

JAERI-Tech

98-013



HTTR原子炉格納施設に関する機能試験

1998年3月

坂場成昭・飯垣和彦・川路 崑・伊与久達夫

日本原子力研究所
Japan Atomic Energy Research Institute

本レポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。
入手の問合せは、日本原子力研究所研究情報部研究情報課（〒319-1195 茨城県那珂郡東海村）あて、お申し越しください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-1195 茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費領布をおこなっております。

This report is issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Research Information Division, Department of Intellectual Resources, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195, Japan.

© Japan Atomic Energy Research Institute, 1998

編集兼発行 日本原子力研究所
印 刷 株式会社原子力資料サービス

HTTR 原子炉格納施設に関する機能試験

大洗研究所高温工学試験研究炉開発部

坂場 成昭・飯垣 和彦・川路 喆・伊与久達夫

(1998年2月13日受理)

HTTR の原子炉格納施設は、主冷却設備、補助冷却設備等を配置する原子炉格納容器（CV）、1次ヘリウム純化設備、1次ヘリウムサンプリング設備等を配置するサービスエリア（SA）および非常用空気浄化設備から構成し、1次冷却設備の二重管破断事故（減圧事故）時等に外部へ放出する放射性物質の量を低減する役目を担っている。このため、CV には漏洩率、SA には気密性、非常用空気浄化設備には SA の負圧維持、ヨウ素および微粒子の除去効率ならびに起動時間を規定している。これら規定した事項を、原子炉格納施設の系統別機能試験として燃料装荷前に確認した。

CV の漏洩率試験では、1次冷却材がヘリウムガスである HTTR に適応するため、原子炉冷却材圧力バウンダリを閉鎖したまま試験を実施するという従来の軽水炉等とは異なる新しい試験方法を確立し、規定値を満たすことを確認した。また、SA および非常用空気浄化設備の機能試験では、所定の性能を発揮することを確認した。原子炉格納施設の機能試験の結果、減圧事故時等に外部へ放出する放射性物質の量は所定値内に低減することができるといえる。

Performance Tests of the Reactor Containment Structures of HTTR

Nariaki SAKABA, Kazuhiko IIGAKI, Satoshi KAWAJI and Tatsuo IYOKU

Department of HTTR Project
Oarai Research Establishment
Japan Atomic Energy Research Institute
Oarai-machi, Higashiibaraki-gun, Ibaraki-ken

(Received February 13, 1998)

The containment structures of the HTTR consist of the reactor containment vessel (CV), service area (SA) and emergency air purification system, which minimize the release of FPs in the postulated accidents with FP release from the reactor facilities. The CV is designed to withstand the temperature and pressure transients and to be leak-tight within the specified leakage limit even in the case of a rupture of the primary concentric hot gas duct. The pressure of inside of the SA should be maintained slightly lower than that of atmosphere by the emergency air purification system. The radioactive materials are released from the stack to environment via the emergency air purification system under the accident condition. Then the emergency air purification system should remove airborne radio-activities and should maintain proper pressure in the SA.

We established the method to measure leak rate of the CV with closed reactor coolant pressure boundary although it is normally measured under opened reactor coolant pressure boundary as employed in LWRs. The CV leak rate test was carried out by the newly developed method and the expected performance was obtained. The SA and emergency air purification system were also confirmed by the performance test.

We concluded that the reactor containment structures were fabricated to minimize the release of FPs in the postulated accidents with FP release from the reactor facilities.

Keywords: HTGR, HTTR, Reactor Containment Structure, Reactor Containment Vessel, Service Area, Emergency Air Purification System, Engineered Safety Features, Performance Test

目 次

1. 緒 言	1
2. 原子炉格納施設の概要	2
3. 原子炉格納施設の機能試験	3
3.1 原子炉格納容器	3
3.2 サービスエリア	20
3.3 非常用空気浄化設備	23
4. 結 言	30
謝 辞	31
参考文献	31
付録 1 局部漏洩率試験時の隔離弁の開閉状態	125
付録 2 原子炉格納容器の自由容積算出根拠	142

Contents

1. Introduction	1
2. Reactor Containment Structures	2
3. Performance Tests	3
3.1 Reactor Containment Vessel	3
3.2 Service Area	20
3.3 Emergency Air Purification System	23
4. Conclusion	30
Acknowledgment	31
References	31
Appendix 1 Leak Rate Test Method of Isolation Valves	125
Appendix 2 Free Volume of Reactor Containment Vessel	142

This is a blank page.

1. 緒 言

日本原子力研究所（以下、原研という）は、高温ガス炉技術基盤の確立と高度化、高温工学に関する先端的基礎研究の実施を主な目的として、1998年6月の初臨界にむけて HTTR（高温工学試験研究炉）¹⁾⁻²⁾の試験・検査を進めている。HTTR は、熱出力 30MW、原子炉出口冷却材温度が定格運転時 850°C、高温試験運転時 950°C の黒鉛減速・ヘリウムガス冷却の高温ガス炉で、燃料、材料等の各種照射試験、安全性実証試験、核熱利用に関する試験研究を実施することを計画している。

原研は、1996 年 10 月から機能・性能の確認、インターロック・シーケンスを含む安全動作確認、機器の調整、起動・停止および連続運転手順の確認、運転操作の習熟、使用前検査の受検、出力上昇試験のための基礎データ取得を主な目的として、HTTR の系統別・総合機能試験³⁾⁻⁴⁾を実施してきた。

HTTR の原子炉格納施設は、主冷却設備、補助冷却設備等を配置する原子炉格納容器（以下、CV という）、1 次ヘリウム純化設備、1 次ヘリウムサンプリング設備等を配置するサービスエリア（以下、SA という）および非常用空気浄化設備から構成し、1 次冷却設備の二重管破断事故（以下、減圧事故という）⁵⁾時に外部へ放出する放射性物質の量を低減する役目を担っている。このため、CV には漏洩率、SA には気密性、非常用空気浄化設備には SA の負圧維持、微粒子およびヨウ素の除去効率ならびに起動時間を規定している。Fig.1 に原子炉格納施設の概念図を示す。

原研は、規定した性能を確認するために、CV は漏洩率が規定値内にあることを確認する漏洩率試験を、SA は非常用空気浄化設備により負圧が維持できることを確認する気密試験を、非常用空気浄化設備は微粒子およびヨウ素除去効率確認試験ならびに起動時間確認試験を実施した。CV の漏洩率試験時には減圧事故相当の圧がかかることを利用して、減圧事故模擬試験と称する変位およびひずみを測定確認し、解析により得られていた値と比較した。また、CV 貫通部に設置する隔離弁のうち、1 次ヘリウム純化設備および加圧水冷却設備の隔離弁には閉鎖時間を規定している。これら隔離弁が規定時間内に所定の信号により所定の動作をすることを確認した。なお、CV の漏洩率試験では、冷却材がヘリウムガスであり、また軽水炉に比較して自由容積が小さいという HTTR の特徴を考慮し、従来の軽水炉等の CV とは異なる方法を用いて試験を実施した。

本報は、これら原子炉格納施設に関する燃料装荷前の機能試験についてまとめたものである。

2. 原子炉格納施設の概要

(1) 原子炉格納容器

HTTR の CV は、減圧事故時等において放射性物質の外部への放散を抑制し、原子炉施設周辺の一般公衆および従事者等の安全を確保するためのものである。CV は、円筒の胴に皿形の上鏡および下鏡を取り付けた胴内径 18.5m、全高 30.3m、自由容積 2800 m³ の鋼製圧力容器で、上鏡には燃料交換ハッチおよびメンテナンスハッチを、胴部には熱電対交換ハッチ、エアロック、非常用避難口等を設けている。

CV の形状を Fig.2 に示し、主要仕様を Table 1 に示す。

CV の最高使用圧力および最高使用温度は、HTTR において想定する最も厳しい事象である減圧事故を基に設定している。1 次冷却設備の二重管が破断すると、1 次冷却材の放出により、CV の内圧および温度は、0.37MPa、85°C²⁵⁾まで上昇する。これを基に、最高使用圧力および最高使用温度は、0.39MPa、150°Cとした。また、漏洩率は、「常温・空気・最高使用圧力の 0.9 倍の圧力において CV 内空気重量の 0.1%/d 以下²⁾」に劣化係数を加味⁶⁾して 0.09%/d 以下とした。なお、安全評価上においては、原子炉格納容器からの漏洩率は、事故時における原子炉格納容器内の圧力および温度の上昇等を考慮した漏洩率を上回る値として 0.25%/d を用いている。

(2) サービスエリア

SA は原子炉建家の一部であり、その自由容積が約 23000m³ である。また、SA は原子炉建家躯体の一部、扉、貫通部等によって構成する。SA は、CV、燃料取扱設備、1 次ヘリウム純化設備等からの放射性物質の漏洩があっても、SA 外に直接放出することを防止するために、工学的安全施設である非常用空気浄化設備により -59Pa(-6mmAq) 以下の負圧に維持する。

SA の配置を Fig.3 に示す。

(3) 非常用空気浄化設備

非常用空気浄化設備は、微粒子フィルタ、ヨウ素除去フィルタを含む排気フィルタユニットおよび排風機等からなり、放射性物質放出の恐れのある減圧事故時等に CV 隔離信号により起動し、SA の負圧を維持しながら排気フィルタユニットを通して放射性物質を低減させ、排気筒に沿って設ける地上高さ約 80m の排気管から放出する。

非常用空気浄化設備の主要仕様を Table 2 に示す。

3. 原子炉格納施設の機能試験

3.1 原子炉格納容器

3.1.1 漏洩率試験⁷⁾

(1) 概要

漏洩率試験は、1996年9月から10月にかけて実施した。全体漏洩率試験を実施するにあたり、高温ガス炉である HTTR の特徴を考慮し、従来の軽水炉等と異なる方法を用いた点がある。それらを以下の①および②に示す。①では、HTTR の CV における漏洩率の定義も併せて示した。また、劣化による漏洩の増加を加味した許容漏洩率の定め方について③に示した。④では本報で使用する漏洩率の定義についてまとめた。

①原子炉冷却材圧力バウンダリの閉鎖

軽水炉等と異なる方法を用いた点の第1点目として、原子炉冷却材圧力バウンダリ⁸⁾の閉鎖が挙げられる。HTTR は冷却材がヘリウムガスであるために軽水炉のように原子炉冷却材圧力バウンダリを開放して行うことは好ましくない。つまり、HTTR 臨界後の CV の全体漏洩率試験において原子炉冷却材圧力バウンダリを開放することは、CV 内雰囲気への放射性物質放出を意味する。そこで、第1回目となる本全体漏洩率試験では、原子炉冷却材圧力バウンダリを開放せずに全体漏洩率試験を実施する方法を確立する必要があった。そのため、HTTR における CV の全体漏洩率試験は以下の工夫をした。まず、原子炉冷却材圧力バウンダリは開放することなしに全体漏洩率試験を実施した。開放しないために漏洩が考慮されなくなる1次冷却材を内包する設備の CV 貫通部については、別に局部漏洩率試験を実施し、その漏洩率を全体漏洩率試験の漏洩率に加算し、合計値を HTTR の CV の漏洩率と定義した。また、全体漏洩率試験時には原子炉冷却材圧力バウンダリの圧力は漏洩率試験圧力よりも低い値とし、万が一原子炉冷却材圧力バウンダリに漏洩があったとしても、全体漏洩率試験の漏洩率が大きくなるようにした。

②測温抵抗体の個数

次に第2点目として、温度を測定するための測温抵抗体の個数である。原子炉格納容器の漏えい試験 JEAC4203-1994⁹⁾（以下、JEAC という）には、Fig.4 に示す通りに測温抵抗体の個数を 36 とした配置例が示されている。しかしながら、本試験では 28 点の温度測定とすることで、測温抵抗体の個数を合理化した。以下にその妥当性を示す。

測温抵抗体の個数を決定する際に考慮する事項としては、以下の通りであると考える。即ち、CV の漏洩率試験の測定原理は、Boyle-Charles の法則であり、許容漏洩率が極めて小さい値となっている本試験においては CV 内の温度変化が漏洩率評価に大

きな影響を与える。温度は複数の測定値の平均値を用いるが、広い空間に1個の検出器だけでは必ずしもその空間の代表値（平均値）とならない恐れがある。特に、原子炉建家が完成前で CV が直接外気あるいは日照にあたる場合とか、あるいは1次系の発熱の影響を受ける場合等は、壁などで仕切られた空間内に温度の分布が生じるため、複数の検出器が必要となる。以上のことから検出器1個あたりの占める空間の割合はより小さくすべきであり、また1個の検出器でカバーする空間を一定範囲内にすることが是非必要となる。

HTTR と他炉との比較を以下に述べる。他炉の CV の自由容積と測温抵抗体1個が占める体積の割合を Table 3 に示す。これにより、他炉の CV 容積は HTTR に比べて約 25 倍大きいため、例え JEAC 推奨の測温抵抗体を 36 個設置した場合でも、測温抵抗体 1 個がカバーする自由容積値が約 2000m^3 以上になることが分かる。ただし、この 36 という数値は実績を示すものではなく他炉が JEAC 推奨値を使用した場合を想定したものである。また、一方 HTTR に 28 個の測温抵抗体を使用する場合には、1 個の測温抵抗体が占める自由容積が約 100m^3 であり、他炉と比較すると約 1 衍小さい。また、HTTR の CV は原子炉建家内に設置しており、CV の周辺雰囲気温度は換気空調装置により一定範囲内に保たれ急な温度変化はない。また、漏洩率試験は、運転後の原子炉圧力容器から残留熱の除去を行う炉容器冷却設備を停止した後に行うため、1 次系からの発熱はない状態で漏洩率試験を行わなければならない。

以上のことから HTTR は、測温抵抗体の個数を合理化した場合(28 点とした場合)でもサンプリング誤差の少ない平均温度指示が得られる。

③劣化による増加を加味した許容漏洩率

CV の最高使用圧力は 0.39MPa であり、許容漏洩率は、原子炉設置許可申請書記載²⁾の「常温・空気・最高使用圧力の 0.9 倍の圧力において CV 内空気重量の $0.1\%/\text{d}$ 以下」に劣化による漏洩增加を加味⁶⁾した次の値とした。

$$L_{do}=L_d(1-A_1)=0.1 \times (1-0.1)=0.09 \quad (\%/\text{d}) \quad (1)$$

ここで、

L_{do} ：試験圧力 P_d における試験条件下での劣化による漏洩の増加を考慮した許容漏洩率

L_d ：原子炉設置許可申請書および設計および工事の方法の認可に記載される最高使用圧力の 0.9 倍の圧力 P_d における許容漏洩率 $0.1\%/\text{d}$

A_1 ：CV の劣化による漏洩増加のために見込む余裕計数であり、その値は次の計画間隔によって異なる。使用前試験または大きな改修もしくは取り替え後の試験の場合は、次の試験までの計画間隔が 1 年のときは 0.1、2 年のときは 0.2 とし、端数

が出るときは補間によって求められる数値とする。なお、本試験においては、CVの全体漏洩率試験を実施するのが今回初めてであり、試験により得られる漏洩率が許容値に対してどの程度余裕があるのかが未知であったこと等の理由により、次の試験までの計画年数を1年とした。

である。

④漏洩率の定義一覧

本報において使用している漏洩率という言葉について下表にまとめる。なお、単位はいずれも%/dである。

本報で使用している「漏洩率」の定義

名称	記号	内容
局部漏洩率	L_n	局部漏洩率試験の漏洩率
原子炉格納容器換算漏洩率	L_{cv}	局部漏洩率試験の漏洩率を全体漏洩率試験の値に換算した値
漏洩率	L_H	全体漏洩率試験における測定開始基準時刻からH時間後までの漏洩率
平均漏洩率	L_{AV}	全体漏洩率試験の測定漏洩率に統計処理を行い95%信頼限界を加味した値
HTTR 原子炉格納容器の漏洩率	L	原子炉格納容器換算漏洩率 L_{cv} と平均漏洩率 L_{AV} の上の限界の和

(2) 局部漏洩率試験

局部漏洩率試験は、Table 4 および Fig.5 の ①および②に示す原子炉冷却材圧力バウンダリに接続する、1次ヘリウム純化設備、1次ヘリウムサンプリング設備および燃料破損検出装置の CV 貫通部について実施した。即ち、隔離弁が水でシールされている系統や閉じた系を構成する配管のように JEAC により除外することが許されている貫通部以外には全体漏洩率試験において試験圧力をかけることが必要である。ところが、1次冷却材を内包し全体漏洩率試験時に試験圧力がかからない貫通部がある。それらは、1次ヘリウム純化設備、1次ヘリウムサンプリング設備および燃料破損検出装置の貫通部であり、貫通部番号は P101, P107, P108, P109, P113, P117, P118, P123, P204 である。局部漏洩率試験の漏洩率算出のために、これらの貫通部の加圧範囲容積を計算によって求めた。その値を Table 5 に示す。

局部漏洩率試験は、JEAC の圧力降下法に準拠して実施した。局部漏洩率試験時の隔離弁等の開閉状態を付録 1 に示す。なお、本試験に使用した検出器の概要を下表に示す。

局部漏洩率試験における検出器

測定項目	検出器名称	測定範囲	精度	個数
圧力	圧力計	0~0.59MPa (0~6kg/cm ² G)	±0.5% of FS	2
温度	棒状温度計	0~50°C	±1°C	1

局部漏洩率試験は始めに、付録1に示す系統構成を実施し、試験圧力（最高使用圧力 $0.39\text{ MPa}(4.0 \text{ kg}/\text{cm}^2\text{G}) \times 0.9 = 0.35\text{ MPa}(3.6\text{kg}/\text{cm}^2\text{G})$ 以上）まで昇圧する。次に、圧力を15分間以上保持し、試験開始時と試験終了時の圧力を記録し、(2)式および(3)式により局部漏洩率 L_{ri} 、原子炉格納容器換算漏洩率 L_{cv} を算出する。

i) 局部漏洩率 L_{ri}

$$L_{ri} = \frac{24}{H} \times \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100 = \frac{24}{H} \frac{\Delta P}{P_1} \times 100 \quad (\%/\text{d}) \quad (2)$$

ii) 原子炉格納容器換算漏洩率 L_{cv}

$$L_{cv} = L_{ri} \times \frac{V_i}{V_o} \quad (\%/\text{d}) \quad (3)$$

ここで、

P : 任意時刻の絶対圧力 (Pa)

V_o : 格納容器内空間容積($=2800$) (m^3)

V_i : 局部漏洩率試験対象構成要素内空間容積 (m^3)

H : 経過時間 (h)

ΔP : 圧力降下値 ($=P_1 - P_2$) (Pa)

添字

1 : 測定開始基準時刻における値

2 : H 時間後の値

である。

(3) 全体漏洩率試験

①原子炉格納容器の自由容積

CVの自由容積を求めるために、CV内を以下に示す10の部屋に分割し算出した。分割した10の部屋は、炉容器下部室、下部主冷却機器室、補助冷却機器室、プレチャコールトラップ室、原子炉圧力容器室、上部主冷却機器室、スタンドパイプ室、格納容器再循環冷却装置室、燃料交換ハッチ部、CV側部空間である。これら各部屋の部屋容積、機器体積および自由容積をTable 6に算出根拠を付録2に示す。

②検出器および測定系

本試験に使用した検出器の概要を下表に示す。また、本試験の測定系を Fig.6 に、測温抵抗体および露点検出器の配置を Table 7 および Fig.7 に示す。

全体漏洩率試験における検出器

測定項目	検出器名称	測定範囲	精度	個数
絶対圧力	クオーツマノメータ	0~0.67MPa (0~5000mmHg)	±0.01% of FS + 1digit	1
温度	測温抵抗体	0~50°C	±0.01°C	28
湿度	露点検出器	0.3~12kPa (2~90mmHg)	±0.02% of FS	7

③原子炉格納容器内平均温度の算出

CV 内の温度は Fig.7 に示した配置における温度を測温抵抗体により測定する。測温抵抗体の出力値（生データ）は電圧値として計算機に出力されるが、電圧値を以下に示す方法により温度に変換する。

始めに、印加電流 $I(488.28mA)$ と計算機に出力された電圧値 E から、抵抗値 $R(t)$ を算出する。

$$R(t) = E/I \quad (4)$$

次に、各測温抵抗体の校正から得られる水の三重点の抵抗値(Ω) $R(0.01)$ と $R(t)$ から抵抗比 $W(t)$ を算出すると(5)式のようになる。

$$W(t) = R(t)/R(0.01) \quad (5)$$

求めた抵抗比を用いて(6)式により基準関数 $Wr(t)$ を算出する。

$$Wr(t) = W(t) - a[W(t) - 1] - b[W(t) - 1]^2 \quad (6)$$

ここで、

a, b : ITS-90 の偏差関数の係数。各測温抵抗体の校正から得られる値であり、定点法においてガリウムの融解点およびインジウムの凝固点から求めた係数である。
である。

(7)式より温度 T_{90} を算出する。なお、 T_{90} とは ITS90⁹ (国際温度目盛り 90) によるものである。

$$T_{90} = D_0 + \sum_{i=1}^9 D_i \left(\frac{W_r(t) - 2.64}{1.64} \right)^i \quad (7)$$

ここで、

T_{90} : ITS90⁹⁾ (国際温度目盛り 90) に準拠し求められる温度

D_0 : 439.932854

D_1 : 472.418020

D_2 : 37.684494

D_3 : 7.472018

D_4 : 2.920828

D_5 : 0.005184

D_6 : -0.963864

D_7 : -0.188732

D_8 : -0.191203

D_9 : -0.049025

である。

求めた 28 箇所の T_{90} について、(8)式により加重平均値を求める。加重平均値つまり CV 内の平均温度は、測温抵抗体を配置した 28 箇所について部屋の容積について分割し、部屋の容積の割合（重み係数）と T_{90} の積の和である。

$$T = \sum_{i=1}^{28} T_i D_i \quad (8)$$

ここで、

T : 平均温度

T_i : 各測温抵抗体の温度 T_{90}

D_i : 各測温抵抗体の重み係数

である。

各測温抵抗体の重み係数について Table 8 に示す。また、ITS-90 の偏差関数の係数 a , b , $R(0.01)$ および測温抵抗体の製造番号について Table 9 に示す。

④原子炉格納容器内平均水蒸気分圧の算出

CV 内の水蒸気分圧は Fig.7 に示した配置における水蒸気分圧を露点検出器により測定する。露点検出器の出力値（生データ）は電圧値として計算機に出力されるが、電圧値を以下に示す方法により水蒸気分圧に変換する。

Table 10 に示す予め校正された露点検出器の入出力特性表を用いて、出力値を直線

補間し水蒸気分圧に変換する。

例えば、出力値 X(V)が $a < X < b$ にあるとき、 $a < X < b$ の範囲で直線補間を行う。即ち、Y を水蒸気分圧(Pa)、A をある範囲内の直線の傾き、B をある範囲内の直線の切片として、 $Y = AX + B$ により求めた 7箇所の Y について、(9)式により加重平均値を求める。加重平均値つまり CV 内の平均水蒸気分圧は、露点検出器を配置した 7 箇所について部屋の容積について分割し、部屋の容積の割合（重み係数）と Y の積の和である。

$$P_c = \sum_{i=1}^7 P_{ci} E_i \quad (9)$$

ここで、

P_c : 平均水蒸気分圧

T_i : 各露点検出器の水蒸気分圧 Y

E_i : 各露点検出器の重み係数

である。

各露点検出器の重み係数について Table 8 に示す。

③漏洩率の算出

JEAC の規定に従い、%漏洩量 Q および漏洩率 L_H を算出する。

$$Q = \frac{G_1 - G_2}{G_1} = \left(1 - \frac{Pm_2 T_1}{Pm_1 T_2}\right) \times 100 \quad (\%) \quad (10)$$

$$L_H = \frac{24}{H} Q \times 100 \quad (\%/d) \quad (11)$$

ここで、

Q : %漏洩量 (測定経過時間の間の漏洩気体重量と CV 内空気重量の比をパーセントで示した値) (%)

L_H : 漏洩率 (%) / d

Pm : CV 内空気の絶対圧力 (クオーツマノメータによる測定圧力値と水蒸気分圧の差) (Pa)

G : CV 内空気重量 (kg)

T : CV 内絶対温度 (K)

H : 経過時間 (h)

添字

1 : 測定開始基準時刻における値

2 : H 時間後の値

である。

次に、(12)式により分散比 F_0 を算出し、 $F_0 < F$ の場合は平均漏洩率を 0 とする。

$$F_0 = \frac{V_R}{V_{y, x}} = \frac{23 [S(x, y)]^2}{[S(x, x)][S(y, y)] - [S(x, y)]^2} \quad (12)$$

ここで、

F_0 : 分散比であり、 $V_R/V_{y, x}$ により表される。

F : 第 1 自由度 1、第 2 自由度 23、危険率 $\alpha=5\%$ の F 分布関数値($=4.28^{10}$)

H : 測定開始基準時刻から各測定時刻までの経過時間 (h)

Q : %漏洩量 (測定経過時間の間の漏洩気体重量と CV 内空気重量の比をパーセントで示した値) (%)

V_R : 不偏分散であり、 $S_R/\phi R$ により表される。

$V_{y, x}$: 不偏分散であり、 $S_{y, x}/\phi y, x$ により表される。

Φr : 第 1 自由度($=1$)である。

$\phi y, x$: 第 2 自由度であり、 $N-2$ により表される。

N : 測定回数($=25$)である。

S_R : 回帰であり、 $[S(x, y)]^2/S(x, x)$ により表される。

$S_{y, x}$: 残差であり、 $S(y, y)-S_R$ により表される。

$S(x, x)$ および $S(y, y)$: 平方和であり、(13)式および(14)式により表される。

$$S(x, x) = \sum H_i^2 - \frac{(\sum H_i)^2}{25} \quad (13)$$

$$S(y, y) = \sum Q_i^2 - \frac{(\sum Q_i)^2}{25} \quad (14)$$

$S(x, y)$: 共変動であり、(15)式により表される。

$$S(x, y) = \sum H_i Q_i - \frac{(\sum H_i)(\sum Q_i)}{25} \quad (15)$$

である。

次に、 $F_0 \geq F$ の場合は、(16)式により平均漏洩率 L_{AV} を算出する。

$$L_{AV}=24 (b \pm 2.07\sigma) \quad (\%/d) \quad (16)$$

ここで、

L_{AV} : 平均漏洩率 (%/d)

b : 単位時間当たりの%漏洩量であり、(17)式により表される。

$$b = \frac{S(x, y)}{S(x, x)} \quad (17)$$

σ : (18)式により表される値である。

$$\sigma = \left(\frac{V_{x,y}}{S(x,x)} \right)^{1/2} = \frac{([S(x,x)][S(y,y)] - [S(x,y)]^2)^{1/2}}{23^{1/2}[S(x,x)]} \quad (18)$$

である。

(4) 試験結果および考察

①局部漏洩率試験

原子炉格納容器バウンダリ⁸⁾を形成する CV 貫通部および CV 隔離弁のうち、1 次冷却材を内包し全体漏洩率試験時に圧がかからない箇所について局部漏洩率試験を実施した。局部漏洩率試験は、1996 年 9 月 24~25,30 日に JEAC に準拠し圧力降下法により実施した。試験時間である加圧時間は JEAC に従い原則 15 分以上とした。ただし、加圧範囲容積が大きい場合には、必要に応じて加圧時間を長くした。使用した圧力計は最小目盛りが 4.9kPa(0.05kg/cm²)の校正した圧力計である。また加圧に用いた気体は窒素ガスである。

試験は、一つの貫通部配管に隔離弁を 2 基設置している場合は、測定を 2 回実施し、両隔離弁について漏洩率をまず算出した。それらの値から原子炉格納容器換算漏洩率を算出する際には、漏洩率が大きく算出された隔離弁の値を用いた。

局部漏洩率試験では、室温を測定開始時および測定終了時に棒状温度計を用いて測定し、試験中の温度変化は無視できることを確認した。これは、加圧空間が小さく、また試験時間も短いためである。

本試験の測定値、漏洩率、原子炉格納容器換算漏洩率等を Table 11 にまとめて示す。本試験の結果、原子炉格納容器換算漏洩率は、 $1.43 \times 10^{-4} (\%/d)$ であった。ところで、本試験は当然のことながら、燃料装荷前に実施しているため 1 次冷却材であるヘリウムガスに放射能はない。HTTR 臨界後にはこれらの貫通部は放射能を含むヘリウムガスを内包することになるが、試験時には加圧空間のヘリウムガスを気体廃棄物処理施設に接続する仮設の配管が必要となる。仮設の配管については、出力上昇試験開始前

までに準備する予定である。

②全体漏洩率試験

i) 原子炉格納容器内圧力の昇圧および降圧

CV 内圧力の昇圧には、制御用圧縮空気設備の圧縮機を用いて 5.88kPa/h(0.06kg/cm²h) の速度で行った。昇圧は 1996 年 10 月 18 日 13 時に開始し、10 月 22 日 16 時に耐圧試験圧力に到達後耐圧試験を実施し、10 月 24 日 7 時に漏洩試験および全体漏洩率試験圧力まで降圧した。それ以降 10 月 31 日 15 時まで全体漏洩率試験のために圧力を保持した。その間の温度と圧力の経時変化を Fig.8 に示す。また、全体漏洩率試験中の圧力および温度は Boyle-Charles 則の通りお互い同様の変化をしている。全体漏洩率試験中の圧力および温度の経時変化を Fig.9 に示す。なお、本試験中の原子炉冷却材圧力バウンダリの圧力は 0.049MPa (0.5kg/cm²G) に保った。

ii) 温度・水蒸気分圧・湿り空気圧力の測定および試験中のトラブル

本試験において、温度は電圧値として計算機から FD に出力させた。それを別のパソコンの表計算ソフトで読み込み T_{90} および平均温度を計算した。

CV の昇圧開始後まもなく測温抵抗体 T28 (チャンネル T28) の温度がマイナスの値を示した。測温抵抗体から出力される電圧 (A/D コンバータに入力する以前の電圧) をテスターにより測定したところ正常な値を示した。よって測温抵抗体から A/D コンバータまでに至る検出器および配線の断線については異常がないことが確認できた。そこで、A/D コンバータ入力端子のチャンネル T28 の配線と正常な値を示している予備のチャンネル T32 の配線を入れ替えたところ、計算機に出力される値はチャンネル T28 が異常な値を示しチャンネル T32 が正常な値を示した。つまり、A/D コンバータのチャンネル T28 が異常であることを確認した。その後のデータ収集については、測温抵抗体 T28 の出力値はチャンネル T32 に出力するよう設定を変更し、表計算ソフトにおいて T28 と T32 を入れ替えた。なお、T32 は予備であるため、平均温度の算出に際しては影響しない。

また、水蒸気分圧については、計算機の出力値を BASIC に入力し直線補間を行った。その値を再度表計算ソフトに入力し、平均値を計算した。

湿り空気圧力についてはクォーツマノメータを用いて測定したが、計算機の出力値 (生データ) が絶対圧力値(Pa)である。

iii) 漏洩率の算出

平均温度、湿り空気圧力 (加重平均値) 、水蒸気分圧 (加重平均値) および空気圧力 (湿り空気圧力 - 水蒸気分圧) の一覧を Table 12 に示す。なお、Table 12 中漏洩率 I および%漏洩量 q を計算しているが、これは各 1 時間ごとに計算したものである。各

1 時間ごとの%漏洩量 q を Fig.10 に示す。Fig.10 から 0 を境に正負の値を示していることが分かる。次に 10 月 24 日 7 時を基準時刻として、この時刻から各測定までの%漏洩量 Q を Fig.11 に示す。また、JEAC の規定に従い、24 時間ごとの平均漏洩率の例を下表に示す。

全体漏洩率試験の測定結果の一例

期間			平均漏洩率 L_{AV} (%/d)	備考
1996.10.24	8:00～10.25	8:00	0.0120 ± 0.0056	
1996.10.25	8:00～10.26	8:00	0.0300 ± 0.0044	
1996.10.26	8:00～10.27	8:00	0.0202 ± 0.0035	
1996.10.27	8:00～10.28	8:00	0.0243 ± 0.0047	
1996.10.28	8:00～10.29	8:00	0.0263 ± 0.0049	
1996.10.29	8:00～10.30	8:00	0.0217 ± 0.0042	
1996.10.30	12:00～10.31	12:00	0.0116 ± 0.0060	使用前検査受検

1996 年 10 月 30 日の 12 時から 10 月 31 日の 12 時までは使用前検査を受検した。この 24 時間は温度変化が大きかったが、各温度測定点における変化を Table 13 および一例を Fig.12 に示す。測温抵抗体は、Fig.7 に示した通り EL12.5m～EL33.5m に設置した。Table 13 から EL33.5m の温度が EL12.5m に比べて約 6°C 高いが、24 時間の温度変化は場所によらず同様の変化を示していることが分かる。

試験開始の 10 月 24 日 7 時～10 月 25 日 7 時から 10 月 30 日 15 時～10 月 31 日 15 時までの各 24 時間の平均漏洩率に関する計算結果を Fig.13 に示す。なお、Fig.13 中の平均漏洩率は 95% 信頼限界の上の限界の値を記したものである。Fig.13 から試験開始後平均漏洩率は増加し極大点を示し、その後減少し極小点を示し、再度増加・減少を繰り返しての振幅が小さくなる傾向を有している。この原因については現状解明できていないため、今後の検討を要する。

iv) HTTR 原子炉格納容器の漏洩率

HTTR 原子炉格納容器の漏洩率 L は、原子炉格納容器換算漏洩率 L_{cv} と平均漏洩率 L_{AV} の上の限界の和と定義したが、その計算結果を下表に示す。

原子炉格納容器の漏洩率試験結果

名称	漏洩率(%/d)	備考
原子炉格納容器換算漏洩率 L_{cv}	1.43×10^{-4}	
平均漏洩率 L_{AV} の上の限界	0.0116 + 0.0060	1996.10.30 12:00～31 12:00
HTTR 原子炉格納容器の漏洩率 L	0.0178	

試験の結果、HTTR 原子炉格納容器の漏洩率は、許容値の 0.09%/d に対して十分余裕のある 0.0178%/d であることを確認した。

3.1.2 減圧事故模擬試験

(1) 概要

CV の最高使用圧力は、想定する最も厳しい事象である減圧事故⁵⁾時の圧力を基に 0.39MPa と定められている。CV の耐圧漏洩試験時には、CV 内圧力を 0.44MPa(4.5kg/cm²G; 最高使用圧力 × 1.125)で行うため、減圧事故時相当以上の内圧負荷状態になる。本試験では、0.44MPa(4.5kg/cm²G)の内圧負荷状態における、CV の変位およびひずみを測定しその挙動を調べた。

HTTR の CV は、軽水炉等の軸対称型 CV とは異なり、大型のハッチ等を非対称に取り付けた構造となっている。このため Okubo M. らは、軸対称モデルの弾塑性解析およびスケールモデルによる内圧負荷試験を行い、その特性を調べてきた¹¹⁾。ここで更に、実機によりこの減圧事故模擬試験（内圧負荷試験）を行い HTTR の CV の特性を把握する。また、CV は、「黒鉛減速ヘリウムガス冷却型原子炉施設に関する構造等の技術基準」¹²⁾に基づき許容応力が決められており、本試験により求まる応力値から、許容値との比較を行う。

(2) 試験方法

1) 検出器設置位置

本試験では、内圧を 0 から 0.44MPa(4.5kg/cm²G)まで上昇させ CV の変位およびひずみの測定を行った。変位計の設置位置について Fig.14 に示す通り、胴部に 4 点(D1～D4)、ナックル部（上鏡肩部）に 4 点(D5～D8)、上鏡頂部に 1 点(D9)、燃料交換ハッチフランジ部に 2 点(D10～D11)、配管貫通部（伸縮継手部）に 8 点(D12～D19)設置した。なお、変位計は、原子炉建家に固定したため、変位は CV と原子炉建家との相対変位である。また、ひずみ計の設置位置と測定点数については、ナックル部に 3 点(S1～S3)、胴部に 2 点(S4～S5)設置した。ただし、ひずみ計は、1 点につき X 方向(周方向)と Y 方向(鉛直方向)の 2 方向を測定した。圧力は、漏洩率試験用の配管に接続したクオーツマノメータにより測定した。

2) 検出器仕様

① 変位計

定格出力	1.5 mV/V ± 20%(3000 × 10 ⁻⁶ ひずみ)
非直線性	0.5%RO
ヒステリシス	0.5%RO
繰り返し性	0.3%RO
入出力抵抗	120Ω ± 3%
測定範囲	50mm

②ひずみ計

寸法	10mm
ゲージ抵抗値	$120.0 \pm 0.8 \Omega$
ゲージ率	$2.13 \pm 1.0\%$
横方向感度	0.2%
ゲージ率温度係数	$+0.008\%/\text{°C}$

③クオーツマノメータ

測定範囲	0~0.67MPa(5000mmHg)
精度	$\pm 0.01\% \text{ of F.S} + 1 \text{ digit}$

3)測定系

本試験の測定系を Fig.15 に示す。変位およびひずみは、それぞれのゲージに印可電圧を加えた後スキャナを介しデータ収録装置に電圧値として出力する。圧力は、そのまま圧力値としてデータ収録装置に収集する。このため、変位およびひずみは、電圧値から工学値に変換する必要がある。変位計においては、電圧値から工学値に変換する際にこの印可電圧が重要であるため、変位計の印可電圧も併せて測定した。データは 30 分ごとに自動的にデータ収録装置に転送され、プリントアウトおよびプロッピーディスクに出力した。以下に電圧値から工学値に変換する計算式を示す。

$$\text{変位 } L = \alpha V_L / V_L' \quad (19)$$

$$\text{ひずみ } e = 100 V_e K \epsilon / V_e' / E \quad (20)$$

ここで、

α : 補正係数(各変位計の校正值)

V_L, V_e : 出力電圧(mV)

V_L' : 印可電圧(V)

V_e' : 印可電圧(V)[=5](ただし、S4 は 3)

K : ゲージ率[=2]

ϵ : ひずみ量(10^{-6})

E : ブリッジ電圧(V)[=2.13]

である。

4)初期値設定

変位およびひずみの出力電圧値は、昇圧開始前からある値を示しており、このときの工学値に変換した値を初期値とした。つまり、昇圧後の変位およびひずみは、

$$\text{変位およびひずみ} = (\text{昇圧後の工学値} - \text{昇圧前の初期値}) \quad (21)$$

である。初期値は CV 昇圧前の 10 月 18 日 13:00 のデータとした。

5) 試験方法

CV の昇圧は、制御用圧縮空気設備を用いて行った。CV 昇降圧時の圧力の経時変化を Fig.8 に示す。昇圧は約 5.88kPa/h(0.06kg/cm²/h)で行った。昇圧時に圧力が約 49, 98, 196, 294, 392, 441kPa (0.5, 1, 2, 3, 4, 4.5 kg/cm² G) の時点で昇圧を一時止め巡視点検を行った。昇圧時のデータは、この圧力保持時の値とし、降圧時は、30 分ごとに取得するデータの中で約 98, 108, 196, 294, 392kPa (1, 1.1, 2, 3, 4 kg/cm² G) となる時点のデータを採用した。採用したデータの日付、時間および CV 内圧力を下表に示す。

データ採用日時および CV 内圧力

項目	日時	圧力 MPa (mmHg)
昇圧前	10 月 18 日 13:00	0.10(764.3)
昇圧過程 (圧力保持時)	10 月 19 日 00:00 10 月 19 日 13:00 10 月 20 日 12:00 10 月 21 日 09:00 10 月 22 日 06:00	0.15(1139.3) 0.20(1508.4) 0.30(2276.1) 0.39(2980.2) 0.49(3727.4)
耐圧試験中	10 月 23 日 19:00	0.54(4082.5)
降圧過程	10 月 24 日 03:00 10 月 24 日 07:00 10 月 31 日 19:00 11 月 1 日 00:00 11 月 1 日 05:00	0.49(3703.7) 0.47(3546.1) 0.38(2920.6) 0.29(2224.9) 0.19(1431.4)
降圧後	11 月 6 日 14:00	0.10(754.9)

(3) 試験結果および考察

昇圧時および降圧時の圧力と変位およびひずみの関係をそれぞれ Fig.16 および Fig.17 に示す。これらの図より、変位は、どの測定点についても圧力に対してほぼ変位量が直線的である。しかし、Fig. 16(3/19)、Fig. 16(4/19)および Fig. 16(13/19)に示す胴部(D3、D4) および伸縮継手部(D13)の変位量は、圧力の増加とともににある圧力までは減少しそれ以降は、増加している。これは CV 製作時の初期不整の真円からのずれによるものと思われる。ひずみは、Fig. 17 に示すように圧力に対してほぼ直線的に増加または減少していることにより、このひずみの結果から CV 内圧力 0.44MPa(4.5kg/cm²G) までの内圧負荷では、弾性変形領域であることが分かる。また、ヒステリシスは、Fig.16 ～Fig.17 より加圧時および減圧時の変位及びひずみには再現性があり、測定系の妥当性が確認できる。

最大圧力 0.44MPa(4.5kg/cm² G)負荷時の変位方向および変位量を Fig.18 に、ひずみを Fig.19 に示す。本試験において、変位量の最大は、燃料交換ハッチフランジ部(D9)の CV が膨張する方向(プラス方向)に 16.70mm であり、ひずみの最大は、胴部(S4-X 方向)の 0.0549% であった。胴部の変位およびひずみに着目してみると、Fig.18～Fig.19 より変位の D1 および D2 は、プラス方向、D3 および D4 は、マイナス方向に変位している。また、ひずみの S4-X および S5-X は、プラスのひずみが出ている。このことより、CV は、胴部において傾きながら膨張していると考える。

CV の挙動は、Fig. 18 に示すように、上鏡頂部及び胴部は膨張し、ナックル部は収縮している。ここで、Fig. 20(a)に示す Okubo M. らの行った弾塑性解析¹¹⁾と比較する。この解析は、CV に開口部のない場合の軸対称シェルモデルでの弾塑性解析で、CV 内圧力が 0.8MPa までは、弾性変形領域であることが述べられている。Fig. 21 にその比較図を示す。Fig. 21 より CV の挙動は、試験結果及び Okubo M. らの行った弾塑性解析において上鏡頂部及び胴部は膨張し、ナックル部は収縮している。つまり、非軸対称である実機の試験結果と軸対称シェルモデル弾塑性解析は、同じ挙動を示している。

発電用原子力設備に関する構造との技術基準¹²⁾では、ナックル部および胴部の引張許容応力は、最高使用圧力 0.39MPa (4.0kg/cm²G) 下において、それぞれ 197.0MPa (20.1kg/mm²) および 131.4MPa (13.4kg/mm²) と示されており、建設準備設計段階で行われた有限要素解析¹³⁾では、ナックル部および胴部の応力は、それぞれ 164.7MPa (16.8kg/mm²) および 122.5MPa (12.5kg/mm²) と示されている。ここで、本試験の最大圧力時 0.44MPa (4.5kg/cm² G) のひずみから算出した応力を以下に示す。なお、ヤング率は 189GPa (1.93×10^4 kg/mm²)、ポアソン比は 0.3 を用いた。

応力の実測値、解析値、許容値の比較 単位: MPa (kg/mm²)

ひずみ測定位置	S1 (ナックル部)	S2 (ナックル部)	S3 (ナックル部)	S4 (胴部)	S5 (胴部)
引張許容応力 ¹²⁾	197.0(20.1)			131.4(13.4)	
有限要素解析値 ¹³⁾	164.7 (16.8)			122.5 (12.5)	
応力 (実測値)	-99.0 (-10.1)	-122.5 (-12.5)	-81.4 (-8.3)	32.4 (3.3)	39.0 (4.0)

本試験結果を有限要素解析結果と比較した場合、解析結果より本試験結果の応力が小さいことが分かる。これらの値の開きは、実機では CV 内部コンクリートを打設しているため、事実上 CV の強度が増したためと考える。また、発電用原子力設備に関する構造との技術基準¹²⁾の引張許容応力と比較した場合、ナックル部および胴部とともに許容値以下であり、十分満足していると言える。

3.1.3 隔離弁の作動試験

(1) 概要

HTTR の CV を貫通する配管等は、ヘリウムガス、加圧水、冷却水、圧縮空気等を内包しているが、確立論的安全評価上の観点から所定数の隔離弁を設けている。

隔離弁は、減圧事故時等に 1 次冷却材および放射性物質を CV 外に漏洩させないよう自動的に隔離する機能を有している。また、安全評価上の解析条件として隔離弁の閉止時間を規定しているものがある。この閉止時間の規定は、配管破断事故等を想定した場合の解析条件の一つであり、解析では保守的な値を用いて評価している。

本隔離弁の作動試験では、隔離弁が円滑に動作すること、また隔離弁の閉止時間が規定されているものは、規定時間内に隔離弁が閉止することの確認を行う。作動試験は、1 度目は HTTR（現地）に据え付けられる以前に工場において、2 度目は現地据付後に行っている。また、本作動試験は 1 度目の作動検査後 1 年が経過しているために使用前検査供用期間中の保守点検の「定期検査 I」相当としての試験も兼ねた。

検査対象となっている隔離弁は、圧縮空気により弁の開閉を行うもの（圧空弁）と、電動機により弁の開閉を行うもの（電動弁）に分かれており、弁の開閉は中央制御室からのスイッチ操作により行う。試験対象弁を以下に示す。

- | | |
|-------------------------------|-----|
| ① 2 次加圧水冷却器出口隔離弁(135VII) | 電動弁 |
| ② 1 次加圧水冷却器入口隔離弁(135VI3) | 電動弁 |
| ③ 1 次ヘリウム純化設備 CV 内隔離弁(161VII) | 圧空弁 |
| ④ 1 次ヘリウム冷却設備 CV 外隔離弁(161VI2) | 圧空弁 |
| ⑤ 1 次ヘリウム冷却設備 CV 外隔離弁(161VI3) | 圧空弁 |

(2) 試験方法

隔離弁の閉止時間測定のため、「隔離弁の開閉操作スイッチの閉信号」および「隔離弁全閉確認ランプに入力される信号」を安全保護シーケンス盤から取り出し、レコーダに記録した。「閉信号」発信から全閉ランプに信号が入ってくるまでの時間差を用いて隔離弁の閉止時間を求める。下表に盤番号および信号取り出し位置を示す。

試験対象の③～⑤の圧空弁は、閉止時間が短いためレコーダのチャートスピードを 100mm/s とし、①および②の電動弁は、10mm/s で行った。

隔離弁閉止時間測定用信号取出位置

隔離弁 番号	盤番号	ピン 番号	閉信号の入力		ピン 番号	全閉信号		全開信号	
			(+) 側	(-) 側		(+) 側	(-) 側	(+) 側	(-) 側
135VII	245LP2A-1-2	T211	23	24	T218	28	26	28	23
135VI3	245LP2B-1-2	T218	23	24	T218	28	26	28	23
161VII	245LP2A-1-3	T310	13	15	T318	4	3	4	2
161VI2	245LP2B-1-3	T310	13	15	T316	4	3	4	2
161VI3	245LP2B-1-3	T310	19	21	T319	4	3	4	2

(3) 試験結果および考察

隔離弁の一部には、想定する事故時における解析条件の1項目として隔離弁の閉止時間を規定している。隔離弁①および②は、1次加圧水冷却器伝熱管破損事故を想定している。即ち、1次加圧水冷却器の伝熱管が瞬時に破損し、1次冷却設備へ加圧水が侵入する事故を想定した場合の隔離弁の閉止時間を30秒と規定している。また、隔離弁③～⑤は1次ヘリウム純化設備破損事故を想定している。即ち、1次ヘリウム純化設備の配管が瞬時に破断し、1次冷却材とともに放射性物質がSA内へ漏洩し、放射性物質が原子炉施設外へ放出する事故を想定した場合の隔離弁の閉止時間を5秒と規定している。

その他の隔離弁は、内包物が1次冷却材ではなく放射能濃度が低いもの、または、サンプリング設備などの1次冷却材を内包するものでも、配管径が4mm以下と小口径なものであるため、被ばく評価上閉止時間は規定していない。

現地で行った試験の結果および工場で行った試験結果を下表に示す。試験の結果、それぞれの隔離弁の閉止時間は規定値内に入っており、試験結果は良好であった。また、閉止時間が30秒と規定されている隔離弁①および②における現地と工場の閉止時間の差は、モータにかかる電圧の違いによるものであり、閉止時間が5秒と規定されている隔離弁③～⑤における閉止時間の差は、弁を開閉する圧縮空気の圧力の違いによるものであると考える。

隔離弁閉止時間試験結果

隔離弁名称	隔離弁番号	閉止時間		
		規定値	実測値(工場)	実測値(現地)
2次加圧水冷却器 隔離弁	135V11	30秒以内	26秒	23.5秒
1次加圧水冷却器 隔離弁	135V13	30秒以内	26秒	23.6秒
1次ヘリウム純化設備 CV内隔離弁	161V11	5秒以内	0.21秒	0.17秒
1次ヘリウム純化設備 CV外隔離弁	161V12	5秒以内	0.30秒	0.24秒
1次ヘリウム純化設備 CV外隔離弁	161V13	5秒以内	0.30秒	0.24秒

3.2 サービスエリア

3.2.1 気密試験

(1) 概要

SA は、CV を取り囲む原子炉建家の一部であり、CV、燃料取扱設備、1 次ヘリウム純化設備等から放射性物質の漏洩があっても、周辺に直接放出されることを防止するために非常用空気浄化設備等により負圧を維持するものである。Fig.3 に SA を示す。また、SA は、CV 隔離、SA 隔離等の事故事象により、SA 内を-59Pa(-6mmAq)以下の負圧を維持する。SA 内に漏洩した放射性物質は、非常用空気浄化設備の微粒子フィルタおよびヨウ素除去フィルタを介し放射性濃度を低減し、排気管から大気に放出する。

本試験では、SA 内を-59Pa 以下の負圧にするため非常用空気浄化設備の風量をダンパの開度の調節により行い、負圧維持能力を確認した。また、中央制御室の副盤に設置する SA 内の負圧測定計（差圧計;144PII）が、SA 内圧力の代表点であることを確認した。

(2) 試験方法

試験は、非常用空気浄化設備の排風機を中央制御室から起動し、風量調節ダンパ(144D3)の開度を調節し負圧調整を行った。このとき、SA の出入口扉は、全て閉鎖するがモレキュラーシーブトラップ室（以下、MST 室という）およびコールドチャコールトラップ室（以下、CCT 室という）の天井プラグが開放（通常運転時は当然閉鎖している）してあるため、室内にある非常用空気浄化設備の吸込口に設置するシャッタの開閉を考慮し試験を行った。また、圧力測定は仮設のクオーツマノメータを 2 台および非常用空気浄化設備付属の本設の差圧計（144PII）を用いて行った。試験では、以下の 2 つの点について確認した。

- ①風量調節ダンパ(144D3)の開度を変化させ SA 内の負圧-59Pa 以下を達成する開度を確認する。
- ②本設の差圧計（144PII）が SA 内の差圧の代表点であることを確認する。

試験は、風量調節ダンパ(144D3)の開度を 20%, 40%, 45%, 50%, 55% と変化させ、本設の差圧計(144PII)、オペレーションフロア(N-409 室)および 1 次ヘリウム純化設備室(N-115 室)もしくはオペレーションフロア(N-409 室)および清浄度管理棟に設置したクオーツマノメータを用いて測定を行った。なお、MST 室および CCT 室の天井プラグ開放状態で、吸込口は開および閉の両者を確認した。最終的には、MST 室および CCT 室の天井プラグを開鎖後風量調節ダンパの開度を 55%とした場合を確認した。

(3) 試験結果および考察

試験結果を下表に示す。試験 1,2,4,5 のオペレーションフロア差圧および N-115 差圧

は、クオーツマノメータをオペレーションフロアおよび1次ヘリウム純化設備室(N-115室)に設置し圧力を測定し、排風機起動前後の絶対圧力の変化から求めた差圧である。試験6,7,8のオペレーションフロア差圧は、オペレーションフロアおよび清浄度管理棟にクオーツマノメータを設置し、清浄度管理棟で測定した外気圧の変化で補正したものである。本設の差圧計(144PII)の差圧はFig.22に示すSA内外の差圧である。非常用空気浄化設備の排風機は、A系統に比べて風量が小さく負圧が立ちにくいB系統を使用した。

気密試験結果

No	144D3 開度(%)	オペフロ 差圧(Pa)	N115 差圧(Pa)	144PII (Pa)	風量 (m³/h)	試験条件等
1	20	-25	-29			・ MST 室およびCCT 室シャッタ開
2	40	-31	-35	-11	1951	・ 非常用空気浄化設備排風機 B 起動
4	50	-99	-106	-63	2961	
5	50	-108	-105	-67	2920	
6	50	-106		-78	2897	・ MST 室およびCCT 室シャッタ閉
7	45	-99		-73	2697	・ 非常用空気浄化設備排風機 B 起動
8	45	-107		-79	3000	・ MST 室およびCCT 室シャッタ閉 ・ 非常用空気浄化設備排風機 A, B 起動

試験の結果、本設の差圧計(144PII)から MST 室および CCT 室の吸込口のシャッタを開の状態において、風量調節ダンパ(144D3)の開度 40%における差圧は約-11Pa、開度 50%では約-65Pa であった。また、MST 室および CCT 室の吸込口のシャッタを閉とした状態において、開度 45%と 50%には約 10Pa の差があった。これらの試験により、MST 室および CCT 室の天井プラグが開放した状態でも、風量調節ダンパ(144D3)の開度を 50%以上とすれば、規定の負圧-59Pa 以下が達成できることを確認した。

本結果を基に風量調節ダンパ開度として余裕を取り 55%として、天井プラグを閉鎖し試験を行った。この試験では、非常用空気浄化設備の A および B 系統により試験を行い、それぞれ約 1 分以内に規定の負圧-59Pa 以下が達成することを確認した。試験結果を下表に示す。

風量調整ダンパ開度 55%時の負圧度

系統	経過時間(min)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	SA 内圧力(Pa)	17	-75	-86	-82	-85	-87	-83	-79	-82	-81
	流量(m³/h)	0	3349	3333	3324	3326	3324	3335	3348	3322	3342
B	SA 内圧力(Pa)	18	-71	-79	-81	-81	-82	-82	-82	-91	-92
	流量(m³/h)	0	3221	3229	3317	3229	3286	3236	3275	3306	3275

次に SA 内の上部および下部においての圧力変化を比較し、SA 内の負圧度が高低差により顕著な差がないことを確認する。試験 5 で計測したオペレーションフロア (SA 内上部) と 1 次ヘリウム純化設備室 (SA 内下部) における排風機起動後の絶対圧力の経時変化を Fig.23 に示す。Fig.23 から、両者の差圧変化の傾向はほぼ等しいことが分

かる。即ち、SA 内の上部および下部において圧力変化に時間ずれ等はなく、当初達成負圧が低くなることを危惧していた SA 内下部（1 次ヘリウム純化設備室）が、SA 内上部（オペレーションフロア）と同様の負圧度が得られることを確認した。

本設の差圧計(144PII)が SA 内の差圧の代表点となることを確認するために、オペレーションフロア差圧（排風機起動前後のオペレーションフロアの絶対圧力差を清浄度管理棟で測定した大気圧で補正した値）と本設の差圧計(144PII)により、排風機起動後の差圧の経時変化を測定した。測定結果を Fig.24 に示す。Fig.24 から、排風機起動後本設の差圧計(144PII)の値が、オペレーションフロア差圧より低いことが分かる。即ち、本設の差圧計による計測が安全側であることを確認した。

以上、SA 内において高低差により達成負圧に差がないこと、本設の差圧計による計測が安全側であり代表点として扱えることを確認した。

3.3 非常用空気浄化設備

HTTR の安全評価において評価している事故の一部である、減圧事故および 1 次ヘリウム純化設備破損事故では、非常用空気浄化設備の能力が被ばく評価の観点上大変重要である。原子炉設置許可申請書²⁾の添付書類十では、減圧事故の被ばく評価について以下の通り記載している。即ち、「事故後、SA は CV からの漏洩、機器等の放散熱等により昇圧される。このため、評価上、事故後 5 分間に SA に放出された放射性物質のうち、大気圧との圧力差分に余裕を見込んだ割合(1%)の放射性物質が地上放出されるものとする。なお、地上放出割合とその継続時間の算定にあたっては、事故後、約 5 分後に商用電源が喪失するもの」であり、かつ「事故後、非常用空気浄化設備のフィルタ機能が期待できるまでの時間は、評価上 13 分とし、その間 CV から SA に漏洩した放射性物質は前述したものを除き非常用空気浄化設備の設計流量($3360\text{m}^3/\text{h}$)により、排気管から大気中に放出されるものとし、非常用空気浄化設備のフィルタ効果は無視する。また、13 分以降は非常用空気浄化設備のフィルタを経て、排気管より大気中に放出されるもの」であり、「非常用空気浄化設備のフィルタのヨウ素除去効率は、設計値(95%)に余裕をもった値として 90%とするもの」である。

非常用空気浄化設備の機能試験は、以上をふまえた上で、ヨウ素除去効率確認試験、微粒子除去効率確認試験および起動時間確認試験を実施した。

3.3.1 微粒子およびヨウ素除去効率確認試験

(1) 概要

非常用空気浄化設備の微粒子フィルタおよびヨウ素除去フィルタには、減圧事故等の被ばく評価の観点から、それぞれ除去効率を下表の通り規定している。各フィルタの性能を確認するために微粒子フィルタ除去効率確認試験およびヨウ素除去効率確認試験を実施する。

非常用空気浄化設備フィルタの除去効率規定値 (単位: %)

名称	炉設置許可申請書 記載値	設工認 記載値	使用前検査要領書 記載値
微粒子フィルタ	99%	99%	99%
ヨウ素除去フィルタ	95%(90%)	95%	95%

注1) 微粒子フィルタ: $0.7\mu\text{m}$ 粒子に対して

注2) ヨウ素除去フィルタ: 相対湿度約 80%、温度 50°Cにおいて

注3) ヨウ素除去フィルタの炉設置許可申請書記載値欄に記載の()内の数値は、安全評価上の値である。

(2) 微粒子除去効率確認試験

DOP (フタル酸ジオクチル:Diethyl Phthalate) 発生装置により DOP スモーク($0.7\mu\text{m}$) 粒子を発生させ、フィルタの上流側および下流側の濃度を測定し、微粒子除去効率を

算出し、除去効率が99%以上であることを確認する。

試験手順を以下に示す。また、Fig.25の通りの系統構成を行う。

- ①非常用空気浄化設備の排風機を運転し、風量を設計風量値(3360m³/h)以上に調整する。
- ②風量を測定する。
- ③DOP 発生装置により DOP スモーク(0.7 μ m)粒子を発生させ、スモーク投入口より投入する。
- ④排気フィルタユニットの上流側および下流側のガスをサンプリングし、濃度を測定装置(ホトメータ)により測定する。なお、測定は上流側のガス濃度を100%と設定し、下流側サンプリングに切り替えることによって、設定された濃度に対する相対濃度として、下流側のガス濃度を測定する。
- ⑤次の式により微粒子除去効率を算出する。

$$\text{微粒子除去効率}(\%) = \{1 - (\text{下流側測定値}/\text{上流側測定値})\} \times 100 \quad (22)$$

なお、ホトメータの仕様は以下の通りである。

仕様	型式	TDA-2EN
	メーカー	ATI 社(USA)
測定可能濃度範囲		上流側を1とした場合下流側はその100万分の1
測定最大相対濃度		1/1000000
表示		直線目盛(%) 5段切換(100%, 10%, 1%, 0.1%, 0.01%)
吸引試料流量		28 l/min
使用電源		AC100V
消費電力		約500W
外形寸法		W432×L534×H191(mm)
重量		約13kg

(3) ヨウ素除去効率確認試験

活性炭メーカーにて実施した活性炭単体の吸着効率試験におけるヨウ素除去効率値と、フレオングas(R-112)を用いて求めるヨウ素除去フィルタのバイパスリーク路の漏洩率値からフィルタの除去効率を算出し、除去効率が95%以上であることを確認する。

試験手順を以下に示す。また、Fig.26の通りの系統構成を行う。

- ①非常用空気浄化設備の排風機を運転し、風量を設計風量値(3360m³/h)以上に調整する。
- ②風量を測定する。
- ③ハロゲンガス濃度測定装置により、フィルタ上流側および下流側のフレオングas(R-112)バックグラウンド濃度を測定する。

- ④フレオンガス発生装置により、フレオンガス(R-112)を発生させ、フレオン投入口より投入し、フィルタ上流側のフレオンガス濃度を10~20ppmにする。
- ⑤フィルタ上流側および下流側のガスをサンプリングし、フレオンガス濃度をハログンガス濃度測定装置により測定する。
- ⑥次の式によりヨウ素除去フィルタ部のバイパスリーク路の漏洩率R(%)を算出する。

$$R(\%) = (B-D)/(A-C) \times 100 \quad (23)$$

ここで、

- A : フィルタ上流側フレオンガス濃度
 B : フィルタ下流側フレオンガス濃度
 C : フィルタ上流側バックグラウンド濃度
 D : フィルタ下流側バックグラウンド濃度

である。

- ⑦活性炭単体の吸着効率試験記録の値を用いて、次式によりヨウ素除去効率算出する。

$$\text{ヨウ素除去効率}(\%) = \text{活性炭単体の吸着効率} \times (1-R/100) \quad (24)$$

(4) 試験結果

①微粒子除去効率確認試験

微粒子除去効率確認試験結果を下表に示す。濃度の測定はホトメータと呼ばれる微粒子フィルタ用測定器を用いた。ホトメータの原理は、煙による光の散乱現象を利用して濃度の異なる2流体間の相対的な濃度比を測定するものである。測定では上流側の濃度を基準にして、下流側の濃度をパーセント表示する。

微粒子除去効率確認試験結果

項目	単位	測定値		備考
		A 系統	B 系統	
試験年月日	-	1996/5/28		
上流側測定値	%	100		
下流側測定値	%	0.01		
風量	m ³ /h	3950	3900	
微粒子除去効率	%	99.99		

試験の結果、微粒子除去効率値はA系およびB系ともに99.99%であり、規定の99%以上を満足した。

②ヨウ素除去効率確認試験

ヨウ素除去効率確認試験結果を下表に示す。濃度の測定はガスクロマトグラフを用いた。活性炭単体の吸着効率試験は工場において実施したが、この記録を Table 14 に示す。活性炭単体の吸着効率試験は、ヨウ素およびヨウ化メチルについて実施したが、ヨウ素除去効率を算出するにあたっては、ヨウ素の吸着効率値 99.99%に対して安全側であるヨウ化メチルの値 99.71%を使用した。

ヨウ素除去効率確認試験結果

項目	単位	測定値		備考
		A 系統	B 系統	
試験年月日	-	1996/6/7		
フィルタ上流側フレオンガス濃度[A]	ppm	13.68	11.40	
フィルタ下流側フレオンガス濃度[B]	ppm	0.01974	0.00987	
フィルタ上流側バックグランド濃度[C]	ppm	0.570	0	
フィルタ下流側バックグランド濃度[D]	ppm	0.00423	0	
風量	m ³ /h	3700	3600	
ヨウ素除去フィルタ部のバイパスリーグ路の漏洩率[R]	%	0.1184	0.08658	
活性炭単体の吸着効率	%	99.71		Methyl Iodine
ヨウ素除去効率	%	99.59	99.62	

試験の結果、ヨウ素除去効率値は A 系が 99.59%、B 系が 99.62%であり、規定の 95% 以上を満足した。

3.3.2 起動時間確認試験

(1) 概要

非常用空気浄化設備は、前述した通り事故発生後 13 分以降には能力を発揮しなければならない。13 分の内訳は、「事故が発生し非常用空気浄化設備の起動指令発生から非常用空気浄化設備の排風機および電気ヒータの起動（数秒）」、「排風機起動後に電気ヒータの出入口温度差が 4°C 以上になるまでの時間（相対湿度 80% 以下を達成するまでの時間）（5 分）」、「商用電源が喪失し非常用発電機により再起動するまでの時間（1 分）」、「非常用空気浄化設備の排風機および電気ヒータが再起動後、電気ヒータの出入口温度差が 4°C 以上になるまでの時間（相対湿度 80% 以下を達成するまでの時間）（5 分）」に安全裕度の 2 分を加えたものである。

(2) 試験方法

試験は次の 3 段階により実施する。第 1 段階は、非常用空気浄化設備（排風機および電気ヒータ）を、減圧事故模擬である「1 次冷却材・加圧水差圧低」信号により起動させ、起動時間を測定する。第 2 段階は、排風機および電気ヒータ起動後に、相対

湿度 80%を確保するための電気ヒータの出入口温度差が 4°C以上に達するまでの時間を測定する。第3段階は、排風機および電気ヒータの起動中に商用電源を手動で遮断し、非常用発電機により再起動するまでの時間を測定する。

なお、第1段階と第3段階の時間の計測にはオシロレコーダを使用した。信号は安全保護ロジック盤および安全保護シーケンス盤の入出力信号から取り出しレコーダに接続したもので、信号取り出し位置を下表に示す。また、レコーダの電源は、商用電源が喪失するため、無停電電源（プラント制御装置盤のサンプリング系が使用する光モデム用電源）を使用した。

レコーダの接続箇所

名称	A 系	B 系	電圧
1 次冷却材・加圧水差圧低 ch2	TB205A3,4	TB205B3,4	24V
1 次冷却材・加圧水差圧低 ch3	TB305A3,4	TB305B3,4	24V
非常用空气净化設備 排風機	安全保護シーケンス盤 A トレ T219-1,3(-)	安全保護シーケンス盤 B トレ T219-1,3(-)	48V
非常用空气净化設備 電気ヒータ	安全保護シーケンス盤 A トレ T219-4,6(-)	安全保護シーケンス盤 B トレ T219-4,6(-)	48V
商用電源喪失	シーケンス盤 A トレ カード A1619 45A テストポート	シーケンス盤 B トレ カード B1619 45A テストポート	24V
電源確立	A トレ T613-9,10(-)	B トレ T613-9,10(-)	48V

(3) 試験結果および考察

- ①非常用空气净化設備の起動指令から非常用空气净化設備の排風機および電気ヒータの起動

非常用空气净化設備の起動指令の一つである減圧事故を想定した「1次冷却材・加圧水差圧低」の模擬信号を入力し、非常用空气净化設備の排風機および電気ヒータの起動までの時間を測定した結果を下表に示す。測定はレコーダを用い、信号は1次冷却材・加圧水差圧低の信号と排風機および電気ヒータの起動信号を取り出した。測定の結果、起動までの時間は2系統ともに1秒以下である。

模擬信号の入力から起動までの時間

事象名	時間 (s)	
	A 系	B 系
1 次冷却材・加圧水差圧低の模擬信号の入力から非常用空气净化設備の排風機および電気ヒータ起動までの時間	0.09	0.08

注 1) レコーダのチャートスピードは 100mm/s である。

②非常用空気浄化設備の起動後に電気ヒータの出入口温度差が 4°C以上になるまでの時間（相対湿度 80%以下を達成するまでの時間）

非常用空気浄化設備の排風機および電気ヒータ起動後に、電気ヒータ出口温度、SA 内温度およびヨウ素除去フィルタ温度の時間変化を測定した。測定結果を下表に示す。電気ヒータの出入口温度差は、SA 内温度が著しく変化しない条件で、起動時（経過時間 0min）の電気ヒータ出口温度を入口温度として、以降の電気ヒータ出口温度との差で求めた。即ち、A 系の 5 分後の出入口温度差は、5 分後の電気ヒータ出口温度 37.9°C から初期値である 25.6°C を引いて 12.3°C とした。

試験の結果、排風機および電気ヒータ起動後 1 分で電気ヒータの出入口温度差が A 系で約 6°C、B 系で約 5°C に達している。その後、A 系では約 12°C、B 系では 10°C で定常となった。

電気ヒータの能力達成までの時間 (単位 : °C)

系統	経過時間 (min)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	電気ヒータ出口温度	25.6	31.8	35.6	36.8	37.7	37.9	38.0	38.1	38.3	38.3
	SA 内温度	21.5	21.5	21.3	21.2	21.1	21.1	21.1	21.1	21.0	21.0
	C/F 温度	25.5	25.5	25.5	25.5	25.0	25.0	25.0	25.5	25.5	26.0
	出入口温度差	0	6.2	10.0	11.2	12.1	12.3	12.4	12.5	12.7	12.7
B	電気ヒータ出口温度	25.3	30.6	33.6	34.7	35.0	35.2	35.3	35.2	35.3	35.4
	SA 内温度	21.0	21.0	21.0	21.0	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9
	C/F 温度	25.0	25.0	25.0	24.5	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
	出入口温度差	0	5.3	8.3	9.4	9.7	9.9	10.0	9.9	10.0	10.1

注1) 出入口温度差は電気ヒータ出口温度の変化である。

注2) C/F : ヨウ素除去フィルタ

注3) SA 内温度および C/F 温度は参考測定

③商用電源が喪失し非常用発電機により再起動するまでの時間

排風機および電気ヒータの運転中に商用電源を喪失させて、非常用発電機により再起動するまでの時間を計測した結果を下表に示す。測定はレコーダーを用い、信号は商用電源喪失の信号と排風機および電気ヒータの起動信号を取り出した。測定の結果、再起動までに要した時間は A 系が約 50 秒、B 系が約 55 秒であり 1 分以内を満足した。

商用電源喪失から再起動までの時間

名称	再起動までの時間 (s)		備考
	A 系	B 系	
①排風機	49.8	53.8	
②電気ヒータ	49.8	53.8	
非常用空気浄化設備起動までの時間	49.8	53.8	

注 1) レコードのチャートスピードは 5mm/s である。

④まとめ

以上①～③をまとめて下表に示す。本試験により非常用空気浄化設備起動指令から規定値 13 分以内に対し 3 分以内に、非常用空気浄化設備の能力が確立することが確認できた。

非常用空気浄化設備の起動時間確認試験結果

No	事象名	時間(s)		
		規定値	実測値	
規 定 値	A 系	B 系		
①	非常用空気浄化設備の起動指令から非常用空気浄化設備の排風機および電気ヒータの起動	-	0.09	0.08
②	非常用空気浄化設備の起動後に電気ヒータの出入口温度差が 4℃ 以上になるまでの時間 (相対湿度 80%以下を達成するまでの時間)	5min	1min	1min
③	商用電源が喪失し非常用発電機により再起動するまでの時間	1min	49.8	53.8
合計		13min	3min	3min

注 1) 13min=①+②5min+③1min+②5min+安全裕度 2min

4. 結 言

HTTR 原子炉格納施設に関する機能試験により CV、SA および非常用空気浄化設備が所定の性能を発揮することを確認した。

(1) 原子炉格納容器

CV については、漏洩率試験、減圧事故模擬試験および隔離弁の作動試験を実施した。漏洩率試験については、絶対圧力法により測定した CV 全体の漏洩率（ただし、1 次冷却材を内包する貫通部の隔離弁は局部漏洩率試験により別途測定）が、規定値 0.09%/d に対して 0.018%/d であることを確認した。また、本漏洩率試験では、原子炉冷却材圧力バウンダリの閉鎖、測温抵抗体の個数の合理化という点において従来の軽水炉等の CV とは異なる試験方法を確立した。

減圧事故模擬試験では、CV の内圧負荷状態での CV の変位およびひずみを測定した。CV の挙動は、Okubo M. らが実施した軸対象モデルの弾塑性解析¹¹⁾と比較すると、ナックル部が収縮および胴部が膨張する傾向は概ね同様であった。また、応力は許容引張応力¹²⁾ および有限要素法解析¹³⁾以下であった。

隔離弁の作動試験では、隔離弁の閉止時間が 5 秒もしくは 30 秒と規定されている 5 台について試験を行い、円滑作動および閉止時間が規定値内にあることを確認した。

(2) サービスエリア

SA については、気密試験を実施した。気密試験では、非常用空気浄化設備の排風機起動後 1 分以降に SA 内圧力が -59Pa(-6mmAq) 以下の負圧に維持できることを確認した。また、サービスエリア内の上部および下部における達成負圧に差がないこと、本設の差圧計が SA 内差圧の代表値として妥当であることを確認した。

(3) 非常用空気浄化設備

非常用空気浄化設備については微粒子除去効率確認試験、ヨウ素除去フィルタ除去効率確認試験および起動時間確認試験を実施した。微粒子フィルタ除去効率確認試験は、DOP (フタル酸ジオクチル) 発生装置により DOP スモーク ($0.7 \mu m$ 粒子) を発生させ、フィルタの上流側および下流側の濃度を測定し、微粒子除去効率を算出した結果 99.99% であり、除去効率が 99% 以上であることを確認した。ヨウ素除去フィルタ除去効率確認試験は、活性炭メーカーにて実施した活性炭単体の吸着効率試験のヨウ素除去効率値と、フレオンガス (R-112) を用いて求めるヨウ素除去フィルタのバイパスリーク路の漏洩率値からフィルタの除去効率を算出した結果 99.59% であり、除去効率が 95% 以上であることを確認した。起動時間確認試験については、非常用空気浄化設備の起動指令から商用電源喪失を加味した上で非常用空気浄化設備の能力発揮までの時間を計測した結果 3 分以内であり、所定の 13 分以内を満たすことを確認した。

以上の結果、1 次冷却設備の二重管破断事故時等に外部へ放出する放射性物質の量

は所定値内に低減することができる。

謝　　辞

試験データの取得にあたりご協力頂いた、高温工学試験研究炉開発部 HTTR 試験室 太田幸丸氏、北原勝美氏をはじめとする技術管理グループ各位および HTTR 試験室各位に感謝いたします。また、本報告書をまとめるにあたり多大なご助言を頂いた同部長田中利幸氏、同部次長大久保実氏、同部 HTTR 試験室長鈴木紘氏、同部 HTTR 技術開発室長代理國富一彦氏に深く感謝いたします。

三菱重工業(株)長崎造船所溝上頼賢氏には原子炉格納容器および非常用空気浄化設備の機能試験に関してご尽力頂きました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Saito S., et al.:JAERI 1332,"Design of High Temperature Engineering Test Reactor (HTTR)"(1994).
- 2) 原研:"日本原子力研究所大洗研究所設置許可申請書「HTTR（高温工学試験研究炉）原子炉施設の設置」"(1989).
- 3) 川路皓他:私信.
- 4) 國富一彦他:JAERI-Tech 97-040,"高温工学試験研究炉のスタンドパイプ及び1次上部遮へい体の昇温防止対策"(1997).
- 5) 國富一彦他 :JAERI-M 91-163,"高温工学試験研究炉の減圧事故時の温度分布解析"(1991).
- 6) 社団法人 日本電気協会 :"原子炉格納容器の漏えい試験 JEAC4203-1994",電気技術基準調査委員会編 (1994).
- 7) 坂場成昭他:私信.
- 8) 社団法人 日本電気協会 :"原子炉冷却材圧力バウンダリ, 原子炉格納容器バウンダリの定義規定 JEAC4602-1992",電気技術基準調査委員会編 (1992).
- 9) 計量研究所:"計量研究所報告 技術資料 1990 年国際温度目盛(ITS-90) ", 40, 60-69 (1991).
- 10) 押川元重・阪口鉱治:"基礎統計学",培風館,226-228(1989).
- 11) Okubo M., et al. :"Proceedings of 2nd. ASME/JSME Nuclear Engineering",10343B (1993).
- 12) 科学技術庁 原子力安全局:"黒鉛減速ヘリウムガス冷却型原子炉施設に関する構造等の技術基準"(1990).
- 13) 日本原子力研究所:私信.

Table 1 原子炉格納容器の主要仕様

形式	鋼製上下部皿形鏡円筒型
最高使用圧力	0.39MPa
最高使用温度	150°C
主要寸法	
胴内径	18.5m
全高	30.3m
胴板厚さ	30mm
上鏡板厚さ	38mm
下鏡板厚さ	30mm
燃料交換ハッチ内径	8.5m
メンテナンスハッチ内径	2.4m
熱電対交換ハッチ内径	3.0m
エアロック内径	約 2.5m
非常用避難口内径	571.6mm
自由体積	約 2800m ³
主要材料	炭素鋼
漏洩率	原子炉格納容器内空気重量の 0.1%/d 以下 常温、空気、最高使用圧力 の 0.9 倍の圧力において

Table 2 非常用空気浄化設備の主要仕様

排気フィルタユニット	
形式	電気ヒータ、微粒子フィルタ及びヨウ素除去フィルタ内蔵型
基数	2 基
容量	3360m ³ /h/基
チャコール層厚さ	50mm
微粒子除去効率	99%以上 (0.7 μm 粒子に対して)
ヨウ素除去効率	95%以上 (相対湿度 80%、温度 50°Cにおいて)
排風機	
台数	2 台
容量	3360m ³ /h/台

Table 3 HTTR と他炉の自由容積および測温抵抗体 1 個が占める体積割合の比較

原 子 炉 名	部 屋 名	CV自由体積 (m ³)	温 度 計 測 点	割 合 (m ³ /点)
H T T R	CV再循環冷却装置室 (燃料ハッチ部, CV側部空間含む)	537.2	5	107.44
	SP室	93.2	1	93.20
	RPV室	357.5	3	119.17
	上部主冷却機器室 (CV側部空間含む)	852.5	8	106.56
	下部主冷却機器室 (RPV下部室, CV側部空間含む)	672.5	7	96.07
	補助冷却機器室	232.3	3	77.43
	プレチャコールトラップ室	69.6	1	69.60
合 計		2814.8	28	100.53
F B R		130000	36	3611.1
O - 3 , 4		73700	36	2047.2
T - 2		73300	36	2036.1

Table 4 貫通部番号と設備名

貫通部番号	設備名	貫通部番号	設備名
P101	1次ヘリウムサンプリング設備	P206	漏えい率試験装置
P102	補機冷却水設備	P207	漏えい率試験装置
P103	補機冷却水設備	P208	原子炉格納容器内圧力計装
P104	1次冷却設備(メンテナンス用配管)	P209	原子炉格納容器内放射能計装
P105	炉容器冷却設備	P210	作業環境モニタリング設備
P106	炉容器冷却設備	P211	作業環境モニタリング設備
P107	燃料破損検出装置	P212	2次ヘリウムサンプリング設備
P108	燃料破損検出装置	P213	原子炉格納容器内放射能計装
P109	1次ヘリウム純化設備	P214	2次ヘリウム純化設備
P110	1次ヘリウム純化設備	P215	2次ヘリウム純化設備
P111	炉容器冷却設備	P216	制御用圧縮空気設備
P112	炉容器冷却設備	P217	原子炉格納容器内圧力計装
P113	1次ヘリウム純化設備	P218	作業環境モニタリング設備
P114	液体廃棄物処理設備	P219	原子炉格納容器内放射能計装
P115	加圧水冷却設備	P220	制御用圧縮空気設備
P116	加圧水冷却設備	P221	一般用圧縮空気設備
P117	1次ヘリウムサンプリング設備	P224	原子炉格納容器内圧力計装
P118	1次ヘリウムサンプリング設備	P225	作業環境モニタリング設備
P119	加圧水冷却設備	P227	作業環境モニタリング設備
P120	加圧水冷却設備	P302	将来設備
P123	1次ヘリウムサンプリング設備	P303	将来設備
P124	補機冷却水設備	P304	将来設備
P125	補機冷却水設備	P305	将来設備
P126	補助冷却設備(補助冷却水系)	P306	将来設備
P127	補助冷却設備(補助冷却水系)		
P201	主フランジリーク検出装置	D201	原子炉建家 I 系換気空調装置
P202	格納容器再循環冷却装置(空調器)	D202	格納容器減圧装置
P203	格納容器再循環冷却装置(空調器)	D203	原子炉建家 I 系換気空調装置
P204	1次ヘリウム純化設備	D204	格納容器減圧装置(計装配管)
P205	漏えい率試験装置		

Table 5 原子炉格納容器貫通部の加圧範囲容積

貫通部番号	弁番号	加圧範囲容積 (m ³)	貫通部番号	弁番号	加圧範囲容積 (m ³)
P101	165VI7	1.17×10^{-3}	P109	161VI1	8.73×10^{-4}
	165VI8	1.61×10^{-3}		161VI2	2.04×10^{-2}
P107	2415VI1D	1.11×10^{-3}	P113	161VI3	1.21×10^{-2}
	2415VI2D	1.41×10^{-3}		161VI4	1.40×10^{-3}
	2415VI1E	1.10×10^{-3}	P117	165VI15	1.35×10^{-3}
	2415VI2E	1.45×10^{-3}		165VI16	1.82×10^{-3}
	2415VI1F	1.12×10^{-3}	P118	165VI3	1.25×10^{-3}
	2415VI2F	1.47×10^{-3}		165VI4	1.69×10^{-3}
	2415VI1G	1.09×10^{-3}		165VI5	1.24×10^{-3}
	2415VI2G	1.44×10^{-3}		165VI6	1.67×10^{-3}
P108	2415VI1A	1.10×10^{-3}	P123	165VI9	1.21×10^{-3}
	2415VI2A	1.54×10^{-3}		165VI10	1.65×10^{-3}
	2415VI1B	1.10×10^{-3}		165VI13	1.21×10^{-3}
	2415VI2B	1.55×10^{-3}		165VI14	1.63×10^{-3}
	2415VI1C	1.07×10^{-3}	P204	161VI5	1.17×10^{-2}
	2415VI2C	1.51×10^{-3}		161VI6	9.08×10^{-4}

注) 加圧範囲容積は、配管径等から算出した値である。

Table 6 原子炉格納容器内の自由容積

部屋名称	部屋容積	機器体積	自由容積
①炉容器下部室	93.7m ³	8.8m ³ ×1.2	83.1m ³
②下部主冷却機器室	657.1m ³	70.7m ³ ×1.2	572.3m ³
③補助冷却機器室	268.8m ³	30.4m ³ ×1.2	232.3m ³
④プレチャコールトラップ室	71.4m ³	1.5m ³ ×1.2	69.6m ³
⑤原子炉圧力容器室	799.1m ³	368.0m ³ ×1.2	357.5m ³
⑥上部主冷却機器室	919.0m ³	69.7m ³ ×1.2	835.4m ³
⑦スタンドパイプ室	115.9m ³	18.9m ³ ×1.2	93.2m ³
⑧格納容器再循環冷却装置室	486.8m ³	30.0m ³ ×1.2	450.8m ³
⑨燃料交換ハッチ部	76.3m ³	5.8m ³ ×1.2	69.3m ³
⑩原子炉格納容器側部空間	51.3m ³	0m ³	51.3m ³
合計	3539.4m ³	603.8m ³ ×1.2	2814.8m ³

注) 機器体積には、ケーブルトレイ、グレーチング、補助遮蔽体等の体積分を20% 見込んだ。

Table 7 測温抵抗体および露点検出器の配置

部屋名	自由体積	計器番号
CV再循環冷却装置室(燃交ハッチ部, CV側部空空間含む)	537.2	T1, T2, T3, T4, T5
SP室	93.2	T6
RPV室	357.5	T11, T16, T22
RPV下部室	83.1	下部主冷却機器室に含む
上部主冷却機器室(CV側部空空間含む)	852.5	T7, T8, T9, T10, T12, T13, T14, T15
下部主冷却機器室(CV側部空空間含む)	589.4	T18, T19, T20, T24, T25, T28, T29
補助冷却機器室	232.3	T21, T26, T30
プレチャコールトラップ室	69.6	T23
合計	2814.8	
部屋名	自由体積	計器番号
CV再循環冷却装置室(燃交ハッチ部, CV側部空空間含む)	537.2	D1
SP室	93.2	D2
RPV室	357.5	D4
RPV下部室	83.1	下部主冷却機器室に含む
上部主冷却機器室(CV側部空空間含む)	852.5	D3, D5
下部主冷却機器室(CV側部空空間含む)	589.4	D6, D8
補助冷却機器室	232.3	下部主冷却機器室に含む
プレチャコールトラップ室	69.6	下部主冷却機器室に含む
合計	2814.8	

Table 8 検出器の配置および重み係数

計器番号	T数	分割	重み計数	重み計数×T数
T1, T2, T3, T4, T5	5	107.44	0.038170	0.19085
T6	1	93.20	0.033111	0.03311
T11, T16, T22	3	119.17	0.042336	0.12701
下部主冷却機器室に含む	0		0.00000	
T7, T8, T9, T10, T12, T13, T14, T15	8	106.56	0.037858	0.30286
T18, T19, T20, T24, T25, T28, T29	7	96.07	0.034131	0.23892
T21, T26, T30	3	77.43	0.027509	0.08253
T23	1	69.60	0.024726	0.02473
	28	100.53	1.00000	
計器番号	D数	分割	重み計数	重み計数×D数
D1	1	537.20	0.190848	0.19085
D2	1	93.20	0.033111	0.03311
D4	1	357.50	0.127007	0.12701
下部主冷却機器室に含む	0		0.00000	
D3, D5	2	426.25	0.151432	0.30286
D6, D8	2	487.20	0.173085	0.34617
下部主冷却機器室に含む	0		0.00000	
下部主冷却機器室に含む	0		0.00000	
	7		1.00000	

Table 9 ITS-90 の偏差関数の係数 a, b, R(0.01)および製造番号

計器番号	ITS-90の偏差関数の計数 a	ITS-90の偏差関数の計数 b	R(0.01)	製造番号
			Ω	
T1	-1.40054E-03	-3.75897E-04	99.988	843570
T2	-1.52430E-03	-5.01380E-04	100.019	843555
T3	-1.58284E-03	-6.05722E-04	100.016	843547
T4	-1.66594E-03	-5.45530E-04	100.018	843567
T5	-1.58475E-03	-4.62504E-04	100.016	843552
T6	-1.80330E-03	-4.92763E-04	99.987	843572
T7	-1.59680E-03	-4.85173E-04	100.006	843575
T8	-1.66864E-03	-4.65083E-04	99.990	843573
T9	-1.70959E-03	-4.96194E-04	99.994	843559
T10	-1.75551E-03	-6.13205E-04	99.990	843545
T11	-1.61486E-03	-4.12086E-04	100.023	843560
T12	-1.59373E-03	-5.20007E-04	99.999	843563
T13	-1.81129E-03	-5.58282E-04	99.988	843544
T14	-1.77968E-03	-6.42689E-04	99.990	843551
T15	-1.52291E-03	-4.49346E-04	99.985	843557
T16	-1.50933E-03	-5.40801E-04	100.006	843549
T17	-1.86630E-03	-4.75440E-04	100.005	843565
T18	-1.64635E-03	-5.27204E-04	99.987	843548
T19	-1.50314E-03	-4.49279E-04	99.985	843553
T20	-1.40003E-03	-4.30558E-04	99.993	843568
T21	-1.49710E-03	-4.07941E-04	99.994	843554
T22	-1.54126E-03	-4.81640E-04	100.005	843561
T23	-1.75573E-03	-5.17281E-04	100.019	843574
T24	-1.67118E-03	-5.50223E-04	100.010	843566
T25	-1.57485E-03	-4.02110E-04	100.014	843571
T26	-1.52727E-03	-4.32721E-04	99.990	843569
T27	-1.45052E-03	-3.81285E-04	99.980	843556
T28	-1.40955E-03	-4.76642E-04	99.985	843550
T29	-1.64531E-03	-4.47227E-04	100.008	843564
T30	-1.54811E-03	-3.61935E-04	99.983	843558
T31	-1.53268E-03	-4.12403E-04	99.999	843562
T32	-1.44887E-03	-5.10936E-04	99.995	843546

Table 10 露点検出器の入出力特性表

出力電圧 (mV)	露点温度 (°C)	水蒸気分圧 (mmHg)	出力電圧 (mV)	露点温度 (°C)	水蒸気分圧 (mmHg)
0.00	-10.0	1.949			
0.17	-9.0	2.129	5.02	21.0	18.663
0.33	-8.0	2.325	5.18	22.0	19.841
0.50	-7.0	2.537	5.35	23.0	21.084
0.67	-6.0	2.765	5.53	24.0	22.395
0.83	-5.0	3.014	5.70	25.0	23.776
1.00	-4.0	3.282	5.88	26.0	25.231
1.17	-3.0	3.571	6.05	27.0	26.763
1.34	-2.0	3.883	6.23	28.0	28.376
1.51	-1.0	4.221	6.41	29.0	30.072
1.67	0.0	4.584	6.60	30.0	31.855
1.82	1.0	4.929	6.79	31.0	33.730
1.96	2.0	5.295	6.99	32.0	35.701
2.11	3.0	5.686	7.19	33.0	37.770
2.25	4.0	6.102	7.39	34.0	39.942
2.40	5.0	6.545	7.60	35.0	42.223
2.54	6.0	7.015	7.79	36.0	44.615
2.70	7.0	7.516	7.98	37.0	47.123
2.85	8.0	8.047	8.16	38.0	49.752
3.01	9.0	8.612	8.32	39.0	52.508
3.17	10.0	9.212	8.48	40.0	55.394
3.34	11.0	9.848	8.63	41.0	58.416
3.50	12.0	10.522	8.79	42.0	61.580
3.66	13.0	11.236	8.94	43.0	64.890
3.83	14.0	11.993	9.10	44.0	68.353
4.00	15.0	12.794	9.26	45.0	71.973
4.16	16.0	13.641	9.40	46.0	75.756
4.34	17.0	14.538	9.56	47.0	79.709
4.51	18.0	15.487	9.71	48.0	83.842
4.67	19.0	16.488	9.86	49.0	88.155
4.84	20.0	17.545	10.00	50.0	92.655

Table 11 局部漏洩率試験における測定値、漏洩率及び原子炉格納容器換算漏洩率 (1/3)

貫通部番号	弁番号	加圧範囲容積 (m ³)	測定時刻		試験時間	圧力(kg/cm ² G) 開始	圧力(kg/cm ² G) 終了	温度(°C)	漏洩率 (%/d)	原子炉格納容器 換算漏洩率 (%/d)	試験年月日
			開始	終了							
P101	165V17	1.17×10 ⁻³	16:03	16:19	16	4.12	4.12	0.00	29.1	0.00	1996.9.24
	165V18	1.61×10 ⁻³	16:27	16:43	16	4.14	4.14	0.00	29.1	0.00	
	2415V11D	1.11×10 ⁻³	14:35	14:51	16	4.10	4.09	0.01	28.3	17.6	
	2415V12D	1.41×10 ⁻³	14:59	15:15	16	4.10	4.10	0.00	28.1	0.00	
P107	2415V11E	1.10×10 ⁻³	15:30	15:46	16	4.10	4.06	0.04	28.2	70.4	1996.9.25
	2415V12E	1.45×10 ⁻³	15:51	16:07	16	4.10	4.07	0.03	28.1	52.7	
	2415V11F	1.12×10 ⁻³	16:16	16:32	16	4.11	4.08	0.08	28.1	17.6	
	2415V12F	1.47×10 ⁻³	16:37	16:53	16	4.09	4.08	0.01	28.1	17.6	
P108	2415V11G	1.09×10 ⁻³	17:00	17:16	16	4.11	4.10	0.01	28.4	17.5	9.23×10 ⁻⁶
	2415V12G	1.44×10 ⁻³	17:19	17:35	16	4.10	4.09	0.01	28.8	17.6	

Table 11 局部漏洩率試験における測定値、漏洩率及び原子炉格納容器換算漏洩率 (2/3)

貫通部番号	弁番号	加圧範囲容積 (m ³)	測定時刻 開始 終了	試験時間	圧力(kg/cm ² G) 開始 終了	圧力降下 (kg/cm ²)	温度 (°C)	漏洩率 (%/d)	原子炉格納容器 換算漏洩率(%/d)	試験年月日
P108	2415V11A	1.10×10 ⁻³	15:22	15:38	16 4.10 4.11	4.09 0.01	27.9	17.6	1.63×10 ⁻⁵	1996.9.30
	2415V12A	1.54×10 ⁻³	15:46	16:24	38 4.11 4.11	4.07 0.04	27.9	29.5		
	2415V11B	1.10×10 ⁻³	15:24	15:40	16 4.10 4.10	4.11 0.00	27.9	0.00		
	2415V12B	1.55×10 ⁻³	15:47	16:25	38 4.11 4.10	4.11 0.00	27.9	0.00		
	2415V11C	1.07×10 ⁻³	16:37	16:54	17 4.11 4.10	4.09 0.01	27.8	16.5		
	2415V12C	1.51×10 ⁻³	17:00	17:16	16 4.10 4.10	4.11 0.00	27.8	0.00		
P109	161V11	8.73×10 ⁻⁴	11:30	11:46	16 4.11 4.13	4.11 0.00	29.5	0.00	3.37×10 ⁻⁵	1996.9.24
	161V12	2.04×10 ⁻²	13:41	14:41	60 4.16 4.18	4.15 4.17	0.01	29.5		
	161V13	1.21×10 ⁻²	15:49	16:29	40 4.14 4.16	4.14 0.00	29.5	0.00		
P113	161V14	1.40×10 ⁻³	15:22	15:38	16 4.15 4.17	4.15 0.00	29.5	0.00	0.00	1996.9.24
	165V15	1.35×10 ⁻³	9:55	10:11	16 4.20 4.22	4.19 0.01	30.5	17.2		
P117	165V16	1.82×10 ⁻³	10:24	10:40	16 4.16 4.18	4.15 4.17	31.4 0.01	17.4	1.13×10 ⁻⁵	1996.9.25

Table 11 局部漏洩率試験における測定値、漏洩率及び原子炉格納容器換算漏洩率 (3/3)

貫通部 番号	弁番号	加圧範囲容積 (m ³)	測定時刻		試験 時間	圧力(kg/cm ² G) 開始	圧力(kg/cm ²) 終了	温度 (°C)	漏洩率 (%/d)	原子炉格納容器 換算漏洩率(%/d)	試験年月日
			開始	終了							
P118	165V13	1.25×10 ⁻³	10:19	10:35	16	4.18	4.17	0.01	29.3	17.3	7.71×10 ⁻⁶
	165V14	1.69×10 ⁻³	13:47	14:03	16	4.20	4.20	0.01	29.5	0.00	
	165V15	1.24×10 ⁻³	14:12	14:28	16	4.15	4.15	0.00	29.2	0.00	
	165V16	1.67×10 ⁻³	14:36	14:52	16	4.16	4.18	0.00	29.4	0.00	
P123	165V19	1.21×10 ⁻³	15:03	15:53	50	4.16	4.16	0.00	29.4	0.00	0.00
	165V110	1.65×10 ⁻³	16:06	16:22	16	4.18	4.18	0.00	29.1	0.00	
	165V113	1.21×10 ⁻³	15:04	15:53	49	4.18	4.18	0.00	29.2	0.00	
	165V114	1.63×10 ⁻³	16:05	16:22	17	4.17	4.16	0.01	29.4	5.65	
P204	161V15	1.17×10 ⁻²	9:40	9:56	16	4.18	4.18	0.00	29.2	0.00	2.45×10 ⁻⁶
	161V16	9.08×10 ⁻⁴	10:10	11:10	60	4.18	4.18	0.01	31.0	0.00	
合計											1.51×10 ⁻⁴

注記1. 圧力計の最小目盛は、0.05kg/cm²である。試験時間の単位は分である。

注記2. 圧力計は2基使用し、それぞれの値を上段及び下段に示す。

注記3. 溫度の上段及び下段は、それぞれ測定開始及び終了時の室温である。

Table 12 全体漏洩率試験における温度・圧力・各1時間の漏洩率 (1/6)

年月日	時刻	経過時間	平均温度	平均温度	湿り空気圧力	水蒸気分圧	空気圧力	漏洩率	%漏洩量
		x [h]	[°C]	T [K]	[mmHg]	[mmHg]	Pm [mmHg]	I [%/d]	q [%]
96/10/24	07:00	0	28.426	301.576	3546.05	16.07	3529.98	0.000	0.0000
	08:00	1	28.464	301.614	3546.46	16.31	3530.15	0.182	0.0076
	09:00	2	28.462	301.612	3546.62	16.38	3530.24	-0.076	-0.0032
	10:00	3	28.454	301.604	3546.75	16.33	3530.42	-0.186	-0.0077
	11:00	4	28.477	301.627	3546.94	16.36	3530.58	0.074	0.0031
	12:00	5	28.478	301.628	3547.14	16.63	3530.51	0.060	0.0025
	13:00	6	28.499	301.649	3547.34	16.45	3530.89	-0.096	-0.0040
	14:00	7	28.510	301.660	3547.49	16.55	3530.94	0.056	0.0023
	15:00	8	28.509	301.659	3547.66	16.72	3530.94	-0.004	-0.0001
	16:00	9	28.531	301.681	3547.78	16.56	3531.22	-0.018	-0.0008
	17:00	10	28.520	301.670	3547.94	16.58	3531.36	-0.184	-0.0077
	18:00	11	28.540	301.690	3547.94	16.70	3531.24	0.240	0.0100
	19:00	12	28.533	301.683	3547.90	16.63	3531.27	-0.074	-0.0031
	20:00	13	28.518	301.668	3547.71	16.77	3530.94	0.109	0.0045
	21:00	14	28.511	301.661	3547.64	16.69	3530.95	-0.067	-0.0028
	22:00	15	28.492	301.642	3547.44	16.72	3530.72	0.003	0.0001
	23:00	16	28.471	301.621	3547.24	16.96	3530.28	0.129	0.0054
96/10/25	00:00	17	28.468	301.618	3547.04	16.83	3530.21	0.024	0.0010
	01:00	18	28.443	301.593	3546.86	17.01	3529.85	0.054	0.0023
	02:00	19	28.435	301.585	3546.70	16.86	3529.84	-0.065	-0.0027
	03:00	20	28.411	301.561	3546.55	16.93	3529.62	-0.038	-0.0016
	04:00	21	28.412	301.562	3546.35	16.85	3529.50	0.091	0.0038
	05:00	22	28.394	301.544	3546.16	16.87	3529.29	-0.000	-0.0000
	06:00	23	28.371	301.521	3545.96	16.93	3529.03	-0.008	-0.0003
	07:00	24	28.358	301.508	3545.76	17.05	3528.71	0.111	0.0046
	08:00	25	28.349	301.499	3545.44	16.91	3528.53	0.055	0.0023
	09:00	26	28.328	301.478	3545.26	17.09	3528.17	0.079	0.0033
	10:00	27	28.326	301.476	3545.13	17.03	3528.10	0.035	0.0014
	11:00	28	28.314	301.464	3545.11	16.97	3528.14	-0.127	-0.0053
	12:00	29	28.330	301.480	3545.13	16.95	3528.18	0.099	0.0041
	13:00	30	28.335	301.485	3545.20	16.87	3528.33	-0.065	-0.0027

Table 12 全体漏洩率試験における温度・圧力・各1時間の漏洩率(2/6)

年月日	時刻	経過時間 x [h]	平均温度 [°C]	平均温度 T [K]	湿り空気圧力 [mmHg]	水蒸気分圧 [mmHg]	空気圧力 Pm [mmHg]	漏洩率 l [%/d]	%漏洩量 q [%]
	14:00	31	28.339	301.489	3545.31	16.94	3528.37	0.008	0.0003
	15:00	32	28.342	301.492	3545.36	17.06	3528.30	0.073	0.0030
	16:00	33	28.370	301.520	3545.43	17.13	3528.30	0.222	0.0092
	17:00	34	28.364	301.514	3545.47	17.10	3528.37	-0.099	-0.0041
	18:00	35	28.366	301.516	3545.45	17.24	3528.21	0.129	0.0054
	19:00	36	28.353	301.503	3545.41	17.32	3528.09	-0.016	-0.0007
	20:00	37	28.353	301.503	3545.36	17.36	3528.00	0.056	0.0023
	21:00	38	28.348	301.498	3545.33	17.16	3528.17	-0.157	-0.0065
	22:00	39	28.354	301.504	3545.24	17.22	3528.02	0.152	0.0063
	23:00	40	28.347	301.497	3545.14	17.05	3528.09	-0.107	-0.0045
96/10/26	00:00	41	28.337	301.487	3545.05	17.17	3527.88	0.066	0.0027
	01:00	42	28.334	301.484	3544.94	17.30	3527.64	0.143	0.0060
	02:00	43	28.331	301.481	3544.85	17.26	3527.59	0.009	0.0004
	03:00	44	28.312	301.462	3544.72	17.38	3527.34	0.014	0.0006
	04:00	45	28.306	301.456	3544.59	17.45	3527.14	0.089	0.0037
	05:00	46	28.300	301.450	3544.44	17.49	3526.95	0.090	0.0037
	06:00	47	28.284	301.434	3544.29	17.49	3526.80	-0.033	-0.0014
	07:00	48	28.288	301.438	3544.16	17.35	3526.81	0.026	0.0011
	08:00	49	28.268	301.418	3543.98	17.39	3526.59	-0.006	-0.0002
	09:00	50	28.255	301.405	3543.78	17.41	3526.37	0.041	0.0017
	10:00	51	28.229	301.379	3543.58	17.44	3526.14	-0.041	-0.0017
	11:00	52	28.233	301.383	3543.46	17.43	3526.03	0.105	0.0044
	12:00	53	28.226	301.376	3543.38	17.35	3526.03	-0.061	-0.0025
	13:00	54	28.224	301.374	3543.29	17.39	3525.90	0.068	0.0028
	14:00	55	28.230	301.380	3543.22	17.31	3525.91	0.042	0.0017
	15:00	56	28.222	301.372	3543.13	17.39	3525.74	0.056	0.0023
	16:00	57	28.213	301.363	3542.98	17.21	3525.77	-0.086	-0.0036
	17:00	58	28.204	301.354	3542.72	17.29	3525.43	0.153	0.0064
	18:00	59	28.184	301.334	3542.37	17.27	3525.10	0.067	0.0028
	19:00	60	28.161	301.311	3542.06	17.12	3524.94	-0.073	-0.0031
	20:00	61	28.129	301.279	3541.78	17.30	3524.48	0.057	0.0024

Table 12 全体漏洩率試験における温度・圧力・各1時間の漏洩率(3/6)

年月日	時刻	経過時間	平均温度 [°C]	平均温度 [K]	湿り空気圧力 [mmHg]	水蒸気分圧 [mmHg]	空気圧力 [mmHg]	漏洩率 l[%/d]	%漏洩量 q[%]
96/10/27	00:00	65	28.000	301.150	3540.13	17.31	3522.82	0.056	0.0023
	01:00	66	27.971	301.121	3539.60	17.14	3522.46	0.009	0.0004
	02:00	67	27.927	301.077	3539.10	17.17	3521.93	0.014	0.0006
	03:00	68	27.893	301.043	3538.56	17.03	3521.53	-0.005	-0.0002
	04:00	69	27.841	300.991	3538.03	17.03	3521.00	-0.048	-0.0020
	05:00	70	27.810	300.960	3537.49	16.90	3520.59	0.029	0.0012
	06:00	71	27.758	300.908	3536.92	16.91	3520.01	-0.018	-0.0008
	07:00	72	27.726	300.876	3536.40	16.77	3519.63	0.004	0.0002
	08:00	73	27.690	300.840	3535.96	16.76	3519.20	0.006	0.0003
	09:00	74	27.662	300.812	3535.53	16.58	3518.95	-0.049	-0.0020
	10:00	75	27.619	300.769	3535.13	16.86	3518.27	0.112	0.0047
	11:00	76	27.613	300.763	3534.74	16.78	3517.96	0.167	0.0070
	12:00	77	27.579	300.729	3534.48	16.56	3517.92	-0.237	-0.0099
	13:00	78	27.574	300.724	3534.35	16.74	3517.61	0.171	0.0071
	14:00	79	27.575	300.725	3534.27	16.44	3517.83	-0.149	-0.0062
	15:00	80	27.565	300.715	3534.22	16.52	3517.70	0.014	0.0006
	16:00	81	27.566	300.716	3534.16	16.80	3517.36	0.243	0.0101
	17:00	82	27.562	300.712	3534.05	16.56	3517.49	-0.125	-0.0052
	18:00	83	27.563	300.713	3533.94	16.63	3517.31	0.133	0.0055
	19:00	84	27.548	300.698	3533.74	16.56	3517.18	-0.032	-0.0013
	20:00	85	27.534	300.684	3533.48	16.71	3516.77	0.167	0.0070
	21:00	86	27.506	300.656	3533.20	16.56	3516.64	-0.134	-0.0056
	22:00	87	27.488	300.638	3532.85	16.60	3516.25	0.122	0.0051
96/10/28	00:00	88	27.448	300.598	3532.33	16.53	3515.80	-0.008	-0.0003
	01:00	90	27.365	300.515	3531.78	16.44	3515.34	-0.062	-0.0026
	02:00	91	27.336	300.486	3530.91	16.57	3514.34	0.048	0.0020
	03:00	92	27.309	300.459	3530.58	16.52	3514.06	-0.030	-0.0013

Table 12 全体漏洩率試験における温度・圧力・各1時間の漏洩率(4/6)

年月日	時刻	経過時間 x [h]	平均温度 [°C]	平均温度 T [K]	湿り空気圧力 [mmHg]	水蒸気分圧 [mmHg]	空気圧力 Pm [mmHg]	漏洩率 l [%/d]	%漏洩量 q [%]
	04:00	93	27.284	300.434	3530.25	16.48	3513.77	-0.004	-0.0002
	05:00	94	27.268	300.418	3529.88	16.41	3513.47	0.083	0.0035
	06:00	95	27.237	300.387	3529.54	16.43	3513.11	-0.004	-0.0002
	07:00	96	27.223	300.373	3529.23	16.37	3512.86	0.064	0.0027
	08:00	97	27.186	300.336	3529.01	16.31	3512.70	-0.184	-0.0077
	09:00	98	27.179	300.329	3528.84	16.25	3512.59	0.010	0.0004
	10:00	99	27.171	300.321	3528.80	16.32	3512.48	0.012	0.0005
	11:00	100	27.175	300.325	3528.65	16.19	3512.46	0.048	0.0020
	12:00	101	27.166	300.316	3528.50	16.39	3512.11	0.167	0.0070
	13:00	102	27.166	300.316	3528.36	16.19	3512.17	-0.038	-0.0016
	14:00	103	27.156	300.306	3528.34	16.19	3512.15	-0.070	-0.0029
	15:00	104	27.170	300.320	3528.40	16.41	3511.99	0.217	0.0091
	16:00	105	27.183	300.333	3528.51	16.32	3512.19	-0.027	-0.0011
	17:00	106	27.189	300.339	3528.58	16.45	3512.13	0.089	0.0037
	18:00	107	27.196	300.346	3528.60	16.38	3512.22	-0.006	-0.0002
	19:00	108	27.192	300.342	3528.60	16.44	3512.16	0.010	0.0004
	20:00	109	27.192	300.342	3528.54	16.37	3512.17	-0.008	-0.0003
	21:00	110	27.192	300.342	3528.47	16.34	3512.13	0.022	0.0009
	22:00	111	27.202	300.352	3528.40	16.54	3511.86	0.269	0.0112
	23:00	112	27.167	300.317	3528.17	16.32	3511.85	-0.272	-0.0113
96/10/29	00:00	113	27.153	300.303	3527.88	16.33	3511.55	0.094	0.0039
	01:00	114	27.123	300.273	3527.60	16.44	3511.16	0.019	0.0008
	02:00	115	27.107	300.257	3527.30	16.37	3510.93	0.036	0.0015
	03:00	116	27.082	300.232	3527.06	16.29	3510.77	-0.086	-0.0036
	04:00	117	27.076	300.226	3526.97	16.47	3510.50	0.130	0.0054
	05:00	118	27.070	300.220	3526.82	16.36	3510.46	-0.025	-0.0010
	06:00	119	27.056	300.206	3526.75	16.40	3510.35	-0.028	-0.0011
	07:00	120	27.044	300.194	3526.64	16.48	3510.16	0.028	0.0012
	08:00	121	27.044	300.194	3526.56	16.45	3510.11	0.039	0.0016
	09:00	122	27.045	300.195	3526.62	16.61	3510.01	0.071	0.0030
	10:00	123	27.071	300.221	3526.75	16.48	3510.27	0.039	0.0016

Table 12 全体漏洩率試験における温度・圧力・各1時間の漏洩率(5/6)

年月日	時刻	経過時間	平均温度	平均温度	湿り空気圧力	水蒸気分圧	空気圧力	漏洩率	%漏洩量
		x [h]	[°C]	T [K]	[mmHg]	[mmHg]	Pm [mmHg]	I [%/d]	q [%]
96/10/30	11:00	124	27.079	300.229	3526.93	16.61	3510.32	0.020	0.0008
	12:00	125	27.102	300.252	3527.08	16.59	3510.49	0.072	0.0030
	13:00	126	27.101	300.251	3527.12	16.66	3510.46	0.013	0.0005
	14:00	127	27.110	300.260	3527.20	16.53	3510.67	-0.076	-0.0032
	15:00	128	27.112	300.262	3527.23	16.73	3510.50	0.132	0.0055
	16:00	129	27.118	300.268	3527.29	16.72	3510.57	0.011	0.0004
	17:00	130	27.127	300.277	3527.29	16.56	3510.73	-0.039	-0.0016
	18:00	131	27.131	300.281	3527.31	16.60	3510.71	0.045	0.0019
	19:00	132	27.131	300.281	3527.25	16.84	3510.41	0.199	0.0083
	20:00	133	27.112	300.262	3527.20	16.73	3510.47	-0.192	-0.0080
	21:00	134	27.115	300.265	3527.04	16.78	3510.26	0.174	0.0072
	22:00	135	27.093	300.243	3526.83	16.81	3510.02	-0.013	-0.0005
	23:00	136	27.080	300.230	3526.60	16.72	3509.88	-0.018	-0.0007
	00:00	137	27.059	300.209	3526.36	16.78	3509.58	0.045	0.0019
	01:00	138	27.035	300.185	3526.07	16.63	3509.44	-0.099	-0.0041
	02:00	139	27.015	300.165	3525.84	16.76	3509.08	0.091	0.0038
	03:00	140	27.004	300.154	3525.68	16.80	3508.88	0.048	0.0020
	04:00	141	26.987	300.137	3525.47	16.70	3508.77	-0.061	-0.0026
	05:00	142	26.962	300.112	3525.20	16.97	3508.23	0.166	0.0069
	06:00	143	26.947	300.097	3524.97	16.88	3508.09	-0.021	-0.0099
	07:00	144	26.924	300.074	3524.77	16.63	3508.14	-0.214	-0.0089
	08:00	145	26.918	300.068	3524.60	16.80	3507.80	0.180	0.0075
	09:00	146	26.908	300.058	3524.46	16.71	3507.75	-0.051	-0.0021
	10:00	147	26.896	300.046	3524.34	16.64	3507.70	-0.052	-0.0022
	11:00	148	26.895	300.045	3524.37	16.60	3507.77	-0.059	-0.0025
	12:00	149	26.913	300.063	3524.57	16.69	3507.88	0.064	0.0027
	13:00	150	26.923	300.073	3524.76	16.82	3507.94	0.041	0.0017
	14:00	151	26.952	300.102	3524.94	16.73	3508.21	0.050	0.0021
	15:00	152	26.958	300.108	3525.07	16.90	3508.17	0.076	0.0032
	16:00	153	26.991	300.141	3525.20	17.04	3508.16	0.267	0.0111
	17:00	154	26.976	300.126	3525.25	16.86	3508.39	-0.270	-0.0112

Table 12 全体漏洩率試験における温度・圧力・各1時間の漏洩率(6/6)

年月日	時刻	経過時間	平均温度	平均温度	湿り空気圧力	水蒸気分圧	空気圧力	漏洩率	%漏洩量
		x [h]	[°C]	T [K]	[mmHg]	[mmHg]	Pm [mmHg]	l [%/d]	q [%]
96/10/31	00:00	155	26.984	300.134	3525.24	16.91	3508.33	0.098	0.0041
	01:00	156	26.982	300.132	3525.16	16.99	3508.17	0.098	0.0041
	02:00	157	26.975	300.125	3525.09	16.78	3508.31	-0.154	-0.0064
	03:00	158	26.965	300.115	3524.98	16.69	3508.29	-0.062	-0.0026
	04:00	159	26.964	300.114	3524.86	16.87	3507.99	0.191	0.0080
	05:00	160	26.948	300.098	3524.77	16.82	3507.95	-0.100	-0.0042
	06:00	161	26.947	300.097	3524.59	16.97	3507.62	0.213	0.0089
	07:00	162	26.921	300.071	3524.35	16.83	3507.52	-0.133	-0.0056
	08:00	163	26.903	300.053	3524.09	16.82	3507.27	0.025	0.0010
	09:00	164	26.873	300.023	3523.75	16.71	3507.04	-0.083	-0.0035
	10:00	165	26.858	300.008	3523.50	16.68	3506.82	0.038	0.0016
	11:00	166	26.826	299.976	3523.25	16.81	3506.44	-0.006	-0.0002
	12:00	167	26.813	299.963	3523.07	16.76	3506.31	-0.016	-0.0007
	13:00	168	26.814	299.964	3522.90	17.02	3505.88	0.303	0.0126
	14:00	169	26.789	299.939	3522.72	16.83	3505.89	-0.200	-0.0083
	15:00	170	26.776	299.926	3522.57	16.94	3505.63	0.074	0.0031
	16:00	171	26.761	299.911	3522.49	16.82	3505.67	-0.149	-0.0062
	17:00	172	26.780	299.930	3522.57	16.77	3505.80	0.061	0.0025
	18:00	173	26.798	299.948	3522.66	16.62	3506.04	-0.022	-0.0009
	19:00	174	26.801	299.951	3522.76	16.81	3505.95	0.093	0.0039
	20:00	175	26.810	299.960	3522.76	16.96	3505.80	0.169	0.0070
	21:00	176	26.810	299.960	3522.76	16.88	3505.88	-0.053	-0.0022

Table 13 各測定点における温度変化(1996/10/30 12:00-10/31 12:00)

測温抵抗体番号	設置場所	EL	10/18 [m]	10/30 [m]	16:00	18:00	20:00	22:00	00:00	02:00	04:00	06:00	08:00	10:00	12:00
T1	CV再循環冷却装置室	33.5	31.29	26.93	27.00	27.05	27.08	27.07	27.05	27.06	26.98	26.96	26.86	26.82	26.81
T2	CV再循環冷却装置室	33.5	31.63	27.29	27.36	27.38	27.40	27.40	27.41	27.35	27.32	27.26	27.18	27.15	27.10
T3	CV再循環冷却装置室	33.5	32.42	27.98	28.06	28.07	28.11	28.10	28.07	28.05	28.02	27.94	27.91	27.87	27.90
T4	CV再循環冷却装置室	33.5	32.21	27.80	27.86	27.88	27.85	27.84	27.87	27.83	27.76	27.69	27.68	27.68	27.69
T5	CV再循環冷却装置室	33.5	31.71	27.29	27.32	27.34	27.38	27.39	27.36	27.31	27.28	27.25	27.18	27.10	27.14
T6	スタンドバイ室	33.5	36.14	30.39	30.34	30.40	30.40	30.31	30.26	30.26	30.22	30.16	30.20	30.14	30.05
T7	上部主冷却機器室	28.5	32.65	28.01	27.98	28.04	28.07	28.02	28.02	28.00	27.96	27.95	27.86	27.83	27.81
T8	上部主冷却機器室	28.5	32.71	28.02	28.01	28.06	28.08	28.05	28.03	28.03	27.96	27.98	27.89	27.83	27.83
T9	上部主冷却機器室	28.5	32.67	27.97	27.98	28.05	28.00	27.99	27.99	27.96	27.95	27.90	27.82	27.81	27.82
T10	上部主冷却機器室	28.5	32.57	27.83	27.83	27.90	27.86	27.85	27.81	27.83	27.76	27.76	27.73	27.71	27.63
T11	原子炉圧力容器室	28.5	32.93	28.67	28.69	28.68	28.62	28.68	28.67	28.62	28.60	28.58	28.55	28.46	28.47
T12	上部主冷却機器室	24.5	31.61	26.84	26.87	26.86	26.82	26.80	26.77	26.78	26.75	26.64	26.63	26.67	26.64
T13	上部主冷却機器室	24.5	31.78	26.94	26.98	26.99	26.97	26.97	26.96	26.93	26.82	26.81	26.80	26.81	26.79
T14	上部主冷却機器室	24.5	32.00	27.14	27.08	27.17	27.15	27.09	27.09	27.15	27.02	26.94	27.00	26.93	26.91
T15	上部主冷却機器室	24.5	31.89	27.03	27.03	27.12	27.10	26.97	27.03	26.98	26.99	26.93	26.88	26.92	26.84
T16	原子炉圧力容器室	24.5	32.16	28.23	28.22	28.25	28.20	28.19	28.16	28.13	28.10	28.07	28.03	28.02	28.06
T17	原子炉圧力容器室	24.5	31.74	27.79	27.76	27.77	27.76	27.81	27.70	27.76	27.70	27.64	27.60	27.66	27.62
T18	下部主冷却機器室	20.0	31.01	26.34	26.38	26.44	26.45	26.40	26.37	26.35	26.29	26.35	26.21	26.23	26.22
T19	下部主冷却機器室	20.0	31.05	26.37	26.49	26.44	26.46	26.49	26.49	26.46	26.40	26.30	26.37	26.35	26.32
T20	下部主冷却機器室	20.0	30.33	25.60	25.65	25.65	25.63	25.62	25.63	25.59	25.59	25.50	25.50	25.50	25.45
T21	補助冷却機器室	20.0	30.80	26.14	26.22	26.23	26.25	26.25	26.19	26.15	26.15	26.13	26.04	26.02	26.03
T22	原子炉圧力容器室	20.0	32.09	27.58	27.60	27.62	27.60	27.61	27.60	27.57	27.55	27.49	27.43	27.44	27.45
T23	ブレーコルトゾフ室	15.0	29.25	25.39	25.44	25.47	25.46	25.50	25.43	25.52	25.49	25.43	25.39	25.35	25.34
T24	下部主冷却機器室	15.0	28.77	24.67	24.68	24.79	24.76	24.78	24.79	24.81	24.72	24.69	24.65	24.57	24.65
T25	下部主冷却機器室	15.0	28.38	24.36	24.49	24.52	24.48	24.55	24.48	24.43	24.45	24.43	24.32	24.34	24.44
T26	補助冷却機器室	15.0	28.89	24.78	25.00	25.14	25.08	25.10	25.06	25.02	24.90	24.75	24.72	24.63	24.82
T27	炉容器下部室	12.5	29.27	25.40	25.46	25.49	25.44	25.51	25.49	25.50	25.50	25.46	25.45	25.36	25.39
T28	下部主冷却機器室	12.5	27.91	24.49	24.58	24.61	24.69	24.60	24.67	24.65	24.65	24.56	24.46	24.45	24.47
T29	下部主冷却機器室	12.5	28.57	25.07	25.15	25.22	25.34	25.28	25.31	25.24	25.15	25.11	25.08	25.05	25.10
T30	補助冷却機器室	12.5	28.65	25.55	25.62	25.64	25.69	25.65	25.71	25.51	25.48	25.49	25.48	25.40	25.50

Table 14 活性炭単体の吸着効率試験記録 (1/2)

RADIOIODINE PENETRATION AND RETENTION TEST REPORT

CLIENT	Barnebey & Sutcliffe Corporation P.O. Box 2526 Columbus, Ohio 43216	PURCHASE ORDER NO.	41057/1
		TEST REPORT NO.	10255
		SAMPLE NO.	96-7784
SAMPLE IDENTITY	Type 727 Lot I-1317	Date Sampled:	N/A
		Date Tested:	1/6/96

TEST CONDITIONS:

Temperature	50 °C	Duration of Post Sweep	240 min.
Pressure	101 KPa	Pre-Equilibration Time	16 hours
Relative Humidity	80%	I ¹³¹ Content	0.6 uci
Face Velocity	12.2 m/min.	Chemical Form I ¹³¹	ELEMENTAL IODINE
Adsorbate Concentration	17.5 mg/m ³	Standard Deviation of Total Counting Error	0.001 %
Duration of Loading	120 min.		

RADIOIODINE TEST RESULTS AT:	% RETENTION	% PENETRATION	% EFFICIENCY
1"	%	%	%
2"	%	0.01 %	99.99 %
4"	%	%	%
	%	%	%

CERTIFICATE OF CONFORMANCE

All test procedures and methods are in accordance with RDT-M16-1T, ASTM-D-3803, Reg. Guide 1.52, Reg. Guide 1.140, ANSI N509/N510, and with the above referenced purchase order number.

Standard Deviation	NCS Distribution	
1st 2" Canister	121.573	(1) Lab File
2nd 2" Canister	0.990	(1) QA File
3rd 2" Canister	0.100	
4th 2" Canister		

Table 14 活性炭単体の吸着効率試験記録 (2/2)

RADIOIODINE PENETRATION AND RETENTION TEST REPORT P.O. BA 9514			
CLIENT	Barnebey & Sutcliffe Corporation P.O. Box 2526 Columbus, Ohio 43216	PURCHASE ORDER NO.	41057/1
SAMPLE IDENTITY	Type 727 Lot I-1317	TEST REPORT NO.	10254
		SAMPLE NO.	96-7783
Date Sampled:	N/A	Date Tested:	1/6/96
TEST CONDITIONS:			
Temperature	50 °C	Duration of Post Sweep	240 min.
Pressure	101 KPa	Pre-Equilibration Time	16 hours
Relative Humidity	80%	I ¹³¹ Content	0.3 uci
Face Velocity	12.2 m/min.	Chemical Form I ¹³¹	METHYL IODIDE
Adsorbate Concentration	1.75 mg/m ³	Standard Deviation of Total Counting Error	0.007 %
Duration of Loading	120 min.		
RADIOIODINE TEST RESULTS AT: % RETENTION % PENETRATION % EFFICIENCY			
1"	%	%	%
2"	%	0.29 %	99.71 %
4"	%	%	%
	%	%	%
CERTIFICATE OF CONFORMANCE			
All test procedures and methods are in accordance with RDT-M16-1T, ASTM-D-3803, Reg. Guide 1.52, Reg. Guide 1.140, ANSI N509/N510, and with the above referenced purchase order number.			
Standard Deviation	NCS Distribution		
1st 2" Canister	80.565	(1) Lab File	
2nd 2" Canister	4.284	(1) QA File	
3rd 2" Canister	0.436		
4th 2" Canister			

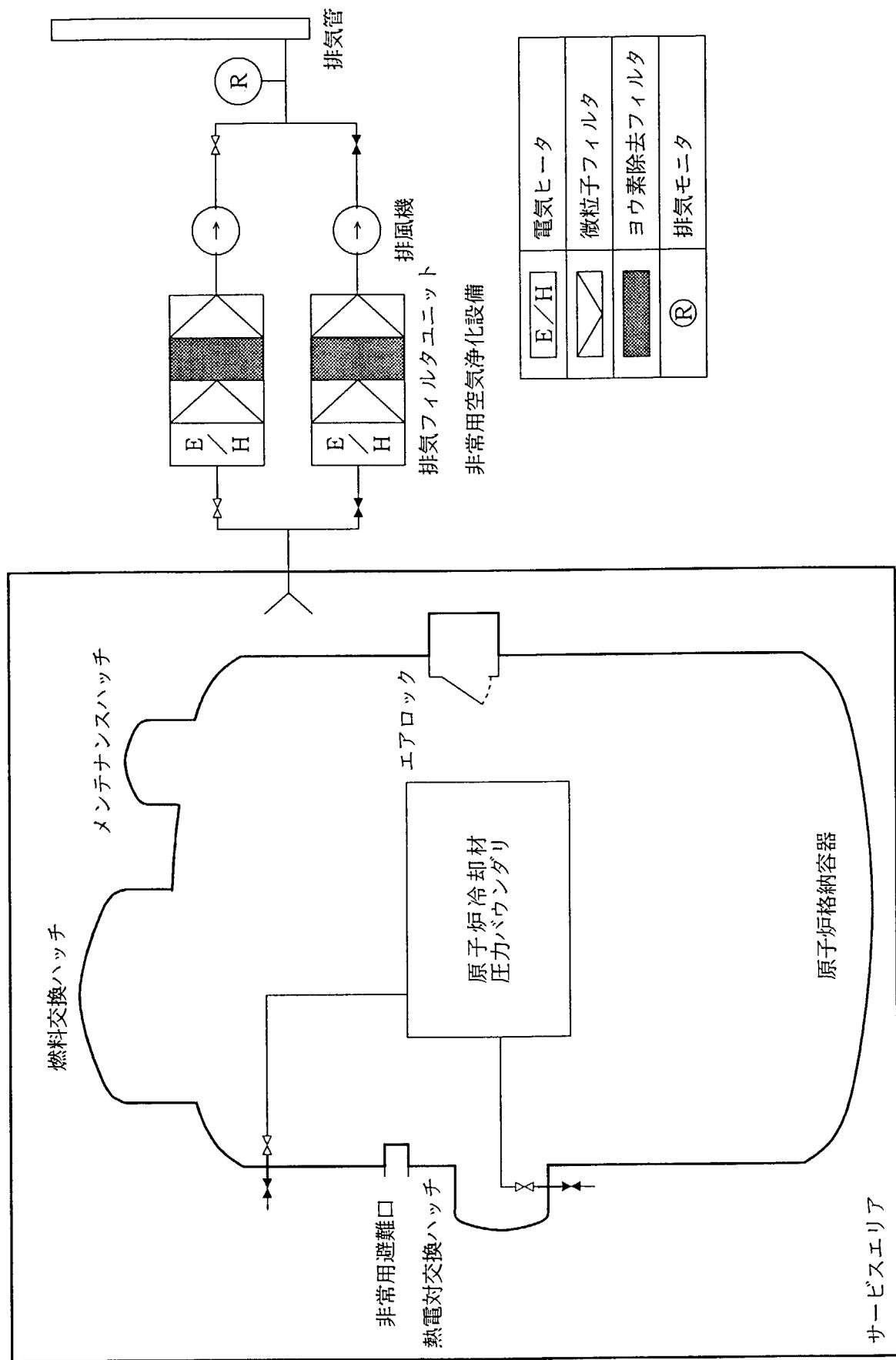
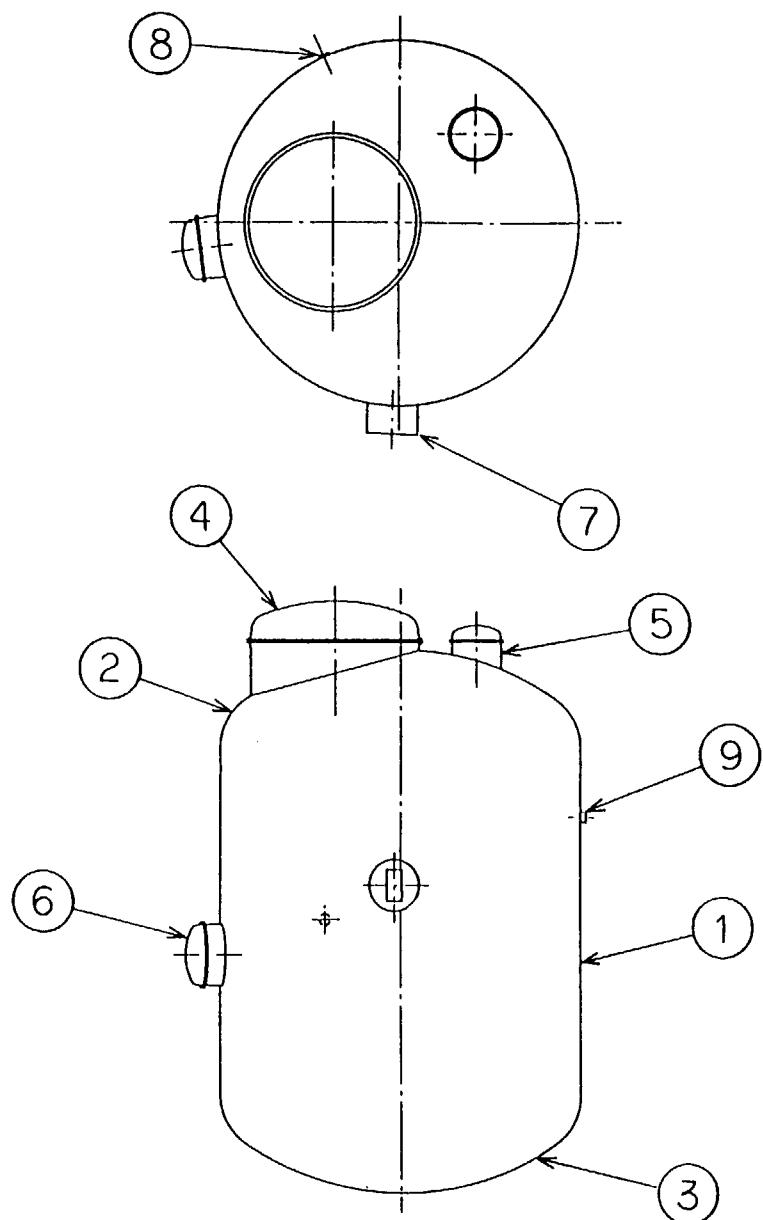


Fig. 1 原子炉格納施設概念図



番号	名称	個数	主要材料
9	貫通部スリーブ	99	SGV49, STPL39
8	非常用避難口	1	SGV49
7	エアロック	1	SGV49
6	熱電対交換ハッチ	1	SGV49
5	メンテナンスハッチ	1	SGV49
4	燃料交換ハッチ	1	SGV49
3	下鏡	1	SGV49
2	上鏡	1	SGV49
1	本体胴	1	SGV49

Fig.2 原子炉格納容器構造図

N
↑

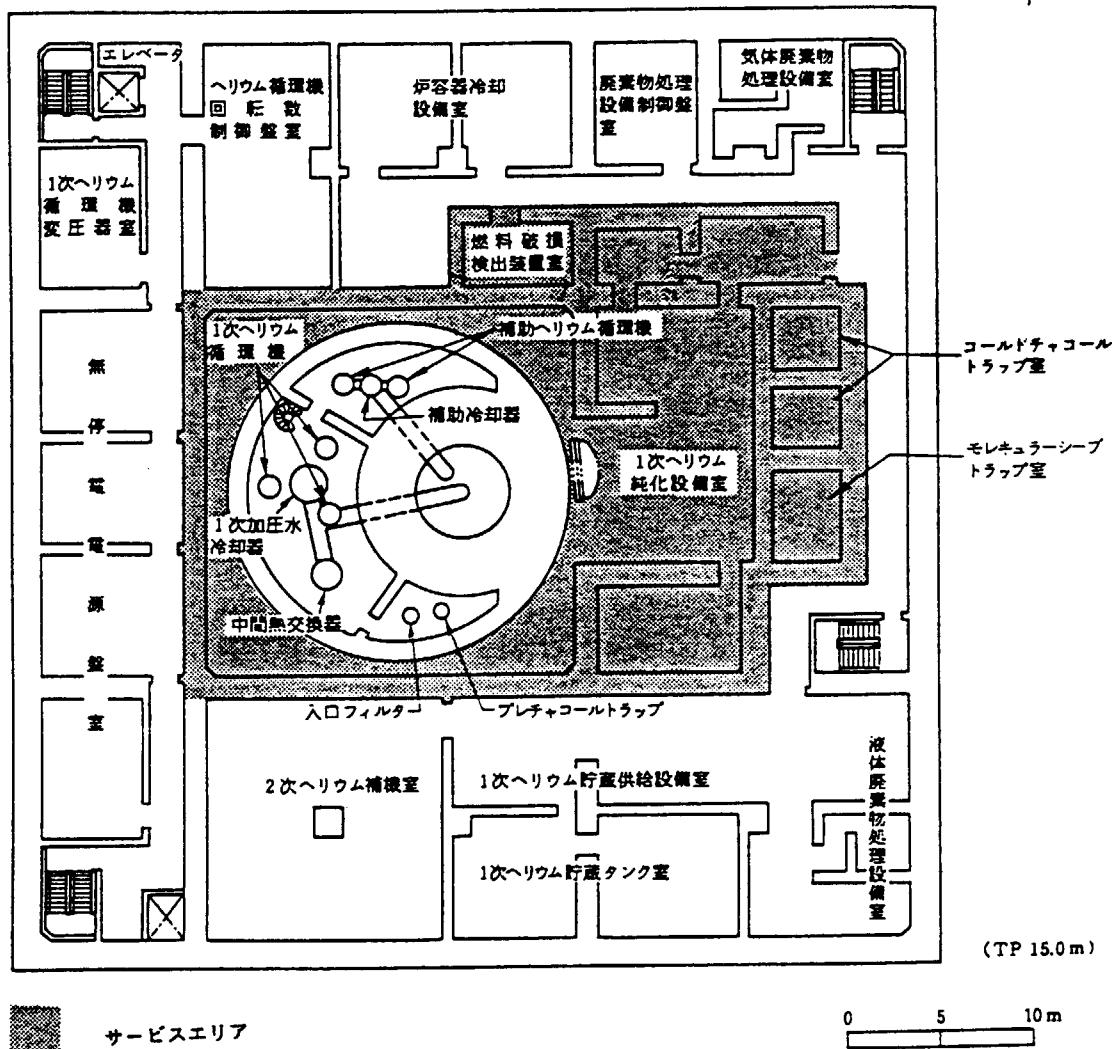


Fig. 3 サービスエリア配置図(1/6)

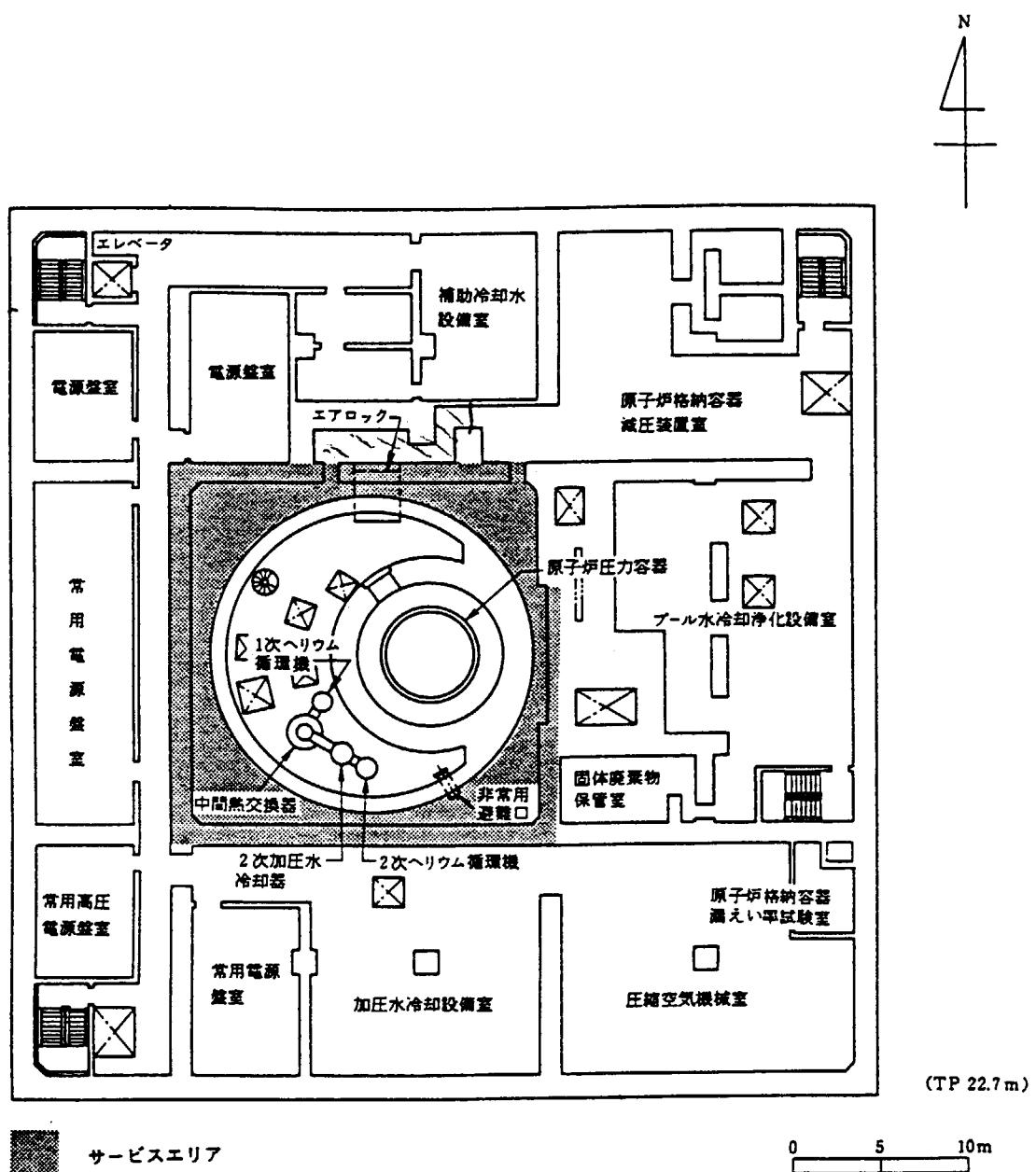


Fig. 3 サービスエリア配置図(2/6)

N
↑

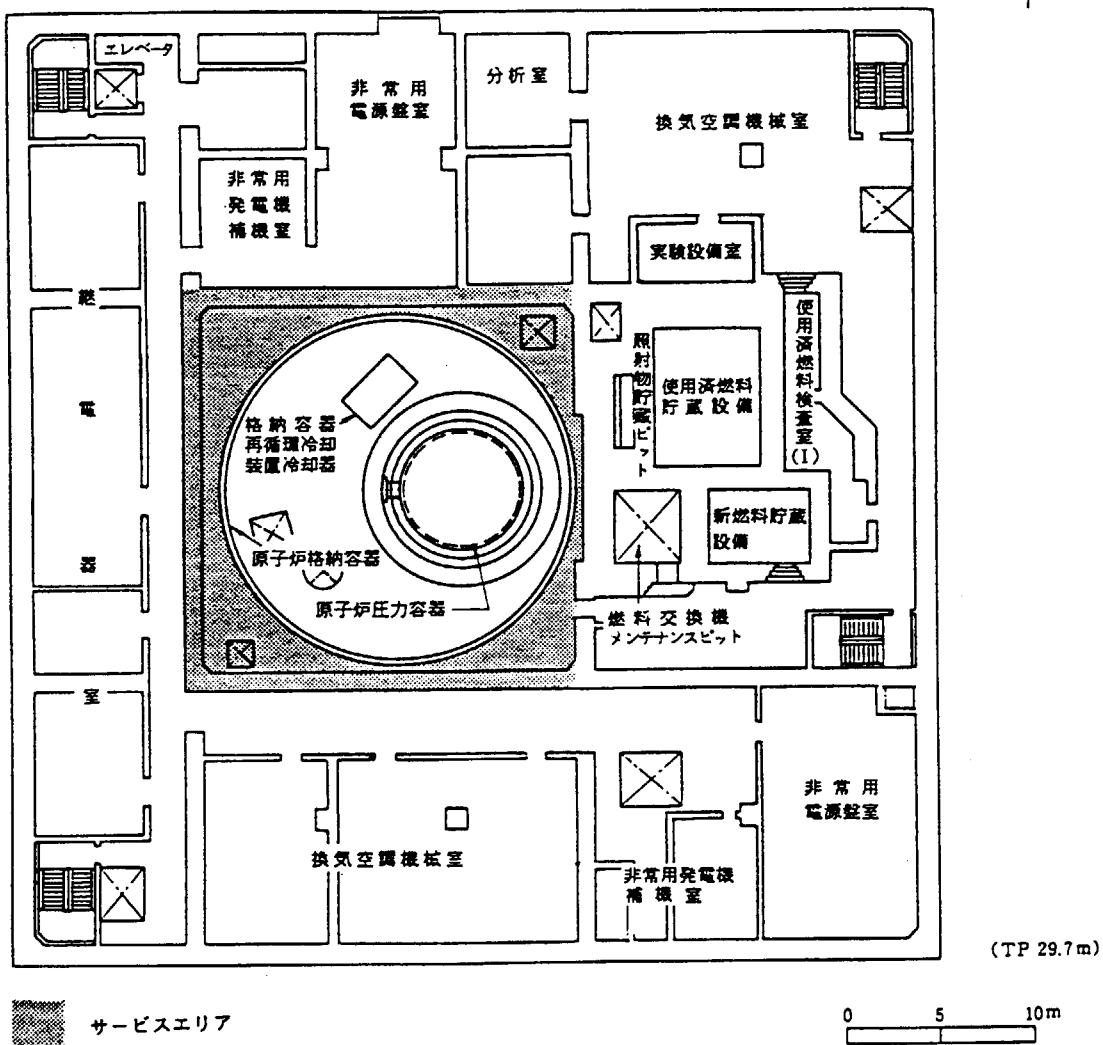


Fig. 3 サービスエリア配置図(3/6)

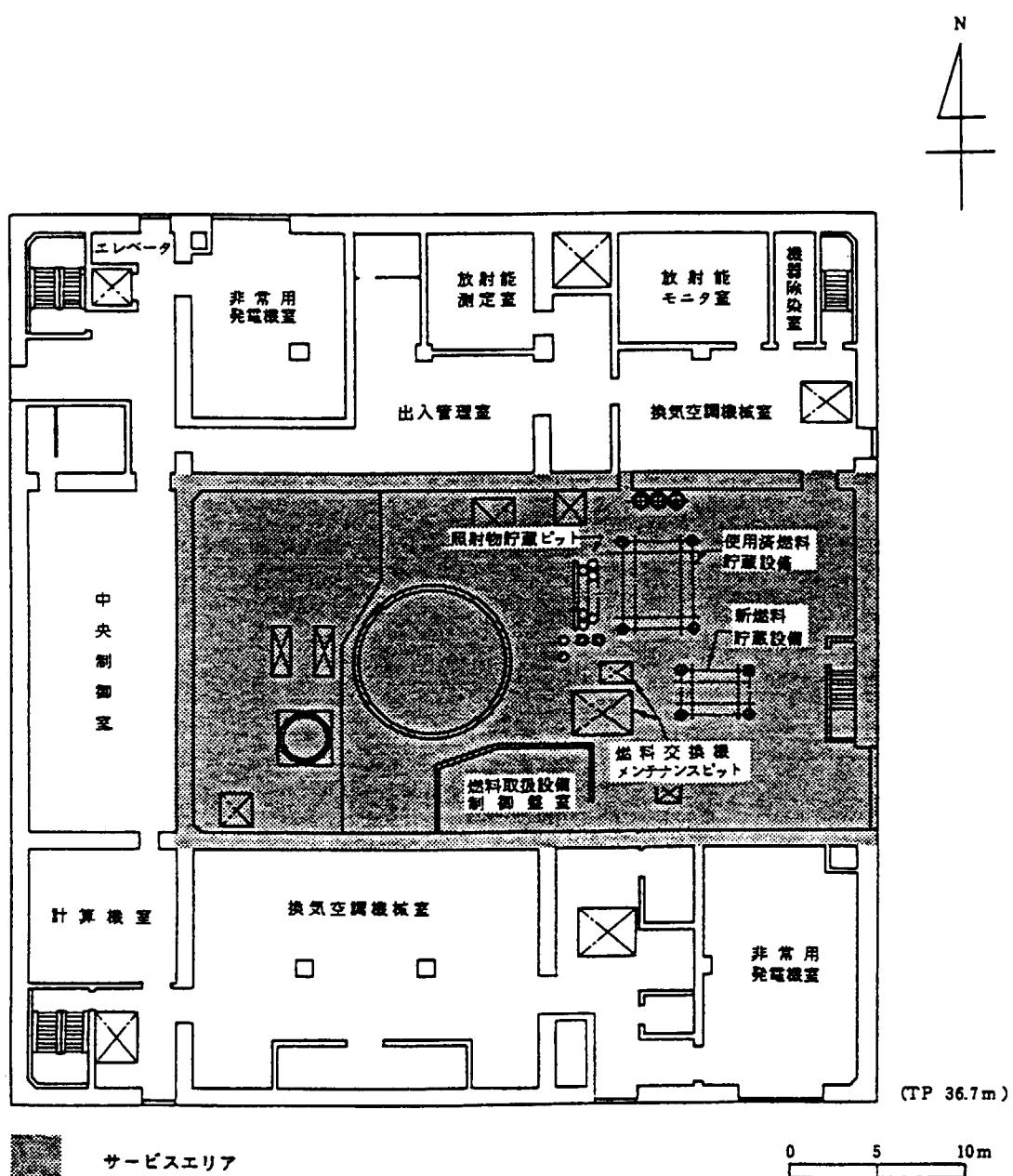


Fig. 3 サービスエリア配置図(4/6)

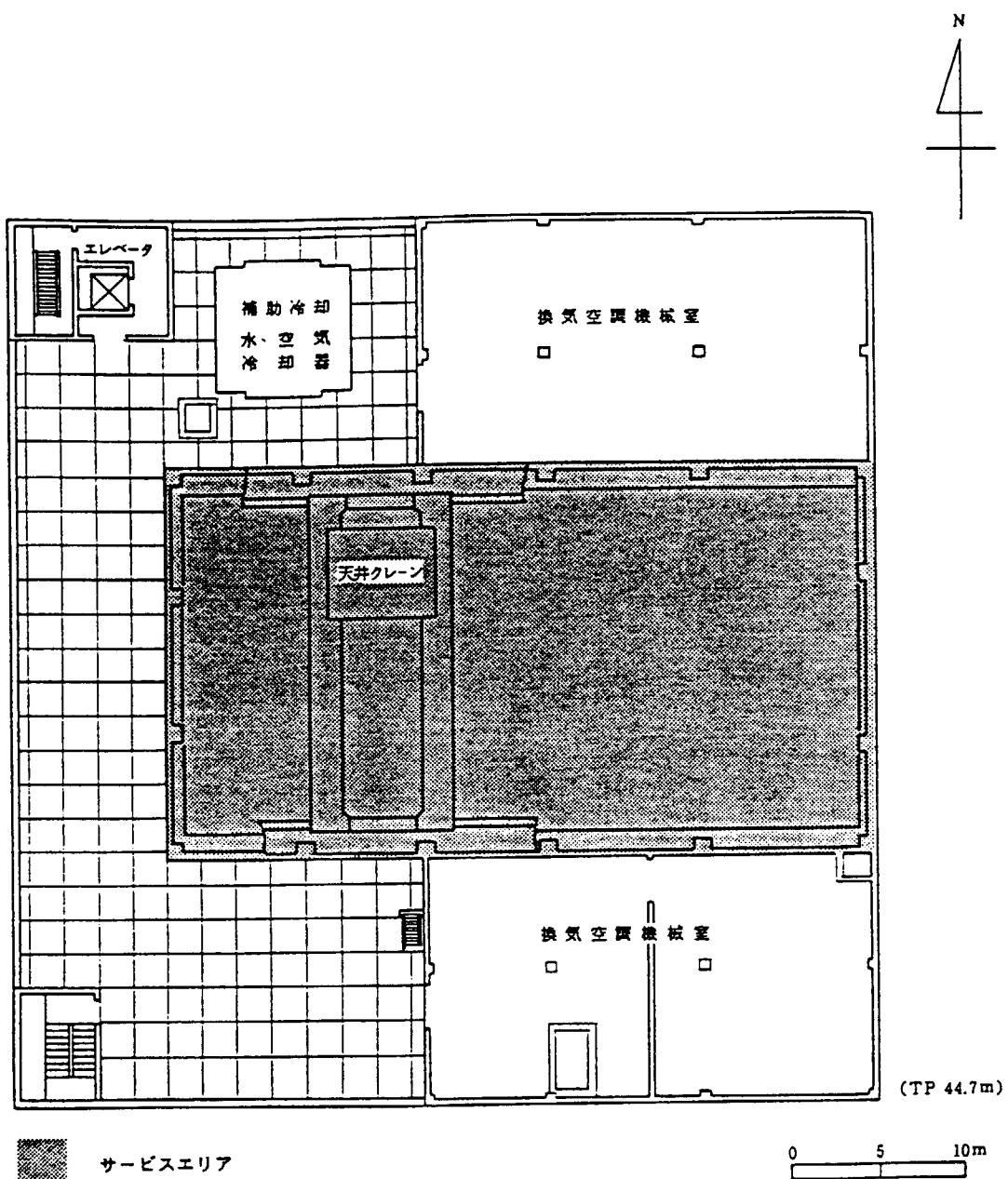


Fig. 3 サービスエリア配置図(5/6)

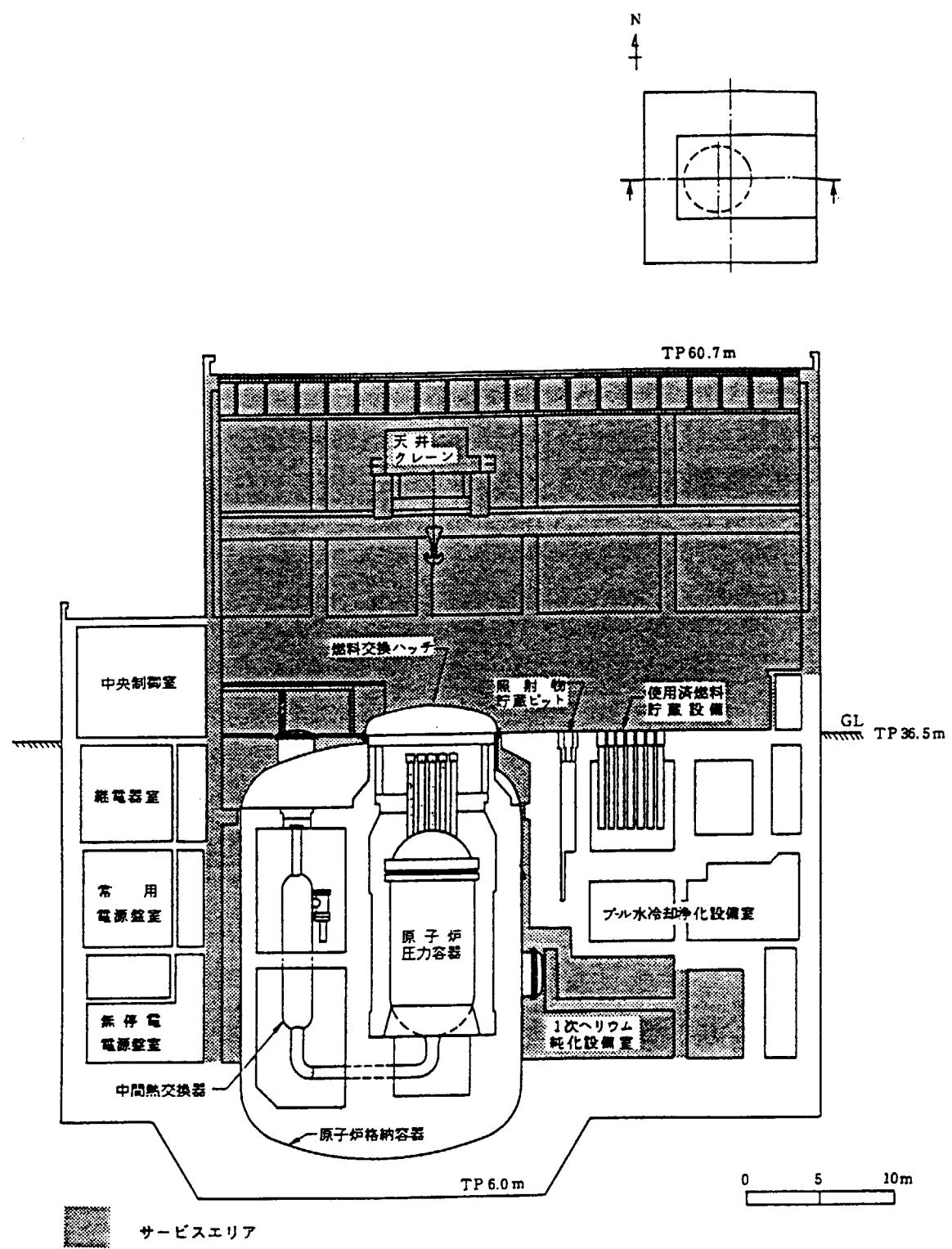


Fig. 3 サービスエリア配置図(6/6)

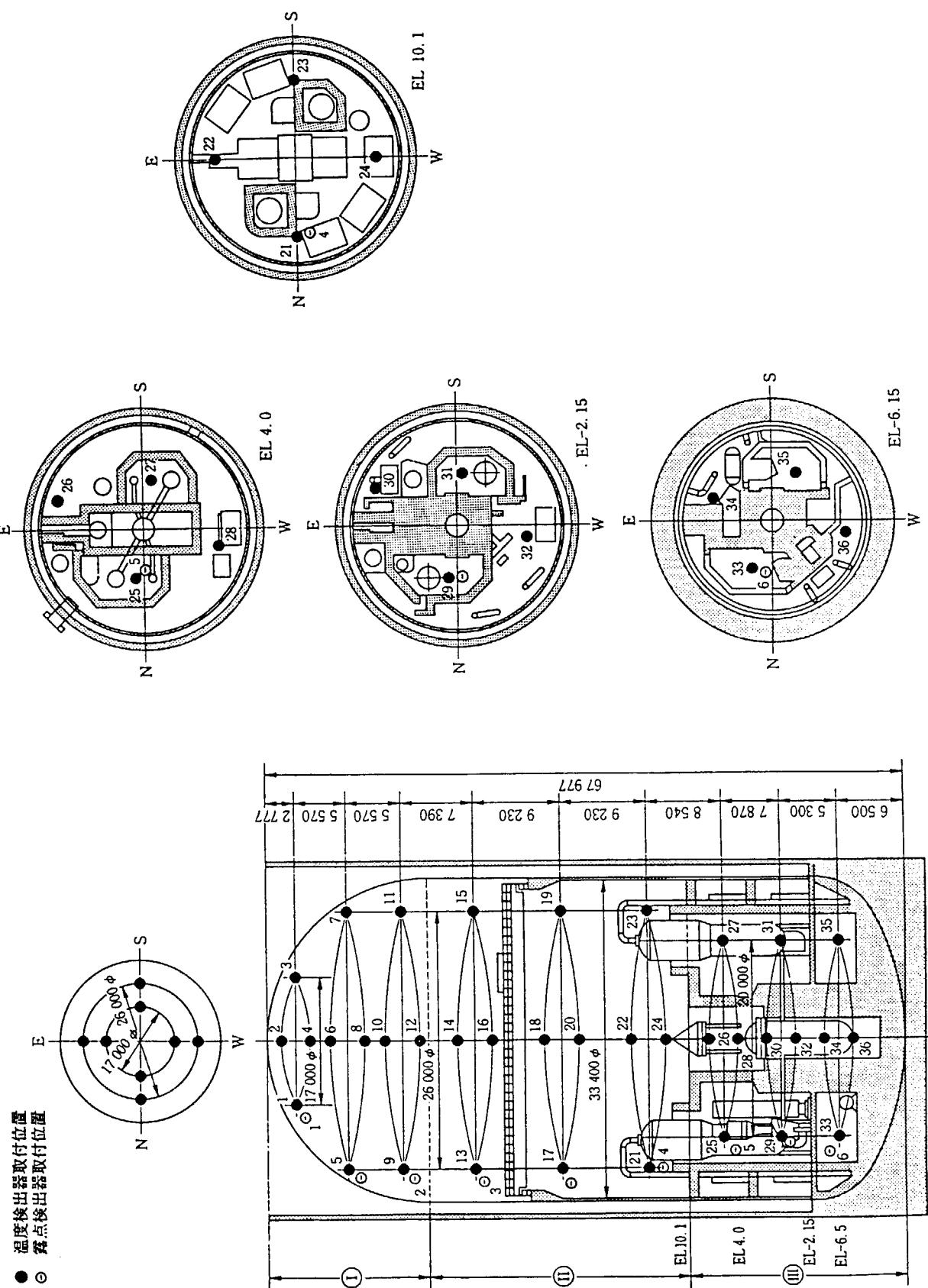
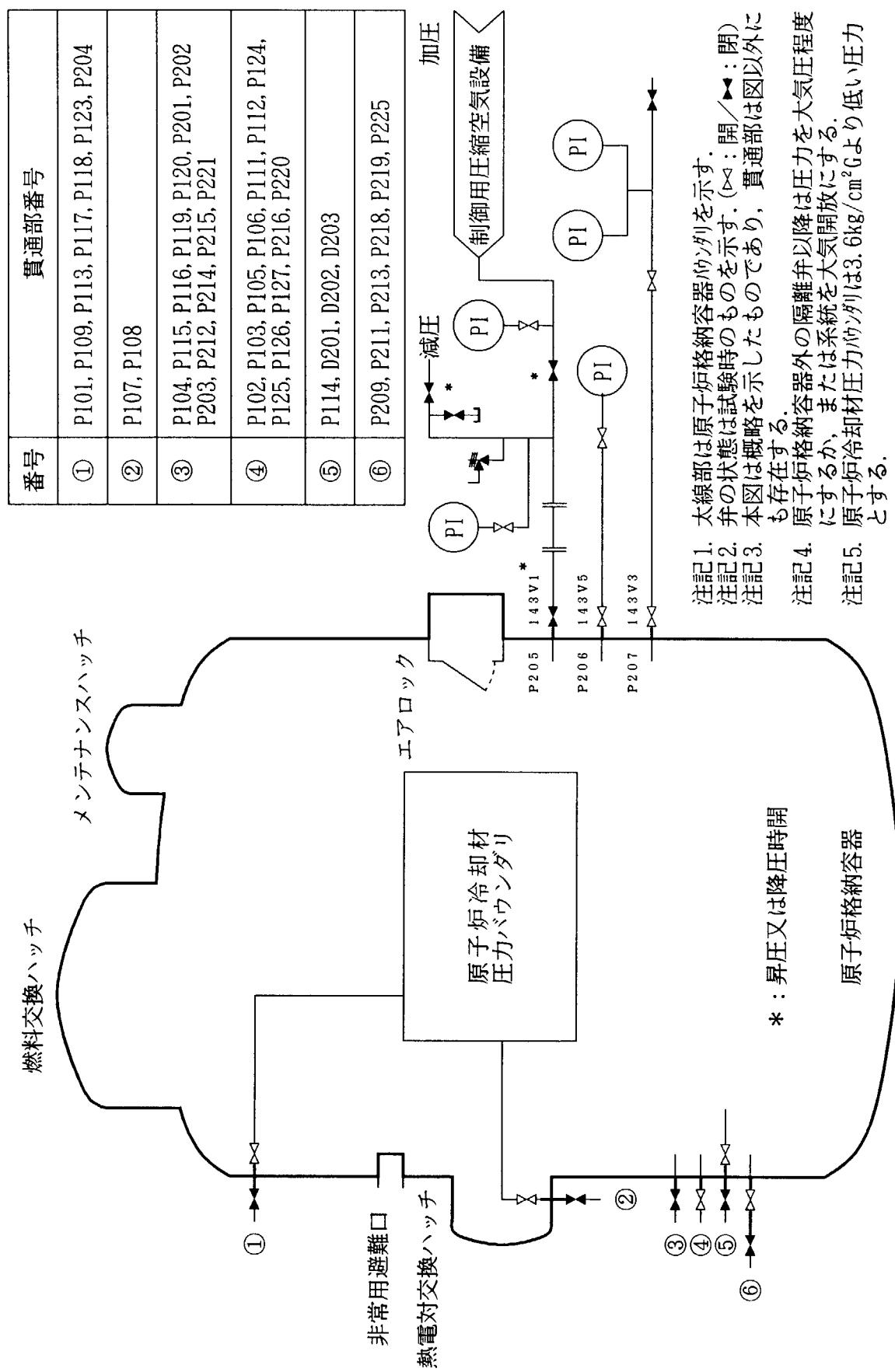
JEACによる測温抵抗体の配置例⁶⁾

Fig.4



- 注記1. 太線部は原子炉格納容器やケーブルを示す。
注記2. 畑の状態は試験時のものを示す。(△:開/▲:閉)
注記3. 本図は概略を示したものであり、貫通部は図以外にも存在する。
注記4. 原子炉格納容器外の隔離弁以降は圧力を大気圧程度ににするか、または系統を大気開放にする。
注記5. 原子炉冷却材圧力バウンダリは3.6kg/cm²Gより低い圧力とする。

Fig.5 全体漏洩率試験要領図

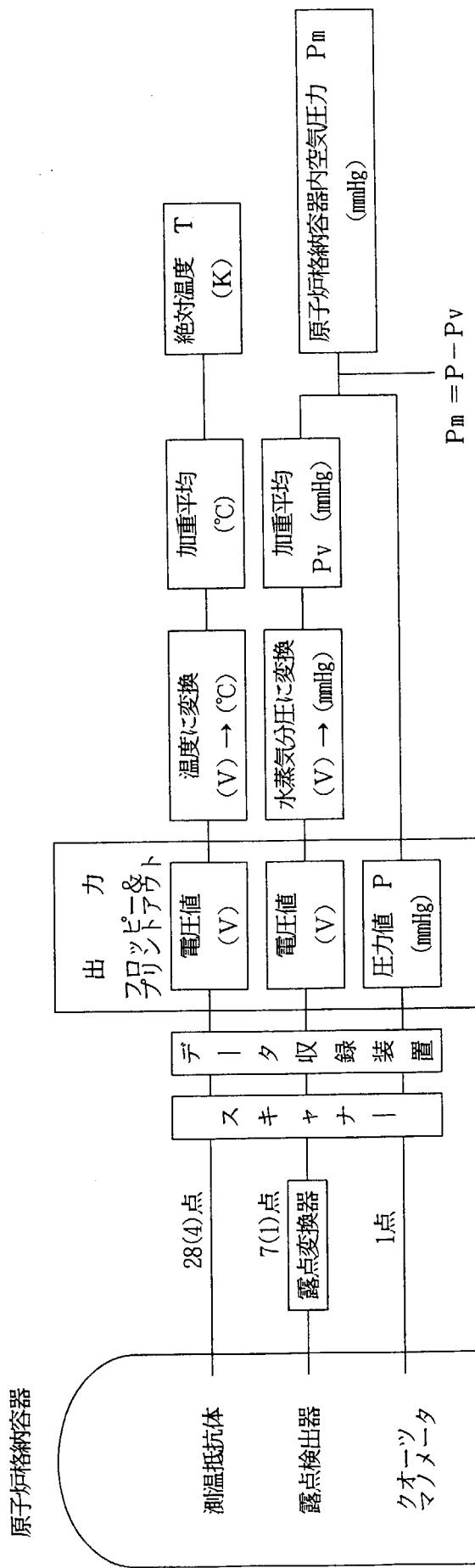


Fig.6 全体漏洩率試験の測定系

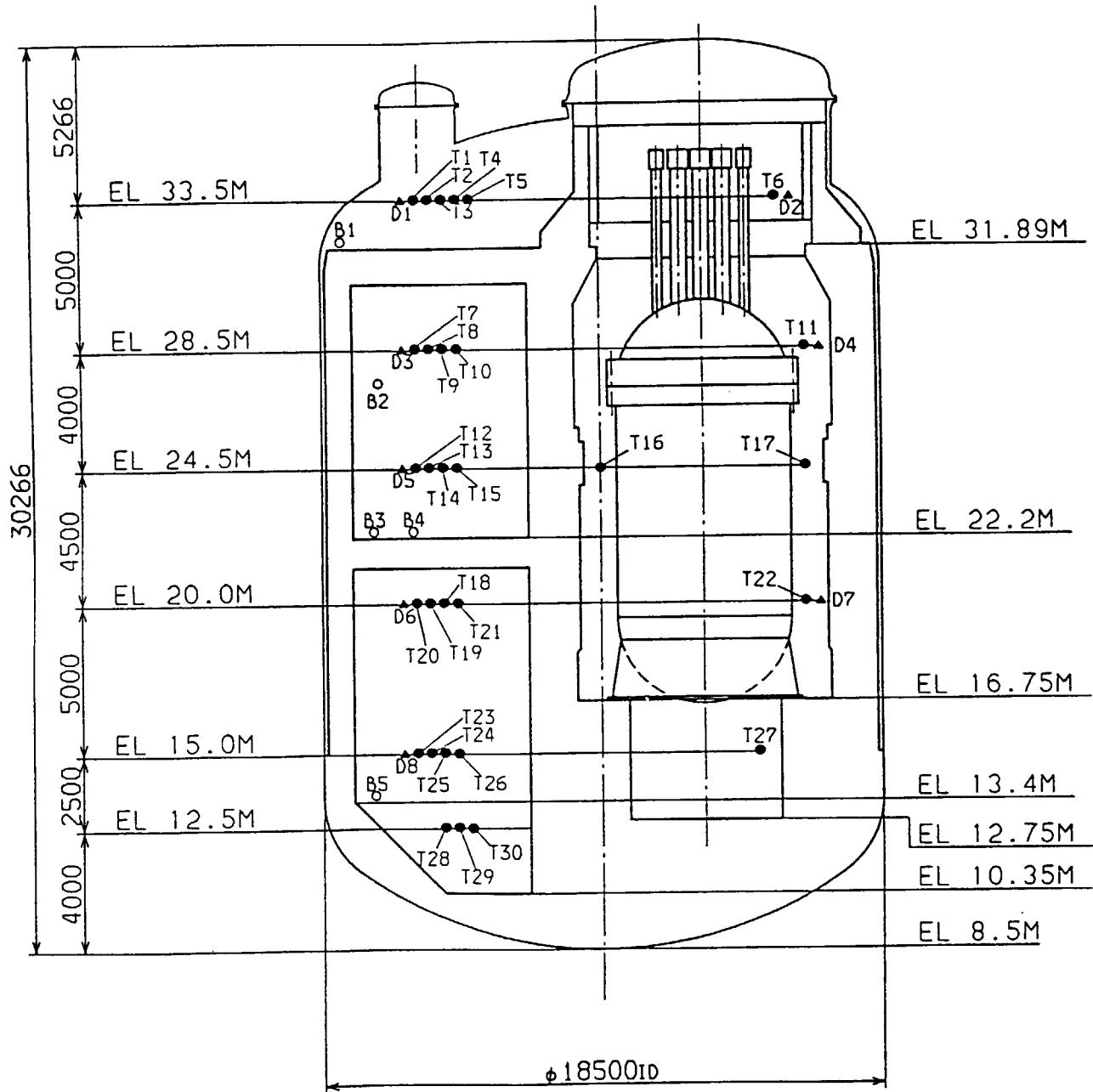


Fig.7 測温抵抗体及び露点検出器の配置(1/7)
(T:測温抵抗体, D:露点検出器, B:端子箱)

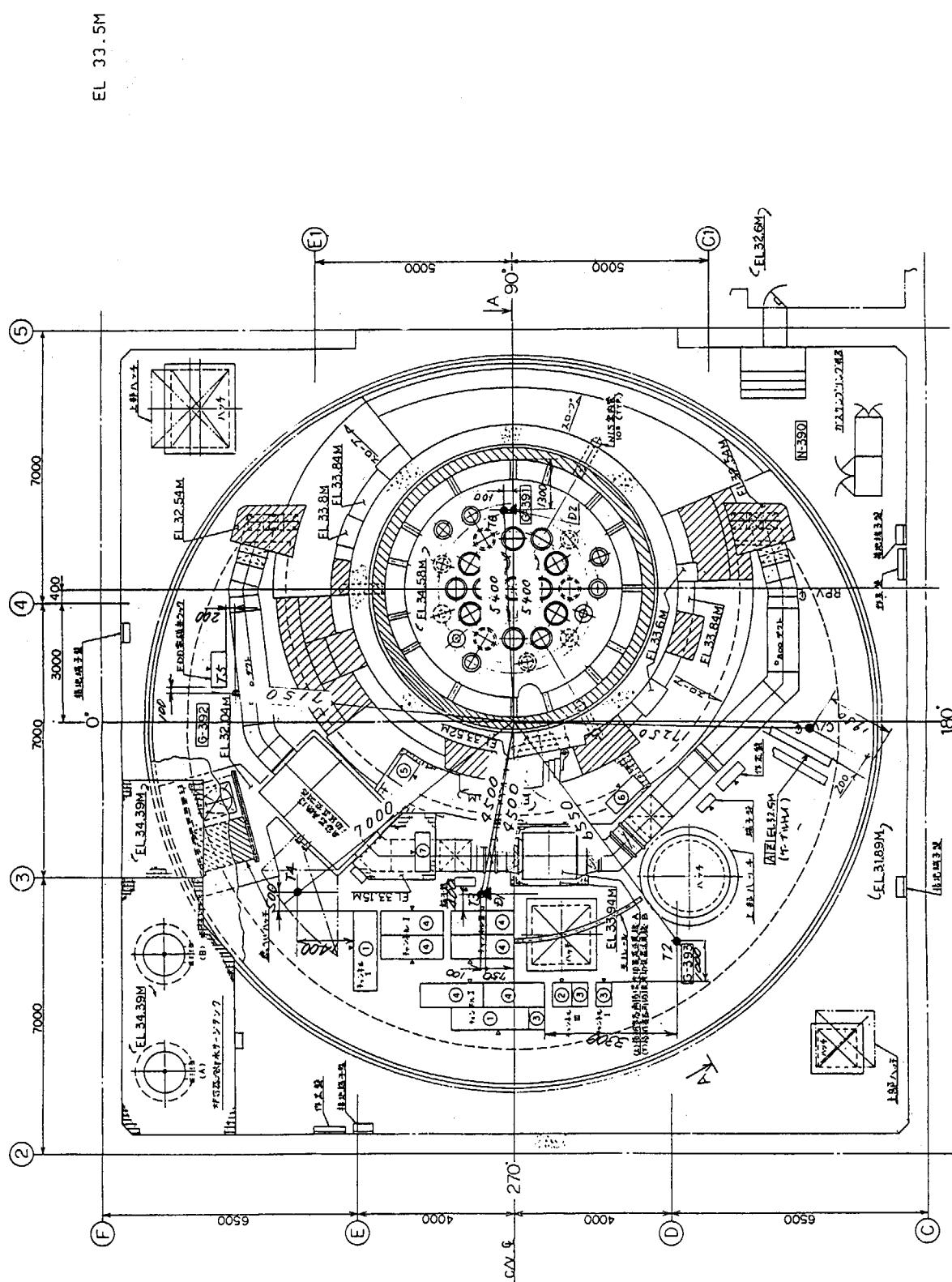


Fig. 7 測温抵抗体及び露点検出器の配置 (2/7)
(T: 測温抵抗体, D: 露点検出器, B: 端子箱)

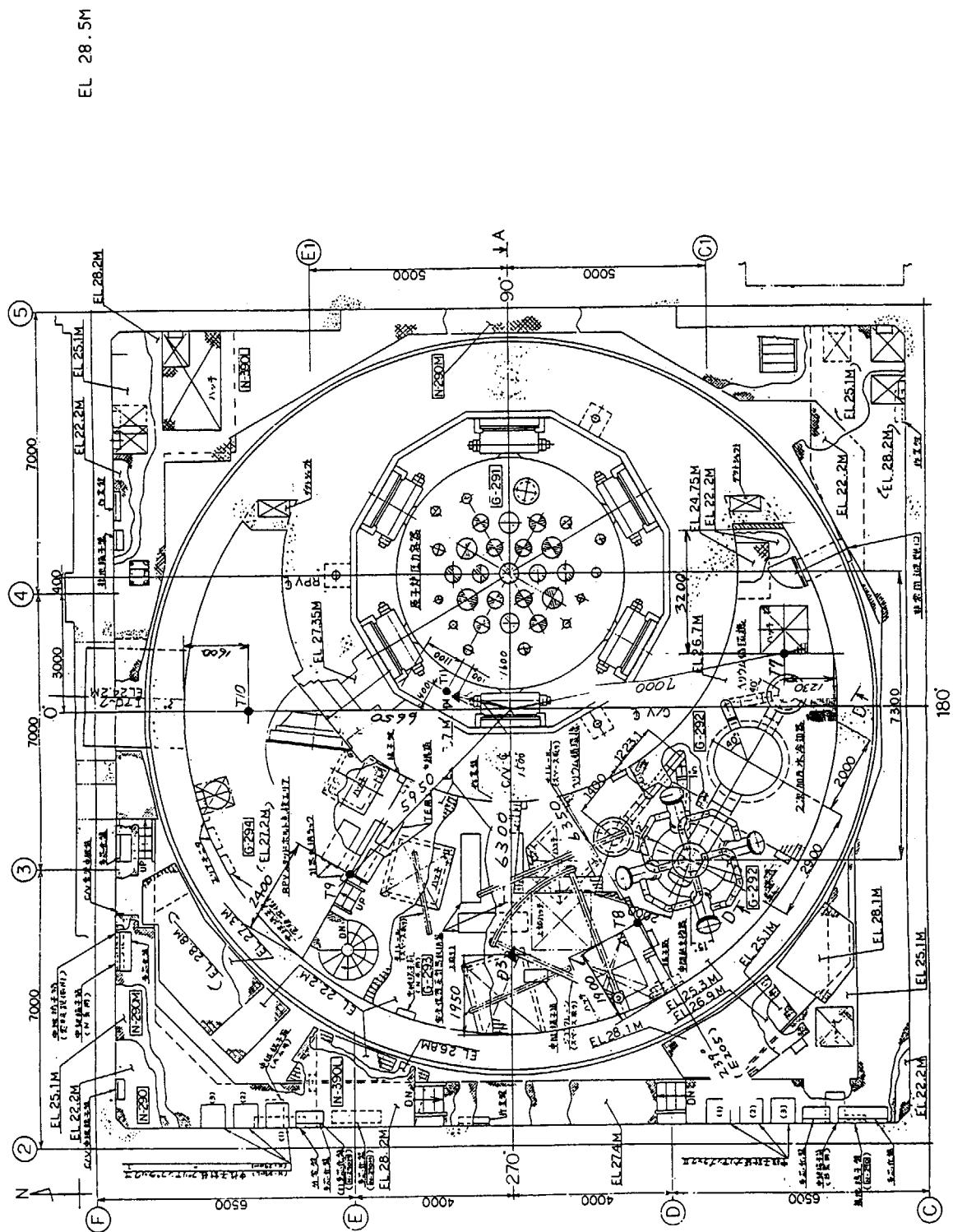


Fig.7 測温抵抗体及び露点検出器の配置(3/7)
(T: 測温抵抗体, D: 露点検出器, B: 端子箱)

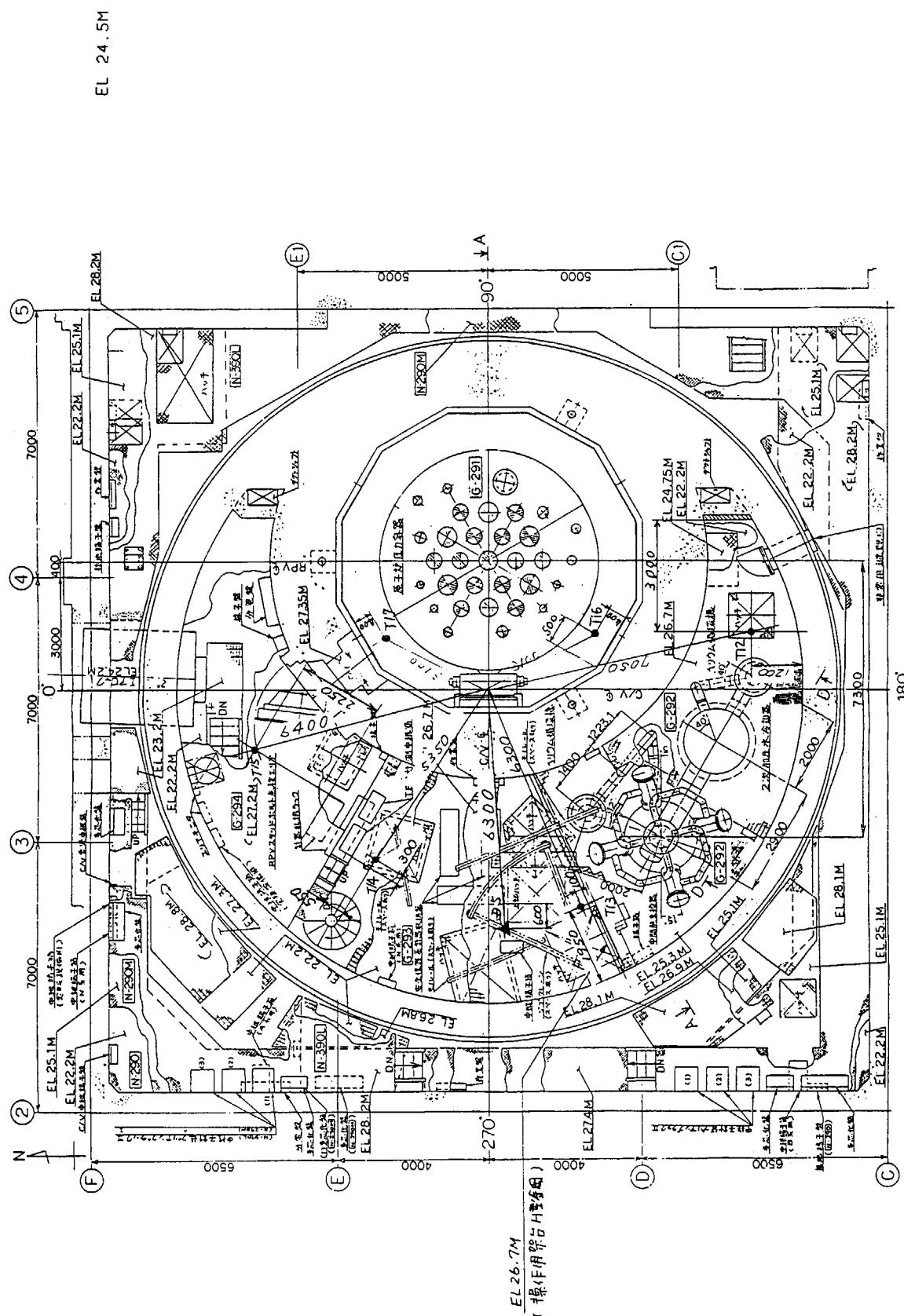


Fig. 7 測温抵抗体及び露点検出器の配置(4/7)
(T: 測温抵抗体, D: 露点検出器, B: 端子箱)

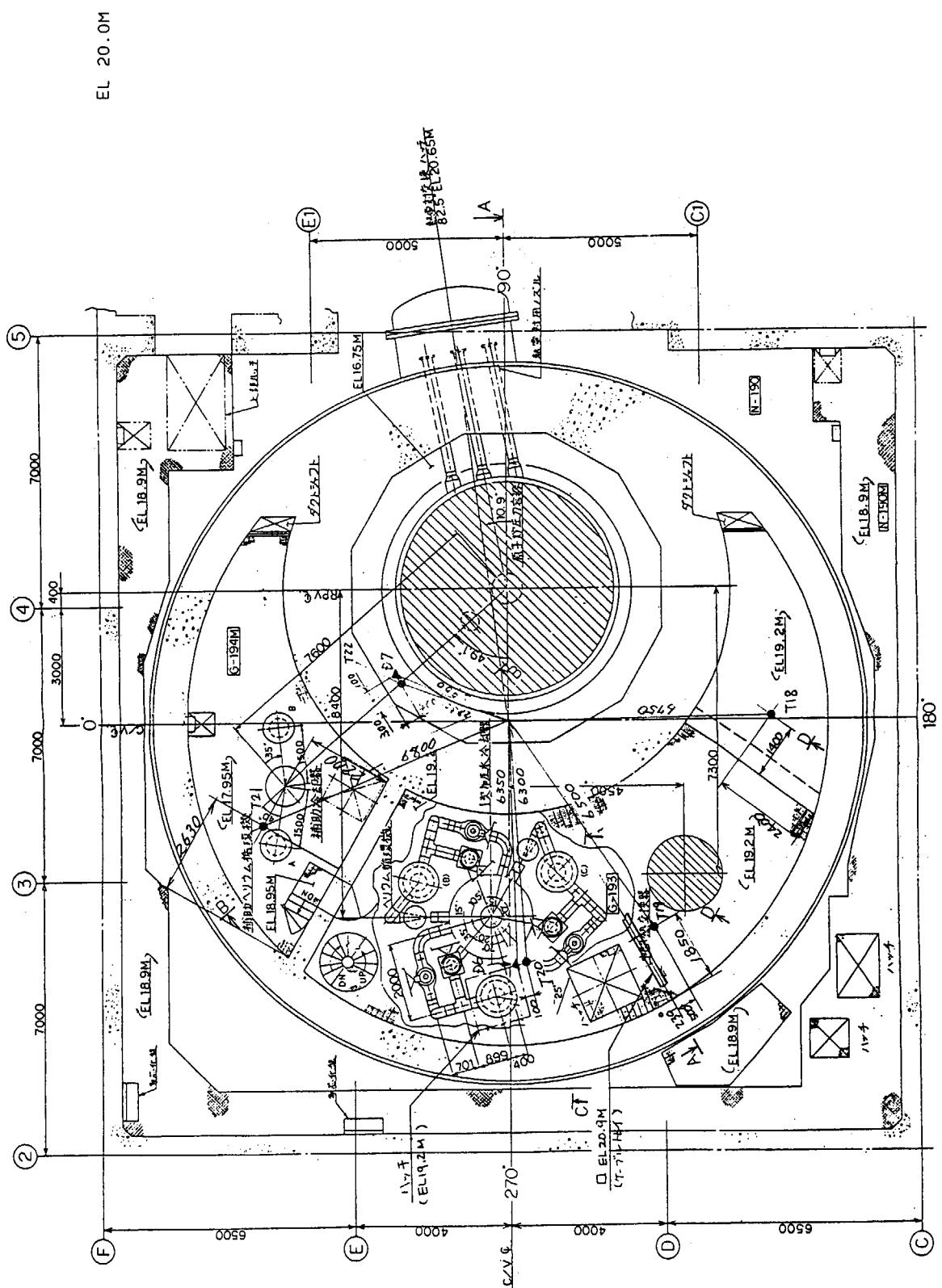


Fig. 7 測温抵抗体及び露点検出器の配置 (5/7)
(T: 測温抵抗体, D: 露点検出器, B: 端子箱)

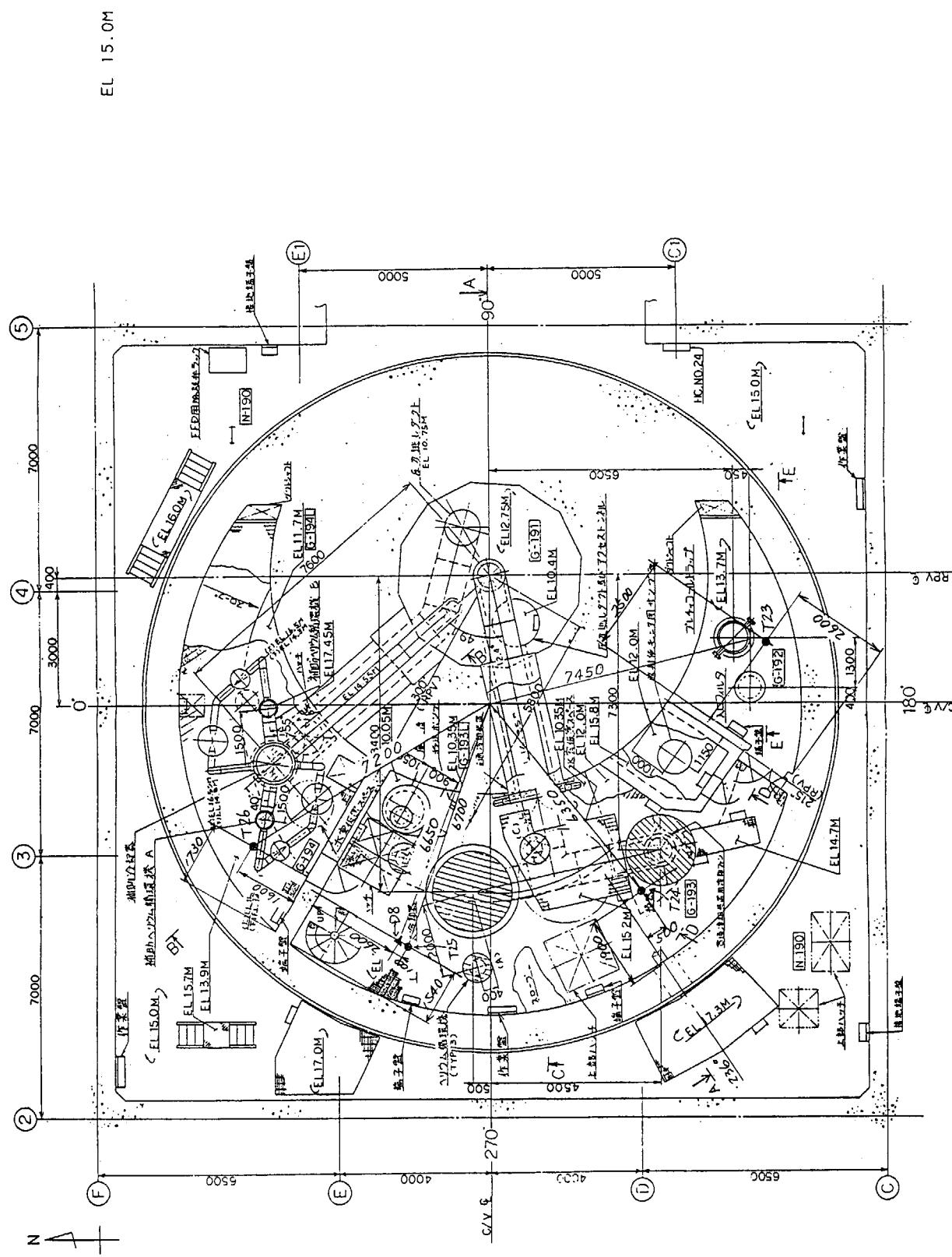


Fig. 7 測温抵抗体及び露点検出器の配置 (6/7)
(T: 測温抵抗体, D: 露点検出器, B: 端子箱)

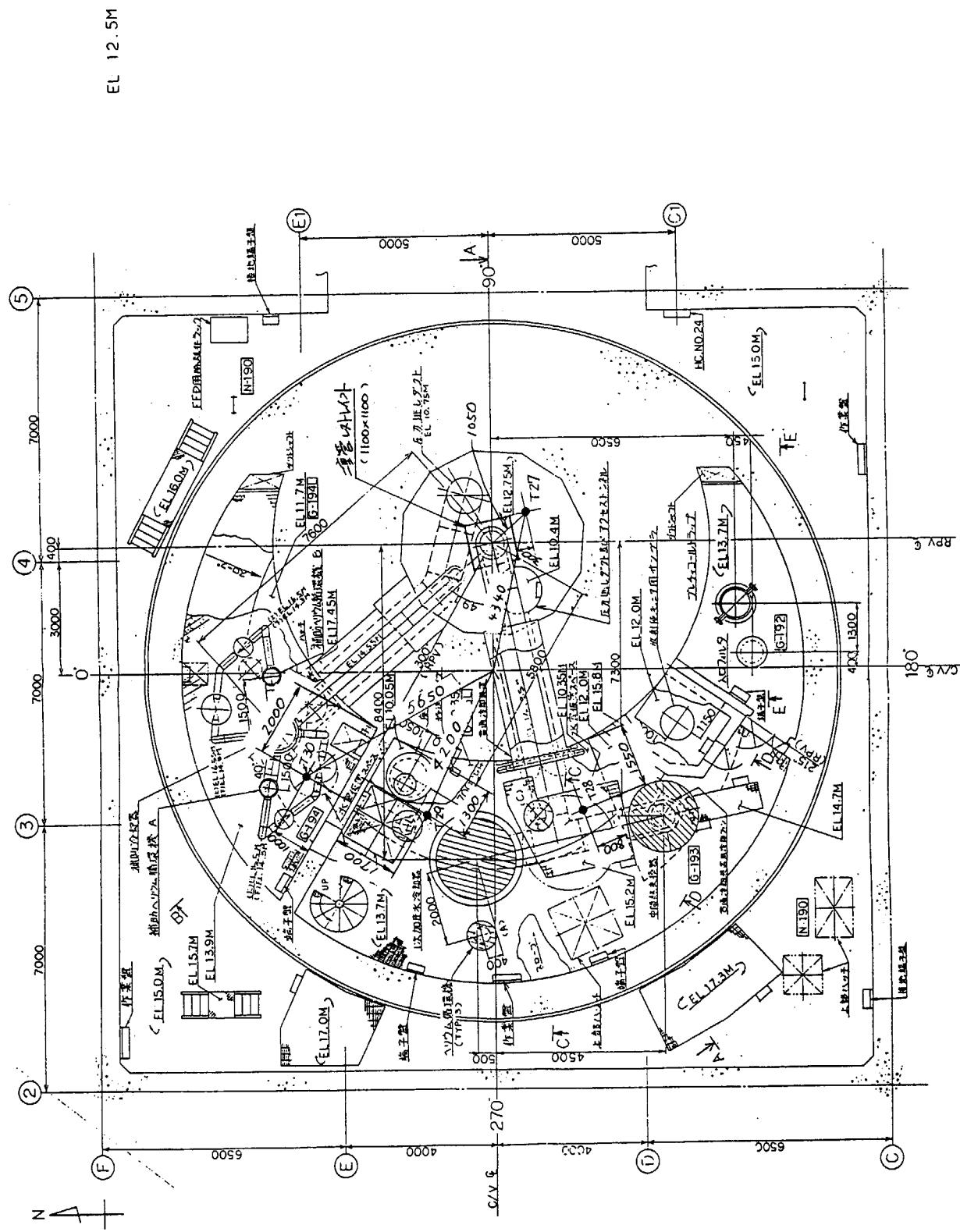
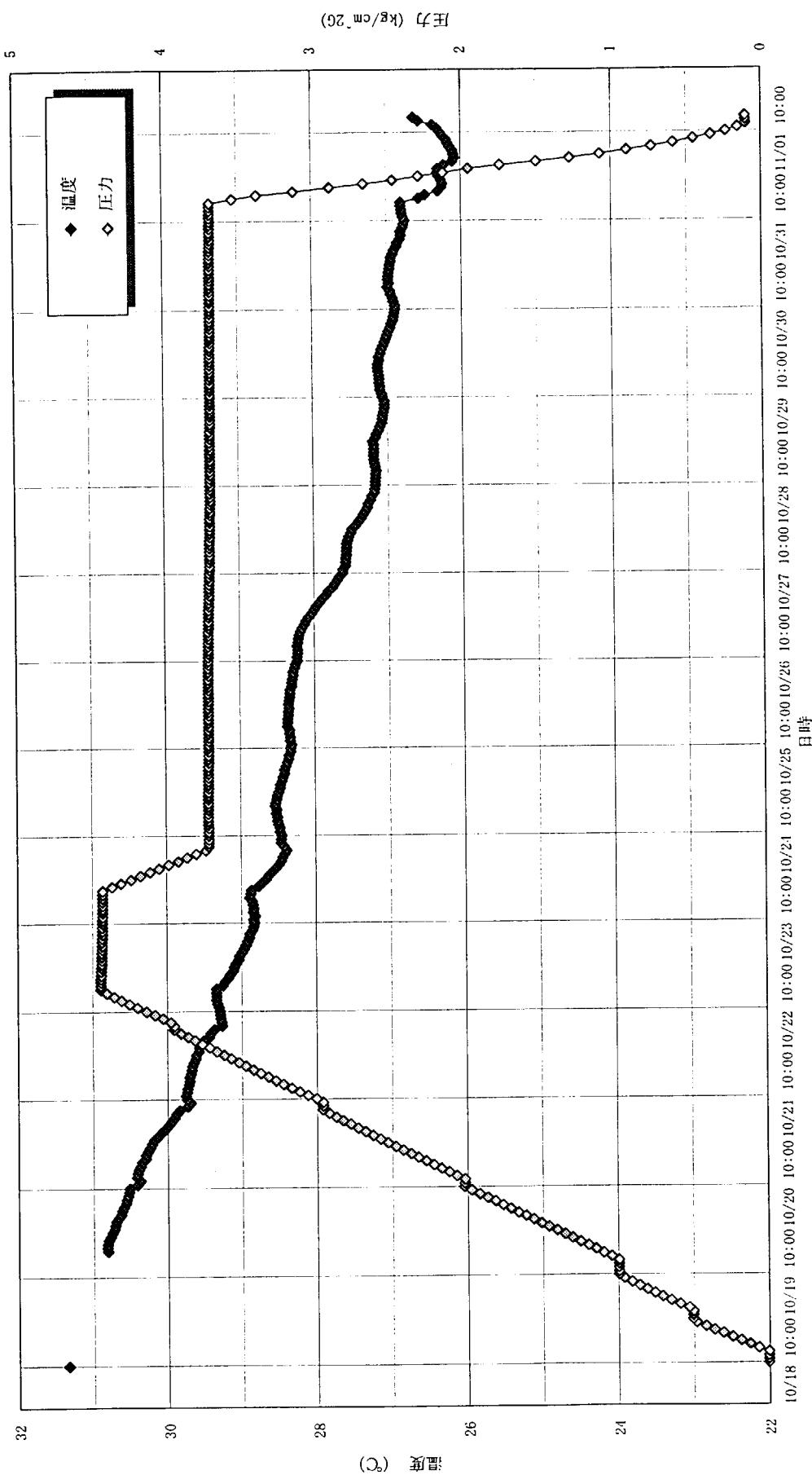
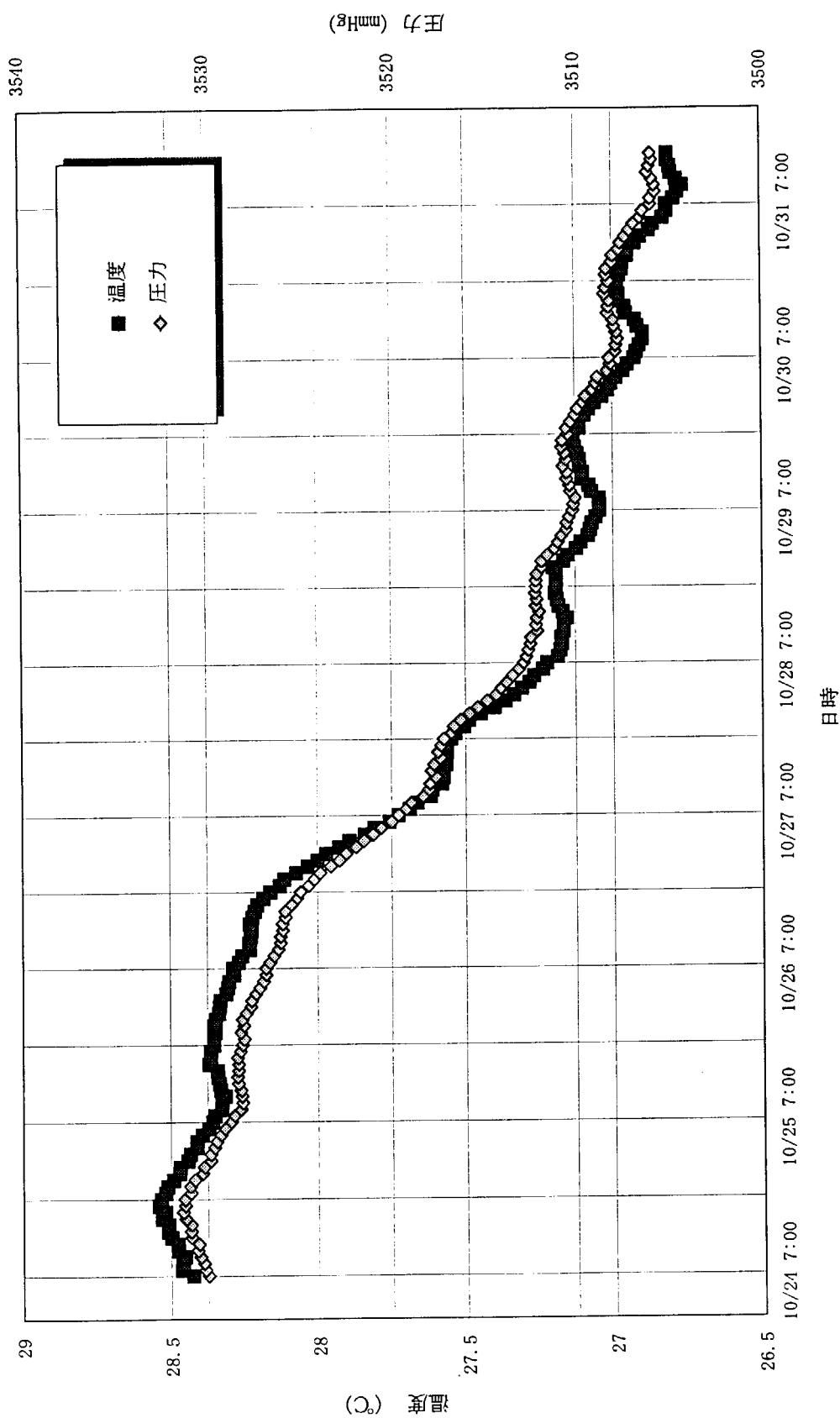


Fig. 7 測温抗体及び露点検出器の配置 (7/7)
(T: 測温抗体, D: 露点検出器, B: 端子箱)





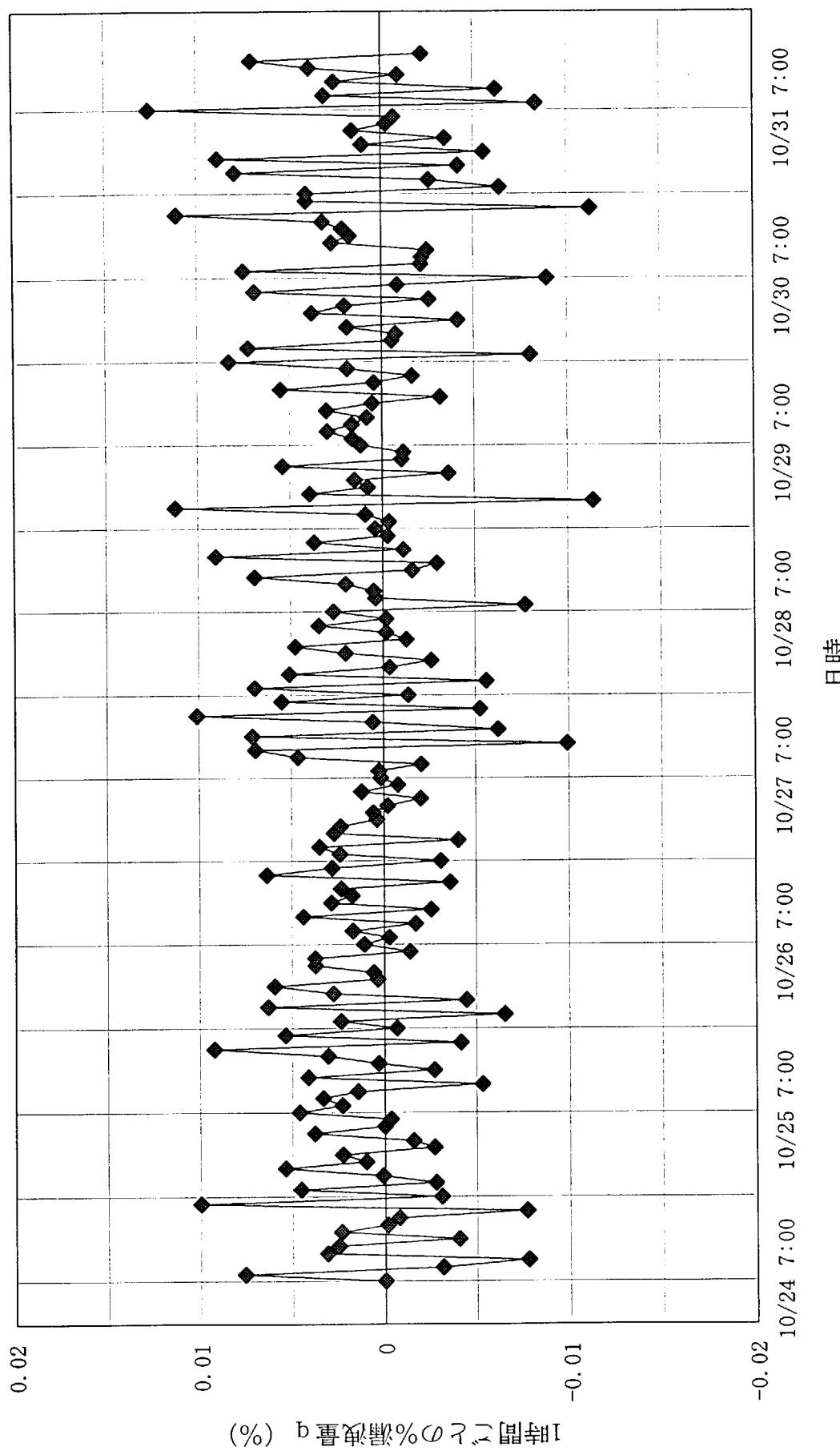
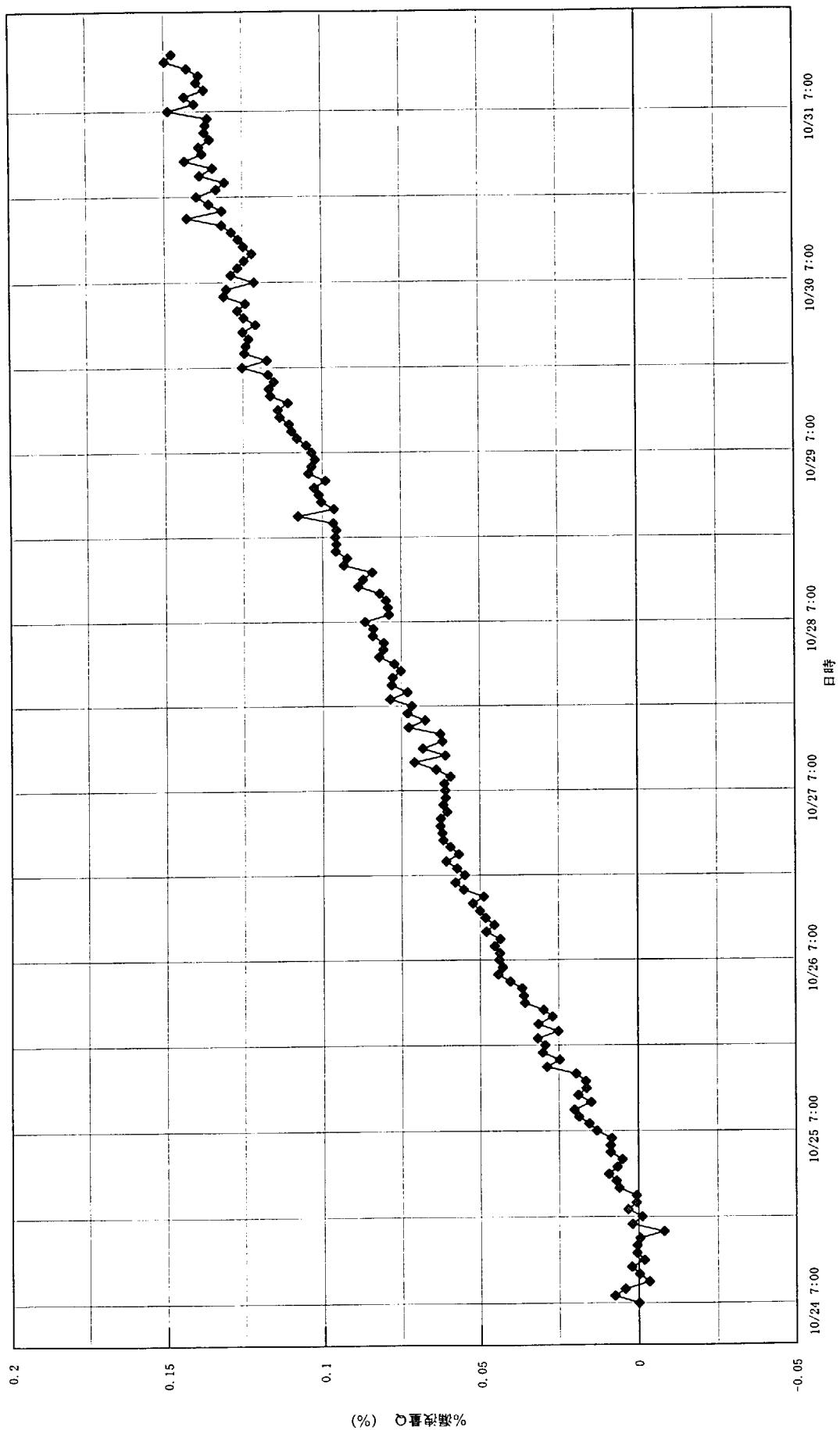


Fig. 10 1 時間ごとの漏れ率 q [%] の変動
 $q = (1 - P_2 T_1 / P_1 T_2) * 100$ 添字 1 : 各測定点, 添字 2 : 各測定点の 1 時間後



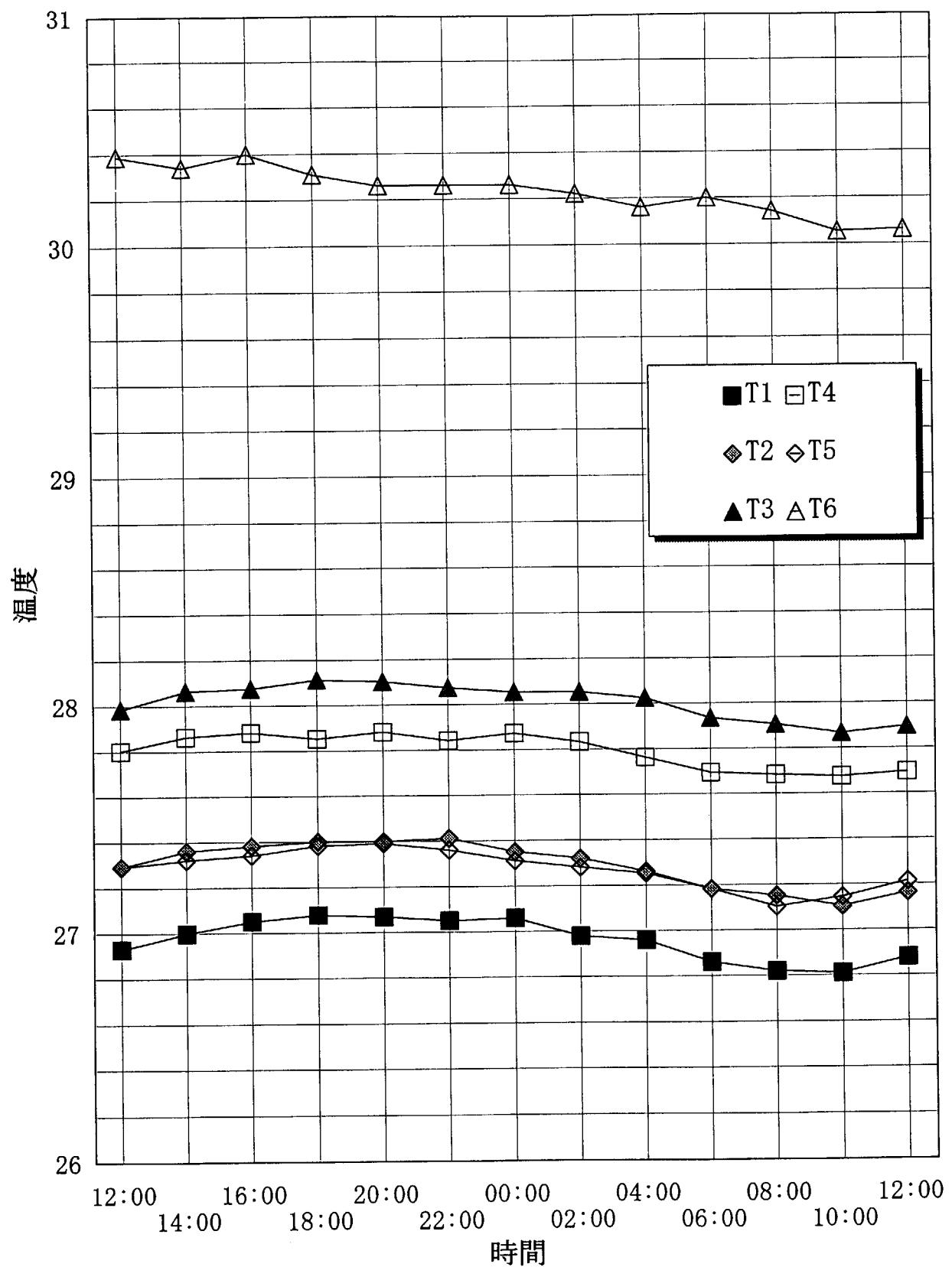
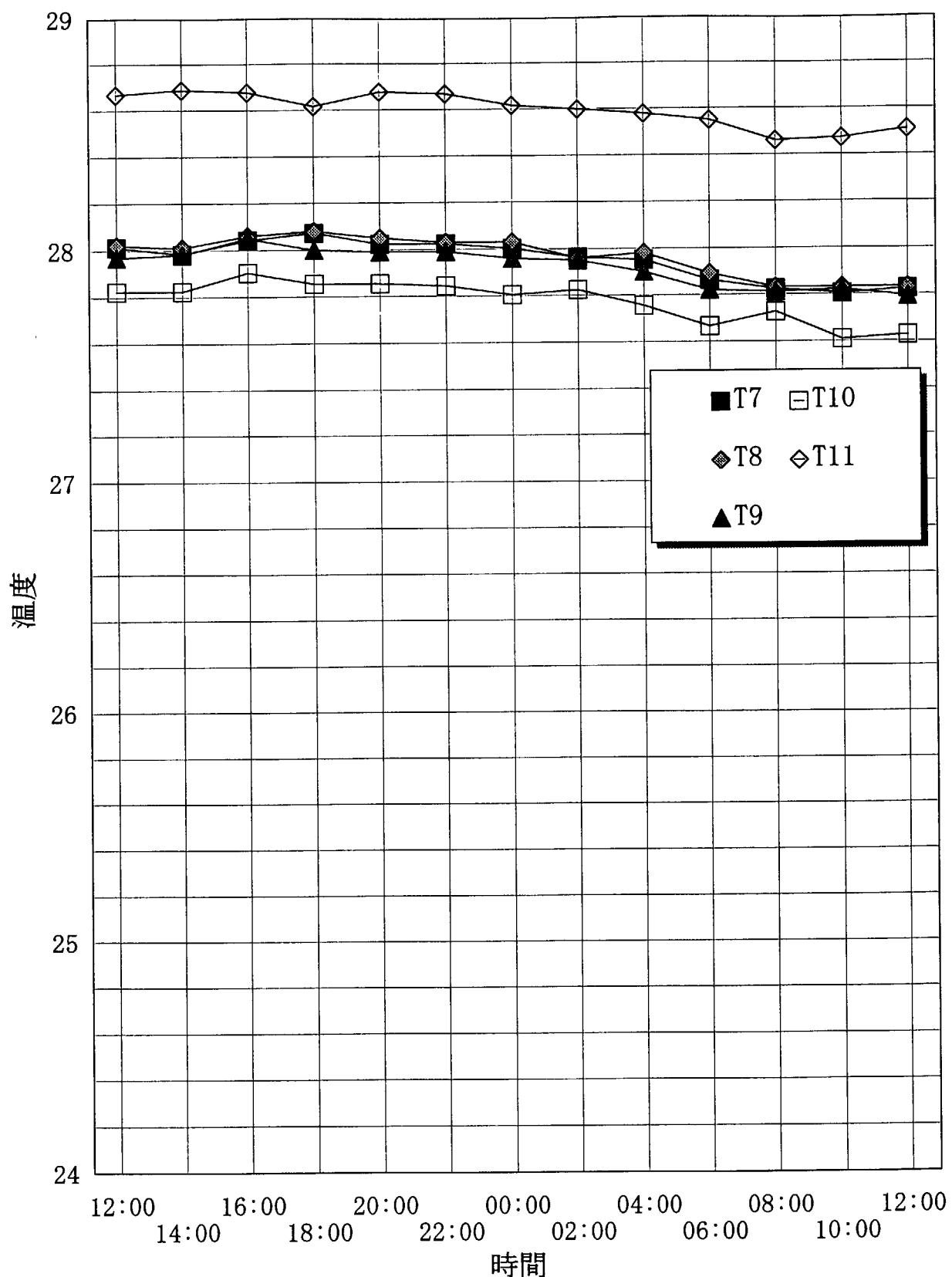


Fig.12 格納容器内温度の経時変化(1/6)
測温抵抗体(T1~T5):EL33.5m

Fig.12 格納容器内温度の経時変化(2/6)
測温抵抗体(T7~T11):EL28.5m

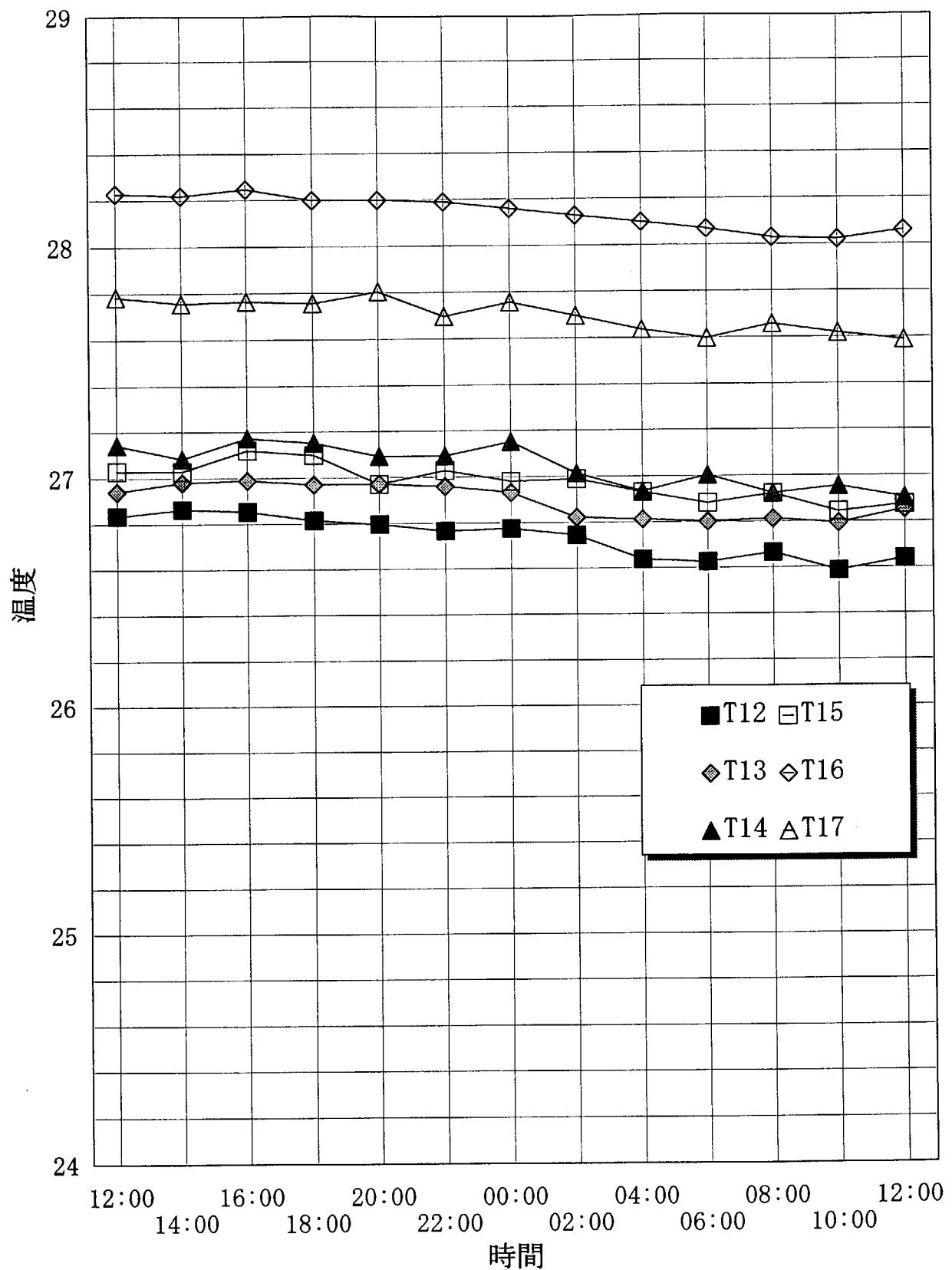


Fig.12 格納容器内温度の経時変化(3/6)
測温抵抗体(T12~T17):EL24.5m

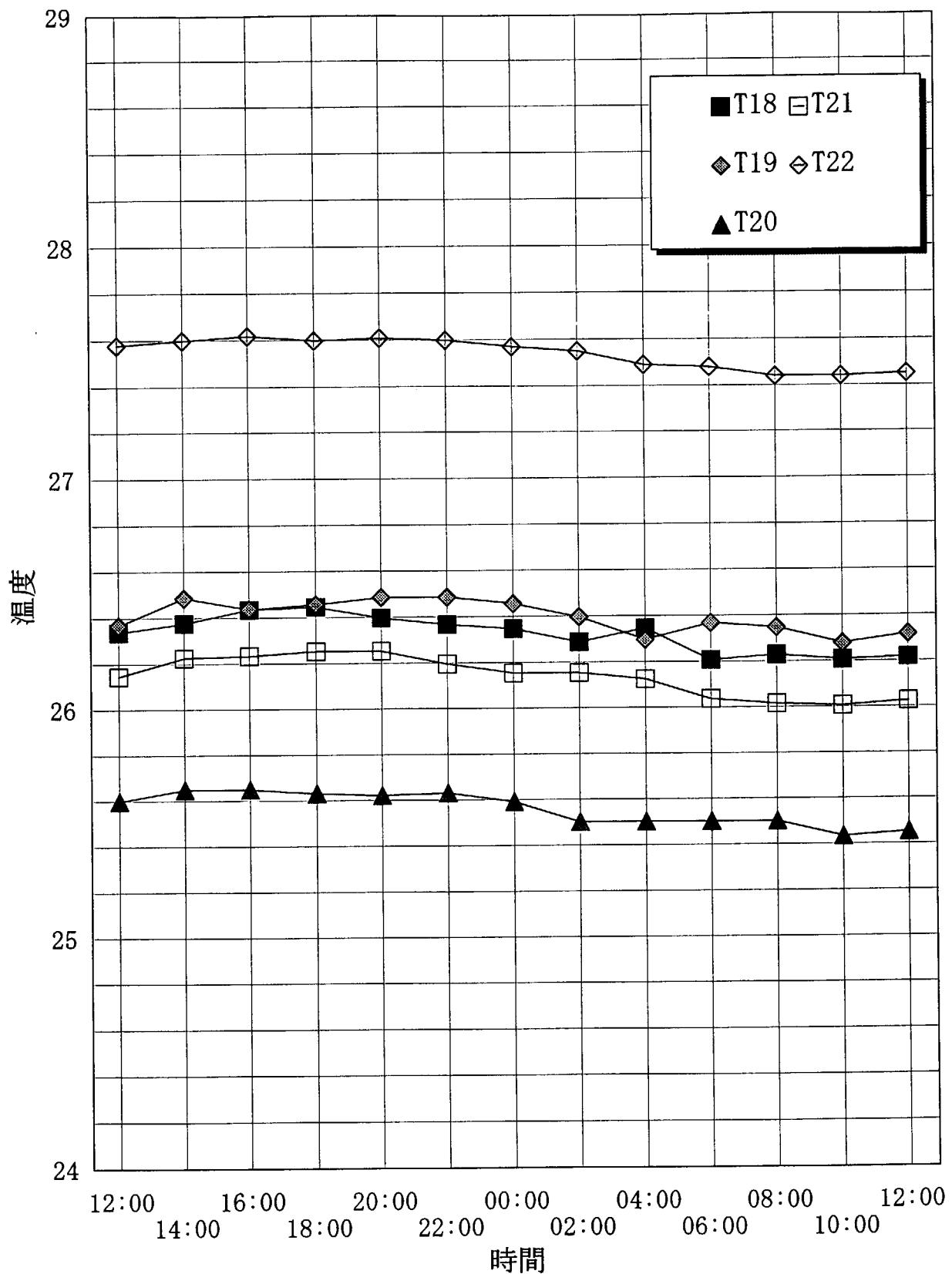


Fig. 12 格納容器内温度の経時変化(4/6)
測温抵抗体(T18~T22):EL20.0m

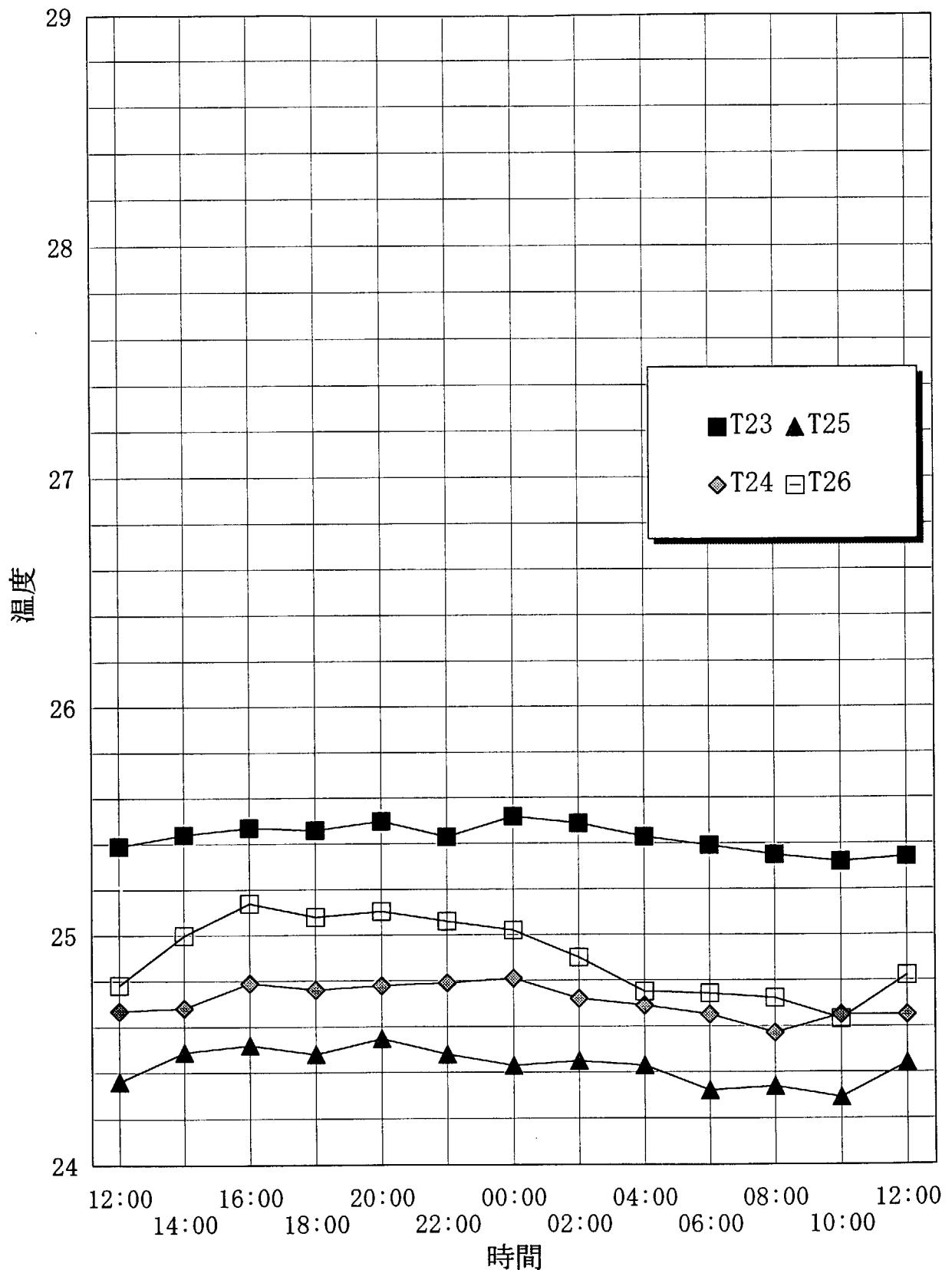


Fig. 12 格納容器内温度の経時変化(5/6)
測温抵抗体(T23～T26):EL15.0m

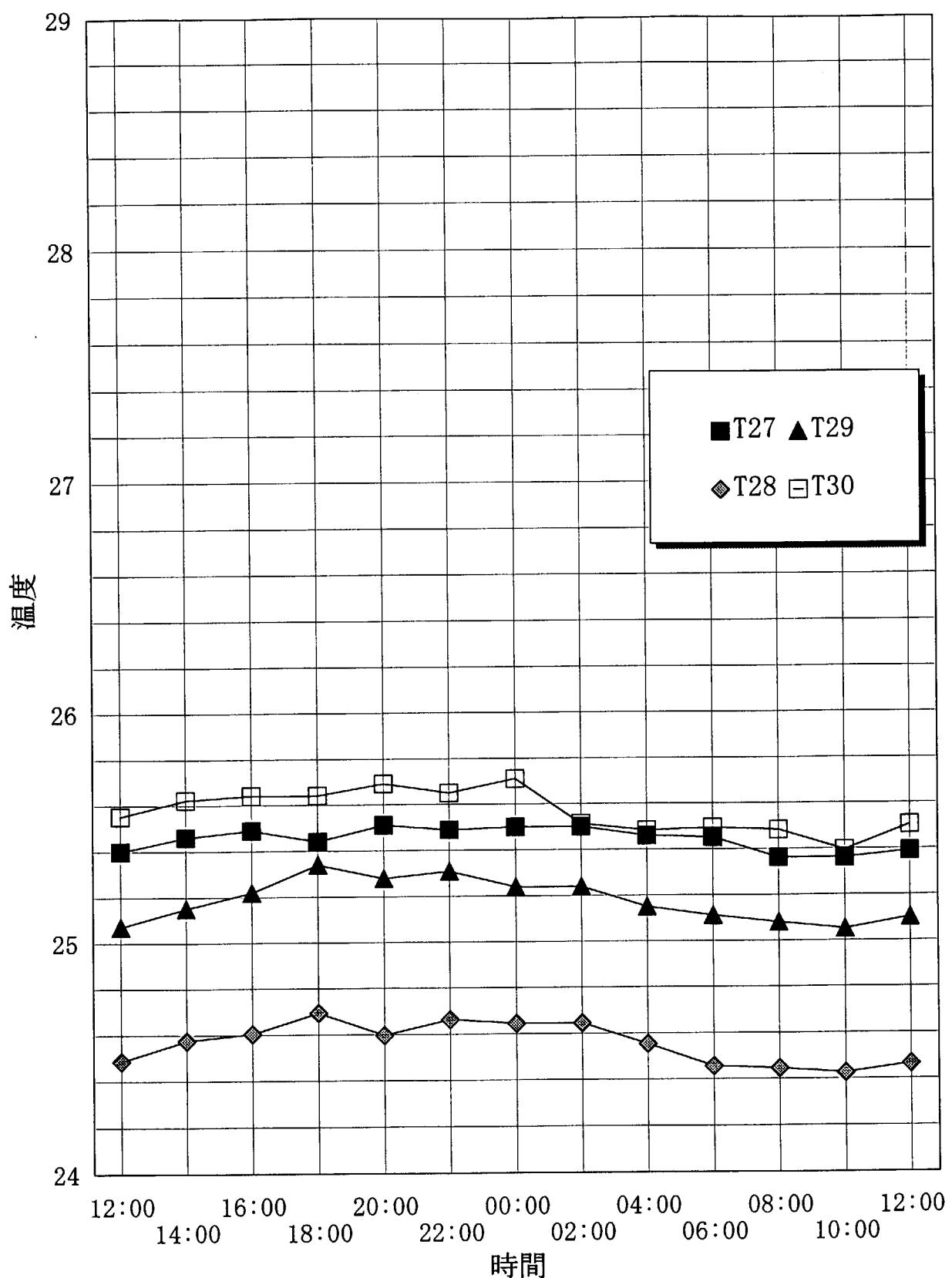


Fig. 12 格納容器内温度の経時変化(6/6)
測温抵抗体(T27～T30):EL12.5m

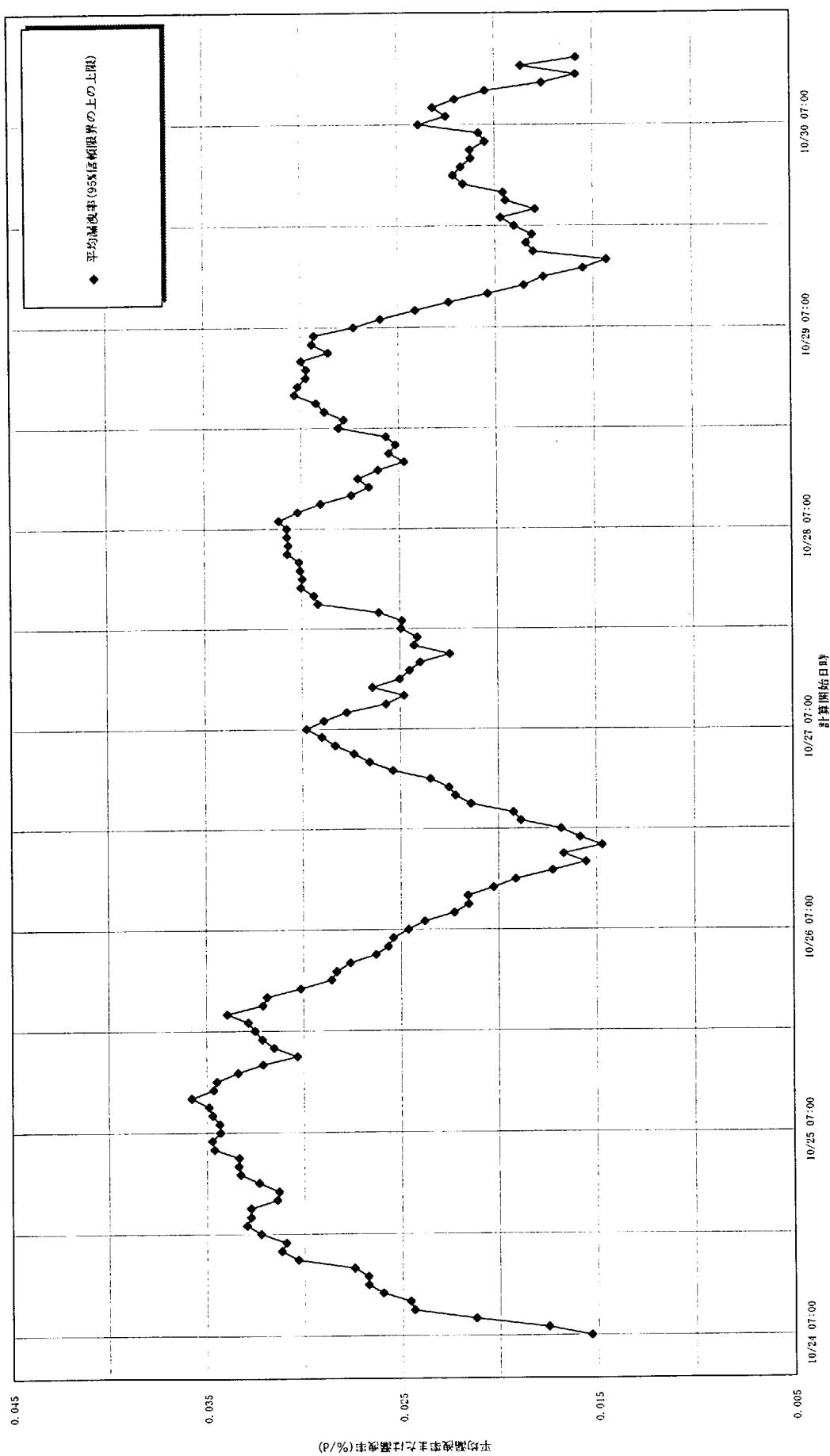
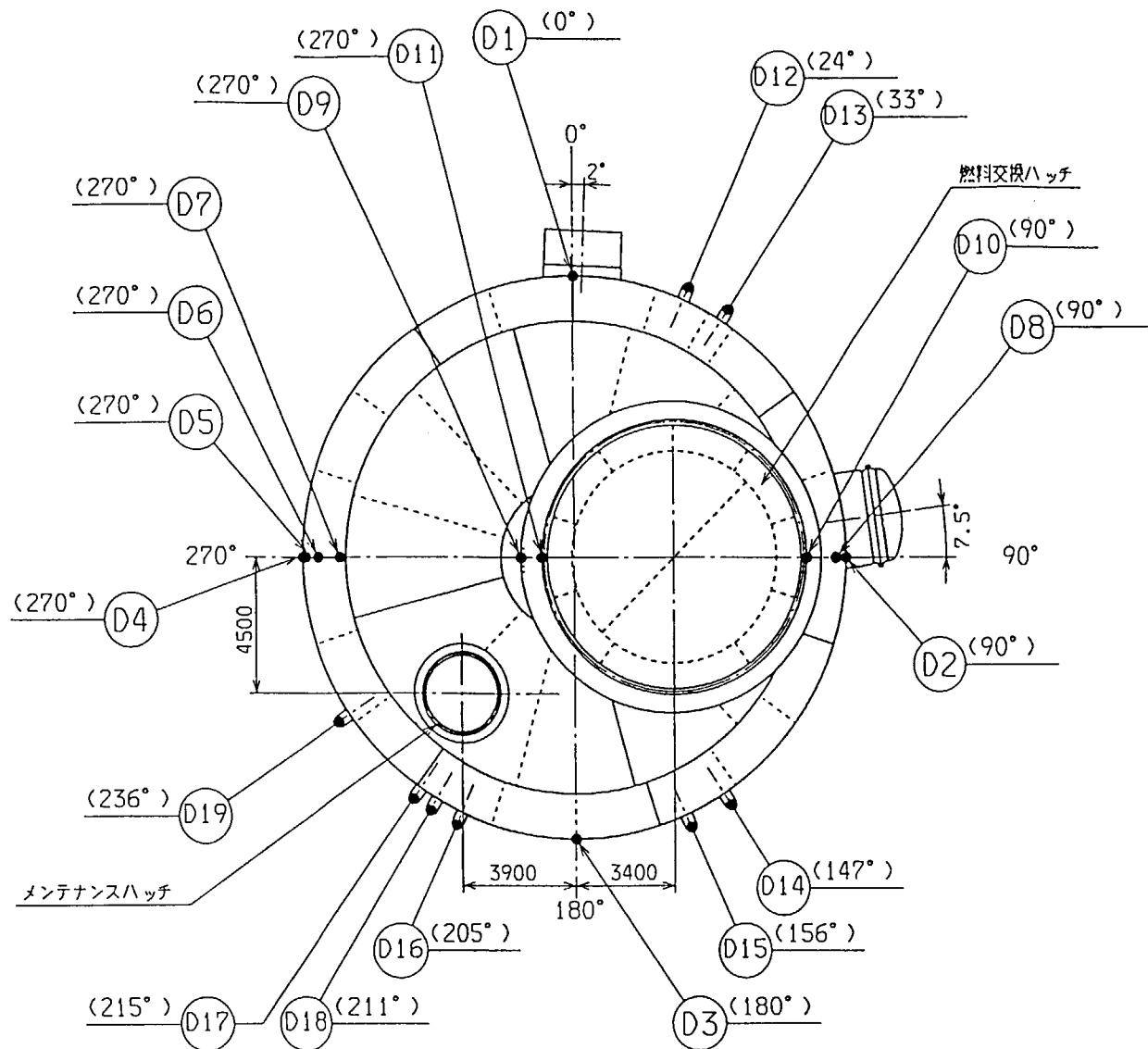


Fig.13 平均漏れ率
96/10/24 7:00～10/25 7:00から10/30 15:00～10/31 15:00 まで



D : 変位計

Fig. 14 変位計およびひずみ計の設置位置(1/3)

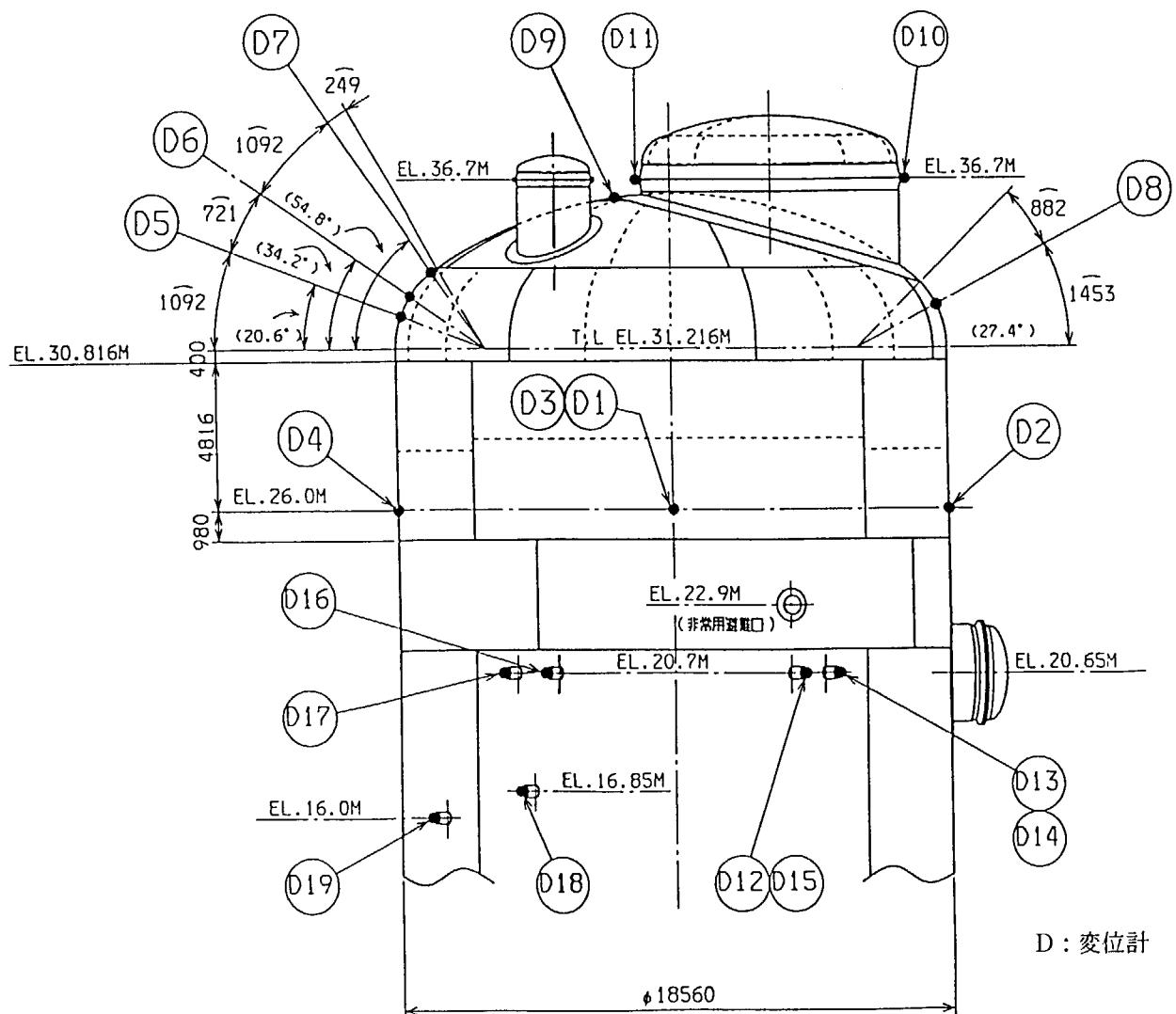


Fig. 14 変位計およびひずみ計の設置位置 (2/3)

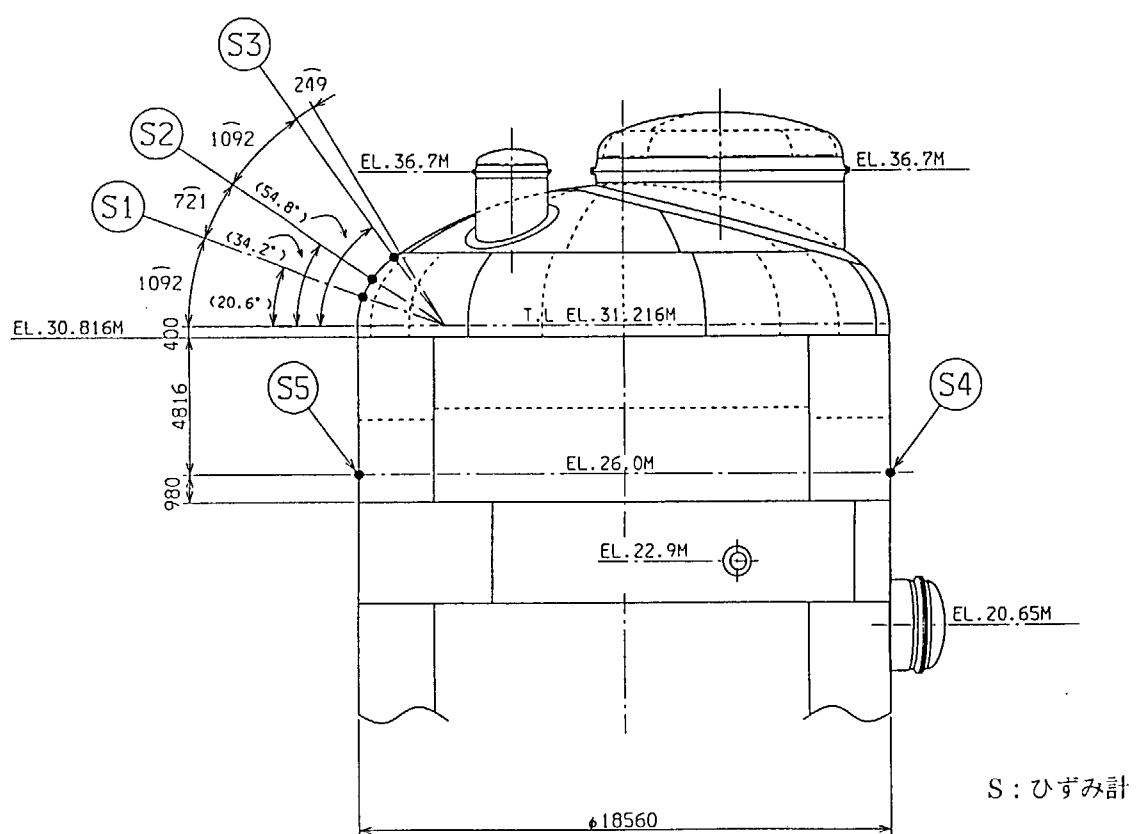
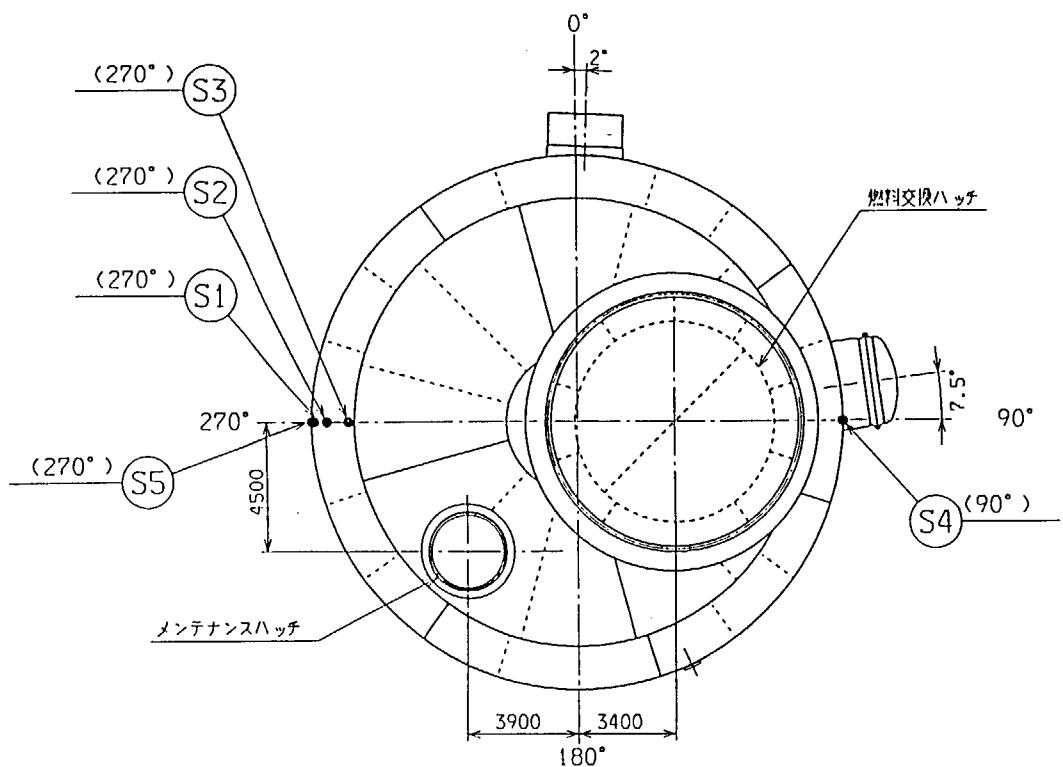


Fig. 14 変位計およびひずみ計の設置位置 (3/3)

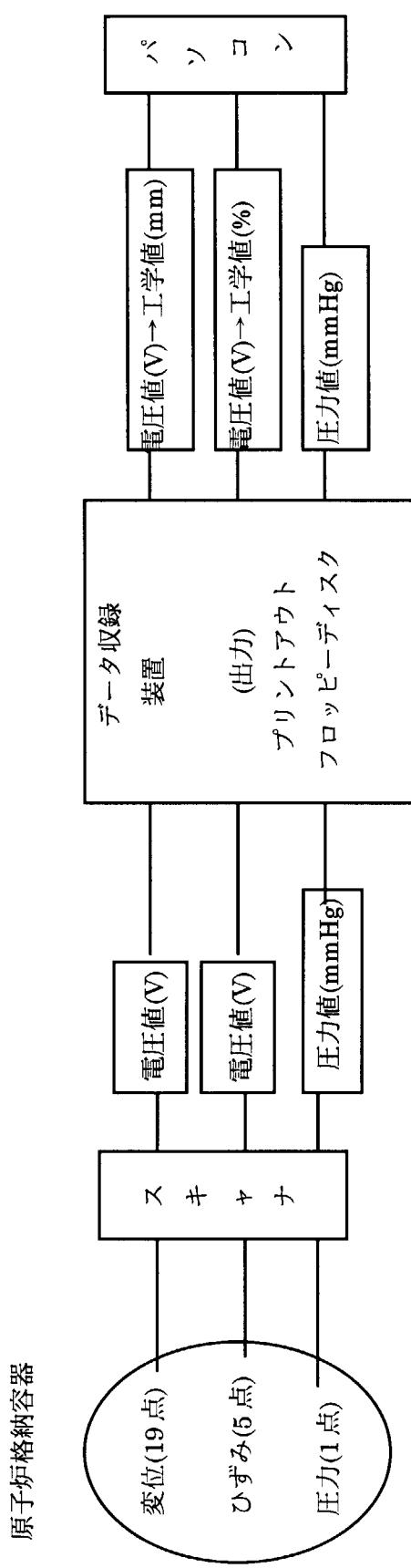


Fig. 15 測定系(データの流れ図)

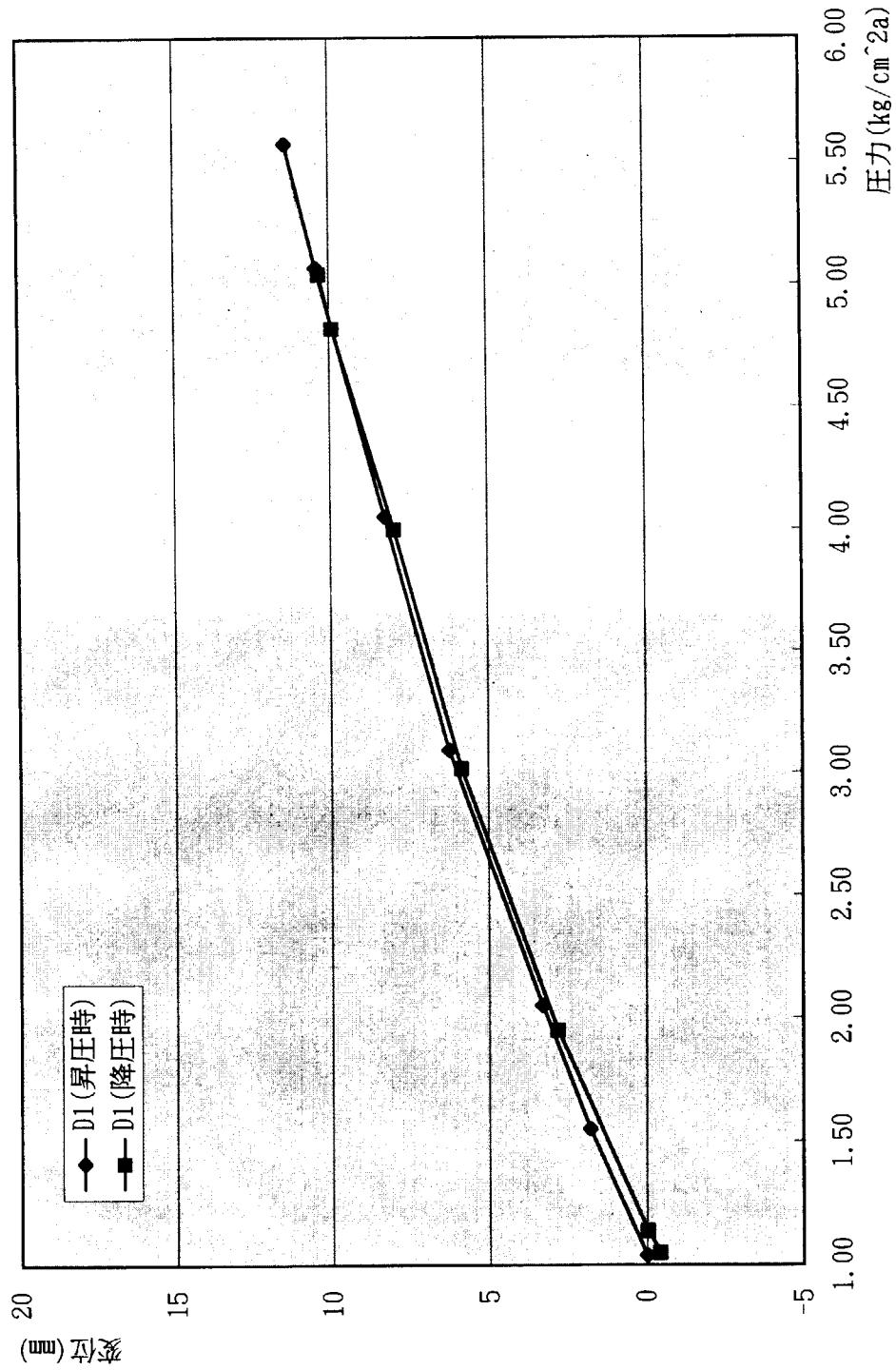


Fig. 16 圧力と変位の関係 (D1) (1/19)

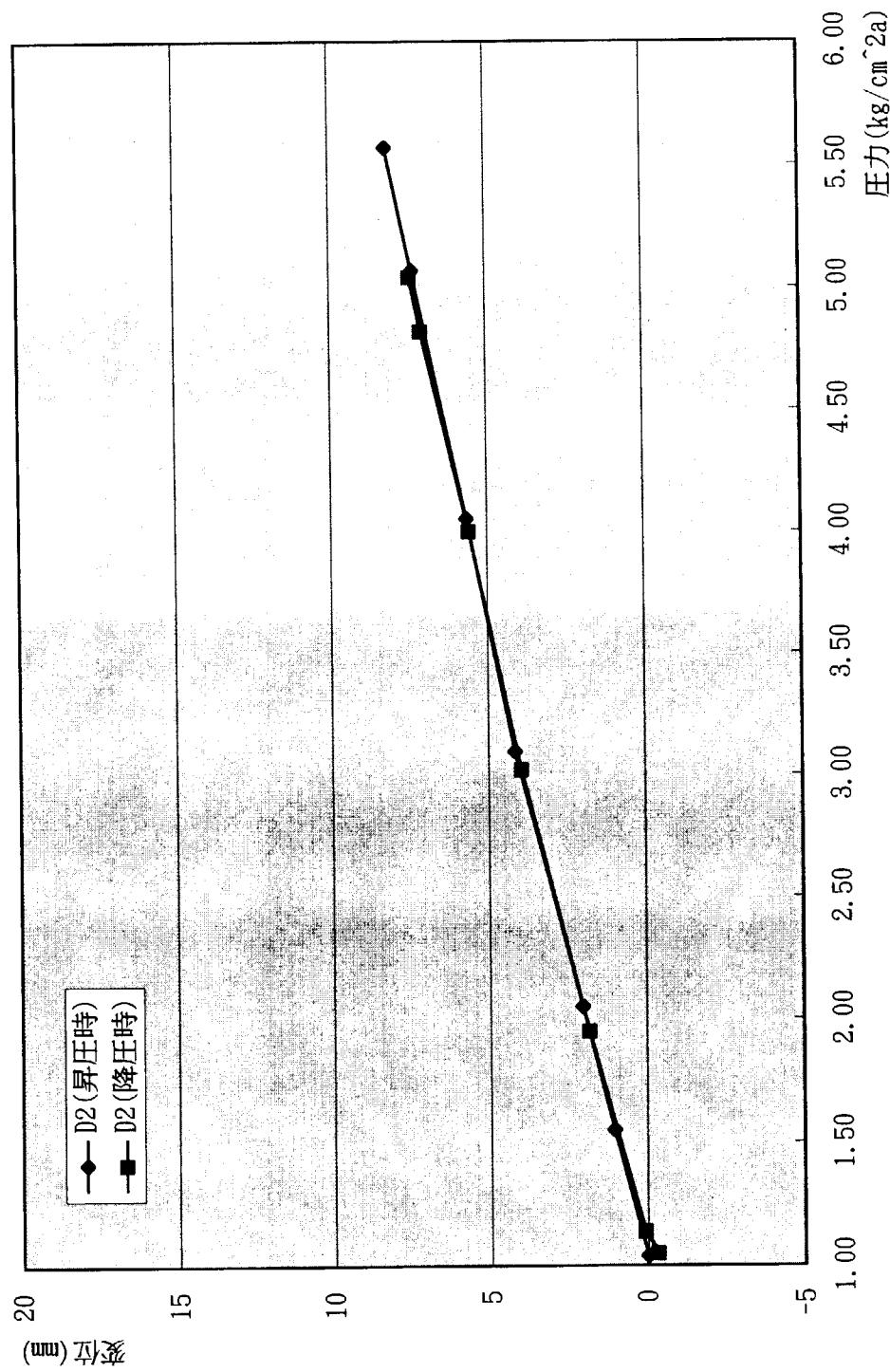


Fig. 16 壓力と変位の関係 (D 2) (2/19)

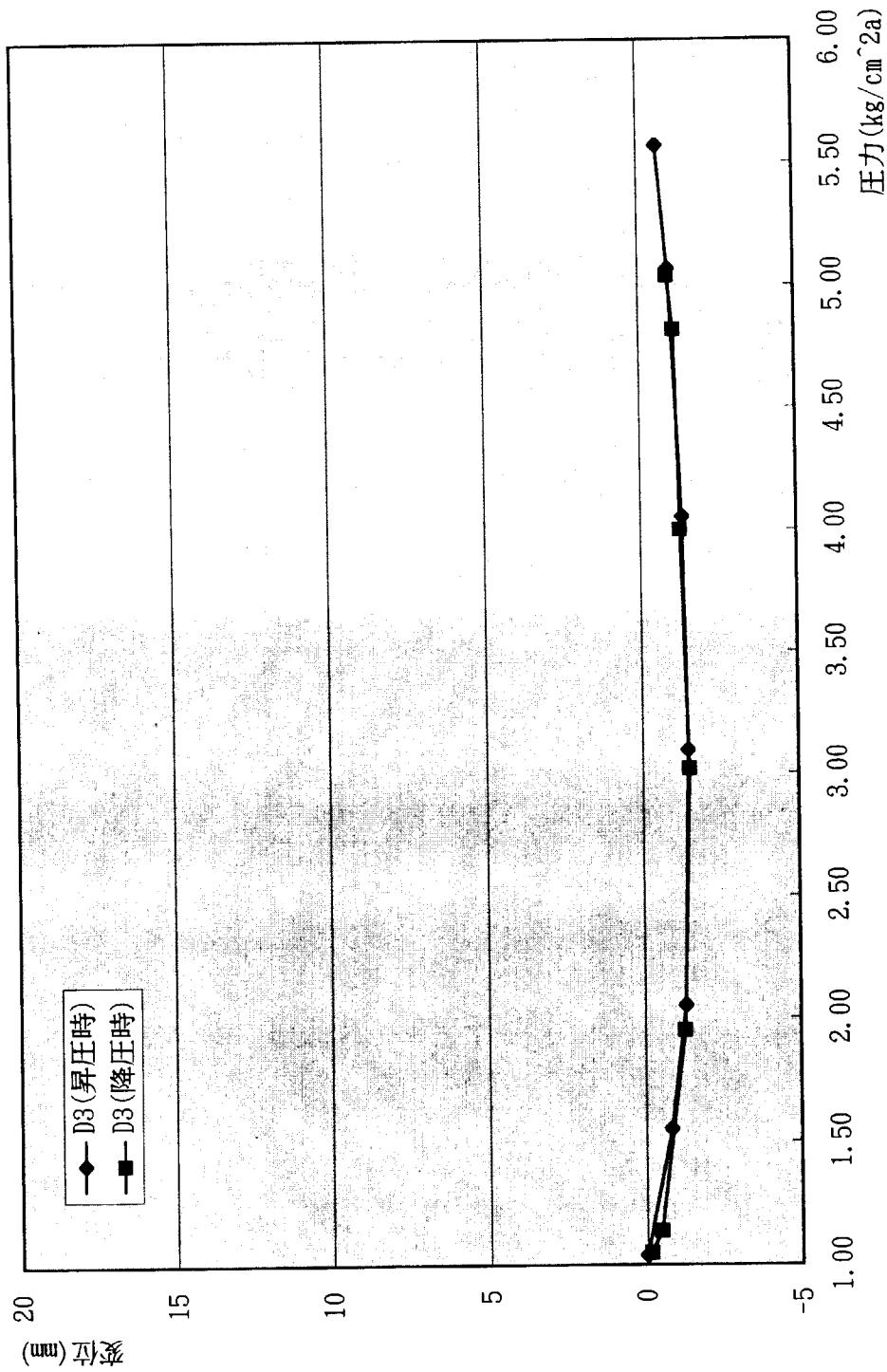


Fig. 16 圧力と変位の関係 (D 3) (3/19)

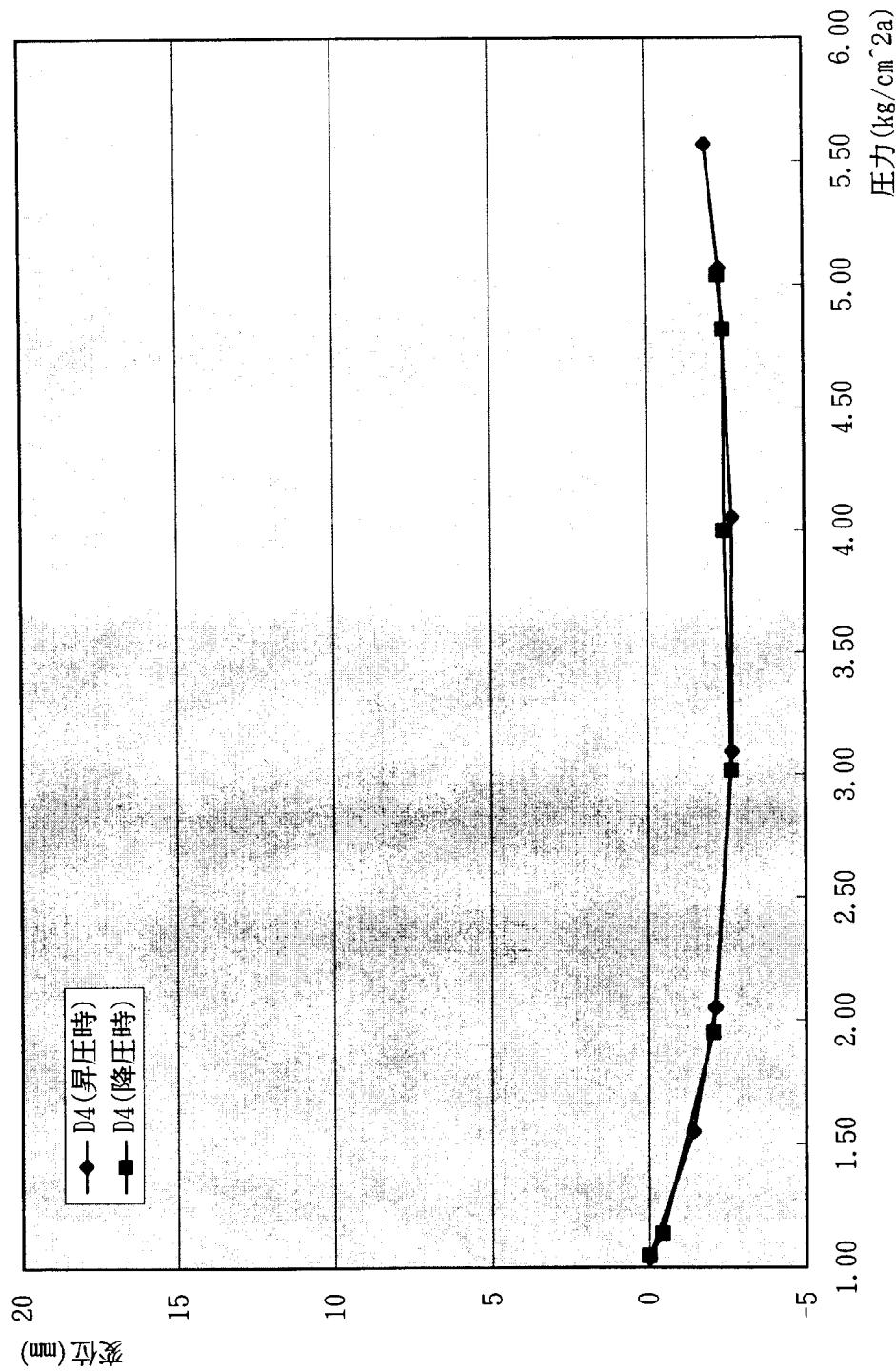


Fig. 16 圧力と変位の関係 (D 4) (4/19)

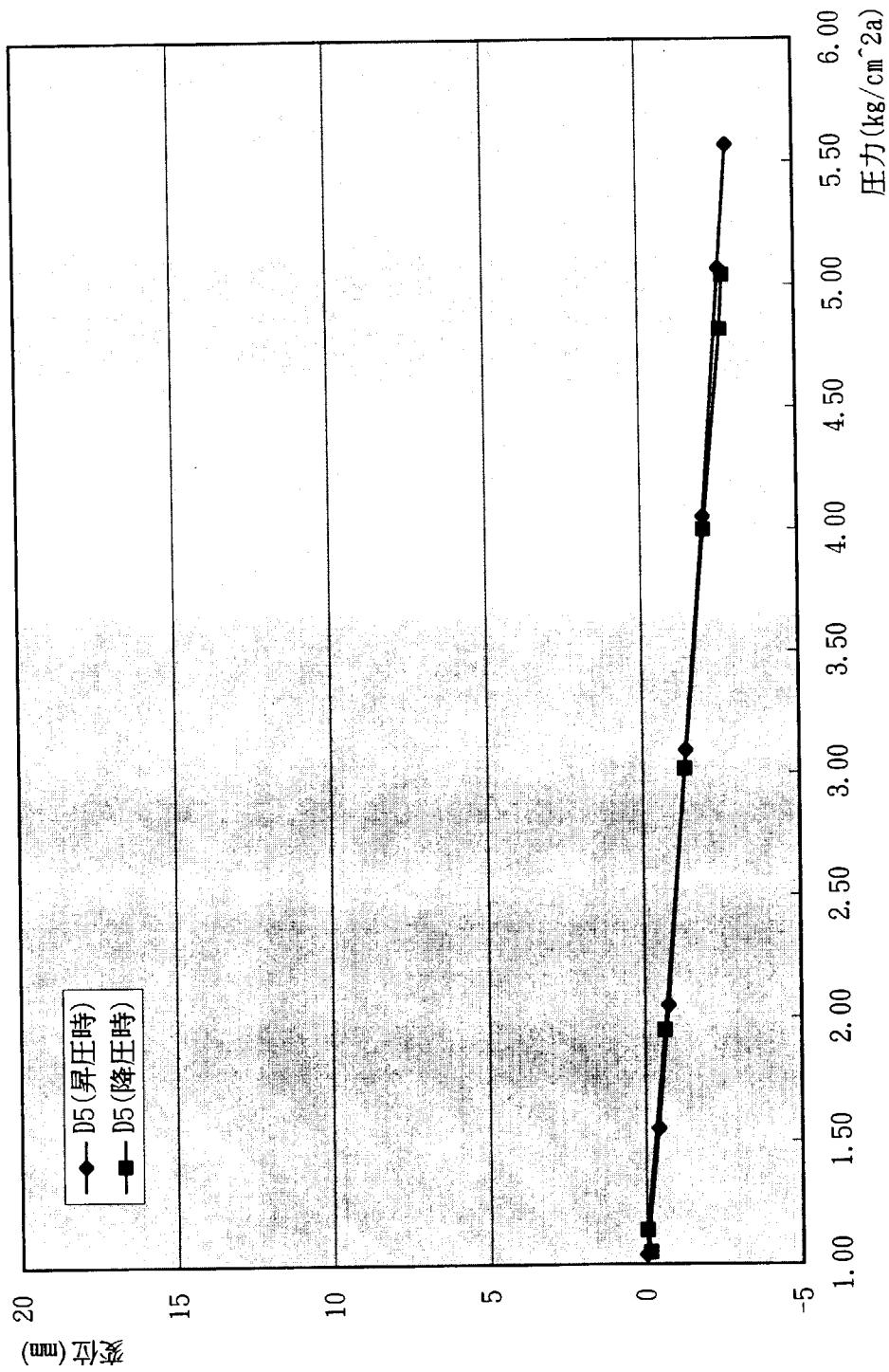


Fig. 16 圧力と変位の関係 (D 5) (5/19)

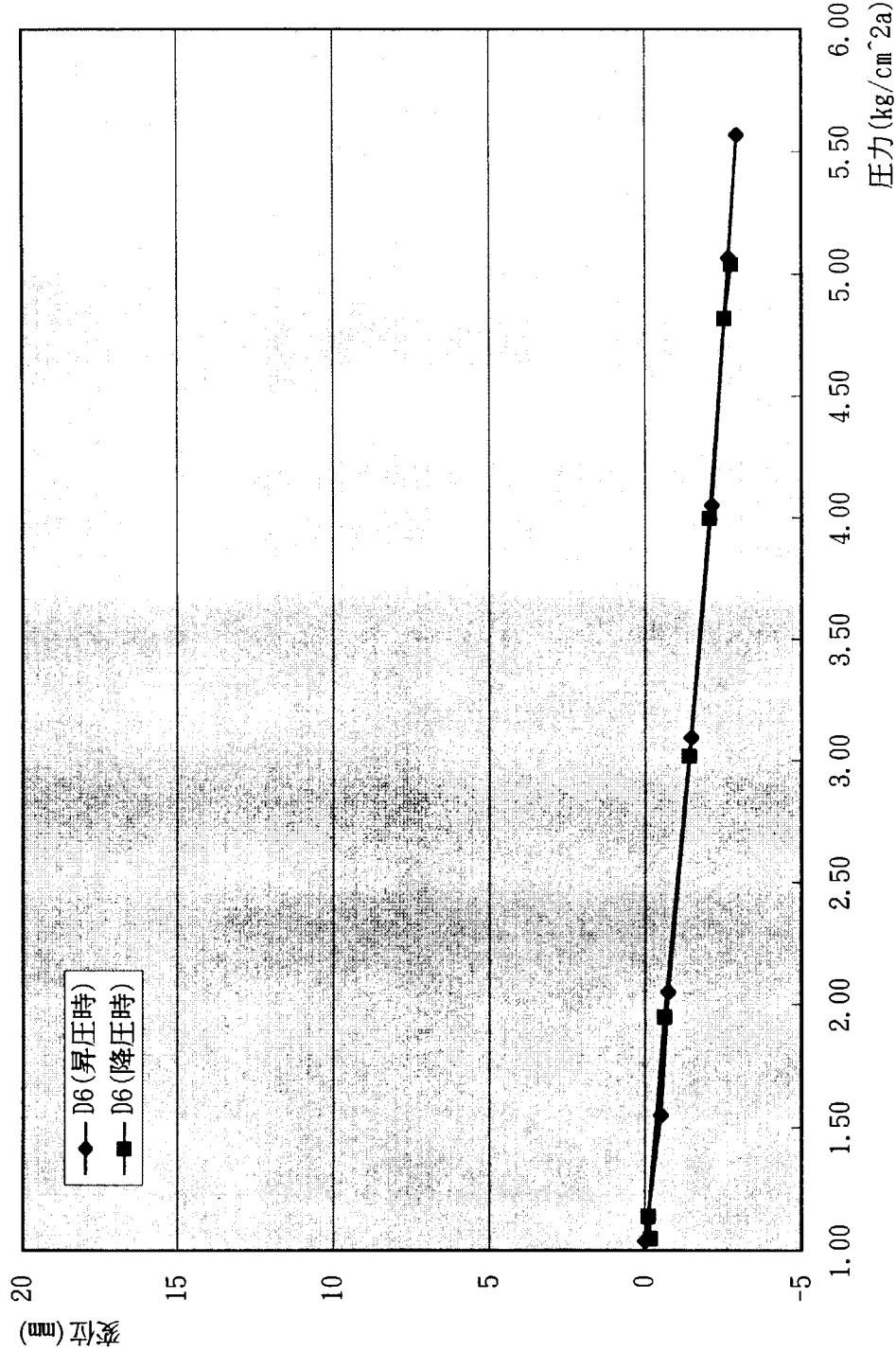


Fig. 16 圧力と変位の関係 (D 6) (6/19)

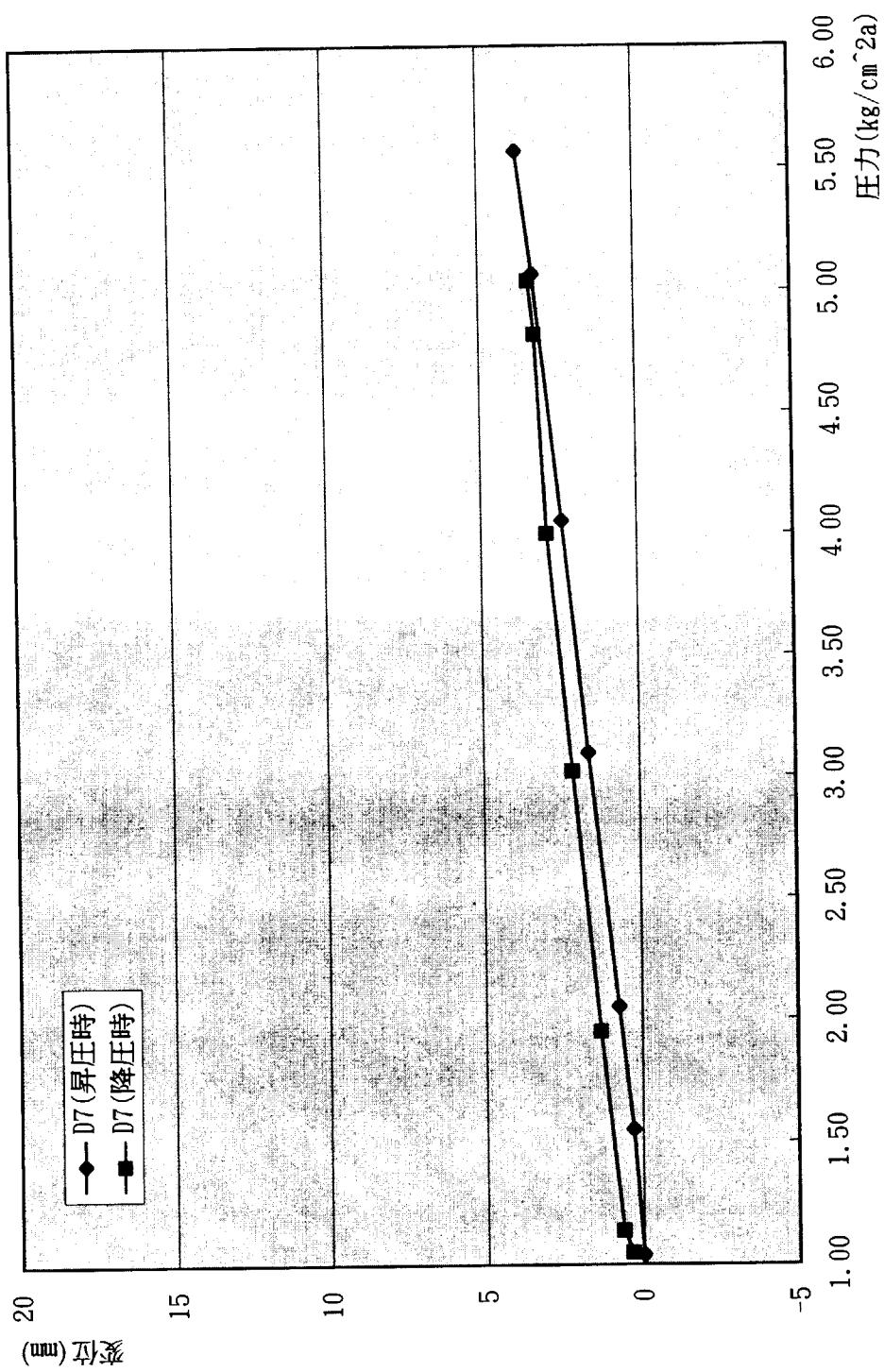


Fig. 16 圧力と変位の関係(D7) (7/19)

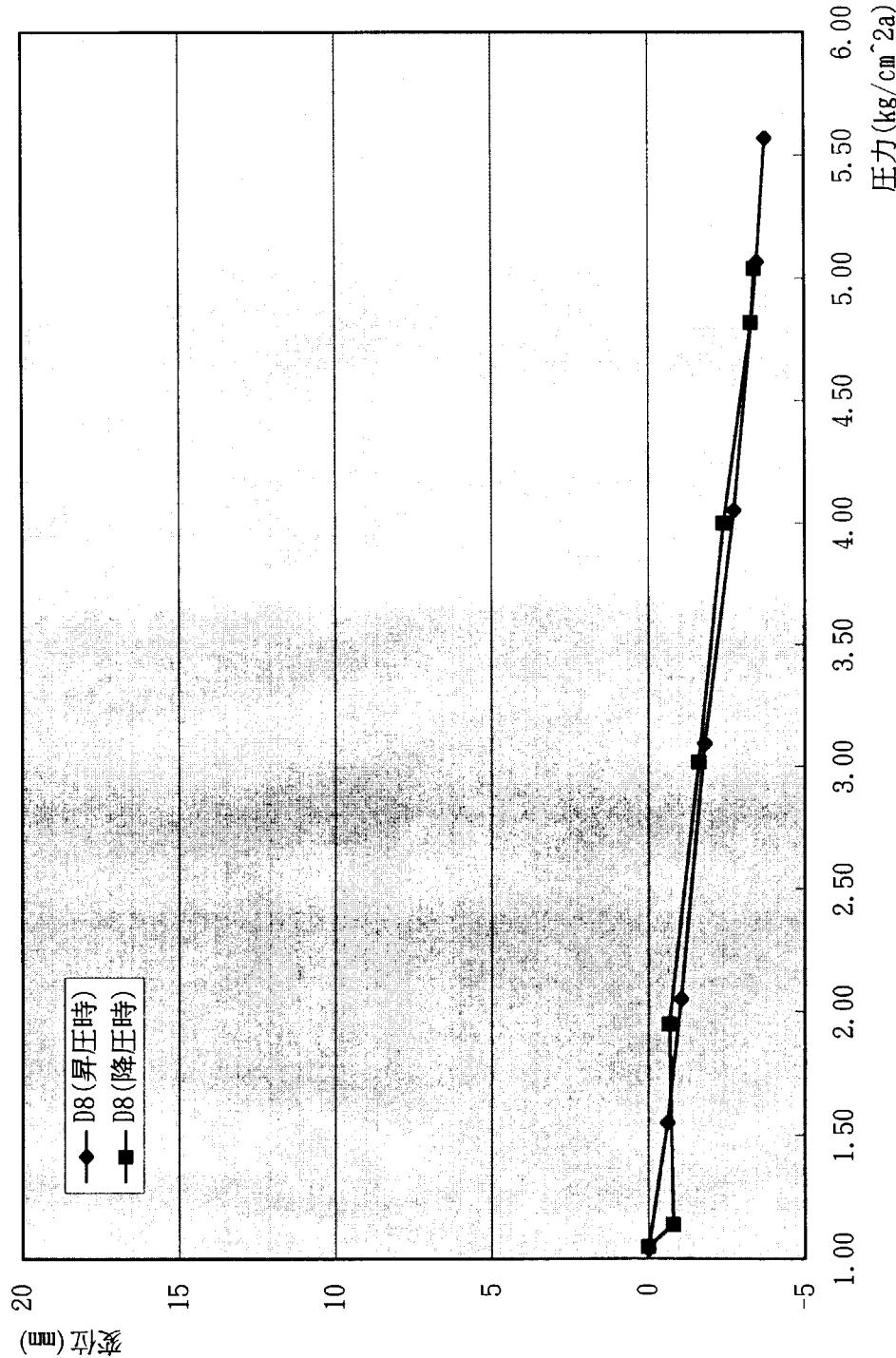


Fig. 16 壓力と変位の関係 (D 8) (8/19)

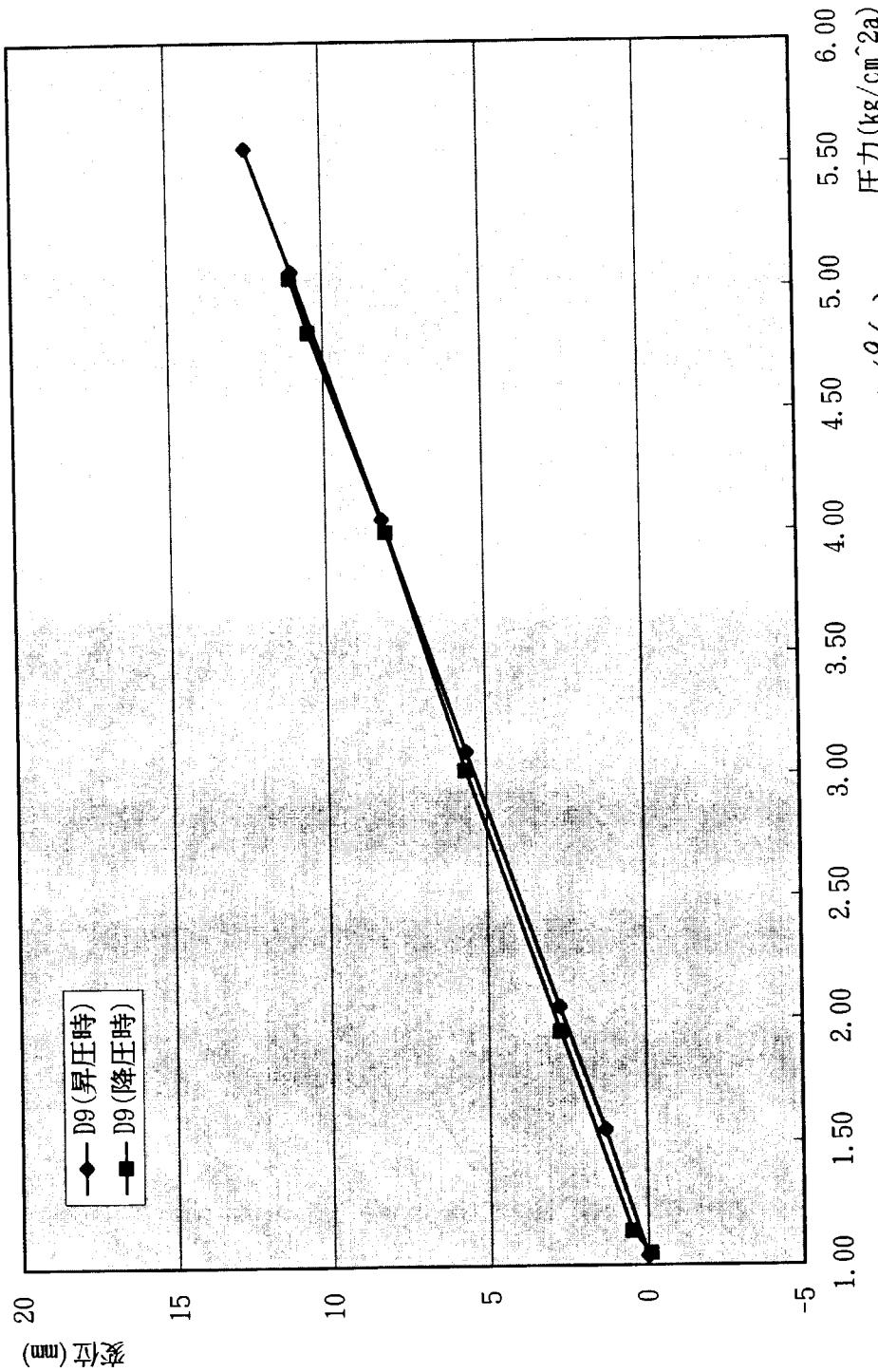


Fig. 16 圧力と変位の関係 (D9) (9/19)

Fig. 16 圧力と変位の関係 (D 9) (9/19)

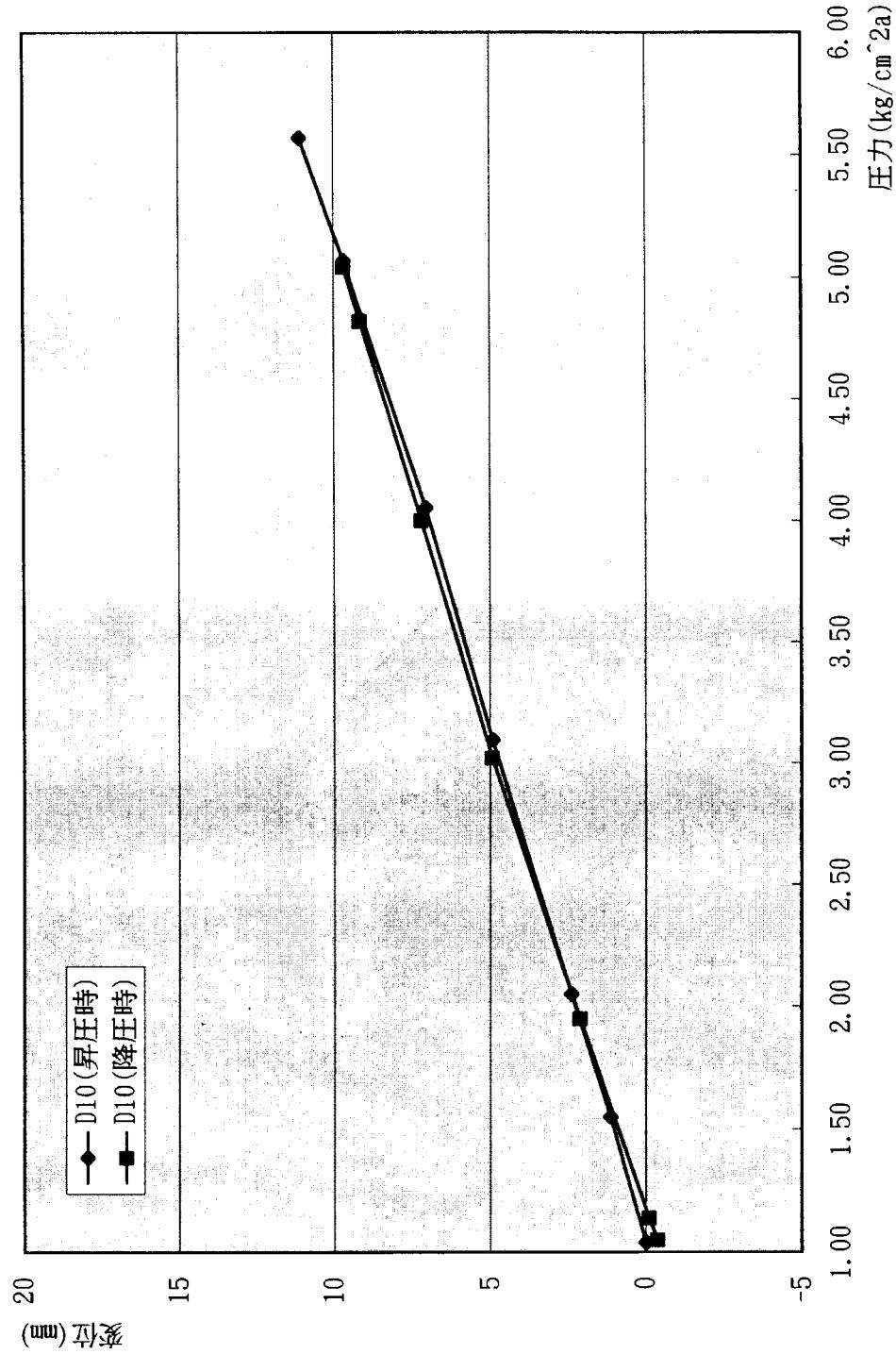


Fig. 16 圧力と変位の関係 (D10) (10/19)

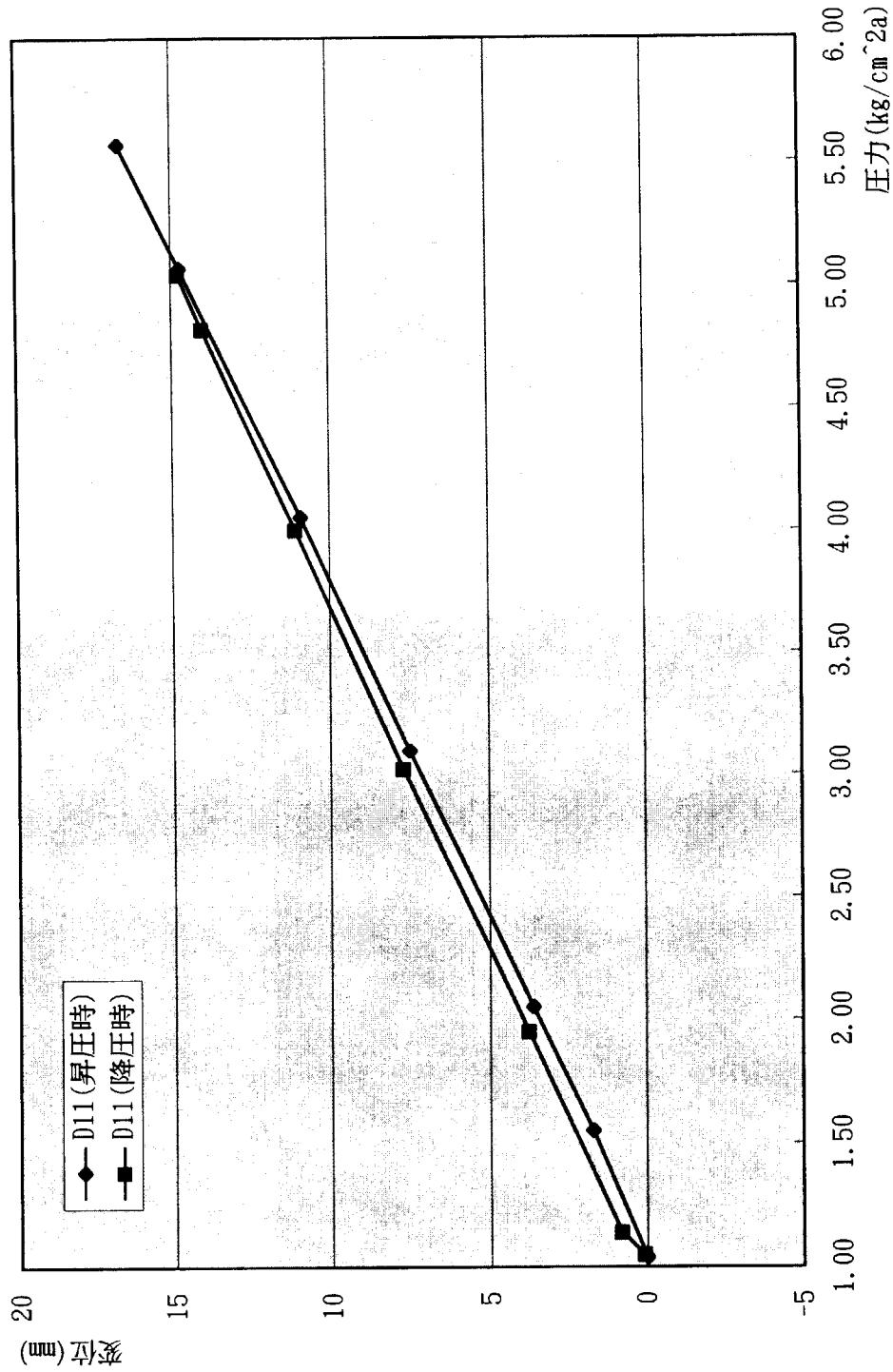


Fig. 16 圧力と変位の関係 (D11) (11/19)

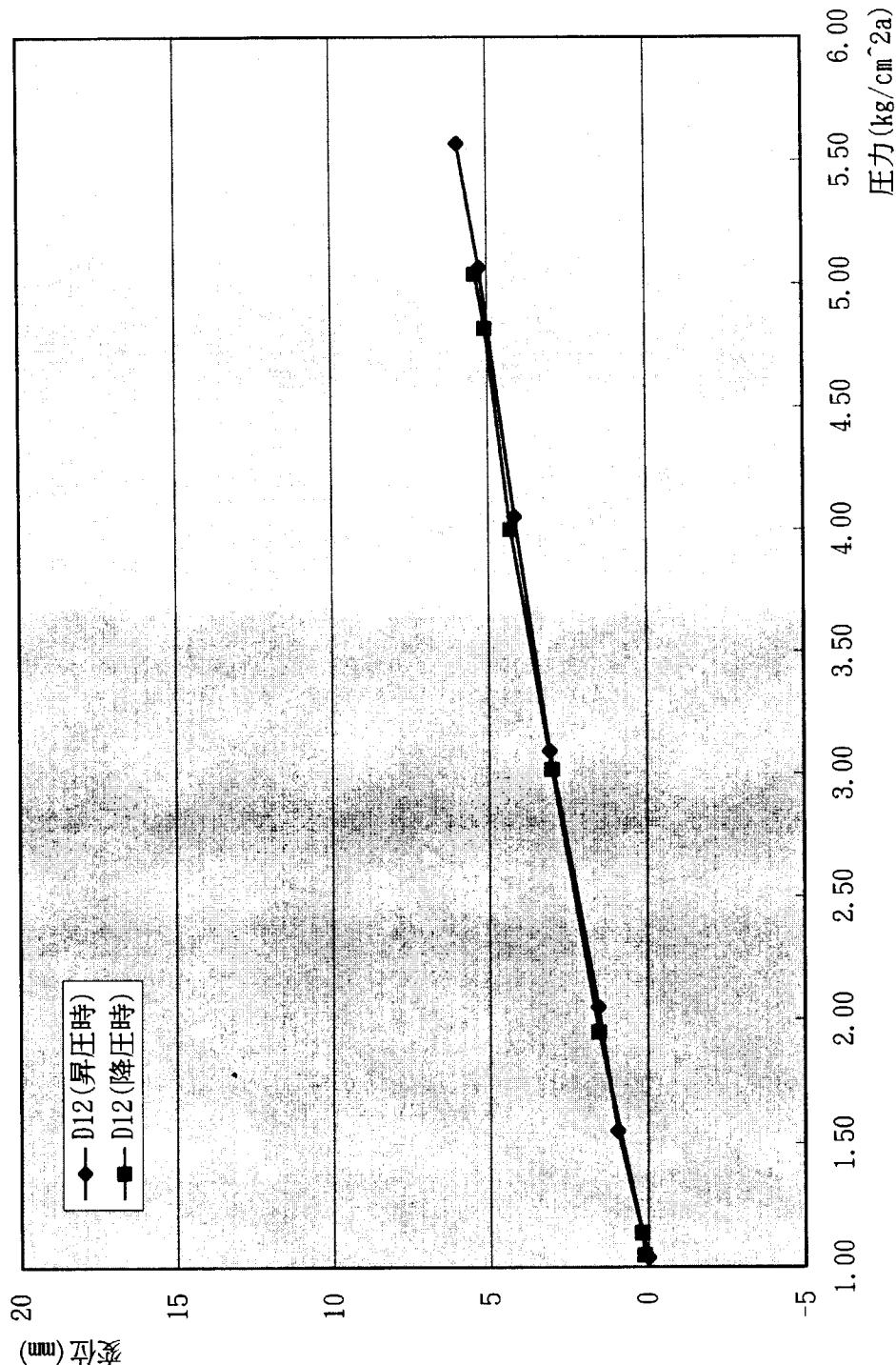


Fig. 16 圧力と変位の関係 (D12) (12/19)

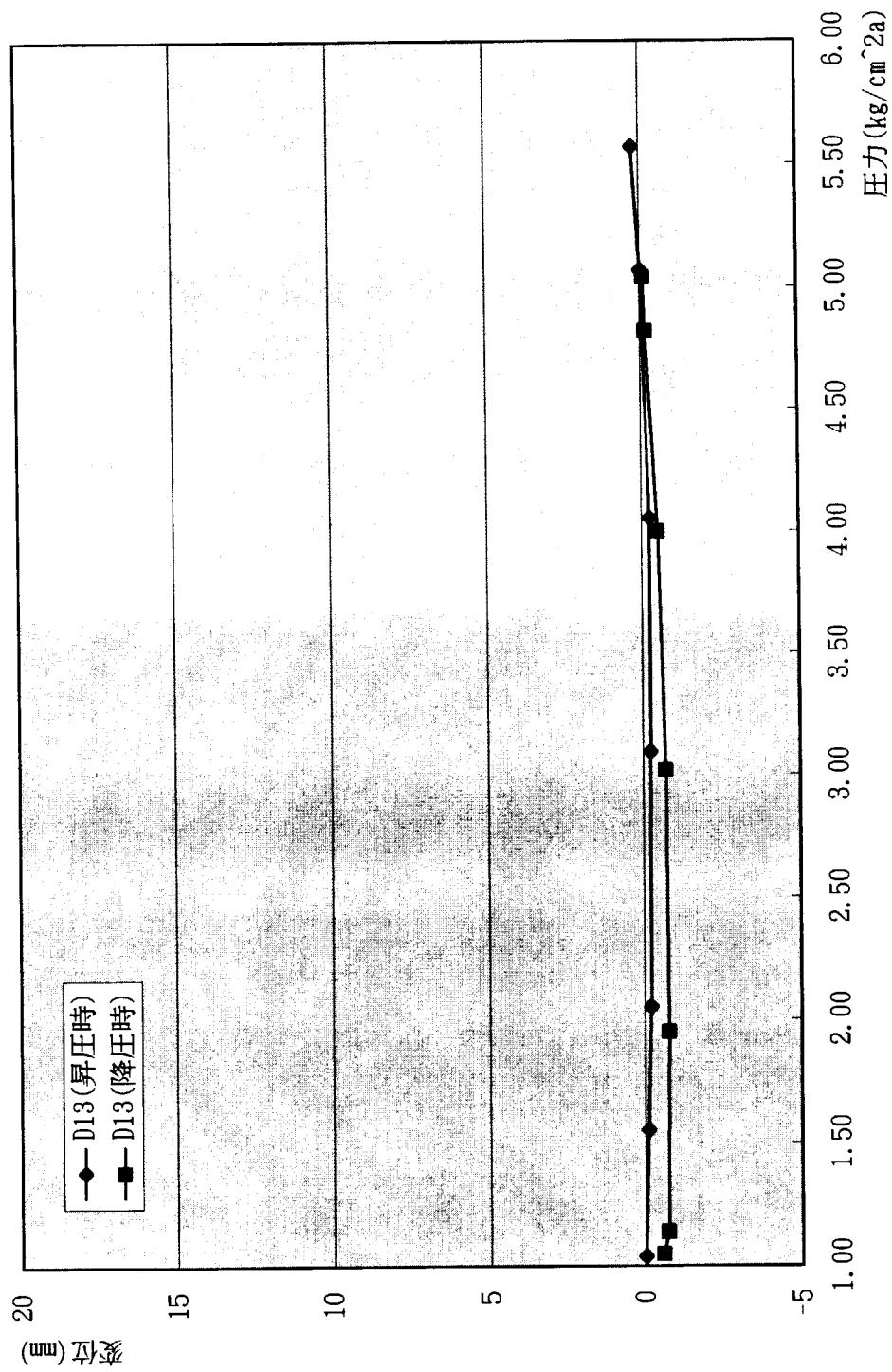


Fig. 16 圧力と変位の関係 (D13) (13/19)

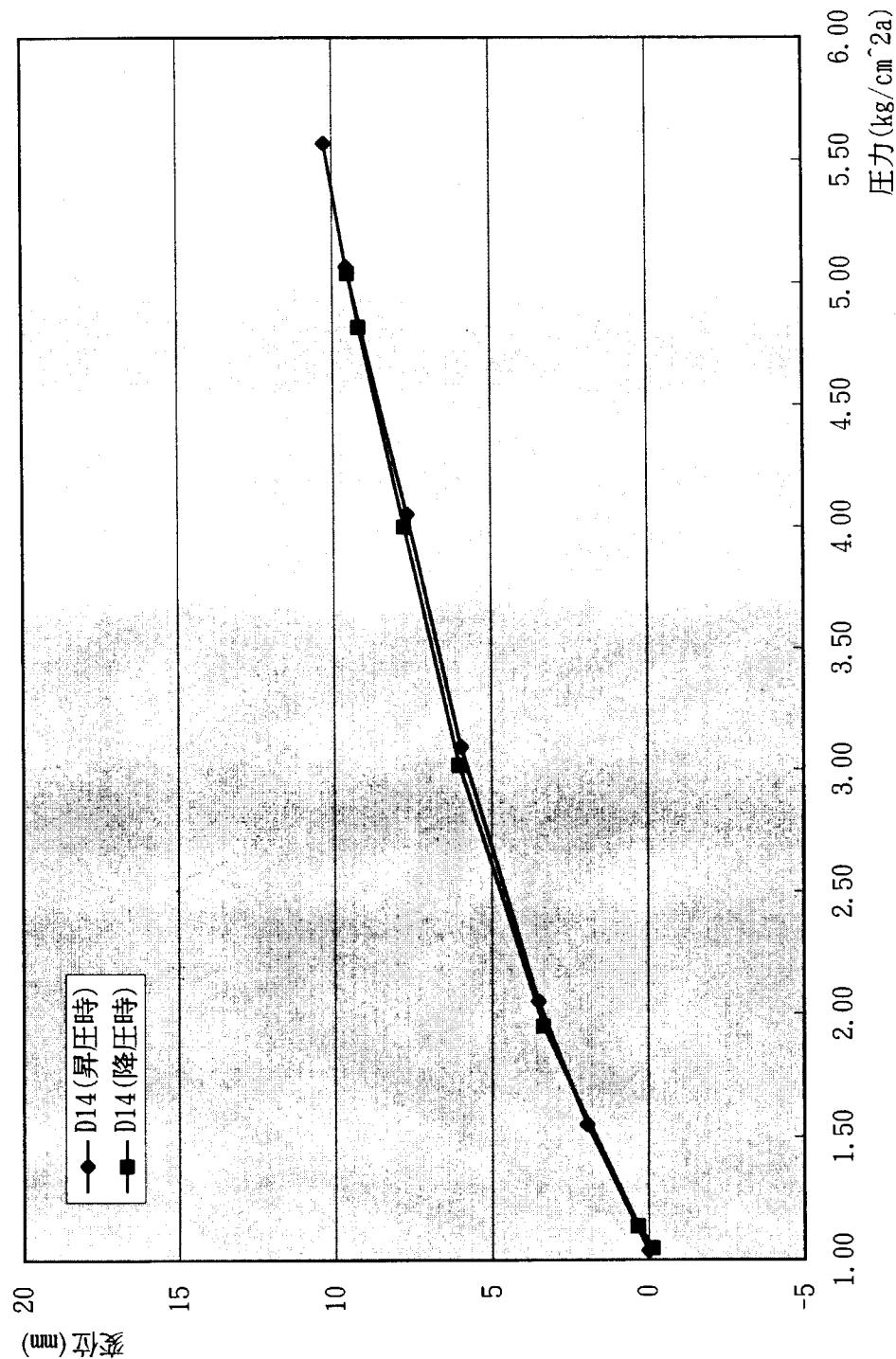


Fig. 16 圧力と変位の関係 (D14) (14/19)

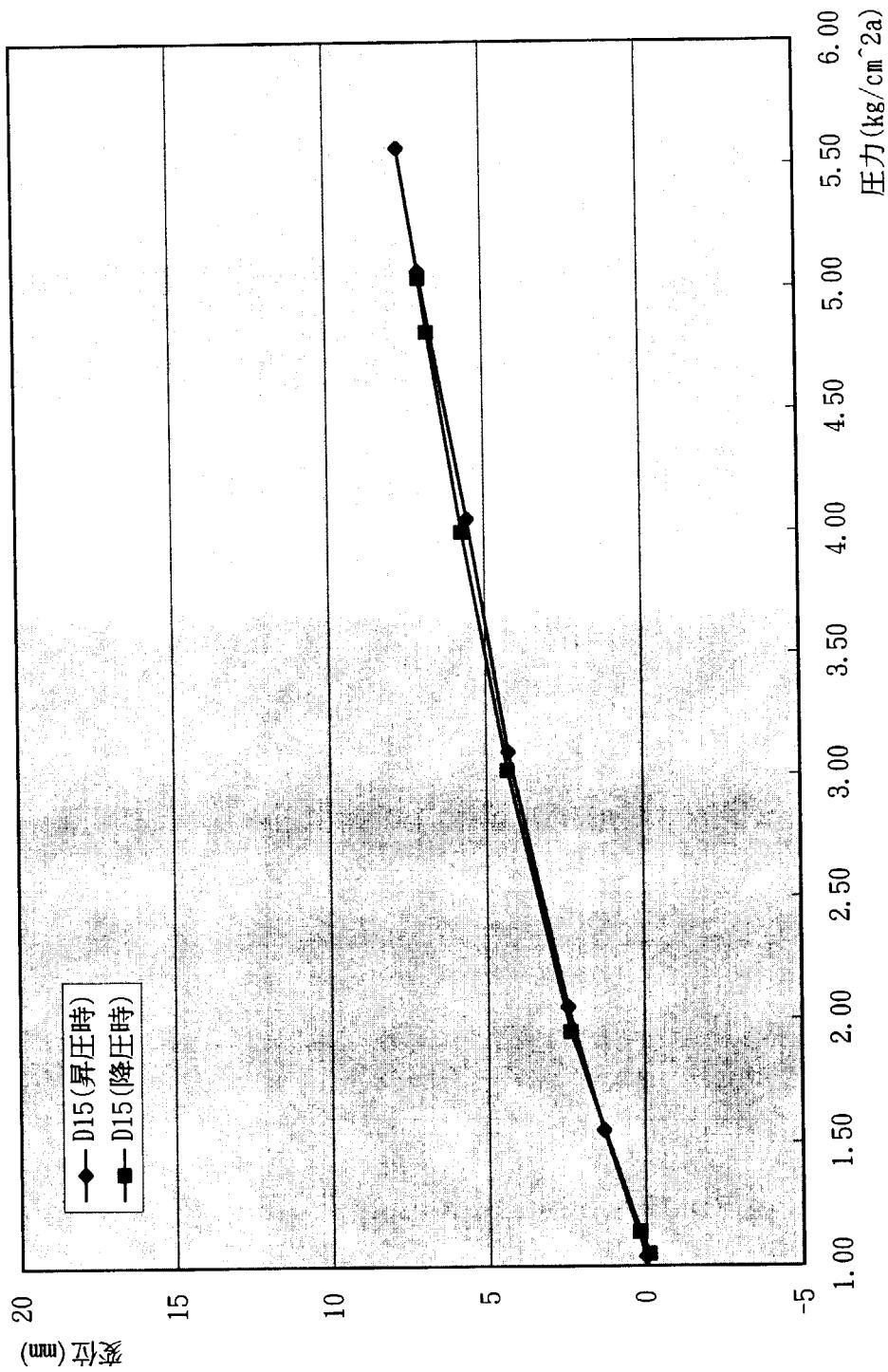


Fig. 16 圧力と変位の関係 (D15) (15/19)

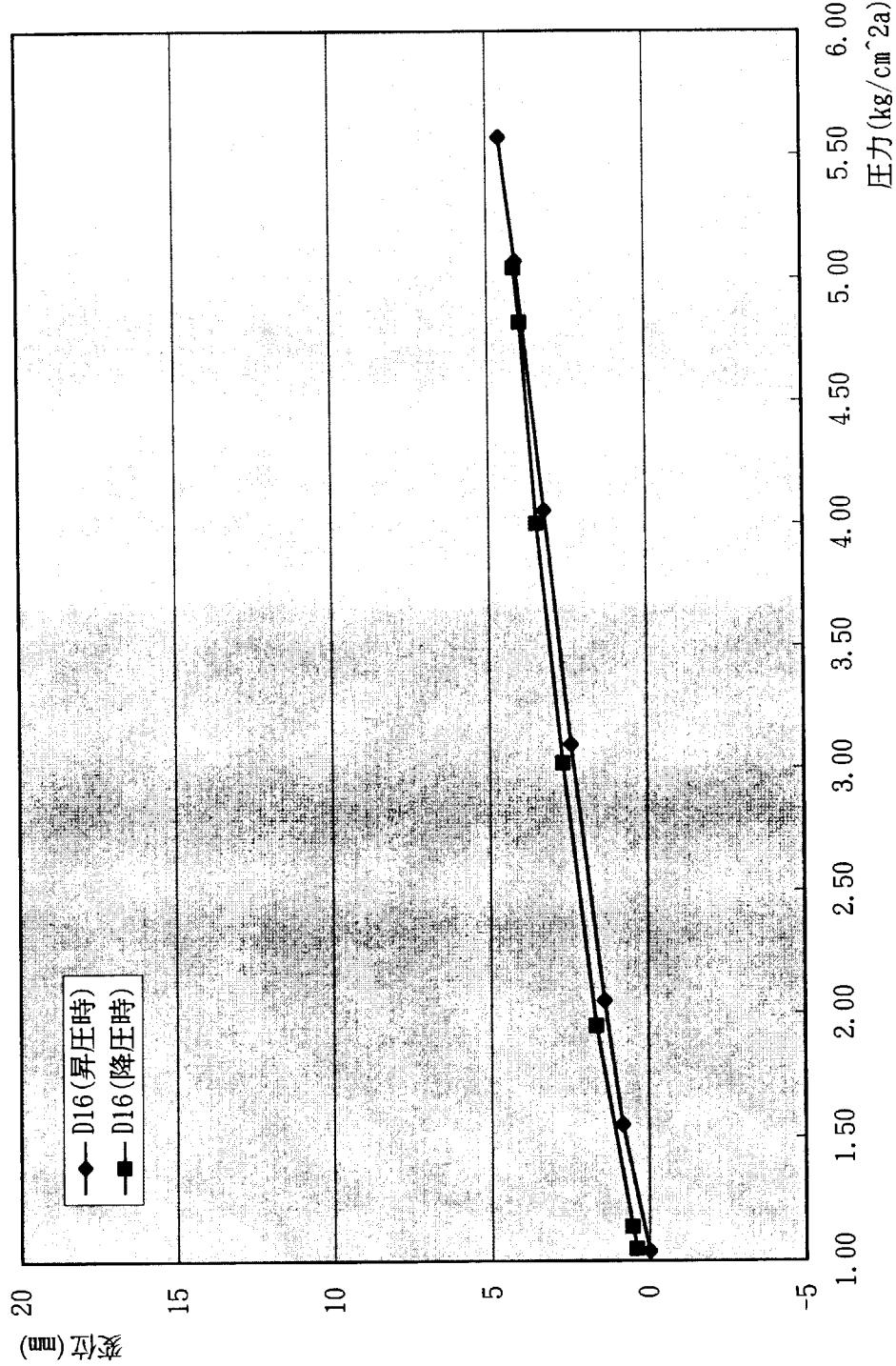


Fig. 16 圧力と変位の関係 (D16) (16/19)

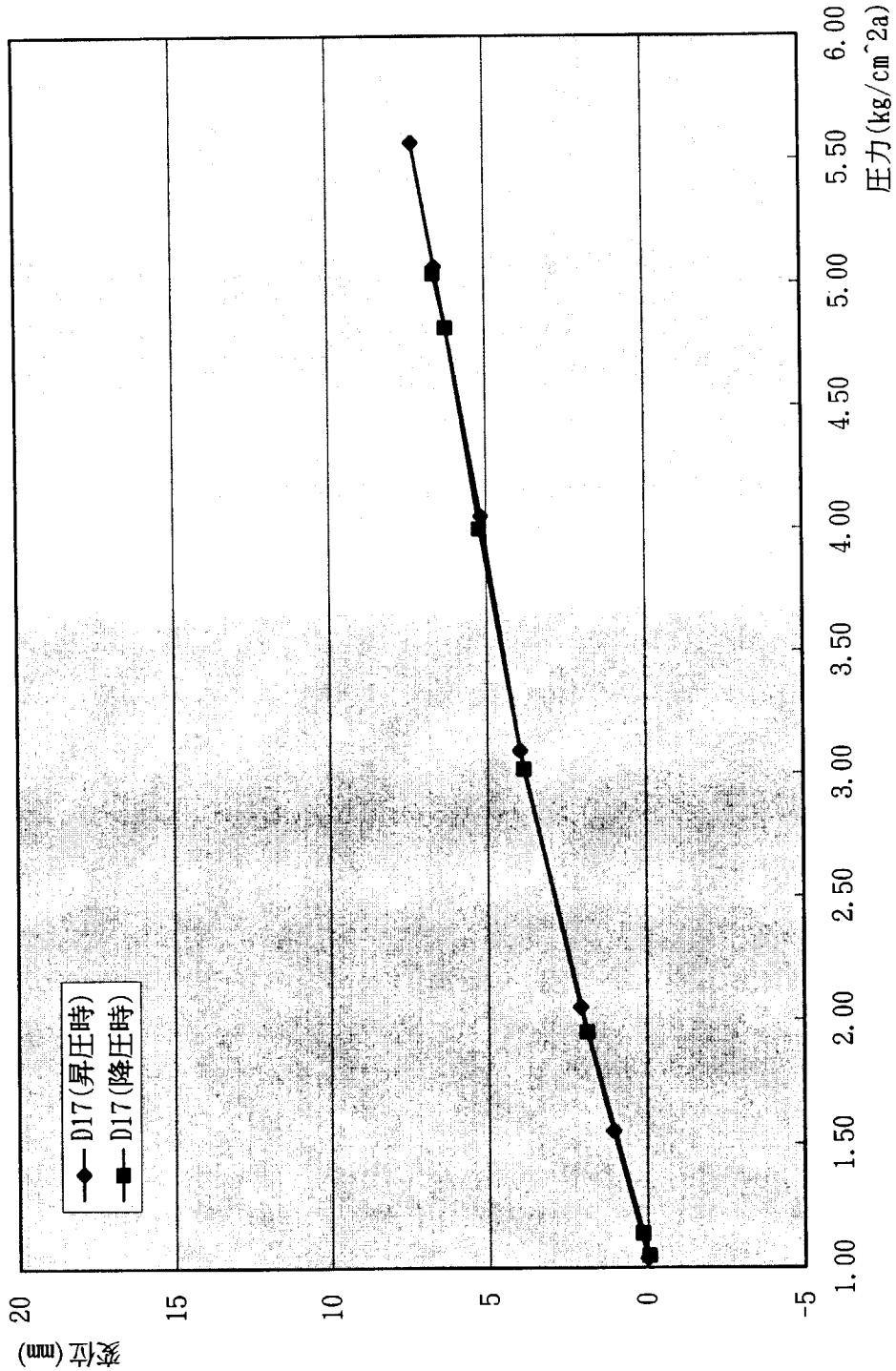


Fig. 16 圧力と変位の関係 (D17) (17/19)

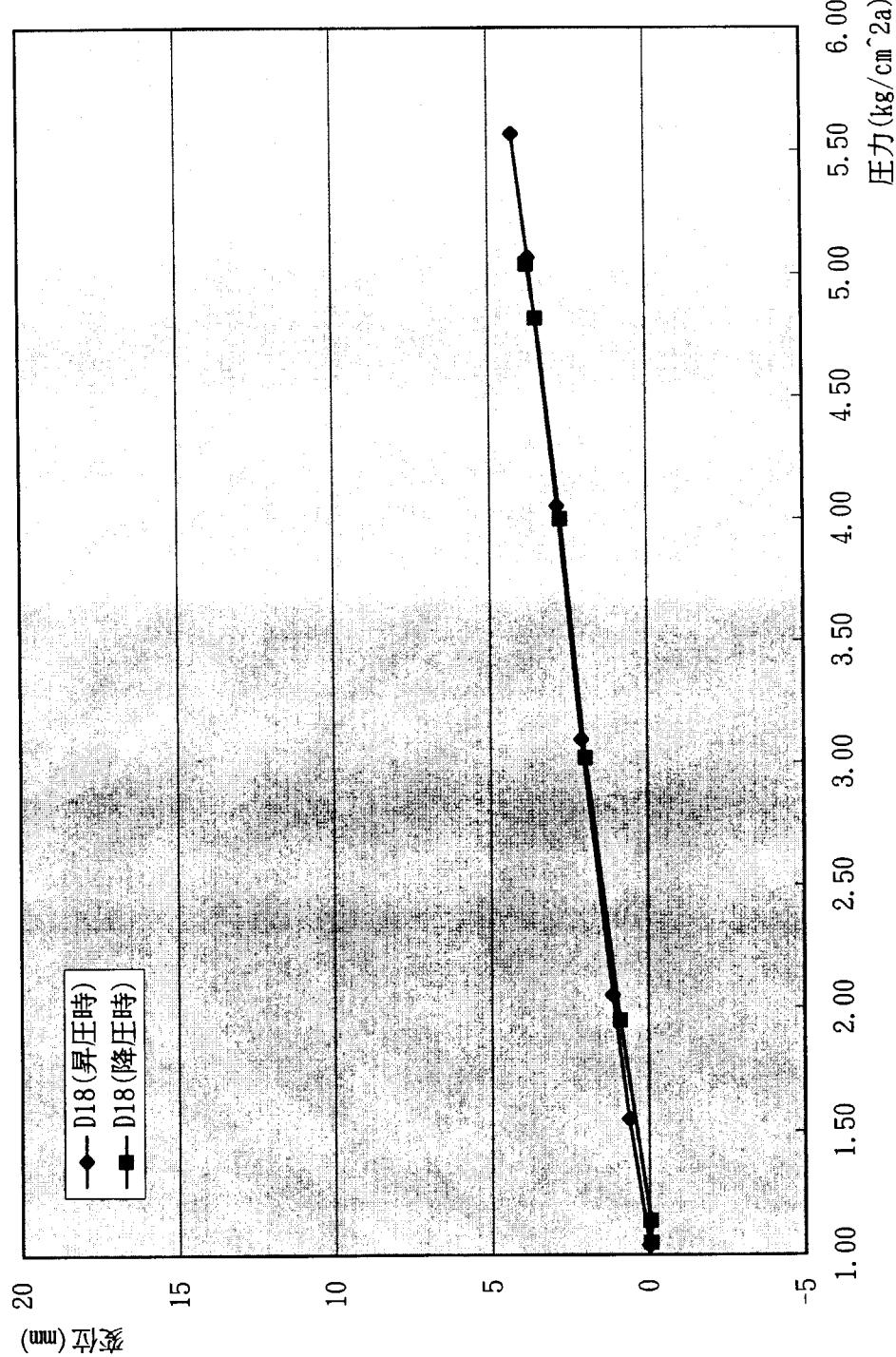


Fig. 16 壓力と変位の関係 (D18) (18/19)

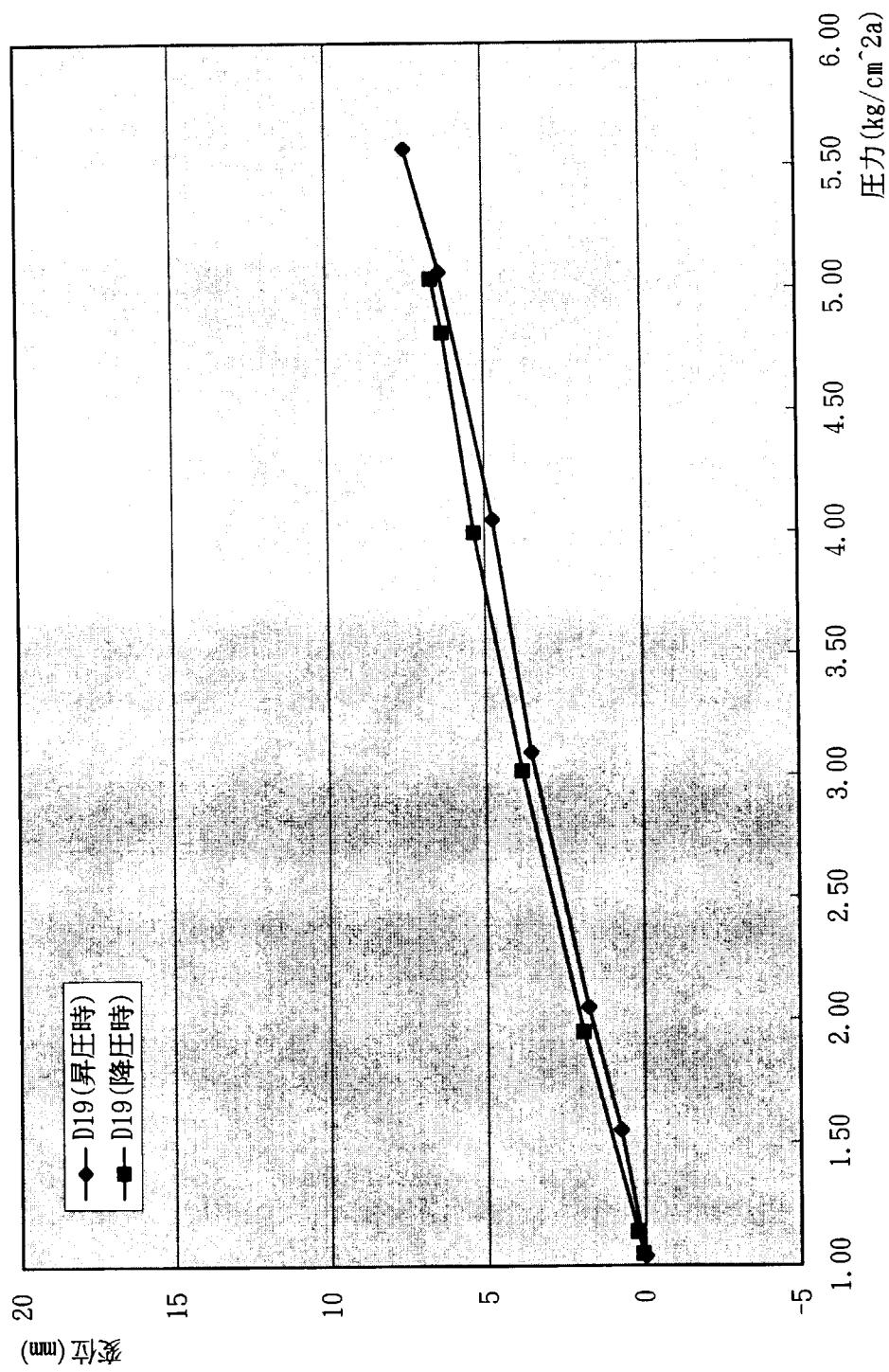


Fig. 16 圧力と変位の関係 (D19) (19/19)

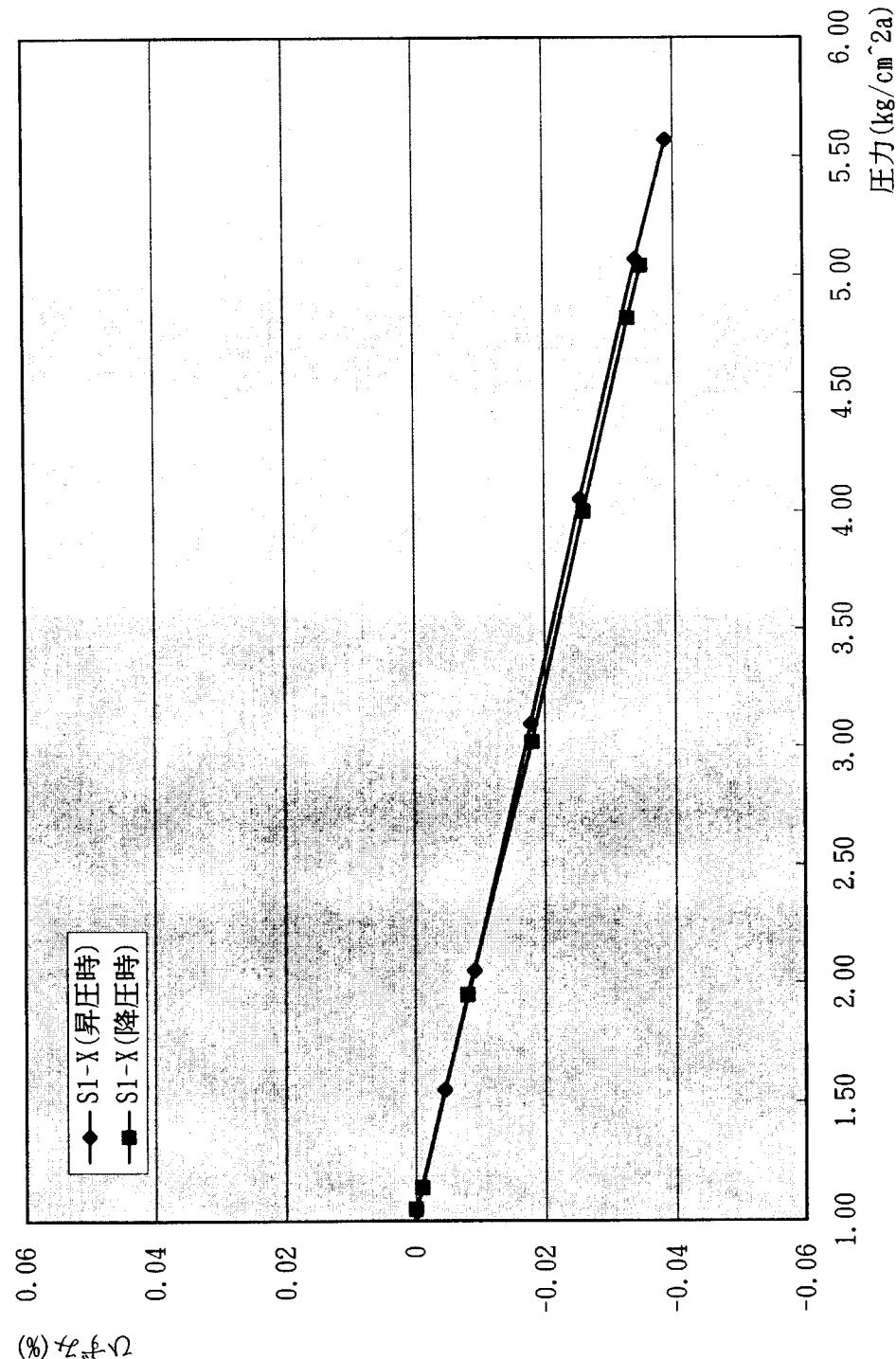


Fig. 17 壓力とひずみの関係 (S1-X) (1/10)

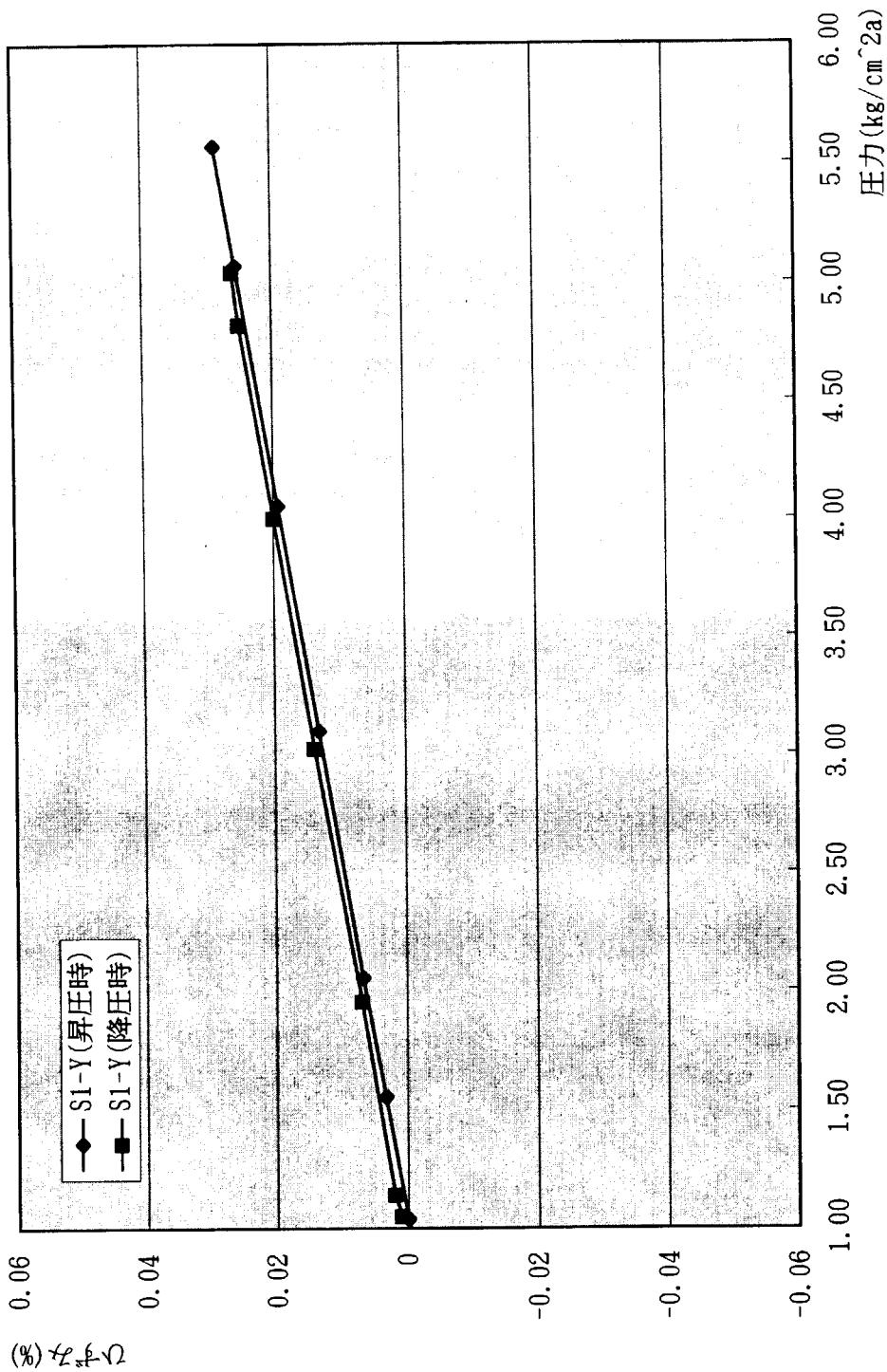


Fig.17 圧力とひずみの関係 (S1-Y) (2/10)

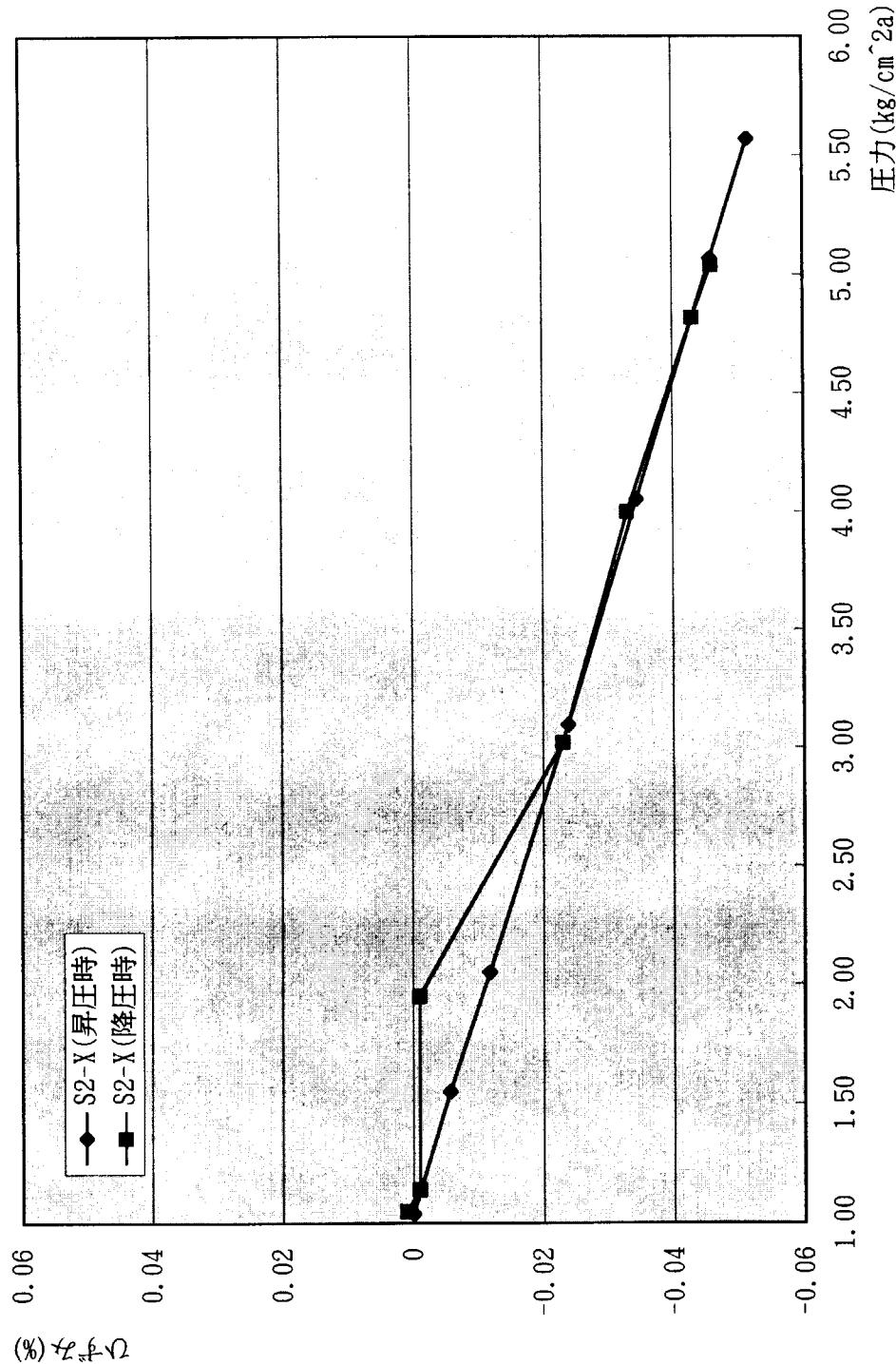


Fig.17 圧力とひずみの関係 (S 2-X) (3/10)

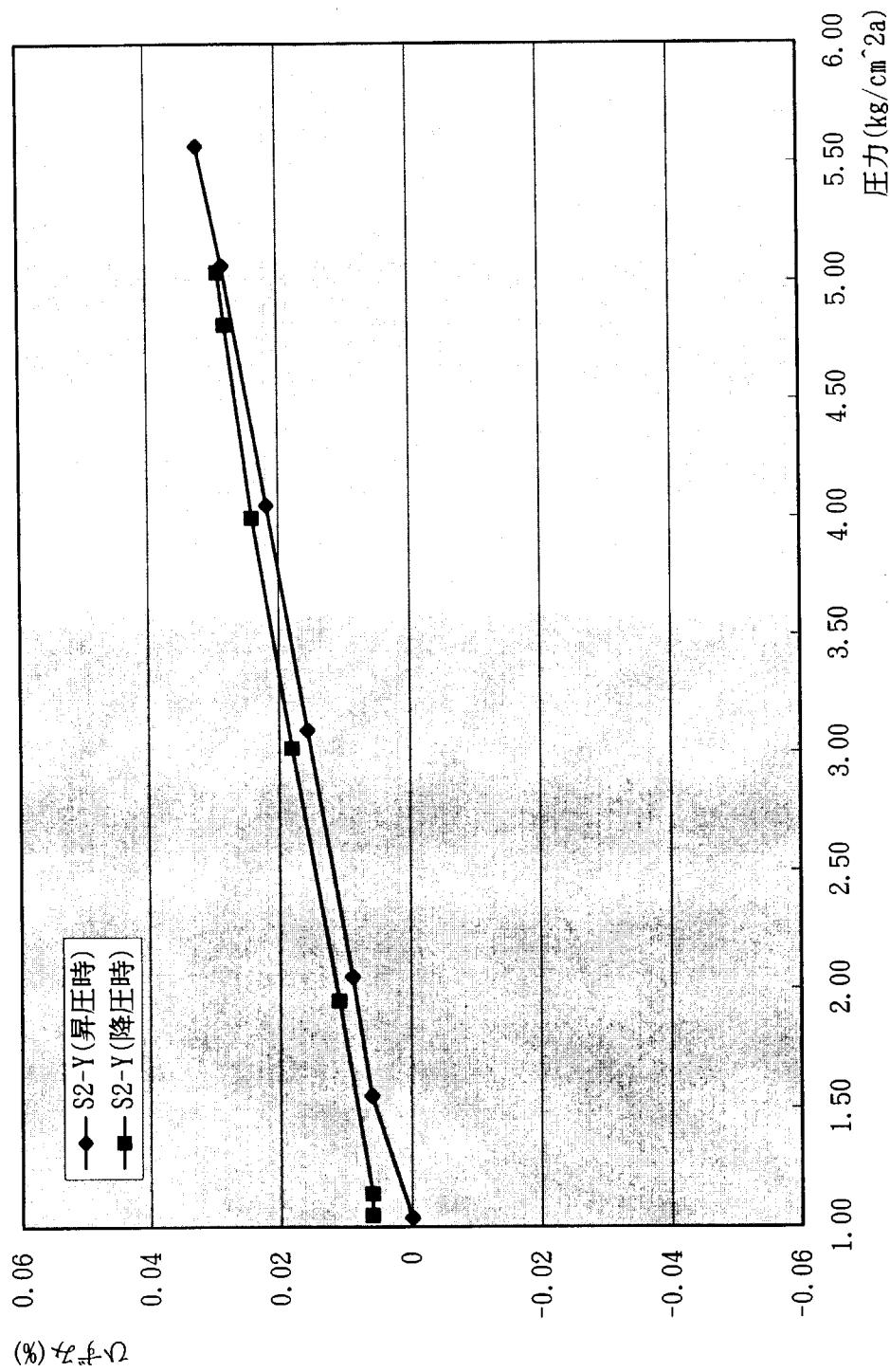


Fig.17 圧力とひずみの関係 (S 2-Y) (4/10)

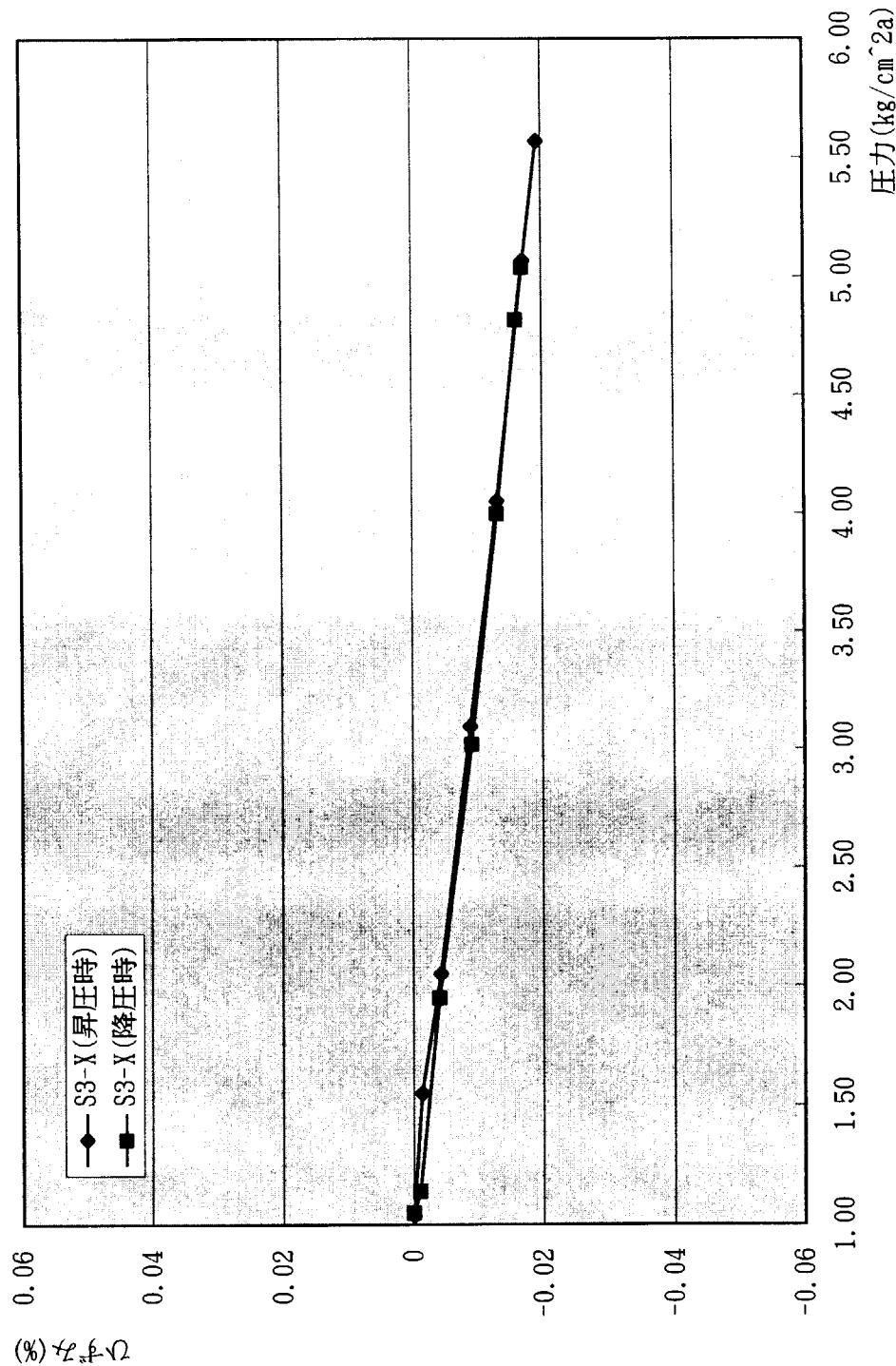


Fig.17 圧力とひずみの関係 (S 3-X) (5/10)

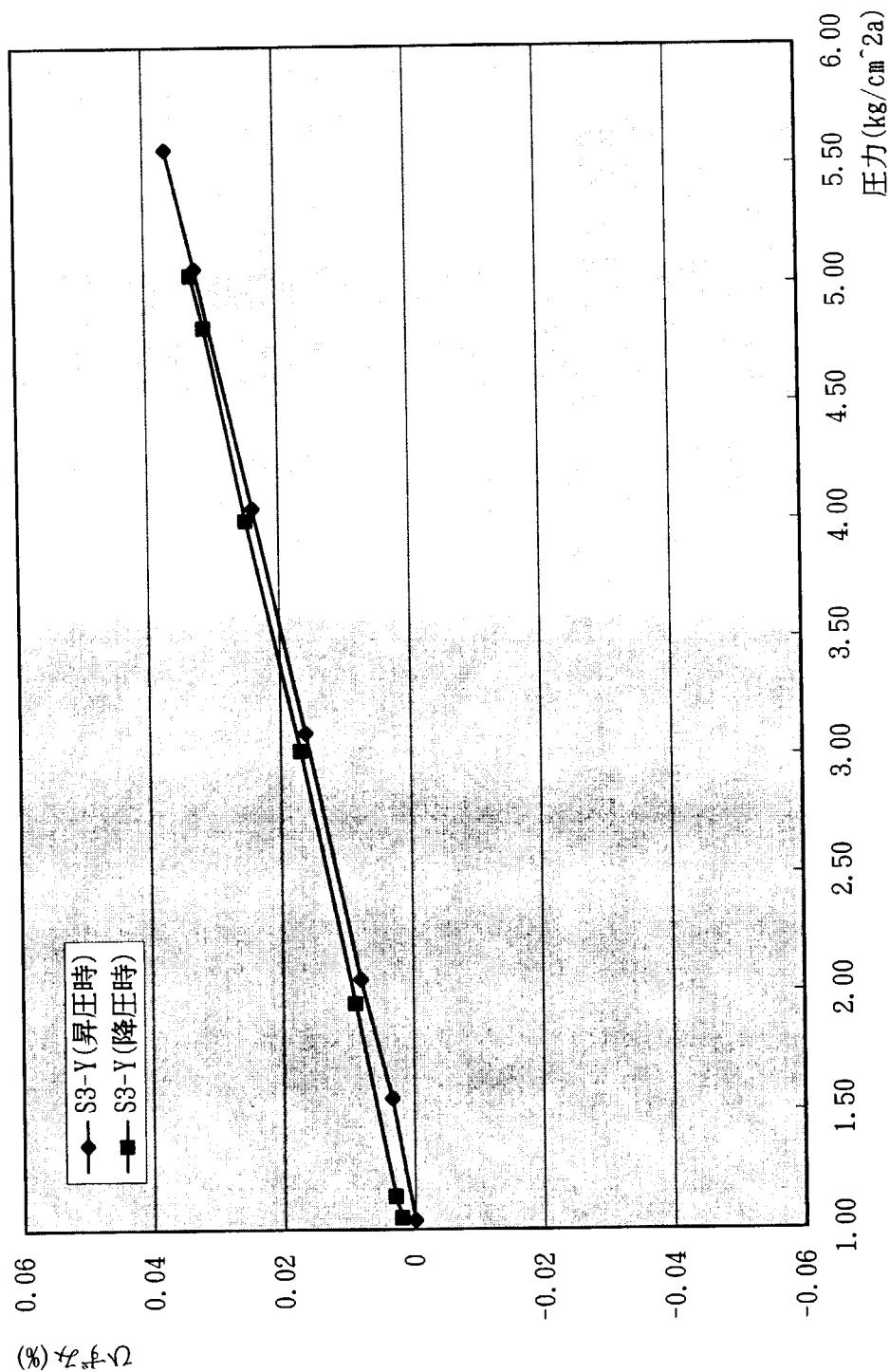


Fig. 17 圧力とひずみの関係 (S 3-Y) (6/10)

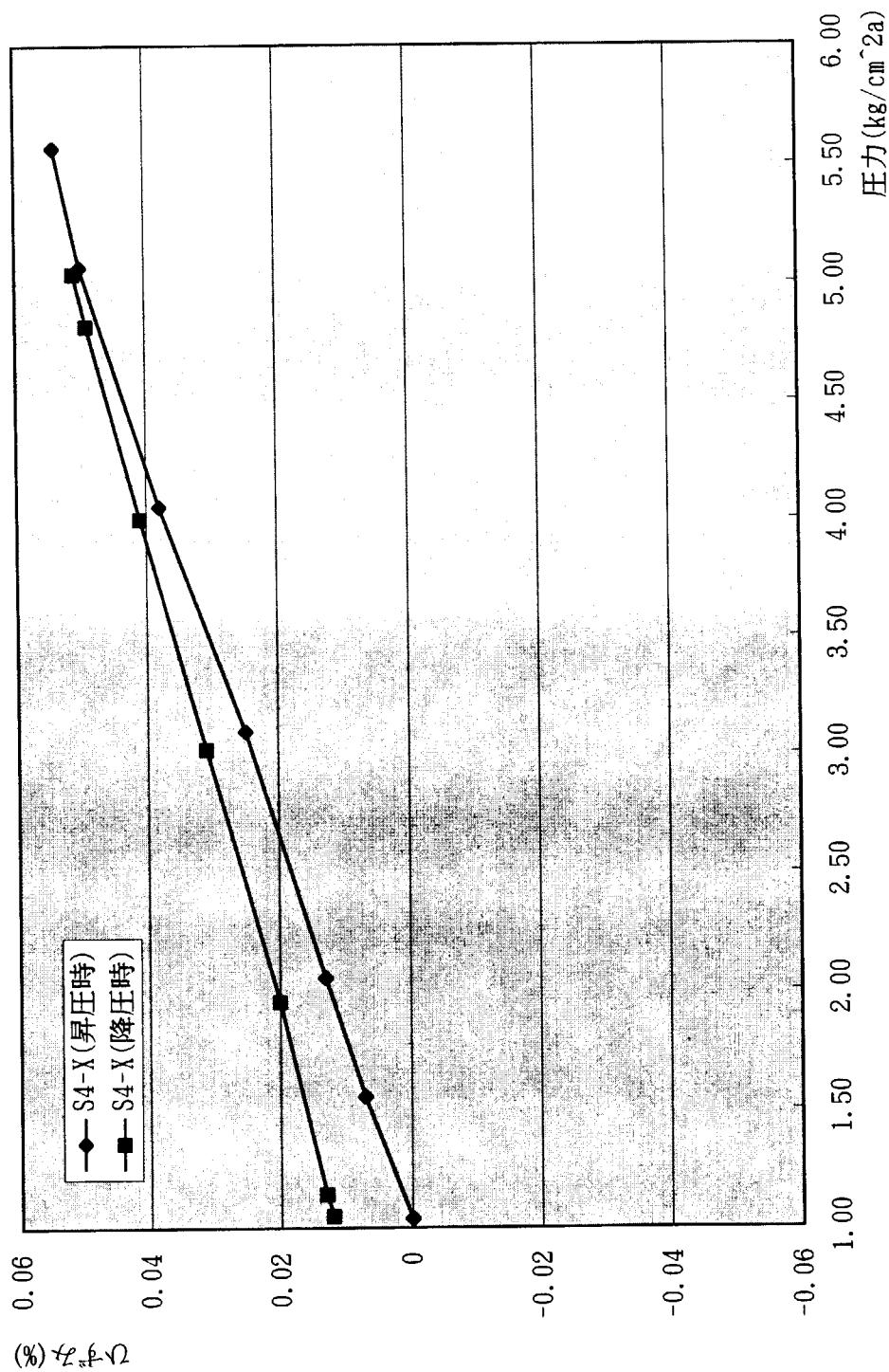


Fig. 17 圧力とひずみの関係 (S 4-X) (7/10)

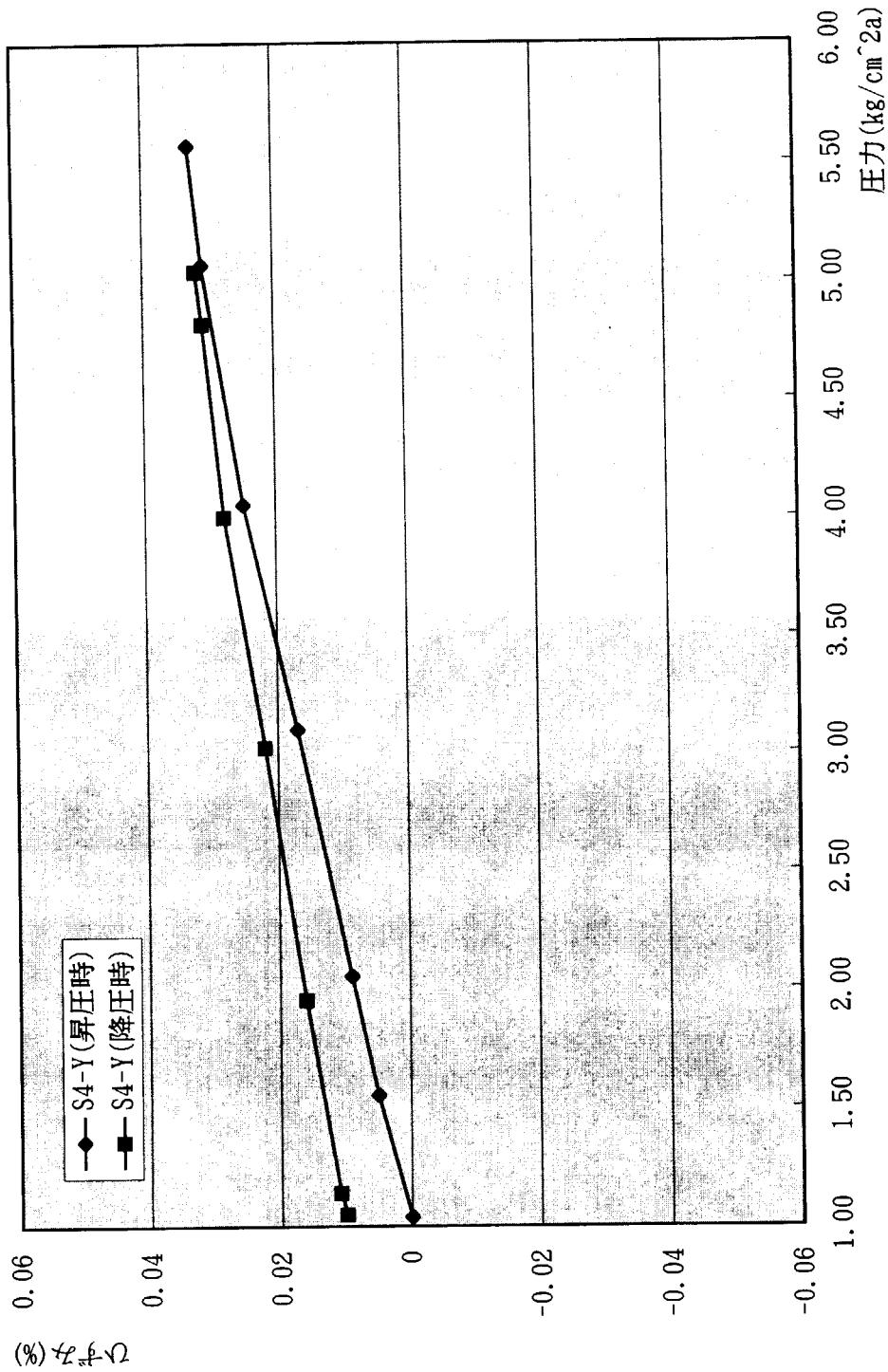


Fig.17 圧力とひずみの関係 (S 4-Y) (8/10)

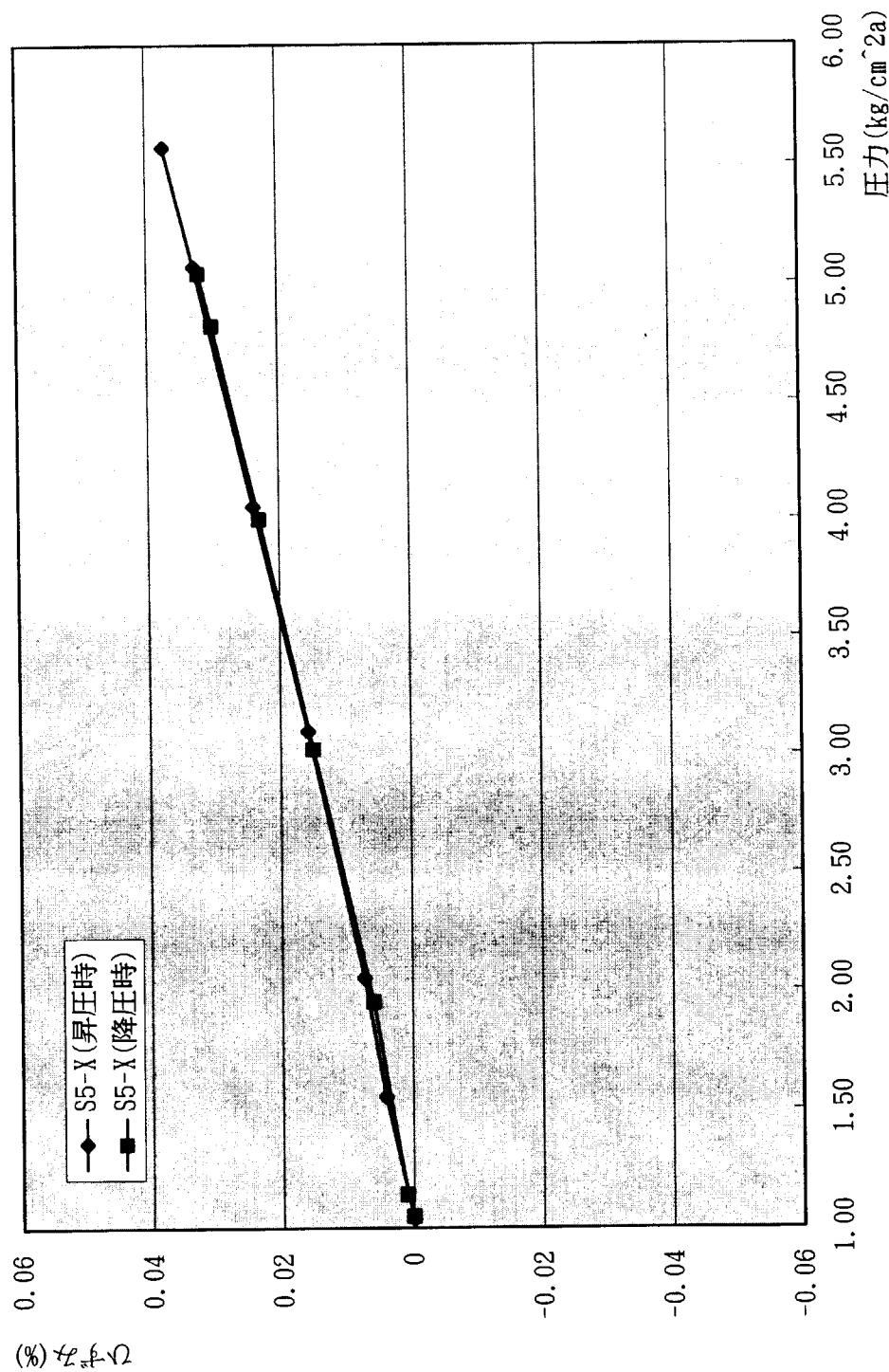


Fig. 17 圧力とひずみの関係 (S5-X) (9/10)

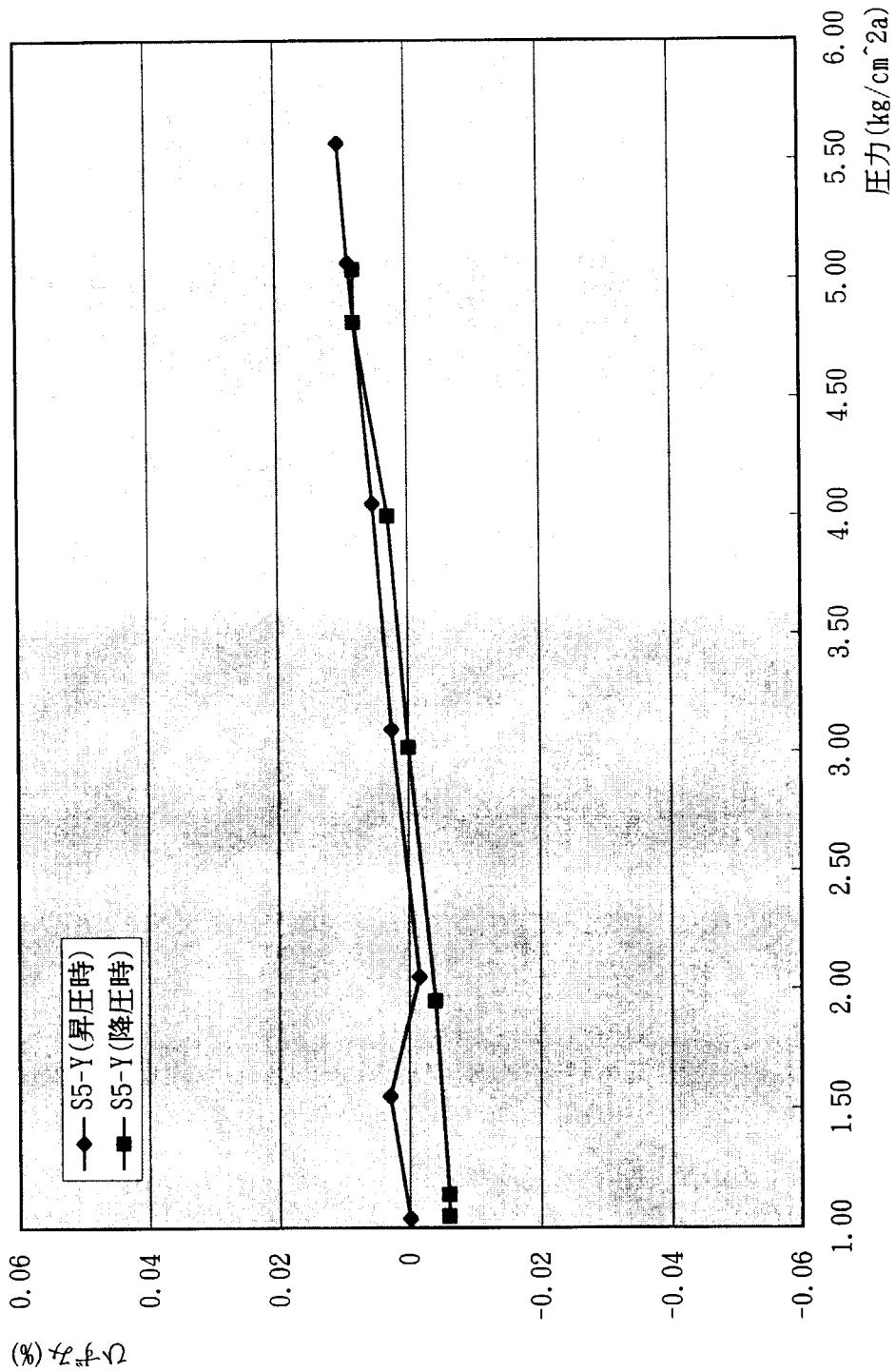


Fig. 17 Pressure and strain relationship (S5-Y) (10/10)

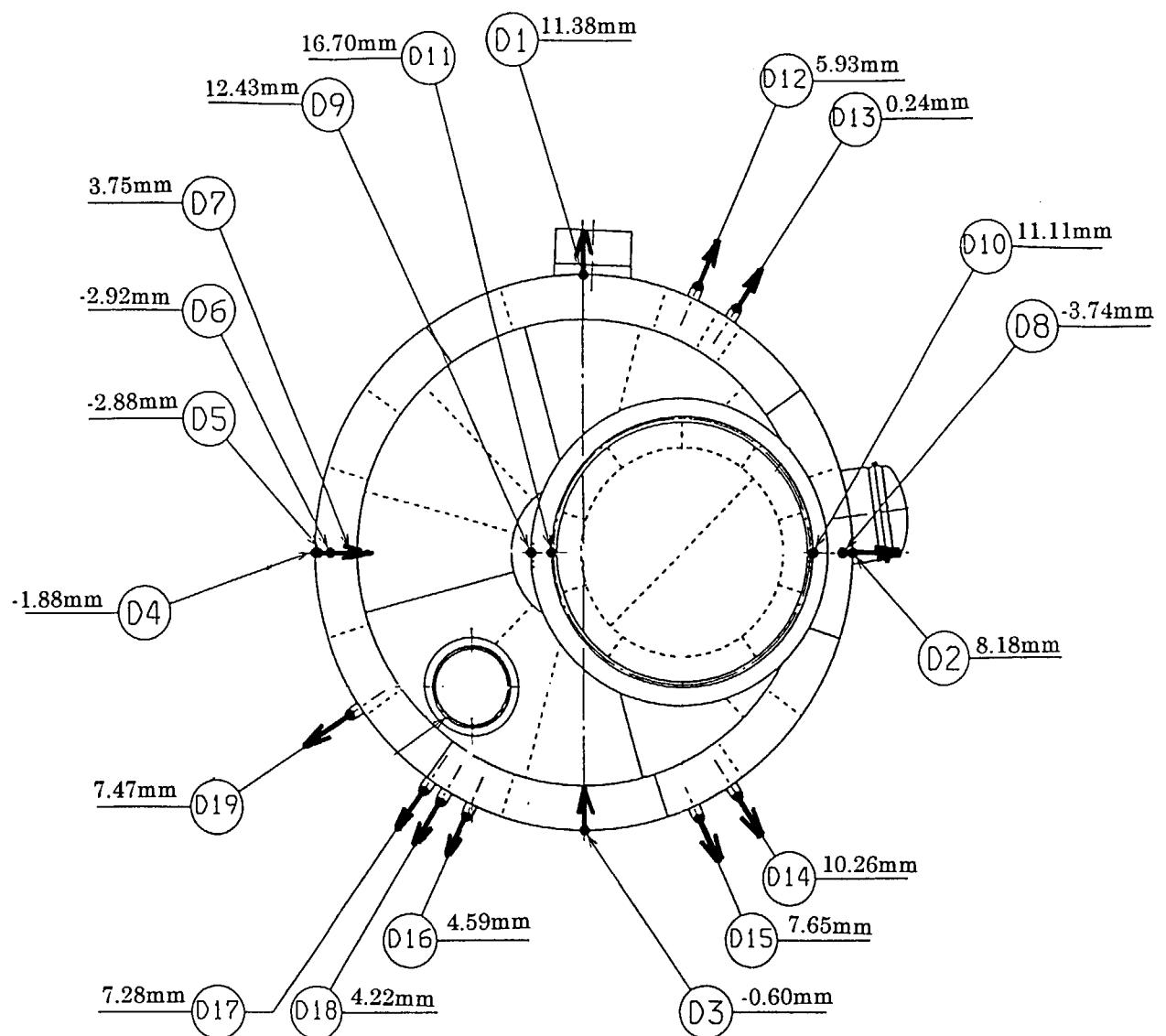


Fig.18 最大圧力負荷時の変位方向および変位量 (1/2)

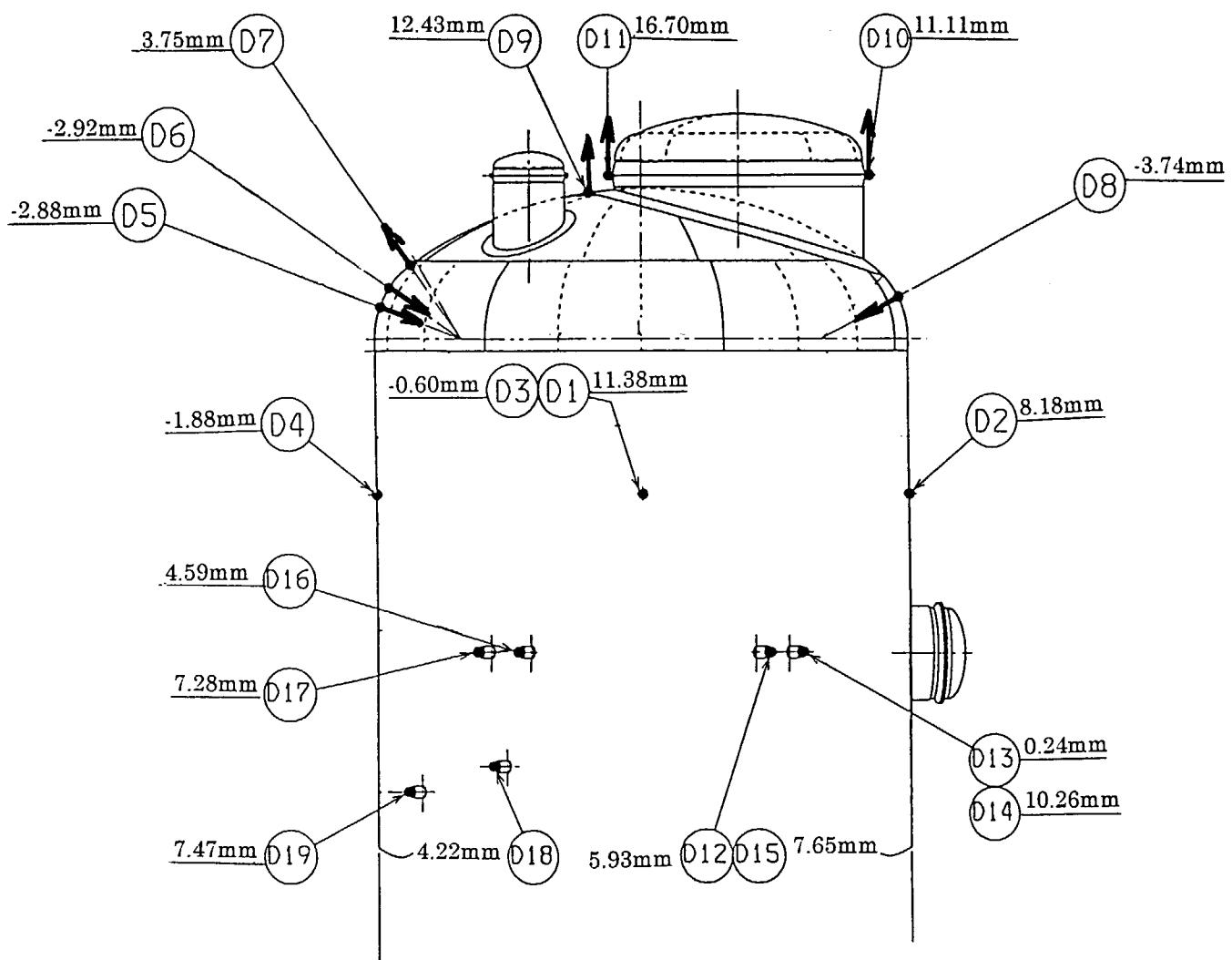


Fig.18 最大圧力負荷時の変位方向および変位量 (2/2)

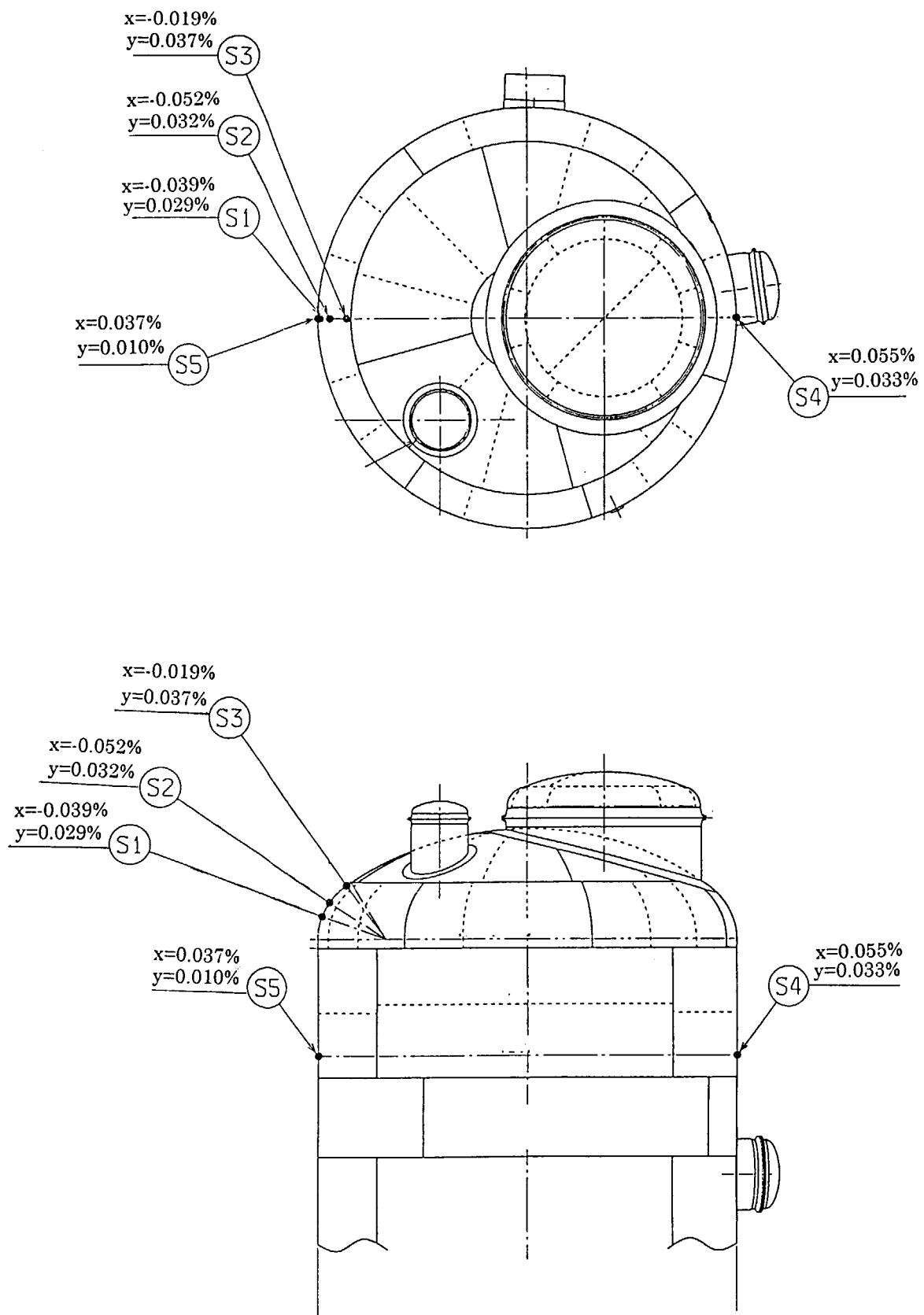


Fig.19 最大圧力負荷時のひずみ

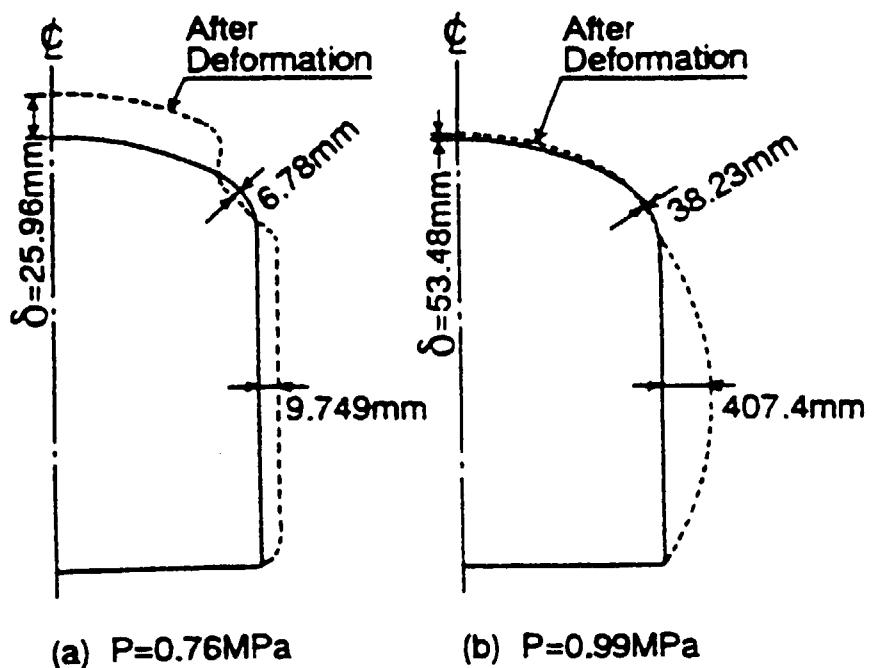


Fig. 20 **Deformation Pattern of Upper Head Without Hatch (by BOSOR-5)¹¹⁾**

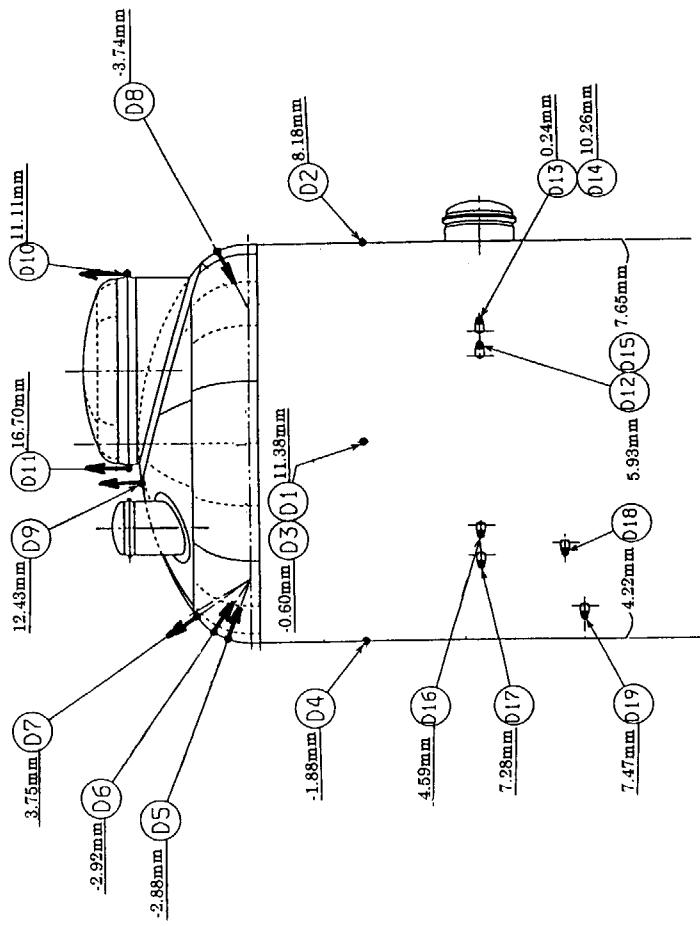
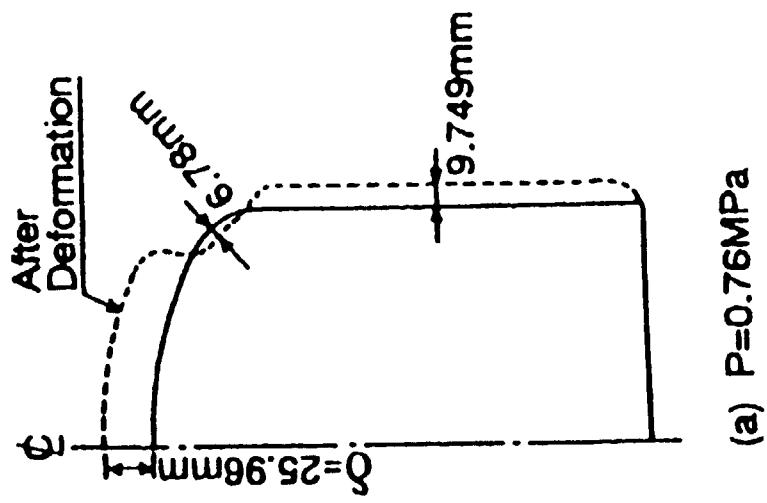


Fig.21 最大圧力負荷時の変位方向および変位量(Fig.18)と弾塑性解析によるCVの挙動(Fig.20)の比較

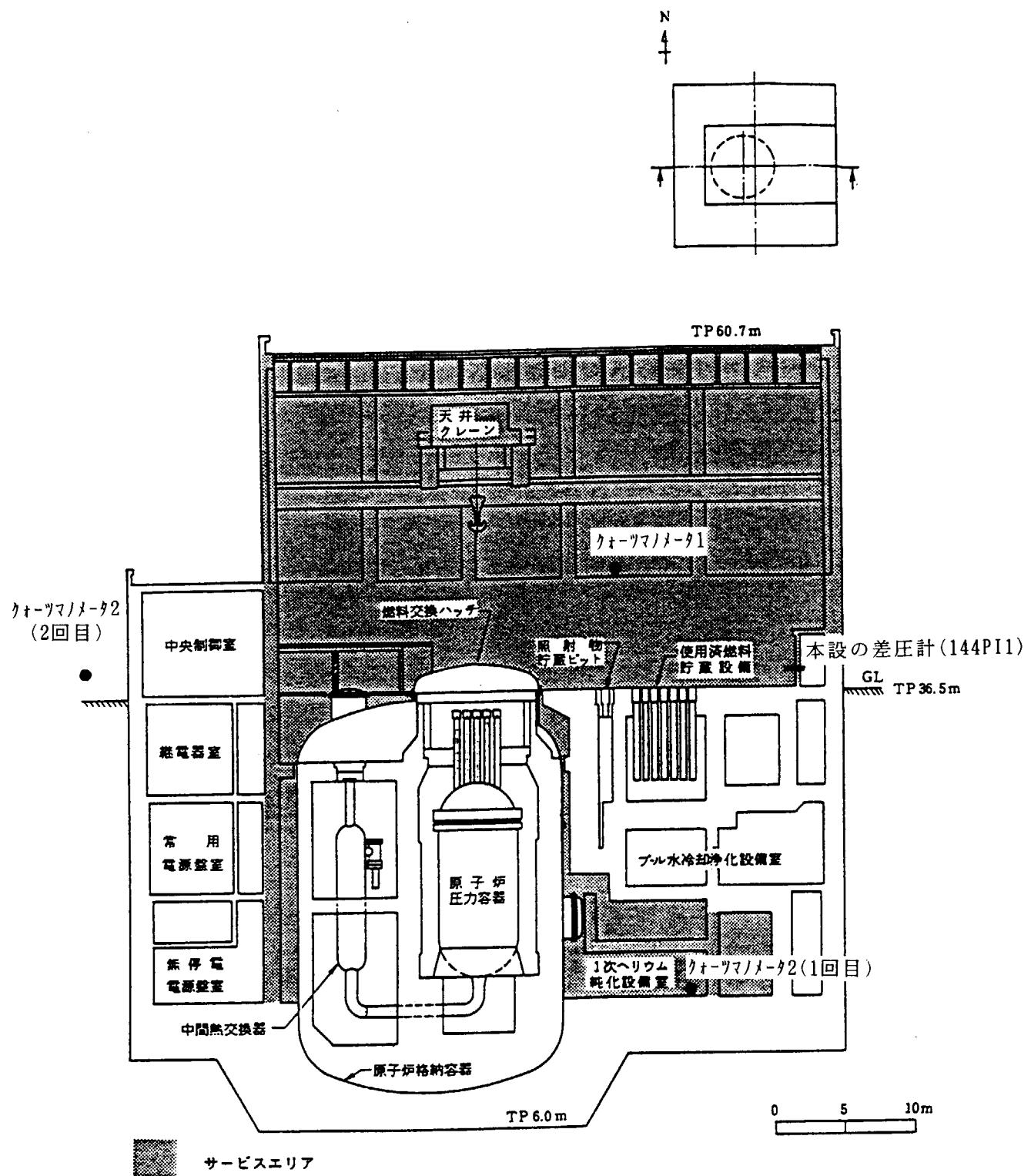


Fig. 22 壓力計の設置位置

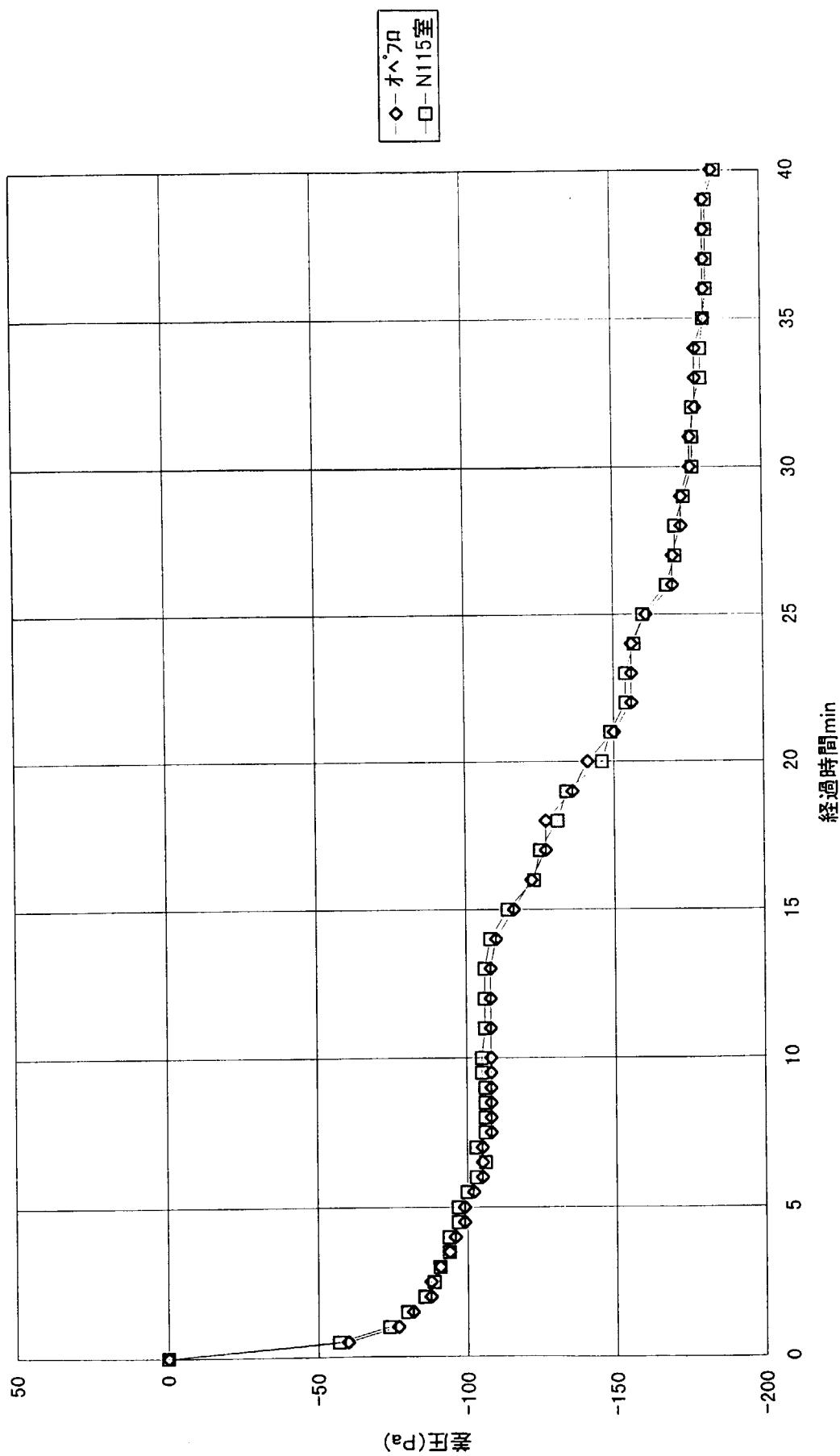


Fig.23 オペレーションフロアおよびN-115室の圧力変化量の経時変化

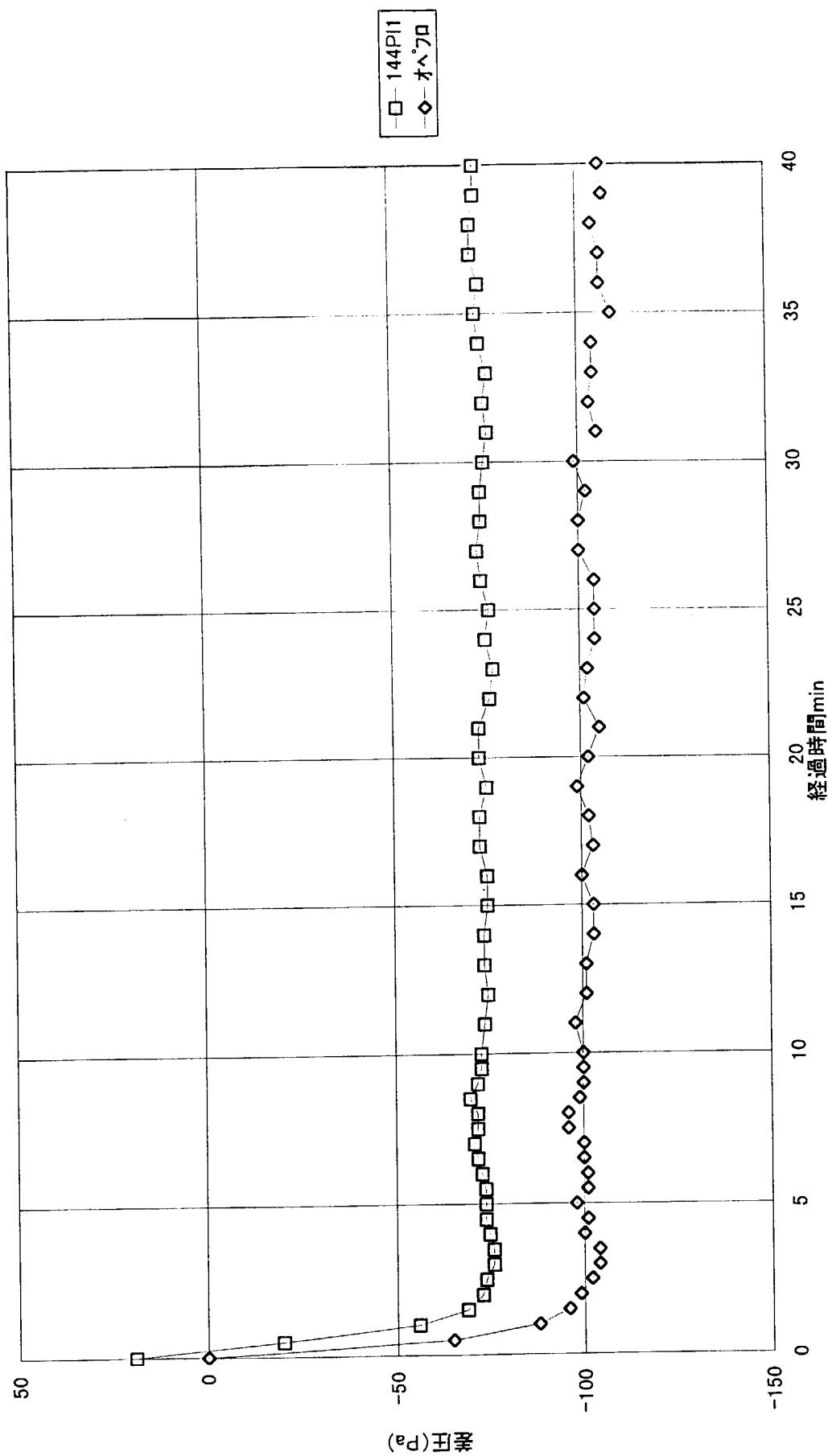


Fig.24 サービスエリア内圧力の経時変化

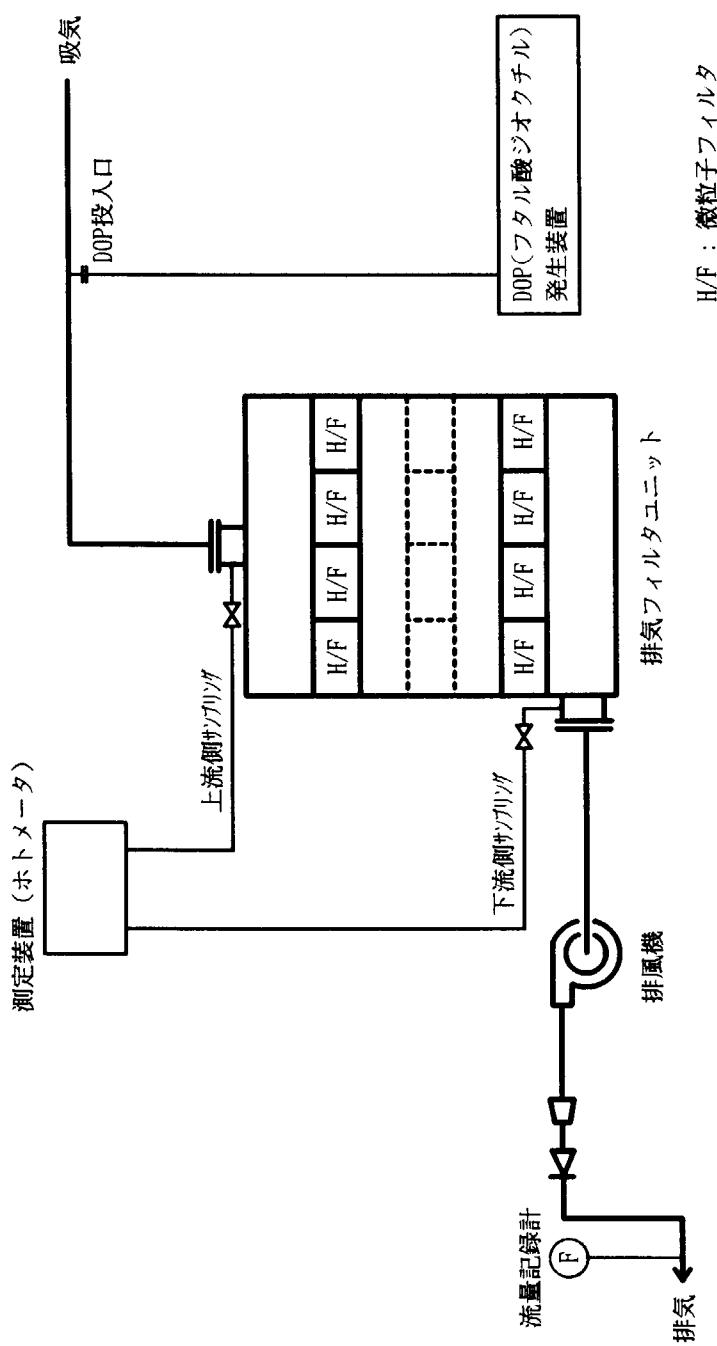


Fig.25 微粒子除去効率確認試験時の系統構成

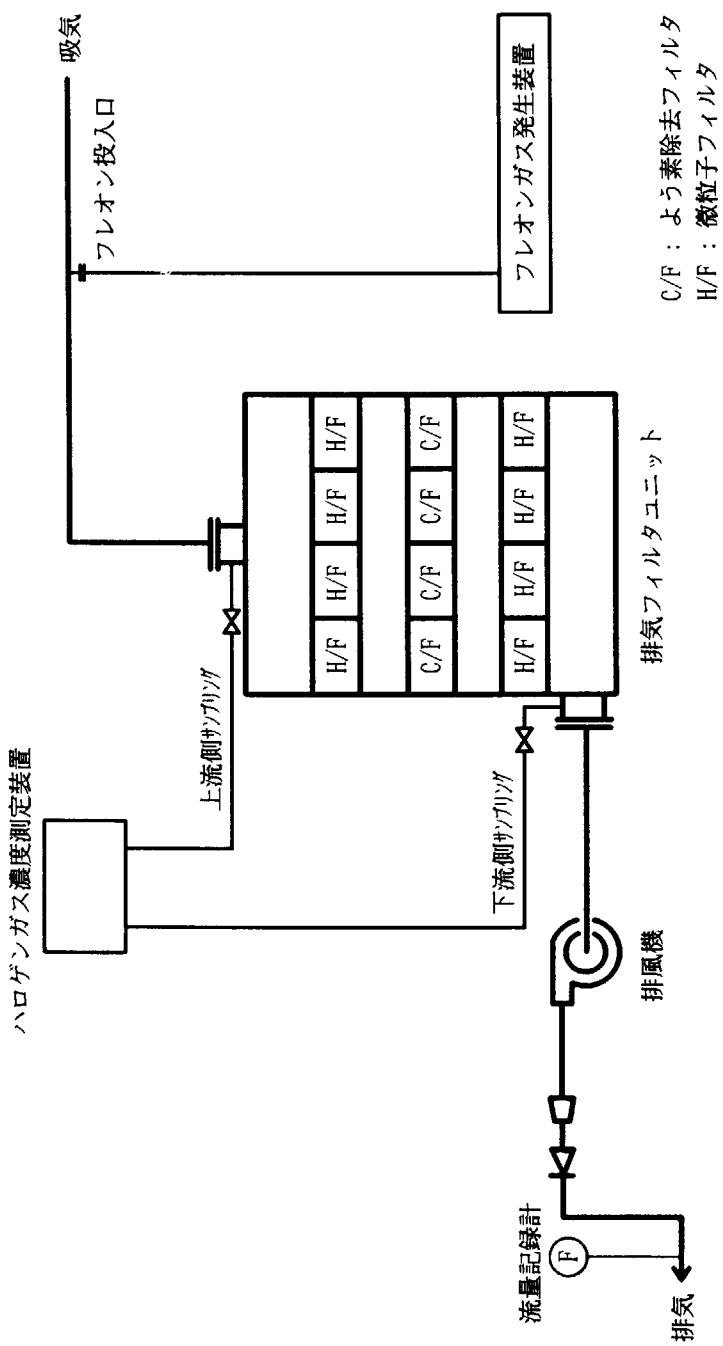
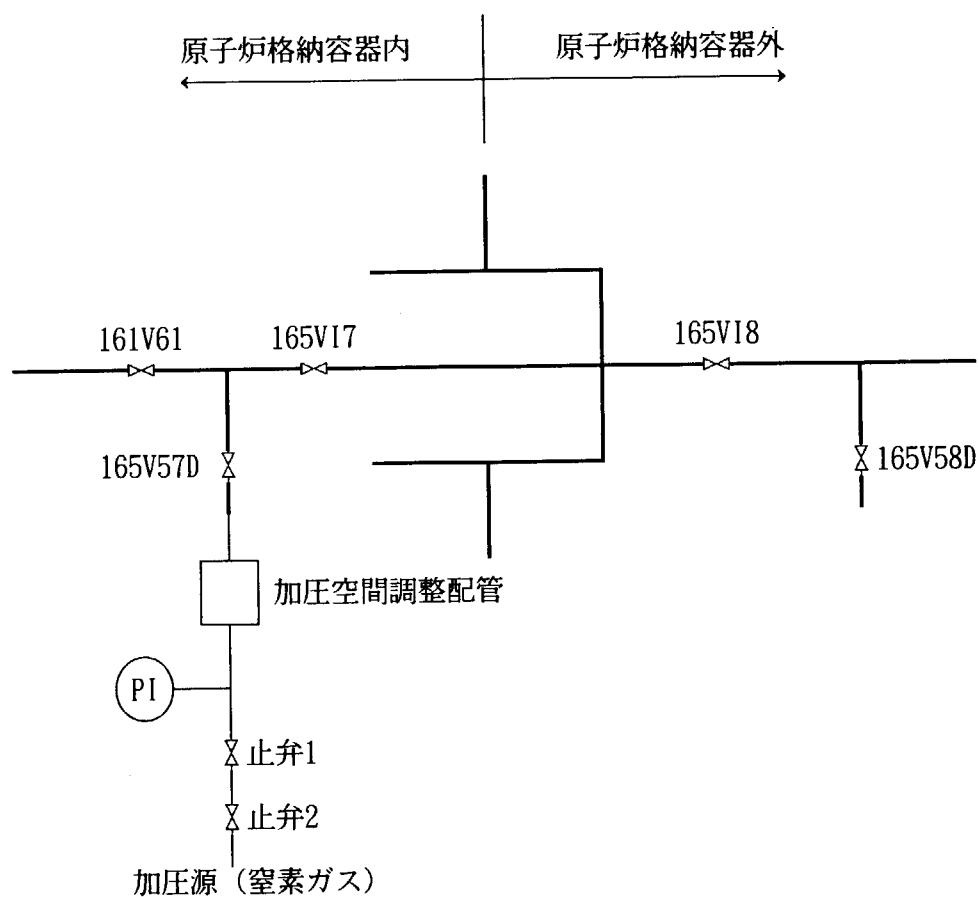


Fig.26 ヨウ素除去効率確認試験時の系統構成

付録 1 局部漏洩率試験時の隔離弁の開閉状態

(1) P101

試験対象弁	165VI7	165VI8
試験時開の弁	165VI8, 165V57D, 165V58D	165VI7, 165V57D, 165V58D
試験時閉の弁	165VI7, 161V61, 止弁1~2	165VI8, 161V61, 止弁1~2

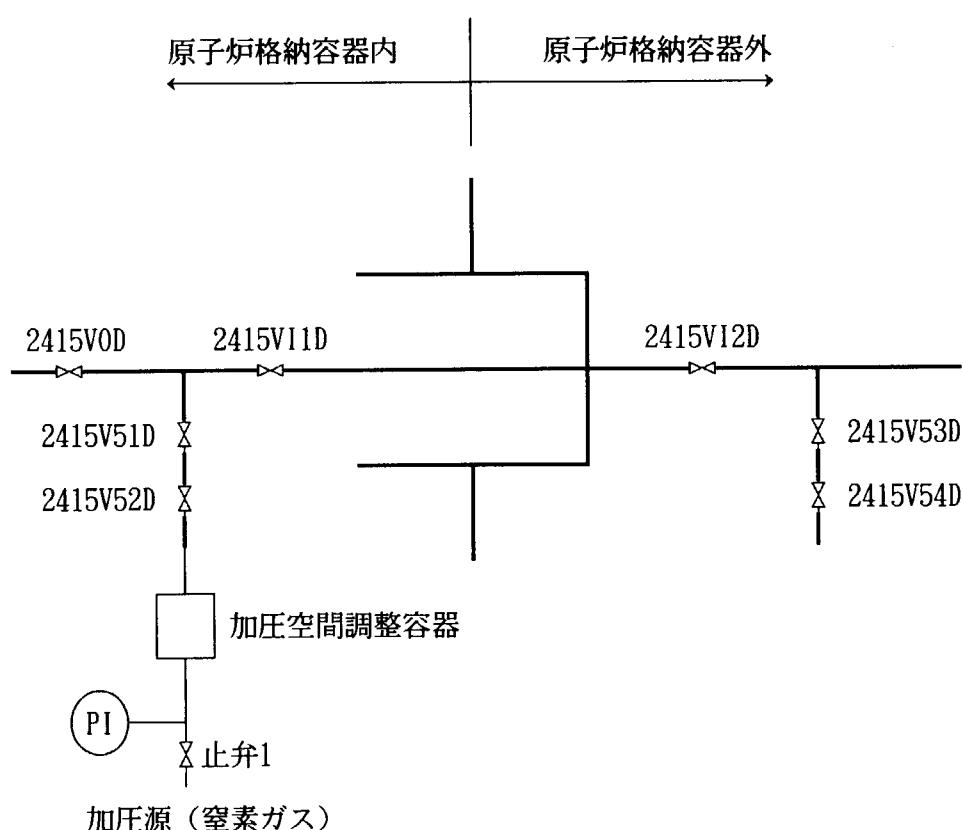


備考	1) 図中太線は本設、細線は仮設を示す。
----	----------------------

(2) P107

(1/4)

試験対象弁	2415VI1D	2415VI2D
試験時開の弁	2415VI2D, 2415V51D~54D	2415VI1D, 2415V51D~54D
試験時閉の弁	2415VI1D, 2415V0D, 止弁1	2415VI2D, 2415V0D, 止弁1



備考	1) 図中太線は本設、細線は仮設を示す。
----	----------------------

(3) P107

(2/4)

試験対象弁	2415VI1E	2415VI2E
試験時開の弁	2415VI2E, 2415V51E~54E	2415VI1E, 2415V51E~54E
試験時閉の弁	2415VI1E, 2415V0E, 止弁1	2415VI2E, 2415V0E, 止弁1
備考	1) 図中太線は本設、細線は仮設を示す。	

(4) P107

(3/4)

試験対象弁	2415VI1F	2415VI2F
試験時開の弁	2415VI2F, 2415V51F~54F	2415VI1F, 2415V51F~54F
試験時閉の弁	2415VI1F, 2415V0F, 止弁1	2415VI2F, 2415V0F, 止弁1
1) 図中太線は本設、細線は仮設を示す。 備 考		

(4/4)

(5) P107

試験対象弁	2415VI1G	2415VI2G
試験時開の弁	2415VI2G, 2415V51G~54G	2415VI1G, 2415V51G~54G
試験時閉の弁	2415VI1G, 2415V0G, 止弁1	2415VI2G, 2415V0G, 止弁1
備考 1) 図中太線は本設、細線は仮設を示す。		

(6) P108

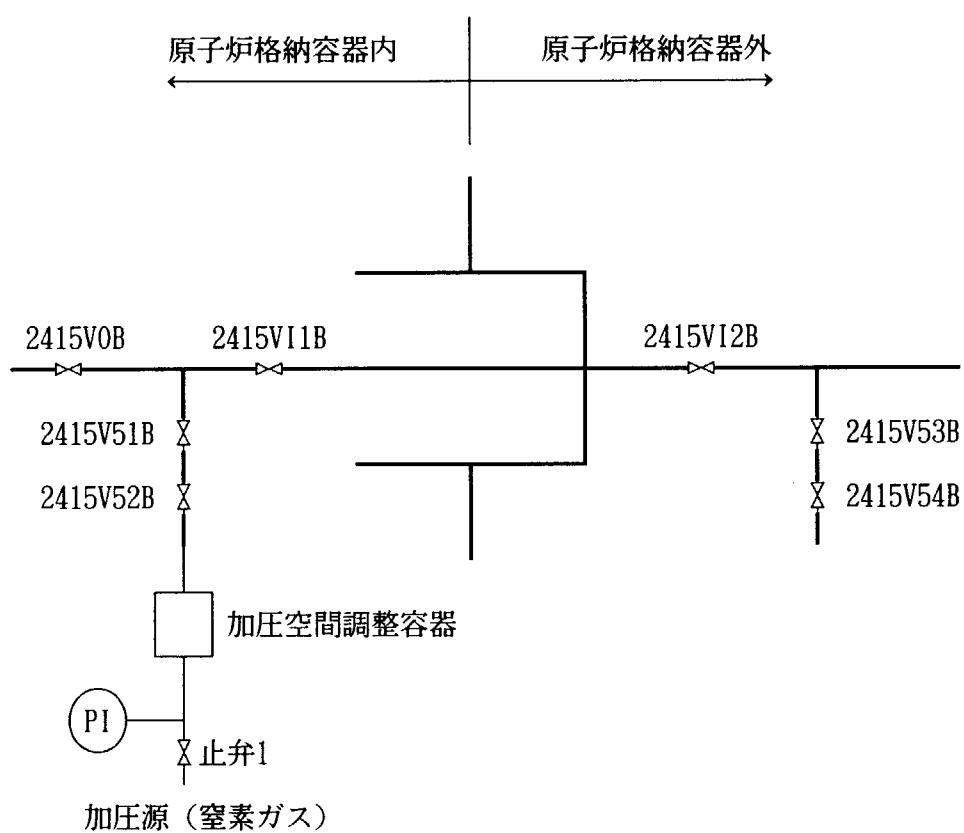
(1/3)

試験対象弁	2415VI1A	2415VI2A
試験時開の弁	2415VI2A, 2415V51A~54A	2415VI1A, 2415V51A~54A
試験時閉の弁	2415VI1A, 2415V0A, 止弁1	2415VI2A, 2415V0A, 止弁1
備考	1) 図中太線は本設、細線は仮設を示す。	

(7) P108

(2/3)

試験対象弁	2415VI1B	2415VI2B
試験時開の弁	2415VI2B, 2415V51B~54B	2415VI1B, 2415V51B~54B
試験時閉の弁	2415VI1B, 2415V0B, 止弁1	2415VI2B, 2415V0B, 止弁1

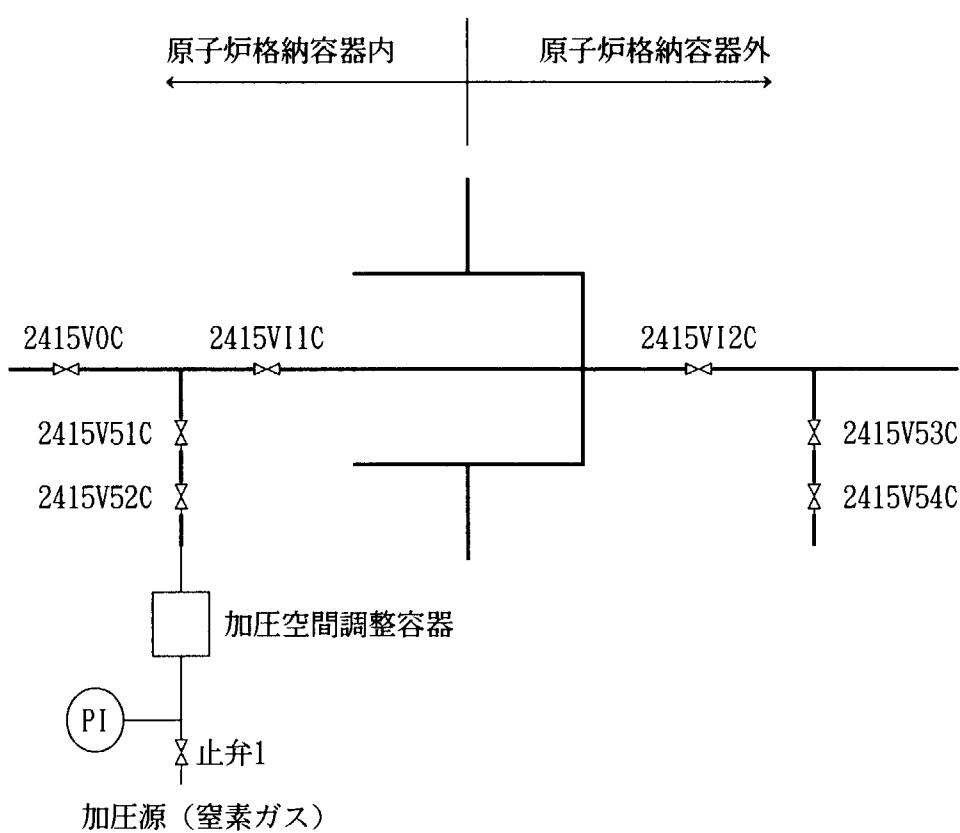


備 考	1) 図中太線は本設、細線は仮設を示す。
-----	----------------------

(8) P108

(3/3)

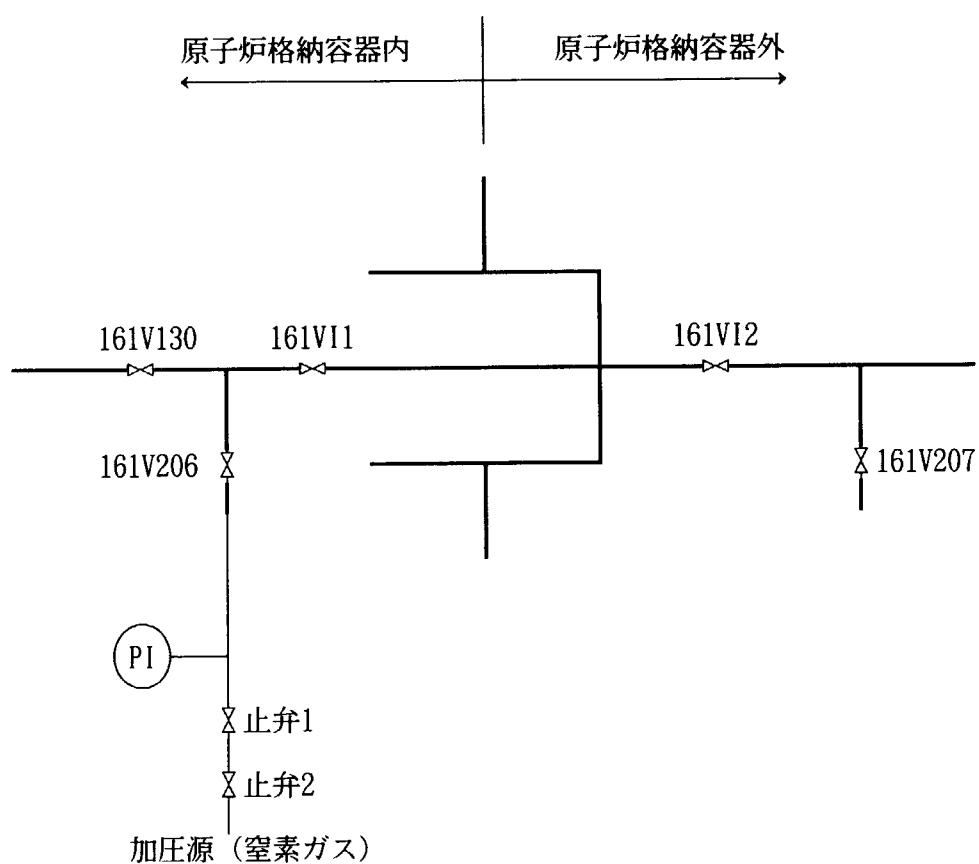
試験対象弁	2415VI1C	2415VI2C
試験時開の弁	2415VI2C, 2415V51C~54C	2415VI1C, 2415V51C~54C
試験時閉の弁	2415VI1C, 2415V0C, 止弁1	2415VI2C, 2415V0C, 止弁1



備考	1) 図中太線は本設、細線は仮設を示す。
----	----------------------

(9) P109

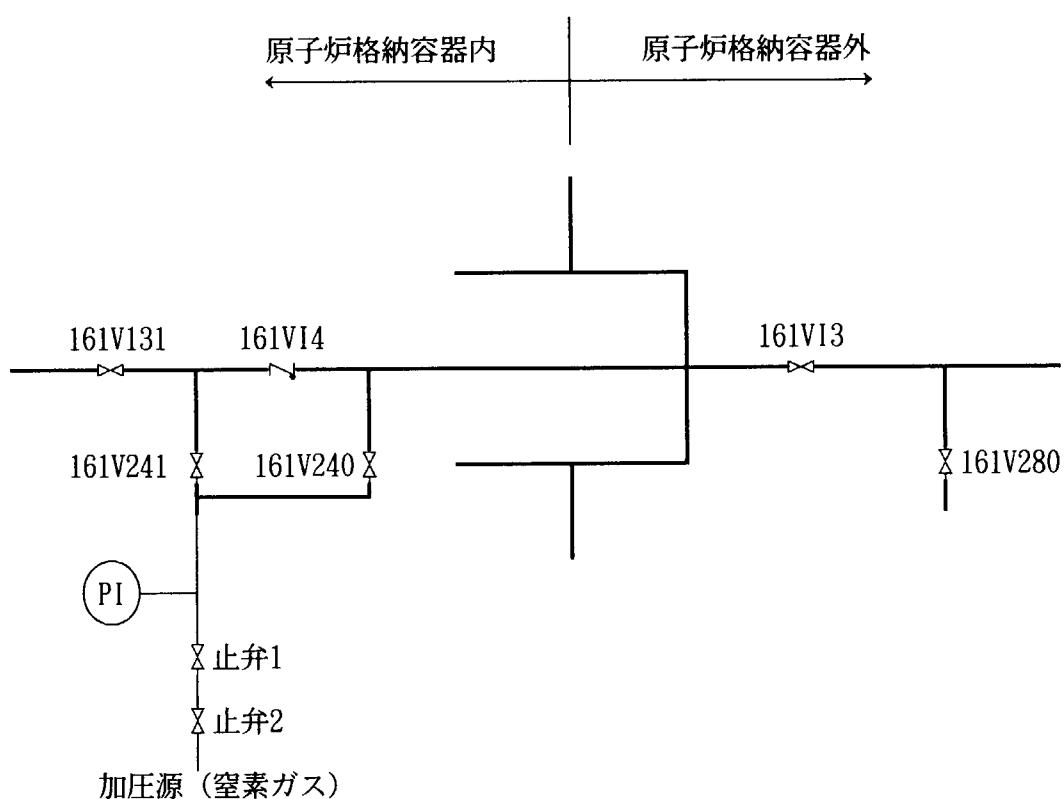
試験対象弁	161VI1	161VI2
試験時開の弁	161VI2, 161V206, 161V207	161VI1, 161V206, 161V207
試験時閉の弁	161VI1, 161V130, 止弁1～2	161VI2, 161V130, 止弁1～2



備 考	1) 図中太線は本設、細線は仮設を示す。
-----	----------------------

(10) P113

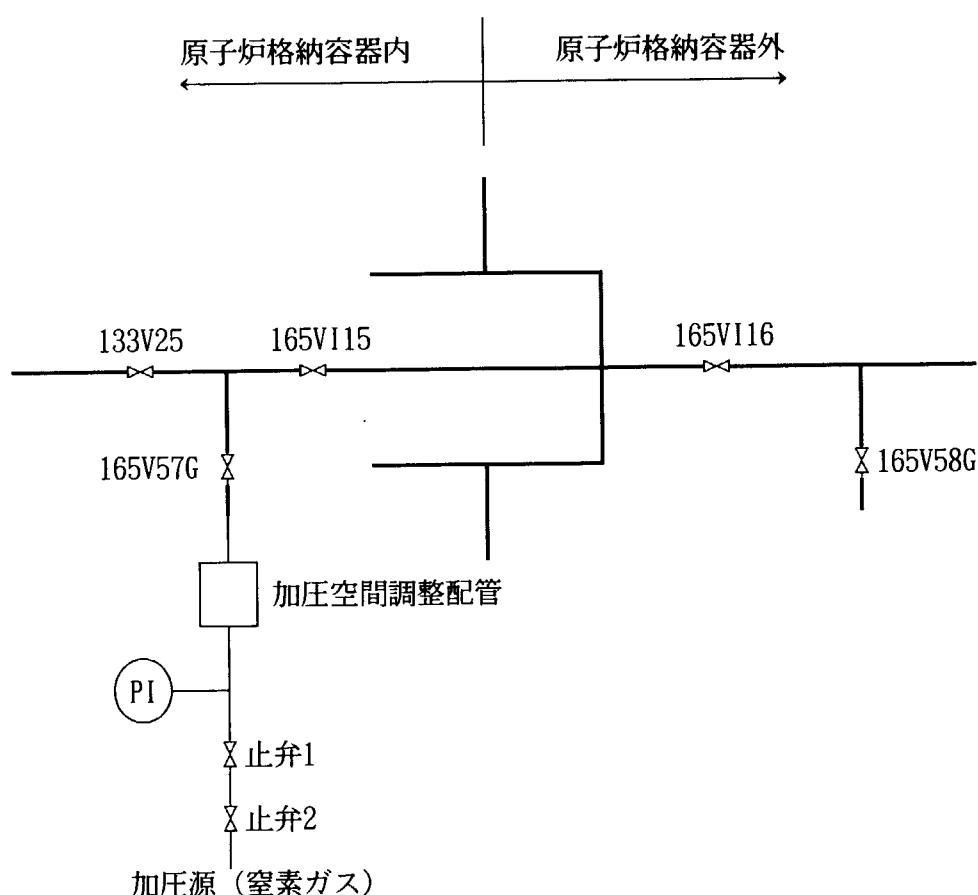
試験対象弁	161VI4	161VI3
試験時開の弁	161VI3, 161V241, 161V280	161VI4, 161V240, 161V280
試験時閉の弁	161VI4, 161V131, 161V240, 止弁1~2	161VI3, 161V131, 161V241, 止弁1~2



備考	1) 図中太線は本設、細線は仮設を示す。
----	----------------------

(11) P117

試験対象弁	165VI15	165VI16
試験時開の弁	165VI16, 165V57G, 165V58G	165VI15, 165V57G, 165V58G
試験時閉の弁	165VI15, 133V25, 止弁1~2	165VI16, 133V25, 止弁1~2



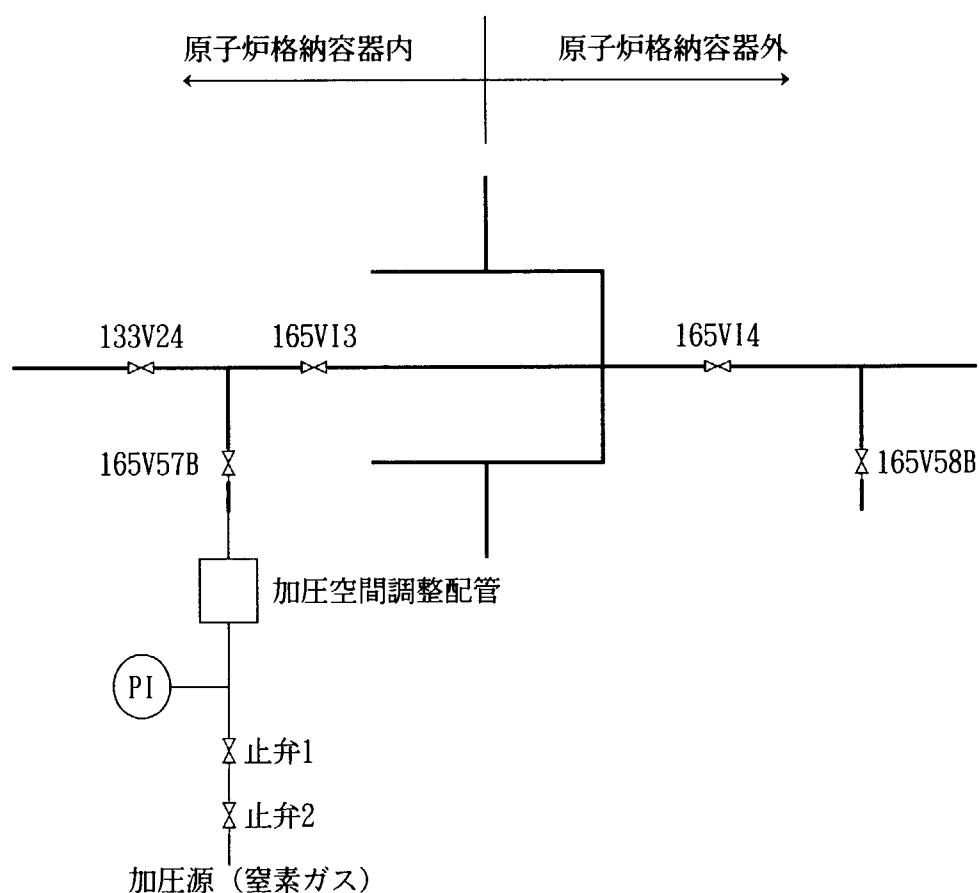
1) 図中太線は本設、細線は仮設を示す。

備 考

(12) P118

(1/2)

試験対象弁	165VI3	165VI4
試験時開の弁	165VI4, 165V57B, 165V58B	165VI3, 165V57B, 165V58B
試験時閉の弁	165VI3, 133V24, 止弁1~2	165VI4, 133V24, 止弁1~2

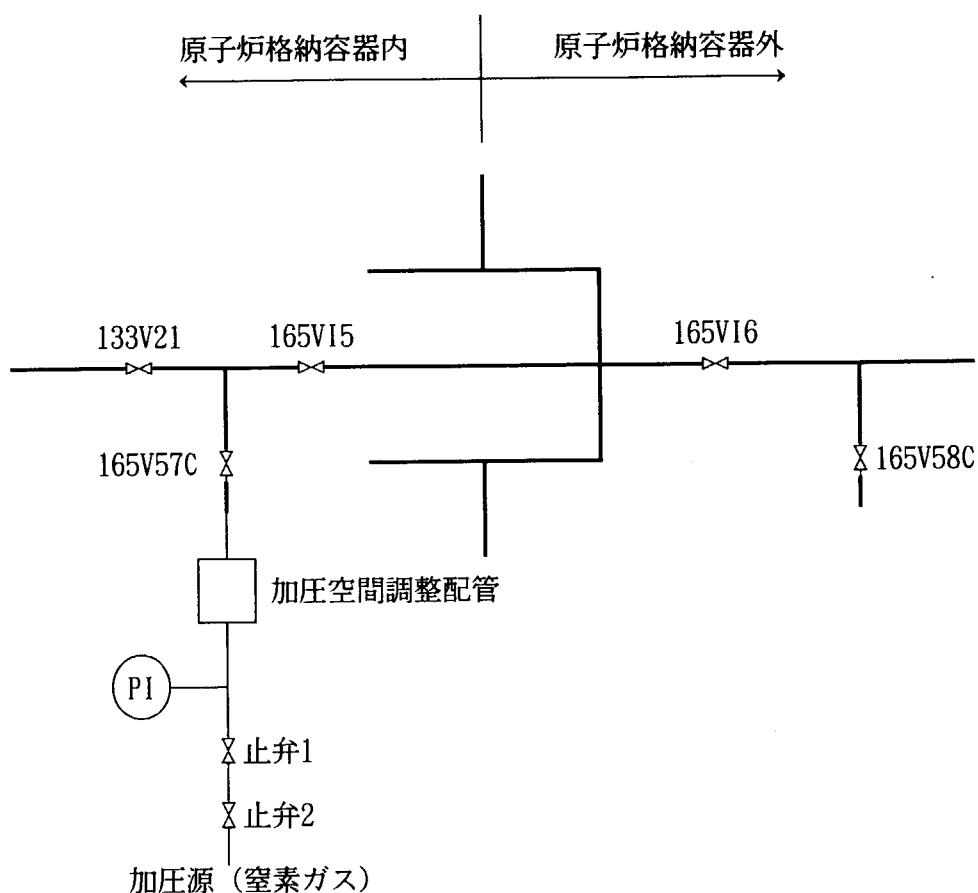


備 考	1) 図中太線は本設、細線は仮設を示す。
-----	----------------------

(2/2)

(13) P118

試験対象弁	165VI5	165VI6
試験時開の弁	165VI6, 165V57C, 165V58C	165VI5, 165V57C, 165V58C
試験時閉の弁	165VI5, 133V21, 止弁1~2	165VI6, 133V21, 止弁1~2



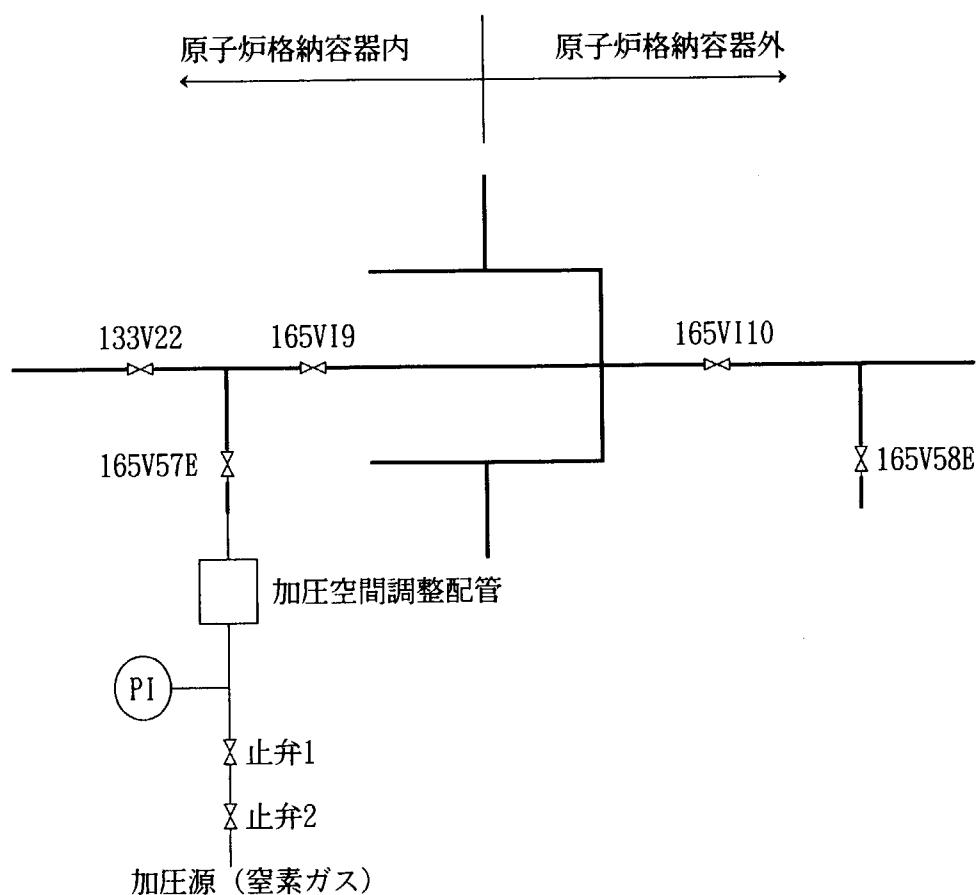
1) 図中太線は本設、細線は仮設を示す。

備 考

(14) P123

(1/2)

試験対象弁	165VI9	165VI10
試験時開の弁	165VI10, 165V57E, 165V58E	165VI9, 165V57E, 165V58E
試験時閉の弁	165VI9, 133V22, 止弁1~2	165VI10, 133V22, 止弁1~2

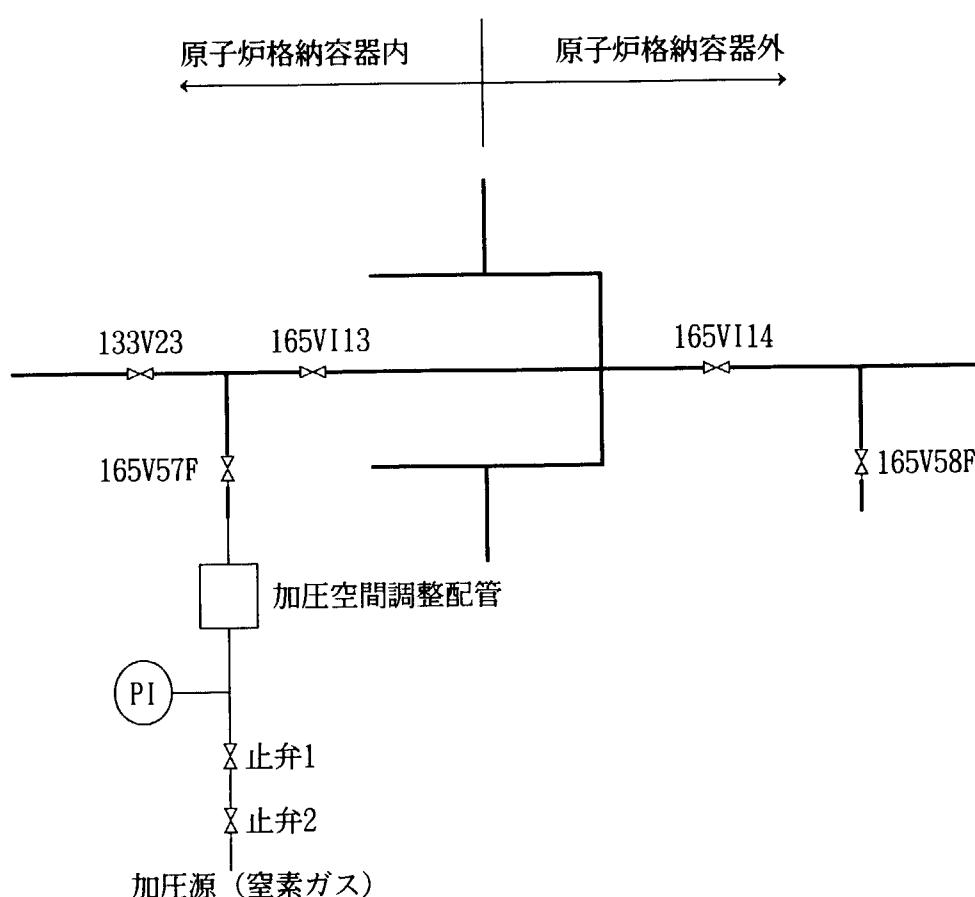


備考	1) 図中太線は本設、細線は仮設を示す。
----	----------------------

(15) P123

(2/2)

試験対象弁	165VI13	165VI14
試験時開の弁	165VI14, 165V57F, 165V58F	165VI13, 165V57F, 165V58F
試験時閉の弁	165VI13, 133V23, 止弁1~2	165VI14, 133V23, 止弁1~2



備考	1) 図中太線は本設、細線は仮設を示す。
----	----------------------

(16) P204

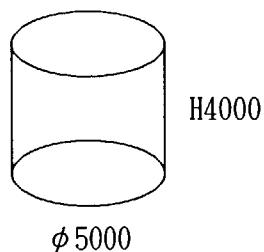
試験対象弁	161VI6	161VI5
試験時開の弁	161VI5, 161V246, 161V281	161VI6, 161V245, 161V281
試験時閉の弁	161VI6, 161V108, 161V245, 止弁1~2	161VI5, 161V108, 161V246, 止弁1~2
備考	1) 図中太線は本設、細線は仮設を示す。	

付録2 原子炉格納容器の自由容積算出根拠

①炉容器下部室

[部屋容積]

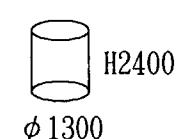
(1)



容積

$$\pi \cdot 2.5^2 \cdot 4.0 = 78.5 \text{ m}^3$$

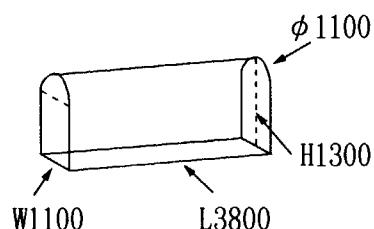
(2)



容積

$$\pi \cdot 0.65^2 \cdot 2.4 = 3.2 \text{ m}^3$$

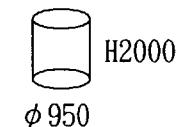
(3)



容積

$$\frac{1}{2} \pi \cdot 0.55^2 \cdot 3.8 + 1.1 \cdot 3.8 \cdot 0.75 = 4.9 \text{ m}^3$$

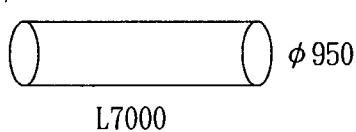
(4)



容積

$$\pi \cdot 0.475^2 \cdot 2.0 = 1.4 \text{ m}^3$$

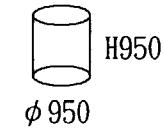
(5)



容積

$$\pi \cdot 0.475^2 \cdot 7.0 = 5.0 \text{ m}^3$$

(6)



容積

$$\pi \cdot 0.475^2 \cdot 0.95 = 0.7 \text{ m}^3$$

計 93.7 m^3

[機器体積]

(1) V C S (下部パネル, ヘッタ 他) 体積 3.3 m^3 (2) A C S (二重管, 保温材 他) 体積 1.5 m^3 (3) 1 次冷却設備 (二重管 他) 体積 4.0 m^3 計 8.8 m^3

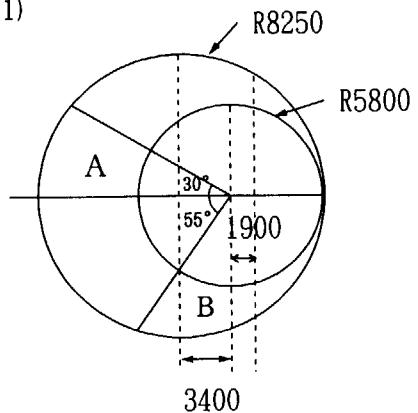
[自由容積]

$$93.7 - 8.8 \times 1.2 = 83.1 \text{ m}^3$$

②下部主冷却機器室

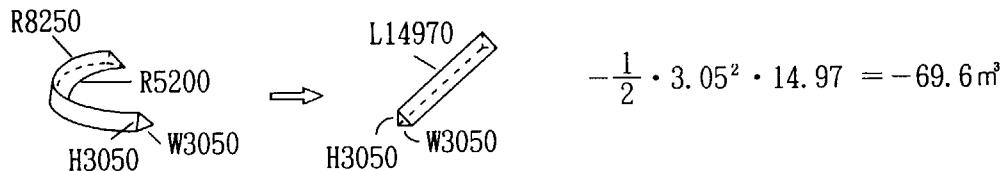
[部屋容積]

(1)

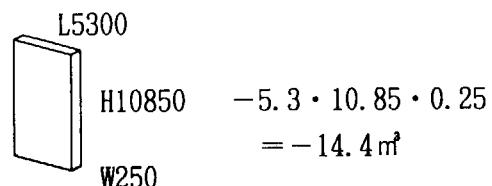


A	床面積 部屋高さ	67.21 m^2 10.85 m	容積 729.2 m^3
B	床面積 部屋高さ	14.94 m^2 2.00 m	容積 29.9 m^3

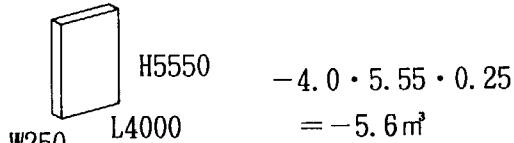
(2)スロープ部



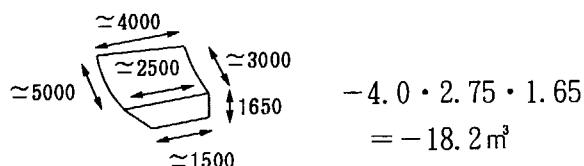
(3)ACS側壁



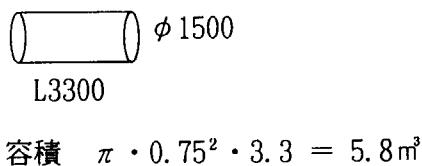
(4)PCT側壁



(5)



(6)二重管トンネル部

計 657.1 m^3

[機器体積]

(1) 1次PWC	35.8 m^3	(2) 加圧水配管,弁	5.2 m^3
ガス循環機	8.6 m^3	(3) 補機冷却水配管	0.1 m^3
二重配管	9.2 m^3	(4) 液廃タンク,配管	1.1 m^3
He配管,弁	9.5 m^3	(5) 一次冷却材放射能計装サンプリングタンク 他	1.2 m^3
		(6) 真空ポンプ	(0.2 m^3)

計 70.7 m^3

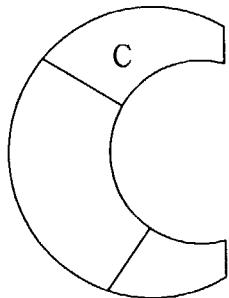
[自由容積]

$$657.1 - 70.7 \times 1.2 = \underline{\underline{572.3 \text{ m}^3}}$$

③補助冷却機器室

[部屋容積]

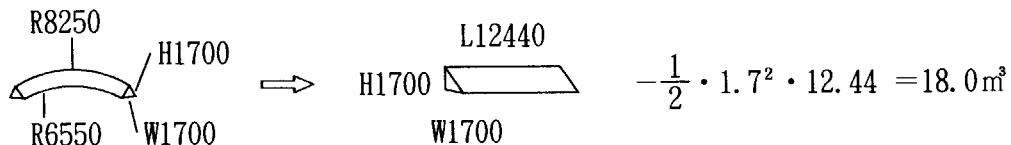
(1)



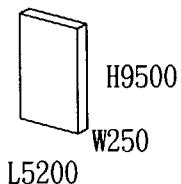
C 床面積 31.27 m^2
部屋高さ 9.50m

容積 297.1 m^3

(2)スロープ部

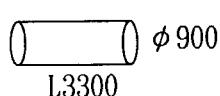


(3)PWC側壁



$$-5.2 \cdot 9.5 \cdot 0.25 = -12.4 \text{ m}^3$$

(4)二重管トンネル部



容積
 $\pi \cdot 0.45^2 \cdot 3.3 = 2.1 \text{ m}^3$

計 268.8 m^3

[機器体積]

(1)AHX	7.5 m^3	(2)VCS配管,弁	1.9 m^3
ガス循環機	5.1 m^3	(3)液廃配管他	0.1 m^3
He配管,弁	5.2 m^3	(4)補機冷却水配管	0.1 m^3
水配管,弁	0.9 m^3		
サポート他	9.6 m^3		

計 30.4 m^3

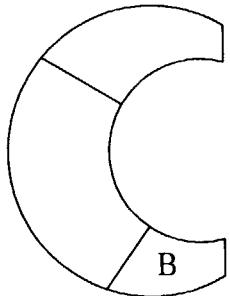
[自由容積]

$$268.8 - 30.4 \times 1.2 = \underline{232.3 \text{ m}^3}$$

④プレチャコールトラップ室

[部屋容積]

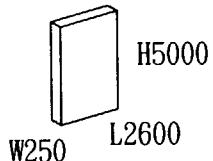
(1)



B 床面積 14.94 m^2
部屋高さ 5.00 m

容積 74.7 m^3

(2) PWC 側壁



$$-5.0 \cdot 2.6 \cdot 0.25 = -3.3 \text{ m}^3$$

計 71.4 m^3

[機器体積]

(1) プレチャコールトラップ, 配管, 弁 0.9 m^3
入口フィルタ, 配管, 弁 0.6 m^3

計 1.5 m^3

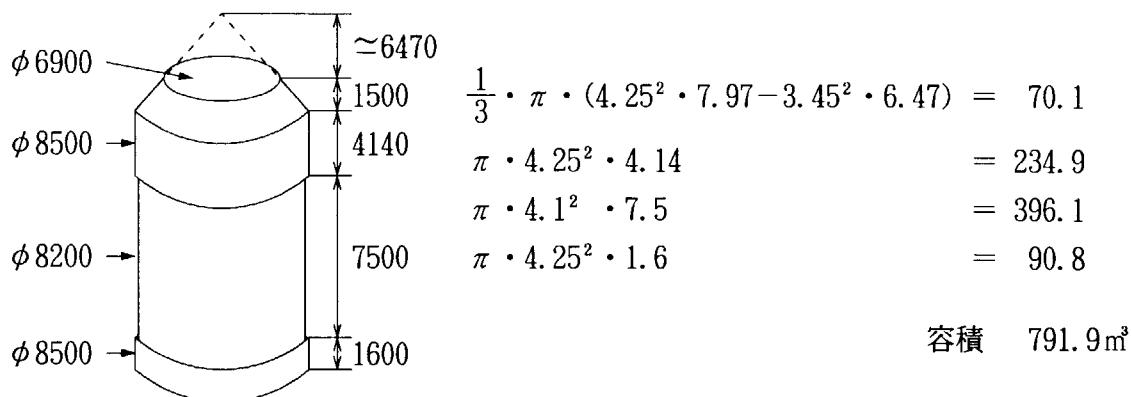
[自由容積]

$$71.4 - 1.5 \times 1.2 = \underline{69.6 \text{ m}^3}$$

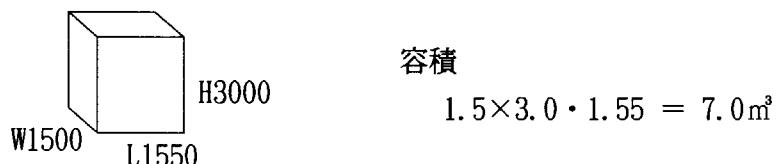
⑤原子炉圧力容器室

[部屋容積]

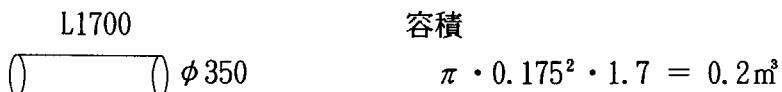
(1)



(2)点検口部



(3)T/C交換口部

計 799.1 m^3

[機器体積]

(1) R P V上鏡	56.5 m^3	(2) 上部パネル	0.8 m^3
R P V円筒胴	203.4 m^3	側部パネル	38.5 m^3
R P V下鏡	49.6 m^3	サポートスカートパネル	1.3 m^3
R P Vノズル	1.2 m^3	I S I用架台	1.5 m^3
サポートスカート等	4.1 m^3	(3) F F D配管, 弁	0.2 m^3
スタビライザ等	4.0 m^3		
S/P	6.7 m^3		

計 368.0 m^3

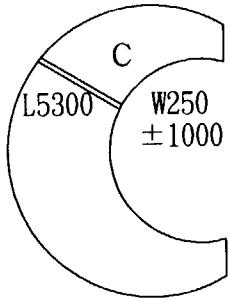
[自由容積]

$$799.1 - 368.0 \times 1.2 = \underline{\underline{357.5 \text{ m}^3}}$$

⑥上部主冷却機器室

[部屋容積]

(1)

床面積 113.42 m^2 部屋高さ 8.39 m 容積 951.6 m^3

(2)中間床

床面積 $31.27 + 5.3 \cdot 0.25 = 32.60 \text{ m}^2$ 床厚さ 1.00 m 容積 -32.6 m^3 計 919.0 m^3

[機器体積]

(1) I H X	41.0 m^3	(3) 加圧水配管, 弁	0.4 m^3
ガス循環機	2.9 m^3	(4) V C S 配管, 弁	1.9 m^3
He配管, 弁	1.5 m^3	(5) 据機冷却水配管	0.1 m^3
(2) 2次PWC	14.3 m^3	(6) 液廃配管	0.1 m^3
ガス循環機	2.9 m^3	(7) 真空ポンプ	(0.2 m^3)
二重配管	2.8 m^3		
He配管, 弁	1.8 m^3		

計 69.7 m^3

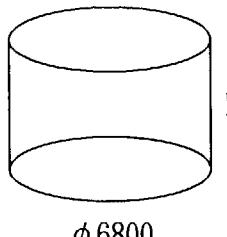
[自由容積]

$$919.0 - 69.7 \times 1.2 = \underline{\underline{835.4 \text{ m}^3}}$$

⑦スタンドパイプ室

[部屋容積]

(1)



容積

$$\pi \times 3.4^2 \cdot 3.19 = 115.9 \text{ m}^3$$

計 115.9 m³

[機器体積]

(1) S/P	9.9 m ³
(2) S/P 支持構造物	5.8 m ³
(3) 配管 他	3.2 m ³

計 18.9 m³

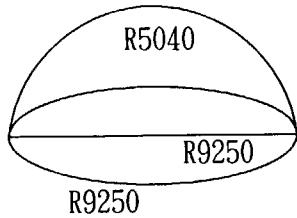
[自由容積]

$$115.9 - 18.9 \times 1.2 = \underline{\underline{93.2 \text{ m}^3}}$$

⑧格納容器再循環冷却装置室

[部屋容積]

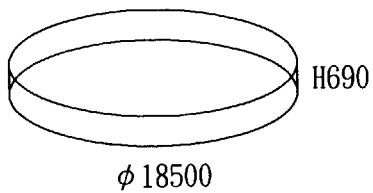
(1)



容積

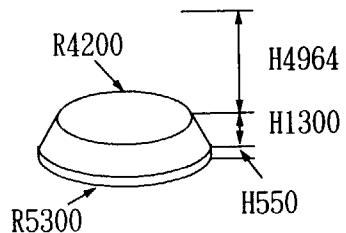
$$\frac{1}{2} \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot 9.25^2 \cdot 5.04 = 903.2 \text{ m}^3$$

(2)



$$-\pi \cdot 9.25^2 \cdot 0.69 = -185.5 \text{ m}^3$$

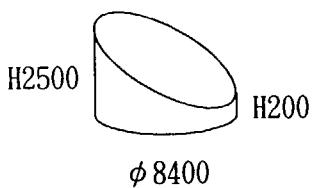
(3)



$$-\frac{1}{3} \pi \cdot (5.3^2 \cdot 6.264 - 4.2^2 \cdot 4.964)$$

$$-\pi \cdot 5.3^2 \cdot 0.55 = -141.1 \text{ m}^3$$

(4)



$$-\pi \cdot 4.2^2 \cdot \frac{1.2}{2} (2.5 + 0.2) = -89.8 \text{ m}^3$$

計 486.8 m³

[機器体積]

(1) CV再循環冷却装置	17.0 m ³
(2) 配管等	3.0 m ³
(3) 計装盤等	10.0 m ³

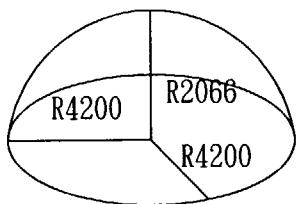
計 30.0 m³

[自由容積]

$$486.8 - 30.0 \times 1.2 = \underline{450.8 \text{ m}^3}$$

⑨燃料交換ハッチ部

[部屋容積]



容積

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot 4.2^2 \cdot 2.066 = 76.3 \text{ m}^3$$

計 76.3 m³

[機器体積]

(1)荷重支持梁 5.8 m³

計 5.8 m³

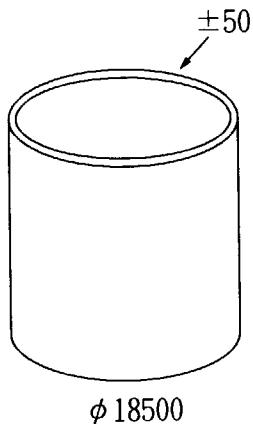
[自由容積]

76.3 - 5.8 × 1.2 = 69.3 m³

⑩原子炉格納容器側部空間

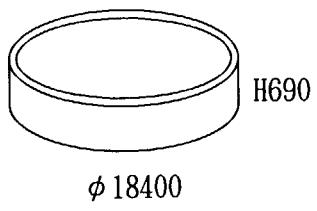
[部屋容積]

(1)



$$\pi \cdot (9.25^2 - 9.2^2) \cdot 16.89 = 48.9 \text{ m}^3$$

(2)



容積

$$\pi \cdot 9.2^2 \cdot 0.69$$

$$-\frac{1}{3}\pi \cdot 9.2^2 \cdot 9.2 \tan 80^\circ$$

$$+\frac{1}{3}\pi \cdot (9.2 - 0.69 \tan 10^\circ)^2 \cdot (9.2 \tan 80^\circ - 0.69) \\ = 2.4 \text{ m}^3$$

計 51.3 m³

[自由容積]

51.3 m³

国際単位系(SI)と換算表

表1 SI基本単位および補助単位

量	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質量	モル	mol
光强度	カンデラ	cd
平面角	ラジアン	rad
立体角	ステラジアン	sr

表3 固有の名称をもつSI組立単位

量	名称	記号	他のSI単位による表現
周波数	ヘルツ	Hz	s^{-1}
力	ニュートン	N	$m \cdot kg/s^2$
圧力、応力	パスカル	Pa	N/m^2
エネルギー、仕事、熱量	ジュール	J	$N \cdot m$
工率、放射束	ワット	W	J/s
電気量、電荷	クーロン	C	$A \cdot s$
電位、電圧、起電力	ボルト	V	W/A
静電容量	ファラード	F	C/V
電気抵抗	オーム	Ω	V/A
コンダクタンス	ジーメンス	S	A/V
磁束密度	ウェーバ	Wb	$V \cdot s$
磁束密度	テスラ	T	Wb/m^2
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A
セルシウス温度	セルシウス度	°C	
光束度	ルーメン	lm	$cd \cdot sr$
照度	ルクス	lx	lm/m^2
放射能	ベクレル	Bq	s^{-1}
吸収線量	グレイ	Gy	J/kg
線量当量	シーベルト	Sv	J/kg

表2 SIと併用される単位

名 称	記 号
分、時、日	min, h, d
度、分、秒	°, ', "
リットル	L, l
トン	t
電子ボルト	eV
原子質量単位	u

$$1 \text{ eV} = 1.60218 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$1 \text{ u} = 1.66054 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

表5 SI接頭語

倍数	接頭語	記号
10^{18}	エクサ	E
10^{15}	ペタ	P
10^{12}	テラ	T
10^9	ギガ	G
10^6	メガ	M
10^3	キロ	k
10^2	ヘクト	h
10^1	デカ	da
10^{-1}	デシ	d
10^{-2}	センチ	c
10^{-3}	ミリ	m
10^{-6}	マイクロ	μ
10^{-9}	ナノ	n
10^{-12}	ピコ	p
10^{-15}	フェムト	f
10^{-18}	アト	a

(注)

- 表1—5は「国際単位系」第5版、国際度量衡局1985年刊行による。ただし、1eVおよび1uの値はCODATAの1986年推奨値によった。
- 表4には海里、ノット、アール、ヘクタールも含まれているが日常の単位なのでここでは省略した。
- barは、JISでは液体の圧力を表わす場合に限り表2のカテゴリーに分類されている。
- EC閣僚理事会指令ではbar、barnおよび「血圧の単位」mmHgを表2のカテゴリーに入れている。

換 算 表

力	N(=10 ⁵ dyn)	kgf	lbf
1	0.101972	0.224809	
9.80665	1	2.20462	
4.44822	0.453592	1	

$$\text{粘度 } 1 \text{ Pa}\cdot\text{s} = 10 \text{ P(ポアズ)} (\text{g}/(\text{cm}\cdot\text{s}))$$

$$\text{動粘度 } 1 \text{ m}^2/\text{s} = 10^4 \text{ St(ストークス)} (\text{cm}^2/\text{s})$$

圧力	MPa(=10 bar)	kgf/cm ²	atm	mmHg(Torr)	lbf/in ² (psi)
力	1	10.1972	9.86923	7.50062×10^3	145.038
0.0980665	0.0980665	1	0.967841	735.559	14.2233
0.101325	0.101325	1.03323	1	760	14.6959
1.33322×10^{-4}	1.33322×10^{-4}	1.35951×10^{-3}	1.31579×10^{-3}	1	1.93368×10^{-2}
6.89476×10^{-3}	6.89476×10^{-3}	7.03070×10^{-2}	6.80460×10^{-2}	51.7149	1

エネルギー・仕事・熱量	J(=10 ⁷ erg)	kgf·m	kW·h	cal(計量法)	Btu	ft · lbf	eV	1 cal = 4.18605 J(計量法) = 4.184 J(熱化学) = 4.1855 J(15 °C) = 4.1868 J(国際蒸気表)
	1	0.101972	2.77778×10^{-7}	0.238889	9.47813×10^{-4}	0.737562	6.24150×10^{18}	
9.80665	1	2.72407	10^{-6}	2.34270	9.29487×10^{-3}	7.23301	6.12082×10^{19}	
3.6×10^6	3.67098×10^5	1	8.59999 × 10 ⁵	3412.13	2.65522 × 10 ⁶	2.24694 × 10 ²⁵		
4.18605	0.426858	1.16279×10^{-6}	1	3.96759×10^{-3}	3.08747	2.61272×10^{19}	仕事率 1 PS(仏馬力)	
1055.06	107.586	2.93072×10^{-4}	252.042	1	778.172	6.58515×10^{21}	= 75 kgf·m/s	
1.35582	0.138255	3.76616×10^{-7}	0.323890	1.28506×10^{-3}	1	8.46233×10^{18}	= 735.499 W	
1.60218×10^{-19}	1.63377×10^{-20}	4.45050×10^{-26}	3.82743×10^{-20}	1.51857×10^{-22}	1.18171×10^{-19}	1		

放射能	Bq	Ci
	1	2.70270×10^{-11}
	3.7×10^{10}	1

吸収線量	Gy	rad
	1	100
	0.01	1

照射線量	C/kg	R
	1	3876
	2.58×10^{-4}	1

線量当量	Sv	rem
	1	100
	0.01	1

(86年12月26日現在)

