

もんじゅナトリウム漏えい事故の原因究明

- ナトリウム漏えい燃焼実験 - I -

1997年1月

動力炉・核燃料開発事業団

大洗工学センター

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせ下さい。

〒311-13 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002

動力炉・核燃料開発事業団

大洗工学センター

システム開発推進部・技術管理室

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to: Technology Management Section, O-arai Engineering Center, Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation 4002 Narita-machi, O-arai-machi, Higashi-Ibaraki, Ibaraki-Ken 311-13, Japan.

動力炉・核燃料開発事業団 (Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation) 1997

もんじゅナトリウム漏えい事故の原因究明 -ナトリウム漏えい燃焼実験-I-

川田 耕嗣* 寺奥 拓史** 大野 修司*
宮原 信哉* 三宅 収* 田辺 裕美*

要旨

「もんじゅ」2次主冷却系ナトリウム漏えい事故の原因究明の一環として、ナトリウムによる漏えい速度・漏えい形態の確認実験、ナトリウム漏えい燃焼実験-I、ナトリウム漏えい燃焼実験-IIを順次実施した。本報告は、この内のナトリウム漏えい燃焼実験-Iに関するものである。

ナトリウム漏えい燃焼実験-Iは、換気空調ダクト、グレーチングでの漏えいナトリウムの燃焼および破損挙動、漏えいナトリウムの床ライナへの影響挙動を明らかにする目的で、大規模ナトリウム漏えい燃焼試験施設(SAPFIRE)の大型密閉試験装置(SOLFA-2)を用いて実施した。実験では、「もんじゅ」と同仕様の温度計と周囲の保温構造の一部、換気空調ダクトおよびグレーチングを実機と同様に設置し、また床面には実機の床ライナと同仕様の受け皿を設置し、漏えい事故室の機器構造・配置を部分的に模擬した。実験は、480℃のナトリウムを温度計から当初約4時間にわたって漏えいさせる予定であったが、排煙処理装置の排気流量低下のため約1.5時間で終了した。各部における燃焼挙動、破損挙動等はCCDカメラ、熱電対等を用いて確認した。

ナトリウム漏えい燃焼実験-Iから、以下の結果を得た。

- (1) 温度計からのナトリウム漏えい形態は、漏えい開始直後はフレキシブル管からの流線状の飛散後、換気空調ダクト上で跳ね返って液滴状燃焼になるのが観察された。
- (2) 換気空調ダクトは、表面温度が約600～約700℃の範囲であったが、「もんじゅ」で見られたような開口はなく、ダクト本体の破損は認められなかった。
- (3) グレーチングは、上面温度が約650～約940℃の範囲で推移していたが、鋼板の一部に欠損や減肉が認められた。
- (4) 床面に設置した受け皿の裏面温度は、約10分後に約700℃に達し、その後は約740～約770℃で推移していたが、受け皿の破損はなく、最大約1mmの減肉が認められた。
- (5) 受け皿上には、「もんじゅ」と同様にナトリウム酸化物が山状に堆積し、堆積物最下層からは、鉄とナトリウムの複合酸化物(Na_4FeO_3)が確認された。

* 大洗工学センター安全工学部プラント安全工学室

** 元) 安全工学部プラント安全工学室 現) 石川島播磨重工業(株)

INVESTIGATION FOR THE SODIUM LEAK IN MONJU SODIUM LEAK AND FIRE TEST-I

Koji Kawata*, Takuji Teraoku**, Shuji Ohno*,
Shinya Miyahara*, Osamu Miyake* and Hiromi Tanabe*

Abstract

As a part of the work for investigating the sodium leak accident which occurred in Monju on December 8, 1995, three tests, (1) sodium leak test, (2) sodium leak and fire test-I, and (3) sodium leak and fire test-II, were carried out at OEC/PNC. Main objectives of these tests are to confirm leak and burning behavior of sodium from the damaged thermometer, and effects of the sodium fire on integrity of the surrounding structure, etc. This report describes the result of the sodium fire test-I carried out as a preliminary test.

The test was performed using SOLFA-2 (Sodium Leak, Fire and Aerosol) facility on April 8, 1996. In this test, sodium heated to 480°C was leaked for approximately 1.5 hours from a leak simulated apparatus and caused to drop onto a ventilation duct and a grating with the same dimensions and layout as those in Monju.

The main conclusions obtained from the test are shown as below.

- 1) Observation from video cameras in the test revealed that in early stages of sodium leak, sodium dropped down out of the flexible tube of thermometer in drips. This dripping and burning were expanded in range as sodium splashed on the duct.
- 2) No damage to the duct itself was detected. However, the aluminum louver frame of the ventilation duct's lower inlet was damaged: Its machine screws had come off, leaving half of the grill (on the grating side) detached.
- 3) No large hole, like one seen at Monju, were found when the grating was removed from the testing system for inspection, although the area centered on the point that the sodium attacked was damaged in a way indicating the first stages of grating failure: The 5-mm-square lattice was corroded through in some parts, and many blades (originally 3.2 mm thick) had become like the blade of a sharp knife.
- 4) The burning pan underside thermocouple near the leak point measured 700°C in roughly 10 minutes, and for the next hour remained stable between 740°C and 770°C. There was a decrease of about 1mm at a thickness of the burning pan in the vicinity in just under in the leak point, there were completely no crack and failure.
- 5) Analysis of the chemical composition of the deposits on the burning pan revealed that main compounds were sodium oxides and carbonate. A compound oxide of iron and sodium (Na_4FeO_3) was also detected in an under layer of the deposits.

*FBR Plant Safety Engineering Section,Safety Engineering Division,O-arai Engineering Center

**FBR Plant Safety Engineering Section,Safety Engineering Division (Presently Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co.,Ltd.)

目 次

1.はじめに.....	1
2.実験装置と計測.....	2
2.1実験装置の構成.....	2
2.2試験体.....	3
2.3計測.....	4
3.実験条件と実験方法.....	7
3.1実験条件.....	7
3.2実験方法.....	8
4.実験経過.....	10
4.1実験経過.....	10
4.2換気流量の低下について.....	11
4.3熱電対の破損について.....	11
5.実験結果と考察.....	12
5.1漏えいナトリウムの落下・飛散燃焼挙動.....	12
5.2換気空調ダクト、グレーチングの温度挙動.....	16
5.3受け皿の温度挙動.....	17
5.4実験後の観察結果.....	17
6.まとめ.....	23
7.謝辞.....	25
8.参考文献.....	26
Appendix.1 実験データ集	
Appendix.2 サンプル写真集	

表リスト

- 表1 実験経過の記録
- 表2 実験条件
- 表3 热電対チェックリスト
- 表4 堆積物およびナトリウムエアロゾルの回収結果
- 表5 サンプリング位置および化学組成調査内容
- 表6 ナトリウム形態分析結果
- 表7 元素定量結果

図リスト

- 図1 大規模ナトリウム漏えい燃焼試験施設 (SAPFIRE)
 図2 ナトリウム漏えい燃焼-I
 図3 SOLFA-2試験装置
 図4 試験体配置図 (上面)
 図5 試験体配置図 (断面)
 図6 模擬漏えい部 (試験体図)
 図7 換気空調ダクト (試験体図)
 図8 グレーチング (試験体図)
 図9 受け皿 (試験体図)
 図10 計測項目
 図11 温度検出器熱電対取付図
 図12 外装板熱電対取付図
 図13 フレキシブルチューブ取付および熱電対取付図
 図14 換気空調ダクト熱電対取付図
 図15 グレーチング熱電対取付図
 図16 受け皿 (表面) 热電対取付図
 図17 受け皿 (裏面) 热電対取付図
 図18 SOLFA-2容器壁、ガス空間熱電対取付図
 図19 空間熱電対取付図
 図20 排気ダクト熱電対取付図
 図21 ビデオカメラ配置図
 図22 管台使用図
 図23 実機ナトリウム漏えい圧力および漏えい速度
 図24 SOLFA-2容器内ナトリウム供給配管
 図25 実験時ナトリウム漏えい圧力条件
 図26 換気流量変化
 図27 ナトリウム加熱器内のナトリウム液位
 図28 実験中のナトリウム漏えい速度の時間変化
 図29 温度検出器温度変化
 図30 外装板温度変化
 図31 フレキシブルチューブ 温度変化
 図32 霧囲気ガス温度変化
 図33 排気系統内温度変化
 図34 容器内壁・天井温度
 図35 容器内温度分布
 図36 霧囲気中の酸素濃度変化
 図37 霧囲気中の水蒸気濃度変化
 図38 霧囲気中の水素濃度変化
 図39 試験容器内エアロゾル濃度変化
 図40 実験中の換気流量のモデル化

- 図41 熱量変化と酸素濃度変化から算出したNa燃焼速度の比較
- 図42 換気空調ダクト温度変化
- 図43 グレーチング温度変化
- 図44 受け皿（表面）温度変化
- 図45 受け皿（裏面）温度変化
- 図46 受け皿（裏面）温度分布
- 図47 模擬漏えい部の実験後の観察結果
- 図48 換気空調ダクトの実験後の観察結果
- 図49 グレーチングの実験後の観察結果
- 図50 グレーチング厚み寸法測定結果
- 図51 受け皿の実験後の観察結果
- 図52 実験前受け皿厚み測定結果
- 図53 実験後受け皿厚み測定結果
- 図54 受け皿の実験後の観察結果とサンプル分析結果
- 図55 グレーチングの実験後の観察結果とサンプル分析結果
- 図56 換気空調ダクトの実験後の観察結果とサンプル分析結果
- 図57 模擬漏えい部の実験後の観察結果とサンプル分析結果

写真リスト

- 写真1 赤外線カメラ、ビデオカメラの撮影範囲
 写真2 換気空調ダクト ($\phi 200\text{mm}$) 直管内面
 写真3 換気空調ダクト ($\phi 200\text{mm}$) 曲がり部内面
 写真4 DP707入口側内部面
 写真5 DP707出口側内部面
 写真6 DP708入口側内部面
 写真7 DP708出口側内部面
 写真8 ビデオカメラによる模擬漏えい部におけるナトリウム漏えい状況
 　　(実験開始後1分39秒後)
 写真9 赤外線カメラによる模擬漏えい部におけるナトリウム漏えい状況
 　　(実験開始後1分39秒後)
- 写真10 ビデオカメラによる換気空調ダクト、グレーチングにおける
 　　ナトリウム漏えい状況 (実験開始後1分39秒後)
 写真11 赤外線カメラによる換気空調ダクト、グレーチングにおける
 　　ナトリウム漏えい状況 (実験開始後1分39秒後)
 写真12 ビデオカメラによるグレーチング、受け皿における
 　　ナトリウム漏えい状況 (実験開始後1分39秒後)
 写真13 赤外線カメラによるグレーチング、受け皿における
 　　ナトリウム漏えい状況 (実験開始後1分39秒後)
 写真14 実験後の温度検出器端部キャップ (側面)
 写真15 実験後の温度検出器端部キャップ (正面)
 写真16 実験後の温度検出器端部キャップ (ナトリウム化合物除去後)
 写真17 実験後の温度検出器端部キャップ (ナトリウム化合物除去後)
 写真18 実験後のフレキシブルチューブ (ナトリウム化合物除去後)
 写真19 実験後のフレキシブルチューブ (ナトリウム化合物除去後)
 写真20 実験後のフレキシブルチューブ (洗净後)
 写真21 実験後のフレキシブルチューブ (洗净後)
 写真22 換気空調ダクト部堆積物 (上部)
 写真23 換気空調ダクト部堆積物 (側面部)
 写真24 換気空調ダクト下部空気流入部 (マンホール側から撮影)
 写真25 換気空調ダクト下部空気流入部 (ダクト側面から撮影)
 写真26 グレーチング上部堆積物 (マンホール側から撮影)
 写真27 グレーチング上部堆積物 (側面から撮影)
 写真28 グレーチング上のナトリウム化合物堆積状況
 写真29 グレーチング上のナトリウム化合物堆積状況
 写真30 堆積物除去後のグレーチング部
 写真31 堆積物除去後のグレーチング部 (側面から撮影)
 写真32 受け皿部堆積物 (マンホール側から撮影)
 写真33 受け皿部堆積物 (熱電対近傍を撮影)

- 写真34 グレーチング下部つらら状化合物 (上面)
写真35 グレーチング下部つらら状化合物 (側面)
写真36 つらら状化合物の走査電子顕微鏡 (SEM)像 (上面内縁部)
写真37 つらら状化合物のX線マイクロアナライザ (EPMA)分析結果
 (上面内縁部)

1. はじめに

本実験は、平成7年12月8日（金）に発生した高速増殖原型炉「もんじゅ」のナトリウム漏えい事故の原因究明の一環として、「もんじゅナトリウム漏えい事故の原因究明の今後の進め方について」⁽¹⁾に基づき実施したものである。

本実験の目的は、「もんじゅ」事故時のナトリウム漏えい燃焼挙動について下記の項目を明らかにすることである。

- (1) 漏えいナトリウムが換気空調ダクト、グレーチングに落下して飛散する際のナトリウム漏えい燃焼挙動を確認する。
- (2) 換気空調ダクト、グレーチングの破損挙動を確認する。
- (3) 実機床ライナと同様の材料、板厚の受け皿を使用することにより、ナトリウム漏えい燃焼挙動が床ライナに及ぼす影響を確認する。
- (4) ナトリウム漏えい量、漏えい時間を模擬して、堆積物及び燃焼によるエアロゾル量を確認するとともに化学組成についても調査する。

実験は、平成8年4月8日（月）動燃事業団大洗工学センターにおいて、大規模ナトリウム漏えい燃焼試験施設（SAPFIRE）内の大型密閉試験装置（SOLFA-2）を用いて実施した。「もんじゅ」の温度計と周囲の保温構造を部分的に模擬した漏えい部試験体から、480°Cのナトリウムを約1.5時間（当初予定は約4時間であったが、排煙処理装置の排気流量低下のために約1.5時間で実験を終了した。）にわたって漏えいさせ、ビデオカメラによる漏えい形態の観察、各部の温度等の時間変化の測定、堆積物の化学分析等を実施して、「もんじゅ」事故の現象把握のためのデータを取得した。

2. 実験装置と計測

2.1 実験装置の構成

実験は、大洗工学センター内にある大規模ナトリウム漏えい燃焼試験施設（SAPFIRE）で行った。SAPFIRE施設の系統図を図1に示す。実験で用いた装置は、図2に示すように大型密閉試験装置（SOLFA-2）、ナトリウム加熱器、ナトリウムストレージタンク、窒素・酸素ガス供給設備および排煙廃液処理装置等から構成されている。これらのうち、ナトリウム加熱器、ナトリウムストレージタンク、窒素・酸素ガス供給設備および排煙廃液処理装置等は、原子炉補助建屋部分モデル試験装置（SOLFA-1）との共有設備である。

(1) 大型密閉試験装置（SOLFA-2）

SOLFA-2 試験装置は、図3に示すように内径約3.6m、高さ約10m、内容積約100m³のステンレス鋼製の豎置円筒型密閉容器である。SOLFA-2 試験装置の最高使用温度（容器壁）は400℃、最高使用圧力は2.0kg/cm²gである。また、SOLFA-2 試験装置には、ナトリウム供給配管（2B）、試験装置への空気吸入配管（8B）、ナトリウム燃焼によって発生したナトリウムエアロゾルを処理するための排煙廃液処理装置への排気配管（8B）、酸素濃度調整のための酸素ガス供給配管（2B）、ナトリウム燃焼を停止させるための窒素ガス供給配管（1B）等が接続されている。

実験では、このSOLFA-2 試験装置内に模擬漏えい部、換気空調ダクトおよびグレーチングを実機と同位置に配置した。また、床面は鋼製の受け皿を設置した。

(2) ナトリウム加熱器

ナトリウム加熱器は、内径約1.3m、高さ約4.3mのステンレス鋼製の豎置円筒密閉容器である。この容器は、ナトリウムストレージタンクから移送したナトリウム約4トンを最大550℃まで加熱することができる。ここで加熱されたナトリウムは、ナトリウム供給配管を通してSOLFA-2試験装置に供給することができる。

(3) ナトリウムストレージタンク

ナトリウムストレージタンクは、内径約2.5m、長さ約4.5mのステンレス鋼製の横置円筒密閉容器である。このタンクは、ナトリウムを貯留するためのものであり、最大15トンのナトリウムを貯蔵することができる。ナトリウムは、通常はこのタンクにて常温貯蔵されており、実験時にはナトリウムを加熱して、ナトリウム加熱器に移送して使用する。

(4) 窒素・酸素ガス供給設備

窒素・酸素ガス供給設備は、ナトリウムカバーガス又は実験時の雰囲気濃度調整として使用する。各ガスは、高圧ガスボンベ（最大各10本のガスボンベが取付可能）から SOLFA-2 試験装置、ナトリウム加熱器等の各機器に必要量供給することができるようになっている。

(5) 排煙廃液処理装置

排煙廃液処理装置は、水冷却塔、水スクラバ、フィルタ設備、排気プロワから構成されている。実験で発生した高温のナトリウムエアロゾルは、まず水冷却塔にて冷却した後に水スクラバにより除去し、2系統のフィルタ設備（プレフィルタ、デミスター（金網メッシュ）、高性能フィルタ）によってナトリウムエアロゾルを所定の濃度まで除去して排気プロワで大気に放出する。冷却塔とスクラバを循環することによってアルカリ溶液となる水は、実験後に中和槽へ移送され、塩酸にて中和された後に一般排水として処理される。

2.2 試験体

SOLFA-2 試験装置内には、試験体である模擬漏えい部、換気空調ダクト、グレーチングのそれぞれを実機と同様に配置した。試験体の配置を、図4 および図5 に示す。ただし、温度計位置の換気空調ダクトへのかぶり量（図4 注にて示す。）は、参考とした実機の当初の推定値と現在の推定値とに違いがあり、実機の推定値よりも約100mmダクト中心方向にかぶっていることが確認された。⁽²⁾⁽³⁾

(1) 模擬漏えい部

模擬漏えい部は、図6 に示すように、実機2次系配管ナトリウム漏えい部と同様の保温材（ファインフレックス、ロックウール、マイクロサーム）および外装板（厚さ0.4mmの亜鉛めっき鋼板CGCC-JIS G3312）から構成される保温構造を部分的に模擬した半円の模擬配管に、漏えい経路となる温度計を取り付けたものである。温度計のウェル部分は、形状不連続部分を完全破断させた状態とし、温度計の内部構造（プロセス熱電対等）については模擬していない。このため、ナトリウム供給配管に実機のナトリウム漏えい速度を模擬するための圧力損失素子を入れた。温度計のコネクタ部には端子台を取り付けて補償導線を接続し、フレキシブルチューブおよび金属製のコンジット配管も実機と同様に接続した。模擬漏えい部のサポートは、試験装置の制約上から受け皿より架台を設置して行った。

(2)換気空調ダクト

換気空調ダクトは、図7に示すように実機と同様の外径900mm、厚さ0.8mmの亜鉛めっき鋼板（SPGC旧JIS 3302）製を使用した。換気空調ダクトの長さは、試験装置の制約上から約2mとし、これによりルーバ吸入口は2箇所である。また、各ルーバ吸入口にはグリル（アルミニウム合金押出し形材 A6063S-T5 JIS H 4100）とシャッタ（冷間圧延鋼板 SPCC JIS G 3141）が設けてある。換気空調ダクトのサポートは、試験装置の制約上から受け皿より架台を設置して行った。

(3)グレーチング

グレーチングは、図8に示すように実機と同様の幅650mm、長さ995mmの亜鉛めっき炭素鋼板（格子材 SS400-JIS G3101、フレーム SWRM-JIS G3505）を2枚使用した。グレーチングの長さは、試験装置の制約上から約2mとした。グレーチングのサポートは、換気空調ダクトのそれと同様に試験装置の制約上から受け皿より架台を設置して行った。

(4)受け皿

実機床ライナの健全性への影響を確認するため、図9に示すように実機床ライナと同じ厚さ6mmの炭素鋼板（SM41B-JISG3106）製の受け皿を設置した。ただし、試験装置の制約上から内径約2.9mとし、実機の下部構造（床ライナのスライド構造やパーライトボードおよび構造コンクリート等）は模擬せず、受け皿下部に直接断熱材（ファインフレックス）を取り付けた。また、受け皿の表裏面には、エポキシ樹脂系塗料等は施していない。

2.3 計測

ナトリウム漏えい燃焼実験-Iでの計測項目を図10に示す。

(1)温度

漏えいナトリウムの落下・飛散燃焼挙動と換気空調ダクト、グレーチングの破損挙動および受け皿への影響を確認するために、各部に熱電対を配置し温度を測定した。

熱電対は、クロメル-アルメル（K型）熱電対を主として用いたが、換気空調ダクトとグレーチングおよび受け皿の表面については、特に高温が予測された部分に白金-ロジウム（R型）熱電対を使用した。また、グレーチング表面については、タンクステン-レニウム（W型）熱電対も使用した。

計測点については、模擬漏えい部は図11に示すように温度計に3点、保温材中に2点、図12に示すように外装板表面に3点、図13に示すようにフレキシブルチューブ表面

に2点の熱電対を取り付けて測定した。また、換気空調ダクトは、図14に示すように表面に2点、裏面に17点、吸込口に2点、内部ガス温度測定用に1点の熱電対を取り付けて測定した。グレーチングについては、図15に示すように表面に4点、裏面に18点の熱電対を取り付けて測定した。さらに、受け皿については、図16に示すように表面20点、側面に8点、図18に示すように裏面に20点の熱電対を取り付けて測定した。これらの他、図18に示すようにSOLFA-2容器壁とガス空間に多数の熱電対を設置し、特に模擬漏えい部下方のガス空間については図19に示すように熱電対を密に配置した。また、SOLFA-2から排煙処理装置に至るまでの排気温度の変化を調べるために、図20に示すように排気ダクト内部にも熱電対を設置した。

(2)ビデオカメラと赤外線カメラ

ビデオカメラと赤外線カメラは、模擬漏えい部と換気空調ダクト、換気空調ダクトとグレーチング、およびグレーチングと受け皿の3箇所での落下・飛散燃焼および破損挙動を観察できるように設置した。図21にカメラの設置場所を、写真1に各カメラによる撮影範囲を示す。各カメラはSOLFA-2試験装置内部に設置した。このため、高温のガスなどからカメラを保護するために断熱性のハウジングに入れてその内部に冷却空気を流して除熱した。また、ナトリウムの燃焼によって発生したナトリウムエアロゾルがハウジングのガラス窓に付着するのを防止するため、冷却用空気をハウジング出口で加熱して高温のガスをガラス窓表面に吹き付けた。

(3)ナトリウム漏えい速度と漏えい圧力および漏えい量

実験時のナトリウム漏えい温度、漏えい速度と漏えい量は、図1中に示したナトリウム加熱器の温度計と液面計により測定した。また、実験条件であるナトリウム漏えい圧力は、ナトリウム加熱器のカバーガス部に取り付けてある電子式圧力伝送器により測定した。

(4)SOLFA-2試験装置内の圧力

SOLFA-2試験装置内の圧力変化は、試験装置に取り付けてある電子式差圧伝送器により測定した。

(5)酸素濃度、水素濃度および水蒸気濃度

雰囲気中の酸素濃度、水素濃度および水蒸気濃度の測定は、酸素濃度については磁気式酸素濃度計とジルコニア式酸素濃度計およびガスクロマトグラフで、水素濃度については熱伝導度式水素濃度計とガスクロマトグラフで、水蒸気濃度については高分子型湿度計によりそれぞれ行った。

(6)エアロゾル濃度

実験中のエアロゾル濃度の測定は、エアロゾルを含んだ一定量の雰囲気ガスを、焼結金属フィルタ（孔径 $2\text{ }\mu\text{m}$ ）を通して間けつ的にサンプリングすることにより行い、サンプリングした雰囲気ガスの量と焼結金属フィルタに付着したエアロゾル量からエアロゾル濃度を求める方法で行った。サンプリングは、エアロゾルサンプリング装置とガスサンプリング管に取り付けた焼結金属フィルタにより採取した。

(4)、(5)および(6)の測定に使用したSOLFA-2の管台位置を図22に示す。

3. 実験条件と実験方法

3.1 実験条件⁽²⁾⁽³⁾

ナトリウム漏えい燃焼実験-I の実験条件と設定根拠を下記に示す。

(1) 漏えいナトリウム温度

漏えいナトリウム温度は480°C一定とし、ナトリウム加熱器の温度計 (TE101) により測定する。実機では、ナトリウム漏えい開始時にナトリウム温度が480°C、1時間半後に460°Cとなり、その後330°Cに低下している。実験では、この温度変化挙動を模擬することは装置上困難であるため、480°C一定とした。

(2) ナトリウム漏えい速度

ナトリウム漏えい速度は約50g^{-Na}/sec～約40g^{-Na}/sec とし、ナトリウム加熱器の液面計 (LI102) の出力変化より算出する。実機におけるナトリウム漏えい圧力および漏えい速度を図23に示す。実験時のナトリウム漏えい速度は、実機のような微少な時間変化を模擬することが装置上困難であるため、同図中に示すようにナトリウム漏えい開始時から189分まで50g^{-Na}/sec、189分～199分まで45g^{-Na}/sec、199分～222分まで40g^{-Na}/secとした。また、実験時の設定漏えい速度によるナトリウム総漏えい量は647kgとなり、実機で推定される漏えい量645kgと同等の値となる。

(3) ナトリウム漏えい圧力

実機におけるナトリウム漏えい圧力は、1.65kg/cm²g～1.0kg/cm²g（温度計先端部の圧力）であるが、実験ではナトリウム加熱器の圧力計 (PI102) で、1.9kg/cm²g～1.4kg/cm²gを条件として設定する。実験では、ナトリウム漏えい率を模擬するために温度計内のシース等を取り外した状態でナトリウム漏えい実験を実施するが、上述した漏えい率を確保し、かつ、実機と同等のナトリウム圧力を模擬するために、図24に示すようにナトリウム供給配管に圧力損失素子を設けたことを考慮して求めたものである。これらは別途実施した圧力損失素子部水流動実験の結果から得られた試験体部圧損係数から、実験条件として設定したナトリウム漏えい速度を確保するナトリウム加熱器加圧圧力を求め、ナトリウム加熱器液位の変化による試験体とのヘッド差を加えたものを、実験時ナトリウム漏えい圧力とした。この結果から、実験時のナトリウム加熱器加圧圧力は、図25に示すようにナトリウム漏えい開始時から189分まで1.9kg/cm²g、189分～199分まで1.6kg/cm²g、199分～222分まで1.4kg/cm²gとなる。

(4) 換気流量

換気流量は～ $35\text{m}^3/\text{min}$ （模擬換気空調ダクトからの強制換気）とし、実験開始前から換気流量 $35\text{m}^3/\text{min}$ で換気運転を行う。ただし、換気空調ダクトおよびグレーチングの破損が確認された後は換気を一旦停止し、SOLFA-2試験装置内を密閉して、酸素濃度の低下傾向を5分間程度測定し、その後換気運転を再開する。

(5) 霧囲気中酸素濃度

SOLFA-2試験装置内の霧囲気中は空気霧囲気とし、上述の条件での換気運転により空気吸入を行って、試験装置内の霧囲気中酸素濃度を21%に維持する。

(6) ナトリウム漏えい時間

ナトリウム漏えい時間は、図23に示した実機におけるナトリウム漏えい時間と同じ222分（3時間42分）とする。

3.2 実験方法

実験は、ナトリウム加熱器内のナトリウムとナトリウム供給配管を実験条件の温度（480°C）まで昇温し、ナトリウム加熱器のカバーガス圧力を実験条件（約 $1.9\text{kg/cm}^2\text{g}$ ）まで加圧して、ナトリウム供給配管に設けられた3つの仕切弁（VN108, VN104, VN105）を順次開いて開始した。

SOLFA-2の換気は、SAPFIRE施設の排煙処理装置に排気ダクトを介して連結してある試験体の換気空調ダクトから強制換気することにより行い、その換気流量は排気ダクトに取り付けてあるダンパ（DP707, DP708）の開度調整により行った。実験中は、2系統あるフィルタ設備（A系統とB系統）を交互に使用し、目詰まり等により換気流量が低下した場合にはフィルタ設備の切り替えを行って換気流量を確保するとともに、目詰まりした系統のフィルタエレメントの交換を行った。霧囲気酸素濃度は、換気空調ダクトからの強制換気と共に伴うSOLFA-2吸気ダクトからの空気流入により維持した。また、酸素濃度の燃焼挙動に及ぼす影響を調べるため、実験開始から約1時間12分後に、SOLFA-2試験装置を5分間密閉状態とした。

実験終了に伴うナトリウム漏えいの停止は、ナトリウム供給配管の3つの仕切弁（VN108, VN104, VN105）を順次閉じ、ナトリウム加熱器のカバーガス圧力を解放して行った。また実験終了後には、ナトリウム供給配管の途中に設けたガスプローラインから窒素ガスブローを行い、ナトリウム供給配管の仕切弁から模擬漏えい部までのナトリウムを排出させた。

試験装置を十分冷却させた後は、SOLFA-2試験装置のマンホールを開放し、換気空調ダクト、グレーチングおよび受け皿の損傷状況等試験装置内部の状況を観察するとともに、ナトリウム堆積物およびナトリウムエアロゾルのサンプリングと回収作業を行った。

4. 実験経過

4.1 実験経過

実験前日（平成8年4月7日（日））に、ナトリウムストレージタンクからナトリウム加熱器に約200°Cのナトリウムを約4トン充填した。その後、ナトリウム加熱器内で480°Cまで昇温した。また、ナトリウム供給配管もナトリウム加熱器の温度上昇に合わせ昇温させた。

実験は、平成8年4月8日（月）13:42にナトリウム供給配管にある3つの仕切弁（VN108, VN104, VN105）を順次開いてナトリウム加熱器から模擬漏えい部にナトリウムを供給し、温度計端子部からナトリウムを漏えいさせて開始した。

換気流量は、図26に示すようにナトリウムの漏えい開始直後から流量低下が激しく、約10分間隔でフィルタ設備（A系統とB系統）の交互運転およびフィルタエメントの交換を実施することにより、換気流量の確保に努めた。しかし、漏えい開始から約44分経過後の14:28頃には、換気流量が急激に低下して $0\text{ m}^3/\text{min}$ 付近迄低下したために換気空調ダクトからの強制換気を断念し、SOLFA-2試験装置の上部に設置されている排気ダクトのダンパ（DP708）を開放することで、換気流量 $35\text{ m}^3/\text{min}$ を確保した。

ナトリウムの漏えい開始から1時間20分経過後の15:00には、酸素濃度の燃焼挙動に及ぼす影響を調べるために試験装置を密閉状態とし、7分間にわたって酸欠状態とした後、再び試験装置を換気運転状態とした。

実験開始から、1時間33分経過した15:15には、換気流量が著しく低下したことから実験継続は困難であると判断し、ナトリウム供給配管の仕切弁を閉じて実験を終了した。

実験終了後、ナトリウム供給配管に途中に設置したガスプローラインから窒素ガスを供給し、模擬漏えい部内の残留ナトリウムの排出を実施した。

実験中の計測は、温度、圧力、酸素濃度等のデータ測定とビデオカメラ、赤外線カメラによる映像データ収録および試験装置内のガスおよびエアロゾルサンプリングを実施した。また実験中には、ナトリウム燃焼の影響によって換気空調ダクト、グレーチングおよび受け皿表面等に取り付けた熱電対の破損が生じ、SOLFA-2試験装置の上部に取り付けたジルコニア式酸素濃度計についても実験開始から約1時間20分後には、破損が生じたと思われるデータを示している。当日の実験経過の記録を表1に、実験条件を計画値と比較した結果を表2にそれぞれ示す。

実験当日から翌日（平成8年4月9日（火））にかけて、ナトリウム加熱器およびナトリウム供給配管の降温を行い、ナトリウム加熱器のナトリウム温度が約400°Cになった時点で、ナトリウム加熱器からナトリウムストレージタンクにドレンした。

平成8年4月10日（水）には、SOLFA-2試験装置のマンホールを開放して内部の目視観察を行い、漏えいナトリウムの落下・飛散燃焼挙動と換気空調ダクト、グレーチングの損傷状況を調べた。その後、ナトリウム堆積物のサンプリングおよびナトリウム洗浄を実施した。

4.2 換気流量の低下について

SOLFA-2試験装置および実験中の換気流量挙動結果から、試験体である換気空調ダクトの狭隘部又は排気系ダンパ（DP707、DP708）流路部で、エアロゾルの付着・堆積によってラインの閉塞が生じたために、換気流量が低下したものと推定される。

実験終了後、換気空調ダクトの狭隘部および排気系ダンパ（DP707、DP708）を解体・分解し、排気系統における換気流量の低下について原因調査を実施した。その結果、写真2および写真3に示すように換気空調ダクトの狭隘部は、垂直部で内面に数mm、曲がり部で2～3cm程度のエアロゾルが付着・堆積していたが、ラインの閉塞までには至っていなかった。一方、排気系ダンパ（DP707、DP708）の内部には、写真4～写真7に示すように多量のエアロゾルが付着・堆積しており、その量は両者とも約3kg強であった。排気系ダンパの排気流路は、両者ともに構造的にかなり狭められていることから、発生したエアロゾルが排気系ダンパの排気流路に付着し、これが時間の経過とともに増加して、最終的にラインを閉塞させたものである。

4.3 熱電対の破損について

実験中の熱電対による温度測定信号の挙動から、各部に設置した熱電対のうちの一部が短絡、断線または接地した可能性が疑われた。このため、実験終了後の各熱電対の線間抵抗と絶縁抵抗を測定し、実験前のそれと比較した。結果を表3に示す。この結果から、短絡したものが1本（TE3001）、断線または接地したものが47本（TE3101～TE3104, TE3204, TE3209, TE3301, TE3302, TE3408, TE3410, TE3411, TE3105～TE3120, TE3126, TE3201, TE3203, TE3205～TE3208, TE3210～TE3213, TE3607～TE3610, TE3614～TE3618）あったことが明らかになった。

5. 実験結果および考察

5.1 漏えいナトリウムの落下・飛散燃焼挙動

(1) 模擬漏えい部からのナトリウム漏えい挙動

a) ナトリウム漏えい速度

図27に実験中のナトリウム加熱器液面計（LI102）の時間変化を、図28に1分ごとの液面計の変化から求めたナトリウム漏えい速度の時間変化を示す。ナトリウム加熱器内のナトリウム液位は、時間とともに直線的に減少していることから、ナトリウム漏えい速度はほぼ一定であった。また、1分ごとに求めたナトリウム漏えい速度も、約40～50g^{-Na}/secの範囲であり、平均は約44g^{-Na}/secであった。総ナトリウム漏えい量は、241kg^{-Na}であった。

なお、図28に示したナトリウム漏えい速度のうち、実験開始から約5分間については結果が示されていないが、これはナトリウム弁を開けたことによってナトリウム加熱器液面計の指示値が大きく変動しているために正確な漏えい率が求められないと認められる。

b) ナトリウムの漏えい燃焼挙動

模擬漏えい部を撮影したビデオカメラと赤外線カメラによる観察結果から、最初のナトリウム仕切弁（VN108）の開操作から1分29秒後に模擬漏えい部の温度計コネクタ部分から発煙し、1分33秒後にフレキシブルチューブの温度計端子部と下端部の中間付近から最初のナトリウム漏えいが確認された。直後にエルボ部付近とフレキシブルチューブの多数の箇所から周囲への流線状の飛散が観察され、それとほぼ同時に最初のナトリウム漏えい箇所から発火した炎がエルボの漏えい部に向かってフレキシブルチューブの表面を走るのが観察された。これは、フレキシブルチューブの被覆材（軟質ポリ塩化ビニル製）の火炎と思われる。その後は、この炎がフレキシブルチューブの左半分（温度計との接続側）全体に拡大した。写真8と写真9に実験開始から1分39秒後の模擬漏えい部におけるビデオカメラと赤外線カメラで撮影したナトリウム漏えい状況を示す。

c) 模擬漏えい部の温度変化

温度計周辺に取り付けた熱電対による温度測定結果を図29に示す。温度計のニップル（TE3403）およびコネクタ部の温度（TE3404）は、実験終了まで供給ナトリウム温度である約480℃に近い一定温度を示した。また、温度計中の保温材の温度は、供給ナトリウム温度の影響で、時間の経過とともに上昇しているが、実験終了時でも約360℃と低く、ナトリウムが保温材中に漏えいした形跡は認められない。実験後の観察においても、温度計のウェル部とニップル部との接続部からの漏えいは認められな

かった。

外装板表面の温度を図30に示す。温度計直下の外装板温度(TE3408)は、実験開始後約12分まで比較的緩やかに上昇し、その後約38分までは500℃～900℃の範囲で変化した。しかし、それ以降は500℃前後で推移して実験開始後約1時間22分に熱電対が断線した。外装板上部温度(TE3407)は、コネクタ部での燃焼およびガス温度の影響で上昇し、実験終了時には約340℃となった。

フレキシブルチューブの温度を図31に示す。フレキシブルチューブ下端の温度(TE3410)は、実験開始後約10分以内に約900℃に達し、一旦低下し再び約1000℃を示して実験開始後約20分に断線した。フレキシブルチューブ上端の温度計接続部の温度(TE3411)は、実験開始後約5分間は約540℃で安定していたが、実験開始後約20分に断線した。

(2) 漏えいナトリウムの落下・飛散燃焼挙動

a) ナトリウムの落下・飛散挙動

換気空調ダクトとグレーチングを撮影したビデオカメラと赤外線カメラによる観察結果から、漏えい開始直後に見られたフレキシブルチューブからの流線状の飛散後は、フレキシブルチューブから液滴状に落下して燃焼するナトリウムが、換気空調ダクトの上で跳ね返ってさらに広範囲の液滴状燃焼になるのが観察された。写真10および写真11に、実験開始から1分46秒後の換気空調ダクトにおけるビデオカメラと赤外線カメラで撮影したナトリウム飛散状況を示す。

グレーチングと受け皿を撮影したビデオカメラと赤外線カメラによる観察結果からは、実験開始後1分34秒に漏えいナトリウムのグレーチングと受け皿への最初の落下が確認された。その後は、液滴状の落下燃焼が徐々に激しくなり、実験開始後約2分には、換気空調ダクト外表面をつたって落下したと思われるコラム状の燃焼も確認されるようになった。写真11および写真12に実験開始から1分52秒後のグレーチングと受け皿におけるビデオカメラと赤外線カメラで撮影したナトリウム飛散状況を示す。

b) 霧囲気の温度変化

図32に示す模擬漏えい部近傍の霧囲気温度(TE1016)は、実験開始とともに徐々に上昇し約300℃に達したが、試験装置を密閉状態にした時にはさらに上昇し最高約360℃に達した。模擬漏えい部上方の霧囲気温度は、測定位置が高くなるにつれてこれよりも低い温度で推移した。一方、排気系統内のガス温度変化は、図33に示すようにSOLFA-2試験装置内の換気空調ダクトから排気ダクトを経由して排煙処理装置に向かうにつれて徐々に温度が低下しているが、その低下温度は実験開始40分後の時点で約100℃である。試験装置の壁および天井の温度変化を図34に示す。試験装置下部のグ

レーチング近傍の壁温度（TE2015）は、実験開始とともに上昇し、実験終了後に最高約240℃に達したが、SOLFA-2試験装置の最大使用温度400℃を十分下まわっている。これよりも上方の壁については、高さが高くなるにつれて低い温度で推移したが、天井についてはグレーチング近傍の壁温度（TE2015）と模擬漏えい部近傍の壁温度（TE2025）の中間程度の温度上昇を示した。

漏えいナトリウムの落下・飛散燃焼挙動を試験装置内部の空間断面における温度分布の時間変化として整理したものを図35に示す。この図から、漏えい開始直後には漏えいナトリウムが換気空調ダクトの近傍で燃焼しているために、この部分の温度上昇が著しいが、実験開始2分30秒後にはグレーチング下部にも高温領域が現われ、漏えいナトリウムが受け皿に落下していることがわかる。また、ビデオカメラと赤外線カメラによる目視観察ができなくなった3分以後についても、漏えいナトリウムが換気空調ダクトの外表面を流れ落ちてグレーチングおよび受け皿に落下していることがわかり、その温度分布の様子から落下・燃焼挙動はダクト表面等での跳ね返りによる液滴状燃焼にコラム状の燃焼が加わったものと推察された。

c) 酸素、水蒸気、水素およびエアロゾルの濃度変化

試験装置内部の雰囲気中酸素濃度の時間変化を図36に示す。試験装置下部の酸素濃度（CO101：磁気式酸素濃度計）は約18%で推移しており、漏えいしたナトリウムの燃焼に必要な酸素はほぼ十分に供給されていたことがわかる。また、実験開始から1時間20分経過後の密閉状態時には、約7%まで急激に減少した。試験装置上部の酸素濃度（CO201：ジルコニア式酸素濃度計）は、試験装置下部と同様に推移していたが、実験開始から44分経過後の排気出口を試験装置上部に変更したため酸素濃度が若干上昇している。実験開始約80分後に急上昇しているのは、密閉状態時の温度上昇によって破損したためと思われる。これらの測定結果は、ガスクロマトグラフで測定した結果と良く一致している。

試験装置内部の雰囲気中水蒸気濃度と水素濃度の時間変化を図37と図38に示す。試験装置内部の水蒸気濃度は、実験開始から40分後には約1200ppmまで低下し、その後は時間とともにゆるやかに低下して実験終了後には約500ppmとなった。試験装置内の水蒸気濃度の低下に伴う水素濃度の上昇は、顕著には認められていない。

試験装置内部のエアロゾル濃度の時間変化を図39に示す。実験開始後から上昇し、その後は換気流量によって変動しているがほぼ約 15g-Na/m^3 前後で推移している。実験開始80分後に約 25g-Na/m^3 まで上昇しているが、これは試験装置を密閉したことによる。

d) 漏えいナトリウムの燃焼速度

実験中の試験容器内の熱量変化および酸素濃度変化から、漏えいナトリウムの燃焼速度を算出した。

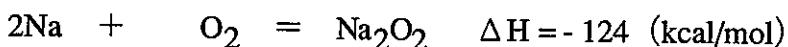
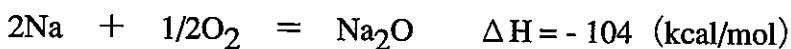
熱量変化からの算出方法は、試験容器内の各種構造材とガスの熱容量と温度変化から求めるもので、使用した物性値は以下のとおりである。

	密度 (kg/m ³)	比熱 (kcal/kg°C)
ステンレス鋼 (SUS304)	7890	0.122
炭素鋼 (SM41B)	7710	0.165
保温材 (ファインフレックス)	130	0.2
ガス (20°C)	1.2	0.24

容器内各部の体積と、これら物性値から計算される熱容量は、

	体積 (m ³)	熱容量 (kcal/°C)
容器壁	2.16	2079
容器天井鏡	0.298	287
受け皿 (堆積物接触部)	0.0228	29.0
受け皿 (雰囲気接触部)	0.0634	80.7
保温材 (受け皿下)	2.83	73.6

である。また、ガスについては、W (kg/s) の換気流量に伴うガスの受熱量と容器内ガスの温度上昇に伴うガスの受熱量を考慮した。これらによって計算された各時刻におけるナトリウム燃焼発熱量を、以下の反応式に基づく燃焼発熱量で割ることによりナトリウム燃焼速度に換算した。



ただし、生成される酸化物の組成比は、 $\text{Na}_2\text{O}_2 : \text{Na}_2\text{O} = 4 : 6$ と仮定し、単位質量のナトリウムが燃焼した場合の発熱量は2404 (kcal/kg-Na) とした。

一方、酸素濃度変化からの算出方法は、実験中の試験容器への酸素流入速度と試験容器からの酸素流出速度の差と、容器内の酸素減少速度を足し合わせることにより求めるもので、換気流量と酸素濃度の測定結果を用いて計算した。ただし、仮定した反応式と生成される酸化物の組成は熱量変化からの計算と同じであり、ナトリウム燃焼

速度への換算にあたっては2.05 (kg-Na/kg-O_2) の値を用いた。

計算で用いた実験時の換気流量変化を図40に、熱量変化と酸素濃度変化から算出したナトリウム燃焼速度の結果を図41に示す。図41から、ナトリウムを漏えいさせた約90分間のうち、漏えい開始から約10分間と漏えい開始後約75分以降は比較的低い燃焼速度であったことがわかる。しかし、10~75分の燃焼速度は約30~40 (g-Na/s) ではほぼ一定に維持されており、特に15~60分まではナトリウムの漏洩速度 (44 g-Na/s) にほぼ等しい約40 (g-Na/s) の燃焼速度となっていることから、漏洩したナトリウムのほとんどが燃焼していたものと推察される。漏えい開始後約75分以降に燃焼速度が低下しているのは、試験装置を密閉にしたために酸欠となったためである。熱量変化から算出した結果と酸素濃度変化から算出した結果を比較すると、漏えい開始から約40分までは後者が約10 (g-Na/s) 低い値で推移している。これは、図40に示した換気流量の低下が計算結果に影響しているためで、各時刻における換気流量の測定結果に比べると酸素濃度計の測定結果には時間遅れが伴うため、燃焼速度の立ち上がりが遅くなつたものと考えられる。また、約45分頃と約85分頃に見られる大きな振動からもわかるように、酸素濃度変化から算出した燃焼速度は換気流量の変化に敏感であり、換気流量と酸素濃度との時間的な測定精度と計算における近似が影響している。

5.2換気空調ダクト、グレーチングの温度挙動

換気空調ダクトとグレーチングを撮影したビデオカメラと赤外線カメラによる観察結果からは、両者の破損の有無は確認できなかった。

換気空調ダクトに設置した熱電対の温度を図42に示す。表面は、約600~700°Cの範囲で推移していたが、実験開始後約75分で熱電対が断線した。裏面についても、実験開始後約2分で約650°Cに達し、その後は時間の経過とともに緩やかに下降した。また、換気空調ダクトの裏面温度から、高さ方向の各位置ともに換気空調ダクトの中央より先端側（図8の図面では右側）部分における温度の立ち上がりが早いことから、漏えい初期にはこの部分に多くのナトリウムが付着したものと推察される。

グレーチング表面と裏面に設置した熱電対の温度を、図43に示す。グレーチング表面は、ナトリウムの落下点付近で実験開始後約20分で約940°Cとなり、換気空調ダクト側（図の上方）は約700°Cで推移していたが、表面の熱電対の一部は断線した。裏面の温度についても、約600°C~約800°C以上で推移した。また、グレーチング裏面温度から、「もんじゅ」での落下中心相当位置 (TE3201)に配置した熱電対より右側（図10の図面で右側）部分における温度の立ち上がりが早いことから、換気空調ダクトと同様に漏えい初期にはこの部分に多くのナトリウムが付着したものと推察された。

5.3 受け皿の温度挙動

受け皿の表面と裏面に設置した熱電対の温度を、図44と図45に示す。模擬漏えい部直下近傍の受け皿表面熱電対による温度（堆積物温度）は、実験開始後約10分で約700℃に達し、その後約700℃～800℃で推移したが、実験開始後約52分に断線した。漏えい点近傍に近い受け皿裏面熱電対による温度（受け皿温度）は実験開始後約20分で700℃に達し、その後約1時間740～770℃の安定した温度を示した。TE3009のみ最高温度880℃となっているが、後述するとおり受け皿の損傷はなかったことから、高温表示の原因を調査中である。調査結果は別途材料検査に関する報告書としてまとめる。図45に示した模擬漏えい部直下の受け皿裏面温（TE3001）が、実験開始後約40分で約350℃に低下しているが、表3に示したように実験後の当該熱電対の抵抗が低下していたことから、シースの途中で新たな接点が生じたためであると思われる。また、受け皿の右側部分（マンホールから見て）の温度（TE3119、TE3220）は、約500℃で推移していることから、この部分にはナトリウム堆積物が存在していないものと推測される。

実験中における受け皿裏面温度分布の時間変化を図46に示す。これより、ナトリウム漏えい開始初期は、漏えい部直下の温度が高く、時間の経過とともに高温部分（約700℃）の範囲も広くなるとともに、グレーチングとは反対側に移行しながら受け皿全体に伝わっているわかる。

5.4 実験後の観察結果

(1) 模擬漏えい部

模擬漏えい部の実験後の観察結果を図47に示す。温度計端子部のアルミ製キャップ（E型コネクタ）上には、写真14および写真15に示すようにナトリウム化合物が多量に付着していたが、写真16および写真17に示すようにアルミ製キャップやチェーン等は健全であった。また、これらの写真からわかるように外装板の表面には5mm程度のエアロゾルが付着していた。

フレキシブルチューブについては、写真16および写真17からわかるように温度計との接続部の袋ナットがほぼ残っており、「もんじゅ」で見られたようなズレ落ちたような状態ではなかった。また、写真18に示すように、フレキシブルチューブの表面全体には、ナトリウム化合物が付着しており、写真19に示すようフレキシブルチューブの中間（ほぼ最下部）で切断されて内部の補償導線にて接続されている状態であった。表面に付着したナトリウム化合物を除去し、洗浄した後のフレキシブルチューブを写真20および写真21に示す。

(2) 換気空調ダクトとグレーチング

換気空調ダクトの実験後の観察結果を図48に示す。写真22と写真23に示すように、模

擬漏えい部の直下に当たる換気空調ダクト上部面にナトリウム化合物が約15cmの厚さで堆積していたが、換気空調ダクト本体は破損していない。また、写真24と写真25に示すように、換気空調ダクト下部吸入口のルーバーの枠（アルミ製）が破損し、これを固定していたビスが外れ、グレーチング側のグリルの片側が外れた状態となっていた。なお、内側のシャッターについては、損傷等は認められなかった。

グレーチングの実験後の観察結果を図49に示す。写真26と写真27および写真28に示すように、上部では落下点の中心部に直径約300mmの堆積物の少ない領域があり、それを囲むような形で堆積物の厚い領域が外輪山の形をなしていた。写真29からは、堆積物の高さが最も高いところで約100mmであることがわかる。また、下部には氷柱状の化合物が観察された。グレーチングを試験装置から搬出して観察を行ったところ、「もんじゅ」現場で見られたような大きな穴は開いていなかったが、落下点の中心部の領域では、初期3.2mmのフレームや5mmの格子材が写真30と写真31に示すように一部完全に消失しており、上端がナイフのように鋭角に尖っているものが多く見られた。グレーチング各部の寸法測定結果とその分布図を図50に示す。この結果から、外輪山状の堆積物の縁部に相当する位置で、特に損傷が著しいことがわかる。

(3) 受け皿

受け皿の実験後の観察結果を図51と写真32および写真33に示す。これらの結果より、受け皿上の堆積物は漏えい側（マンホールからみて左側）に多く堆積しており、反対側はエアロゾルが降り積もっているのみである。これは、前述した受け皿温度の測定結果からの推察と一致している。

実験前後の受け皿の厚み測定結果を図52および図53に示す。これらより、模擬漏えい部直下を中心とした直径約1mの範囲で厚さが約1mm程度減肉しているのが確認された。この領域は、図46に示した受け皿の温度分布の結果から、実験中に最も高温になった領域とほぼ一致することがわかる。

(4) 堆積物およびエアロゾルの量と化学組成

(a) 堆積物およびエアロゾルの分布

堆積物とエアロゾルを明確に区別することは困難であるため、試験装置内の各部ごとにこれらを回収し、その重量を測定した。また、その一部または全部を水溶液化し、ナトリウムの濃度を定量分析することによって金属ナトリウム量を算出した。回収区分と堆積物・エアロゾルの区別は以下のとおりとした。

回収区分	堆積物・エアロゾルの区別
模擬漏えい部（外装板、フレキシブル管、電線管を含む）	堆積物
換気空調ダクト（表面のみ）	堆積物

グレーチング	堆積物
受け皿内部	堆積物
その他（装置内天井・壁・受け皿腰壁部・マンホール部、 換気空調ダクト内部、排気ダクト内部、排煙処 理装置内、各種サンプリング装置内）	エアロゾル

実験後の試験装置各部の堆積物およびナトリウムエアロゾルの回収結果を、「もんじゅ」のそれと比較して表4に示す。表4の実験結果のうち、温度計回りとナトリウムエアロゾルについては一部を水溶液として回収したため、これらについては金属ナトリウム量として表示してある。回収された堆積物およびナトリウムエアロゾルの総量は約308kg（内65.5kgはNa換算重量）で、そのうち約54%が受け皿からであった。

(b) 堆積物およびエアロゾルの化学組成

① サンプリング

各部の堆積物およびナトリウムエアロゾルの回収作業と平行して、これらの化学組成の分析のためにサンプリングを実施した。サンプリング位置については、実験後の各部の観察結果として示した図47、図48、図49および図51にあわせて示してある。

受け皿については、主に換気空調ダクトとグレーチングが設置されていた左側半分にナトリウム化合物が堆積しており、右側については一部エアロゾルの付着のみと思われる部分が存在した。エアロゾルは、特に受け皿周囲の腰壁部（リッド部）への堆積が顕著であった。このため、エアロゾルについては受け皿周囲の腰壁部代表2点（サンプル番号1,2と11,12）と受け皿内部1点（サンプル番号10）からサンプリングし、前者については明らかな色の違いが認められたことから表面（淡黄色：1と11）と下面（白色：2と12）に分けてサンプリングした。堆積物については、実験前の受け皿厚み測定点近傍である（サンプル番号3,4,5と7,8,9および13,14と15,16）と同時に、温度測定点の近傍である（サンプル番号3,4,5と7,8,9および13,14）ことにも留意して深さ方向に2点ないし3点サンプリングした。なお、堆積物表面の各部に落下して載っていた黒色のものについてもサンプリングした（サンプル番号6）。

グレーチングについては、上部にナトリウム化合物がクレーター状に堆積しており、下部にはつらら状の化合物があった。このため、サンプリングはグレーチングの上部空間に設置した熱電対支持棒に堆積していたもの（サンプル番号17）、グレーチング上の堆積物（18）、グレーチング格子の側面付着物（19）および格子に挟まっていた物（20）の代表4点から行った。

換気空調ダクトについては、模擬漏えい部の真下に位置するダクト上端から左側の外表面に沿ってダクト下端に至るまでナトリウム化合物が付着していた。また、ダクト下部吸い込み口のルーバーグリルは左側がはずれて落下しかけていた。ダクト上堆積物は、

いずれの場所も明らかに表面と下面の二層に分かれていたため、ダクト下部と上部（フレキシブル管直下）の代表2点（サンプル番号21,22と23,24）でサンプリングした。その他、ダクト上部にあったやや固い堆積物（25）とダクト下部吸い込み口のルーバーガリルの付着物（26）もサンプリングした。

模擬漏えい部については、温度検出器端子部のキャップ上にナトリウム化合物が堆積していた。また、フレキシブル管は切断しておらず、主に左側半分（温度検出器との接続端側）にナトリウム化合物が堆積していた。サンプルは、温度計端子部のキャップ上堆積物については表面と下面の二層（サンプル番号28,29）を、外装板表面については代表1点（30）を、フレキシブル管については温度計接続部と最下部の代表2点（31,32）をそれぞれサンプリングした。

②分析方法

分析は、金属ナトリウムの含有量、金属ナトリウム以外の金属元素の含有量および化合物の化学形態について実施した。

金属ナトリウムの含有量の分析は、未燃焼の金属ナトリウムとしてサンプル中に残留しているものを調査するために実施した。方法は、サンプルを真空中で加熱し、蒸留することによって金属ナトリウムとその他の物質を分離する真空蒸留法を適用した。

金属ナトリウム以外の金属元素の含有量の分析は、模擬漏えい部、換気空調ダクト、グレーチングおよび受け皿等の構造材の構成金属元素がサンプル中に含まれている可能性について調査するために実施した。方法は、まずEDX（Energy Dispersive X-ray spectroscopy：エネルギー分散X線分光法）を用いてサンプル中の含有元素を定性分析した。金属元素が発見された場合には、サンプルを水溶液化してICP-MS（Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry：誘導プラズマ質量分析法）等を用いて含有元素を定量分析した。

化合物の化学形態の分析は、サンプル中の化合物についてその化学形態を調査するために実施した。ナトリウム化合物のうち、過酸化ナトリウム（ Na_2O_2 ）については酸化還元滴定法を、酸化ナトリウム（ Na_2O ）、水酸化ナトリウム（ NaOH ）および炭酸ナトリウム（ Na_2CO_3 ）については中和滴定法を適用した。また、ナトリウム化合物とその他の化合物については、XRD（X-Ray Diffraction：X線回折法）を用いた。

これらの分析のうち、化合物の化学形態分析についてはすべてのサンプルについて実施したが、金属ナトリウムの含有量測定と金属ナトリウム以外の金属元素の含有量測定については試料の状態等から含有の可能性が高いサンプルについてのみ実施した。各サンプルのサンプリング位置と分析調査内容を表5に示す。

③ 分析結果

分析結果を表6と表7および図54～図57に示す。これらのうち、サンプル番号1と2および11と12は明らかにエアロゾルが沈降したものであり、その組成は表5から表面層が $\text{Na}_2\text{O}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ：約45%～50%、 $\text{NaOH} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ：約10%～20%、 Na_2CO_3 ：約35%～40%、下層が Na_2O_2 ：約25%～35%、 $\text{Na}_2\text{O}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ：約25%～45%、 Na_2O ：約10%～25%、 Na_2CO_3 ：約15%～20%である。 Na_2O_2 と $\text{Na}_2\text{O}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ を合わせると、下層の過酸化ナトリウムは約60%～70%になる。表面層のサンプルには潮解して生じたと思われる $\text{NaOH} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ が含まれており、したがってサンプリングから分析までより長い時間大気に触れていたために化学組成が変化したと考えられることから、下層のサンプルの分析結果が実験中のナトリウムエアロゾルの化学組成を表わしていると考えられる。

サンプル番号5と9および15と16は、受け皿の堆積物の主に最下層からサンプリングしたものであり、鉄とナトリウムの複合酸化物である Na_4FeO_3 が検出されている。また、これらのサンプル中の過酸化ナトリウムの割合を見ると全て数%である。さらに、この複合酸化物はサンプル番号17、20、30および32でも検出されている。

換気空調ダクトの付着物サンプルであるサンプル番号21から25については、いずれも金属ナトリウムが含まれており、その割合は付着物表面のサンプル（21と23）よりもダクト表面に接していたサンプル（22と24）の方が多い。ダクトに破損が認められなかつた原因とも考えられる。

堆積物表面でサンプリングされた黒色の落下物であるサンプル番号6については、分析結果を表6および表7に示していないが、EDXの結果からチタン（Ti）が大量に含まれており、このことから換気空調ダクトの溶接線に塗布されていた錆止め塗料がはがれて落下したものと推察される。

表7に示した結果のうち、受け皿内部堆積物（中心部）-下層（16）のサンプルから亜鉛とアルミニウムが検出されているが、亜鉛については換気空調ダクトとグレーチングのメッキ材が、アルミニウムについては換気空調ダクトのルーバーグリル材がそれぞれ溶け出したものと思われる。アルミニウムについては、温度検出器コネクタ部堆積物-最下層（29）からも検出されているが、これはコネクタキャップがアルミニウム製であることからこれがサンプルに混入したものである。さらに、温度検出器-フレキシブルチューブ最下部（32）からカルシウムが検出されているが、これは熱電対補償導線の被覆材（ガラス纖維製）やフレキシブルチューブの被覆材（塩化ビニル製）から溶出したものと思われる。

これらサンプルの分析に加えて、写真34と写真35に示すグレーチング下部の特徴的なつらら状化合物について、SEM（Scanning Electron Microscope：走査電子顕微鏡）による観察とEPMA（Electron Probe Micro Analyser：電子線プローブマイクロアナライザ

一) による表面の元素分析を試みた。結果を写真36と写真37に示す。これらの結果から、つらら状化合物は主にナトリウムと鉄から構成されており、その性状からグレーチングがナトリウムとともに溶け落ちる際に形成されたものと推察された。

6. まとめ

高速増殖原型炉「もんじゅ」のナトリウム漏えい事故の原因究明の一環として、動燃事業団大洗工学センター・大規模ナトリウム漏えい燃焼試験施設（SAPFIRE）内の大型密閉試験装置（SOLFA-2）を用いたナトリウム漏えい燃焼実験-Iを実施した。本実験では、「もんじゅ」事故時のナトリウム漏えい燃焼挙動について、下記の点を明らかにした。

- (1) 漏えいナトリウムが換気空調ダクト、グレーチングに落下して飛散する際のナトリウム漏えい燃焼挙動
- (2) 換気空調ダクト、グレーチングの破損挙動
- (3) 実機床ライナと同様の材料、板厚の受け皿を使用することにより、ナトリウム漏えい燃焼挙動が床ライナに及ぼす影響
- (4) ナトリウム漏えい量、漏えい時間を模擬した状態での、堆積物及び燃焼によるエアロゾル量及び化学組成

実験結果をまとめると以下の通り。

(1) 漏えいナトリウムの落下・飛散燃焼挙動

ビデオカメラと赤外線カメラで観察できたナトリウム漏えい初期については、温度検出器に接続されたフレキシブルチューブ表面からの流線状の漏えい燃焼とダクト表面等での跳ね返りによる液滴状燃焼が特徴的であった。その後の漏えい燃焼挙動については、受け皿を撮影したビデオカメラによる観察結果からコラム状の燃焼が確認されるようになったこと、および実験後の観察結果で温度検出器に接続されたフレキシブルチューブの最下端部が損傷・切断されていたこと、さらに模擬漏えい部下方のガス空間等に配置した熱電対による温度測定結果から、漏えいナトリウムがフレキシブルチューブの最下端部破損口から換気空調ダクト上に落下し、ダクト外表面を流れ落ちてグレーチングおよび受け皿に落下するようなほぼコラム状の燃焼が加わったものと推察された。

漏えいナトリウムの燃焼速度は、実験初期と終了間近を除いてはほぼ30~40 (g-Na/s) で推移し、ナトリウムの平均漏えい速度 (44 g-Na/s) に近い値であることから、漏洩したナトリウムのほとんどが燃焼していたものと推察される。

(2) 換気空調ダクトとグレーチングの破損挙動

換気空調ダクトについては、実験後の観察結果ではその表面に厚さ約15cmのナトリウム化合物が堆積・付着し、ダクト本体の明確な損傷はなかった。ただし、ダクト下部吸入口にあるルーバのグリルは、アルミニウム合金製の枠の一部が破損してグリルを固定していたビスが外れ、グレーチング側のグリルが外れて垂れ下がっている状態であった。実験時のダクト表面温度は約600~700°Cの範囲で推移していたが、実験開始後約75分で熱電対が断線した。裏面については、実験開始後約2分で約650°Cに達したが、その後は時間の

経過とともに緩やかに下降した。

グレーチングについては、「もんじゅ」の事故現場で見られたような破損孔は生じなかったものの、堆積物の縁部分近傍における格子材とフレームが一部完全に消失しており、上端がナイフのように鋭角に尖っているものが多く見られた。実験時のグレーチング表面温度は、ナトリウムの落下点付近で実験開始後約29分で約940°Cとなり、換気空調ダクト側は約700°Cで推移していたが、表面の熱電対の一部は断線した。裏面の温度についても、約600~800°C以上で推移した。

(3) 受け皿（床ライナ）への影響

模擬漏えい部直下近傍の受け皿表面熱電対による温度（堆積物温度）は、実験開始後約10分で約700°Cに達し、その後約700°C~800°Cで推移したが、実験開始後約52分に断線した。漏えい点近傍に近い受け皿裏面熱電対による温度（受け皿温度）は実験開始後約20分で700°Cに達し、その後約1時間は740~770°Cの安定した温度を示した。実験中における受け皿裏面温度分布の時間変化より、ナトリウム漏えい開始初期は、漏えい部直下の温度が高く、時間の経過とともに高温部分（約700°C）の範囲も広くなるとともに、グレーチングとは反対側に移行しながら受け皿全体に伝わっていることがわかった。実験前後の受け皿の厚み測定結果から、模擬漏えい部直下を中心とした直径約1mの範囲で減肉が見られ、最大減肉量は約1mmであることが確認された。この領域は、受け皿の温度が最も高温になった領域とほぼ一致した。

(4) 堆積物とナトリウムエアロゾルの化学組成

実験後の試験装置各部からこれまでに回収された堆積物およびナトリウムエアロゾルの量は約308kgで、そのうち約54%が受け皿からであった。

ナトリウムエアロゾルの化学組成は、過酸化ナトリウムが約60%~70%を占め、残りは酸化ナトリウムと炭酸ナトリウムで、一部水酸化ナトリウムが含まれているものもあつた。堆積物については、受け皿内部の堆積物の最下層から鉄とナトリウムの複合酸化物が検出された。また、複合酸化物はグレーチングとフレキシブルチューブから採取したサンプルからも検出された。

以上により、ナトリウム漏えい燃焼の漏えいの形態、換気空調ダクト・グレーチングへの影響、受け皿への影響、エアロゾルと堆積物の化学組成等に係わる「もんじゅ」事故の影響把握に必要なデータを取得することができた。

7.謝辞

本実験に当たっては、安全工学部中本部長、前田部長代理からご指導を頂いた。ナトリウム配管の水試験については、原子炉工学室望月室長、大木義久氏他関係者、試験体の材料検査については、機器・構造安全工学室青砥室長代理、青木昌典氏他関係者およびナトリウム分析については、実験炉部技術課鈴木課長、倉田主査他関係者のご協力を頂いた。

また、ナトリウム燃焼実験-Iの準備・実施等に当たっては、プラント安全工学室室員および東興機械工業（株）の鈴木和右氏他関係者のご協力を頂いた。さらに、ナトリウム燃焼実験-Iの公開のための映像機材設置等にあたっては、安全工学部高橋担当役他関係者並びに管理部総務課関係者のご協力を頂いた。

これら各位に謝意を表します。

8.参考文献

- (1) 「もんじゅナトリウム漏えい事故の原因究明の今後の進め方について」
科学技術庁 原子力安全局 (1996年1月)
- (2) 「40%出力試験中における2次主冷却系ナトリウム漏えい事故」の原因調査状況
第3報報告書, 動力炉・核燃料開発事業団 高速増殖炉もんじゅ建設所,
(1996年3月)
- (3) 「40%出力試験中における2次主冷却系ナトリウム漏えい事故について 第4報報告書」, 動力炉・核燃料開発事業団 高速増殖炉もんじゅ建設所, (1996年9月)

表1 実験経過の記録

年月日	時刻	内容
平成8年4月8日	13時30分	実験開始(データ収録、ビデオ収録開始)
	13時32分	ナトリウム加熱器のカバーガス加圧開始
	13時42分47秒	ナトリウム弁(VN108)「開」秒読み"0"
	13時43分10秒	ナトリウム弁(VN104)「開」
	13時43分35秒	ナトリウム弁(VN105)「開」
	13時44分20秒	ビデオカメラの映像でナトリウム漏出を確認
	13時45分	以後は赤外線カメラの映像により漏出を確認
	14時26分	換気流量の低下
	14時28分	換気流量の排出口変更(DP708「開」)
	14時59分	試験装置の密閉運転準備(DP705,707,708「閉」)
	15時00分	試験装置の密閉運転開始
	15時05分	試験装置の密閉運転終了
	15時06分	試験装置の換気運転再開(DP705,707,708「開」)
	15時10分	換気流量の低下
	15時14分	試験装置の密閉(DP705,707,708「閉」)
	15時15分45秒	ナトリウム弁(VN105)「閉」
	15時16分10秒	ナトリウム弁(VN104)「閉」
	15時16分30秒	ナトリウム弁(VN108)「閉」
	15時22分	ナトリウム加熱器のカバーガスブロー
	15時27分15秒	模擬漏えい部の窒素ガスブロー
	16時36分50秒	データ収録停止

表2 実験条件

項目	計画値	実験値
ナトリウム温度	480℃ (一定)	482℃～479℃
ナトリウム漏えい速度	約50～40g/sec (圧力時刻歴により変化)	約44g/sec (平均)
ナトリウム漏えい圧力	1.65～1.00kg/cm ² g (温度計先端部圧力)	1.99～1.92kg/cm ² g (ナトリウム加熱器カバーガス圧力)
換気流量	～50Nm ³ /min	約35～0Nm ³ /min
雰囲気中酸素濃度	21%	約21～約3%
ナトリウム漏えい時間	約4時間	1時間31分
ナトリウム漏えい量	647kg	241kg

表 3 热電対チェックリスト (1 / 5)

TAG. NO	種類	試験前		試験後		備考
		抵抗 Ω	兆 MΩ	抵抗 Ω	兆 MΩ	
TE1013	K	303.8	20以上	306.9	20以上	
TE1014	K	219.1	20以上	221.6	20以上	
TE1015	K	218.6	20以上	220.9	20以上	
TE1016	K	219.6	20以上	222.3	20以上	
TE1019	K	303.7	20以上	306.7	20以上	
TE1020	K	303.0	20以上	305.9	20以上	
TE1021	K	305.6	20以上	308.7	20以上	
TE1022	K	304.5	20以上	307.2	20以上	
TE1023	K	297.4	20以上	300.3	20以上	
TE1036	K	303.7	20以上	303.7	20以上	
TE1037	K	307.0	20以上	307.1	20以上	
TE1038	K	302.9	20以上	302.9	20以上	
TE1039	K	309.5	20以上	309.6	20以上	
TE1040	K	68.4	20以上	70.0	20以上	
TE2001	K	56.7	1.5	56.4	2.0	
TE2002	K	122.8	20以上	122.5	20以上	
TE2003	K	73.9	20以上	73.7	20以上	
TE2004	K	127.1	20以上	126.8	20以上	
TE2005	K	117.4	20以上	117.8	20以上	
TE2006	K	121.8	20以上	122.7	20以上	
TE2007	K	168.0	20以上	168.9	20以上	
TE2008	K	69.6	20以上	70.0	20以上	
TE2009	K	127.0	20以上	127.7	20以上	
TE2010	K	146.3	20以上	147.1	20以上	
TE2014	K	69.3	20以上	69.7	20以上	
TE2015	K	66.2	20以上	66.6	20以上	
TE2016	K	66.8	12.0	67.4	10.0	
TE2020	K	66.9	20以上	67.3	20以上	
TE2021	K	68.0	20以上	68.4	20以上	
TE2023	K	49.7	3.5	49.5	4.0	
TE2024	K	54.7	0.7	54.6	0.6	
TE2025	K	66.8	20以上	67.5	20以上	
TE2026	K	68.6	20以上	68.8	20以上	
TE2039	K	67.1	20以上	67.2	20以上	
TE2040	K	67.6	20以上	67.8	20以上	
TE2041	K	67.7	20以上	67.9	20以上	
TE2053	K	67.5	20以上	69.0	20以上	
TE2098旧	K	23.3	20以上	23.4	20以上	
TE2101	K	18.0	20以上	17.3	20以上	
TE2103	K	16.4	20以上	16.3	20以上	

使用計測機器 マルチメーター : Takeda Riken
 絶縁抵抗計 : YEW100V/20MΩ 型式:TR6824
 型式:3213-21

表 3 热電対チェックリスト (2 / 5)

TAG. NO	種類	試験前		試験後		備考
		抵抗Ω	兆Ω	抵抗Ω	兆Ω	
TE2104	K	16.5	20以上	21.0	20以上	
TE2105	K	17.4	20以上	18.1	20以上	
TE3005旧	K	21.1	20以上	21.2	20以上	
TE3007旧	K	21.8	20以上	22.1	20以上	
TE3008旧	K	18.1	20以上	18.2	20以上	
TE3009旧	K	27.7	20以上	27.9	20以上	
TE3010旧	K	38.0	20以上	37.9	20以上	
TE3001	R	6.0	20以上	0.5	20以上	
TE3002	K	61.8	20以上	62.2	20以上	
TE3003	K	62.5	20以上	63.8	20以上	
TE3004	K	63.1	20以上	63.6	20以上	
TE3005	K	63.4	20以上	63.9	20以上	
TE3006	K	63.7	20以上	64.8	20以上	
TE3007	K	63.3	20以上	63.6	20以上	
TE3008	K	61.7	20以上	62.1	20以上	
TE3009	K	63.3	20以上	63.9	20以上	
TE3010	K	64.5	20以上	65.1	20以上	
TE3011	K	63.7	20以上	65.1	20以上	
TE3012	K	63.1	20以上	63.6	20以上	
TE3013	K	63.1	20以上	64.4	20以上	
TE3014	K	63.5	20以上	64.5	20以上	
TE3015	K	60.8	20以上	62.0	20以上	
TE3016	K	62.1	20以上	63.7	20以上	
TE3017	K	63.9	20以上	65.5	20以上	
TE3018	K	64.4	20以上	65.8	20以上	
TE3019	K	64.7	20以上	66.0	20以上	
TE3020	K	64.5	20以上	66.0	20以上	
TE3101	R	9.3	20以上	∞	20以上	破損
TE3102	R	9.2	20以上	∞	20以上	破損
TE3103	R	9.2	20以上	∞	20以上	破損
TE3104	R	9.3	20以上	∞	20以上	破損
TE3105	K	83.1	20以上	71.6	0	破損
TE3106	K	82.7	20以上	69.5	0	破損
TE3107	K	82.4	20以上	70.4	0	破損
TE3108	K	83.0	20以上	70.3	0	破損
TE3109	K	82.6	20以上	79.1	0	破損
TE3110	K	82.7	20以上	77.4	0	破損
TE3111	K	82.7	20以上	78.0	0	破損
TE3112	K	83.0	20以上	80.1	0	破損
TE3113	K	82.8	20以上	50.1	0	破損

使用計測機器 マルチメーター : Takeda Riken
絶縁抵抗計 : YEW100V/20MΩ型式:TR6824
型式:3213-21

表 3 热電対チェックリスト (3 / 5)

TAG. NO	種類	試験前		試験後		備考
		抵抗 Ω	兆 Ω	抵抗 Ω	兆 Ω	
TE3114	K	82.9	20以上	48.3	0	破損
TE3115	K	83.1	20以上	49.7	0	破損
TE3116	K	82.9	20以上	48.0	0	破損
TE3117	K	83.3	20以上	65.6	0	破損
TE3118	K	82.8	20以上	62.4	0	破損
TE3119	K	82.6	20以上	63.3	0	破損
TE3120	K	82.4	20以上	68.1	0	破損
TE3121	K	82.5	20以上	82.9	20以上	
TE3122	K	82.4	20以上	83.1	20以上	
TE3123	K	82.4	20以上	83.2	20以上	
TE3124	K	82.7	20以上	83.4	20以上	
TE3125	K	82.5	20以上	83.0	20以上	
TE3126	K	83.1	20以上	83.0	0	破損
TE3127	K	83.0	20以上	84.0	20以上	
TE3128	K	82.9	20以上	83.4	20以上	
TE3201	W. Re	24.1	20以上	22.1	0	破損
TE3202	R	9.1	20以上	9.3	20以上	
TE3203	K	77.8	20以上	73.6	0	破損
TE3204	R	9.2	20以上	∞	20以上	破損
TE3205	K	78.5	20以上	75.5	0	破損
TE3206	K	78.1	20以上	77.6	0	破損
TE3207	K	78.1	20以上	78.4	0	破損
TE3208	K	77.6	20以上	74.6	0	破損
TE3209	R	9.1	20以上	∞	20以上	破損
TE3210	K	77.6	20以上	72.6	0	破損
TE3211	K	78.0	20以上	73.0	0	破損
TE3212	K	78.1	20以上	∞	0	破損
TE3213	K	78.2	20以上	78.0	0	破損
TE3214	K	78.2	20以上	78.3	20以上	
TE3215	K	78.0	20以上	79.2	20以上	
TE3216	K	78.0	20以上	79.6	20以上	
TE3217	K	78.2	20以上	79.4	20以上	
TE3218	K	78.3	20以上	78.2	20以上	
TE3219	K	78.0	20以上	79.3	20以上	
TE3220	K	82.8	20以上	84.1	20以上	
TE3221	K	78.8	20以上	78.9	20以上	
TE3222	K	78.3	20以上	78.6	20以上	
TE3301	R	8.2	20以上	∞	20以上	破損
TE3302	R	8.5	20以上	∞	20以上	破損
TE3303	K	203.5	20以上	205.6	20以上	

使用計測機器 マルチメーター : Takeda Riken
絶縁抵抗計 : YEW100V/20MΩ型式:TR6824
型式:3213-21

表 3 热電対チェックリスト (4 / 5)

TAG.NO	種類	試験前		試験後		備考
		抵抗Ω	兆Ω	抵抗Ω	兆Ω	
TE3304	K	203.8	20以上	205.7	20以上	
TE3305	K	203.0	20以上	204.7	20以上	
TE3306	K	200.8	20以上	202.7	20以上	
TE3307	K	204.2	20以上	206.1	20以上	
TE3308	K	203.4	20以上	205.1	20以上	
TE3309	K	201.1	20以上	203.2	20以上	
TE3310	K	199.5	20以上	201.4	20以上	
TE3311	K	200.0	20以上	201.9	20以上	
TE3312	K	202.9	20以上	205.1	20以上	
TE3313	K	202.8	20以上	204.8	20以上	
TE3314	K	205.1	20以上	206.9	20以上	
TE3315	K	203.1	20以上	205.4	20以上	
TE3316	K	202.0	20以上	204.1	20以上	
TE3317	K	202.8	20以上	204.6	20以上	
TE3318	K	202.4	20以上	204.8	20以上	
TE3319	K	202.3	20以上	204.3	20以上	
TE3320	K	203.4	20以上	206.0	20以上	
TE3321	K	205.0	20以上	207.4	20以上	
TE3322	K	202.1	20以上	204.1	20以上	
TE3402	K	81.6	20以上	83.9	20以上	
TE3403	K	81.9	20以上	84.3	20以上	
TE3404	K	81.8	20以上	84.1	20以上	
TE3405	K	81.9	20以上	83.2	20以上	
TE3406	K	82.1	20以上	83.2	20以上	
TE3407	K	83.0	20以上	84.4	20以上	
TE3408	R	9.2	20以上	∞	20以上	破損
TE3409	K	82.2	20以上	83.2	20.0	
TE3410	R	9.4	20以上	∞	20以上	破損
TE3411	K	63.0	20以上	∞	13.0	破損
TE3601	K	218.3	20以上	220.9	20以上	
TE3602	K	217.7	20以上	220.5	20以上	
TE3603	K	216.2	20以上	218.8	20以上	
TE3604	K	218.9	20以上	221.8	20以上	
TE3605	K	216.8	20以上	219.8	20以上	
TE3606	K	218.0	20以上	220.9	20以上	
TE3607	K	218.7	20以上	181.0	0	破損
TE3608	K	217.5	20以上	202.1	0	破損
TE3609	K	218.5	20以上	210.4	0	破損
TE3610	K	218.1	20以上	217.0	0	破損
TE3611	K	217.9	20以上	221.5	20以上	

使用計測機器 マルチメーター : Takeda Riken
 絶縁抵抗計 : YEW100V/20MΩ 型式:TR6824
 型式:3213-21

表 3 热電対チェックリスト (5 / 5)

使用計測機器 マルチメーター : Takeda Riken
絶縁抵抗計 : YEW100V/20MΩ

型式：TR6824
型式：3213-21

表4 堆積物およびナトリウムエアロゾルの回収結果

回収箇所	ナトリウム漏えい燃焼実験-I		もんじゅ*1	
	回収量 kg	回収量 %	回収量 kg	回収量 %
床上堆積物	167.2	54.2	約289	35.1
換気空調ダクト	42.9	13.9	約 69	8.4
グレーチング	8.95	2.9	約 48	5.8
温度計回り	0.16+0.69(Na)	0.3	約 6	0.7
Naエアロゾル	23.8+64.8(Na)	28.7	約393	47.8
切断ダクト内	-	-	約 15	1.8
サンプリング	-*2	-	約 3	0.4
回収総量	243+65.5(Na)kg		約820kg	

*1 40%出力試験中における2次主冷却系ナトリウム漏えい事故について（第4報報告書）

*2 各回収箇所に算入。

表5 サンプリング位置および化学組成調査内容

No.	採取位置	サンプル 採取日	金属Na 含有量	Na以外の 金属元素	化合物の 化学形態
1	受け皿腰壁部（マンホール入口近傍）-表面層	4月11日			○(4/18~24)
2	受け皿腰壁部（マンホール入口近傍）-下層	"			○(4/18~29)
3	受け皿内部堆積物（マンホール入口近傍）-表面層	"			○(4/18~29)
4	受け皿内部堆積物（マンホール入口近傍）-中間層	"		○(4/29)	○(4/18~29)
5	受け皿内部堆積物（マンホール入口近傍）-最下層	"	○(4/18)	○(4/29)	○(4/18~29)
6	受け皿内部堆積物表面（黒色の落下物）	"			○(4/15~16)
7	受け皿内部堆積物漏えい直下-表面層	"			○(4/18~29)
8	受け皿内部堆積物漏えい直下-中間層	"		○(4/29)	○(4/18~29)
9	受け皿内部堆積物漏えい直下-最下層	"	○(4/18)	○(4/29)	○(4/18~29)
10	受け皿内部（圧力計下）-堆積物の無い所	"			○(4/18~29)
11	受け皿腰壁部奥-表層	"			○(4/18~29)
12	受け皿腰壁部奥-下層	"			○(4/18~29)
13	受け皿内部堆積物（TE-3109近傍）-表層	"			○(4/18~29)
14	受け皿内部堆積物（TE-3109近傍）-下層	"		○(4/29)	○(4/18~29)
15	受け皿内部堆積物（中心部）-表面～中間層	"	○(4/19)	○(4/29)	○(4/18~29)
16	受け皿内部堆積物（中心部）-下層	"	○(4/19)	○(4/29)	○(4/18~29)
17	グレーチング真上T/C支持棒（団子状）	4月12日	○(4/30)	○(4/29)	○(4/18~29)
18	グレーチング堆積物-クレータ（マンホール側）	"	○(4/19)	○(4/29)	○(4/18~29)
19	グレーチング側面部	"		○(4/29)	○(5/8)
20	グレーチング上部堆積物(格子に挟まっていたもの)	"	○(4/22)	○(4/29)	○(4/18~29)
21	ダクト下面付着物-表面層(ダクト奥から900mm)	"			○(4/18~29)
22	ダクト下面付着物-内層(ダクト奥から900mm)	"	○(4/22)	○(4/29)	○(4/18~29)
23	ダクト上部フレキ直下-表面層	"			○(4/18~29)
24	ダクト上部フレキ直下-内層	"		○(4/29)	○(4/18~29)
25	ダクト上部フレキ直下(マンホール側ハリから600mm)	"	○(4/22)	○(4/29)	○(4/18~29)
26	ダクト下部吸引ローラーバ付着物	"		○(4/29)	○(4/18~29)
27	カメラレンズ(CCD)付着物	"			○(4/18~29)
28	温度検出器コネクタ部堆積物-表面層	4月17日			○(4/18~29)
29	温度検出器コネクタ部堆積物-最下層	"	○(4/22)	○(4/29)	○(4/18~29)
30	温度検出器-外装板表面	"		○(4/29)	○(4/18~29)
31	温度検出器-フレキシブルチューブ接続部	"	○(5/7)	○(4/29)	○(5/8)
32	温度検出器-フレキシブルチューブ最下部	"		○(4/29)	○(4/18~29)

○：分析対象サンプル（数字は分析実施日）

表6 ナトリウム形態分析結果

〔単位: Wt%〕

No.	採取位置	金屬Na () 内は推定値	Na ₂ O ₂	Na ₂ O ₂ ・2H ₂ O	Na ₂ O	NaOH	NaOH ・2H ₂ O	Na ₂ CO ₃	Na ₄ FeO ₃	その他	備考
1	受け皿腰壁部(マンホール入口近傍)-表面層	-	-	48.7	-	-	9.9	41.4	-	-	
2	受け皿腰壁部(マンホール入口近傍)-下層	-	34.5	24.1	25.1	-	-	16.3	-	-	
3	受け皿内部堆積物(マンホール入口近傍)-表面層	-	43.0	23.4	19.5	-	-	14.1	-	-	
4	受け皿内部堆積物(マンホール入口近傍)-中間層	-	23.0	15.5	47.6	-	-	13.9	-	-	
5	受け皿内部堆積物(マンホール入口近傍)-最下層	(6.5)	6.6	-	61.4	-	-	14.0	11.5	-	
6	受け皿内部堆積物表面(黒色の落下物)										
7	受け皿内部堆積物漏えい直下-表面層	-	-	56.4	13.4	12.3	-	17.9	-	-	
8	受け皿内部堆積物漏えい直下-中間層	(8.5)	74.4	-	-	-	-	17.1	-	-	
9	受け皿内部堆積物漏えい直下-最下層	1.5	2.7	-	54.3	20.5	-	0.0	21.0	-	
10	受け皿内部(圧力計下)-堆積物の無い所	-	-	62.6	-	-	7.0	30.4	-	-	
11	受け皿腰壁部奥-表面層	-	-	44.6	-	-	18.6	36.8	-	-	
12	受け皿腰壁部奥-下層	-	26.4	42.7	11.6	-	-	19.3	-	-	
13	受け皿内部堆積物(TE-3109近傍)-表面層	-	-	60.8	15.6	3.2	-	20.4	-	-	
14	受け皿内部堆積物(TE-3109近傍)-下層	-	31.2	-	19.7	31.0	-	18.1	-	-	
15	受け皿内部堆積物(中心部)-表面～中間層	0.4	2.0	-	78.7	18.5	-	0.0	0.4	-	
16	受け皿内部堆積物(中心部)-下層	0.2	3.0	-	41.1 ^a	-	-	0.0	55.7	-	*1 Na ₂ O+NaOH+Al,Zn化合物
17	グレーチング真上T/C支持棒(団子状)	(10.7)	1.0	-	75.7	-	-	12.2	0.4	-	
18	グレーチング堆積物-クレータ(マンホール側)	(7.7)	24.2	-	52.7	-	-	15.4	-	-	
19	グレーチング側面部	-	-	62.8	5.3	6.6	-	25.3	-	-	
20	グレーチング上部堆積物(格子に挟まっていたもの)	(5.6)	1.2	-	76.4	-	-	12.4	4.4	-	
21	ダクト下面付着物-表面層(ダクト奥から900mm)	(2.3)	66.0	-	13.6	-	-	18.1	-	-	
22	ダクト下面付着物-内層(ダクト奥から900mm)	(4.6)	4.2	-	78.0	-	-	13.2	-	-	
23	ダクト上部フレキ直下-表面層	(19.1)	57.1	-	5.8	-	-	18.0	-	-	
24	ダクト上部フレキ直下-内層	(7.8)	22.9	-	52.8	-	-	16.5	-	-	
25	ダクト上部フレキ直下(マンホール側へりから600mm)	0.6	3.2	-	75.5	2.9	-	17.8	-	-	
26	ダクト下部吸引ロールバ付着物	-	-	5.1	6.1	-	49.6	39.2	-	-	
27	カメラレンズ(CCD)付着物	-	2.5	37.7	11.8	-	-	48.0	-	-	
28	温度検出器コネクタ部堆積物-表面層	-	30.7	18.7	27.5	-	-	23.1	-	-	
29	温度検出器コネクタ部堆積物-最下層	(8.2)	15.2	-	58.1 ^a	-	-	18.5	-	-	*2 Na ₂ O+Al化合物
30	温度検出器-外装板表面	-	-	41.2	41.9	9.6	-	0.0	7.3	-	
31	温度検出器-フレキシブルチューブ接続部	50.0	15.0	-	-	-	-	30.2	-	4.8 ^a	*3 有機物と推定
32	温度検出器-フレキシブルチューブ最下部	1.8	25.2	-	45.1	-	-	18.2	1.0	8.7 ^a	*4 Ca化合物+有機物と推定

表7 元素定量結果

[単位: Wt%]

No.	採取位置	全Na	Fe	Ca	Al	Zn
1	受け皿腰壁部(マンホール入口近傍)-表面層	39.1	-	-	-	-
2	受け皿腰壁部(マンホール入口近傍)-下層	55.8	-	-	-	-
3	受け皿内部堆積物(マンホール入口近傍)-表面層	55.4	-	-	-	-
4	受け皿内部堆積物(マンホール入口近傍)-中間層	61.2	<0.1	-	-	-
5	受け皿内部堆積物(マンホール入口近傍)-最下層	67.4	3.27	-	-	-
6	受け皿内部堆積物表面(黒色の落下物)					
7	受け皿内部堆積物漏えい直下-表面層	47.3	-	-	-	-
8	受け皿内部堆積物漏えい直下-中間層	60.2	-	-	-	-
9	受け皿内部堆積物漏えい直下-最下層	65.0	5.98	-	-	-
10	受け皿内部(圧力計下)-堆積物の無い所	40.6	-	-	-	-
11	受け皿腰壁部奥-表層	40.4	-	-	-	-
12	受け皿腰壁部奥-下層	49.7	-	-	-	-
13	受け皿内部堆積物(TE-3109近傍)-表層	46.8	-	-	-	-
14	受け皿内部堆積物(TE-3109近傍)-下層	58.9	-	-	-	-
15	受け皿内部堆積物(中心部)-表面~中間層	70.8	0.12	-	-	-
16	受け皿内部堆積物(中心部)-下層	50.6	15.89	-	3.87	0.79
17	グレーチング真上T/C支持棒(団子状)	73.0	0.12	-	-	-
18	グレーチング堆積物-クレータ(マンホール側)	67.8	-	-	-	-
19	グレーチング側面部	44.0	-	-	-	-
20	グレーチング上部堆積物(格子に挟まっていたもの)	70.5	1.24	-	-	-
21	ダクト下面付着物-表面層(ダクト奥から900mm)	59.2	-	-	-	-
22	ダクト下面付着物-内層(ダクト奥から900mm)	70.7	-	-	-	-
23	ダクト上部フレキ直下-表面層	64.9	-	-	-	-
24	ダクト上部フレキ直下-内層	67.6	-	-	-	-
25	ダクト上部フレキ直下(マンホール側へりから600mm)	67.9	-	-	-	-
26	ダクト下部吸引ロルーバ付着物	43.3	-	-	-	-
27	カメラレンズ(CCD)付着物	46.3	-	-	-	-
28	温度検出器コネクタ部堆積物-表面層	56.1	-	-	-	-
29	温度検出器コネクタ部堆積物-最下層	68.0	<0.1	-	0.30	-
30	温度検出器-外装板表面	56.7	2.09	-	-	-
31	温度検出器-フレキシブルチューブ接続部	57.7	-	-	-	-
32	温度検出器-フレキシブルチューブ最下部	58.7	0.28	0.42	-	-

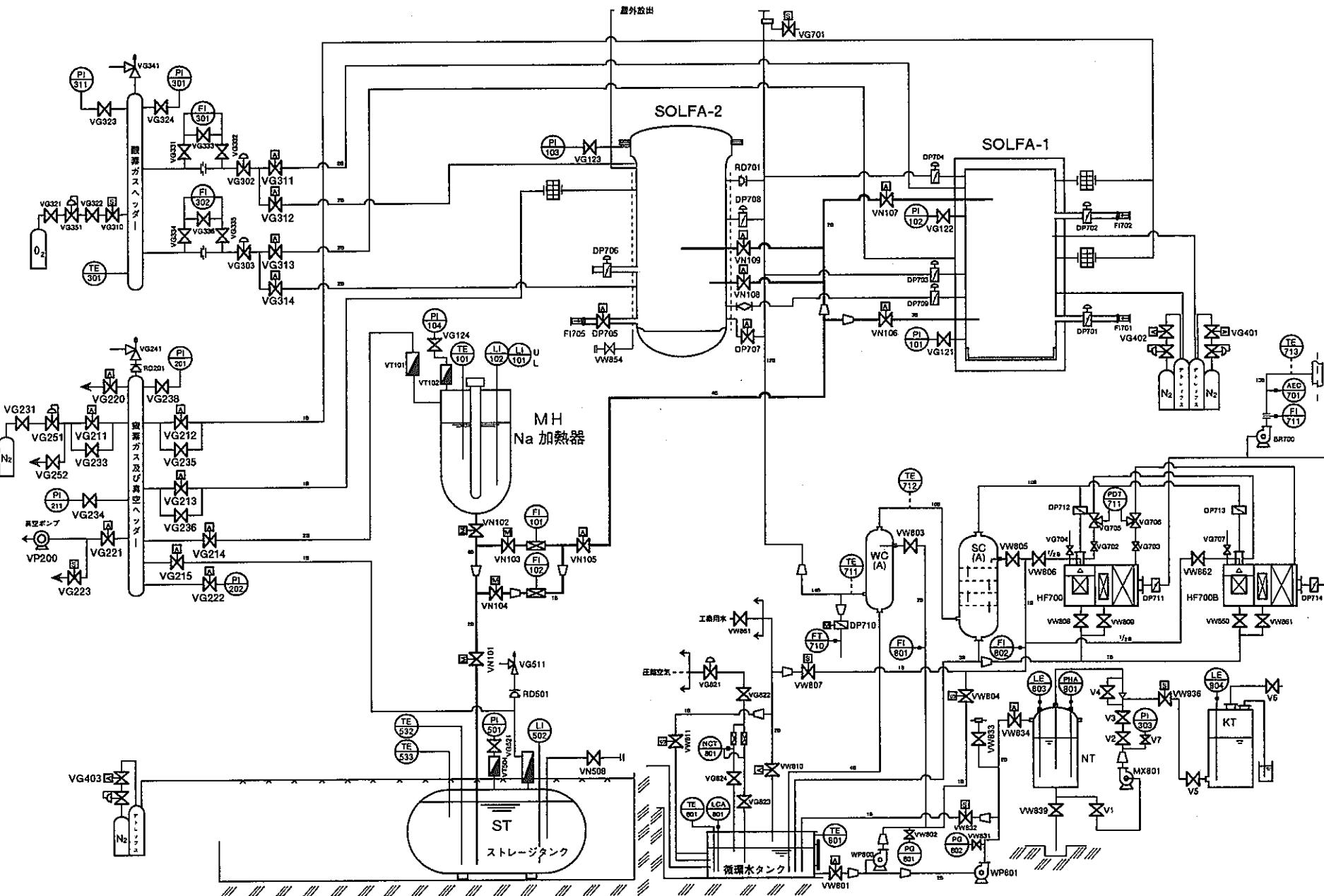


図1 大規模ナトリウム漏えい燃焼試験施設 (SAPFIRE)

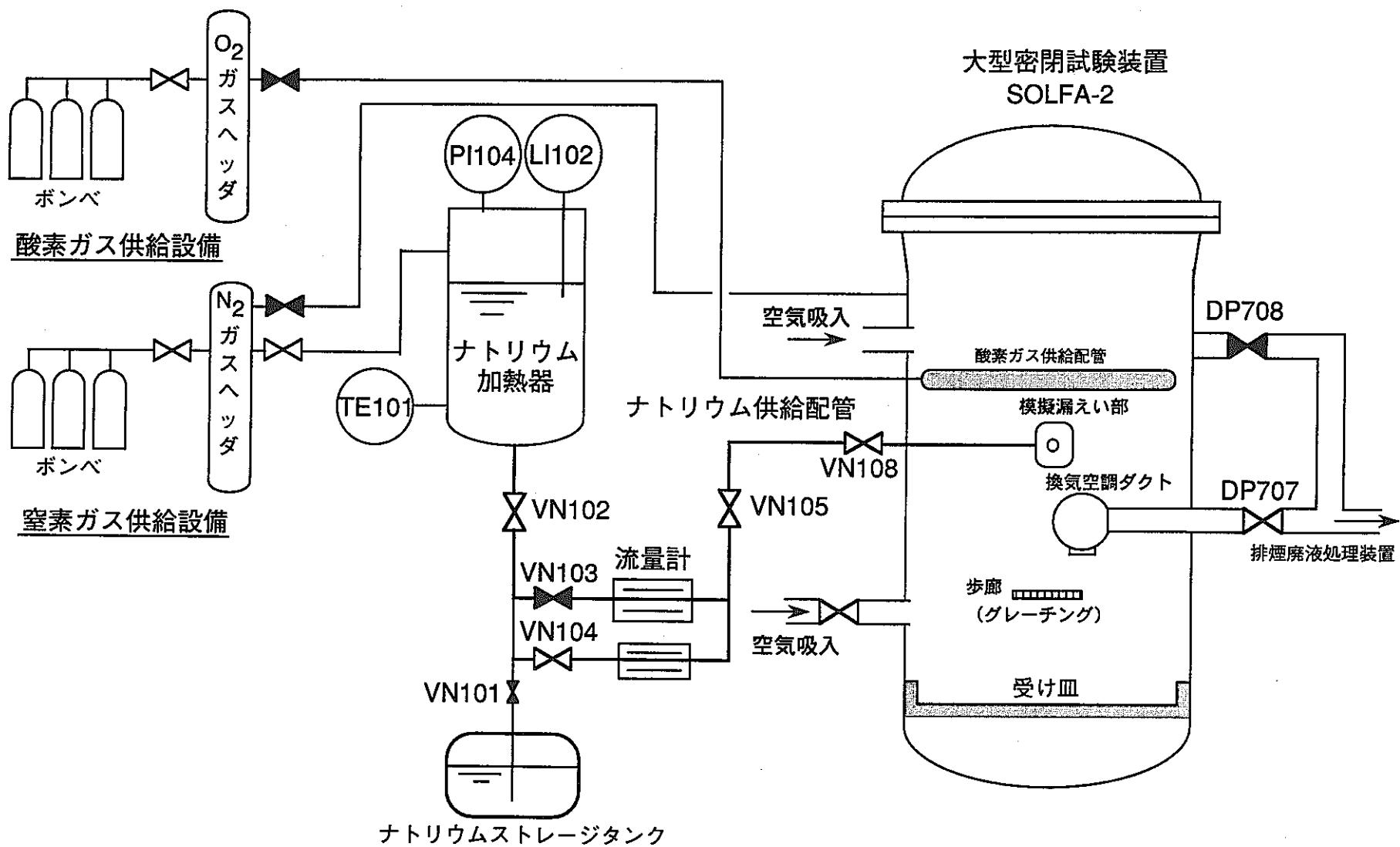
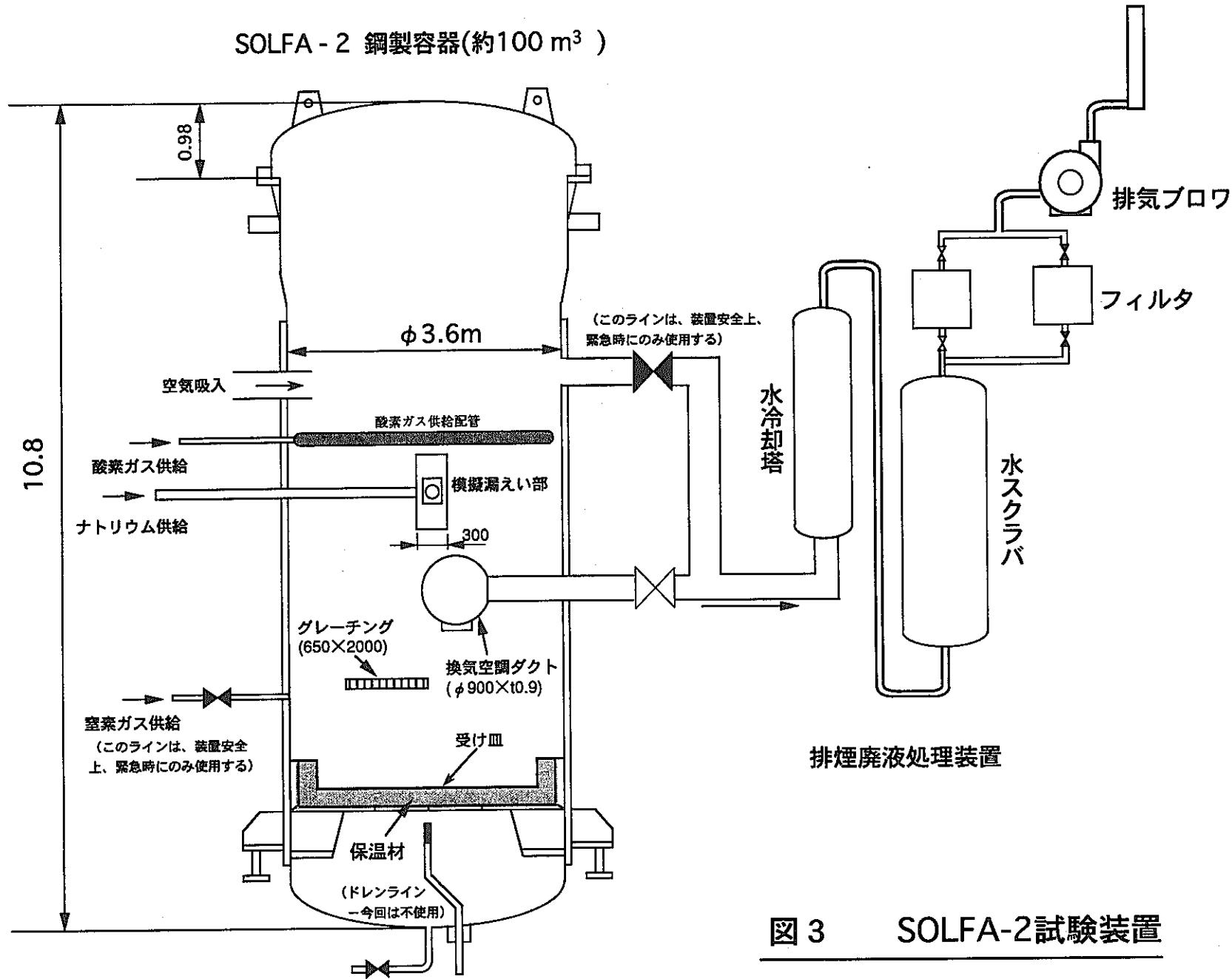


図2 ナトリウム漏えい燃焼実験-Ⅰの試験装置構成



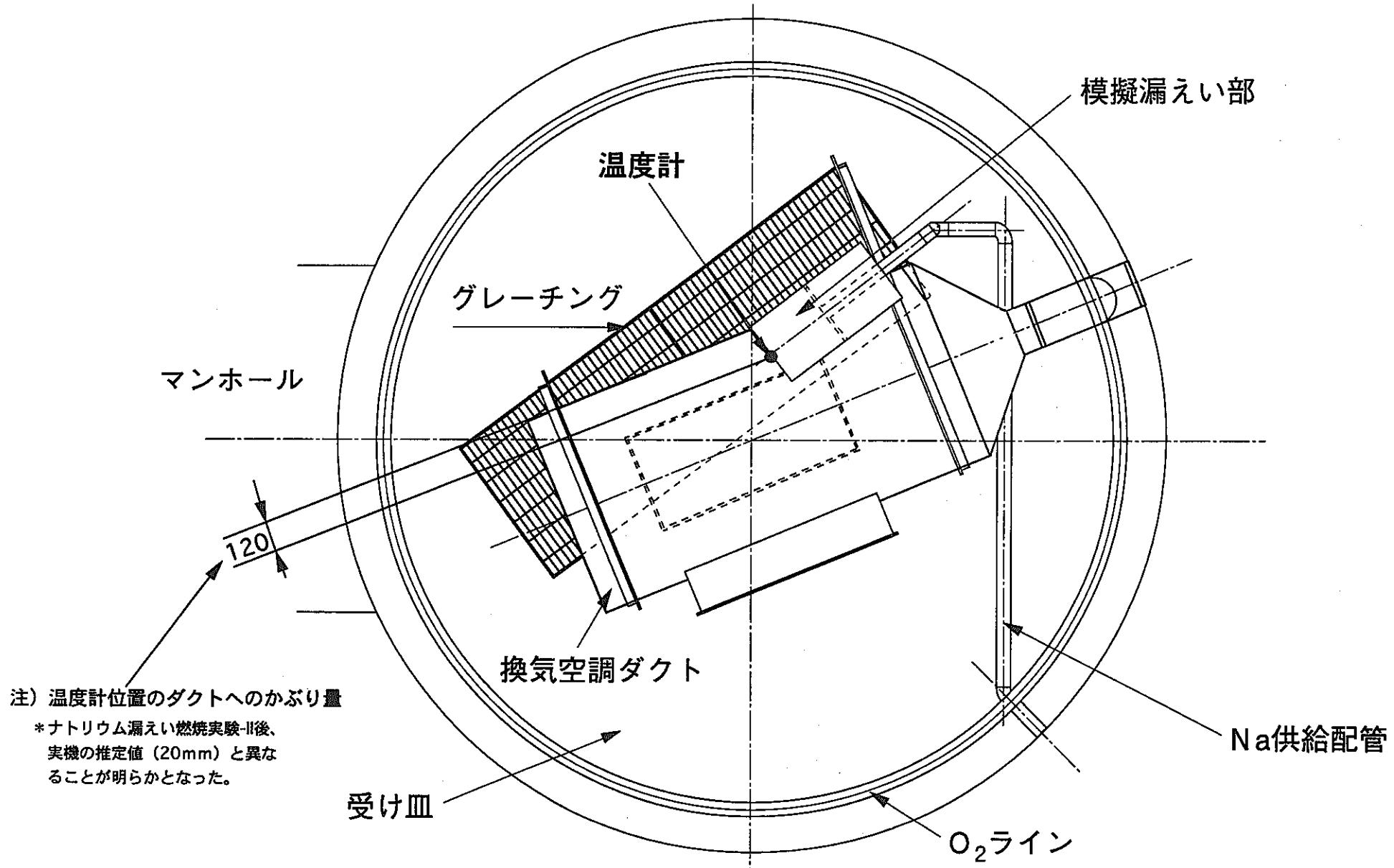


図4 試験体配置図（上面）

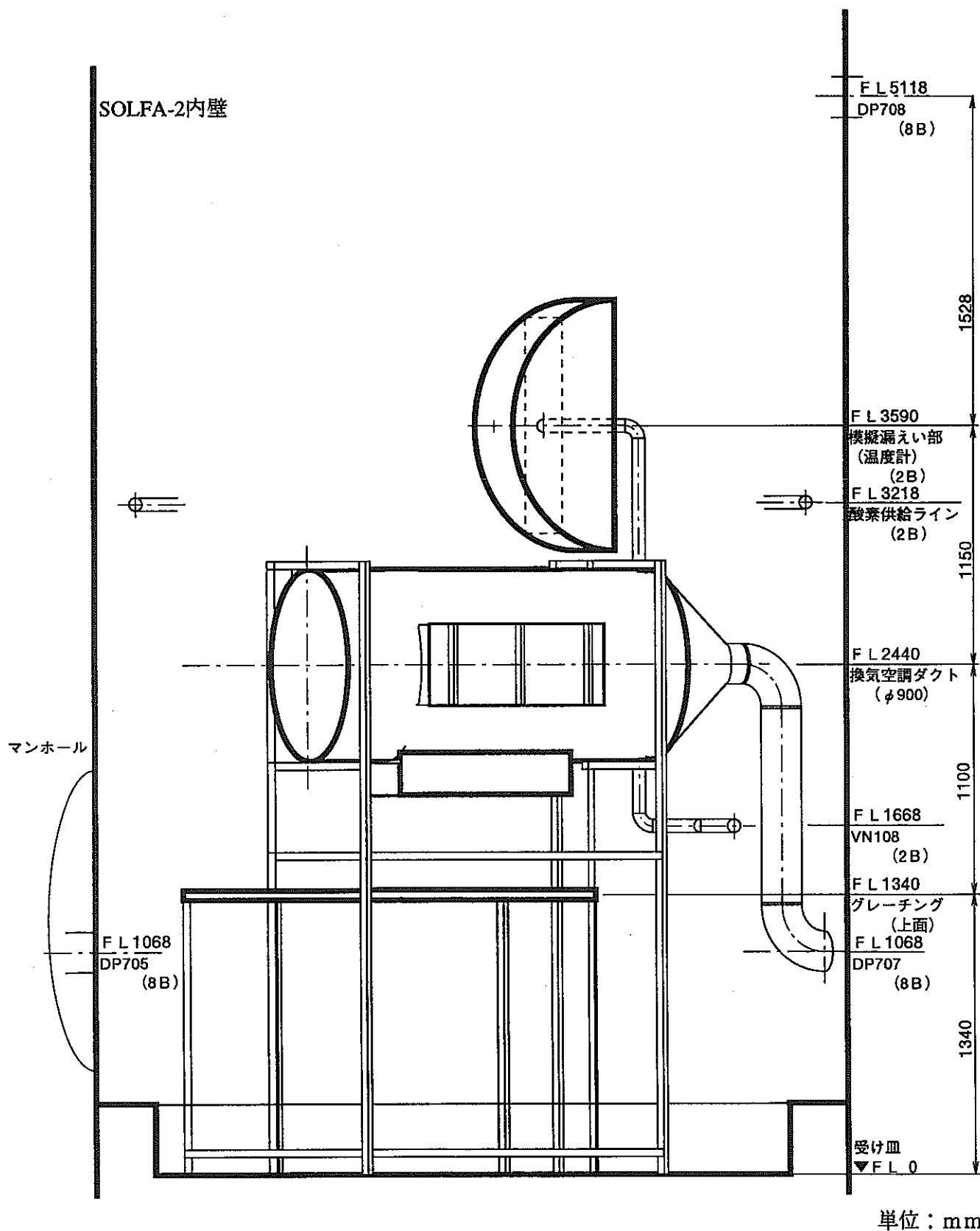


図5 試験体配置図（断面）

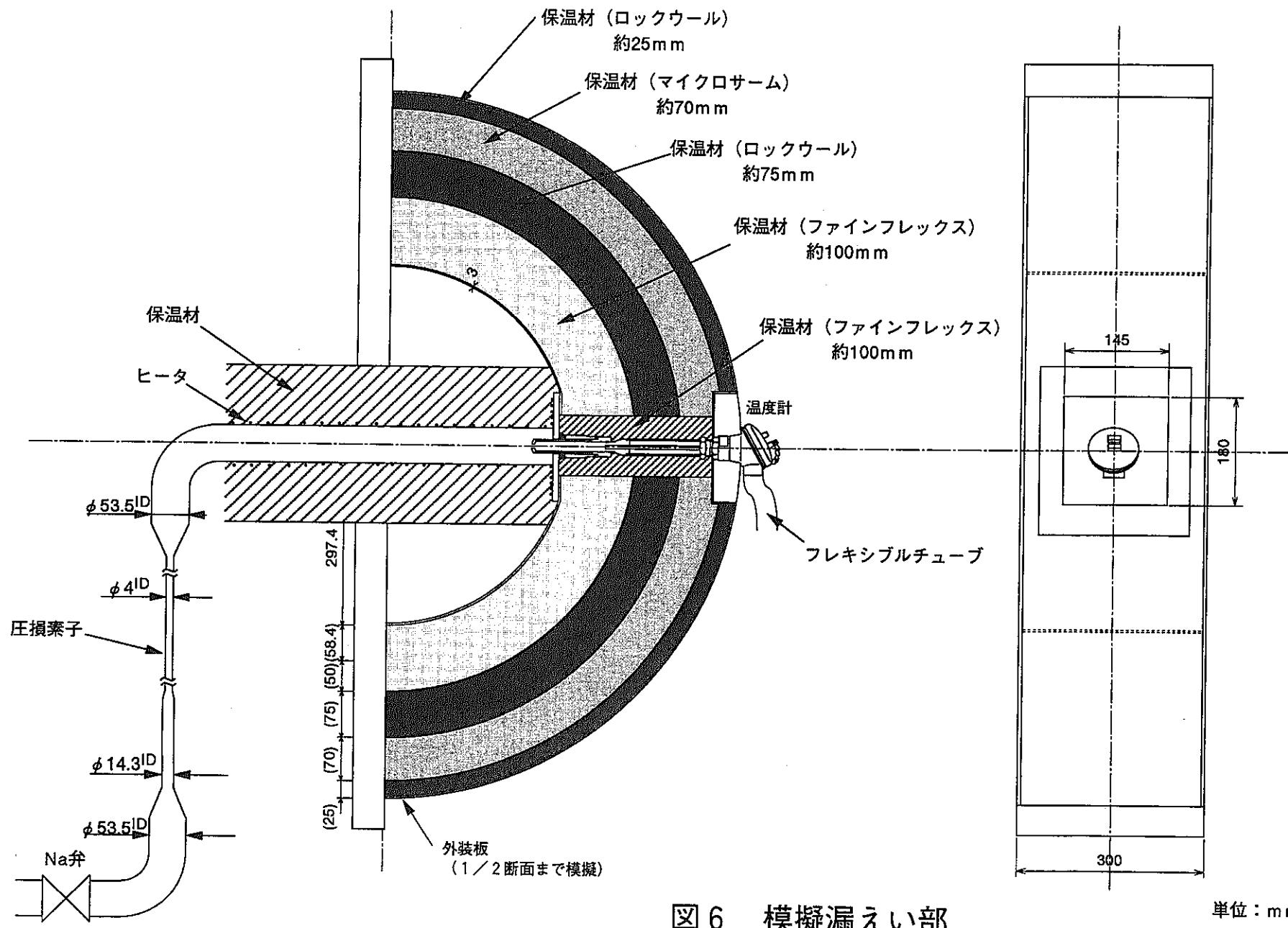
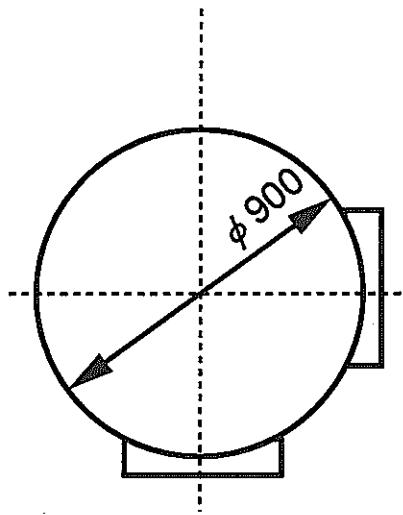
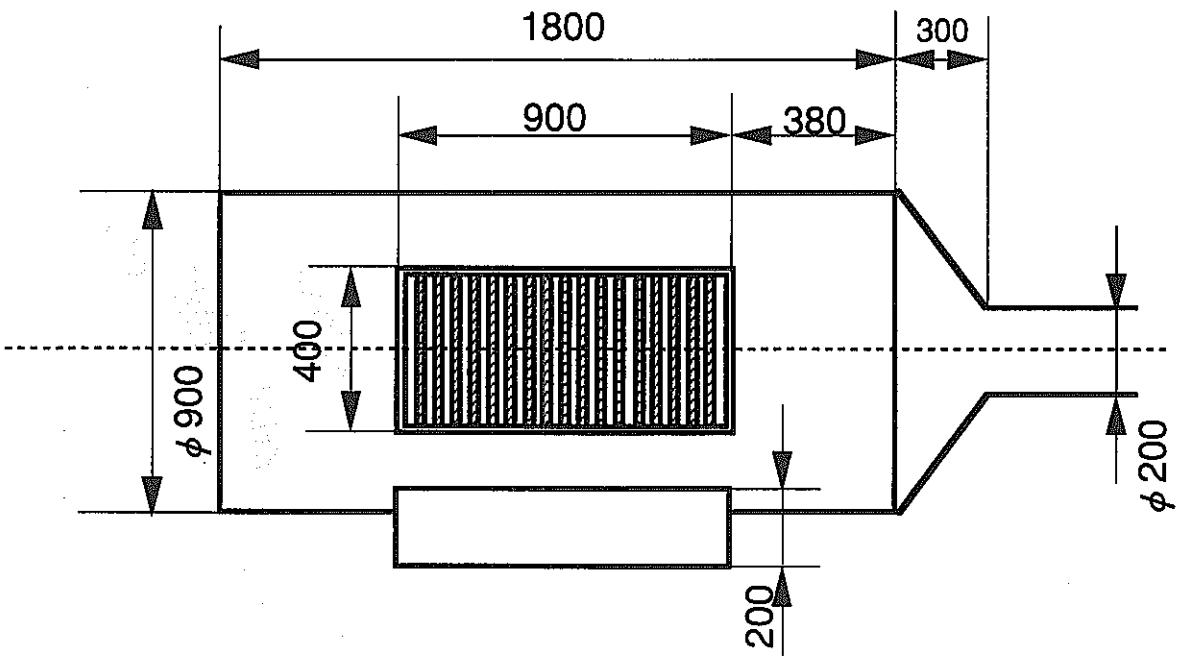


図 6 模擬漏えい部



単位：mm

正面図



側面図

材質：亜鉛鋼板

厚さ：0.8mm

図7 換気空調ダクト

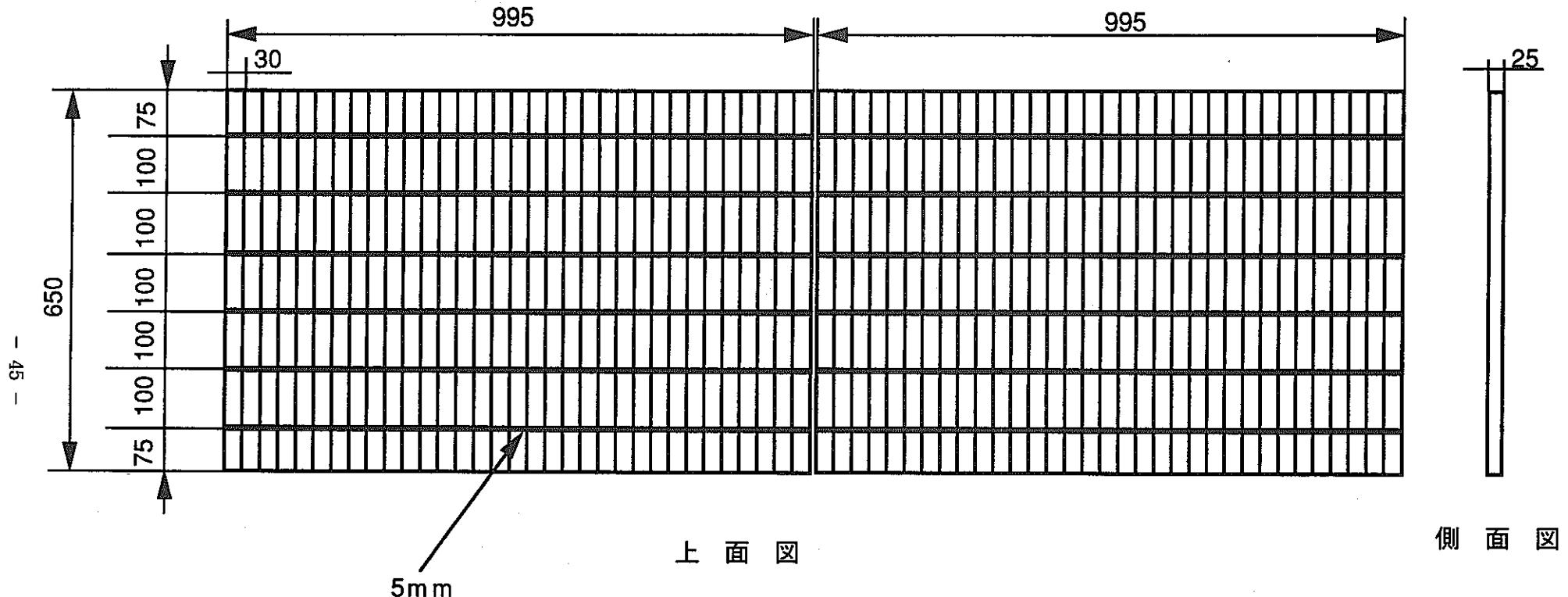
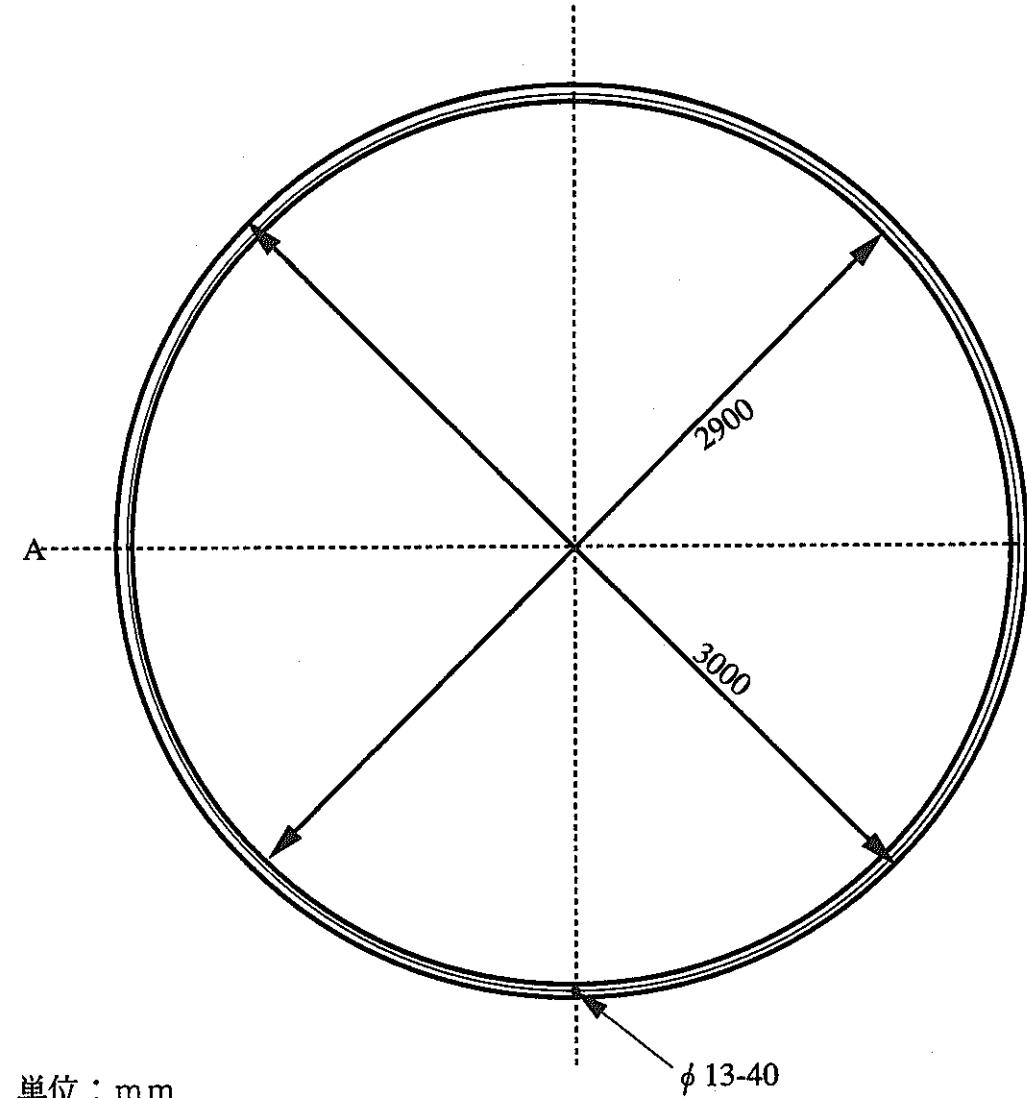


図8 グレーチング図



上面図

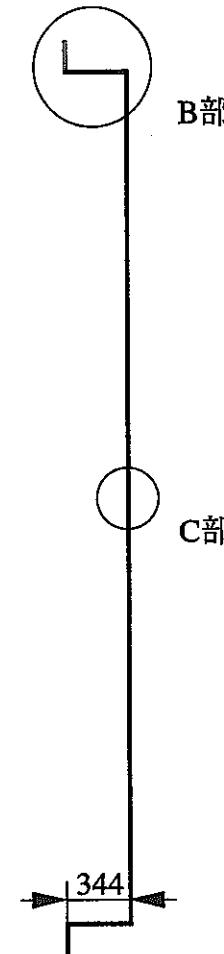
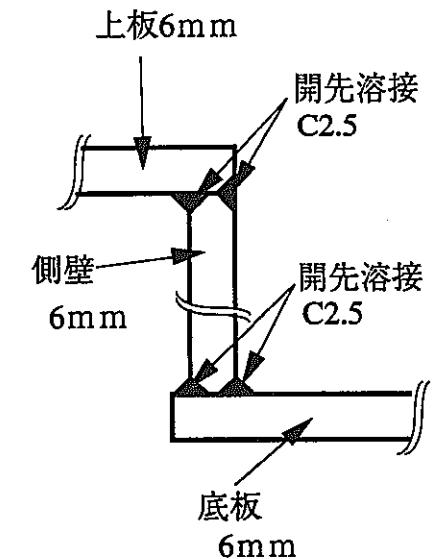
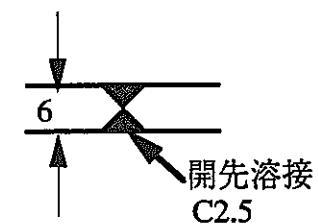


図9 受け皿図

材質 : 炭素鋼材 (SM400B)



B部詳細



C部詳細

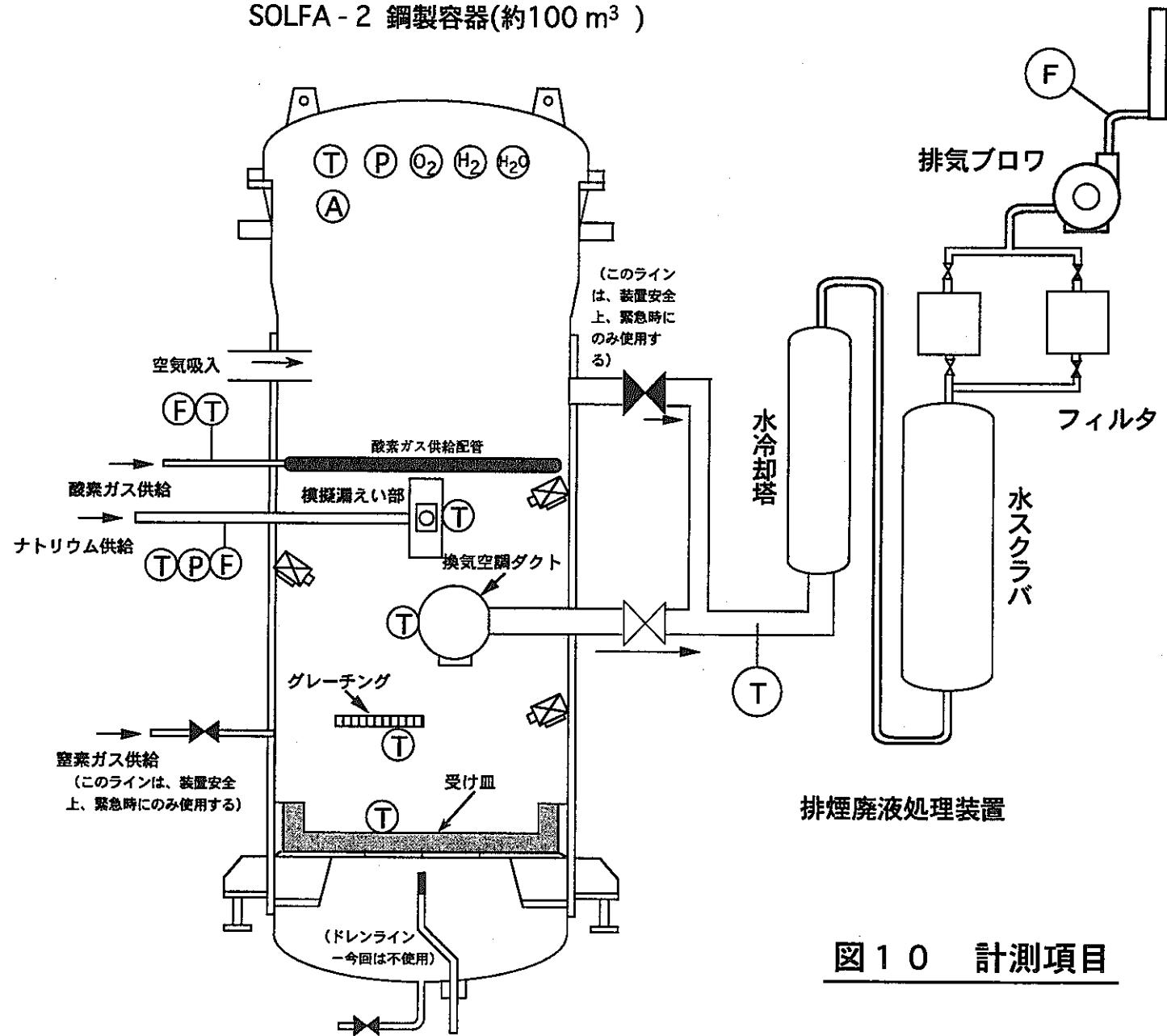
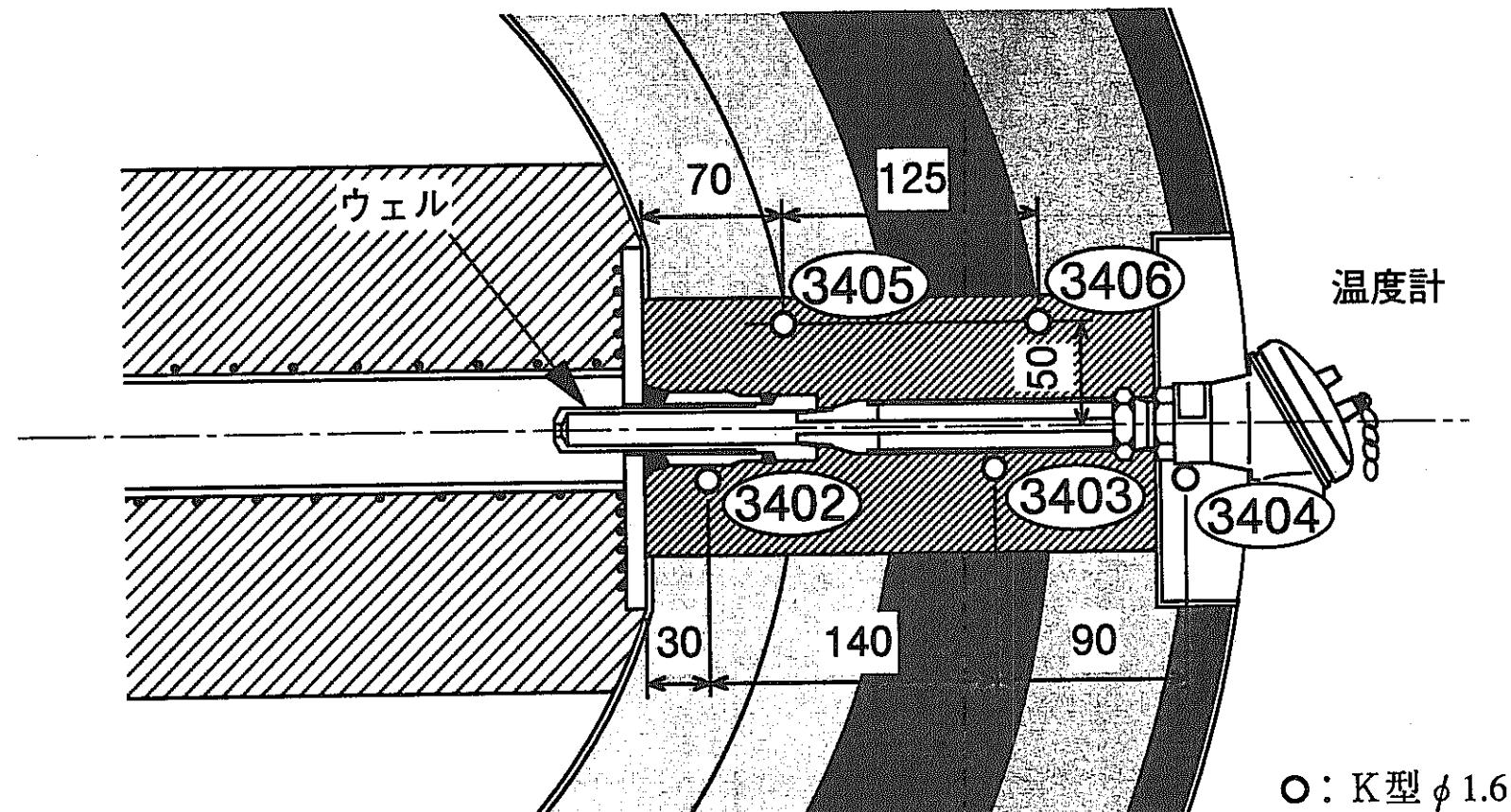
SOLFA - 2 鋼製容器(約100 m³)

図10 計測項目

- | | |
|--------------------|-------------|
| | :ITV,赤外線カメラ |
| (T) | :温 度 |
| (P) | :压 力 |
| (F) | :流 量 |
| (O ₂) | :酸素濃度 |
| (H ₂) | :水素濃度 |
| (A) | :エアロゾル濃度 |
| (H ₂ O) | :湿分濃度 |



単位: mm

図 1 1 温度計熱電対取付図

単位: mm

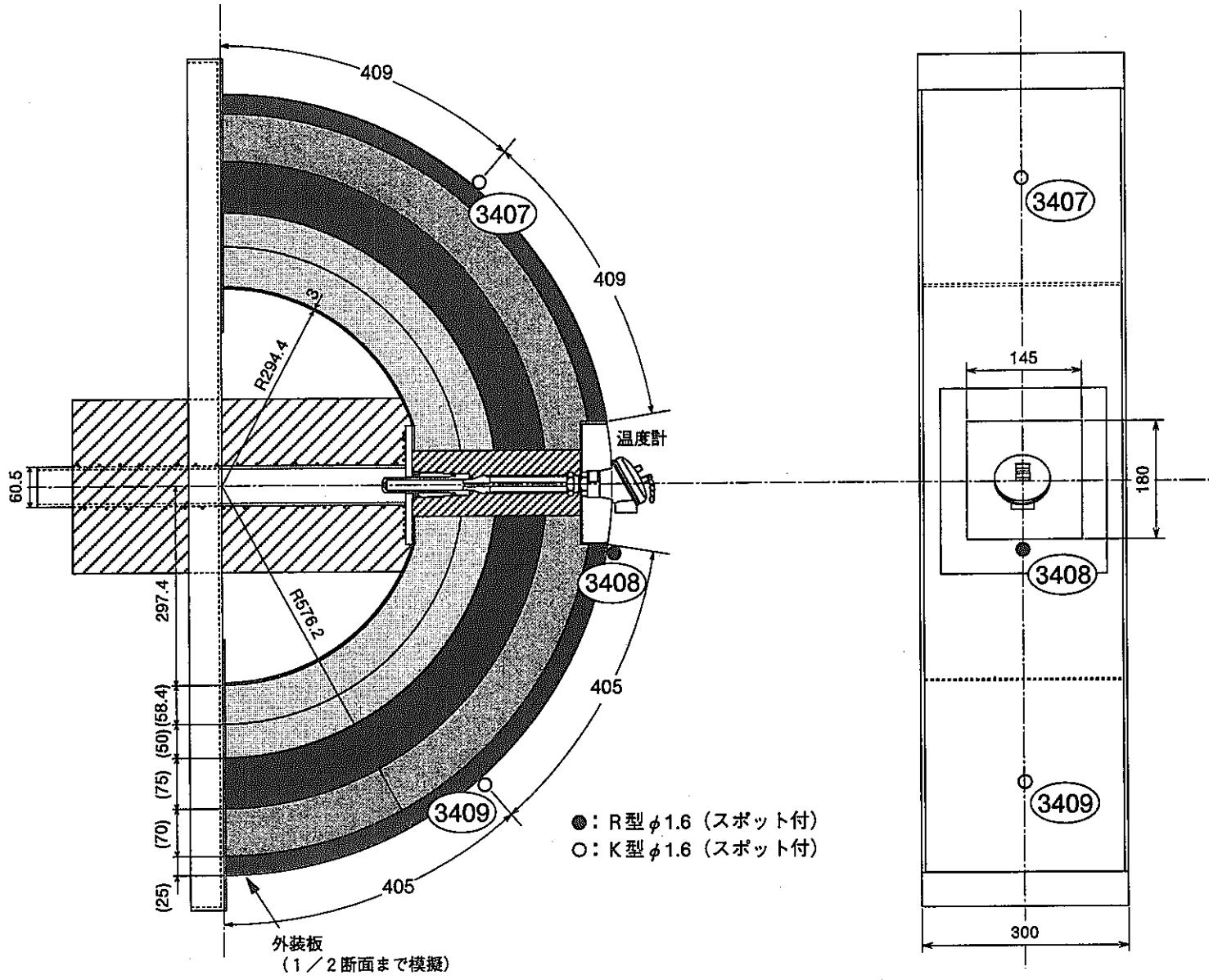
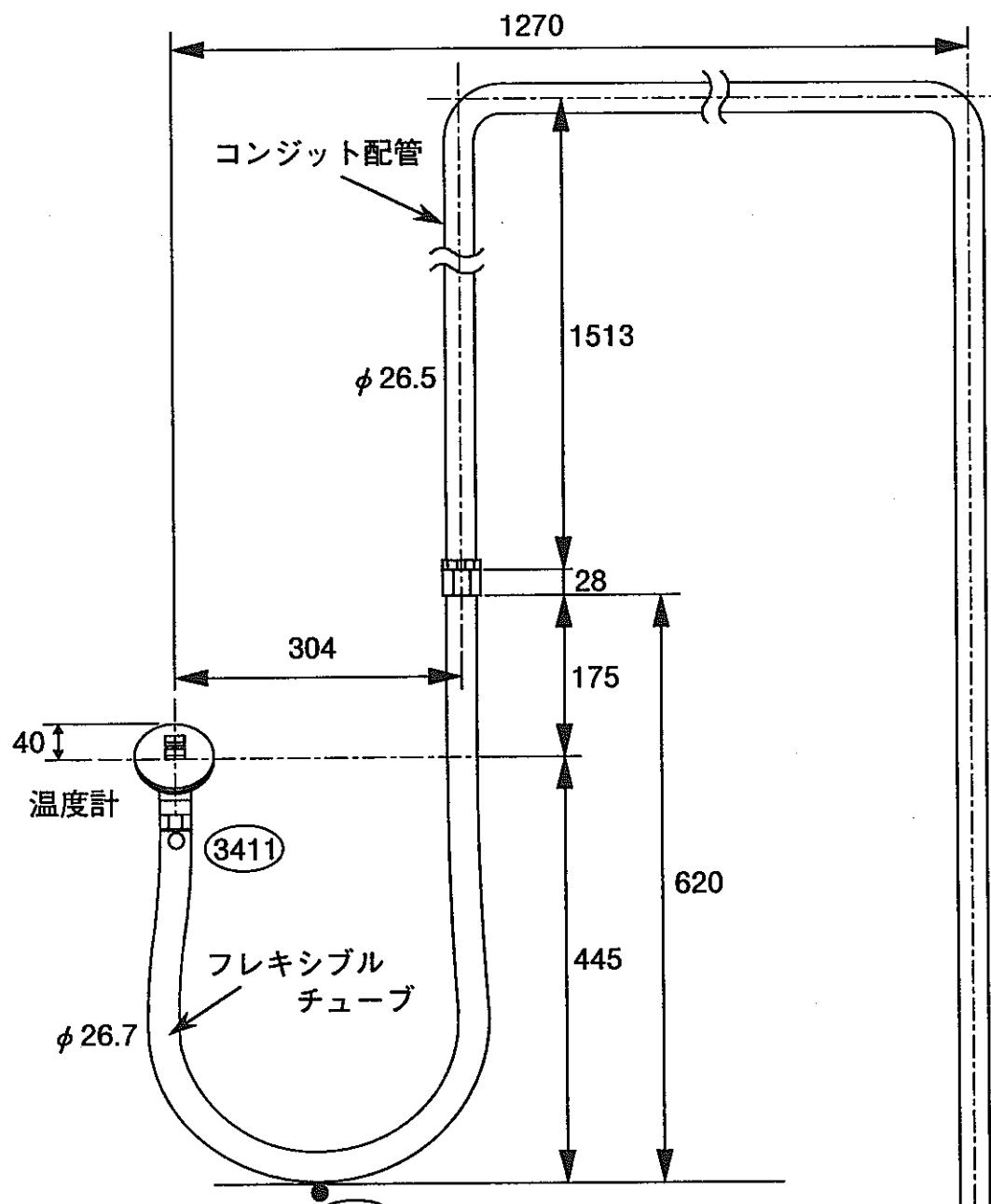


図12 外装板熱電対取付図



単位: mm

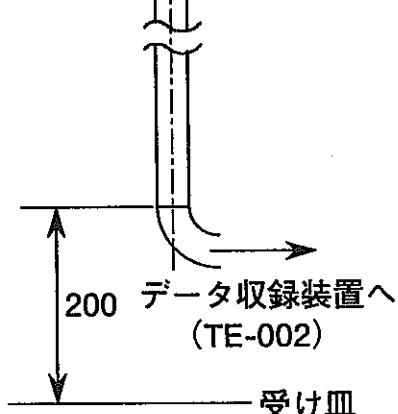
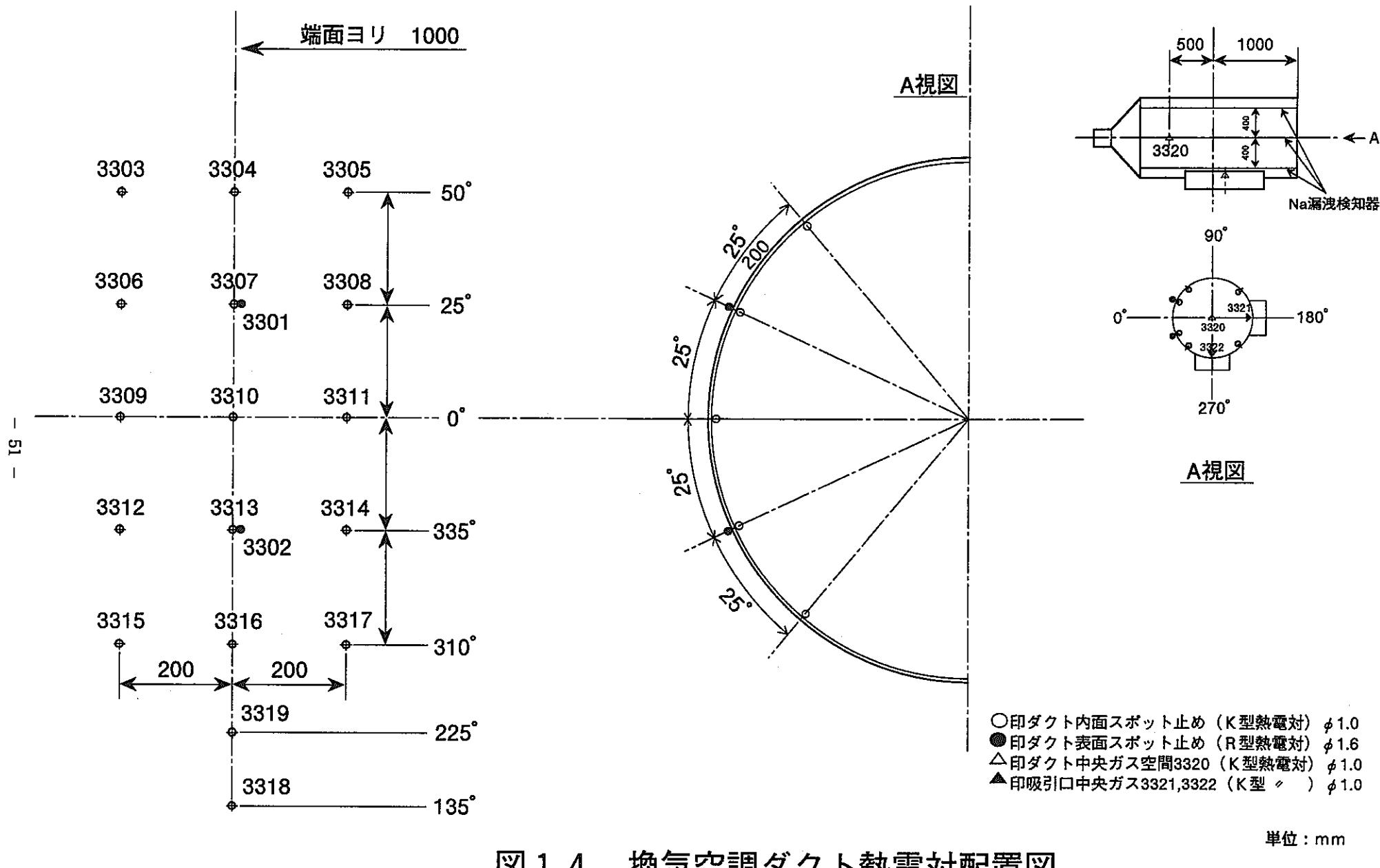
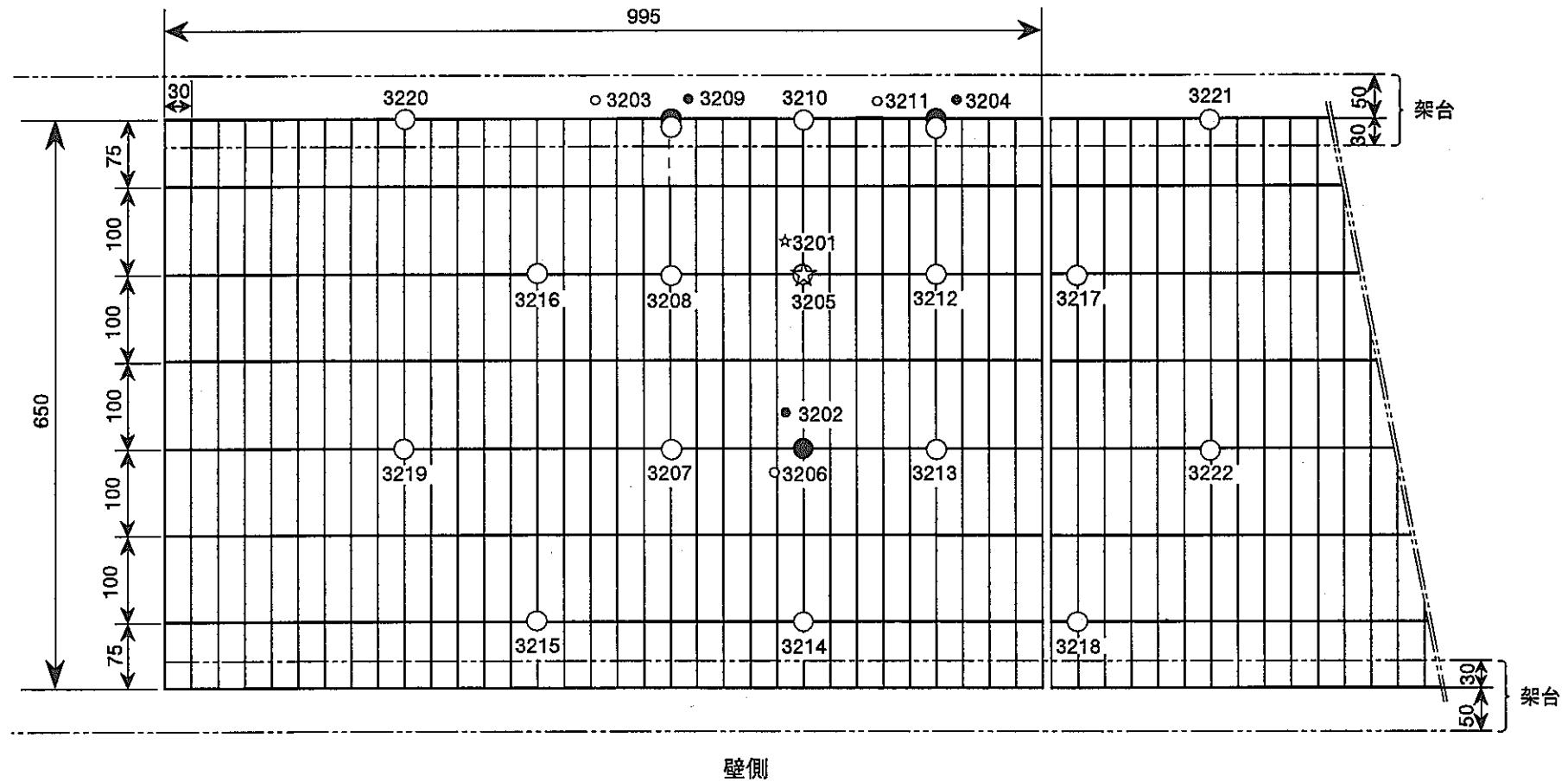


図13 フレキシブルチューブ取付及び熱電対取付図





単位: mm

図15 グレーチング熱電対配置図

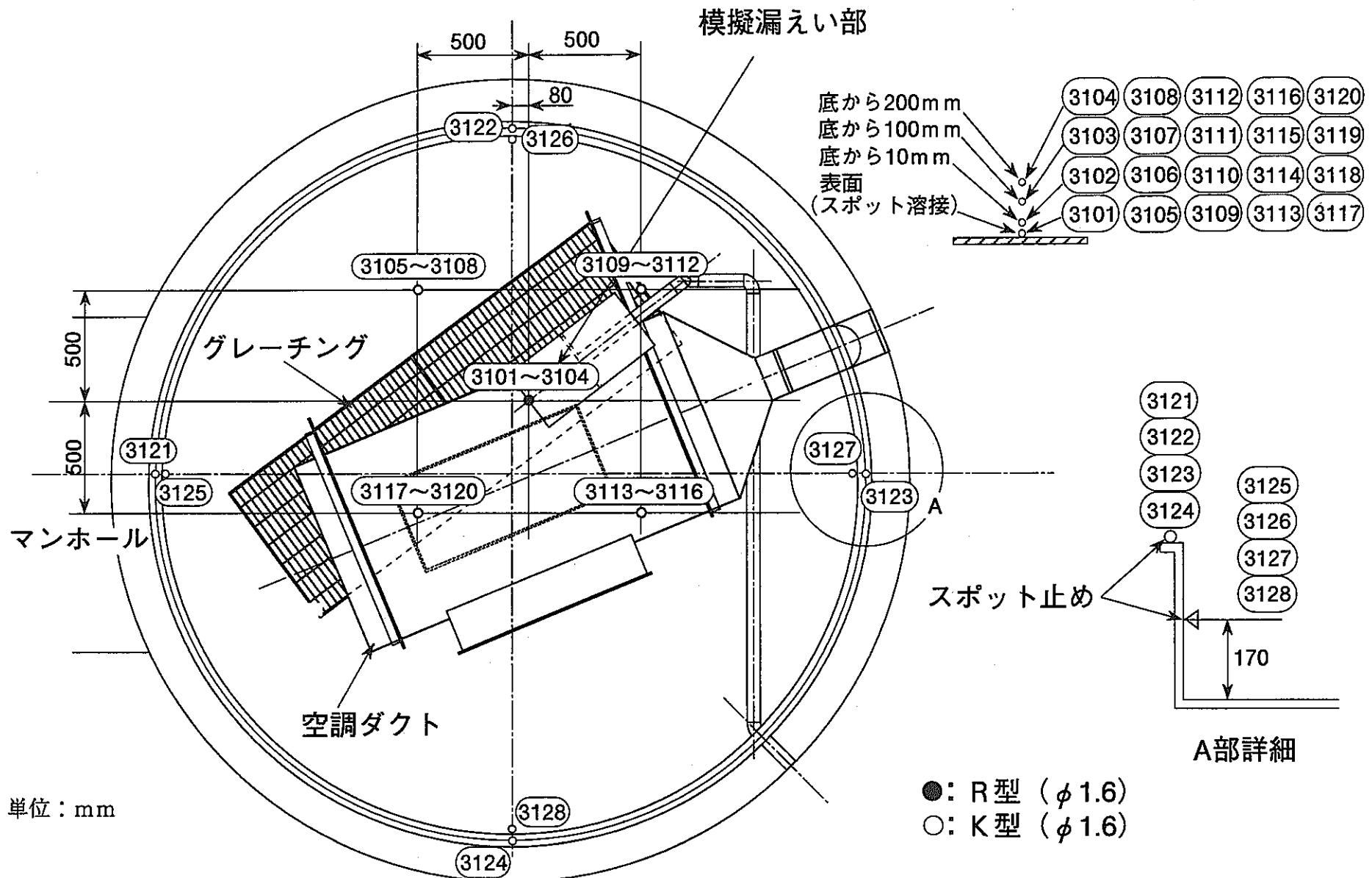


図16 受け皿(表面) 热電対配置図

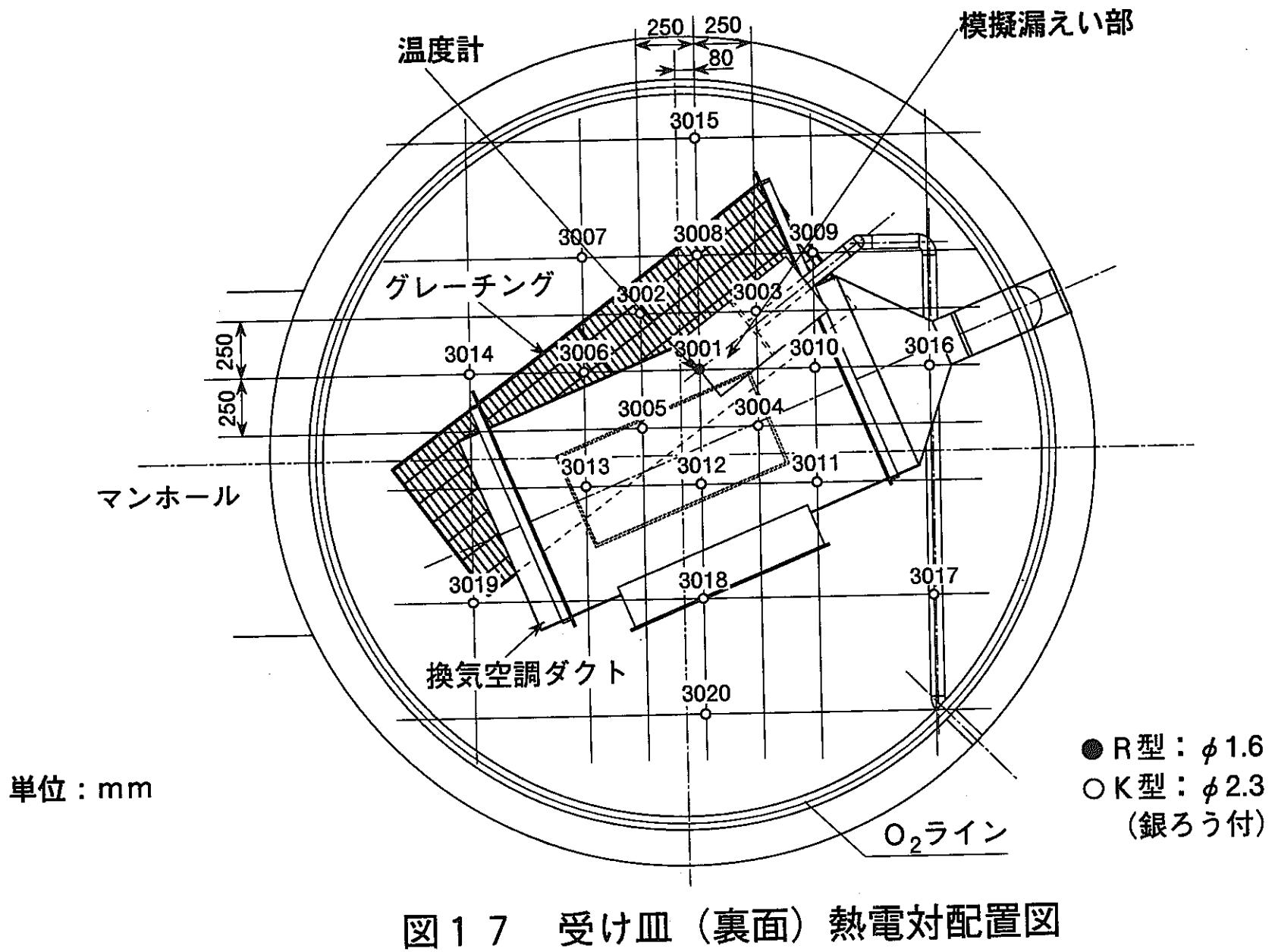


図 17 受け皿 (裏面) 热電対配置図

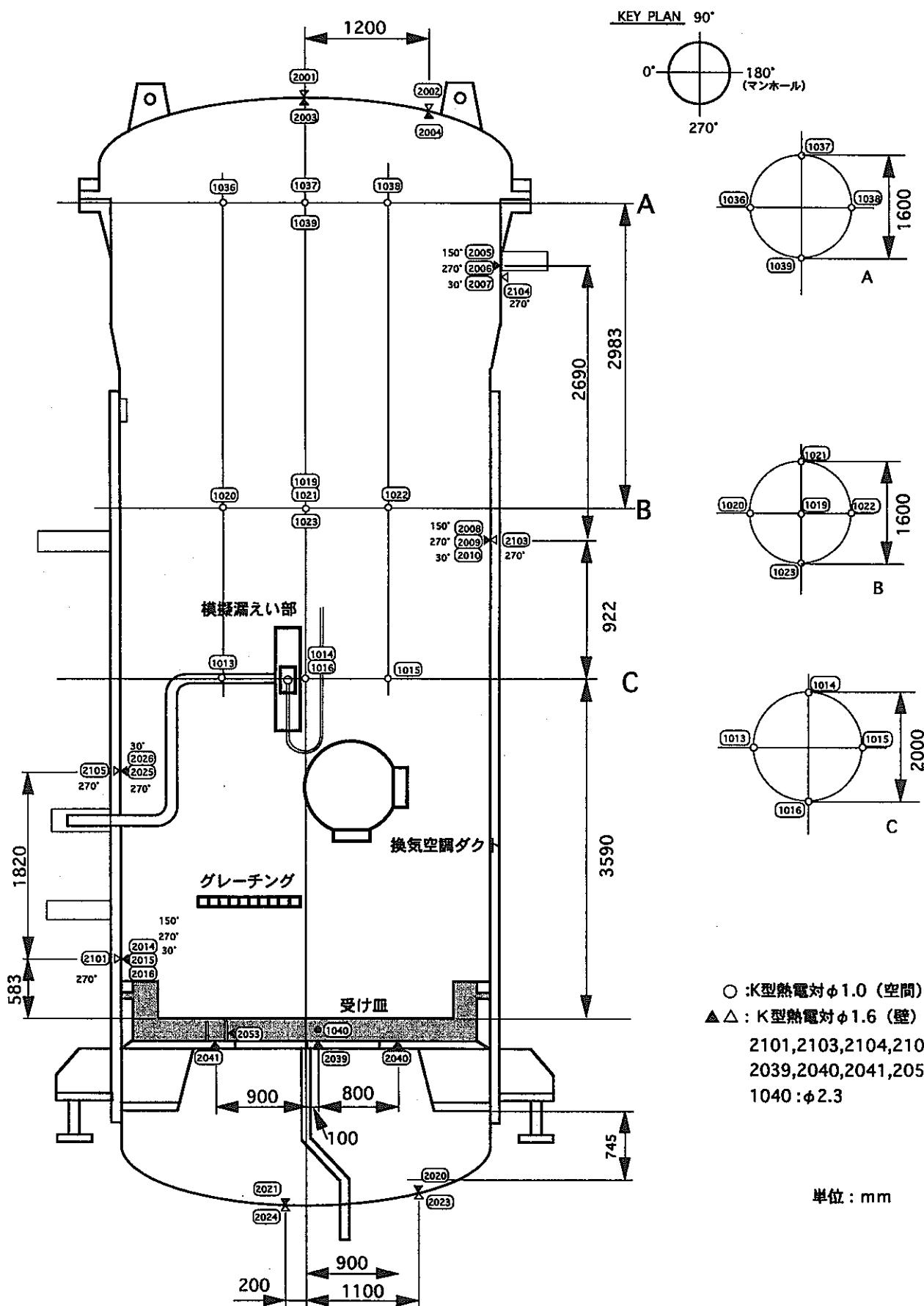
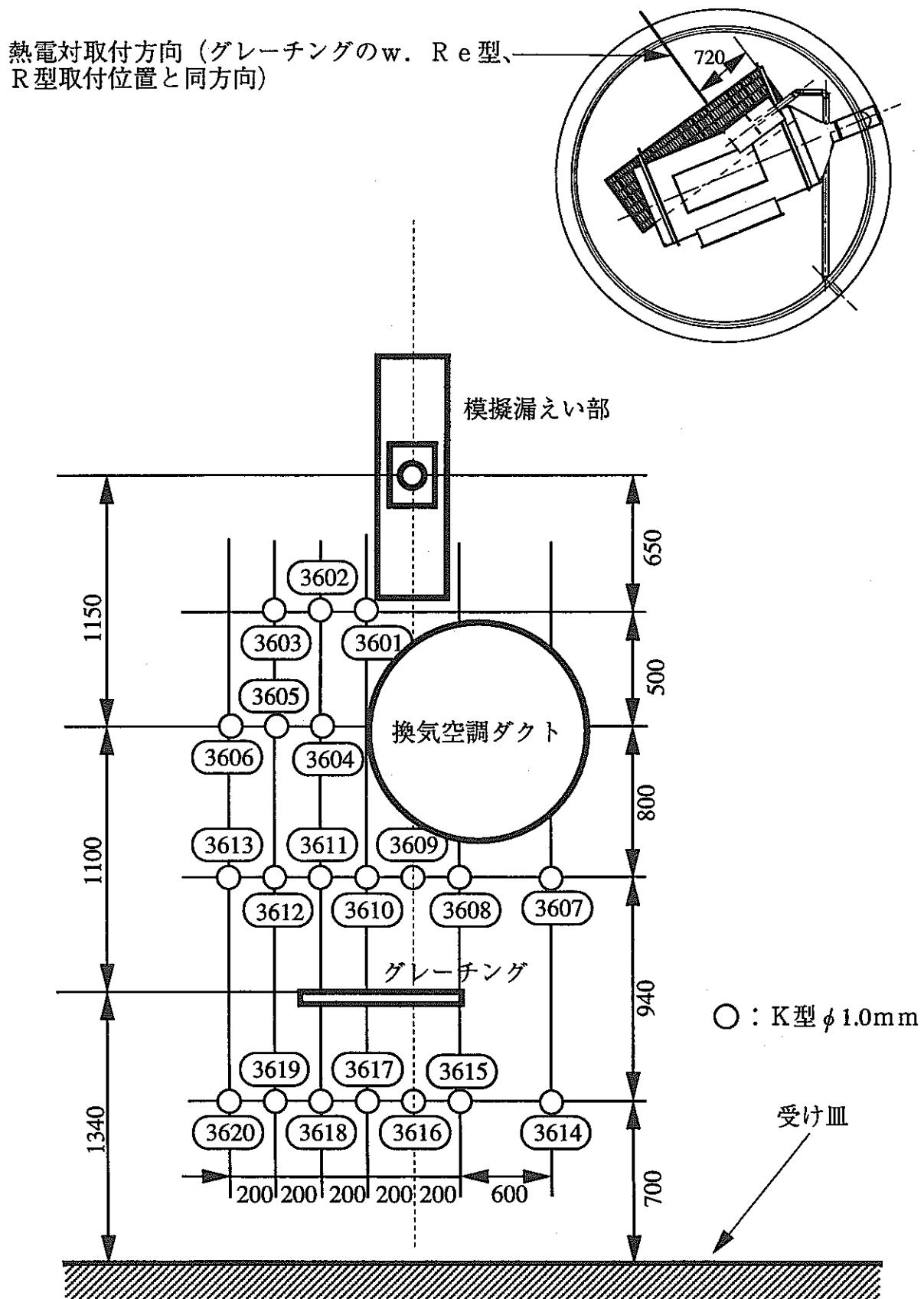


図18 SOLFA-2容器壁、ガス空間熱電対取付図



单位：mm

図19 空間熱電対取付図

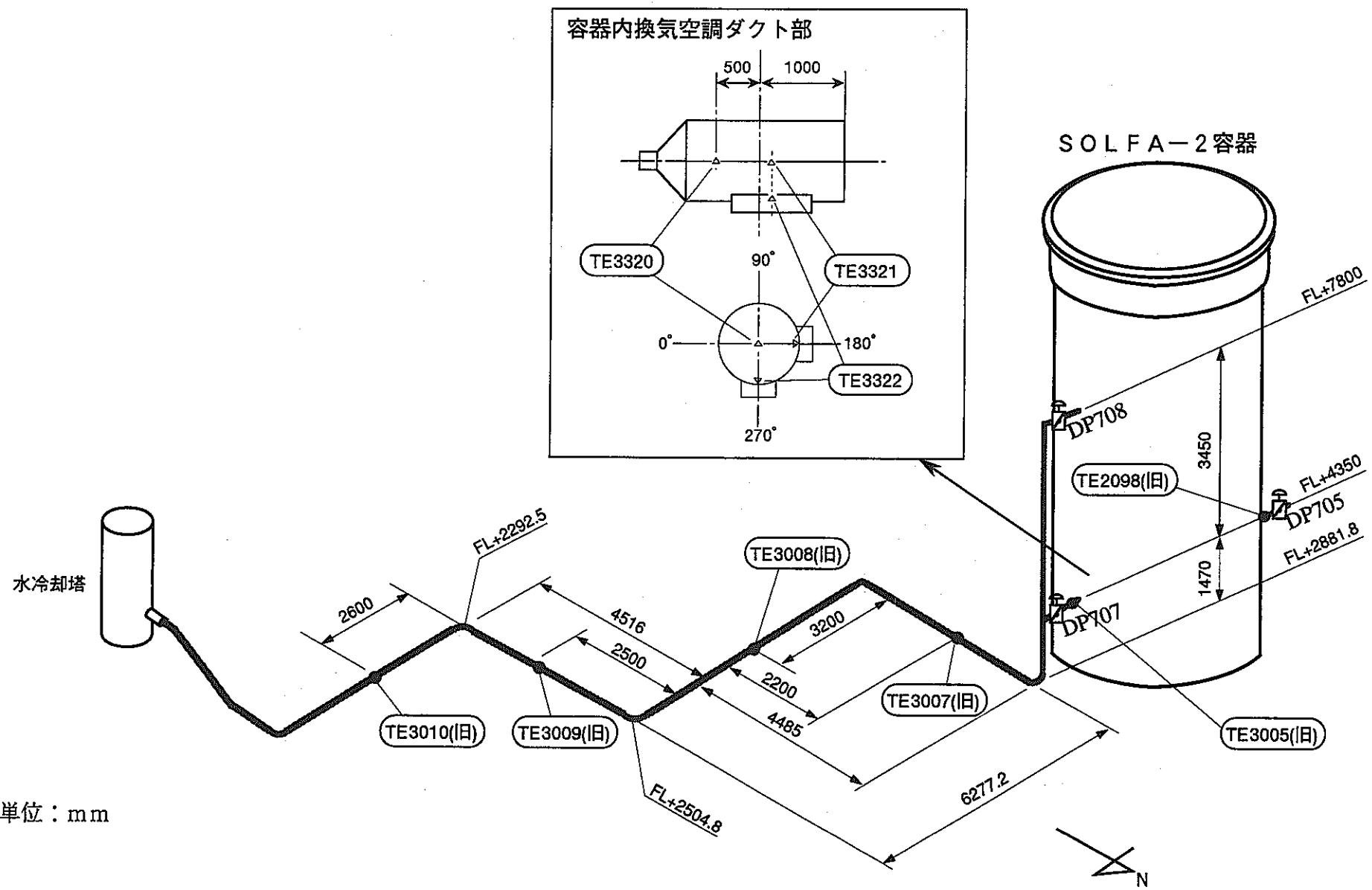


図20 排気ダクト熱電対取付図

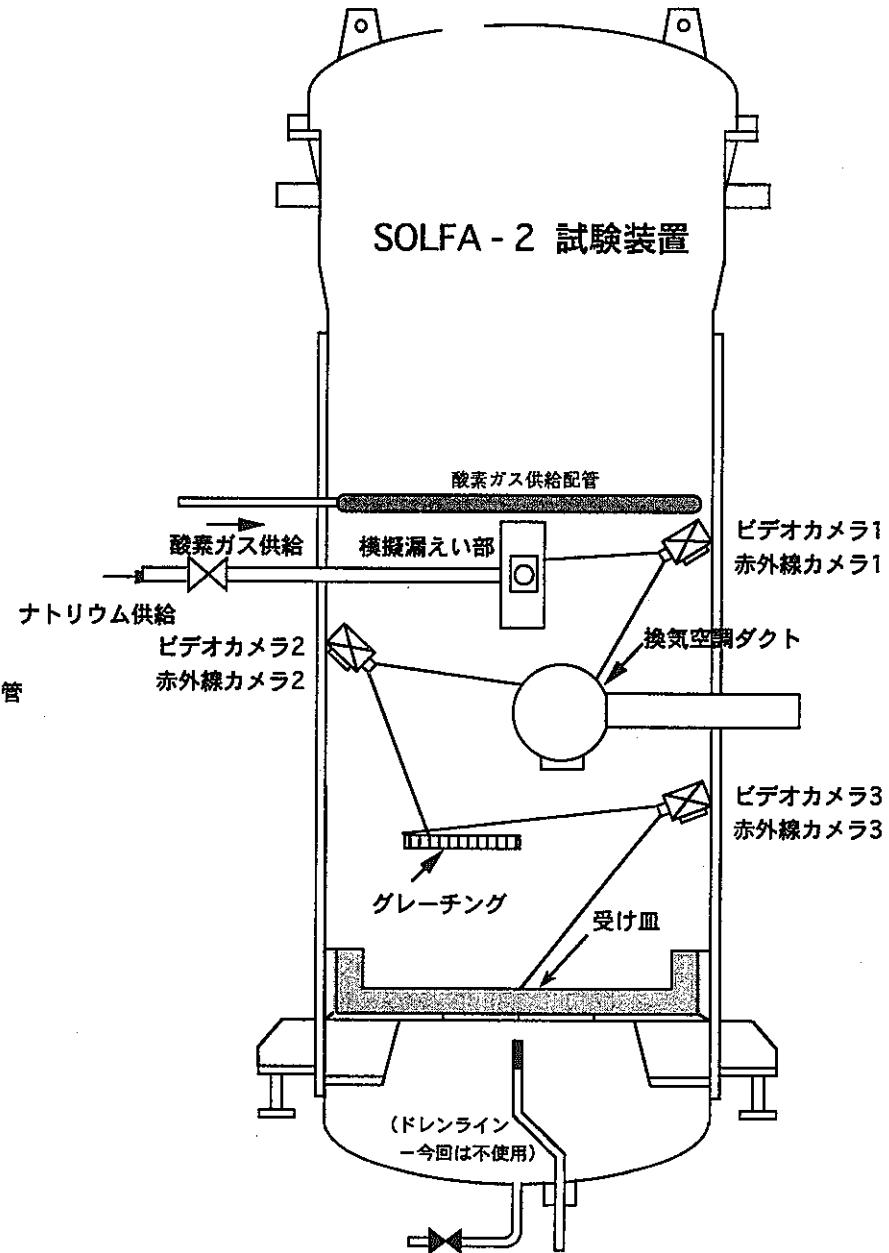
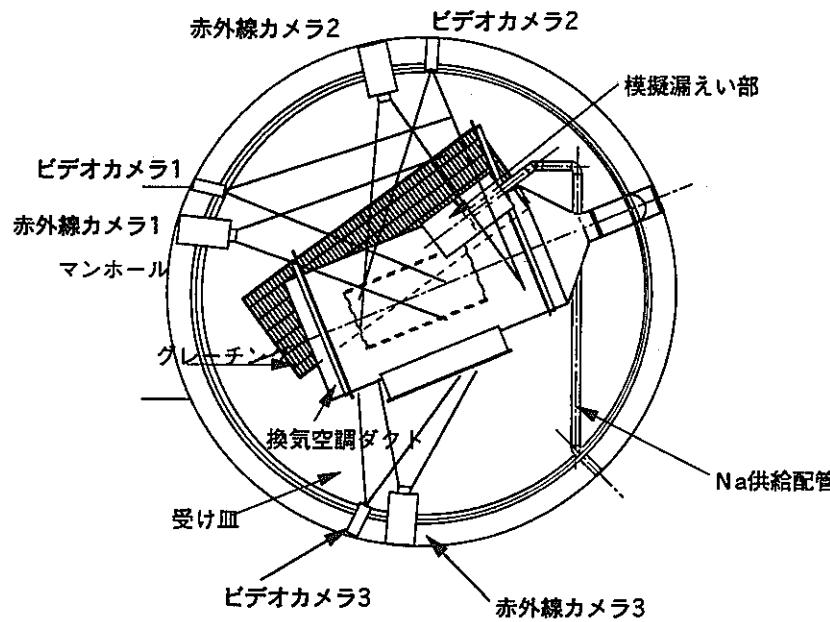


図 21 カメラ配置図

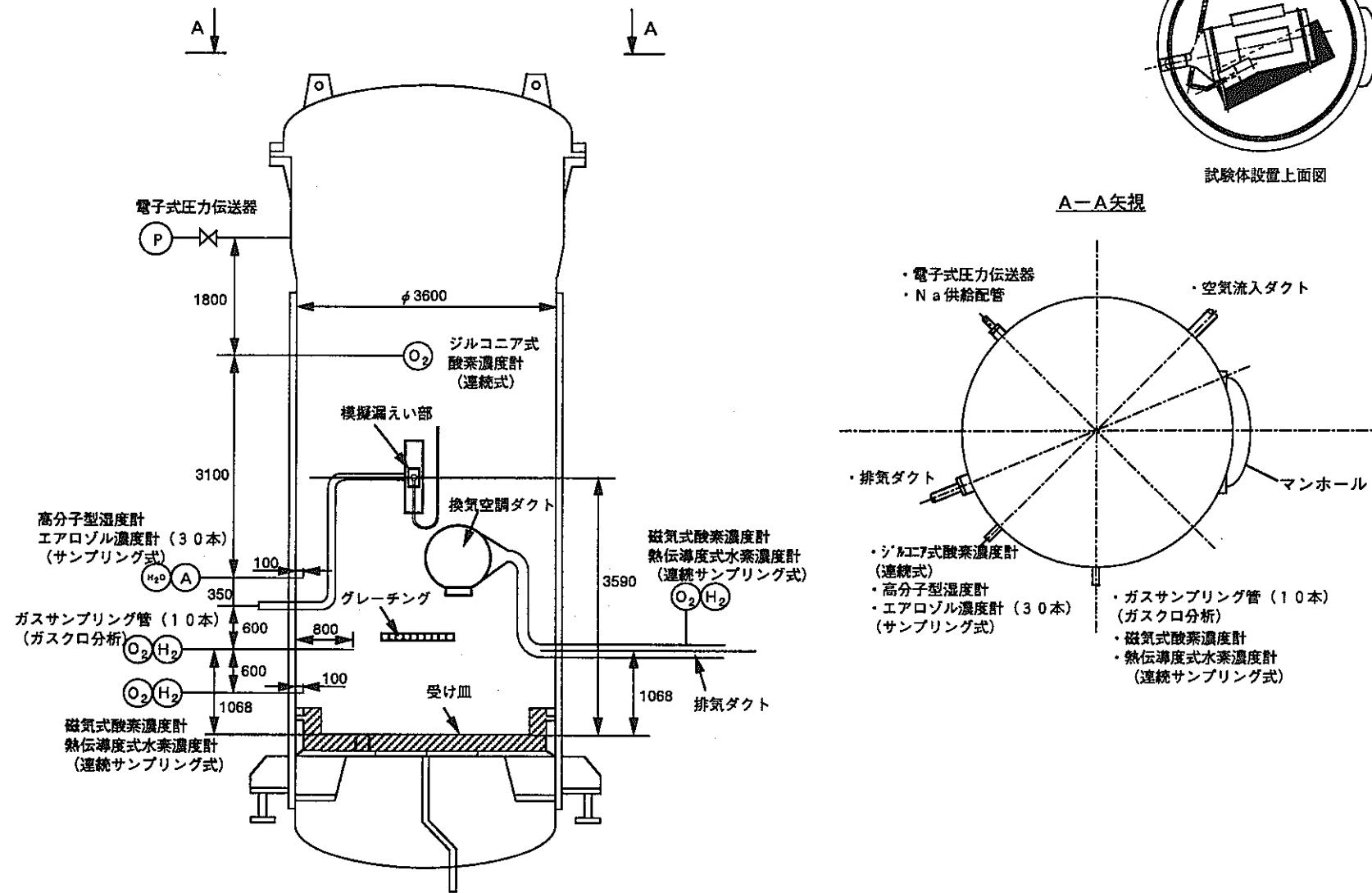


図22 管台使用図

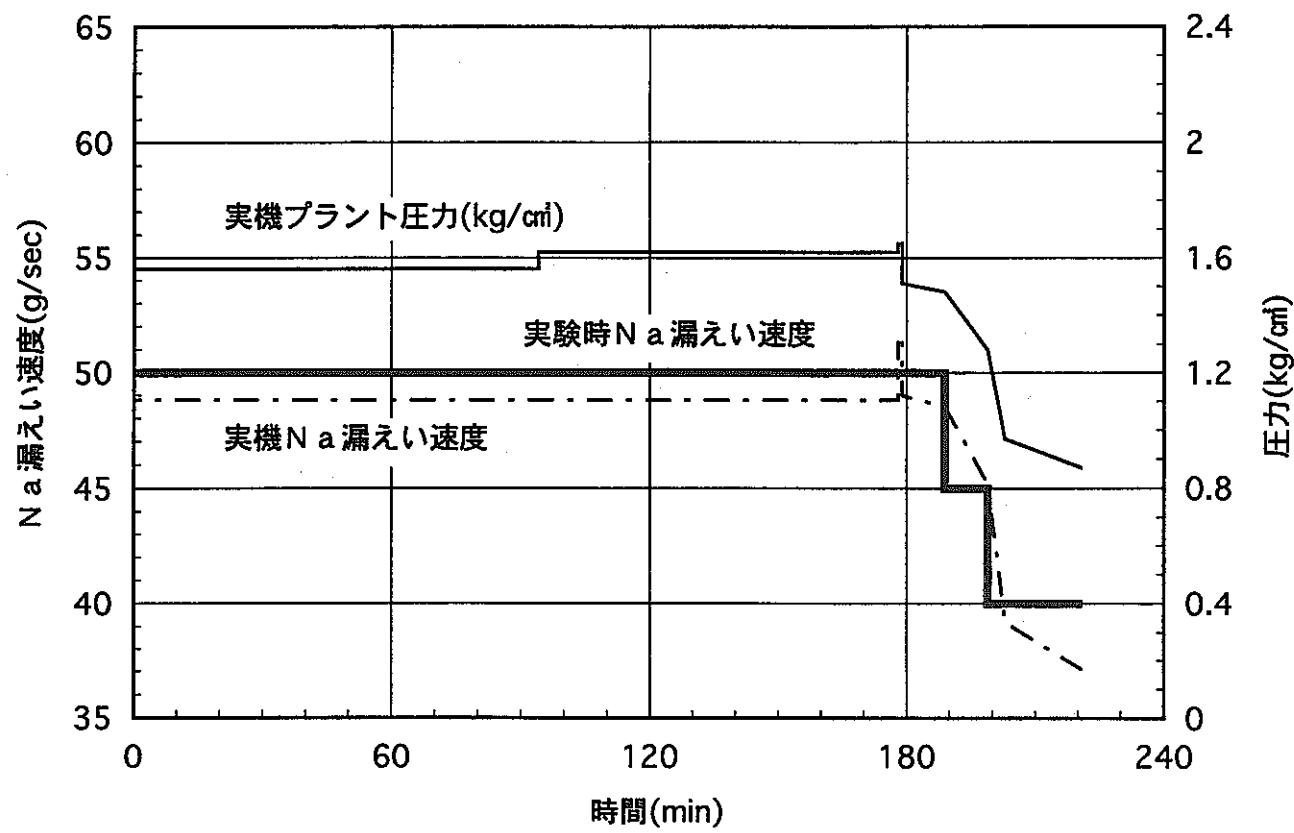


図23 実機Na漏えい速度およびプラント圧力

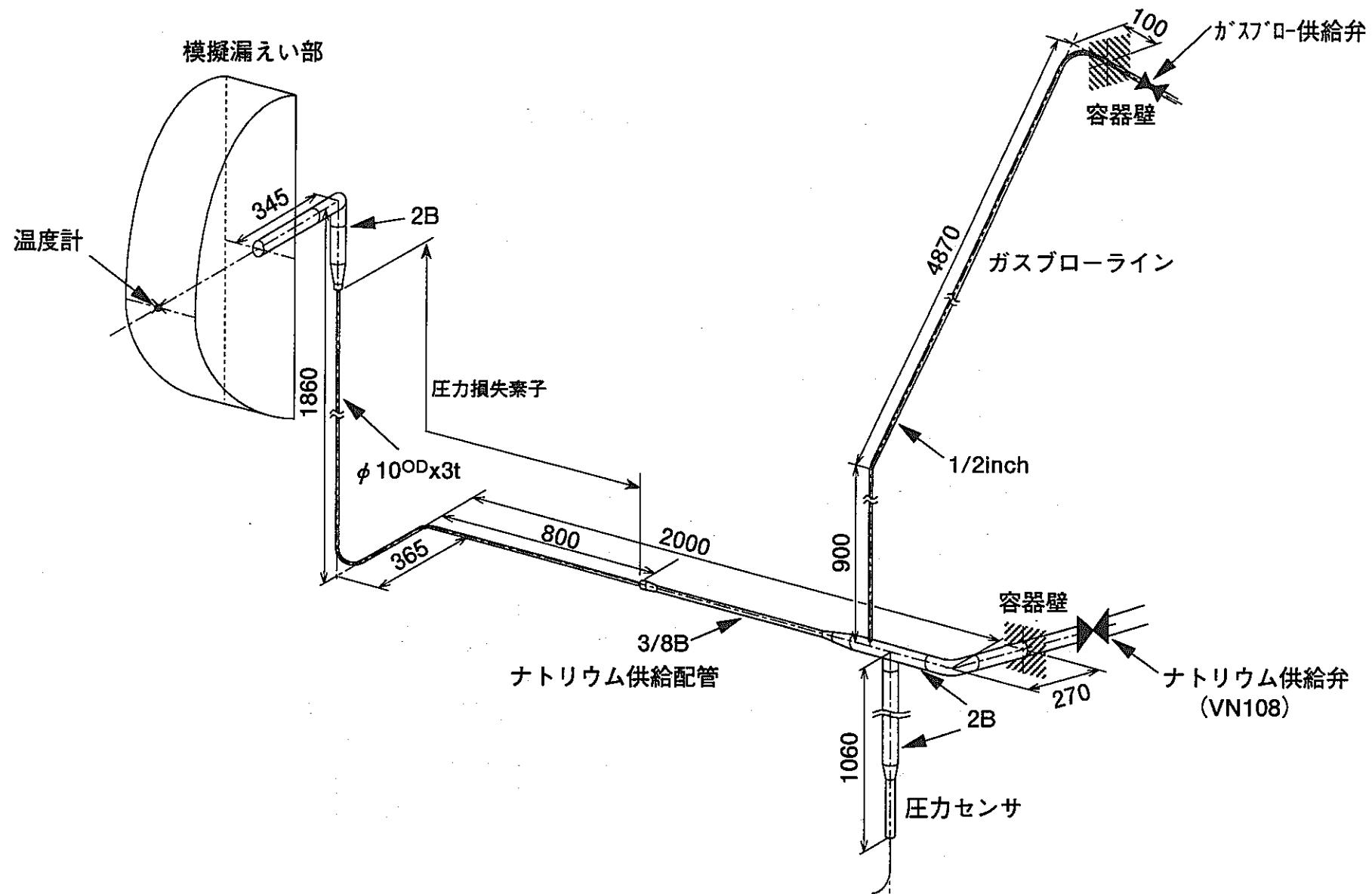


図24 SOLFA-2容器内ナトリウム供給配管

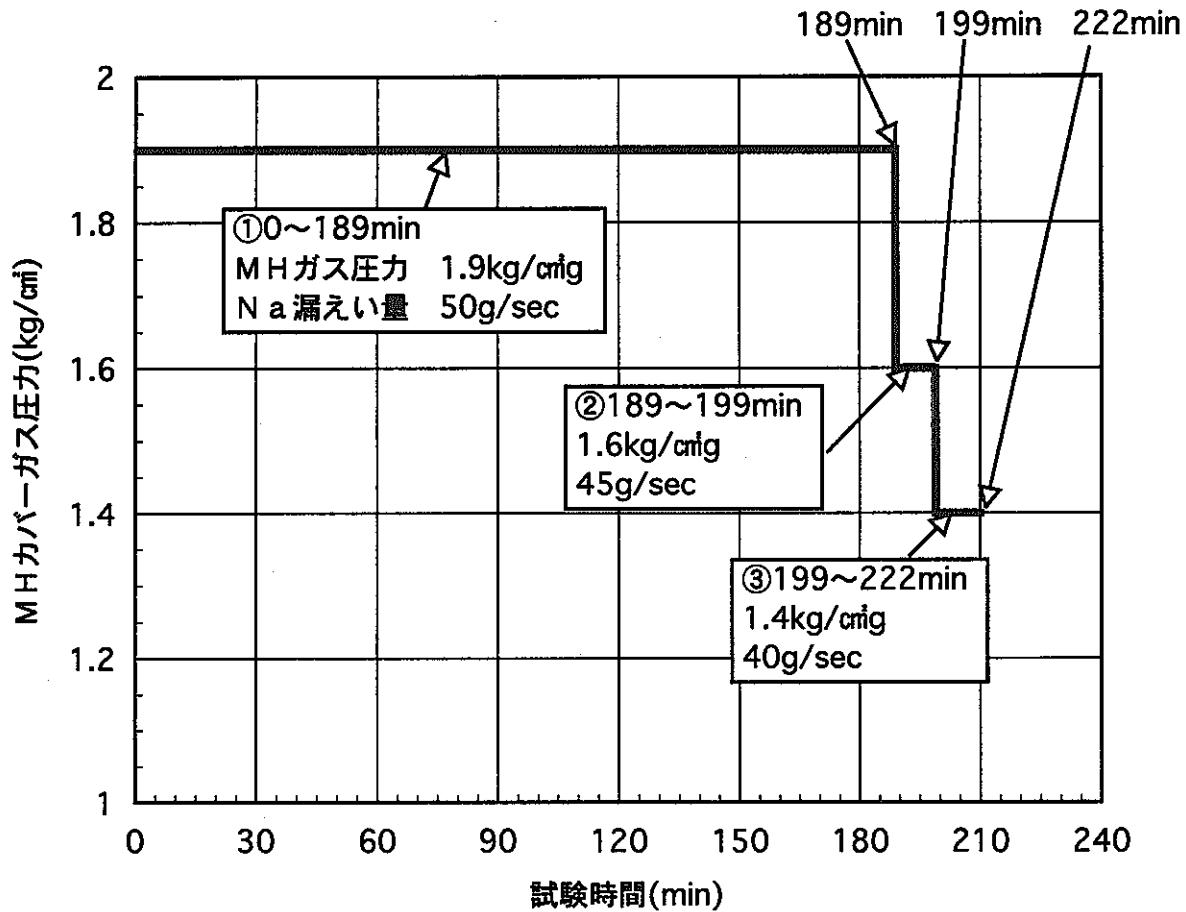


図25 実験時ナトリウム漏えい圧力条件

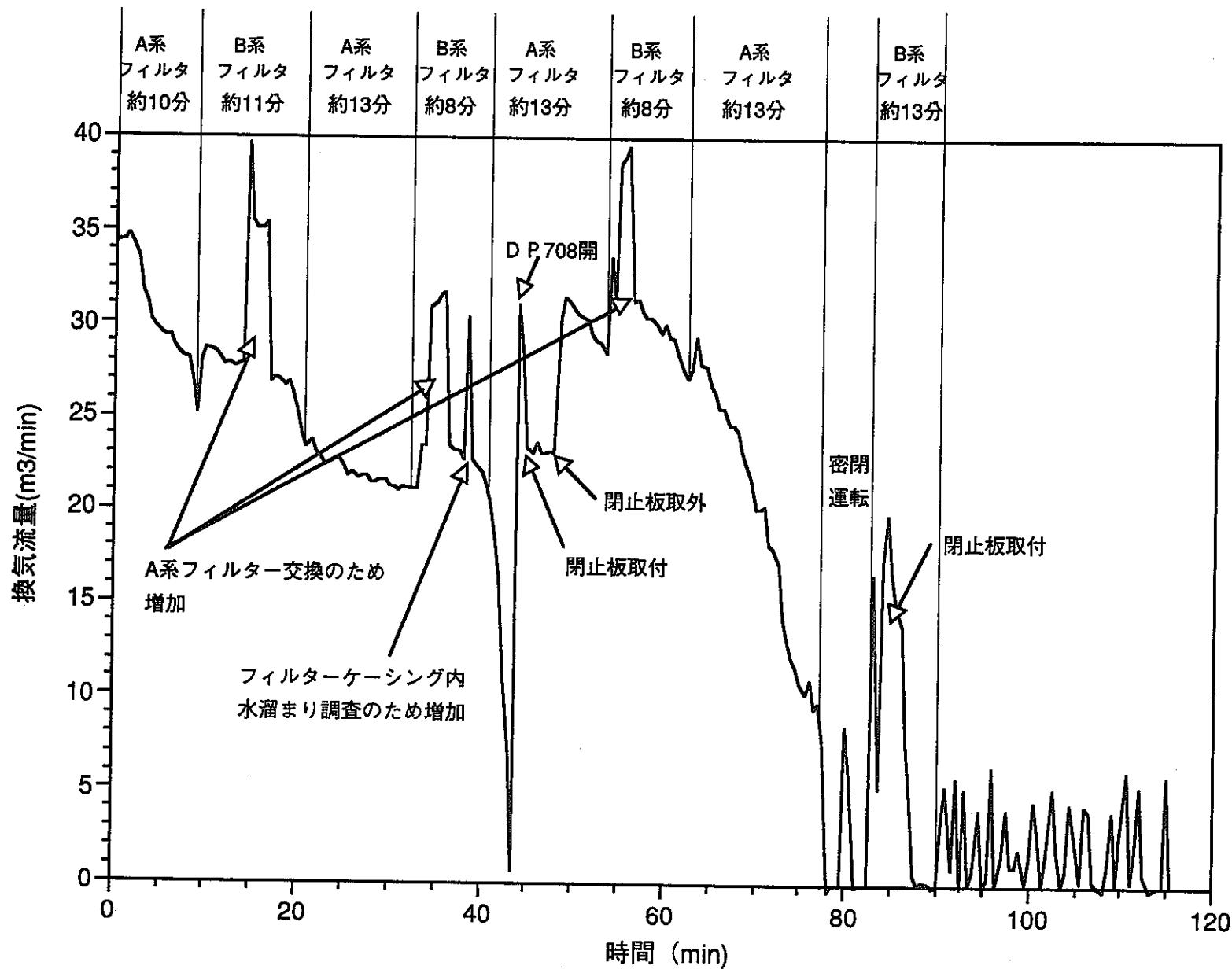


図 26 換気流量変化

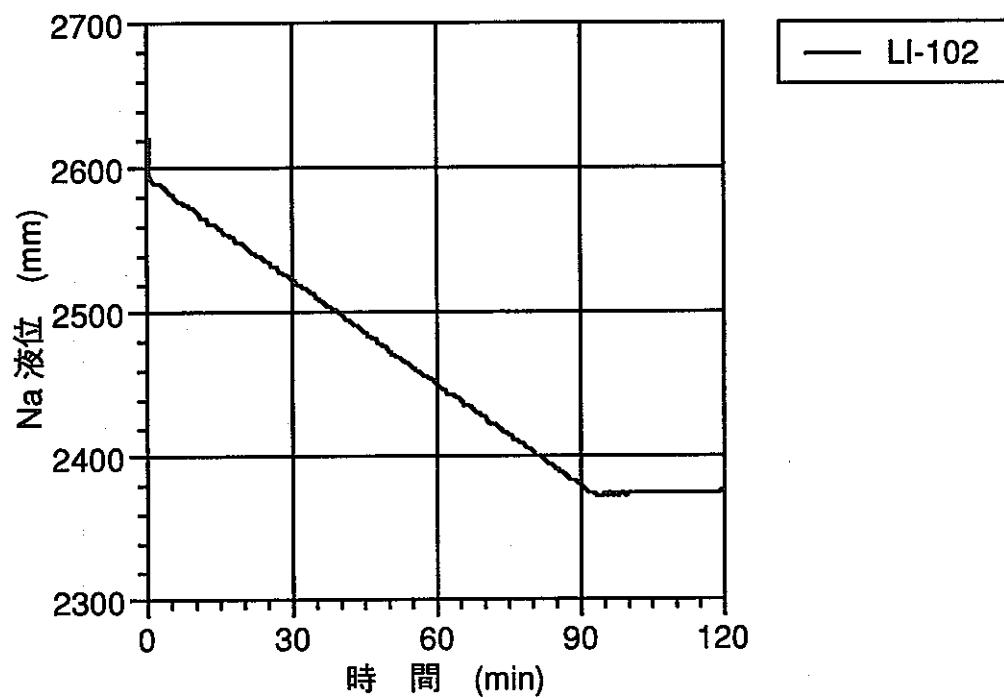


図27 ナトリウム加熱器内のナトリウム液位

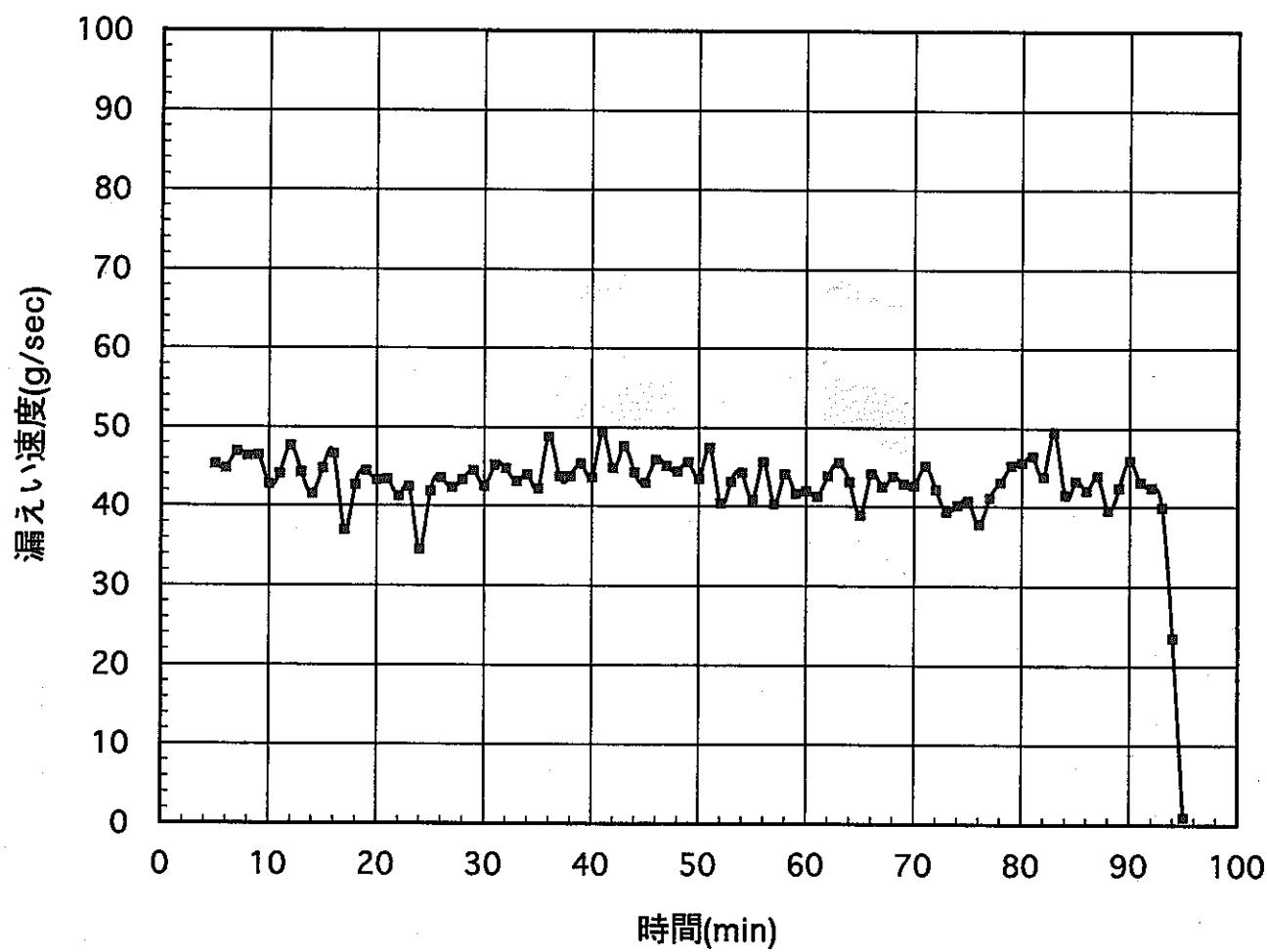


図28 実験中のナトリウム漏えい速度の時間変化

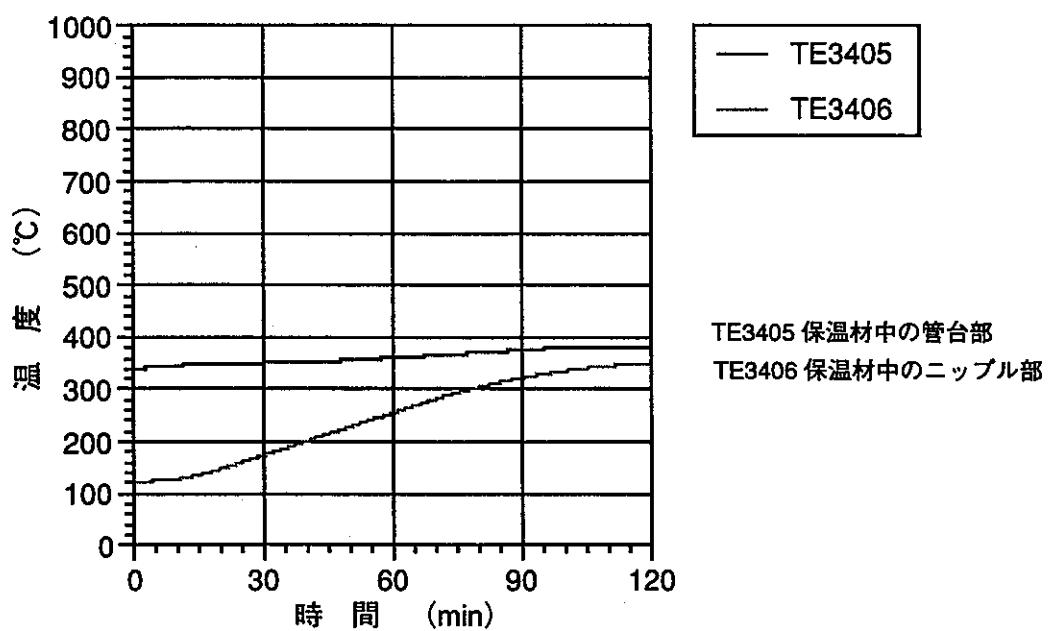
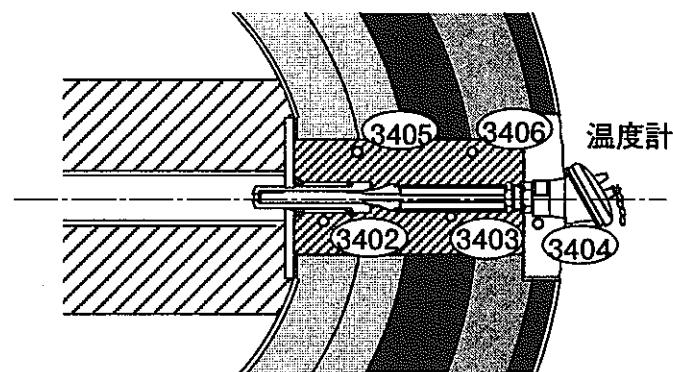
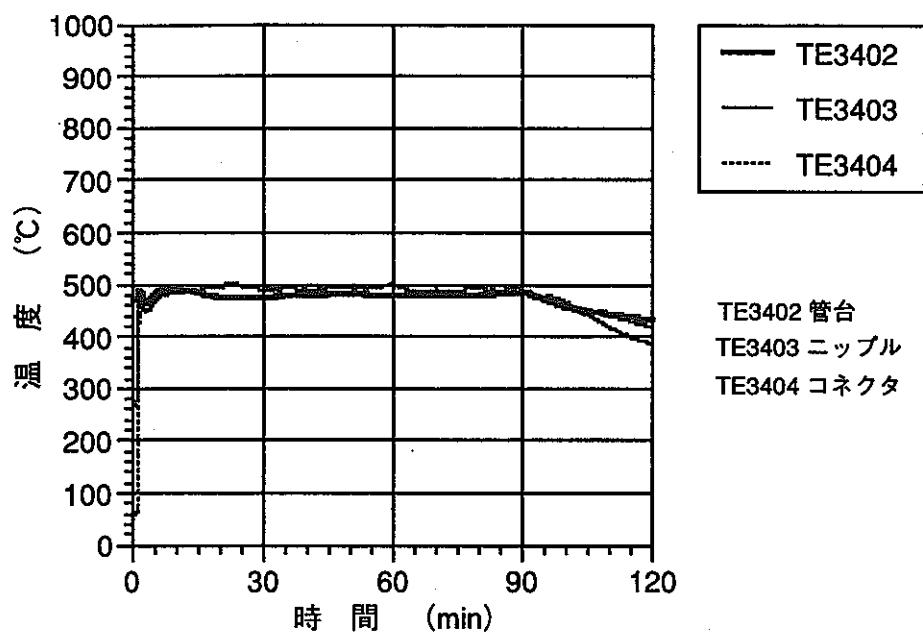


図 29 温度計 温度

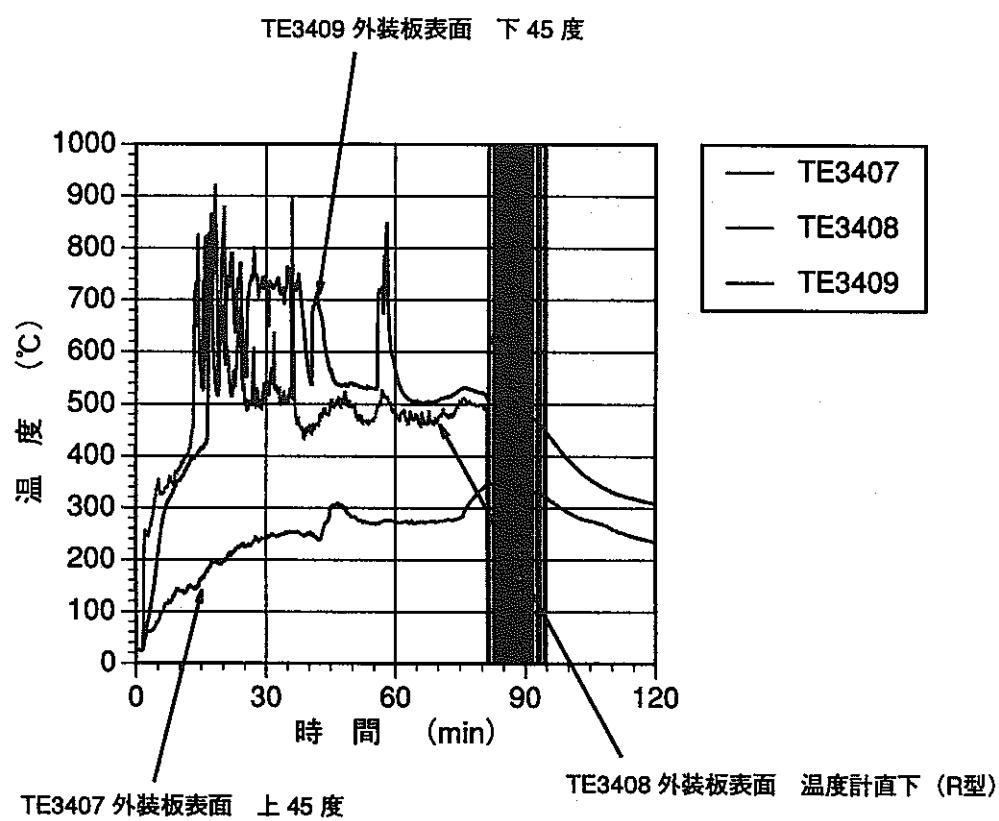
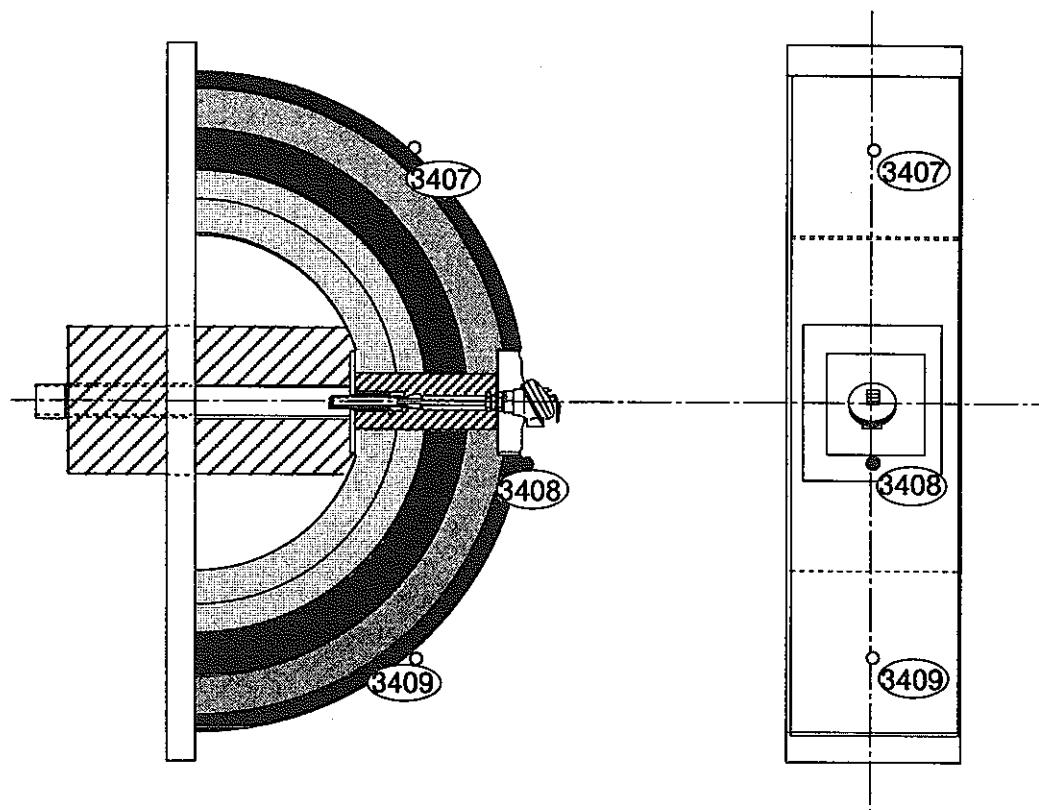


図 30 外装板 温度

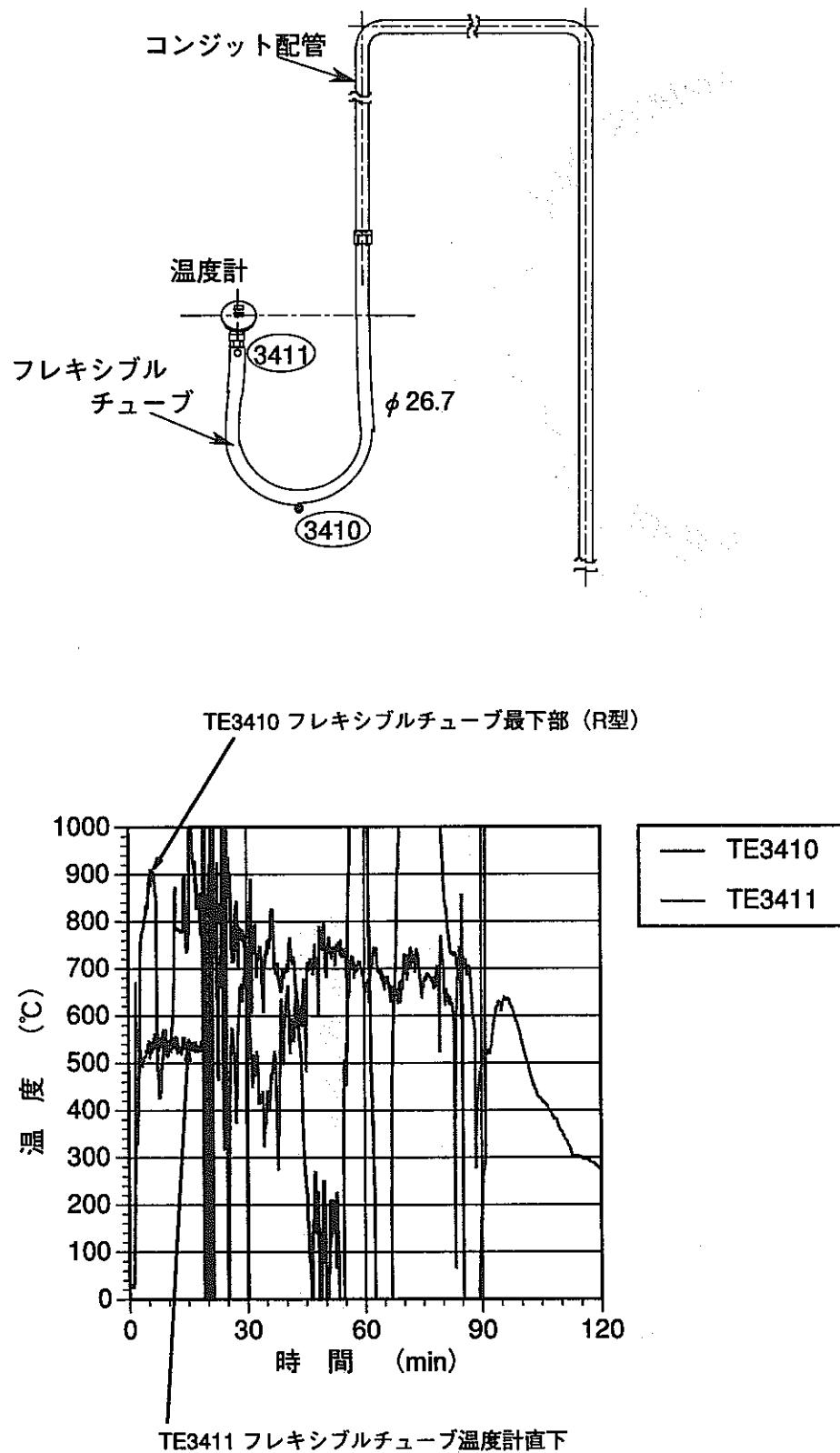


図 3 1 フレキシブルチューブ 温度

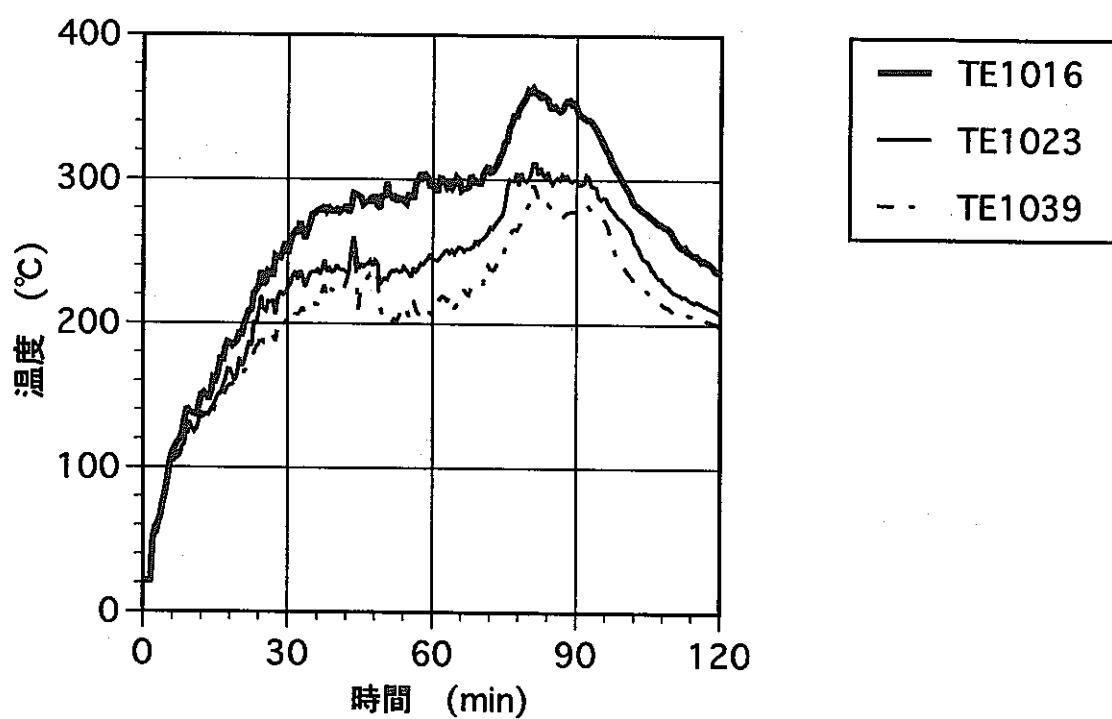
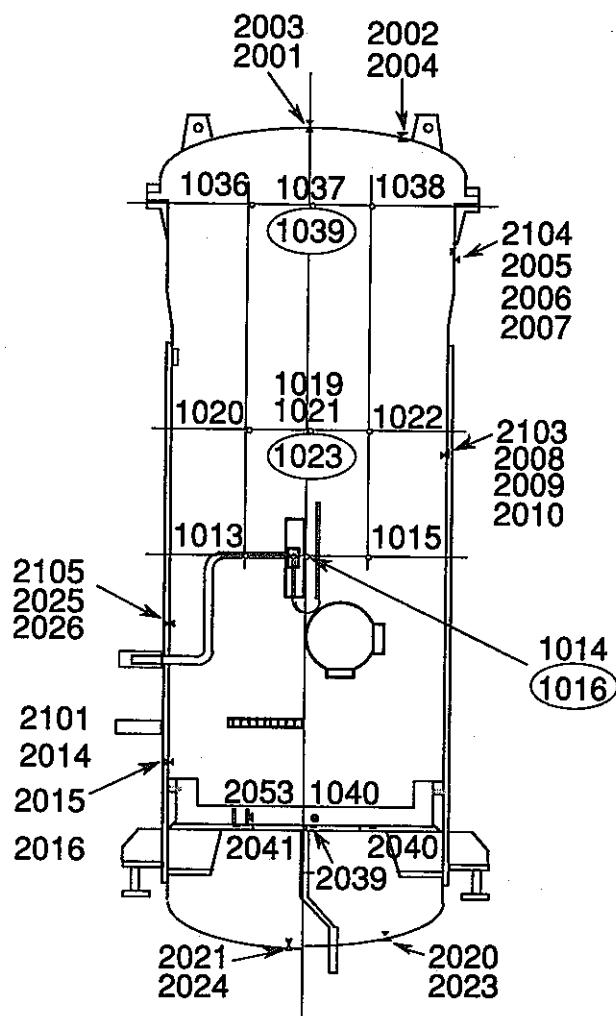


図32 霧囲気ガス温度

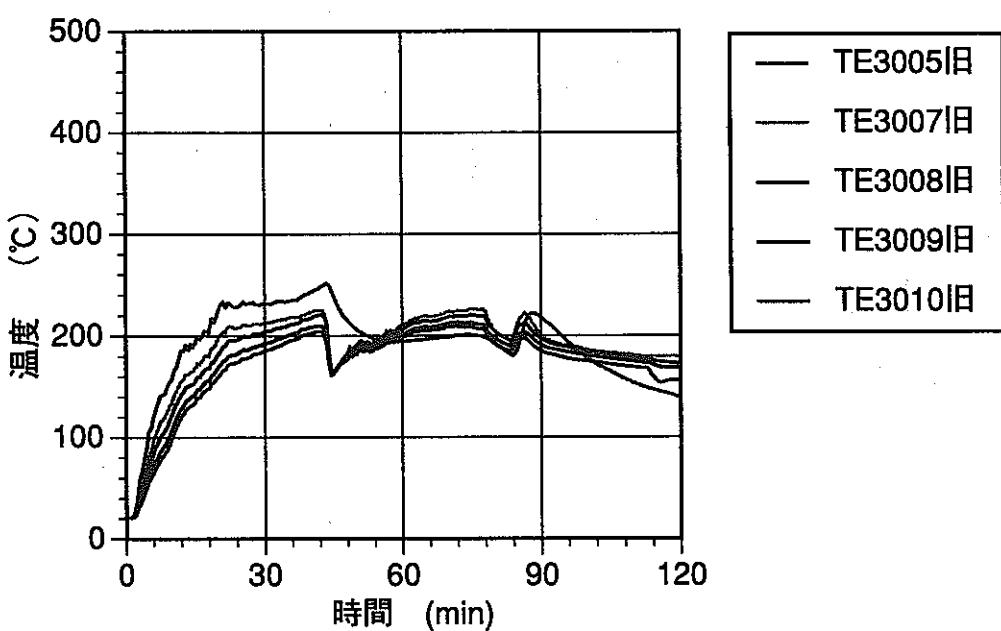
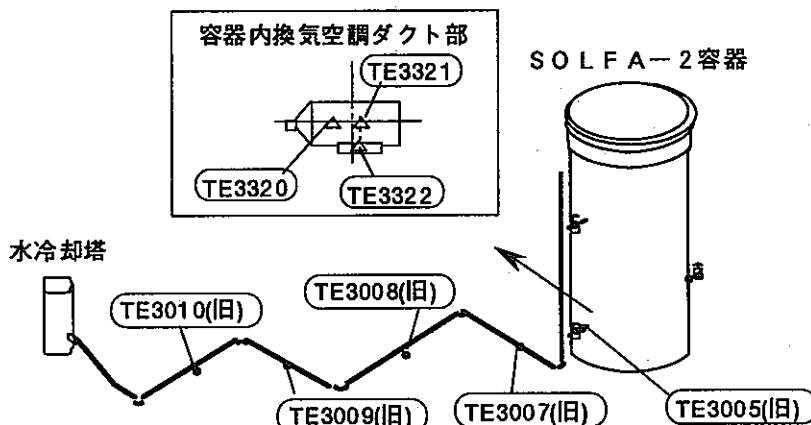
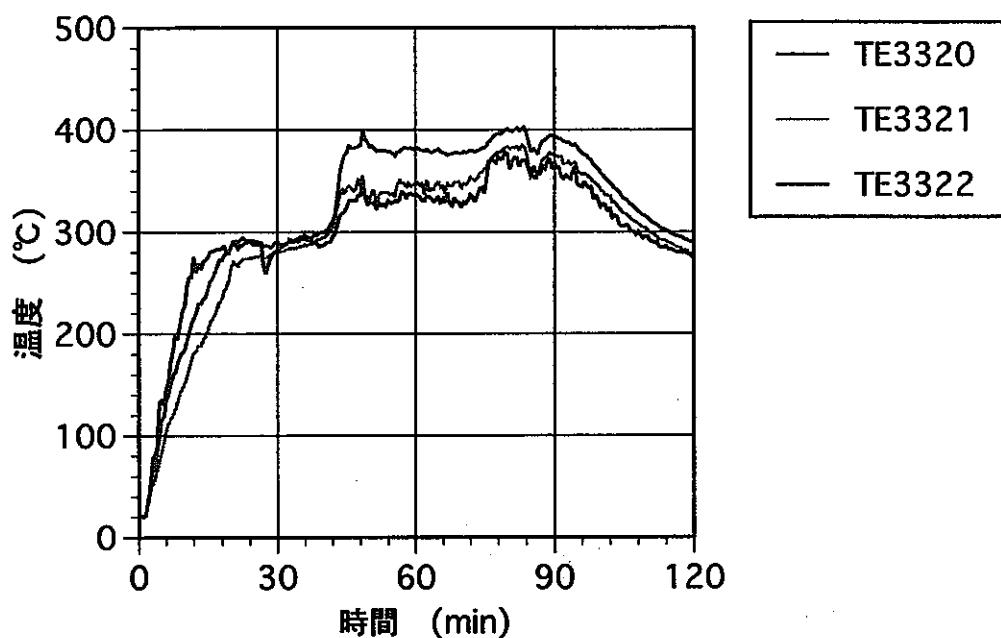


図 3 3 排気系統内の温度変化

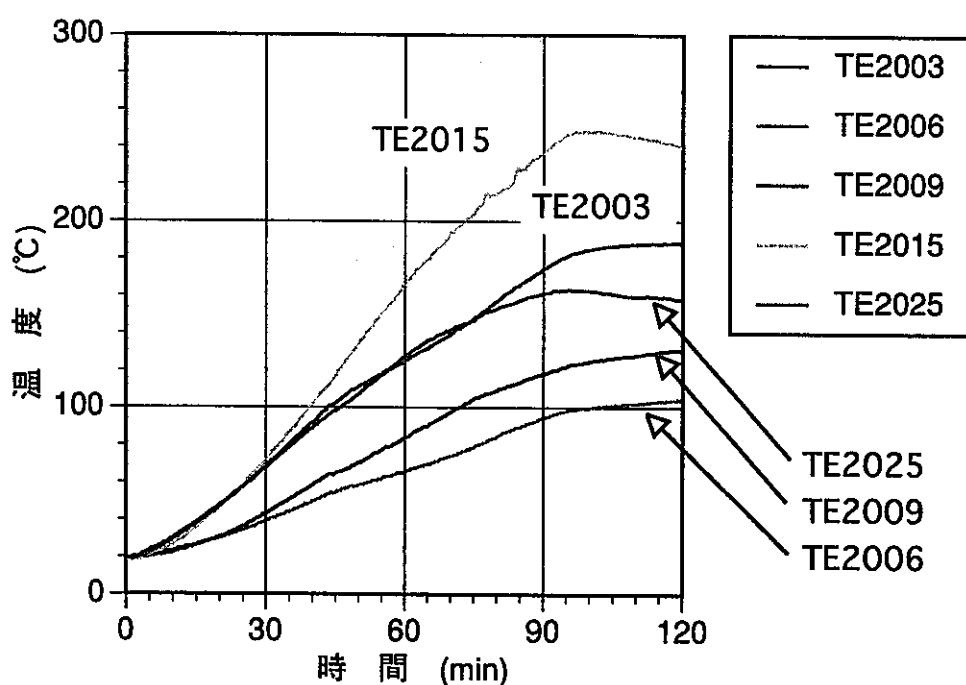
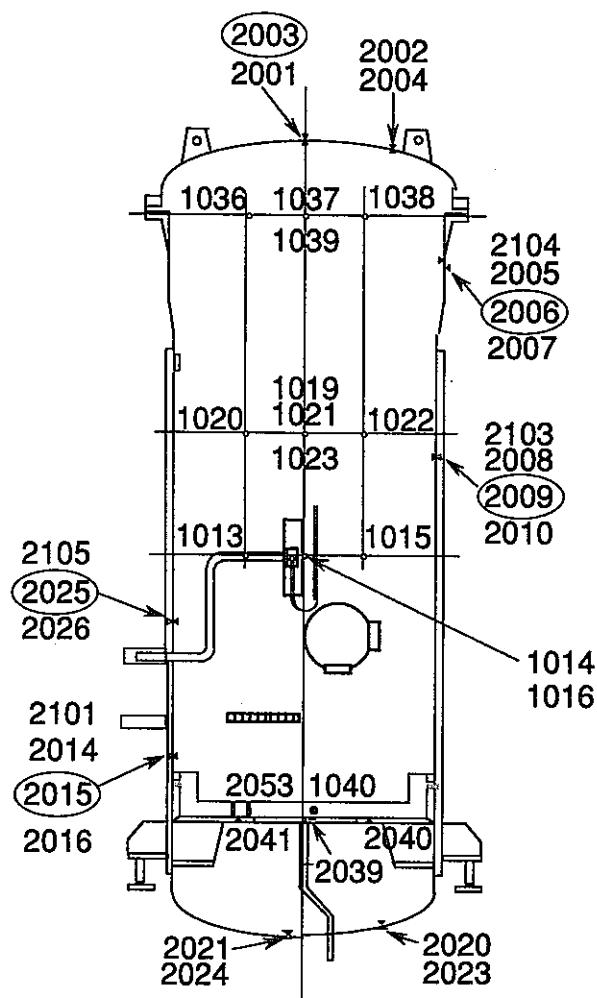


図 3-4 容器内壁・天井温度

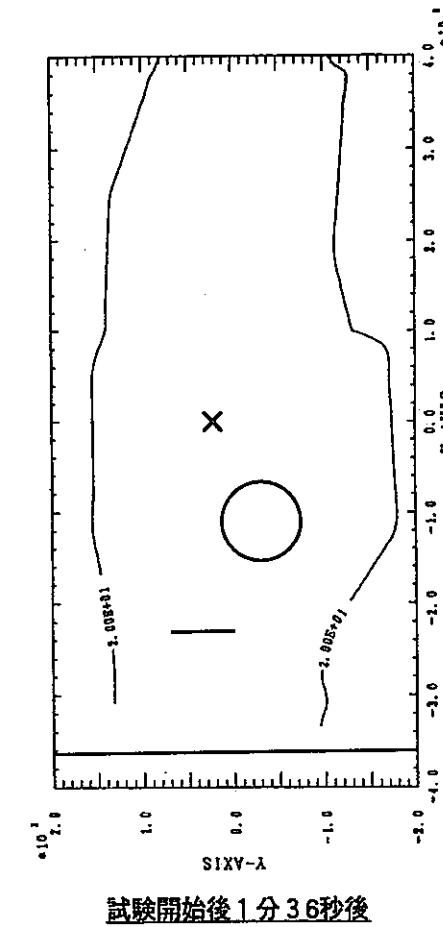
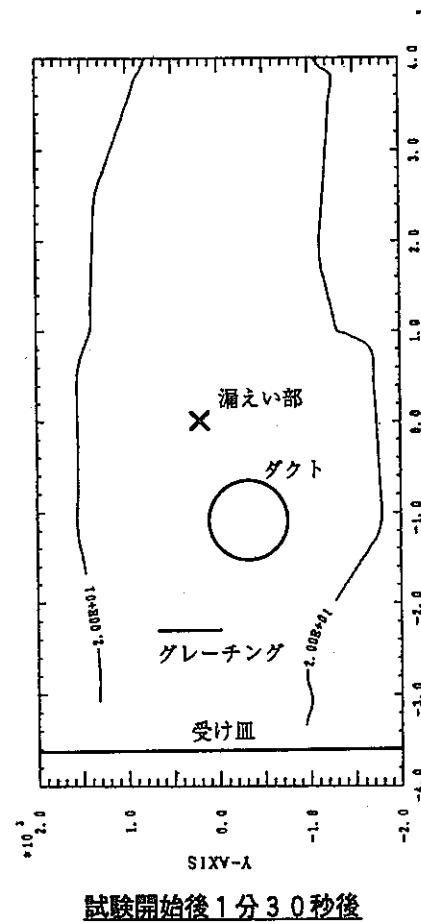
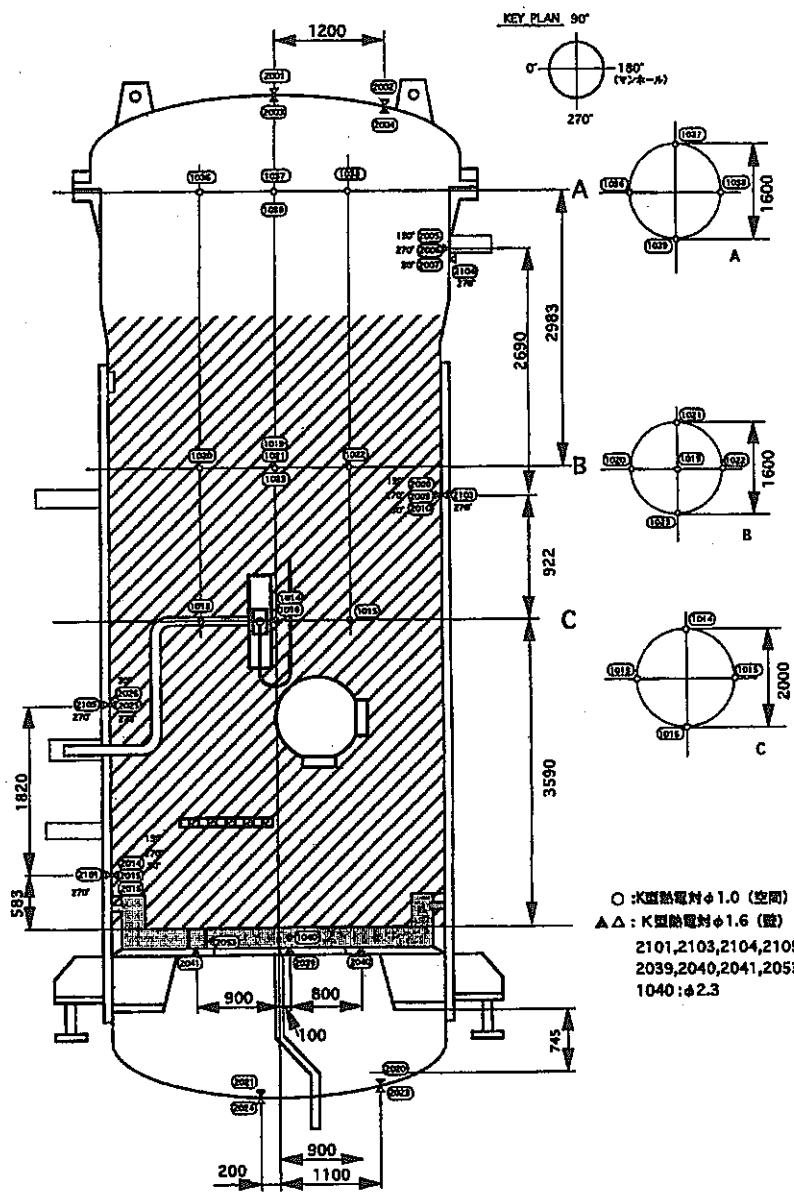


図35(1/6) 容器内温度分布

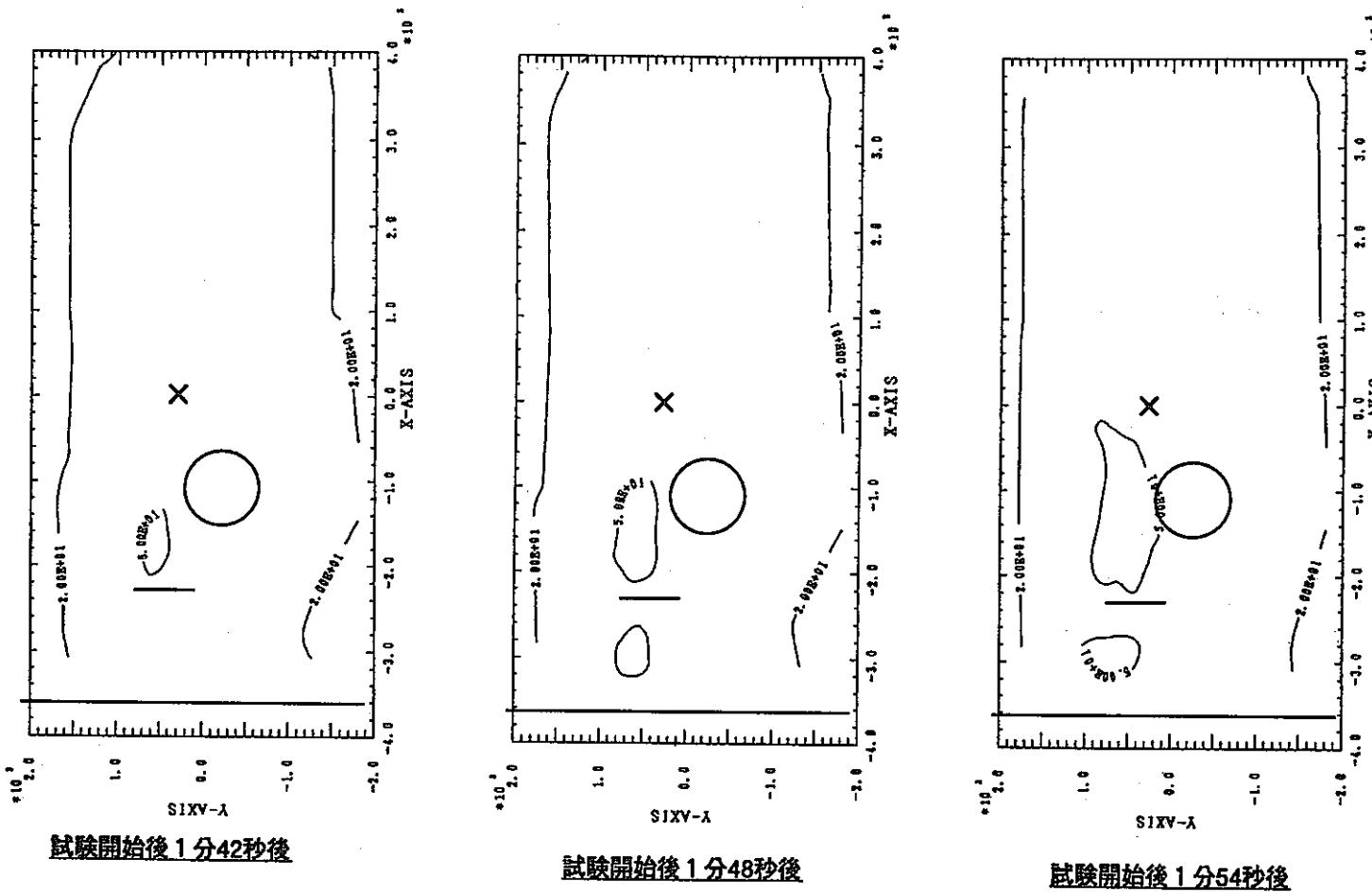


図 3 5 (2/6) 容器内温度分布

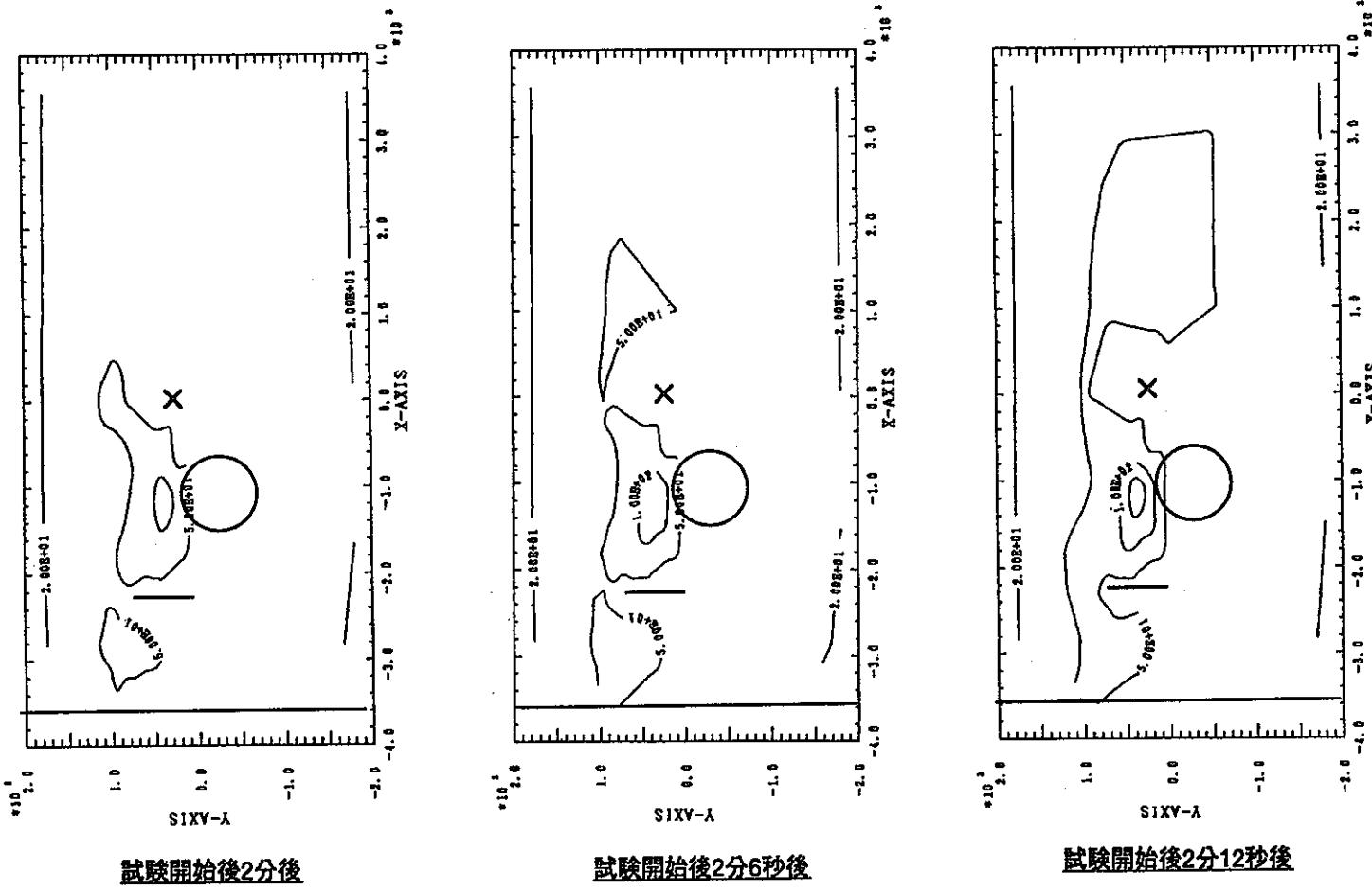


図 3 5(3/6) 容器内温度分布

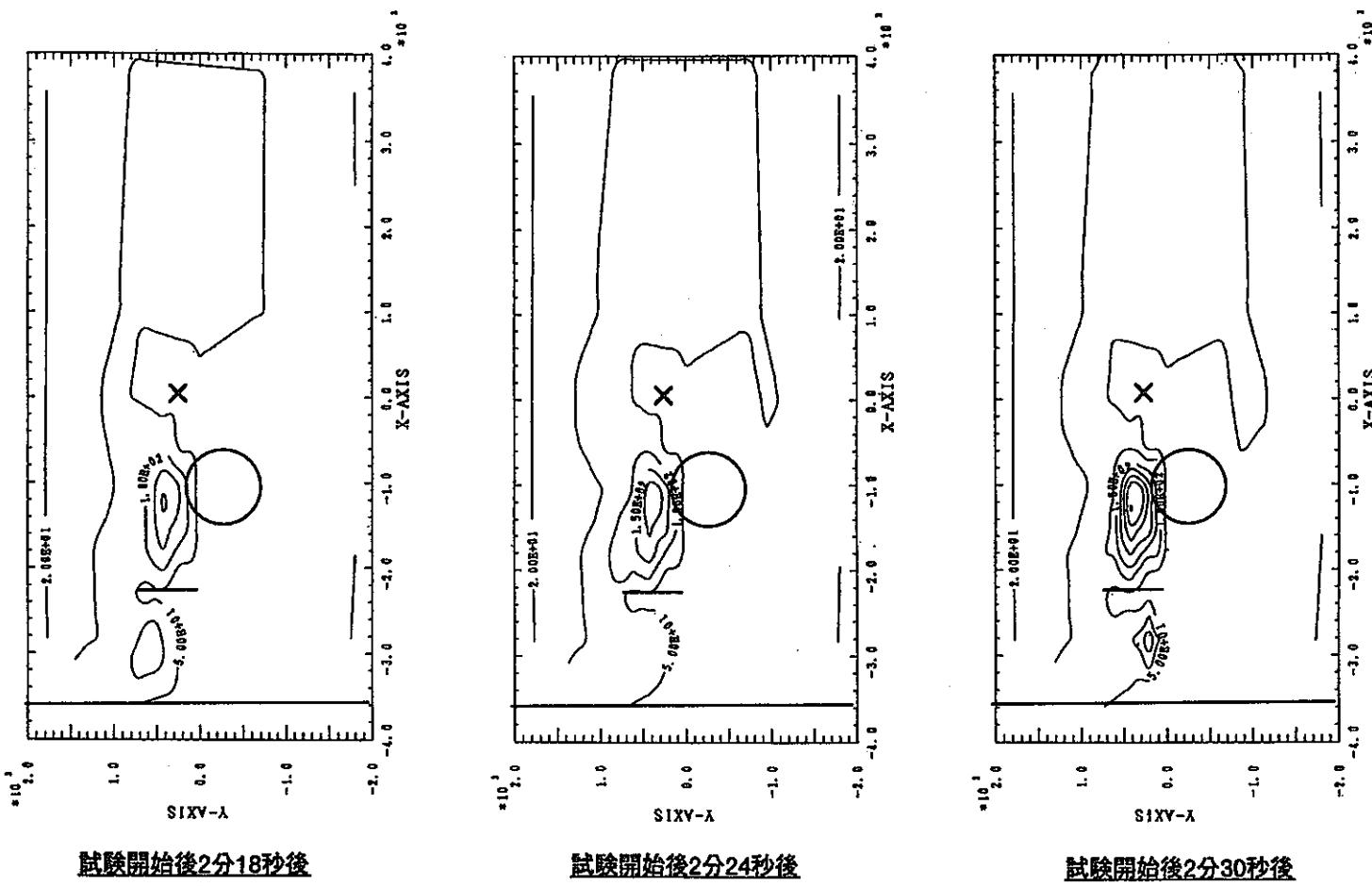
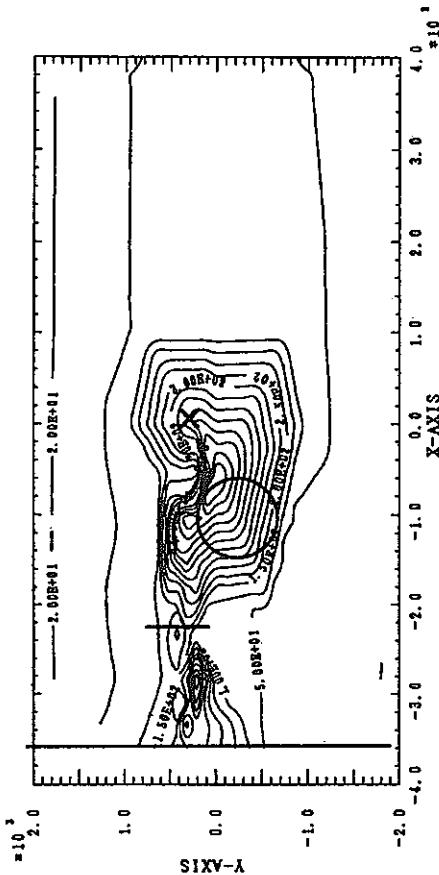
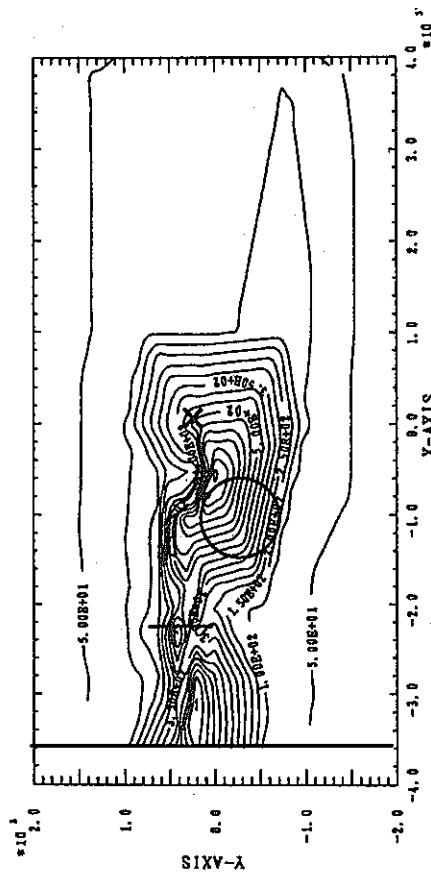


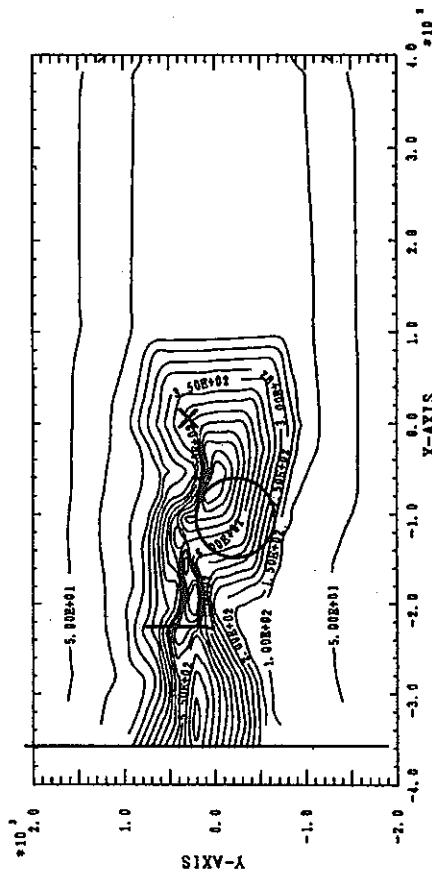
図 3 5 (4/6) 容器内温度分布



試験開始後3分後



試験開始後5分後



試験開始後7分後

図 3 5 (5/6) 容器内温度分布

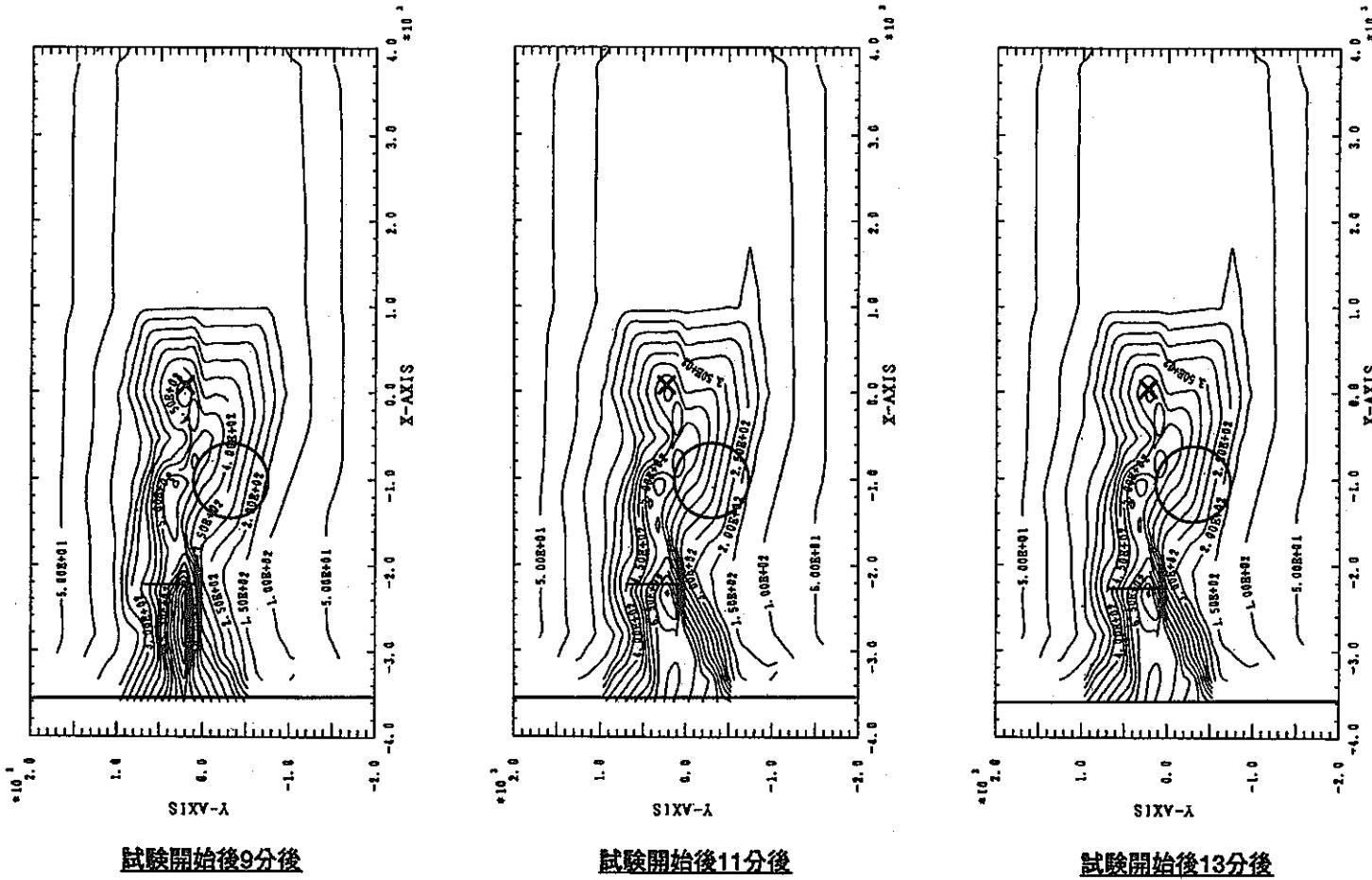


図 3 5 (6/6) 容器内温度分布

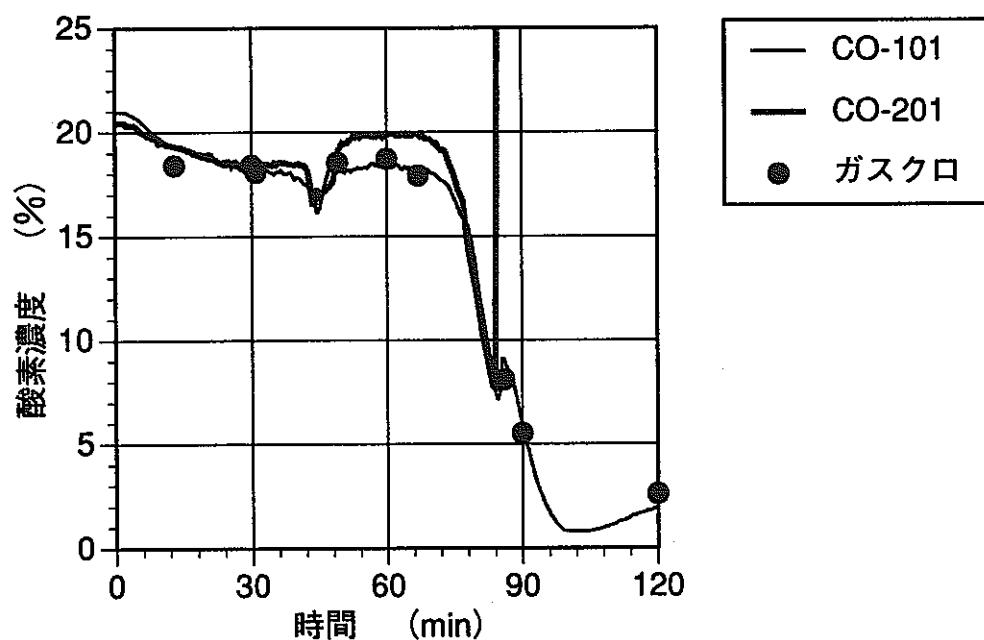


図 3 6 霧囲気中の酸素濃度変化

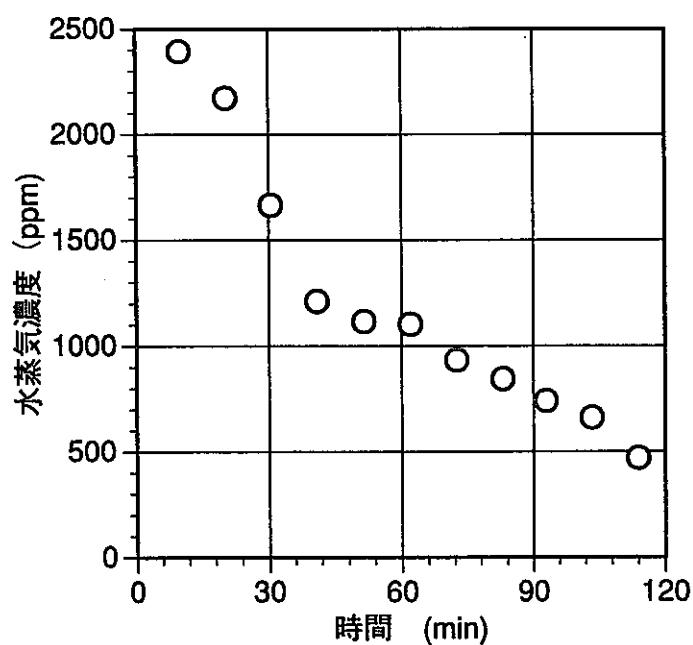


図 3 7 水蒸気濃度変化

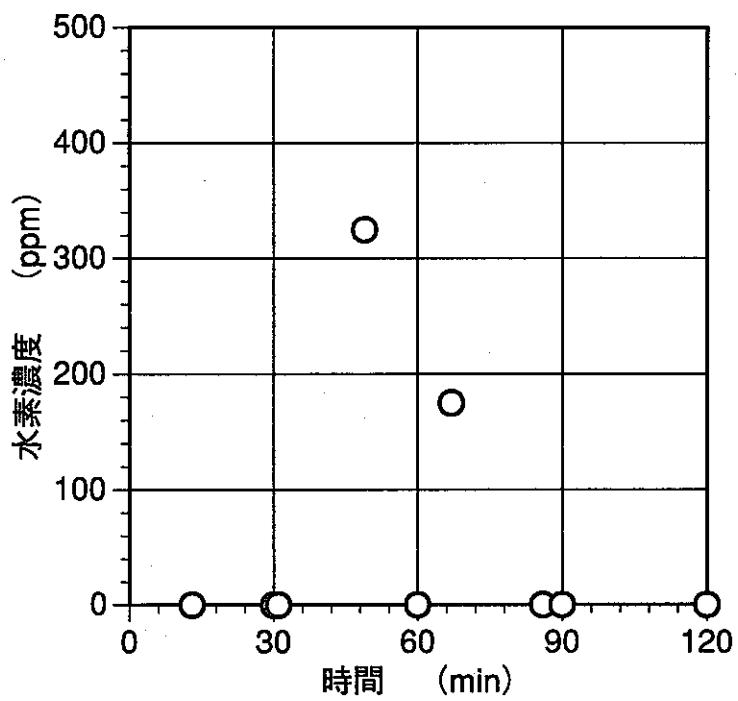


図 3 8 霧囲気中の水素濃度変化

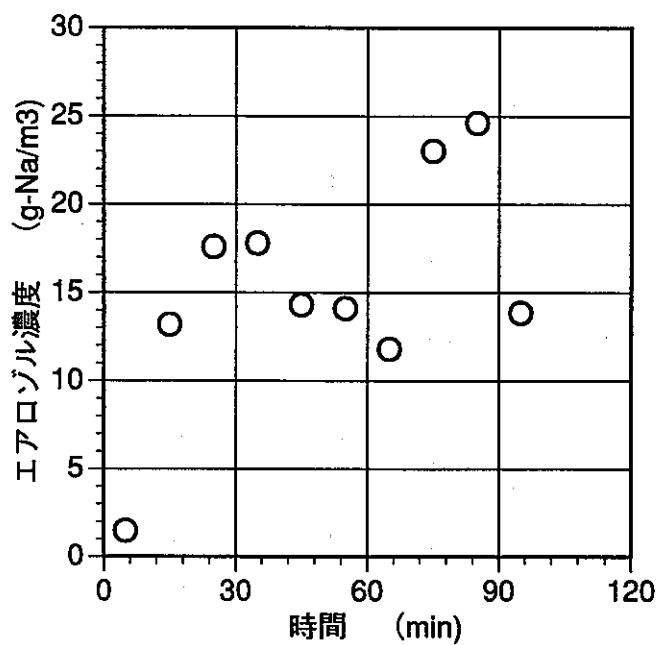


図 3 9 試験容器内エアロゾル濃度変化

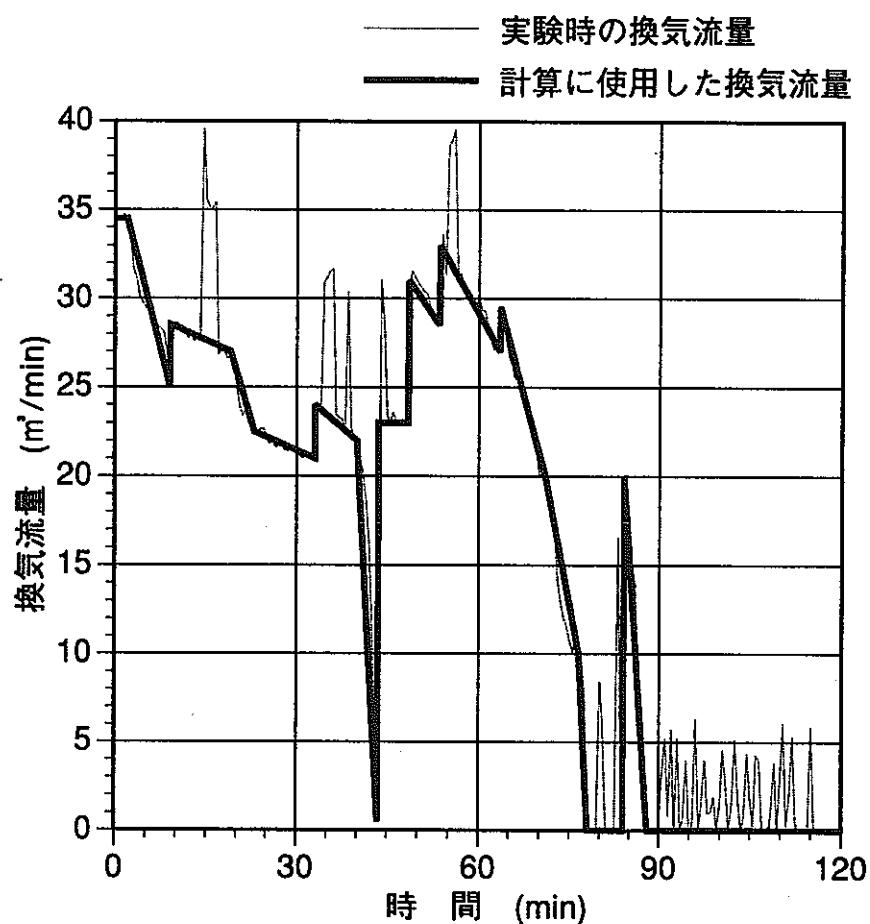


図 4 0 実験中の換気流量のモデル化

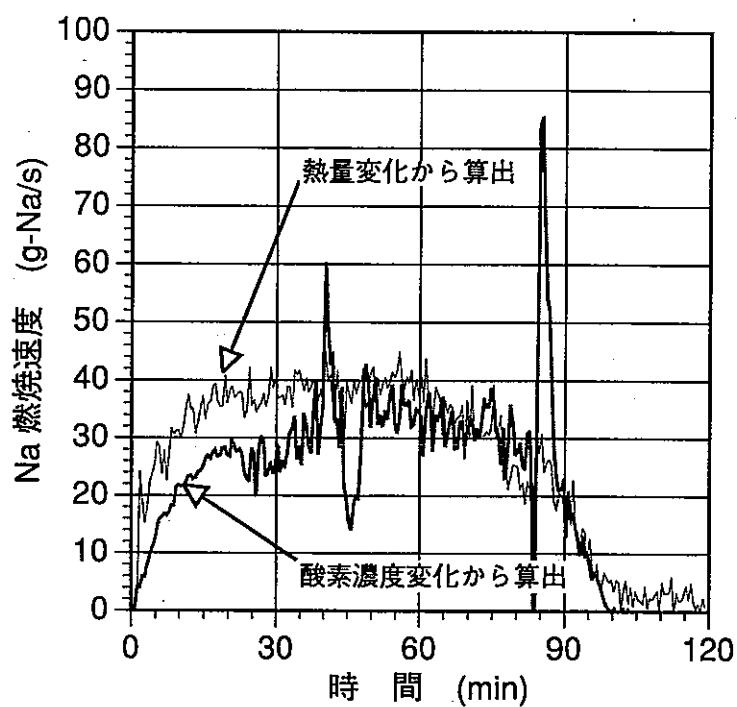


図 4 1 熱量変化と酸素濃度変化から算出した Na 燃焼速度の比較

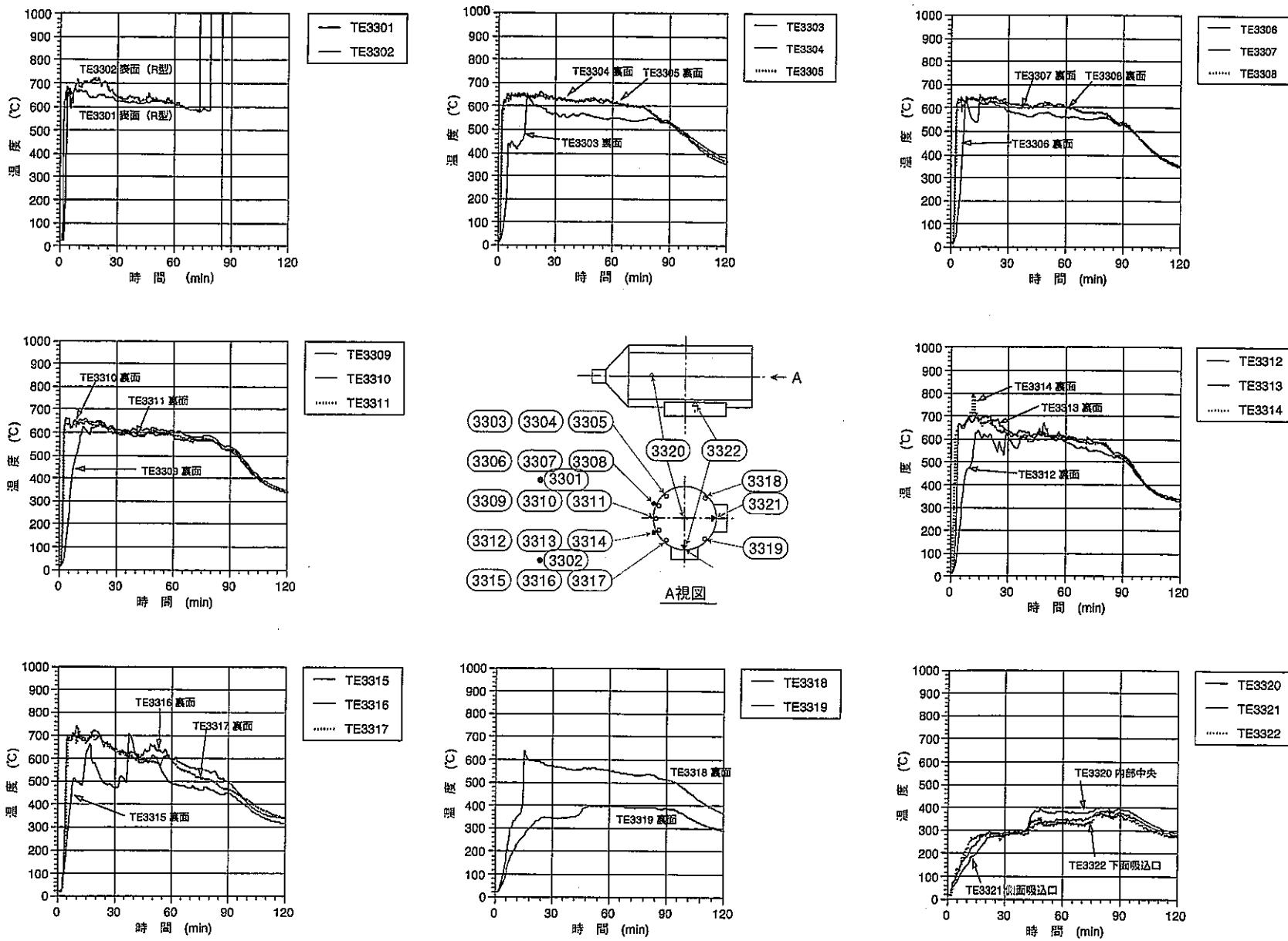


図 4-2 換気空調ダクト温度

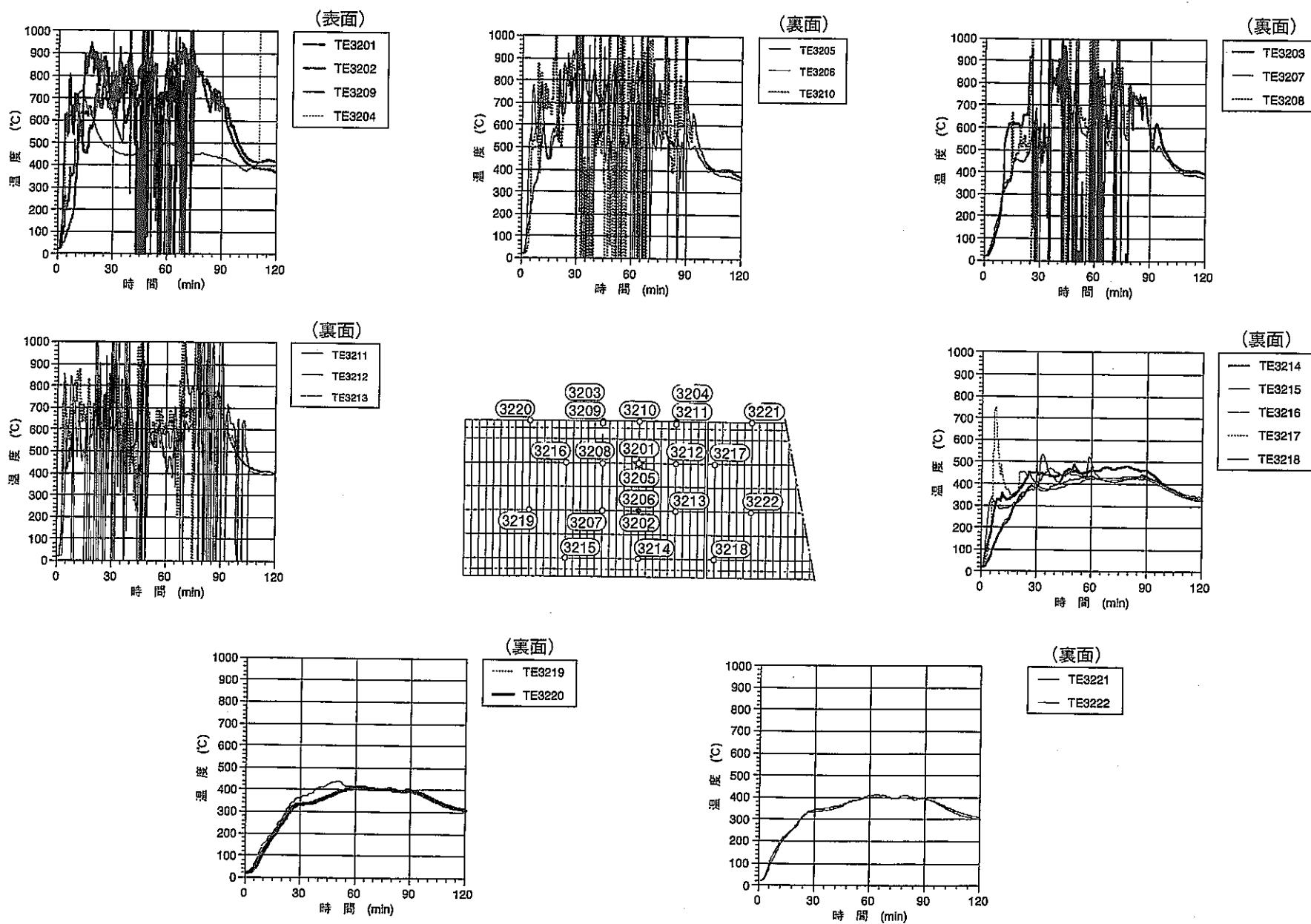
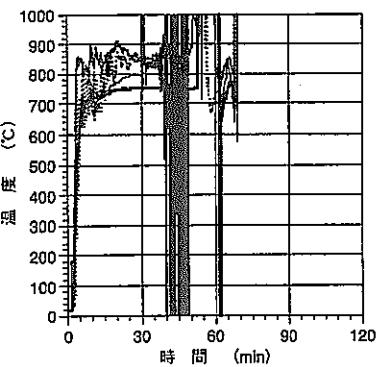
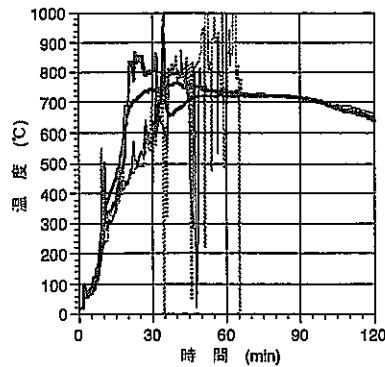


図 4-3 グレーチング温度



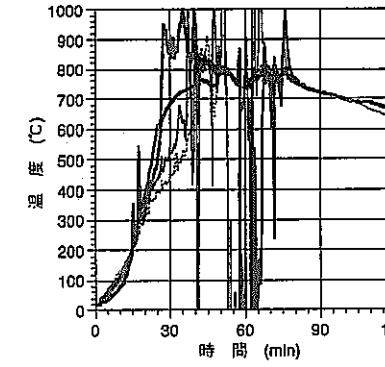
— TE3101
— TE3102
— TE3103
····· TE3104

TE3101 表面
TE3102 上 10 mm
TE3103 上 100 mm
TE3104 上 200 mm



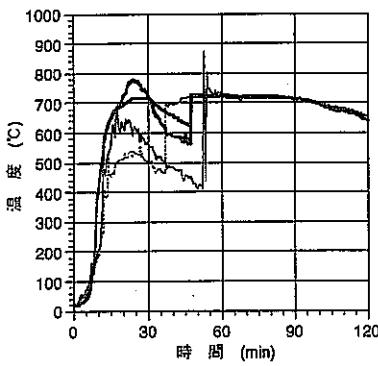
— TE3105
— TE3106
— TE3107
····· TE3108

TE3105 表面
TE3106 上 10 mm
TE3107 上 100 mm
TE3108 上 200 mm



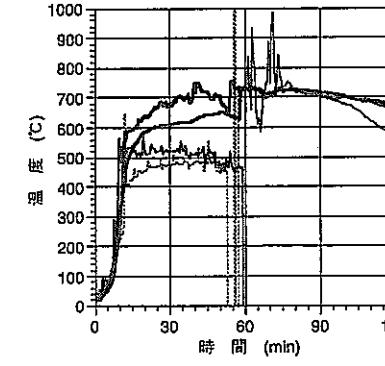
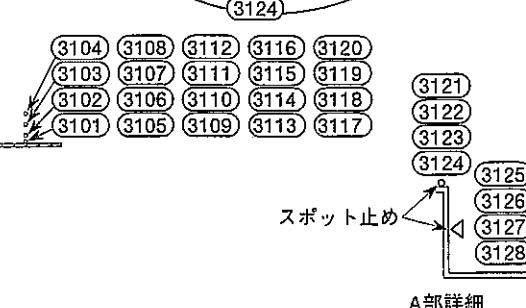
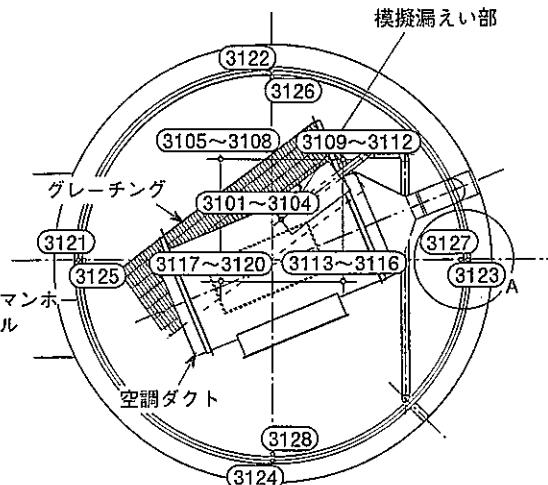
— TE3109
— TE3110
— TE3111
····· TE3112

TE3109 表面
TE3110 上 10 mm
TE3111 上 100 mm
TE3112 上 200 mm



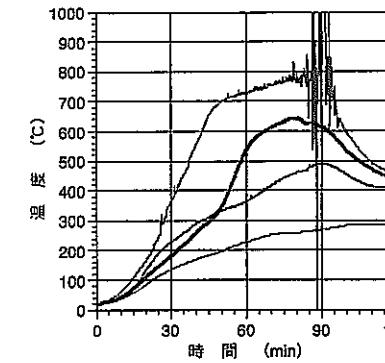
— TE3113
— TE3114
— TE3115
····· TE3116

TE3113 表面
TE3114 上 10 mm
TE3115 上 100 mm
TE3116 上 200 mm



— TE3117
— TE3118
— TE3119
····· TE3120

TE3117 表面
TE3118 上 10 mm
TE3119 上 100 mm
TE3120 上 200 mm



— TE3125
— TE3126
— TE3127
····· TE3128

TE3126 側壁
TE3125 側壁
TE3127 側壁
TE3128 側壁

図 4 4 受け皿 (表面) 温度

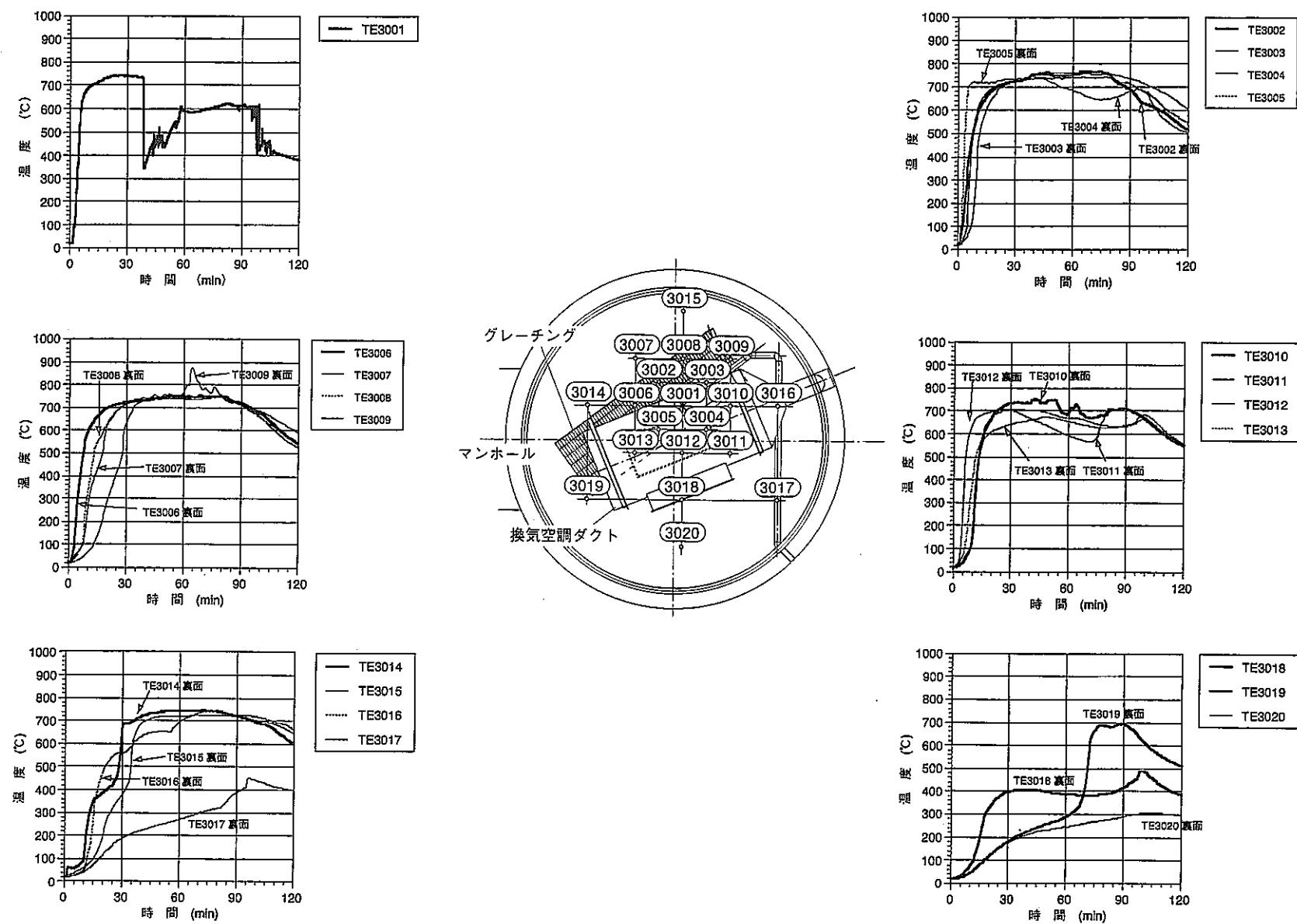


図 4-5 受け皿（裏面）温度

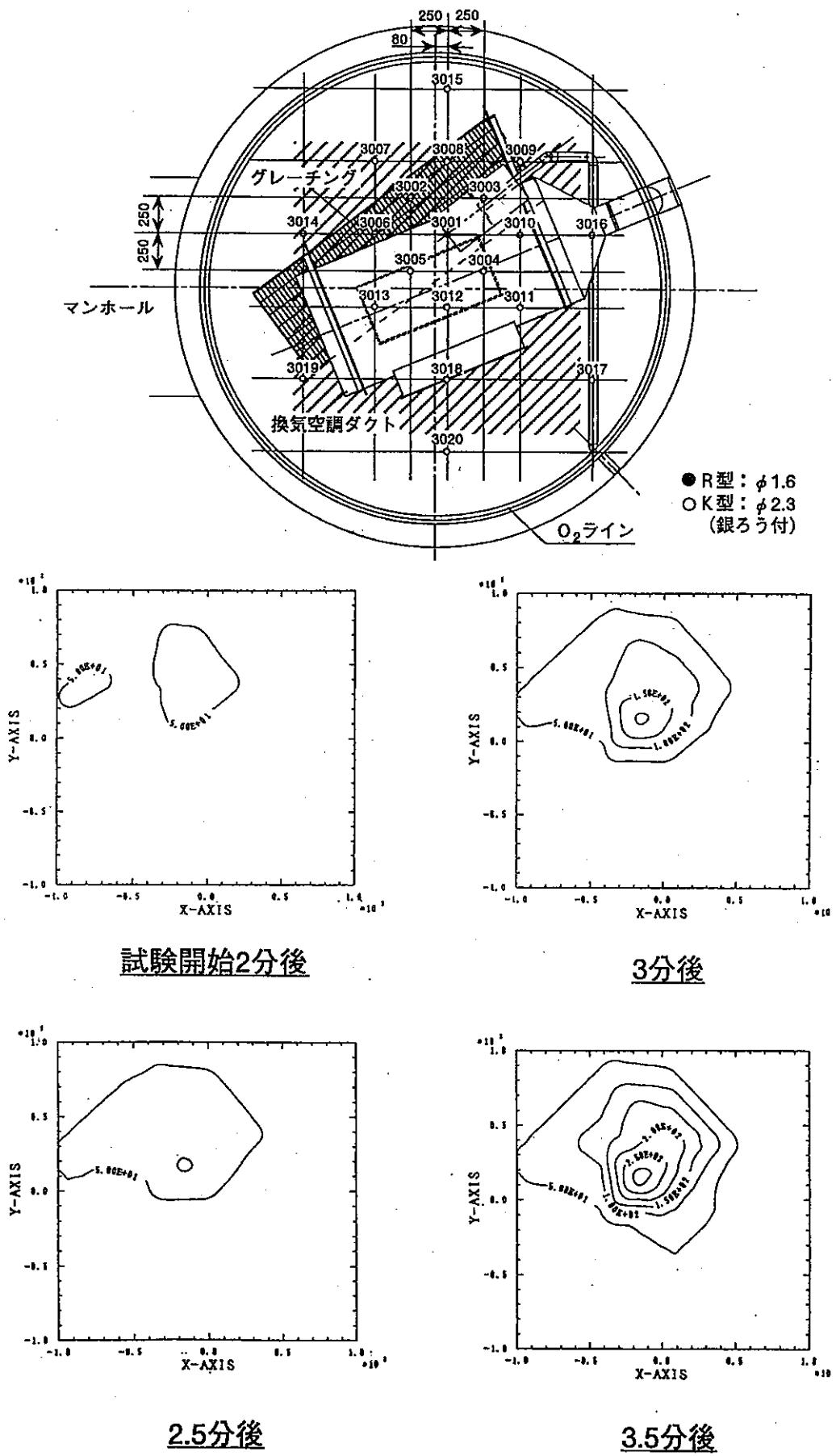
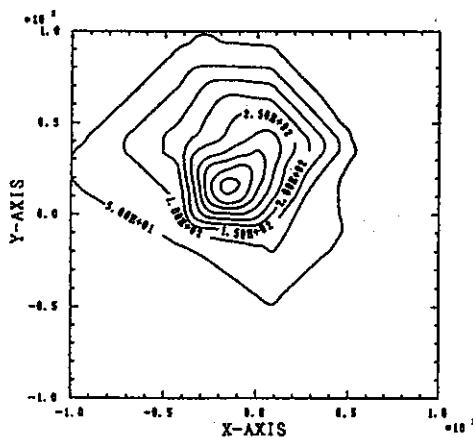
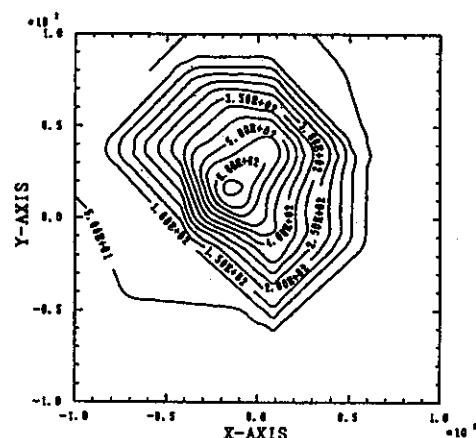


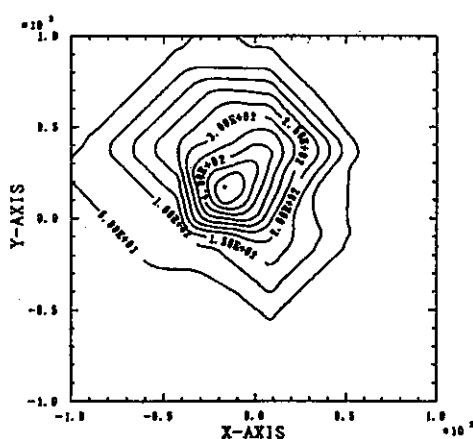
図 4 6 (1/4) 受け皿裏面温度分布図



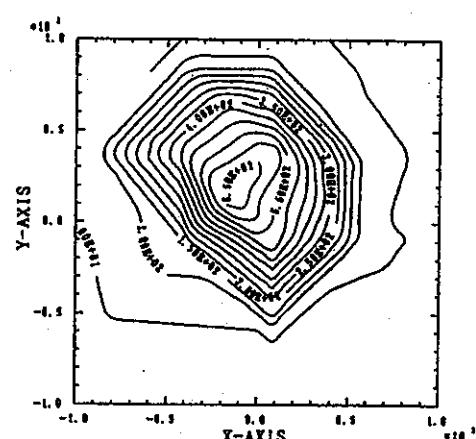
4分後



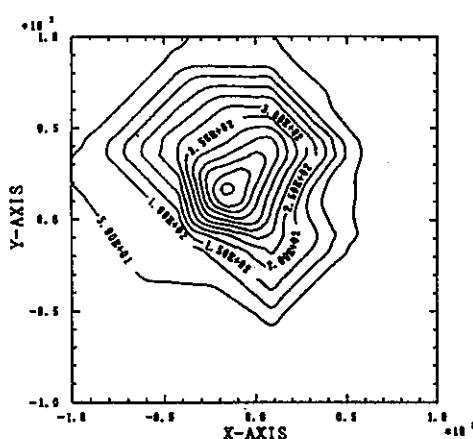
6分後



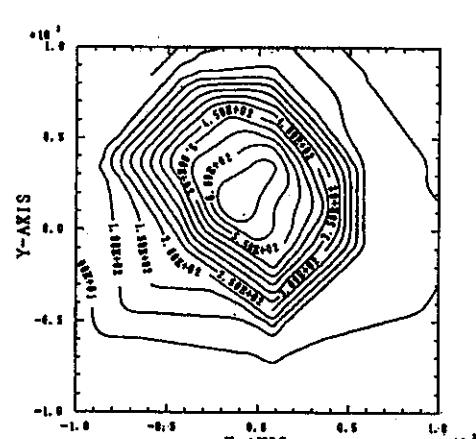
4.5分後



7分後

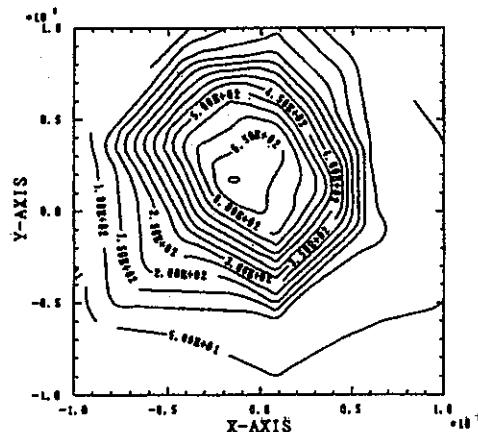


5分後

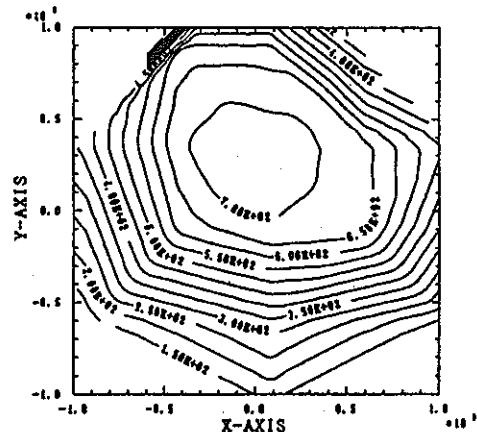


8分後

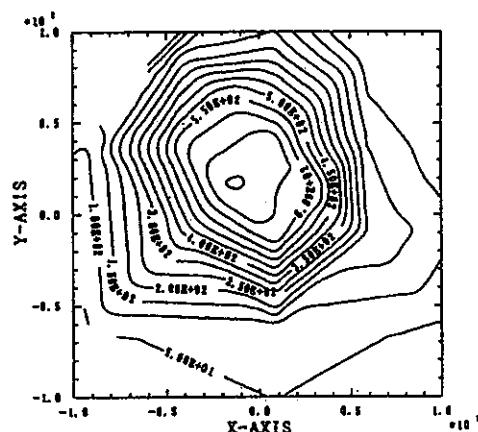
図 4 6 (2/4) 受け皿裏面温度分布図



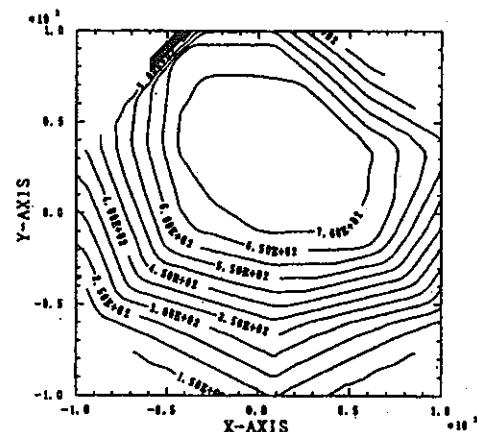
9分後



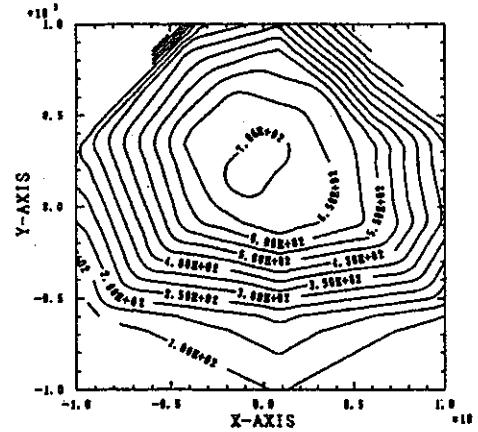
20分後



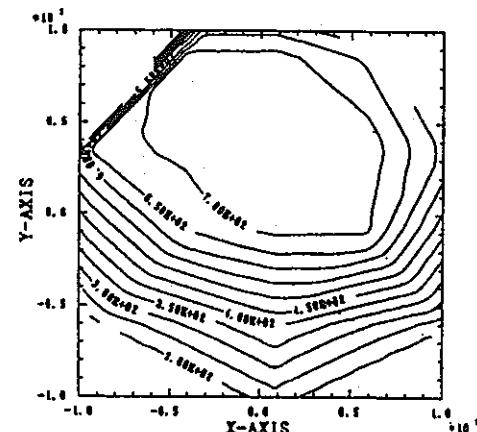
10分後



25分後



15分後



30分後

図 4 6 (3/4) 受け皿裏面温度分布図

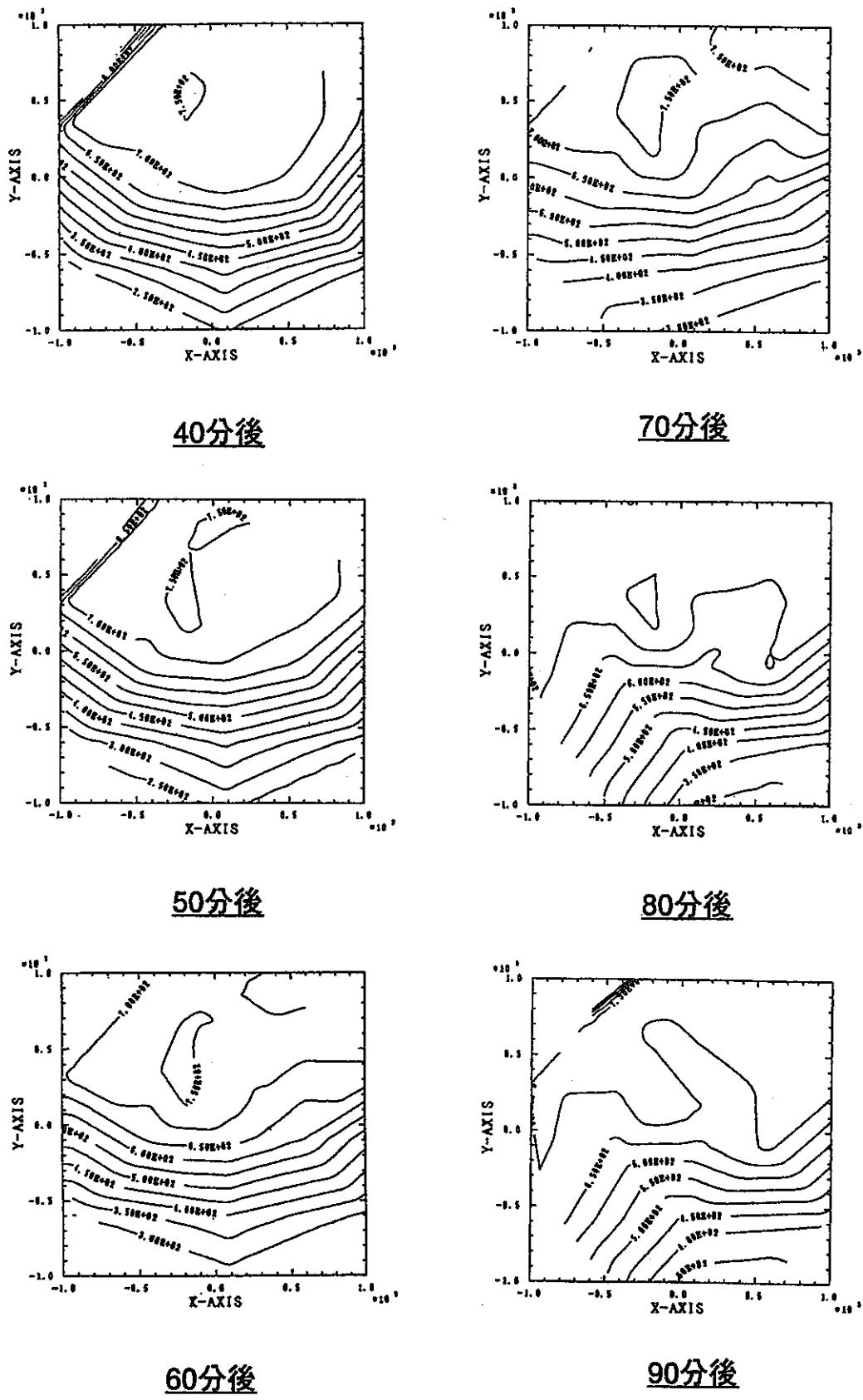


図 4 6 (4/4) 受け皿裏面温度分布図

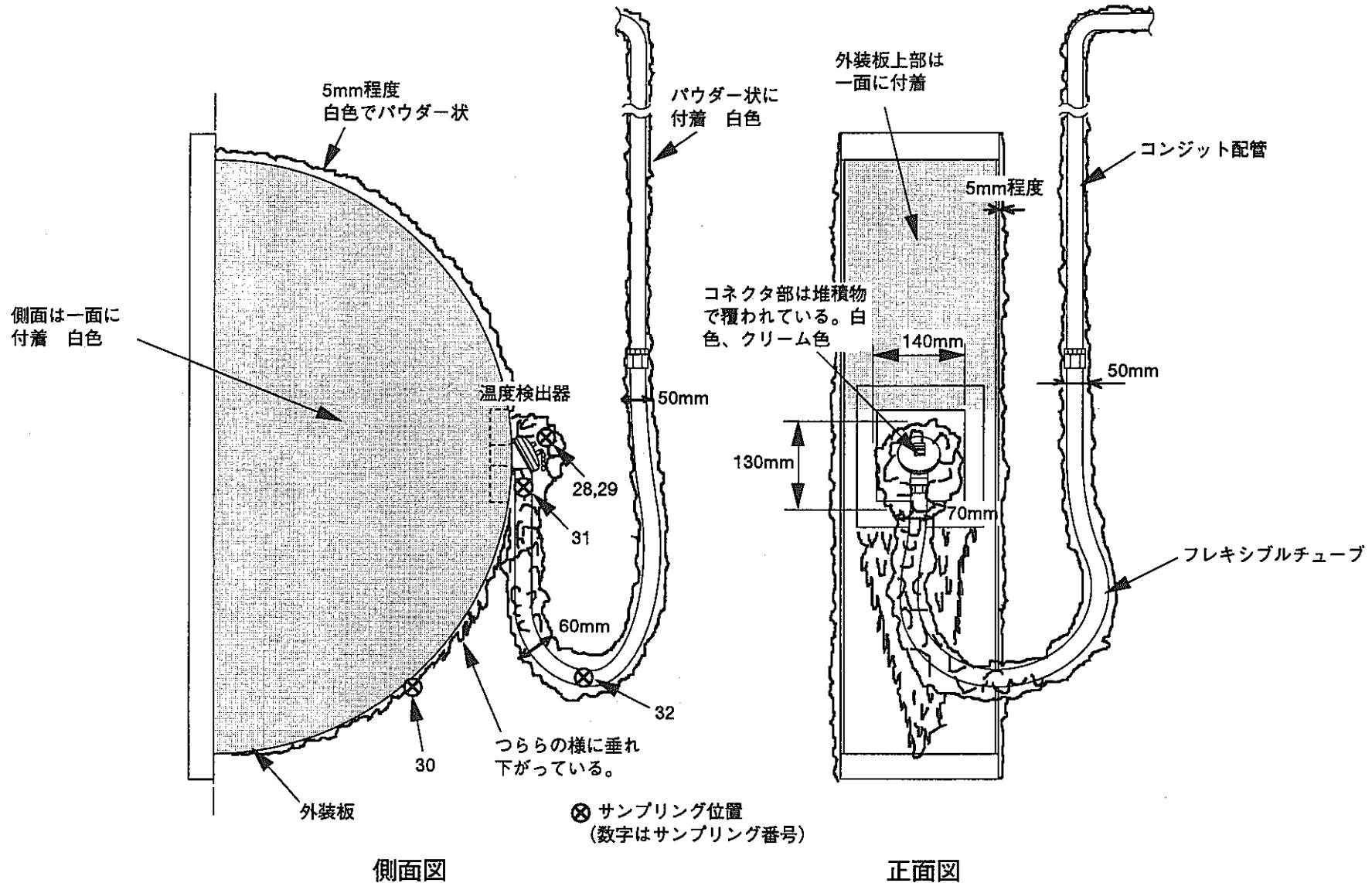
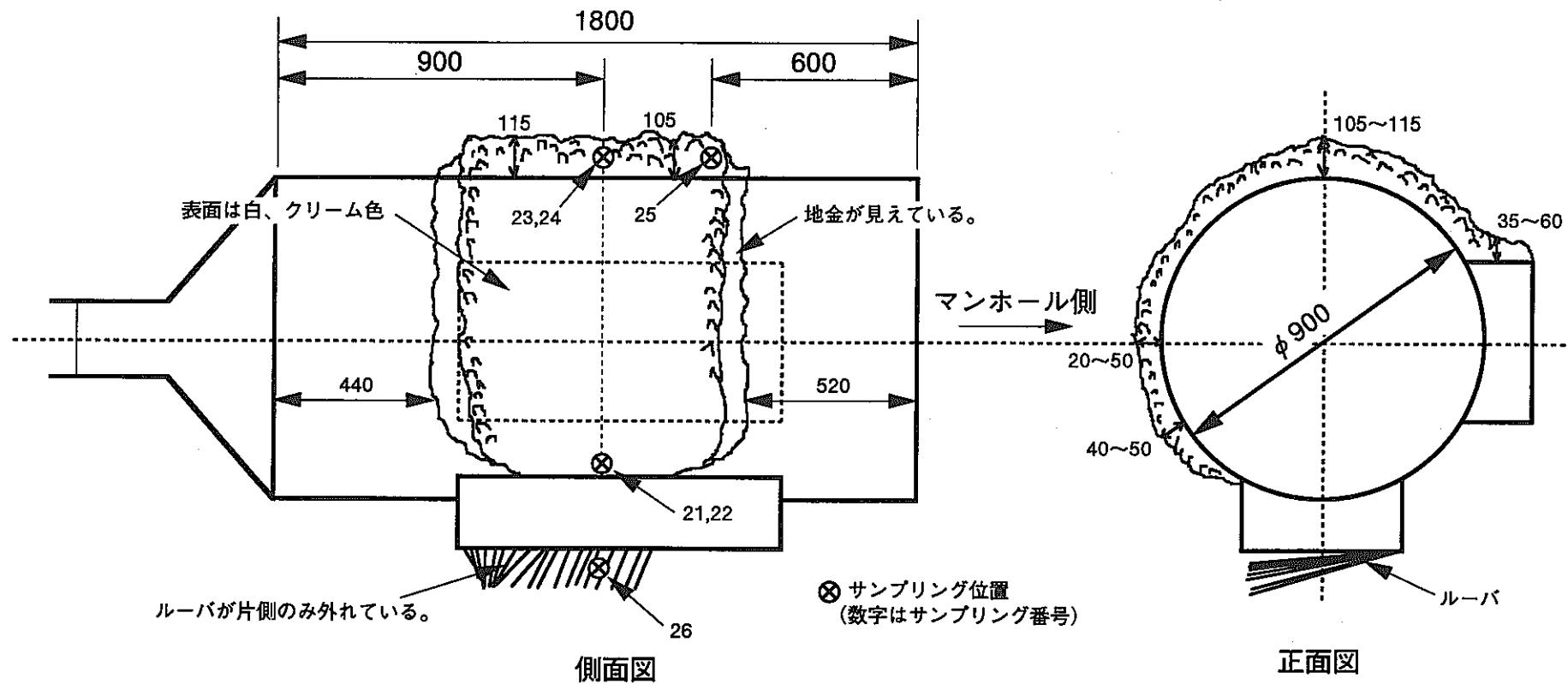


図 4 7 模擬漏えい部の実験後の観察結果



材質：亜鉛鋼板
厚さ：0.8mm

図48 換気空調ダクトの実験後の観察結果

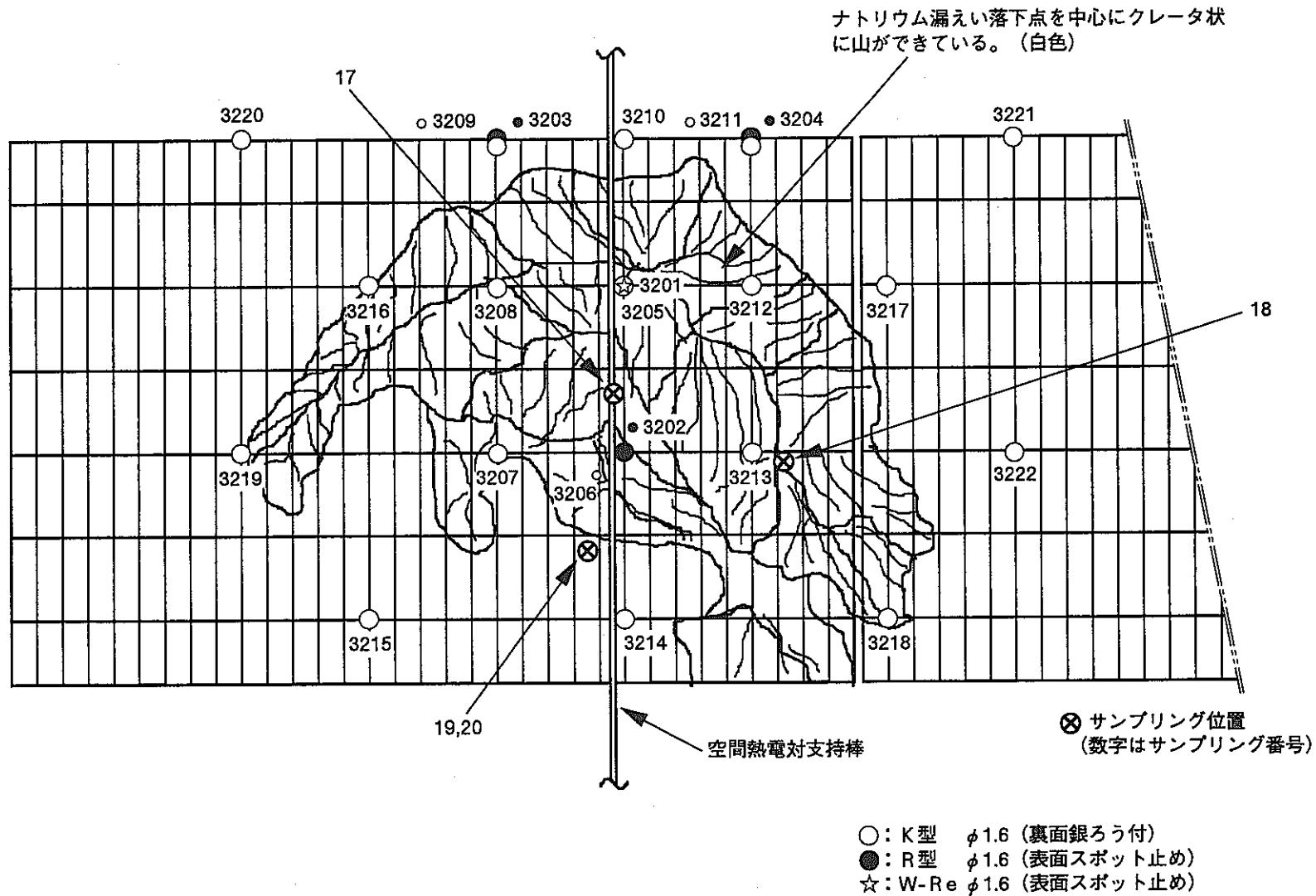


図 4 9 グレーチングの実験後の観察結果

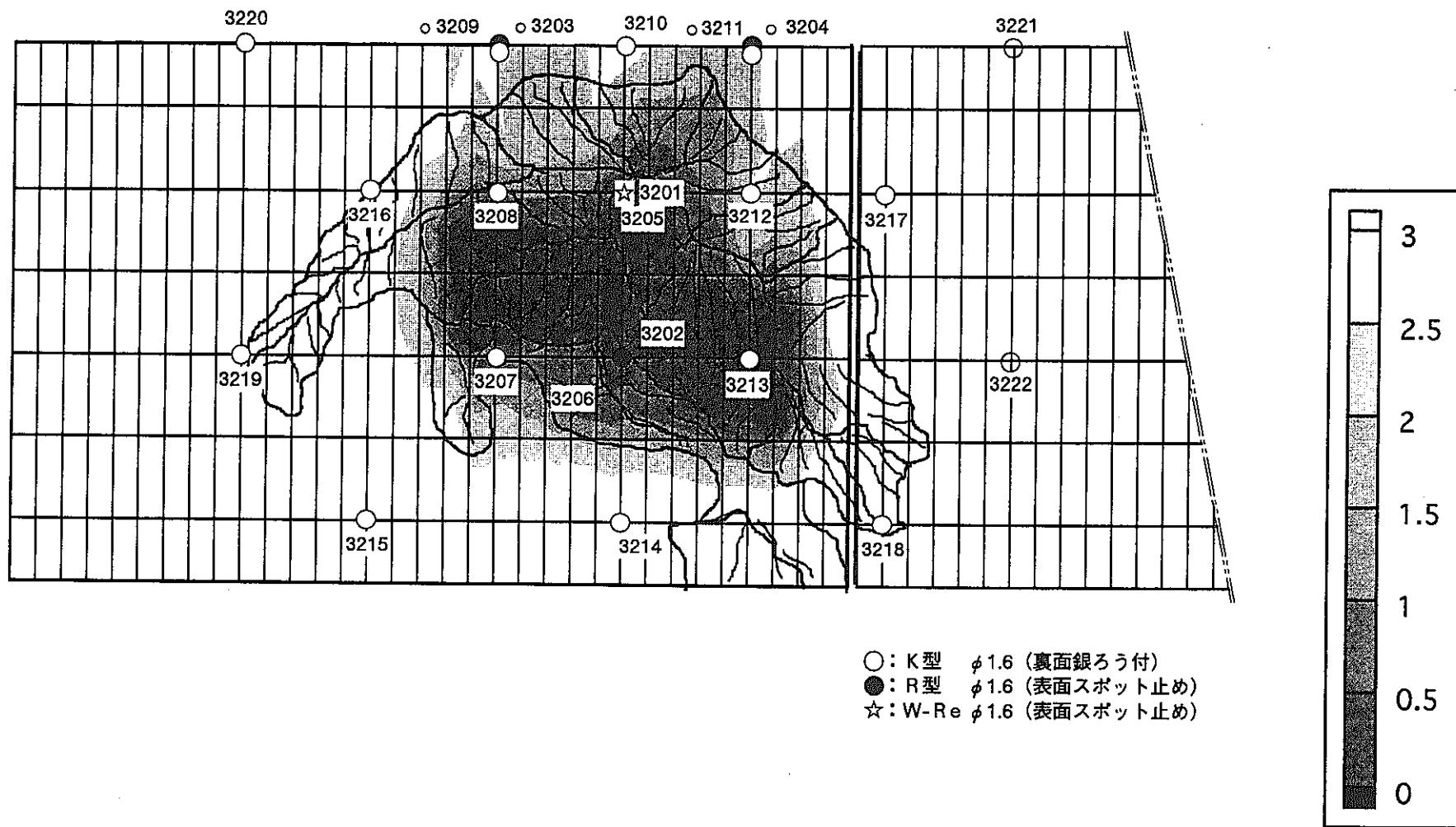


図 50 グレーチング厚み寸法測定結果

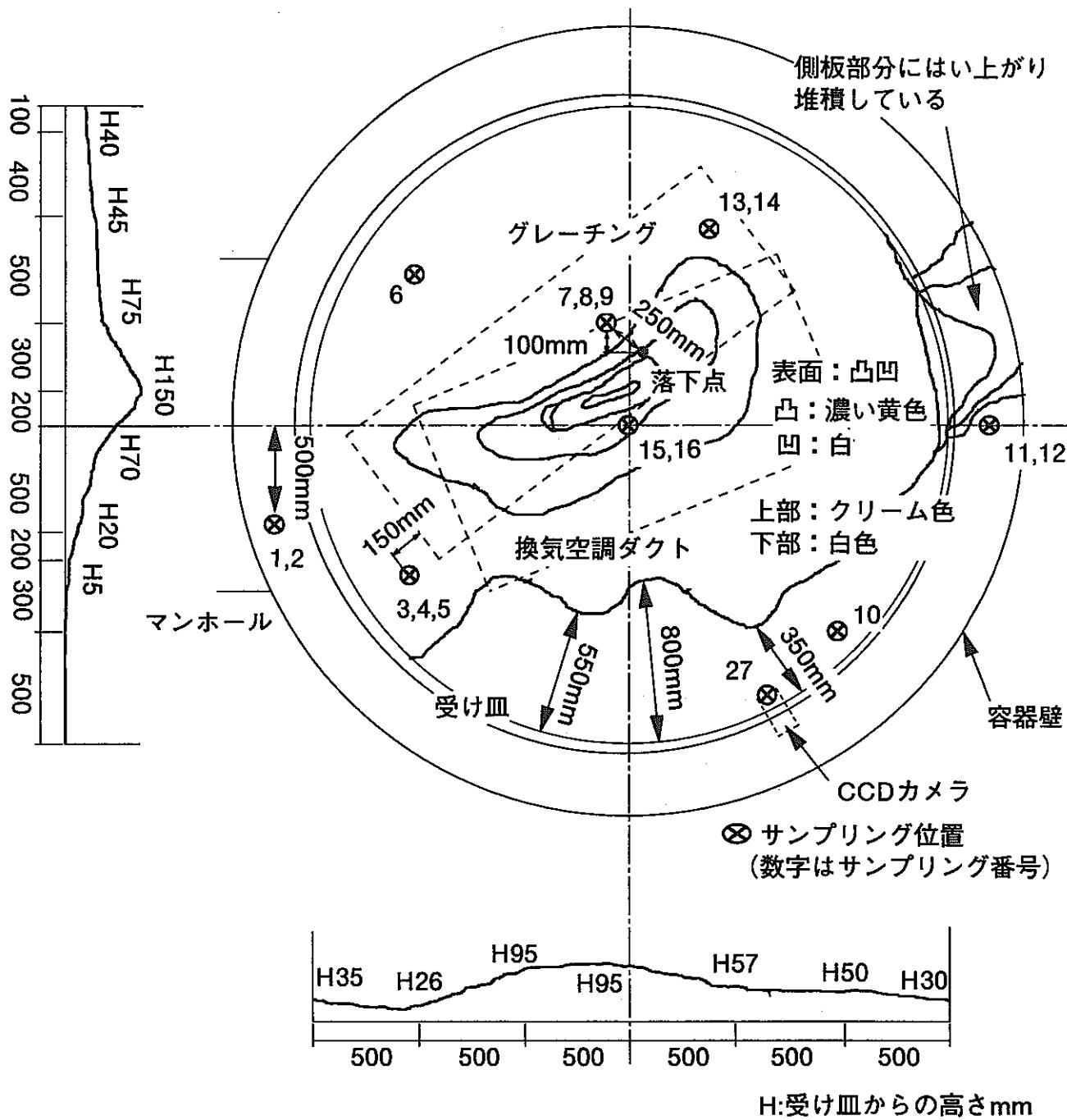


図 5.1 受け皿の実験後の観察結果

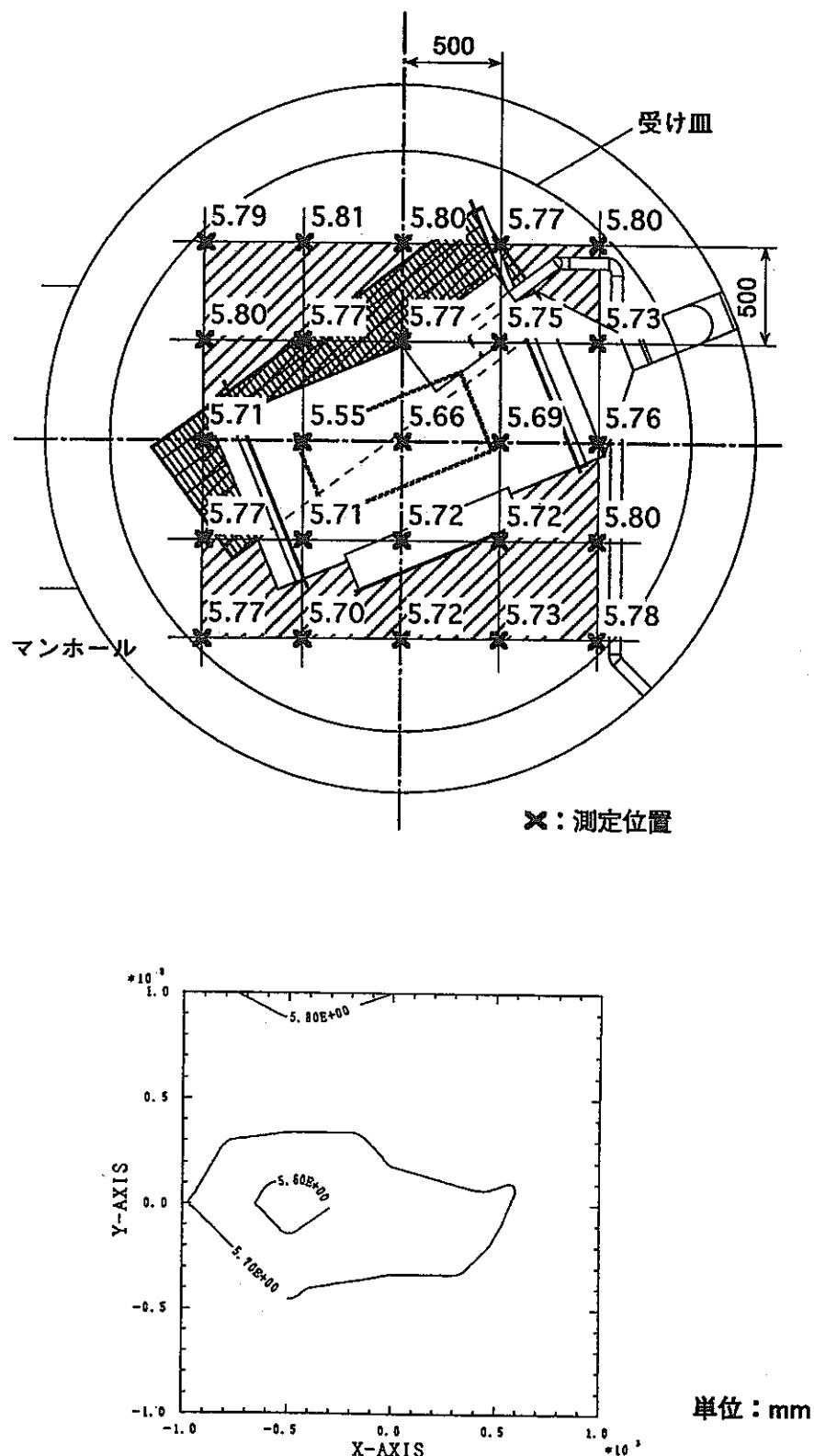
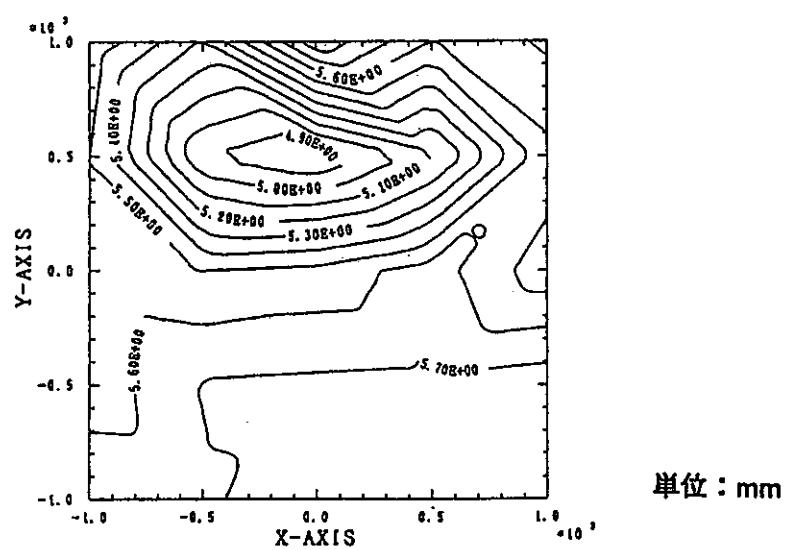
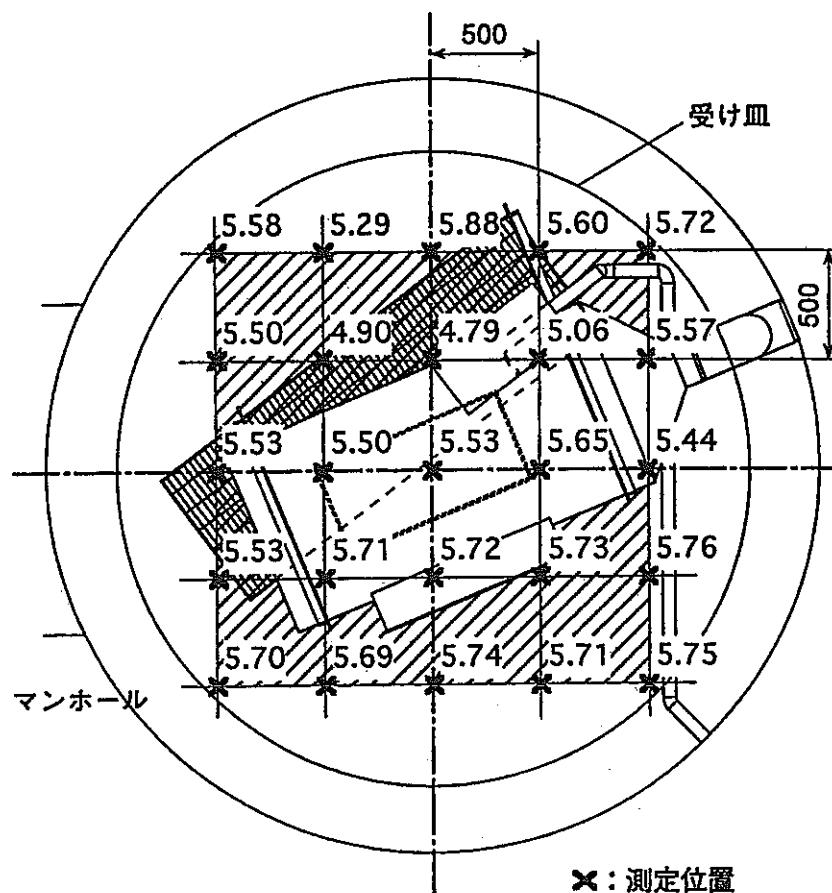
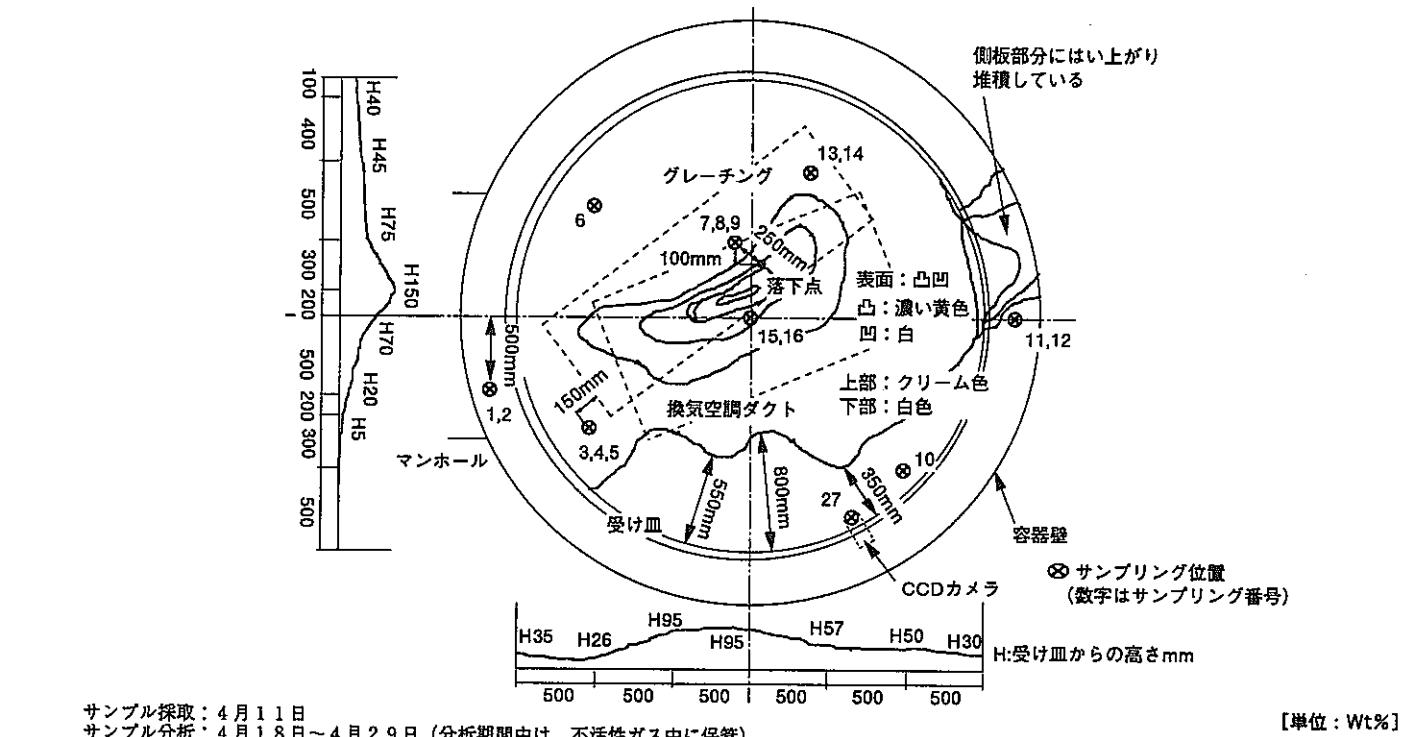


図 5-2 実験前受け皿厚み測定結果



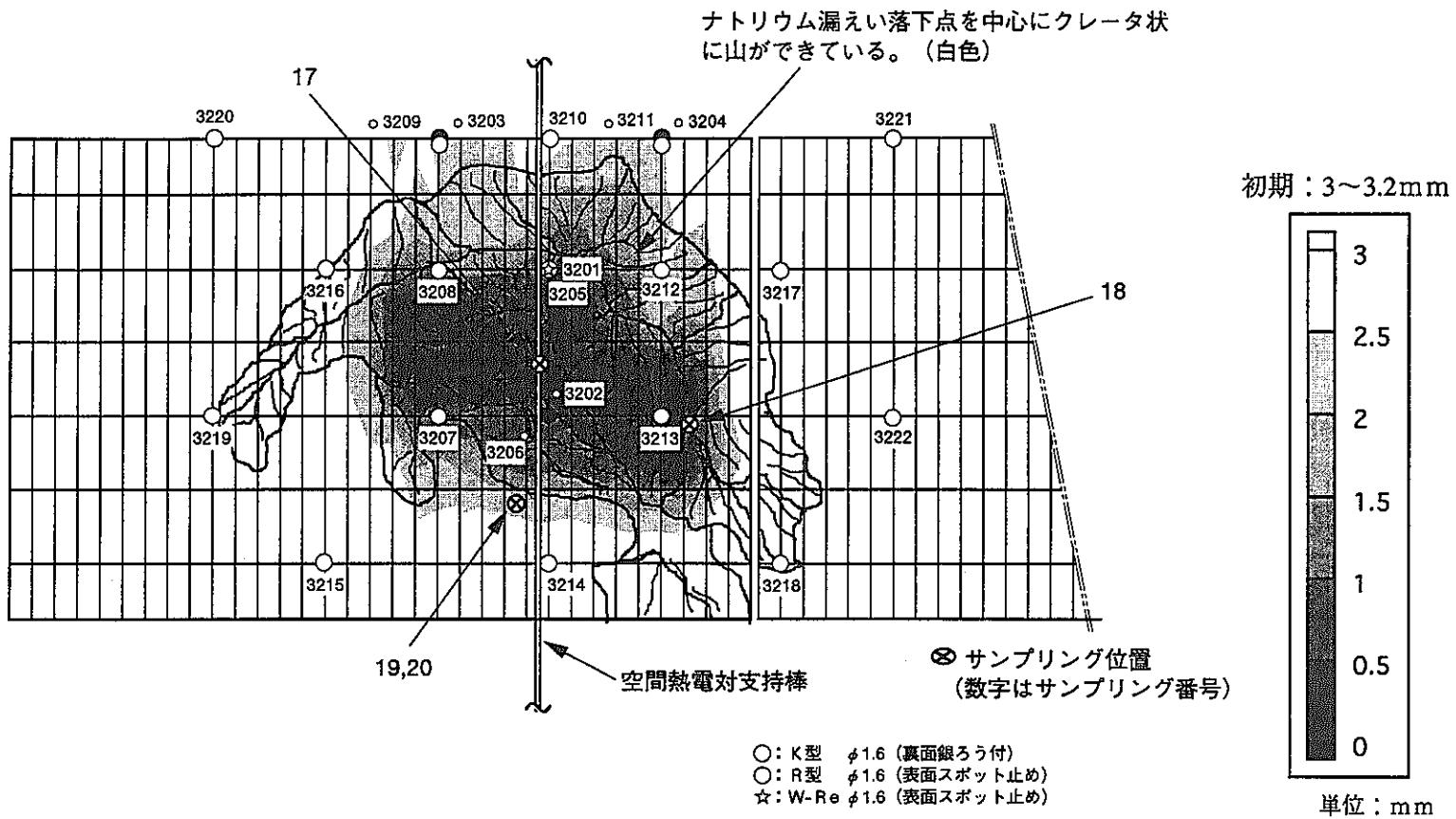
上図斜線範囲の厚み分布図

図 5 3 実験後受け皿厚み測定結果



サンプルNo.	採取位置	金属Na ()内は推定値	Na ₂ O ₂	Na ₂ O ₂ ·2H ₂ O	Na ₂ O	NaOH	NaOH ·2H ₂ O	Na ₂ CO ₃	Na ₄ FeO ₃	その他	備考
1	受け皿底盤部（マンホール入口近傍）-表面層	-	-	48.7	-	-	9.9	41.4	-	-	
2	受け皿底盤部（マンホール入口近傍）-下層	-	34.5	24.1	25.1	-	-	16.3	-	-	
3	受け皿内部堆積物（マンホール入口近傍）-表面層	-	43.0	23.4	19.5	-	-	14.1	-	-	
4	受け皿内部堆積物（マンホール入口近傍）-中間層	-	23.0	15.5	47.6	-	-	13.9	-	-	
5	受け皿内部堆積物（マンホール入口近傍）-最下層	(6.5)	6.6	-	61.4	-	-	14.0	11.5	-	
6	受け皿内部堆積物表面（黒色の落下物）										
7	受け皿内部堆積物漏えい直下-表面層	-	-	56.4	13.4	12.3	-	17.9	-	-	
8	受け皿内部堆積物漏えい直下-中間層	(8.5)	74.4	-	-	-	-	17.1	-	-	
9	受け皿内部堆積物漏えい直下-最下層	1.5	2.7	-	54.3	20.5	-	0.0	21.0	-	
10	受け皿内部（圧力計下）-堆積物の無い所	-	-	62.6	-	-	7.0	30.4	-	-	
11	受け皿底盤部奥-表面	-	-	44.6	-	-	18.6	36.8	-	-	
12	受け皿底盤部奥-下層	-	26.4	42.7	11.6	-	-	19.3	-	-	
13	受け皿内部堆積物（TE-3109近傍）-表面層	-	-	60.8	15.6	3.2	-	20.4	-	-	
14	受け皿内部堆積物（TE-3109近傍）-下層	-	31.2	-	19.7	31.0	-	18.1	-	-	
15	受け皿内部堆積物（中心部）-表面～中間層	0.4	2.0	-	78.7	18.5	-	0.0	0.4	-	
16	受け皿内部堆積物（中心部）-下層	0.2	3.0	-	41.1 ¹	-	-	0.0	55.7	-	*1 Na ₂ O+NaOH+Al ₂ Zn化合物
27	カメラレンズ(CCD)付着物	-	2.5	37.7	11.8	-	-	48.0	-	-	

図54 受け皿の実験後の観察結果とサンプル分析結果



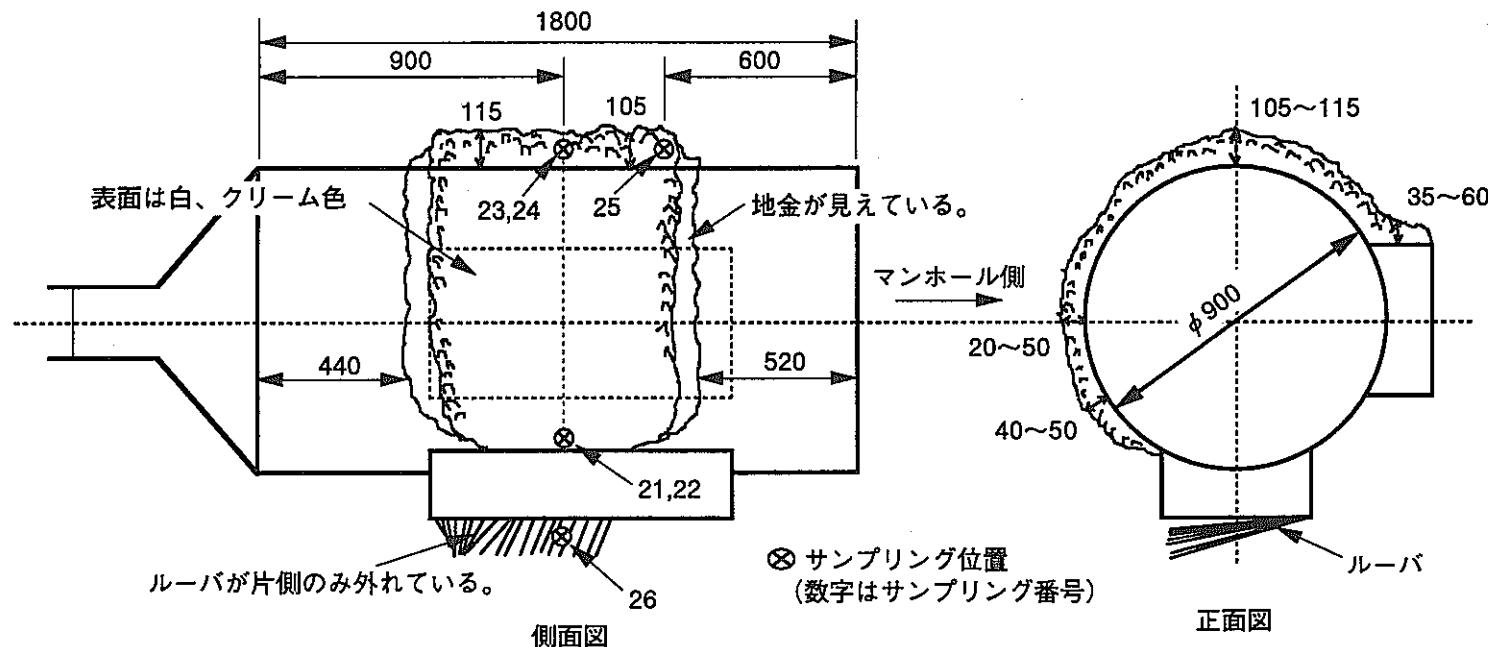
サンプル採取 : 4月11日～12日

サンプル分析 : 4月18日～29日、5月8日 (分析期間中は、不活性ガス中に保管)

[単位 : Wt%]

サンプル No.	採取位置	金属Na ()内は 推定値	$\text{Na}_2\text{O}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Na_2O_2	Na_2O	NaOH	$\text{NaOH} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Na_2CO_3	Na_4FeO_3	その他	備考
17	グレーチング真上 T/C 支持棒 (団子状)	(10.7)	1.0	—	75.7	—	—	12.2	0.4	—	
18	グレーチング堆積物-クレータ (マンホール側)	(7.7)	24.2	—	52.7	—	—	15.4	—	—	
19	グレーチング側面部	—	—	62.8	5.3	6.6	—	25.3	—	—	
20	グレーチング上部堆積物(格子に挟まっていたもの)	(5.6)	1.2	—	76.4	—	—	12.4	4.4	—	

図55 グレーチングの実験後の観察結果とサンプル分析結果



材質：亜鉛鋼鋳
厚さ：0.8mm

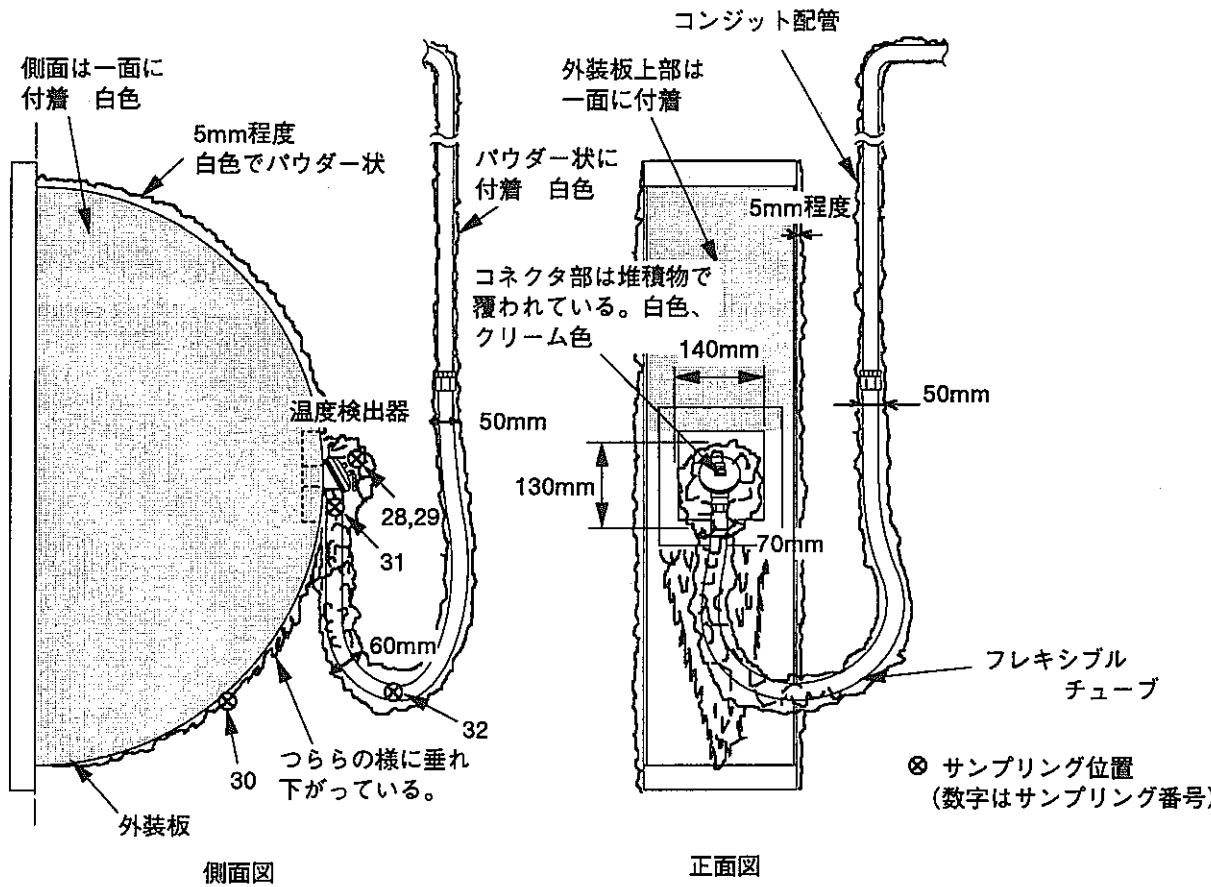
サンプル採取：4月12日

サンプル分析：4月18日～29日（分析期間中は、不活性ガス中に保管）

[単位：Wt%]

サンプルNo.	採取位置	金属Na ()内は 推定値	Na ₂ O ₂ ·2H ₂ O	Na ₂ O ₂	Na ₂ O	NaOH ·2H ₂ O	NaOH	Na ₂ CO ₃	Na ₄ FeO ₃	その他	備考
21	ダクト下面付着物-表面層(ダクト奥から900mm)	(2.3)	66.0	—	13.6	—	—	18.1	—	—	
22	ダクト下面付着物-内層(ダクト奥から900mm)	(4.6)	4.2	—	78.0	—	—	13.2	—	—	
23	ダクト上部フレキ直下-表面層	(19.1)	57.1	—	5.8	—	—	18.0	—	—	
24	ダクト上部フレキ直下-内層	(7.8)	22.9	—	52.8	—	—	16.5	—	—	
25	ダクト上部フレキ直下(マンホール側ヘリから600mm)	0.6	3.2	—	75.5	2.9	—	17.8	—	—	
26	ダクト下部吸引口ルーバ付着物	—	—	5.1	6.1	—	49.6	39.2	—	—	

図56 換気空調ダクトの実験後の観察結果とサンプル分析結果



サンプル採取：4月17日

サンプル分析：4月18日～29日、5月7日～8日（分析期間中は、不活性ガス中に保管）

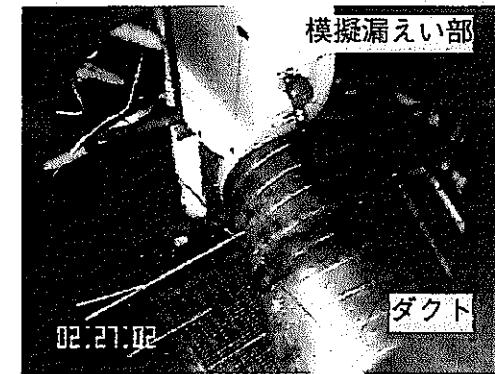
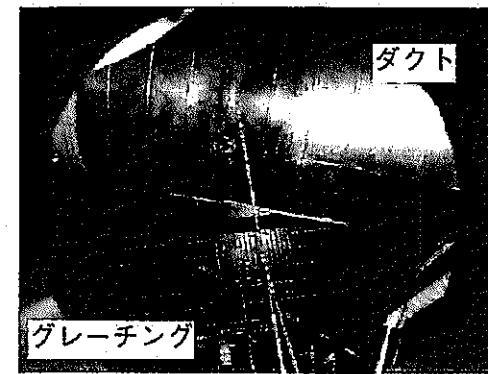
[単位：Wt%]

サンプル No.	採取位置	金属Na ()内は 推定値	Na ₂ O ₂	Na ₂ O ₂ ·2H ₂ O	Na ₂ O	NaOH	NaOH ·2H ₂ O	Na ₂ CO ₃	Na ₄ FeO ₃	その他	備考
28	温度検出器コネクタ部堆積物-表面層	—	30.7	18.7	27.5	—	—	23.1	—	—	
29	温度検出器コネクタ部堆積物-最下層	(8.2)	15.2	—	58.1 ^{*1}	—	—	18.5	—	—	*1 Na ₂ O+Al化合物
30	温度検出器-外装板表面	—	—	41.2	41.9	9.6	—	0.0	7.3	—	
31	温度検出器-フレキシブルチューブ接続部	50.0	15.0	—	—	—	—	30.2	—	4.8 ^{*2}	*2 有機物と推定
32	温度検出器-フレキシブルチューブ最下部	1.8	25.2	—	45.1	—	—	18.2	1.0	8.7 ^{*3}	*3 Ca化合物+有機物と推定

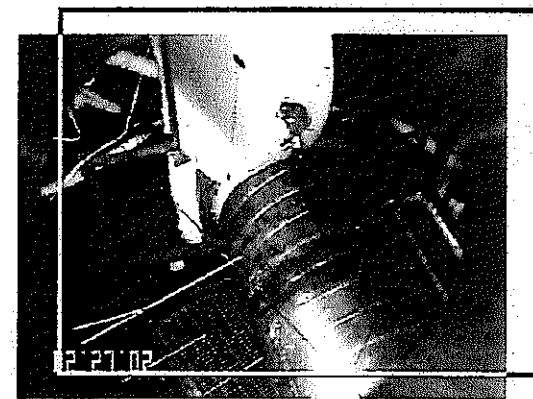
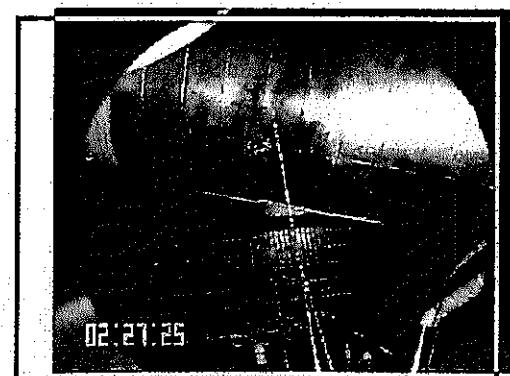
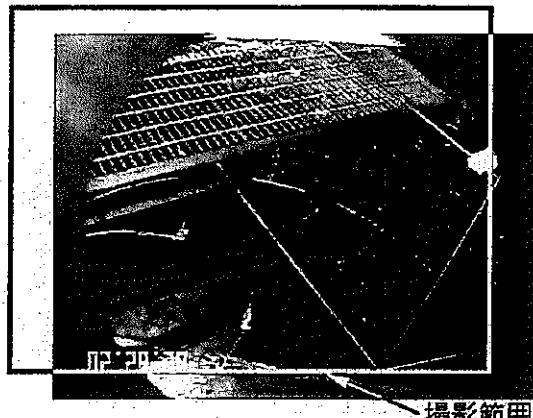
図57 模擬漏えい部の実験後の観察結果とサンプル分析結果

ナトリウム漏えい燃焼実験—I

CCDカメラ



赤外線カメラ



グレーチング部および受け皿部
(試験体を横から撮影)

ダクト部およびグレーチング部
(試験体を上部から撮影)

模擬漏えい部およびダクト部
(模擬漏えい部を斜め上正面から撮影)

写真1 赤外線カメラ、ビデオカメラの撮影範囲

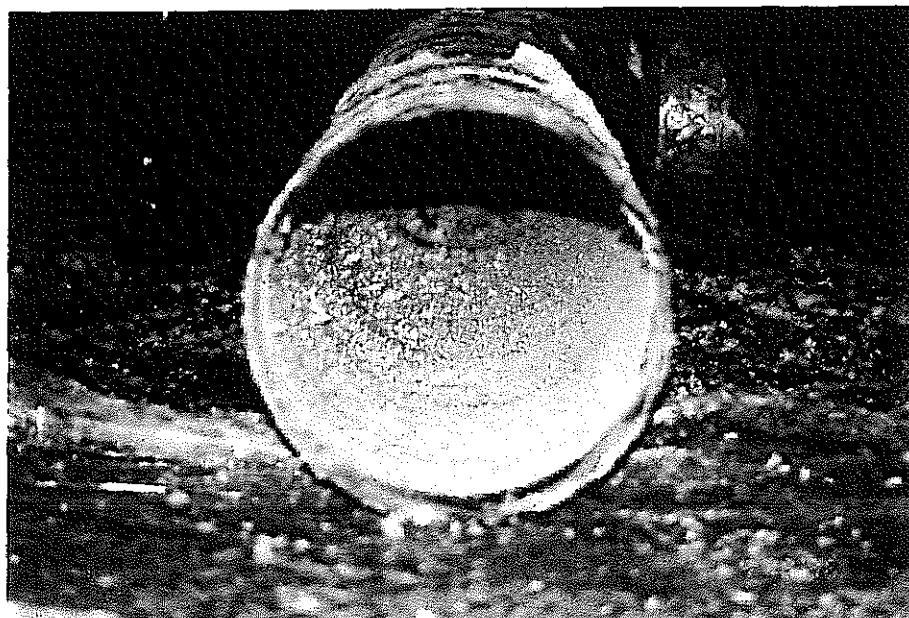
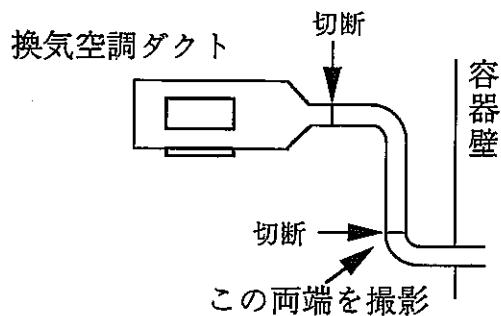


写真2 換気空調ダクト（Φ200mm） 直管内面



写真3 換気空調ダクト（Φ200mm） 曲がり部内面



写真4 DP 707 入口側内部面

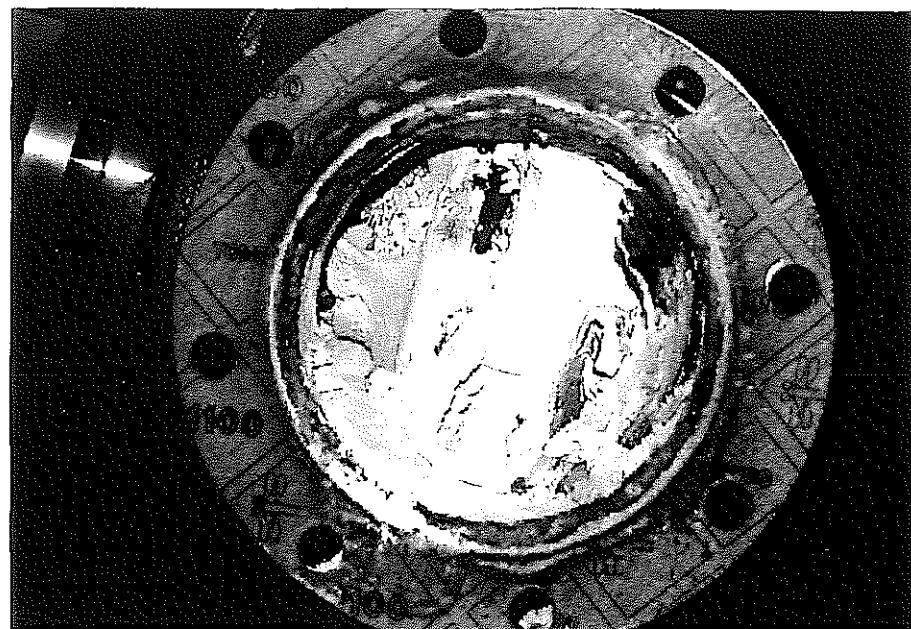


写真5 DP 707 入口側内部面



写真6 DP708 入口側内部面

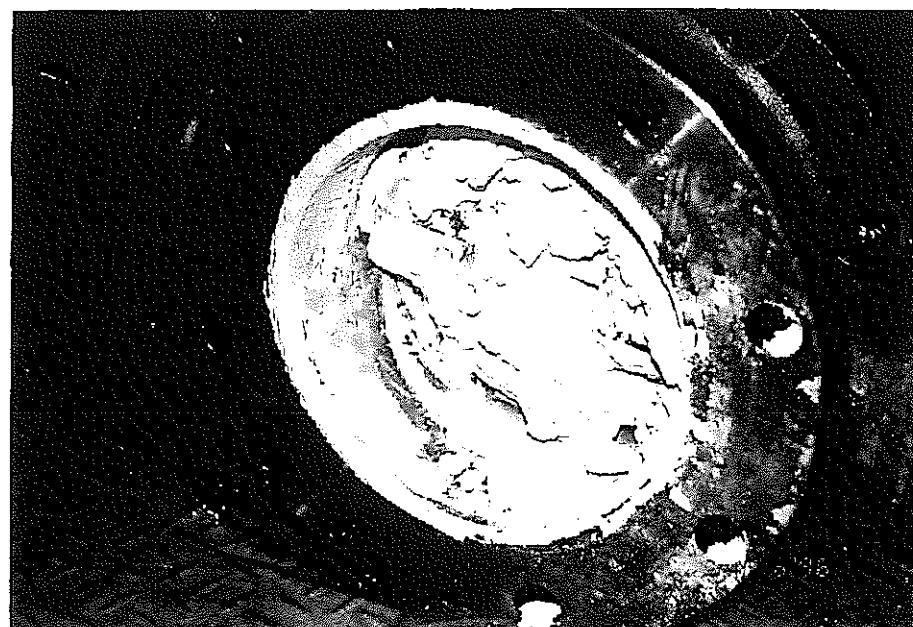


写真7 DP708 出口側内部面

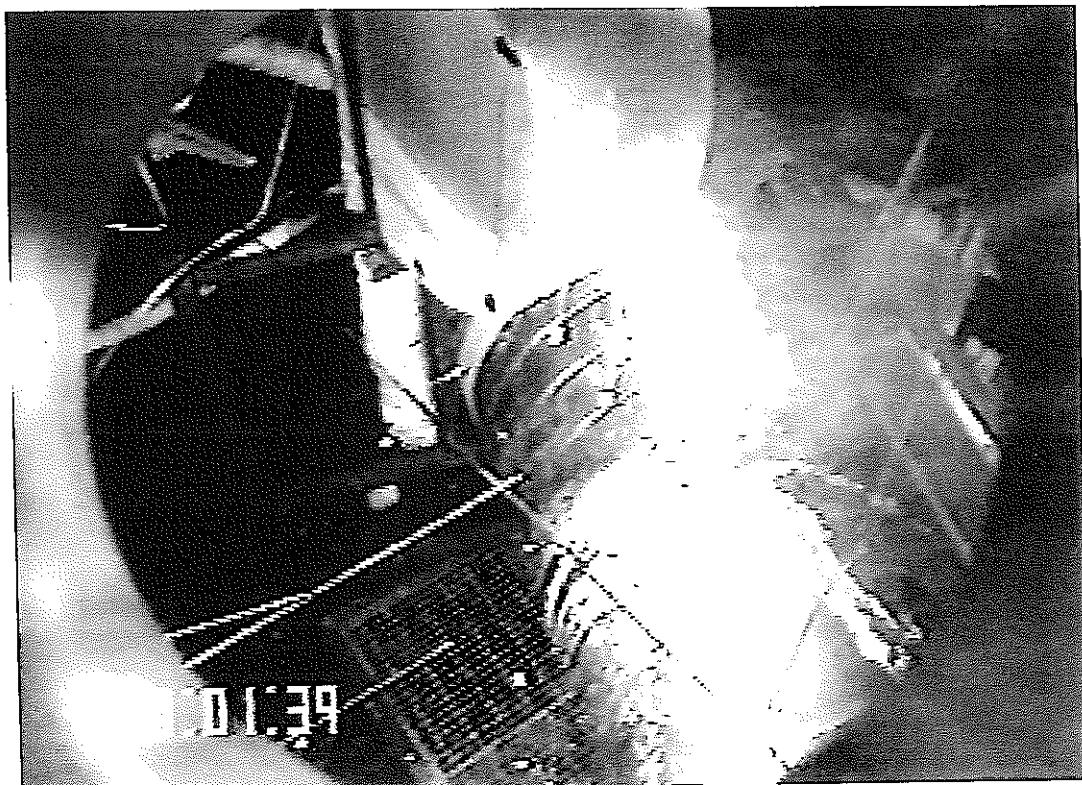


写真8 ビデオカメラによる模擬漏えい部におけるナトリウム漏洩状況
(実験開始後 1分39秒後)



写真9 赤外線カメラによる模擬漏えい部におけるナトリウム漏洩状況
(実験開始後 1分39秒後)



写真10 ビデオカメラによる換気空調ダクト、グレーチングにおけるナトリウム漏洩状況
(実験開始1分46秒)



写真11 赤外線カメラによる換気空調ダクト、グレーチングにおけるナトリウム漏洩状況
(実験開始1分46秒)



写真12 ビデオカメラによるグレーチング、受け皿におけるナトリウム漏洩状況
(実験開始1分52秒)



写真13 赤外線カメラによるグレーチング、受け皿におけるナトリウム漏洩状況
(実験開始1分52秒)



写真 1-4 実験後の温度検出器端部キャップ（側面）

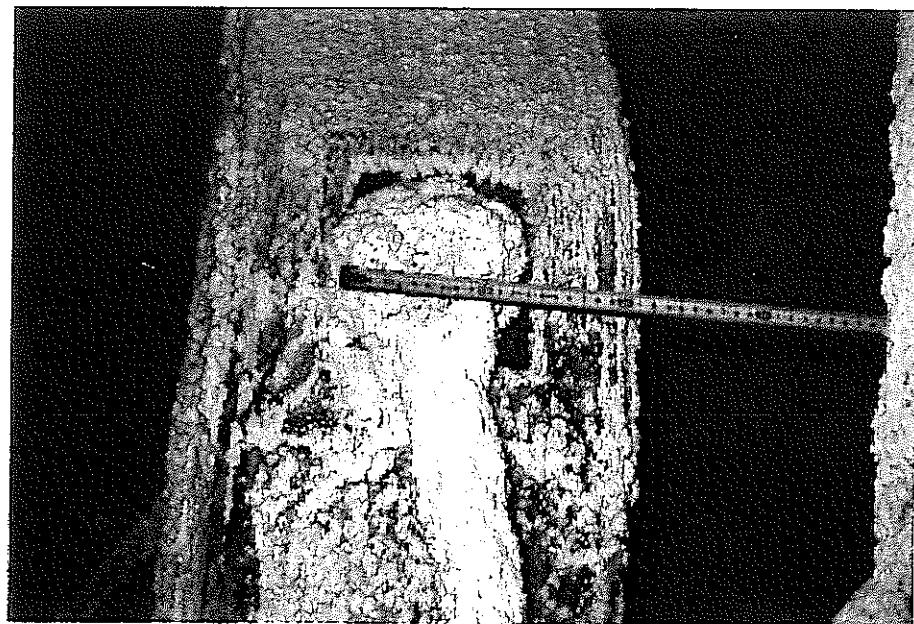


写真 1-5 実験後の温度検出器端部キャップ（正面）



写真 1 6 実験後の温度検出器端部キャップ（ナトリウム化合物除去後）



写真 1 7 実験後の温度検出器端部キャップ（ナトリウム化合物除去後）

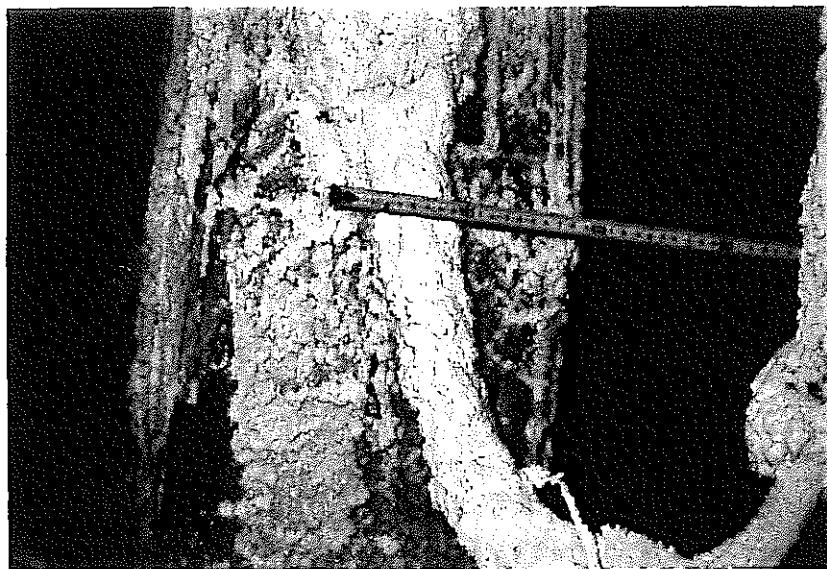


写真 1 8 実験後のフレキシブルチューブ（ナトリウム化合物付着状態）



写真 1 9 実験後のフレキシブルチューブ（ナトリウム化合物付着状態）



写真 20 実験後のフレキシブルチューブ（洗浄後）

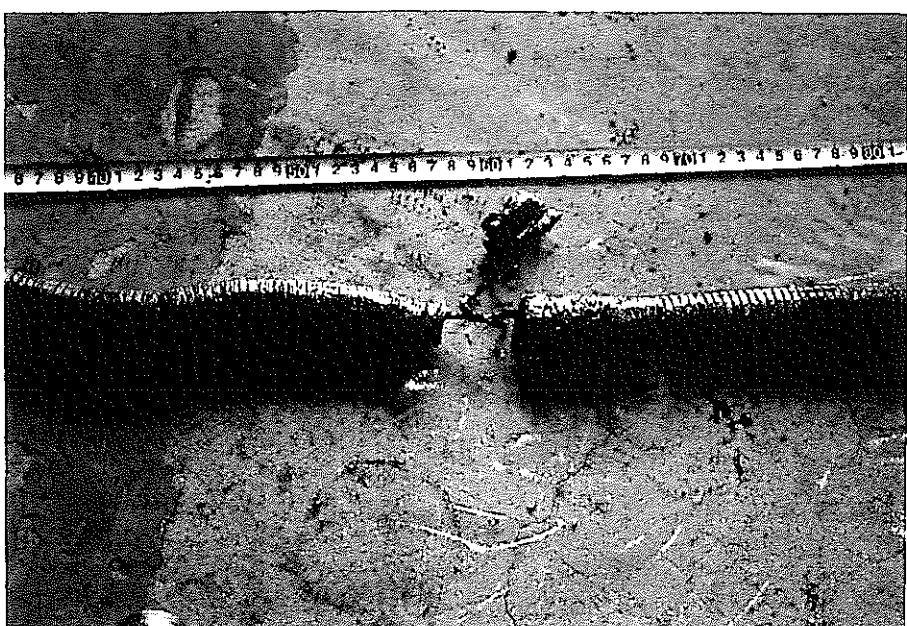


写真 21 実験後のフレキシブルチューブ（洗浄後）

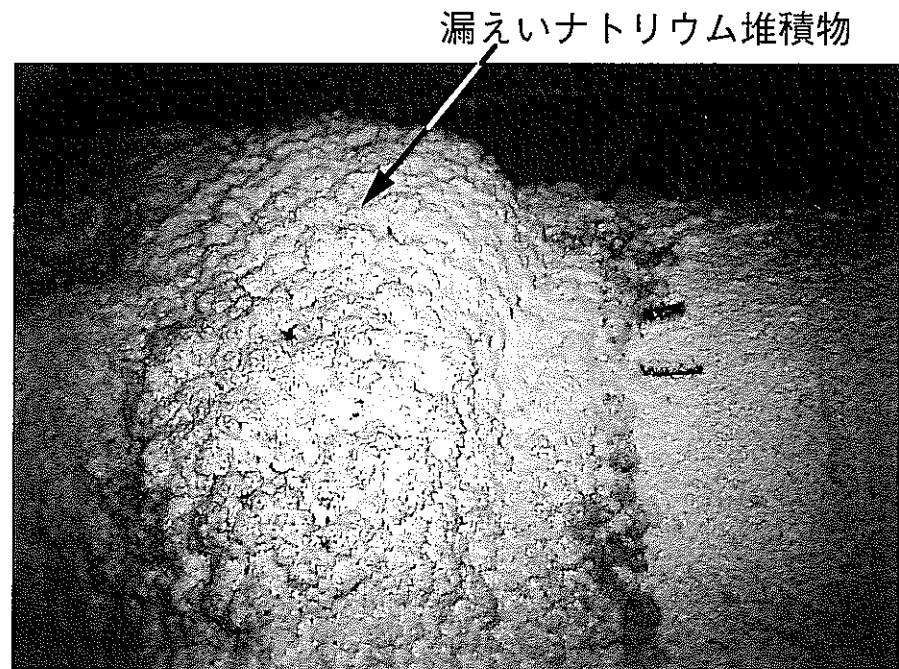


写真 2 2 換気空調ダクト部堆積物（上部）

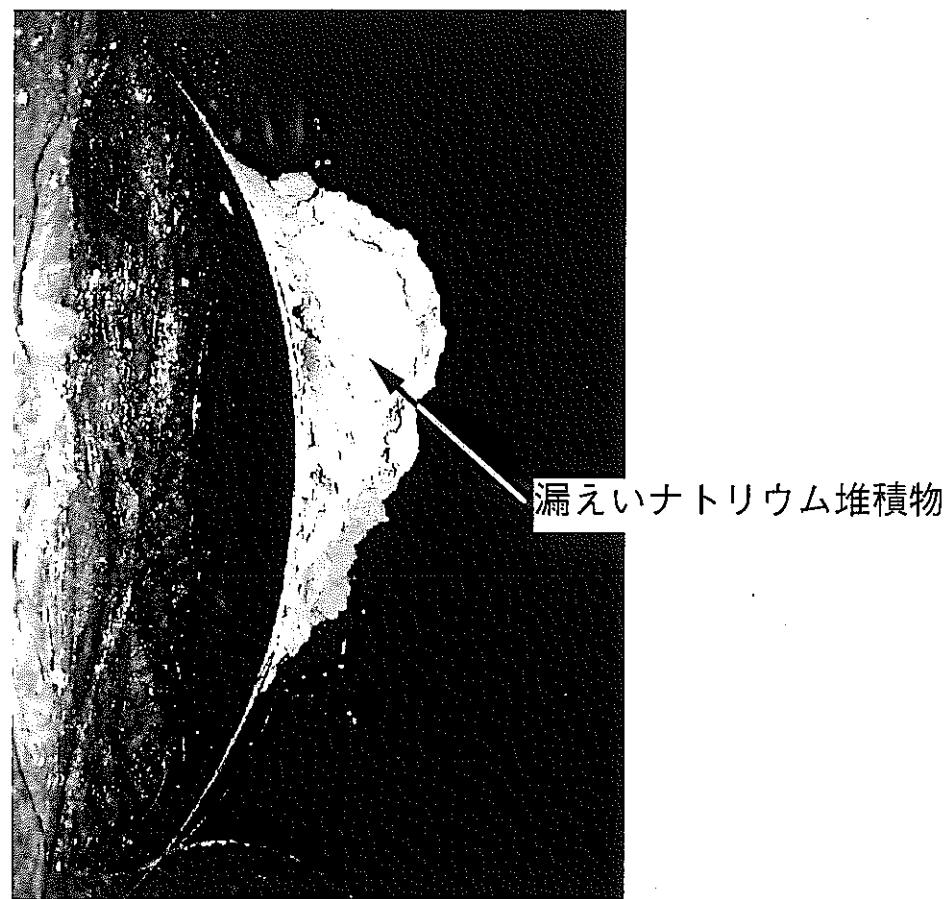


写真 2 3 換気空調ダクト部堆積物（側面部）



写真 24 换気空調ダクト下部空気流入部
(マンホール側から撮影)

グリル

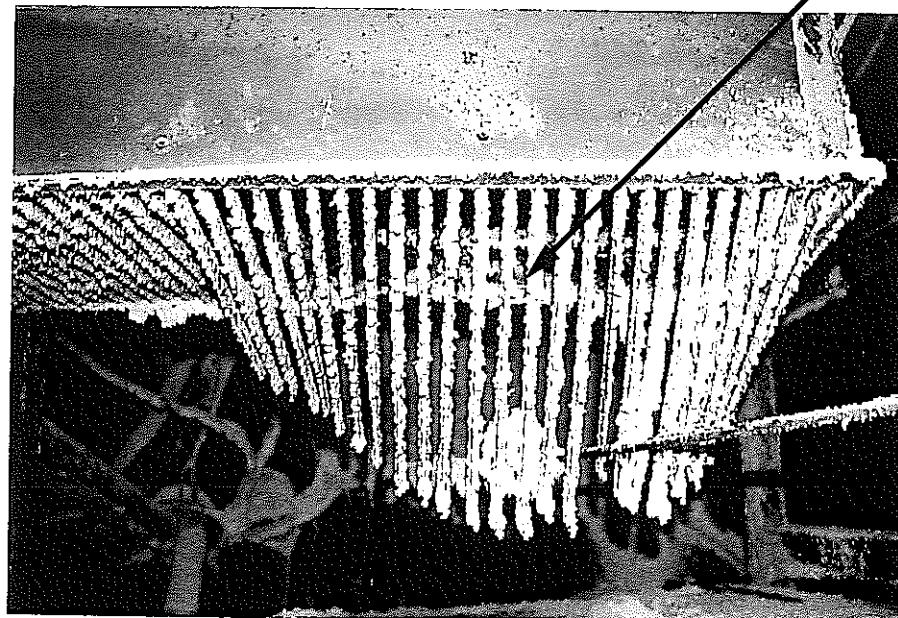


写真 25 换気空調ダクト下部空気流入部
(ダクト側面から撮影)



写真 26 グレーチング上部堆積物
(マンホール側から撮影)

漏えいナトリウム
堆積物

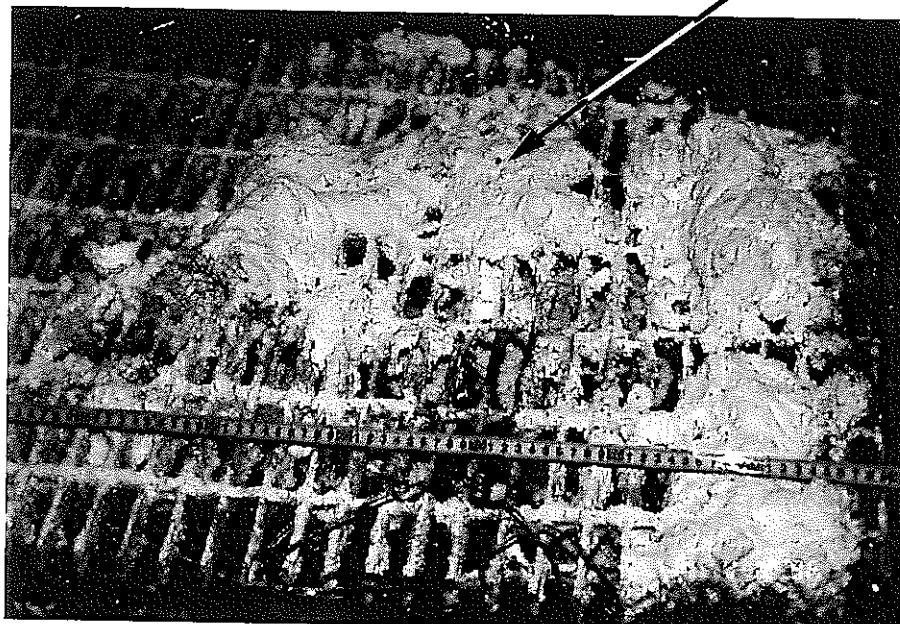


写真 27 グレーチング上部堆積物
(側面から撮影)

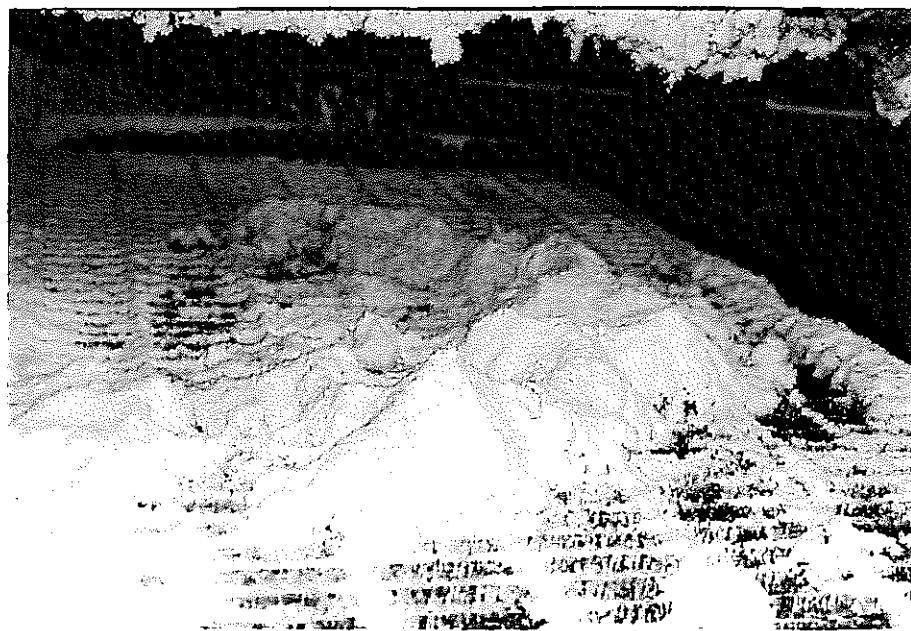


写真28 グレーチング上のナトリウム化合物堆積状況

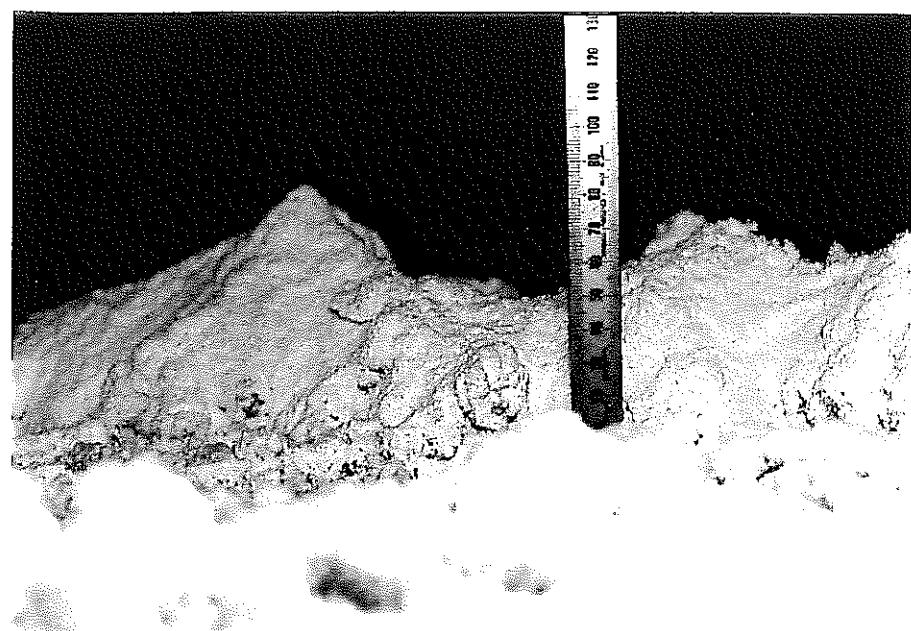


写真29 グレーチング上のナトリウム化合物堆積状況

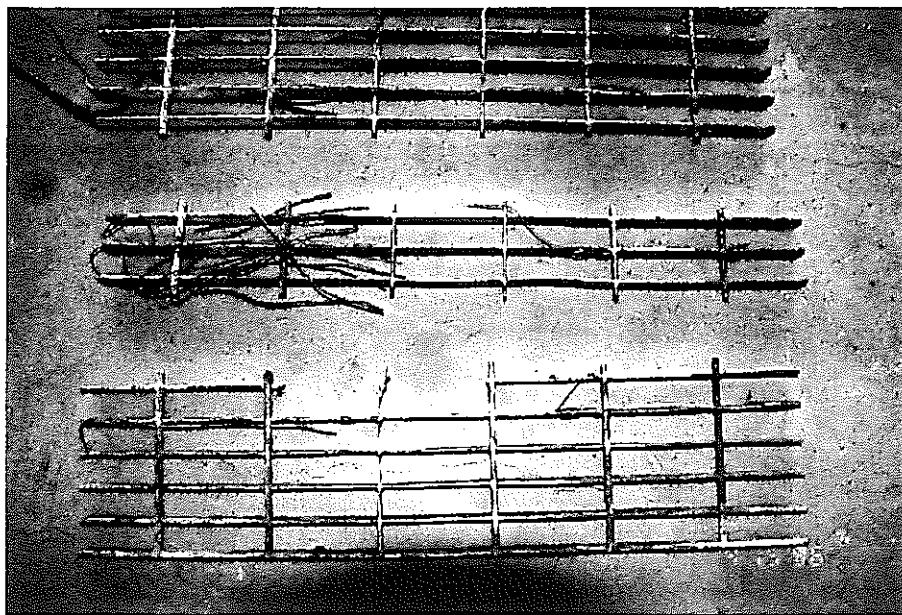


写真 30 堆積物除去後グレーチング部

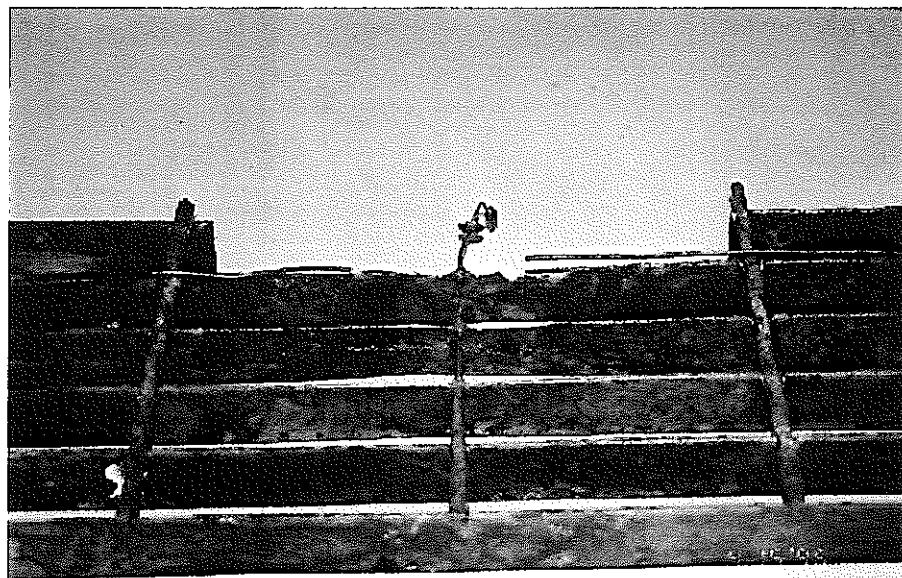


写真 31 堆積物除去後グレーチング部
(側面から撮影)



漏えいナトリウム堆積物

写真 3-2 受け皿部堆積物
(マンホール側から撮影)

熱電対支持棒

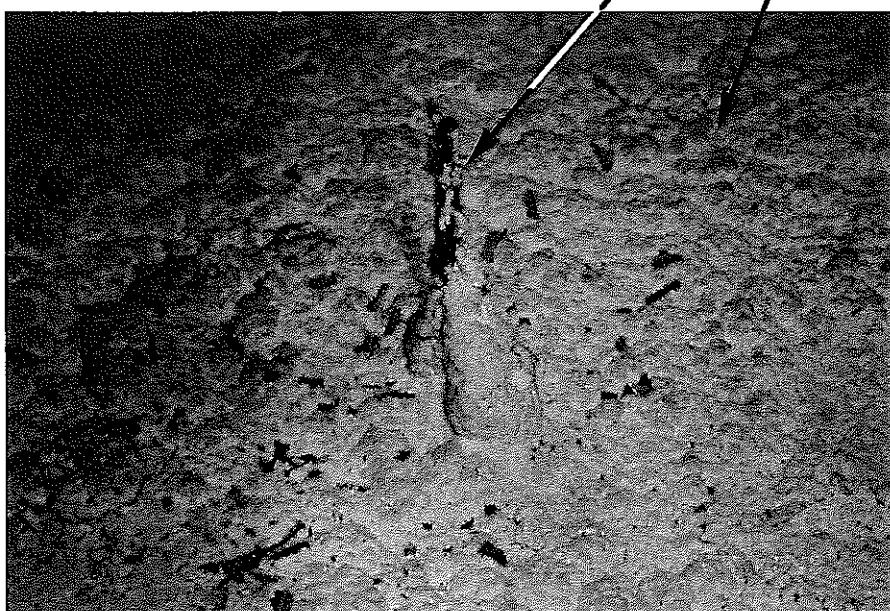


写真 3-3 受け皿部堆積物
(熱電対近傍を撮影)

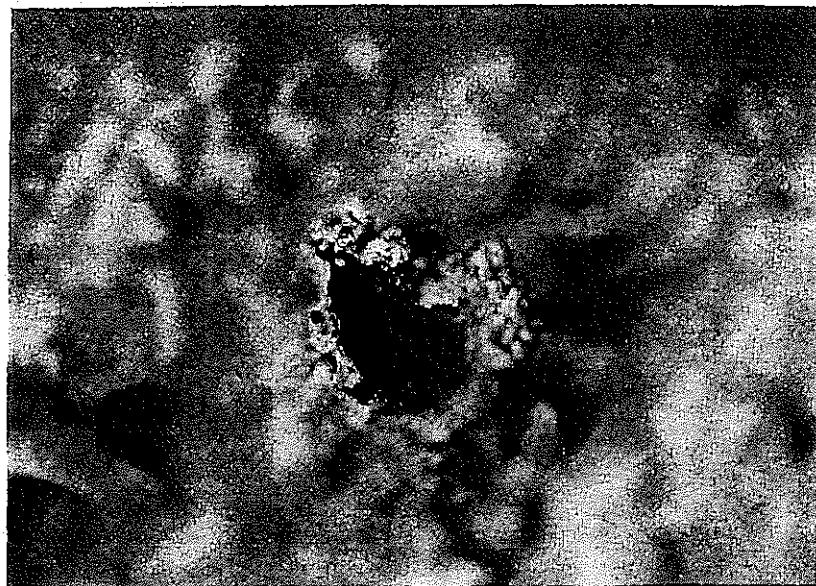
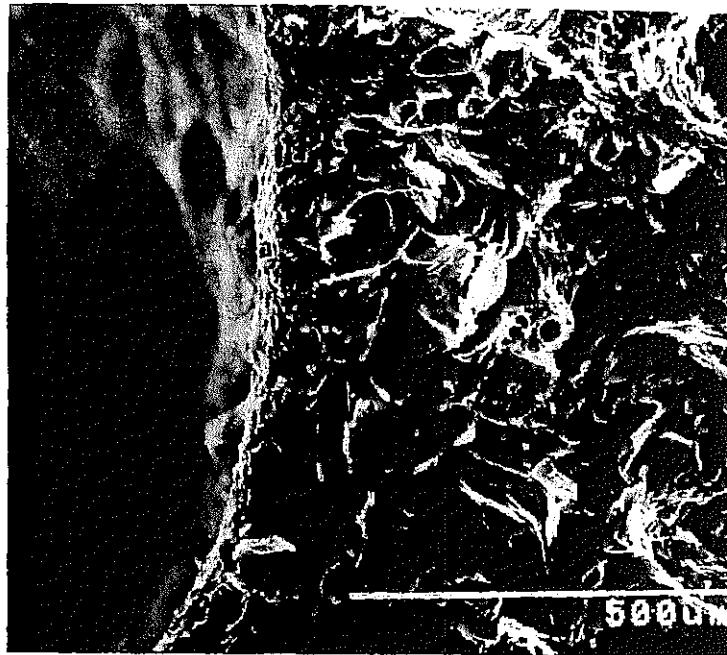


写真34 グレーチング下部つらら状化合物（上面）



写真35 グレーチング下部つらら状化合物（側面）

SEM像



相分析

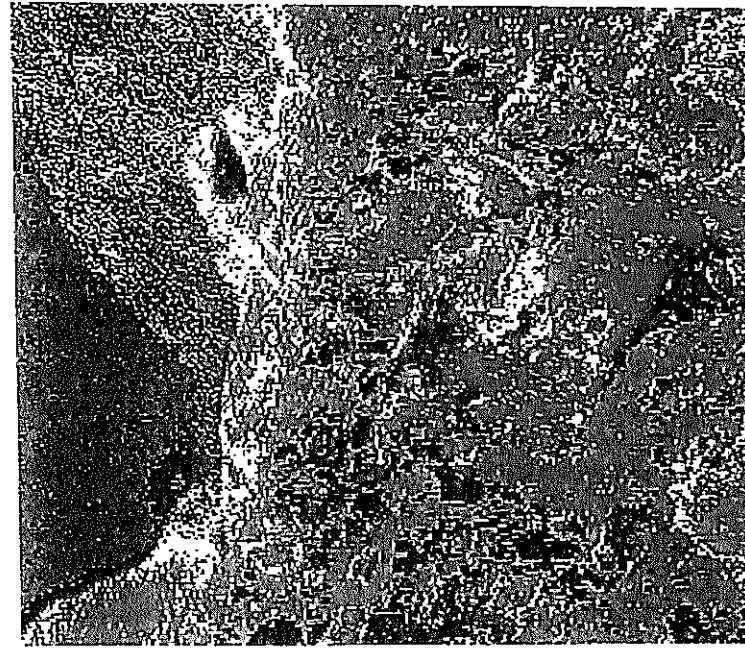


写真36 つらら状化合物のSEM像（上面内縁部）

写真37 つらら状化合物のEPMA分析結果（上面内縁部）

Appendix.1

実験データ集

データ収録リスト

1. 受け皿 (裏面)

Tag. No.	名 称	種 類
TE 3001	受け皿 (裏面)	R
TE 3002	受け皿 (裏面)	K
TE 3003	受け皿 (裏面)	K
TE 3004	受け皿 (裏面)	K
TE 3005	受け皿 (裏面)	K
TE 3006	受け皿 (裏面)	K
TE 3007	受け皿 (裏面)	K
TE 3008	受け皿 (裏面)	K
TE 3009	受け皿 (裏面)	K
TE 3010	受け皿 (裏面)	K
TE 3011	受け皿 (裏面)	K
TE 3012	受け皿 (裏面)	K
TE 3013	受け皿 (裏面)	K
TE 3014	受け皿 (裏面)	K
TE 3015	受け皿 (裏面)	K
TE 3016	受け皿 (裏面)	K
TE 3017	受け皿 (裏面)	K
TE 3018	受け皿 (裏面)	K
TE 3019	受け皿 (裏面)	K
TE 3020	受け皿 (裏面)	K

2. 受け皿 (表面)

Tag. No.	名 称	種 類
TE 3101	受け皿温度 (表面)	R
TE 3102	受け皿温度 (10mm)	R
TE 3103	受け皿温度 (100mm)	R
TE 3104	受け皿温度 (200mm)	R
TE 3105	受け皿温度 (表面)	K
TE 3106	受け皿温度 (10mm)	K
TE 3107	受け皿温度 (100mm)	K
TE 3108	受け皿温度 (200mm)	K
TE 3109	受け皿温度 (表面)	K
TE 3110	受け皿温度 (10mm)	K
TE 3111	受け皿温度 (100mm)	K
TE 3112	受け皿温度 (200mm)	K
TE 3113	受け皿温度 (表面)	K
TE 3114	受け皿温度 (10mm)	K
TE 3115	受け皿温度 (100mm)	K
TE 3116	受け皿温度 (200mm)	K
TE 3117	受け皿温度 (表面)	K
TE 3118	受け皿温度 (10mm)	K
TE 3119	受け皿温度 (100mm)	K
TE 3120	受け皿温度 (200mm)	K
TE 3121	受け皿支持板	K
TE 3122	受け皿支持板	K
TE 3123	受け皿支持板	K
TE 3124	受け皿支持板	K
TE 3125	受け皿側壁	K
TE 3126	受け皿側壁	K
TE 3127	受け皿側壁	K
TE 3128	受け皿側壁	K

データ収録リスト

3. グレーチング

Tag. No.	名 称	種 類
TE 3201	グレーチング (表面)	W.Re
TE 3202	グレーチング (表面)	R
TE 3203	グレーチング (裏面)	K
TE 3204	グレーチング (表面)	R
TE 3205	グレーチング (裏面)	K
TE 3206	グレーチング (裏面)	K
TE 3207	グレーチング (裏面)	K
TE 3208	グレーチング (裏面)	K
TE 3209	グレーチング (表面)	R
TE 3210	グレーチング (裏面)	K
TE 3211	グレーチング (裏面)	K
TE 3212	グレーチング (裏面)	K
TE 3213	グレーチング (裏面)	K
TE 3214	グレーチング (裏面)	K
TE 3215	グレーチング (裏面)	K
TE 3216	グレーチング (裏面)	K
TE 3217	グレーチング (裏面)	K
TE 3218	グレーチング (裏面)	K
TE 3219	グレーチング (裏面)	K
TE 3220	グレーチング (裏面)	K
TE 3221	グレーチング (裏面)	K
TE 3222	グレーチング (裏面)	K

4. 換気空調ダクト

Tag. No.	名 称	種 類
TE 3301	空調ダクト (表面)	R
TE 3302	空調ダクト (表面)	R
TE 3303	空調ダクト (裏面)	K
TE 3304	空調ダクト (裏面)	K
TE 3305	空調ダクト (裏面)	K
TE 3306	空調ダクト (裏面)	K
TE 3307	空調ダクト (裏面)	K
TE 3308	空調ダクト (裏面)	K
TE 3309	空調ダクト (裏面)	K
TE 3310	空調ダクト (裏面)	K
TE 3311	空調ダクト (裏面)	K
TE 3312	空調ダクト (裏面)	K
TE 3313	空調ダクト (裏面)	K
TE 3314	空調ダクト (裏面)	K
TE 3315	空調ダクト (裏面)	K
TE 3316	空調ダクト (裏面)	K
TE 3317	空調ダクト (裏面)	K
TE 3318	空調ダクト (裏面)	K
TE 3319	空調ダクト (裏面)	K
TE 3320	ダクト 内中央	K
TE 3321	ダクト 吸込口 (側面)	K
TE 3322	ダクト 吸込口 (下面)	K

データ収録リスト

5. 模擬漏えい部

6. 試験容器壁(既設)

Tag. No	名 称	種 類
TE 3401	プロセス温度検出器	K
TE 3402	管台部	K
TE 3403	ニップル部	K
TE 3404	コネクタ部	K
TE 3405	保温材中(管台部)	K
TE 3406	保温材中(ニップル部)	K
TE 3407	外装板表面	K
TE 3408	外装板表面	R
TE 3409	外装板表面	K
TE 3410	フレキシブルチューブ	R
TE 3411	フレキシブルチューブ	K

Tag. No	名 称	種 類
TE 2001	試験容器蓋(外壁)	K
TE 2002	試験容器蓋(外壁)	K
TE 2003	試験容器蓋(内壁)	K
TE 2004	試験容器蓋(内壁)	K
TE 2005	試験容器(内壁)	K
TE 2006	試験容器(内壁)	K
TE 2007	試験容器(内壁)	K
TE 2008	試験容器(内壁)	K
TE 2009	試験容器(内壁)	K
TE 2010	試験容器(内壁)	K
TE 2014	試験容器(内壁)	K
TE 2015	試験容器(内壁)	K
TE 2016	試験容器(内壁)	K
TE 2020	試験容器(内壁)	K
TE 2021	試験容器(内壁)	K
TE 2023	試験容器底(外壁)	K
TE 2024	試験容器底(外壁)	K
TE 2025	容器壁(内壁)	K
TE 2026	容器壁(内壁)	K
TE 2039	底板(内壁)	K
TE 2040	底板(内壁)	K
TE 2041	底板(内壁)	K
TE 2053	支柱壁	K
TE 2101	容器壁(外壁)	K
TE 2103	容器壁(外壁)	K
TE 2104	容器壁(外壁)	K
TE 2105	容器壁(外壁)	K
TE 1040	受け皿保温中	K

データ収録リスト

7. ガス温度

8. ガス温度

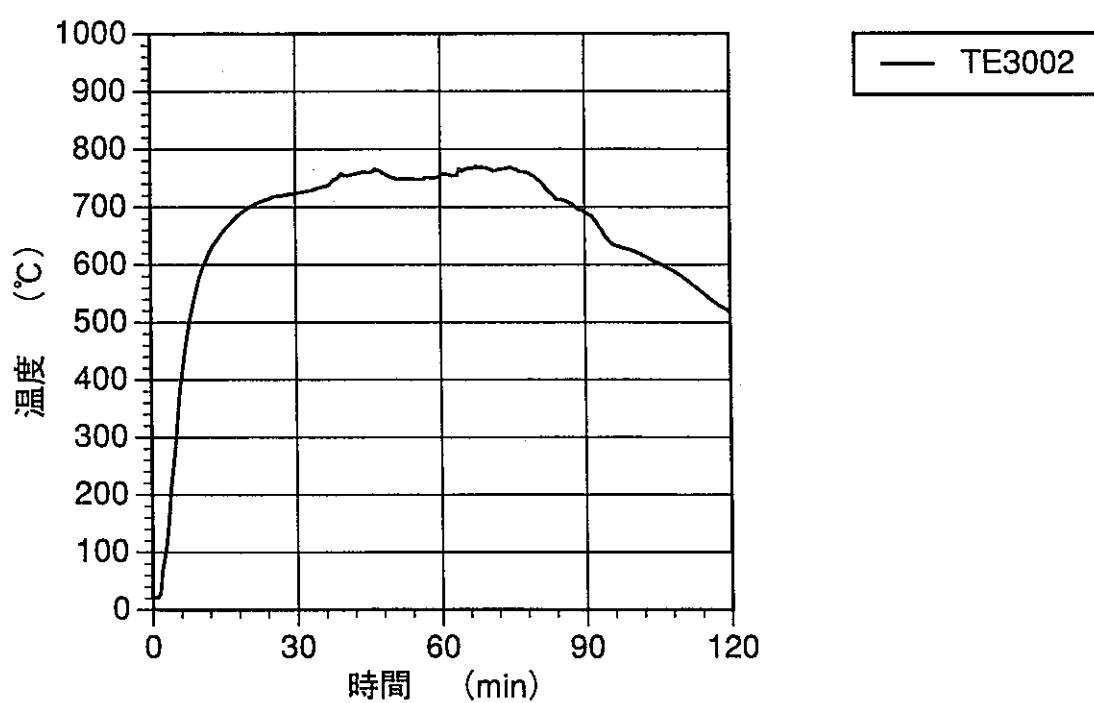
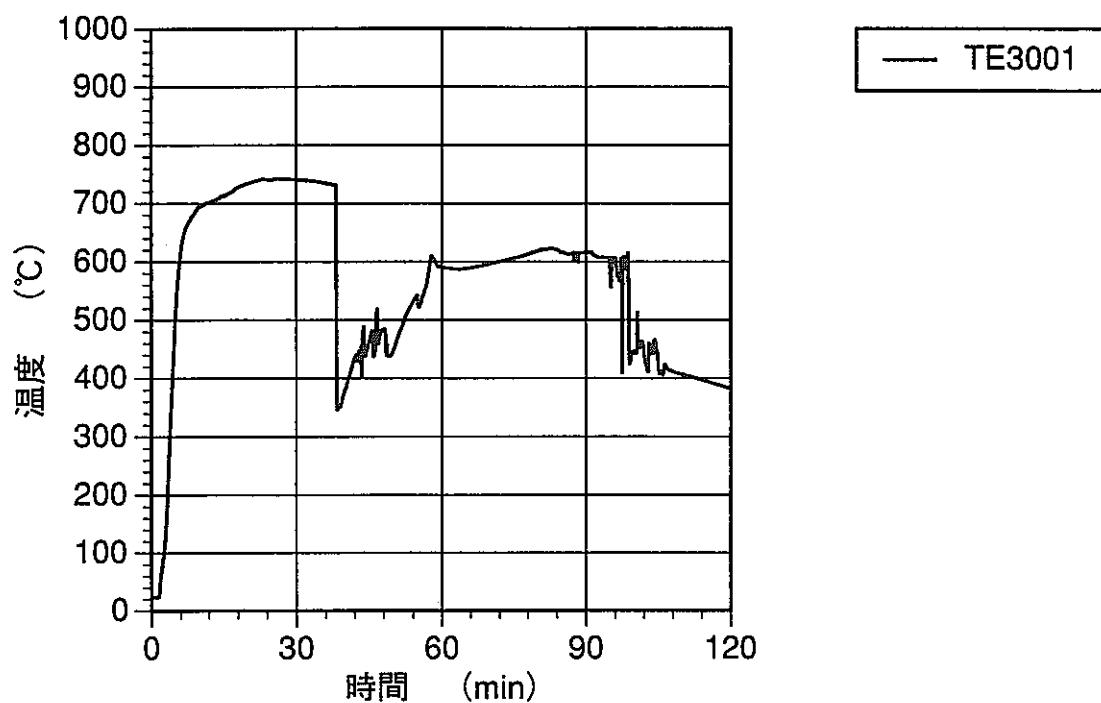
Tag. No	名称	種類
TE1036	ガス温度(最上部)	K
TE1037	ガス温度(最上部)	K
TE1038	ガス温度(最上部)	K
TE1039	ガス温度(最上部)	K
TE1019	ガス温度(中間部)	K
TE1020	ガス温度(中間部)	K
TE1021	ガス温度(中間部)	K
TE1022	ガス温度(中間部)	K
TE1023	ガス温度(中間部)	K

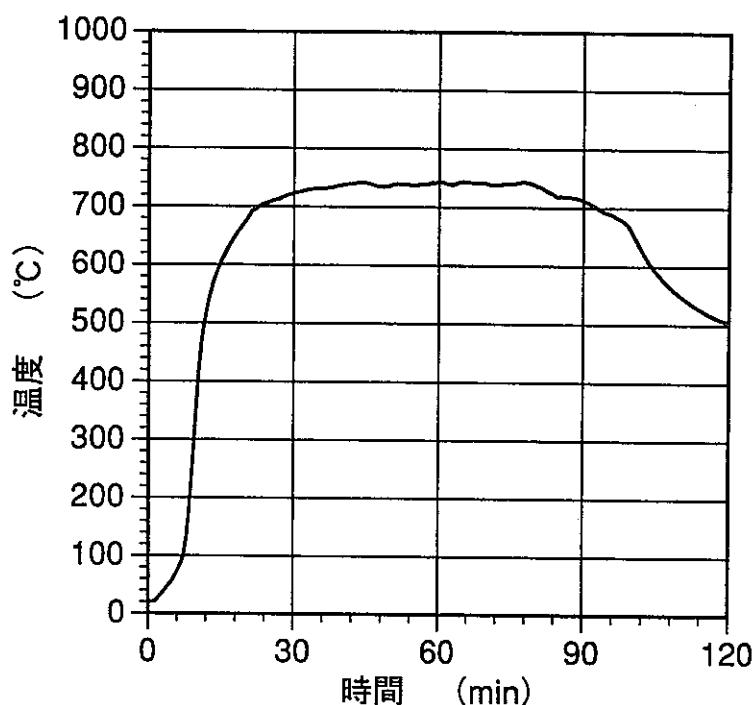
Tag. No	名称	種類
TE1013	ガス温度(漏洩部)	K
TE1014	ガス温度(漏洩部)	K
TE1015	ガス温度(漏洩部)	K
TE1016	ガス温度(漏洩部)	K
TE3601	ガス温度	K
TE3602	ガス温度	K
TE3603	ガス温度	K
TE3604	ガス温度	K
TE3605	ガス温度	K
TE3606	ガス温度	K
TE3607	ガス温度	K
TE3608	ガス温度	K
TE3609	ガス温度	K
TE3610	ガス温度	K
TE3611	ガス温度	K
TE3612	ガス温度	K
TE3613	ガス温度	K
TE3614	ガス温度	K
TE3615	ガス温度	K
TE3616	ガス温度	K
TE3617	ガス温度	K
TE3618	ガス温度	K
TE3619	ガス温度	K
TE3620	ガス温度	K

データ収録リスト

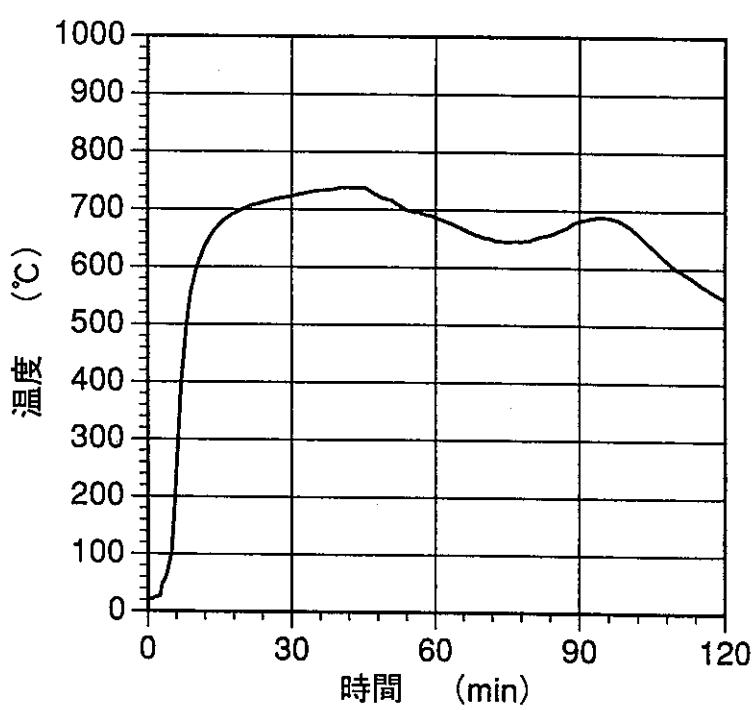
9. 運転計装関係

Tag. No.	名称	種類
F I - 1 0 2	N a 流量計	-
L I - 1 0 2	MH液面計	-
P I - 1 0 4	MH圧力計	-
T E - 1 0 1	MH温度計	-
P I - 1 0 3	試験容器圧力計	-
P I - 1 0 1	試験容器圧力計	-
P N - 0 0 1	N a 配管中圧力計	-
C O - 1 0 1	磁気式酸素濃度計	-
C O - 1 0 2	磁気式酸素濃度計	-
C O - 2 0 1	直挿式酸素濃度計	-
F I - 3 0 2	酸素ガス流量計	-
P I - 3 0 1	酸素ガス圧力計	-
F I - 7 0 5	排気系 入口流量	-
T E - 0 0 2	補償導線	-
F I - 7 1 1	排気系 出口流量	-
A E C - 7 0 1	排気系エアロ/ル 濃度計	-
R O - 1 0 1	湿度計	-
T E - 0 0 1	エアロ/ル ガスサンプ 温度	K
TE2098 (旧)	排気系 ガクト ガス温度	K
TE3005 (旧)	排気系 ガクト ガス温度	K
TE3007 (旧)	排気系 ガクト ガス温度	K
TE3008 (旧)	排気系 ガクト ガス温度	K
TE3009 (旧)	排気系 ガクト ガス温度	K
TE3010 (旧)	排気系 ガクト ガス温度	K

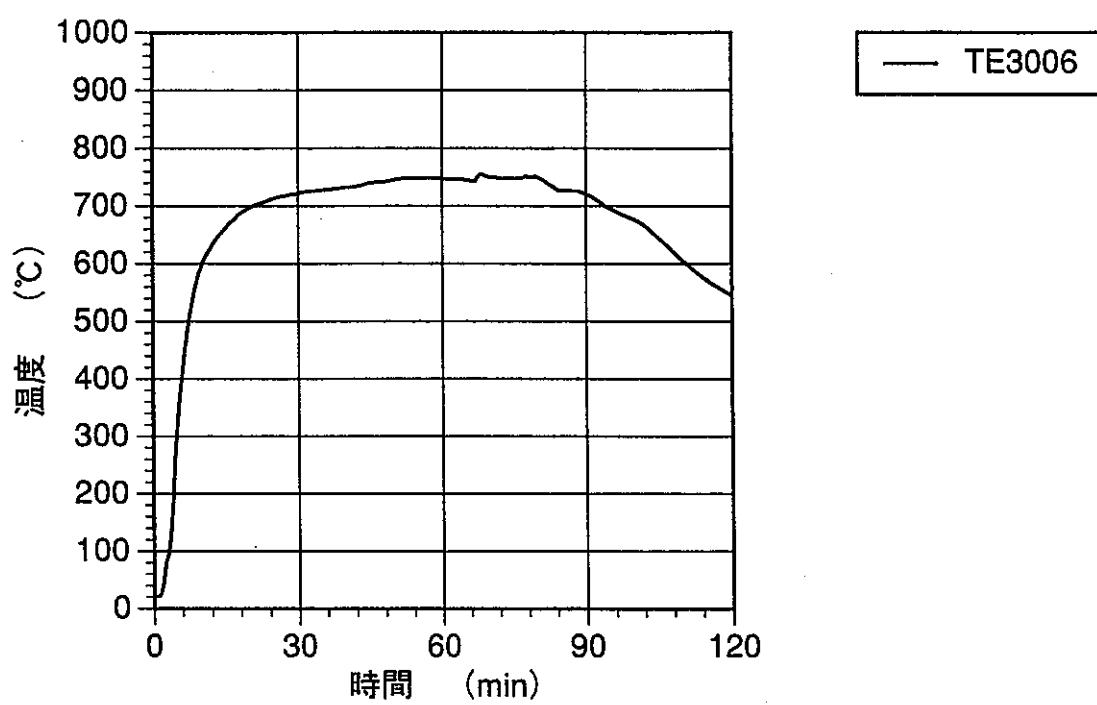
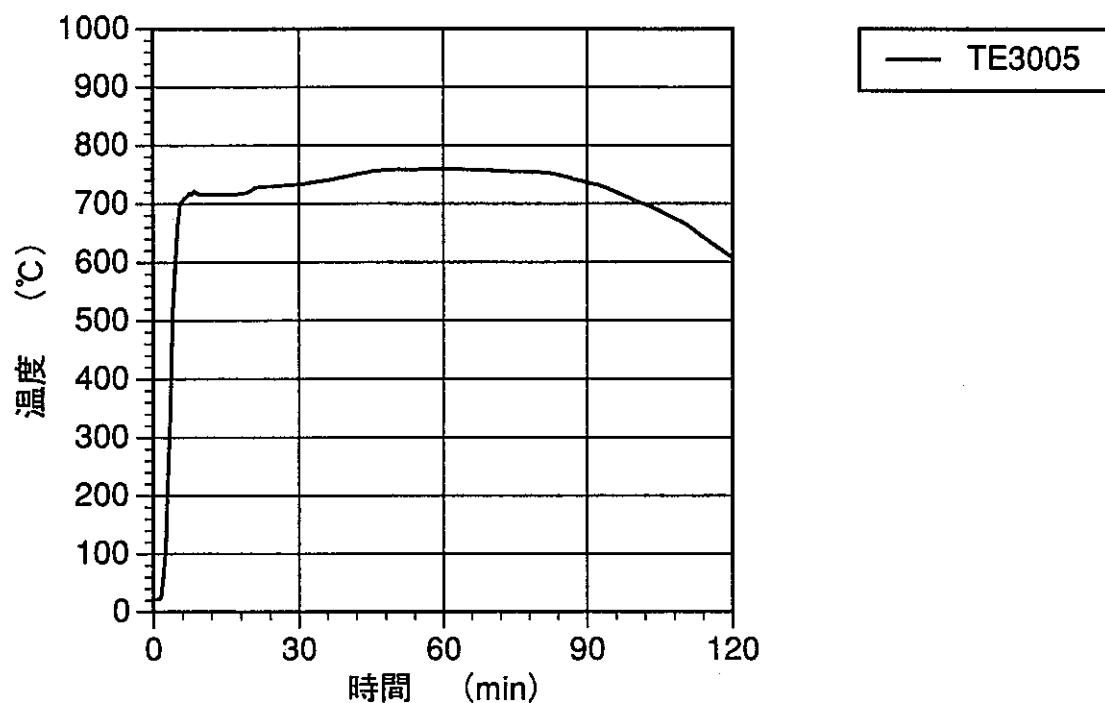


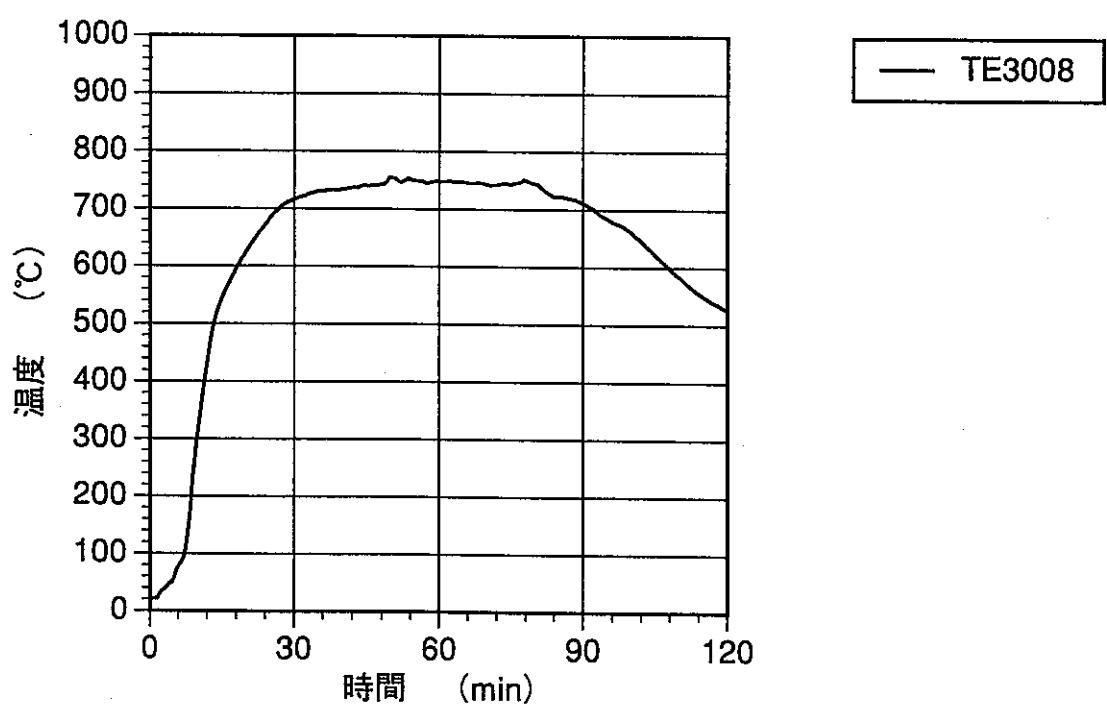
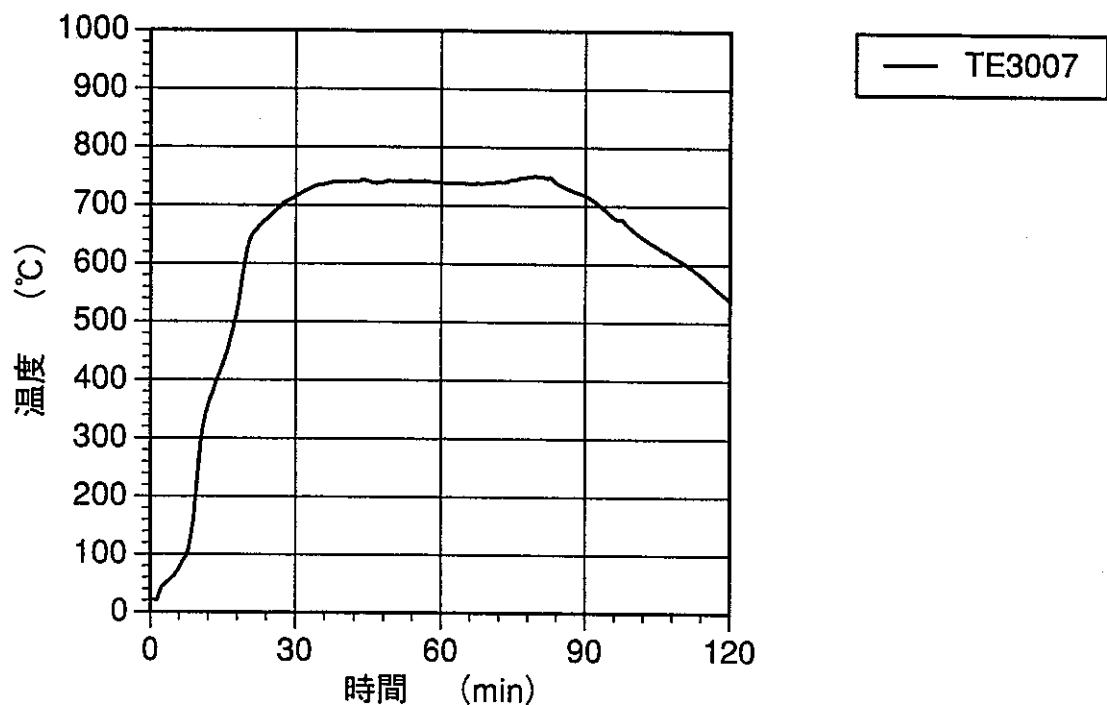


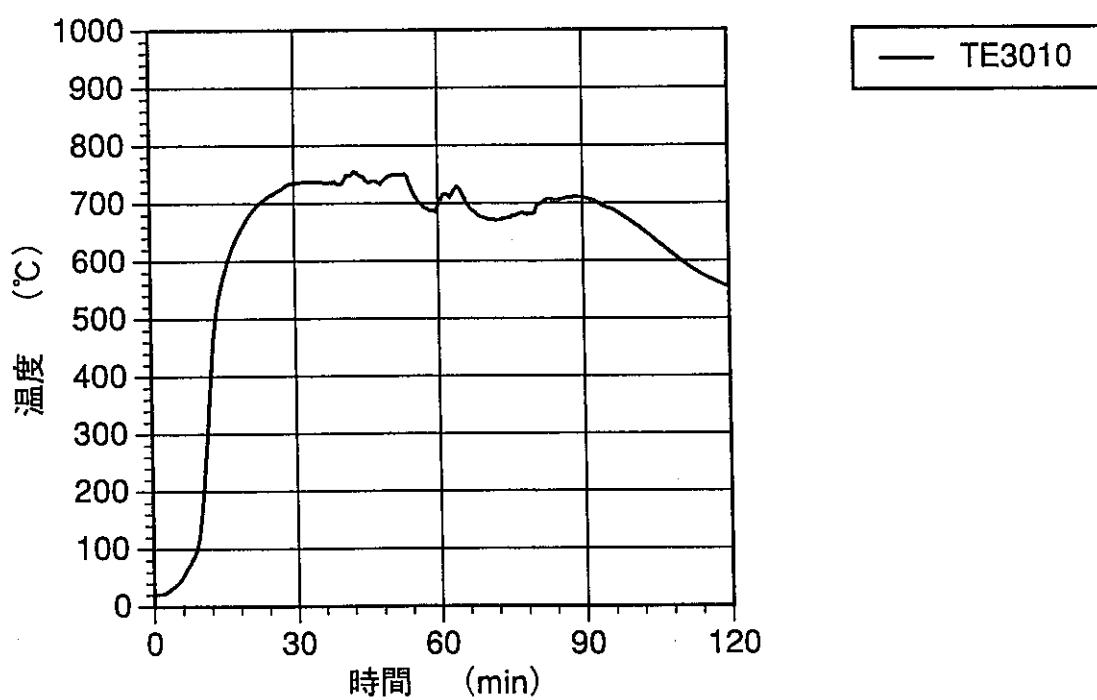
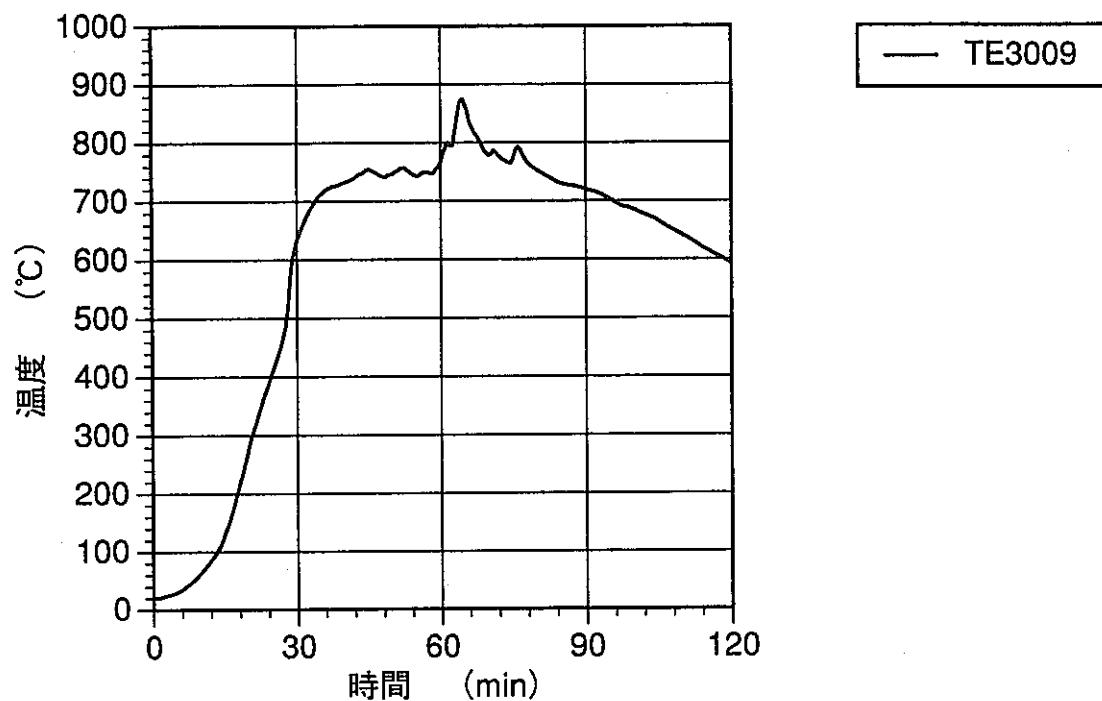
— TE3003

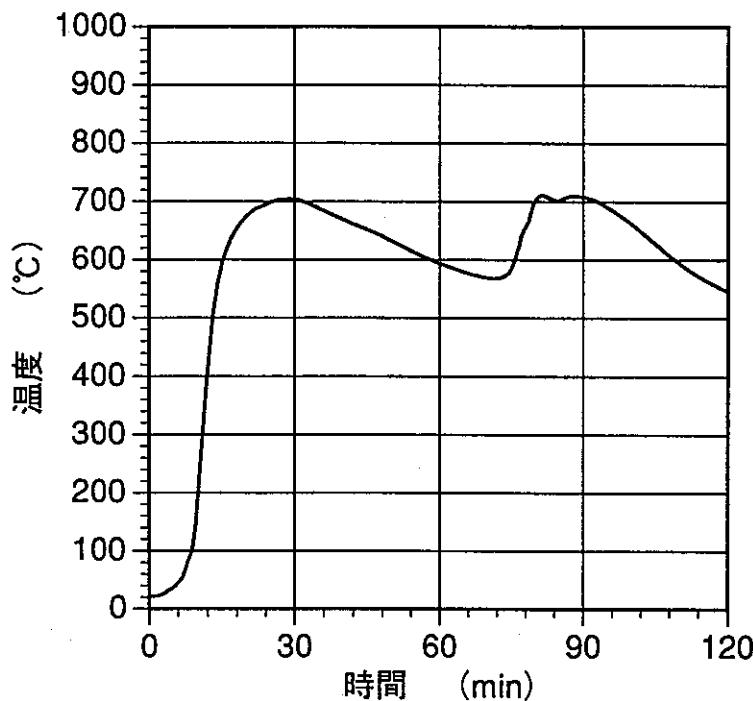


— TE3004

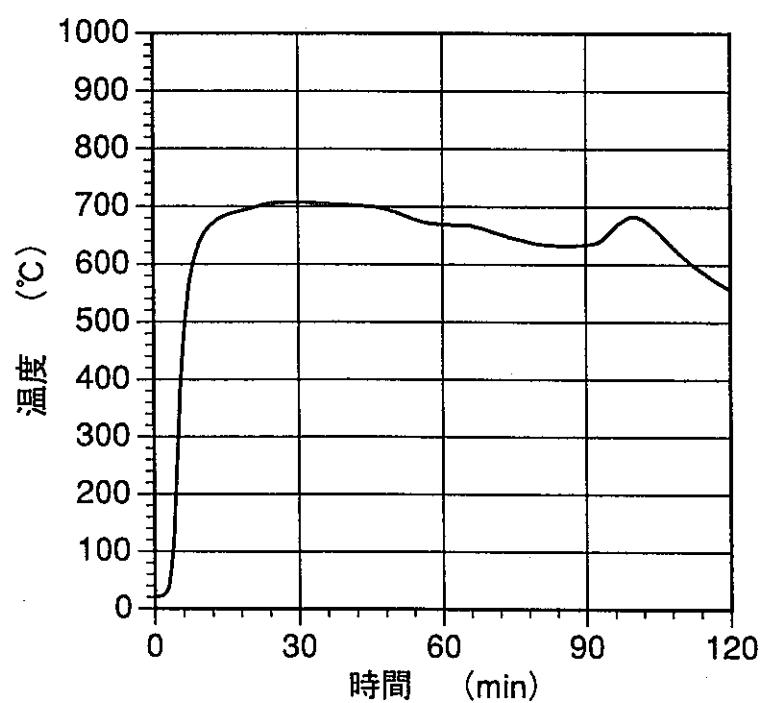




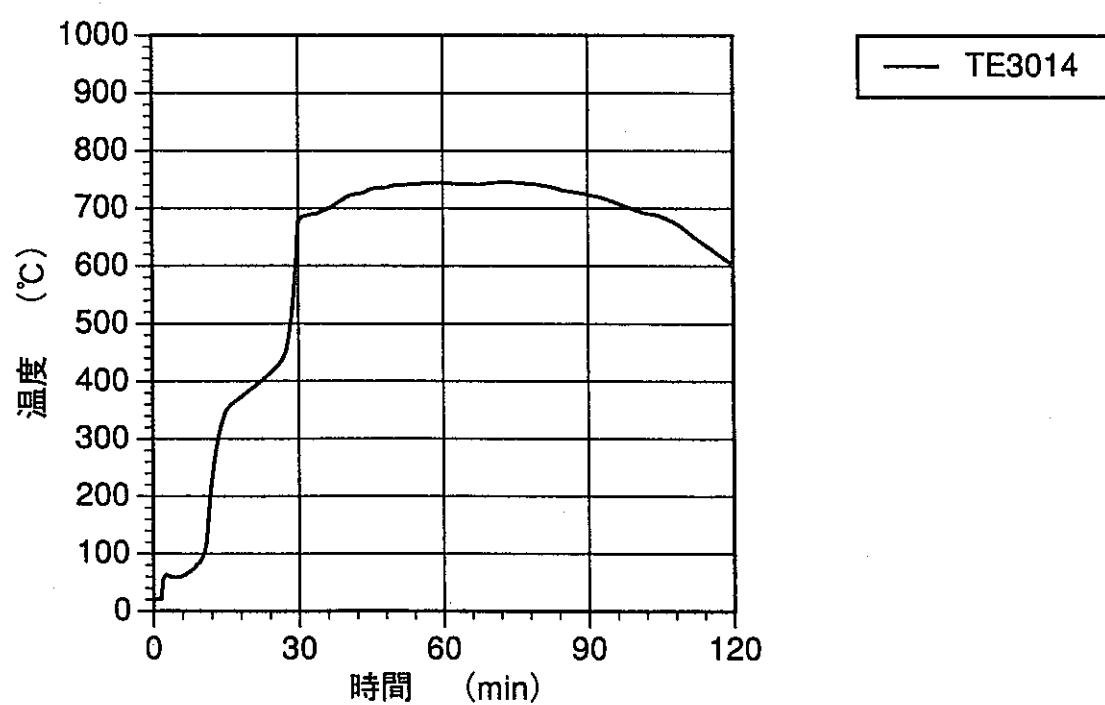
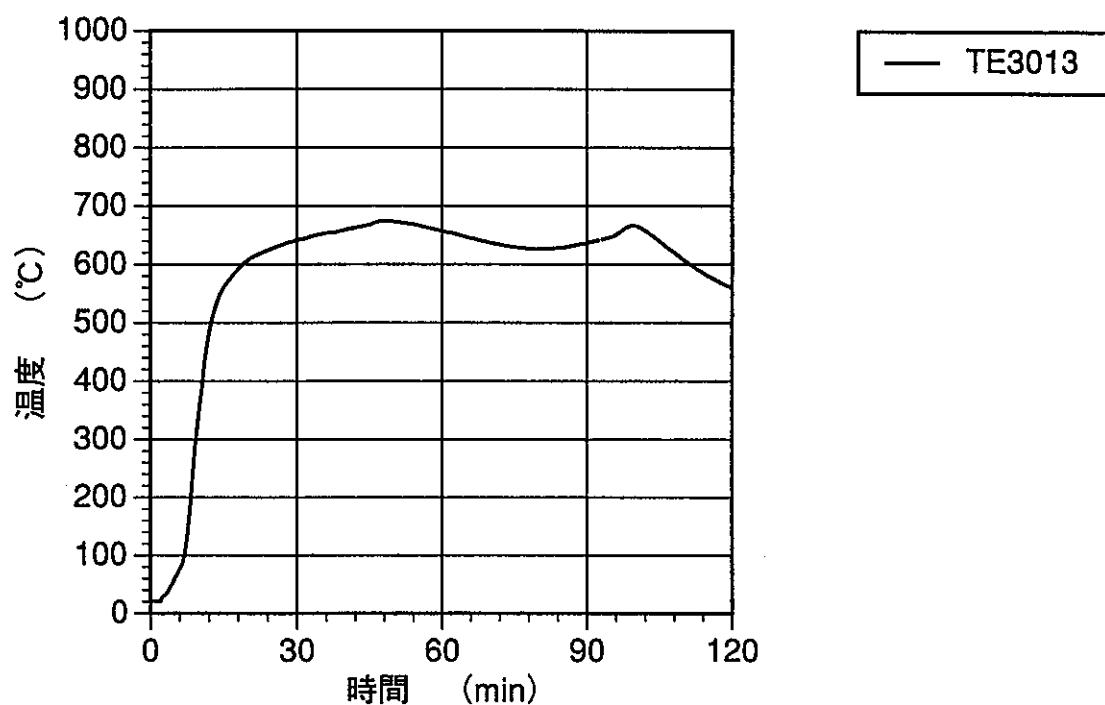


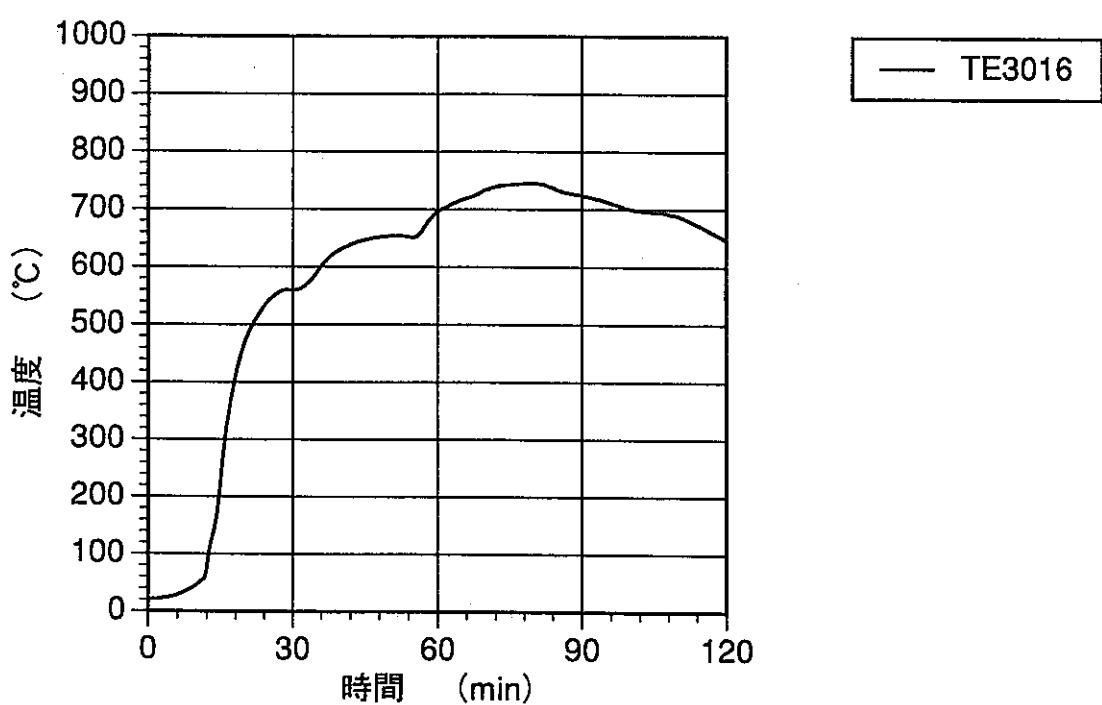
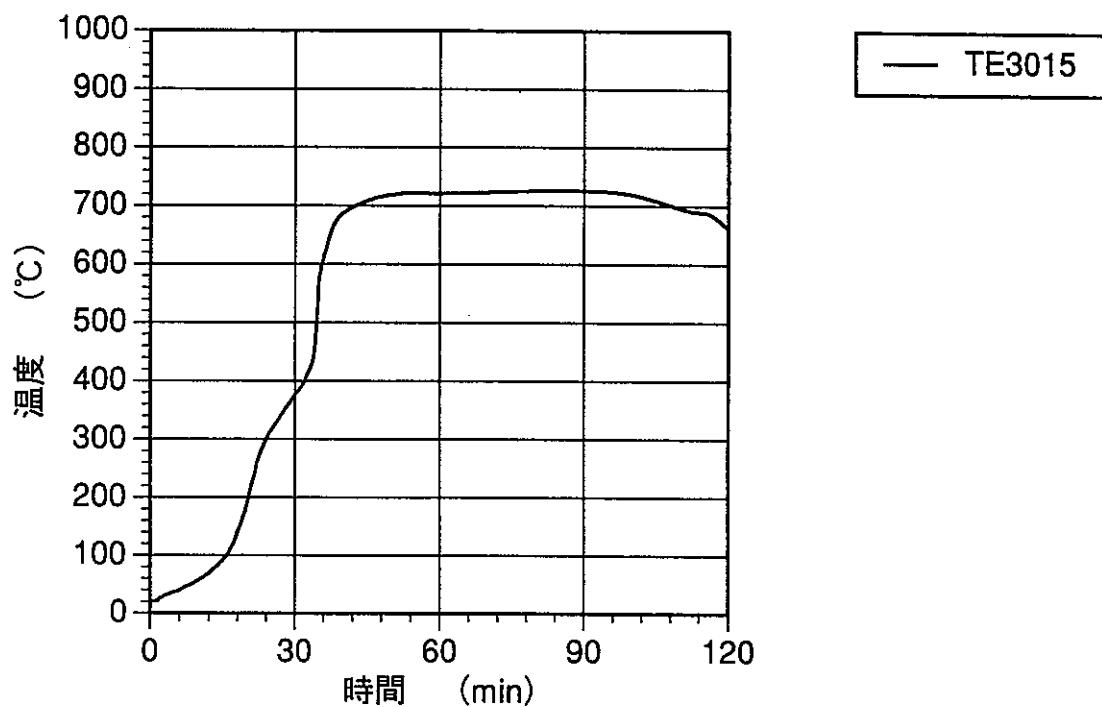


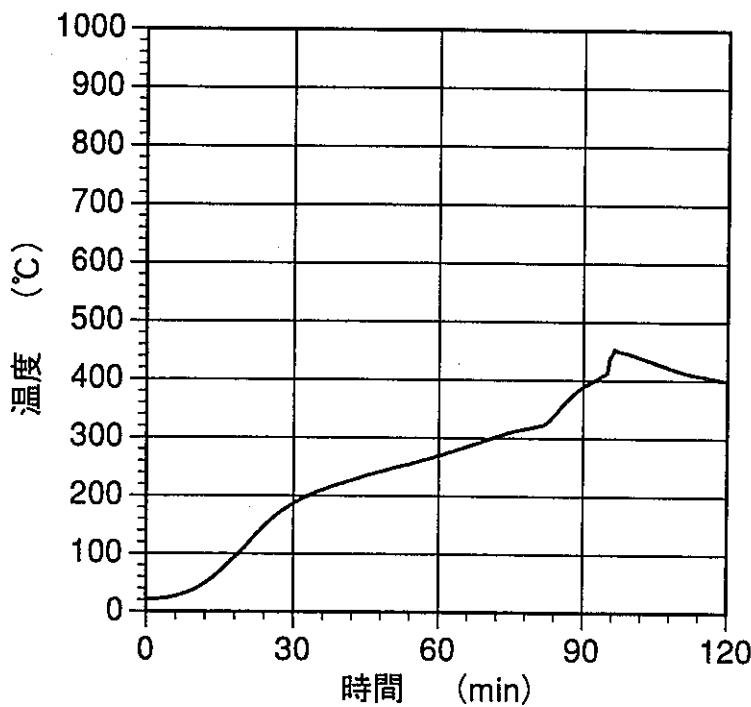
— TE3011



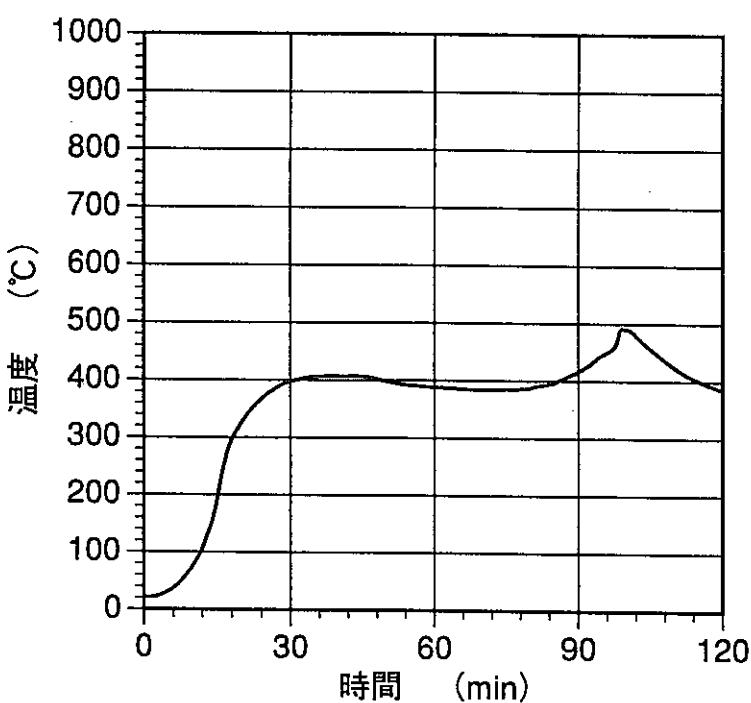
— TE3012



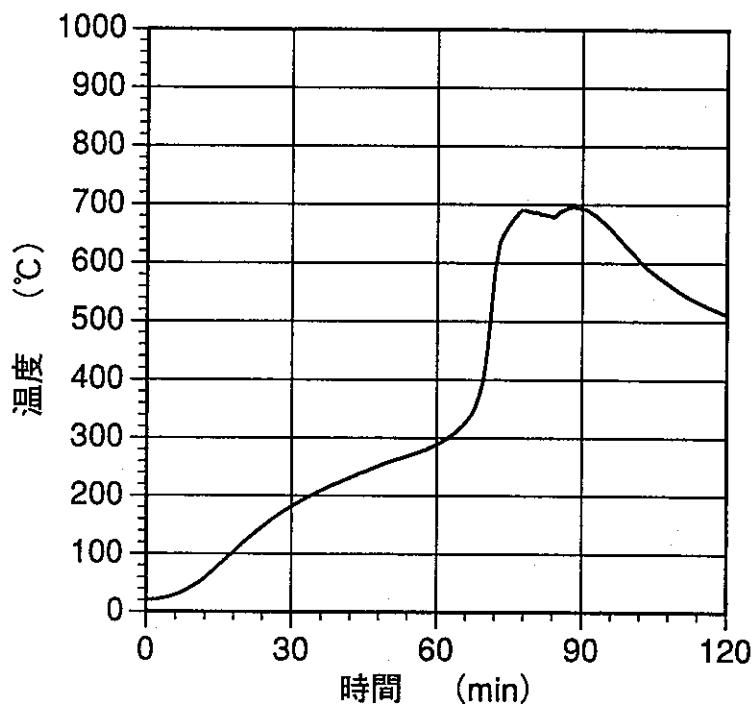




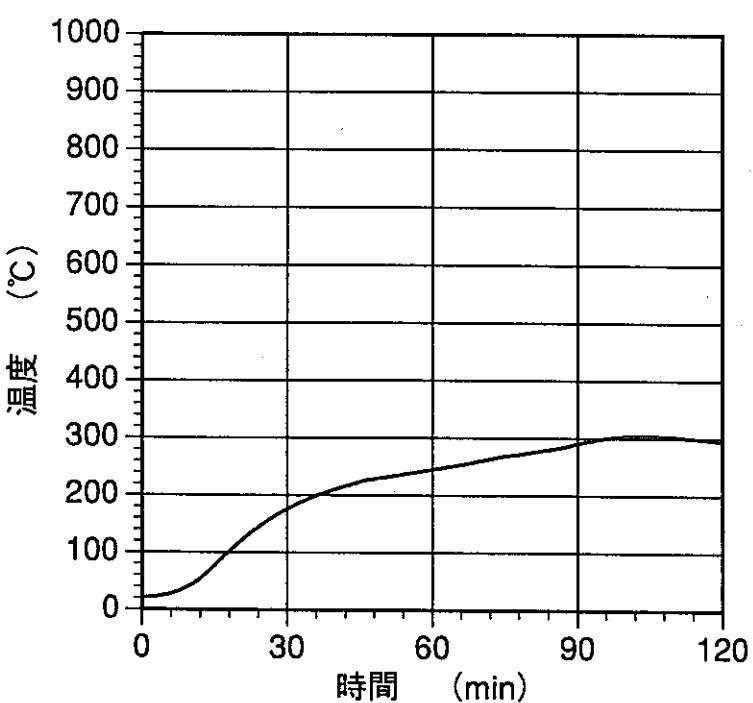
— TE3017



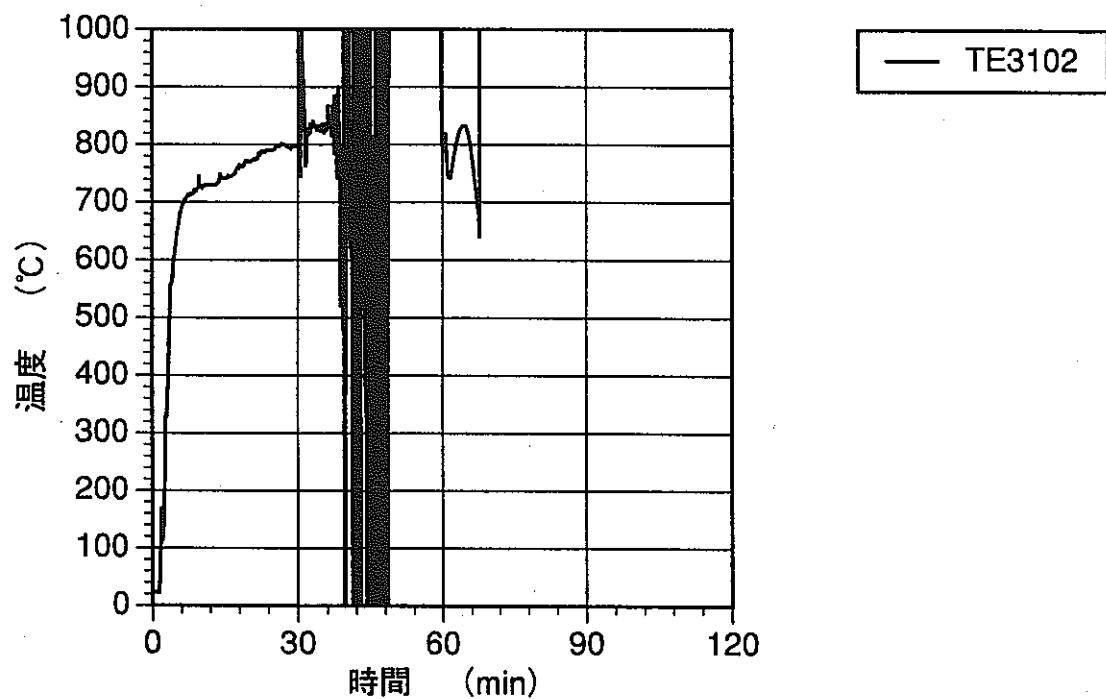
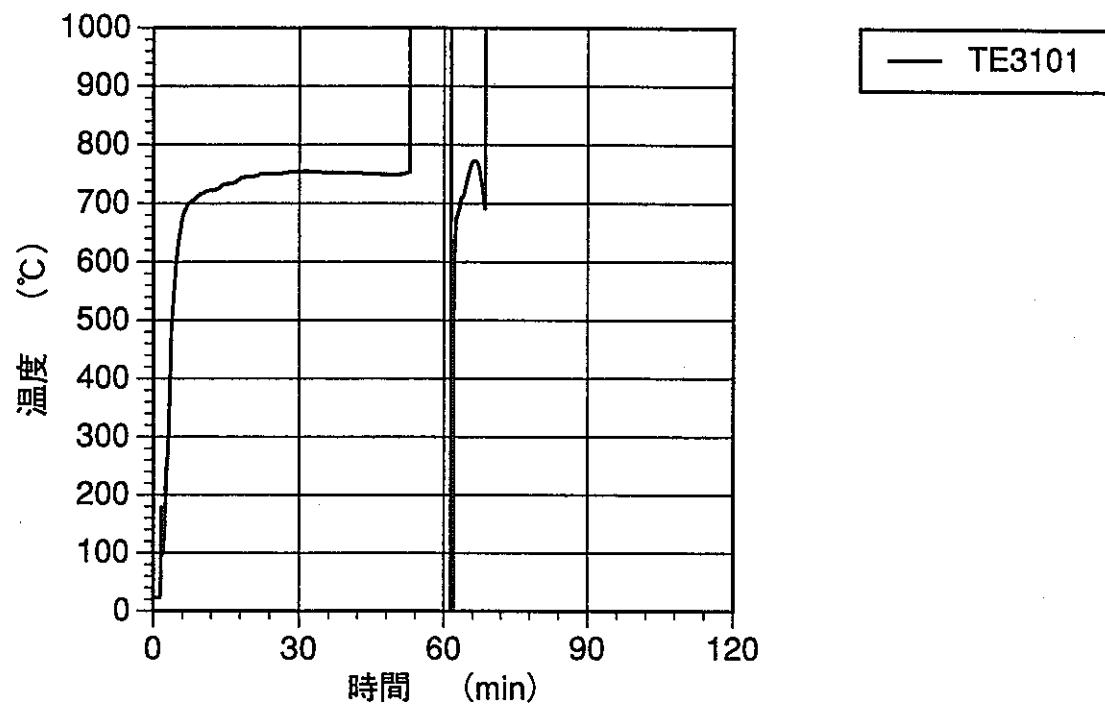
— TE3018

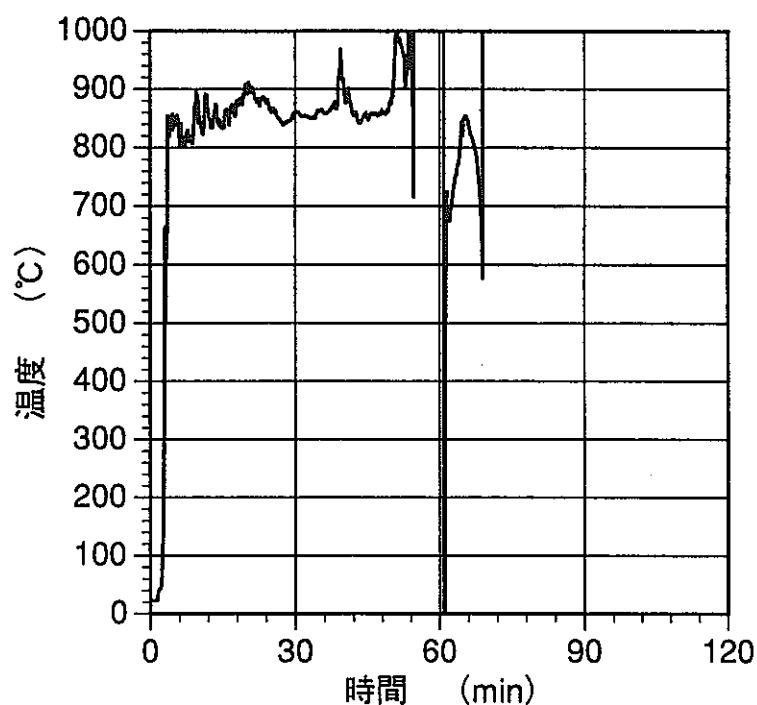


— TE3019

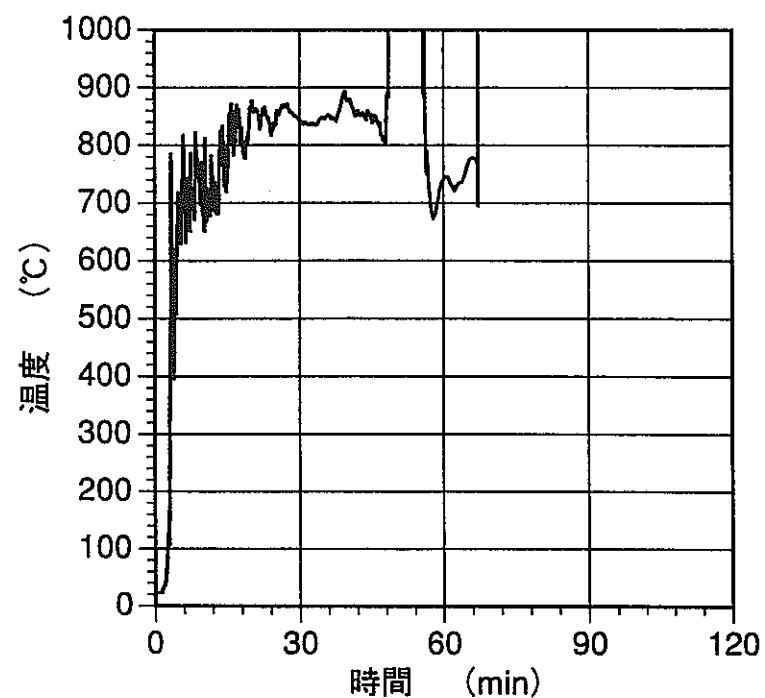


— TE3020

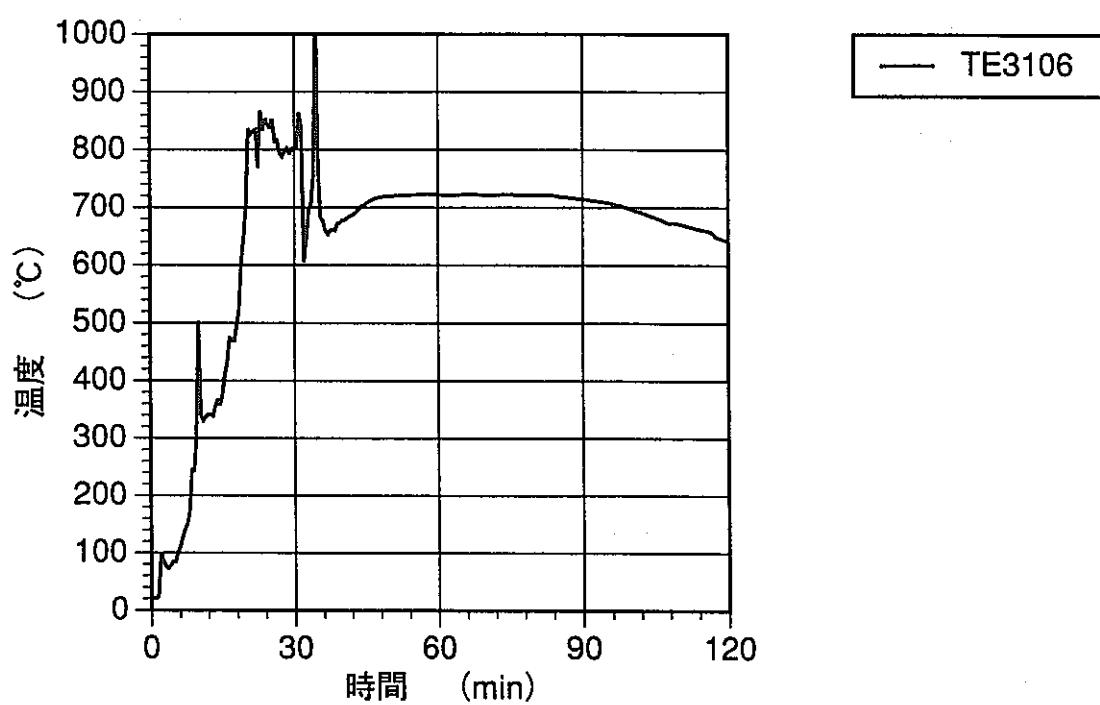
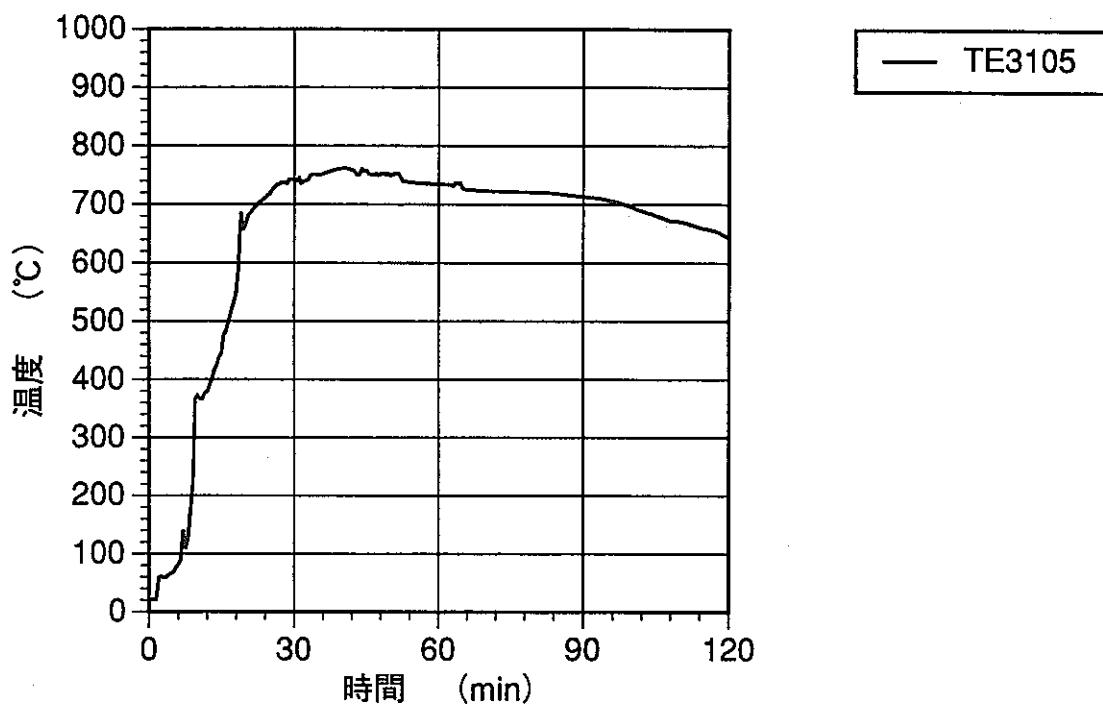


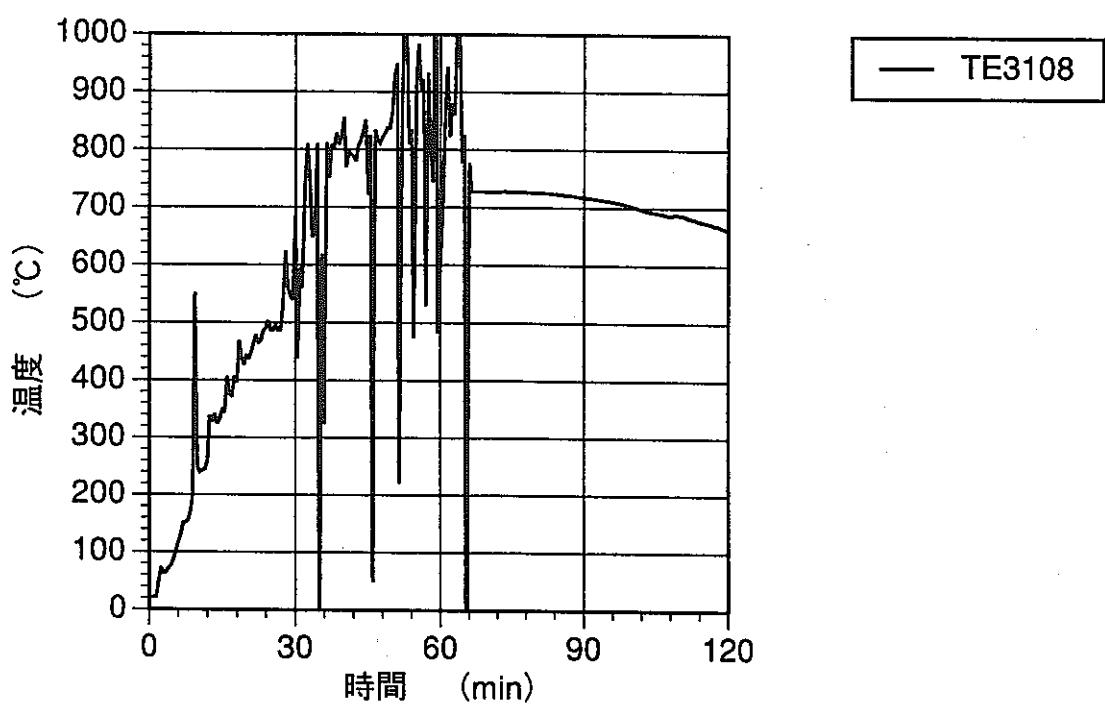
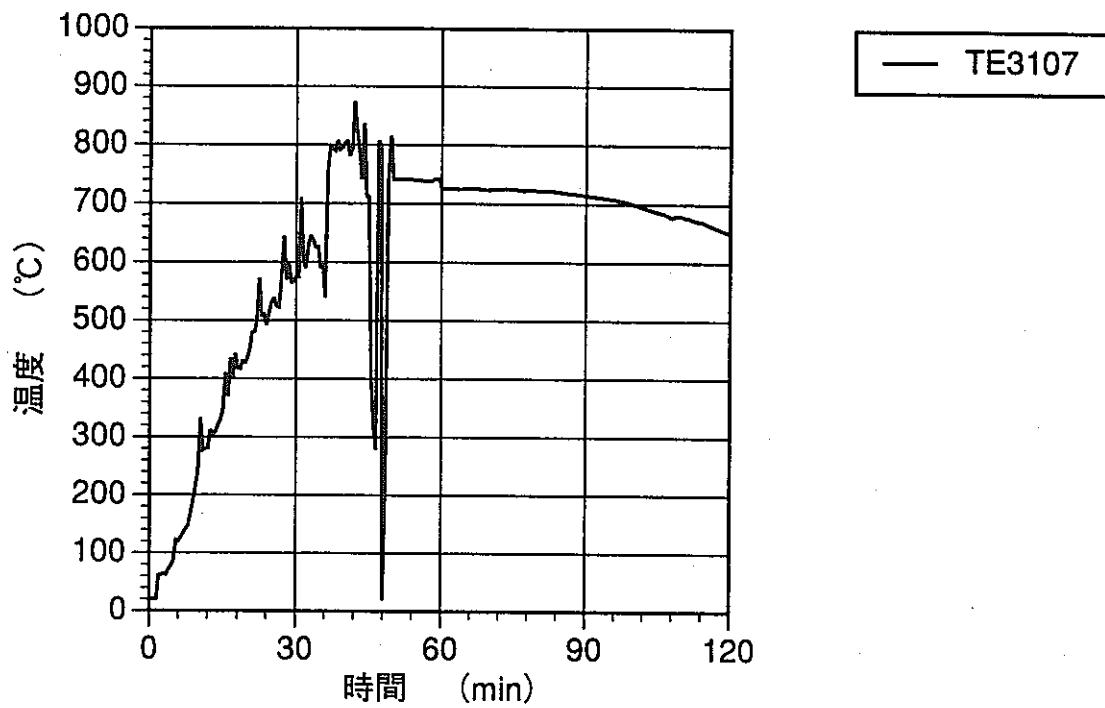


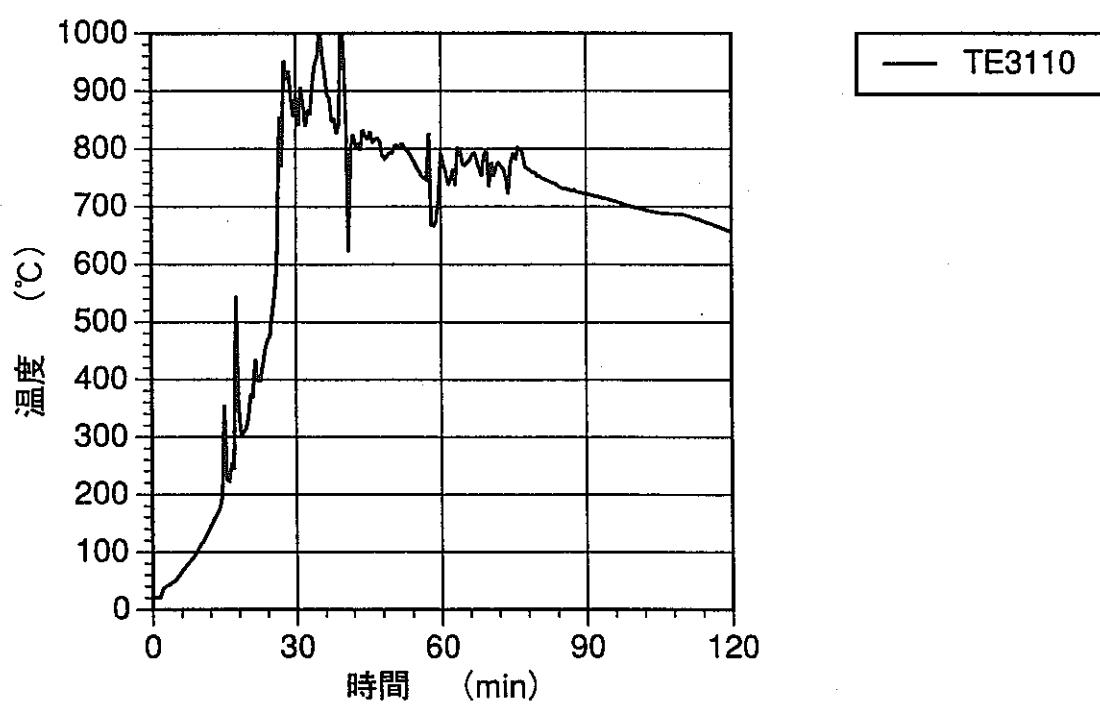
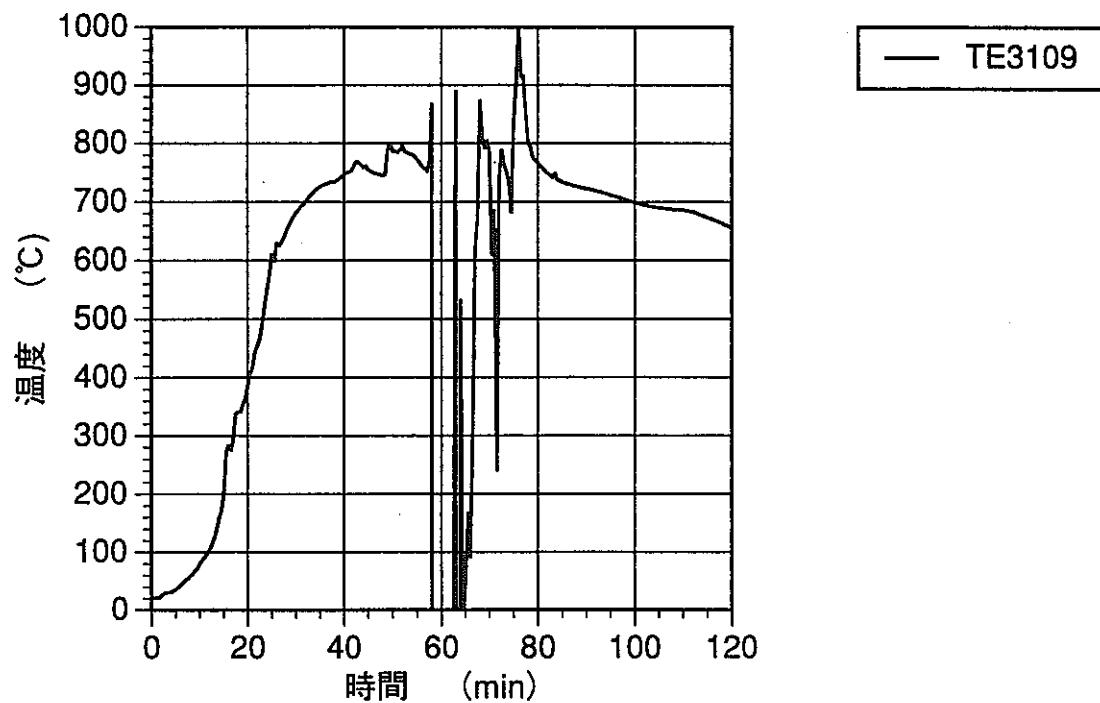
— TE3103

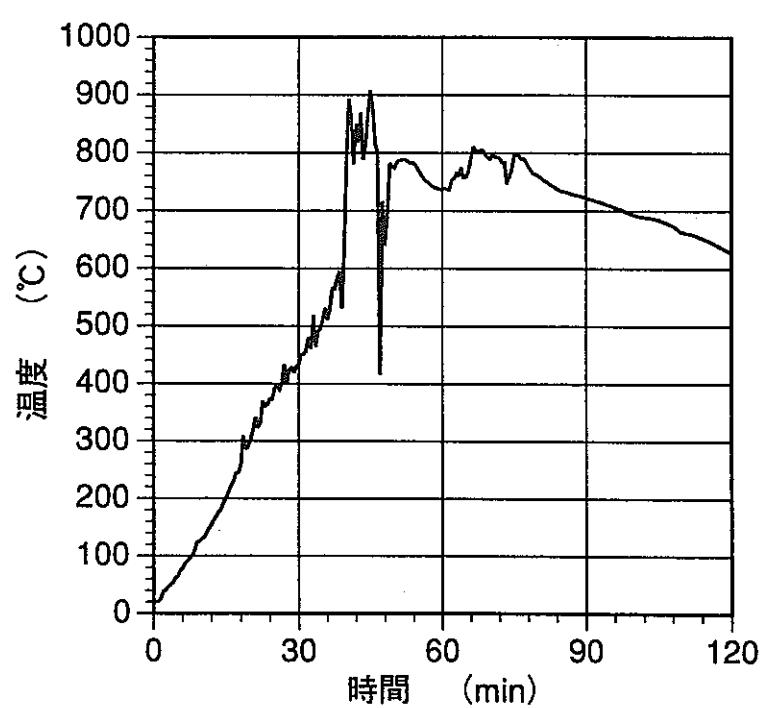
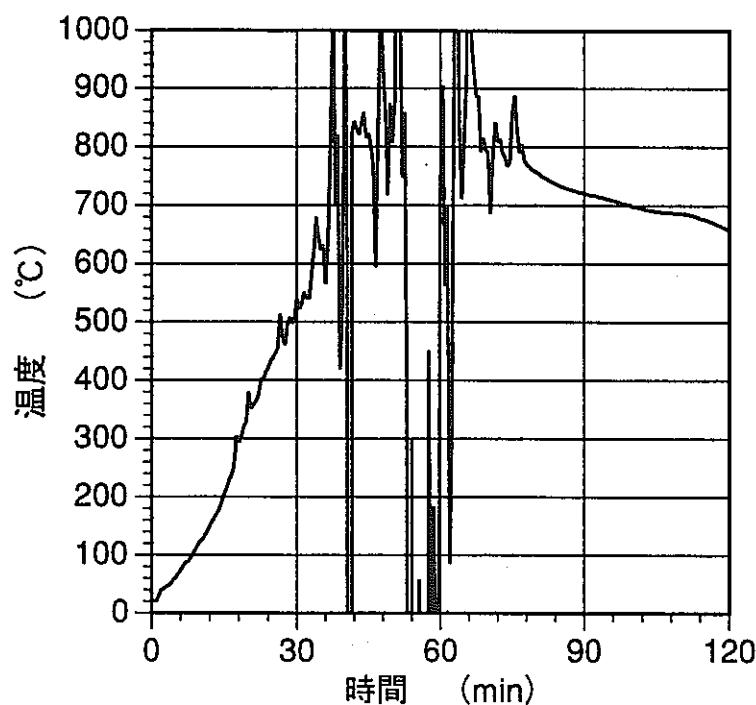


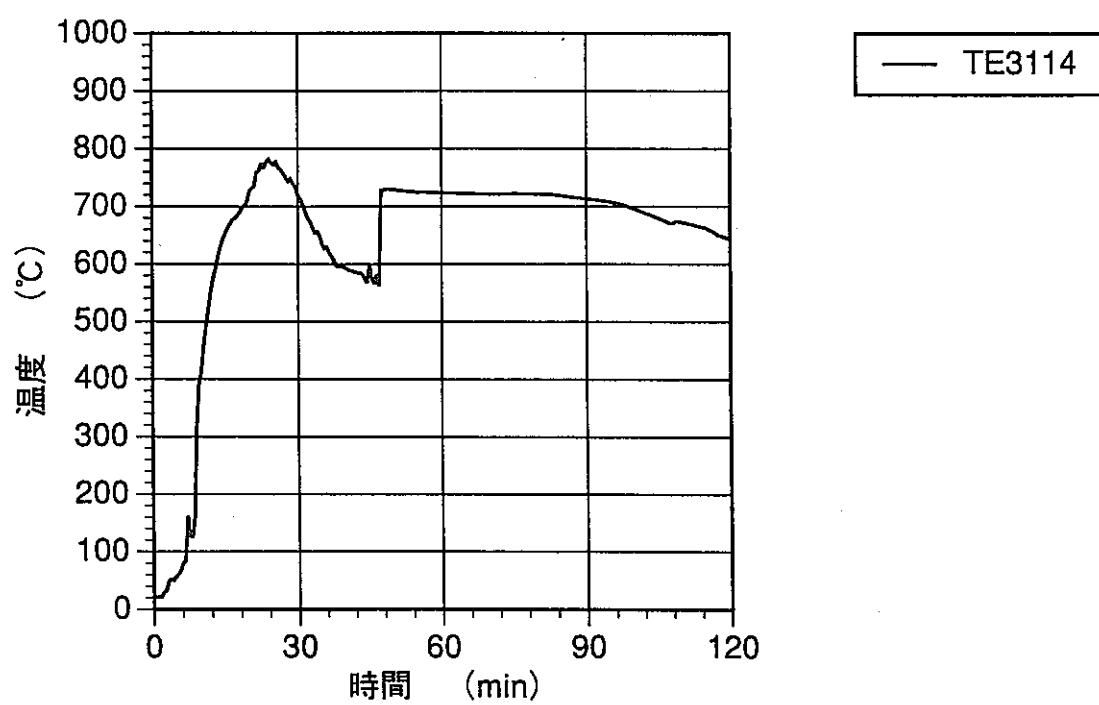
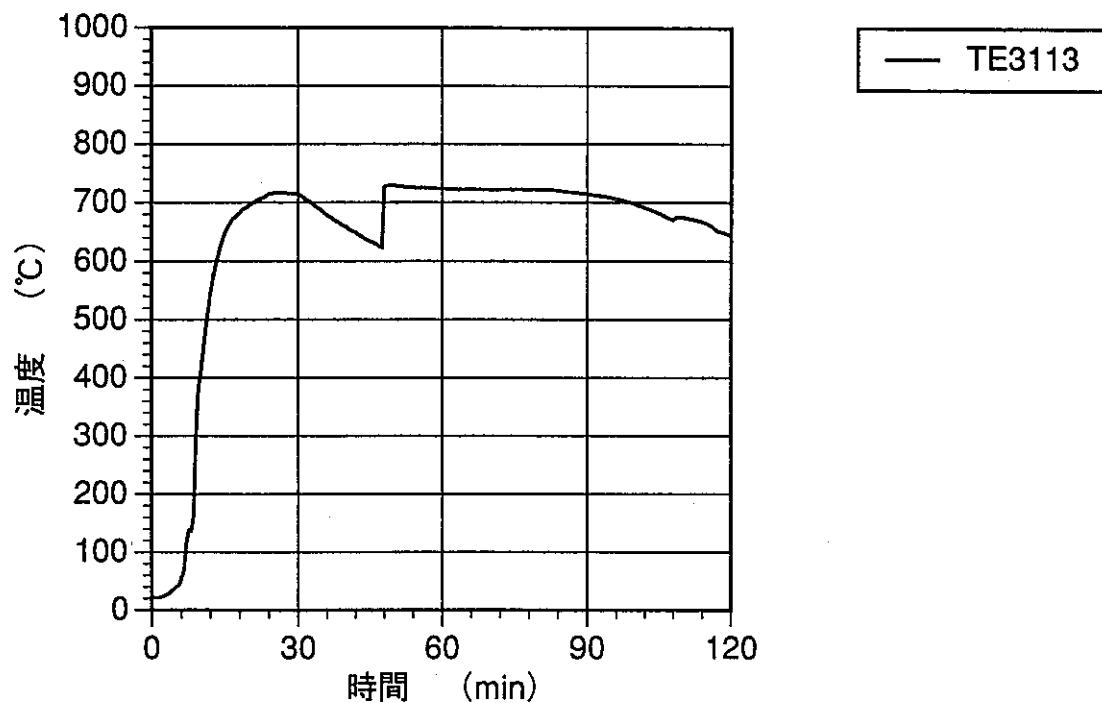
— TE3104

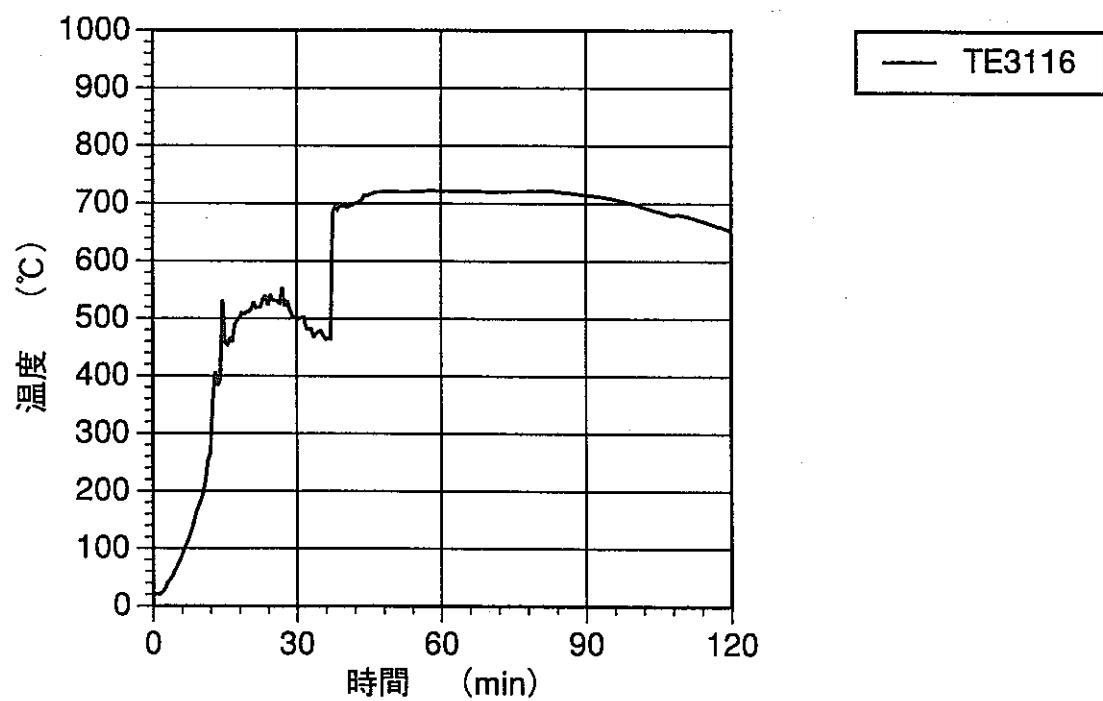
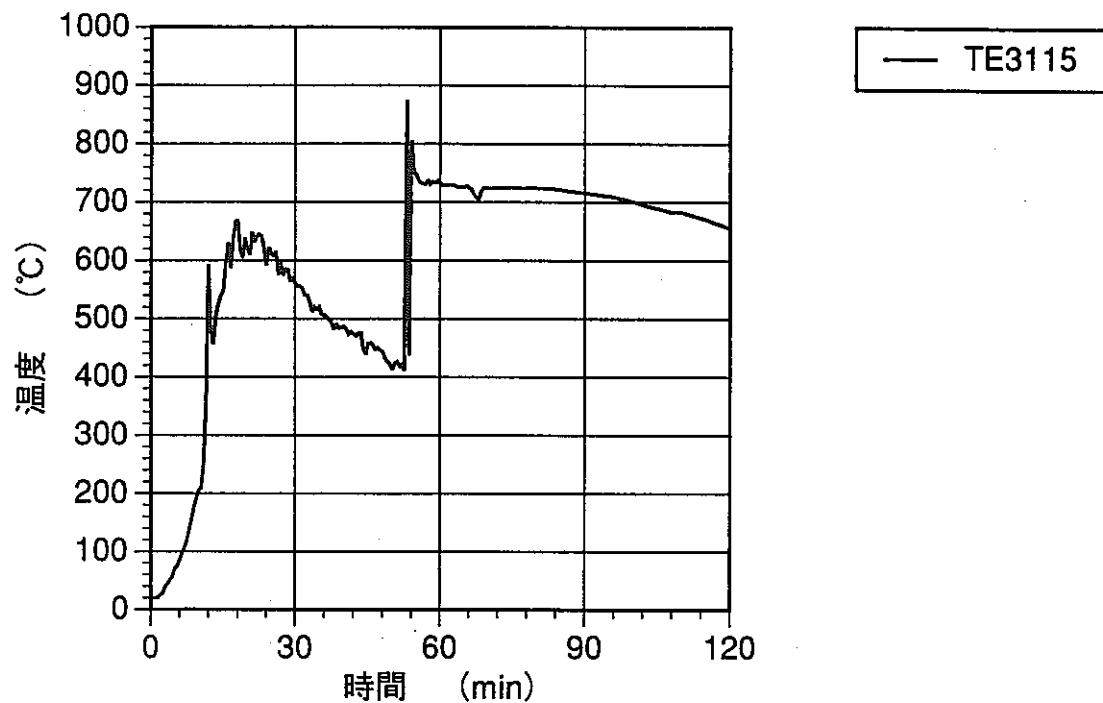


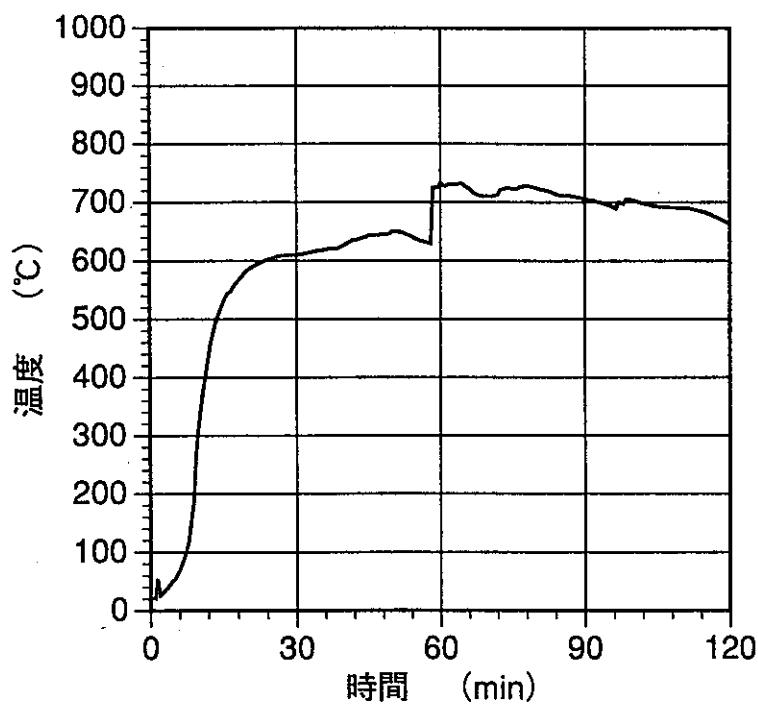




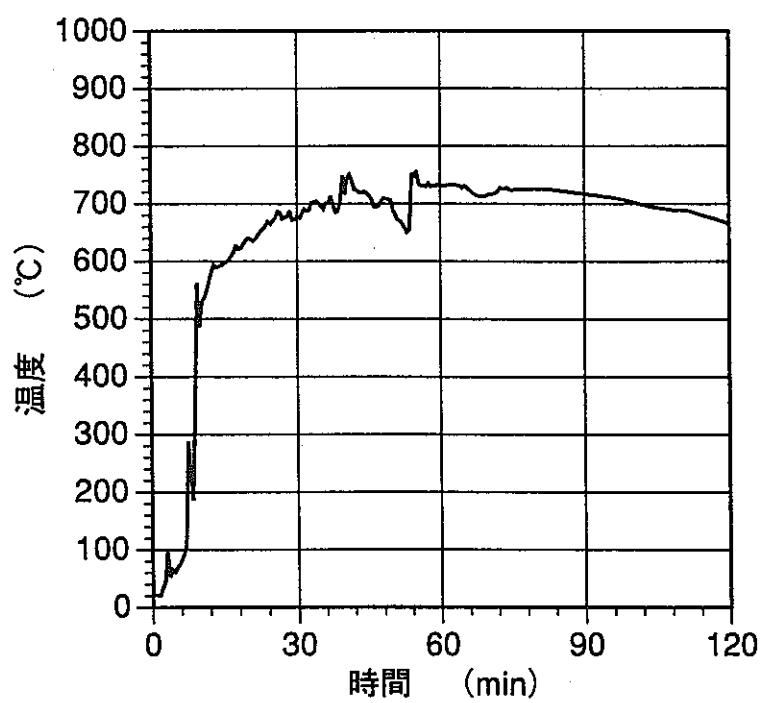




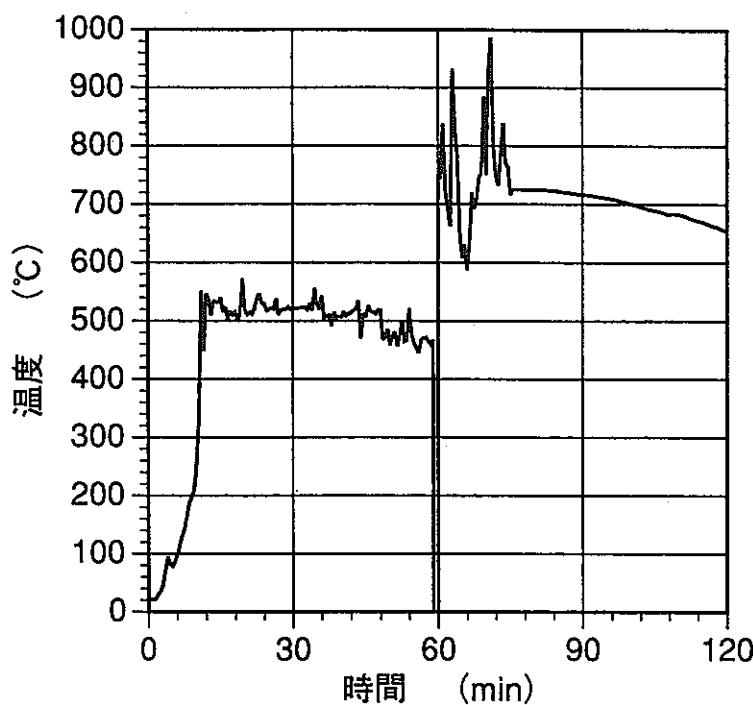




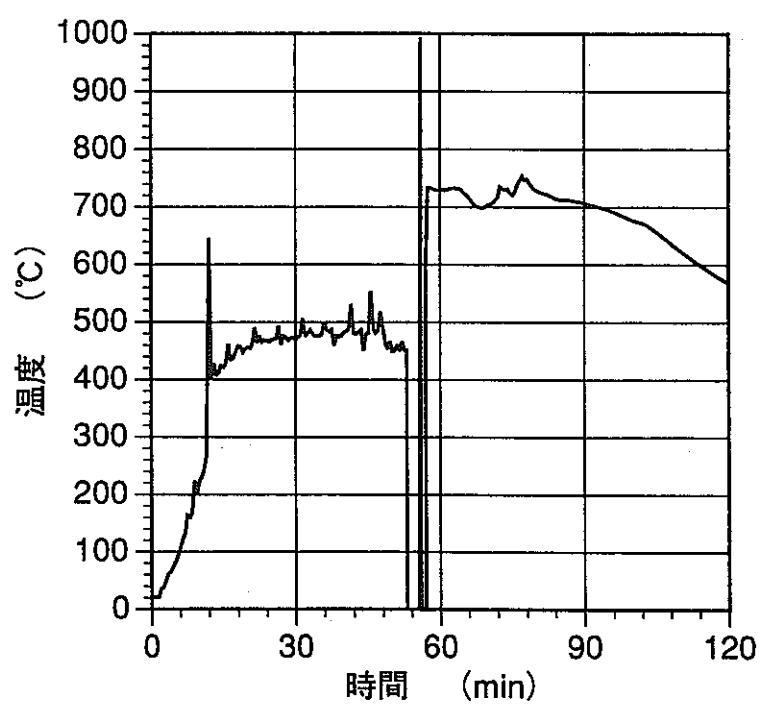
— TE3117



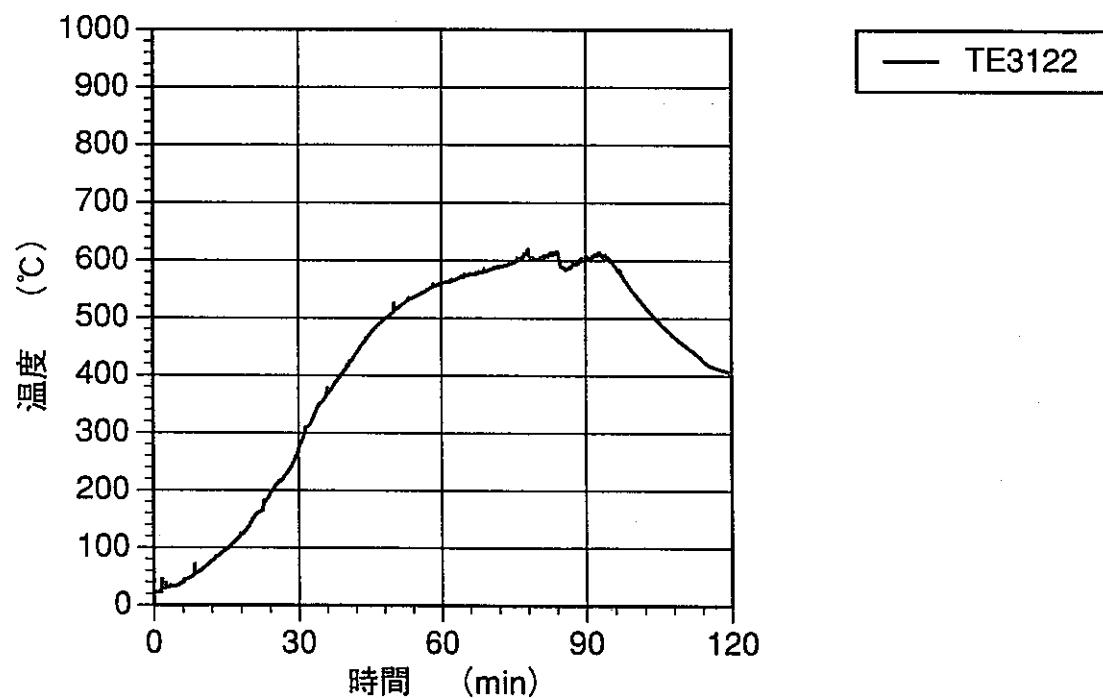
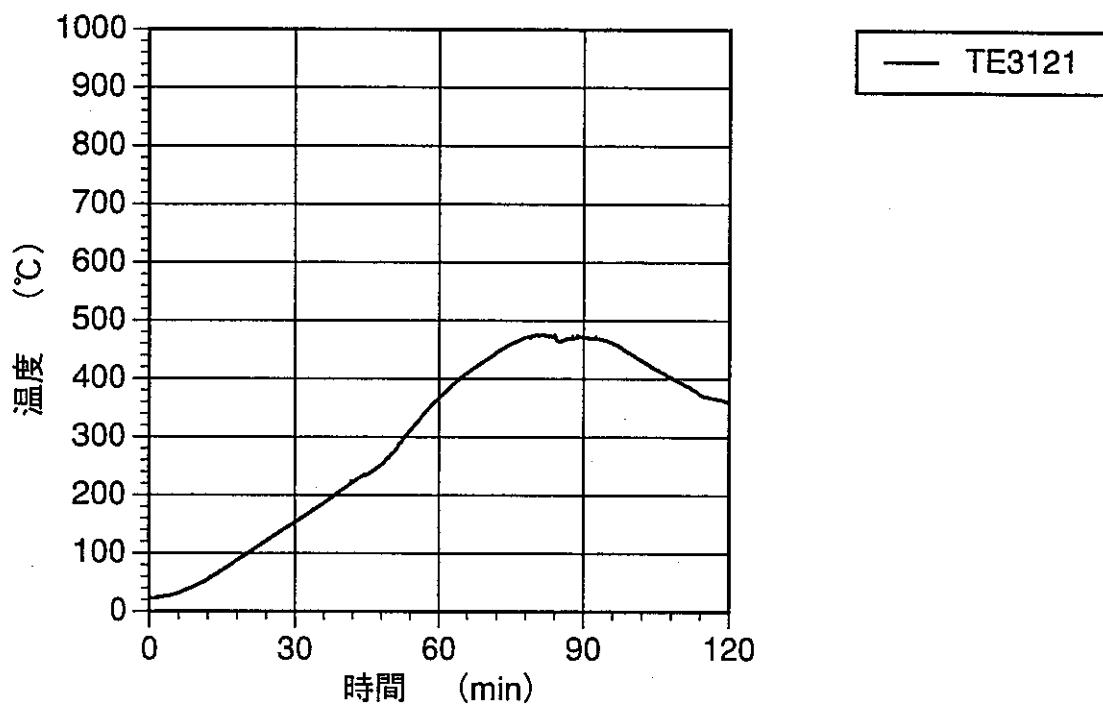
— TE3118

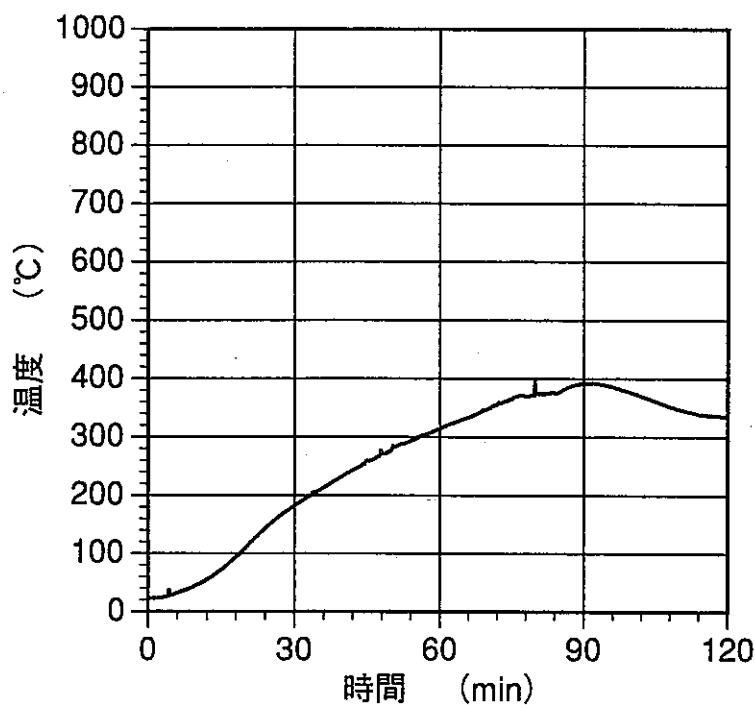


— TE3119

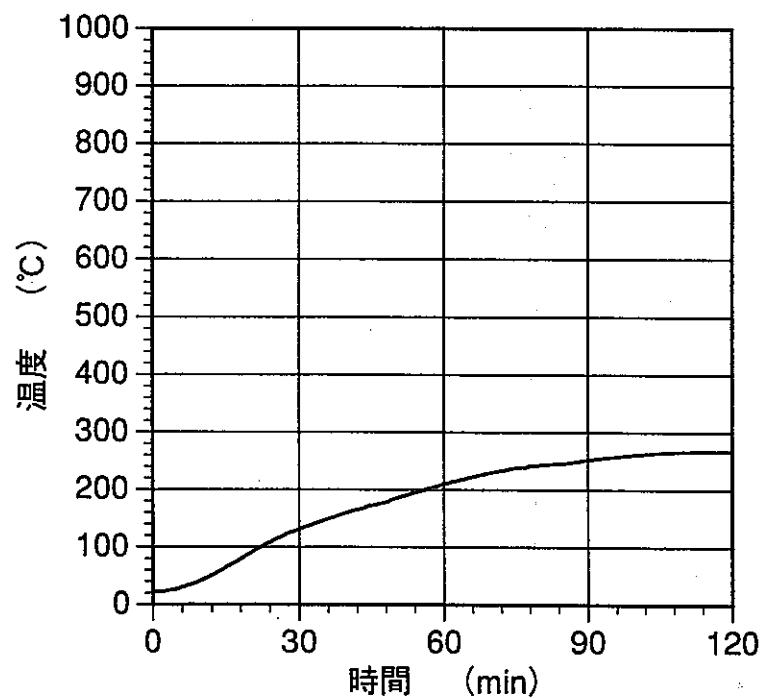


— TE3120

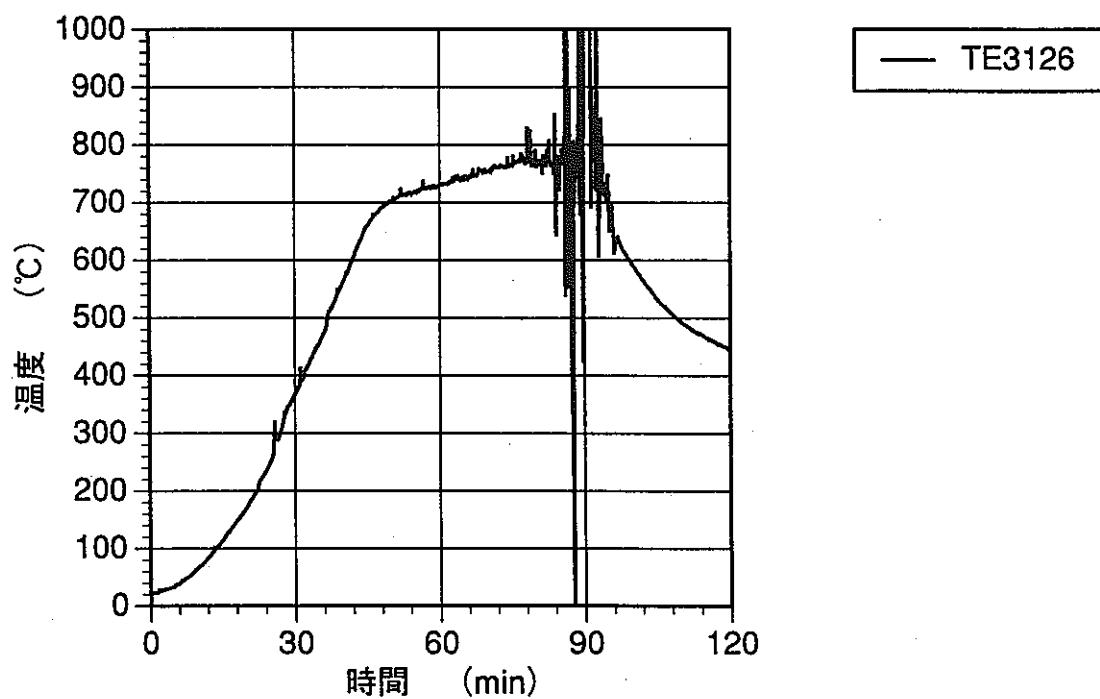
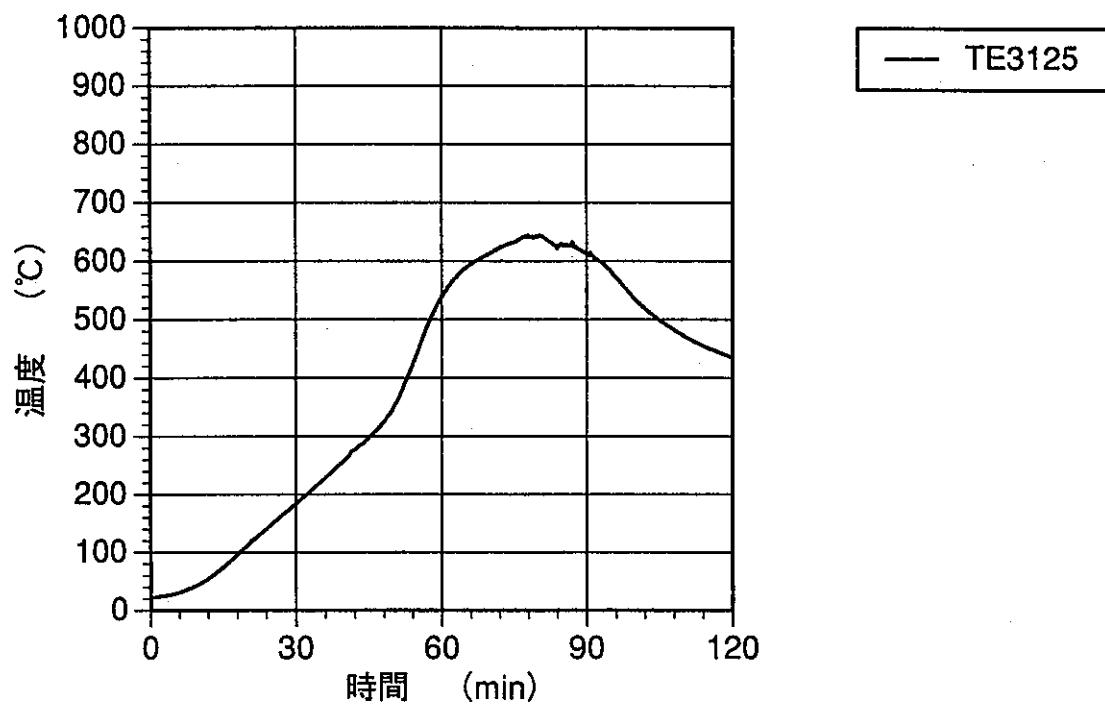


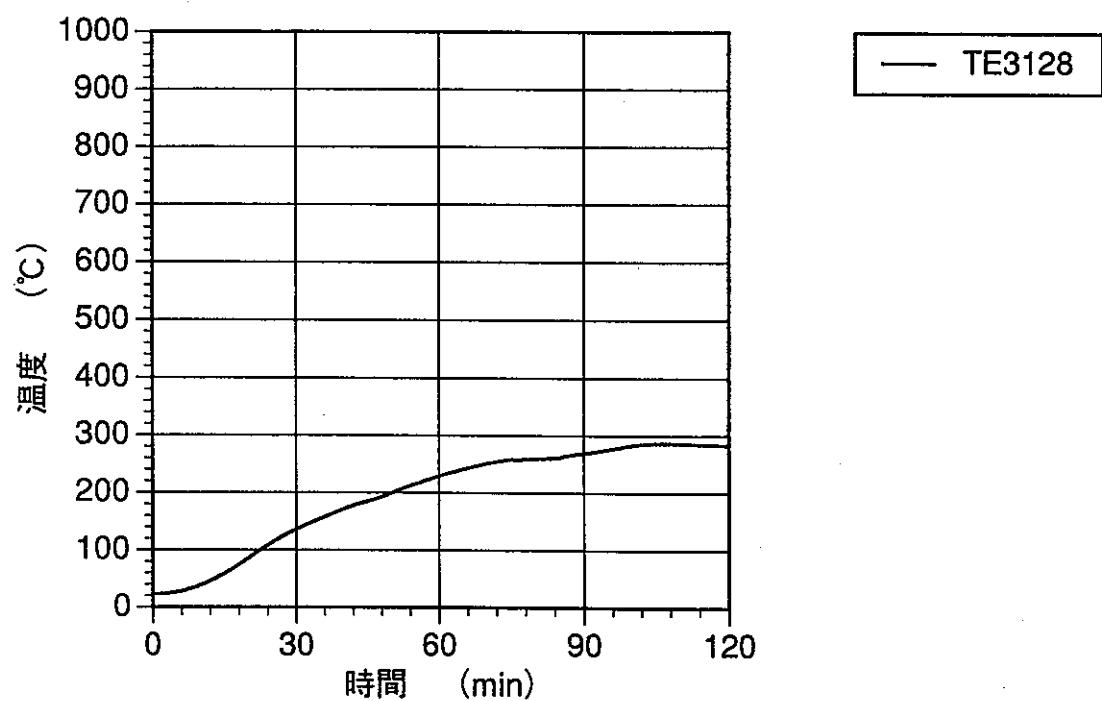
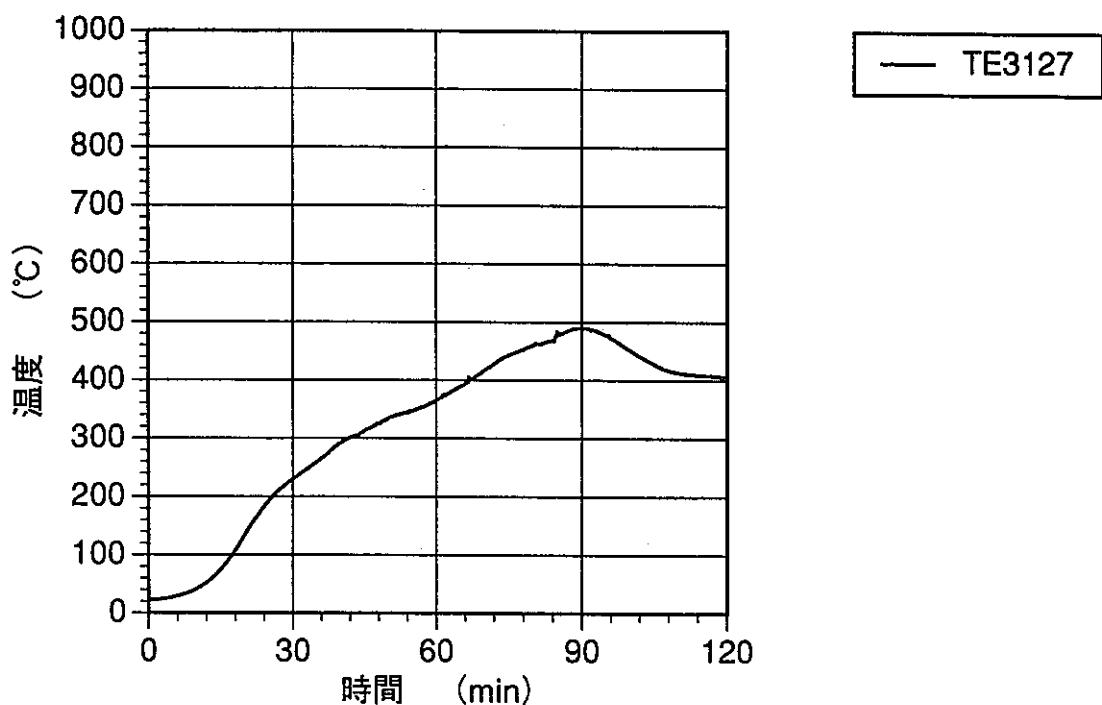


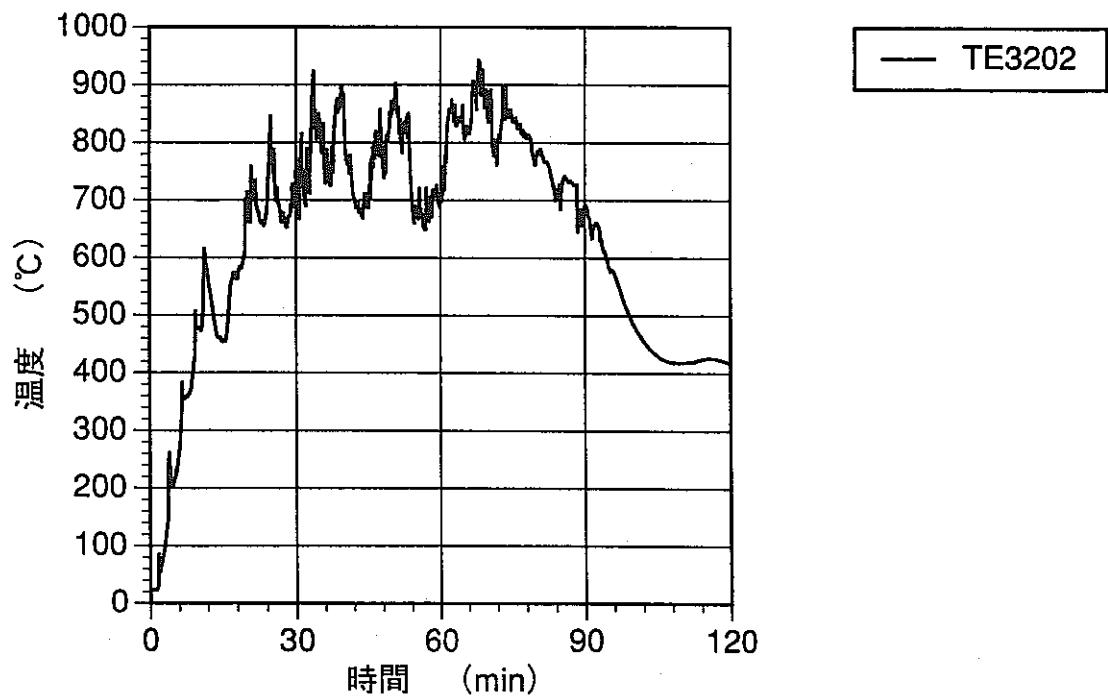
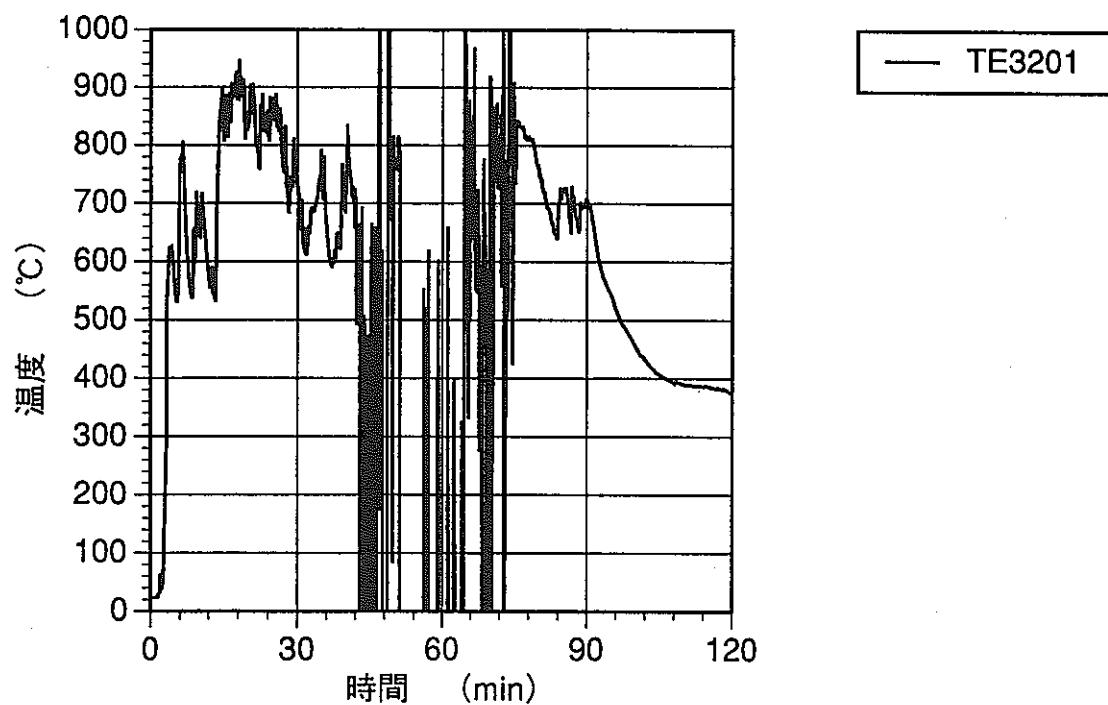
— TE3123

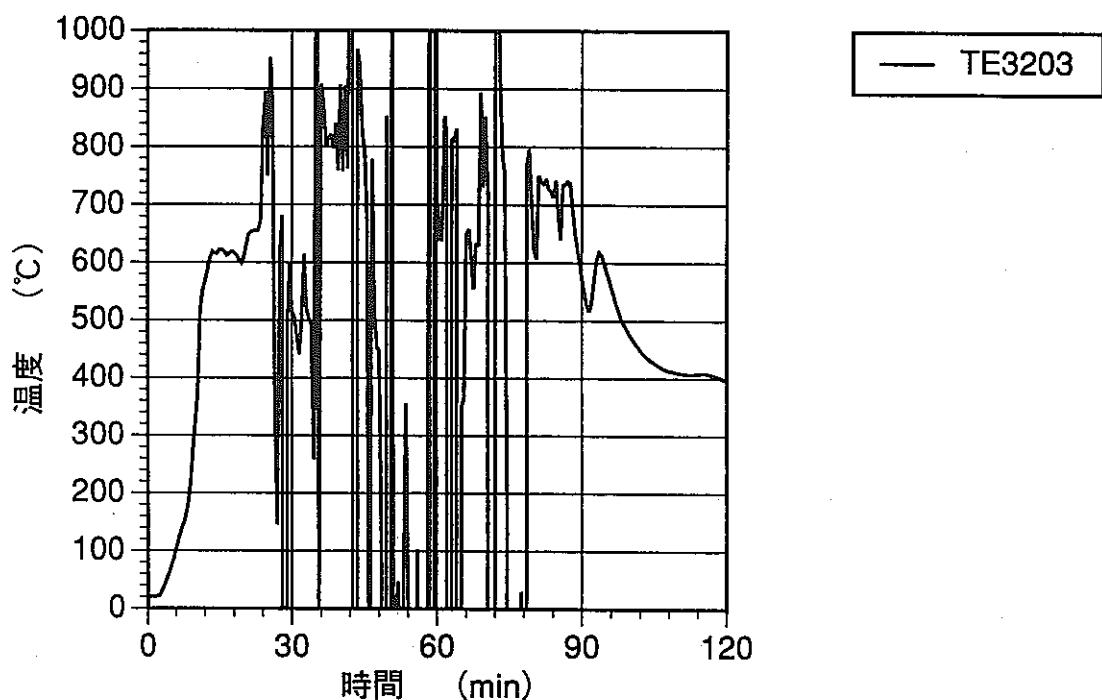


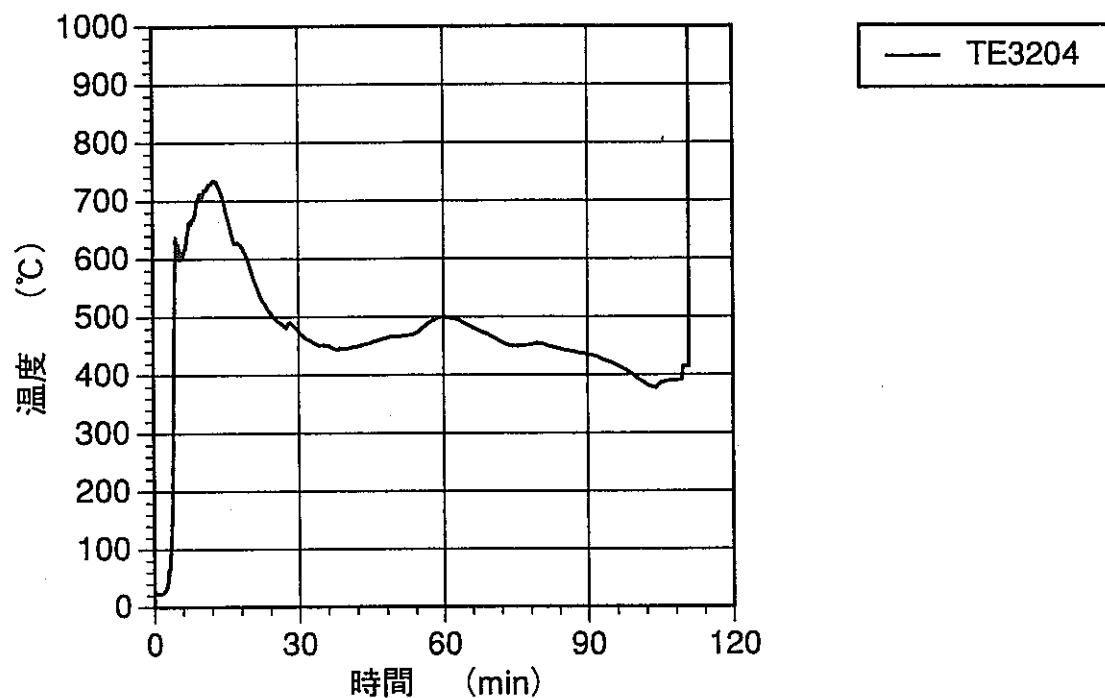
— TE3124

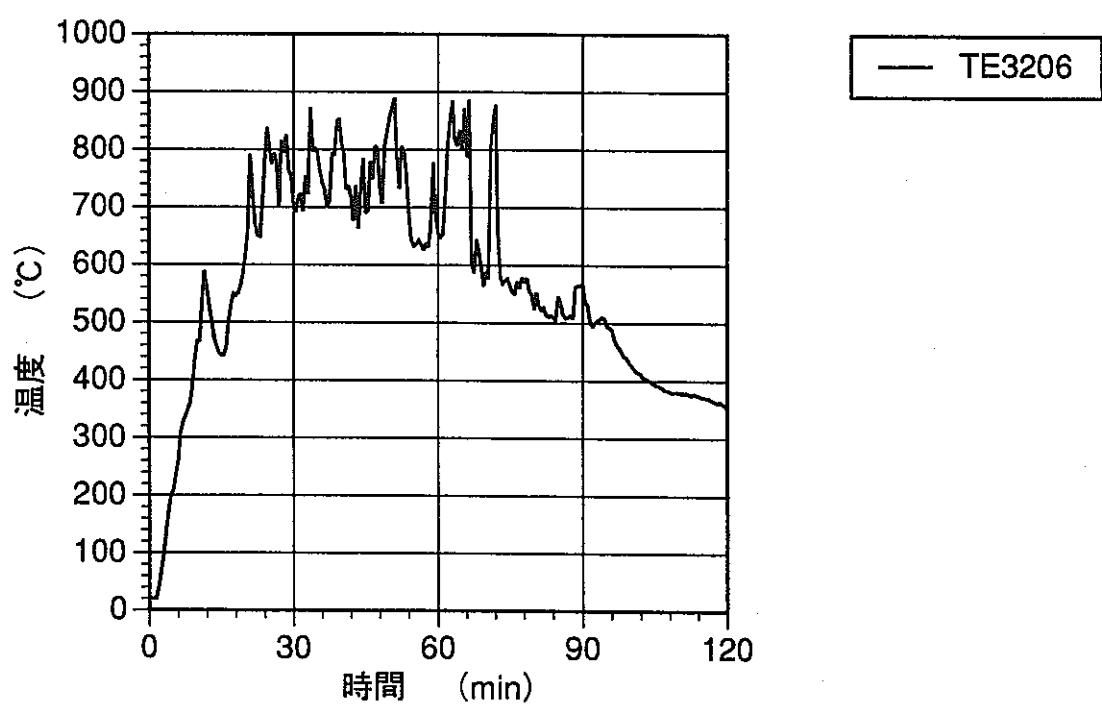
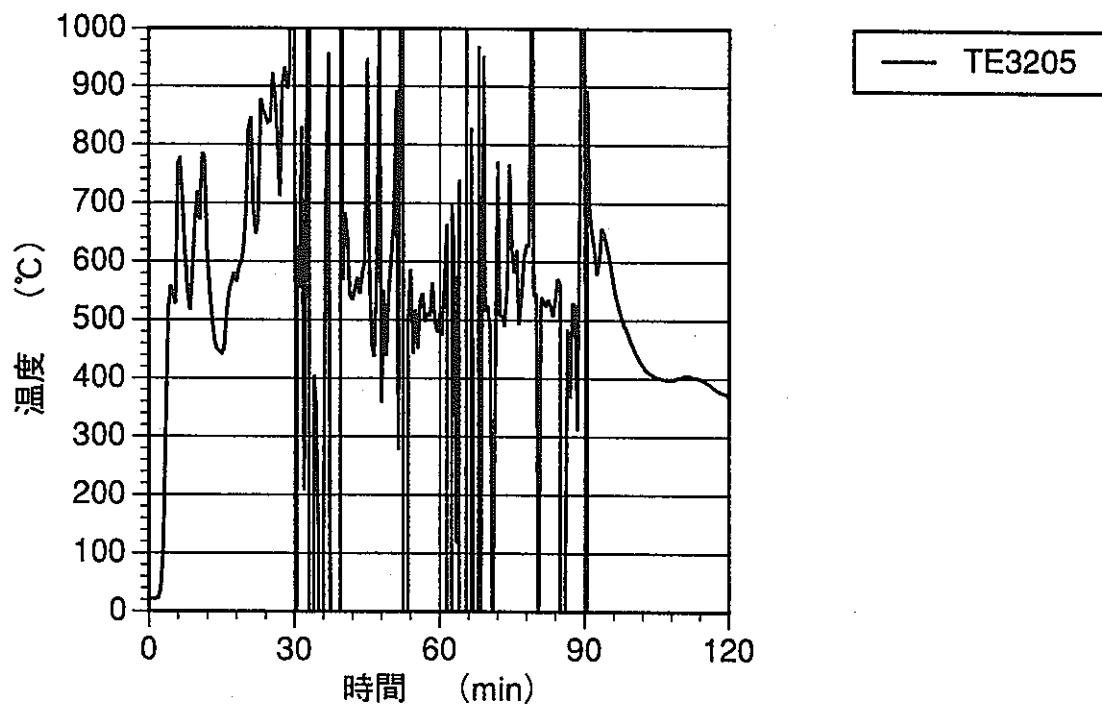


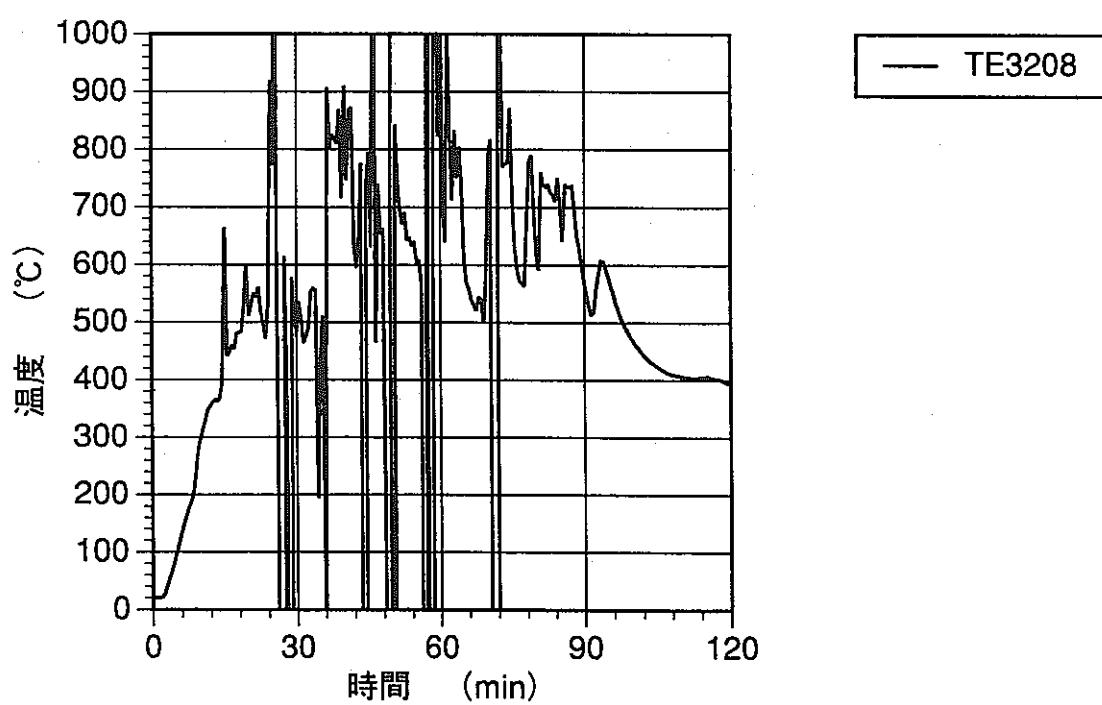
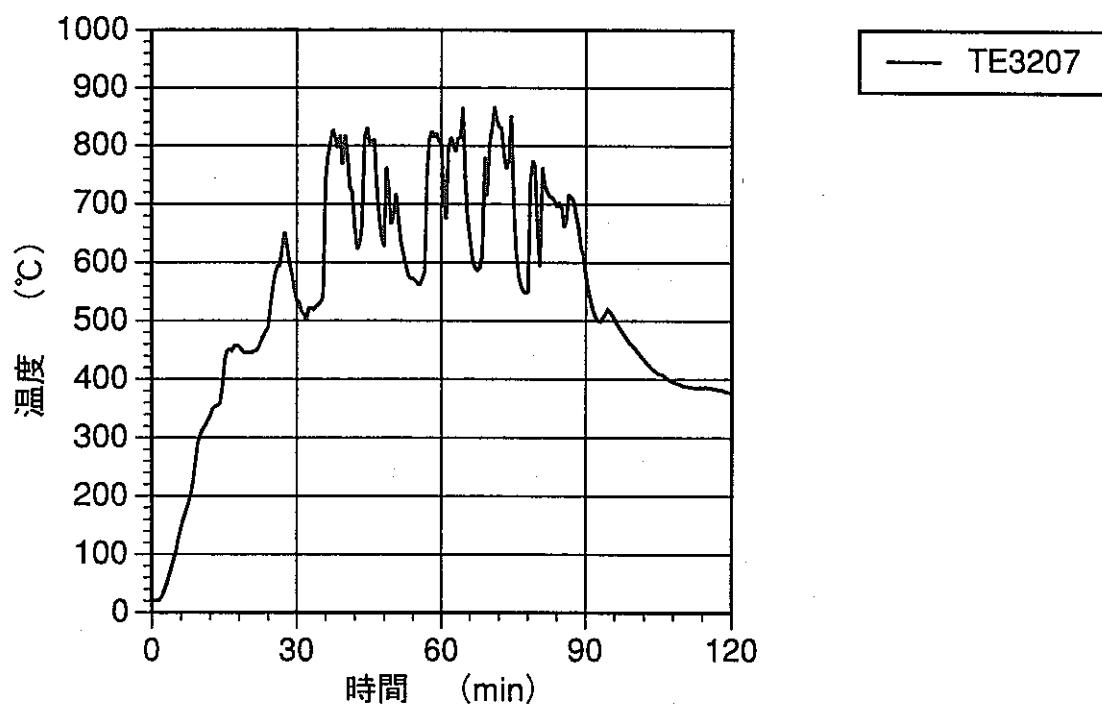


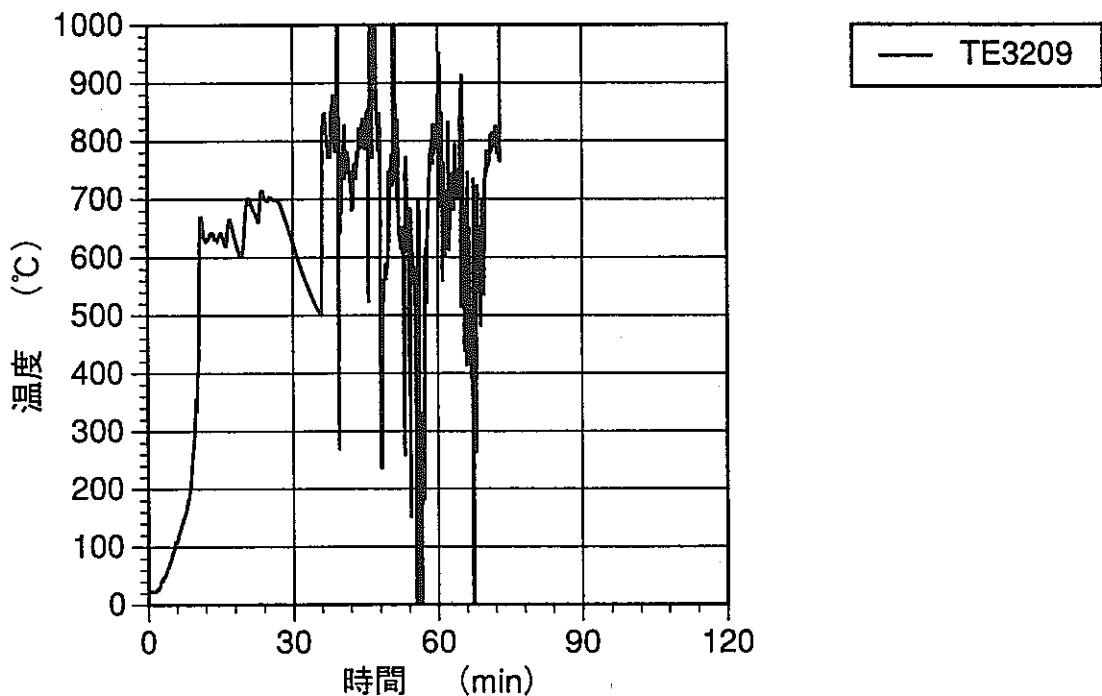


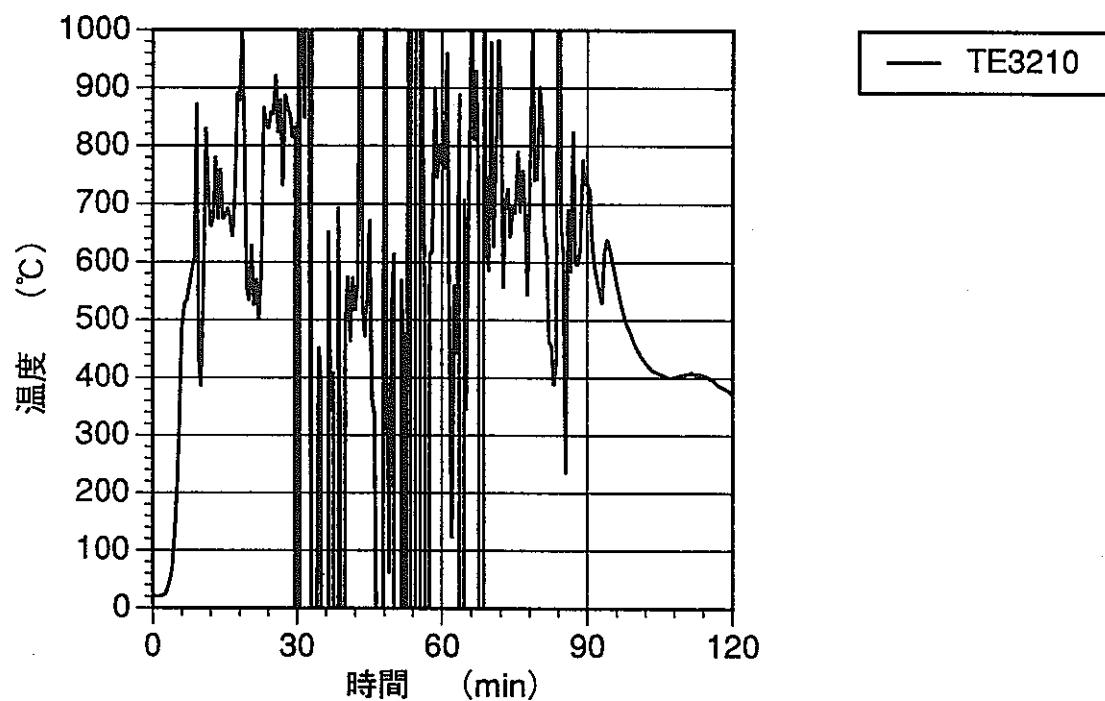


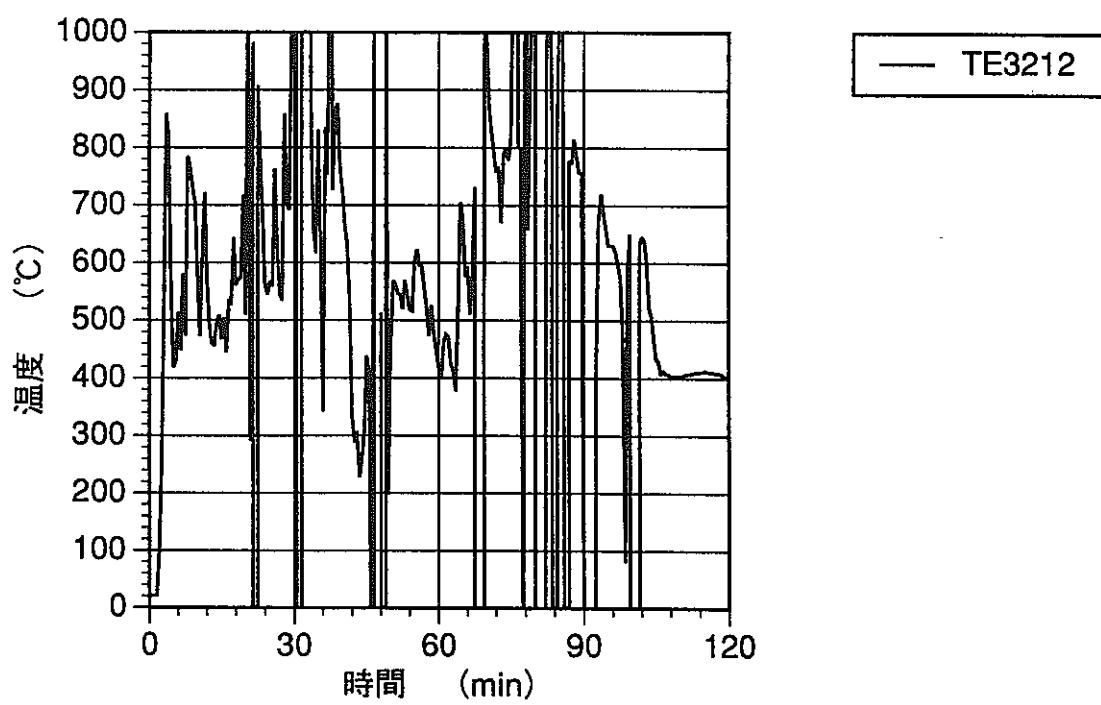
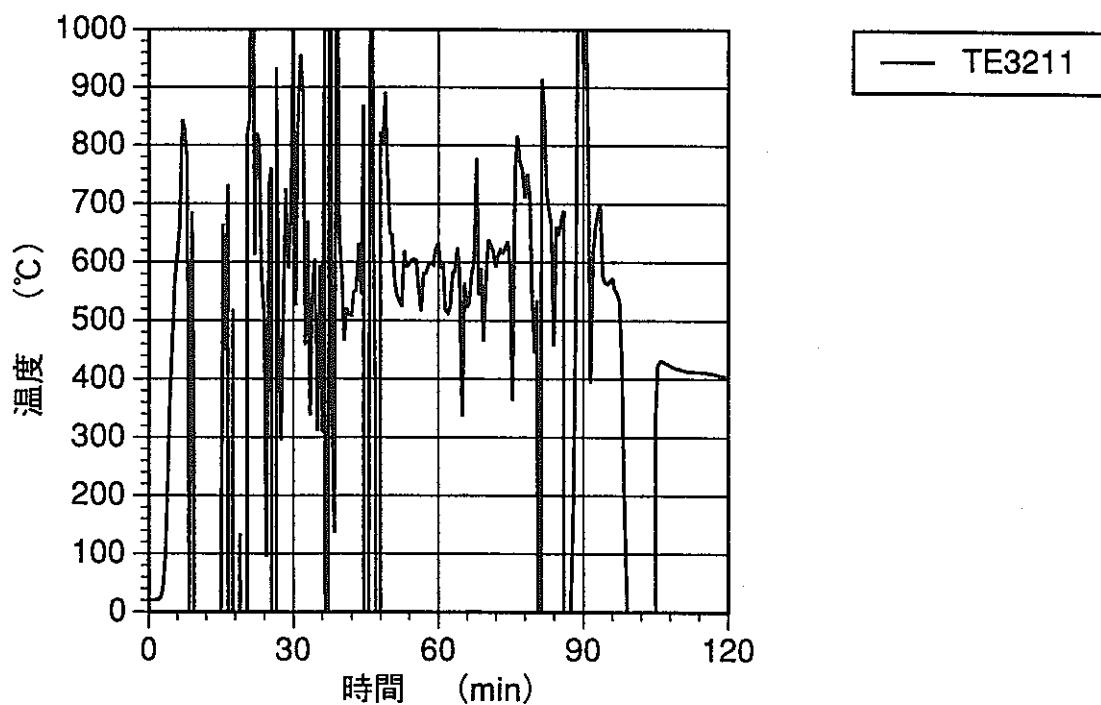


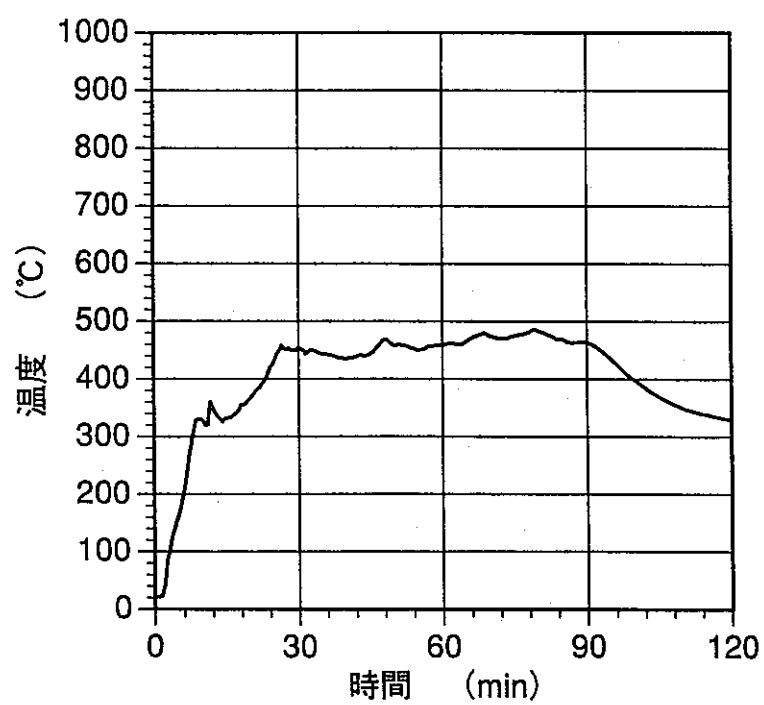
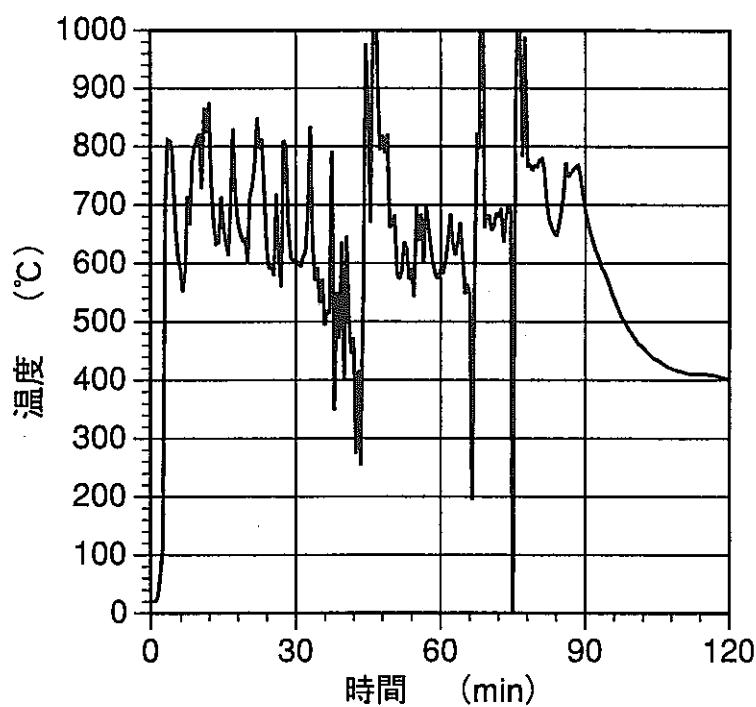


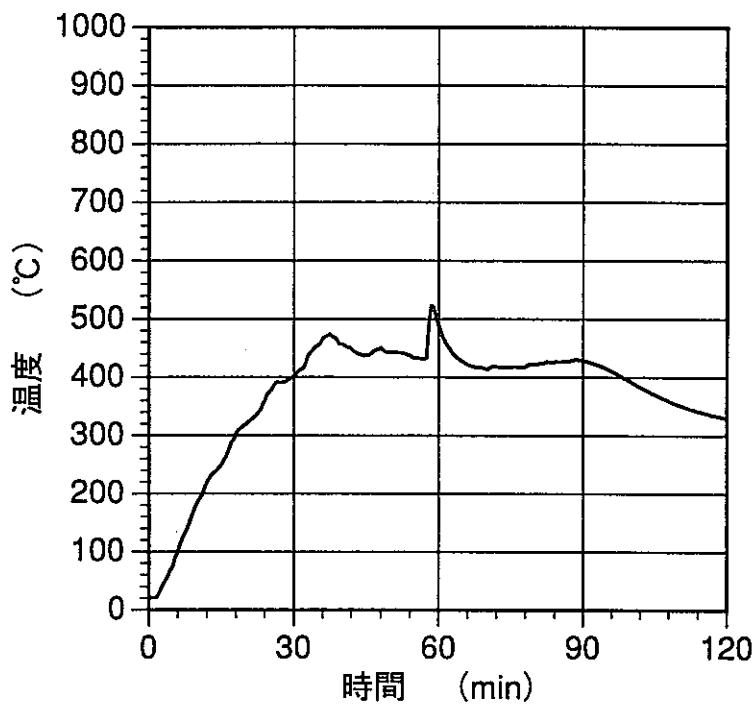




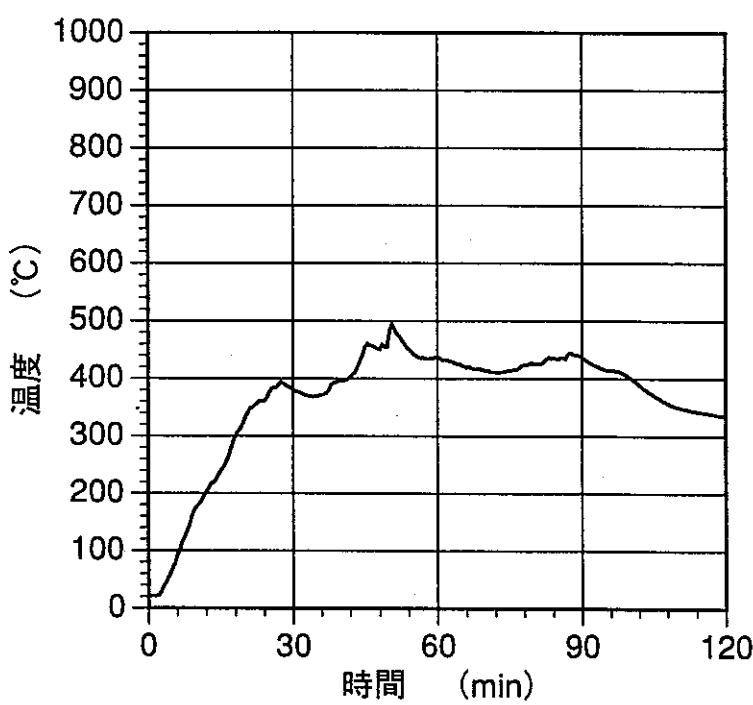




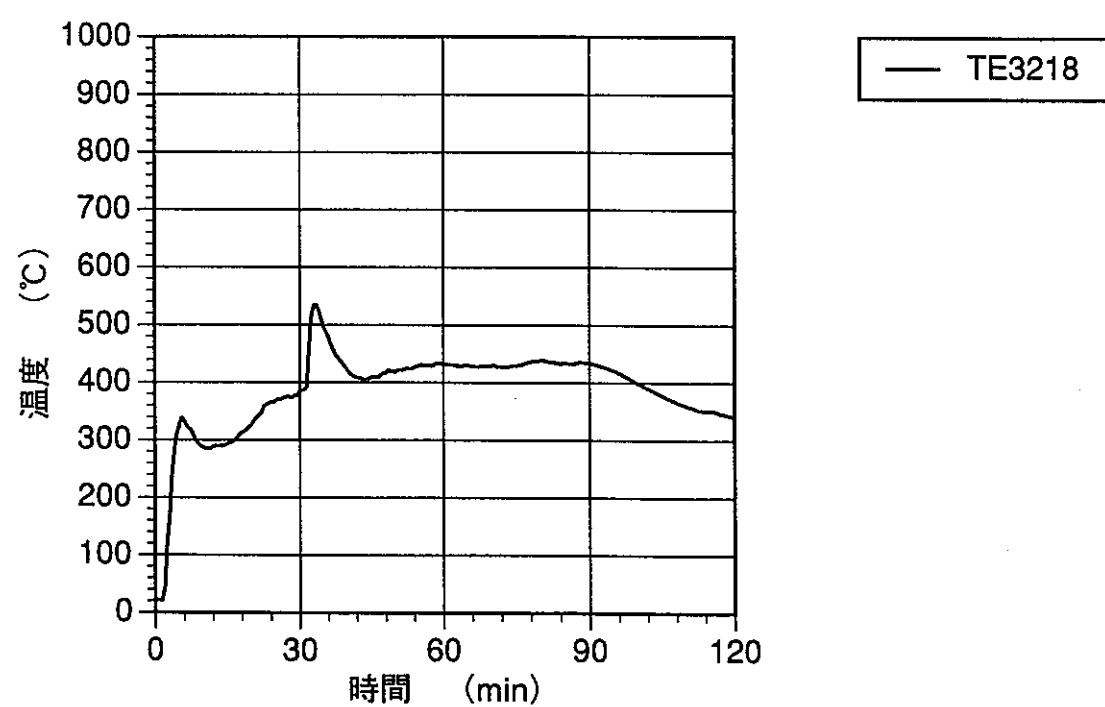
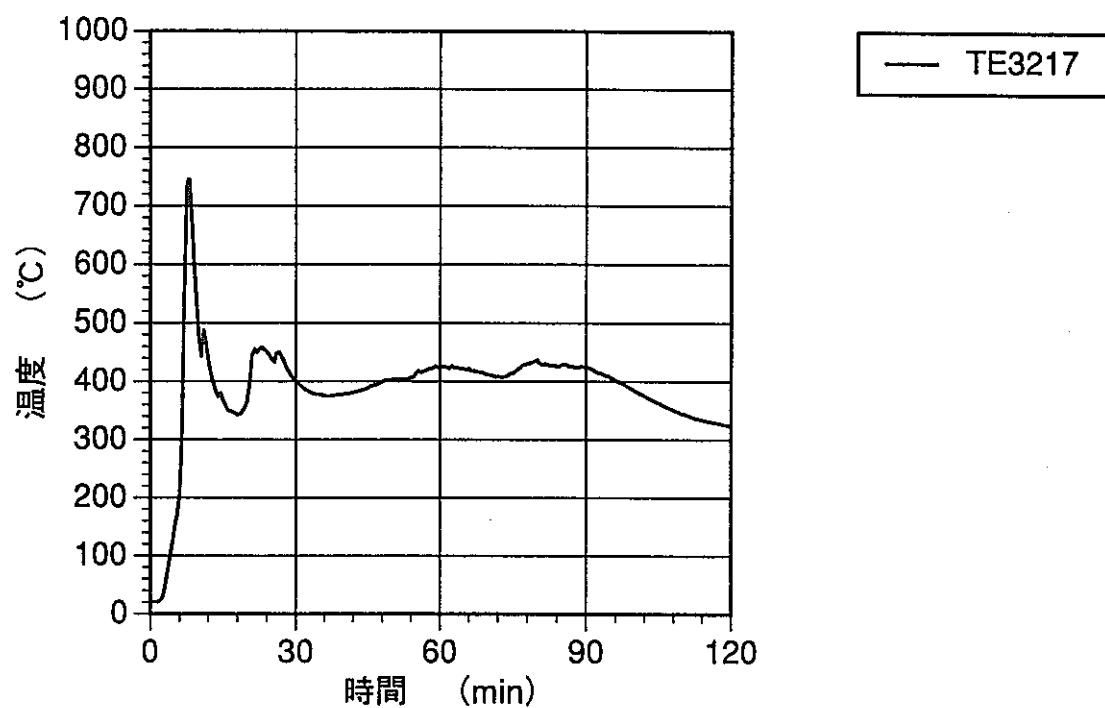


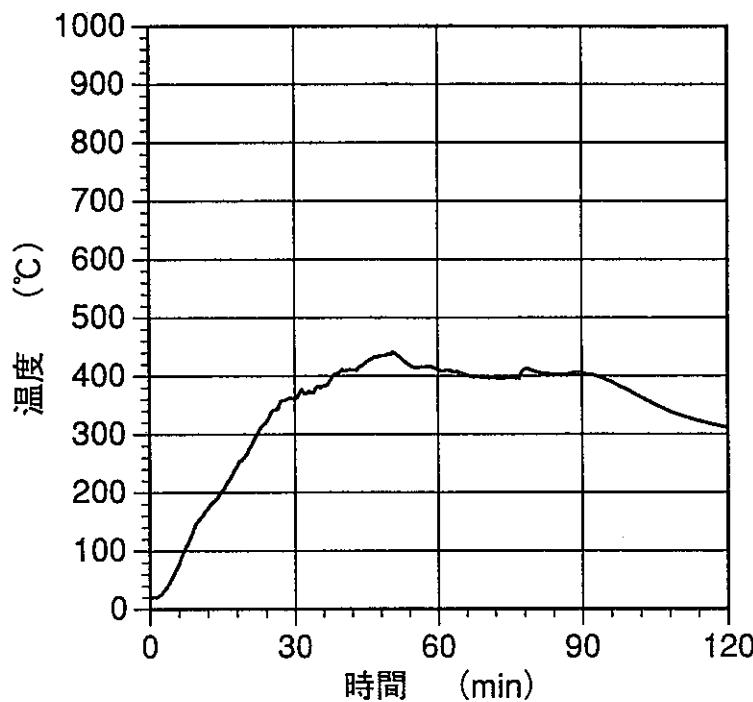


— TE3215

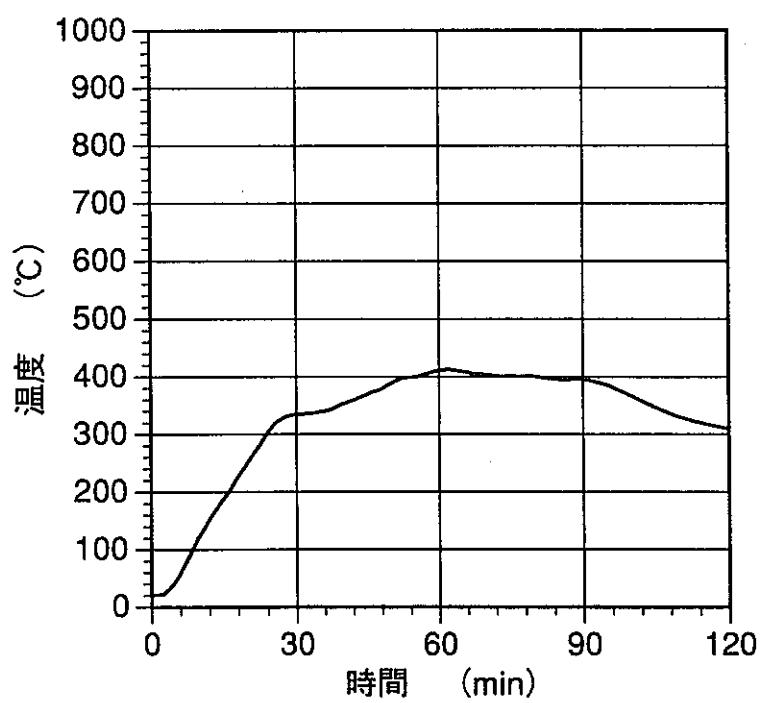


— TE3216

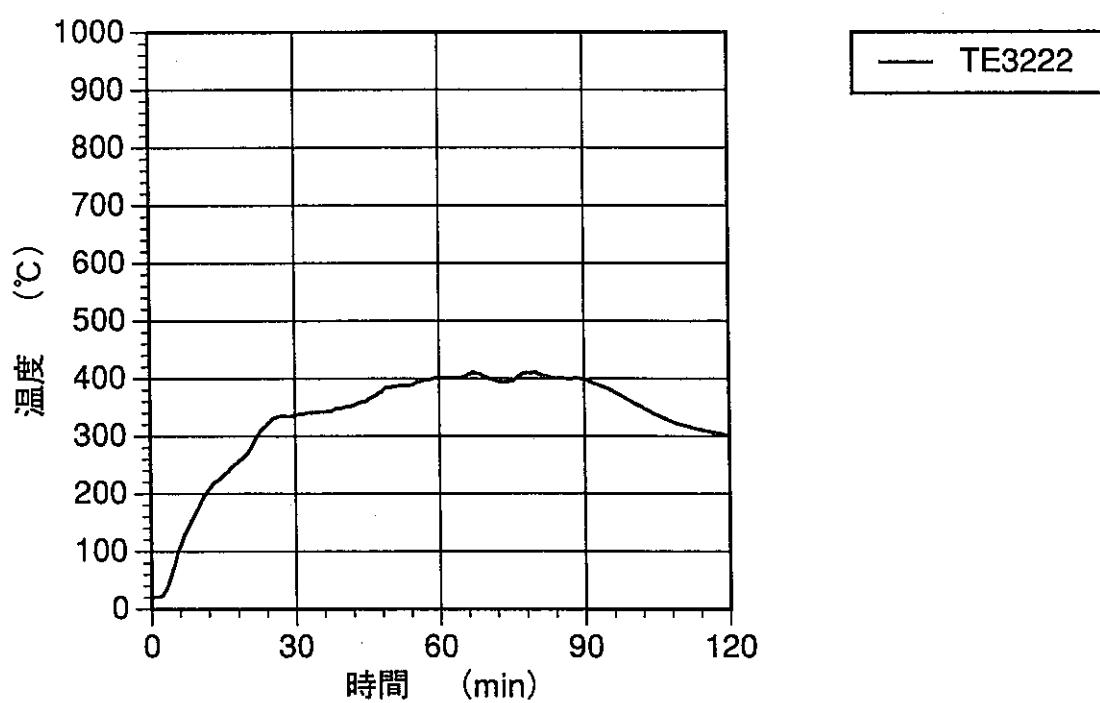
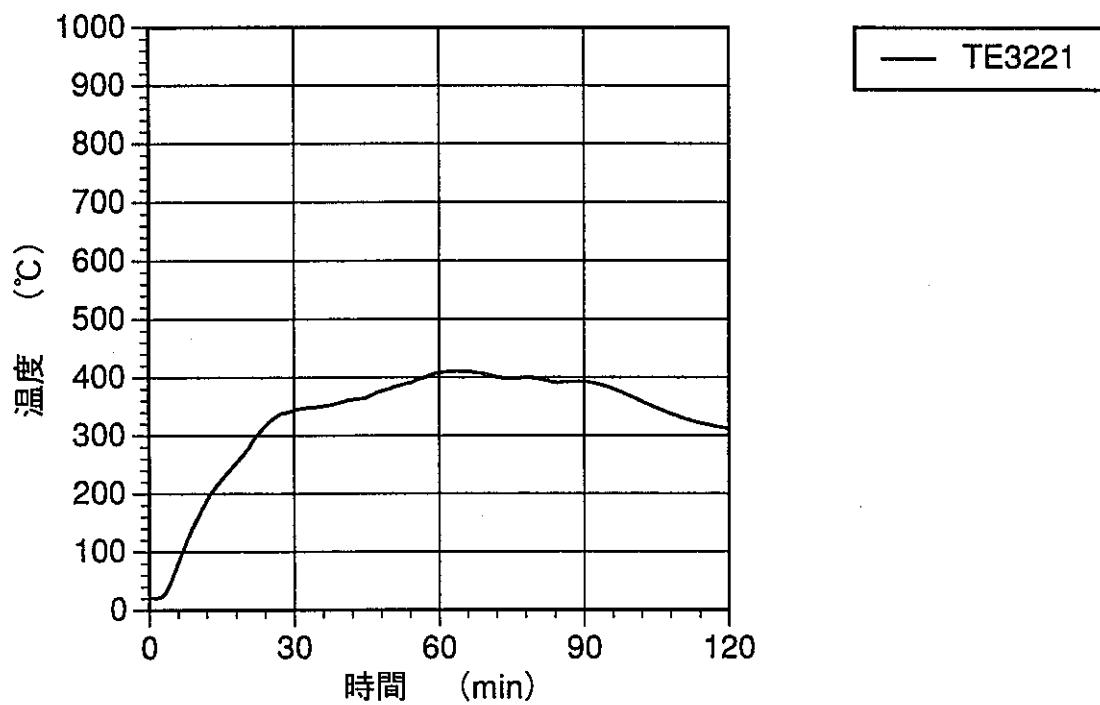


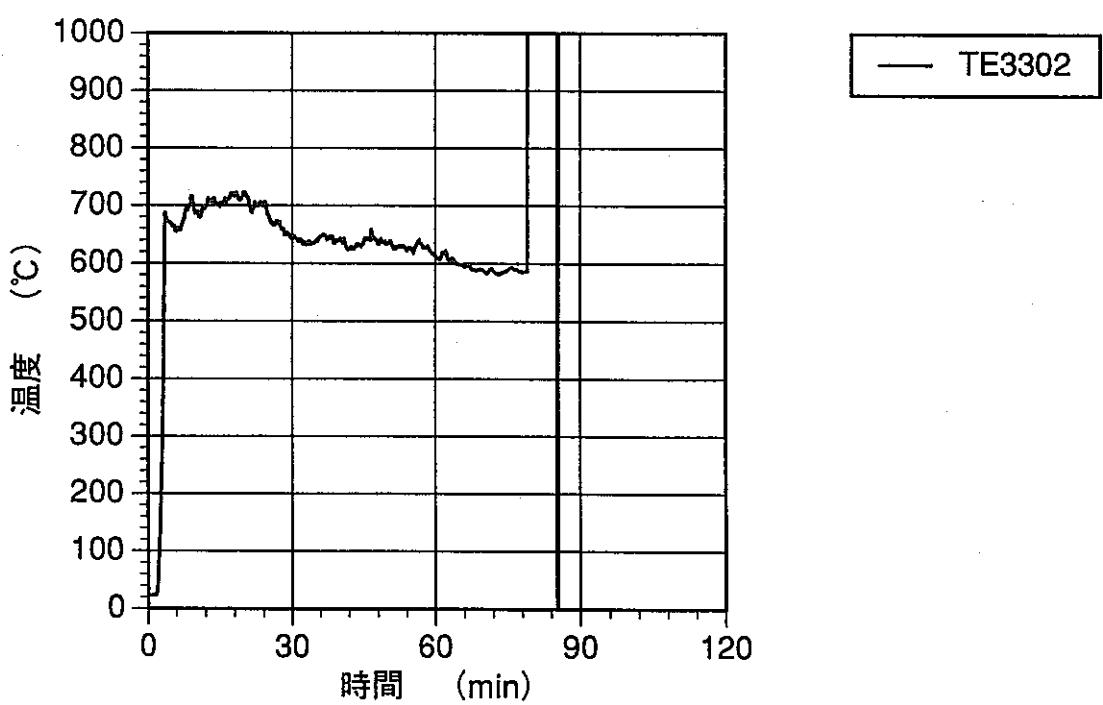
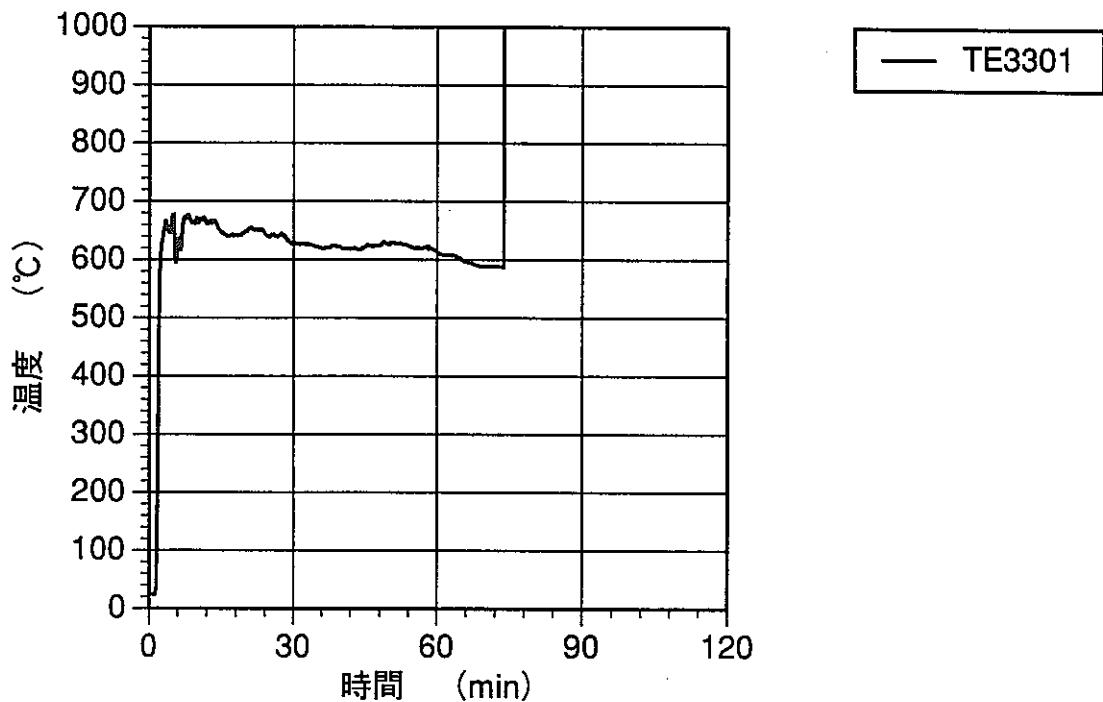


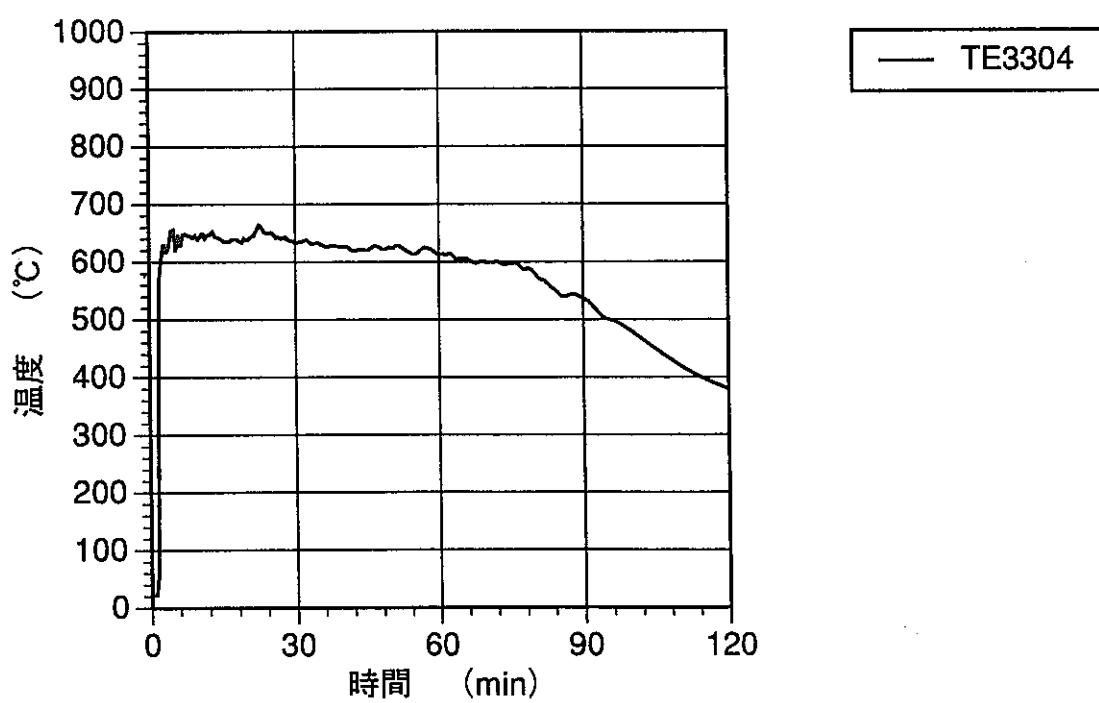
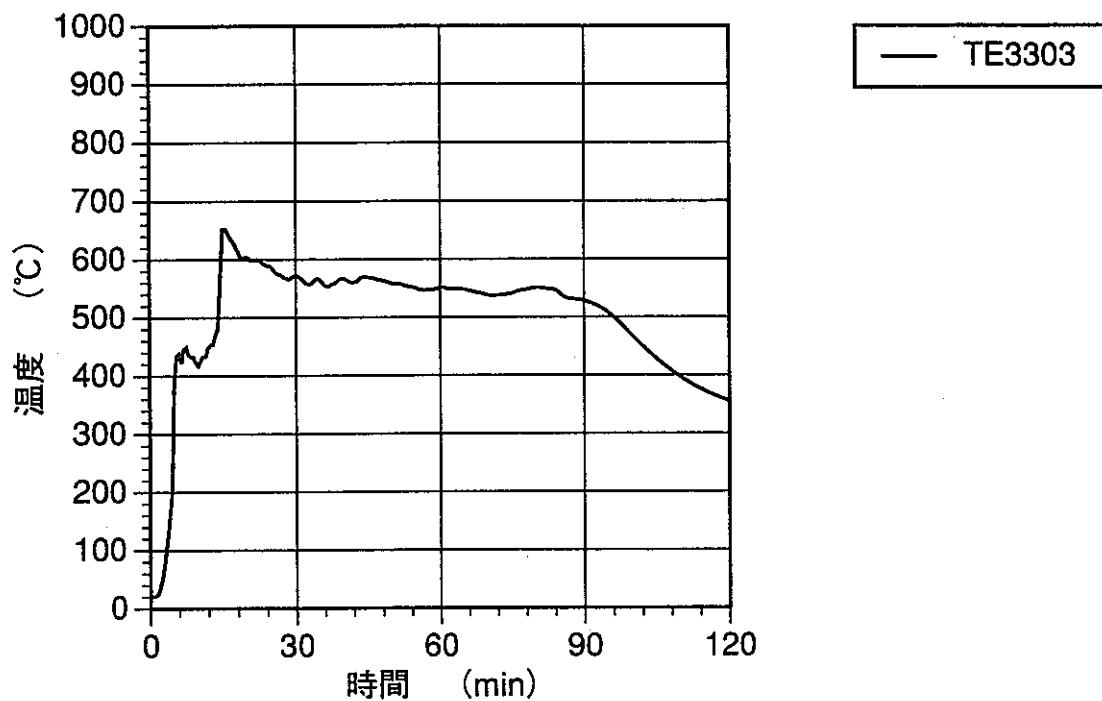
— TE3219

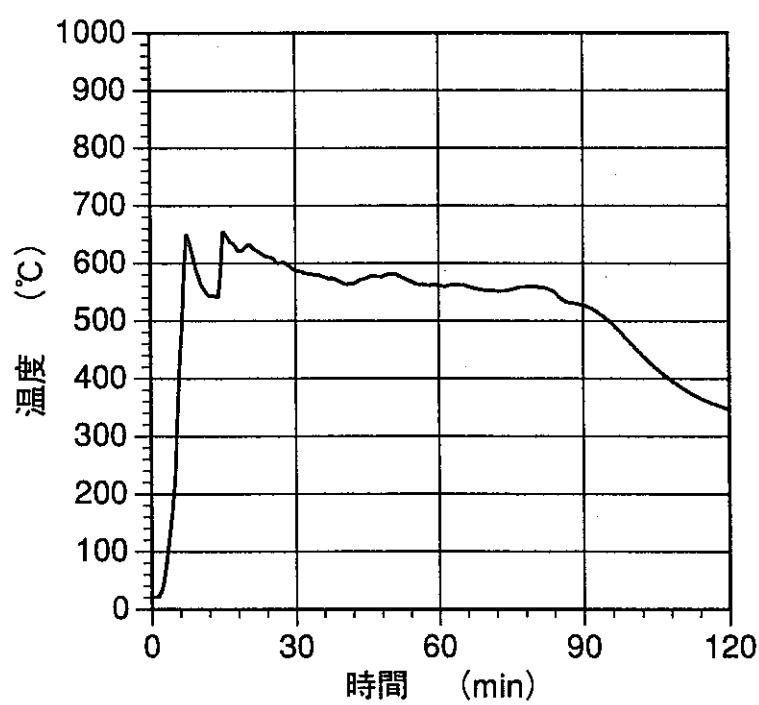
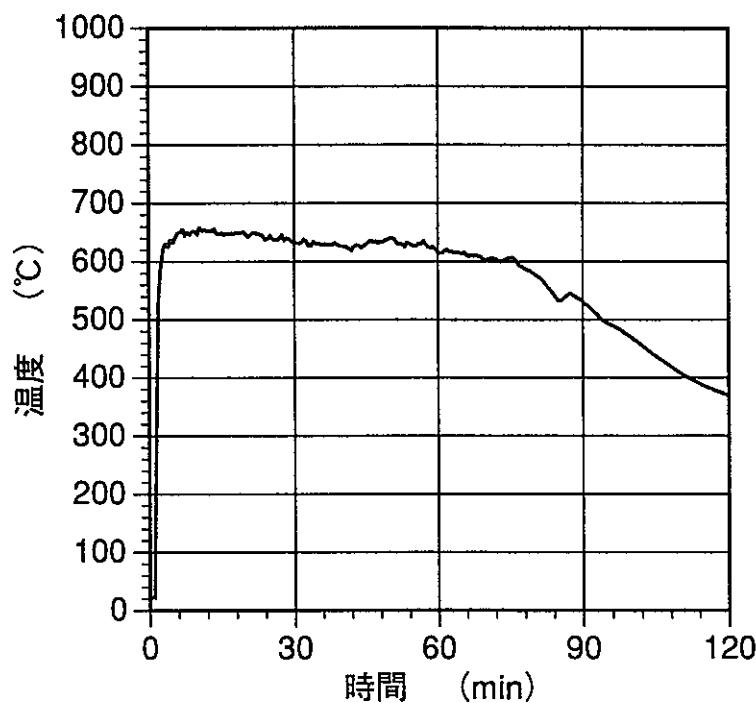


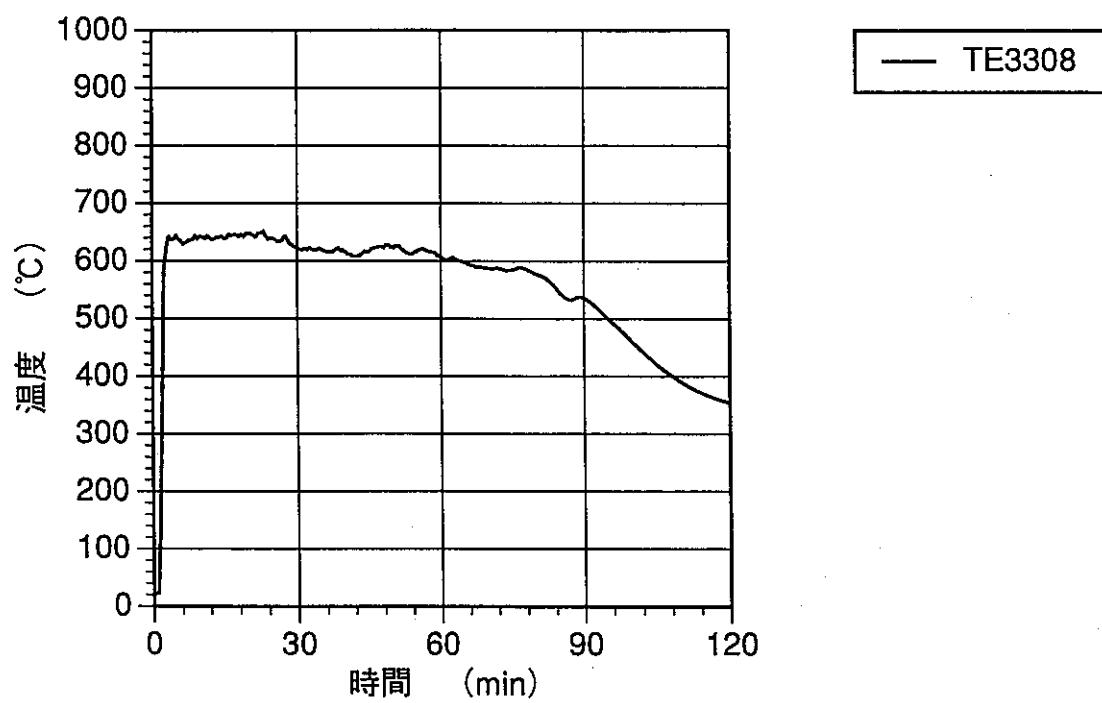
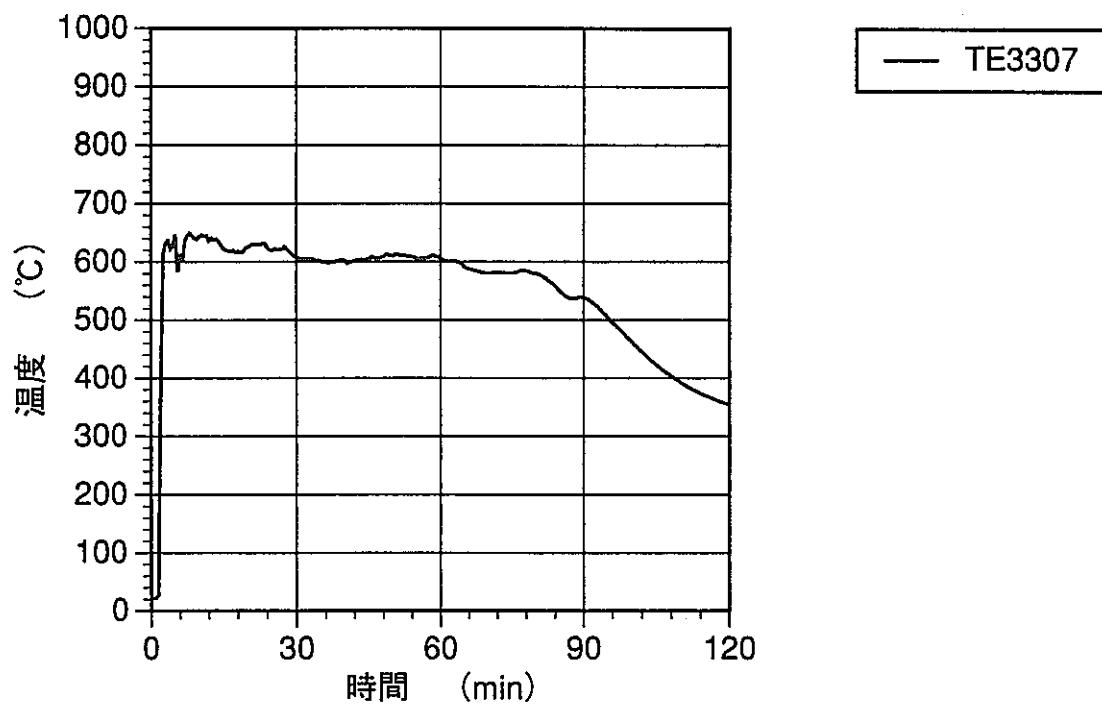
— TE3220

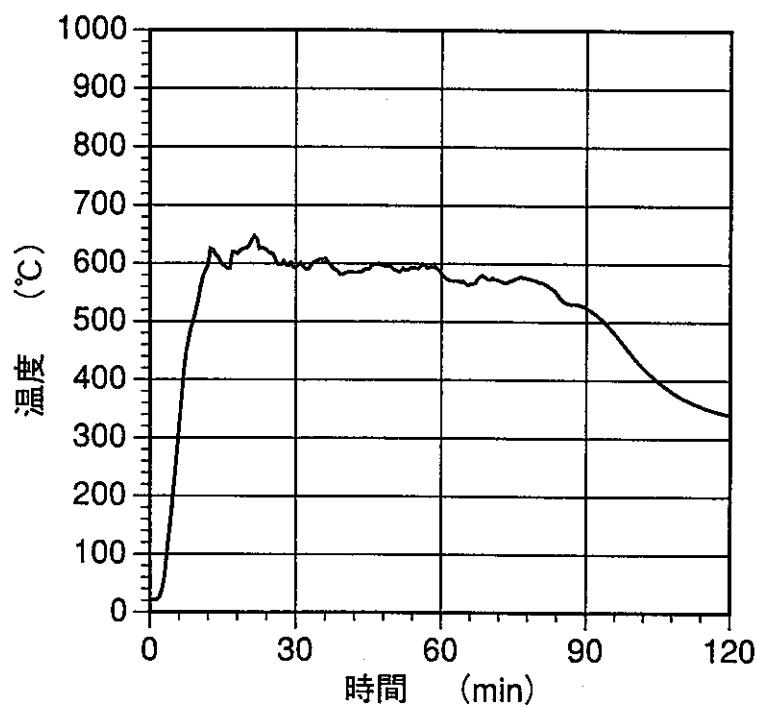




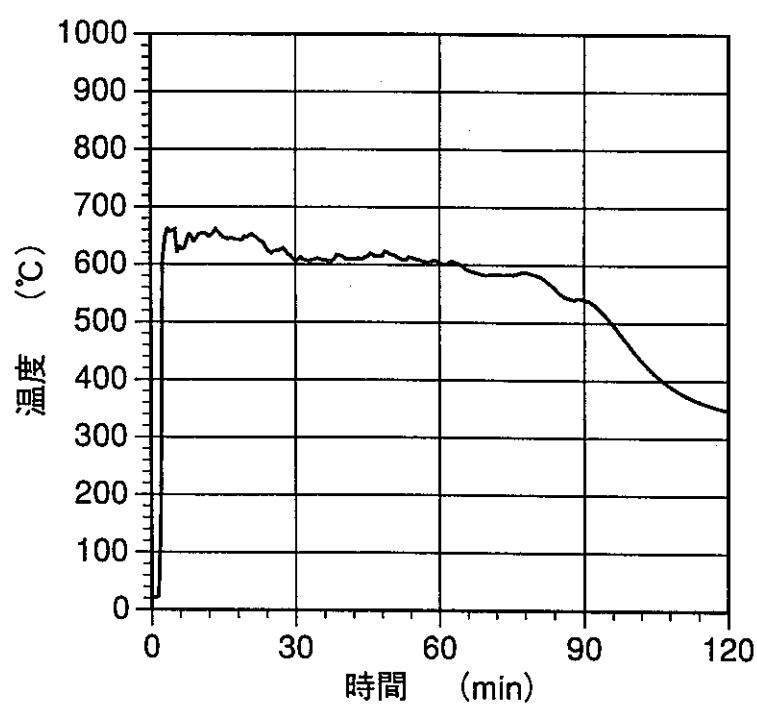




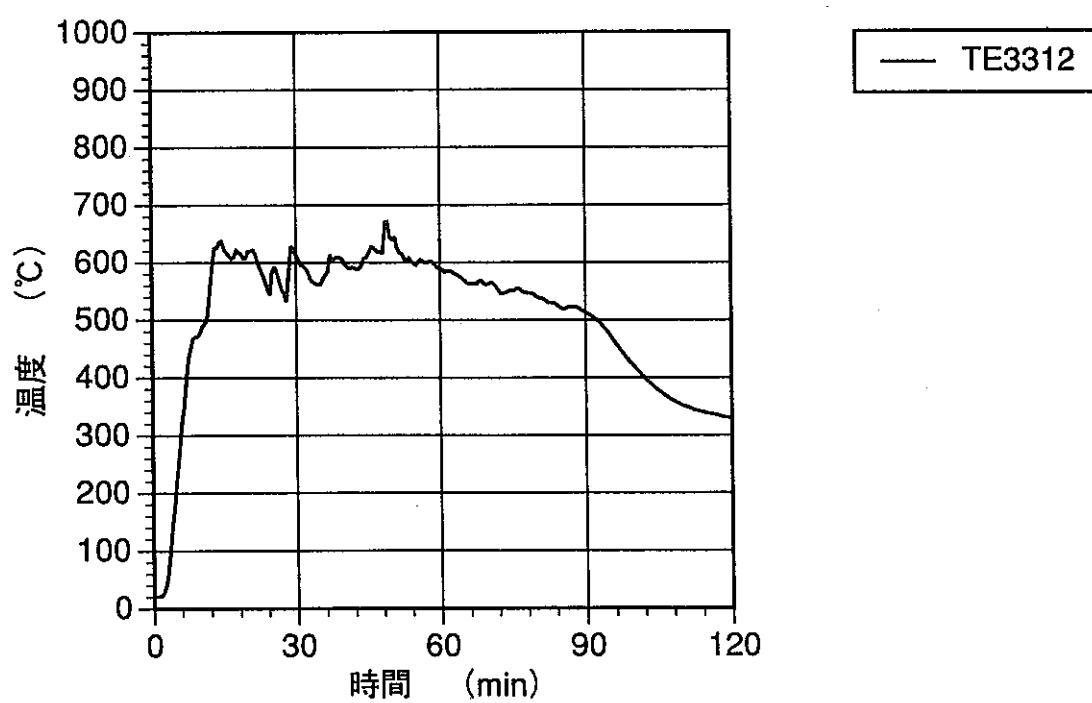
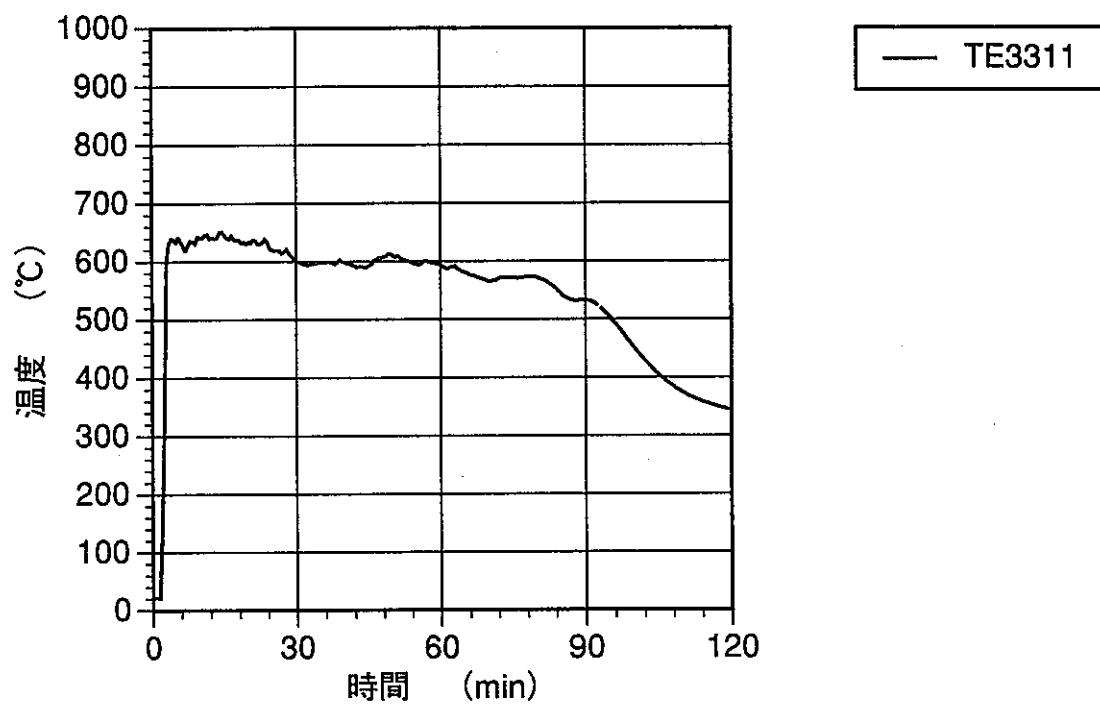


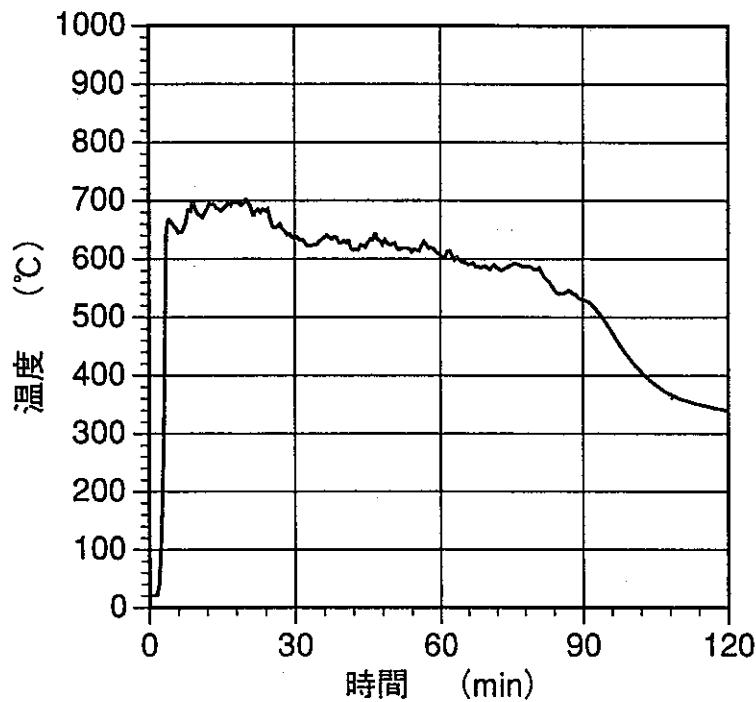


— TE3309

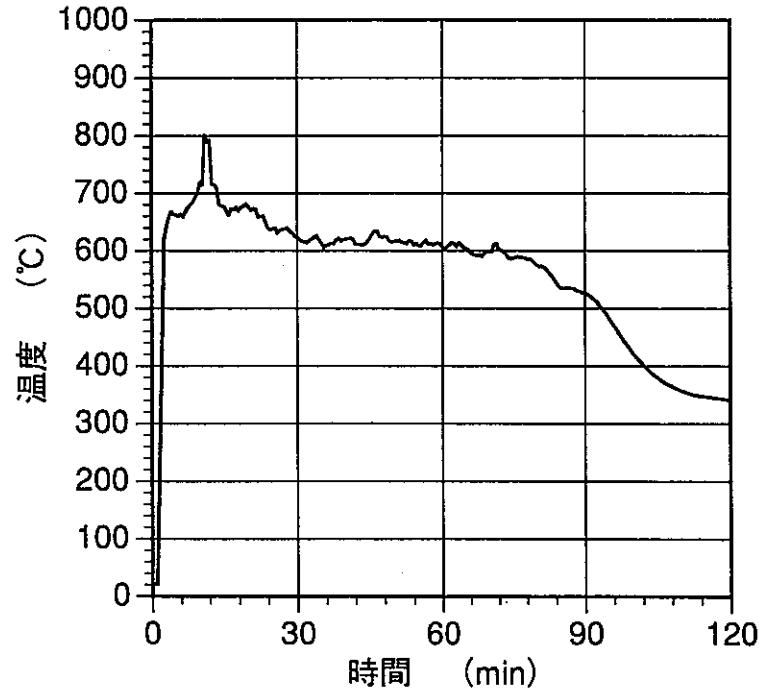


— TE3310

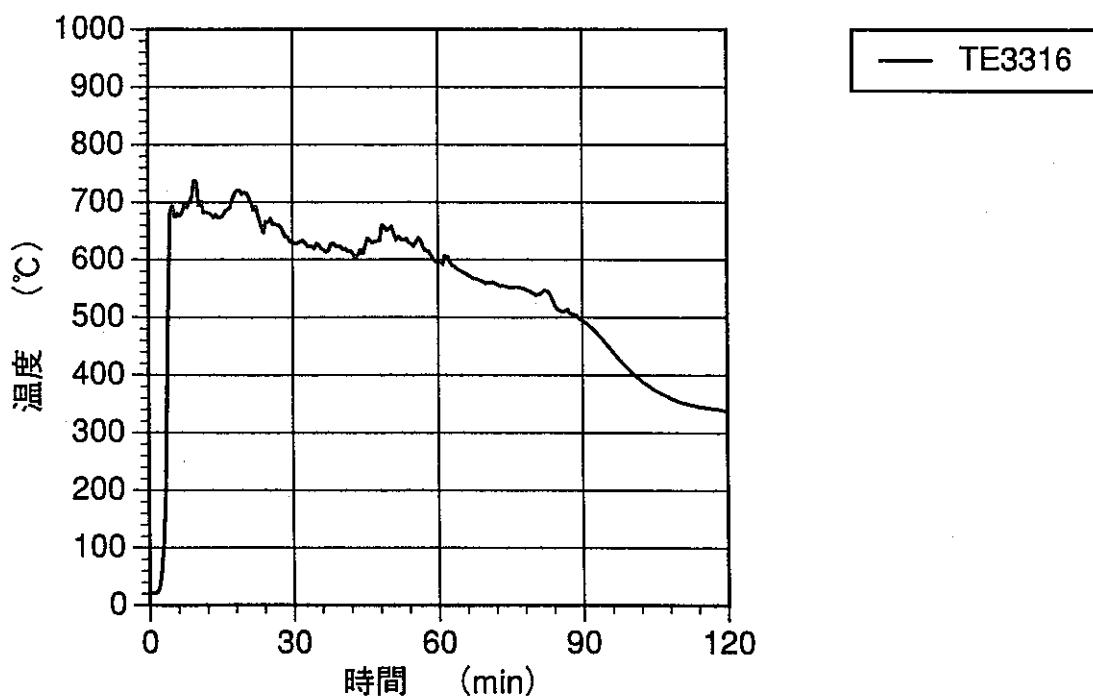
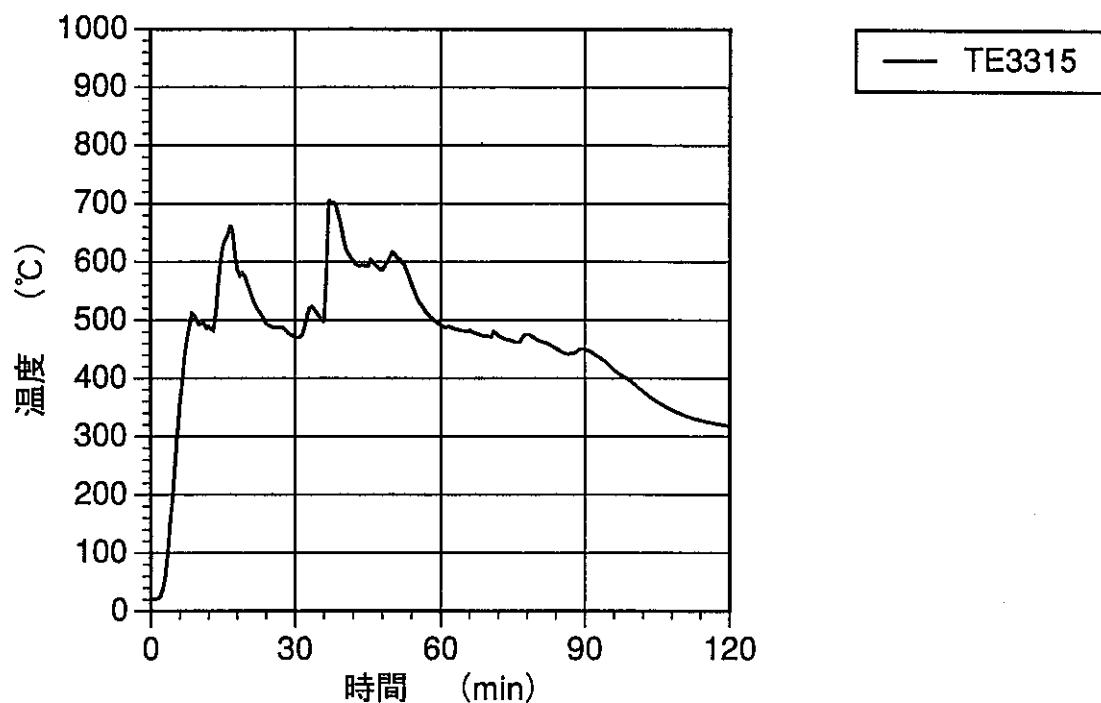


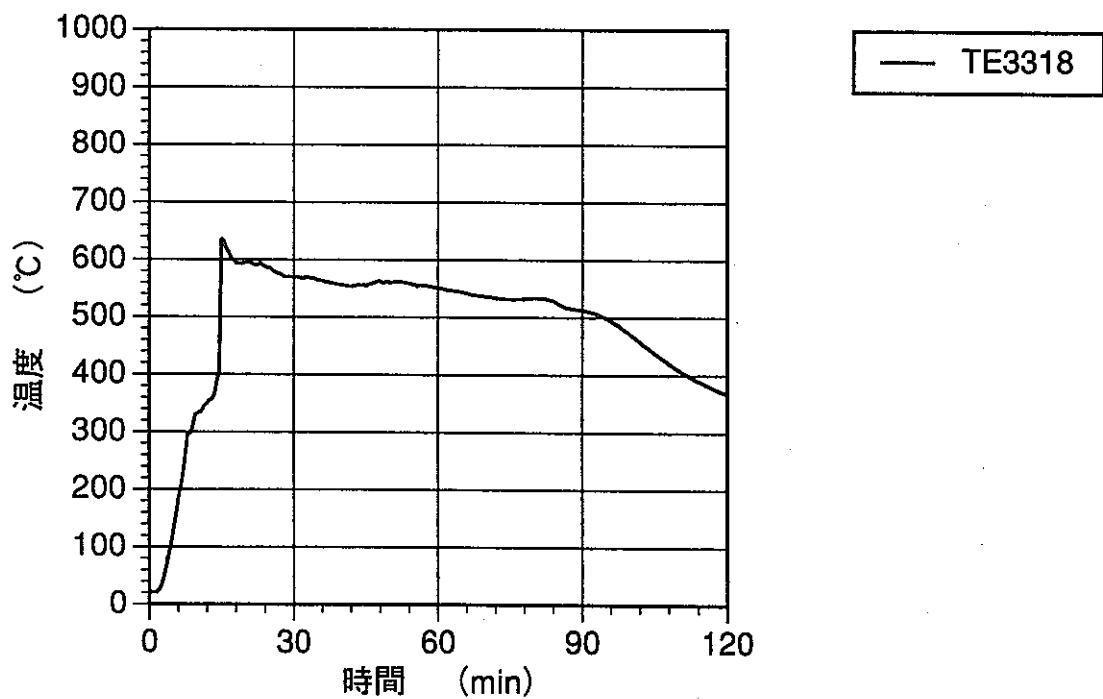
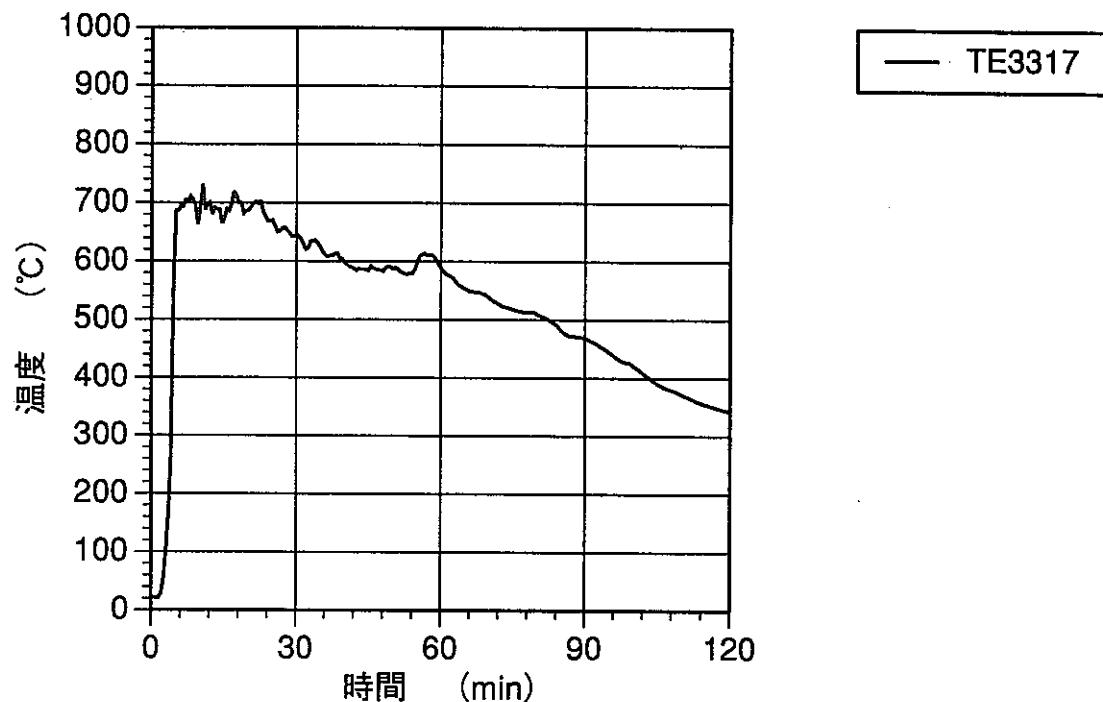


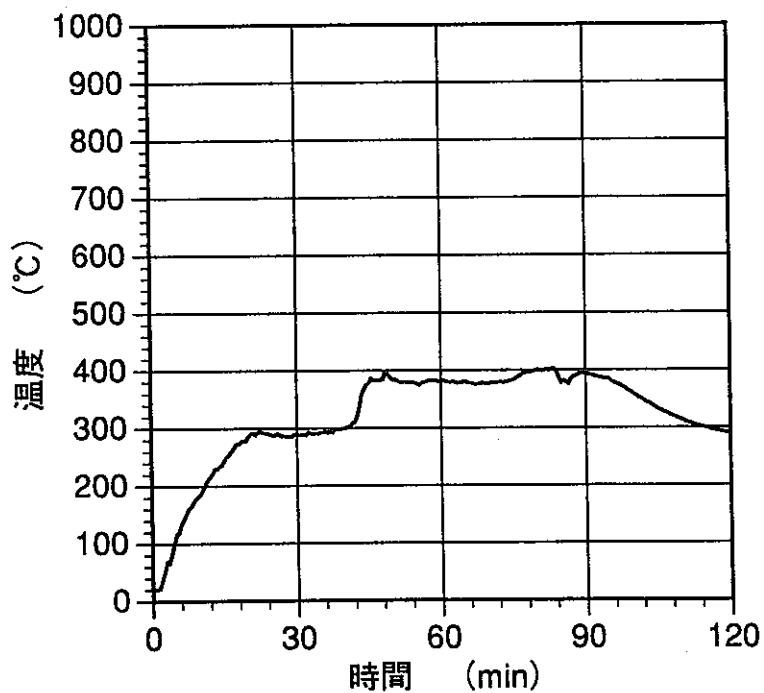
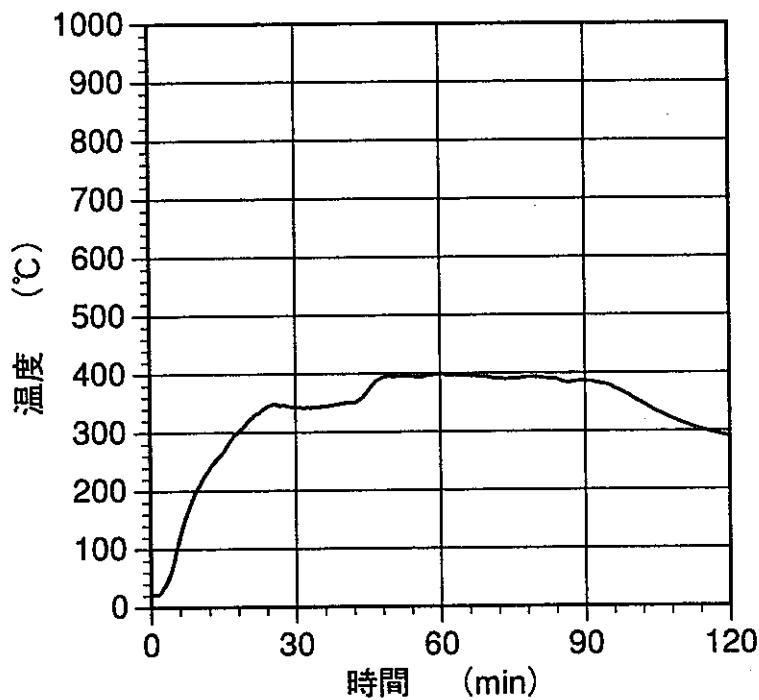
— TE3313

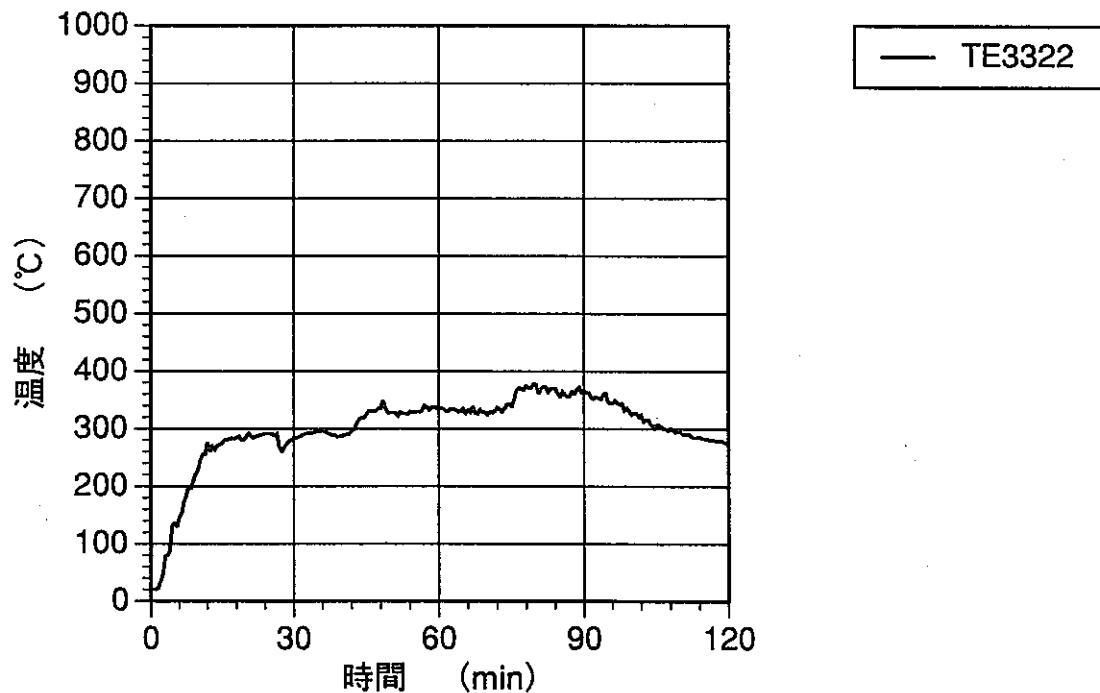
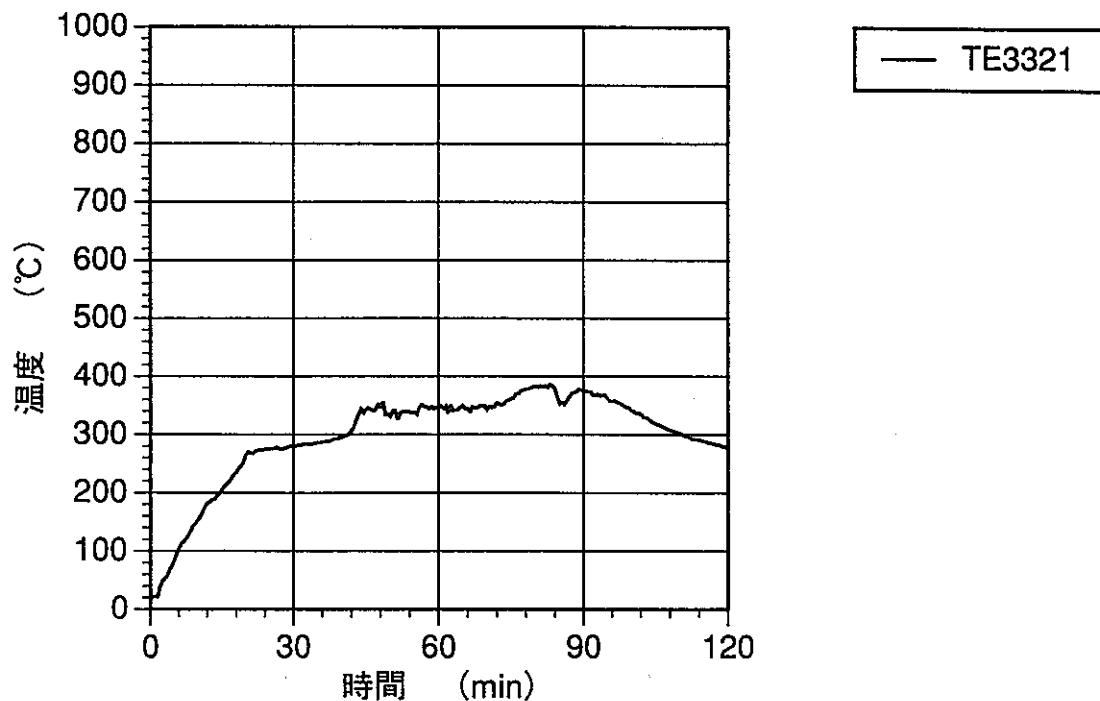


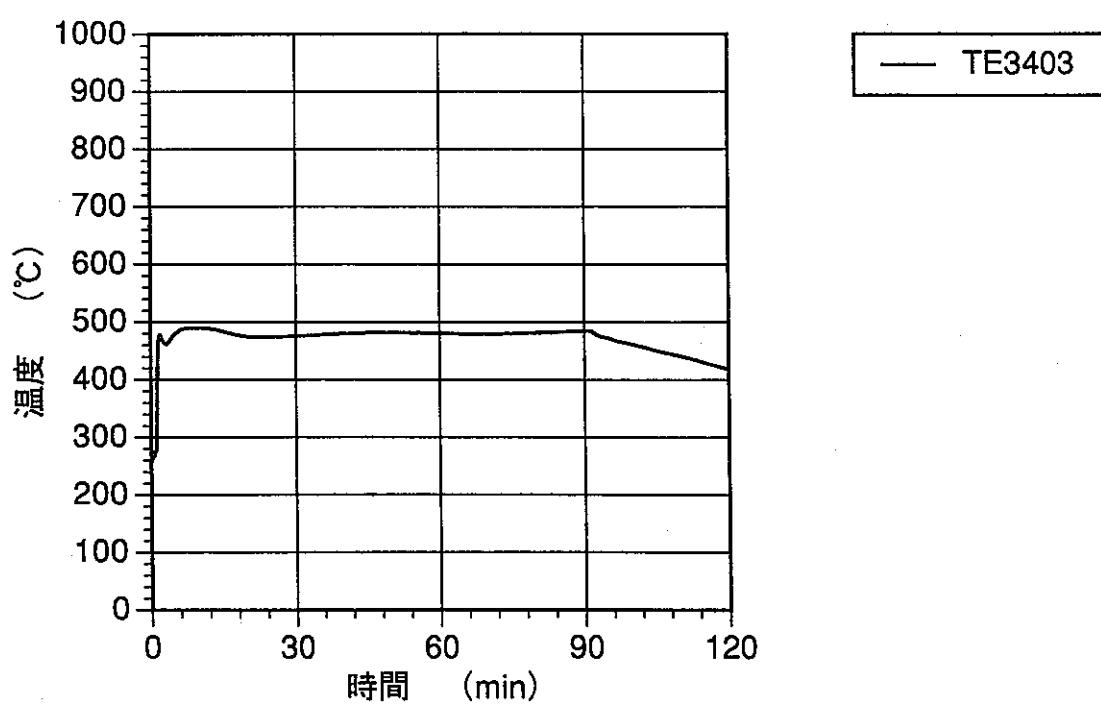
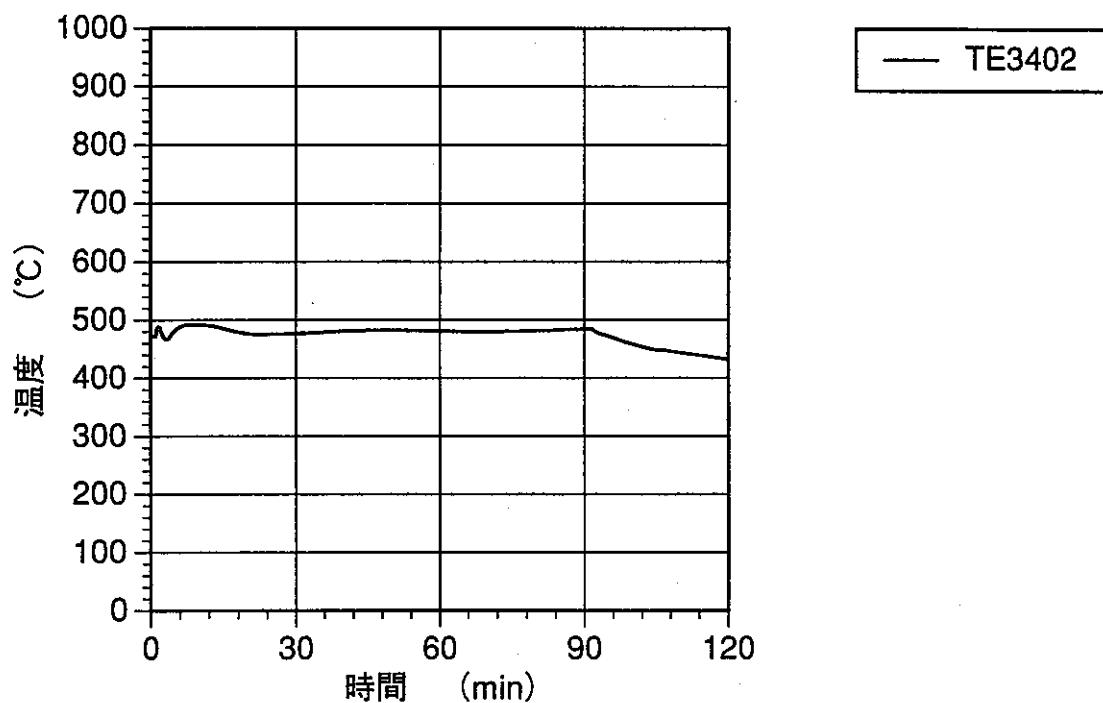
— TE3314

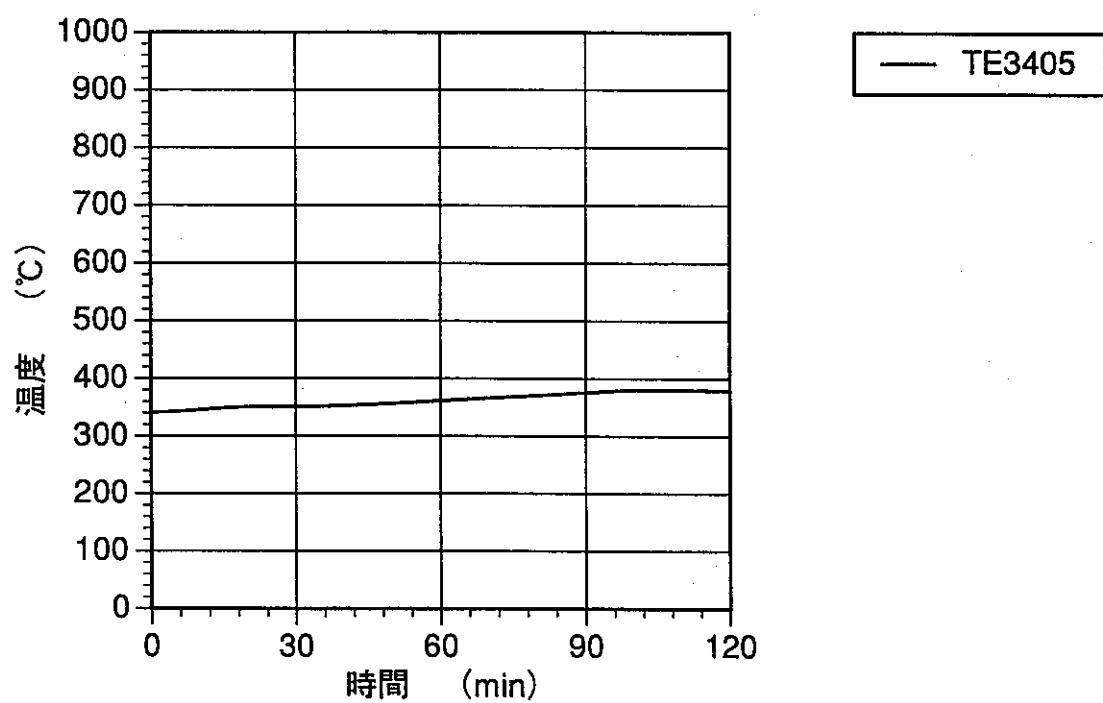
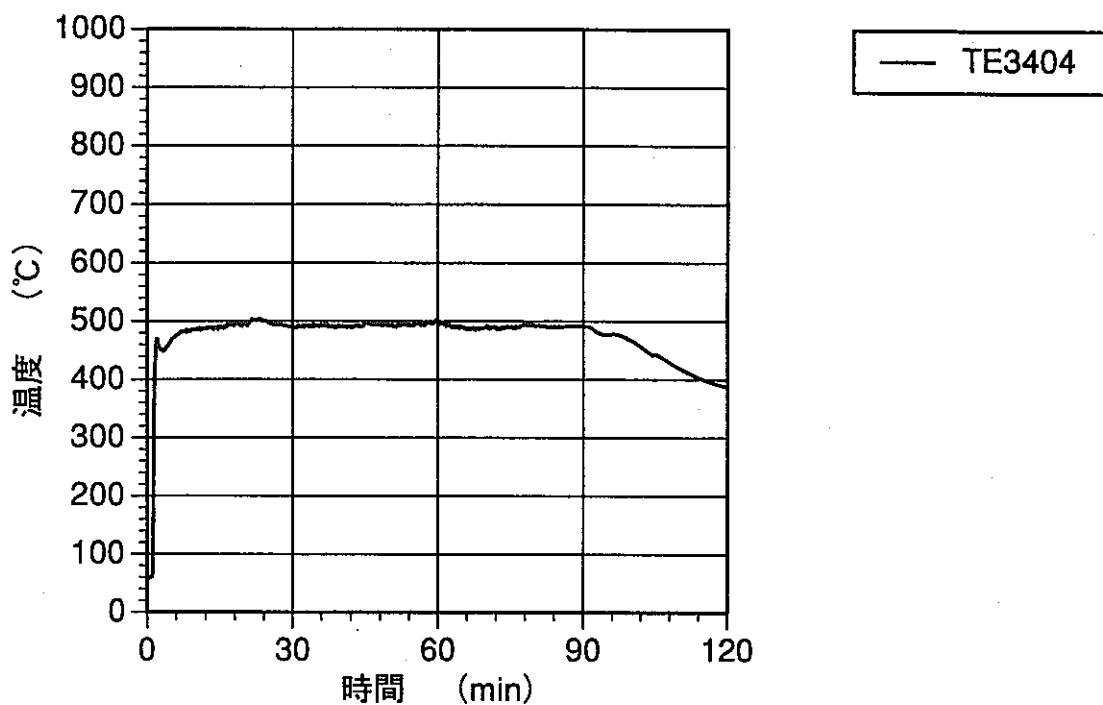


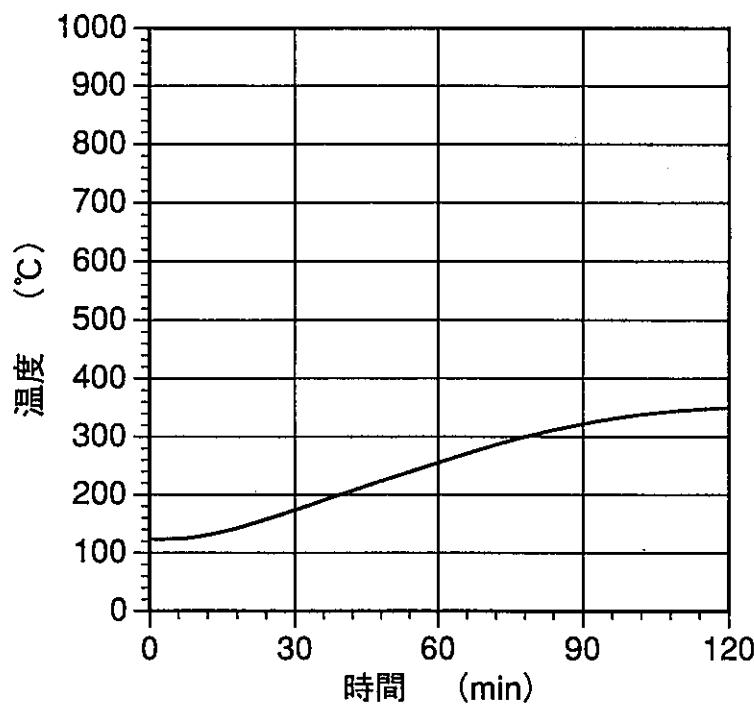




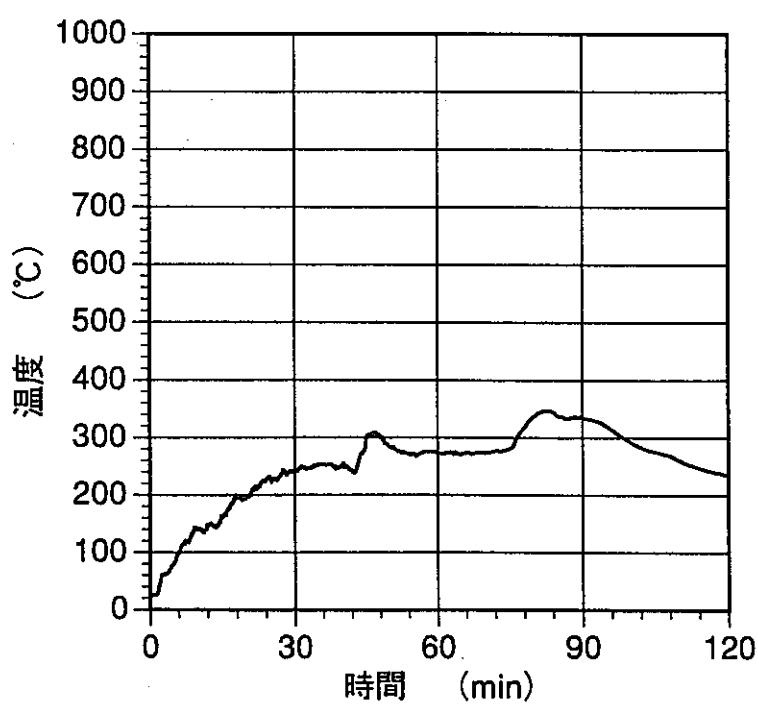




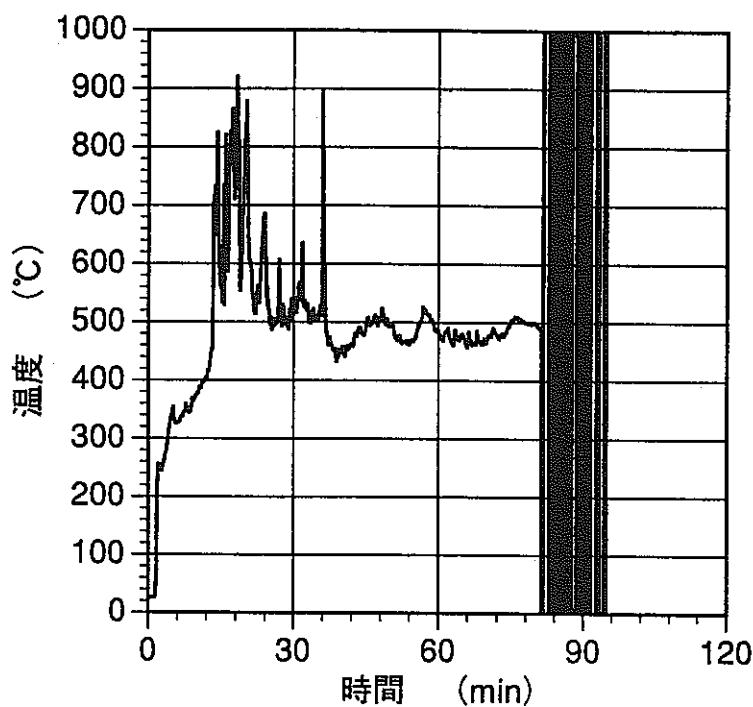




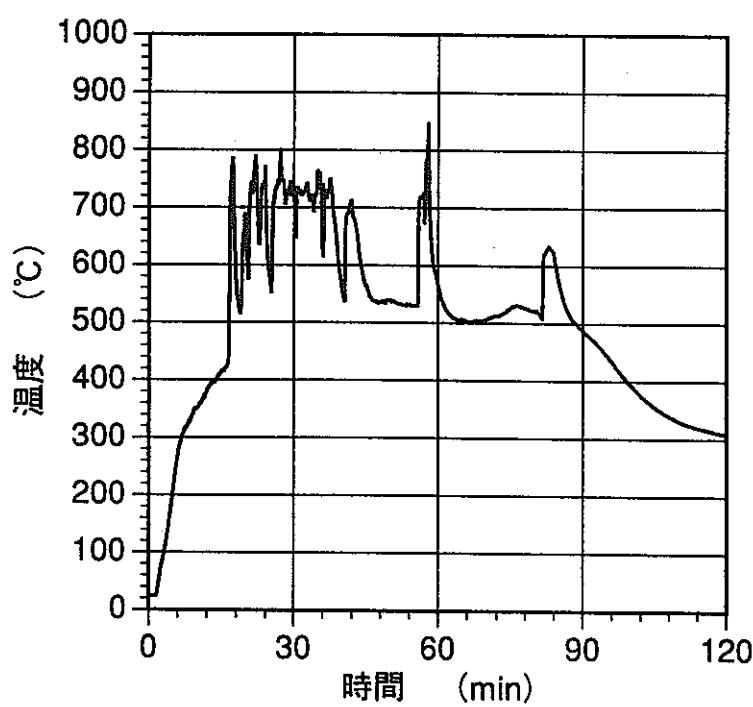
— TE3406



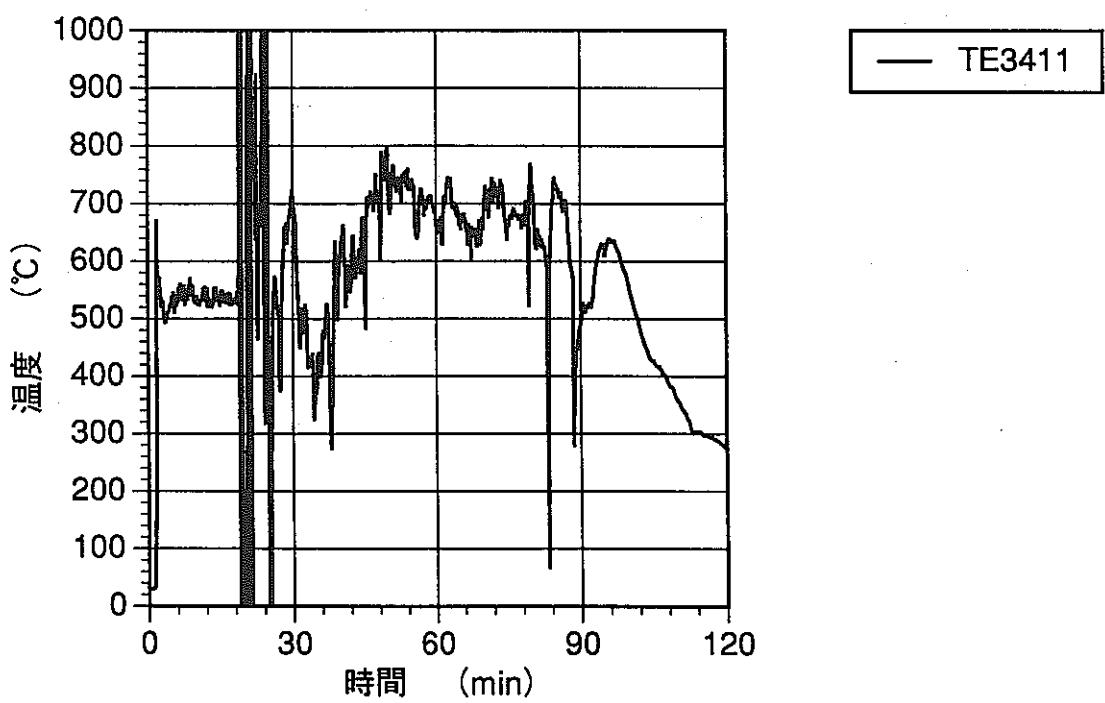
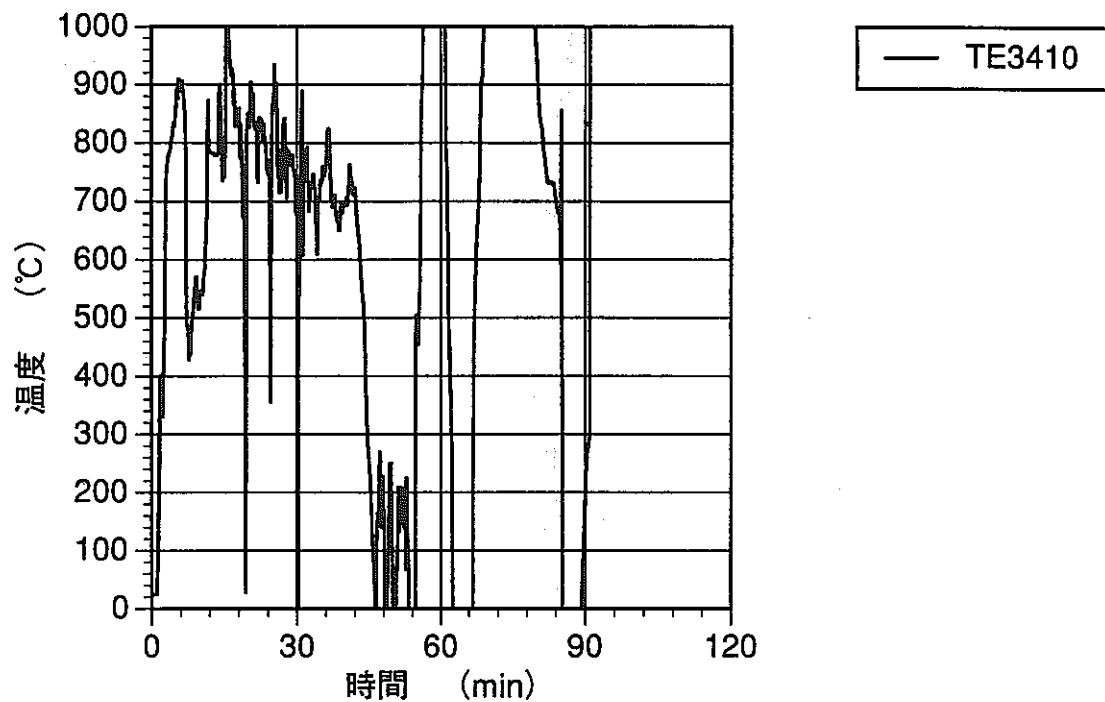
— TE3407

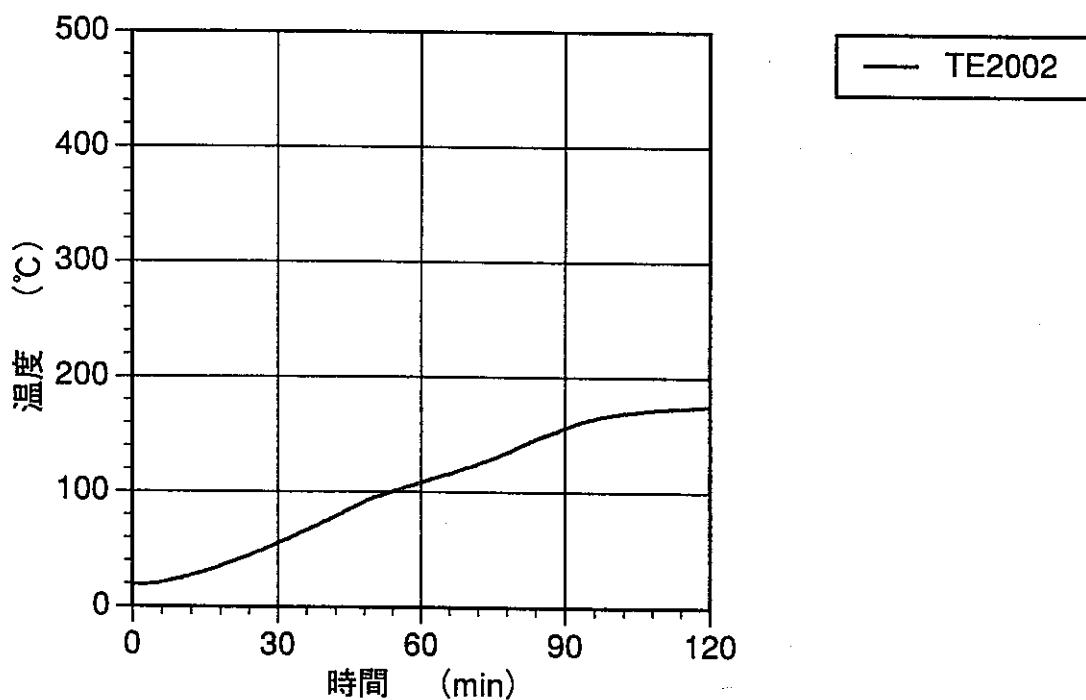
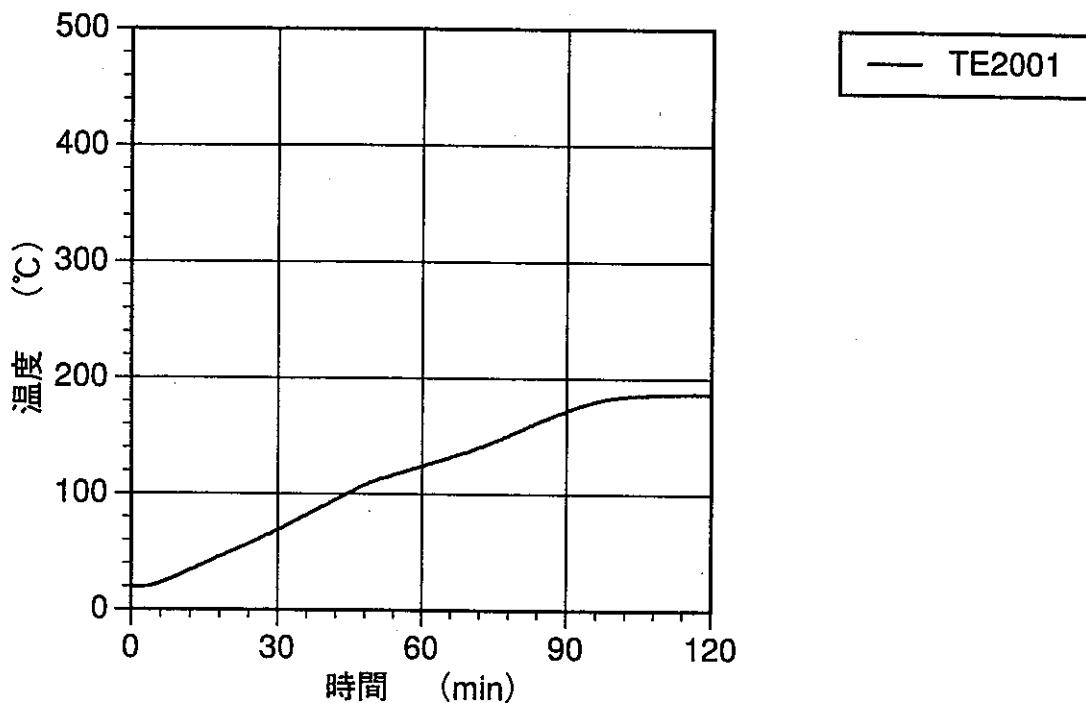


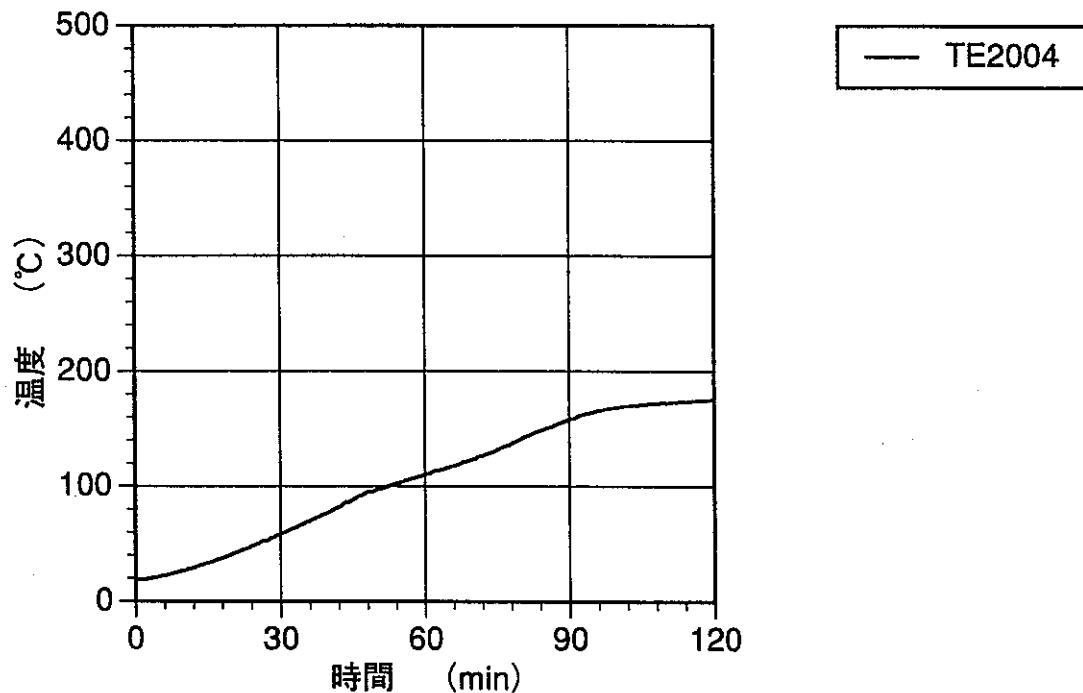
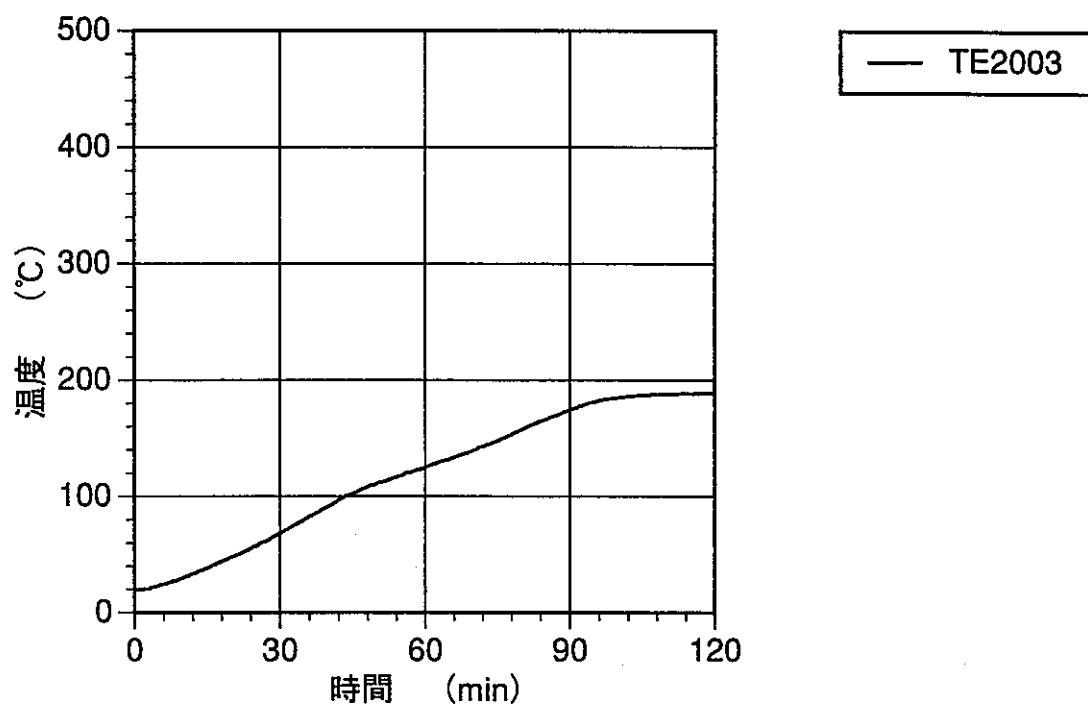
— TE3408

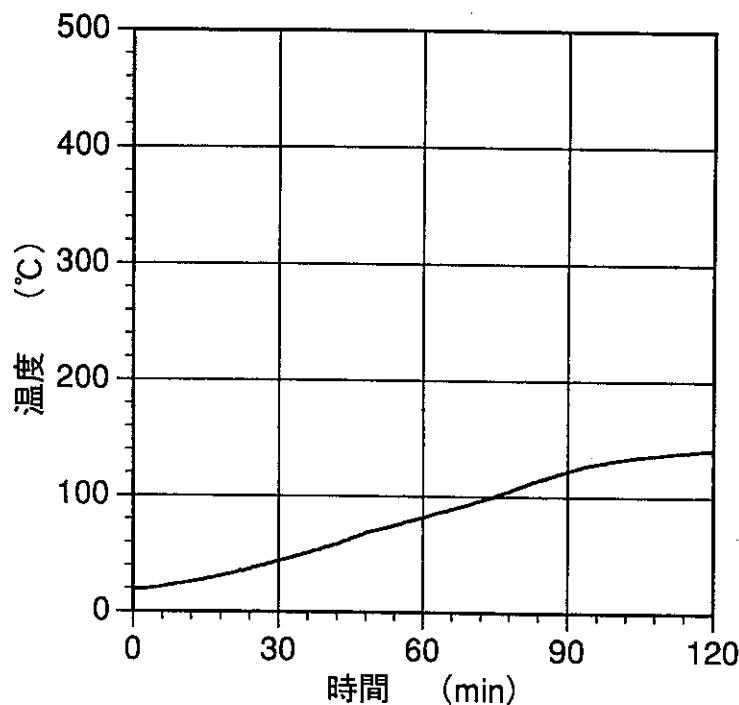


— TE3409

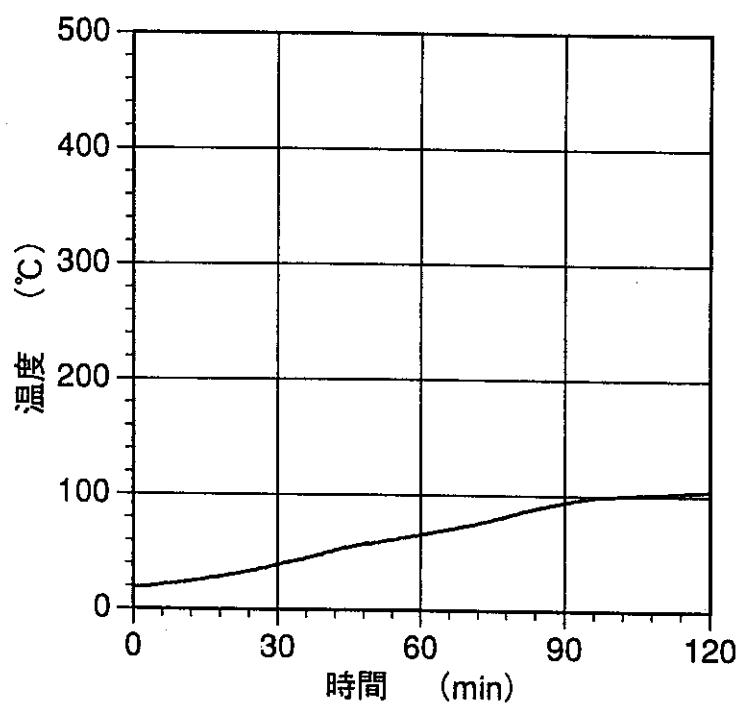




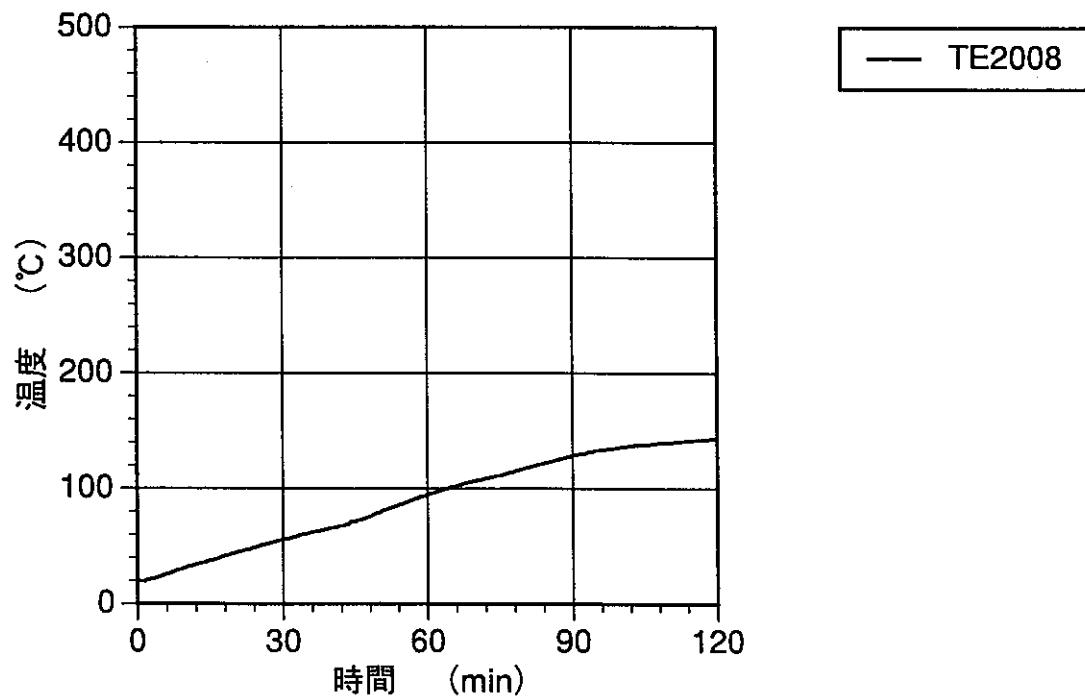
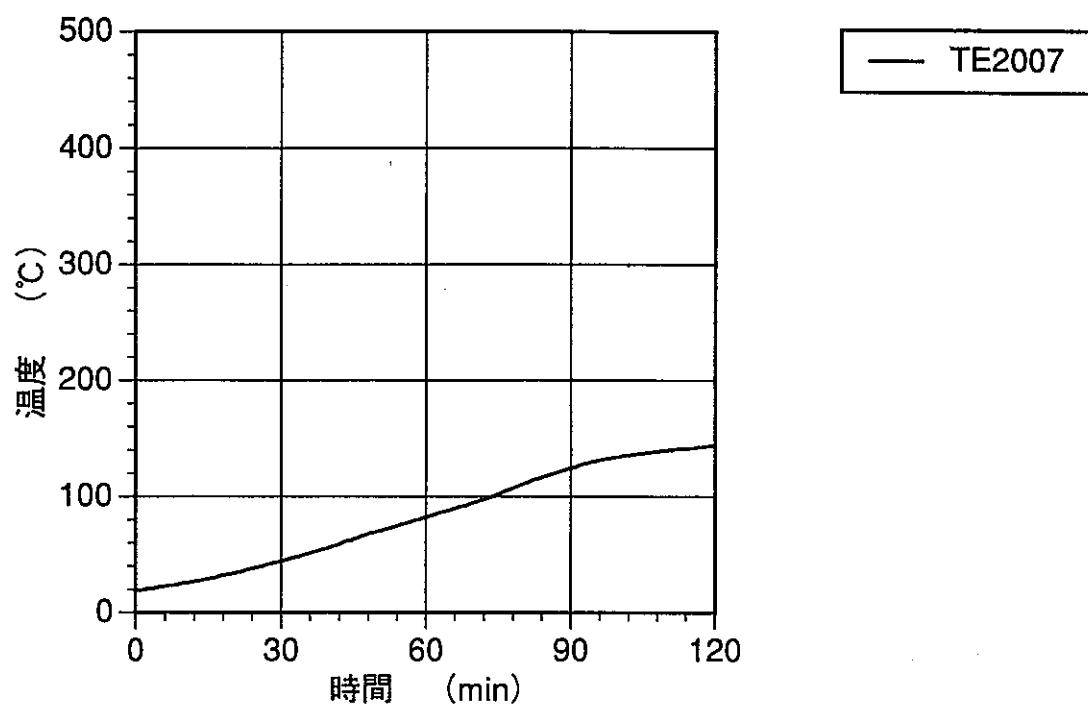


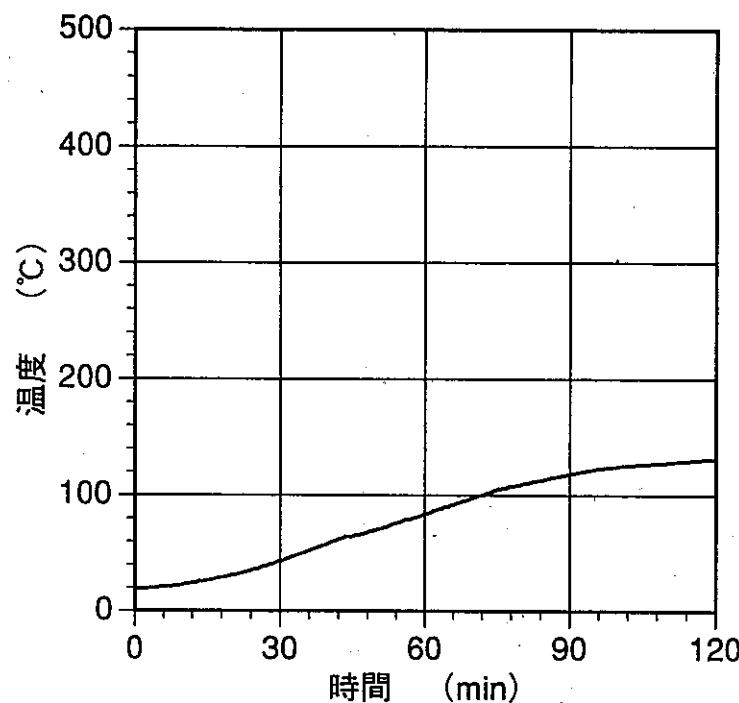


— TE2005

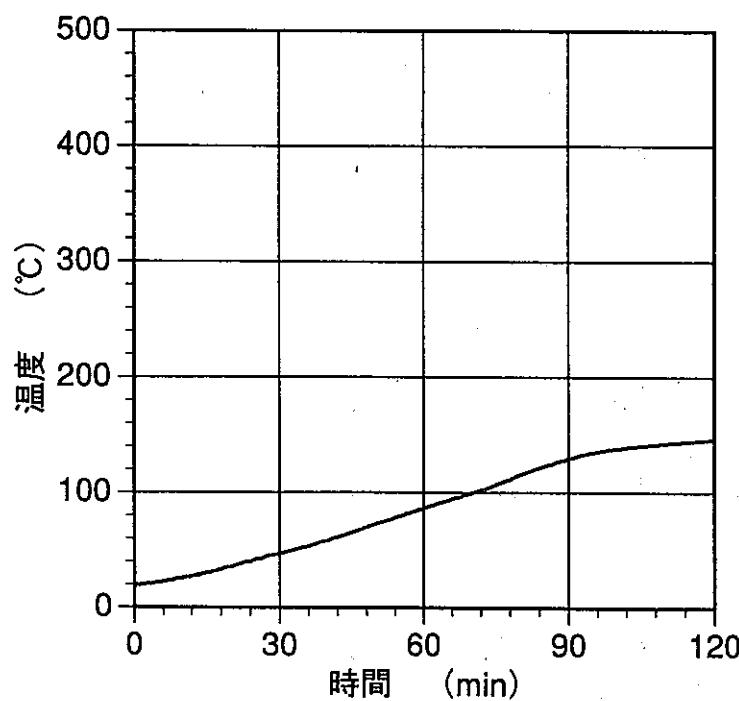


— TE2006

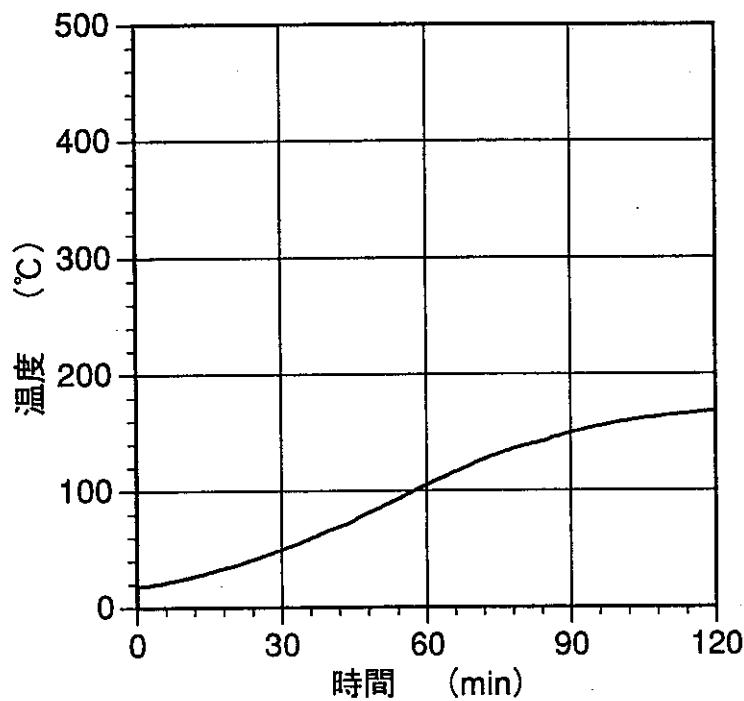




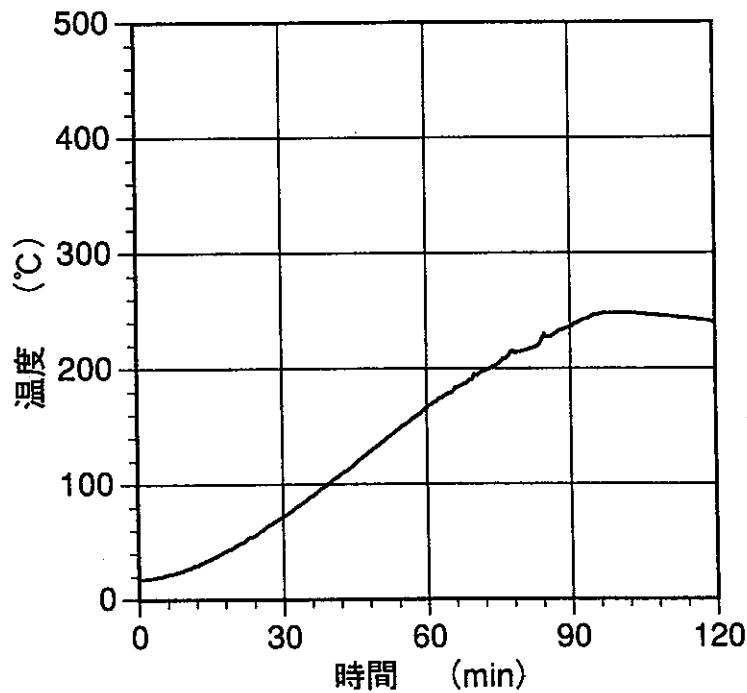
— TE2009



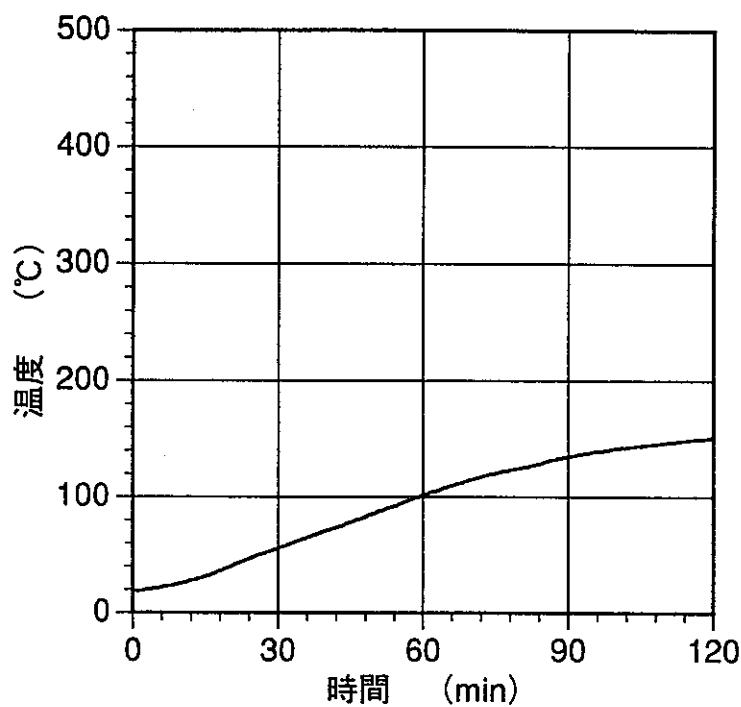
— TE2010



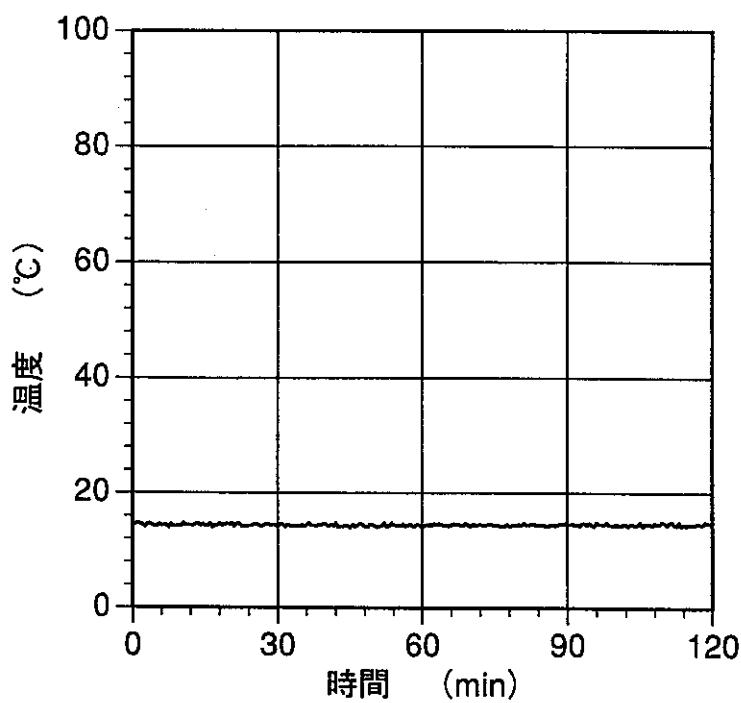
— TE2014



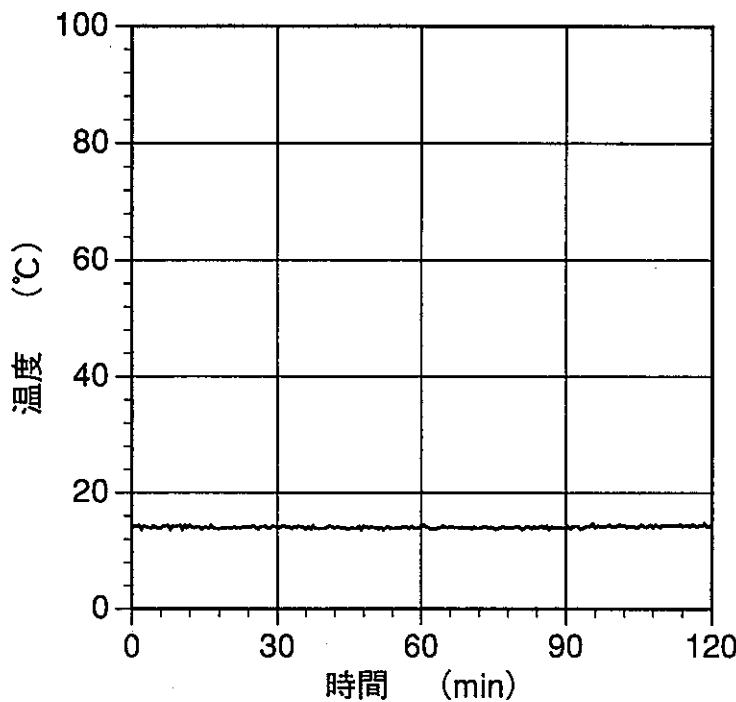
— TE2015



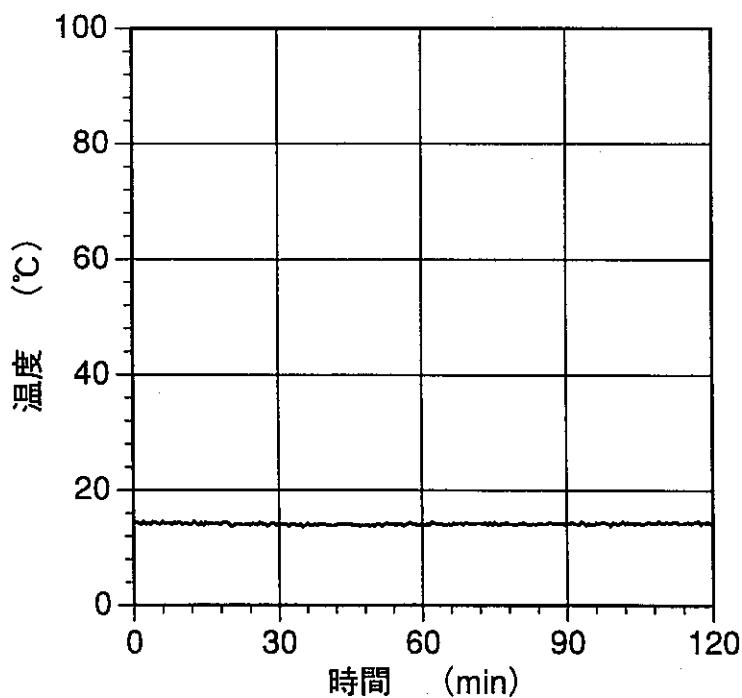
— TE2016



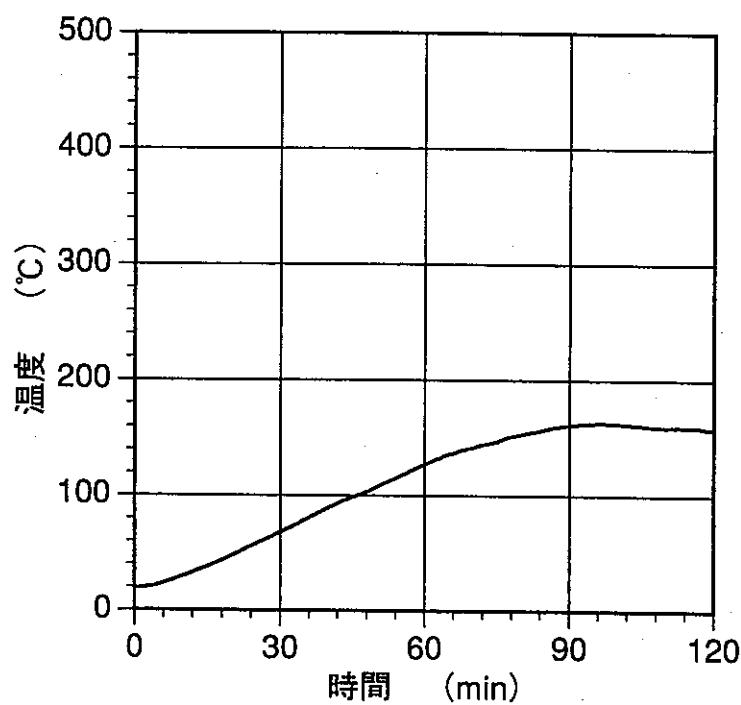
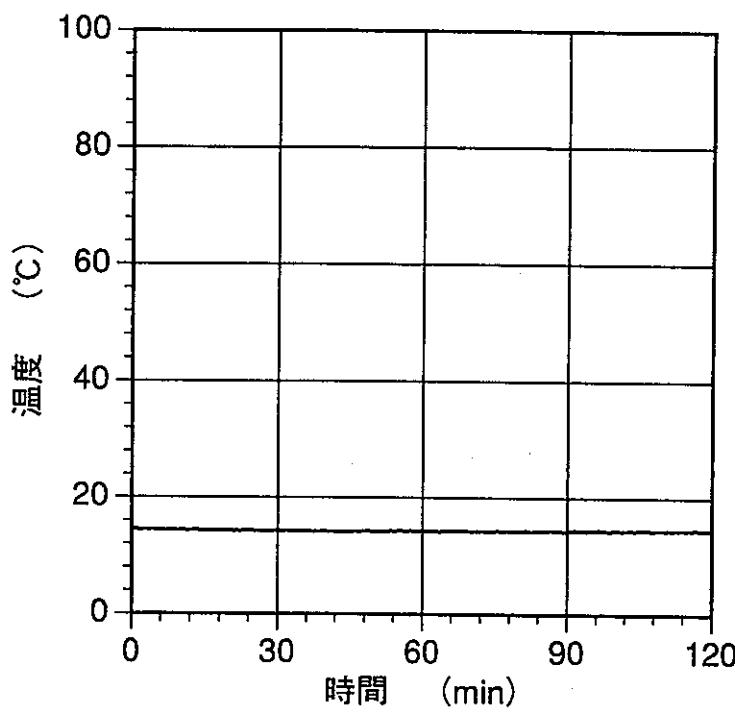
— TE2020

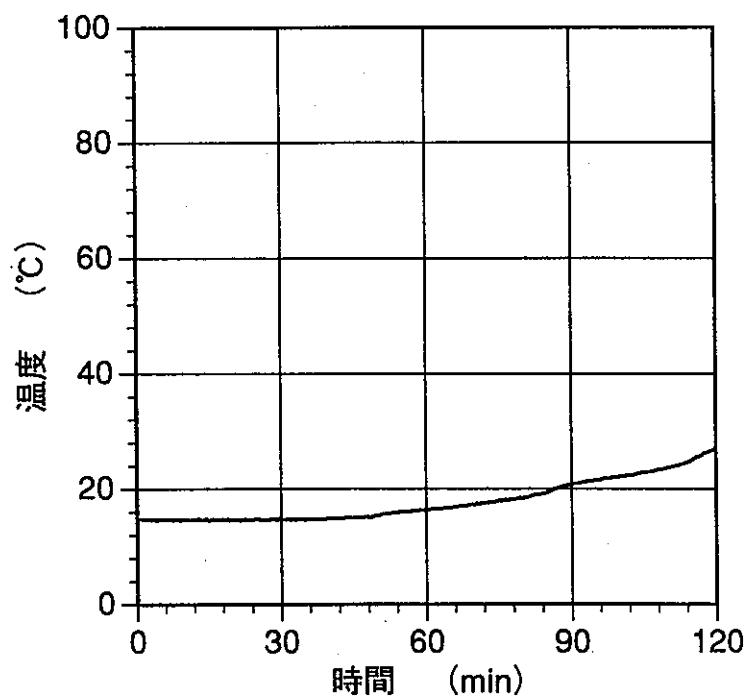
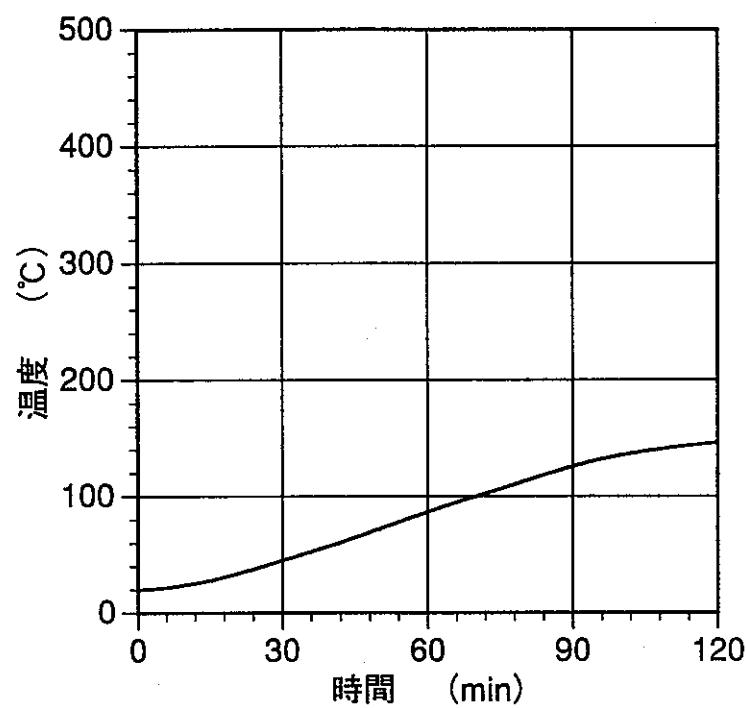


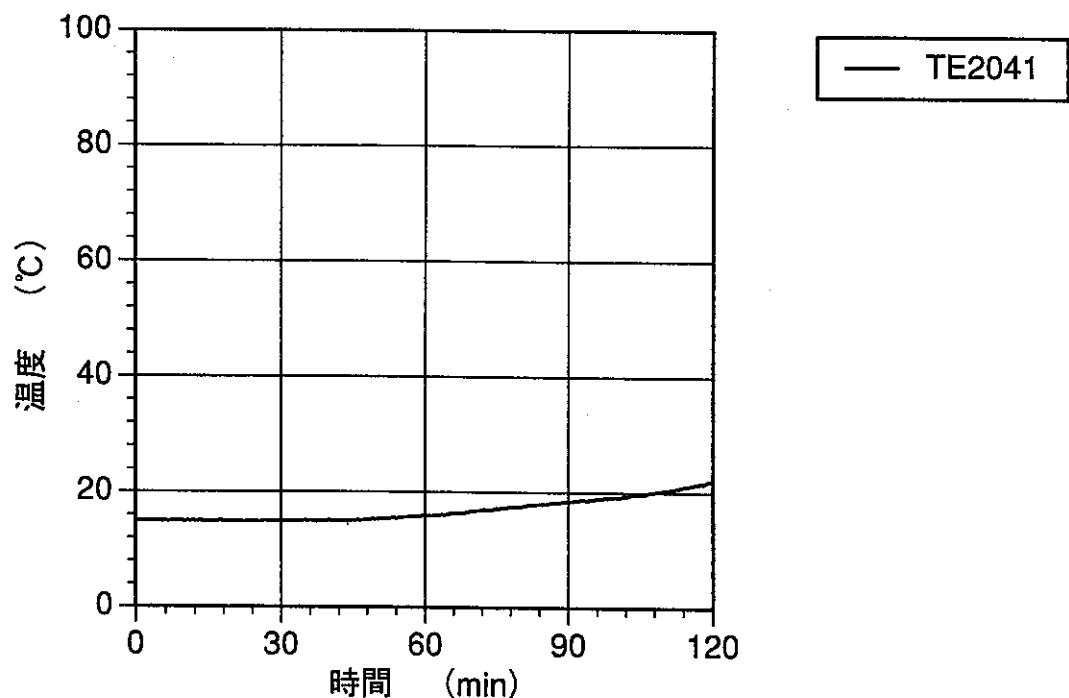
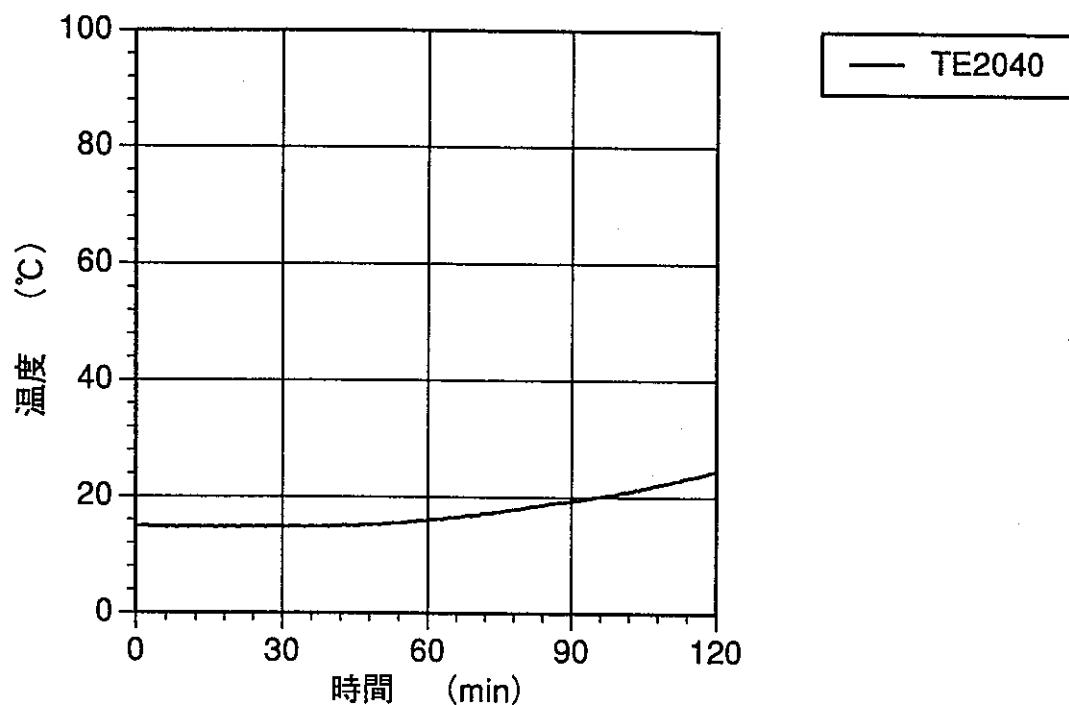
— TE2021

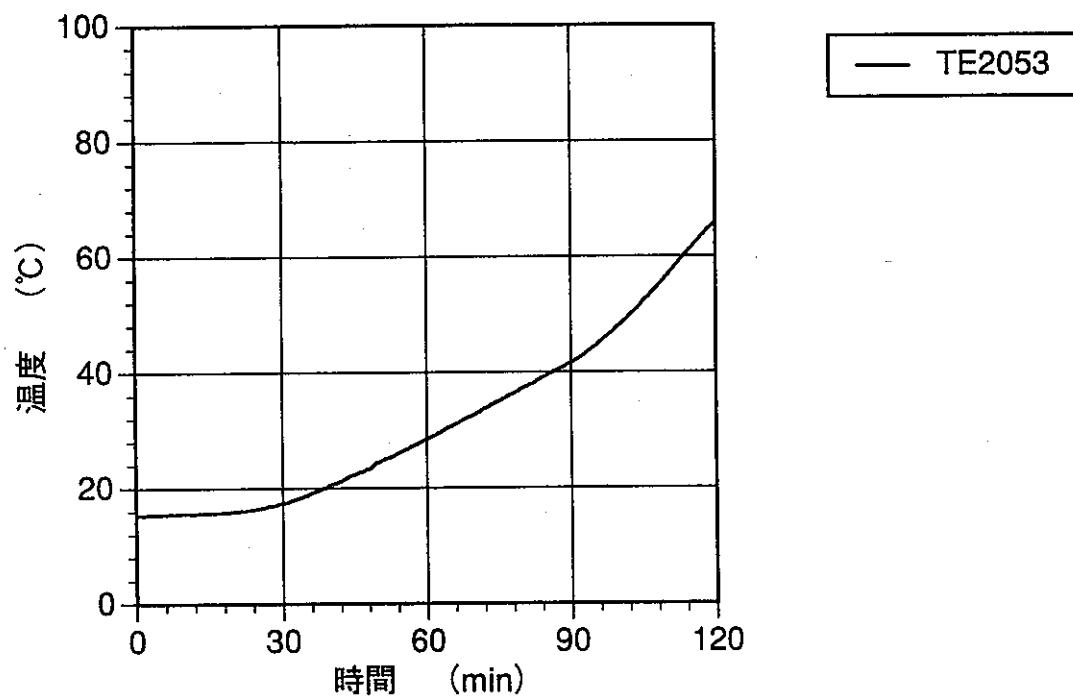


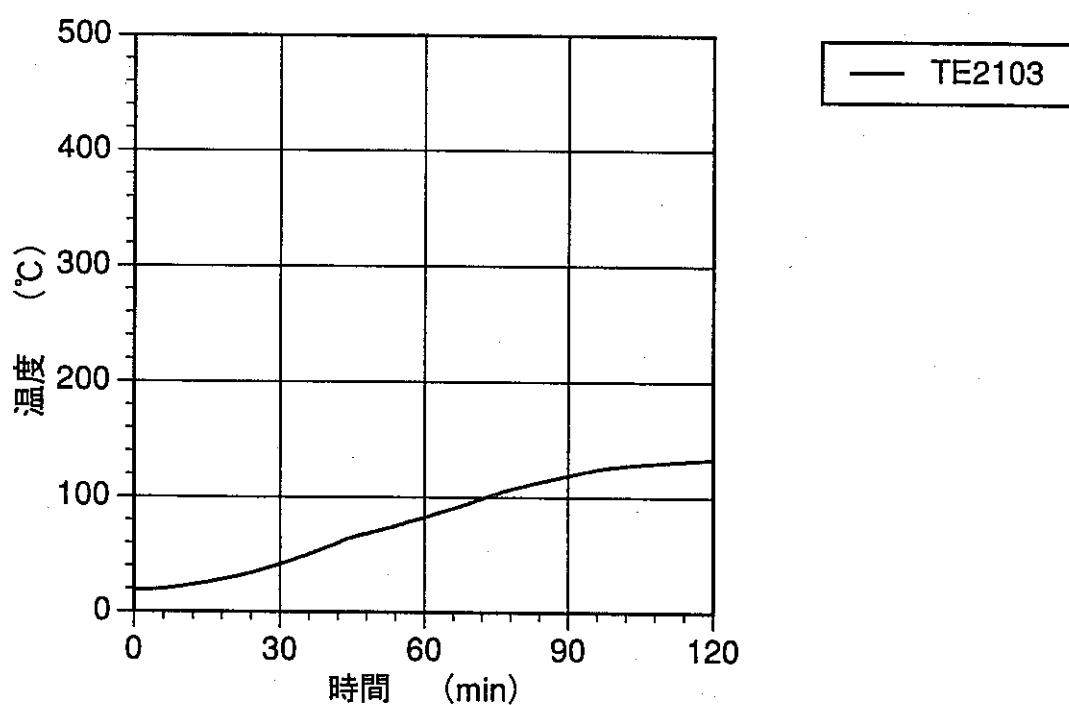
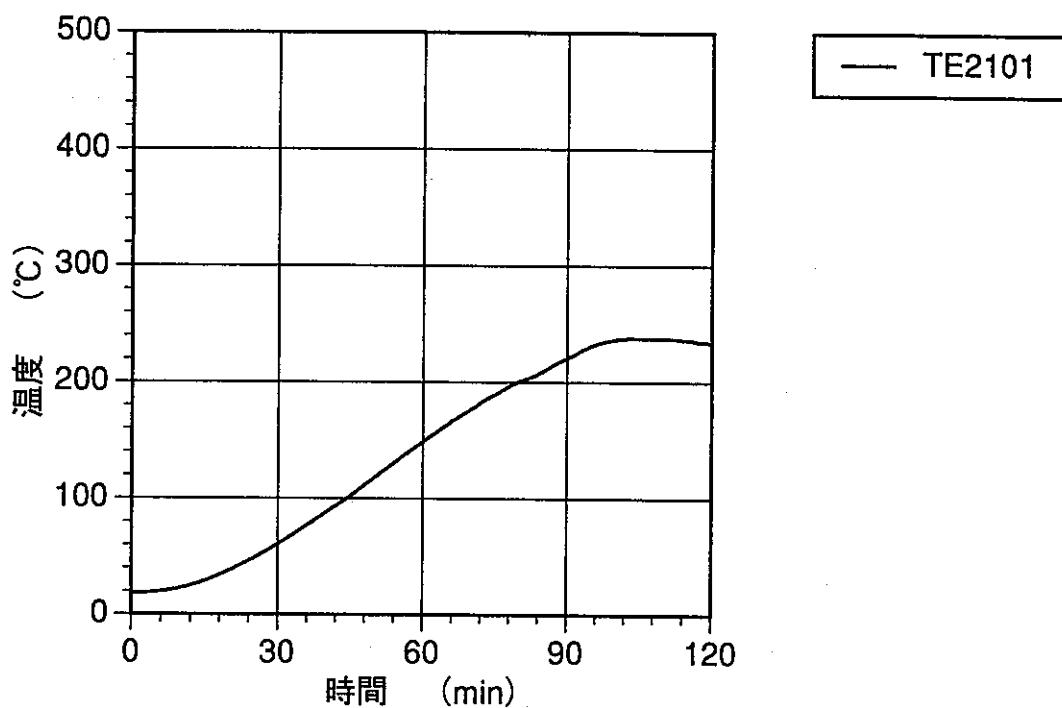
— TE2023

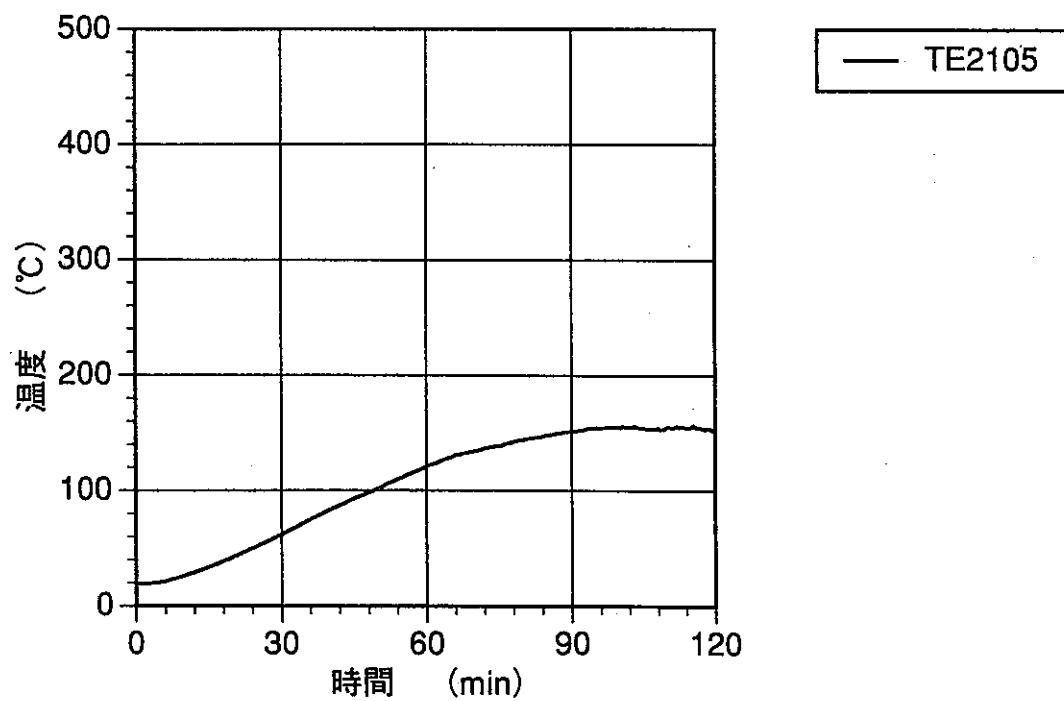
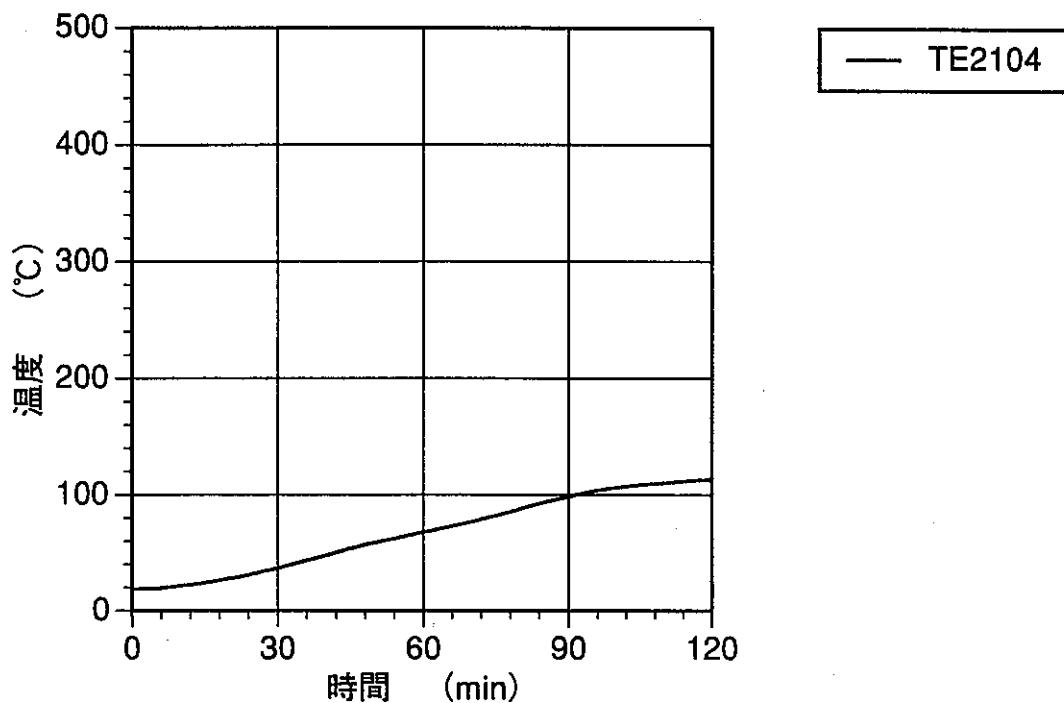


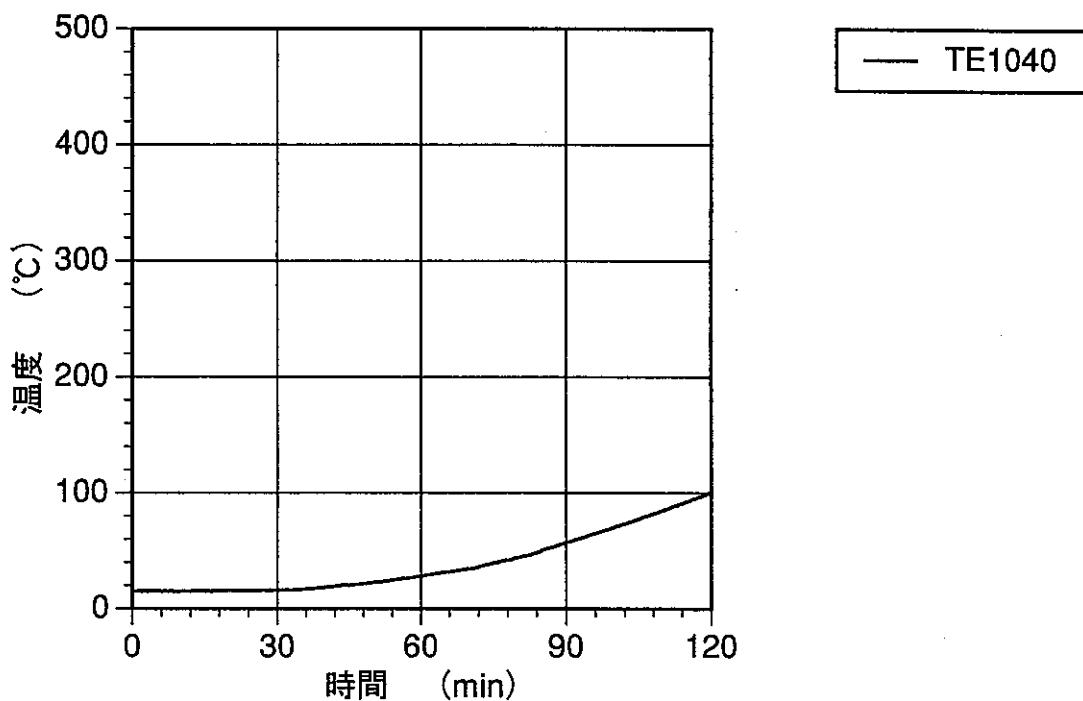


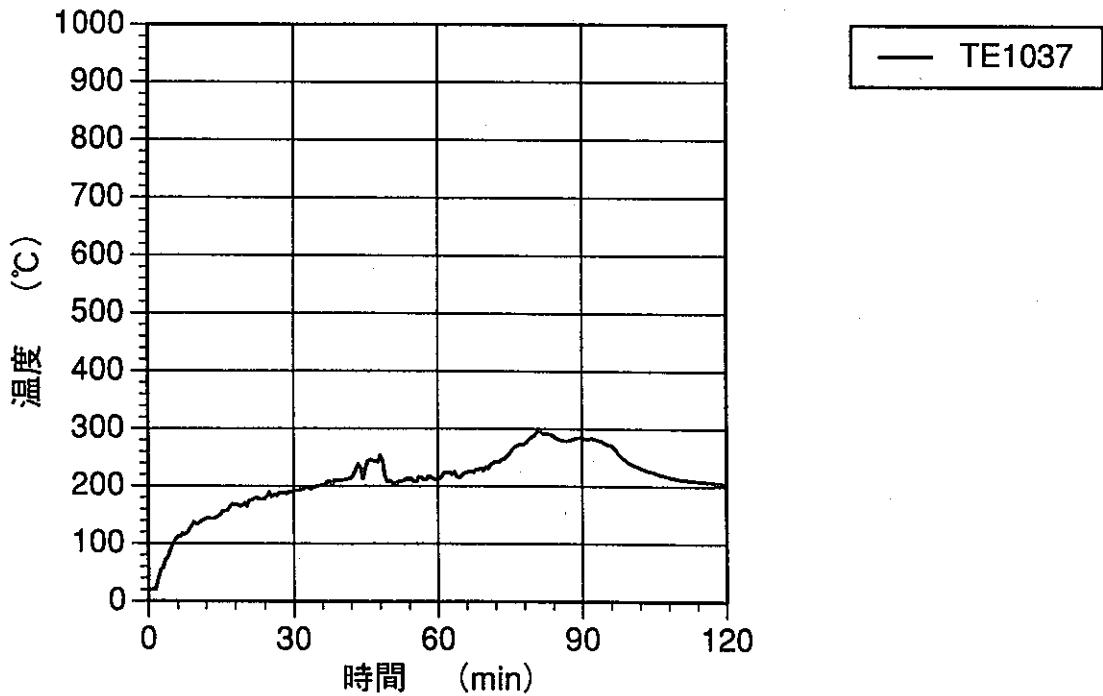
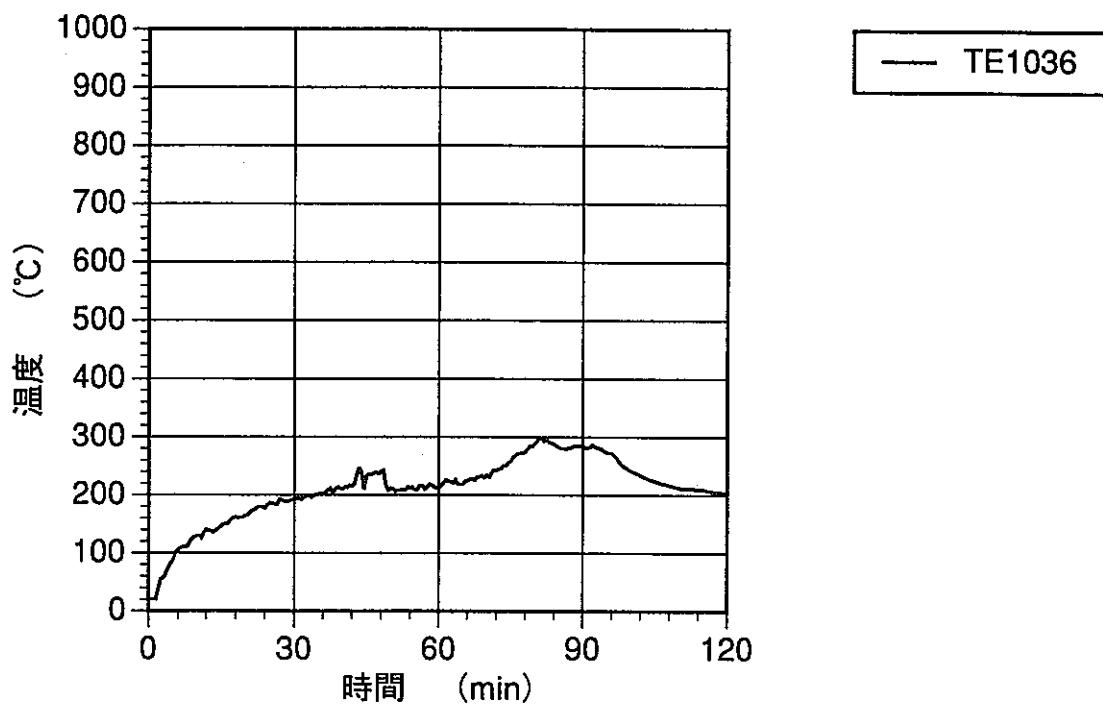


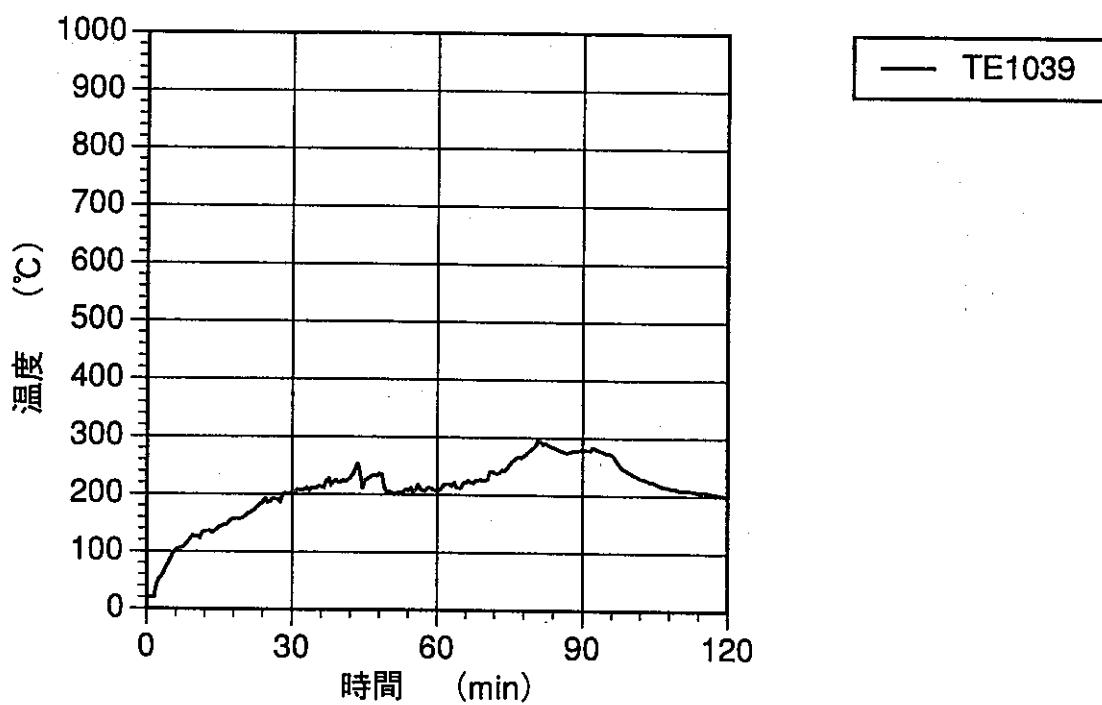
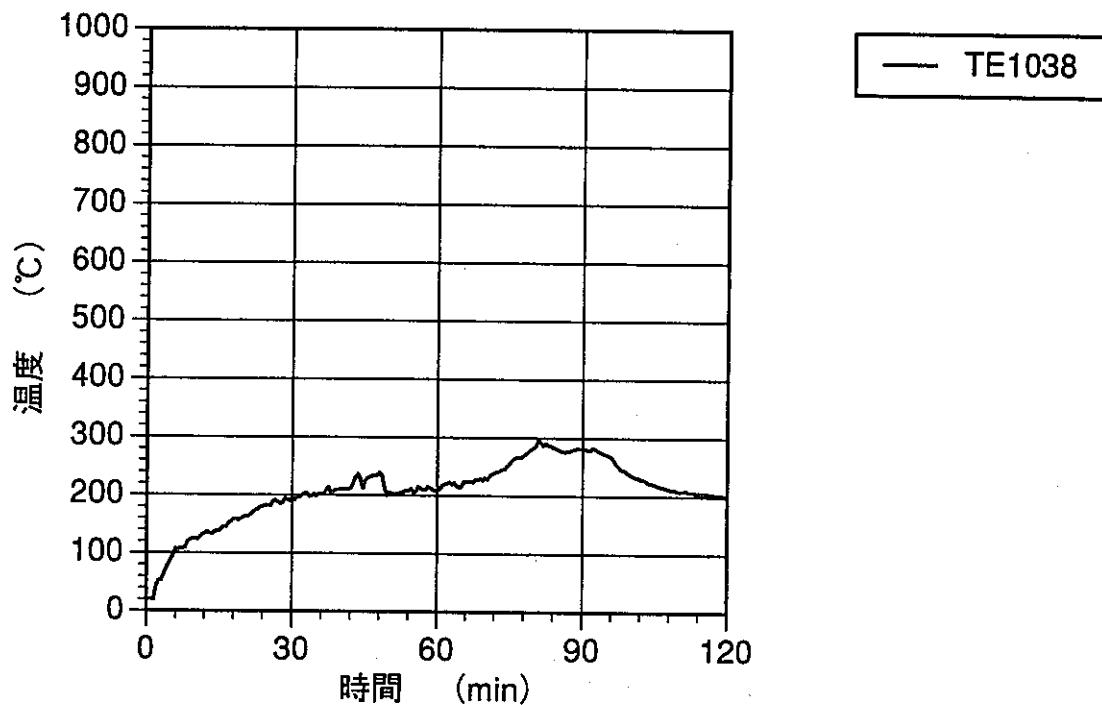


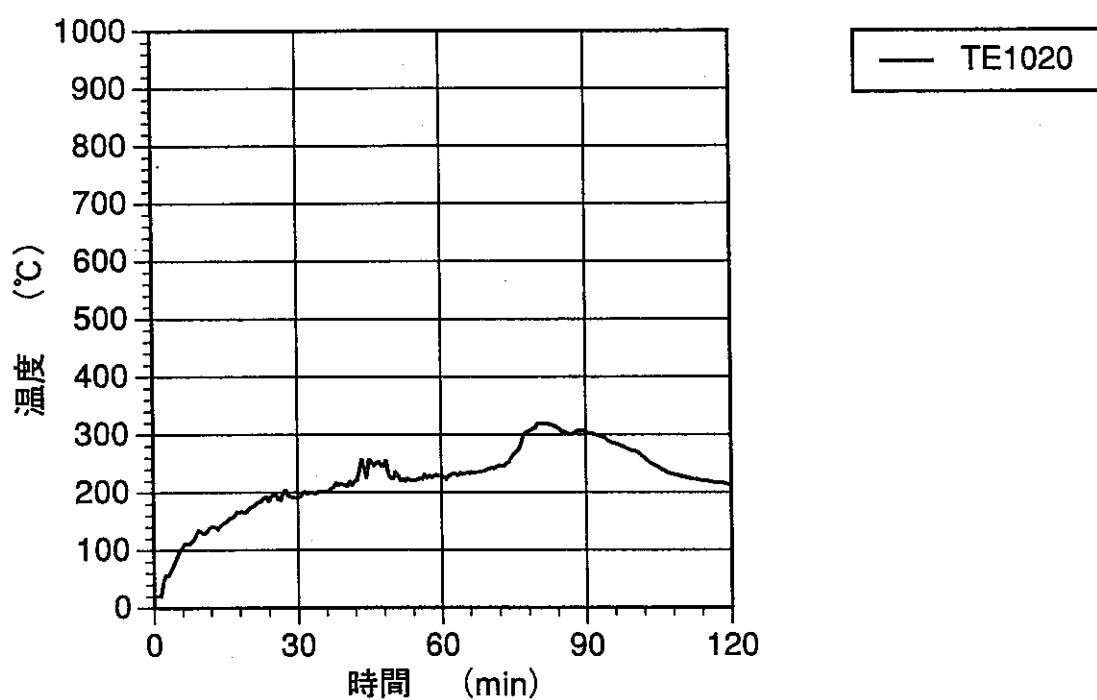
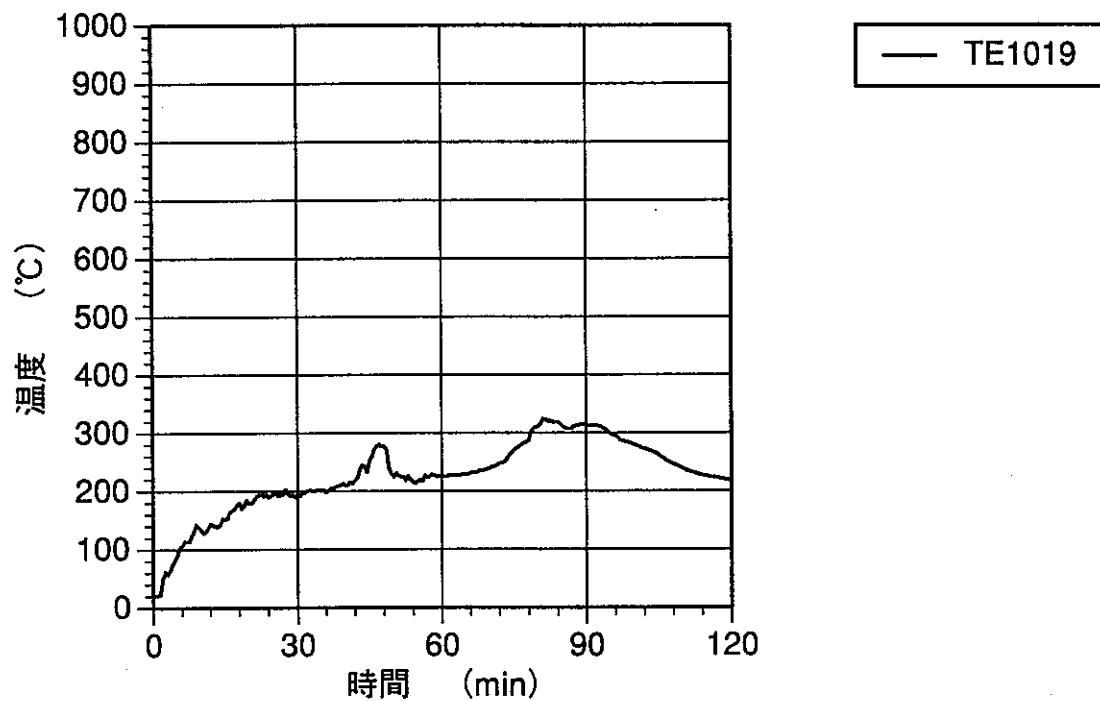


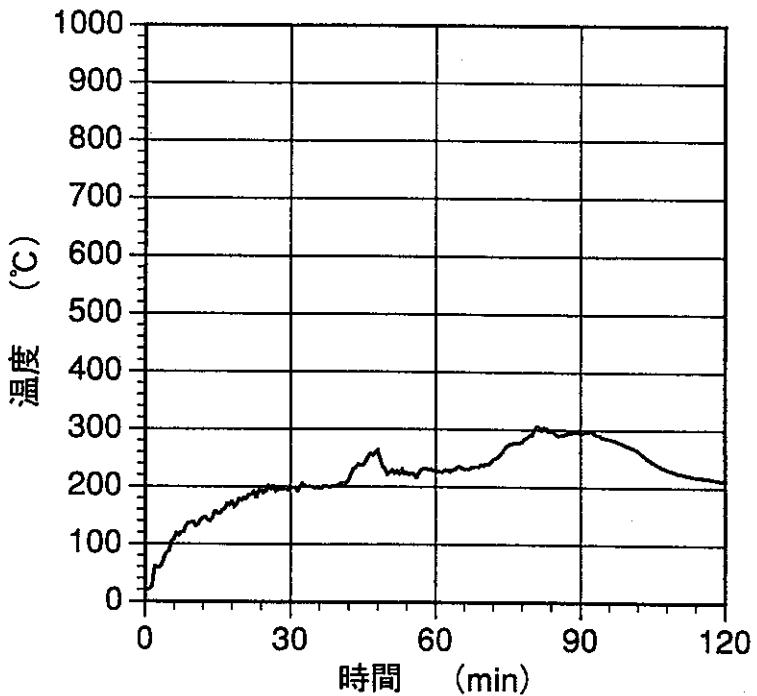
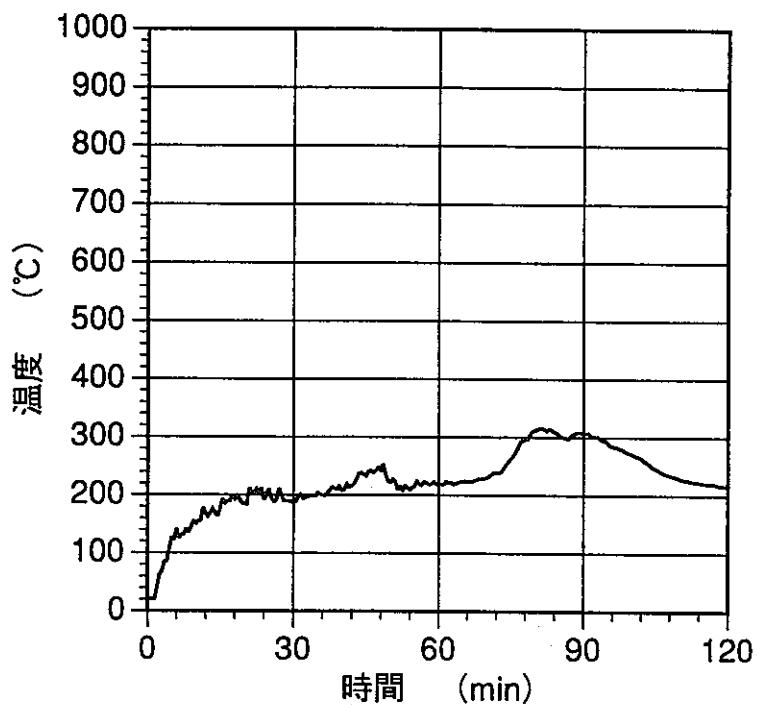


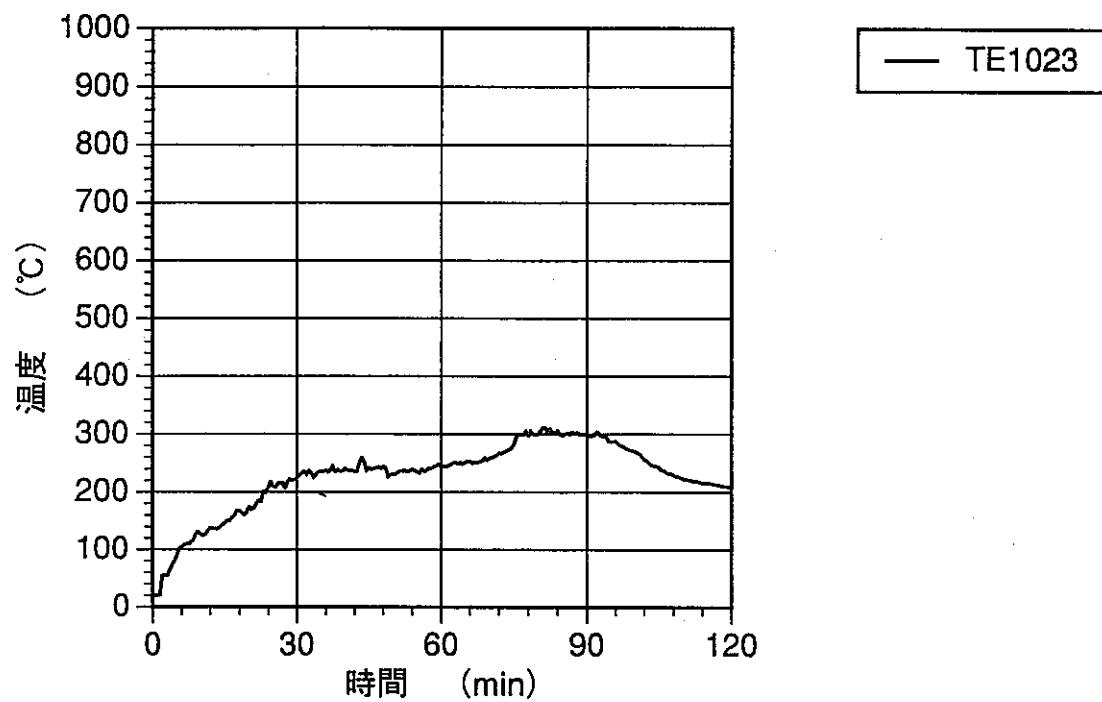


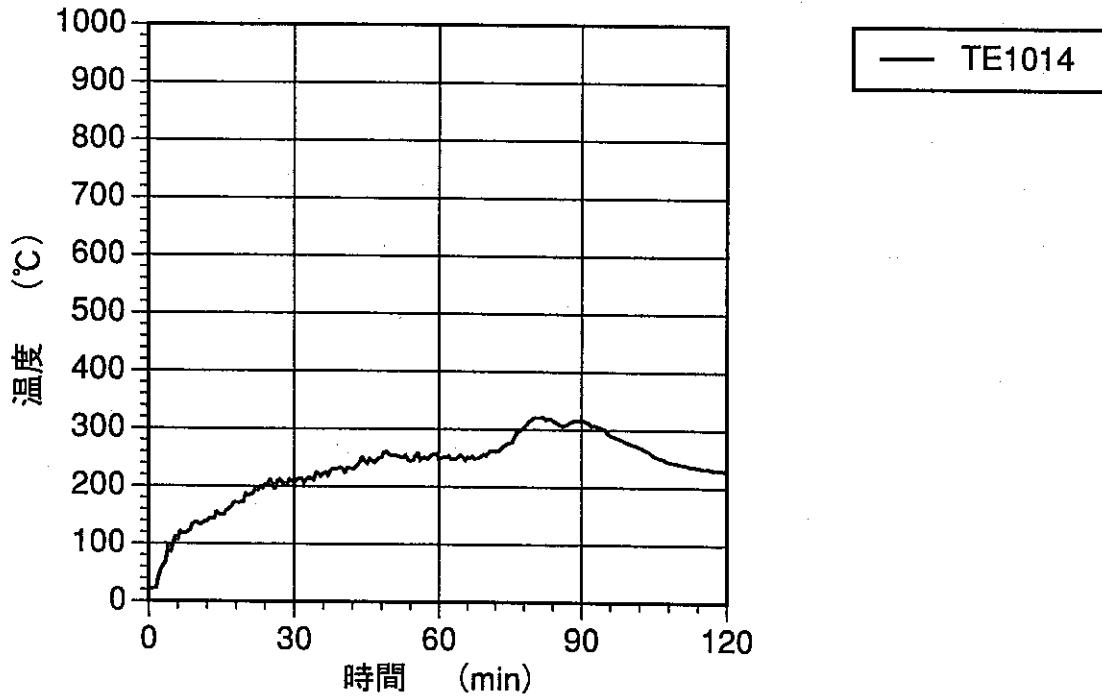
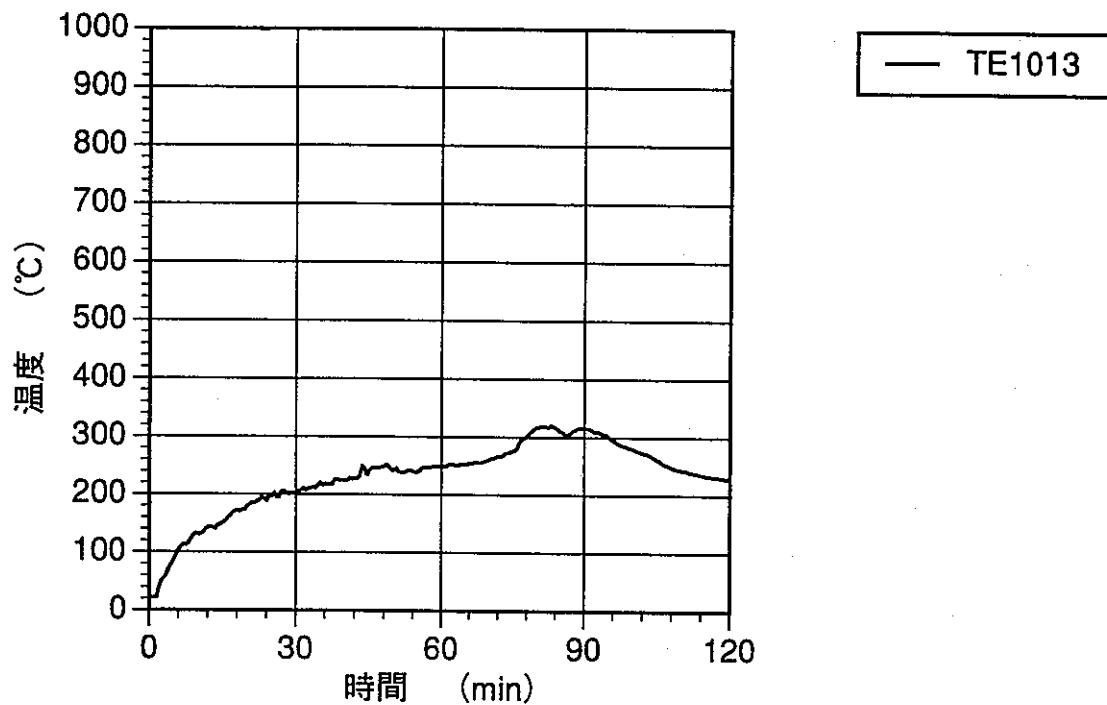


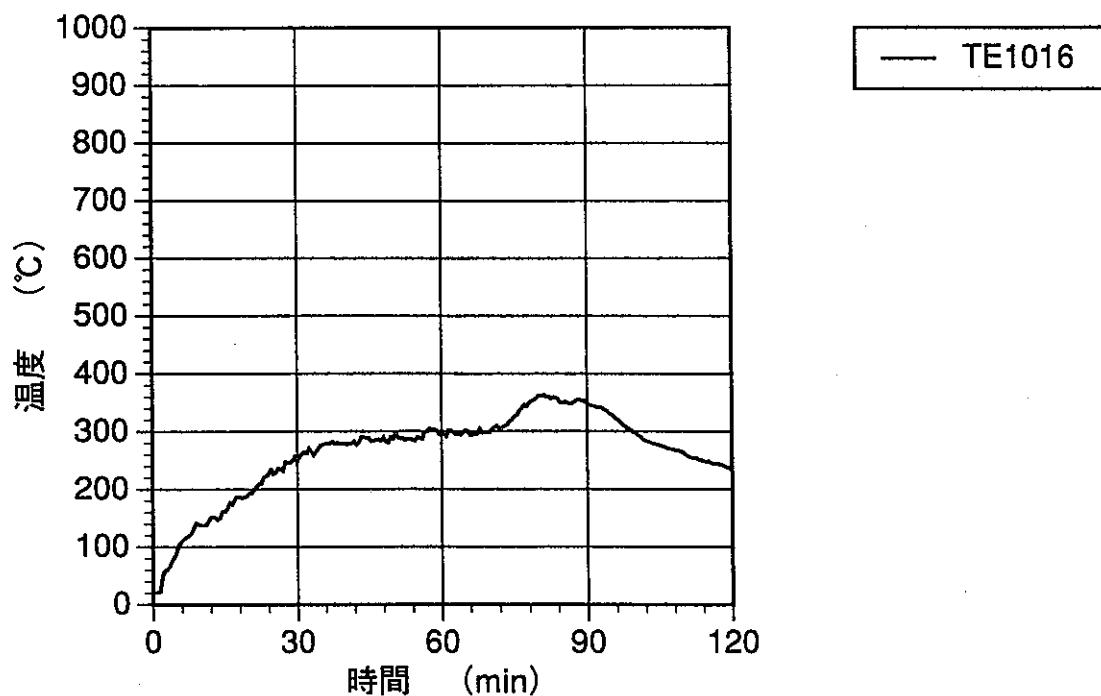
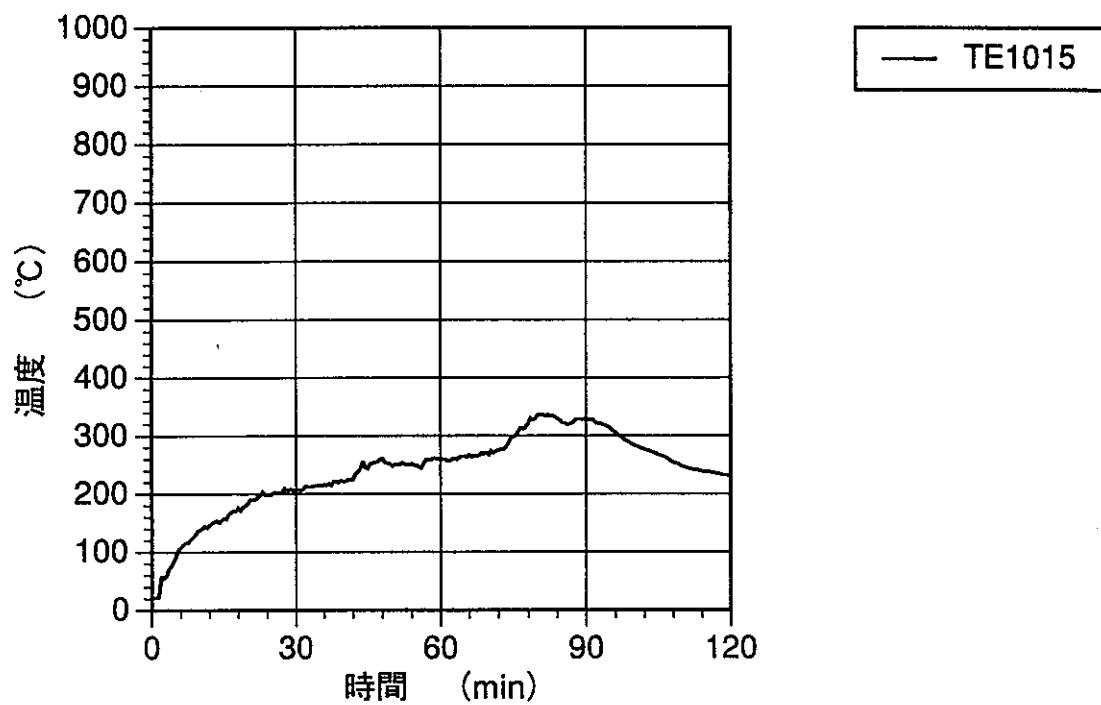


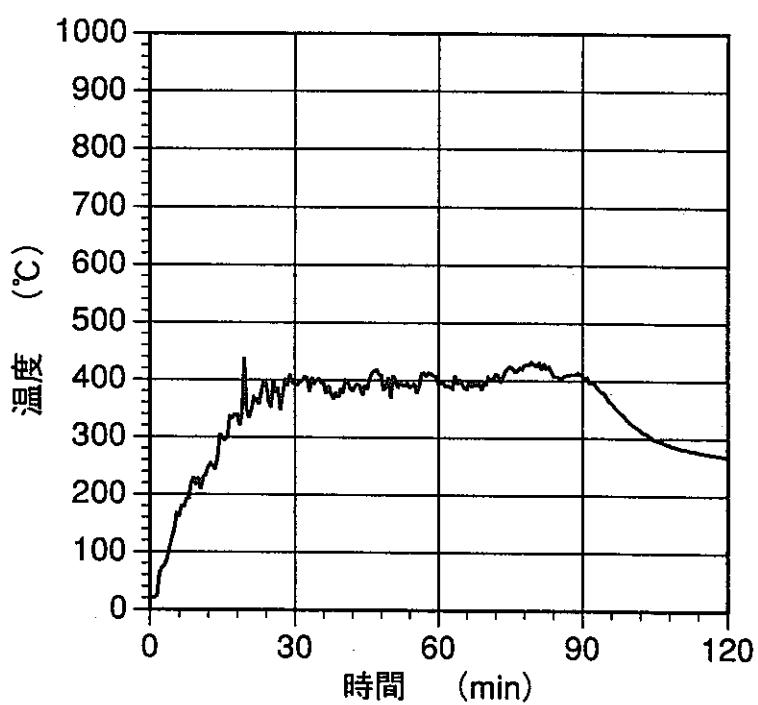
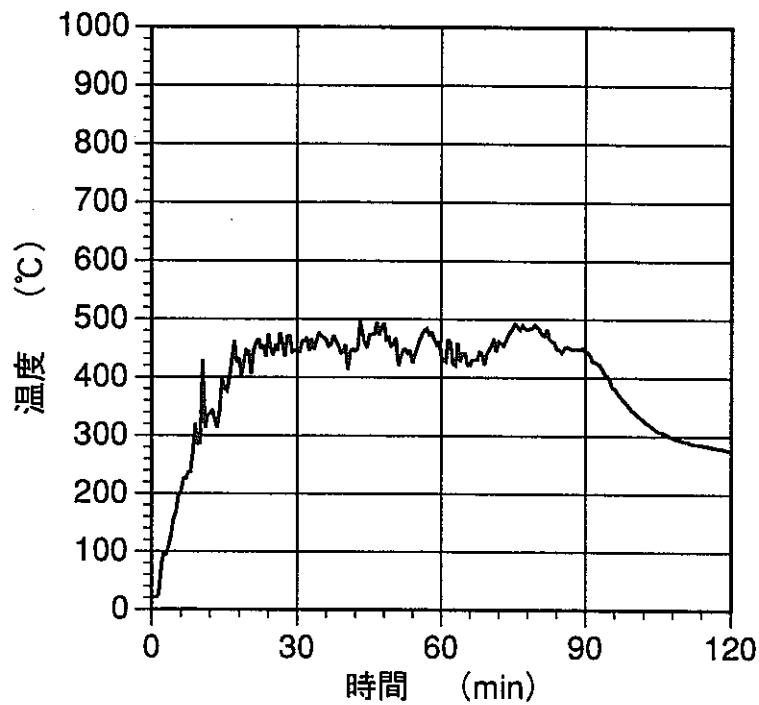


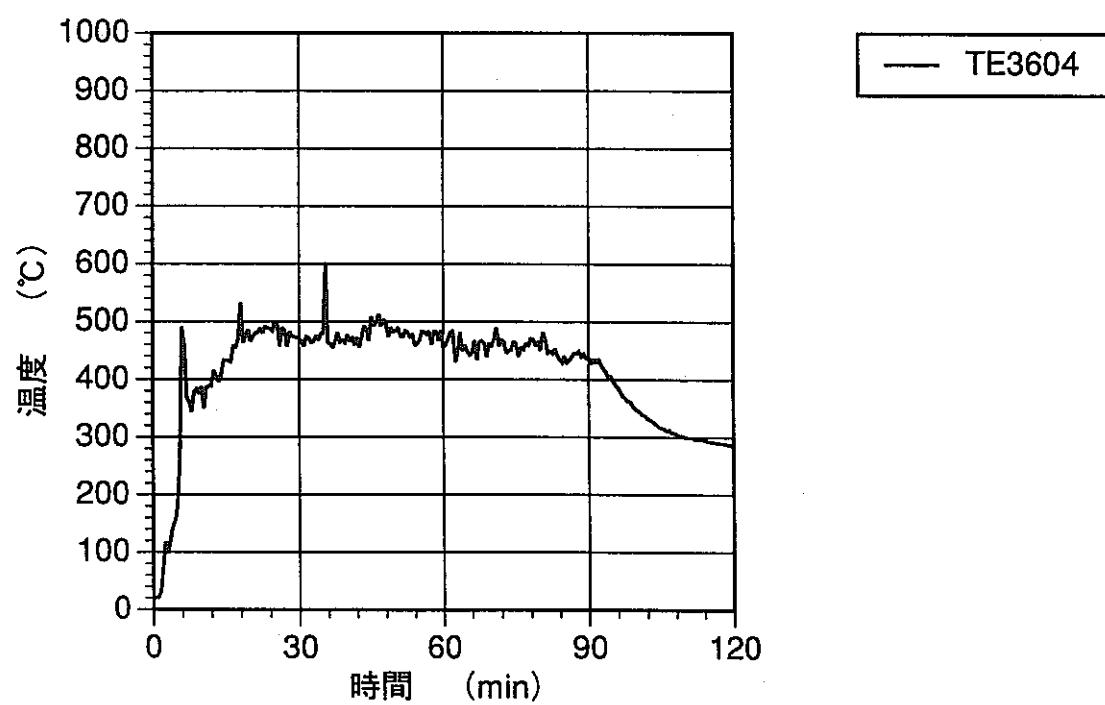
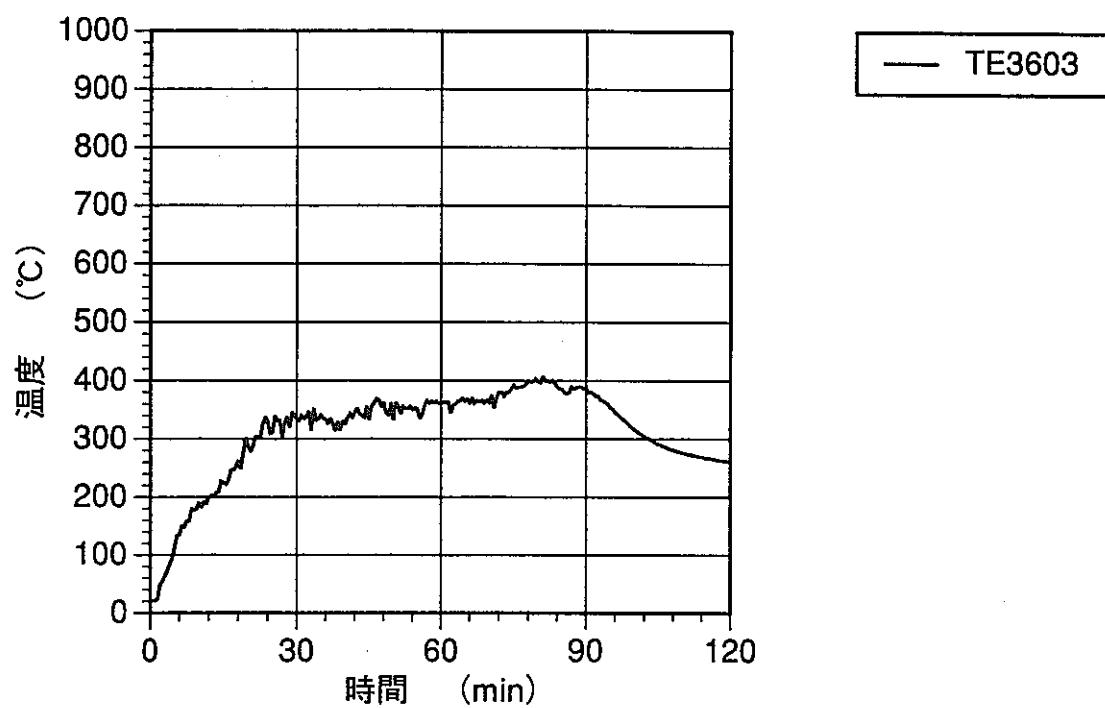


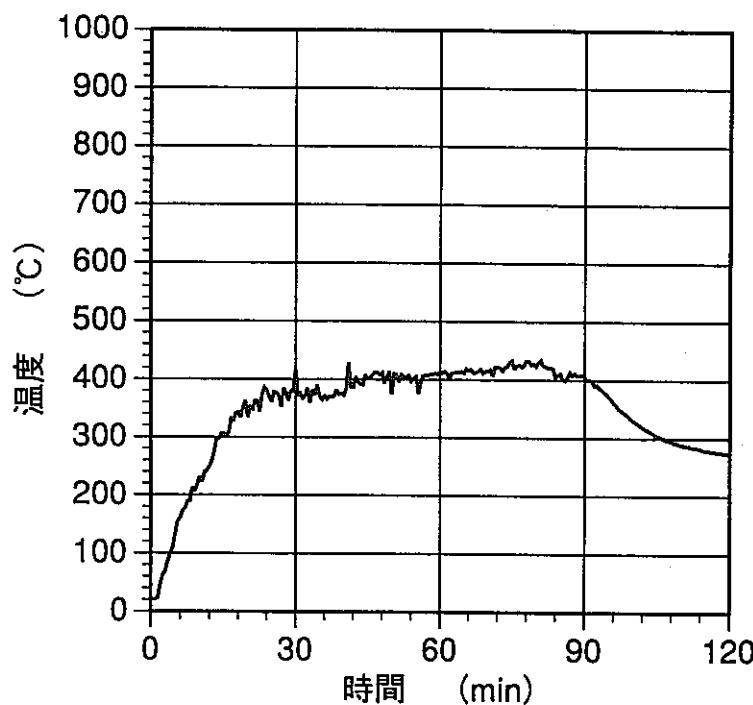




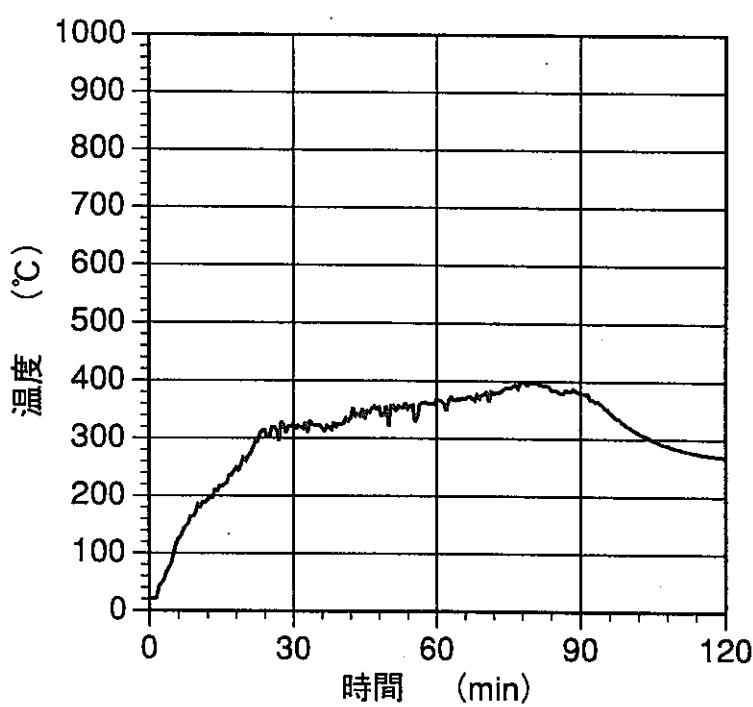




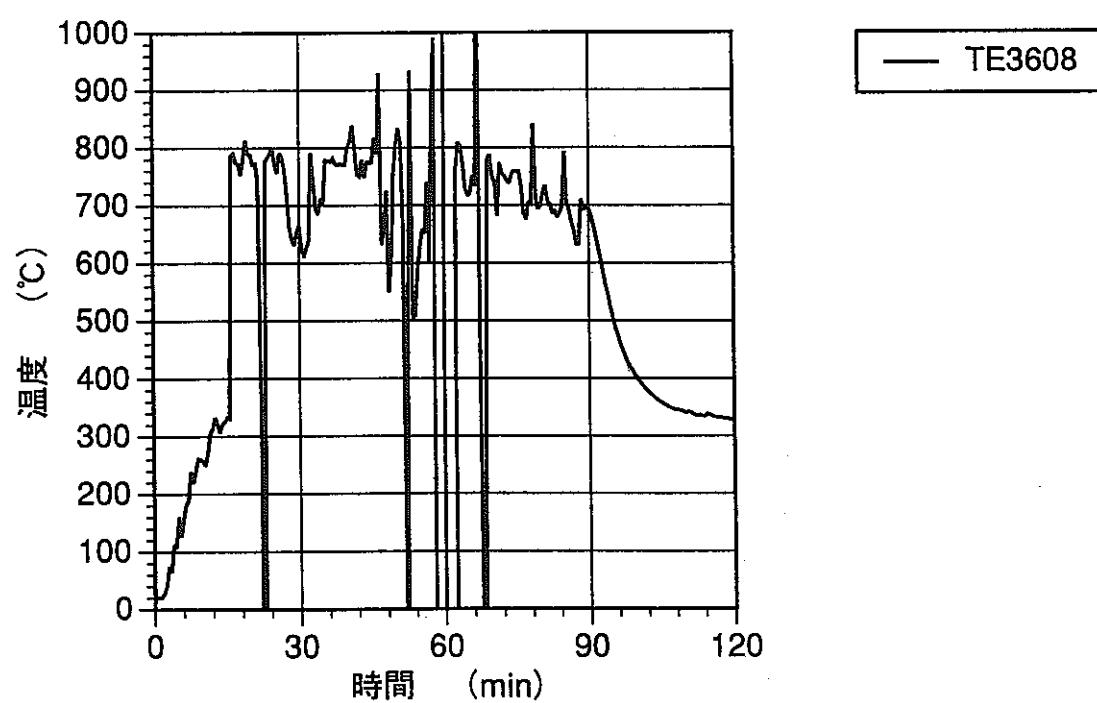
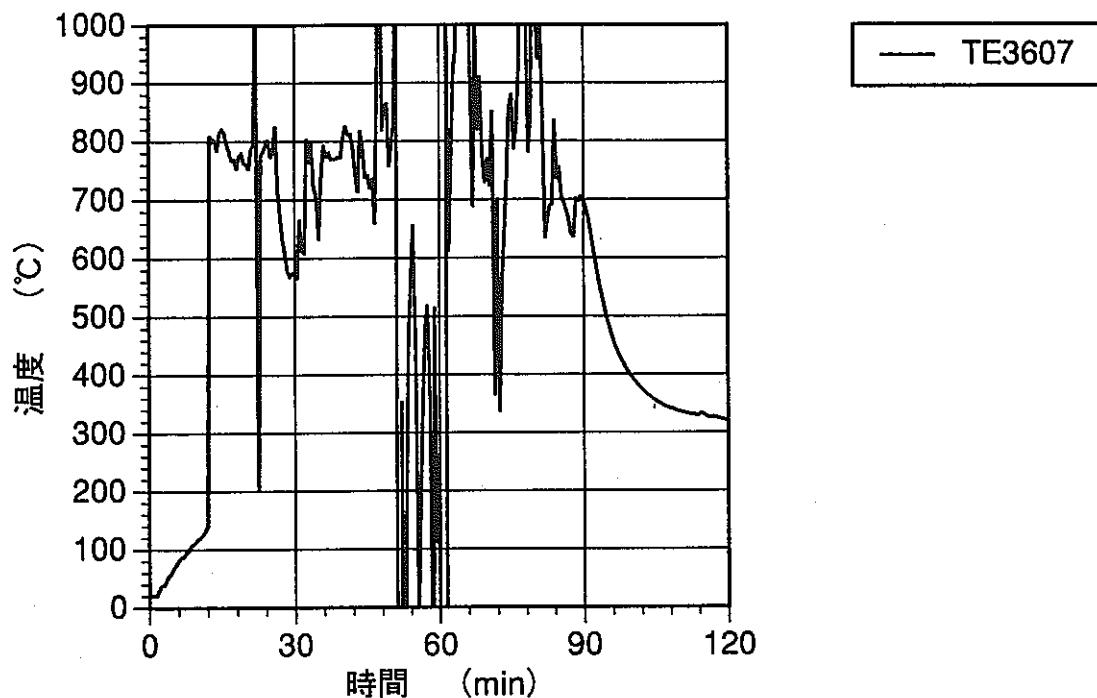


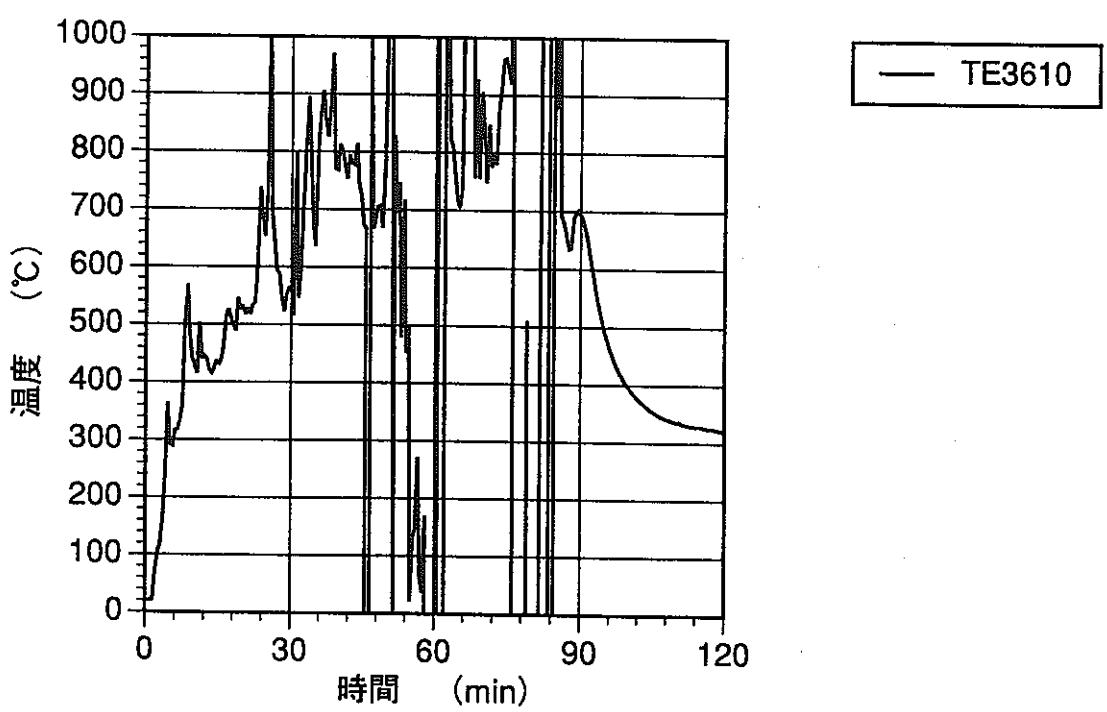
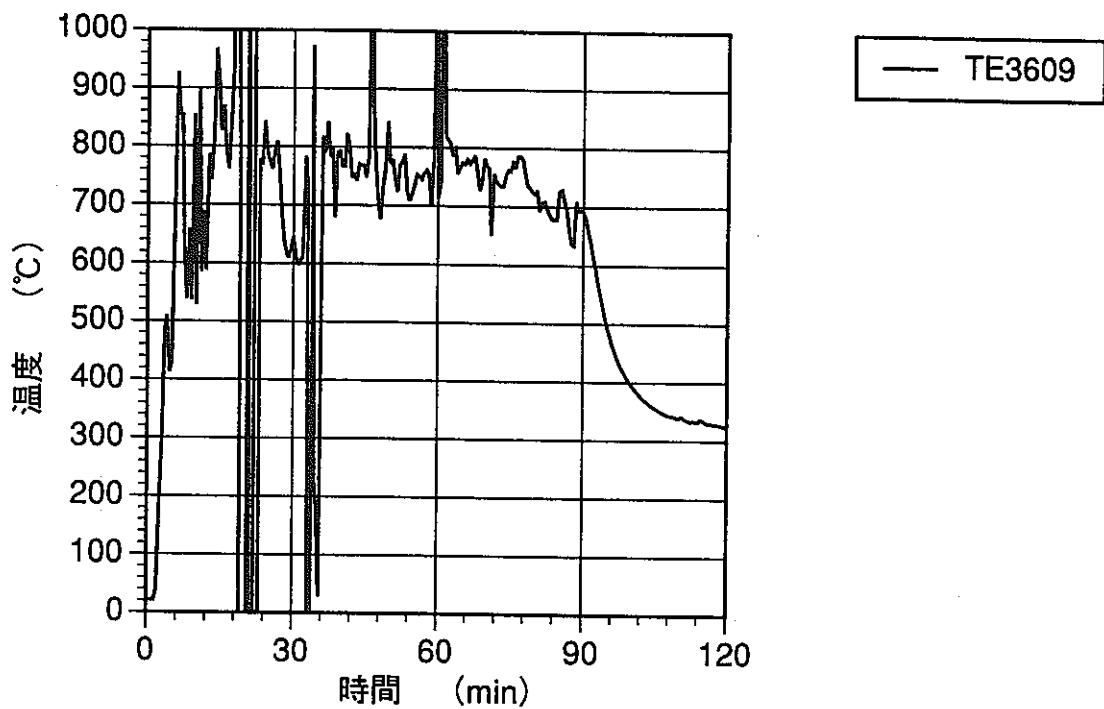


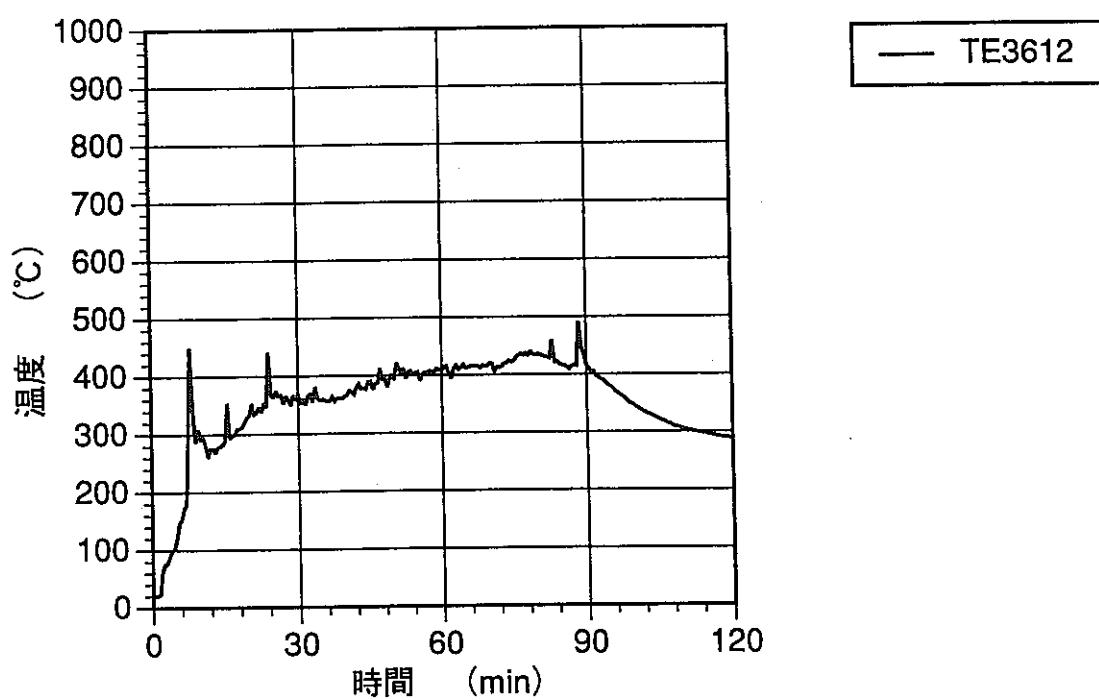
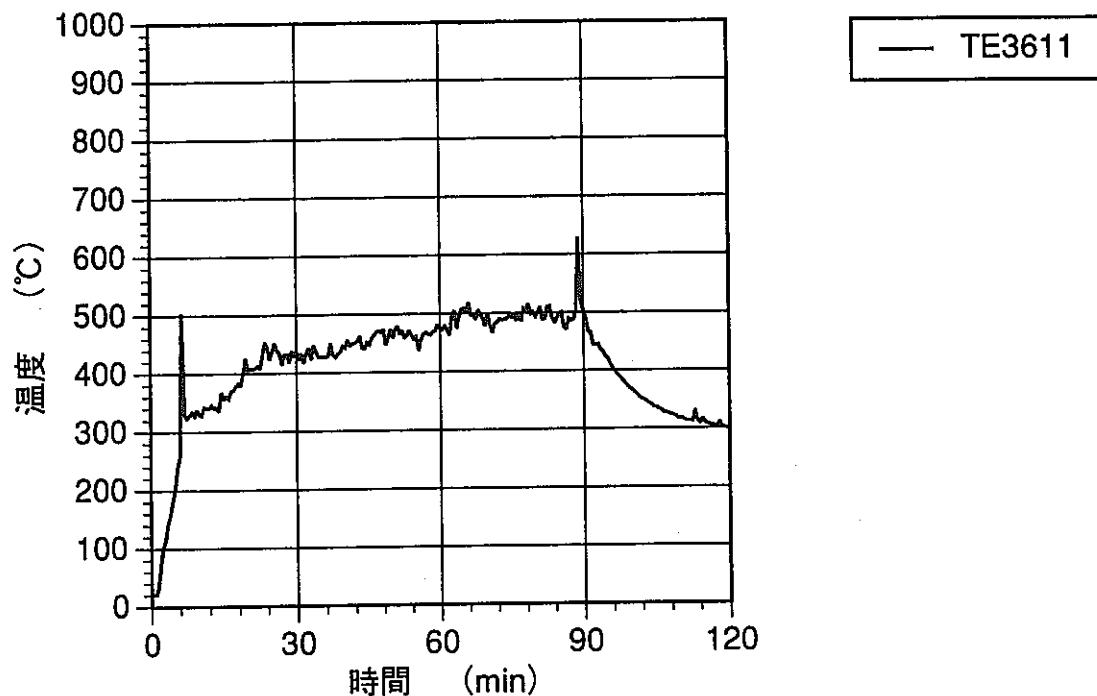
— TE3605

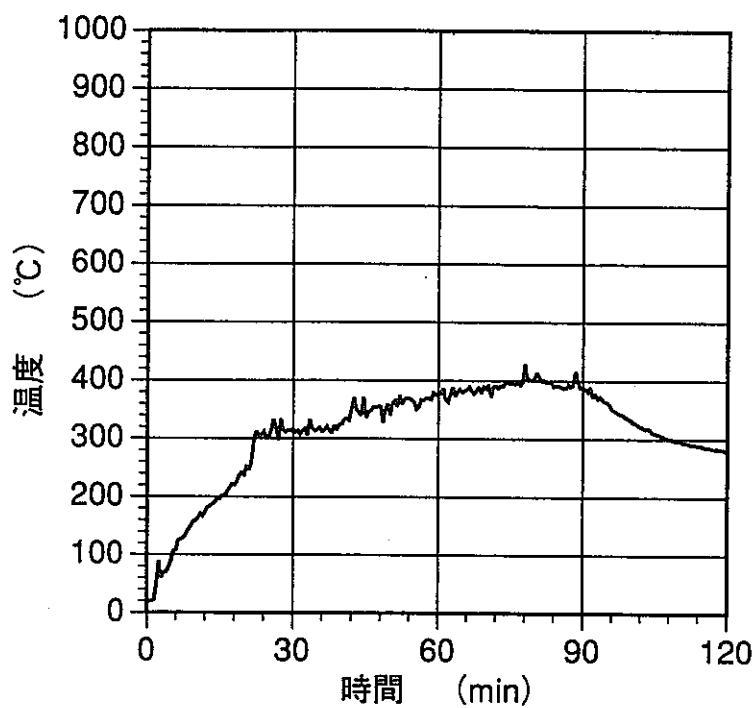


— TE3606

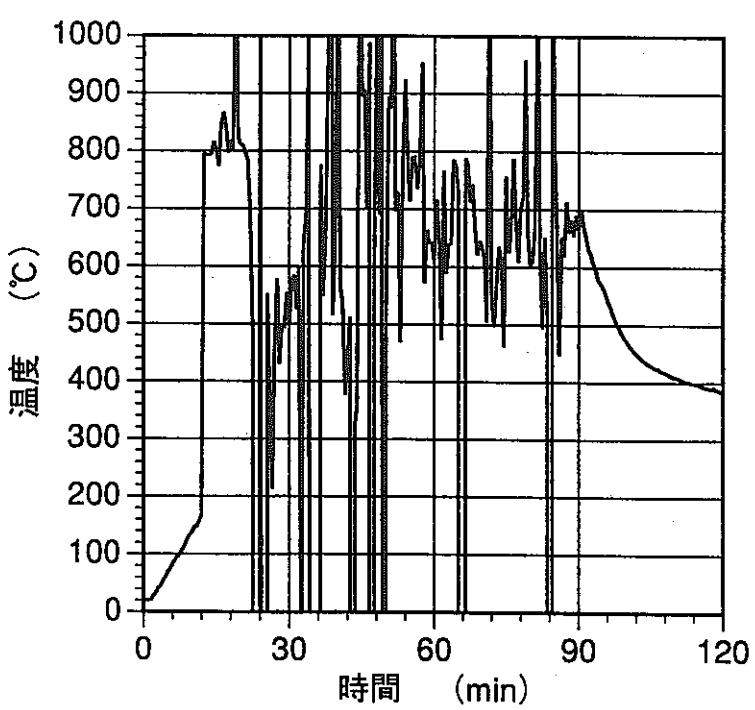




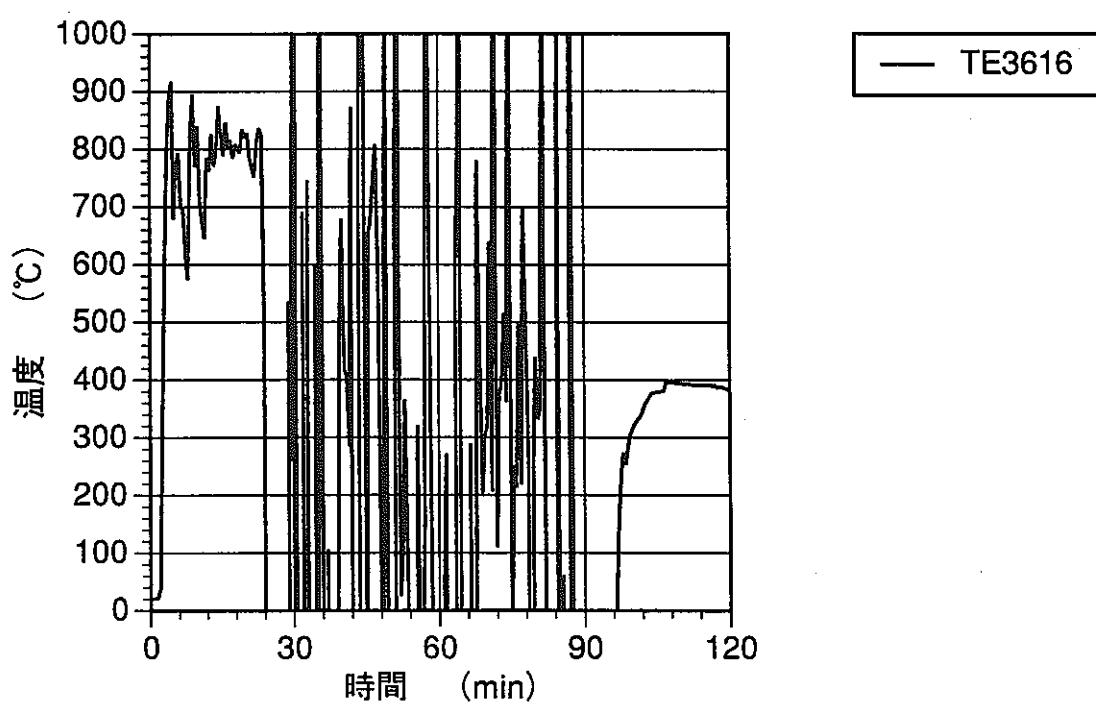
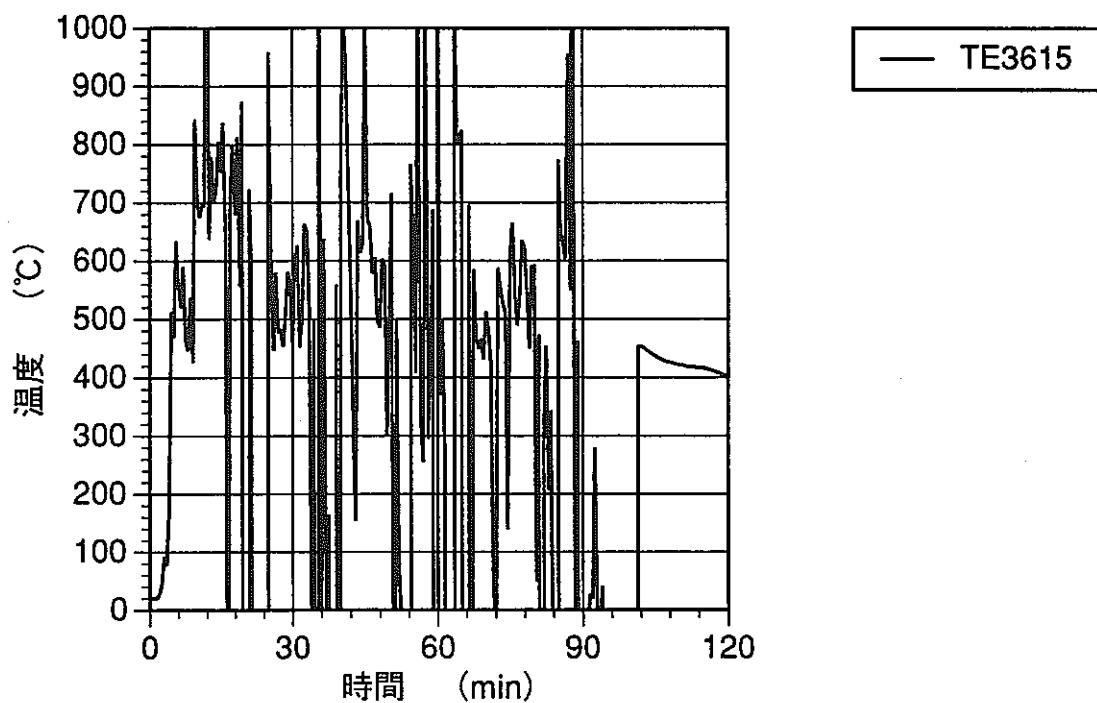


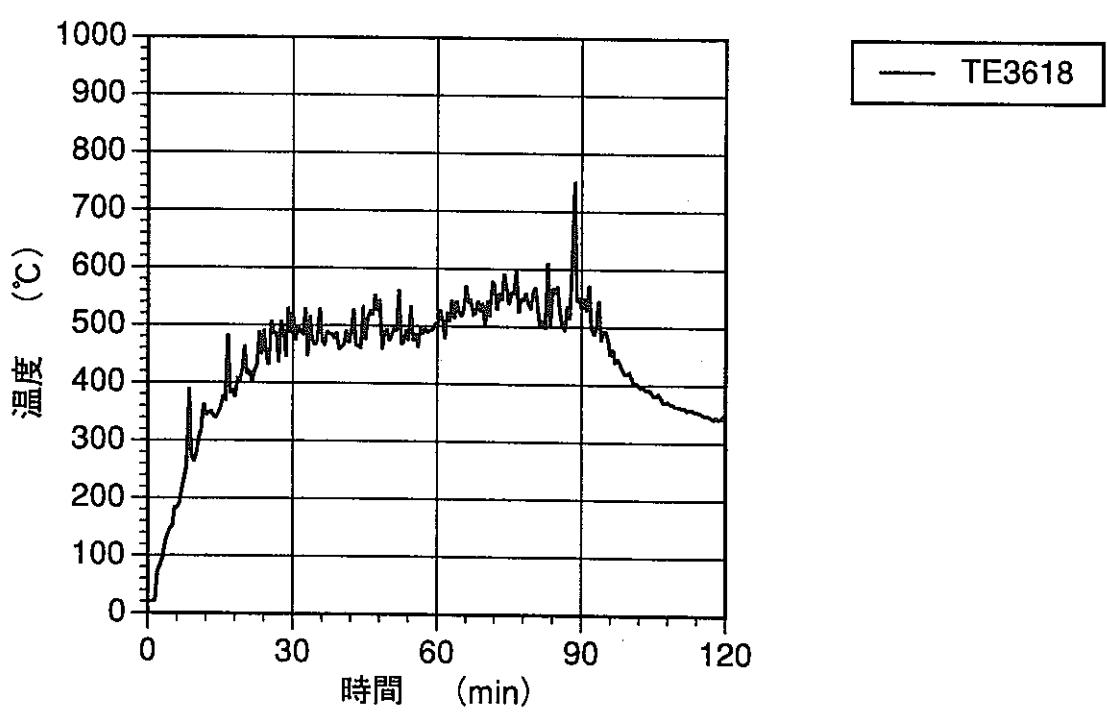
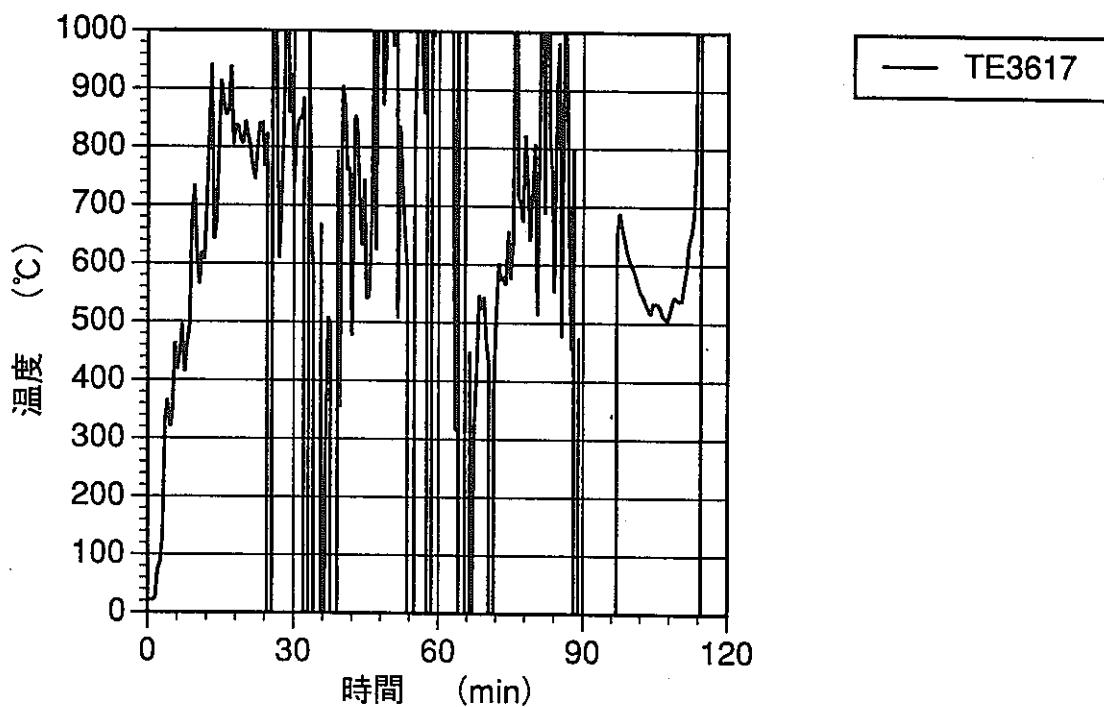


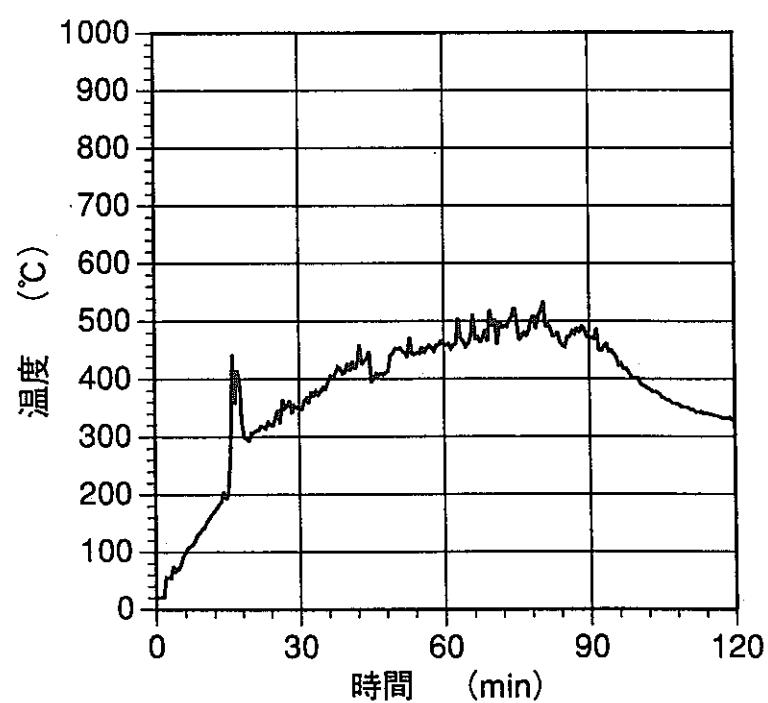
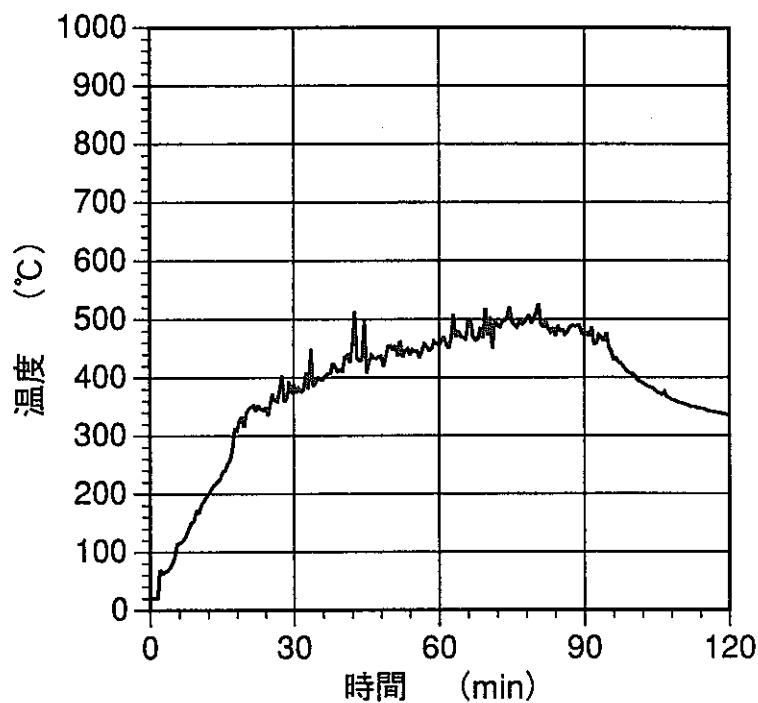
— TE3613

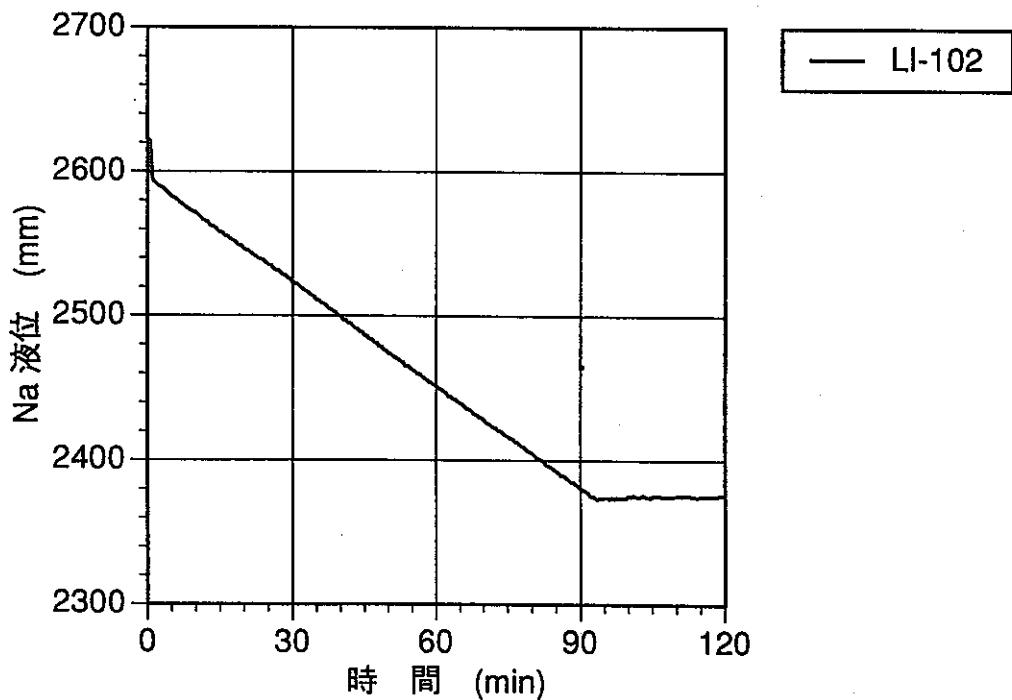
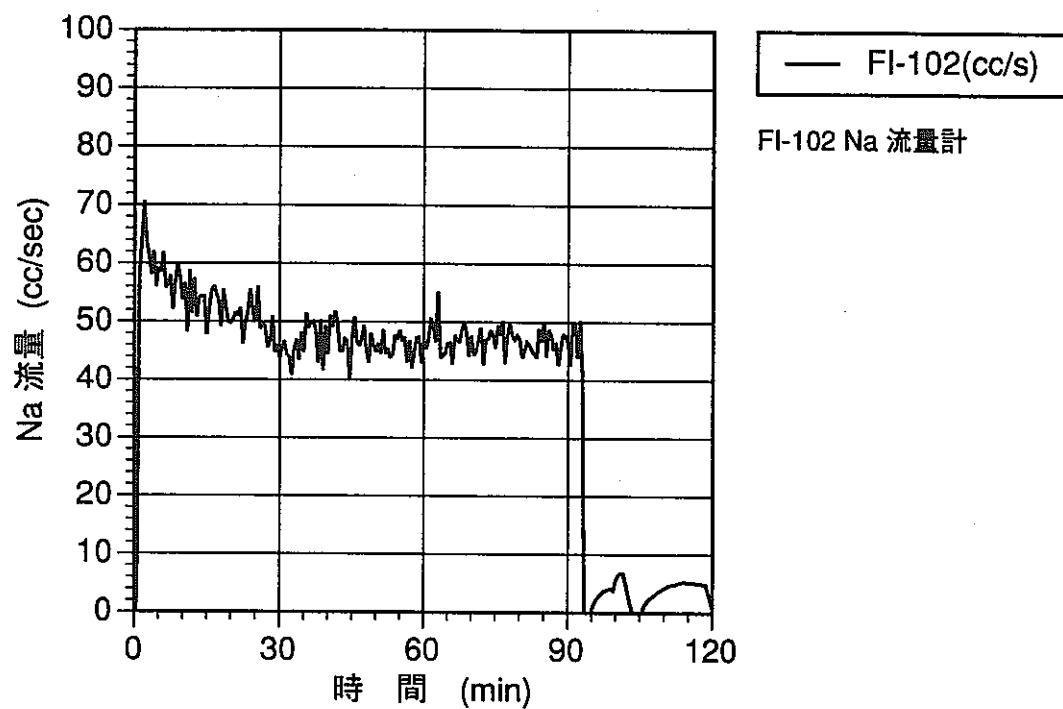


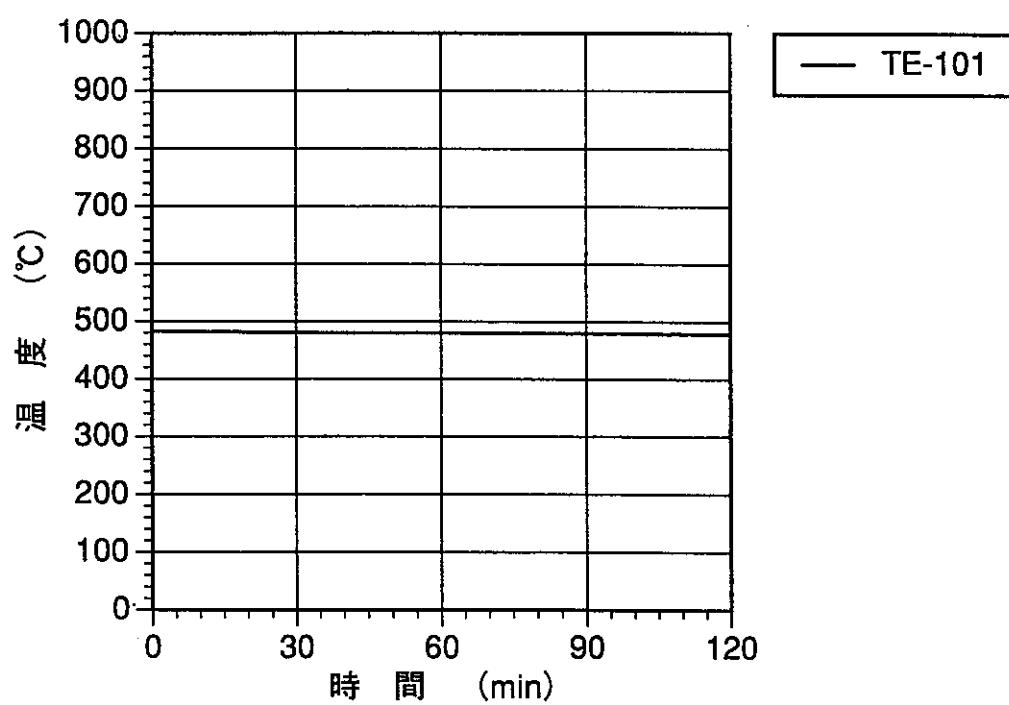
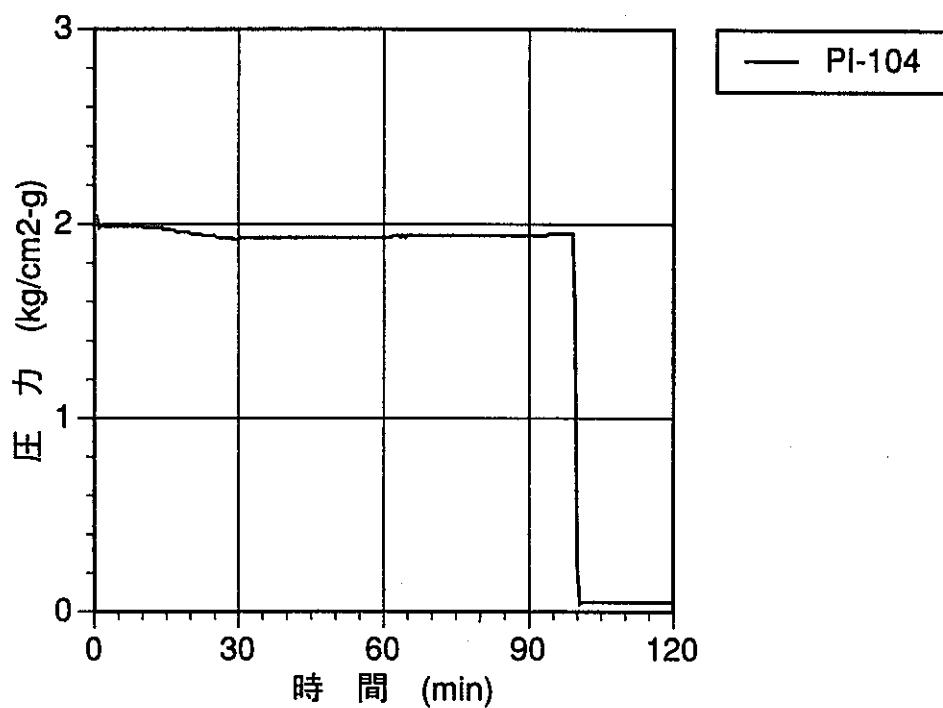
— TE3614

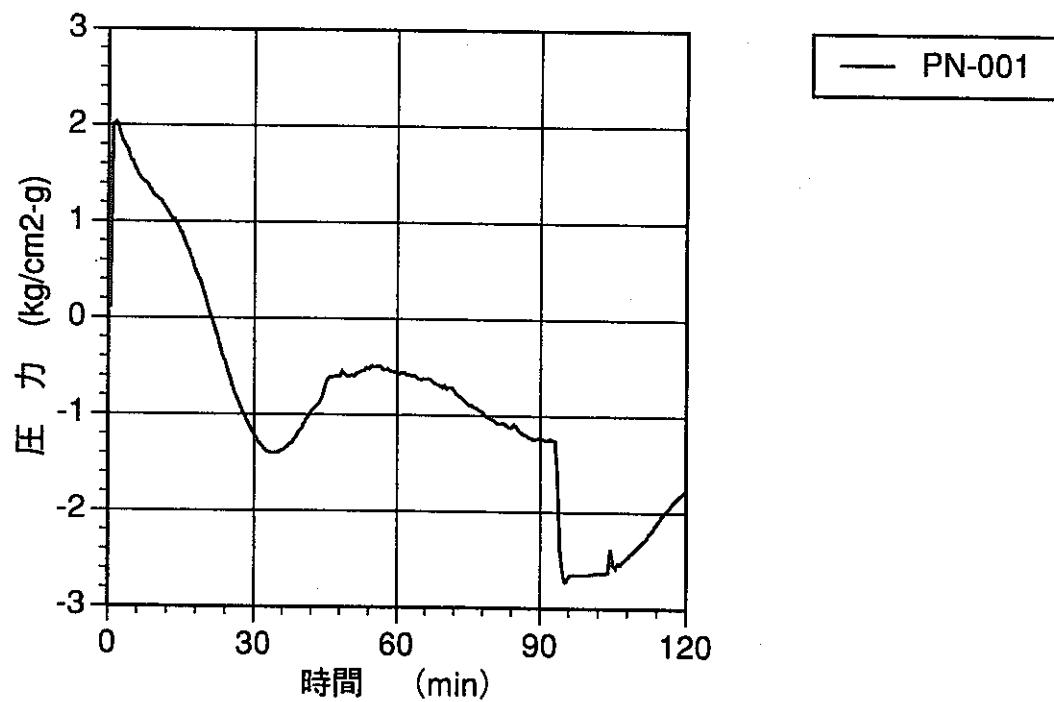
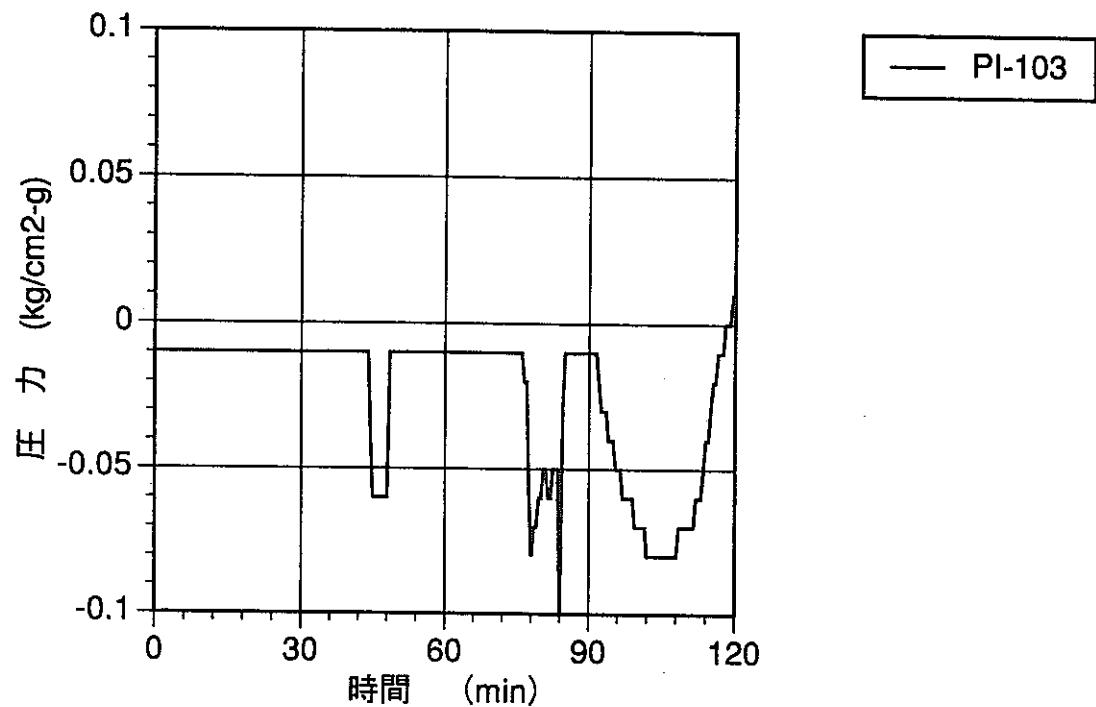


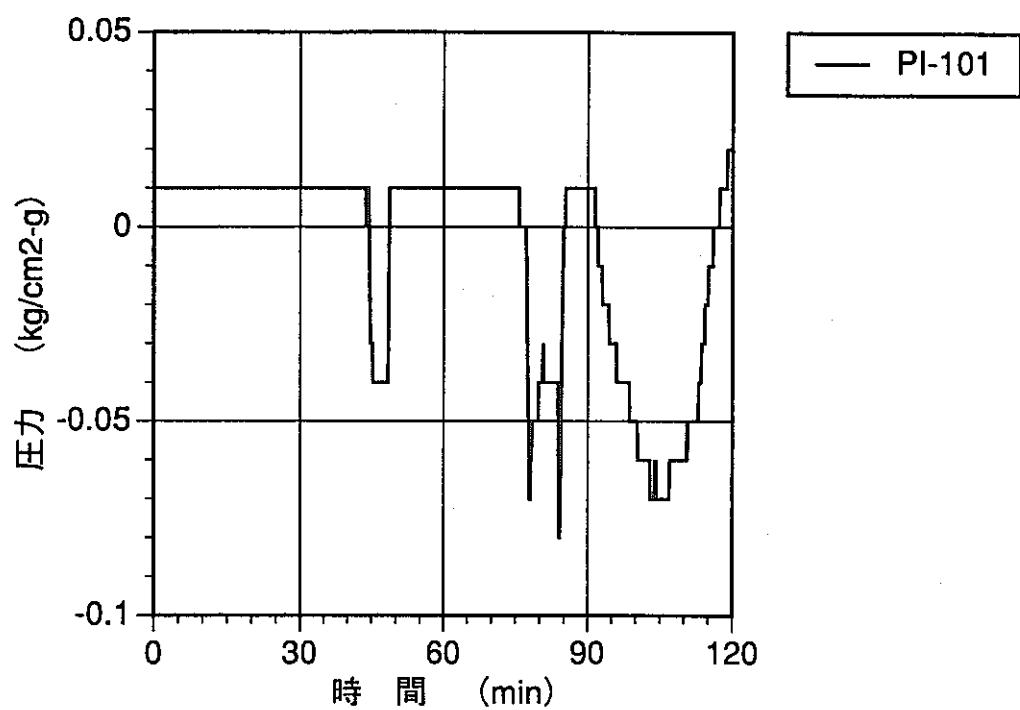


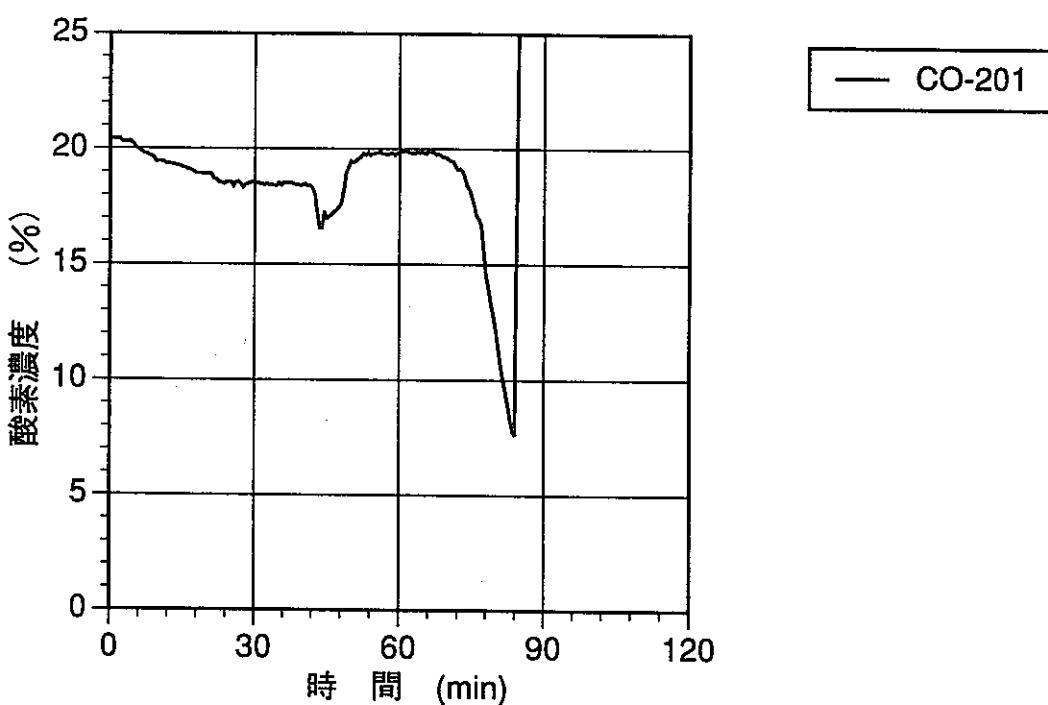
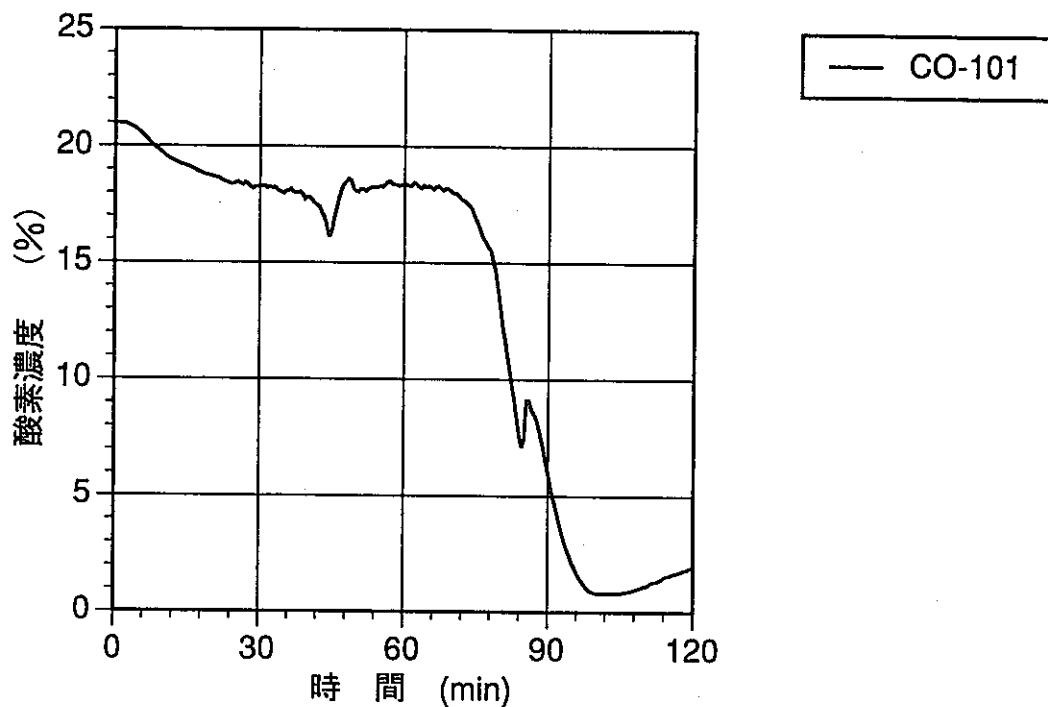


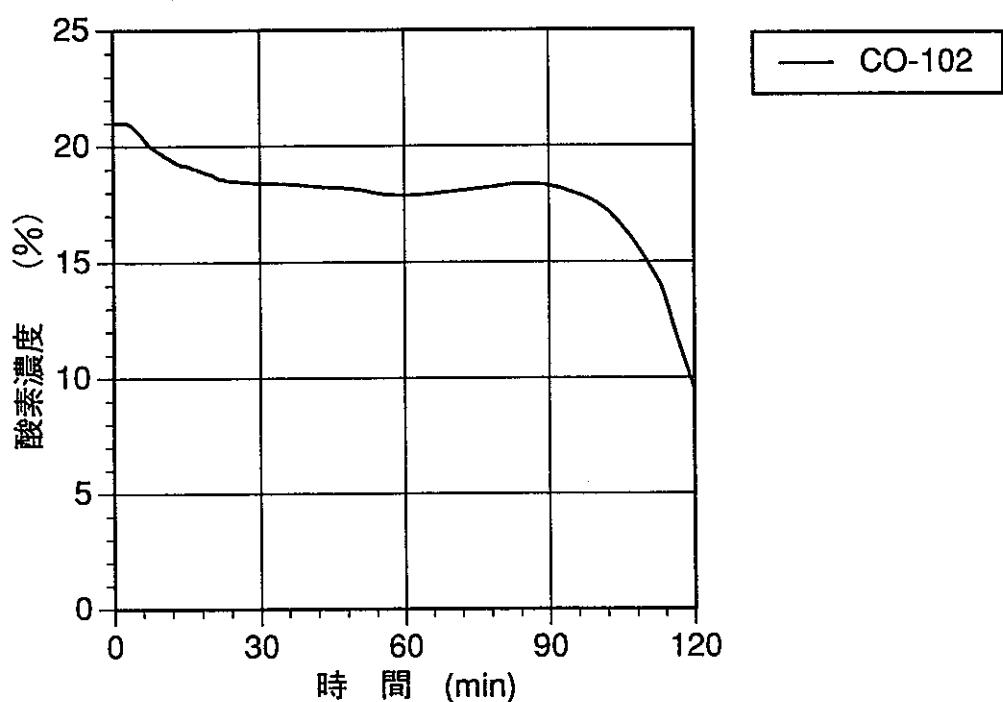


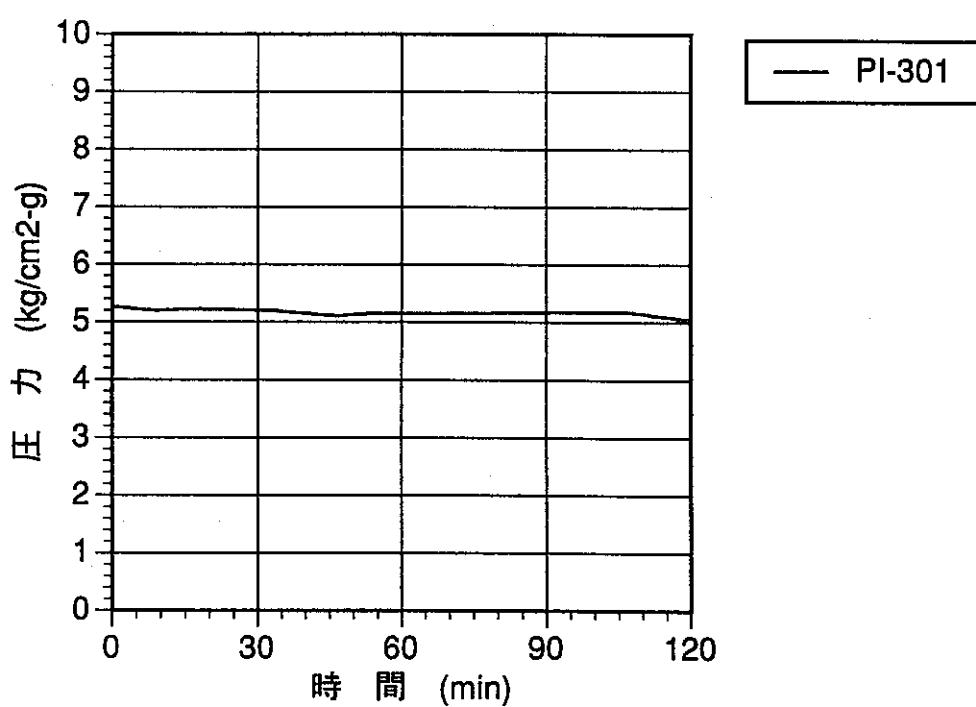
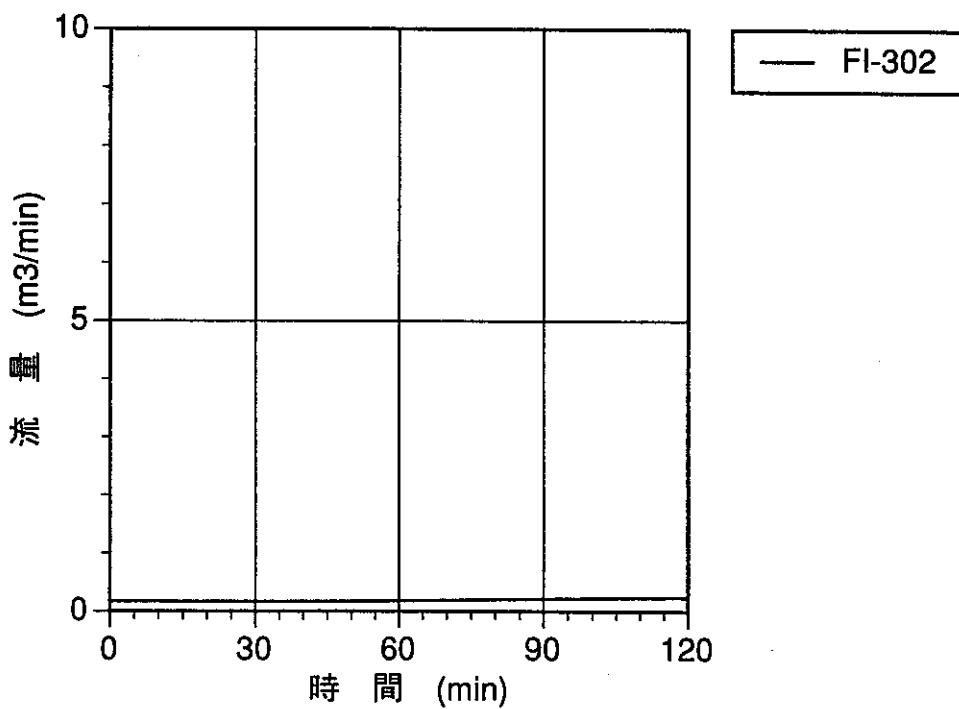


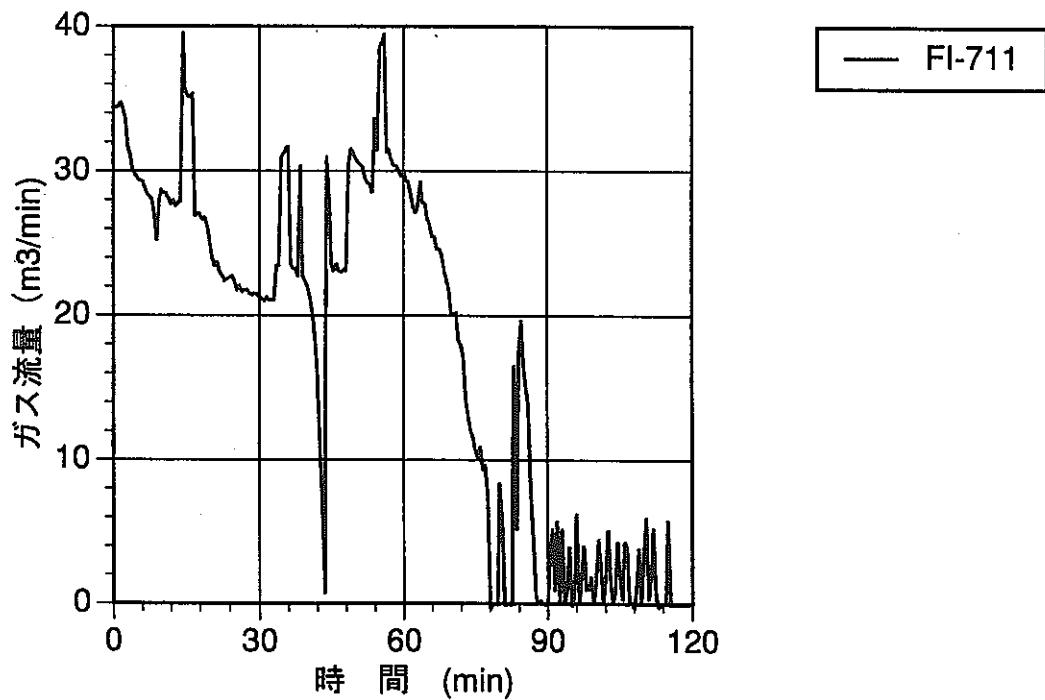
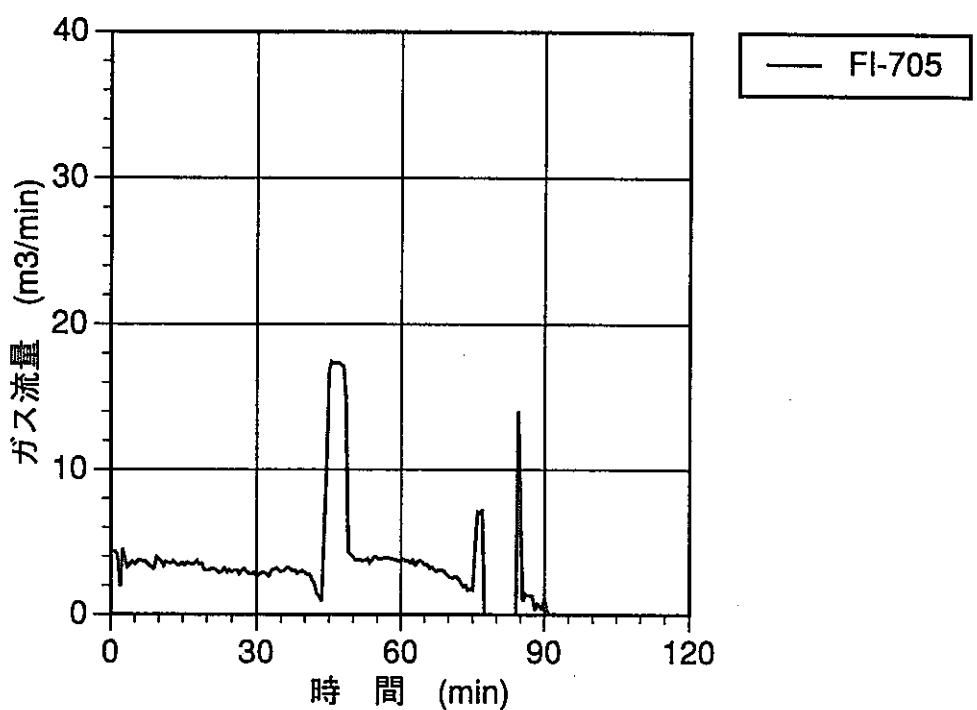


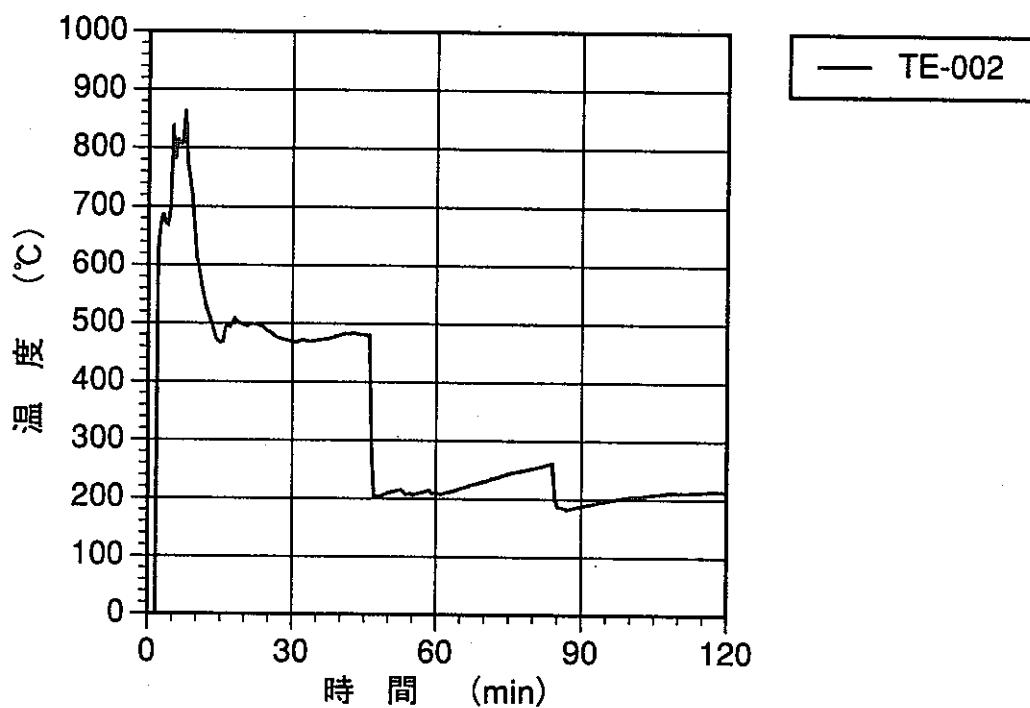


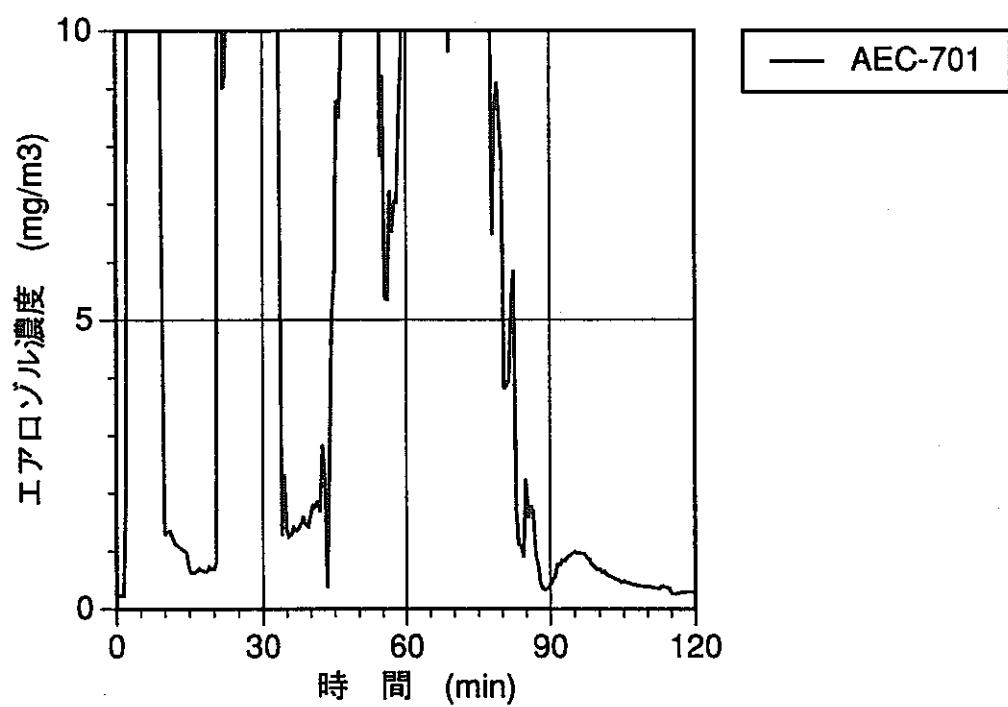


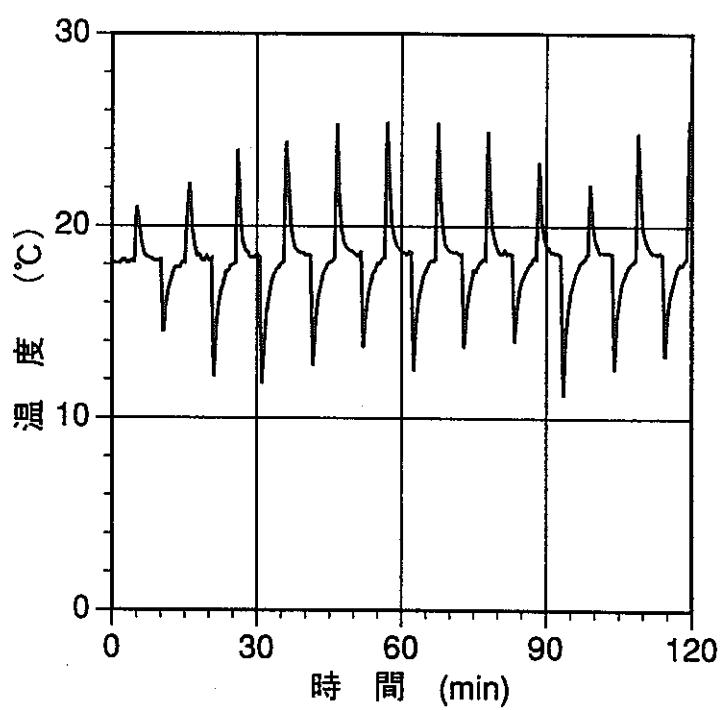
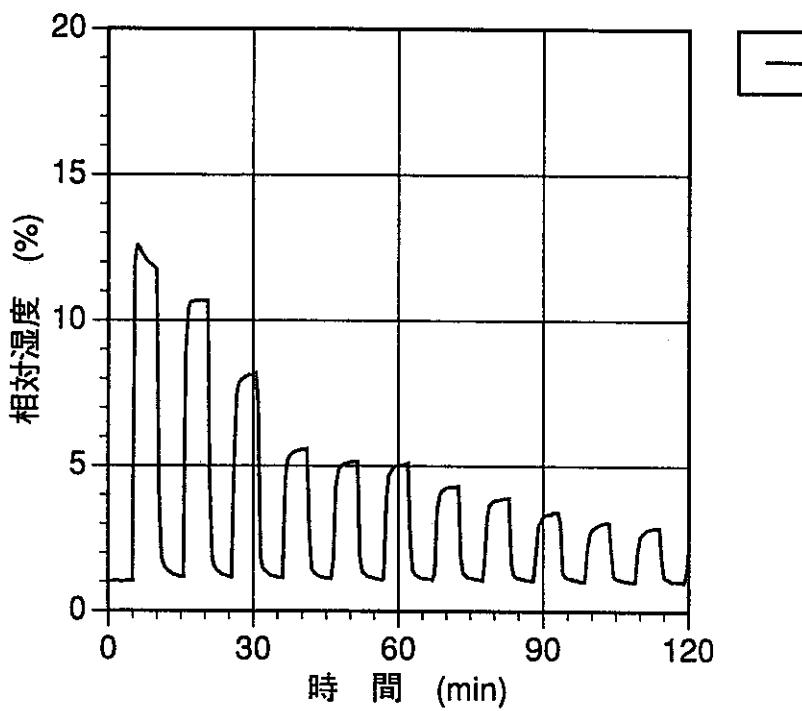


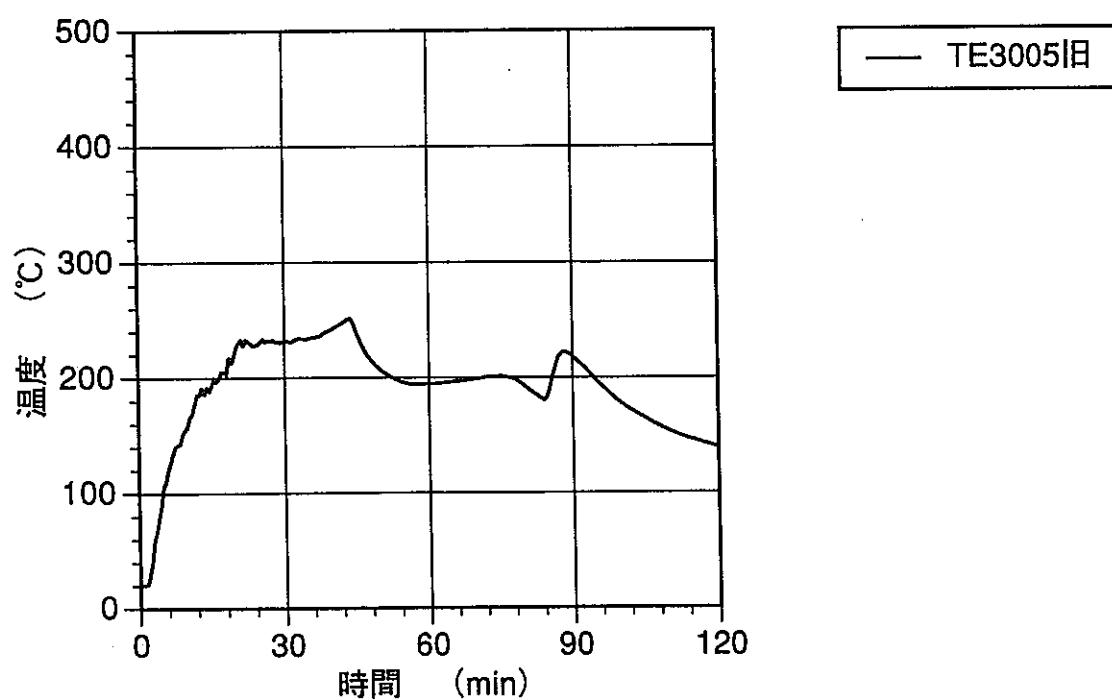
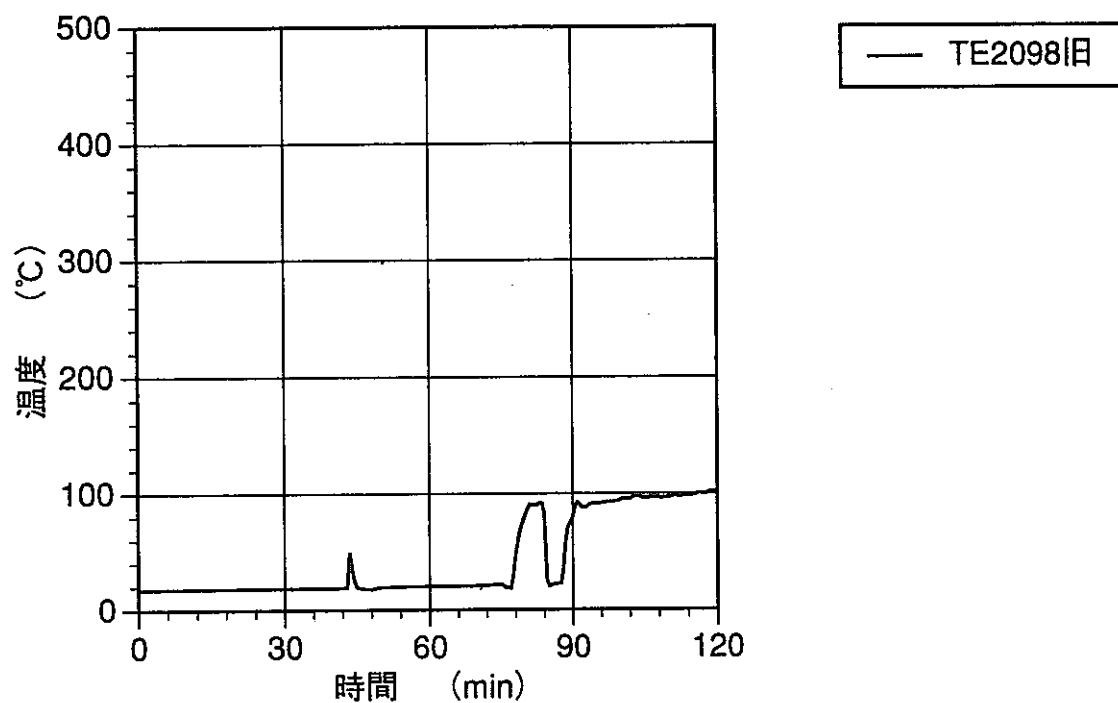


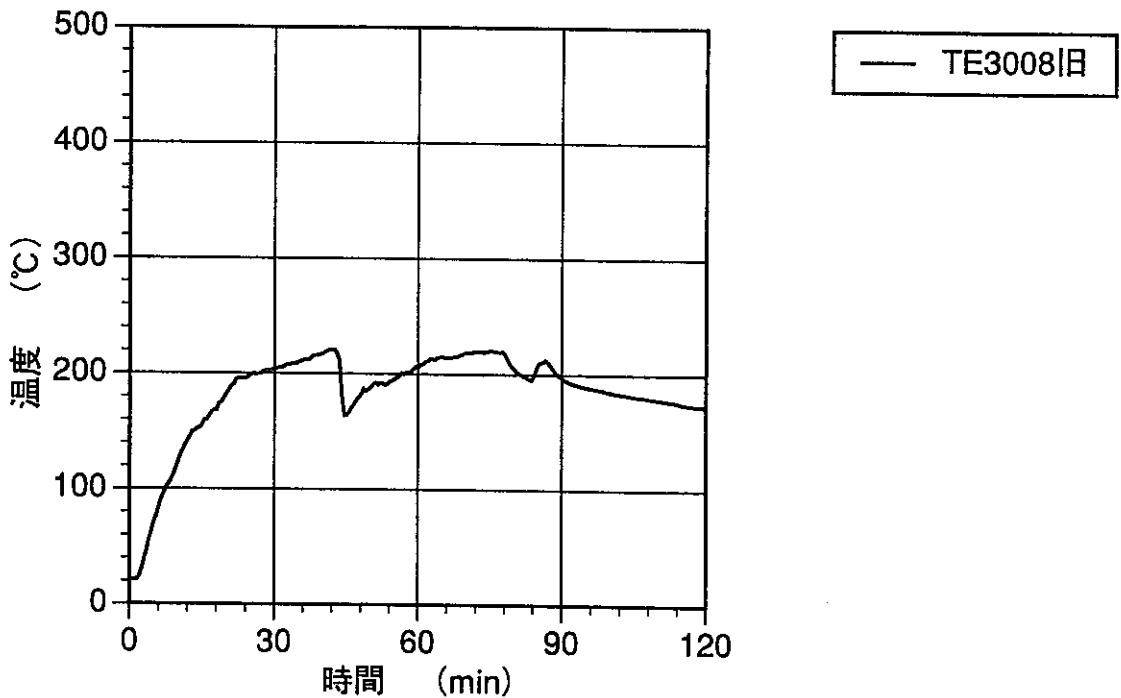
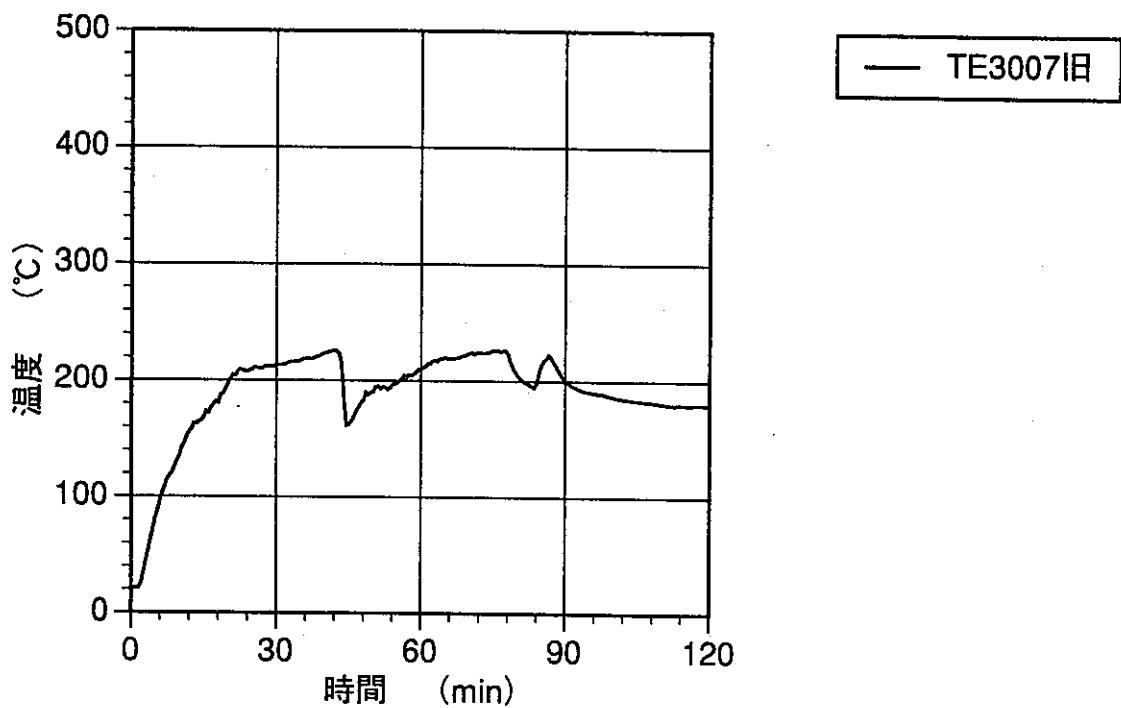


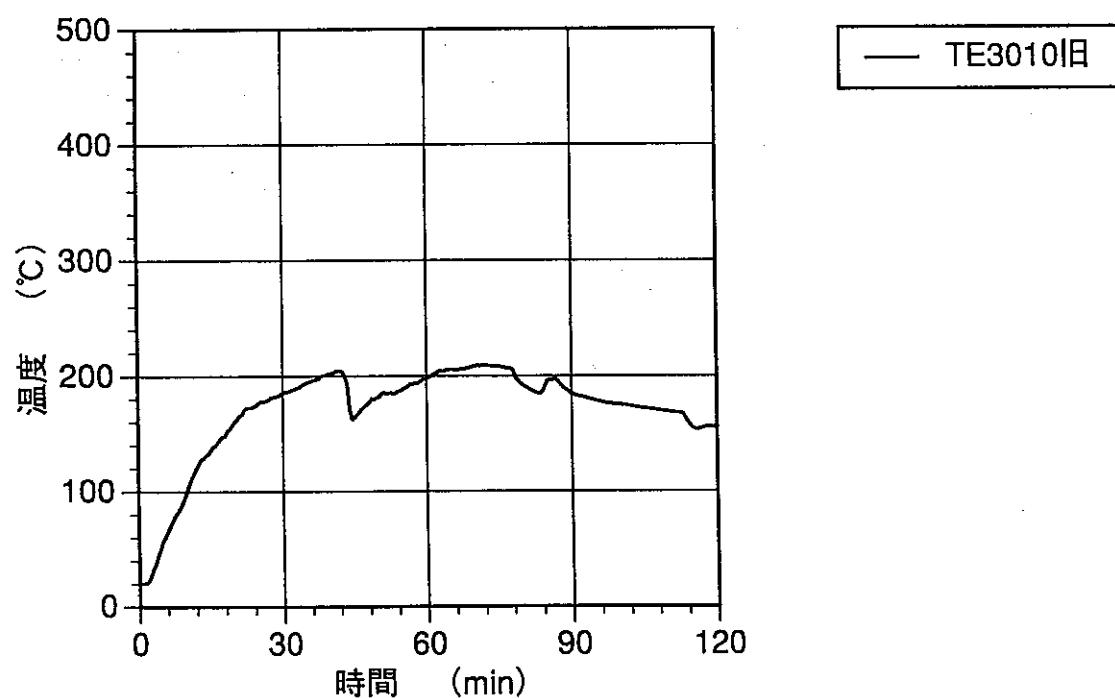
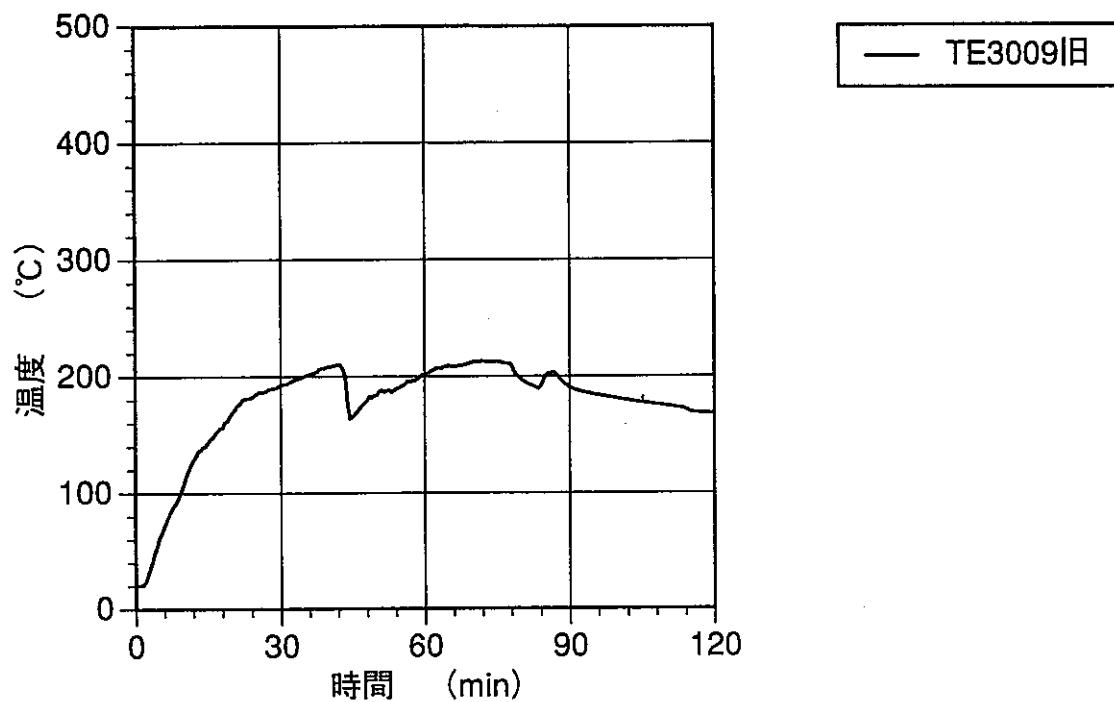












Appendix.2

サンプル写真集



受け皿内部堆積物（マンホール入口近傍）-表面層



受け皿内部堆積物（マンホール入口近傍）-中間層



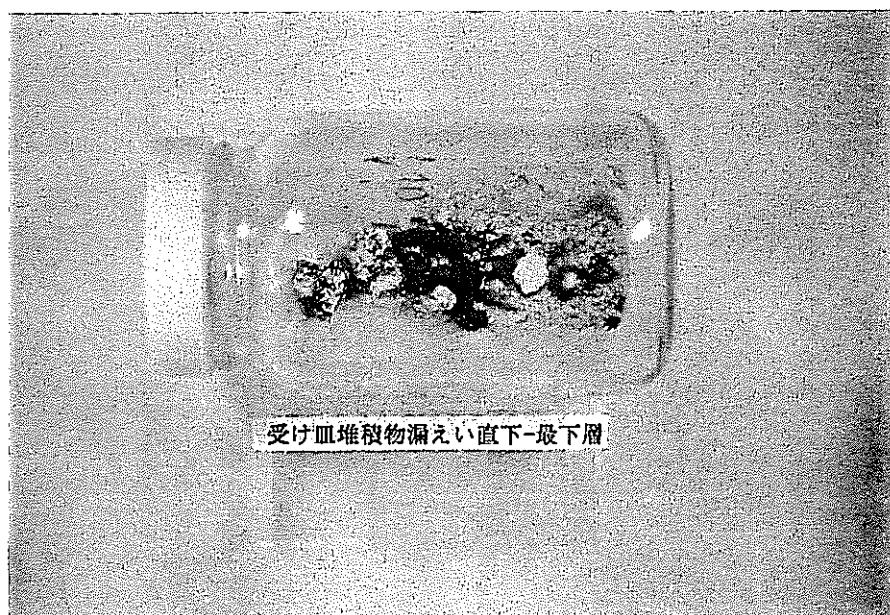
受け皿内部堆積物（マンホール入口近傍）-最下層



受け皿内部堆積物漏えい直下-表面層



受け皿内部堆積物漏えい直下-中間層



受け皿内部堆積物漏えい直下-最下層

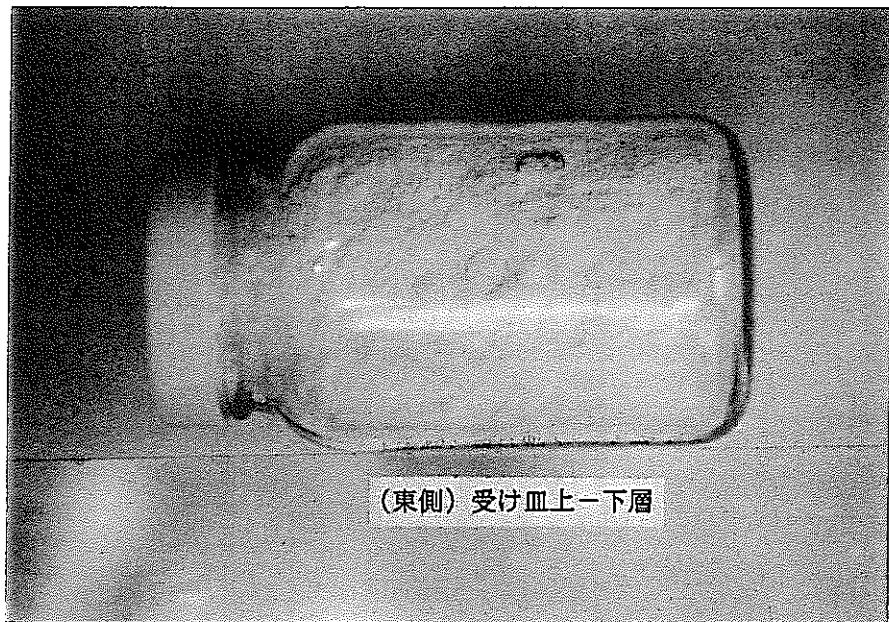


受け皿内部（圧力計下）-堆積物の無い所



(東側) 受け皿上-表層

受け皿腰部奥-表層



(東側) 受け皿上一下層

受け皿腰壁部奥-下層



受け皿落下点より東側T/C一表層

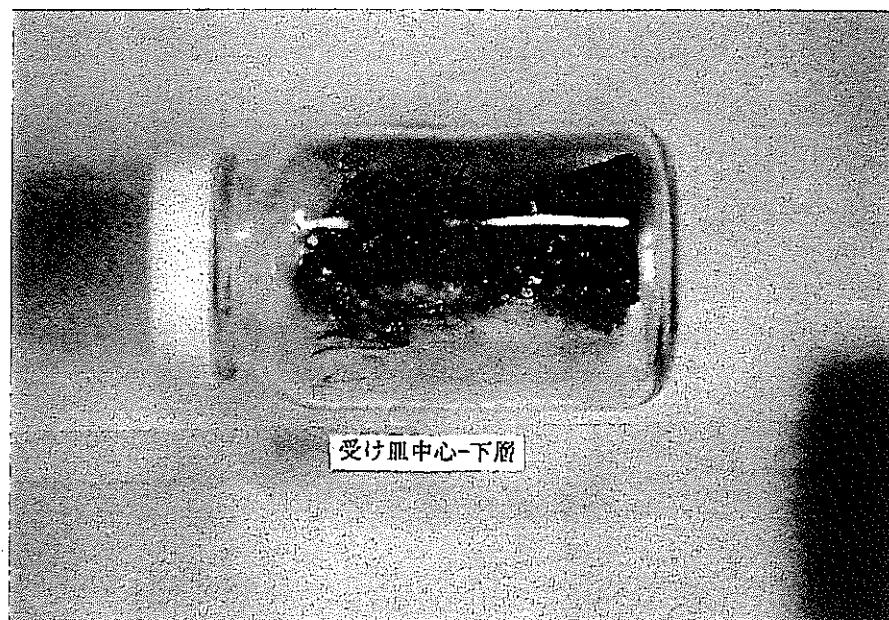
受け皿内部堆積物 (TE-3109近傍) -表層



受け皿内部堆積物 (TE-3109近傍) -下層



受け皿内部堆積物 (中心部) -表面～中間層



受け皿内部堆積物（中心部）-下層



グレーチング真上T/C支持棒（団子状）



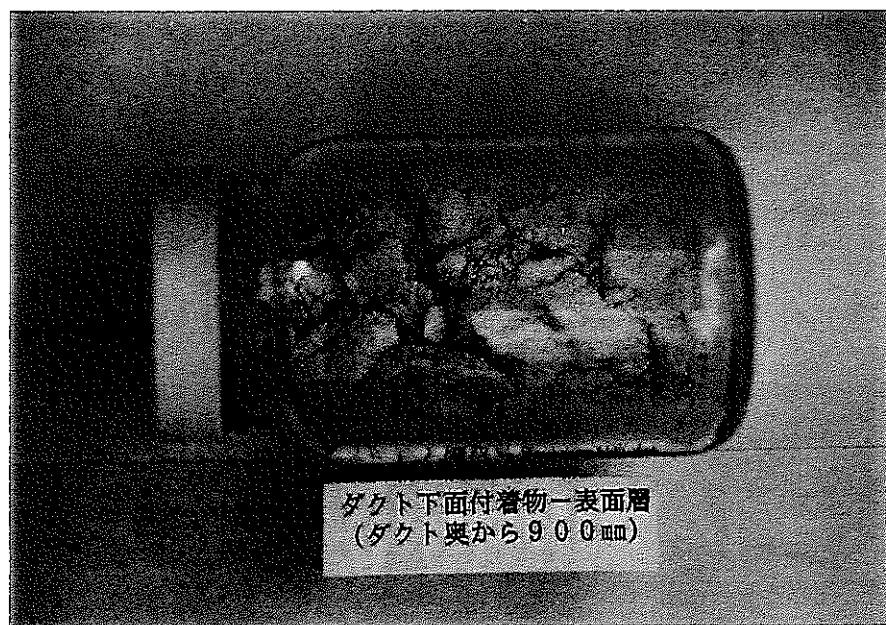
グレーチング堆積物-クレータ (マンホール側)



グレーチング側面部



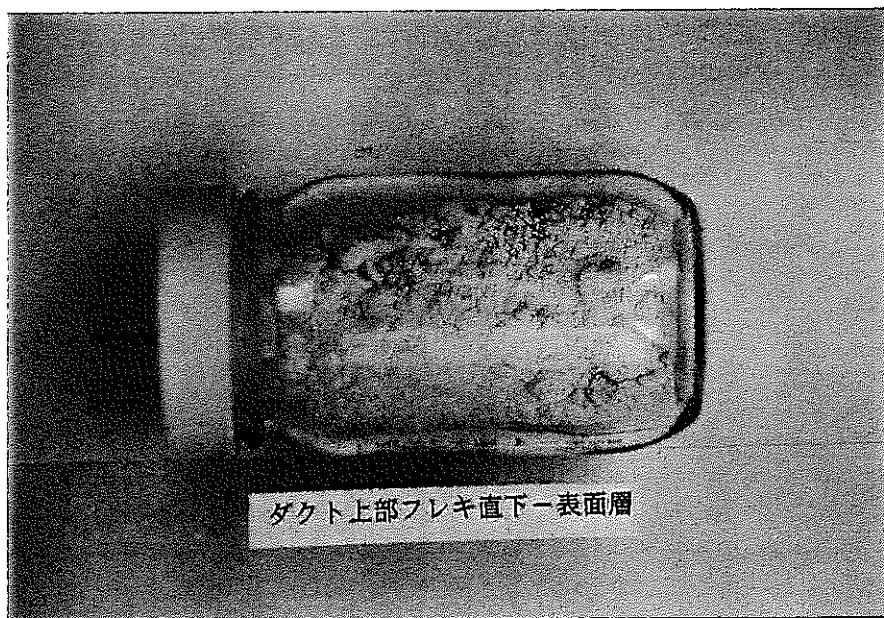
グレーチング上部堆積物(格子に挟まっていたもの)



ダクト下面付着物-表面層(ダクト奥から900mm)



ダクト下面付着物-内層(ダクト奥から900mm)



ダクト上部フレキ直下-表面層



ダクト上部フレキ直下-内層

ダクト上部フレキ直下-内層

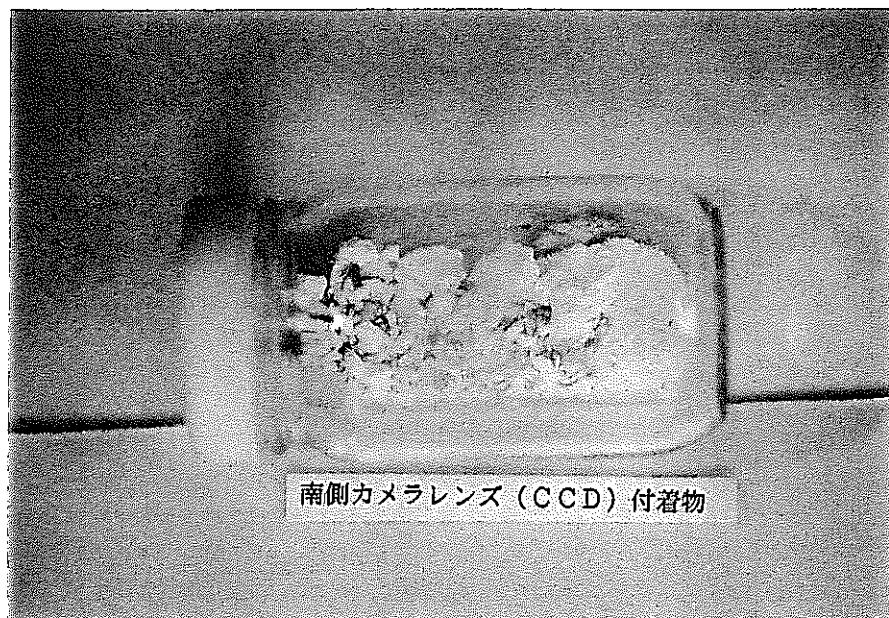


ダクト上部フレキ直下
(マンホール側ヘリから 600mm)

ダクト上部フレキ直下(マンホール側ヘリから600mm)



ダクト下部吸引口ルーバ付着物



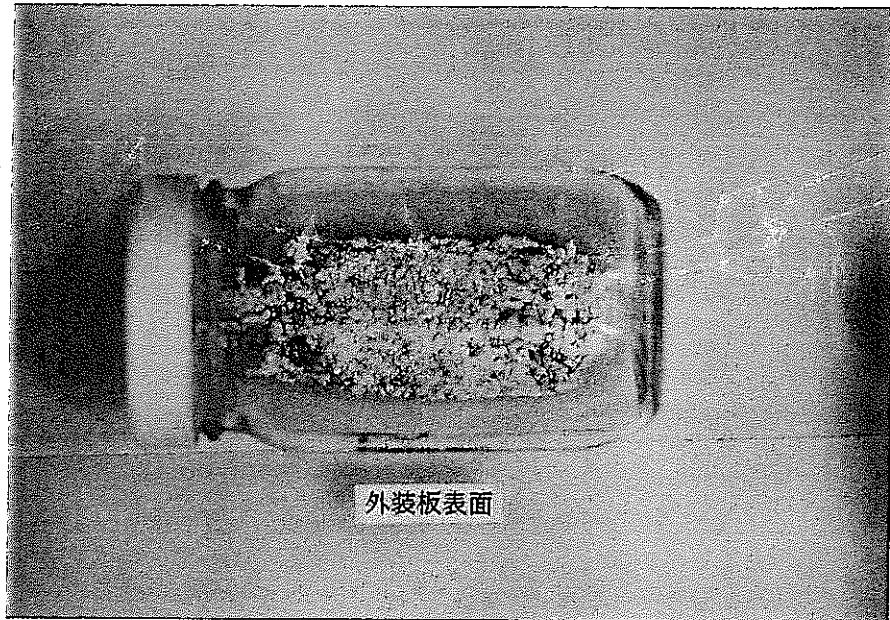
カメラレンズ(CC'D)付着物



温度検出器コネクタ部堆積物-表面層



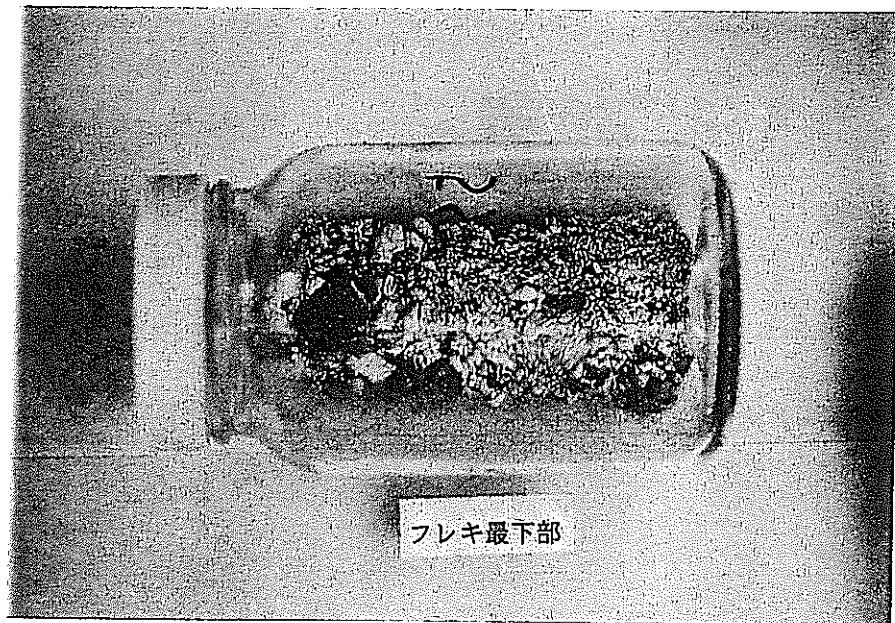
温度検出器コネクタ部堆積物-最下層



温度検出器-外装板表面



温度検出器-フレキシブルチューブ接続部



温度検出器-フレキシブルチューブ最下部