

令和4年度 木材製品の消費拡大対策及び
国内森林資源活用・建築用木材供給力強化対策事業のうち
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

CLTを用いた中大規模木造建築物の 防耐火設計手引き（案）の作成事業

報告書

令和6年2月

公益財団法人 日本住宅・木材技術センター
一般社団法人 日本CLT協会

令和4年度 木材製品の消費拡大対策及び
国内森林資源活用・建築用木材供給力強化対策事業のうち
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

CLTを用いた中大規模木造建築物の 防耐火設計手引き（案）の作成事業

報告書

令和6年2月

公益財団法人 日本住宅・木材技術センター
一般社団法人 日本CLT協会

令和4年度 木材製品の消費拡大対策及び
国内森林資源活用・建築用木材供給力強化対策事業のうち
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

CLTを用いた中大規模木造建築物の 防耐火設計手引き(案)の作成事業 報告書 目次

事業の目的	5
実施概要	5
実施体制	5
1章 1時間耐火構造壁・床の貫通部等の防火的な措置に関する加熱実験	11
1.1 はじめに	11
1.2 各部の防火的な措置の考え方	12
1.3 加熱実験	13
1.3.1 実験計画	14
1.3.2 実験結果	38
1.3.3 考察	98
1.4 防火的な措置の提案	107
1.5 今後の課題と展望	111
2章 30分耐火構造外壁(非耐力)の燃え止まりに関する加熱実験	113
2.1 はじめに	114
2.2 必要な耐火性能	115
2.3 加熱実験	116
2.3.1 実験計画	116
2.3.2 実験結果	120
2.3.3 考察	130
2.4 今後の課題と展望	131
3章 実験実施機関による加熱実験の報告書	133
3.1 1時間耐火構造壁-1 体目実験報告書(発行:(公財)日本住宅・木材技術センター)	135
3.2 1時間耐火構造壁-2 体目実験報告書(発行:(公財)日本住宅・木材技術センター)	188
3.3 1時間耐火構造床実験報告書(発行:(一財)ベターリビング)	207
3.4 30分耐火構造壁実験報告書(発行:(公財)日本住宅・木材技術センター)	227

事業の目的

平成 30 年改正建築基準法により、高性能の準耐火建築物(75 分、90 分準耐火等)で4階以上の中大規模木造建築物の建築が可能となった。さらに令和4年度の建築基準法の改正により、3000 m²を超える大規模建築物に対する燃えしろ設計法の拡大、防火区画内の木造化等の合理化が予定されている。このためこれらの防耐火規制の合理化を活かした CLT を用いた中大規模木造建築物向けの一般的な防耐火設計手引きの拡充が必要である。

このため、令和3年度から改正防耐火規定に基づく CLT 建築物への適用の考え方や留意点などを整理し、CLT を用いた外壁等の防耐火試験により、防耐火設計上の弱点となる納まり詳細の検討を進め、これらの成果をまとめた防耐火設計手引きについて検討を行っている。

令和5年度においては、これらの成果を基に、さらに CLT を用いた設計の可能性が考えられる追加的な防耐火試験による検証を行い、防耐火手引きの拡充について検討を行った。

実施概要

本事業では、学識経験者、設計実務者等により構成される検討委員会を設置し、下記の1、2について検討・実施した。

1. 検討委員会において、CLT を用いた防耐火設計上の弱点や検証がなされていない内容について検討
2. CLT を用いた防耐火試験による性能検証を実施

CLT を用いた設計の可能性が考えられる 1 時間耐火試験の開口小口の被覆の検証や配管設備の丸穴での貫通部の被覆の検証、および取り付けるビスやボルトの熱橋の影響の確認の耐火試験を行った。また 30 分耐火構造の外壁(非耐力壁)の耐火試験、さらには床や天井の 1 時間耐火の貫通部やビスやボルトの熱橋影響の確認試験等を実施した。

実施体制

次の体制で実施した。

CLT を用いた中大規模木造建築物の防耐火設計手引き検討委員会（順不同、敬称略）

[委員長]

成瀬 友宏 (国研)建築研究所 防火研究グループ長

[委員]

安井 昇 桜設計集団一級建築士事務所 代表／早稲田大学理工学研究所 招聘研究員
鈴木 淳一 (国研)建築研究所 防火研究グループ 主任研究員
野秋 政希 (国研)建築研究所 防火研究グループ 主任研究員
樋本 圭佑 国土交通省 国土技術政策総合研究所 建築研究部 防火基準研究室 主任研究官
宮林 正幸 (有)ティー・イー・コンサルティング 取締役所長
山田 誠 (一社)建築性能基準推進協会
向井 昭義 (公財)日本住宅・木材技術センター 常勤理事兼試験研究所長

[協力委員]

福島 純 林野庁林政部木材産業課木材製品技術室 課長補佐
石井 宏典 国土交通省住宅局参事官(建築企画担当)付 企画専門官
高梨 潤 国土交通省住宅局住宅生産課木造住宅振興室 課長補佐

[コンサルタント]

加來 千紘 桜設計集団一級建築士事務所

[事務局]

(公財)日本住宅・木材技術センター
(一社)日本CLT協会

CLT を用いた中大規模木造建築物の防耐火設計手引き検討委員会 WG (順不同、敬称略)

[主査]

安井 昇 桜設計集団一級建築士事務所 代表／早稲田大学理工学研究所招聘研究員

[委員]

鈴木 淳一 (国研)建築研究所 防火研究グループ 主任研究員
野秋 政希 (国研)建築研究所 防火研究グループ 主任研究員
樋本 圭佑 国土交通省 国土技術政策総合研究所 建築研究部 防火基準研究室 主任研究官
宮林 正幸 (有)ティー・イー・コンサルティング 取締役所長
山田 誠 (一社)建築性能基準推進協会
佐藤 章 (公財)日本住宅・木材技術センター 防耐火試験室長

[アドバイザー]

成瀬 友宏 (国研)建築研究所 防火研究グループ長

[コンサルタント]

加來 千紘 桜設計集団一級建築士事務所

[事務局]

(公財)日本住宅・木材技術センター
(一社)日本CLT協会

1章 1 時間耐火構造壁・床の貫通部等の
防火的な措置に関する加熱実験

1章 1時間耐火構造壁・床の設備貫通等の防火的な措置に関する加熱実験

1.1 はじめに

平成30年6月の改正建築基準法施行により、従来、建築基準法第21条（規模）、27条（用途）、61条（地域）から、耐火構造や耐火建築物が要求された建築物について、「高度な準耐火構造」+「追加の防耐火上の措置」により、必ずしも耐火構造等によらない建築が可能となった。

具体的には、主要構造部を75分準耐火構造等とするが、その手法については、令和元年国土交通省告示第193号に例示されている。この告示では、①躯体（柱・壁・はり・床・屋根）の木材をあらわしとする燃えしろ設計や、②せっこうボード等で躯体を被覆する手法が位置づけられている。

「CLTを用いた中大規模木造建築物の防耐火設計手引き（案）の作成事業（2021年度）」の検討では、これら75分準耐火構造の壁や床に対して、コンセント、窓、シャッターボックス、ダウンライト等が取り付けられて被覆材の一部が切り欠かれる場合や、設備配管等が貫通する場合の防火的な措置について、加熱実験から防耐火上弱点とならない仕様を明確にした。一方、4～5階建ての建築物をつくる際には、75分（90分）準耐火構造による建築物と並んで、1時間、2時間耐火構造による耐火建築物が採用されることも多い（図1）。そこで、「CLTを用いた中大規模木造建築物の防耐火設計手引き（案）の作成事業（2022年度）」では、CLTによる中層建築物を設計する際に必要な1時間、2時間耐火構造耐火構造の壁に設備配管が貫通する場合や、窓が取り付けられる等に、被覆材の一部が切り欠き、代替えされたとしても防耐火上弱点とならない仕様を加熱実験により明らかにした。

今年度実施した「CLTを用いた中大規模木造建築物の防耐火設計手引き（案）の作成事業（2023年度）」（以降、本事業）では、昨年度までの検討のうち、さらなる防火的な改良が必要な開口小口及び設備貫通に加え、新たに外装・内装に設備等を取り付けるビスやボルトの熱橋の影響を1時間耐火構造について検討した。

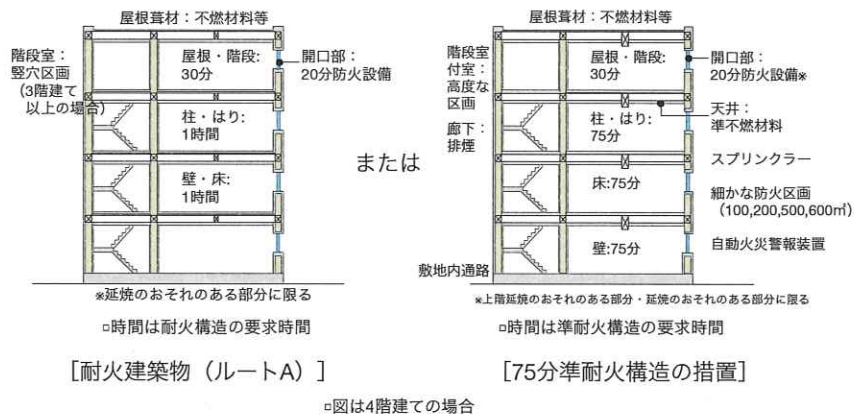


図1 4階建て建物を設計するための耐火建築物と75分準耐火構造の建築物の違い

1.2 各部の防火的な措置の考え方

1時間耐火構造の主要構造部には、法令上、表1の耐火性能が求められる。

表1 耐火構造の主要構造部に求められる耐火性能

部 位			最上階から数えた階数	通常の火災		屋内側の火災
				非損傷性	遮熱性	遮炎性
壁	間仕切壁	耐力壁	階数15以上の階	2時間	1時間	—*
			階数10～14の階			
			階数5～9の階	1.5時間		
			最上階、階数2～4の階	1時間		
		非耐力壁	—	—	1時間	—*
	外壁	耐力壁	階数15以上の階	2時間	1時間	1時間
			階数10～14の階			
			階数5～9の階	1.5時間		
			最上階、階数2～4の階	1時間		
		非耐力壁	延焼のおそれのある部分	—	—	1時間
上記以外			—	—	30分	30分
柱			階数20以上の階	3時間	—	—
			階数15～19の階	2.5時間		
			階数9～14の階	2時間		
			階数5～9の階	1.5時間		
			最上階、階数2～4の階	1時間		
床			階数15以上の階	2時間	1時間	—*
			階数10～14の階			
			階数5～9の階	1.5時間		
			最上階、階数2～4の階	1時間		
はり			階数20以上の階	3時間	—	—
			階数15～19の階	2.5時間		
			階数9～14の階	2時間		
			階数5～9の階	1.5時間		
			最上階、階数2～4の階	1時間		
屋根			—	30分	—	30分
階段			—	30分	—	—

非損傷性：構造耐力上支障のある変形、溶融、破壊等の損傷を生じない

遮熱性：加熱面以外の面（屋内に面するもの）の温度が可燃物燃焼温度以上に上昇しない

遮炎性：屋外に火炎を出す原因となる亀裂等の損傷を生じない

*：壁及び床の遮炎性は、遮熱性を確保することにより性能を満たす

：本事業での検証対象

「非損傷性」は、構造耐力上支障のある変形・溶融・破損等の損傷を生じない性能（壊れない）、「遮熱性」は、加熱面以外の面（屋内に面するもの）の温度が可燃物燃焼温度以上に上昇しない性能（裏面の温度が上昇しすぎない）、「遮炎性」は、屋外に火炎を出す原因となる亀裂等の損傷を生じない性能（火炎貫通しない）である。

耐火構造の国土交通大臣認定を取得するための性能評価試験では、「非損傷性」の評価基準に、構造躯体の木材が炭化・燃焼しないことが追加されており、本事業でも同様の基準で評価することとする。また、防火区画の耐火構造の壁及び床に、設備配管が貫通する場合の評価（区画設備貫通）では、その部分に「遮炎性」が求められる。そのため、本事業で検討対象とする耐火構造の壁に配管が貫通する場合は、「遮炎性」に加えて、貫通穴部の CLT の燃焼が生じない、「非損傷性」も必要と考えられる。

そこで、本事業では、木造耐火構造の特有の配慮であるが、通常の区画設備貫通に必要とされる遮炎性に加え、切欠部や、被覆が省略される部分について、非損傷性が損なわれない納まりを検討する（図 2）。

また、実建物では、木造躯体に耐火被覆を施工した後に、外装や内装に取り付く設備等を施工するため、耐火被覆を貫通させ留め具（ビスやコーチボルト等）を木材躯体に固定することが考えられる。そのため本事業では、留め具の熱橋による躯体の非損傷性への影響についても検討する（図 2）。

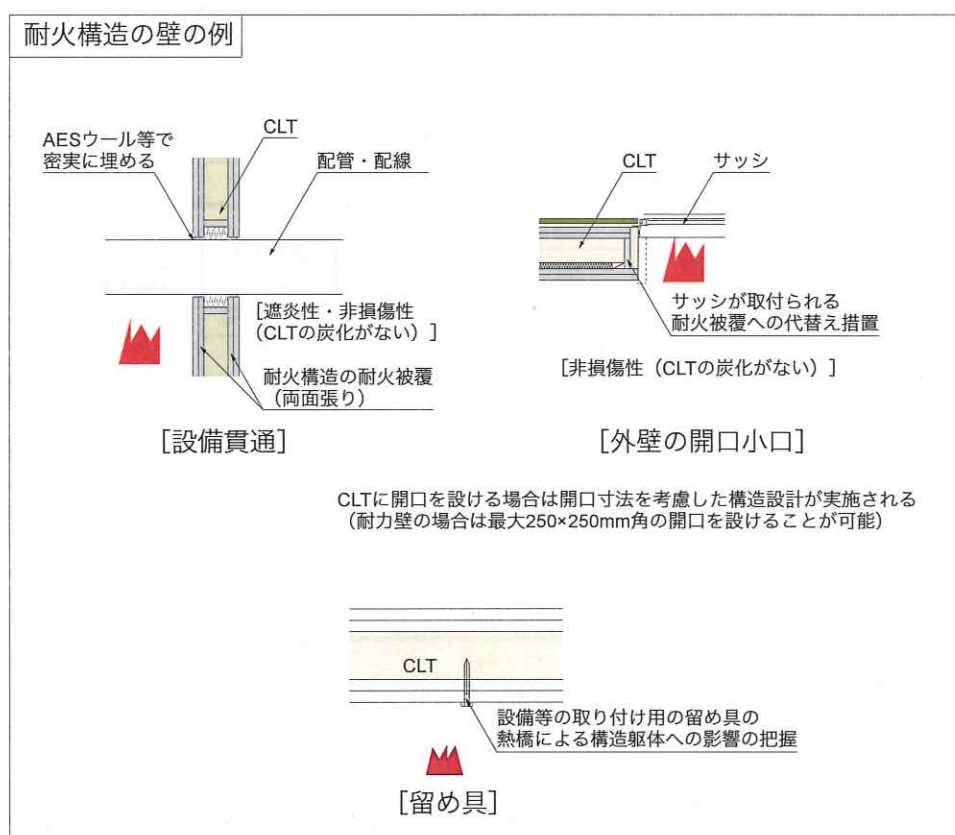


図 2 耐火構造の壁の設備貫通・被覆材代替部に求められる防耐火性能の例

1.3 加熱実験

1時間耐火構造の壁及び床には、それぞれ1時間の加熱に耐えた後も躯体が燃焼継続しないことが求められている。本事業では、下記3つの検証を目的とし加熱実験を実施する。

・開口部の壁小口（以降、開口小口）

躯体の切欠部に防耐火上の措置を施し、切欠がない一般的な部位と同じ遮炎性を有する使用を明確にすることを目的とする。あわせて、壁の非損傷性に影響を与える切り欠き部周辺のCLTの燃焼性状についてもCLT表面温度と実験後の目視観察にて確認する。

・設備配管等の貫通（以降、設備貫通）

躯体の貫通部に防耐火上の措置を施し、貫通がない一般的な部位と同じ遮炎性を有する使用を明確にすることを目的とする。あわせて、壁・床の非損傷性に影響を与える、貫通部周辺のCLTの燃焼性状についてもCLT表面温度と実験後の目視観察にて確認する。

・外装や内装に取り付く設備等の留め具（以降、留め具）

壁や天井の付帯物等を取り付ける際に耐火被覆を貫通して躯体に固定される留め具（ビスやコーチボルト等）を想定し、留め具の熱橋による躯体の非損傷性への影響について把握することを目的とする。CLTの燃焼性状についてはCLT表面-留め具の温度推移と実験後の留め具の引き抜き・目視観察にて確認する。

なお、防火区画以外の壁は建物内での設置状況によっては、両面加熱を受ける可能性があるが、本実験では外壁や出火室から隣室へ延焼する以前の状況を想定し、片面加熱を受けた場合の遮炎性を中心に確認することとし、床については、耐火被覆が脱落しやすく熱が伝達しやすい天井側を加熱面とし検証することとした。

また留め具については、CLT躯体への熱橋の影響を明確にするため、留め具単体または鉄板等の付帯物がとりついた複合仕様を再現し、設備等の重量による経年劣化や耐火被覆の圧壊による影響については考慮しないものとする。

1.3.1 実験計画

(1) 試験体の設計

試験体は1時間耐火構造壁×2体、1時間耐火構造床×1体の合計3体とした。試験体に用いる木材はすべてスギとして、CLT、製材ともに、含水率を15%以下(詳細は3章の各機関の報告書参照)に調整した。試験体各部の温度は、K(CA)熱電対を用いて測定した。試験体加熱面の様子を写真1~6に、試験体仕様一覧を表2~4に、試験体図を図3~5に示す。

■1時間耐火構造の壁

試験体1及び試験体2は、1時間耐火構造の壁を想定し、厚さ90mmのCLT(スギ、3層3プライ、水性高分子イソシアネート樹脂系接着剤(仕様環境B))に、耐火被覆としてGB-F(V)21mm厚×2枚を両面に張った仕様とした。

試験体1の検証仕様は、開口小口が3仕様、設備貫通が8仕様とし、留め具が26仕様とした。加熱側のCLT-耐火被覆間にはグラスウール24K25mm厚を充填し、開口部まわりには、木製胴縁25×45mmまたは不燃胴縁(GB-F(V))25×45mmのいずれかを設けた仕様とした。設備貫通は、昨年度の事業ではCLT躯体に250mm角または150mm角の貫通孔を空けて検証したのに対し、本事業では、φ250mmまたは150mmの丸孔を空け、壁の耐火被覆を貫通孔まで延長した仕様(以降、かぶせタイプ)と、加熱側に強化せっこうボードGB-F(V)21mm厚を増し張りした仕様(以降、増張タイプ)のいずれかの措置とした。また留め具については、くぎやビス等単独で耐火被覆を貫通する仕様を14仕様、鉄板や足場つなぎ等の付帯物との複合仕様を12仕様とした。

一方、試験体2の検証仕様は、開口小口が2仕様、留め具が36仕様とした。開口部まわりは、加熱側のCLT-耐火被覆間にはグラスウール24K25mm厚を充填し、試験体1の結果を踏まえ、小口の被覆厚や小口の被覆角を強化する仕様とした。また留め具については、CLTに耐火被覆(強化せっこうボードGB-F(V)21mm厚)を直貼りし、留め具を貫通させた20仕様と、CLT-耐火被覆間に木製胴縁25mm厚を設け留め具を貫通させた16仕様とし、CLT-耐火被覆間はグラスウール24K25mm厚の充填の有無で8仕様ずつとした。いずれも実験後のCLTの燃焼性状についても確認することとした。

■1時間耐火構造の床

試験体3は、1時間耐火構造床を想定し、厚さ90mmのCLT(スギ、3層3プライ、水性高分子イソシアネート樹脂系接着剤(仕様環境B))に、天井側の耐火被

覆として GB-F(V)21mm 厚×2 枚を張った仕様とした。検証仕様は、設備貫通が 2 仕様、留め具が 22 仕様とした。また加熱側の CLT-耐火被覆間には、一部木製の野縁 45×45mm を設けた仕様とし、実験後の燃焼性状についても確認することとした。

■各試験体の加熱面の様子

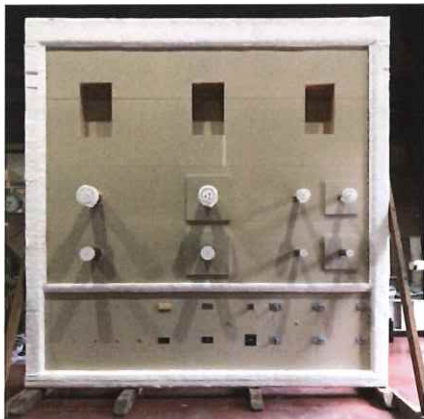


写真 1 試験体 1 (1 時間耐火構造壁)
(試験体外寸 W3, 300×H3, 350mm)



写真 2 試験体 2 (1 時間耐火構造壁)
(試験体外寸 W1, 960×H2, 760mm)



写真 3 試験体 3 (1 時間耐火構造床)
(試験体外寸 W1, 200×L2, 400mm)

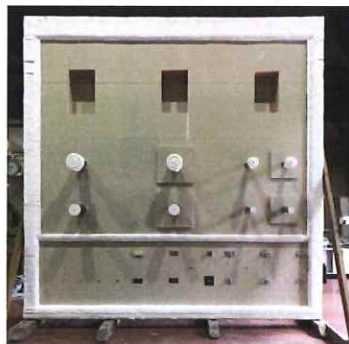
[試験体 1 (1 時間耐火構造の壁想定)]

1 時間耐火構造の壁を想定し、厚さ 90mm の CLT (スギ、3 層 3 プライ、水性高分子イソシアネート樹脂系接着剤) に、耐火被覆として GB-F(V) 21mm 厚×2 枚を両面に張った仕様 (加熱面側: 下張りはビス留め、上張りは炭酸カルシウム系接着剤+ステーブル、非加熱面側: 2 枚ともビス留め) とした。試験体上部から、開口小口 (仕様 1: GB-F(V) 21mm 厚+スギ 30mm 厚、仕様 2: GB-F(V) 21mm 厚+スギ 30mm 厚、仕様 3: GB-F(V) 25mm 厚+スギ 38mm 厚)、設備配管の設備貫通 (VP 管、鋼管)、留め具 (単独、複合) を配置した。

開口小口は、いずれも実験中の木材被覆の燃焼や脱落等の性能への影響を検証するため四周の枠にて再現し、仕様 1 は四周とも不燃胴縁 (GB-F(V)) 25×45mm、仕様 2 は縦と上枠を不燃胴縁 (GB-F(V)) 25×45mm、下枠を木製胴縁 (スギ) 25×45mm とし、仕様 3 は四周とも木製胴縁 (スギ) 25×45mm とした。

配管と CLT・耐火被覆の取合い部の措置は、仕様 1, 2, 5, 6 は、壁の耐火被覆を貫通孔まで延長したかぶせタイプとし、仕様 3, 4, 7, 8 は、加熱側に強化せっこうボード GB-F(V) 21mm 厚を増し張りした増張タイプとした。いずれも CLT-配管間及び耐火被覆-配管間の隙間はロックウールを充填した。

また留め具については、くぎ、ビス、ボルトの単独で耐火被覆を貫通する仕様を 14 仕様、鉄板や足場つなぎ等の付帯物がつく複合仕様を 12 仕様とした。



加熱面側の施工状況 (全景)



非加熱面側の施工状況 (全景)



開口小口・設備貫通の施工状況



留め具の施工状況

写真 4 試験体 1 の試験体製作状況

[試験体 2 (1 時間耐火構造の壁想定)]

1 時間耐火構造の壁を想定し、厚さ 90mm の CLT (スギ、3 層 3 プライ、水性高分子イソシアネート樹脂系接着剤) に、耐火被覆として GB-F(V) 21mm 厚×2 枚を両面に張った仕様 (加熱面側: 下張りはビス留め、上張りは炭酸カルシウム系接着剤+ステーブル、非加熱面側: 2 枚ともビス留め) とした。試験体上部から、開口小口 (仕様 1: GB-F(V) 25mm 厚+スギ 38mm 厚、仕様 2: GB-F(V) 25mm 厚+スギ 38mm 厚)、留め具 (CLT-耐火被覆間に胴縁 25mm 厚+グラスウール 24K25mm 厚、胴縁 25mm 厚 (断熱材なし)、耐火被覆直貼り) を配置した。

開口小口は、いずれも実験中の木材被覆の燃焼や脱落等の性能への影響を検証するため四周の枠にて再現し、仕様 1 は四周とも不燃胴縁 (GB-F(V)) 25×45mm とした。また仕様 2 は四周とも木製胴縁 (スギ) 25×45mm とし、小口に設けた GB-F(V) 25mm 厚の角にアルミ箔テープ、スギ 38mm 厚にビスを増し打ちする補強を施した。

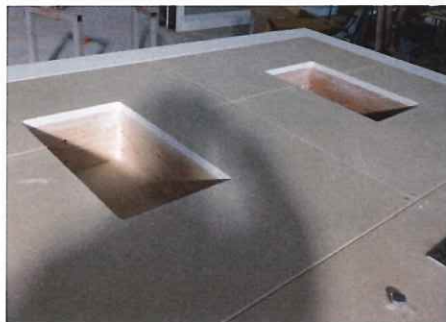
また、留め具については、CLT-耐火被覆間に胴縁 25mm 厚を設けた場合に、ボルト単独で耐火被覆を貫通する仕様を 3 仕様、ボルト+鉄板を付帯物とした仕様を 4 仕様、一般部 (留め具なし) の 8 仕様を選定し、CLT-耐火被覆間のグラスウール 24K25mm 厚の充填の有無で計 16 仕様とした。また CLT に耐火被覆を直貼りした場合にボルト頭を不燃材料等でカバーした 16 仕様、試験体 1 における足場つなぎを付帯する仕様の改良仕様を 2 仕様、外装材を貫通して CLT に固定されることを想定する場合を 2 仕様の 36 仕様を選定とした。



加熱面側の施工状況 (全景)



非加熱面側の施工状況 (全景)



開口小口の施工状況



留め具の施工状況

写真 5 試験体 2 の試験体製作状況

[試験体 3 (1 時間耐火構造の床想定)]

1 時間耐火構造床を想定し、厚さ 90mm の CLT (スギ、3 層 3 プライ、水性高分子イソシアネート樹脂系接着剤) に、耐火被覆として GB-F(V) 21mm 厚×2 枚を両面に張った仕様 (加熱面側: 下張りはビス留め、上張りは炭酸カルシウム系接着剤+ステープル、非加熱面側 (設備貫通周りのみ): 2 枚ともビス留め) とした。試験体は短辺から、設備配管の設備貫通 (VP 管、鋼管)、留め具 (耐火被覆直貼り、CLT-耐火被覆間に胴縁 25mm 厚 (断熱材なし)) を配置した。

配管と CLT・耐火被覆の取合い部の措置は、仕様 1 (VP 管)、仕様 2 (鋼管) いずれも天井の耐火被覆を貫通孔まで延長したかぶせタイプとし、CLT-配管間及び耐火被覆-配管間の隙間はロックウールを充填した。

また留め具については、CLT に耐火被覆を直貼りした場合に、ビスまたはボルトの単独で耐火被覆を貫通する仕様を 8 仕様、鉄板を付帯物とする複合仕様を 4 仕様、一般部 (留め具なし) の計 13 仕様とした。また同仕様の留め具 13 仕様にて、CLT-耐火被覆間に胴縁 25mm 厚 (断熱材なし) を設けた場合の実験後の燃焼性状についても確認することとした。



加熱面側の施工状況 (全景)



非加熱面側の施工状況 (全景)



配管の施工状況



留め具の施工状況

写真 6 試験体 3 の試験体製作状況

表2 試験体仕様一覧（試験体1：1時間耐火構造の壁想定）

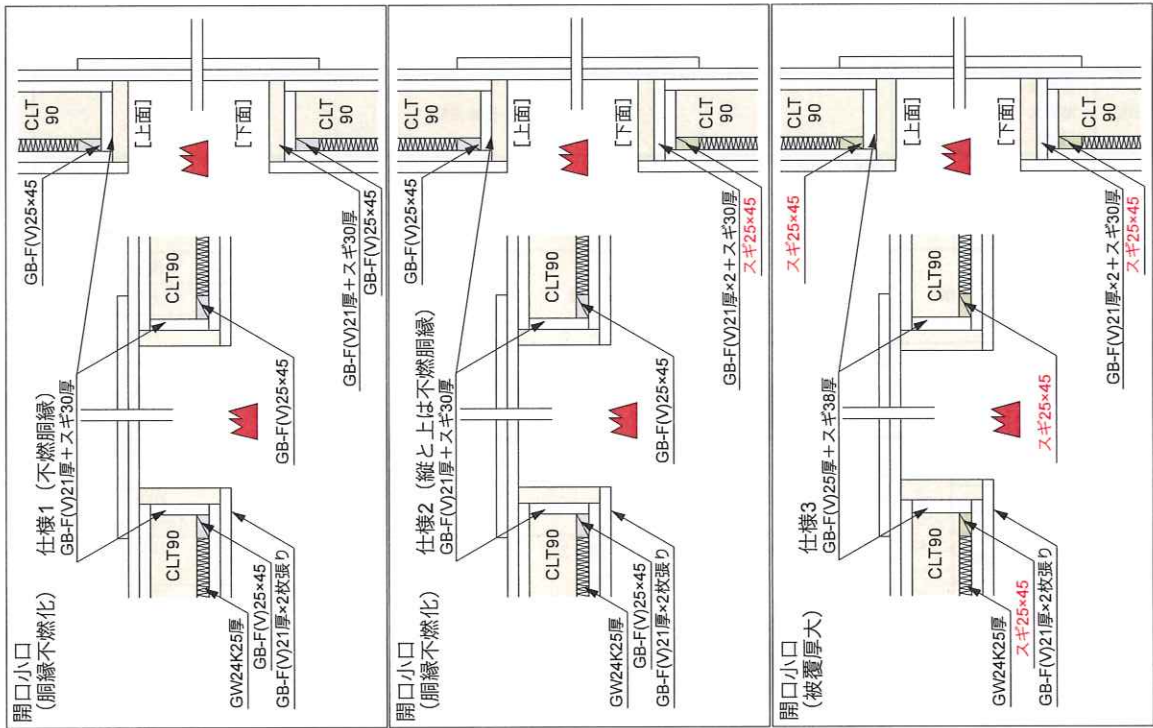
部位	必要な防耐火性能	仕様名	仕様 ※1,2					
開口小口	（躯体の燃焼） 非損傷性	仕様1	四周ともに 強化せっこうボードGB-F(V)21mm厚 +スギ30mm厚		不燃胴縁	縦枠 上枠 下枠		
		仕様2	上枠・縦枠： 強化せっこうボードGB-F(V)21mm厚 +スギ30mm厚		不燃胴縁 木製胴縁	縦枠 上枠 下枠		
		仕様3	上枠・縦枠： 強化せっこうボードGB-F(V)25mm厚 +スギ38mm厚		木製胴縁	縦枠 上枠 下枠		
		仕様1	かぶせ タイプ	強化せっこうボードGB-F(V)21mm厚×2枚 +ロックウール充填	VP管 (塩ビ)	100A (外寸φ114)		
		仕様2			鋼管 (SGP)	100A (外寸φ114.3)		
		設備貫通	非損傷性（躯体の燃焼）	仕様3	増 強 タ イ プ	強化せっこうボードGB-F(V)21mm厚×2枚 +400mm角のGB-F(V)21mm厚 増強 +ロックウール充填	VP管 (塩ビ)	100A (外寸φ114)
仕様4	鋼管 (SGP)			100A (外寸φ114.3)				
仕様5	増 強 タ イ プ			強化せっこうボードGB-F(V)21mm厚×2枚 +ロックウール充填	VP管 (塩ビ)	50A (外寸φ60)		
仕様6					鋼管 (SGP)	50A (外寸φ60.5)		
仕様7					VP管 (塩ビ)	50A (外寸φ60)		
仕様8	増 強 タ イ プ			強化せっこうボードGB-F(V)21mm厚×2枚 +300mm角のGB-F(V)21mm厚 増強 +ロックウール充填	鋼管 (SGP)	50A (外寸φ60.5)		
仕様8					VP管 (塩ビ)	50A (外寸φ60)		
留め具	非損傷性（躯体の燃焼）			留め具の種類			頭径	胴径
		1	単 独	N65くぎ	7.5	3.05	65	なし
		2		N90くぎ	8.8	3.75	90	なし
		3		コーススレッドビス	8.7	4.5	90	なし
		4		コーススレッドビス	9.2	5.1	120	なし
		5		パネリード (P6-90 II+)	11.5	6	90	なし
		6		パネリード (P6-120 II+)	11.5	6	120	なし
		7		コーチボルトM6	六角	6	90	なし
		8		コーチボルトM9	六角	9	90	なし
		9		コーチボルトM9	六角	9	125	なし
		10		コーチボルトM12	六角	12	125	なし
		23	複 合	パネリード (P6-110 II+)	11.5	6	110	なし
		24		コーチボルトM16	六角	16	100	なし
		25		M12貫通ボルト+ナット	六角	12	155	なし
		26		パネリード (PX8-110)	10.8	8	110	なし
		11		コーススレッドビス	8.7	4.5	90	スギ胴縁15×45×L100
		12		コーススレッドビス	8.7	4.5	90	鉄板t1.6×50幅×L100 (平板)
		13		コーススレッドビス	8.7	4.5	90	鉄板t1.6×50幅×L100 (曲げ平板)
		14		コーススレッドビス	8.7	4.5	90	鉄板t4.5×50幅×L100 (平板)
		15		コーチボルトM9	六角	9	90	鉄板t4.5×50幅×L100 (平板)
		16		コーチボルトM9	六角	9	90	鉄板t4.5×100幅×L100 (平板)
		17	パネリード (P6-110 II+)	11.5	6	110	足場つなぎAタイプ (留め具2本)	
18	コーチボルトM16	六角	16	100	足場つなぎAタイプ (留め具2本)			
19	M12貫通ボルト+ナット	六角	12	155	足場つなぎAタイプ (留め具2本)			
20	パネリード (P6-110 II+)	11.5	6	110	足場つなぎBタイプ (留め具2本)			
21	コーチボルトM16	六角	16	100	足場つなぎBタイプ (留め具2本)			
22	M12貫通ボルト+ナット	六角	12	155	足場つなぎBタイプ (留め具2本)			

※1 設備貫通のロックウール充填 [充填量の例 (試験体製作時の記録)]

仕様1：104kg/m²、仕様2：106kg/m²、仕様3：88kg/m²、仕様4：85kg/m²

仕様5：85kg/m²、仕様6：87kg/m²、仕様7：84kg/m²、仕様8：101kg/m²

※2 足場つなぎAタイプ=高ナットタイプ、Bタイプ=ワンウェイ束タイプ



【CLT】1体目試験体(案) 1時間耐火構造
 2023年9月22日(金) 於：日本住宅・木材技術センター

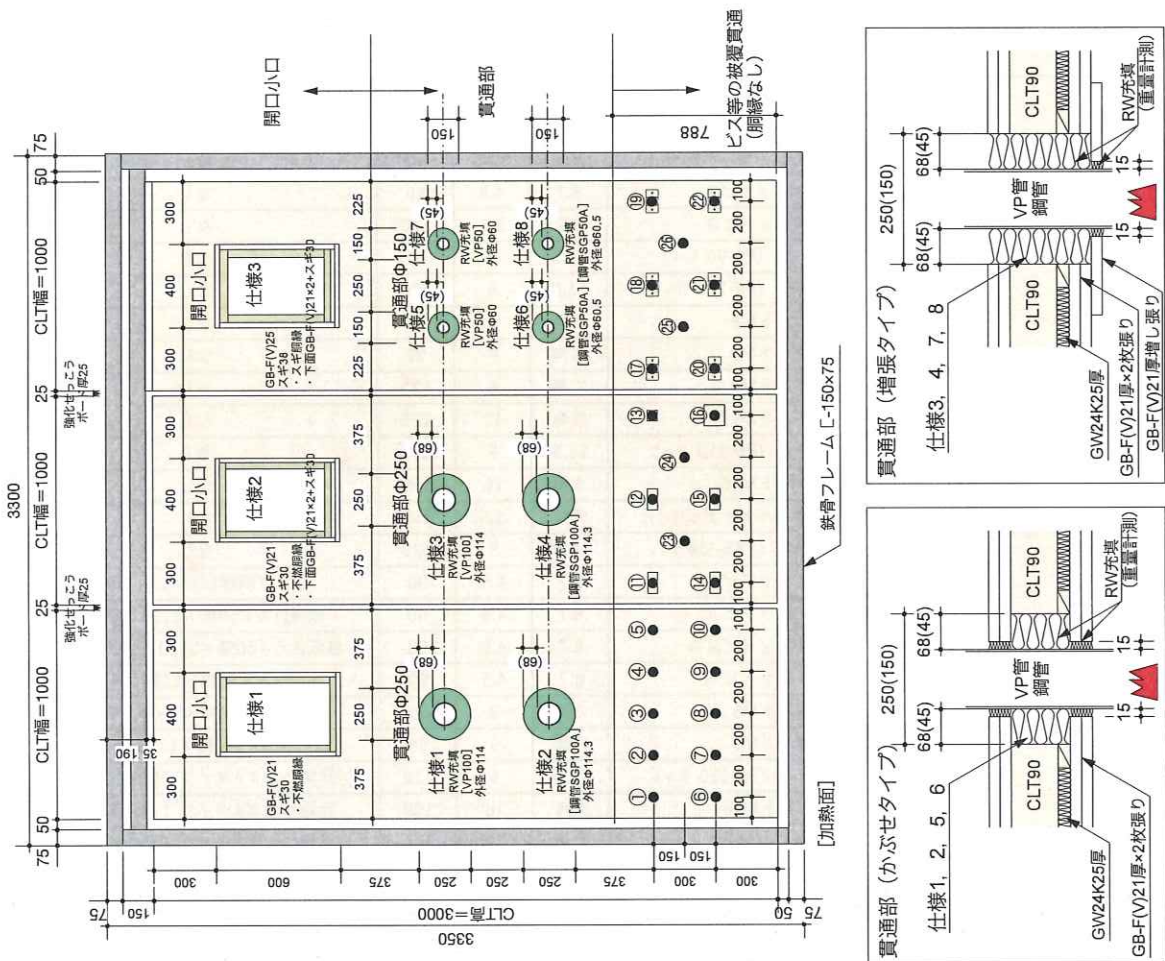


図 3-1 試験体 1 の構造・寸法 (単位: mm)

ビス等の被覆貫通 (GB-F(V)21厚×2枚被覆、胴縁なし)

仕様	構成	種類	頭径	胴径	長さ	付帯物※
1		N85くぎ	7.5	3.05	65	なし
2		N90くぎ	8.8	3.75	90	なし
3		コーススレッドビス	8.7	4.5	90	なし
4		コーススレッドビス	9.2	5.1	120	なし
5		パネリード (P6-90 II+)	11.5	6	90	なし
6		パネリード (P6-120 II+)	11.5	6	120	なし
7	単	コーチボルト M6	六角	6	90	なし
8	単	コーチボルト M9	六角	9	90	なし
9	単	コーチボルト M9	六角	9	125	なし
10	単	コーチボルト M12	六角	12	125	なし
23	単	パネリード (P6-110 II+)	11.5	6	110	なし
24	単	コーチボルト M16	六角	16	100	なし
25	単	M12貫通ボルト+ナット	六角	12	155	なし
26	単	パネリード (PX8-110)	10.8	8	110	なし
11		コーススレッドビス	8.7	4.5	90	スギ胴縁15×45×L100
12		コーススレッドビス	8.7	4.5	90	鉄板11.6×50幅×L100 (平板)
13		コーススレッドビス	8.7	4.5	90	鉄板11.6×50幅×L100 (曲げ平板)
14		コーススレッドビス	8.7	4.5	90	鉄板4.5×50幅×L100 (平板)
15		コーチボルト M9	六角	9	90	鉄板4.5×50幅×L100 (平板)
16	複	コーチボルト M9	六角	9	90	鉄板4.5×100幅×L100 (平板)
17	合	パネリード (P6-110 II+)	11.5	6	110	足場つなぎAタイプ (留め具2本)
18	合	コーチボルト M16	六角	16	100	足場つなぎAタイプ (留め具2本)
19	合	M12貫通ボルト+ナット	六角	12	155	足場つなぎAタイプ (留め具2本)
20	合	パネリード (P6-110 II+)	11.5	6	110	足場つなぎBタイプ (留め具2本)
21	合	コーチボルト M16	六角	16	100	足場つなぎBタイプ (留め具2本)
22	合	M12貫通ボルト+ナット	六角	12	155	足場つなぎBタイプ (留め具2本)

※ 足場つなぎAタイプ=高ナットタイプ、Bタイプ=ワンウェイ東タイプ

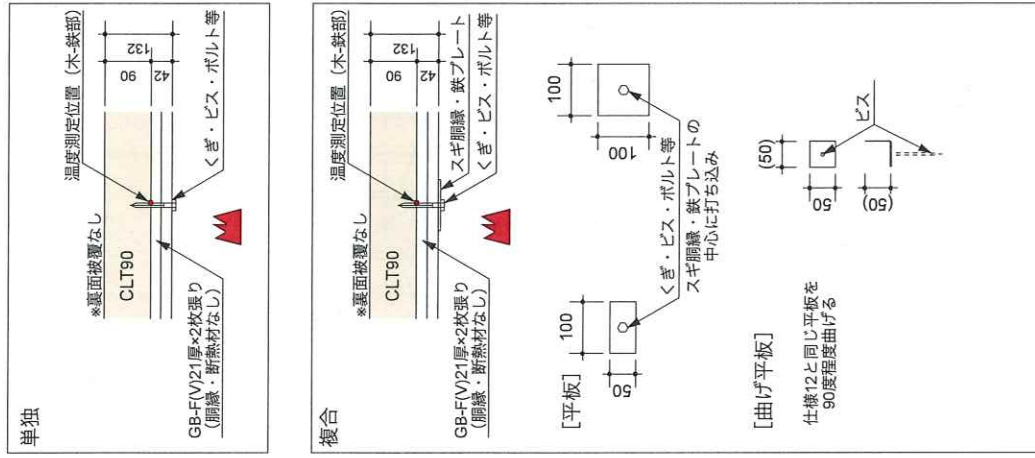
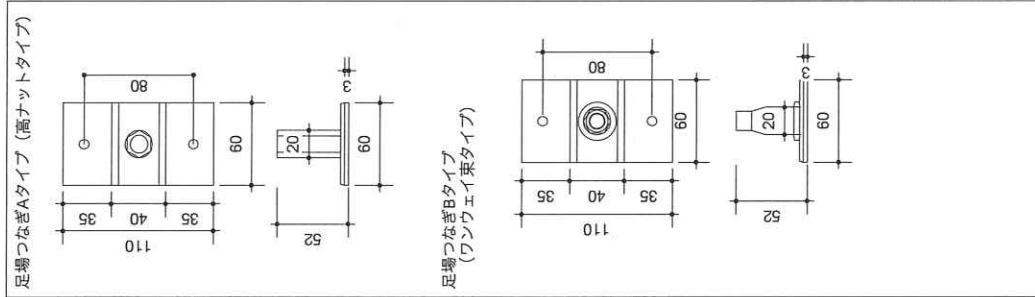


図3-2 試験体1の構造・寸法 (単位: mm)

[CLT] 1体目試験体 (案) 1時間耐火構造
2023年9月22日 (金) 於: 日本住宅・木材技術センター

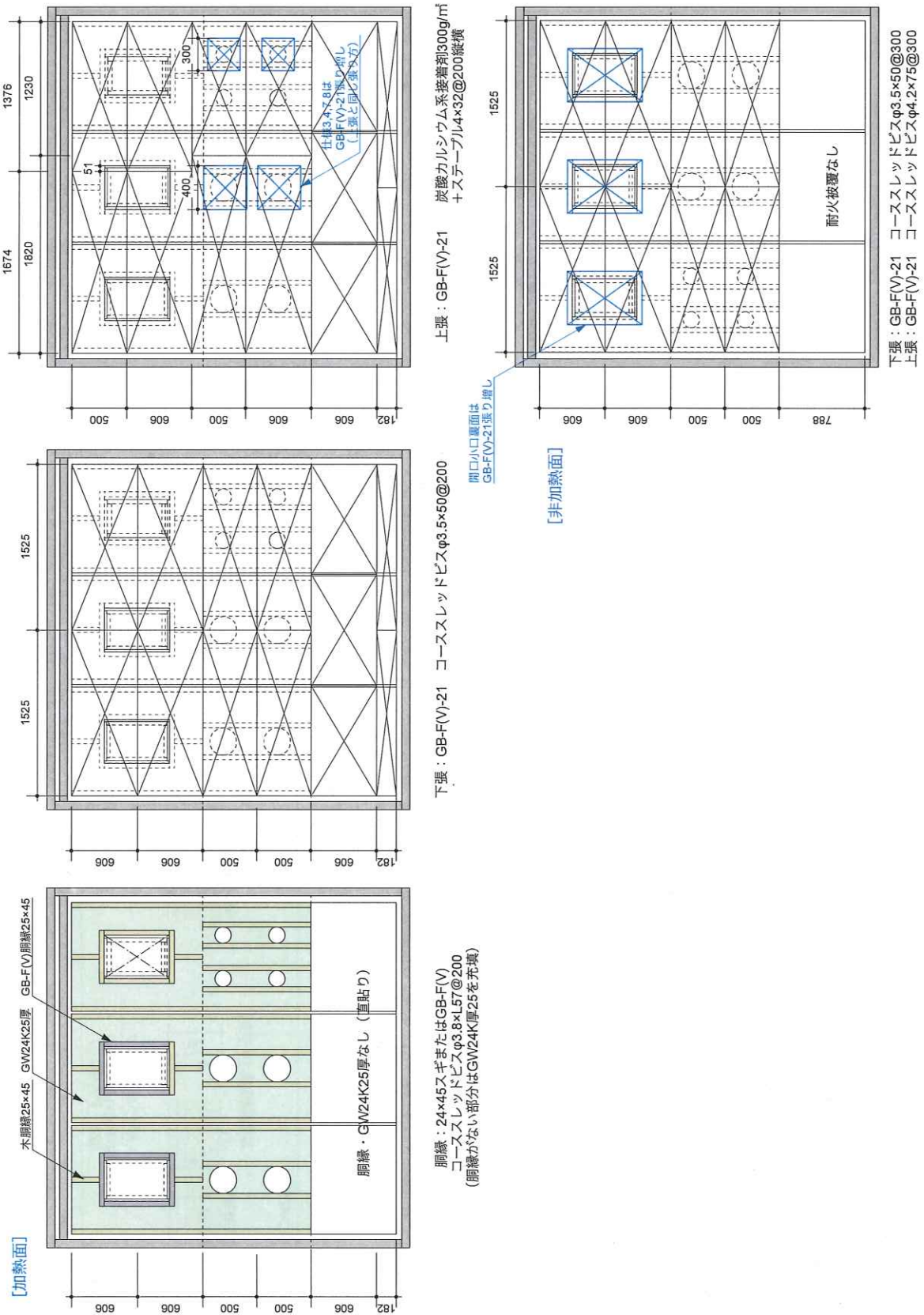
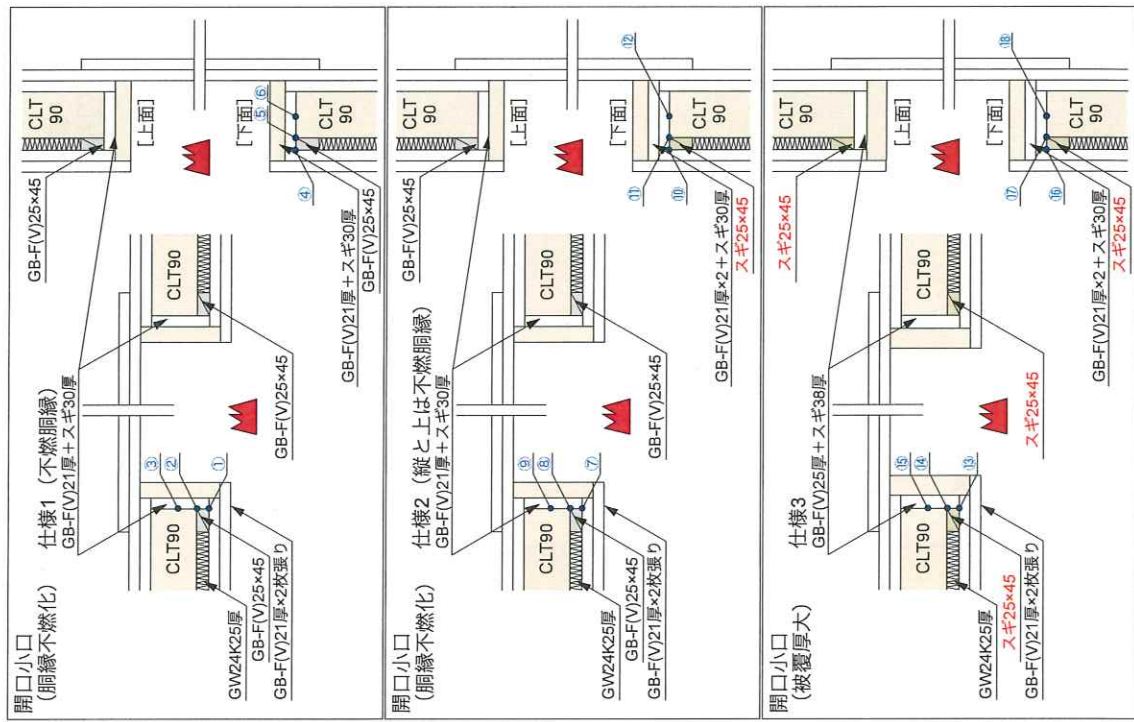


図 3-3 試験体 1 の構造・寸法・割付 (単位 : mm)



【CLT】1体巨試験体 (案) 1時間耐火構造
2023年9月22日 (金) 於: 日本住宅・木材技術センター

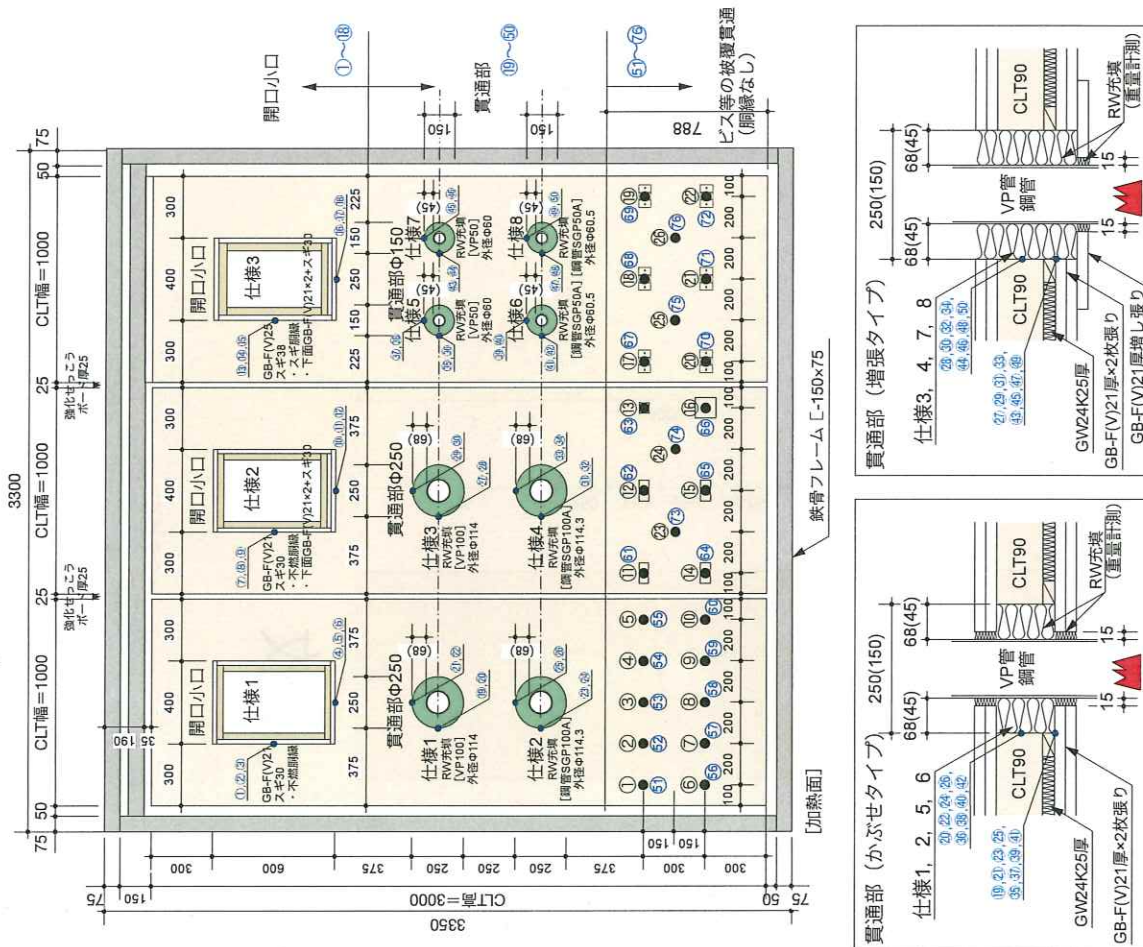
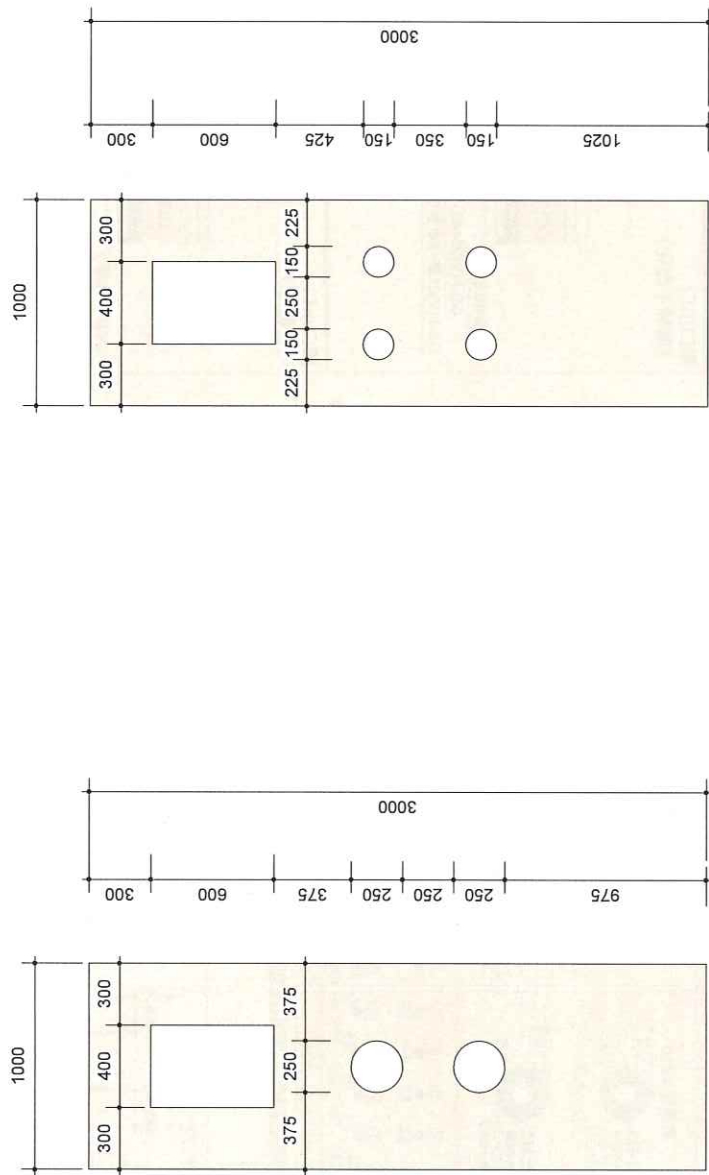


図3-4 試験体1の熱電対位置 (単位: mm)



1枚

2枚

□ = くりぬく

3層3プライ (使用環境B:水ビ)
スギCLT90mm厚(強度指定なし)
1000×3000mm×90mm ×3枚

くりぬいたCLTを90×90×30mm程度に加工して3ヶずつ同送しててください
(3ヶずつ×CLT3枚=9ヶ、CLTにナンバリングしてサンプルと紐付けする)

図 3-5 試験体 1 の CLT パネルの加工 (単位 : mm)

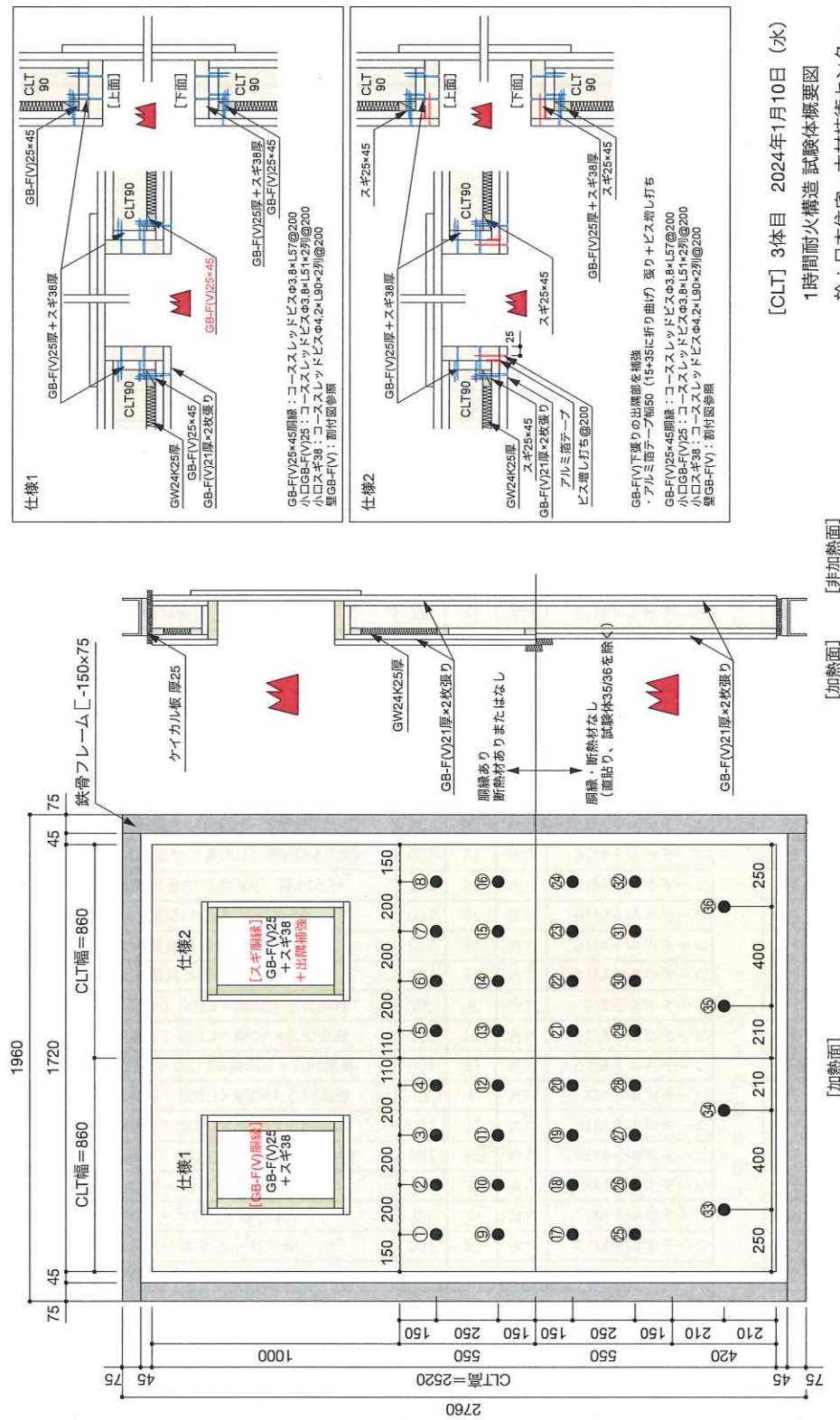
表3 試験体仕様一覧（試験体2：1時間耐火構造の壁想定）

部位	必要な防耐火性能	仕様名	仕様※1						
開口小口	（躯体の燃焼） 非損傷性	仕様1	四周ともに 強化せっこうボードGB-F(V)25mm厚 +スギ38mm厚			不燃胴縁	縦枠 上枠 下枠		
		仕様2	四周ともに 強化せっこうボードGB-F(V)25mm厚 +スギ38mm厚+出隅補強（アルミ箔テープ）			木製胴縁	縦枠 上枠 下枠		
	留め具	非損傷性（躯体の燃焼）	留め具の種類			頭径	胴径	長さ	付帯物
			1	胴縁 25mm厚あり	コーチボルトM9	六角	9	90	なし（断熱材あり部）
2			コーチボルトM16		六角	16	100	なし（断熱材あり部）	
3			コーチボルトM16		六角	16	125	なし（断熱材あり部）	
4			コーチボルトM9		六角	9	90	鉄板t4.5×50幅×L100（平板）（断熱材あり部）	
5			コーチボルトM16		六角	16	100	鉄板t4.5×50幅×L100（平板）（断熱材あり部）	
6			コーチボルトM16		六角	16	100	鉄板t4.5×100幅×L100（平板）（断熱材あり部）	
7			コーチボルトM16		六角	16	100	鉄板t1.6×100幅×L100（平板）（断熱材あり部）	
8			—（留め具なし）		—	—	—	—	
9			コーチボルトM9		六角	9	90	なし（断熱材なし部）	
10			コーチボルトM16		六角	16	100	なし（断熱材なし部）	
11			コーチボルトM16		六角	16	125	なし（断熱材なし部）	
12			コーチボルトM9		六角	9	90	鉄板t4.5×50幅×L100（平板）（断熱材なし部）	
13			コーチボルトM16		六角	16	100	鉄板t4.5×50幅×L100（平板）（断熱材なし部）	
14			コーチボルトM16		六角	16	100	鉄板t4.5×100幅×L100（平板）（断熱材なし部）	
15			コーチボルトM16		六角	16	100	鉄板t1.6×100幅×L100（平板）（断熱材なし部）	
16			—（留め具なし）		—	—	—	—	
17			耐火被覆直貼り	コーチボルトM16	六角	16	100	GW24K25厚（100角）で留め具頭をカバー（仕様1）	
18				コーチボルトM16	六角	16	100	RW24K25厚（100角）で留め具頭をカバー（仕様2）	
19				コーチボルトM16	六角	16	100	AES25厚（100角）で留め具頭をカバー（仕様3）	
20				コーチボルトM16	六角	16	100	ASボンドで留め具頭をカバー（仕様4）	
21				コーチボルトM16	六角	16	100	加熱発泡材で留め具頭をカバー（仕様5）	
22				コーチボルトM16	六角	16	100	スチール缶で留め具頭をカバー（仕様6）	
23				コーチボルトM9	六角	9	90	鉄板t4.5×50幅×L100（平板）（仕様1でカバー）	
24				コーチボルトM16	六角	16	100	鉄板t4.5×50幅×L100（平板）（仕様1でカバー）	
25				コーチボルトM16	六角	16	100	鉄板t4.5×100幅×L100（平板）（仕様1でカバー）	
26				コーチボルトM9	六角	9	90	鉄板t4.5×50幅×L100（平板）（仕様2でカバー）	
27				コーチボルトM16	六角	16	100	鉄板t4.5×50幅×L100（平板）（仕様2でカバー）	
28				コーチボルトM16	六角	16	100	鉄板t4.5×100幅×L100（平板）（仕様2でカバー）	
29				コーチボルトM9	六角	9	90	強化せっこうボード12.5×100×100	
30				コーチボルトM9	六角	9	90	強化せっこうボード21×100×100	
31				コーチボルトM16	六角	16	100	強化せっこうボード12.5×100×100	
32				コーチボルトM16	六角	16	100	強化せっこうボード21×100×100	
33				コーチボルトM16	六角	16	100	足場つなぎ改良版1タイプ（M16@80-2本）	
34				コーチボルトM16	六角	16	100	足場つなぎ改良版2タイプ（M16@120-2本）	
35				コーチボルトM16	六角	16	100	外壁再現1：足場つなぎ改良版1タイプ（M16@80-2本）	
36	コーチボルトM16	六角		16	100	外壁再現2：足場つなぎ改良版1タイプ（M16@80-2本）			

※1 留め具のNo.35, No.36の外壁仕様は下記内容とする。

外壁再現1：GB-F(V)21mm厚×2枚張り+窯業系サイディング（NYG標準版）15mm厚

外壁再現2：GB-F(V)15mm厚+ALC50mm厚



【CLT】3体目 2024年1月10日 (水)

1時間耐火構造 試験体概要図

於：日本住宅・木材技術センター

図 4-1 試験体 2 の構造・寸法 (単位：mm)

仕様	構成	種類	間隔	長さ	付帯事項
1	コ-チポルトM9	六角	9	90	なし (断熱材あり部)
2	コ-チポルトM16	六角	16	100	なし (断熱材あり部)
3	コ-チポルトM16	六角	16	125	なし (断熱材あり部)
4	コ-チポルトM9	六角	9	90	表板(4.5×50幅×L100 (平板) (断熱材あり部))
5	コ-チポルトM16	六角	16	100	表板(4.5×50幅×L100 (平板) (断熱材あり部))
6	コ-チポルトM16	六角	16	100	表板(4.5×100幅×L100 (平板) (断熱材あり部))
7	コ-チポルトM16	六角	16	100	表板(1.6×100幅×L100 (平板) (断熱材あり部))
8	コ-チポルトM16	六角	16	100	表板(1.6×100幅×L100 (平板) (断熱材あり部))
9	コ-チポルトM9	六角	9	90	なし (断熱材なし部)
10	コ-チポルトM16	六角	16	100	なし (断熱材なし部)
11	コ-チポルトM16	六角	16	125	なし (断熱材なし部)
12	コ-チポルトM9	六角	9	90	表板(4.5×50幅×L100 (平板) (断熱材なし部))
13	コ-チポルトM16	六角	16	100	表板(4.5×50幅×L100 (平板) (断熱材なし部))
14	コ-チポルトM16	六角	16	100	表板(1.6×100幅×L100 (平板) (断熱材なし部))
15	コ-チポルトM16	六角	16	100	表板(1.6×100幅×L100 (平板) (断熱材なし部))
16	コ-チポルトM16	六角	16	100	表板(1.6×100幅×L100 (平板) (断熱材なし部))
17	コ-チポルトM16	六角	16	100	GW24K25厚 (100%) で窓め周囲をカバー
18	コ-チポルトM16	六角	16	100	GW24K25厚 (100%) で窓め周囲をカバー
19	コ-チポルトM16	六角	16	100	AES25厚 (100%) で窓め周囲をカバー
20	コ-チポルトM16	六角	16	100	ASボードで窓め周囲をカバー
21	コ-チポルトM16	六角	16	100	加断熱泡綿で窓め周囲をカバー
22	コ-チポルトM16	六角	16	100	スチール床で窓め周囲をカバー
23	コ-チポルトM9	六角	9	90	表板(4.5×50幅×L100 (平板) (仕組17でカバー))
24	コ-チポルトM16	六角	16	100	表板(4.5×50幅×L100 (平板) (仕組17でカバー))
25	コ-チポルトM16	六角	16	100	表板(4.5×50幅×L100 (平板) (仕組17でカバー))
26	コ-チポルトM9	六角	9	90	表板(4.5×50幅×L100 (平板) (仕組18でカバー))
27	コ-チポルトM16	六角	16	100	表板(4.5×50幅×L100 (平板) (仕組18でカバー))
28	コ-チポルトM16	六角	16	100	表板(4.5×50幅×L100 (平板) (仕組18でカバー))
29	コ-チポルトM9	六角	9	90	強化せこうボードF12.5×100×100
30	コ-チポルトM9	六角	9	90	強化せこうボードF21×100×100
31	コ-チポルトM16	六角	16	100	強化せこうボードF12.5×100×100
32	コ-チポルトM16	六角	16	100	強化せこうボードF21×100×100
33	コ-チポルトM16	六角	16	100	足場つなぎ改良版2タイプ (M16@80-2本)
34	コ-チポルトM16	六角	16	100	足場つなぎ改良版2タイプ (M16@120-2本)
35	コ-チポルトM16	六角	16	100	外周部用：足場つなぎ改良版1タイプ (M16@80-2本)
36	コ-チポルトM16	六角	16	100	外周部用：足場つなぎ改良版1タイプ (M16@80-2本)

※ 仕様35,36の外周仕様は下記内容とする。
 ※ 外周部用：GB-FV121mm厚 + ALC50mm厚
 ※ 外周部用：GB-FV15mm厚 + ALC50mm厚

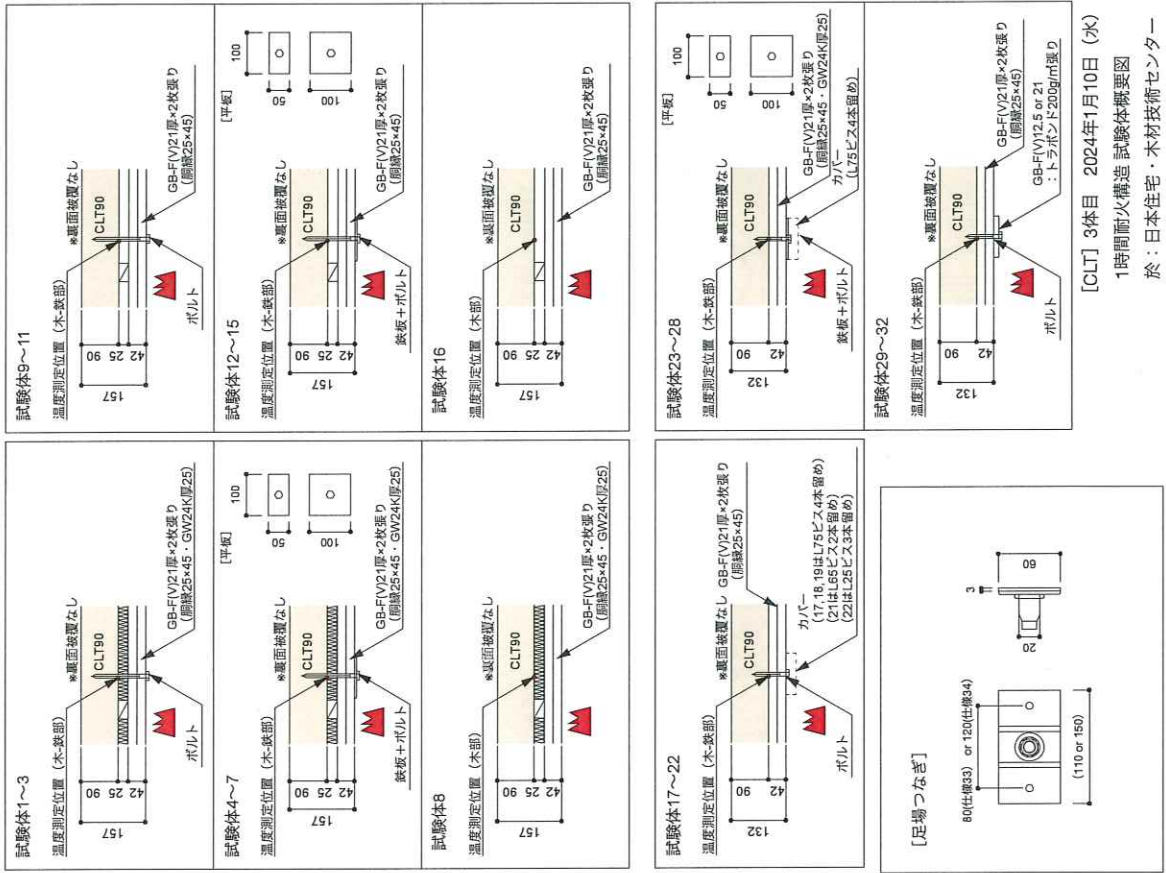
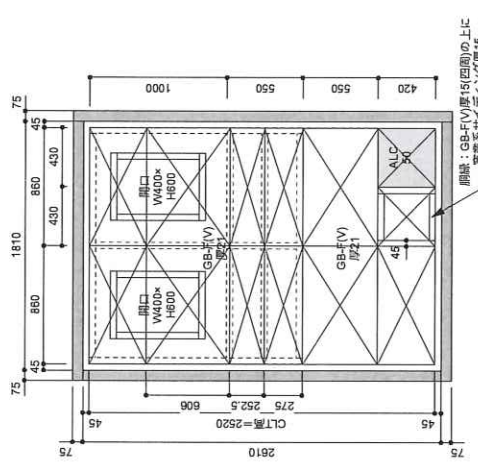


図 4-2 試験体 2 の構造・寸法 (単位: mm)

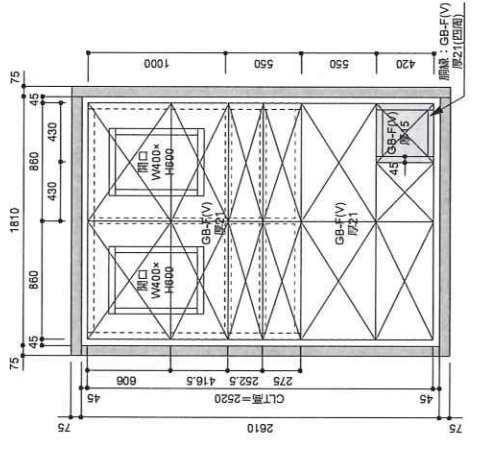
[CLT] 3体目 2024年1月10日 (水)
 1時間耐火構造 試験体概要図
 於: 日本住宅・木材技術センター



脚縁：GB-F(V)厚15(四角)の上に
 蒸気系サイディング厚15

GB-F(V)用留め具：炭酸カルシウム系接着剤300g/m²
 ナスアークアル4×32@200縦横
 胴縁用留め具：コーラスレッドビスφ4.2×L75@200
 蒸気系サイディング用留め具：コーラスレッドビスφ5.2×L120四隅
 ALC用留め具：コーラスレッドビスφ5.2×L120四隅

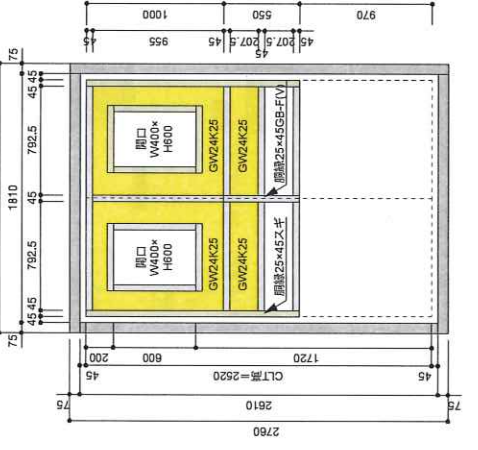
上張り被覆材



脚縁：GB-F(V)
 厚21(四角)

GB-F(V)用留め具：コーラスレッドビスφ3.3×L50@200
 胴縁用留め具：コーラスレッドビスφ4.2×L75@200

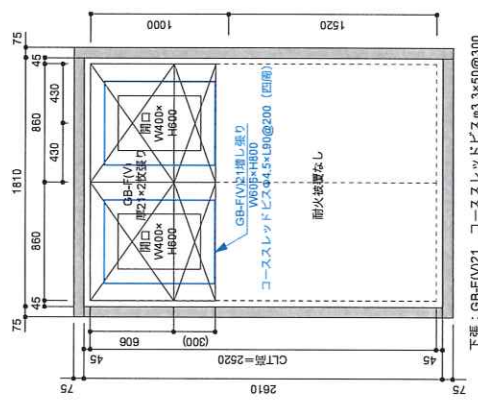
下張り被覆材



[加熱面]

脚縁用留め具：コーラスレッドビスφ3.8×L57@200
 ーグラスウール2K25厚

胴縁・断熱材



[非加熱面]

下張り：GB-F(V)21 コーラスレッドビスφ3.3×50@300
 上張り：GB-F(V)21 コーラスレッドビスφ4.2×75@300

図 4-3 試験体 2 の構造・寸法・割付 (単位：mm)

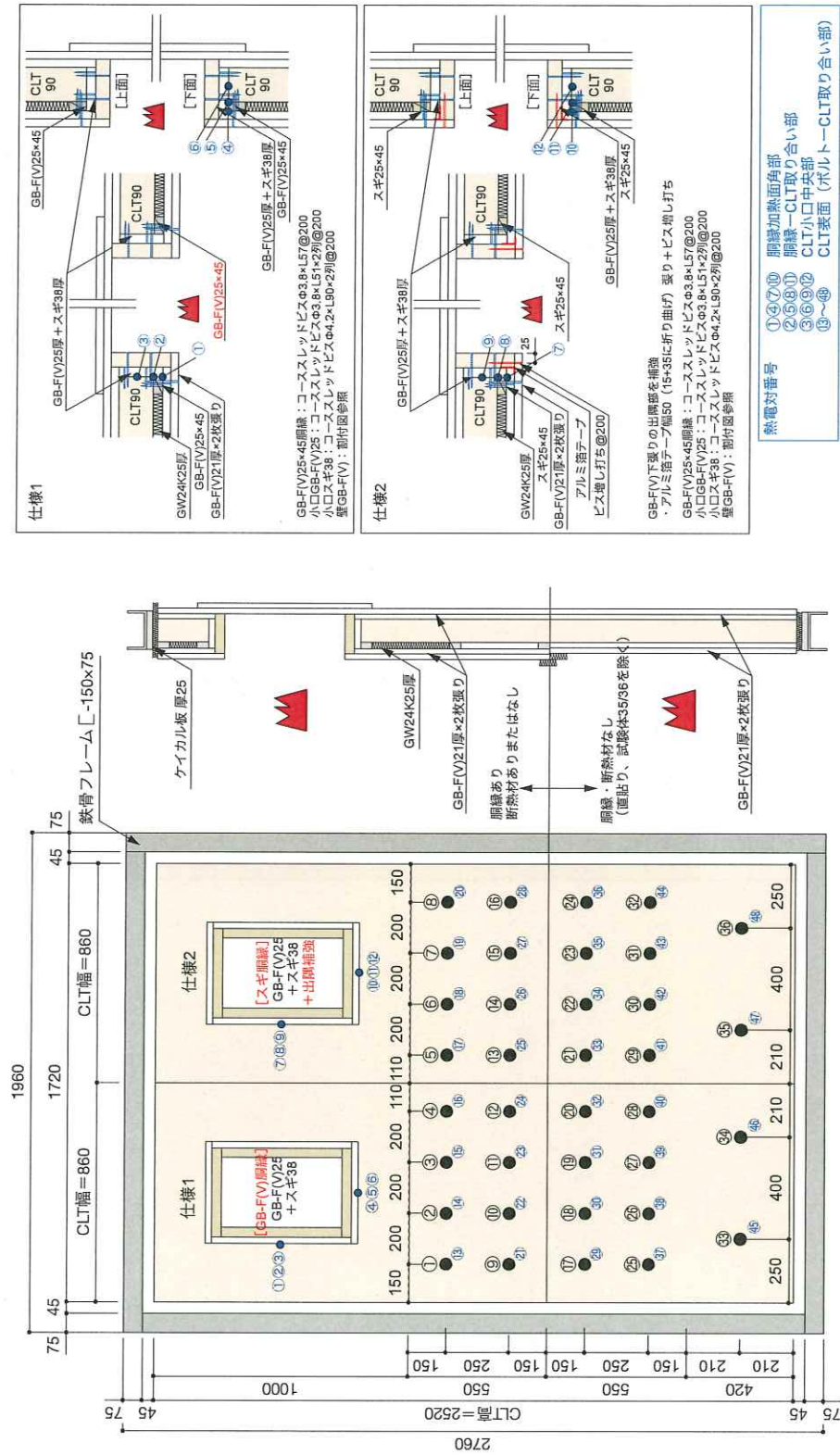
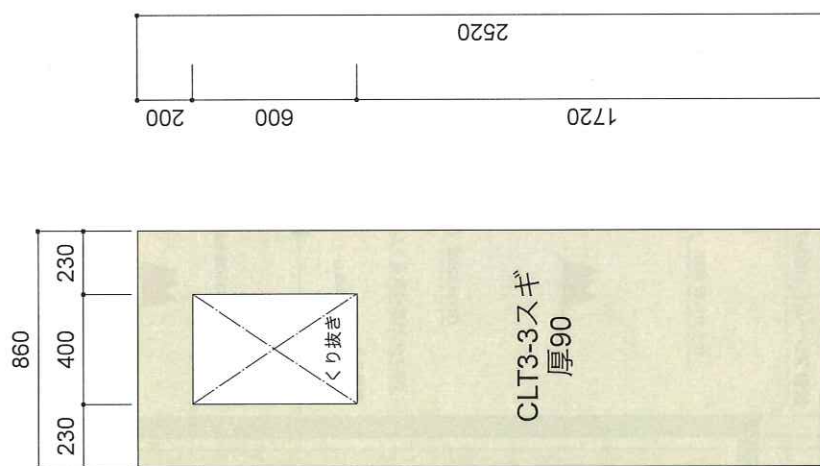


図4-4 試験体2の熱電対位置 (単位: mm)



2枚

それぞれのCLT端部から90×90×30mm程度（縮乾法による含水率測定用）に加工して3ヶずつ同送してください

2024年12月27日

図 4-5 試験体 2 の CLT パネルの加工（単位：mm）

表4 試験体仕様一覧（試験体3：1時間耐火構造の床想定）

部位	必要な 防耐火 性能	仕様名	仕様※1					
設備貫通	（ 躯体の 燃焼） 非 損 傷 性	仕様1	強化せっこうボードGB-F(V)21mm厚×2枚 +ロックウール充填	VP管 (塩ビ)	100 (外寸φ114)			
		仕様2		銅管 (SGP)	100A (外寸φ114.3)			
留め具	非 損 傷 性 （ 躯体の 燃焼）	留め具の種類			頭径	胴径	長さ	付帯物
		1	耐 火 被 覆 直 貼 り	コーチボルトM9	六角	9	90	なし
		2		コーチボルトM9	六角	9	125	なし
		3		コーチボルトM12	六角	12	125	なし
		4		コーチボルトM16	六角	16	100	なし
		5		コーチボルトM16	六角	16	125	なし
		6		コーチボルトM9	六角	9	90	鉄板t4.5×50幅×L100（平板）
		7		コーチボルトM16	六角	16	100	鉄板t4.5×50幅×L100（平板）
		8		コーチボルトM16	六角	16	100	鉄板t4.5×100幅×L100（平板）
		9		コーチボルトM16	六角	16	100	鉄板1.6×100幅×L100（平板）
		10		コーススレッドビス	8.7	4.5	90	なし
		11		パネリード（PX8-110）	10.8	8	110	なし
		12		サワラハンガー（木ネジ）	7.5	6.3	80	なし
		13		—（留め具なし）	—	—	—	—
		14	野 縁 4 5 m m 厚 あ り	コーチボルトM9	六角	16	150	なし
		15		コーチボルトM12	六角	16	150	なし
		16		コーチボルトM16	六角	—	150	なし
		17		コーチボルトM9	六角	16	150	鉄板t4.5×50幅×L100（平板）
		18		コーチボルトM16	六角	16	150	鉄板t4.5×50幅×L100（平板）
		19		コーチボルトM16	六角	16	150	鉄板t4.5×100幅×L100（平板）
		20		コーチボルトM16	六角	16	150	鉄板1.6×100幅×L100（平板）
		21		パネリード（PX8-110）	10.8	16	110	なし
22	—（留め具なし）	—		—	—	—		

※1 設備貫通のロックウール充填 [充填量の例（試験体製作時の記録）]

仕様1：98kg/m³、仕様2：90kg/m³

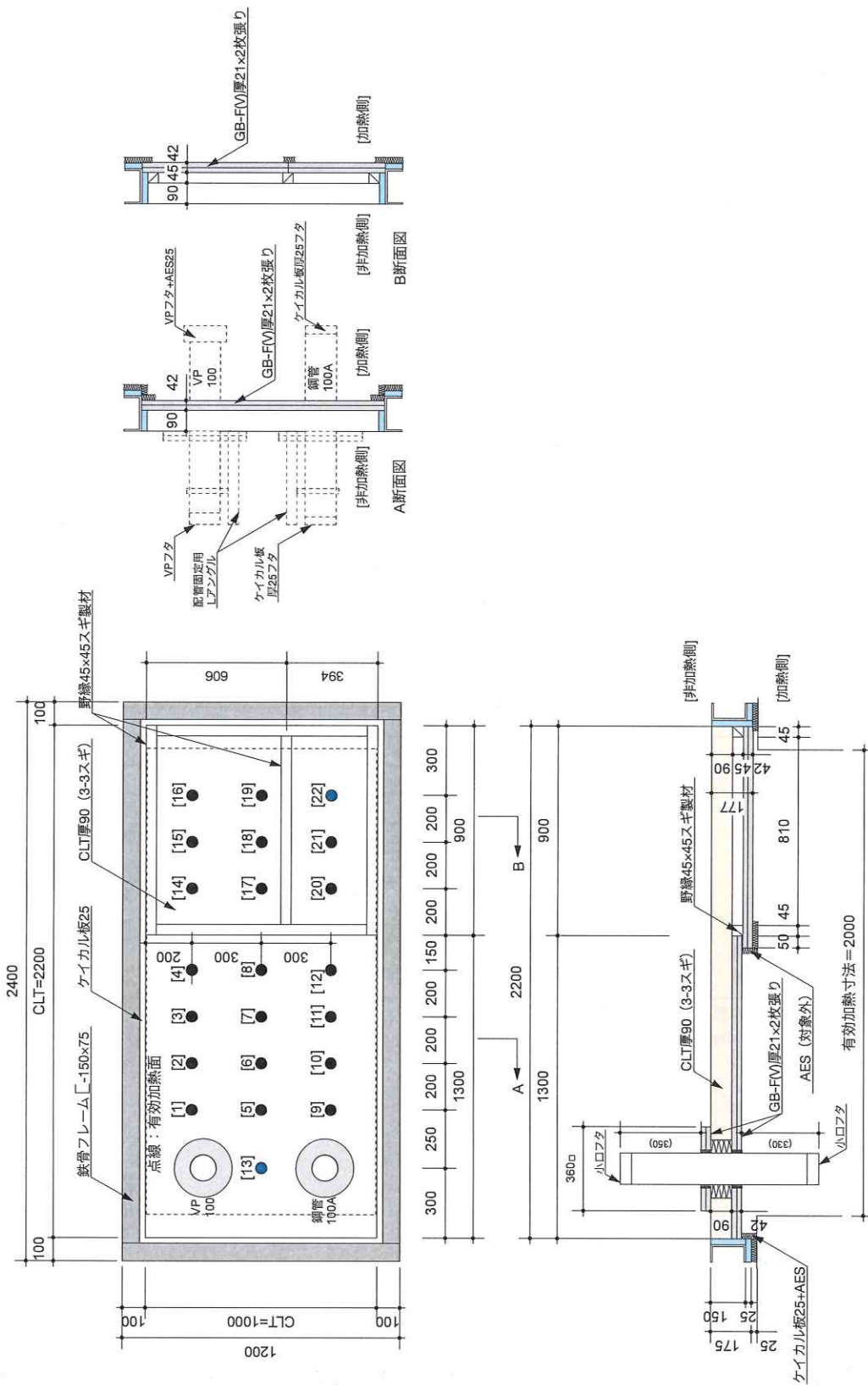


図 5-1 試験体 3 の構造・寸法 (単位: mm)

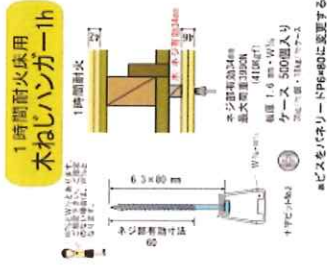
[CLT] 4体目試験体 (案) 1時間耐火構造
2024年1月16日 (火) 於: ベターリビング

■サワダ社製



床・壁・天井用

※木材の品質により強度が異なるため、最大荷重、変形量をあらかじめ確認し、必要に応じて取扱いを要します。



留め具種類		頭径	胴径	長さ	付帯物
直貼	1 コーチボルト M9	六角	9	90	なし
	2 コーチボルト M9	六角	9	125	なし
	3 コーチボルト M12	六角	12	125	なし
	4 コーチボルト M16	六角	16	100	なし
	5 コーチボルト M16	六角	16	125	なし
	6 コーチボルト M9	六角	9	90	鉄板4.5×50幅×L100 (平板)
	7 コーチボルト M16	六角	16	100	鉄板4.5×50幅×L100 (平板)
	8 コーチボルト M16	六角	16	100	鉄板4.5×100幅×L100 (平板)
	9 コーチボルト M16	六角	16	100	鉄板1.6×100幅×L100 (平板)
	10 コーススレッドビス	8.7	4.5	90	なし
野縁有	11 パネリードX (PX8-110)	10.8	8	110	なし
	12 サワダハンガー (木ねし)	7.5	6.3	80	なし
	13	—	—	—	なし
	14 コーチボルト M9	六角	9	150	なし
	15 コーチボルト M12	六角	12	150	なし
	16 コーチボルト M16	六角	16	150	なし
	17 コーチボルト M9	六角	9	150	鉄板4.5×50幅×L100 (平板)
	18 コーチボルト M16	六角	16	150	鉄板4.5×50幅×L100 (平板)
	19 コーチボルト M16	六角	16	150	鉄板4.5×100幅×L100 (平板)
	20 コーチボルト M16	六角	16	150	鉄板1.6×100幅×L100 (平板)
	21 パネリードX (PX8-110)	10.8	8	110	なし
	22	—	—	—	なし

図 5-2 試験体 3 の構造・寸法 (単位: mm)

[CLT] 4体目試験体 (案) 1時間耐火構造
2024年1月16日 (火) 於: ベターリビング

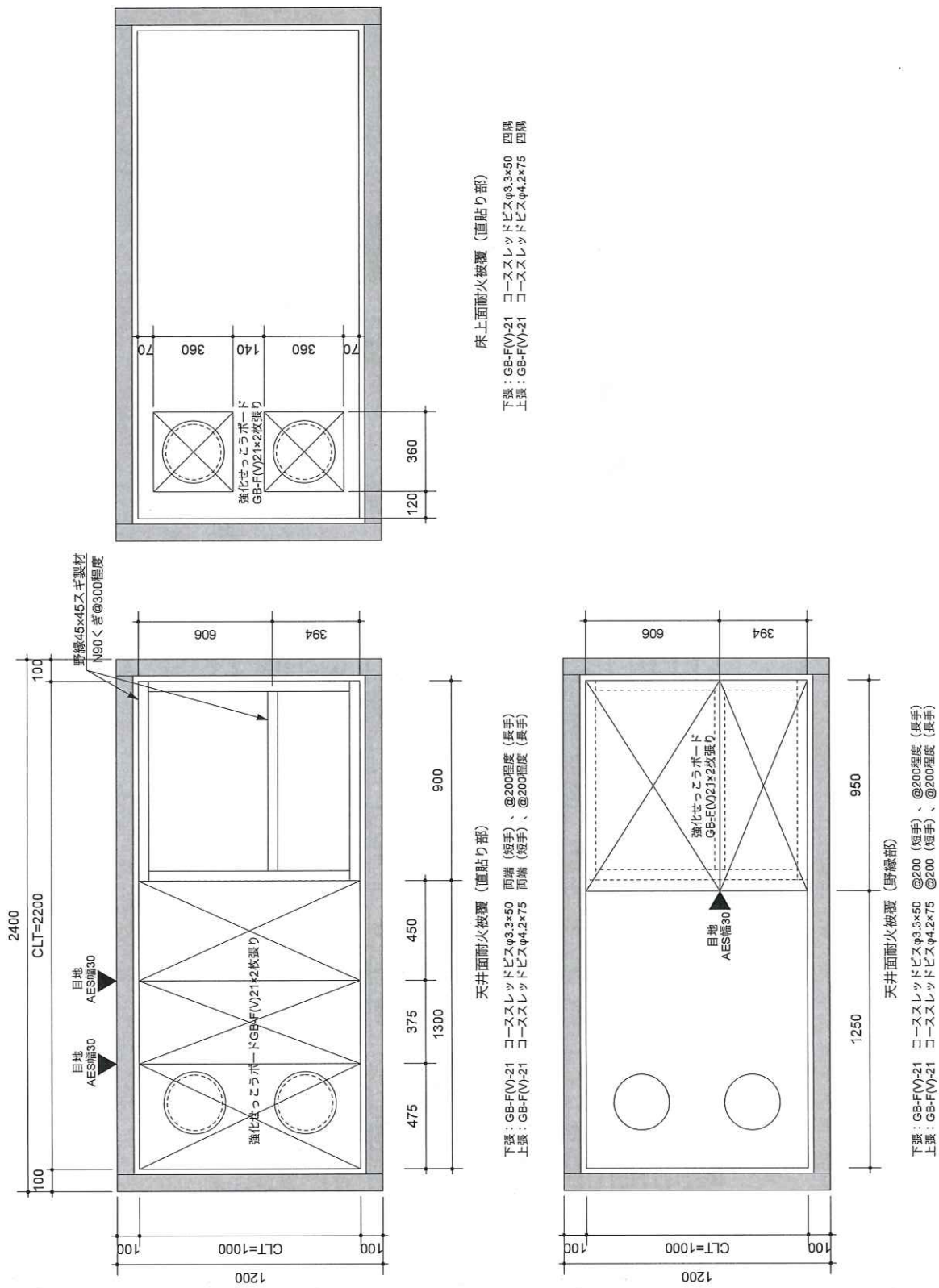


図 5-3 試験体 3 の構造・寸法・割付 (単位: mm)

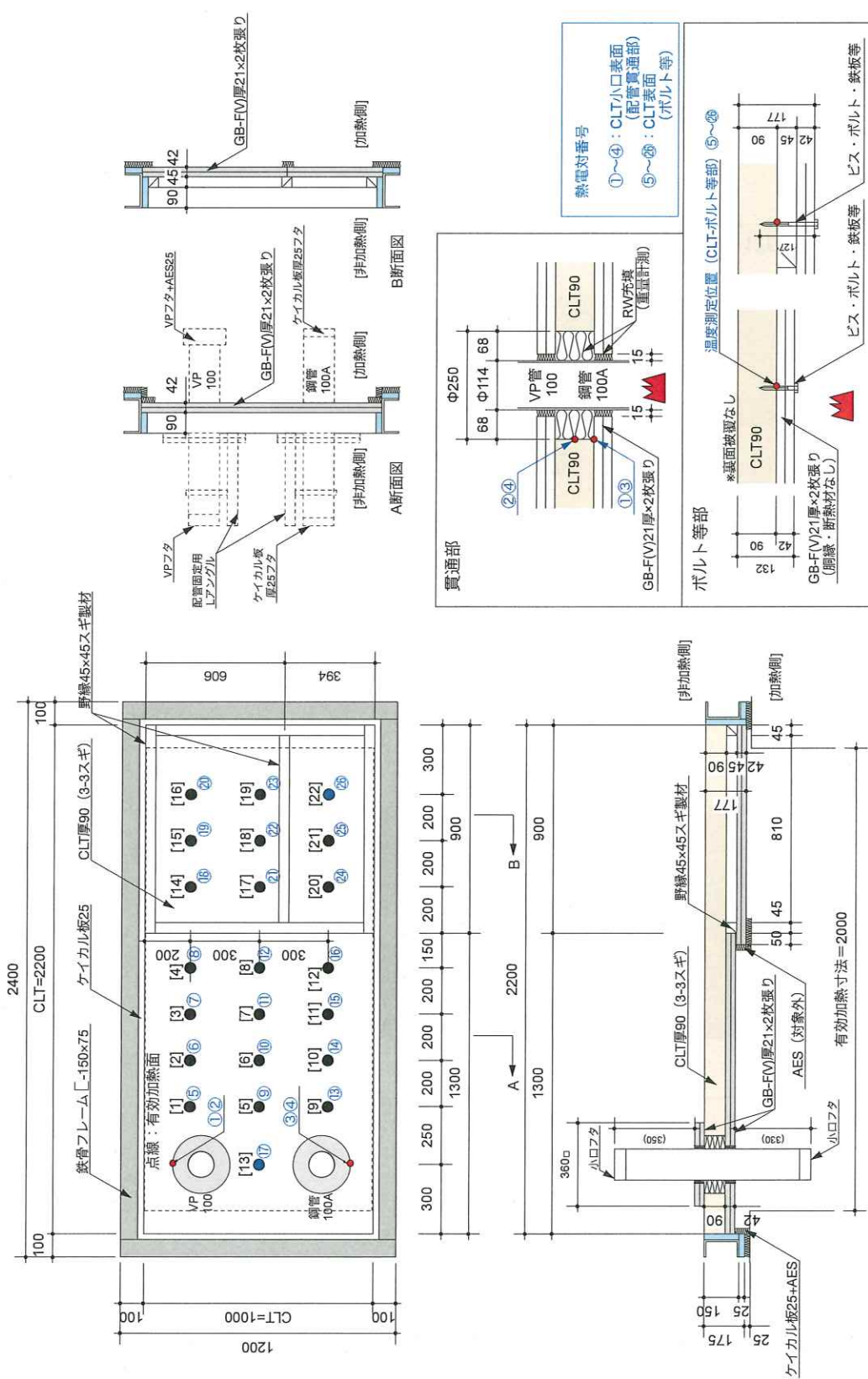


図 5-4 試験体 3 の熱電対位置 (単位 : mm)

[CLT] 4体目試験体 (案) 1時間耐火構造
2024年1月16日 (火) 於：ベタリービング

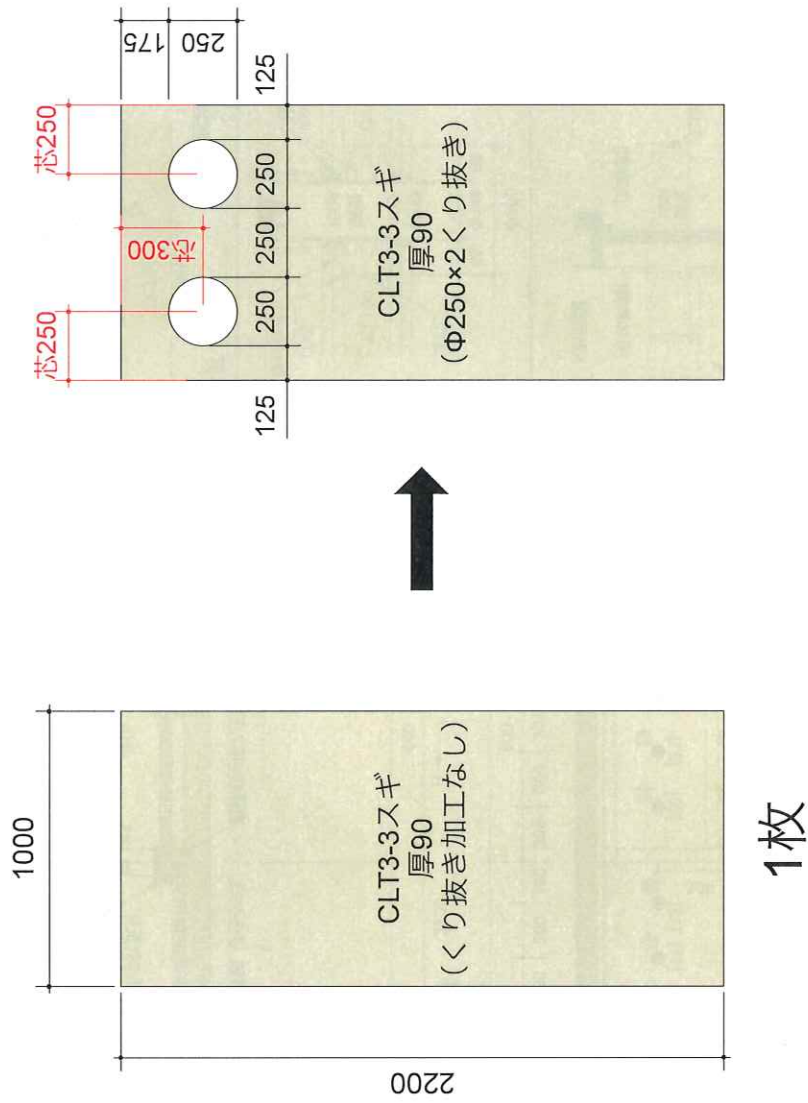


図 5-5 試験体 3 の CLT パネルの加工 (単位 : mm)

CLT端部から90×90×30mm程度 (絶乾法による含水率測定用) に加工して3ヶ同送しててください

(2) 加熱方法

実験は、試験体 1 及び試験体 2 の壁試験体は、公益財団法人 日本住宅・木材技術センターの壁炉（写真 7）、試験体 3 の床試験体は一般財団法人 ベターリビングの小型炉（写真 8）を用いて実施した。加熱は、IS0834 標準加熱曲線に準じた加熱とし、実験時間は、耐火構造に要求される加熱時間＋加熱時間×3 倍の放置時間とし、いずれも 1 時間＋3 時間放置を目標に実施し、放置終了は内部温度推移等により判断することとした。

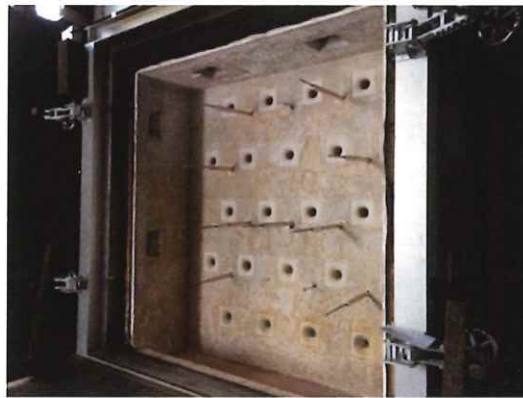


写真 7 日本住宅・木材技術センターの壁炉（非載荷）



写真 8 ベターリビングの小型炉（非載荷）

(3) 防耐火性能の評価

非損傷性は、壁及び床の倒壊につながる CLT の燃焼開始時間（＝木材表面温度が 260℃を超える時間）を CLT 内部（開口穴及び貫通穴の隅角部及び小口、留め具と CLT の接触部）に設置した熱電対により測定し、実験終了後に試験体を解体して目視にて CLT 躯体を観察した。

1.3.2 実験結果

(1) 試験体 1

検証対象：壁（耐力壁、非耐力壁）

検証内容：1時間耐火構造※

※1時間加熱後+6時間放置後に試験体内部温度が低下傾向にあったため、終了。

構造躯体：CLT90mm厚（スギ、3層3プライ、水性高分子イソシアネート樹脂系接着剤）

構造躯体の耐火被覆：強化せっこうボードGB-F(V)21mm厚×2枚（両面）

■開口小口

開口小口の結果概要一覧、内部温度データ、記録画像（解体写真）を以降に示す。また、参考として昨年度の実験結果（開口小口）の概要及び温度グラフを併記する。

仕様2及び仕様3は、耐火被覆の薄い縦枠においてCLT躯体に部分的に炭化が見られたが、いずれも実験終了時には自消しており、上枠及び被覆を厚くした下枠については、CLT躯体に炭化は見られなかった。また、仕様1については、縦枠及び下枠のCLT躯体に炭化が見られ、解体時も燃焼が継続していたため、水をかけて消火した。

表5 1時間耐火構造壁の開口小口の結果概要一覧（試験体1）

部位	必要な 防耐火 性能	仕様名	仕様		260°C到達時間			炭化の有無		
					隅角部	CLT躯体		隅角部	CLT	
						隅角部	小口中央			
開口小口	非損傷性 (躯体の燃焼)	仕様1	四周ともに 強化せっこうボードGB-F(V)21mm厚 +スギ30mm厚	不燃 胴縁	縦枠	—	158分 (2)	163分 (3)	不燃	あり
					上枠	—	—	—	不燃	なし
					下枠	—	173分 (5)	171分 (6)	不燃	あり
		仕様2	上枠・縦枠： 強化せっこうボードGB-F(V)21mm厚 +スギ30mm厚 下枠： 強化せっこうボードGB-F(V)21mm厚×2枚 +スギ30mm厚	不燃 胴縁	縦枠	—	到達せず (最高193.2°C)	到達せず (最高192.3°C)	不燃	あり (自消)
					上枠	—	—	—	不燃	なし
					木製 胴縁	下枠	到達せず (最高195.7°C)	到達せず (最高204.5°C)	到達せず (最高147.7°C)	なし
		仕様3	上枠・縦枠： 強化せっこうボードGB-F(V)25mm厚 +スギ38mm厚 下枠： 強化せっこうボードGB-F(V)21mm厚×2枚 +スギ30mm厚	木製 胴縁	縦枠	213分 (13)	218分 (14)	到達せず (最高171.5°C)	あり (自消)	あり (自消)
					上枠	—	—	—	あり (自消)	なし
					下枠	到達せず (最高182°C)	到達せず (最高155.4°C)	到達せず (最高123.3°C)	なし	なし
参考値 2022年度の検証実験・一般部										
開口小口	非損傷性 (躯体の燃焼)	仕様1	強化せっこうボードGB-F(V)21mm厚 +スギ30mm厚	木製 胴縁	縦枠	168.5分 (1)	175分 (2)	到達せず (最高214.8°C)	あり	あり
				木製 胴縁	上下枠	207分 (1)	229.3分 (2)	247.8分 (2)	あり (下枠)	あり (下枠)
		仕様2	強化せっこうボードGB-F(V)21mm厚 +硬質木片セメント板25mm厚	木製 胴縁	縦枠	到達せず (最高200.8°C)	到達せず (最高179.3°C)	到達せず (最高132.5°C)	なし	なし
					仕様3	強化せっこうボードGB-F(V)25mm厚 +硬質木片セメント板25mm厚	木製 胴縁	縦枠	到達せず (最高171.4°C)	到達せず (最高157.1°C)

□内部温度データ(開口小口)

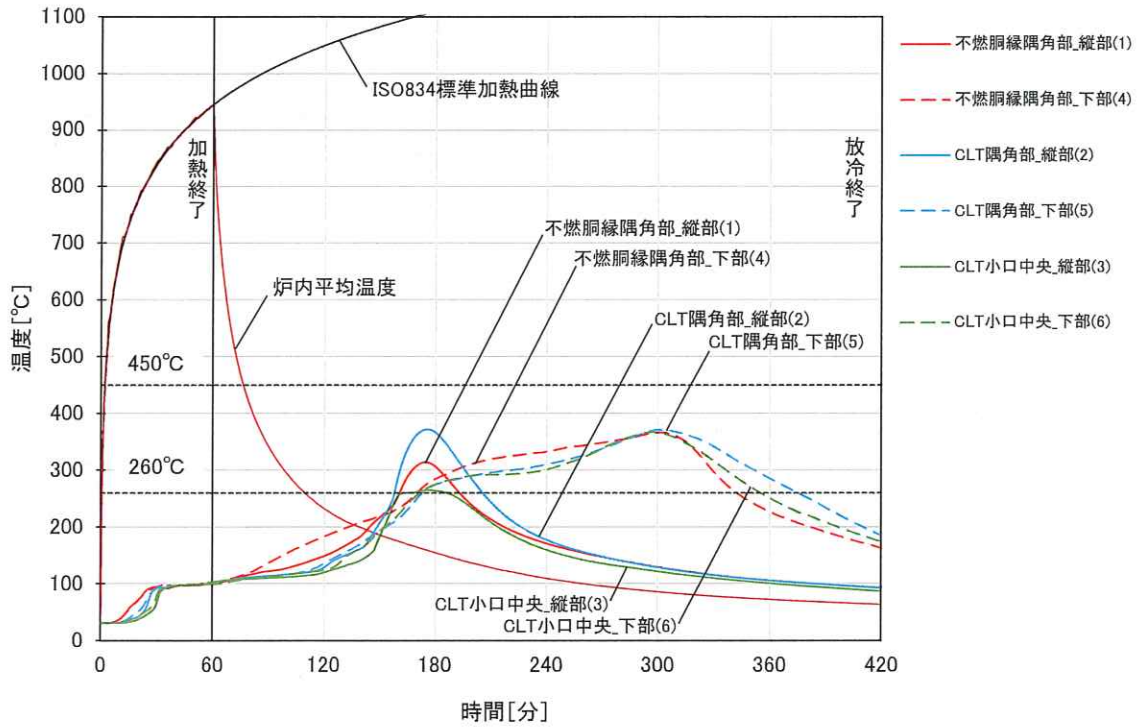


図6 開口小口・仕様1の内部温度推移 (GB-F(V)21mm+スギ30mm+不燃胴縁)

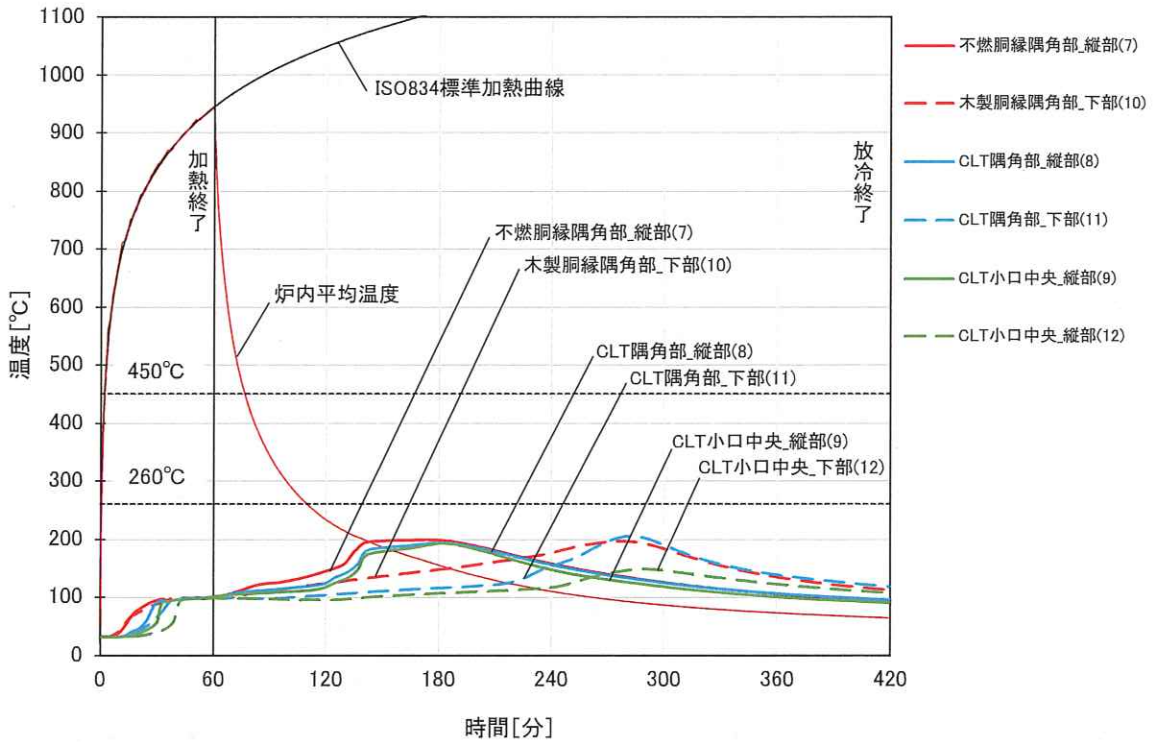


図7 開口小口・仕様2の内部温度推移

(上・縦枠：GB-F(V)21mm+スギ30mm+不燃胴縁/下枠：GB-F(V)21mm×2+スギ30mm+木製胴縁)

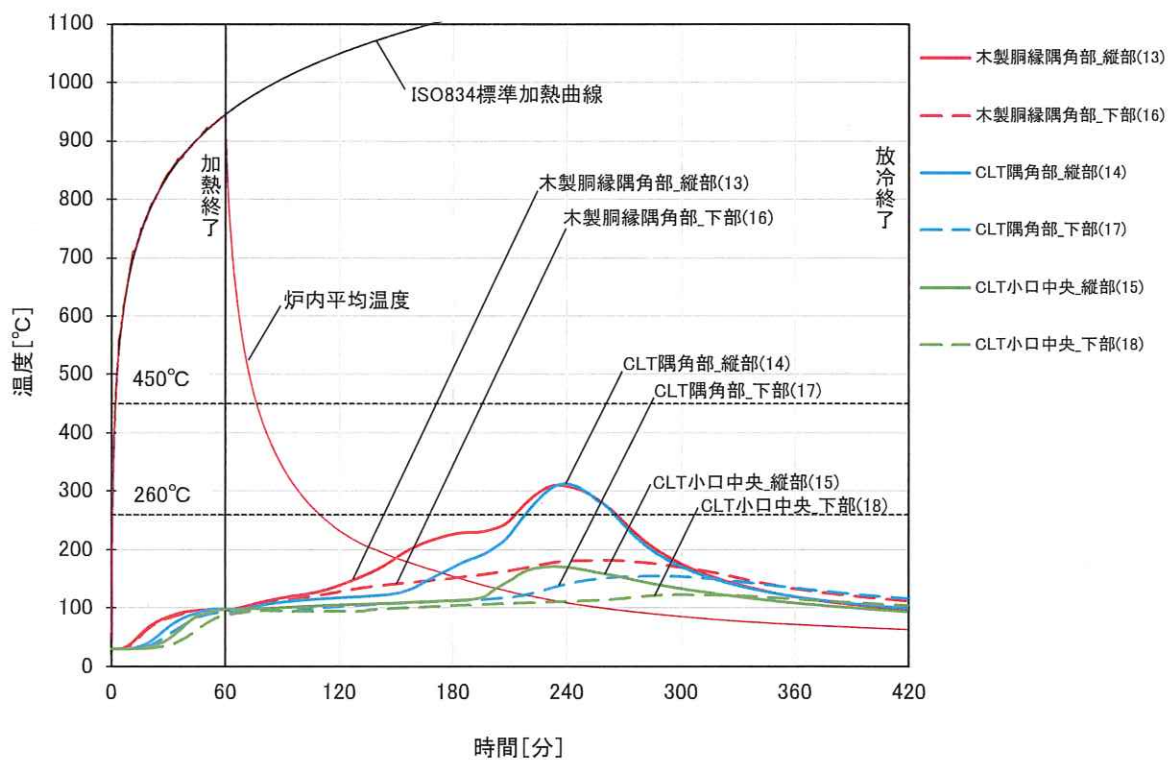


図8 開口小口・仕様3の内部温度推移

(上・縦枠：GB-F(V)25mm+スギ38mm+木製胴縁/下枠：GB-F(V)21mm×2+スギ30mm+木製胴縁)

口内部温度データ(参考:昨年度の開口小口及び一般部)

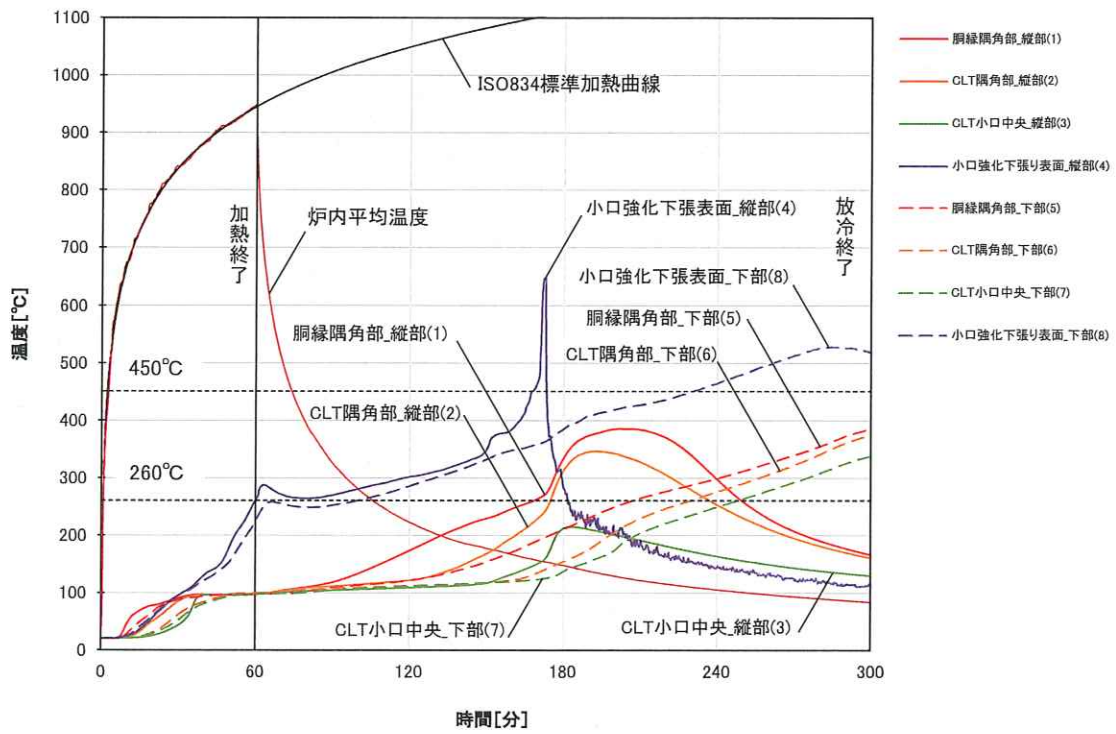


図9 開口小口・仕様1 (GB-F(V)21mm+スギ30mm+木製胴縁)の内部温度推移

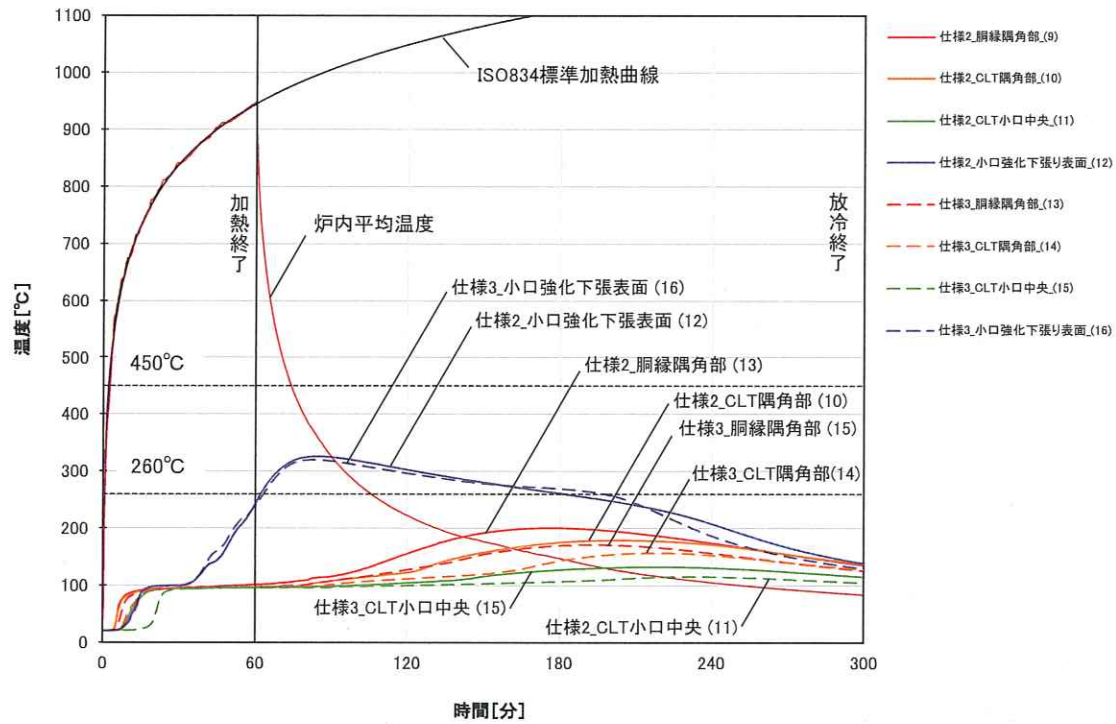


図10 開口小口・仕様2,3の内部温度推移

(仕様2: GB-F(V)21mm+硬質木片25mm/仕様3: GB-F(V)25mm+硬質木片25mm)

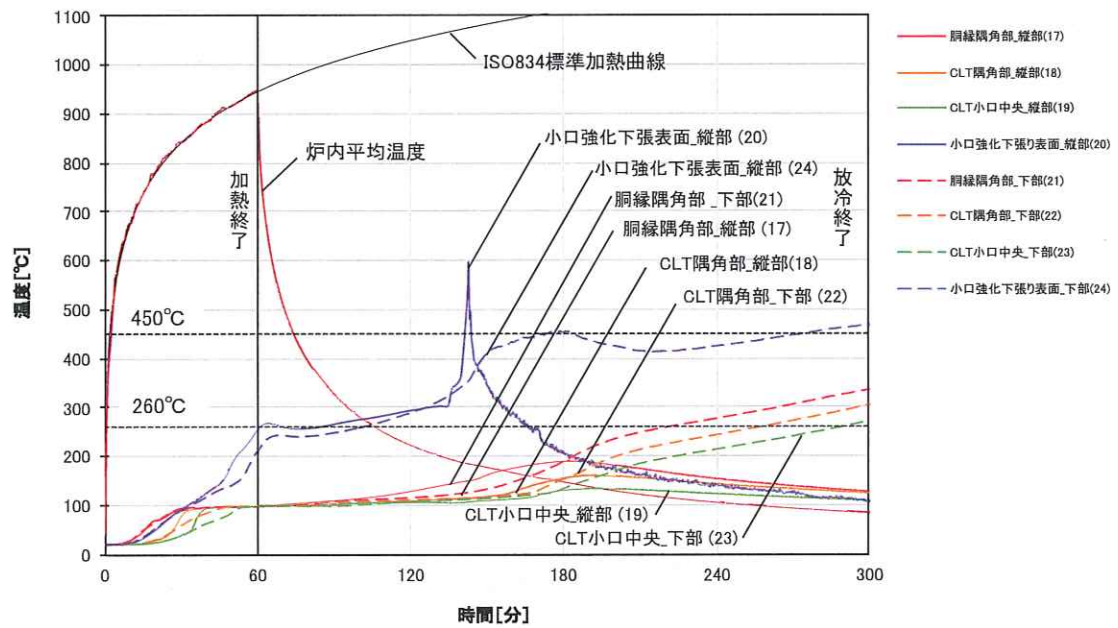


図 11 開口小口・仕様 4 (GB-F (V) 25mm+スギ 30mm) の内部温度推移

口記録画像・開口小口（解体写真）



写真 1-1 仕様 1 の解体時（不燃胴縁）



写真 1-2 仕様 1 の解体時（CLT 躯体）



写真 1-3 仕様 2 の解体時
（不燃胴縁・木製胴縁）



写真 1-4 仕様 2 の解体時（CLT 躯体）



写真 1-5 仕様 3 の解体時（木製胴縁）



写真 1-6 仕様 3 の解体時（CLT 躯体）

■設備貫通

貫通部の結果概要一覧、内部温度データ、記録画像（解体写真）を以降に示す。

昨年度は 250mm 角または 150mm 角の設備孔を CLT 躯体にあけて検証したのに対し、今年度は、φ250mm または φ150mm の設備孔として実験を実施した。実験終了時に全ての仕様で木製胴縁及び CLT 躯体に炭化はみられなかった。

表 6 1 時間耐火構造壁の貫通部の結果概要一覧（試験体 1）

部位	必要な防耐火性能	仕様名	仕様		260°C到達時間		炭化の有無		
					胴縁	CLT躯体	胴縁	CLT	
					隅角部	小口中央			
設備貫通	非損傷性（躯体の燃焼）	耐火被覆かぶせタイプ	仕様1	VP管 (塩ビ)	100A (外寸φ114)	到達せず (最高157°C・側)	到達せず (最高95.6°C・上)	なし	なし
			仕様2	鋼管 (SGP)	100A (外寸φ114.3)	到達せず (最高188.3°C・側)	到達せず (最高98.2°C・上)	なし	なし
		耐火被覆増張タイプ	仕様3	VP管 (塩ビ)	100A (外寸φ114)	到達せず (最高111.7°C・側)	到達せず (最高101.3°C・上)	なし	なし
			仕様4	鋼管 (SGP)	100A (外寸φ114.3)	到達せず (最高163.5°C・側)	到達せず (最高112.8°C・上)	なし	なし
		耐火被覆増張タイプ	仕様5	VP管 (塩ビ)	50A (外寸φ60)	到達せず (最高130.9°C・側)	到達せず (最高96.5°C・上)	なし	なし
			仕様6	鋼管 (SGP)	50A (外寸φ60.5)	到達せず (最高192.5°C・側)	到達せず (最高114.2°C・上)	なし	なし
			仕様7	VP管 (塩ビ)	50A (外寸φ60)	到達せず (最高102.7°C・側)	到達せず (最高98.4°C・上)	なし	なし
			仕様8	鋼管 (SGP)	50A (外寸φ60.5)	到達せず (最高144.3°C・側)	到達せず (最高112°C・上)	なし	なし



昨年度の CLT 加工



今年度の CLT 加工

□内部温度データ(設備貫通)

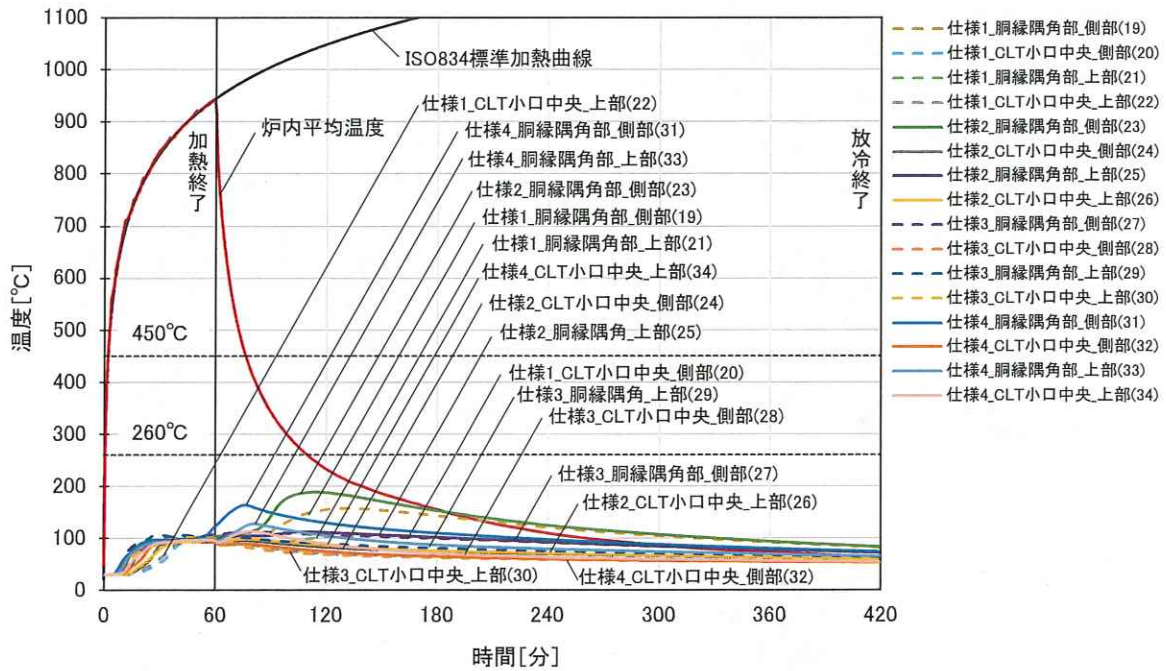


図 12 貫通部・仕様 1~4 の内部温度推移

(耐火被覆かぶせタイプ 仕様 1 : VP 管 100 / 仕様 2 : 鋼管 SGP100A)

(耐火被覆増張タイプ 仕様 3 : VP 管 100 / 仕様 4 : 鋼管 SGP100A)

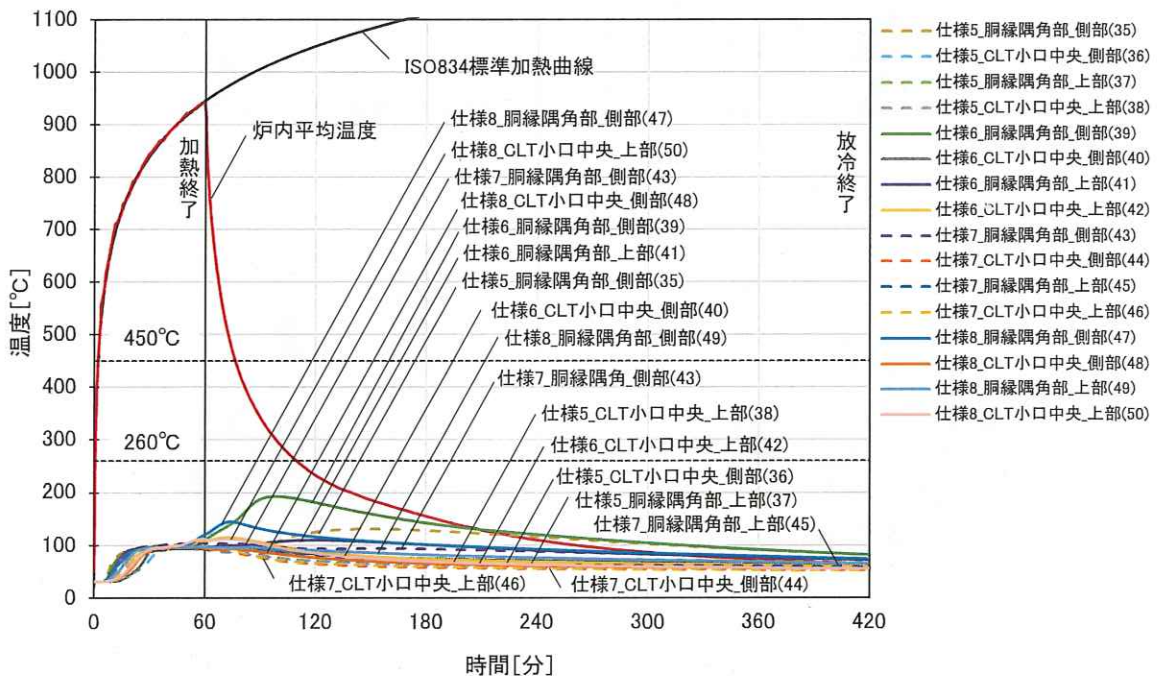


図 13 貫通部・仕様 5~8 の内部温度推移

(耐火被覆かぶせタイプ 仕様 5 : VP 管 50 / 仕様 6 : 鋼管 SGP50A)

(耐火被覆増張タイプ 仕様 7 : VP 管 50 / 仕様 8 : 鋼管 SGP50A)

□記録画像・設備貫通（解体写真）



写真 1-7 配管の解体時（仕様 1～4）



写真 1-8 配管の解体時（仕様 5～8）



写真 1-9 仕様 1,2 の解体時（胴縁）
（かぶせタイプ GB-F(V)21mm 厚×2 枚+RW）



写真 1-10 仕様 3,4 の解体時（胴縁）
（増張タイプ GB-F(V)21mm 厚×2 枚+RW）



写真 1-11 仕様 1 の解体時（CLT 躯体）
（かぶせタイプ VP 管 100,GB-F(V)21mm 厚×2 枚+RW）



写真 1-12 仕様 2 の解体時（CLT 躯体）
（かぶせタイプ 鋼管 100,GB-F(V)21mm 厚×2 枚+RW）

つづく



写真 1-13 仕様 3 の解体時 (CLT 躯体)
(増張タイプ VP 管 100,GB-F(V)21mm 厚×2 枚+RW)



写真 1-14 仕様 4 の解体時 (CLT 躯体)
(増張タイプ 鋼管 100,GB-F(V)21mm 厚×2 枚+RW)



写真 1-15 仕様 5,6 の解体時 (胴縁)
(かぶせタイプ GB-F(V)21mm 厚×2 枚+RW)



写真 1-16 仕様 7,8 の解体時 (胴縁)
(増張タイプ GB-F(V)21mm 厚×2 枚+RW)



写真 1-17 仕様 5 の解体時 (CLT 躯体)
(かぶせタイプ VP 管 50GB-F(V)21mm 厚×2 枚+RW)



写真 1-18 貫通部・仕様 6 の解体時
(かぶせタイプ 鋼管 50GB-F(V)21mm 厚×2 枚+RW)

つづく



写真 1-19 仕様 7 の解体時 (CLT 躯体)
(増張タイプ VP 管 50GB-F(V)21mm 厚×2 枚+RW)



写真 1-20 貫通部・仕様 8 の解体時
(増張タイプ 鋼管 50GB-F(V)21mm 厚×2 枚+RW)

■留め具

留め具の結果概要一覧、内部温度データ、記録画像（解体写真）を以降に示す。

実験終了時に全ての仕様で燃焼継続はなく、留め具が簡易に抜けない（手で引っ張っても抜けない）ことを確認した。木・鉄部（留め具と CLT 躯体の接触部）の温度は、加熱終了前後でピークを迎え、放置中は緩やかに低下する傾向になる。

ただし、仕様 10,15,16,18,21,24 の留め具は、簡易には抜けないが、左右に動く程度のがたつきが見受けられた。

表 7 1 時間耐火構造壁の留め具の結果概要一覧（試験体 1）

部位	必要な 防耐火 性能	仕様名	仕様 [mm]				付帯物※1	最高温度 木-鉄部 () 内の時間は260°C到達時間	炭化痕の有無 CLT	がたつき ※2		
			種類	頭径	胴径	長さ						
留め具 非 損 傷 性 （ 軀 体 の 燃 焼 ）		単 独	1	N65くぎ	7.5	3.05	65	なし	159.5°C/94分	なし	なし	
			2	N90くぎ	8.8	3.75	90	なし	187.2°C/63分	なし	なし	
			3	コーススレッドビス	8.7	4.5	90	なし	161.3°C/90分	なし	なし	
			4	コーススレッドビス	9.2	5.1	120	なし	192.9°C/63分	なし	なし	
			5	バネリード (P6-90 II+)	11.5	6	90	なし	181.3°C/66分	なし	なし	
			6	バネリード (P6-120 II+)	11.5	6	120	なし	167.5°C/67分	なし	なし	
			7	コーチボルトM6	六角	6	90	なし	164.3°C/75分	なし	なし	
			8	コーチボルトM9	六角	9	90	なし	321.4°C/62分 (48分)	あり (自消)	なし	
			9	コーチボルトM9	六角	9	125	なし	314.1°C/61分 (23分)	あり (自消)	なし	
			10	コーチボルトM12	六角	12	125	なし	361°C/62分 (34分)	あり (自消)	あり	
			23	バネリード (P6-110 II+)	11.5	6	110	なし	195.8°C/64分	なし	なし	
			24	コーチボルトM16	六角	16	100	なし	452.1°C/61分 (31分)	あり (自消)	あり	
			25	M12貫通ボルト+ナット	六角	12	155	なし	200.3°C/64分	あり (自消)	なし	
			26	バネリード (PX8-110)	10.8	8	110	なし	177°C/62分	なし	なし	
			複 合	11	コーススレッドビス	8.7	4.5	90	スギ胴縁15×45×L100	150.7°C/88分	なし	なし
				12	コーススレッドビス	8.7	4.5	90	鉄板t1.6×50幅×L100 (平板)	201.7°C/63分	なし	なし
				13	コーススレッドビス	8.7	4.5	90	鉄板t1.6×50幅×L100 (曲げ平板)	243.9°C/61分	なし	なし
				14	コーススレッドビス	8.7	4.5	90	鉄板t4.5×50幅×L100 (平板)	209.6°C/68分	なし	なし
				15	コーチボルトM9	六角	9	90	鉄板t4.5×50幅×L100 (平板)	405.4°C/61分 (30分)	あり (自消)	あり
				16	コーチボルトM9	六角	9	90	鉄板t4.5×100幅×L100 (平板)	317.7°C/65分 (47分)	あり (自消)	あり
			17	バネリード (P6-110 II+)	11.5	6	110	足場つなぎAタイプ (留め具2本)	211.9°C/66分	なし	なし	
			18	コーチボルトM16	六角	16	100	足場つなぎAタイプ (留め具2本)	421°C/59分 (31分)	あり (自消)	あり	
19	M12貫通ボルト+ナット	六角	12	155	足場つなぎAタイプ (留め具2本)	347.8°C/61分 (39分)	あり (自消)	なし				
20	バネリード (P6-110 II+)	11.5	6	110	足場つなぎBタイプ (留め具2本)	240°C/61分	なし	なし				
21	コーチボルトM16	六角	16	100	足場つなぎBタイプ (留め具2本)	367.4°C/60分 (28分)	あり (自消)	あり				
22	M12貫通ボルト+ナット	六角	12	155	足場つなぎBタイプ (留め具2本)	272.1°C/60分 (56分)	あり (自消)	なし				

※1 足場つなぎAタイプ=高ナットタイプ、Bタイプ=ワンウェイ束タイプ

※2 実験後の留め具のがたつきは、手で留め具を引っ張り、上下左右に動かない仕様を「なし」、抜けないが左右にぐらつく仕様「あり」と示す。

□内部温度データ(留め具)

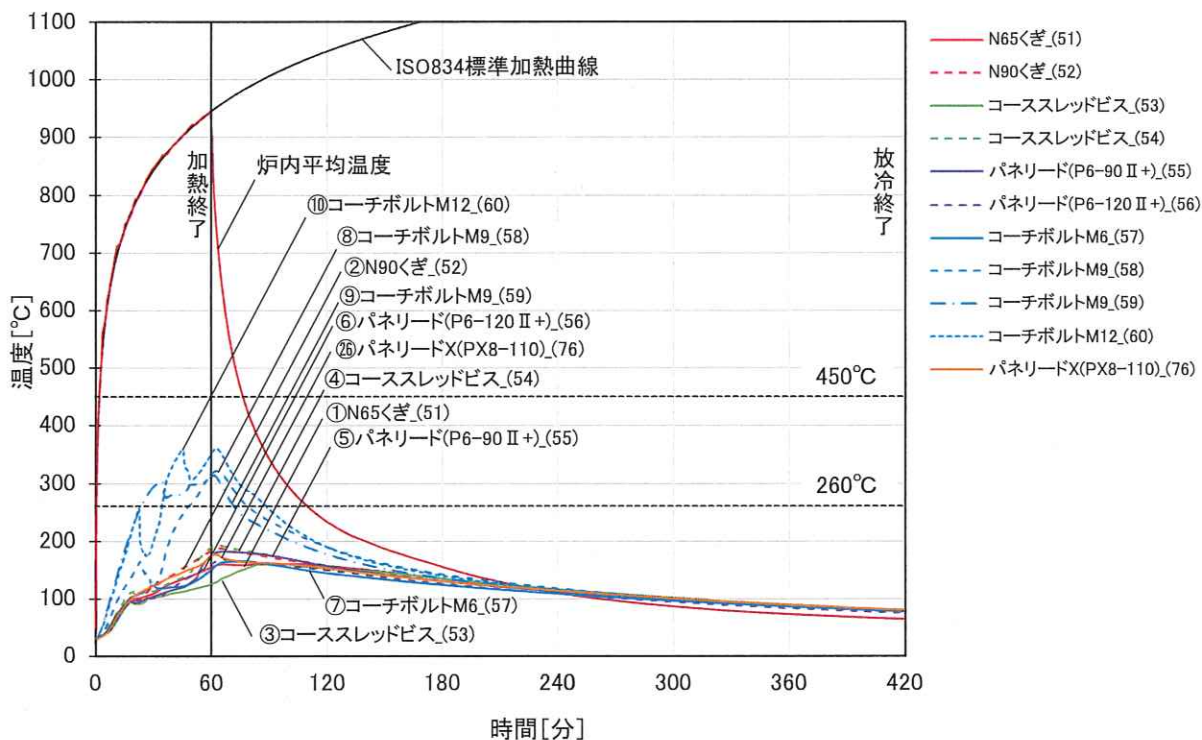


図 14 留め具 (単独)・仕様 1~10, 26 の内部温度推移

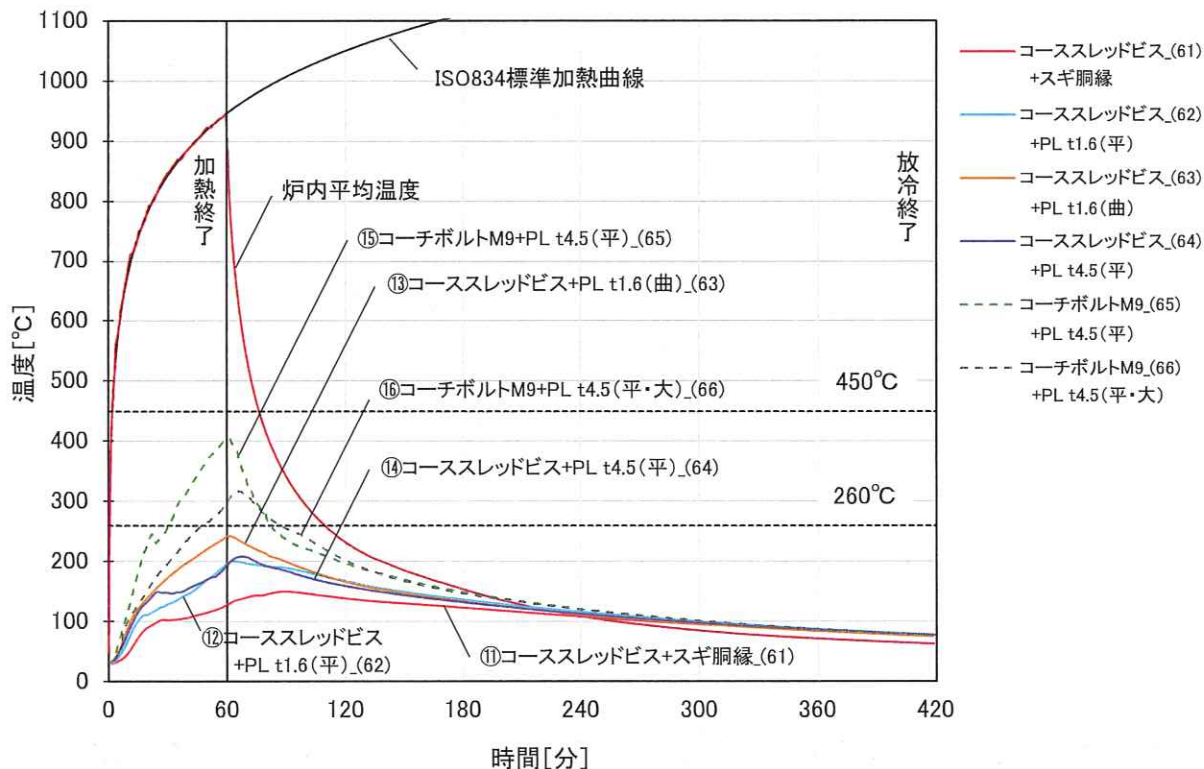


図 15 留め具 (複合)・仕様 11~16 の内部温度推移

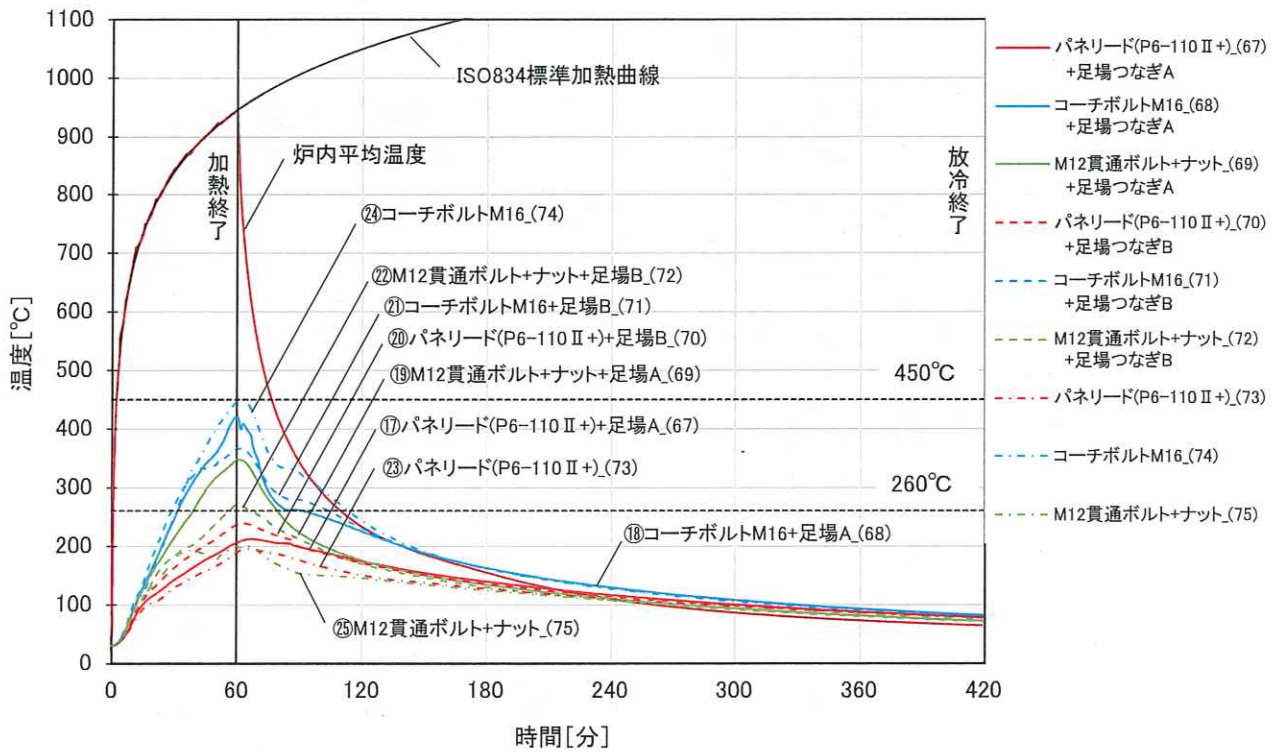


図 16 留め具（単独・複合）・仕様 17～25 の内部温度推移

□記録画像・留め具（解体写真）



写真 1-21 仕様 1 の解体時（CLT 表面）
（単独 N65 くぎ）



写真 1-22 仕様 1 の CLT 断面
（単独 N65 くぎ）



写真 1-23 仕様 2 の解体時（CLT 表面）
（単独 N90 くぎ）



写真 1-24 仕様 2 の CLT 断面
（単独 N90 くぎ）



写真 1-25 仕様 3 の解体時（CLT 表面）
（単独 コーススレッドビス L90）



写真 1-26 仕様 3 の CLT 断面
（単独 コーススレッドビス L90）

つづく



写真 1-27 仕様 4 の解体時 (CLT 表面)
(単独 コーススレッドビス L120)



写真 1-28 仕様 4 の CLT 断面
(単独 コーススレッドビス L120)



写真 1-29 仕様 5 の解体時 (CLT 表面)
(単独 パネリード (P6-90 II+))



写真 1-30 仕様 5 の CLT 断面
(単独 パネリード (P6-90 II+))



写真 1-31 仕様 6 の解体時 (CLT 表面)
(単独 パネリード (P6-120 II+))



写真 1-32 仕様 6 の CLT 断面
(単独 パネリード (P6-120 II+))

つづく



写真 1-33 仕様 7 の解体時 (CLT 表面)
(単独 コーチボルト M6)
※解体時にコーチボルトの破断を確認



写真 1-34 仕様 7 の CLT 断面
(単独 コーチボルト M6)



写真 1-35 仕様 8 の解体時 (CLT 表面)
(単独 コーチボルト M9,L90)



写真 1-36 仕様 8 の CLT 断面
(単独 コーチボルト M9,L90)



写真 1-37 仕様 9 の解体時 (CLT 表面)
(単独 コーチボルト M9,L125)



写真 1-38 仕様 9 の CLT 断面
(単独 コーチボルト M9,L125)

つづく



写真 1-39 仕様 10 の解体時 (CLT 表面)
(単独 コーチボルト M12)

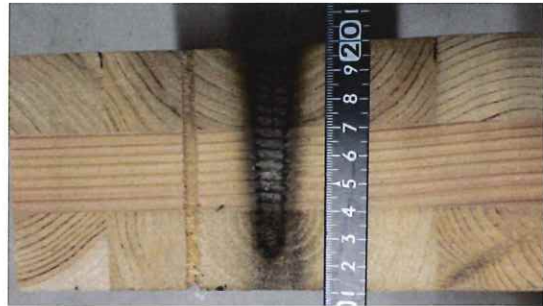


写真 1-40 仕様 10 の CLT 断面
(単独 コーチボルト M12)



写真 1-41 仕様 26 の解体時 (CLT 表面)
(単独 パネリード (PX8-110))



写真 1-42 仕様 26 の CLT 断面
(単独 パネリード (PX8-110))



写真 1-43 仕様 11 の解体時 (CLT 表面)
(複合 コーススレッドビス L90+木胴縁)



写真 1-44 仕様 11 の CLT 断面
(複合 コーススレッドビス L90+木胴縁)

つづく



写真 1-45 仕様 12 の解体時 (CLT 表面)
(複合 コーススレッドビス L90+鉄平板 t1.6)

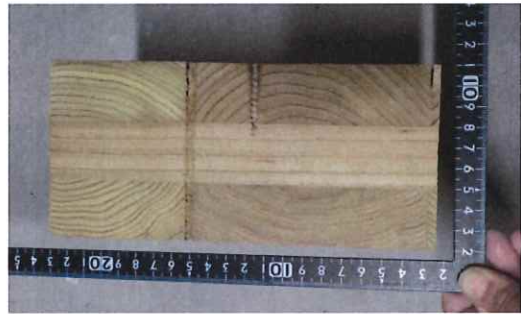


写真 1-46 仕様 12 の CLT 断面
(複合 コーススレッドビス L90+鉄平板 t1.6)



写真 1-47 仕様 13 の解体時 (CLT 表面)
(複合 コーススレッドビス L90+鉄曲平板 t1.6)



写真 1-48 仕様 13 の CLT 断面
(複合 コーススレッドビス L90+鉄曲平板 t1.6)



写真 1-49 仕様 14 の解体時 (CLT 表面)
(複合 コーススレッドビス L90+鉄平板 t4.5)



写真 1-50 仕様 14 の CLT 断面
(複合 コーススレッドビス L90+鉄平板 t4.5)

つづく



写真 1-51 仕様 15 の解体時 (CLT 表面)
(複合 コーチボルト M9+鉄平板 t4.5)

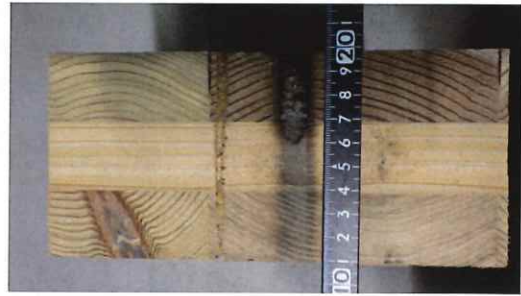


写真 1-52 仕様 15 の CLT 断面
(複合 コーチボルト M9+鉄平板 t4.5)



写真 1-53 仕様 16 の解体時 (CLT 表面)
(複合 コーチボルト M9+鉄平板 t4.5)



写真 1-54 仕様 16 の CLT 断面
(複合 コーチボルト M9+鉄平板 t4.5)



写真 1-55 仕様 17 の解体時 (CLT 表面)
(複合・協会 パネリード(P6-110 II+)+足 A)



写真 1-56 仕様 17 の CLT 断面
(複合・協会 パネリード(P6-110 II+)+足 A)

つづく



写真 1-57 仕様 18 の解体時 (CLT 表面)
(複合・協会 コーチボルト M16+足 A)

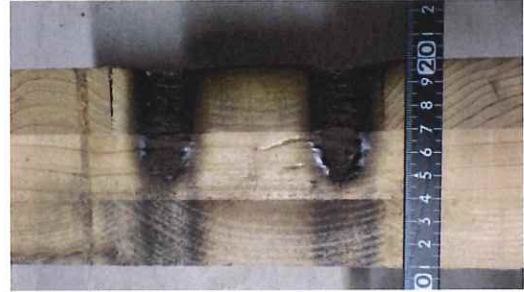


写真 1-58 仕様 18 の CLT 断面
(複合・協会 コーチボルト M16+足 A)



写真 1-59 仕様 19 の解体時 (CLT 表面)
(複合・協会 M12 貫通ボルト+ナット足 A)

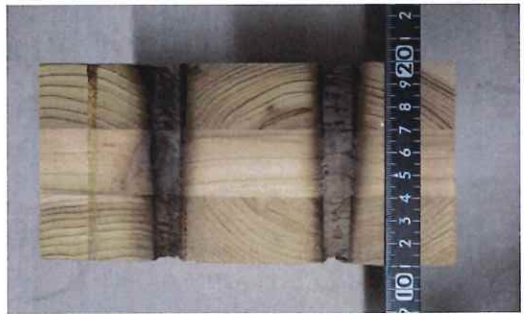


写真 1-60 仕様 19 の CLT 断面
(複合・協会 M12 貫通ボルト+ナット足 A)



写真 1-61 仕様 20 の解体時 (CLT 表面)
(複合・協会 パネリード(P6-110 II+)+足 B)

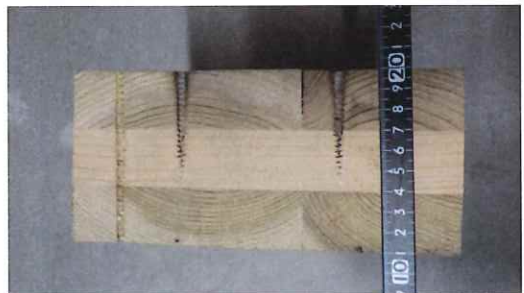


写真 1-62 仕様 20 の CLT 断面
(複合・協会 パネリード(P6-110 II+)+足 B)

つづく



写真 1-63 仕様 21 の解体時 (CLT 表面)
(複合・協会 コーチボルト M16+足 B)

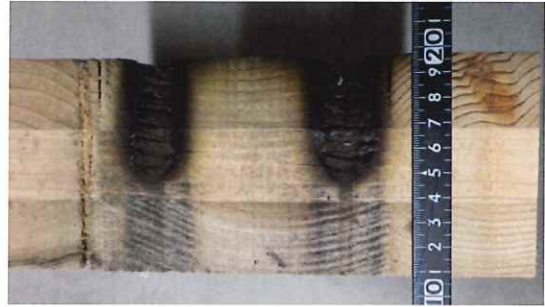


写真 1-64 仕様 21 の CLT 断面
(複合・協会 コーチボルト M16+足 B)



写真 1-65 仕様 22 の解体時 (CLT 表面)
(複合・協会 M12 貫通ボルト+ナット+足 B)



写真 1-66 仕様 22 の CLT 断面
(複合・協会 M12 貫通ボルト+ナット+足 B)



写真 1-67 仕様 23 の解体時 (CLT 表面)
(複合・協会 パネリード(P6-110 II+))



写真 1-68 仕様 23 の CLT 断面
(複合・協会 パネリード(P6-110 II+))

つづく



写真 1-69 仕様 24 の解体時 (CLT 表面)
(複合・協会 コーチボルト M16)



写真 1-70 仕様 24 の CLT 断面
(複合・協会 コーチボルト M16)



写真 1-71 仕様 25 の解体時 (CLT 表面)
(複合・協会 M12 貫通ボルト+ナット)



写真 1-72 仕様 25 の CLT 断面
(複合・協会 M12 貫通ボルト+ナット)

□記録画像（試験体1）



写真 1-73 加熱面・実験開始前



写真 1-74 加熱面・脱炉時
(1時間加熱・6時間放置)



写真 1-75 非加熱面・実験開始時

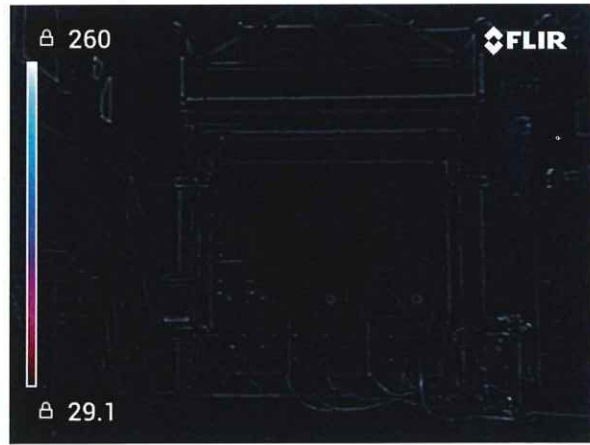


写真 1-76 非加熱面・実験開始時（熱映像）



写真 1-77 非加熱面・実験終了時

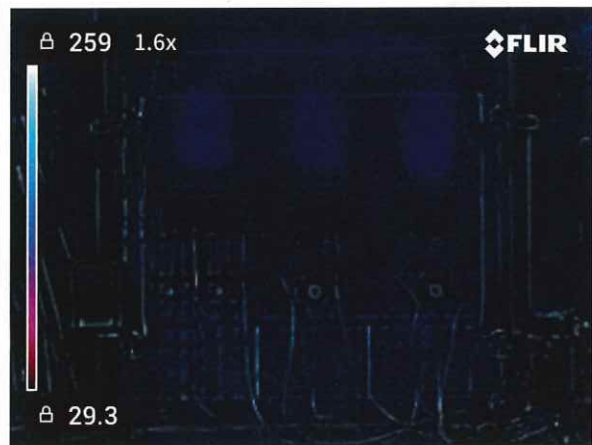


写真 1-78 非加熱面・実験終了時（熱映像）

つづく

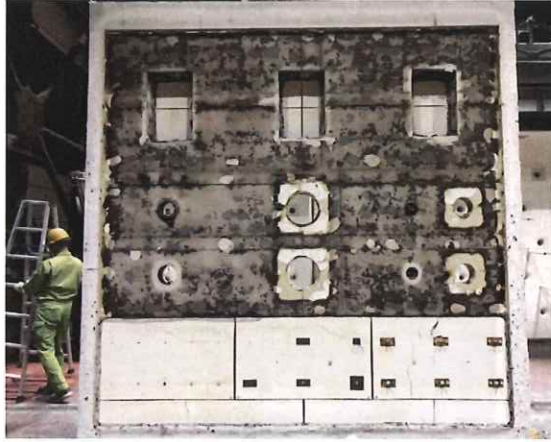


写真 1-79 加熱面・脱炉直後の解体時
(開口小口・貫通部の下張材)

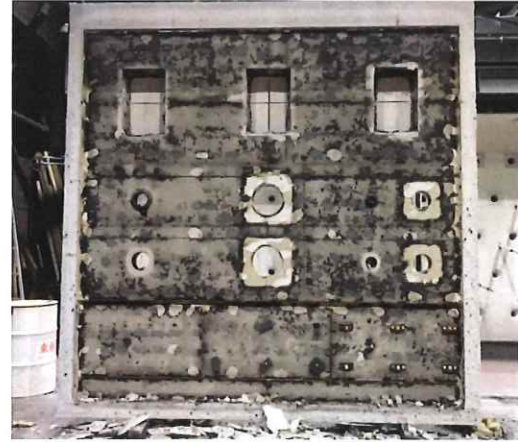


写真 1-80 加熱面・脱炉直後の解体時
(留め具の下張材)



写真 1-81 加熱面・脱炉直後の解体時
(開口小口・貫通部の胴縁・断熱材)



写真 1-82 加熱面・脱炉直後の解体時
(CLT 表面・留め具仕様 1~10)

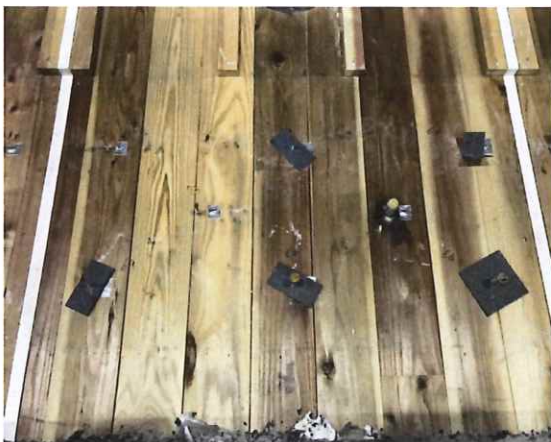


写真 1-83 加熱面・脱炉直後の解体時
(CLT 表面・留め具仕様 11~16,23,24)



写真 1-84 加熱面・脱炉直後の解体時
(CLT 表面・留め具仕様 17~12,25,26)

(1) 試験体 2

検証対象：壁（耐力壁、非耐力壁）

検証内容：1 時間耐火構造※

※1 時間加熱後+4 時間放置後に試験体内部温度が低下傾向にあったため、終了。

構造躯体：CLT90mm 厚（スギ、3 層 3 プライ、水性高分子イソシアネート樹脂系接着剤）

構造躯体の耐火被覆：強化せっこうボード GB-F(V)21mm 厚×2 枚（両面）

■開口小口

開口小口の結果概要一覧、内部温度データ、記録画像（解体写真）を以降に示す。

仕様 1 は、上下枠・縦枠ともに CLT 躯体に変色や炭化はみられなかった。また、仕様 2 については、下枠にのみ CLT 躯体に部分的に炭化がみられたが、実験終了時には燃え止まり、自消しているのを確認した。

表 8 1 時間耐火構造壁の開口小口の結果概要一覧（試験体 2）

部位	必要な防耐火性能	仕様名	仕様		260°C到達時間			炭化の有無		
					胴縁	CLT躯体		胴縁	CLT	
					隅角部	隅角部	小口中央			
開口小口	非損傷性（躯体の燃焼）	仕様1	四周ともに 強化せっこうボードGB-F(V)25mm厚 +スギ38mm厚	不燃 胴縁	縦枠	到達せず (最高169.2°C)	到達せず (最高161.7°C)	到達せず (最高122.3°C)	不燃	なし
					上枠	—	—	—	不燃	なし
					下枠	到達せず (最高248.6°C)	213分 (5)	225分 (6)	不燃	なし
		仕様2	四周ともに 強化せっこうボードGB-F(V)25mm厚 +スギ38mm厚 +出隅補強（アルミ箔テープ）	木製 胴縁	縦枠	到達せず (最高221°C)	到達せず (最高208.2°C)	到達せず (最高149.5°C)	なし	なし
					上枠	—	—	—	なし	なし
					下枠	204分 (10)	208分 (11)	221分 (12)	あり (自消)	あり (自消)

口内部温度データ(開口小口)

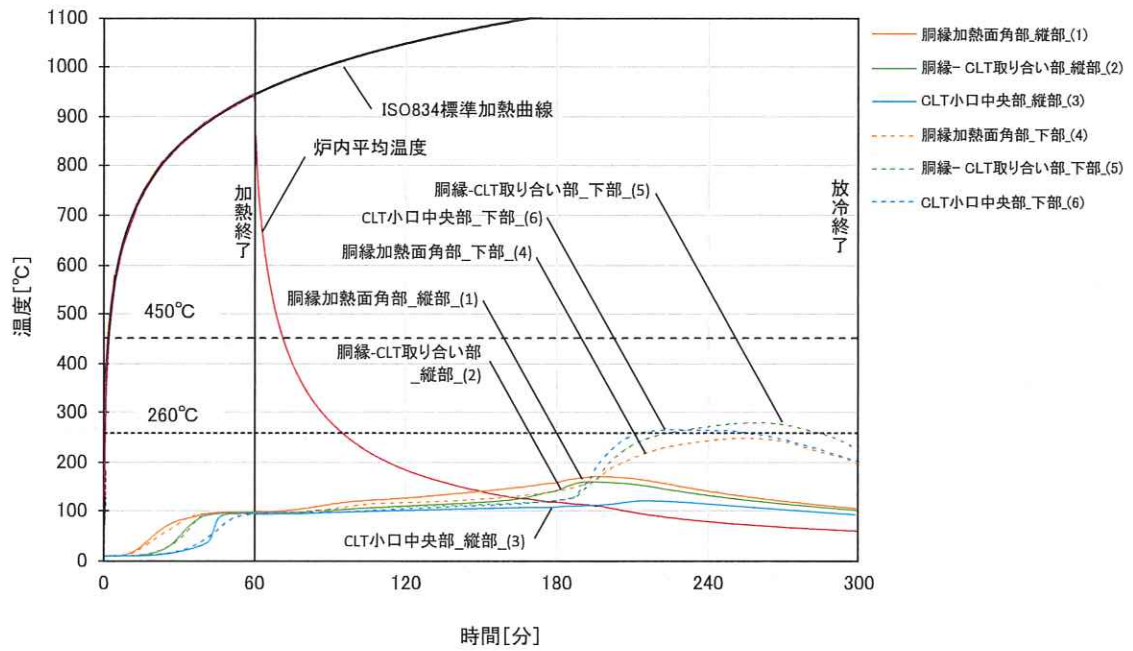


図 17 開口小口・仕様 1 の内部温度推移 (GB-F (V) 25mm+スギ 38mm+不燃胴縁)

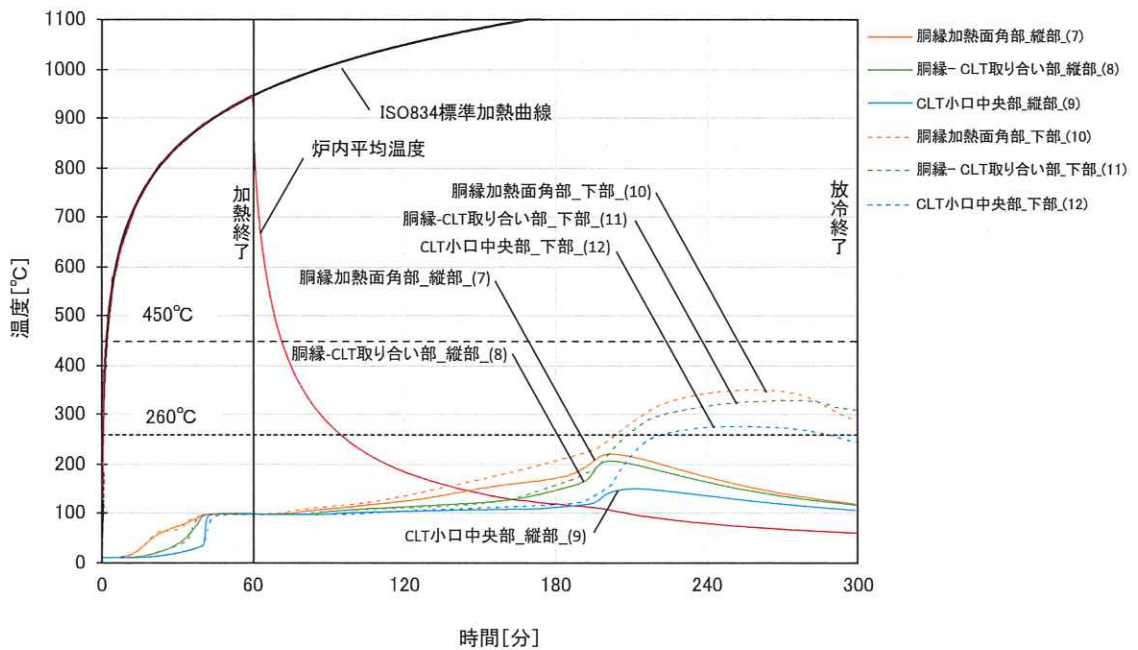


図 18 開口小口・仕様 2 の内部温度推移
(GB-F (V) 25mm+スギ 38mm+木製胴縁+アルミ箔テープ+ビス増し打ち)

口記録画像・開口小口（解体写真）



写真 2-1 仕様 1 の解体時（不燃胴縁）

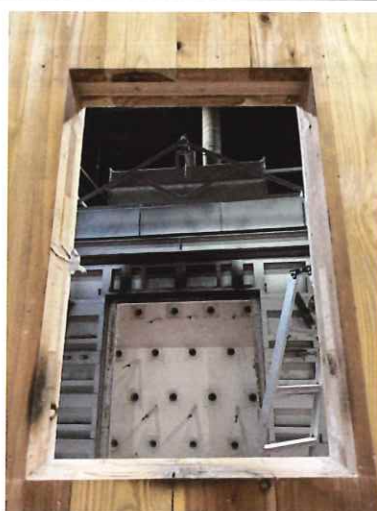


写真 2-2 仕様 1 の解体時（CLT 躯体）



写真 2-3 仕様 2 の解体時
（木製胴縁）



写真 2-4 仕様 2 の解体時（CLT 躯体）

■留め具

留め具の結果概要一覧、内部温度データ、記録画像（解体写真）を以降に示す。

実験終了時に全ての仕様で燃焼継続はなく、胴縁 25mm 厚ありの場合は仕様 1,3,9,10～15、直貼りの場合は仕様 17～23,25～30,32,35,36 において留め具が簡易に抜けない（手で引っ張っても抜けない）ことを確認した。

ただし、胴縁 25mm 厚ありの場合では仕様 13～15、直貼りの場合では仕様 17,20～22,25,27～30,32 の留め具にて、簡易には抜けないが、左右に動く程度のがたつきが見受けられた。また胴縁 25mm 厚ありの場合では仕様 2,4～7、直貼りの場合では仕様 24,31,33,34 の留め具にて、実験終了時に容易に手で引き抜けることを確認した。

表 9 1 時間耐火構造壁の留め具の結果概要一覧（試験体 2）

部位	必要な 防耐火 性能	No.	仕様 [mm]					最高温度※2 木-鉄部 ()内の時間は260°C到達時間	炭化痕の有無 CLT	がたつき ※3	
			構成	留め具の種類	頭径	胴径	長さ				付帯物※1
留め具 (躯体の 燃焼)	非 損 傷 性	1	胴 縁 2 5 m m 厚 あ り	コーチボルトM9	六角	9	90	なし(断熱材あり部)	330.3°C/62分(36分)	あり(自消)	なし
		2		コーチボルトM16	六角	16	100	なし(断熱材あり部)	431.2°C/63分(31分)	あり(自消)	×(抜ける)
		3		コーチボルトM16	六角	16	125	なし(断熱材あり部)	436.5°C/63分(33分)	あり(自消)	なし
		4		コーチボルトM9	六角	9	90	鉄板14.5×50幅×L100(平板)(断熱材あり部)	279.5°C/61分(47分)	あり(自消)	×(抜ける)
		5		コーチボルトM16	六角	16	100	鉄板14.5×50幅×L100(平板)(断熱材あり部)	451.8°C/63分(26分)	あり(自消)	×(抜ける)
		6		コーチボルトM16	六角	16	100	鉄板14.5×100幅×L100(平板)(断熱材あり部)	470.4°C/62分(26分)	あり(自消)	×(抜ける)
		7		コーチボルトM16	六角	16	100	鉄板11.6×100幅×L100(平板)(断熱材あり部)	470.8°C/62分(24分)	あり(自消)	×(抜ける)
		8		—(留め具なし)	—	—	—	—	95.3°C/52分	—	—
		9		コーチボルトM9	六角	9	90	なし(断熱材なし部)	249.5°C/62分	あり(自消)	なし
		10		コーチボルトM16	六角	16	100	なし(断熱材なし部)	317.8°C/62分(39分)	あり(自消)	なし
		11		コーチボルトM16	六角	16	125	なし(断熱材なし部)	354.9°C/62分(32分)	あり(自消)	なし
		12		コーチボルトM9	六角	9	90	鉄板14.5×50幅×L100(平板)(断熱材なし部)	316.2°C/60分(29分)	あり(自消)	なし
		13		コーチボルトM16	六角	16	100	鉄板14.5×50幅×L100(平板)(断熱材なし部)	354.9°C/62分(26分)	あり(自消)	あり
		14		コーチボルトM16	六角	16	100	鉄板14.5×100幅×L100(平板)(断熱材なし部)	328.8°C/61分(23分)	あり(自消)	あり
		15		コーチボルトM16	六角	16	100	鉄板11.6×100幅×L100(平板)(断熱材なし部)	333.1°C/62分(33分)	あり(自消)	あり
		16		—(留め具なし)	—	—	—	—	97.1°C/53分	—	—
		17	コーチボルトM16	六角	16	100	GW24K25厚(100角)で留め具頭をカバー(仕様1)	383.6°C/64分(46分)	あり(自消)	あり	
		18	コーチボルトM16	六角	16	100	RW24K25厚(100角)で留め具頭をカバー(仕様2)	276.9°C/63分(60分)	なし	なし	
		19	コーチボルトM16	六角	16	100	AES25厚(100角)で留め具頭をカバー(仕様3)	138.2°C/65分	なし	なし	
		20	コーチボルトM16	六角	16	100	ASボンドで留め具頭をカバー(仕様4)	497.8°C/61分(22分)	あり(自消)	なし	
		21	コーチボルトM16	六角	16	100	加熱発泡材で留め具頭をカバー(仕様5)	512°C/62分(25分)	あり(自消)	あり	
		22	コーチボルトM16	六角	16	100	スチール缶で留め具頭をカバー(仕様6)	507.7°C/61分(28分)	あり(自消)	なし	
		23	コーチボルトM9	六角	9	90	鉄板14.5×50幅×L100(平板)(仕様1でカバー)	383.6°C/62分(36分)	あり(自消)	なし	
		24	コーチボルトM16	六角	16	100	鉄板14.5×50幅×L100(平板)(仕様1でカバー)	473.7°C/62分(32分)	あり(自消)	×(抜ける)	
		25	コーチボルトM16	六角	16	100	鉄板14.5×100幅×L100(平板)(仕様1でカバー)	480.7°C/63分(33分)	あり(自消)	あり	
		26	コーチボルトM9	六角	9	90	鉄板14.5×50幅×L100(平板)(仕様2でカバー)	320.3°C/63分(50分)	あり(自消)	なし	
		27	コーチボルトM16	六角	16	100	鉄板14.5×50幅×L100(平板)(仕様2でカバー)	343.7°C/67分(55分)	あり(自消)	あり	
		28	コーチボルトM16	六角	16	100	鉄板14.5×100幅×L100(平板)(仕様2でカバー)	355.4°C/67分(51分)	あり(自消)	あり	
		29	コーチボルトM9	六角	9	90	強化せっこうボード12.5×100×100	337.2°C/62分(39分)	あり(自消)	あり	
		30	コーチボルトM9	六角	9	90	強化せっこうボード21×100×100	287.5°C/62分(49分)	あり(自消)	あり	
		31	コーチボルトM16	六角	16	100	強化せっこうボード12.5×100×100	484.8°C/62分(28分)	あり(自消)	×(抜ける)	
		32	コーチボルトM16	六角	16	100	強化せっこうボード21×100×100	486.5°C/62分(29分)	あり(自消)	あり	
		33	コーチボルトM16	六角	16	100	足場つなぎ改良版1タイプ(M16@80-2本)	338.3°C/60分(32分)	あり(自消)	×(抜ける)	
		34	コーチボルトM16	六角	16	100	足場つなぎ改良版2タイプ(M16@120-2本)	418.6°C/59分(23分)	あり(自消)	×(抜ける)	
		35	コーチボルトM16	六角	16	100	外壁再現1:足場つなぎ改良版1タイプ(M16@80-2本)	206.1°C/76分	なし	なし	
		36	コーチボルトM16	六角	16	100	外壁再現2:足場つなぎ改良版1タイプ(M16@80-2本)	120.3°C/105分	なし	なし	

※1 No.35, No.36の外壁仕様は下記内容とする。

外壁再現1: GB-F(V)21mm厚×2枚張り+産業系サイディング(NYG標準板)15mm厚

外壁再現2: GB-F(V)15mm厚+ALC50mm厚

※2 No.8, No.16は、CLT表面(木部)、その他はCLT表面(木部)-留め具(鉄部)の取り合い部の温度を示す。

※3 実験後の留め具の「がたつき」の有無は、留め具を手で引っ張り上下左右に動かない仕様を「なし」、留め具は抜けないが動く仕様「あり」と示す。
また容易に留め具が抜ける場合には「×(抜ける)」と記載する。

□内部温度データ(留め具)

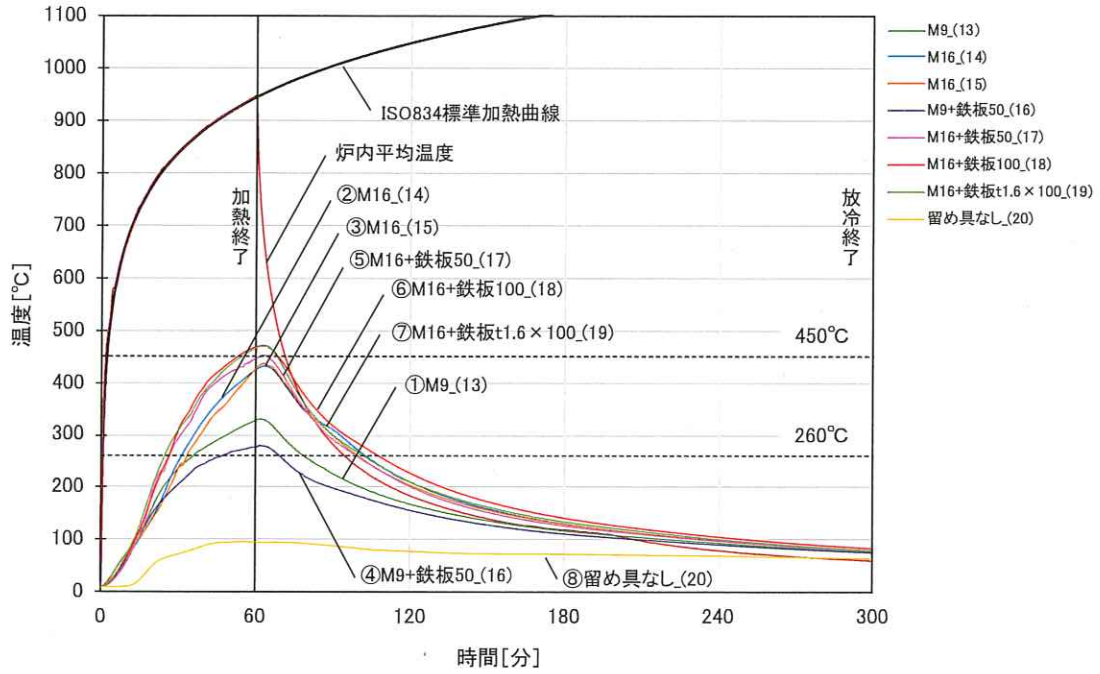


図 19 留め具 (胴縁 25mm 厚+GW24K25mm 厚)・仕様 1~8 の内部温度推移

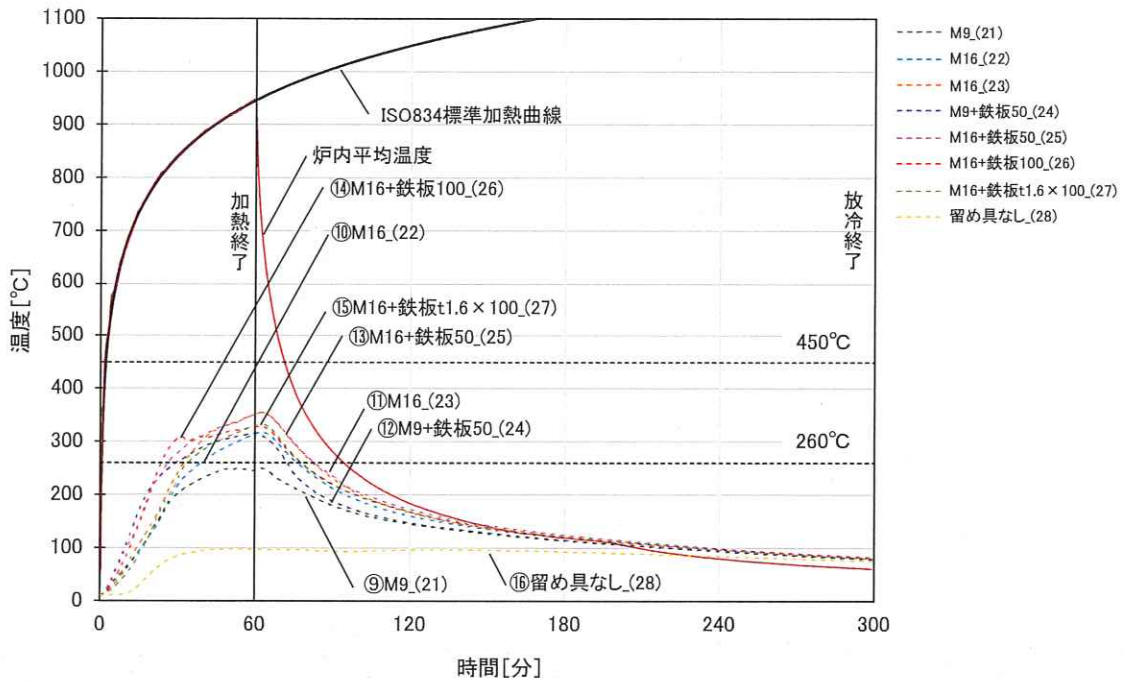


図 20 留め具 (胴縁 25mm 厚+断熱材なし)・仕様 9~16 の内部温度推移

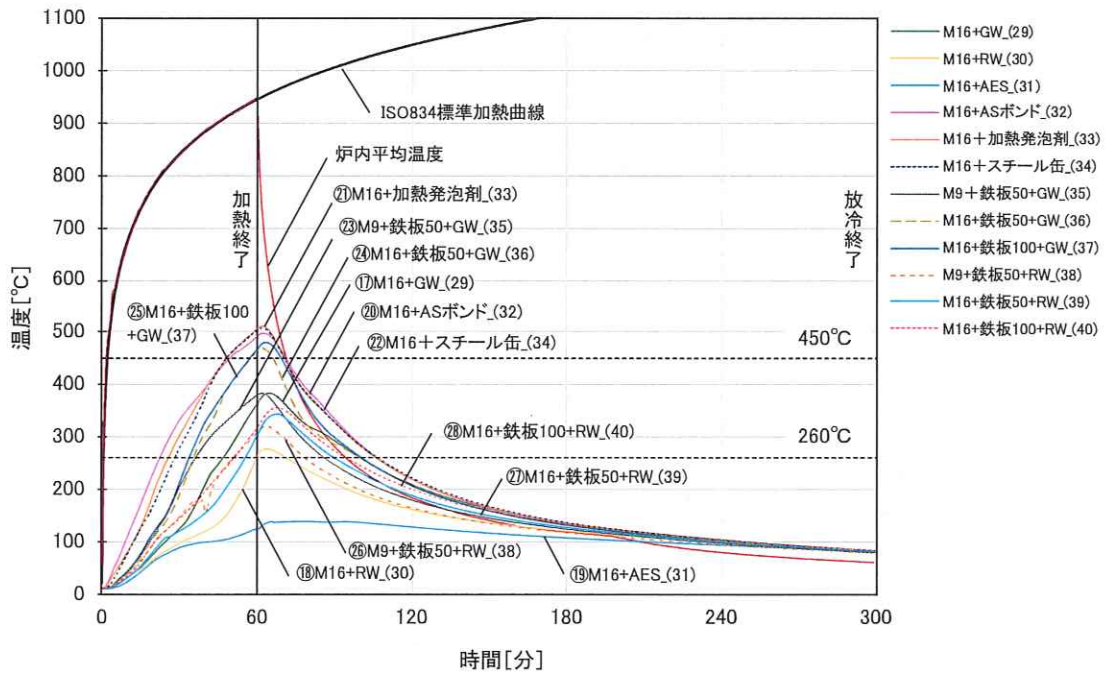


図 21 留め具（直貼り+留め具頭カバー）・仕様 17~28 の内部温度推移

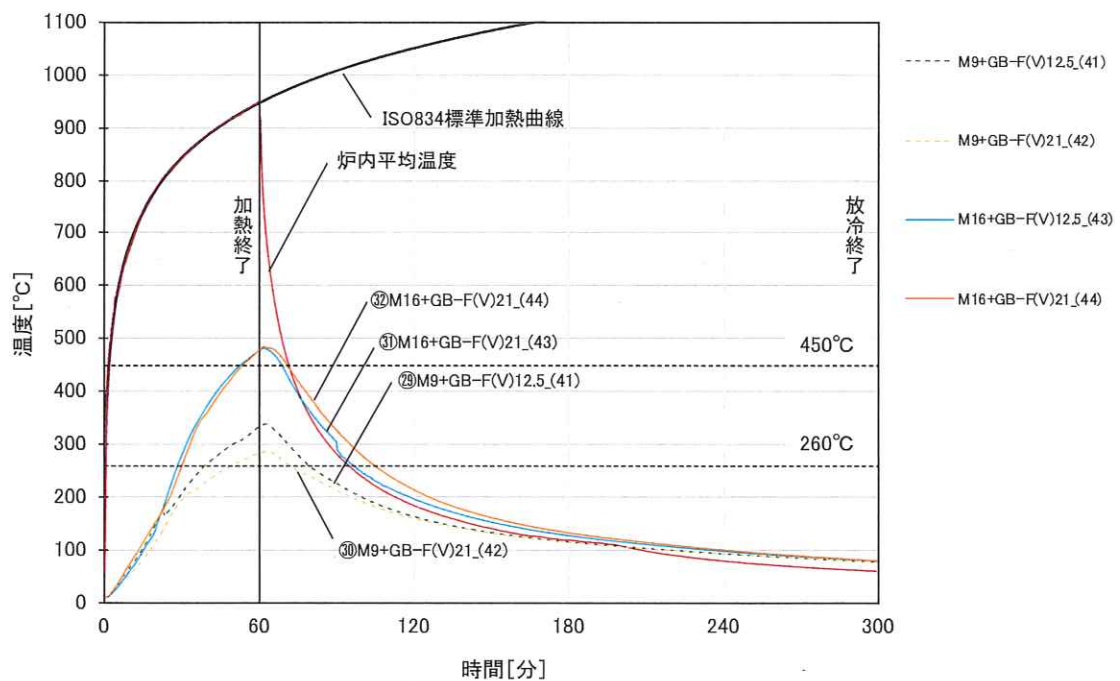


図 22 留め具（直貼り+耐火被覆増し張り）・仕様 29~32 の内部温度推移

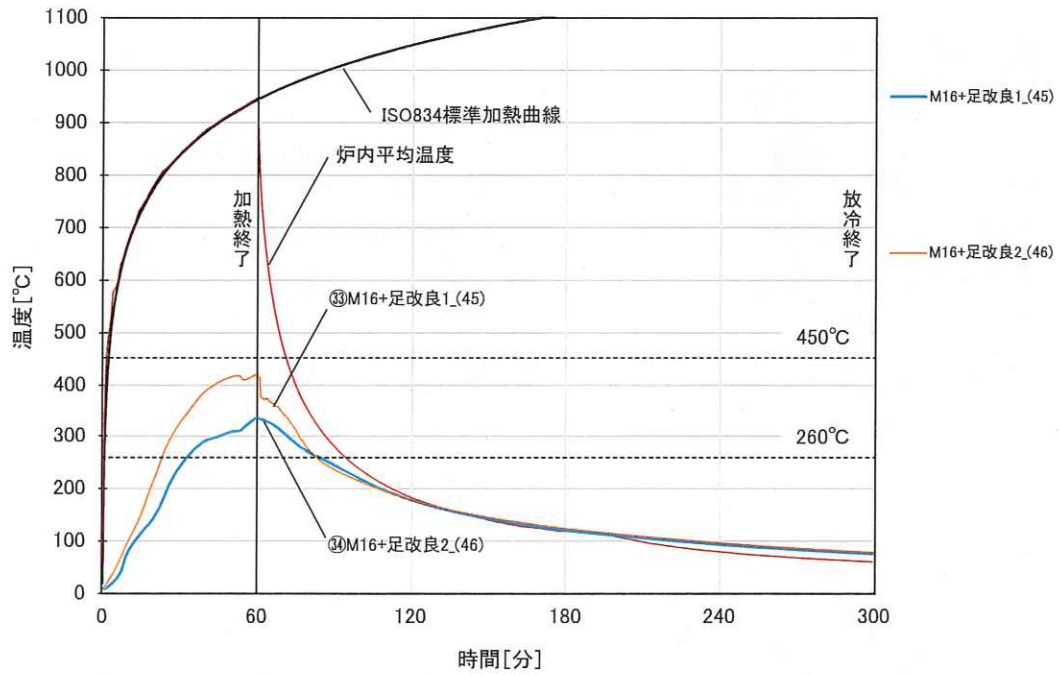


図 23 留め具（直貼り＋複合）・仕様 33, 34 の内部温度推移

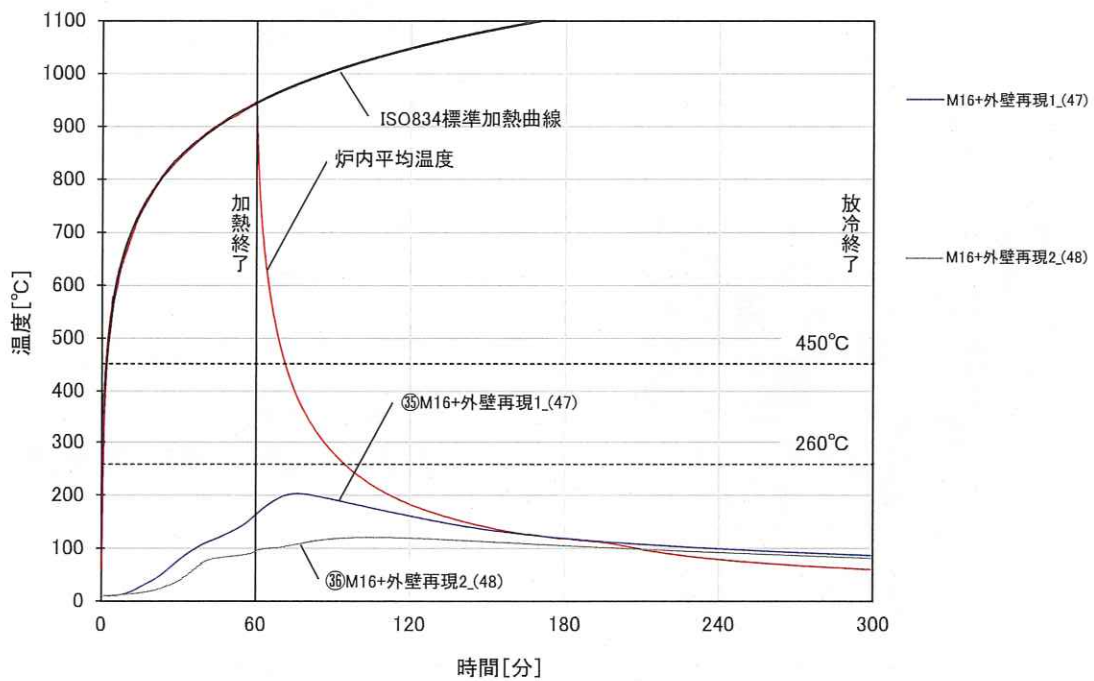


図 24 留め具（直貼り＋外壁再現）・仕様 35, 36 の内部温度推移

□記録画像・留め具（解体写真）



写真 2-5 仕様 1 の解体時 (CLT 表面)
(胴縁+断熱材 コーチボルト M9)

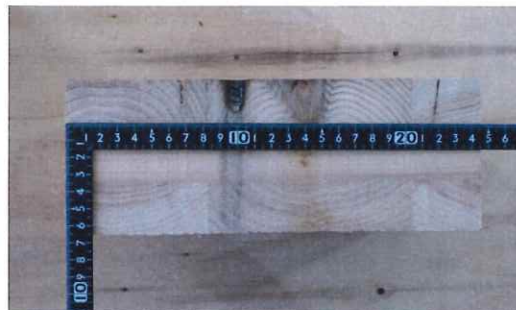


写真 2-6 仕様 1 の CLT 断面
(胴縁+断熱材 コーチボルト M9)



写真 2-7 仕様 2 の解体時 (CLT 表面)
(胴縁+断熱材 コーチボルト M16/L100)

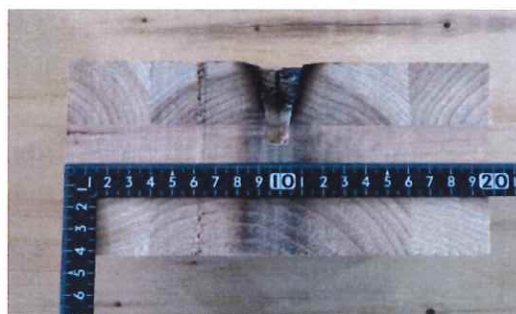


写真 2-8 仕様 2 の CLT 断面
(胴縁+断熱材 コーチボルト M16/L100)



写真 2-9 仕様 3 の解体時 (CLT 表面)
(胴縁+断熱材 コーチボルト M16/L125)

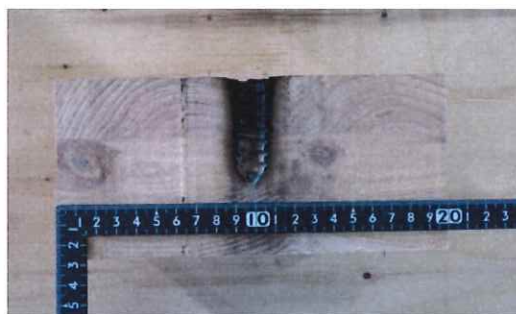


写真 2-10 仕様 3 の CLT 断面
(胴縁+断熱材 コーチボルト M16/L125)

つづく



写真 2-11 仕様 4 の解体時 (CLT 表面)
(胴縁+断熱材 コーチボルト M9+鉄板)

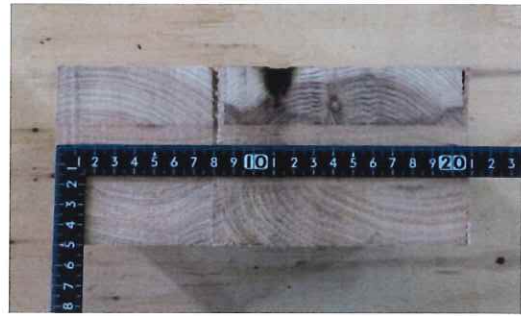


写真 2-12 仕様 4 の CLT 断面
(胴縁+断熱材 コーチボルト M9+鉄板)



写真 2-13 仕様 5 の解体時 (CLT 表面)
(胴縁+断熱材 コーチボルト M16+鉄板)

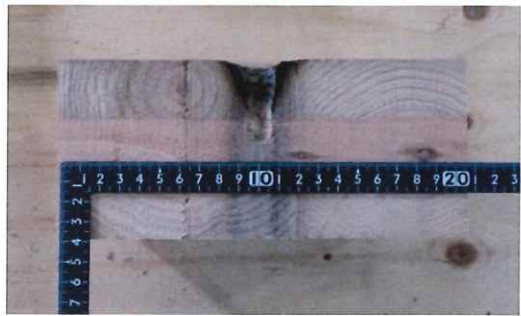


写真 2-14 仕様 5 の CLT 断面
(胴縁+断熱材 コーチボルト M16+鉄板)



写真 2-15 仕様 6 の解体時 (CLT 表面)
(胴縁+断熱材 コーチボルト M16+鉄板大)



写真 2-16 仕様 6 の CLT 断面
(胴縁+断熱材 コーチボルト M16+鉄板大)

つづく



写真 2-17 仕様 7 の解体時 (CLT 表面)
(胴縁+断熱材 コーチボルト M16+鉄板薄)

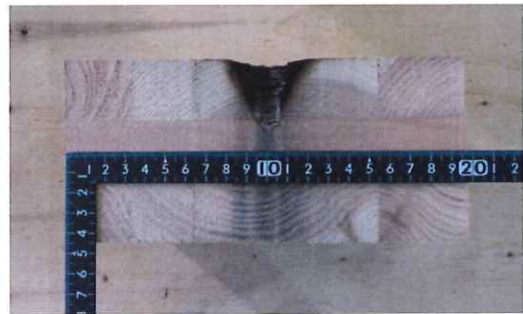


写真 2-18 仕様 7 の CLT 断面
(胴縁+断熱材 コーチボルト M16+鉄板薄)

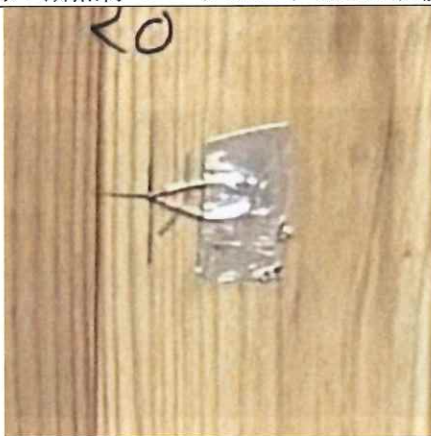


写真 2-19 仕様 8 の解体時 (CLT 表面)
(胴縁+断熱材 留め具なし)

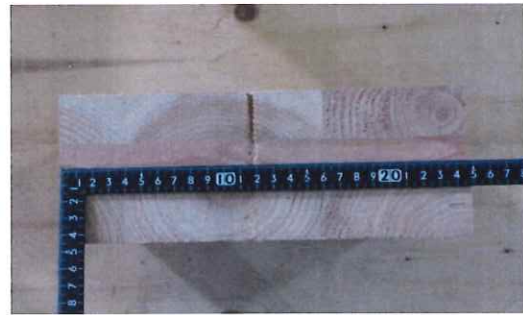


写真 2-20 仕様 8 の CLT 断面
(胴縁+断熱材 留め具なし)



写真 2-21 仕様 9 の解体時 (CLT 表面)
(胴縁 コーチボルト M9)

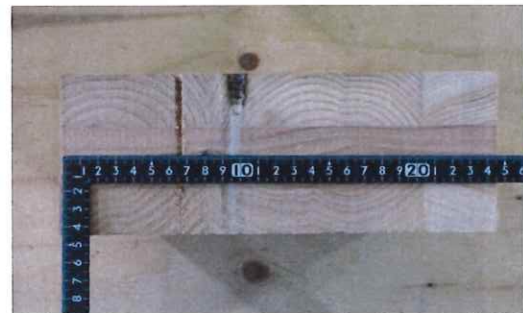


写真 2-22 仕様 9 の CLT 断面
(胴縁 コーチボルト M9)

つづく



写真 2-23 仕様 10 の解体時 (CLT 表面)
(胴縁 コーチボルト M16/L100)

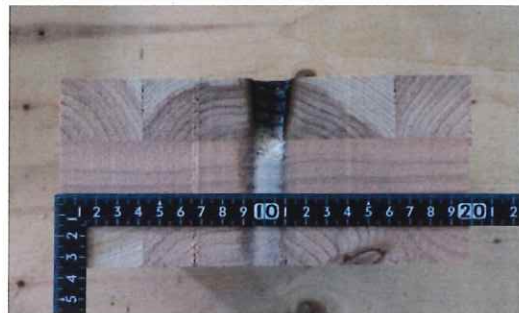


写真 2-24 仕様 10 の CLT 断面
(胴縁 コーチボルト M16/L100)



写真 2-25 仕様 11 の解体時 (CLT 表面)
(胴縁 コーチボルト M16/L125)



写真 2-26 仕様 11 の CLT 断面
(胴縁 コーチボルト M16/L125)



写真 2-27 仕様 12 の解体時 (CLT 表面)
(胴縁 コーチボルト M9+鉄板)

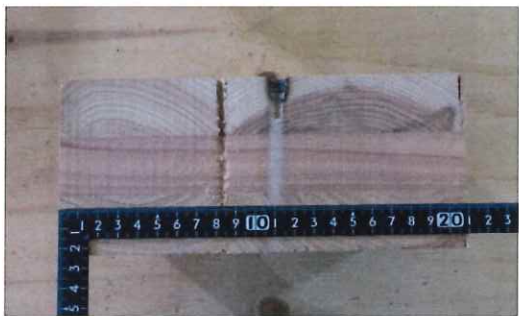


写真 2-28 仕様 12 の CLT 断面
(胴縁 コーチボルト M9+鉄板)

つづく



写真 2-29 仕様 13 の解体時 (CLT 表面)
(胴縁 コーチボルト M16+鉄板)

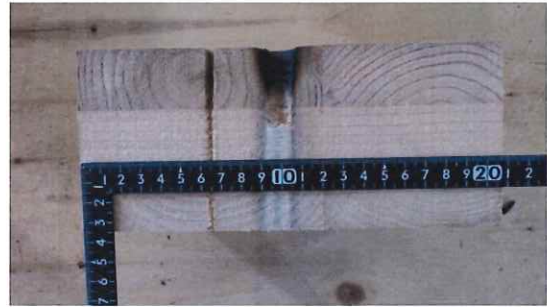


写真 2-30 仕様 13 の CLT 断面
(胴縁 コーチボルト M16+鉄板)

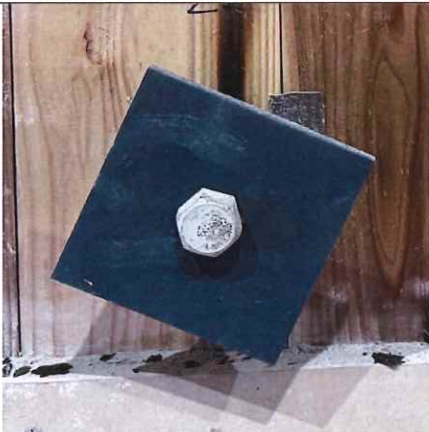


写真 2-31 仕様 14 の解体時 (CLT 表面)
(胴縁 コーチボルト M16+鉄板大)

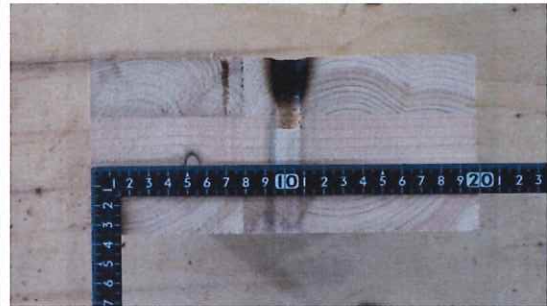


写真 2-32 仕様 14 の CLT 断面
(胴縁 コーチボルト M16+鉄板大)

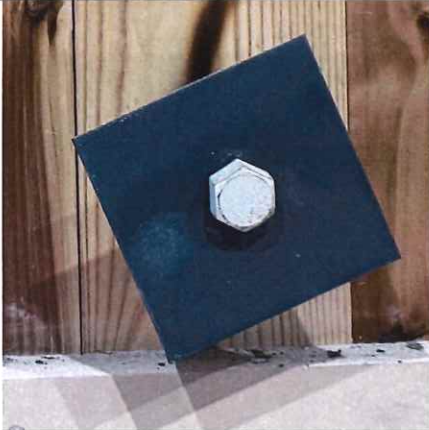


写真 2-33 仕様 15 の解体時 (CLT 表面)
(胴縁 コーチボルト M16+鉄板薄)

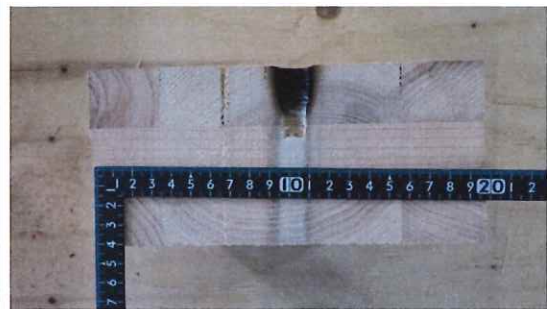


写真 2-34 仕様 15 の CLT 断面
(胴縁 コーチボルト M16+鉄板薄)

つづく

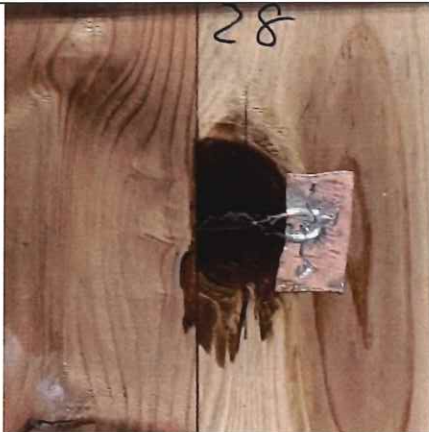


写真 2-35 仕様 16 の解体時 (CLT 表面)
(胴縁 留め具なし)



写真 2-36 仕様 16 の CLT 断面
(胴縁 留め具なし)



写真 2-37 仕様 17 の解体時 (CLT 表面)
(直貼 コーチボルト M16+GW カバー)

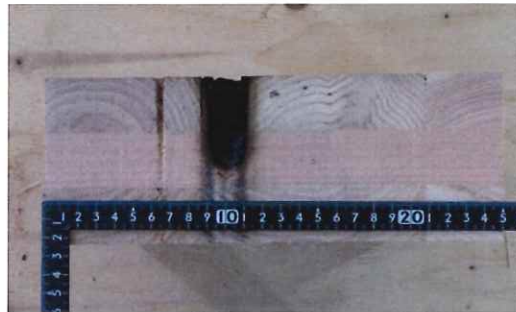


写真 2-38 仕様 17 の CLT 断面
(直貼 コーチボルト M16+GW カバー)



写真 2-39 仕様 18 の解体時 (CLT 表面)
(直貼 コーチボルト M16+RW カバー)



写真 2-40 仕様 18 の CLT 断面
(直貼 コーチボルト M16+RW カバー)

つづく



写真 2-41 仕様 19 の解体時 (CLT 表面)
(直貼 コーチボルト M16+AES カバー)



写真 2-42 仕様 19 の CLT 断面
(直貼 コーチボルト M16+AES カバー)



写真 2-43 仕様 20 の解体時 (CLT 表面)
(直貼 コーチボルト M16+AS ボンドカバー)

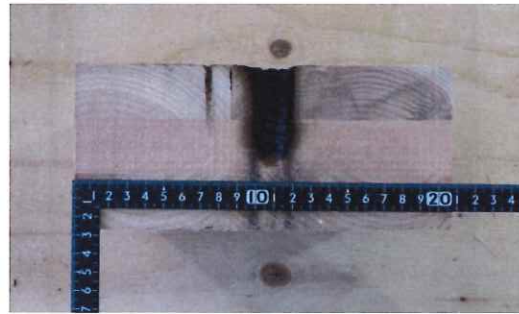


写真 2-44 仕様 20 の CLT 断面
(直貼 コーチボルト M16+AS ボンドカバー)



写真 2-45 仕様 21 の解体時 (CLT 表面)
(直貼 コーチボルト M16+加熱発泡材カバー)



写真 2-46 仕様 21 の CLT 断面
(直貼 コーチボルト M16+加熱発泡材カバー)

つづく



写真 2-47 仕様 22 の解体時 (CLT 表面)
(直貼 コーチボルト M16+スチール缶カバー)

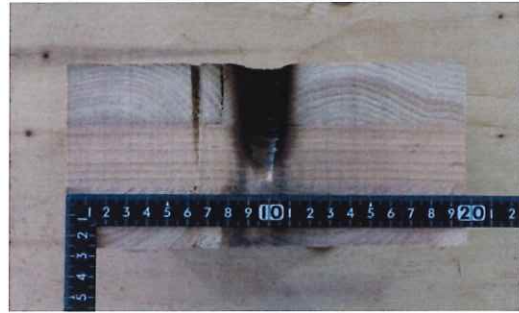


写真 2-48 仕様 22 の CLT 断面
(直貼 コーチボルト M16+スチール缶カバー)



写真 2-49 仕様 23 の解体時 (CLT 表面)
(直貼 コーチボルト M9+鉄板+GW カバー)

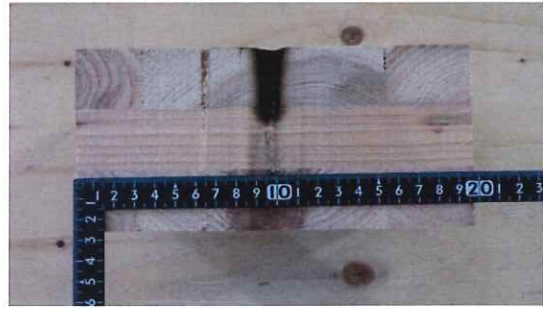


写真 2-50 仕様 23 の CLT 断面
(直貼 コーチボルト M9+鉄板+GW カバー)



写真 2-51 仕様 24 の解体時 (CLT 表面)
(直貼 コーチボルト M16+鉄板+GW カバー)

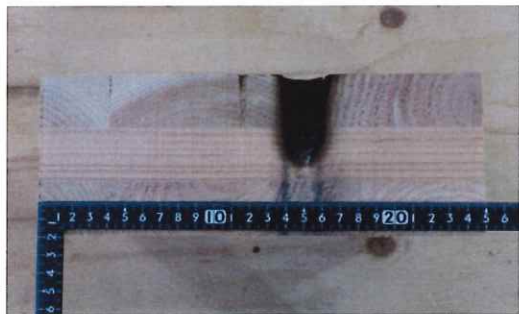


写真 2-52 仕様 24 の CLT 断面
(直貼 コーチボルト M16+鉄板+GW カバー)

つづく

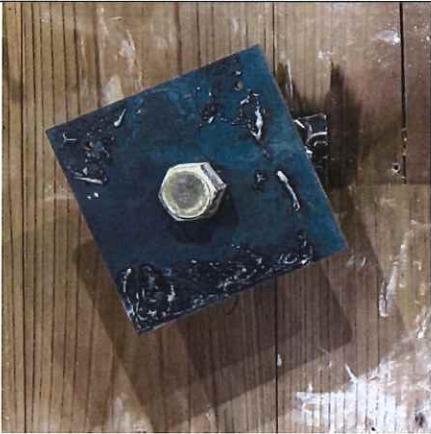


写真 2-53 仕様 25 の解体時 (CLT 表面)
(直貼 コーチボルト M16+鉄板大+GW カバー)

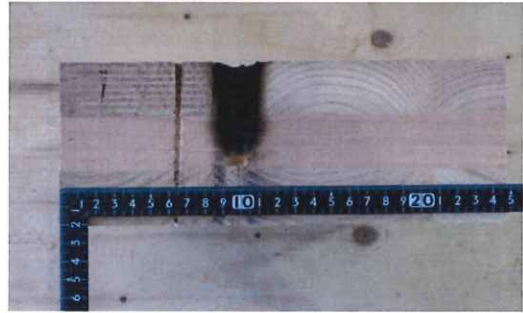


写真 2-54 仕様 25 の CLT 断面
(直貼 コーチボルト M16+鉄板大+GW カバー)



写真 2-55 仕様 26 の解体時 (CLT 表面)
(直貼 コーチボルト M9+鉄板+RW カバー)

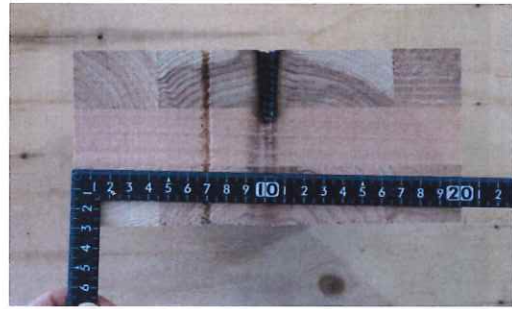


写真 2-56 仕様 26 の CLT 断面
(直貼 コーチボルト M9+鉄板+RW カバー)



写真 2-57 仕様 27 の解体時 (CLT 表面)
(直貼 コーチボルト M16+鉄板+RW カバー)

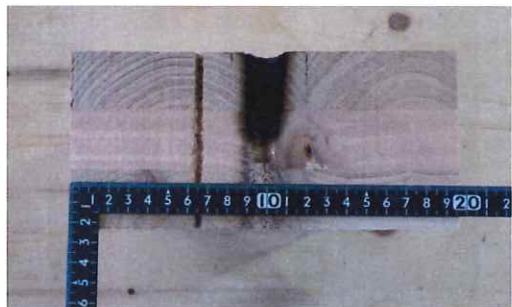


写真 2-58 仕様 27 の CLT 断面
(直貼 コーチボルト M16+鉄板+RW カバー)

つづく



写真 2-59 仕様 28 の解体時 (CLT 表面)
(直貼 コーチボルト M16+鉄板大+RW カバー)

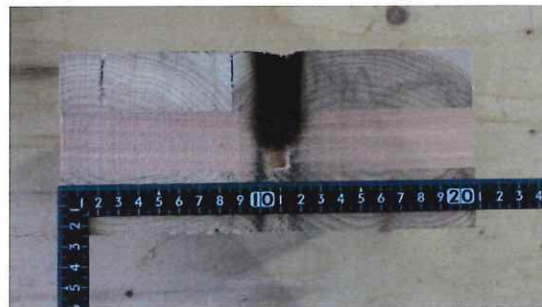


写真 2-60 仕様 28 の CLT 断面
(直貼 コーチボルト M16+鉄板大+RW カバー)



写真 2-61 仕様 29 の解体時 (CLT 表面)
(直貼 コーチボルト M9+GBF-(V)12.5)

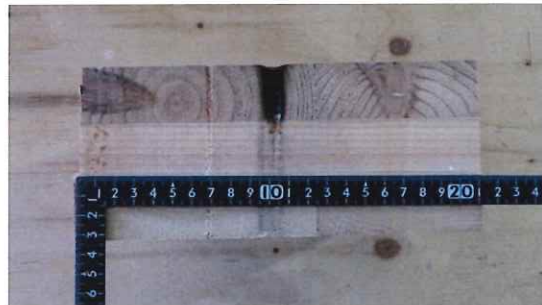


写真 2-62 仕様 29 の CLT 断面
(直貼 コーチボルト M9+GBF-(V)12.5)

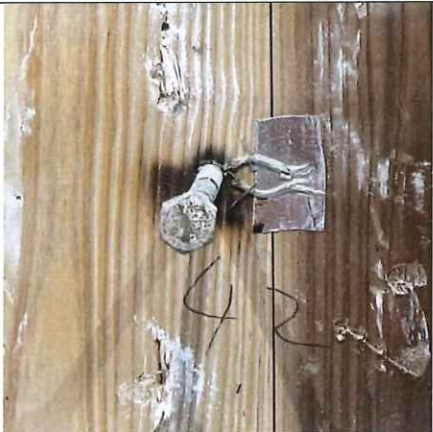


写真 2-63 仕様 30 の解体時 (CLT 表面)
(直貼 コーチボルト M9+GBF-(V)21)



写真 2-64 仕様 30 の CLT 断面
(直貼 コーチボルト M9+GBF-(V)21)

つづく



写真 2-65 仕様 31 の解体時 (CLT 表面)
(直貼 コーチボルト M16+GBF-(V)12.5)

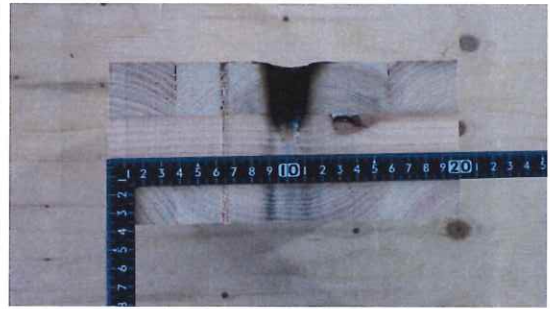


写真 2-66 仕様 31 の CLT 断面
(直貼 コーチボルト M16+GBF-(V)12.5)



写真 2-67 仕様 32 の解体時 (CLT 表面)
(直貼 コーチボルト M16+GBF-(V)21)



写真 2-68 仕様 32 の CLT 断面
(直貼 コーチボルト M16+GBF-(V)21)



写真 2-69 仕様 33 の解体時 (CLT 表面)
(直貼 コーチボルト M16+足改良-1)

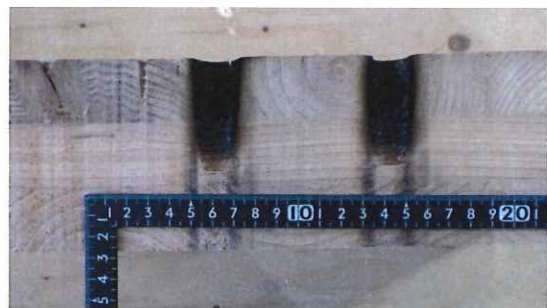


写真 2-70 仕様 33 の CLT 断面
(直貼 コーチボルト M16+足改良-1)

つづく



写真 2-71 仕様 34 の解体時 (CLT 表面)
(直貼 コーチボルト M16+足改良-2)

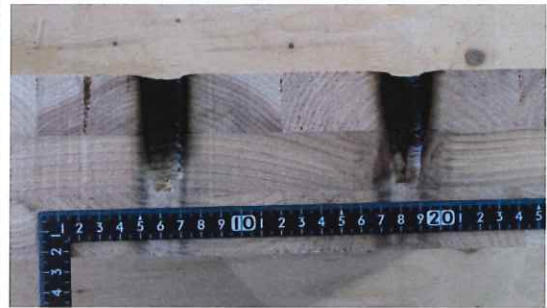


写真 2-72 仕様 34 の CLT 断面
(直貼 コーチボルト M16+足改良-2)



写真 2-73 仕様 35 の解体時 (CLT 表面)
(直貼 コーチボルト M16+足改良-1+外壁 1)

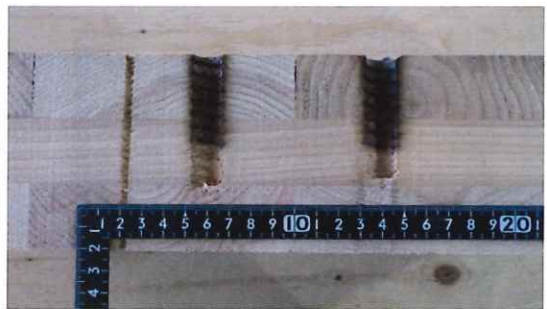


写真 2-74 仕様 35 の CLT 断面
(直貼 コーチボルト M16+足改良-1+外壁 1)



写真 2-75 仕様 36 の解体時 (CLT 表面)
(直貼 コーチボルト M16+足改良-1+外壁 2)

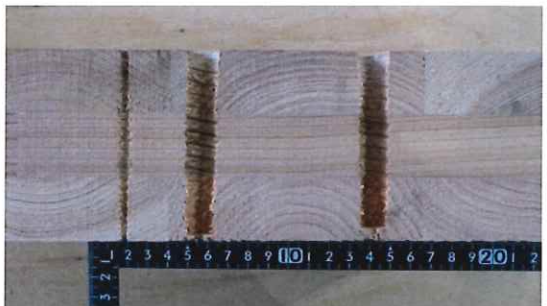


写真 2-76 仕様 36 の CLT 断面
(直貼 コーチボルト M16+足改良-1+外壁 2)

口記録画像（試験体 1）

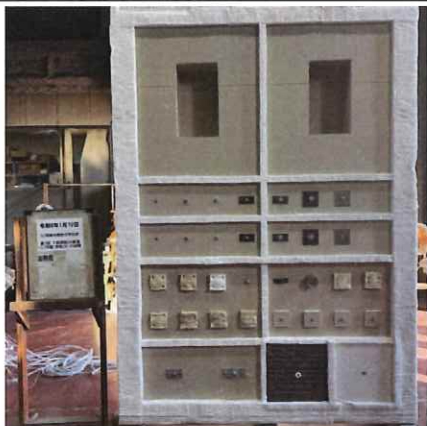


写真 2-77 加熱面・実験開始前

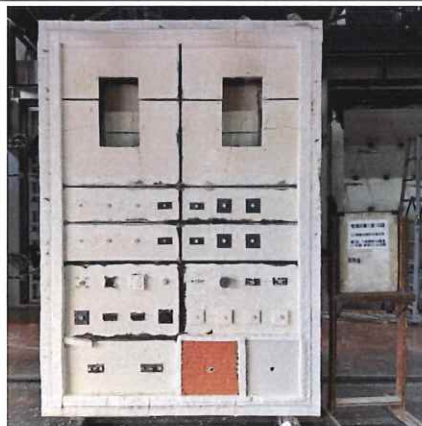


写真 2-78 加熱面・脱炉時
(1 時間加熱・4 時間放置)



写真 2-79 非加熱面・実験開始時



写真 2-80 非加熱面・実験終了時

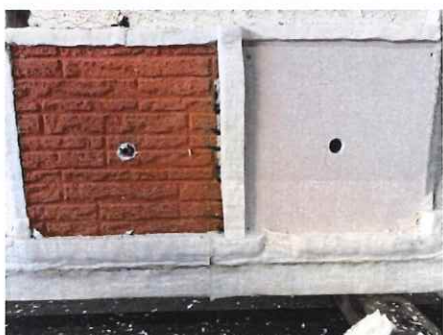


写真 2-81 加熱面・脱炉直後の解体時
(外装材)



写真 2-82 加熱面・脱炉直後の解体時
(下張材)

つづく



写真 2-83 加熱面・脱炉直後の解体時
(胴縁・断熱材)



写真 2-84 加熱面・脱炉直後の解体時
(CLT 表面)

(3) 試験体 3

検証対象：床

検証内容：1時間耐火構造※

※1時間加熱後+3時間放置後に試験体内部温度が低下傾向にあったため、終了。

構造躯体：CLT90mm厚（スギ、3層3プライ、水性高分子イソシアネート樹脂系接着剤）

構造躯体の耐火被覆：強化せっこうボードGB-F(V)21mm厚×2枚（天井側）

■設備貫通

貫通部の結果概要一覧、内部温度データ、記録画像（解体写真）を以降に示す。

試験体 1,2 と同様にφ250mmの設備孔として実験を実施した。実験終了時に仕様 1,2 いずれも CLT 躯体に炭化はみられなかった。

表 10 1時間耐火構造床の貫通部の結果概要一覧（試験体 3）

部位	必要な防耐火性能	仕様名	仕様		CLT躯体-260°C到達時間		CLTの炭化の有無	
					隅角部	小口中央		
設備貫通 (躯体の非損傷性) (躯体の燃焼)		仕様1 仕様2	強化せっこうボードGB-F(V)21mm厚×2枚 +ロックウール充填	VP管 (塩ビ)	100 (外寸φ114)	到達せず (最高154.5°C)	到達せず (最高102.5°C)	なし
				銅管 (SGP)	100A (外寸φ114.3)	到達せず (最高140.7°C)	到達せず (最高116.7°C)	なし

□内部温度データ(設備貫通)

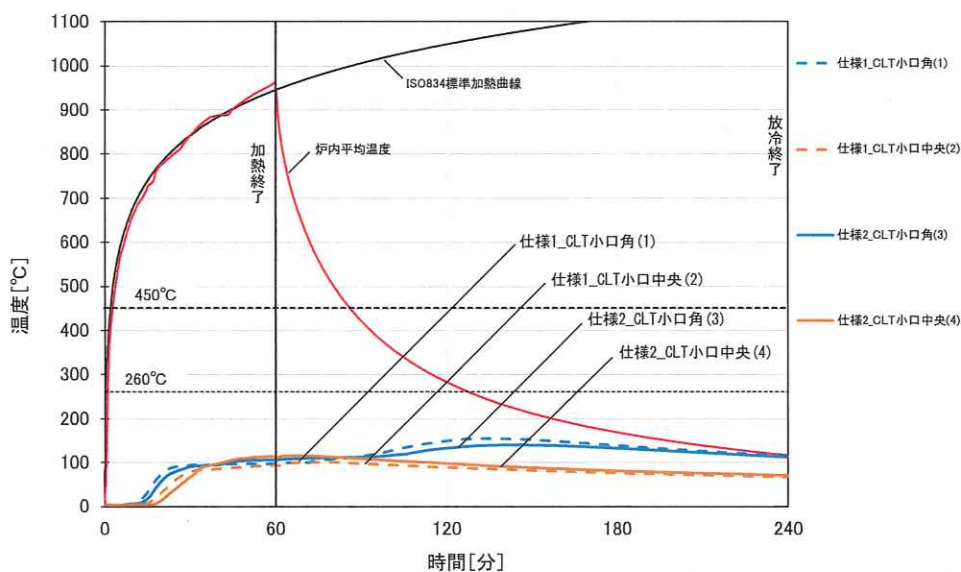


図 25 貫通部の内部温度推移

(CLT 小口表面(配管貫通部) 仕様 1 : VP 管 100 / 仕様 2 : 銅管 SGP100A)

□記録画像・設備貫通（解体写真）



写真 3-1 実験終了時の加熱側

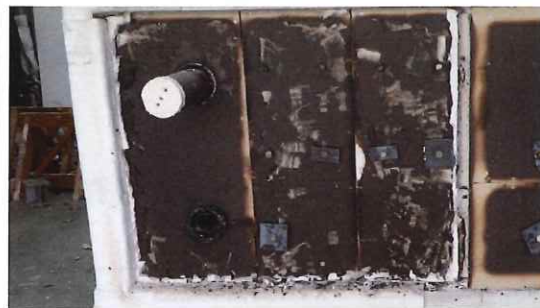


写真 3-2 実験終了時の加熱側（下張材）

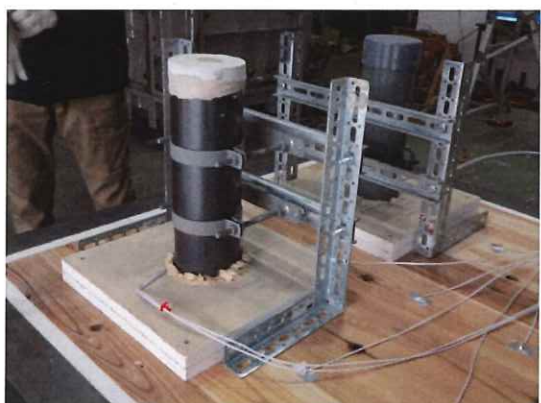


写真 3-3 実験終了時の非加熱側



写真 3-4 配管の解体時（仕様 1,2）



写真 3-5 仕様 1 の解体時（CLT 躯体）
（VP 管 100,GB-F(V)21mm 厚×2 枚+RW）



写真 3-6 仕様 2 の解体時（CLT 躯体）
（鋼管 100,GB-F(V)21mm 厚×2 枚+RW）

■留め具

留め具の結果概要一覧、内部温度データ、記録画像（解体写真）を以降に示す。

実験終了時に全ての仕様で燃焼継続はなく、直貼りの仕様では No.2~5,10~12、胴縁45mm厚ありの仕様では全ての留め具が簡易に抜けない（手で引っ張っても抜けない）ことを確認した。

表 7 1 時間耐火構造床の留め具の結果概要一覧（試験体 3）

部位	必要な耐火性能	No.	仕様 [mm]					最高温度※1 ()内の時間は260°C到達時間	炭化痕の有無 CLT	がたつき ※2	
			構成	留め具の種類	頭径	胴径	長さ				付帯物
留め具 非損傷性 (躯体の燃焼)		耐火被覆直貼り	1	コーチボルトM9	六角	9	90	なし	318.5°C/61分 (40分)	あり (自消)	× (抜ける)
			2	コーチボルトM9	六角	9	125	なし	321.9°C/62分 (36分)	あり (自消)	なし
			3	コーチボルトM12	六角	12	125	なし	432.6°C/60分 (22分)	あり (自消)	あり
			4	コーチボルトM16	六角	16	100	なし	319.3°C/47分 (37分)	あり (自消)	あり
			5	コーチボルトM16	六角	16	125	なし	389.9°C/63分 (33分)	あり (自消)	あり
			6	コーチボルトM9	六角	9	90	鉄板t4.5×50幅×L100 (平板)	374.7°C/63分 (22分)	あり (自消)	× (抜ける)
			7	コーチボルトM16	六角	16	100	鉄板t4.5×50幅×L100 (平板)	511.2°C/58分 (20分)	あり (自消)	× (抜ける)
			8	コーチボルトM16	六角	16	100	鉄板t4.5×100幅×L100 (平板)	383.9°C/47分 (27分)	あり (自消)	× (抜ける)
			9	コーチボルトM16	六角	16	100	鉄板1.6×100幅×L100 (平板)	370.2°C/61分 (31分)	あり (自消)	× (抜ける)
			10	コーススレッドビス	8.7	4.5	90	なし	181.5°C/62分	なし	なし
			11	パネリード (PX8-110)	10.8	8	110	なし	236.3°C/62分	なし	なし
			12	サワラハンガー (木ネジ)	7.5	6.3	80	なし	228.6°C/65分	なし	なし
			13	— (留め具なし)	—	—	—	—	121.9°C/177分	—	—
		胴縁45mm厚あり	14	コーチボルトM9	六角	9	150	なし	198.7°C/65分	なし	なし
			15	コーチボルトM12	六角	16	150	なし	203.3°C/65分	なし	なし
			16	コーチボルトM16	六角	16	150	なし	225.7°C/64分	なし	なし
			17	コーチボルトM9	六角	9	150	鉄板t4.5×50幅×L100 (平板)	207.1°C/63分	なし	なし
			18	コーチボルトM16	六角	16	150	鉄板t4.5×50幅×L100 (平板)	260°C/64分	なし	なし
			19	コーチボルトM16	六角	16	150	鉄板t4.5×100幅×L100 (平板)	246.6°C/64分	なし	なし
			20	コーチボルトM16	六角	16	150	鉄板1.6×100幅×L100 (平板)	240.4°C/64分	なし	なし
			21	パネリード (PX8-110)	10.8	16	110	なし	116°C/173分	なし	なし
			22	— (留め具なし)	—	—	—	—	101.8°C/192分	—	—

※1 No.13, No.22は、CLT表面（木部）、その他はCLT表面（木部）-留め具（鉄部）の取り合い部の温度を示す。

※2 実験後の留め具の「がたつき」の有無は、留め具を手で引っ張り上下左右に動かない仕様を「なし」、留め具は抜けないが動く仕様「あり」と示す。
また容易に留め具が抜ける場合には「×（抜ける）」と記載する。

□内部温度データ(留め具)

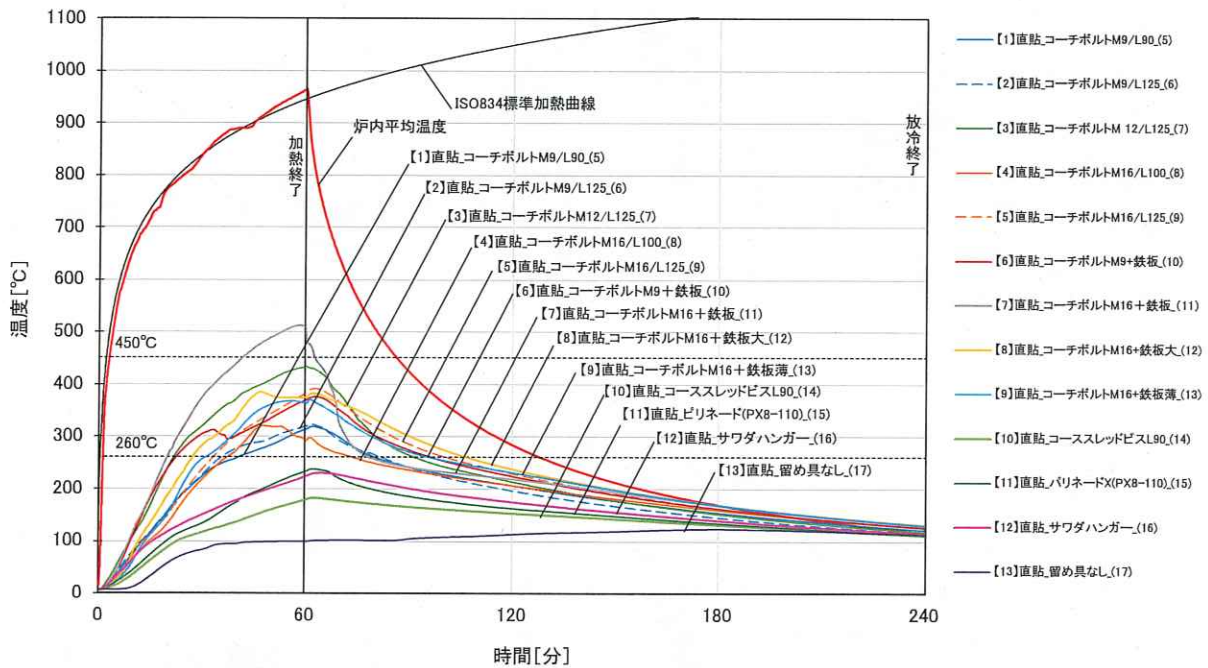


図 26 留め具 (耐火被覆直貼り)・仕様 1~13 の内部温度推移

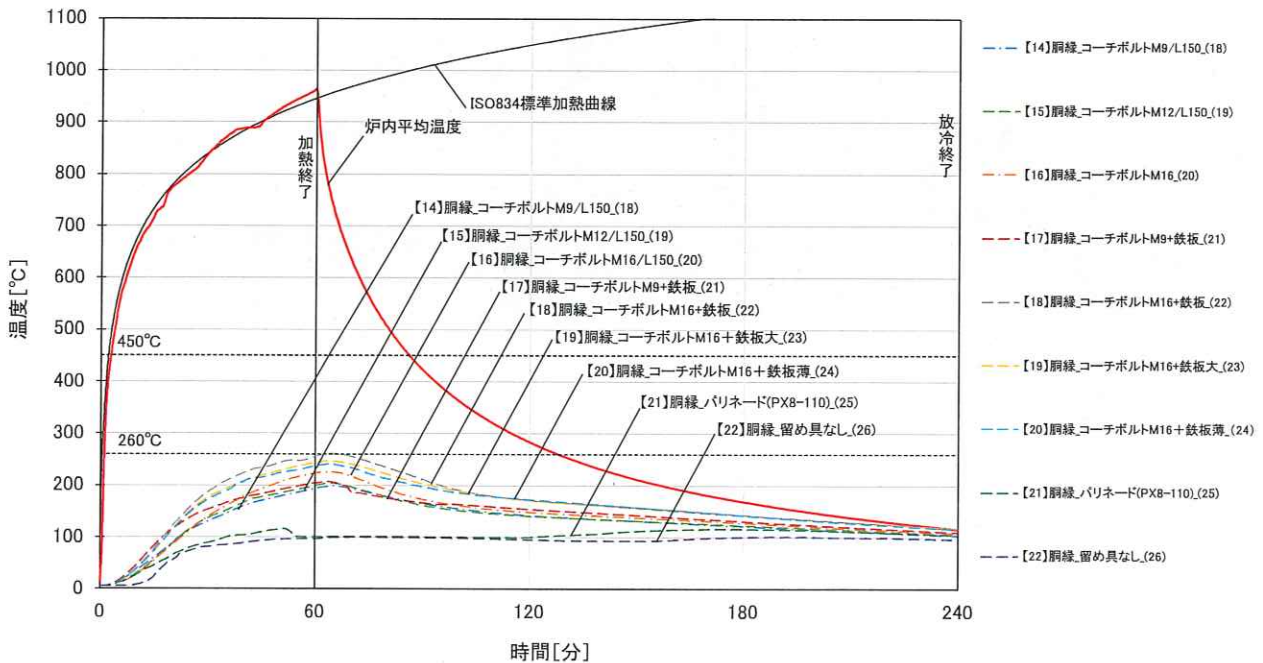


図 27 留め具 (胴縁 45mm 厚)・仕様 14~22 の内部温度推移

□記録画像・留め具（解体写真）



写真 3-7 仕様 1 の解体時 (CLT 表面)
(直貼 コーチボルト M9/L90)

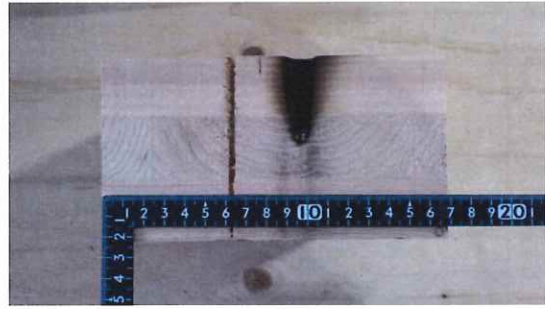


写真 3-8 仕様 1 の CLT 断面
(直貼 コーチボルト M9/L90)



写真 3-9 仕様 2 の解体時 (CLT 表面)
(直貼 コーチボルト M9/L125)

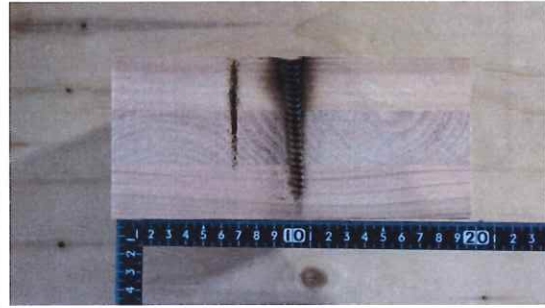


写真 3-10 仕様 2 の CLT 断面
(直貼 コーチボルト M9/L125)



写真 3-11 仕様 3 の解体時 (CLT 表面)
(直貼 コーチボルト M12/L125)

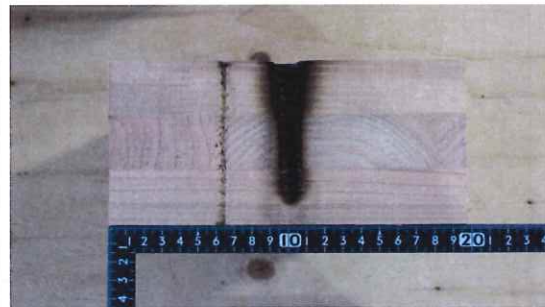


写真 3-12 仕様 3 の CLT 断面
(直貼 コーチボルト M12/L125)

つづく



写真 3-13 仕様 4 の解体時 (CLT 表面)
(直貼 コーチボルト M16/L100)

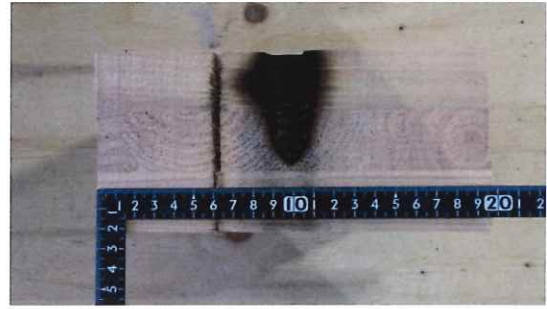


写真 3-14 仕様 4 の CLT 断面
(直貼 コーチボルト M16/L100)



写真 3-15 仕様 5 の解体時 (CLT 表面)
(直貼 コーチボルト M16/L125)

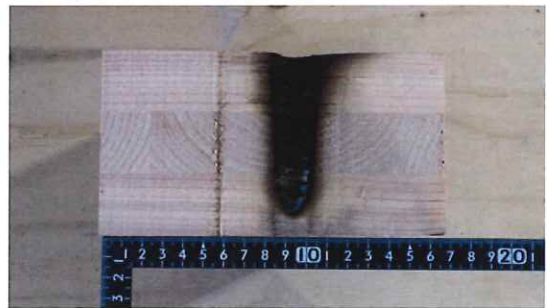


写真 3-16 仕様 5 の CLT 断面
(直貼 コーチボルト M16/L125)



写真 3-17 仕様 6 の解体時 (CLT 表面)
(直貼 コーチボルト M9+鉄板)

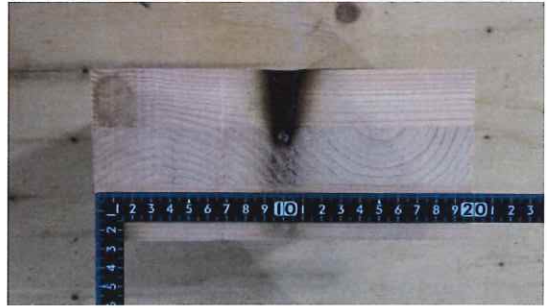


写真 3-18 仕様 6 の CLT 断面
(直貼 コーチボルト M9+鉄板)

つづく



写真 3-19 仕様 7 の解体時 (CLT 表面)
(直貼 コーチボルト M16+鉄板)

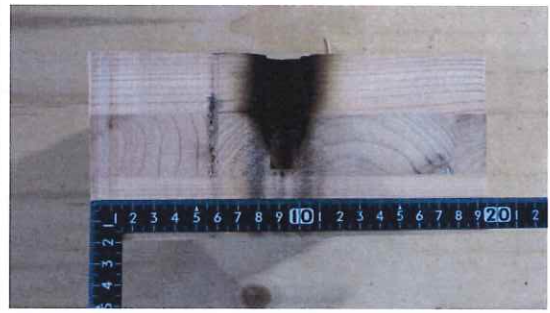


写真 3-20 仕様 7 の CLT 断面
(直貼 コーチボルト M16+鉄板)



写真 3-21 仕様 8 の解体時 (CLT 表面)
(直貼 コーチボルト M16+鉄板大)

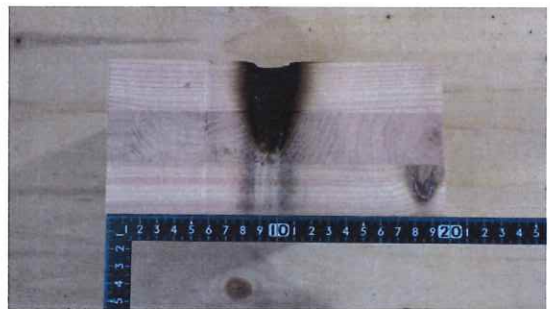


写真 3-22 仕様 8 の CLT 断面
(直貼 コーチボルト M16+鉄板大)



写真 3-23 仕様 9 の解体時 (CLT 表面)
(直貼 コーチボルト M16+鉄板薄)



写真 3-24 仕様 9 の CLT 断面
(直貼 コーチボルト M16+鉄板薄)

つづく



写真 3-25 仕様 10 の解体時 (CLT 表面)
(直貼 コーススレッドビス L90)

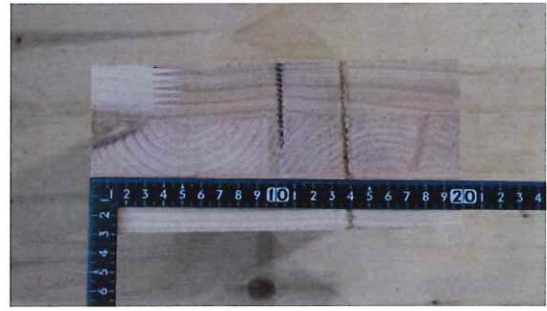


写真 3-26 仕様 10 の CLT 断面
(直貼 コーススレッドビス L90)



写真 3-27 仕様 11 の解体時 (CLT 表面)
(直貼 パネリード (PX8-110))

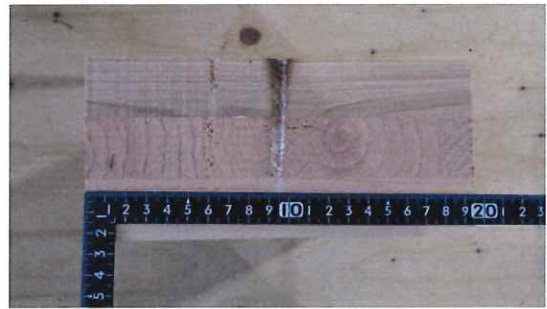


写真 3-28 仕様 11 の CLT 断面
(直貼 パネリード (PX8-110))



写真 3-29 仕様 12 の解体時 (CLT 表面)
(直貼 サワラハンガー)

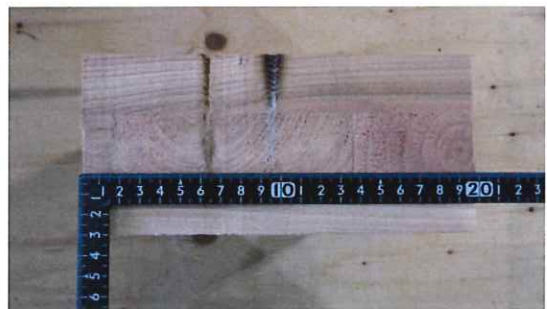


写真 3-30 仕様 12 の CLT 断面
(直貼 サワラハンガー)

つづく



写真 3-31 仕様 13 の解体時 (CLT 表面)
(直貼 留め具なし)

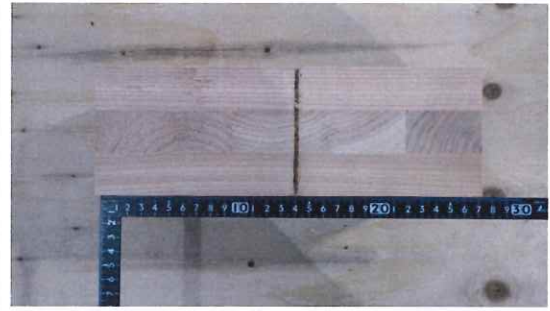


写真 3-32 仕様 13 の CLT 断面
(直貼 留め具なし)



写真 3-33 仕様 14 の解体時 (CLT 表面)
(胴縁 コーチボルト M9/L150)

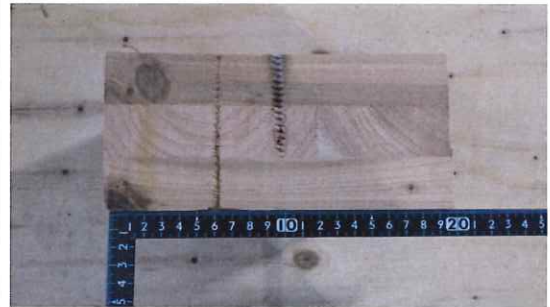


写真 3-34 仕様 14 の CLT 断面
(胴縁 コーチボルト M9/L150)



写真 3-35 仕様 15 の解体時 (CLT 表面)
(胴縁 コーチボルト M12/L150)

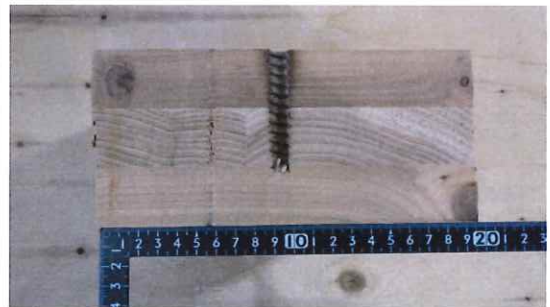


写真 3-36 仕様 15 の CLT 断面
(胴縁 コーチボルト M12/L150)

つづく



写真 3-37 仕様 16 の解体時 (CLT 表面)
(胴縁 コーチボルト M16/L150)

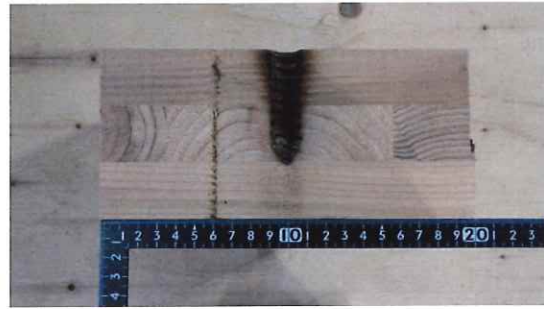


写真 3-38 仕様 16 の CLT 断面
(胴縁 コーチボルト M16/L150)



写真 3-39 仕様 17 の解体時 (CLT 表面)
(胴縁 コーチボルト M9+鉄板)

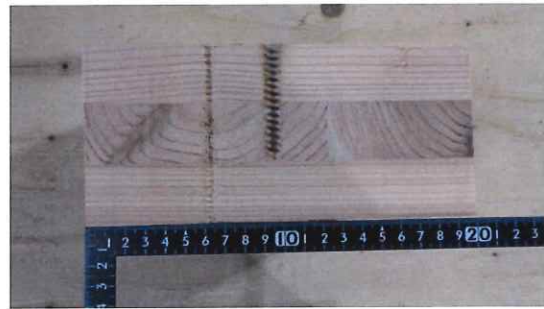


写真 3-40 仕様 17 の CLT 断面
(胴縁 コーチボルト M9+鉄板)



写真 3-41 仕様 18 の解体時 (CLT 表面)
(胴縁 コーチボルト M16+鉄板)

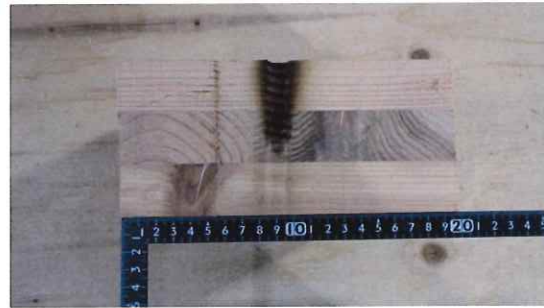


写真 3-42 仕様 18 の CLT 断面
(胴縁 コーチボルト M16+鉄板)

つづく



写真 3-43 仕様 19 の解体時 (CLT 表面)
(胴縁 コーチボルト M16+鉄板大)

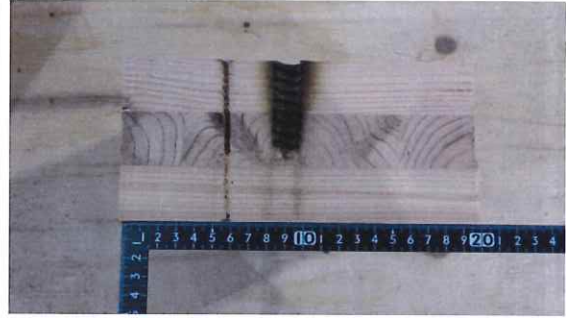


写真 3-44 仕様 19 の CLT 断面
(胴縁 コーチボルト M16+鉄板大)



写真 3-45 仕様 20 の解体時 (CLT 表面)
(胴縁 コーチボルト M16+鉄板薄)

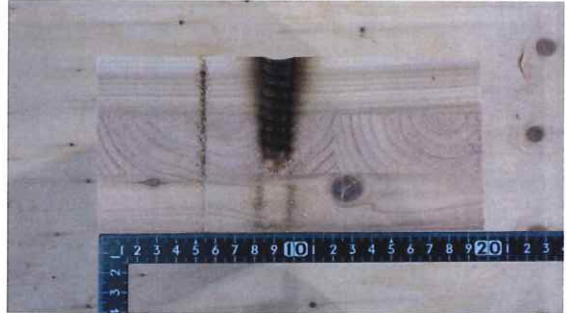


写真 3-46 仕様 20 の CLT 断面
(胴縁 コーチボルト M16+鉄板薄)



写真 3-47 仕様 21 の解体時 (CLT 表面)
(胴縁 パネリード (PX8-110))

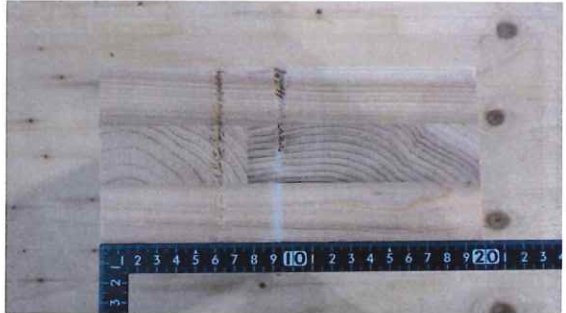


写真 3-48 仕様 21 の CLT 断面
(胴縁 パネリード (PX8-110))

つづく



写真 3-49 仕様 22 の解体時 (CLT 表面)
(胴縁 留め具なし)



写真 3-50 仕様 22 の CLT 断面
(胴縁 留め具なし)

□記録画像（試験体3）



写真 3-51 加熱面・実験開始前



写真 3-52 加熱面・脱炉時
(1時間加熱・3時間放置)



写真 3-53 非加熱面・実験開始時

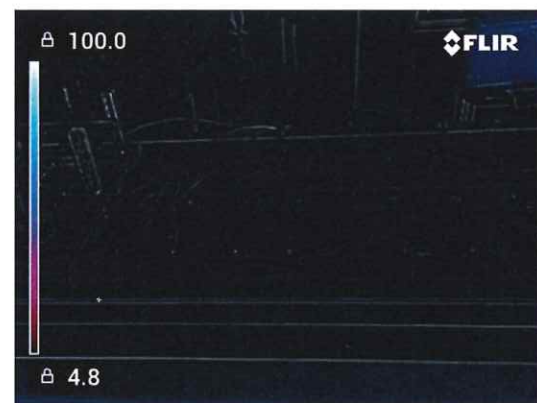


写真 3-54 非加熱面・実験開始時 (熱映像)



写真 3-55 非加熱面・実験終了時

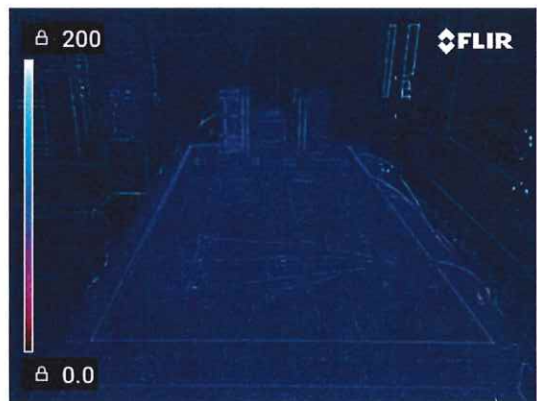


写真 3-56 非加熱面・実験終了時 (熱映像)

つづく



写真 3-57 加熱面・脱炉直後の解体時
(下張材)



写真 3-58 加熱面・脱炉直後の解体時
(CLT 表面・胴縁)

1.3.3 考察

1時間耐火構造壁の2回の実験結果及び、1時間耐火構造床の1回の実験結果を考察する。なお、考察中に強化せっこうボードと記載されたものは、「GB-F (V) ひる石入り」の製品を指す。

(1) 1時間耐火構造壁

1時間耐火構造壁については、2回の実験を実施した。1回目の実験で性能が確認できなかった仕様について、2回目の実験において仕様を強化・改良した。

1) 外壁開口小口の被覆の代替措置（非損傷性）

外壁開口小口については、窓サッシの取付下地となり得る、「木材厚さ 30mm」, 「木材厚さ 38mm」を耐火被覆の最外層に配置することとして、その下張りの強化せっこうボード等の厚さや枚数、胴縁の素材（木材（木材胴縁）または強化せっこうボード（不燃胴縁））を変化させた。2回の加熱実験の結果を表 12 に示す。

1 回目の実験では、開口部周辺を不燃胴縁とすることで、上枠と下枠については、CLT の燃焼を抑制できる仕様が明確になっている。しかし、縦枠については CLT の燃焼を抑制することができなかった。その理由として、窓サッシの取付下地となり得る「木材厚さ 30mm」では厚さが足りないことが考えられた。また、木製胴縁の仕様では、「木材厚さ 38mm」とすることで、上枠や下枠について CLT の燃焼を抑制できる仕様が明確になったが、やはり縦枠については、燃焼を抑制することができず、さらなる補強が必要なことがわかった。

そこで、2 回目の実験では、不燃胴縁仕様は「強化せっこうボード厚 25mm」+「木材厚さ 38mm」の仕様、木製胴縁の仕様では、「強化せっこうボード厚 25mm」+「出隅にアルミテープ」+「木材厚さ 38mm」とすることで、木製胴縁仕様の下枠以外は、CLT の燃焼を抑制することができた。

なお、実設計においては、1 時間耐火構造の国交省告示仕様が採用されることがほとんどのため、胴縁は木製、不燃のいずれでもよく、本実験の結果から、耐火性能とサッシを取り付け下地性能を両立した仕様が明確になった。

表 12 1時間耐火構造壁の開口小口の代替措置の検討実験結果一覧

仕様			260°C到達時間 (熱電対番号)			炭化の有無		
			場所	胴縁	CLT躯体		胴縁	CLT
				隅角部	隅角部	小口中央		
試験体 1	仕様 1 四周ともに 強化せつこうボードGB-F(V)21mm厚 +スギ30mm厚	不燃 胴縁	縦枠	—	158分 (2)	163分 (3)	不燃	あり (燃焼継続)
			上枠	—	—	—	不燃	なし
			下枠	—	173分 (5)	171分 (6)	不燃	あり (燃焼継続)
	仕様 2 上枠・縦枠： 強化せつこうボードGB-F(V)21mm厚 +スギ30mm厚 下枠： 強化せつこうボードGB-F(V)21mm厚×2枚 +スギ30mm厚	不燃 胴縁	縦枠	—	到達せず (最高193.2°C)	到達せず (最高192.3°C)	不燃	あり (燃え止まり)
			上枠	—	—	—	不燃	なし
			下枠	到達せず (最高195.7°C)	到達せず (最高204.5°C)	到達せず (最高147.7°C)	なし	なし
	仕様 3 上枠・縦枠： 強化せつこうボードGB-F(V)25mm厚 +スギ38mm厚 下枠： 強化せつこうボードGB-F(V)21mm厚×2枚 +スギ30mm厚	木製 胴縁	縦枠	213分 (13)	218分 (14)	到達せず (最高171.5°C)	あり (燃え止まり)	
			上枠	—	—	—	あり (燃え止まり)	なし
			下枠	到達せず (最高182°C)	到達せず (最高155.4°C)	到達せず (最高123.3°C)	なし	なし
試験体 2	仕様 1 四周ともに 強化せつこうボードGB-F(V)25mm厚 +スギ38mm厚	不燃 胴縁	縦枠	到達せず (最高169.2°C)	到達せず (最高161.7°C)	到達せず (最高122.3°C)	不燃	なし
			上枠	—	—	—	不燃	なし
			下枠	到達せず (最高248.6°C)	213分 (5)	225分 (6)	不燃	なし
	仕様 2 四周ともに 強化せつこうボードGB-F(V)25mm厚 +スギ38mm厚 +出隅補強 (アルミ箔テープ)	木製 胴縁	縦枠	到達せず (最高221°C)	到達せず (最高208.2°C)	到達せず (最高149.5°C)	なし	なし
			上枠	—	—	—	なし	なし
			下枠	204分 (10)	208分 (11)	221分 (12)	あり (燃え止まり)	

2) 設備貫通の火炎貫通抑制措置（遮炎性・非損傷性）

令和4年のCLTの告示改正に伴い、CLT耐力壁（鉛直力を支持する壁）に最大250×250mmの開口を設けることが可能となった。昨年度は、250mm四方の角穴による仕様を検討したが、CLTの加工においては、丸穴のほうが角穴よりも機械による加工がしやすいため、今年度は250mmΦ、150mmΦの丸穴について、CLT小口にせっこうボードを設けず、充填断熱材（ロックウール）のみでCLT小口からの燃焼を抑制する仕様を検討した。

加熱実験の結果、表13のように、実験を行ったすべての仕様で所定の性能を確保した。いずれの仕様も木製胴縁、CLTともに200℃以下に留まり、炭化も見られなかった。本実験では、充填断熱材をロックウールとしたが、より耐火性能の高いAESに置き換えても同等以上の性能が確保されると考えられる。なお、グラウウールは高温時の融解が早く、ロックウールよりも耐火性能が低いため、別途、実験等で性能を確認する必要がある。

本仕様は、区画貫通部に関する法令（施行令第129条の2の4、H12建告1422号）の配管等の貫通部について、壁から1m以内を不燃材料でつくり貫通部の隙間を不燃材料で埋めることや、配管を硬質塩ビ管でつくり貫通部の隙間を（不燃材料）で埋める仕様にも合致することから、防火区画に区画貫通処理としても適用可能と言える。

表13 1時間耐火構造壁の設備貫通の措置の検討実験結果一覧

仕様				260℃到達時間		炭化の有無	
				胴縁	CLT躯体	胴縁	CLT
				隅角部	小口中央		
試験 体 1	仕様 1	CLT開口Φ250mm	VP管 (塩ビ)	100A (外寸φ114)	到達せず (最高157℃・側)	到達せず (最高95.6℃・上)	なし
	仕様 2	強化せっこうボードGB-F(V)21mm厚×2枚 +ロックウール充填	鋼管 (SGP)	100A (外寸φ114.3)	到達せず (最高188.3℃・側)	到達せず (最高98.2℃・上)	なし
	仕様 3	CLT開口Φ250mm	VP管 (塩ビ)	100A (外寸φ114)	到達せず (最高111.7℃・側)	到達せず (最高101.3℃・上)	なし
	仕様 4	+400mm角のGB-F(V)21mm厚 増張 +ロックウール充填	鋼管 (SGP)	100A (外寸φ114.3)	到達せず (最高163.5℃・側)	到達せず (最高112.8℃・上)	なし
	仕様 5	CLT開口Φ150mm	VP管 (塩ビ)	50A (外寸φ60)	到達せず (最高130.9℃・側)	到達せず (最高96.5℃・上)	なし
	仕様 6	強化せっこうボードGB-F(V)21mm厚×2枚 +ロックウール充填	鋼管 (SGP)	50A (外寸φ60.5)	到達せず (最高192.5℃・側)	到達せず (最高114.2℃・上)	なし
	仕様 7	CLT開口Φ150mm	VP管 (塩ビ)	50A (外寸φ60)	到達せず (最高102.7℃・側)	到達せず (最高98.4℃・上)	なし
	仕様 8	+300mm角のGB-F(V)21mm厚 増張 +ロックウール充填	鋼管 (SGP)	50A (外寸φ60.5)	到達せず (最高144.3℃・側)	到達せず (最高112℃・上)	なし

3) 1時間耐火構造壁の耐火被覆を貫通する留め具による熱橋の抑制措置（非損傷性）

耐火構造の壁に、設備機器やエレベータの控え金物やシャッターなどの付帯物を取り付ける際に、ビスやボルトが耐火構造の耐火被覆を貫通する。その際、ビスやボルトの径や長さ、取り付く部材（鋼製、木製）の種類によって、耐火構造の構造躯体に与える影響を系統的に把握した。

壁2体の1時間加熱実験（3時間以上放置）において、いずれの仕様もビスやボルト周辺の構造躯体が燃焼継続した仕様はなかった。

少し詳しく見ると、ビスやボルトからの熱橋の影響は、概ね「①熱橋の影響なし」、「②熱橋の影響あり（留め具周り炭化するが引き抜けない）」「③熱橋の影響あり（留め具周り炭化し容易に引き抜ける）」の3種類に大別できる。仕様ごとに結果を以下にまとめる。

[ビス（構造用ビスを含む）・釘（ビス頭・釘頭だけが露出）]

- ・ $\Phi 8\text{mm}$ 以下のビス・釘については、「①熱橋の影響なし」であった。
- ・ ビス・釘については、より太く、より長いほうが、熱橋の影響は小さくなる傾向がある。
- ・ 鋼製の付帯物を取り付く場合、ビス・釘の単独と比較して、熱橋の影響は大きくなる傾向がある。しかし、構造躯体に炭化痕や燃焼が生じることはなく、「①熱橋の影響なし」であった。
- ・ 木製の胴縁等を取り付く場合、ビス単独と比較して、熱橋の影響はほぼ同じか、むしろ熱橋の影響は少なくなると言える。
- ・ 本実験では、構造用ビスはシネジック社の“パネリード”を用いたが、 $\Phi 8\text{mm}$ 以下の構造用ビスであれば、同様に扱ってよいと考えられる。

[コーチボルト（ボルト頭（六角形）で露出）]

- ・ M6のコーチボルトについては、「①熱橋の影響なし」であった。
- ・ M9以上のコーチボルトについては、露出するボルト頭からの入熱によりボルト周囲の木材が炭化する。その際、「②熱橋の影響あり（留め具周り炭化するが引き抜けない）」「③熱橋の影響あり（留め具周り炭化し容易に引き抜ける）」の2種類の性状となった。
- ・ コーチボルトの径が大きくなるほど、露出するボルト頭の表面積も増加するため、熱橋の影響は大きい。
- ・ コーチボルト頭をロックウールまたはAES（ともに厚さ25mm）で耐火被覆すると、「①熱橋の影響なし」となる。

- ・ 鋼製の付帯物を取り付く場合、コーチボルト単独と比較して、熱橋の影響は大きくなる傾向がある。付帯物を取り付く際も、コーチボルト頭をロックウール、AES で耐火被覆することは熱橋対策として効果があると考えられる。
- ・ 鋼製の付帯物（足場金物等）がサイディング外壁やALC外壁で耐火被覆されると「①熱橋の影響なし」となる。

表 14 1 時間耐火構造壁の留め具仕様の検討結果一覧

仕様名	仕様 [mm]						最高温度※2	炭化値の有無	がたつき ※3
	構成	留め具の種類	頭径	胴径	長さ	付帯物※1	木-鉄部 ()内の時間は260℃到達時間	CLT	
試験体 1	1	N65くぎ	7.5	3.05	65	なし	159.5℃/94分	なし	なし
	2	N90くぎ	8.8	3.75	90	なし	187.2℃/63分	なし	なし
	3	コーススレッドビス	8.7	4.5	90	なし	161.3℃/90分	なし	なし
	4	コーススレッドビス	9.2	5.1	120	なし	192.9℃/63分	なし	なし
	5	パネリド (P6-90 II+)	11.5	6	90	なし	181.3℃/66分	なし	なし
	6	パネリド (P6-120 II+)	11.5	6	120	なし	167.5℃/67分	なし	なし
	7	コーチボルトM6	六角	6	90	なし	164.3℃/75分	なし	なし
	8	コーチボルトM9	六角	9	90	なし	321.4℃/62分 (48分)	あり (自消)	なし
	9	コーチボルトM9	六角	9	125	なし	314.1℃/61分 (23分)	あり (自消)	なし
	10	コーチボルトM12	六角	12	125	なし	361℃/62分 (34分)	あり (自消)	あり
	11	コーススレッドビス	8.7	4.5	90	スギ胴縁15×45×L100	150.7℃/88分	なし	なし
	12	コーススレッドビス	8.7	4.5	90	鉄板11.6×50幅×L100 (平板)	201.7℃/63分	なし	なし
	13	コーススレッドビス	8.7	4.5	90	鉄板11.6×50幅×L100 (曲げ平板)	243.9℃/61分	なし	なし
	14	コーススレッドビス	8.7	4.5	90	鉄板14.5×50幅×L100 (平板)	209.6℃/68分	なし	なし
	15	コーチボルトM9	六角	9	90	鉄板14.5×50幅×L100 (平板)	405.4℃/61分 (30分)	あり (自消)	あり
	16	コーチボルトM9	六角	9	90	鉄板14.5×100幅×L100 (平板)	317.7℃/65分 (47分)	あり (自消)	あり
	17	パネリド (P6-110 II+)	11.5	6	110	足場つなぎAタイプ (留め具2本)	211.9℃/66分	なし	なし
	18	コーチボルトM16	六角	16	100	足場つなぎAタイプ (留め具2本)	421℃/59分 (31分)	あり (自消)	あり
	19	M12貫通ボルト+ナット	六角	12	155	足場つなぎAタイプ (留め具2本)	347.8℃/61分 (39分)	あり (自消)	なし
	20	パネリド (P6-110 II+)	11.5	6	110	足場つなぎBタイプ (留め具2本)	240℃/61分	なし	なし
	21	コーチボルトM16	六角	16	100	足場つなぎBタイプ (留め具2本)	367.4℃/60分 (28分)	あり (自消)	あり
	22	M12貫通ボルト+ナット	六角	12	155	足場つなぎBタイプ (留め具2本)	272.1℃/60分 (56分)	あり (自消)	なし
	23	パネリド (P6-110 II+)	11.5	6	110	なし	195.8℃/64分	なし	なし
	24	コーチボルトM16	六角	16	100	なし	452.1℃/61分 (31分)	あり (自消)	あり
	25	M12貫通ボルト+ナット	六角	12	155	なし	200.3℃/64分	あり (自消)	なし
	26	パネリド (PX8-110)	10.8	8	110	なし	177℃/62分	なし	なし
試験体 2	1	コーチボルトM9	六角	9	90	なし (断熱材あり部)	330.3℃/62分 (36分)	あり (自消)	なし
	2	コーチボルトM16	六角	16	100	なし (断熱材あり部)	431.2℃/63分 (31分)	あり (自消)	× (抜ける)
	3	コーチボルトM16	六角	16	125	なし (断熱材あり部)	436.5℃/63分 (33分)	あり (自消)	なし
	4	コーチボルトM9	六角	9	90	鉄板14.5×50幅×L100 (平板) (断熱材あり部)	279.5℃/61分 (47分)	あり (自消)	× (抜ける)
	5	コーチボルトM16	六角	16	100	鉄板14.5×50幅×L100 (平板) (断熱材あり部)	451.8℃/63分 (26分)	あり (自消)	× (抜ける)
	6	コーチボルトM16	六角	16	100	鉄板14.5×100幅×L100 (平板) (断熱材あり部)	470.4℃/62分 (26分)	あり (自消)	× (抜ける)
	7	コーチボルトM16	六角	16	100	鉄板11.6×100幅×L100 (平板) (断熱材あり部)	470.8℃/62分 (24分)	あり (自消)	× (抜ける)
	8	- (留め具なし)	-	-	-	- (断熱材あり部)	95.3℃/52分	-	-
	9	コーチボルトM9	六角	9	90	なし (断熱材なし部)	249.5℃/62分	あり (自消)	なし
	10	コーチボルトM16	六角	16	100	なし (断熱材なし部)	317.8℃/62分 (39分)	あり (自消)	なし
	11	コーチボルトM16	六角	16	125	なし (断熱材なし部)	354.9℃/62分 (32分)	あり (自消)	なし
	12	コーチボルトM9	六角	9	90	鉄板14.5×50幅×L100 (平板) (断熱材なし部)	316.2℃/60分 (29分)	あり (自消)	なし
	13	コーチボルトM16	六角	16	100	鉄板14.5×50幅×L100 (平板) (断熱材なし部)	354.9℃/62分 (26分)	あり (自消)	あり
	14	コーチボルトM16	六角	16	100	鉄板14.5×100幅×L100 (平板) (断熱材なし部)	328.8℃/61分 (23分)	あり (自消)	あり
	15	コーチボルトM16	六角	16	100	鉄板11.6×100幅×L100 (平板) (断熱材なし部)	333.1℃/62分 (33分)	あり (自消)	あり
	16	- (留め具なし)	-	-	-	- (断熱材なし部)	97.1℃/53分	-	-
	17	コーチボルトM16	六角	16	100	GW24K25厚 (100角) で留め具頭をカバー	383.6℃/64分 (46分)	あり (自消)	あり
	18	コーチボルトM16	六角	16	100	RW24K25厚 (100角) で留め具頭をカバー	276.9℃/60分 (60分)	なし	なし
	19	コーチボルトM16	六角	16	100	AES25厚 (100角) で留め具頭をカバー	138.2℃/65分	なし	なし
	20	コーチボルトM16	六角	16	100	ASボンドで留め具頭をカバー	497.8℃/61分 (22分)	あり (自消)	あり
21	コーチボルトM16	六角	16	100	加熱発泡材で留め具頭をカバー	512℃/62分 (25分)	あり (自消)	あり	
22	コーチボルトM16	六角	16	100	スチール缶で留め具頭をカバー	507.7℃/61分 (28分)	あり (自消)	あり	
23	コーチボルトM9	六角	9	90	鉄板14.5×50幅×L100 (平板) (③仕様17でカバー)	383.6℃/62分 (36分)	あり (自消)	なし	
24	コーチボルトM16	六角	16	100	鉄板14.5×50幅×L100 (平板) (③仕様17でカバー)	473.7℃/62分 (32分)	あり (自消)	× (抜ける)	
25	コーチボルトM16	六角	16	100	鉄板14.5×100幅×L100 (平板) (③仕様17でカバー)	480.7℃/63分 (33分)	あり (自消)	あり	
26	コーチボルトM9	六角	9	90	鉄板14.5×50幅×L100 (平板) (③仕様18でカバー)	320.3℃/62分 (50分)	あり (自消)	なし	
27	コーチボルトM16	六角	16	100	鉄板14.5×50幅×L100 (平板) (③仕様18でカバー)	343.7℃/67分 (55分)	あり (自消)	あり	
28	コーチボルトM16	六角	16	100	鉄板14.5×100幅×L100 (平板) (③仕様18でカバー)	355.4℃/67分 (51分)	あり (自消)	あり	
29	コーチボルトM9	六角	9	90	強化せっこうボード12.5×100×100	337.2℃/62分 (39分)	あり (自消)	あり	
30	コーチボルトM9	六角	9	90	強化せっこうボード21×100×100	287.5℃/62分 (49分)	あり (自消)	あり	
31	コーチボルトM16	六角	16	100	強化せっこうボード12.5×100×100	484.8℃/62分 (28分)	あり (自消)	× (抜ける)	
32	コーチボルトM16	六角	16	100	強化せっこうボード21×100×100	486.5℃/62分 (29分)	あり (自消)	あり	
33	コーチボルトM16	六角	16	100	足場つなぎ改良版1タイプ (M16@80-2本)	338.3℃/60分 (32分)	あり (自消)	× (抜ける)	
34	コーチボルトM16	六角	16	100	足場つなぎ改良版2タイプ (M16@120-2本)	418.6℃/59分 (23分)	あり (自消)	× (抜ける)	
35	コーチボルトM16	六角	16	100	外壁再現1: 足場つなぎ改良版1タイプ (M16@80-2本)	206.1℃/76分	なし	なし	
36	コーチボルトM16	六角	16	100	外壁再現2: 足場つなぎ改良版1タイプ (M16@80-2本)	120.3℃/105分	なし	なし	

※1 試験体①の仕様17-22において、足場つなぎAタイプ=高ネットタイプ、Bタイプ=ワンウェイ東タイプを示す。

また試験体③の仕様35,36の外壁仕様は下記内容とする。

外壁再現1: GB-F(V)21mm厚×2枚張り+窯業系サイディング (NYG標準版) 15mm厚

外壁再現2: GB-F(V)15mm厚+ALC50mm厚

※2 試験体③の仕様8,16は、CLT表面(木部)、その他はCLT表面(木部)-留め具(鉄部)の取り合い部の温度を示す。

※3 実験後の留め具の「がたつき」の有無は、留め具を手で引っ張り上下左右に動かない仕様を「なし」、留め具は抜けながりがたつき仕様を「あり」と示す。

また、手で引っ張った際に容易に留め具が抜ける場合には「× (抜ける)」と記載する。

(2) 1時間耐火構造床

1) 設備貫通の火炎貫通抑制措置（遮炎性・非損傷性）

壁と同様に、床についても区画貫通部の措置の検討を実施した。加熱実験の結果、表 15 のように、実験を行ったすべての仕様で所定の性能を確保した。

本実験では、充填断熱材をロックウールとしたが、より耐火性能の高い AES に置き換えても同等以上の性能が確保されと考えられる。なお、グラウウールは高温時の融解が早く、ロックウールよりも耐火性能が低いため、別途、実験等で性能を確認する必要がある。

本仕様は、区画貫通部に関する法令（施行令第 129 条の 2 の 4、H12 建告 1422 号）の配管等の貫通部について、壁から 1m 以内を不燃材料でつくり貫通部の隙間を不燃材料で埋めることや、配管を硬質塩ビ管でつくり貫通部の隙間を（不燃材料）で埋める仕様にも合致することから、防火区画に区画貫通処理としても適用可能と言える。

表 15 1時間耐火構造床の設備貫通の措置の検討実験結果一覧

仕様				260°C到達時間		炭化の有無		
				胴縁	CLT躯体	胴縁	CLT	
				隅角部	小口中央			
試験体 3	仕様 1	CLT開口φ250mm 強化せっこうボードGB-F(V)21mm厚×2枚 +ロックウール充填	VP管 (塩ビ)	100 (外寸φ114)	到達せず (最高154.5°C)	到達せず (最高102.5°C)	-	なし
	仕様 2		鋼管 (SGP)	100A (外寸φ114.3)	到達せず (最高140.7°C)	到達せず (最高116.7°C)	-	なし

2) 1時間耐火構造床の耐火被覆を貫通する留め具による熱橋の抑制措置（非損傷性）

耐火構造の床から、設備機器などの付帯物を取り付けたり、吊る際に、ビスやボルトが耐火構造の耐火被覆を貫通する。その際、ビスやボルトの径や長さ、天井の懐の有無によって、耐火構造の構造躯体に与える影響を系統的に把握した。

床1体の1時間加熱実験（3時間以上放置）において、いずれの仕様もビスやボルト周辺の構造躯体が燃焼継続した仕様はなかった。

少し詳しく見ると、ビスやボルトからの熱橋の影響は、概ね「①熱橋の影響なし」、「②熱橋の影響あり（留め具周り炭化するが引き抜けない）」「③熱橋の影響あり（留め具周り炭化し容易に引き抜ける）」の3種類に大別できる。仕様ごとに結果を以下にまとめる。

[ビス（構造用ビスを含む）・釘（ビス頭・釘頭だけが露出）]

- ・ Φ8mm以下のビス・釘については、「①熱橋の影響なし」であった。
- ・ ビス・釘については、より太く、より長いほうが、熱橋の影響は小さくなる傾向がある。
- ・ 鋼製の付帯物を取り付く場合、ビス・釘の単独と比較して、熱橋の影響は大きくなる傾向がある。しかし、構造躯体に炭化痕や燃焼が生じることはなく、「①熱橋の影響なし」であった。
- ・ 本実験では、構造用ビスはシネジック社の“パネリード”を用いたが、Φ8mm以下の構造用ビスであれば、同様に扱ってよいと考えられる。

[コーチボルト（ボルト頭（六角形）で露出）]

- ・ M9以上のコーチボルトについて、露出するボルト頭からの入熱によりボルト周囲の木材が炭化する。その際、「②熱橋の影響あり（留め具周り炭化するが引き抜けない）」「③熱橋の影響あり（留め具周り炭化し容易に引き抜ける）」の2種類の性状となった。また、ボルトが長いほど熱橋の影響は小さくなる。
- ・ コーチボルトの径が大きくなるほど、露出するボルト頭の表面積も増加するため、熱橋の影響は大きい。
- ・ 鋼製の付帯物を取り付く場合、コーチボルト単独と比較して、熱橋の影響は大きくなる傾向がある。
- ・ 天井懐が45mmの場合、M9～M16のコーチボルトについて、「①熱橋の影響なし」であった。天井懐の空気層で放熱されて、構造躯体への熱橋の影響が小さくなるためと考えられる。

表 16 1時間耐火構造床の留め具仕様の検討結果一覧

仕様名	仕様 [mm]						最高温度※1	炭化痕の有無	がたつき ※2	
	構成	留め具の種類	頭径	胴径	長さ	付帯物	木-鉄部 ()内の時間は260°C到達時間	CLT		
試験体3	1	コーチボルトM9	六角	9	90	なし	318.5°C/61分 (40分)	あり (自消)	× (抜ける)	
	2	コーチボルトM9	六角	9	125	なし	321.9°C/62分 (36分)	あり (自消)	なし	
	3	コーチボルトM12	六角	12	125	なし	432.6°C/60分 (22分)	あり (自消)	あり	
	4	コーチボルトM16	六角	16	100	なし	319.3°C/47分 (37分)	あり (自消)	あり	
	5	コーチボルトM16	六角	16	125	なし	389.9°C/63分 (33分)	あり (自消)	あり	
	6	直 貼 り	コーチボルトM9	六角	9	90	鉄板t4.5×50幅×L100 (平板)	374.7°C/63分 (22分)	あり (自消)	× (抜ける)
	7		コーチボルトM16	六角	16	100	鉄板t4.5×50幅×L100 (平板)	511.2°C/58分 (20分)	あり (自消)	× (抜ける)
	8		コーチボルトM16	六角	16	100	鉄板t4.5×100幅×L100 (平板)	383.9°C/47分 (27分)	あり (自消)	× (抜ける)
	9		コーチボルトM16	六角	16	100	鉄板t1.6×100幅×L100 (平板)	370.2°C/61分 (31分)	あり (自消)	× (抜ける)
	10		コーススレッドビス	8.7	4.5	90	なし	181.5°C/62分	なし	なし
	11	パネリード (PX8-110)	10.8	8	110	なし	236.3°C/62分	なし	なし	
	12	サワラハンガー (木ネジ)	7.5	6.3	80	なし	228.6°C/65分	なし	なし	
	13	— (留め具なし)	—	—	—	—	121.9°C/177分	—	—	
	14	野 縁 4 5 m 厚 あり	コーチボルトM9	六角	9	150	なし	198.7°C/65分	なし	なし
	15		コーチボルトM12	六角	16	150	なし	203.3°C/65分	なし	なし
	16		コーチボルトM16	六角	16	150	なし	225.7°C/64分	なし	なし
	17		コーチボルトM9	六角	9	150	鉄板t4.5×50幅×L100 (平板)	207.1°C/63分	なし	なし
	18		コーチボルトM16	六角	16	150	鉄板t4.5×50幅×L100 (平板)	260°C/64分	なし	なし
	19		コーチボルトM16	六角	16	150	鉄板t4.5×100幅×L100 (平板)	246.6°C/64分	なし	なし
	20		コーチボルトM16	六角	16	150	鉄板t1.6×100幅×L100 (平板)	240.4°C/64分	なし	なし
	21		パネリード (PX8-110)	10.8	16	110	なし	116°C/173分	なし	なし
	22		— (留め具なし)	—	—	—	—	101.8°C/192分	—	—

※1 仕様13, 22は、CLT表面 (木部)、その他はCLT表面 (木部)-留め具 (鉄部) の取り付け部の温度を示す。

※2 実験後の留め具の「がたつき」の有無は、留め具を手で引っ張り上下左右に動かない仕様を「なし」、留め具は抜けないががたつく仕様を「あり」と示す。
また、手で引っ張った際に容易に留め具が抜ける場合には「× (抜ける)」と記載する。

1.4 防火的な措置の提案

「CLT を用いた中大規模木造建築物の防耐火設計手引き（案）」への掲載を見据え、前述の実験結果を踏まえて、1時間耐火構造の壁については、開口小口、設備配管貫通部及び留め具の防火的な措置、1時間耐火構造の床については、設備配管貫通部及び留め具の防火的な措置の提案を図 28～32 に示す。また参考として、2022 年の事業成果もあわせて記載する。

【開口小口】

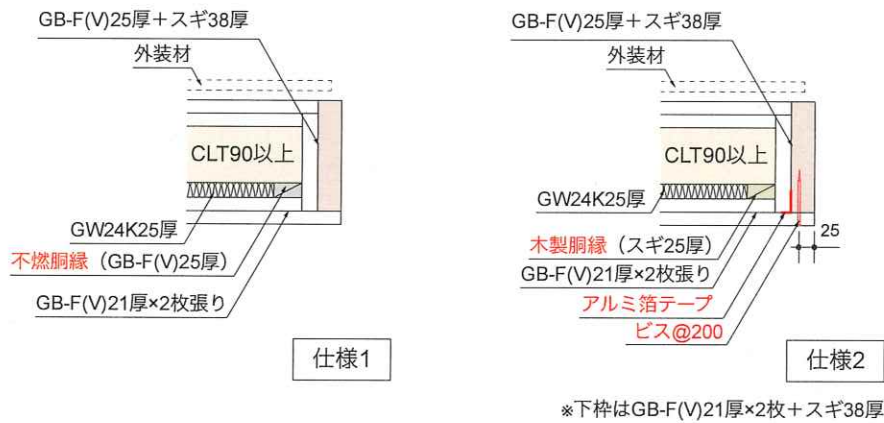


図 28 1時間耐火構造壁に対する開口小口の防火的な措置の例

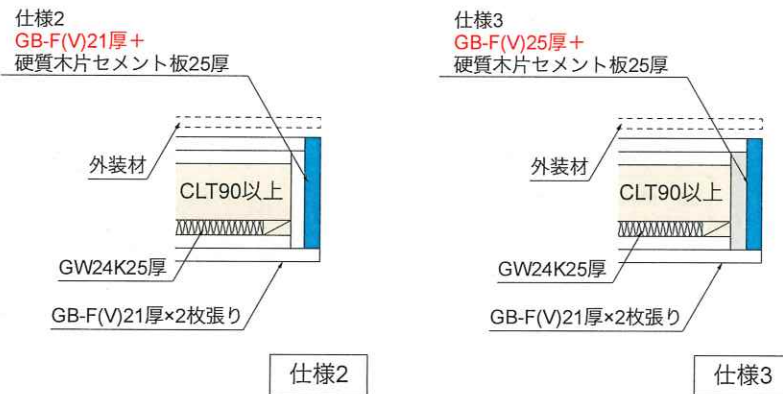
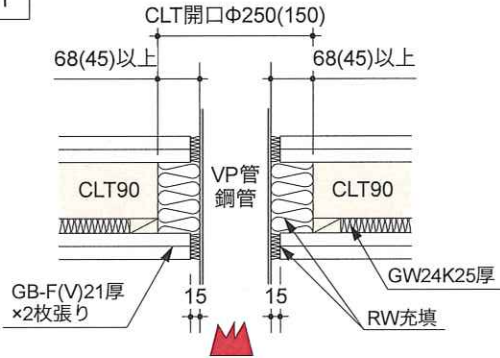


図 29 参考：1時間耐火構造壁に対する開口小口の防火的な措置の例
(2022 年度の事業成果)

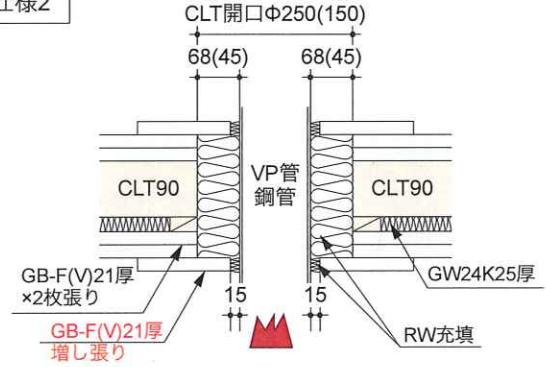
【設備貫通】

壁の設備貫通

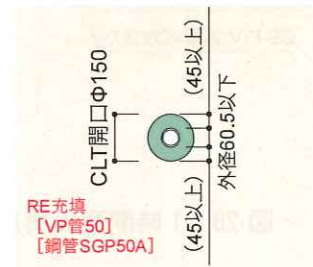
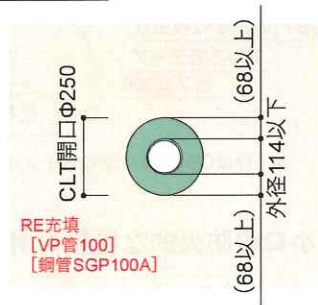
仕様1



仕様2



CLT開口（仕様1,2共通）



床の設備貫通

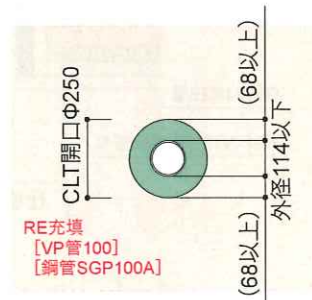
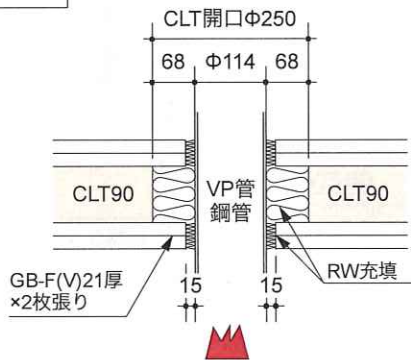


図 30 1 時間耐火構造壁及び床に対する設備貫通の防火的な措置の例

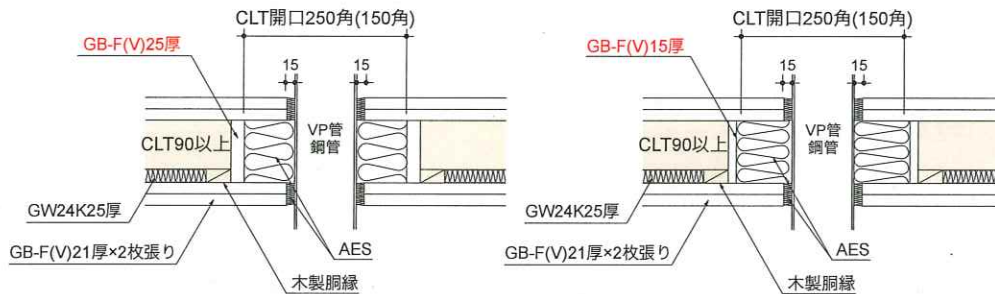
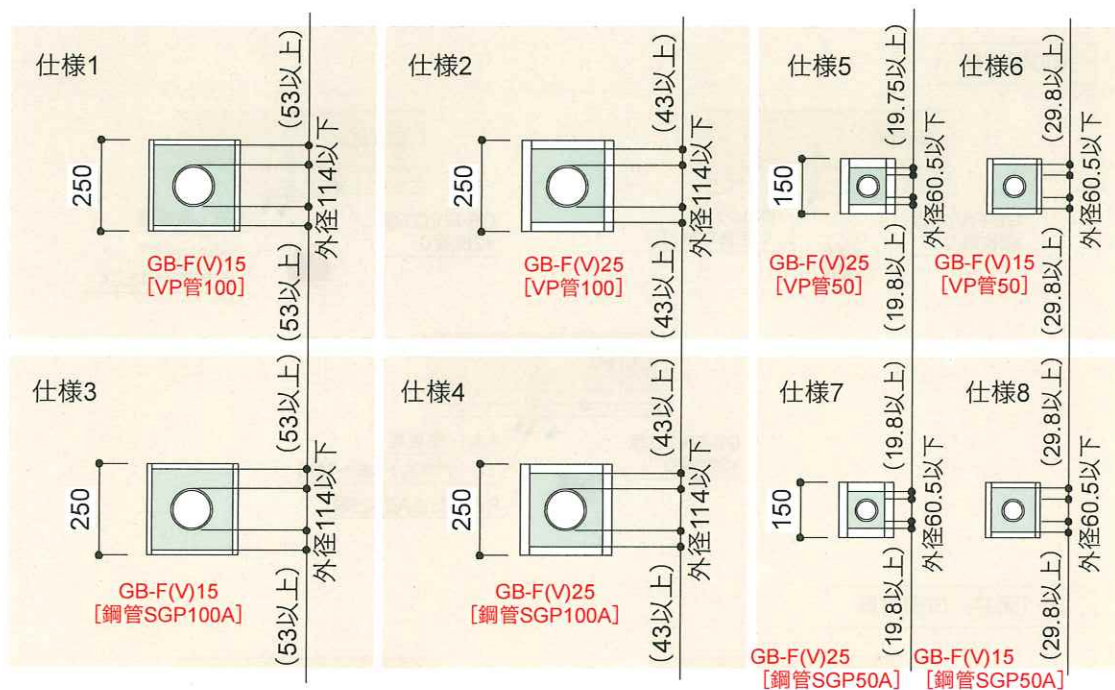
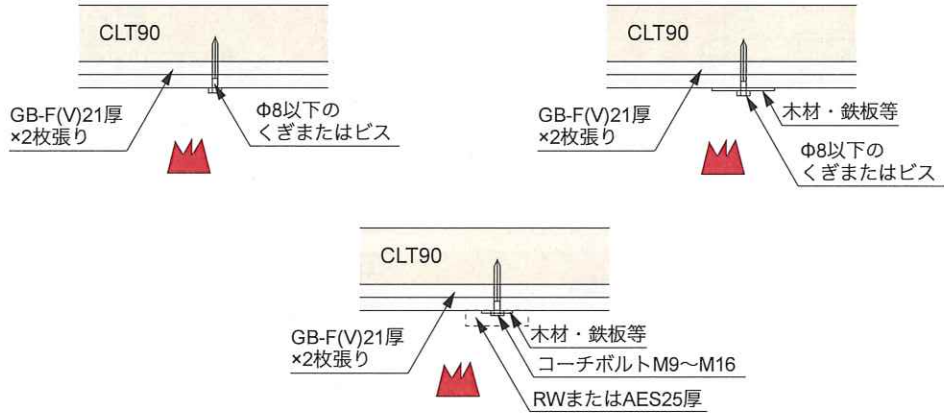


図 31 参考：1 時間耐火構造壁に対する設備貫通の防火的な措置の例
(2022 年度の事業成果)

【留め具】

壁の留め具



床（天井）の留め具

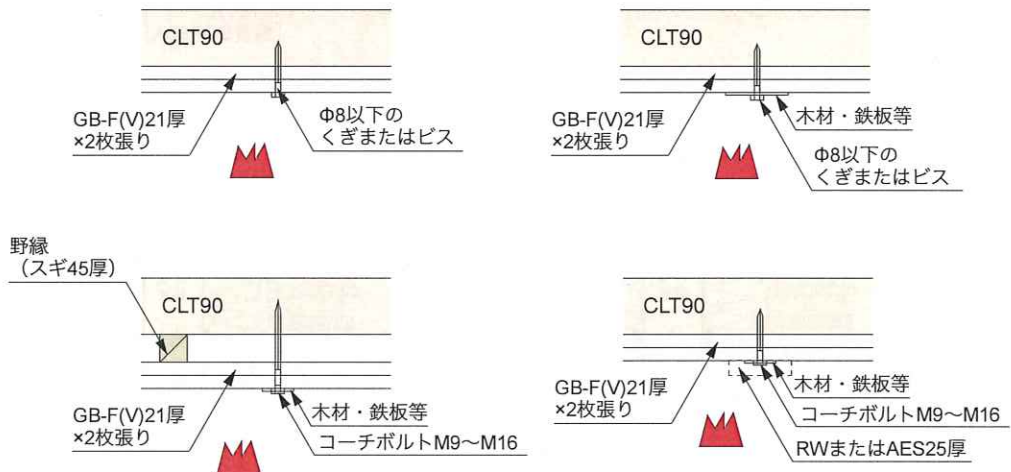


図 32 1時間耐火構造壁及び床に対する留め具の仕様の例

1.5 今後の課題と展望

本事業では、1時間耐火構造壁及び床については、躯体に CLT を用いた場合の開口小口、貫通部、留め具廻りについて性能検証を実施し前述の成果を得た。

今後は、昨年度までの1時間、2時間耐火構造の成果に加え、本事業での1時間耐火構造に関する成果を元に、設計指針となるマニュアルを整備するとともに、新たな技術開発につながるよう日本建築学会等にて工学的知見を公開・普及することに努める。

なお、本事業で得られた成果は、建物の躯体に他の木材、木質材料を用いた場合（在来軸組工法等）にも応用できる余地があると考えられ、本成果を踏まえた仕様の整理を今後の課題としたい。

2章 30分耐火構造外壁(非耐力)の 燃え止まりに関する加熱実験

2章 30分耐火構造外壁（非耐力）の燃え止まりに関する加熱実験

2.1 はじめに

CLT を用いた 30 分耐火構造の非耐力壁外壁の検討を実施した。この壁は、建物の階数によらず、延焼のおそれのある部分以外の外壁に用いることができる。

CLT は木材のラミナを直交しながら厚さ方向に積層するため、表面材と中心材の材料が異なる部材もつくることができる。非耐力壁外壁は建物の自重を支持する荷重支持部材ではないため、JAS 規格の CLT にとらわれず、30 分耐火構造の耐火性能を有する可能性のある断面構成を検討する。

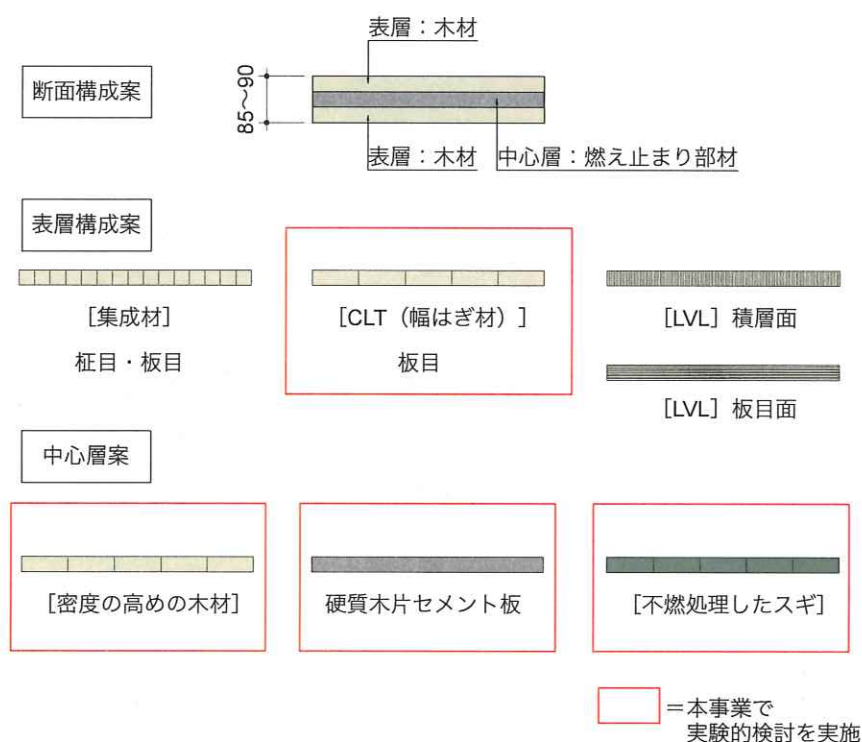


図 1 30 分耐火構造外壁（非耐力壁）の断面構成案

2.2 各部の防火的な措置の考え方

耐火構造の主要構造部には、法令上、表1の耐火性能が求められる。

表1 耐火構造の主要構造部に求められる耐火性能

部 位			最上階から数えた階数	通常の火災		屋内側の火災
				非損傷性	遮熱性	遮炎性
壁	間仕切壁	耐力壁	階数15以上の階	2時間	1時間	—*
			階数10～14の階			
			階数5～9の階	1.5時間		
			最上階、階数2～4の階	1時間		
		非耐力壁	—	—	1時間	—*
	外壁	耐力壁	階数15以上の階	2時間	1時間	1時間
			階数10～14の階			
			階数5～9の階	1.5時間		
			最上階、階数2～4の階	1時間		
		非耐力壁	延焼のおそれのある部分	—	—	1時間
上記以外	—		—	30分	30分	
	柱	階数20以上の階	3時間	—	—	
		階数15～19の階	2.5時間			
		階数9～14の階	2時間			
		階数5～9の階	1.5時間			
		最上階、階数2～4の階	1時間			
	床	階数15以上の階	2時間	1時間	—*	
		階数10～14の階				
		階数5～9の階	1.5時間			
		最上階、階数2～4の階	1時間			
	はり	階数20以上の階	3時間	—	—	
		階数15～19の階	2.5時間			
		階数9～14の階	2時間			
		階数5～9の階	1.5時間			
		最上階、階数2～4の階	1時間			
	屋根	—	30分	—	30分	
	階段	—	30分	—	—	

非損傷性：構造耐力上支障のある変形、溶融、破壊等の損傷を生じない

遮熱性：加熱面以外の面（屋内に面するもの）の温度が可燃物燃焼温度以上に上昇しない

遮炎性：屋外に火炎を出す原因となる亀裂等の損傷を生じない

*：壁及び床の遮炎性は、遮熱性を確保することにより性能を満たす

2.3 加熱実験

30分耐火構造外壁には、30分の加熱に耐えた後も躯体が燃焼継続しないことが求められている。本実験では加熱時間に対して、加熱後に燃え止まり遮炎性及び遮炎性を有する直交集成板（以降、CLT）の仕様を明確にすることを目的とする。CLTの燃焼性状については、内部温度の推移及び炉内の一酸化炭素濃度の測定値をもとに実験終了を終了を判断し、また脱炉後に目視観察や熱映像にて確認することとした。

なお、試験体に用いる木材は、含水率を15%以下（詳細は3章の各機関の報告書参照）に調整した。

また、試験体各部の温度は、K(CA)熱電対を用いて測定した。

1.3.1 実験計画

(1) 試験体の設計

試験体はヒノキ、カラマツ、スギ（+不燃処理したスギ）、スギ（+硬質木片セメント板）の合計4仕様のCLTとした。試験体加熱面の様子を写真1に、試験体仕様一覧を表2に、試験体図を図2に示す。

■30分耐火構造外壁

仕様1は、厚さ90mmのヒノキのCLT（3層3プライ、レゾルシノール樹脂系接着剤）とし、仕様2は、厚さ90mmのカラマツのCLT（3層3プライ、レゾルシノール樹脂系接着剤）を選定した。また、仕様3は中間層に厚さ25mm厚の不燃処理（リン酸系薬剤処理木材）したスギを配置した厚85mmのスギのCLT（3層3プライ、レゾルシノール樹脂系接着剤）、仕様4は中間層に厚25mmの硬質木片セメント板を配置した厚85mmのスギのCLT（3層3プライ、レゾルシノール樹脂系接着剤）とした。



写真1 試験体（30分耐火構造外壁）

（試験体外寸 W3,700×H3,600mm）

表2 試験体仕様一覧 (30分耐火構造の非耐力壁想定)

仕様※1	
仕様1	ヒノキCLT 厚90mm 3層3プライ レゾルシノール樹脂系接着剤 塗布量：221.6 g/m ²
仕様2	カラマツCLT 厚90mm 3層3プライ レゾルシノール樹脂系接着剤 塗布量：227.6 g/m ²
仕様3	スギ+不燃処理スギCLT 厚85mm 3層3プライ レゾルシノール樹脂系接着剤 塗布量：297.9 g/m ²
仕様4	スギ+硬質木片セメント板CLT 厚85mm 3層3プライ レゾルシノール樹脂系接着剤 塗布量：239 g/m ²

※1 仕様3のスギ不燃処理木材：NM-1050 (リン酸系薬剤処理木材)
 仕様4の硬質木片セメント板：センチュリーボード (ニチハ社)

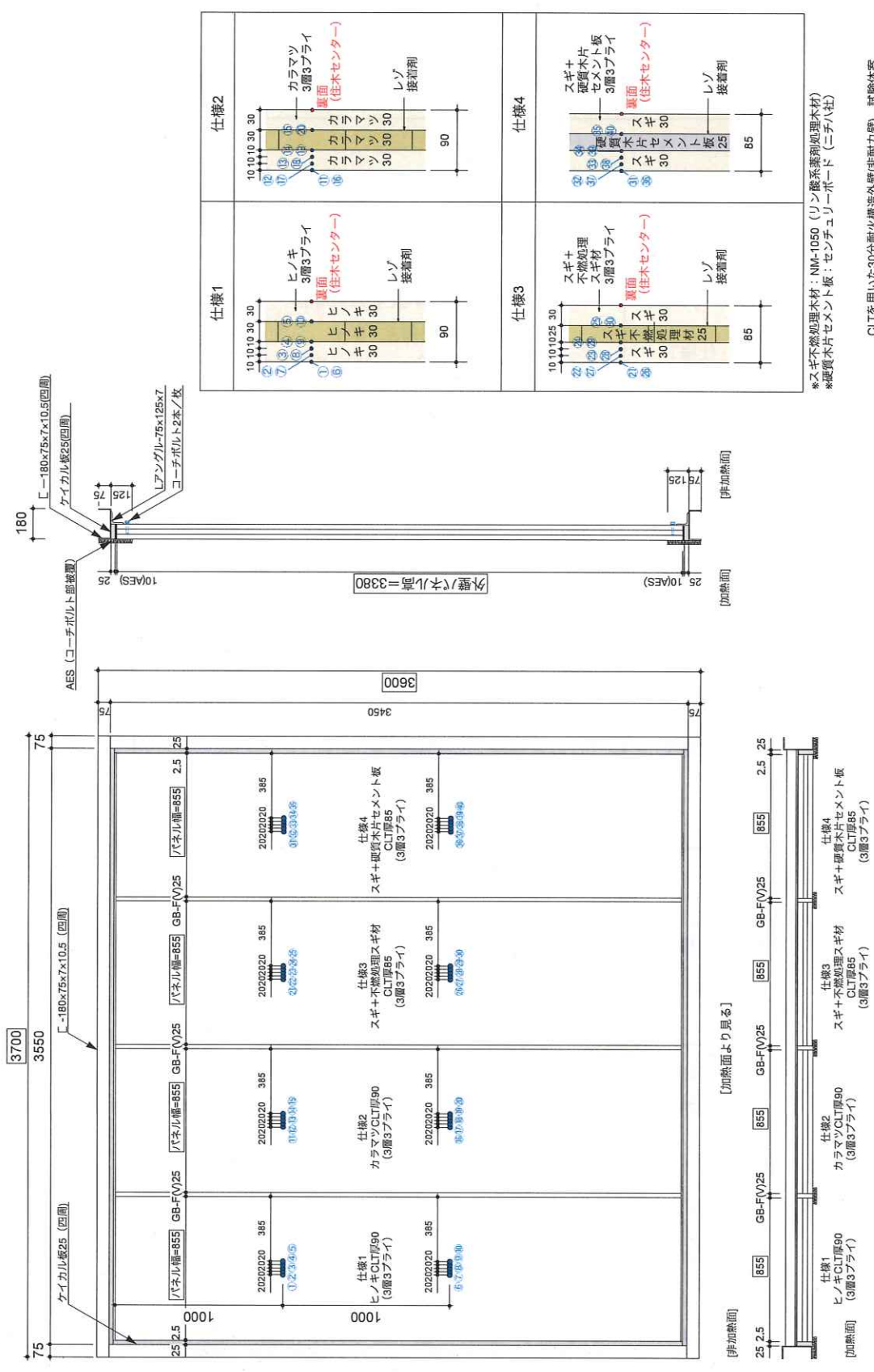


図2 試験体1の構造・寸法・熱電対配置 (単位:mm)

*スギ不燃処理木材: NM-1050 (リン酸系薬液処理木材)
 *取替木片セメント板: センチュリーボード (ニチハ社)

CLTを用いた30分耐火構造外壁(非耐力壁) 試験体案
 2023年10月25日 (水) 於: 日本住宅・木材技術センター
 【加熱面全体図+断面詳細図】

(2) 加熱方法

実験は、公益財団法人 日本住宅・木材技術センターの壁炉（写真 2）を用いて実施した。加熱は、IS0834 標準加熱曲線に準じた加熱とし、実験時間は、耐火構造に要求される加熱時間+加熱時間×3 倍の放置時間とし、いずれも 30 分加熱+1 時間 30 分放置を目標に実施し、放置終了は内部温度推移等により判断することとした。

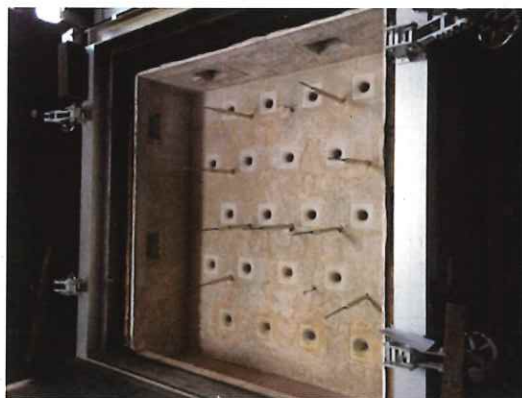


写真 2 日本住宅・木材技術センターの壁炉（非載荷）

(3) 防耐火性能の評価

遮熱性は試験体の裏面温度により、遮炎性は実験中の目視にて観察した。また燃え止まり性状については、試験体の内部温度（=木材表面温度が 260℃を超えるか否か）や炉内の一酸化濃度の測定に加え、実験終了時の加熱面を熱映像や目視により観察し、また実験終了後に試験体を解体し断面を観察した。

2.3.2 実験結果

検証対象：延焼のおそれのある部分以外の非耐力の外壁

検証内容：30分耐火構造※

※30分加熱後+5時間30分放置後に試験体内部温度が低下傾向にあったため、終了。

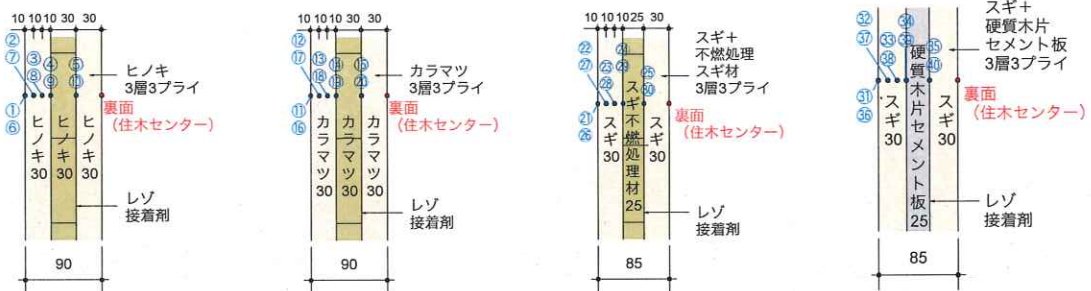
結果概要一覧、内部温度データ、記録画像、炭化図を以降に示す。

仕様1~4いずれも、30分加熱+5時間30分放置後に内部温度が100℃以下まで低下し、脱炉後の試験体にて赤熱燃焼等はなく、燃え止まっていることを確認した。

表3 30分耐火構造壁の結果概要一覧

試験体仕様		結果									
		試験体上部					試験体下部				
		熱電対	表面から	最高温度 [°C]	到達時間 [分]	260°C到達時間 [分]	熱電対	表面から	最高温度 [°C]	到達時間 [分]	260°C到達時間 [分]
仕様1	ヒノキCLT厚90mm 3層3プライ レゾルシノール樹脂系接着剤 塗布量：221.6 g/m ²	1	0mm	525.7	31.00	5.00	6	0mm	691.0	28.50	4.25
		2	10mm	535.0	31.50	14.25	7	10mm	303.8	57.00	28.50
		3	20mm	288.3	33.50	29.25	8	20mm	257.0	33.75	-
		4	30mm	197.4	82.75	-	9	30mm	187.1	80.50	-
		5	60mm	95.8	139.50	-	10	60mm	92.9	139.50	-
		41	90mm	96.7	25.50	-	42	90mm	76.2	34.50	-
仕様2	カラマツCLT厚90mm 3層3プライ レゾルシノール樹脂系接着剤 塗布量：227.6 g/m ²	11	0mm	872.6	30.75	2.50	16	0mm	840.4	30.00	2.50
		12	10mm	558.2	33.00	15.25	17	10mm	563.3	30.00	16.50
		13	20mm	457.9	30.00	25.25	18	20mm	390.1	33.00	26.50
		14	30mm	208.3	62.25	-	19	30mm	209.8	67.00	-
		15	60mm	98.6	119.25	-	20	60mm	97.2	128.75	-
		43	90mm	60.7	143.00	-	44	90mm	58.3	150.50	-
仕様3	スギ+不燃処理スギCLT厚85mm 3層3プライ レゾルシノール樹脂系接着剤 塗布量：297.9 g/m ²	21	0mm	816.2	30.75	2.75	26	0mm	768.8	30.00	3.75
		22	10mm	494.3	30.25	16.75	27	10mm	426.4	31.00	17.00
		23	20mm	299.6	31.75	26.00	28	20mm	269.3	29.50	28.00
		24	30mm	165.8	31.75	-	29	30mm	144.6	88.75	-
		25	60mm	100.5	78.75	-	30	60mm	94.4	142.25	-
		45	85mm	57.3	27.75	-	46	85mm	54.5	150.00	-
仕様4	スギ+硬質木片セメント板CLT厚85mm 3層3プライ レゾルシノール樹脂系接着剤 塗布量：239 g/m ²	31	0mm	826.6	30.75	3.75	36	0mm	859.7	30.00	5.00
		32	10mm	596.9	31.00	12.00	37	10mm	624.5	30.25	13.75
		33	20mm	613.7	30.50	19.00	38	20mm	454.0	30.50	21.25
		34	30mm	174.4	81.25	-	39	30mm	157.8	79.50	-
		35	60mm	98.6	132.25	-	40	60mm	98.2	89.25	-
		47	85mm	63.1	108.00	-	48	85mm	80.2	78.50	-

：燃え止まっている深さ（熱電対位置が260°Cまで到達していない深さ）



口内部温度データ

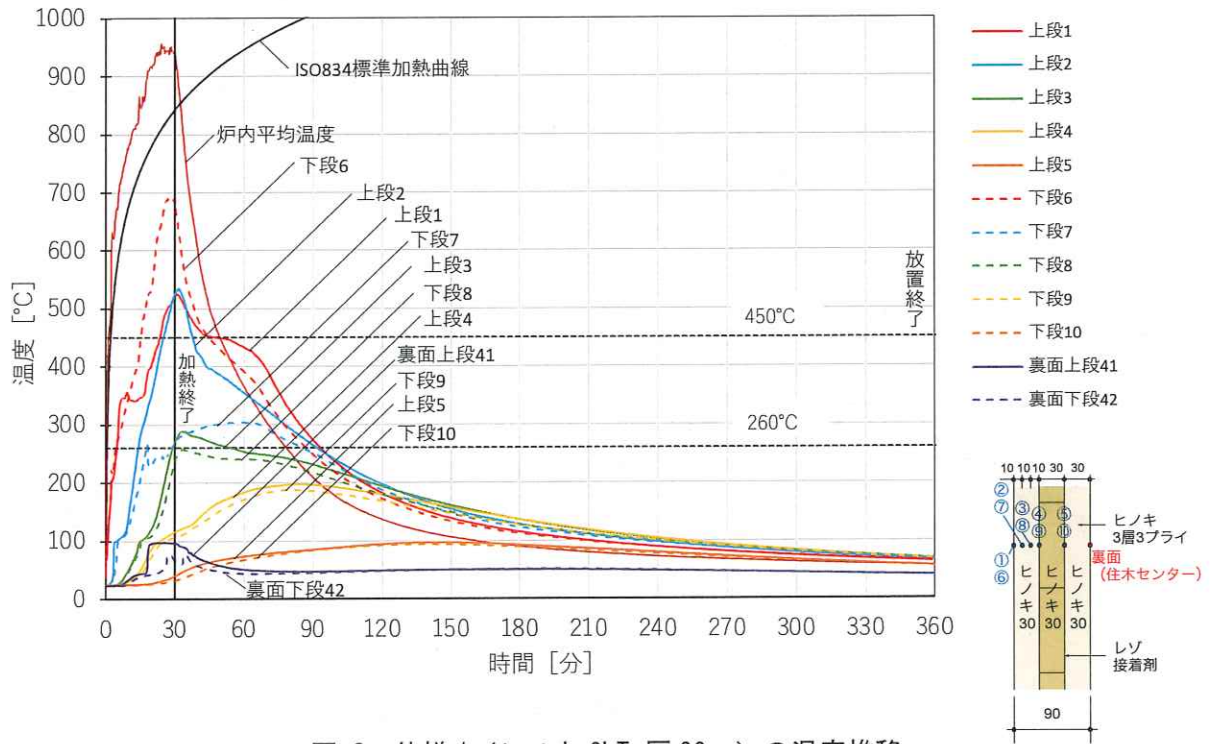


図 3 仕様 1 (ヒノキ CLT 厚 90mm) の温度推移

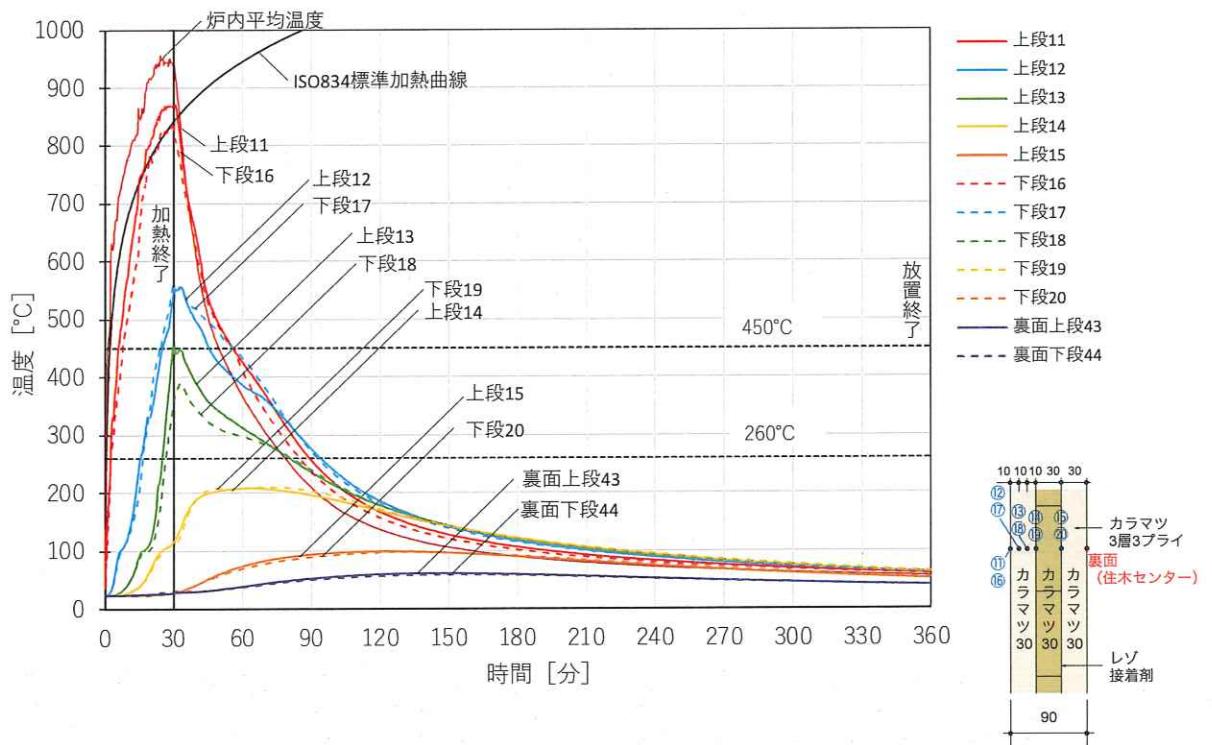


図 4 仕様 2 (カラマツ CLT 厚 90mm) の温度推移

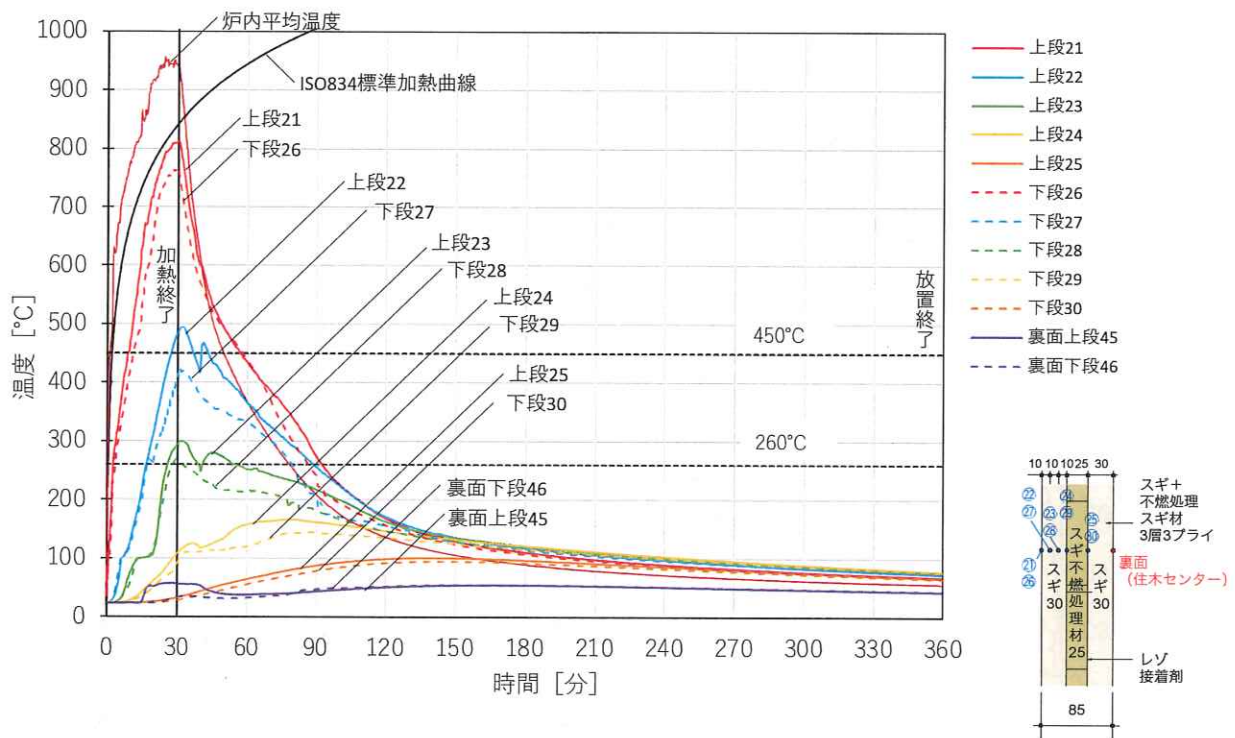


図5 仕様3 (スギ+不燃処理スギ 厚 85mm) の温度推移

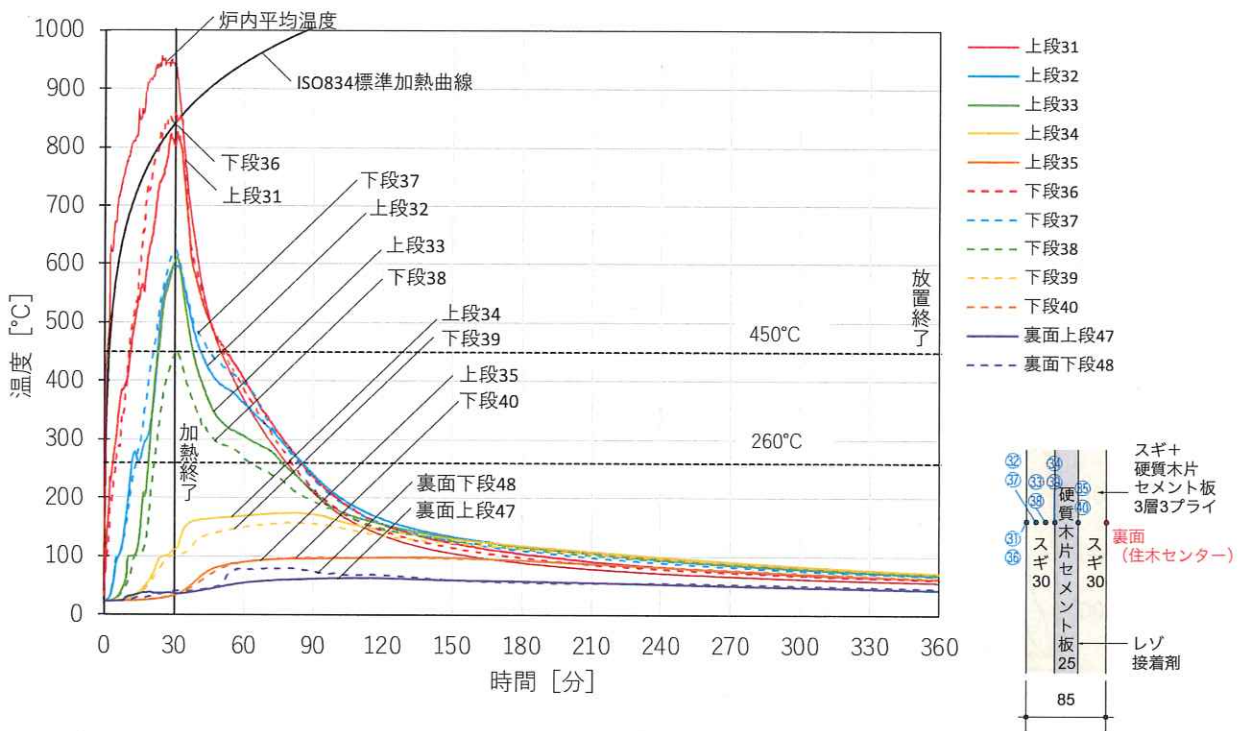


図6 仕様4 (スギ+硬質木片セメント板 厚 85mm) の温度推移

□実験記録画像（写真・熱映像）



写真3 加熱面・実験開始前

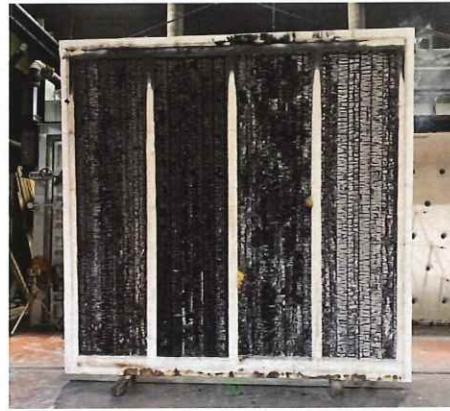


写真4 加熱面・脱炉時
(30分加熱・5.5時間放置)



写真5 非加熱面・実験開始時 (写真)

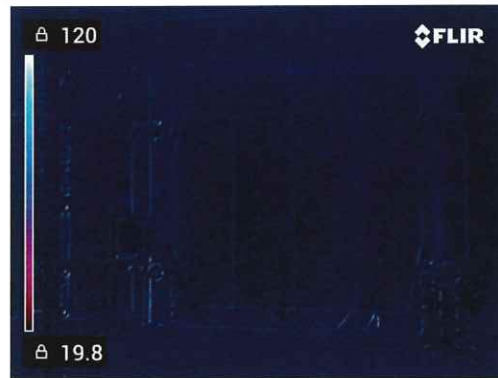


写真6 非加熱面・実験開始時 (熱映像)



写真7 非加熱面・実験開始30分後 (写真)
(加熱終了時)

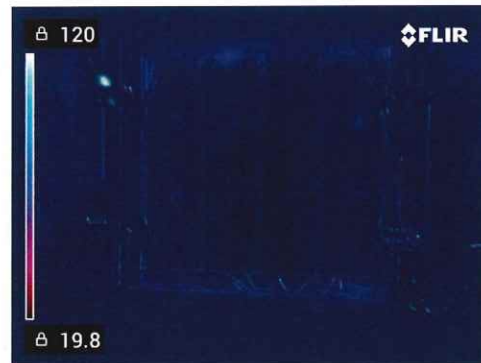


写真8 非加熱面・実験開始30分後
(熱映像) (加熱終了時)

つづく



写真 9 非加熱面・実験開始 60 分後
(写真)

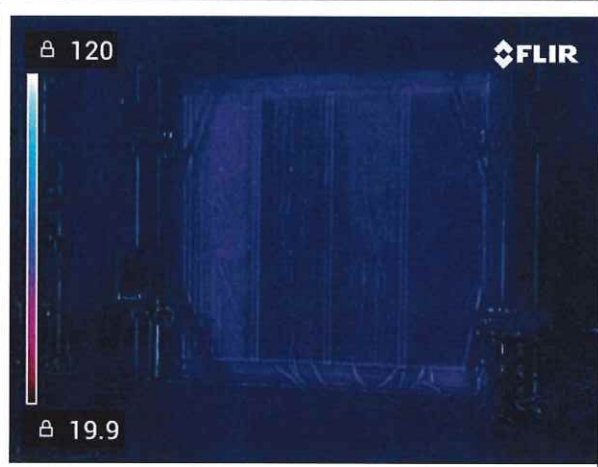


写真 10 非加熱面・実験開始 60 分後
(熱映像)



写真 11 非加熱面・実験開始 120 分後
(写真)

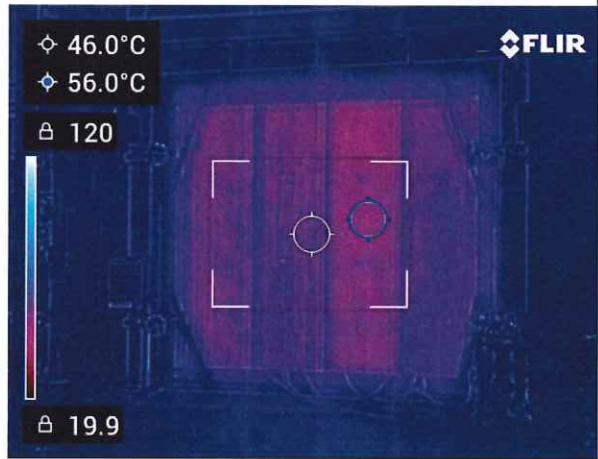


写真 12 非加熱面・実験開始 120 分後
(熱映像)



写真 13 非加熱面・実験開始 180 分後
(写真)

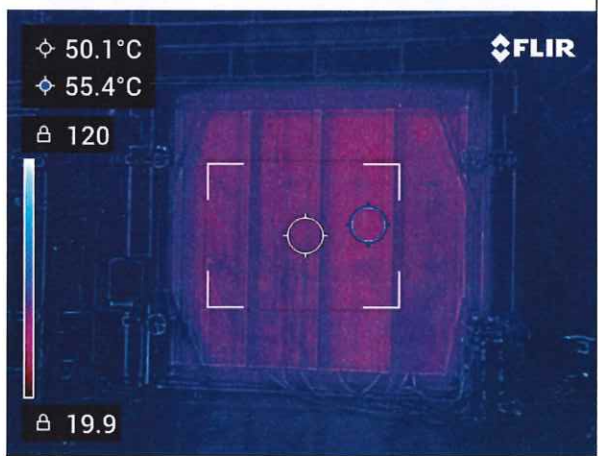


写真 14 非加熱面・実験開始 180 分後
(熱映像)

つづく



写真 15 非加熱面・実験開始 240 分後
(写真)

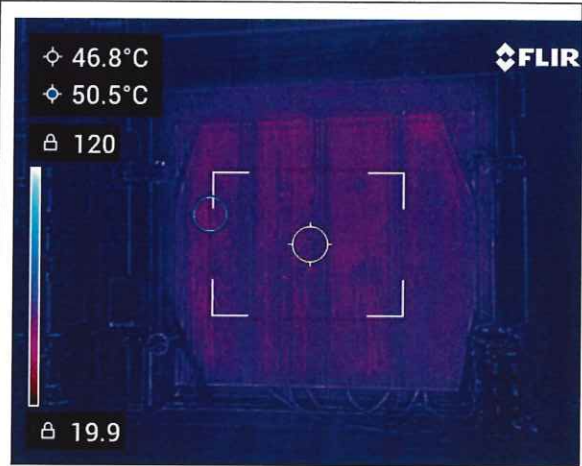


写真 16 加熱面・実験開始 240 分後
(熱映像)



写真 17 非加熱面・実験開始 300 分後
(写真)

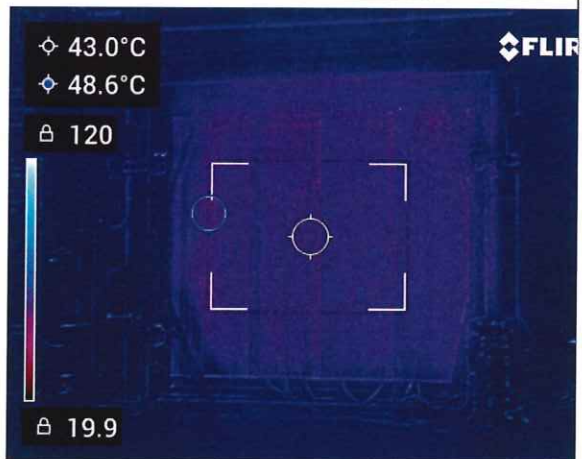


写真 18 非加熱面・実験開始 300 分後
(熱映像)



写真 19 非加熱面・実験開始 360 分後
(写真) (実験終了時)



写真 20 非加熱面・実験開始 360 分後
(熱映像) (実験終了時)

つづく



写真 21 加熱面・脱炉直後の解体時 全景
(仕様 1 ヒノキ CLT 厚 90)

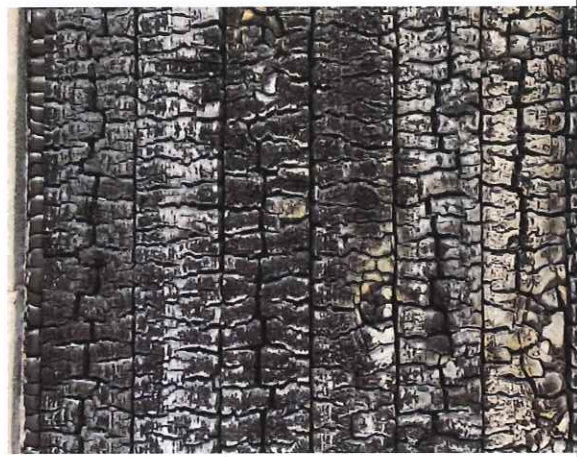


写真 22 加熱面・脱炉直後の解体時 接写
(仕様 1 ヒノキ CLT 厚 90)

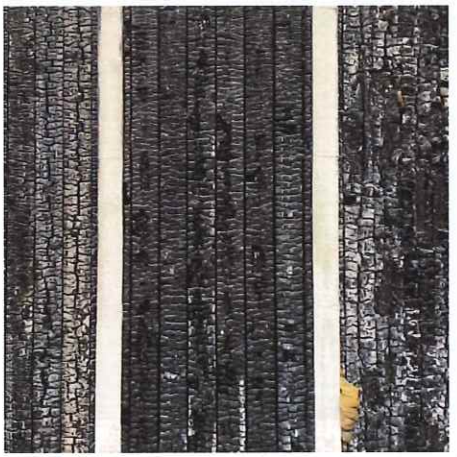


写真 23 加熱面・脱炉直後の解体時 全景
(仕様 2 カラマツ CLT 厚 90)

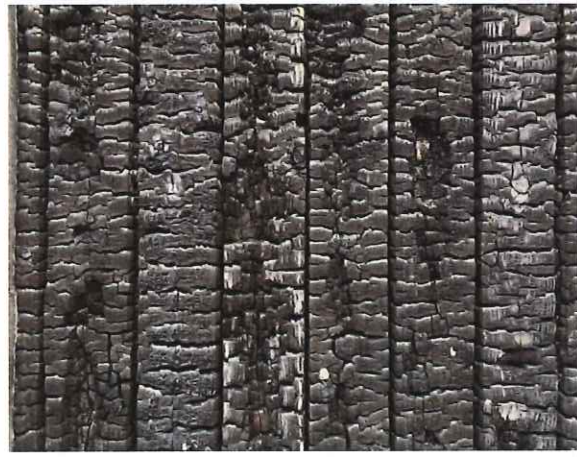


写真 24 加熱面・脱炉直後の解体時 接写
(仕様 2 カラマツ CLT 厚 90)

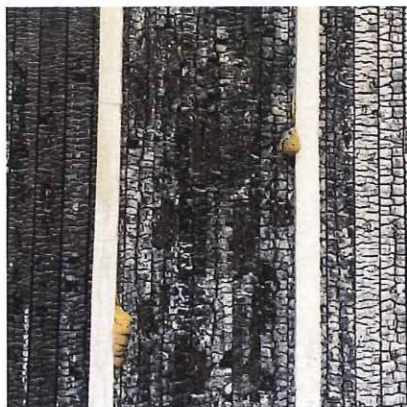


写真 25 加熱面・脱炉直後の解体時 全景
(仕様 3 スギ+不燃処理スギ材 CLT 厚 85)

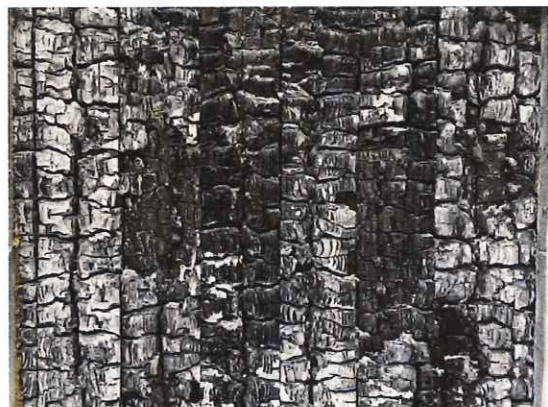


写真 26 加熱面・脱炉直後の解体時 接写
(仕様 3 スギ+不燃処理スギ材 CLT 厚 85)

つづく

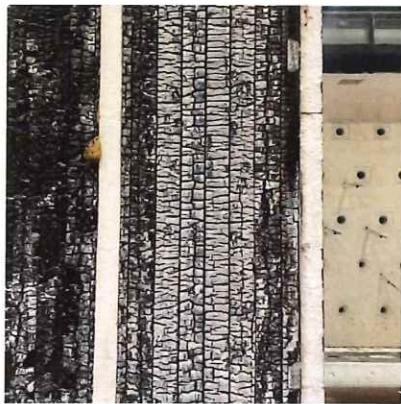


写真 27 加熱面・脱炉直後の解体時 全景
(仕様 4 スギ+硬質木片セメント板 CLT 厚 85)

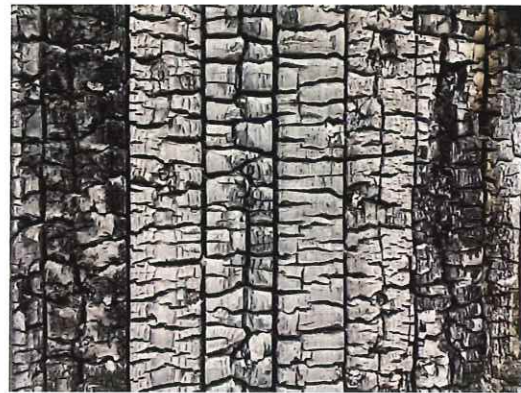


写真 28 加熱面・脱炉直後の解体時 接写
(仕様 4 スギ+硬質木片セメント板 CLT 厚 85)



写真 29 解体時の CLT 断面
(仕様 1 ヒノキ CLT 厚 90)
(上段：上部熱電対位置、下段：下部熱電対位置)



写真 30 解体時の CLT 断面
(仕様 2 カラマツ CLT 厚 90)
(上段：上部熱電対位置、下段：下部熱電対位置)



写真 31 解体時の CLT 断面
(仕様 3 スギ+不燃処理スギ材 CLT 厚 85)
(上段：上部熱電対位置、下段：下部熱電対位置)



写真 32 解体時の CLT 断面
(仕様 4 スギ+硬質木片セメント板 CLT 厚 85)
(上段：上部熱電対位置、下段：下部熱電対位置)

□炭化図

実験後の試験体では、仕様1~4いずれもラミナの脱落は見られず、加熱面の1層目と2層目の境界付近にて燃え止まっていることを確認した。炭化深さは、仕様1では23~29mm、仕様2では27~30mm、仕様3では23~29mm、仕様4では24~30mm程度であった。

凡例：健全 変色 炭化

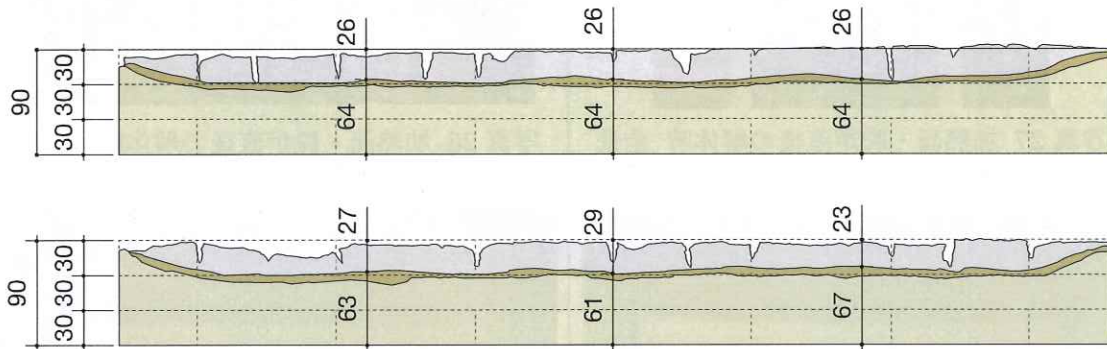


図7 仕様1 (ヒノキ CLT 厚 90mm) の炭化図
(上段：熱電対①~⑤見下げ、下段：熱電対⑥~⑩見下げ)

凡例：健全 変色 炭化

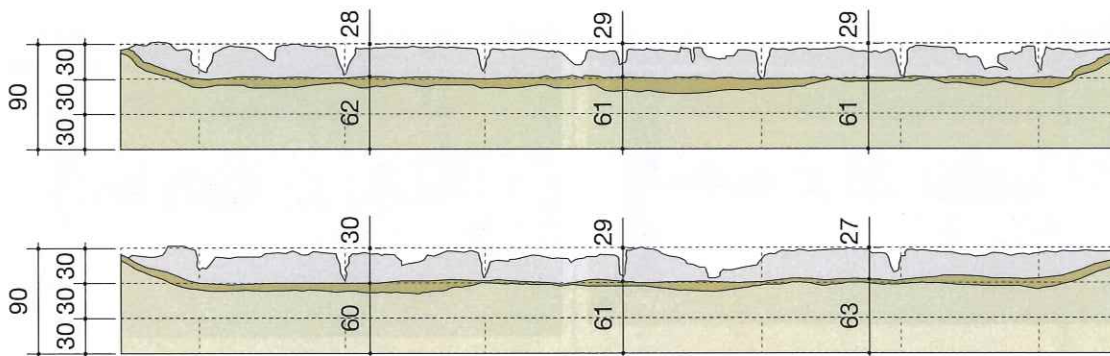


図8 仕様2 (カラマツ CLT 厚 90mm) の炭化図
(上段：熱電対①~⑤見下げ、下段：熱電対⑥~⑩見下げ)

凡例：健全 変色 炭化

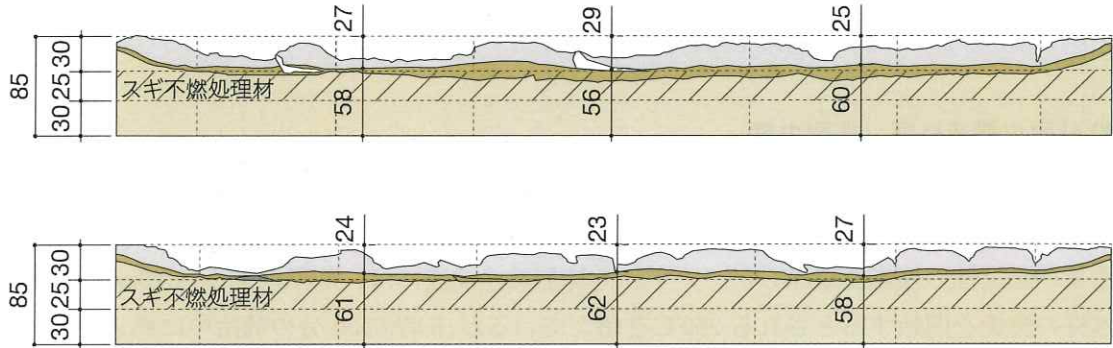


図9 仕様3 (スギ+不燃処理スギ 厚85mm) の炭化図
 (上段：熱電対①～⑤見下げ、下段：熱電対⑥～⑩見下げ)

凡例：健全 変色 炭化

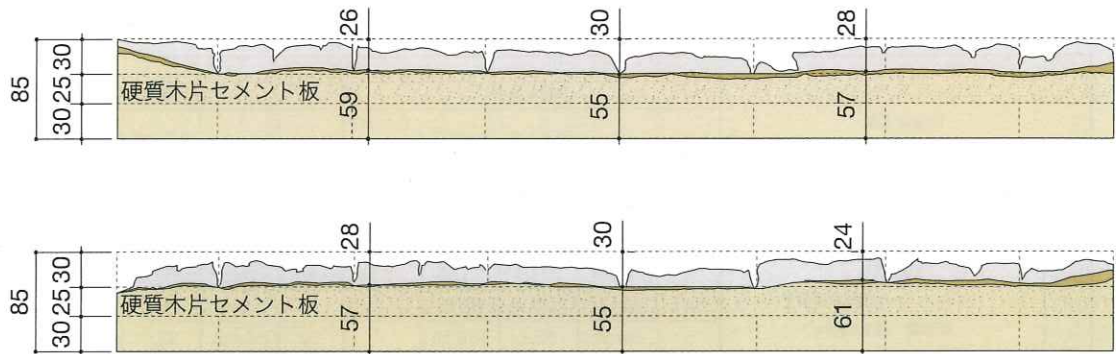


図10 仕様4 (スギ+硬質木片セメント板 厚85mm) の炭化図
 (上段：熱電対①～⑤見下げ、下段：熱電対⑥～⑩見下げ)

2.3.3 考察

30分耐火構造外壁の実験結果を考察する。なお、考察中に不燃処理木材と記載されたものは「リン酸系薬剤処理木材 (NM-1050)」、硬質木片セメント板と記載されたものは「センチュリーボード (ニチハ社)」の製品を指す。

30分耐火構造外壁 (非耐力壁)

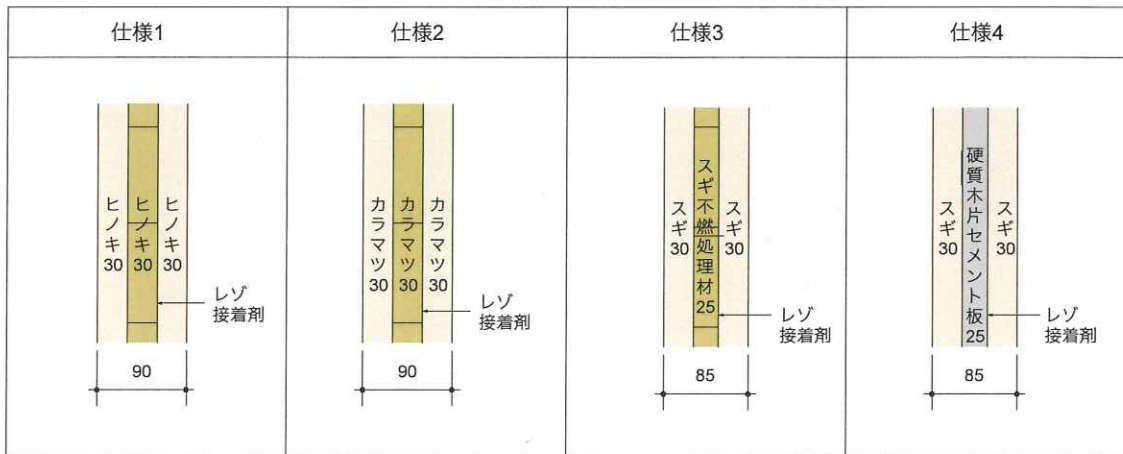
30分耐火構造外壁 (非耐力壁) については、ヒノキ及びカラマツを用いた CLT ではいずれも本実験条件では、炭化層が脱落せず加熱面 1 層目-2 層目の境界付近で燃え止まり、遮熱性及び遮炎性の性能を確保した。いずれも加熱終了前後には、加熱表面から 20mm の位置で木材の燃焼を開始するとされる 260°C を超えているが、5 時間 30 分の放冷中に燃え止まり、加熱表面から 30mm の位置では 200°C 程度に留まる結果となった。

またスギを用いた CLT では、中間層に不燃処理木材または硬質木片セメント板のいずれかを設けることで、本実験条件では加熱面 1 層目で燃え止まり、遮熱性及び遮炎性の性能を確保することを確認した。不燃処理木材または硬質木片セメント板は、いずれも最外層のスギに比べ発熱量が小さく、境界面 (加熱面から 30mm の位置) の温度はいずれも 175°C 以下に留まっている。

表 4 30分耐火構造外壁 (非耐力) の燃え止まり検証実験結果一覧

試験体仕様		結果									
		試験体上部					試験体下部				
		熱電対	表面から	最高温度 [°C]	到達時間 [分]	260°C到 達時間 [分]	熱電対	表面から	最高温度 [°C]	到達時間 [分]	260°C到 達時間 [分]
仕様 1	ヒノキCLT 厚90mm 3層3プライ レゾルシノール樹脂系接着剤 塗布量: 221.6 g/m ²	1	0mm	525.7	31.00	5.00	6	0mm	691.0	28.50	4.25
		2	10mm	535.0	31.50	14.25	7	10mm	303.8	57.00	28.50
		3	20mm	288.3	33.50	29.25	8	20mm	257.0	33.75	-
		4	30mm	197.4	82.75	-	9	30mm	187.1	80.50	-
		5	60mm	95.8	139.50	-	10	60mm	92.9	139.50	-
		41	90mm	96.7	25.50	-	42	90mm	76.2	34.50	-
仕様 2	カラマツCLT 厚90mm 3層3プライ レゾルシノール樹脂系接着剤 塗布量: 227.6 g/m ²	11	0mm	872.6	30.75	2.50	16	0mm	840.4	30.00	2.50
		12	10mm	558.2	33.00	15.25	17	10mm	563.3	30.00	16.50
		13	20mm	457.9	30.00	25.25	18	20mm	390.1	33.00	26.50
		14	30mm	208.3	62.25	-	19	30mm	209.8	67.00	-
		15	60mm	98.6	119.25	-	20	60mm	97.2	128.75	-
		43	90mm	60.7	143.00	-	44	90mm	58.3	150.50	-
仕様 3	スギ+不燃処理スギCLT 厚85mm 3層3プライ レゾルシノール樹脂系接着剤 塗布量: 297.9 g/m ²	21	0mm	816.2	30.75	2.75	26	0mm	768.8	30.00	3.75
		22	10mm	494.3	30.25	16.75	27	10mm	426.4	31.00	17.00
		23	20mm	299.6	31.75	26.00	28	20mm	269.3	29.50	28.00
		24	30mm	165.8	31.75	-	29	30mm	144.6	88.75	-
		25	60mm	100.5	78.75	-	30	60mm	94.4	142.25	-
		45	85mm	57.3	27.75	-	46	85mm	54.5	150.00	-
仕様 4	スギ+硬質木片セメント板CLT 厚85mm 3層3プライ レゾルシノール樹脂系接着剤 塗布量: 239 g/m ²	31	0mm	826.6	30.75	3.75	36	0mm	859.7	30.00	5.00
		32	10mm	596.9	31.00	12.00	37	10mm	624.5	30.25	13.75
		33	20mm	613.7	30.50	19.00	38	20mm	454.0	30.50	21.25
		34	30mm	174.4	81.25	-	39	30mm	157.8	79.50	-
		35	60mm	98.6	132.25	-	40	60mm	98.2	89.25	-
		47	85mm	63.1	108.00	-	48	85mm	80.2	78.50	-

：燃え止まっている深さ (熱電対位置が260°Cまで到達していない深さ)



※スギ不燃処理木材：NM-1050（リン酸系薬剤処理木材）
 ※硬質木片セメント板：センチュリーボード（ニチ八社）

図 11 30分耐火構造外壁（非耐力）の燃え止まり検証実験結果

2.4 今後の課題と展望

本事業では、30分耐火構造壁（非耐力）については、国内に流通する材料を用いた構成のCLTにて燃え止まり性状を確認した。

ただし、加熱時間に対する燃え止まり機構や性能の再現性については工学的な検証・考察の余地は残るため、今後は、本事業での成果を元に、工学的な知見の蓄積や新たな技術開発につながるよう日本建築学会等にて本成果を公開・普及することに努める。

3章 実験実施機関による加熱実験の報告書

3章 実験実施機関による加熱実験の報告書

- 3.1 1時間耐火構造壁・1体目実験報告書（発行：（公財）日本住宅・木材技術センター）
- 3.2 1時間耐火構造壁・2体目実験報告書（発行：（公財）日本住宅・木材技術センター）
- 3.3 1時間耐火構造床実験報告書（発行：（一財）ベターリビング）
- 3.4 30分耐火構造壁実験報告書（発行：（公財）日本住宅・木材技術センター）

耐火性能試験成績書(耐火構造)

試験名称	CLTを用いた中大規模木造構造物の防耐火設計の手引き検討委員会 第1回 1時間耐火構造 CLT開口部等の試験	
試験実施場所	公益財団法人 日本住宅・木材技術センター 試験研究所	
試験体	建築物の部分	防火区画の壁(間仕切壁・外壁屋内側)以外
	材令	試験体製作後約一週間
	気乾密度 (g/cm ³)	-
	含水率 (%)	-
	試験体の材料及び構成(単位:mm)	詳細を別図-1~5に示す。
試験体	CLT:スギ直交集成板(3層3プライ) (厚さ90)	
	[開口小口部] CLT孔(幅400×高さ600)	
	[仕様1]GB-F(V)21厚+スギ30厚+不燃胴縁	
	[仕様2]GB-F(V)21厚+スギ30厚+不燃胴縁 +下面(GB-F(V)21厚×2+スギ30厚)	
	[仕様3]GB-F(V)21厚+スギ38厚+スギ胴縁 +下面(GB-F(V)21厚×2+スギ30厚)	
	[貫通部]	
	[仕様1]CLT孔(φ250)/VP100/GB-F(V)21厚+RW充てん(ボードをRWに被せる)	
	[仕様2]CLT孔(φ250)/SGP100A/GB-F(V)21厚+RW充てん(ボードをRWに被せる)	
	[仕様3]CLT孔(φ250)/VP100/GB-F(V)21厚+RW充てん+GB-F(V)21厚(ボードをRWに増張する)	
	[仕様4]CLT孔(φ250)/SGP100A/GB-F(V)21厚+RW充てん+GB-F(V)21厚(ボードをRWに増張する)	
[仕様5]CLT孔(φ150)/VP50/GB-F(V)21厚+RW充てん(ボードをRWに被せる)		
[仕様6]CLT孔(φ150)/SGP50A/GB-F(V)21厚+RW充てん(ボードをRWに被せる)		
[仕様7]CLT孔(φ150)/VP50/GB-F(V)21厚+RW充てん+GB-F(V)21厚(ボードをRWに増張する)		
[仕様8]CLT孔(φ150)/SGP50A/GB-F(V)21厚+RW充てん+GB-F(V)21厚(ボードをRWに増張する)		
[一般部] 胴縁なし		
[仕様1]N65くぎ/頭径7.5mm/胴径3.05mm/長さ65mm 付帯物:なし		
[仕様2]N90くぎ/頭径8.8mm/胴径3.75mm/長さ90mm 付帯物:なし		
[仕様3]コーススレッドビス/頭径8.7mm/胴径4.5mm/長さ90mm 付帯物:なし		
[仕様4]コーススレッドビス/頭径9.2mm/胴径5.1mm/長さ120mm 付帯物:なし		
[仕様5]パネリード(P6-90II+)/頭径11.5mm/胴径6mm/長さ90mm 付帯物:なし		
[仕様6]パネリード(P6-120II+)/頭径11.5mm/胴径6mm/長さ120mm 付帯物:なし		
[仕様7]コーチボルトM6/頭径六角mm/胴径6mm/長さ90mm 付帯物:なし		
[仕様8]コーチボルトM9/頭径六角mm/胴径9mm/長さ90mm 付帯物:なし		
[仕様9]コーチボルトM9/頭径六角mm/胴径9mm/長さ125mm 付帯物:なし		
[仕様10]コーチボルトM12/頭径六角mm/胴径12mm/長さ125mm 付帯物:なし		

- [仕様 11] コーススレッドビス/頭径 8.7mm/胴径 4.5mm/長さ 90mm 付帯物：スギ胴縁 15×45×L100
- [仕様 12] コーススレッドビス/頭径 8.7mm/胴径 4.5mm/長さ 90mm
付帯物：鉄板 t1.6×50 幅×L100 (平板)
- [仕様 13] コーススレッドビス/頭径 8.7mm/胴径 4.5mm/長さ 90mm
付帯物：鉄板 t1.6×50 幅×L100 (曲げ平板)
- [仕様 14] コーススレッドビス/頭径 8.7mm/胴径 4.5mm/長さ 90mm
付帯物：鉄板 t4.5×50 幅×L100 (平板)
- [仕様 15] コーチボルト M9/頭径六角mm/胴径 9mm/長さ 90mm
付帯物：鉄板 t4.5×50 幅×L100 (平板)
- [仕様 16] コーチボルト M9/頭径六角mm/胴径 9mm/長さ 90mm
付帯物：鉄板 t4.5×100 幅×L100 (平板)
- [仕様 17] パネリード (P6-110 II+) /頭径 11.5mm/胴径 6mm/長さ 110mm
付帯物：足場つなぎ A タイプ (留め具 2 本)
- [仕様 18] コーチボルト M16/頭径六角mm/胴径 16mm/長さ 100mm
付帯物：足場つなぎ A タイプ (留め具 2 本)
- [仕様 19] M12 貫通ボルト+ナット/頭径六角mm/胴径 12mm/長さ 155mm
付帯物：足場つなぎ A タイプ (留め具 2 本)
- [仕様 20] パネリード (P6-110 II+) /頭径 11.5mm/胴径 6mm/長さ 110mm
付帯物：足場つなぎ B タイプ (留め具 2 本)
- [仕様 21] コーチボルト M16/頭径六角mm/胴径 16mm/長さ 100mm
付帯物：足場つなぎ B タイプ (留め具 2 本)
- [仕様 22] M12 貫通ボルト+ナット/頭径六角mm/胴径 12mm/長さ 155mm
付帯物：足場つなぎ B タイプ (留め具 2 本)
- [仕様 23] パネリード (P6-110 II+) /頭径 11.5mm/胴径 6mm/長さ 110mm 付帯物：なし
- [仕様 24] コーチボルト M16/頭径六角mm/胴径 16mm/長さ 100mm 付帯物：なし
- [仕様 25] M12 貫通ボルト+ナット/頭径六角mm/胴径 12mm/長さ 155mm 付帯物：なし
- [仕様 26] パネリード X (PX8-110) /頭径 10.8mm/胴径 8mm/長さ 110mm 付帯物：なし

*GB-F(V)…強化せっこうボードの略

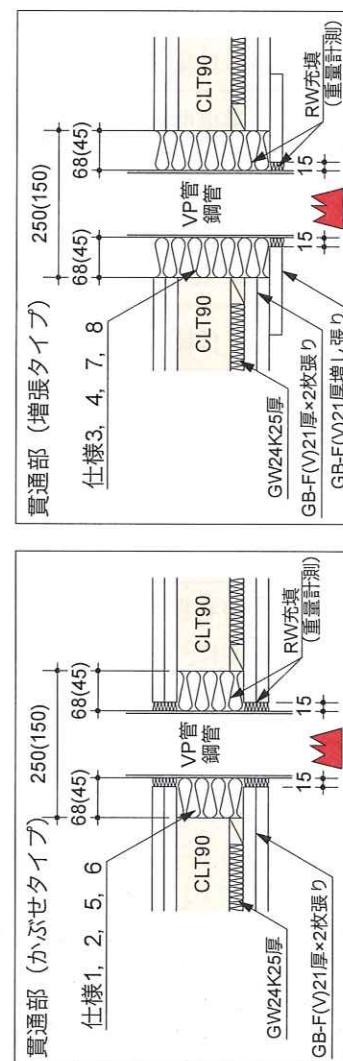
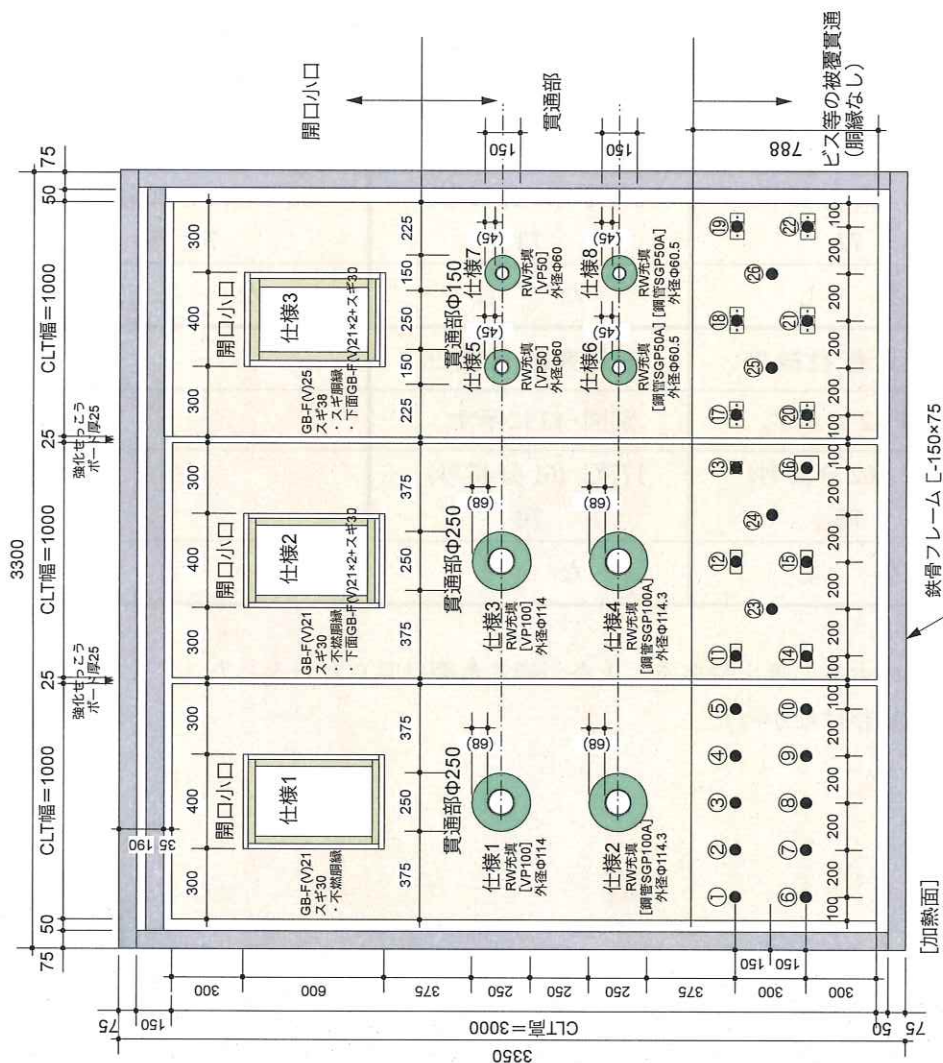
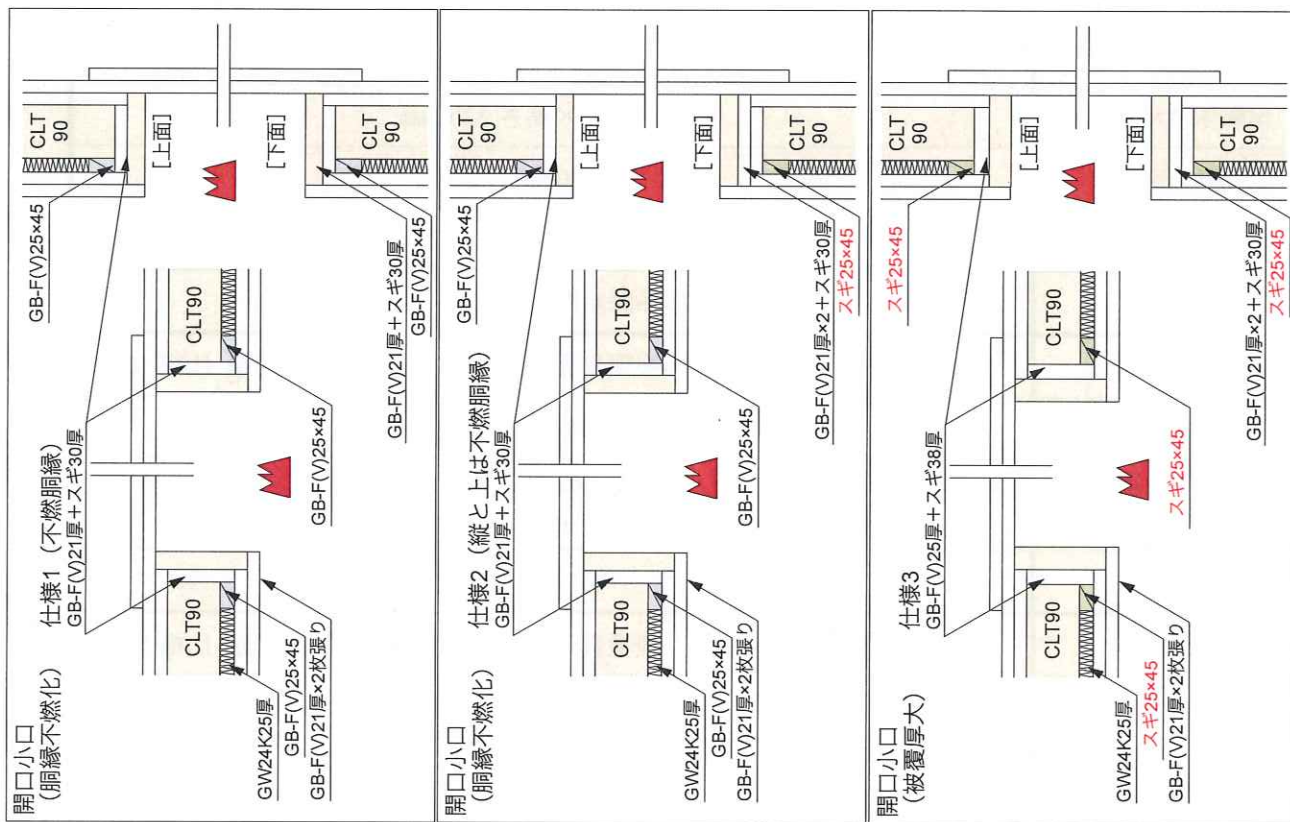
*RW…ロックウールの略

試験方法	試験規格	(公財) 日本住宅・木材技術センターが認める防耐火性能試験・評価業務方法書の「耐火性能試験方法」に準じる。
	加熱炉の熱源	都市ガス 13A. 46.04655MJ(11,000kcal)
	炉内温度測定位置	別図-6 に示す。(加熱面から 100 mm 離れた位置の温度)
	裏面温度測定位置	別図-5 に示す。(CLT 裏面温度・CLT 内部温度測定位置を別図-5 に示す。)

試 験 結 果	試験日	令和5年9月22日		
	試験体の大きさ	幅 3300 mm×高さ 3350 mm		
	加熱時間	60分		
	試験時間	420分		
	初期温度	30℃ (加熱開始時内部温度平均値)		
	仕様	開口小口部 仕様1	開口小口部 仕様2	開口小口部 仕様3
	温度曲線	別図-7に示す。	別図-8に示す。	別図-9に示す。
	測定点の最高値	372℃ (174分15秒)	205℃ (281分00秒)	313℃ (237分15秒)
	測定位置	2	11	14
	火気残存	あり	あり	あり
	仕様	貫通部 仕様1	貫通部 仕様2	貫通部 仕様3
	温度曲線	別図-10に示す。	別図-11に示す。	別図-12に示す。
	測定点の最高値	157℃ (126分00秒)	188℃ (109分30秒)	112℃ (77分00秒)
	測定位置	19	23	27
	火気残存	なし	なし	なし
	仕様	貫通部 仕様4	貫通部 仕様5	貫通部 仕様6
	温度曲線	別図-13に示す。	別図-14に示す。	別図-15に示す。
	測定点の最高値	164℃ (75分45秒)	131℃ (142分00秒)	193℃ (97分45秒)
	測定位置	31	35	39
火気残存	なし	なし	なし	
仕様	貫通部 仕様7	貫通部 仕様8	-	
温度曲線	別図-16に示す。	別図-17に示す。	-	
測定点の最高値	103℃ (66分45秒)	144℃ (72分15秒)	-	
測定位置	43	47	-	
火気残存	なし	なし	-	
備考	<ul style="list-style-type: none"> ・試験の状況を別添に示す。 ・遮炎性について、非加熱側への火炎の噴出や発炎、火炎が通る亀裂は見られなかった。 ・試験後、開口小口部において仕様1・仕様2・仕様3に火気残存がみられた。 			
試験担当者	佐藤 章、木島 裕行、長谷川 亮輔、鈴木 慎琴			

試 験 結 果	試験日	令和5年9月22日		
	試験体の大きさ	幅 3300 mm×高さ 3350 mm		
	加熱時間	60分		
	試験時間	420分		
	初期温度	30℃ (加熱開始時内部温度平均値)		
	仕様	被覆貫通 仕様 1	被覆貫通 仕様 2	被覆貫通 仕様 3
	温度曲線	別図-18 に示す。	別図-19 に示す。	別図-20 に示す。
	測定点の最高値	160℃ (94分15秒)	187℃ (62分15秒)	161℃ (86分00秒)
	測定位置	51	52	53
	火気残存	なし	なし	なし
	仕様	被覆貫通 仕様 4	被覆貫通 仕様 5	被覆貫通 仕様 6
	温度曲線	別図-21 に示す。	別図-22 に示す。	別図-23 に示す。
	測定点の最高値	193℃ (62分00秒)	181℃ (63分00秒)	167℃ (64分15秒)
	測定位置	54	55	56
	火気残存	なし	なし	なし
	仕様	被覆貫通 仕様 7	被覆貫通 仕様 8	被覆貫通 仕様 9
	温度曲線	別図-24 に示す。	別図-25 に示す。	別図-26 に示す。
	測定点の最高値	193℃ (68分15秒)	321℃ (61分45秒)	314℃ (61分00秒)
	測定位置	57	58	59
	火気残存	なし	なし	なし
仕様	被覆貫通 仕様 10	被覆貫通 仕様 11	被覆貫通 仕様 12	
温度曲線	別図-27 に示す。	別図-28 に示す。	別図-29 に示す。	
測定点の最高値	361℃ (62分00秒)	151℃ (87分15秒)	202℃ (63分00秒)	
測定位置	60	61	62	
火気残存	なし	なし	なし	
仕様	被覆貫通 仕様 13	被覆貫通 仕様 14	被覆貫通 仕様 15	
温度曲線	別図-30 に示す。	別図-31 に示す。	別図-32 に示す。	
測定点の最高値	244℃ (612分00秒)	210℃ (67分30秒)	405℃ (59分45秒)	
測定位置	63	64	65	
火気残存	なし	なし	なし	
備考	<ul style="list-style-type: none"> ・試験の状況を別添に示す。 ・遮炎性について、非加熱側への火炎の噴出や発炎、火炎が通る亀裂は見られなかった。 ・試験後、貫通部・被覆貫通部には火気残存はなかった。 			
試験担当者	佐藤 章、木島 裕行、長谷川 亮輔、鈴木 慎琴			

試験結果	試験日	令和5年9月22日		
	試験体の大きさ	幅 3300 mm×高さ 3350 mm		
	加熱時間	60分		
	試験時間	420分		
	初期温度	30℃ (加熱開始時内部温度平均値)		
	仕様	被覆貫通 仕様 16	被覆貫通 仕様 17	被覆貫通 仕様 18
	温度曲線	別図-33 に示す。	別図-34 に示す。	別図-35 に示す。
	測定点の最高値	318℃ (65分1530秒)	212℃ (65分00秒)	421℃ (59分30秒)
	測定位置	66	67	68
	火気残存	なし	なし	なし
	仕様	被覆貫通 仕様 19	被覆貫通 仕様 20	被覆貫通 仕様 21
	温度曲線	別図-36 に示す。	別図-37 に示す。	別図-38 に示す。
	測定点の最高値	348℃ (60分00秒)	240℃ (61分15秒)	367℃ (59分45秒)
	測定位置	69	70	71
	火気残存	なし	なし	なし
	仕様	被覆貫通 仕様 22	被覆貫通 仕様 23	被覆貫通 仕様 24
	温度曲線	別図-39 に示す。	別図-40 に示す。	別図-41 に示す。
	測定点の最高値	272℃ (59分45秒)	196℃ (63分30秒)	452℃ (61分30秒)
	測定位置	72	73	74
	火気残存	なし	なし	なし
仕様	被覆貫通 仕様 25	被覆貫通 仕様 26	-	
温度曲線	別図-42 に示す。	別図-43 に示す。	-	
測定点の最高値	200℃ (62分30秒)	177℃ (61分45秒)	-	
測定位置	75	76	-	
火気残存	なし	なし	-	
備考	<ul style="list-style-type: none"> ・試験の状況を別添に示す。 ・遮炎性について、非加熱側への火炎の噴出や発炎、火炎が通る亀裂は見られなかった。 ・試験後、被覆貫通部には火気残存はなかった。 			
試験担当者	佐藤 章、木島 裕行、長谷川 亮輔、鈴木 慎琴			



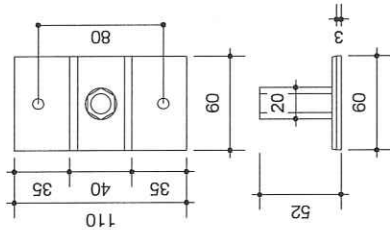
別図-1 試験体構成図・断面図

ビス等の被覆貫通 (GB-F(V)21×2枚被覆、胴縁なし)

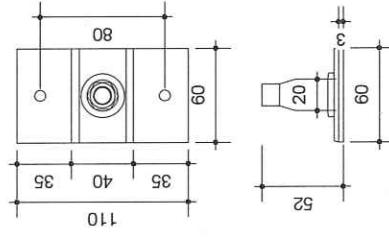
留め具種類	頭径	脚径	長さ	付帯物
1 N65くぎ	7.5	3.05	65	なし
2 N90くぎ	8.8	3.75	90	なし
3 コーススレッドビス	8.7	4.5	90	なし
4 コーススレッドビス	9.2	5.1	120	なし
5 ハネリード (P6-90 II+)	11.5	6	90	なし
6 ハネリード (P6-120 II+)	11.5	6	120	なし
7 コーチボルトM6	六角	6	90	なし
8 コーチボルトM9	六角	9	90	なし
9 コーチボルトM9	六角	9	125	なし
10 コーチボルトM12	六角	12	125	なし
11 コーススレッドビス	8.7	4.5	90	スギ胴縁15×45×L100
12 コーススレッドビス	8.7	4.5	90	鉄板11.6×50幅×L100 (平板)
13 コーススレッドビス	8.7	4.5	90	鉄板11.6×50幅×L100 (曲げ平板)
14 コーススレッドビス	8.7	4.5	90	鉄板4.5×50幅×L100 (平板)
15 コーチボルトM9	六角	9	90	鉄板4.5×50幅×L100 (平板)
16 コーチボルトM9	六角	9	90	鉄板4.5×100幅×L100 (平板)
17 ハネリード (P6-110 II+)	11.5	6	110	足場つなぎAタイプ (留め具2本)
18 コーチボルトM16	六角	16	100	足場つなぎAタイプ (留め具2本)
19 M12貫通ボルト+ナット	六角	12	155	足場つなぎAタイプ (留め具2本)
20 ハネリード (P6-110 II+)	11.5	6	110	足場つなぎBタイプ (留め具2本)
21 コーチボルトM16	六角	16	100	足場つなぎBタイプ (留め具2本)
22 M12貫通ボルト+ナット	六角	12	155	足場つなぎBタイプ (留め具2本)
23 ハネリード (P6-110 II+)	11.5	6	110	なし
24 コーチボルトM16	六角	16	100	なし
25 M12貫通ボルト+ナット	六角	12	155	なし
26 ハネリードX (PX8-110)	10.8	8	110	なし

※足場つなぎAタイプ=高ナットタイプ、Bタイプ=ワンウェイ束タイプ

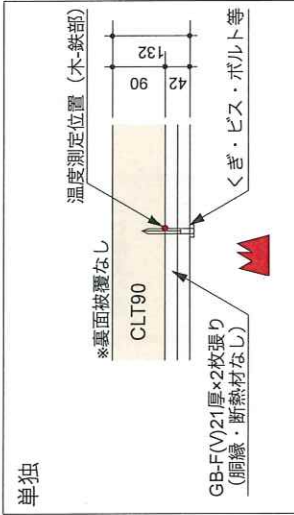
足場つなぎAタイプ (高ナットタイプ)



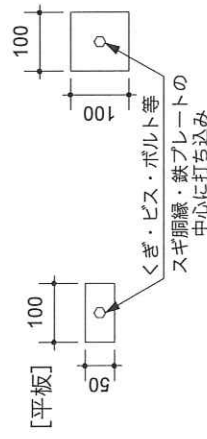
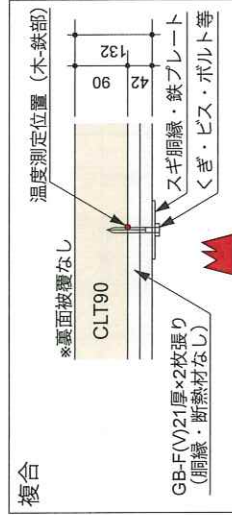
足場つなぎBタイプ (ワンウェイ束タイプ)



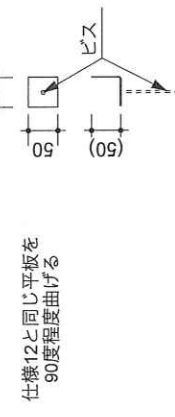
単独



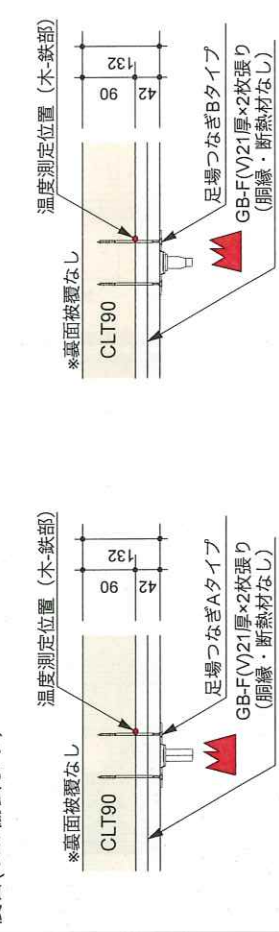
複合



[曲げ平板]



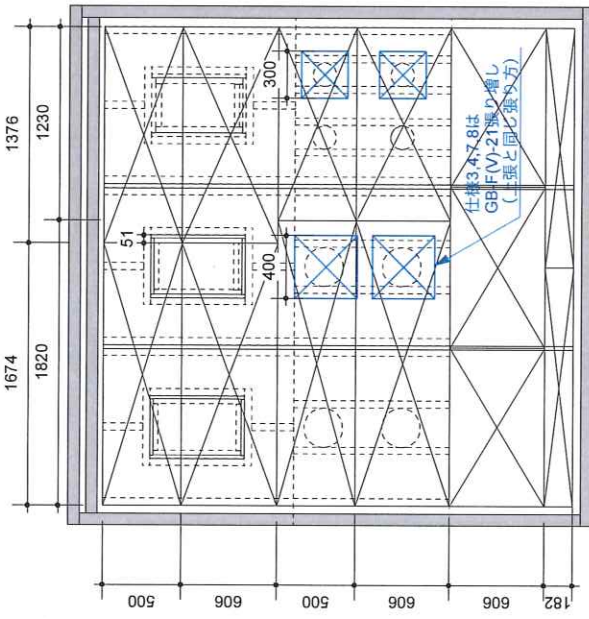
複合(CLT協会より)



別図-2 被覆貫通部品リスト・断面図

(試験体図)

[単位：mm]

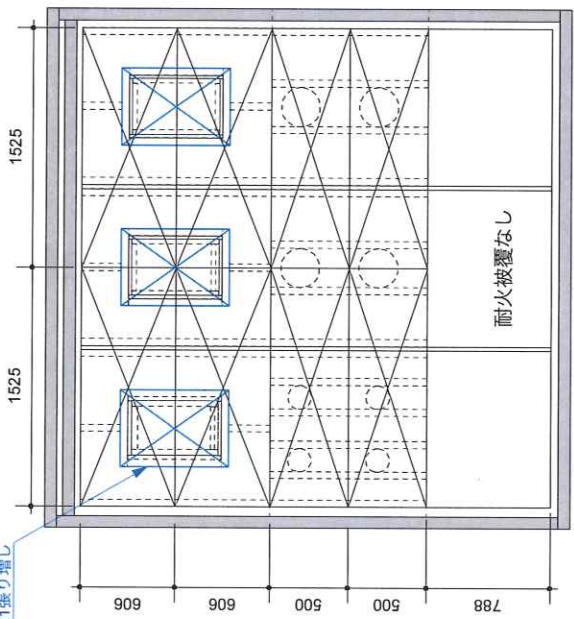


炭酸カルシウム系接着剤300g/m²
+ステープル4×32@200縦横

上張：GB-F(V)-21

下張：GB-F(V)-21 コーススレッドビスφ3.5×50@200

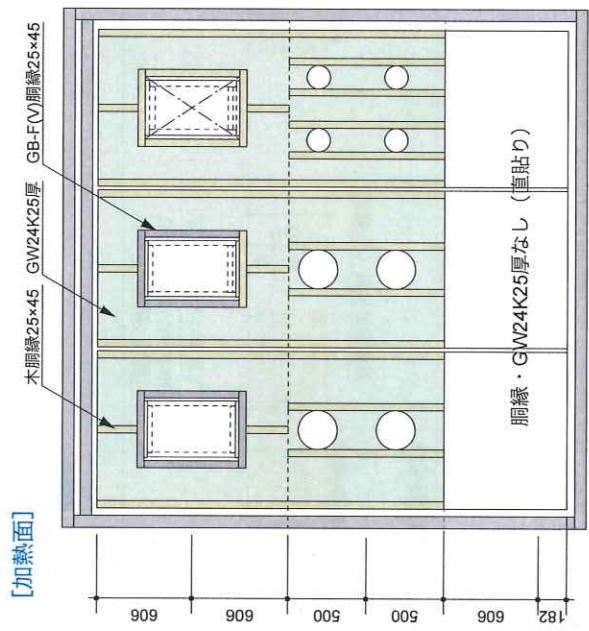
胴縁：24×45スギまたはGB-F(V)
コーススレッドビスφ3.8×L57@200
(胴縁がない部分はGW24K厚25を充填)



開口小口裏面は
GB-F(V)-21張り増し

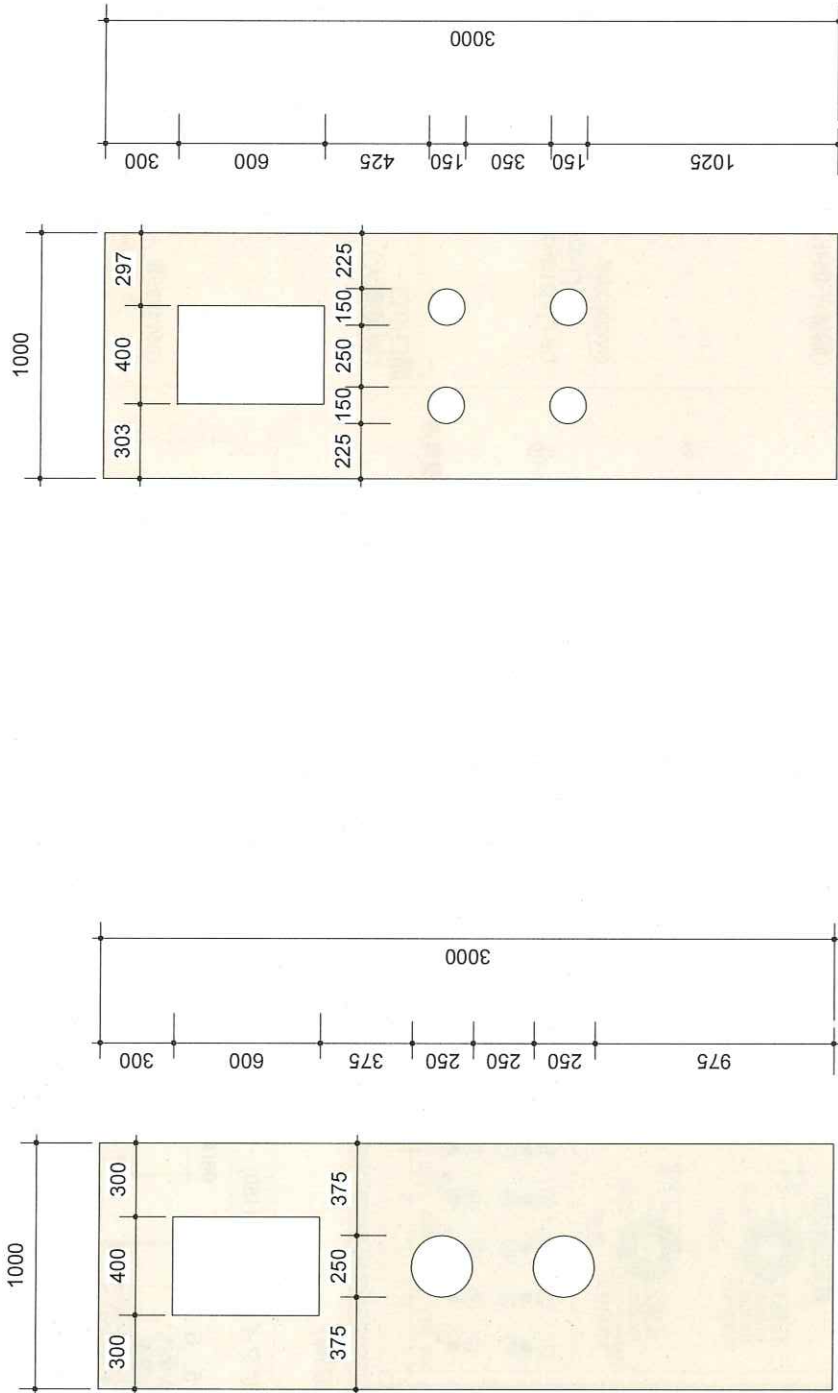
[非加熱面]

下張：GB-F(V)-21 コーススレッドビスφ3.5×50@300
上張：GB-F(V)-21 コーススレッドビスφ4.2×75@300



[加熱面]

別図-3 胴縁・強化せつこうボード割付図



1枚

2枚

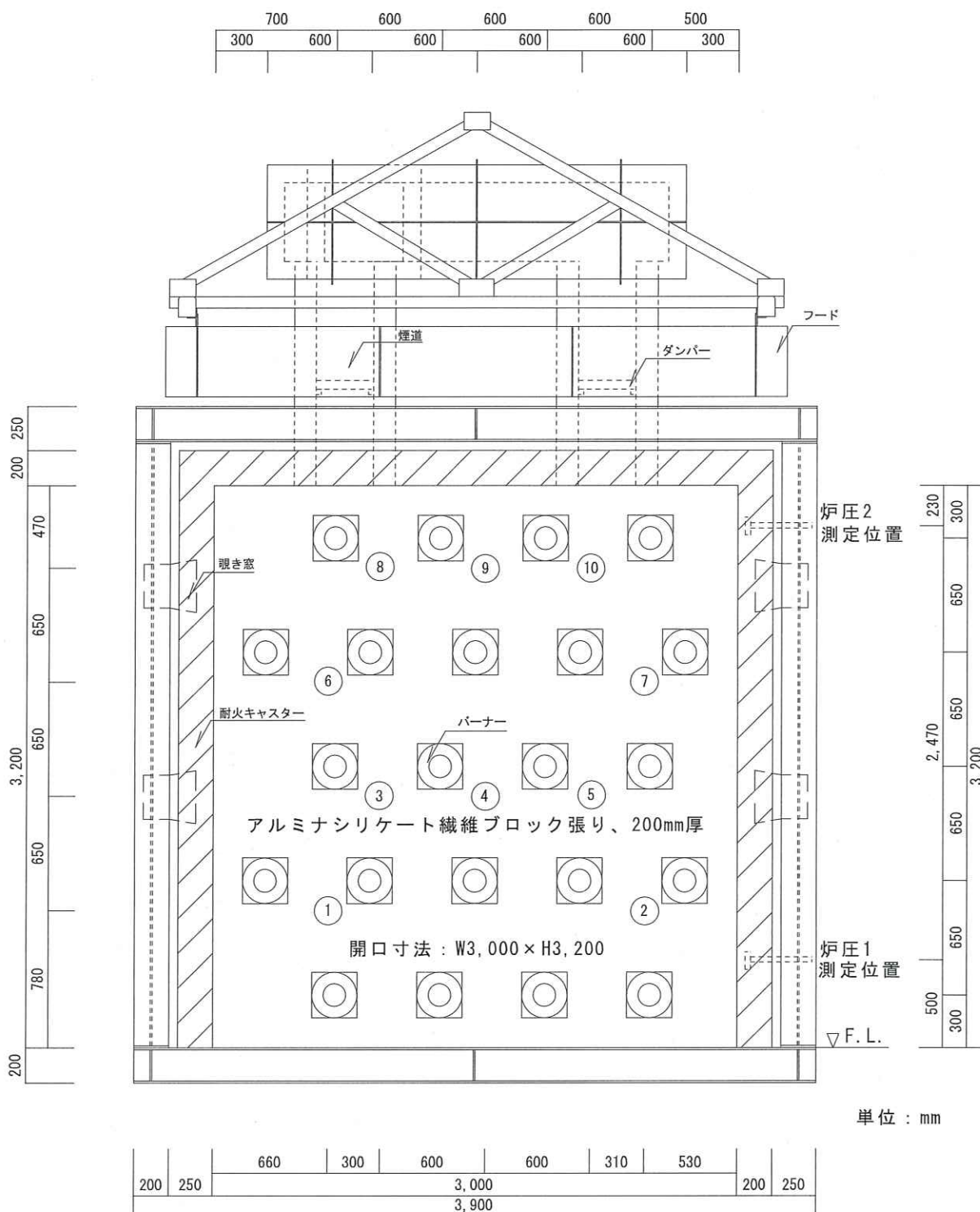
□
=くりぬく

くりぬいたCLTを90×90×30mm程度に加工して3ヶずつ同送してください
(3ヶずつ×CLT3枚=9ヶ、CLTにナンバリングしてサンプルと紐付けする)

3層3プライ (使用環境B：水ビ)
スギCLT90mm厚(強度指定なし)
1000×3000mm×90mm x3枚

別図-4 CLT加工図・断面図

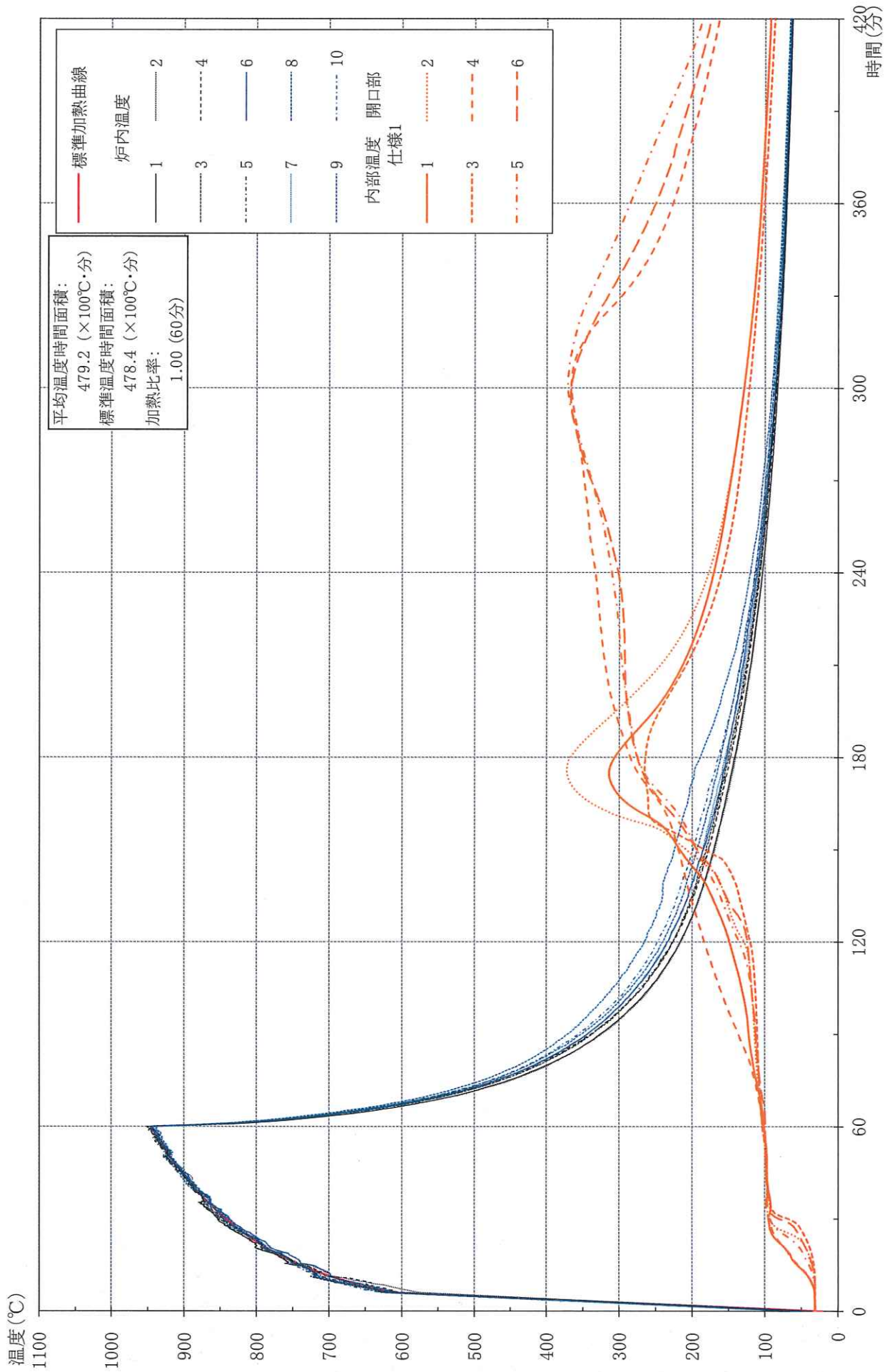
(加熱炉図)



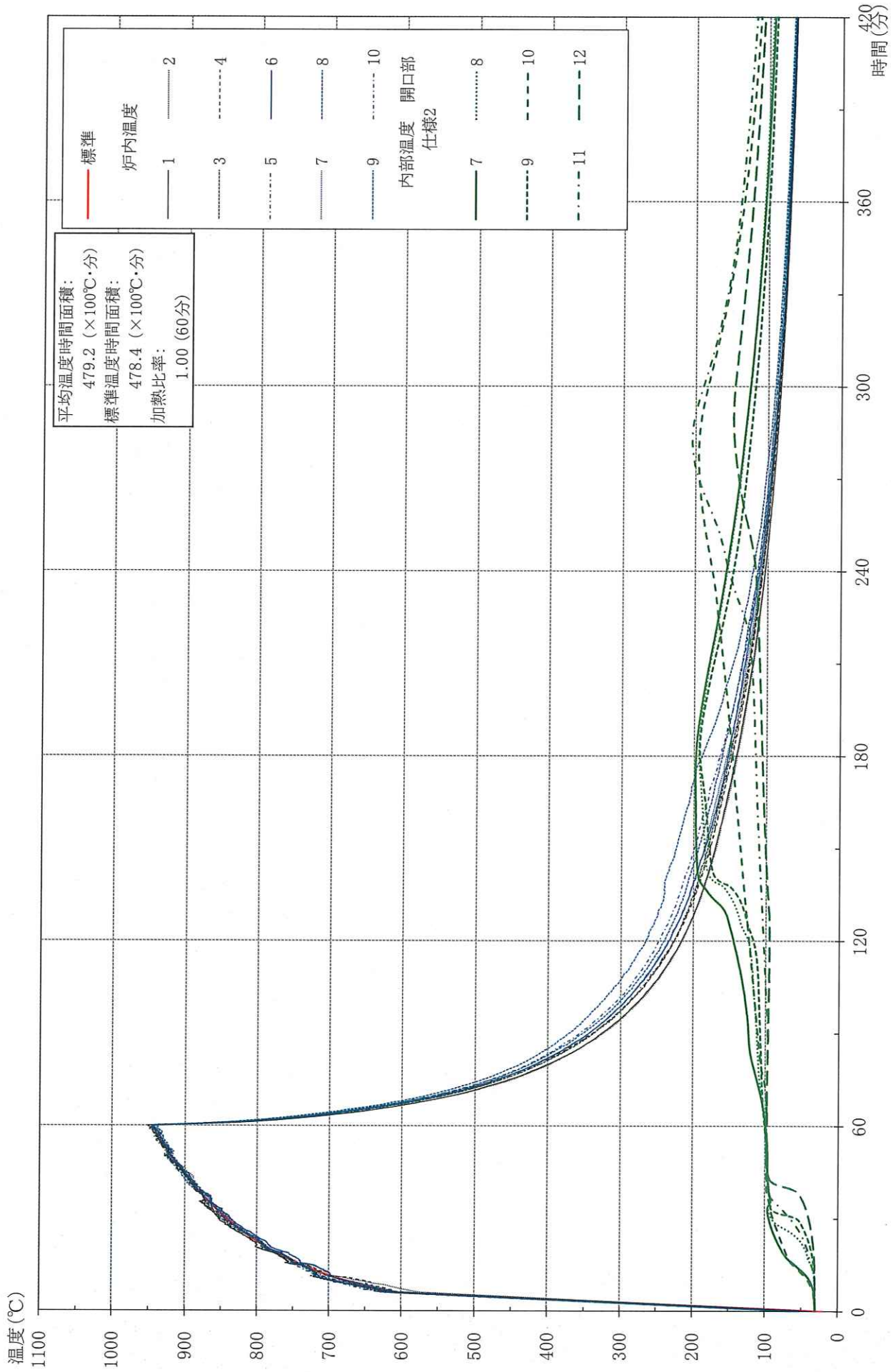
記号

①～⑩：炉内温度測定位置

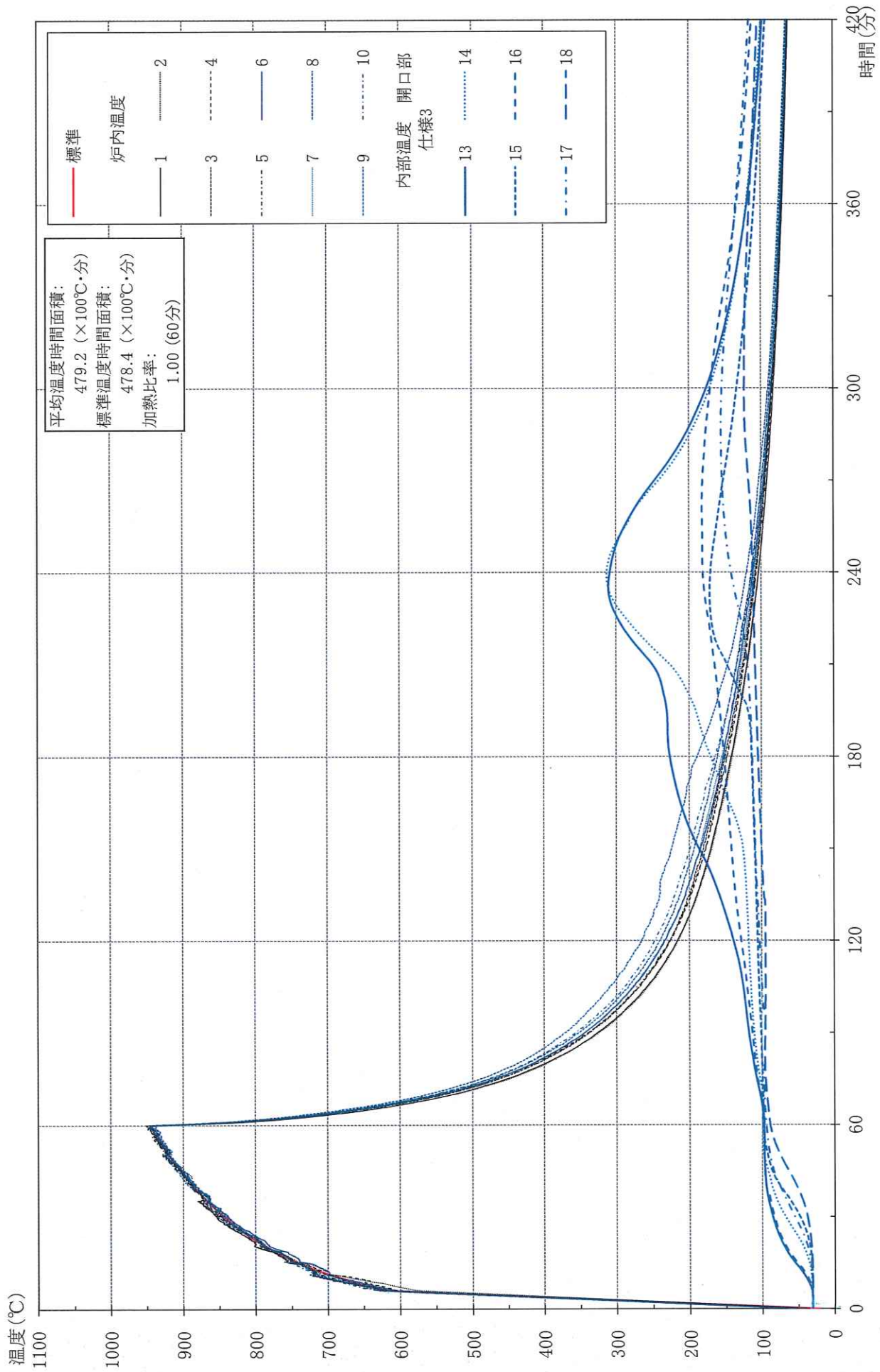
別図-6 加熱炉図 (炉内温度測定位置図)



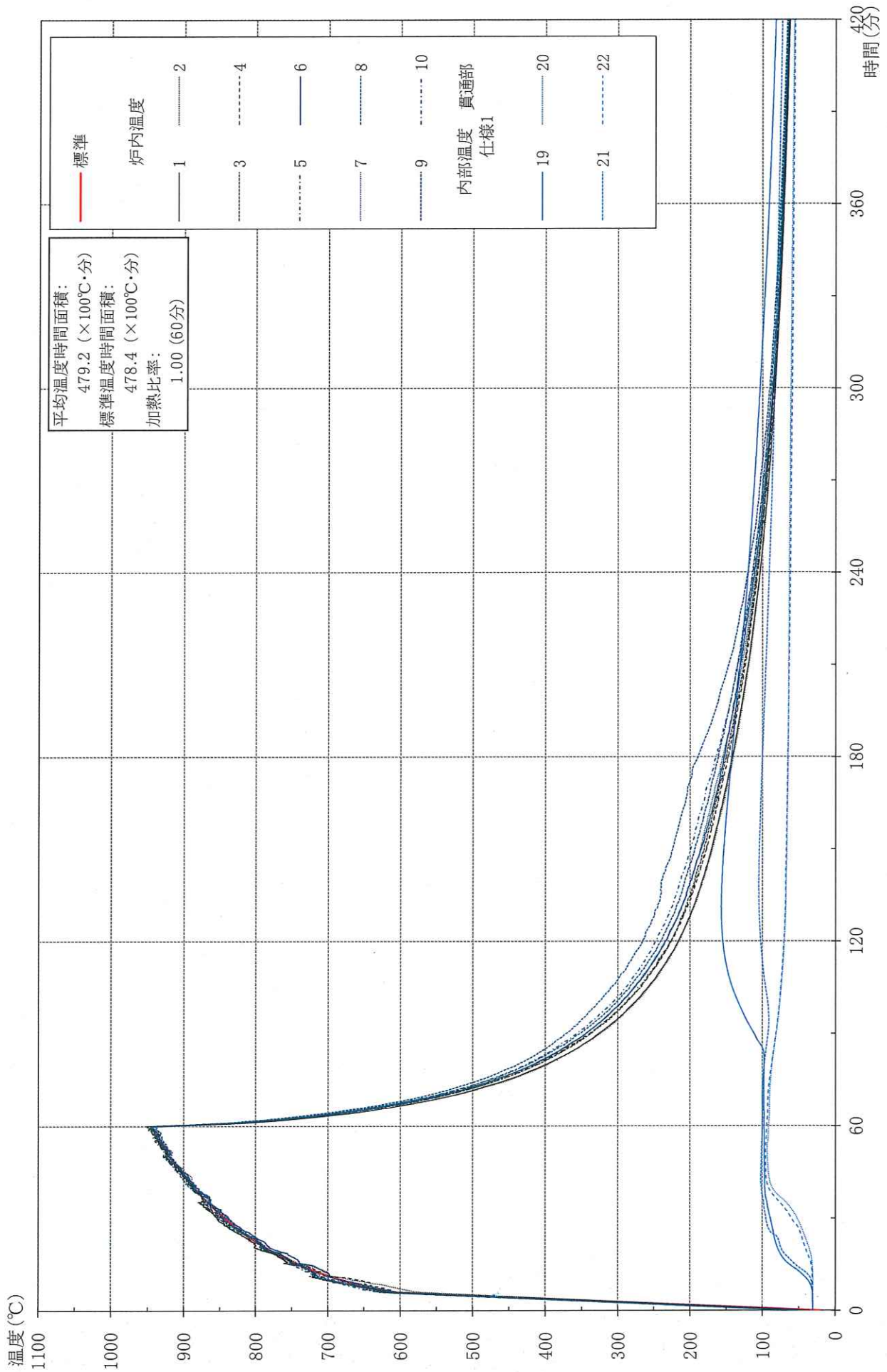
別図-7 開口部小口仕様1 炉内温度・内部温度曲線



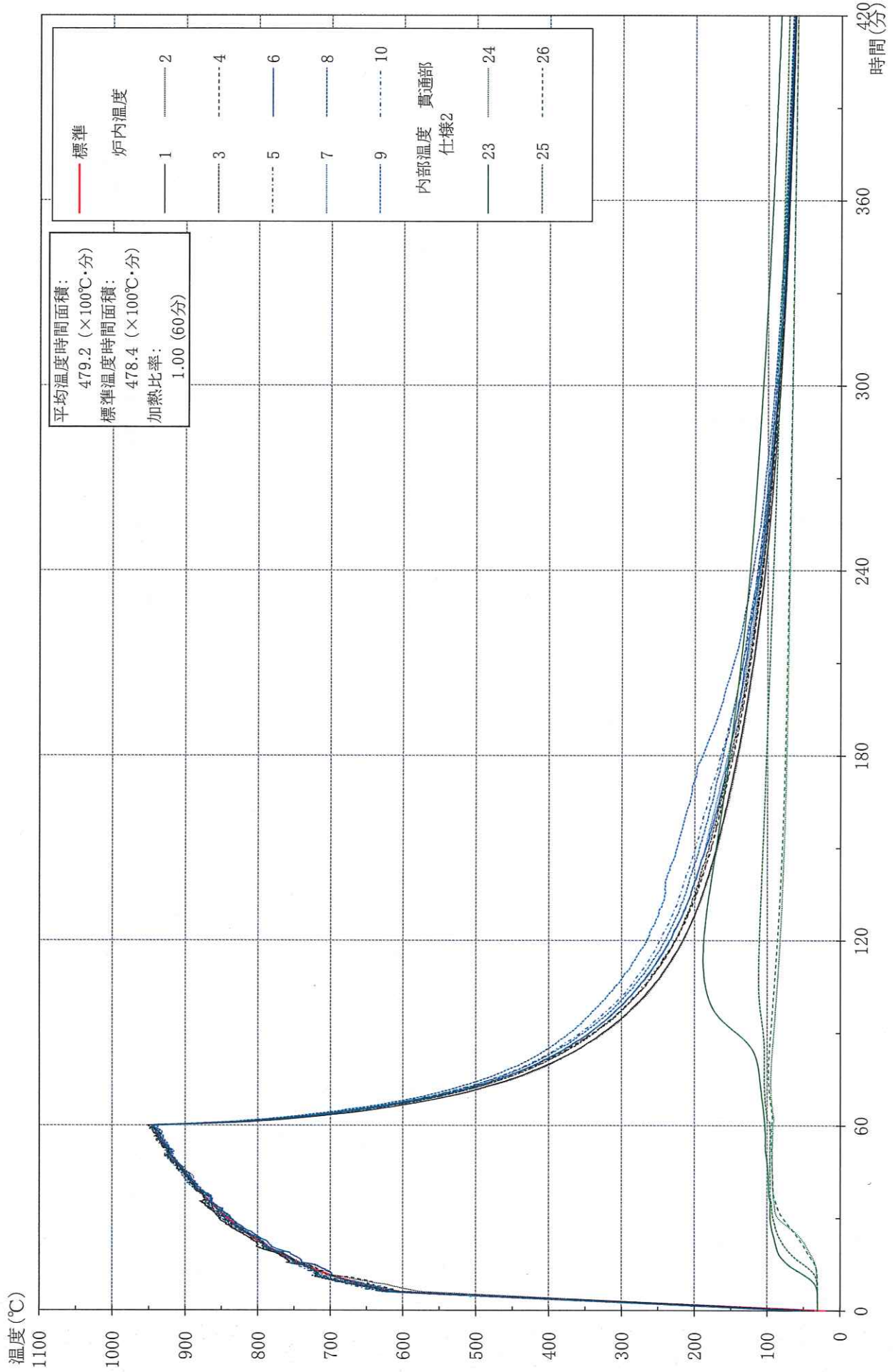
別図-8 開口部小口仕様2 炉内温度・内部温度曲線



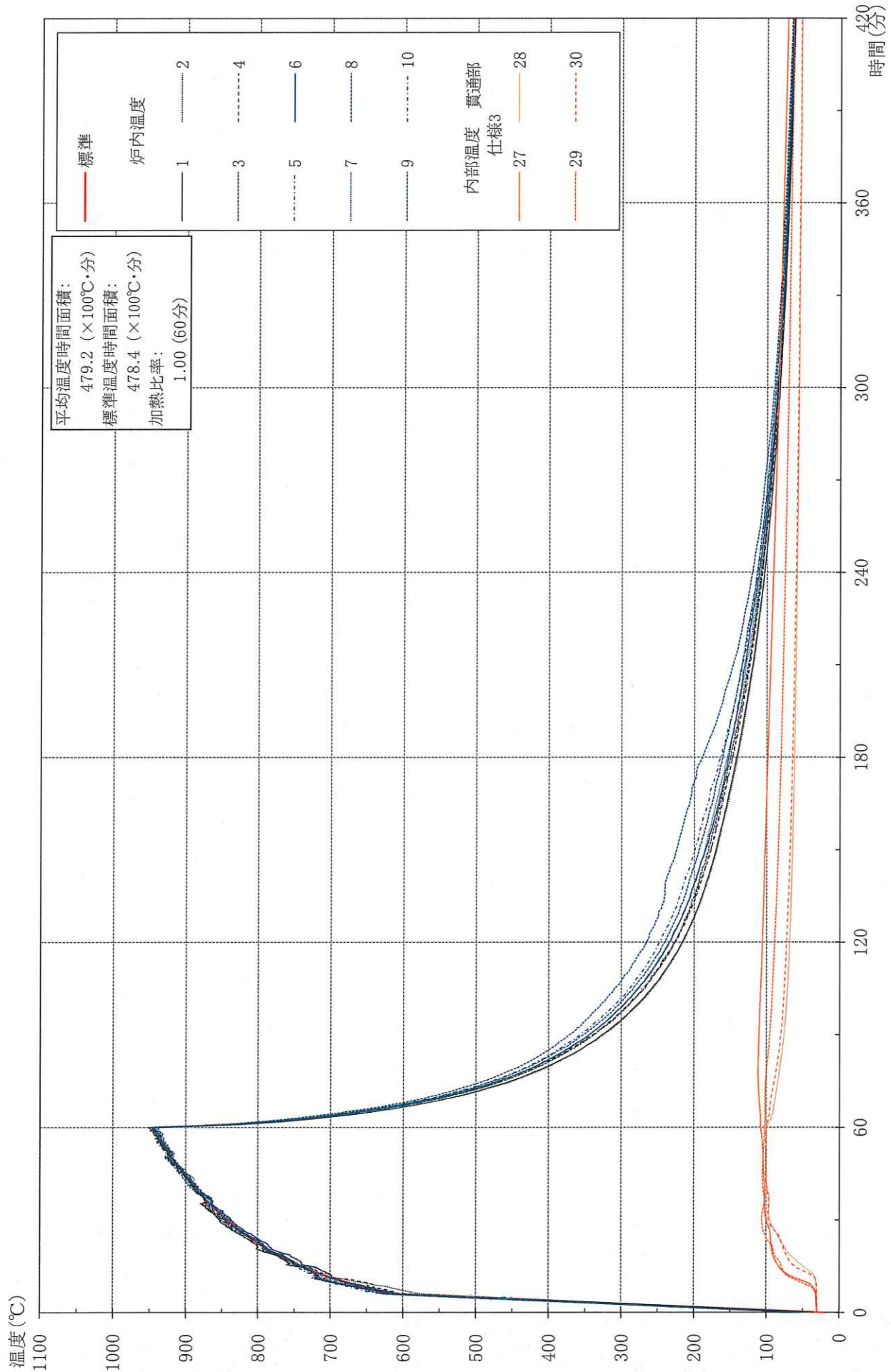
別図-9 開口部小口仕様3 炉内温度・内部温度曲線



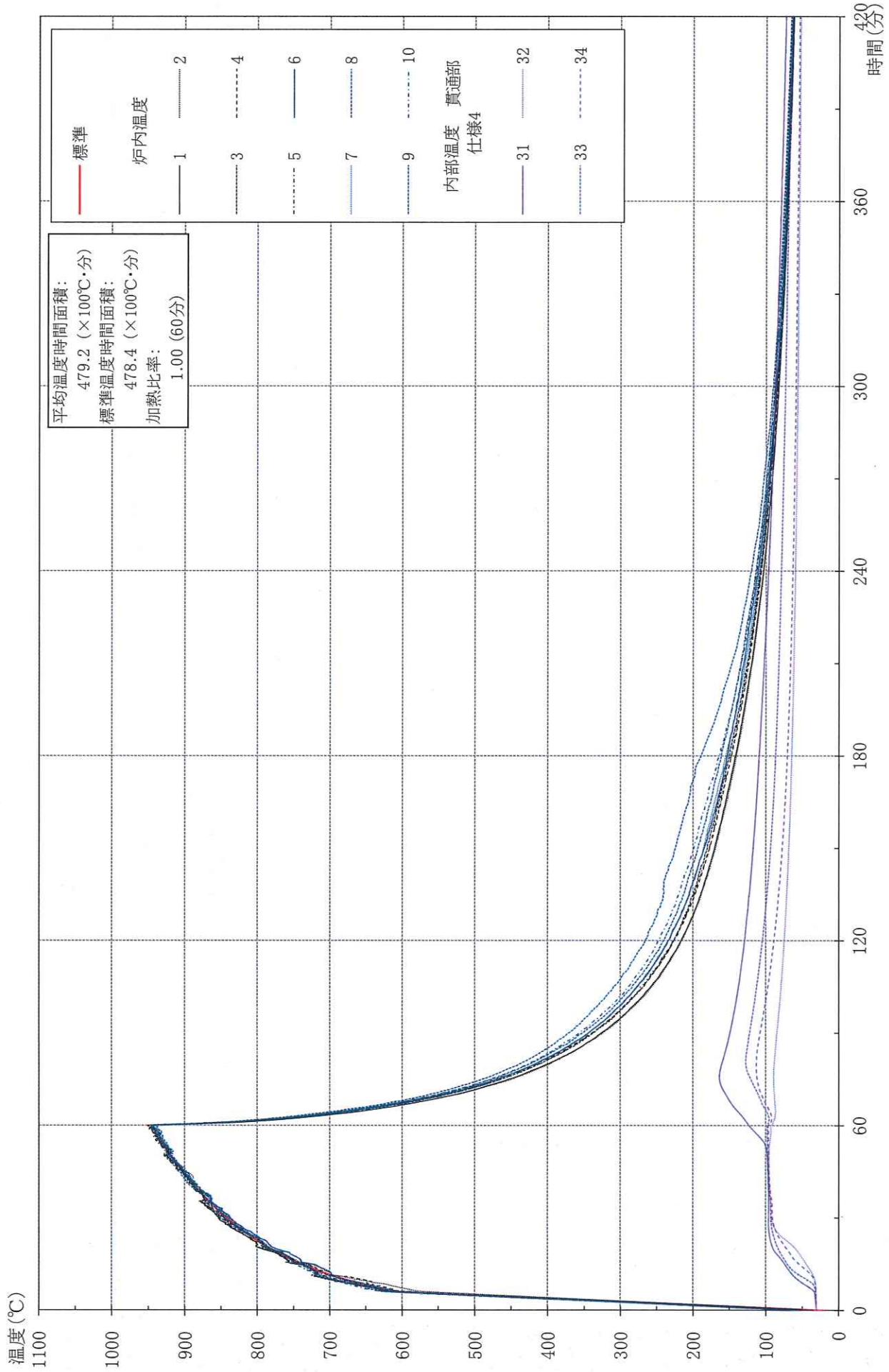
別図-10 貫通部仕様1 炉内温度・内部温度曲線



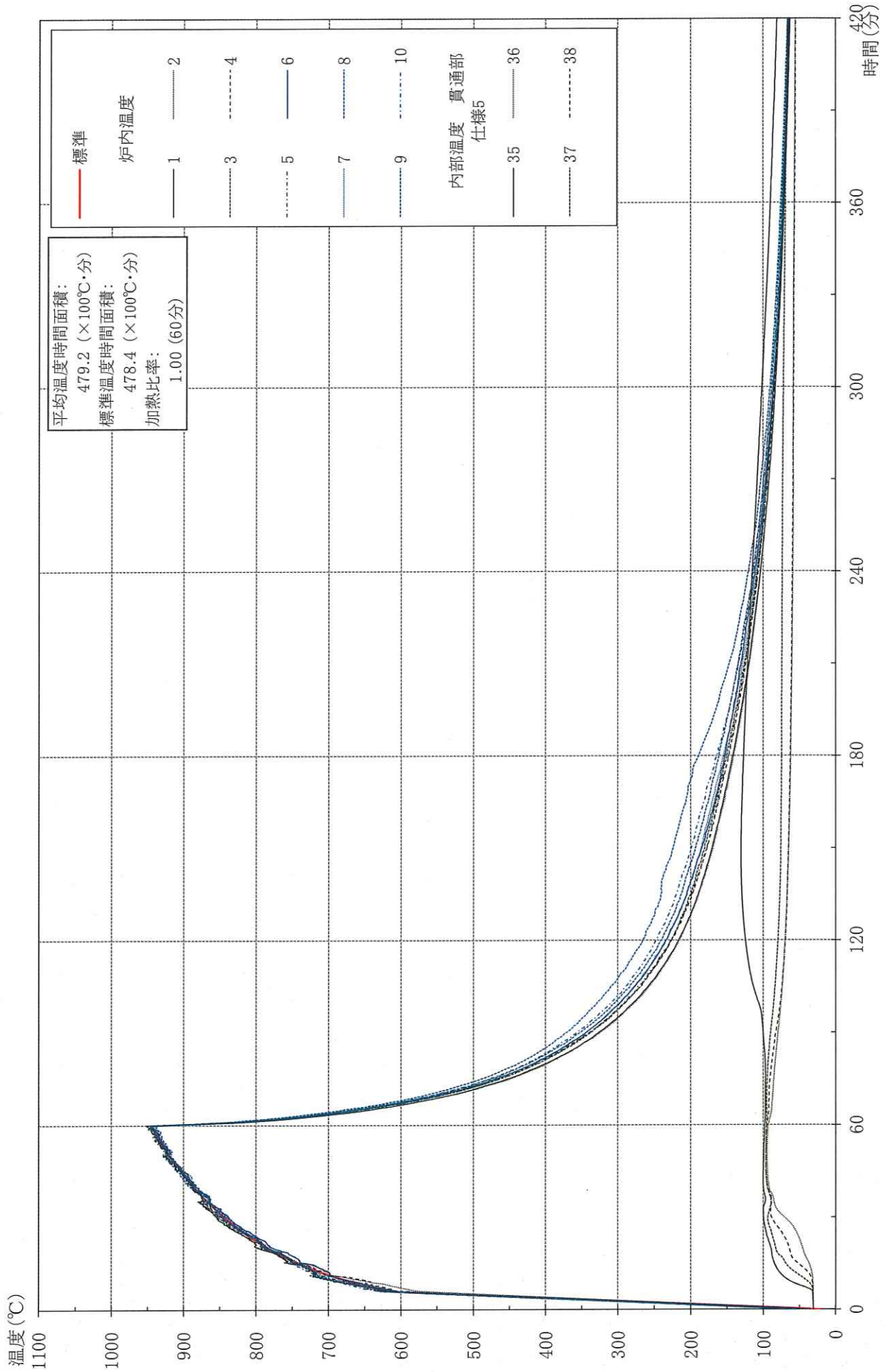
別図-11 貫通部仕様2 炉内温度・内部温度曲線



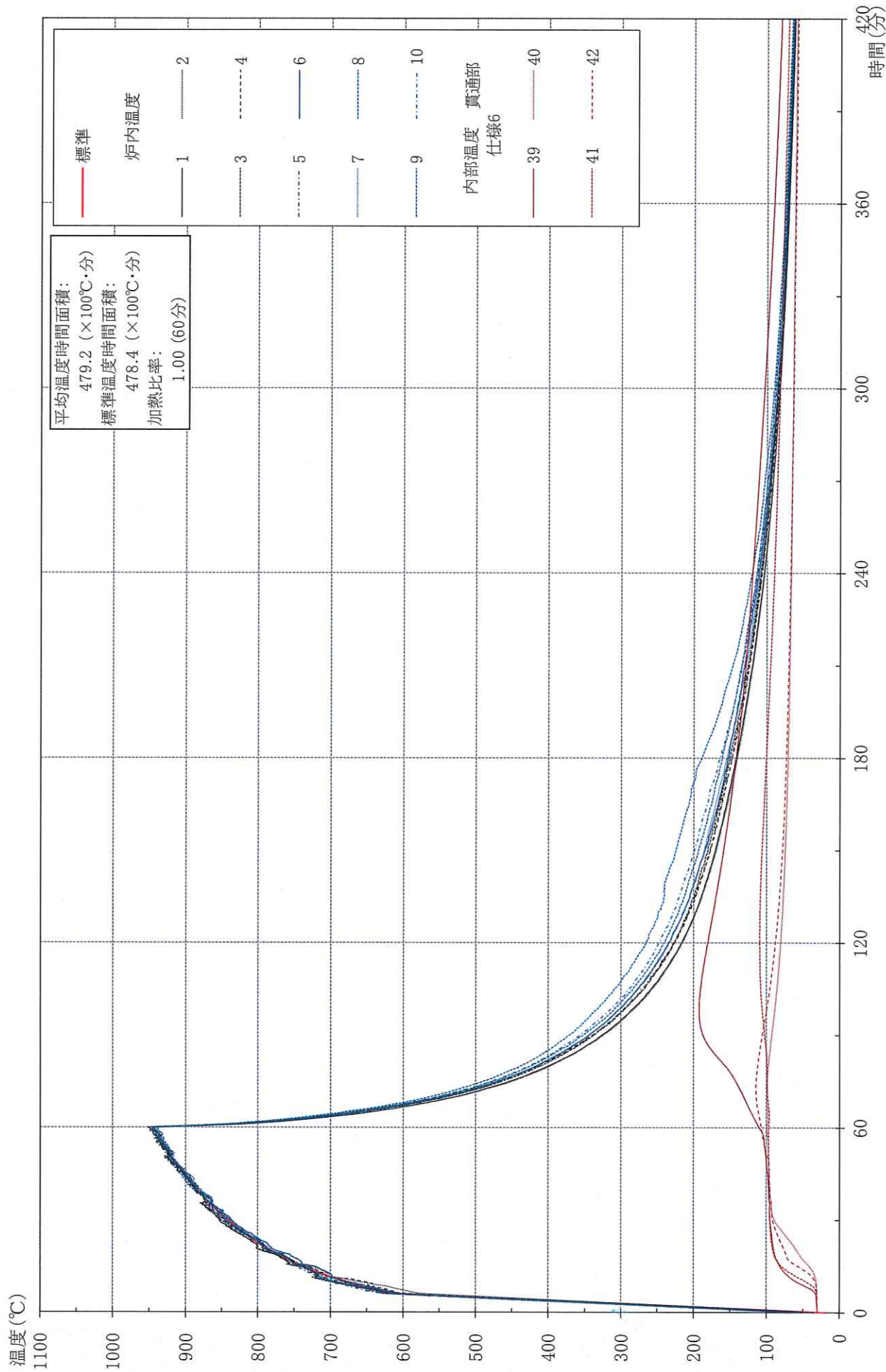
別図-12 貫通部仕様3 炉内温度・内部温度曲線



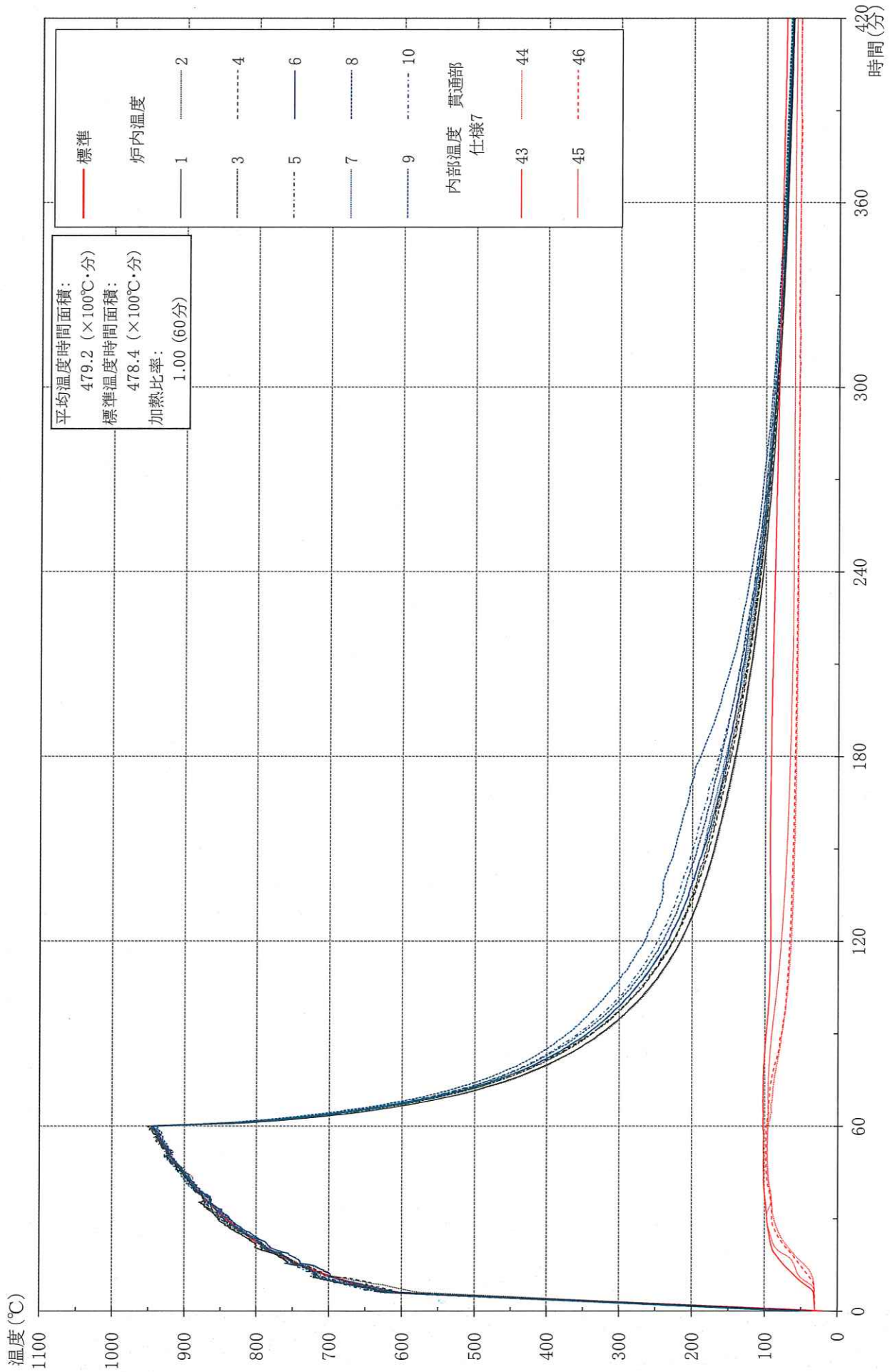
別図-13 貫通部仕様4 炉内温度・内部温度曲線



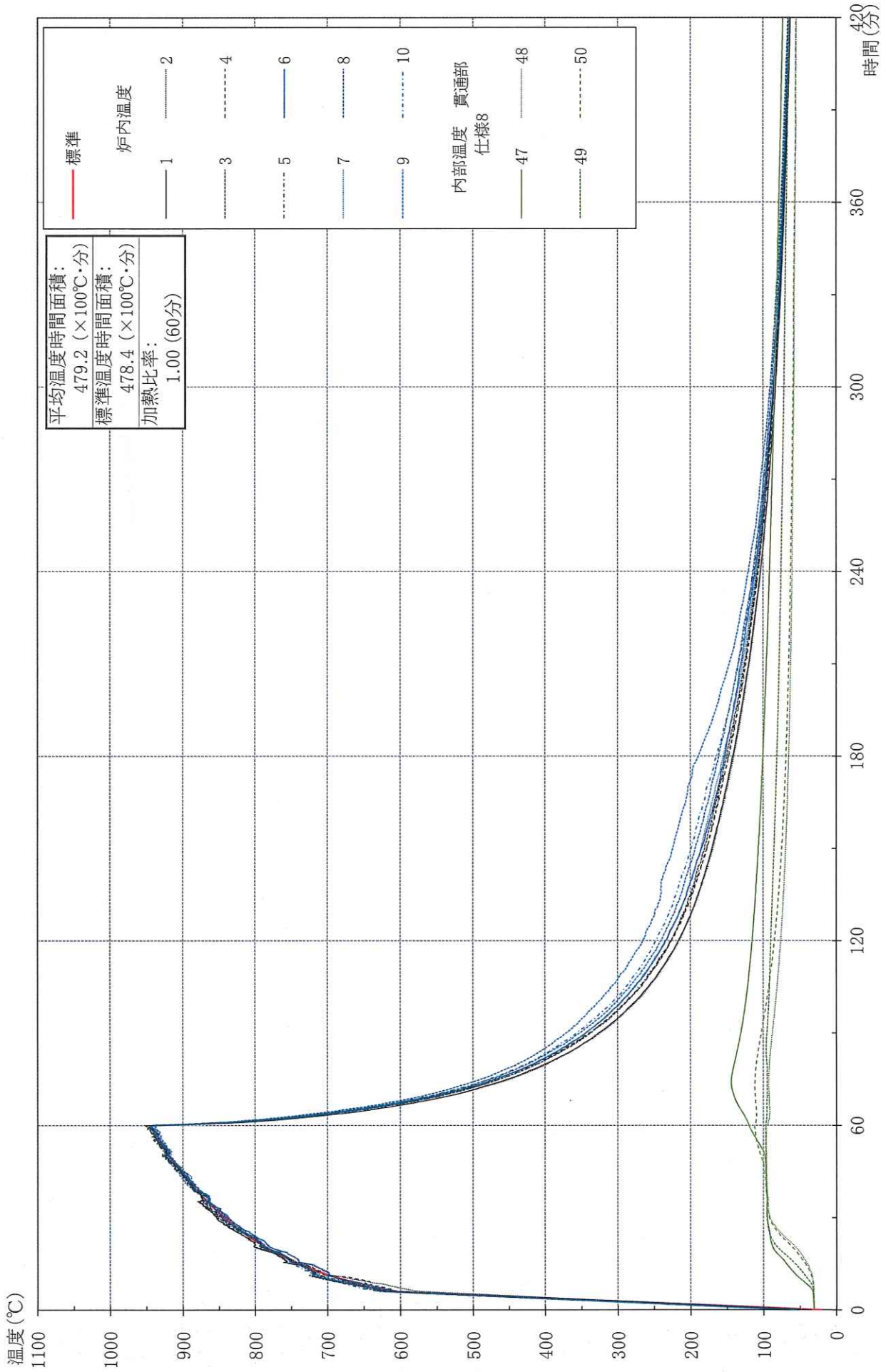
別図-14 貫通部仕様5 炉内温度・内部温度曲線



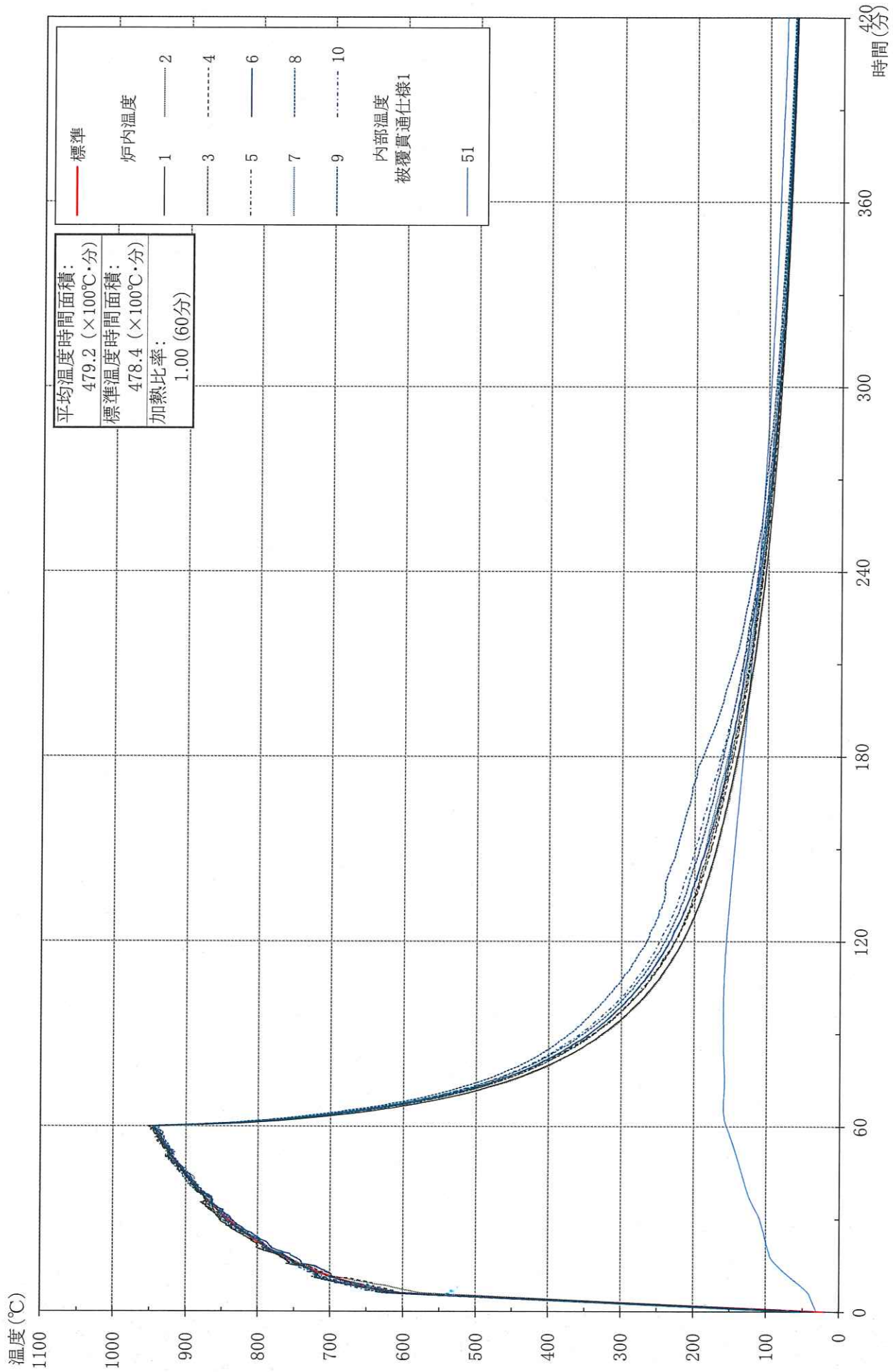
別図-15 貫通部仕様6 炉内温度・内部温度曲線



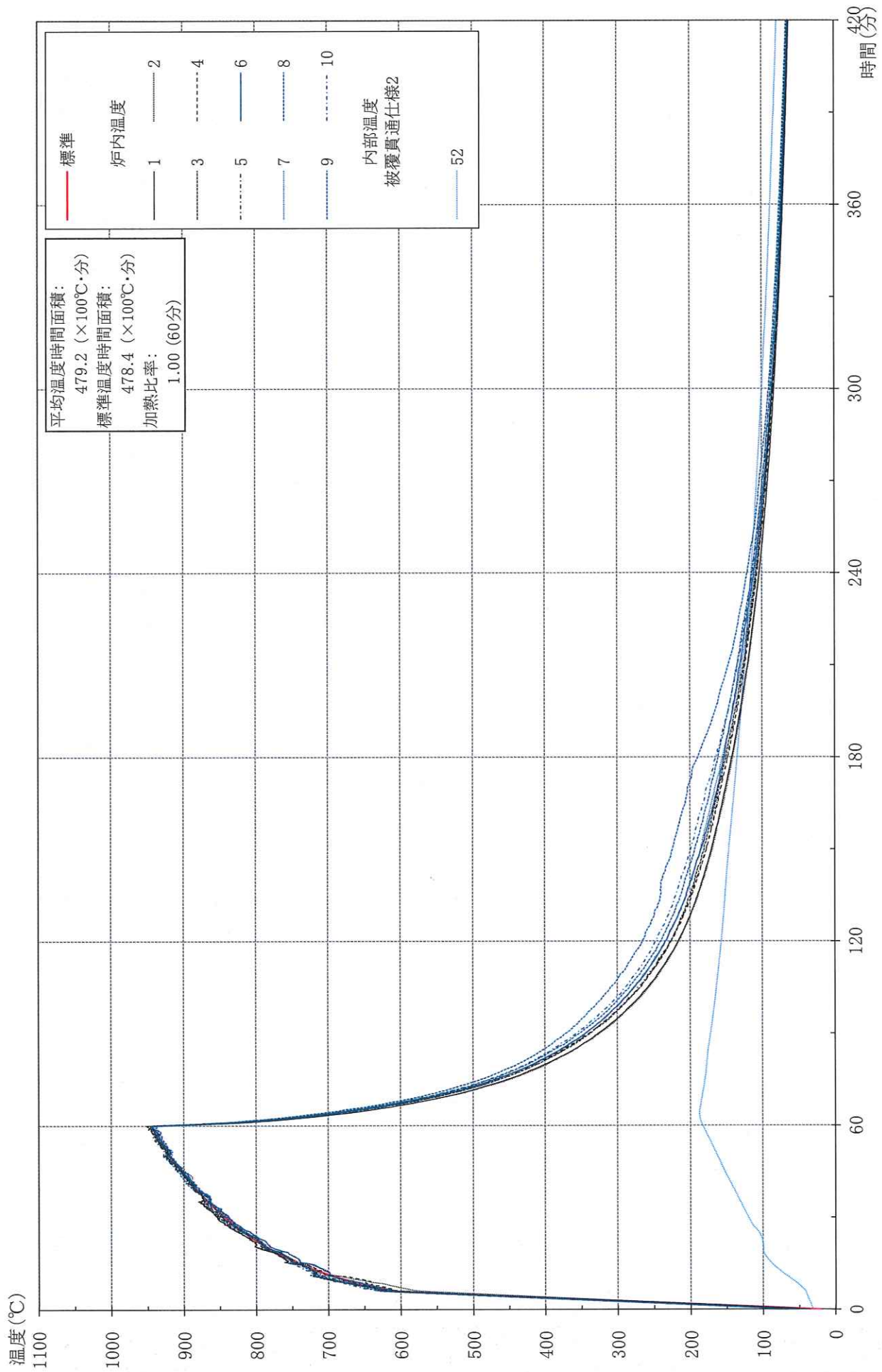
別図-16 貫通部仕様7 炉内温度・内部温度曲線



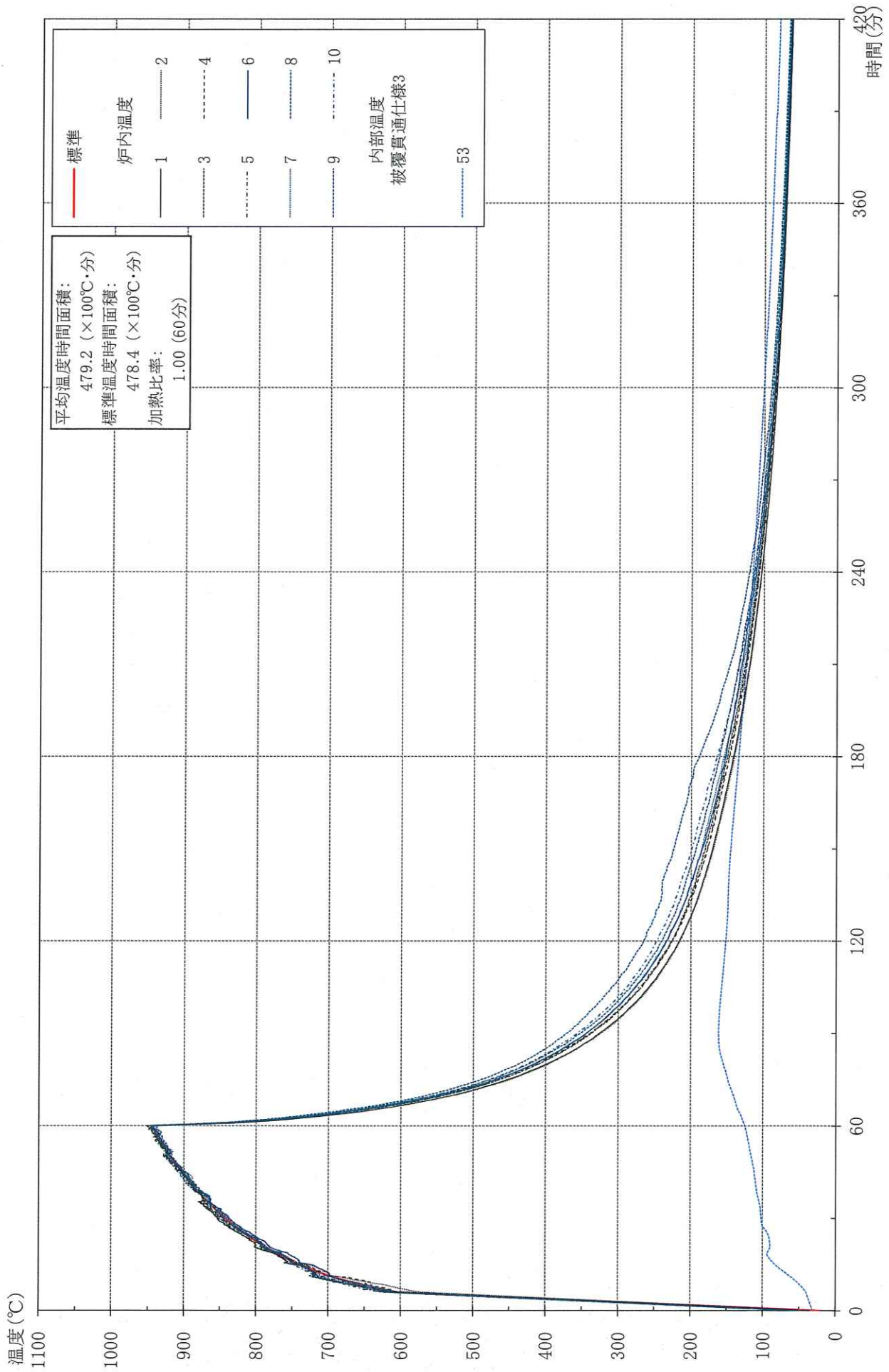
別図-17 貫通部仕様8 炉内温度・内部温度曲線



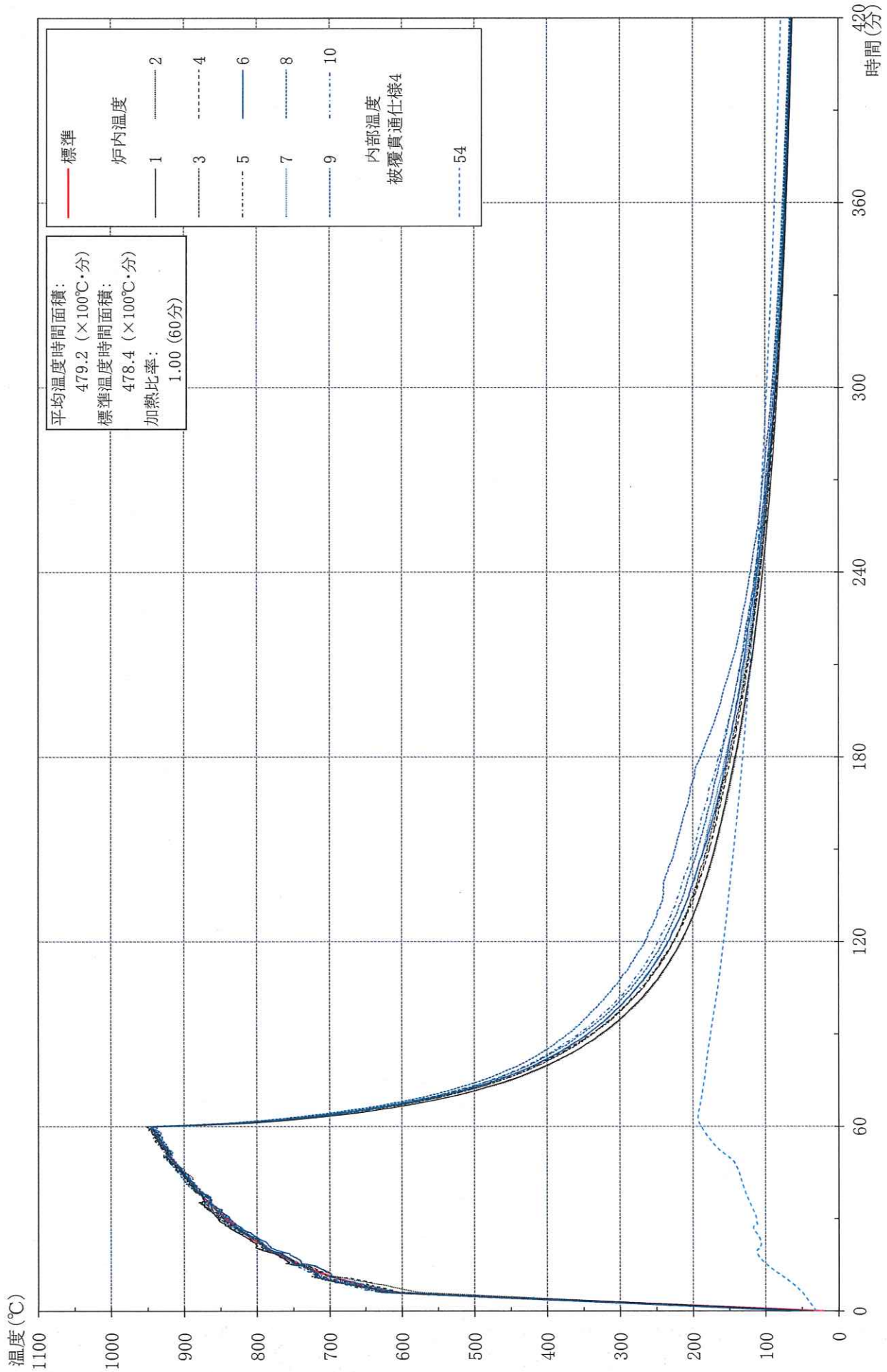
別図-18 被覆貫通部仕様1 炉内温度・内部温度曲線



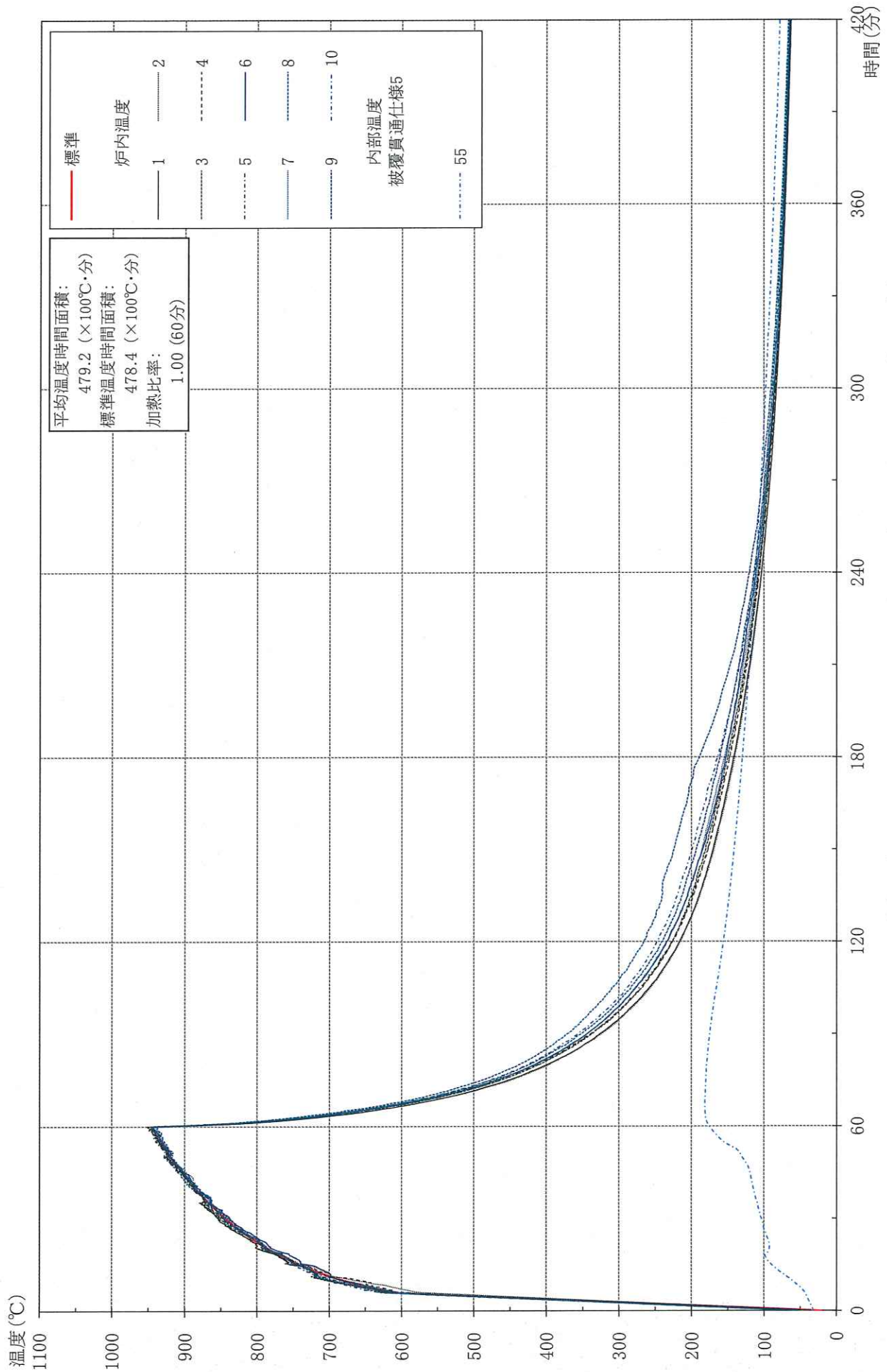
別図-19 被覆貫通部仕様2 炉内温度・内部温度曲線



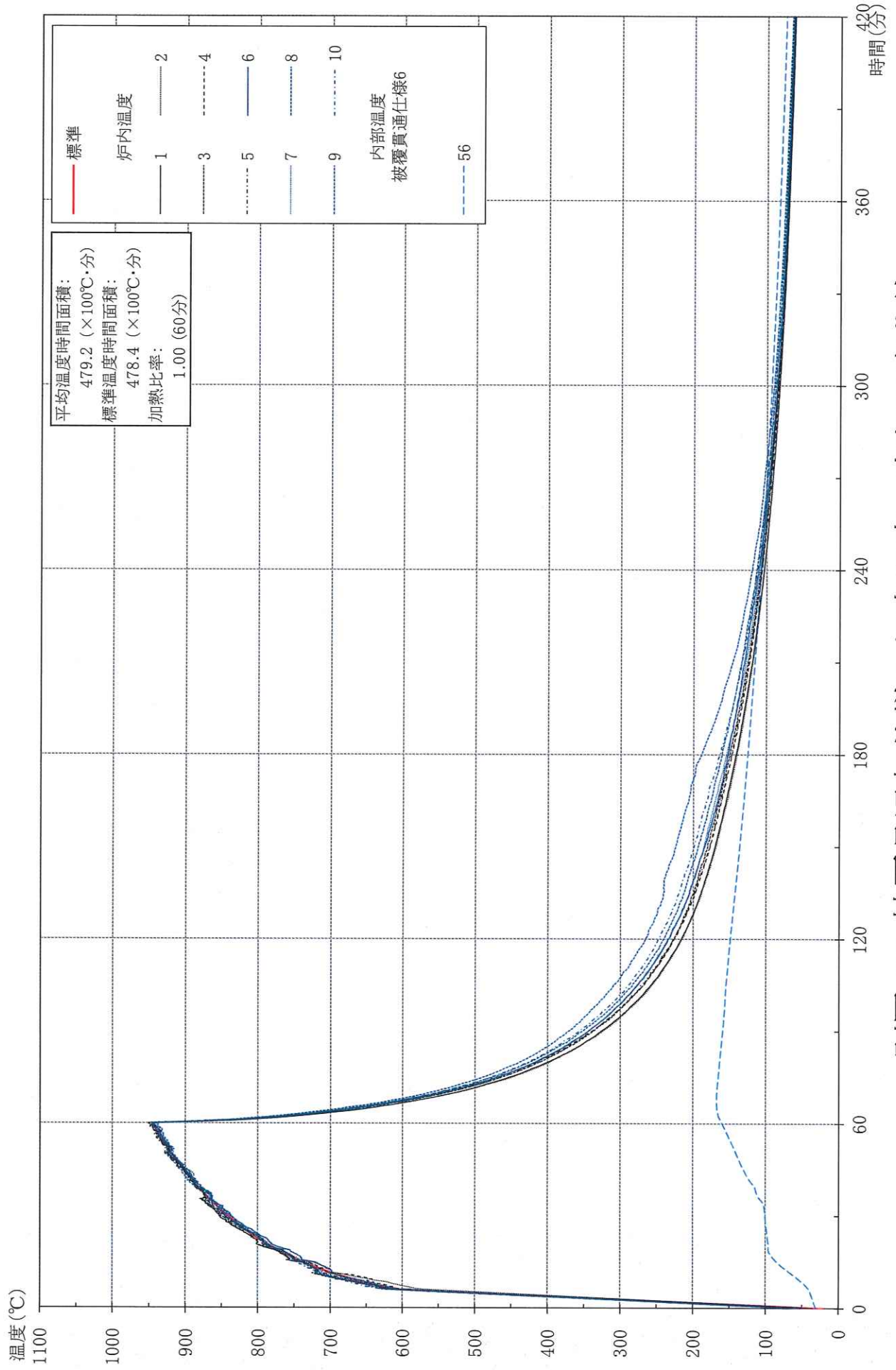
別図-20 被覆貫通部仕様3 炉内温度・内部温度曲線



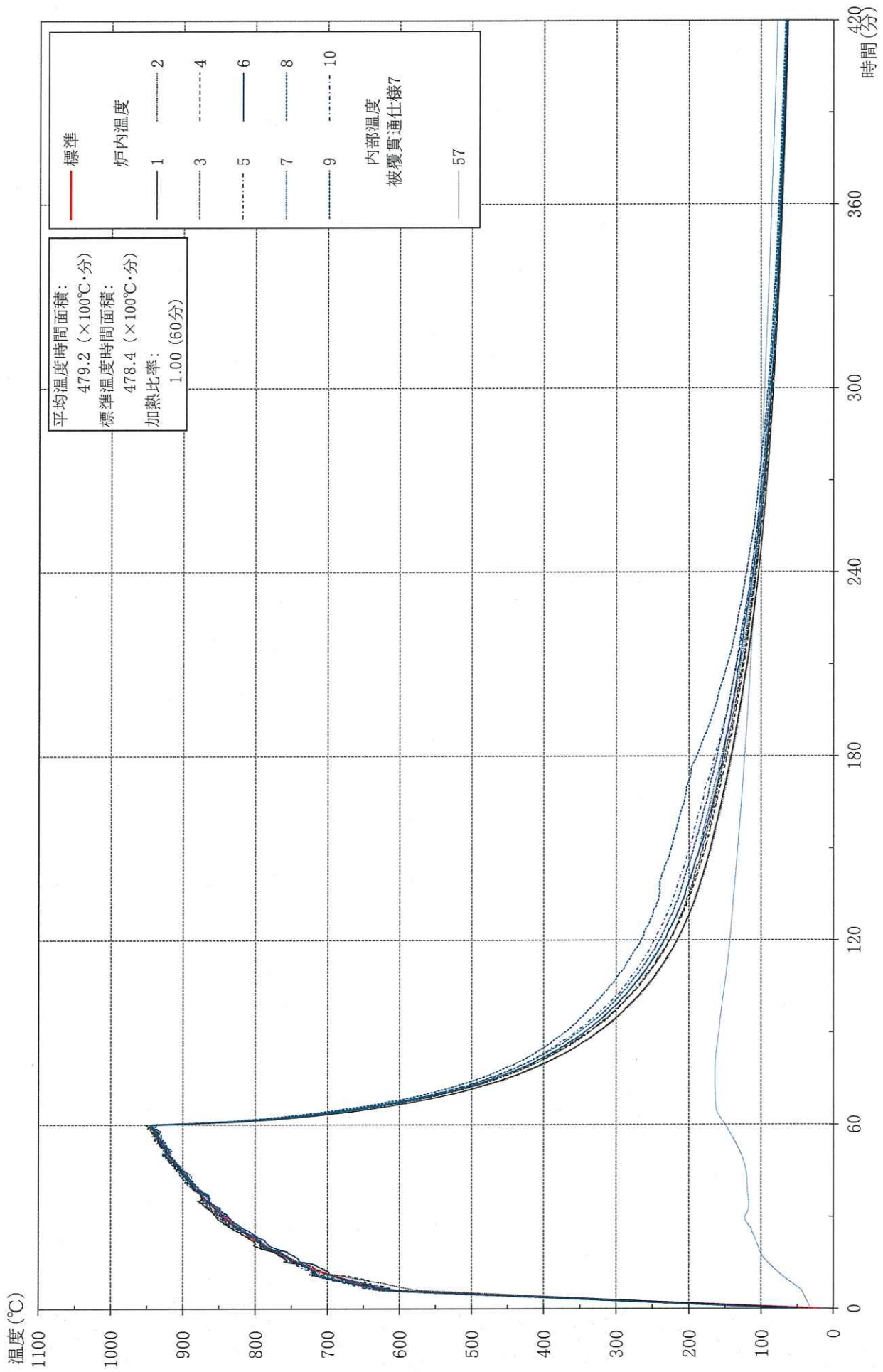
別図-21 被覆貫通部仕様4 炉内温度・内部温度曲線



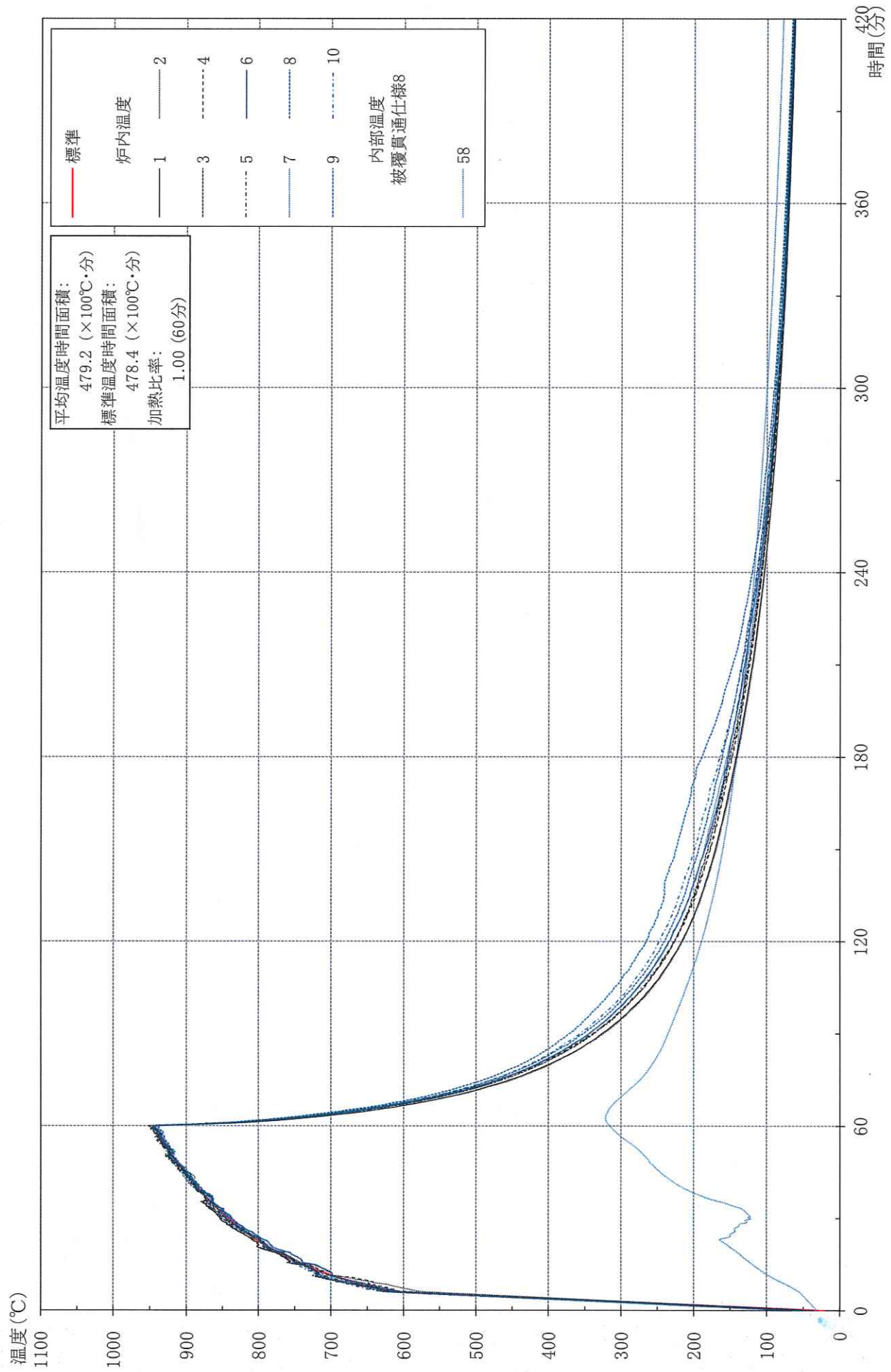
別図-22 被覆貫通部仕様5 炉内温度・内部温度曲線



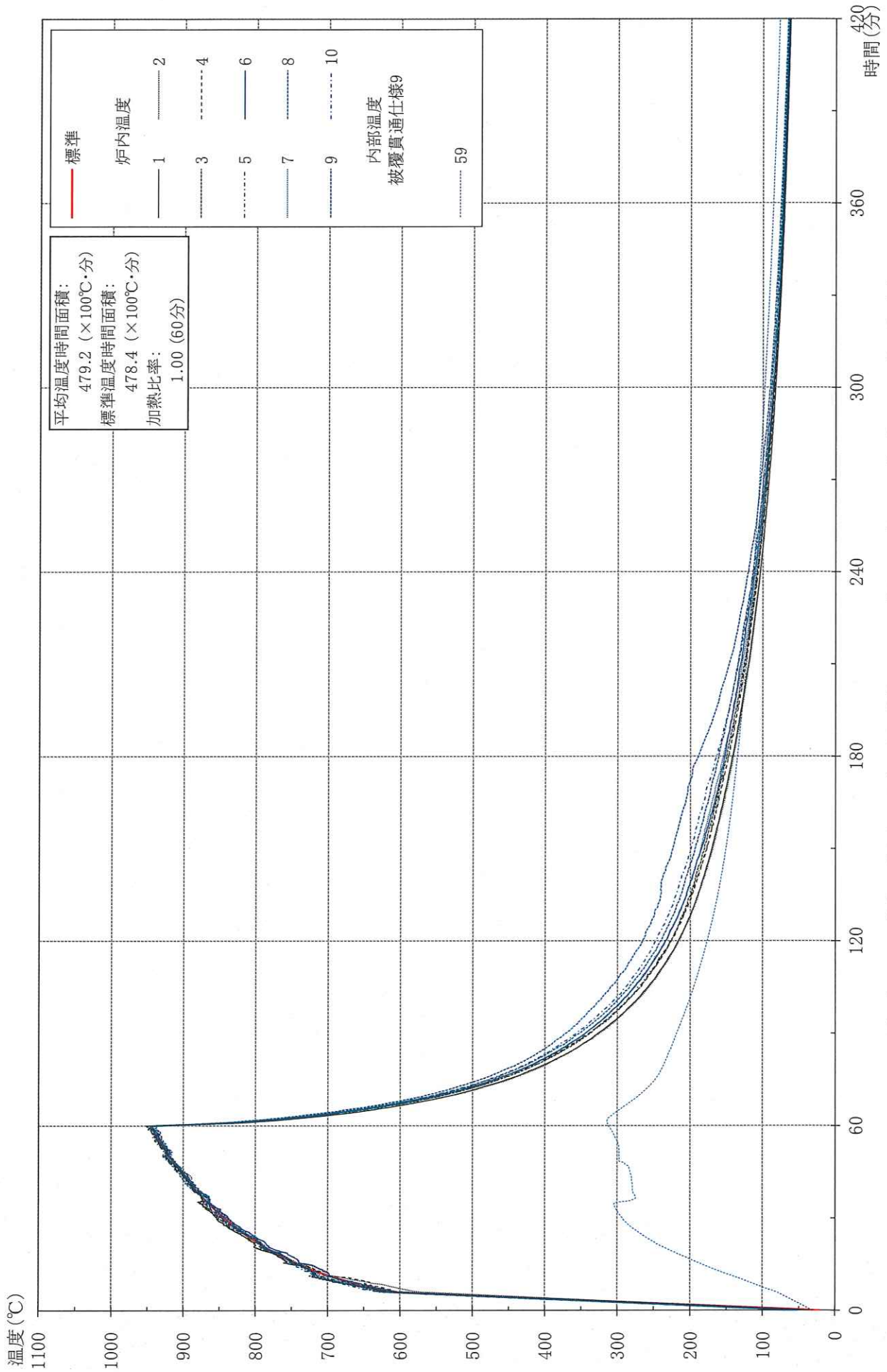
別図-23 被覆貫通部仕様6 炉内温度・内部温度曲線



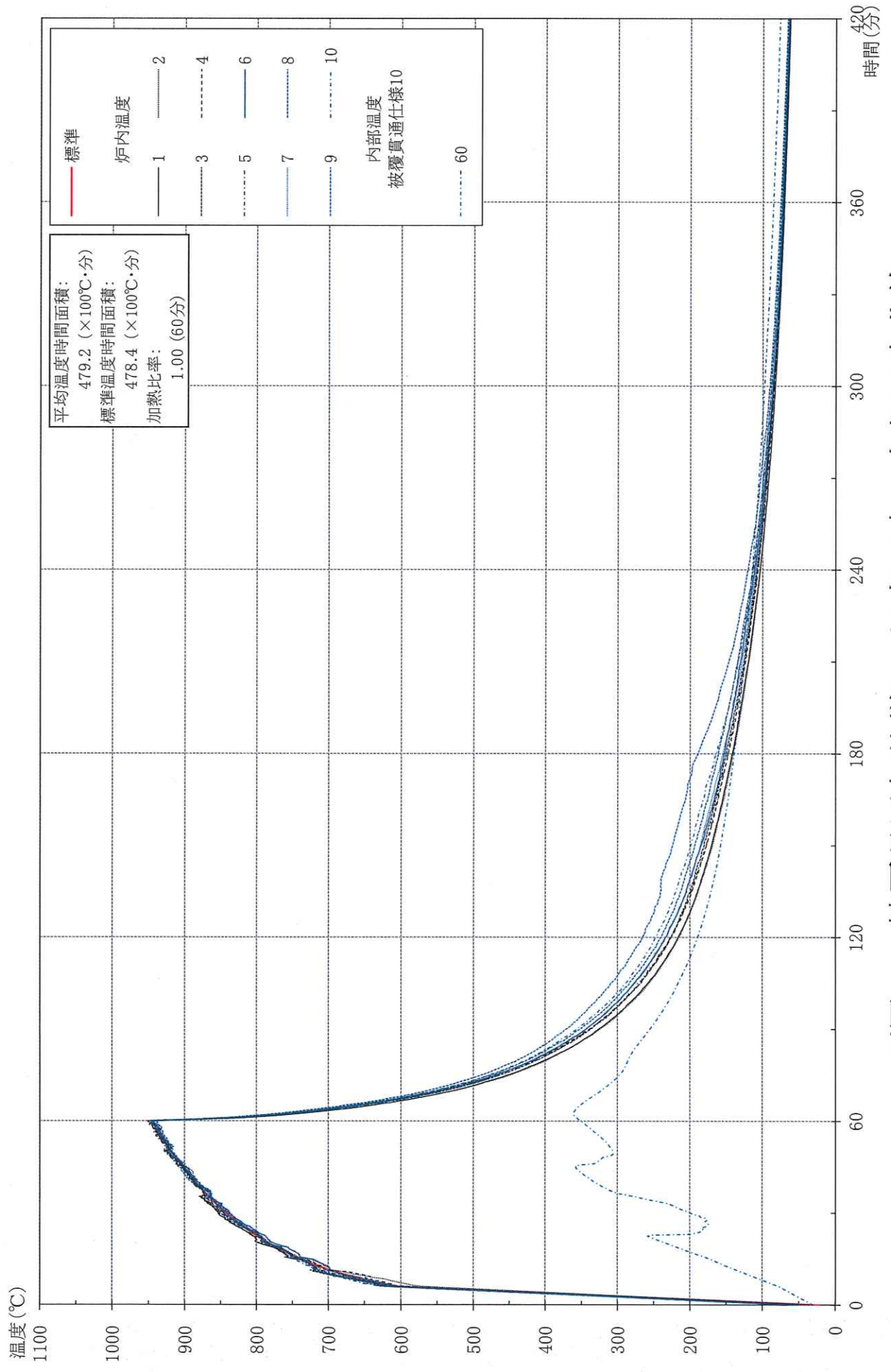
別図-24 被覆貫通部仕様7 炉内温度・内部温度曲線



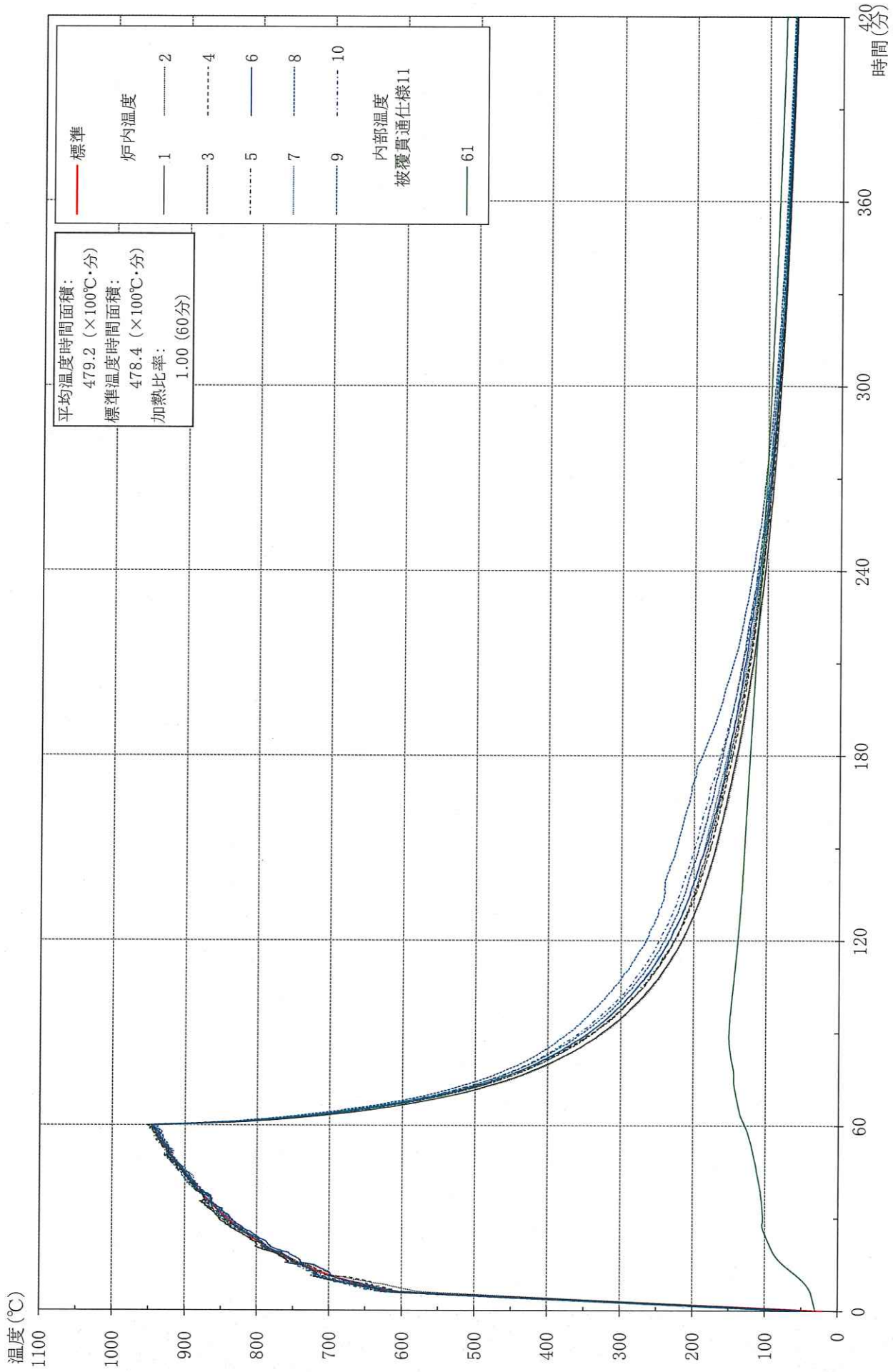
別図-25 被覆貫通部仕様8 炉内温度・内部温度曲線



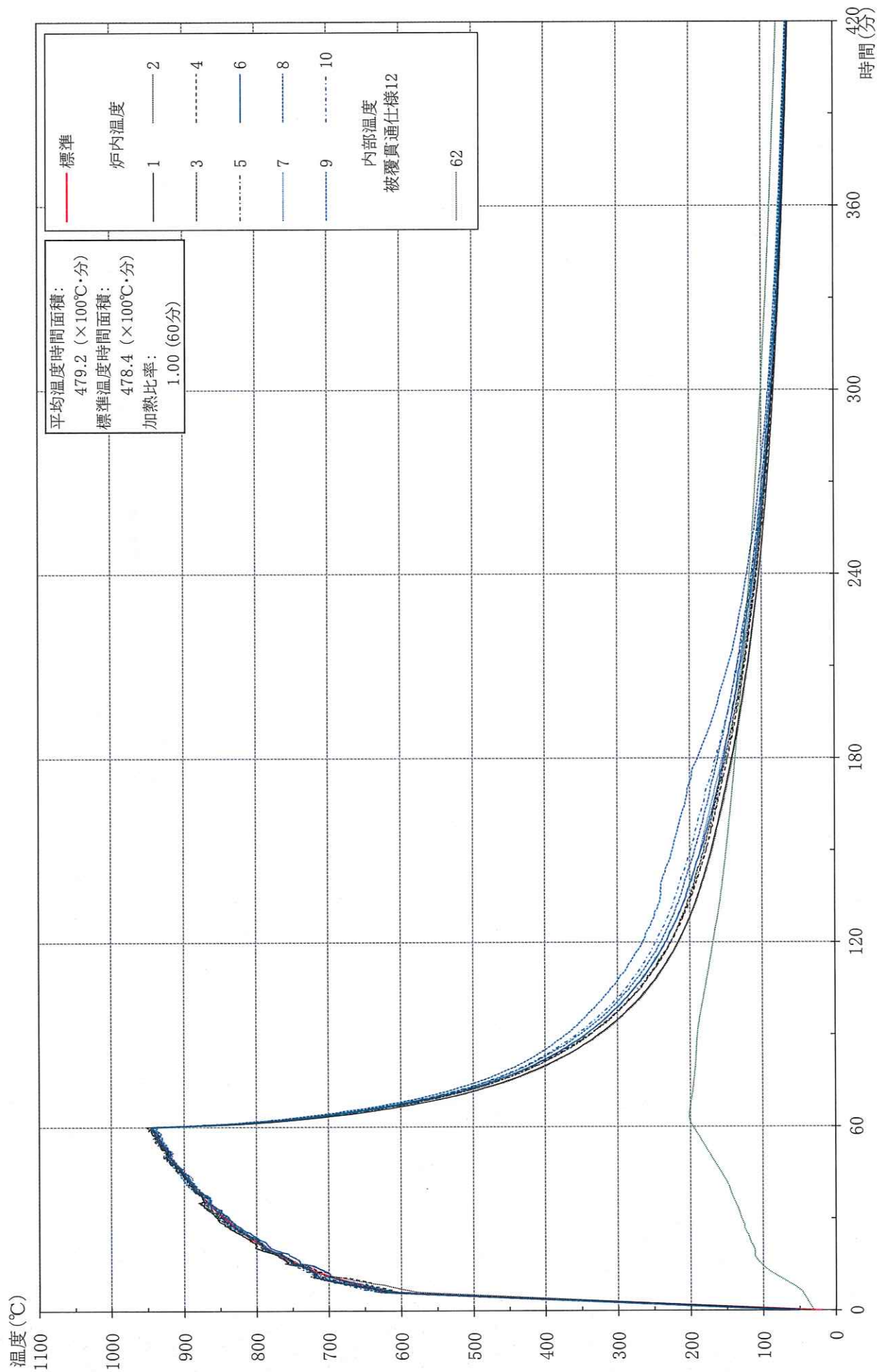
別図-26 被覆貫通部仕様9 炉内温度・内部温度曲線



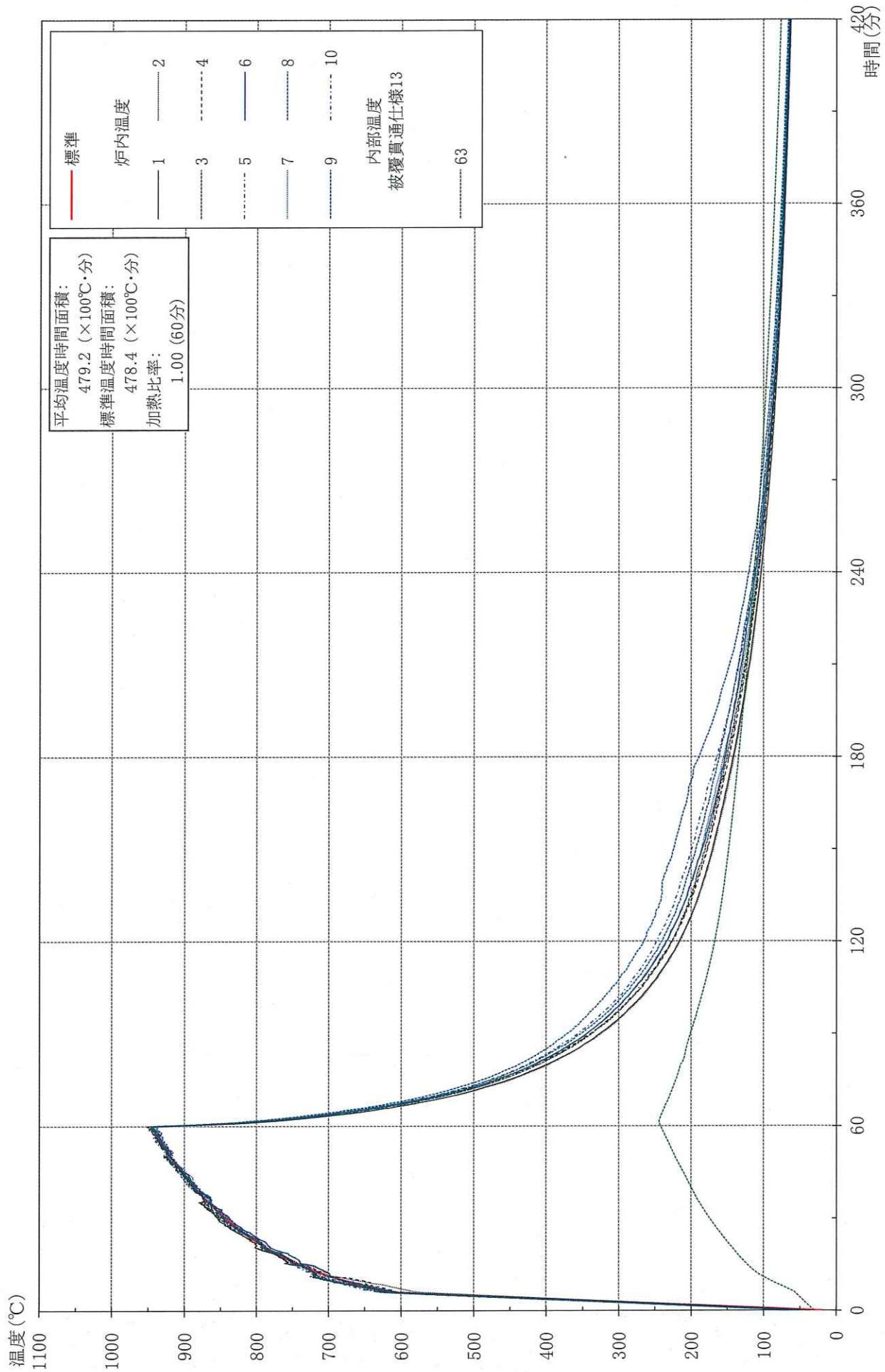
別図-27 被覆貫通部仕様10 炉内温度・内部温度曲線



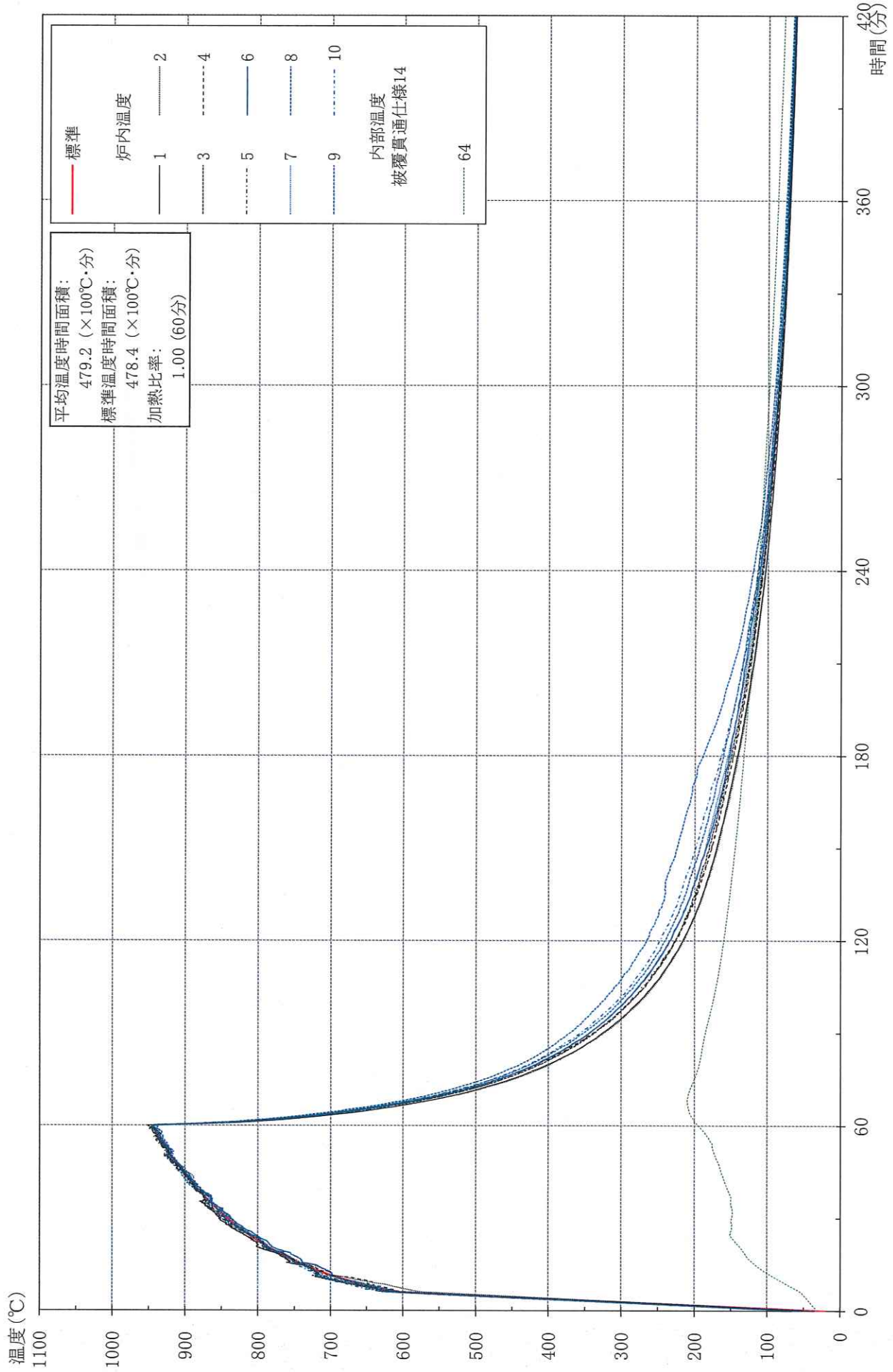
別図-28 被覆貫通部仕様11 炉内温度・内部温度曲線



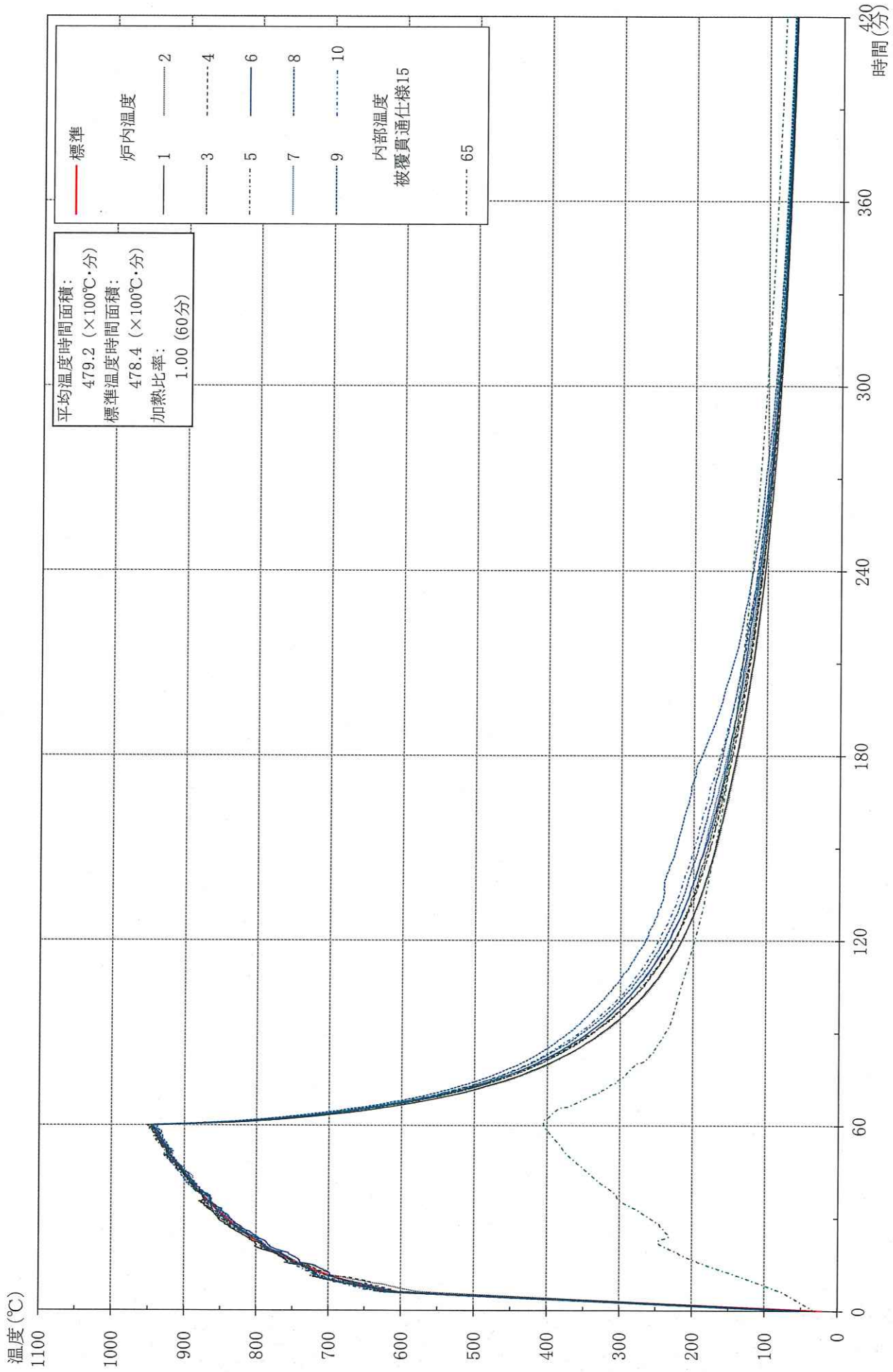
別図-29 被覆貫通部仕様12 炉内温度・内部温度曲線



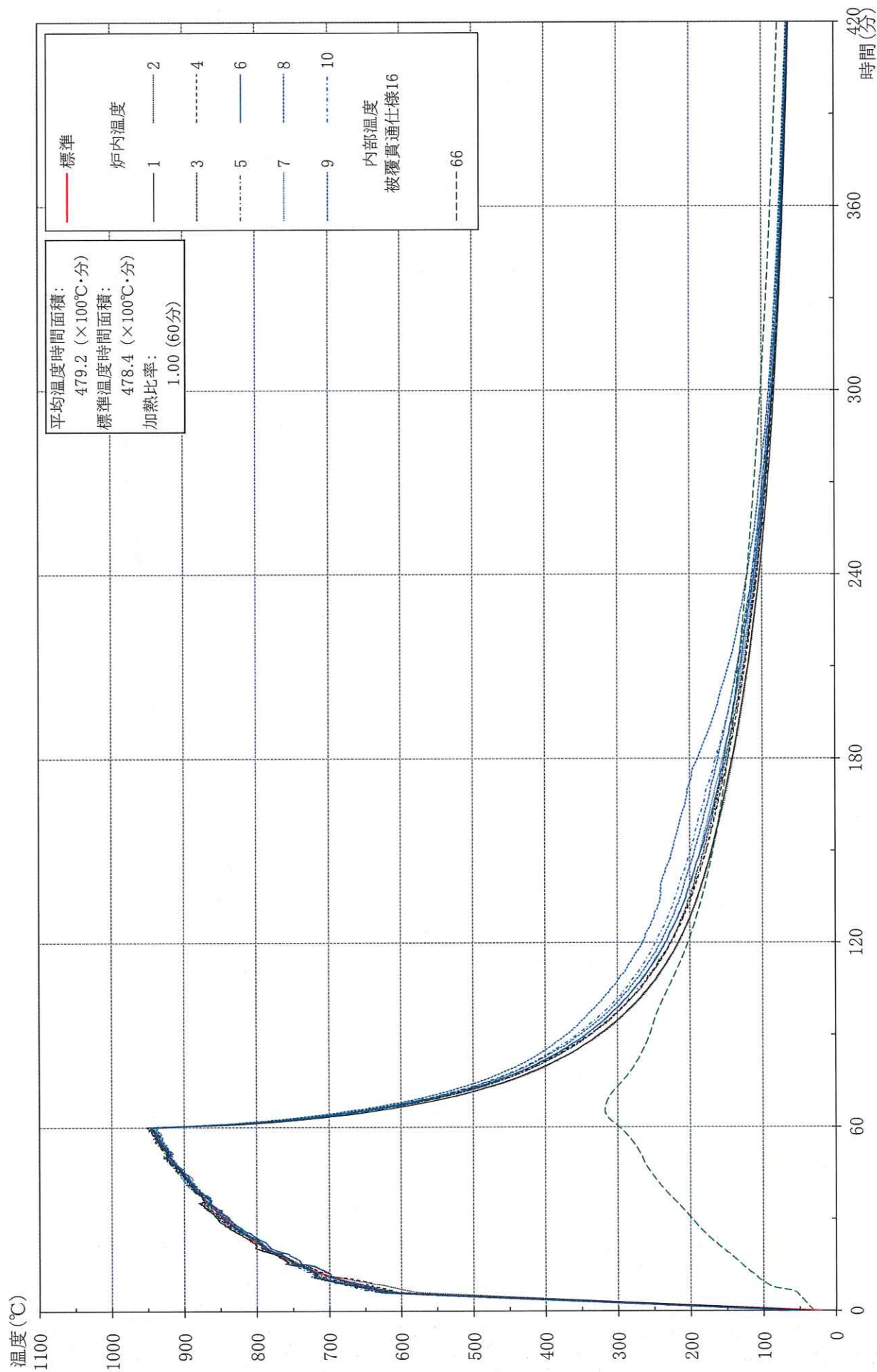
別図-30 被覆貫通部仕様13 炉内温度・内部温度曲線



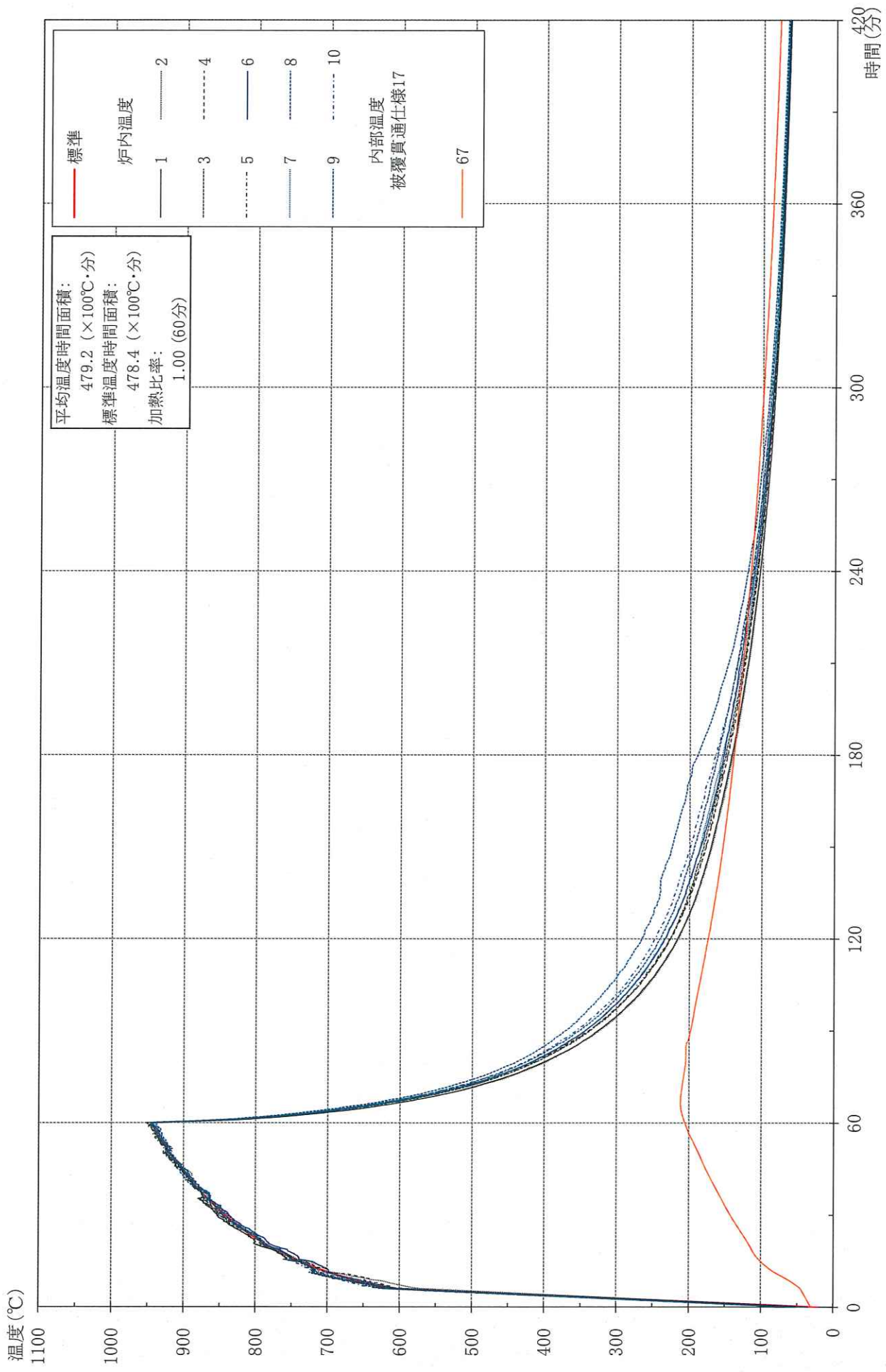
別図-31 被覆貫通部仕様14 炉内温度・内部温度曲線



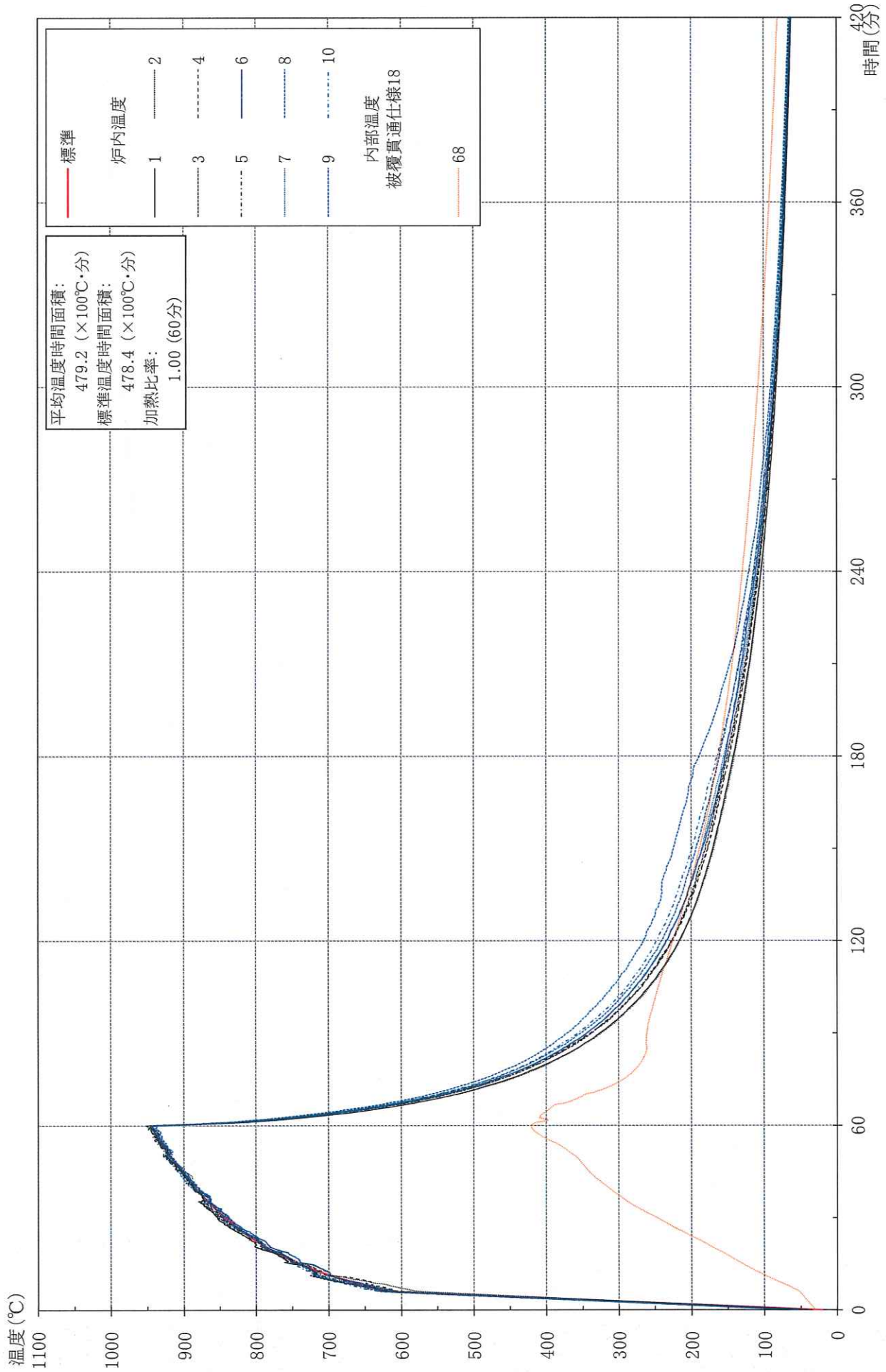
別図-32 被覆貫通部仕様15 炉内温度・内部温度曲線



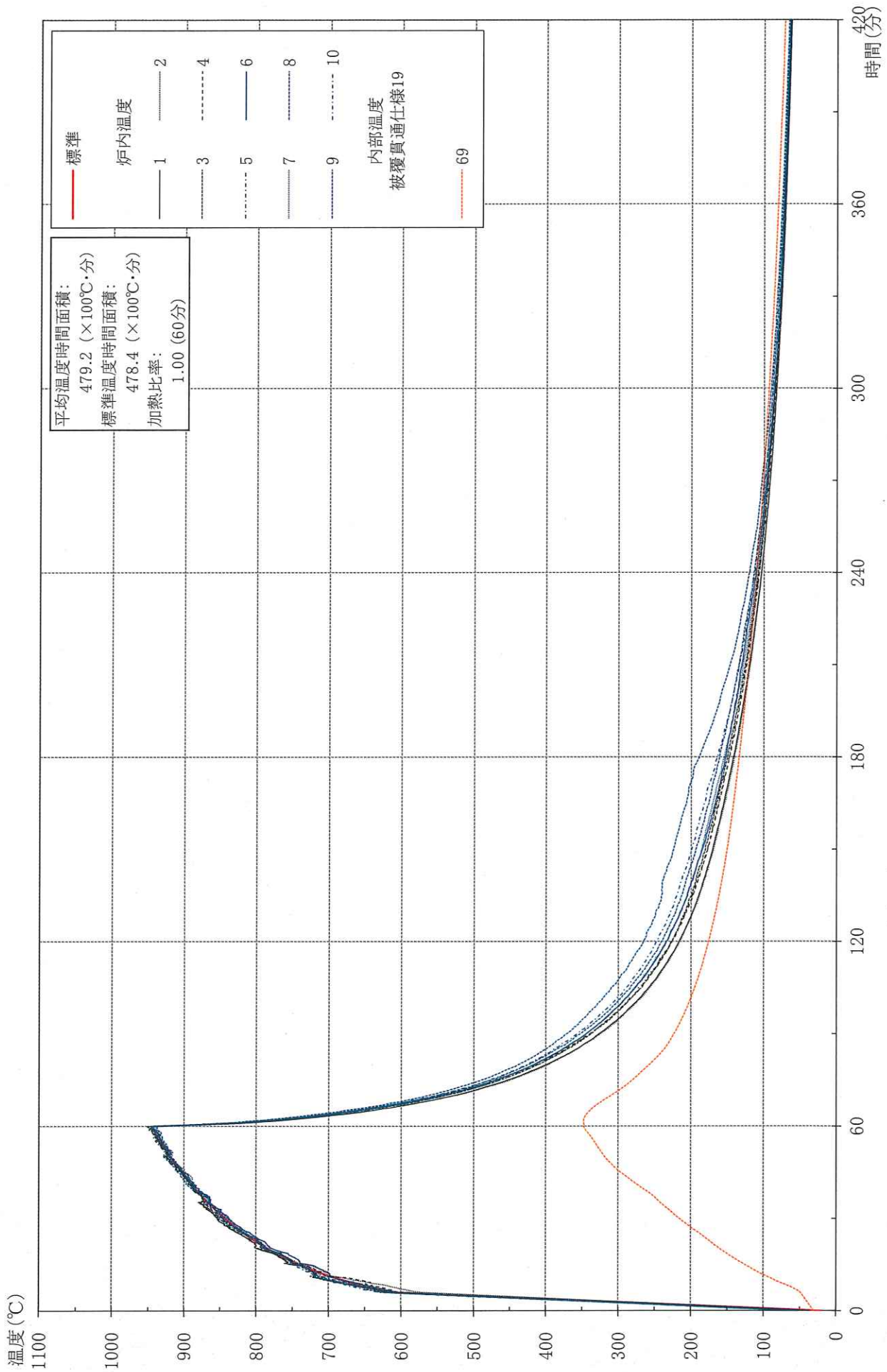
別図-33 被覆貫通部仕様16 炉内温度・内部温度曲線



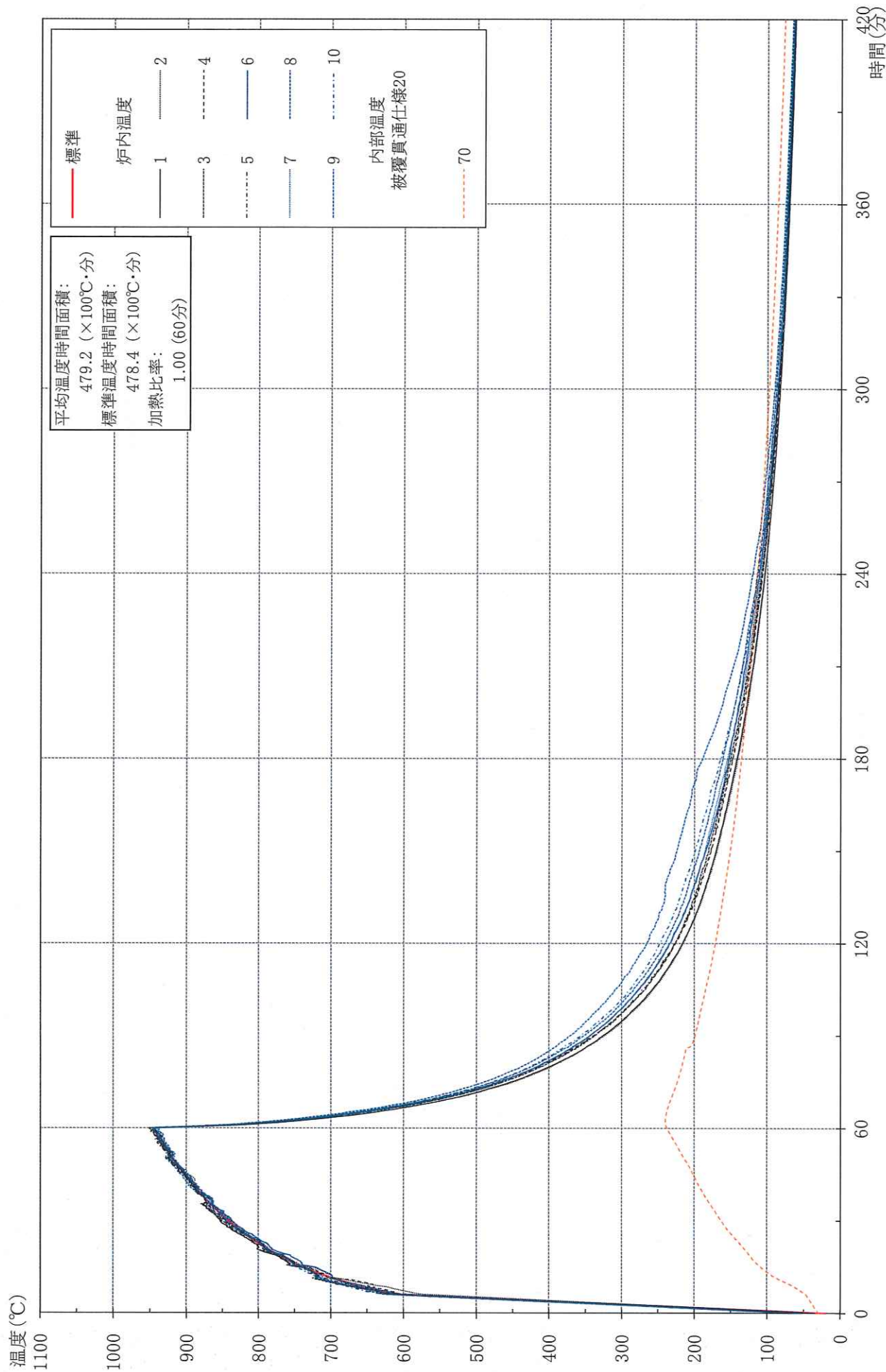
別図-34 被覆貫通部仕様17 炉内温度・内部温度曲線



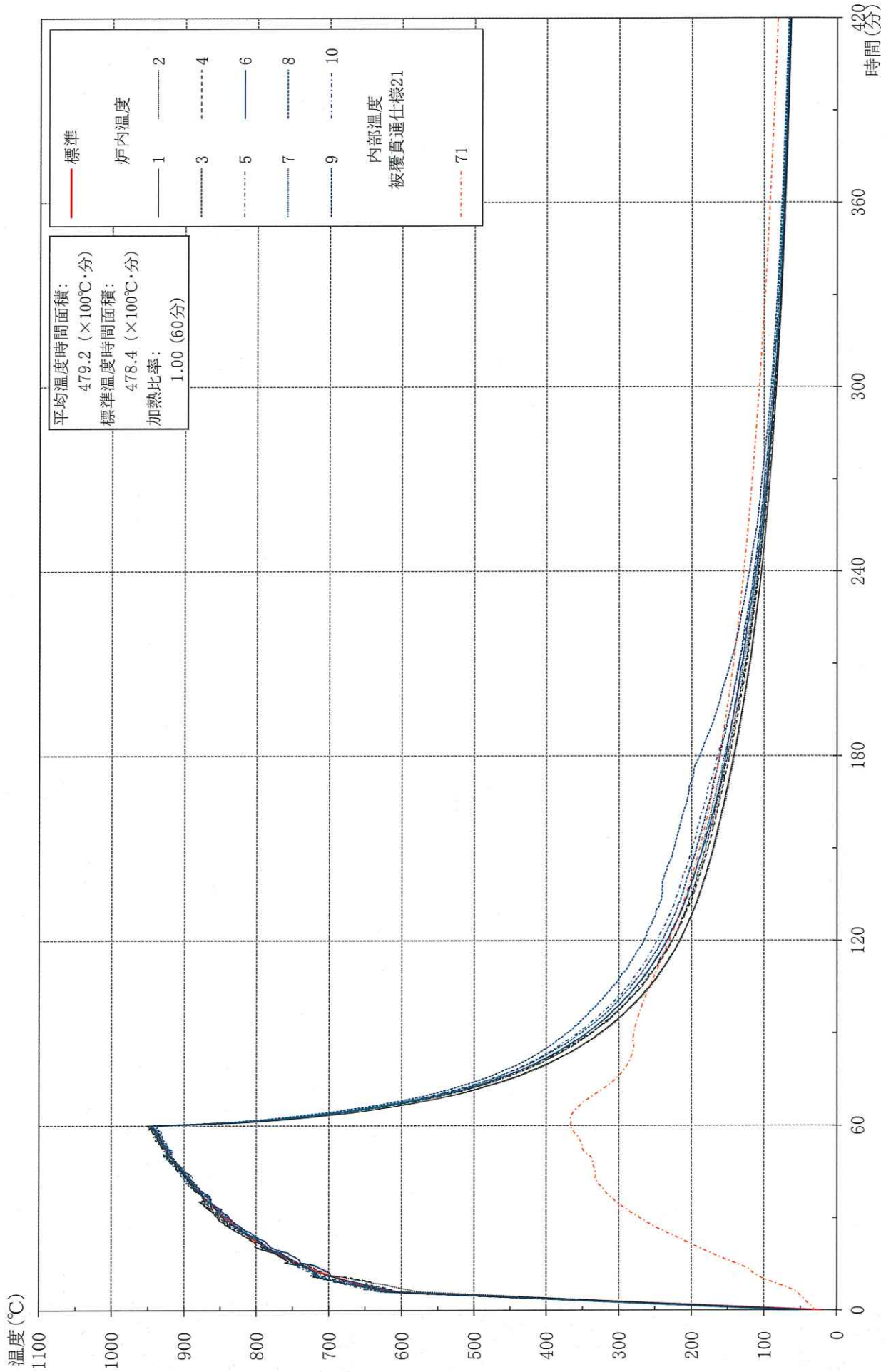
別図-35 被覆貫通部仕様18 炉内温度・内部温度曲線



別図-36 被覆貫通部仕様19 炉内温度・内部温度曲線



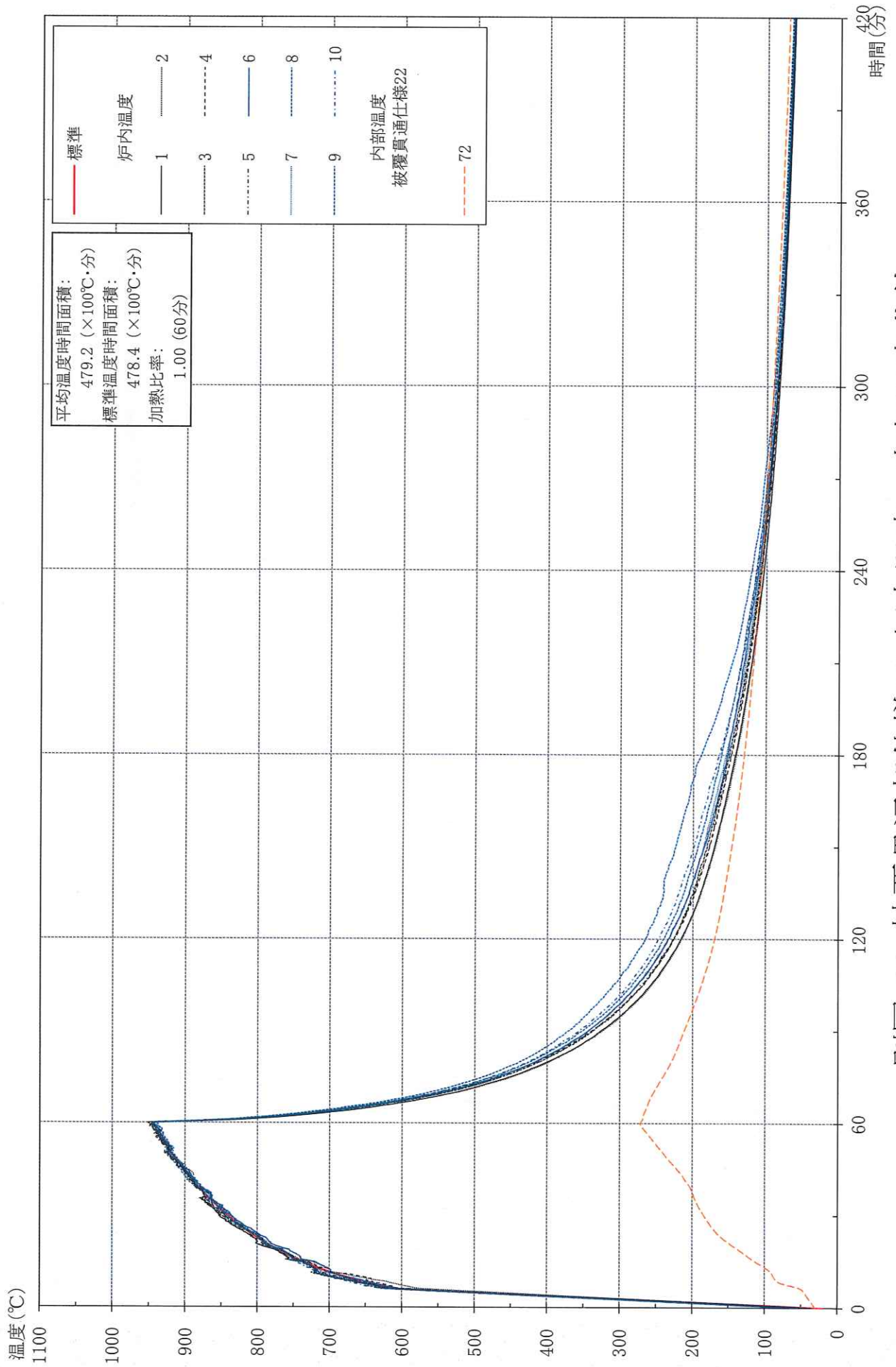
別図-37 被覆貫通部仕様20 炉内温度・内部温度曲線



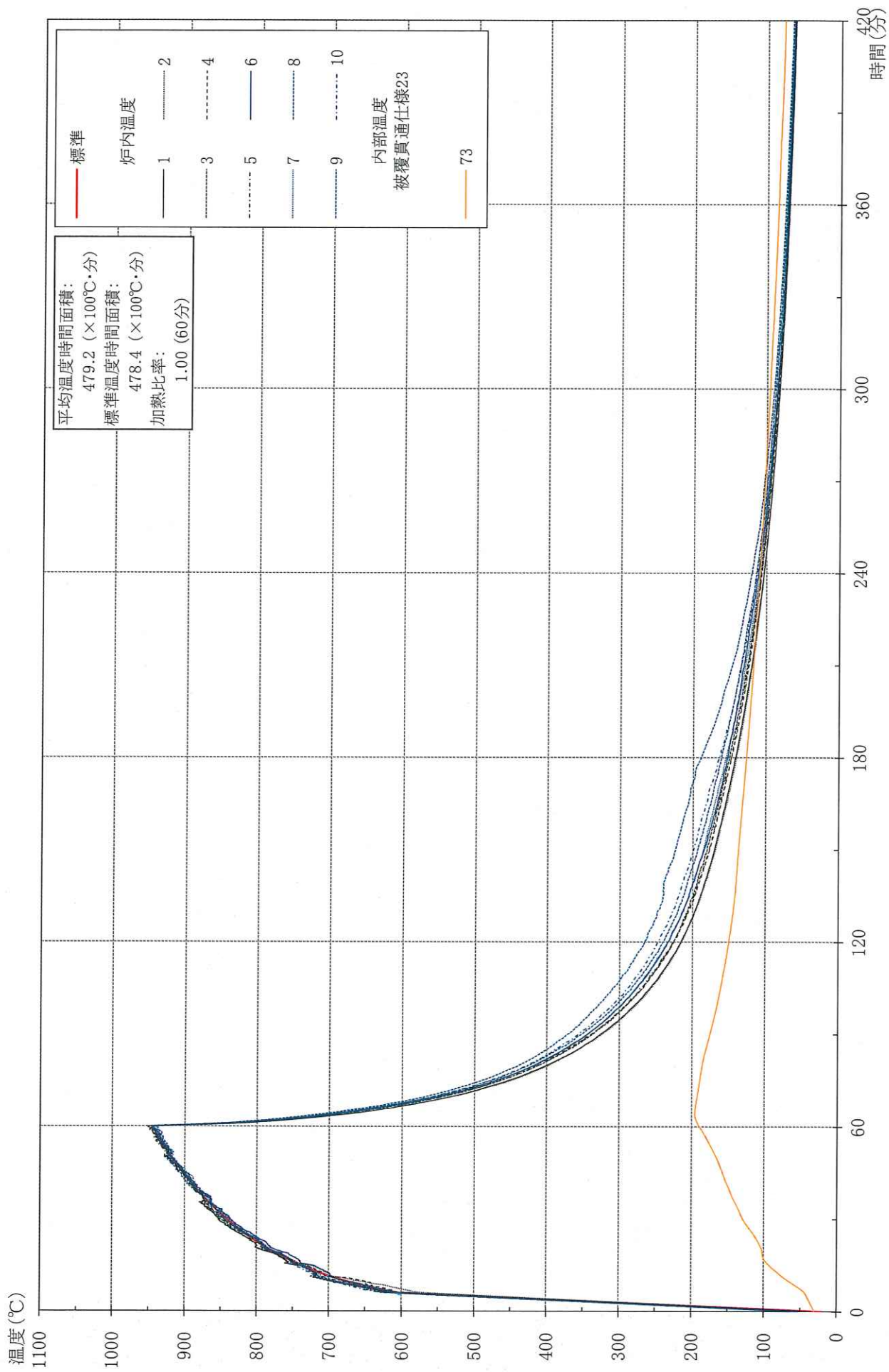
平均温度時間面積:
479.2 (×100°C・分)
標準温度時間面積:
478.4 (×100°C・分)
加熱比率:
1.00 (60分)

標準
炉内温度
1 2
3 4
5 6
7 8
9 10
内部温度
被覆貫通仕様21
71

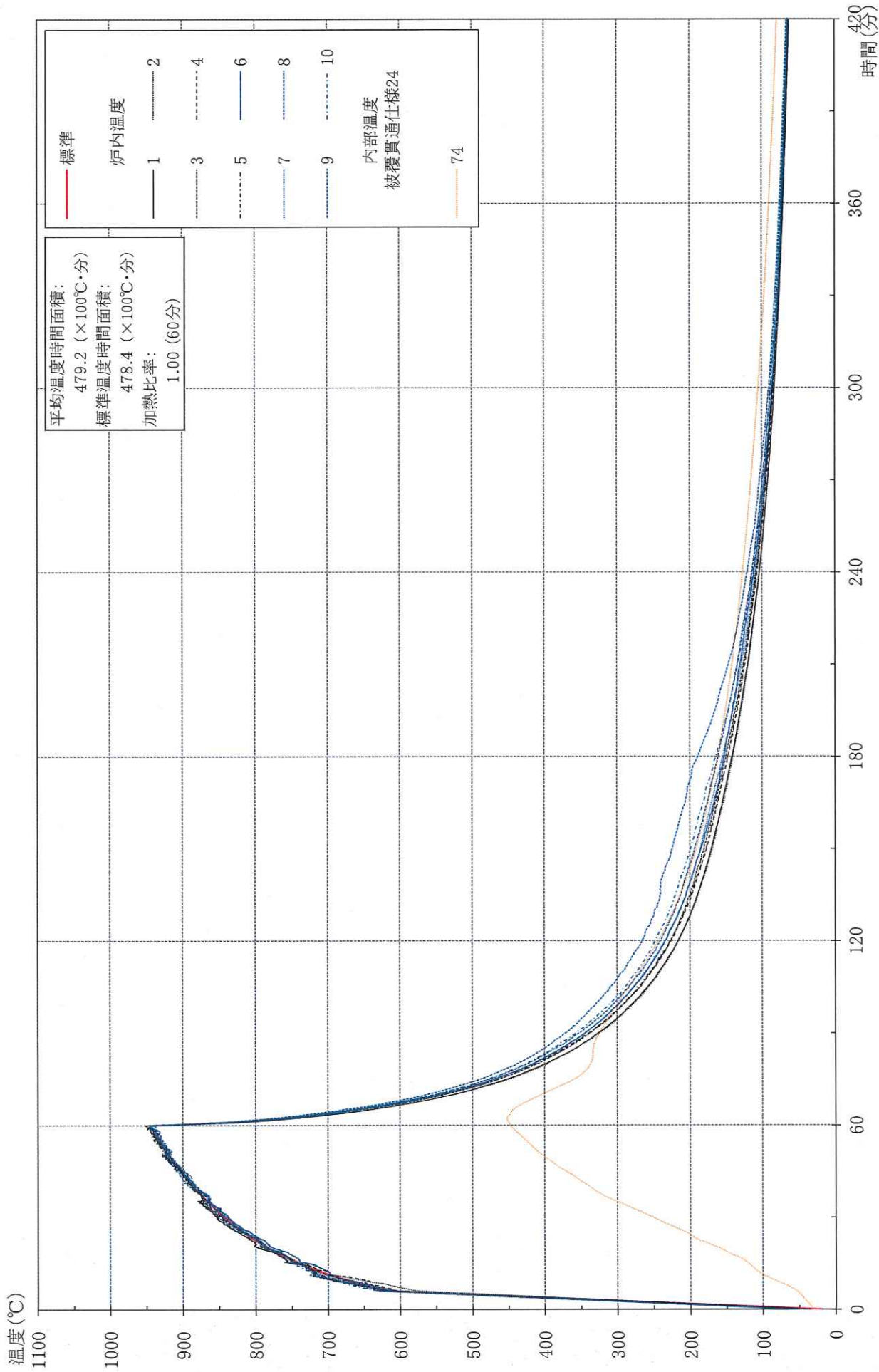
別図-38 被覆貫通部仕様21 炉内温度・内部温度曲線



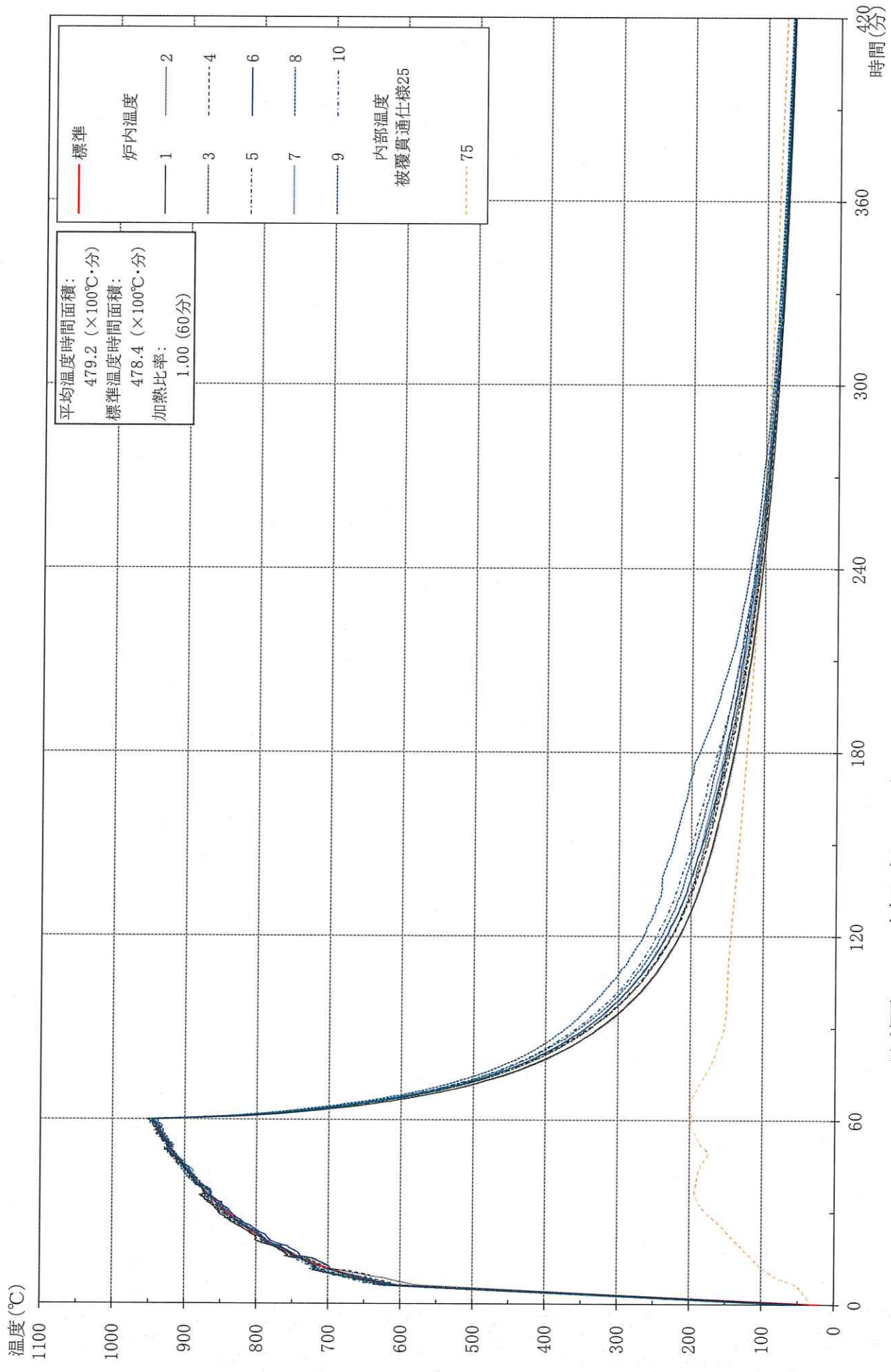
別図-39 被覆貫通部仕様22 炉内温度・内部温度曲線



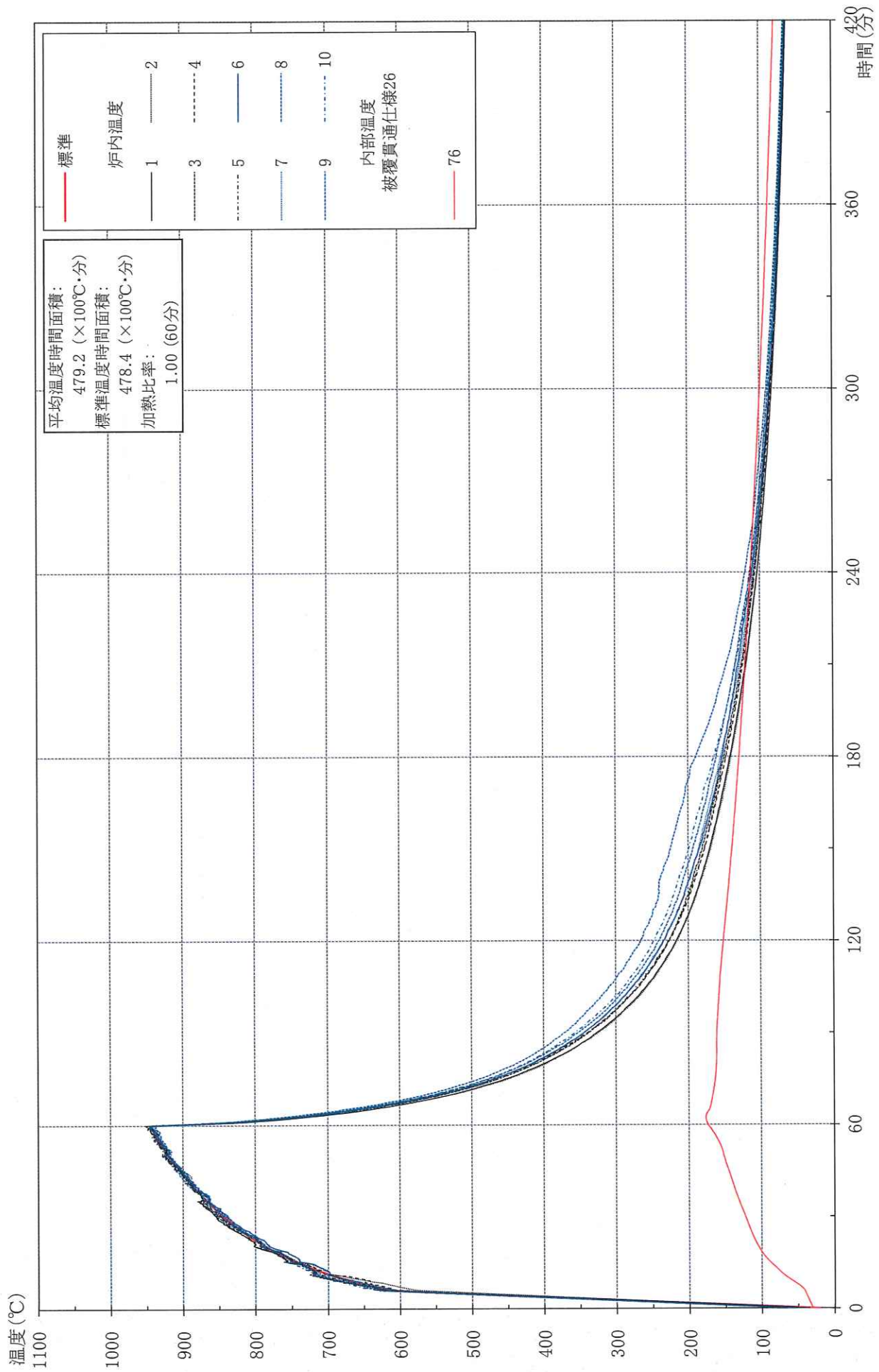
別図-40 被覆貫通部仕様23 炉内温度・内部温度曲線



別図-41 被覆貫通部仕様24 炉内温度・内部温度曲線



別図-42 被覆貫通部仕様25 炉内温度・内部温度・内部温度曲線



別図-43 被覆貫通部仕様26 炉内温度・内部温度曲線

試験写真記録

1. 名 称 : CLT を用いた中大規模木造構造物の防耐火設計の手引き検討委員会 第1回
1時間耐火構造 CLT 開口部等の試験
4. 試験実施場所 : 公益財団法人 日本住宅・木材技術センター 試験研究所
5. 試 験 日 : 令和5年9月22日

(試験写真)

写真No.01

試験日：令和5年9月22日

加熱前の加熱面の状況

左上から

開口小口 仕様 1, 2, 3,

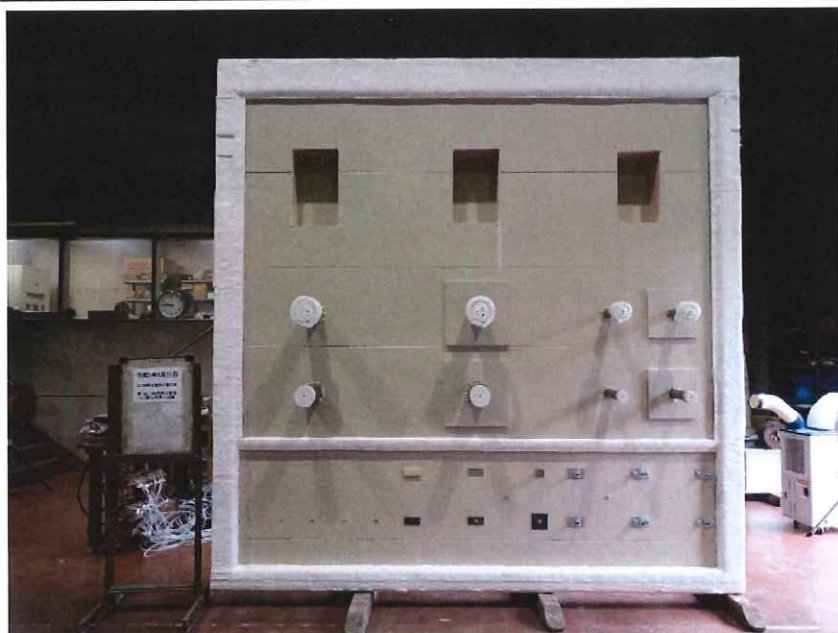
貫通部 仕様 1, 3, 5, 7

仕様 2, 4, 6, 8

被覆貫通仕様 1~6, 11~13, 17~19

仕様 23, 24, 25, 26

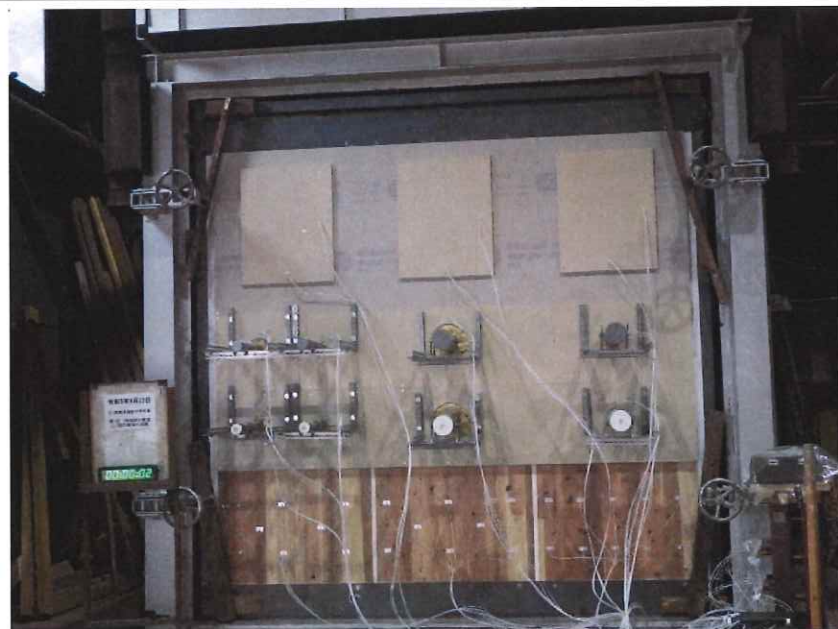
仕様 6~10, 14~16, 20~22



写真No.02

試験日：令和5年9月22日

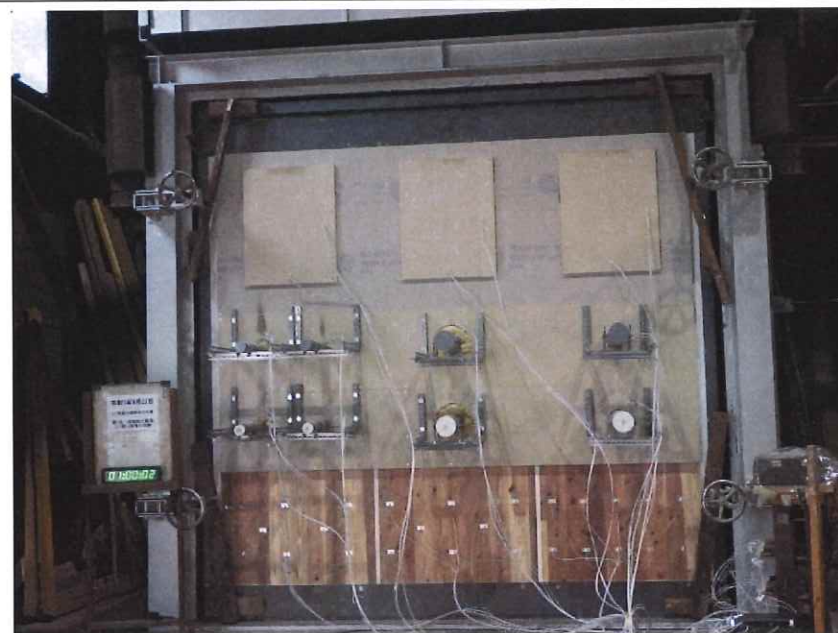
加熱開始直後の非加熱面の状況



写真No.03

試験日：令和5年9月22日

加熱終了時の非加熱面の状況
(加熱開始から 60 分後)

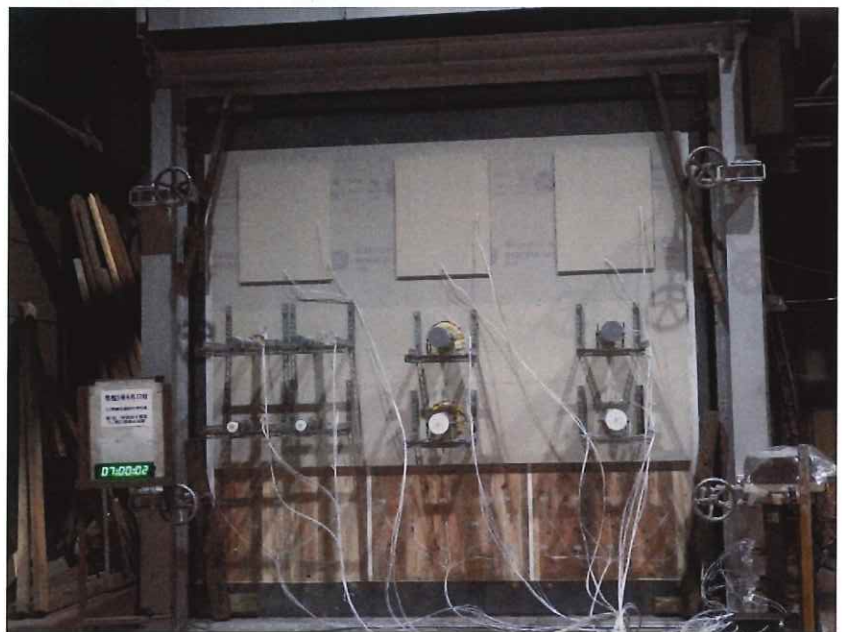


(試験写真)

写真No.04

試験日：令和5年9月22日

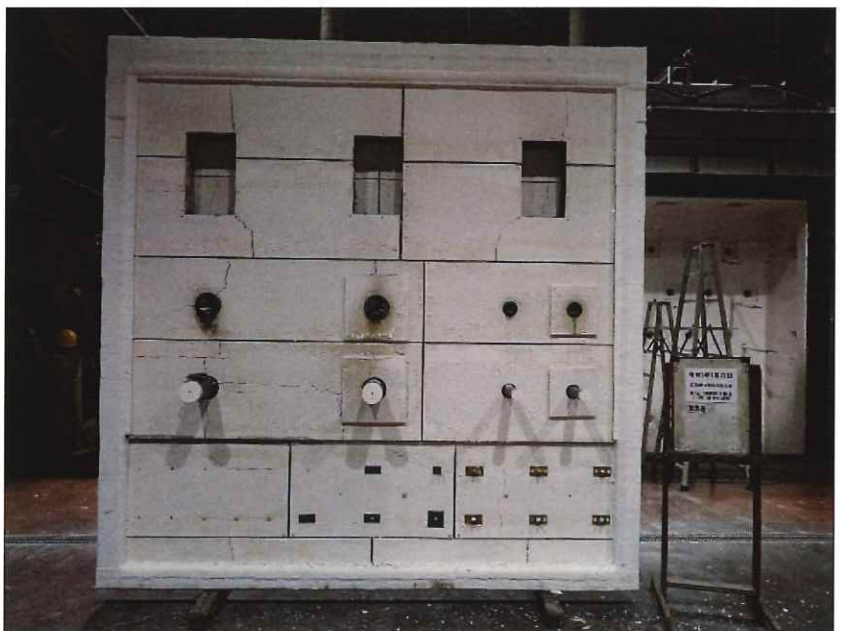
試験終了時の非加熱面の状況
(加熱開始から420分後)



写真No.05

試験日：令和5年9月22日

試験終了後の加熱面の状況①
取り出した直後



写真No.06

試験日：令和5年9月22日

試験終了後の加熱面の状況②
表面のせっこうボードを1枚取り除いた状態



(試験写真)

写真No.07

試験日：令和5年9月22日

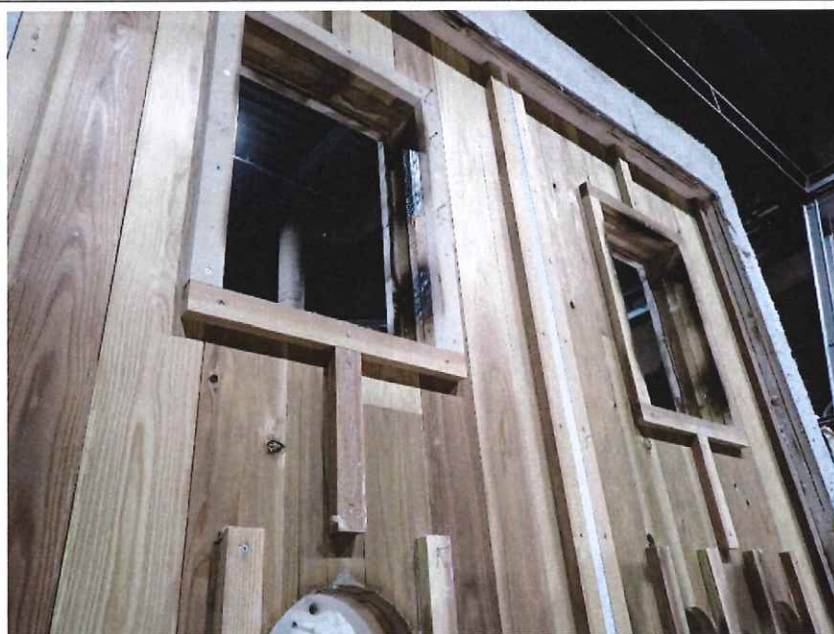
試験終了後の加熱面の状況③
開口小口仕様 1 が赤熱している。



写真No.08

試験日：令和5年9月22日

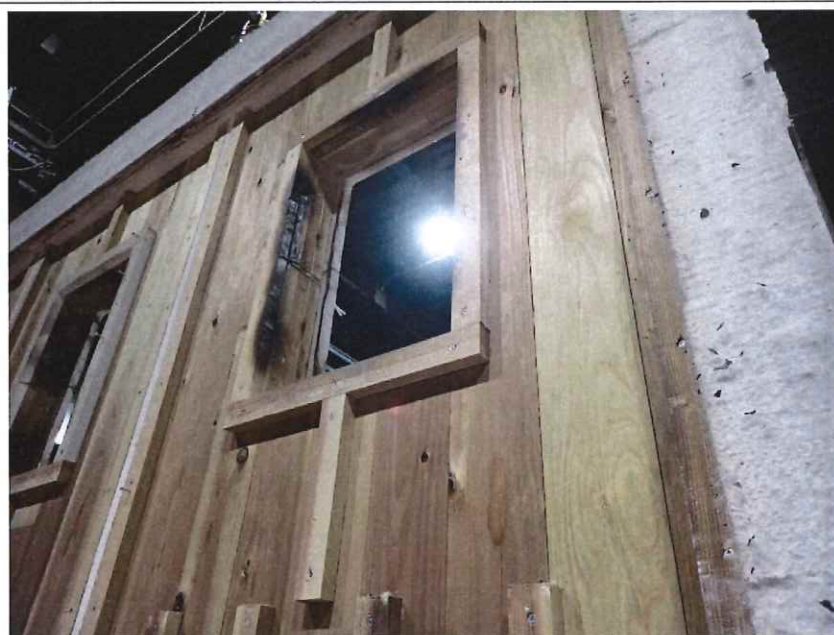
試験終了後の加熱面の状況④
開口小口仕様 2 が炭化している。



写真No.09

試験日：令和5年9月22日

試験終了後の加熱面の状況④
開口小口仕様 3 が炭化している。



(試験写真)

写真No.10

試験日：令和5年9月22日

試験終了後の加熱面の状況⑤
被覆を全て取り除いた状態



耐火性能試験成績書 (耐火構造)

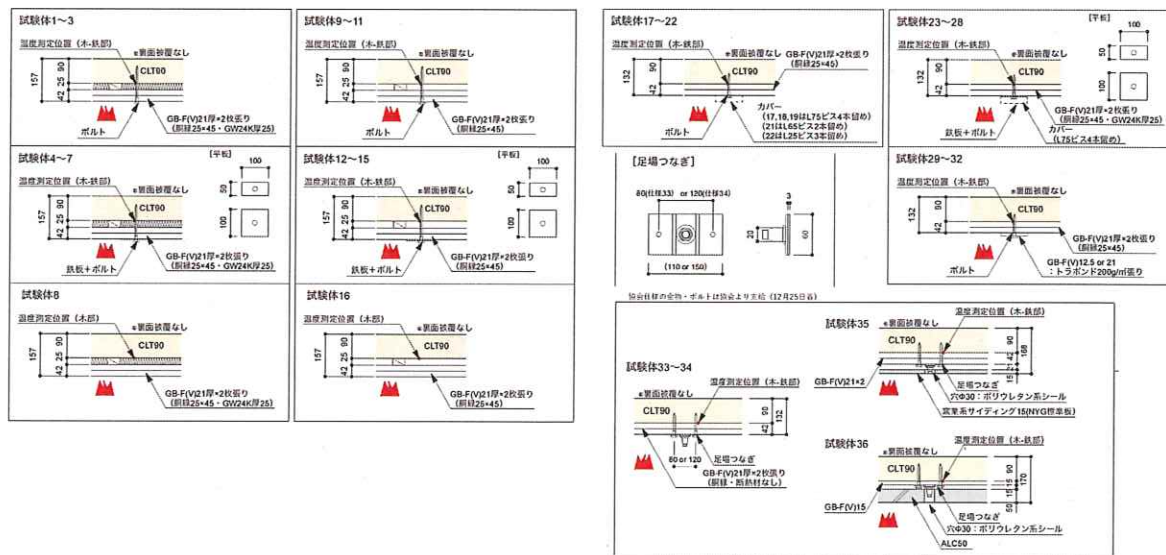
試験名称	CLTを用いた中大規模木造構造物の防耐火設計の手引き検討委員会 第3回 1時間耐火構造 CLT開口部等の試験	
試験実施場所	公益財団法人 日本住宅・木材技術センター 試験研究所	
建築物の部分	防火区画の壁 (間仕切壁・外壁屋内側) 以外	
材令	試験体製作後約一週間	
気乾密度 (g/cm ³)	-	
含水率 (%)	-	
試験体の材料及び構成 (単位: mm)	詳細を別図-1~5 に示す。	
CLT: スギ直交集成板 (3層3プライ)	(厚さ 90)	
[開口小口部] CLT孔 (幅400×高さ600)		
[仕様1] GB-F(V)25厚+スギ38厚+不燃胴縁25厚		
[仕様2] GB-F(V)25厚+スギ38厚+木胴縁38厚 (出隅: アルミテープ補強あり)		
[留め具 (熱橋確認)]		
木胴縁 (厚さ25) あり		
[仕様1] コーチボルト M9/胴径9mm/長さ90mm/ 付帯物: なし (断熱材あり部)		
[仕様2] コーチボルト M16/胴径16mm/長さ100mm/ 付帯物: なし (断熱材あり部)		
[仕様3] コーチボルト M16/胴径16mm/長さ125mm/ 付帯物: なし (断熱材あり部)		
[仕様4] コーチボルト M9/胴径9mm/長さ90mm/ 付帯物: 鉄板 t4.5×50 幅×L100 (平板) (断熱材あり部)		
[仕様5] コーチボルト M16/胴径16mm/長さ100mm/ 付帯物: 鉄板 t4.5×50 幅×L100 (平板) (断熱材あり部)		
[仕様6] コーチボルト M16/胴径16mm/長さ100mm/ 付帯物: 鉄板 t4.5×100 幅×L100 (平板) (断熱材あり部)		
[仕様7] コーチボルト M16/胴径16mm/長さ100mm/ 付帯物: 鉄板 t1.6×100 幅×L100 (平板) (断熱材あり部)		
[仕様8] - (留め具なし) / 胴径 - mm / 長さ - mm / 付帯物: -		
[仕様9] コーチボルト M9/胴径9mm/長さ90mm/ 付帯物: なし (断熱材なし部)		
[仕様10] コーチボルト M16/胴径16mm/長さ100mm/ 付帯物: なし (断熱材なし部)		
[仕様11] コーチボルト M16/胴径16mm/長さ125mm/ 付帯物: なし (断熱材なし部)		
[仕様12] コーチボルト M9/胴径9mm/長さ90mm/ 付帯物: 鉄板 t4.5×50 幅×L100 (平板) (断熱材なし部)		
[仕様13] コーチボルト M16/胴径16mm/長さ100mm/ 付帯物: 鉄板 t4.5×50 幅×L100 (平板) (断熱材なし部)		
[仕様14] コーチボルト M16/胴径16mm/長さ100mm/ 付帯物: 鉄板 t4.5×100 幅×L100 (平板) (断熱材なし部)		
[仕様15] コーチボルト M16/胴径16mm/長さ100mm/ 付帯物: 鉄板 t1.6×100 幅×L100 (平板) (断熱材なし部)		
[仕様16] - (留め具なし) / 胴径 - mm / 長さ - mm / 付帯物: -		
*GB-F(V)・・・強化せっこうボードの略		
*断熱材あり・・・グラスウール24K厚さ25を使用		
試験体		

直張り

- [仕様 17] コーチボルト M16/胴径 16mm/長さ 100mm/ 付帯物: GW24K25 厚 (100 角) で頭をカバー (仕様 1)
- [仕様 18] コーチボルト M16/胴径 16mm/長さ 100mm/ 付帯物: RW40K25 厚 (100 角) で頭をカバー (仕様 2)
- [仕様 19] コーチボルト M16/胴径 16mm/長さ 100mm/ 付帯物: AES25 厚 (100 角) で頭をカバー (仕様 3)
- [仕様 20] コーチボルト M16/胴径 16mm/長さ 100mm/ 付帯物: AS ボンドで頭をカバー (仕様 4)
- [仕様 21] コーチボルト M16/胴径 16mm/長さ 100mm/ 付帯物: 加熱発泡材で頭をカバー (仕様 5)
- [仕様 22] コーチボルト M16/胴径 16mm/長さ 100mm/ 付帯物: スチール缶で頭をカバー (仕様 6)
- [仕様 23] コーチボルト M9/胴径 9mm/長さ 90mm/ 付帯物: 鉄板 t4.5×50 幅×L100 (平板) (仕様 1 でカバー)
- [仕様 24] コーチボルト M16/胴径 16mm/長さ 100mm/ 付帯物: 鉄板 t4.5×50 幅×L100 (平板) (仕様 1 でカバー)
- [仕様 25] コーチボルト M16/胴径 16mm/長さ 100mm/ 付帯物: 鉄板 t4.5×100 幅×L100 (平板) (仕様 1 でカバー)
- [仕様 26] コーチボルト M9/胴径 9mm/長さ 90mm/ 付帯物: 鉄板 t4.5×50 幅×L100 (平板) (仕様 2 でカバー)
- [仕様 27] コーチボルト M16/胴径 16mm/長さ 100mm/ 付帯物: 鉄板 t4.5×50 幅×L100 (平板) (仕様 2 でカバー)
- [仕様 28] コーチボルト M16/胴径 16mm/長さ 100mm/ 付帯物: 鉄板 t4.5×100 幅×L100 (平板) (仕様 2 でカバー)
- [仕様 29] コーチボルト M9/胴径 9mm/長さ 90mm/ 付帯物: 強化せっこうボード 12.5×100×100
- [仕様 30] コーチボルト M9/胴径 9mm/長さ 90mm/ 付帯物: 強化せっこうボード 21×100×100
- [仕様 31] コーチボルト M16/胴径 16mm/長さ 100mm/ 付帯物: 強化せっこうボード 12.5×100×100
- [仕様 32] コーチボルト M16/胴径 16mm/長さ 100mm/ 付帯物: 強化せっこうボード 21×100×100

[その他・外壁再現のため個別の仕様]

- [仕様 33] コーチボルト M16/胴径 16mm/長さ 100mm/ 付帯物: 足場つなぎ改良版 1 タイプ (M16@80-2 本)
- [仕様 34] コーチボルト M16/胴径 16mm/長さ 100mm/ 付帯物: 足場つなぎ改良版 2 タイプ (M16@120-2 本)
- [仕様 35] コーチボルト M16/胴径 16mm/長さ 100mm/ 付帯物: 足場つなぎ改良版 1 タイプ (M16@80-2 本)
- *外壁再現 1…GB-F(V)21×2 枚張り+窯業系サイディング (NYG 標準板) 15
- [仕様 36] コーチボルト M16/胴径 16mm/長さ 100mm/ 付帯物: 足場つなぎ改良版 1 タイプ (M16@80-2 本)
- *外壁再現 2…GB-F(V)15+ALC50
- *GW・RW…グラスウール・ロックウールの略

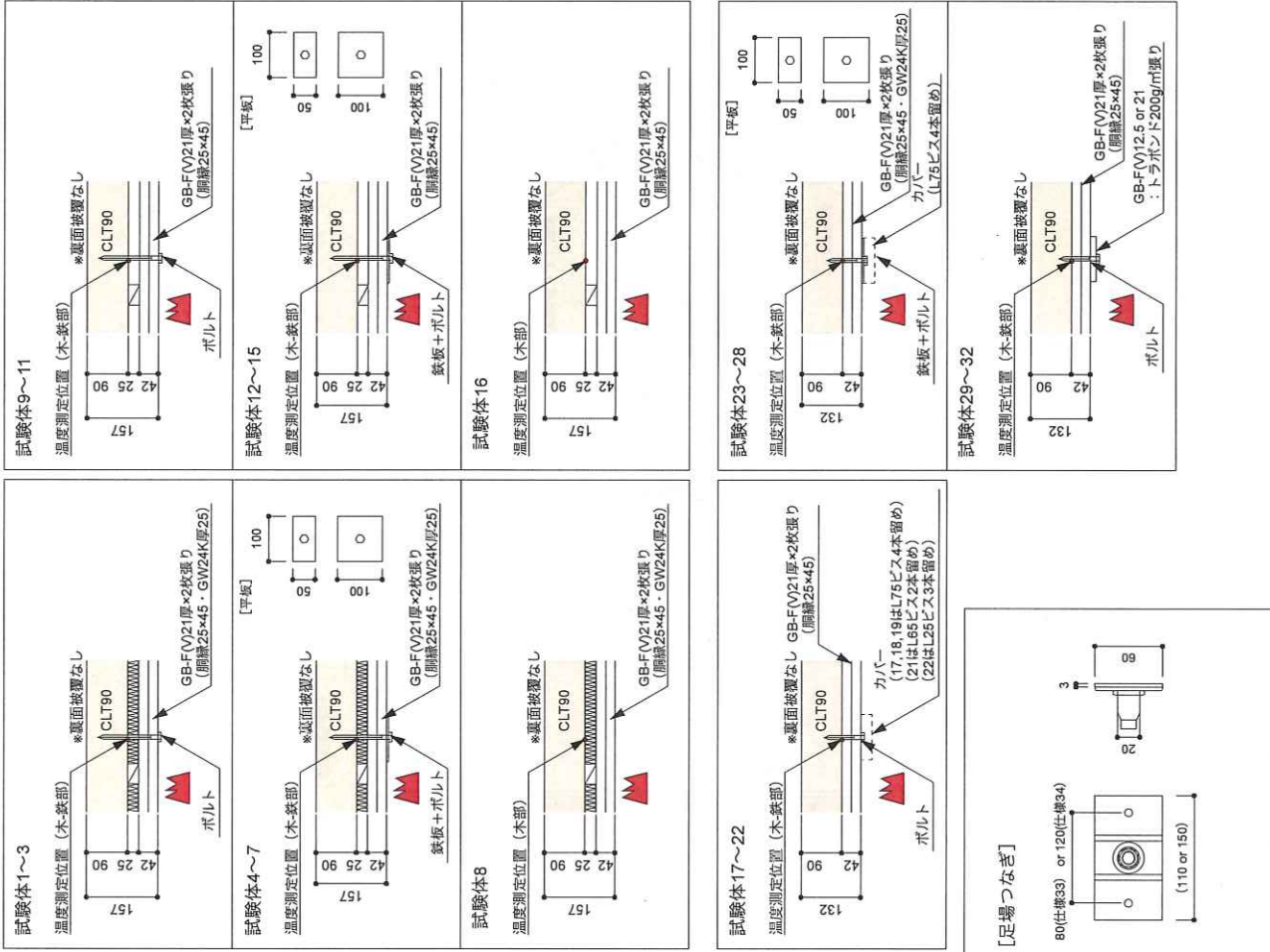


試験方法	試験規格	(公財) 日本住宅・木材技術センターが認める防耐火性能試験・評価業務方法書の「耐火性能試験方法」に準じる。
	加熱炉の熱源	都市ガス 13A. 46.04655MJ (11,000kcal)
	炉内温度測定位置	別図-6 に示す。(加熱面から 100 mm 離れた位置の温度)
	裏面温度測定位置	別図-5 に示す。(CLT 裏面温度・CLT 内部温度測定位置を別図-5 に示す。)

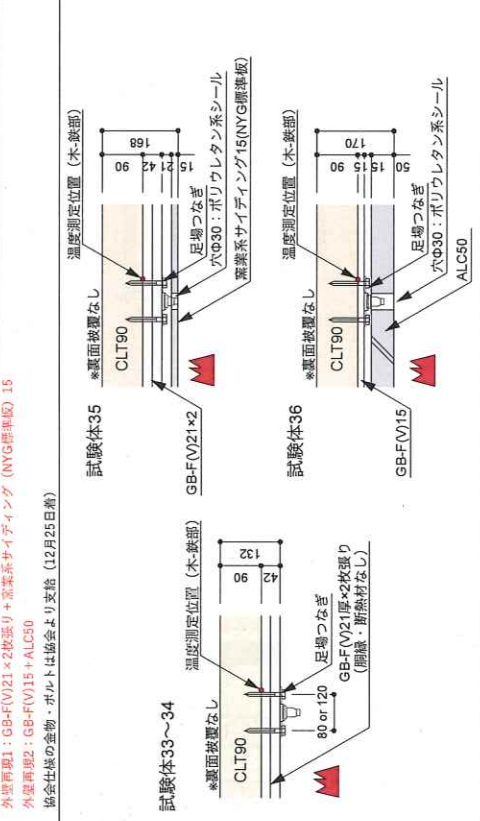
試験結果	試験日	令和6年1月10日		
	試験体の大きさ	幅 1960 mm×高さ 2760 mm		
	加熱時間	60分		
	試験時間	300分		
	初期温度	10℃ (加熱開始時内部温度平均値)		
	仕様	開口小口部 仕様1	開口小口部 仕様2	-
	温度曲線	別図-7に示す。	別図-7に示す。	-
	測定点の最高値	280℃ (256分30秒)	349℃ (251分45秒)	-
	測定位置	6	10	-
	火気残存	なし	あり	-
	仕様	留め具 仕様1	留め具 仕様2	留め具 仕様3
	温度曲線	別図-8に示す。	別図-8に示す。	別図-8に示す。
	測定点の最高値	330℃ (61分15秒)	431℃ (62分45秒)	437℃ (63分30秒)
	測定位置	13	14	15
	火気残存	なし	なし	なし
	仕様	留め具 仕様4	留め具 仕様5	留め具 仕様6
	温度曲線	別図-8に示す。	別図-8に示す。	別図-8に示す。
	測定点の最高値	280℃ (61分30秒)	452℃ (62分45秒)	470℃ (61分45秒)
	測定位置	16	17	18
	火気残存	なし	なし	なし
仕様	留め具 仕様7	留め具 仕様8	留め具 仕様9	
温度曲線	別図-8に示す。	別図-8に示す。	別図-8に示す。	
測定点の最高値	471℃ (62分00秒)	95℃ (49分00秒)	250℃ (62分45秒)	
測定位置	19	20	21	
火気残存	なし	なし	なし	
備考	<ul style="list-style-type: none"> ・試験の状況を別添に示す。 ・遮炎性について、非加熱側への火炎の噴出や発炎、火炎が通る亀裂は見られなかった。 ・試験後、開口小口部において火気残存がみられた。 			
試験担当者	佐藤 章、木島 裕行、長谷川 亮輔、鈴木 慎琴			

試 験 結 果 備 考	試験日	令和6年1月10日		
	試験体の大きさ	幅 1960 mm×高さ 2760 mm		
	加熱時間	60分		
	試験時間	300分		
	初期温度	10℃ (加熱開始時内部温度平均値)		
	仕様	留め具 仕様 10	留め具 仕様 11	留め具 仕様 12
	温度曲線	別図-8 に示す。	別図-8 に示す。	別図-8 に示す。
	測定点の最高値	318℃ (62分15秒)	355℃ (61分45秒)	316℃ (59分30秒)
	測定位置	22	23	24
	火気残存	なし	なし	なし
	仕様	留め具 仕様 13	留め具 仕様 14	留め具 仕様 15
	温度曲線	別図-8 に示す。	別図-8 に示す。	別図-8 に示す。
	測定点の最高値	355℃ (62分15秒)	329℃ (61分00秒)	333℃ (61分45秒)
	測定位置	25	26	27
	火気残存	なし	なし	なし
	仕様	留め具 仕様 16	留め具 仕様 17	留め具 仕様 18
	温度曲線	別図-8 に示す。	別図-9 に示す。	別図-9 に示す。
	測定点の最高値	97℃ (45分30秒)	384℃ (64分30秒)	277℃ (62分45秒)
	測定位置	28	29	30
	火気残存	なし	なし	なし
	仕様	留め具 仕様 19	留め具 仕様 20	留め具 仕様 21
	温度曲線	別図-9 に示す。	別図-9 に示す。	別図-9 に示す。
	測定点の最高値	138℃ (65分15秒)	498℃ (61分30秒)	512℃ (61分15秒)
	測定位置	31	32	33
	火気残存	なし	なし	なし
	仕様	留め具 仕様 22	留め具 仕様 23	留め具 仕様 24
	温度曲線	別図-9 に示す。	別図-9 に示す。	別図-9 に示す。
	測定点の最高値	508℃ (61分45秒)	384℃ (62分00秒)	474℃ (62分00秒)
測定位置	34	35	36	
火気残存	なし	なし	なし	
備考	<ul style="list-style-type: none"> 試験の状況を別添に示す。 遮炎性について、非加熱側への火炎の噴出や発炎、火炎が通る亀裂は見られなかった。 			
試験担当者	佐藤 章、木島 裕行、長谷川 亮輔、鈴木 慎琴			

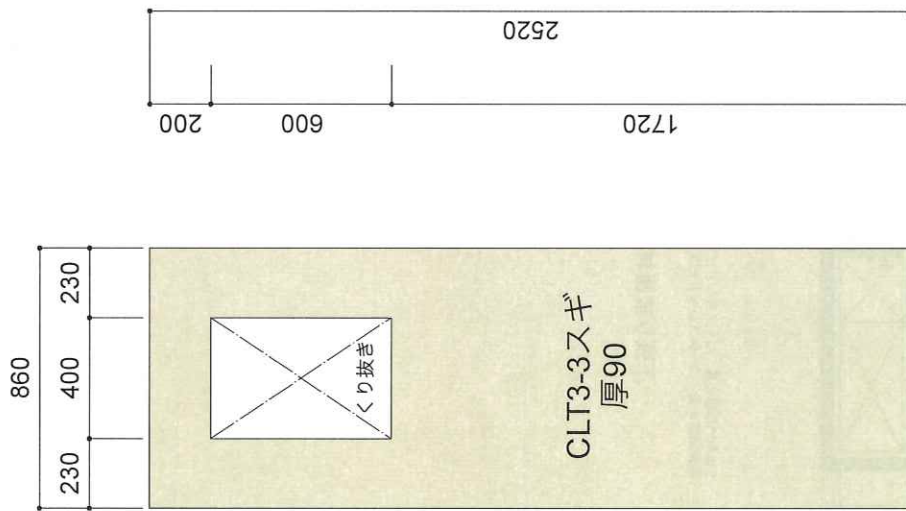
試 験 結 果	試験日	令和6年1月10日		
	試験体の大きさ	幅 1960 mm×高さ 2760 mm		
	加熱時間	60分		
	試験時間	300分		
	初期温度	10℃ (加熱開始時内部温度平均値)		
	仕様	留め具 仕様 25	留め具 仕様 26	留め具 仕様 27
	温度曲線	別図-9 に示す。	別図-9 に示す。	別図-9 に示す。
	測定点の最高値	481℃ (63分00秒)	320℃ (62分45秒)	344℃ (67分15秒)
	測定位置	37	38	39
	火気残存	なし	なし	なし
	仕様	留め具 仕様 28	留め具 仕様 29	留め具 仕様 30
	温度曲線	別図-9 に示す。	別図-9 に示す。	別図-9 に示す。
	測定点の最高値	355℃ (66分15秒)	337℃ (61分15秒)	288℃ (62分45秒)
	測定位置	40	41	42
	火気残存	なし	なし	なし
	仕様	留め具 仕様 31	留め具 仕様 32	留め具 仕様 33
	温度曲線	別図-9 に示す。	別図-9 に示す。	別図-10 に示す。
	測定点の最高値	485℃ (62分00秒)	487℃ (62分00秒)	338℃ (60分00秒)
	測定位置	43	44	45
	火気残存	なし	なし	なし
仕様	留め具 仕様 34	留め具 仕様 35	留め具 仕様 36	
温度曲線	別図-10 に示す。	別図-10 に示す。	別図-10 に示す。	
測定点の最高値	419℃ (59分45秒)	206℃ (74分15秒)	120℃ (96分15秒)	
測定位置	46	47	48	
火気残存	なし	なし	なし	
備考	<ul style="list-style-type: none"> 試験の状況を別添に示す。 遮炎性について、非加熱側への火炎の噴出や発炎、火炎が通る亀裂は見られなかった。 			
試験担当者	佐藤 章、木島 裕行、長谷川 亮輔、鈴木 慎琴			



留め具種類	頭径	間径	長さ	付着物
1 コーチボルト M9	六角	9	90	なし (断熱材あり部)
2 コーチボルト M16	六角	16	100	なし (断熱材あり部)
3 コーチボルト M16	六角	16	125	なし (断熱材あり部)
4 コーチボルト M9	六角	9	90	鉄板(4.5×50幅×L100 (断熱材なし部))
5 コーチボルト M16	六角	16	100	鉄板(4.5×50幅×L100 (断熱材なし部))
6 コーチボルト M16	六角	16	100	鉄板(4.5×100幅×L100 (断熱材なし部))
7 コーチボルト M16	六角	16	100	鉄板(4.5×100幅×L100 (断熱材なし部))
8 (留め具なし)	-	-	-	-
9 コーチボルト M9	六角	9	90	なし (断熱材なし部)
10 コーチボルト M16	六角	16	100	なし (断熱材なし部)
11 コーチボルト M16	六角	16	125	なし (断熱材なし部)
12 コーチボルト M9	六角	9	90	鉄板(4.5×50幅×L100 (断熱材なし部))
13 コーチボルト M16	六角	16	100	鉄板(4.5×50幅×L100 (断熱材なし部))
14 コーチボルト M16	六角	16	100	鉄板(4.5×100幅×L100 (断熱材なし部))
15 コーチボルト M16	六角	16	100	鉄板(4.5×100幅×L100 (断熱材なし部))
16 (留め具なし)	-	-	-	-
17 コーチボルト M16	六角	16	100	GW24K25厚 (100角) で頭をカバー (仕様1)
18 コーチボルト M16	六角	16	100	RW40K25厚 (100角) で頭をカバー (仕様2)
19 コーチボルト M16	六角	16	100	AES25厚 (100角) で頭をカバー (仕様3)
20 コーチボルト M16	六角	16	100	ASボルトで頭をカバー (仕様4)
21 コーチボルト M16	六角	16	100	加熱溶接材で頭をカバー (仕様5)
22 コーチボルト M16	六角	16	100	スチール母で頭をカバー (仕様6)
23 コーチボルト M9	六角	9	90	鉄板(4.5×50幅×L100 (平板) (仕様1でカバー))
24 コーチボルト M16	六角	16	100	鉄板(4.5×50幅×L100 (平板) (仕様1でカバー))
25 コーチボルト M16	六角	16	100	鉄板(4.5×100幅×L100 (平板) (仕様1でカバー))
26 コーチボルト M9	六角	9	90	鉄板(4.5×50幅×L100 (平板) (仕様2でカバー))
27 コーチボルト M16	六角	16	100	鉄板(4.5×50幅×L100 (平板) (仕様2でカバー))
28 コーチボルト M16	六角	16	100	鉄板(4.5×100幅×L100 (平板) (仕様2でカバー))
29 コーチボルト M9	六角	9	90	強化セッコウボード 12.5×100×100
30 コーチボルト M9	六角	9	90	強化セッコウボード 21×100×100
31 コーチボルト M16	六角	16	100	強化セッコウボード 12.5×100×100
32 コーチボルト M16	六角	16	100	強化セッコウボード 21×100×100
33 コーチボルト M16	六角	16	100	足場つなぎ改良版1タイプ (M16@80-2本)
34 コーチボルト M16	六角	16	100	足場つなぎ改良版2タイプ (M16@120-2本)
35 コーチボルト M16	六角	16	100	外壁用1:足場つなぎ改良版1タイプ (M16@80-2本)
36 コーチボルト M16	六角	16	100	外壁用2:足場つなぎ改良版1タイプ (M16@80-2本)



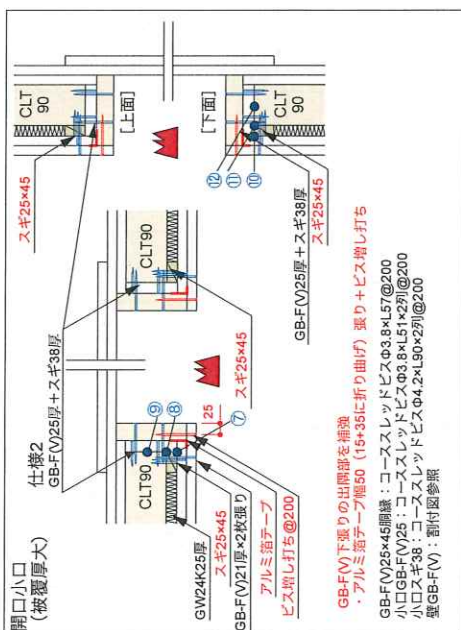
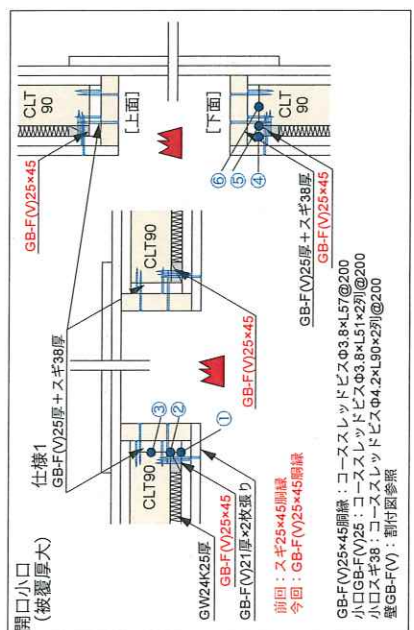
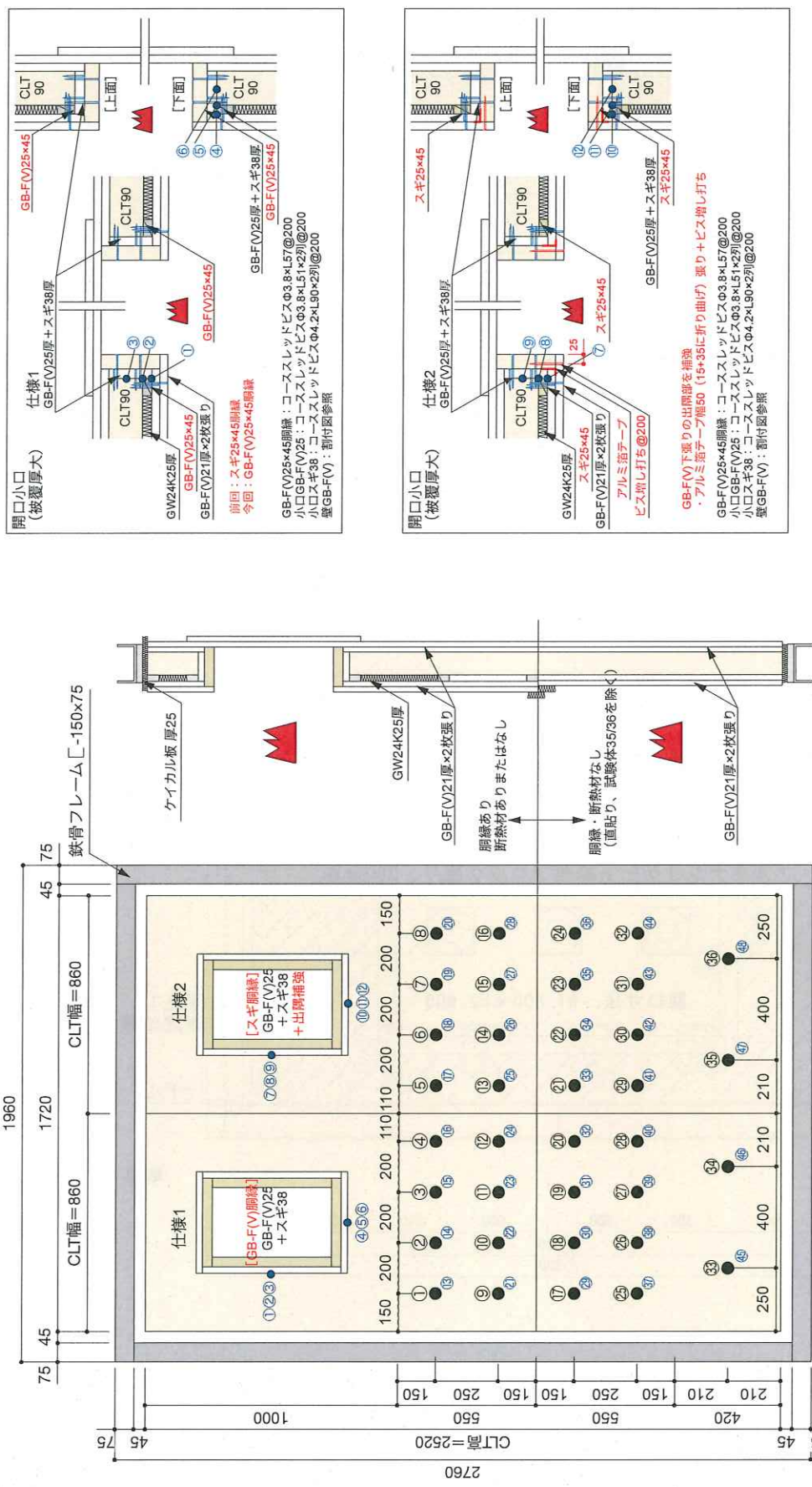
別図-2 留め具リスト・断面図



2枚

それぞれのCLT端部から90×90×30mm程度（純乾法による含水率測定用）に加工して3ヶずつ同送してください

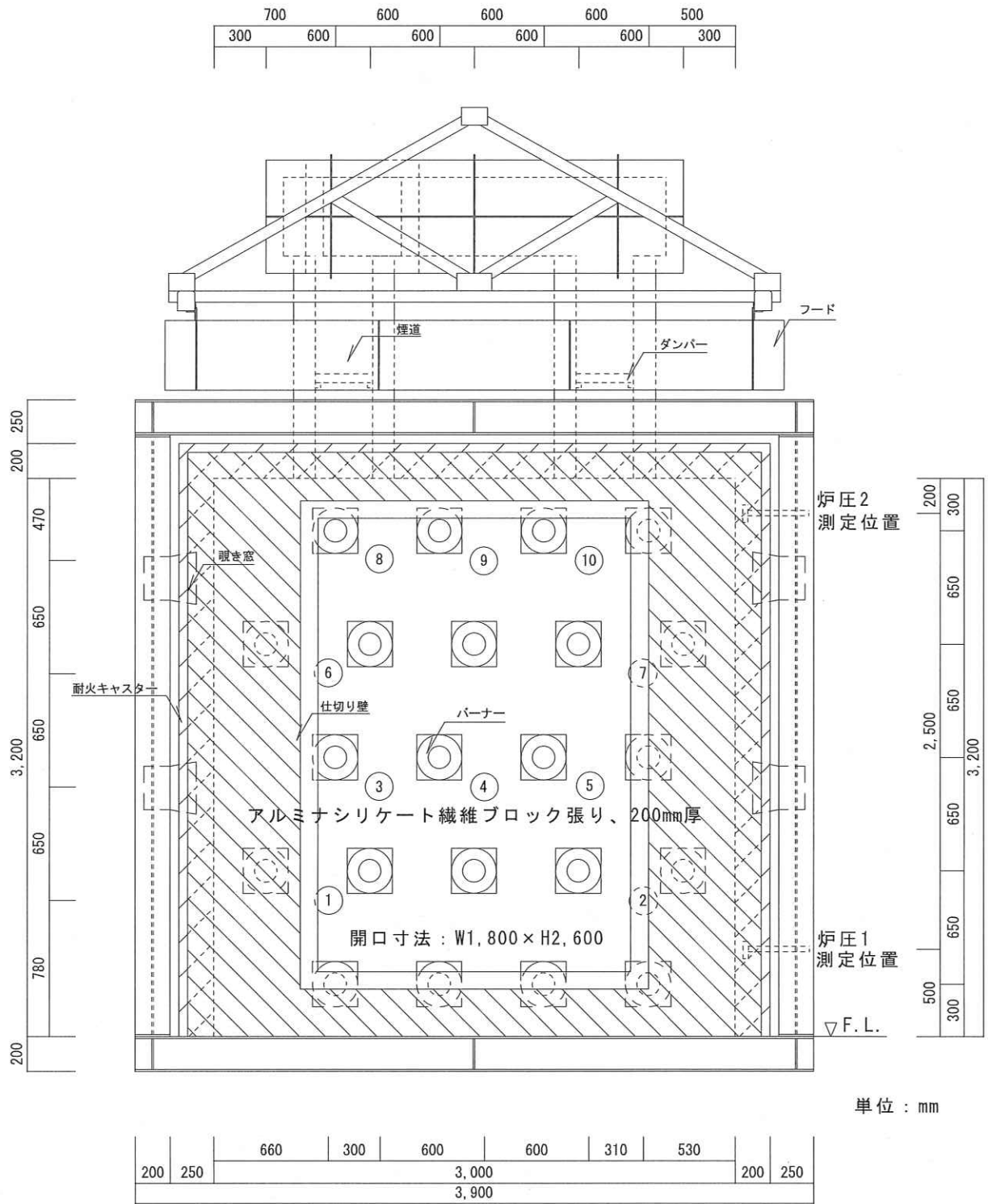
別図-4 CLT加工図



- 熱電対番号
- ①④⑦⑩ 胴縁加熱面角部
 - ②⑤⑧⑪ 胴縁-CLT取り合い部
 - ③⑥⑨⑫ CLT小口中央部
 - ⑬~⑭ CLT表面 (ボルト-CLT取り合い部)

別図-5 表面温度・内部温度測定位置図

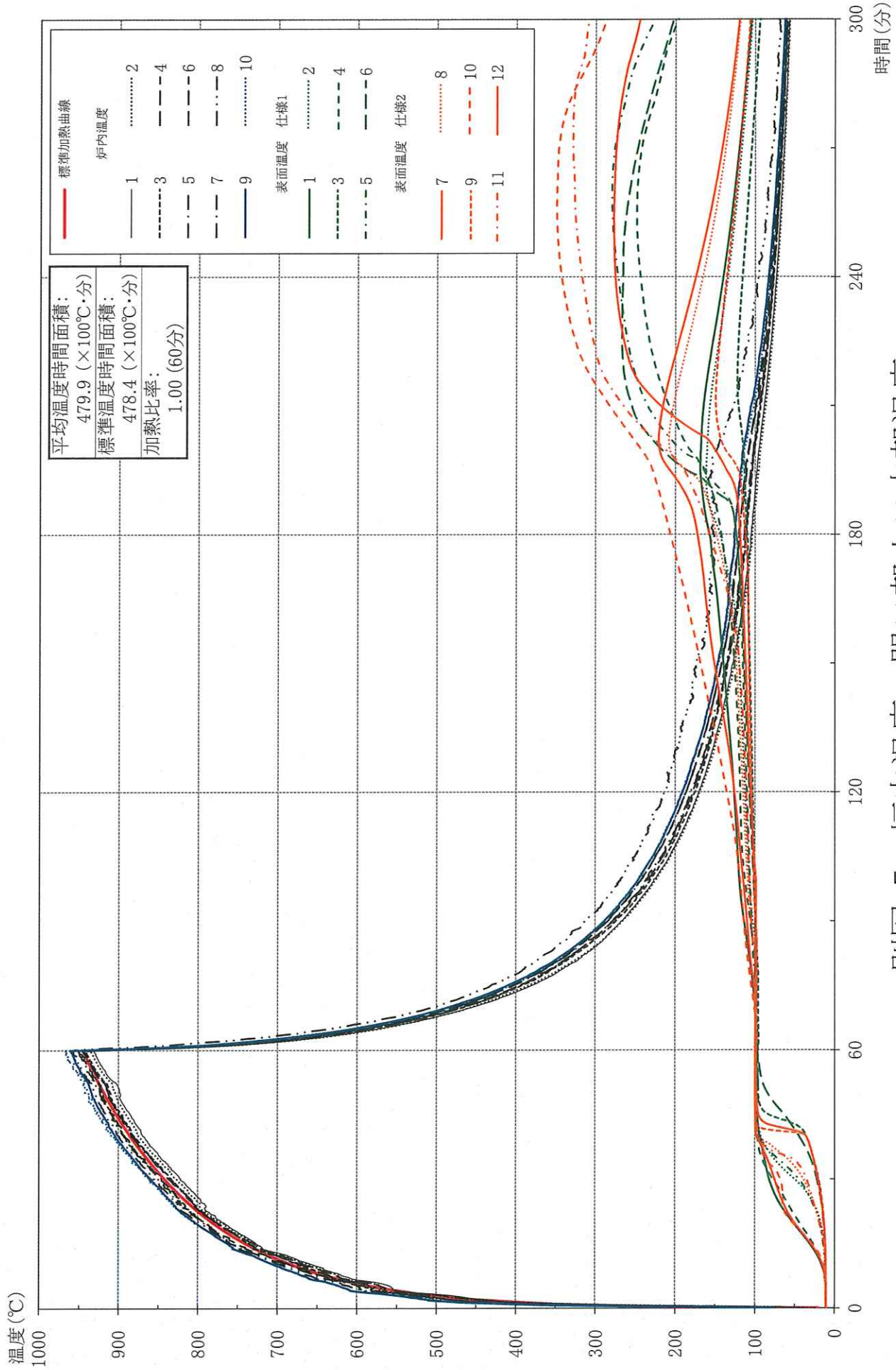
(加熱炉図)



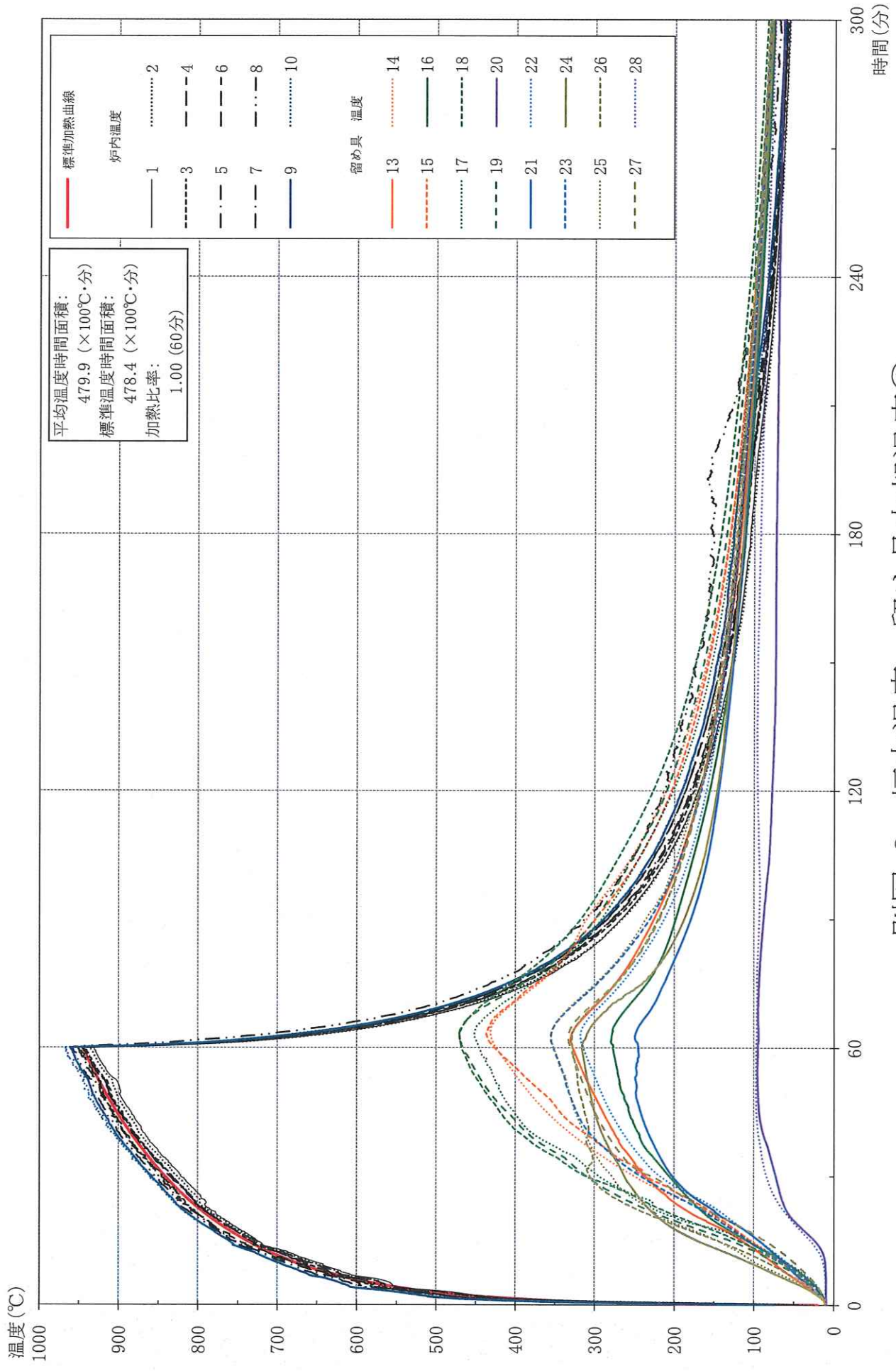
記号

①～⑩：炉内温度測定位置

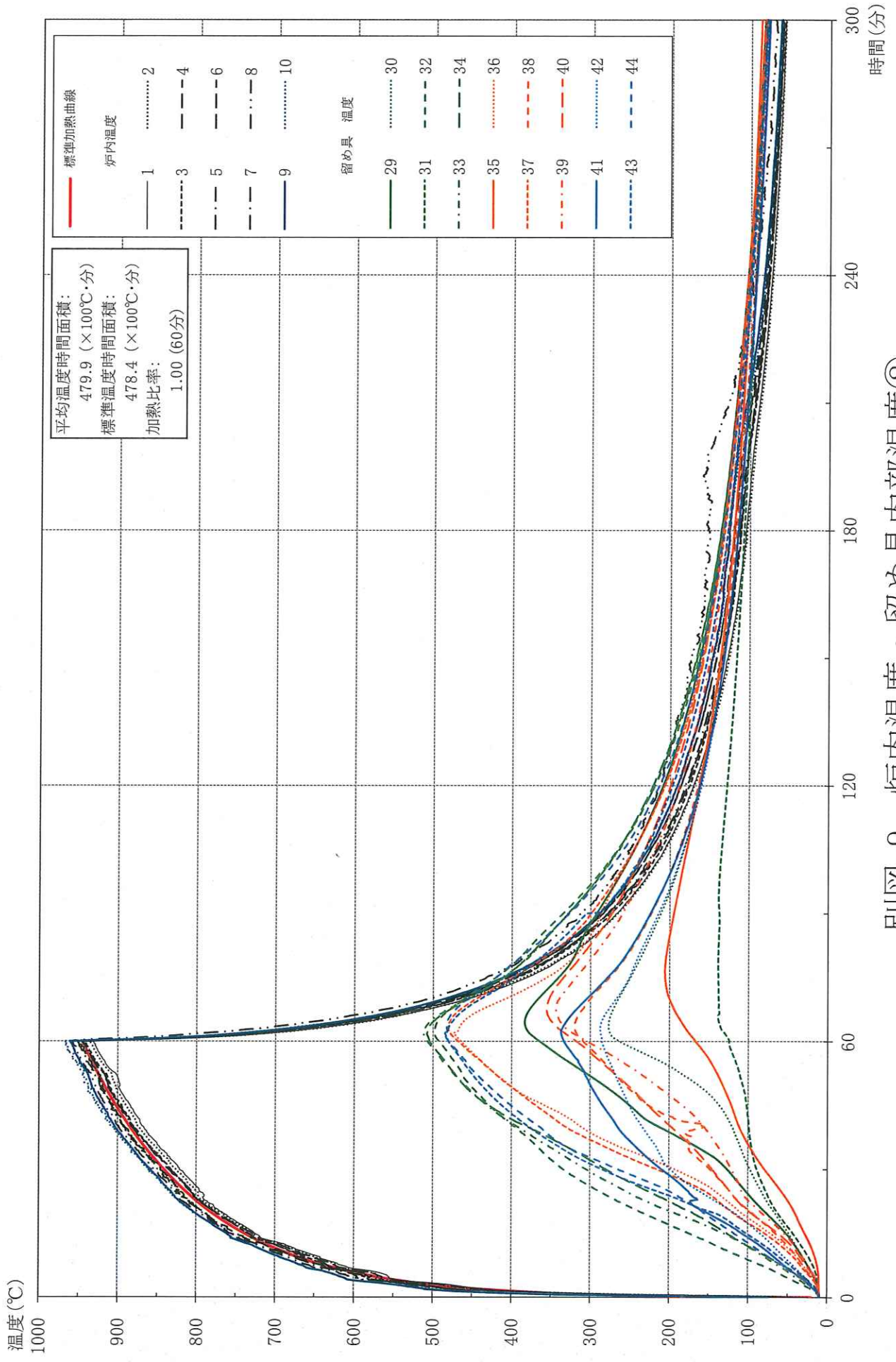
別図-6 表面温度・内部温度測定位置図



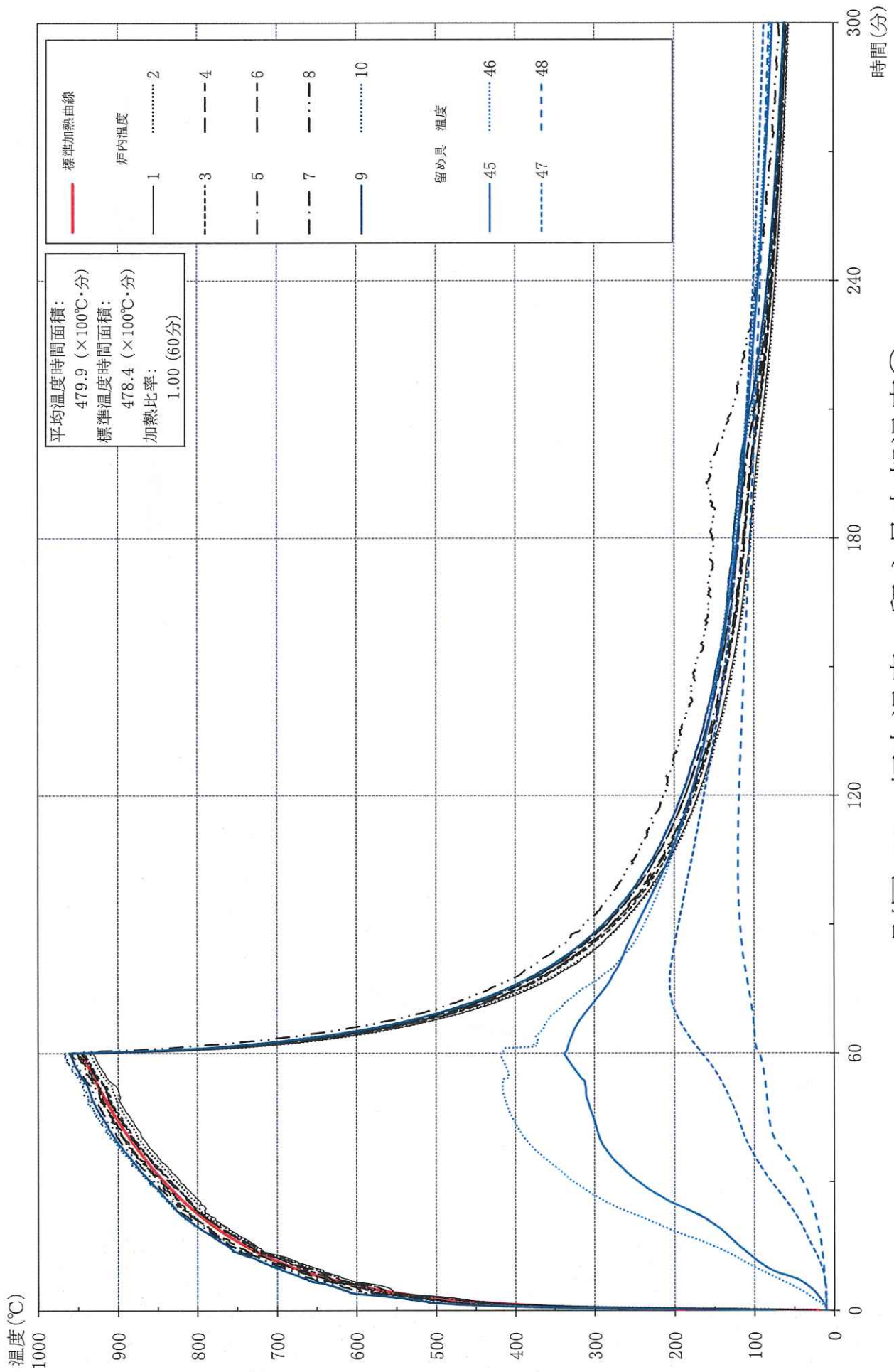
別図-7 炉内温度・開口部小口内部温度



別図-8 炉内温度・留め具内部温度①



別図-9 炉内温度・留め具内部温度②



別図-10 炉内温度・留め具内部温度③

試験写真記録

1. 名 称： CLT を用いた中大規模木造構造物の防耐火設計の手引き検討委員会 第3回
1 時間耐火構造 CLT 開口部等の試験
2. 試験実施場所：公益財団法人 日本住宅・木材技術センター 試験研究所
3. 試 験 日：令和6年1月10日

(試験写真)

写真No.01

試験日：令和6年1月10日

加熱前の加熱面の状況

左上から開口小口 仕様1,2
留め具



写真No.02

試験日：令和6年1月10日

加熱開始直後の非加熱面の状況



写真No.03

試験日：令和6年1月10日

加熱終了時の非加熱面の状況
(加熱開始から60分後)



(試験写真)

写真No.04

試験日：令和6年1月10日

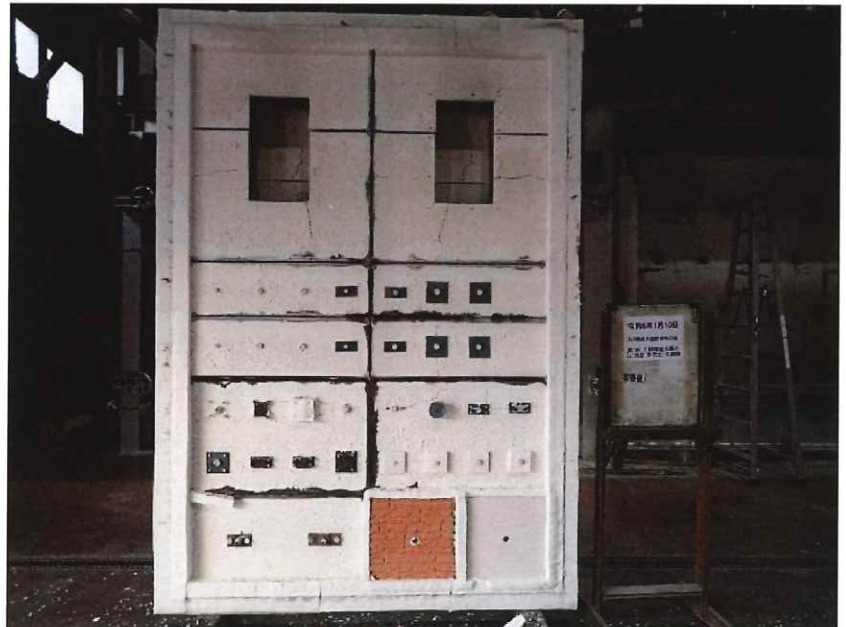
試験終了時の非加熱面の状況
(加熱開始から300分後)



写真No.05

試験日：令和6年1月10日

試験終了後の加熱面の状況①



写真No.06

試験日：令和6年1月10日

試験終了後の加熱面の状況②



(試験写真)

写真No.07

試験日：令和6年1月10日

試験終了後の加熱面の状況③



写真No.08

試験日：令和6年1月10日

試験終了後の加熱面の状況④



写真No.09

試験日：令和6年1月10日

試験終了後の加熱面の状況⑤
小口の炭化状況



試験成績書

依頼者 住 所 東京都江東区新砂 3-4-2

会社名又は団体名 公益財団法人 日本住宅・木材技術センター

依頼試験の名称 小型炉を用いた耐火構造 1 時間床(CLT)の加熱試験

令和 5 年 1 月 8 日付契約した依頼試験について、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において試験を実施した結果は、本試験成績書に記載
のとおりである。

令和 6 年 2 月 1 6 日

東京都千代田区富士見二丁目 7 番 2 号
ステージビルディング

一般財団法人 ベターリビング

理事長 眞 鍋 純



1. 目的

公益財団法人 日本住宅・木材技術センターより依頼のあった、防火区画を貫通する管を施工した耐火構造床 (CLT) について、防火区画貫通部の遮炎性能 (1 時間) を確認するとともに、耐火被覆材の留め具による熱橋の状況を確認することを目的とする。

2. 試験体

試験体は、大きさ 2,200mm×1,000mm の CLT (スギ 3 層 3 プライ、総厚 90mm) を強化せっこうボード (厚さ 21mm) 2 枚で天井面 (加熱側) を被覆した耐火構造床である。被覆方法は、強化せっこうボードを CLT へ直接取り付けの方法 (直貼仕様) と、大きさ 45mm×45mm の野縁を介して取り付けることで、中空層を設ける方法 (野縁有仕様) の 2 通りとした。強化せっこうボードの留め付けには頭径、胴径および長さが異なる 21 種類の留め具があり、No. 1~13 は直貼仕様に、No. 14~22 (No. 22 は留め具無し) は野縁有仕様に用いられている。

また、直貼仕様では防火区画を貫通する 2 種類の管 (VP 管および鋼管、φ114) を設置し、管周囲をロックウールで埋め戻した防火区画を貫通する床の構造である。試験体の含水率および比重一覧を表-1 に、留め具一覧を表-2 (依頼者提出資料) に、試験体図を図-1~3 (依頼者提出資料) に示す。

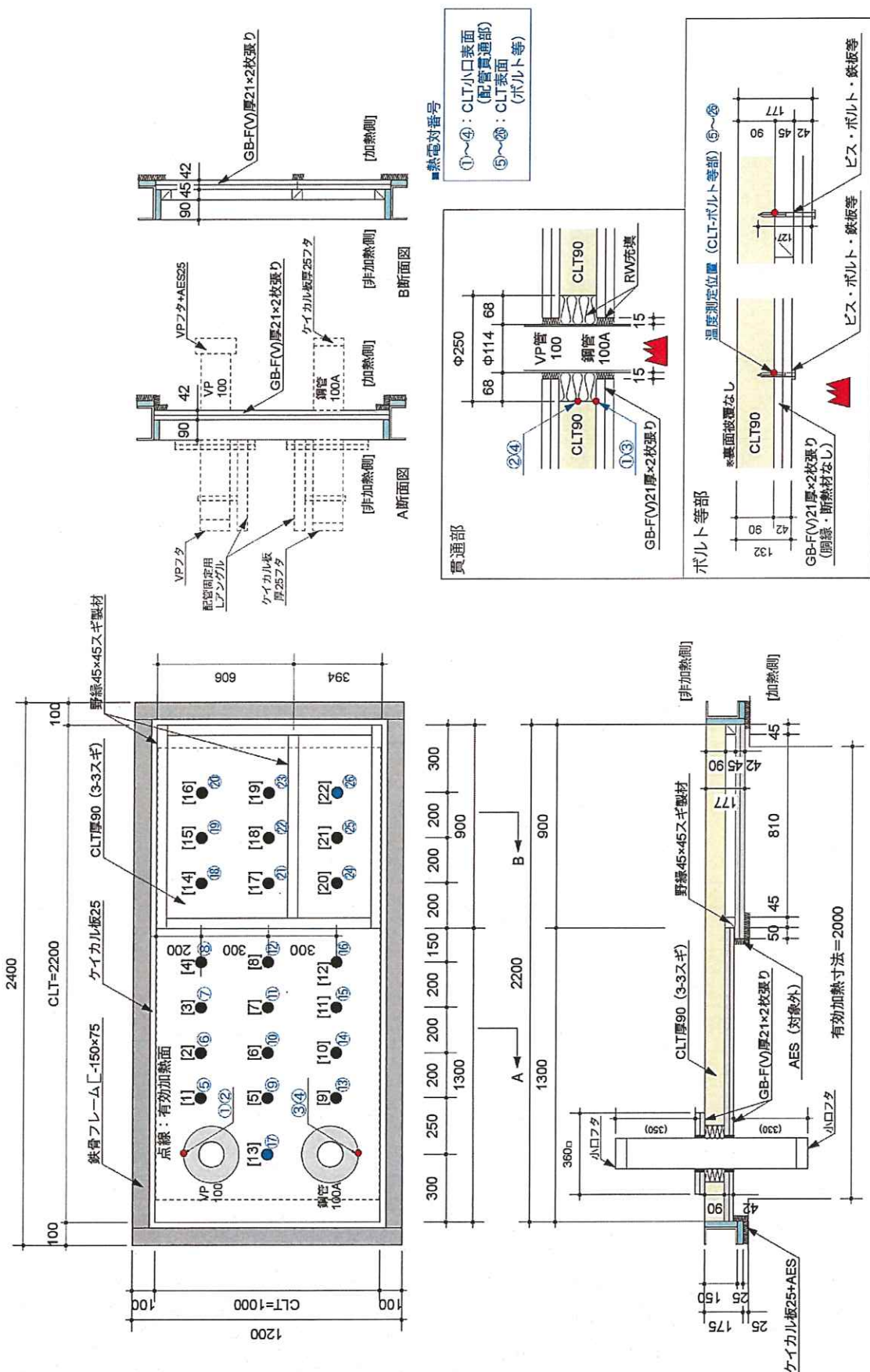
表-1 試験体の含水率および比重一覧

材料名	含水率	比重 (絶乾)
CLT (スギ)	10.8%	0.37
野縁	8.3%	0.30
強化せっこうボード (GB-F(V))	0.3%	0.76

*含水率および比重は依頼者より提出されたサンプルの測定結果による。

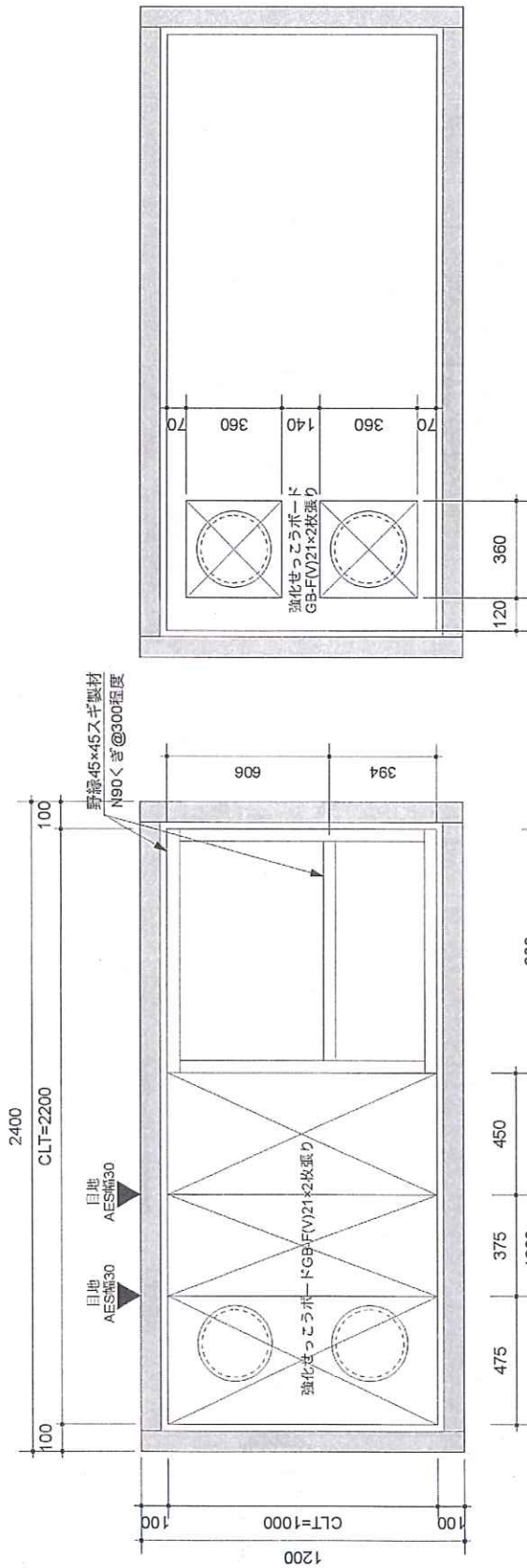
表-2 留め具一覧

	留め具種類	頭径	胴径	長さ	付帯物
直貼	1 コーチボルトM9	六角	9	90	なし
	2 コーチボルトM9	六角	9	125	なし
	3 コーチボルトM12	六角	12	125	なし
	4 コーチボルトM16	六角	16	100	なし
	5 コーチボルトM16	六角	16	125	なし
	6 コーチボルトM9	六角	9	90	鉄板t4.5×50幅×L100 (平板)
	7 コーチボルトM16	六角	16	100	鉄板t4.5×50幅×L100 (平板)
	8 コーチボルトM16	六角	16	100	鉄板t4.5×100幅×L100 (平板)
	9 コーチボルトM16	六角	16	100	鉄板t1.6×100幅×L100 (平板)
	10 コーススレッドビス	8.7	4.5	90	なし
	11 パネリードX (PX8-110)	10.8	8	110	なし
	12 サワダハンガー (ホネジ)	7.5	6.3	80	なし
	13	-	-	-	なし
野縁有	14 コーチボルトM9	六角	9	150	なし
	15 コーチボルトM12	六角	12	150	なし
	16 コーチボルトM16	六角	16	150	なし
	17 コーチボルトM9	六角	9	150	鉄板t4.5×50幅×L100 (平板)
	18 コーチボルトM16	六角	16	150	鉄板t4.5×50幅×L100 (平板)
	19 コーチボルトM16	六角	16	150	鉄板t4.5×100幅×L100 (平板)
	20 コーチボルトM16	六角	16	150	鉄板t1.6×100幅×L100 (平板)
	21 パネリードX (PX8-110)	10.8	8	110	なし
	22	-	-	-	なし



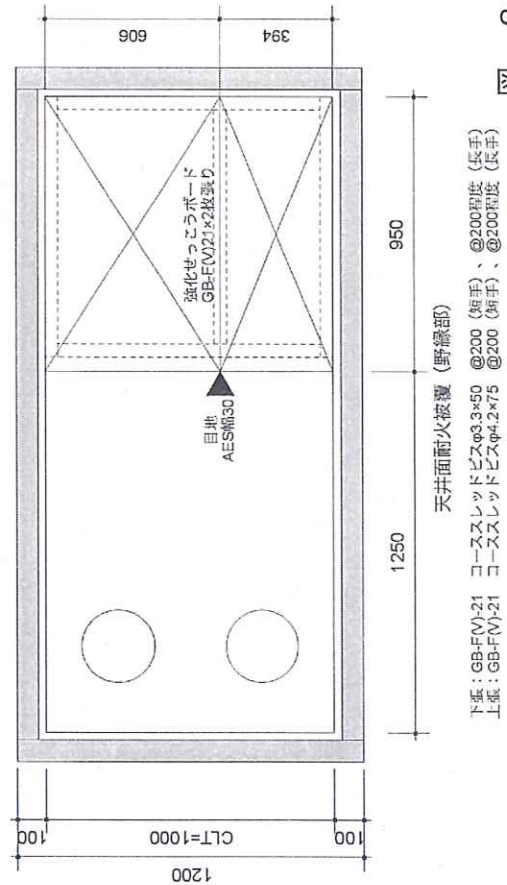
2023/12/16
 [CLT] 4体目試験体 (案) 1時間耐火構造
 2024年1月16日 (火) 於：ペタリービング

図一 1 試験体図



床上面耐火被覆 (直貼り部)

下張: GB-FV-21 コースレッドビスφ3.3×50 四隅
上張: GB-FV-21 コースレッドビスφ4.2×75 四隅



図一 2 試験体図

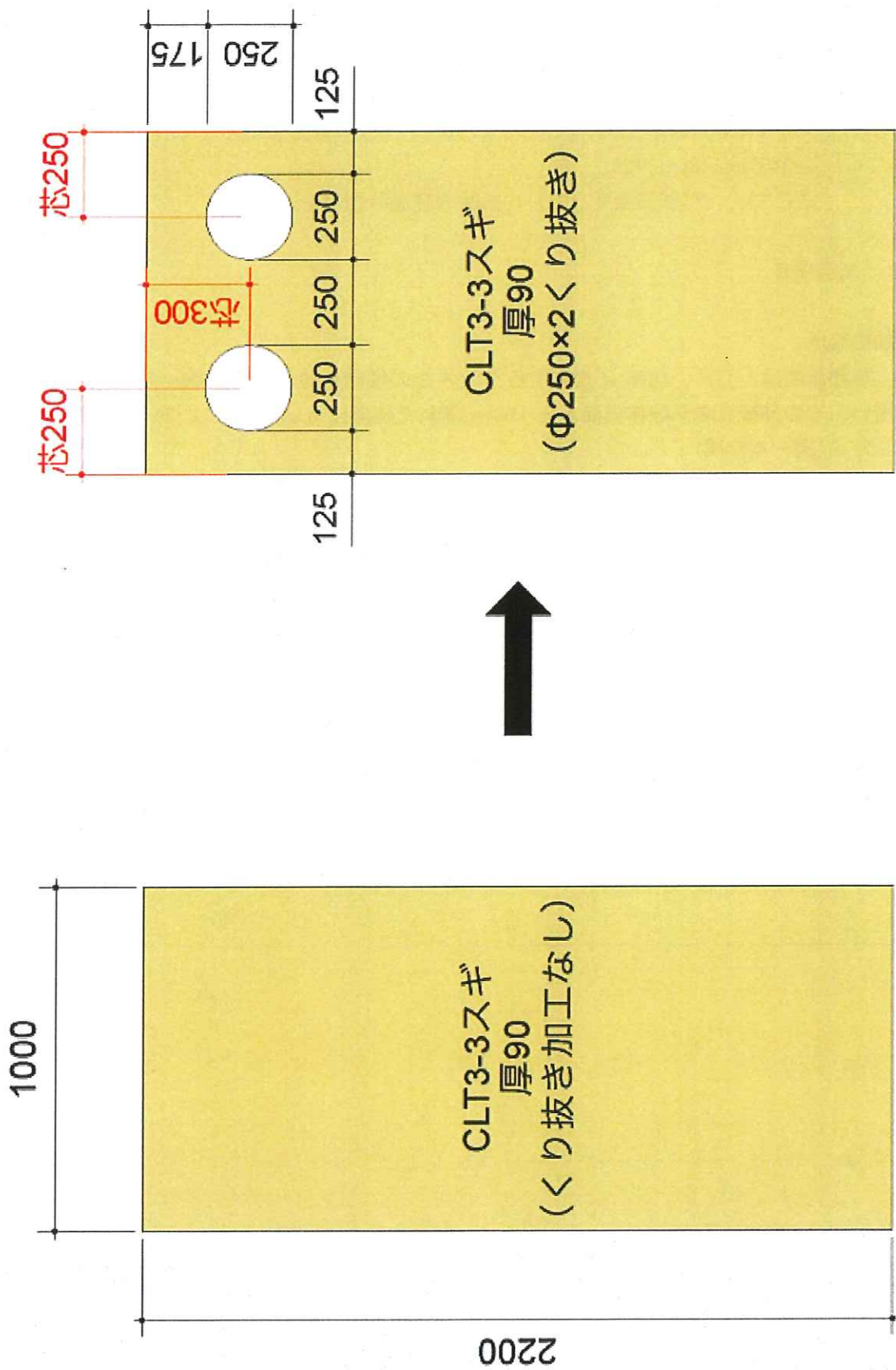


図-3 試験体図

3. 試験方法

3. 1 加熱方法

試験は有効加熱範囲 2,000mm×1,000mm の小型加熱炉を用い、炉内熱電対により測定した温度（以下、加熱温度という）が、（一財）ベターリビング制定「防耐火性能試験・評価業務方法書」に規定する次式による加熱曲線に沿うよう制御しながら、1 時間の加熱を行った。また、依頼者との協議により、各温度の計測は放冷 3 時間含む 4 時間継続することとした。

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

ここで、 T:加熱温度（℃） t:試験の経過時間（分）

3. 2 測定項目

(1)加熱温度

加熱温度は、JIS C 1605 に規定するクラス 2 の性能を持つ線径 3.2mm の SK シース熱電対を用い、その熱接点を試験体表面から 100mm 離れた位置に 4 点設置して 30 秒間隔の温度を測定した。（図-4 参照）

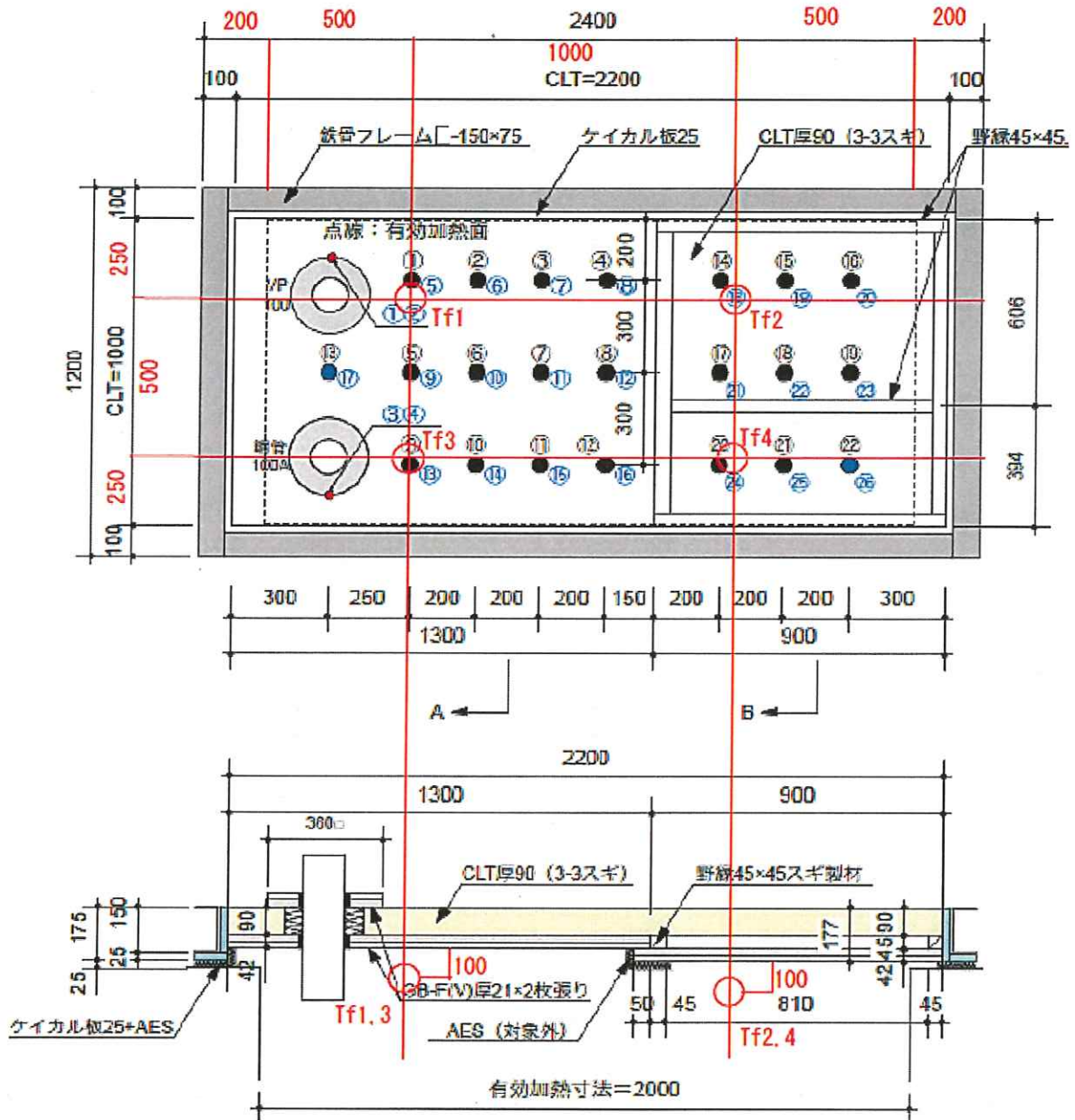
(2)内部温度

内部温度は、JIS C 1602 に規定するクラス 2 の性能を持つ線径 0.65mm の K 熱電対を用い、その熱接点を、区画を貫通する管周囲の CLT 小口に 4 点、各留め具の CLT へのかかり部（CLT 表面）に 22 点設置して 30 秒間隔の温度を測定した。内部温度の各測定位置を図-1（依頼者提出資料）に示す。

(3)観察

加熱中および試験体脱炉後の状況を目視観察し、写真に記録した。

（以下、余白）



図一 4 加熱温度測定位置図

4. 試験結果

防火区画貫通部については、加熱開始から放冷終了までの遮炎性を満足していることを確認した。加熱温度および内部温度の測定結果を図-5～8、試験状況を写真-1～25に示す。

(以下、余白)

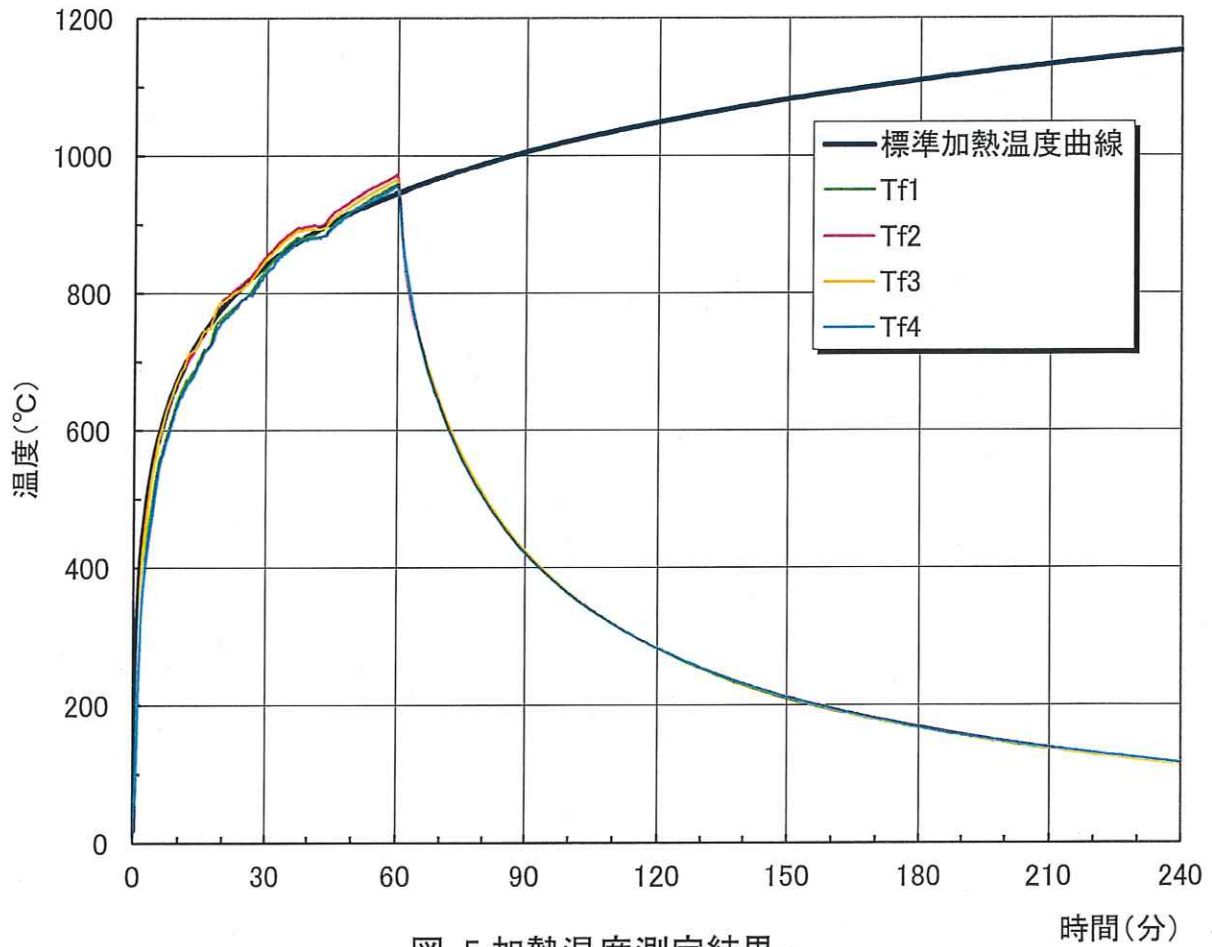


図-5 加熱温度測定結果

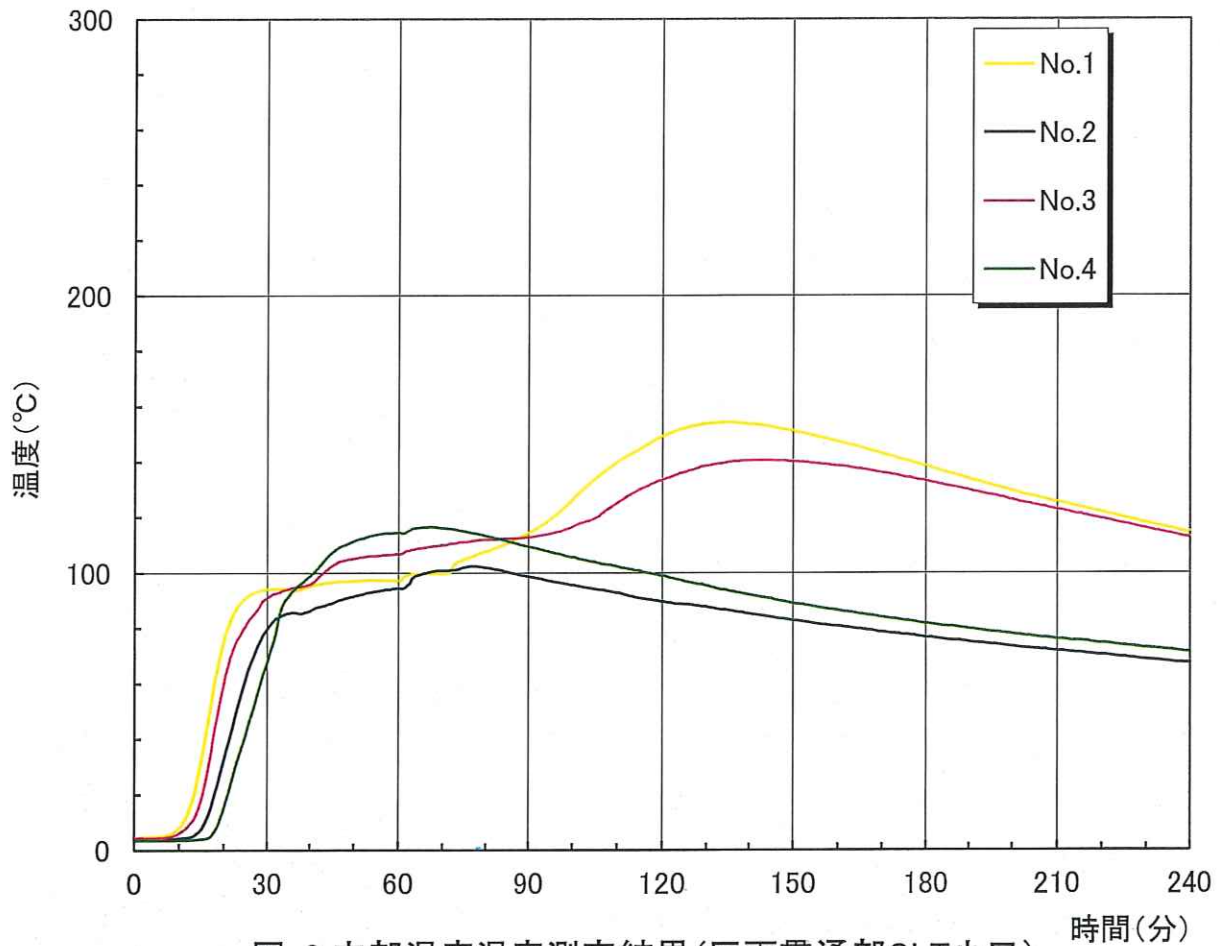


図-6 内部温度測定結果(区画貫通部CLT小口)

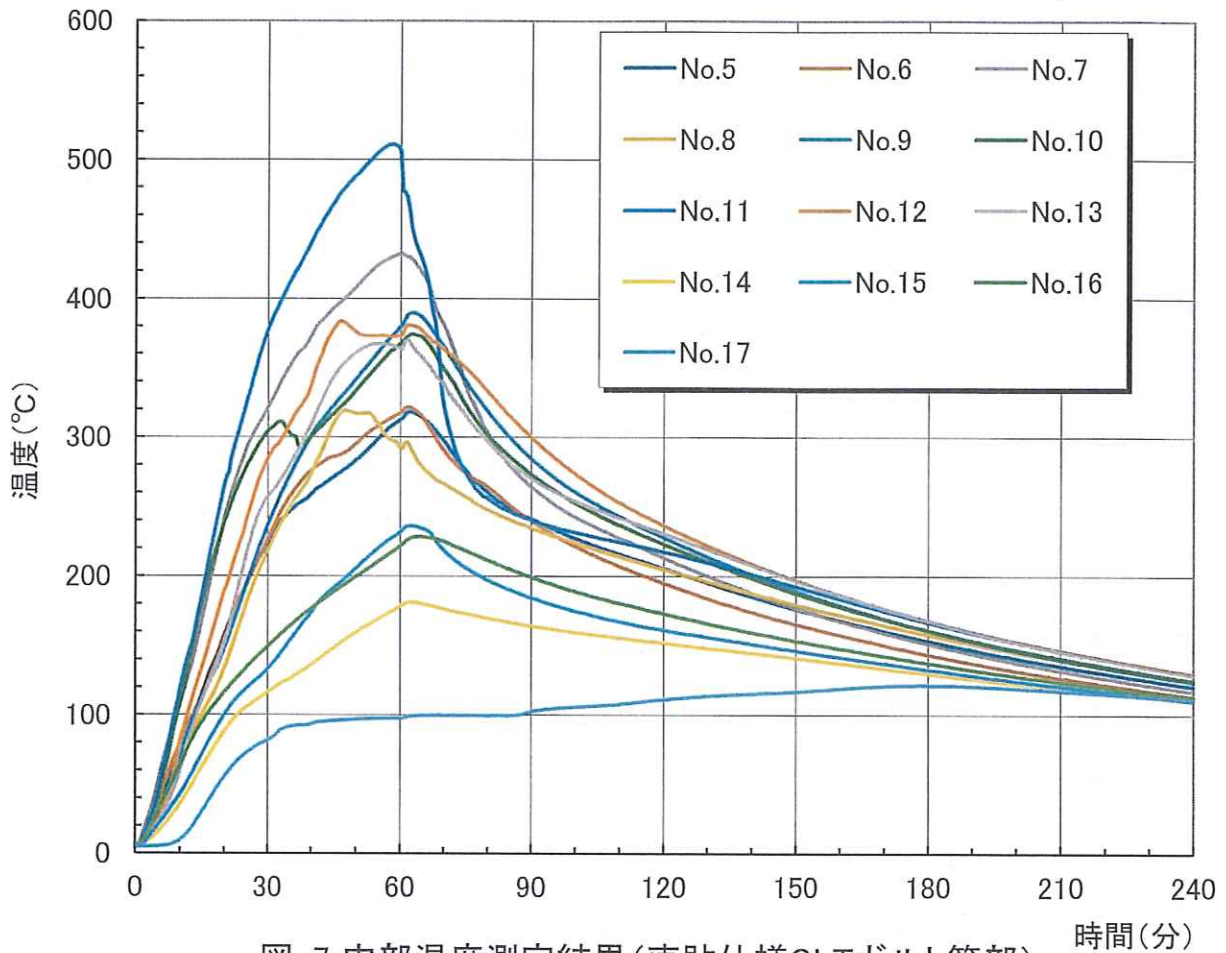


図-7 内部温度測定結果(直貼仕様CLTボルト等部)

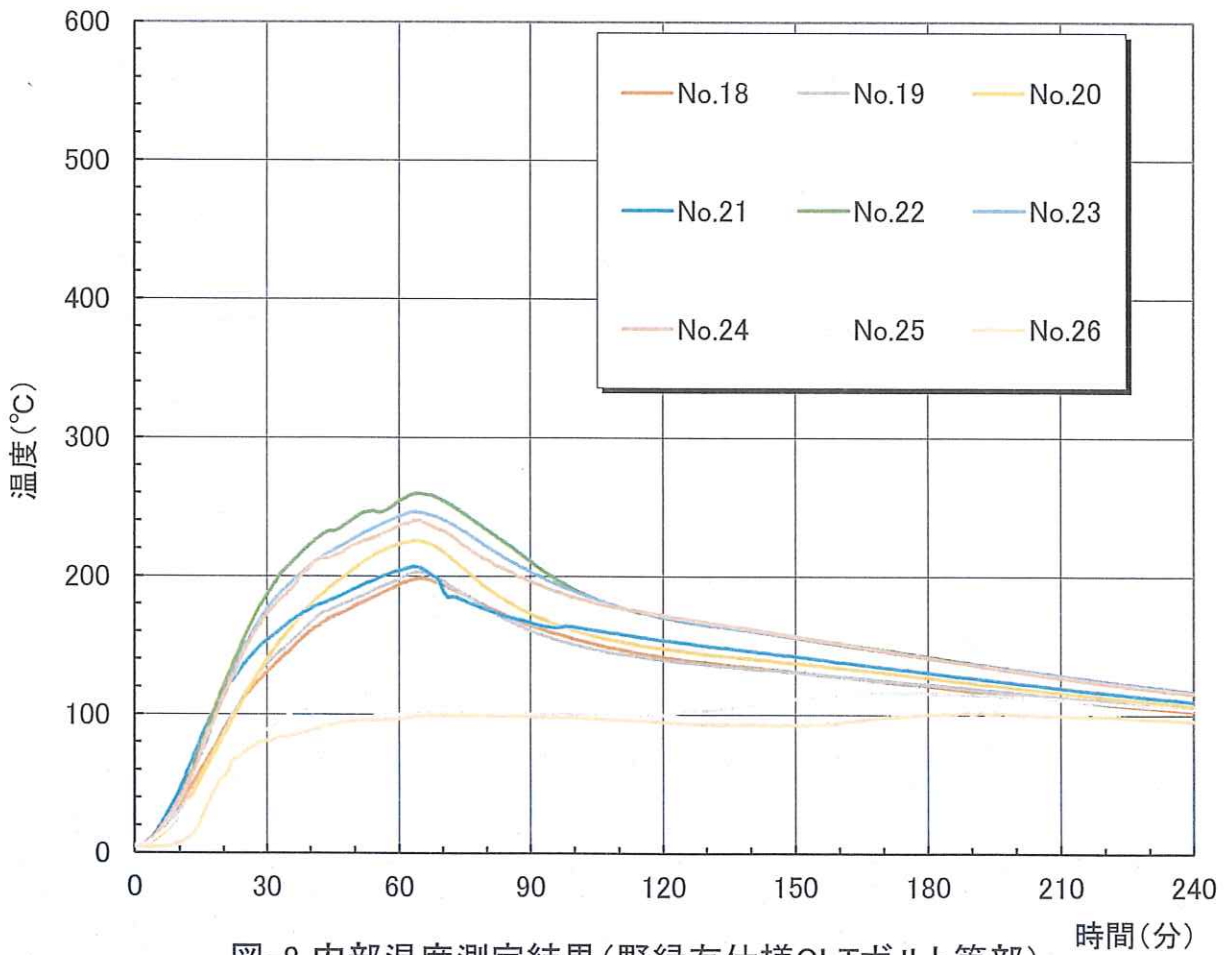
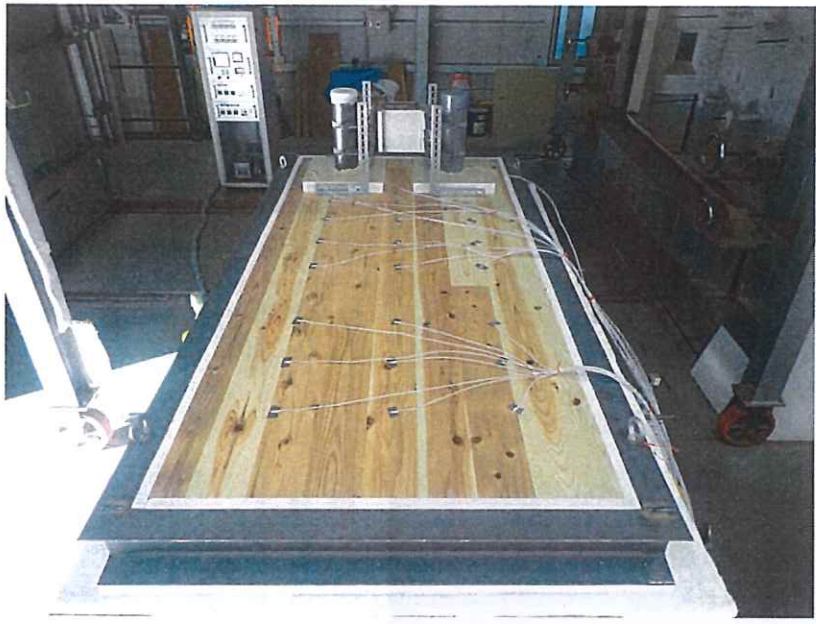
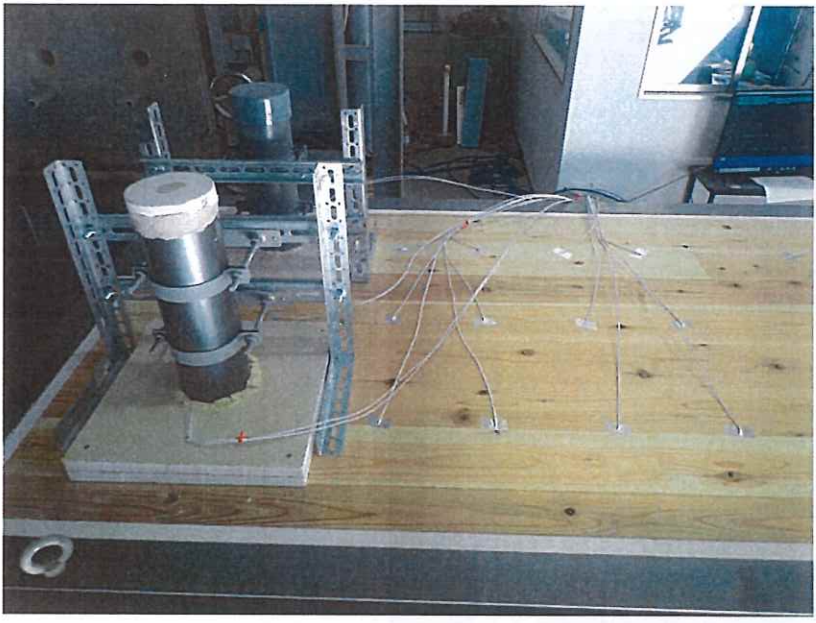


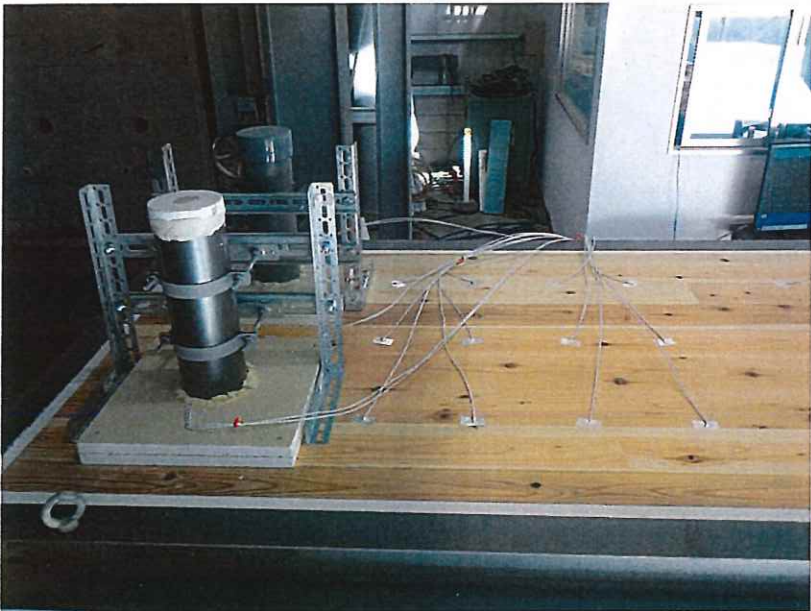
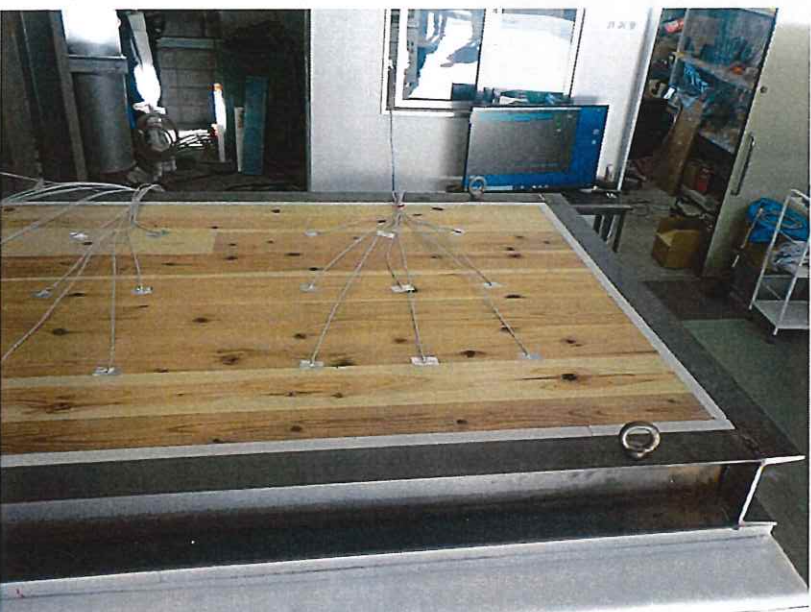
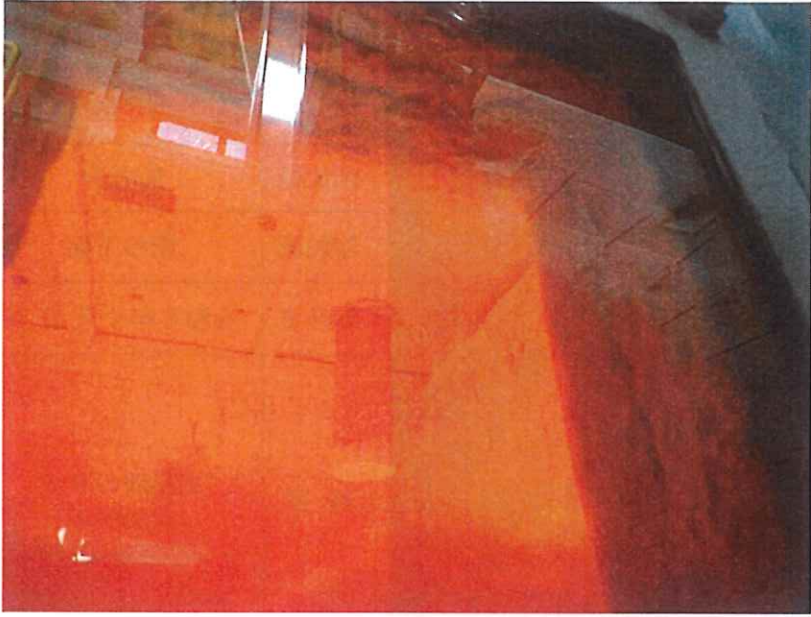
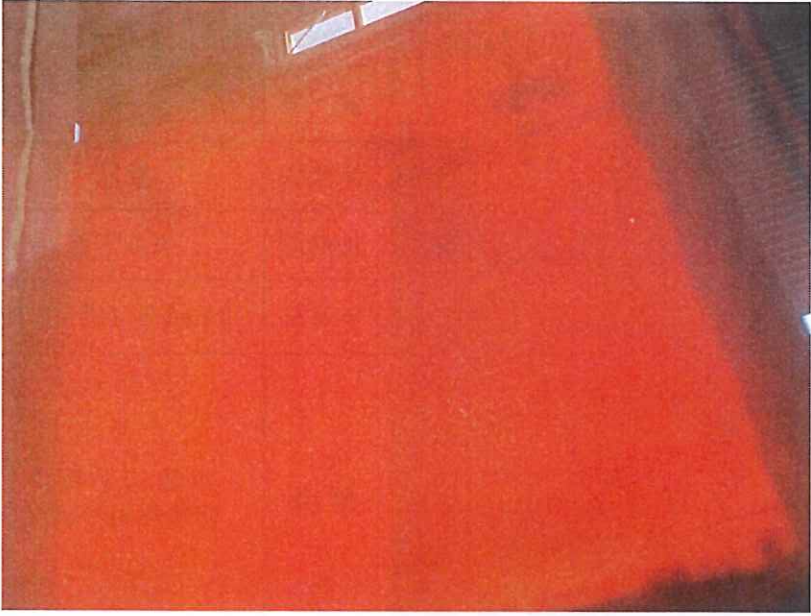
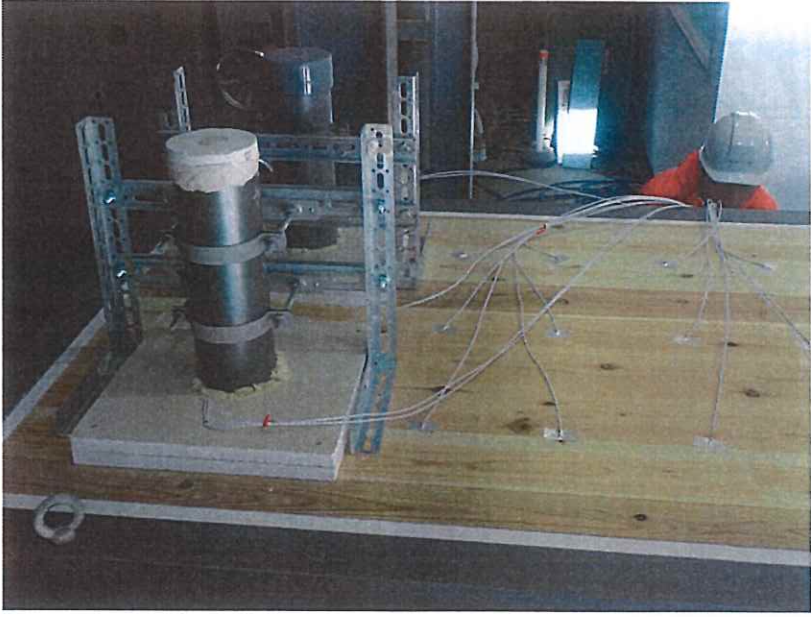



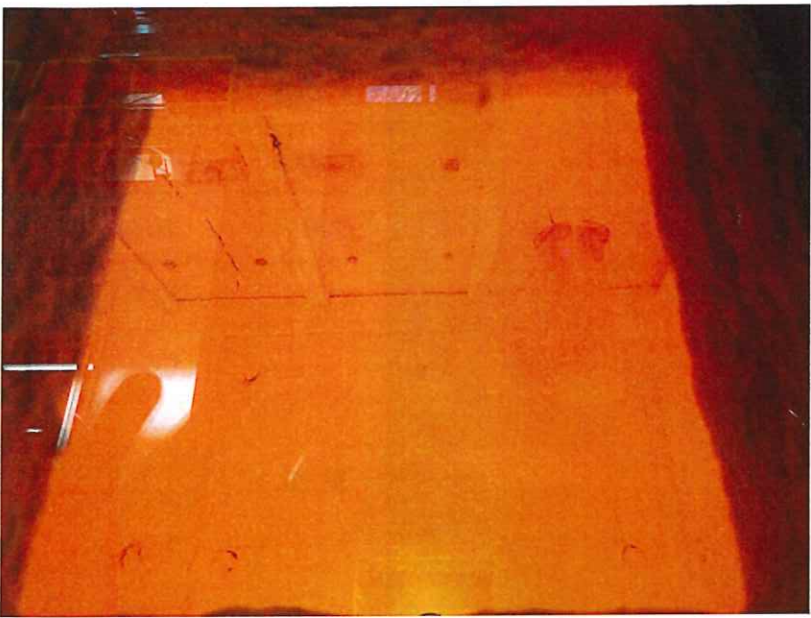
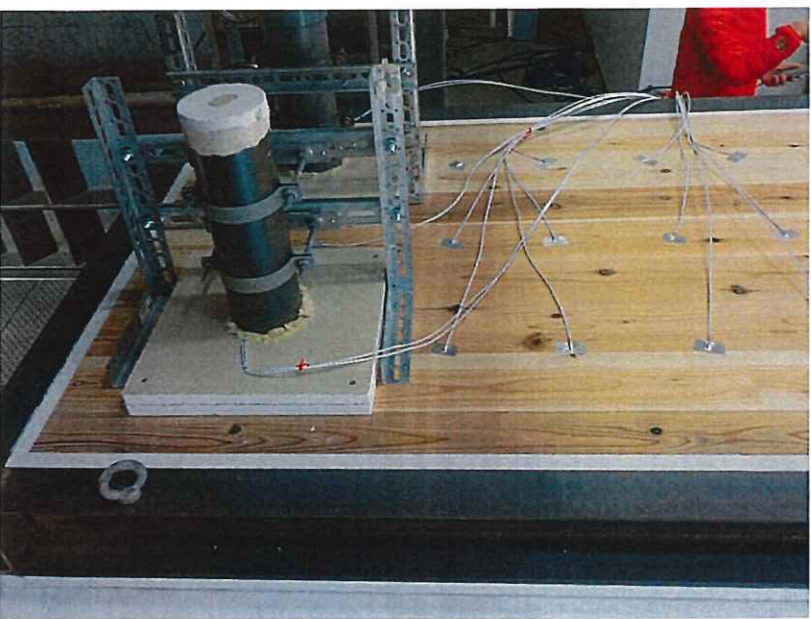
図-8 内部温度測定結果(野縁有仕様CLTボルト等部)

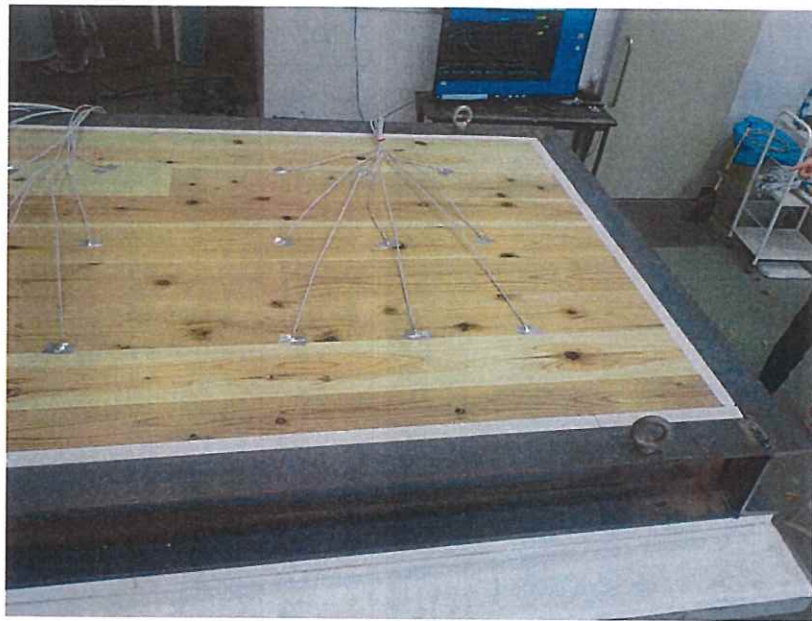
	No.	写真-1
	記号	-
	床仕様	-
	加熱面	床の下面
	年月日	令和6年1月16日
概要	加熱前の状況 (加熱面)	
	No.	写真-2
	記号	-
	床仕様	直貼
	加熱面	床の下面
	年月日	令和6年1月16日
概要	加熱前の状況 (加熱面)	
	No.	写真-3
	記号	-
	床仕様	野縁有
	加熱面	床の下面
	年月日	令和6年1月16日
概要	加熱前の状況 (加熱面)	

	No.	写真-4
	記号	—
	床仕様	—
	加熱面	床の下面
	年月日	令和6年1月16日
	概要	加熱前の状況 (非加熱面)
	No.	写真-5
	記号	—
	床仕様	直貼
	加熱面	床の下面
	年月日	令和6年1月16日
	概要	加熱前の状況 (非加熱面)
	No.	写真-6
	記号	—
	床仕様	直貼
	加熱面	床の下面
	年月日	令和6年1月16日
	概要	加熱前の状況 (非加熱面)

	No.	写真-7
	記号	—
	床仕様	野縁有
	加熱面	床の下面
	年月日	令和6年1月16日
	概要	加熱前の状況 (非加熱面)
	No.	写真-8
	記号	—
	床仕様	直貼
	加熱面	床の下面
	年月日	令和6年1月16日
	概要	加熱30分時の 非加熱面の状況
	No.	写真-9
	記号	—
	床仕様	野縁有
	加熱面	床の下面
	年月日	令和6年1月16日
	概要	加熱30分時の 非加熱面の状況

	No.	写真-10
	記号	—
	床仕様	直貼
	加熱面	床の下面
	年月日	令和6年1月16日
	概要	加熱30分時の加熱面の状況
	No.	写真-11
	記号	—
	床仕様	野縁有
	加熱面	床の下面
	年月日	令和6年1月16日
	概要	加熱30分時の加熱面の状況
	No.	写真-12
	記号	—
	床仕様	直貼
	加熱面	床の下面
	年月日	令和6年1月16日
	概要	加熱1時間時の非加熱面の状況

	No.	写真-13
	記号	—
	床仕様	野縁有
	加熱面	床の下面
	年月日	令和6年1月16日
概要	加熱1時間時の非加熱面の状況	
	No.	写真-14
	記号	—
	床仕様	直貼
	加熱面	床の下面
	年月日	令和6年1月16日
概要	加熱1時間時の加熱面の状況	
	No.	写真-15
	記号	—
	床仕様	直貼
	加熱面	床の下面
	年月日	令和6年1月16日
概要	加熱終了後3時間時の非加熱面の状況	



No.	写真-16
記号	—
床仕様	野縁有
加熱面	床の下面
年月日	令和6年1月16日
概要	加熱終了後3時間時の非加熱面の状況



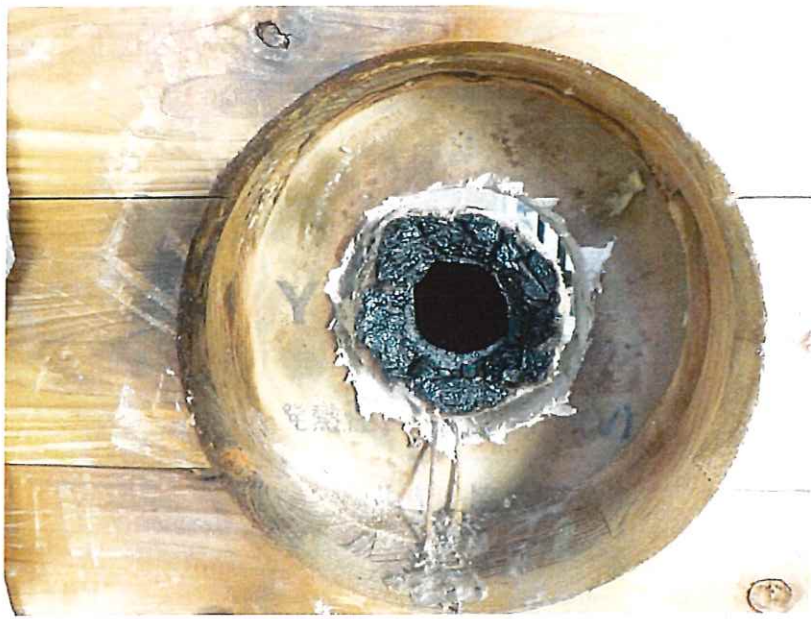
No.	写真-17
記号	—
床仕様	—
加熱面	床の下面
年月日	令和6年1月16日
概要	試験体脱炉後の加熱面の状況



No.	写真-18
記号	—
床仕様	直貼
加熱面	床の下面
年月日	令和6年1月16日
概要	試験体脱炉後の加熱面の状況

	No.	写真-19
	記号	—
	床仕様	野縁有
	加熱面	床の下面
	年月日	令和6年1月16日
	概要	試験体脱炉後の加熱面の状況
	No.	写真-20
	記号	—
	床仕様	直貼
	加熱面	床の下面
	年月日	令和6年1月16日
	概要	試験体解体後の加熱面の状況 (上張強化せっこうボード取り外し後)
	No.	写真-21
	記号	—
	床仕様	野縁有
	加熱面	床の下面
	年月日	令和6年1月16日
	概要	試験体解体後の加熱面の状況 (上張強化せっこうボード取り外し後)

	No.	写真-22
	記号	—
	床仕様	直貼
	加熱面	床の下面
	年月日	令和6年1月16日
概要	試験体解体後の加熱面の状況 (下張強化せっこうボード取り外し後)	
	No.	写真-23
	記号	—
	床仕様	野縁有
	加熱面	床の下面
	年月日	令和6年1月16日
概要	試験体解体後の加熱面の状況 (下張強化せっこうボード取り外し後)	
	No.	写真-24
	記号	—
	床仕様	直貼
	加熱面	床の下面
	年月日	令和6年1月16日
概要	試験体解体後の加熱面の状況 (RW 撤去後鋼管)	

	No.	写真-25
	記号	—
	床仕様	野縁有
	加熱面	床の下面
	年月日	令和6年1月16日
	概要	試験体解体後の 加熱面の状況 (RW 撤去後 VP 管)

5. 試験担当者

統括技術管理者	つくば建築試験研究センター 所長	佐久間 博文
技術管理者	性能試験研究部 部長	佐久間 博文
試験責任者	性能試験研究部 担当総括試験研究役	須藤 昌照
試験実施者	性能試験研究部 主任試験研究役	野中 峻平

6. 試験実施日

令和6年1月16日

7. 試験実施場所

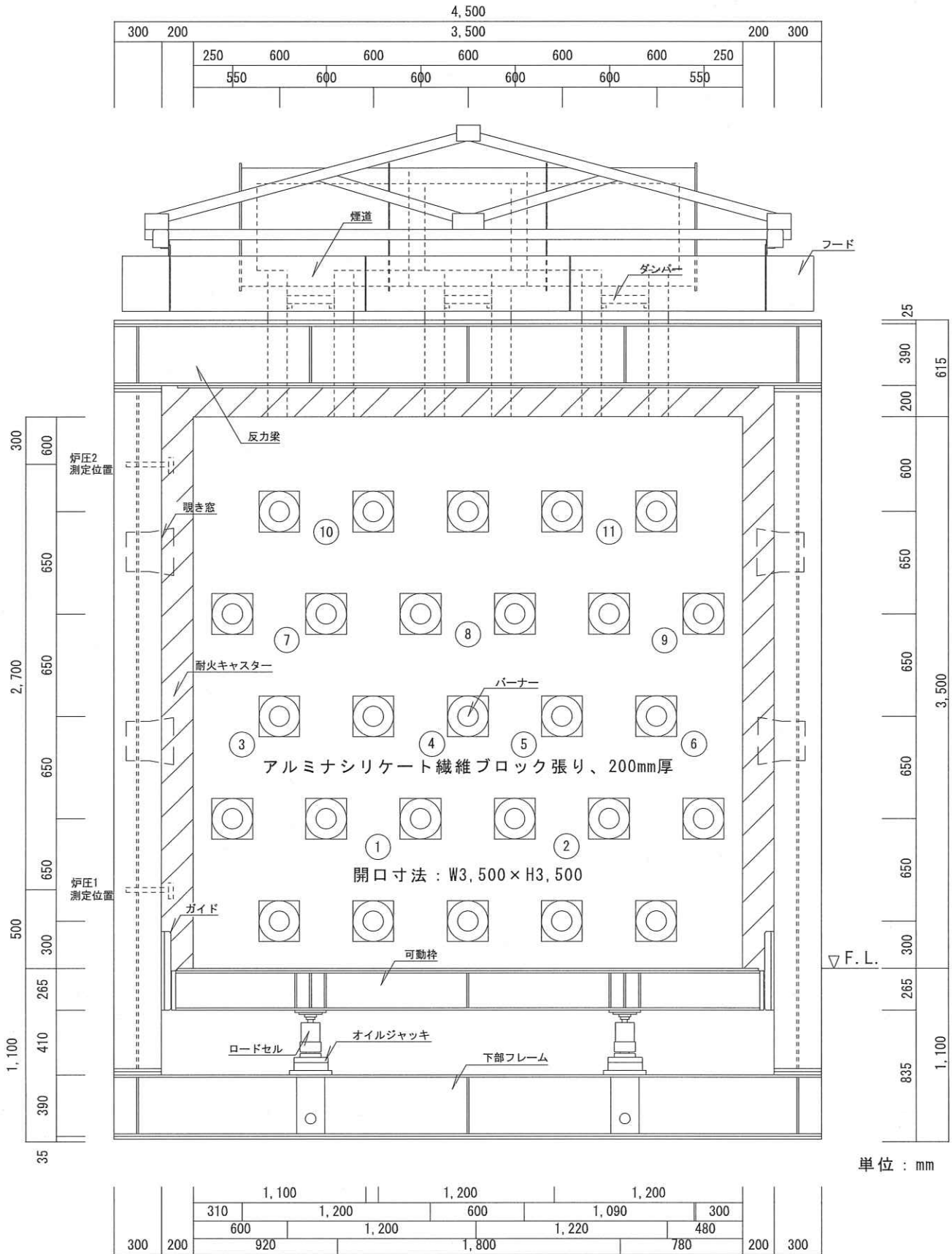
一般財団法人ベターリビング つくば建築試験研究センター
〒305-0802 茨城県つくば市立原2番地
TEL. 029-864-1745 FAX. 029-864-2919

耐火性能試験成績書（耐火構造）

試験名称	CLTを用いた中大規模木造建造物の防耐火設計の手引き検討委員会 第2回 30分耐火構造 CLT外壁（非耐力）試験	
試験実施場所	公益財団法人 日本住宅・木材技術センター 試験研究所	
試験 体	建築物の部分	外壁（非耐力）
	材令	試験体製作後約一週間
	気乾密度 (g/cm ³)	-
	含水率 (%)	-
	試験体の材料及び構成（単位：mm）	
<p>仕様1（外装材・内装材を鉛直方向、芯材を水平方向に） 外装材・内装材：ヒノキ集成材（厚さ 30） 芯材：ヒノキ集成材（厚さ 30）</p> <p>仕様2（外装材・内装材を鉛直方向、芯材を水平方向に） 外装材・内装材：カラマツ集成材（厚さ 30） 芯材：カラマツ集成材（厚さ 30）</p> <p>仕様3（外装材・内装材を鉛直方向、芯材を水平方向に） 外装材・内装材：スギ集成材（厚さ 30） 芯材：スギ不燃処理材（厚さ 30）</p> <p>仕様4 外装材・内装材：スギ集成材（厚さ 30） 芯材：硬質木片セメント板（厚さ 30）</p> <p>*GB-F(V)…強化せっこうボードの略 *RW…ロックウールの略</p>		
（依頼者提出資料による。）		
試験 方 法	試験規格	（公財）日本住宅・木材技術センターが認める防耐火性能試験・評価業務方法書の「耐火性能試験方法」に準じる。
	加熱炉の熱源	都市ガス 13A. 46.04655MJ(11,000kcal)
	炉内温度測定位置	別図-2に示す。（加熱面から100mm離れた位置の温度）
	裏面温度測定位置	別図-1に示す。（CLT裏面温度・CLT内部温度測定位置を別図-5に示す。）

試 験 結 果 備 考	試験日	令和5年10月25日	
	試験体の大きさ	幅 3700 mm×高さ 3600 mm	
	加熱時間	60分	
	試験時間	360分	
	初期温度	23℃	
	仕様	仕様1	仕様2
	温度曲線	別図-3に示す。	別図-4に示す。
	内部測定点の最高値	691℃ (28分15秒)	873℃ (30分45秒)
	測定位置	6	11
	非加熱面温度最高値	97℃ (21分45秒)	62℃ (137分00秒)
	測定位置	41	43
	火気残存	なし	なし
	仕様	仕様3	仕様4
	温度曲線	別図-5に示す。	別図-6に示す。
	内部測定点の最高値	816℃ (30分15秒)	860℃ (30分00秒)
	測定位置	21	11
	非加熱面温度最高値	57℃ (24分15秒)	80℃ (69分15秒)
	測定位置	45	48
	火気残存	なし	あり
備考	<ul style="list-style-type: none"> ・試験の状況を別添に示す。 ・面外方向の最大変位量は6.3 mm (138分00秒・非加熱側に凸)であった(面外方向変位曲線を、別図-7に示す)。 ・遮炎性について、非加熱側への火炎の噴出や発炎、火炎が通る亀裂は見られなかった。 ・試験後、仕様4に火気残存がみられた。 		
試験担当者	佐藤 章、木島 裕行、長谷川 亮輔、鈴木 慎琴		

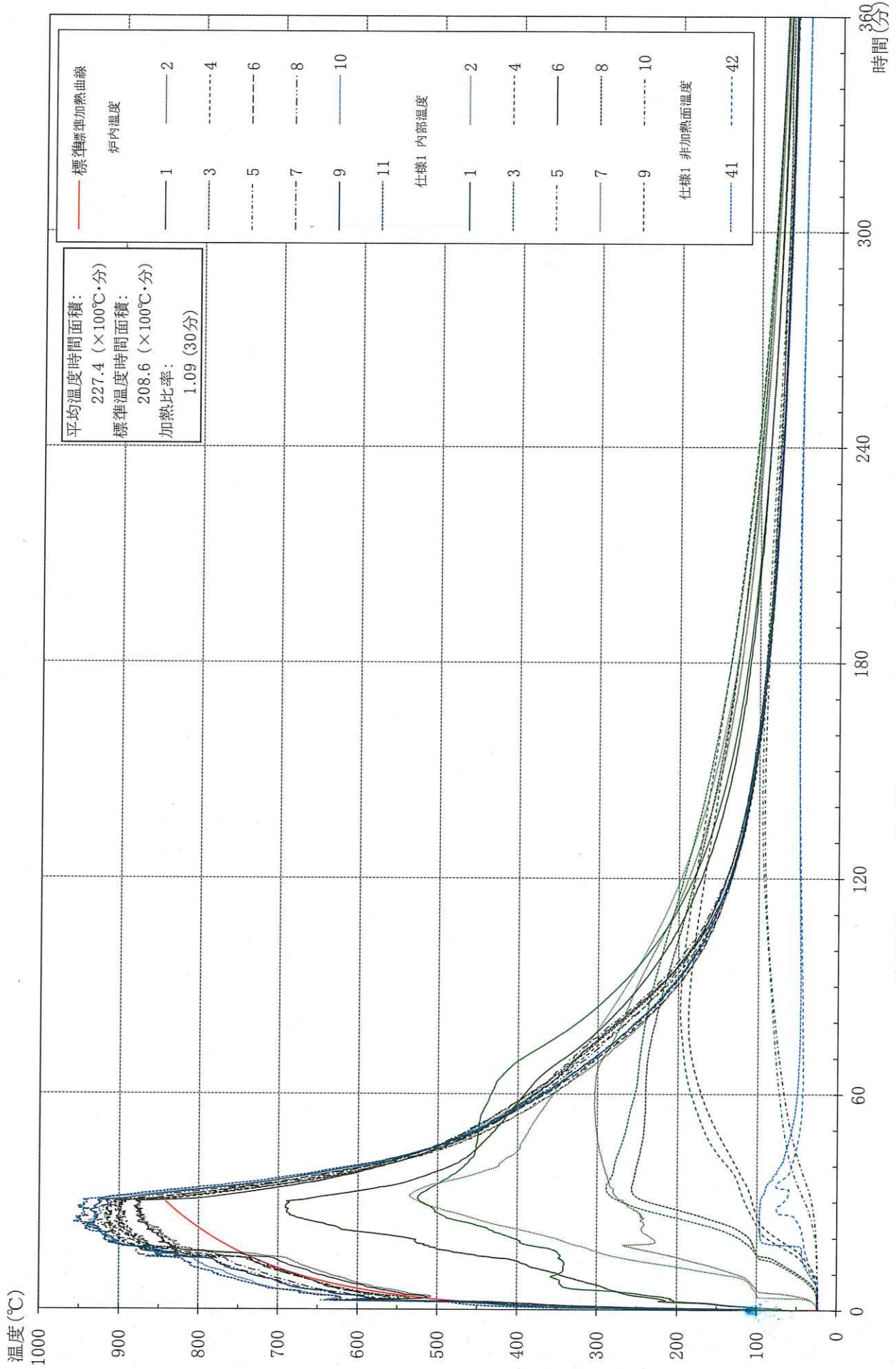
(加熱炉図)



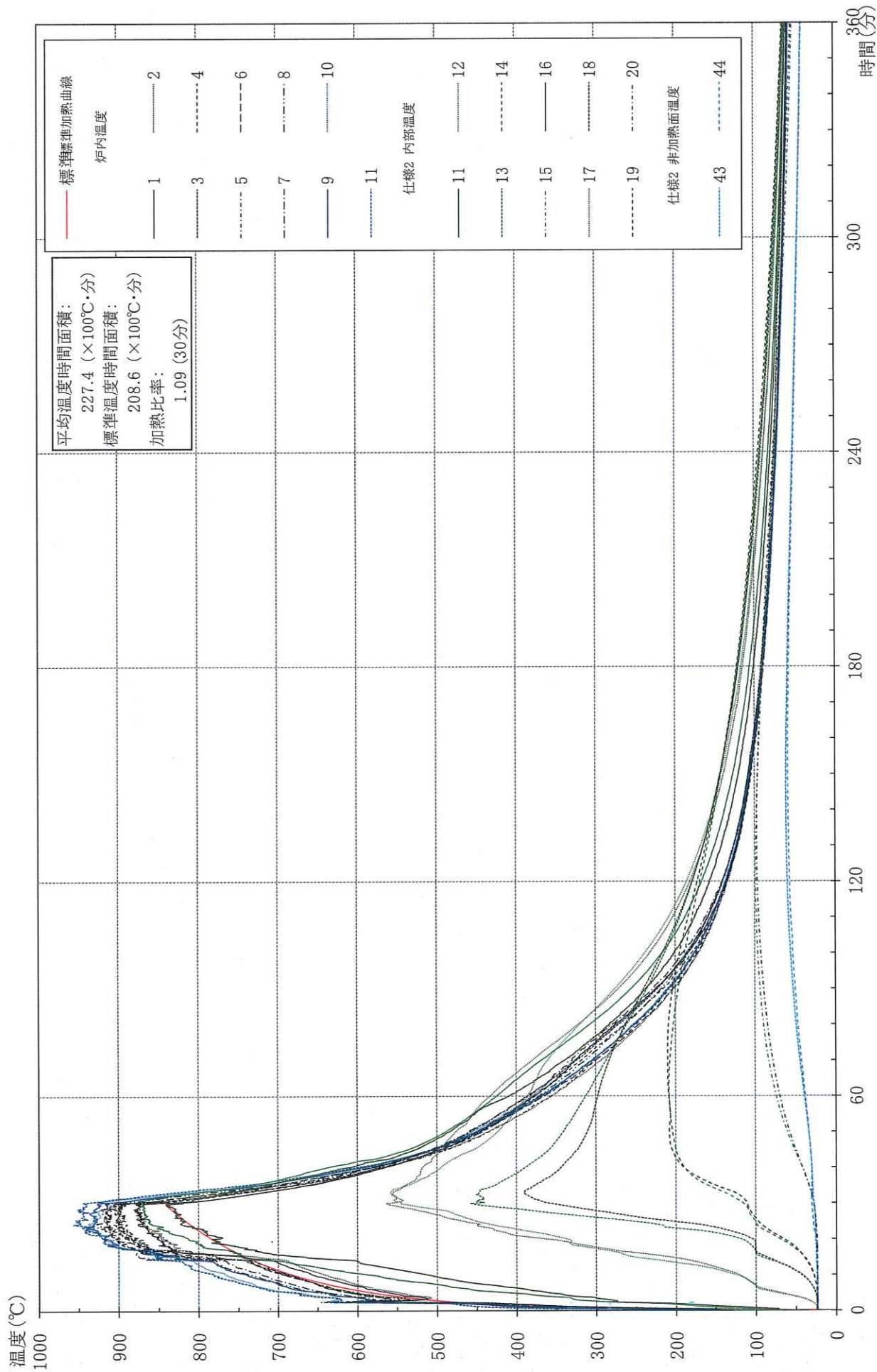
記号

①～⑪：炉内温度測定位置

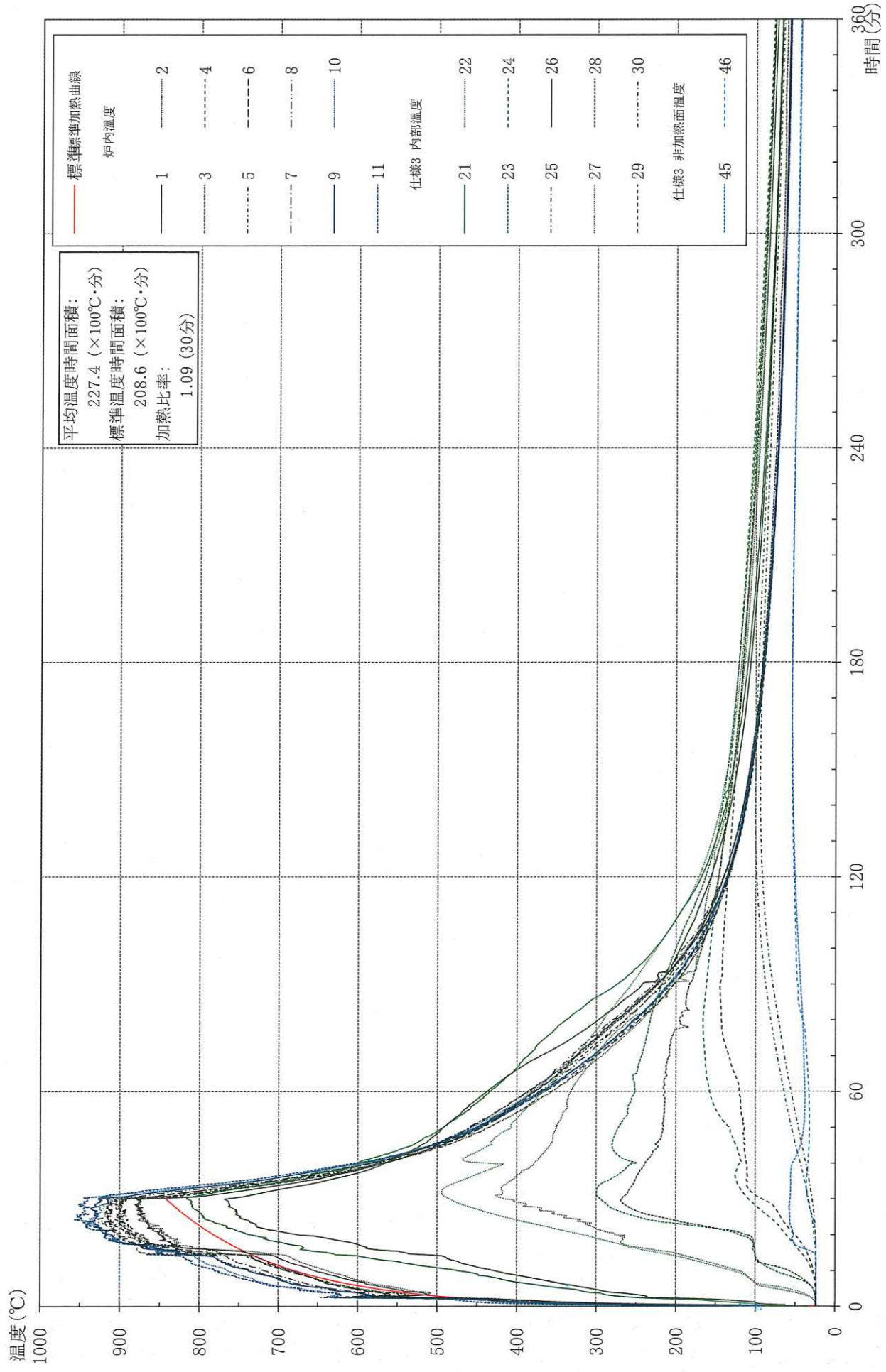
別図-2 加熱炉図 (炉内温度測定位置図)



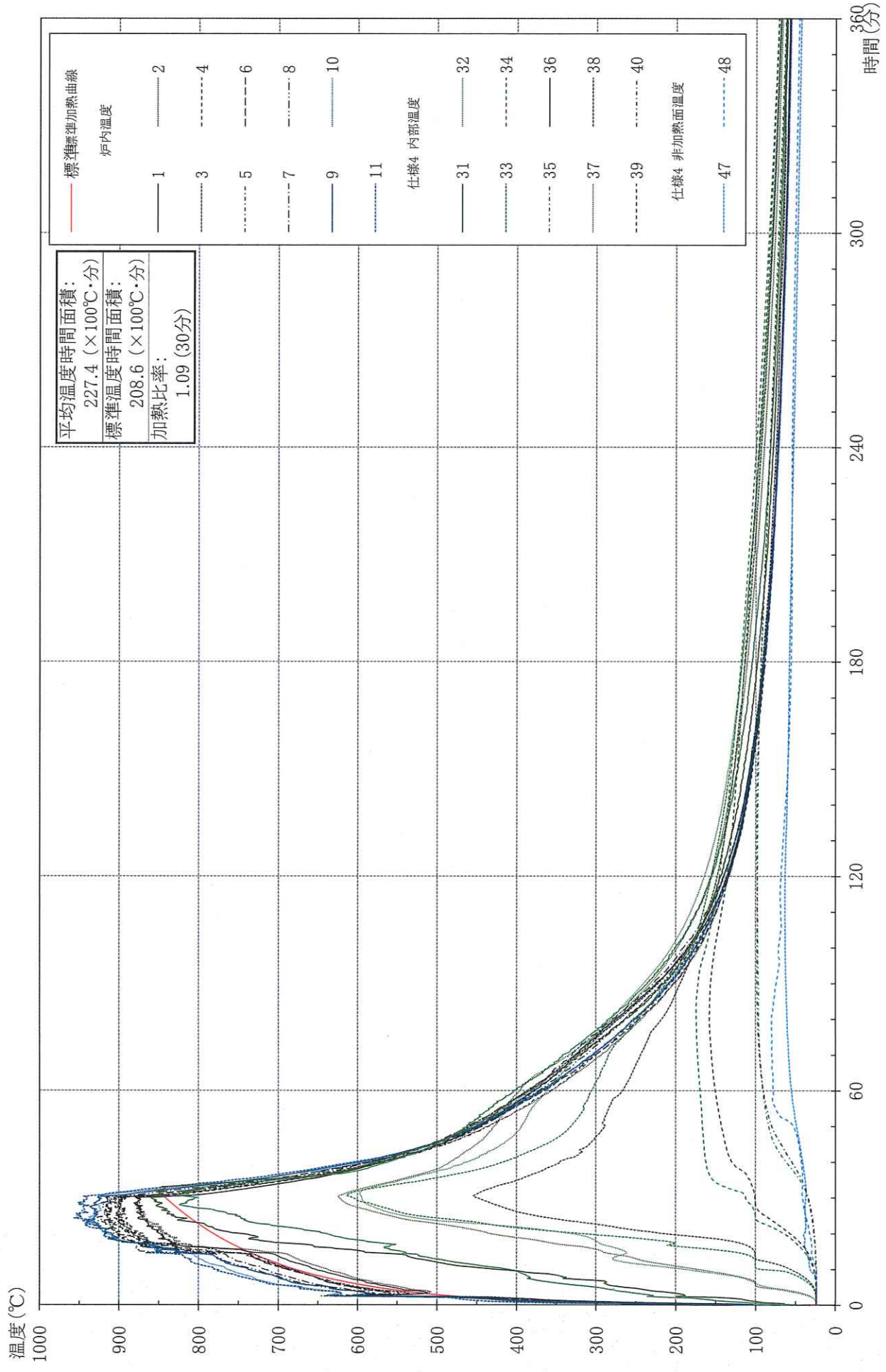
別図-3 仕様1 炉内・内部・非加熱面温度曲線



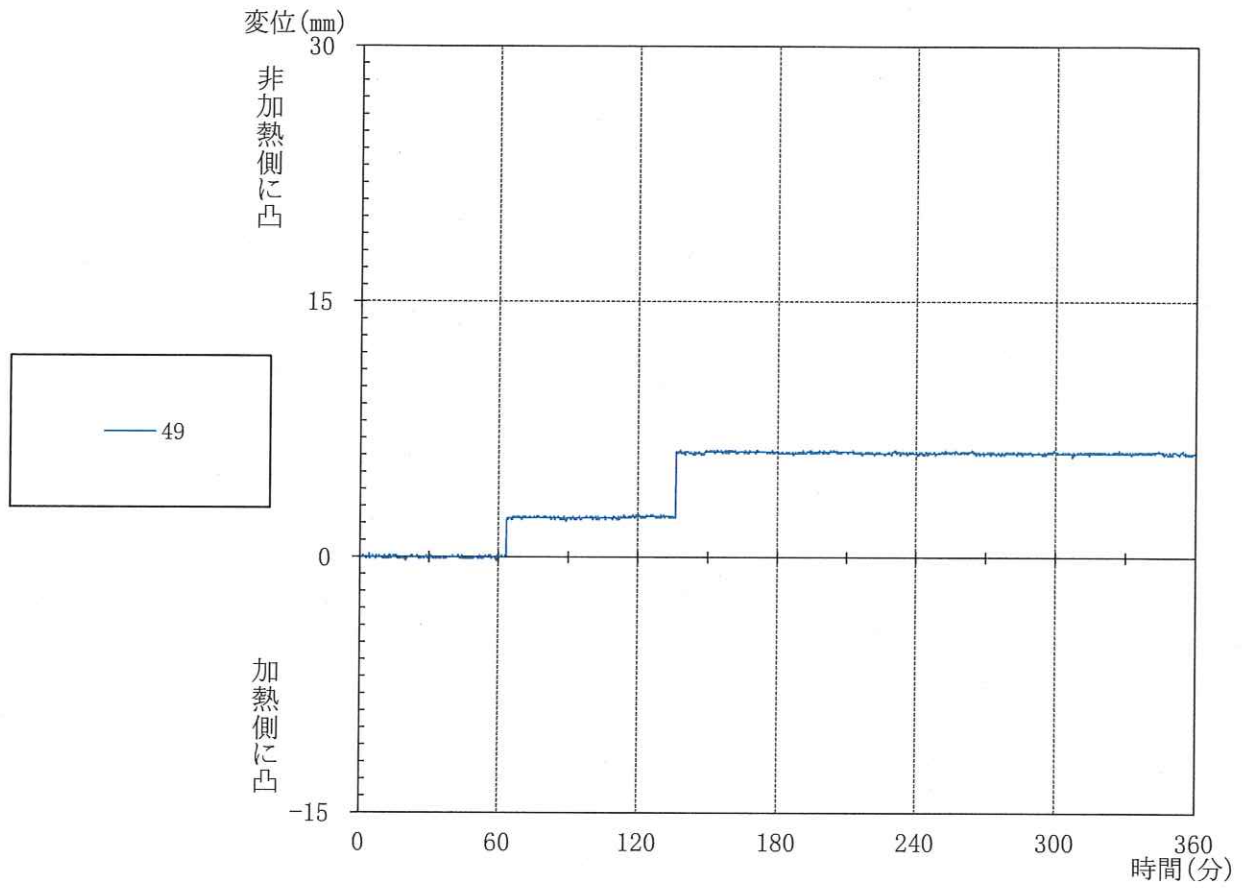
別図-4 仕様2 炉内・内部・非加熱面温度曲線



別図-5 仕様3 炉内・内部・非加熱面温度曲線



別図-6 仕様4 炉内・内部・非加熱面温度曲線



別図-6 面外方向変位曲線

試験写真記録

1. 名称 : CLT を用いた中大規模木造構造物の防耐火設計の手引き検討委員会 第2回
30分耐火構造 CLT 外壁 (非耐力)
2. 試験実施場所 : 公益財団法人 日本住宅・木材技術センター 試験研究所
3. 試験日 : 令和5年10月25日

(試験写真)

写真No.01

試験日：令和5年10月25日

加熱前の加熱面の状況

左から仕様1, 2, 3, 4



写真No.02

試験日：令和5年10月25日

加熱開始直後の非加熱面の状況

左から仕様4, 3, 2, 1



写真No.03

試験日：令和5年10月25日

加熱終了時の非加熱面の状況
(加熱開始から30分後)



(試験写真)

写真No.04

試験日：令和5年10月25日

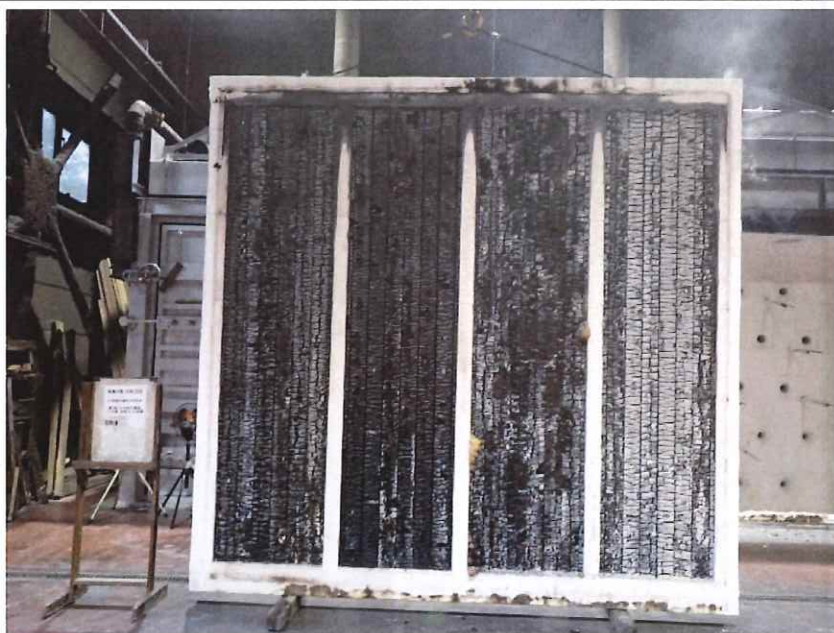
試験終了時の非加熱面の状況
(加熱開始から360分後)



写真No.05

試験日：令和5年10月25日

試験終了後の加熱面の状況①
左から仕様1, 2, 3, 4



写真No.06

試験日：令和5年10月25日

試験終了後の加熱面の状況②
仕様4脇から赤熱が見える。

