束について比較検討した(表 9)。

表 9 柱の燃焼抑制と座屈拘束に対する比較

	概略図	特徴	課題点
I 案		- 加熱面側に木被覆材をビス止めで付加し、必要な防火性能を確保する。 - 防火性能の付加が確実で容易。	- 柱型が出てくる。 - 構造的な座屈補強が別途必要。
II 案		- 断面を大きくするとともに、DLT をオフセットして、柱断面を変更し DLT と面を揃えた。 - 座屈補強がなければ 120×150 程度の断面が必要。	- 柱と DLT 面を合わせにするため、DLT 背面にスペーサーが必要。 - 面材耐力壁の納まりが複雑となる。
III 案		DLT 組立材を座屈拘束材として柱の両側よりビス止めし、柱の座屈拘束を図る。	補強材の付加では、柱の燃焼を抑制できない。
IV 案		- 木被覆を施し、柱の燃焼の削減を図る。 - DLT 組立材を座屈拘束材として柱の両側よりビス止めし、柱の座屈を図る。	柱型が出てくる。

载荷加熱試験の試験体の柱の断面は、市場で流通の多い105×105とし、柱表面に木被覆 (t15mm) の付加することで、柱の燃焼の抑制を図ると共に、柱側面に座屈拘束DLTを配置するIV案で柱の剛性確保を検討する。

2.1.6 試験写真



写真 18 試験体 試験前



写真 19 試験体 脱炉後

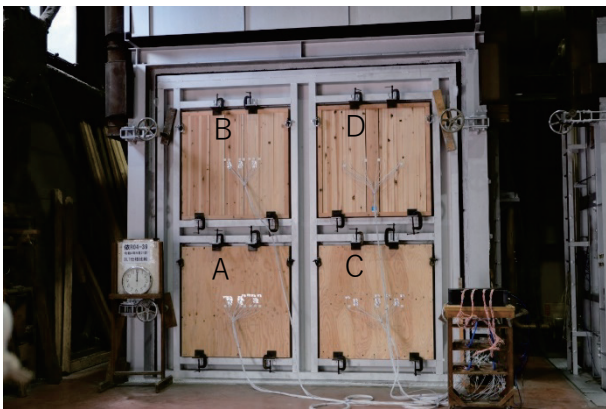


写真 20 加熱試験 開始時



写真 21 加熱試験 試験体Bで火炎貫通



写真 22 火炎貫通部の充填状況



写真 23 加熱 終了時 (45分加熱)

2.2 DLT壁の加熱試験②（載荷加熱による本試験）

2.2.1 試験目的

予備試験であるDLT壁の加熱試験①の結果をふまえ、室内側をDLT30×105現わし、外壁側を金属サイディング仕様とした、壁炉によるDLT壁の載荷加熱試験により、45分準耐火構造の防火性能を有することを確認する。

2.2.2 試験概要

1) 試験体の仕様

試験体は3,500mm (W) × 3,000mm (H) のDLT外壁構造の2体（表 10）とする。片面（室内側）はDLT現わし、反対面（外壁側）は防火性能を有しない金属サイディング（ガルバリウム鋼板 t0.35mm）とした。試験体Aは金属サイディング側からの加熱。試験体BはDLT現し側から加熱とし、金属サイディングを省略し、構造用合板（t12mm）の上貼りのみとした。試験体の姿図を図 28、図 29に示す。予備試験の結果より、柱に断面減少を抑制するための被覆材 スギ t15mmをビス止めし、座屈拘束のためDLT組立柱を両側面にビス固定する（図 30）。

表 10 試験体の仕様一覧

	試験体A	試験体B
DLT構成材	樹種：スギ 断面：厚さ30mm以上、厚さ105mm以上 種類：JASに規定する針葉樹構造用製材 乙種2級同等品	
平均含水率	13.29%（15%以下）	
試験体寸法（W×H）	3,500mm（W）×3,000mm（H）	
柱寸法・仕様	断面：105×105 種類：スギ構造用集成材 JAS E65F255同一等級構成 使用環境C	
加熱面	金属サイディング（外壁側）	DLT（内壁側）
外壁サイディング仕様	ガルバリウム鋼板 t0.35mm 縦胴縁 45×15@450 透湿防水シート	室内側加熱では設置を省略
下地合板	構造用合板 t12mm	
柱被覆材	スギ製材 105mm（W）×15mm（t）	
座屈拘束材	DLT組立柱	

DLTのラミナには群馬県産スギ材 30×105 JAS乙種2級同等品とし、小井土製材（株）にて乾燥後の粗挽き材を含水率15%以下、比重0.38以下で重量選別した素材を使用した。

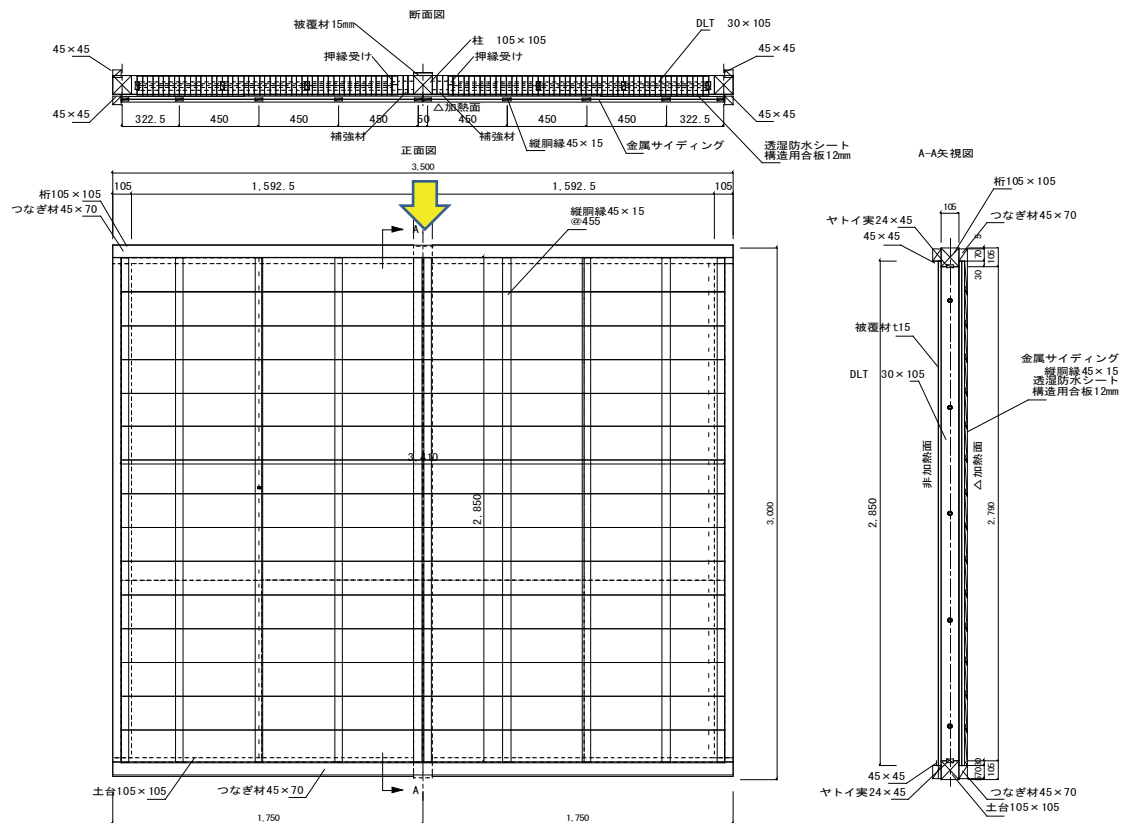


図 28 試験体A 姿図

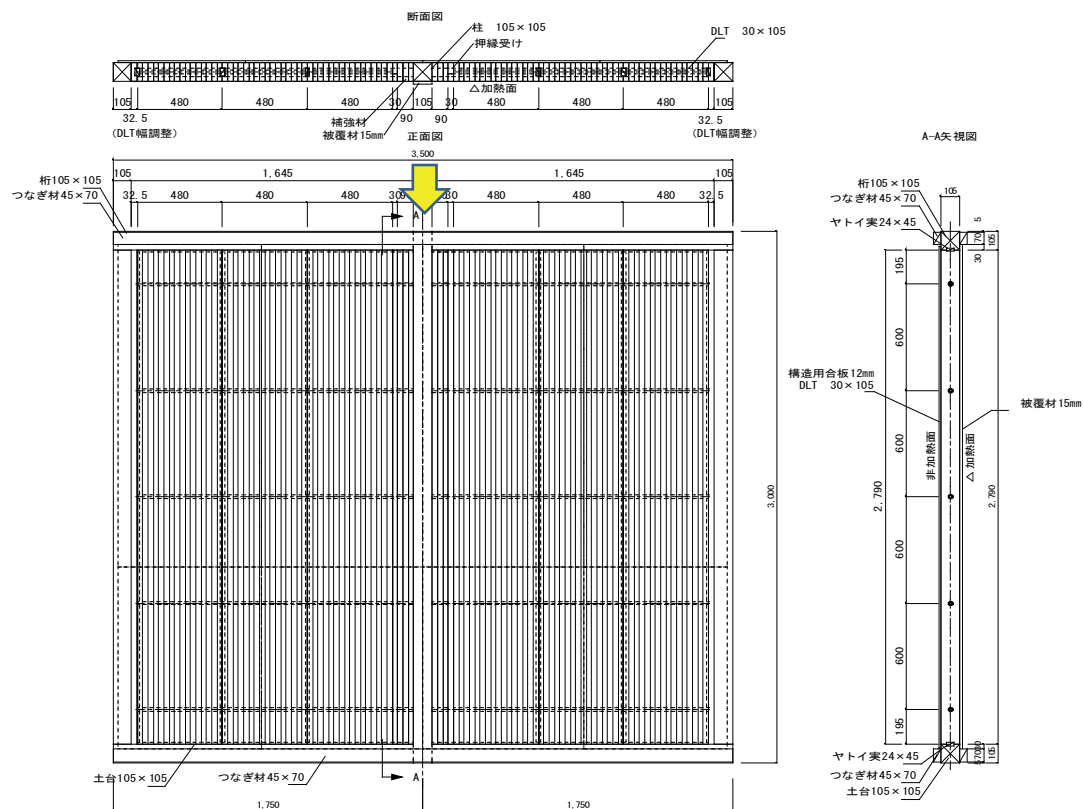


図 29 試験体B 姿図

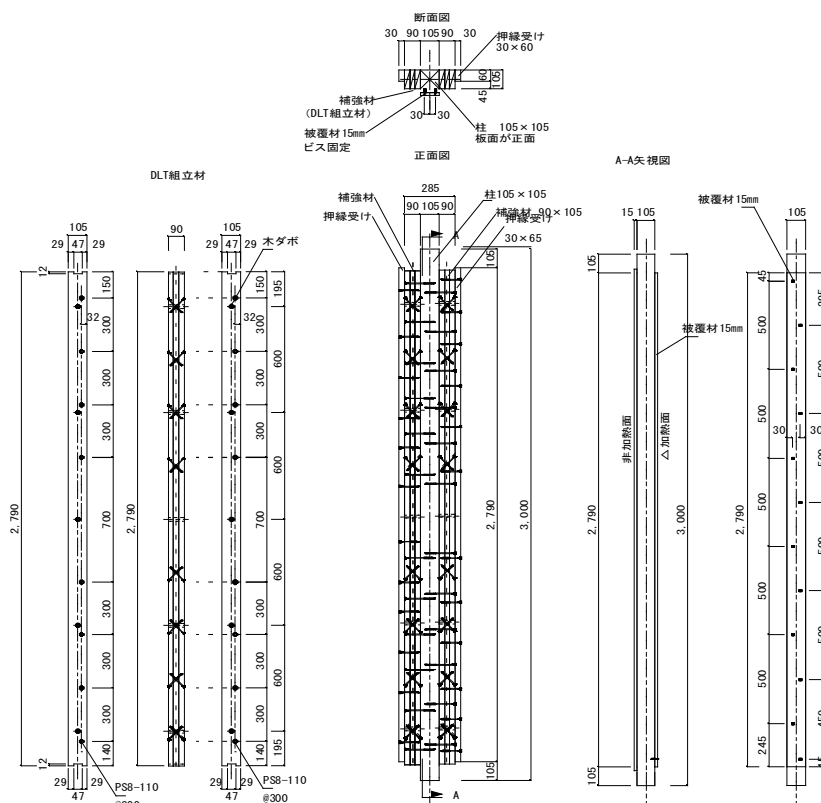


図 30 柱および補強DLT

2.2.3 試験方法

1) 加熱方法

試験は（公財）日本住宅・木材技術センター壁炉にて、炉内熱電対により測定した温度（加熱温度）が（公財）日本住宅・木材技術センター制定「防耐火性能試験・評価試業務方法書」に規定する次式による標準加熱曲線に沿うよう制御しながら試験体の片面を45分載荷加熱し、加熱終了後は速やかに脱炉し、注水消火した。

$$T=345\log_{10}(8t+1)+20$$

ここで、 T : 平均炉内温度（℃）、 t : 試験の時間経過（分）

2) 載荷荷重

試験体は図 31 に示す加熱炉にて、柱に長期許容応力度に相当する応力度が生じるように載荷しながら試験した。載荷する荷重量は、構造耐力上主要な部分である柱について、平成13年国土交通省告示第1024号（特殊な許容応力度及び特殊な材料強度を定める件）に基づき、次表（表 11）に示す各式から算出した。

表 11 載荷荷重の計算

【軸組工法 試験体高さ：3,000mm、軸材（柱）：105mm×105mm材、1本分】

項 目	数値・計算値	備 考
I_x	10.5 (cm)	座屈方向のせい（材厚）
L_b	10.5 (cm)	材幅
A	110.25 (cm ²)	断面積
$i = I_x / 3.46$	3.035 (cm)	断面二次半径（3.46=長方形断面）
l_k	300.0 (cm)	座屈長さ（材長）
$\lambda = l_k / i$	98.9	細長比
η	0.311	座屈低減係数
F_c	20.4 (N/mm ²)	
${}_L f_c$	7.48 (N/mm ²)	長期許容圧縮応力度
	76.27 (kgf/cm ²)	
${}_L f_k (= \eta \times {}_L f_c)$	2.329 (N/mm ²)	長期許容座屈応力度
	23.75 (kgf/cm ²)	
$N (= {}_L f_k \times A)$	25.68 (kN)	柱 1 本当たりの圧縮力
	2619 (kgf)	
M	1 (本)	載荷される軸材の本数
$P (= N \times M)$	25.68 (kN)	載荷荷重量
	2619 (kgf)	

注）材料強度は、平成12年国土交通省告示第1452号（木材の規準強度 F_c 、 F_b 及び F_s を定める件）に基づく。

3) 測定項目

常時垂直荷重を支持する壁として以下の項目を測定する。

- ・ 最大軸方向収縮量及び最大軸方向収縮速度
- ・ 非加熱側への火炎の噴出
- ・ 非加熱面での発炎の有無
- ・ 非加熱側の壁の表面温度
- ・ 火炎が通る亀裂等の損傷の有無

4) 温度測定

① 加熱温度

加熱温度は熱接点を、試験体表面から100mm離れた位置11点で測定した（図 31）。

② 内部温度、合板表面温度、裏面温度

DLTの内部温度、裏面、加熱温度はJIS C 1605に規定するクラス2の性能を有する線径0.65mmのK熱電対を用い、その熱接点をDLT断面および構造用合板表面に設置して測定した。

③ 測定位置

各試験体の温度測定位置を表 12 および図 32、図 33 に示す。

表 12 温度測定位置

	試験体A	試験体B
DLT内部温度：○		
加熱面より 20.5mm	A1-2、A1-5	B1-2、B1-5
30mm	—	B1-1、B1-4、B1-7
34mm	A1-1、A1-4、A1-7	—
60mm	A1-3、A1-6、A1-8	B1-3、B1-6、B1-8
柱内部温度：○		
加熱面より 20.5mm	A2-2	B2-2
30mm	—	B2-1
34mm	A2-1	—
60mm	A2-3	B2-3
合板裏面温度：□	A3-1～6	B3-1～6
合板表面温度：×	A4-1～6	B4-1～6
DLT裏面温度、 柱と被覆木材の界面温度：△	A5-1～6	B5-1

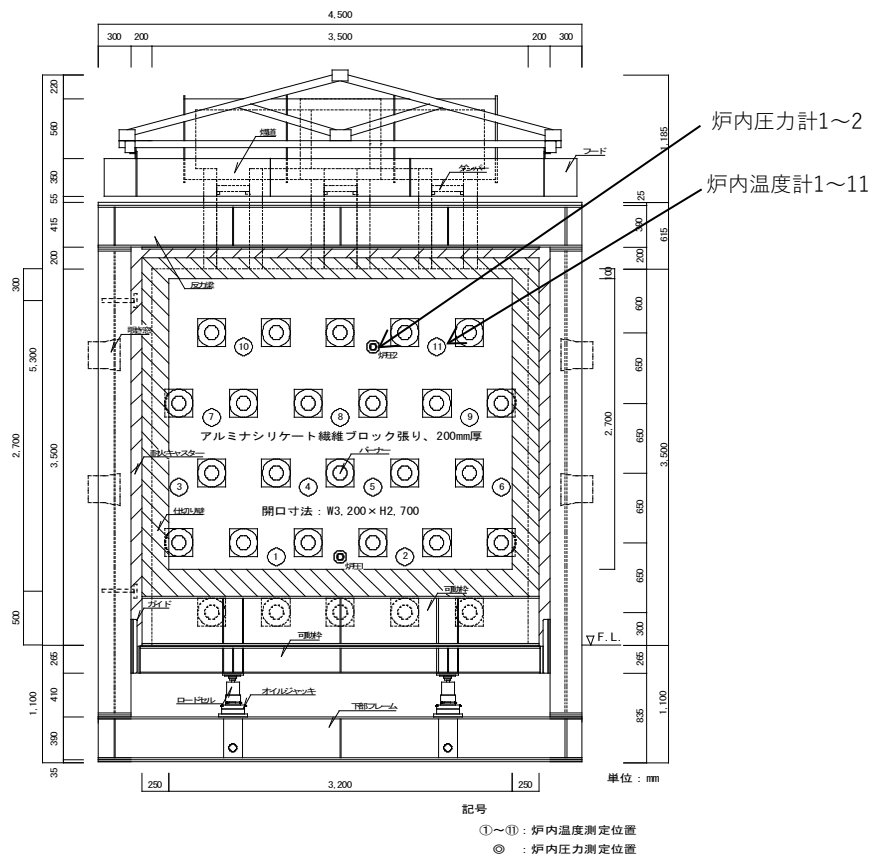


図 31 载荷加熱炉 正面図

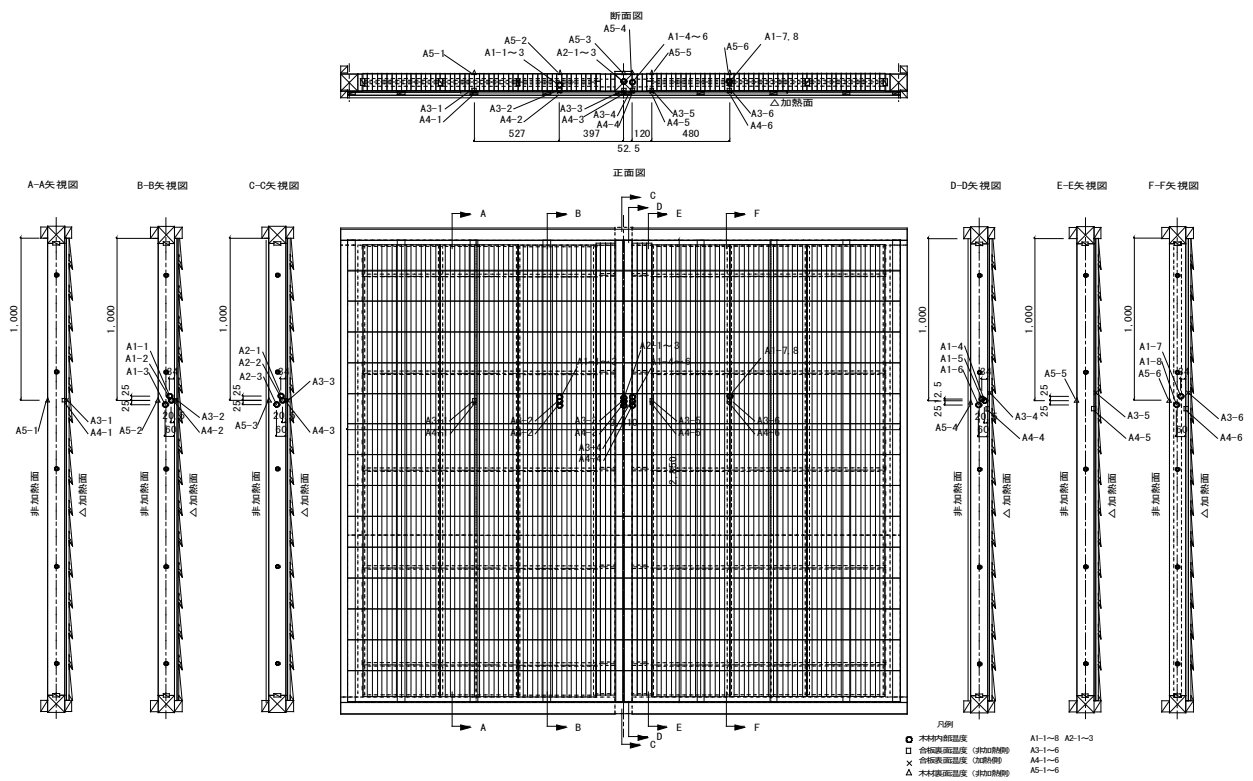


図 32 試験体A 温度計測位置図

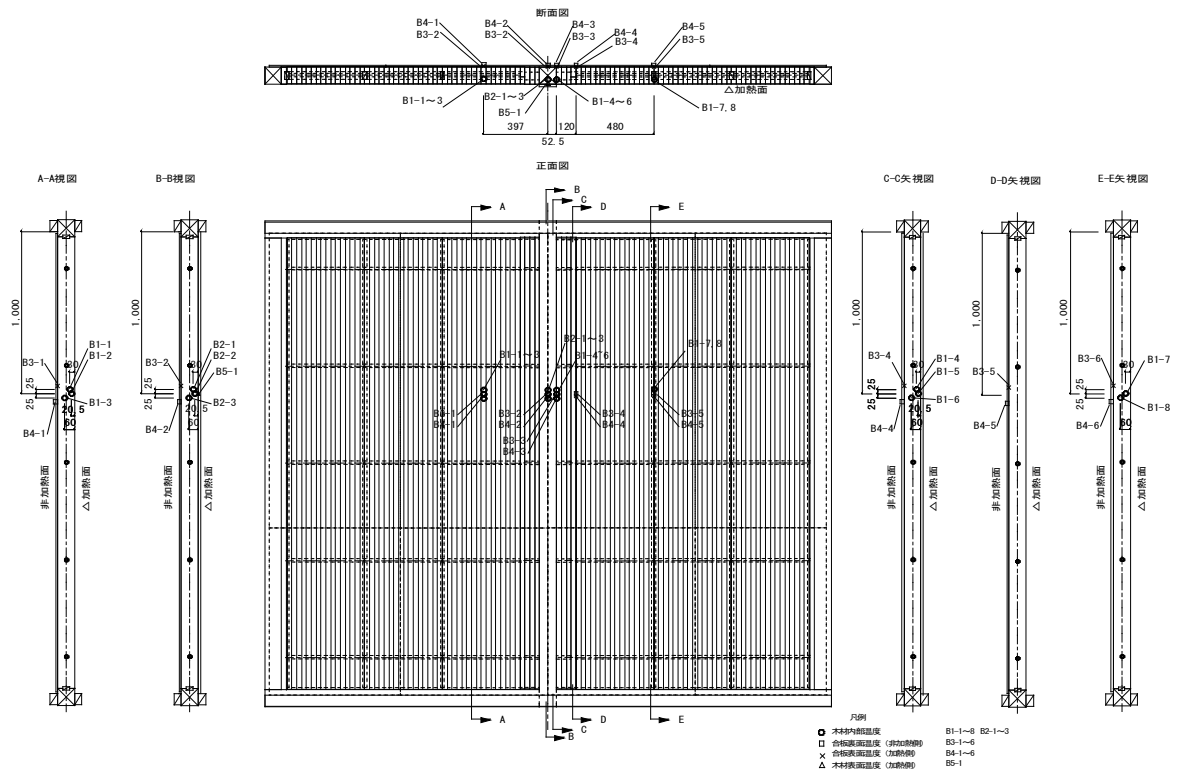


図 33 試験体B 温度計測位置図

2.2.4 判定内容

載荷加熱試験では、(公財)日本住宅・木材技術センター「防耐火性能試験・評価業務方法書」に準じ以下の内容で判定することとした。

- 1) 常時垂直荷重を支持する構造で、載荷を実施した場合にあっては、試験終了時まで試験体の最大軸方向収縮量及び最大軸方向収縮速度が次の値以下であること。
 - ・ 最大軸方向収縮量(mm)： $h/100$
 - ・ 最大軸方向収縮速度(mm/分)： $3h/1000$

h は試験体の初期高さ(単位 mm)
- 2) 壁（外壁を屋内側から加熱した場合を除く。）にあっては、試験終了時まで次の基準を満足すること。
 - ・ 試験体の非加熱面温度上昇が、平均で 140K以下かつ最高で 180 K 以下であること。
 - ・ 非加熱側へ 10 秒を超えて継続する火炎の噴出がないこと。
 - ・ 非加熱面で 10 秒を超えて継続する発炎がないこと。
 - ・ 火炎が通る亀裂等の損傷を生じないこと。
- 3) 外壁を屋内側から加熱した場合にあっては、試験終了時まで次の基準を満足すること。
 - ・ 非加熱側へ 10 秒を超えて継続する火炎の噴出がないこと。
 - ・ 非加熱面で 10 秒を超えて継続する発炎がないこと。
 - ・ 火炎が通る亀裂等の損傷を生じないこと。

2.2.5 試験結果

試験実施 公益財団法人日本住宅・木材技術センター

試験日 令和4年12月26日 試験体A（45分載荷加熱）

令和4年12月27日 試験体B（45分載荷加熱）

加熱試験終了後、加力治具を解体し鋼製枠ごと脱炉し放水消火を行った。加熱終了、脱炉・注水消火まで試験体Aでは約9分、試験体Bでは約10分経過した。

試験結果を表13に示す。試験体Aの温度、変位の測定結果を図34～図39に、試験体Bの温度、変位の測定結果を図41～図46に示す。また試験体A、Bの残存断面測定結果を図40、図47に示す。

表13 試験結果

		試験体A	試験体B
載荷荷重 (kN)		25.68kN	
加熱時間		45分	
DLT、柱の内部温度が260°Cを超えた時間 (加熱開始からの経過時間)	20.5mm	39.0分 (A1-5)、40.25分 (A1-2)	25.75分 (B1-7)、29.0分 (B1-5)
	30mm	—	—
非 損 傷 性	初期高さ (h)	3,000	3,000
	最大軸方向収縮量	0.22mm	0.37mm
		【規定値： $h/100$ (mm)】	
	最大軸方向変位速度	0.01mm/分	0.03mm/分
		【規定値： $3h/1000$ (mm/分)】	
遮 炎 性	非加熱側へ10秒を超えて継続する火炎の噴出の有無	なし	なし
	非加熱側へ10秒を超えて継続する発炎の有無	なし	なし
	火炎が通る亀裂等の損傷の発生の有無	なし	なし
遮 熱 性	初期温度	11°C	13°C
	非加熱面の最高温度	57°C (A5-2) (DLT裏面温度) (45分00秒)	15°C (B4-2) (合板裏面温度) (45分00秒)
		【規定値：初期温度 + 180°C】	
	内部の最高温度	895°C (A3-5) (合板表面温度) (45分00秒)	821°C (B5-1) (柱と被覆木材の界面温度) (45分00秒)

※ 試験体Aでは煙漏出部を耐火接着剤で埋めており参考とする。

1) 試験体A

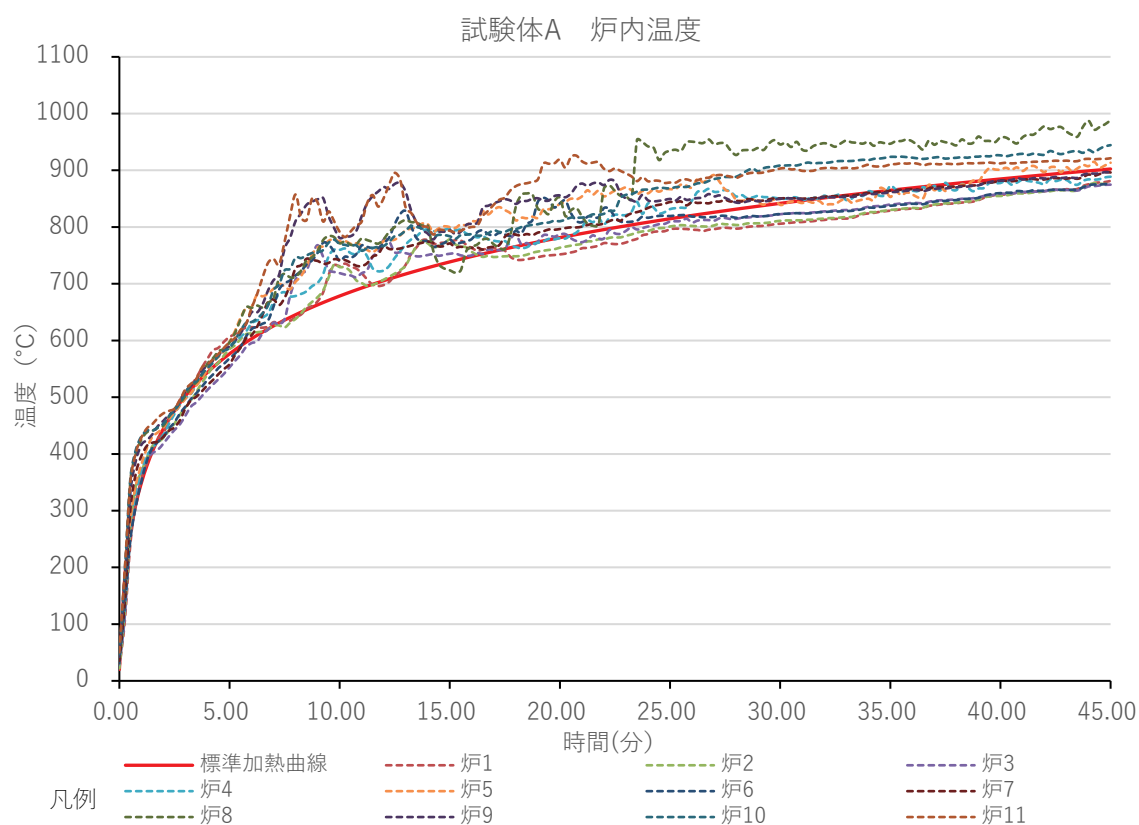


図 34 試験体A 炉内温度

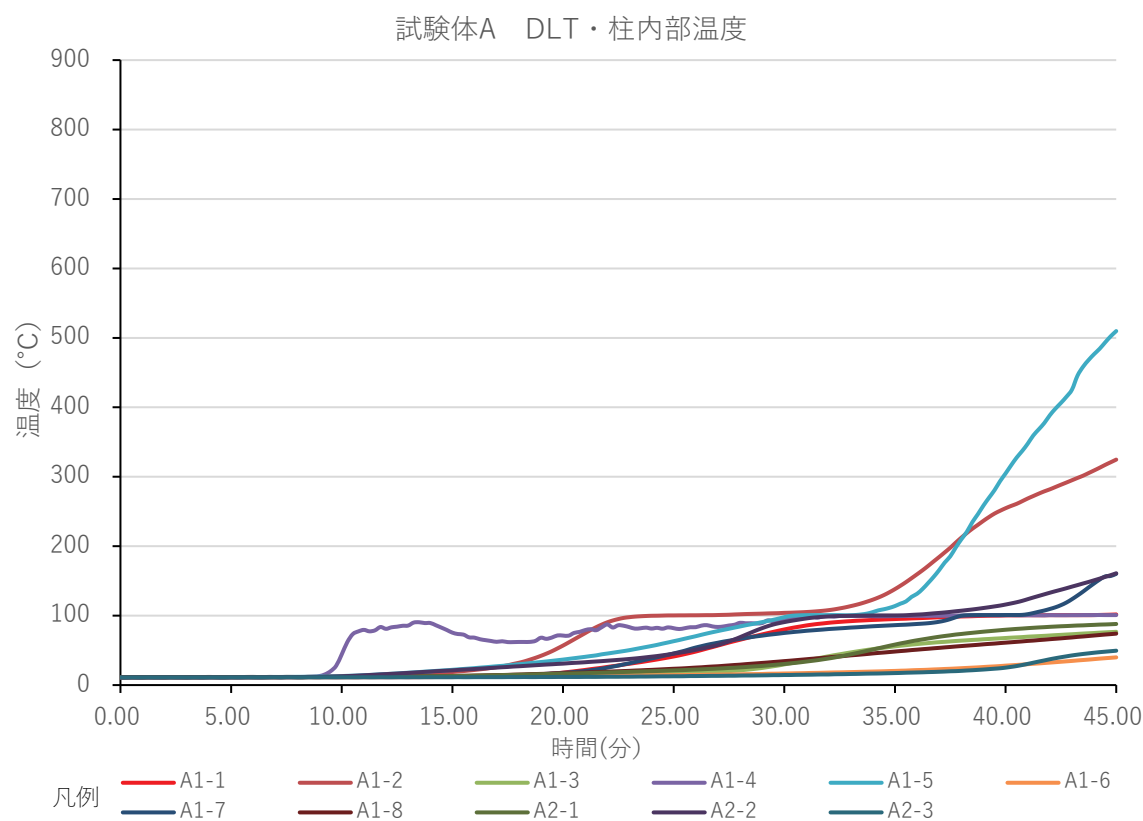


図 35 試験体A DLT・柱内部温度

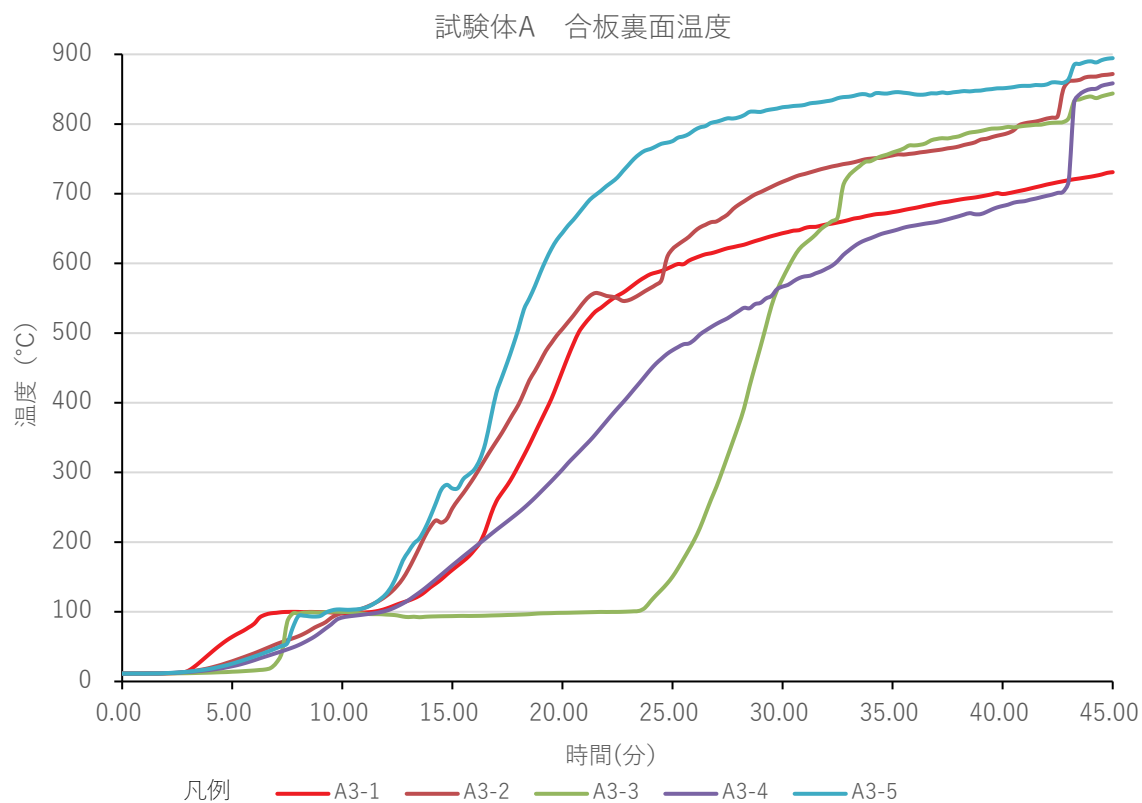


図 36 試験体A 合板裏面温度 (非加熱側)

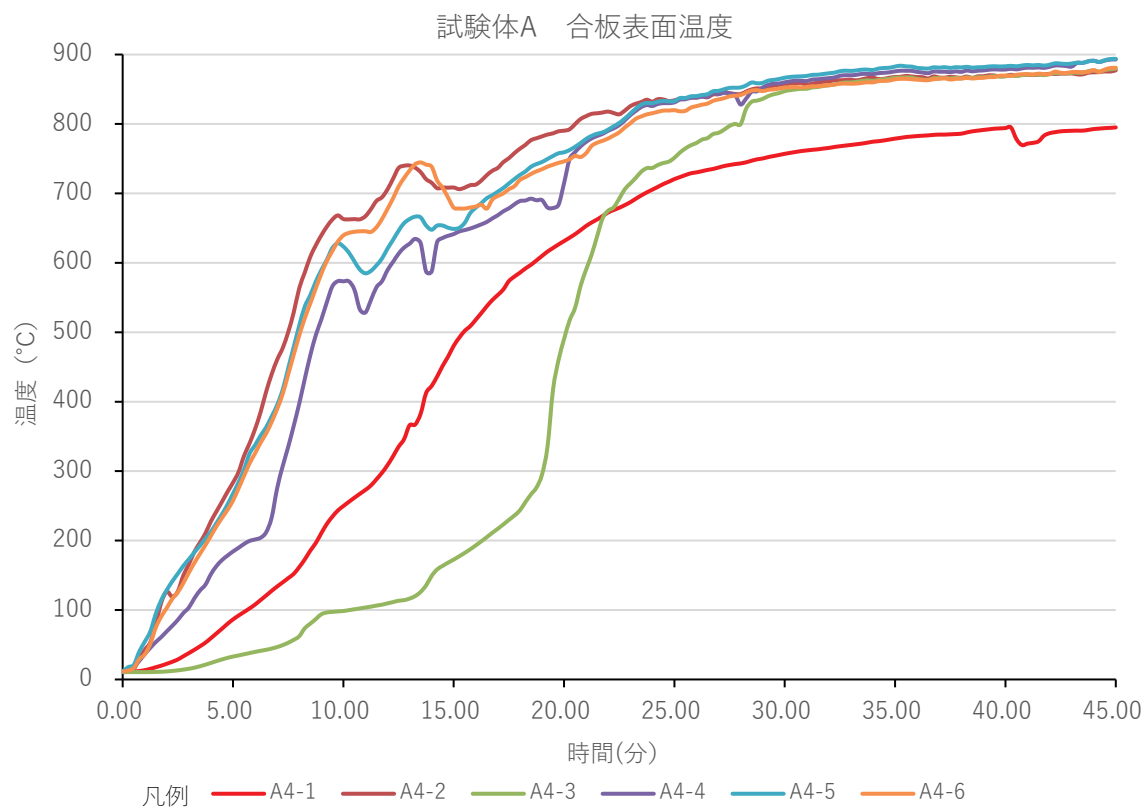


図 37 試験体A 合板表面温度 (加熱側)

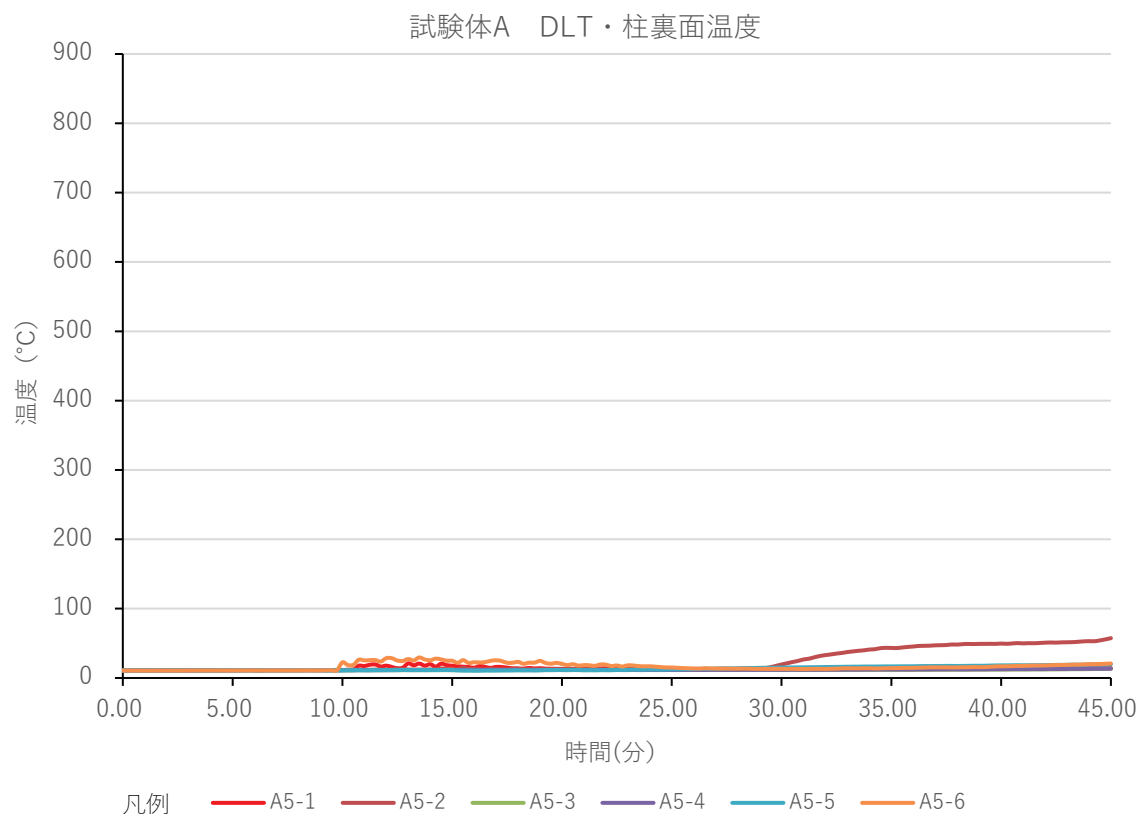


図 38 試験体A DLT・柱裏面温度(非加熱側)

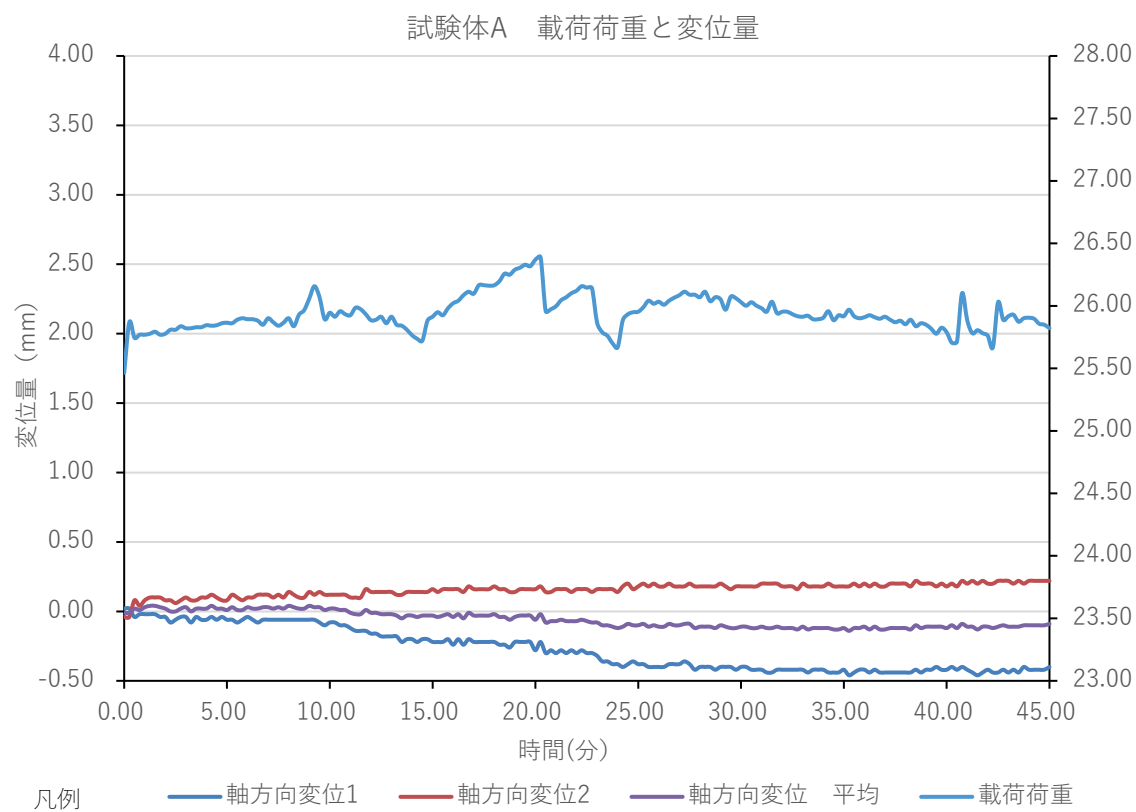


図 39 試験体A 載荷荷重と変位量

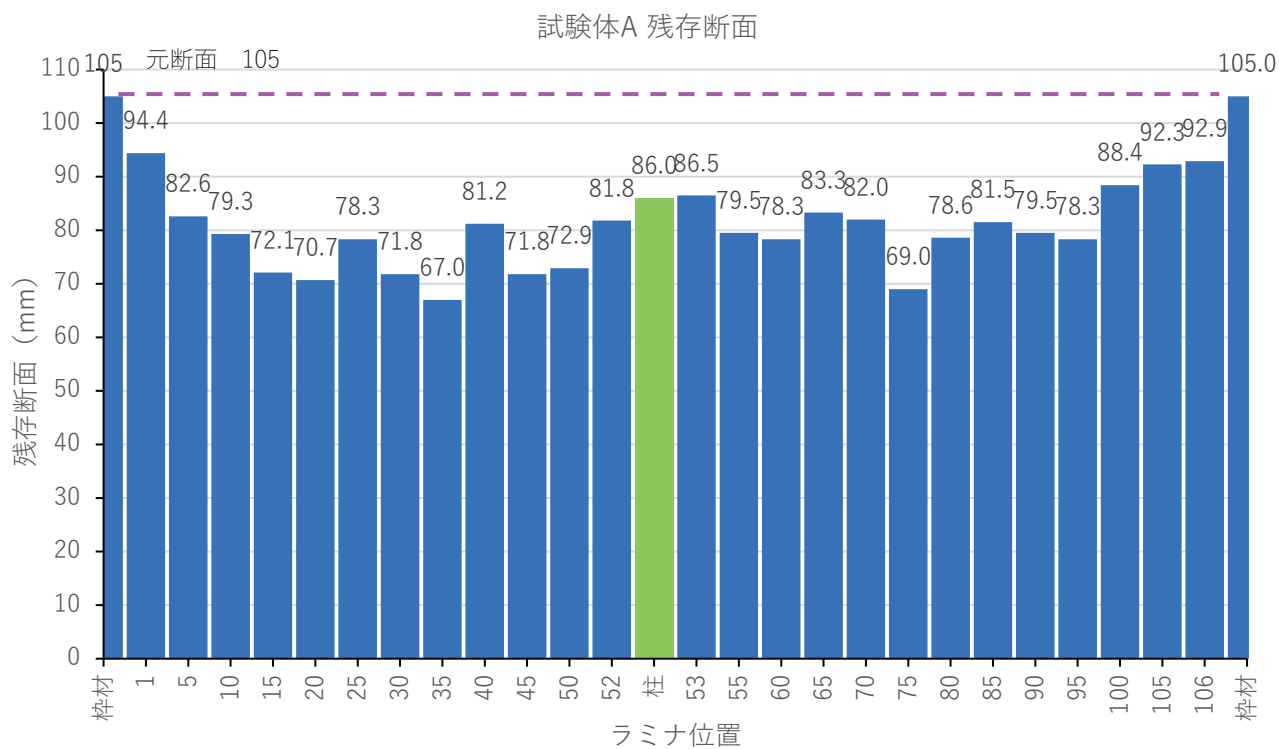
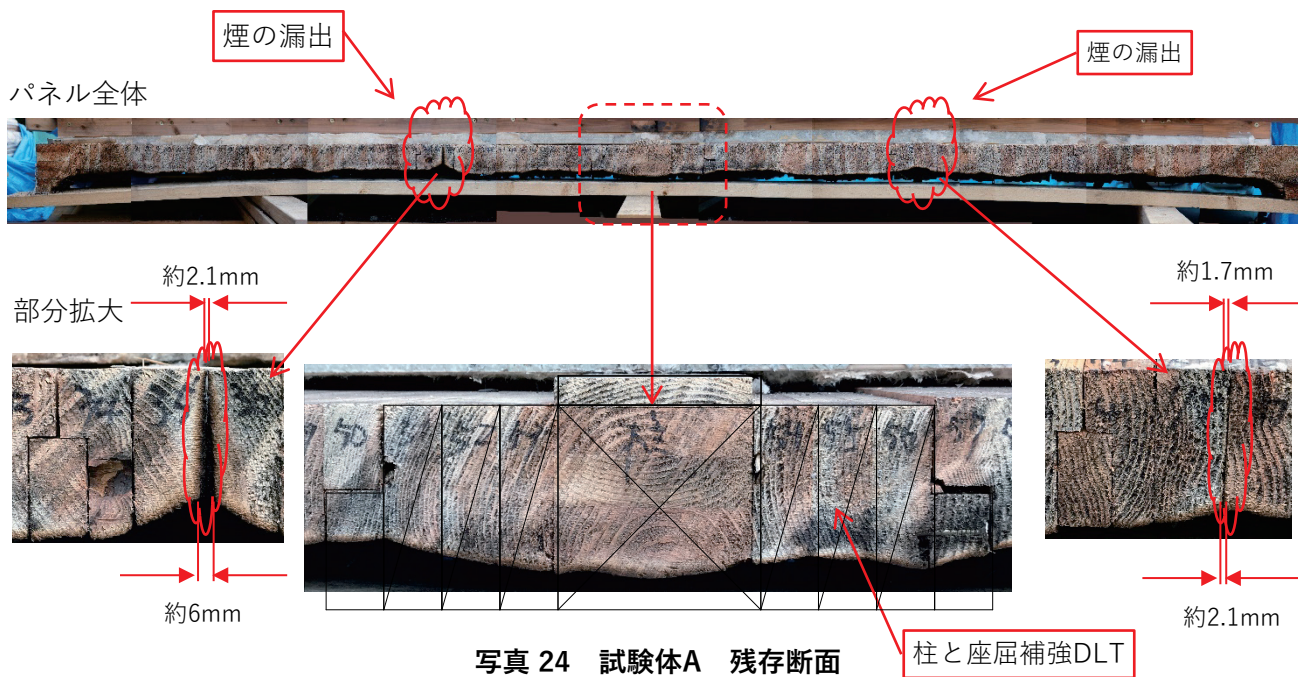


図 40 試験体A 残存断面

2) 試験体B

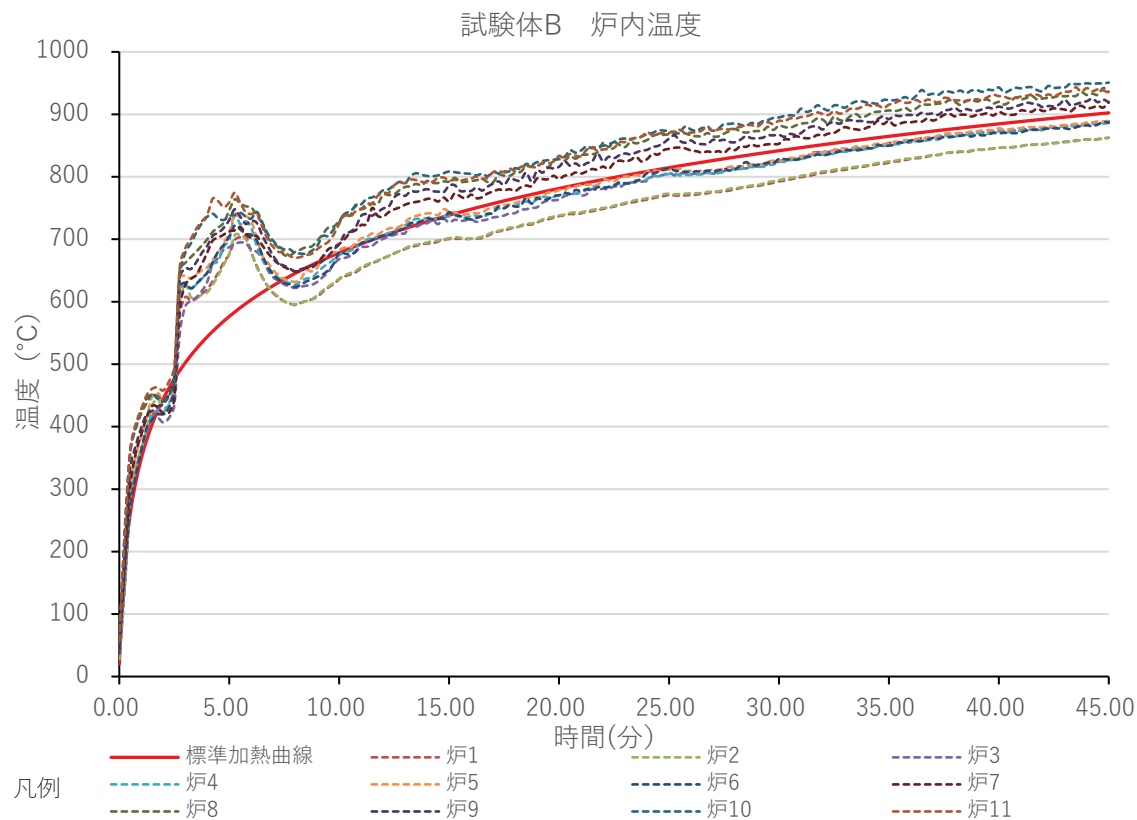


図 41 試験体B 炉内温度

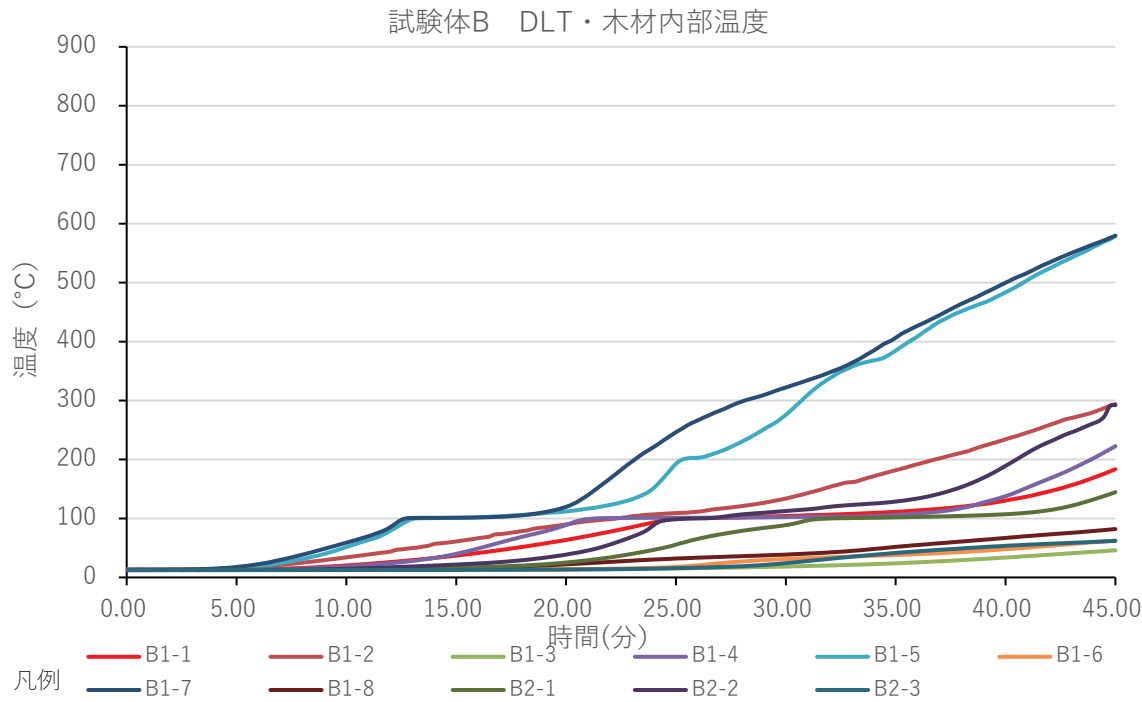


図 42 試験体B DLT・木材内部温度

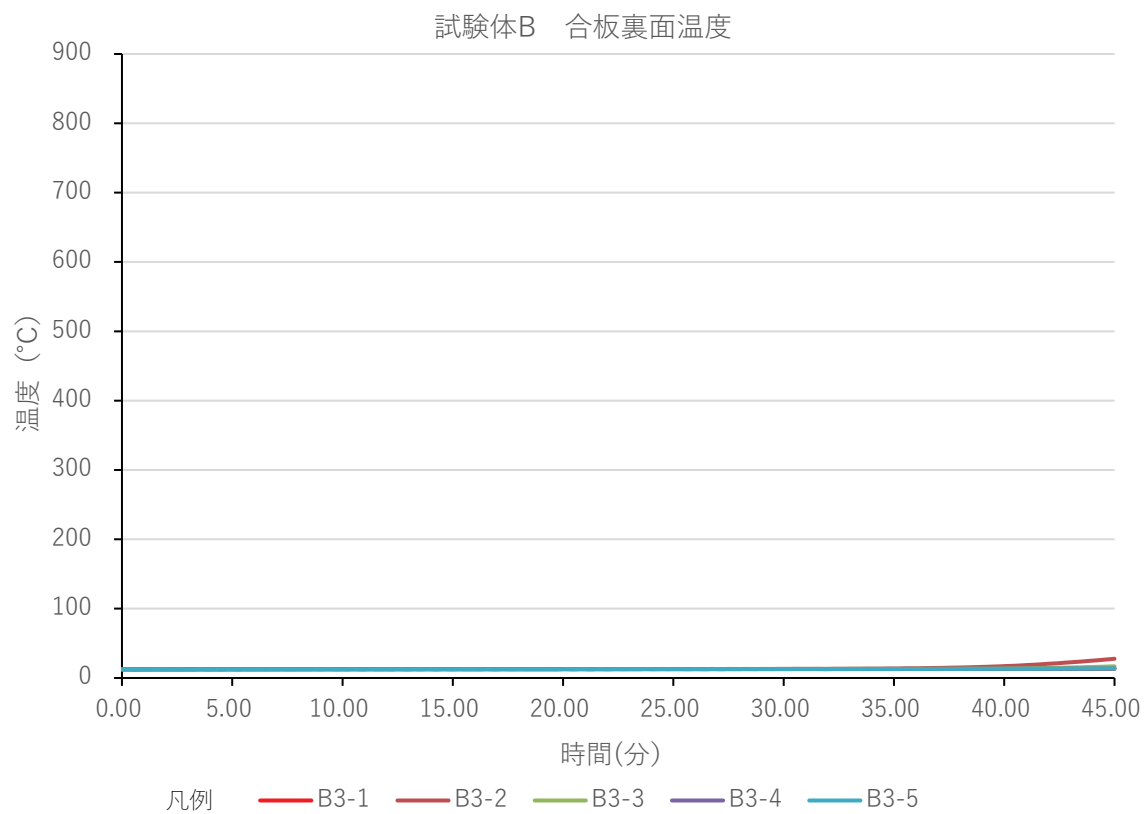


図 43 試験体B 合板裏面温度（非加熱側）

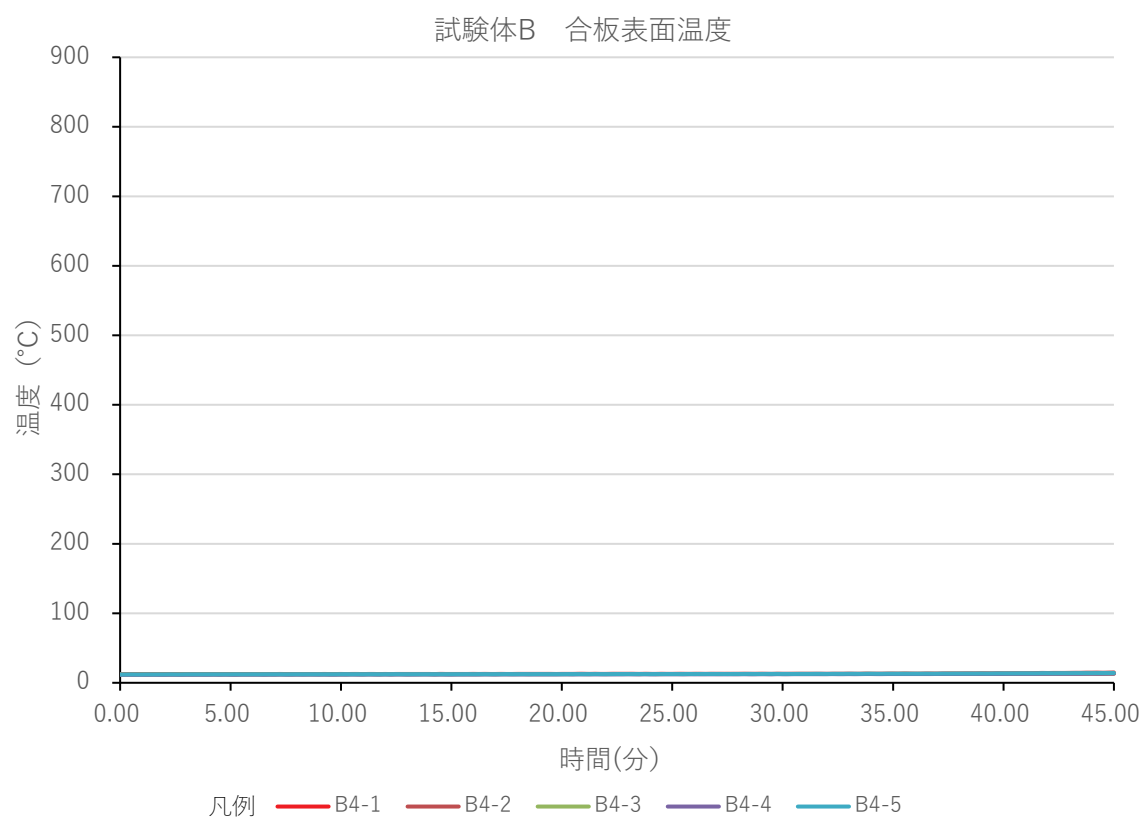


図 44 試験体B 合板表面温度（加熱側）

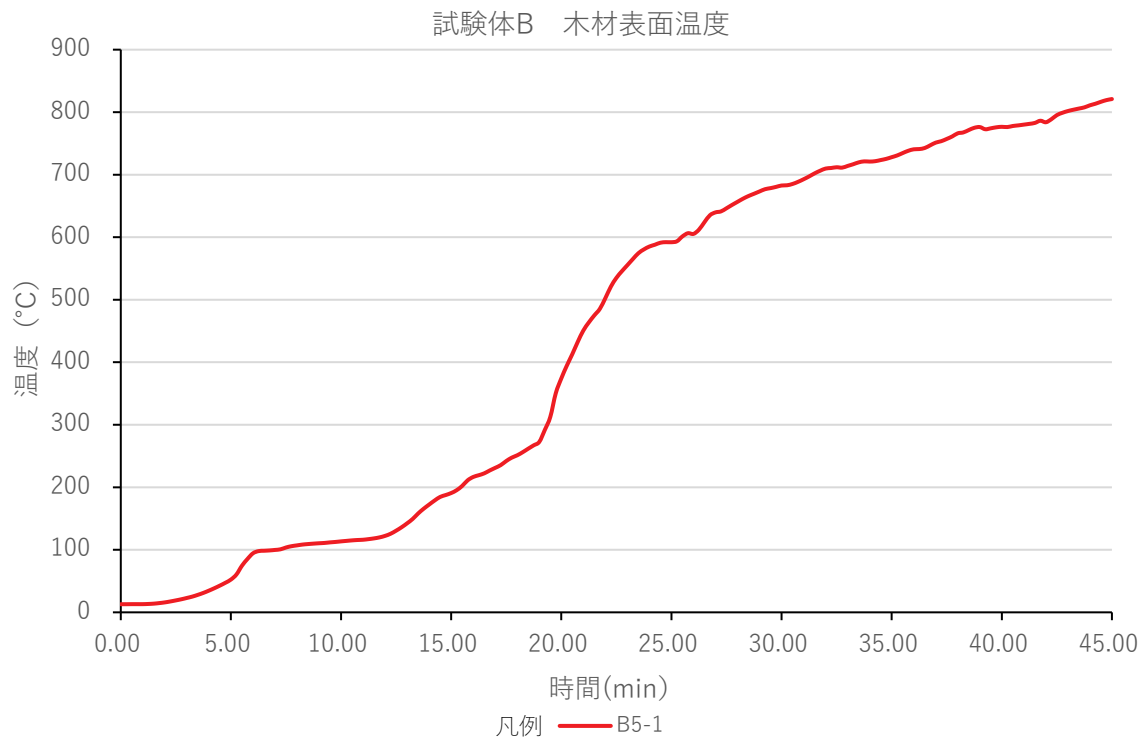


図 45 試験体B 柱表面温度（加熱側 被覆材裏面）

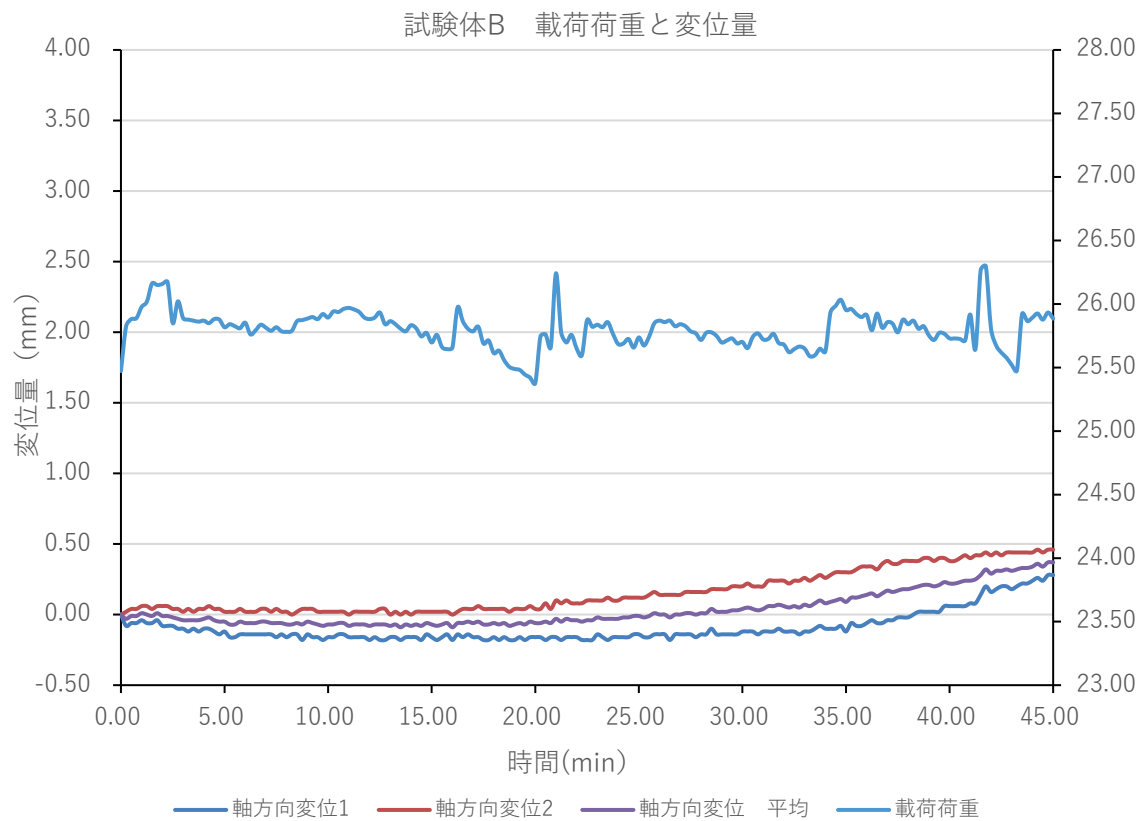


図 46 試験体B 載荷荷重と変位量

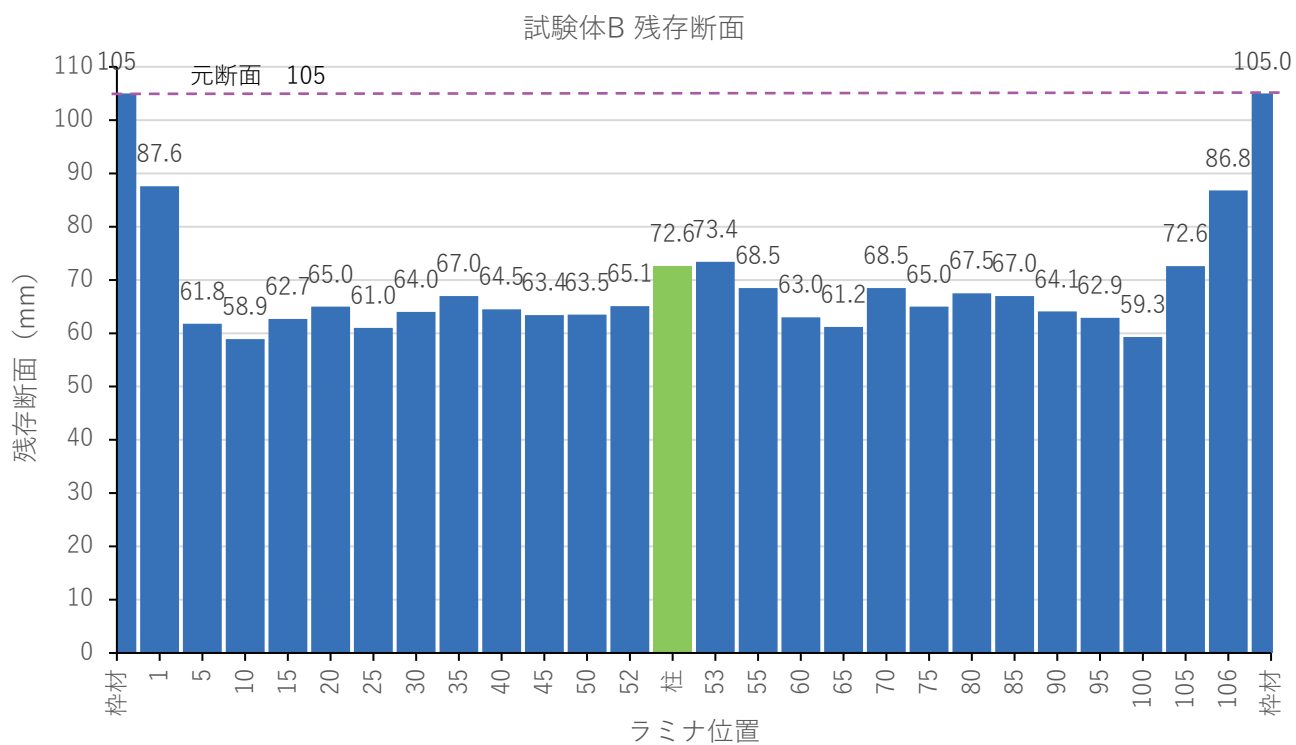
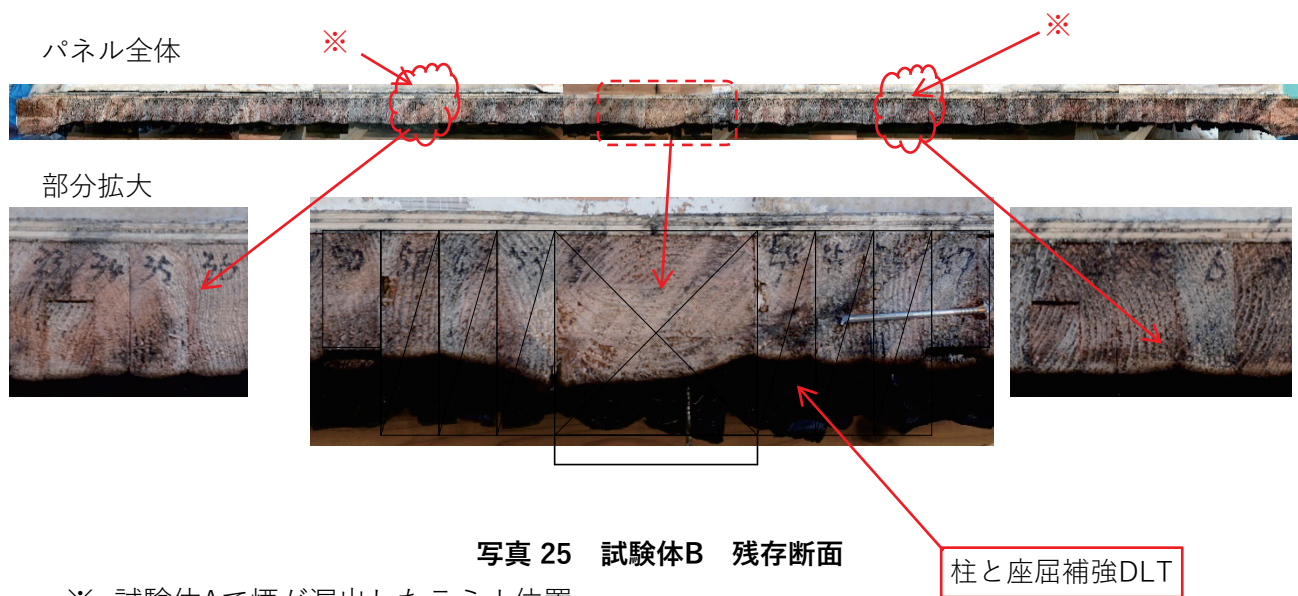


図 47 試験体B 残存断面

2.2.6 試験結果の考察

1) 金属サイディング仕様のDLT壁の防火性能について

- ・ 外壁側加熱の試験体 A では、加熱開始 約 5 分経過位から DLT パネル接合部の近傍ラミナ間から煙が漏出した。火災貫通ではないことから、23 分頃に耐火接着剤で埋め加熱を継続した。

試験結果より、柱の鉛直方向の変位、非加熱面の温度上昇は規定値以下で、非損傷性、遮炎性、遮熱性は確認できたが、火災時に煙漏出がある場合、安全避難が困難となる可能性があることから、改善すべき課題が明らかとなった。

- ・ 一方、室内側加熱の試験体 B は、DLT 背面合板による通気止めにより煙の漏出は生じていない。

柱の木被覆材 (t15mm) と座屈補強を併用した結果、45 分加熱後の残存断面を約 72mm 確保でき、非損傷性、遮炎性、遮熱性が確認できた。被覆材が無い場合は、柱の残存断面は約 65mm 程度となり、実施した試験体の座屈補強は 1.2 倍以上にしなければならず、柱補強が複雑となる。柱の被覆と座屈補強との最適な組合せ方法については、今後の課題と考える。

2) 煙の漏出部について

- ・ DLT パネル同士の接合面はヤトイ実としたが、試験体の組立時にパイプクランプを使用して DLT パネルを引き寄せ接合しており、パイプクランプの締め込み時にパネルの反り上がりがあった (写真 30)。そのため、接合部近傍のパネルの裏面側 (非加熱側) のラミナ間で通気隙間が生じたと推測できる。

3) 下地合板について

- ・ 金属サイディング側からの加熱では予備試験の結果通り、加熱後 15 分程度頃から木材内部温度の上昇がみられ (図 35)、金属サイディング、縦胴縁、合板 12mm により 12~15 分程度の防火性があり、外壁下地合板としては構造耐力も考慮すると 9mm 以上の合板であればよいと考える。

2.2.7 試験写真

1) 試験体組立



写真 26 試験体組立 (柱 + 座屈補強)

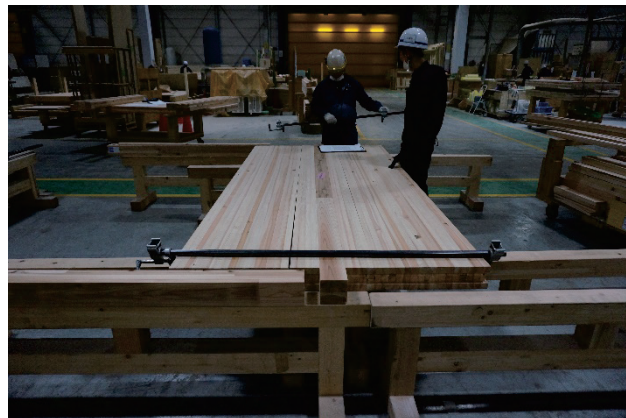


写真 27 試験体組立



写真 28 試験体組立

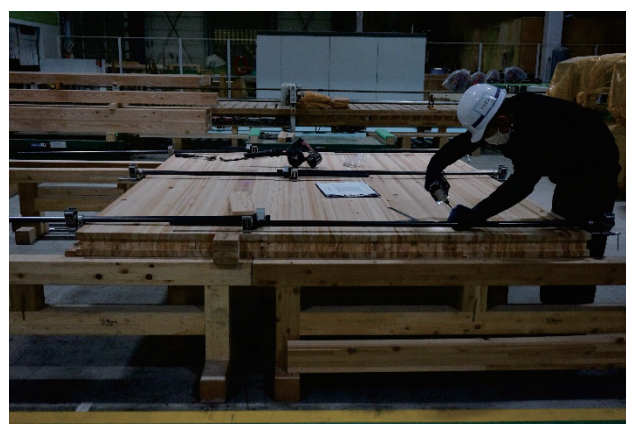


写真 29 試験体組立



写真 30 DLTパネル 接合

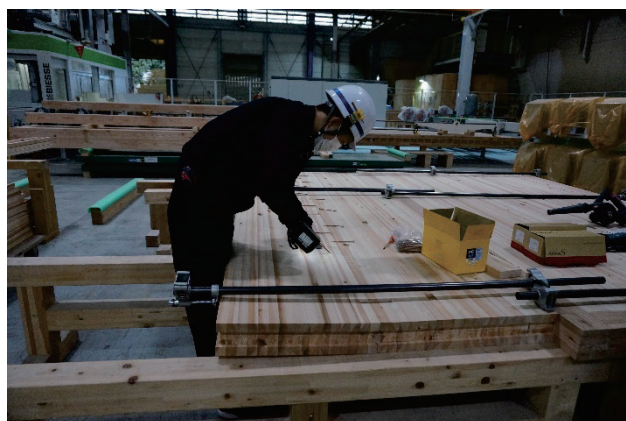


写真 31 DLTパネル 接合



写真 32 柱-補強DLT-DLTパネル 接合部拡大



写真 33 柱-補強DLT-DLTパネル 接合部拡大



写真 34 DLTパネル 接合部拡大



写真 35 DLTパネル 接合部拡大



写真 36 試験体組立

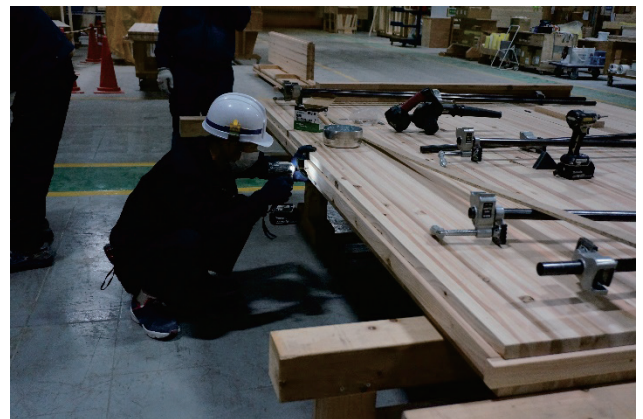


写真 37 試験体組立

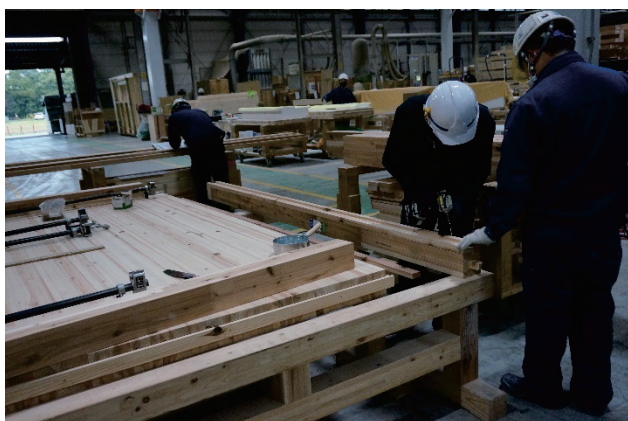


写真 38 柁材－DLTパネル 接合



写真 39 柁材－DLTパネル 接合

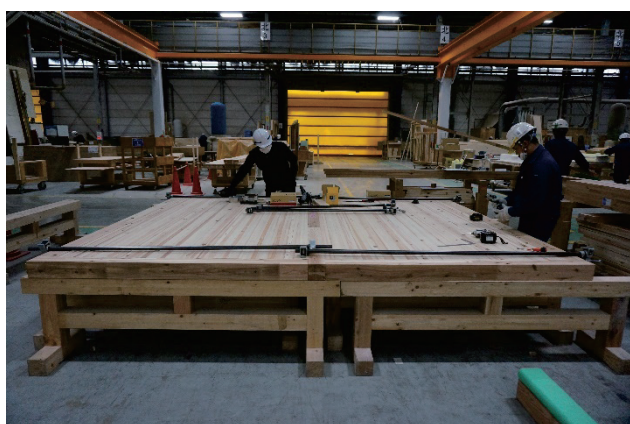


写真 40 試験体組立

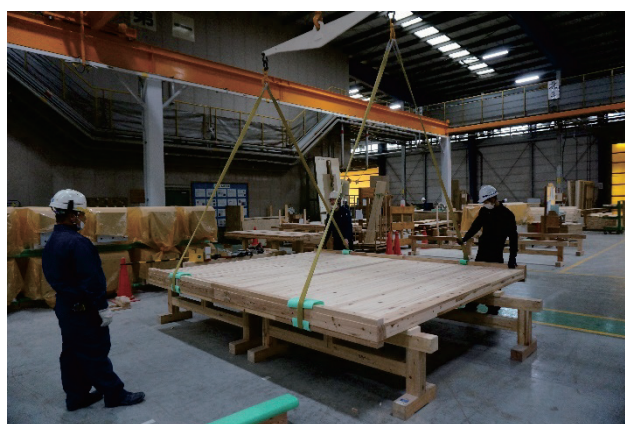


写真 41 DLTパネル完成

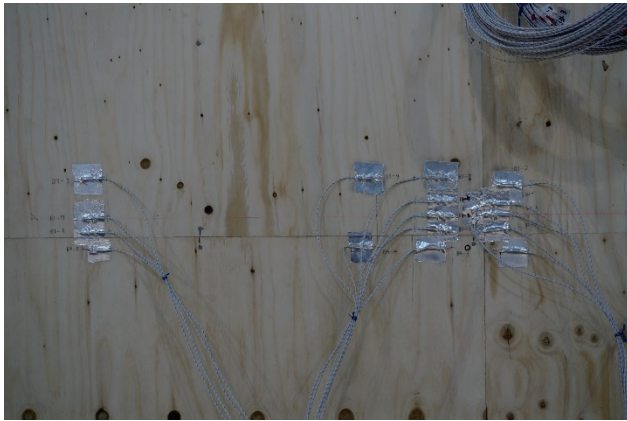


写真 42 熱電対取付 状況

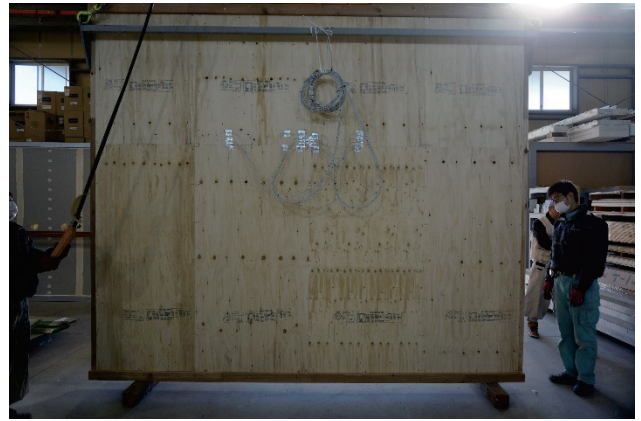


写真 43 熱電対取付 状況



写真 44 壁下地取付 状況



写真 45 壁下地縦胴縁 取付



写真 46 金属サイディング取付 状況



写真 47 金属サイディング取付

1) 試験体A 試験状況

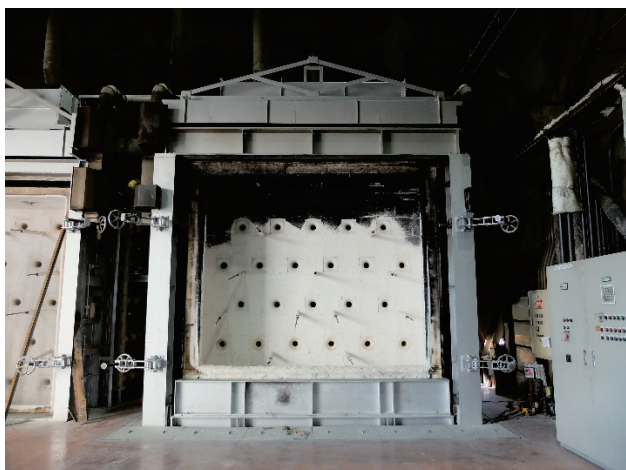


写真 48 壁炉正面



写真 49 試験体A 試験前 加熱面



写真 50 試験体 設置

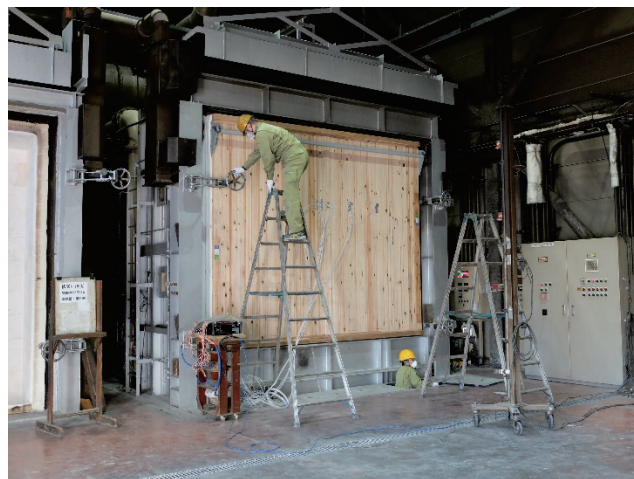


写真 51 試験体 設置



写真 52 試験体A 加熱開始



写真 53 試験体A 10分経過



写真 54 炉内 加熱状況



写真 55 試験体A 15分経過



写真 56 試験体A 20分経過



写真 57 試験体A 隙間充填



写真 58 試験体A 25分経過



写真 59 試験体A 30分経過



写真 60 試験体A 40分経過



写真 61 試験体A 45分 加熱終了



写真 62 試験体A 脱炉



写真 63 試験体A 脱炉



写真 64 試験体A 脱炉



写真 65 試験体A 脱炉後 加熱面



写真 66 試験体A 脱炉後 加熱面



写真 67 試験体A 消火状況



写真 68 試験体A 消火状況

2) 試験体B 試験状況



写真 69 試験体B 試験前 加熱面



写真 70 試験体B 試験体設置



写真 71 試験体B 加熱開始



写真 72 試験体B 10分経過



写真 73 試験体B 炉内加熱状況



写真 74 試験体B 20分経過



写真 75 試験体B 30分経過



写真 76 試験体B 40分経過



写真 77 試験体B 45分経過 試験終了



写真 78 試験体B 脱炉



写真 79 試験体B 脱炉

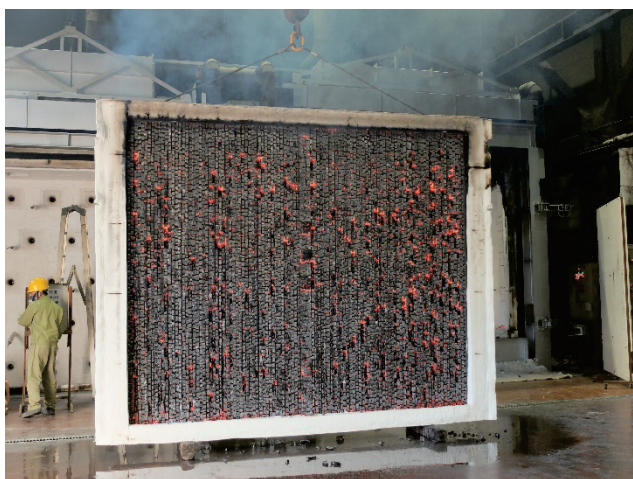


写真 80 試験体B 脱炉後 加熱面



写真 81 試験体B 脱炉後 加熱面



写真 82 試験体B 消火状況



写真 83 試験体B 消火状況

2.3 DLT壁の吸音性能試験（実大居室による試験）

2.3.1 試験目的

DLTの利用範囲拡大のため、実大居室での吸音DLTによる吸音効果を確認する。

2.3.2 試験方法

1) 実大居室での吸音DLTの吸音性能測定

2,730mm (W) × 2,730mm (L)、室内高さ2.2mの居室（**図 48、写真 84、写真 85、写真 85**）を2室用意。1室の壁A面を合板仕様とDLT吸音パネルA（**写真 87**）、もう1室もA面をDLT吸音パネルB（**写真 88**）とした。他の壁面、天井は下地、合板現しとした。

試験実施日：令和4年9月30日

試験場所：（株）長谷萬 館林事業所 事務所棟 2F

試験計測：株式会社リオン

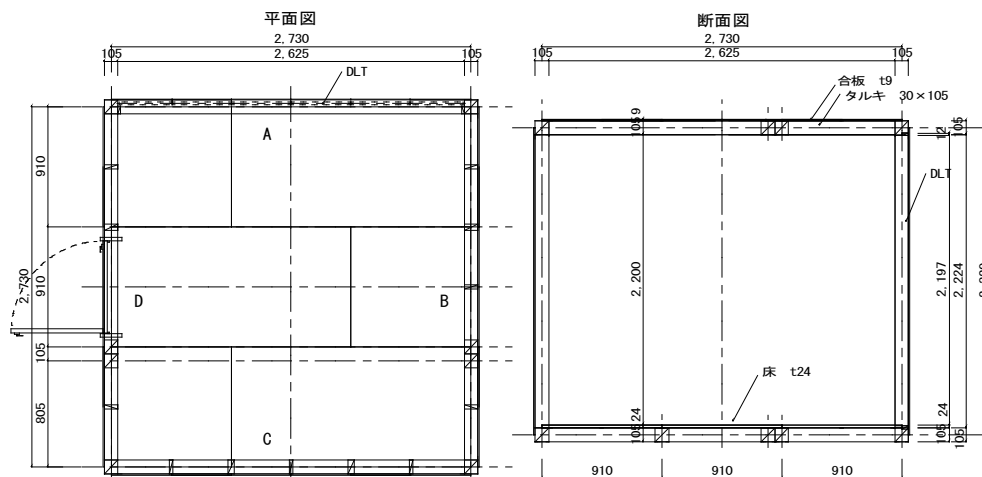


図 48 実大居室 平面図、断面図



写真 84 実大居室 正面

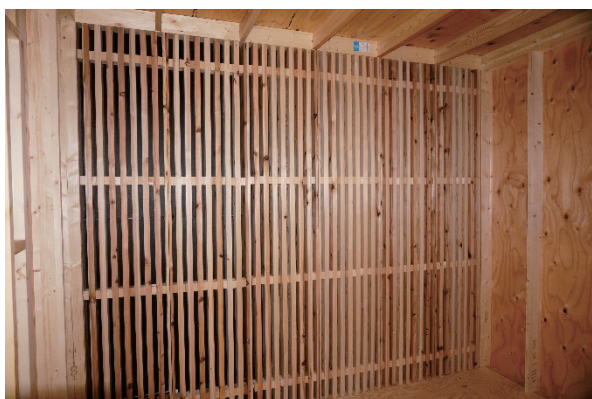


写真 85 居室内観（吸音パネル面）



写真 86 居室内観（合板面）

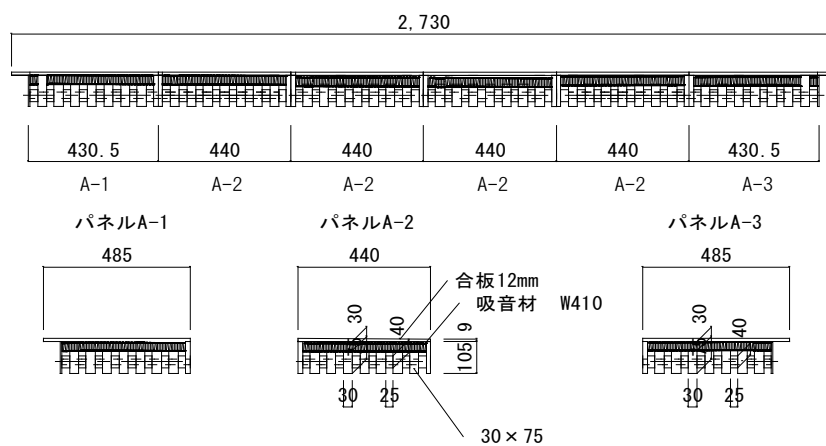


図 49 吸音パネルA 形状図

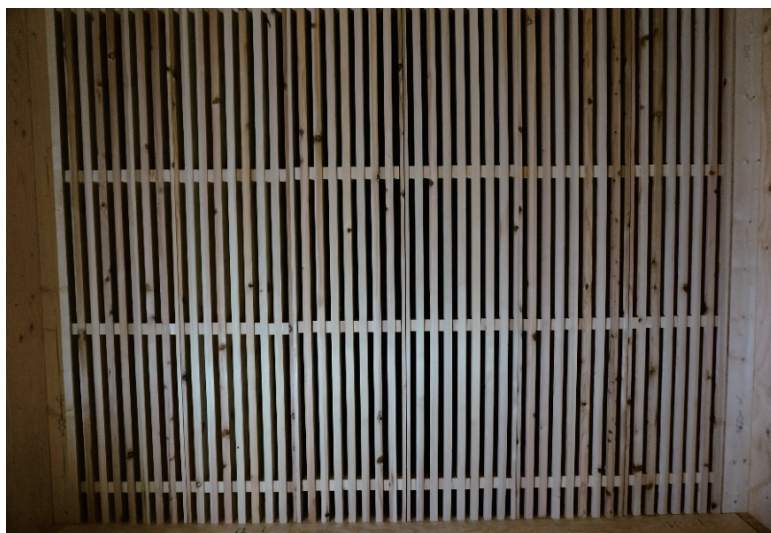


写真 87 吸音パネルA（全体および部分拡大）

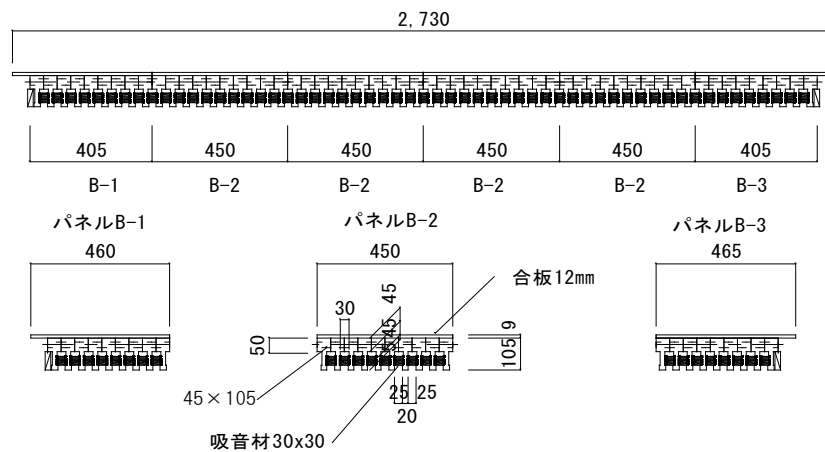


図 50 吸音パネルB 形状図



写真 88 吸音パネルB（全体および部分拡大）

吸音測定は図 51 で示すように室内にスピーカ、マイクを設置し、スピーカの出力を固定して各マイクで同じ音圧レベルを計測するようマイク位置を調整する（写真 89）。スピーカよりピンクノイズを発生させ、各マイクの測定点において、A 特性と 125 ～4,000 Hz のオクターブバンドの測定を行う。

注）ピンクノイズとは雑音の一種で、音のエネルギーが周波数に反比例するノイズ（「ザー」というような音）で、様々な音響測定に使用される。同じ周波数成分を持つ光がピンク色に見えることからピンクノイズと呼ばれる。

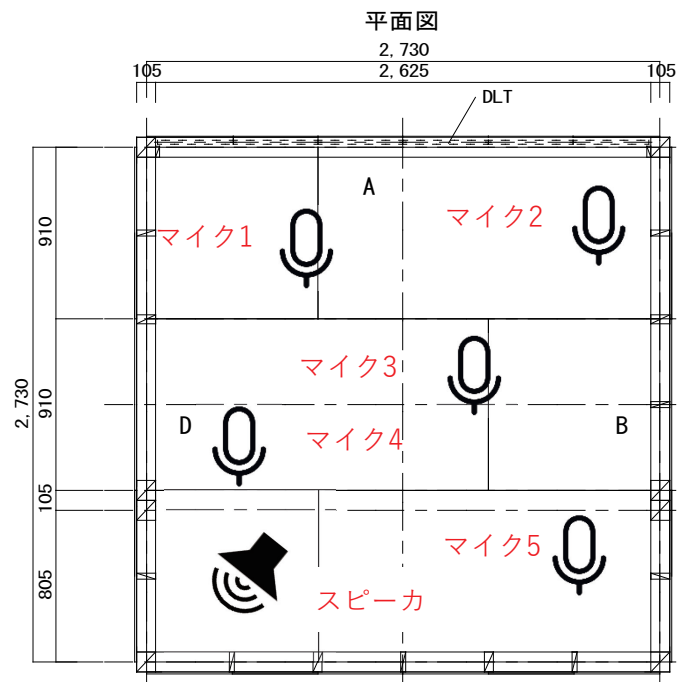


図 51 スピーカ、マイク配置図



写真 89 スピーカマイク設置状況

2) 吸音DLTパネルの吸音性能測定

試験実施日 令和4年12月6日

試験場所 株式会社ベル開発 試験室（岐阜県可児市）

試験方法 JIS A 1409（残響室法吸音率）に順じた吸音性能測定

実大居室で使用した吸音パネルA、吸音パネルA Bの吸音性能を測定した。残響音測定は残響室法吸音率測定に従って行う。具体的には Eyring-Knudsen の 残響公式より、試料無しの場合とありの場合の残響時間の違いから試料の吸音率を求める。

残響時間の測定に際してはインパルス積分法による。5本のマイクロホンによる同時測定を行い、その平均値を算出する。測定結果はPCで計算処理し吸音率を得た。

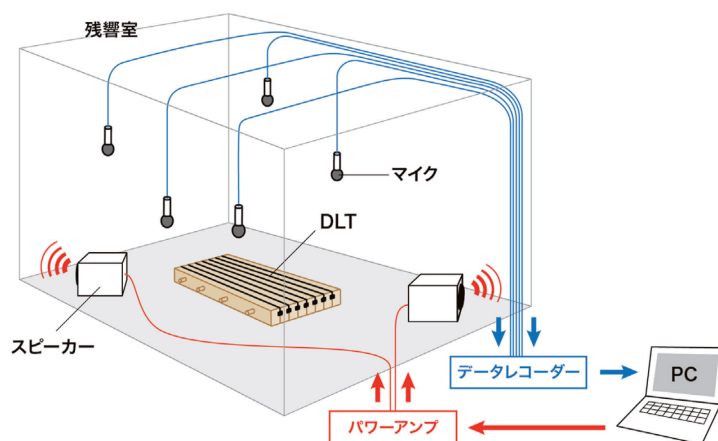


図 52 吸音試験のイメージ図

表 14 吸音試験の仕様

試験方法	残響室法吸音率測定
温湿度	室温 10°C、湿度 72%
残響室形状	不整 5 角形
容積	7.6 m ³
表面積	23 m ²
帯域幅	1/3 オクターブ、250～80,000 [Hz]
使用ノイズ	T SP 信号
音源スピーカ	2 箇所
マイク点数	5 箇所
測定試料面積	0.87 (A)、0.89(B) m ²

2.3.3 試験結果

1) 実大居室での吸音DLTの吸音性能測定

実大居室における各仕様でのピンクノイズ、暗騒音の測定結果は**表 15**の通り。

表 15 測定結果一覧表

	合板仕様		吸音パネルA		吸音パネルB	
	ピンクノイズ	暗騒音	ピンクノイズ	暗騒音	ピンクノイズ	暗騒音
Main(LAeq)	80.3	34.3	76.2	36.5	75.7	34.5
250	64.1	33.4	65.2	36.8	64.5	34.9
315	68.1	31.7	66.7	33.7	67.1	31.4
400	75.7	29.1	73.4	33	71.9	26.5
500	73.3	26.3	69.9	29.5	67.9	23.9
630	70.4	24.3	66.3	26.5	65.3	20.9
800	73	22.7	67.3	23	67.2	18.8
1,000	71.6	19.5	65.3	18.3	65.3	16.3
1,250	70.5	17.3	64.5	15.3	64.6	14.3
1,600	68.9	14.4	64.1	12.9	63.8	13.3
2,000	68.1	19	63.6	18	64	15.6
2,500	66.6	10.6	62.7	11.4	63.7	9.9
3,150	63.6	8.8	60.2	10.3	59.9	9.9
4,000	56.6	8.9	54.3	9.9	53.6	9

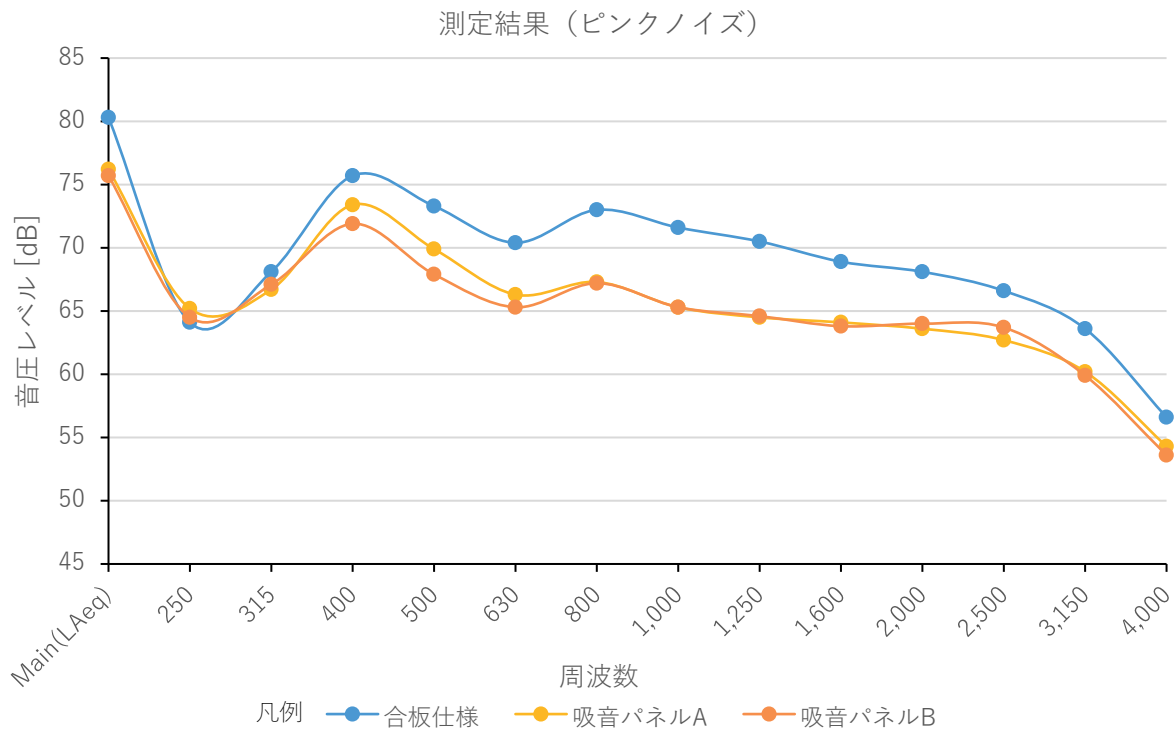


図 53 測定結果（ピンクノイズ）

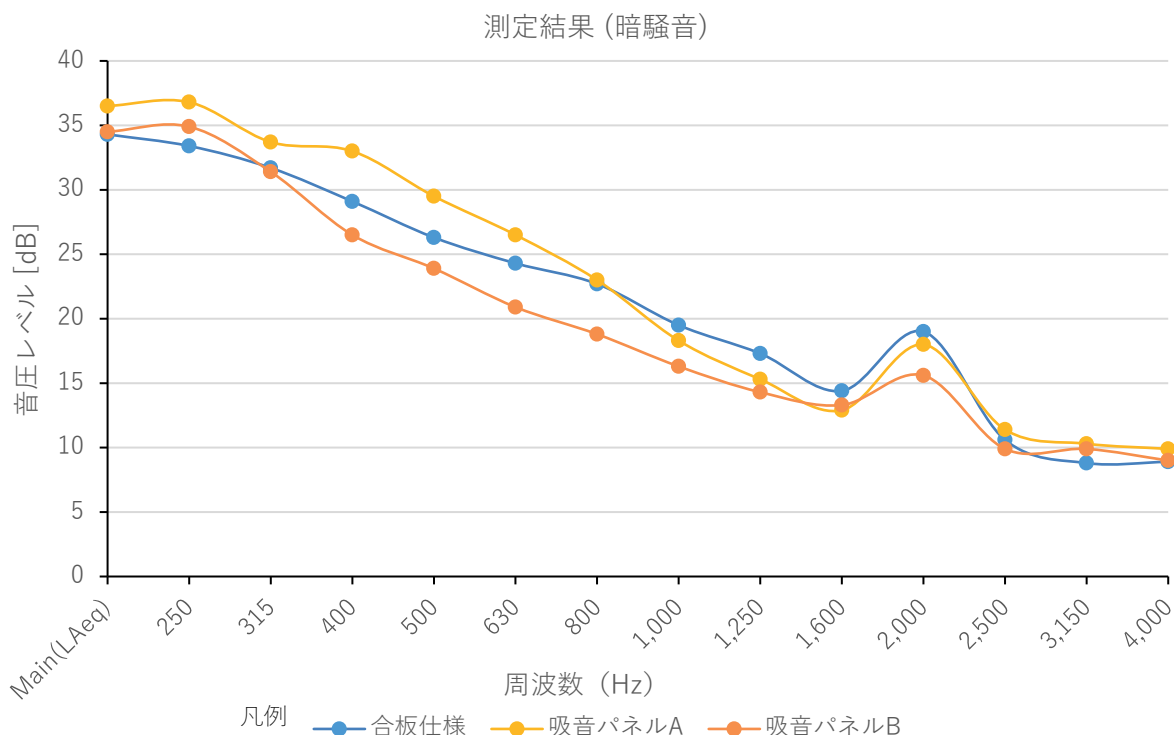


図 54 測定結果 (暗騒音)

- ・ 図 53 で示す通り、合板仕様に対して、DLT 吸音パネル仕様は、低音域を除く全域で約 3~6dB 程度の音圧レベル減少が確認された。
- ・ 3 dB の減少とは、音圧が約 $3/4$ 、音響パワーレベルが約 $1/2$ に減少することで、音量が約 $3/4$ に低下することを示す。また 6dB の減少とは、音圧が約 $1/2$ に、音響パワーレベルが約 $1/4$ に減少することであり、音量が約 $1/2$ に低下することを示し、測定結果より、吸音 DLT を壁面一面に使用することで大きく音環境を変化させることが確認された。
- ・ 暗騒音の測定結果 (図 54) より、各仕様とも 2,000Hz 周辺でピークが確認されたが、これは 館林事業所工場内のプレカット加工機の音を拾ったものとする。

暗騒音とは、特定の発生源からの騒音を計測する際に、発生源以外から発生している全ての騒音を指す。

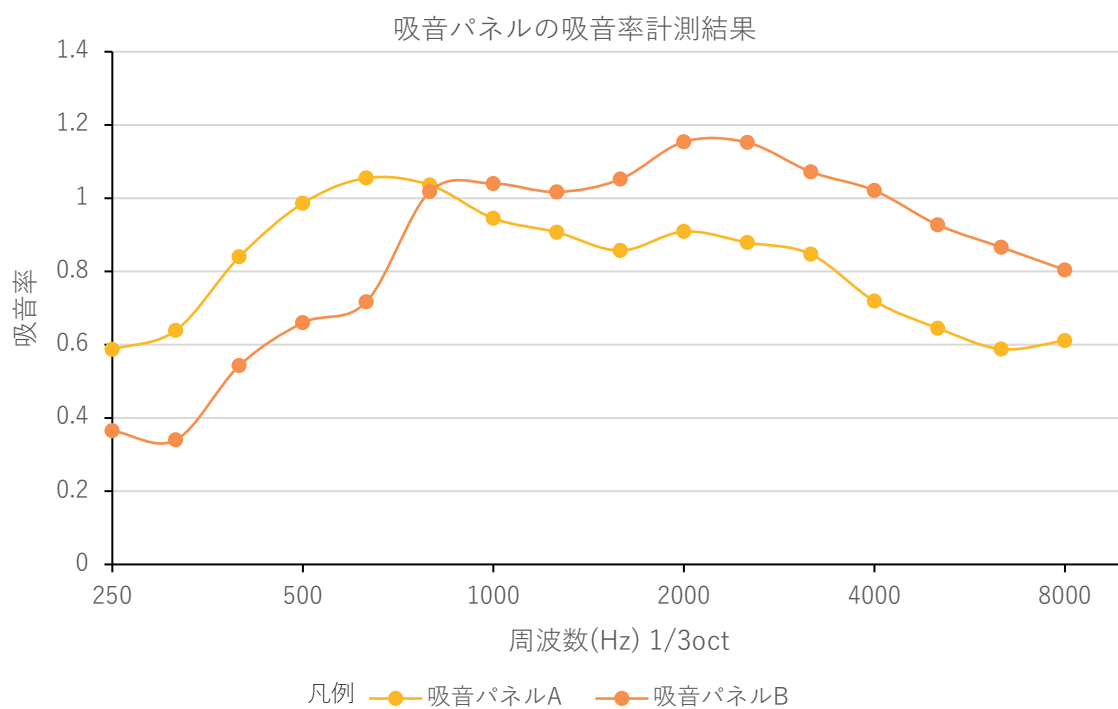
- ・ 本事業では実大居室 2.73m×2.73m 室内高さ 2.2m の気積に対して、吸音パネル 2.73m×2.2m を設置した場合において、3~6dB の音圧レベルが減少した。吸音の効果は居室の気積に対する面積により効果が変わるため、吸音 DLT の設置面積を増やすことにより、さらに吸音効果を高められる可能性がある。
- ・ 文教施設や児童福祉施設などの壁面に吸音 DLT を採用することで、木材活用だけでなく室内の音環境の改善に寄与することが期待できる。

2) 吸音DLTパネルの吸音性能測定

実大居室で使用した各吸音パネルの、残響室での吸音率測定結果は表 16、図 55の通り。

表 16 吸音パネルの吸音率 (%)

周波数	吸音パネルA	吸音パネルB
250	0.587	0.365
315	0.639	0.34
396.9	0.84	0.543
500	0.986	0.66
630	1.055	0.717
793.7	1.036	1.018
1000	0.945	1.04
1259.9	0.907	1.017
1587.4	0.857	1.052
2000	0.909	1.154
2519.8	0.879	1.152
3174.8	0.847	1.072
4000	0.719	1.021
5039.7	0.645	0.927
6349.6	0.588	0.866
8000	0.611	0.804



- ・ 測定結果（図 55）より、両パネルの吸音は広域の周波数帯に渡るが、低周波数帯では吸音パネル A の吸音性が良好な結果となった。これは吸音パネル A の吸音材の容積が大きくなり吸音力が大きくなった為であり、吸音性は吸音材の容積に影響する傾向が示された。
- ・ 吸音パネル B は高音域で高い吸音性能を示している。これはパネル表面の加工形状と吸音材との組合せによるものと推測される。



写真 90 吸音パネルA



写真 91 吸音パネルB

3. DLT の活用と普及にむけて

3.1 DLT の活用について

- ・ 本事業で実施したDLT壁の防火試験（載荷加熱試験）より、柱の木被覆材とDLT座屈拘束の効果により、金属サイディング仕様のスギ30×105DLT内部現わし仕様の外壁で、45分準耐火構造壁と同等の性能を確認できた。
- ・ 今回使用した外壁材は、金属板を折り曲げただけで防火性能を有していないため、外壁材の仕様やDLT壁の厚さにより、さらに高い防火性能を付与することが可能と考える。
- ・ 本事業の結果から、DLTの隙間などの課題の改善をすれば、DLT壁の準耐火構造の大臣認定取得は可能といえ、今後、関連団体や事業者等が大臣認定を取得することで、**図 56**で示すような木造準耐火建築物で室内側のDLTを現しとする外壁構造への活用が期待できる。

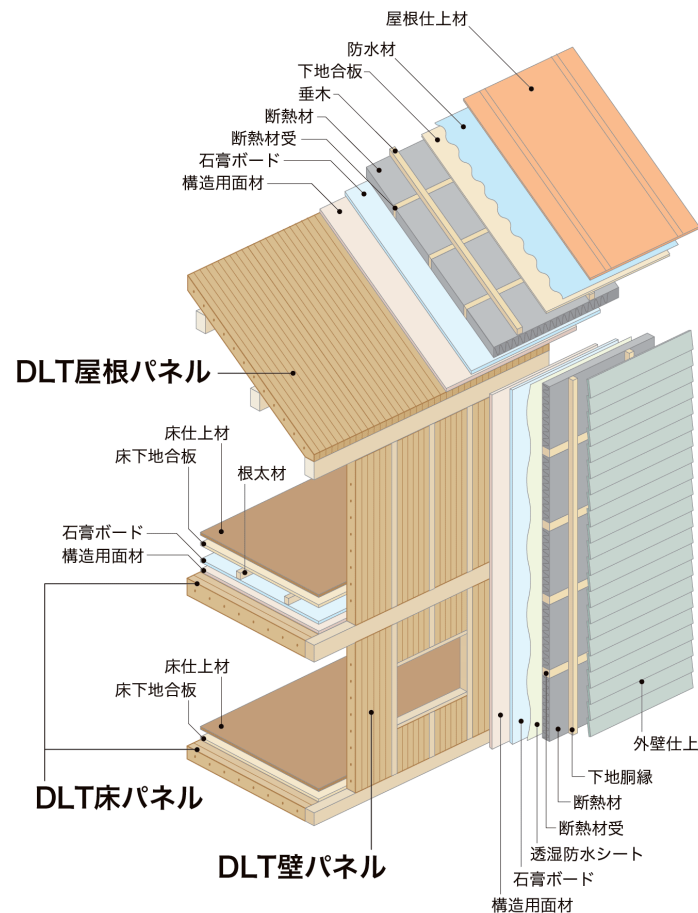


図 56 DLTの活用例

- ・ 本事業で性能評価を実施した準耐火仕様の外壁や吸音仕様のDLT壁は、木造軸組み工法の壁構造に簡単に適用が可能である。木造軸組み工法にDLT壁を適用する場合、常時鉛直荷重を受けない

ことから、DLT壁の構成ラミナには無等級材の活用が可能となる。

- ・ 内装に関して、2020年4月1日施行の建築基準法施行令第128条の4（規定を受けない特殊建築物等）及び第128条の5（特殊建築物等の内装）、国土交通省告示第251号で緩和条件が示されており、内装規定が適用される居室であっても、天井を準不燃材料以上とすることで壁面を木造壁（DLT）とすることができる（H12建設省告示第1439号）。既存のオフィスビルなどの内装木質化の手段としてDLTや吸音DLTの活用が期待される。
- ・ 本事業では実大居室 2.73m×2.73m 室内高さ2.2mの気積に対して、吸音パネル2.73m×2.2mを設置した場合において3~6dBの音圧レベルを減少した。吸音の効果は居室の気積に対する面積により効果が変わるため、吸音パネルの設置面積が増えるほど吸音効果の増加が期待できる。
- ・ 木ダボだけで板材等を接合し積層するDLTは大規模な製造設備が不要なため、中小製材事業者による地域分散型の生産に適している。大径材活用とあわせて、DLTに防火性能の付与や、吸音性能の付与により機能性を高めることで、中大規模木造建築、マスティンバー建築でのDLTの利用拡大が図れる。

3.2 DLT の利用拡大に向けた課題

本事業の実施試験の結果を踏まえ、今後、公共建築物や都市部における木造建築物等で DLT の利用拡大を図る上で、解決が必要な課題を挙げる。

1) DLTの防火性能の確実性の確認

- ・ DLT壁の防火試験（載荷加熱試験）試験体Aでは、加熱試験途中で非加熱面から煙の漏出があった。これは試験体組立時の、DLTラミナの反りにより生じたわずかな隙間から、煙が漏出した。火炎貫通までに至っていないが、建物外部で火災があり延焼した際に、居室内に煙が漏出しては安全避難が困難となる。防火性能要求がある場合、DLT製造における製作精度の確保・向上、およびラミナ同士の密着の保持、接合部における通気止め材等の設置・挿入が必要と考える。
- ・ DLTは、接着剤を使用せず木ダボで接合・積層するため、経年変化によるラミナの寸法変化は不可避なため、隙間による防火性能の低下が想定される。DLTを準耐火構造の壁で使用する場合、ラミナに寸法変化があっても通気止めとなる積層材の厚さ方向の凹凸や、積層面にサネや充填材を設けることで、ラミナの寸法変化による隙間が生じて、通気止めとなる方策が必要とかがえられる。
- ・ 本事業では、外壁仕上げ材を防火性能（遮熱性）が低い金属板仕上げとした。外壁材の仕様によって防火性能が変わることから、外壁仕様を変えた防火性能確認が必要である。
- ・ 燃えしろ設計ではなく、DLT壁を軸組み工法へ適用した準耐火構造とするため、本事業では柱に

は木被覆材と座屈補強材とを組合せた。載荷加熱試験の結果、外壁側加熱、室内側加熱とも柱の垂直方向変位量がわずかで、座屈補強の効果が確認できたが、柱に木被覆を施すことは意匠上のデメリットがある。そこで、木被覆を省略し座屈補強の構成を変える、または座屈補強も省略しDLTのみとするなど、異なる仕様、組合せでの載荷加熱試験を通じて、意匠面も満足できる最適な組み合わせの確認が課題となる。

2) 吸音材の多様性の検討

- ・ 吸音の効果は居室の気積に対する面積、居室の用途や形状、音の種類、吸音材の種類により効果が変わることから、実際に適用した居室での調査の積み重ねは必要となる。
- ・ 本事業で性能確認した吸音DLT では不織布製の吸音材を使用した。不織布吸音材は軽量で扱いやすいが、防火性能が低いという欠点もある。防火性能と吸音性能の両方を有するロックウールのような吸音材の検討も必要と考える。

4. 添付資料

DLT耐火性能検証委員会議事録

令和4年度DLT検討委員会 第1回 議事録

日時 : 令和4年6月28日(火曜日) 10:00～11:30

会場 : オンライン (ZOOM)

参加者 : 網野禎昭様 (法政大学デザイン工学部建築学科 教授)
宮田雄二郎様 (法政大学デザイン工学部建築学科 准教授)
原田寿郎様 (森林研究・整備機構 森林総合研究所 研究専門員)
安井 昇様 (桜設計集団一級建築士事務所 代表)
花井厚周様 (株式会社竹中工務店 木造・木質建築推進本部 副部長)
小井土義治様 (小井土製材株式会社 取締役社長)
長谷川泰治 (株式会社長谷萬 代表取締役社長)

オブザーバー :

横江美幸様 (林野庁林政部 木材産業課 木材製品技術室 木材製品調査班 企画係長)
平原章雄様 (木構造振興株式会社 常務取締役)
宮城県CLT等普及推進協議会

欠席 : 河野博紀様 (一般財団法人建材試験センター 中央試験場)
野中峻平様 (一般財団法人ベターリビング つくば建築試験研究センター)

事務局 : 鈴木康史、小林辰美 (株式会社長谷萬)

・

1. オリエンテーション

1) 事業主体挨拶（長谷川）

国産材、木材活用に対する注目が高まる中、DLTへの期待が以前よりも大きくなってきている。今後、DLTが多様な木質材料の中の一つになればよいと考えている。今期もご協力をよろしくお願いしたい。

2) 委員会名称

下記の名称で決定した。

正式名称：2022年度DLT性能検証委員会

略称：DLT検討委員会

3) 委員長選出

安井委員が選出された。

2. 事業の概要

本年度の事業では、DLTの適用範囲拡大を目的に、以下の二つの事業を行う。

1) DLT 壁の防火性能の検証。

予備試験と本試験を行う。予備試験で基礎的な防火性能を確認し、本試験では載荷加熱試験を行う予定。防火性能の目標は、45分準耐火構造の壁と同等性能とする。

2) DLT 吸音パネルを、実大居室の壁の一面に使用した際の吸音性能の確認。

3. 実施事業の説明・協議

1) DLT 壁の防火性能 予備試験

1.2m×1.2m程度の小試験体4体の無載荷加熱試験を実施し、DLT壁の特有の加熱特性などを確認する。試験は公益財団法人日本住宅・木材技術センターで行う。

- ・ 予備試験の目的は、DLT 壁の基本的な防火性能である遮炎性、遮熱性、非損傷性の確認であり、軸材の防火対策による防火性能の確認である。外壁側からの加熱も予定する。外壁材は防火性能を有しない金属サイディングを設定する。四つ枠の防火試験を行い、その後本試験の仕様を決めたい。（事務局）
- ・ 前提条件として、壁にどのような防火性能を確保が必要か、板倉の壁の加熱試験を参考に簡単に説明する。壁に必要な防火性能は非損傷性、遮熱性、遮炎性の三つである。
床との決定的な違いは、壁には軸材が必ず入ることであり、壁で決まる場合と柱の座屈で決まる場合がある。本試験では、柱に長期許容応力度が発生する荷重載荷し加熱する。105 角、長さ 3m の柱では、22kN 位の載荷加熱で、断面が減少し折れる。燃焼により、柱の断面が減るのをどう遅らせるかが問題だ。二つの方法があり、105 角であれば柱を被覆する、もしくは柱の断面を大きくするかだ。隙間があれば炎が貫通する。柱と DLT の隙間をどう防ぐか、火炎貫通をどう止めるかが課題だ。

105mm 厚、140mm 厚の DLT の燃え抜けは、去年の床の試験で分っている。板倉の実験では 40 ミリ二枚の 80 ミリの板で、75 分の燃え抜け防止性能を確認している。今回の DLT 壁では 45 分を目標にしており、DLT の一般部は問題ないだろう。柱の座屈をどう止めるか、また、柱と DLT の間の隙間をどう埋めるか、この二つに焦点を当てればよいと思う。

参考例として、縦ログ構法がある。縦ログ構法はヤトイ実を入れて隙間を防いでおり、参考になると思う。実験のイメージは、大きな耐火炉で 1.2m×1.2m の試験体 4 体を、同時に燃やすマスクパネルで加熱する。柱の座屈の想定は柱の燃えた面積を確認すればよい。

- ・ 四つの試験体で、いずれか燃え抜けたときに、試験の進行がどの様になるか教えてほしい。
- ・ 部分的に燃え抜けたところを裏から AES で埋めて、実験は最後まで続ける。60 分目標で加熱しても良いのではないかな。
- ・ 燃え抜け止めに、ヤトイ実を用いることは、実際の施工を想定しているか？
- ・ 想定している。（事務局）
- ・ ヤトイ実を用いる場合、軸組のくみ上げと同時に、壁を設置する施工方法となる。その場合、柱を片持ち状態にしたまま、ある程度の長さの DLT を上から差し込む必要があり、施工は難しくなるのではないかな。ヤトイ実と溝とに、あまり隙間を設けられないので、かなり精度を上げる必要がある。柱を建て、そこに外側、あるいは内側から壁を設置するような形式の場合、ヤトイ実ではなく押縁になるので、施工が容易だと思う。
- ・ その形式も検討する。（事務局）
- ・ 準耐火構造の壁は、外側からの加熱にも、内側からの加熱にも 45 分以上耐えることが求められる。外側寄りに押縁があることにより、内側からの加熱時は 45 ミリぐらい燃える。その押縁は燃えないで残り、空気の流れができないので、防火性能は充分発揮できると思う。
一方で、外側からの加熱時は、外壁の防火性能が弱いと合板も燃え、その押縁も燃えてしまうと、火炎貫通してしまう。外側からの加熱時に、金属板の遮熱性能と合板の厚み、それと押縁の奥行きで、45 分間押縁が燃えない断面であれば、外部からの加熱にも耐えられることになる。それを考慮して決めれば良い。
- ・ 製材で 45 分準耐火を目標とする場合、45 ミリ以上の厚さを押縁で設ける考え方でよろしいか。（事務局）
- ・ 金属板でも直接加熱されるより、木材の断面の減りが少ない。合板がないとすれば 45 ミリ確保すれば充分である。外壁が金属板以外で防火性能が高い材であれば、その寸法は低減できる。
- ・ 本試験では外壁仕様については、防火性能が小さい金属サイディングで考えている。押縁仕様については、試験体 A、B で検討する。（事務局）
- ・ 隙間を四ミリ以下に管理できるのであれば、この考え方だけ整理しておけばよい。もしくは、10mm 程度のクリアランスを設け、ロックウールを詰め表面は木材で埋木する方法もあるが、気密性能の確保と関係してくるところもある。

- ・ ロックウール等の不燃材料で埋めるというのは、実際に使われているものか？（事務局）
- ・ 厚みによるが、ロックウールで埋め、底目地で抑えることはあり得るので可能だと思う。施工のことを考えるとクリアランスは大きい方がよい。
- ・ 柱の被覆について、燃えしろの場合と木材被覆、または石膏ボード被覆を考えている。被覆方法として、燃えしろと木材被覆の二つの案はいかがか？（事務局）
- ・ 実験用のディティールであって、実際の仕様ではないと考えてよいか？
- ・ 実際の仕様を前提として、実験を成立させたい。（事務局）
- ・ 一般的に、柱の表面に石膏ボードや被覆木材が現れる仕様は、あまり考えられない。準耐火構造を前提とすると、燃えしろ設計がある。DLT を燃やし、柱を被覆し燃やさない、という考え方は難しいと思う。内側はそろえておき、外側にふかすという考えもある。仕上げ面を揃えて納めたい。この準耐火構造の目的は、この内装を表しで見せることが目的で、この見せ方をするのがポイントになると思われる。建築家の方が好むのは、おそらく燃えしろ設計で、かつ面一に収めるという意匠形式だと思う。
- ・ CLT のように全部面材で収めるような形であれば、CLT 的な表現ができるが、集成材の間に DLT を納める方法の場合。DLT の良さがどのように表現されるのかが気になる。
- ・ DLT 壁の準耐火構造は、在来軸組構法で軸材のなかに DLT をはめ込んで使う前提になる。その中で軸材の防火性能を上げるということを考えている。（事務局）
- ・ 事務局とは、木造軸組み構法で準耐火構造とする設計的な整理をし、それをどう準耐火にするかが議論になる旨、話をしている。
- ・ 軸組の場合、柱は 910mm や 1820mm ピッチで立っており、柱は鉛直力支持部材になる。その柱をどう 45 分間座屈させないか、一つの手段が石膏ボードや木材で被覆する。もしくは太くする方法で、いかに柱を座屈させない方法で納めるかが課題となる。
- ・ 工夫の余地があり、個別に相談をさせていただきたい。（事務局）
- ・ 柱の座屈拘束で力を発揮させるのはどのタイミングか？普段は、燃えた後の座屈拘束方法は、あまり考慮しない。
- ・ DLT が合板と構造的にきちんと固定され、柱が DLT で座屈拘束されていれば、柱にだけ力が作用するということは考えにくい。
- ・ 予備実験は無載荷加熱なので、どういう燃え残り方をするかで座屈を予測し、本試験で載荷加熱すればよい。
- ・ 載荷加熱試験は何体の予定か？
- ・ 外壁面から燃やすものと、内側から燃やすものの合計二体を予定している。（事務局）
- ・ その時にも、いくつかの仕様を組み込めるだろう。
- ・ 予算によるが、試験時の写真をプロに依頼してはどうか？これまでは分かり難い写真が多かった。世の中への発信を念頭においてはどうか？

- ・ 写真については検討する。今後、予備試験で傾向を把握し、本試験の載荷加熱試験に望みたい。
載荷加熱試験の試験体図は、予備試験の結果を踏まえて作成する。（事務局）

2) 実大居室での DLT 壁吸音性能試験

- ・ 実大居室は広さ 2.7m×2.7m、室内高さ 2.2m の居室の壁の一面を吸音 DLT とし、吸音 DLT の有無により吸音性能の差を確認する。既に吸音パネル単体の試験により吸音性能は把握できている。より実際に近い状況で確認するため、実大居室に適用した場合の吸音性能を確認する。
（事務局）
- ・ 吸音壁を設置となっているが、天井の仕様はどうなっているのか？
- ・ 天井材は合板としている。吸音パネルの位置が、壁でも天井でも効果に差がないという想定から、今回の試験では壁面とした。（事務局）
- ・ この吸音壁の目標性能はどの程度か？
- ・ パネルで吸音性能を計測結果から想定すると、ある周波数において半分以下くらいになると考えている。（事務局）
- ・ 住居内での、吸音性を高めるような使い方か？もしくはコンサートホールに使うようなグレードを目指しているのか？
- ・ 居室や学校施設などで使えるものを想定している。（事務局）
- ・ 吸音材を入れない仕様もあるがどうか？
- ・ 溝の加工の大きさにより吸音性が変わることを確認している。多少の差はあるが、吸音材がないと吸音性能に大きな差がないことを確認している。各パネルの吸音性能の傾向については、改めてお知らせする。（事務局）

4. 今後のスケジュールについて

9月21日 予備試験（マスクパネルでのDLT壁加熱試験）

10月頃 実大居室のDLT壁吸音性能試験

第2回検討委員会

11月 本試験（壁炉でのDLT壁載荷加熱試験）

12月 第3回検討委員会

以上

令和4年度DLT検討委員会 第2回 議事録

日時 : 令和4年10月26日(水曜日) 10:00～11:30
会場 : オンライン (ZOOM)
参加者 : 安井 昇様 (桜設計集団一級建築士事務所 代表)
網野禎昭様 (法政大学デザイン工学部建築学科 教授)
宮田雄二郎様 (法政大学デザイン工学部建築学科 准教授)
花井厚周様 (株式会社竹中工務店 木造・木質建築推進本部 副部長)
野中峻平様 (一般財団法人ベターリビング つくば建築試験研究センター)
小林 慧様 (群馬県環境森林局 林業振興課 県産木材振興係 主任)

オブザーバー :

横江美幸様 (林野庁林政部 木材産業課 木材製品技術室 木材製品調査班 企画係長)
平原章雄様 (木構造振興株式会社 常務取締役)
宮城県CLT等普及推進協議会

欠席 : 原田寿郎様 (森林研究・整備機構 森林総合研究所 研究専門員)
小井土義治様 (小井土製材株式会社 取締役社長)
河野博紀様 (一般財団法人建材試験センター 中央試験場)
長谷川泰治 (株式会社長谷萬 代表取締役社長)

事務局 : 鈴木康史、小林辰美 (株式会社長谷萬)

1. オリエンテーション

2. 予備試験の実施結果の説明・協議

- ・ 変な燃え方はしてない。今回の実験は遮熱性と遮炎性。炎が出ない、熱が裏面に伝わらない、という外壁に必要な性能の3つのうち、遮熱性と遮炎性の2つを確認できている。
- ・ もう1つは柱が折れないという非損傷性がある。柱が折れるか折れないかは、柱に断面が残っているかっていうことにかかっている。柱も少し燃え入っている、その辺を考慮しながら、実大の実験をどういうものにするかを決めればよいと思う。
- ・ 金属板は最後まで落ちなかったか？
- ・ 試験後も金属板は脱落していない。(事務局)
- ・ 試験体のサイズが大きくなると、金属板がめくれあがる。脱落しないことで有利な側には出ている。実大になると効果が下がると思う。
- ・ 使用している金属板は裏打ち材もない折り曲げた板としている。
- ・ 金属板の効果は温度上昇のところからも、影響しない認識でよろしいか？(事務局)
- ・ いいと思う。板厚は0.35mmか？

- ・ はい。（事務局）
- ・ 金属板はすぐに熱伝導するので、遮熱効果が高いわけではないが、ないよりあった方が柱の燃焼は減る。中央に目地があり被覆をしていたので、柱は少し燃えにくい状態になっている理解でよいか。
- ・ はい。（事務局）
- ・ DLT と柱の接合について再度教えてほしい。
- ・ 試験体 A は、柱と DLT をヤトイ実で接合し、柱側面に DLT ラミナと同じサイズの製材を一枚ビス留めし、その脇に押縁として、表側からビス留めした。
- ・ 試験体 B、C は、試験体 A と同様のヤトイ実接合とし、隙間にロックフェルトを入れた。
- ・ 試験体 D では、ヤトイ実により接合している。（事務局）
- ・ 施工上はどれが組みやすいか？
- ・ ヤトイ実タイプは、ヤトイを入れながら組まなければいけないので、どちらかというと作りづらい。
- ・ 押し縁タイプは、補強と補強材になるかどうかを念頭にいれ製作したが、こちらの方が組みやすい。また、すき間を 5mm 設けており、十分クリアランスがあるため製作しやすかった。
（事務局）
- ・ 押し縁タイプでは切り替え部分が DLT 板の中央部位になる。ある程度燃え込むのを考えて、バランスを変えているのか？
- ・ ラミナ厚 105mm に対し、45 分加熱で 45mm 燃えると考え、残存部分で 60mm 確保できるよう製作した。120mm でも同様とした。（事務局）
- ・ 若干バランスを変えることで、燃え難くすることもできると考えられるか？
- ・ 可能と考える。柱の補強が必要な場合、押し縁の受け材で固定することにより、柱の座屈拘束が可能であれば、燃えない厚さを確保する。表面の材は燃えるが、背面の材料である程度強度を確保でき、柱の座屈拘束になるかと考えた。（事務局）
- ・ 押し縁タイプのようにはめ込むだけで済むと、施工しやすいと思われる。
- ・ 宮田先生に伺いたい。この柱の側面に板をビス止めすることで、座屈拘束があると考えてよろしいか？（事務局）
- ・ 効果はあるだろう。DLT を構造耐力的に効かせるか、効かせないのか、によって効果の捉え方は変わると思う。この留め方ではあまり耐力上は期待してないと思う。DLT は鉛直荷重を支持しないが、水平力を支持することに加え、燃えた時に少し座屈拘束効果があればよいくらいだと思う。
- ・ 水平耐力は合板で負担するので、構造材というよりは、意匠の仕上げ材的な位置づけだろう。座屈拘束効果という意味では、燃え残った部分に多少効くだろう。外壁は 45 分の要件として、鉛直荷重をかけて耐力を保持できていれば、準耐火 45 分の性能を満足すると言えるのか。45

分の性能として、室内側の温度が何度以下等の規定があるのか？

- ・ 試験結果から、裏面の温度が規制値以下で、遮炎性と遮熱性は確認できた。ただ、まだ加力をしていないので非損傷性を確認できていない。（事務局）
- ・ 裏面温度の制限値が 204℃ということによろしいか。
- ・ 初期温度に対して +180℃以下、また平均温度が初期温度に対して +140℃以下という規制がある。（事務局）
- ・ 理解した。
- ・ 宮田先生ご指摘のように、現時点で DLT は鉛直荷重を受けない壁としての位置づけが多い。鉛直荷重の一部を負担する可能性はあるが、やはり軸材は必要で、水平力に対しても火炎貫通の点からも面材を必要としている。（事務局）
- ・ DLT の有効性がわかってきた。DLT を使う理由が構造性能だけでは、なかなか難しいと思うが、これで準耐火 45 分の防火性能が得られるのであれば意味が出る。柱の座屈を抑える効果も得られるし、燃えしろ設計に役に立つのであれば、構造的にも有効になると思う。

3. 本試験の試験体の説明・協議

- ・ これまでの知見から、柱が加熱と同時に燃え始めるような試験体では、30 分持たすのがギリギリである。載荷加熱試験では柱断面に長期許容応力が発生する荷重をかけるので、105 角のスギだと、だいたい 2.5 トンぐらい。120 角だと 4.4 トン位載荷するので、最初から柱が燃えて断面減少すると、だいたい 30 分程度で壊れる。
- ・ それを側面からの DLT やラミナの座屈拘束でどれだけ止められるかだが、おそらく数分の話で、15 分延ばすのはなかなか難しい。
- ・ 外壁側については金属板と構造用合板があり、これでたぶん 15 分ぐらい掛かる。外壁の外側から燃やす試験体はいい線行くと思うが、それでもギリギリだと思う。内壁側から燃やすほうは、今のままで柱に対して、何らか補強をしっかりと行うことが重要だと思う。
- ・ そういう意味では、構造的に側面の部材による座屈拘束で数分伸ばし、あとは柱が 105 角だが、105×125 など見込み寸法を大きくし、載荷する荷重は 105 角の長期許容応力度が発生する荷重にしておくということも、一つの方法だと思う。今の感じでは、期待の性能が出ない可能性があり、そこを議論するとよいと思う。
- ・ 同じような木の壁の防火実験の映像を紹介する。120 角の柱に溝加工で厚さ 30mm の木材を落とし込み、加熱側に 24mm の木材を一枚貼って、合計 54mm の壁の落とし込み工法とした。柱が 120 角なので上から 4.4 トンかけながら加熱した。壁の部分には鉛直力がかかってない。防火構造で 30 分を目標に実験を行った。
- ・ 最初から柱が燃えるような状態で長期許容応力度が生じる荷重をかけると、30 分程度で柱が折れるという実験結果である。そこをどうするか。いろいろ考え方があり、柱 120 角だが 105 角

の荷重しか負担させないという構造計算をする方法がある。性能評価試験では相談が必要だが、本来であれば4.4トンかかるところが2.5トンぐらいで試験をすると、柱の座屈時間は伸びる。

- ・ もしくは柱の座屈を止める方法を構造的に考え、第1回の委員会で話したと思うが、柱に15mm とかに20mm ぐらいの板を1枚張ると、耐火被覆になる。その板は1分間の1mm しか燃えないので、15mm の板では15分の座屈の時間は単純に伸びる。どの方向かを考えるとよい。
- ・ 実際に変形が大きくなるのは、加力側か？面内の方はDLTで拘束されている。（事務局）
- ・ 上下が拘束されて、上から押されるので手前に弓なり変形し、非加熱面側にはらんでくる。
- ・ DLTと柱の接合部では、柱の断面欠損するような形で燃え込みが起こるので、押し縁タイプの方が望ましいと考える。
- ・ DLT同士ではヤトイ実の方が表面の室内側への凹凸が抑えられる。DLTはある程度大きなパネル化し、柱との接合部は押し縁のような形状で、柱表面に耐火被覆するか、柱を大きくするか考える。（事務局）
- ・ 今、事務局が話した方向で良い。ただ、デザイン的に、柱の部分が出っ張るので、デザイン面でフラットが優先なのか、壁長さ910mmに1カ所、15mm ぐらい出っ張ってもよいか、デザインで処理できるか、検討いただければと思う。
- ・ 一般的な視点では、出っ張ってくるのはおそらく好まれないだろうという気がする。
- ・ そうだとした場合、例えば柱が105角、DLTが105mm厚だとした場合、DLTを室内側に15mm ぐらい偏心させて設置できるかと考えてみるのはあるだろう。土台を120角の土台とし、柱と土台の外側合わせとすれば15mm 増える。そのようにしてDLTの内面と柱の内面に、15mm のギャップができてくるようなディティールが考えられる。
- ・ そうなると15mm の厚みの被覆と言えるが、外壁側と内側でディティールが変わるので、加熱試験しても良いかもしれない。
- ・ いろいろご意見をいただき、DLTの厚さは105mm で良いとして、柱周りの納まりについて、いろいろ工夫が必要であることを認識した。火災貫通は避けなければならないので、面材は必要とする。隙間が大きいと施工性は楽だが、できるだけ隙間を小さくする方向で検討する。本試験は住木センターで12月26、27日の予定である。（事務局）
- ・ 計算上、座屈について、長期許容応力度から求められる加力に対してクリアできるが、熱により強度とヤング係数が低下するので、実際に载荷加熱試験で確認する。（事務局）
- ・ 外壁側から加力した場合、外側から45mm 燃焼する場合、木材の残存断面は72mm になる。そうすると元断面が105角、座屈長さを2700mm で計算すると、座屈耐力は43%以下になる。柱が105角では少し足りないので、隣接するDLTが鉛直荷重を負担すればクリアできそう。
- ・ 室内側から加熱すると45mm 燃焼し、残りが60mm になる。そうすると座屈耐力が30%以下

になる。

- ・ その場合、厚さ 105mm で全部ツライチだとしたら、有効幅が 350mm 位の範囲で DLT が鉛直荷重を負担できれば、クリアできると考える。
- ・ 柱の補強方法については、以前に宮田先生のご指導で行った DLT 組み立て柱とし、柱と一体に挙動するよう検討する。（事務局）
- ・ 柱と柱の間の DLT は面内の方向に座屈しないだろう。先ほど動画を拝見した落とし込み板壁は、鉛直荷重を負担しないので、遮炎性能上の効果になるが、DLT の場合、繊維方向が縦なので鉛直荷重を支持できる。そこは何らか防火上利点になると思う。DLT の鉛直荷重を支持する効果を考慮すると、構造設計が複雑になるので、現段階は柱を入れることでよいと思うが、一方、DLT の鉛直荷重に対する効果がなかなか活かせないと思っていた。柱が燃えた時の効果を考えると、DLT の意味が出てくる。
- ・ 柱と DLT と面を揃えてやると、平均して燃えるので良いのかもしれない。
- ・ 柱と DLT との組み立て方は、できるだけ隙間がなく、炎が入らないような形式にする。（事務局）
- ・ 防火実験では柱勝ちとして、柱にだけ荷重をかけて実験をする。柱の横の何枚かの DLT は、座屈補剛となり、柱と DLT の何枚かで頑張ると思う。
- ・ 実際の建物では、桁勝ちというか、梁勝ち納まりになる。そうすると、桁と DLT とのクリアランスの問題をどうやって解消していくかも課題となるだろう。DLT を入れる際に、どうしても上側にクリアランスが出てくるので、何らか楔のような力を伝えるものが必要かもしれない。
- ・ そうすると、徐々に DLT 工法といった感じになる。
- ・ 柱と DLT の留め付け方はあまり問題ないと思う。楔は、鉛直荷重を伝達できるようなディティールにする。実験上は柱勝ちになってくるから問題ない。
- ・ いろいろアドバイスを頂戴した。網野先生から頂いたご意見の、柱と一体化案や、ビスを使って軸力を負担できるようなものが考えられる。施工面など現実的なところを押さえて、ちゃんとできる形を作り試験に臨みたい。本試験について、様々ご意見を頂いたので、整理の上、関係する方にご相談し、試験体を決めたい。（事務局）

以上

令和4年度DLT検討委員会 第3回 議事録

日時 : 令和5年1月27日(金曜日) 14:00～15:30

会場 : オンライン (ZOOM)

参加者 : 安井 昇様 (桜設計集団一級建築士事務所 代表)
網野禎昭様 (法政大学デザイン工学部建築学科 教授)
宮田雄二郎様 (法政大学デザイン工学部建築学科 准教授)
原田寿郎様 (森林研究・整備機構 森林総合研究所 研究専門員)
野中峻平様 (一般財団法人ベターリビング つくば建築試験研究センター)

オブザーバー :

横江美幸様 (林野庁林政部 木材産業課 木材製品技術室 木材製品調査班 企画係長)
平原章雄様 (木構造振興株式会社 常務取締役)
宮城県CLT等普及推進協議会

欠席 : 花井厚周様 (株式会社竹中工務店 木造・木質建築推進本部 副部長)
小井土義治様 (小井土製材株式会社 取締役社長)
河野博紀様 (一般財団法人建材試験センター 中央試験場)
小林 慧様 (群馬県環境森林局 林業振興課 県産木材振興係 主任)
長谷川泰治 (株式会社長谷萬 代表取締役社長)

事務局 : 鈴木康史、小林辰美 (株式会社長谷萬)

1. オリエンテーション

2. DLT 壁防火試験(本試験)の説明

日本住宅・木材技術センターで12月26日、27日に実施した載荷加熱試験(本試験)の内容、結果を説明。26日は試験Aとして外壁金属サイディング側からの載荷加熱試験を行い、27日は試験Bとして室内DLT側からの載荷加熱試験を実施した。短縮動画と資料で各試験体の試験実施状況、試験経過を説明。

- ・ 試験体 A では加熱開始 5 分後ぐらいから DLT パネルの接合部の近傍のラミナから煙が漏出した。火災貫通ではなかったが、住木センター担当と相談し、漏出箇所を耐火接着剤で埋めて載荷加熱を継続した。4 5 分間加熱継続した結果、軸方向の変位・非加熱面の温度上昇は規定値以下で、一応、非損傷性、遮炎性、遮熱性を確認できた。
- ・ ただし実際に建物で使用した場合に、火災時に外壁側からの火災で室内側に煙がモウモウと出ると、安全避難が困難となることが推察される。この結果から、実際の性能としては、あまりよろしくないと言え、改善すべき課題が明らかになったと考えている。

- ・ 試験体 B については、柱側から直に加熱したが、DLT 背面合板によって通気止めがされた結果、煙の漏出がなく、柱は木被覆材 15mm と座屈補強を併用した結果、柱の残存断面が 72mm だった。軸方向の変位量、非加熱面の温度上昇は規定値以下で、非損傷性、遮炎性、遮熱性を確認できた。
- ・ 試験体は、パネル同士をヤトイ実で組んでいるが、ヤトイ実ではなく近傍のラミナから漏出していた。漏出があった以外のところのラミナは、密着している状態だったが、ラミナの経年変化によって若干でも隙間が生じた場合、同じようなことが起こる可能性が想定できる。今後の課題になるが、防火性の要求がある DLT 壁の場合、隙間が生じた際も通気止め効果のある機構が必要ではないかと、考えている。（事務局）
- ・ 温度の測定は 1 分間隔ぐらいでとられていたか？
- ・ もっと少ない間隔で計測データを取っていた。グラフ化するところで間隔を少し広く 5 分としている。（事務局）
- ・ 報告書にまとめるときは、実際の時間間隔のものを示した方がよい。また、炉内温度が出ていないが、耐火試験の場合は、必ず炉内温度を明示する必要があり、それをデータ化してほしい。
- ・ 承知した。（事務局）
- ・ 加えて、脱炉した時間や、消火を開始した時間も、報告書に明示していただきたい。
- ・ 承知した。（事務局）
- ・ 試験体寸法が 3,000mm だが、資料では柱の初期高さ 3,000 になっており、柱勝ちでは柱が飛び出ていると思うが、どの様になっているか？
- ・ 住木センターと打ち合わせにより、試験体の形状を作成している。枠材と柱材は接合されていない状態で、柱に対して加力している。（事務局）
- ・ その場合、規定値の軸方向収縮量が 30 ミリになると思うが、どうか？耐火試験の場合、柱勝ちで、試験体は壁の上枠の上端から柱が 30mm 以上飛び出る構成で作成している。
- ・ 住木センター以外の試験場では、柱が飛び出しているが、住木センターは上枠との面合わせのため、試験体はこれであっている。柱は飛び出していない。上から加力板で押し込み、実際に実験では座屈する。他の試験場と同じような評価ができるようにしている。（安井委員長）
- ・ 座屈補強の効果がかなり高かったようだ。変形量がほとんど動いてないので、おそらく 60 分を超えるぐらいまで持ちそう。これまでの実験では、変形が動き始めて 15 分から 20 分ぐらいで大体座屈するので、真壁の柱としては、かなりの余力がある。15mm の木被覆がなくても、45 分ぐらい行くかもしれないぐらいの、かなり余力のある結果だと思う。
- ・ 煙は出ていたが、そのままにしておき、火炎貫通してから埋めた方がよかったと思うが、それは住木センターが避けたのだろう。実際の性能評価試験の場合は、おそらく可動熱電対で温度を測り、規定値の温度を超えなければ、水蒸気が出る分には全然構わない。ただ実態として、

隙間があいてくることを、工法として止めたいという要望はあると思う。

- ・ あの部分は実際何ミリ空いていたのか？ ノギスで何ミリぐらい空いていたかを報告書に残しておくといふと思う。もう試験体は廃棄したか？
- ・ まだ廃棄してないので、計測する。（事務局）
- ・ 施工管理の基準や、経年変化の管理の基準で、隙間を何ミリ以下になるようにしておくなど、自主基準を今後作るといふだろう。
- ・ 座屈補強の効果が確認できたということで、DLT を壁に使う意味が防火面から意味が出てくると思う。60 分準耐火というのは、どんな建物のイメージか。
- ・ 60 分準耐火構造が求められる建物は、基本的に 3 階建て。3 階建ての共同住宅、学校。学校等となっているので、美術館・博物館等の教育施設は全部入ってくる。また、共同住宅も共同住宅等という括りになるので、寮や寄宿舎等、居住系のもので使えるようになる。他の用途の場合、高さが 16m を超える 3 階建ての建物までは 1 時間準耐火で作れるが、3 階で 16 メーターを超えるのは、かなりの階高なので実際は稀だろう。
- ・ これから 3 階建ての学校建築が増えそうな印象だ。
- ・ 3 階建ての学校は少しずつ増えている。それと、2 階建ての 1000 平米を超える事務所建築だ。庁舎建築では 2 階建てで 1000 平米超えると防火壁が出てくるので、その他建築物でそれを回避するために、準耐火にひとつ性能を上げて 4 5 分準耐火で設計されている。非住宅も比較的大規模なものが現在、45 分、60 分準耐火でつくられてきている。

3. 実大居室の DLT 吸音性能測定。

実大居室の仕様、試験結果を説明。

- ・ 合板仕様に対し吸音 DLT 仕様では 3dB から、6dB ぐらいの音圧レベルの減少が確認できた。3dB の減少は、音量でいうと 4 分の 3 に減少し、6dB の減少は音量が半分になる。吸音効果を確認できた。これらは新築だけではなく、改修による内装の木質化にも有効と考えている。（事務局）
- ・ データは、周波数ごとに音圧レベルだけをとっているのか。
- ・ マイクで拾った音をデータ処理して、音圧レベルを計測している。（事務局）
- ・ どのような音空間を目標に置けばよいか。音に関していろいろなデータがあると思うが、例えば何かの減衰などのデータは取っているか？
- ・ 今回計測を依頼したメーカーと相談したが、音に関する評価の方法として、居室内で一つの音を出し、それを測定、データ処理の上、結果を示すことが一番分かり易いため、今回はそのようにやっている。（事務局）
- ・ 音圧レベルという、データとしての結果は出るが、それを音環境としてどう評価すべきか、よ

く分からない。音環境の評価として、具体的な分かり易い指標的なものに移し替えることは、できるのか？

- ・ 周波数ごとに音圧変化に限り評価しているが、音環境全体としての質の評価はしていない。
（事務局）
- ・ 遮音ではなく、吸音・低減することができるようになれば、そこはまた違う効果が出てくるかと考えられるが、分かり易く表現するのは非常に難しい。
- ・ 試験体 B の断面で黒く見えているのが吸音材だとすると、ラミナ相互は横棧でつながっているのか。
- ・ その通りだ。（事務局）
- ・ 製品化は難しそうに感じる。
- ・ 簡単にはいかないが、矩形にし、小型パネル化する等により、内層木質化などに活用することを想定している。（事務局）
- ・ 実際に測定空間の中に入り、どんな印象だったか？
- ・ 自分で声を出し、音を出したりしたが、正直体感だと差が分かり難い。全く反響が無いわけではなく、周りの壁・天井から反響はある。（事務局）
- ・ このような音響試験の場合、空間のボリューム、容積による影響があり、また什器の有無、人間の滞在の有無も実際には影響がある。製品としてどのように評価すべきか、またどのように性能を訴求すべきか、分かり難いところではある。
- ・ DLT の面積を増やしたらどうかという点も影響要素だ。今回は壁一面だが、二面になったらどうなのか。発生する音や空間のボリュームに対して、面積の影響評価というのは、もう少し掘り下げる必要がある。これらは音環境に関する専門知識が必要であることから、そうした体制を整えつつ、継続して行う必要性は考えるところだ。（事務局）
- ・ それは、非常に大きな研究だ。吸音による聴き易さだけでなく、その空間に身を置いたときに、残響時間等の効果で、快適と感じられるかどうか、という点も重要だ。つまり、生理心理的な側面も大きい。ただ数値的なことだけで良いかというところとも言い切れない。今回は専門音響メーカーの意見を得ているか？
- ・ 計測は補聴器などを開発・販売する、音響の専門メーカーに委託した。ただ今回、ご指摘の心地よさといった音の質の領域までは、計測していない。（事務局）
- ・ チャレンジのしがいがある、面白いテーマだ。どういう音空間にするか、コンセプトを打ち立てる必要がある。単に、木が音を吸収すればよい、ということだけではないからだ。
- ・ 音空間の設計というところにも関わってくるところだ。（事務局）
- ・ 音楽ホールなど積極的に音を楽しむ空間ではなく、もっと日常的な、例えば我々の生活空間のように、必ずしも音の物理量が問題にならない空間で、どのような価値観を作っていくかは、興味深い。

- ・ そのような場合、物理量を取る研究が本当によいのか、日常空間の中での快適性のようなことを考える場合、音圧レベルとか減衰等の物理量だけではなく、生理心理的な評価があるのかもしれない。

4. まとめ

- ・ DLT 壁の防火試験については、非損傷性、遮熱性、遮炎性が確認することができた。
- ・ DLT 吸音性試験については、居室の大きさ、心理応答などの要素で効果が変わってくる点について、本事業では評価を行わなかったが、屋内利用で今回の形で使う場合、吸音性として、DLT の機能性を評価できた、ということを報告させていただきたい。（事務局）
- ・ 防火については、よいデータが取れていると思うので、事実を淡々と整理していかれると良いだろう。
- ・ 現在、本事業の報告書を取りまとめているので、後日、何人かの方にチェックのお願いをさせて頂きたい。それでは令和4年度のDLT検討委員会はこれで終了とさせていただきます。皆様本当にご協力ありがとうございました。（事務局）

以上

5. 謝辞

本事業は令和4年度 木材製品の消費拡大対策のうちCLT建築実証支援事業のうちCLT等木質建築部材技術開発・普及事業の採択を受けて実施致しました。本事業の推進にご協力頂きました関係者の方々に、心より感謝の意を表します。

また、本事業のDLTの防火性能検証の実施にあたり、多くの方々よりのご協力、ご指導をいただきました。関係者の方々に改めて感謝の意を表します。

6. 参考資料

- 株式会社長谷萬：木構造振興株式会社 令和2年度 木材製品の消費拡大対策のうち CLT建築実証支援事業のうち CLT等木質建築部材 技術開発・普及事業「木ダボ積層材（DLT）の普及に向けた性能評価と普及活動」報告書（2022年2月）
- 株式会社長谷萬：木構造振興株式会社 令和元年度 木材製品の消費拡大対策事業のうちCLT建築実証支援事業のうちCLT等木質建築部材技術開発・普及事業「木ダボ積層材（DLT）の普及に向けた性能評価と普及活動」報告書（2021年2月）
- 株式会社長谷萬：林野庁 令和元年度木材産業・木造建築活性化対策事業（横架材・2×4部材等の製品・技術開発事業）「木ダボ積層材（DLT）の普及に向けた性能評価と普及活動」報告書（2020年3月）
- 一般社団法人日本ツーバイフォー建築協会：平成30年度 林野庁委託 CLT等新たな木質建築部材利用促進・定着委託事業（大径材原木等を活かす高機能建築材料の研究開発）「大径材を活用したNLT実用化のための研究・開発」報告書（2019年3月）
- 公益財団法人 日本住宅・木材技術センター：防耐火性能試験・評価業務方法書
- 木構造振興（株）：木造建築の防火設計
- 一般社団法人木を活かす建築推進協議会：ここまでできる木造建築のすすめ（令和2年度版）
- 公益財団法人 日本住宅・木材技術センター：図解 木造住宅・建築物の防耐火設計の手引き
- 財団法人 日本建築センター 木造建築物の防・耐火設計マニュアル（第1版）
- 財団法人 日本建築センター 建築火災のメカニズムと火災安全設計
- 財団法人 日本建築センター 準耐火建築物の防火設計指針
- 日本集成材工業協同組合：中大規模木造建築の担い手講習テキスト