平成８年度　農林水産省補助事業
木質建築資材技術国際化対策事業

先進木質建築資材性能評価事業

ＬＶＬ・ＯＳＢ等の耐火性能開発試験

報　　告　　書

31-1

平成９年３月

財団法人　日本住宅・木材技術センター

平成８年度　農林水産省補助事業
木質建築資材技術国際化対策事業

先進木質建築資材性能評価事業

ＬＶＬ・ＯＳＢ等の耐火性能開発試験

報　　告　　書

平成９年３月

財団法人　日本住宅・木材技術センター

平成８年度　農林水産省補助、木質建築資材技術国際化対策事業
先進木質建築資材性能評価事業（ＬＶＬ・ＯＳＢ等の耐火性能開発）
報　告　書

目　　次

はじめに ---------- 1

１．目　的 ---------- 2

２．実施概要 ---------- 2

第１章　ＬＶＬの加熱試験（無載荷） ---------- 3
１．１　実施方法 ---------- 3
１．２　試験体 ---------- 3
１．３　試験方法 ---------- 4
１．３．１　試験体の設置 ---------- 4
１．３．２　加熱方法 ---------- 4
１．３．３　温度記録 ---------- 4
１．３．４　耐火深さ測定 ---------- 4
１．３．５　観察記録 ---------- 4
１．４　試験結果 ---------- 13
１．５　まとめ ---------- 29
１．６　今後の検討課題 ---------- 35
別添図表 ---------- 36

第２章　ＬＶＬの載荷加熱試験 ---------- 73
２．１　実施方法 ---------- 73
２．２　試験体 ---------- 73
２．３　試験方法 ---------- 74
２．３．１　試験体の設置 ---------- 74
２．３．２　加熱方法 ---------- 74
２．３．３　載荷方法 ---------- 75
２．３．４　温度記録等 ---------- 76
２．３．５　炭化深さ測定 ---------- 76
２．３．６　観察記録 ---------- 76
２．４　試験結果とまとめ ---------- 87

第３章　合板、ＯＳＢ壁体の耐火加熱試験 ---------- 94
３．１　実施方法 ---------- 94
３．２　試験体 ---------- 94
３．３　試験方法 ---------- 94
３．３．１　試験体の設置 ---------- 94
３．３．２　加熱方法 ---------- 94
３．３．３　温度記録等 ---------- 95
３．３．４　観察記録 ---------- 95
３．４　試験結果 ---------- 101
３．５　まとめ ---------- 115

参考資料（別途参考資料編）

平成８年度　木質建築資材技術国際化対策事業、先進木質建築資材性能評価事業
ＬＶＬ・ＯＳＢ等の耐火性能開発　報告書

はじめに

我が国においては、合板、パーティクルボード、集成材等の木質建築資材が用いられているが、最近では、これらに加え北米で製造されているウエファーボード（ＷＢ:Waferboard）、ＯＳＢ（Oriented Strandboad）等の広葉樹を原材料とする構造用パネル材料及び針葉樹を原料とする単板積層材（ＬＶＬ:Laminated Veneer Lumber）、パララム（Parallel Strand Lumber）等の造作用、構造用部材が輸入されるようになってきた。

昭和６２年の建築基準法の改正により集成材を用いた大規模木造建築物並びに準防火地域に木造３階建て戸建て住宅の建築が可能となり、更に平成５年の建築基準法の改正により木造の準耐火構造建築物が建築できることとなった。このような建築基準法の改正により、建築物の内装材料に木質系材料を用いることも可能となった。このうち、大断面集成材については、数多くの開発研究により燃え代設計を行って柱・はり等の架構部材として大規模木造建築物や準耐火建築物に用いることが可能であるが、ほぼ同様の用途であるＬＶＬについては、集成材と同様の開発研究が少なく、燃え代設計を行うことができない。一方、ＯＳＢについては、北米では壁下地、屋根下地、床下張り等に用いられることが年々増加しているが、日本への輸入が増えると同様の用途が増加することが推定される。しかし、ＯＳＢがこのような下地材、下張り材に使われたときに火災時にどのような燃焼状況を呈するかは明らかにされておらず、どの程度の耐火性能を有するか確認が必要である。

そこで、本事業では、これらの木質建築資材について加熱試験を実施し、その耐火性能を明らかにすることを目的とする。

本事業を実施するために以下に示す委員会を開催し、開発方針、実験方法、実験実施、実験結果の検討を行った。

（敬称略、順不同）

委員長	中村　賢一	建設省建築研究所基準認証研究センター長、工学博士
委　員	佐藤　寛	武蔵工業大学工学部建築学科講師
委　員	上杉　三郎	農林水産省森林総合研究所難燃化研究室長
委　員	秋山　禎孝	全国ＬＶＬ協会事務局
委　員	西田　慎	全国ＬＶＬ協会（株式会社ケーヨー）
協力委員	関　充利	林野庁林産課住宅資材班課長補佐
事務局	牧　勉	(財)日本住宅・木材技術センター試験研究部長
事務局	山田　誠	(財)日本住宅・木材技術センター試験研究所主任研究員
事務局	高田　峰幸	(財)日本住宅・木材技術センター試験研究所研究員

平成８年度　木質建築資材技術国際化対策事業、先進木質建築資材性能評価事業
ＬＶＬ・ＯＳＢ等の耐火性能開発　報告書

１．目　　的

木質建築資材のうち、ＬＶＬは単板を繊維方向に重ねて接着剤で積層する材料で柱やはり等の構造材料及び家具、建具等の造作用材料として用いられている。ＬＶＬは単板を積層するために厚さ、幅及び長さが必要に応じて大きな断面のものまで製造可能であり、また用途に応じて切断する事が可能である。従って、構造材料並びに造作材料として用いるにはきわめて省資源型材料であるといえる。

ＬＶＬが柱やはり等の構造材料として用いられた建築物が火災になった場合、断面が大きければ木材や集成材と同様に表面の燃焼後炭化層が生じて内部の燃焼が緩慢となることが想定されるが、どの程度の燃焼性状を示すかはあまり明らかでない。大規模木造建築物や準耐火建築物に用いることができる大断面構造用集成材においては、炭化速度や継ぎ手・仕口等の接合部の性能開発実験を数多く実施され、これらの結果に基づいて大規模木造の技術基準が定められた。そこで、ＬＶＬについても燃え代設計が可能となるような耐火性能の把握並びに継ぎ手・仕口等の接合部に関わる耐火性能の把握を目的として試験体を製作し耐火加熱試験を行うこととした。

一方、内装の壁下地材として用いられいる構造用合板についての加熱試験は既に実施され、厚さに比例して耐火性能が向上することが明らかとなっているが、同じ様に施工されるＯＳＢについての耐火性能の研究は行われていない。そこで、本年度はＯＳＢの厚さと耐火性能との関係を明らかにする目的でＯＳＢ及び比較として構造用合板を張った壁構造試験体の耐火加熱試験を行うこととする。

２．実施概要

ＬＶＬはりの加熱試験においては、加熱時間と炭化状況の関係及び加熱によるＬＶＬ内部の温度分布等を測定するために試験体内部に熱電対を埋め込み、ＩＳＯ／８３４及びＪＩＳ／Ａ／１３０４に規定する耐火標準曲線に沿って加熱時間を３０分、４５分、６０分の３段階として実験を行った。

継ぎ手部分を組み込んだＬＶＬのはり試験体では、はりの中央部に３種類の継ぎ手を用いて接合し、はりの中央部分に載荷しながらＩＳＯ／８３４に規定する標準耐火加熱曲線に沿って加熱試験を行ない、継ぎ手の有無並びに継ぎ手の種類と耐火性能との関係を明らかにすることとした。

ＯＳＢを両面張りした壁体パネルの耐火加熱試験では、ＯＳＢの厚さに応じた耐火時間について、構造用合板との比較を含めて明らかにするためにＩＳＯ／８３４に規定する標準耐火曲線に沿って加熱試験を行った。

第１章　ＬＶＬはりの耐火加熱試験（無載荷）

１．１　実施方法

ＬＶＬはりの加熱による内部温度変化並びに炭化状況等を明らかにするために、ＬＶＬはりの製造時に内部に熱電対を埋め込み、水平炉を用いてＩＳＯ／８３４及びＪＩＳＡ／１３０４に規定する耐火加熱曲線に沿って無載荷で加熱試験を行い、その結果を基に検討を行った。

１．２　試験体

ＬＶＬはり試験体は、外国産樹種としてダグラスファー（ベイマツ：アメリカ・カナダ産単板）、国内産の樹種としてカラマツ（実験ではソ連カラマツの単板を使用）を選定し、長さ２ｍ、断面寸法が２種類（幅15cm、はりせい30cm及び幅15cm、はりせい40cm）とした。試験体の記号及び仕様を表１．２－１に示す。ＬＶＬは、厚さ3.2mm単板10枚をフェノール樹脂接着剤で一次接着し、厚さ30mmとなるように両面プレーナー仕上げを行った。次いで30mm厚のラミナを５枚レゾルシノール樹脂接着剤で二次接着し、はり幅150mmとした。試験体の寸法、比重、含水率等を表１．２－２に示す。

なお、一次接着並びに二次接着に用いた接着剤は大日本インキ工業（株）製で、その配合は以下の通りであった。

・一次接着　フェノール樹脂（140℃、13Kg／cm²、25分）

フェノライトＰＡ１１８６－Ｚ	２００Ｋｇ	８１％
炭酸カルシウム	２５Ｋｇ	１０．２％
小麦粉（スリーウッズ）	１５Ｋｇ	６．１％
ソーダ灰	２Ｋｇ	０．８％
水	４Ｋｇ	

・二次接着　ＤＩＣ　レゾルシノール樹脂（30℃、8Kg／cm²、8時間）

ＭＤ－３１００－Ｈ	（主剤）	５０Ｋｇ
３２００－Ｂ	（硬化剤）	２０Ｋｇ
３５００	（主剤）	１０Ｋｇ

試験体は樹種、寸法ごとに各３体、計１２体製作し、内部温度を測定するためにJIS C 1602に規定する0.75級、径0.65mmのガラス被覆Ｋ(CA)熱電対を試験体内部に埋め込んだ。内部温度の測定に埋め込んだ熱電対は、図１．２－１に示すように、厚さ30mmのラミナに溝を掘り、熱電対を所定の位置（はり下部から深さ20mm、40mm、60mm、100mm、150mm及び200mm ）にステイプルで留め付け、図１．２－２に示すように各ラミナをレゾルシノール樹脂接着剤を塗布して積層し、約30℃で圧力をかけて二次接着した。従って、試験体の温度測定位置は、図１．２－３に示すように、はり底部から20mm、側面から30mm、底部から

40mm、底部及び側面から60mm及びコーナー部（底部から20mm、側面から30mm位置で、最外層のラミナに埋め込んだ熱電対）の５箇所とした。２ｍの長さのはり試験体中央部分からそれぞれ30cm離れた位置に熱電対を埋め込み、はりの２箇所で試験体内部温度を測定した。

１．３　試験方法

１．３．１　試験体の設置

試験体は、図１．３－１に示す水平炉（内寸:1.7m×2.22m）の中心線上に設置し、加熱による熱気流及び煙は試験体はりの側面から排気し、はりの上部は熱電対を保護するためにセラミックファイバーを張り、ＬＶＬはりの３面を加熱した。はり試験体を設置後、図１．３－２に示すように水平炉上部はセラミックファイバーを張ったパネルを設置して水平炉に蓋をした。

１．３．２　加熱方法

ＬＶＬはり試験体の加熱は、図１．３－３に示す位置に試験体を炉内に設置して行った。ＩＳＯ／８３４に準拠して耐火加熱試験を行う場合は、図１．３－３に示すように試験体面から１０ｃｍ離した位置にJIS C 1605に規定する0.75級の径３．２ｍｍのシースＫ(CA)熱電対を露出して計９点設置し、ＪＩＳＡ１３０４に準拠して耐火加熱試験を行う場合は、先端を密閉したステンレス保護管に挿入したJIS C 1602に規定する径1.0mm のガイシ被覆Ｋ(CA)熱電対を試験体面から３ｃｍ離した位置に計９点配置して炉内温度を測定し、炉内温度を制御した。

加熱は、プロパンガスを燃料とする水平加熱炉を用い、表１．２－１に示す規定加熱時間まで標準耐火曲線に沿って炉内温度を制御した。

１．３．３　温度記録

炉内加熱温度及びＬＶＬ試験体に埋め込んだ熱電対温度は、データーロガー（東京測器研究所製：ＴＤＳ－３０２）を通してパーソナルコンピューター（NEC-PC-9800VX2）に接続し、フロッピーデイスクに収録した。

１．３．４　炭化深さ測定

試験体の加熱終了後、速やかに加熱炉から取り出し、注水消火後３箇所の断面を切り落とし、炭化深さを測定した。

１．３．５　観察記録

加熱試験前、加熱中及び加熱後の試験体の状況を写真により記録した。また、加熱中は目視により試験体の燃焼状況を観察し記録した。

表１．２－１　ＬＶＬはり試験体仕様一覧表（無載荷、加熱時間指定、小型水平炉）

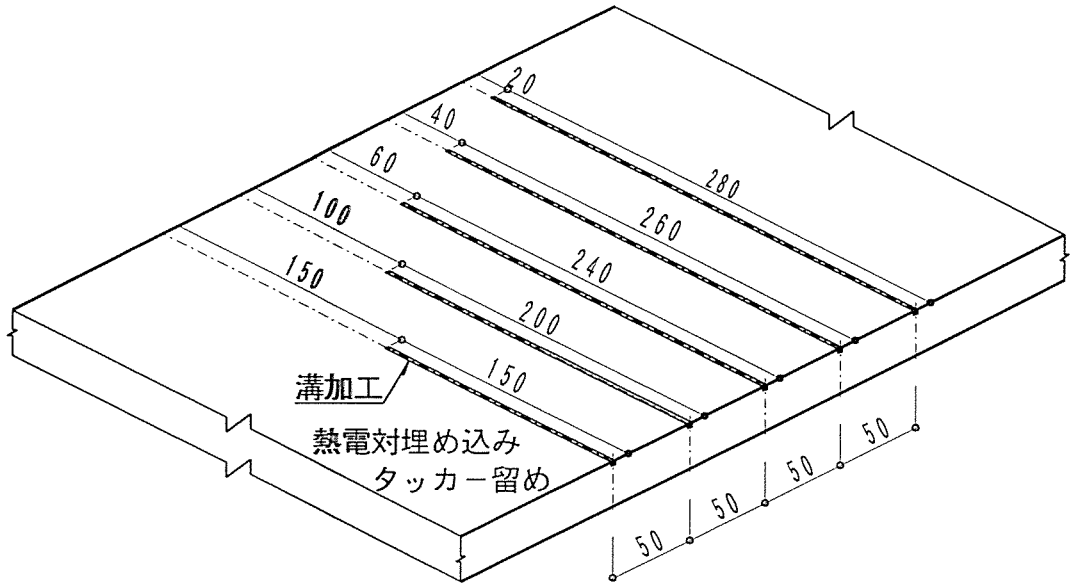
No.	試験体記号	寸　法(cm)	長さ(m)	樹　　種	加熱方法	加熱時間	そ　の　他	気乾比重	含水率(%)
1	LVL-D130	15×30	2.0	ﾀﾞｸﾞﾗｽﾌｧｰ（ベイマツ）	無載荷、ISO/834	３０分		0.658	9.9
2	LVL-D145					４５分	内部温度計測	0.611	9.5
3	LVL-D160					６０分		0.617	9.6
4	LVL-D230	15×40	2.0	ﾀﾞｸﾞﾗｽﾌｧｰ（ベイマツ）	同　上、ISO/834	３０分		0.647	9.9
5	LVL-D245					４５分	同　上	0.628	9.4
6	LVL-D260					６０分		0.636	9.0
7	LVL-D330	15×40	2.0	ﾀﾞｸﾞﾗｽﾌｧｰ（ベイマツ）	同　上、JIS/A1304	３０分	同　上	0.630	8.8
8	LVL-D360					６０分		0.598	10.1
9	LVL-K130	15×30	2.0	カラマツ	同　上、ISO/834	３０分		0.738	10.1
10	LVL-K145					４５分	同　上	0.743	11.3
11	LVL-K160					６０分		0.738	10.7
12	LVL-K230	15×40	2.0	カラマツ	同　上、ISO/834	３０分		0.720	11.1
13	LVL-K245					４５分	同　上	0.729	11.2
14	LVL-K260					６０分		0.719	10.2

記号：D=ﾀﾞｸﾞﾗｽﾌｧｰ、K=ｶﾗﾏﾂ、1=梁せい30cm、2=梁せい45cm、30・45・60=加熱時間

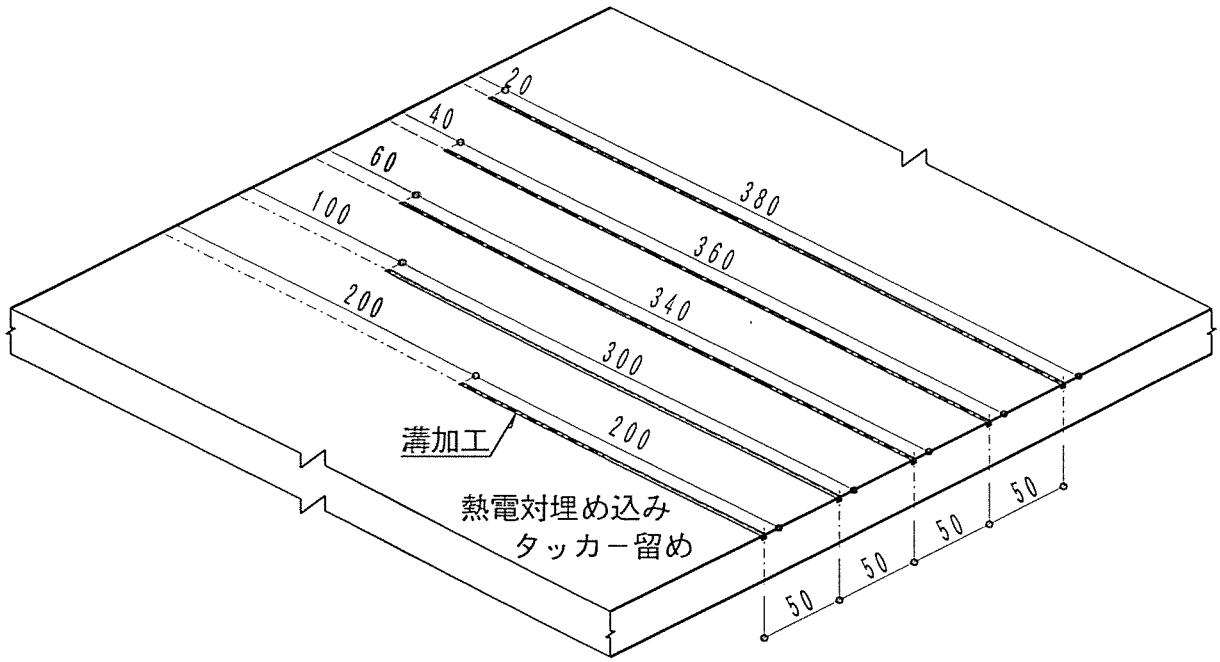
表１．２－２　ＬＶＬ加熱試験体仕様一覧表（比重・含水率等）

No.	試験体記号	樹種	加熱方法	加熱時間（分）	試験体実大寸法 寸法（mm）	重量 Ws	気乾比重	切り出しサンプル 含水率（%）	気乾比重	絶乾比重	試験前含水率（電気抵抗式） 左右側面４点測定	平均
1	LVL-D130	ﾀﾞｸﾞﾗｽﾌｧｰ（ベイマツ）	ISO/834	３０	150×300×2,050	60.7Kg	0.658	9.9	0.654	0.626	8.5, 7.5, 12.0, 9.5	9.4
2	LVL-D145			４５	150×300×2,050	56.4	0.611	9.5	0.598	0.569	12.5, 13.0, 11.5, 10.5	11.9
3	LVL-D160			６０	150×300×2,050	56.9	0.617	9.6	0.616	0.584	11.0, 12.5, 13.0, 14.5	12.8
4	LVL-D230	ﾀﾞｸﾞﾗｽﾌｧｰ（ベイマツ）	ISO/834	３０	150×400×2,050	79.6	0.647	9.9	0.636	0.606	12.0, 12.0, 12.5, 11.5	12.0
5	LVL-D245			４５	150×400×2,050	77.3	0.628	9.4	0.617	0.589	13.5, 13.0, 16.0, 18.5	15.3
6	LVL-D260			６０	150×400×2,050	78.2	0.636	9.0	0.613	0.584	9.0, 9.5, 10.0, 10.5	9.8
7	LVL-D330	ﾀﾞｸﾞﾗｽﾌｧｰ（ベイマツ）	JISA 1304	３０	150×400×2,050	77.6	0.630	8.8	0.633	0.603	18.5, 17.0, 12.0, 13.0	15.1
8	LVL-D360			６０	150×400×2,050	73.5	0.598	10.1	0.586	0.554	20.5, 18.5, 18.0, 18.5	18.9
9	LVL-K130	カラマツ	ISO/834	３０	150×300×2,050	68.1	0.738	10.1	0.721	0.687	8.5, 11.0, 13.0, 12.5	11.1
10	LVL-K145			４５	150×300×2,050	68.5	0.743	11.3	0.719	0.684	12.0, 16.5, 15.0, 12.5	14.0
11	LVL-K160			６０	150×300×2,050	68.1	0.738	10.7	0.715	0.680	15.5, 22.5, 14.0, 14.0	16.5
12	LVL-K230	カラマツ	ISO/834	３０	150×405×2,050	89.7	0.720	11.1	0.698	0.665	16.0, 15.5, 14.0, 15.5	15.3
13	LVL-K245			４５	150×400×2,050	89.6	0.729	11.2	0.724	0.688	15.0, 17.0, 12.0, 15.0	14.8
14	LVL-K260			６０	150×400×2,050	88.5	0.719	10.2	0.717	0.685	10.0, 10.5, 13.5, 17.0	12.8

記号：D=ﾀﾞｸﾞﾗｽﾌｧｰ、K=ｶﾗﾏﾂ、1=梁せい30cm、2=梁せい40cm、30・45・60=加熱時間



LVL寸法：150×300mm



LVL寸法：150×400mm

図1．2－1　熱電対埋込位置図

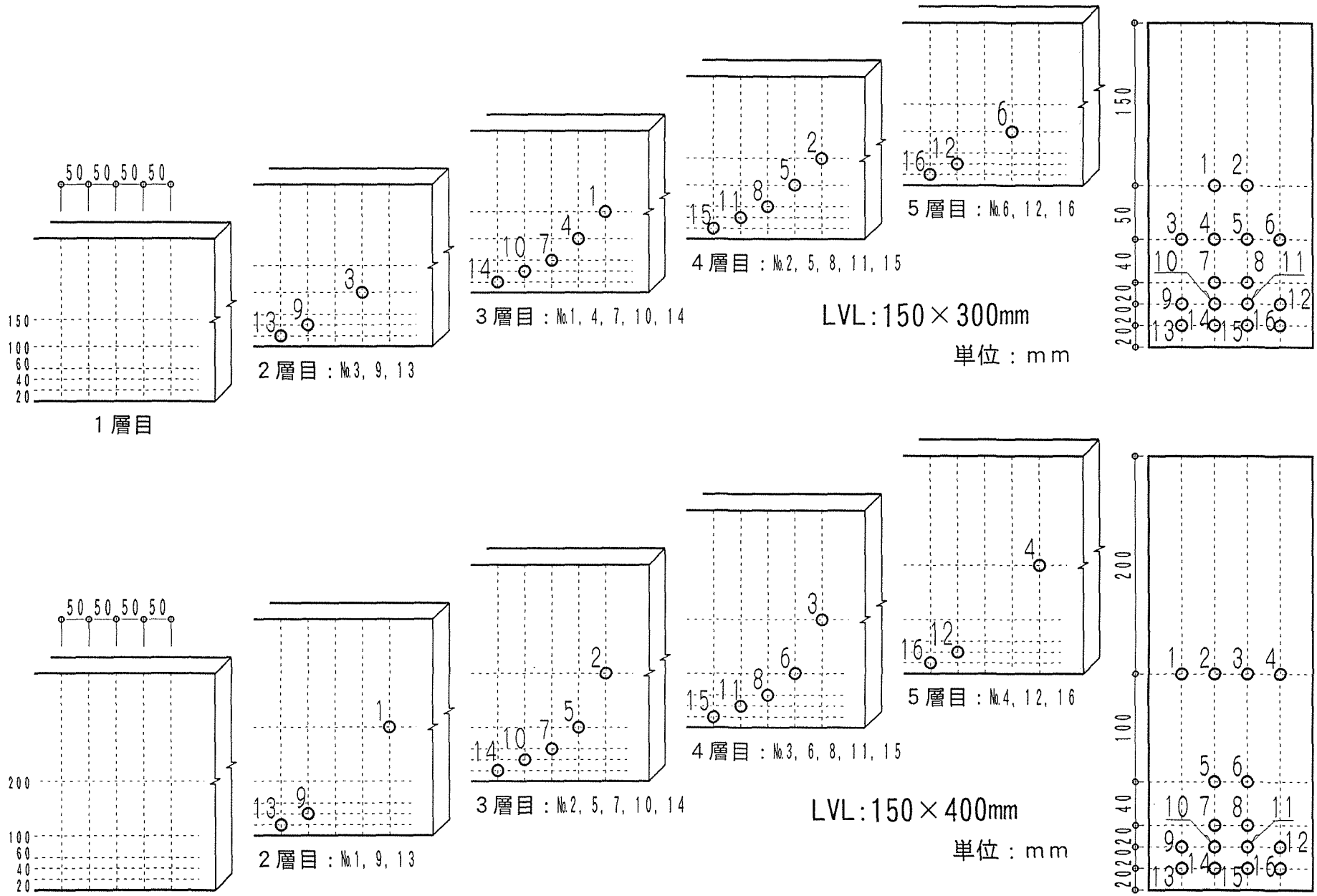
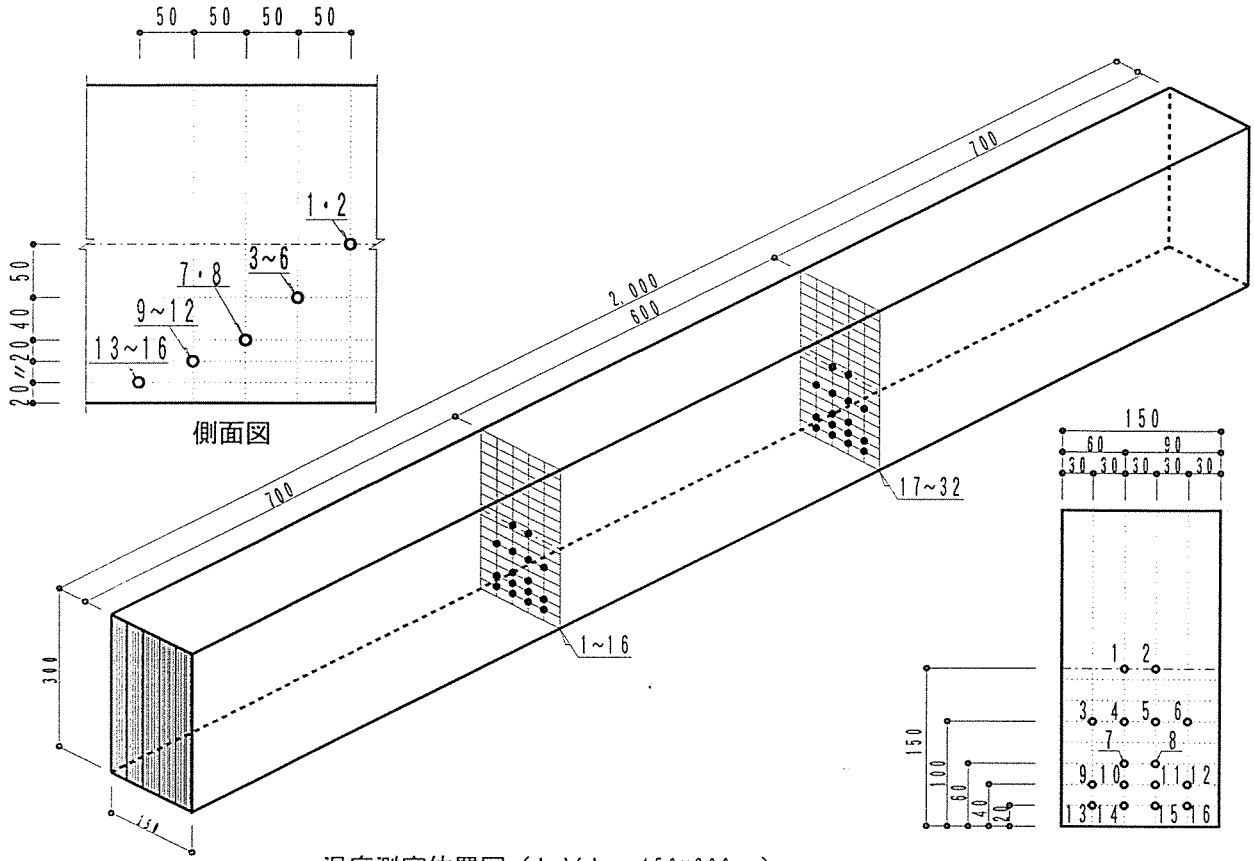
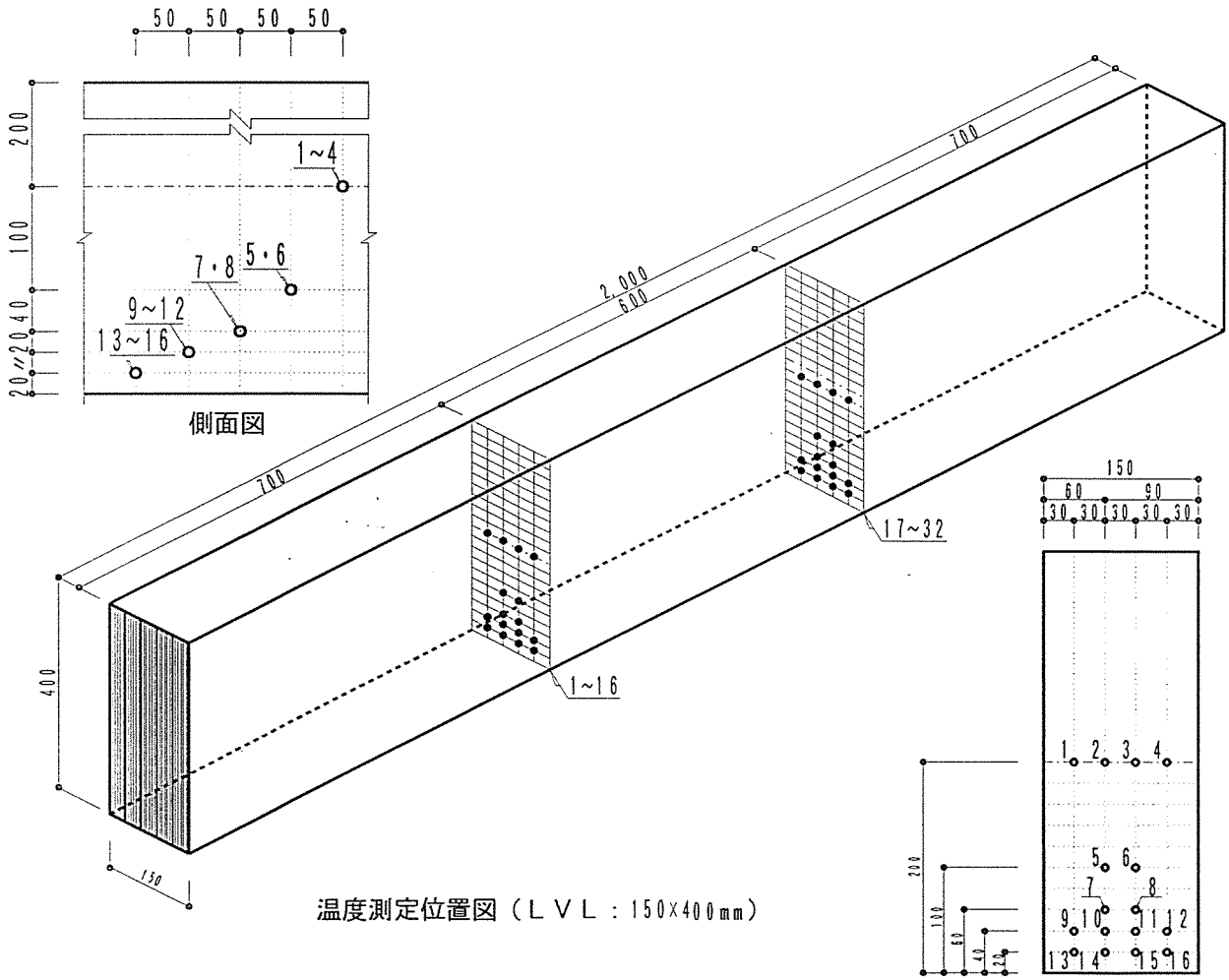


図１．２－２　熱電対設置位置図



温度測定位置図（ＬＶＬ：150×300mm）



温度測定位置図（ＬＶＬ：150×400mm）

図１．２－３　ＬＶＬはり、温度測定位置図（無載荷加熱）

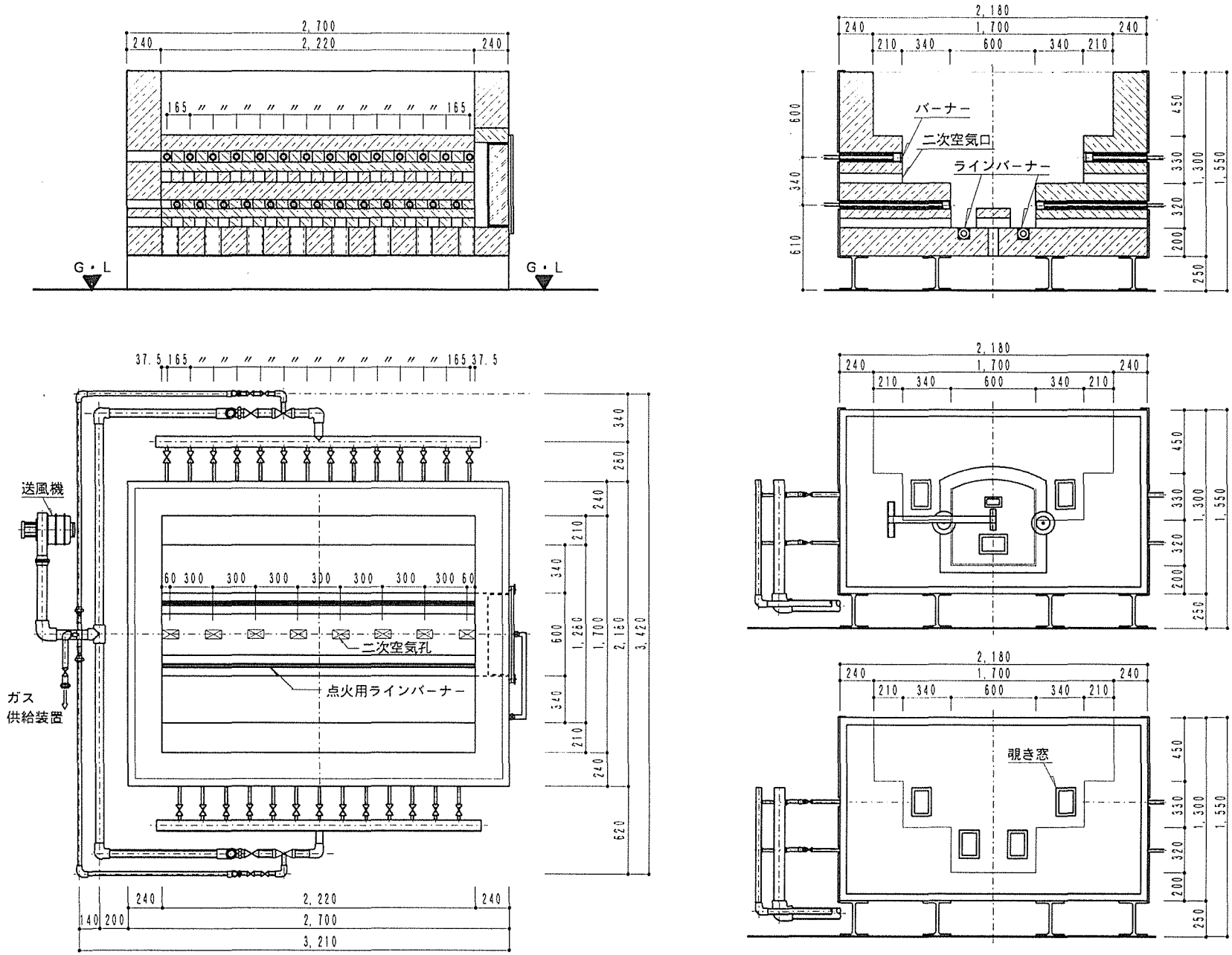

2,700
240
2,220
240
165
G・L
G・L
2,180
1,700
210
340
600
バーナー
二次空気口
ラインバーナー
450
330
320
200
250
1,300
1,550
610
送風機
ガス
供給装置
37.5
二次空気孔
点火用ラインバーナー
260
1,260
1,700
2,160
3,420
620
140
200
3,210
覗き窓

図1．3－1　水平加熱炉

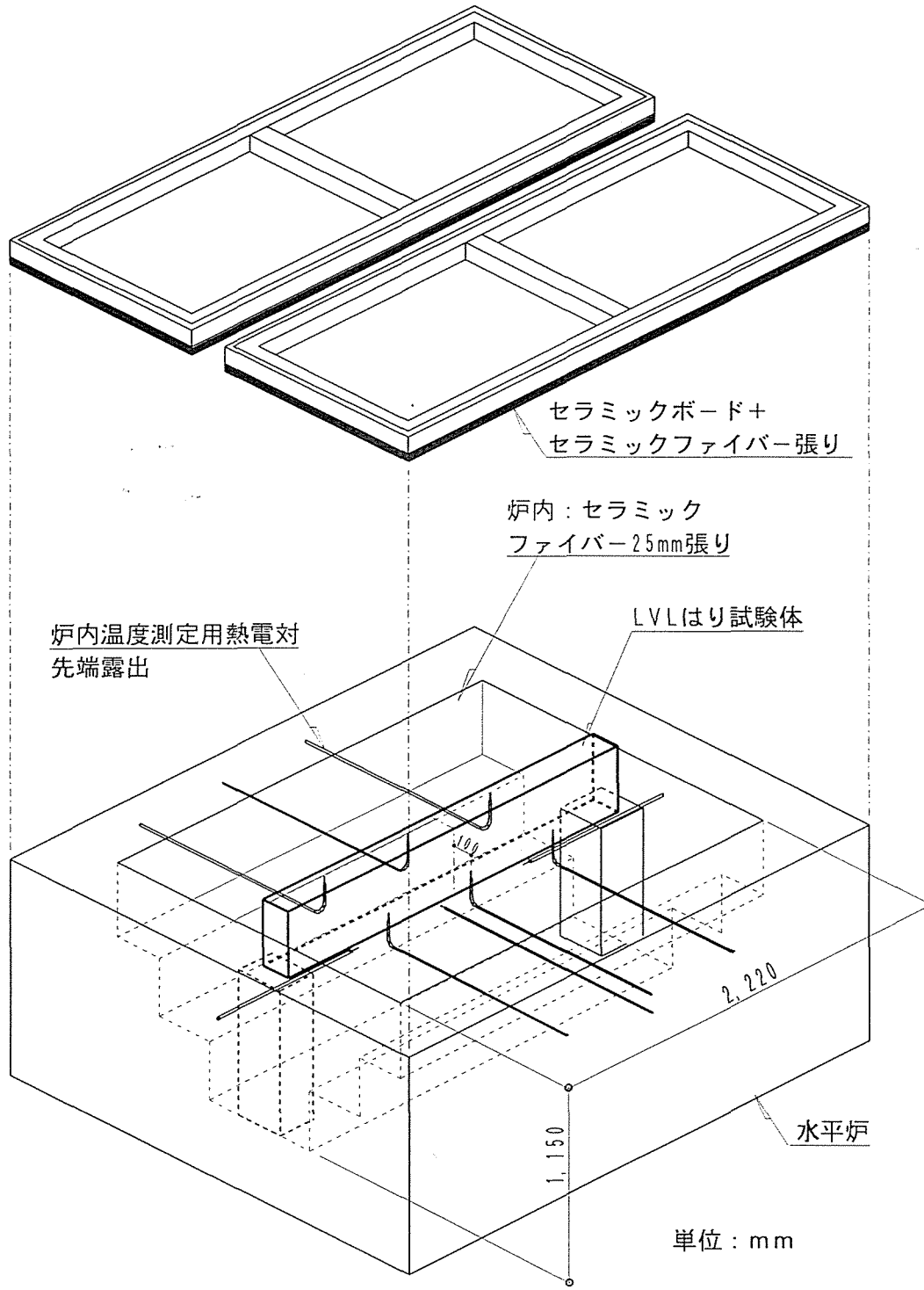
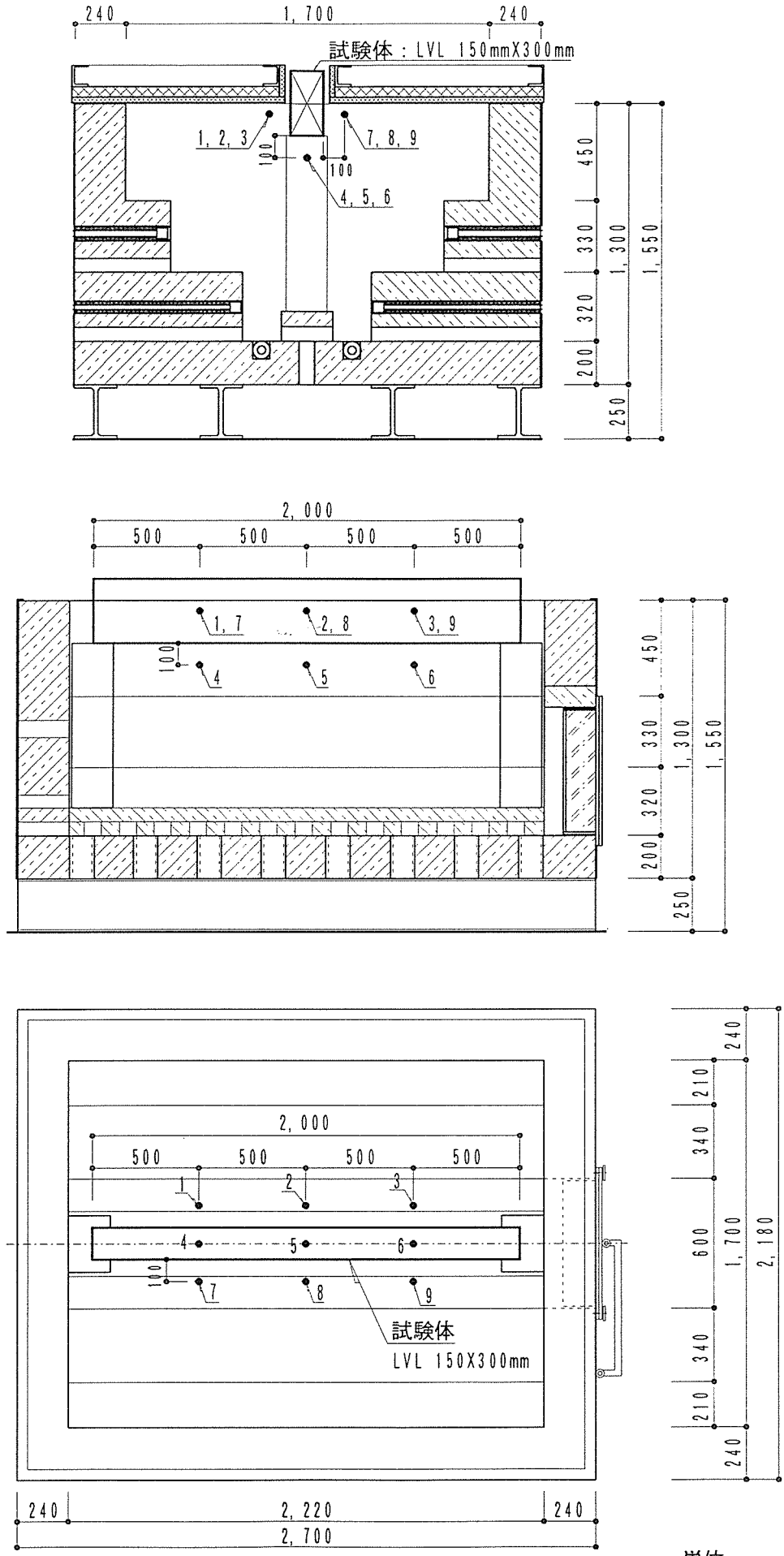

セラミックボード＋
セラミックファイバー張り
炉内：セラミック
ファイバー25mm張り
LVLはり試験体
炉内温度測定用熱電対
先端露出
100
2,220
1,150
水平炉
単位：mm

図1．3－2　試験体設置図



単位：mm

図１．３－３　炉内温度測定位置図

１．４．試験結果（ＬＶＬはり、無載荷加熱、温度・炭化状況）

１．４．１　観察状況、内部温度測定結果

（１）試験体№１、試験体記号：LVL-D130

断面：150×300mm×2,050mm、樹種：ベイマツ、加熱時間：３０分

加熱方法：ISO/834

加熱開始後４分１０秒に試験体に着火し、５分３０秒頃から表面の火炎の勢いが弱まって炭化層が確認できるようになった。その後、試験体全面にわたり、炭化層の亀裂部分から炎が生じて燃焼が継続し、１９分頃には試験体下面角の燃焼が強くなった。２０分を過ぎた頃から試験体下面の角部分の炭化が進行して収縮してきた。また、２３分頃には試験体下面のラミナ接着層の部分が赤熱し、その部分から火の粉が飛び出していた。

試験体内部温度は、下面から２ｃｍ、側面から３ｃｍのコーナー部分では、１８分頃に１００℃を超え、加熱終了した３０分時点での最高温度は２３４℃、４箇所の平均温度は１９５℃であった。試験体下面から２ｃｍ位置の温度は、１９分３０秒に１００℃を超え、加熱終了した３０分時点での最高温度は１４８℃、４箇所の平均温度は１３０℃であった。側面から３ｃｍ位置の温度は、２８分３０秒頃に１００℃を超え、加熱終了の３０分時点での最高温度１１０℃、８箇所の平均温度９７℃であった。試験体下面から４ｃｍ位置の温度は、加熱終了の３０分時点で、最高温度３４℃、４箇所の平均温度２９℃であった。側面から６ｃｍ位置の温度は、加熱終了の３０分時点で最高温度１２℃、１０箇所の平均温度１１℃であった。

試験時の加熱条件等：プロパン消費量＝５．４m^3　、加熱比率＝０．９５５

気温＝１０℃、湿度＝３５％ＲＨ、炉内圧力(Max)＝６．２Ｐａ

試験体内部の平均温度測定結果を別図１．４．１（１）－１に、炉内圧力測定結果を別図１．４．１（１）－２に、観察記録を別表１．４．１－１に示す。各温度測定点の測定結果は参考資料編に示す。

（２）試験体№２、試験体記号：LVL-D145

断面：150×300mm×2,050mm、樹種：ベイマツ、加熱時間：４５分

加熱方法：ISO/834

加熱開始後１分３０秒に試験体下面角に着火し、２分頃に全面に着火した。３分頃から表面の火炎の勢いが弱まって炭化層が確認できるようになり、試験体全面にわたり、炭化層の亀裂部分から炎が生じて燃焼が継続し、１３分頃には試験体下面のラミナ接着層の部分が明瞭になり、１７分頃から試験体下面の角部分が剥落し始めた。１９分３０秒頃から炎の勢いが強まり、２７分３０秒頃から炭化層が部分的に弾き飛んで脱落する現象が見られた。

試験体内部温度は、下面から２ｃｍ、側面から３ｃｍのコーナー部分では、１７分頃に１００℃を超え、２６０℃を超えた時間は最高温度が３１分３０秒頃、平均温度が３４分

３０秒過ぎであった。加熱終了の４５分時点での最高温度は４９９℃、４箇所の平均温度は４３６℃であった。試験体下面から２ｃｍ位置の温度は、１４分２０秒頃に１００℃を超え、２６０℃を超えた時間は最高温度が３７分３０秒、平均温度が４１分であった。加熱終了の４５分時点での最高温度は３７１℃、４箇所の平均温度は３１８℃であった。側面から３ｃｍ位置の温度は、２６分３０秒に１００℃を超え、最高温度は４１分頃に２６０℃を超え、加熱終了の４５分時点での最高温度３３２℃、８箇所の平均温度２５９℃であった。試験体下面から４ｃｍ位置の温度は、最高温度が４０分に１００℃を超え、加熱終了の４５分時点で、最高温度１０７℃、４箇所の平均温度９５℃であった。
側面から６ｃｍ位置の温度は、加熱終了の４５分時点で最高温度４２℃、１０箇所の平均温度２６℃であった。

試験時の加熱条件等：プロパン消費量＝９．８ｍ^3、加熱比率＝１．０２４

気温＝１０℃、湿度＝３８％ＲＨ、炉内圧力(Max)＝５．０Ｐａ

試験体内部の平均温度測定結果を別図１．４．１（２）－１に、炉内圧力測定結果を別図１．４．１（２）－２に、観察記録を別表１．４．１－２に示す。各温度測定点の測定結果は参考資料編に示す。

（３）試験体№３、試験体記号：LVL-D160

断面：150×300mm×2,050mm、樹種：ベイマツ、加熱時間：６０分

加熱方法：ISO/834

加熱開始後２分４７秒に試験体下面角に着火し、３分頃に全面に着火した。４分３０秒過ぎから表面の火炎の勢いが弱まって炭化層が確認できるようになり、試験体全面にわたり、炭化層の亀裂部分から炎が生じて燃焼が継続し、１９分頃から炭化部分が小破片となって剥落し始めた。２９分頃から炎の勢いが全体的に強まり、炭化層が部分的に弾き飛んで脱落する現象が加熱終了まで見られた。

試験体内部温度は、下面から２ｃｍ、側面から３ｃｍのコーナー部分では、１９分頃に１００℃を超え、２６０℃を超えた時間は最高温度が３６分頃、平均温度が３８分であった。加熱終了の６０分時点での最高温度は７６４℃、４箇所の平均温度は７４０℃であった。試験体下面から２ｃｍ位置の温度は、１８分３０秒に１００℃を超え、２６０℃を超えた時間は最高温度が３９分３０秒頃、平均温度が４５分３０秒頃であった。加熱終了の６０分時点での最高温度は５３２℃、４箇所の平均温度は４４５℃であった。側面から３ｃｍ位置の温度は、２７分３０秒に１００℃を超え、最高温度は４４分３０秒頃に、平均温度は４７分３０秒過ぎに２６０℃を超え、加熱終了の６０分時点での最高温度５７０℃、８箇所の平均温度５０４℃であった。試験体下面から４ｃｍ位置の温度は、最高温度が４８分頃に１００℃を超え、加熱終了の６０分時点で、最高温度１３４℃、４箇所の平均温度１１９℃であった。
側面から６ｃｍ位置の温度は、加熱終了の６０分時点で最高温度６８℃、１０箇所の平均

温度５４℃であった。

試験時の加熱条件等：プロパン消費量＝１１．０m³、加熱比率＝１．０２１

気温＝１３℃、湿度＝３８％ＲＨ、炉内圧力(Max)＝７．５Ｐａ

試験体内部の平均温度測定結果を別図１．４．１（３）－１に、炉内圧力測定結果を別図１．４．１（３）－２に、観察記録を別表１．４．１－３に示す。各温度測定点の測定結果は参考資料編に示す。

（４）試験体№４、試験体記号：LVL-D230

断面：150×400mm×2,050mm、樹種：ベイマツ、加熱時間：３０分

加熱方法：ISO/834

加熱開始後２分１０秒に試験体下面角に着火して全体に広がり、５分３０秒頃から表面の火炎の勢いが弱まって炭化層が確認できるようになった。その後、試験体全面にわたり、炭化層の亀裂部分から炎が生じて燃焼が継続し、１２分頃からラミナ接着層の部分が溝状に見えてきだした。

試験体内部温度は、下面から２ｃｍ、側面から３ｃｍのコーナー部分では、１６分頃に１００℃を超え、加熱終了した３０分時点での最高温度は２４６℃、４箇所の平均温度は２１９℃であった。試験体下面から２ｃｍ位置の温度は、１６分に１００℃を超え、加熱終了した３０分時点での最高温度は２０２℃、４箇所の平均温度は１７６℃であった。側面から３ｃｍ位置の温度は、２９分に１００℃を超え、加熱終了の３０分時点での最高温度１０６℃、８箇所の平均温度１００℃であった。試験体下面から４ｃｍ位置の温度は、加熱終了の３０分時点で、最高温度４０℃、４箇所の平均温度３６℃であった。側面から６ｃｍ位置の温度は、加熱終了の３０分時点で最高温度１６℃、１０箇所の平均温度１３℃であった。

試験時の加熱条件等：プロパン消費量＝５．５m³　、加熱比率＝１．００９

気温＝１２℃、湿度＝３４％ＲＨ、炉内圧力(Max)＝６．２Ｐａ

試験体内部の平均温度測定結果を別図１．４．１（４）－１に、炉内圧力測定結果を別図１．４．１（４）－２に、観察記録を別表１．４．１－４に示す。各温度測定点の測定結果は参考資料編に示す。

（５）試験体№５、試験体記号：LVL-D245

断面：150×400mm×2,050mm、樹種：ベイマツ、加熱時間：４５分

加熱方法：ISO/834

加熱開始後２分２０秒に試験体下面角に着火し、２分４５秒過ぎに全面に着火した。５分頃から表面の炭化層が小片となって剥落し始め、９分頃から表面の火炎の勢いが弱まって炭化層が確認できるようになり、安定した燃焼状況となった。１４分頃には炭化層の部分的な脱落が見られ、その後３６分３０秒頃からも炭化層の脱落が見られた。

試験体内部温度は、下面から２ｃｍ、側面から３ｃｍのコーナー部分では、１７分頃に１００℃を超え、２６０℃を超えた時間は最高温度が３１分頃、平均温度が３６分３０秒過ぎであった。加熱終了の４５分時点での最高温度は５４２℃、４箇所の平均温度は４１３℃であった。試験体下面から２ｃｍ位置の温度は、１９分に１００℃を超え、２６０℃を超えた時間は最高温度が３９分３０秒、平均温度が４４分過ぎであった。加熱終了の４５分時点での最高温度は３２１℃、４箇所の平均温度は２６９℃であった。側面から３ｃｍ位置の温度は、２５分過ぎに１００℃を超え、２６０℃を超えた時間は最高温度が４２分３０秒過ぎに、平均温度が４４分３０秒過ぎであった。加熱終了の４５分時点での最高温度２９６℃、８箇所の平均温度２６７℃であった。試験体下面から４ｃｍ位置の温度は、加熱終了の４５分時点で、最高温度８７℃、４箇所の平均温度７８℃であった。
側面から６ｃｍ位置の温度は、加熱終了の４５分時点で最高温度４０℃、１０箇所の平均温度３０℃であった。

試験時の加熱条件等：プロパン消費量＝９．２ｍ^3、加熱比率＝１．００９

気温＝１２℃、湿度＝３７％ＲＨ、炉内圧力(Max)＝６．２Ｐａ

試験体内部の平均温度測定結果を別図１．４．１（５）－１に、炉内圧力測定結果を別図１．４．１（５）－２に、観察記録を別表１．４．１－５に示す。各温度測定点の測定結果は参考資料編に示す。

（６）試験体№６、試験体記号：LVL-D260

断面：150×400mm×2,050mm、樹種：ベイマツ、加熱時間：６０分

加熱方法：ISO/834

加熱開始後２分３８秒に試験体下面角に着火し、３分頃に全面に着火した。５分４５秒過ぎから表面の火炎の勢いが弱まって炭化層が確認できるようになり、継続的に燃焼し始めた。１５分４５秒頃から下面角部の炭化部分が小破片となって剥落し始めた。３９分頃から、試験体側面の炭化層が部分的に弾き飛んで脱落する現象が加熱終了まで見られた。

試験体内部温度は、下面から２ｃｍ、側面から３ｃｍのコーナー部分では、１６分３０秒頃に１００℃を超え、２６０℃を超えた時間は最高温度が３３分頃、平均温度が３４分過ぎであった。加熱終了の６０分時点での最高温度は８３４℃、４箇所の平均温度は８０４℃であった。試験体下面から２ｃｍ位置の温度は、１３分３０秒には１００℃を超え、２６０℃を超えた時間は最高温度が３２分頃、平均温度が３５分１５秒頃であった。加熱終了の６０分時点での最高温度は７０７℃、４箇所の平均温度は６３３℃であった。側面から３ｃｍ位置の温度は、２７分頃に１００℃を超え、最高温度は３９分３０秒頃に、平均温度は４２分３０秒過ぎに２６０℃を超え、加熱終了の６０分時点での最高温度６７２℃、８箇所の平均温度６２４℃であった。試験体下面から４ｃｍ位置の温度は、最高温度が４１分頃に１００℃を超え、加熱終了の６０分時点で、最高温度２２５℃、４箇所の平均温度１７８℃であった。

側面から６ｃｍ位置の温度は、加熱終了の６０分時点で最高温度９０℃、１０箇所の平均温度６４℃であった。

試験時の加熱条件等：プロパン消費量＝１２．５m^3、加熱比率＝１．０１６

気温＝１１℃、湿度＝３７％ＲＨ、炉内圧力(Max)＝６．４Ｐａ

試験体内部の平均温度測定結果を別図１．４．１（６）－１に、炉内圧力測定結果を別図１．４．１（６）－２に、観察記録を別表１．４．１－６に示す。各温度測定点の測定結果は参考資料編に示す。

（７）試験体№７、試験体記号：LVL-D330

断面：150×400mm×2,050mm、樹種：ベイマツ、加熱時間：３０分

加熱方法：JIS A 1304

加熱開始後１分４０秒に試験体下面角に着火後に全体に広がり、６分３０秒過ぎから表面の火炎の勢いが弱まって炭化層が確認できるようになった。その後、試験体全面にわたり、炭化層の亀裂が生じ、１２分頃から火炎の勢いが全体的に強まってきた。１４分過ぎから側面の炭化層が部分的に剥がれ始め、２４分５０秒頃に側面炭化層の一部が脱落し、凹部が生じた。

試験体内部温度は、下面から２ｃｍ、側面から３ｃｍのコーナー部分では、１１分１５秒頃に１００℃を超え、最高温度が２６分頃、平均温度が２９分５０秒頃に２６０℃を超えた。加熱終了した３０分時点での最高温度は３１９℃、４箇所の平均温度は２６２℃であった。試験体下面から２ｃｍ位置の温度は、１３分頃に１００℃を超え、最高温度は２９分１５秒頃に２６０℃を超えた。加熱終了した３０分時点での最高温度は２６９℃、４箇所の平均温度は２２５℃であった。側面から３ｃｍ位置の温度は、２４分３０秒頃に１００℃を超え、加熱終了の３０分時点での最高温度１２７℃、８箇所の平均温度１１３℃であった。試験体下面から４ｃｍ位置の温度は、加熱終了の３０分時点で、最高温度４９℃、４箇所の平均温度４４℃であった。側面から６ｃｍ位置の温度は、加熱終了の３０分時点で最高温度２１℃、１０箇所の平均温度１８℃であった。

試験時の加熱条件等：プロパン消費量＝５．２m^3、加熱比率＝１．０４７

気温＝１５℃、湿度＝４６％ＲＨ、炉内圧力(Max)＝６．７Ｐａ

試験体内部の平均温度測定結果を別図１．４．１（７）－１に、炉内圧力測定結果を別図１．４．１（７）－２に、観察記録を別表１．４．１－７に示す。各温度測定点の測定結果は参考資料編に示す。

（８）試験体№８、試験体記号：LVL-D360

断面：150×400mm×2,050mm、樹種：ベイマツ、加熱時間：６０分

加熱方法：JIS A 1304

加熱開始後２分３０秒に試験体下面角に着火し、４分頃に全面に着火した。４分３０秒頃から表面の火炎の勢いが弱まって炭化層が確認できるようになり、継続的に燃焼し始めた。１４分１０秒頃から側面の炭化部分が小破片となって剥落し始め、２２分頃から下面角部の収縮が認められるようになった。３５分頃から５０分頃まで、試験体側面の炭化層が部分的に弾き飛んで脱落する現象が見られた。

試験体内部温度は、下面から２ｃｍ、側面から３ｃｍのコーナー部分では、１２分２０秒頃に１００℃を超え、２６０℃を超えた時間は最高温度が２５分４５秒頃、平均温度が３４分１５秒頃であった。加熱終了の６０分時点での最高温度は８３９℃、４箇所の平均温度は８１８℃であった。試験体下面から２ｃｍ位置の温度は、１３分３０秒には１００℃を超え、２６０℃を超えた時間は最高温度が３４分頃、平均温度が３７分１５秒頃であった。加熱終了の６０分時点での最高温度は６７８℃、４箇所の平均温度は６２３℃であった。側面から３ｃｍ位置の温度は、２６分頃に１００℃を超え、最高温度は４２分過ぎに、平均温度は４４分３０秒頃に２６０℃を超え、加熱終了の６０分時点での最高温度６９８℃、８箇所の平均温度６１４℃であった。試験体下面から４ｃｍ位置の温度は、最高温度が４２分３０秒に１００℃を超え、加熱終了の６０分時点で、最高温度１８３℃、４箇所の平均温度１５９℃であった。側面から６ｃｍ位置の温度は、加熱終了の６０分時点で最高温度８４℃、１０箇所の平均温度６１℃であった。

試験時の加熱条件等：プロパン消費量＝１３．８m^3、加熱比率＝０．９９３

気温＝１６℃、湿度＝４６％ＲＨ、炉内圧力(Max)＝６．０Ｐａ

試験体内部の平均温度測定結果を別図１．４．１（８）－１に、炉内圧力測定結果を別図１．４．１（８）－２に、観察記録を別表１．４．１－８に示す。各温度測定点の測定結果は参考資料編に示す。

（９）試験体№９、試験体記号：LVL-K130

断面：150×300mm×2,050mm、樹種：カラマツ、加熱時間：３０分

加熱方法：ISO/834

加熱開始後３分１５秒に試験体下面角部に着火後、３分５５秒には試験体全体に着炎し、５分３０秒頃から表面の火炎の勢いが弱まって表面の炭化層が確認できるようになった。その後、７分３０秒頃から炎の勢いが強まり、炭化層の亀裂が生じて燃焼が継続し、１６分頃から炭化部分が破裂音とともに剥落し、火の粉が飛び出せてきた。２４分過ぎにも破裂音とともに炭化層が剥落し、火の粉が多量に飛び出した。

試験体内部温度は、下面から２ｃｍ、側面から３ｃｍのコーナー部分では、１８分３０秒頃に１００℃を超え、加熱終了した３０分時点での最高温度は１９２℃、４箇所の平均

温度は１８０℃であった。試験体下面から２ｃｍ位置の温度は、２２分２０秒頃に１００℃を超え、加熱終了した３０分時点での最高温度は１４１℃、４箇所の平均温度は１２４℃であった。側面から３ｃｍ位置の温度は、加熱終了した３０分に１００℃に達し、８箇所の平均温度９０℃であった。試験体下面から４ｃｍ位置の温度は、加熱終了の３０分時点で、最高温度３６℃、４箇所の平均温度３３℃であった。側面から６ｃｍ位置の温度は、加熱終了の３０分時点で最高温度１７℃、１０箇所の平均温度１４℃であった。

試験時の加熱条件等：プロパン消費量＝５．７m^3　、加熱比率＝１．００２

気温＝１１℃、湿度＝３２％ＲＨ、炉内圧力(Max)＝６．２Ｐａ

試験体内部の平均温度測定結果を別図１．４．１（９）－１に、炉内圧力測定結果を別図１．４．１（９）－２に、観察記録を別表１．４．１－９に示す。各温度測定点の測定結果は参考資料編に示す。

（１０）試験体№１０、試験体記号：LVL-K145

断面：150×300mm×2,050mm、樹種：カラマツ、加熱時間：４５分

加熱方法：ISO/834

加熱開始後２分５０秒に試験体下面角に着火し、３分５０秒頃に全面に着火した。５分頃から表面の火炎の勢いが弱まって炭化層が確認できるようになり、７分４０秒頃から試験体側面の炭化層が小片となって剥落し始めた。１２分頃から炎の勢いが強まり、１７分３０秒頃から炭化層が小片となって弾け飛んで脱落し、火の粉が発生した。１９分５０秒頃から試験体下面角部の収縮が目立ち始め、２６分に側面の炭化層の部分的な脱落により内部から炎が出始め、２７分頃にも炭化層の剥落が見られた。

試験体内部温度は、下面から２ｃｍ、側面から３ｃｍのコーナー部分では、１９分２０秒頃に１００℃を超え、２６０℃を超えた時間は最高温度が３４分１０秒頃、平均温度が３７分１０秒頃であった。加熱終了の４５分時点での最高温度は４４９℃、４箇所の平均温度は４２１℃であった。試験体下面から２ｃｍ位置の温度は、２５分に１００℃を超え、加熱終了の４５分時点での最高温度は２２１℃、４箇所の平均温度は２０２℃であった。側面から３ｃｍ位置の温度は、３０分４０秒頃に１００℃を超え、加熱終了の４５分時点での最高温度２２１℃、８箇所の平均温度１８９℃であった。試験体下面から４ｃｍ位置の温度は、加熱終了の４５分時点で、最高温度６１℃、４箇所の平均温度５３℃であった。側面から６ｃｍ位置の温度は、加熱終了の４５分時点で最高温度２４℃、１０箇所の平均温度２０℃であった。

試験時の加熱条件等：プロパン消費量＝９．４m^3　、加熱比率＝１．０１３

気温＝８℃、湿度＝３７％ＲＨ、炉内圧力(Max)＝６．８Ｐａ

試験体内部の平均温度測定結果を別図１．４．１（１０）－１に、炉内圧力測定結果を別図１．４．１（１０）－２に、観察記録を別表１．４．１－１０に示す。各温度測定点の測定結果は参考資料編に示す。

（１１）試験体№１１、試験体記号：LVL-K160

断面：150×300mm×2,050mm、樹種：カラマツ、加熱時間：６０分

加熱方法：ISO/834

加熱開始後５０秒頃に試験体下面角に着火し、２分４０秒頃に全面に着火した。５分４５秒過ぎから表面の火炎の勢いが弱まり、１０分３０秒過ぎから炭化部分が小破片となって剥落し始めた。その後も炭化層の剥落は加熱終了の０分まで継続して認められた。

試験体内部温度は、下面から２ｃｍ、側面から３ｃｍのコーナー部分では、１６分５０秒頃に１００℃を超え、２６０℃を超えた時間は最高温度が３４分２０秒頃、平均温度が３６分３０秒頃であった。加熱終了の６０分時点での最高温度は７８１℃、４箇所の平均温度は７１６℃であった。試験体下面から２ｃｍ位置の温度は、２５分１５秒頃に１００℃を超え、２６０℃を超えた時間は最高温度が４６分３０秒、平均温度が５１分頃であった。加熱終了の６０分時点での最高温度は４７６℃、４箇所の平均温度は３７１℃であった。側面から３ｃｍ位置の温度は、２９分４０秒頃に１００℃を超え、最高温度は４５分１０秒頃に、平均温度は４８分２０秒頃に２６０℃を超え、加熱終了の６０分時点での最高温度６３６℃、８箇所の平均温度４８７℃であった。試験体下面から４ｃｍ位置の温度は、最高温度が５６分４５秒頃に１００℃を超え、加熱終了の６０分時点で、最高温度１１１℃、４箇所の平均温度１０５℃であった。

側面から６ｃｍ位置の温度は、加熱終了の６０分時点で最高温度５６℃、１０箇所の平均温度４３℃であった。

試験時の加熱条件等：プロパン消費量＝１２．５m^3、加熱比率＝１．０１０

気温＝１１℃、湿度＝２９％ＲＨ、炉内圧力(Max)＝７．０Ｐａ

試験体内部の平均温度測定結果を別図１．４．１（１１）－１に、炉内圧力測定結果を別図１．４．１（１１）－２に、観察記録を別表１．４．１－１１に示す。各温度測定点の測定結果は参考資料編に示す。

（１２）試験体№１２、試験体記号：LVL-K230

断面：150×400mm×2,050mm、樹種：カラマツ、加熱時間：３０分

加熱方法：ISO/834

加熱開始後２分４０秒に試験体下面角部に着火し、３分５０秒には全体に広がり激しく燃焼したが、５分頃から表面の火炎の勢いが弱まって炭化層が確認できるようになった。７分４０秒頃から試験体側面の炭化層が小片となって弾け飛び、１７分１０秒には部分的に脱落した。その後、加熱終了まで炭化層が小片となっての剥落が継続した。

試験体内部温度は、下面から２ｃｍ、側面から３ｃｍのコーナー部分では、１９分３０秒に１００℃を超え、加熱終了した３０分時点での最高温度は１８５℃、４箇所の平均温度は１６５℃であった。試験体下面から２ｃｍ位置の温度は、２４分４０秒頃に１００℃を超え、加熱終了した３０分時点での最高温度は１２７℃、４箇所の平均温度は１１８℃

であった。側面から３ｃｍ位置の温度は、加熱終了の３０分時点での最高温度９８℃、８箇所の平均温度８８℃であった。試験体下面から４ｃｍ位置の温度は、加熱終了の３０分時点で、最高温度２７℃、４箇所の平均温度２６℃であった。側面から６ｃｍ位置の温度は、加熱終了の３０分時点で最高温度１６℃、１０箇所の平均温度１４℃であった。

試験時の加熱条件等：プロパン消費量＝５．７m^3　、加熱比率＝１．００５

気温＝１３℃、湿度＝３８％ＲＨ、炉内圧力(Max)＝６．２Ｐａ

試験体内部の平均温度測定結果を別図１．４．１（１２）－１に、炉内圧力測定結果を別図１．４．１（１２）－２に、観察記録を別表１．４．１－１２に示す。各温度測定点の測定結果は参考資料編に示す。

（１３）試験体№１３、試験体記号：LVL-K245

断面：150×400mm×2,050mm、樹種：カラマツ、加熱時間：４５分

加熱方法：ISO/834

加熱開始後２分４０秒に試験体下面角に着火し、３分に試験体全面に着火した。４分４０秒頃から全体の火炎の勢いが弱くなり、６分頃から表面の炭化層が小片となって弾け飛ぶように剥落し始め、加熱終了まで炭化層の剥落が見られた。

試験体内部温度は、下面から２ｃｍ、側面から３ｃｍのコーナー部分では、１７分３０秒に１００℃を超え、２６０℃を超えた時間は最高温度が３
分１０秒頃、平均温度が３７分３０秒過ぎであった。加熱終了の４５分時点での最高温度は４９３℃、４箇所の平均温度は４１０℃であった。試験体下面から２ｃｍ位置の温度は、２４分２０秒頃に１００℃を超え、２６０℃を超えた時間は最高温度が４４分３０秒であった。加熱終了の４５分時点での最高温度は２６５℃、４箇所の平均温度は２５１℃であった。側面から３ｃｍ位置の温度は、３０分に１００℃を超え、２６０℃を超えた時間は最高温度が４４分１０秒頃であった。加熱終了の４５分時点での最高温度２７９℃、８箇所の平均温度１９８℃であった。試験体下面から４ｃｍ位置の温度は、加熱終了の４５分時点で、最高温度６７℃、４箇所の平均温度５８℃であった。
側面から６ｃｍ位置の温度は、加熱終了の４５分時点で最高温度２９℃、１０箇所の平均温度１９℃であった。

試験時の加熱条件等：プロパン消費量＝８．３m^3　、加熱比率＝１．０２３

気温＝１０℃、湿度＝３７％ＲＨ、炉内圧力(Max)＝７．５Ｐａ

試験体内部の平均温度測定結果を別図１．４．１（１３）－１に、炉内圧力測定結果を別図１．４．１（１３）－２に、観察記録を別表１．４．１－１３に示す。各温度測定点の測定結果は参考資料編に示す。

（１４）試験体№１４、試験体記号：LVL-K260

断面：150×400mm×2,050mm、樹種：カラマツ、加熱時間：６０分

加熱方法：ISO/834

加熱開始後２分１４秒に試験体下面角に着火し、３分１８秒に全面に着火した。６分４５秒過ぎから表面の火炎の勢いが弱まって炭化層が確認できるようになり、継続的に燃焼し始めた。７分４３秒に試験体側面の炭化層が小片となって弾け飛び始め、８分５０秒頃から炭化部分が小破片となって脱落し始めた。その後も小片の剥落と部分的な脱落は加熱終了まで見られた。

試験体内部温度は、下面から２ｃｍ、側面から３ｃｍのコーナー部分では、１４分１０秒頃に１００℃を超え、２６０℃を超えた時間は最高温度が３２分２０秒頃、平均温度が３３分過ぎであった。加熱終了の６０分時点での最高温度は７７８℃、４箇所の平均温度は７６０℃であった。試験体下面から２ｃｍ位置の温度は、１７分に１００℃を超え、２６０℃を超えた時間は最高温度が３４分過ぎ、平均温度が３７分５０秒頃であった。加熱終了の６０分時点での最高温度は６２５℃、４箇所の平均温度は５６９℃であった。側面から３ｃｍ位置の温度は、２９分３０秒過ぎに１００℃を超え、最高温度は４３分４５秒頃に、平均温度は４７分頃に２６０℃を超え、加熱終了の６０分時点での最高温度６１８℃、８箇所の平均温度５６４℃であった。試験体下面から４ｃｍ位置の温度は、最高温度が４９分３０秒に１００℃を超え、加熱終了の６０分時点で、最高温度１３２℃、４箇所の平均温度１２１℃であった。

側面から６ｃｍ位置の温度は、加熱終了の６０分時点で最高温度５９℃、１０箇所の平均温度４６℃であった。

試験時の加熱条件等：プロパン消費量＝１１．７m^3、加熱比率＝１．０２４

気温＝１２℃、湿度＝４６％ＲＨ、炉内圧力(Max)＝７．４Ｐａ

試験体内部の平均温度測定結果を別図１．４．１（１４）－１に、炉内圧力測定結果を別図１．４．１（１４）－２に、観察記録を別表１．４．１－１４に示す。各温度測定点の測定結果は参考資料編に示す。

１．４．２　炭化深さ測定結果

試験体の炭化深さは、加熱終了後加熱炉から速やかに搬出し、写真撮影終了後に注水消火し、試験体の中央付近、試験体中央から５０ｃｍ離れた位置の３箇所をチェンソーで切断し、その後昇降盤で断面を平滑に切断した。切断後、炭化層を治具で掻き落とし、金ブラシで炭化部分を削り落とし、炭化深さ及び変色域の測定を行った。なお変色域は、いずれの試験体でも、炭化層から約２～３ｍｍの範囲であった。炭化深さ測定結果の概要を表１．４．２－１に示す。

（１）試験体№１、試験体記号：LVL-D130　加熱方法：ISO/834

断面：150×300mm×2,050mm、樹種：ベイマツ、加熱時間：３０分

３０分の加熱終了後に、加熱炉から速やかに取り出し、注水消火後３箇所の断面をチェンソーで切り落とし、炭化深さを測定した。はりせい方向は５ｃｍ毎、はり幅方向は３ｃｍ毎に区切った炭化深さ測定結果を別図１．４．２－１に示す。

試験体側面の炭化深さは、最小値：14mm、最大値：23mm、平均値：19.6mm、試験体底部の炭化深さは、最小値：19mm、最大値：21mm、平均値：20.3mm、コーナー部（角部分から内部に４５度方向の炭化深さ）では最小値：38mm、最大値：40mm、平均値：38.5mmであった。また、コーナー部分を除いた断面の平均炭化深さは19.7mm、平均炭化速度は０．６６ｍｍ／分であった。

（２）試験体№２、試験体記号：LVL-D145　加熱方法：ISO/834

断面：150×300mm×2,050mm、樹種：ベイマツ、加熱時間：４５分

４５分の加熱終了後に、加熱炉から速やかに取り出し、注水消火後３箇所の断面をチェンソーで切り落とし、炭化深さを測定した。はりせい方向は５ｃｍ毎、はり幅方向は３ｃｍ毎に区切った炭化深さ測定結果を別図１．４．２－２に示す。

試験体側面の炭化深さは、最小値：25mm、最大値：32mm、平均値：28.0mm、試験体底部の炭化深さは、最小値：26mm、最大値：30mm、平均値：28.3mm、コーナー部（角部分から内部に４５度方向の炭化深さ）では最小値：49mm、最大値：54mm、平均値：50.8mmであった。また、コーナー部分を除いた断面の平均炭化深さは28.1mm、平均炭化速度は０．６２ｍｍ／分であった。

（３）試験体№３、試験体記号：LVL-D160　加熱方法：ISO/834

断面：150×300mm×2,050mm、樹種：ベイマツ、加熱時間：６０分

６０分の加熱終了後に、加熱炉から速やかに取り出し、注水消火後３箇所の断面をチェンソーで切り落とし、炭化深さを測定した。はりせい方向は５ｃｍ毎、はり幅方向は３ｃｍ毎に区切った炭化深さ測定結果を別図１．４．２－３に示す。

試験体側面の炭化深さは、最小値：30mm、最大値：49mm、平均値：38.5mm、試験体底部の炭化深さは、最小値：40mm、最大値：45mm、平均値：41.5mm、コーナー部（角部分から

内部に４５度方向の炭化深さ）では最小値：60mm、最大値：69mm、平均値：65.7mmであった。また、コーナー部分を除いた断面の平均炭化深さは39.0mm、平均炭化速度は０．６５ｍｍ／分であった。

（４）試験体№４、試験体記号：LVL-D230　加熱方法：ISO/834
断面：150×400mm×2,050mm、樹種：ベイマツ、加熱時間：３０分

３０分の加熱終了後に、加熱炉から速やかに取り出し、注水消火後３箇所の断面をチェンソーで切り落とし、炭化深さを測定した。はりせい方向は５ｃｍ毎、はり幅方向は３ｃｍ毎に区切った炭化深さ測定結果を別図１．４．２－４に示す。

試験体側面の炭化深さは、最小値：16mm、最大値：24mm、平均値：20.8mm、試験体底部の炭化深さは、最小値：20mm、最大値：23mm、平均値：22.0mm、コーナー部（角部分から内部に４５度方向の炭化深さ）では最小　：39mm、最大値：41mm、平均値：40.3mmであった。また、コーナー部分を除いた断面の平均炭化深さは20.9mm、平均炭化速度は０．７０ｍｍ／分であった。

（５）試験体№５、試験体記号：LVL-D245　加熱方法：ISO/834
断面：150×400mm×2,050mm、樹種：ベイマツ、加熱時間：４５分

４５分の加熱終了後に、加熱炉から速やかに取り出し、注水消火後３箇所の断面をチェンソーで切り落とし、炭化深さを測定した。はりせい方向は５ｃｍ毎、はり幅方向は３ｃｍ毎に区切った炭化深さ測定結果を別図１．４．２－５に示す。

試験体側面の炭化深さは、最小値：25mm、最大値：32mm、１均値：28.8mm、試験体底部の炭化深さは、最小値：26mm、最大値：28mm、平均値：26.8mm、コーナー部（角部分から内部に４５度方向の炭化深さ）では最小値：50mm、最大値：53mm、平均値：52.2mmであった。また、コーナー部分を除いた断面の平均炭化深さは28.6mm、平均炭化速度は０．６４ｍｍ／分であった。

（６）試験体№６、試験体記号：LVL-D260　加熱方法：ISO/834
断面：150×400mm×2,050mm、樹種：ベイマツ、加熱時間：６０分

６０分の加熱終了後に、加熱炉から速やかに取り出し、注水消火後３箇所の断面をチェンソーで切り落とし、炭化深さを測定した。はりせい方向は５ｃｍ毎、はり幅方向は３ｃｍ毎に区切った炭化深さ測定結果を別図１．４．２－６に示す。

試験体側面の炭化深さは、最小値：35mm、最大値：51mm、平均値：40.6mm、試験体底部の炭化深さは、最小値：42mm、最大値：46mm、平均値：44.2mm、コーナー部（角部分から内部に４５度方向の炭化深さ）では最小値：69mm、最大値：71mm、平均値：69.8mmであった。また、コーナー部分を除いた断面の平均炭化深さは41.1mm、平均炭化速度は０．６９ｍｍ／分であった。

（７）試験体№７、試験体記号：LVL-D330　加熱方法：JIS A 1304
断面：150×400mm×2,050mm、樹種：ベイマツ、加熱時間：３０分

３０分の加熱終了後に、加熱炉から速やかに取り出し、注水消火後３箇所の断面をチェンソーで切り落とし、炭化深さを測定した。はりせい方向は５ｃｍ毎、はり幅方向は３ｃｍ毎に区切った炭化深さ測定結果を別図１．４．２－７に示す。

試験体側面の炭化深さは、最小値：19mm、最大値：25mm、平均値：21.3mm、試験体底部の炭化深さは、最小値：22mm、最大値：26mm、平均値：23.7mm、コーナー部（角部分から内部に４５度方向の炭化深さ）では最小値：41mm、最大値：44mm、平均値：42.0mmであった。また、コーナー部分を除いた断面の平均炭化深さは21.6mm、平均炭化速度は０．７２ｍｍ／分であった。

（８）試験体№８、試験体記号：LVL-D360　加熱方法：JIS A 1304
断面：150×400mm×2,050mm、樹種：ベイマツ、加熱時間：６０分

６０分の加熱終了後に、加熱炉から速やかに取り出し、注水消火後３箇所の断面をチェンソーで切り落とし、炭化深さを測定した。はりせい方向は５ｃｍ毎、はり幅方向は３ｃｍ毎に区切った炭化深さ測定結果を別図１．４．２－８に示す。

試験体側面の炭化深さは、最小値：32mm、最大値：47mm、平均値：38.0mm、試験体底部の炭化深さは、最小値：40mm、最大値：42mm、平均値：41.0mm、コーナー部（角部分から内部に４５度方向の炭化深さ）では最小値：64mm、最大値：69mm、平均値：66.5mmであった。また、コーナー部分を除いた断面の平均炭化深さは38.0mm、平均炭化速度は０．６４ｍｍ／分であった。

（９）試験体№９、試験体記号：LVL-K130　加熱方法：ISO/834
断面：150×300mm×2,050mm、樹種：カラマツ、加熱時間：３０分

３０分の加熱終了後に、加熱炉から速やかに取り出し、注水消火後３箇所の断面をチェンソーで切り落とし、炭化深さを測定した。はりせい方向は５ｃｍ毎、はり幅方向は３ｃｍ毎に区切った炭化深さ測定結果を別図１．４．２－９に示す。

試験体側面の炭化深さは、最小値：16mm、最大値：25mm、平均値：18.3mm、試験体底部の炭化深さは、最小値：16mm、最大値：18mm、平均値：16.5mm、コーナー部（角部分から内部に４５度方向の炭化深さ）では最小値：33mm、最大値：35mm、平均値：34.3mmであった。また、コーナー部分を除いた断面の平均炭化深さは18.0mm、平均炭化速度は０．６０ｍｍ／分であった。

（１０）試験体№１０、試験体記号：LVL-K145　加熱方法：ISO/834
断面：150×300mm×2,050mm、樹種：カラマツ、加熱時間：４５分

４５分の加熱終了後に、加熱炉から速やかに取り出し、注水消火後３箇所の断面をチェ

ンソーで切り落とし、炭化深さを測定した。はりせい方向は５ｃｍ毎、はり幅方向は３ｃｍ毎に区切った炭化深さ測定結果を別図１．４．２－１０に示す。

試験体側面の炭化深さは、最小値：24mm、最大値：32mm、平均値：27.1mm、試験体底部の炭化深さは、最小値：22mm、最大値：27mm、平均値：24.7mm、コーナー部（角部分から内部に４５度方向の炭化深さ）では最小値：46mm、最大値：48mm、平均値：47.2mmであった。また、コーナー部分を除いた断面の平均炭化深さは26.7mm、平均炭化速度は０．５９ｍｍ／分であった。

（１１）試験体№１１、試験体記号：LVL-K160　加熱方法：ISO/834

断面：150×300mm×2,050mm、樹種：カラマツ、加熱時間：６０分

６０分の加熱終了後に、加熱炉から速やかに取り出し、注水消火後３箇所の断面をチェンソーで切り落とし、炭化深さを測定した。はりせい方向は５ｃｍ毎、はり幅方向は３ｃｍ毎に区切った炭化深さ測定結果を別図１．４．２－１１に示す。

試験体側面の炭化深さは、最小値：31mm、最大値：44mm、平均値：35.5mm、試験体底部の炭化深さは、最小値：30mm、最大値：32mm、平均値：30.8mm、コーナー部（角部分から内部に４５度方向の炭化深さ）では最小値：56mm、最大値：59mm、平均値：57.3mmであった。また、コーナー部分を除いた断面の平均炭化深さは34.7mm、平均炭化速度は０．５８ｍｍ／分であった。

（１２）試験体№１２、試験体記号：LVL-K230　加熱方法：ISO/834

断面：150×400mm×2,050mm、樹種：カラマツ、加熱時間：３０分

３０分の加熱終了後に、加熱炉から速やかに取り出し、注水消火後３箇所の断面をチェンソーで切り落とし、炭化深さを測定した。はりせい方向は５ｃｍ毎、はり幅方向は３ｃｍ毎に区切った炭化深さ測定結果を別図１．４．２－１２に示す。

試験体側面の炭化深さは、最小値：16mm、最大値：22mm、平均値：19.0mm、試験体底部の炭化深さは、最小値：16mm、最大値：20mm、平均値：17.8mm、コーナー部（角部分から内部に４５度方向の炭化深さ）では最小値：34mm、最大値：38mm、平均値：35.7mmであった。また、コーナー部分を除いた断面の平均炭化深さは18.9mm、平均炭化速度は０．６３ｍｍ／分であった。

（１３）試験体№１３、試験体記号：LVL-K245　加熱方法：ISO/834

断面：150×400mm×2,050mm、樹種：カラマツ、加熱時間：４５分

４５分の加熱終了後に、加熱炉から速やかに取り出し、注水消火後３箇所の断面をチェンソーで切り落とし、炭化深さを測定した。はりせい方向は５ｃｍ毎、はり幅方向は３ｃｍ毎に区切った炭化深さ測定結果を別図１．４．２－１３に示す。

試験体側面の炭化深さは、最小値：22mm、最大値：31mm、平均値：26.4mm、試験体底部

の炭化深さは、最小値：26mm、最大値：31mm、平均値：28.7mm、コーナー部（角部分から内部に４５度方向の炭化深さ）では最小値：47mm、最大値：53mm、平均値：49.3mmであった。また、コーナー部分を除いた断面の平均炭化深さは26.7mm、平均炭化速度は０．５９ｍｍ／分であった。

（１４）試験体№１４、試験体記号：LVL-K260　加熱方法：ISO/834
断面：150×400mm×2,050mm、樹種：カラマツ、加熱時間：６０分

６０分の加熱終了後に、加熱炉から速やかに取り出し、注水消火後３箇所の断面をチェンソーで切り落とし、炭化深さを測定した。はりせい方向は５ｃｍ毎、はり幅方向は３ｃｍ毎に区切った炭化深さ測定結果を別図１．４．２－１４に示す。

試験体側面の炭化深さは、最小値：30mm、最大値：43mm、平均値：35.9mm、試験体底部の炭化深さは、最小値：37mm、最大値：40mm、平均値：37.8mm、コーナー部（角部分から内部に４５度方向の炭化深さ）では最小値：60mm、最大値：65mm、平均値：63.0mmであった。また、コーナー部分を除いた断面の平均炭化深さは36.1mm、平均炭化速度は０．６０ｍｍ／分であった。

表1．4．2－1　ＬＶＬ加熱試験、炭化深さ測定結果概要一覧表

No.	試験体 記号	樹種	加熱方法 加熱時間	気乾比重 g/cm³	含水率 (%)	炭化深さ（mm）・実測 コーナー部 最大	コーナー部 最小	コーナー部 平均	底面 最大	底面 最小	底面 平均	側面 最大	側面 最小	側面 平均	平均炭化深さ（コーナー部を除く） (mm)	測定数	平均炭化速度(mm/分)（断面の平均炭化深さ/加熱時間） 側・底面	コーナー部
1	LVL-D130	ﾍﾞｲﾏﾂ	30分	0.658	9.9	40	38	38.5	21	19	20.3	23	14	19.6	19.7	36	0.66	1.28
2	LVL-D145	ﾍﾞｲﾏﾂ	ISO 45分	0.611	9.5	54	49	50.8	30	26	28.3	32	25	28.0	28.1	36	0.62	1.13
3	LVL-D160	ﾍﾞｲﾏﾂ	60分	0.617	9.6	69	60	65.7	45	40	41.5	49	30	38.5	39.0	36	0.65	1.10
4	LVL-D230	ﾍﾞｲﾏﾂ	30分	0.647	9.9	41	39	40.3	23	20	22.0	24	16	20.8	20.9	48	0.70	1.34
5	LVL-D245	ﾍﾞｲﾏﾂ	ISO 45分	0.628	9.4	53	50	52.2	28	26	26.8	32	25	28.8	28.6	48	0.64	1.16
6	LVL-D260	ﾍﾞｲﾏﾂ	60分	0.636	9.0	71	69	69.8	46	42	44.2	51	35	40.6	41.1	48	0.69	1.16
7	LVL-D330	ﾍﾞｲﾏﾂ	JIS 30分	0.630	8.8	44	41	42.0	26	22	23.7	25	19	21.3	21.6	48	0.72	1.40
8	LVL-D360	ﾍﾞｲﾏﾂ	60分	0.598	10.1	69	64	66.5	42	40	41.0	47	32	38.0	38.4	48	0.64	1.11
9	LVL-K130	ｶﾗﾏﾂ	30分	0.738	10.1	35	33	34.3	18	16	16.5	25	16	18.3	18.0	36	0.60	1.14
10	LVL-K145	ｶﾗﾏﾂ	ISO 45分	0.743	11.3	48	46	47.2	27	22	24.7	32	24	27.1	26.7	36	0.59	1.05
11	LVL-K160	ｶﾗﾏﾂ	60分	0.738	10.7	59	56	57.3	32	30	30.8	44	31	35.5	34.7	36	0.58	0.96
12	LVL-K230	ｶﾗﾏﾂ	30分	0.720	11.1	38	34	35.7	20	16	17.8	22	16	19.0	18.9	48	0.63	1.19
13	LVL-K245	ｶﾗﾏﾂ	ISO 45分	0.729	11.2	53	47	49.3	31	26	28.7	31	22	26.4	26.7	48	0.59	1.10
14	LVL-K260	ｶﾗﾏﾂ	60分	0.719	10.2	65	60	63.0	40	37	37.8	43	30	35.9	36.1	48	0.60	1.05

記号：D=ﾀﾞｸﾞﾗｽﾌｧｰ(ﾍﾞｲﾏﾂ)、K=ｶﾗﾏﾂ、1=梁せい30cm、2・3=梁せい40cm、30・45・60=加熱時間

注１：ｺｰﾅｰ部は45度方向の深さを測定した。　注２：含水率は、試験前に端部からサンプルを切り出して絶乾法により測定した。

１．５　まとめ（ＬＶＬはりの無載荷耐火加熱試験）

各試験体の内部温度測定結果の概要を表１．５－１に示す。また、試験体底面及び側面の平均炭化深さと平均炭化速度並びに各測定点温度が２６０℃を超えた時間をまとめたものを表１．５－２に示す。

１）試験体内部温度は、３０分加熱では深さ20mm位置で２６０℃に達していなかった。４５分加熱では、ベイマツが深さ30mm位置で２６０℃を超えたが、カラマツでは最高温度が１９８℃であった。６０分加熱では、深さ30mm位置の温度が４３分から４８分頃に２６０℃を超えた。従って、比重の高いカラマツは内部温度の上昇が遅くなった。

２）加熱終了後の炭化深さの測定は、加熱終了後速やかに試験体を取り出して注水消火し、３箇所の断面を切り出して行った。その結果、表１．５－２に示すように、側面に比べ底部の燃焼が早くなることが認められた。

３）試験体の炭化深さは、表１．５－２並びに試験体中央部の炭化状況を図１．５－１～図１．５－５に示すように、ベイマツ材では３０分加熱で２０～２１ｍｍ、４５分加熱で２８～２９ｍｍ、６０分加熱では３９～４１ｍｍであった。カラマツ材では３０分加熱で１８～１９ｍｍ、４５分加熱で２６～２７ｍｍ、６０分加熱で３６ｍｍとなった。また、ベイツガのＪＩＳ加熱による炭化深さは、ＩＳＯ加熱とほとんど差がなかった。

４）ＬＶＬはりの炭化速度は、コーナー部を除いた底面と側面の平均炭化深さを加熱時間で除して計算を行い表１．５－２に示した。その結果、ベイマツ材では０．６２ｍｍ／分～０．７１ｍｍ／分、カラマツ材では０．５８ｍｍ／分～０．６３ｍｍ／分となった。また、内部温度が２６０℃に到達した時を炭化の開始時間と想定すると、深さ２０ｍｍ位置又は３０ｍｍ位置が２６０℃に達した時間で各深さを除すと温度換算の炭化速度が得られ、これを表１．５－２に示す。この場合の炭化速度はベイマツ材で０．６３ｍｍ／分～０．７０ｍｍ／分、カラマツ材で０．６２ｍｍ／分～０．６４ｍｍ／分となった。従って、炭化速度はベイマツ材に比べカラマツ材の方が低くなったが、ベイマツの気乾比重０．６３ｇ／ｃｍ^{3}に対しカラマツの気乾比重が０．７３ｇ／ｃｍ^{3}と大きいために炭化速度が小さくなったと考えられる。

５）ＩＳＯ耐火加熱曲線とＪＩＳ耐火加熱曲線による差については、ＩＳＯ３０分加熱の炭化速度が０．７０ｍｍ／分、６０分加熱が０．６９ｍｍ／分に対し、ＪＩＳ３０分加熱の炭化速度が０．７２ｍｍ／分、６０分加熱が０．６４ｍｍ／分となった。３０分加熱ではＪＩＳ加熱の方が早くなり、６０分加熱ではＩＳＯの方が早くなったがその差は小さく、ＩＳＯ加熱とＪＩＳ加熱では、ほぼ同程度の加熱強度と考えられる。

６）大断面構造用集成材のはりの平均炭化速度は、既往の結果＊ではベイマツ及びトドマツで０．６０ｍｍ／分に対し、今回実施したベイマツＬＶＬはりの平均炭化速度は０．６５ｍｍ／分であった。従って、ＬＶＬは集成材に比べ炭化速度が少し速くなった。

（＊：中村、最上、宮林外、構造用集成材の耐火性能（その１，その２）、日本建築学会学術講演梗概集（関東）、昭和59年10月）

表１．５－１　ＬＶＬ加熱試験、温度測定結果一覧表

No.	試験体記号	樹種	加熱方法 加熱時間	気乾比重 g/cm³	含水率 (%)	最高温度が２６０℃を超えた時間（分） コーナー部	深さ2cm	深さ3cm	深さ4cm	深さ6cm	平均温度が２６０℃を超えた時間（分） コーナー部	深さ2cm	深さ3cm	深さ4cm	深さ6cm
1	LVL-D130	ﾍﾞｲﾏﾂ	30分	0.658	9.9	(234℃)	(148℃)	(110℃)	(34℃)	(12℃)	(195℃)	(130℃)	(97℃)	(29℃)	(11℃)
2	LVL-D145		ISO 45分	0.611	9.5	31.6	37.5	41.1	(107℃)	(42℃)	34.7	41.0	(259℃)	(95℃)	(26℃)
3	LVL-D160		60分	0.617	9.6	36.1	39.3	44.4	(134℃)	(68℃)	38.2	45.5	47.8	(119℃)	(54℃)
4	LVL-D230	ﾍﾞｲﾏﾂ	30分	0.647	9.9	(246℃)	(202℃)	(106℃)	(40℃)	(16℃)	(219℃)	(176℃)	(100℃)	(36℃)	(13℃)
5	LVL-D245		ISO 45分	0.628	9.4	30.9	39.4	42.6	(87℃)	(40℃)	36.8	44.3	44.7	(78℃)	(30℃)
6	LVL-D260		60分	0.636	9.0	32.9	31.9	39.4	(225℃)	(90℃)	34.1	34.7	42.6	(178℃)	(64℃)
7	LVL-D330	ﾍﾞｲﾏﾂ	JIS 30分	0.630	8.8	26.1	29.3	(127℃)	(49℃)	(21℃)	29.8	(225℃)	(114℃)	(44℃)	(18℃)
8	LVL-D360		60分	0.598	10.1	32.8	34.1	42.1	(183℃)	(84℃)	34.3	37.2	44.5	(159℃)	(61℃)
9	LVL-K130	ｶﾗﾏﾂ	30分	0.738	10.1	(192℃)	(141℃)	(100℃)	(36℃)	(17℃)	(180℃)	(124℃)	(90℃)	(33℃)	(14℃)
10	LVL-K145		ISO 45分	0.743	11.3	34.2	(221℃)	(221℃)	(61℃)	(24℃)	37.2	(202℃)	(189℃)	(53℃)	(20℃)
11	LVL-K160		60分	0.738	10.7	34.4	46.5	45.2	(111℃)	(56℃)	36.5	51.0	48.4	(105℃)	(43℃)
12	LVL-K230	ｶﾗﾏﾂ	30分	0.720	11.1	(185℃)	(127℃)	(98℃)	(27℃)	(16℃)	(165℃)	(118℃)	(88℃)	(26℃)	(14℃)
13	LVL-K245		ISO 45分	0.729	11.2	35.1	44.5	44.3	(67℃)	(29℃)	37.5	(251℃)	(198℃)	(58℃)	(19℃)
14	LVL-K260		60分	0.719	10.2	32.4	34.1	43.7	(132℃)	(59℃)	33.0	37.8	46.9	(121℃)	(46℃)

記号：D＝ﾀﾞｸﾞﾗｽﾌｧｰ(ﾍﾞｲﾏﾂ)、K＝ｶﾗﾏﾂ、　1＝梁せい30cm、2･3＝梁せい40cm、30･45･60＝加熱時間

注１：コーナー部は、試験体側面から 3cm、底面から 2cmの深さ位置。

注２：含水率は、試験前に端部からサンプルを切り出して絶乾法により測定した。

表1．5－2　ＬＶＬ加熱試験、炭化・温度・炭化速度一覧表

No.	試験体 記号	樹種	加熱方法 加熱時間	気乾比重 g/cm³	含水率 (%)	炭化深さ(mm)・実測 底面 最大	底面 最小	底面 平均	側面 最大	側面 最小	側面 平均	平均温度260℃到達時間と深さ ( )内は最高温度 底部	260℃到達	側面	260℃到達	平均炭化速度(mm/分)(全断面の平均炭化深さ/到達時間) 実測から換算	温度から換算
1	LVL-D130	ﾍﾞｲﾏﾂ	30分	0.658	9.9	21	19	20.3	23	14	19.7	20mm	(148℃)	30mm	(110℃)	0.66	
2	LVL-D145	ﾍﾞｲﾏﾂ	ISO 45分	0.611	9.5	30	26	28.3	32	25	28.1	20mm	41.0	30mm	45.0	0.62	0.67
3	LVL-D160	ﾍﾞｲﾏﾂ	60分	0.617	9.6	45	40	41.5	49	30	38.5	20mm	45.5	30mm	47.8	0.65	0.63
4	LVL-D230	ﾍﾞｲﾏﾂ	30分	0.647	9.9	23	20	22.0	24	16	20.8	20mm	(176℃)	30mm	(100℃)	0.70	
5	LVL-D245	ﾍﾞｲﾏﾂ	ISO 45分	0.628	9.4	28	26	26.8	32	25	28.8	20mm	44.3	30mm	44.7	0.64	0.67
6	LVL-D260	ﾍﾞｲﾏﾂ	60分	0.636	9.0	46	42	44.2	51	35	40.6	20mm	34.7	30mm	42.7	0.69	0.70
7	LVL-D330	ﾍﾞｲﾏﾂ	JIS 30分	0.630	8.8	26	22	23.7	25	19	21.3	20mm	(225℃)	30mm	(114℃)	0.72	
8	LVL-D360	ﾍﾞｲﾏﾂ	60分	0.598	10.1	42	40	41.0	47	32	38.0	20mm	37.2	30mm	44.5	0.64	0.67
9	LVL-K130	ｶﾗﾏﾂ	30分	0.738	10.1	18	16	16.5	25	16	18.3	20mm	(124℃)	30mm	(90℃)	0.60	
10	LVL-K145	ｶﾗﾏﾂ	ISO 45分	0.743	11.3	27	22	24.7	32	24	27.1	20mm	(202℃)	30mm	(189℃)	0.59	
11	LVL-K160	ｶﾗﾏﾂ	60分	0.738	10.7	32	30	30.8	44	31	35.5	20mm	51.0	30mm	48.4	0.58	0.62
12	LVL-K230	ｶﾗﾏﾂ	30分	0.720	11.1	20	16	17.8	22	16	19.0	20mm	(118℃)	30mm	(88℃)	0.63	
13	LVL-K245	ｶﾗﾏﾂ	ISO 45分	0.729	11.2	31	26	28.7	31	22	26.4	20mm	(251℃)	30mm	(198℃)	0.59	
14	LVL-K260	ｶﾗﾏﾂ	60分	0.719	10.2	40	37	37.8	43	30	35.9	20mm	37.8	30mm	46.9	0.60	0.64

記号：D=ﾀﾞｸﾞﾗｽﾌｧｰ(ﾍﾞｲﾏﾂ)、K=ｶﾗﾏﾂ、1=梁せい30cm、2・3=梁せい40cm、30・45・60=加熱時間

注１：含水率は、試験前に端部からサンプルを切り出して絶乾法により測定した。

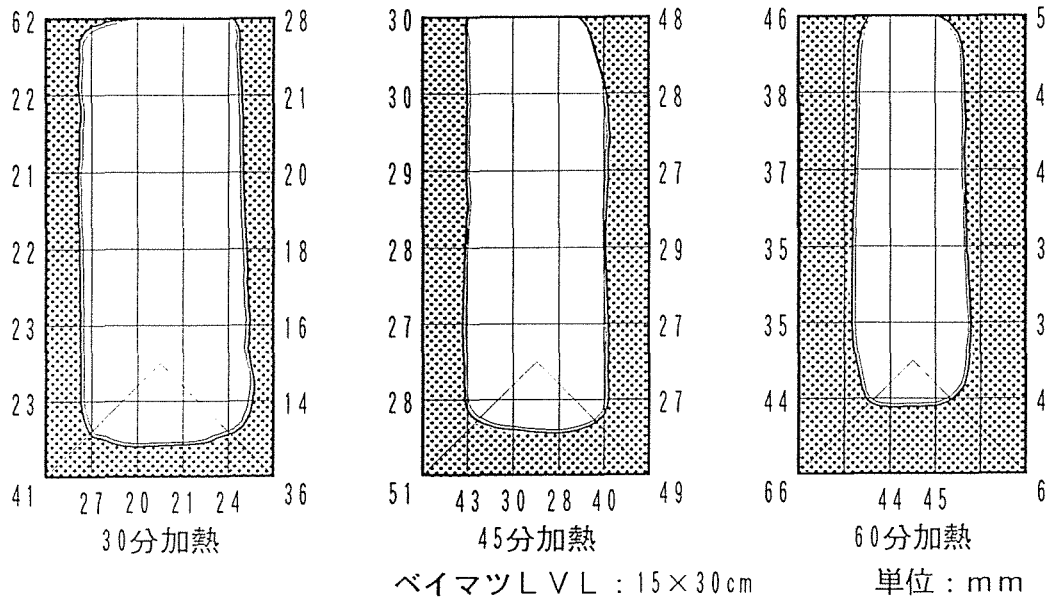


図１．５－１　加熱時間と炭化深さ（試験体中央部）

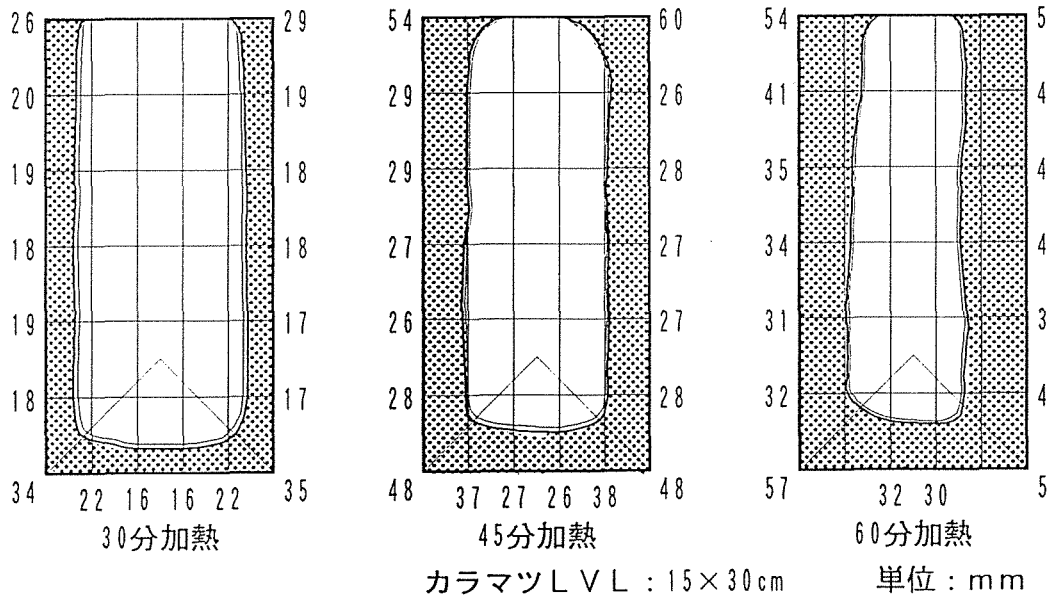


図１．５－２　加熱時間と炭化深さ（試験体中央部）

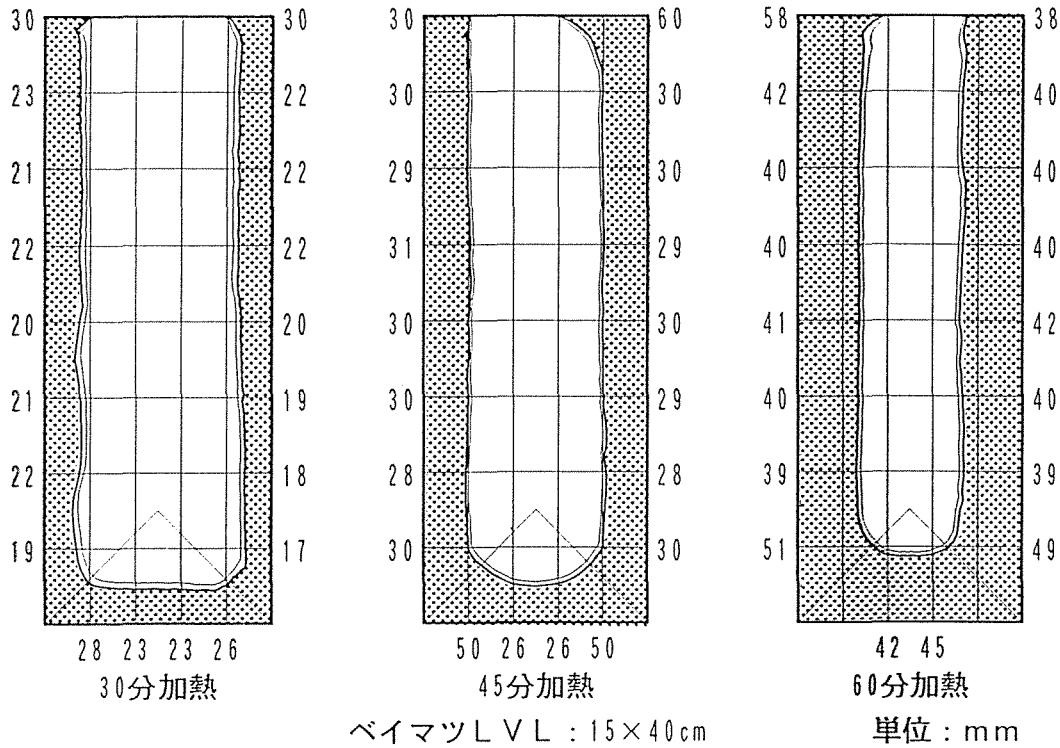


図１．５－３　加熱時間と炭化深さ（試験体中央部）

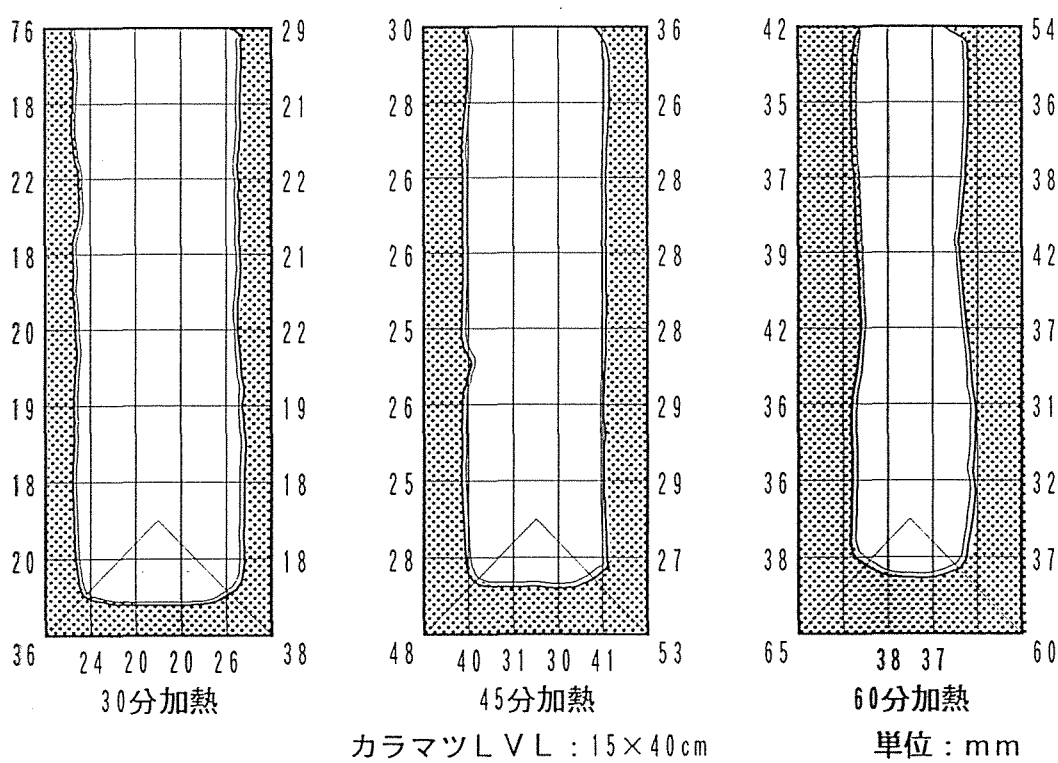
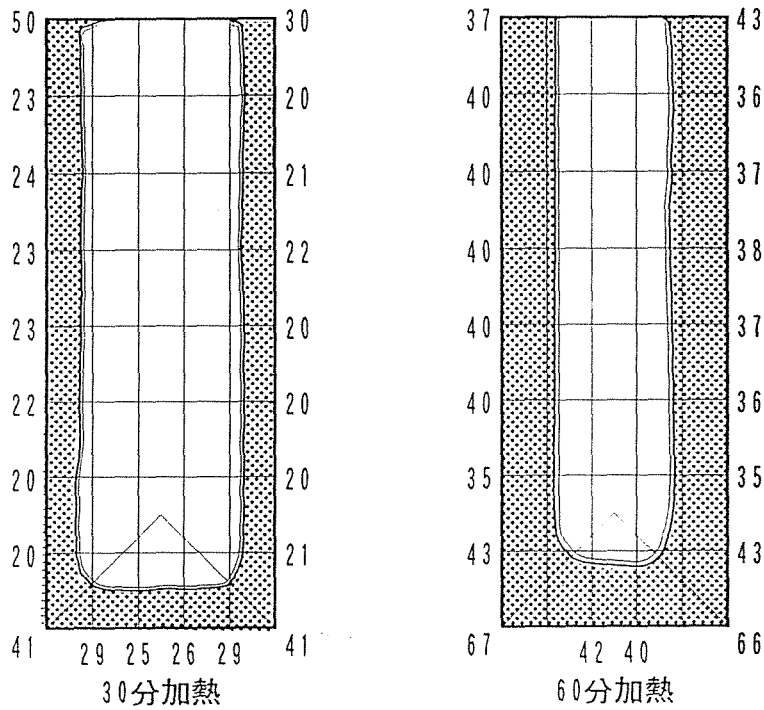


図１．５－４　加熱時間と炭化深さ（試験体中央部）



ベイマツＬＶＬ：15×40cm、ＪＩＳ加熱　　単位：mm

図１．５－５　加熱時間と炭化深さ（試験体中央部）

１．６　今後の検討課題

今回実施したＬＶＬはりの断面は幅１５ｃｍ、はりせい３０ｃｍおよび４０ｃｍのものを用いた、大断面集成材に相当する性能を確認するためには断面を大きくしたＬＶＬの性能を確認すること並びに柱の性能を確認することが必要と思われる。

試験体（案）

・ＬＶＬはり（載荷、無載荷）

幅	はりせい
２０ｃｍ	５０ｃｍ、６０ｃｍ
２５ｃｍ	５０ｃｍ、７５ｃｍ

・ＬＶＬ柱（載荷加熱）

１５×２０ｃｍ

１８×１８ｃｍ

２１×２１ｃｍ

２４×２４ｃｍ

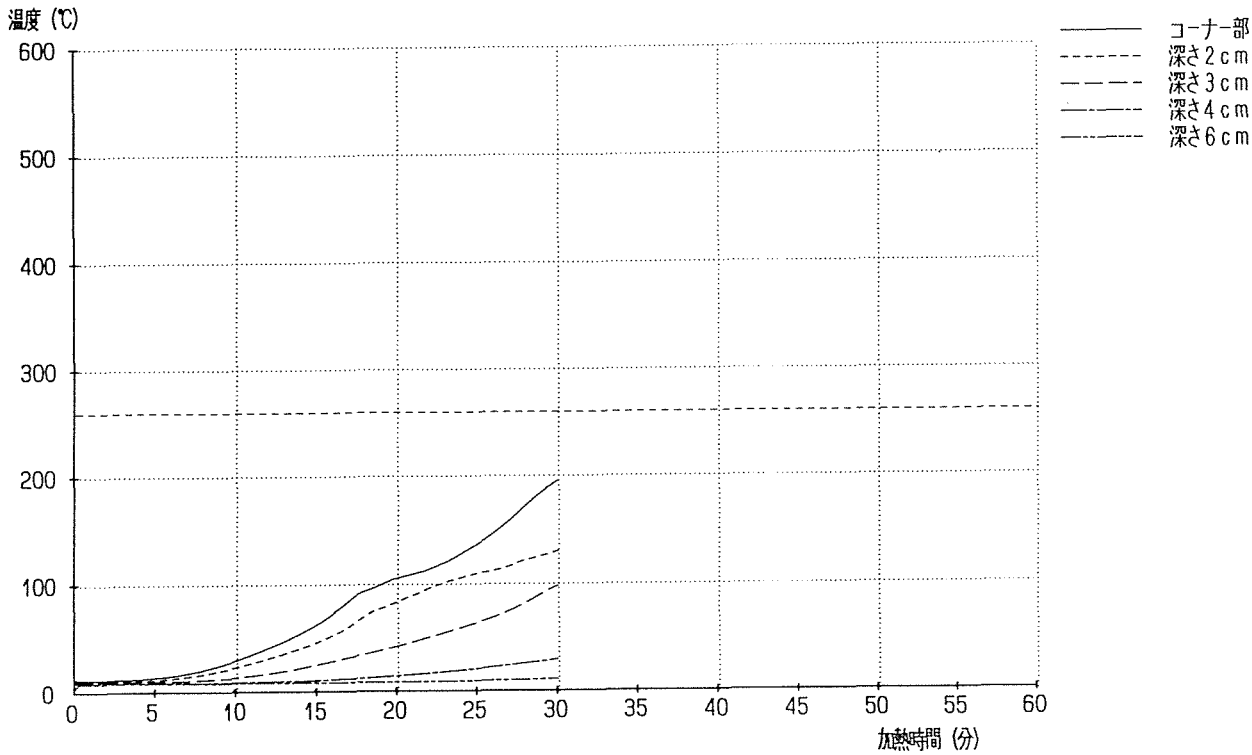
第１章　ＬＶＬはりの耐火加熱試験、別添図表

別図１．４－１（１）－１　内部平均温度(LVL-D130)
別図１．４－１（２）－１　内部平均温度(LVL-D145)
別図１．４－１（３）－１　内部平均温度(LVL-D160)
別図１．４－１（４）－１　内部平均温度(LVL-D230)
別図１．４－１（５）－１　内部平均温度(LVL-D245)
別図１．４－１（６）－１　内部平均温度(LVL-D260)
別図１．４－１（７）－１　内部平均温度(LVL-D330)
別図１．４－１（８）－１　内部平均温度(LVL-D360)
別図１．４－１（９）－１　内部平均温度(LVL-K130)
別図１．４－１(10)－１　内部平均温度(LVL-K145)
別図１．４－１(11)－１　内部平均温度(LVL-K160)
別図１．４－１(12)－１　内部平均温度(LVL-K230)
別図１．４－１(13)－１　内部平均温度(LVL-K245)
別図１．４－１(14)－１　内部平均温度(LVL-K260)

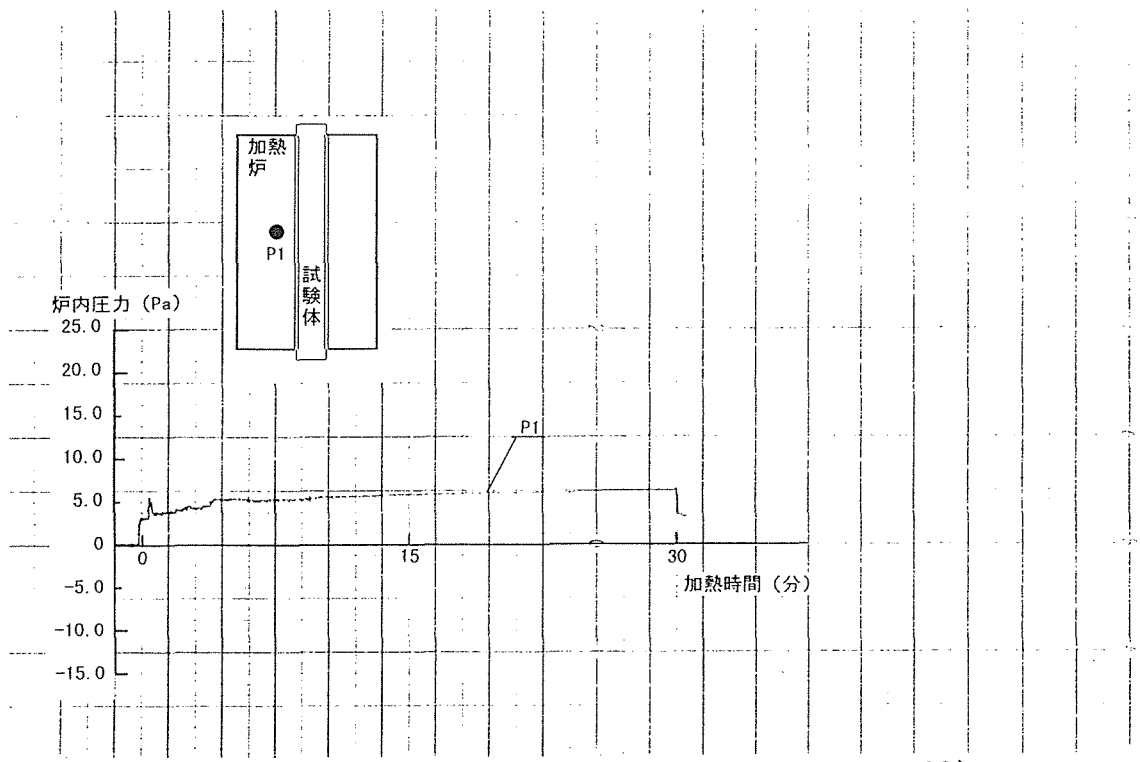
別図１．４－１（１）－２　炉内圧力測定結果(LVL-D130)
別図１．４－１（２）－２　炉内圧力測定結果(LVL-D145)
別図１．４－１（３）－２　炉内圧力測定結果(LVL-D160)
別図１．４－１（４）－２　炉内圧力測定結果(LVL-D230)
別図１．４－１（５）－２　炉内圧力測定結果(LVL-D245)
別図１．４－１（６）－２　炉内圧力測定結果(LVL-D260)
別図１．４－１（７）－２　炉内圧力測定結果(LVL-D330)
別図１．４－１（８）－２　炉内圧力測定結果(LVL-D360)
別図１．４－１（９）－２　炉内圧力測定結果(LVL-K130)
別図１．４－１(10)－２　炉内圧力測定結果(LVL-K145)
別図１．４－１(11)－２　炉内圧力測定結果(LVL-K160)
別図１．４－１(12)－２　炉内圧力測定結果(LVL-K230)
別図１．４－１(13)－２　炉内圧力測定結果(LVL-K245)
別図１．４－１(14)－２　炉内圧力測定結果(LVL-K260)

別表１．４．１－１　観察記録(LVL-D130)
別表１．４．１－２　観察記録(LVL-D145)
別表１．４．１－３　観察記録(LVL-D160)
別表１．４．１－４　観察記録(LVL-D230)
別表１．４．１－５　観察記録(LVL-D245)
別表１．４．１－６　観察記録(LVL-D260)
別表１．４．１－７　観察記録(LVL-D330)
別表１．４．１－８　観察記録(LVL-D360)
別表１．４．１－９　観察記録(LVL-K130)
別表１．４．１－10　観察記録(LVL-K145)
別表１．４．１－11　観察記録(LVL-K160)
別表１．４．１－12　観察記録(LVL-K230)
別表１．４．１－13　観察記録(LVL-K245)
別表１．４．１－14　観察記録(LVL-K260)

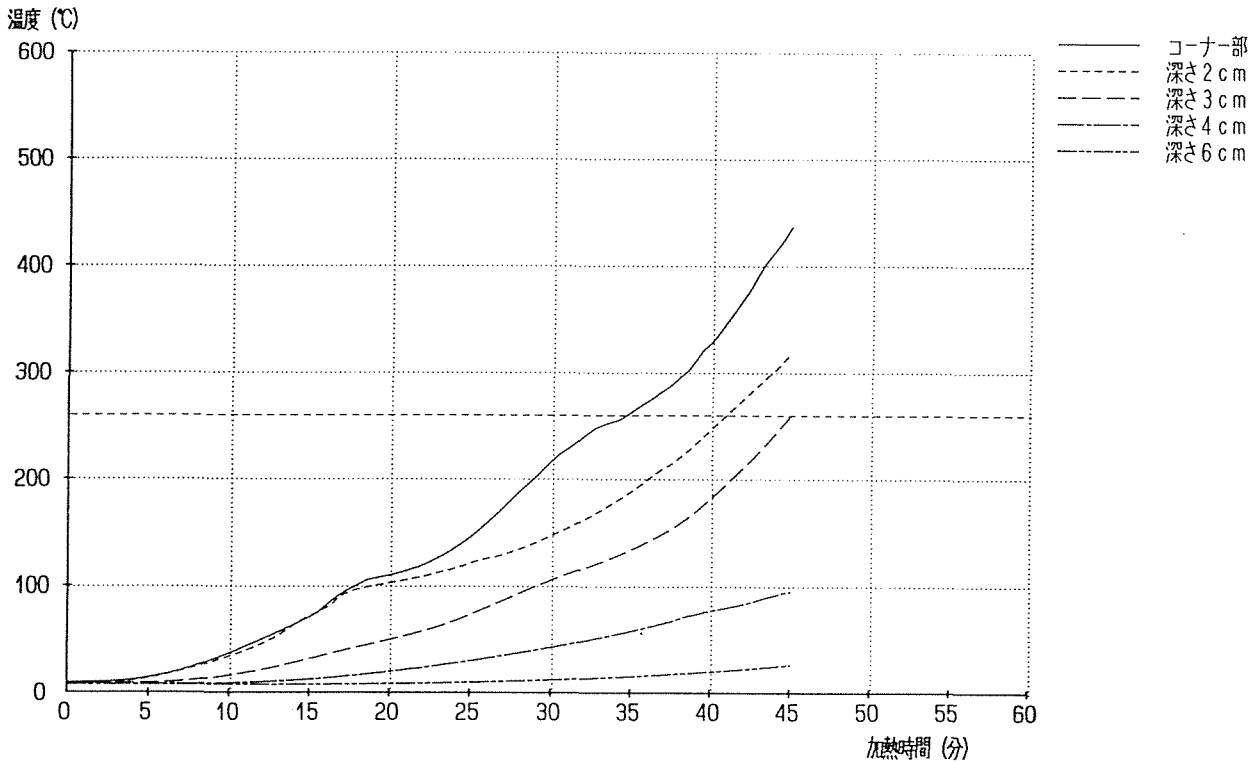
別図１．４．２－１　炭化深さ測定結果(LVL-D130)
別図１．４．２－２　炭化深さ測定結果(LVL-D145)
別図１．４．２－３　炭化深さ測定結果(LVL-D160)
別図１．４．２－４　炭化深さ測定結果(LVL-D230)
別図１．４．２－５　炭化深さ測定結果(LVL-D245)
別図１．４．２－６　炭化深さ測定結果(LVL-D260)
別図１．４．２－７　炭化深さ測定結果(LVL-D330)
別図１．４．２－８　炭化深さ測定結果(LVL-D360)
別図１．４．２－９　炭化深さ測定結果(LVL-K130)
別図１．４．２－10　炭化深さ測定結果(LVL-K145)
別図１．４．２－11　炭化深さ測定結果(LVL-K160)
別図１．４．２－12　炭化深さ測定結果(LVL-K230)
別図１．４．２－13　炭化深さ測定結果(LVL-K245)
別図１．４．２－14　炭化深さ測定結果(LVL-K260)



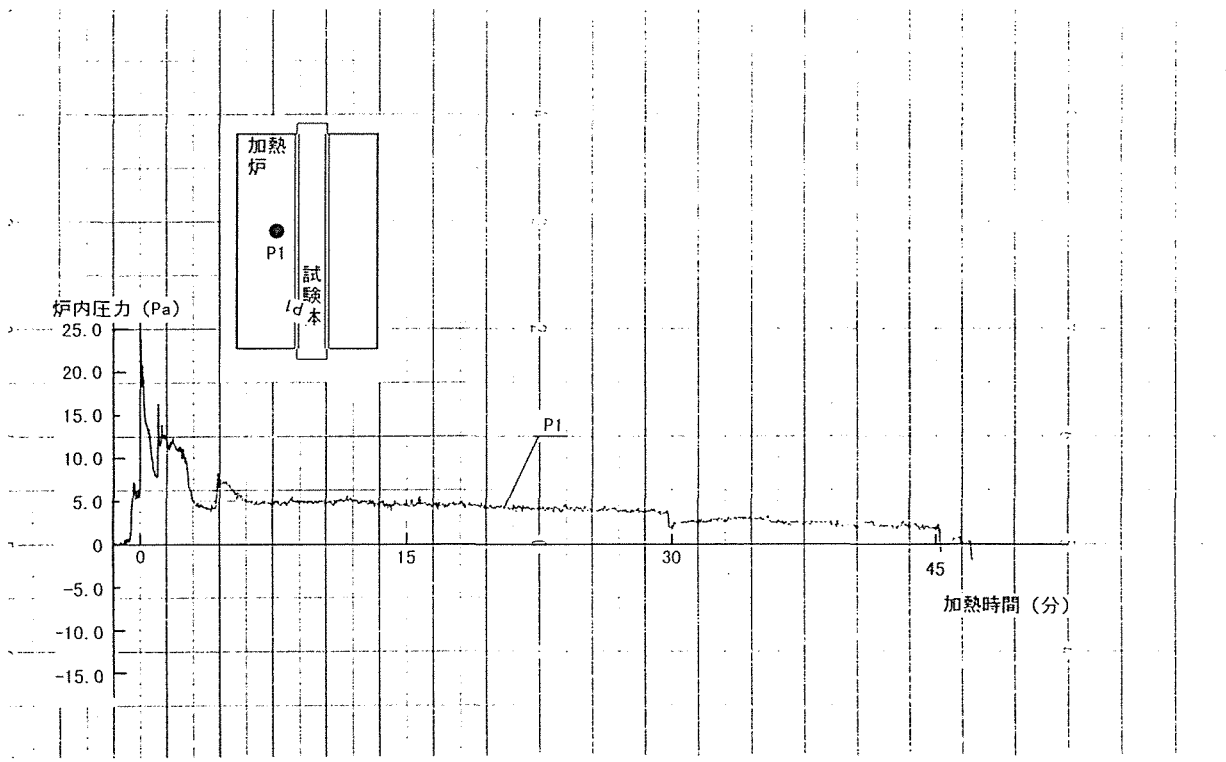
別図1．４－１(１)－１　内部平均温度(LVL-D130)



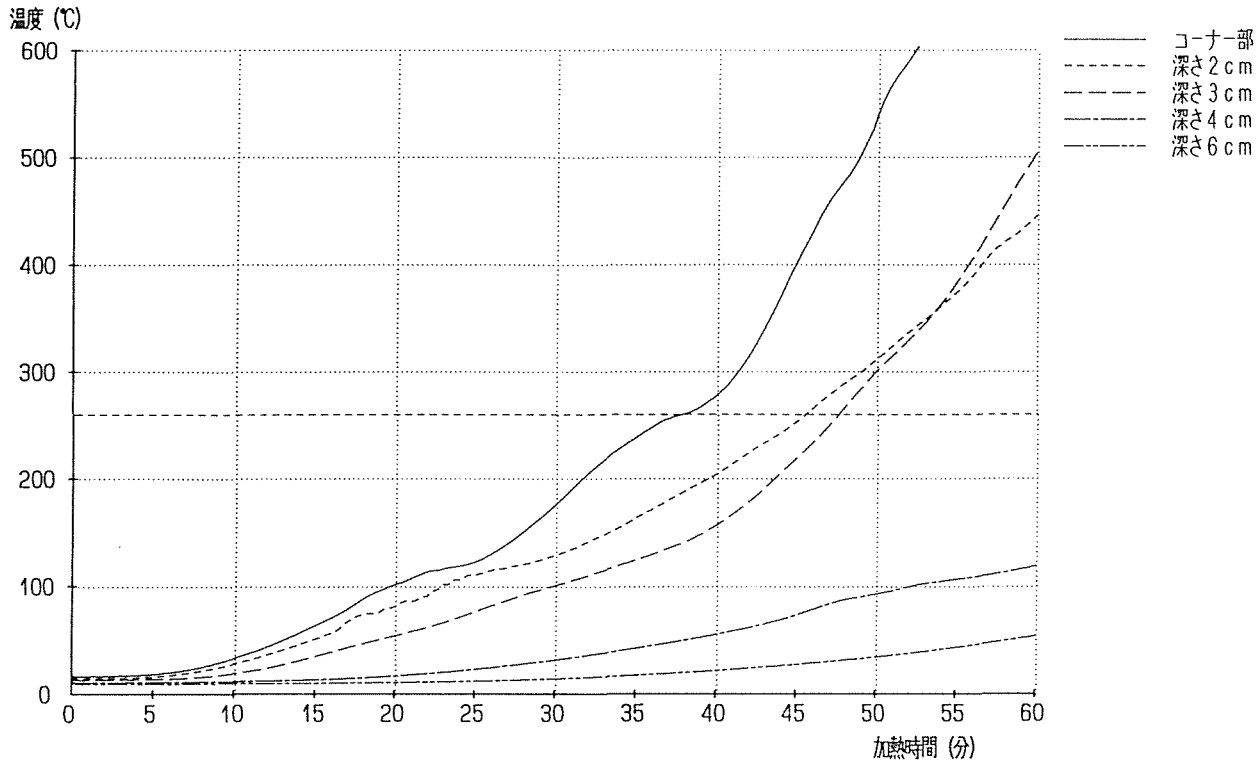
別図1．４－１(１)－２　炉内圧力測定結果(LVL-D130)



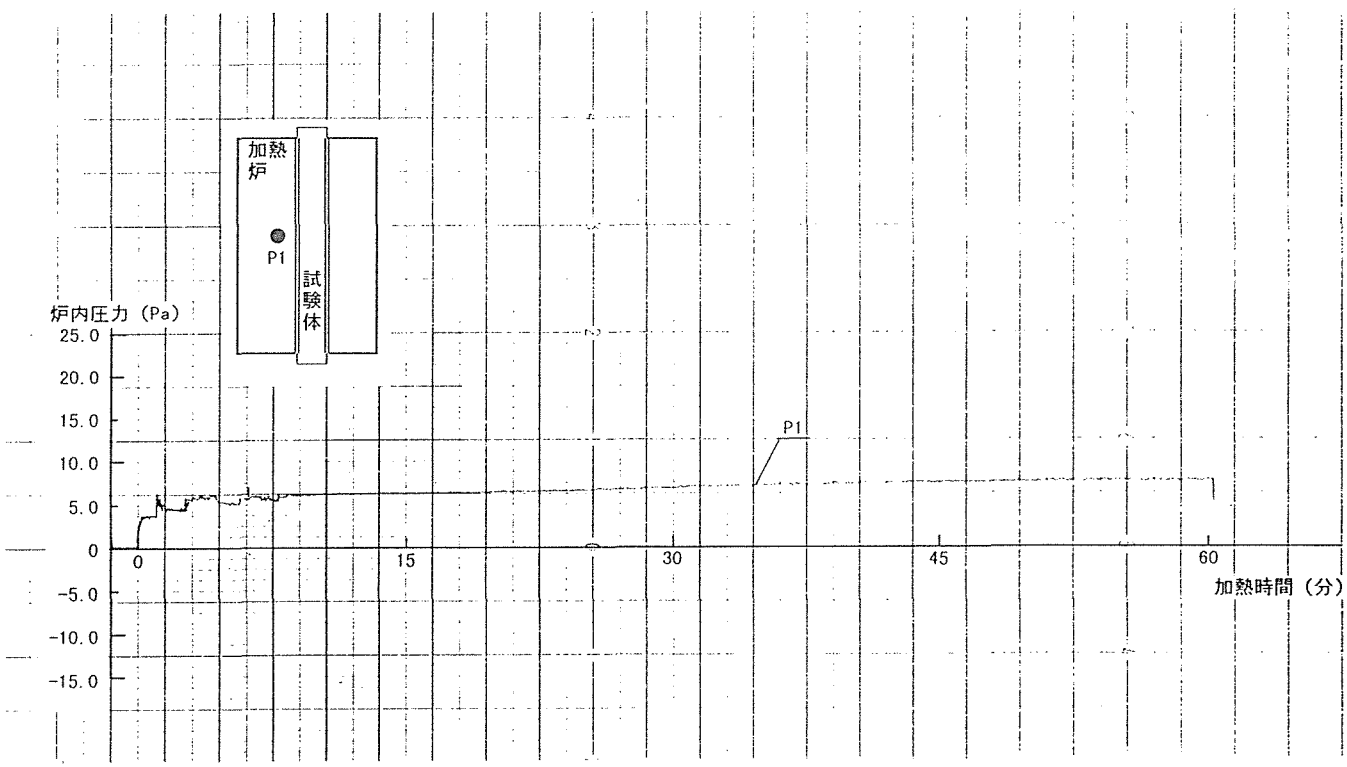
別図1．4－1(2)－1　内部平均温度(LVL-D145)



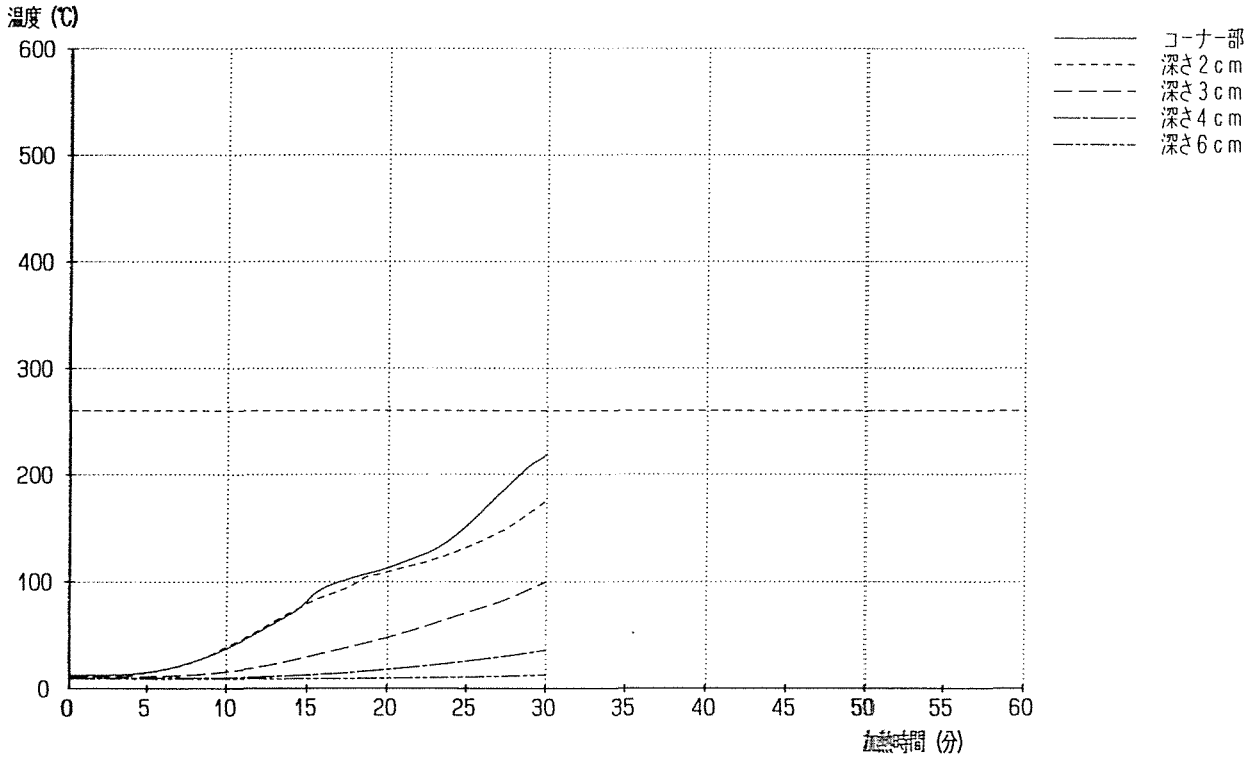
別図1．4－1(2)－2　炉内圧力測定結果(LVL-D145)



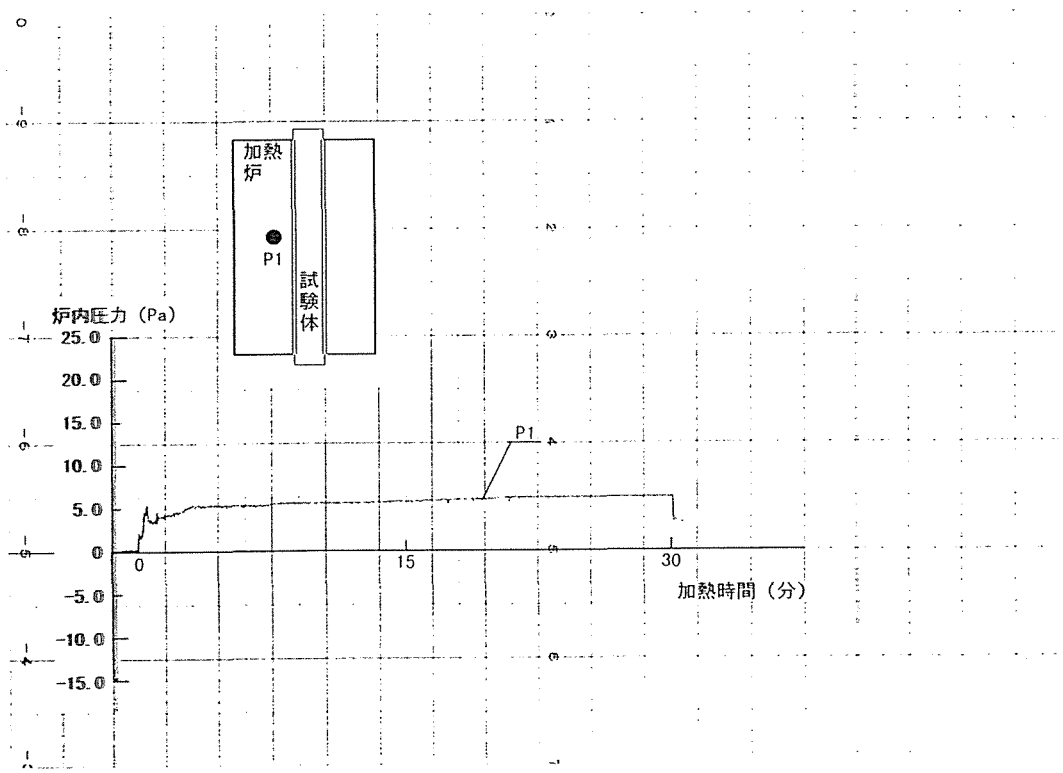
別図1．４－１(３)－１　内部平均温度(LVL-D160)



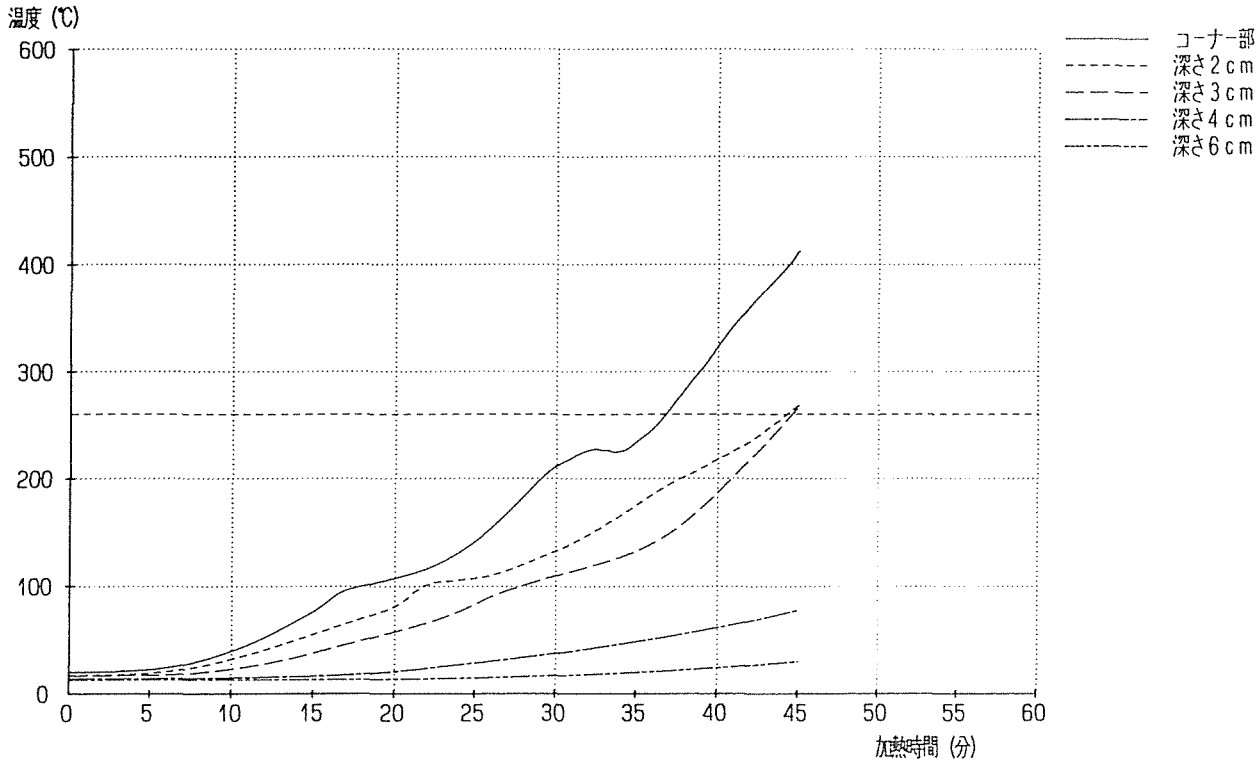
別図1．４－１(３)－２　炉内圧力測定結果(LVL-D160)



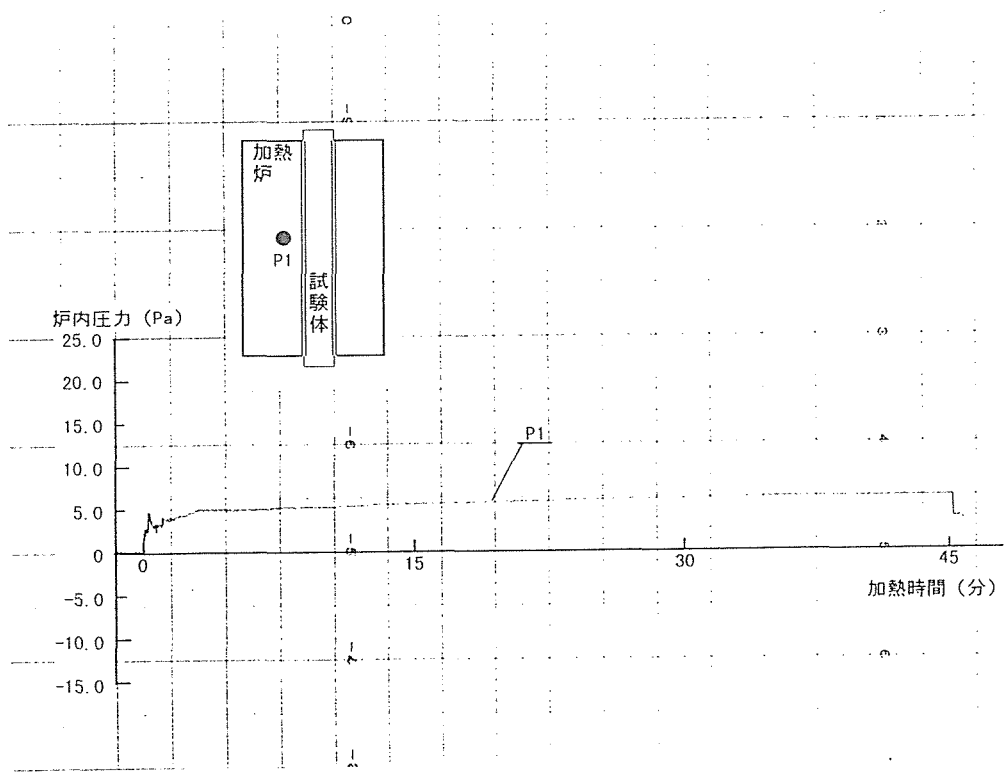
別図1．４－１（４）－１　内部平均温度(LVL-D230)



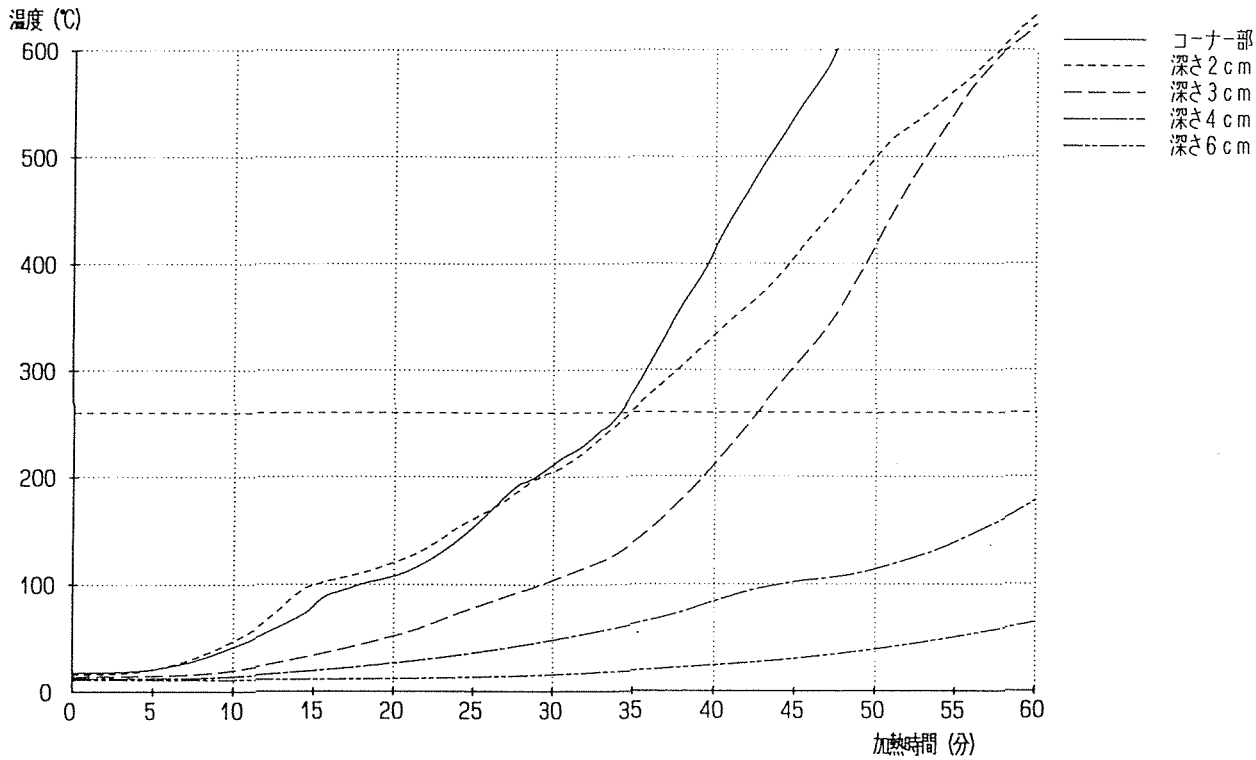
別図1．４－１（４）－２　炉内圧力測定結果(LVL-D230)



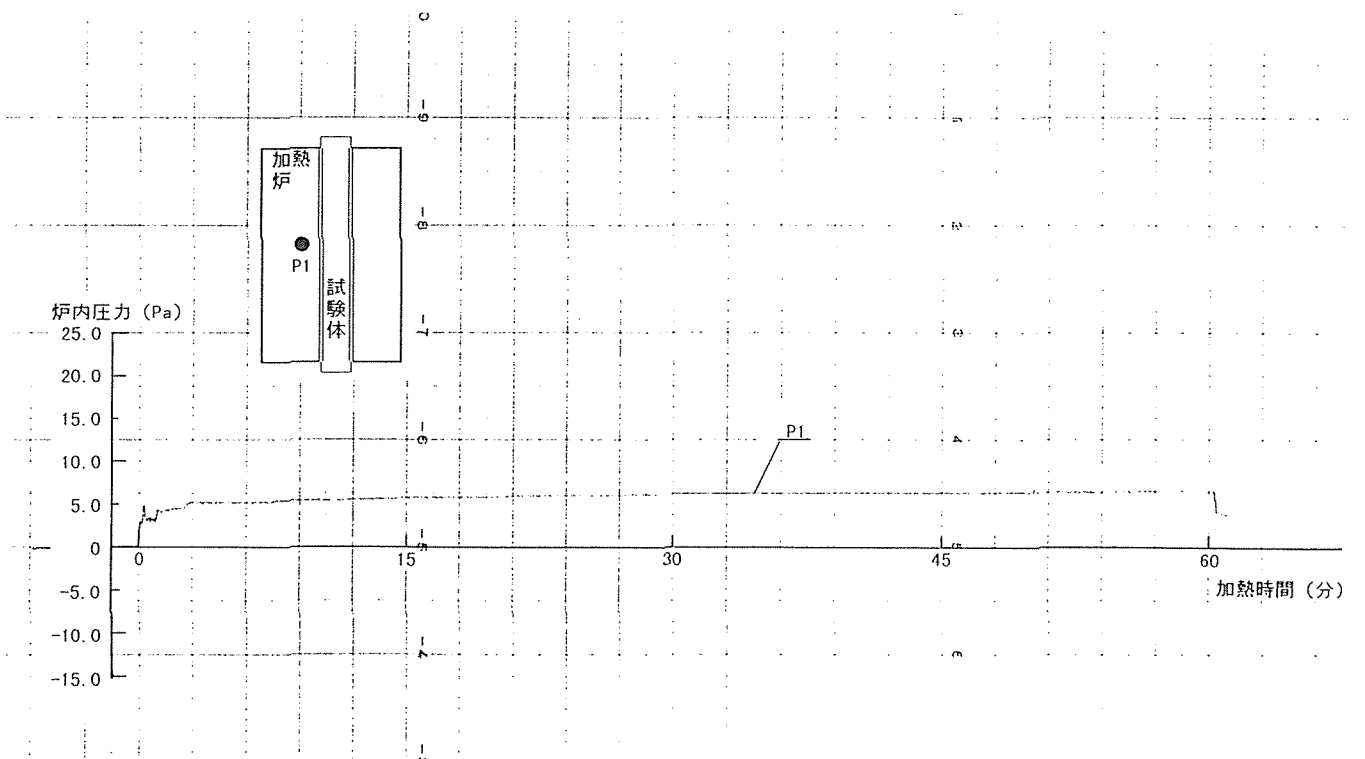
別図1．４－１（５）－１　内部平均温度(LVL-D245)



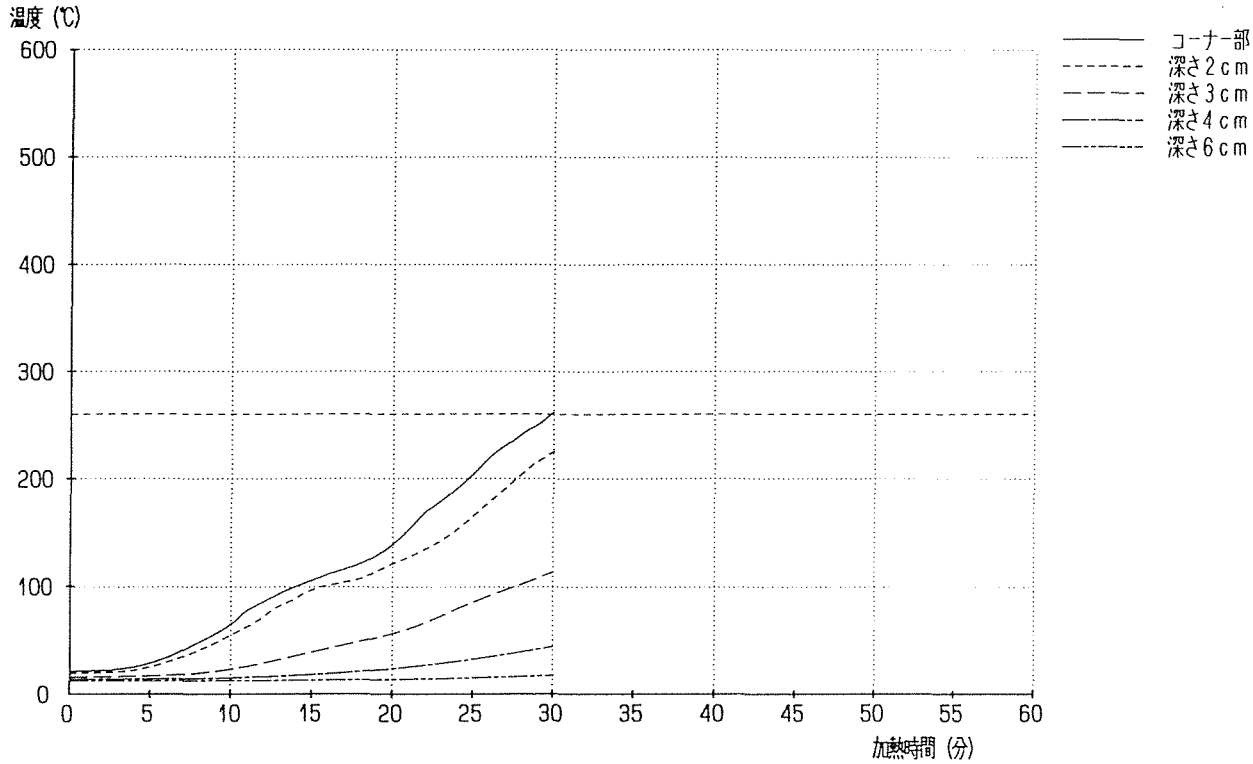
別図1．４－１（５）－２　炉内圧力測定結果(LVL-D245)



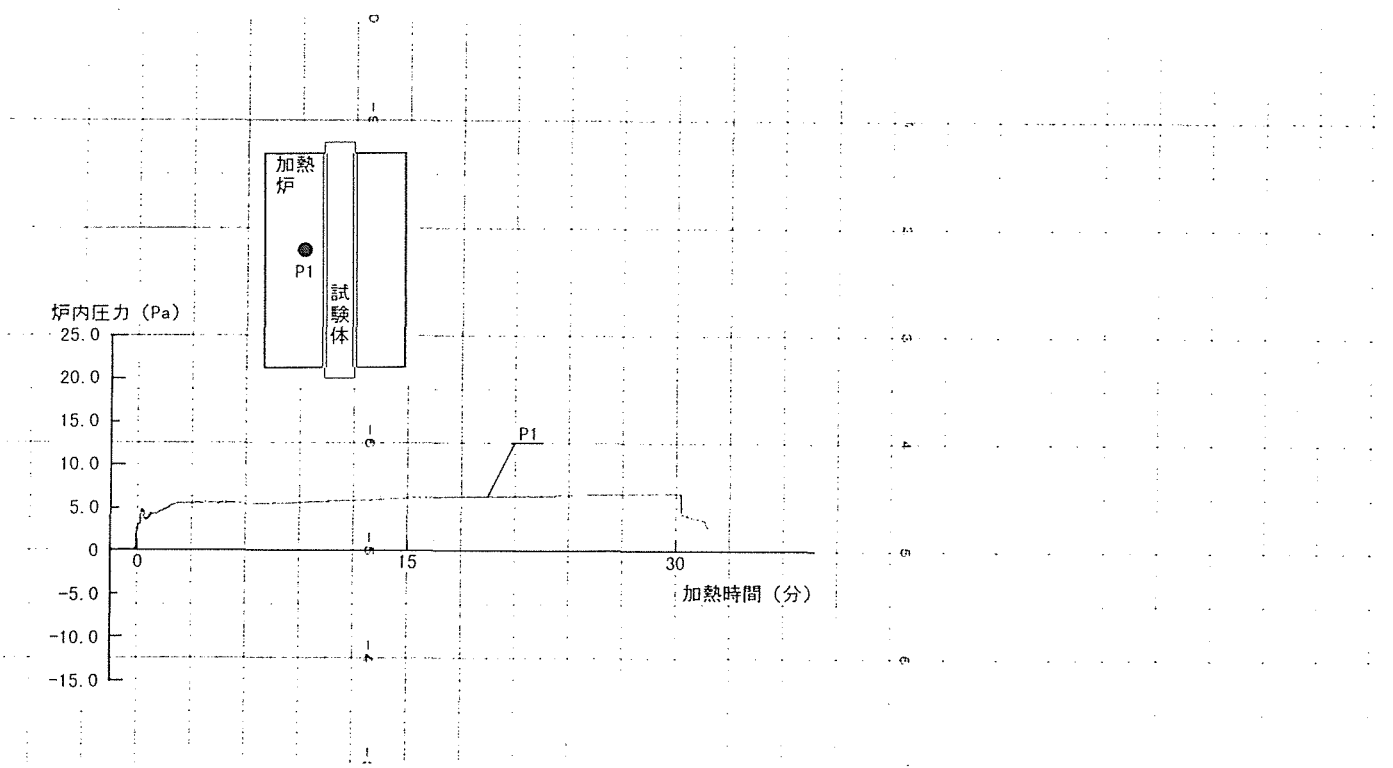
別図1．４－１(６)－１　内部平均温度(LVL-D260)



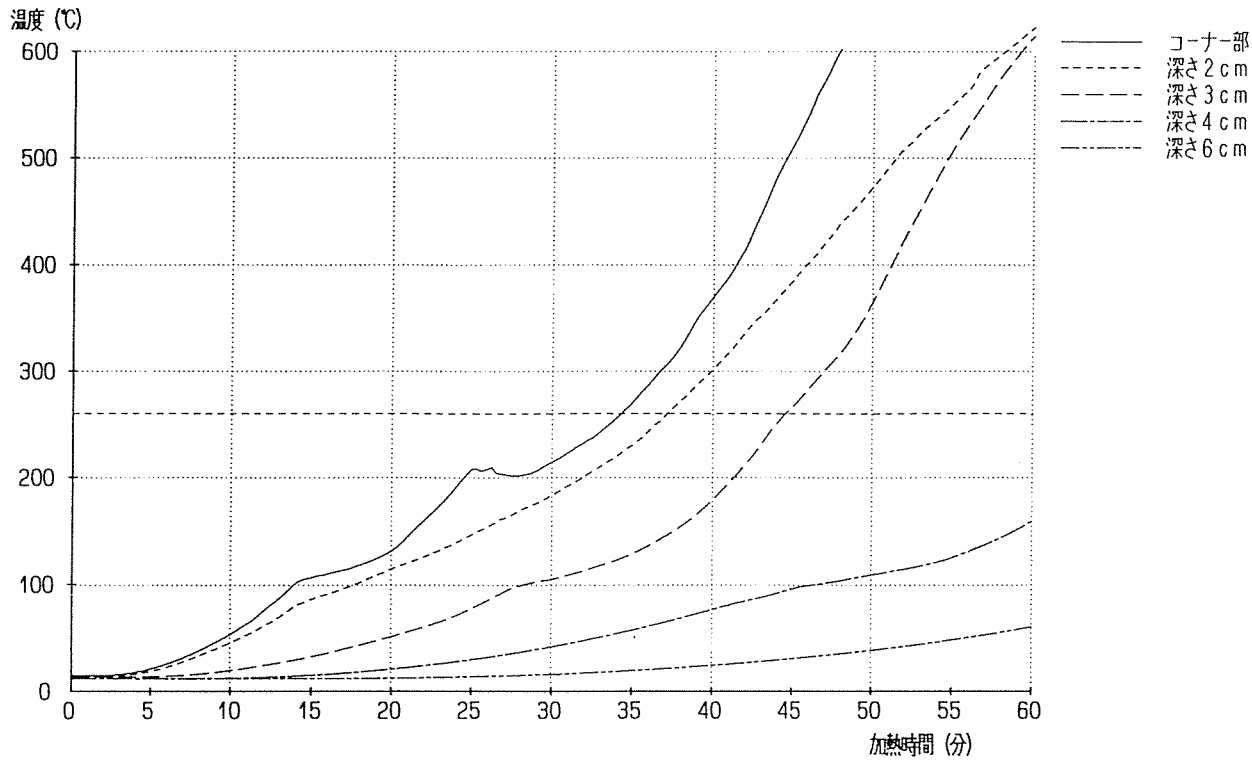
別図1．４－１(６)－２　炉内圧力測定結果(LVL-D260)



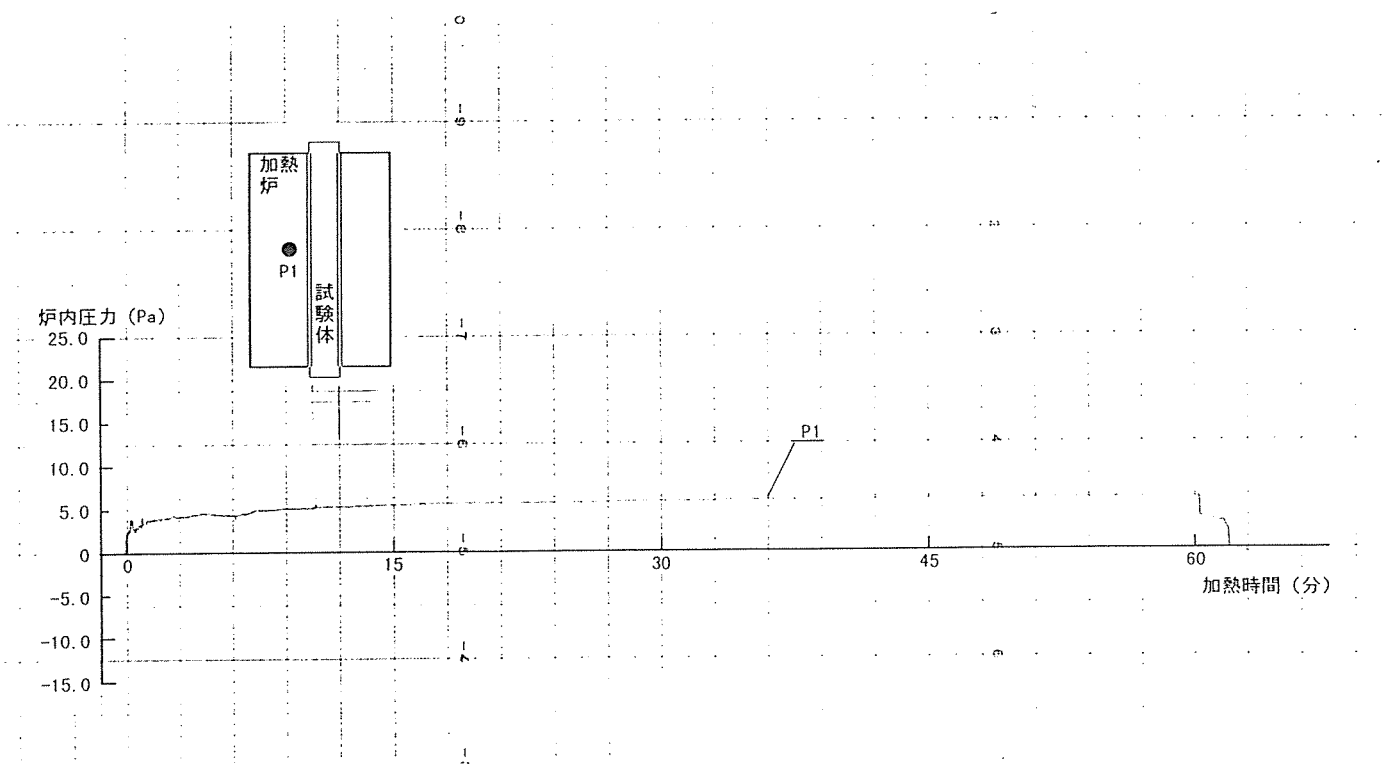
別図１．４－１（７）－１　内部平均温度(LVL-D330)



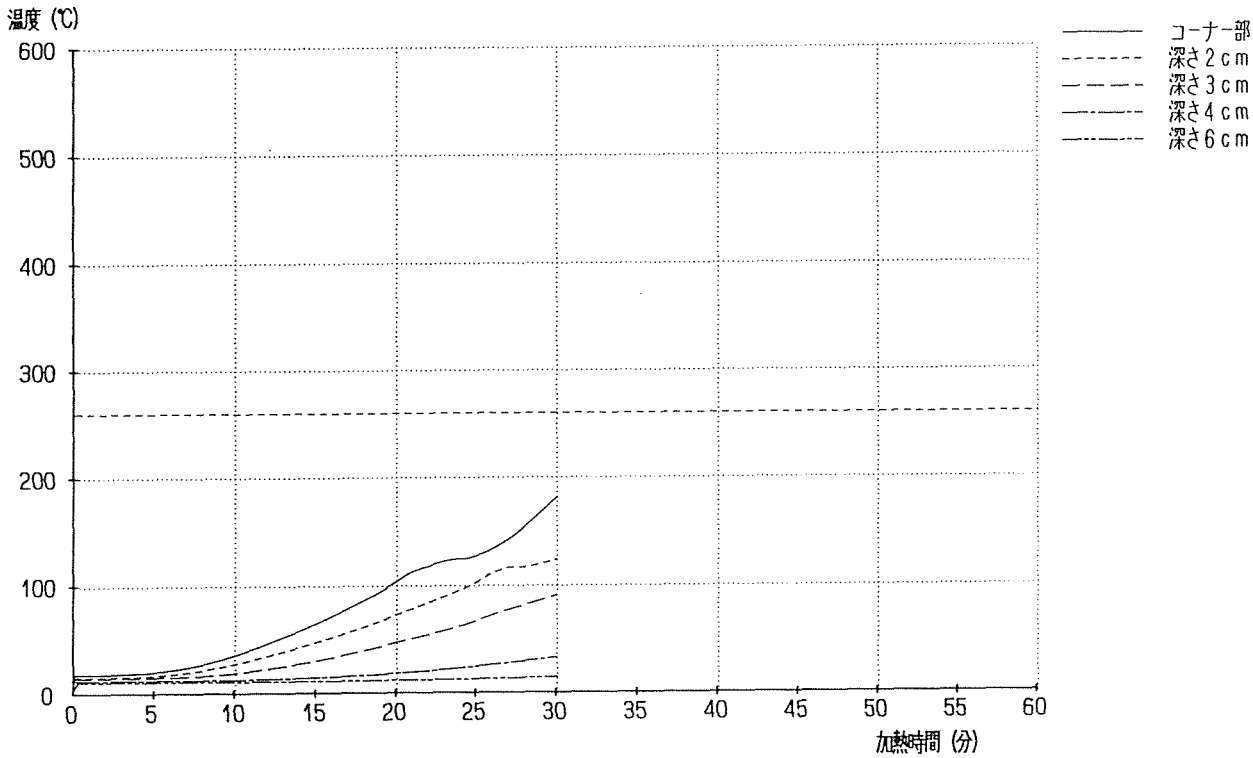
別図１．４－１（７）－２　炉内圧力測定結果(LVL-D330)



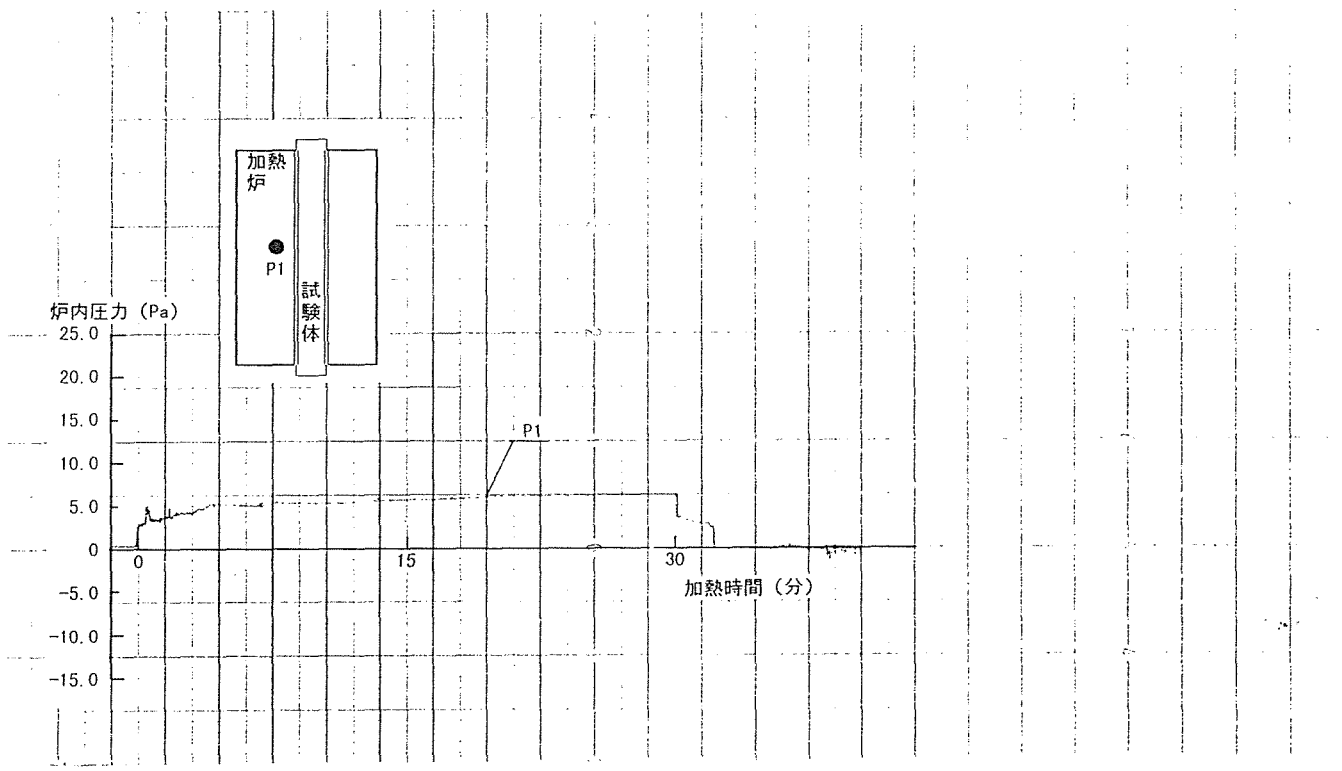
別図1．４－１(８)－１　内部平均温度(LVL-D360)



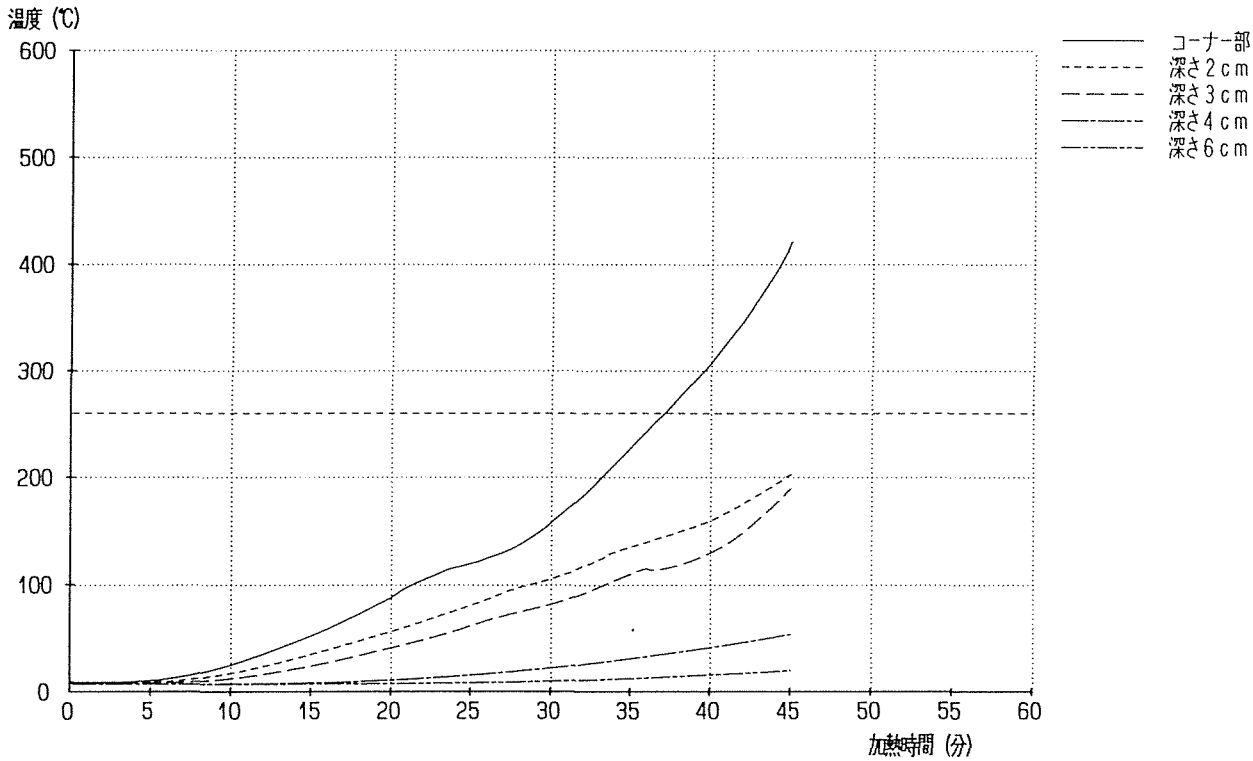
別図1．４－１(８)－２　炉内圧力測定結果(LVL-D360)



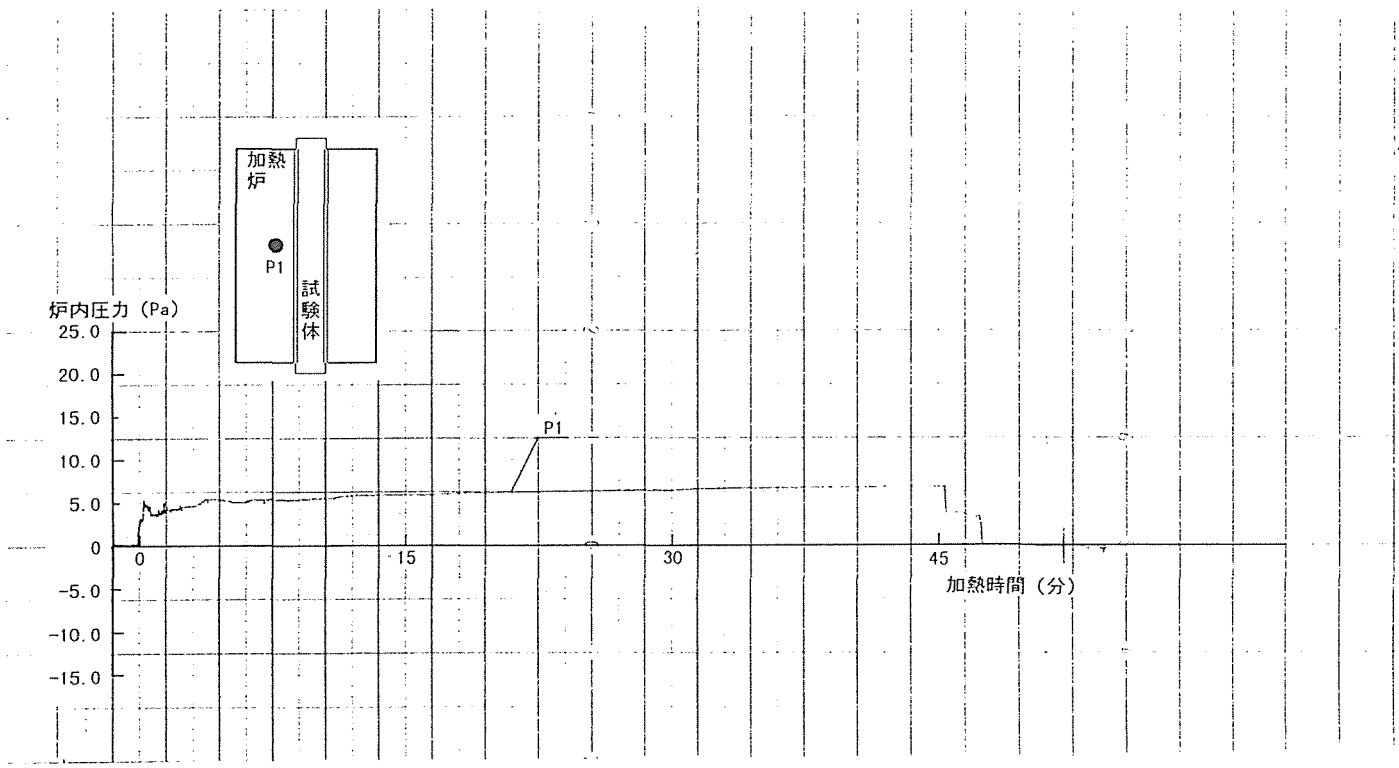
別図1．４－１(９)－１　内部平均温度(LVL-K130)



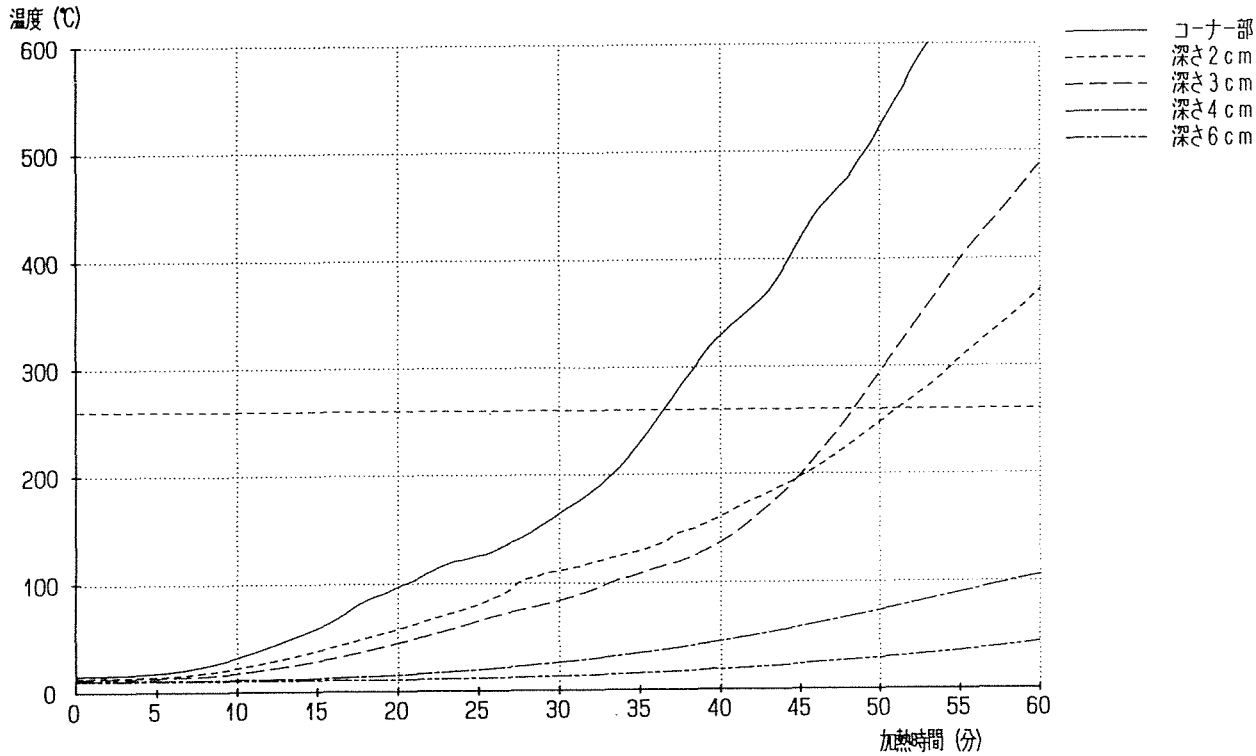
別図1．４－１(９)－２　炉内圧力測定結果(LVL-K130)



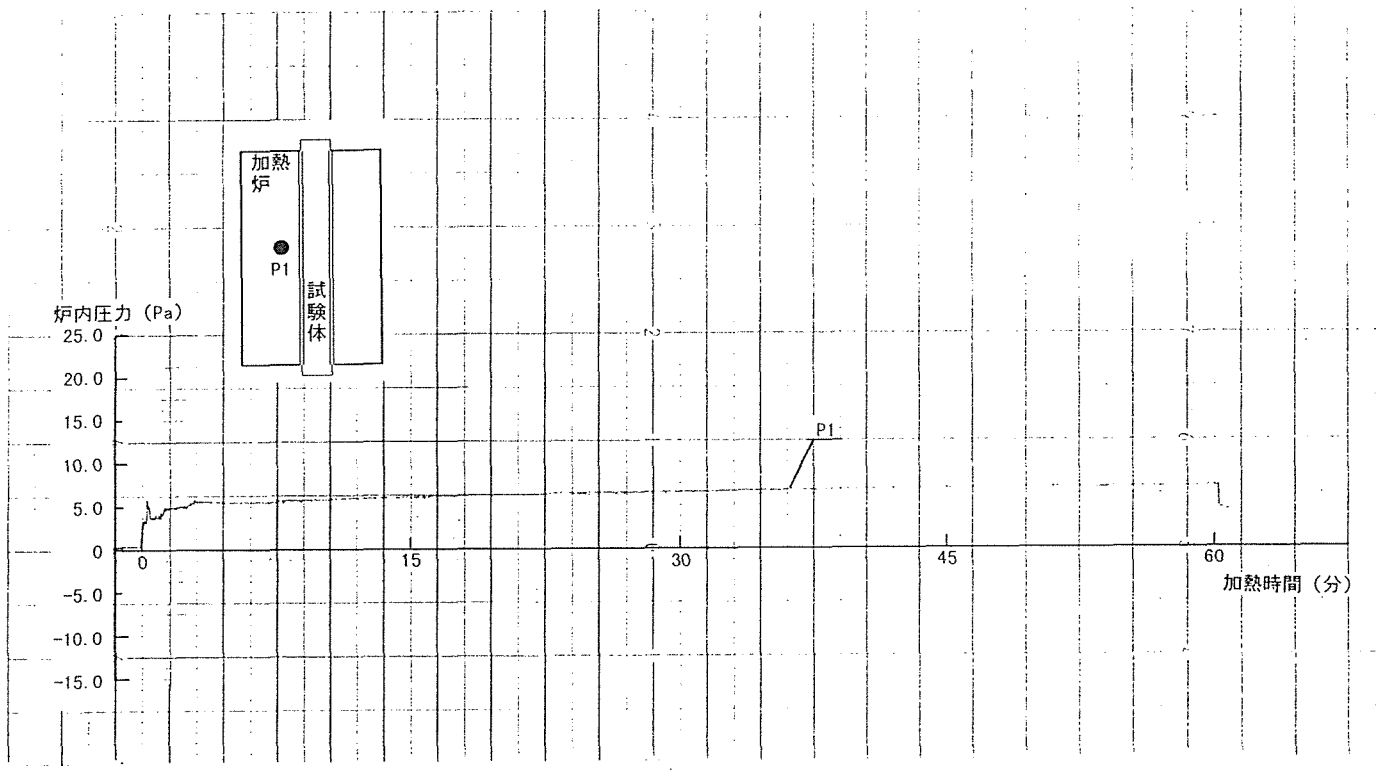
別図1．4－1(10)－1　内部平均温度(LVL-K145)



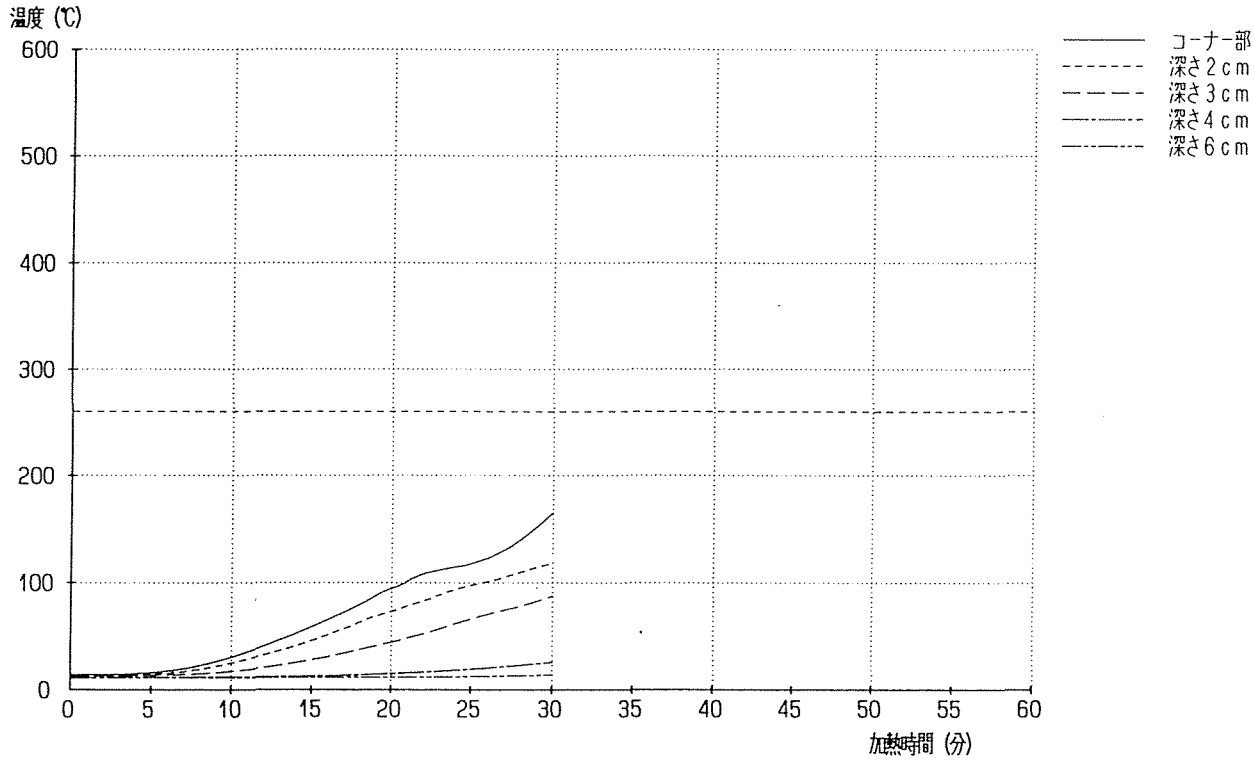
別図1．4－1(10)－2　炉内圧力測定結果(LVL-K145)



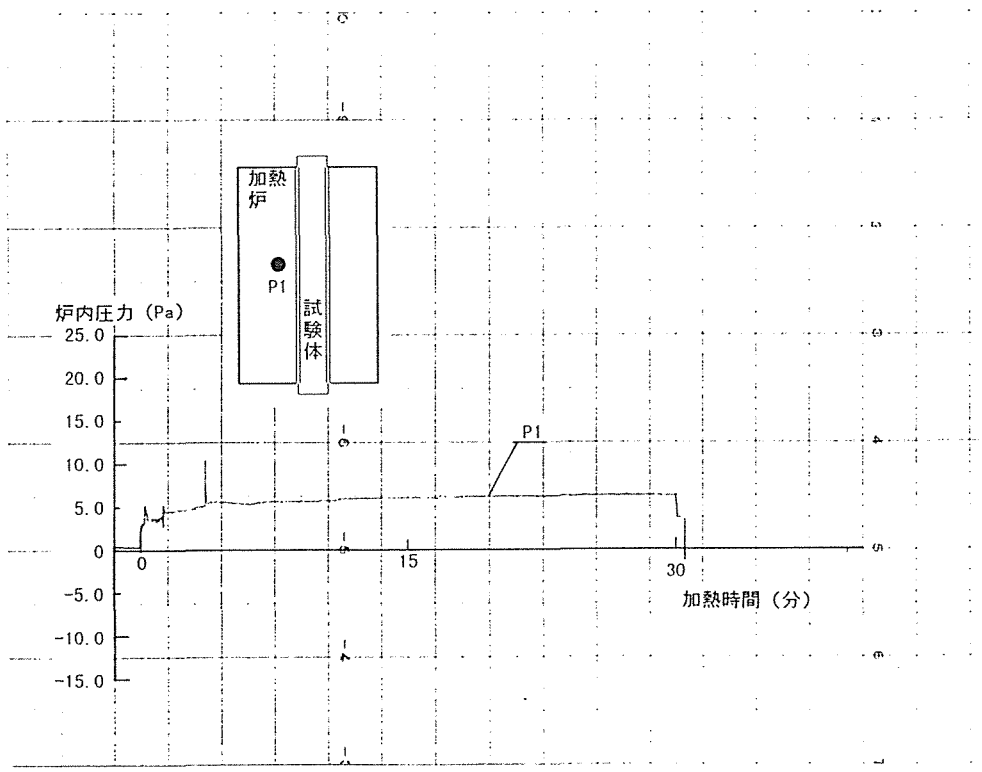
別図1．4－1(11)－1　内部平均温度(LVL-K160)



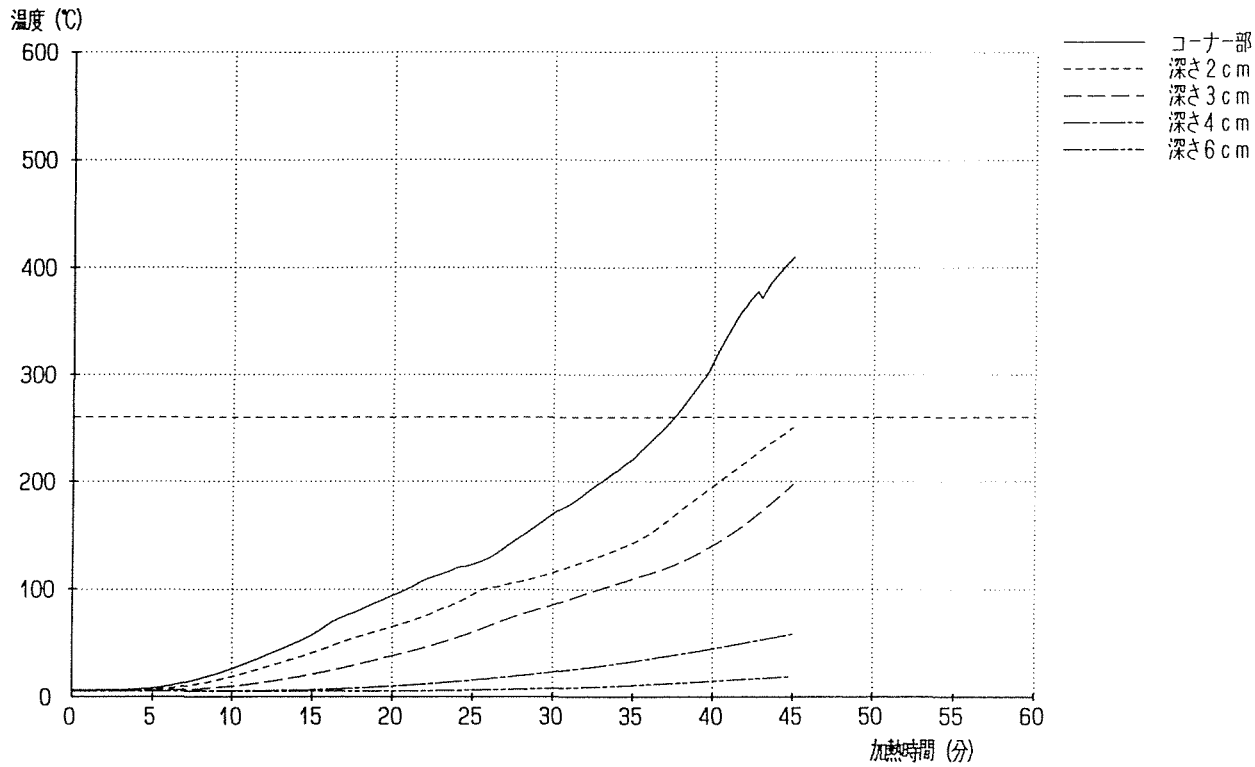
別図1．4－1(11)－2　炉内圧力測定結果(LVL-K160)



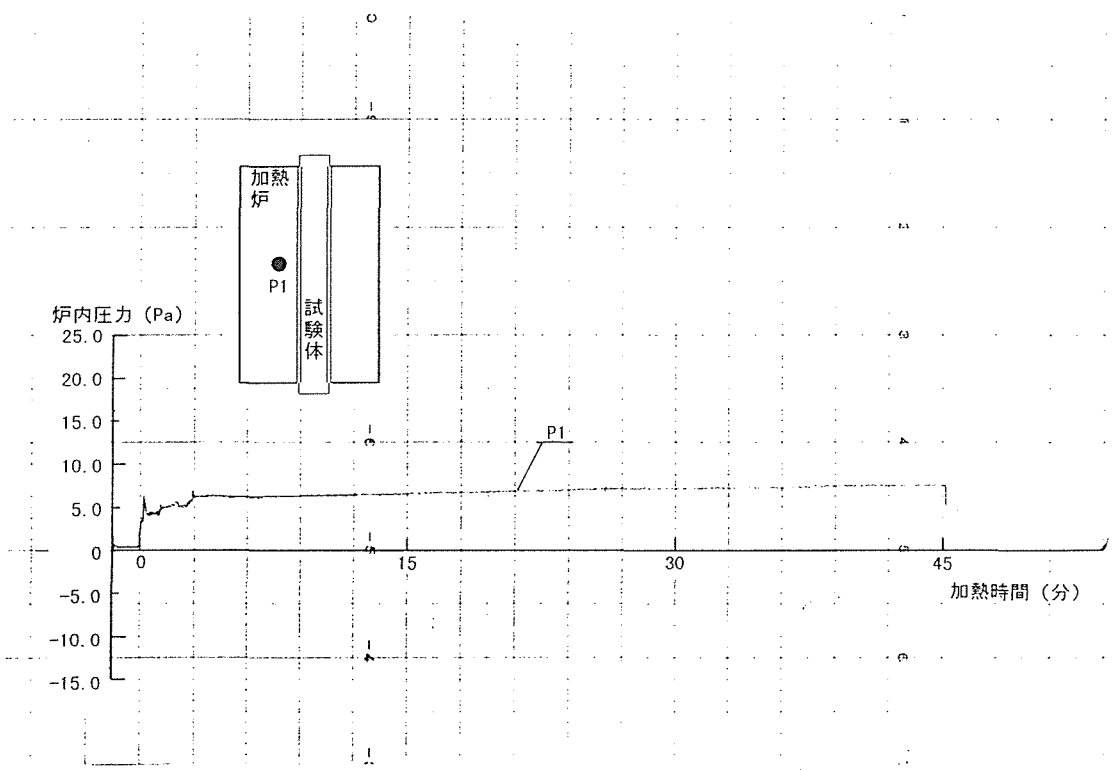
別図1．４－１(12)－１　内部平均温度(LVL-K230)



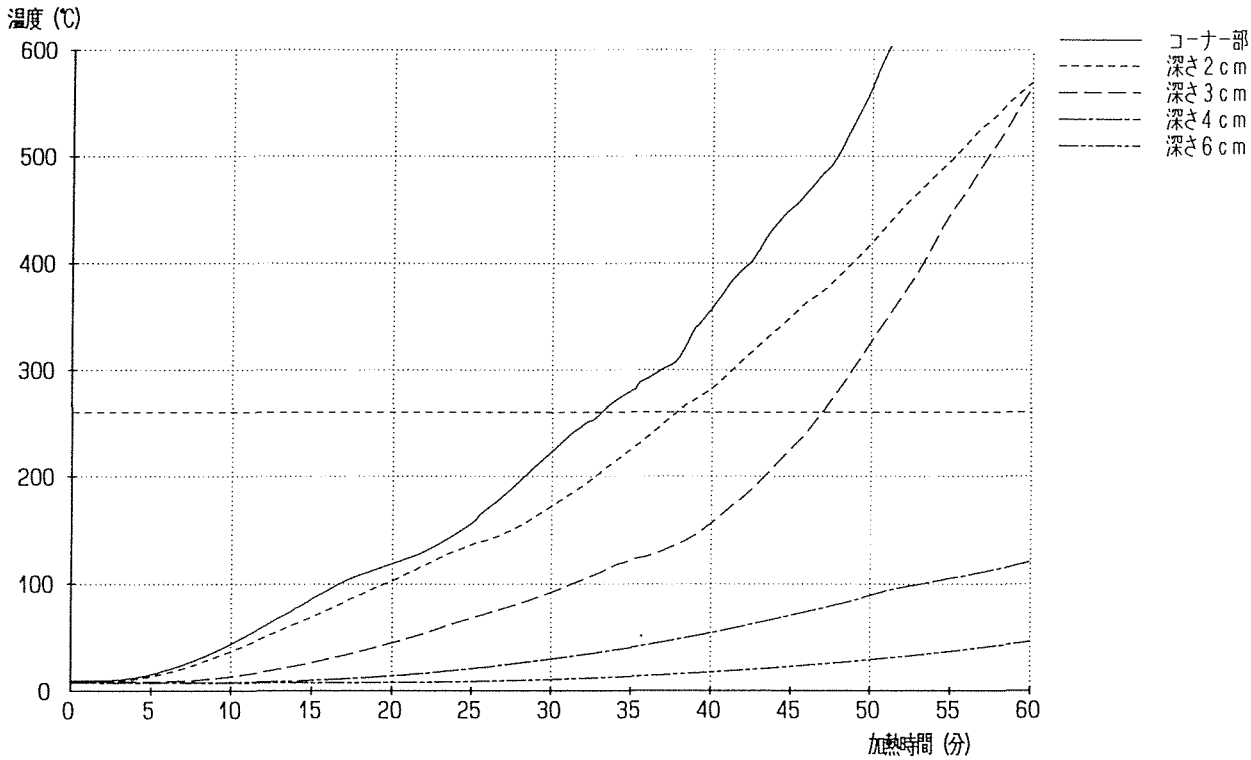
別図1．４－１(12)－２　炉内圧力測定結果(LVL-K230)



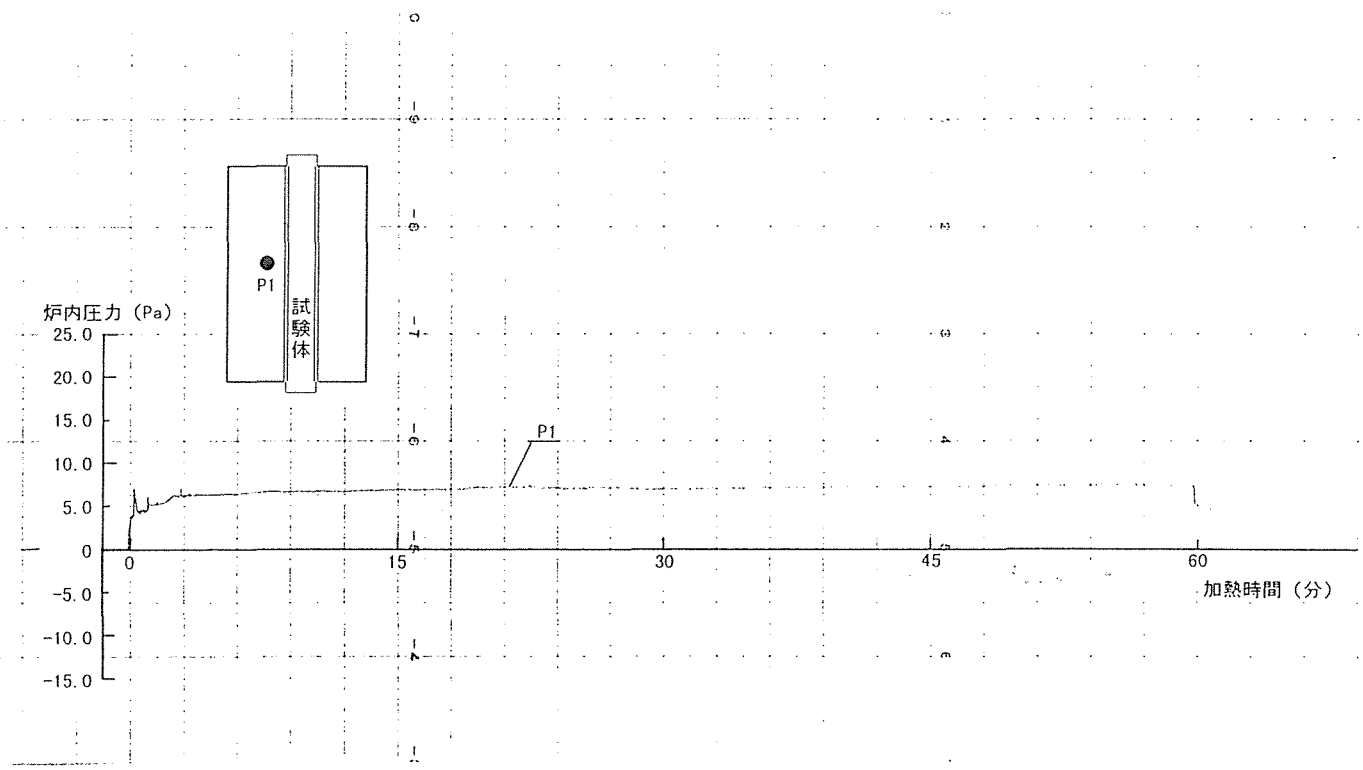
別図1．４－１(13)－１　内部平均温度(LVL-K245)



別図1．４－１(13)－２　炉内圧力測定結果(LVL-K245)



別図1．４－１(14)－１　内部平均温度(LVL-K260)

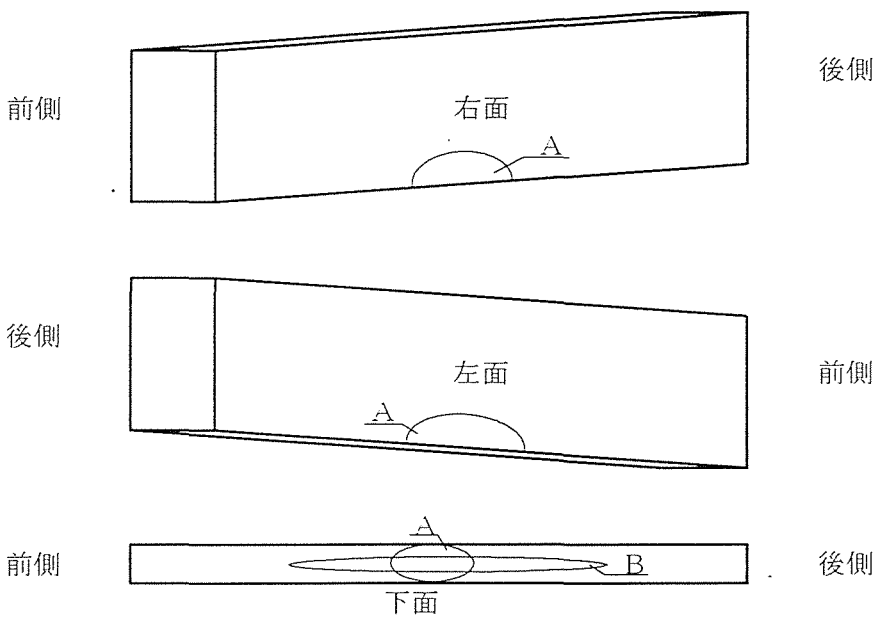


別図1．４－１(14)－２　炉内圧力測定結果(LVL-K260)

別表１．４．１－１　観察記録(LVL-D130)

試験体記号：ＬＶＬ－Ｄ１３０（幅100×高さ300×長さ2,050㎜、樹種：ﾀﾞｸﾞﾗｽﾌｧｰ）

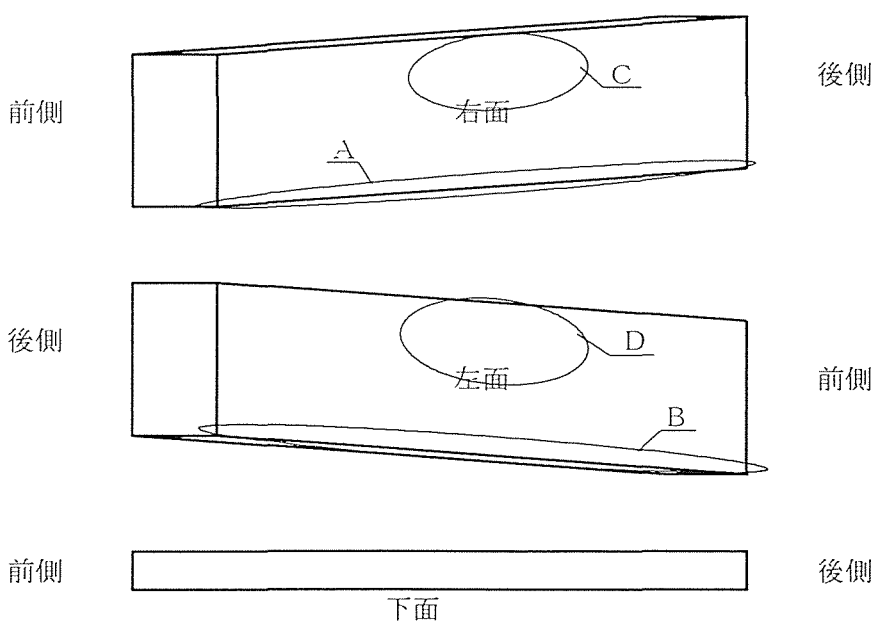
分・秒		加熱側
2：25		試験体下面の角部が茶色に変色し（焦げ）始める
3：00		表面全体が茶色に変色し、その後も黒く変色していく
4：10	A	試験体下面の角部に着炎し、直ちに表面全体を炎が覆うようになる
5：30		試験体下面の炎の勢いが弱まり、炭化層が確認できるようになる 試験体側面からの炎の勢いは変わらず、表面全体を炎が覆うような状態である
7：00		試験体側面で、炎が次第に垂直に昇るようになる 表面全体に均一に炭化層が確認されるようになる
10：00		試験体上部から火の粉が舞うようになる
12：00	B	試験体下面で白く炭化（灰）層が確認されるようになる
18：00		試験体下面の白い炭化（灰）層が確認できなくなる
19：00		試験体下面の角部からの炎の勢いが再び強まってくる
20：00		試験体下面の角部の炭化層がかなり痩せてくる
23：00		試験体下面（溝の内部）で赤熱部分が多く確認され、その部分から火の粉が舞うようになる
30：00		加熱終了



別表１．４．１－２　観察記録(LVL-D145)

試験体記号：ＬＶＬ－Ｄ１４５（幅100×高さ300×長さ2,050㎜、樹種：ﾀﾞｸﾞﾗｽﾌｧｰ）

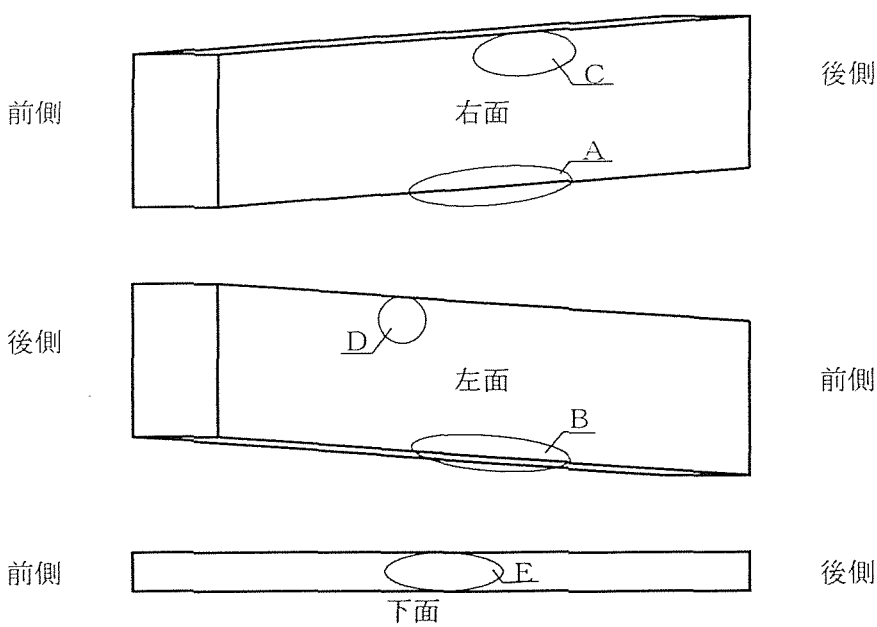
分・秒		加熱側
0	20	試験体下面が茶色に変色し（焦げ）始める
0	50	試験体側面が茶色に変色し（焦げ）始める
1	30	A　試験体下面の角部に着炎する
1	35	B　試験体下面の角部に着炎する
1	58	試験体下面の表面全体を炎が覆うようになる
3	00	表面全体に均一に炭化層が確認されるようになる
4	00	炎の勢いが全体的に弱まり、試験体下面のみから炎が発生している状態
4	50	試験体下面の角部からの炎の勢いが再び強まってくる
6	30	C,D　試験体側面で、高さ方向に亀裂（溝）が確認されるようになる
9	00	試験体下面、中央から両端へ向かって白く炭化（灰）層が確認されるようになる
9	35	試験体側面で、特に中央部の炎の勢いが強まってくる
13	00	試験体下面で、長さ方向に亀裂（溝）が確認されるようになる
14	30	炎の勢いが全体的に弱まってくる
17	00	試験体下面の角部で、炭化層がはがれ落ちてくるようになる
19	30	炎の勢いが全体的に強まってくる
21	00	試験体全体を炎が覆うようになる
22	00	C　試験体側面で、部分的に勢いよく炎が発生し、表面に凸凹が確認される
27	35	試験体が部分的にはじけることによって、試験体上部から火の粉が飛び出す
29	00	試験体下面の中央部の幅が小さくなってくる（炭化層の脱落等により細くなる）
40	00	試験体上部で、木片がはじき飛ばされる（その後、炉内に落下する）
45	00	加熱終了



別表１．４．１－３　観察記録(LVL-D160)

試験体記号：ＬＶＬ－Ｄ１６０（幅100×高さ300×長さ2,050㎜、樹種：ﾀﾞｸﾞﾗｽﾌｧｰ）

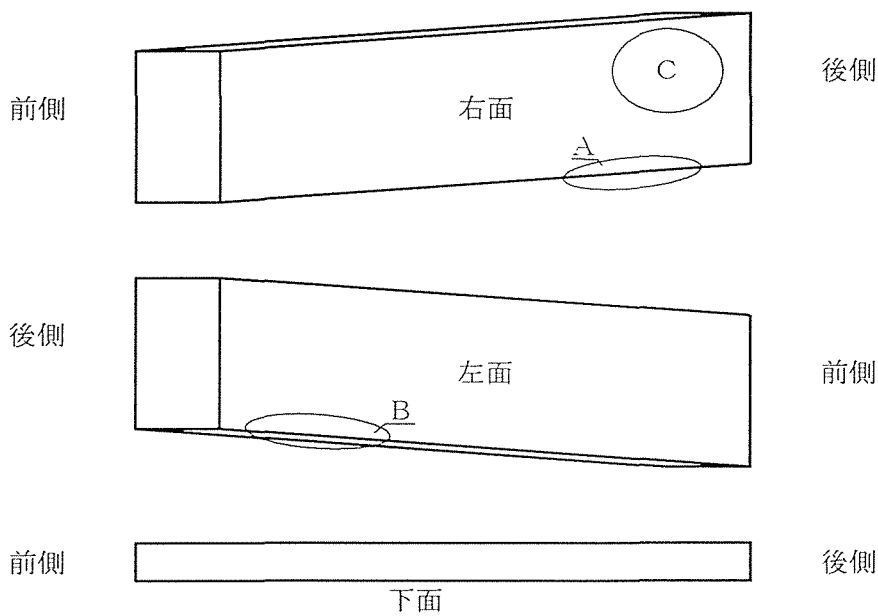
分・秒		加熱側
1：25		試験体下面が茶色に変色し（焦げ）始める
2：17		試験体側面が茶色に変色し（焦げ）始める
2：47	A, B	試験体下面の角部に着炎する
3：05		表面全体を炎が覆うようになる
4：37		炎の勢いが全体的に弱まってくる
5：23	B	試験体下面の角部で、表面に小さく赤熱部分が確認されるようになる
6：09		炎の勢いが全体的に強まってくる
6：54		試験体下面の角部で、赤熱部分の範囲が次第に拡大する
7：33		試験体側面で、高さ方向に亀裂（溝）が確認されるようになる
8：25		試験体側面で赤熱部分が確認されるようになる
9：39		炎の勢いが全体的にわずかながら弱まってくる
10：52		試験体下面の中央部の幅が小さくなってくる（炭化層の脱落等により細くなる）
17：02		全体的に、炭化層の亀裂が縦横無尽に確認されるようになる
19：23	C, D	試験体側面で、炭化層が細かく脱落するようになる
21：27	A, B	試験体側面で、赤熱部分の範囲が次第に拡大する
25：45	C, D	試験体側面で、炭化層が脱落するようになる
28：56		炎の勢いが全体的に強まってくる
29：26		試験体下面の角部の炭化層がかなり痩せてくる
30：52		試験体下面の角部の炭化層が丸みを帯びるほど痩せてくる
34：56	C	試験体側面から炭化（灰）層が脱落する
42：41		炎の勢いが全体的にさらに強まってくる
43：37	C	試験体側面から再び炭化層（灰）が脱落する
50：25		試験体側面で、灰の部分の範囲が拡大する
59：01	B	試験体下面の角部が、さらにえぐれてくる
60：00		加熱終了



別表１．４．１－４　観察記録(LVL-D230)

試験体記号：ＬＶＬ－Ｄ２３０（幅100×高さ400×長さ2,050㎜、樹種：ﾀﾞｸﾞﾗｽﾌｧｰ）

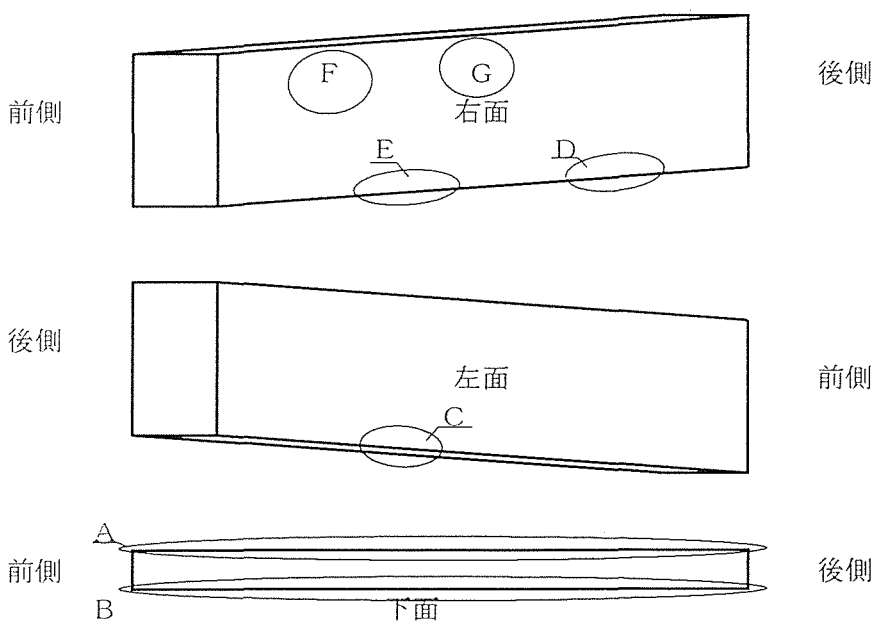
分・秒		加熱側
1：30		試験体下面の端部が茶色に変色し（焦げ）始める
2：10	A	試験体下面の角部に着炎し、直ちに長さ方向に広がっていった
2：45	B	試験体下面の角部に着炎する
3：30		表面全体を炎が覆うようになり、激しく燃焼し、炭化層が確認されるようになる
5：30		炎の勢いが全体的に弱まってくる
7：30		試験体下面で、部分的に白く炭化（灰）層が確認されるようになる
9：10	C	試験体側面で、赤熱部分が確認されるようになる
12：00		試験体全面で、長さ方向に亀裂（溝）が確認されるようになる
15：00		試験体側面で、赤熱部分が多く確認されるようになる
20：00		試験体下面の角部の炭化層が次第に痩せてくる
30：00		加熱終了



別表１．４．１－５　観察記録(LVL-D245)

試験体記号：ＬＶＬ－Ｄ２４５（幅100×高さ400×長さ2,050㎜、樹種：ﾀﾞｸﾞﾗｽﾌｧｰ）

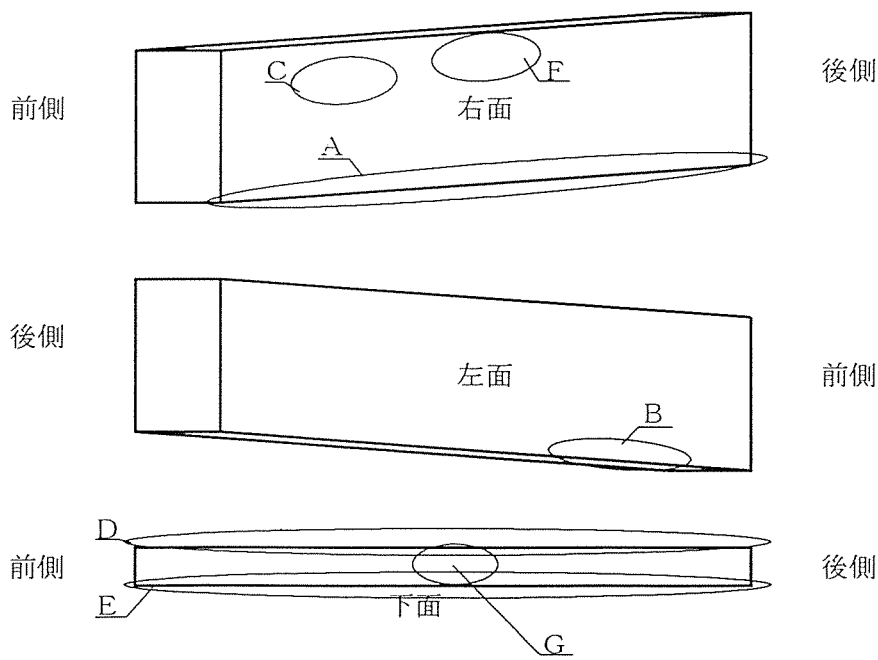
分・秒		加熱側
0：40	A, B	試験体下面の端部が茶色に変色し（焦げ）始める
2：20	C	試験体下面の角部に着炎する
2：32	D	試験体下面の角部に着炎する
2：47	E	試験体下面の角部に着炎し、直ちに長さ方向に広がっていった
4：38		試験体下面の角部に炭化層が確認されるようになる
5：03	F	試験体側面で、炭化層が小片となってはじけるようになる
5：54	G	試験体側面で、炭化層が小片となってはじけ、その中で小炎を確認する
9：06		炎の勢いが全体的に弱まってくる
9：37		試験体側面の上部で赤熱部分が確認され、次第に下部へと進行する
11：48		再び炎の勢いが全体的に強まってくる
13：49	F	再び試験体側面で、炭化層が小片となってはじける
14：23	G	試験体側面で、炭化層が大きな固まりとなって脱落する
21：26		試験体側面で、炭化層の亀裂がはっきりと確認できるようになった
25：42		試験体側面が、中央部で凹んだような状態となる
32：04		再び炎の勢いが全体的に弱まってくる
35：19		再び炎の勢いが全体的に強まってくる
36：26	G	試験体側面で、炭化層が大きな固まりとなって脱落する
36：59	G	試験体側面で、炭化層が大きな固まりとなって脱落する
44：37	G	試験体側面で、炭化層が大きな固まりとなって脱落する
45：00		加熱終了



別表１．４．１－６　観察記録(LVL-D260)

試験体記号：ＬＶＬ－Ｄ２６０（幅100×高さ400×長さ2,050㎜、樹種：ﾀﾞｸﾞﾗｽﾌｧｰ）

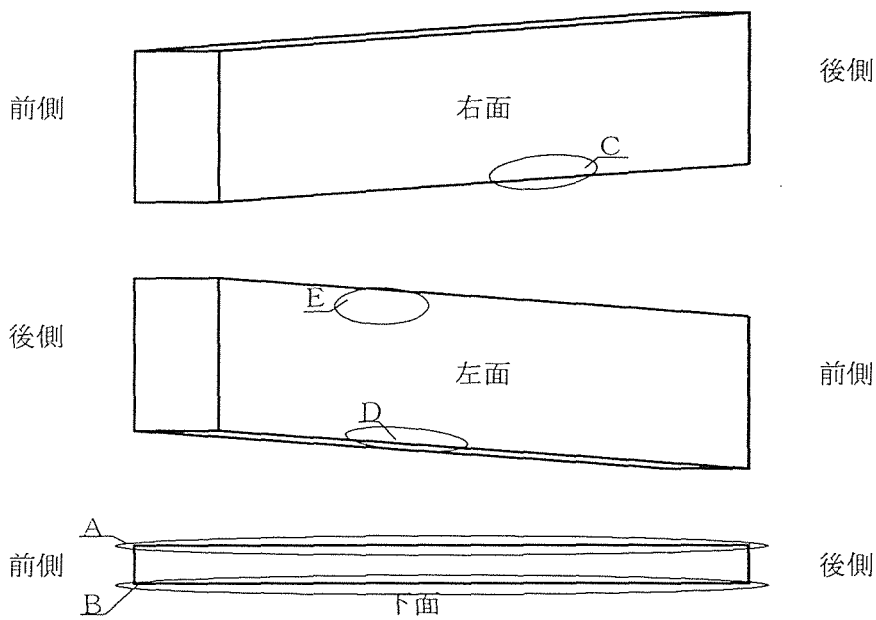
分・秒		加熱側
1：19		試験体下面の角部が焦げ始める
2：38	A	試験体下面の角部に着炎する
2：41	B	試験体下面の角部に着炎する
4：49		試験体側面から灰が飛び始める
5：46		炎の勢いが全体的に弱まってくる
7：28	C	試験体側面で、赤熱部分が確認されるようになる
8：09		炎の勢いが全体的に強まってくる
10：00		再び炎の勢いが全体的に弱まってくる
12：04		再び炎の勢いが全体的に強まってくる
14：15		試験体側面の上部で、赤熱部分が多く確認されるようになる
15：45		試験体下面の角部の炭化層が次第に脱落して痩せて（丸みを帯びて）くる
19：04		試験体下面の炭化層に亀裂が生じる
25：27		試験体側面の赤熱部分が、次第に側面全体へと広がっていく
31：01	D, E	試験体下面の角部で、赤熱部分の範囲と規模が次第に拡大する
36：33	C	試験体側面で、炭化層がめくれあがる
39：57	F	試験体側面で、細長く炭化層が脱落する
43：28		試験体側面（左面）から灰が上方へと飛んでいくのが確認される
47：05	G	試験体下面で、赤熱部分が確認されるようになる
57：49	G	試験体下面の赤熱部分の規模が、さらに大きくなる
59：45		試験体下面で、灰が激しく脱落する
60：00		加熱終了



別表１．４．１－７　観察記録(LVL-D330)

試験体記号：ＬＶＬ－Ｄ３３０（幅100×高さ400×長さ2,050㎜、樹種：ﾀﾞｸﾞﾗｽﾌｧｰ）

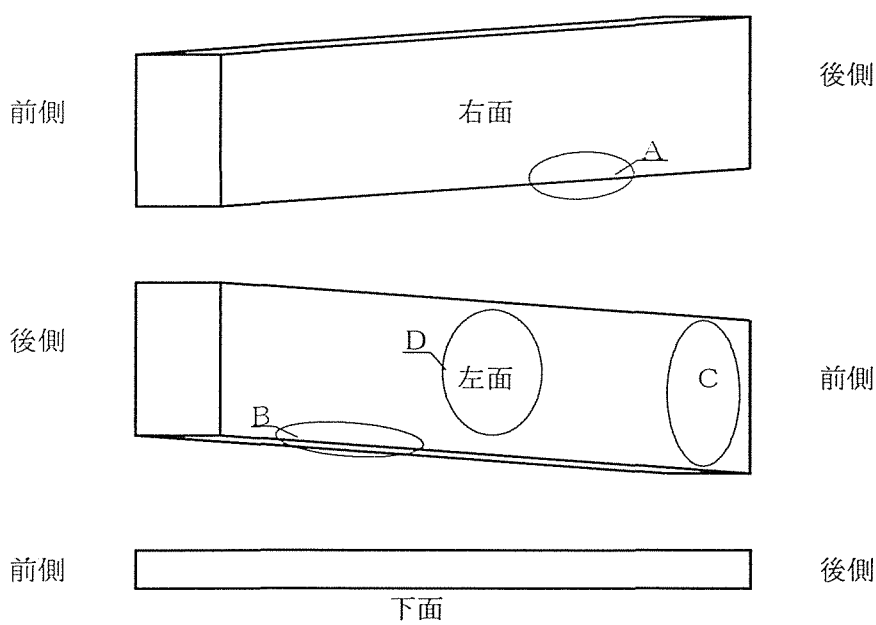
分・秒		加熱側
0：29	A, B	試験体下面の角部が黒く変色し始める
0：57		試験体下面が薄黒く変色し始める
1：28		試験体側面が薄黒く変色し始める
1：42	C	試験体下面の角部に着炎する
1：54	D	試験体下面の角部に着炎する
2：44	E	試験体側面で、表面が薄くはがれ、赤熱部分を確認する
4：03		試験体側面に、縦方向に割れが確認されるようになった
5：36	E	試験体側面から灰が飛び始める
6：37		炎の勢いが全体的に弱まってくる
8：12		試験体側面で、縦方向の割れが目立つようになった
9：55	A, B	試験体下面の角部が次第に痩せて（丸みを帯びて）くる
12：38		炎の勢いが全体的に強まってくる
14：10	D	試験体側面で赤熱部分が確認され、その部分の炭化層が薄くめくれあがる
16：26		試験体側面の上部で、赤熱部分が多く確認されるようになる
21：26	A	試験体下面の角部で、灰が脱落したり飛ばされたりするのが確認される
24：49		試験体側面が、中央部で凹んだような状態となる（同時に灰〔炭化層〕も脱落）
30：00		加熱終了



別表１．４．１－８　観察記録(LVL-D360)

試験体記号：ＬＶＬ－Ｄ３６０（幅100×高さ400×長さ2,050㎜、樹種：ﾀﾞｸﾞﾗｽﾌｧｰ）

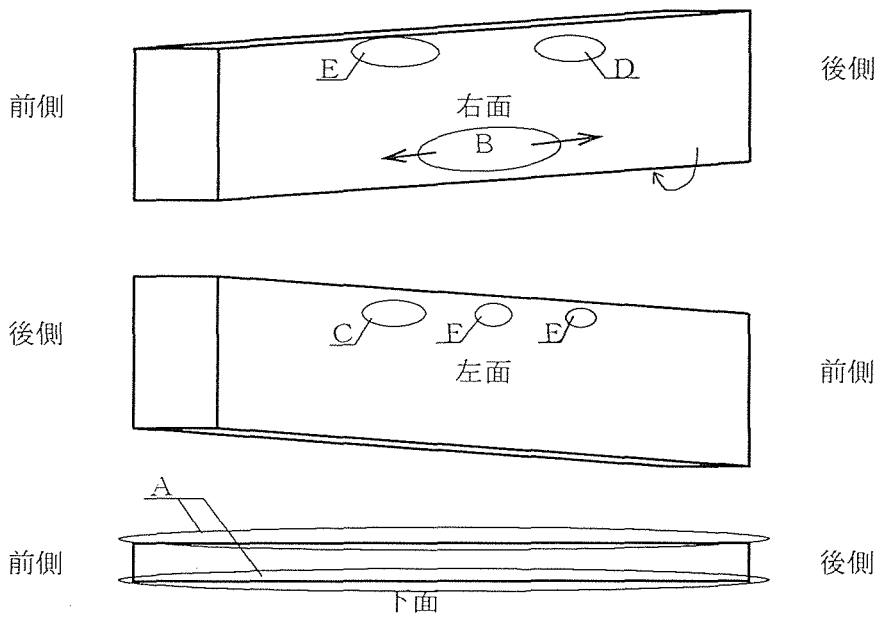
分・秒		加熱側
1：30		試験体下面の角部が黒くに変色し（焦げ）始める
2：20		試験体側面が黒くに変色し（焦げ）始める
2：30	A	試験体下面の角部に着炎する
2：55	B	試験体下面の角部に着炎する（反対の面から廻ってきた）
4：00		炎が表面全体を覆うようになる
4：30	C	試験体側面の端部で、炎の勢いが弱まる
6：00		試験体側面の中央部で、炎の勢いが弱まる
7：00		炎の勢いが全体的に強まり、白煙が確認されなくなった
10：00		試験体側面に、縦方向に割れが確認されるようになった
14：10	D	試験体側面で、炭化層が小片となってはじけ飛び、内部で赤熱を確認する
20：00		試験体側面の上部で、赤熱部分が多く確認されるようになる
22：00		試験体下面全体が次第に痩せてくる
25：00		試験体側面で、炭化層が小片となってはじけ飛ぶ現象があまり確認できなくなった
28：10		２回「ポンポン」の音とともに、炭化層が小片となってはじけ飛ぶ
35：30		再び試験体側面で、炭化層が小片となってはじけ飛ぶようになった
42：30		試験体の表面全体で、赤熱部分が多く確認されるようになり、ＬＶＬ表面の炭化層が小片となって頻繁にはじけ飛ぶ（落下する）ようになった（～50分頃）
60：00		加熱終了



別表１．４．１－９　観察記録(LVL-K130)

試験体記号：ＬＶＬ－Ｋ１３０（幅100×高さ300×長さ2,050㎜、樹種：ｶﾗﾏﾂ）

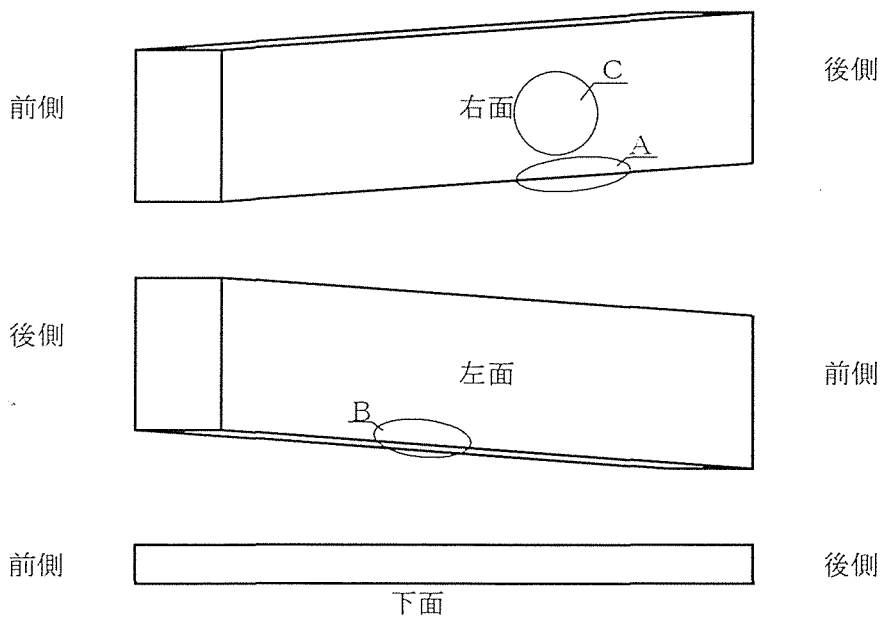
分・秒		加熱側
2：00	A	試験体下面の中央部が長さ方向に焦げてくる
2：15		試験体下面の角部が焦げてくる
3：00		試験体下面全体が焦げてくる
3：15	B	試験体側面（右面）に着炎する
3：40		炎が試験体下面から側面（左面）へとまわる
3：55		表面全体に着炎する
5：30		炎の勢いが全体的に弱まり、表面に炭化層が確認できるようになる
7：30	C	再び炎の勢いが全体的に強まり、試験体上部から火の粉が舞うようになる 試験体側面で、赤熱部分と炭化層の細かい割れが確認できるようになる
16：15		「パンパン」とはじけるような音とともに、火の粉が多量に舞う（その後も相次いで発生する）
21：00	D	試験体側面で赤熱部分が確認され、その部分からも炎が出現する
24：20		「パンパン」とはじけるような音とともに、火の粉が多量に舞う
25：00	E	試験体側面で赤熱部分が確認され、その部分からも炎が出現する
28：00		試験体下面で白く炭化（灰）層が確認されるようになる
30：00		加熱終了



別表１．４．１－10　観察記録(LVL-K145)

試験体記号：ＬＶＬ－Ｋ１４５（幅100×高さ300×長さ2,050㎜、樹種：ｶﾗﾏﾂ）

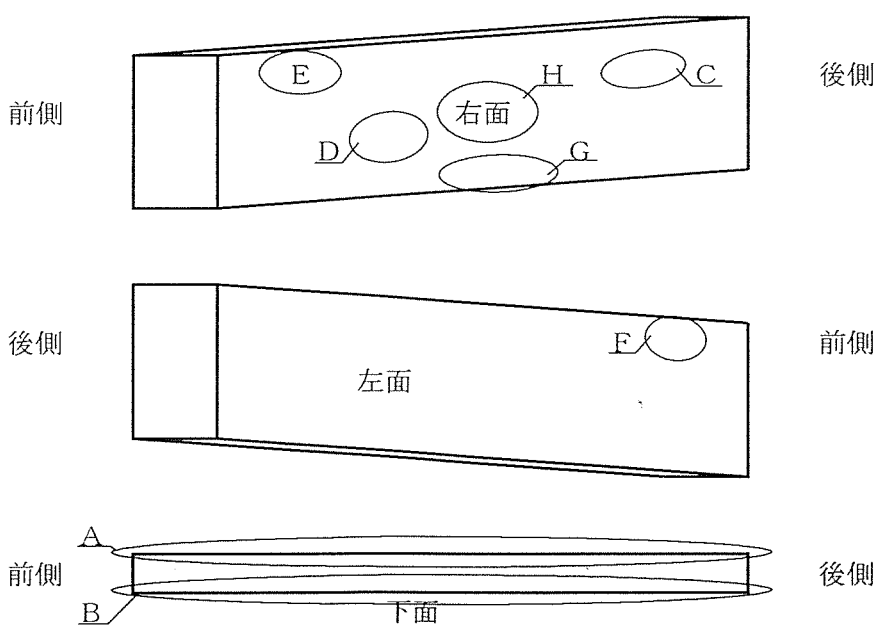
分・秒		加熱側
1：00		試験体下面の端部が焦げてくる
2：00		試験体下面全体が焦げてくる
2：50	A	試験体下面の角部に着炎する
3：20	B	試験体下面の角部に着炎する
3：50		炎が表面全体を覆うようになる
5：30		炎の勢いが全体的に弱まり、試験体下面が白く灰になってきた
7：40	C	試験体側面で、炭化層が小片となってはじけ飛ぶようになり、その後も相次いで発生する
8：30		試験体側面で、炭化層が小片となって多くはじけ飛び（落下し）、内部で赤熱を確認する
12：00		炎の勢いが全体的に強まってくる
14：00		試験体側面に、縦方向に割れが確認されるようになった
17：30		試験体側面で、炭化層が小片となってはじけ飛ぶとともに、試験体上部から火の粉が多量に舞う
19：50		試験体下面の角部が次第に痩せて（丸みを帯びて）くる
26：00		試験体側面ではじけた場所が多少えぐれ、その内部から炎が出現するようになる
27：00		試験体側面で、炭化層が最も多量に小片となってはじけ飛ぶ
45：00		加熱終了



別表１．４．１－11　観察記録(LVL-K160)

試験体記号：ＬＶＬ－Ｋ１６０（幅100×高さ300×長さ2,050㎜、樹種：ｶﾗﾏﾂ）

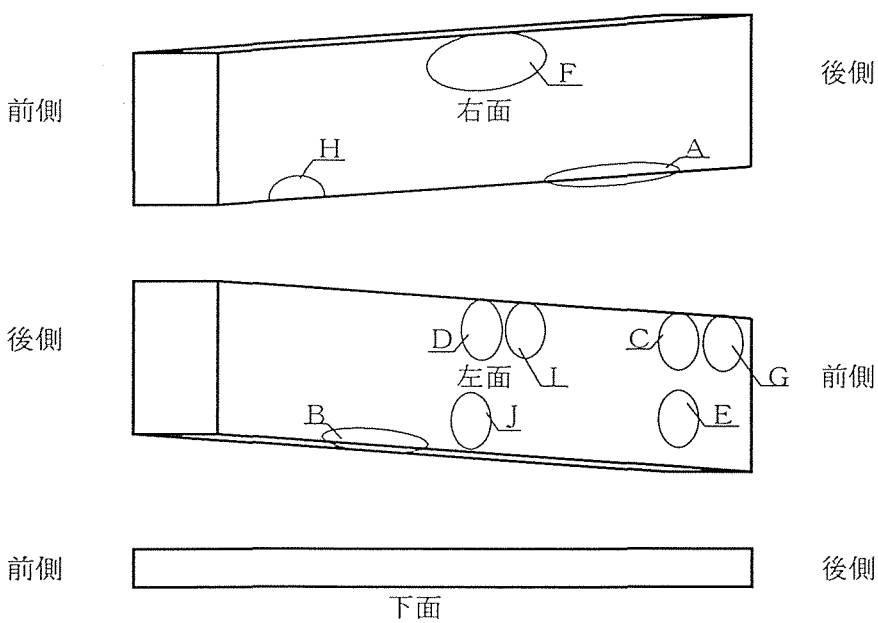
分・秒		加熱側	
0	50	A	試験体下面の角部に着炎する
2	05	B	試験体下面の角部に着炎する
2	40		炎が表面全体を覆うようになる
3	55		炎の勢いが全体的に強まってくる
4	20	B	試験体下面の角部で、赤熱部分が確認されるようになる
4	45		試験体下面の両端で、赤熱部分が確認されるようになる
5	45		炎の勢いが全体的に弱まってくる
8	50	C	試験体側面で、炭化層（赤熱部分）がめくれあがる
9	59	D	試験体側面が部分的に多少えぐれてくる
10	35	D	試験体側面で、炭化層が小片となってはじけ飛ぶ
16	30		さらに炎の勢いが全体的に弱まってくる
22	00		再び炎の勢いが全体的に強まってくる
23	35	D	試験体側面で、炭化層が小片となってはじけ飛ぶ
24	30	E	試験体側面で、炭化層が小片となってはじけ飛ぶ
26	10	F	試験体側面で、炭化層が小片となってはじけ飛ぶ
26	25	E	試験体側面で、炭化層（赤熱部分）がめくれあがる
27	30		試験体側面の上部で、炭化層（赤熱部分）があちらこちらでめくれあがり、その部分の灰（炭化層）が脱落したり飛んだりするようになる
30	05	G	試験体側面で、炭化層が小片となってはじけ飛び、内部から炎が出現する
33	55	E	試験体側部で、灰（炭化層）が脱落する
35	25		試験体下面で、赤熱部分があちらこちらで確認される
43	42	E	試験体側面で、炭化層が小片となってはじけ飛び、内部から炎が出現する
44	41	C	試験体側面が部分的に凸凹してくるようになる
45	50	H	試験体側面で、炭化層が小片となってはじけ飛び、内部から炎が出現する
49	46		試験体側面が多少凹んでくるようになる
58	10		全体的に、試験体表面から激しく灰（炭化層）が脱落する
60	00		加熱終了



別表１．４．１－12　観察記録(LVL-K230)

試験体記号：ＬＶＬ－Ｋ２３０（幅100×高さ400×長さ2,050㎜、樹種：ｶﾗﾏﾂ）

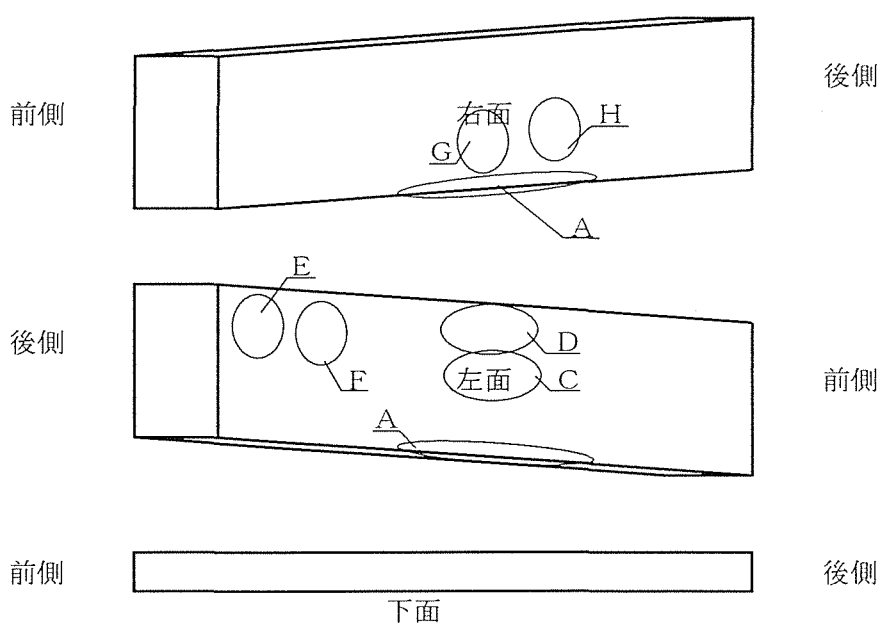
分・秒		加熱側
1：30		試験体下面の端部が焦げてくる
2：40	A	試験体下面の角部に着炎し、直ちに長さ方向に広がる
3：09	B	試験体下面の角部に着炎する
3：50		炎が一気に表面全体を覆うようになり、激しく燃焼する
5：00		炎の勢いが全体的に弱まってくる
6：10		さらに炎の勢いが全体的に弱まり、試験体下面（特に端部）が白く灰になってきた
7：40	C	試験体側面で、炭化層が小片となってはじけ飛ぶ
8：50	D	試験体側面で、炭化層が小片となってはじけ飛ぶ
9：40	E	試験体側面で、炭化層が小片となってはじけ飛ぶ
15：20	F	試験体側面で、赤熱部分（約10㎝四方）が確認されるようになる
17：00	G	試験体側面で、炭化層が小片となってはじけ飛ぶ
17：10	H	試験体側面で、炭化層が部分的に脱落し、多少えぐれてくる
19：30		試験体側面の上部で、炭化層（赤熱部分）があちらこちらでめくれあがり、その部分の白くなった灰（炭化層）が脱落したり飛んだりするようになる
23：00	I	試験体側面で、炭化層が小片となってはじけ飛ぶ
25：00	F	試験体側面で、炭化層がかたまりとなって脱落する
25：05	J	試験体側面で、炭化層が小片となってはじけ飛ぶ
30：00		加熱終了



別表１．４．１－13　観察記録(LVL-K245)

試験体記号：ＬＶＬ－Ｋ２４５（幅100×高さ400×長さ2,050㎜、樹種：ｶﾗﾏﾂ)

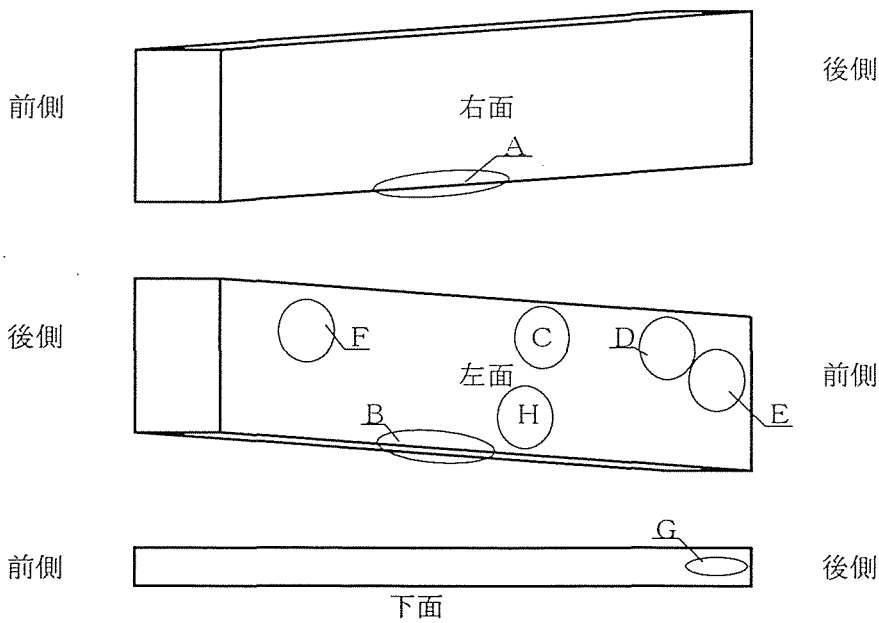
分・秒		加熱側
1：30		試験体下面の端部が焦げ始める
2：40	A	試験体下面の角部に着炎する
2：50	B	試験体下面の角部に着炎する（反対の面からまわってきた）
3：00		炎が一気に表面全体を覆うようになる
4：40		炎の勢いが全体的に弱まってくる
6：00		表面全体を炭化層が覆い、縦方向の亀裂が無数に堪忍され、部分的に炭化層の小片が脱落する
8：20	C	試験体側面で、炭化層が小片となってはじけ飛ぶ
8：50	D E	試験体側面で、炭化層が多少えぐれてくる 試験体側面で、炭化層が小片となってはじけ飛ぶ
11：50	F	試験体側面で、炭化層が小片となってはじけ飛び、多少えぐれる
15：00	G	試験体側面で、炭化層が小片となってはじけ飛び、えぐれた内部から炎が出現する
16：40	H	試験体側面で、炭化層が小片となってはじけ飛ぶ
17：30		試験体側面の上部で、赤熱部分があちらこちらで確認され、炭化層が小片となって相次いではじけ飛ぶ（～30分頃まで）
31：00		試験体下面の角部が大きく削られ、原型をとどめないほど痩せてくる
35：00		試験体下面で、長さ方向に大きな亀裂（接着層）が確認される
38：00		炎の勢いが全体的に強まってくる
45：00		加熱終了

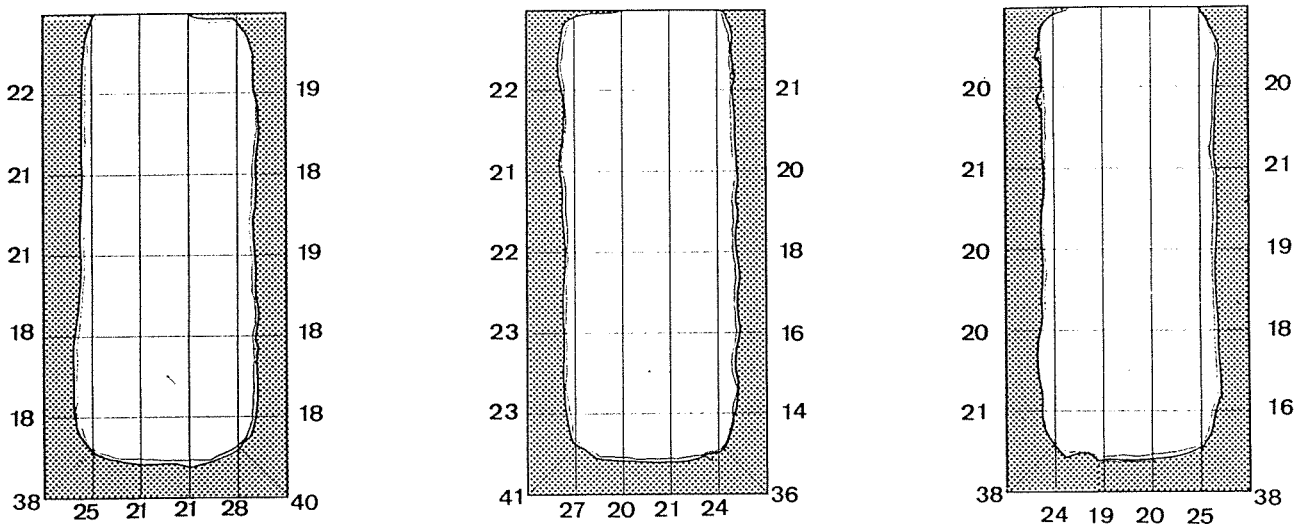


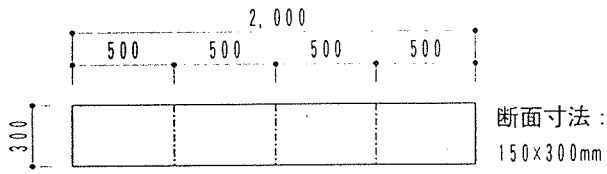
別表１．４．１－14　観察記録(LVL-K260)

試験体記号：ＬＶＬ－Ｋ２６０（幅100×高さ400×長さ2,050㎜、樹種：ｶﾗﾏﾂ）

分	秒		加　熱　側
1	20		試験体下面の端部が焦げてくる
2	14	A	試験体下面の角部に着炎する
2	22	B	試験体下面の角部に着炎する
3	18		炎が表面全体を覆うようになり、炎の勢いも全体的に強まってくる
4	57	B	試験体下面の角部で、赤熱部分が確認されるようになる
5	53		試験体側面で、縦方向に亀裂が確認されるようになる
6	44		炎の勢いが全体的に弱まってくる
7	43	C	試験体側面で、炭化層が小片となってはじけ飛ぶ
8	17	D	試験体側面で、２回連続で、炭化層が小片となってはじけ飛ぶ
8	52	C	試験体側面の炭化層がはじけ飛んだ部分から、炭化層の固まりが脱落する
10	12	D	試験体側面の炭化層がはじけ飛んだ部分から、炭化層の固まりが脱落する
11	13		さらに炎の勢いが全体的に弱まってくる
14	07		再び炎の勢いが全体的に強まってくる
16	23		試験体下面・側面の炭化層が、白く（灰）変化してくる
17	43	E	試験体側面で、炭化層が小片となってはじけ飛ぶ
22	15	C	試験体側面で、炭化層が小片となってはじけ飛び、その周囲が盛り上がってくる
23	19	C	試験体側面の炭化層がはじけ飛んだ部分の内部から炎が出現する
26	21	C	試験体側面で、炭化層の固まりが脱落する
26	57	F	試験体側面で、炭化層の固まりが脱落する
30	03	G	試験体下面の端部で、小さな赤熱部分を確認する
31	00		さらに炎の勢いが全体的に強まってくる
35	45	H	試験体側面で、炭化層が小片となってはじけ飛ぶ
54	20		試験体側面の中央部が、さらに凹んでくる
60	00		加熱終了





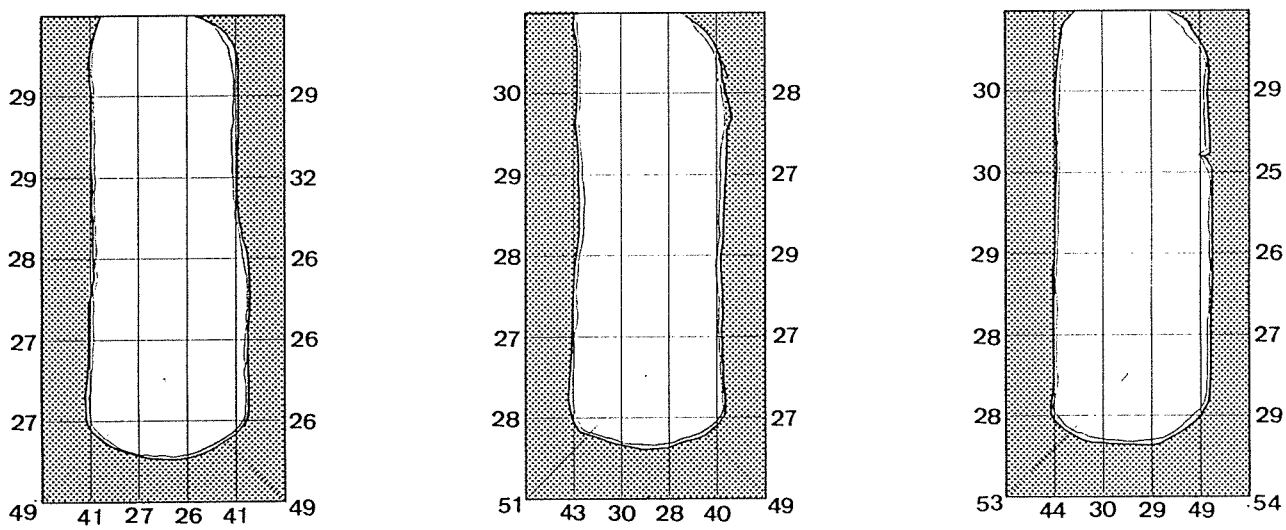


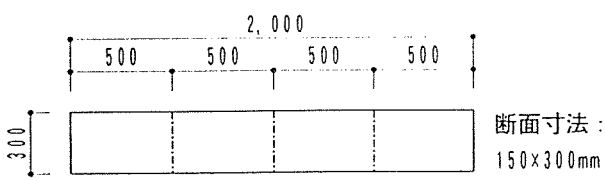
断面寸法：
150×300mm

試験体記号： ＬＶＬ－Ｄ１３０
樹種： ベイマツ（ﾀﾞｸﾞﾗｽﾌｧｰ）
平均炭化深さ： 19.7mm(n=36、ｺｰﾅｰ部は除く)
加熱時間 ： ３０分 平均炭化速度：0.66mm／分

別図１．４．２－１ 炭化深さ測定結果

	最大	最小	平均	炭化速度	n
側 面	23	14	19.6	0.65mm/分	30
底 面	21	19	20.3	0.68mm/分	6
ｺｰﾅｰ部	41	36	38.5	1.28mm/分	6



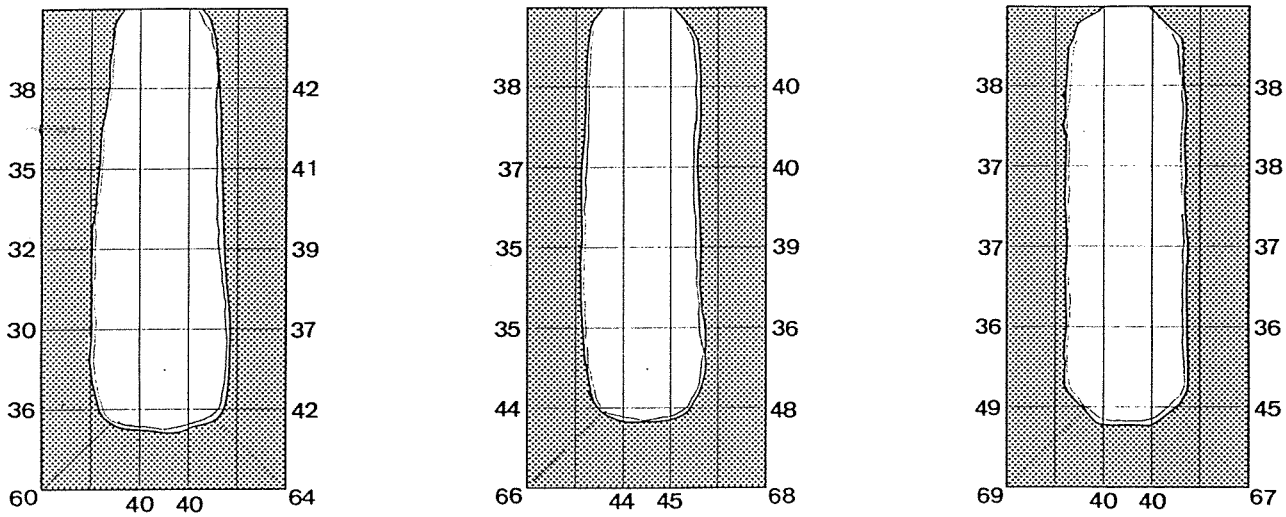


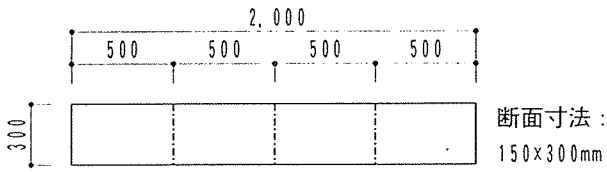
断面寸法：
150×300mm

試験体記号： ＬＶＬ－Ｄ１４５
樹種： ベイマツ（ﾀﾞｸﾞﾗｽﾌｧｰ）
平均炭化深さ：28.1mm(n=36、ｺｰﾅｰ部は除く)
加熱時間 ： ４５分 平均炭化速度：0.62mm／分

別図１．４．２－２ 炭化深さ測定結果

	最大	最小	平均	炭化速度	n
側 面	32	25	28.0	0.62mm/分	30
底 面	30	26	28.3	0.63mm/分	6
ｺｰﾅｰ部	54	49	50.8	1.13mm/分	6



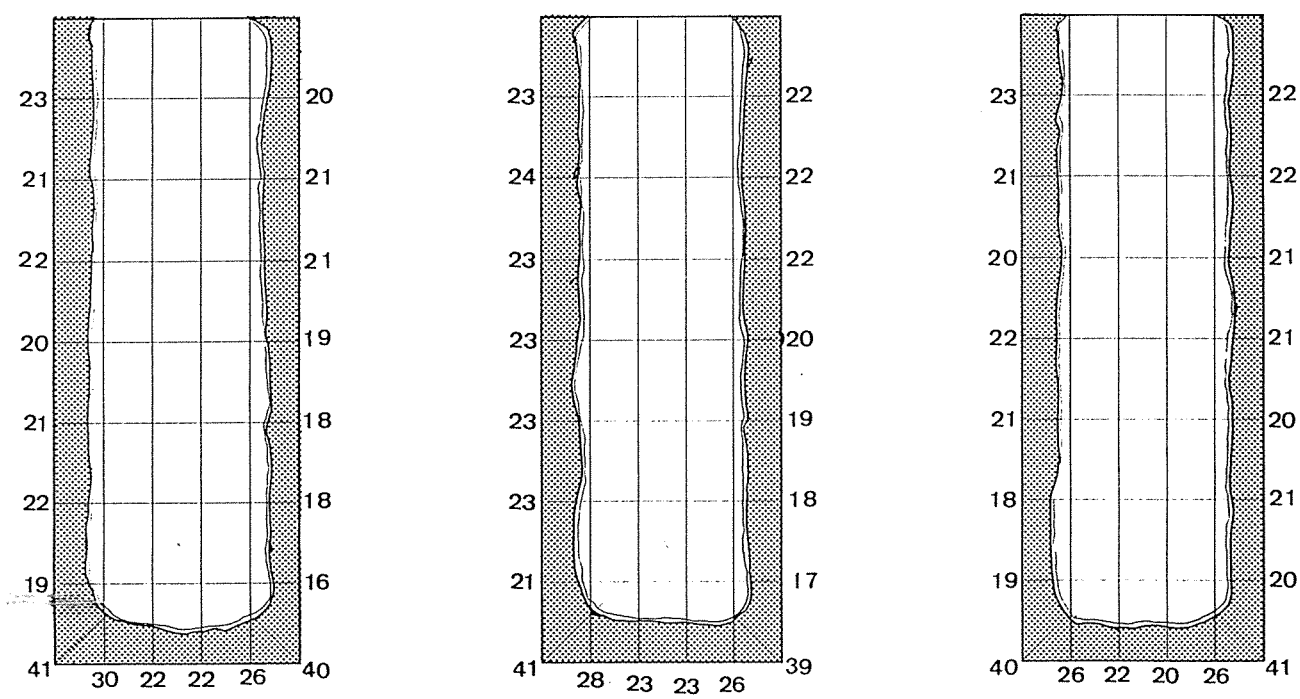


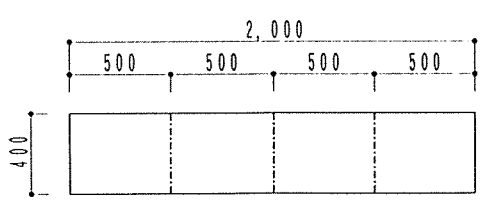
断面寸法：
150×300mm

試験体記号：　ＬＶＬ－Ｄ１６０
樹種：　ベイマツ（ﾀﾞｸﾞﾗｽﾌｧｰ）
平均炭化深さ：39.6mm（n=36、ｺｰﾅｰ部は除く）
加熱時間：６０分　平均炭化速度：0.65mm／分

別図１．４．２－３　炭化深さ測定結果

	最大	最小	平均	炭化速度	n
側　面	49	30	38.5	0.64mm/分	30
底　面	45	40	41.5	0.69mm/分	6
ｺｰﾅｰ部	68	60	65.7	1.10mm/分	6



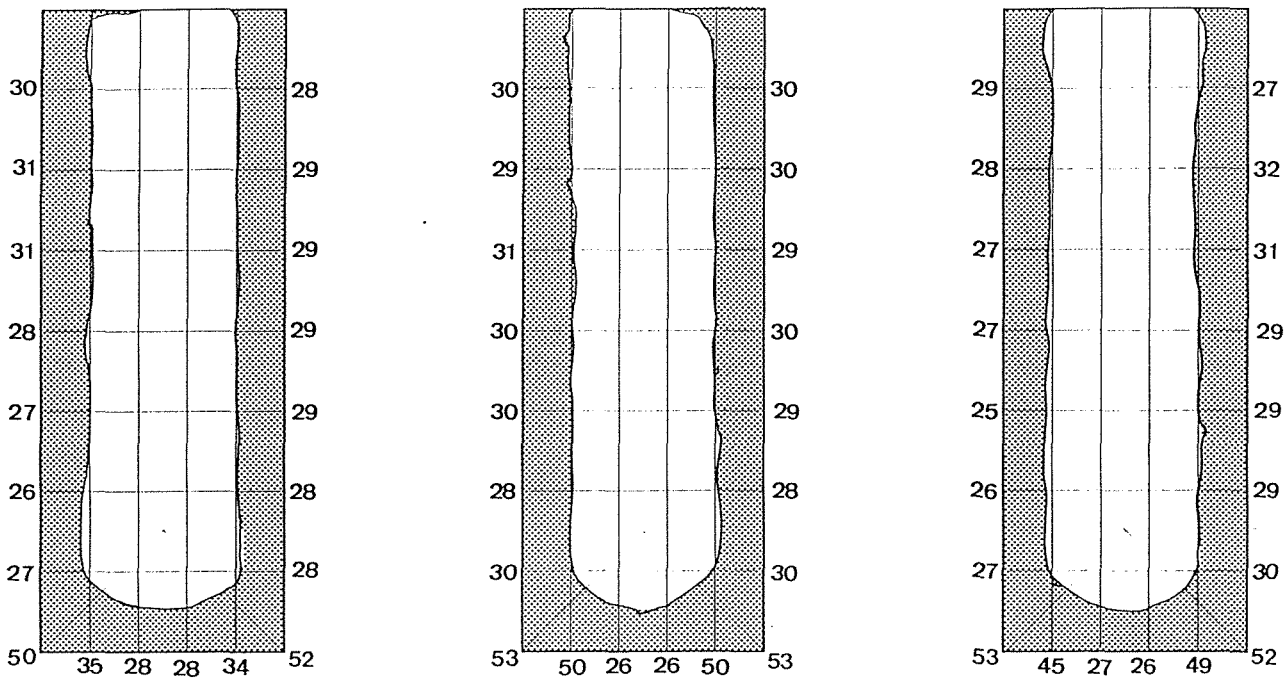


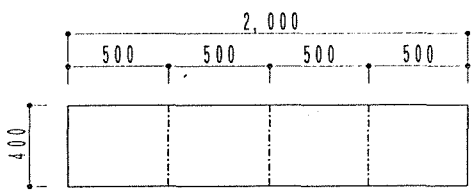
断面寸法：
150×400mm

試験体記号：ＬＶＬ－Ｄ２３０
樹種：　ベイマツ（ﾀﾞｸﾞﾗｽﾌｧｰ）
平均炭化深さ：20.9mm（n=48、ｺｰﾅｰ部は除く）
加熱時間：３０分　平均炭化速度：0.70mm／分

別図１．４．２－４　炭化深さ測定結果

	最大	最小	平均	炭化速度	n
側　面	24	16	20.8	0.69mm/分	42
底　面	23	20	22.0	0.73mm/分	6
ｺｰﾅｰ部	41	39	40.3	1.34mm/分	6



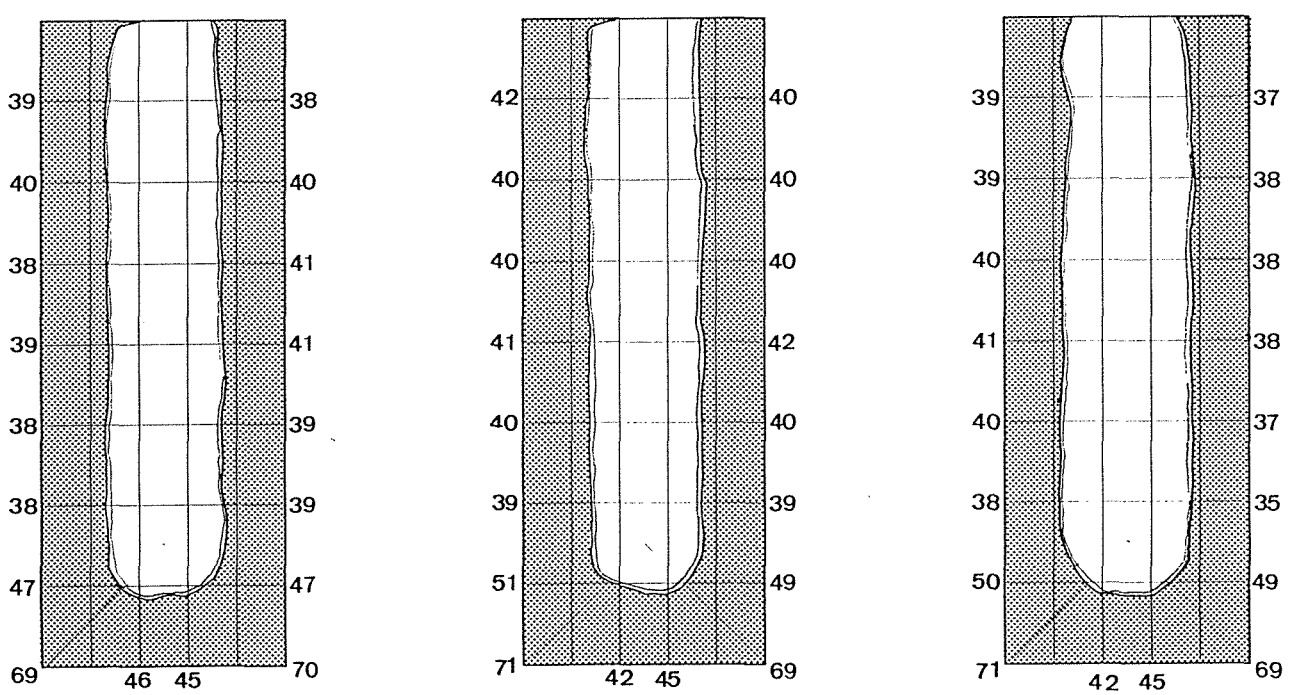


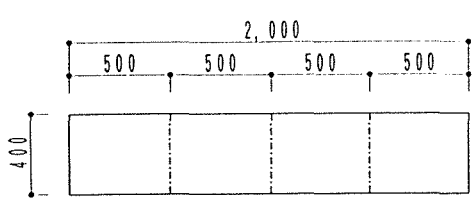
断面寸法：
150×400mm

試験体記号：ＬＶＬ－Ｄ２４５
樹種：　ベイマツ（ﾀﾞｸﾞﾗｽﾌｧｰ）
平均炭化深さ：28.6mm(n=48、ｺｰﾅｰ部は除く)
加熱時間：４５分　平均炭化速度：0.64mm／分

別図１．４．２－５　炭化深さ測定結果

	最大	最小	平均	炭化速度	n
側　面	32	25	28.8	0.64mm/分	42
底　面	28	26	26.8	0.60mm/分	6
ｺｰﾅｰ部	53	50	52.2	1.16mm/分	6



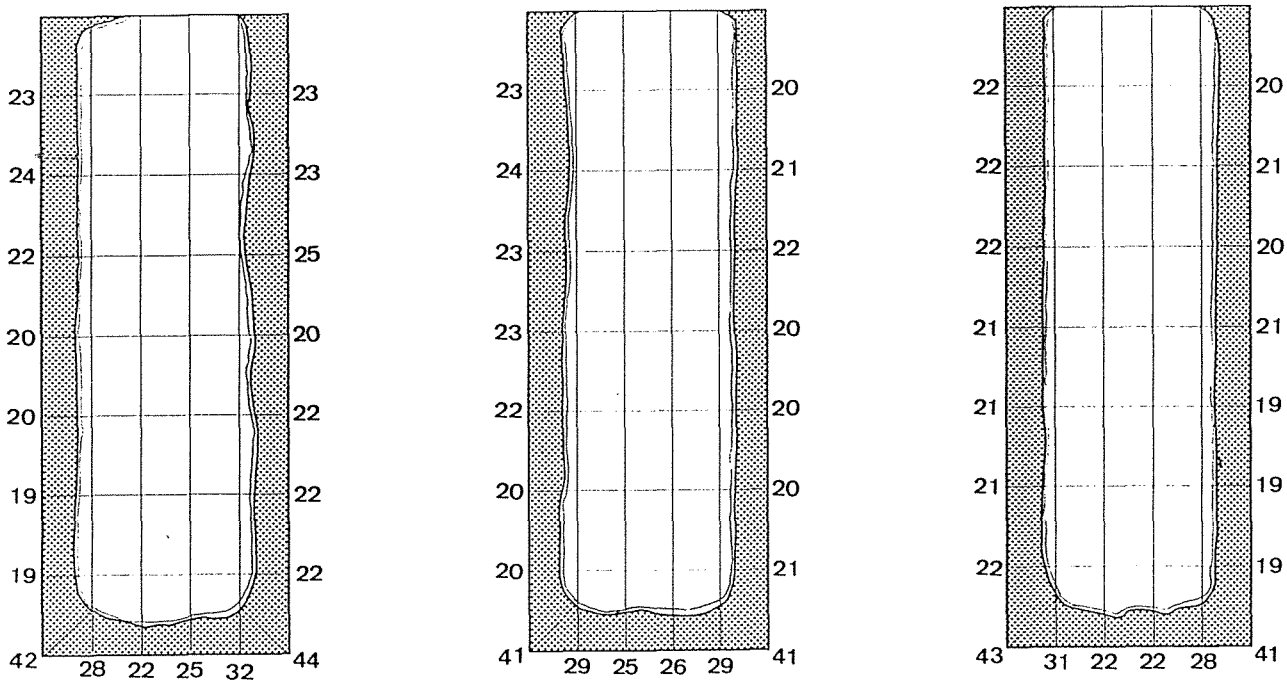


断面寸法：
150×400mm

試験体記号：ＬＶＬ－Ｄ２６０
樹種：　ベイマツ（ﾀﾞｸﾞﾗｽﾌｧｰ）
平均炭化深さ：41.1mm(n=48、ｺｰﾅｰ部は除く)
加熱時間：６０分　平均炭化速度：0.69mm／分

別図１．４．２－６　炭化深さ測定結果

	最大	最小	平均	炭化速度	n
側　面	51	35	40.6	0.68mm/分	42
底　面	46	42	44.2	0.74mm/分	6
ｺｰﾅｰ部	71	69	69.8	1.16mm/分	6



試験体記号：ＬＶＬ－Ｄ３３０

樹種：　　ベイマツ（ﾀﾞｸﾞﾗｽﾌｧｰ）

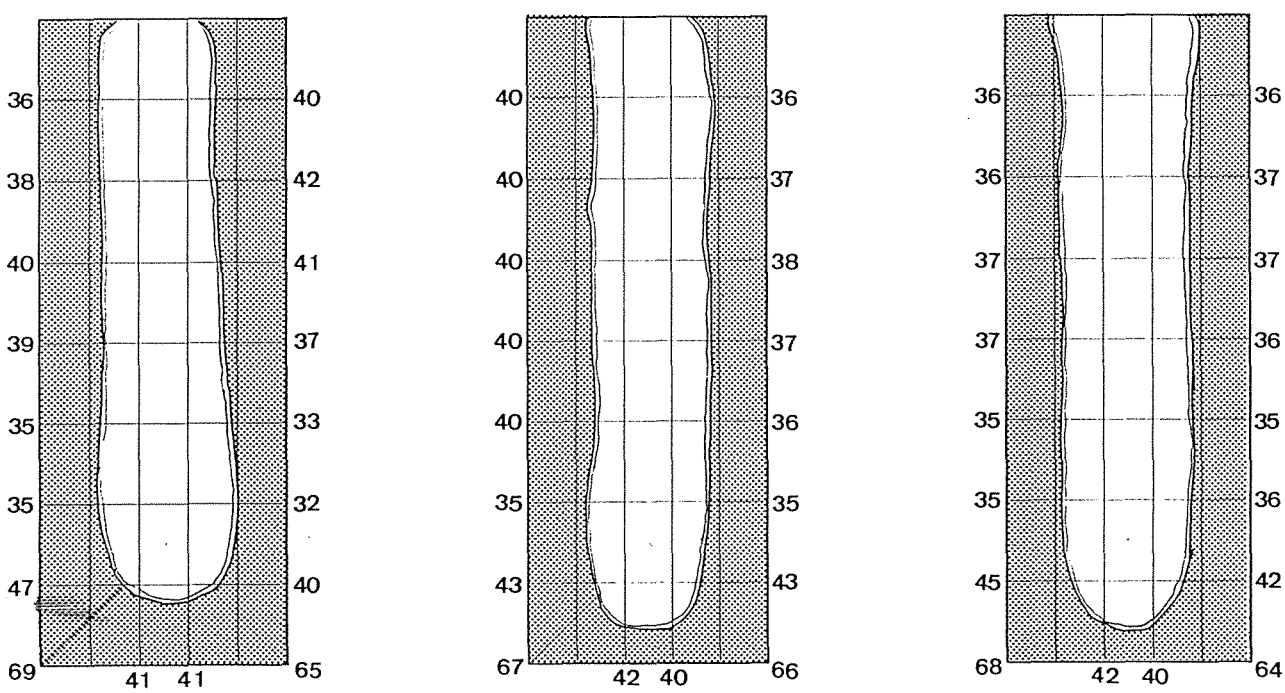
平均炭化深さ：21.6mm(n=48、ｺｰﾅｰ部は除く)

加熱時間：３０分　平均炭化速度：0.72mm／分

断面寸法：
150×400mm

別図１．４．２－７　炭化深さ測定結果

	最大	最小	平均	炭化速度	n
側　面	25	19	21.3	0.71mm/分	42
底　面	26	22	23.7	0.79mm/分	6
ｺｰﾅｰ部	43	41	42.0	1.40mm/分	6



試験体記号：ＬＶＬ－Ｄ３６０

樹種：　　ベイマツ（ﾀﾞｸﾞﾗｽﾌｧｰ）

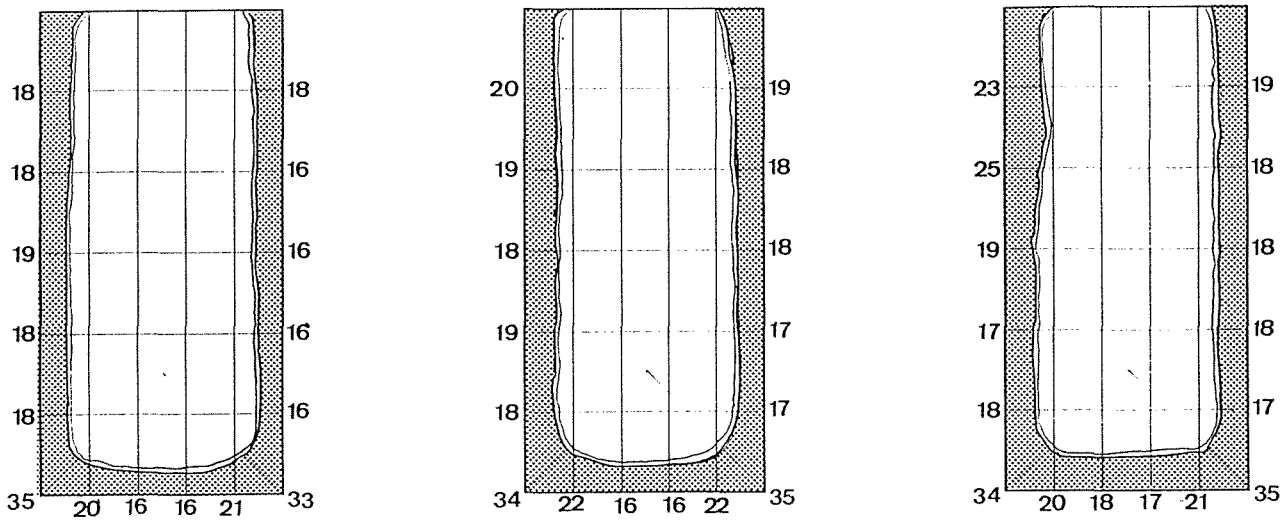
平均炭化深さ：38.4mm(n=48、ｺｰﾅｰ部は除く)

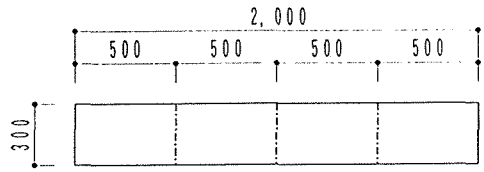
加熱時間：６０分　平均炭化速度：0.64mm／分

断面寸法：
150×400mm

別図１．４．２－８　炭化深さ測定結果

	最大	最小	平均	炭化速度	n
側　面	47	32	38.0	0.63mm/分	42
底　面	42	40	41.0	0.68mm/分	6
ｺｰﾅｰ部	69	64	66.5	1.11mm/分	6



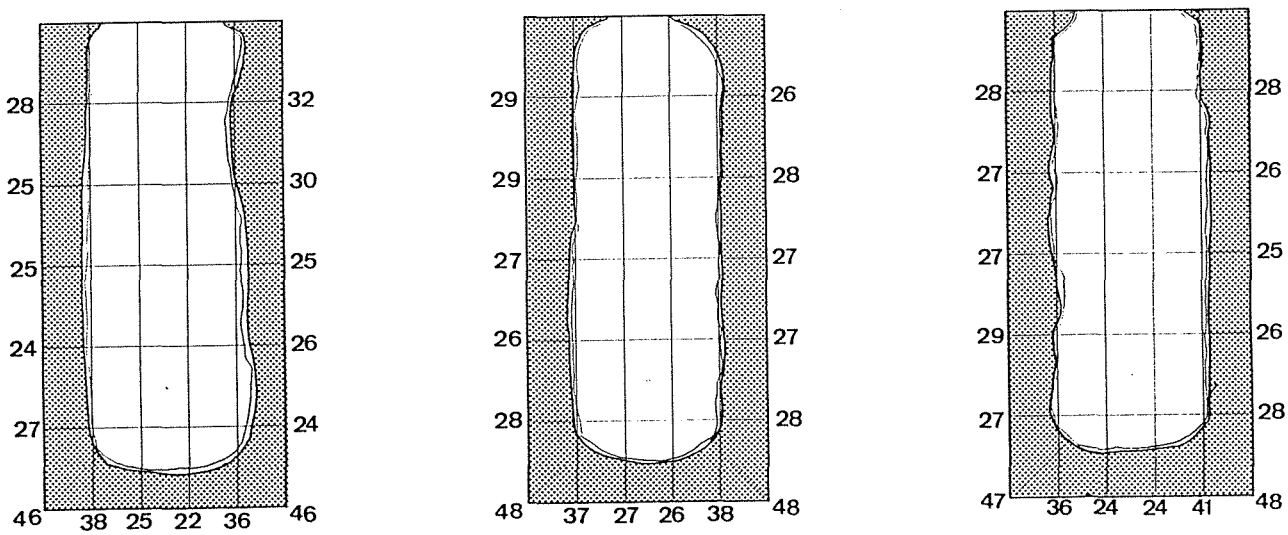


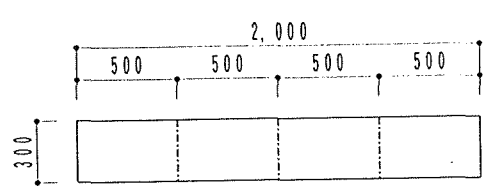
断面寸法：
150×300mm

試験体記号：ＬＶＬ－Ｋ１３０
樹種：　カラマツ
平均炭化深さ：18.0mm(n=36、ｺｰﾅｰ部は除く)
加熱時間：３０分　平均炭化速度：0.60mm／分

	最大	最小	平均	炭化速度	n
側　面	25	16	18.3	0.61mm/分	30
底　面	18	16	16.5	0.55mm/分	6
ｺｰﾅｰ部	35	33	34.3	1.14mm/分	6

別図１．４．２－９　炭化深さ測定結果



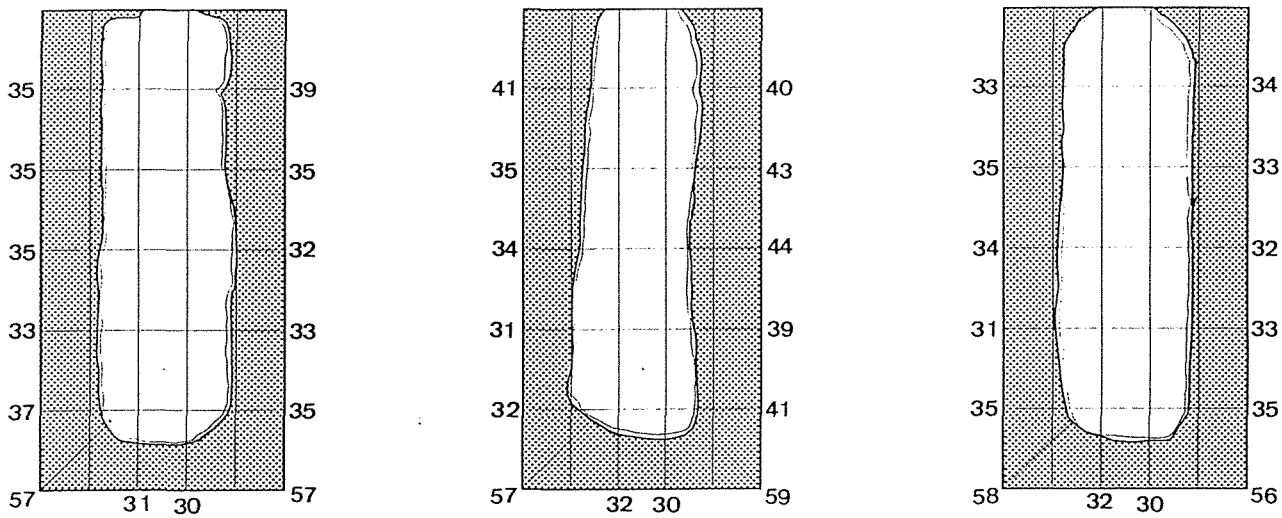


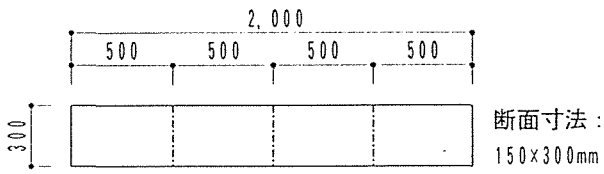
断面寸法：
150×300mm

試験体記号：ＬＶＬ－Ｋ１４５
樹種：　カラマツ
平均炭化深さ：26.7mm(n=36、ｺｰﾅｰ部は除く)
加熱時間：４５分　平均炭化速度：0.59mm／分

	最大	最小	平均	炭化速度	n
側　面	32	24	27.1	0.60mm/分	30
底　面	27	22	24.7	0.55mm/分	6
ｺｰﾅｰ部	48	46	47.2	1.04mm/分	6

別図１．４．２－10　炭化深さ測定結果



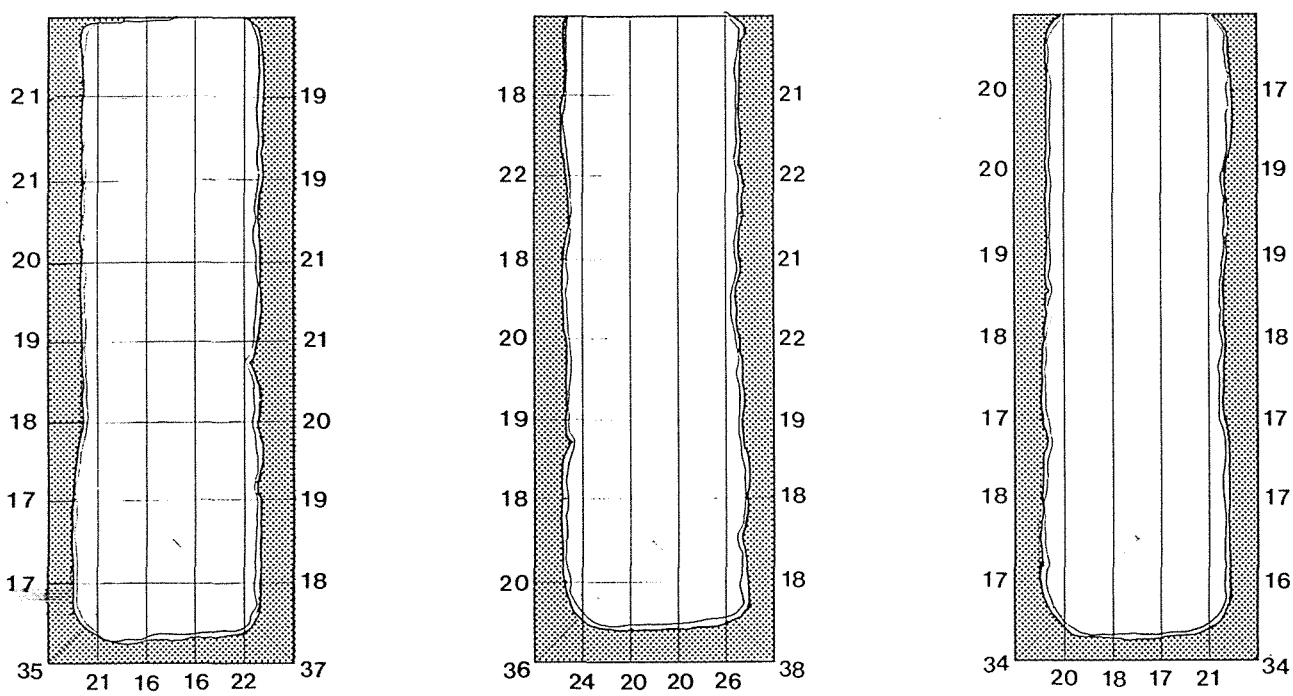


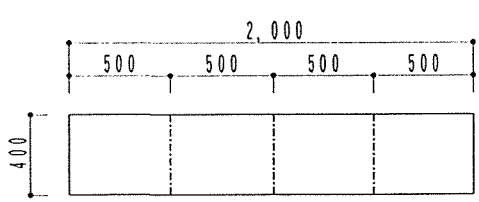
断面寸法：
150×300mm

試験体記号：ＬＶＬ－Ｋ１６０
樹種：　カラマツ
平均炭化深さ：34.7mm(n=36、ｺｰﾅｰ部は除く)
加熱時間：６０分　平均炭化速度：0.58mm／分

	最大	最小	平均	炭化速度	n
側　面	44	31	35.5	0.59mm/分	30
底　面	32	30	30.8	0.51mm/分	6
ｺｰﾅｰ部	59	56	57.3	0.96mm/分	6

別図１．４．２－11　炭化深さ測定結果



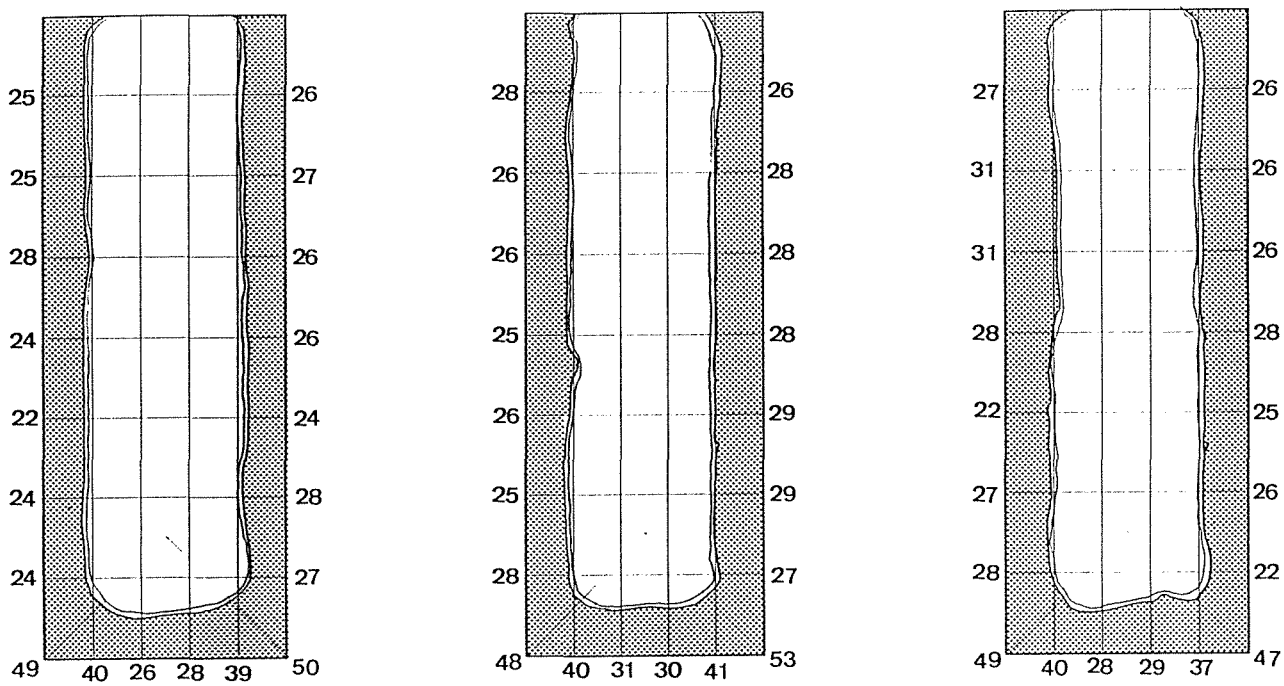


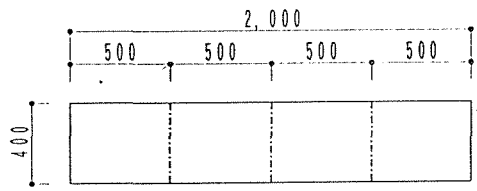
断面寸法：
150×400mm

試験体記号：ＬＶＬ－Ｋ２３０
樹種：　カラマツ
平均炭化深さ：18.9mm(n=48、ｺｰﾅｰ部は除く)
加熱時間：３０分　平均炭化速度：0.63mm／分

	最大	最小	平均	炭化速度	n
側　面	22	16	19.0	0.63mm/分	42
底　面	20	16	17.8	0.59mm/分	6
ｺｰﾅｰ部	38	34	35.7	1.19mm/分	6

別図１．４．２－12　炭化深さ測定結果



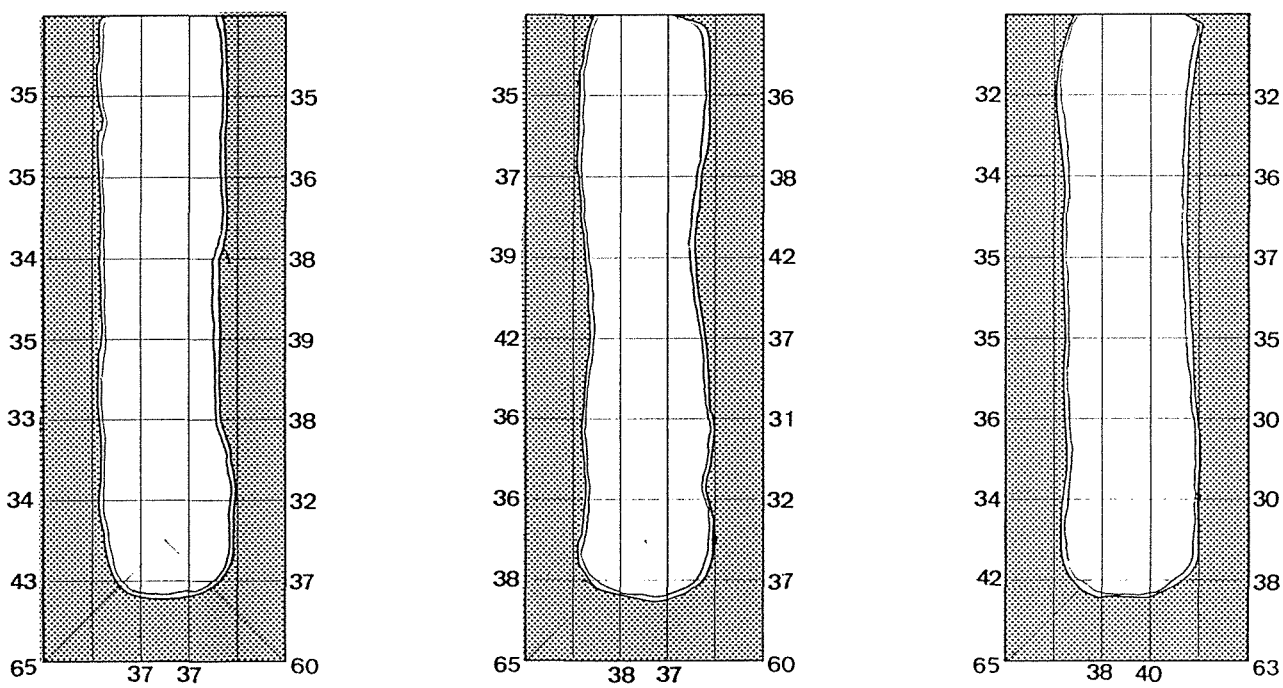


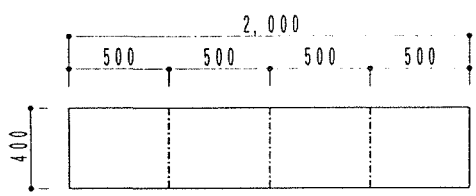
断面寸法：
150x400mm

試験体記号：ＬＶＬ－Ｋ２４５
樹種：　カラマツ
平均炭化深さ：26.7mm(n=48、ｺｰﾅｰ部は除く)
加熱時間：４５分　平均炭化速度：0.59mm／分

	最大	最小	平均	炭化速度	n
側面	31	22	26.4	0.59mm/分	42
底面	31	26	28.7	0.64mm/分	6
ｺｰﾅｰ部	53	47	49.3	1.10mm/分	6

別図１．４．２－13　炭化深さ測定結果





断面寸法：
150x400mm

試験体記号：ＬＶＬ－Ｋ２６０
樹種：　カラマツ
平均炭化深さ：36.1mm(n=48、ｺｰﾅｰ部は除く)
加熱時間：６０分　平均炭化速度：0.60mm／分

	最大	最小	平均	炭化速度	n
側面	43	30	35.9	0.60mm/分	42
底面	40	37	37.8	0.63mm/分	6
ｺｰﾅｰ部	65	60	63.0	1.05mm/分	6

別図１．４．２－14　炭化深さ測定結果

第２章　ＬＶＬの載荷加熱試験

２．１　実施内容

ＬＶＬによるはりに継手を行って建築される例はあまり多くなく、その継手の種類も少ない。本開発実験では、大断面集成材のはり継手の例を参考とし、実際に使用されている継手並びに今後使用されることが予想される継手を選定して実験を行うこととした。

継ぎ手部分を組み込んだＬＶＬはり試験体では、はりの中央部に３種類の継ぎ手を用いて接合したもの及び比較用として継手のないものを試験体として選定し、はりの中央部分に長期許容応力度に相当する応力度を載荷しながらＩＳＯ／８３４に規定する標準耐火加熱曲線に沿って加熱試験を行なった。

２．２　試験体

ＬＶＬはり試験体は、外国産樹種としてダグラスファー（ベイマツ：アメリカ・カナダ産単板）、国内産の樹種としてカラマツ（実験ではソ連カラマツの単板を使用）を選定し、長さ４．５ｍ、断面寸法が２種類（幅15cm、はりせい30cm及び幅15cm、はりせい40cm）とした。試験体の記号及び仕様を表２．２－１に示す。ＬＶＬは、厚さ3.2mm単板をフェノール樹脂接着剤で一次接着し、厚さ30mmとなるように両面プレーナー仕上げとした。次いで30mm厚のラミナを５枚レゾルシノール樹脂接着剤で二次接着し、はり幅150mmとした。

なお、一次接着並びに二次接着に用いた接着剤は大日本インキ工業（株）製で、その配合は以下の通りであった。

・一次接着　フェノール樹脂（接着条件：140℃、13Kg／ｃ㎡、25分）

フェノライトＰＡ１１８６－Ｚ	２００Ｋｇ	８１％
炭酸カルシウム	２５Ｋｇ	１０．２％
小麦粉（スリーウッズ）	１５Ｋｇ	６．１％
ソーダ灰	２Ｋｇ	０．８％
水	４Ｋｇ	

・二次接着　ＤＩＣ　レゾルシノール樹脂（接着条件：30℃、8kg／ｃ㎡、8時間）

ＭＤ－３１００－Ｈ	（主剤）	５０Ｋｇ
３２００－Ｂ	（硬化剤）	２０Ｋｇ
３５００	（主剤）	１０Ｋｇ

試験体は、通直のものの外に、中央部分に継手を設けたものを製作した。継ぎ手の種類は、大断面集成材のはり継手に用いられている方法を参考に３種類を選定し、表２．２－１に示すように樹種、寸法と組み合わせた。試験体の継手の概要を図２．２－１に示す。

鋼板挟み込みドリフトピン接合による継手は、図２．２－２及び図２．２－３に示すよ

うに、はり継手部分に幅10mmのスリットを設け、厚さ 9mmの鋼板を挿入し、径12mm、長さ100mm のドリフトピンで接合した。ドリフトピン頭部は深さ25mmの木栓で、スリットの底部は25mm深さまで埋木して鋼材部分を保護した。

上下添え板鋼板ラグボルト接合による継手は、図２．２－４に示すように、厚さ12mmの鋼板をはり上下に設け、径12mm、長さ 120mmのラグボルトで緊結する。継手中央部分にはせん断防止のために木製ダボ（60×60×120mm ）を挿入する。また、下側鋼板及びラグボルト頭部は厚さ25mmの木材で被覆する。

上下側面添え板鋼板ボルト接合による継手は、図２．２－５及び図２．２－６に示すように、厚さ 9mm幅60mmの鋼板を上部及び下部に設けて径12mmのボルトで緊結し、鋼板及びボルト頭部を厚さ25mmの木材で被覆する。また、継手中央部にはせん断防止のための木製ダボ（60×60×120mm ）を挿入する。

試験体数は、表２．２－２に示すように、１２種類１４体製作した。

２．３　試験方法

２．３．１　試験体の設置

試験体は、図２．３－１に示す水平炉（内寸：1.5m×2.0m、支店間距離：3.8m）の中心線上に設置し、加熱による熱気流及び煙は加熱炉下部から排気し、はりの上部は石綿けい酸カルシウム板及びセラミックファイバーを張って保護し、ＬＶＬはりの３面を加熱した。はり試験体を設置後、水平炉上部はセラミックファイバーを張ったパネルを設置して水平炉に蓋をした。

２．３．２　加熱方法

ＬＶＬはり試験体の加熱は、図２．３－１に示す位置に試験体を炉内に設置し、ＬＶＬはりの曲げ許容応力度に相当する応力度を載荷しながら、ＩＳＯ／８３４に準拠して、試験体面から１０ｃｍ離した位置に径３．２ｍｍのシース熱電対を露出して計９点設置して測定し、炉内温度を標準耐火曲線に沿うように制御した。

加熱は、白灯油を燃料とする水平加熱炉を用い、試験体が２．３．３に示すたわみ量またはたわみ速度が評価基準を超えた場合、若しくは座屈により載荷が困難となり試験体が破壊すると判断されるまで行った。

２．３．３　載荷方法

載荷方法は、試験体スパンの中心点への中央集中荷重とし、長期許容応力度に相当する応力度を載荷しながら加熱を行った。

・荷重の算出

載荷荷重は、ＬＶＬの許容応力度が１２０Ｅの１級の曲げ荷重（長期応力に対する許容応力度は１１０Ｋｇｆ／ｃm^2）として、試験体断面から次式によって算出した。

α＝（ＰＬ／４）（６／ｂｈ^2）

＊：α＝110 Kgf/cm^2、Ｐ＝載荷荷重(Kg)、Ｌ＝スパン(380cm)

ｂ＝はり幅(15cm)、ｈ＝はりせい(30cm、40cm)

①はりせい：３０ｃｍの場合

110＝（Ｐ×380／４）（６／15×30×30)

Ｐ＝2,605.3Kgf≒２．６トン

②はりせい：４０ｃｍの場合

110＝（Ｐ×380／４）（６／15×40×40)

Ｐ＝4,631.6Kgf≒４．６トン

・耐火性能の評価基準

平成５年建設省告示第1454号に規定する耐火加熱試験方法の判定基準を用いて評価した。はり部材にあっては、最大たわみ量および最大たわみ速度が定められているため、この基準を超えた時点で加熱を終了することとした。

①最大たわみ量

$\delta_2 \leqq L^2/400d$

（δ_2＝最大たわみ量(mm)、Ｌ＝試験体の支点間距離、ｄ＝はりせい)

・はりせい30cmでは

δ_2＝(3800×3800)／(400×300)＝120.3mm≒120mm

・はりせい40cmでは

δ_2＝(3800×3800)／(400×400)＝ 90.3mm≒ 90mm

②最大たわみ速度

$v_2 \leqq L^2/9000d$

（v_2＝最大たわみ速度(mm／分)、Ｌ＝試験体の支点間距離、ｄ＝はりせい)

・はりせい30cmでは

v_2＝(3800×3800)／(9000×300)＝5.34mm／分≒5mm／分

・はりせい40cmでは

v_2＝(3800×3800)／(9000×400)＝4.01mm／分≒4mm／分

よって、最大たわみ量は、はりせい30cmで120mm、はりせい40cmで90mm、最大たわみ速度は、はりせい30cmで5mm／分、はりせい40cmで4mm／分を超えた時点で加熱を終了することとした。

２．３．４　温度記録等

炉内加熱温度は打点式記録計で記録し、載荷荷重及び変位はデーターロガー（東京測器製：ＴＤＳ－６０１）を通してパーソナルコンピューターに接続し、フロッピーデイスクに収録した。

２．３．５　炭化深さ測定

試験体の加熱終了後、速やかに加熱炉から取り出し、注水消火後１箇所の断面を切り落とし、炭化深さを測定した。

２．３．６　観察記録

加熱試験前、加熱後の試験体の状況を写真により記録した。また、加熱中は目視により試験体の燃焼状況を観察し記録した。

表２．２－１　ＬＶＬ加熱試験体仕様一覧表（載荷加熱試験）

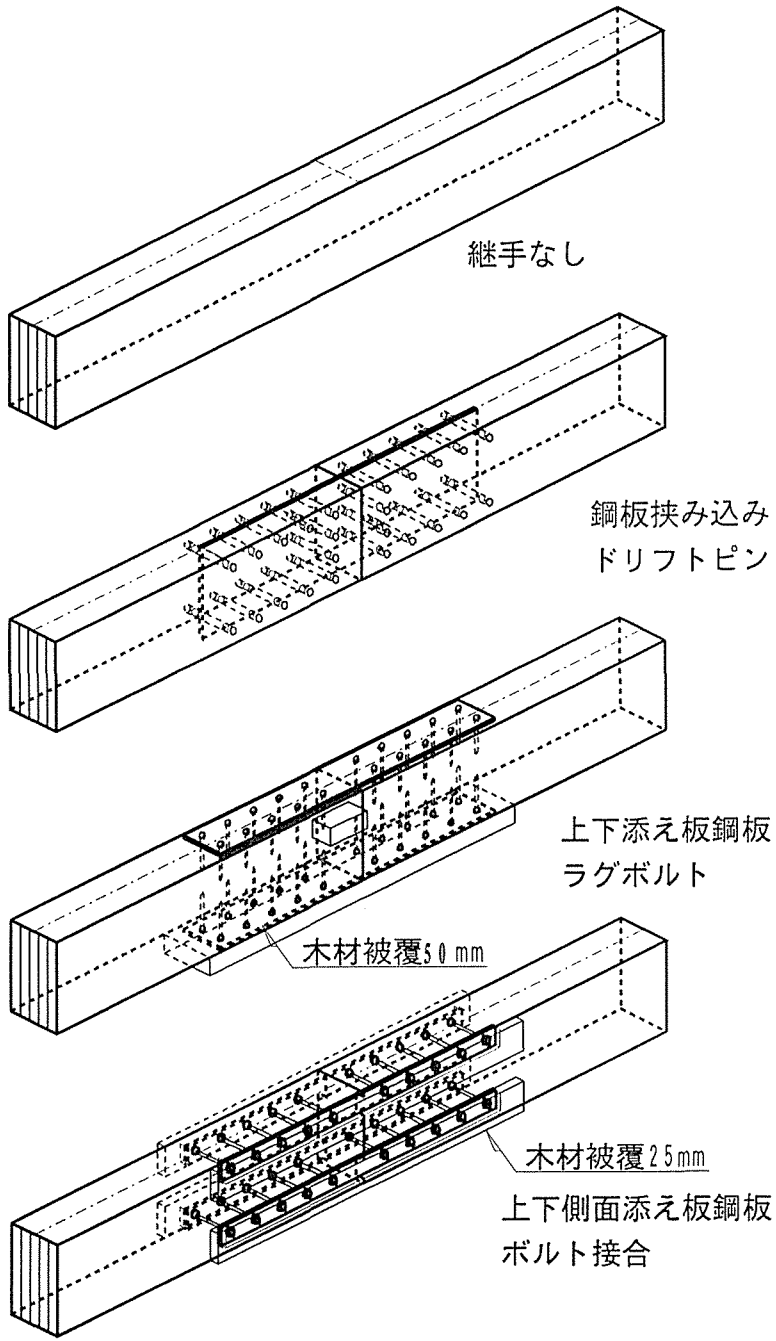
No.	試験体記号	寸　法(cm)	樹　　種	加熱方法	継　手　の　種　類	継手の保護	備　　考
1	LVL-D1-LJ0	15×30×450	ﾀﾞｸﾞﾗｽﾌｧｰ（ﾍﾞｲﾏﾂ）	載荷加熱 ISO/834	な　し		
2	LVL-D1-LJ1				鋼板挟み込み・ドリフトピン接合		
3	LVL-D1-LJ2				上下添え板鋼板・ラグボルト接合	下部鋼板は木材被覆	
4	LVL-D1-LJ3				上下側面添え板鋼板・ボルト接合	側面は木材被覆	
5	LVL-D2-LJ0	15×40×450	ﾀﾞｸﾞﾗｽﾌｧｰ（ﾍﾞｲﾏﾂ）	同　上	な　し		
6	LVL-D2-LJ1				鋼板挟み込み・ドリフトピン接合		
7	LVL-D2-LJ3				上下側面添え板鋼板・ボルト接合	側面は木材被覆	
8	LVL-K1-LJ0	15×30×450	カラマツ	同　上	な　し		
9	LVL-K1-LJ1				鋼板挟み込み・ドリフトピン接合		
10	LVL-K1-LJ2(1)				上下添え板鋼板・ラグボルト接合	下部鋼板は木材被覆	
11	LVL-K1-LJ2(2)				上下添え板鋼板・ラグボルト接合	下部鋼板は木材被覆	荷重条件を変える
12	LVL-K2-LJ0	15×40×450	カラマツ	同　上	な　し		
13	LVL-K2-LJ1(1)				鋼板挟み込み・ドリフトピン接合		
14	LVL-K2-LJ1(2)				鋼板挟み込み・ドリフトピン接合		荷重条件を変える

記号：D=ﾀﾞｸﾞﾗｽﾌｧｰ、K=ｶﾗﾏﾂ、L=載荷、J0=継手なし、J1=鋼板挟み込み、J2=上下添え板鋼板、J3=上下側面添え板鋼板

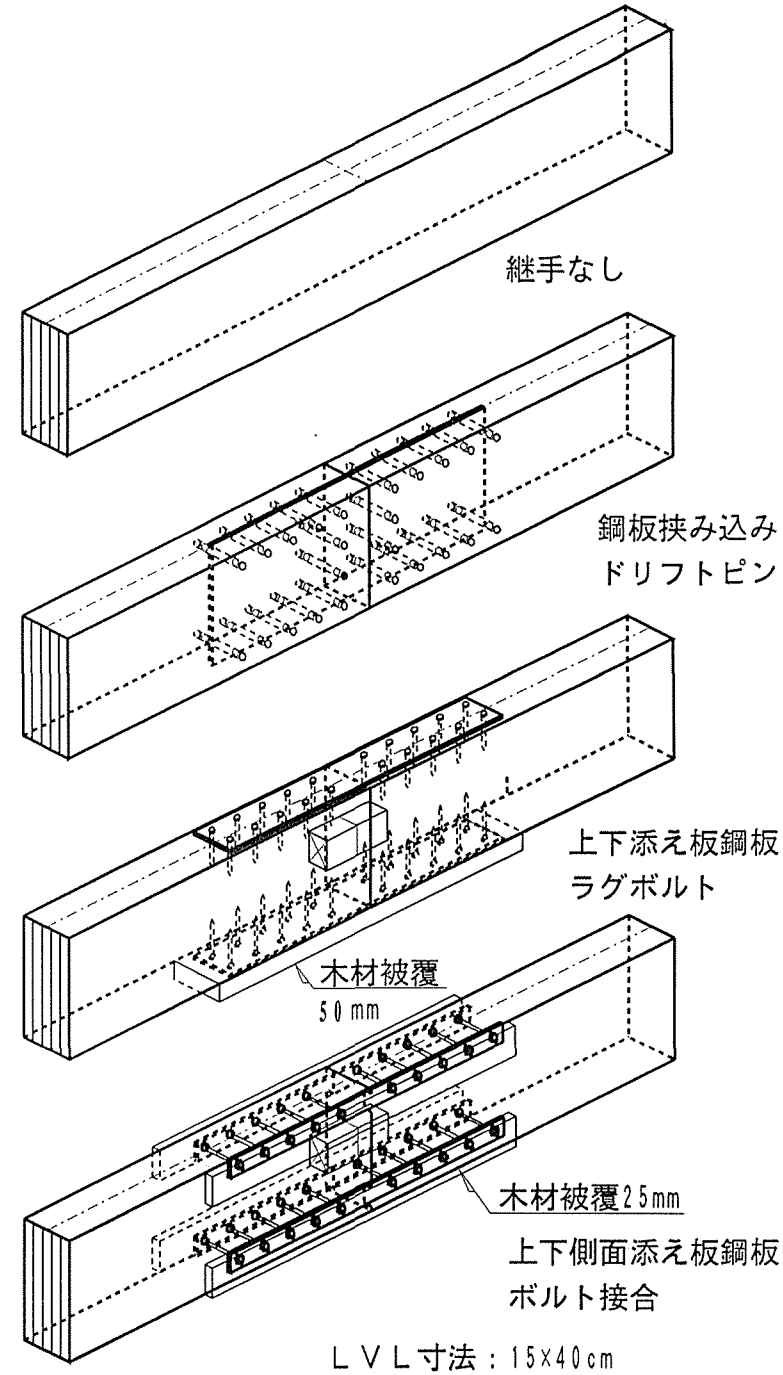
表２．２－２　ＬＶＬ載荷加熱試験体、荷重等一覧表

No.	試験体記号	寸　法(cm)	樹　種	曲げヤング	荷重(Kgf)	継手の種類	平均含水率	平均気乾比重
1	LVL-D1-LJ0	15×30×450	ベイマツ	120E	2605.3	な　し	７．８％（ｎ＝６）	０．６０９（ｎ＝１７）
2	LVL-D1-LJ1	15×30×450		80E	1776.3	鋼板挟み込みドリフトピン接合		
3	LVL-D1-LJ2	15×30×450		120E	2605.3	上下添え板鋼板・ラグボルト接合		
4	LVL-D1-LJ3	15×30×450		120E	2605.3	上下側面添え鋼板・ボルト接合		
5	LVL-D2-LJ0	15×40×450	ベイマツ	120E	4631.6	な　し		
6	LVL-D2-LJ1	15×40×450		120E	4631.6	鋼板挟み込みドリフトピン接合		
7	LVL-D2-LJ3	15×40×450		120E	4631.6	上下側面添え鋼板・ボルト接合		
8	LVL-K1-LJ0	15×30×450	カラマツ	120E	2605.3	な　し	７．４％（ｎ＝６）	０．７２５（ｎ＝１６）
9	LVL-K1-LJ1	15×30×450		120E	2605.3	鋼板挟み込みドリフトピン接合		
10	LVL-K1-LJ2(1)	15×30×450		120E	2605.3	上下添え板鋼板・ラグボルト接合		
11	LVL-K1-LJ2(2)	15×30×450		140E	3078.9	上下添え板鋼板・ラグボルト接合		
12	LVL-K2-LJ0	15×40×450	カラマツ	120E	4631.6	な　し		
13	LVL-K2-LJ1(1)	15×40×450		120E	4631.6	鋼板挟み込みドリフトピン接合		
14	LVL-K2-LJ1(2)	15×40×450		140E	5473.7	鋼板挟み込みドリフトピン接合		

記号：D=ベイマツ、K=カラマツ、L=載荷、J0=継手なし、J1=鋼板挟み込み、J2=上下添え板鋼板、J3=上下側面添え板鋼板



ＬＶＬ寸法：15×30cm



ＬＶＬ寸法：15×40cm

図2.2.1 LVL接合試験体継手概要図

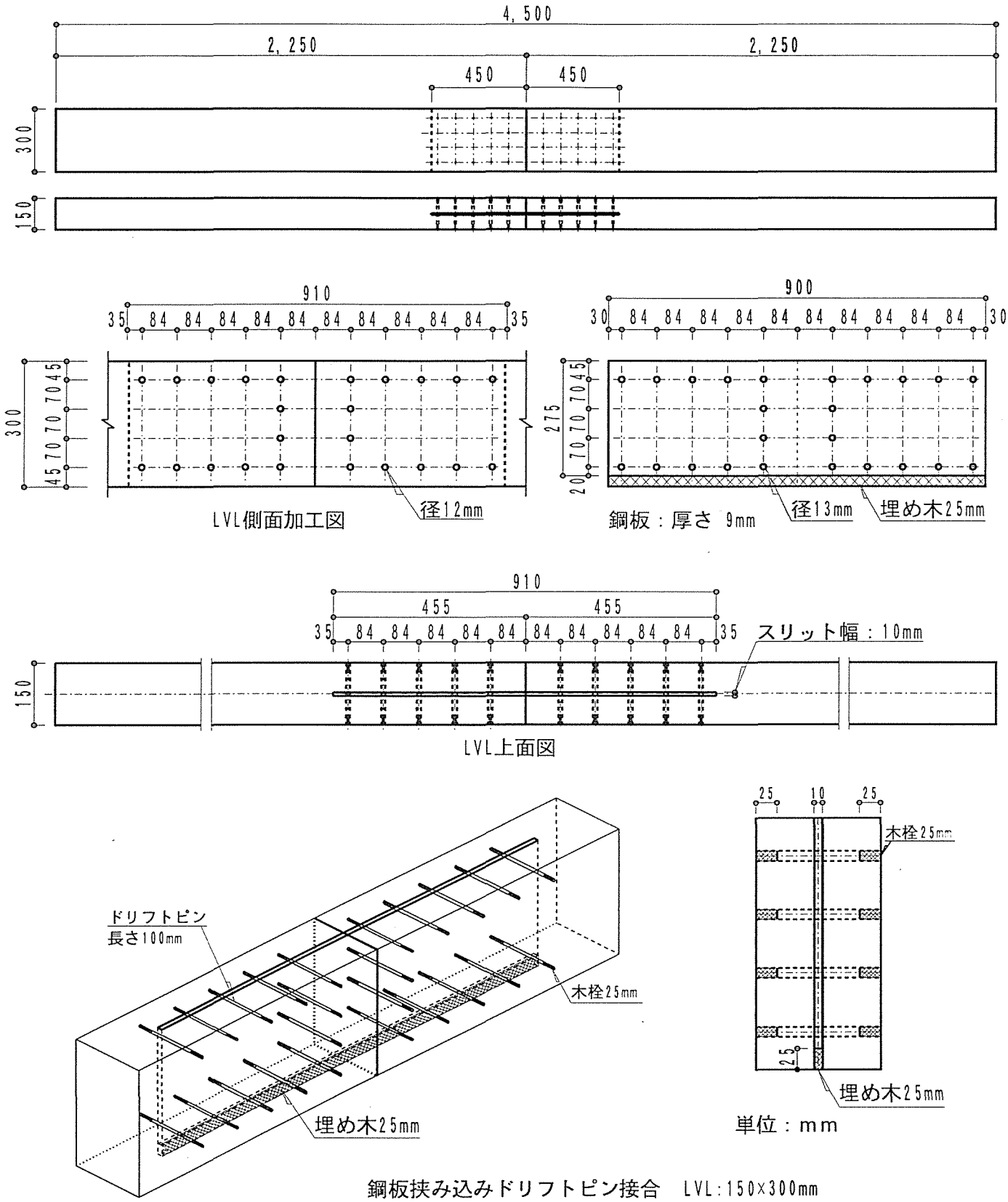


図２．２－２　継手詳細図（No.２．D1-LJ1、No.９．K1-LJ1）

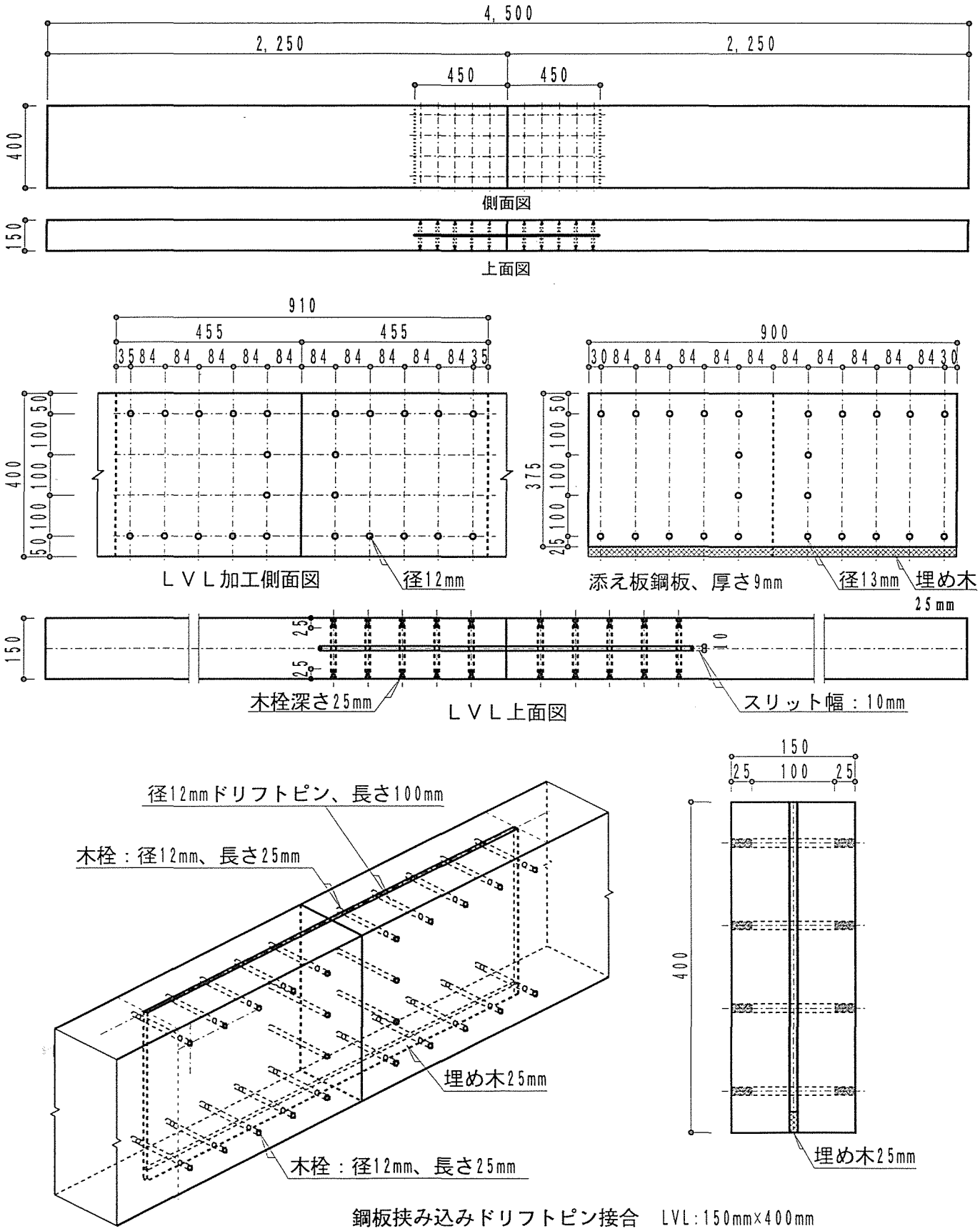


図２．２－３　継手詳細図（No.６．D2-LJ1、No.13・14．K2-LJ1(1)・(2)）

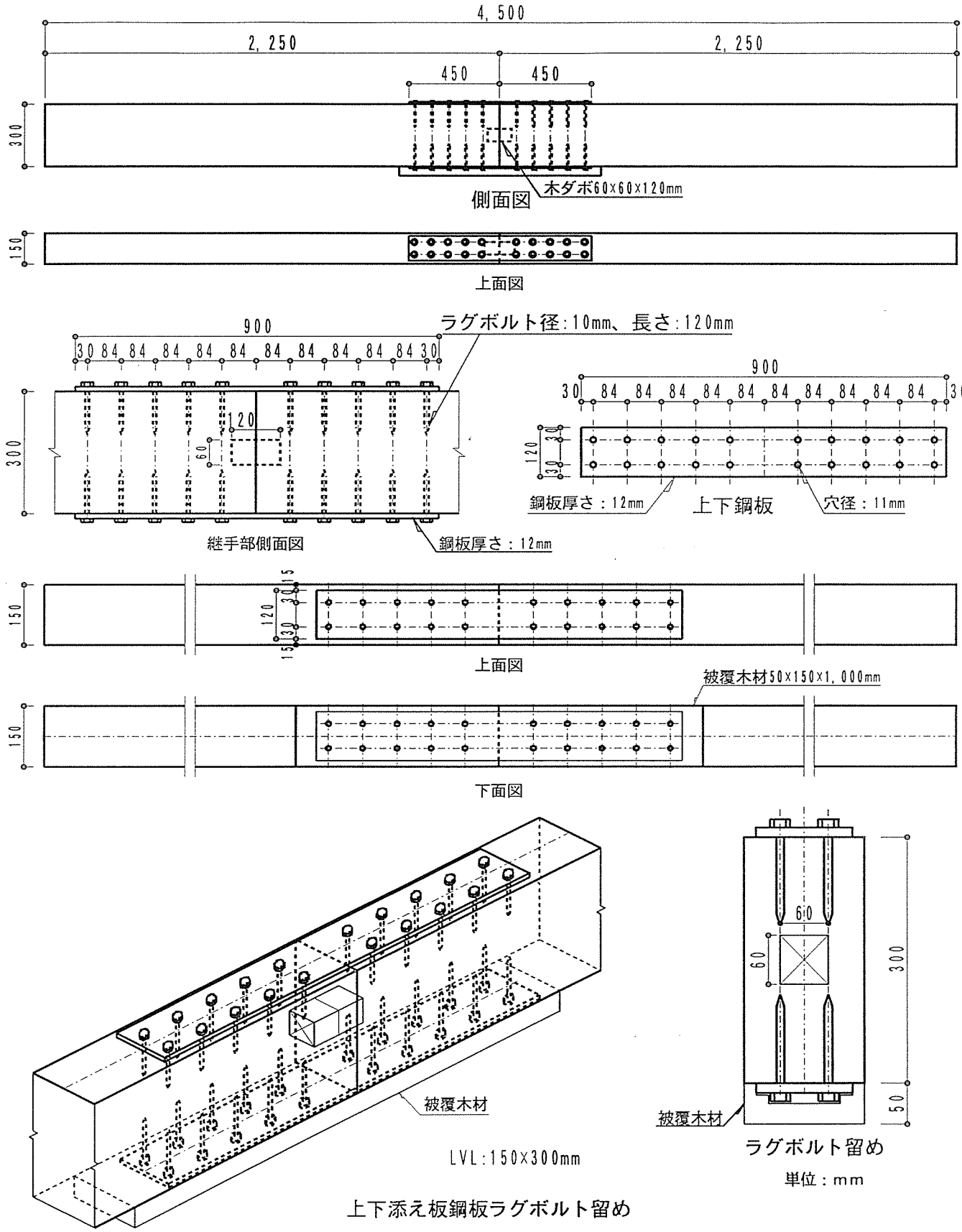


図2．2－4　継手詳細図（No.3．D1-LJ2、No.10・11．K1-LJ2(1)・(2)）

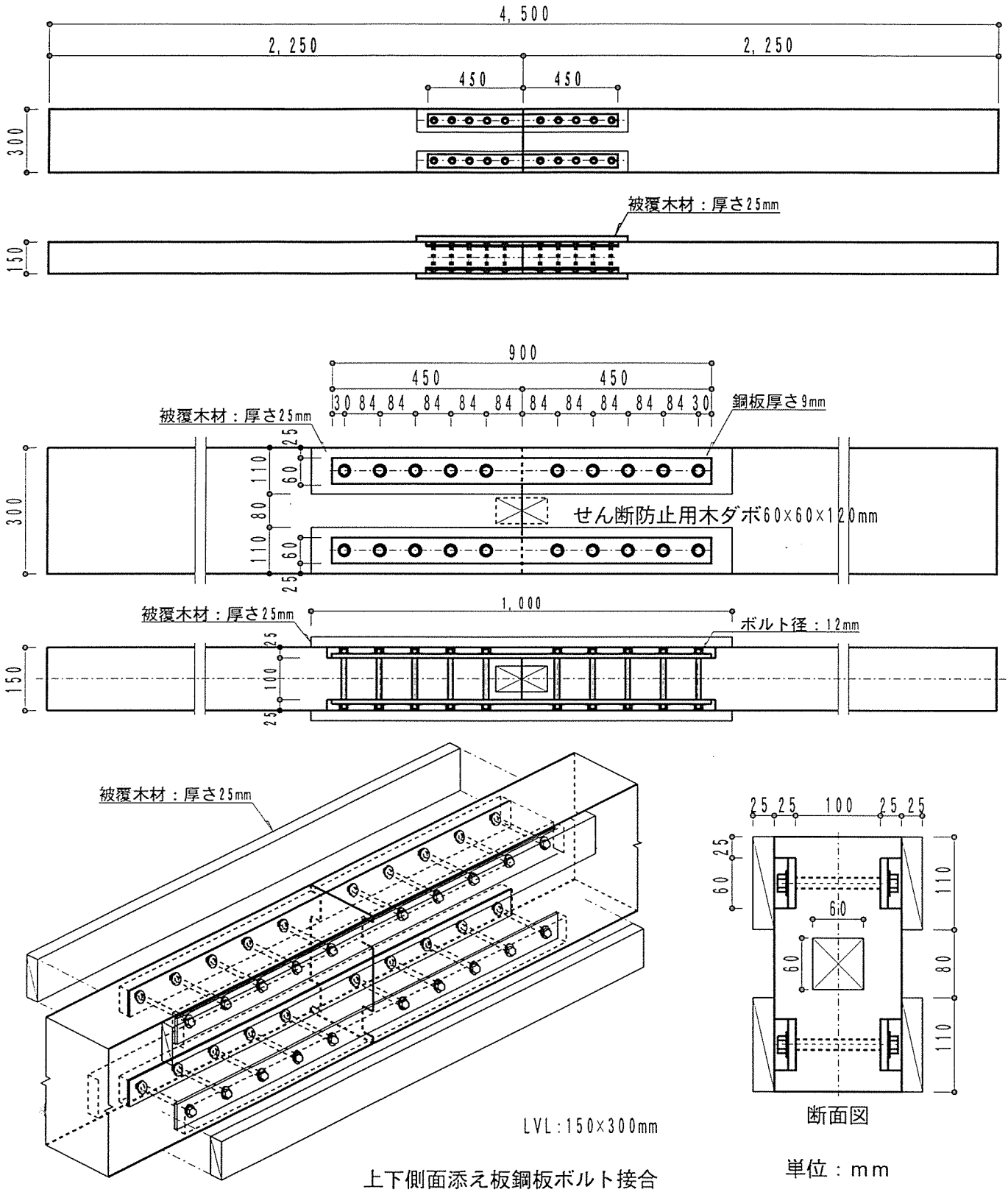
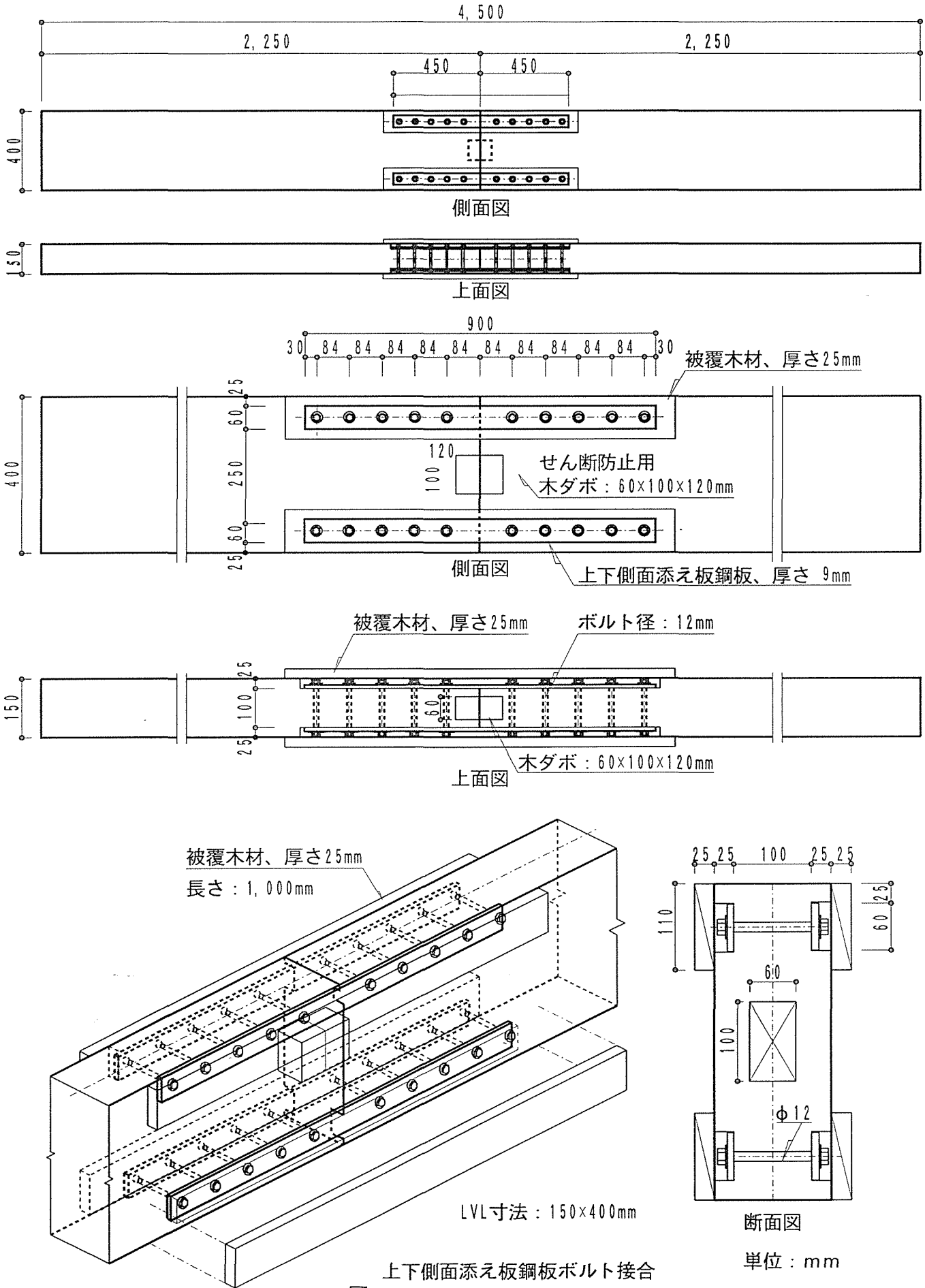


図２．２－５　継手詳細図（No.４．D1-LJ3）



上下側面添え板鋼板ボルト接合

図２．２－６　継手詳細図（No.７．D2-LJ3）

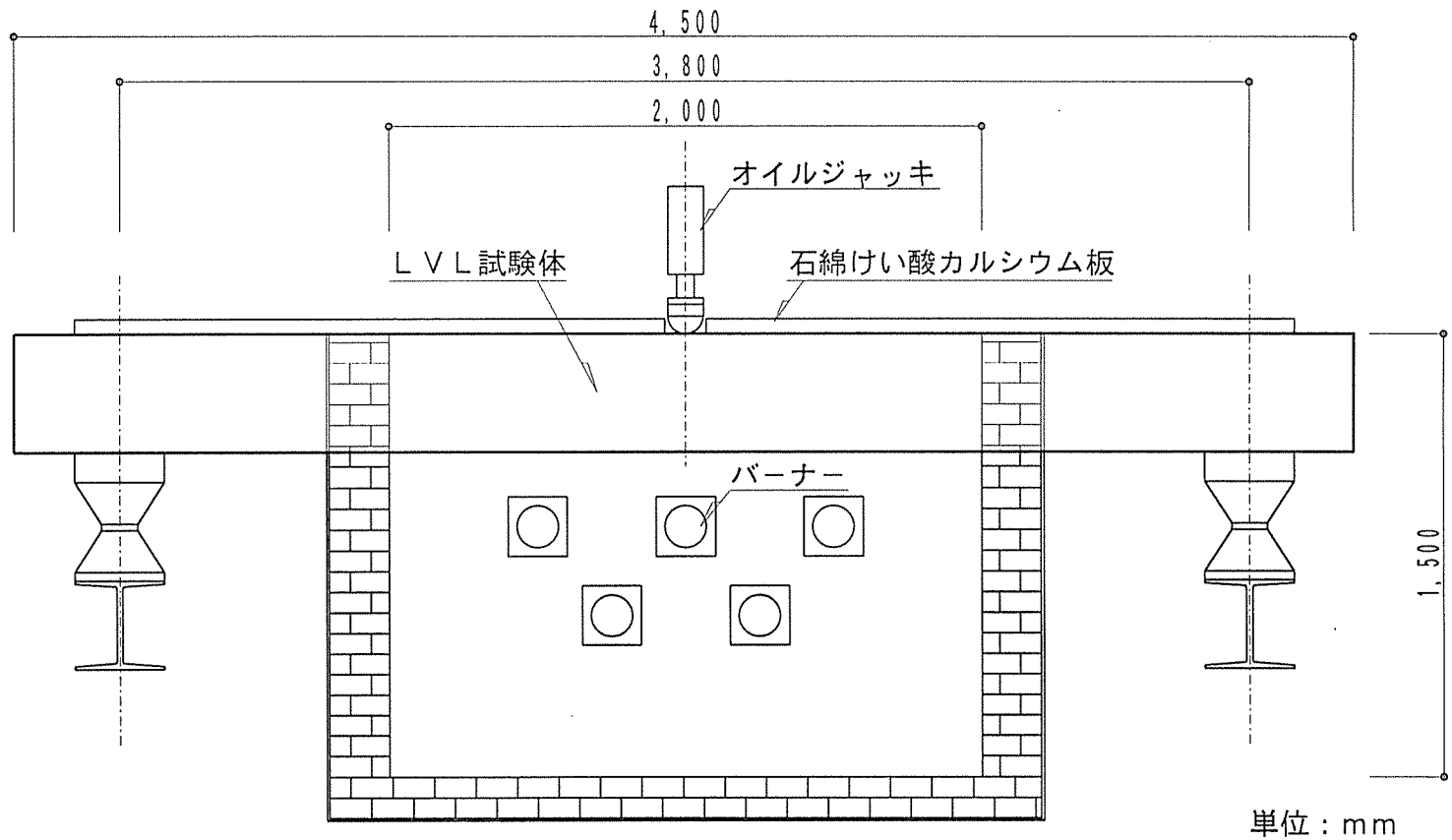


図２．３－１　はり用載荷加熱試験炉

２．４　試験結果とまとめ

継手を含んだＬＶＬはりの載荷加熱試験結果の概要を表２．３－１に示す。

２．４．１　試験結果の概要

１）ベイマツＬＶＬ（はりせい：３０ｃｍ）

①継手なしの試験体（記号：Ｄ１－ＬＪ０、載荷荷重：約２．６トン）では、６０分頃から変位が急増し、６４分にたわみ速度が５㎜／分を超えたため６４分に加熱を終了した。

②鋼板挟み込み・ドリフトピン継手試験体（記号：Ｄ１－ＬＪ１、載荷荷重：約１．８トン）では、80Ｅの曲げヤング区分として載荷したために荷重が小さくなり、変位の変化は緩やかとなった。変位は６０分を過ぎた頃から急上昇し、たわみ速度が５㎜／分を超えた６４分に加熱を終了した。

③上下添え板鋼板・ラグボルト継手の試験体（記号：Ｄ１－ＬＪ２、載荷荷重：約２．６トン）では、１５分頃から変位が急上昇し、１７分にたわみ速度が５㎜／分を超えたため１８分３０秒に加熱を終了した。

④上下側面添え板鋼板・ボルト継手の試験体（記号：Ｄ１－ＬＪ３、載荷荷重：約２．６トン）では、３５分頃から変位が急増し、３７分にはたわみ速度が５㎜／分を超えたため、３９分３０秒に加熱を終了した。

・各試験体のたわみの変化状況を図２．４－１に示す。

・加熱終了後の炭化深さの測定結果によるＬＶＬはりの炭化速度は、上下添え板鋼板・ラグボルト継手を除いて、試験体側面で０．６２ｍｍ／分～０．６３ｍｍ／分、試験体底面で０．５８ｍｍ／分～０．７６ｍｍ／分であった。

２）ベイマツＬＶＬ（はりせい：４０ｃｍ）

①継手なしの試験体（記号：Ｄ２－ＬＪ０、載荷荷重：約４．６トン）では、７５分頃から変位が急増し、７８分にたわみ速度が４㎜／分を超えたため７８分に加熱を終了した。

②鋼板挟み込み・ドリフトピン継手試験体（記号：Ｄ２－ＬＪ１、載荷荷重：約４．６トン）では、３８分頃から変位が急上昇し、たわみ速度が４㎜／分を超えた４０分に加熱を終了した。

③上下側面添え板鋼板・ボルト継手の試験体（記号：Ｄ２－ＬＪ３、載荷荷重：約４．６トン）では、２８分頃から変位が急増したため、３０分に加熱を終了した。

・各試験体のたわみの変化状況を図２．４－２に示す。

・加熱終了後の炭化深さの測定結果によるＬＶＬはりの炭化速度は、試験体側面で０．４７ｍｍ／分～０．６３ｍｍ／分、試験体底面で０．５８ｍｍ／分～０．７８ｍｍ／分であった。

３）カラマツＬＶＬ（はりせい：３０ｃｍ）

①継手なしの試験体（記号：Ｋ１－ＬＪ０、載荷荷重：約２．６トン）では、７２分頃

から変位が急増し、破壊する恐れが生じたため７４分に加熱を終了した。

②鋼板挟み込み・ドリフトピン継手試験体（記号：Ｋ１－ＬＪ１、載荷荷重：約２．６トン）では、変位は４０分を過ぎた頃から急上昇し、４１分にはたわみ速度が５㎜／分を超えたため４３分に加熱を終了した。

③上下添え板鋼板・ラグボルト継手の試験体（記号：Ｋ１－ＬＪ２(1)、載荷荷重：約２．６トン）では、１４分頃から変位が急上昇し、１５分にたわみ速度が５㎜／分を超えたため１８分に加熱を終了した。

④上下添え板鋼板・ラグボルト継手の試験体（記号：Ｋ１－ＬＪ２(2)、載荷荷重：約３．１トン）では、１４分頃から変位が急上昇し、１５分にたわみ速度が５㎜／分を超えたため１６分に加熱を終了した。

・各試験体のたわみの変化状況を図２．４－３に示す。

・加熱終了後の炭化深さの測定結果によるＬＶＬはりの炭化速度は、上下添え板鋼板・ラグボルト継手を除いて、試験体側面で０．４６ｍｍ／分～０．５８ｍｍ／分、試験体底面で０．５５ｍｍ／分～０．８０ｍｍ／分であった。

４）カラマツＬＶＬ（はりせい：４０ｃｍ）

①継手なしの試験体（記号：Ｋ２－ＬＪ０、載荷荷重：約４．６トン）では、６５分頃から変位が急増し、破壊の恐れが生じたため６８分に加熱を終了した。

②鋼板挟み込み・ドリフトピン継手試験体（記号：Ｋ２－ＬＪ１（１）、載荷荷重：約４．６トン）では、３６分頃から変位が急上昇し、３８分にたわみ速度が４㎜／分となり、破壊する恐れが生じたため３８分に加熱を終了した。

③鋼板挟み込み・ドリフトピン継手試験体（記号：Ｋ２－ＬＪ１（２）、載荷荷重：約５．４トン）では、３７分頃から変位が急上昇し、３９分にたわみ速度が４㎜／分を超えたため、３９分に加熱を終了した。

・試験体のたわみの変化状況を図２．４－４に示す。

・加熱終了後の炭化深さの測定結果によるＬＶＬはりの炭化速度は、試験体側面で０．５７ｍｍ／分～０．６４ｍｍ／分、試験体底面で０．６２ｍｍ／分～０．７６ｍｍ／分であった。

２．４．２　結果のまとめ

１）継手部を含まないＬＶＬはりでは、ベイマツのはりせい３０ｃｍが６４分、はりせい４０ｃｍが７８分、カラマツのはりせい３０ｃｍが７４分、はりせい４０ｃｍが６８分と、いずれの試験体も６０分以上の耐火性能を有していた。

２）鋼板挟み込み・ドリフトピン接合による継手では、曲げヤング係数区分を８０Ｅとして載荷加熱試験を行った試験体（D1-LJ1）では、６０分を超える耐火性能であったが、曲げヤング係数区分１２０Ｅでは約４０分の耐火性能となった。

３）上下添え板鋼板・ラグボルト接合による継手では、約１８分の耐火性能であった。

4）上下側面添え板鋼板・ボルト接合による継手では、約３０分から３５分の耐火性能であった。

5）以上の結果、継手を行うと耐火性能が低下し、鋼板挟み込み・ドリフトピン接合では、継手なしの試験体に比べて約２／３程度の性能、上下側面添え板鋼板・ボルト接合では、継手なしの試験体に比べ約１／２程度、上下添え板鋼板・ラグボルト接合では、継手なしの場合の約１／４程度の耐火性能となった。

6）ベイマツＬＶＬはりの側面および底面の炭化速度は０．６３ｍｍ／分、カラマツＬＶＬはりの側面および底面の平均炭化速度は０．６４ｍｍ／分であった。

今回の実験に用いた継手は、大断面集成材の継手方法を参考に選定したものであるが、ＬＶＬはりの継手を行う場合は、鋼板挟み込み・ドリフトピン接合を用いることが最も耐火性能の低下が少ないことが明らかとなった。特に上下添え板鋼板・ラグボルト接合では、下部鋼板の被覆木材が早期に脱落したことと、ＬＶＬの積層部分にラグボルトが留められているためにボルトの引き抜き耐力が低くなり、耐火性能が低くなったものと思われる。従って、ＬＶＬはりの継手を行う場合は、鋼板挟み込み接合を行うことが継手部分の耐火性能の低下を抑えるためには最も有効と思われる。

また、ＬＶＬはりの平均炭化速度は、無載荷で行った加熱試験で得られた結果（ベイマツ：０．６５ｍｍ／分、カラマツ：０．６０ｍｍ／分）とほぼ同程度であった。

表２．４－１　ＬＶＬはり、載荷加熱試験結果概要一覧表

No.	試験体記号	はりせい (cm)	樹種	曲げヤング区分	載荷荷重 (tf)	加熱時間 (分)	初期たわみ (mm)	最大たわみ (mm)	変位量 (mm)	平均炭化深さ(mm) 側面	平均炭化深さ(mm) 底面	炭化速度(mm／分) 側面	炭化速度(mm／分) 底面	加熱終了となる現象等 時間 (分)	加熱終了となる現象等
1	D1-LJ0	３０	ﾍﾞｲﾏﾂ	120E	2.61	64.7	10.5	78.2	67.7	40.0	37.6	0.62	0.58	64	5mm/分を超える
2	D1-LJ1	３０		80E	1.78	64.0	9.8	55.9	46.1	40.0	40.7	0.63	0.64	64	同　上
3	D1-LJ2	３０		120E	2.61	18.5	19.4	56.2	36.8	3.0	14.0	0.16	0.76	17	同　上
4	D1-LJ3	３０		120E	2.61	39.5	19.2	83.3	64.1	25.0	29.8	0.63	0.76	37	同　上
5	D2-LJ0	４０	ﾍﾞｲﾏﾂ	120E	4.63	78.3	8.3	46.7	38.4	40.0	45.6	0.51	0.58	78	変位の急増
6	D2-LJ1	４０		120E	4.63	40.7	14.8	39.1	24.3	21.0	31.7	0.52	0.78	40	同　上
7	D2-LJ3	４０		120E	4.63	29.8	15.4	31.6	16.2	14.0	21.5	0.47	0.72	29	同　上
8	K1-LJ0	３０	ｶﾗﾏﾂ	120E	2.61	73.9	8.4	46.8	38.4	43.0	40.3	0.58	0.55	73	変位の急増
9	K1-LJ1	３０		120E	2.61	43.6	12.7	88.5	75.8	20.0	32.5	0.46	0.75	40	4mm/分を超える
10	K1-LJ2(1)	３０		120E	2.61	18.4	24.6	70.8	46.2	1.0	14.5	0.05	0.79	15	同　上
11	K1-LJ2(2)	３０		140E	3.08	16.7	21.6	64.8	43.2	1.0	13.4	0.06	0.80	15	同　上
12	K2-LJ0	４０	ｶﾗﾏﾂ	120E	4.63	68.1	9.2	38.5	29.3	39.0	42.4	0.57	0.62	68	変位の急増
13	K2-LJ1(1)	４０		120E	4.63	37.8	13.7	35.0	21.3	23.0	28.7	0.61	0.76	38	同　上
14	K2-LJ1(2)	４０		140E	5.47	39.1	15.9	44.8	28.9	25.0	24.7	0.64	0.63	39	4mm/分を超える

記号：D=ﾍﾞｲﾏﾂ、K=ｶﾗﾏﾂ、L=載荷、J0=継手なし、J1=鋼板挟み込み・ドリフトピン接合、J2=上下添板鋼板・ラグボルト接合、J3=上下側面添板鋼板・ボルト接合

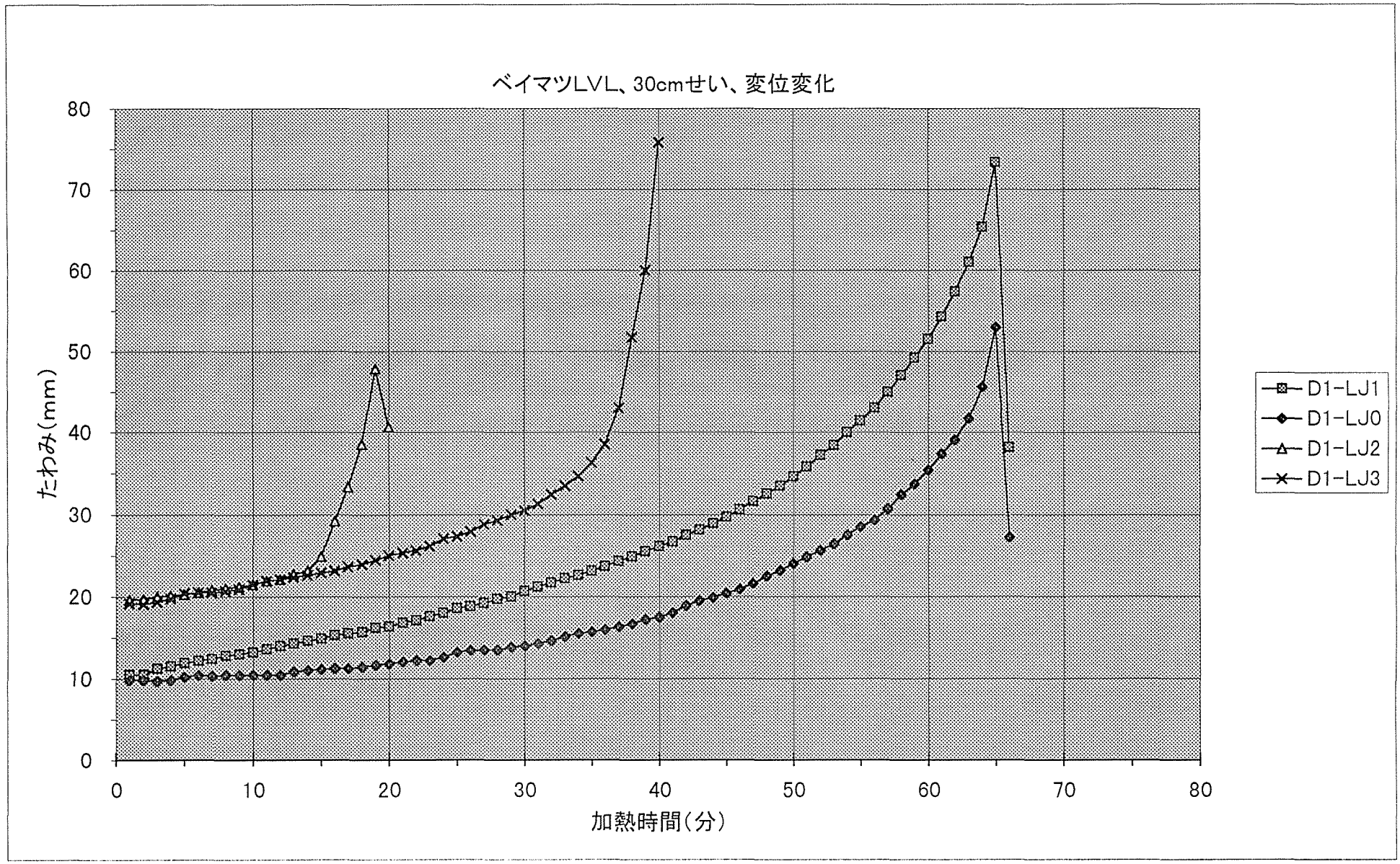


図２．４－１　変位変化（ベイマツＬＶＬ、はりせい30cm）

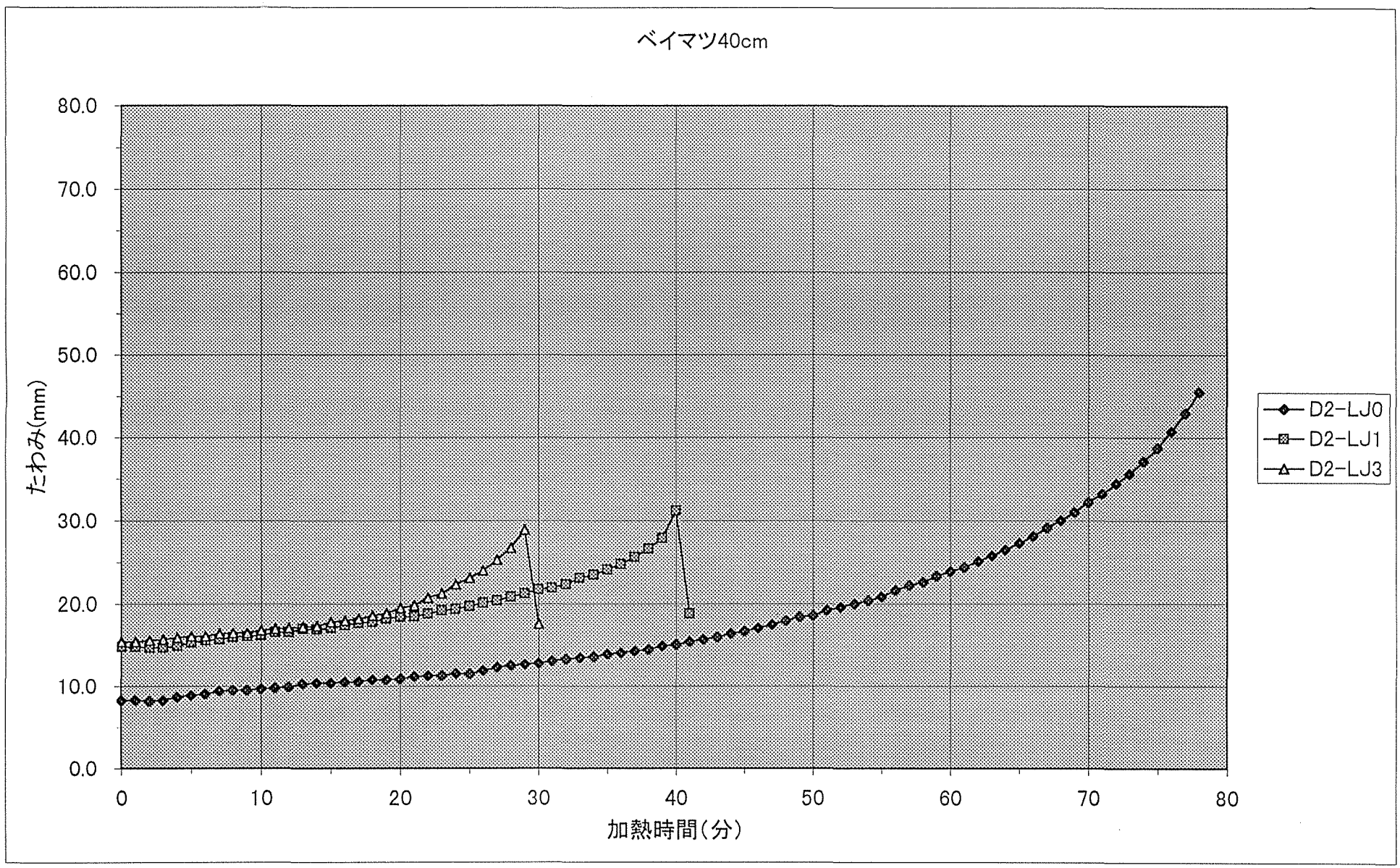


図２．４－２　変位変化（ベイマツＬＶＬ、はりせい40cm）

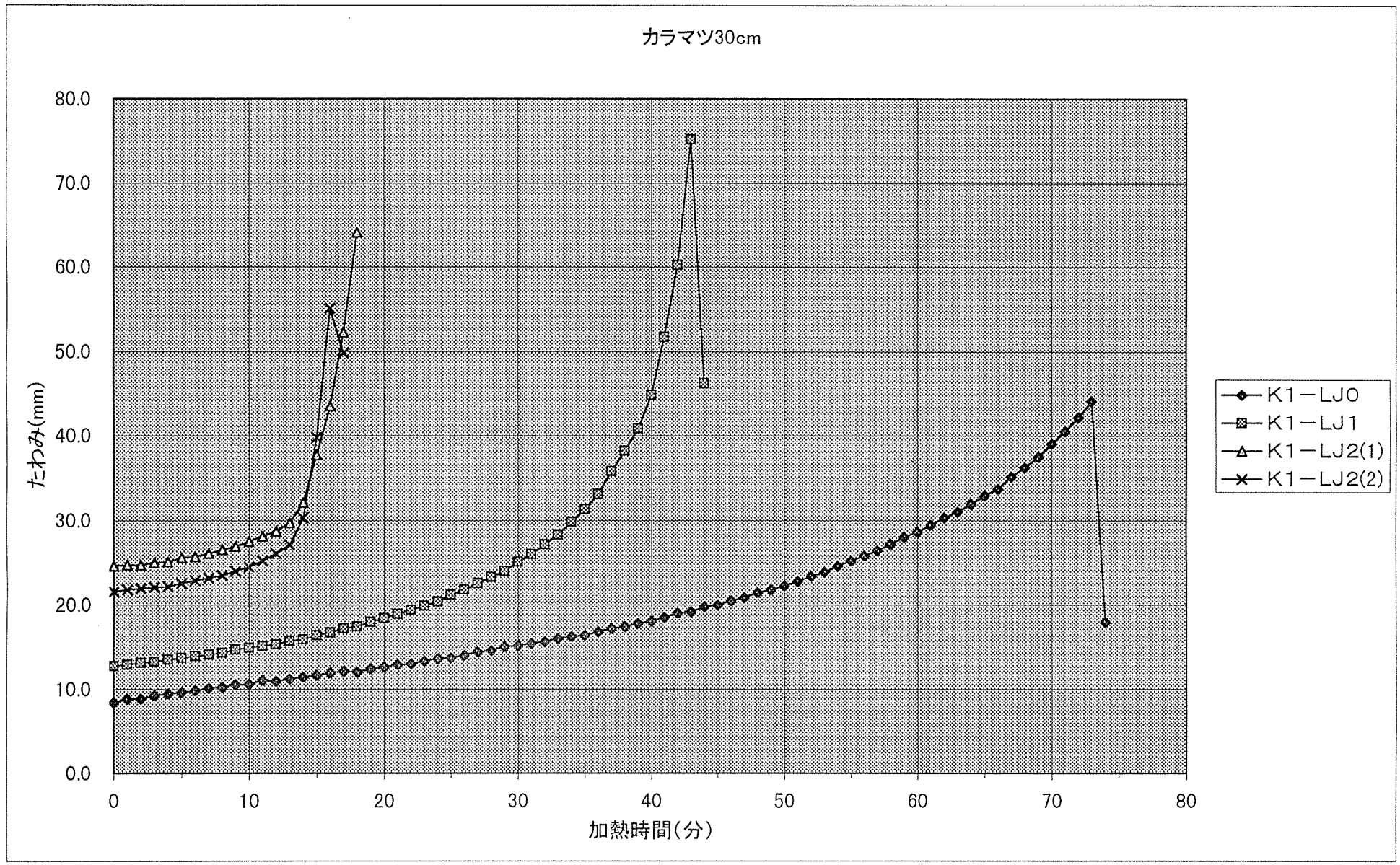


図２．４－３　変位変化（カラマツＬＶＬ、はりせい30cm）

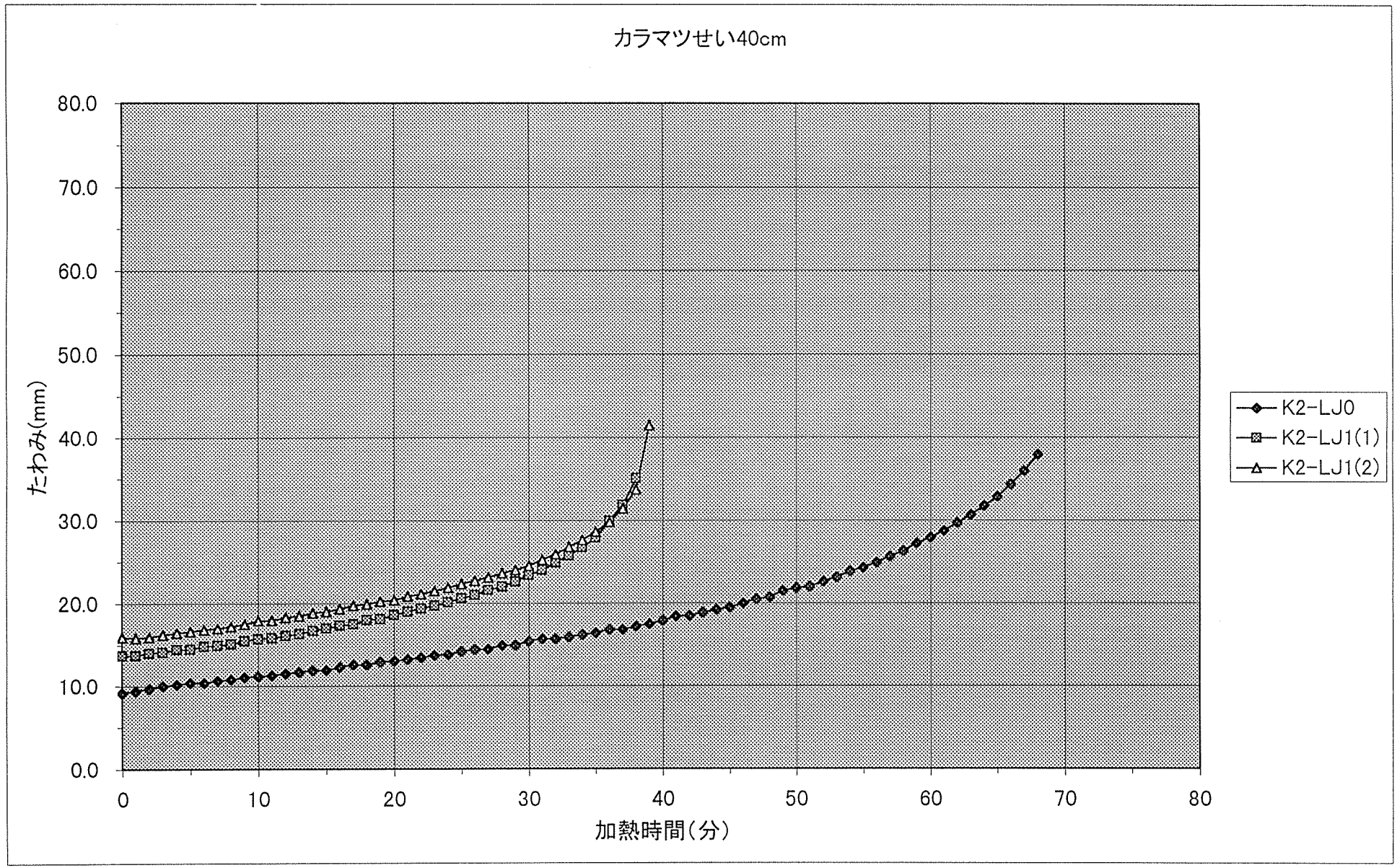


図２．４－４　変位変化（カラマツＬＶＬ、はりせい40cm）

第３章　ＯＳＢ、合板壁体の耐火加熱試験

３．１　実施内容

木造建築物の内外装の壁下地材には主として構造用合板が用いられているが、最近では構造用合板に替わってＯＳＢ（Orientated Strand Board ）が用いられることが増えてきた。合板の耐火加熱試験については、加熱試験が既に実施され、厚さに比例して耐火性能が向上することが明らかとなっているが、試験体が小型であること、木質系材料の加熱方法が確立されていなかったためＪＩＳを準用して加熱試験を実施した。現在では平成５年の建設省告示第１４５４号によってＩＳＯ／８３４に準拠した木造部材の耐火試験方法が定められたため、この方法に沿って構造用合板の耐火性能を確認することが必要と思われる。また、同じ様に施工されるＯＳＢについての耐火性能の研究は行われていない。そこで、本年度はＯＳＢ及び構造用合板を張った壁構造試験体をＩＳＯ／８３４に準拠した耐火加熱試験に供し、厚さと耐火性能との関係を明らかにすることとした。

３．２　試験体

ＯＳＢ及び合板を両面に張った壁構造試験体は、表３．２－１に示すように、ＯＳＢが厚さ 9mm、15mm、18mm、28.5mmの４種類を、合板は厚さ 9mm、15mm、18mm、24mmの４種類の構造用合板を選定し、計８体とした。ＯＳＢは、ウエハウザー社(Weyerhouser：アメリカ）より購入し、構造用合板は国産のラワン合板を用いた。

ＯＳＢ張りの試験体は、ＳＰＦの２０４材を用い、幅1,940mm、高さ2,730mm、スタッド間隔610mm として枠を組み立て、枠の両面に釘で留めつけた（図３．２－１に示す）。構造用合板張りの試験体は、幅1.940mm、高さ2.730mm、スタッド間隔455mm として枠を組み立て、枠の両面に釘で留め付けた（図３．２－２に示す）。

試験体の温度は、枠材の加熱側表面（No.、１～１２：１２点）、加熱側材料の裏面（No.１３～１８：６点）及び試験体裏面（No.１９～２４：６点）の３箇所、計２４点の測定を行った。

３．３　試験方法

３．３．１　試験体の設置

壁構造試験体の加熱試験は、図３．３－１に示すプロパンガスを燃料とする垂直加熱試験炉（加熱面積：幅2.77m×高さ3.12m）を用い、加熱炉正面に幅2.0m、高さ2.8mの開口部を有する試験体取り付け枠を設置し、開口部分に試験体を装着して加熱試験を行った。

３．３．２　加熱方法

加熱はＩＳＯ／８３４に規定する耐火加熱標準曲線に沿って行い、JIS C 1605に規定する径3.2mm のシースＫ(CA)熱電対の先端を露出して図３．３－２に示すように炉内に均等

に９点配置して炉内温度を計測し、加熱温度を制御した。

また、加熱に際し、炉内の圧力を図３．３－２に示す位置で測定し、試験体中央付近の炉内圧力が＋８～１０Ｐａとなるように制御した。

３．３．３　温度記録等

炉内加熱温度及び試験体温度は、データーロガー（東京測器製：ＴＤＳ－３０２）を通してパーソナルコンピューター（NEC-PC-9800VX2）に接続し、温度データーをフロッピーデイスクに収録した。

３．３．４　観察記録

加熱試験前、加熱中及び加熱後の試験体の状況を写真により記録した。また、加熱中は目視により試験体の燃焼状況を観察し記録した。

表３．２－１　ＯＳＢ・構造用合板張り壁構造試験体仕様一覧表

No.	試験体記号	材料・厚さ	気乾比重	絶乾比重	含水率	備考、その他
1	OSB-W09	ＯＳＢ、 9mm	0.704	0.688	3.9	2×4枠、両面張り
2	OSB-W15	ＯＳＢ、15mm	0.658	0.644	4.4	同　上
3	OSB-W18	ＯＳＢ、18mm	0.603	0.589	3.3	同　上
4	OSB-W28	ＯＳＢ、28.5mm	0.557	0.543	5.2	同　上
5	PW-W09	構造用合板、 9mm	0.668	0.624	8.4	同　上
6	PW-W15	構造用合板、15mm	0.671	0.634	7.8	同　上
7	PW-W18	構造用合板、18mm	0.659	0.615	9.2	同　上
8	PW-W24	構造用合板、24mm	0.536	0.498	9.6	同　上

ＯＳＢ張りの試験体は、スタッド間隔 610mm。

構造用合板張り試験体は、スタッド間隔 455mm。

試験体寸法：幅1,940mm×高さ2,730mm

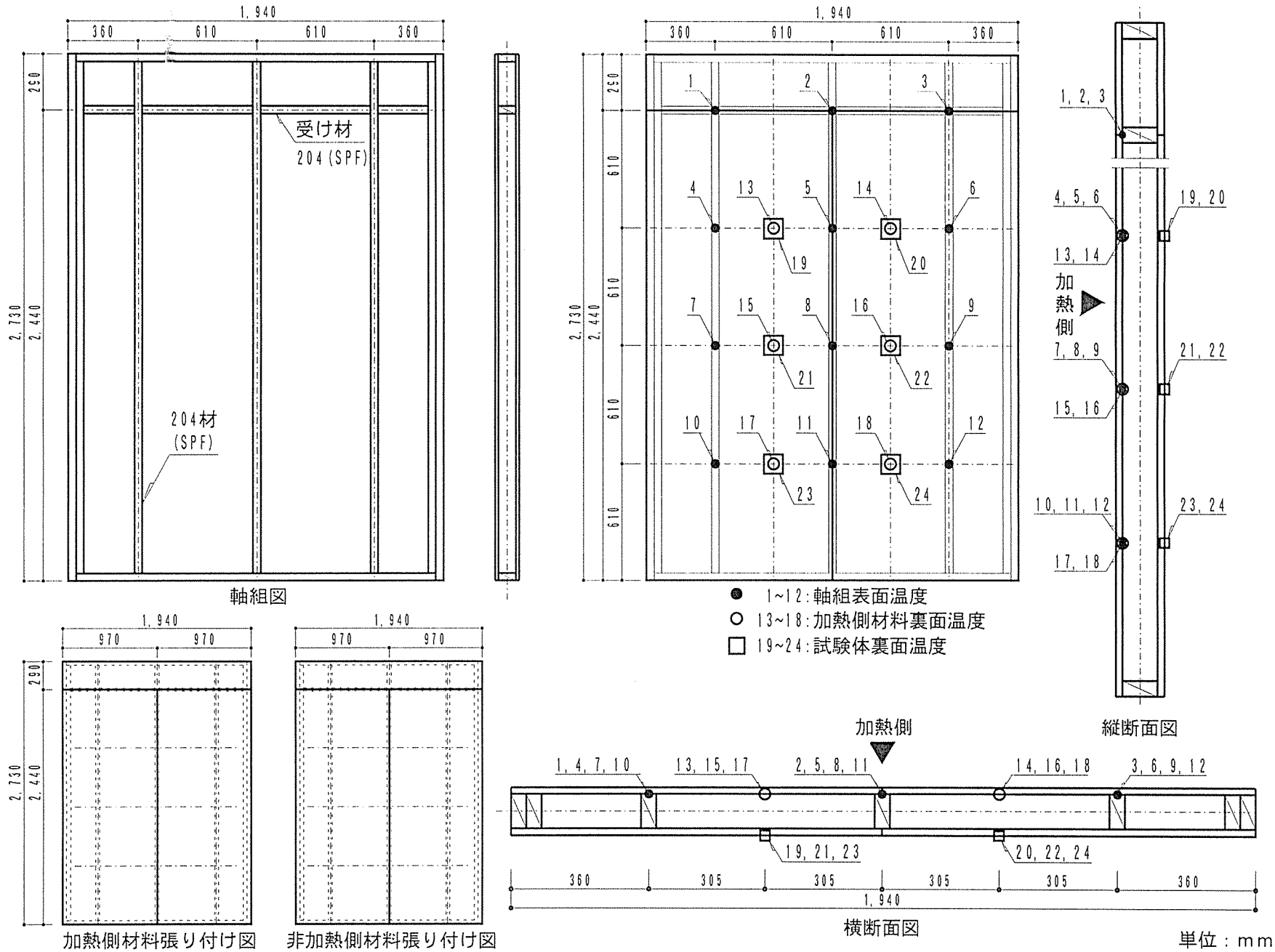


図3．２－１　ＯＳＢ張り試験体概要・温度測定位置図（No.１～４）

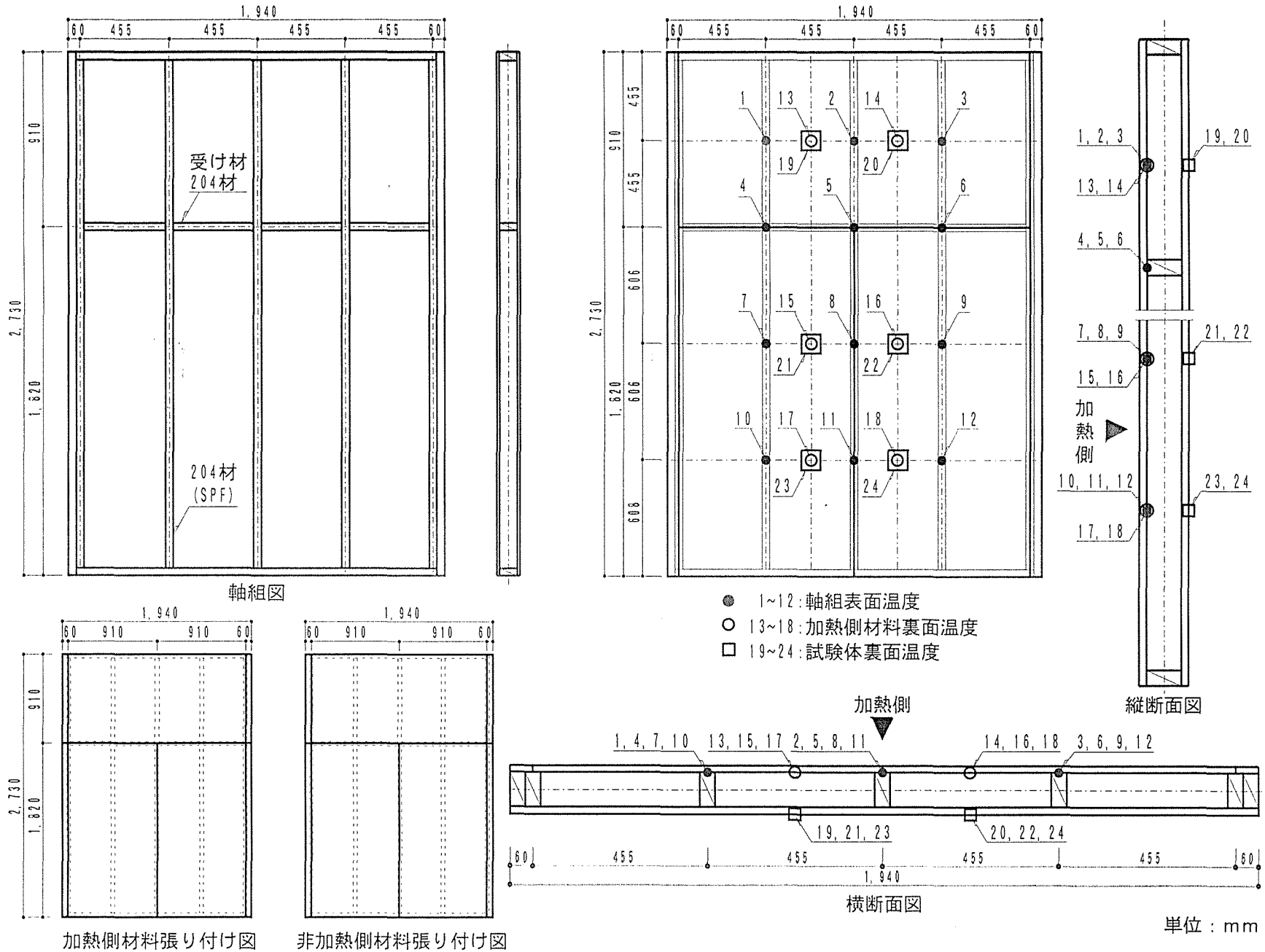


図３．２－２　構造用合板張り試験体概要・温度測定位置図（No.５～８）

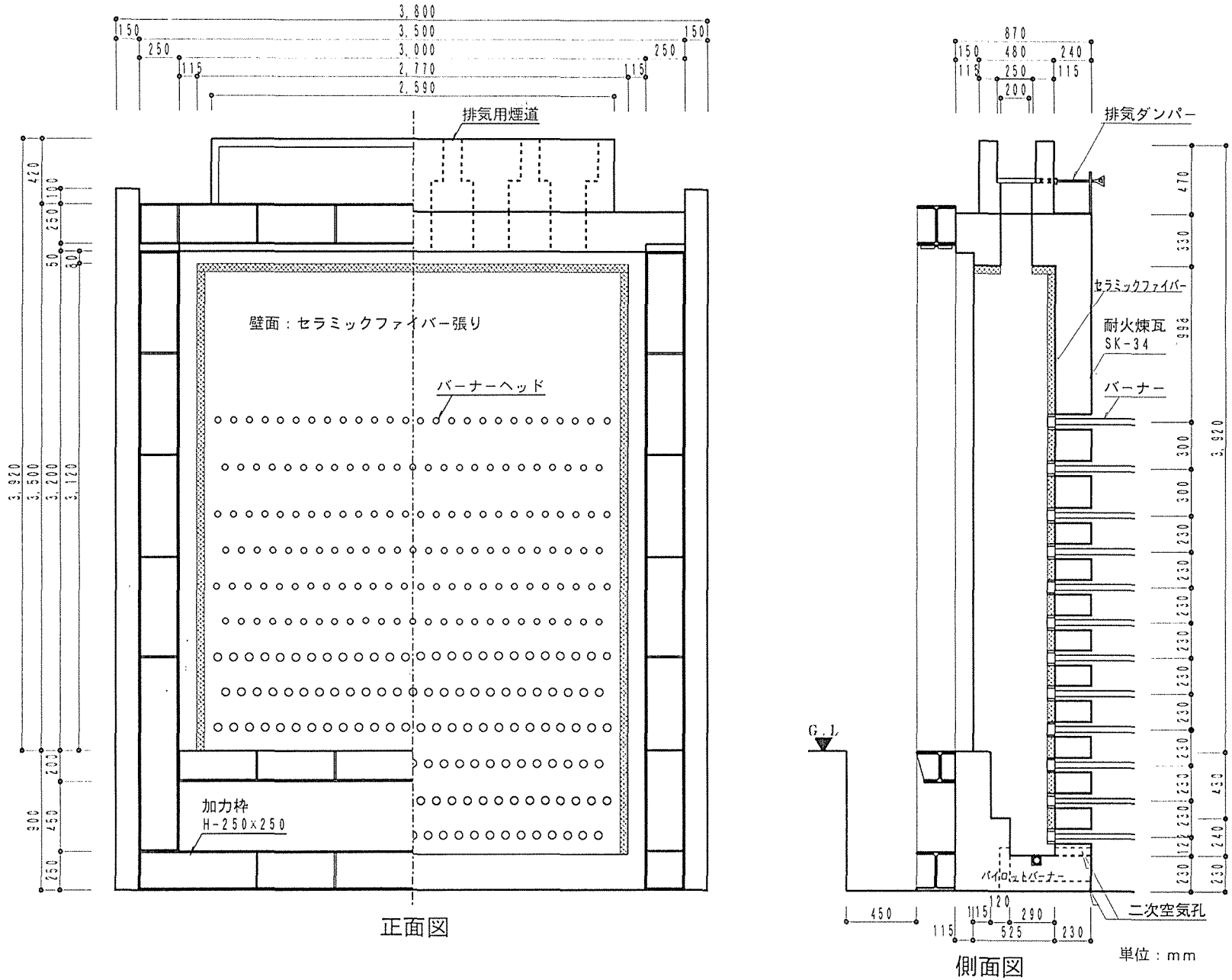
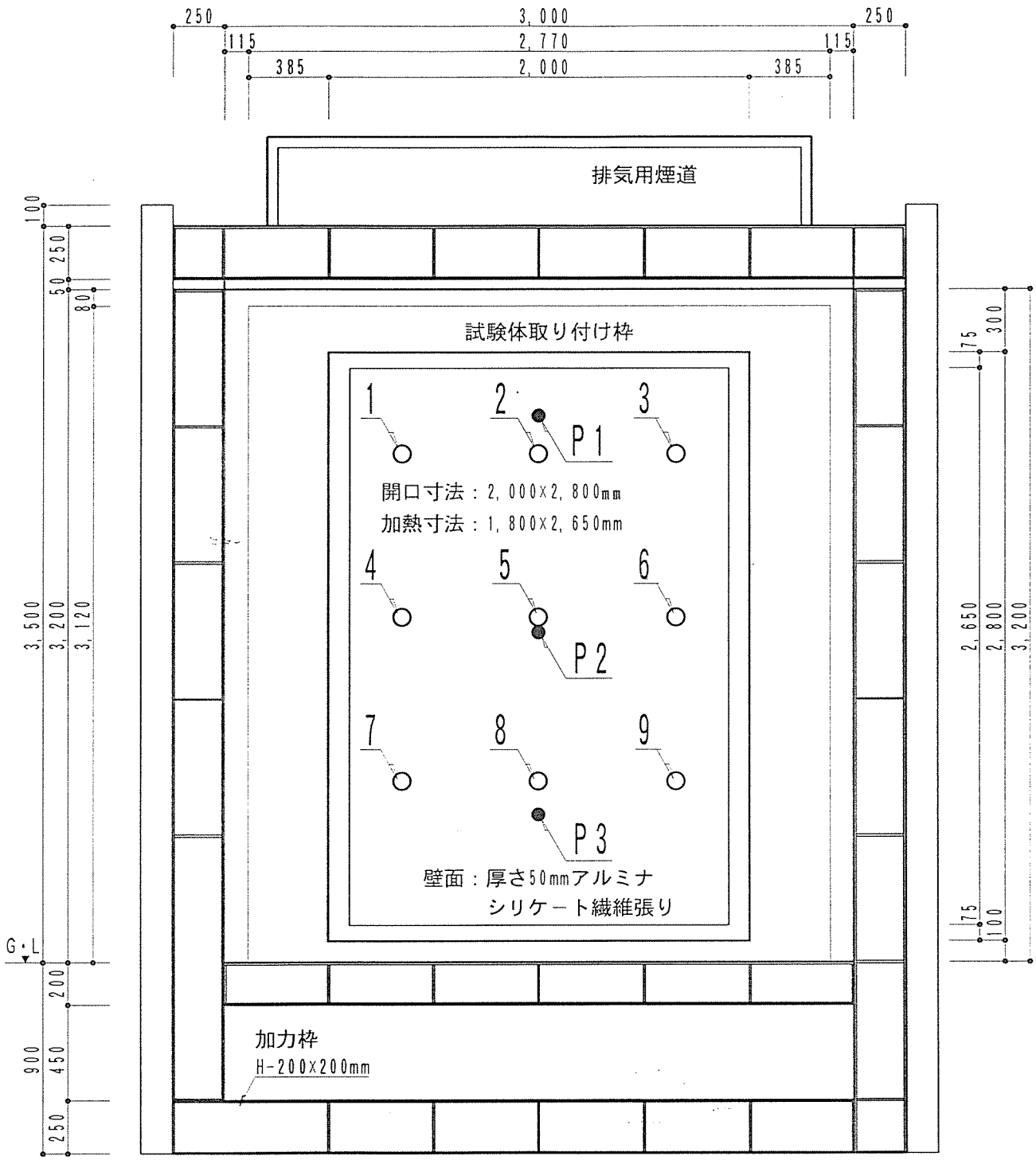


図３．３－１　垂直加熱試験炉



1～ 9:加熱温度測定位置

P1~P3:炉内圧力測定位置

図３．３－２　炉内温度測定位置、炉内圧力測定位置図

３．４　ＯＳＢ、合板による２×４両面壁パネルの耐火加熱試験

各試験体の加熱試験結果一覧を表３．４－１に示す。なお壁パネル（板厚と加熱時間の関係から算出）平均炭化速度は、ＯＳＢの壁内（板１枚分）までは1.02～1.14㎜／分、裏面（板２枚分）までは1.37～1.49㎜／分となり、ラワン合板（板１枚分）の壁内までは0.88～1.23㎜／分、裏面（板２枚分）では1.06～1.38㎜／分となった。

（１）　ＯＳＢ－Ｗ０９、ＯＳＢ9㎜厚両面張り２×４壁パネル

加熱開始後加熱側では、3分20秒にＯＳＢ表面に着炎し、同時に黒煙が発生した。6分50秒には試験体中央部の炎の勢いが強くなり、10分40秒には炭化層の部分的な脱落が確認された。その後11分50秒に、全体的に表面が焼け落ちた。

一方非加熱側では、4分20秒に上部より煙が発生し、9分30秒には煙の色が白から黄色っぽく変化した。また、10分10秒には試験体表面から煙（水蒸気）が発生し、12分45秒から火炎貫通したため、13分に加熱を終了した。

軸組表面、目地部では、最高温度で8.3分頃に、平均温度で9.0分頃に260℃を超え、軸組表面、一般部では、最高温度で9.3分頃に、平均温度で9.8分頃に260℃を超え、加熱側ＯＳＢ裏面では、最高温度で8.1分頃に、平均温度で8.5分頃に260℃を超えた。非加熱側ＯＳＢ裏面（試験体裏面）では、最高温度で165℃、平均温度で123℃まで上昇した。試験体各部平均温度を図３．４－１に示す。

加熱開始後、炉内の上1/4・中央・下1/4の位置の最大炉内圧力は、上1/4で18.7Pa、中央で11.2Pa、下1/4で3.7Paであった。炉内各位置の圧力変化を図３．４－２に示す。

観察記録結果を表観３．４－１に示す。

- 燃料消費量（プロパンガス）：　３．０（㎥）
- 260℃を超える加熱温度時間面積：　５５．５（×100℃・分）
- 260℃を超える標準温度時間面積：　４１．３（×100℃・分）
- 加　熱　比　率：　１．３４

（２）　ＯＳＢ－Ｗ１５、ＯＳＢ15㎜厚両面張り２×４壁パネル

加熱開始後加熱側では、3分15秒に着炎、その後直ちに全体に広がった。6分40秒には無煙燃焼となり、8分40秒に亀裂が生じ始めた。また13分50秒には部分的に炭化層が脱落し、16分10秒から黒煙と炎の勢いがかなり強くなった。

一方非加熱側では、3分50秒、試験体上部の中央から煙が発生し、その後下方へと広がっていった。12分40秒には、煙の色が白から黄色に変色し、徐々に壁内部が燃え出してきた。その後18分35秒から火炎貫通したため、19分に加熱を終了した。

軸組表面、目地部では、最高温度で12.0分頃に、平均温度で12.9分頃に260℃を超え、軸組表面、一般部では、最高温度で14.7分頃に、平均温度で14.9分頃に260℃を超え、加熱側ＯＳＢ裏面では、最高温度で11.7分頃に、平均温度で12.8分頃に260℃を超えた。非

試験体各部平均温度を図３．４－３に示す。

加熱開始後、炉内の上1/4・中央・下1/4の位置の最大炉内圧力は、上1/4で17.4Pa、中央で9.3Pa、下1/4で2.7Paであった。炉内各位置の圧力変化を図３．４－４に示す。

・燃料消費量（プロパンガス）：　４．２（㎥）
・260℃を超える加熱温度時間面積：　９４．１（×100℃・分）
・260℃を超える標準温度時間面積：　７５．７（×100℃・分）
・加　熱　比　率：　１．２４

（３）　ＯＳＢ－Ｗ１８、ＯＳＢ18㎜厚両面張り２×４壁パネル、枠材寸法38×89㎜

加熱開始後加熱側では、3分16秒に着炎と同時に黒煙が発生した。8分00秒には亀裂が出現した。9分50秒に無炎状態になり、13分00秒には無炎状態ではなくなった。また、18分01秒に炭化層が部分的に脱落し、19分15秒にはほぼ全体的に焼け落ちた。

一方非加熱側では、5分40秒に試験体上部から煙が発生した。13分50秒には煙が濃くなり、17分05秒には内部から「プチプチ」と燃焼音が発生し始めた。また22分05秒には脱落が発生し、25分20秒、表面全体から煙が発生した。26分30秒から火炎貫通したため、27分に加熱を終了した。

軸組表面、目地部では、最高温度で9.3分頃に、平均温度で13.5分頃に260℃を超え、軸組表面、一般部では、最高温度で14.7分頃に、平均温度で14.9分頃に260℃を超え、加熱側ＯＳＢ裏面では、最高温度で15.7分頃に、平均温度で16.7分頃に260℃を超えた。非加熱側ＯＳＢ裏面（試験体裏面）では、最高温度で174℃、平均温度で134℃まで上昇した。試験体各部平均温度を図３．４－５に示す。

加熱開始後、炉内の上1/4・中央・下1/4の位置の最大炉内圧力は、上1/4で16.4Pa、中央で8.7Pa、下1/4で2.0Paであった。炉内各位置の圧力変化を図３．４－６に示す。

・燃料消費量（プロパンガス）：　６．３（㎥）
・260℃を超える加熱温度時間面積：１３７．８（×100℃・分）
・260℃を超える標準温度時間面積：１１３．８（×100℃・分）
・加　熱　比　率：　１．２１

（４）　ＯＳＢ－Ｗ２８、ＯＳＢ28㎜厚両面張り２×４壁パネル、枠材寸法38×89㎜

加熱開始後加熱側では、3分07秒に着炎、その後4分25秒には定状燃焼となり、9分00秒には無煙燃焼となった。27分40秒頃から部分的に炭化層の脱落が始まり、39分30秒には炎の勢いが増した。

一方非加熱側では、13分15秒頃から煙が発生した、17分00秒には、煙が黄色っぽくなり、18分00秒には炉外側に反りが見られた。26分00秒には内側で「グツグツ」煮えるような（燃焼）音が発生し始め、34分00秒には縦目地から煙の量が増加し、41分55秒から火炎貫通したため、43分に加熱を終了した。

軸組表面、目地部では、最高温度で10.0分頃に、平均温度で14.9分頃に260℃を超え、軸組表面、一般部では、最高温度で28.6分頃に、平均温度で30.7分頃に260℃を超え、加熱側ＯＳＢ裏面では、最高温度で26.0分頃に、平均温度で28.0分頃に260℃を超えた。非加熱側ＯＳＢ裏面（試験体裏面）では、最高温度で102℃、平均温度で68℃まで上昇した。試験体各部平均温度を図３．４－７に示す。

加熱開始後、炉内の上1/4・中央・下1/4の位置の最大炉内圧力は、上1/4で16.8Pa、中央で8.7Pa、下1/4で2.5Paであった。炉内各位置の圧力変化を図３．４－８に示す。

・燃料消費量（プロパンガス）：　９．２（㎥）
・260℃を超える加熱温度時間面積：２１６．２（×100℃・分）
・260℃を超える標準温度時間面積：１９７．７（×100℃・分）
・加　熱　比　率：　１．０９

（５）　ＰＷ－Ｗ０９、ラワン合板9㎜厚両面張り２×４壁パネル、枠材寸法38×89㎜

加熱開始後加熱側では、3分10秒に着炎し、4分40秒には黒煙が発生し、8分30秒に白煙が発生してきた。10分10秒には、炉内側の壁が全て焼け落ちた。

一方非加熱側では、6分25秒に試験体周囲から煙が漏れてきた。7分20秒には試験体下部からも煙が漏れてきた。8分35秒頃に表面が茶変し始め、12分40秒には黒変した。12分55秒に合板表面から煙（水蒸気）が発生し、13分00秒から火炎貫通したため、14分に加熱を終了した。

軸組表面、目地部では、最高温度で8.3分頃に、平均温度で8.5分頃に260℃を超え、軸組表面、一般部では、最高温度で8.6分頃に、平均温度で8.9分頃に260℃を超え、加熱側合板裏面では、最高温度で7.0分頃に、平均温度で7.4分頃に260℃を超えた。非加熱側合板裏面（試験体裏面）では、最高温度で195℃、平均温度で154℃まで上昇した。試験体各部平均温度を図３．４－９に示す。

加熱開始後、炉内の上1/4・中央・下1/4の位置の最大炉内圧力は、上1/4で19.9Pa、中央で12.4Pa、下1/4で4.2Paであった。炉内各位置の圧力変化を図３．４－10に示す。

・燃料消費量（プロパンガス）：　３．３（㎥）
・260℃を超える加熱温度時間面積：　５３．１（×100℃・分）
・260℃を超える標準温度時間面積：　３６．８（×100℃・分）
・加　熱　比　率：　１．４４

（６）　ＰＷ－Ｗ１５、ラワン合板15㎜厚両面張り２×４壁パネル、枠材寸法38×89㎜

加熱開始後加熱側では、3分10秒、着炎と同時に全体に広がる。11分08秒に脱落が生じ始め、18分45秒には大きな破片（炭化層）が脱落し、20分00秒には全て脱落した。

一方非加熱側では、4分00秒、白煙がわずかに発生。11分00秒には上部全体から白煙が発生した。16分00秒に、「パチパチ」と内部の合板が燃える音が発生した。また、23分30

秒には合板表面から水蒸気が発生した。その後、24分30秒に表面が焦げ始め、26分20秒から火炎貫通したため、27分に加熱を終了した。

軸組表面、目地部では、最高温度で14.8分頃に、平均温度で15.4分頃に260℃を超え、軸組表面、一般部では、最高温度で16.3分頃に、平均温度で16.9分頃に260℃を超え、加熱側合板裏面では、最高温度で14.1分頃に、平均温度で15.3分頃に260℃を超えた。非加熱側合板裏面（試験体裏面）では、最高温度で170℃、平均温度で137℃まで上昇した。試験体各部平均温度を図３．４－11に示す。

加熱開始後、炉内の上1/4・中央・下1/4の位置の最大炉内圧力は、上1/4で17.9Pa、中央で9.2Pa、下1/4で2.5Paであった。炉内各位置の圧力変化を図３．４－12に示す。

・燃料消費量（プロパンガス）：　６．８（㎥）
・260℃を超える加熱温度時間面積：１３２．９（×100℃・分）
・260℃を超える標準温度時間面積：１１３．８（×100℃・分）
・加　熱　比　率：　１．１７

（７）　ＰＷ－Ｗ１８、ラワン合板18㎜厚両面張り２×４壁パネル、枠材寸法38×89㎜

加熱開始後加熱側では、4分00秒に着炎し、6分20秒に合板が変形し始めた。7分50秒に亀裂が発生した。そして14分00秒には上部で反りが発生し始めた。また、21分40秒に炭化層の脱落が始まり、27分00秒には全て焼け落ちた。

一方非加熱側では、3分41秒に試験体上部より少し煙が発生してきた。31分20秒に表面が黒変し始め、34分20秒から火炎貫通したため、35分に加熱を終了した。

軸組表面、目地部では、最高温度で20.4分頃に、平均温度で20.6分頃に260℃を超え、軸組表面、一般部では、最高温度で20.5分頃に、平均温度で21.6分頃に260℃を超え、加熱側合板裏面では、最高温度で18.8分頃に、平均温度で19.6分頃に260℃を超えた。非加熱側合板裏面（試験体裏面）では、最高温度で33.8分頃に260℃を超え、平均温度で252℃まで上昇した。試験体各部平均温度を図３．４－13に示す。

加熱開始後、炉内の上1/4・中央・下1/4の位置の最大炉内圧力は、上1/4で18.7Pa、中央で11.2Pa、下1/4で2.7Paであった。炉内各位置の圧力変化を図３．４－14に示す。

・燃料消費量（プロパンガス）：　９．５（㎥）
・260℃を超える加熱温度時間面積：１７８．６（×100℃・分）
・260℃を超える標準温度時間面積：１５４．７（×100℃・分）
・加　熱　比　率：　１．１５

（８）　ＰＷ－Ｗ２４、ラワン合板24㎜厚両面張り２×４壁パネル、枠材寸法38×89㎜

加熱開始後加熱側では、3分04秒に着炎後、全体に広がった。28分16秒に上部より炭化層の破片が脱落し、その後も31分04秒からボロボロと崩れ始め、41分15秒に表面全てが脱落した。

一方非加熱側では、3分25秒に白煙が発生した。14分00秒には、水蒸気量の多い白煙が増加し、18分30秒には上部全体より白煙が発生し、しだいに範囲が拡大した。31分50秒に縦目地より水蒸気が発生し、しだいに増加していき、39分20秒には横目地からも白煙が発生した。39分30秒に表面が焦げ始め、41分40秒から火炎貫通したため、42分に加熱を終了した。

軸組表面、目地部では、最高温度で21.1分頃に、平均温度で23.4分頃に260℃を超え、軸組表面、一般部では、最高温度で27.8分頃に、平均温度で29.1分頃に260℃を超え、加熱側合板裏面では、最高温度で26.0分頃に、平均温度で26.7分頃に260℃を超えた。非加熱側合板裏面（試験体裏面）では、最高温度で150℃、平均温度で108℃まで上昇した。試験体各部平均温度を図３．４－15に示す。

加熱開始後、炉内の上1/4・中央・下1/4の位置の最大炉内圧力は、上1/4で17.7Pa、中央で9.7Pa、下1/4で2.7Paであった。炉内各位置の圧力変化を図３．４－16に示す。

・燃料消費量（プロパンガス）：　１１．４（㎥）
・260℃を超える加熱温度時間面積：２１６．８（×100℃・分）
・260℃を超える標準温度時間面積：１９７．７（×100℃・分）
・加　　熱　　比　　率：　１．１０

表３．４－１　ＯＳＢ・合板壁パネル加熱試験結果、一覧表

試験体記号	壁材の比重・含水率	加熱終了時間（分）	各測定位置 260℃到達時間（分） **上段：最高温度、*下段：平均温度***				平均炭化速度*1（mm/分） 上段：全体 下段：壁内まで	加熱終了となる現象等
			加熱側パネル			試験体		
			スタッド表面		一般部			
			目地部	一般部	裏面	裏面		
OSB-W09	気乾比重：0.704 絶乾比重：0.688 含水率：3.9%	１３	**8.3** *9.0*	**9.3** *9.8*	**8.1** *8.5*	**165℃** *123℃*	**1.38** (1.06)	12分45秒 OSB表面から火炎貫通
			加熱側合板裏面との時間差（ΔT）			**>4.9** *>4.5*		
			最も早く260℃に到達した位置との時間差（ΔT）			同上 *同上*		
OSB-W15	気乾比重：0.658 絶乾比重：0.644 含水率：4.4%	２０	**12.0** *12.9*	**14.7** *14.9*	**11.7** *12.8*	**142℃** *116℃*	**1.50** (1.17)	19分35秒 OSB表面から火炎貫通
			加熱側合板裏面との時間差（ΔT）			**>8.3** *>7.2*		
			最も早く260℃に到達した位置との時間差（ΔT）			同上 *同上*		
OSB-W18	気乾比重：0.603 絶乾比重：0.589 含水率：3.3%	２７	**9.3** *13.5*	**18.3** *18.9*	**15.7** *16.7*	**174℃** *134℃*	**1.33** (1.08)	26分30秒 OSB表面から火炎貫通
			加熱側合板裏面との時間差（ΔT）			**>11.3** *>10.3*		
			最も早く260℃に到達した位置との時間差（ΔT）			**>17.7** *>13.5*		
OSB-W24	気乾比重：0.557 絶乾比重：0.543 含水率：5.2%	４１	**10.0** *14.9*	**28.6** *30.7*	**26.0** *28.0*	**102℃** *68℃*	**1.37** (1.00)	40分30秒 横目地から火炎貫通
			加熱側ＯＳＢ裏面との時間差（ΔT）			**>15.0** *>13.0*		
			最も早く260℃に到達した位置との時間差（ΔT）			**>31.0** *>26.1*		
PW-W09	気乾比重：0.668 絶乾比重：0.624 含水率：8.4%	１３	**8.3** *8.5*	**8.6** *8.9*	**7.0** *7.4*	**195℃** *154℃*	**1.38** (1.22)	13分10秒 合板表面から火炎貫通
			加熱側ＯＳＢ裏面との時間差（ΔT）			**>6.0** *>5.6*		
			最も早く260℃に到達した位置との時間差（ΔT）			同上 *同上*		
PW-W15	気乾比重：0.671 絶乾比重：0.634 含水率：7.8%	２７	**14.8** *15.4*	**16.3** *16.9*	**14.1** *15.3*	**170℃** *137℃*	**1.11** (0.98)	26分20秒 合板表面から火炎貫通
			加熱側ＯＳＢ裏面との時間差（ΔT）			**>12.9** *>11.7*		
			最も早く260℃に到達した位置との時間差（ΔT）			同上 *同上*		
PW-W18	気乾比重：0.659 絶乾比重：0.615 含水率：9.2%	３５	**20.4** *20.6*	**20.5** *21.6*	**18.8** *19.6*	**33.8** *252℃*	**1.03** (0.92)	34分20秒 合板表面から火炎貫通
			加熱側ＯＳＢ裏面との時間差（ΔT）			**15.0** *>15.4*		
			最も早く260℃に到達した位置との時間差（ΔT）			同上 *同上*		
PW-W24	気乾比重：0.536 絶乾比重：0.498 含水率：9.6%	４１	**21.1** *23.4*	**27.8** *29.1*	**26.0** *26.7*	**150℃** *108℃*	**1.17** (0.90)	41分40秒 合板表面から火炎貫通
			加熱側合板裏面との時間差（ΔT）			**>15.0** *>14.3*		
			最も早く260℃に到達した位置との時間差（ΔT）			**>19.9** *>17.6*		

＊１　（全体の平均炭化速度）＝（パネルの板厚）×２／（加熱時間）
（壁内までの平均炭化速度）＝（パネルの板厚）／
（加熱側パネルの一般部裏面の平均温度が260℃に到達する時間）

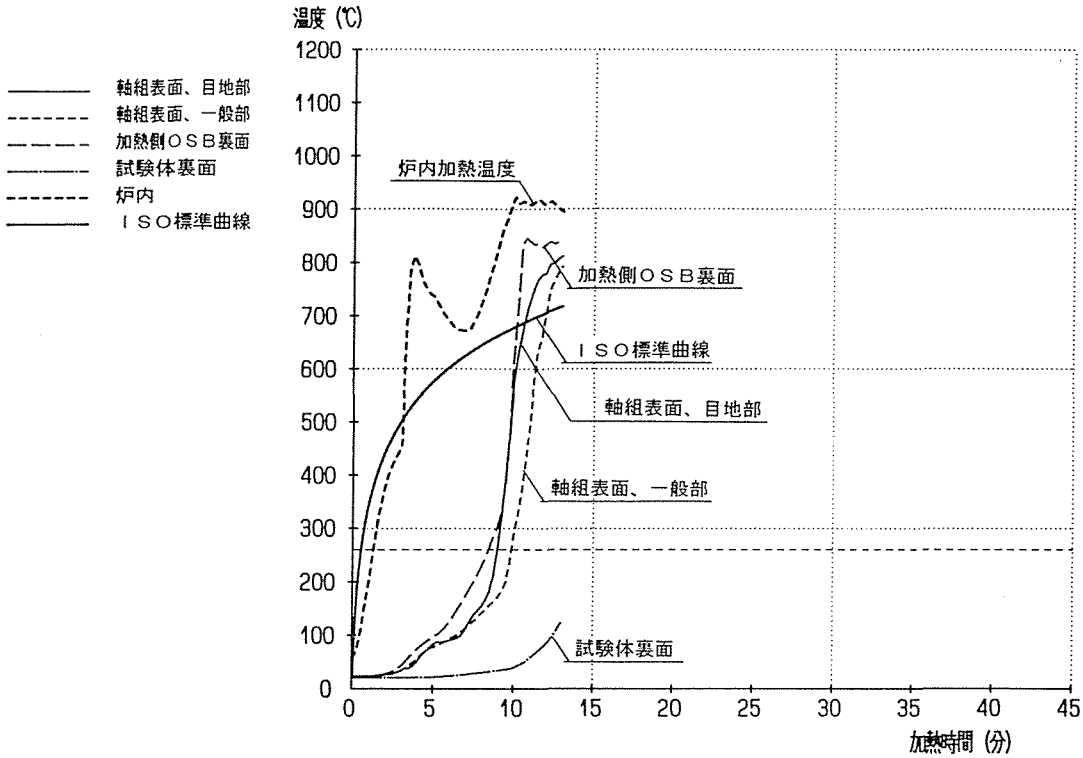


図３．４－１　各部平均温度(OSB-W09)

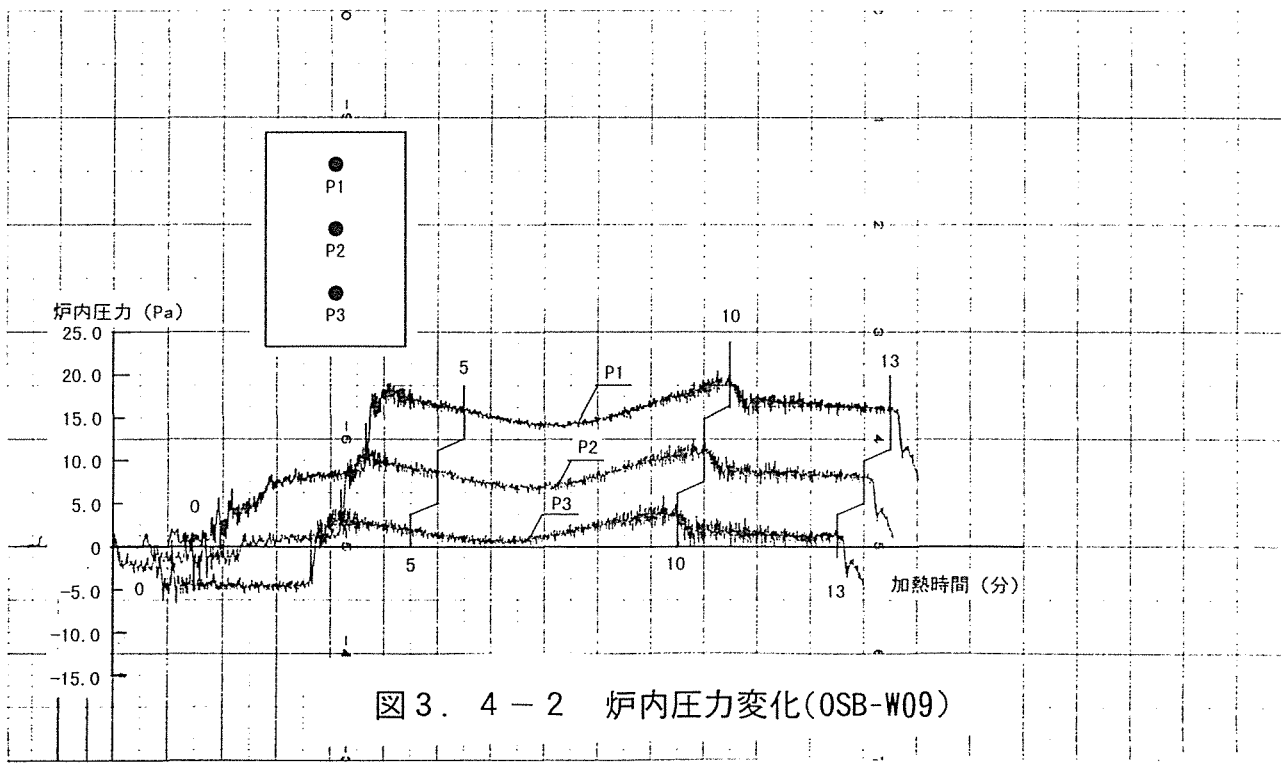


図３．４－２　炉内圧力変化(OSB-W09)

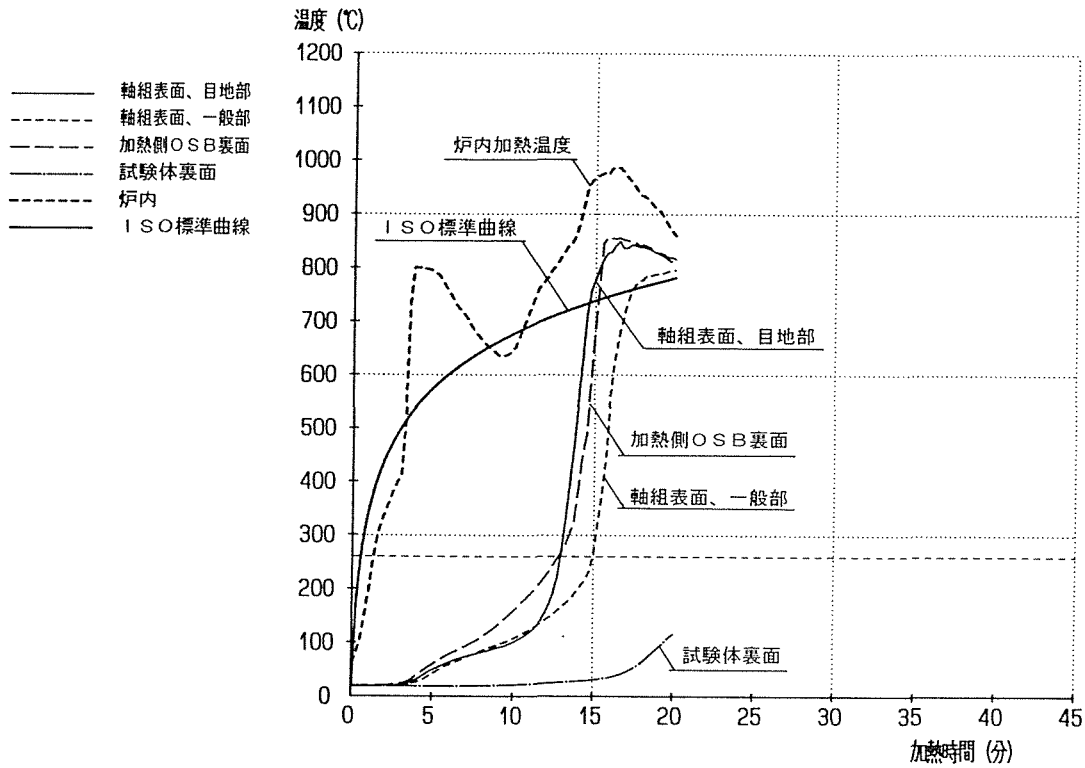


図３．４－３　各部平均温度(OSB-W15)

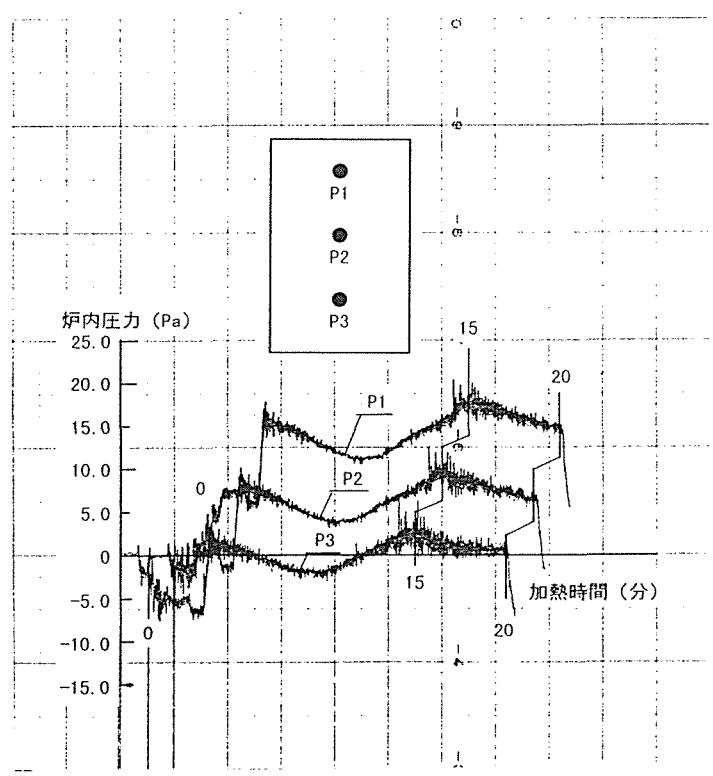


図３．４－４　炉内圧力変化(OSB-W15)

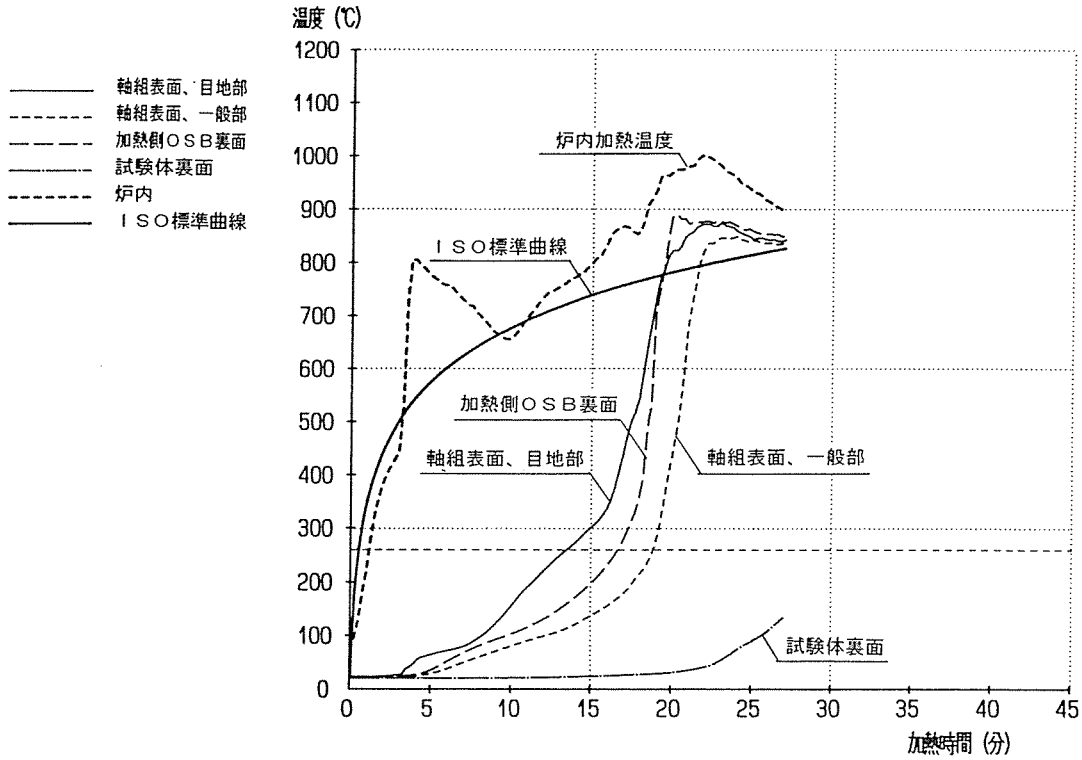


図３．４－５　各部平均温度(OSB-W18)

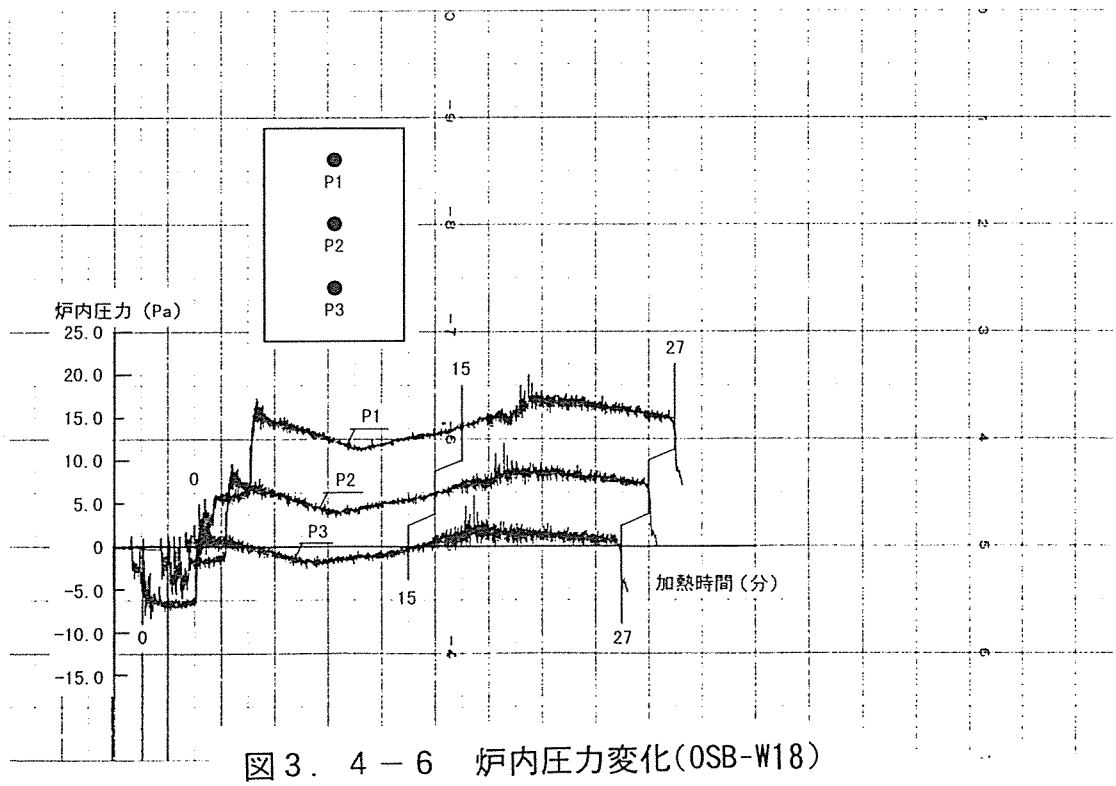


図３．４－６　炉内圧力変化(OSB-W18)

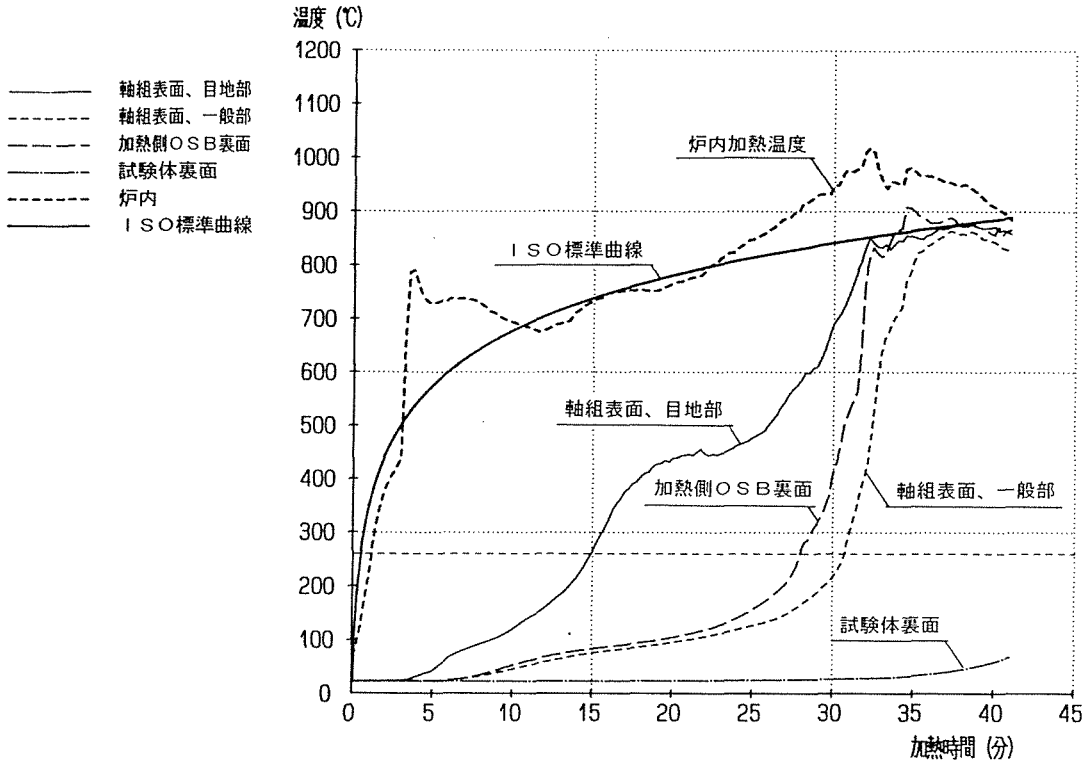


図３．４－７　各部平均温度(OSB-W28)

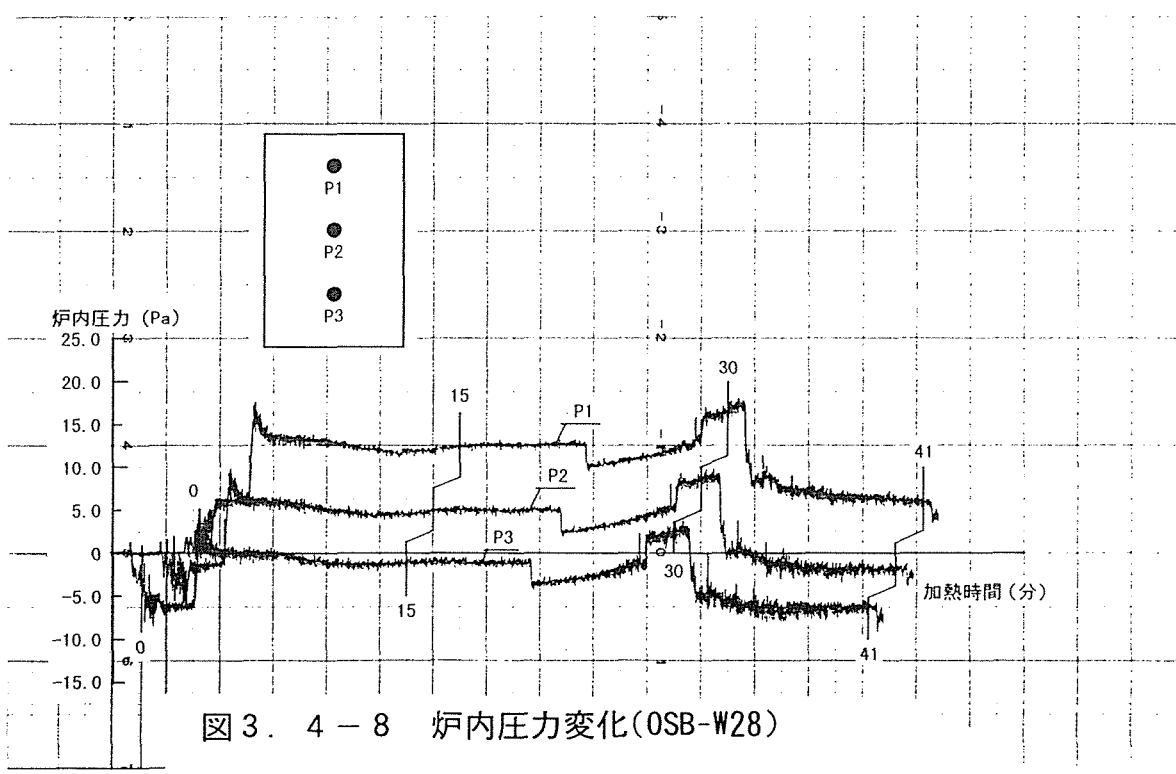


図３．４－８　炉内圧力変化(OSB-W28)

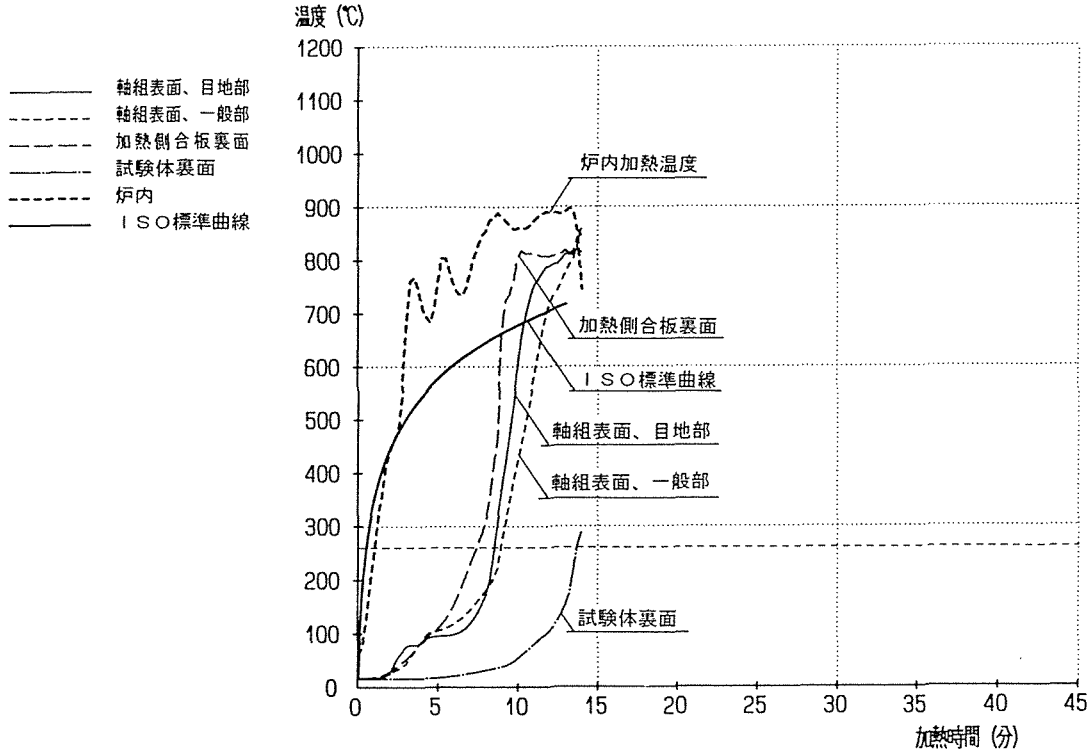


図３．４－９　各部平均温度(PW-W09)

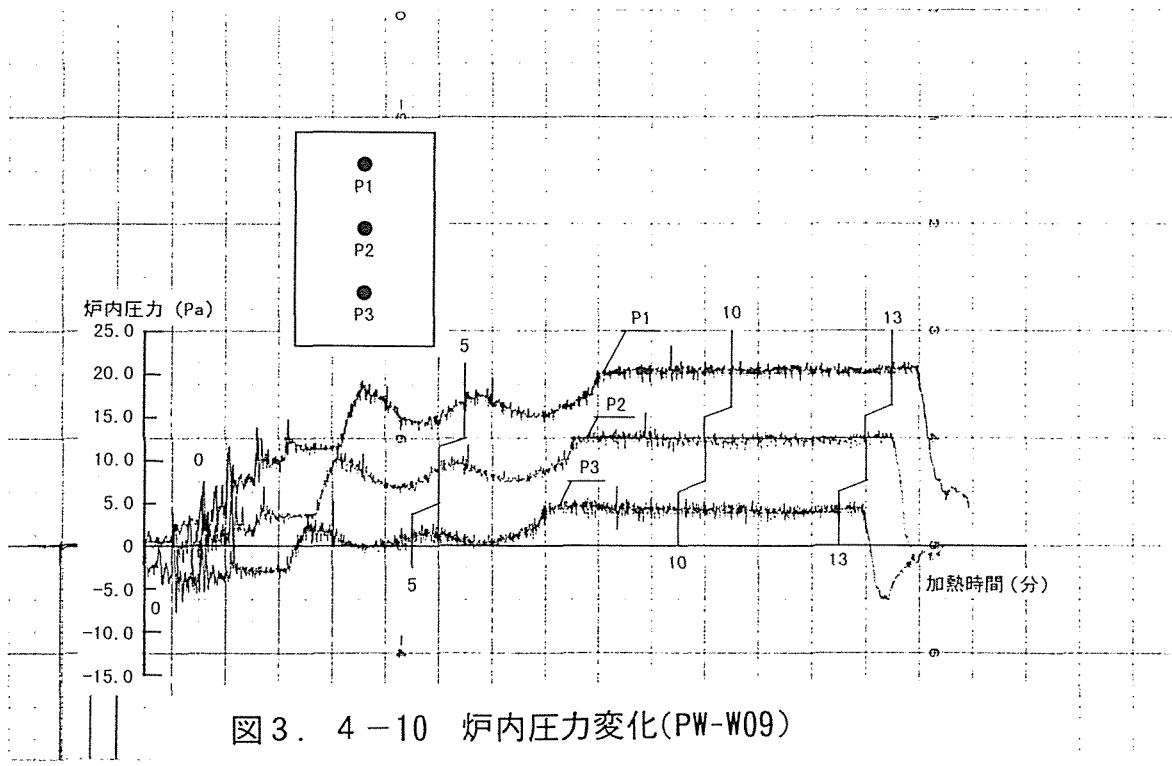


図３．４－10　炉内圧力変化(PW-W09)

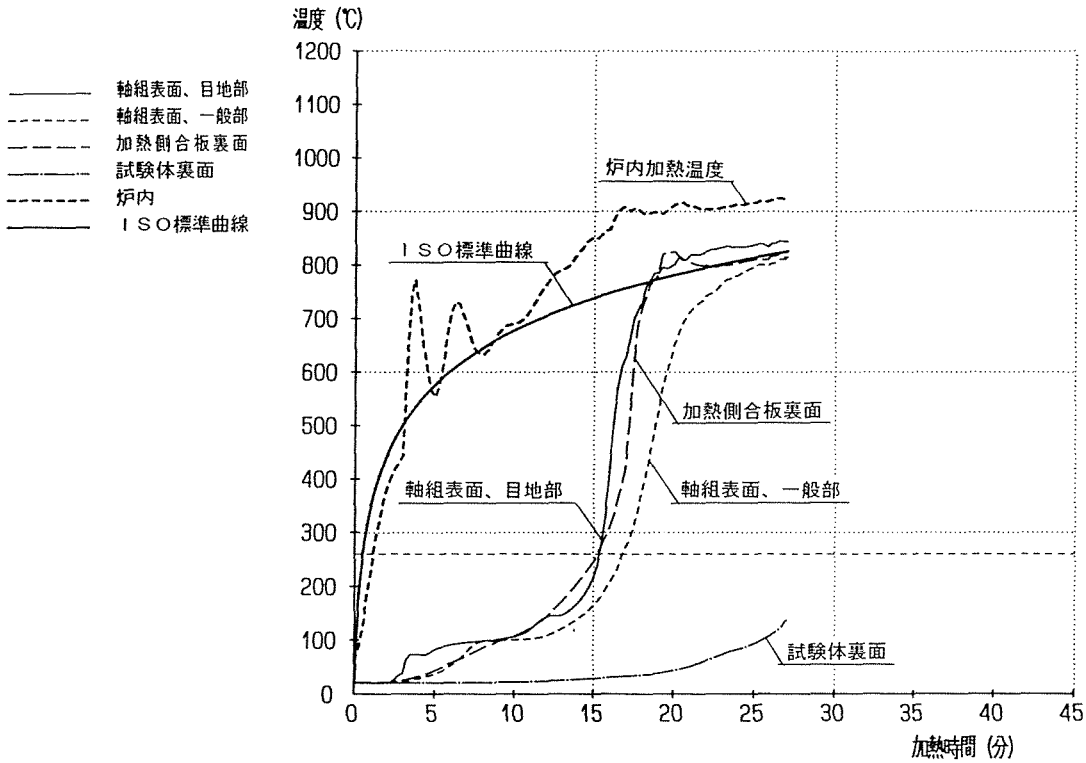


図３．４－11　各部平均温度(PW-W15)

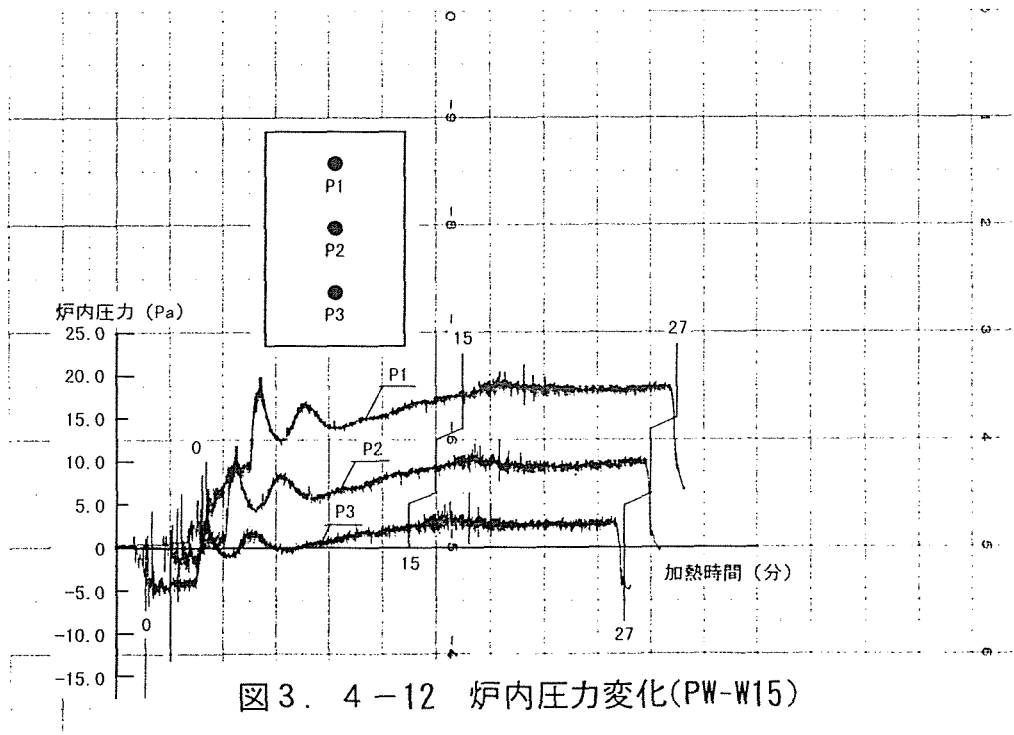


図３．４－12　炉内圧力変化(PW-W15)

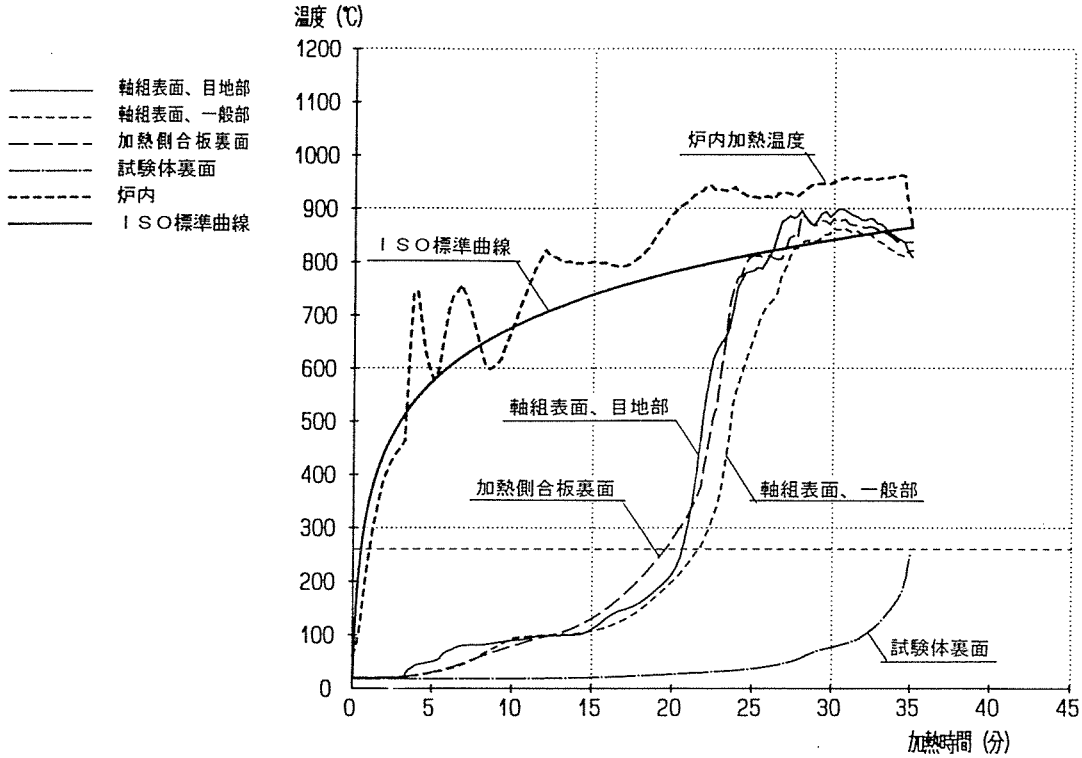


図３．４－13　各部平均温度(PW-W18)

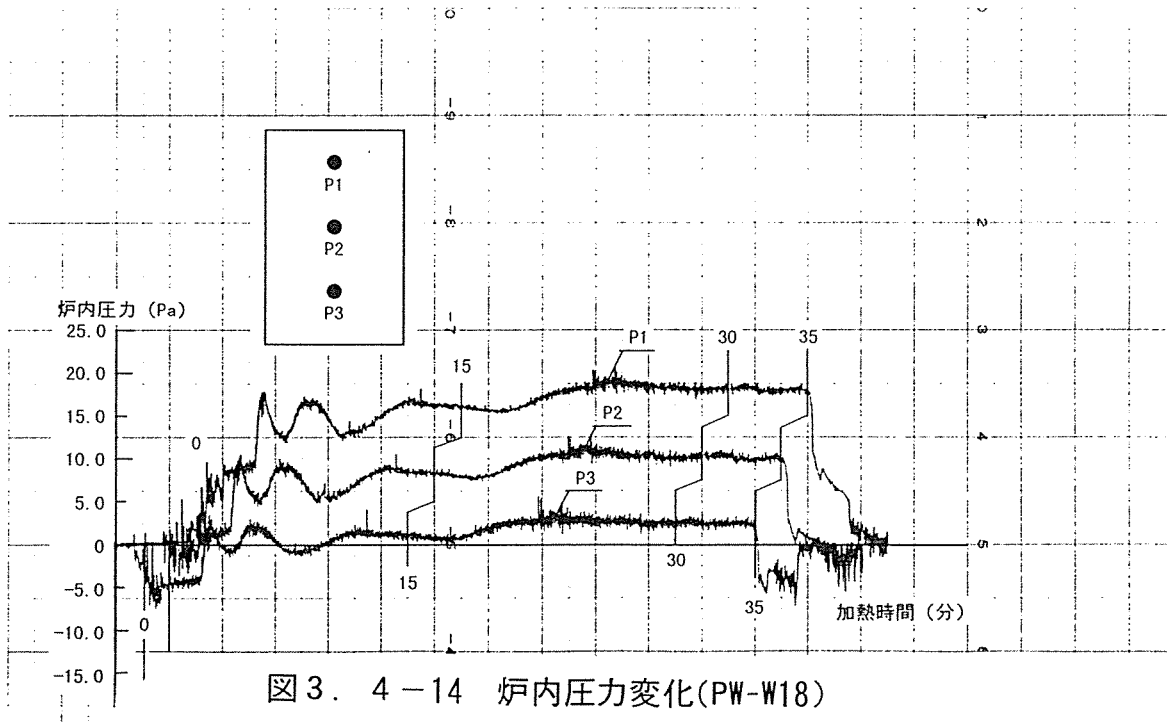


図３．４－14　炉内圧力変化(PW-W18)

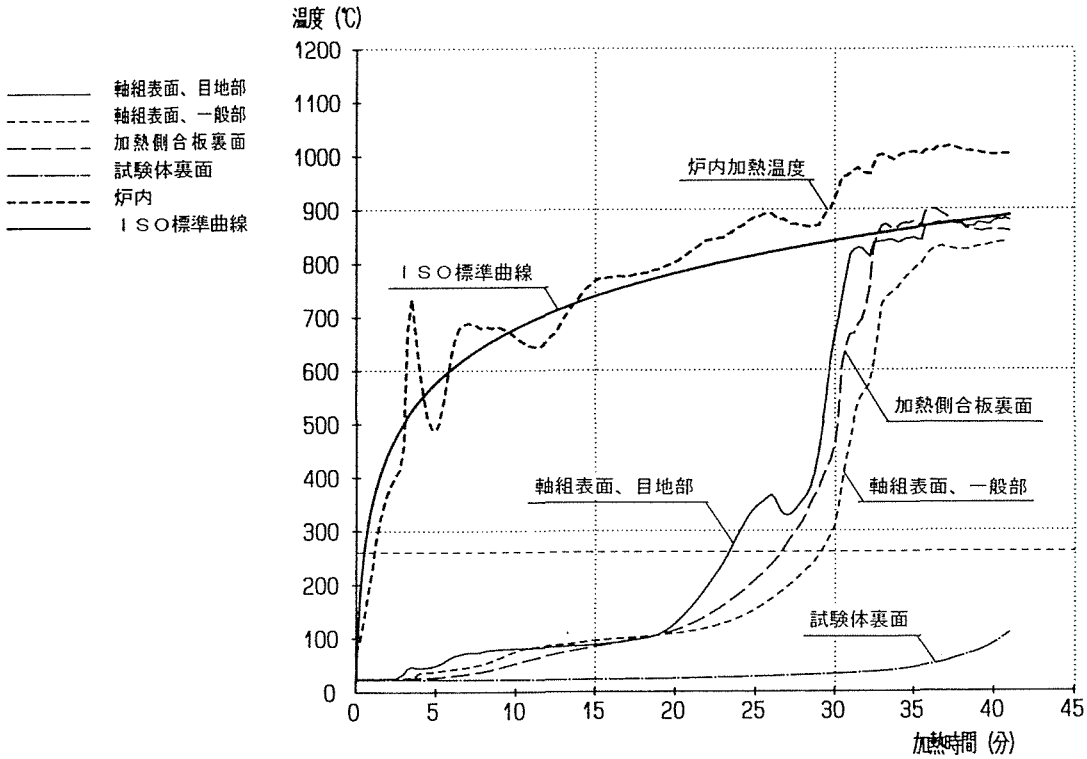


図３．４－15　各部平均温度(PW-W24)

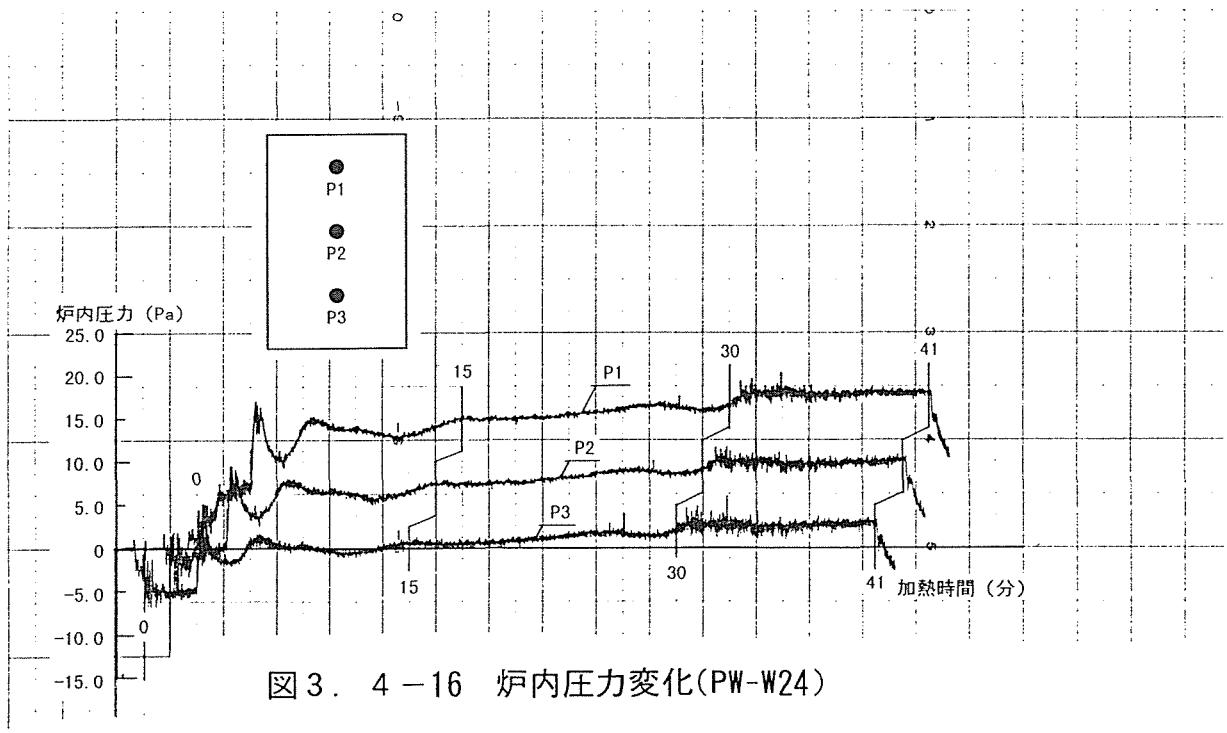


図３．４－16　炉内圧力変化(PW-W24)

３．５　まとめ（ＯＳＢ、合板による２×４両面壁パネルの耐火加熱試験）

各試験体の結果のまとめを、表３．５－１、表３．５－２、図３．５－１～２に示す。

表３．５－１には、試験材料の実測厚、気乾比重、面密度（材料の気乾比重×実測厚）と加熱側材料の裏面温度が２６０℃に達した時間並びに両面張り壁パネルが燃え抜けを生じた時間をそれぞれの耐火性能としてまとめた。表３．５－２には、加熱側材料の裏面温度が２６０℃に達した時間を加熱側が燃え抜けた時間と推定してそれぞれの加熱側材料および両面張り壁パネルの炭化速度をまとめた。

図３．５－１は、加熱側材料の裏面温度が２６０℃に達した時間および両面壁パネルが燃え抜けた時間とＯＳＢおよび構造用合板の厚みとの関係をプロットし、相関係数と回帰直線を求めた。また、図３．５－２は、加熱側材料の裏面温度が２６０℃に達した時間および両面壁パネルが燃え抜けた時間とＯＳＢおよび構造用合板の面密度との関係をプロットし、相関係数と回帰直線を求めた。回帰式および相関係数は以下の通りとなった。

①加熱側ＯＳＢの厚さと加熱側裏面温度が２６０℃に達した時間との関係

回帰式　$Y=0.96X+1.84$　$R=0.998$　$R^2=0.997$

②加熱側構造用合板の厚さと加熱側裏面温度が２６０℃に達した時間との関係

回帰式　$Y=0.75X+3.48$　$R=1.000$　$R^2=1.000$

③ＯＳＢ両面張り壁パネルの厚さと壁パネルの燃え抜け時間との関係

回帰式　$Y=1.36X+1.66$　$R=0.998$　$R^2=0.996$

④構造用合板両面張り壁パネルの厚さと壁パネルの燃え抜け時間との関係

回帰式　$Y=0.99X+4.37$　$R=0.992$　$R^2=0.983$

⑤加熱側ＯＳＢの面密度と加熱側裏面温度が２６０℃に達した時間との関係

回帰式　$Y=0.046X+0.324$　$R=0.995$　$R^2=0.990$

⑥加熱側構造用合板の面密度と加熱側裏面温度が２６０℃に達した時間との関係

回帰式　$Y=0.035X+0.415$　$R=0.956$　$R^2=0.914$

⑦ＯＳＢ両面の面密度と壁パネルの燃え抜け時間との関係

回帰式　$Y=0.064X+0.552$　$R=0.995$　$R^2=0.990$

⑧構造用合板両面の面密度と壁パネルの燃え抜け時間との関係

回帰式　$Y=0.048X+0.662$　$R=0.983$　$R^2=0.966$

図３．５－１に示すように、加熱時間と壁材の厚さの関係では、いずれの試験体についても直線的に耐火性能が上昇する傾向を示し、相関直線の傾きから求めたＯＳＢの炭化速度は、壁内部（板１枚分）で0.96㎜／分、両面（板２枚分）で1.36㎜／分、合板の炭化速度は、壁内部（板１枚分）で0.75㎜／分、両面（板２枚分）で0.99㎜／分となった。

また、図３．５－２に示すように、加熱時間と面密度の関係では、いずれの試験体についても直線的に耐火性能が上昇する傾向を示したが、相関係数は板の厚さとの関係に比べて小し低くなった。相関直線の傾きから求めたＯＳＢの炭化速度は、壁内部（板１枚分）

で0.046ｇ／㎠／分、両面（板２枚分）で0.064ｇ／㎠／分、合板の炭化速度は、壁内部（板１枚分）で0.035ｇ／㎠／分、両面（板２枚分）で0.048ｇ／㎠／分となった。

表３．５－２では、各板厚を２６０℃に達した時間で除した値を各加熱側材料の炭化速度としてまとめたものであるが、ＯＳＢ、構造用合板とも板厚が大きくなるほど炭化速度が低下する傾向を示した。

また各試験体の、加熱側材料が２６０℃を超えた時間に対する非加熱側材料の遮炎時間の割合は、ＯＳＢでは0.55倍、ラワン合板では0.71倍と、同一材料・厚さでも非加熱側の材料の方が耐火性能が低い結果となった。これは、加熱側材料の裏面温度が２６０℃に達したときには壁内部（非加熱側材料の加熱側）の温度も上昇し、非加熱側材料の熱分解がすでに進行しているためと考えられる。またラワン合板に比べてＯＳＢの方が非加熱側材料の耐火性能が低い結果となった。これは、ＯＳＢは加熱中に炭化した部分が剥がれ落ちる現象が観察されたように、合板のような炭化層の形成が十分でないために、合板に比べてＯＳＢの耐火性能が低くなったものと考えられる。またＯＳＢの18，28㎜厚、合板の24㎜厚では、目地部は壁一般部より先に２６０℃を超えた。

以上の結果をまとめると

1)ＯＳＢの燃え抜け速度は薄い材料ほど速く、厚みが増すほど遅くなり、厚さ 9㎜から28㎜までの平均炭化速度は約1.1㎜/分であった。

2)ラワン合板でも燃え抜け速度は薄い材料ほど速くなり、厚さ 9㎜から24㎜までの平均炭化速度は1.0㎜/分であった。

3)ＯＳＢの厚さ 9㎜から28㎜、合板厚さ 9㎜から24㎜までの厚さと炭化速度との関係は高い相関を示し、ＯＳＢでは0.96㎜／分、ラワン合板では0.75㎜／分となり、ＯＳＢの炭化速度はラワン合板より早い結果となった。

4)ＯＳＢ両面張りパネルの炭化速度は1.36㎜／分、ラワン合板両面張りパネルの炭化速度は0.99㎜／分となり、ＯＳＢ両面張りパネルの炭化速度は合板張りより速くなった。

4)同一材料を両面に張ったＯＳＢパネルでは、加熱側材料の遮熱時間の約１．５倍の時間がパネルの遮熱・遮炎性能となった。

5)同一材料を両面に張ったラワン合板パネルでは、加熱側材料の遮熱時間の約１．７倍の時間がパネルの遮熱・遮炎時間となった。

6)従って、ＯＳＢは合板に比べ燃焼が早く進むことが認められた。

表３．５－１　加熱側材料及び壁パネルの厚さ・面密度と耐火時間との関係

試験体記号	平均厚さ (mm)	気乾比重 (g/cm³)	加熱側材料面密度 (g/cm²)	T(1) (分)	壁パネルの面密度 (g/cm²)	パネル両面厚 (mm)	T(2) (分)	T(3) (分)	T(3)／T(1)
OSB-W09	9.50	0.704	0.67	8.5	1.34	19.0	12.8	4.3	0.51
OSB-W15	14.62	0.658	0.96	12.8	1.92	29.24	19.6	6.8	0.53
OSB-W18	18.12	0.603	1.09	16.7	2.19	36.24	26.5	9.8	0.59
OSB-W28	28.54	0.557	1.59	28.0	3.18	57.08	40.5	12.5	0.44
PW-W09	9.13	0.668	0.61	7.4	1.22	18.26	13.2	5.8	0.78
PW-W15	14.84	0.671	1.00	15.3	1.99	29.68	26.3	11.0	0.72
PW-W18	18.24	0.659	1.20	19.6	2.40	36.48	34.3	14.7	0.75
PW-W24	23.62	0.536	1.27	26.7	2.53	47.24	41.7	15.0	0.56

Ｔ(1)：加熱側材料の裏面温度が２６０℃を超えた時間
Ｔ(2)：両面張り壁パネルが燃え抜けた時間
Ｔ(3)：Ｔ(2)－Ｔ(1)、非加熱側材料の耐火時間
Ｔ(3)／Ｔ(1)：非加熱側材料の加熱側材料に対する耐火性能の比率

表３．５－２　加熱側材料及び壁パネルの炭化速度

試験体記号	加熱側炭化速度 (mm／分)	加熱側面密度と炭化速度 (g/cm²/分)	壁パネル炭化速度 (mm／分)	壁パネル面密度と炭化速度 (g/cm²/分)
OSB-W09	1.12	0.079	1.48	0.105
OSB-W15	1.14	0.075	1.49	0.098
OSB-W18	1.09	0.065	1.37	0.083
OSB-W28	1.02	0.057	1.41	0.079
平均	1.09	0.069	1.44	0.091
PW -W09	1.23	0.082	1.38	0.092
PW -W15	0.97	0.065	1.13	0.076
PW -W18	0.93	0.061	1.06	0.070
PW -24	0.88	0.048	1.13	0.061
平均	1.00	0.064	1.18	0.075

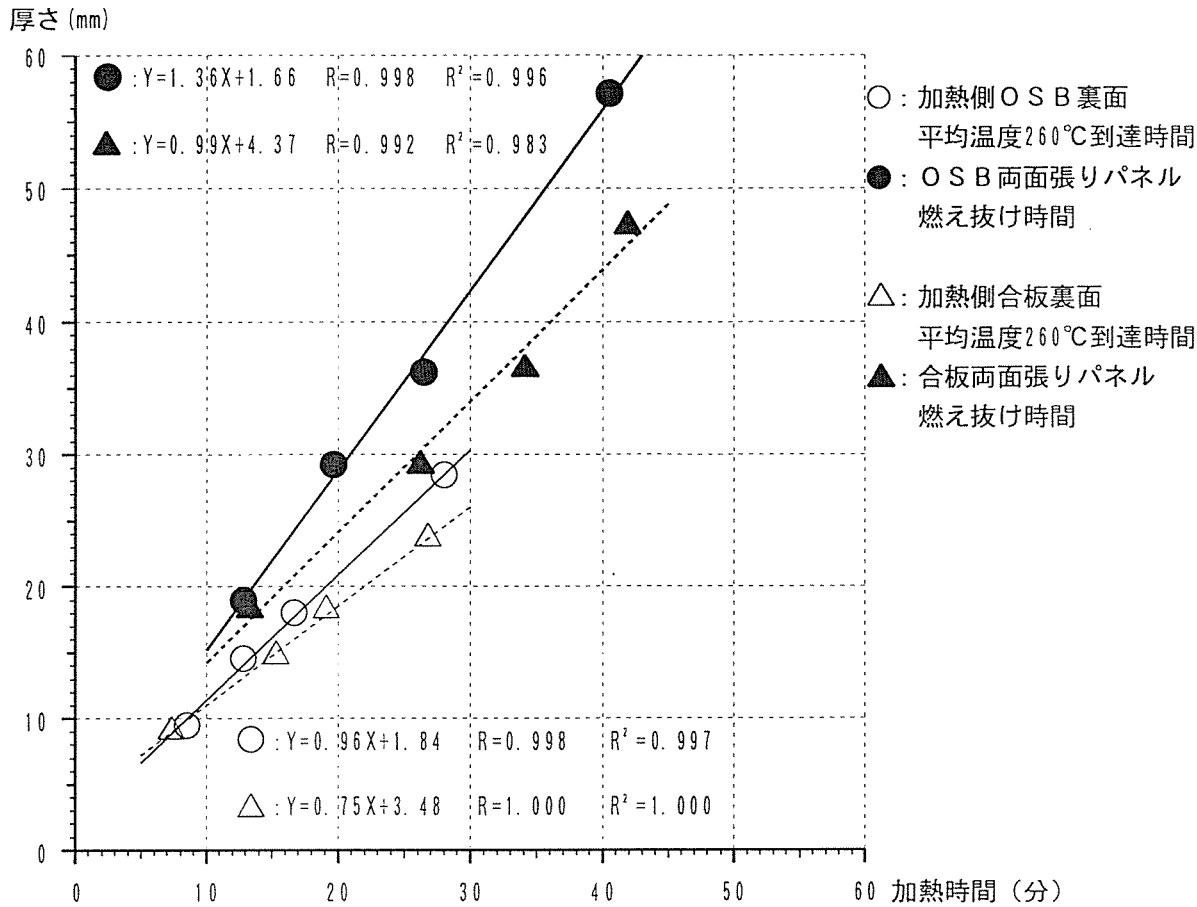


図３．５－１　加熱側材料及び両面パネル厚さと耐火時間

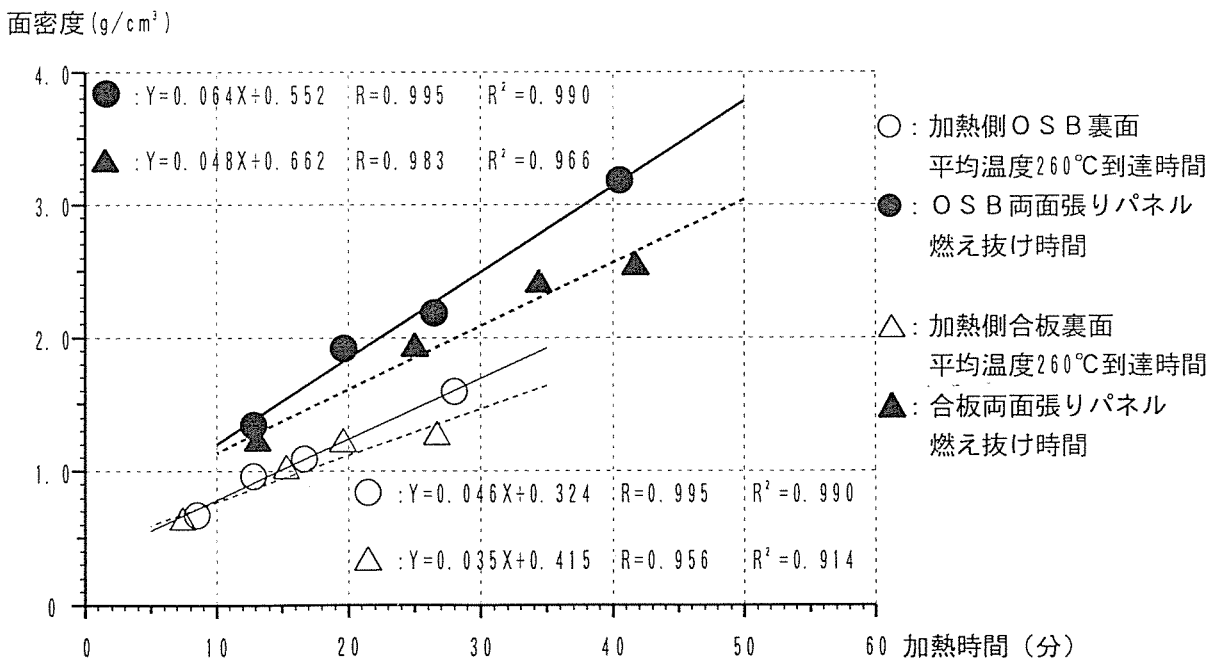


図３．５－２　加熱側材料及び両面パネルの面密度と耐火時間