

平成4年度農林水産省補助事業

地域材住宅部材化促進総合対策事業

中層木造住宅部材開発事業

木造区画部材開発事業

報 告 書

平成5年3月

財団法人 日本住宅・木材技術センター

平成4年度 地域材住宅部材化促進総合対策事業
中層木造住宅部材開発事業－木造区画部材開発事業報告書

－木造住宅部材（壁体）の耐火性能開発実験－

目 次

1. 開発目的	1
2. 実施内容	3
3. 試験体	4
4. 試験方法	19
5. 試験結果	29
6. 結果のまとめ	49
7. 今後の検討課題	53
参考資料	108

1. 開発目的

木質材料の性質としては、吸放湿性、断熱性等と共に木材から得られる安心感、柔らか味、温か味等があり、木質材料を建物の内装だけでなく外装にも用いた町並みは快適な居住環境を提供できうと思われている。しかし、木質材料は可燃材料という防火上は著しく不利な特徴を有しており、これを建物の内外装に用いる場合には火災が発生した時に外部への延焼を防止し、隣棟火災に対して類焼を防止する性能を有することが都市の防火対策として重要である。従って、木質材料を木造住宅の内外装に用いる場合は防火性能が極めて重要な課題となっている。

これまで木造は防火上問題があるとして防火地域、準防火地域内では建築が制限されていたが、昭和62年の建築基準法の改正により、準防火地域内に建築できる木造3階建戸建住宅や長屋住宅等の内外装仕様を定めた技術基準が定められたことにより、木造建築物に対する耐火性能の評価が行われるようになってきた。また、平成4年6月に建築基準法が改正され、従来の簡易耐火構造が準耐火構造に改められ、一定の耐火性能を有する木造建築物が準耐火建築物として評価されるようになった。一方、平成3年度における建設省緊急研究プロジェクトの開発研究により、平成4年3月30日には、建築面積1000㎡以内で防火地域・準防火地域以外の地域で建築できる木造3階建共同住宅に関する内外装仕様等の技術基準（「木造3階建共同住宅等の技術基準」）及び「簡易耐火構造と同等の防火性能を有する木造建築物等の技術基準」が建設省住宅局建築指導課から通達された。

木造3階建共同住宅等の技術基準においては、内外装材に準不燃材料や不燃材料等の窯業系材料が多く指定されているが、木質系材料については、ほとんど含まれていない。そこで、平成3年度の本開発事業においては、主として在来軸組工法の壁部材の内外装に木質系材料を用い、上記通達と同等以上の防火性能を有する木造壁部材の開発実験を実施し、幾つかの仕様と耐火性能との関係を明らかにした。

一方、平成4年3月30日付の建設省通達では、その耐火性能として木造3階建共同住宅等の技術基準では30分と1時間、簡易耐火建築物と同等の防火性能を有する木造建築物等の技術基準では30分と45分の耐火性能が示され、これらの時間以上耐える性能を有する構造とすることが定められている。

そこで、本実験では主として30分及び45分の耐火性能を有する木造壁部材の開発を行うこととし、又、同時に昨年度実施した在来軸組工法の1時間耐火性能を枠組壁工法により耐火性能の確認を行うこととした。

これらの開発研究を行うために、以下の委員会を設置した。

委員長	中村 賢一	建設省建築研究所防火研究調整官
委員	佐藤 寛	武蔵工業大学工学部建築学科
委員	上杉 三郎	農林水産省森林総合研究所難燃化研究室
委員	塩谷 嘉宏	(社)日本木造住宅産業協会
委員	往西 弘次	朝日ウッドテック株式会社
委員	大谷 弘一	ヤマハ株式会社
協力委員	塚田 市郎	林野庁林産課
事務局	牧 勉	(財)日本住宅・木材技術センター 試験研究部長
〃	最上 滋二	(財)日本住宅・木材技術センター 主任研究員
〃	山田 誠	(財)日本住宅・木材技術センター 主任研究員
〃	高田 峰幸	(財)日本住宅・木材技術センター 研究員

2. 実施内容

平成2年度建設省総合技術開発プロジェクト「新木造建築技術の開発」及び平成3年度建設省緊急研究「木造共同住宅の防火性能向上技術の開発」において木造技術の耐火性能開発が行われ、木造3階建共同住宅の実大火災実験、壁・床・柱・梁等の部材試験による開発が行われ、これらの結果を基に平成4年3月30日付けで「木造3階建共同住宅等の技術基準」「簡易耐火建築物と同等の防火性能を有する木造建築物等の技術基準」が建設省住宅局建築指導課から各特定行政庁に通達された。平成4年3月30日付通達による技術基準では、枠組壁工法・木質系プレハブ住宅・鉄鋼系プレハブ住宅・在来軸組工法における内外装材の種類・厚さ等の仕様が示されると共に必要とする耐火性能時間が示された。

平成3年度の建設省の緊急研究では、主に窯業系の不燃材料・準不燃材料等を内外装材料として用いて耐火性能開発が行われ、木材・木質系材料を用いたものの検討は実施されていなかった。そこで平成3年度の本開発研究では、内外装材料に木質系材料を使用した在来軸組工法の壁体を組立て、耐火加熱試験を実施した結果、木質系材料をもちいても60分程度の耐火性能を確保することが可能であることが認められた。

一方、平成4年3月30日付建設省住指発105号「簡易耐火建築物と同等の防火性能を有する木造壁部材の技術基準」では30分並びに45分以上の耐火性能を有することが示され、「木造3階建共同住宅等の技術基準」では30分並びに60分以上の耐火性能を有することが示されている。そこで、本年度は、木質材料を用いた耐火30分及び耐火45分以上の性能を有する壁構造の開発並びに在来軸組工法と枠組壁工法との性能差の有無等について、上記技術基準に示されている耐火加熱試験方法に従って実験を行うこととした。また、試験体の仕様については、昭和62年の建設省告示による準防火地域に建築する木造3階建戸建て住宅及び長屋住宅の技術基準に示されている木質材料を用いた仕様を参考にしながら選定した。

3. 試験体

試験体は、在来軸組工法及び枠組壁工法の内装側・外装側共に大壁構造とした。各試験体について、外壁側は構造用合板厚さ 7.5mm 下地に硬質木片セメント板厚さ 12mm を張り、壁内にはグラスウール 10K、50mm を充填した同一仕様とし、在来軸組工法の内壁側には表 3-1 に示す木材・木質材料を張り、枠組壁工法の内壁側には表 3-2 に示す材料を用いた。

3.1 試験体寸法等

1) 在来軸組工法 (試験体番号: No. 1 ~ No. 9)

試験体寸法: 幅 2400mm、高さ 3000mm

加熱面積: 幅 2000mm、高さ 2700mm

柱寸法: 105 × 105 mm

間柱寸法: 45 × 105 mm

試験体数: 8 体

*: 柱と上下の枠材とは切り離す。

試験体概要図を図 3-1 及び図 3-2 に、断面詳細図を図 3-3 及び図 3-4 に示す。

2) 枠組壁工法 (試験体番号: No. 10 ~ No. 16)

(1) 試験体寸法: 幅 2400mm、高さ 3000mm

加熱面積: 幅 2000mm、高さ 2700mm (スタッド 5 本に載荷及び加熱)

スタッド寸法: 204材 (38x89mm)、SPF

スタッド間隔: 455 mm

試験体数: 5 体

(2) 試験体寸法: 幅 2351mm、高さ 3000mm

加熱面積: 幅 2000mm、高さ 2700mm (スタッド 4 本に載荷及び加熱)

スタッド寸法: 204材 (38x89mm)、SPF

スタッド間隔: 455 mm

試験体数: 3 体

試験体概要図を図 3-5 及び図 3-6 に、断面詳細図を図 3-7 及び図 3-8 に示す。

3. 2 各試験体の仕様は、以下の様である。

1) 在来軸組工法

(1) 試験体No. 1 試験体記号：EI-GB12+NP9(C)

柱寸法 : 105 × 105 mm
間柱寸法 : 45 × 45 mm
間柱間隔 : 455 mm
内壁側 : せっこうボード12mm下地、難燃合板 9mm表面張り
外壁側 : 構造用合板 7.5mm下地、硬質木片セメント板12mm張り
壁内 : グラスウール 10K 50mm
両面大壁仕様
柱・間柱 : ベイツガ、平均含水率 = 12%

(2) 試験体No. 2 試験体記号：EI-JWL18(C)

柱寸法 : 105 × 105 mm
間柱寸法 : 45 × 45 mm
間柱間隔 : 455 mm
内壁側 : 準不燃木材（アガチス）18mm 1枚張り
含水率13.2% 比重0.59 平均薬剤注入量 100kg / m³
使用薬剤：グアニル尿素系の無機酸塩
外壁側 : 構造用合板 7.5mm下地、硬質木片セメント板12mm張り
壁内 : グラスウール 10K、50mm
両面大壁仕様
柱・間柱 : ベイツガ、平均含水率 = 13%

(3) 試験体No. 3 試験体記号：EI-JWH18(C)

柱寸法 : 105 × 105 mm
間柱寸法 : 45 × 45 mm
間柱間隔 : 455 mm
内壁側 : 準不燃木材（マトア）18mm 1枚張り
含水率 9.8%、比重0.70、平均薬剤注入量54kg / m³
使用薬剤：グアニル尿素系の無機酸塩
外壁側 : 構造用合板 7.5mm下地、硬質木片セメント板12mm張り
壁内 : グラスウール 10K、50mm
両面大壁仕様
柱・間柱 : ベイツガ、平均含水率 = 9%

(4) 試験体No. 4 試験体記号：EI-JWL24(C)

柱寸法 : 105 × 105 mm
間柱寸法 : 45 × 45 mm
間柱間隔 : 455 mm

内壁側 : 準不燃木材 (アガチス) 24mm 1枚張り
含水率13.2%、比重0.59 平均薬剤注入量 100kg / m³
使用薬剤: グアニル尿素系の無機酸塩
外壁側 : 構造用合板 7.5mm下地、硬質木片セメント板12mm張り
壁内 : グラスウール 10K、50mm
両面大壁仕様
柱・間柱 : ベイツガ、平均含水率 = 12%

(5) 試験体 No. 5 試験体記号: EI-KS8+NP9(C)

柱寸法 : 105 × 105 mm
間柱寸法 : 45 × 45 mm
間柱間隔 : 455 mm
内壁側 : 繊維混入けい酸カルシウム板 8mm下地、難燃合板 9mm張り
外壁側 : 構造用合板 7.5mm下地、硬質木片セメント板12mm張り
壁内 : グラスウール 10K、50mm
両面大壁仕様
柱・間柱 : ベイツガ

(6) 試験体 No. 6 試験体記号: EI-KS6+ST18(C)

柱寸法 : 105 × 105 mm
間柱寸法 : 45 × 45 mm
間柱間隔 : 455 mm
内壁側 : 繊維混入けい酸カルシウム板 6mm下地
杉板18mm張り (平均含水率 = 11.2%、気乾比重 = 約0.4)
外壁側 : 構造用合板 7.5mm下地、硬質木片セメント板12mm張り
壁内 : グラスウール 10K、50mm
両面大壁仕様
柱・間柱 : ベイツガ

(7) 試験体 No. 7 試験体記号: EI-GB12+ST18(C)

柱寸法 : 105 × 105 mm
間柱寸法 : 45 × 45 mm
間柱間隔 : 455 mm
内壁側 : せっこうボード12mm下地、
杉板18mm張り (平均含水率 = 11.2%、気乾比重 = 約0.4)
外壁側 : 構造用合板 7.5mm下地、硬質木片セメント板12mm張り
壁内 : グラスウール 10K、50mm
両面大壁仕様
柱・間柱 : ベイツガ、平均含水率 = 11%

(8) 試験体 No. 8 試験体記号 : EI-GB12+ST24(C)

柱寸法 : 105 × 105 mm

間柱寸法 : 45 × 45 mm

間柱間隔 : 455 mm

内壁側 : せっこうボード12mm下地、
杉板24mm張り (平均含水率 = 18.7%、気乾比重 = 約0.4)

外壁側 : 構造用合板 7.5mm下地、硬質木片セメント板12mm張り

壁内 : グラスウール 10K、50mm

両面大壁仕様

柱・間柱 : ベイツガ、平均含水率 = 10%

2) 枠組壁工法

(1) 試験体 No. 9 試験体記号 : EI-RB7+PL8(D)

スタッド寸法 : 38 × 89mm (204材)

スタッド間隔 : 455 mm

内壁側 : ラスボード 7mm下地、石膏プラスター 8mm塗り

外壁側 : 構造用合板 7.5mm下地、硬質木片セメント板12mm張り

壁内 : グラスウール 10K、50mm

スタッド樹種 : S P F (スプルース、パイン、ファー)

(2) 試験体 No. 10 試験体記号 : EI-NP9+GB15(D)

スタッド寸法 : 38 × 89mm (204材)

スタッド間隔 : 455 mm

内壁側 : 難燃合板 9mm下地、せっこうボード15mm張り

外壁側 : 構造用合板 7.5mm下地、硬質木片セメント板12mm張り

壁内 : グラスウール 10K、50mm

スタッド樹種 : S P F

(3) 試験体 No. 11 試験体記号 : EI-GB15+NP9(D)

スタッド寸法 : 38 × 89mm (204材)

スタッド間隔 : 455 mm

内壁側 : せっこうボード15mm下地、難燃合板 9mm張り

外壁側 : 構造用合板 7.5mm下地、硬質木片セメント板12mm張り

壁内 : グラスウール 10K、50mm

スタッド樹種 : S P F

(4) 試験体 No. 12 試験体記号 : EI-GB12+NP9(D)

スタッド寸法 : 38 × 89mm (204材)

スタッド間隔 : 455 mm

内壁側 : せっこうボード12mm下地、難燃合板 9mm張り

外 壁 側 : 構造用合板 7.5mm 下地、硬質木片セメント板12mm 張り
壁 内 : グラスウール 10K、50mm
スタッド樹種: S P F

(5) 試験体No 1 3 試験体記号:EI-KP7.5+KS12(D)

スタッド寸法: 38×89mm (204材)
スタッド間隔: 455mm
外 壁 側 : 構造用合板 7.5mm 下地、硬質木片セメント板12mm 張り
内 壁 側 : せっこうボード12mm 下地、せっこうボード12mm 張り
壁 内 : グラスウール 10K、50mm
スタッド樹種: S P F

(6) 試験体No 1 4 試験体記号:EI-NP9+GB12(D)

スタッド寸法: 38×89mm (204材)
スタッド間隔: 455mm
内 壁 側 : 難燃合板 9mm 下地、せっこうボード12mm 張り
外 壁 側 : 構造用合板 7.5mm 下地、硬質木片セメント板12mm 張り
壁 内 : グラスウール 10K、50mm
スタッド樹種: S P F

(7) 試験体No 1 5 試験体記号:EI-GBX12+NP9(D)

スタッド寸法: 38×89mm (204材)
スタッド間隔: 455mm
内 壁 側 : 強化せっこうボード12mm 下地、難燃合板 9mm 張り
外 壁 側 : 構造用合板 7.5mm 下地、硬質木片セメント板12mm 張り
壁 内 : グラスウール 10K、50mm
スタッド樹種: S P F

(8) 試験体No 1 6 試験体記号:EI-NP9+GBX12(D)

スタッド寸法: 38×89mm (204材)
スタッド間隔: 455mm
内 壁 側 : 難燃合板 9mm 下地、強化せっこうボード12mm 張り
外 壁 側 : 構造用合板 7.5mm 下地、硬質木片セメント板12mm 張り
壁 内 : グラスウール 10K、50mm
スタッド樹種: S P F

表3-1 在来軸組工法・壁体の载荷加熱試験、試験体仕様一覧表

No.	内壁側材料、試験体記号	外壁側材料	その他
1	せっこうボード12mm下地 難燃合板 9mm張り E I-GB12+NP9 (C)	構造用合板 7.5mm下地 硬質木片セメント板 12mm張り	グラスウール充填 10K 50mm
2	準不燃木材 18mm 1枚張り 本実加工(比重約0.65) E I-JWL18 (C)	構造用合板 7.5mm下地 硬質木片セメント板 12mm張り	グラスウール充填 10K 50mm
3	準不燃木材 18mm 1枚張り 本実加工(比重約0.75) E I-JWH18 (C)	構造用合板 7.5mm下地 硬質木片セメント板 12mm張り	グラスウール充填 10K 50mm
4	準不燃木材 24mm 1枚張り 本実加工(比重約0.65) E I-JWL24 (C)	構造用合板 7.5mm下地 硬質木片セメント板 12mm張り	グラスウール充填 10K 50mm
5	繊維混入機織カルウム板 8mm下地 難燃合板 9mm張り E I-KS8+NP9 (C)	構造用合板 7.5mm下地 硬質木片セメント板 12mm張り	グラスウール充填 10K 50mm
6	繊維混入機織カルウム板 6mm下地 杉板(比重約0.4) 18mm張り E I-KS6+ST18 (C)	構造用合板 7.5mm下地 硬質木片セメント板 12mm張り	グラスウール充填 10K 50mm
7	せっこうボード 12mm下地 杉板(比重約0.4) 18mm張り E I-GB12+ST18 (C)	構造用合板 7.5mm下地 硬質木片セメント板 12mm張り	グラスウール充填 10K 50mm
8	せっこうボード 12mm下地 杉板(比重約0.4) 24mm張り E I-GB12+ST24 (C)	構造用合板 7.5mm下地 硬質木片セメント板 12mm張り	グラスウール充填 10K 50mm

*：加熱は、内壁側から行う。

**：燃え抜けが生じて、軽微であれば柱の座屈が生じるまで载荷加熱を行う。

载荷荷重=2.2トン

表3-2 枠組壁工法・壁体の載荷加熱試験、試験体仕様一覧表

No.	試験体記号	加熱側材料	非加熱側材料	壁内断熱材	加熱面
9	EI-RB7+PL8(D)	ラスボード 7mm下地 石膏 plaster 塗り8mm	構造用合板7.5mm 下地 硬質木片セメント板12mm	グラスウール 10K 50mm	内壁側
10	EI-NP9+GB15(D)	難燃合板 9mm下地 せっこうボード15mm	構造用合板7.5mm 下地 硬質木片セメント板12mm	グラスウール 10K 50mm	内壁側
11	EI-GB15+NP9(D)	せっこうボード15mm下地 難燃合板 9mm	構造用合板7.5mm 下地 硬質木片セメント板12mm	グラスウール 10K 50mm	内壁側
12	EI-GB12+NP9(D)	せっこうボード12mm下地 難燃合板 9mm	構造用合板7.5mm 下地 硬質木片セメント板12mm	グラスウール 10K 50mm	内壁側
13	EE-KP7.5+KS12(D)	構造用合板7.5mm 下地 硬質木片セメント板12mm	せっこうボード12mm下地 せっこうボード12mm	グラスウール 10K 50mm	外壁側
14	EI-NP9+GB12(D)	難燃合板 9mm下地 せっこうボード12mm	構造用合板7.5mm 下地 硬質木片セメント板12mm	グラスウール 10K 50mm	内壁側
15	EI-GBX12+NP9(D)	強化せっこうボード12mm 下地 難燃合板 9mm	構造用合板7.5mm 下地 硬質木片セメント板12mm	グラスウール 10K 50mm	内壁側
16	EI-NP9+GBX12(D)	難燃合板 9mm下地 強化せっこうボード12mm	構造用合板7.5mm 下地 硬質木片セメント板12mm	グラスウール 10K 50mm	内壁側

試験体寸法 W:2,400mm ×H:3,000mm 加熱面：内壁側 7体、外壁側 1体 計8体

記号 EI：外壁構造の内壁側加熱、EE：外壁構造の外壁側加熱、

(D)：枠組壁工法

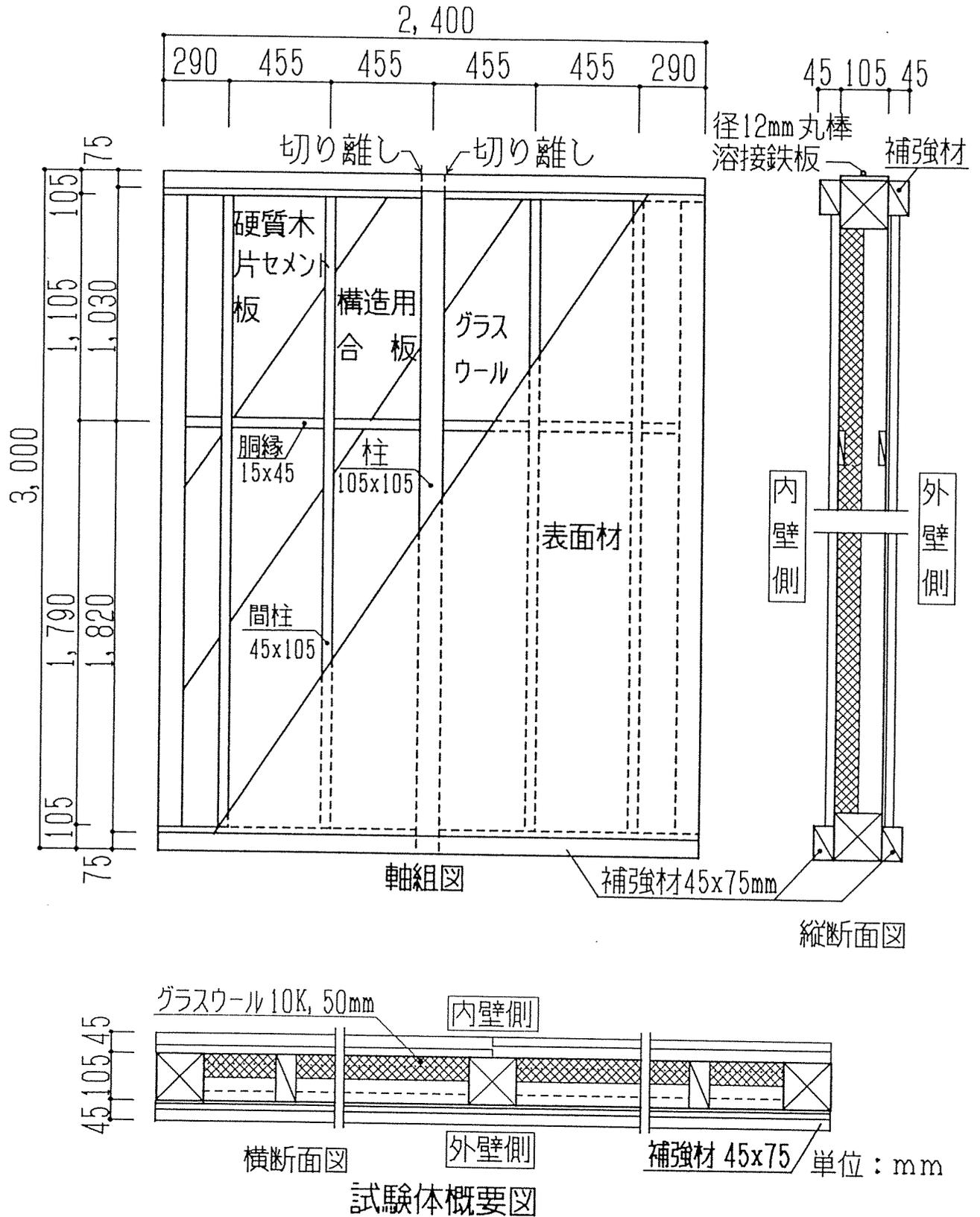


図3-1 在来軸組工法、試験体概要図（内装側：1枚張り）
（試験体番号、No 2, 3, 4）

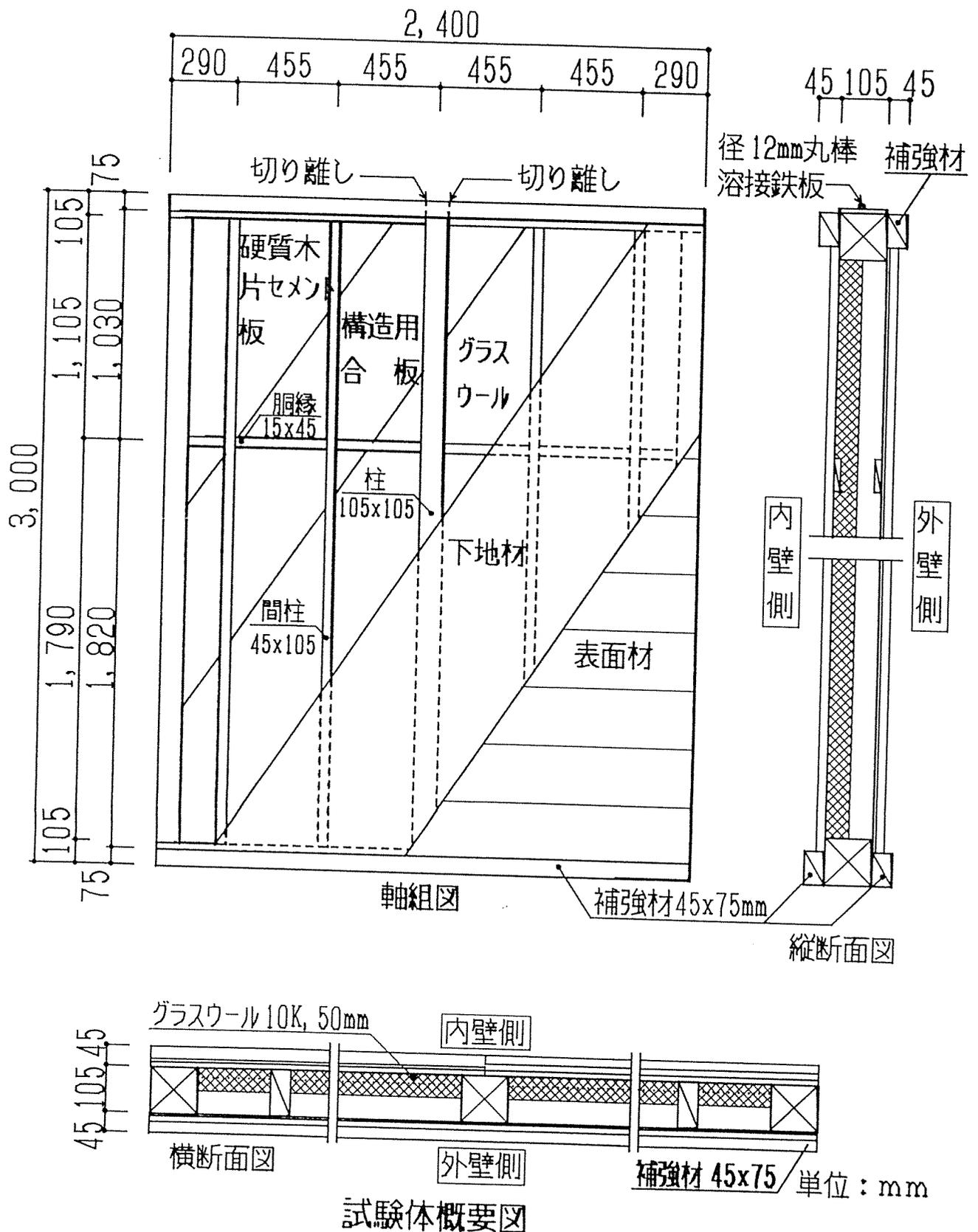
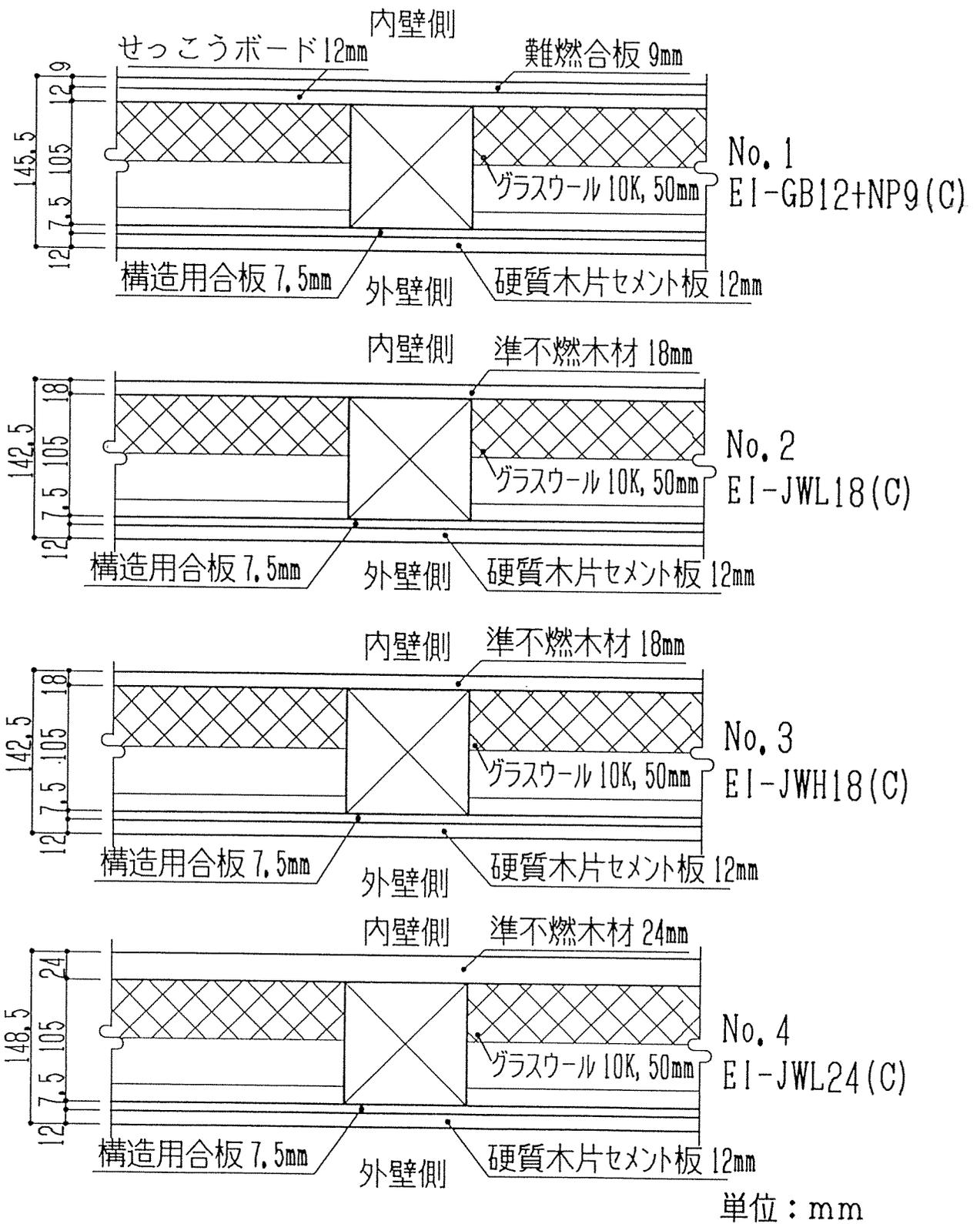
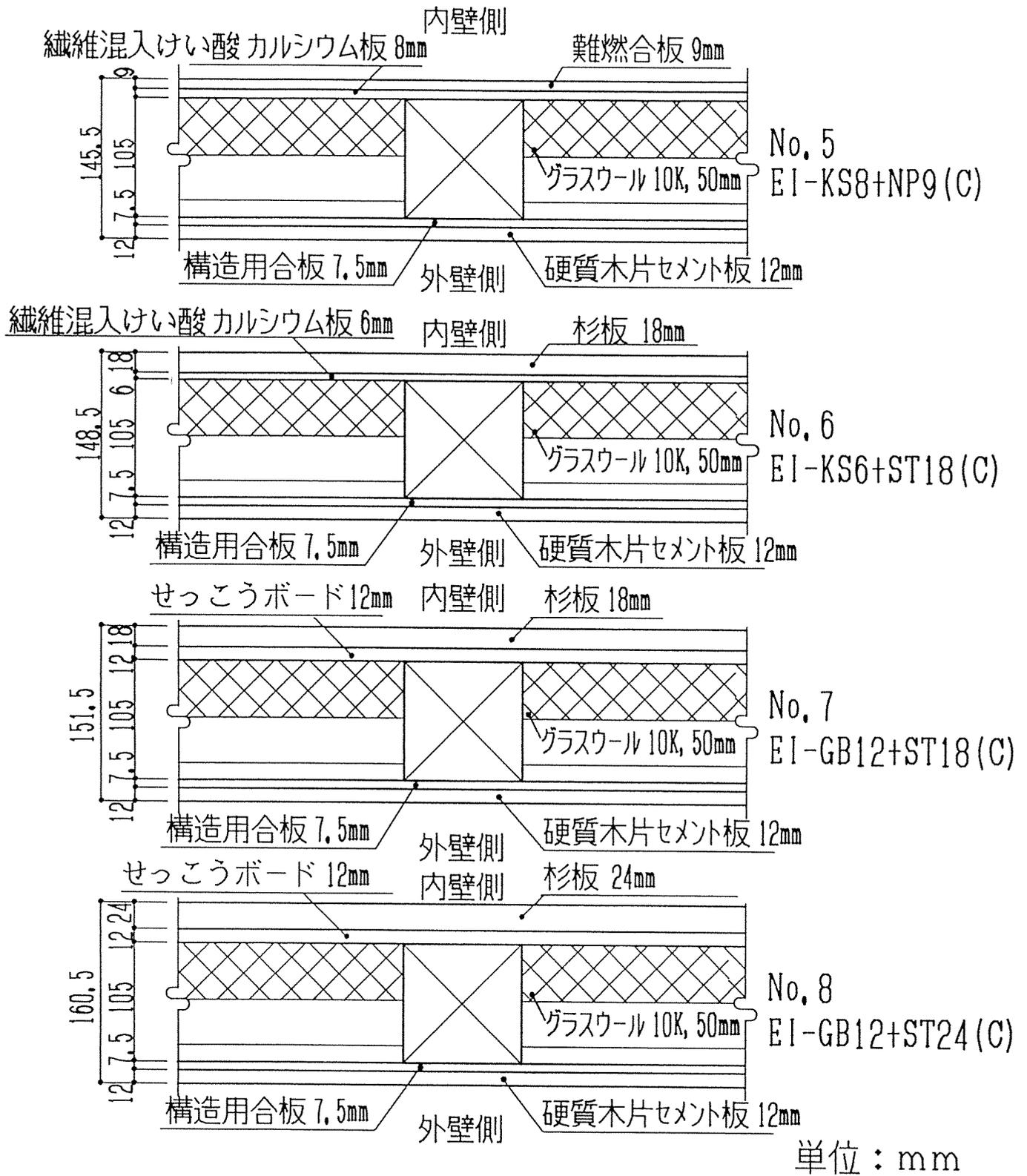


図3-2 在来軸組工法、試験体概要図（内装側：2枚張り）
（試験体番号、No 1, 5, 6, 7, 8）



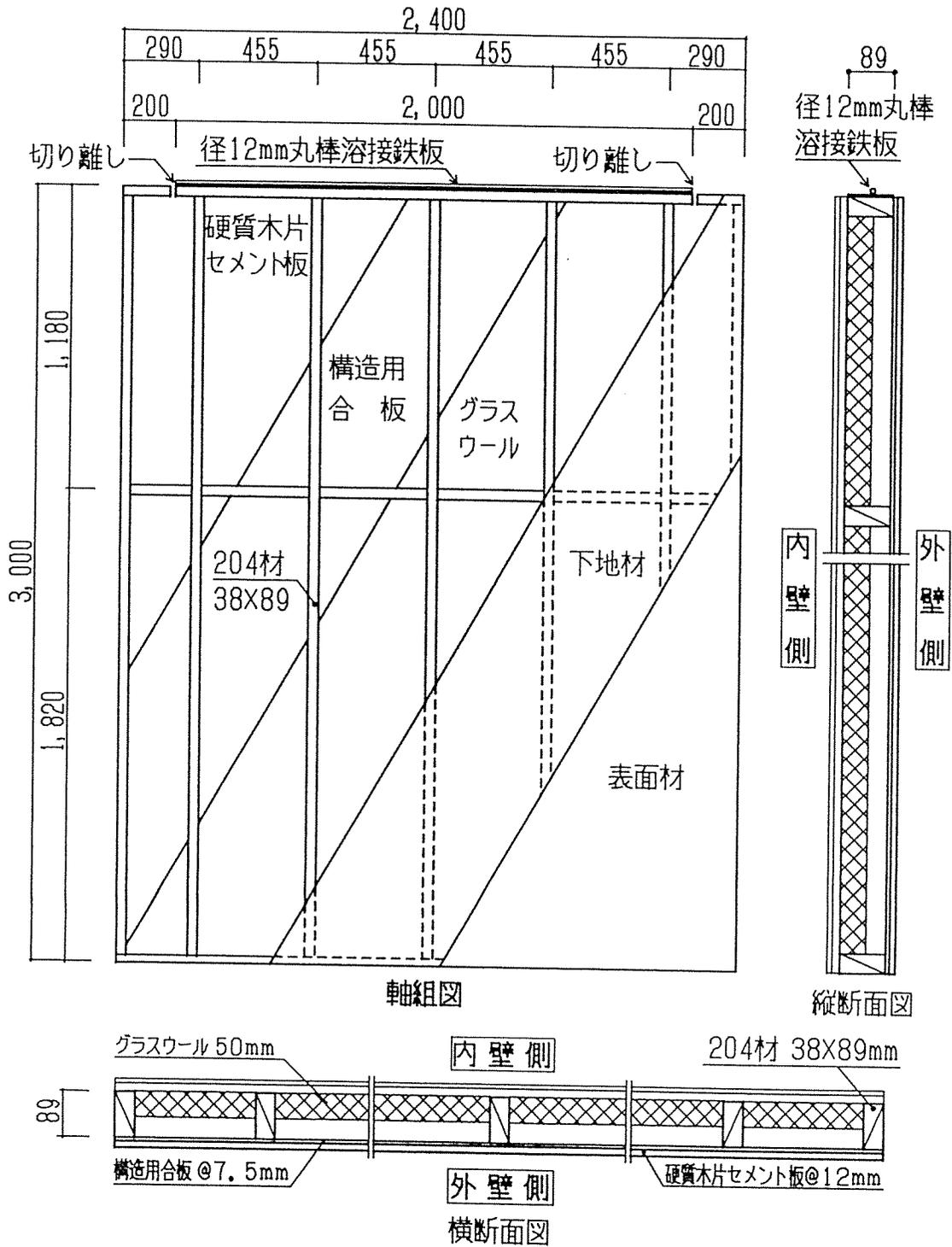
在来軸組、断面詳細図 No. 1-4

図3-3 在来軸組工法、試験体断面詳細図、No. 1~4



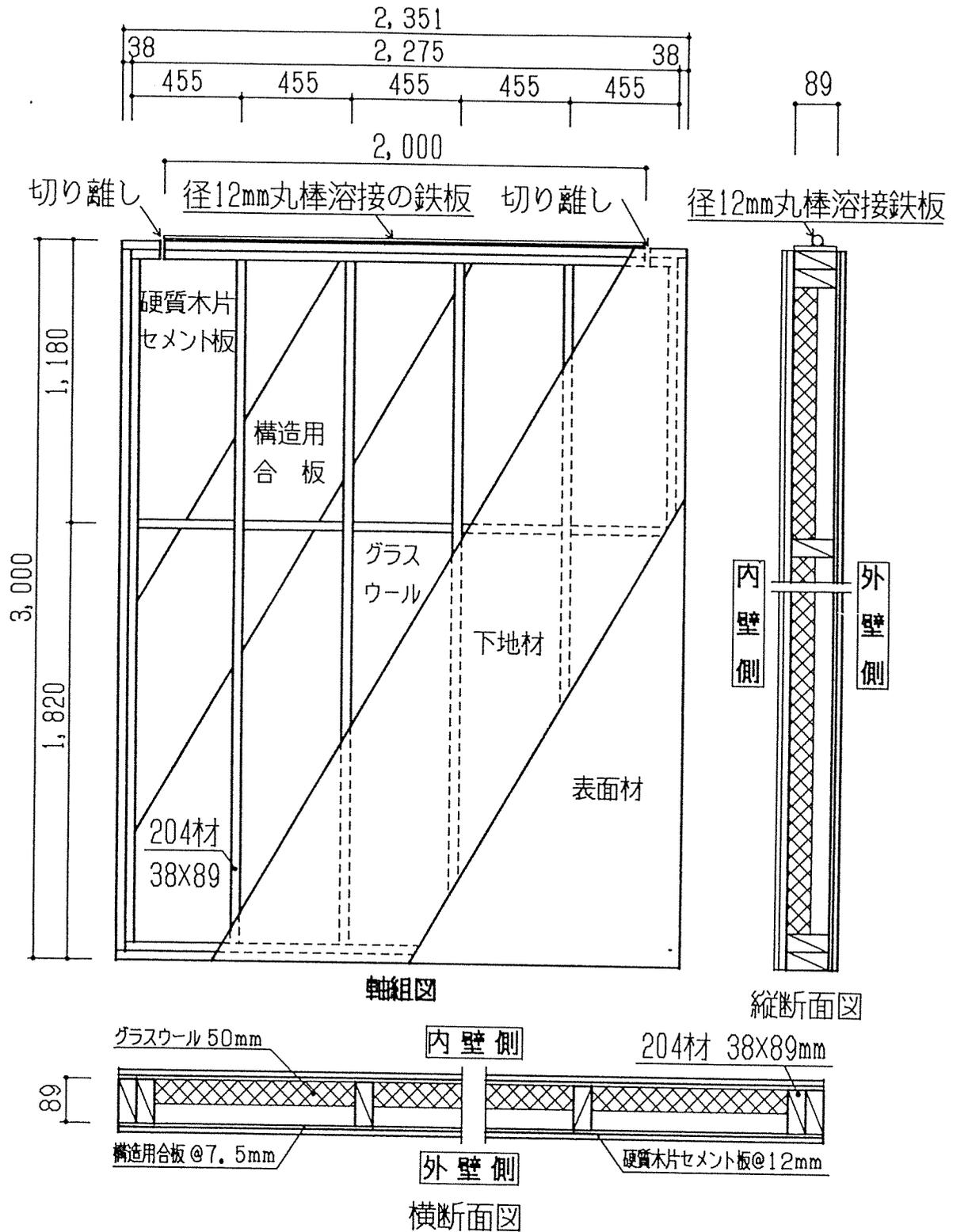
在来軸組、断面詳細図 No. 5-8

図3-4 在来軸組工法、試験体断面詳細図、No.5~8



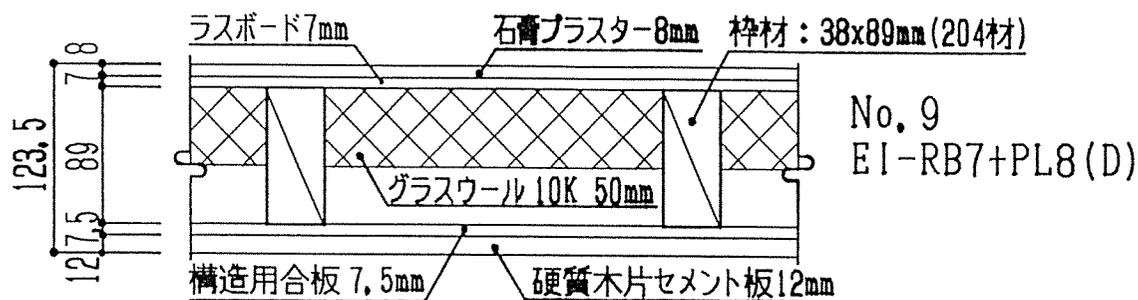
試験体、概要図

図3-5 枠組壁工法、試験体概要図 (スタッド5本)
(試験体番号、No.9~13)

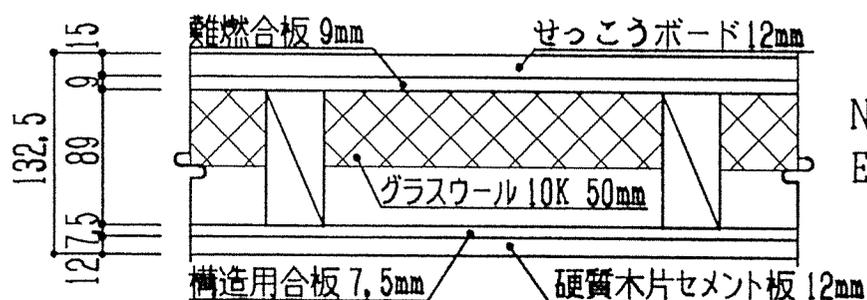


試験体、概要図

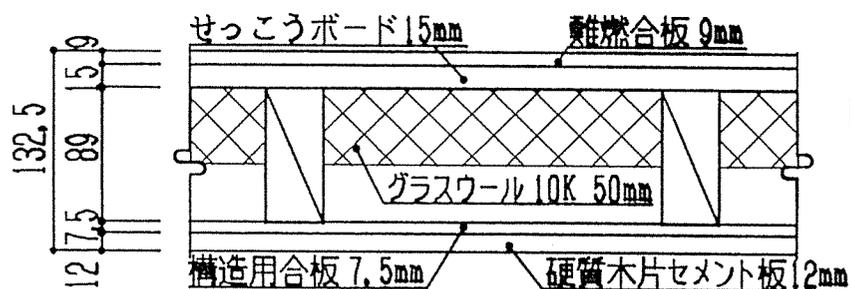
図3-6 枠組壁工法、試験体概要図 (スタッド4本)
(試験体番号、No 14~16)



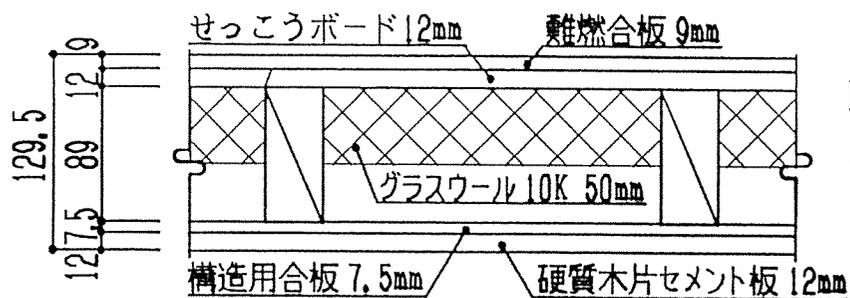
No. 9
 EI-RB7+PL8(D)



No. 10
 EI-NP9+GB15(D)



No. 11
 EI-GB15+NP9(D)

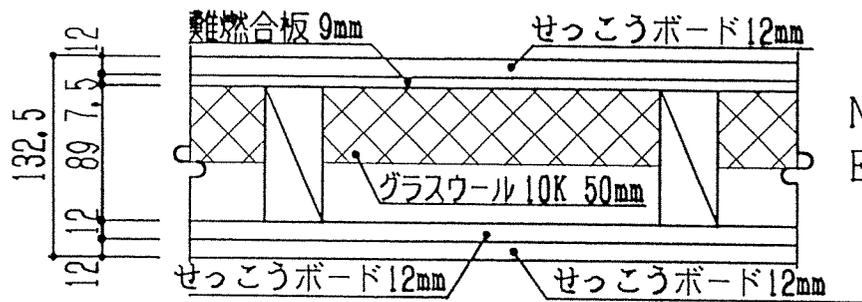


No. 12
 EI-GB12+NP9(D)

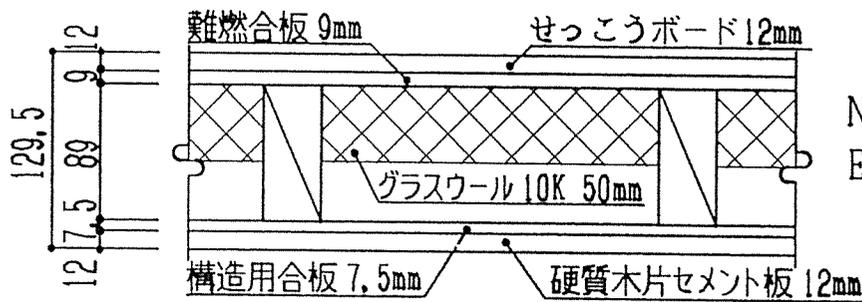
単位：mm

枠組壁工法、壁試験体断面詳細、No. 9～12

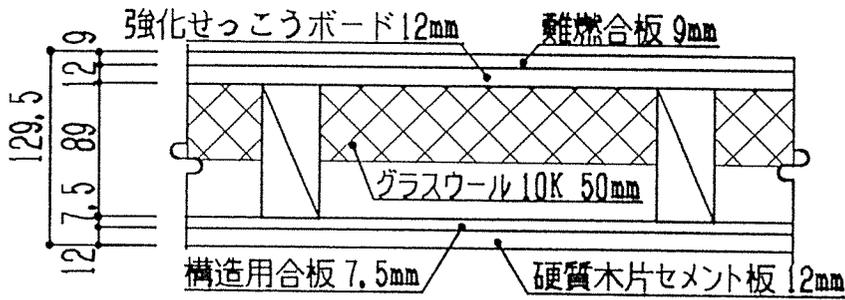
図3-7 枠組壁工法、試験体断面詳細図、No. 9～12



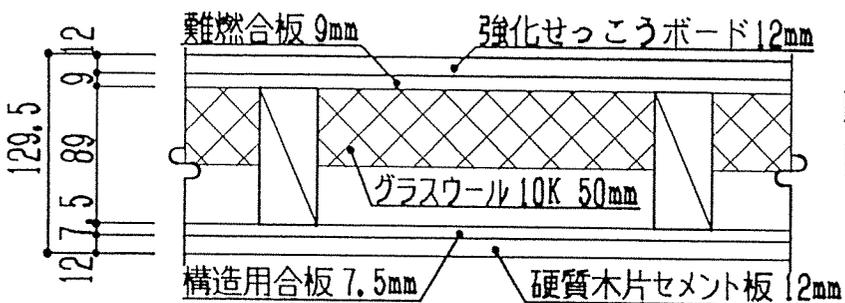
No.13
EE-KP7.5+KS12(D)



No.14
EI-NP9+GB12(D)



No.15
EI-GBX12+NP9(D)



No.16
EI-NP9+GBX12(D)

単位：mm

枠組壁工法、壁試験体断面詳細、No. 13~16

図3-8 枠組壁工法、試験体断面詳細図、No.13~16

4 試験方法

4.1 加熱方法

加熱はプロパンガスを燃料とする垂直加熱炉（幅3m、高さ3.2m）により行った。加熱は、平成4年3月30日建設省住宅局建築指導課通達による技術基準に示されている耐火加熱試験方法を用い、ISO834/DISに規定する耐火加熱標準曲線に沿って炉内温度を制御した。加熱炉は、図4-1に示すように、耐火煉瓦で組み立て、バーナーヘッド以外の部分にセラミックファイバー（アルミナシリケート繊維）厚さ50mmを張り付けた構造である。上記技術基準に示されている試験方法は、載荷をしながら加熱することが定められているため、加熱炉と試験体との間に図4-2に示すセラミックボードを張った仕切り壁を設けた。仕切り壁の内部に開口部を設け、幅2.0m、高さ2.7mの範囲を加熱出来るようにした。

4.2 載荷試験方法

(1) 在来軸組工法

加熱側から見た柱の中央部分（柱厚さの中心部分）に、柱の座屈長期許容応力度に相当する加力を行う。載荷加熱装置及び載荷加熱位置を図4-2に示す。試験体の柱の寸法は105×105mm、荷重を受ける柱の長さは300cmとなるので、下に示す計算によって載荷荷重を算出した結果、柱部分に約2.2トンの圧縮力を載荷することとした。

載荷荷重の計算（在来軸組工法）

$L_x(\text{cm})$	10.5	座屈方向の柱のせい
$A(\text{cm}^2)$	110.25	柱の断面積
$i=L_x/3.46$	3.035	長方形断面
$\lambda=LK/i$	98.84	細長比(LK=300cm)
$\eta(=1.3-0.01\lambda)$	0.312	座屈低減係数(30< λ ≤100)
$LfK(=\eta \cdot LfC)$	20.25	許容座屈応力度(LfC=65kg)
$N(=LfK \cdot A)$	2.233=2.2トン	軸方向圧縮力

(2) 枠組壁工法

壁体の中央部分に、スタッドの座屈長期許容応力度に相当する応力を載荷した。試験体のスタッドの寸法は38mm×89mmの204材をもちい、荷重を受けるスタッドの長さは2,924mm又は2,848mm（上下の枠材を2枚合わせに用いた場合の試験体）となるので、下記に示す計算方法により壁長さ2mに対し約2.0トン（スタッド5本の場合）及び約1.6トン（スタッド4本の場合）の圧縮力を載荷した。

①載荷荷重の計算（スタッド5本の場合、上下枠材は各1枚）

$L_x(\text{cm})$	8.9	座屈方向の柱のせい
$A(\text{cm}^2)$	33.82	柱の断面積
$i=L_x/3.46$	2.572	長方形断面

$\lambda = Lk / i(292.4/2.572)$	113.69	細長比(LK=292.4cm)
$\eta (\lambda / 100) ^ 2$	1.292	座屈低減係数(100 < λ)
$LfK(=0.3 \cdot LfC / \eta)$	11.61	許容座屈応力度(LfC=50kg)
$N(=LfK \cdot A)$	393Kgf \approx 400Kgf	軸方向圧縮力
400Kgf \times 5本 = 2,000 = 2トン		

② 載荷荷重の計算 (スタッド4本の場合、上下枠材は2枚重ね)

$Lx(\text{cm})$	8.9	座屈方向の柱のせい
$A(\text{cm}^2)$	33.82	柱の断面積
$i = Lx / 3.46$	2.572	長方形断面
$\lambda = Lk / i(284.8/2.572)$	110.73	細長比(LK=248.8cm)
$\eta (\lambda / 100) ^ 2$	1.226	座屈低減係数(100 < λ)
$LfK(=0.3 \cdot LfC / \eta)$	12.234	許容座屈応力度(LfC=50kg)
$N(=LfK \cdot A)$	414Kgf \approx 400Kgf	軸方向圧縮力
400Kgf \times 4本 = 1,600 = 1.6トン		

4.3 加熱時間の設定

加熱は、非加熱側に炎の貫通が認められるまで、又は、柱の座屈により載荷が困難となるまでとした。

4.4 炉内温度の測定

- 試験体面から10cmの位置に径1.6mmのCA熱電対を先端を露出させ、試験体面に沿って10cm以上になるように設置した。
- 設置位置は、炉内に均等に9点配置した。
- 炉内加熱温度測定位置を図4-2に示す。

4.5 炉内圧力の測定と設定

• 炉内の中心線上のほぼ4等分点の位置にステンレス管の先端部分を挿入し、加熱中の炉内圧力を測定し、試験体中央部分が $10 \pm 2 \text{ Pa}$ (パスカル)となるように炉上部の排煙部のダンパーを調整した。

加熱中の炉内圧力の測定は、(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)、 $\pm 6.35 \text{ mm H}_2\text{O}$ (0~5VDC)を用い、パーティカルペンレコーダー TYPE 3056 (YOKOGAWA)に記録した。

炉内圧力測定位置図を図4-2に示す。

4. 6 試験体の温度測定

加熱試験中の試験体の温度変化を下記に示す位置で測定した。温度測定位置図を図4-3、図4-4、図4-5及び図4-6に示す。

- 1) 在来軸組壁、1枚張り (No. 2. 3. 4.)
 - 柱・間柱表面温度 (測定点番号：1～12)
 - 加熱側材料の裏面温度 (測定点番号：13～22)
 - 断熱材裏面温度 (非加熱側下地材料表面温度) (測定点番号：23～32)
 - 試験体裏面温度 (測定点番号：33～42) *
 - 移動熱電対温度 (測定点番号：43)

(裏面に亀裂などが生じた場合は、径12mmのディスク熱電対で隙間温度を測定する。)
- 2) 在来軸組壁、2枚張り (No. 1. 5. 6. 7. 8.)
 - 柱・間柱表面温度 (測定点番号：1～12)
 - 加熱側材料の裏面温度 (測定点番号：13～22)
 - 断熱材表面温度 (加熱側下地材料裏面温度) (測定点番号：23～32)
 - 断熱材裏面温度 (非加熱側下地材料表面温度) (測定点番号：33～42)
 - 試験体裏面温度 (測定点番号：43～52) *
 - 移動熱電対温度 (測定点番号：53)

(裏面に亀裂などが生じた場合は、径12mmのディスク熱電対で隙間温度を測定する。)
- 3) 枠組壁 (No. 9～13)
 - スタッド表面温度 (測定点番号：1～12)
 - 加熱側材料の裏面温度 (測定点番号：13～22)
 - 断熱材表面温度 (加熱側下地材料裏面温度) (測定点番号：23～32)
 - 断熱材裏面温度 (非加熱側下地材料表面温度) (測定点番号：33～42)
 - 試験体裏面温度 (測定点番号：43～52) *
 - 移動熱電対温度 (測定点番号：53)
- 4) 枠組壁 (No. 14～16)
 - スタッド表面温度 (測定点番号：1～13)
 - 加熱側材料の裏面温度 (測定点番号：14～19)
 - 断熱材表面温度 (加熱側下地材料裏面温度) (測定点番号：20～25)
 - 断熱材裏面温度 (非加熱側下地材料表面温度) (測定点番号：26～31)
 - 試験体裏面温度 (測定点番号：32～37) *
 - 移動熱電対温度 (測定点番号：38)

*試験体裏面温度の測定については、厚さ2mm、寸法20×20mm、比重約0.9の不燃材を用いることになっているが、日本国内では現在、これに対応する市販品がなく、現在試作中である。従って、裏面温度の測定には、JIS A 1304の耐火試験方法で規定されている厚さ15mm、寸法10×10cmの杉板を用いた。

5.7 試験体の載荷荷重及び変位量測定

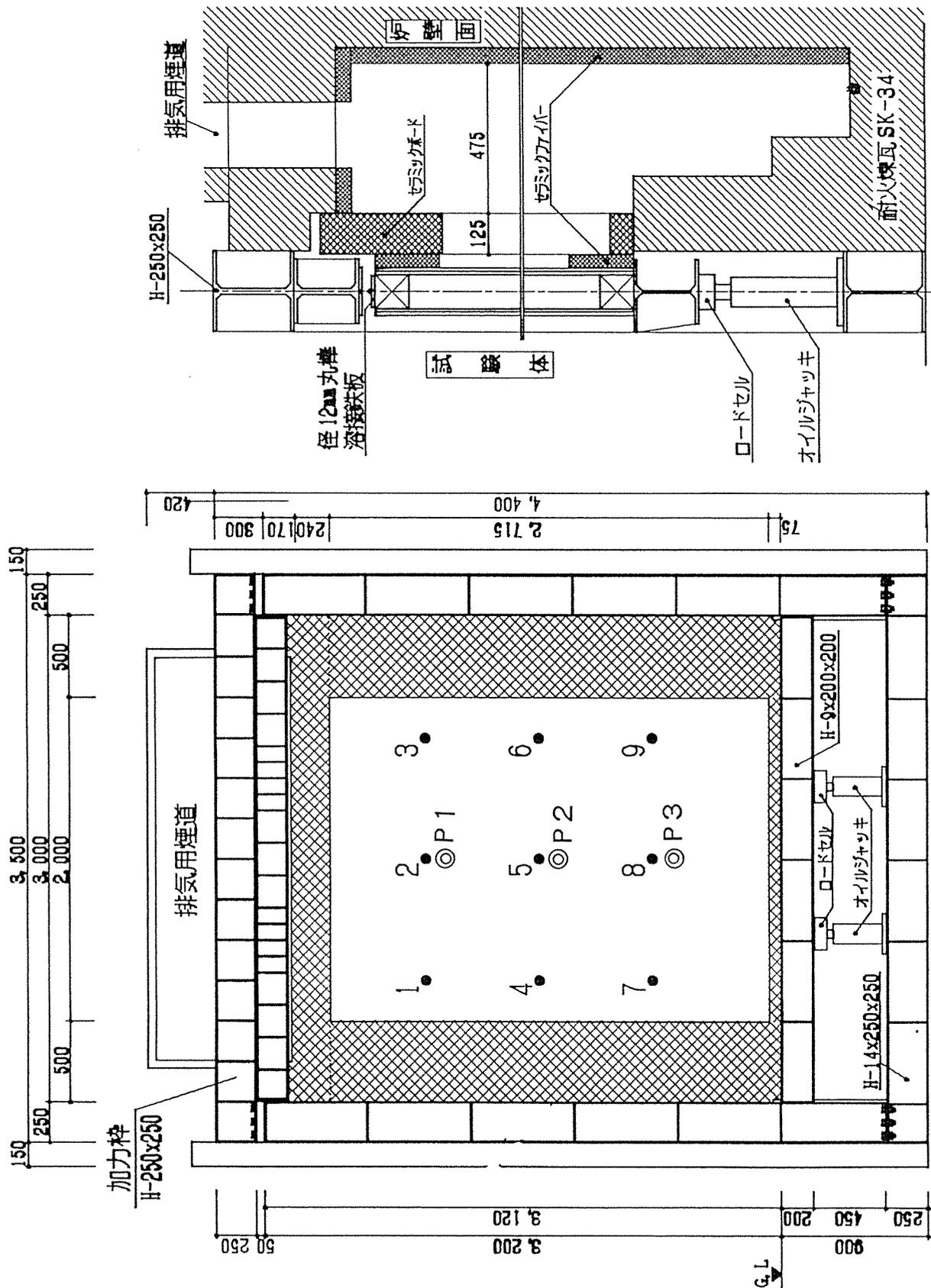
- 載荷荷重 : ロードセル2台により計測。荷重は手動式のオイルジャッキを用いた。
- 軸方向変位 : 上部3点、下部3点の計6点を測定した。
- 面外変位 : 中心線上(柱部分)(測定点番号70~72)3点

5.8 観察記録

- 写真・VTR撮影 : 加熱中に試験体の変化を記録するために写真撮影及びVTRにより記録した。また、同時に加熱側の状況や非加熱側の状況を目視により観察記録した。

5.9 炭化測定

- 加熱終了後の柱・間柱及びスタッドの炭化深さを測定した。測定は柱・間柱及びスタッドの4等分した3箇所について行った。



側面図

加熱炉正面図、炉内温度測定位置図

1～9：炉内温度測定位置 P1～3：炉内圧力測定位置

図4-2 载荷加熱用仕切り壁、正面・側面図

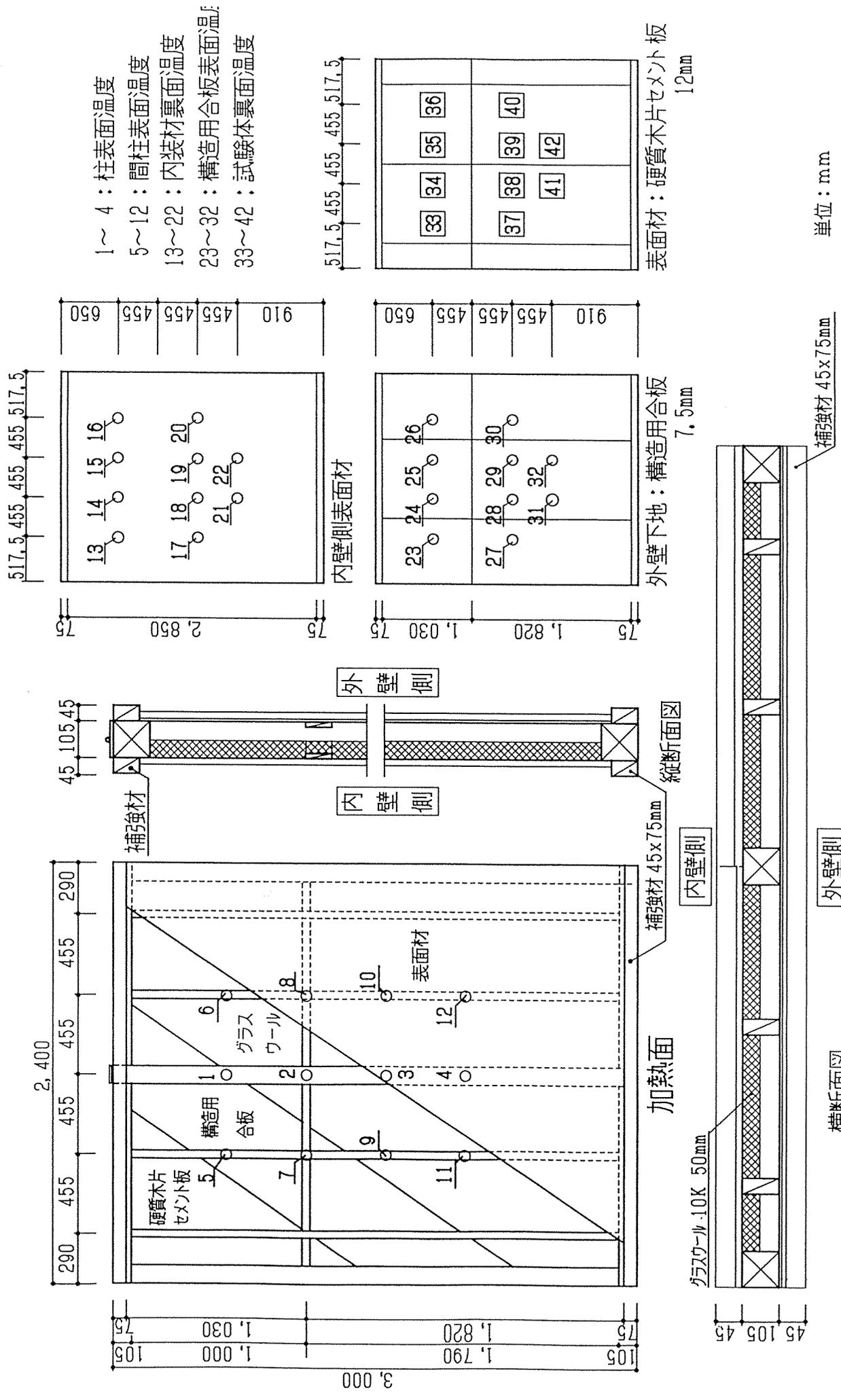


図4-3 在来軸組工法、試験体姿図、温度測定位置図（内装材：1枚張り）
 （試験体番号、No.2, 3, 4）

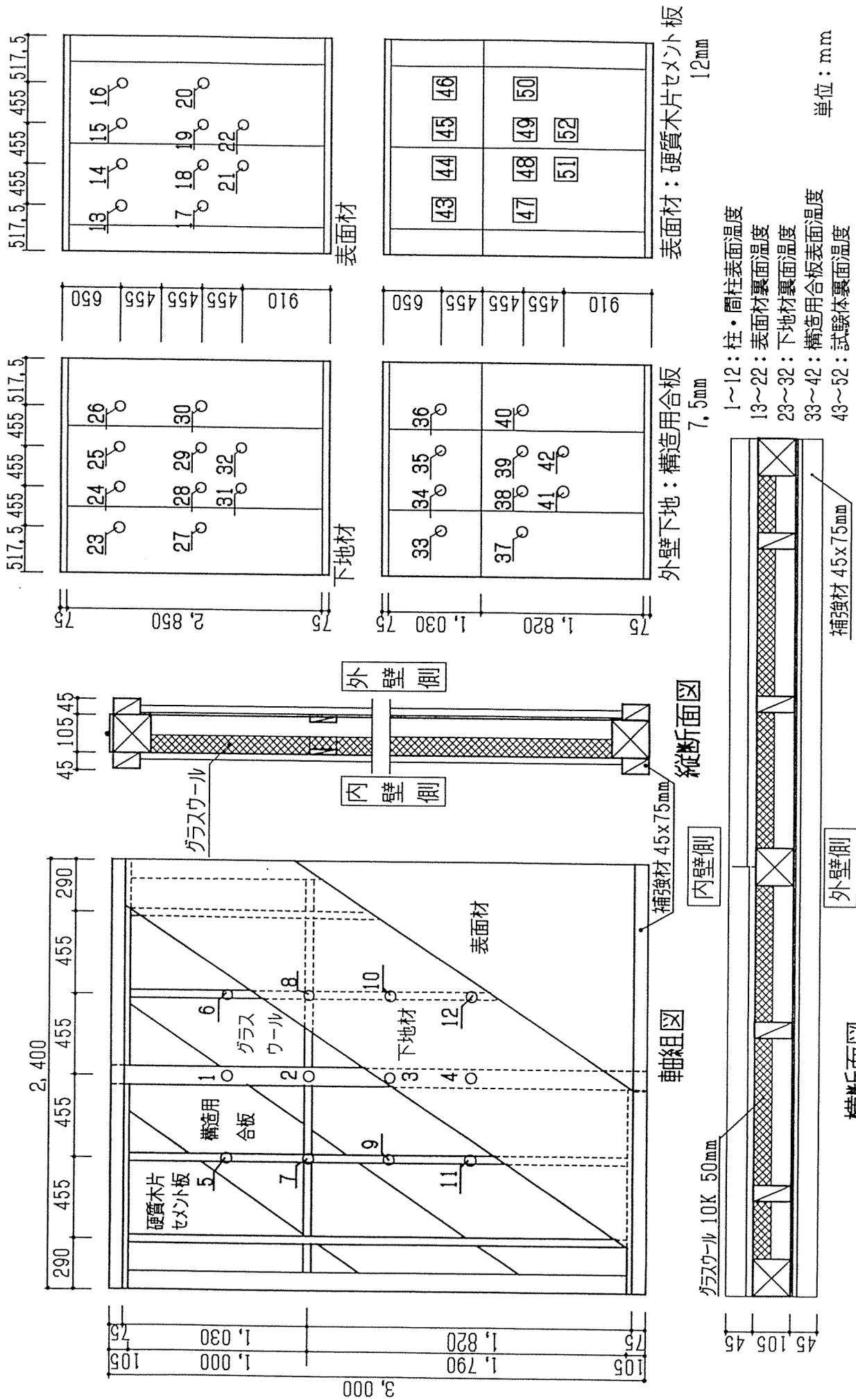


図4-4 在来軸組工法、試験体姿図、温度測定位置図 (内装材: 2枚重ね張り)
(試験体番号、No.1, 5, 6, 7, 8)

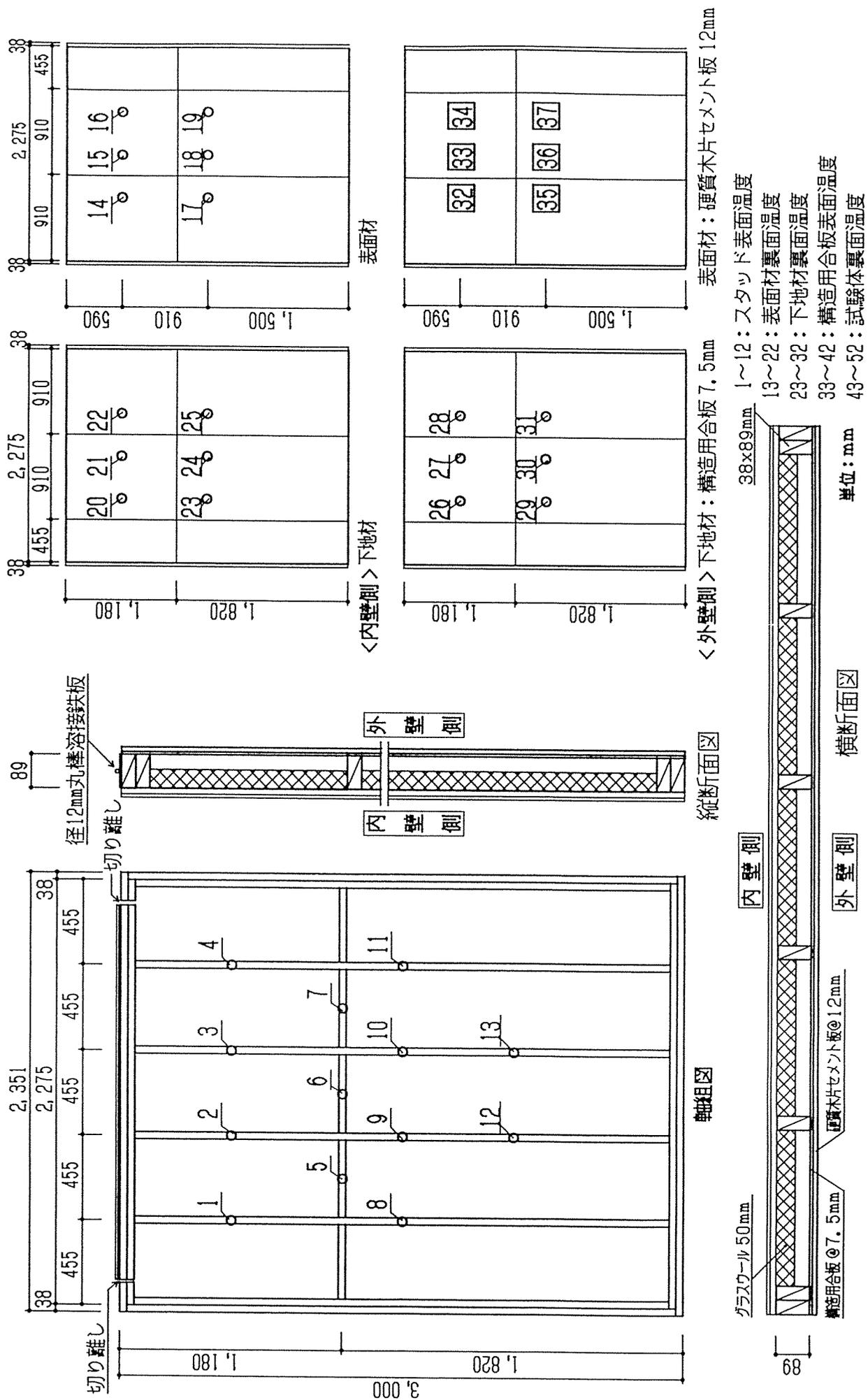


図4-6 枠組壁工法、試験体姿図、温度測定位置図
 (試験体番号、No.14~16)

5 試験結果

5.1 温度と変化状況

1) 在来軸組工法の温度変化と観察状況

(1) 供試体№1. EI-GB12+NP9(C)

柱寸法 105×105 mm、両面大壁仕様、載荷荷重：2.2 t

加熱面側：せっこうボード12mm下地、難燃合板 9mm張り

非加熱面側：構造用合板 7.5mm下地、硬質木片セメント板12mm張り

加熱開始後加熱面では、3分52秒頃に難燃合板の表面に着炎し、10分55秒頃から燃え落ち始め、11分50秒頃には、ほぼ全面が脱落し、せっこうボード下地がむき出しになった。その後16分51秒頃に、せっこうボードの表面に亀裂が発生し、22分48秒頃に目地部分に火炎が発生し、試験体の柱や間柱に着炎し、33分30秒頃には、せっこうボードが脱落し始め、柱や間柱がむき出しになり炎が大きくなった。

一方非加熱面では、29分09秒頃に目地部分から白煙が発生し、30分54秒頃には中央横目地部分から水もれが現れた。49分21秒頃からは中央目地部分が膨らんでいき、50分47秒頃に火炎が出始め、52分30秒頃にたわみが大きくなり載荷が困難になってきたため、53分に加熱を終了した。

加熱側難燃合板の裏面温度は、最高温度は9分36秒に、平均温度は10分20秒頃に260℃を超えた。せっこうボードの裏面（断熱材表面温度）は、最高温度は20分12秒、平均温度は20分49秒頃に260℃を超えた。せっこうボードと柱との界面温度は、最高温度は22分46秒、平均温度は25分40秒頃に260℃を超えた。せっこうボードと間柱との界面温度は、最高温度は22分10秒、平均温度は27分45秒頃に260℃を超えた。構造用合板の表面（断熱材裏面温度）は、最高温度は23分47秒、平均温度は26分53秒頃に260℃を超えた。非加熱側硬質木片セメント板の裏面温度（試験体裏面温度）は、最高温度は、24分07秒頃に260℃を超え、加熱終了の53分時点の最高温度は872℃であった。

約2.2 tの載荷荷重による変位は、加熱終了の53分に軸方向では中央上部が29.4 mm、面外方向では中央部分が54.0 mmであった。

試験体の試験荷重と変位置を図5.1-1に示し。試験体各部温度の平均を図5.1-2に示す。

• 260℃を超える平均加熱温度時間面積 = 287.13(x100℃・分)

260℃を超える標準曲線温度時間面積 = 270.31(x100℃・分)

加熱比率 = 1.062

• 加熱プロパン消費量 = 16.32 m³

(2) 供試体№2. EI-JWL18(C)

柱寸法105×105mm、両面大壁仕様、載荷荷重：2.2t

加熱面側：準不燃木材（アガチス）18mm 1枚張り

非加熱面側：構造用合板 7.5mm下地、硬質木片セメント板12mm張り

加熱開始後加熱面では、5分21秒頃に準不燃木材の表面が黒変し、16分18秒頃に中央横一線に亀裂が発生して、続いて21分23秒頃から準不燃木材が燃え落ち始め、試験体の柱や間柱に着炎し大きく燃え始め、30分59秒頃には準不燃木材がほぼ全面燃え落ち、柱と間柱がむき出しになり炎がさらに大きくなった。

一方、非加熱面では、27分45秒頃に目地部分から白煙が発生し、31分頃には中央横目地部分から水もれが現れた。その後40分49秒頃に中央上部に亀裂が発生し、41分41秒頃にはその亀裂から火炎が出始めたため47分で加熱を終了した。

加熱側準不燃木材（アガチス）の裏面温度は、最高温度は19分19秒、平均温度は19分56秒頃に260℃を超えた。準不燃木材（アガチス）と柱との界面温度は、最高温度は22分59秒、平均温度は23分04秒頃に260℃を超えた。準不燃木材（アガチス）と間柱との界面温度は、最高温度は23分04秒、平均温度は24分33秒頃に260℃を超えた。構造用合板の表面（断熱材裏面温度）は、最高温度は21分47秒、平均温度は22分41秒頃に260℃を超えた。非加熱側硬質木片セメント板の裏面温度（試験体裏面温度）は、最高温度は、44分23秒頃に260℃を超え、加熱終了の47分時点の最高温度は352℃であった。

約2.2tの載荷荷重による変位は、加熱終了の47分に軸方向で中央上部が6.1mm、面外方向では中央部分が11.2mmであった。

試験体の試験荷重と変位量を図5.1-3に示し。試験体各部温度の平均を図5.1-4に示す。

- 260℃を超える平均加熱温度時間面積 = 257.69(x100℃・分)
- 260℃を超える標準曲線温度時間面積 = 230.04(x100℃・分)
- 加熱比率 = 1.120
- 加熱プロパン消費量 = 14.29 m³

(3) 供試体No 3. E1-JWH18(C)

柱寸法105×105mm、両面大壁仕様、載荷荷重：2.2t

加熱面側：準不燃木材（マトア）18mm 1枚張り

非加熱面側：構造用合板 7.5mm下地、硬質木片セメント板12mm張り

加熱開始後加熱面では、4分53秒頃に準不燃木材の表面が黒変し、17分18秒頃には目地部分の隙間が広がり、続いて24分59秒頃から燃え落ち始め、試験体の柱や間柱に着炎し大きく燃え始め、29分39秒頃には準不燃木材がほぼ全面燃え落ち、柱と間柱がむき出しになり炎がさらに大きくなった。

一方非加熱面では、33分46秒頃に中央横目地部分から白煙が発生し、39分30秒頃には目地部分隙間が広がり、41分17秒頃には右上に亀裂が発生し、43分20秒頃にはその亀裂部分から火炎が出始めたため45分で加熱を終了した。

加熱側準不燃木材（マトア）の裏面温度は、最高温度が19分09秒に、平均温度が24分12秒頃に260℃を超えた。準不燃木材（マトア）と柱との界面温度は、最高温度が26分36秒に、平均温度が26分57秒頃に260℃を超えた。準不燃木材（マトア）と間柱との界面温度は、最高温度が26分03秒に、平均温度が27分56秒頃に260℃を超えた。構造用合板の表面（断熱材裏面温度）は、最高温度が24分21秒、平均温度

が27分56秒頃に 260℃を超えた。非加熱側硬質木片セメント板の裏面（試験体裏面）は、加熱終了の45分時点の最高温度が 243℃であった。

約2.2tの載荷荷重による変位は、加熱終了の45分に、軸方向では中央上部が11.6mm、面外方向では中央部分が29.4mmであった。

試験体の試験荷重と変位量を図5. 1-5に示し。試験体各部温度の平均を図5. 1-6に示す。

- 260℃を超える平均加熱温度時間面積 = 237.96(x100℃・分)
260℃を超える標準曲線温度時間面積 = 216.95(x100℃・分)
加熱比率 = 1.097
- 加熱プロパン消費量 = 10.78 m³

(4) 供試体No.4. EI-JWL24(C)

柱寸法105×105mm、両面大壁仕様、載荷荷重：2.2t

加熱面側：準不燃木材（アガチス）24mm 1枚張り

非加熱面側：構造用合板 7.5mm下地、硬質木片セメント板12mm張り

加熱開始後加熱面では、4分15頃秒に準不燃木材の表面が黒変し、23分43秒頃には目地部分の隙間が広がり、中から炎と煙が発生し、続いて26分47秒頃から準不燃木材が燃え落ち始め、試験体の柱や間柱に着炎し大きく燃え始め、31分42秒頃には準不燃木材がほぼ全面燃え落ち、柱と間柱がむき出しになり炎がさらに大きくなった。

非加熱面では、33分37秒頃に中央縦目地部分から白煙と炎が発生し、35分31秒頃には別の目地部分から白煙が発生し始めた。36分50秒には中央横目地部分から水が流れだし、43分22秒に中央縦目地部分が膨らんできて、46分頃にたわみが大きくなり載荷が困難になってきたため46分に加熱を終了した。

加熱側準不燃木材（アガチス）の裏面温度は、最高温度が21分35秒に、平均温度が26分05秒頃に 260℃を超えた。準不燃木材（アガチス）と柱との界面温度は、最高温度が29分11秒に、平均温度が29分41秒頃に 260℃を超えた。準不燃木材（アガチス）と間柱との界面温度は、最高温度は29分21秒、平均温度は30分29秒頃に 260℃を超えた。構造用合板の表面（断熱材裏面温度）は、最高温度は26分54秒、平均温度は30分10秒頃に260℃を超えた。非加熱側硬質木片セメント板の裏面温度（試験体裏面温度）は、加熱終了の46分時点の最高温度は 160℃であった。

約2.2tの載荷荷重による変位は、加熱終了の46分に軸方向では中央上部が33.5mm、面外方向では中央部分が71.3mmであった。

試験体の試験荷重と変位量を図5. 1-7に示し。試験体各部温度の平均を図5. 1-8に示す。

- 260℃を超える平均加熱温度時間面積 = 240.78(x100℃・分)
260℃を超える標準曲線温度時間面積 = 224.15(x100℃・分)
加熱比率 = 1.074
- 加熱プロパン消費量 = 13.01 m³

(5) 供試体No 5. EI-KS8+NP9(C)

柱寸法 105×105mm、両面大壁仕様、載荷荷重：2.2t

加熱面側：繊維混入けい酸カルシウム板 8mm下地、難燃合板 9mm張り

非加熱面側：構造用合板 7.5mm下地、硬質木片セメント板12mm張り

加熱開始後加熱面では、5分04秒頃に難燃合板表面に着炎し、5分21秒頃に全体に炎が広がり、表面が黒変し、12分31秒頃から難燃合板が燃え落ち始め、16分43秒頃にはほぼ全面が脱落し、下地の繊維混入けい酸カルシウム板が露出した。23分44秒頃に繊維混入けい酸カルシウム板の中央縦目地部分に隙間が見られ、その目地部分から炎が発生し、中の柱や間柱に着炎した。しかし、繊維混入けい酸カルシウム板は、目地部分の隙間から火炎を出し始めたが加熱終了まで脱落しなかった。

一方非加熱面では、71分52秒頃に目地部分から白煙が発生し、93分26秒頃には中央横目地部分から白煙が発生し、95分30秒には表面が茶色に変化し、102分頃に柱の変位が大きくなり載荷が困難になってきたため102分で加熱を終了した。

加熱側難燃合板の裏面温度は、最高温度が12分03秒に、平均温度が12分46秒頃に260℃を超えた。繊維混入けい酸カルシウム板の裏面（断熱材表面温度）は、最高温度が20分44秒に、平均温度が21分56秒頃に260℃を超えた。繊維混入けい酸カルシウム板と柱との界面温度は、最高温度が22分19秒に、平均温度が24分18秒に260℃を超えた。繊維混入けい酸カルシウム板と間柱との界面温度は、最高温度が33分03秒に、平均温度が35分03秒頃に260℃を超えた。構造用合板の表面（断熱材裏面温度）は、最高温度が28分07秒に、平均温度が35分20秒頃に260℃を超えた。非加熱側硬質木片セメント板の裏面温度（試験体裏面温度）は、加熱終了の102分時点の最高温度が108℃であった。

約2.2tの載荷荷重による変位は、加熱終了の102分に軸方向では中央上部が22.9mm、面外方向では中央部分が56.7mmであった。

試験体の試験荷重と変位置を図5. 1-9に示し。試験体各部温度の平均を図5. 1-10に示す。

- 260℃を超える平均加熱温度時間面積 = 622.42(x100℃・分)
- 260℃を超える標準曲線温度時間面積 = 615,69(x100℃・分)
- 加熱比率 = 1.011
- 加熱プロパン消費量 = 13.01 m³

(6) 供試体No 6. EI-KS6+ST18(C)、

柱寸法 105×105mm、両面大壁仕様、載荷荷重：2.2t

加熱面側：繊維混入けい酸カルシウム板 6mm下地、杉板18mm張り

非加熱面側：構造用合板7.5mm下地、硬質木片セメント板12mm張り

加熱開始後加熱面では、2分頃に杉板表面から炎が出現し、その後徐々に広がった後、2分19秒頃に全体的に着炎した。2分57秒頃に杉板の表面が黒変し、31分57秒頃から表面の膨れが見られ、32分54秒頃から杉板が燃え落ち始め、37分38秒頃には中の繊維混入けい酸カルシウム板下地の目地部分に着炎し、43分59秒頃には、杉板のほぼ全面が脱落し、繊維混入けい酸カルシウム板下地がむき出しになった。64

分36秒頃からは繊維混入けい酸カルシウム板の中央目地部分で反りが発生し、一段と目地部分の火炎が大きくなったが、繊維混入けい酸カルシウム板は、目地部分の隙間から火炎を出し始めたが加熱終了まで脱落しなかった。

一方非加熱面では、69分54秒頃に中央目地部分から白煙が発生し、77分50秒頃に中央縦目地部分が膨れてきて、82分頃にたわみが大きくなり載荷が困難になってきたため82分に加熱を終了した。

加熱側杉板の裏面温度は、最高温度が32分13秒に、平均温度が34分55秒頃に 260℃を超えた。繊維混入けい酸カルシウム板の裏面（断熱材表面温度）は、最高温度が35分08秒に、平均温度が38分40秒頃に 260℃を超えた。繊維混入けい酸カルシウム板と柱との界面温度は、最高温度が40分52秒に、平均温度が41分21秒頃に 260℃を超えた。繊維混入けい酸カルシウム板と間柱との界面温度は、最高温度が39分45秒に、平均温度が44分13秒頃に 260℃を超えた。構造用合板の表面（断熱材裏面温度）は、最高温度は41分38秒、平均温度は44分28秒頃に 260℃を超えた。非加熱側硬質木片セメント板の裏面温度（試験体裏面温度）は、加熱終了の82分時点の最高温度が 101℃であった。

約2.2tの載荷荷重による変位は、加熱終了の82分に軸方向では中央上部が28.0mm、面外方向では中央部分が70.3mmであった。

試験体の試験荷重と変位量を図5. 1-11に示し。試験体各部温度の平均を図5. 1-12に示す。

- 260℃を超える平均加熱温度時間面積 = 487.00(x100℃・分)
- 260℃を超える標準曲線温度時間面積 = 469.31(x100℃・分)
- 加熱比率 = 1.038
- 加熱プロパン消費量 = 28.17 m³

(7) 供試体No.7. EI-GB12+ST18(C)

柱寸法 105×105mm、両面大壁仕様、載荷荷重：2.2t

加熱面側：せっこうボード12mm下地、杉板18mm張り

非加熱面側：構造用合板7.5mm下地、硬質木片セメント板12mm張り

加熱開始後加熱面では、2分23秒頃に杉板表面から炎が出現し、その後徐々に広がった後、3分01秒頃に全体的に着炎した。11分32秒頃には横目地が開き始め、24分55秒頃から杉板の脱落が始まり、37分44秒頃には下地せっこうボードに亀裂が発生して亀裂部分から火炎が出現し、試験体の柱や間柱に着炎し、39分52秒頃には杉板がほぼ全面脱落した。42分12秒頃からせっこうボードが脱落し始め、柱や間柱がむき出しになり炎が大きくなった。

非加熱面では、50分42秒頃に縦目地部分から白煙が発生し、55分33秒頃に中央縦目地部分から白煙が発生した。58分47秒頃には中央目地部分から水が流れ始め、68分20秒頃に中央横目地部分を軸に反りが発生し、炎が現れ、69分頃にたわみが大きくなり載荷が困難になってきたため70分に加熱を終了した。

加熱側杉板の裏面温度は、最高温度は22分29秒、平均温度は25分06秒頃に 260℃を超えた。せっこうボードの裏面（断熱材表面温度）は、最高温度が34分41秒に、

平均温度が39分50秒頃に 260℃を超えた。せっこうボードと柱との界面温度は、最高温度が41分13秒に、平均温度が43分15秒頃に 260℃を超えた。せっこうボードと間柱との界面温度は、最高温度が41分21秒に、平均温度が47分44秒頃に 260℃を超えた。構造用合板の表面（断熱材裏面温度）は、最高温度が43分58秒に、平均温度が46分32秒頃に 260℃を超えた。非加熱側硬質木片セメント板の裏面温度（試験体裏面温度）は、加熱終了の70分時点の最高温度が 154℃であった。

約2.2tの載荷荷重による変位は、加熱終了の70分に軸方向では中央上部が29.3mm、面外方向では中央部分が75.2mmであった。

試験体の試験荷重と変位量を図5. 1-13に示し。試験体各部温度の平均を図5. 1-14に示す。

- 260℃を超える平均加熱温度時間面積 = 376.89(x100℃・分)
260℃を超える標準曲線温度時間面積 = 385.67(x100℃・分)
加熱比率 = 0.977
- 加熱プロパン消費量 = 24.56 m³

(8) EI-GB12+ST24(C)、

柱寸法 105×105mm、両面大壁仕様、載荷荷重：2.2t

加熱面側：せっこうボード12mm下地、杉板24mm張り

非加熱面側：構造用合板 7.5mm下地、硬質木片セメント板12mm張り

加熱開始後加熱面では、3分05秒頃に杉板表面から炎が出現し、その後徐々に広がった後、3分12秒頃に全体的に着炎した。12分28秒頃には目地が開き始め、19分08秒頃には目地部分が広がってきて、35分07秒頃から杉板が燃え落ち始め、50分03秒頃には、杉板がほぼ全面脱落した。54分06秒頃にせっこうボード下地の目地部分が膨らみ、火炎が出現し、試験体の柱や間柱に着炎し、59分11秒頃からせっこうボードが燃え落ち始め、66分24秒頃には、せっこうボードが脱落し始め、柱や間柱がむき出しになり炎が大きくなった。

非加熱面では、65分37秒頃に縦目地部分から白煙が発生し、66分21秒頃には縦目地部分から水が現れ、72分02秒頃に中央上部に亀裂が発生し、73分12秒頃に亀裂部分が黒変し火炎が出始めたため77分に加熱を終了した。

加熱側杉板の裏面温度は、最高温度が30分35秒に、平均温度が35分01秒頃に 260℃を超えた。せっこうボードの裏面（断熱材表面温度）は、最高温度は43分50秒、平均温度は48分16秒頃に 260℃を超えた。せっこうボードと柱との界面温度は、最高温度が51分06秒に、平均温度が55分13秒頃に 260℃を超えた。せっこうボードと間柱との界面温度は、最高温度が49分20秒に、平均温度が55分08秒頃に 260℃を超えた。構造用合板の表面（断熱材裏面温度）は、最高温度が49分18秒に、平均温度が54分38秒頃に 260℃を超えた。非加熱側硬質木片セメント板の裏面温度（試験体裏面温度）は、加熱終了の77分時点の最高温度が 150℃であった。

約2.2tの載荷荷重による変位は、加熱終了の77分に軸方向では中央上部が10.5mm、面外方向では中央部分が30.7mmであった。

試験体の試験荷重と変位量を図5. 1-15に示し。試験体各部温度の平均を図5

・ 1-16に示す。

・ 260℃を超える平均加熱温度時間面積 = 437.36(x100℃・分)

260℃を超える標準曲線温度時間面積 = 453.83(x100℃・分)

加熱比率 = 1.004

・ 加熱プロパン消費量 = 22.68 m³

2) 枠組壁工法の温度変化と観察状況

(9) EI-RB7+PL8(D)、枠材寸法38×89mm、載荷荷重2.0t

加熱側：ラスボード 7mm下地、せっこうプラスター 8mm塗り（屋内側）

非加熱側：構造用合板 7.5mm下地、硬質木片セメント板12mm張り（屋外側）

加熱開始後加熱側では、25分頃からせっこうプラスターが膨らみ始め、28分20秒頃に表面に亀裂が発生し、31分50秒頃に亀裂部分から炎が出現した。その後39分30秒頃から加熱側材料が脱落し始め、48分30秒までに全てが脱落した。その後スタッドや構造用合板からの炎が加熱終了時まで続いた。

一方非加熱側では、43分頃から目地部分から水蒸気混じりの白煙が発生し始めた。47分頃に横目地から茶色の液体が流れ出した。47分10秒頃にはスギ板付近からも白煙が発生し始めた。その後面外方向の中央部分の変位量が大きくなり載荷が困難になってきたため、52分に加熱を終了した。

加熱側せっこうプラスターの裏面温度は、最高温度で12分49秒頃に、平均温度で16分46秒頃に 260℃を超えた。ラスボードの裏面温度（断熱材表面温度）は、最高温度で24分03秒頃に、平均温度で25分40秒頃に 260℃を超えた。ラスボードとスタッドとの界面温度は、最高温度で20分24秒頃に、平均温度で27分44秒頃に 260℃を超えた。構造用合板の表面温度（断熱材裏面温度）は、最高温度で32分50秒頃に、平均温度で36分39秒頃に 260℃を超えた。非加熱側硬質木片セメント板の裏面温度（試験体裏面温度）は、最高温度で79℃まで上昇した。

約2.0tの載荷荷重による最大変位は、軸方向では上部・右が15.8mm（52.0分）、面外方向では中央部分が67.8mm（52.0分）であった。

試験体の試験荷重と変位量を図5. 1-17に示し、試験体各部温度の平均を図5. 1-18に示す。

• 260℃を超える平均加熱温度時間面積 = 266.67(x100℃・分)

260℃を超える標準曲線温度時間面積 = 264.79(x100℃・分)

加熱比率 = 1.007

• 加熱プロパン消費量 = 21.5 m³

(10) EI-NP9+GB15(D)、枠材寸法38×89mm、載荷荷重2.0t

加熱側：難燃合板 9mm下地、せっこうボード15mm張り（屋内側）

非加熱側：構造用合板 7.5mm下地、硬質木片セメント板12mm張り（屋外側）

加熱開始後加熱側では、2分40秒頃からせっこうボード表面が黒変し始め、全体的に広がった。その後6分頃から表面が灰色に変化し始め、13分頃には表面全体が灰色の状態となった。24分頃からはせっこうボード表面に亀裂が発生し始め、28分15秒頃に亀裂部分から炎が出現し始めた。37分20秒頃からは亀裂部分がめくれ上がり、加熱側材料が脱落し始めた。その後43分

頃まで大きな脱落が続き、53分頃までに全てが脱落した。その後スタッドや構造用合板からの炎が加熱終了時まで続いた。

一方非加熱側では、44分30秒頃から目地部分から水蒸気混じりの白煙が発生し始めた。45分30秒頃に横目地から液体が流れ出した。54分頃には中央縦目地が開き、内部の赤熱が確認されるようになった。そして55分30秒に硬質木片セメント板表面が焦げ始め、同時に亀裂も生じ、56分頃に縦目地から硬質木片セメント板に着炎したため、57分に加熱を終了した。

加熱側せっこうボードの裏面温度は、最高温度で23分57秒頃に、平均温度で25分52秒頃に260℃を超えた。難燃合板の裏面温度（断熱材表面温度）は、最高温度で32分19分頃に、平均温度で35分02秒頃に260℃を超えた。難燃合板とスタッドとの界面温度は、最高温度で37分59秒頃に、平均温度で39分32秒頃に260℃を超えた。構造用合板の表面温度（断熱材裏面温度）は、最高温度で38分31秒頃に、平均温度で39分42秒頃に260℃を超えた。非加熱側硬質木片セメント板の裏面温度（試験体裏面温度）は、最高温度で175℃まで上昇した。

約2.0tの載荷荷重による最大変位は、軸方向では上部・中央が16.1mm（57.0分）、面外方向では中央部分が27.6mm（57.0分）であった。しかしながら硬質木片セメント板が目地部分で内側に反ったため、ここでの面外方向の変位の値は実際よりも小さく出ている。

試験体の試験荷重と変位量を図5. 1-19に示し、試験体各部温度の平均を図5. 1-20に示す。

- 260℃を超える平均加熱温度時間面積 = 301.35(x100℃・分)
- 260℃を超える標準曲線温度時間面積 = 300.75(x100℃・分)
- 加熱比率 = 1.002
- 加熱プロパン消費量 = 20.9 m³

(11) EI-GB15+NP9(D)、枠材寸法38×89mm、載荷荷重2.0t

加熱側：せっこうボード15mm下地、難燃合板9mm張り（屋内側）

非加熱側：構造用合板7.5mm下地、硬質木片セメント板12mm張り（屋外側）

加熱開始後加熱側では、2分55秒頃に難燃合板に着炎し、同時に難燃合板の脱落が発生し始めた。その後15分頃には難燃合板がほとんど脱落したためせっこうボード表面が露出した。22分40秒頃に目地部分から炎が出現し始めた。23分50秒頃にせっこうボード表面に亀裂が発生し、炎が出現し始めた。その後37分頃から加熱側材料が脱落し始め、45分30秒頃までに全てが脱落した。その後スタッドや構造用合板からの炎が加熱終了時まで続いた。

一方非加熱側では、44分頃から目地部分から水蒸気混じりの白煙が発生し始め、同時に黄色の液体が流れ出した。そして51分20秒頃に硬質木片セメント板表面が焦げ始め、52分25秒頃に亀裂が生じ、53分30秒頃に亀裂部分から硬質木片セメント板に着炎した。また53分50秒頃には中央縦目地が開き、内部の赤熱が確認されるようになったため、55分に加熱を終了した。

加熱側難燃合板の裏面温度は、最高温度で8分01秒頃に、平均温度で9分07秒頃に260℃を

超えた。せっこうボードの裏面温度（断熱材表面温度）は、最高温度で22分21分頃に、平均温度

で24分39秒頃に 260℃を超えた。せっこうボードとスタッドとの界面温度は、最高温度で23分40秒頃に、平均温度で25分51秒頃に 260℃を超えた。構造用合板の表面温度（断熱材裏面温度）は、最高温度で29分30秒頃に、平均温度で32分53秒頃に 260℃を超えた。非加熱側硬質木片セメント板の裏面温度（試験体裏面温度）は、最高温度で54分30秒頃に 260℃を超えた。

約2.0tの載荷荷重による最大変位は、軸方向では上部・右が23.1mm（55.0分）、面外方向では中央部分が47.5mm（55.0分）であった。

試験体の試験荷重と変位量を図5. 1-21に示し、試験体各部温度の平均を図5. 1-22に示す。

- 260℃を超える平均加熱温度時間面積 = $301.26(x100^{\circ}\text{C} \cdot \text{分})$
260℃を超える標準曲線温度時間面積 = $285.68(x100^{\circ}\text{C} \cdot \text{分})$
加熱比率 = 1.054
- 加熱プロパン消費量 = 19.3 m³

(12) EI-GB12+NP9(D)、枠材寸法38×89mm、載荷荷重2.0t

加熱側：せっこうボード12mm下地、難燃合板 9mm張り（屋内側）

非加熱側：構造用合板 7.5mm下地、硬質木片セメント板12mm張り（屋外側）

加熱開始後加熱側では、3分頃に難燃合板に着炎し、4分頃に難燃合板が脱落し始めた。その後15分30秒頃には大半の難燃合板の脱落によりせっこうボード表面が露出した。19分30秒頃に目地部分から炎が出現し始めた。21分30秒頃にせっこうボード表面に亀裂が発生し、炎が出現し始めた。そして42分20秒頃から加熱側材料が脱落し始め、48分頃までに全てが脱落した。その後スタッドや構造用合板からの炎が加熱終了時まで続いた。

一方非加熱側では、45分頃から目地部分から水蒸気混じりの白煙が発生し始めた。45分45秒頃に釘穴から茶色の液体が流れ出した。そして47分30秒頃に縦目地が茶色に変色し始め、49分30秒頃に硬質木片セメント板が膨らみ始めた。53分頃に表面が焦げ始め、55分15秒頃に亀裂が発生し、亀裂部分から内部の赤熱が確認できるようになった。また56分20秒頃に中央縦目地が開き、スタッドの赤熱が確認できるようになり、その後57分20秒頃に目地部分から硬質木片セメント板に着炎したため、58分に加熱を終了した。

加熱側難燃合板の裏面温度は、最高温度で 8分39秒頃に、平均温度で 9分03秒頃に 260℃を超えた。せっこうボードの裏面温度（断熱材表面温度）は、最高温度で17分42分頃に、平均温度で19分26秒頃に 260℃を超えた。せっこうボードとスタッドとの界面温度は、最高温度で18分18秒頃に、平均温度で21分49秒頃に 260℃を超えた。構造用合板の表面温度（断熱材裏面温度）は、最高温度で22分40秒頃に、平均温度で24分58秒頃に 260℃を超えた。非加熱側硬質木片セメント板の裏面温度（試験体裏面温度）は、最高温度で56分14秒頃に 260℃を超えた。

約2.0tの載荷荷重による最大変位は、軸方向では上部・中央が18.2mm（58.0分）、面外方向では中央部分が28.8mm（52.0分）であった。しかしながら硬質木片セメント板が目地部分で内側に反ったため、ここでの面外方向の変位の値は実際よりも小さく出ている。

試験体の試験荷重と変位量を図5. 1-23に示し、試験体各部温度の平均を図5. 1-24に示す。

- 260℃を超える平均加熱温度時間面積 = 317.78(x100℃・分)
260℃を超える標準曲線温度時間面積 = 303.50(x100℃・分)
加熱比率 = 1.044
- 加熱プロパン消費量 = 20.1 m³

(13) EE-KP7.5+KS12(D)、枠材寸法38×89mm、載荷荷重2.0t

加熱側：構造用合板 7.5mm下地、硬質木片セメント板12mm張り（屋外側）

非加熱側：せっこうボード12mm下地、せっこうボード12mm張り（屋内側）

加熱開始後加熱側では、6分頃に硬質木片セメント板表面が黒変し、全体的に広がった後、10分頃に全体的に茶褐色になった。18分30秒頃からは硬質木片セメント板の横目地部が開き始め、21分頃から目地部分から炎が出現し始めた。22分頃に硬質木片セメント板に亀裂が発生した。24分頃に表面全体が炎に包まれた。45分頃から加熱側材料が脱落し始めた。その後スタッドからの炎が加熱終了時まで続いた。

一方非加熱側では、38分頃に試験体上部（上枠の切り込み部分）から茶色の液体が流れ出した。その後43分30秒頃から目地部分から水蒸気混じりの白煙が発生し始めた。その後面外方向の中央部分の変位量が大きくなり載荷が困難になってきたため、53分に加熱を終了した。

加熱側硬質木片セメント板の裏面温度は、最高温度で22分51秒頃に、平均温度で24分07秒頃に 260℃を超えた。構造用合板の裏面温度（断熱材表面温度）は、最高温度で28分03秒頃に、平均温度で29分27秒頃に 260℃を超えた。構造用合板とスタッドとの界面温度は、最高温度で27分18秒頃に、平均温度で30分38秒頃に 260℃を超えた。下地せっこうボードの表面温度（断熱材裏面温度）は、最高温度で31分18秒頃に、平均温度で34分33秒頃に 260℃を超えた。非加熱側せっこうボードの裏面温度（試験体裏面温度）は、最高温度で97℃まで上昇した。

約2.0tの載荷荷重による最大変位は、軸方向では上部・中央が23.2mm（53.0分）、面外方向では中央部分が76.3mm（53.0分）であった。

試験体の試験荷重と変位量を図5. 1-25に示し、試験体各部温度の平均を図5. 1-26に示す。

- 260℃を超える平均加熱温度時間面積 = 278.72(x100℃・分)
260℃を超える標準曲線温度時間面積 = 273.98(x100℃・分)
加熱比率 = 1.017

- 加熱プロパン消費量 = 20.1 m³

(14) EI-NP9+GB12(D)、枠材寸法38×89mm、載荷荷重1.6t

加熱側：難燃合板 9mm下地、せっこうボード12mm張り（屋内側）

非加熱側：構造用合板 7.5mm下地、硬質木片セメント板12mm張り（屋外側）

加熱開始後加熱側では、3分49秒頃からせっこうボード表面が焦げ出し始め、4分38秒頃に着火した。10分40秒頃にパテに亀裂が発生し始め、12分20秒頃から脱落し始めた。21分51秒頃からせっこうボードが部分的に脱落し始め、あちらこちらから炎が出現した。その後29分30秒頃にせっこうボード全体が脱落し、表面全体が炎に包まれた。

一方非加熱側では、45分頃に非加熱側表面に亀裂が発生し、同時に燃え抜けた。その後加熱終了まで数箇所から亀裂および燃え抜けが発生したため、50分に加熱を終了した。

加熱側せっこうボードの裏面温度は、最高温度で17分29秒頃に、平均温度で20分16秒頃に 260℃を超えた。難燃合板の裏面温度（断熱材表面温度）は、最高温度で26分37秒頃に、平均温度で29分23秒頃に 260℃を超えた。難燃合板とスタッドとの界面温度は、最高温度で33分11秒頃に、平均温度で34分17秒頃に 260℃を超えた。下地構造用合板の表面温度（断熱材裏面温度）は、最高温度で29分45秒頃に、平均温度で32分03秒頃に 260℃を超えた。非加熱側硬質木片セメント板の裏面温度（試験体裏面温度）は、最高温度で45分54秒頃に 260℃を超えた。

約1.6tの載荷荷重による最大変位は、軸方向では上部・右が18.9mm（50.0分）、面外方向では中央部・中央が29.2mm（50.0分）であった。

試験体の試験荷重と変位量を図5. 1-27に示し、試験体各部温度の平均を図5. 1-28に示す。

- 260℃を超える平均加熱温度時間面積 = 261.01(x100℃・分)

260℃を超える標準曲線温度時間面積 = 254.69(x100℃・分)

加熱比率 = 1.024

- 加熱プロパン消費量 = 17.8 m³

(15) EI-GBX12+NP9(D)、枠材寸法38×89mm、載荷荷重1.6t

加熱側：強化せっこうボード12mm下地、難燃合板 9mm張り（屋内側）

非加熱側：構造用合板 7.5mm下地、硬質木片セメント板12mm張り（屋外側）

加熱開始後加熱側では、4分03秒頃に難燃合板に着火し、4分39秒頃に難燃合板が脱落し始めた。その後17分頃には大半の難燃合板が脱落した。20分頃にせっこうボード表面に亀裂が発生し、22分36秒頃に炎が出現し始めた。24分頃に目地部分から炎が出現し始めた。そして72分頃から加熱側材料が剥がれ始め、75分頃から脱落し始めた。

一方非加熱側では、51分頃から釘穴から水蒸気混じりの白煙が発生し始めた。56分頃から横目地が開き始め、69分頃から白煙が発生し始めた。その後面外方向の中央部分の変位量が大き

くなり載荷が困難になってきたため、78分に加熱を終了した。

加熱側難燃合板の裏面温度は、最高温度で10分45秒頃に、平均温度で11分05秒頃に 260℃を超えた。強化せっこうボードの裏面温度（断熱材表面温度）は、最高温度で22分28秒頃に、平均温度で22分55秒頃に 260℃を超えた。強化せっこうボードとスタッドとの界面温度は、最高温度で21分28秒頃に、平均温度で29分頃に 260℃を超えた。下地構造用合板の表面温度（断熱材裏面温度）は、最高温度で28分36秒頃に、平均温度で34分30秒頃に 260℃を超えた。非加熱側硬質木片セメント板の裏面温度（試験体裏面温度）は、最高温度で 116℃まで上昇した。

約1.6tの載荷荷重による最大変位は、軸方向では上部・右が35.2mm（76.0分）、面外方向では中央部・中央が76.5mm（76.0分）であった。

試験体の試験荷重と変位量を図5. 1-29に示し、試験体各部温度の平均を図5. 1-30に示す。

- 260℃を超える平均加熱温度時間面積 = 454.13(x100℃・分)
- 260℃を超える標準曲線温度時間面積 = 444.52(x100℃・分)
- 加熱比率 = 1.022
- 加熱プロパン消費量 = 29.8 m³

(16) EI-NP9+GBX12(D)、枠材寸法38×89mm、載荷荷重1.6t

加熱側：難燃合板 9mm下地、強化せっこうボード12mm張り（屋内側）

非加熱側：構造用合板 7.5mm下地、硬質木片セメント板12mm張り（屋外側）

加熱開始後加熱側では、3分30秒頃からせっこうボード表面が黒変し始め、全体的に広がった。その後10分13秒頃からせっこうボード表面に亀裂が発生し始めた。12分頃からはパテが脱落し始めた。23分頃から横目地が開き始め、27分59秒頃から炎が出現し始めた。一方29分45秒頃からは亀裂部分から炎が出現し始めた。55分頃から部分的に加熱側材料が脱落し始め、70分頃までに全てが脱落した。

一方非加熱側では、29分頃から目地部分から水蒸気混じりの白煙が発生し始めた。46分頃に横目地からの白煙が止まり、硬質木片セメント板表面に水滴の跡が確認された。その後70分頃から横目地から再度白煙が発生し始め、75分頃に硬質木片セメント板に亀裂が発生した。その後面外方向の中央部分の変位量が大きくなり載荷が困難になってきたため、76分に加熱を終了し、同時に亀裂部分から燃え抜けが確認された。

加熱側強化せっこうボードの裏面温度は、最高温度で20分58秒頃に、平均温度で24分49秒頃に 260℃を超えた。難燃合板の裏面温度（断熱材表面温度）は、最高温度で33分29秒頃に、平均温度で34分50秒頃に 260℃を超えた。難燃合板とスタッドとの界面温度は、最高温度で36分39秒頃に、平均温度で38分28秒頃に 260℃を超えた。下地構造用合板の表面温度（断熱材裏面温度）は、最高温度で38分53秒頃に、平均温度で41分52秒頃に 260℃を超えた。非加熱側硬質木片セメント板の裏面温度（試験体裏面温度）は、最高温度で 176℃まで上昇した。

約1.6tの載荷荷重による最大変位は、軸方向では上部・左が29.8mm（76.0分）、面外方向では中央部・中央が91.4mm（76.0分）であった。

試験体の試験荷重と変位量を図5. 1-31に示し、試験体各部温度の平均を図5. 1-32に示す。

- 260℃を超える平均加熱温度時間面積 = 437.52(x100℃・分)
260℃を超える標準曲線温度時間面積 = 430.21(x100℃・分)
加熱比率 = 1.017
- 加熱プロパン消費量 = 29.4 m³

5. 2 試験後の柱・間柱の炭化深さ測定

(1) EI-GB12+NP9(C)

加熱面側 : せっこうボード12mm下地、難燃合板9mm張り

53分間の加熱後の間柱は、最小炭化深さが28mm、最大炭化深さが焼失、平均炭化深さが58mmであった。中央部の柱は、最小炭化深さが29mm、最大炭化深さが35mm、平均炭化深さが32mmであった。試験体の炭化深さ測定結果を図5. 2-1に示す。

(2) EI-JWL18(C)

加熱面側 : 準不燃木材(アガチス)18mm 1枚張り

47分間の加熱後の間柱は全て焼失した。中央部の柱は、最小炭化深さが28mm、最大炭化深さが33mm、平均炭化深さが30mmであった。試験体の炭化深さ測定結果を図5. 2-2に示す。

(3) EI-JWH18(C)

加熱面側 : 準不燃木材(マトマ)18mm 1枚張り

45分間の加熱後の間柱は、最小炭化深さが26mm、最大炭化深さが焼失、平均炭化深さが59mmであった。中央部の柱は、最小炭化深さが21mm、最大炭化深さが28mm、平均炭化深さが24mmであった。試験体の炭化深さ測定結果を図5. 2-3に示す。

(4) EI-JWL24(C)

加熱面側 : 準不燃木材(アガチス)24mm 1枚張り

46分間の加熱後の間柱は、最小炭化深さが26mm、最大炭化深さが焼失、平均炭化深さが78mmであった。中央部の柱は、最小炭化深さが26mm、最大炭化深さが33mm、平均炭化深さが30mmであった。試験体の炭化深さ測定結果を図5. 2-4に示す。

(5) EI-KS8+NP9(C)

加熱面側 : 繊維混入けい酸カルシウム板8mm下地、難燃合板9mm張り

102分間の加熱後の間柱は全て焼失した。中央部の柱は、最小炭化深さが44mm、最大炭化深さが47mm、平均炭化深さが45mmであった。試験体の炭化深さ測定結果を図5. 2-5に示す。

(6) EI-KS6+ST18(C)

加熱面側 : 繊維混入けい酸カルシウム板6mm下地、杉板18mm張り

82分間の加熱後の間柱は、最小炭化深さが34mm、最大炭化深さが58mm、平均炭化深さが45mmであった。中央部の柱は、最小炭化深さが27mm、最大炭化深さが40mm、平均炭化深さが35mmであった。試験体の炭化深さ測定結果を図5. 2-6に示す。

(7) EI-GB12+ST18(C)

加熱面側 : せっこうボード12mm下地、杉板18mm張り

70分間の加熱後の間柱は、最小炭化深さが24mm、最大炭化深さが焼失、平均炭化深さが50mmであった。中央部の柱は、最小炭化深さが22mm、最大炭化深さが29mm、平均炭化深さが26mmであった。試験体の炭化深さ測定結果を図5.2-7に示す。

(8) EI-GB12+ST24(C)

加熱面側 : せっこうボード12mm下地、杉板24mm張り

77分間の加熱後の間柱は、最小炭化深さが10mm、最大炭化深さが焼失、平均炭化深さが64mmであった。中央部の柱は、最小炭化深さが28mm、最大炭化深さが32mm、平均炭化深さが30mmであった。試験体の炭化深さ測定結果を図5.2-8に示す。

2) 枠組壁工法、加熱試験後のスタッドの炭化深さ測定

(9) EI-RB7+PL8(D)、ラスボード 7mm下地、せっこうプaster 8mm塗り（内壁側加熱）

52分間の加熱後のスタッドは、正面では最小炭化深さが36mm、最大炭化深さが82mm、平均炭化深さが58mmであり、側面では最小炭化深さが24mm、最大炭化深さが34mm、平均炭化深さが27mmであった。試験体の炭化深さ測定結果を図5. 2-9に示す。

(10) EI-NP9+GB15(D)、難燃合板 9mm下地、せっこうボード15mm張り（内壁側加熱）

57分間の加熱後のスタッドは、正面では最小炭化深さが42mm、最大炭化深さが炭化消失（89mm）、平均炭化深さが68mmであり、側面では最小炭化深さが23mm、最大炭化深さが炭化消失（38mm）、平均炭化深さが34mmであった。試験体の炭化深さ測定結果を図5. 2-10に示す。

(11) EI-GB15+NP9(D)、せっこうボード15mm下地、難燃合板 9mm張り（内壁側加熱）

55分間の加熱後のスタッドは、正面では最小炭化深さが44mm、最大炭化深さが炭化消失（89mm）、平均炭化深さが71mmであり、側面では最小炭化深さが26mm、最大炭化深さが炭化消失（38mm）、平均炭化深さが34mmであった。試験体の炭化深さ測定結果を図5. 2-11に示す。

(12) EI-GB12+NP9(D)、せっこうボード12mm下地、難燃合板 9mm張り（内壁側加熱）

58分間の加熱後のスタッドは、正面では最小炭化深さが36mm、最大炭化深さが炭化消失（89mm）、平均炭化深さが73mmであり、側面では最小炭化深さが30mm、最大炭化深さが炭化消失（38mm）、平均炭化深さが36mmであった。試験体の炭化深さ測定結果を図5. 2-12に示す。

(13) EE-KP7.5+KS12(D)、構造用合板 7.5mm下地、硬質木片セメント板12mm張り
（外壁側加熱）

53分間の加熱後のスタッドは、正面では最小炭化深さが34mm、最大炭化深さが炭化消失（89mm）、平均炭化深さが64mmであり、側面では最小炭化深さが24mm、最大炭化深さが炭化消失（38mm）、平均炭化深さが31mmであった。試験体の炭化深さ測定結果を図5. 2-13に示す。

(14) EI-NP9+GB12(D)、難燃合板 9mm下地、せっこうボード12mm張り（内壁側加熱）

50分間の加熱後のスタッドは、正面では最小炭化深さが33mm、最大炭化深さが炭化消失（89mm）、平均炭化深さが65mmであり、側面では最小炭化深さが22mm、最大炭化深さが炭化消失（38mm）、平均炭化深さが29mmであった。試験体の炭化深さ測定結果を図5. 2-14に示す。

(15) EI-GBX12+NP9(D)、強化せっこうボード12mm下地、難燃合板 9mm張り（内壁側加熱）

78分間の加熱後のスタッドは、正面では最小炭化深さが36mm、最大炭化深さが85mm、平均炭化深さが57mmであり、側面では最小炭化深さが11mm、最大炭化深さが27mm、平均炭化深さが20mmであった。試験体の炭化深さ測定結果を図5. 2-15に示す。

(16) EI-NP9+GBX12(D)、難燃合板 9mm下地、強化せっこうボード12mm張り（内壁側加熱）

76分間の加熱後のスタッドは、正面では最小炭化深さが28mm、最大炭化深さが炭化消失（89mm）、平均炭化深さが56mmであり、側面では最小炭化深さが 9mm、最大炭化深さが炭化消失（38mm）、平均炭化深さが22mmであった。試験体の炭化深さ測定結果を図5. 2-16に示す。

5. 3 炉内圧力

1) 在来軸組工法

(1) EI-GB12+NP9(C)

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で約13Pa、中央で約9Pa、下1/4で約1Paであった。炉内各位置の圧力変化を図5. 3-1に示す。

(2) EI-JWL18(C)

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で約17Pa、中央で約12Pa、下1/4で約5Paであった。炉内各位置の圧力変化を図5. 3-2に示す。

(3) EI-JWH18(C)

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で約16Pa、中央で約12Pa、下1/4で約4Paであった。炉内各位置の圧力変化を図5. 3-3に示す。

(4) EI-JWL24(C)

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で約14Pa、中央で約10Pa、下1/4で約3Paであった。炉内各位置の圧力変化を図5. 3-4に示す。

(5) EI-KS8+NP9(C)

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で約14Pa、中央で約10Pa、下1/4で約2Paであった。炉内各位置の圧力変化を図5. 3-5に示す。

(6) EI-KS6+ST18(C)

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で約18Pa、中央で約14Pa、下1/4で約6Paであった。炉内各位置の圧力変化を図5. 3-6に示す。

(7) EI-GB12+ST18(C)

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で約12Pa、中央で約12Pa、下1/4で約6Paであった。炉内各位置の圧力変化を図5. 3-7に示す。

(8) EI-GB12+ST24(C)

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で約17Pa、中央で約13Pa、下1/4で約6Paであった。炉内各位置の圧力変化を図5. 3-8に示す。

2) 枠組壁工法、炉内圧力変化

(9) E1-RB7+PL8(D)

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で約16Pa、中央で約12Pa、下 1/4で約 4Paであった。炉内各位置の圧力変化を図 5.3-9に示す。

(10) E1-NP9+GB15(D)

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で約12Pa、中央で約 9Pa、下 1/4で約 2Paであった。炉内各位置の圧力変化を図 5.3-10 に示す。

(11) E1-GB15+NP9(D)

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で約16Pa、中央で約12Pa、下 1/4で約 5Paであった。炉内各位置の圧力変化を図 5.3-11 に示す。

(12) E1-GB12+NP9(D)

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で約18Pa、中央で約14Pa、下 1/4で約 3Paであった。炉内各位置の圧力変化を図 5.3-12 に示す。

(13) EE-KP7.5+KS12(D)

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で約16Pa、中央で約13Pa、下 1/4で約 5Paであった。炉内各位置の圧力変化を図 5.3-13 に示す。

(14) E1-NP9+GB12(D)

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で約16Pa、中央で約10Pa、下 1/4で約 4Paであった。炉内各位置の圧力変化を図 5.3-14 に示す。

(15) E1-GBX12+NP9(D)

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で約14Pa、中央で約10Pa、下 1/4で約 2Paであった。炉内各位置の圧力変化を図 5.3-15 に示す。

(16) E1-NP9+GBX12(D)

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で約16Pa、中央で約12Pa、下 1/4で約 6Paであった。炉内各位置の圧力変化を図 5.3-16 に示す。

6. まとめと考察

6. 1 在来軸組工法・壁体の耐火性能について

載荷加熱試験結果の概要を表6-1に、試験体各測定位置の温度測定結果を表6-2に示す。

(1) せっこうボードと難燃合板との重ね張りについて(試験体№1)

せっこうボード12mmに難燃合板9mmの重ね張りの耐火性能は50分を超えた時点で柱の座屈による変位の急増により裏面側の硬質木片セメント板の目地が開き、炎が出現したため加熱を終了した。従って、平成3年度に実施したせっこうボード15mmと難燃合板9mmの組合せたものは67分の耐火性能であったが、せっこうボードの厚みを12mmにすると50分の耐火性能となった。

加熱側下地材料の裏面平均温度は、21分頃に260℃を超えて壁内の燃焼が始まり、非加熱側に炎が出現した51分頃の非加熱側硬質木片セメント板の最高表面温度は181℃であった。

(2) 繊維混入けい酸カルシウム板と難燃合板との重ね張りについて

(試験体№5.)

繊維混入けい酸カルシウム板8mm下地に難燃合板9mmを重ね張りした試験体は、22分過ぎ頃から壁内の燃焼が始まったと推測されるが、けいカル板の脱落がなかったために壁内の燃焼が緩やかとなり、90分頃から柱の座屈による変位が急増しはじめ、面外変位が50mmを超えた102分に加熱を終了した。

加熱側下地材料の裏面平均温度は、22分頃に260℃を超えたが、30分頃に550℃を超えてから温度の上昇が緩やかになり、加熱終了の102分時点では約750℃であった。

(3) 準不燃木材1枚張りについて(試験体№2, 3, 4)

厚さ18mmの準不燃木材において、比重が約0.6のものに約100Kg/m³の薬剤を注入した場合と比重が約0.7で薬剤注入量が約54Kg/m³の場合では、前者が約42分の耐火性能、後者が約43分の耐火性能を示し、また前者の含水率も少し高いことから、材の比重の大きい材料のほうが耐火性能に対して有利となることが認められた。また、比重と薬剤処理量が同じで厚さ18mmと厚さ24mmではほぼ同程度の耐火性能を示し、厚さによる耐火性能の差は明らかでなかった。

準不燃木材の裏面平均温度は、比重の低い18mmの板が20分頃、比重の高い18mmの板が24分頃、比重の低い24mmの板が26分頃に260℃を超え、厚いもの及び比重の高いものほど遮熱性能が高くなり、裏面温度も厚さ18mmで比重の低い板のほうは42分過ぎに初期温度+180℃を超え、比重の高い板は43分半過ぎに初期温度+180℃を超え、比重が低く厚さが24mmの板は加熱終了時の裏面の最高温度が160℃を示し、それぞれ厚さ及び比重により差が認められたが、壁部材全体としての耐火性能としては大差がなかった。

(4) 表面杉板張りについて(試験体№6, 7, 8)

せっこうボードまたは繊維混入けい酸カルシウム板下地に杉板張り18mm及び24mm重ね張りの試験体では、いずれも60分以上の耐火性能を示した。下地材に繊維強化けい酸カルシウム板6mmを用いた試験体はせっこうボード12mm下地を用いた試験体に比べ、下地材の脱落が生じなかったため壁内の柱及び間柱の燃焼が緩やかになり柱の座屈が遅れて約80分の耐火性能を示した。

杉板裏面の平均温度は、18mm、24mmとも大差なく25分から35分に260℃を超え、下地材裏面の平均温度も38分から48分に260℃を超えた。せっこうボード下地の場合は35分から45分以降に壁内温度が急上昇しているが、繊維強化けい酸カルシウム板下地の場合は45分以降600℃を超えてから緩やかになっていった。

(5) 試験体の座屈状況について

準不燃木材厚さ18mmの試験体№2は面外方向の最大変位が11mm程度で非加熱側に炎が現れたが、他の試験体では柱の座屈、または柱の座屈による裏面側材料の亀裂の発生や目地部の開きにより火炎が貫通していた。

(6) 加熱側表面に杉板を張った試験体の燃焼状況について

加熱側に杉板を張った試験体では、杉板に着炎すると炉内温度が一時的に大きく上昇し、その後も杉板が燃焼脱落するまでに炉内温度が高くなるために炉の供給燃料が少なくなり、不燃系の材料を用いた場合より有利になることが推定される。

6.2 枠組壁工法・壁体耐火性能について

載荷加熱試験結果の概要を表6-3に、試験体各測定位置の温度測定結果を表6-4に示す。

(1) ラスボード下地、石膏プラスターについて(試験体№9)

ラスボード7mmに石膏プラスター8mm塗りの試験体は、加熱後51分半頃に座屈を生じ、非加熱側の硬質木片セメント板の横目地が開き、火炎が表れた。在来軸組工法の同一仕様では69分の耐火性能を示していたが、枠組壁工法では50分程度の耐火性能となった。

(2) 難燃合板とせっこうボードとの組合せについて(試験体№10, 11, 12, 14)

せっこうボード12mmと難燃合板9mmとの組合せについては、下地張りとは上張りを逆転させても45分から55分の耐火性能であった。せっこうボード厚を15mmとして難燃合板9mmの組合せでも53分から54分の耐火性能を示し、60分以上の性能とならなかった。

難燃合板を表面張りした場合の裏面平均温度は9分から11分頃に260℃を超え、難燃合板9mm厚の性能は10分前後といえる。加熱側下地材料の裏面平均温度

が260℃を超える時間は、難燃合板を下地側に張った場合のほうがせっこうボードを下地にするより遅くなったが、難燃合板下地の場合は壁内が燃焼し始めると壁内温度上昇がせっこうボード下地に比べ激しくなった。

(3) 難燃合板と強化せっこうボードとの組合せについて(試験体№15, 16)

強化せっこうボード12mmと難燃合板9mmとの組合せでは、下地張りとう張りを逆転させても76分から78分とほぼ同等の耐火性能であった。

(4) 構造用合板と硬質木片セメント板を張った外壁について(試験体№14)

構造用合板7.5mm下地に硬質木片セメント板12mm仕上げの試験体は、53分頃に変位が急上昇し、壁の座屈が生じた。在来軸組(昨年度実施)では約69分の耐火性能を示していたが、枠組壁工法では60分の性能に満たなかった。

6.3 在来軸組工法と枠組壁工法の比較について

平成3年度及び本年度に実施した2枚重ね張り試験体の仕様と結果の概要について、在来軸組工法と枠組壁工法とに分けて表6-5に示す。

(1) 在来軸組工法で66分から80分の耐火性能を有した仕様は、枠組壁工法では51分から54分の耐火性能となり、枠組壁工法のほうが耐火性能が低くなることが認められた。

(2) せっこうボード12mm下地に難燃合板9mm張りでは在来軸組工法の耐火性能が低かったが、その差は5分程度であり、また、両工法の壁の座屈は50分頃から生じているので、ほぼ同程度の耐火性能であったと思われる。

(3) 従って、枠組壁工法による載荷加熱試験を行えば、在来軸組工法の耐火性能はそれ以上の性能があると推定できる。

6.4 木質材料を用いた壁体の耐火性能について

(1) 各測定位置の平均温度による検討

平成3年度及び本年度の結果のうち、検討方法の一つとして、各測定点の平均温度が260℃を超えた時間及び加熱終了時間をまとめ、表6-6に示す。この表では、加熱終了時間から各測定位置の平均温度が260℃を超えた時間を差し引いて試験体各部の遮熱時間を推定した。このうち、在来軸組工法と枠組壁工法の同一仕様で加熱を行った5種類の試験体について、加熱終了時間から加熱側下地材料の裏面平均温度が260℃を超えた時間を差し引いた時間を試験体軸組部材の性能と想定すると(表6-6のE-Aの列)、在来軸組工法の柱部分の性能は平均で約39分、枠組壁工法のスタッド部分の性能は平均で約28分となり、在来軸組工法のほうが約10分程度有利となると推定される。

また、外壁側から加熱した場合の構造用合板7.5mm下地に硬質木片セメント板12mm張りの下地材裏面平均温度が260℃を超えた時間が約30分(表6-6のA列)の遮熱時間であるのに対し、非加熱側での遮熱時間(試験体の非加熱側に炎が表れた時間から下地合板の表面平均温度が260℃を超えた時間を差し引く)は20

分前後（表6-6のE-C列）であり、合板側からの加熱に対して燃焼が早く進むことが推定される。

（2）平成3年度及び本年度の試験結果を基に、材料の仕様と耐火性能を45分以降15分毎にまとめると、以下の通りとなった。

耐火性能30分 （1）準不燃木材18mm本実加工一枚張り、横張り
（2）準不燃木材24mm本実加工一枚張り、横張り

耐火性能45分 （1）せっこうボード12mm下地に難燃合板9mm張り
（2）難燃合板9mm下地にせっこうボード12mm張り
（3）ラスボード7mm下地にせっこうプaster8mm塗り
（4）せっこうボード15mm下地に難燃合板9mm張り
（5）難燃合板9mm下地にせっこうボード15mm張り
（6）構造用合板7.5mm下地に硬質木片セメント板12mm張り

耐火性能60分 （1）強化せっこうボード15mm下地に難燃合板7mm張り
（2）難燃合板7mm下地に強化せっこうボード15mm張り

（以下は、在来軸組工法だけの仕様）

耐火性能60分 （1）せっこうボード12mm下地に杉板18mm張り
（2）せっこうボード12mm下地に杉板24mm張り

耐火性能75分 （1）繊維混入けい酸カルシウム板6mm下地に杉板18mm張り

耐火性能90分 （1）繊維混入けい酸カルシウム板8mm下地に難燃合板9mm張り

6.5 以上の結果をまとめると

- 1）加熱により容易に変形、脱落しない材料を用いると、壁内燃焼が抑制されて耐火性能が向上する。
- 2）木質材料を用いた2枚重ね張りでは、壁内温度は木質材料を下地に用いた場合のほうが上昇は遅くなるが、壁全体の性能としてはほぼ同程度となる。
- 3）在来軸組工法と枠組壁工法との比較では、在来軸組工法の壁体のほうが有利な結果を示した。従って、今後は不利側の枠組壁工法を用いて壁部材の開発を行うことが必要と思われる。
- 4）杉板を表面に直接張った場合は、それ自身が燃料となり炉内温度を上昇させるため、実際より有利になる場合がある。従って、可燃材料を表面に張って壁を構成する場合の評価方法を明確にする必要がある。

7. 今後の検討課題

建築基準法が平成4年6月に改正され新たに準耐火構造が定められた。改正された建築基準法は平成5年6月25日から施行されることとなっており、それまでに建築基準法施行令の改正や建設省告示が整備される。建設省告示では、準耐火建築物の耐火性能時間と仕様並びに耐火加熱試験方法が明らかにされるため、今後は木質材料を用いて同等以上の性能を有する壁構造の開発が更に必要となる。これらの開発に際しては、木質材料単体では性能を確保することが困難なので、重ね張り等で仕様を検討する必要がある。また、同時に使用する材料の種類や厚さが明らかであれば、耐火性能の予測が出来るような方法を検討することが必要と思われる。

次年度の検討課題案（試験体の軸組は枠組壁工法とする）

- | | |
|---------|------------------------------------|
| (1) 外壁側 | 構造用合板 9mm下地、硬質木片セメント板12mm張り（目標60分） |
| (2) 内壁側 | 構造用合板 9mm下地、強化せっこうボード12mm張り（目標45分） |
| (3) 内壁側 | 強化せっこうボード12mm下地、構造用合板 9mm張り（目標45分） |
| (4) 内壁側 | 構造用合板12mm下地、強化せっこうボード12mm張り（目標45分） |
| (5) 内壁側 | せっこうボード12mm下地に杉板18mm張り（目標45分） |
| (6) 内壁側 | せっこうボード12mm下地に杉板24mm張り（目標45分） |
| (7) 内壁側 | 強化せっこうボード12mm下地に杉板18mm張り（目標60分） |
| (8) 内壁側 | 強化せっこうボード12mm下地に杉板24mm張り（目標60分） |
| (9) 内壁側 | せっこうボード12mm下地に準不燃板18mm張り（目標60分） |

*：外壁構造は、内壁にせっこうボード12mm2枚重ね張り
内壁構造は、間仕切り壁構造とする

表6-1 載荷加熱試験結果一覧表、在来軸組工法、壁体

試験体記号 ● 部位 ● 被覆仕様	試験荷重 (tf)	初期温度 (℃)	加熱時間 (分)	座屈時間 (分)	軸方向 最大変位量 (mm)	外面 最大変位量 (mm)	試験体裏面				裏面温度 の平均温 度か初期 温度+140 ℃になっ た時間	裏面温度 の最高温 度か初期 温度+180 ℃になっ た時間	上段：柱 下段：間柱		火炎貫通 時間 加熱終了と なる現象等		
							JIS方式(固定)		ISO方式(可動)				測定位置	JIS方式		平均 (mm)	最大 (mm)
							最大 (℃)	平均 (℃)	最大 (℃)	測定時間 (分)							
No.1.EI-GB 12+NP9(C)	2.2	12	53	53	29.4	54.0	181	123	—	—	到達せず	到達せず	35 焼失	32	50'47" 炎の出現		
No.2.EI- JWL18(C)	2.2	6	47	—	6.1	11.2	352	220	122	45.0	44'07"	42'18"	33 焼失	30 焼失	46'30" 炎の出現		
No.3.EI- JWH18(C)	2.2	8	45	—	11.6	29.4	243	136	91	34.3	到達せず	43'43"	28 焼失	24 59	43'20" 炎の出現		
No.4.EI- JWL24(C)	2.2	9	46	46	33.5	71.3	160	127	53	35.0	到達せず	到達せず	33 焼失	30 78	43'30" 炎の出現		
No.5.EI- KS8+NP9(C)	2.2	6	102	102	22.9	56.7	108	104	102	100.0	到達せず	到達せず	47 焼失	45 焼失	柱座屈		
No.6.EI-KS 6+ST18(C)	2.2	10	82	82	28.0	70.3	101	97	67	70.5	到達せず	到達せず	40 58	35 45	柱座屈		
No.7.EI-GB 12+ST18(C)	2.2	9	70	69	29.3	75.2	154	102	27	56.0	到達せず	到達せず	29 焼失	26 50	68'20" 炎の出現		
No.8.EI-GB 12+ST24(C)	2.2	13	77	76	10.5	30.7	150	109	401	76.5	到達せず	76'21"	32 焼失	30 64	73'12" 炎の出現		

GB：せっこうボード、NP：難燃合板、JWL：準不燃木材（比重≒0.6）、JWH：準不燃木材（比重≒0.7）、KS：繊維混入（けい）酸カルシウム板 ST：杉板

表6-2 在来軸組工法壁体の載荷加熱試験、各部温度測定結果一覧表

試験体記号	各部温度測定点、260℃到達時間												加熱終了時間 (分)	加熱終了となる現象等	非加熱面の材料・被覆仕様	
	加熱側材料裏面		加熱側下地材裏面		柱表面		間柱表面		非加熱側材料表面		試験体裏面					
	最高1) 260℃ (分)	平均2) 260℃ (分)	最高 260℃ (分)	平均 260℃ (分)												
●部位 ●被覆仕様																
EI-G812 +NP9(C)	9'36"	10'20"	20'12"	20'49"	22'46"	25'40"	22'10"	27'45"	23'47"	26'53"	181℃	123℃	53'00"	50分47秒 炎の出現	外壁: KP7.5+KS12	
EI-JWL18 (C)	19'19"	19'56"	-	-	22'59"	23'04"	23'04"	24'33"	21'47"	22'41"	44'23"	220℃	47'00"	46分30秒 炎の出現	外壁: KP7.5+KS12	
EI-JWH18 (C)	19'09"	24'12"	-	-	26'36"	26'57"	26'03"	27'56"	24'21"	27'56"	243℃	136℃	45'00"	43分20秒 炎の出現	外壁: KP7.5+KS12	
EI-JWL24 (C)	21'35"	26'05"	-	-	29'11"	29'41"	29'21"	30'29"	26'54"	30'10"	160℃	127℃	46'00"	43分30秒 炎の出現	外壁: KP7.5+KS12	
EI-KS8 +NP9(C)	12'03"	12'46"	20'44"	21'56"	22'19"	24'18"	33'03"	35'03"	28'07"	35'20"	108℃	104℃	102'00"	柱の座屈	外壁: KP7.5+KS12	
EI-KS6 +ST18(C)	32'13"	34'55"	35'08"	38'40"	40'52"	41'47"	39'45"	44'13"	41'38"	44'28"	101℃	97℃	82'00"	柱の座屈	外壁: KP7.5+KS12	
EI-G812 +ST18(C)	22'29"	25'06"	34'41"	39'50"	41'13"	43'15"	41'21"	47'44"	43'58"	46'32"	154℃	102℃	70'00"	68分20秒 炎の出現	外壁: KP7.5+KS12	
EI-G812 +ST24(C)	30'35"	35'01"	43'50"	48'16"	51'06"	55'13"	49'20"	55'08"	49'18"	54'38"	150℃	109℃	77'00"	73分12秒 炎の出現	外壁: KP7.5+KS12	

EI:内壁側、GB:せっこうボード、NP:難燃合板、JWL:準不燃木材(比重≒0.6)、JWH:準不燃木材(比重≒0.7)、KS:繊維混入けい酸カルシウム板
ST:杉板材、KP:構造用合板、KS:硬質木片セメント板

1):各測定位置の中で最も早く260℃を超えた時間。 2):各測定点の平均温度が260℃を超えた時間。

表6-3 載荷加熱試験結果一覧表、枠組壁工法、壁体

試験体記号 ●部位 ●被覆仕様	試験荷重 (tf)	初期温度 (℃)	加熱時間 (分)	座屈時間 (分)	軸方向 最大変位量 (mm)	面外 最大変位量 (mm)	試験体裏面				裏面温度 の平均温度が初期 温度+140℃になっ た時間		裏面温度 の最高温度が初期 温度+180℃になっ た時間		スタッド 上段：正面 下段：側面		火災貫通 時間 加熱終了と なる現象等
							JIS方式(固定)		ISO方式(可動)		測定位置	JIS方式	JIS方式	最大 (mm)	平均 (mm)		
							最大 (℃)	平均 (℃)	最大 (℃)	測定時間 (分)							
EI-RB7 +PL8(D)	2.0	12	52	51.5	15.8	67.8	79	62	52	44.5	到達せず	到達せず	82	58	座屈 51分30秒		
EI-NP9 +GB15(D)	2.0	18	57	--	16.1	27.6	175	109	89	46.0	到達せず	到達せず	89	68	火災貫通 54分00秒		
EI-GB15 +NP9(D)	2.0	16	55	--	23.1	47.5	336	152	25	45.5	到達せず	53.3	89	71	火災貫通 53分30秒		
EI-GB12 +NP9(D)	2.0	12	58	--	18.2	28.8	427	196	220	54.0	到達せず	55.6分	89	73	火災貫通 55分15秒		
EE-KP7.5 +KS12(D)	2.0	17	53	53	23.2	76.3	97	88	84	48.5	到達せず	到達せず	89	64	座屈 53分00秒		
EI-NP9 +GB12(D)	1.6	18	50	--	18.9	29.2	430	208	273	46.0	到達せず	45.0分	89	65	火災貫通 45分00秒		
EI-GBX12 +NP9(D)	1.6	13	78	78	35.2	76.5	116	102	98	70.5	到達せず	到達せず	85	57	座屈 78分00秒		
EI-NP9 +GBX12(D)	1.6	13	76	76	29.8	91.4	176	105	204	75.5	到達せず	到達せず	89	56	座屈 76分00秒		

EI：内壁側加熱、EE：外壁側加熱、GB：せっこうボード、NP：難燃合板、KP：構造用合板、KS：硬質木片セメント板、RB：ラスボード、PL：プラスチック、GBX：強化せっこうボード、(D)：枠組壁工法

表6-4 枠組壁工法壁体の載荷加熱試験、各部温度測定結果一覧表

試験体記号	各部測定点、260℃到達時間												加熱終了時間 (分)	加熱終了 となる 現象等	非加熱面の 材料・被覆 仕様
	加熱側材料 裏面			加熱側下材 裏面			スタッド表面		非加熱側材料 表面		試験体裏面				
	最高1) 260℃ (分)	平均2) 260℃ (分)	最高 260℃ (分)	最高 260℃ (分)	平均 260℃ (分)	最高 260℃ (分)	最高 260℃ (分)	平均 260℃ (分)	最高 260℃ (分)	平均 260℃ (分)	最高 260℃ (分)	平均 260℃ (分)			
	最高1) 260℃ (分)	平均2) 260℃ (分)	最高 260℃ (分)	最高 260℃ (分)	平均 260℃ (分)	最高 260℃ (分)	最高 260℃ (分)	平均 260℃ (分)	最高 260℃ (分)	平均 260℃ (分)	最高 260℃ (分)	平均 260℃ (分)			
EI-RB7 +PL8(D)	12'49"	16'46"	24'03"	20'24"	27'44"	32'50"	36'39"	79℃	62℃	52'00"	変位の 急上昇	外壁： KP7.5+KS12			
EI-NP9 +GB15(D)	23'57"	25'52"	32'19"	37'59"	39'32"	38'31"	39'42"	175℃	109℃	57'00"	54'00" 火炎貫通	外壁： KP7.5+KS12			
EI-GB15 +NP9(D)	8'01"	9'07"	22'21"	23'40"	25'51"	29'30"	32'53"	54'30"	152℃	55'00"	53'30" 火炎貫通	外壁： KP7.5+KS12			
EI-GB12 +NP9(D)	8'39"	9'03"	17'42"	18'18"	21'49"	22'40"	24'58"	56'14"	196℃	58'00"	55'15" 火炎貫通	外壁： KP7.5+KS12			
EE-KP7.5 +KS12(D)	22'51"	24'07"	28'03"	27'18"	30'38"	31'18"	34'33"	97℃	88℃	53'00"	変位の 急上昇	内壁： GB12x2			
EI-NP9 +GB12(D)	17'29"	20'16"	26'37"	33'11"	34'17"	29'45"	32'03"	45'54"	208℃	50'00"	45'00" 炎出現	外壁： KP7.5+KS12			
EI-GBX12 +NP9(D)	10'45"	11'05"	22'28"	21'28"	29'00"	28'36"	34'30"	116℃	102℃	78'00"	変位の 急上昇	外壁： KP7.5+KS12			
EI-NP9 +GBX12(D)	20'58"	24'49"	33'29"	36'39"	38'28"	38'53"	41'52"	176℃	105℃	76'00"	変位の 急上昇	外壁： KP7.5+KS12			

EI：内壁側、EE：外壁側、RB：ラスボード、PL：プラスチック、KP：構造用合板、KS：硬質木片セメント板、NP：難燃合板、

GB：準不燃せっこうボード、GBX：強化せっこうボード

1)：各部測定点中、最も早く260℃に到達した時間。2)：各部測定点の平均温度が260℃に到達した時間。

表6-5 在来軸組工法・枠組壁工法、壁構造の耐火性能試験結果一覧表

試験体記号	加熱側材料	非加熱側材料	在来軸組工法	枠組壁工法
EI-RB7+PL8	ラスボード7mm 下地 石膏プラスター8mm 塗り	構造用合板7.5mm 下地 硬質木片セメント板12mm	69分 座屈	51.5分 座屈
EE-KP7.5+KS12	構造用合板7.5mm 下地 硬質木片セメント板12mm	ラスボード7mm 下地 石膏プラスター8mm 塗り	80分 火炎貫通	
EE-KP7.5+KS12	構造用合板7.5mm 下地 硬質木片セメント板12mm	せっこうボード12mm 2枚重ね張り		53分 座屈
EI-NP9+GB15	難燃合板9mm 下地 せっこうボード15mm張り	構造用合板7.5mm 下地 硬質木片セメント板12mm	66分 火炎貫通	54分、座屈 火炎貫通
EI-GB15+NP9	せっこうボード15mm下地 難燃合板9mm 張り	構造用合板7.5mm 下地 硬質木片セメント板12mm	67分 火炎貫通	53.5分、座屈 火炎貫通
EI-GB12+NP9	せっこうボード12mm下地 難燃合板9mm 張り	構造用合板7.5mm 下地 硬質木片セメント板12mm	50分 火炎貫通	55分、座屈 火炎貫通
EI-NP9+GB12	難燃合板9mm 下地 せっこうボード12mm張り	構造用合板7.5mm 下地 硬質木片セメント板12mm		45分 火炎貫通
EI-GBX12+NP9	強化せっこうボード12mm 下地 難燃合板9mm 張り	構造用合板7.5mm 下地 硬質木片セメント板12mm		75分 座屈
EI-NP9+GBX12	難燃合板9mm 下地 強化せっこうボード12mm 張り	構造用合板7.5mm 下地 硬質木片セメント板12mm		76分 座屈

注：EI＝内壁側から加熱、EE＝外壁側から加熱

表6-6 平成3・4年度 載荷加熱試験結果、各位置の平均温度が260℃を超えた時間と各位置の燃焼時間

試験体記号	A (分)	B (分)	C (分)	D (分)	E (分)	C-A (分)	E-A (分)	E-B (分)	E-C (分)	終了の状況		備考
										炎出現	座屈	
EI-GB12+NP9(C)	20.8	27.7	26.9		53.0	6.1	32.2	25.3	26.1	○	○	
EI-JWL18(C)	19.9	24.5	22.7		47.0	2.8	27.1	22.5	24.3	○		
EI-JWH18(C)	24.2	27.9	27.9		45.0	3.7	20.8	17.1	17.1	○	△	
EI-JWL24(C)	26.1	30.5	30.2		46.0	4.1	19.9	15.5	15.8	○	○	
EI-KS8+NP9(C)	21.9	35.1	35.3		102.0	13.4	80.1	66.9	66.7	○	○	加熱側材料が脱落しなかった
EI-KS6+ST18(C)	38.7	44.2	44.5		82.0	5.8	43.3	37.8	37.5	○	○	加熱側材料が脱落しなかった
EI-GB12+ST18(C)	39.8	47.7	46.5		70.0	6.7	30.2	22.3	23.5	○	○	
EI-GB12+ST24(C)	48.3	55.2	54.6		77.0	6.3	28.7	21.8	22.4	○	○	
EI-RB7+PL8(C)	18.4	23.0	35.0		69.0	16.6	50.6	46.0	34.0	○	○	加熱側材料の脱落は一部
EE-KP7.5+KS12(C)	33.1	35.8	38.5		80.0	5.4	46.9	44.2	41.5	○	○	裏面：RB7+PL8
EI-NP9+GB15(C)	38.0	45.1	45.5		66.0	7.5	28.0	20.9	20.5	○	△	
EE-KP7.5+KS18(C)	49.0	53.3	67.3		87.0	18.3	38.0	33.7	19.7	○	○	裏面：NP9+GB15
EI-GB15+NP9(C)	27.6	35.1	46.9		67.0	19.3	39.4	31.9	20.1	○	○	
EI-NP9+JW24(C)	37.2	39.3	39.1		56.0	1.9	18.8	16.7	16.9	○	○	
EI-PW9+JW24(C)	40.0	43.6	43.3		65.0	3.3	25.0	21.4	21.7	○	○	
EI-KBN9+JW18(C)	34.7	42.1	46.9		78.0	12.2	43.3	35.9	31.1	○	○	裏面GB12×2、加熱側材料は一部脱落
EI-RB7+PL8(D)	25.7	27.7	36.6		52.0	10.9	26.3	24.3	15.4	○	○	
EI-NP9+GB15(D)	35.0	39.5	39.7		57.0	4.7	22.0	17.5	17.3	○	△	
EI-GB15+NP9(D)	24.6	25.7	32.9	54.5	55.0	8.3	30.4	29.3	22.1	○	○	
EI-GB12+NP9(D)	19.4	21.8	25.0	56.2	58.0	5.6	38.6	36.2	33.0	○	△	
EE-KP7.5+KS12(D)	29.5	30.6	34.5		53.0	5.0	23.5	22.4	18.5	○	○	裏面：GB12×2
EI-NP9+GB12(D)	29.4	34.3	32.1	45.9	50.0	2.7	20.6	15.7	17.9	○	△	
EI-GBX12+NP9(D)	22.9	29.0	34.5		78.0	11.6	55.1	49.0	43.5	○	○	加熱側材料が脱落しなかった
EI-NP9+GBX12(D)	34.8	38.5	41.9		76.0	7.1	41.2	37.5	34.1	○	○	加熱側材料は一部脱落

EI：内壁側から加熱、EE：外壁側から加熱、A：加熱側材料裏面、B：軸組材裏面、C：裏面側材料表面、D：試験体裏面、E：加熱終了時間、

C-A：断熱材の遮熱時間、E-A，E-B：軸組材の遮熱時間、E-C：裏面側材料の遮熱時間、終了時の状況：△は面外変位が25mm以上、○は30mm以上

GB：せっこうボード、NP：難燃合板、JW：準不燃木材、KS：繊維混入けい酸カルシウム板、ST：杉板、RB：ラスボード、PL：石膏プラスチック、KP：構造用合板

KS：硬質木片セメント板、PW：普通合板、KBN：繊維混入セメントけい酸カルシウム板、GBX：強化せっこうボード

——— 軸方向上
 - - - 軸方向下
 - - - 面外
 ——— 載荷荷重

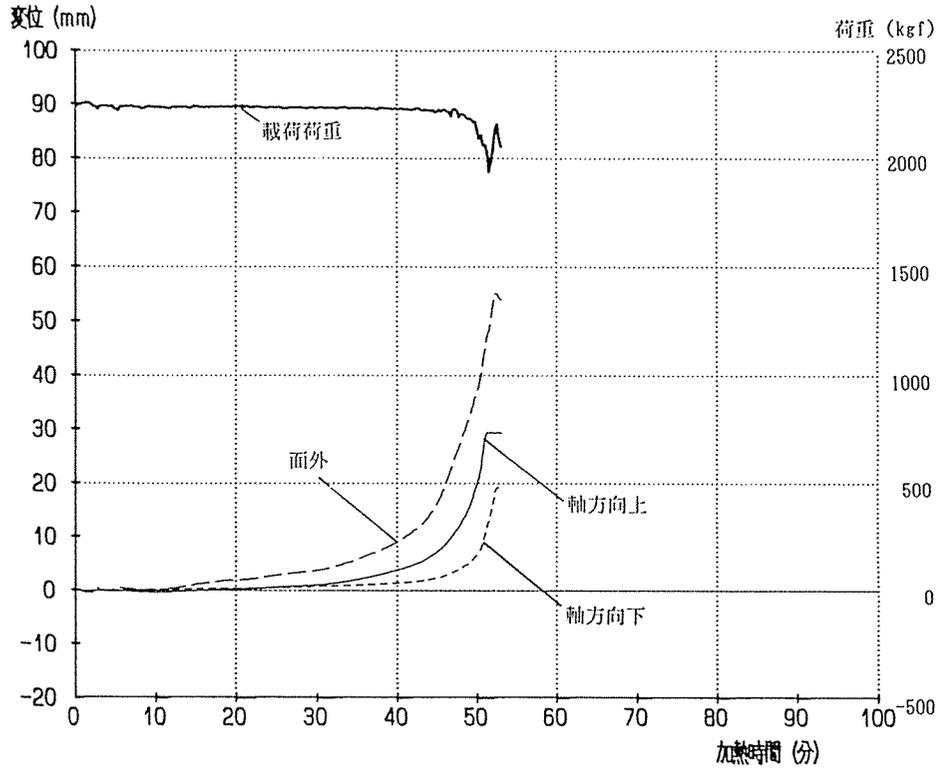


図5. 1-1 試験体EI-GB12+NP9(C)、試験荷重と変位置

——— 炉内
 - - - 柱表面
 - - - 間柱表面
 - - - 難・合板裏面
 - - - 石・ボ-ド裏面
 - - - 構・合板表面
 - - - 試験体裏面
 - - - ISO標準曲線

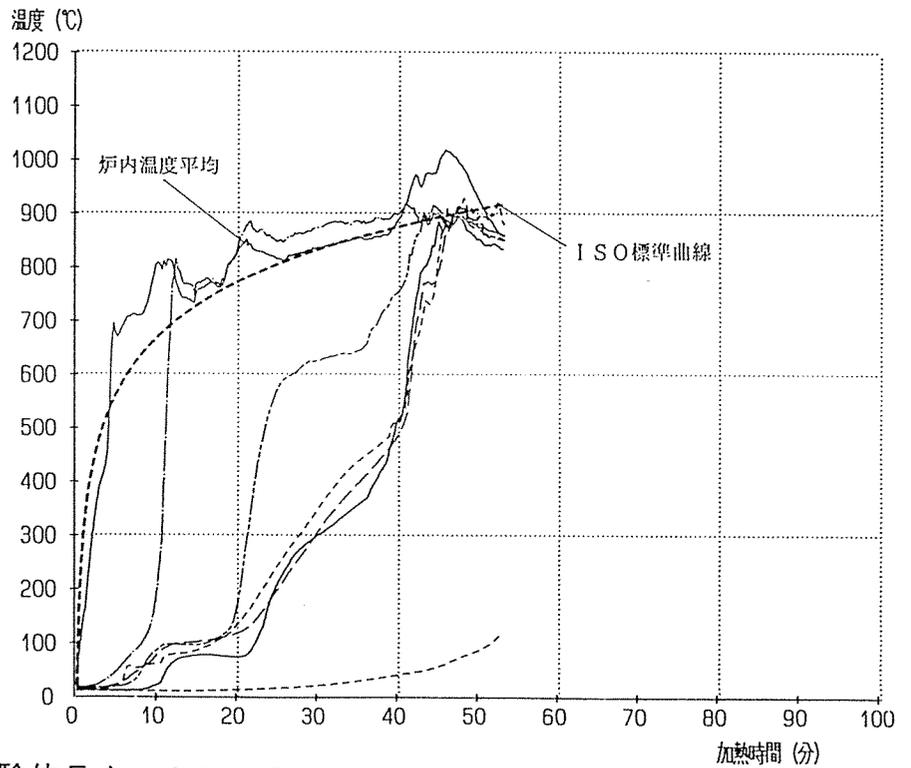


図5. 1-2 試験体EI-GB12+NP9(C)、各位置平均温度

- 軸方向上
- - - 軸方向下
- - - 面外
- 載荷荷重

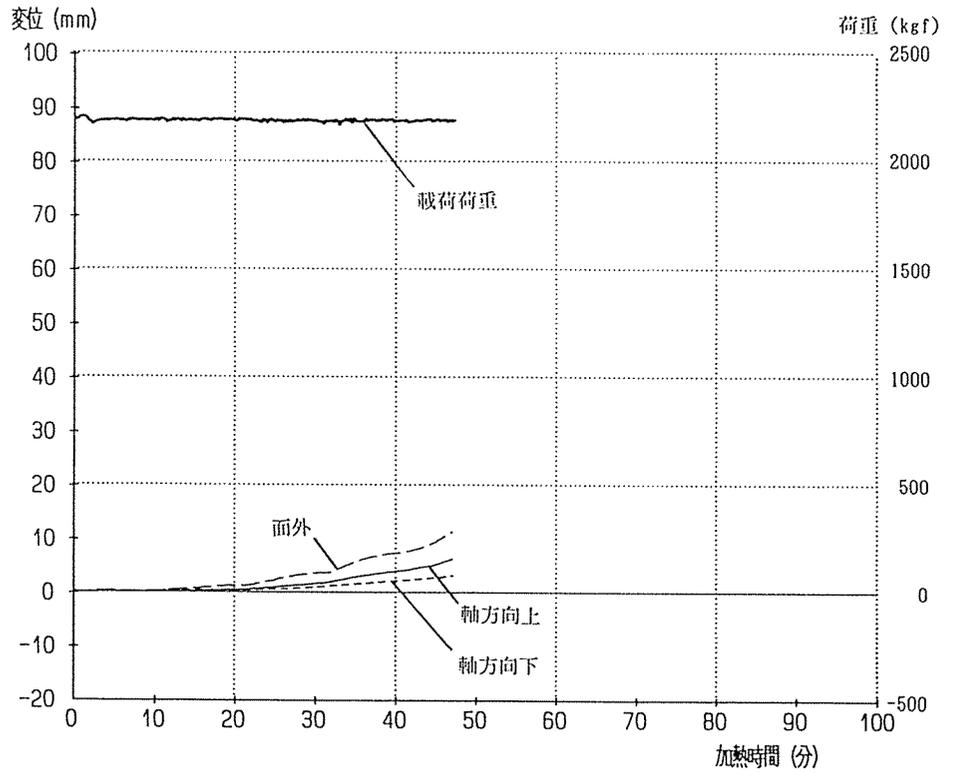


図5. 1-3 試験体EI-JWL18(C)、試験荷重と変位量

- 炉内平均
- - - 柱表面平均
- - - 間柱表面
- 板材裏面
- - - 断材裏面
- 試験体裏面
- - - ISO標準曲線

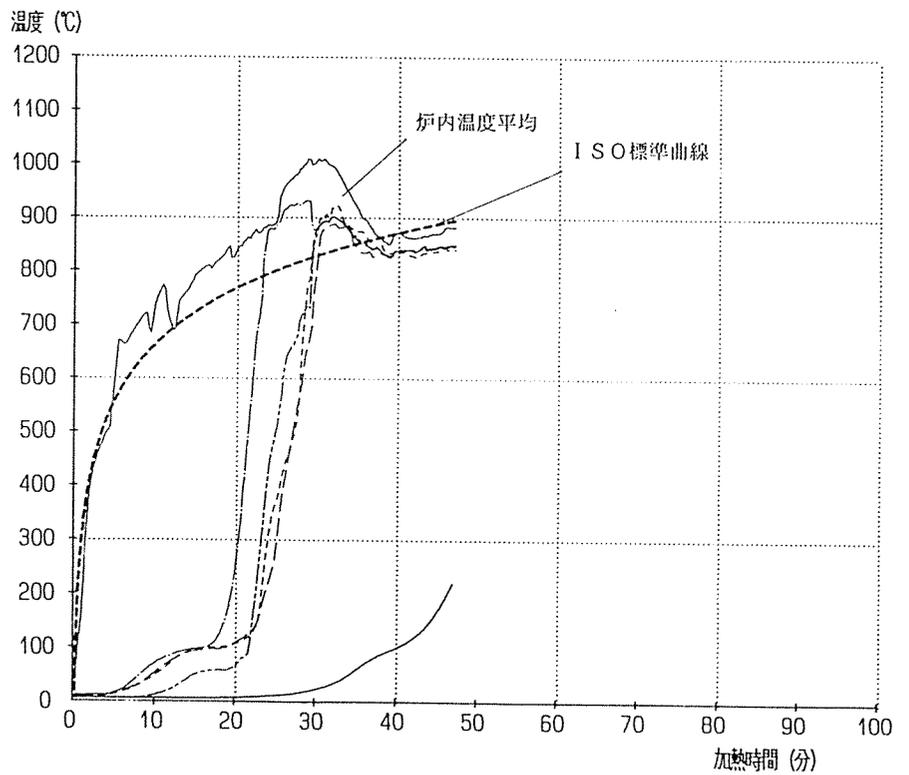


図5. 1-4 試験体EI-JWL18(C)、各位置平均温度

- 軸方向上
- - - 軸方向下
- - - 面外
- 載荷荷重

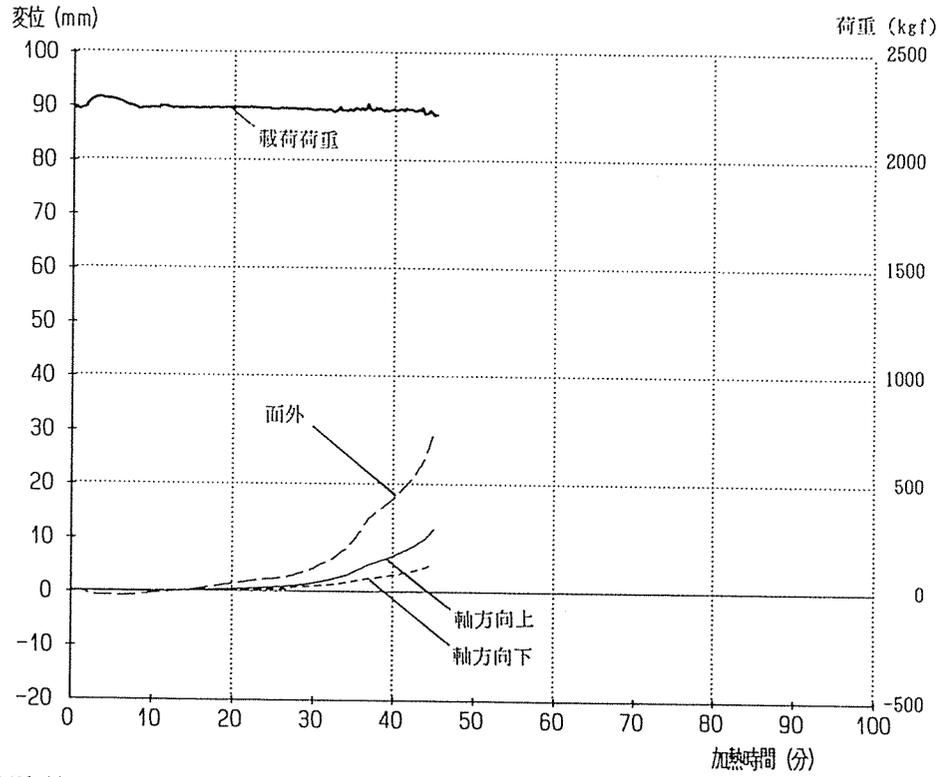


図5. 1-5 試験体E I - JWH 18 (C)、試験荷重と変位置量

- 炉内
- - - 柱表面
- - - 間柱表面
- - - 表面材裏面
- - - 構・合板表面
- - - 試験体裏面
- - - ISO標準曲線

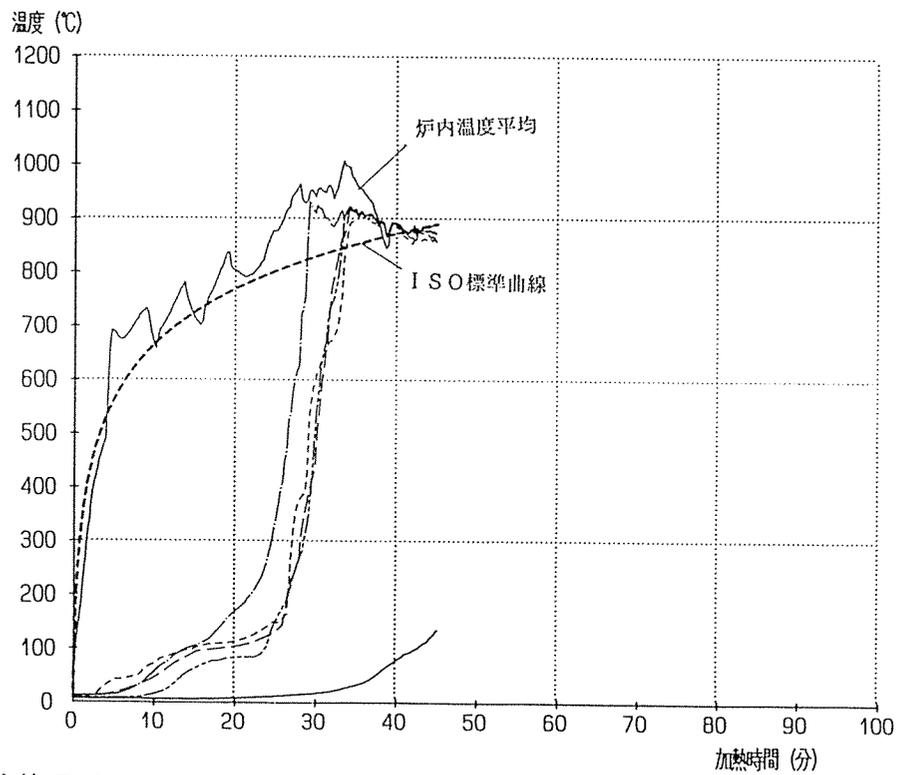


図5. 1-6 試験体E I - JWH 18 (C)、各位置平均温度

- - - 軸方向上
 - - - 軸方向下
 - - - 面外
 ——— 載荷荷重

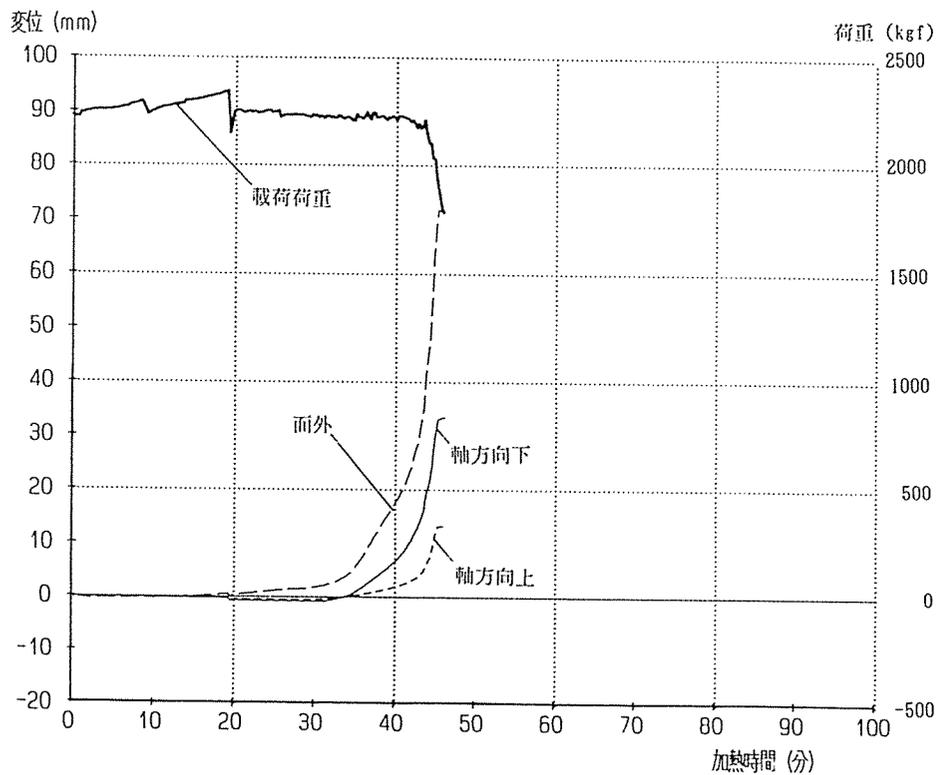


図5. 1-7 試験体E1-JWL24(C)、試験荷重と変位量

——— 炉内
 - - - 柱表面
 - - - 間柱表面
 - - - 表面材裏面
 - - - 構・合板表面
 - - - 試験体裏面
 - - - ISO標準曲線

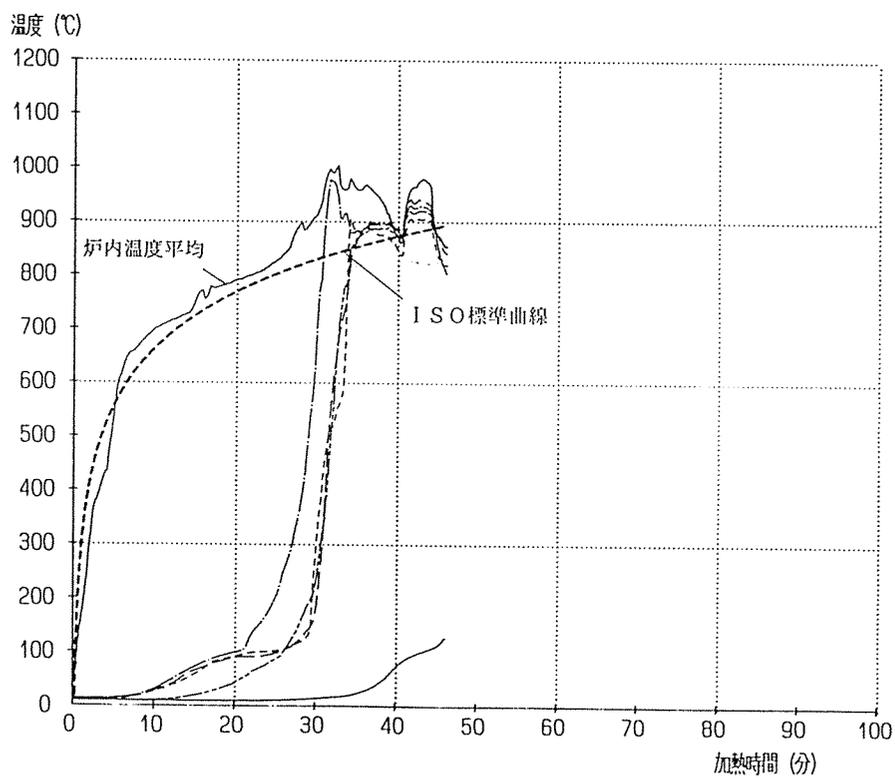


図5. 1-8 試験体E1-JWL24(C)、各位置平均温度

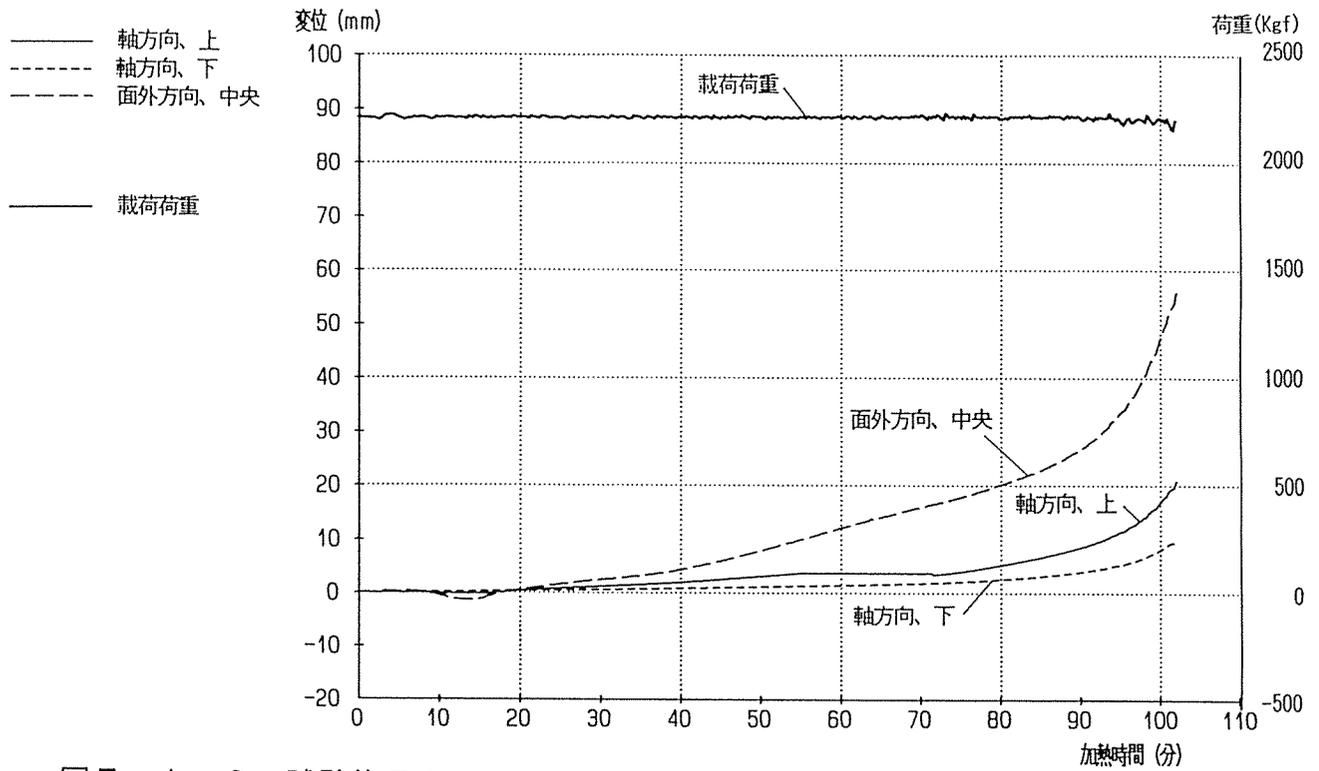


図5. 1-9 試験体EI-KS8+NP9(C)、試験荷重と変位量

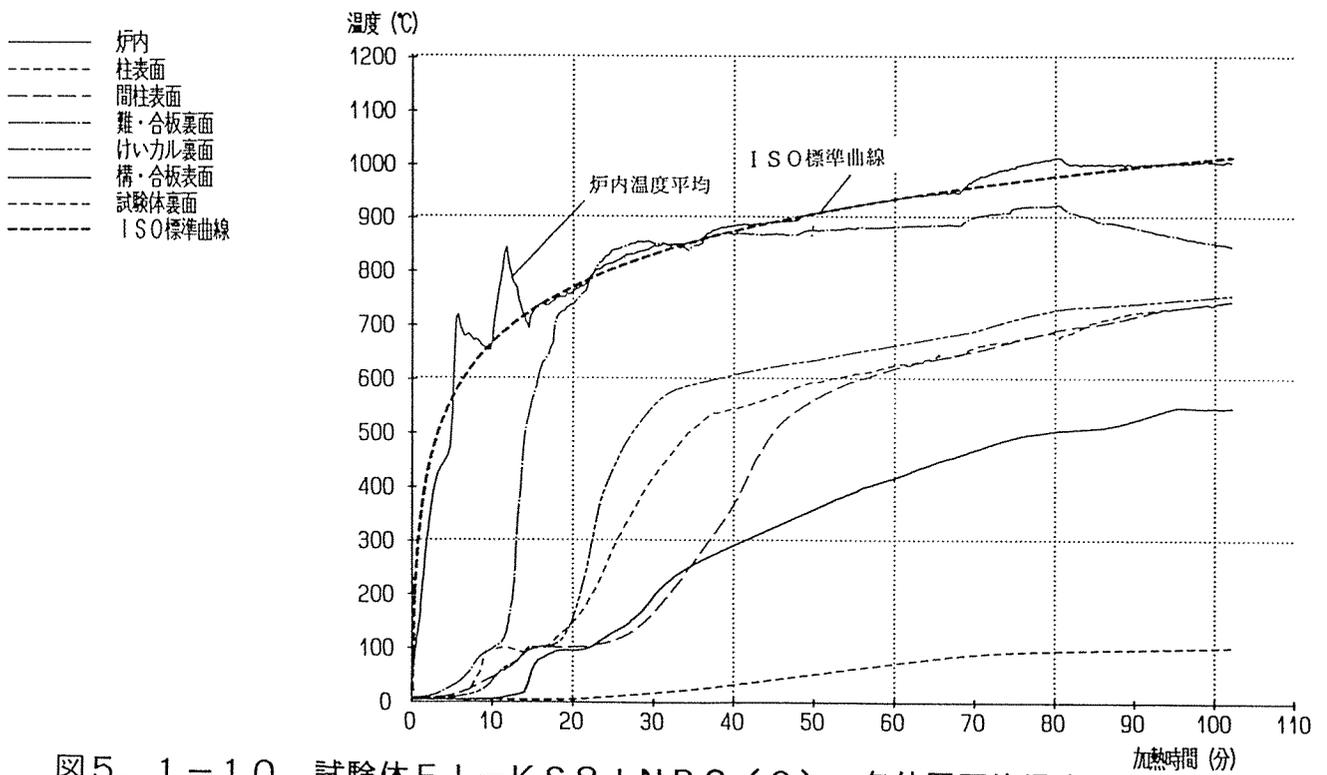


図5. 1-10 試験体EI-KS8+NP9(C)、各位置平均温度

- 軸方向上
- 軸方向下
- 面外
- 載荷荷重

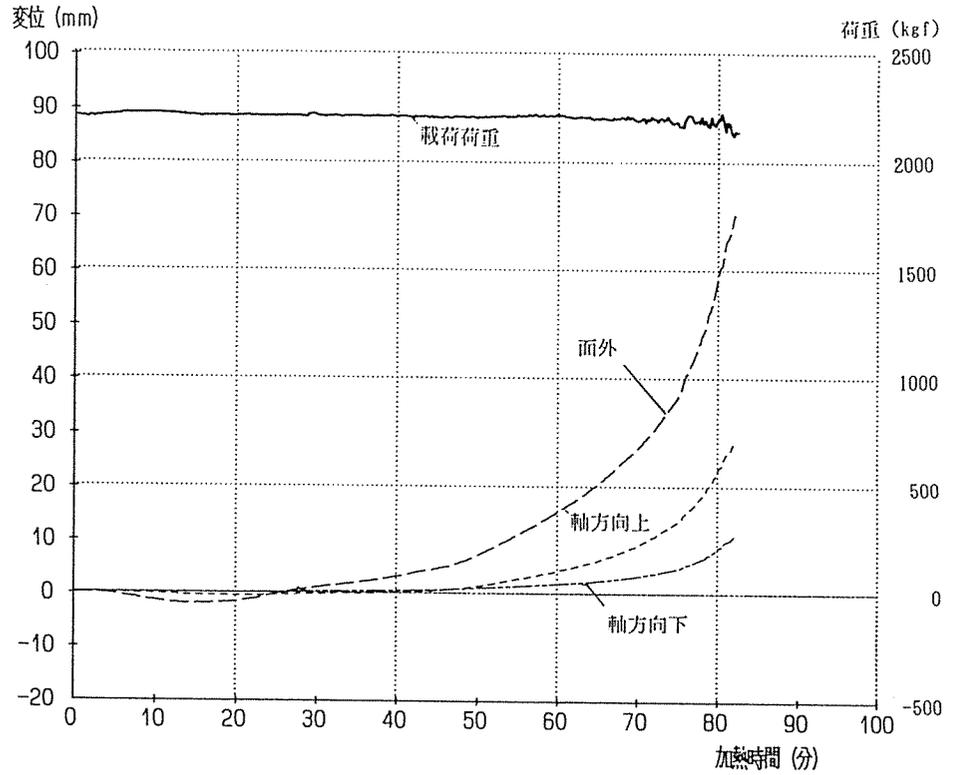


図5. 1-11 試験体EI-KS6+ST18(C)、試験荷重と変位量

- 炉内
- 柱表面
- 間柱表面
- 杉板裏面
- けいカル板裏面
- 断熱材裏面
- 試験体裏面
- ISO標準曲線

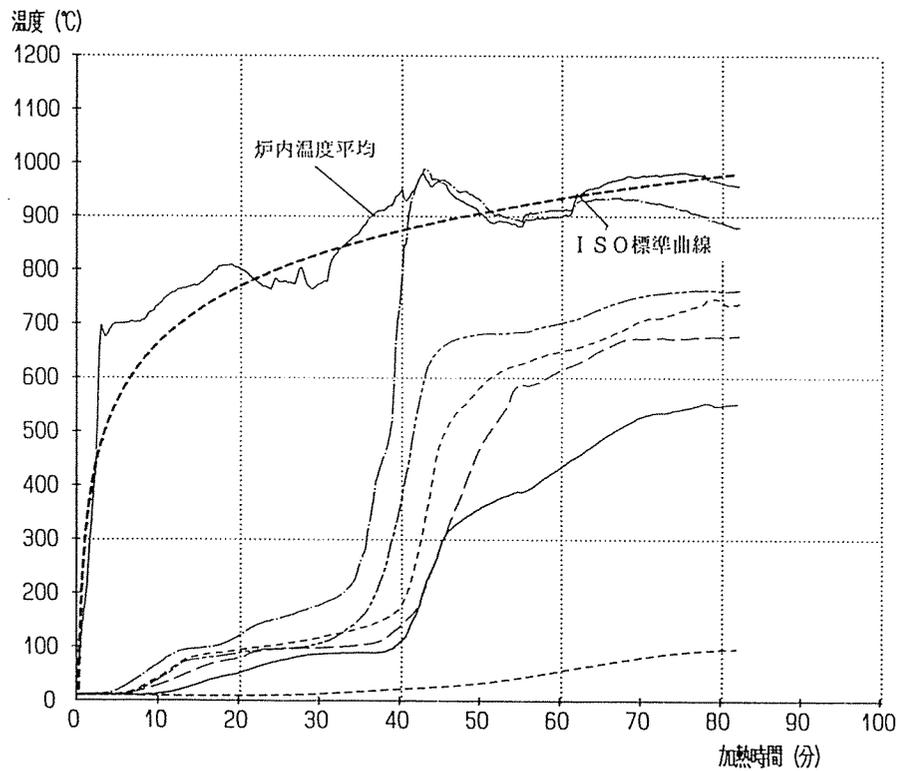


図5. 1-12 試験体EI-KS6+ST18(C)、各位置平均温度

- - - - 軸方向上
 - - - - 軸方向下
 - - - - 面外
 ———— 載荷荷重

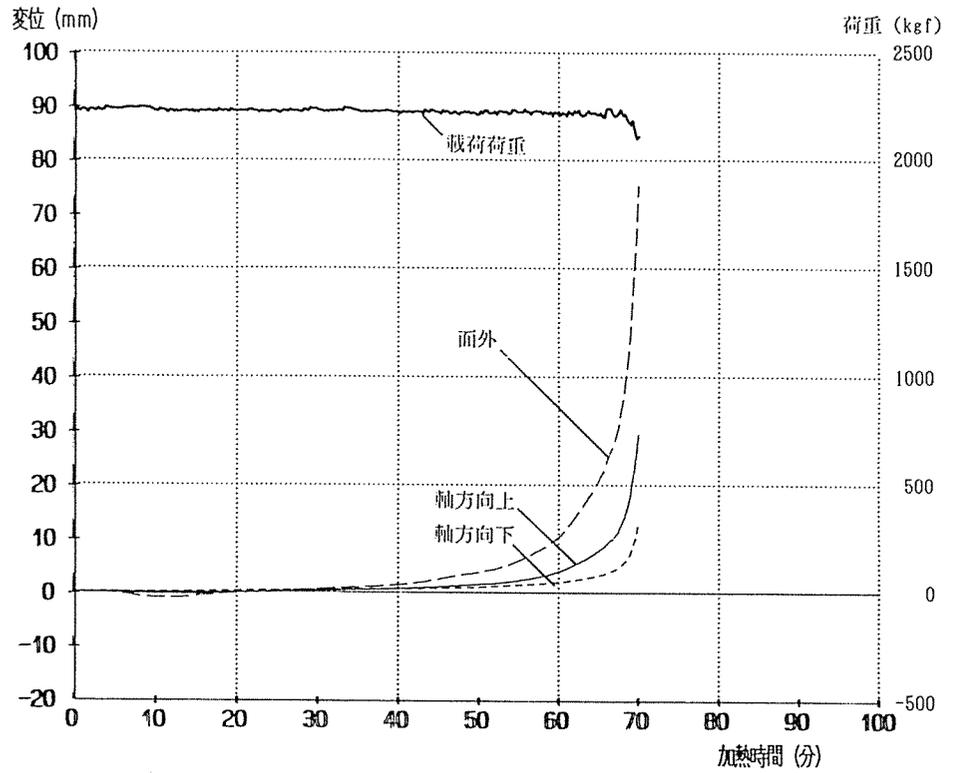


図5. 1-13 試験体EI-GB12+ST18(C)、試験荷重と変位量

———— 炉内
 - - - - 柱表面
 - - - - 間柱表面
 - - - - 杉板裏面
 - - - - GB裏面
 - - - - 構・合板表面
 - - - - 試験体裏面
 - - - - ISO標準曲線

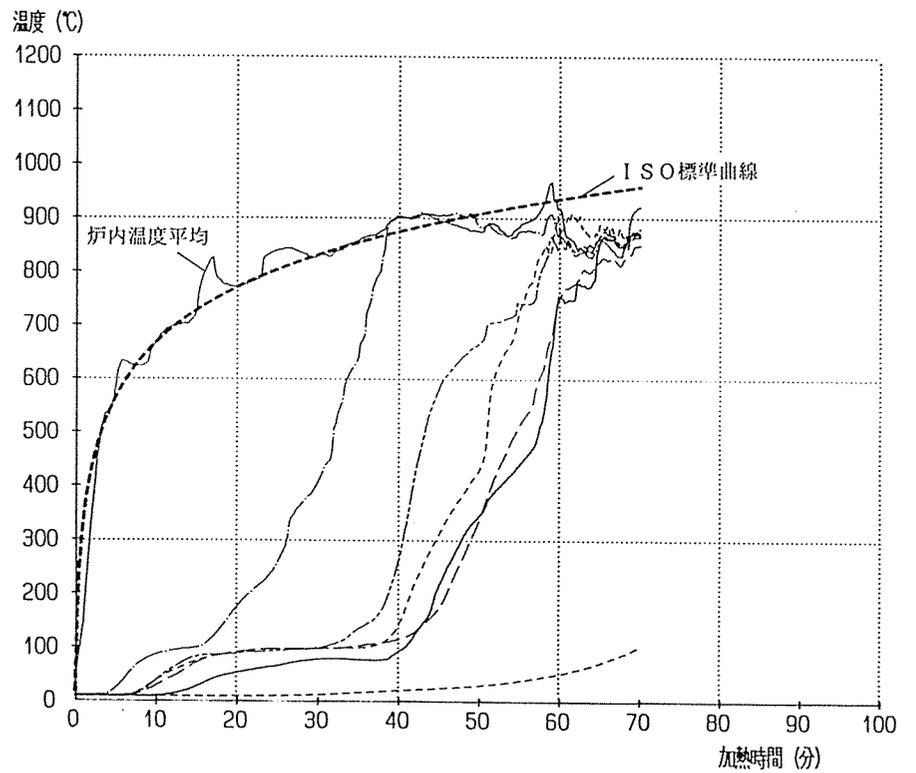


図5. 1-14 試験体EI-GB12+ST18(C)、各位置平均温度

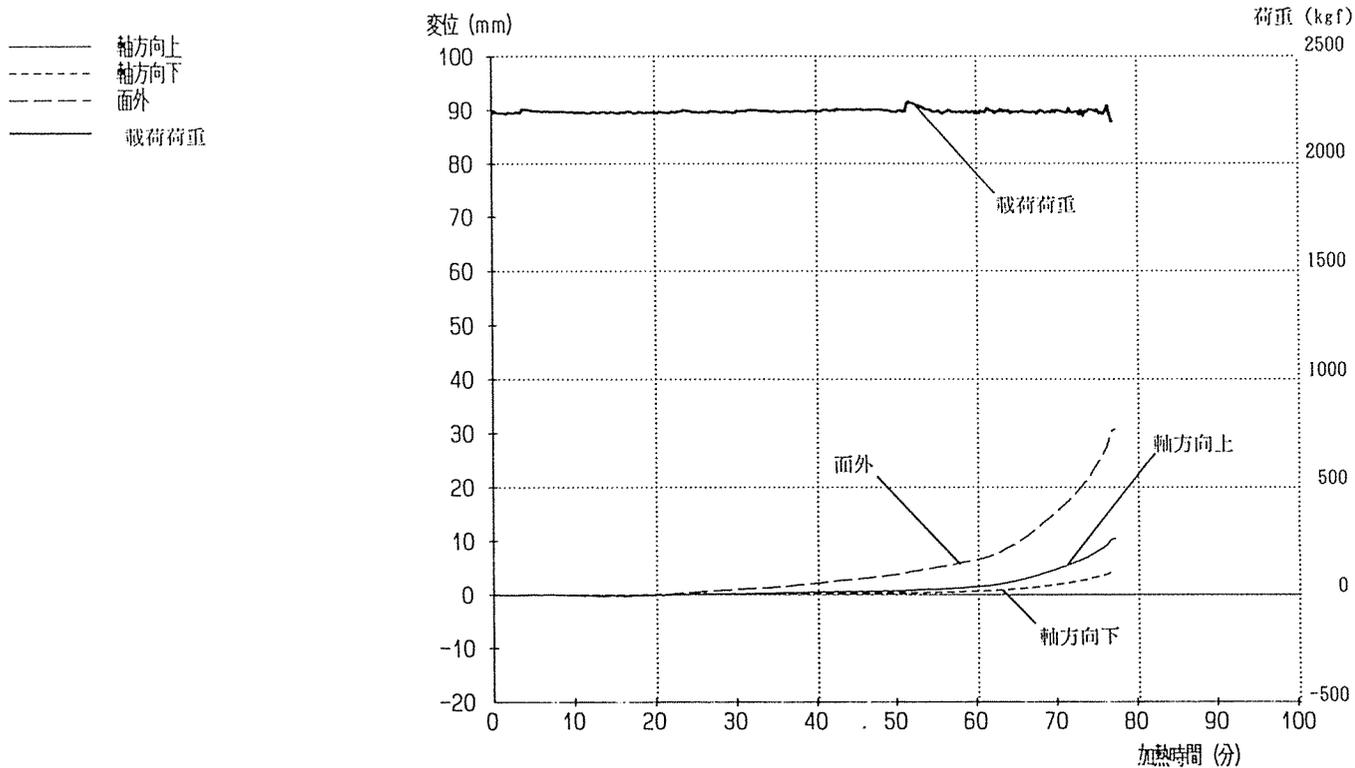


図5. 1-15 試験体EI-GB12+ST24 (C)、試験荷重と変位置量

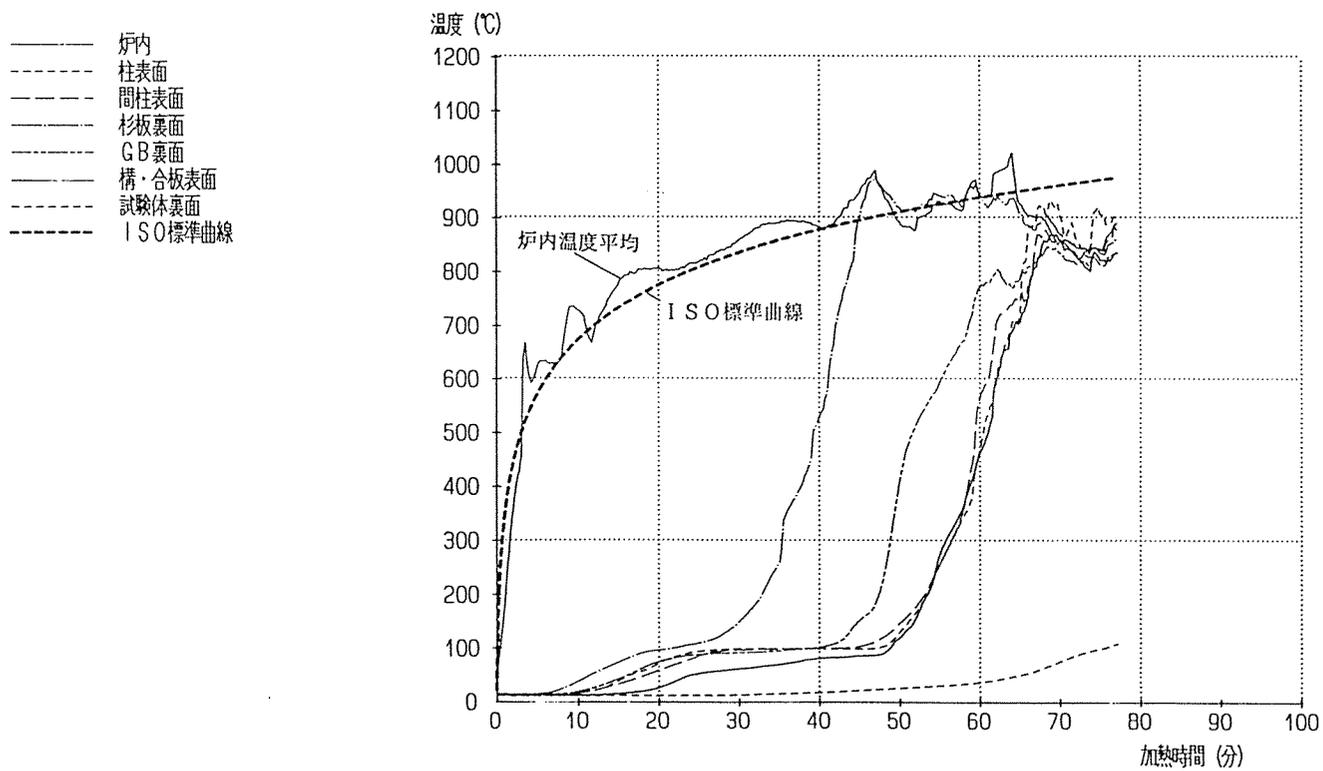


図5. 1-16 試験体EI-GB12+ST24 (C)、各位置平均温度

- 軸方向上
- - - 軸方向下
- - - 面外
- 載荷荷重

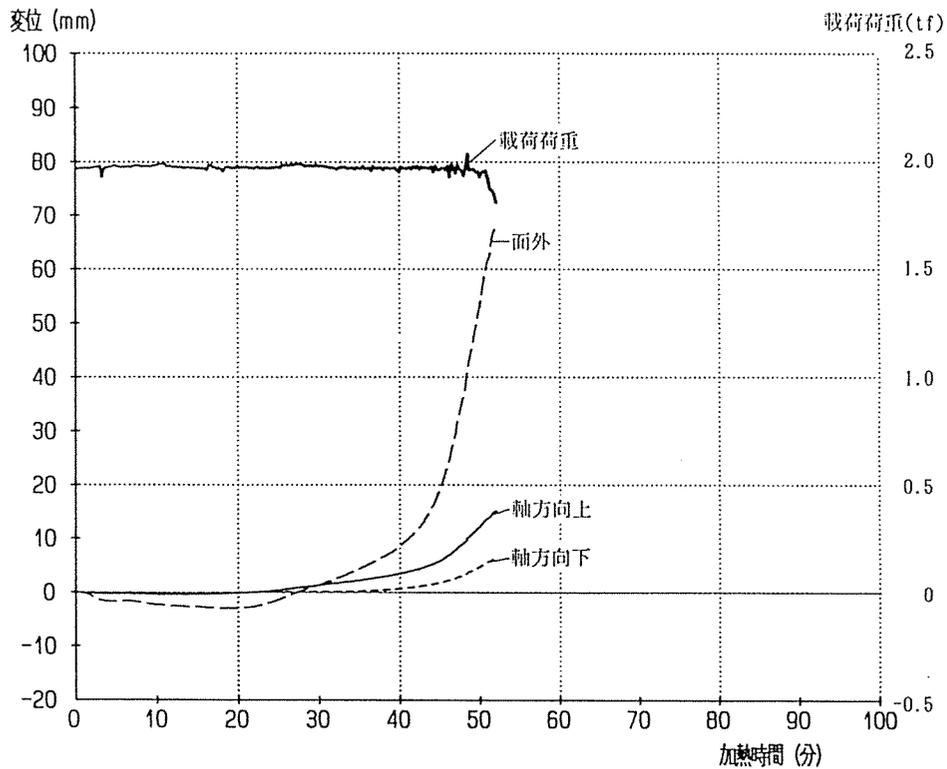


図5. 1-17 試験体EI-RB7+PL8(D)、試験荷重と変位量

- スタッド表面
- - - せっこうプラスター裏面
- - - ラスボード裏面
- 構造用合板表面
- - - 試験体裏面
- 炉内
- - - ISO標準曲線

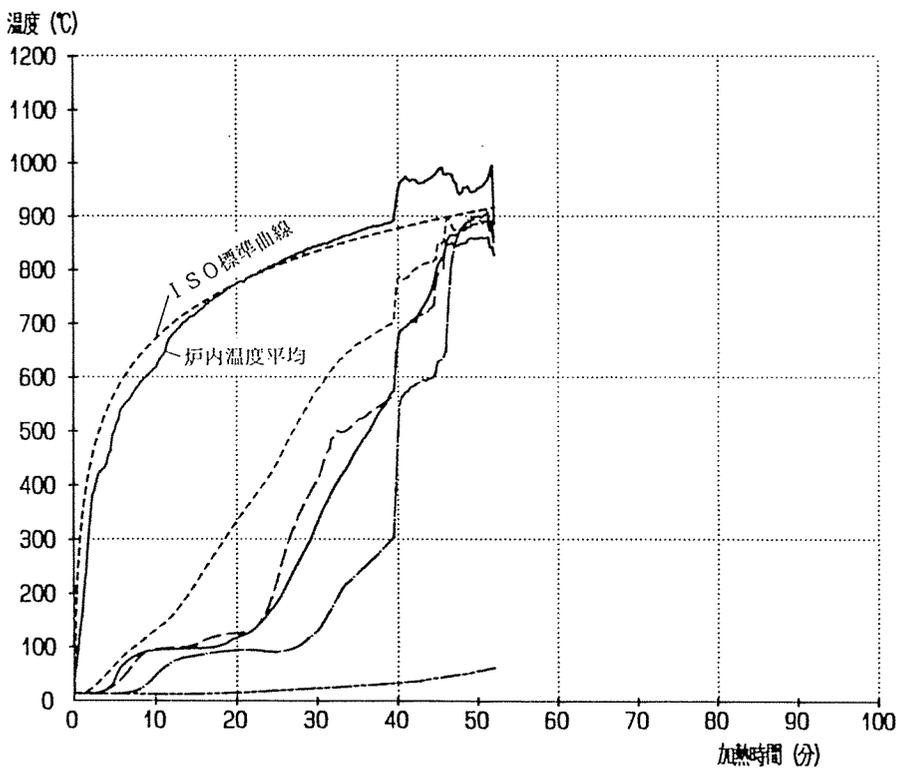


図5. 1-18 試験体EI-RB7+PL8(D)、各位置平均温度

- 軸方向上
- - - 軸方向下
- 面外
- 載荷荷重

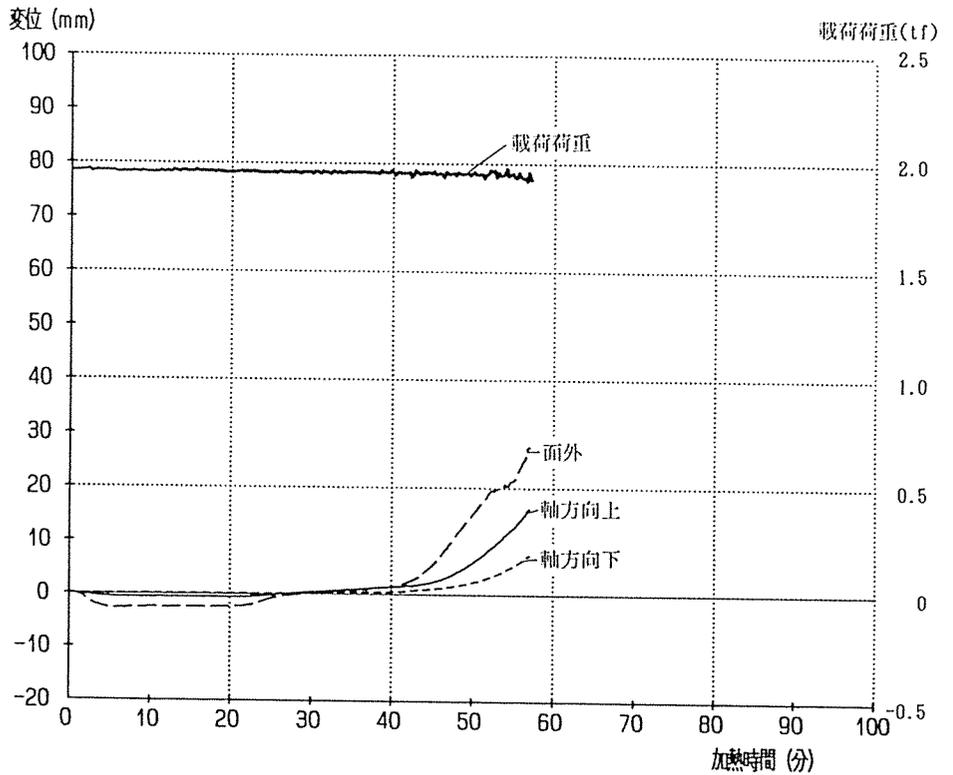


図5. 1-19 試験体EI-NP9+GB15(D)、試験荷重と変位量

- スタッド表面
- - - せっこうボード裏面
- 難燃合板裏面
- 構造用合板表面
- 試験体裏面
- 炉内
- - - ISO標準曲線

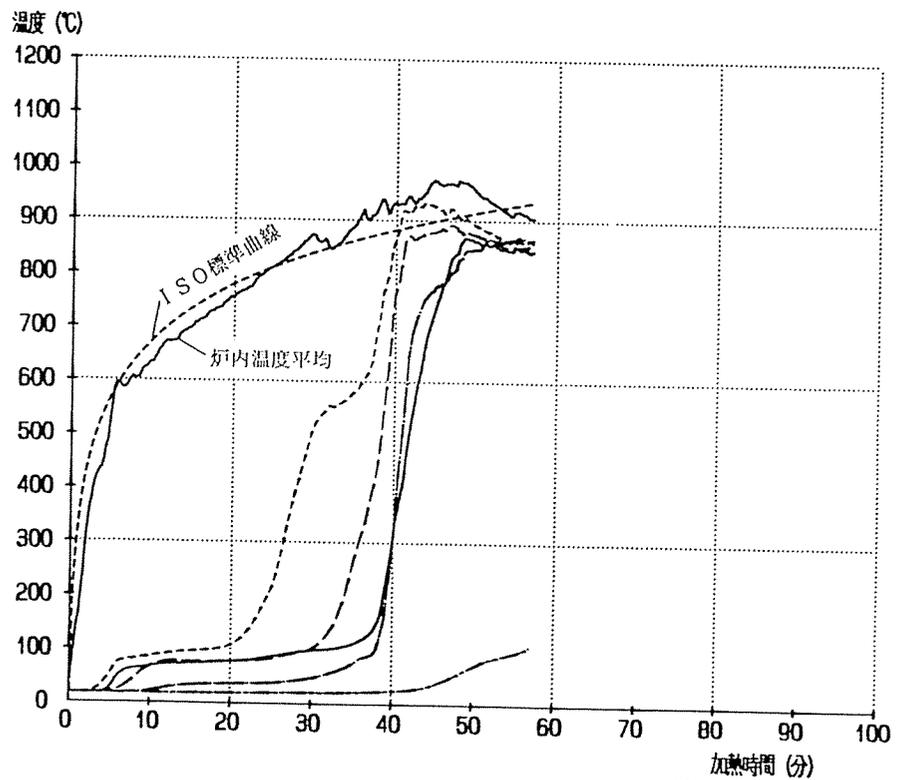


図5. 1-20 試験体EI-NP9+GB15(D)、各位置平均温度

- 軸方向上
- - - - 軸方向下
- - - - 面外
- 載荷荷重

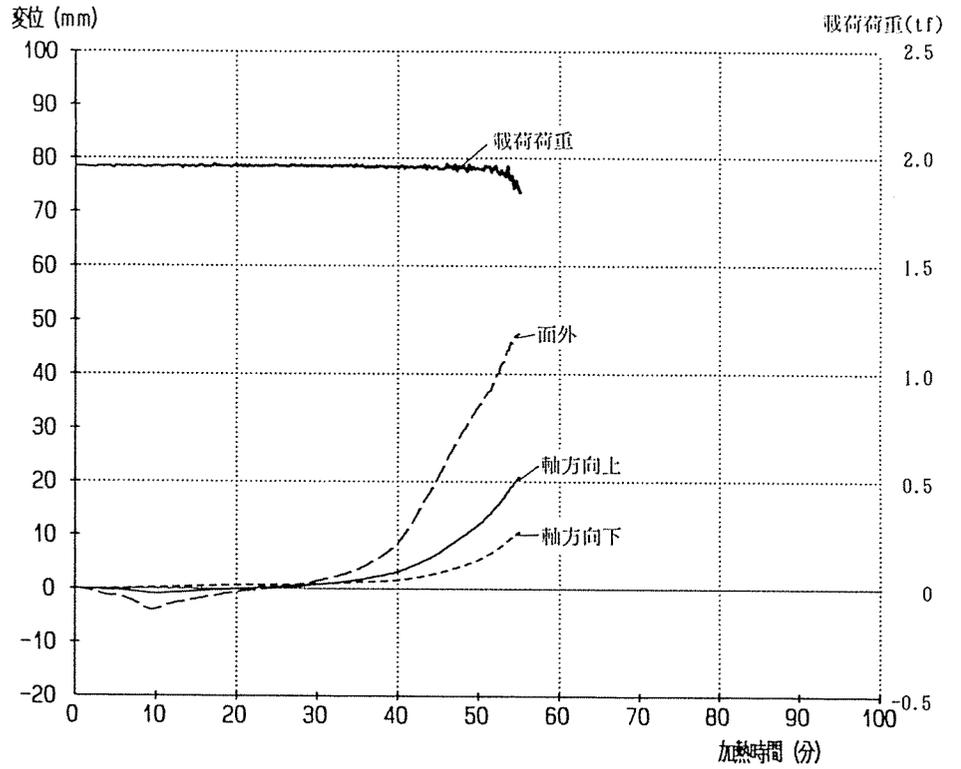


図5. 1-21 試験体EI-GB15+NP9(D)、試験荷重と変位量

- スタッド表面
- - - - 難燃合板裏面
- - - - せっこうボード裏面
- 構造用合板表面
- - - - 試験体裏面
- 炉内
- - - - ISO標準曲線

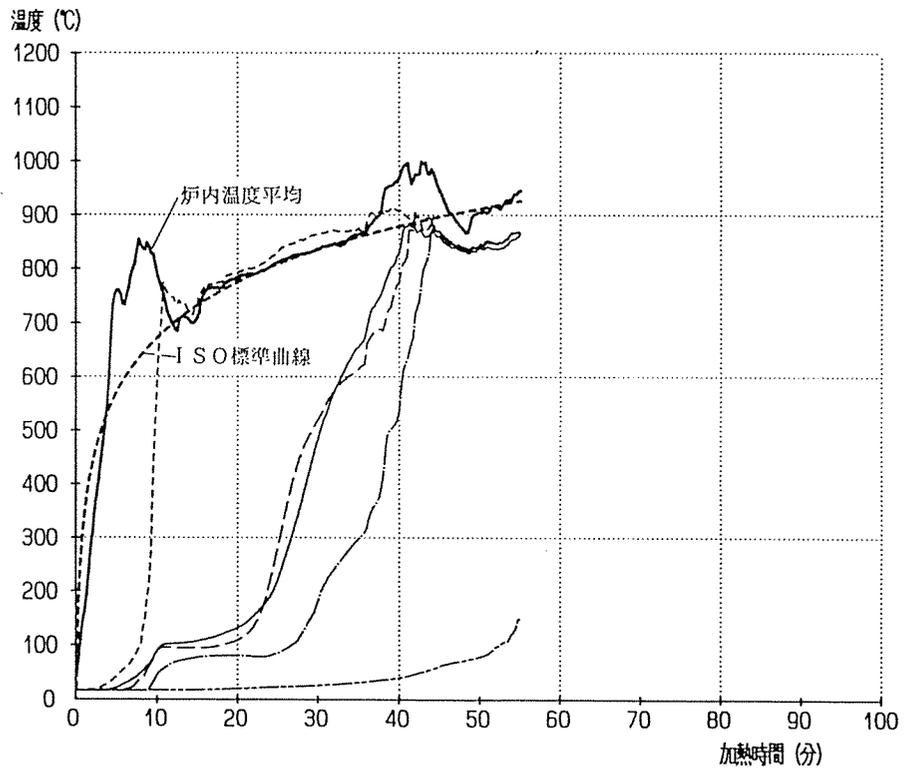


図5. 1-22 試験体EI-GB15+NP9(D)、各位置平均温度

- 軸方向上
- - - 軸方向下
- - - 面外
- 載荷荷重

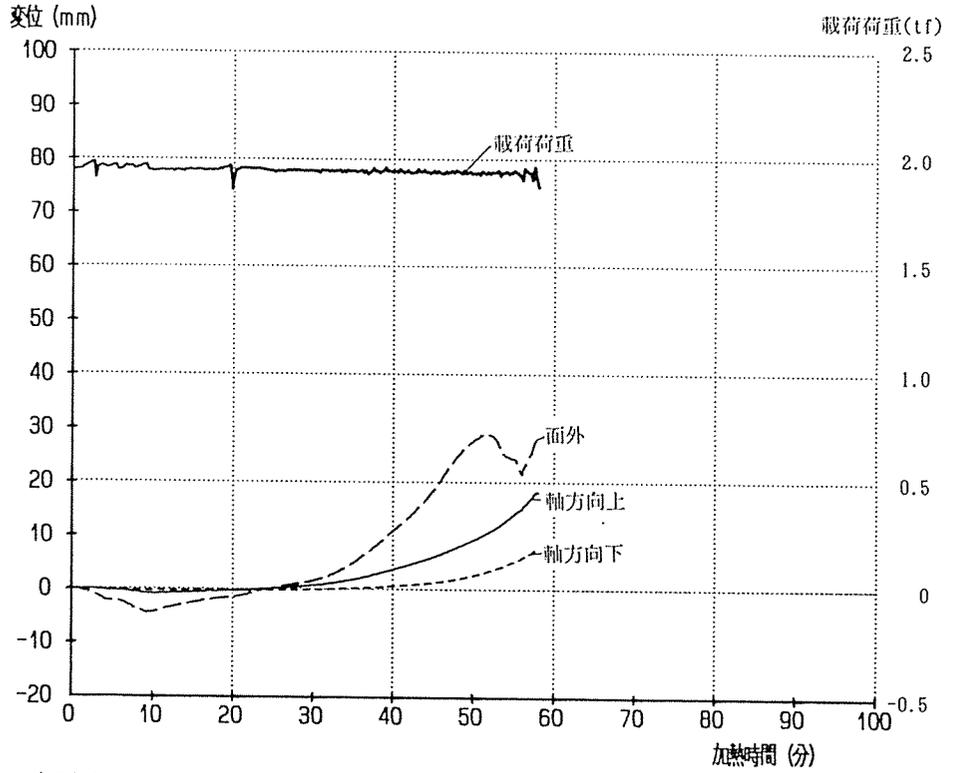


図5. 1-23 試験体EI-GB12+NP9(D)、試験荷重と変位量

- スタッド表面
- - - 難燃合板裏面
- - - せっこうボード裏面
- 構造用合板表面
- - - 試験体裏面
- 炉内
- - - ISO標準曲線

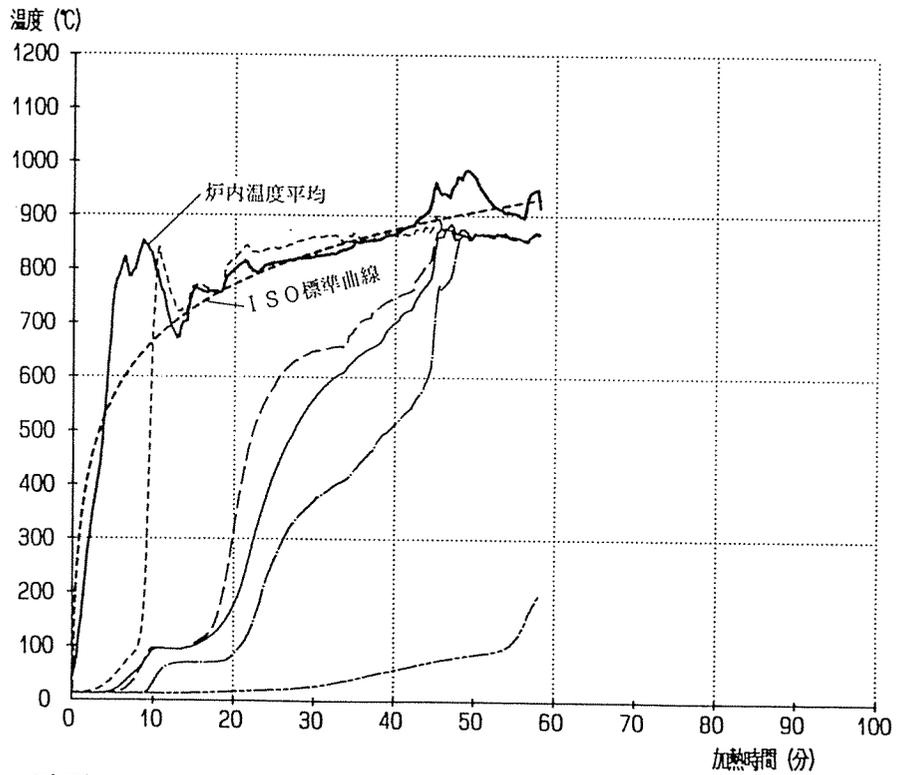


図5. 1-24 試験体EI-GB12+NP9(D)、各位置平均温度

- 軸方向上
- - - 軸方向下
- - - 面外
- 載荷荷重

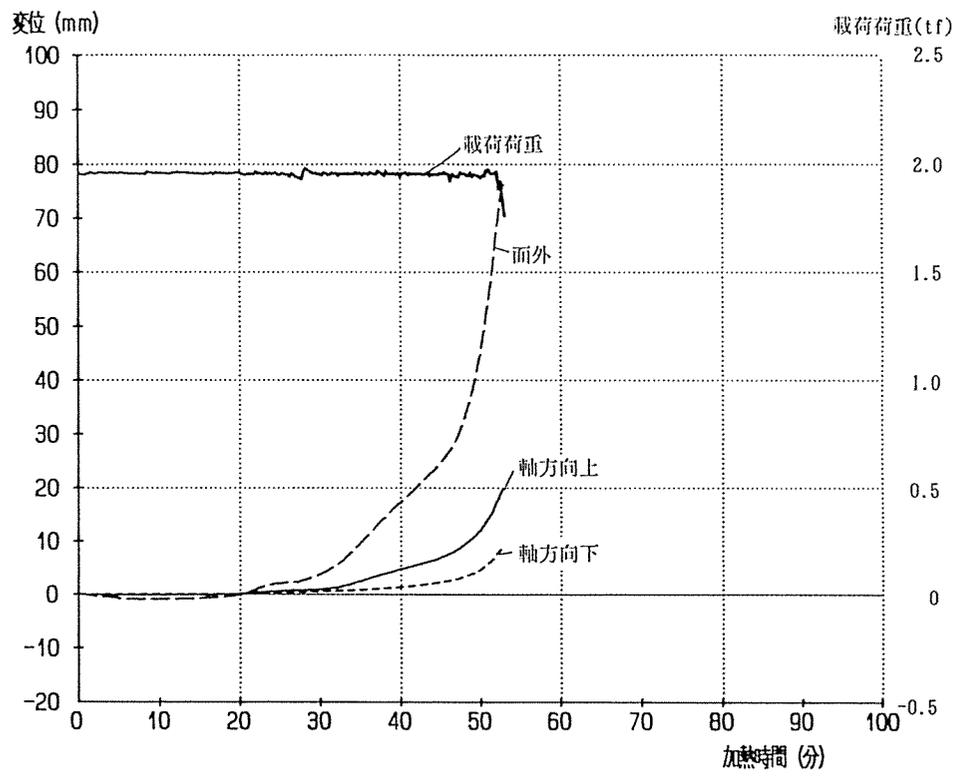


図5. 1-25 試験体EE-KP7.5+KS12(D)、試験荷重と変位量

- スタッド表面
- - - 硬質木片セメント板裏面
- - - 構造用合板裏面
- せっこうボード表面
- - - 試験体裏面
- 炉内
- - - ISO標準曲線

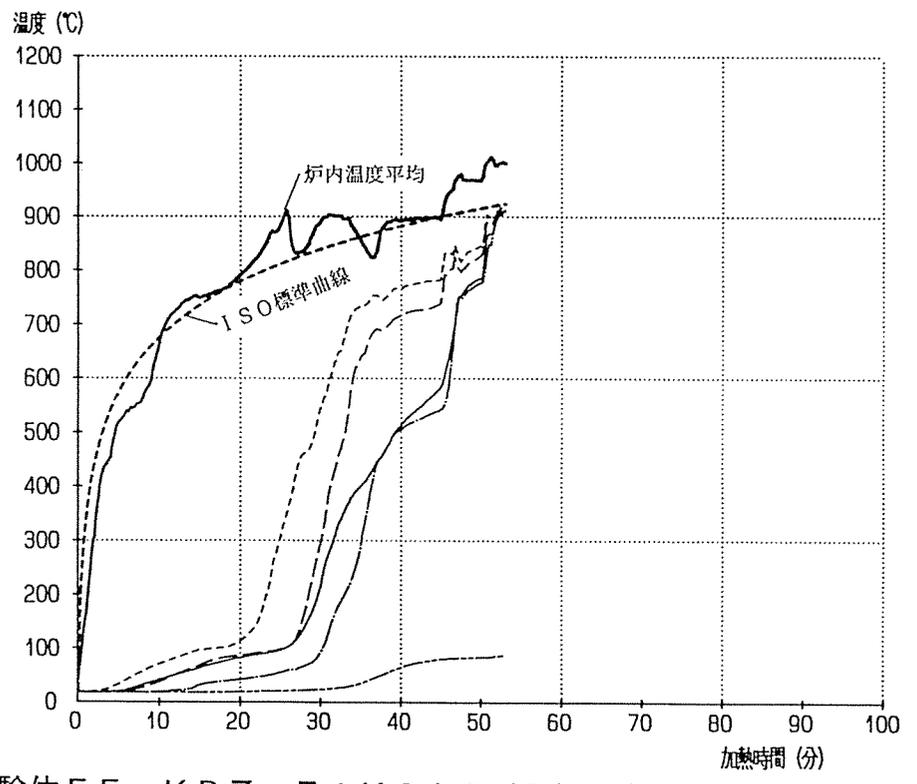


図5. 1-26 試験体EE-KP7.5+KS12(D)、各位置平均温度

- 上部・左
- - - 上部・中央
- - - 上部・右
- 中央部・左
- - - 中央部・中央
- - - 中央部・右
- - - 下部・左
- - - 下部・中央
- - - 下部・右
- 載荷荷重

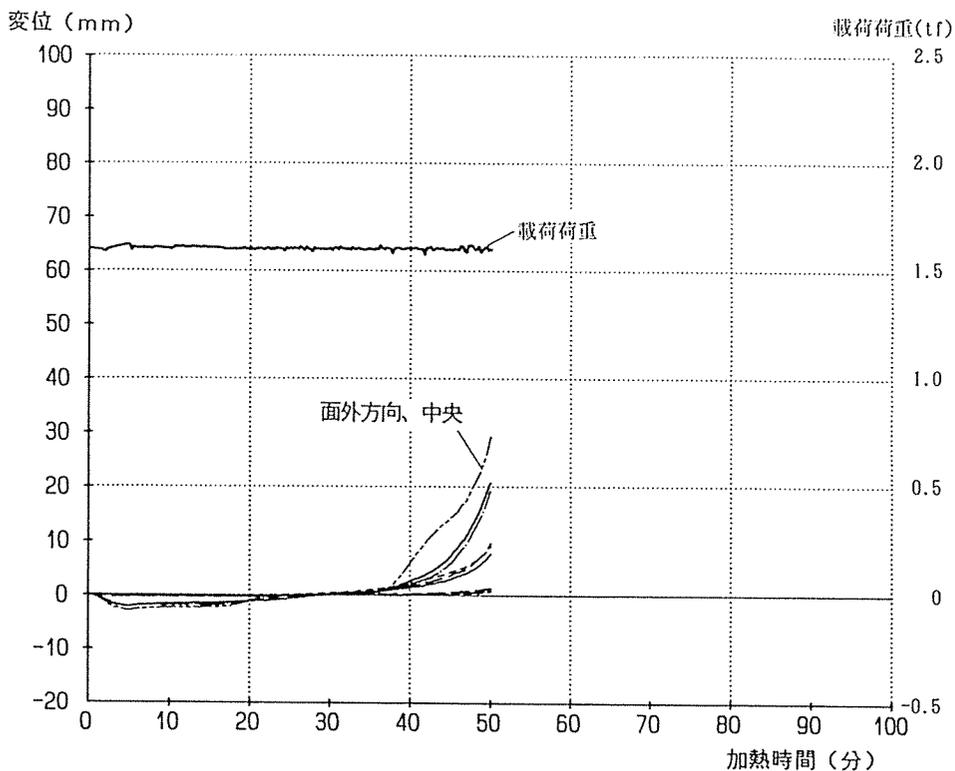


図5. 1-27 試験体EI-NP9+GB12(D)、試験荷重と変位量

- スタッド表面
- - - セッコウボード裏面
- - - 難燃合板裏面
- 構造用合板表面
- - - 試験体裏面
- 炉内
- - - ISO標準曲線

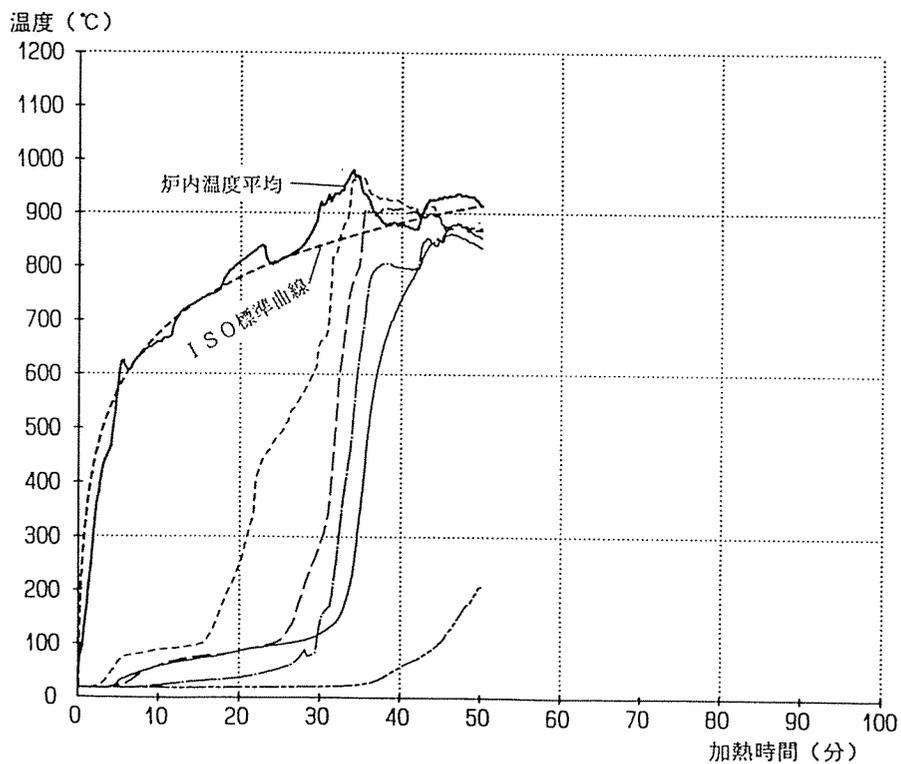


図5. 1-28 試験体EI-NP9+GB12(D)、各位置平均温度

- 上部・左
- - - 上部・中央
- - - 上部・右
- 中央部・左
- - - 中央部・中央
- 中央部・右
- - - 下部・左
- - - 下部・中央
- 下部・右
- 載荷荷重

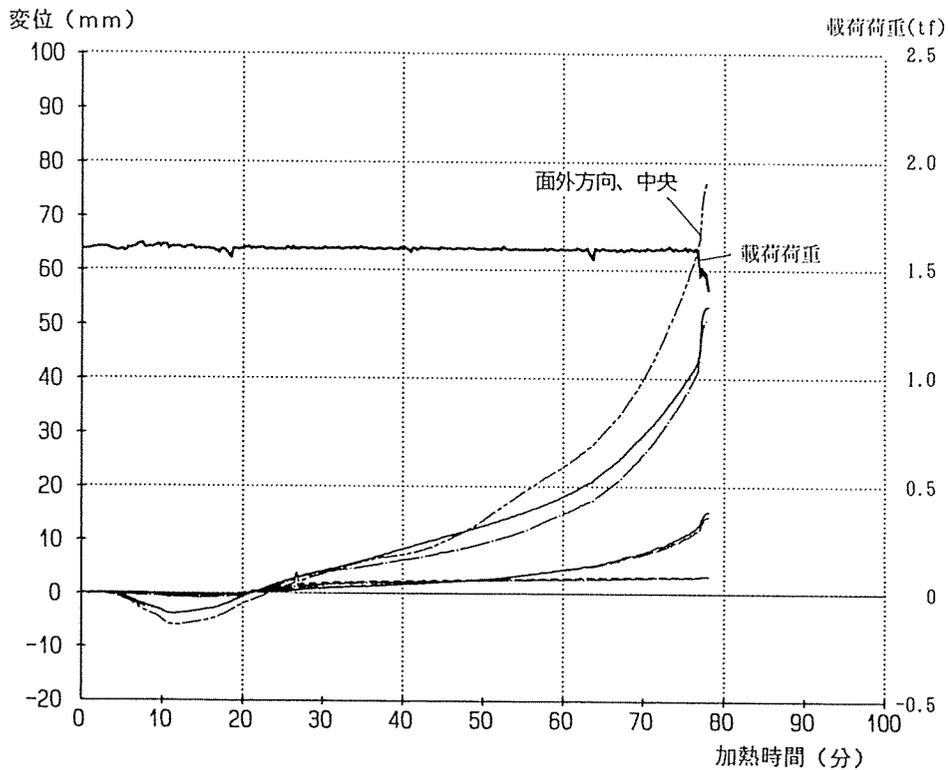


図5. 1-29 試験体EI-GBX12+NP9(D)、試験荷重と変位量

- スタッド表面
- - - 難燃合板裏面
- - - 強化せっこうボード裏面
- 構造用合板表面
- 試験体裏面
- 炉内
- - - ISO標準曲線

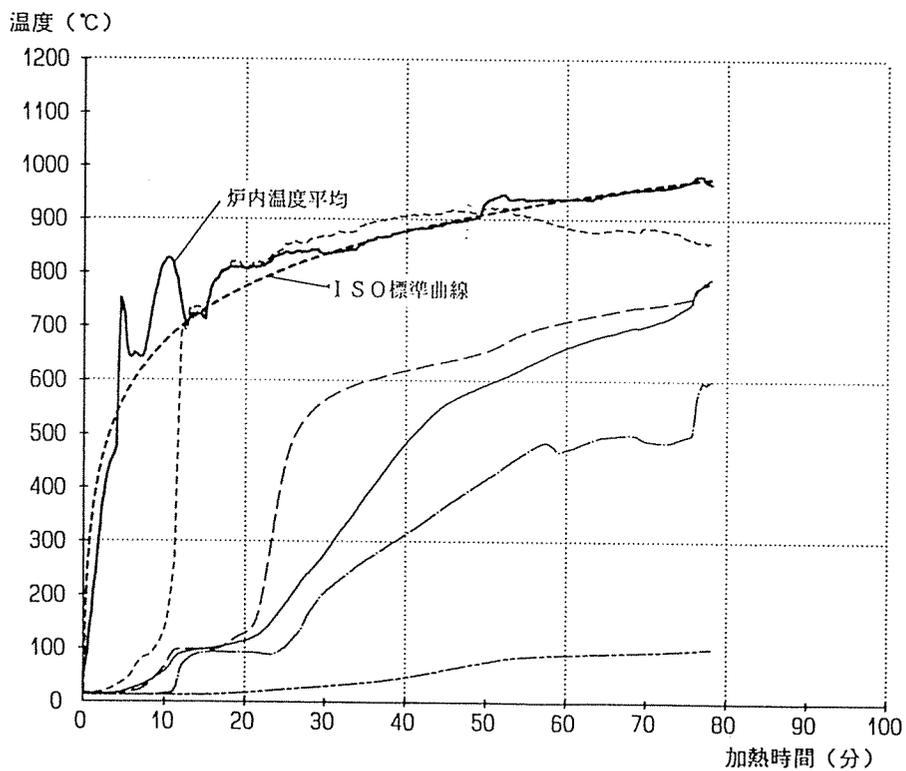


図5. 1-30 試験体EI-GBX12+NP9(D)、各位置平均温度

- 上部・左
- - - 上部・中央
- - - 上部・右
- 中央部・左
- - - 中央部・中央
- 中央部・右
- - - 下部・左
- - - 下部・中央
- 下部・右
- 載荷荷重

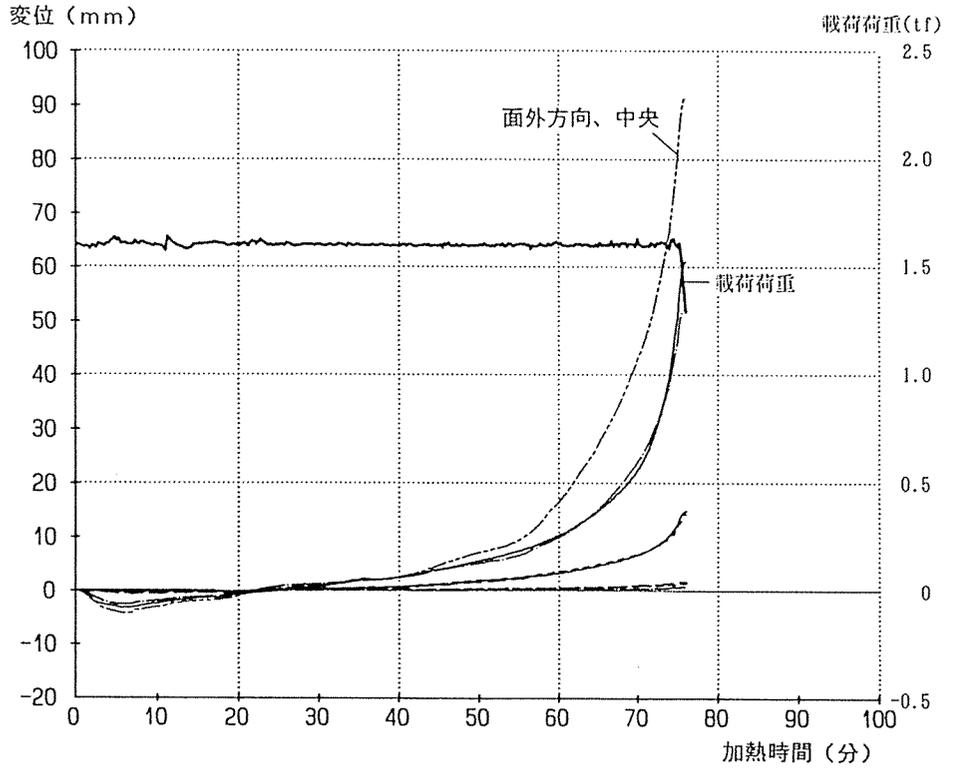


図5. 1-31 試験体EI-NP9+GBX12(D)、試験荷重と変位量

- スタッド表面
- - - 強化せっこうボード裏面
- - - 難燃合板裏面
- 構造用合板表面
- 試験体裏面
- 炉内
- - - ISO標準曲線

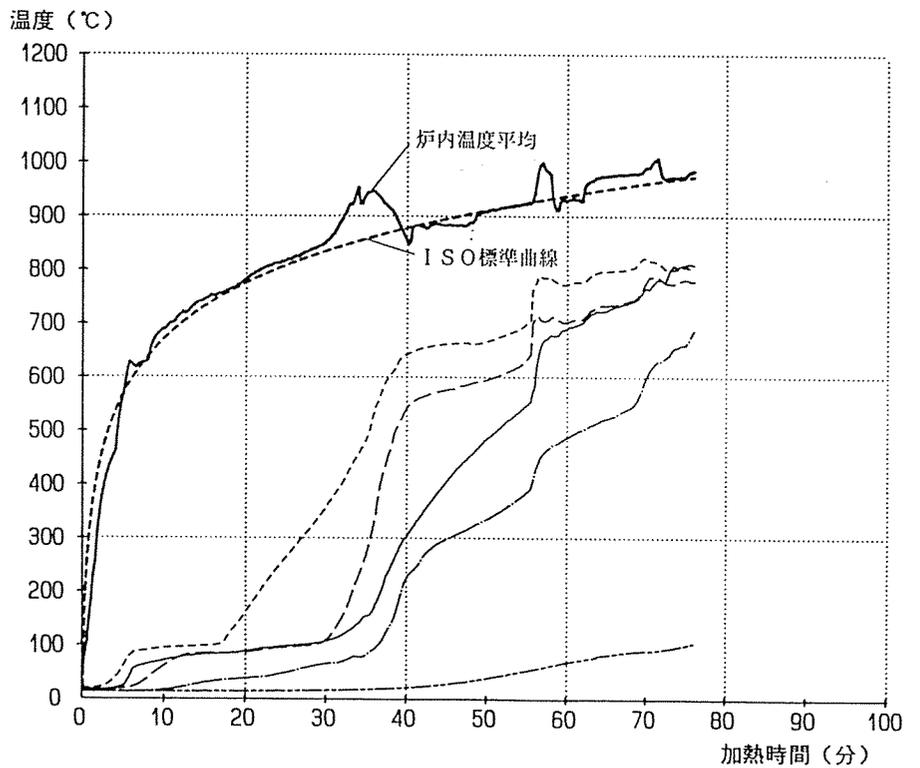
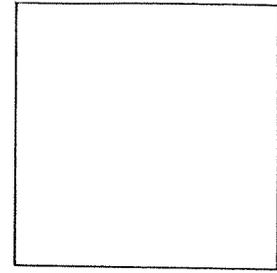
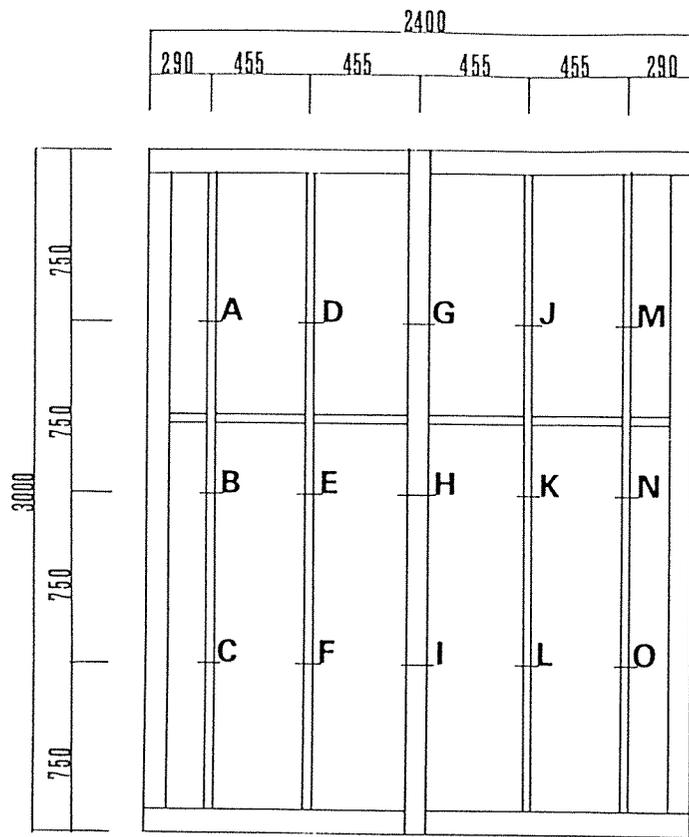
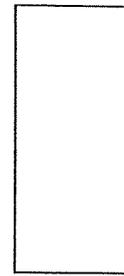


図5. 1-32 試験体EI-NP9+GBX12(D)、各位置平均温度

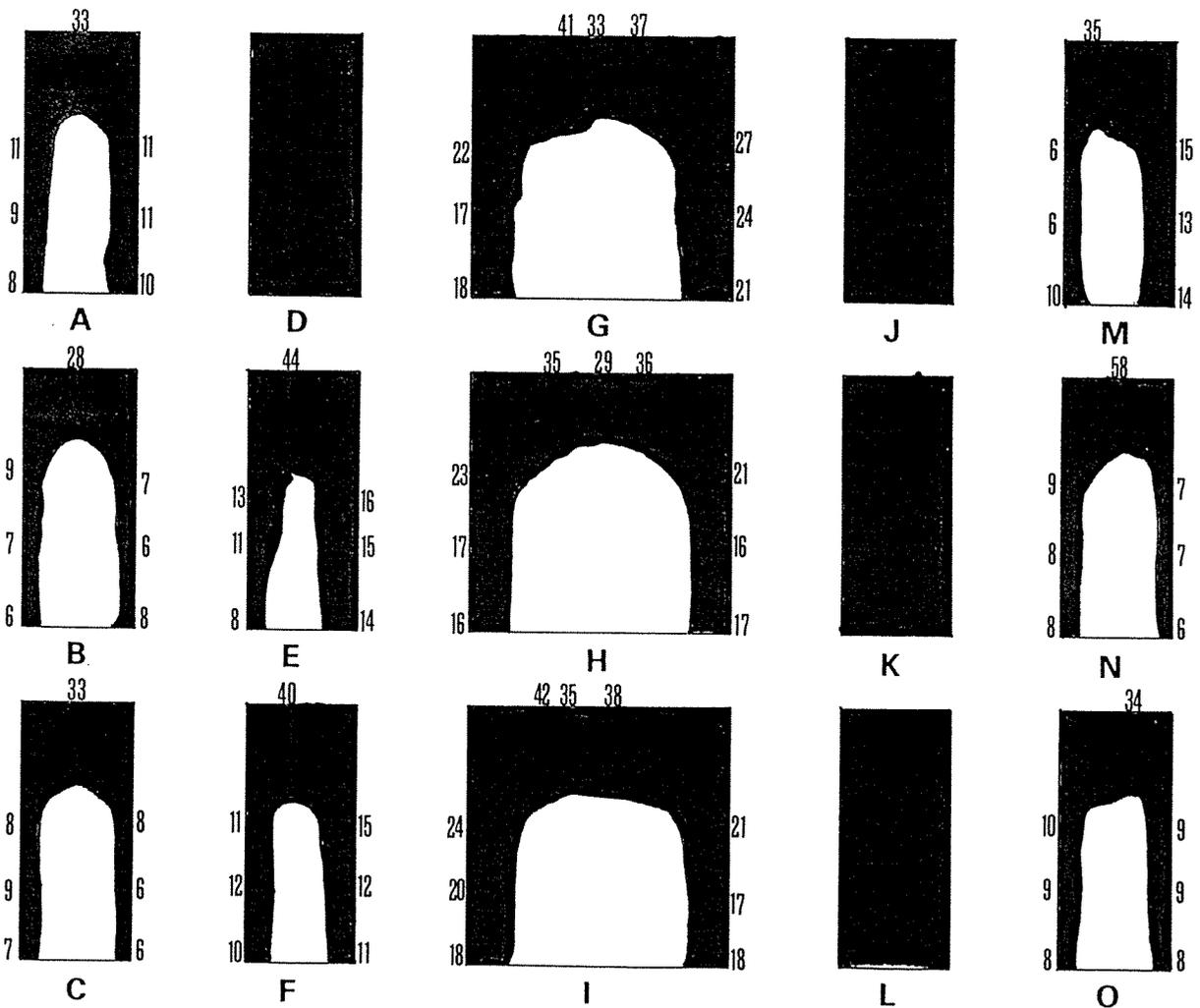


柱 105×105



間柱 45×105

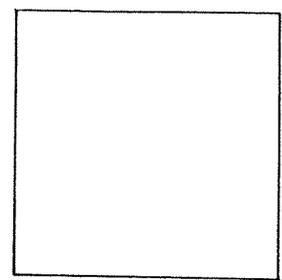
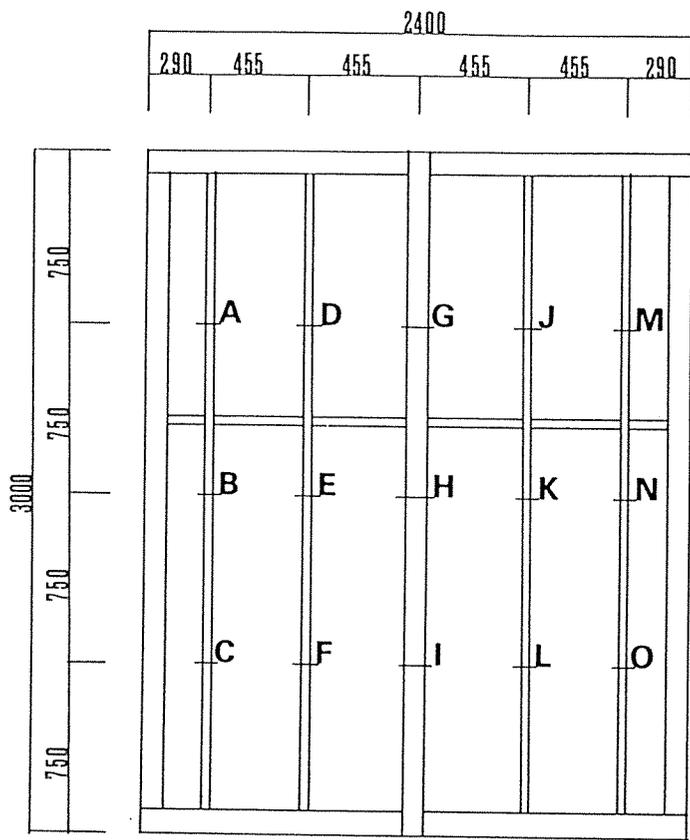
単位：mm



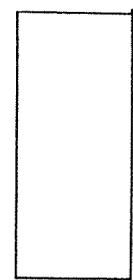
加熱時間：53分

EI-GB12+NP9(C)

図5. 2-1 試験体EI-GB12+NP9(C)、柱の炭化深さ測定結果

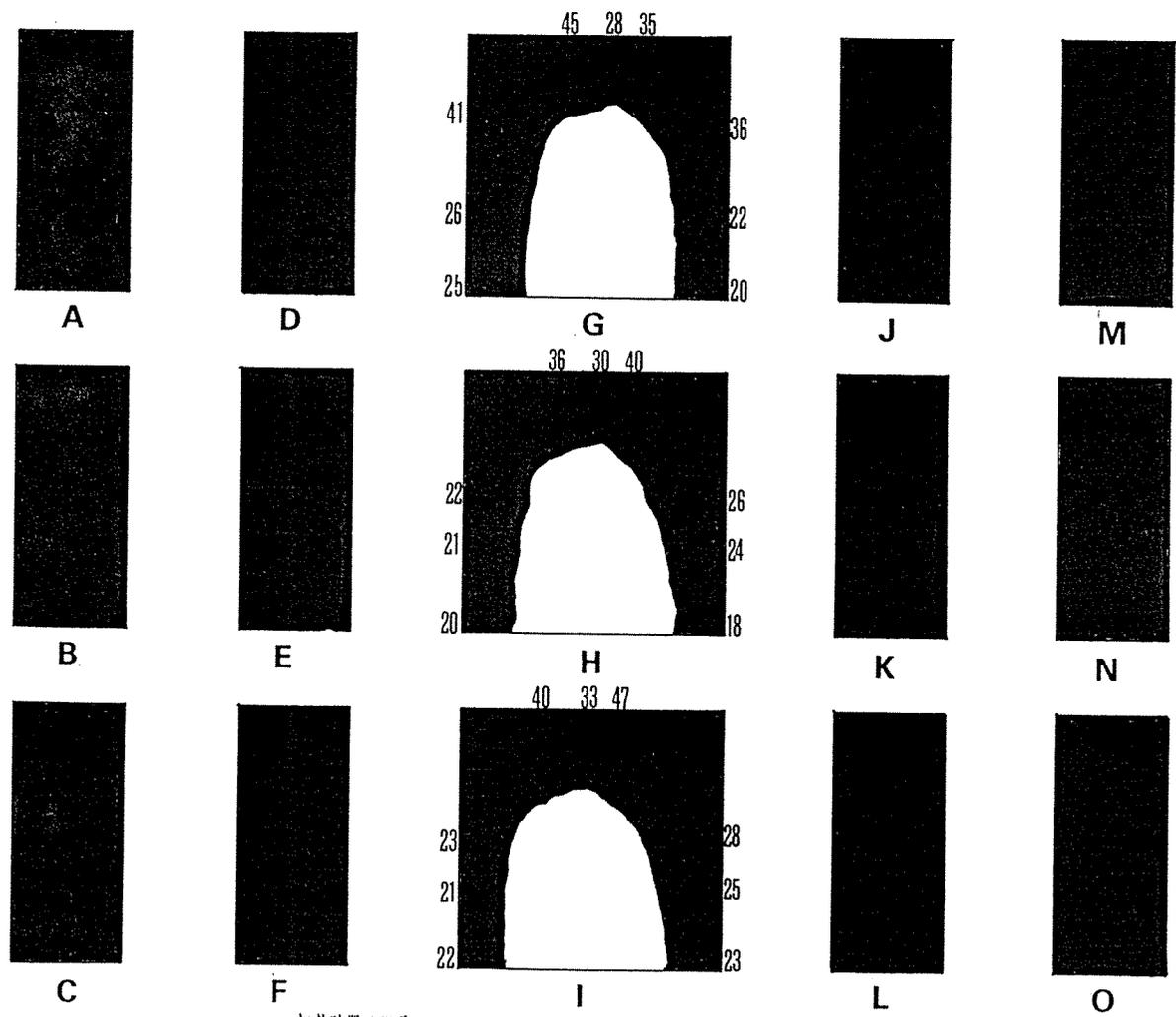


柱 105×105



間柱 45×105

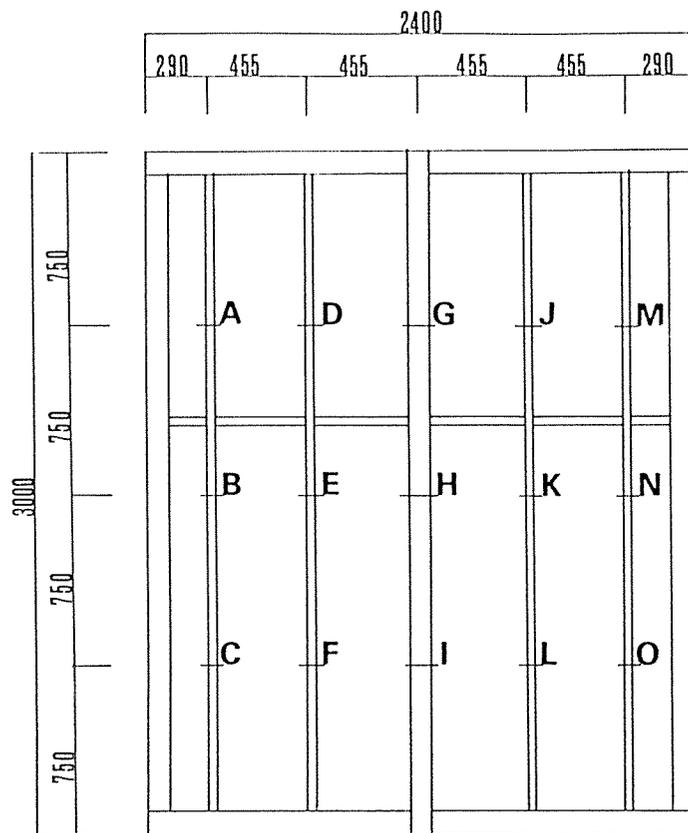
単位：mm



加熱時間47分

EI-JWL18(C)

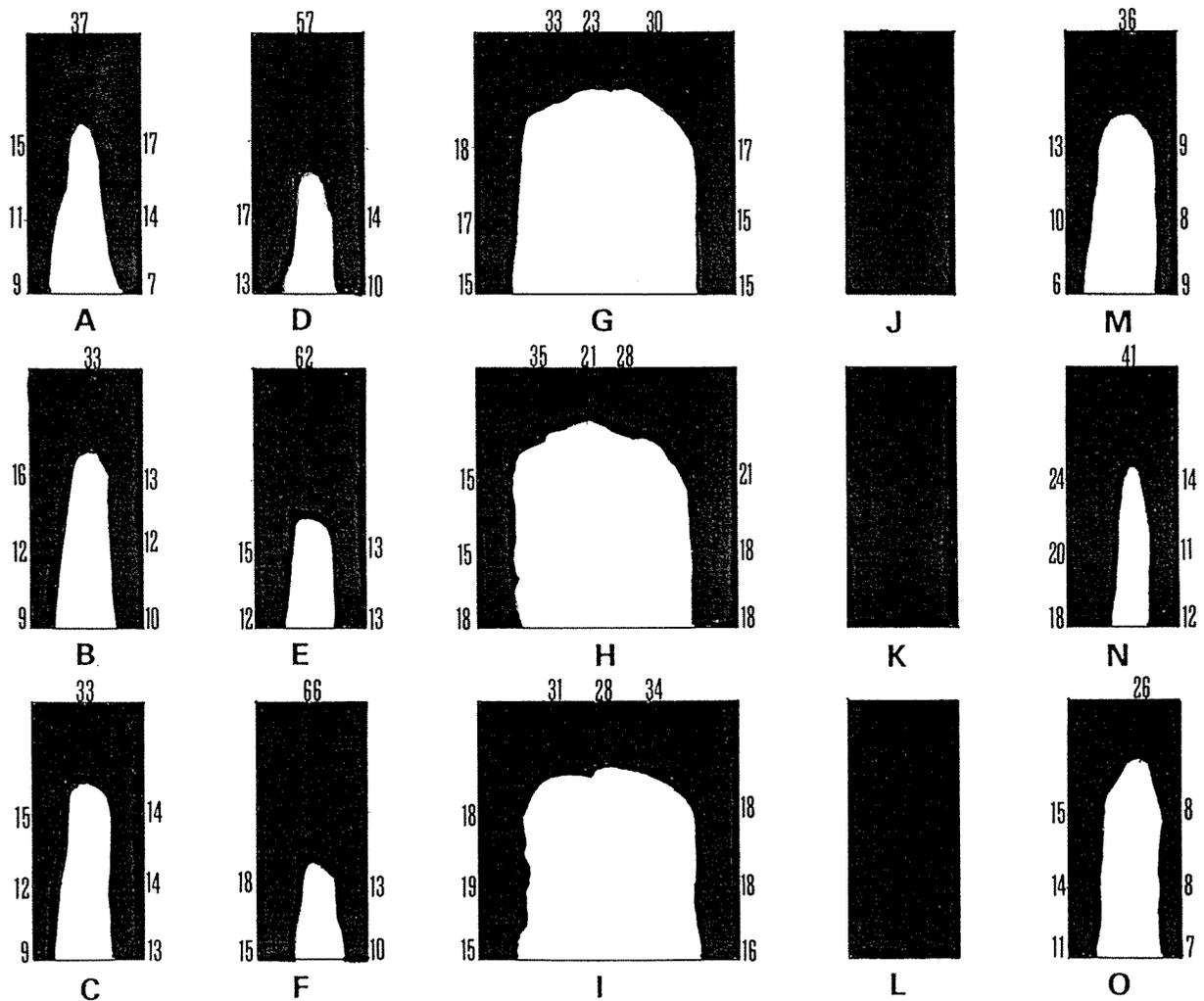
図5. 2-2 試験体EI-JWL18(C)、柱の炭化深さ測定結果



柱 105×105

間柱 45×105

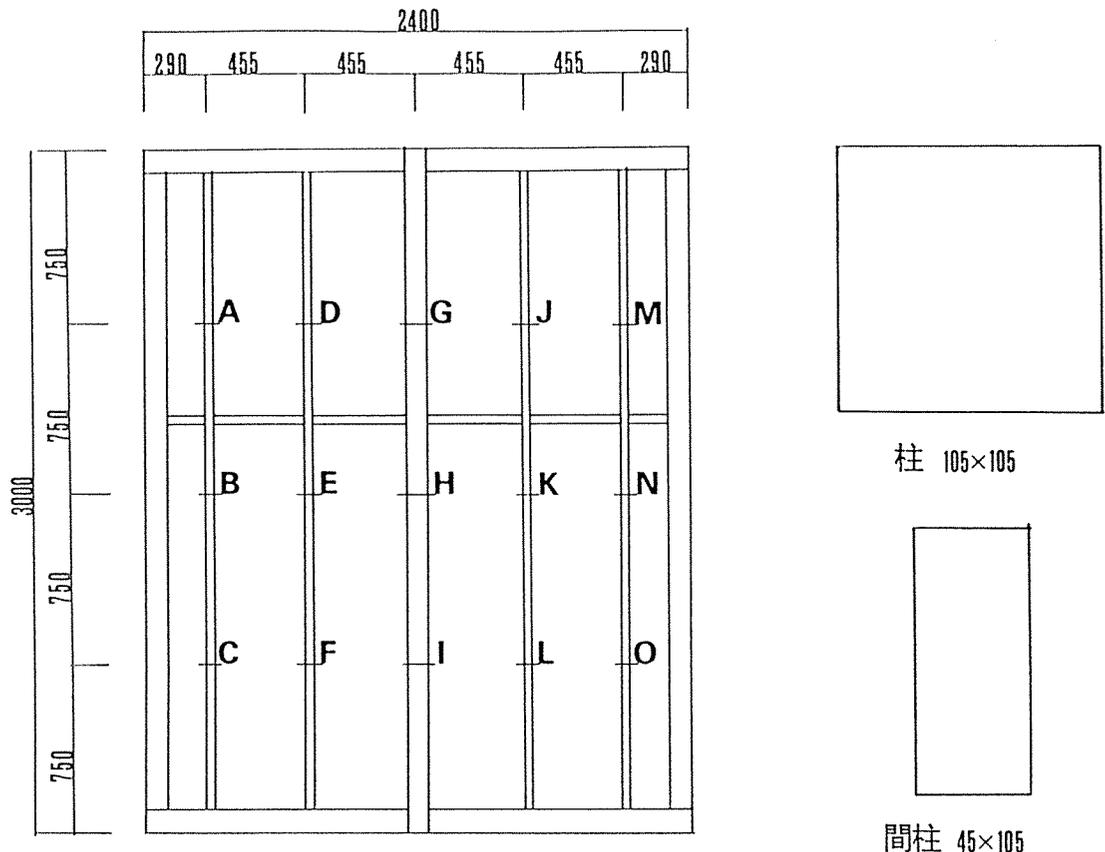
単位：mm



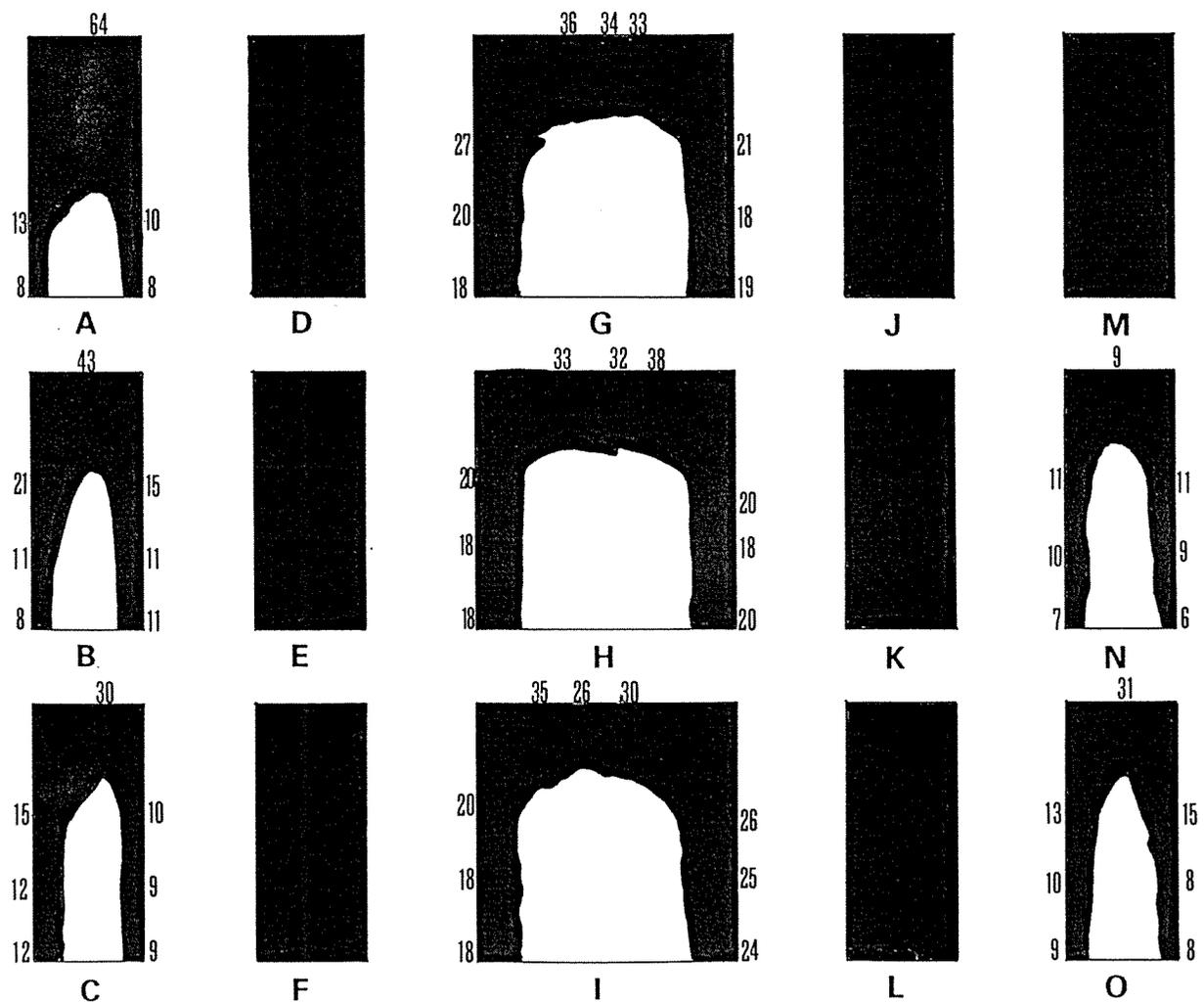
加熱時間45分

EI-JWH18(C)

図5. 2-3 試験体EI-JWH18(C)、柱の炭化深さ測定結果



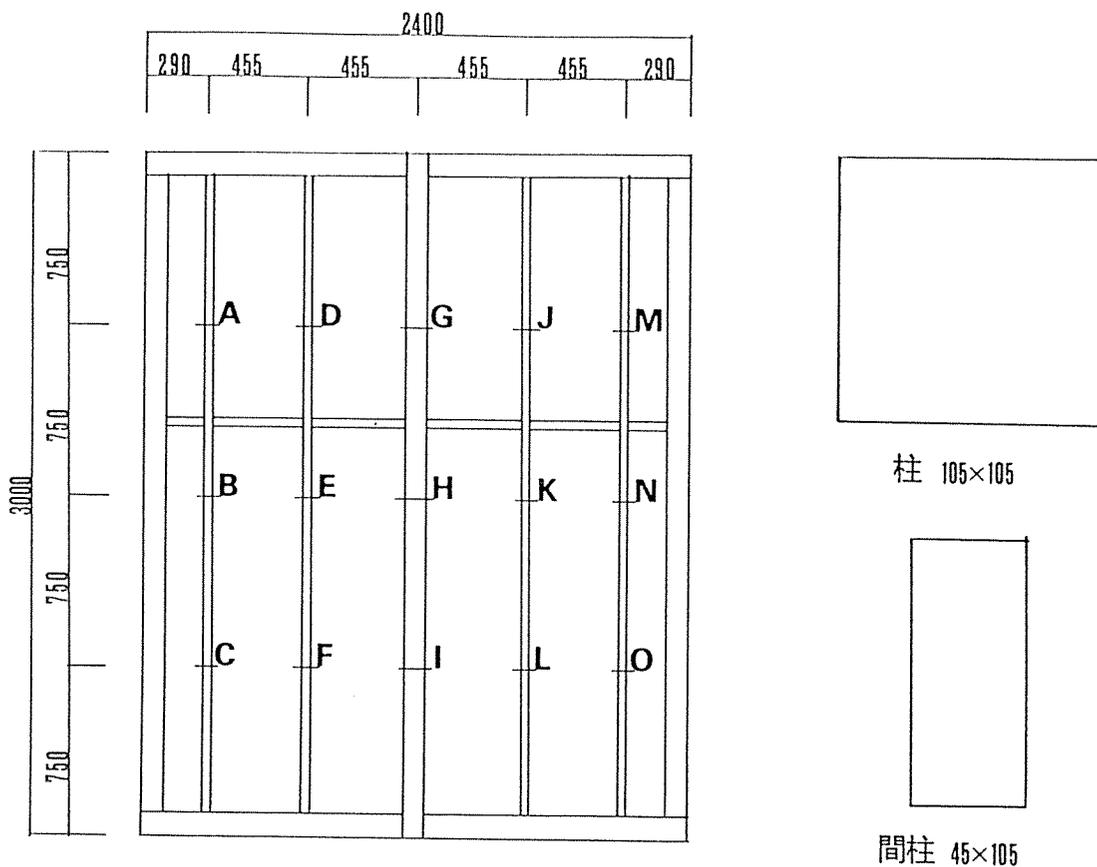
単位：mm



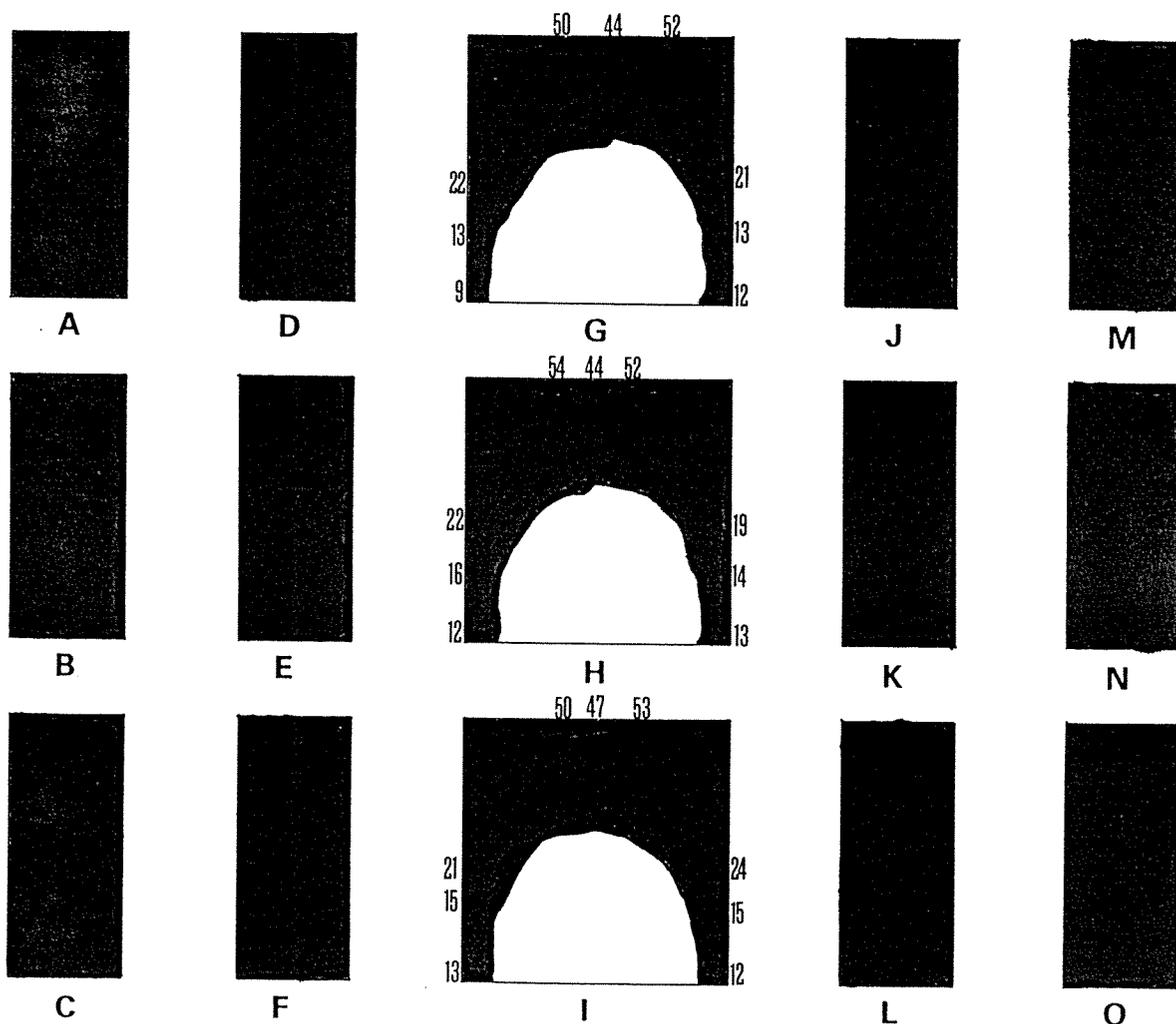
加熱時間46分

EI-JWL24(C)

図5. 2-4 試験体EI-JWL24(C)、柱の炭化深さ測定結果



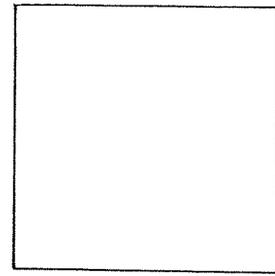
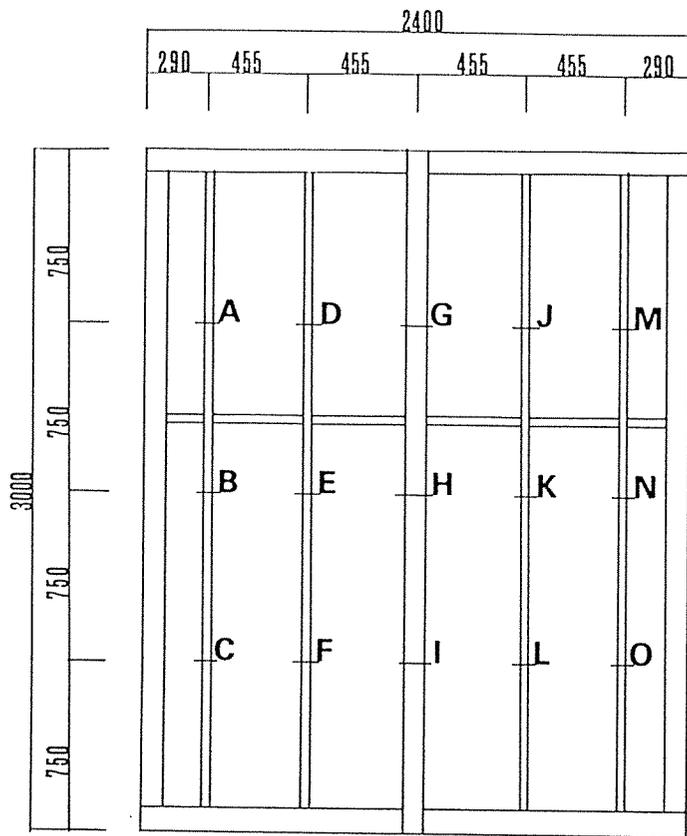
単位：mm



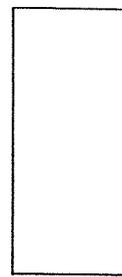
加熱時間102分

EI-KS8+NP9(C)

図5. 2-5 試験体EI-KS8+NP9(C)、柱の炭化深さ測定結果

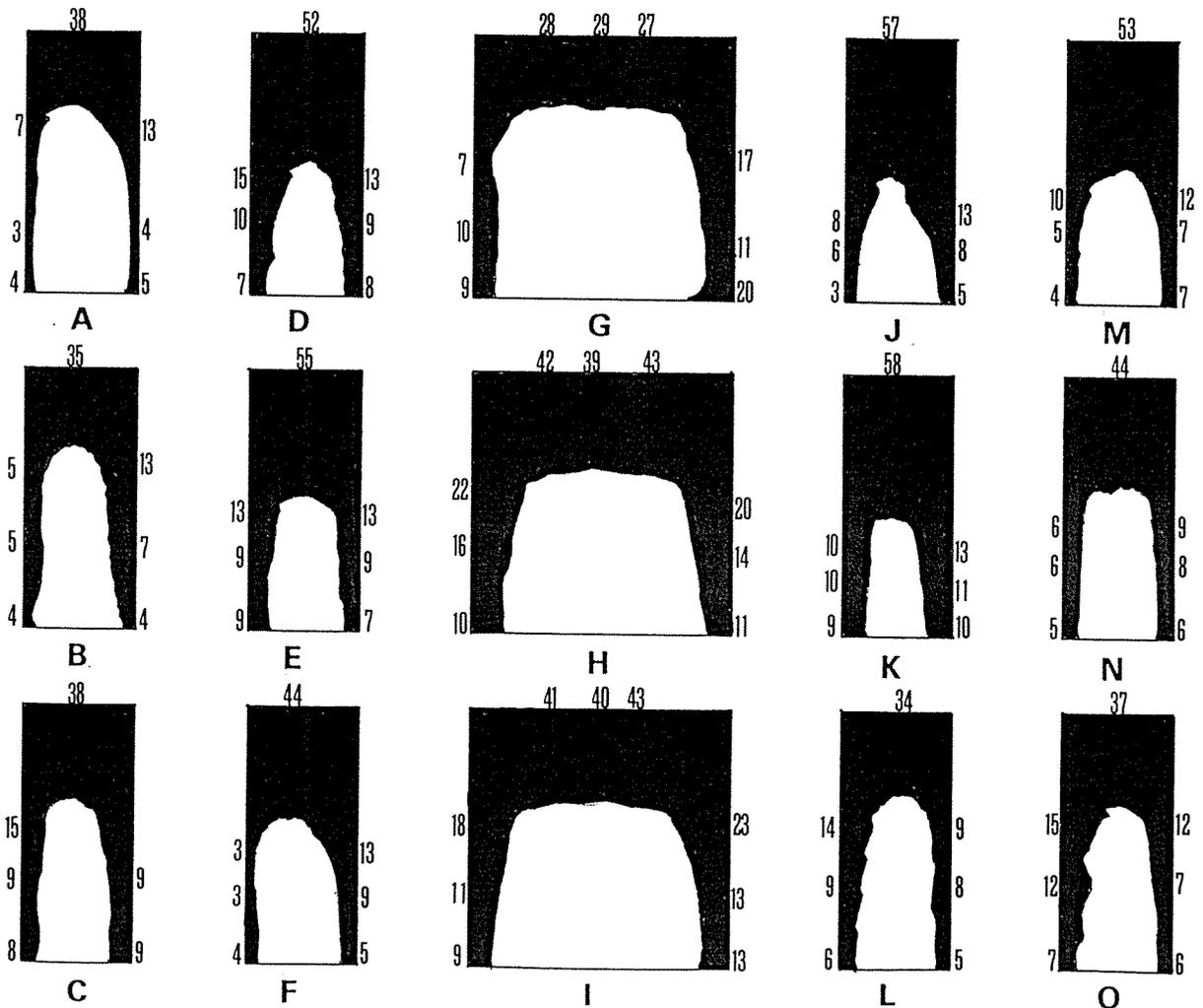


柱 105×105



間柱 45×105

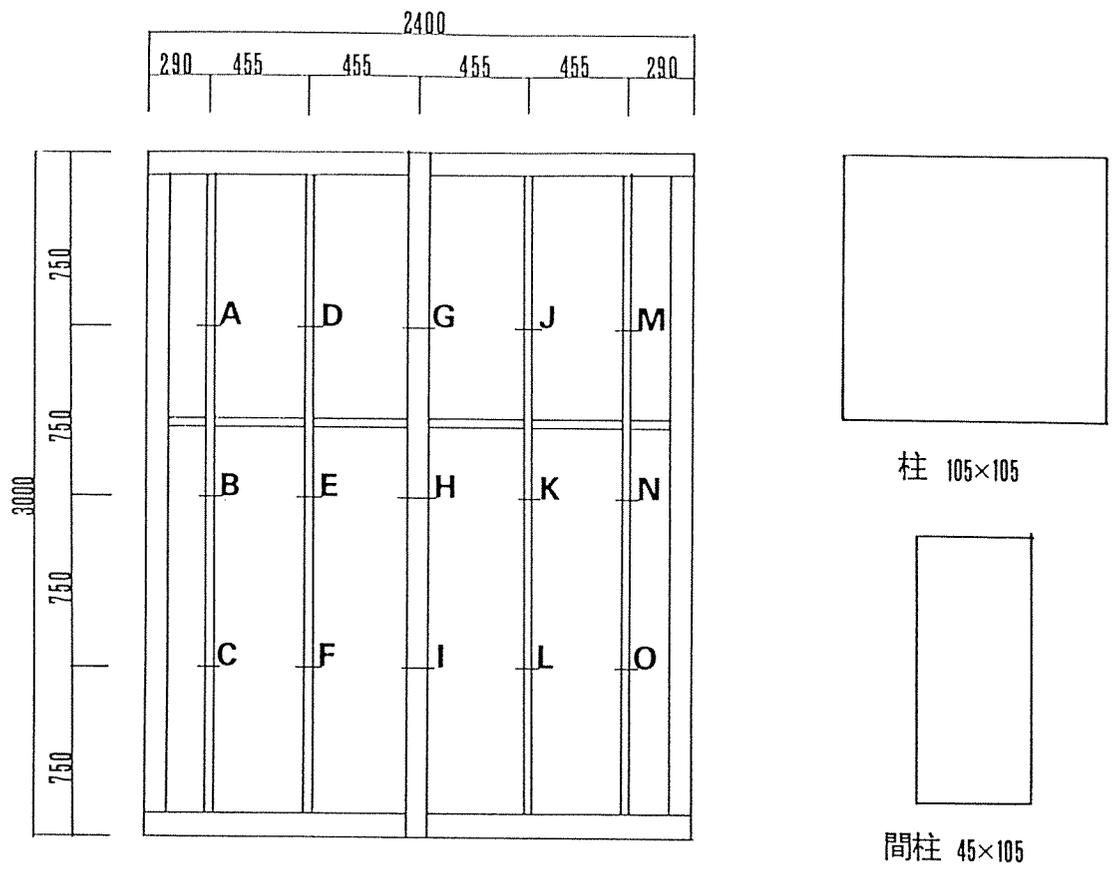
単位：mm



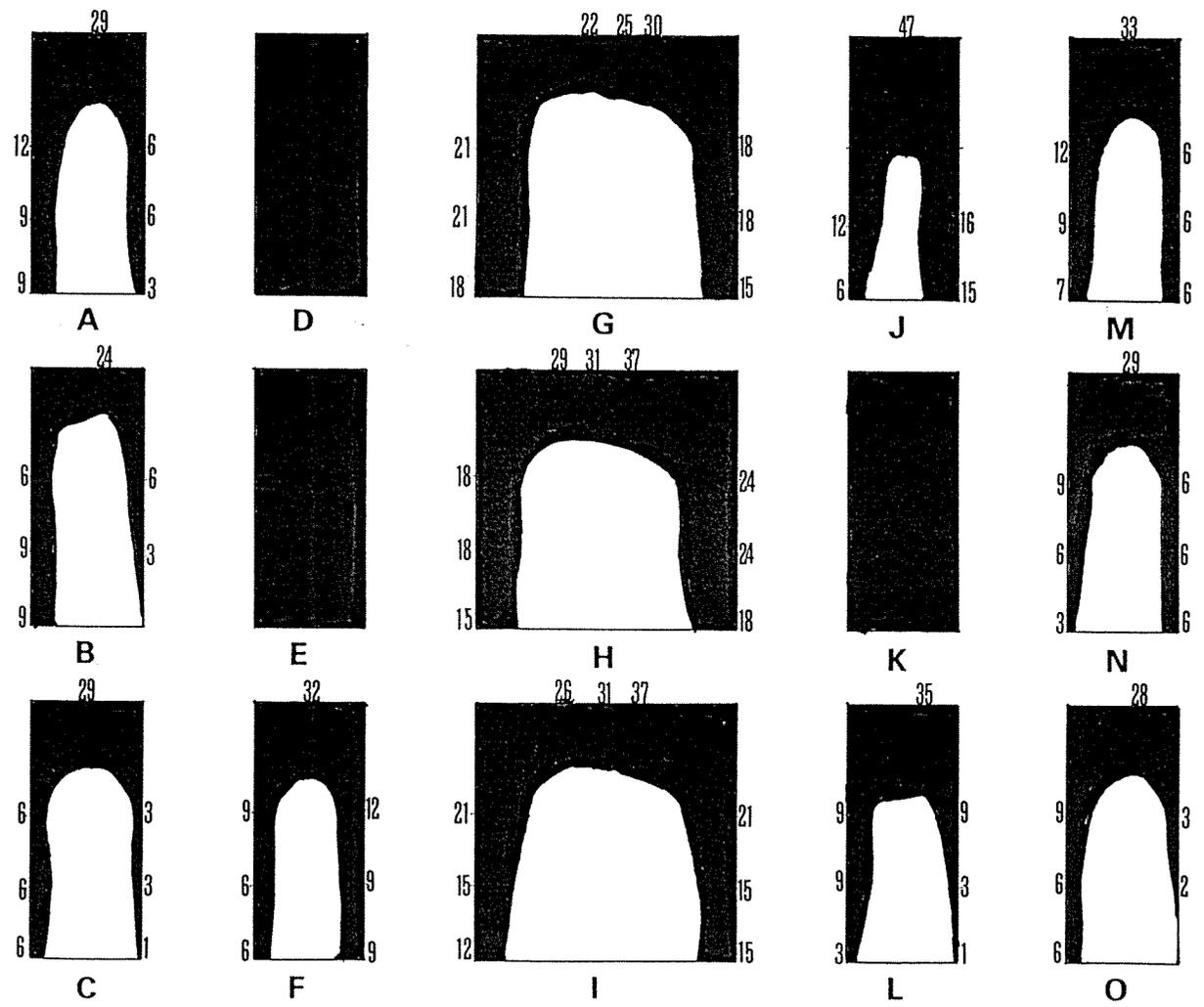
加熱時間82分

EI-KS6+ST18(C)

図5. 2-6 試験体EI-KS6+ST18(C)、柱の炭化深さ測定結果

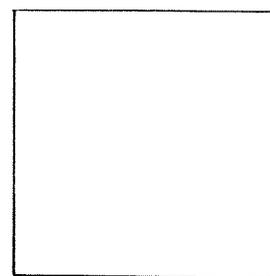
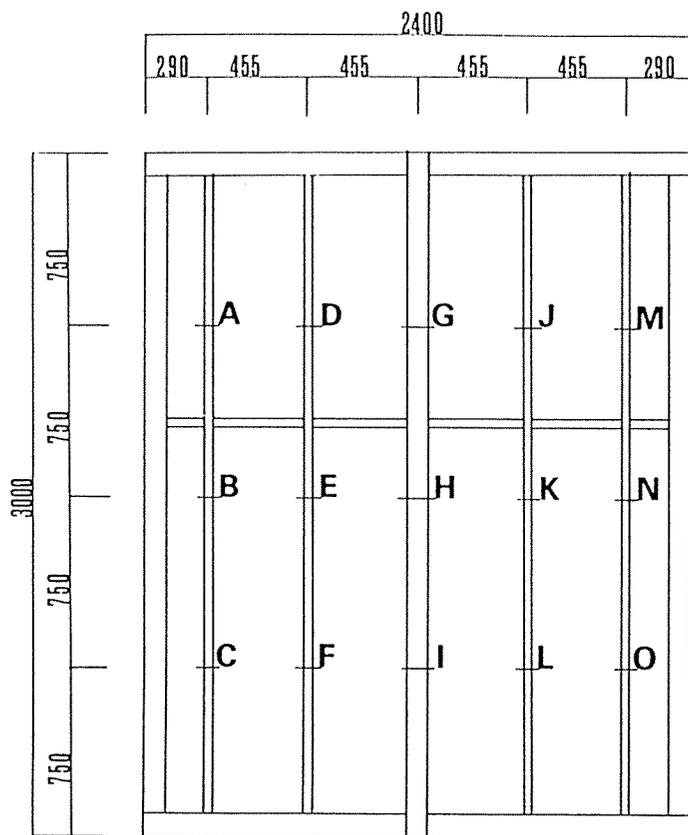


単位：mm

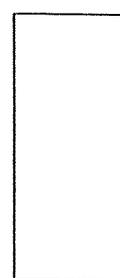


加熱時間：69分 EI-GB12+ST18(C)

図5. 2-7 試験体EI-GB12+ST18(C)、柱の炭化深さ測定結果

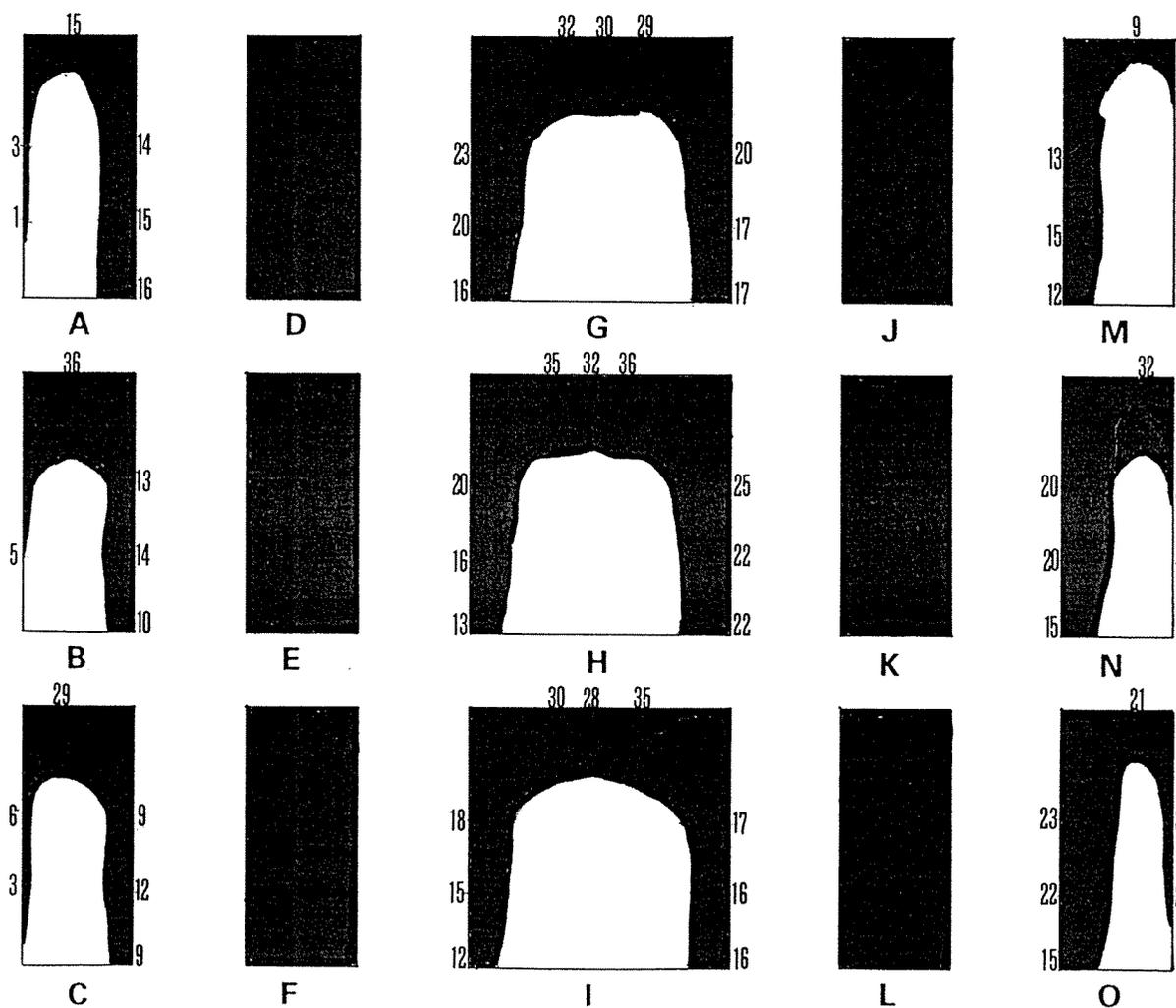


柱 105×105



間柱 45×105

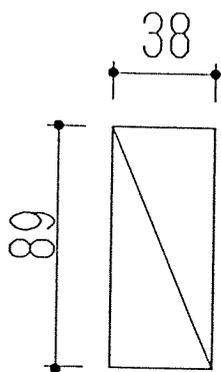
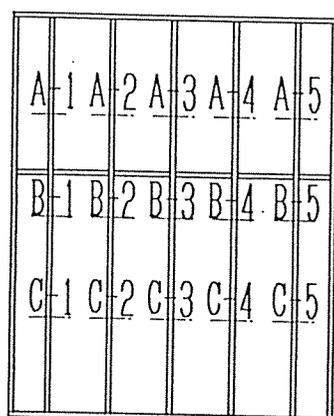
単位：mm



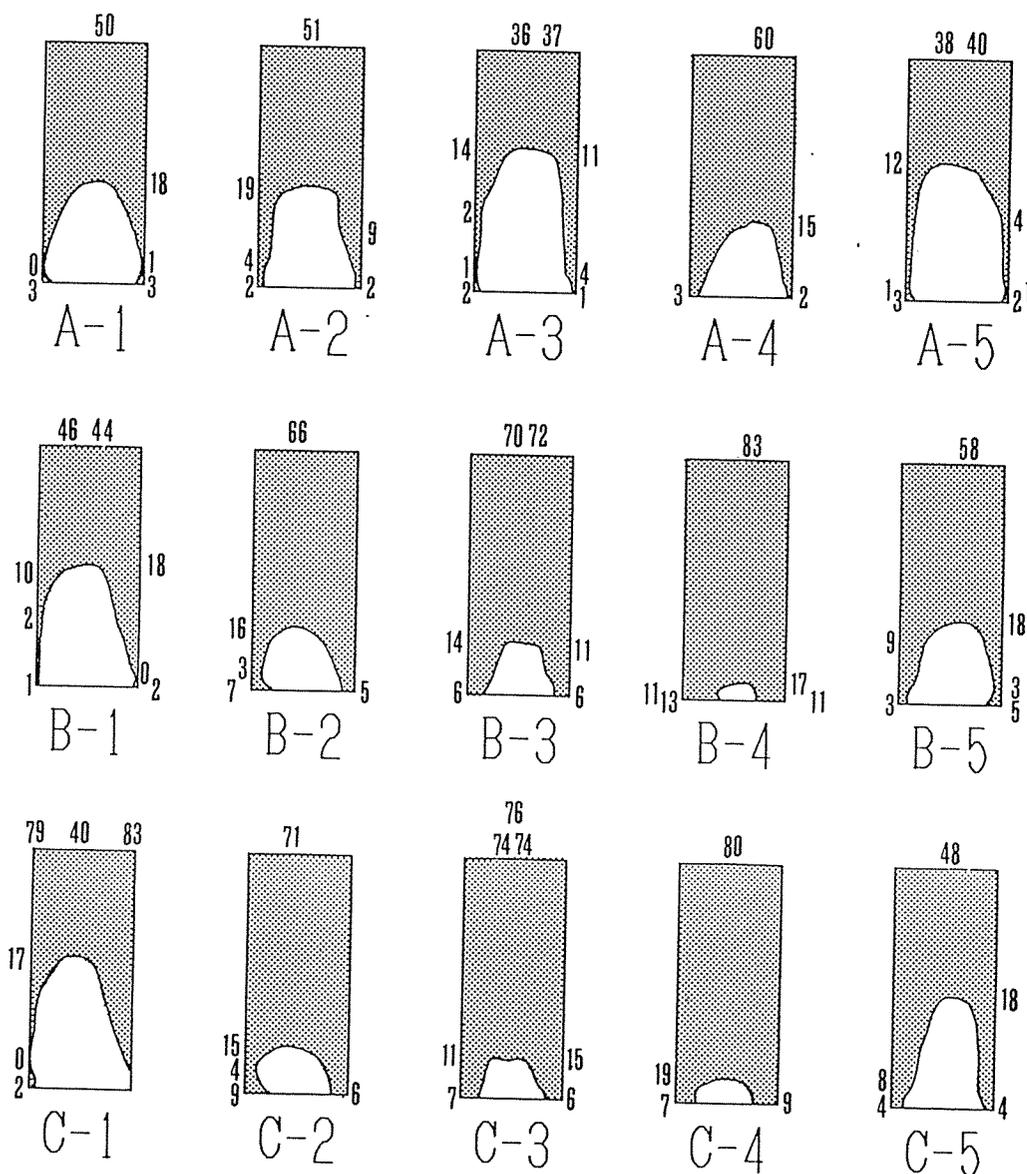
加熱時間：76分

E1-GB12+ST24(C)

図5. 2-8 試験体E1-GB12+ST24(C)、柱の炭化深さ測定結果



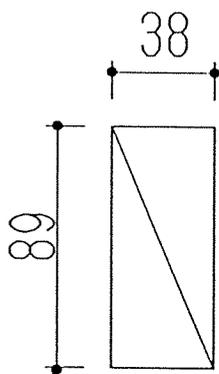
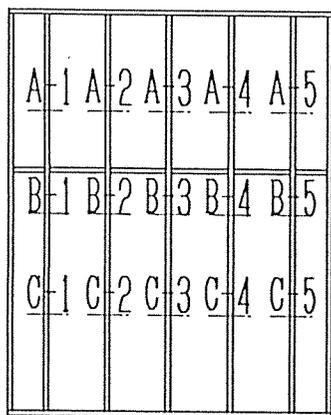
204材 単位：mm



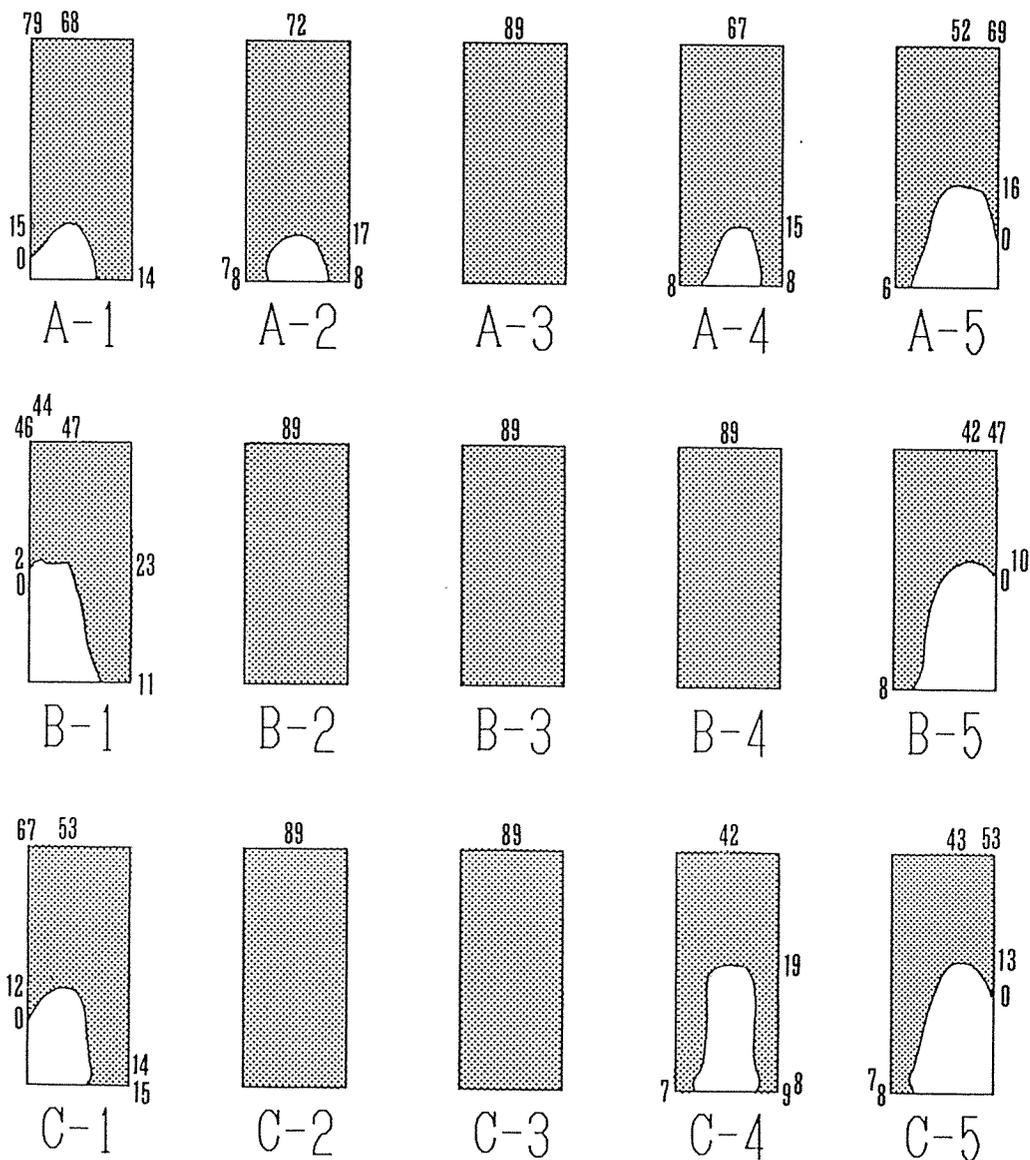
加熱時間：52分

炭化深さ測定結果 試験体記号 E1-RB7+PL8 (D)

図5. 2-9 試験体E1-RB7+PL8 (D)、スタッドの炭化深さ測定結果



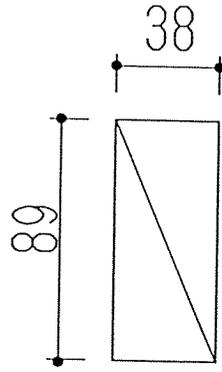
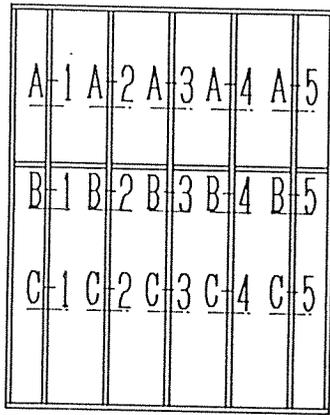
204材 単位：mm



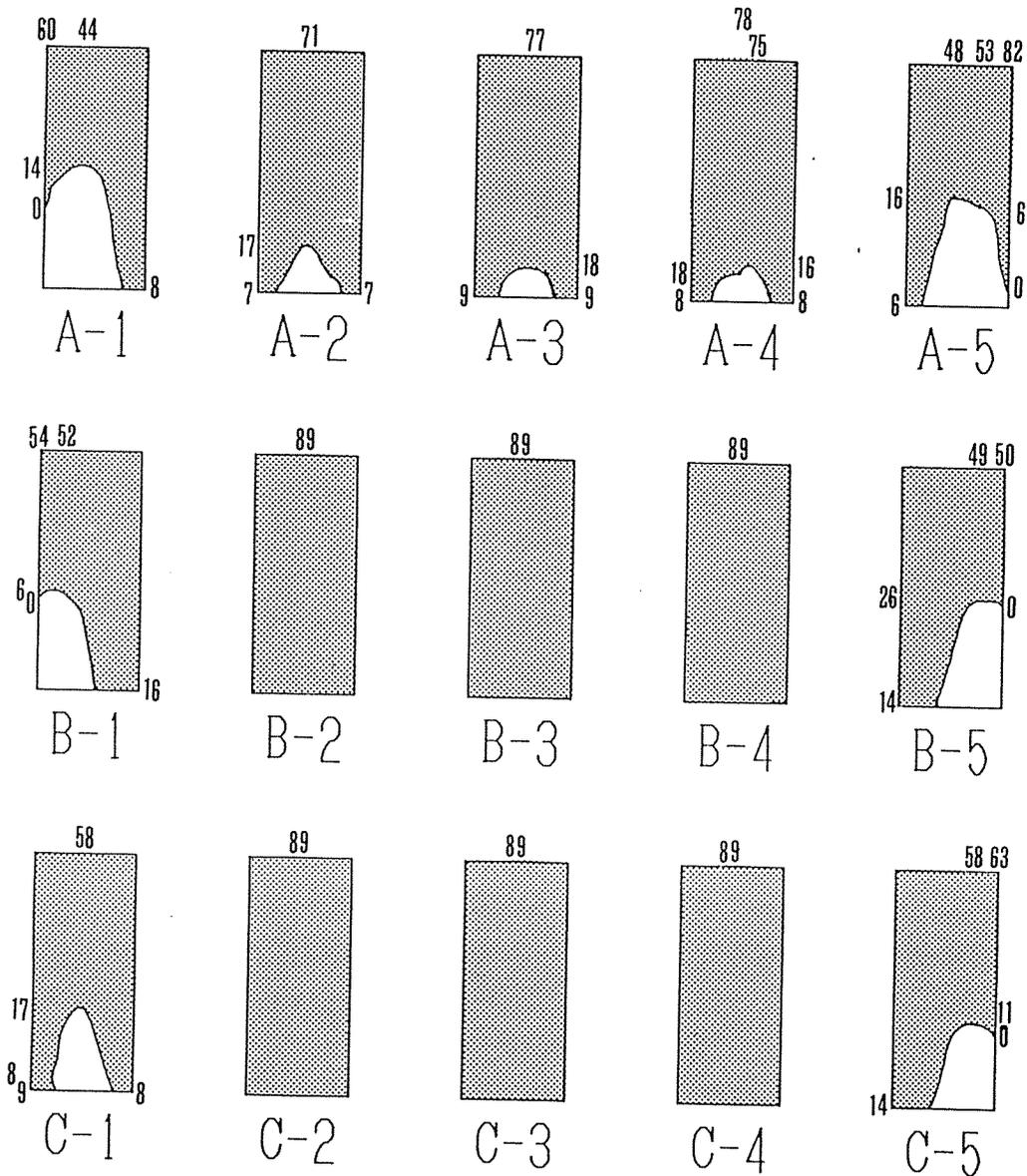
加熱時間：55分

炭化深さ測定結果 試験体記号 E1-NP9+GB15 (D)

図5. 2-10 試験体 E1-NP9+GB15 (D)、スタッドの炭化深さ測定結果



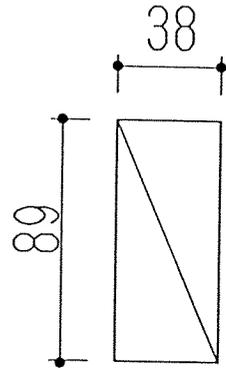
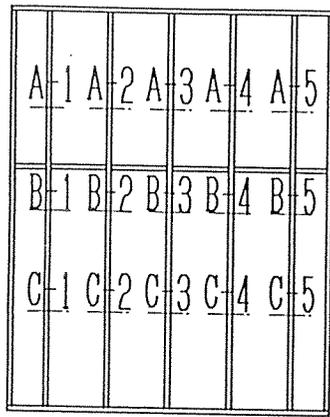
204材 単位：mm



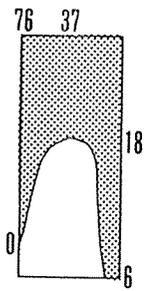
加熱時間：57分

炭化深さ測定結果 試験体記号 EI-GB15+NP9 (D)

図5. 2-11 試験体 EI-GB15+NP9 (D)、スタッドの炭化深さ測定結果



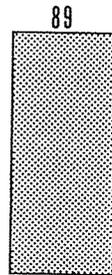
204材 単位：mm



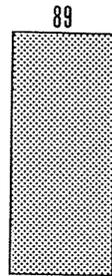
A-1



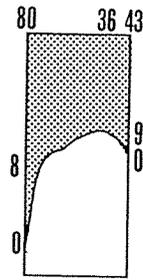
A-2



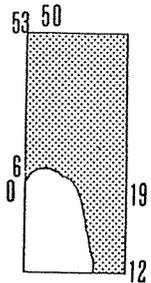
A-3



A-4



A-5



B-1



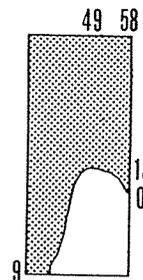
B-2



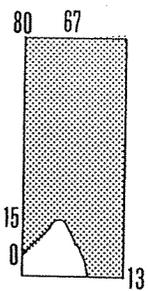
B-3



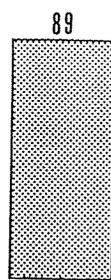
B-4



B-5



C-1



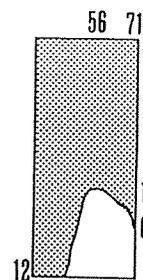
C-2



C-3



C-4

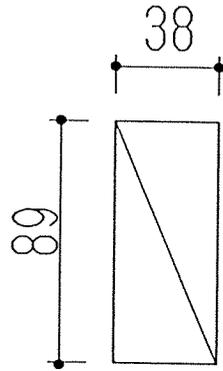
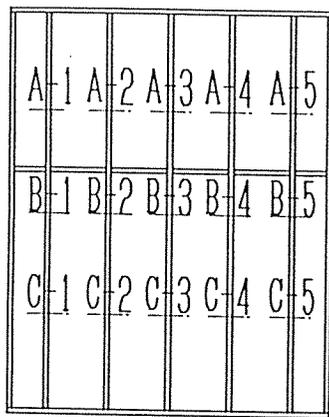


C-5

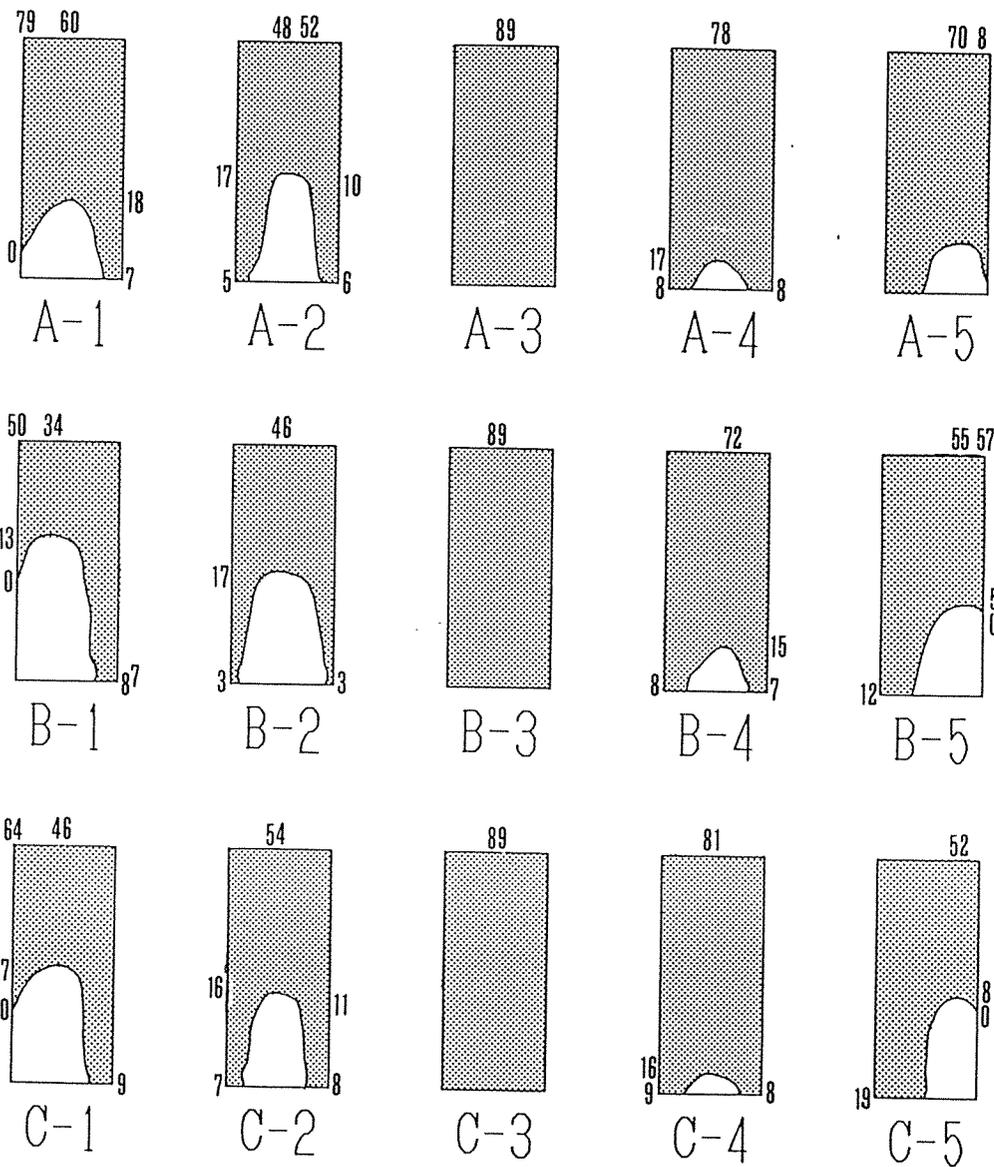
加熱時間：58分

炭化深さ測定結果 試験体記号 EI-GB12+NP9 (D)

図5. 2-12 試験体 EI-GB12+NP9 (D)、スタッドの炭化深さ測定結果



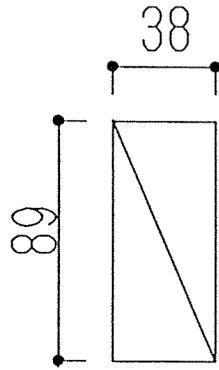
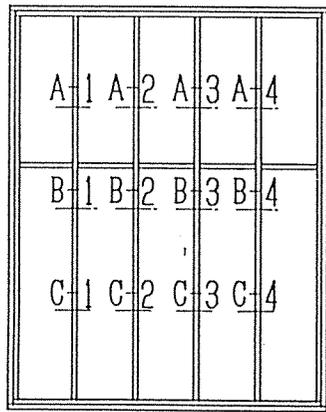
204材 単位：mm



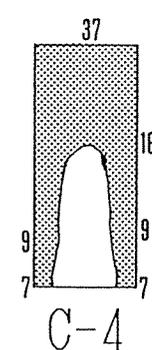
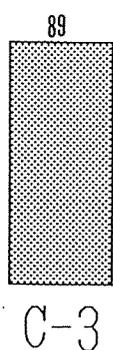
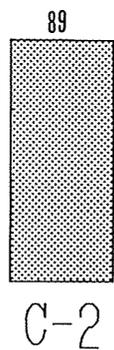
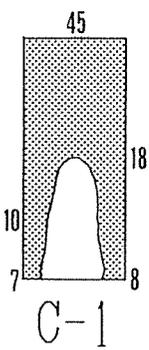
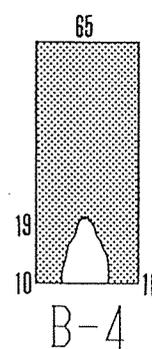
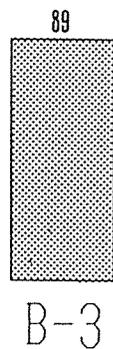
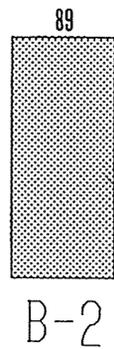
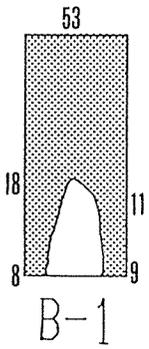
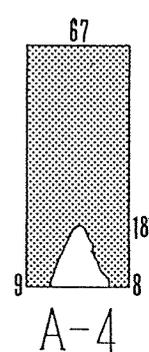
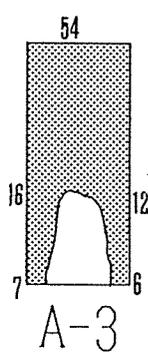
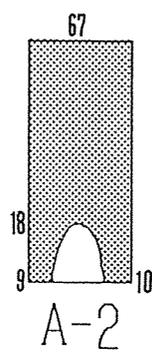
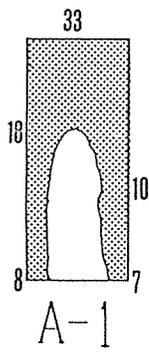
加熱時間：53分

炭化深さ測定結果 試験体記号EE-KP7.5+KS12(D)

図5. 2-13 試験体EE-KP7.5+KS12(D)、スタッドの炭化深さ測定結果

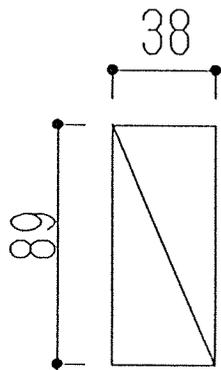
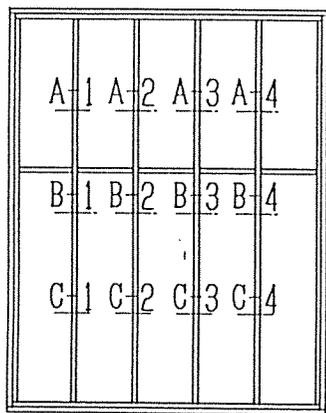


204材 単位：mm

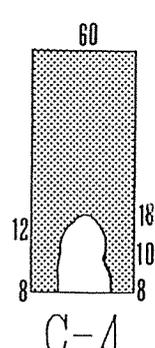
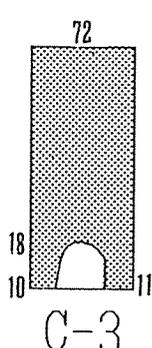
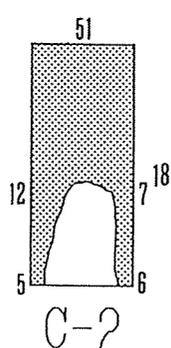
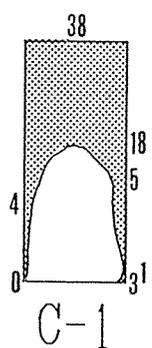
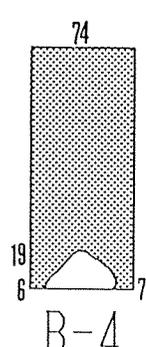
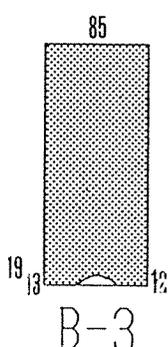
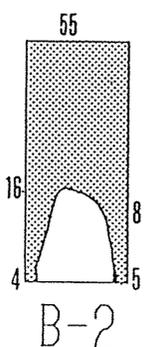
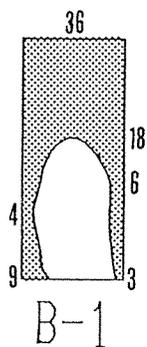
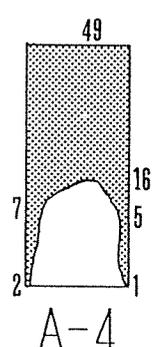
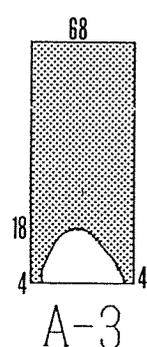
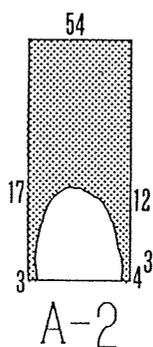
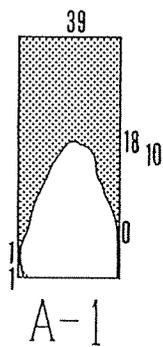


炭化深さ測定結果 試験体記号

図5. 2-14 試験体E1-NP9+GB12(D)、スタッドの炭化深さ測定結果

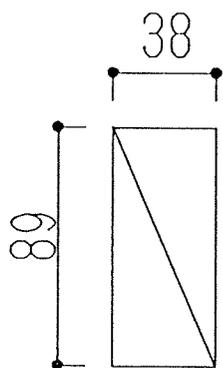
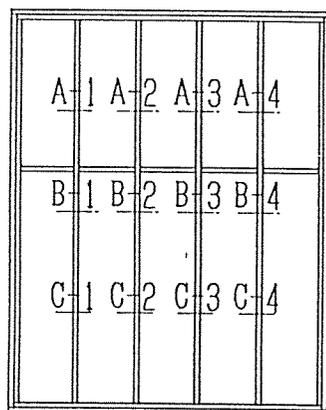


204材 単位：mm

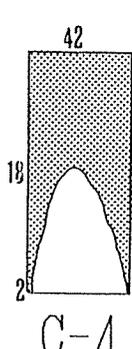
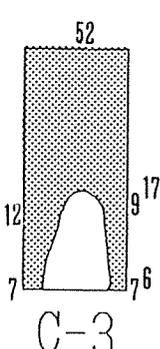
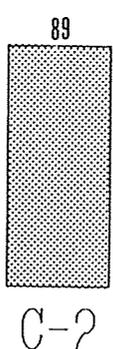
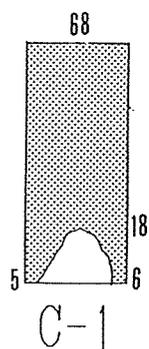
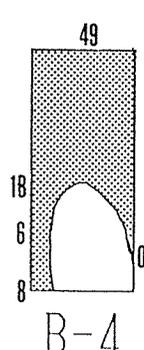
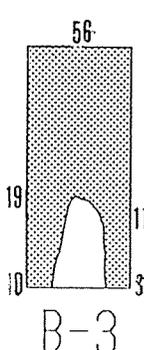
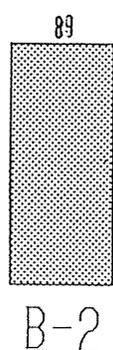
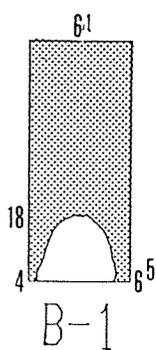
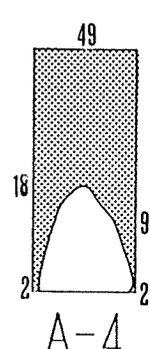
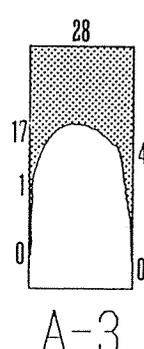
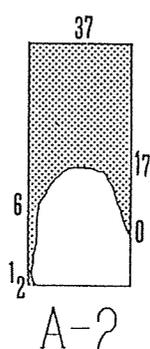
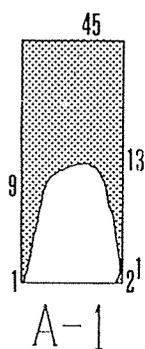


炭化深さ測定結果 試験体記号

図5. 2-15 試験体E1-GBX12+NP9 (D)、スタッドの炭化深さ測定結果



204材 単位：mm



炭化深さ測定結果 試験体記号

図5. 2-16 試験体E1-NP9+GBX12(D)、スタッドの炭化深さ測定結果

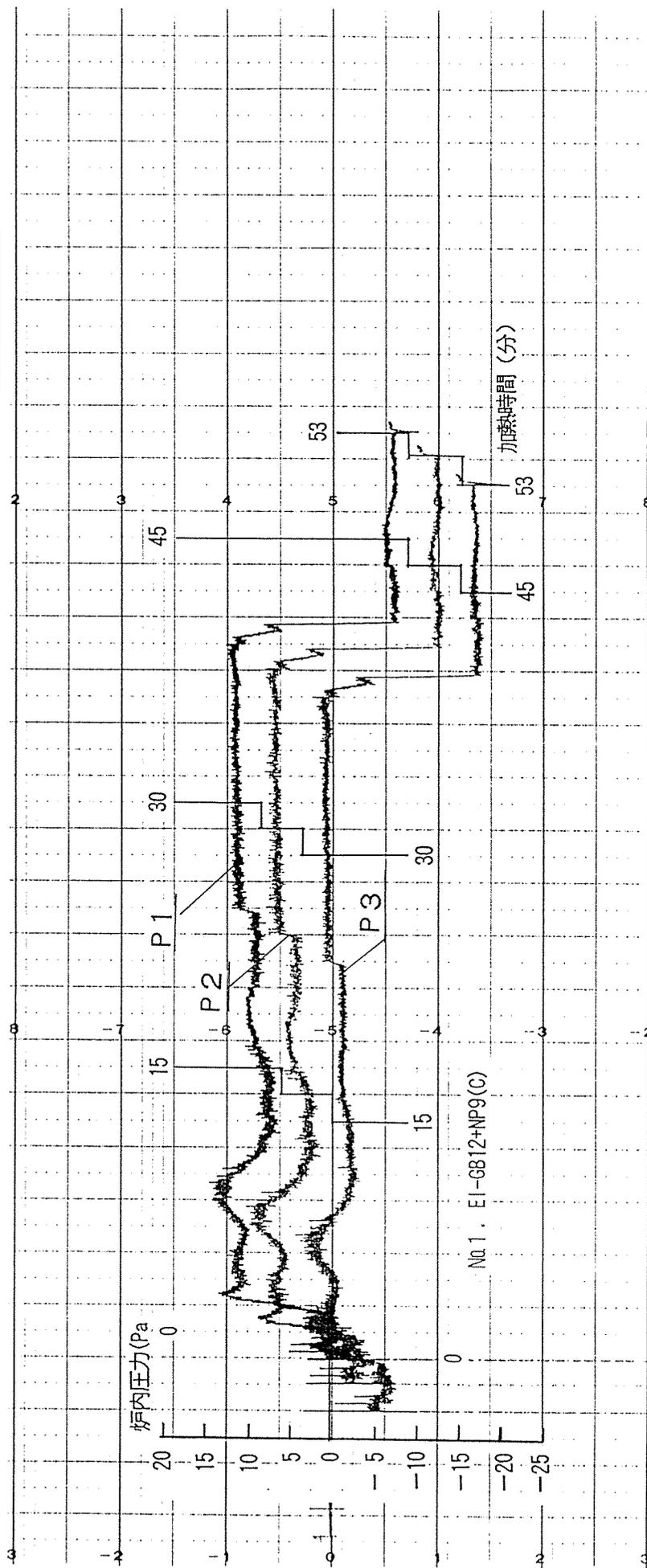
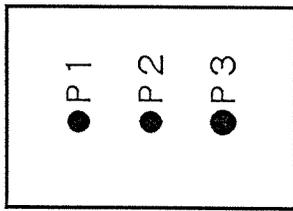
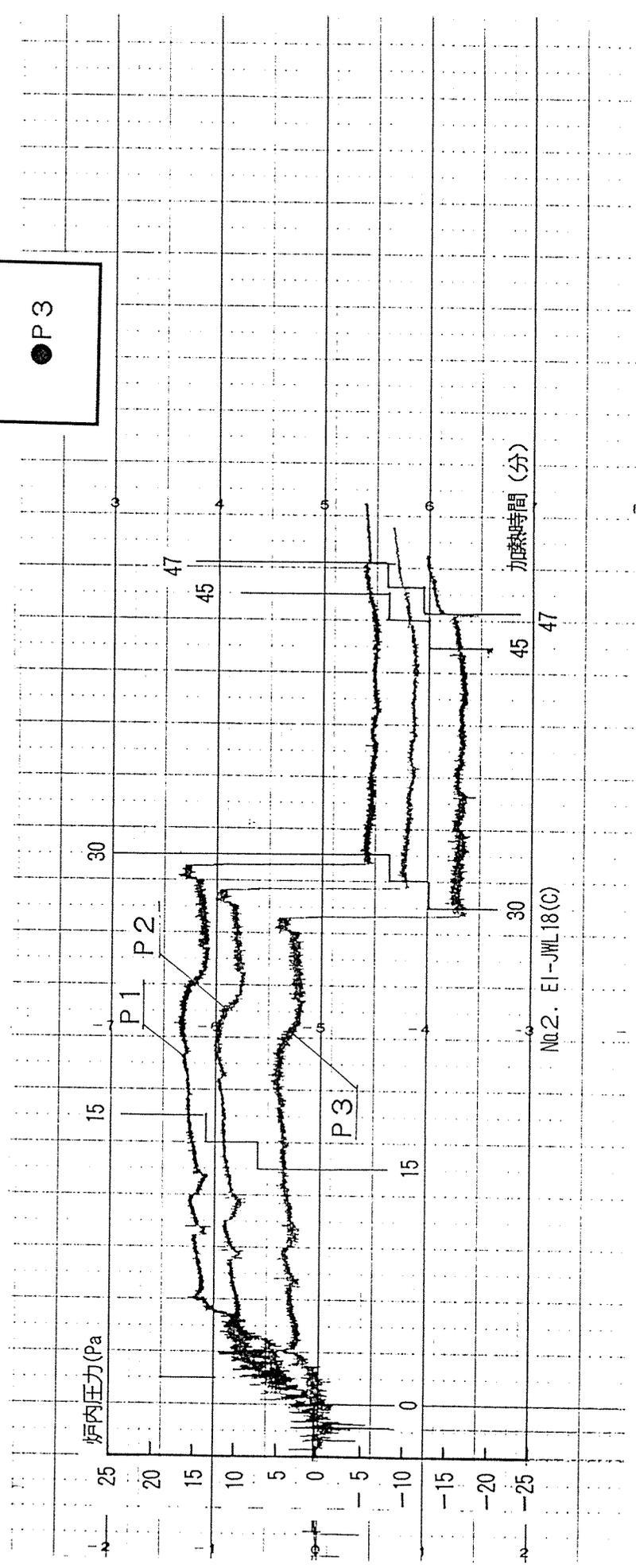


図5.3-1 試験体E1-GB12+NP9(C)、炉内圧力変化

● P1
● P2
● P3



No.2. E1-JWL18(C)

図5. 3-2 試験体E1-JWL18(C)、炉内圧力変化

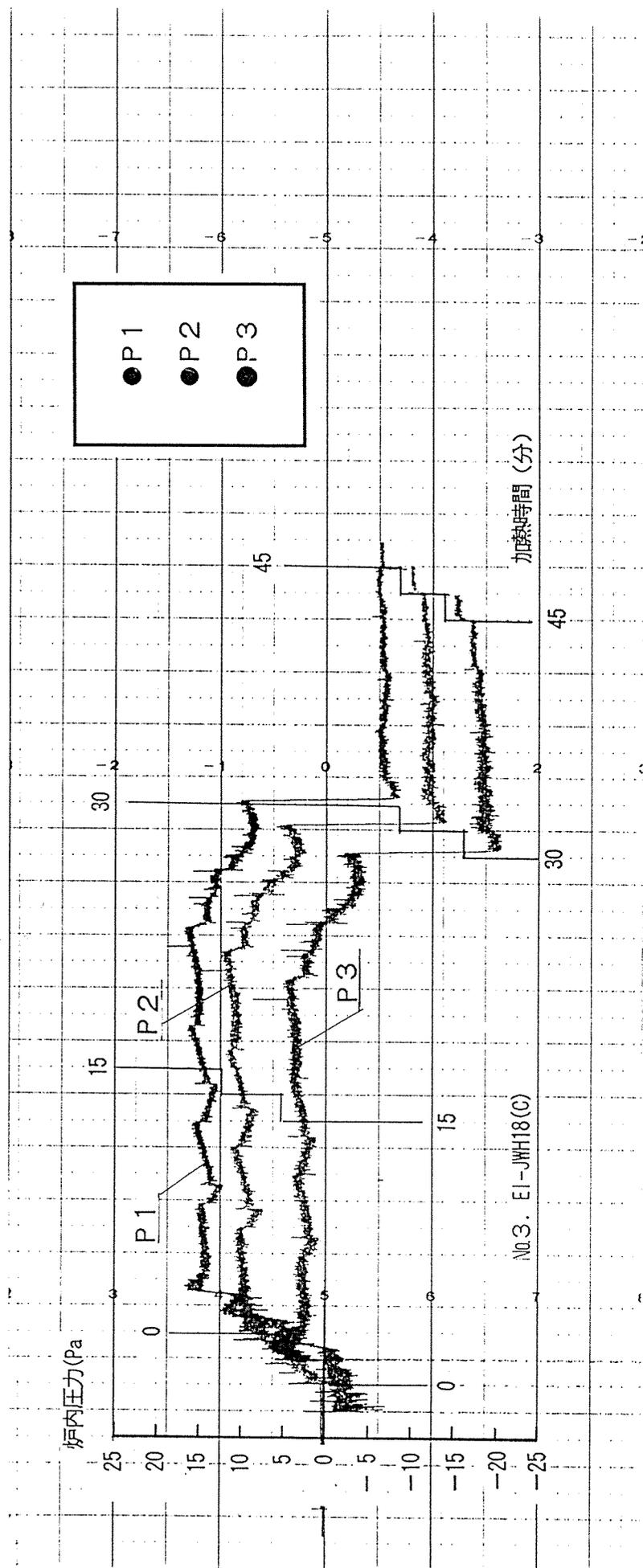


图5. 3-3 试验体E I - JWH18 (C)、炉内压力变化

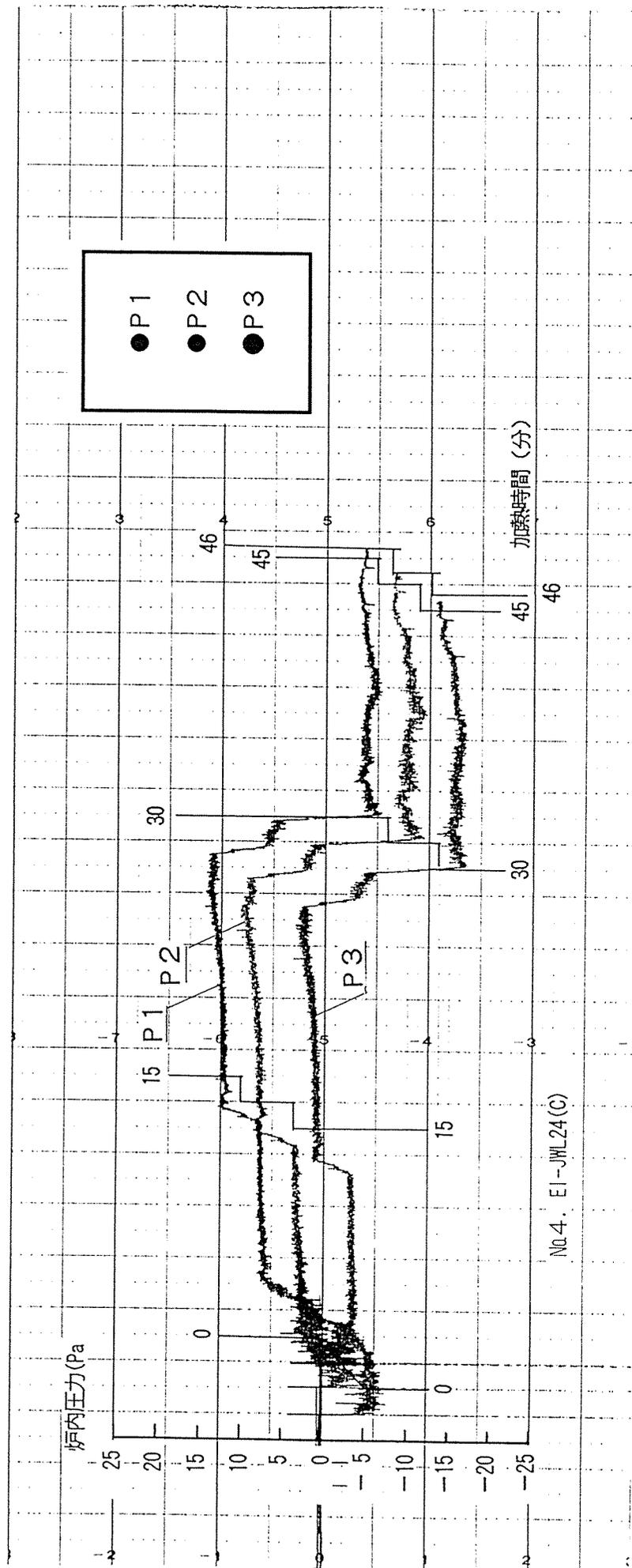


図5. 3-4 試験体E1-JWL24(C)、炉内圧力変化

- P1
- P2
- P3

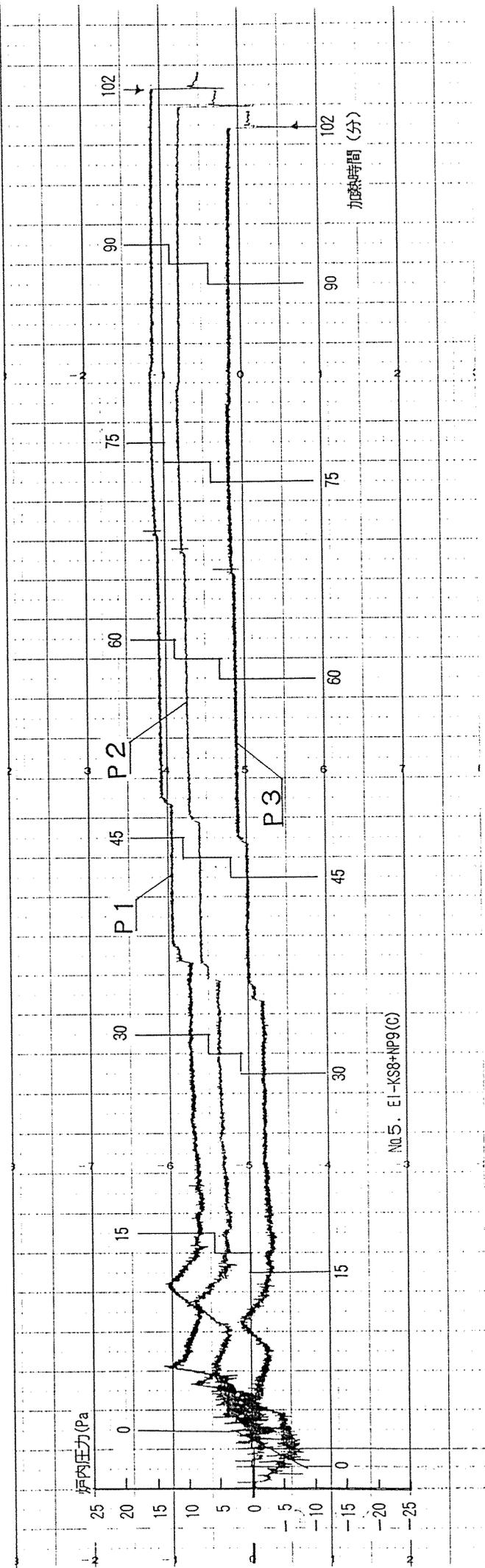


図5. 3-5 試験体EI-KS8+NP9(C)、炉内圧力変化

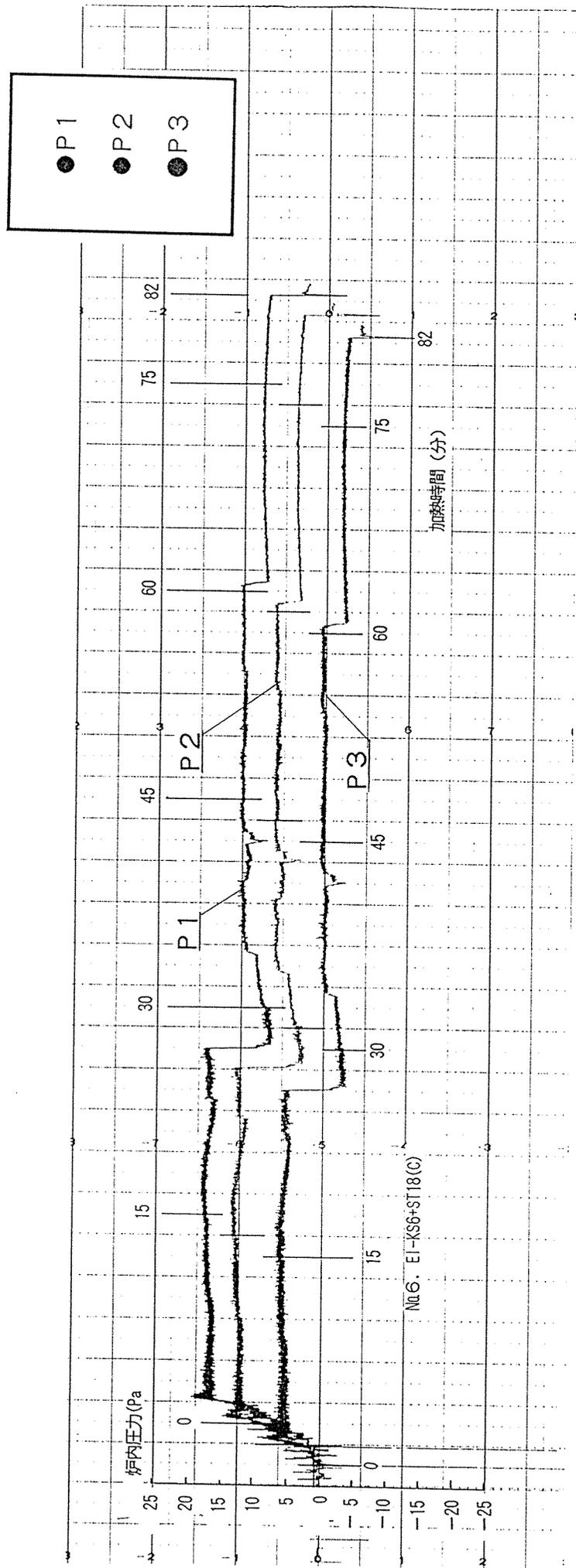


図5. 3-6 試験体E1-KS6+ST18(C)、炉内压力変化

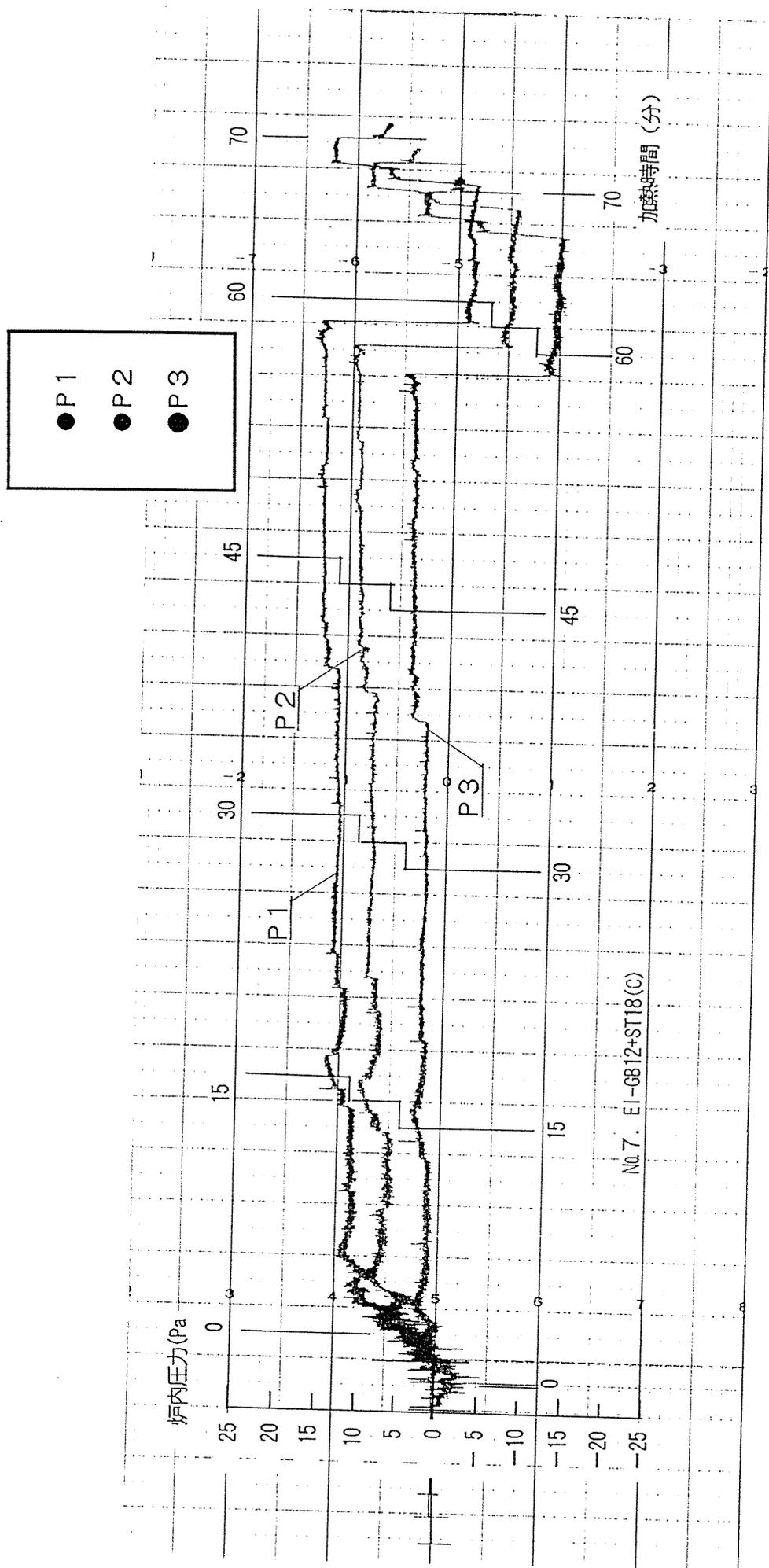


図5. 3-7 試験体EI-GB12+ST18(C)、炉内压力変化

● P1
● P2
● P3

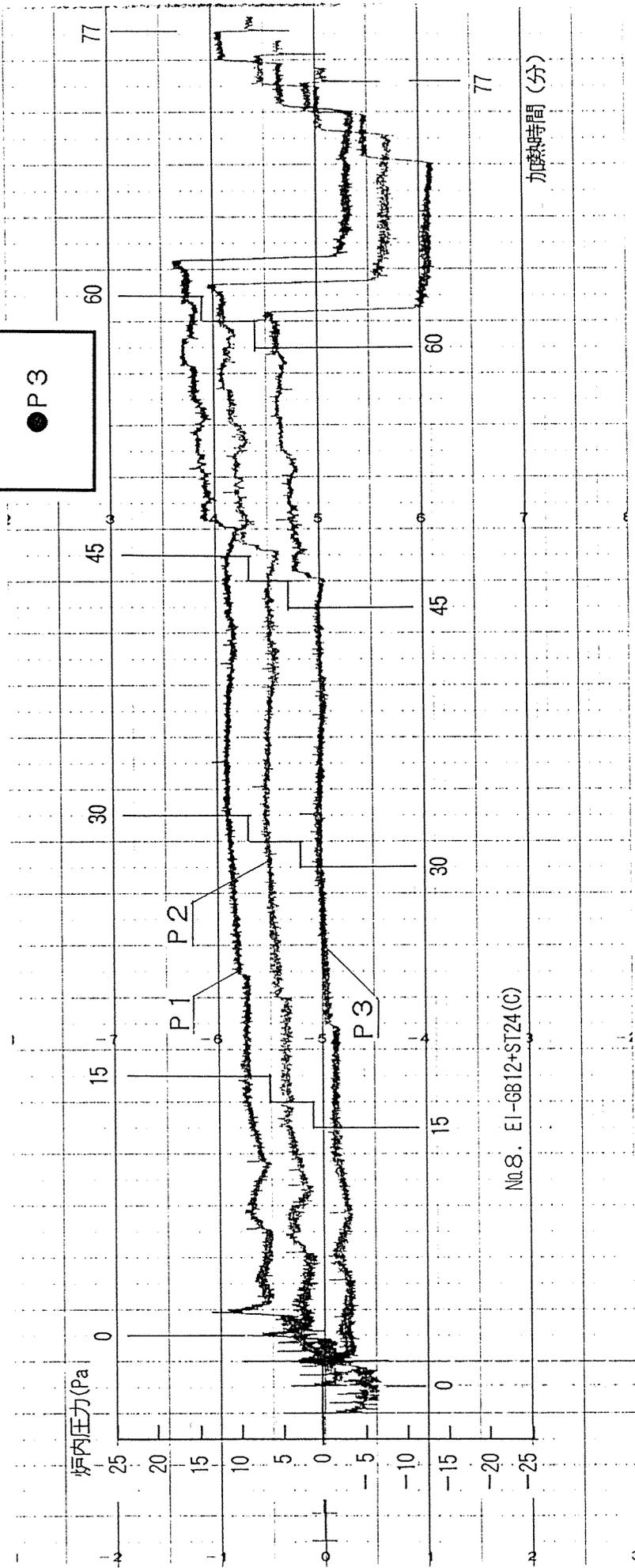


图5. 3-8 试验体E1-GB12+ST24(C)、炉内压力变化

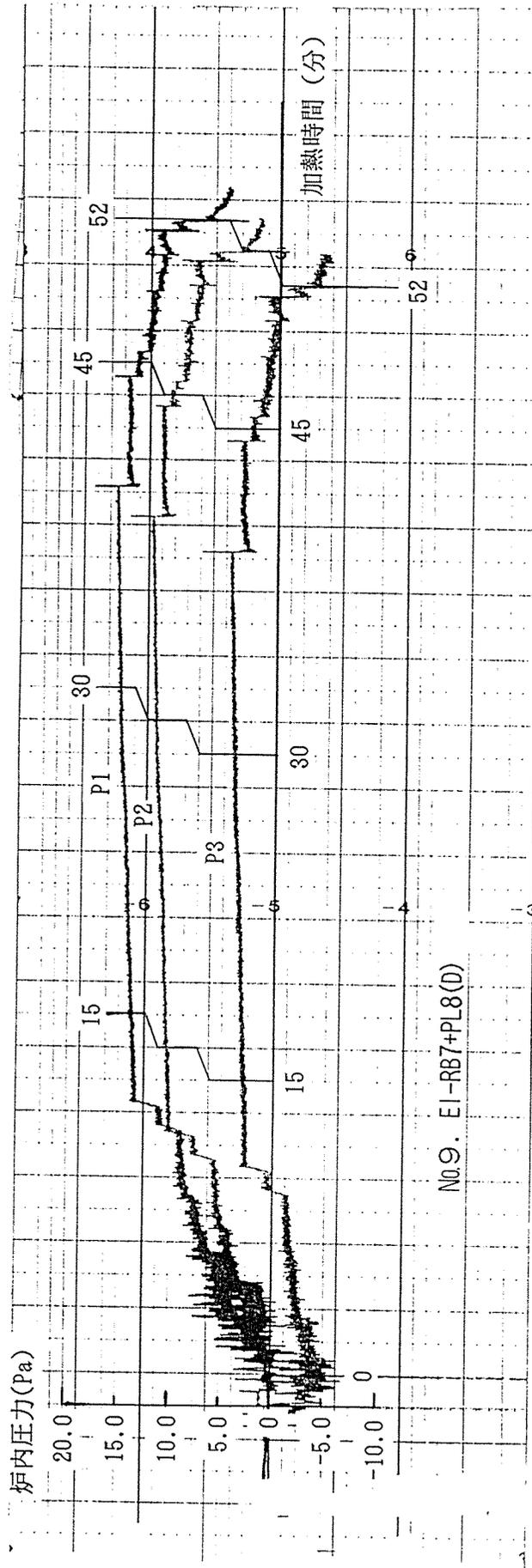
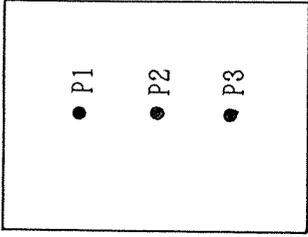


図5. 3-9 試験体E1-RB7+PL8(D)、炉内压力変化

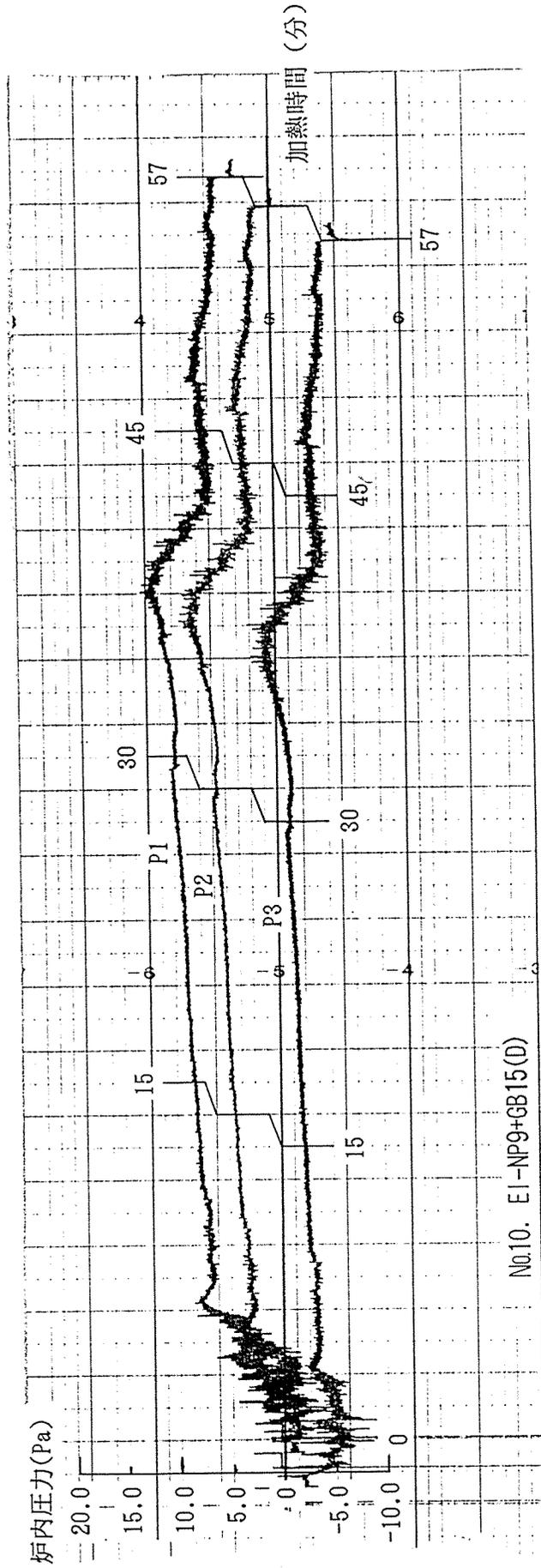
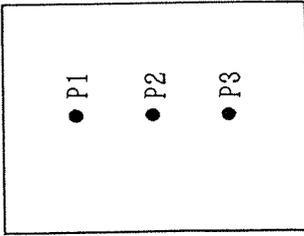


図5. 3-10 試験体EI-NP9+GB15(D)、炉内压力変化

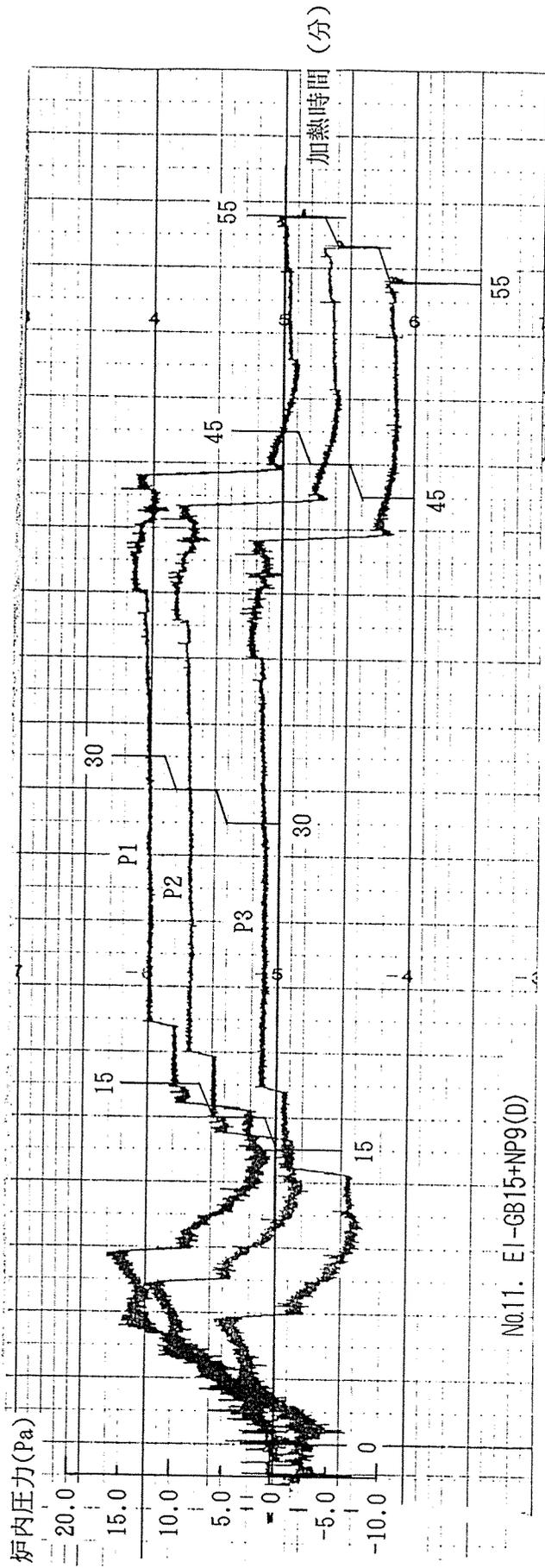
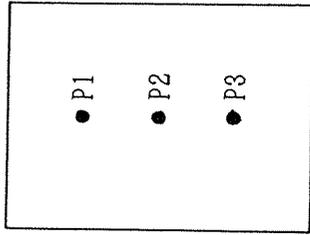


图5. 3-1-11 试验体EI-GB15+NP9(D)、炉内压力变化

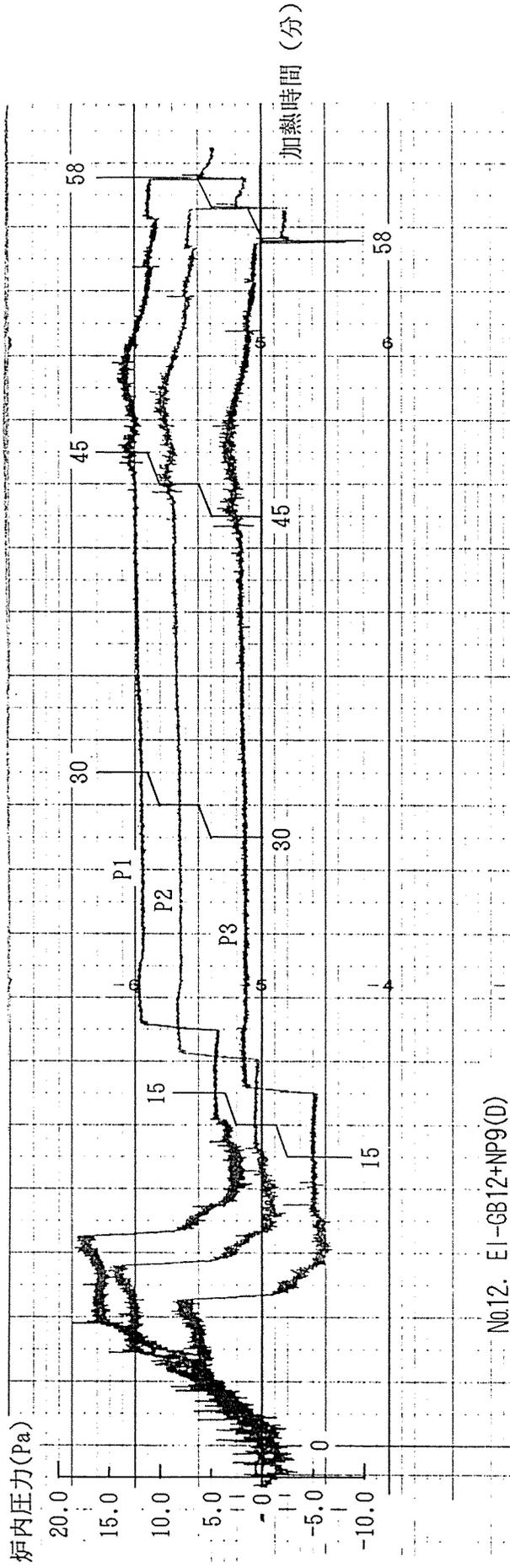
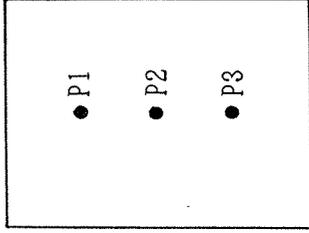


图5. 3-1 2 試驗体 EI-GB12+NP9(D)、炉内压力变化

- P1
- P2
- P3

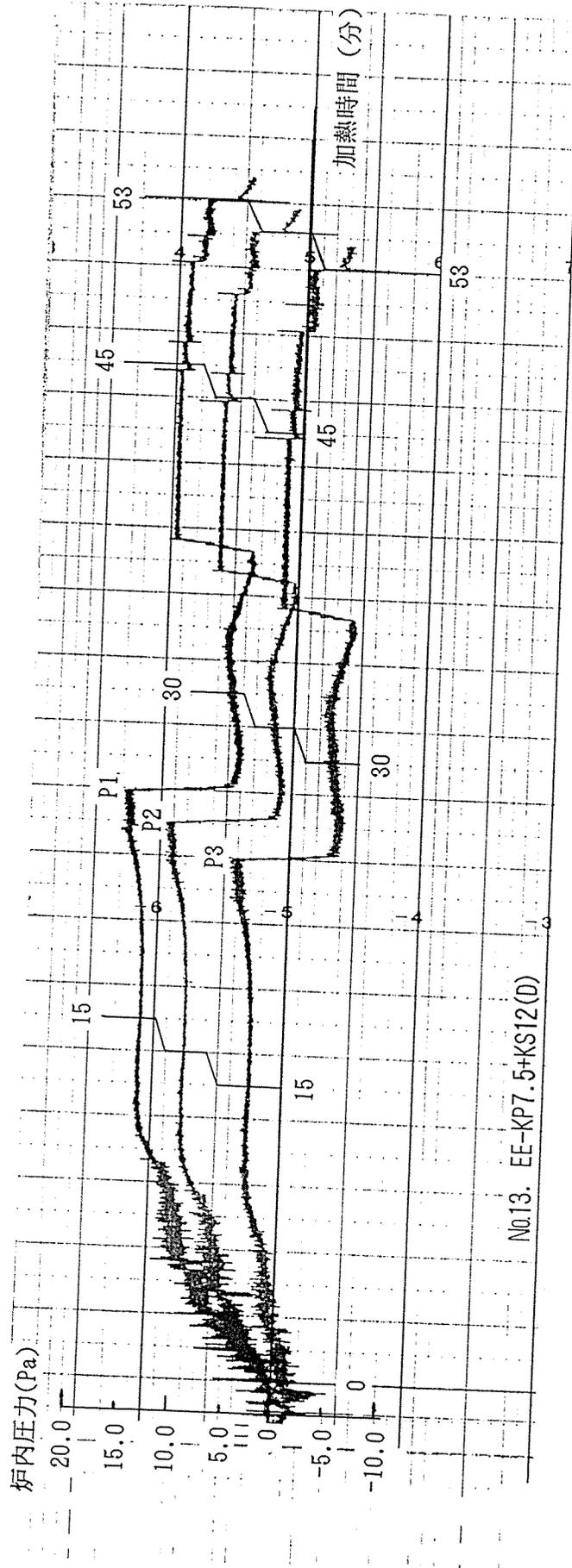


图 5. 3-13 試驗体 EE-KP7.5+KS12(D)、炉内压力变化

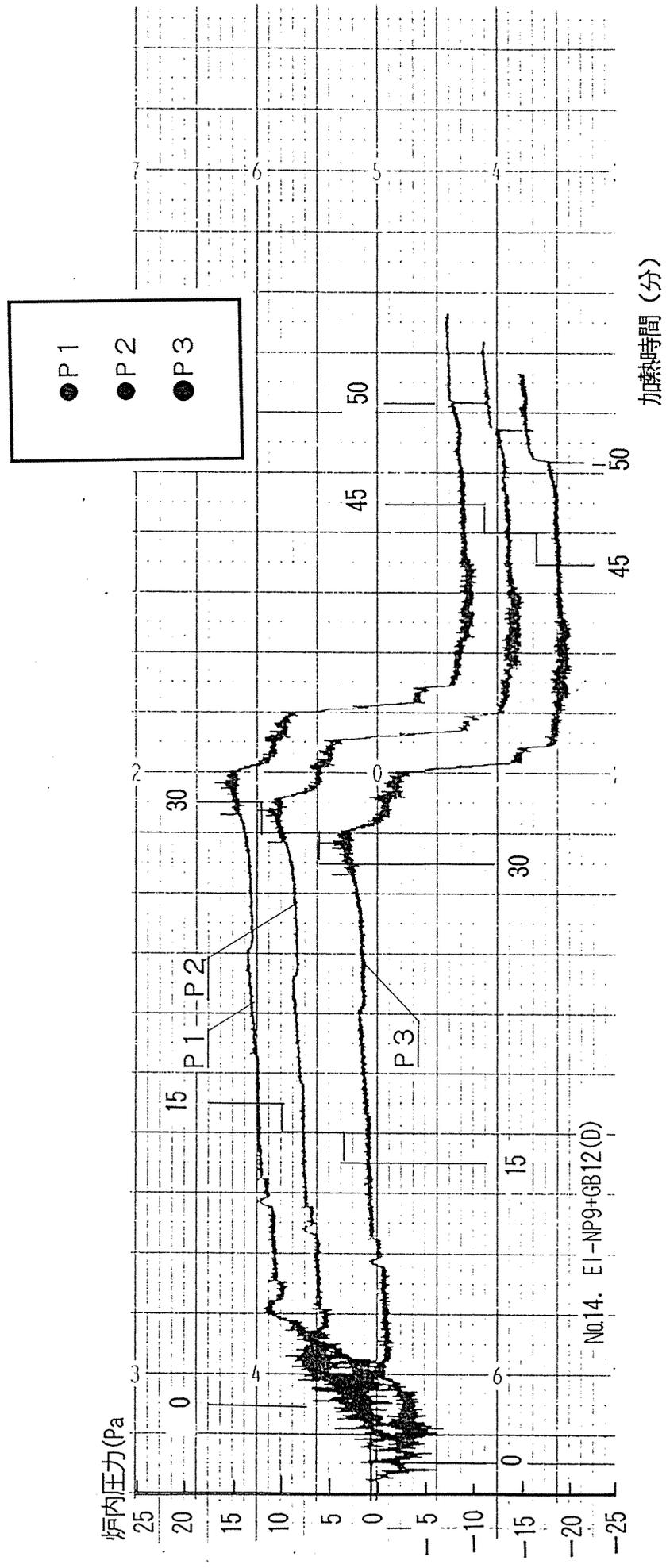
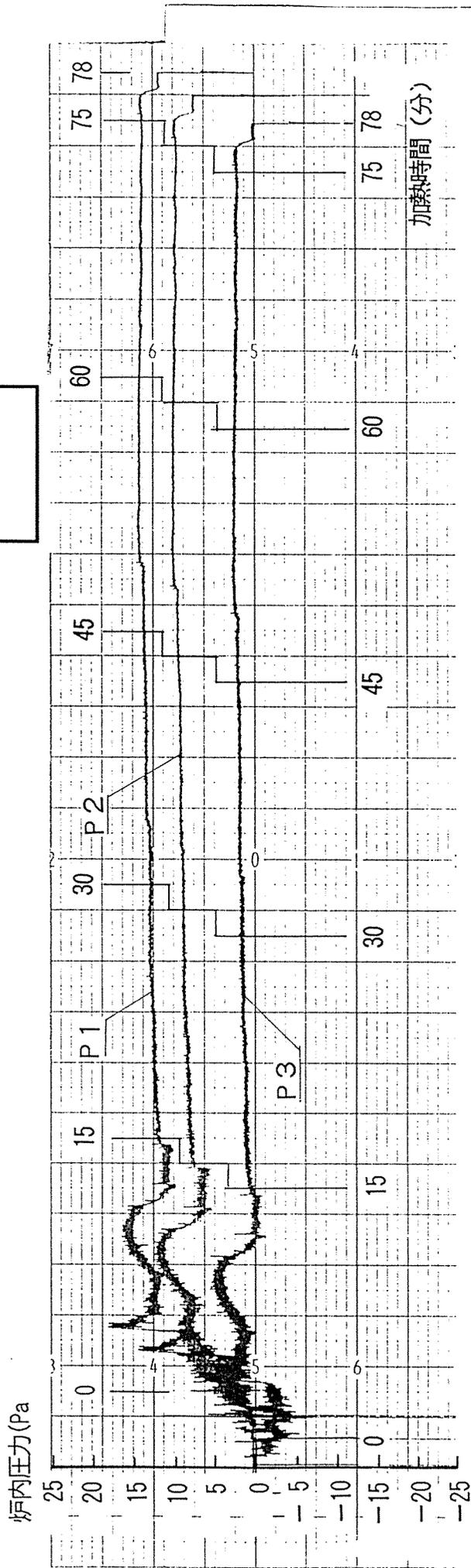
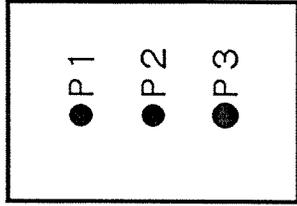
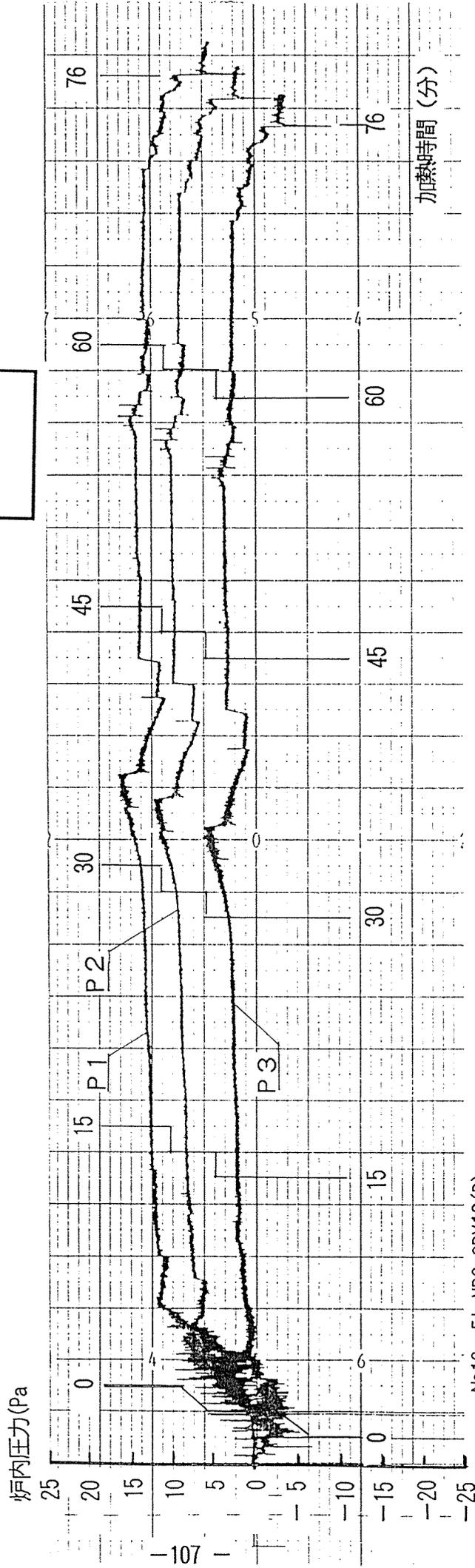
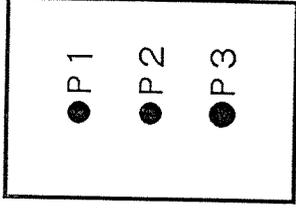


図5. 3-14 試験体EI-NP9+GB12(D)、炉内压力変化



No.15. EI-GBX12+NP9(D)

図5. 3-15 試験体EI-GBX12+NP9(D)、炉内圧力変化



No.16. EI-NP9+GBX12(D)

図5. 3-16 試験体EI-NP9+GBX12(D)、炉内圧力変化

参考資料

試験体各測定位置の温度、荷重、たわみ変化を別図1-1～別図16-7に示す。

(1) EI-GB12+NP9(C)	別図1-1～別図1-7
(2) EI-JWL18(C)	別図2-1～別図2-6
(3) EI-JWH18(C)	別図3-1～別図3-6
(4) EI-JWL24(C)	別図4-1～別図4-6
(5) EI-KB8+NP9(C)	別図5-1～別図5-7
(6) EI-KB6+ST18(C)	別図6-1～別図6-7
(7) EI-GB12+ST18(C)	別図7-1～別図7-7
(8) EI-GB12+ST24(C)	別図8-1～別図8-7
(9) EI-RB7+PL8(D)	別図9-1～別図9-7
(10) EI-NP9+GB15(D)	別図10-1～別図10-7
(11) EI-GB15+NP9(D)	別図11-1～別図11-7
(12) EI-GB12+NP9(D)	別図12-1～別図12-7
(13) EE-KP7.5+KS12(D)	別図13-1～別図13-7
(14) EI-NP9+GB12(D)	別図14-1～別図14-7
(15) EI-GBX12+NP9(D)	別図15-1～別図15-7
(16) EI-NP9+GBX12(D)	別図16-1～別図16-7

試験体各測定位置の一定時間ごとの温度、荷重、たわみを別表1-1～別表16-15に示す。

(1) EI-GB12+NP9(C)	別表1-1～別表1-13
(2) EI-JWL18(C)	別表2-1～別表2-12
(3) EI-JWH18(C)	別表3-1～別表3-12
(4) EI-JWL24(C)	別表4-1～別表4-12
(5) EI-KB8+NP9(C)	別表5-1～別表5-13
(6) EI-KB6+ST18(C)	別表6-1～別表6-13
(7) EI-GB12+ST18(C)	別表7-1～別表7-13
(8) EI-GB12+ST24(C)	別表8-1～別表8-13
(9) EI-RB7+PL8(D)	別表9-1～別表9-13
(10) EI-NP9+GB15(D)	別表10-1～別表10-13
(11) EI-GB15+NP9(D)	別表11-1～別表11-13
(12) EI-GB12+NP9(D)	別表12-1～別表12-13
(13) EE-KP7.5+KS12(D)	別表13-1～別表13-13
(14) EI-NP9+GB12(D)	別表14-1～別表14-15
(15) EI-GBX12+NP9(D)	別表15-1～別表15-15

(16) EI-NP9+GBX12(D) 別表16-1～別表16-15

各試験体の試験時の観察記録を表観-1～表観-16に示す。

- | | |
|-----------------------|-------|
| (1) EI-GB12+NP9(C) | 表観-1 |
| (2) EI-JWL18(C) | 表観-2 |
| (3) EI-JWH18(C) | 表観-3 |
| (4) EI-JWL24(C) | 表観-4 |
| (5) EI-KB8+NP9(C) | 表観-5 |
| (6) EI-KB6+ST18(C) | 表観-6 |
| (7) EI-GB12+ST18(C) | 表観-7 |
| (8) EI-GB12+ST24(C) | 表観-8 |
| (9) EI-RB7+PL8(D) | 表観-9 |
| (10) EI-NP9+GB15(D) | 表観-10 |
| (11) EI-GB15+NP9(D) | 表観-11 |
| (12) EI-GB12+NP9(D) | 表観-12 |
| (13) EE-KP7.5+KS12(D) | 表観-13 |
| (14) EI-NP9+GB12(D) | 表観-14 |
| (15) EI-GBX12+NP9(D) | 表観-15 |
| (16) EI-NP9+GBX12(D) | 表観-16 |