

平成5年度農林水産省補助事業

(財)日本住宅・木材技術センター事業

平成5年度
木質資源利用事業
ログハウス防火性能評価事業
報告書

「ログハウス壁構造の加熱試験」報告書

平成6年3月

財団法人 日本住宅・木材技術センター



実験報告書

目 次

1	研究目的	1
2	実施概要	2
3	試験体	5
3.1	試験体の選定	5
3.2	加熱方法	7
3.3	載荷荷重量算出と載荷方法	8
3.4	試験体の温度測定位置	9
3.5	試験体の軸・面外方向変位測定位置	11
3.6	炉内圧力の測定	12
3.7	放射受熱量の測定	12
3.8	映像記録	12
3.9	目視観察	12
3.10	炭化状況の測定	12
4	実験結果	34
4.1	継ぎ手試験体の防火性能—継ぎ手試験体のISO耐火加熱試験	34
4.2	開口部試験体の防火性能—開口部試験体のISO耐火加熱試験	37
4.3	交差部試験体の防火性能—交差部試験体のISO耐火加熱試験	40
5	まとめ	87
5.1	継ぎ手部を含むログ壁体の防火性能について	87
5.2	開口部を含むログ壁体の防火性能について	88
5.3	ログ交差部の防火性能について	89
6	これまでの結果と今後の検討課題	90

参 考 資 料

1 研究目的

丸太組構法（以下「ログハウス」と言う）は、我が国ではかつて校倉や井楼組等と呼ばれ、この工法による建物として、正倉院や東大寺に遺構が残されている。現在では、ログハウスは別荘やセカンドハウスとして用いられていることが多く、年間約 1,000~1,000棟ほど建築されていると言われている。ログハウスは、建築基準法施行令第3章第3節「木造」の規定に適合しない建物として建築基準法38条による建設大臣の特別認定が必要であったが、昭和61年建設省告示第859号により丸太、製材その他これに類する木材を水平に積み上げた壁により建築物を建築する工法を丸太組構法と定義し、この工法によるものは「木造」と同等以上の効力があるものとして認められたため、技術基準に適合するものは建設大臣の特別認定が必要でなくなった。その後、平成2年建設省告示第2023号の改正により、2階建以下であること、延べ面積が300㎡以下であること、高さが8.5m以下であることの他に、材料、土台及び基礎、耐力壁、ダボやボルト等についての技術基準が定められた。

ログハウスは、木造と同等の効力を有することから建築基準法の第61条及び第62条により防火地域及び準防火地域並びに22条地域には建築が制限されている。そのため、防火性能に関する開発研究はほとんど行われておらず、ログハウスに要求される防火性能も不明である。しかし最近では、木造の準耐火構造に見られるように、市街地においても防火性のある木造建築物の建設が可能となってきたことから、ログハウスの防火性能の基礎的データを整備しておくことは重要な課題であると言える。そこで、本開発研究においては、本年度は外壁部材の防火性能として類焼防止性能及び内部の延焼防止性能についての基礎的資料を得る目的で実験を実施した。

平成4年度の本事業による実験では、ログの形状（丸ログ、角ログ）とログの継ぎ手を想定した部分の防火2級加熱（類焼防止性能の確認）、ISO耐火加熱（延焼防止性能の確認）を行い、ログの継ぎ手部分が防火上の弱点であること、継ぎ手部分の処理を行えば1時間程度の延焼防止性能を有すること、角ログに比べて丸ログの防火性能が低いこと、類焼防止性能を有することなどが明らかとなった。そこで本年度は、継ぎ手の種類と防火性能との関係、ログ壁体と開口部周り、交差部周辺の防火性能等を明らかにするために加熱試験を実施することとした。

2 実施内容

2.1 実験実施概要

近年、住宅需要の多様化などを背景とし、ログハウスの建築実績が積み重ねられ、年間約 500~800棟程度建築確認申請がなされ、その他を含めると約 1,000~1,500棟程度建築されていると言われている。ログハウスの防火地域内、および準防火地域内における制限は、建築基準法第61条、同62条によって規制されているとおり、木造建築物の扱いと同様に、これらの地域内には建築することが制限されている。そのため、都市防火政策の範囲内でログハウスを建築可能とするためには、防火性能の開発が必要となってくる。

防火性能には、外部からの火災を防ぐ類焼防止性能と内部火災の拡大を防ぐ区画防火性としての延焼防止性能があり、これらの性能の確認が必要となってくる。

本研究では、防火性能確認の手段として既往の試験方法の中から類焼防止性能の確認のための方法として防火構造の確認試験として用いられている防火2級加熱試験を採用し、昨年度はこの加熱方法により類焼防止性能を確認した。区画防火性による延焼防止性能の確認の方法として耐火加熱試験方法を採用し、ISO/DIS 834 に定める耐火加熱標準曲線に沿った加熱を行い、燃え抜けるまでの時間を遮熱性能（熱を遮る性能）・遮炎性能（炎を遮る性能）と評価して、延焼防止性能の確認を行うこととした。

昨年度は、類焼防止性能として防火構造の試験に用いられている防火2級曲線による加熱試験を行い、同時に同一の試験体によりISO耐火加熱試験方法に準拠した加熱により延焼防止性能の確認を行った。その結果、耐火加熱試験方法により防火性能を評価すれば類焼防止性能についても評価できると考えられるので、本年度はISO耐火加熱試験によってログハウス壁体の防火性能を評価することとした。

ログ部材の形状には、丸ログと角ログがあり、これらを加工して建物が組み立てられている。試験に用いる樹種及びログの形状については、仕様頻度の高いものを選定し、試験体を組み立て、上記類焼防止性能及び延焼防止性能の確認を行うこととした。また、実際のログ壁体の組み立てにはログの継ぎ手が用いられること、開口部を含むこと、さらに屋根荷重やロフト部分の床荷重等による圧縮応力がかかるために、これらを考慮して試験体を選定、製作し、加熱試験を行うこととした。継ぎ手部分については多種類となるため、住宅金融公庫仕様書に記載されている継ぎ手を選定して試験体に組み込み、耐火加熱試験を行うこととした。開口部については、住宅金融公庫仕様書に記載されている開口部の納まり方法による開口部を組み込んだ試験体を製作し、耐火加熱試験を行った。耐火加熱に際しては、実際の建物を想定して屋根荷重・床荷重を積算し、その荷重をかけながら加熱することとした。ログ壁体が交差する部分については、まず始めに一般的に用いられているログの断面形状と交差部の加工状況を、日本ログハウス協会・全国ログハウス振興協会に依頼して調査を行い、表2-1に示すように21社から31種類の回答を得た。その結果、角ログでは鎌欠き、丸ログでは鞍型欠きが一般的な加工方法であることが明らかとなり、

本年度の開発実験ではこれらの仕様を試験体として供試することとした。

表2-1 ログハウスの壁交差部分の状況一覧表（回答数：21社31種類）

交差部の 欠き込み部分	壁交差部分の加工方法	ログの形状	
		丸ログ	角ログ
材の下半分	鞍型欠き	12社	0社
	サドルノッチ	2社	0社
	ダブルサドルノッチ	1社	0社
	4ポイントサドルノッチ	1社	0社
	ラウンドノッチ	1社	1社
	ウェッジノッチ	1社	0社
	プロジェクトノッチ	0社	1社
	小計	18社	2社
材の上下 1/4ずつ	渡り腮型欠き	0社	1社
	鎌欠き	1社	9社
	小計	1社	10社
合計		19社	12社

注)

1, 鞍型欠き：（丸ログの）材の下半分を半円状に欠き込み、相直交する2方向の校木を交互に積み重ねる方法

鞍型欠きの変形

1) サドルノッチ、ダブルサドルノッチ、4ポイントサドルノッチ、ラウンドノッチ、ウェッジノッチ：（主に丸ログの）材の上側（ウェッジノッチでは上・下側）の表面を浅くえぐるように欠き込み（リカーブカット、スカーフカットと呼ばれている）、さらに材の下半分を台形状（または台形に近い形状）に欠き込み、相直交する2方向の校木を交互に積み重ねる方法で、それぞれの違いは、欠き込みの形状の違いによるものである。

2) プロジェクトノッチ：（角ログの）材の下半分を長形状に欠き込み、相直交する2方向の校木を交互に積み重ねるだけでなく、交差部分の鉛直方向から角材を差し込むことによって交差部分を補強する方法

2. 渡り腮型欠き、鎌欠き：（主に角ログの）材の上下 1/4ずつを欠き込み（変形として材の中心部分を残して周囲を欠き込む場合や、材の3方を欠き込む場合がある）、相直交する2方向の校木を交互に積み重ねる方法

2.2 委員会組織

本開発研究は、実験方針、実験方法、実験の実施、実験結果の検討等のために以下の委員会を設置し、各委員の御指導、ご協力により事業を実施した。

(敬称略、順不同)

委員長	菅原 進一	東京大学工学部建築学科、助教授
委員	平嶋 義彦	静岡大学農学部森林資源科学科、助教授
委員	佐藤 寛	武蔵工業大学工学部建築学科、講師
委員	中村 賢一	建設省建築研究所、防火研究調整官
委員	上杉 三郎	農林水産省森林総合研究所木材化工部、主任研究官
委員	斎藤 勇造	(財) 建材試験センター中央試験所、防耐火試験課長
委員	西谷 嘉寿夫	(社) 全国木材組合連合会、専務理事
委員	福本 雅嗣	日本ログハウス協会技術開発部会長 (住友林業株式会社、技師長)
委員	井戸 淳次	全国ログハウス振興協会、専務理事 (㈱ヤノテック 取締役社長)
協力委員	香川 幹	自治省消防庁予防課、課長補佐
協力委員	安藤 恒次	建設省住宅局建築指導課防災対策室、防火係長
協力委員	河野 元信	建設省住宅局住宅生産課木造住宅振興室、課長補佐
協力委員	塚田 市朗	林野庁林産課、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
実験担当	最上 滋二	(財) 日本住宅・木材技術センター試験研究所、主任研究員
同上	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
同上	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

3 実験方法

3.1 試験体の仕様

本年度の実験では、ログ壁体に同一の継ぎ手を4箇所組み込んだ試験体（以下ログ継ぎ手試験体〔試験体記号：LC-1~3〕とする）と、はめ殺し窓を組み込んだ試験体（以下ログ開口部試験体〔試験体記号：LO-1,2〕とする）を供試し、主にログ継ぎ手試験体については継ぎ手周辺部の防火性能について、ログ開口部試験体については開口部と丸太の取り合い部分の防火性能について調査することにした。またログ壁体が交差する部分を設けた試験体（以下ログ交差部試験体〔試験体記号：LK-1,LM-1(1),(2)〕とする）を供試して、ログの断面形状と交差部の加工形状の違いによる防火性能について調査することにした。

本年度の供試材料の樹種としては、昨年度と同様スギを選定した。ログ継ぎ手試験体・開口部試験体のログの断面形状は、昨年度のISO耐火加熱試験で最も低い結果となった丸ログ円弧落とし実加工を供試し、断面寸法は、LC-1~3, LO-2で径180mm、LO-1で径150mmとした。またログ交差部試験体の断面形状と断面寸法は、LK-1は角ログ二枚実で幅90mm、高さ150mm、LM-1(1),(2)は丸ログ円弧落とし実加工で径180mm、LM-2は天然丸ログ小円弧落としで末口径で200~235mmとした。

ログ継ぎ手・開口部試験体の寸法は、いずれも幅2,900mm、高さ3,000mmで、加熱側の左右には平型鋼、非加熱側の左右には溝型鋼を取り付けて固定し、ログ壁内の上下方向を径13mmの通しボルトにより緊結した。また载荷によってログ壁体に著しい座屈が発生しないように、ログ壁体の両端にログの袖壁（控え壁）を組み込んだ。そして载荷加熱試験時には溝型鋼を取り外すことによって、ログ壁体のみで载荷を行うようにした。またログ一般接合部には、耐熱ガスケットを気密材として挿入した。ログ継ぎ手試験体の壁体図を図3-1に、ログ開口部試験体の壁体図を図3-5, 6に示す。

またログ交差部試験体は、交差部からの突出部分の長さを200mmとして試験体を組み上げ。各試験体の高さは図3-13に示すようにログの断面寸法によって異なり、LK-1は750mm、LM-1(1),(2)は800mm、LM-2は約1,000mmで、突出部分を含む壁長さ（片側）を1,700mmとし、水平加熱炉に試験体が納まるように部分的に加工した。またログ壁内の上下方向を径13mmの通しボルトにより緊結した。ログ交差部試験体の壁体図を図3-14~21に示す。

なおいずれの試験体も試験体側部からの火炎貫通を遮断するために、加熱側周囲（ログ継ぎ手・開口部試験体においては袖壁部分を含む）を耐火性セラミックファイバーで覆い、またログ木口面の（背割り等の）隙間に耐火接着剤を充填した。

3.1.1 ログ継ぎ手試験体の概要

ログ継ぎ手試験体には、図3-2~4に示すような住宅金融公庫仕様書による同一の継ぎ手を、1試験体につき4箇所に組み込んだ。各試験体の継ぎ手、補強金物の種類は、

- ① LC-1：本実継ぎ手、ひら金物（図3-2参照）

継ぎ手部の一方の木口面に幅30mmの凸部を加工し、もう一方の木口面に幅20mmの欠き込みを設け本実加工の継ぎ手とした。継ぎ手下面には、幅25mm、長さ120mmのひら金物2枚を、継ぎ手部のログ同士が離れないようにビスで固定した。

② LC-2：腰掛けあり継ぎ手、ボルト（図3-3参照）

継ぎ手部の両方の木口面に、腰掛けありを機械加工して継ぎ手とし、継ぎ手部の両側のログが離れないように、腰掛け部分の中央部をボルトで貫いて固定した。

③ LC-3：雇い実継ぎ手、（長）ボルト（図3-4参照）

継ぎ手の相互の木口面に幅30mm、長さ30mmの凸部を加工し、幅30mm、長さ60mmの角材を継ぎ手部分に挿入することにより、雇い実加工の継ぎ手とした。継ぎ手から100mm離れた位置に、継ぎ手を組み込んだ段のログと、その段の上下一段分（合計3段分）のログも合わせて（長）ボルトで緊結した。

とした。

また試験体ログ一般接合部には、耐熱ガスケットを気密材として挿入した。また継ぎ手A、B、C-3、4のみに耐熱ガスケットを挿入することによって、継ぎ手部分の防火処理の効果も調査した。ログ継ぎ手試験体概要図を図3-1に示す。

3.1.2 ログ開口部試験体の概要

ログ開口部試験体には、ログ壁体に幅950mm、高さ1,800mmの乙種防火戸と同等のはめ殺し窓を組み込んだ。丸太材に対する窓額縁の納まりの位置を、

① LO-1：外側（図3-5参照）

② LO-2：内側（図3-6参照）

とした。ログ開口部試験体概要図を図3-5、6に示す。

（なおLO-1では、窓の框とガラスの接点を耐火接着剤（水ガラス系）で補強した）

3.1.3 ログ交差部試験体の概要

ログ交差部試験体には、いずれの試験体にも通しボルト穴にグラスウールを挿入し、LK-1以外の試験体にはログ一般接合部にもグラスウールを挿入した。各試験体のログの断面形状と交差部の加工方法の組み合わせは、以下の、

① LK-1：角ログ二枚実（90×150mm）、鎌欠き加工（図3-14、15参照）

② LM-1(1)：丸ログ円弧落とし実加工（径180mm）、鞍型欠き加工

（通しボルトが交差部の外側に位置する仕様）（図3-16、17参照）

③ LM-1(2)：丸ログ円弧落とし実加工（径180mm）、鞍型欠き加工

（通しボルトが交差部の中央に位置する仕様）（図3-18、19参照）

④ LM-2：丸ログ小円弧落とし（末口径200~235mm）、サドルノッチ加工

（図3-20、21参照）

とした。ログ交差部試験体概要図を図3-14~21に示す。

表3-1 ログ試験体の仕様一覧表

試験体号	ログの断面形状	断面寸法	平均含水率	その他の仕様	
LC-1	丸ログ円弧 落とし実加工	φ180mm	25.5%	本実継ぎ手、ひら金物	
LC-2			23.5%	腰掛けあり継ぎ手、ボルト	
LC-3			24.1%	雇い実継ぎ手、(長)ボルト	
LO-1	丸ログ円弧	φ150mm	18.4%	窓額縁が丸太の外側に位置する仕様	
LO-2	落とし実加工	φ180mm	14.1%	窓額縁が丸太の内側に位置する仕様	
LK-1	角ログ二枚実	90×150mm	14.8%	交差部の形状：鎌欠き加工	
LM-1(1)	丸ログ円弧 落とし実加工	φ180mm	15.4%	交差部形状：	通しボルトが交差部の外側
LM-1(2)			18.5%	鎌欠き加工	通しボルトが交差部の中央
LM-2	丸ログ 小円弧落とし	φ200~235mm	13.2%	交差部の形状：サドルノッチ加工 (断面寸法は末口径)	

含水率は、抵抗式含水率計で計測した。

3.2 加熱方法

加熱試験にはプロパンガスを燃料とした試験炉で、ログ継ぎ手・開口部試験体では、図3-7に示す垂直加熱試験炉（幅 3,000mm、高さ 3,200mm）を、ログ交差部試験体では、図3-12に示す水平加熱試験炉（幅 2,220mm、奥行 1,700mm、深さ 1,110mm）を用いた。

3.2.1 ログ継ぎ手・開口部試験体における加熱方法

図3-7に示す垂直加熱試験炉は、ISO 834 標準曲線に従い温度の時間的変化を試験面にほぼ一様に与えられ、また開口部を設けた試験体取り付け枠（開口部：幅 2,700mm、高さ 2,700mm）には耐火性セラミックファイバーを用い、試験面を所定の位置に保持できる構造となっている。炉内加熱温度（測定点番号：61-69〔LC-1~3〕，51-59〔LO-1〕，41-49〔LO-2〕）は、加熱面から10cmの位置に、径 1.6mmのCA熱電対を先端を開けた鉄管から露出させ、試験体面に沿って10cm以上となるように設定し、炉内に均等に9点設置した。加熱時間は、加熱側の火炎が壁体を貫通するまでか、変位の急上昇により载荷が困難になるまでとし、耐火性能として評価した。

3.2.2 ログ交差部試験体における加熱方法

図3-12に示す水平加熱試験炉は、片側のバーナー列を用いて、ISO 834 標準曲線に従い、温度の時間的変化を試験面に対して45°方向から与えられるようにバーナーの火力を調整した。試験体は加熱試験炉にセットした後に、試験体上部に耐熱レンガやけい酸カルシウム板等を適当な間隔で配置し、その上を耐火性セラミックボードを用いた屋根（蓋）で覆った。炉内加熱温度（測定点番号：51-56）は、図3-14, 16, 18, 20に示すように加熱面から10cmの位置に、径 1.6mmのCA熱電対を先端を開けた鉄管から露出させ、試験体

面に沿って10cm以上となるように設定し、炉内に均等に6点設置した。加熱時間は加熱側の火炎が壁体を貫通するまでとし、耐火性能として評価した。

3.3 載荷荷重量算出と載荷方法（ログ継ぎ手・開口部試験体）

ログハウス壁体の許容応力度に相当する値が確立されていないため、本実験ではログ継ぎ手・開口部試験体において、図3-8に示すログハウスの設計例の壁体に加わる荷重を基にして、以下の最も厳しい荷重条件でログ壁体に加える載荷荷重量を算出した。

ログハウス壁体の1階部分の妻壁、桁行壁に加わる荷重の算出

屋根に加わる1㎡当たりの荷重

- 固定荷重（瓦屋根仕様）：100(kg/㎡)
- 積雪荷重：100(cm)〔積雪量〕×3(kg/cm/㎡)×0.5〔屋根勾配45°〕
= 150(kg/㎡)

合 計 250(kg/㎡)

2階床に加わる1㎡当たりの荷重

- ロフト：130(kg/㎡)〔大梁〕+30(kg/㎡)〔自重〕 = 160(kg/㎡)

荷重計算例・・・広間のある小屋裏利用2階建て住宅の場合（図3-8参照）

妻壁に加わる荷重

- 屋根に加わる荷重 $6(m) \times 3(m) \times 250(kg/m^2) \times 1.4(\sqrt{2})$ = 6300(kg)
- 2階床に加わる荷重 $8(m) \times 2.5(m) \times 160(kg/m^2)$ = 3200(kg)

合 計 9500(kg)

よって妻壁1m当たりの載荷荷重は、

$$9500(kg)/8(m) = \underline{1188(kg/m)}$$

となる。

桁行壁に加わる荷重

- 屋根に加わる荷重 $10(m) \times 8(m) \times 0.5 \times 250(kg/m^2) \times 1.4(\sqrt{2})$ = 14000(kg)
- 2階床に加わる荷重 $5(m) \times 8(m) \times 0.5 \times 160(kg/m^2)$ = 3200(kg)

合 計 17200(kg)

よって桁行壁1m当たりの載荷荷重は、

$$17200(kg)/10(m)/2 = \underline{860(kg/m)}$$

以上の計算例の中で、最も厳しい荷重条件（1188kg/m）を用い、開口率を50(%)とした場合の1m当たりのログ壁体（盲壁）に加わる鉛直荷重は、

$$\frac{1188(kg/m)}{0.5} = 2376(kg/m) \approx \underline{2400(kg/m)}$$

となる。

よって本実験では、ログ継ぎ手試験体の載荷荷重量は、載荷長さが2.7mであるため、

$$2400(\text{kg/m}) \times 2.7(\text{m}) = 6480(\text{kg}) \approx 6500(\text{kg})$$

となり、ログ開口部試験体では開口部長さが 960mmであるため、盲壁部分のみの載荷荷重量を算出すると、

$$2400(\text{kg/m}) \times (2.7 - 0.96)(\text{m}) = 4176(\text{kg}) \approx 4200(\text{kg})$$

となる。

本実験では、図3-7に示すように2本のオイルジャッキで下部のH鋼を上昇させることによって壁体に加力を行い、ロードセルの抵抗変化によって載荷荷重を計測した(測定点番号: 71, 72 [LC-1~3]、61, 62 [L0-1]、51, 52 [L0-2])。

3. 4 試験体の温度測定位置

ログ継ぎ手試験体(LC-1~3)の温度測定位置図を図3-1に、ログ開口部試験体(L0-1, 2)の温度測定位置図をそれぞれ図3-5, 6に、ログ交差部試験体(LK-1, LM-1(II), 2)の温度測定位置図をそれぞれ図3-15, 17, 19, 21に示す。

3. 4. 1 ログ継ぎ手試験体(LC-1~3)の温度測定位置(図3-1参照)

(1) ログ一般接合部(継ぎ手上・下部を除く)

- ① 加熱面より深さ 3cm位置(測定点番号: 1, 3, 5, 6, 9, 10)
- ② 加熱面より深さ 6cm位置(測定点番号: 11, 13, 15, 16, 19, 20)
- ③ 裏面(測定点番号: 21, 23, 25, 26, 29, 30)

(2) ログ継ぎ手下部

- ① 加熱面より深さ 3cm位置(測定点番号: 2, 4, 7, 8)
- ② 加熱面より深さ 6cm位置(測定点番号: 12, 14, 17, 18)
- ③ 裏面(測定点番号: 22, 24, 27, 28)

(3) ログ継ぎ手上部

- ① 加熱面より深さ 3cm位置(測定点番号: 31-34)
- ② 加熱面より深さ 6cm位置(測定点番号: 35-38)
- ③ 裏面(測定点番号: 39-42)

(4) ログ継ぎ手中央部

- ① 加熱面より深さ 7.5cm位置(測定点番号: 43-46)
- ② 加熱面より深さ 10.5cm位置(測定点番号: 47-50)
- ③ 裏面(測定点番号: 51-54)

3. 4. 2 ログ開口部試験体(L0-1)の温度測定位置(図3-5参照)

(1) ログ一般接合部

- ① 加熱面より深さ 3cm 位置 (測定点番号：1-6)
- ② 加熱面より深さ 6cm 位置 (測定点番号：7-12)
- ③ 裏面 (測定点番号：13-18)
- (2) 上額縁と丸太の接点、裏面側 (測定点番号：19-21)
- (3) 開口部、上部丸太受け材下面中央、加熱面から 7.5cm 位置 (測定点番号：22-24)
- (4) 開口部上枠内部、加熱側表面 (測定点番号：25-27)
- (5) 開口部上枠内部、裏面側、加熱側から 15cm 位置 (測定点番号：28-30)
- (6) 上額縁と上窓枠との接点 (測定点番号：31-33)
- (7) 左右窓縦枠と丸太の接点、雇い実裏面 (測定点番号：34-39)
- (8) 左右窓縦枠と額縁の接点 (測定点番号：40-45)

3. 4. 3 ログ開口部試験体 (L0-2) の温度測定位置 (図 3-6 参照)

- (1) ログ一般接合部
 - ① 加熱面より深さ 3cm 位置 (測定点番号：1-3)
 - ② 加熱面より深さ 6cm 位置 (測定点番号：4-6)
 - ③ 裏面 (測定点番号：7-9)
- (2) 開口部、上部丸太受け材下面中央、加熱面から 6cm 位置 (測定点番号：10-12)
- (3) 開口部上枠内部、加熱側表面 (測定点番号：13-15)
- (4) 開口部上枠内部、裏面側、加熱側から 15cm 位置 (測定点番号：16-18)
- (5) 上額縁と丸太の接点、裏面側 (測定点番号：19-21)
- (6) 上額縁と上窓枠との接点 (測定点番号：22-24)
- (7) 左右窓縦枠と丸太の接点、雇い実裏面 (測定点番号：25-30)
- (8) 左右窓縦枠と額縁の接点 (測定点番号：31-36)
- (9) 窓下枠と丸太の間 (測定点番号：37-39)

3. 4. 4 ログ交差部試験体 (LK-1) の温度測定位置 (図 3-15 参照)

- (1) ログ交差部内、加熱側端部 (測定点番号：1, 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25)
- (2) ログ交差部内、中央部 (測定点番号：2, 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23, 26)
- (3) ログ交差部内、非加熱側端部 (測定点番号：3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27)
- (4) ログ交差部非加熱側接点 (測定点番号：28-35)
- (5) ログ一般接合部 (測定点番号：36-47)
 - ① 加熱面より深さ 28mm 位置 (測定点番号：36, 39, 42, 45)
 - ② 加熱面より深さ 46mm 位置 (測定点番号：37, 40, 43, 46)
 - ③ 裏面 (測定点番号：38, 41, 44, 47)

3. 4. 5 ログ交差部試験体 (LM-1(1), (2)) の温度測定位置 (図 3-17, 19 参照)

- (1) ログ交差部内、加熱面より内部 40mm (測定点番号：1, 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25)

- (2) ログ交差部内、中央部（測定点番号：2, 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23, 26）
- (3) ログ交差部内、非加熱面より内部40mm（測定点番号：3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27）
- (4) ログ交差部非加熱側接点（測定点番号：28-35）
- (5) ログ一般接合部（測定点番号：36-47）
 - ① 加熱面より深さ27mm位置（測定点番号：36, 39, 42, 45）
 - ② 加熱面より深さ53mm位置（測定点番号：37, 40, 43, 46）
 - ③ 裏面（測定点番号：38, 41, 44, 17）

3. 4. 6 ログ交差部試験体（LM-2）の温度測定位置（図3-21参照）

- (1) ログ交差部内、加熱側ノッチ端部（測定点番号：1, 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25）
- (2) ログ交差部内、中央部（測定点番号：2, 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23, 26）
- (3) ログ交差部内、非加熱面ノッチ端部（測定点番号：3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27）
- (4) ログ交差部非加熱側接点（測定点番号：28-35）
- (5) ログ一般接合部（測定点番号：36-47）
 - ① 中央、欠き込み上部（測定点番号：36, 39, 42, 45）
 - ② 中央、欠き込み下部（測定点番号：37, 40, 43, 46）
 - ③ 裏面（測定点番号：38, 41, 44, 17）

3. 5 軸・面外方向変位測定位置（ログ継ぎ手・開口部試験体）

ログ継ぎ手試験体（LC-1~3）の軸・面外方向変位測定位置図を図3-9に、ログ開口部試験体（L0-1, 2）の軸・面外方向変位測定位置図をそれぞれ図3-10, 11に示す。

3. 5. 1 ログ継ぎ手試験体（LC-1~3）の軸・面外方向変位測定位置（図3-9参照）

- (1) 軸方向（測定点番号：75-80）
 - ① 試験体上部（中央と、中央より左右1m離れた位置、測定点番号：75-77）
 - ② 試験体下部（中央と、中央より左右1m離れた位置、測定点番号：78-80）
- (2) 面外方向（測定点番号：81-89）
 - ① 試験体上部（中央と、中央より左右1m離れた位置、測定点番号：81-83）
 - ② 試験体中央部（中央と、中央より左右1m離れた位置、測定点番号：84-86）
 - ③ 試験体下部（中央と、中央より左右1m離れた位置、測定点番号：87-89）

3. 5. 2 ログ開口部試験体（L0-1, 2）の軸・面外方向変位測定位置

（図3-10、11参照）

- (1) 軸方向（測定点番号：L0-1〔65, 67-70〕、L0-2〔55, 57-60〕）
 - ① 試験体上部（中央より左右1m離れた位置、
測定点番号：L0-1〔65, 67〕、L0-2〔55, 57〕）
 - ② 試験体下部（中央と、中央より左右1m離れた位置、
測定点番号：L0-1〔68-70〕、L0-2〔58-60〕）

(2) 面外方向（測定点番号：L0-1〔71-79〕、L0-2〔61-69〕）

① 試験体上部（中央と、中央より左右1 m離れた位置、

測定点番号：L0-1〔71-73〕、L0-2〔61-63〕）

② 試験体中央部（左右窓縦額縁横と、中央より左右1 m離れた位置、

測定点番号：L0-1〔74-77〕、L0-2〔64-67〕）

③ 試験体下部（中央より左右1 m離れた位置、

測定点番号：L0-1〔78, 79〕、L0-2〔68, 69〕）

3. 6 炉内圧力の測定（ログ継ぎ手・開口部試験体）

加熱中の炉内圧力を、(株)サヤマトレーディングの微差圧トランスデューサー モデル 264（SETRA社製） $\pm 6.35\text{mmH}_2\text{O}$ （出力0～5 VDC）を用い、バーチカルペンレコーダー TYPE 3056（YOKOGAWA社製）に記録した。炉内圧力の測定位置を図3-7に示す。

3. 7 放射受熱量の測定（ログ開口部試験体）

ログ開口部試験体では、非加熱側窓ガラス中央より鉛直距離1m位置での放射受熱量（測定点番号：80(L0-1)、70(L0-2)）を、メドサーモ社製、AP-1C-150で測定した。ログ開口部試験体（L0-1,2）の放射受熱量の測定位置をそれぞれ図3-10, 11に示す。

3. 8 映像記録

加熱中の試験体の非加熱側の変化状況を、2分間隔の写真撮影と、VTR（ログ継ぎ手・開口部試験体のみ）によって記録した。

3. 9 目視記録

加熱中の試験体の加熱側・非加熱側の変化状況を、目視により観察記録した。

3. 10 炭化状況の測定

ログ継ぎ手試験体においては、継ぎ手周辺部の4箇所と、ログ一般接合部の5箇所について炭化深さを測定した（炭化測定位置については、次章の図4-5, 11, 17参照）。またログ開口部試験体においては、ログ一般接合部の4箇所と、ログと開口部の取り合い部の10箇所、窓枠・障子部分の10箇所について炭化深さを測定した（炭化測定位置については、次章の図4-23, 24, 31, 32参照）。またログ交差部試験体においては、加熱側の交差部分全体とログ一般接合部の6箇所について炭化深さを測定した（炭化測定位置については、次章の図4-38, 41, 44, 47参照）。

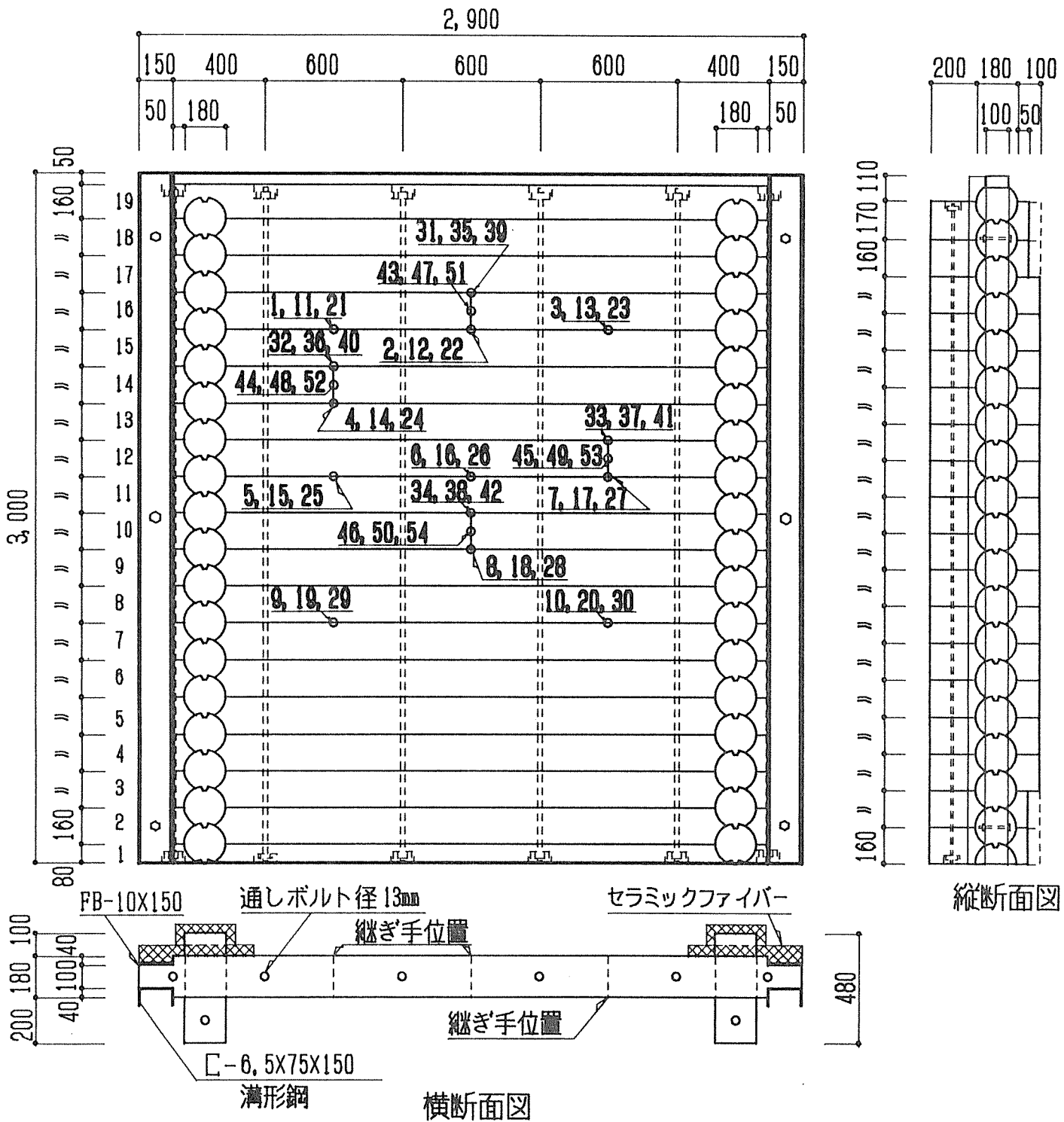


図3-1 ログ継ぎ手試験体LC-1~3、概要図 (温度測定位置図)

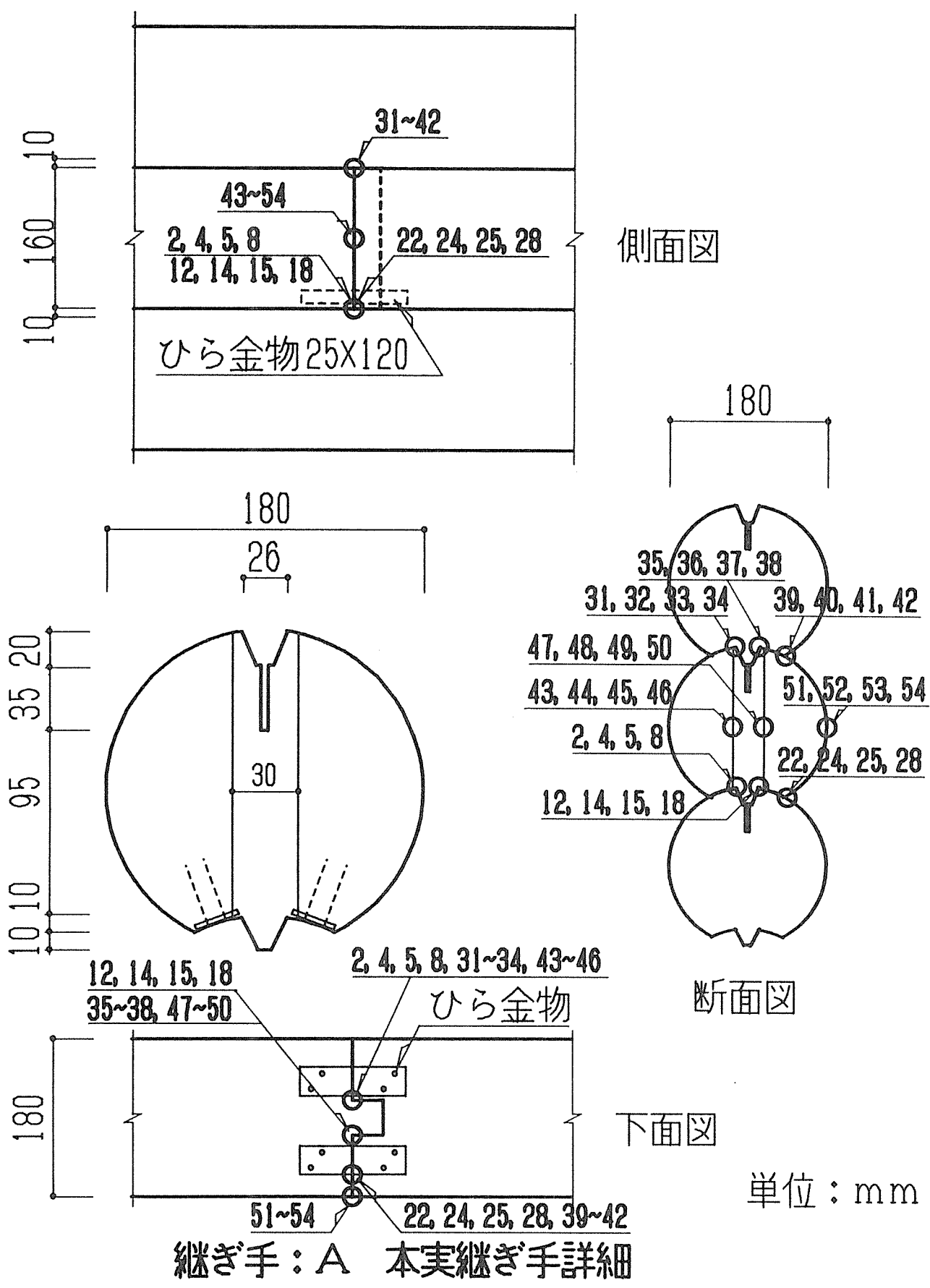
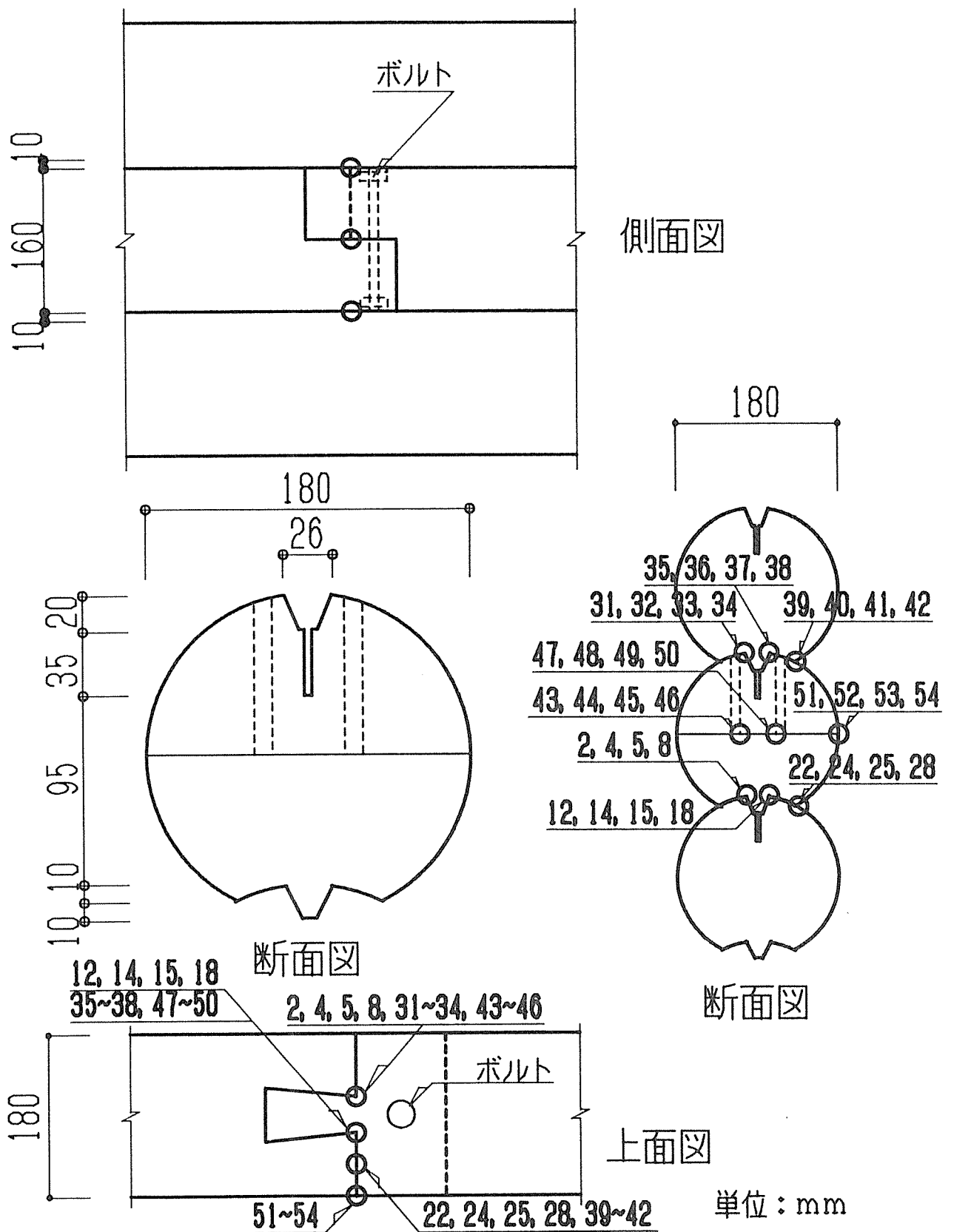
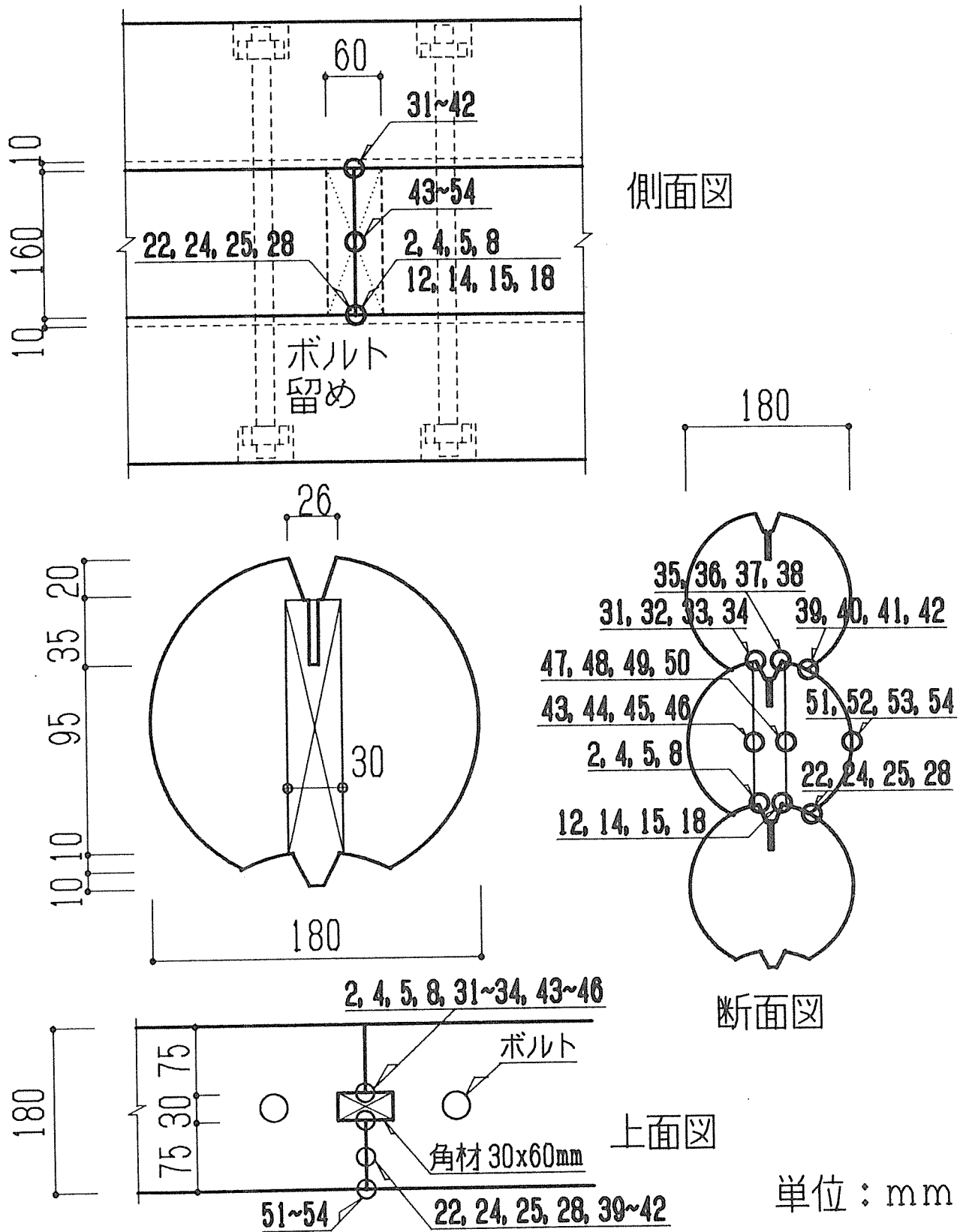


図3-2 試験体LC-1、継ぎ手部分詳細図 (温度測定位置図)



継ぎ手B : 腰掛けあり継ぎ詳細

図3-3 試験体LC-2、継ぎ手部分詳細図 (温度測定位置図)



継手C：ダボ継ぎ手詳細

図3-4 試験体LC-3、継ぎ手部分詳細図 (温度測定位置図)

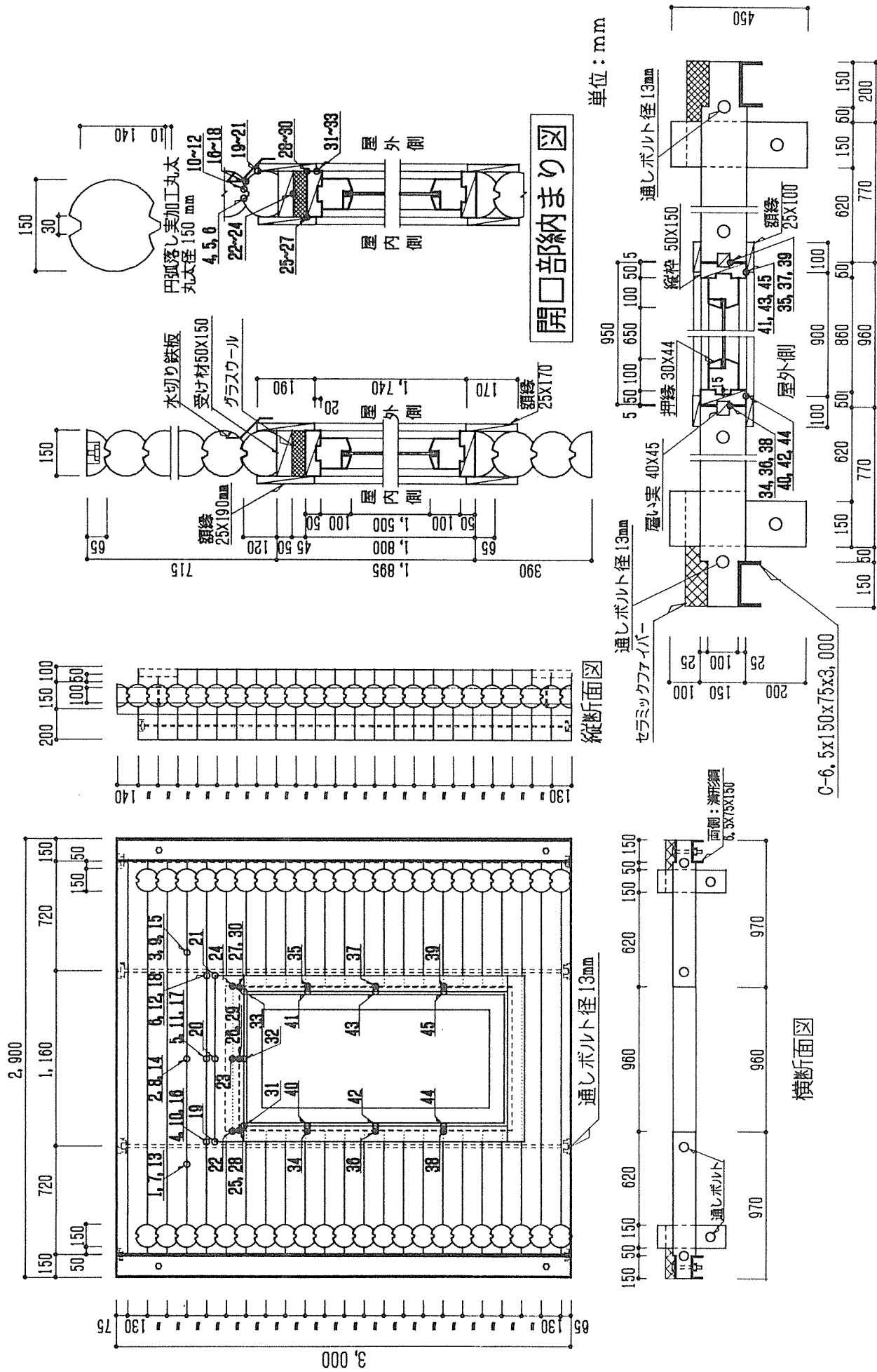


図3-5 ログ開口部試験体L0-1、概要図 (温度測定位置図)

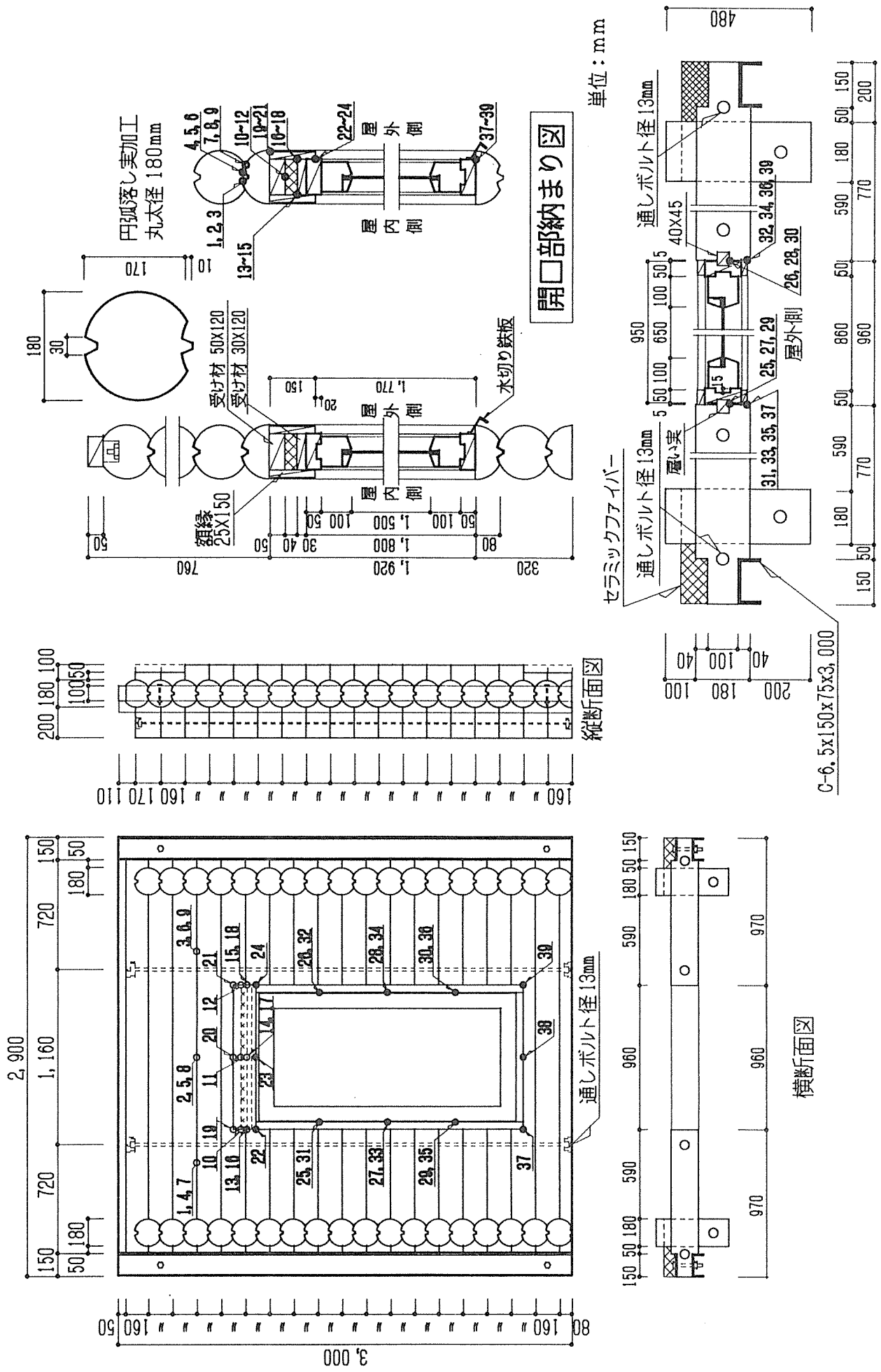
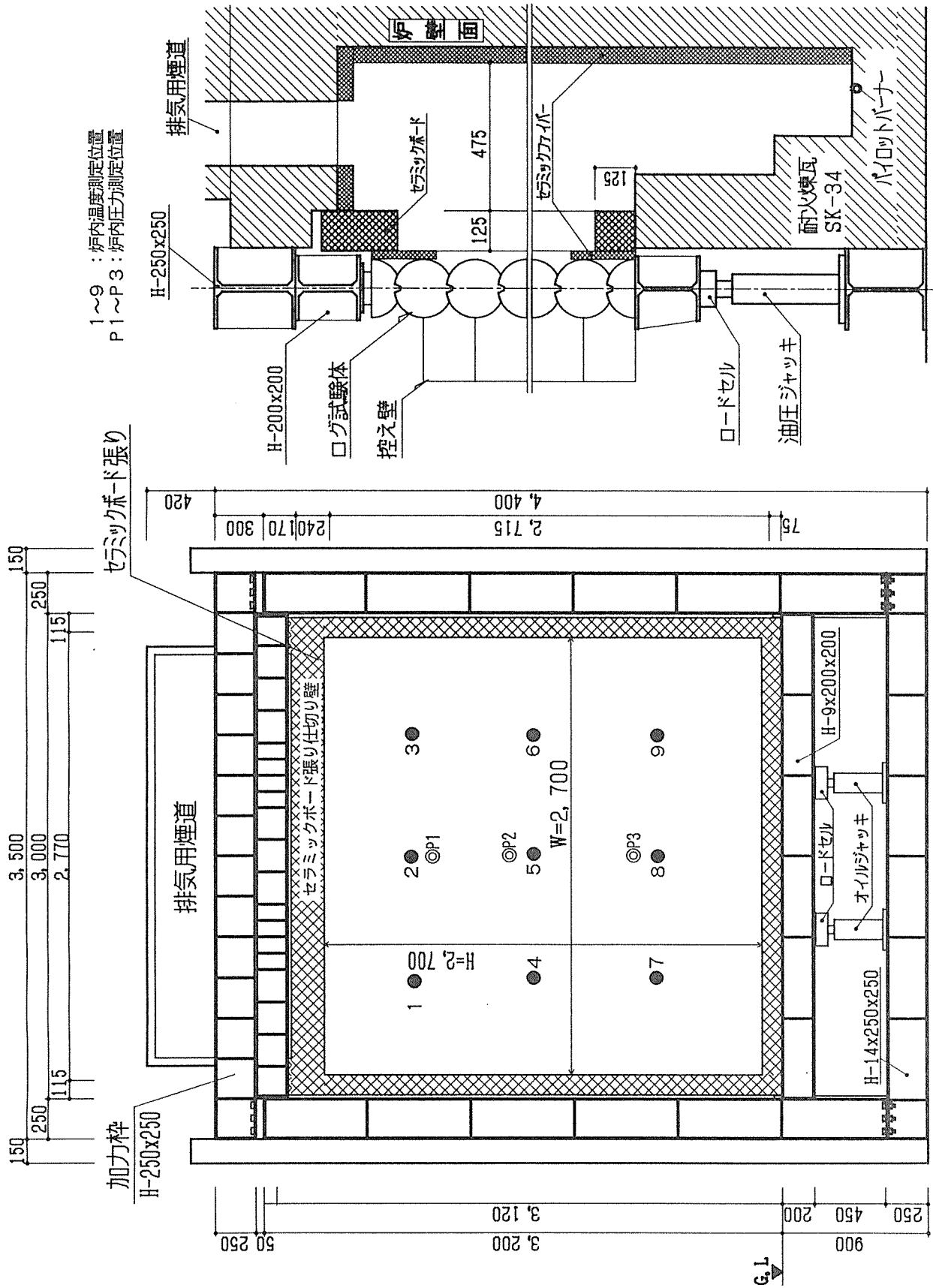


図3-6 ログ開口部試験体L0-2、概要図 (温度測定位置図)



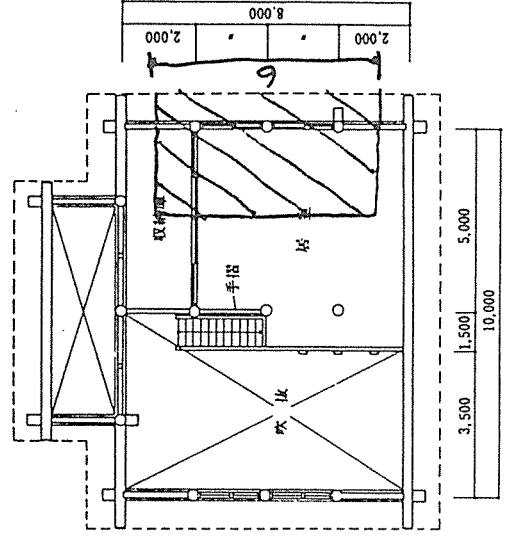
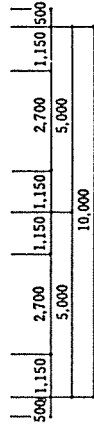
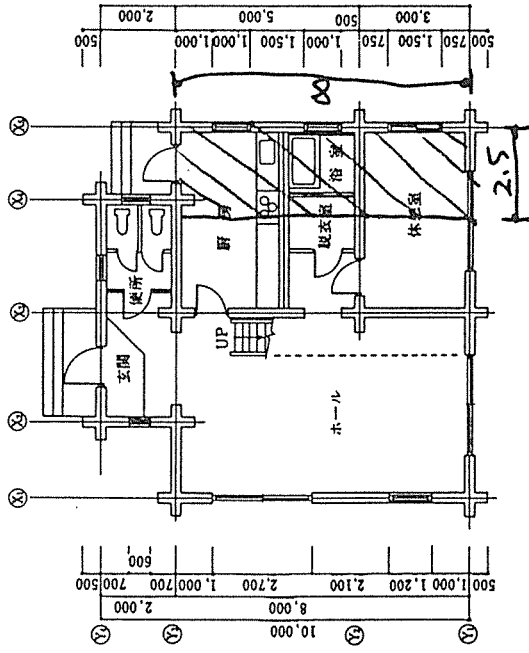
側面図

単位：mm

加熱炉正面図

図3-7 大型垂直加熱試験炉概要図 (温度・炉内圧力測定位置図)

② 平面図



2階平面図

広間のある小屋裏利用2階建て住宅

設計条件

- 規模：1階床面積 92.00㎡
- 2階床面積 49.45㎡
- 延べ面積 141.45㎡
- 階数：小屋裏利用2階
- 建設地：多雪区域(垂直最深積雪量1m)、地震地域係数Z=1
- 地耐力：5 t/㎡
- 丸太材：φ30cm, 見付高さ25cm
- だば：13mm φ (SR24), 通しボルトも同様

設計図

① 断面図

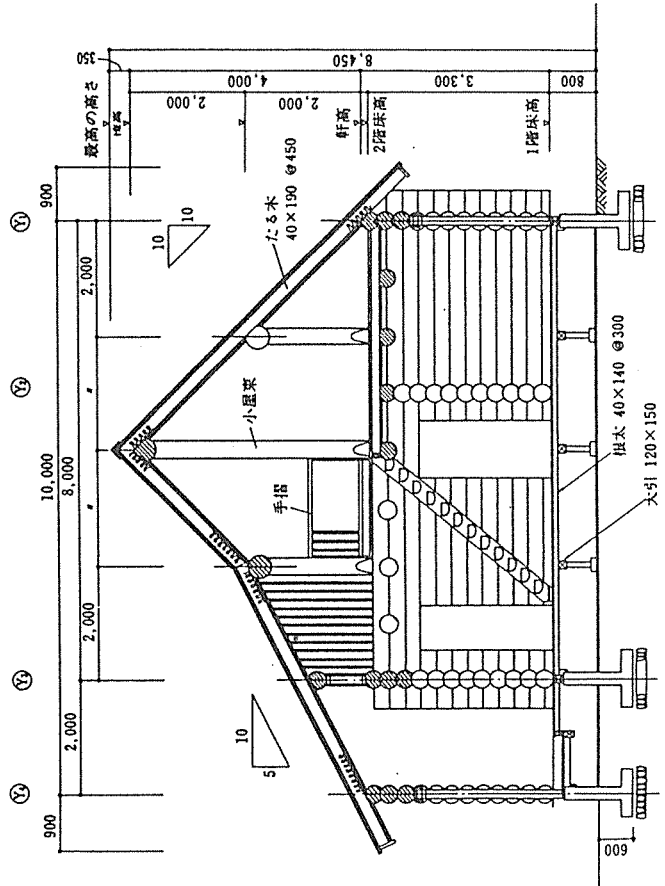


図3-8 載荷荷重量算出に用いたモデルハウス

▲ : 軸方向変位 (75-80)
 ○ : 面外方向変位 (81-89)

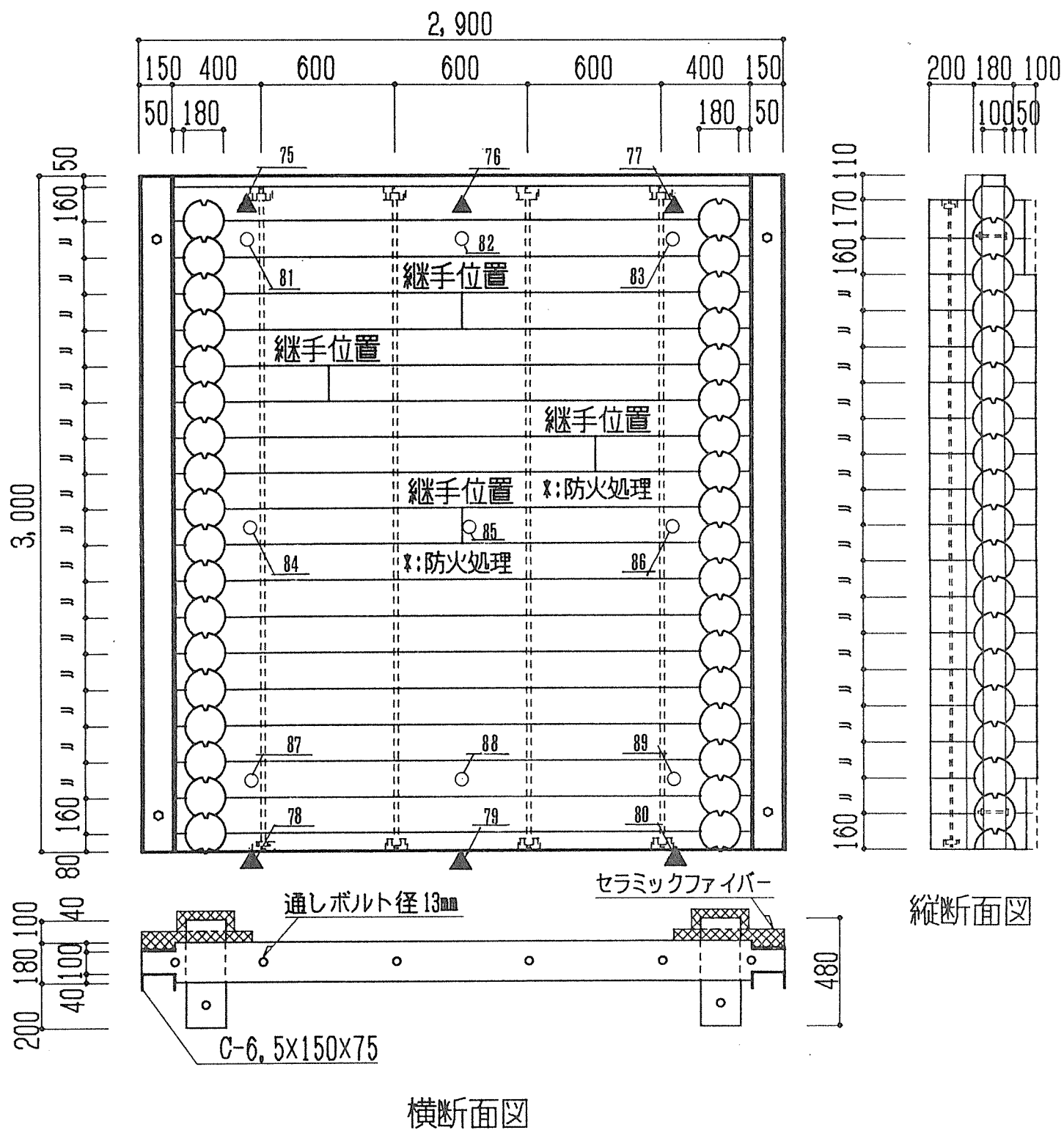


図3-9 ログ継ぎ手試験体LC-1~3、変位測定位置図

- ▲ : 軸方向変位 (65, 67-70)
- : 面外方向変位 (71-79)
- × : 放射受熱量 (80)

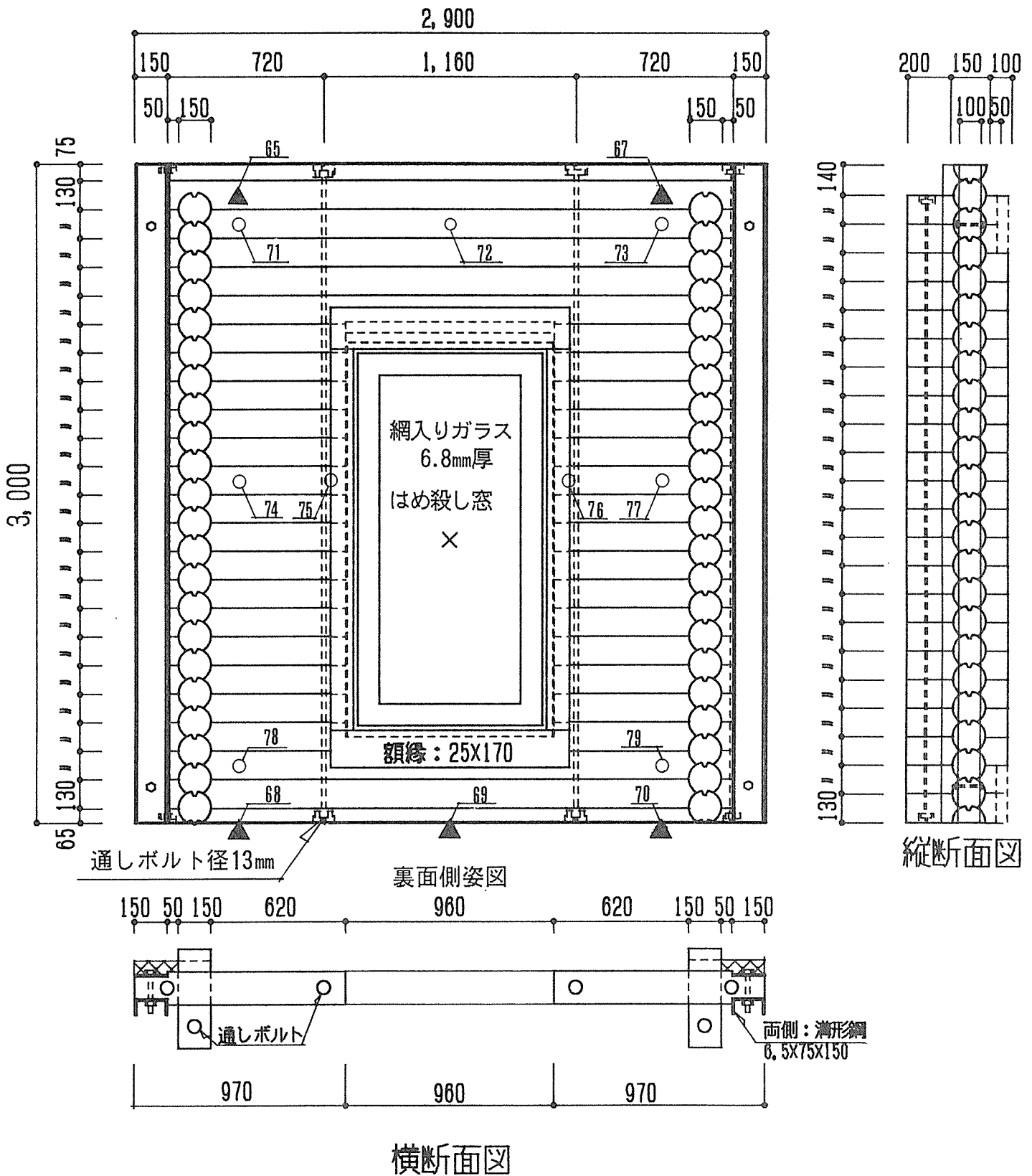


図3-10 ログ開口部試験体L0-1、変位測定位置図

- ▲ : 軸方向変位 (55, 57-60)
- : 面外方向変位 (61-69)
- × : 放射受熱量 (70)

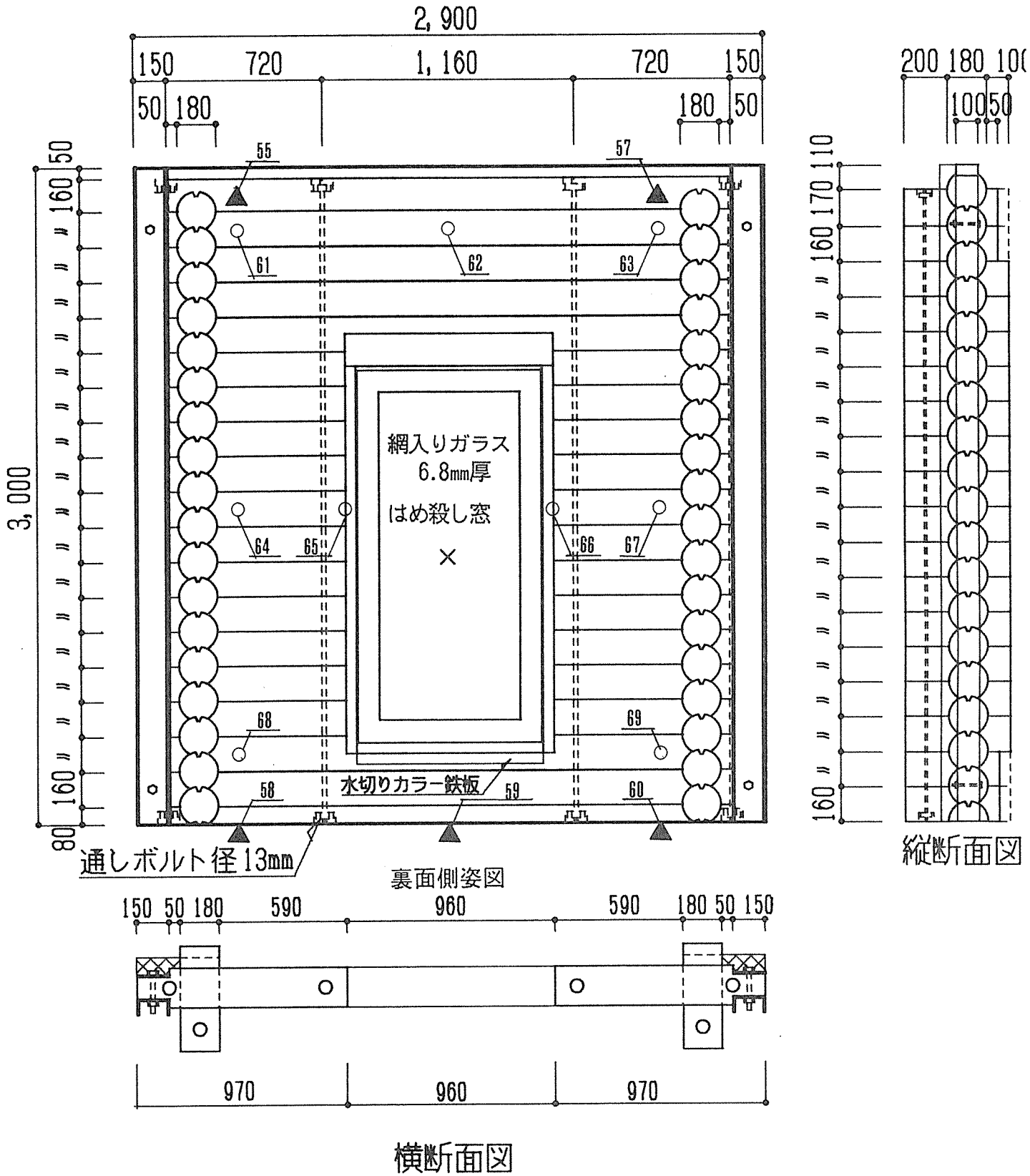


図3-11 ログ開口部試験体L0-2、変位測定位置図

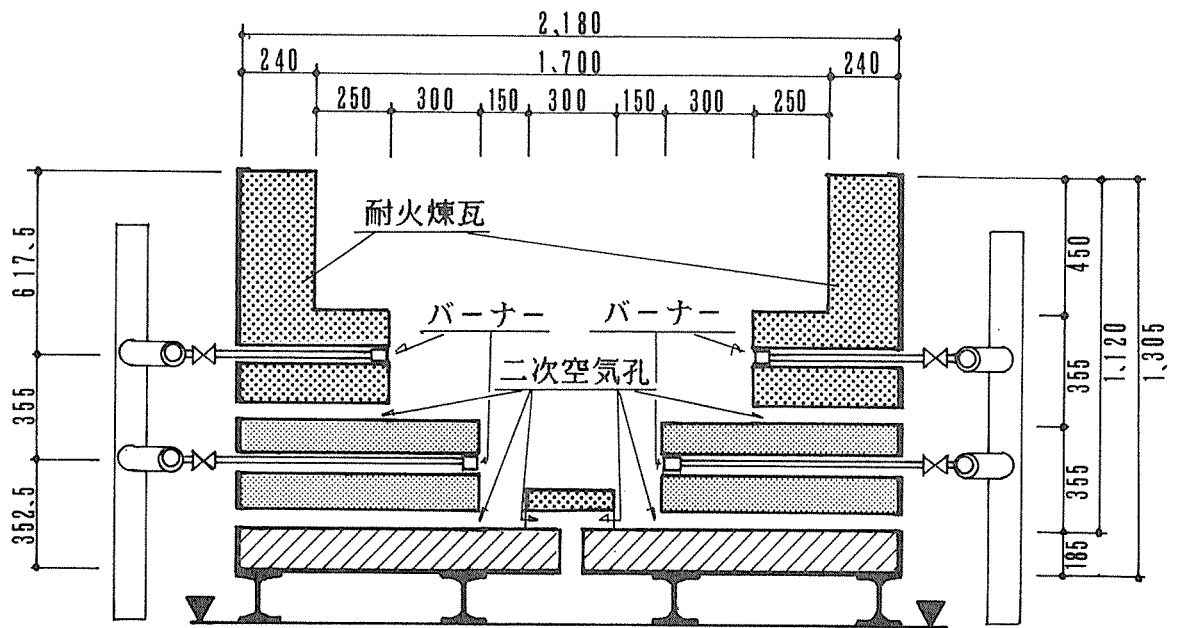
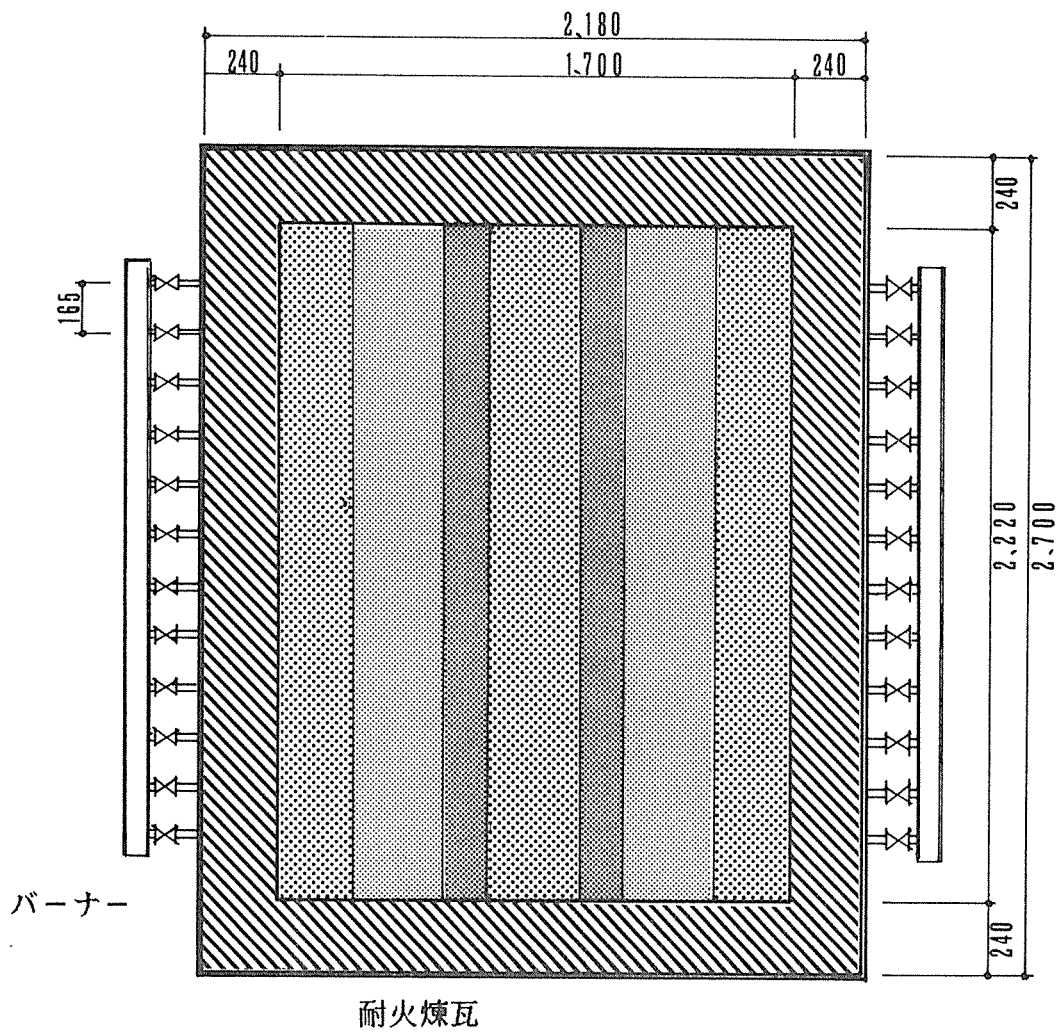


図3-12 水平加熱試験炉概要図

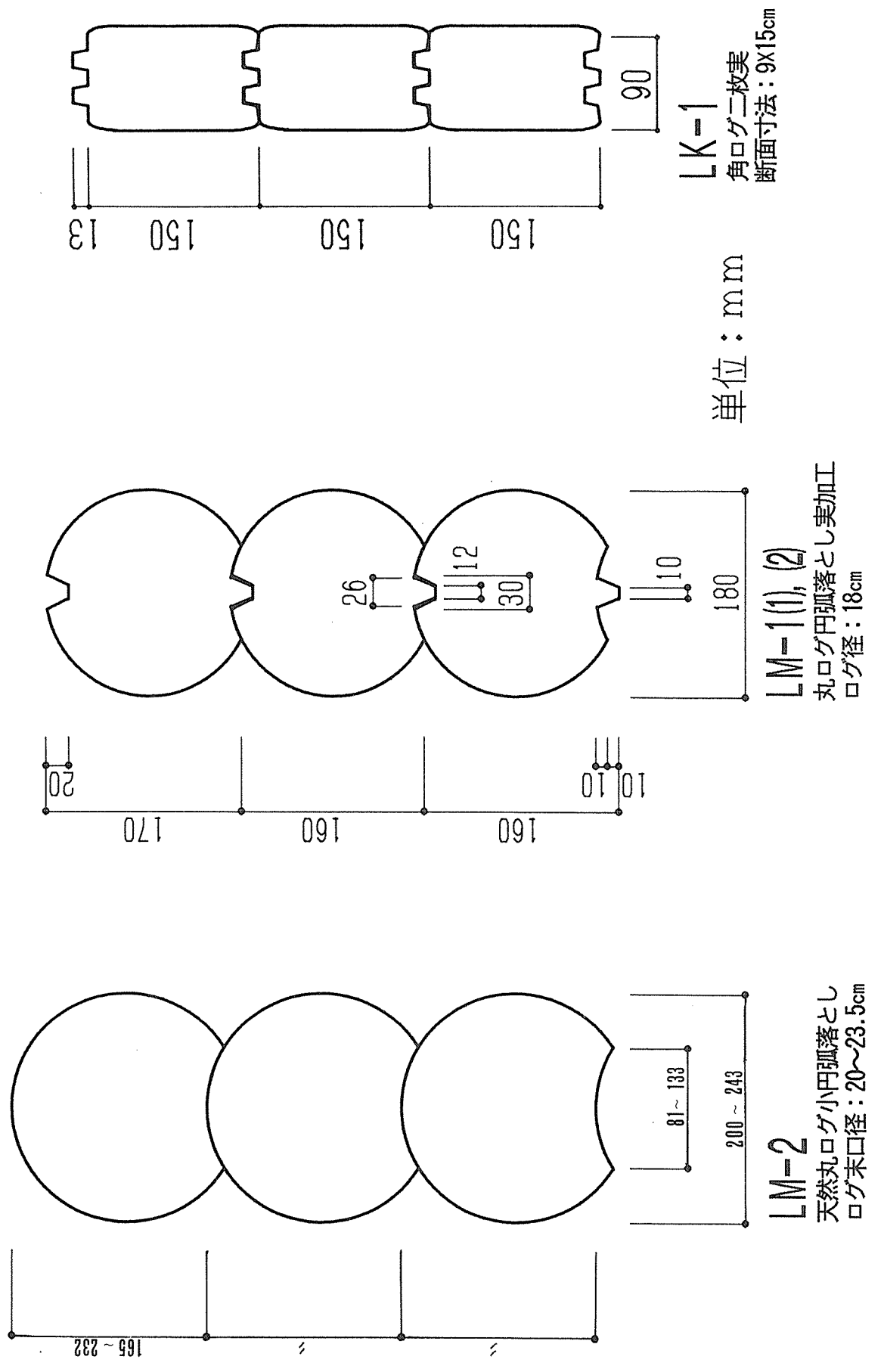
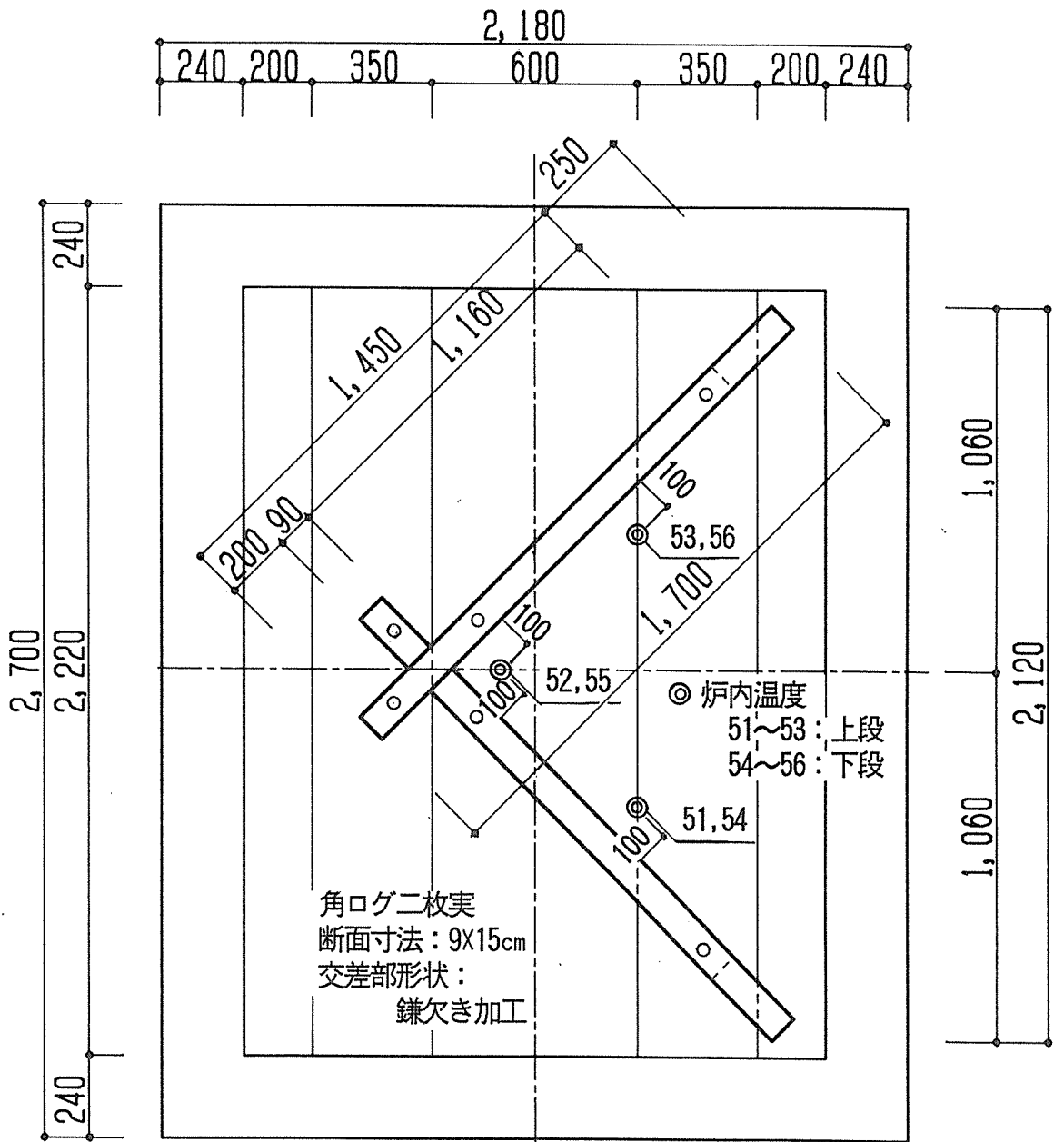
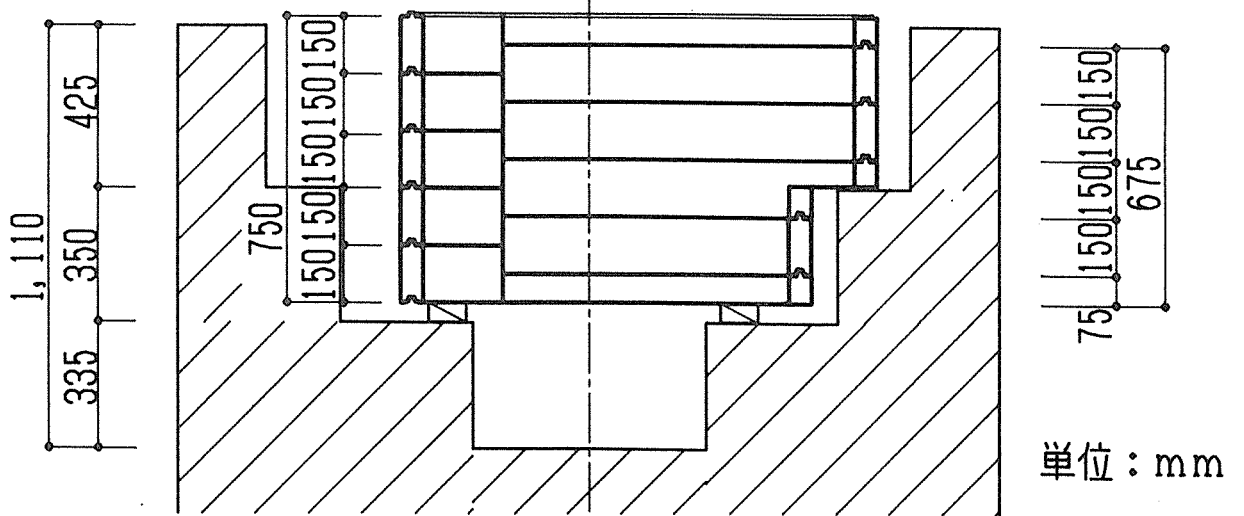


図3-13 ログ交差部試験体、ログ断面形状一覧図



水平炉上面図



水平炉縦断面図

図3-14 ログ交差部試験体LK-1、試験体設置図(炉内温度測定位置図)

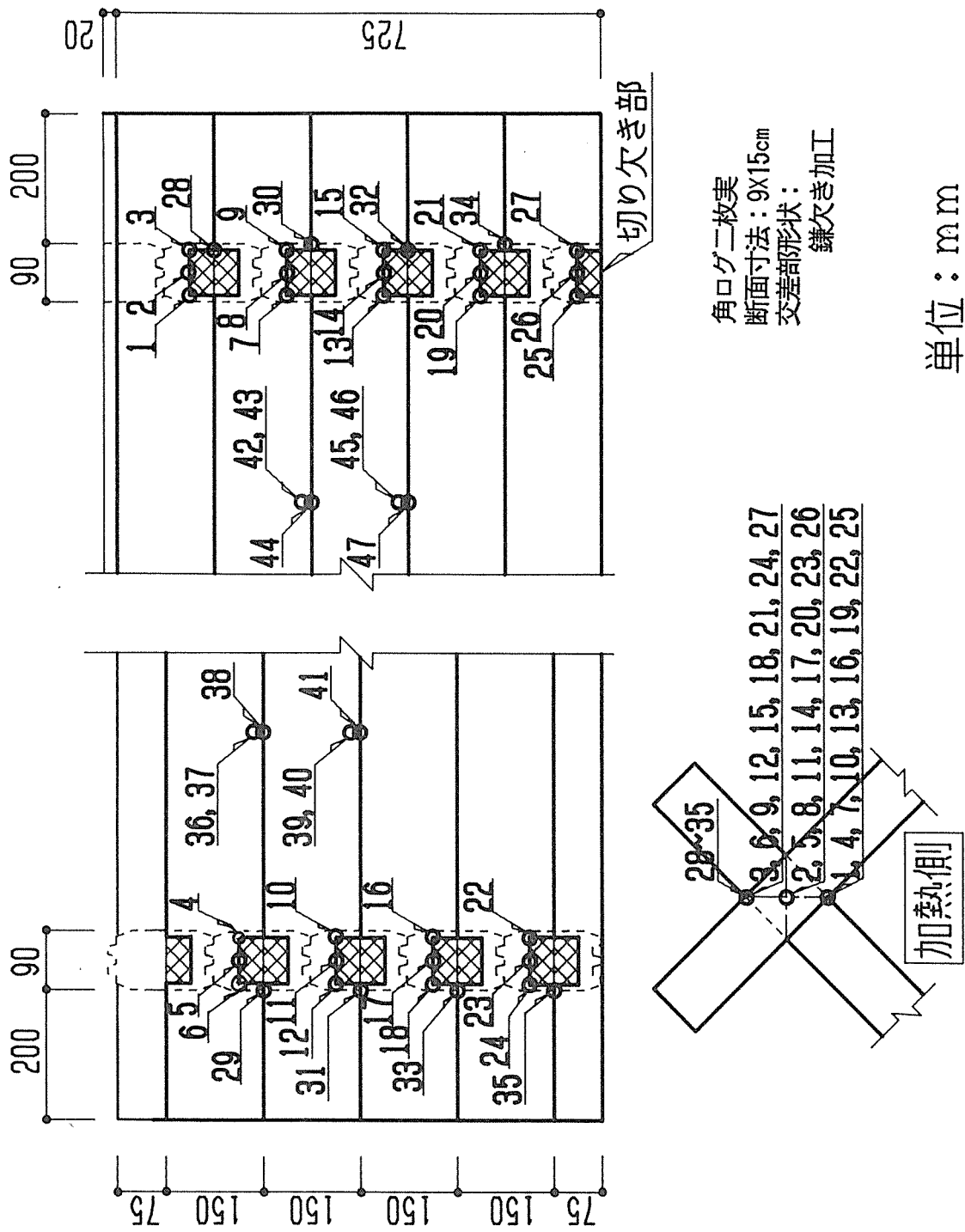


図3-15 □グ交差部試験体LK-1、温度測定位置図

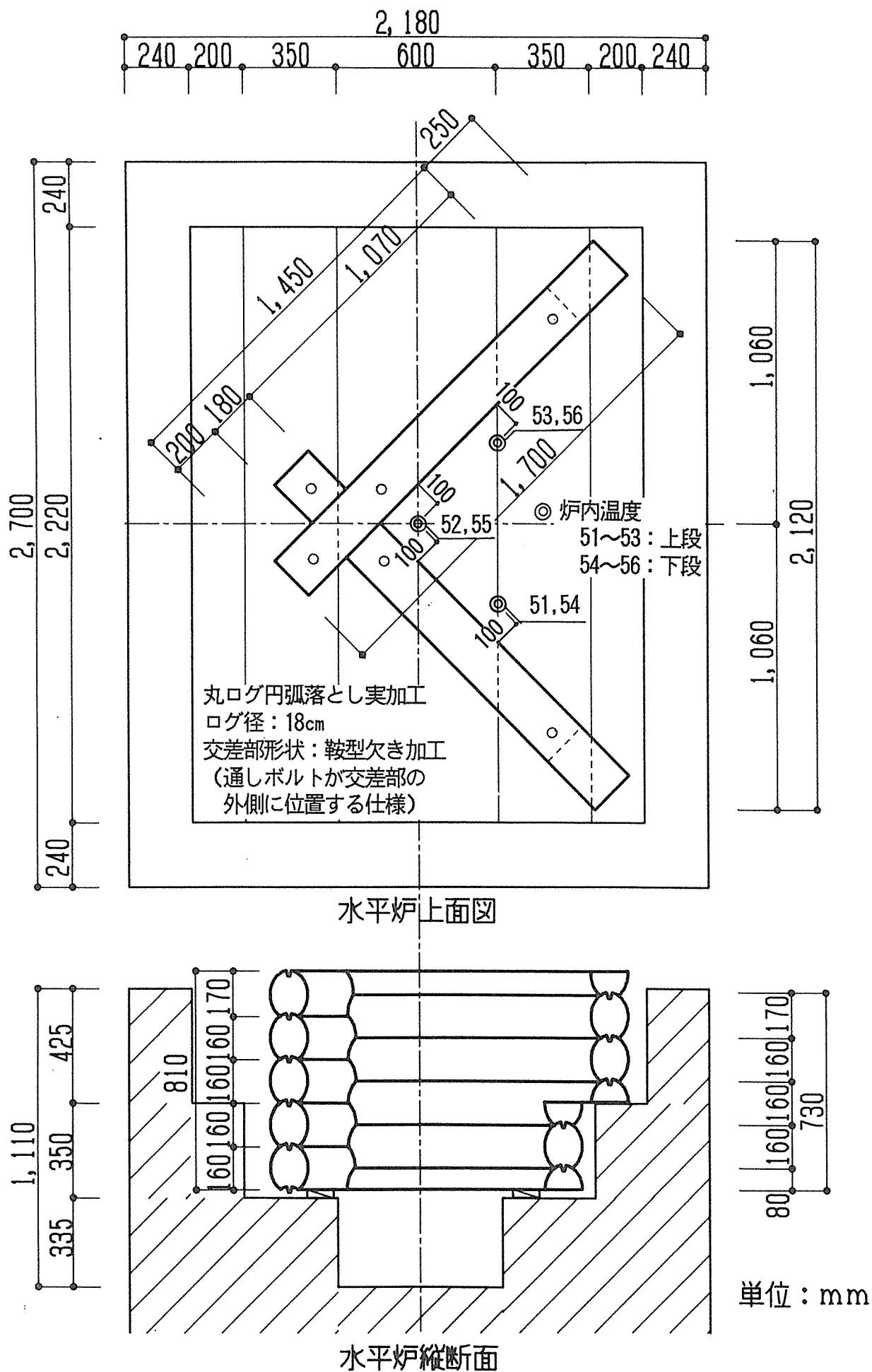
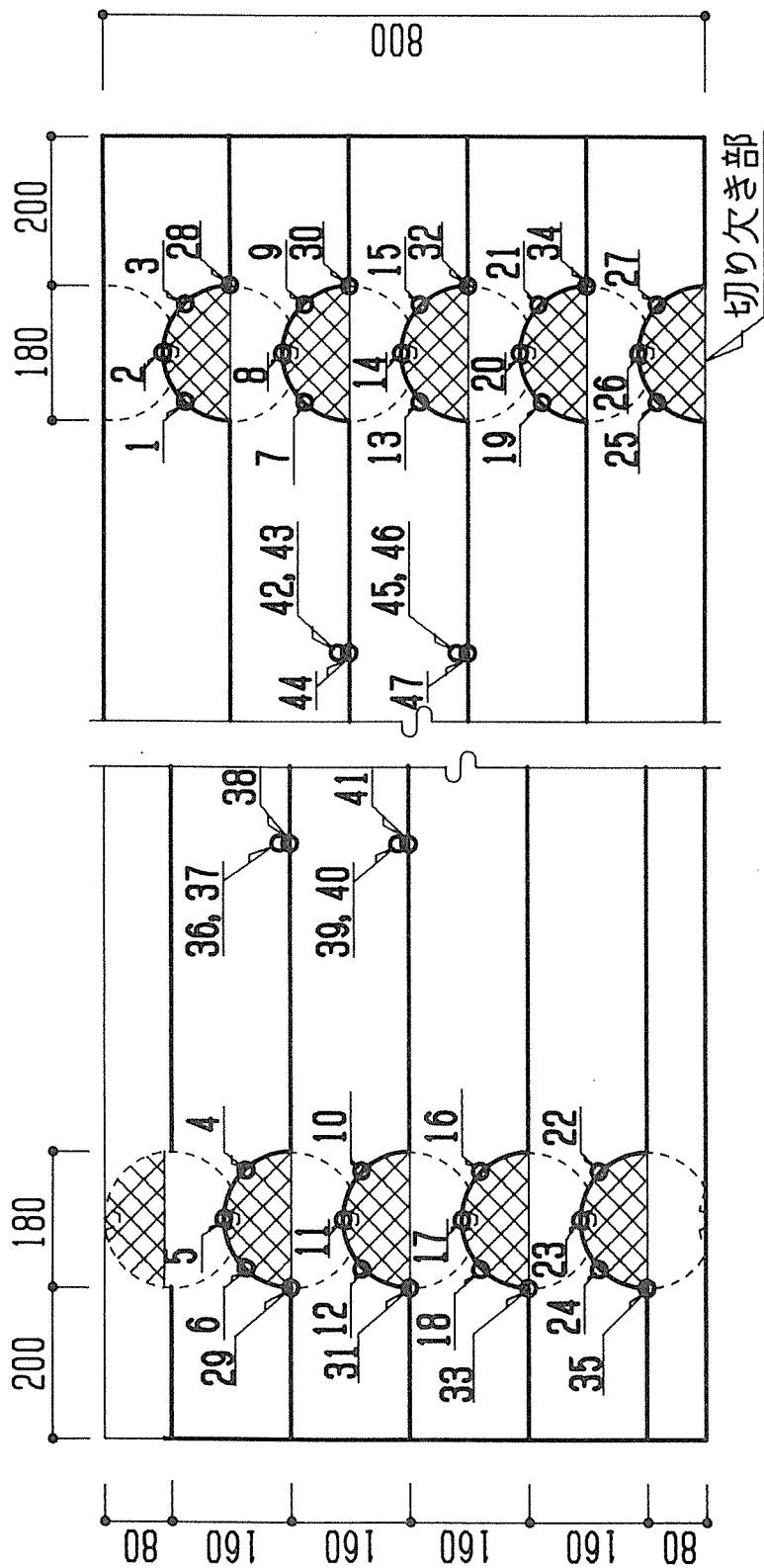
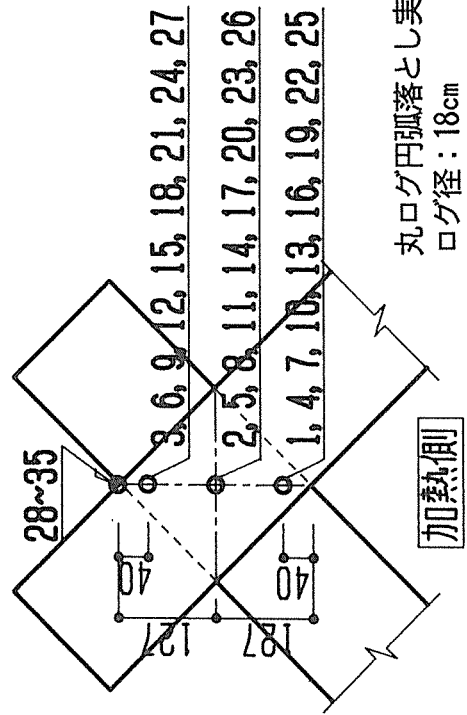


図3-16 ログ交差部試験体LM-1(1) 試験体設置図(炉内温度測定位置図)



単位：mm



丸ログ円弧落とし実加工
 ログ径：18cm
 交差部形状：鞍型欠き加工
 (通しボルトが交差部の
 外側に位置する仕様)

図3-17 ログ交差部試験体LM-1(1) 温度測定位置図

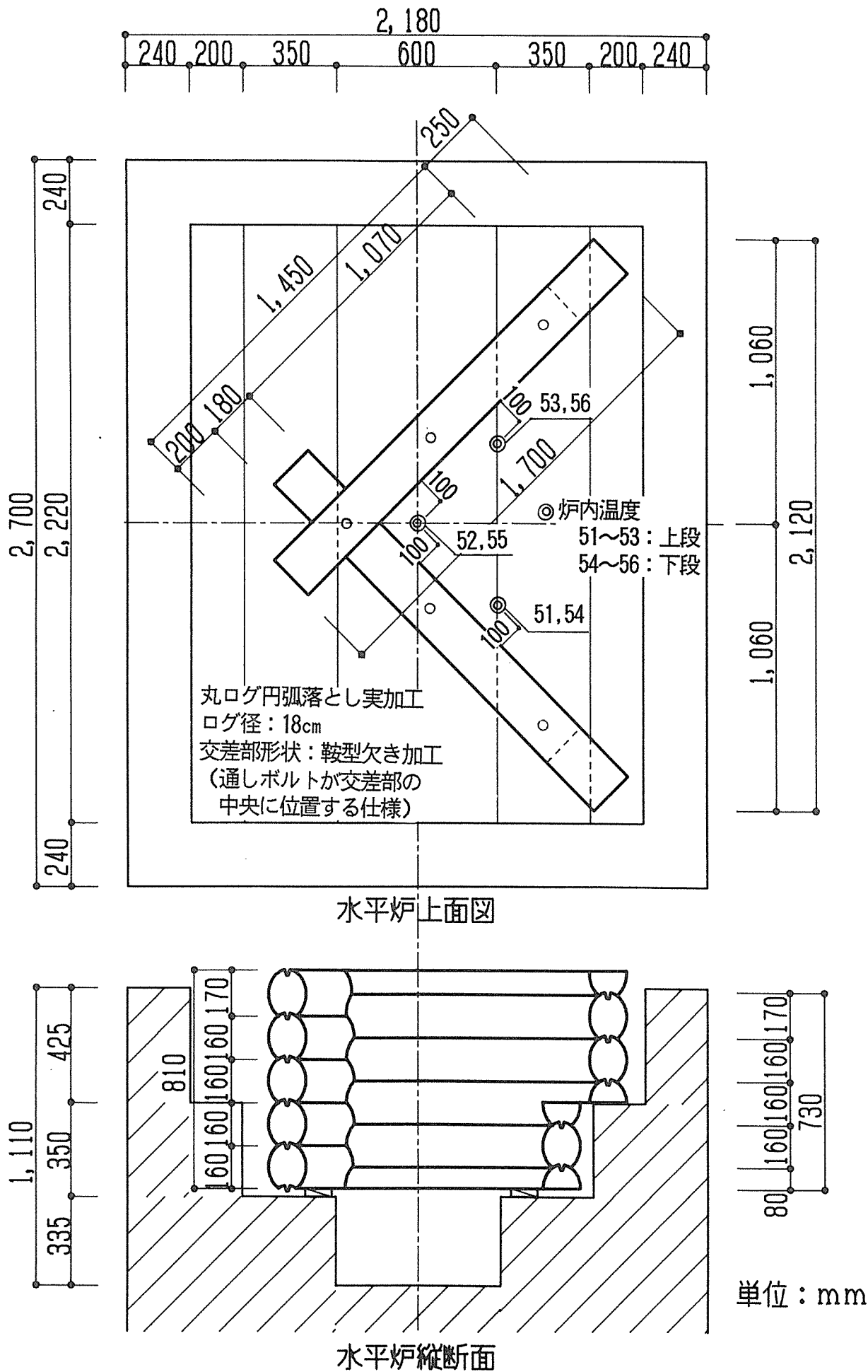
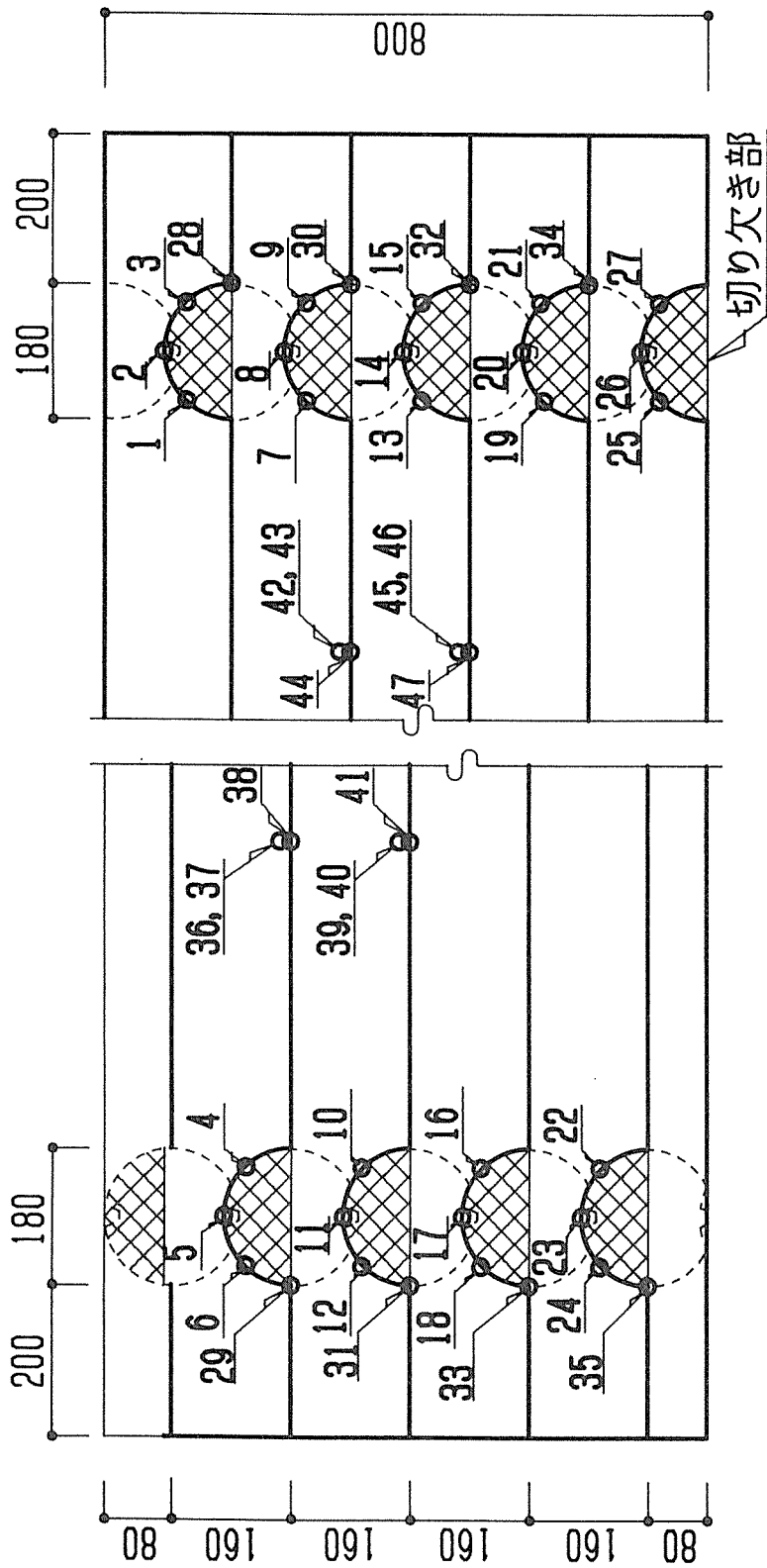
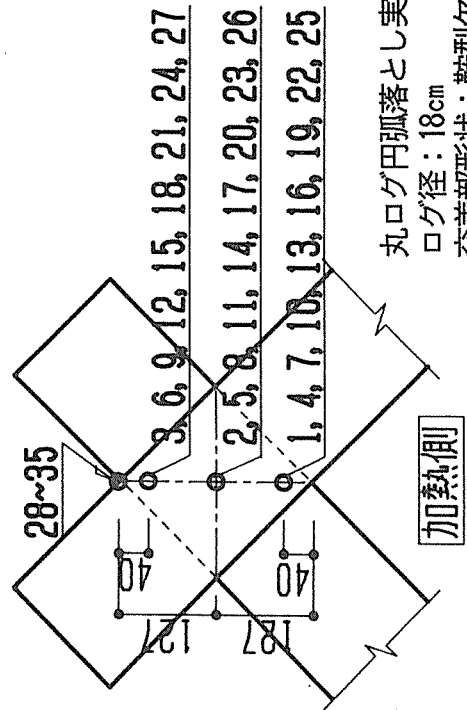


図3-18 ログ交差部試験体LM-1(2)、試験体設置図(炉内温度測定位置図)

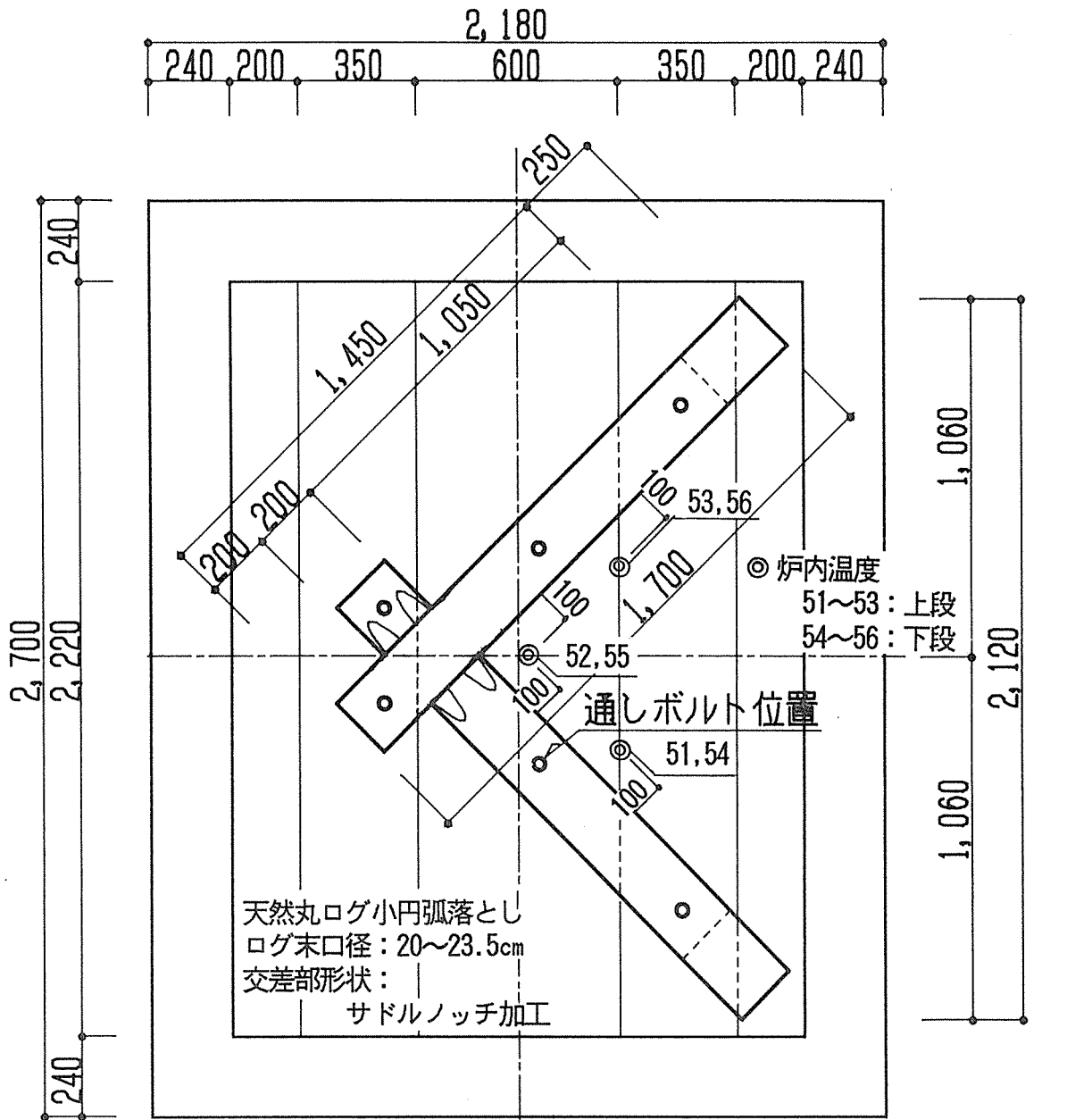


単位：mm

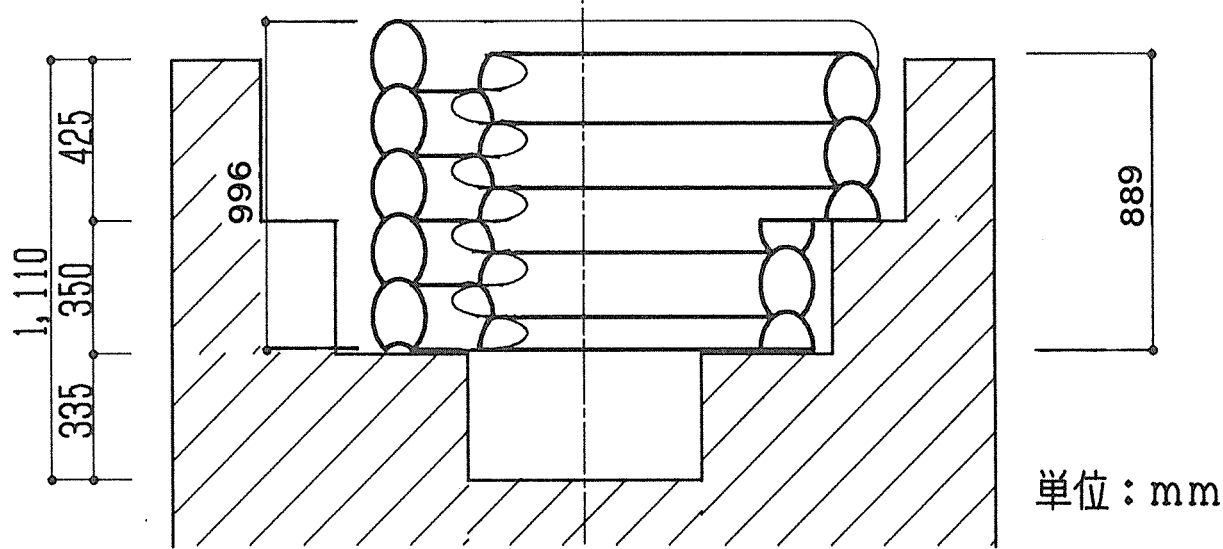


丸ログ円弧落とし美加工
 ログ径：18cm
 交差部形状：鞍型欠き加工
 (通しボルトが交差部の中央に位置する仕様)

図3-19 ログ交差部試験体LM-1(2) 温度測定位置図

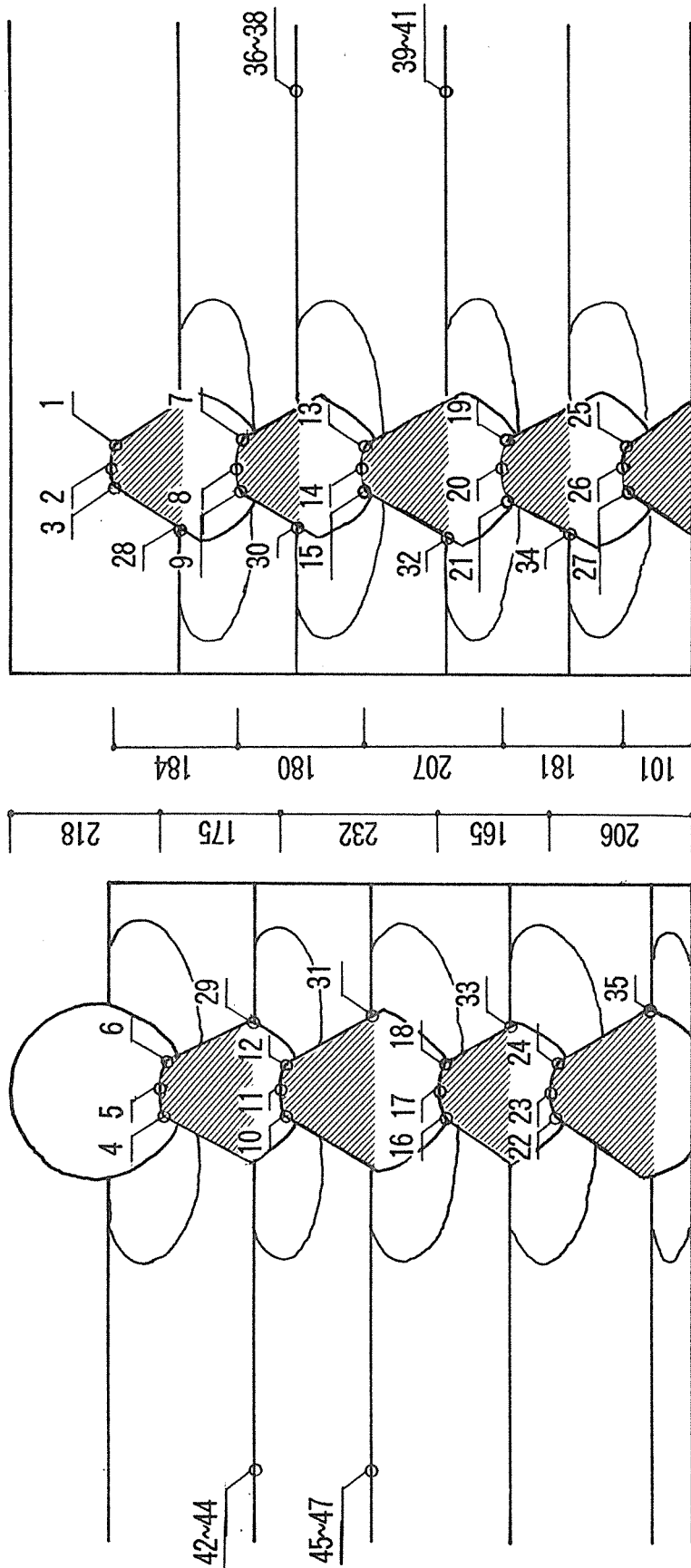


水平加熱炉、上面図

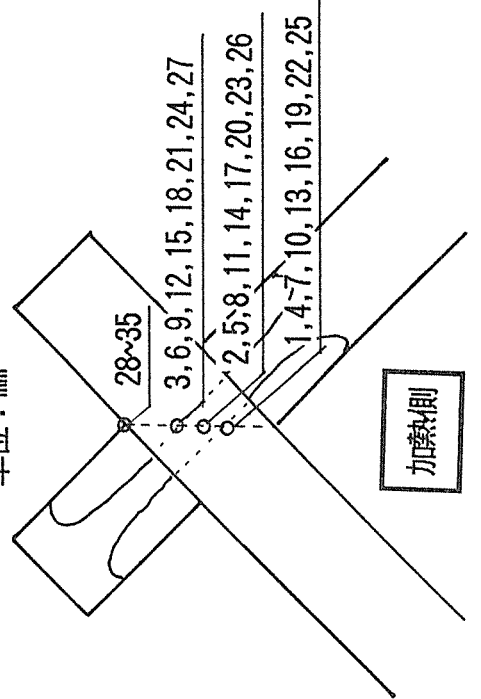


水平加熱炉、側面図

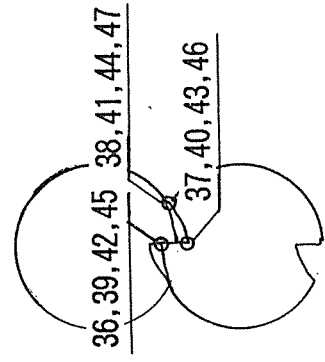
図3-20 ログ交差部試験体LM-2、試験体設置図(炉内温度測定位置図)



単位：mm



天然丸ログ小円弧落とし
 ログ末口径：20~23.5cm
 交差部形状：
 サドルノッチ加工



ログ断面図

図3-21 ログ交差部試験体LM-2、温度測定位置図

4 試験結果

ログ継ぎ手試験体の試験結果概要を表4-1に、ログ開口部試験体の試験結果概要を表4-2に、各試験体の平均炭化深さ、平均炭化速度の一覧表を表4-3に示す。また各試験体の任意部分の炭化深さの一覧表、各測定位置の260℃到達時間、最大軸・面外方向変位の一覧表をそれぞれ表4-4~18に示す。またログ交差部試験体の試験結果概要を表4-19に、各試験体の平均炭化深さ、平均炭化速度の一覧表を表4-3に示す。また各試験体の各測定位置の260℃到達時間の一覧表を表4-20~23に示す。

4.1 継ぎ手試験体の防火性能—継ぎ手試験体のISO耐火加熱試験

4.1.1 試験体記号LC-1：本実継ぎ手、ひら金物

加熱時間：110分

加熱開始後加熱側では、2分30秒頃にログ表面に着炎し、4分20秒頃に全体へと広がっていった。49分52秒頃にはログ表面の横方向に深い亀裂が発生しているのが確認された。66分47秒頃からはログ接合部が開き始めた。

一方非加熱側では、3分50秒頃からログ継ぎ手部から、6分05秒頃からログ接合部（袖壁との交差部付近）から順次白煙が発生した。41分30秒頃には袖壁との交差部付近全体から白煙が発生するようになった。76分頃には継ぎ手周辺が黒く変色するようになった。その後試験体が大きく座屈したため、110分に加熱を終了した。

ログ接合部（継ぎ手上・下部を除く）の加熱面から深さ30mm位置温度は、最高は71.8分頃に260℃を超え、736℃まで上昇し、深さ60mm位置温度は、最高107℃まで上昇し、裏面温度は、最高97℃まで徐々に上昇した。ログ接合部（継ぎ手上部）の加熱面から深さ30mm位置温度は、最高は54.1分頃に260℃を超え、907℃まで上昇し、深さ60mm位置温度は、最高は103.3分頃に260℃を超え、446℃まで上昇し、裏面温度は、最高96℃まで徐々に上昇した。ログ継手部中央の加熱面から深さ75mm位置温度は、最高は100.3分に260℃を超え、954℃まで上昇し、深さ105mm位置温度は、最高108℃まで上昇し、裏面温度は、最高95℃まで徐々に上昇した。ログ接合部（継ぎ手下部）の加熱面から深さ30mm位置温度は、最高は56.5分頃に260℃を超え、最高770℃まで上昇し、加熱面から深さ60mm位置温度は、最高100℃まで徐々に上昇し、裏面温度は、最高は98℃まで徐々に上昇した。ログ接合部（継ぎ手上・下部を除く）の同一深さの温度の平均を図4-1に、ログ継ぎ手部周辺の同一深さの温度の平均を図4-2に、炉内加熱温度を図4-3に示す。

約6.5tの載荷荷重による最大変位は、軸方向では下部・右が27.7mm、面外方向では中央部・右が83.6mmであった。軸・面外方向変位、載荷荷重変化を図4-4に示す。

試験体の各位置の炭化深さは、一般部ログ表面では最大66.0mm、平均58.7mm、ログ接合部（継ぎ手上・下部を除く）では最大54.0mm、平均40.1mmであった。また継ぎ手部分に防火処理を施していないログ接合部（継ぎ手上部）では最大62.0mm、平均58.5mm、ログ継手部中央では最大83.0mm、平均75.5mm、ログ接合部（継ぎ手下部）では最大49.0mm、平均45.

5mmであった。また継ぎ手部分に防火処理を施したログ接合部（継ぎ手上部）では最大56.0mm、平均53.0mm、ログ継手部中央では最大76.0mm、平均68.5mm、ログ接合部（継ぎ手下部）では最大47.0mm、平均45.0mmであった。ログ壁体の炭化図を図4-5に示す。

加熱中の炉内の各位置の最大炉内圧力は、上(3/4)で17.7Pa、中央(1/2)で13.4Pa、下(1/4)で6.2Paであった。炉内圧力変化を図4-6に示す。

- 燃料消費量（プロパンガス） : 39.7 (m³)
- 260℃を超える加熱温度時間面積 : 714.6 (×100℃・分)
- 260℃を超える標準温度時間面積 : 679.5 (×100℃・分)
- 加熱比率 : 1.05

4. 1. 2 試験体記号LC-2：腰掛けあり継ぎ手、ボルト

加熱時間：84分

加熱開始後加熱側では、2分40秒頃にログ表面に着炎し、5分20秒頃に全体へと広がり、14分20秒頃に炎の勢いが盛りとなった。18分頃にはログ表面の横方向に深い亀裂が発生し、32分30秒頃に全体的に確認できるようになった。62分20秒頃に継ぎ手部分の開きが大きくなり、68分30秒頃に継ぎ手下部が大きくえぐれているのが確認された。

一方非加熱側では、2分40秒頃から継ぎ手部分から順次白煙が発生した。47分45秒頃から順次継ぎ手を通して内部の照り返しを確認できるようになり、また68分15秒頃に継ぎ手から火の粉が噴き出し、79分頃に炎が出現したため、84分に加熱を終了した。

ログ接合部（継ぎ手上・下部を除く）の加熱面から深さ30mm位置温度は、最高は80.8分頃に260℃を超え、317℃まで上昇し、深さ60mm位置温度は、最高93℃まで徐々に上昇し、裏面温度は、最高49℃まで徐々に上昇した。ログ接合部（継ぎ手上部）の加熱面から深さ30mm位置温度は、最高は27.2分頃に260℃を超え、715℃まで上昇し、深さ60mm位置温度は、最高143℃まで上昇し、裏面温度は、最高71℃まで徐々に上昇した。ログ継手部中央の加熱面から深さ75mm位置温度は、最高は11.8分に260℃を超え、815℃まで上昇し、深さ105mm位置温度は、最高は22.8分に260℃を超え、613℃まで上昇し、裏面温度は、最高は83.8分に260℃を超え、262℃まで上昇した。ログ接合部（継ぎ手下部）の加熱面から深さ30mm位置温度は、最高は21.8分頃に260℃を超え、685℃まで上昇し、深さ60mm位置温度は、最高は27.9分頃に260℃を超え、770℃まで上昇し、裏面温度は、最高209℃まで上昇した。ログ接合部（継ぎ手上・下部を除く）の同一深さの温度の平均を図4-7に、ログ継ぎ手部周辺の同一深さの温度の平均を図4-8に、炉内加熱温度を図4-9に示す。

約6.5tの載荷荷重による最大変位は、軸方向では上部・左が15.5mm、面外方向では中央部・左が63.7mmであった。軸・面外方向変位、載荷荷重変化を図4-10に示す。

試験体の各位置の炭化深さは、一般部ログ表面では最大49.0mm、平均44.1mm、ログ接合部（継ぎ手上・下部を除く）では最大34.0mm、平均28.9mmであった。また継ぎ手部分に防

火処理を施していないログ接合部（継ぎ手上部）では最大59.0mm、平均45.5mm、ログ継手部中央では最大180.0mm（燃え抜け）、平均106.0mm、ログ接合部（継ぎ手下部）では最大82.0mm（燃え抜け）、平均52.0mmであった。また継ぎ手部分に防火処理を施したログ接合部（継ぎ手上部）では最大35.0mm、平均32.0mm、ログ継手部中央では最大51.0mm、平均49.5mm、ログ接合部（継ぎ手下部）では最大、平均とも35.0mmであった。ログ壁体の炭化図を図4-11に示す。

加熱中の炉内の各位置の最大炉内圧力は、上(3/4)で17.3Pa、中央(1/2)で12.7Pa、下(1/4)で6.0Paであった。炉内圧力変化を図4-12に示す。

- 燃料消費量（プロパンガス） : 32.3 (m³)
- 260℃を超える加熱温度時間面積 : 531.2 (X100℃・分)
- 260℃を超える標準温度時間面積 : 483.7 (X100℃・分)
- 加熱比率 : 1.10

4. 1. 3 試験体記号LC-3：雇い実継ぎ手、長ボルト

加熱時間：80分

加熱開始後加熱側では、3分20秒頃にログ表面下部に着炎し、直ちに上方へと広がり、15分20秒頃に炎の勢いが盛りとなった。12分40秒頃にはログ表面の横方向に深い亀裂が発生し、35分40秒頃に全体的に確認できるようになった。40分頃にログ接合部の開きが大きくなり、56分10秒頃に継ぎ手付近の大きな損傷が確認された。

一方非加熱側では、3分04秒頃から継ぎ手部分から順次白煙が発生した。32分50秒頃から順次継ぎ手を通して内部の照り返しが確認できるようになり、また52分30秒頃に継ぎ手下部に炭化部分が確認され、56分26秒頃に継ぎ手から火の粉が噴き出し、75分40秒頃に炎が出現したため、80分に加熱を終了した。

ログ接合部（継ぎ手上・下部を除く）の加熱面から深さ30mm位置温度は、最高は76.3分頃に260℃を超え、317℃まで上昇し、深さ60mm位置温度は、最高95℃まで徐々に上昇し、裏面温度は、最高30℃まで徐々に上昇した。ログ接合部（継ぎ手上部）の加熱面から深さ30mm位置温度は、最高は10.5分頃に260℃を超え、904℃まで上昇し、深さ60mm位置温度は、最高は36.1分頃に260℃を超え、654℃まで上昇し、裏面温度は、最高は54.4分頃に260℃を超え、398℃まで上昇した。ログ継手部中央の加熱面から深さ75mm位置温度は、最高124℃まで上昇し、深さ105mm位置温度は、最高98℃まで徐々に上昇し、裏面温度は、最高195℃まで上昇した（燃え抜け部分からの熱による）。ログ接合部（継ぎ手下部）の加熱面から深さ30mm位置温度は、最高は54.0分頃に260℃を超え、679℃まで上昇し、深さ60mm位置温度は、最高94℃まで徐々に上昇し、裏面温度は、最高80℃まで徐々に上昇した。ログ接合部（継ぎ手上・下部を除く）の同一深さの温度の平均を図4-13に、ログ継ぎ手部周辺の同一深さの温度の平均を図4-14に、炉内加熱温度を図4-15に示す。約6.5tの載荷荷重による最大変位は、軸方向では下部・右が10.0mm、面外方向では中央部・

右が26.6mmであった。軸・面外方向変位、載荷荷重変化を図4-16に示す。

試験体の各位置の炭化深さは、一般部ログ表面では最大50.0mm、平均41.8mm、ログ接合部（継ぎ手上・下部を除く）では最大35.0mm、平均28.6mmであった。また継ぎ手部分に防火処理を施していないログ接合部（継ぎ手上部）では最大82.0mm（燃え抜け）、平均60.5mm、ログ継手部中央では最大50.0mm、平均41.5mm、ログ接合部（継ぎ手下部）では最大50.0mm、平均37.0mmであった。また継ぎ手部分に防火処理を施したログ接合部（継ぎ手上部）では最大24.0mm、平均23.0mm、ログ継手部中央では最大41.0mm、平均39.5mm、ログ接合部（継ぎ手下部）では最大、平均とも23.0mmであった。ログ壁体の炭化図を図4-17に示す。

加熱中の炉内の各位置の最大炉内圧力は、上(3/4)で16.9Pa、中央(1/2)で12.9Pa、下(1/4)で5.6Paであった。炉内圧力変化を図4-18に示す。

- 燃料消費量（プロパンガス） : 29.9 (m³)
- 260℃を超える加熱温度時間面積 : 492.5 (X100℃・分)
- 260℃を超える標準温度時間面積 : 456.5 (X100℃・分)
- 加熱比率 : 1.08

4.2 開口部試験体の継ぎ手部分の防火性能－開口部試験体のISO耐火加熱試験

4.2.1 試験体記号LO-1：窓額縁が丸太材の外側に納まる場合

加熱時間：38分

※：窓の框とガラスの接点部を耐火接着剤で補強した。

加熱開始後加熱側では、1分40秒頃からガラスの割れが発生した。3分20秒頃に下額縁に着炎し、4分50秒頃に全体へと広がっていった。26分20秒頃から32分40秒頃まで順次窓額縁が脱落し、窓枠の損傷も大きくなっていった。

一方非加熱側では、3分50秒頃から窓額縁と丸太の間から多量の煙が発生した。35分頃からは窓枠とガラスの間から多量の煙が発生するようになり、またガラスの反りも大きくなっていった。37分51秒にガラスと框の間から火炎貫通し、直ちに窓枠全体に広がっていったため、38分に加熱を終了した。

ログ接合部の加熱面から深さ30mm位置温度は最高で99℃、深さ60mm位置温度は最高で50℃、裏面温度は最高で94℃まで徐々に上昇した。非加熱側の上額縁と丸太の接点の温度は、最高で110℃まで上昇した。開口部上部の丸太受け材の中央部の温度は、最高で12.0分頃に260℃を超え、324℃まで上昇した。開口部上部の窓枠受け材と窓額縁の加熱側接点部の温度は、最高で17.5分頃に260℃を超え、850℃まで上昇した。また非加熱側接点部の温度は、最高で105℃まで上昇した。非加熱側の上額縁と上窓枠の間の温度は、框とガラスの間からの火炎貫通により、最高で37.6分頃に260℃を超え、447℃まで上昇した。窓縦枠と丸太の間（雇い実裏面）の温度は、最高で89℃まで徐々に上昇した。非加熱側の窓縦枠と額縁の間の温度は、框とガラスの間からの火炎貫通により、最高で150℃まで上昇

した。ログ接合部（継ぎ手上・下部を除く）の同一深さの温度の平均を図4-19に、ログ開口部周辺の同一深さの温度の平均を図4-20に、炉内加熱温度を図4-21に示す。

約4.2tの載荷荷重による最大変位は、軸方向では下部・左が5.2mm、面外方向では窓縦額縁中央・右が10.4mmであった。軸・面外方向変位、載荷荷重変化を図4-22に示す。

炭化深さ測定においては、一般部ログ表面では最大31.0mm、平均26.7mm、ログ接合部では最大24.0mm、平均11.9mmの炭化層が確認された。窓枠と額縁の間では、額縁の厚み分を加えると、合計で最大70.0mm、平均47.3mmの炭化層が確認された。窓枠と框の間では、最大27.0mm、平均23.4mmの炭化層が確認された。また框とガラスの間においては、火炎貫通により非加熱側まで炭化が生じた。ログ壁体と開口部周辺の炭化図を、それぞれ図4-23、24に示す。

非加熱側はめ殺し窓中央から鉛直距離1m位置での放射受熱量は、38分に最高1.0W/m²まで上昇した。放射受熱量の変化を図4-25に示す。

加熱中の炉内の各位置の最大炉内圧力は、上(3/4)で15.9Pa、中央(1/2)で12.3Pa、下(1/4)で4.7Paであった。炉内圧力変化を図4-26に示す。

- 燃料消費量（プロパンガス） : 9.1 (m³)
- 260℃を超える加熱温度時間面積：198.3 (X100℃・分)
- 260℃を超える標準温度時間面積：176.0 (X100℃・分)
- 加熱比率 : 1.13

4.2.2 試験体記号LO-2：窓額縁が丸太材の内側に納まる場合

加 熱 時 間： 35分

加熱開始後加熱側では、1分45秒頃からガラスの割れが発生した。2分45秒頃に下額縁に着炎し、5分頃に全体へと広がっていった。19分40秒頃には額縁の損傷が大きくなり、同様に窓枠の損傷も大きくなっていった。

一方非加熱側では、3分15秒頃から窓額縁と丸太の間から多量の煙が発生した。35分頃からは窓枠とガラスの間から多量の煙が発生するようになり、またガラスの反りも大きくなっていった。25分50秒にガラスと框の間から火炎貫通し、直ちに窓枠全体に広がっていったため、直ちに耐火接着剤で火炎の進行をある程度食い止めた。しかしながら34分頃にガラスの反りが大きくなり、34分40秒にガラスが脱落したため、35分に加熱を修了した。

ログ接合部の加熱面から深さ30mm位置温度は最高で66℃、深さ60mm位置温度は最高で23℃まで徐々に上昇し、裏面温度は框とガラスの間からの火炎貫通により、最高で145℃まで上昇した。開口部上部の丸太受け材の中央部の温度は、最高で117℃まで上昇した。開口部上部の窓枠受け材と窓額縁の加熱側接点部の温度は、最高で3.6分頃に260℃を超え、837℃まで上昇した。また非加熱側接点部の温度は、最高で126℃まで上昇した。非加熱側の上額縁と丸太の接点の温度は、框とガラスの間からの火炎貫通により、最高で33.4分頃に260℃を超え、285℃まで上昇した。非加熱側の上額縁と上窓枠の間の温度は、框と

ガラスの間からの火炎貫通により、最高で26.1分頃に 260℃を超え、406℃まで上昇した。窓縦枠と丸太の間（雇い実裏面）の温度は、最高で92℃まで徐々に上昇した。非加熱側の窓縦枠と額縁の間の温度は、最高で99℃まで徐々に上昇した。ログ接合部（継ぎ手上・下部を除く）の同一深さの温度の平均を図4-27に、ログ開口部周辺の同一深さの温度の平均を図4-28に、炉内加熱温度を図4-29に示す。

約4.2tの载荷荷重による最大変位は、軸方向では下部・中央が 3.2mm、面外方向では中央・右が 6.7mmであった。軸・面外方向変位、载荷荷重変化を図4-30に示す。

炭化深さ測定においては、一般部ログ表面では最大23.0mm、平均18.4mm、ログ接合部では最大16.0mm、平均10.4mmの炭化層が確認された。窓枠と額縁の間では、額縁の厚み分を加えると、合計で最大70.0mm、平均54.7mmの炭化層が確認された。窓枠と框の間では、最大26.0mm、平均24.1mmの炭化層が確認された。また框とガラスの間においては、火炎貫通により非加熱側まで炭化が生じた。ログ壁体と開口部周辺の炭化図を、それぞれ図4-31, 32に示す。

非加熱側はめ殺し窓中央から鉛直距離 1 m位置での放射受熱量は、35分に最高 1.1W/m²まで上昇した。放射受熱量の変化を図4-33に示す。

加熱中の炉内の各位置の最大炉内圧力は、上(3/4)で15.6Pa、中央(1/2)で11.4Pa、下(1/4)で 4.6Paであった。炉内圧力変化を図4-34に示す。

- 燃料消費量（プロパンガス） ： 12.2 (m³)
- 260℃を超える加熱温度時間面積：163.9 (X100℃・分)
- 260℃を超える標準温度時間面積：151.3 (X100℃・分)
- 加熱比率 ： 1.08

4. 3 交差部試験体の防火性能－交差部試験体の I S O 耐火加熱試験

4. 3. 1 試験体記号 L K - 1 : 角ログ 2 枚実、鎌欠き加工

加 熱 時 間 : 35分

加熱開始後非加熱側では、1分02秒頃からログ交差部間から煙が発生し、1分51秒頃には全体的に煙が発生するようになった。8分15秒頃からはログ交差部接点部周辺が黒変し、25分02秒頃にログ交差部・一般部接点より火炎貫通し、しだいにログ交差部・一般部接点の至る所で火炎貫通が発生したため、35分に加熱を終了した。

ログ交差部内部の加熱側端部の温度は、最高で4.0分頃に260℃を超え838℃まで上昇し、中央部は最高で14.1分頃に260℃を超え666℃まで上昇し、非加熱側端部の温度は最高で157℃まで上昇し、非加熱側接点部分の温度は最高で153℃まで上昇した。またログ一般接合部の加熱面より28mm位置の温度は最高で181℃まで上昇し、加熱面より46mm位置の温度は最高で91℃まで徐々に上昇し、非加熱側接点部分の温度は最高で39℃まで徐々に上昇した。各部温度平均を図4-35に、炉内加熱温度を図4-36に示す。

炭化深さ測定においては、ログ交差部・一般部接点におけるログ一般部表面では最大28.0mm、平均25.6mm（ログ一般接合部からの火炎貫通による裏面側の炭化を除く）、ログ一般接合部では最大74.0mm（火炎貫通）、平均67.8mmの炭化層が確認された。また交差部以外のログ一般部表面では最大26.0mm、平均21.2mm、ログ一般接合部では最大34.0mm、平均24.3mmの炭化層が確認された。ログ交差部分と一般部周辺の炭化図を図4-37に示す。

- ・燃料消費量（プロパンガス） : 2.7 (m³)
- ・260℃を超える加熱温度時間面積 : 166.2 (X100℃・分)
- ・260℃を超える標準温度時間面積 : 160.7 (X100℃・分)
- ・加熱比率 : 1.03

4. 3. 2 試験体記号 L M - 1 (1) : 丸ログ円弧落とし実加工、鞍型欠き加工

(通しボルトが交差部の外側に位置する仕様)

加 熱 時 間 : 62分

加熱開始後非加熱側では、1分44秒頃からログ交差部間から煙が発生し、4分12秒頃からしだいに発生量が増加した。その後も別のログ交差部間からも相次いで煙が発生し、59分45秒頃にログ交差部・一般部接点より火炎貫通したため、62分に加熱を終了した。

ログ交差部内部の加熱面より40mm内部の温度は、最高で28.4分頃に260℃を超え356℃まで上昇し、中央部は最高で143℃まで上昇し、非加熱面より40mm内部の温度は最高で59℃まで徐々に上昇し、非加熱側接点部分の温度は最高で45℃まで徐々に上昇した。またログ一般接合部の加熱面より27mm位置の温度は、最高で48.9分頃に260℃を超えて438℃まで上昇し、加熱面より53mm位置の温度は最高で89℃まで徐々に上昇し、非加熱側接点部分の温度は最高で54℃まで徐々に上昇した。各部温度平均を図4-38に、炉内加熱温度を図4-39に示す。

炭化深さ測定においては、ログ交差部・一般部接点におけるログ一般部表面では最大73.0mm、平均58.7mm、ログ一般接合部では最大80.0mm（火炎貫通）、平均58.3mmの炭化層が確認された。また交差部以外のログ一般部表面では最大67.0mm、平均53.7mm、ログ一般接合部では最大49.0mm、平均32.8mmの炭化層が確認された。ログ交差部分と一般部周辺の炭化図を図4-40に示す。

- 燃料消費量（プロパンガス） ： 6.0（ m^3 ）
- 260℃を超える加熱温度時間面積：333.7（ $\times 100^\circ\text{C} \cdot \text{分}$ ）
- 260℃を超える標準温度時間面積：336.6（ $\times 100^\circ\text{C} \cdot \text{分}$ ）
- 加熱比率 ： 0.99

4.3.3 試験体記号LM-1(2)：丸ログ円弧落とし実加工、鞍型欠き加工

（通しボルトが交差部の中央に位置する仕様）

加 熱 時 間： 60分

加熱開始後非加熱側では、5分55秒頃からログ交差部間から煙が発生し、その後も別のログ交差部間からも相次いで煙が発生し、53分30秒頃にログ交差部・一般部接点より火炎貫通したため、60分に加熱を終了した。

ログ交差部内部の加熱面より40mm内部の温度は、最高で34.4分頃に260℃を超え595℃まで上昇し、中央部は最高で84℃まで徐々に上昇し、非加熱面より40mm内部の温度は最高で32℃まで徐々に上昇し、非加熱側接点部分の温度は最高で35℃まで徐々に上昇した。またログ一般接合部の加熱面より27mm位置の温度は、最高で142℃まで上昇し、加熱面より53mm位置の温度は最高で74℃まで徐々に上昇し、非加熱側接点部分の温度は最高で63℃まで徐々に上昇した。各部温度平均を図4-41に、炉内加熱温度を図4-42に示す。

炭化深さ測定においては、ログ交差部・一般部接点におけるログ一般部表面では最大57.0mm、平均46.8mm、ログ一般接合部では最大80.0mm（火炎貫通）、平均43.6mmの炭化層が確認された。また交差部以外のログ一般部表面では最大44.0mm、平均38.3mm、ログ一般接合部では最大24.0mm、平均22.0mmの炭化層が確認された。ログ交差部分と一般部周辺の炭化図を図4-43に示す。

- 燃料消費量（プロパンガス） ： 5.9（ m^3 ）
- 260℃を超える加熱温度時間面積：322.0（ $\times 100^\circ\text{C} \cdot \text{分}$ ）
- 260℃を超える標準温度時間面積：322.9（ $\times 100^\circ\text{C} \cdot \text{分}$ ）
- 加熱比率 ： 1.00

4. 3. 4 試験体記号LM-2：丸ログ小円弧落とし、サドルノッチ加工

加熱時間： 33分

加熱開始後非加熱側では、4分30秒頃からログ交差部間から煙が発生し、その後も別のログ交差部間からも相次いで煙が発生した。20分48秒に非加熱側ノッチ部分と直上のログ間に隙間が確認され、26分51秒頃にその部分から照り返しの炎が確認され、さらに29分27秒頃に火炎貫通したため、33分に加熱を終了した。

ログ交差部内部の加熱側ノッチ端部の温度は、最高で21.7分頃に260℃を超え551℃まで上昇し、中央部は最高で30.3分頃に260℃を超え577℃まで上昇し、非加熱側ノッチ端部の温度は最高で132℃まで上昇し、非加熱側接点部分の温度は最高で76℃まで徐々に上昇した。またログ一般接合部中央欠き込み上部の温度は最高で93℃まで徐々に上昇し、中央欠き込み下部の温度は最高で83℃まで徐々に上昇し、非加熱側接点部分の温度は最高で39℃まで徐々に上昇した。各部温度平均を図4-44に、炉内加熱温度を図4-45に示す。

炭化深さ測定においては、ログ交差部・一般部接点におけるログ一般部表面では最大59.0mm、平均41.6mm、ログ一般接合部では最大は火炎貫通、平均49.6mmの炭化層が確認された。また交差部以外のログ一般部表面では最大37.0mm、平均32.8mm、ログ一般接合部では最大45.0mm、平均28.8mmの炭化層が確認された。ログ交差部分と一般部周辺の炭化図を図4-46に示す。

- 燃料消費量（プロパンガス） : 2.8 (m³)
- 260℃を超える加熱温度時間面積 : 150.5 (×100℃・分)
- 260℃を超える標準温度時間面積 : 148.7 (×100℃・分)
- 加熱比率 : 1.01

表4-1 ログ継ぎ手試験体の試験結果概要

試験体記号	継ぎ手式 補材	加熱時間 (分)	試験荷重 (tf)	最大変位量		加熱面から各温度測定位置が最も早く 260℃を越えた時間 (分)												燃え抜け (継手間隙) ・時間 ・位置								
				軸方向 (mm)	面外方向 (mm)	ログ一般接合部				ログ継ぎ手上部				ログ継ぎ手中央部					ログ継ぎ手下部							
						深さ 3cm	深さ 6cm	壁裏面	体面	深さ 3cm	深さ 6cm	壁裏面	体面	深さ 7.5cm	深さ 10.5cm	壁裏面	体面		深さ 3cm	深さ 6cm	壁裏面	体面				
LC-1	本実 ひら 金物	110	6.5	27.7	83.6	58.1	110.0	119.2℃	110.0	92℃	136℃	110.0	108℃	95℃	100℃	108.5	107.0	98℃	107.0	56.5	108.5	100℃	107.0	98℃	107.0	出現せず
LC-2	腰掛け あり	84	6.5	15.5	63.7	52.8	84.0	143℃	84.0	71℃	11.8	22.8	83.8	78℃	27.9	27.9	209℃	84.0	21.8	27.9	100℃	84.0	209℃	84.0	79分00秒 継手中央	
LC-3	（長） ボルト	80	6.5	10.0	26.6	27.2	83.5	102℃	70℃	84.0	35.3	70.0	82.5	78℃	52.5	52.5	64℃	83.0	30.9	52.5	100℃	83.0	64℃	83.0	出現せず	
	（短） ボルト					10.5	36.1	97℃	75℃	54.4	124℃	98℃	195℃	16℃	54.0	75.5	57℃	79.0	54.0	75.5	94℃	75.5	79.0	80℃	75分40秒 継手下部	
						80.0	64.0	100℃	66.5	77.5	77.5	79.0	72.5	16℃	79.9	79.0	80℃	79.5	79.9	79.0	87℃	79.0	79.5	79.5	出現せず	

表4-2 ログ開口部試験体の試験結果概要

試験体記号	丸太材 に対する 窓額 縁の納 まりの 位置	加熱時間 (分)	試験荷重 (tf)	最大変位量		加熱面から各温度測定位置が最も早く 260℃を越えた時間 (分)												燃え抜け ・時間 ・位置							
				軸方向 (mm)	面外方向 (mm)	ログ一般接合部				上枠・額縁・ 丸太受け材 中央				非加熱側											
						深さ 3cm	深さ 6cm	壁裏面	体面	上枠・額縁 接点、 加熱側	丸太受け材 下中	上枠・額縁 接点、 非加熱側	丸太 上額縁 接点	丸太 上額縁 接点	上額縁 上枠 接点	丸太 窓接 点 (副窓)	丸太 縦接 点 (副窓)		縦額縁 窓接 点	窓下枠 丸太 接点					
L0-1*	外側	38	4.2	5.2	10.4	36.0	38.0	50℃	94℃	17.5	29.1	38.0	37.6	89℃	150℃	—	—	37.6	20.5	38.0	89℃	150℃	—	—	37分51秒 ガラスと 框の間
L0-2	内側	35	4.2	3.2	6.7	35.0	35.0	23℃	145℃	3.6	34.0	34.5	26.1	92℃	161℃	28℃	34.5	26.1	35.0	92℃	161℃	28℃	34.5	25分50秒 ガラスと 框の間	

*：框とガラスの接点を耐火接着剤で補強する。

表4-3 ログ継ぎ手・開口部試験体の各炭化深さ測定位置の平均炭化深さ、炭化速度の一覧表

試験体 記号	各炭化深さ測定位置の、上段：平均炭化深さ (mm)、下段：平均炭化速度 (mm/min)			ログ開口部試験体				
	各試験体共通		ログ継ぎ手試験体		丸太と履い美との接点		丸太と窓枠との	
	ログ表面	ログ 接合部	上部	中央部	下部	ログ表面	ログ接合部	窓枠の間
LC-1 110分燃	58.7 0.55	40.1 0.37	58.5 0.54	75.5 0.70	45.5 0.42	—	—	—
LC-2 84分燃	44.1 0.54	28.9 0.36	45.5 0.56	106.0 1.30	52.0 0.64	—	—	—
LC-3 80分燃	41.8 0.55	28.6 0.37	32.0 0.39	49.5 0.61	35.0 0.43	—	—	—
L0-1 38分燃	27.4 0.79	12.1 0.35	60.5 0.79	41.5 0.54	37.0 0.48	25.6 0.74	15.8 0.46	47.3* 1.36
L0-2 35分燃	18.4 0.57	10.4 0.32	23.0 0.30	39.5 0.52	23.0 0.30	29.8 0.92	18.9 0.59	54.7* 1.70

*：窓額縁の厚み分（25mm）も合わせて、炭化深さとして算出した。

表4-4 ログ継ぎ手試験体、各位置炭化深さのまとめ

試験体 記号	炭 種	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)	G (mm)	H (mm)	I (mm)	炭化測定 位置	平均炭化深さ (mm)	平均炭化速度 (mm/min)
LC-1 本実 ひら 金物 燻 精： 110分	麵	-	-	28	47	41	30	35	37	34	接合部	40.1	0.37
	鮎	(38)	(37)	50	66	50	62	61	57	64	一般部	58.7	0.55
	麵	55	54	62	43	56	50	32	35	46	継ぎ手*	55.8	0.54
	鮎	68	58	83	57	76	70	61	53	65	継ぎ手*	74.3	0.49
	一 般	42	46	49	49	43	47	43	43	35	継ぎ手*	45.3	0.70
LC-2 腰掛け あり ボルト 燻 精： 84分	麵	-	-	30	33	23	20	31	34	29	接合部	28.9	0.36
	鮎	(35)	(38)	44	48	45	46	45	41	47	一般部	44.1	0.54
	麵	32	21	59	25	29	35	30	30	34	継ぎ手*	38.8	0.48
	鮎	32	34	180	46	51	48	40	44	49	継ぎ手*	77.8	0.39
	一 般	22	27	82	27	35	35	32	32	33	継ぎ手*	43.5	1.30
LC-3 厚い実 (長) ボルト 燻 精： 80分	麵	-	-	29	26	35	35	25	28	28	接合部	28.6	0.37
	鮎	(37)	(34)	39	50	42	45	46	47	41	一般部	41.8	0.55
	麵	39	31	82	31	22	24	30	27	32	継ぎ手*	41.8	0.55
	鮎	33	35	50	44	41	38	36	35	41	継ぎ手*	40.5	0.53
	一 般	24	20	50	23	23	23	33	33	27	継ぎ手*	30.0	0.52
												31.0	0.48
												23.0	0.30

*：平均炭化深さ、平均炭化速度の左欄は全体の値、右欄の上段はログ接合部に防火処理を施していない部分、下段は防火処理を施した部分の値である。

表4-5 試験体記号 LC-1 各測定点の任意温度到達時間のまとめ (ISO耐火加熱 110分測定)

温度測定位置	No.	100°C	260°C	450°C	最高	No.	100°C	260°C	450°C	最高	No.	100°C	260°C	450°C	最高	炭化深さ	
ログ接合部 (№1, 3, 5, 6, 9, 10 : 3cm) (№11, 13, 15, 16, 19, 20 : 6cm) (№21, 23, 25, 26, 29, 30 : 麵)	1	75.0	—	—	151°C	11	—	—	—	—	21	—	—	—	38°C	28mm	
	3	77.5	102.1	—	448°C	13	107.0	—	—	—	23	—	—	—	37°C	46mm	
	5	12.5	71.8	101.9	736°C	15	—	—	—	—	25	—	—	—	97°C	—mm	
	6	61.5	—	—	141°C	16	—	—	—	—	26	—	—	—	27°C	30mm	
	9	50.5	108.1	—	304°C	19	—	—	—	—	29	—	—	—	39°C	32mm	
	10	56.5	103.2	—	360°C	20	—	—	—	—	30	—	—	—	26°C	35mm	
	ログ接合部 (継手部) (№2, 4, 7, 8 : 3cm) (№12, 14, 17, 18 : 6cm) (№22, 24, 27, 28 : 麵)	2	34.0	57.8	72.1	754°C	12	—	—	—	—	22	—	—	—	58°C	42mm
		4	18.0	56.5	59.7	770°C	14	108.5	—	—	—	24	—	—	—	98°C	49mm
		7	42.5	92.5	—	399°C	17	107.0	—	—	—	27	—	—	—	53°C	43mm
		8	42.5	63.5	71.1	709°C	18	—	—	—	—	28	—	—	—	91°C	47mm
31		49.5	54.1	58.1	815°C	35	62.0	—	—	—	39	—	—	—	70°C	55mm	
32		50.5	71.7	75.9	753°C	36	87.0	—	—	—	40	—	—	—	92°C	62mm	
33		4.8	55.9	68.1	907°C	37	79.5	103.3	—	—	41	—	—	—	86°C	56mm	
34		10.0	60.5	64.1	687°C	38	88.5	—	—	—	42	—	—	—	96°C	50mm	
ログ継ぎ手部中央 (№43~46 : 7.5cm) (№47~50 : 10.5cm) (№51~54 : 麵)	43	46.5	—	—	136°C	47	—	—	—	—	51	—	—	—	39°C	68mm	
	44	24.0	—	—	122°C	48	96.0	—	—	—	52	—	—	—	95°C	83mm	
	45	54.0	100.3	101.3	954°C	49	107.0	—	—	—	53	—	—	—	69°C	76mm	
	46	17.5	—	—	101°C	50	83.5	—	—	—	54	—	—	—	68°C	70mm	

表4-6 試験体記号 LC-1 各測定点の最大変位量のまとめ (ISO耐火加熱 110分測定)

変位測定位置	No.	位置	最大変位量(mm)	No.	位置	最大変位量(mm)	No.	位置	最大変位量(mm)
軸方向	75	左	(14.7)	76	中央	(8.5)	77	右	(13.6)
	78	左	26.8	79	中央	27.5	80	右	27.7
面外方向	81	左	18.2	82	中央	17.6	83	右	18.8
	84	左	80.9	85	中央	81.7	86	右	83.6
	87	左	12.0	88	中央	11.0	89	右	13.9

表4-7 試験体記号 LC-2 各測定点の任意温度到達時間のまとめ (ISO耐火加熱 84分測定)

温度測定位置	No	100℃	260℃	450℃	最高	No	100℃	260℃	450℃	最高	No	100℃	260℃	450℃	最高	炭化深さ	
口グ接合部 (№1,3,5,6,9,10 :3cm) (№11,13,15,16,19, 20:6cm) (№21,23,25,26,29, 30:麵)	1	50.0	83.2	—	275℃	11	—	—	—	77℃	21	—	—	—	25℃	30mm	
	3	77.3	—	—	185℃	13	—	—	—	77℃	23	—	—	—	24℃	27mm	
	5	68.8	—	—	204℃	15	—	—	—	70℃	25	—	—	—	26℃	—mm	
	6	52.0	—	—	102℃	16	—	—	—	93℃	26	—	—	—	49℃	20mm	
	9	40.5	80.8	—	317℃	19	—	—	—	80℃	29	—	—	—	27℃	30mm	
	10	75.5	—	—	147℃	20	—	—	—	57℃	30	—	—	—	16℃	30mm	
	口グ接合部 (継手部) (№2,4,7,8:3cm) (№12,14,17,18:6cm) (№22,24,27,28:麵)	2	—	—	—	98℃	12	—	—	—	87℃	22	—	—	—	43℃	22mm
		4	7.8	21.8	33.3	685℃	14	14.5	27.9	33.9	770℃	24	51.9	—	—	209℃	82mm
		7	35.8	70.9	81.0	502℃	17	25.0	—	—	124℃	27	—	—	—	63℃	35mm
		8	14.0	30.9	36.1	670℃	18	44.2	52.5	—	359℃	28	—	—	—	64℃	35mm
31		50.5	78.3	—	305℃	35	—	—	—	74℃	39	—	—	—	30℃	32mm	
32		23.0	52.8	64.8	715℃	36	67.0	—	—	143℃	40	—	—	—	71℃	59mm	
33		15.8	27.2	59.4	571℃	37	79.0	—	—	102℃	41	—	—	—	70℃	29mm	
34		18.5	74.2	—	363℃	38	—	—	—	99℃	42	—	—	—	69℃	35mm	
口グ継ぎ手部中央 (№43~46:7.5cm) (№47~50:10.5cm) (№51~54:麵)	43	—	—	—	99℃	47	—	—	—	46℃	51	—	—	—	19℃	32mm	
	44	6.5	11.8	16.7	815℃	48	16.0	22.8	31.2	613℃	52	43.3	83.8	—	262℃	180mm	
	45	38.0	—	—	101℃	49	69.5	—	—	101℃	53	—	—	—	78℃	51mm	
	46	17.2	35.3	—	419℃	50	—	—	—	99℃	54	—	—	—	71℃	48mm	

表4-8 試験体記号 LC-2 各測定点の最大変位量のまとめ (ISO耐火加熱 84分測定)

変位測定位置	No	位置	最大変位量(mm)	No	位置	最大変位量(mm)	No	位置	最大変位量(mm)
軸方向	75	左	15.5	76	中央	13.9	77	右	12.8
	78	左	12.0	79	中央	12.1	80	右	12.0
面外方向	81	左	15.5	82	中央	14.8	83	右	16.3
	84	左	63.7	85	中央	61.9	86	右	63.3
	87	左	7.7	88	中央	6.9	89	右	11.1

表4-9 試験体記号 LC-3 各測定点の任意温度到達時間のまとめ (ISO耐火加熱 80分測定)

温度測定位置	No.	100°C	260°C	450°C	最高	No.	100°C	260°C	450°C	最高	No.	100°C	260°C	450°C	最高	炭化深さ	
口グ接合部 (№1, 3, 5, 6, 9, 10 :3cm) (№11, 13, 15, 16, 19, 20:6cm) (№21, 23, 25, 26, 29, 30:麵)	1	79.5	—	—	101°C	11	—	—	—	52°C	21	—	—	—	26°C	29mm	
	3	—	—	—	99°C	13	—	—	—	36°C	23	—	—	—	18°C	20mm	
	5	72.0	—	—	167°C	15	—	—	—	50°C	25	—	—	—	24°C	—mm	
	6	66.3	76.3	—	317°C	16	—	—	—	95°C	26	—	—	—	30°C	35mm	
	9	73.1	78.9	—	313°C	19	—	—	—	48°C	29	—	—	—	22°C	30mm	
	10	75.5	—	—	143°C	20	—	—	—	46°C	30	—	—	—	21°C	27mm	
	口グ接合部 (継手部) (№2, 4, 7, 8:3cm) (№12, 14, 17, 18:6cm) (№22, 24, 27, 28:麵)	2	79.6	—	—	102°C	12	—	—	—	51°C	22	—	—	—	21°C	24mm
		4	12.0	54.0	59.2	679°C	14	—	—	—	94°C	24	—	—	—	57°C	50mm
		7	73.5	79.9	—	262°C	17	—	—	—	74°C	27	—	—	—	76°C	23mm
		8	—	—	—	99°C	18	—	—	—	87°C	28	—	—	—	80°C	23mm
31		41.0	67.6	71.7	566°C	35	—	—	—	93°C	39	—	—	—	89°C	39mm	
32		3.6	10.5	17.1	904°C	36	25.5	36.1	46.1	654°C	40	34.8	54.4	—	398°C	82mm	
33		43.5	—	—	100°C	37	—	—	—	94°C	41	—	—	—	48°C	22mm	
34		15.5	—	—	216°C	38	—	—	—	97°C	42	—	—	—	75°C	24mm	
口グ継ぎ手部中央 (№43~46:7.5cm) (№47~50:10.5cm) (№51~54:麵)	43	—	—	—	83°C	47	—	—	—	22°C	51	—	—	—	17°C	33mm	
	44	10.5	—	—	124°C	48	—	—	—	98°C	52	63.0	—	—	195°C	50mm	
	45	—	—	—	96°C	49	—	—	—	31°C	53	—	—	—	16°C	41mm	
	46	77.5	—	—	100°C	50	—	—	—	91°C	54	—	—	—	16°C	38mm	

表4-10 試験体記号 LC-3 各測定点の最大変位量のまとめ (ISO耐火加熱 80分測定)

変位測定位置	No.	位置	最大変位量(mm)	No.	位置	最大変位量(mm)	No.	位置	最大変位量(mm)
軸方向	75	左	4.6	76	中央	4.8	77	右	4.6
	78	左	9.1	79	中央	9.7	80	右	10.0
面外方向	81	左	6.3	82	中央	6.6	83	右	5.9
	84	左	26.4	85	中央	23.8	86	右	26.6
	87	左	5.1	88	中央	3.3	89	右	4.5

表4-11 ログ開口部試験体L0-1 各位置炭化深さのまとめ

ログ開口部試験体L0-1 各位置炭化深さのまとめ															加熱時間：38分			
ログ一般部、接合部炭化深さ (mm)															測定値		平均炭化深さ (mm)	平均炭化速度 (mm/min)
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N					
一般部	一般部	一般部	一般部	一般部	窓枠履い裏左側	窓枠履い裏右側	一般部	一般部	窓枠履い裏左側	窓枠履い裏右側	窓枠履い裏左側	窓枠履い裏右側	窓枠下部	一般部	27.4	0.79		
(15)	(11)	(12)	24	14	10	15	4	0	10	13	8	23	14	12.1	0.35			
15	14	10	16	26	18	9	30	17	23	21	26	23	6	25.6	0.74			
30	31	26	27	24	25	21	30	13	20	21	10	27	20	15.8	0.46			
14	14	11	48	22	12	21	17	13	15	8	8	13	16					
	25		37	40														
			15	8														

表4-12 ログ開口部試験体L0-2 各位置炭化深さのまとめ

ログ一般部、接合部炭化深さ (mm)															加熱時間：35分			
ログ一般部、接合部炭化深さ (mm)															測定値		平均炭化深さ (mm)	平均炭化速度 (mm/min)
A	B, E	C	D	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O					
一般部	一般部	一般部	窓枠履い裏右側	窓枠履い裏左側	窓枠履い裏左側	窓枠履い裏右側	一般部	窓枠履い裏左側	窓枠履い裏右側	一般部	窓枠履い裏左側	窓枠履い裏右側	窓枠下部	一般部	18.4	0.57		
13	8	11	10	14	8	26	10	26	16	16	26	11	—	10.4	0.32			
19	19	23	15	25	33	40	22	30	33	20	38	31	(34)	29.8	0.92			
12	15	11	27	26	18	26	11	22	17	10	26	26	—	18.9	0.59			
13	23	13	12	37	31	31	18	30	31	19	(31)	(21)						
6	(36)	10	4	26	20	18	8	16	7	9	—	—						

表4-13 ログ壁体開口部試験体、はめ殺し窓の各位置炭化深さのまとめ

試験体記号	炭化測定位置	窓縦枠 (mm)								窓下枠 (mm)		平均炭化深さ (mm)	平均炭化速度 (mm/min)
		左1/3	右1/3	左1/4	右1/4	右中央	左中央	右1/4	左1/3	右1/3			
L0-1	丸太と枠の間*	44	42	37	70	55	62	60	36	32	35	47.3	1.36
	枠と枠の間	17	22	22	26	25	27	23	27	20	25	23.4	0.68
L0-2	丸太と枠の間*	53	55	60	50	50	43	62	70	51	53	54.7	1.70
	枠と枠の間	25	25	25	26	25	26	23	25	21	20	24.1	0.75

*：窓額縁の厚み分 (25mm) も合わせて、炭化深さとして算出した。

表4-14 試験体記号 LO-1 各測定点の任意温度到達時間のまとめ (ISO耐火加熱 38分測定)

温度測定位置	No.	100℃	260℃	450℃	最高	炭化深さ	No.	100℃	260℃	450℃	最高	炭化深さ	No.	100℃	260℃	450℃	最高	炭化深さ
ログ接合部 (幅1~6:3cm)	1	—	—	—	98℃	→	7	—	—	—	50℃	→	13	—	—	—	29℃	15mm
	2	—	—	—	99℃	→	8	—	—	—	30℃	→	14	—	—	—	94℃	14mm
	3	—	—	—	93℃	→	9	—	—	—	20℃	→	15	—	—	—	27℃	10mm
	4	—	—	—	99℃	→	10	—	—	—	23℃	→	16	—	—	—	38℃	16mm
	5	—	—	—	98℃	→	11	—	—	—	26℃	→	17	—	—	—	43℃	14mm
	6	—	—	—	98℃	→	12	—	—	—	23℃	→	18	—	—	—	31℃	15mm
上額縁と丸太の接点	19	37.9	—	—	110℃	27mm	20	—	—	—	69℃	25mm	21	—	—	—	68℃	24mm
	22	19.0	29.1	—	324℃	—	23	—	—	—	94℃	—	24	12.0	35.4	—	299℃	—
開口部上丸太受け材	25	3.6	17.5	20.3	850℃	(近傍)	26	17.0	26.7	31.2	739℃	—	27	4.5	17.9	20.2	814℃	(近傍)
	28	36.8	—	—	105℃	44mm	29	—	—	—	81℃	—	30	—	—	—	98℃	42mm
上額縁と上窓枠の間	31	33.6	—	—	179℃	(遊)17mm	32	11.5	37.6	—	447℃	—	33	37.5	—	—	193℃	(遊)22mm
	34	—	—	—	18℃	37mm	35	—	—	—	89℃	70mm	36	—	—	—	13℃	55mm
窓縦枠と丸太の間* (屋い裏面)	37	—	—	—	48℃	62mm	38	—	—	—	16℃	60mm	39	—	—	—	64℃	36mm
	40	26.3	—	—	130℃	22mm	41	24.0	—	—	150℃	26mm	42	21.3	—	—	142℃	25mm
窓縦枠と額縁の間	43	21.5	—	—	148℃	27mm	44	24.0	—	—	130℃	23mm	45	21.5	—	—	141℃	27mm

*：額縁の厚み分も合わせて、炭化深さも合わせて算出した。

表4-15 試験体記号 LO-1 各測定点の最大変位量のまとめ (ISO耐火加熱 38分測定)

変位測定位置	No.	位置		最大変位量(mm)		No.	位置		最大変位量(mm)		No.	位置		最大変位量(mm)		
		左	右	左	右		左	右	左	右						
軸方向	65	左	—	3.0	—	—	—	—	—	—	67	右	—	3.3	—	
	68	左	—	5.2	—	69	中央	5.1	—	—	70	右	—	4.8	—	
面外方向	71	左	—	2.2	—	72	中央	3.7	—	—	73	右	—	2.0	—	
	74	左	—	8.8	—	75	額縁左	9.2	—	76	額縁右	10.4	—	77	右	10.0
						78	左	1.6	—	—	—	—	79	右	0.0	

表4-16 試験体記号 LO-1 最大放射受熱量のまとめ (ISO耐火加熱 38分測定)

最大放射受熱量	1.000W/m ²	(20分時)	0.728W/m ²
---------	-----------------------	--------	-----------------------

表4-17 試験体記号 L0-2 各測定点の任意温度到達時間のまとめ (ISO耐火加熱 35分測定)

温度測定位置	No	100℃	260℃	450℃	最高	炭化深さ	No	100℃	260℃	450℃	最高	炭化深さ	No	100℃	260℃	450℃	最高	炭化深さ
ロダ接合部 (No1~3:3cm, No4~6:6cm No7~9:瓢)	1	—	—	—	66℃	→	4	—	—	—	22℃	→	7	—	—	—	26℃	13mm
	2	—	—	—	37℃	→	5	—	—	—	13℃	→	8	32.7	—	—	145℃	8mm
	3	—	—	—	63℃	→	6	—	—	—	23℃	→	9	—	—	—	30℃	11mm
開口部上丸太受け材	10	25.8	—	—	117℃	—	11	—	—	—	91℃	—	12	35.0	—	—	100℃	—
開口部上樑材(加藤)	13	3.0	4.8	9.0	654℃	(近傍)	14	25.8	33.7	—	94℃	—	15	2.0	3.6	8.7	837℃	(近傍)
	16	—	—	—	88℃	53mm	17	—	—	—	88℃	—	18	28.5	—	—	126℃	55mm
上額縁と丸太の間	19	—	—	—	60℃	15mm	20	31.9	33.4	—	285℃	36mm	21	27.0	—	—	85℃	25mm
	22	26.6	—	—	167℃	(遊)25mm	23	18.4	26.1	—	406℃	—	24	—	—	—	100℃	(近傍)25mm
窓縦枠と丸太の間	25	—	—	—	25℃	60mm	26	—	—	—	92℃	50mm	27	—	—	—	18℃	50mm
	28	—	—	—	83℃	43mm	29	—	—	—	14℃	52mm	30	—	—	—	22℃	70mm
窓縦枠と額縁の間**	31	—	—	—	95℃	25mm	32	—	—	—	67℃	26mm	33	—	—	—	99℃	25mm
	34	—	—	—	64℃	26mm	35	—	—	—	56℃	23mm	36	—	—	—	80℃	25mm
窓下枠と丸太の間*	37	—	—	—	13℃	31mm	38	—	—	—	28℃	34mm	39	—	—	—	12℃	21mm

*: 額縁の厚み分も合わせて、炭化深さとして算出した。

**米: 27分時に框とガラスとの間から火炎が発生し、消火活動を行ったため、それまでの時間で評価した。

表4-18 試験体記号 L0-2 各測定点の最大変位量のまとめ (ISO耐火加熱 35分測定)

変位測定位置	No	位置	最大変位量(mm)	No	位置	最大変位量(mm)	No	位置	最大変位量(mm)
軸方向	55	左	(2.4)	—					
	58	左	3.0	59	中央	3.2	—		
面外方向	61	左	0.6	62	中央	(1.8)	—		
	64	左	5.6	65	額縁左	5.9	66	額縁右	6.2
	68	左	1.3	—					

表4-19 試験体記号 L0-2 最大放射受熱量のまとめ (ISO耐火加熱 35分測定)

最大放射受熱量	1.071W/m ² (20分時)	0.663W/m ²
---------	------------------------------	-----------------------

表4-19 ログ交差部試験体の試験結果概要

試験体 記号	ログの断面形状	交差部の形状	加熱 時間 (分)	加熱面から各温度測定位置が最も早く 260℃越えた時間 (分)										加熱終了となる現象等 ・時間 ・位置
				ログ一般接合部		交差部内部				移動熱				
				深さ	深さ	非加熱 側接点	加熱側 寄り部	交差部 中央	非加熱 側寄り 側端部	非加熱 側接点	電対最 高温度			
LK-1	角ログ2枚実 90×150mm	鎌欠き加工	35	27mm	53mm	非加熱 側接点	4.0	14.1	157℃	153℃	測定 せず	25分02秒 ログ交差部・一般接合 部接点より火炎貫通		
LM-1(1)	丸ログ円弧落とし 実加工 径180mm	鞍型 欠き 加工	62	48.9	89℃	54℃	28.4	143℃	59℃	45℃	測定 せず	59分45秒 ログ交差部・一般接合 部接点より火炎貫通		
LM-1(2)			60	142℃	74℃	63℃	34.4	84℃	32℃	35℃	測定 せず	53分30秒 ログ交差部・一般接合 部接点より火炎貫通		
LM-2	丸ログ小円弧落とし 末口径 200~235mm	サドルノッチ加工	33	93℃	83℃	39℃	21.7	30.3	132℃	76℃	233℃ 燃焼断	29分27秒 ログ交差部・ノッチ部 分接点より火炎貫通		

注)

1：温度測定位置は、深さ28mmと46mmである。

2：温度測定位置はログ一般接合部中央の欠き込み部分の上部と下部である。

表4-20 試験体記号 LK-1 (角ログ2枚実・鎌欠き加工) 温度結果・炭化深さのまとめ (ISO耐火加熱、35分測定)

ログ		温度測定位置の任意温度到達時間 (分)												炭化深さ (mm)														
		加熱側端部			中			非加熱側端部			非加熱側接点			一般部表面	一般部接合部													
		No.	100℃	260℃	450℃	最高	No.	100℃	260℃	450℃	最高	No.	100℃	260℃	450℃	最高	25	74*										
右	右5	1	3.5	9.6	13.2	671℃	2	13.0	27.9	-	346℃	3	20.0	-	157℃	28	11.4	-	-	153℃	25	74*						
右	右4	4	2.3	4.8	6.8	672℃	5	4.6	14.1	-	366℃	6	15.5	-	147℃	29	4.9	-	-	107℃	24	74*						
右	右3	7	4.9	10.8	16.8	626℃	8	23.0	-	124℃	9	-	-	-	87℃	30	-	-	-	97℃	26	62						
右	右2	10	2.4	4.0	5.8	648℃	11	3.4	32.0	-	284℃	12	29.0	-	113℃	31	-	-	-	75℃	26	74*						
右	右1	13	1.7	4.2	7.4	644℃	14	27.8	-	123℃	15	-	-	-	86℃	32	-	-	-	70℃	28	60						
左	左5	16	2.2	5.4	27.8	482℃	17	-	-	72℃	18	-	-	-	91℃	33	-	-	-	75℃	22	50						
左	左4	19	6.5	13.2	17.2	611℃	20	-	-	59℃	21	-	-	-	44℃	34	-	-	-	32℃	28 ¹⁾	74*						
左	左3	22	9.0	11.8	13.5	838℃	23	21.3	23.2	24.9	666℃	24	33.9	-	124℃	35	-	-	-	25℃	(28 ¹⁾)	74*						
左	左2	25	14.8	16.3	17.7	702℃	26	24.3	25.8	28.0	480℃	27	-	-	59℃	35	-	-	-	25℃	(20)	74*						
ログ一般接合部	No.	加熱面より28mm位置										加熱面より46mm位置										裏面 (加熱面より74mm位置)		一般部		接合部		
右	右5	36	27.0	-	-	100℃											38	-	-	-	44℃	38	-	-	-	39℃	25	20
右	右4	39	29.5	-	-	103℃											41	-	-	-	60℃	41	-	-	-	38℃	20	24
右	右3																											
右	右2	42	24.5	-	-	100℃											44	-	-	-	91℃	44	-	-	-	35℃	17	19
右	右1	45	29.3	-	-	181℃											47	-	-	-	40℃	47	-	-	-	31℃	20	34

注) 交差部の炭化深さは、ログ壁面と交差部との接点の、ログ一般部表面 (最大90mm) とログ一般部接合部 (最大74mm) の燃え込み部分を測定した。
 * : 火炎貫通部分、1) 炭化がログ一般接合部から非加熱側ログ一般部表面へと進展

表4-21 試験体記号 LM-1(1) (丸ログ円弧落とし美加工・鞍型欠き加工・通しボルトが交差部の外側に位置する仕様)
温度結果・炭化深さのまとめ (ISO耐火加熱、6分測定)

ログ一般接合部		温度測定位置の任意温度到達時間 (分)																				炭化深さ (mm)				
		加熱面より内部40mm						中						非加熱面より内部40mm						非加熱側接点				ログ一般表面	ログ一般接合部	
		No.	100℃	260℃	450℃	最高	No.	100℃	260℃	450℃	最高	No.	100℃	260℃	450℃	最高	No.	100℃	260℃	450℃	最高	No.	100℃	260℃	450℃	最高
右5	1	21.0	-	-	184℃	2	27.7	-	-	143℃	3	-	-	-	51℃	28	-	-	-	-	41℃	62			40	
右4	4	47.5	-	-	112℃	5	-	-	-	94℃	6	-	-	-	59℃	29	-	-	-	-	45℃	49			37	
右4	7	-	-	-	99℃	8	-	-	-	95℃	9	-	-	-	36℃	30	-	-	-	-	34℃	56			38	
右3	10	-	-	-	98℃	11	-	-	-	84℃	12	-	-	-	31℃	31	-	-	-	-	43℃	52			56	
右3	13	41.0	-	-	124℃	14	-	-	-	95℃	15	-	-	-	38℃	32	-	-	-	-	34℃	53			63	
右2	16	49.0	-	-	115℃	17	-	-	-	65℃	18	-	-	-	34℃	33	-	-	-	-	30℃	66			72	
右2	19	24.3	28.4	-	320℃	20	-	-	-	37℃	21	-	-	-	28℃	34	-	-	-	-	28℃	73			80*	
右1	22	27.8	32.7	-	356℃	23	-	-	-	46℃	24	-	-	-	24℃	35	-	-	-	-	27℃	(36)			80*	
右1	25	-	-	-	75℃	26	-	-	-	29℃	27	-	-	-	23℃							(55)				
ログ一般接合部	No.	加熱面より27mm位置						中						非加熱面より53mm位置						裏面 (加熱面より80mm位置)				一般部	接合部	
右5	36	39.0	-	-	197℃											38	-	-	-	-	54℃	53			30	
右4	39	45.0	-	-	200℃											41	-	-	-	-	54℃	53			49	
右3																						67				
右4	42	45.0	-	-	156℃											44	-	-	-	-	51℃	47			27	
右3	45	34.7	48.9	-	438℃											47	-	-	-	-	50℃	50			25	
右2																						52				

注) 交差部の炭化深さは、ログ壁面と交差部との接点の、ログ一般部表面 (最大180mm) とログ一般接合部 (最大80mm) の燃え込み部分を測定した。
* : 火炎貫通部分

表4-22 試験体記号 LM-1(2) (丸ログ円弧落とし裏加工・鞍型欠き加工・通しボルトが交差部の中央に位置する仕様)
温度結果・炭化深さのまとめ (ISO耐火加熱、60分測定)

ログ		温度測定位置の任意温度到達時間 (分)														炭化深さ (mm)						
		加熱面より40mm内部				中 央				非加熱面より40mm内部				非加熱側接点				ロ	グ			
		No	100℃	260℃	450℃	最高	No	100℃	260℃	450℃	最高	No	100℃	260℃	450℃			最高	一般部表面	一般部接合部		
右5	1	-	-	-	98℃	2	-	-	-	84℃	3	-	-	-	32℃	28	-	-	-	34℃	50	38
右4	4	-	-	-	98℃	5	-	-	-	84℃	6	-	-	-	26℃	29	-	-	-	33℃	43	26
右4	7	-	-	-	98℃	8	-	-	-	65℃	9	-	-	-	27℃	30	-	-	-	32℃	49	28
右3	10	-	-	-	87℃	11	-	-	-	48℃	12	-	-	-	27℃	31	-	-	-	35℃	51	27
右3	13	-	-	-	98℃	14	-	-	-	47℃	15	-	-	-	27℃	32	-	-	-	31℃	44	27
右2	16	-	-	-	72℃	17	-	-	-	38℃	18	-	-	-	25℃	33	-	-	-	29℃	37	26
右2	19	-	-	-	57℃	20	-	-	-	29℃	21	-	-	-	25℃	34	-	-	-	29℃	57	53
右1	22	30.2	34.4	48.3	595℃	23	-	-	-	27℃	24	-	-	-	26℃	35	-	-	-	28℃	(40)	80*
右1	25	-	-	-	77℃	26	-	-	-	38℃	27	-	-	-	26℃						(5)	
ログ一般接合部	No.	加熱面より27mm位置				-	加熱面より53mm位置				裏面 (加熱面より80mm位置)				一般部	接合部						
右5	36	57.0	-	-	107℃	38	-	-	-	62℃	38	-	-	-	53℃	34	-	-	-	53℃	34	23
右4	39	43.0	-	-	142℃	41	-	-	-	60℃	41	-	-	-	50℃	43	-	-	-	50℃	43	24
右3	42	53.5	-	-	106℃	44	-	-	-	74℃	44	-	-	-	63℃	36	-	-	-	63℃	36	20
右2	45	58.0	-	-	103℃	47	-	-	-	57℃	47	-	-	-	53℃	37	-	-	-	53℃	37	21

注) 交差部の炭化深さは、ログ壁面と交差部との接点の、ログ一般部表面 (最大180mm) とログ一般接合部 (最大80mm) の燃え込み部分を測定した。
* : 火炎貫通部分

表4-23 試験体記号 LM-2 (丸ログ小円弧落とし・サドルノッチ加工) 温度結果・炭化深さのまとめ (ISO耐火加熱、33分測定)

		温度測定位置の任意温度到達時間 (分)																		炭化深さ (mm)	
ログ No	No	加熱側ノッチ端部				中央				非加熱側ノッチ端部				非加熱側接点				一般部 表	一般部 裏		
		100℃ No	260℃ No	450℃ No	最高 No	100℃ No	260℃ No	450℃ No	最高 No	100℃ No	260℃ No	450℃ No	最高 No	100℃	260℃	450℃	最高				
ログ 交 差 部	左5	12.0	32.9	-	261℃	2	16.5	-	188℃	3	24.5	-	132℃	28	-	-	-	76℃	35/208	26/79	
	右4	-	-	-	91℃	5	-	-	84℃	6	-	-	38℃	29	-	-	-	27℃	29/202	16/82	
	左4	-	-	-	94℃	8	-	-	40℃	9	-	-	26℃	30	-	-	-	29℃	59/206	32/82	
	右3	-	-	-	58℃	11	-	-	33℃	12	-	-	27℃	31	-	-	-	30℃	24/228	63/91	
	左3	27.4	-	-	193℃	14	-	-	27℃	15	-	-	26℃	32	-	-	-	30℃	35/230	82/82*	
	右2	23.9	29.4	-	315℃	17	-	-	29℃	18	-	-	25℃	33	-	-	-	28℃	38/196	84/84*	
	左2	25.5	32.4	-	288℃	20	27.1	30.3	57℃	21	-	-	40℃	34	-	-	-	27℃	43/224	31/81	
	右1	18.9	21.7	28.2	551℃	23	-	-	44℃	24	-	-	25℃	35	-	-	-	26℃	45/233	63/63*	
	左1	30.5	-	-	106℃	26	-	-	96℃	27	-	-	26℃						(10/223)		
	ログ 一 般 接 合 部	No	中央欠き込み上部				-				中央欠き込み下部				裏面				一般部	接合部	
	右4	36	-	-	-	59℃					38	-	-	29℃	38	-	-	-	37℃	(12)/210	19/107
	右3	39	-	-	-	51℃					41	-	-	29℃	41	-	-	-	35℃	37/204	15/115
	右2																		31/236		
	左5	42	-	-	-	93℃					44	-	-	83℃	44	-	-	-	39℃	(12)/198	45/93
	左4	45	-	-	-	64℃					47	-	-	39℃	47	-	-	-	33℃	31/214	36/82
左3																		32/216			

注) 交差部の炭化深さは、ログ壁面と交差部との接点の、ログ一般部表面 (炭化深さノッチ一般部表面の長さ) とログ一般部接合部 (炭化深さノッチ一般部接合部の長さ) の燃え込み部分を測定した。なお交差部分のログ一般部表面の長さは、最も幅が広い部分の長さとした。

木: 火炎貫通部分

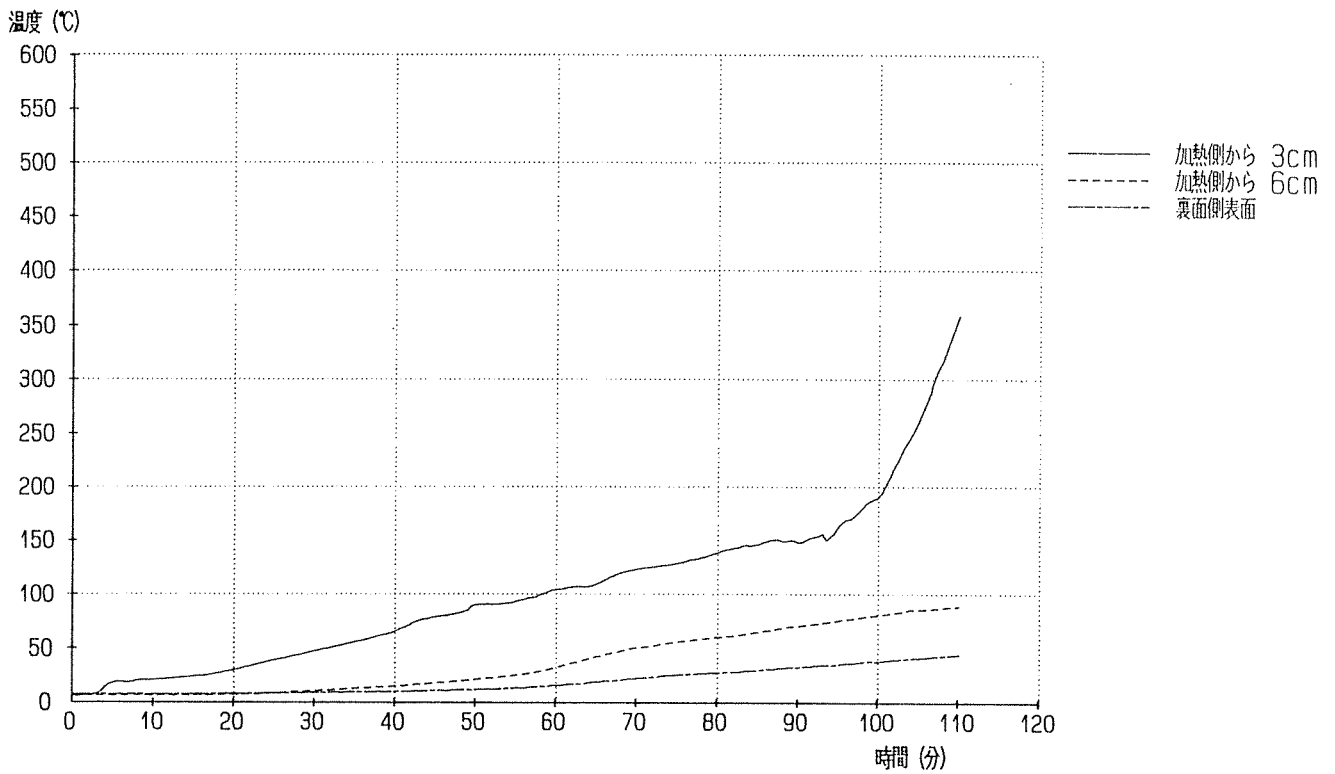


図4-1 試験体LC-1 ログ一般接合部の温度平均

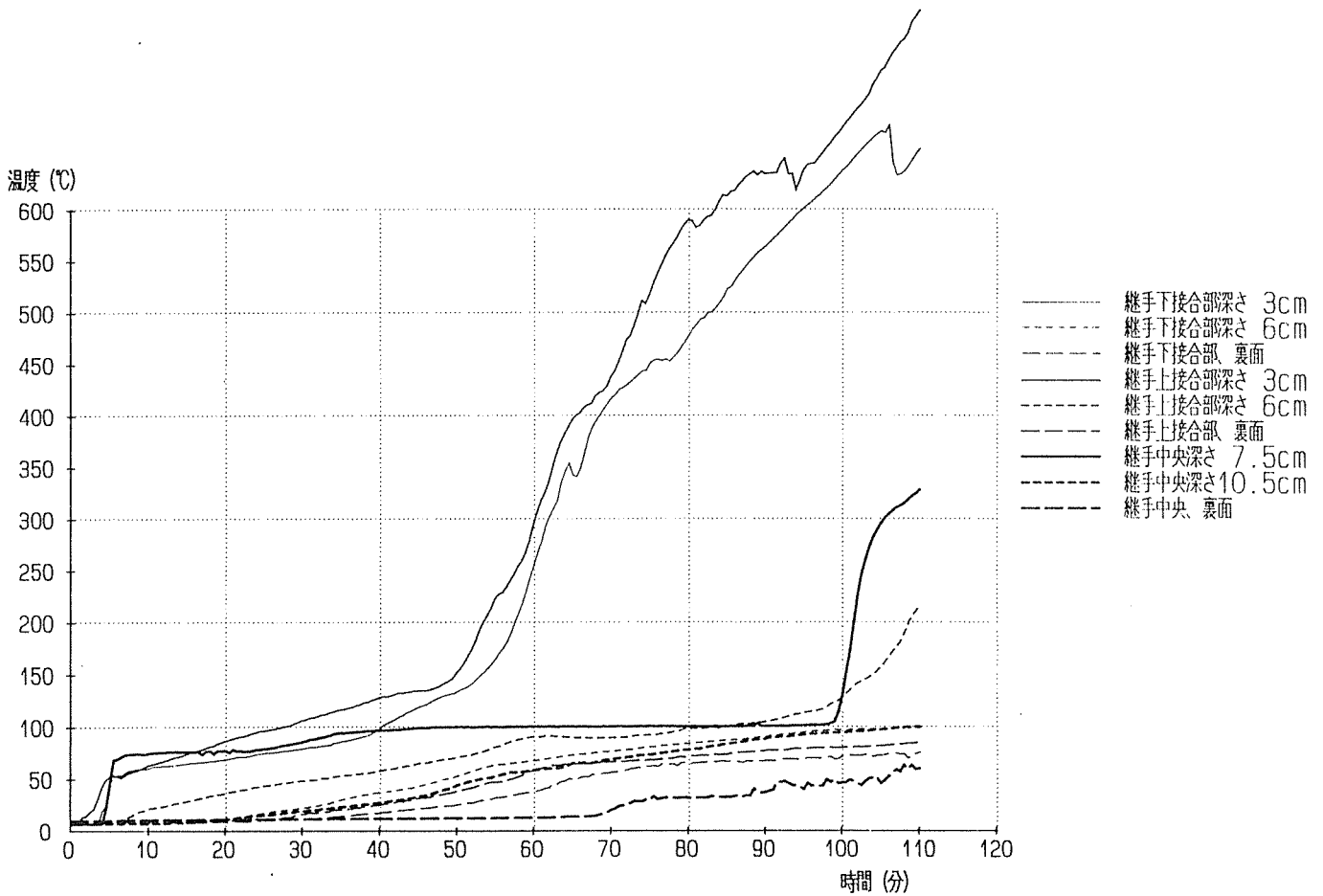


図4-2 試験体LC-1 継ぎ手部周辺の温度平均

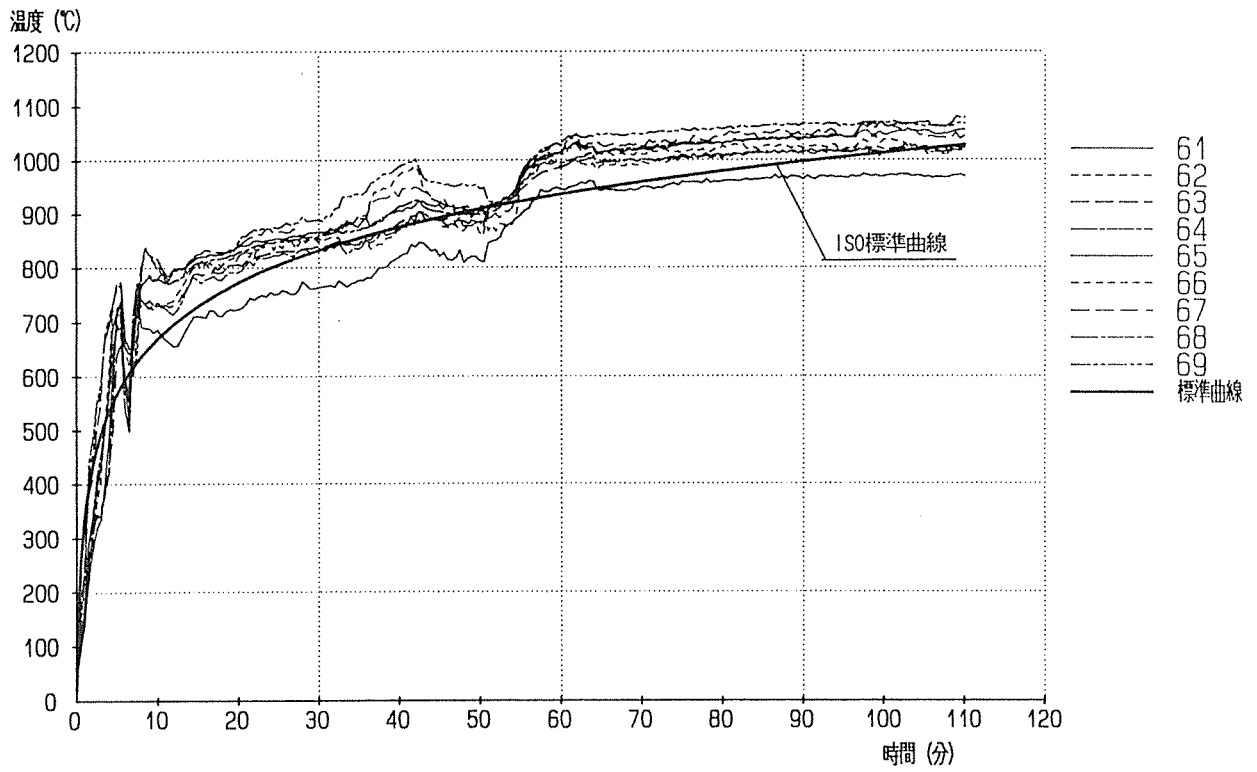


図4-3 試験体LC-1 炉内加熱温度

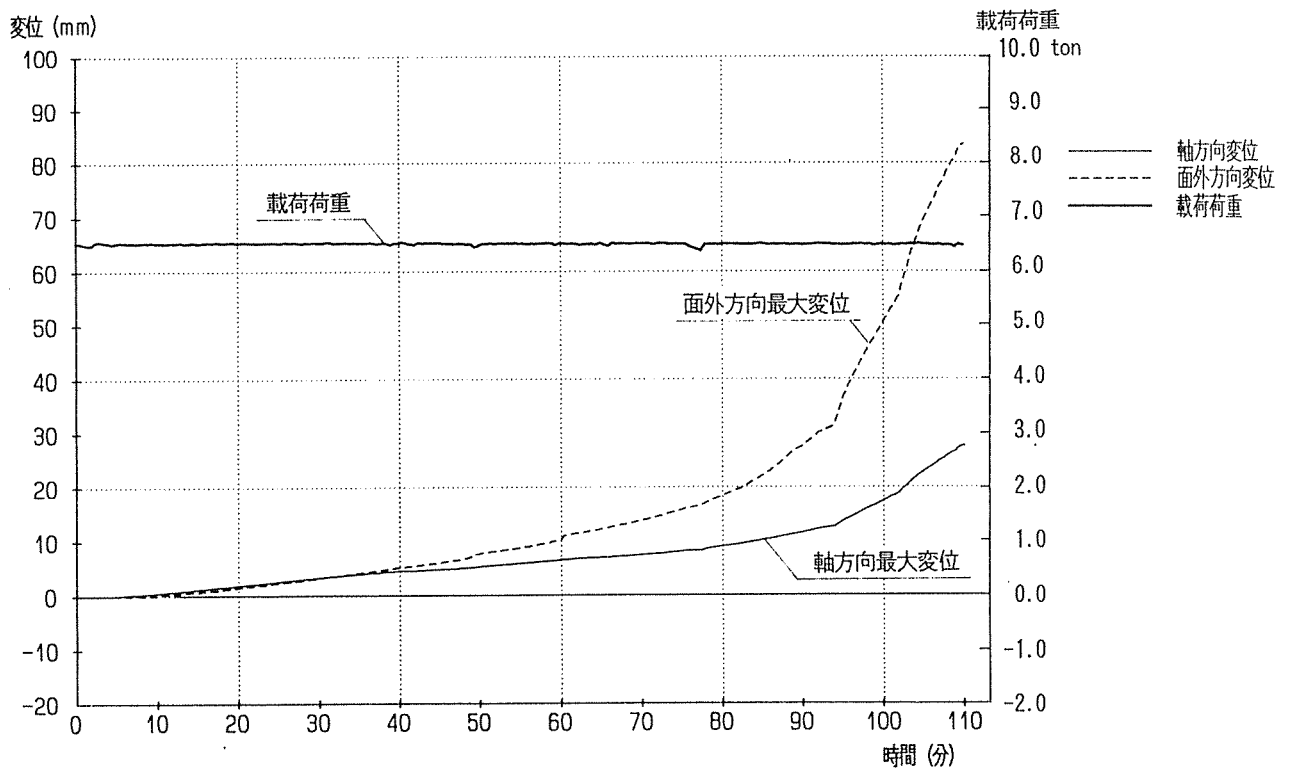


図4-4 試験体LC-1 軸・面外方向変位、載荷荷重変化

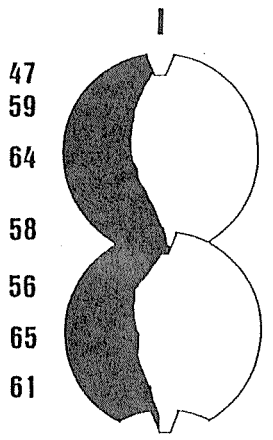
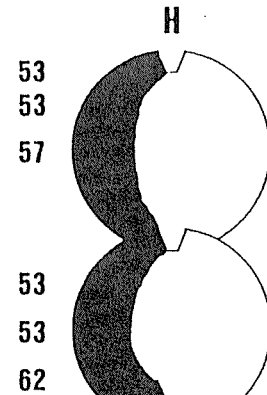
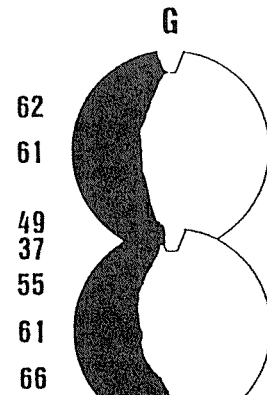
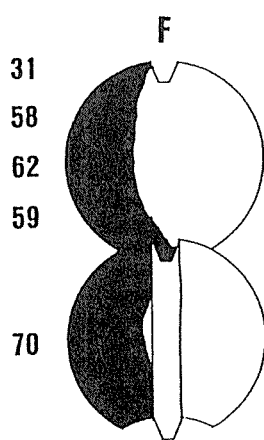
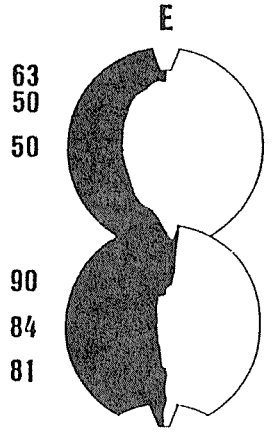
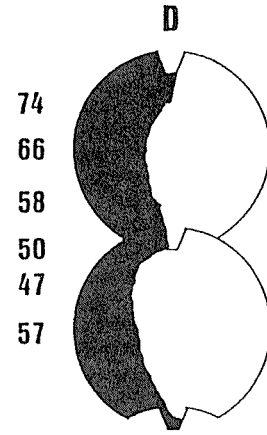
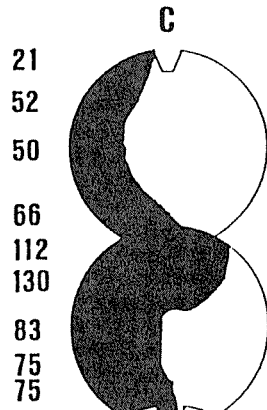
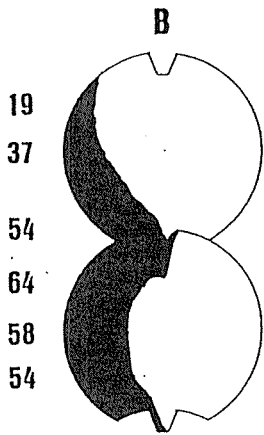
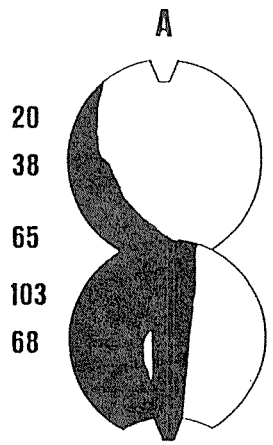
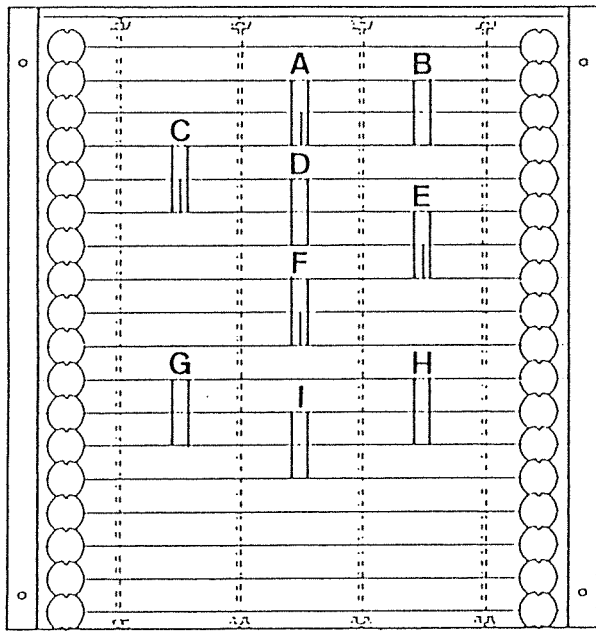


図4-5 試験体LC-1 炭化深さ測定結果

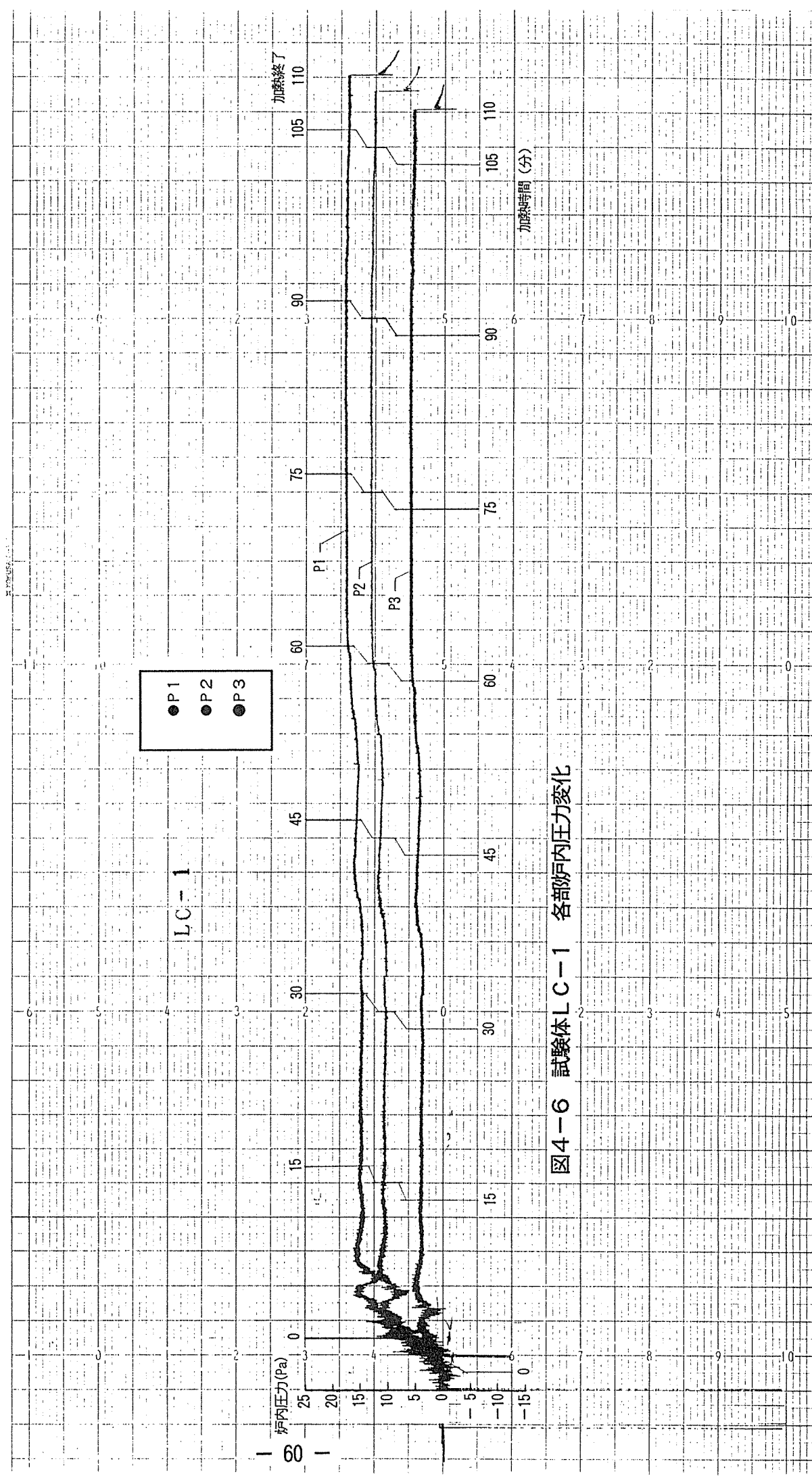


図4-6 試験体LC-1 各部炉内压力変化

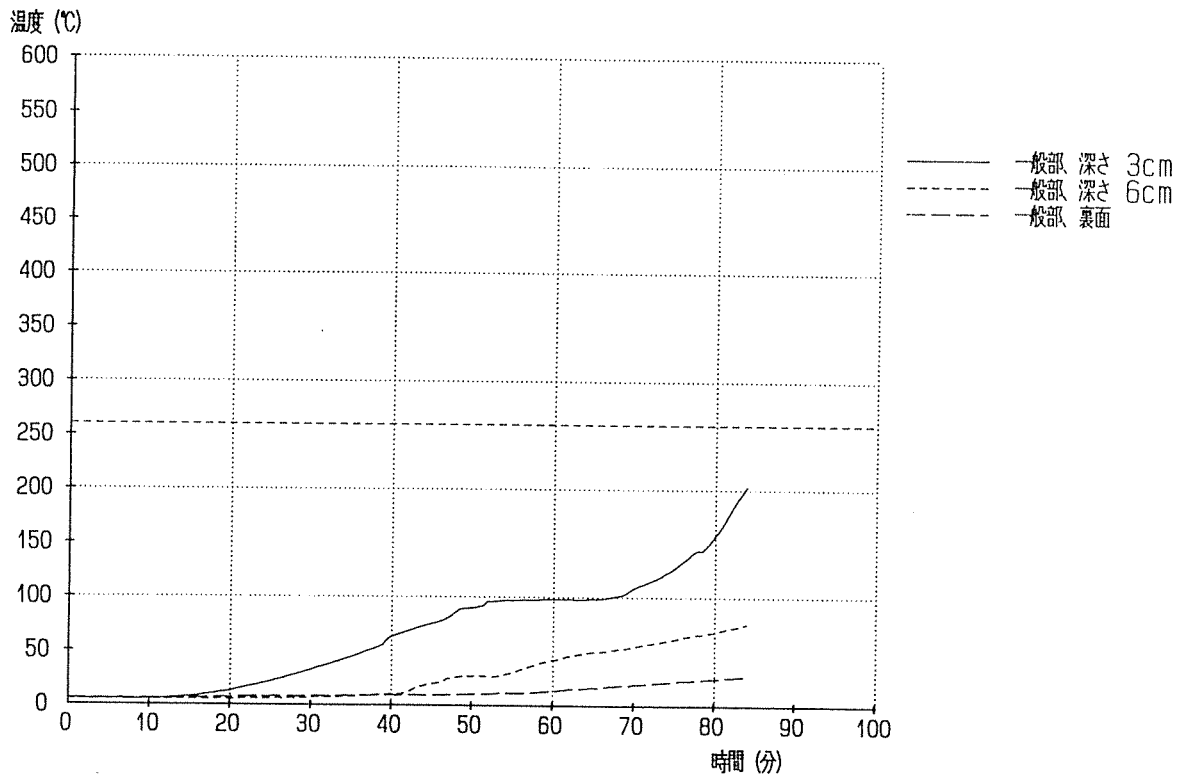


図4-7 試験体LC-2 ログ一般接合部の温度平均

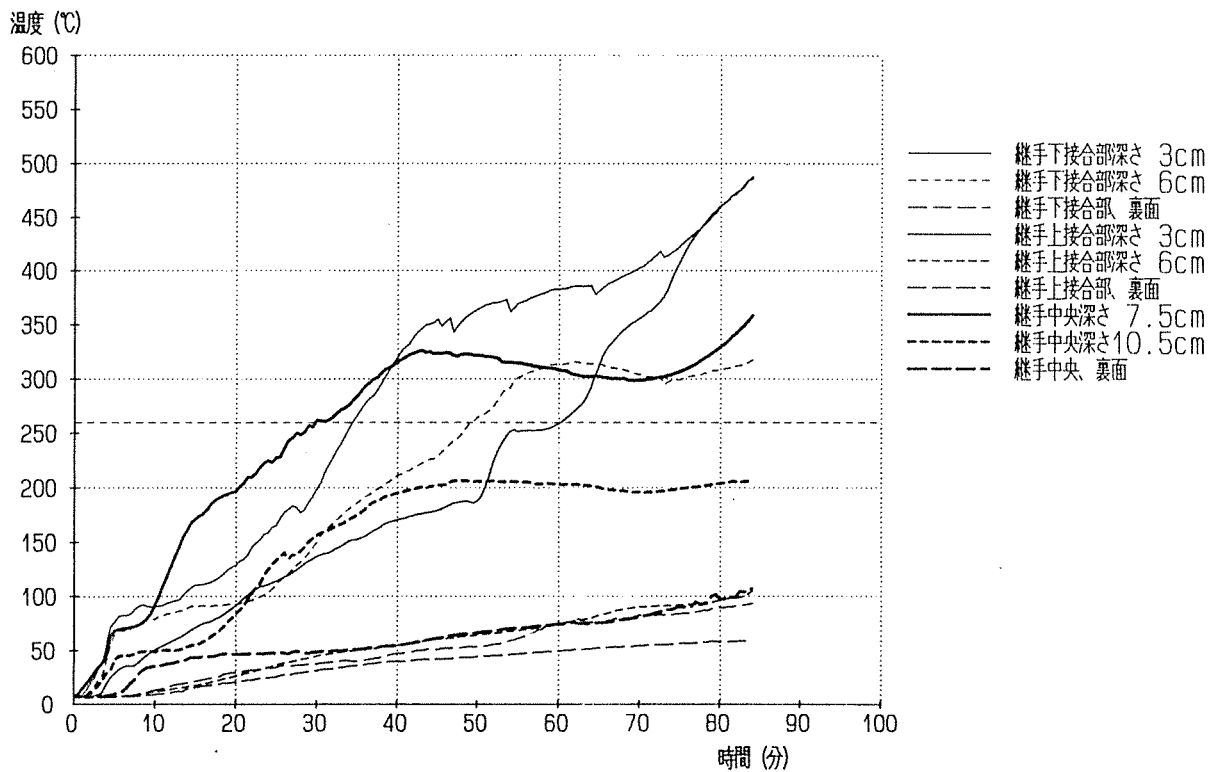


図4-8 試験体LC-2 継ぎ手部周辺の温度平均

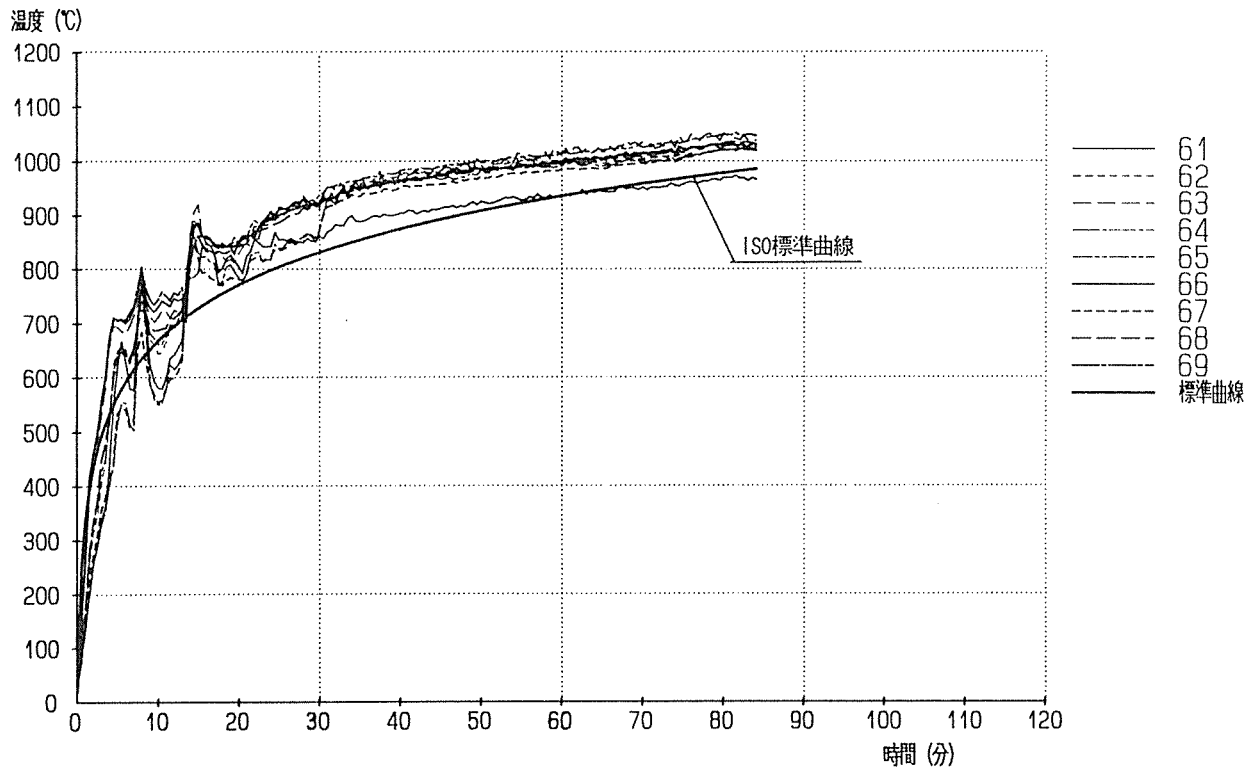


図4-9 試験体LC-2 炉内加熱温度

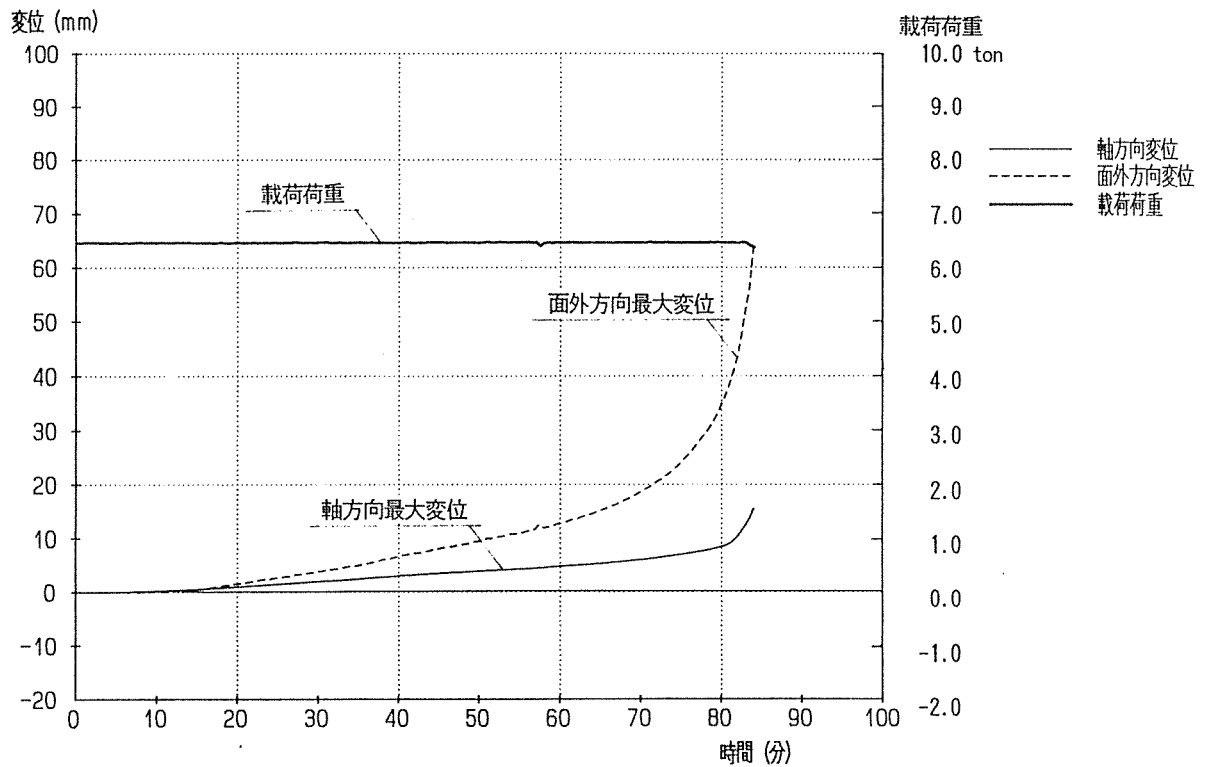


図4-10 試験体LC-2 軸・面外方向変位、載荷荷重変化

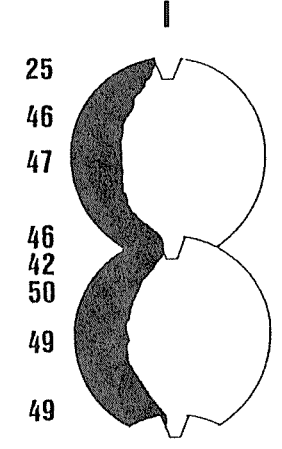
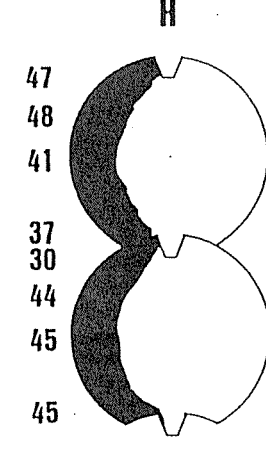
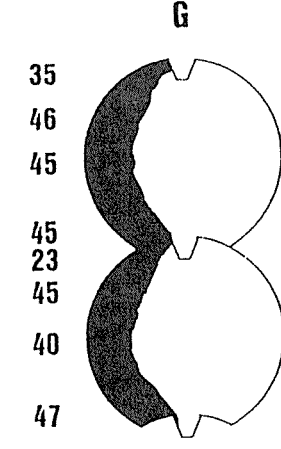
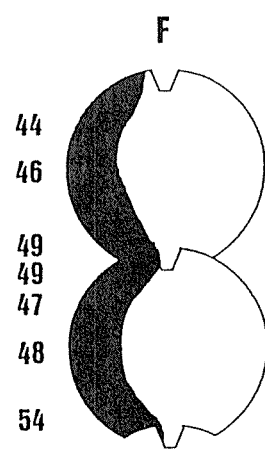
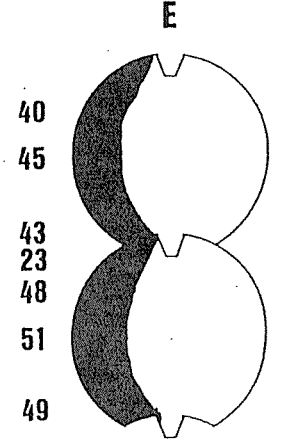
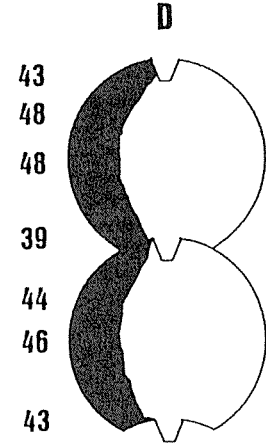
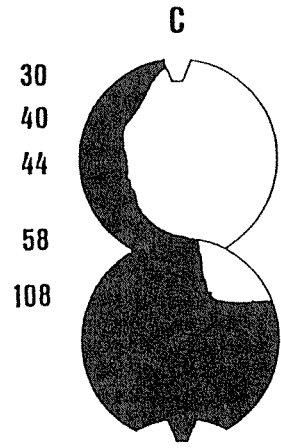
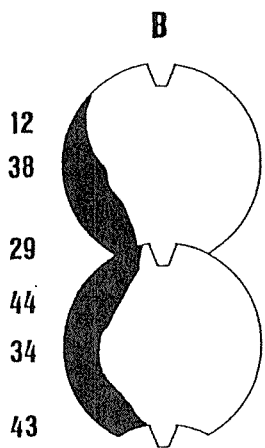
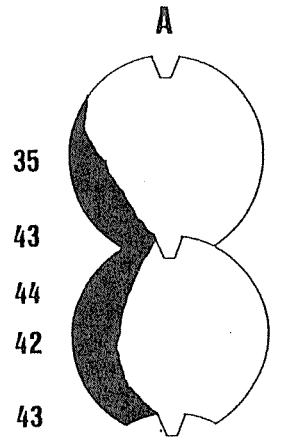
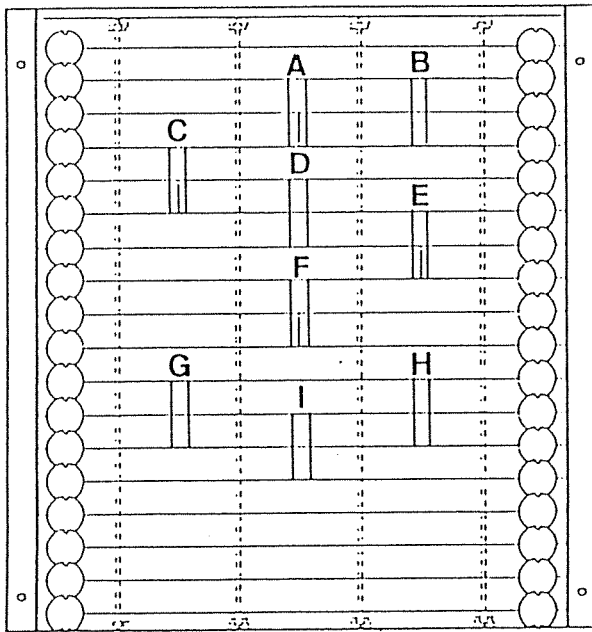


図4-11 試験体LC-2 炭化深さ測定結果

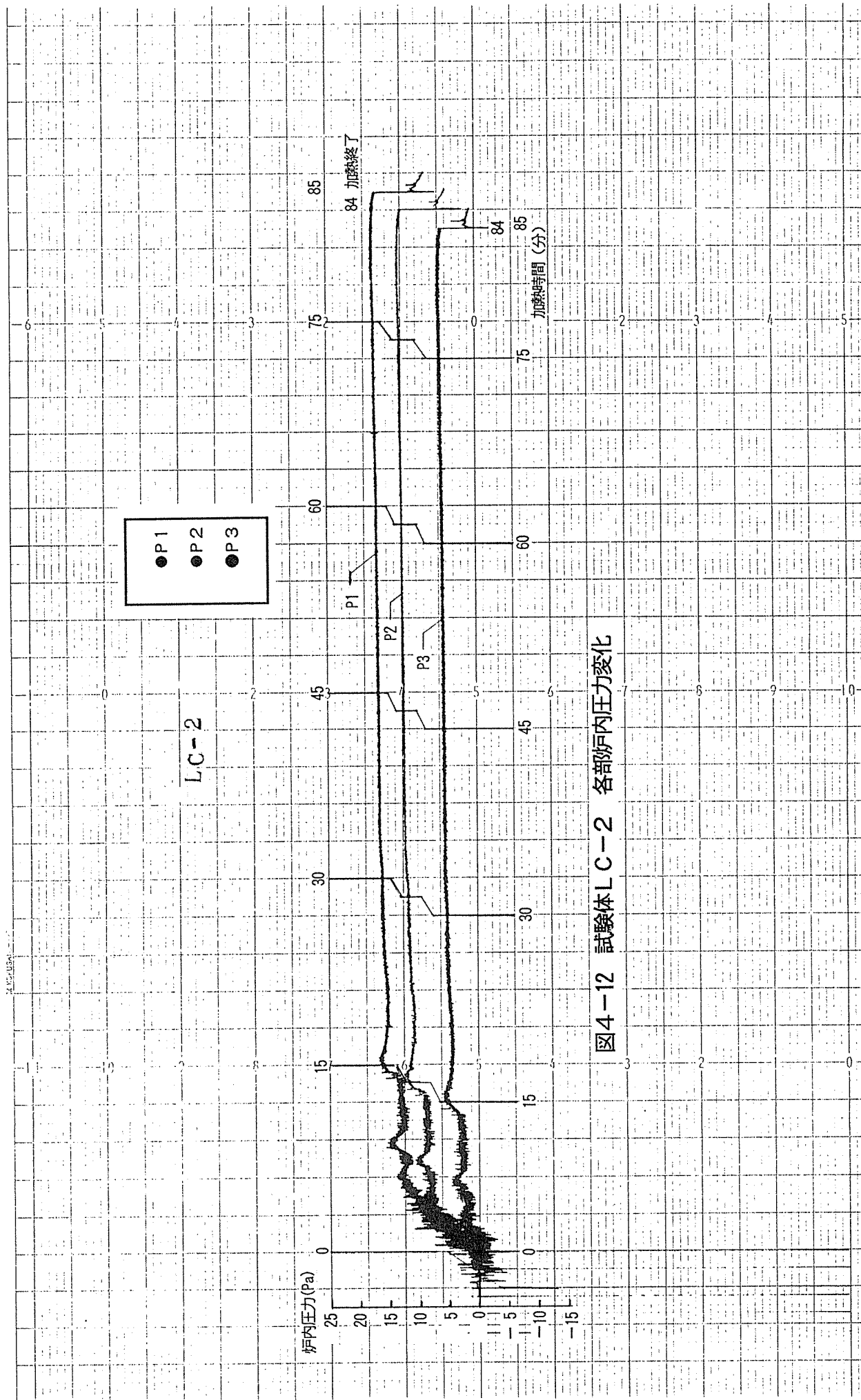


圖4-12 試驗體LC-2 各部炉内压力變化

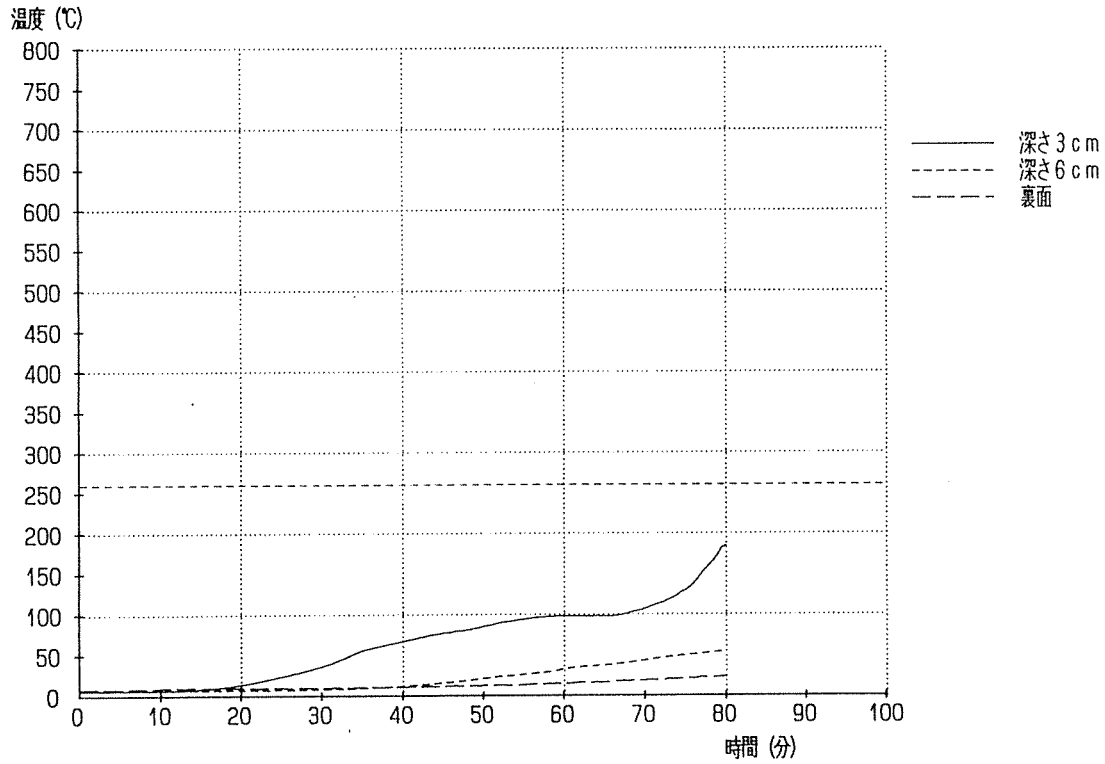


図4-13 試験体LC-3 ログ一般接合部の温度平均

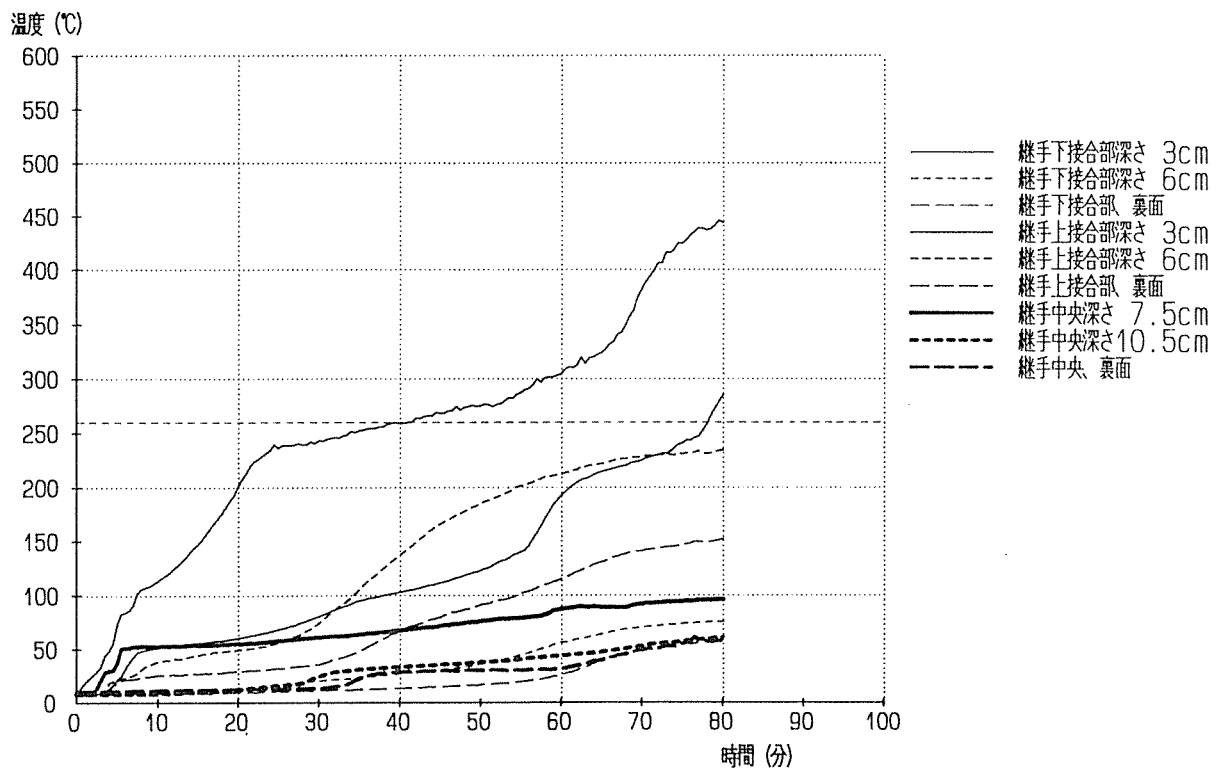


図4-14 試験体LC-3 継ぎ手部周辺の温度平均

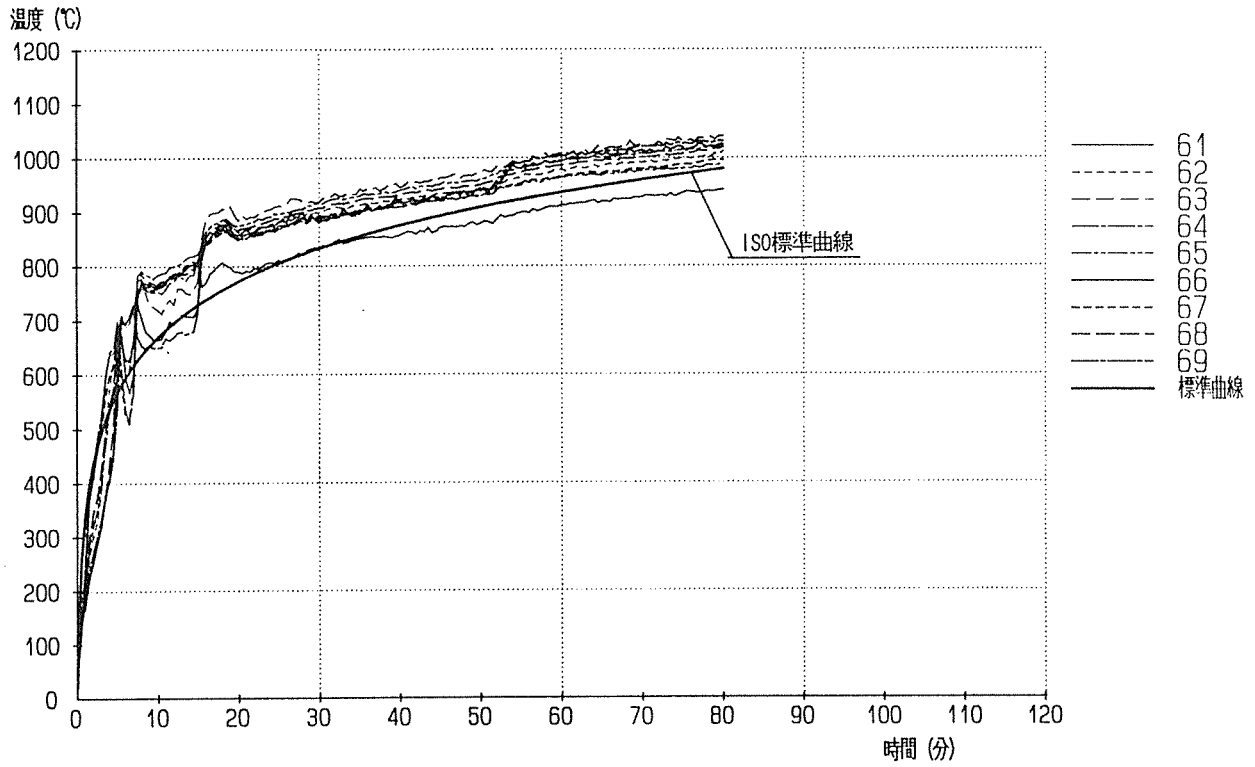


図4-15 試験体LC-3 炉内加熱温度

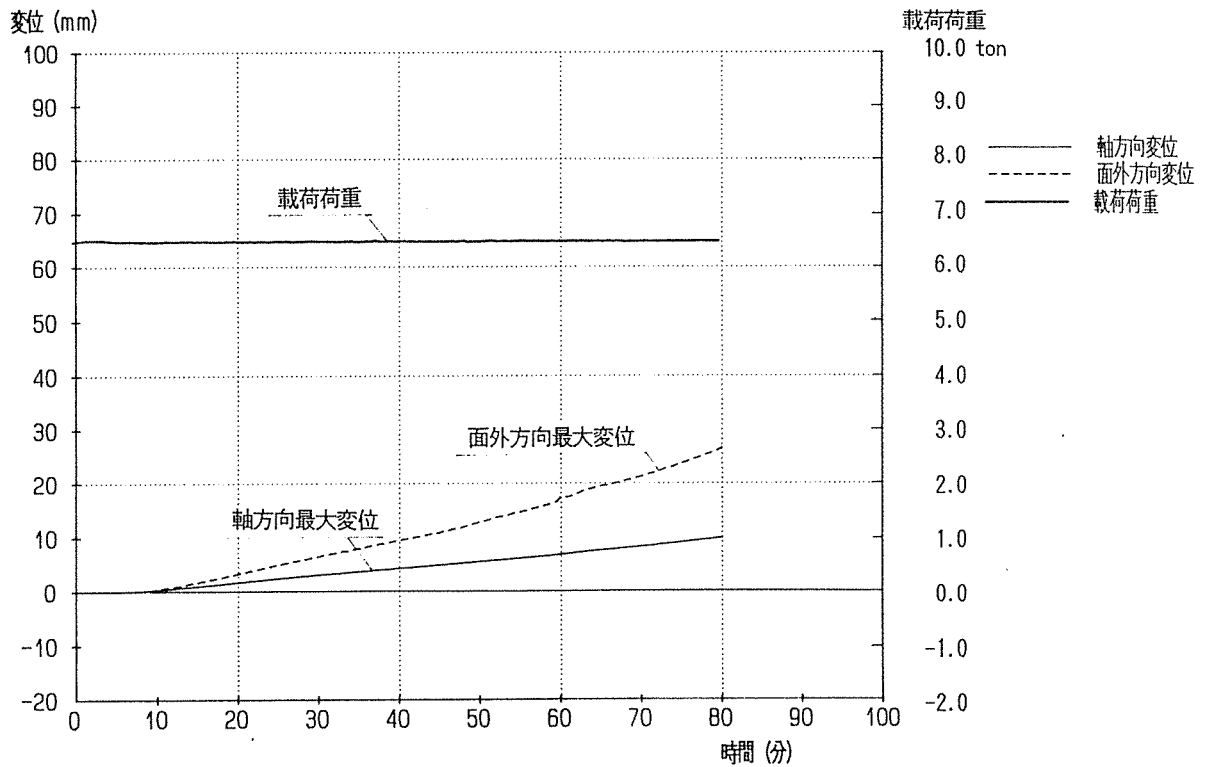


図4-16 試験体LC-3 軸・面外方向変位、載荷荷重変化

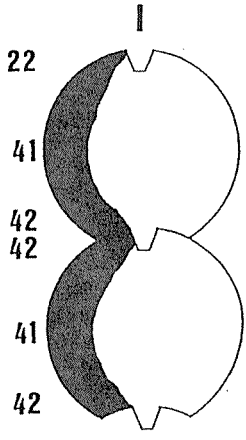
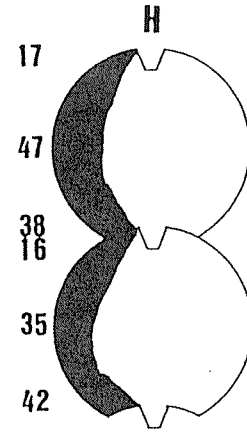
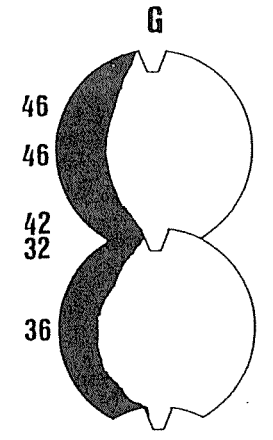
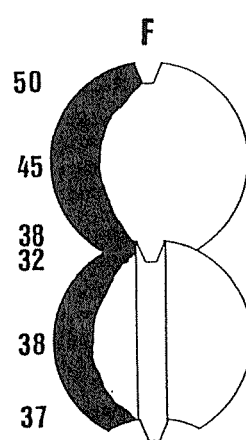
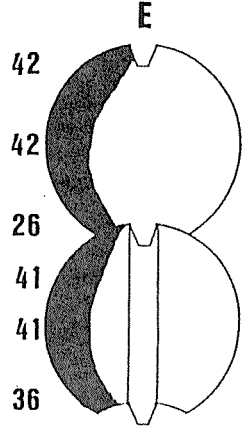
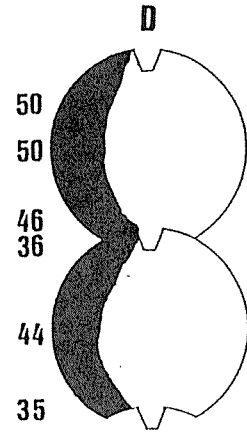
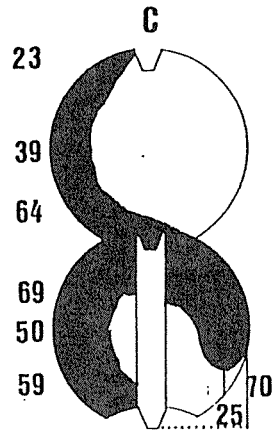
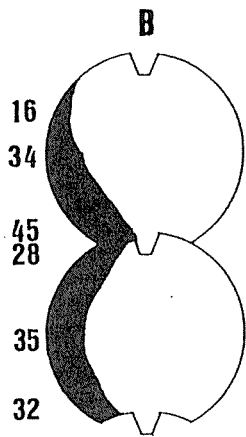
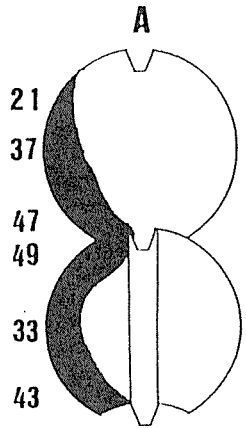
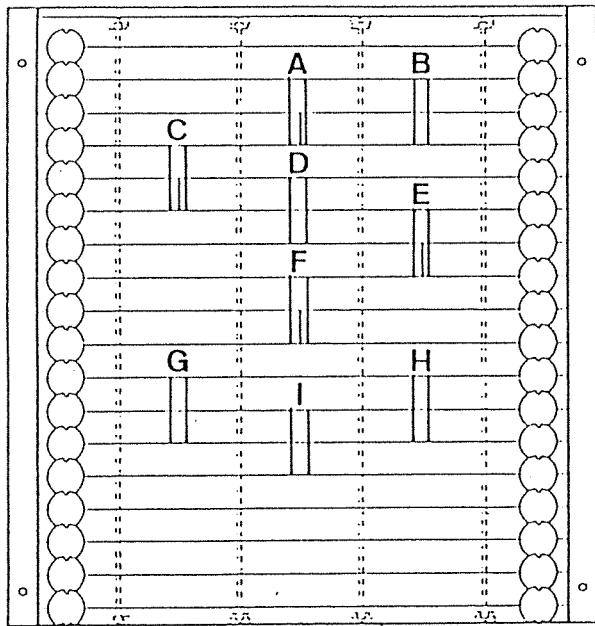


図4-17 試験体LC-3 炭化深さ測定結果

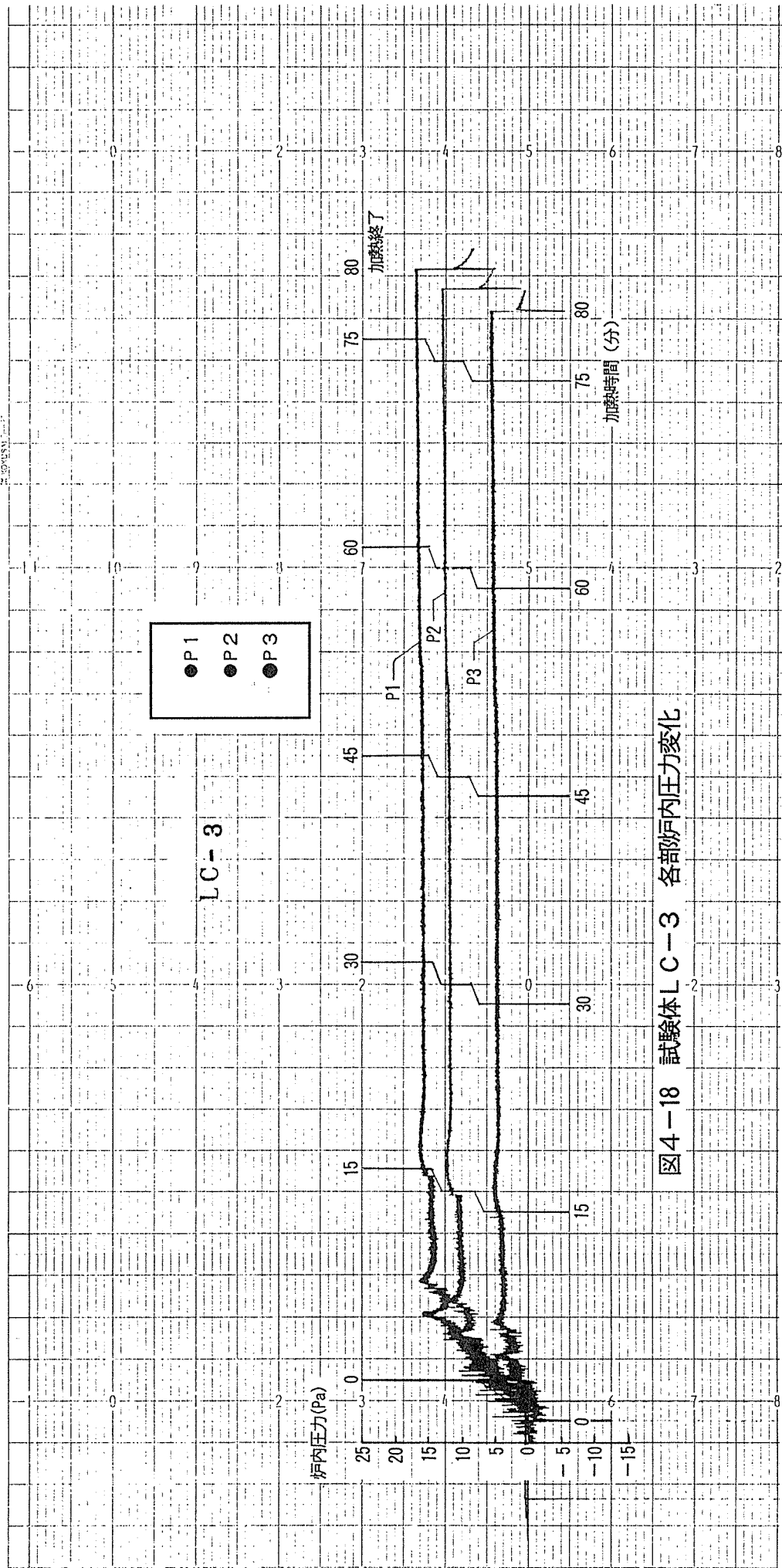


图4-18 试验体LC-3 各部炉内压力变化

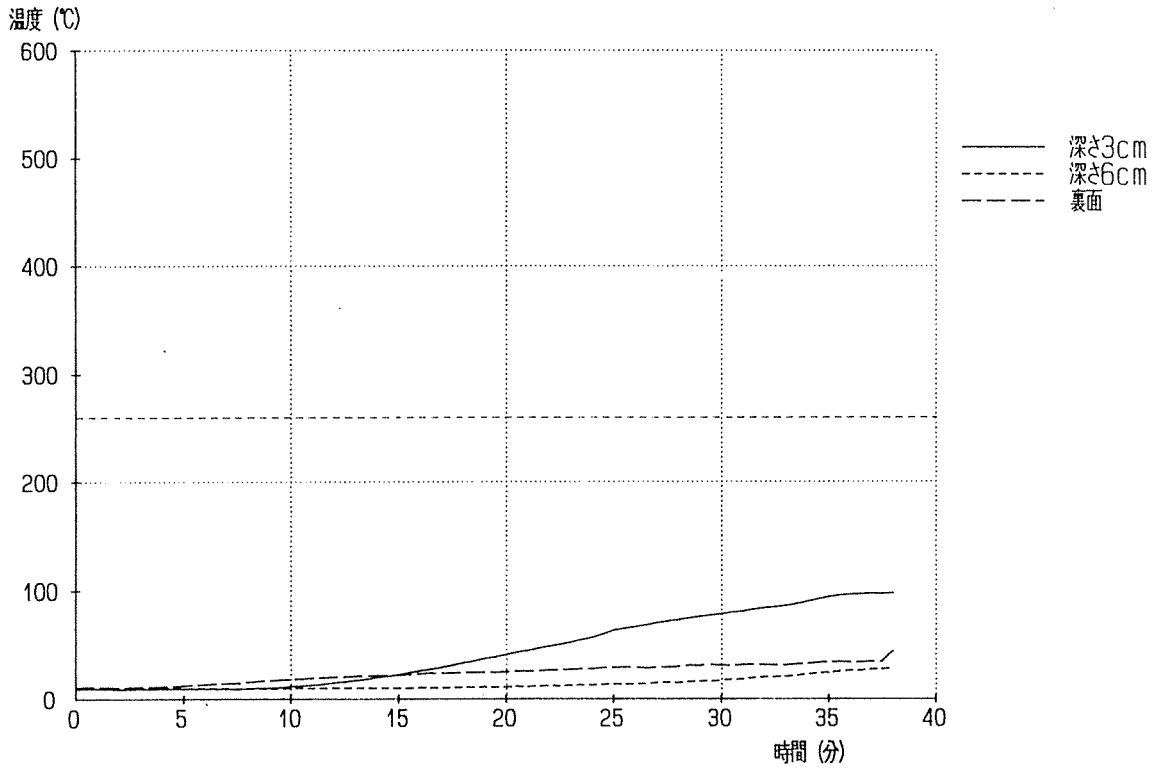


図4-19 試験体LO-1 ログ一般接合部の温度平均

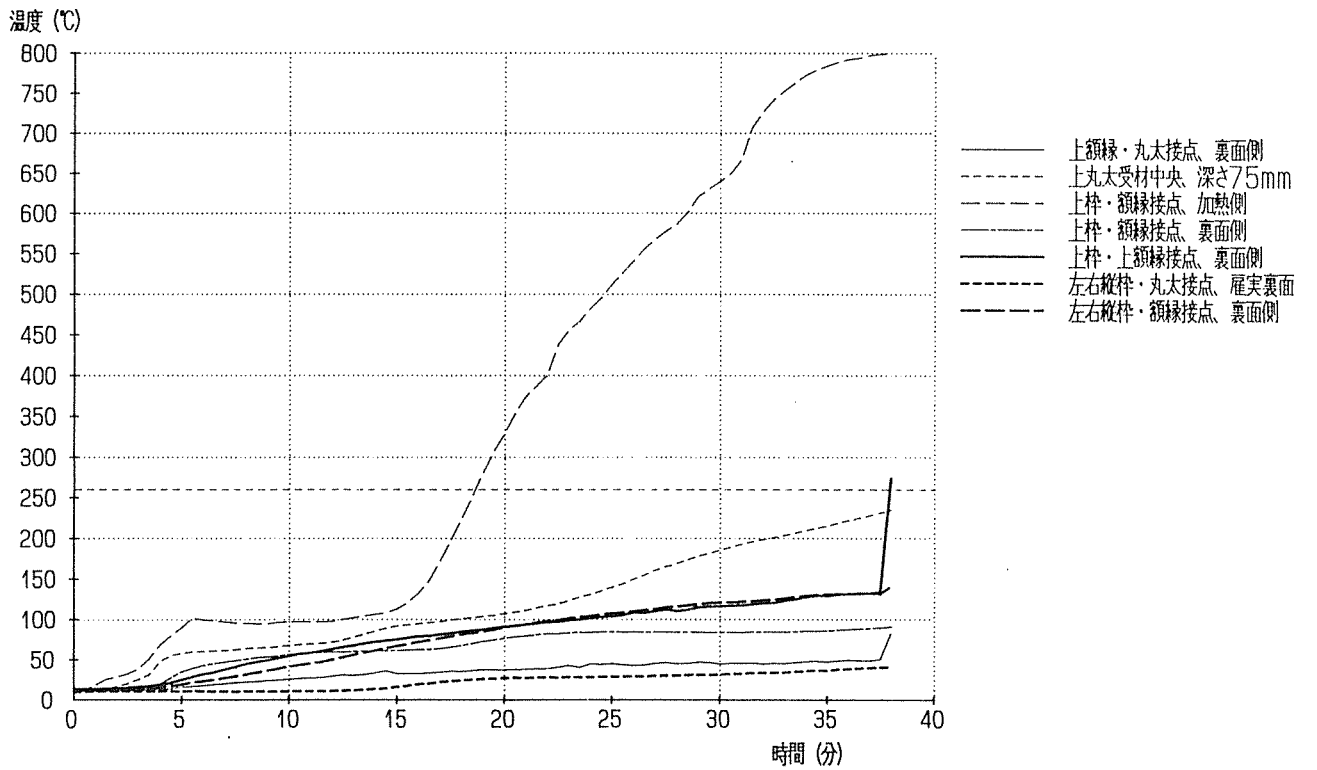


図4-20 試験体LO-1 開口部周辺の温度平均

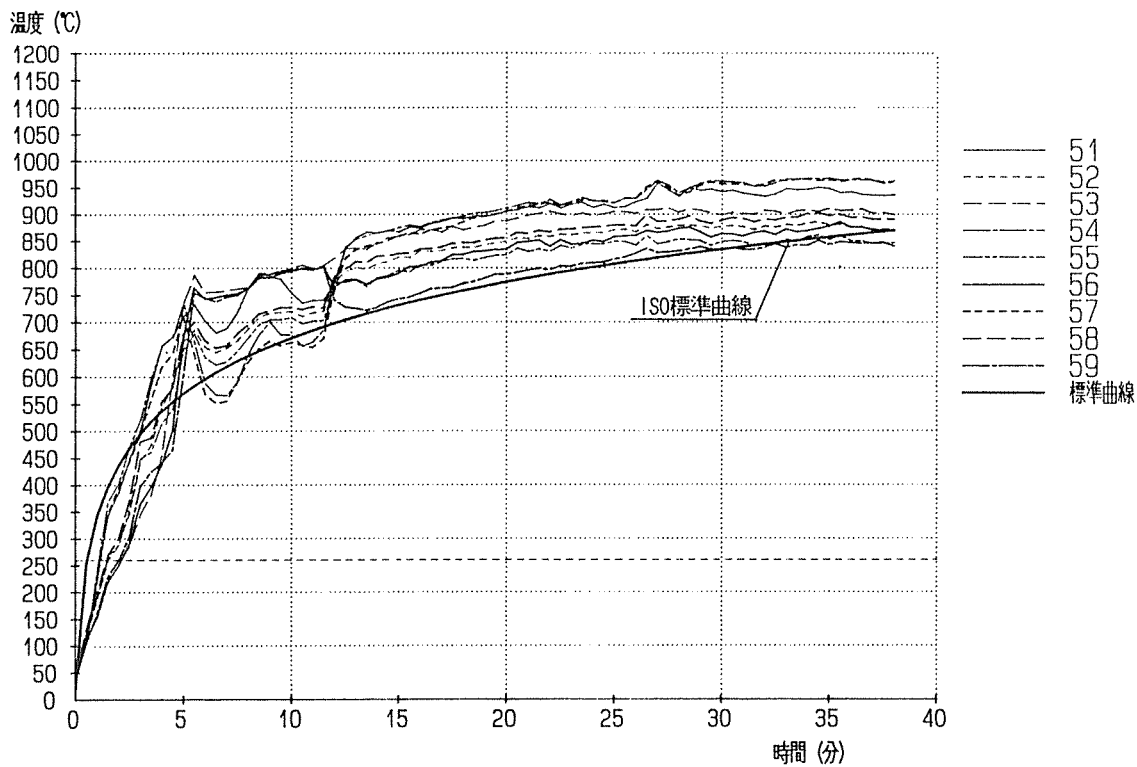


図4-21 試験体LO-1 炉内加熱温度

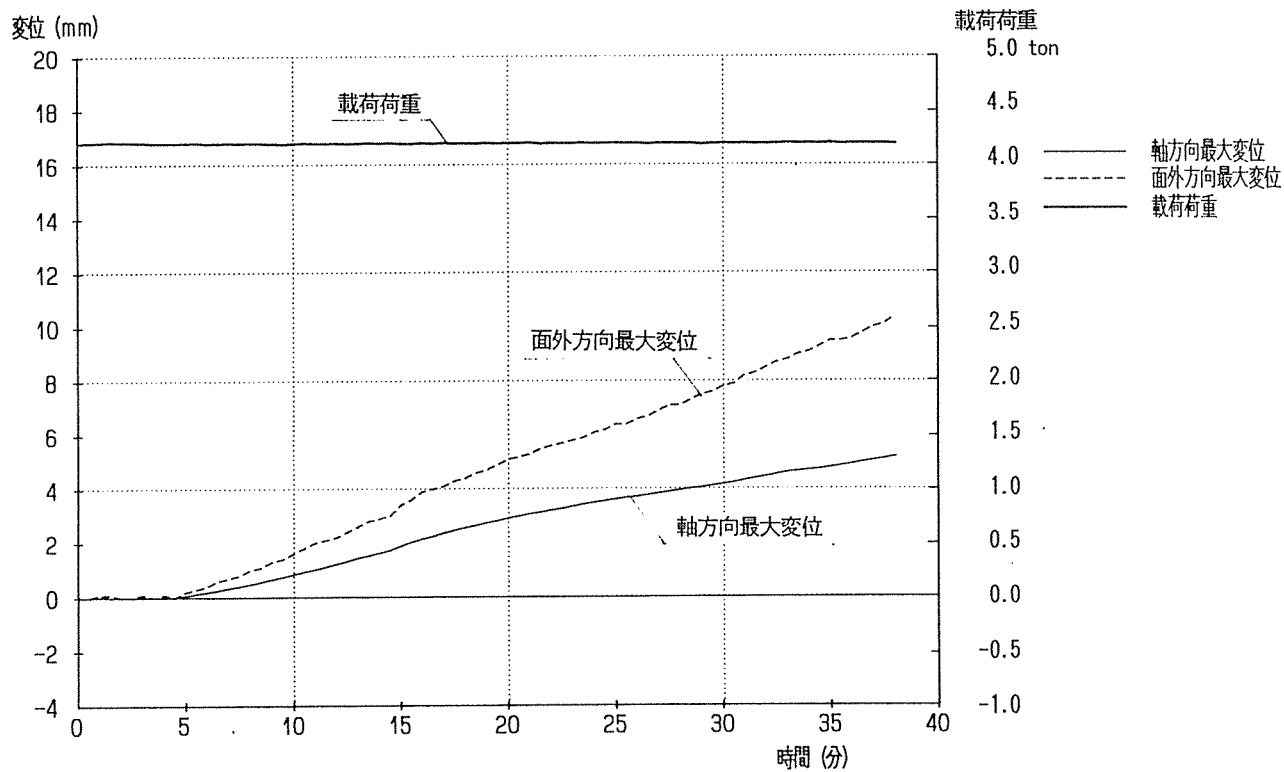


図4-22 試験体LO-1 軸・面外方向変位、載荷荷重変化

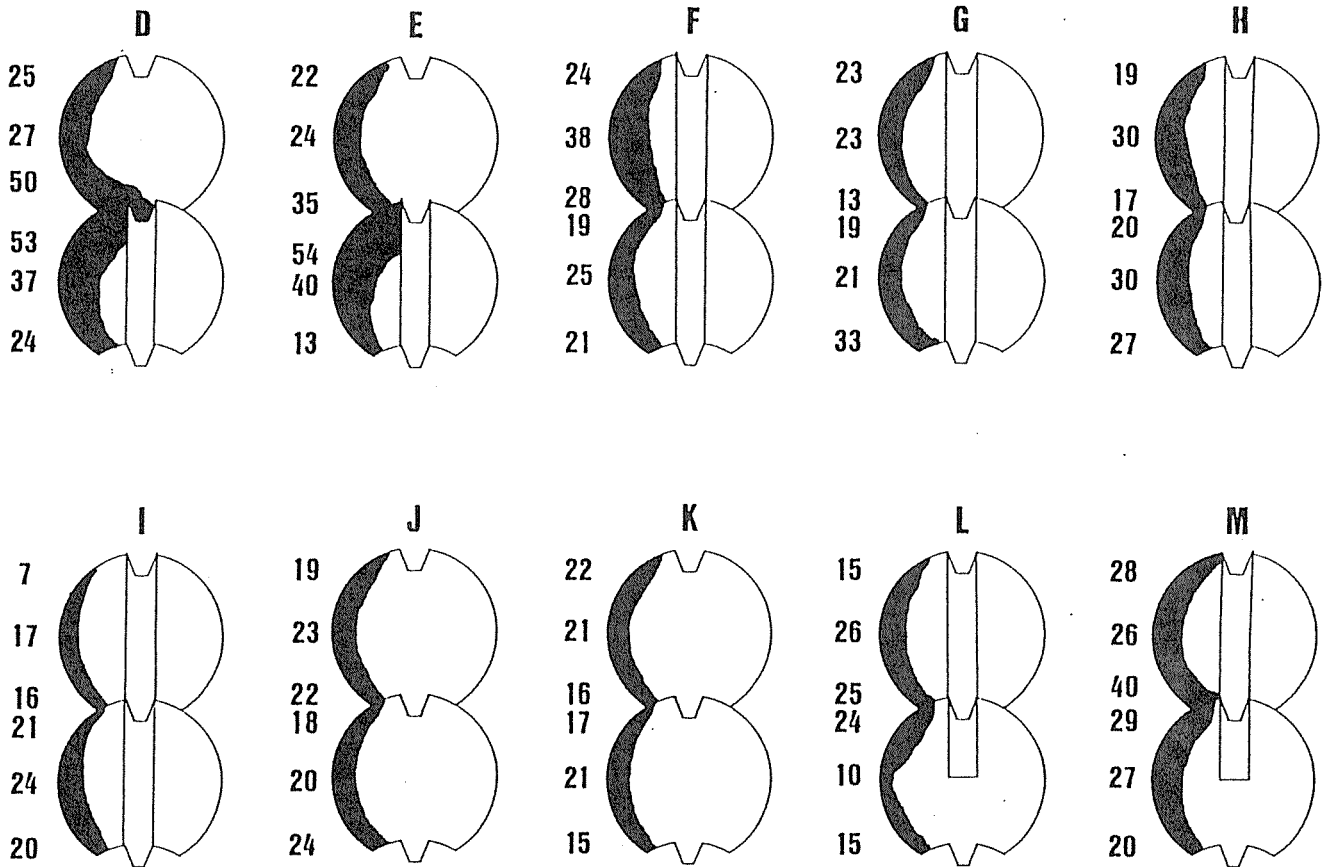
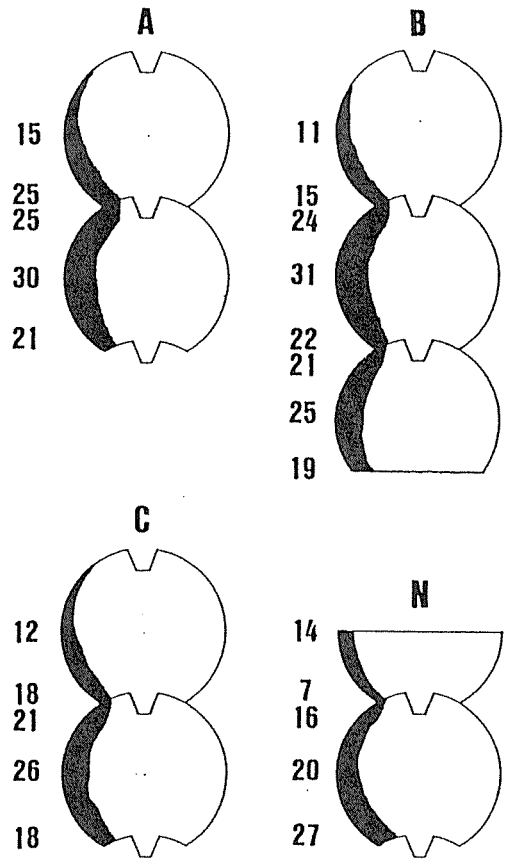
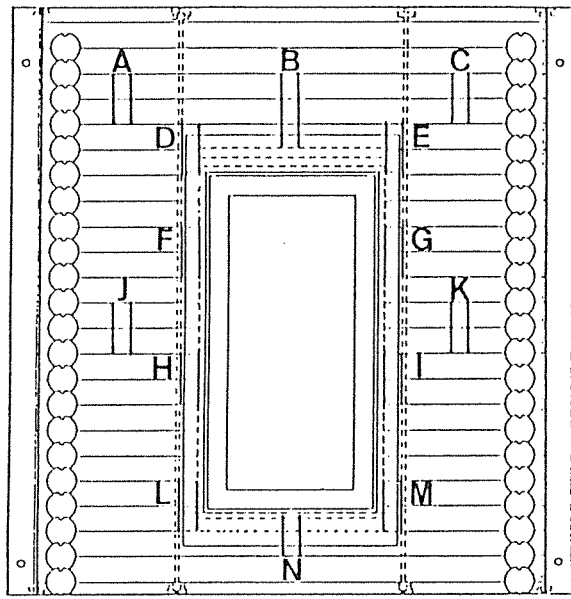
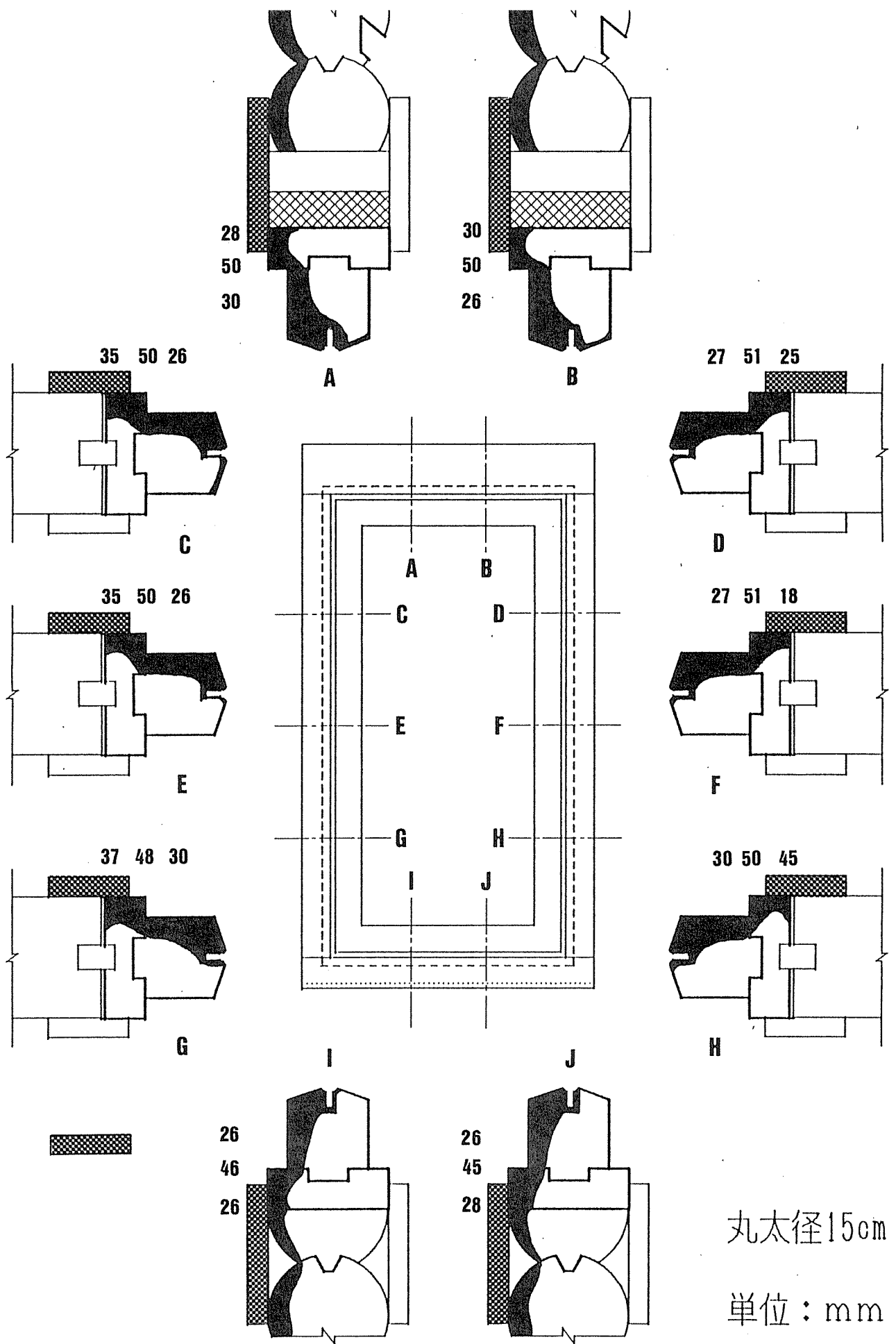


図4-23 試験体LO-1 ログ壁体炭化深さ測定結果



炭化深さ測定結果、額縁が丸太の外側

図4-24 試験体L O-1 開口部周辺炭化深さ測定結果

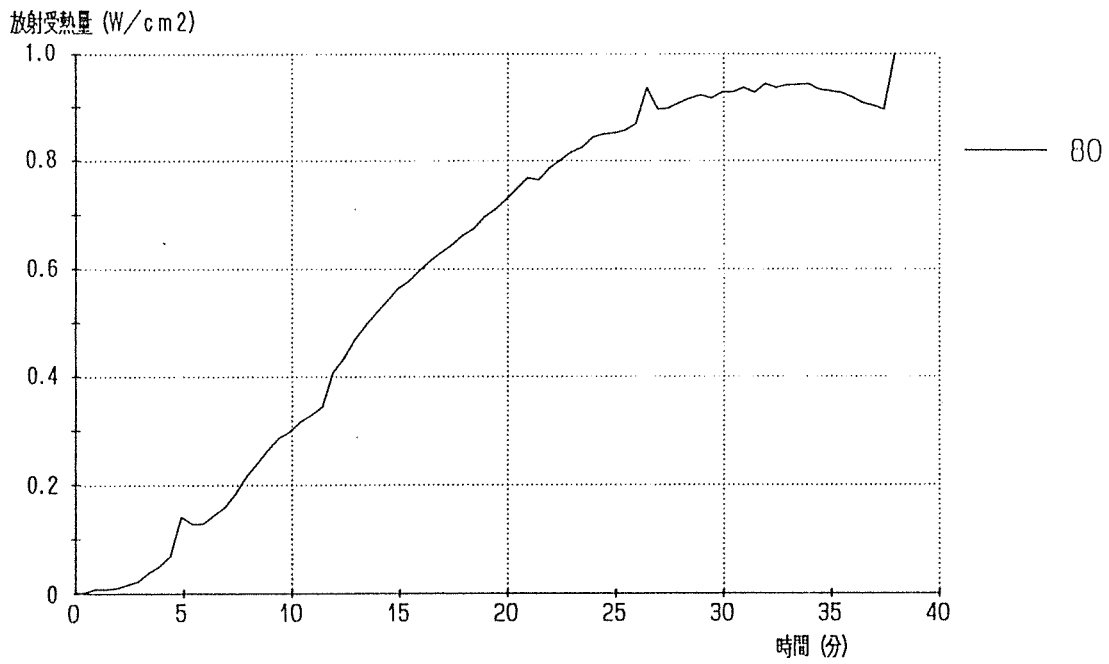


図4-25 試験体LO-1 放射受熱量

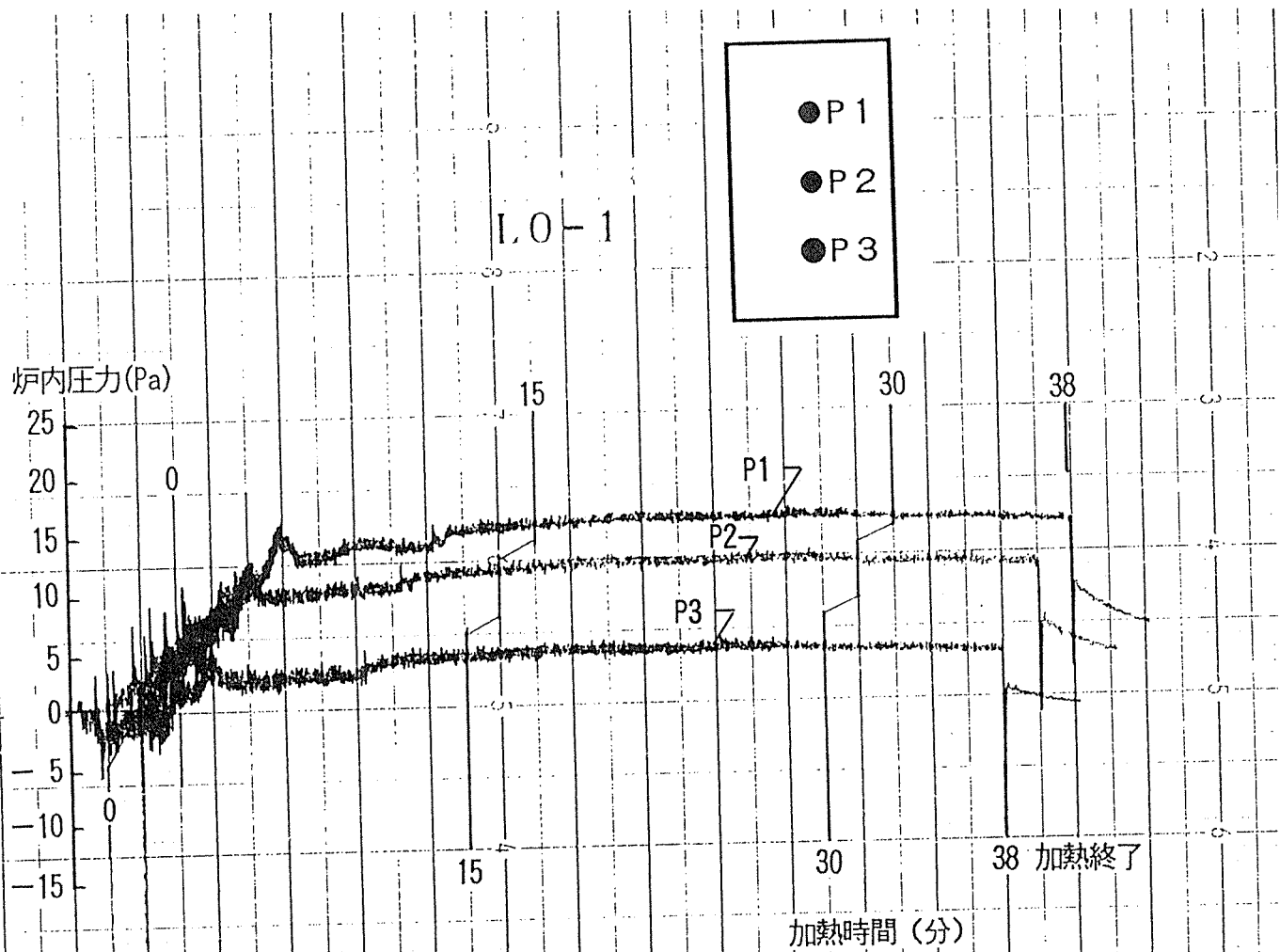


図4-26 試験体LO-1 各部炉内圧力変化

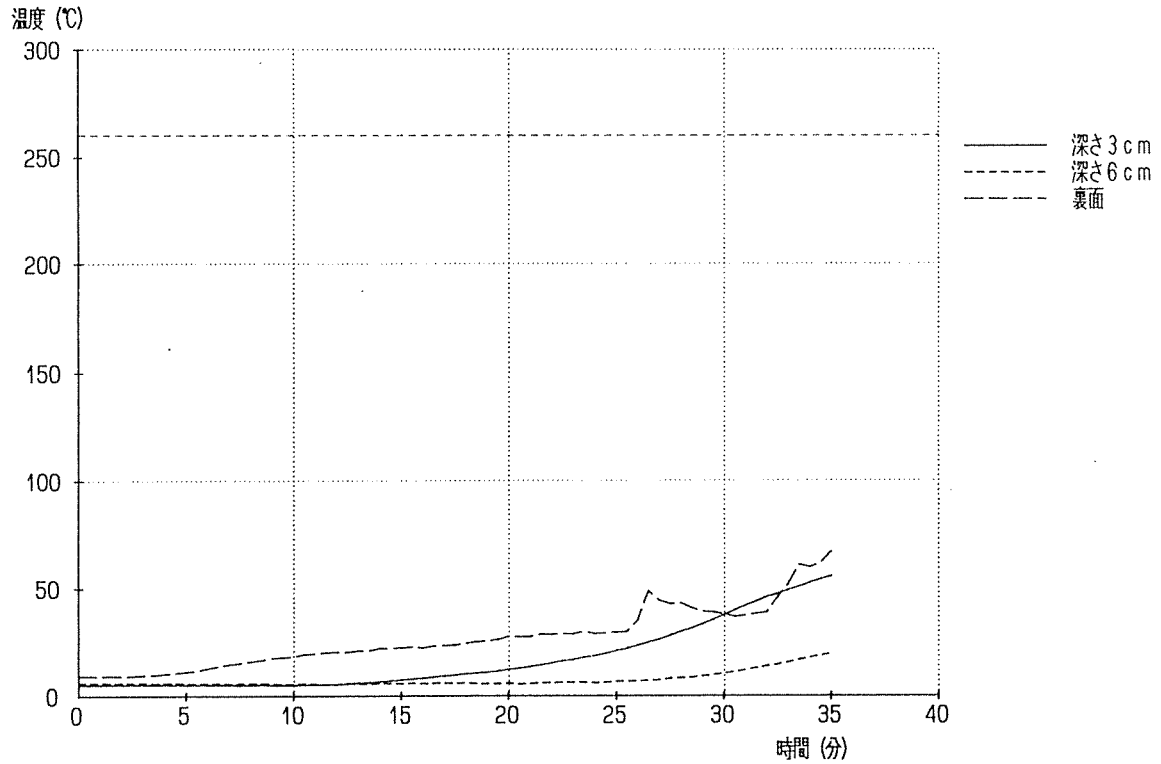


図4-27 試験体LO-2 ログ一般接合部の温度平均

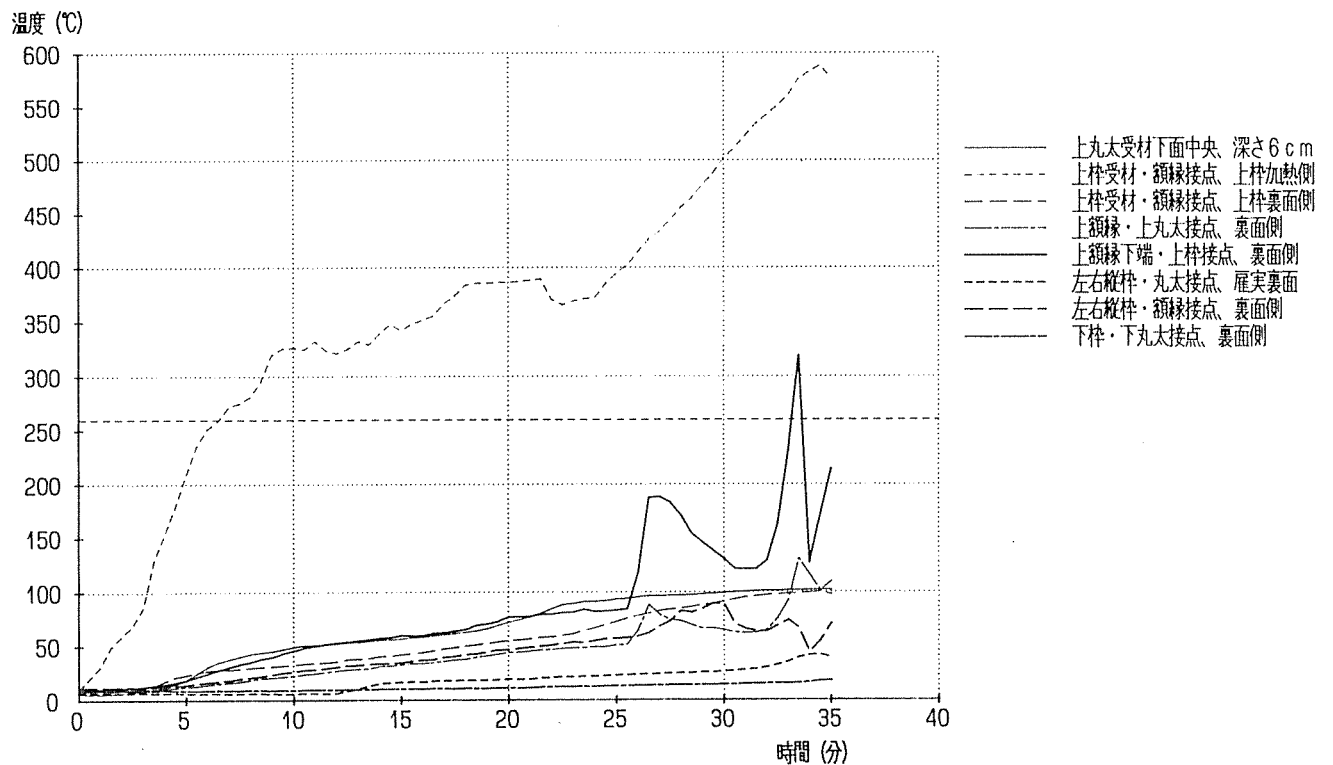


図4-28 試験体LO-2 開口部周辺の温度平均

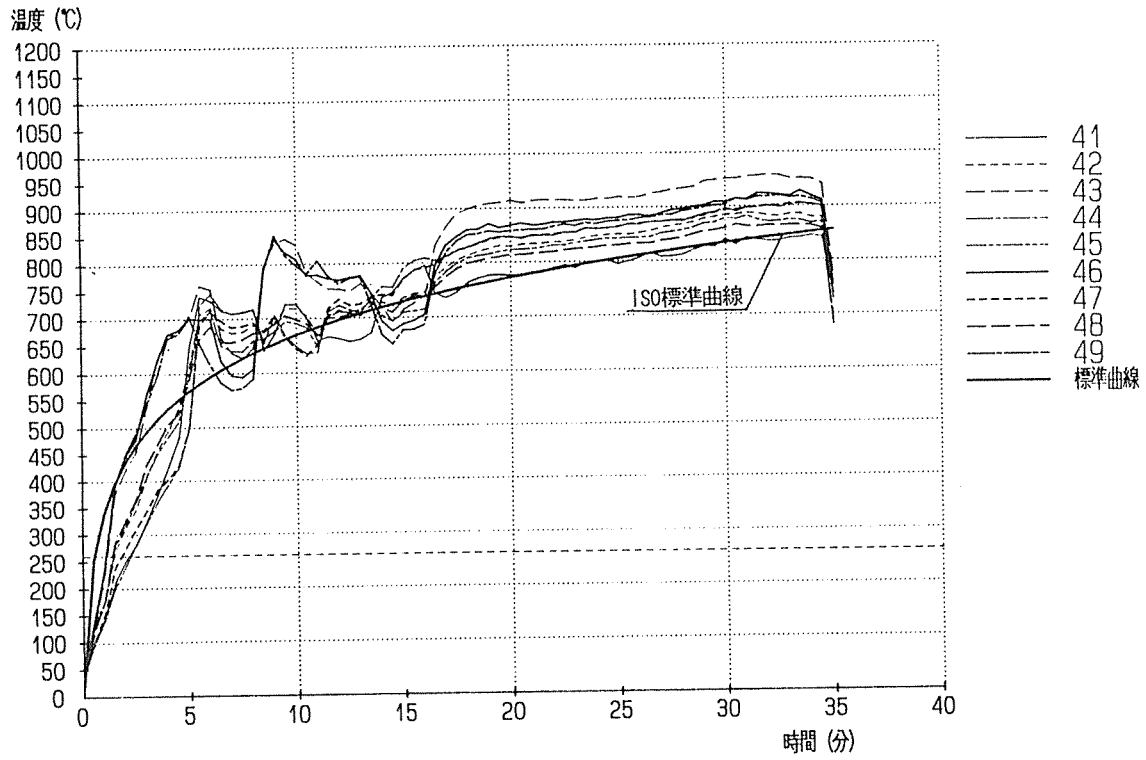


図4-29 試験体LO-2 炉内加熱温度

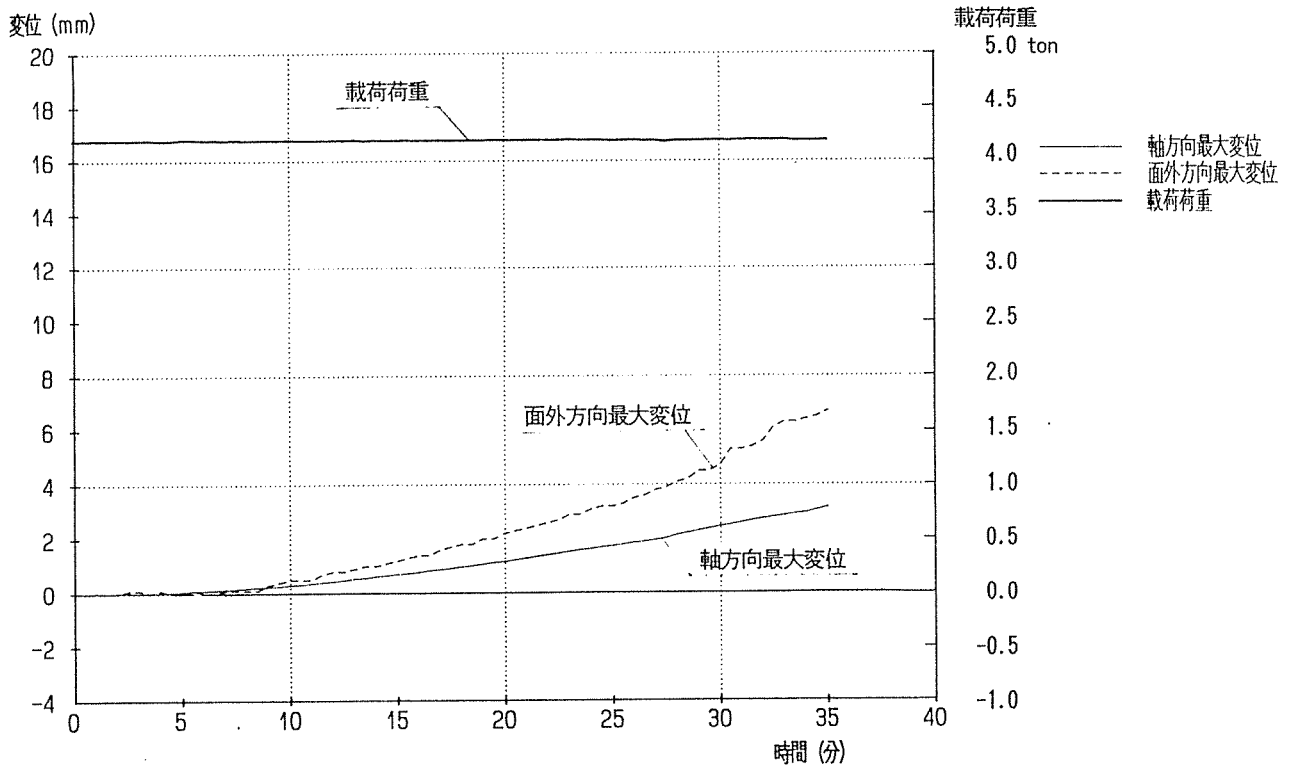


図4-30 試験体LO-2 軸・面外方向変位、載荷荷重変化

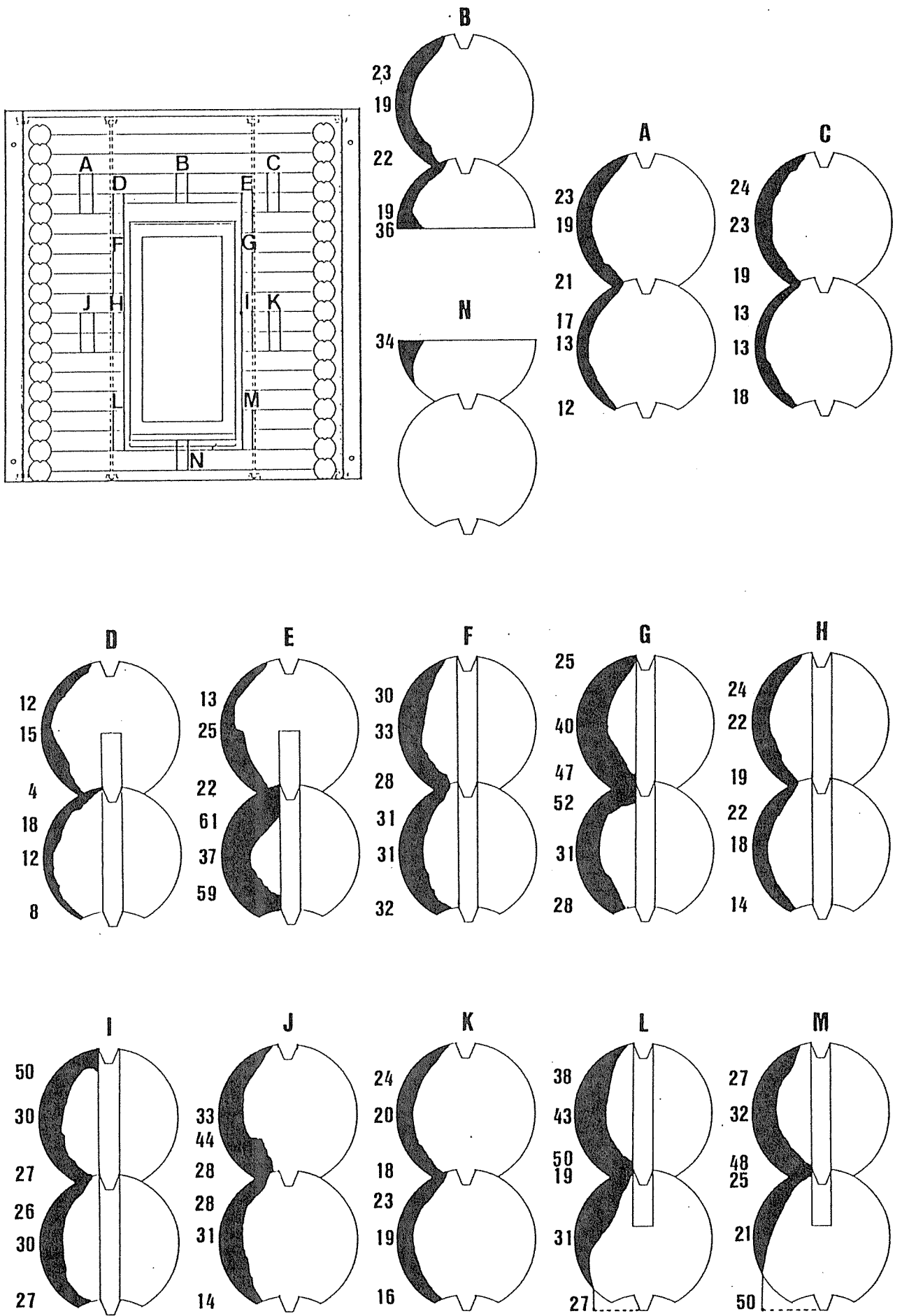
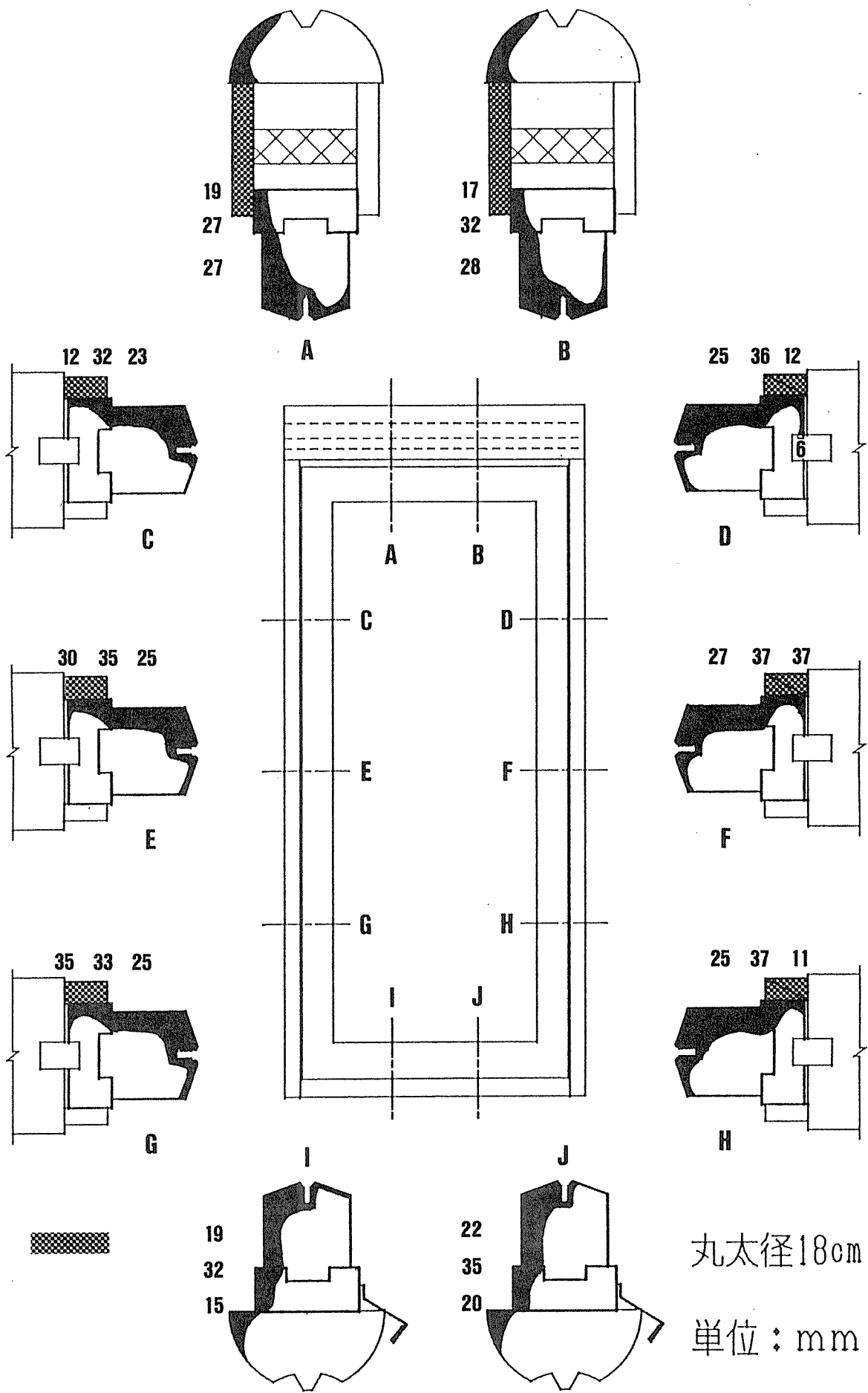


図4-31 試験体L O-2 ログ壁体炭化深さ測定結果



炭化深さ測定結果、額縁が丸太の内側

図4-32 試験体LO-2 開口部周辺炭化深さ測定結果

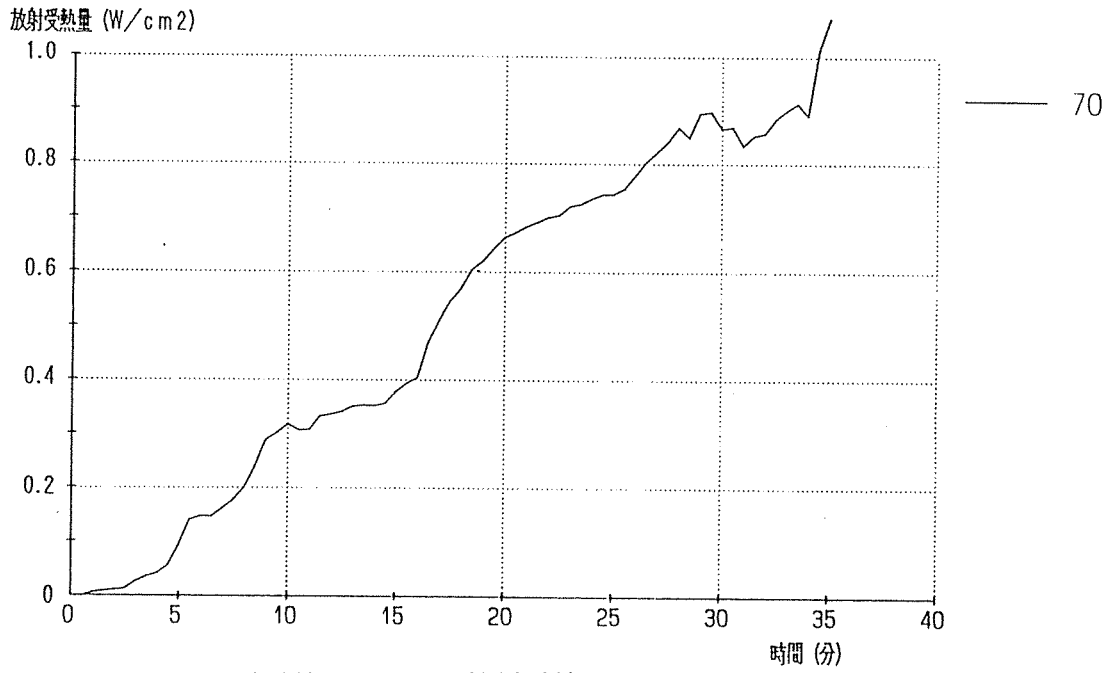


圖4-33 試驗体LO-2 放射受熱量

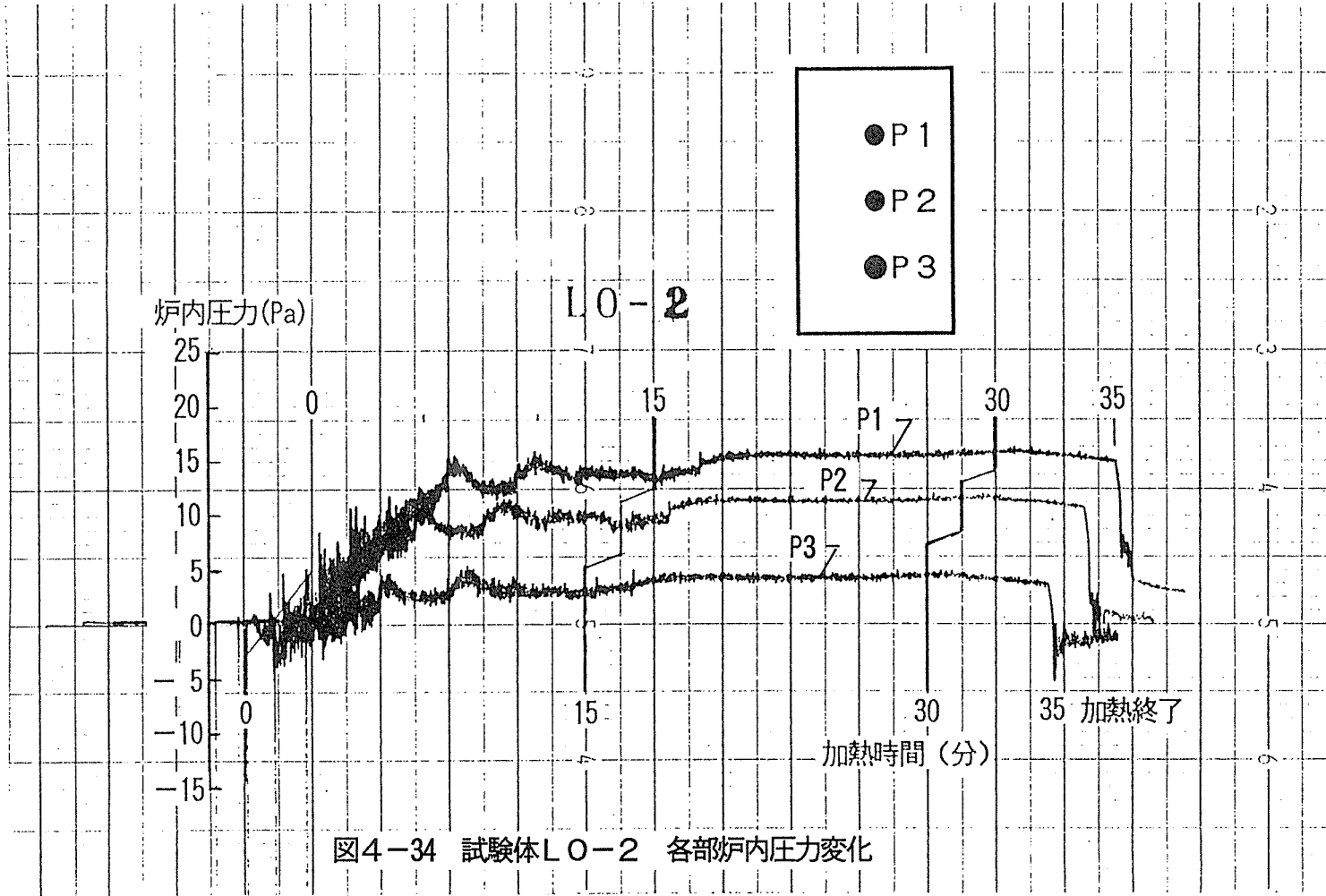


圖4-34 試驗体LO-2 各部炉内压力变化

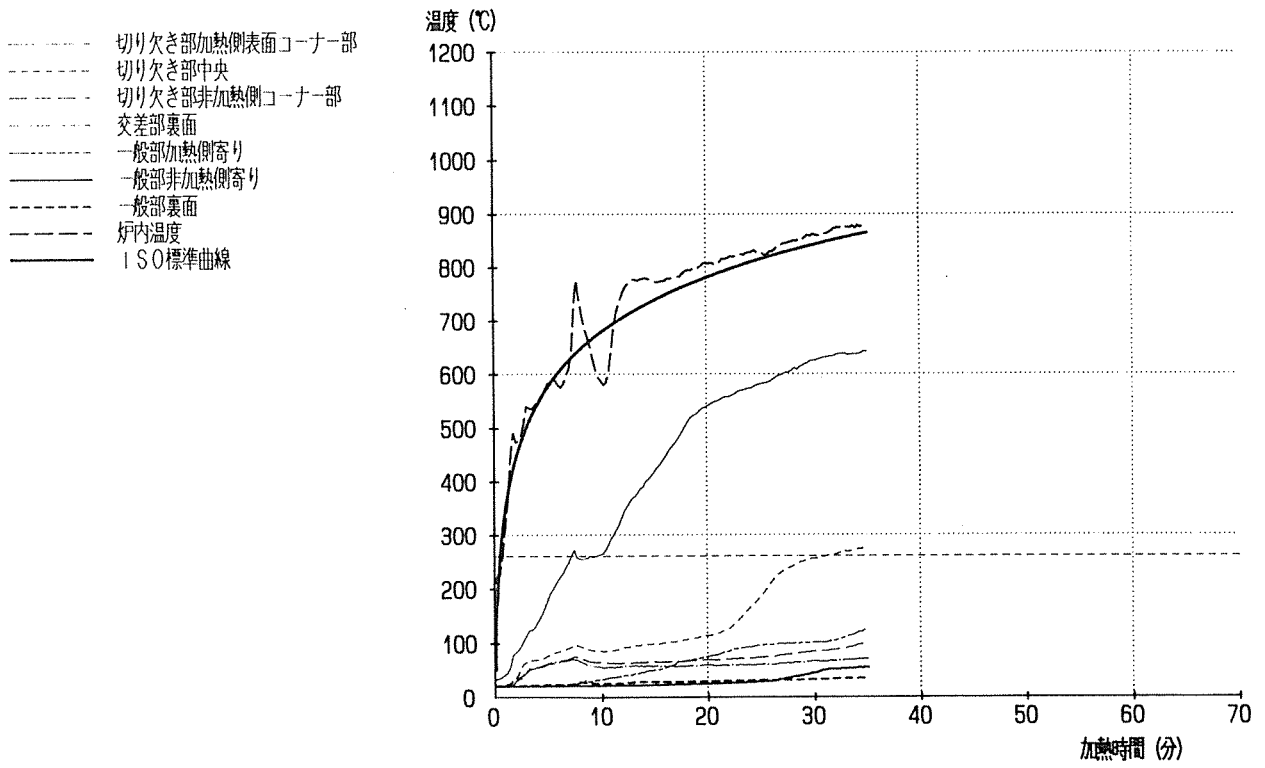


図4-36 試験体記号LK-1 各部温度平均

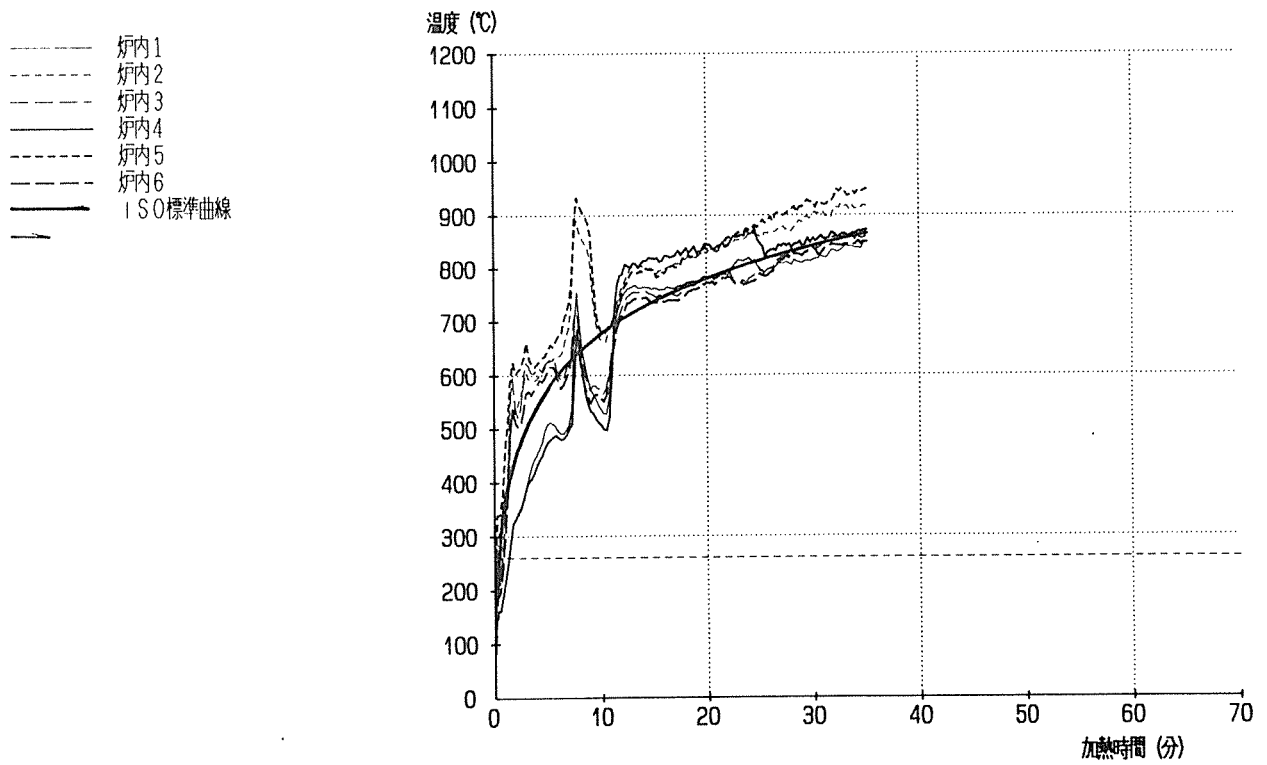
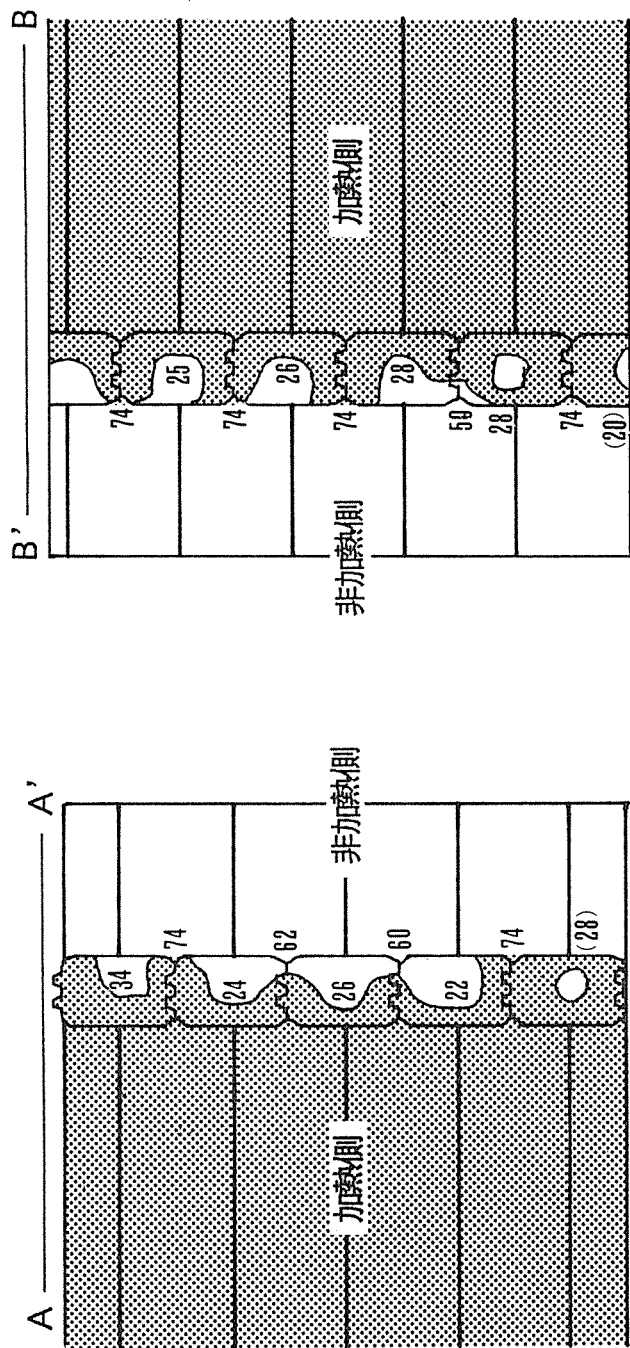


図4-37 試験体記号LK-1 炉内加熱温度




 : 炭化部分
 単位 : mm
 角ログ二枚表
 断面寸法 : 9X15cm
 交差部形状 : 鎌欠き加工

図4-38 試験体記号LK-1 炭化深さ測定結果

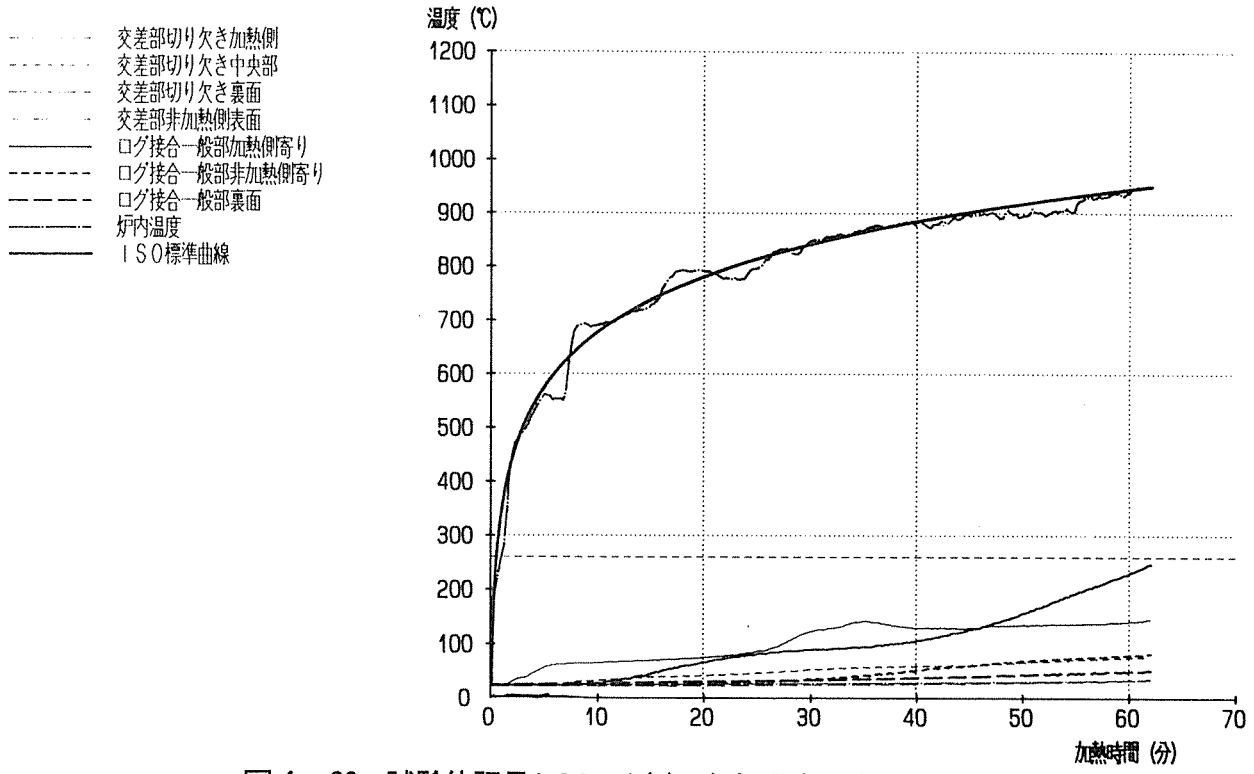


図4-39 試験体記号LM-1(1) 各部温度平均

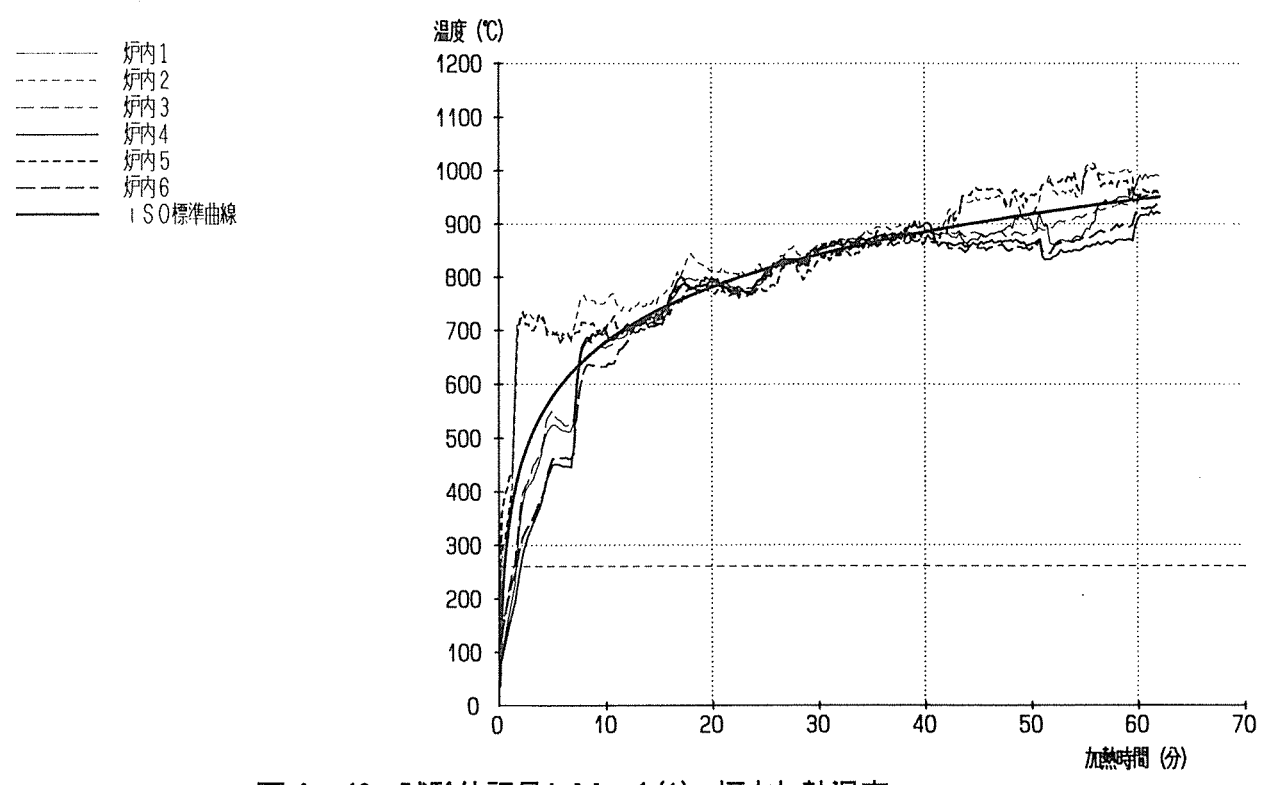
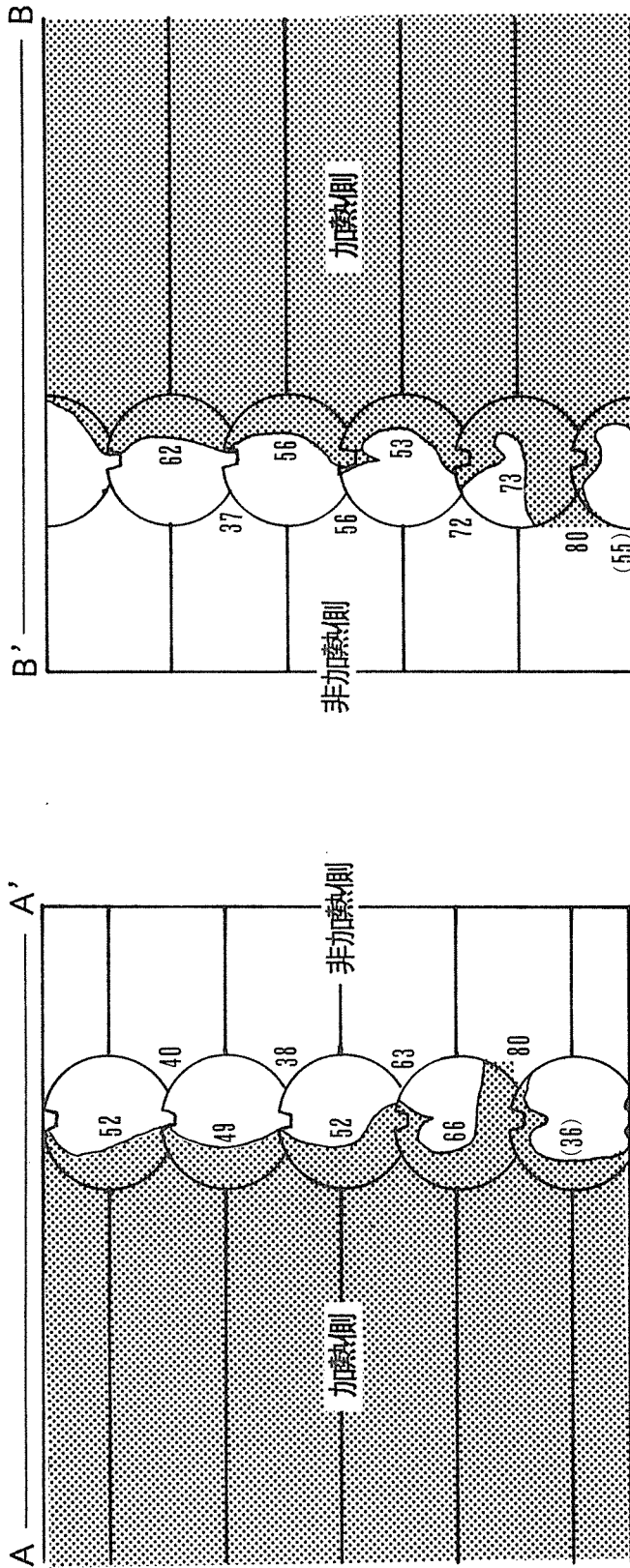


図4-40 試験体記号LM-1(1) 炉内加熱温度



■ : 炭化部分

単位 : mm

丸ログ円弧落とし実加工
 ログ径 : 18cm
 交差部形状 : 鞍型欠き加工
 (通しボルトが交差部の
 外側に位置する仕様)

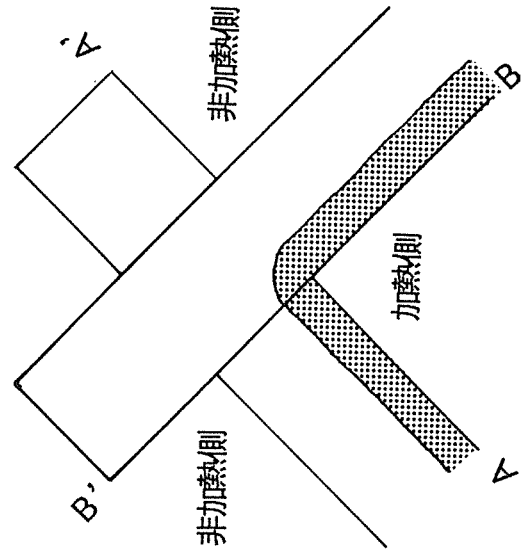


図4-41 試験体記号LM-1(1) 炭化深さ測定結果

- 交差部切り欠き加熱側
- 交差部切り欠き中央部
- 交差部切り欠き裏面側
- 交差部非加熱側丸太接点部表面
- ログ接合一般部加熱側寄り
- ログ接合一般部非加熱側寄り
- ログ接合一般部裏面
- 炉内温度
- ISO標準曲線

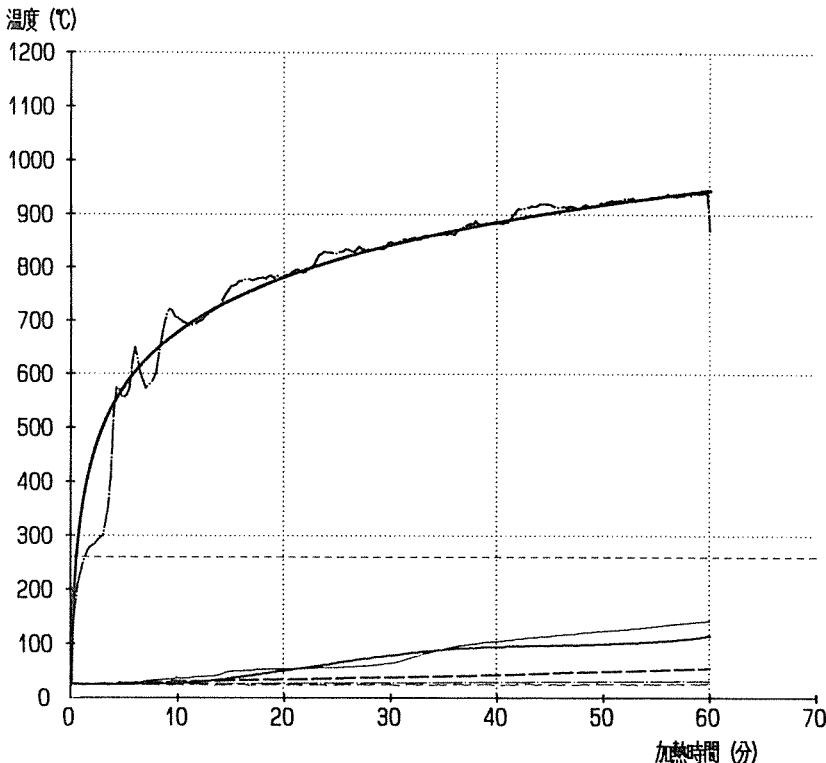


図4-42 試験体記号LM-1(2) 各部温度平均

- 炉内1
- 炉内2
- 炉内3
- 炉内4
- 炉内5
- 炉内6
- ISO標準曲線

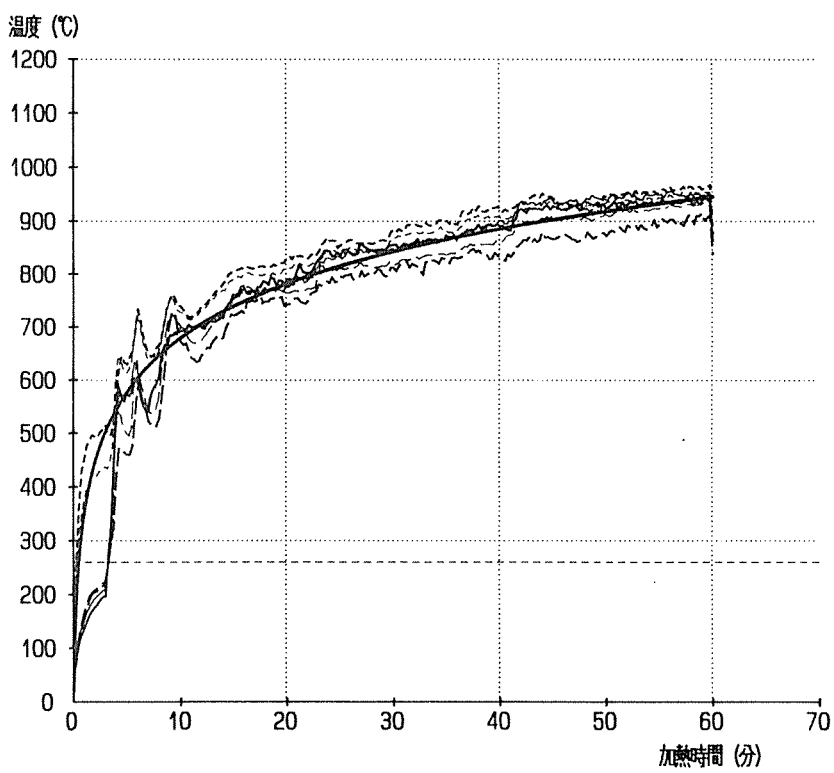
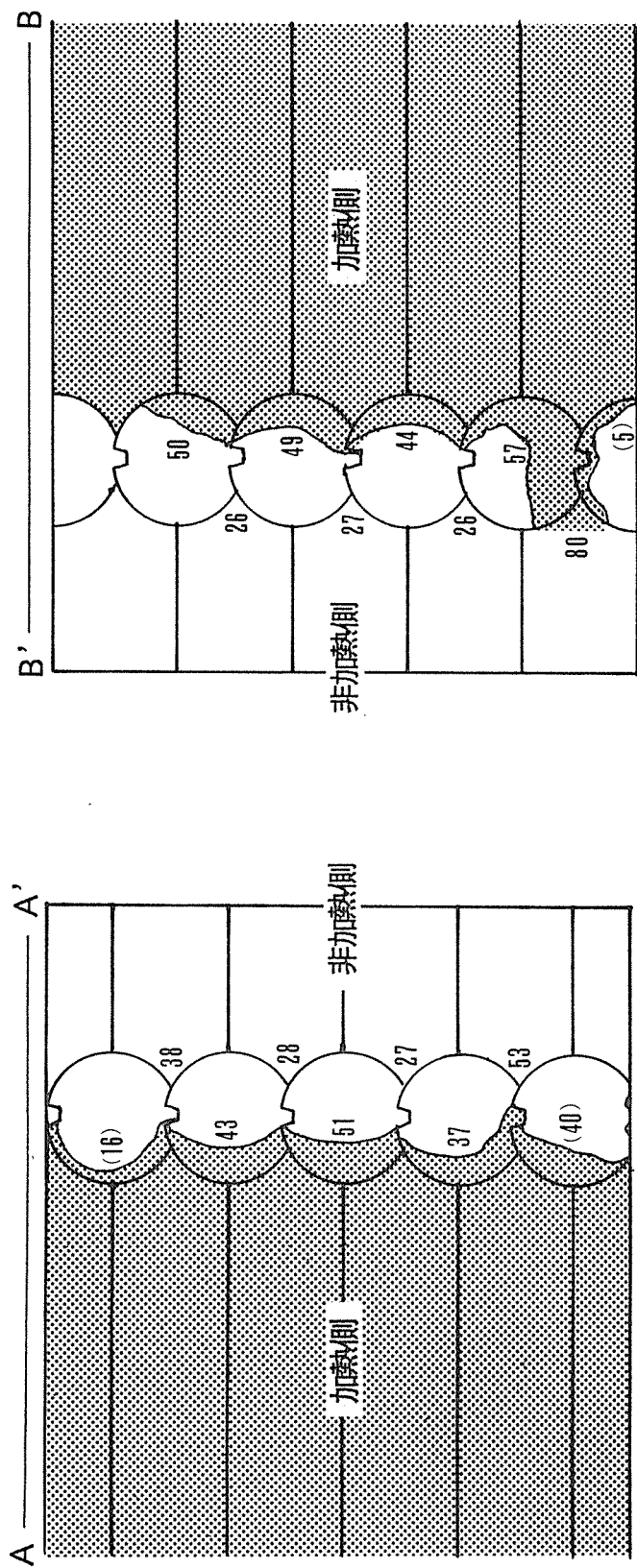


図4-43 試験体記号LM-1(2) 炉内加熱温度



■ : 炭化部分

単位: mm

丸ログ円弧落とし実加工
 ログ径: 18cm
 交差部形状: 鞍型欠き加工
 (通しボルトが交差部の中央に位置する仕様)

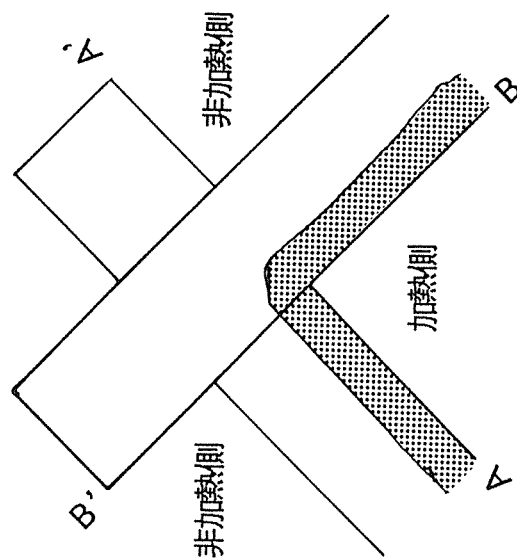


図4-44 試験体記号LM-1(2) 炭化深さ測定結果

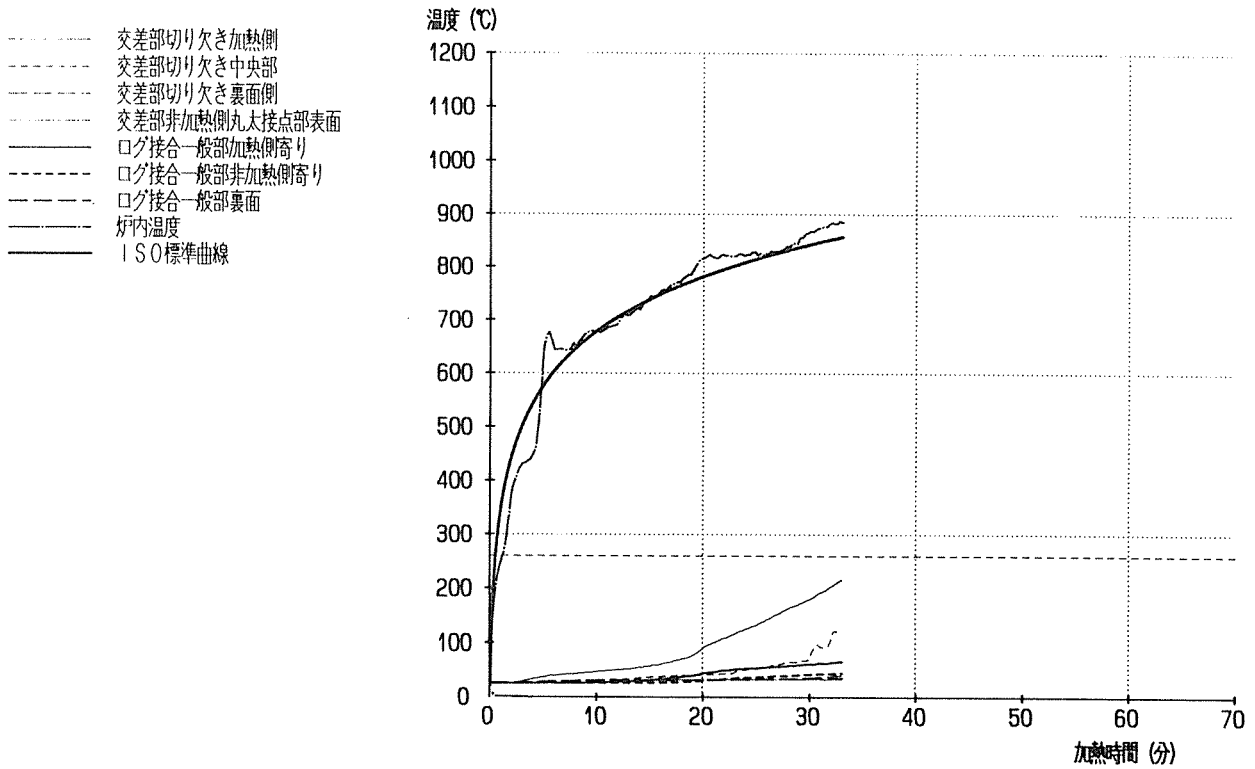


図4-45 試験体記号LM-2 各部温度平均

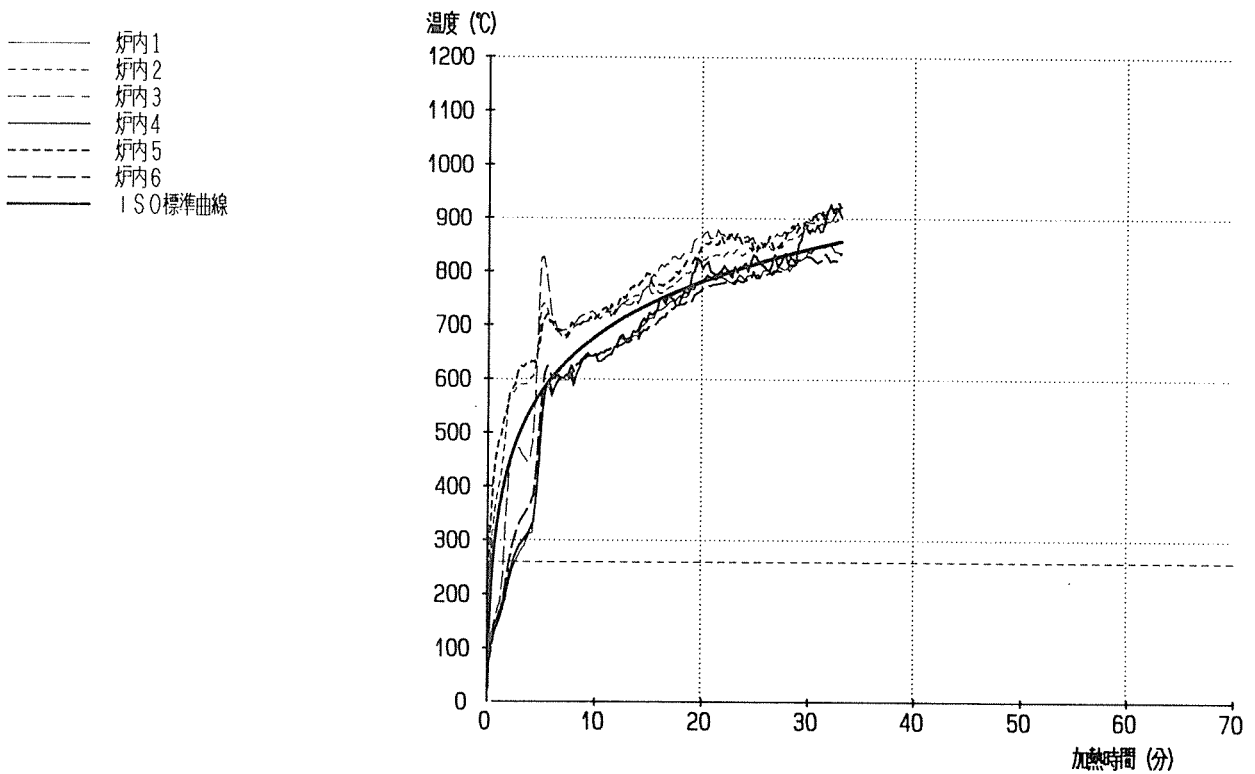
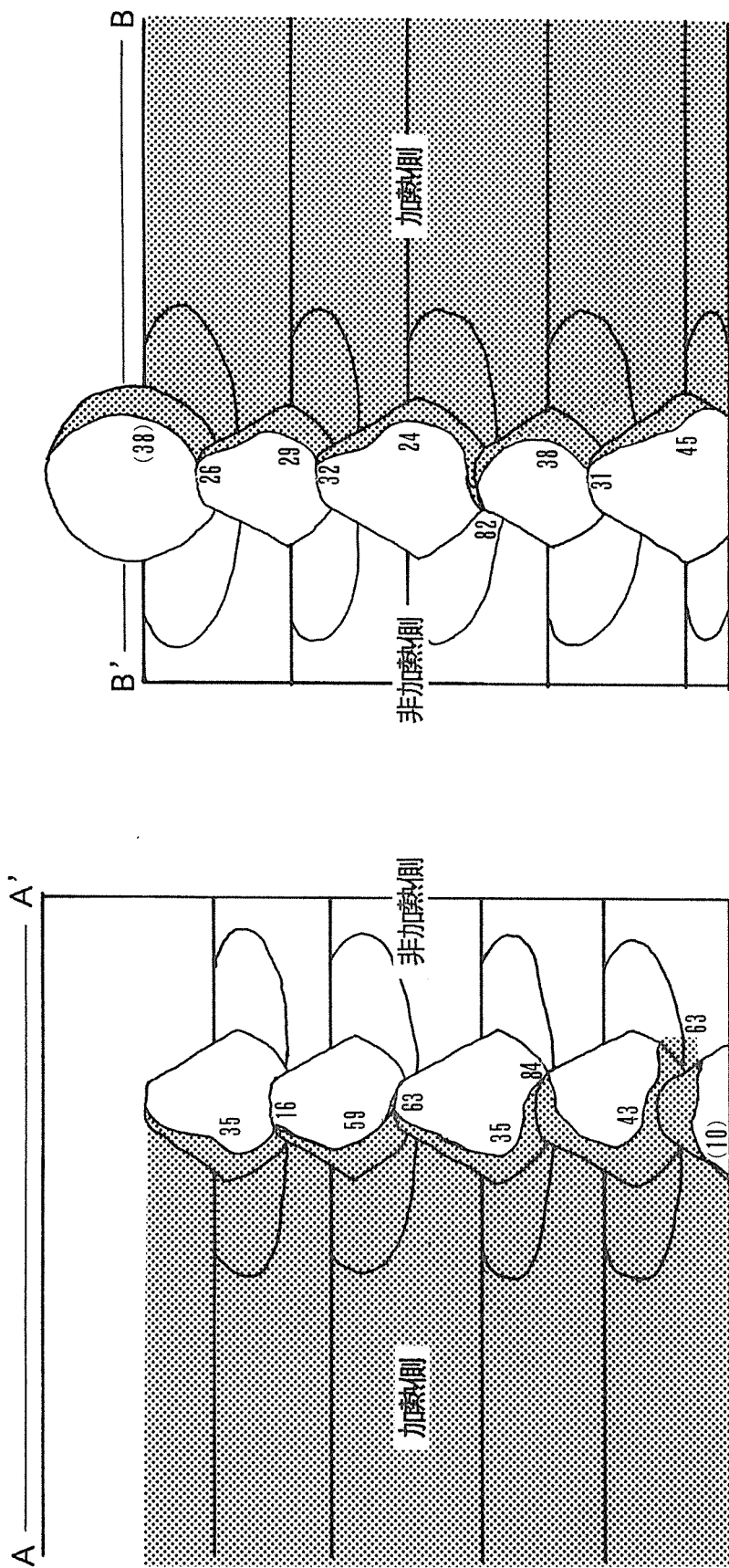


図4-46 試験体記号LM-2 炉内加熱温度



■：炭化部分

単位：mm

天然丸ログ小円弧落とし
 ログ末口径：20~23.5cm
 交差部形状：
 サドルノッチ加工

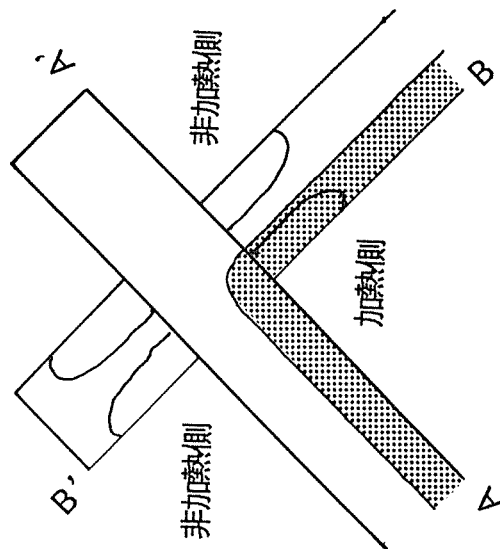


図4-47 試験体記号LM-2 炭化深さ測定結果

5 まとめ

5.1 継ぎ手を含むログ壁体の防火性能について

継ぎ手を含むログ試験体では、LC-1（本実継ぎ手）及びLC-2（腰掛けあり継ぎ手）が80分頃から面外方向への変位が増加し、LC-1は110分に座屈した。LC-2及びLC-3（雇い実継ぎ手）では、79分及び75分半頃に防火処理を行っていない継ぎ手部分で燃え抜けを生じた。加熱終了後のログ一般部分の平均炭化深さはLC-1が40mm、LC-2が29mmであったが、LC-1の変位が上昇し始めた80分頃の炭化深さは、炭化速度からの計算により約29mm程度と推定される。またログ一般接合部では、加熱側から深さ30mm位置の温度は71～81分頃に260℃を超えており、80分の燃焼により約30mm炭化すると考えられる。従って、ログの重なり幅82mmの1/3（約27mm）を超える頃から壁体として荷重の維持が困難となって座屈することが明らかとなった。

ログ一般接合部の平均炭化深さは、加熱終了後の炭化深さの測定結果から毎分0.36～0.37mmで、ログ一般部表面の平均炭化深さは毎分0.54～0.55mmであった。昨年度（平成4年度—無載荷）実施した同様のログ断面形状の平均炭化速度は、ログ一般接合部が毎分0.44mm、ログ一般部表面が毎分0.68mmであり、載荷加熱を行った今年度の方が炭化速度は低下した。これは、ログ壁体が載荷されることによってログ接合部の密着度が向上したこと及び気密材に耐熱ガスケットを用いたことによりログ接合部の燃焼が抑制され、それに伴い上下方向の燃焼も抑制されたことにより、炭化速度が低下したものと考えられる。

また昨年度の実験では、通しボルトのボルト穴を通して試験体上部から煙が漏出し、ログ一般接合部もボルト穴位置から燃え抜けることが確認され、ボルト穴が燃焼拡大に影響することが認められ、防火上の弱点であることが認められた。今年度の載荷加熱試験では、載荷を行うために試験体上部を塞いだこと並びにログ一般接合部に耐熱ガスケットを挿入したため、ボルト穴部分まで燃焼が進行していなかったことにより、ボルト穴が燃焼拡大に影響を及ぼさなかった。

以上の結果、継ぎ手部分や継ぎ手上下のログ一般接合部は、他のログ一般接合部に比べ燃焼が進行しやすい部分であることが昨年度の結果同様確認された。よって、本実験で用いたいずれの形式の継ぎ手においても、継ぎ手周辺部に適当な防火処理を施すことによって非加熱側への火炎貫通を遅延させ、ログ壁体に1時間以上の耐火性能を確保することが可能であると考えられる。

5.2 開口部を含むログ壁体の防火性能について

開口部を含むログ試験体では、いずれもガラスと框との間から燃え抜けて非加熱側に炎が出現し、開口部の耐火性能がそのまま開口部を含むログ壁体の耐火性能となった。ログ壁体は座屈までには至らなかったが、変位の上昇は継ぎ手を含む壁体より早くなる傾向を示した。

加熱側においては、窓額縁の燃焼が3分頃から、脱落が26分頃から始まったため、上枠・額縁・丸太受け材内部にも燃焼が進んだが、その位置からの裏面側への火炎貫通は試験終了まで発生しなかった。しかし、開口部の耐火性能が高ければ燃え抜けが生じる弱点部分であると思われる。

開口部の額縁が丸太材の外側に納まる場合（L0-1）と丸太材の外側に納まる場合（L0-2）の耐火性能上の差は認められなかった。いずれの場合も開口部が30分前後に燃え抜けて非加熱側に炎が拡大したために、窓の納まり部分の内部温度及び非加熱側温度の状況は、明らかとならなかった。

以上の結果、開口部を含むログ壁体は、乙種防火戸に相当する性能の開口部を取り付けた場合、開口部とログ部材との納まり部分が特に弱点とならなかったことが明らかとなった。

5, 3 ログ交差部の防火性能について

ログ交差部試験体においては、いずれの試験体もログ交差部・一般部接点位置で火炎が貫通し、交差部が防火上の弱点であることが明らかとなった。

角ログ二枚実・鎌欠き加工交差部では、25分頃に燃え抜けが生じ、無載荷で耐火加熱を行ったログ壁体の耐火性能（平成4年度実施、耐火性能約97分）より大きく劣ることが明らかとなった。ログ交差部内部の加熱側端部の温度が最高で4分頃に260℃を超えていることから、交差部の内部への燃焼は比較的早い時期に発生していると考えられる。これは交差部内部は防火的処置を施していないことや部材寸法が小さい（9X15cm）ことから交差部の断面欠損部分が大きいために、容易に非加熱側に燃え抜けたものと考えられる。また交差部は他の一般部分に比べて炭化が大きくなっており、防火的処置を施すことが必要であることが明らかとなった。

丸ログ円弧落とし実加工・鞍型欠き加工交差部では、54分から59分頃に燃え抜けが生じ、無載荷で耐火加熱を行ったログ壁体の耐火性能（平成4年度実施、耐火性能約75分）に比べて低下することが明らかとなったが、ある程度の防火的処置を行うことで60分以上の性能を確保できると思われる。また通しボルトが交差部の外側に位置する場合と交差部の中央に位置する場合との比較では、約6分程後者の方が早くなることから、交差部の外側に通しボルトを位置することが耐火性能上多少有利になると思われる。またログ交差部の燃焼経路は、いずれも鞍型に欠き込んだ部分の最短距離を通過して非加熱側に燃え抜けており、交差部中央の炭化は認められなかった。従って、欠き込み部分に部分的な防火的処置を行うことにより耐火性能はより向上するものと思われる。

天然丸ログ小円弧落とし・サドルノッチ加工交差部では、燃え抜けが30分頃に生じ、断面が大きい（径20～25cm）にもかかわらず耐火性能が低いことが認められた。温度測定状況及び炭化測定状況から、交差部の燃焼はログの欠き込み部分の最短距離を通過して非加熱側に燃え抜けているが、交差部中央の炭化も認められ、交差部の隙間が鞍型欠きに比べて大きかったものと考えられる。またログ一般接合部においても炭化の進行が早い部分があり、手加工による加工精度が機械加工に比べて低いために燃え抜けに影響しているものと考えられる。

以上の結果、ログ交差部の耐火性能を向上させるためには、

- ① ログの取り合い部分の幅を大きくとること、
 - ② ログ交差部内の燃焼を抑えるために、防火性の材料を挿入すること、
 - ③ ログ交差部内の隙間をできるだけ少なくするように加工すること、
- 等が必要であることが明らかとなった。

6 これまでの結果と今後の検討課題

平成4年度と平成5年度の開発実験により、主として以下のことが明らかとなった。

- ① 防火構造を想定した防火2級加熱試験では、(ログ断面が)1枚実加工の角ログ及び小円弧落とし加工の丸ログによって組み立てられた壁構造は、加熱終了後も燃え抜けが認められず、防火構造に相当する性能を有することが認められた。また円弧落とし実加工の丸ログによって組み立てられた壁構造は、試験終了時まで継ぎ手部分からの燃え抜けが認められたが、継ぎ手部分に適した防火処理を施すことによって、防火構造に相当する性能を有することが可能であると考えられる(平成4年度実験結果)。
- ② 耐火加熱試験では、1枚実加工の角ログ及び小円弧落とし加工の丸ログの場合には、いずれも60分以上の耐火性能を示した(平成4年度実験結果)。また円弧落とし実加工の丸ログの場合は60分前に継ぎ手部分から燃え抜け、継ぎ手部分の防火処理を行うことが重要であることが明らかとなった(平成4、5年度実験結果)。
- ③ ログの継ぎ手部分は防火上の弱点となるために、継ぎ手の種類と処理方法を検討することが必要であることが明らかとなった(平成4年度実験結果)。そこで丸太組工法の住宅金融公庫工事共通仕様書に記載されている3種類の継ぎ手を組み込んだ壁試験体の載荷加熱試験では、いずれも60分以上の耐火性能を有し(火炎貫通はいずれも防火処理を施していない継ぎ手部分)、継ぎ手部に防火処理を施した部分の燃焼は、他のログ一般部と比べても著しい燃焼は発生しなかった(平成5年度実験結果)。また継ぎ手を含む壁構造では、継ぎ手に接する上下のログ部材の燃焼が大きくなることが認められ、ログの継ぎ手を行う場合は継ぎ手に接する部材も含めて防火的な措置を行うことが必要であると考えられる(平成5年度実験結果)。
- ④ 通しボルト用の穴は(背割り等の)ログ接合部の隙間ともつながり、接合部分にまで燃焼が進むと、通しボルトの穴を通して熱や煙が広がる恐れがあるため、ボルト穴の周辺部には断熱材等を充填することが必要であると考えられる(平成4、5年度実験結果)。
- ⑤ 開口部を含む壁構造において、開口部の壁への納まり部分は、30分程度の耐火加熱に対して特に弱点とならなかった。しかし、開口部周辺の防火的な処理方法は、類焼防止に対して特に重要であり、開口部の性能が高い場合の壁との納まり部分の燃焼状況の確認が必要であると考えられる。また外部から加熱された場合の性能は明らかでないため、この場合の検討も今後必要であると考えられる(平成5年度実験結果)。
- ⑥ 壁交差部については、角ログの鎌欠き加工交差部及び丸ログのサドルノッチ加工交差部の耐火性能は30分以下であった。壁一般部分が1時間以上の耐火性能を有していても、壁の交差部から燃え抜ければ延焼の危険性が高くなるので、交差部分の防火的な処理方法を検討する必要があると考えられる(平成5年度実験結果)。

参 考 資 料

1. 温度測定結果

各試験体の同一深さの温度変化、放射受熱量変化、荷重変化、軸方向・面外方向変位を、別図1-1～別図9-7に示す。

試験体記号	LC-1	別図1-1	～	別図1-14
試験体記号	LC-2	別図2-1	～	別図2-15
試験体記号	LC-3	別図3-1	～	別図3-15
試験体記号	LO-1	別図4-1	～	別図4-12
試験体記号	LO-2	別図5-1	～	別図5-13
試験体記号	LK-1	別図6-1	～	別図6-7
試験体記号	LM-1(1)	別図7-1	～	別図7-7
試験体記号	LM-1(2)	別図8-1	～	別図8-7
試験体記号	LM-2	別図9-1	～	別図9-7

各試験体の任意時間ごとの同一深さの温度、荷重、軸方向・面外方向変位、放射受熱量を、別表1-1～別表9-11に示す。

試験体記号	LC-1	別表1-1	～	別表1-20
試験体記号	LC-2	別表2-1	～	別表2-21
試験体記号	LC-3	別表3-1	～	別表3-21
試験体記号	LO-1	別表4-1	～	別表4-19
試験体記号	LO-2	別表5-1	～	別表5-20
試験体記号	LK-1	別表6-1	～	別表6-11
試験体記号	LM-1(1)	別表7-1	～	別表7-11
試験体記号	LM-1(2)	別表8-1	～	別表8-11
試験体記号	LM-2	別表9-1	～	別表9-11

2. 観察記録

各試験体の試験時の観察記録を、別表観-1～9に示す。

試験体記号	LC-1	別表観-1
試験体記号	LC-2	別表観-2
試験体記号	LC-3	別表観-3
試験体記号	LO-1	別表観-4
試験体記号	LO-2	別表観-5
試験体記号	LK-1	別表観-6
試験体記号	LM-1(1)	別表観-7
試験体記号	LM-1(2)	別表観-8
試験体記号	LM-2	別表観-9