

JAERI-Tech

96-054



再処理施設におけるセル換気系の風圧上昇と  
排風機の健全性に関する安全性実証試験  
(受託研究)

1996年12月

高田準一・鈴木元衛・塚本導雄・小池忠雄・西尾軍治

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、日本原子力研究所技術情報部情報資料課（〒319-11 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（〒319-11 茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費頒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 Information Division, Department of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokaimura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-11, Japan.

© Japan Atomic Energy Research Institute, 1997

編集兼発行 日本原子力研究所

印 刷 株原子力資料サービス

再処理施設におけるセル換気系の風圧上昇と  
排風機の健全性に関する安全性実証試験

日本原子力研究所東海研究所燃料サイクル安全工学部

高田 準一・鈴木 元衛<sup>+</sup>・塙本 導雄

小池 忠雄・西尾 軍治

(1996年11月1日受理)

原研では、再処理施設の安全性研究の一環として、溶媒／硝酸の急激な熱分解反応に起因した爆発的燃焼が再処理施設のセル内で起こった場合の安全性実証試験をセル、ダクト、ダンパー、HEPAフィルタ及び排風機からなる大型装置を使用して実施した。実証試験では、セル換気系内の圧力上昇の影響を調べるため、加圧したタンクから装置のセル内に空気を吹き込み、装置内を通過する圧力応答を測定した。その結果、有効な圧力減衰が装置内のセルやダクトの配置により与えられた。また、実証試験ではHEPAフィルタや排風機の健全性を調べるために、空気の吹き込みによりHEPAフィルタや排風機の過渡応答を調べた。その結果、HEPAフィルタと排風機の健全性は圧力負荷において十分であった。この報告書に記載された内容は、再処理施設で爆発的燃焼が起こった場合のセル換気系の安全評価に資することができる。

---

本報告書は、電源開発促進対策特別会計法に基づき、科学技術庁からの委託によって実施した研究の成果である。

東海研究所：〒319-11 茨城県那珂郡東海村白方白根2-4

+ 原子炉安全工学部

Safety Demonstration Tests on Pressure Rise in Ventilation System  
and Blower Integrity of a Fuel-reprocessing Plant

Junichi TAKADA, Motoe SUZUKI<sup>+</sup>, Michio TSUKAMOTO,  
Tadao KOIKE and Gunji NISHIO

Department of Fuel Cycle Safety Research  
Tokai Research Establishment  
Japan Atomic Energy Research Institute  
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received November 1, 1996)

In JAERI, the demonstration test was carried out as a part of safety researches of the fuel-reprocessing plant using a large-scale facility consist of cells, ducts, dumpers, HEPA filters and a blower, when an explosive burning due to a rapid reaction of thermal decomposition for solvent/nitric acid occurs in a cell of the reprocessing plant. In the demonstration test, pressure response propagating through the facility was measured under a blowing of air from a pressurized tank into the cell in the facility to elucidate an influence of pressure rise in the ventilation system. Consequently, effective pressure decrease in the facility was given by a configuration of cells and ducts in the facility. In the test, transient responses of HEPA filters and the blower by the blowing of air were also measured to confirm the integrity. So that, it is confirmed that HEPA filters and the blower under pressure loading were sufficient to maintain the integrity. The content described in this report will contribute to safety assessment of the ventilation system in the event of explosive burning in the reprocessing plant.

Keywords : Reprocessing Plant, Air-ventilation, Demonstration Test, Safety, Blower, Cell, Duct, HEPA Filter, Large-scale Facility, Pressure Transient

---

These demonstration tests were carried out by Japan Atomic Energy Research Institute under auspices of the Science & Technology Agency of Japan.  
+Department of Reactor Safety Research

## 目 次

1.はじめに	1
2.試験の内容	2
2.1 試験の目的	2
2.2 試験の目標	2
2.3 試験の方法	3
2.4 試験の内容と条件	4
3.セル換気系実証試験装置	8
3.1 実証試験装置の規模	8
3.2 試験装置の構成	8
3.3 実証試験の計測データ処理	11
4.実証試験の結果	35
4.1 風圧上昇試験	35
4.1.1 予備試験	35
4.1.2 旧排風機と新排風機の比較試験	47
4.1.3 大風量流入試験	63
4.1.4 第2ダクトオリフィスと管路長効果試験	87
4.1.5 第2ダクト抵抗管効果試験	137
4.1.6 第2モデルセル空間効果試験	163
4.2 排風機健全性試験	180
4.2.1 少風量流入試験	180
4.2.2 中風量流入試験	195
4.2.3 大風量流入試験	205
5.実証試験の考察	215
5.1 風圧上昇試験	215
5.1.1 試験条件	215
5.1.2 圧力と温度変化	215
5.1.3 第2ダクトオリフィスの効果	216
5.1.4 第2ダクト抵抗管の効果	216
5.1.5 第2モデルセル空間の効果	216
5.1.6 新旧排風機の比較	217
5.1.7 風圧上昇試験と穏やかな爆発試験のエネルギー比較	217
5.1.8 H E P A フィルタにおける圧力損失	219
5.1.9 H E P A フィルタの健全性検査	219

5.2 排風機健全性試験 .....	219
5.2.1 試験条件 .....	219
5.2.2 旧排風機と新排風機の過渡応答特性の比較 .....	219
5.2.3 大風量の流入による過渡変化 .....	220
5.2.4 排風機健全性試験と穏やかな爆発試験との比較 .....	222
5.2.5 排風機特性 .....	223
6.まとめ .....	232
6.1 風圧上昇試験 .....	232
6.2 排風機健全性試験 .....	233
謝　　辞 .....	233
参考文献 .....	233
付録A　流量データの補正計算方法 .....	234

## Contents

1.	Introduction .....	1
2.	Contents of Test .....	2
2.1	Objective .....	2
2.2	Goal of Test .....	2
2.3	Test Method .....	3
2.4	Contents and Conditions of Test .....	4
3.	Demonstration Test Facility .....	8
3.1	Comparison of Scales between Facility and Plant .....	8
3.2	Composition of Facility .....	8
3.3	Processing of Measurement Systems .....	11
4.	Results of Demonstration Tests .....	35
4.1	Pressure Rise Tests .....	35
4.1.1	Primary Test .....	35
4.1.2	Comparison Test between New and Old Blowers .....	47
4.1.3	Pressure Rise Test under Strong Flow Rates .....	63
4.1.4	Flow Resistance Tests of Orifice of 2nd Duct and Duct Length .....	87
4.1.5	Flow Resistance Test of 2nd Duct Pipe .....	137
4.1.6	Volume Effect Test of 2nd Model Cell .....	163
4.2	Blower Integrity Tests .....	180
4.2.1	Blower Test under Weak Flow Rates .....	180
4.2.2	Blower Test under Medium Flow Rates .....	195
4.2.3	Blower Test under Strong Flow Rates .....	205
5.	Discussion .....	215
5.1	Pressure Rise Tests .....	215
5.1.1	Test Conditions .....	215
5.1.2	Variations of Pressure and Temperature .....	215
5.1.3	Effect of Orifice at 2nd Duct .....	216
5.1.4	Effect of Flow Resistance of the Pipe at 2nd Duct .....	216
5.1.5	Effect of Volume at 2nd Model Cell .....	216
5.1.6	Comparison between New and Old Blowers .....	217
5.1.7	Comparison between Pressure Rise Test and Explosive Burning Test .....	217
5.1.8	Flow Resistance of HEPA Filter .....	219
5.1.9	Integrity of HEPA Filter .....	219

5.2 Blower Integrity Tests .....	219
5.2.1 Test Conditions .....	219
5.2.2 Comparison of Transient Response between New and Old Blowers .....	219
5.2.3 Response under Strong Flow Rates .....	220
5.2.4 Comparison between the Blower Test and Explosive Burning Test .....	222
5.2.5 Performance of Blower .....	223
6. Conclusion .....	232
6.1 Pressure Rise Tests .....	232
6.2 Blower Integrity Tests .....	233
Acknowledgement .....	233
References .....	233
Appendix A : Correction of Flow Rate Data .....	234

# 1. はじめに

再処理施設では、万一の異常事象が起こった場合でも放射性物質が環境に漏洩しないように放射性物質を閉じ込めるための多重防護施設が備えられている。これら防護施設の一つとして、再処理施設のセルには「セル換気系」、塔槽類には「槽類換気系」と呼ばれる給排気系が設置されている。この換気系はセルとセルの間を、或いは容器と容器の間をダクトや配管によりネットワーク状に連結し、換気系の内部を常に負圧に維持する役目を担っている。さらに、セル換気系の最終段には放射性物質を環境に放出させないための高性能エアフィルタ（HEPA:High Efficiency Particulate Air-filter）が備えられている。従って、再処理施設の万一の異常事象を想定した場合に、この最終バリアーであるHEPAフィルタの健全性が維持できるか、放射性物質が有効に施設内に閉じ込められるか、否かは安全性を評価する上で重要な課題になっている。

再処理施設で想定される異常事象のうち、安全評価上重要と考えられる事象としては、有機溶媒の火災、溶媒や水素の急激燃焼及び臨界事象等が考えられている。ここで急激燃焼とは、火災や爆発に起因する可燃性物質の燃焼速度が音速以下の燃焼（爆燃と呼ぶ）により進行する爆発事象を言う。

科学技術庁は、昭和61年度から再処理施設のセル内で急激燃焼を伴う異常事象が発生した場合でもセル換気系が所定の性能を保ち、その安全性が確保されることを実証するため、「再処理施設セル換気系安全性実証試験」を実施することとし、日本原子力研究所（原研）にその実証試験を委託した。本実証試験の目的は、再処理施設内で急激燃焼が起こった場合でもセル換気系の安全性が維持できることを実証すると共に、急激燃焼時におけるセル換気系の安全性を解析する計算コードを整備し、実証試験の結果に基づいて検証を行うことである。さらに、急激燃焼の原因となる爆発源の発生・蓄積と爆発源の生成に係わる評価試験を実施し、急激燃焼の規模に関する安全評価の情報を得ることを目的にしている。

本報告書は、昭和62年度から平成2年度まで爆風減衰効果実証試験（①ボイルオーバー燃焼試験<sup>(1)～(4)</sup>、②穏やかな爆発試験<sup>(1)(3)(5)</sup>、③風圧上昇試験、及び④排風機健全性試験の総称）として実施した試験のうち、風圧上昇試験及び排風機健全性試験の試験データを纏めたものである。

## 2. 試験の内容

『再処理施設安全審査指針』では、再処理施設の運転時における異常事象の発生防止のため、多重防護の思想に基づいた安全設計が要求されている。また、仮に異常事象が発生したと想定した場合でも、異常事象の拡大を抑制し、事象の影響を緩和して周辺公衆を保護する設計を要求している<sup>(6)</sup>。

本試験では、再処理施設における運転時の異常な過渡変化を超える事象として考えられる急激燃焼（爆発）事象に焦点を合わせて、この事象を想定した場合にその影響がセル換気系の安全性に与える効果を実証する。本章では、試験の目的、試験の方法及び試験の内容と条件について説明する。

### 2.1 試験の目的

再処理施設で安全評価上発生するおそれがあると考えられる事象の一つとして、溶媒と硝酸の急激な熱分解反応による急激燃焼が考えられる。そこで、再処理施設の安全性に関して、可燃性物質の爆発的な燃焼が発生した場合のセル換気系の健全性を評価する実証試験を行った。試験の目的は、爆発的な燃焼が再処理施設のセルで発生したと想定した場合に、急激燃焼に伴って生じるセル換気系内の爆圧が排風機に与える影響、及びセルやダクト内の風圧の上昇・伝播挙動を把握し、セル換気系の安全性を解析する実証データを取得することである。取得した実証データは「セル換気系の放射性物質閉じ込め安全性解析コード（CELVA:Cell Ventilation System Analysis Code）<sup>(7)</sup>」の検証用データとして利用する。

### 2.2 試験の目標

再処理施設のセル内で爆発を想定した場合、爆発の規模が異常に大きくなり衝撃波はセルの内部で減衰し、セル換気系内の爆圧伝播は音速を超えることにはならない。従って、セル換気系の安全性評価のためには、セルやダクトの構造により、圧力、温度、流速等の過渡応答や伝播挙動がどのように変化するか、HEPAフィルタの健全性が確保できるか、さらに排風機の健全性が維持できるか、否かを十分に把握することが重要になる。

試験では、蓄圧タンクから圧縮空気を第1モデルセル内及び排風機へ放出し、風圧上昇に伴って伝播する圧力、温度、流速、及び排風機の軸トルク、モーター回転数、圧力変化等の過渡変化を試験装置の各部で測定することにより、セル換気系の安全評価に資する試験データを取得した。

試験の目標は以下の通りである。

#### (1) 風圧上昇試験

- ①セル換気系内の圧力、温度及び流量の伝播と減衰の効果。
- ②HEPAフィルタの健全性の評価。
- ③解析コード（CELVA）の検証用データの取得。

#### (2) 排風機健全性試験

- ①排風機の過渡変化を調べる。

②排風機の差圧変化と風量の関係を求める。

(1) ③に記した解析コード C E L V A は、再処理施設の火災・爆発時の安全性を解析する1次元と3次元の熱流動解析を考慮した放射性物質閉じ込め計算コードである。

### 2.3 試験の方法

図2.3.1に風圧上昇試験、及び排風機健全性試験の装置・センサー系統模式図を示す。

#### 2.3.1 風圧上昇試験

風圧上昇試験は、セル内の圧力上昇とダクト内での風圧の減衰効果を調べるために実施し、主として計算コードの熱流動解析モデルの検証に必要なデータを得ることを目的とした。

試験では、蓄圧タンクに所定の圧力と温度の空気を蓄えラプチャーディスクを破壊して第1モデルセル内に大量の空気を放出し、試験装置内の圧力、温度、流速の変化を測定すると共に、HEPAフィルタの健全性を調べた。

試験の手順は以下の通りである。

- ① 圧縮空気放出配管にラプチャーディスクを取り付ける。
- ② 予め蓄圧タンクにコンプレッサーで空気を送り込み加圧する。空気の温度条件が100°Cの場合には、ヒーターで空気を加熱して、所定の温度及び圧力とする。タンク内圧力は装置の設計圧力 591 kPa ( $5 \text{ kg/cm}^2\text{G}$ ) より低い値とする。
- ③ 実証試験装置のフィルタチャンバーにハーフサイズのHEPAフィルタを12台装填する。
- ④ 第1モデルセルのドアを閉じた後、排風機を稼働し、給気流量及び希釈流量を所定の値に設定する。
- ⑤ データ計装システムを作動・調整した後、セル、ダクト及びHEPAフィルタ等実証試験装置の各区間における初期差圧を測定する。
- ⑥ ラプチャーディスクを破り、蓄圧タンクの圧縮空気を放出配管を通して第1モデルセルへ吹き込む。
- ⑦ 蓄圧タンクの圧力(ゲージ圧)がゼロ(大気圧)になり、系内の流量、圧力、差圧等がほぼ原状に復帰した時点で実験終了とする。データは、ラプチャーディスク破壊の数秒前から現象終了までサンプリングする。
- ⑧ データ計測系で収録されたデータは大型計算機に送られ、解析・整理を行なった後、その結果を図形化して出力する。
- ⑨ 試験後、DOP(Dioctyl Phthalate)テストを行いHEPAフィルタの除染係数DFを測定する。

#### 2.3.2 排風機健全性試験

排風機健全性試験は、急激燃焼事象時に大量のガスが排風機に流れ込んだ場合でも排風機の健全性が維持できることを調べた。

試験では、蓄圧タンクに所定の温度と圧力の空気を蓄え、ラプチャーディスクを破壊して排風機に大量の空気を放出し、排風機内の圧力変化、前後差圧変化、軸トルク、ブロア及びモーター回転数の変化、モーター電圧、電流等の過渡的変化を計測する。

試験の手順は以下の通りである。

- ① 圧縮空気放出配管にラプチャーディスクを取り付ける。
- ② 予め蓄圧タンクにコンプレッサーで空気を送り込み、加圧する。更にヒーターで空気を加熱して、所定の温度及び圧力とする。タンク内圧力は装置の設計圧力 591 kPa (5 kg/cm<sup>2</sup>G) より低い値とする。
- ③ フィルタチャンバーと排風機とを結ぶ排気ダクトに設置された仕切り弁を全閉にし、フィルタチャンバーと排風機との間の空気の流れを遮断する。この後、排気プロアを無負荷状態（流量 = 0 の状態）で起動し、回転数及び発生差圧を所定の値に設定する。
- ④ データ計装システムを作動・調整した後、実証試験装置の各区間における初期差圧を測定する。
- ⑤ ラプチャーディスクを破り、蓄圧タンクの圧縮空気を放出配管を通して排風機へ吹き込む。
- ⑥ 蓄圧タンクの圧力（ゲージ圧）がゼロ（大気圧）になり、系内の流量、圧力、差圧等がほぼ原状に復帰した時点で実験終了とする。データは、ラプチャーディスク破壊の数秒前から現象終了まで 0.05 秒間隔でサンプリングする。
- ⑦ データ計測系で収録されたデータは大型計算機に送られ、解析・整理を行なった後、その結果を図形化して出力する。

## 2.4 試験の内容と条件

### 2.4.1 風圧上昇試験

表 2.1 に昭和 62 年度から平成 2 年度までに実施した風圧上昇試験の試験パラメータを示す。試験パラメータは主に蓄圧タンク内の圧力、温度及び放出配管のオリフィス調節による空気流入量とした。試験では、第 1 モデルセル内の空気の換気回数を 1 時間あたり 6 回に保って、蓄圧タンクから大量の空気を第 1 モデルセル内に放出させ、大風量の空気流入による圧力伝播を調べる試験、第 2 ダクトのオリフィスによる圧力の減衰効果を調べる試験、第 2 ダクト内に抵抗管を設置し、管径の縮小による圧力の減衰効果を調べる試験、及び第 2 モデルセルのない場合の圧力伝播を調べる試験等を実施した。

本試験では、ハーフサイズの HEPA フィルタ (610mm × 305mm × 292mm) をフィルタチャンバー内に設置し、風圧上昇による差圧変化を測定し、HEPA フィルタの健全性を調べた。また、風圧上昇時の排風機の過渡応答特性を調べるために、プロア及びモーター回転数等を測定し、旧排風機と新排風機のデータを比較した。

### 2.4.2 排風機健全性試験

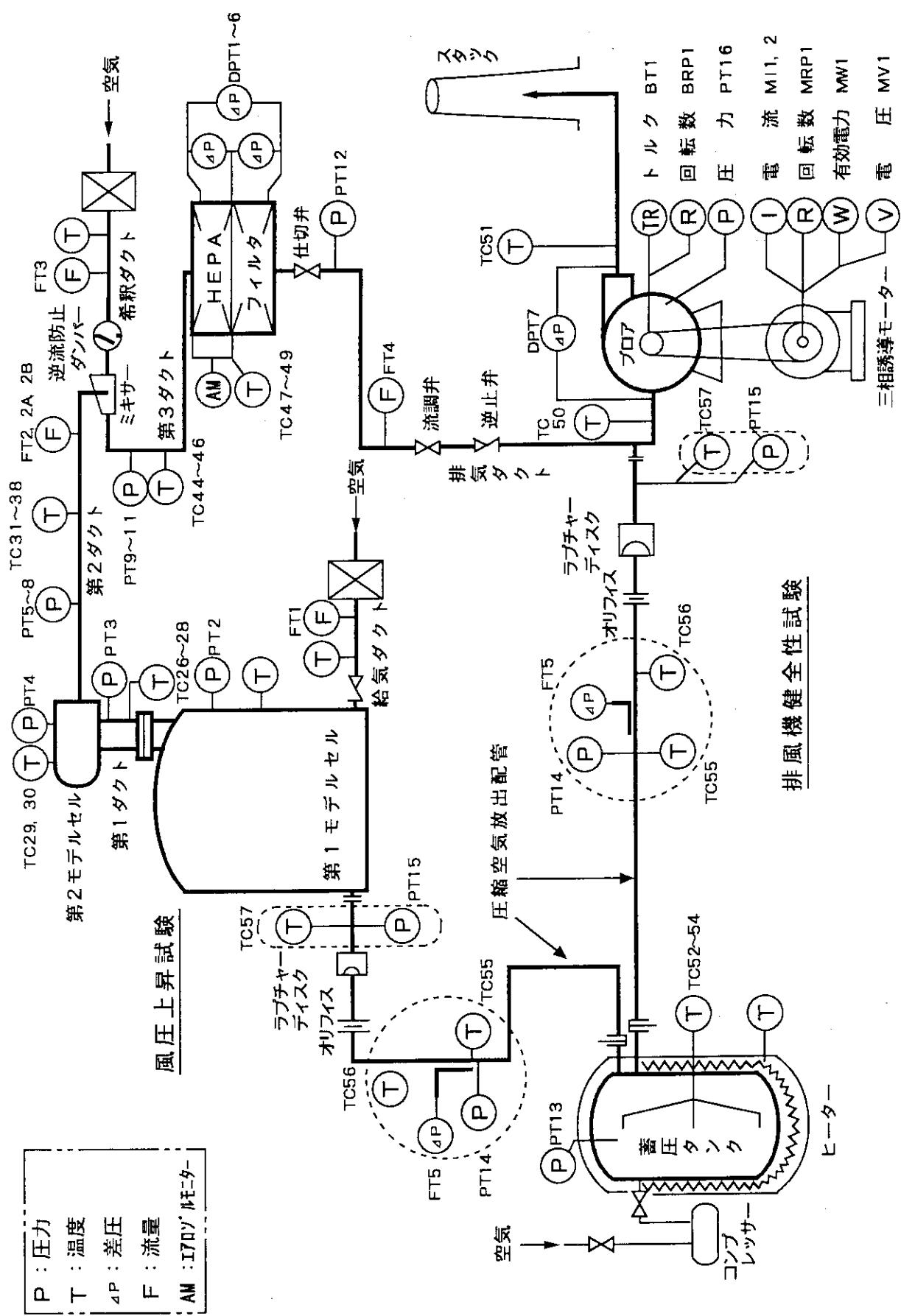
表 2.2 に昭和 62 年度から平成 2 年度までに実施した排風機健全性試験の試験パラメータを示す。試験パラメータは主に蓄圧タンク内の圧力、温度、及び放出配管のオリフィス調節による空気流入量とした。試験では、蓄圧タンク内に所定の圧力と温度の条件の空気を蓄え、排風機に大量の空気を放出させ、所定の性能が維持されることを確認するため、排風機の圧力変化、軸トルク、プロア及びモーター回転数、モーター電圧、電流等の過渡変化を調べた。また、旧排風機と新排風機のデータを比較した。

表2.1 風圧上昇試験の試験パラメータ

試験 No.	実施日	蓄圧タンク		初期空気温度 (°C)	第2ダクト長 (m)	第2ダクト PT2セリウス の有無	放出配管 セリウスの 有無	備考	
		初期圧力 (kPa)	外気温					○	○
PRES2001	H 2. 23	○	○	454	562	100	10	50	○
PRES2002	S63. 2. 26	○	○	552	○	○	○	○	○
PRESS3001	S63. 7. 20	○	○	○	○	○	○	○	○
PRESS3002	S63. 7. 22	○	○	○	○	○	○	○	○
PRESS30A2	S63. 8. 4	○	○	○	○	○	○	○	○
PRESS3003	H元. 1. 19	○	○	○	○	○	○	○	○
PRES4001	H元. 5. 25	○	○	○	○	○	○	○	○
PRES4002	H元. 6. 14	○	○	○	○	○	○	○	○
PRES4003	H元. 6. 21	○	○	○	○	○	○	○	○
PRES4004	H元. 7. 14	○	○	○	○	○	○	○	○
PRES40A5	H元. 9. 28	○	○	○	○	○	○	○	○
PRES40A6	H元. 11. 29	○	○	○	○	○	○	○	○
PRES4007	H元. 11. 17	○	○	○	○	○	○	○	○
PRESS5001	H 2. 4. 26.	○	○	○	○	○	○	○	○
PRESS5002	H 2. 5. 22	○	○	○	○	○	○	○	○
PRESS5003	H 2. 6. 12	○	○	○	○	○	○	○	○
PRESS50A1	H 2. 6. 26	○	○	○	○	○	○	○	○
PRESS5004	H 3. 1. 22	○	○	○	○	○	○	○	○

表2.2 排風機健全性試験の試験パラメータ

試験 No.	実施日	蓄圧タンク				初期空気温度 (°C)	仕切り弁状態	放出管オリフィス絞り比	備考
		初期圧力(kPa)	3 5 6	4 5 4	5 6 2				
BLOW5201	S63. 2. 16	○				○	全開	0. 3	少風量流入試験
BLOW5202	S63. 2. 18	○				○	全開	0. 3	中風量流入試験
BLOW3001	S63. 8. 24	○				○	全閉	0. 3	少風量流入試験 排風機比較試験(旧排風機)
BLOW3002	S63. 8. 26	○				○	全閉	0. 3	中風量流入試験
BLOW3003	S63. 11. 10				○	○	全閉	0. 3	大風量流入試験
BLOW4001	II元. 8. 2	○				○	全閉	0. 3	少風量流入試験 排風機比較試験(新排風機)
BLOW5001	H 3. 1. 31				○	○	全閉	—	大風量流入試験



## 図2.3.1 風圧上昇試験及び排風機健全性試験の装置・センサー系統模式図

### 3. セル換気系実証試験装置

再処理施設は運転時における異常事象の発生を防止するために多重防護の思想に基づき再処理施設の設計を行わなければならないとされている。即ち仮に異常が発生したとしても、その波及、拡大の抑制、異常事象の回避を行い、更に異常の影響を緩和して周辺公衆を保護するための設備が施される設計が要求されている。これらの防護施設の一つとして再処理施設のセルには、放射性物質閉じ込めに関する安全性設備として、セル換気系と呼ばれる給排気系が設置されている。そこで、試験装置は再処理モデルプラントのセル換気系を参考にして設計した。

試験装置の設計条件の設定については、既報の再処理施設で想定した穏やかな爆発事象がセル換気系に与える影響に関する安全性実証試験<sup>(5)</sup>に記述されている。この章では、セル換気系実証試験装置の規模と構成及び計測データの処理法について説明する。

#### 3.1 実証試験装置の規模

試験装置の規模は、再処理モデルプラントの抽出セルとセル換気系の構造及び寸法を縮小・模擬したものとした。試験は爆発現象を伴うので、試験装置のセル、ダクト及びフィルターチェンバーは耐圧構造とした。セルの体積は再処理モデルプラントの共除染工程におけるセルの1/4規模とする。また、試験装置のフィルターチェンバーを流れる総排気流量についてはモデルプラントの1/16規模、フィルタ部を通過する排気流体の面速度はモデルプラントのそれと同一とし、フィルターチェンバーの内部には、ハーフサイズ(610mm<sup>D</sup>×305mm<sup>W</sup>×292mm<sup>H</sup>)及びフルサイズ(610mm<sup>D</sup>×610mm<sup>W</sup>×292mm<sup>H</sup>)のHEPAフィルタが挿入できる構造とする。表3.1に、セル換気系実証試験装置と再処理モデルプラントの主要な構造の諸元を比較した。

表3.1 実証試験装置と再処理モデルプラントの比較

諸 元	実証試験装置	再処理モデルプラント
セ ル	第1モデルセル	共除染工程
セ ル の 寸 法	3 m $\phi$ × 2.7 m H (円筒形)	6 m × 8 m × 2 m H (角形)
セ ル の 容 積	1.9 m <sup>3</sup>	8.0 m <sup>3</sup>
ダ ク ト の 長 さ	1.0 m 及び 5.0 m (200A)	約 7.0 m
フィルターチェンバー	1 チェンバー	18 チェンバー (含む予備 2)
フィルタの構成	6列×2段/チェンバー	6列×2段/チェンバー
燃 燃 源	有機溶媒及び固体ロケット燃料	溶媒及び硝酸が配位した溶媒

#### 3.2 試験装置の構成

試験装置は、再処理モデルプラントのセル換気系の構造と形状を模擬している。図3.2.1に「セル換気系実証試験装置」の鳥瞰図を示す。試験装置は、空気をセル内に供給する給気ダ

クト、事象を発生させる第1モデルセル、大口径の第1ダクト、第1ダクトと連結する第2モデルセル、第2ダクト、他のセルからの空気の流入を模擬した希釈ダクト、第2ダクトと希釈ダクトの合流点（ミキサー）、ミキサーから試験用フィルタまでの第3ダクト、HEPAフィルタチャンバー、排気ダクト、プロア及びスタックから構成されている。また、本装置には排風機の健全性及び風圧上昇の影響を調べる試験を実施するため、蓄圧タンクや圧縮空気放出配管系が付加されている。試験装置には装置を運転するための計装系と試験データ取得に必要な測定系が設置されている。計測系からのデータの信号は、高速プロセス計測系とデータ収録装置でサンプリングされ、大型計算機を用いて計算処理し、結果を図形化して出力する。

また、装置内の各部位には圧力、温度及び流量が測定できる各種の測定センサー類が備えられている。給気ダクトには流体の逆流を防止するための逆止弁が希釈ダクトには再処理モデルプラントの逆流防止ダンパーと同じ構造をもつ耐圧性のダンパーが据え付けられている。試験装置には、再処理モデルプラントのフィルタチャンバーと同一仕様のチャンバーが1基設置されている。排風機は、再処理モデルプラントで使用されている遠心ターボ型排風機を採用した。

#### (1) 第1モデルセル

第1モデルセルは、内径3m $\phi$ 、胴長約2.7m、体積18.6m<sup>3</sup>のステンレス鋼製（SUS304）耐圧円筒型セル（耐圧：300kPa、耐熱：420°C）である。円筒型セルの耐圧殻には、壁への熱流を遮蔽するための熱反射板が張られている。図3.2.2に第1モデルセルの寸法、図3.2.3には、給気ラインの構造と寸法及びコントロール弁と逆止弁の位置を示す。図3.2.4には、第1モデルセル内の温度センサー及び圧力センサーの位置を示す。

#### (2) 第1ダクト及び第2モデルセル

実機再処理モデルプラントの抽出セルには排気ラインを兼ねた貫通スリーブが設置されている。抽出セルに給気された空気は貫通スリーブから排気され、第2のセルに入る。試験装置の第1ダクトはこの貫通スリーブを模擬したものであり、第2モデルセルは第2セルを模擬したものである。第1ダクトは400A×5mHの円筒ダクトであり、第2モデルセルは1.6 $\phi$ ×4mL（容積7.4m<sup>3</sup>）の横置円筒形容器である。図3.2.5に第1ダクトと第2モデルセルの形状と寸法及びセンサーの位置を示す。

#### (3) 第2ダクト

第2ダクトは、第1モデルセル内で固体ロケット燃料により発生した圧力、温度、流速の伝播と減衰効果を調べる50m及び10mの2系列を有する円筒配管（200A）である。図3.2.6(I), (II)にダクトの形状と寸法及びセンサーの位置を示す。

#### (4) 希釈ダクト

実機再処理モデルプラントのフィルタチャンバーには、多くのセルから大量の空気が流れ込む。希釀ダクトは、他セルから流れ込む流量を模擬するために設置した配管（600A）である。希釀ダクトには、流体の逆流を防止する逆流防止ダンパーと給気用のエアフィルタが設置されている。なお、第2ダクトと希釀ダクトの合流点はミキサーと呼ぶ。図3.2.7に希釀ダクト、フィルタチャンバーの寸法及びセンサーの位置を示す。

#### (5) 第3ダクトと排気ダクト

ミキサーからフィルタチャンバーまでの配管（600A）を第3ダクト、フィルタチャンバ

一から排風機までの配管（600A）を排気ダクトと呼ぶ。図3.2.7に第3ダクトと排気ダクトの寸法及びセンサーの位置を示す。

#### (6) フィルタチャンバーとHEPAフィルタ

図3.2.7に取り付け位置を、図3.2.8にフィルタチャンバーの構造と寸法を示す。試験に使用したHEPAフィルタは、再処理モデルプラントで使用されているフィルタと同一仕様である。試験において、ハーフサイズ（ $610\text{mm}^D \times 305\text{mm}^W \times 292\text{mm}^L$ ）のHEPAフィルタを使用する場合には、チャンバーの前段と後段に各6台（計12台）を、フルサイズ（ $610\text{mm}^D \times 610\text{mm}^W \times 292\text{mm}^L$ ）のフィルタを使用する場合には、前段と後段に各3台（計6台）を取り付ける。

試験前後のHEPAフィルタの除染係数は、側方散乱型He-Neレーザーを有するエアロゾルモニターを用いて、フィルタ上流側と下流側のDOP(Dioctyl phthalate)エアロゾルの濃度を測定し求めた。

#### (7) 排風機

排風機は遠心ターボ型の排風機である。図3.2.7に取り付け位置を、図3.2.9に排風機の構造図を示す。図3.2.10に試験装置に据え付けた排風機の静圧／流量の特性曲線を示す。

#### (8) 逆流防止ダンパー

逆流防止ダンパーは、第2ダクトからミキサーに流れ込むガスが、希釈ダクトの上流方向へ逆流することを防止するために、希釀ダクトと結合する箇所に取り付けられている。図3.2.7に取り付け位置を、図3.2.11に逆流防止ダンパーの構造図を示す。

#### (9) 蓄圧タンク

図3.2.12に蓄圧タンクの概略図を示す。蓄圧タンクは高温、高圧の空気を溜めておく容器であり、内径2.3m、高さ4.62m、内容積約14.8m<sup>3</sup>の炭素鋼製の豊型円筒容器（耐圧：591kPa(5kg/cm<sup>2</sup>G)）である。容器の外面にはヒータが取りつけられ、タンク内の空気温度を350°Cまで昇温できる。

#### (10) 圧縮空気放出配管系

本配管系は、蓄圧タンクから排風機、及び第1モデルセルまでの2系統から構成される。図3.2.13に排風機健全性試験における圧縮空気放出配管の寸法及びセンサー位置を示す。図3.2.14に風圧上昇試験における圧縮空気放出配管の寸法及びセンサー位置を示す。圧縮空気放出配管内の流量は、蓄圧タンク内の圧力と温度、及び配管内に設置したオリフィス口徑により調節する。圧縮空気放出配管は150Aの炭素鋼製の円筒配管であり、圧縮空気の放出量を調節するためにオリフィスを設けた。また、圧縮空気放出配管には、第1モデルセル及び排風機入口の第3ダクトの直前に、ラプチャーディスク（Al製又はNi製）を設けた。

#### (11) 逆止弁

逆止弁は、放出配管から流入する圧縮空気がHEPAフィルタ側へ逆流することを防ぐため、排風機入口の排気ダクトに逆止弁を設けた。この弁は、排風機を通過するガス流速がゼロになるとスプリングの作用で閉まる機構である。図3.2.13に取り付け位置を、図3.2.15に逆止弁の構造を示す。

#### (12) データ測定システム

測定システムは、温度、圧力、差圧、流量、フィルタの差圧を測定するセンサー類、燃焼ガ

スの分析計、排風機の軸トルクと回転数の測定器、排風機モータ電流と電圧の測定器及びフィルタの動きを観察する高速ビデオ撮影機からなっている。

#### (13) データ収録システム

測定センサーからのデータは、データ収録システムに集録される。データ収録システムのサンプリングは最大116チャンネル、バッファメモリーは最大4Mワード、サンプリング速度は最高～0.4m s/c h. である。データ収録システムに記録された測定データは、大型計算機に転送される。

#### (14) データ処理ソフトウェア

転送された測定データは、大型計算機により周波数スペクトル操作と最小二乗法によるノイズ除去を行い、解析・整理を行った後、図形処理化される。

### 3.3 実証試験の計測データ処理

実証試験においては、計測器（センサー）は、種類、数共に多く、また計測時間及びデータサンプリング間隔も多岐にわたっている。また、数mV程度の微弱な信号を数m以上の長さのケーブルによって伝達するので、データのアナログ信号にノイズが重畠する事も避けられない。

このような状況におけるデータ計測・処理の方法には、様々な工夫が要求されるが、それらを（1）データ収録の方法、（2）データ処理・解析の方法の2点に大別して考察し、実験データ収録装置、ソフトウェアの設計、製作を行なった。

#### 3.3.1 試験の内容

##### (1) 風圧上昇試験

###### ①試験の方法

蓄圧タンク内の空気をラプチャーディスクを破って第1モデルセル内に放出し、試験装置内の圧力上昇及び減衰を測定する。

###### ②試験条件

試験パラメータは主に蓄圧タンク内の圧力、温度及び空気流入量とした。

##### (2) 排風機健全性試験

###### ①試験の方法

蓄圧タンク内の空気をラプチャーディスクを破って排風機に放出し、差圧変化、軸トルクの変化、回転数の変化等の過渡変化を測定する。

###### ②試験条件

試験パラメータは主に蓄圧タンク内の圧力、温度及び空気流入量とした。

#### 3.3.2 計測データ収録の方法

##### (1) センサーとデータ収録ハードウェア

表3.2に試験装置で計測する項目を示す。また、図3.3.1にデータ収録システムのブロック図を、表3.3にロケーションコードの意味を、表3.4にアナログデータ信号リストの内容を示す。

##### (2) センサー及びデータの種類

- ① 温度 T : C A タイプシース熱電対, 外径 0.5 ~ 1.0 Φ mm。
- ② 壓力 P : 導圧管付き圧力センサー, (半導体) 歪ゲージ式。
- ③ 差圧 D P : 差圧計; オリフィス式ピトー管, 歪ゲージ式。
- ④ 流量 F : オリフィス式, またはアニューバ式 (レンジによって切り替える) で計った差圧の平方根から算出する。
- ⑤ トルク T R : プロアシャフトのねじれを歪ゲージとテレメータ装置により計測する。
- ⑥ 回転数 R : 非接触光学的検出法。
- ⑦ 電流 (I) : ホール素子式の電流検出器により, 電流波形を収録する。
- ⑧ 電圧 (V) : 絶縁トランスにより, 電圧を降下させ, 電圧波形を収録する。
- ⑨ 高速 V T R : 400コマ/秒。光ファイバー+ストロボ式。

### (3) データ収録装置 (ハードウエア, 図 3.3.1 参照)

- ① センサーからの信号は, まずバッファアンプに入力される。信号が電流の場合は, 250 Ωの抵抗を並列に入れて電圧に変換して入力される。このバッファアンプの役割は, ④信号レベルを0~5Vの範囲に揃えること⑤信号に重畠した同相ノイズを減衰させることの2点である。バッファアンプからの出力は, デジタルデータロガーに入力される。
  - ② データロガーによるサンプリングは, 最大128チャンネルが可能であり, 4MwordのFIFOバッファメモリーを内蔵している。また, 1word/12bitの分解能でサンプリング速度は最高~2000points/秒・chすなわち50msec/ch. である。
  - ③ デジタルデータロガーに収録されたデータは, データロガーのサンプリングスピードが低い場合はリアルタイムで, 高い場合は一旦バッファメモリーに全データが蓄積され, 実験が終了した後コンピュータを介して, 全てハードディスクに転送され, そこに一旦納められる。次にこのデータに対し, 様々な処理を加えファイルを生成し, EBCDIC(Extended Binari Cord Decimal Inter Change Kana Cord) 形式で磁気テープに出力される。
- また, このシステムではデータをグラフ化してCRTに出力し, かつその画面のハードコピーをレーザープリンタによって速やかに高品質で作ることが可能である。

### 3.3.3 データ処理・解析の方法

磁気テープに納められたデータは, 大型計算機のディスクにファイルされ, 更にデータ処理プログラム (FFT) によって解析・整理し, 図形処理される。

#### (1) 実験データプールの作成 (EDIT)

プログラム EDITはMT上から大型計算機のディスクパック上に移された実験データ・ファイルからデータプールを作成するものである。

#### (2) データ・プールのハンドリング・ユーティリティー (UTILITY)

プログラム UTILITYは, データ・プールに対してデータ出力・編集, データの間引き等の直接処理を加えることが可能な機能を有する。

#### (3) 作図プログラム (GRAPH)

このプログラムによって, 作図パラメータを指定し, 任意の変数の組合せで作図することができる。ここでは, 実験番号, 変数, 各種パラメータ, プロットパターン, コメントを会話式

で与えることによりその作図対象データと作図式を指示する。

さらに、以下の機能を持つ。

- ① 得られたグラフのカーブからそのピーク位置の値を求める機能を持つ。
- ② 使用者の指定により S I → M K S の単位換算を行う。
- ③ 物理量 - 位置のテーブル出力の機能を持つ。

#### (4) 計算 (C A L C)

計算サブシステム「C A L C」では、ノイズ除去計算と一般計算の2種の計算を行ないその結果をデータ・プールにプールする。計算後は作図プログラムにより任意の計算結果を作図することが可能である。

##### (A) ノイズ除去計算

- ① フーリエ変換法 : スペクトル処理
- ② 最小二乗法 : 非線形計算、ロバスト法
- ③ 最小二乗法 : 線形計算

##### (B) 一般計算

一般計算の内容を以下に示す。

- ① 1データ・ファイル内計算  
時系列データの定数との四則演算、時間積分、時間微分、データのべき乗、平方根、対数の算出。
- ② 異なる時系列データファイル間の四則演算。（①の処理をしたデータ間演算を含む）
- ③ 流量計算 オリフィス式、アニューバ式流量計の圧力データ、差圧データ、温度データより、流量を算出する。

#### (5) A R G U S を用いた作図 (G A R G U S)

A R G U S (図形処理ライブラリ) を用いた3次元グラフ出力の機能を有する。

表3.2 風圧上昇試験及び排風機健全性試験のデータ計測項目

装置要素	センサーの種類	センサーの数量
第1モデルセル	温度 : TC 圧力 : PT	18 1
第1ダクト	温度 : TC 圧力 : PT	4 1
第2モデルセル	温度 : TC 圧力 : PT	2 1
第2ダクト	温度 : TC 圧力 : PT 流量 : FT	13 4 1
第3ダクト	温度 : TC 圧力 : PT	3 3
試験フィルタ	温度 : TC 差圧 : DPT	3 6
排気ダクト	温度 : TC 圧力 : PT 流量 : FT	2 1 1
排風機	圧力 : PT 差圧 : DPT 軸トルク : BT 回転数 : BRP	1(ケシク) 1 1 1
排風機モーター	回転数 : MRP 電流 : MI 電圧 : MV 電力 : MW	1 2 1 1
希釈ダクト	上下流空気温度 : TC 流量 : FT	2 1
給気ダクト	上下流空気温度 : TC 流量 : FT	2 1
蓄圧タンク	温度 : TC 圧力 : PT	3 1
圧縮空気放出配管	温度 : TC 圧力 : PT 流量 : FT	3 2 1

表3.3 ロケーションコードの説明

コード	コードの由来	内 容
S U G	Air Supply Duct(Gas)	給気ダクト空気
M C G	Model Cell Gas	第1モデルセル空気
F D G	First Duct(Gas)	第1ダクト空気
S M G	Second Model Cell(Gas)	第2モデルセル空気
S D G	Second Duct(Gas)	第2ダクト空気
T H G	Thinning air Duct(Gas)	希釈ダクト空気
T D G	Third Duct(Gas)	第3ダクト空気
F C G	Filter Chamber(Gas)	フィルターチamber空気
E D G	Exhaust gas Duct(Gas)	排気ダクト空気
E B G	Exhaust gas Blower(Gas)	排風機空気
T K G	Accumulator Tank (Gas)	蓄圧タンク空気
T M G	between Tank & Model Cell(Gas)	モデルセル上流側空気
T B G	between Tank & Blower(Gas)	排風機上流側空気

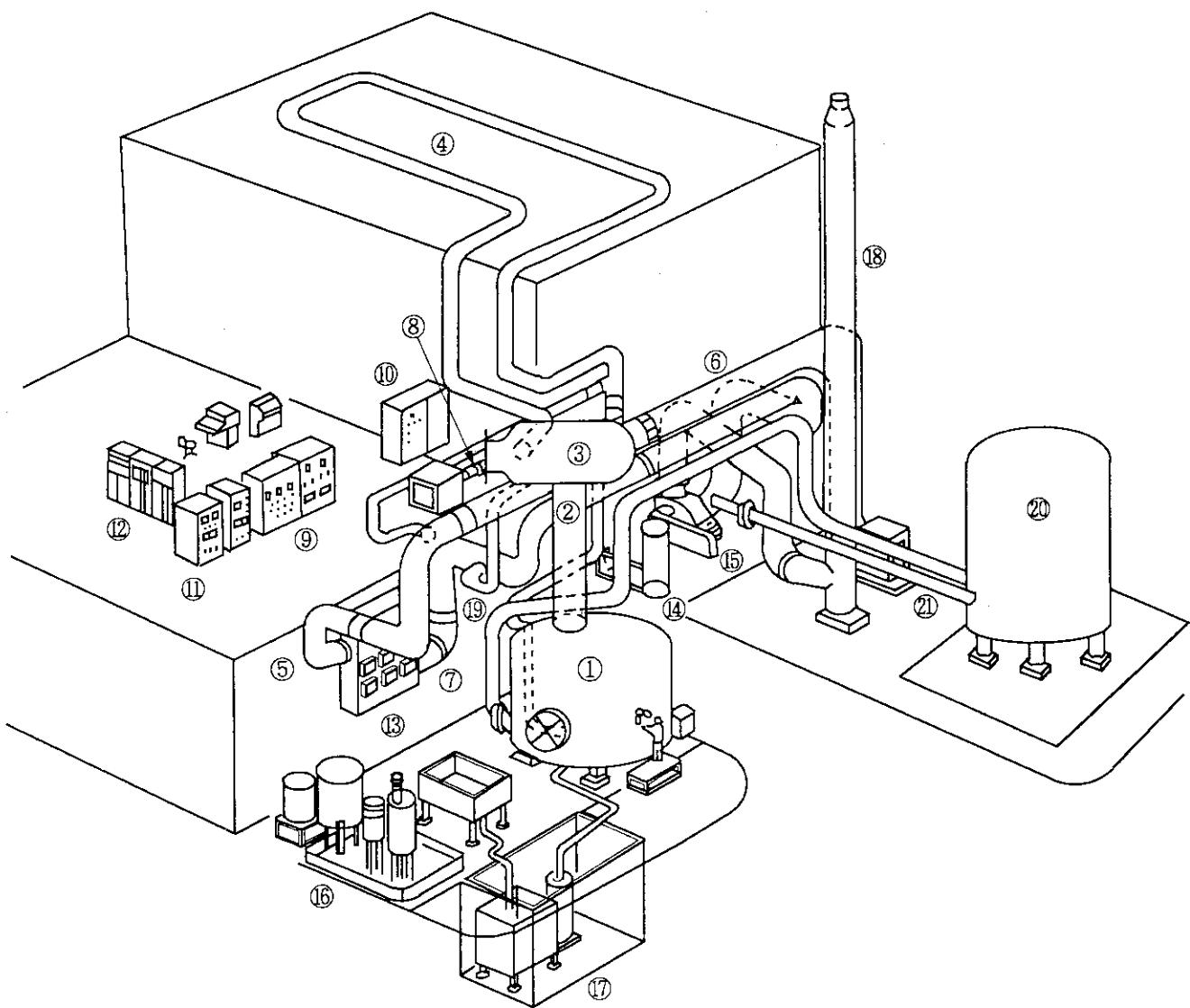
表3.4 アナログデータ信号リスト

データ No.	センサー コード	位 置 コード	レンジ (単位)	データ内容
1	TC1	SUG	0-50°C	給気ダクト温度(上流)
2	TC2	SUG	0-100°C	給気ダクト温度(下流)
:	:	:	:	:
:	:	:	:	:
18	TC4A	MCG	0-100°C	第1モデルセル空気温度
19	TC5A	MCG	0-100°C	第1モデルセル空気温度
20	TC6A	MCG	0-100°C	第1モデルセル空気温度
21	TC7A	MCG	0-100°C	第1モデルセル空気温度
22	TC8A	MCG	0-100°C	第1モデルセル空気温度
23	TC9A	MCG	0-100°C	第1モデルセル空気温度
:	:	:	:	:
27	TC13A	MCG	0-100°C	第1モデルセル空気温度
30	TC52	TKG	0-500°C	蓄圧タンク空気温度(上)
31	TC53	TKG	0-500°C	蓄圧タンク空気温度(中)
33	TC21	MCG	0-100°C	第1モデルセル空気温度
37	TC20A	MCG	0-100°C	第1モデルセル空気温度
41	TC22A	MCG	0-100°C	第1モデルセル空気温度
43	TC23A	MCG	0-100°C	第1モデルセル空気温度
44	TC24A	MCG	0-100°C	第1モデルセル空気温度
45	TC25	FDG	0-100°C	第1ダクト空気温度
:	:	:	:	:
48	TC28	FDG	0-100°C	第1ダクト空気温度
49	TC29	SMG	0-100°C	第2モデルセル空気温度
50	TC30	SMG	0-100°C	第2モデルセル空気温度
51	TC31	SDG	0-100°C	第2ダクト空気温度
:	:	:	:	:
58	TC54	TKG	0-500°C	蓄圧タンク空気温度(下)
59	TC55	-	0-100°C	圧縮空気放出配管空気温度(アニーバ前)
60	TC56	-	0-100°C	圧縮空気放出配管空気温度(アニーバ後)
61	TC57	-	0-100°C	排風機又は第1モデルセル入口温度
62	PT13	TKG	0-490kPa	蓄圧タンク圧力
63	PT14	-	0-490kPa	圧縮空気放出配管圧力(アニーバ前)
:	:	:	:	:
70	TC44	TDG	0-100°C	第3ダクト空気温度
71	TC45	TDG	0-100°C	第3ダクト空気温度
72	TC46	TDG	0-100°C	第3ダクト空気温度
73	TC47	FCG	0-100°C	フィルタチャンバ空気温度
74	TC48	FCG	0-100°C	フィルタチャンバ空気温度
75	TC49	FCG	0-100°C	フィルタチャンバ空気温度

(続き)

データ No.	センサー コード	位 置 コード	レンジ (単位)	データ内容
79	FT1	SUG	0-0.0556m <sup>3</sup> /s	給気ダクト流量(ボリューム)
80	FT2	SDG	0-0.139 m <sup>3</sup> /s	第2ダクト流量(ボリューム)
81	FT2A	SDG	0-153mmAq	第2ダクト流量(アニューバー)
82	FT2B	SDG	0-2000mmAq	第2ダクト流量(アニューバー)
83	FT3	TDG	0-2.08 m <sup>3</sup> /s	希釈ダクト流量(ボリューム)
84	FT4	EDG	0-73.9mmAq	排気ダクト流量(アニューバー)
86	PT2	MCG	-19.6-196kPa	第1モデルセル圧力
87	PT3	FDG	-19.6-196kPa	第1ダクト圧力
88	PT4	SMG	-19.6-196kPa	第2モデルセル圧力
89	PT5	SDG	-19.6-196kPa	第2ダクト圧力
90	PT6	SDG	-19.6-196kPa	第2ダクト圧力
91	PT7	SDG	-19.6-196kPa	第2ダクト圧力
92	PT8	SDG	-19.6-196kPa	第2ダクト圧力
93	PT15	-	-19.6-196kPa	排風機又は第1モデルセル入口圧力
94	PT16	-	-19.6-49kPa	プロアケーシング内圧力
96	FT5	-	0-2000mmAq	圧縮空気放出配管流量(アニューバー)
97	PT9	TDG	-19.6-49kPa	第3ダクト圧力
99	PT11	TDG	-19.6-49kPa	第3ダクト圧力
100	PT12	EDG	-19.6-49kPa	排気ダクト圧力
102	DPT1	FCG	0-1.96kPa	HEPAフィルタ差圧(全)
103	DPT2	FCG	0-1.96kPa	HEPAフィルタ差圧(前)
104	DPT3	FCG	0-1.96kPa	HEPAフィルタ差圧(後)
105	DPT4	FCG	-12.94-21.57kPa	HEPAフィルタ差圧(全)
106	DPT5	FCG	-6.47-10.79kPa	HEPAフィルタ差圧(前)
107	DPT6	FCG	-6.47-10.79kPa	HEPAフィルタ差圧(後)
108	DPT7	EBG	-19.6-49kPa	排風機差圧
:	:	:	:	:
114	MRP	-	0-5000rpm	モーター回転速度
115	BRP	-	0-5000rpm	ブロア回転速度
116	BT1	-	0-392N·m	ブロア軸トルク
117	MI1	-	0-100A	モーター電流
118	MI2	-	0-100A	モーター電流
:	:	:	:	:
120	MW1	-	0-20kW	モーター有効消費電力

圧縮空気放出配管のセンサー (TC55~TC57, PT14, 15, FT5) は風圧上昇試験と排風機健全性試験で切り換えて使用する。



①	第1モデルセル	⑧	給気ダクト	⑯	排風機
②	第1ダクト	⑨	低速プロセス計装系	⑰	水溶媒タンク類
③	第2モデルセル	⑩	動力盤	⑱	廃液処理系
④	第2ダクト	⑪	高速プロセス計装系	⑲	スタック
⑤	第3ダクト	⑫	データ収録装置	⑳	バイパスダクト
⑥	希釀ダクト	⑬	フィルターチェンバー	㉑	蓄圧タンク
⑦	排気ダクト	⑭	圧縮空気供給装置	㉒	圧縮空気放出配管系

図 3. 2. 1 セル換気系実証試験装置の鳥瞰図

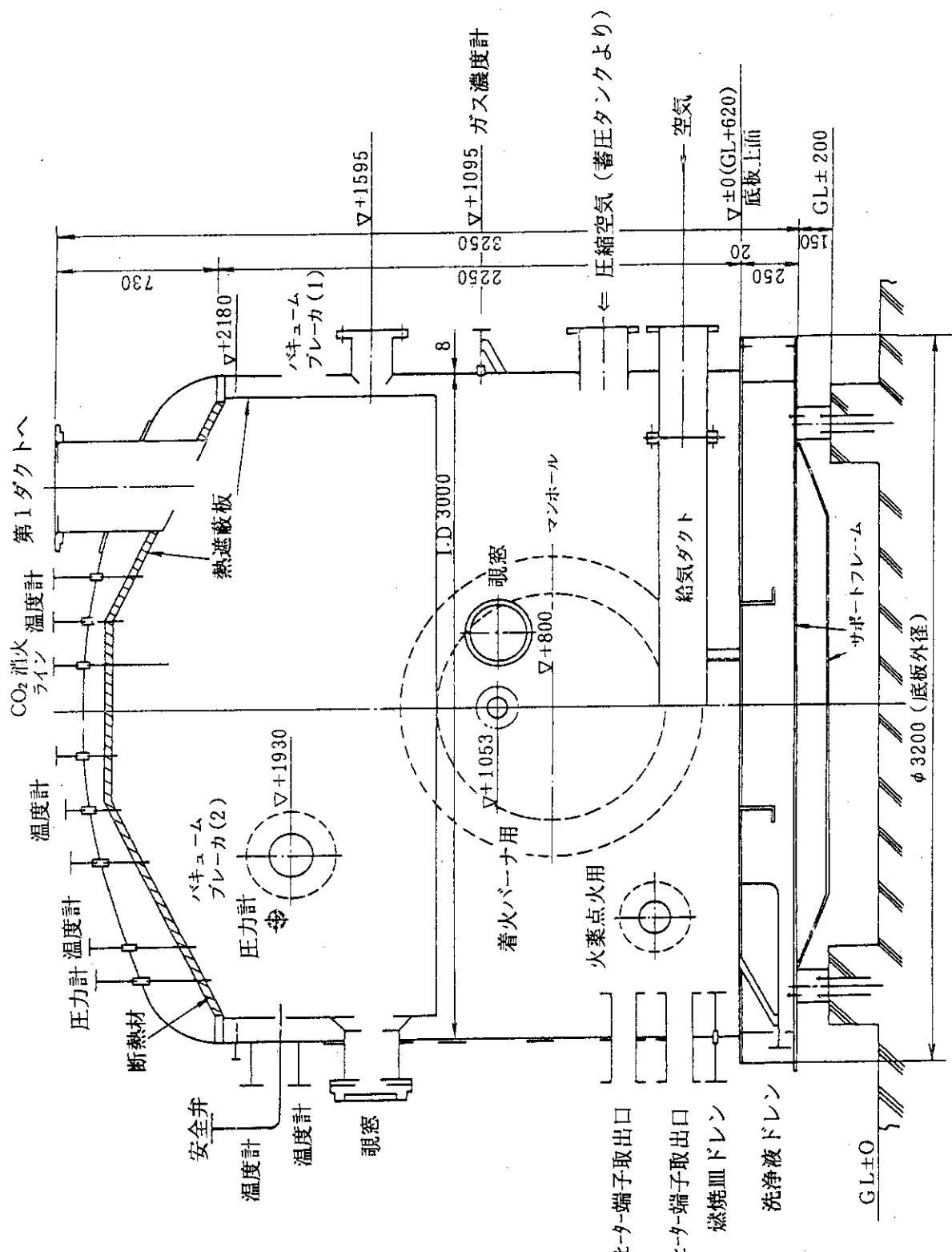


図3.2.2 第1モデルセル概略図

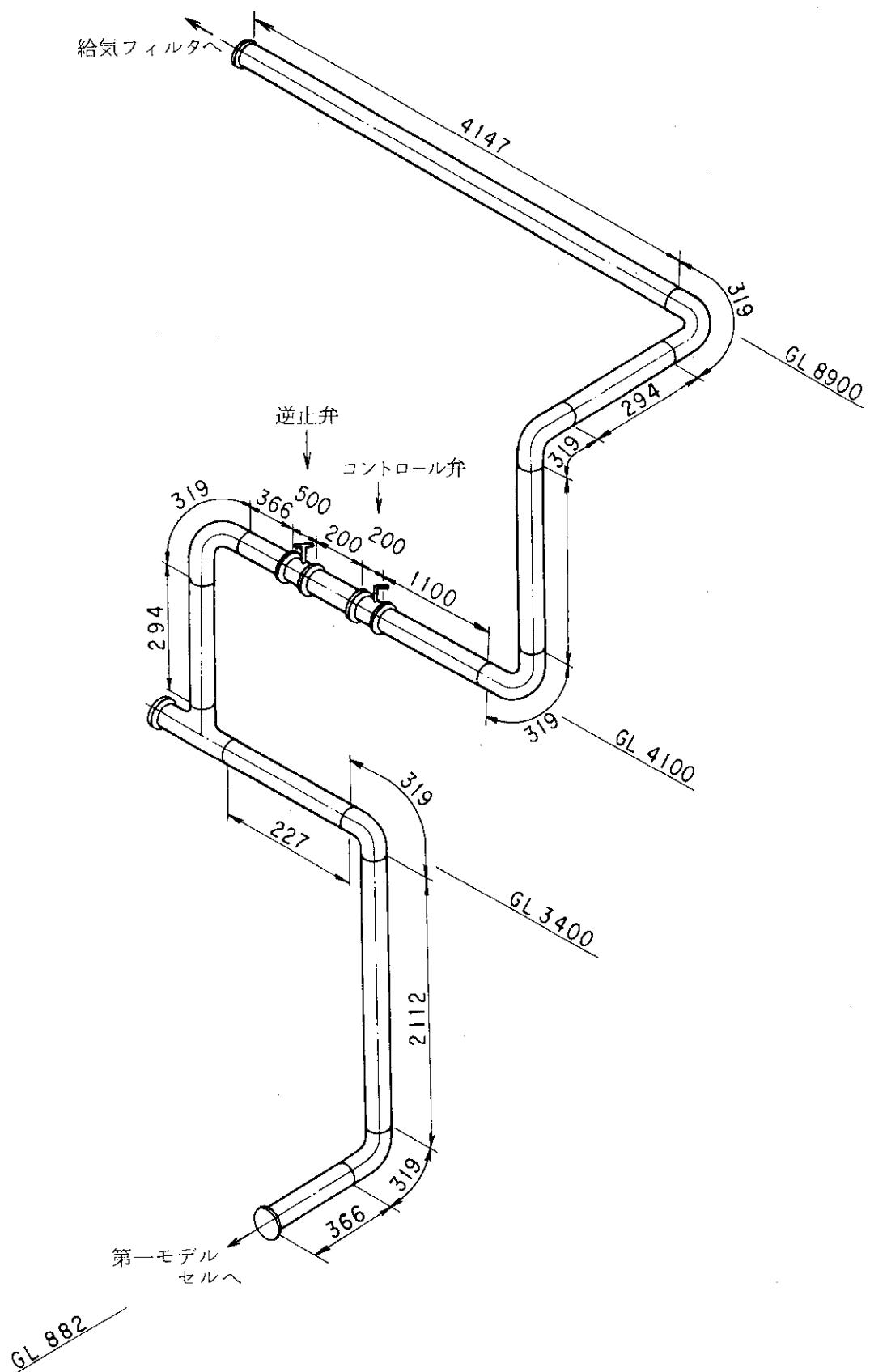


図3. 2. 3 給気ダクト構造及び寸法

- モデルセル気相および火炎温度
- ◎ モデルセル内壁温度
- モデルセル圧力

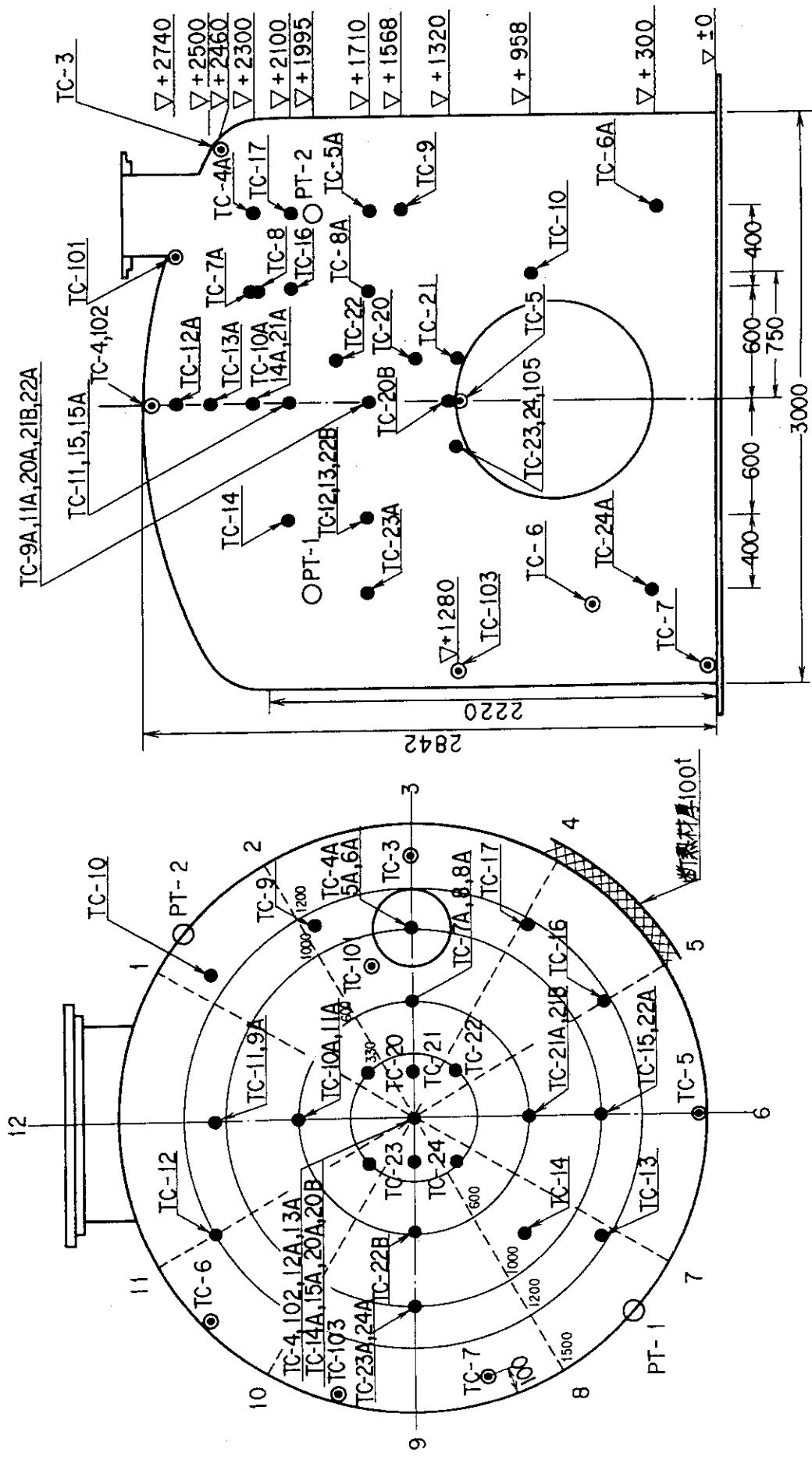


図 3. 2. 4 第 1 モデルセル寸法及びセンサー位置

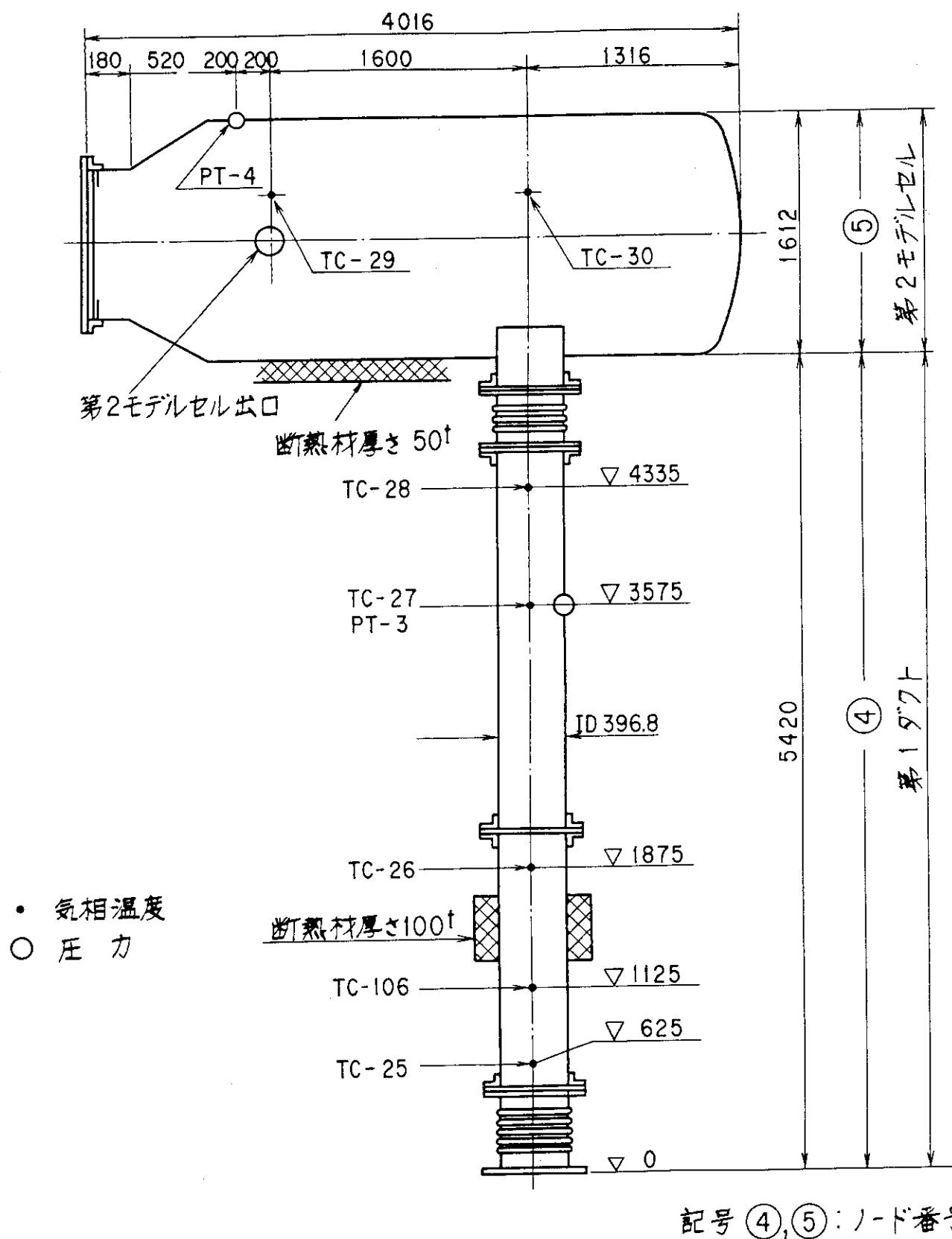


図3. 2. 5 第1ダクト、第2モデルセル寸法及びセンサー位置

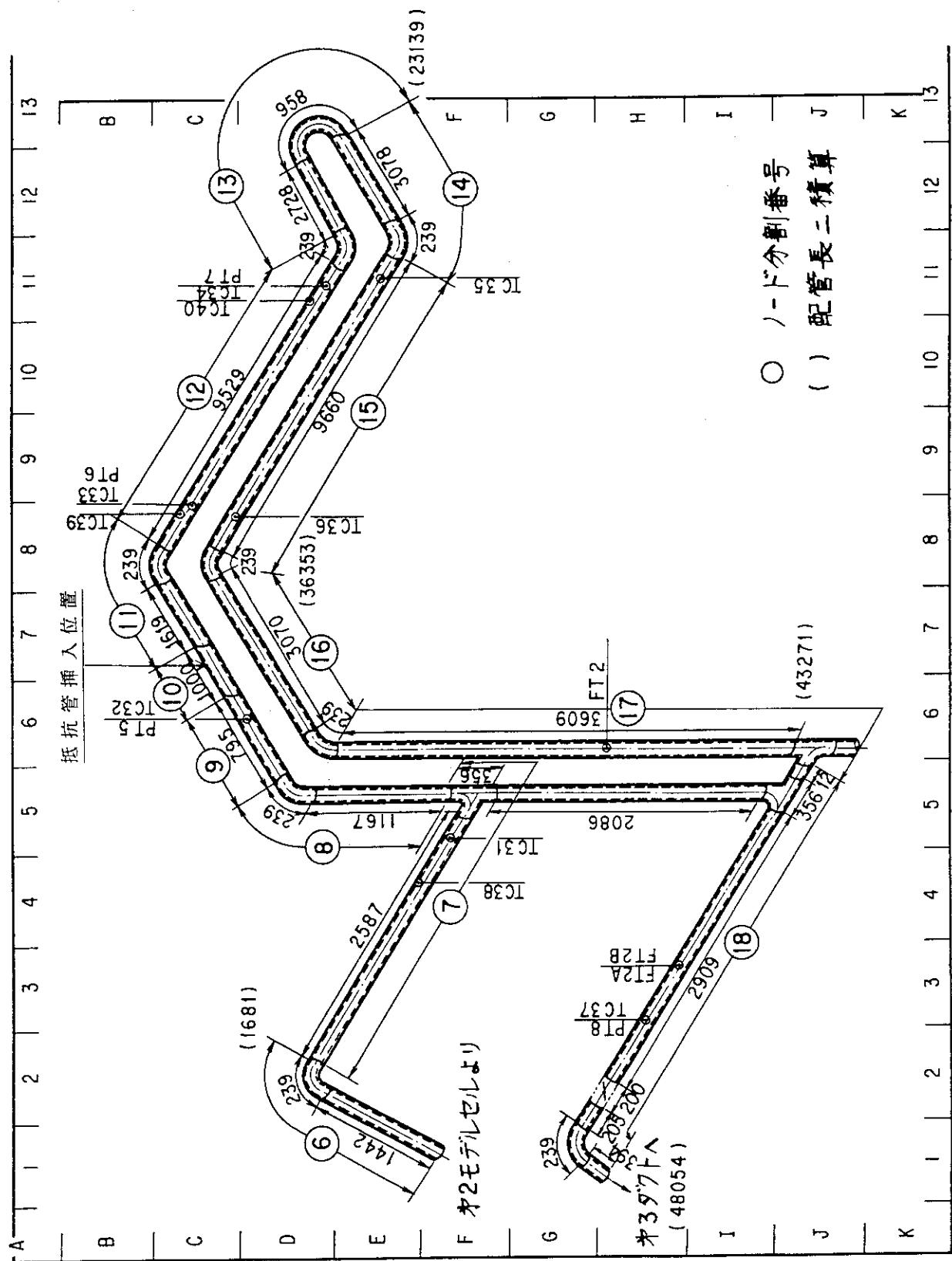


図3. 2. 6 (1) 第2ダクト (50m) 尺寸及びセンサー位置

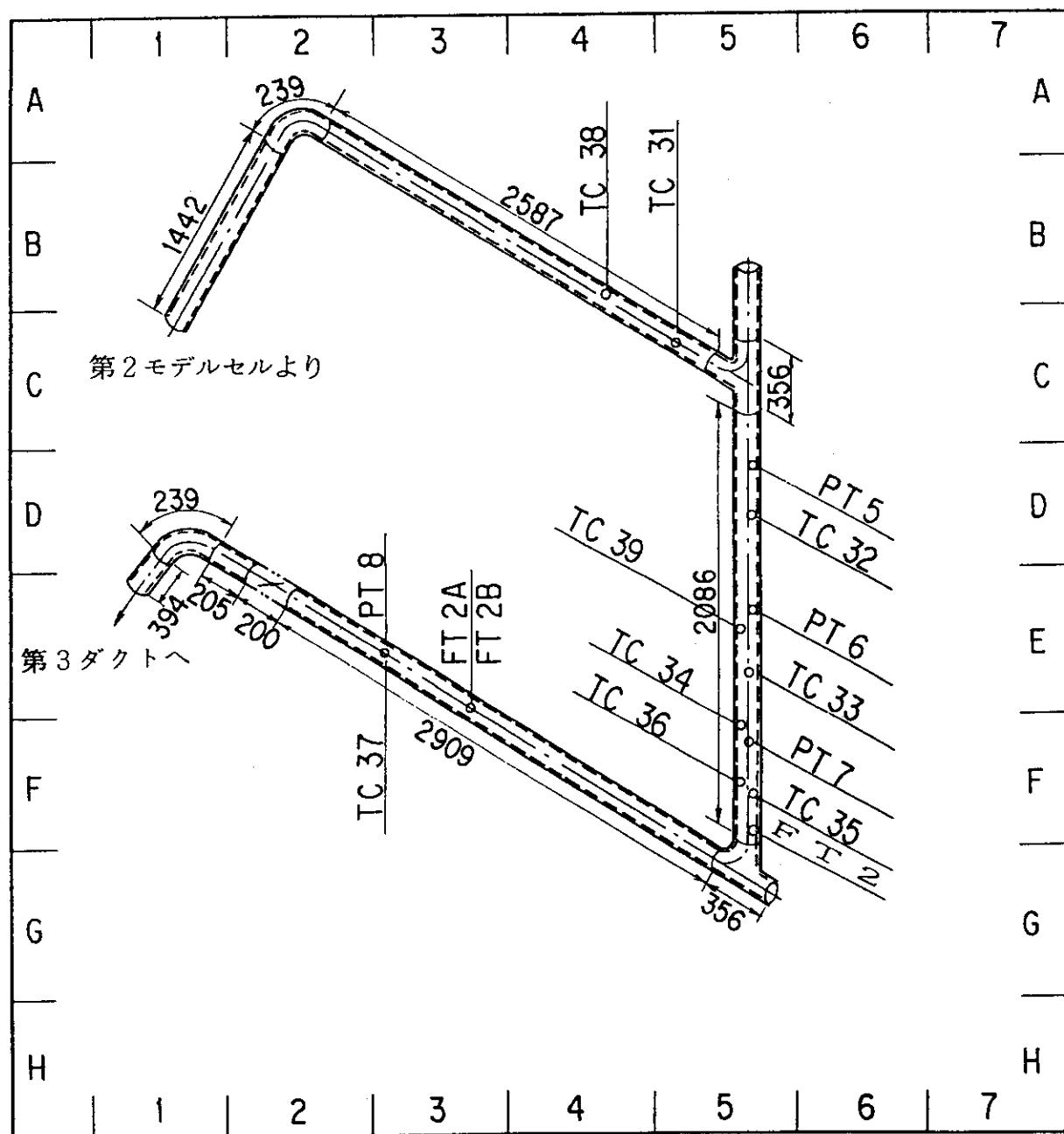


図3. 2. 6 (II) 第2ダクト(10m)寸法及びセンサー配置

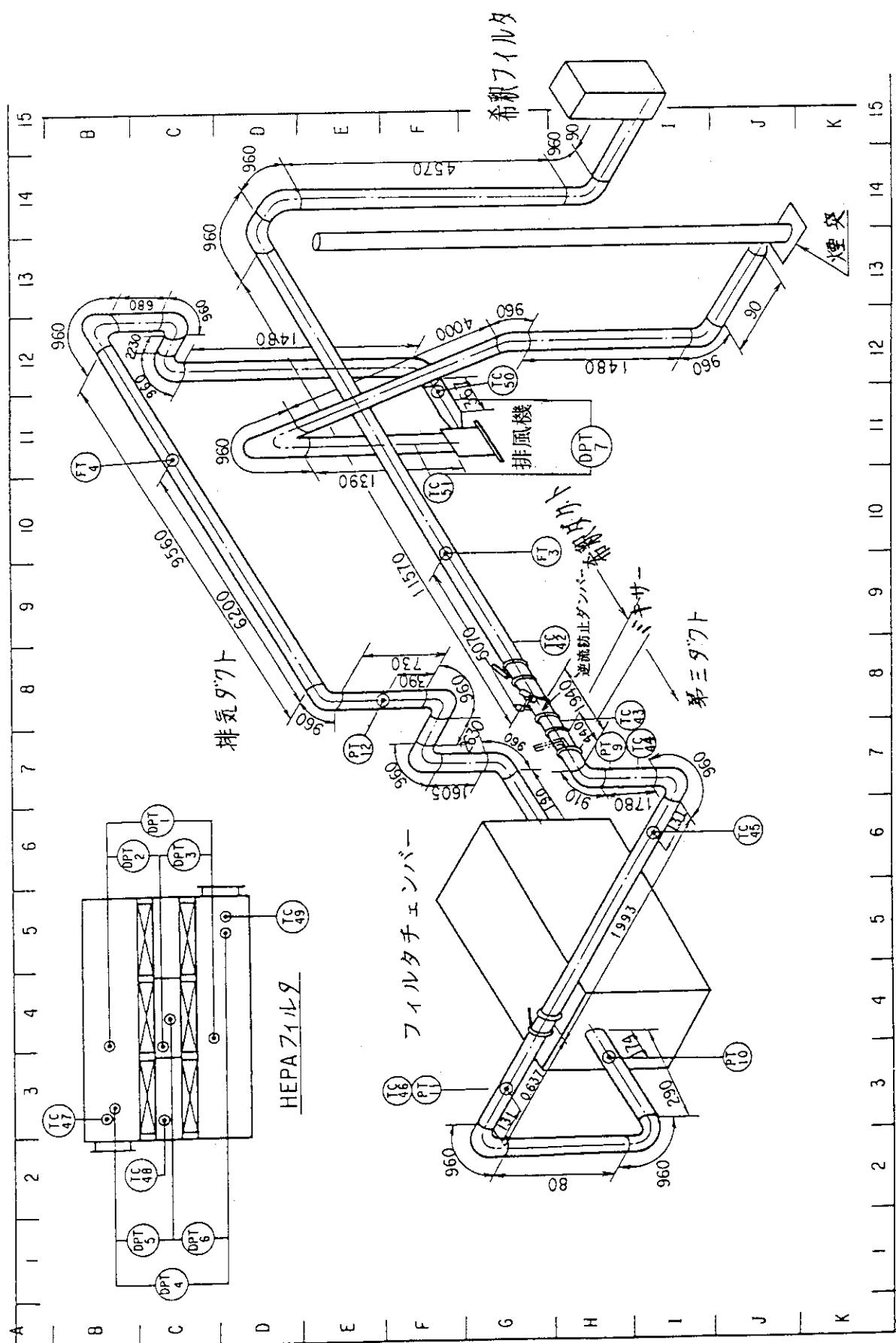


図3. 2. 7 希釀、第3、排氣ダクト及びフィルタの寸法及びセンサー位置

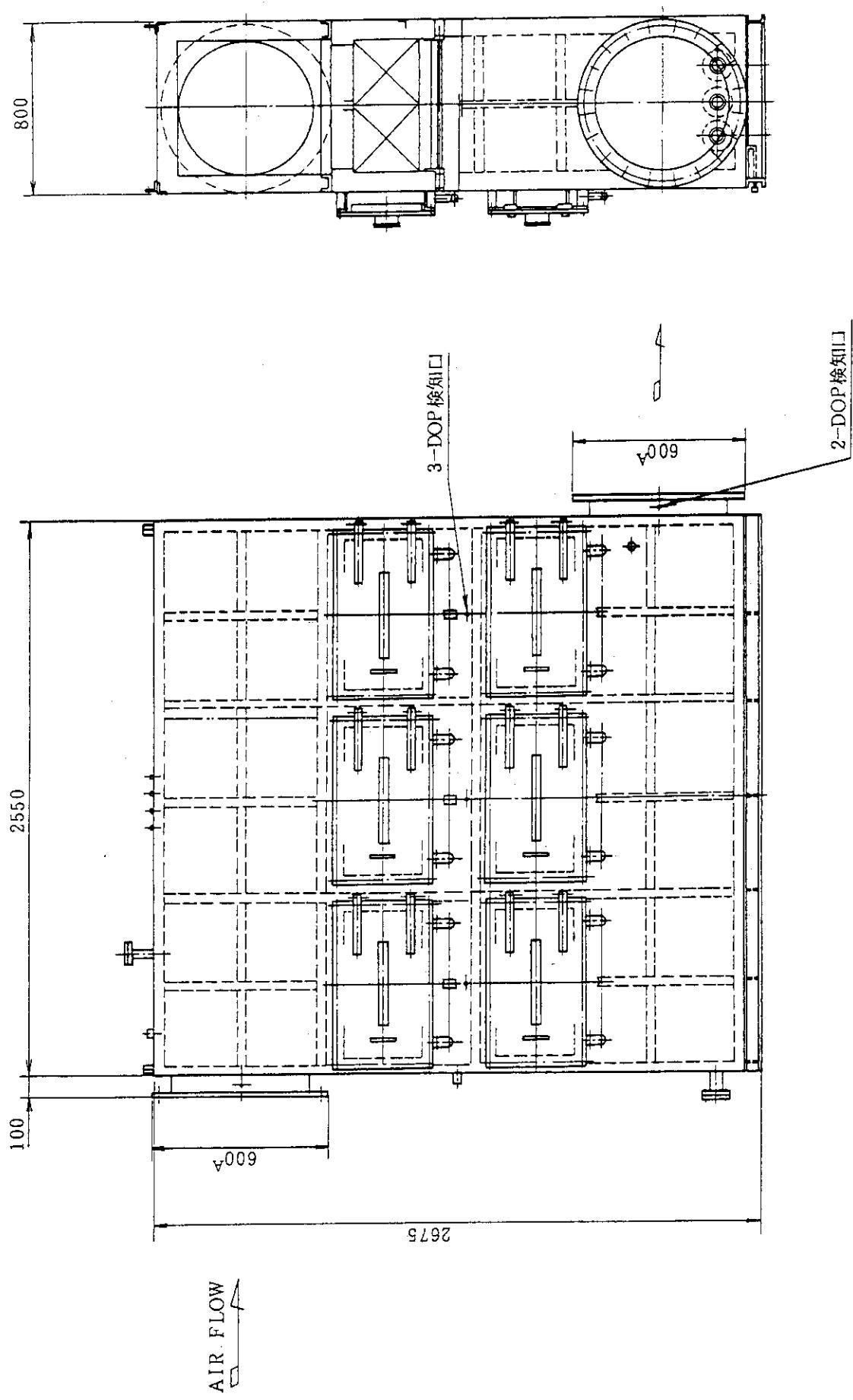


図3.2.8 フィルタチャンバーの構造と寸法

品番	品名	常用 1台分個数	予備 1台分個数	材料	備考
13	クランクバッキン	3			
12	ドレーナー	1		SGP	1/2B
11	エンドプレート	1		SS41	
10	ベルトカバー	1		SS41	
9	Vブリード	2		FC20	
8	軸受ハウジング	2		FC20	輸送 6310
7	シャフト	1		S45C	
6	放熱板	1		AC4C	
5	グランド押	1		SS41	
4	スタフイングボックス	1		SS41	
3	インペラ	1		SS41	
2	ケーシング	1		SS41	
1	吸込コーン	1		SS41	

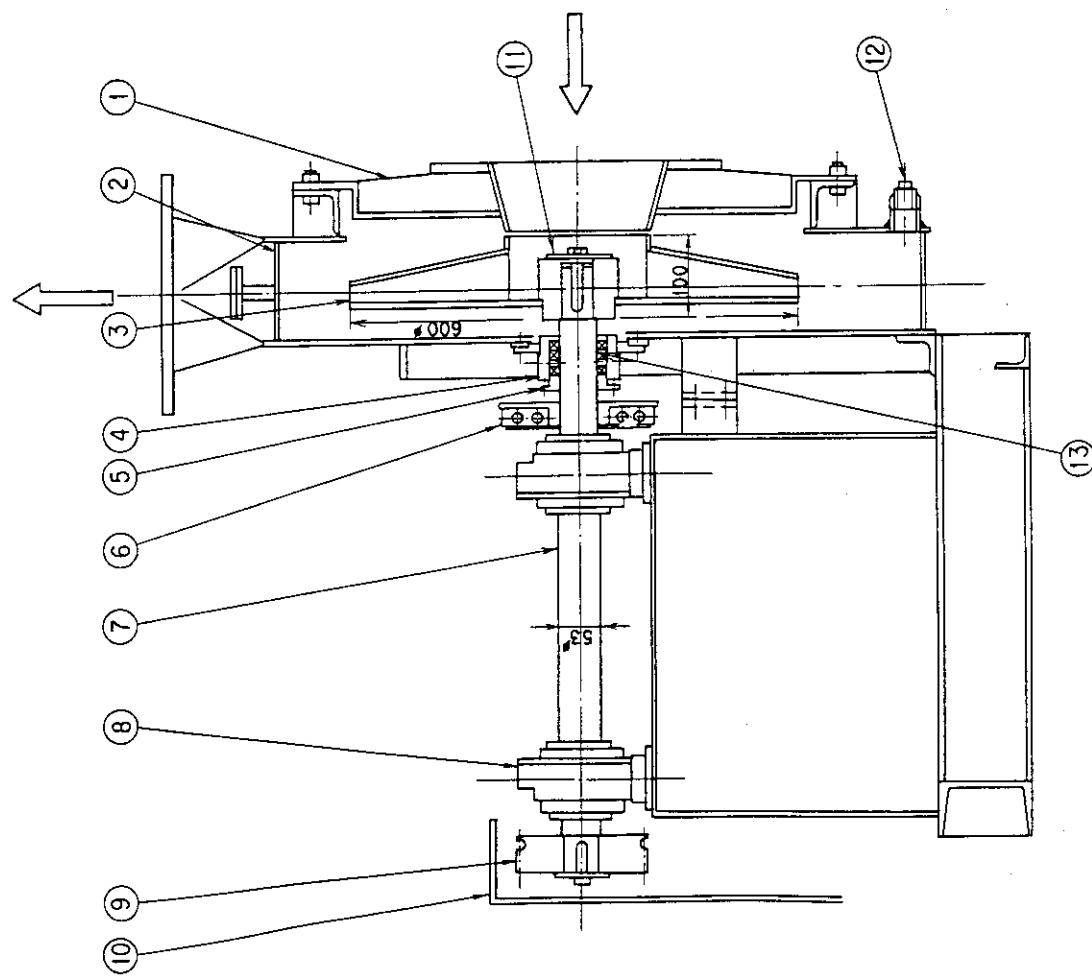


図3.2.9 排風機構造図

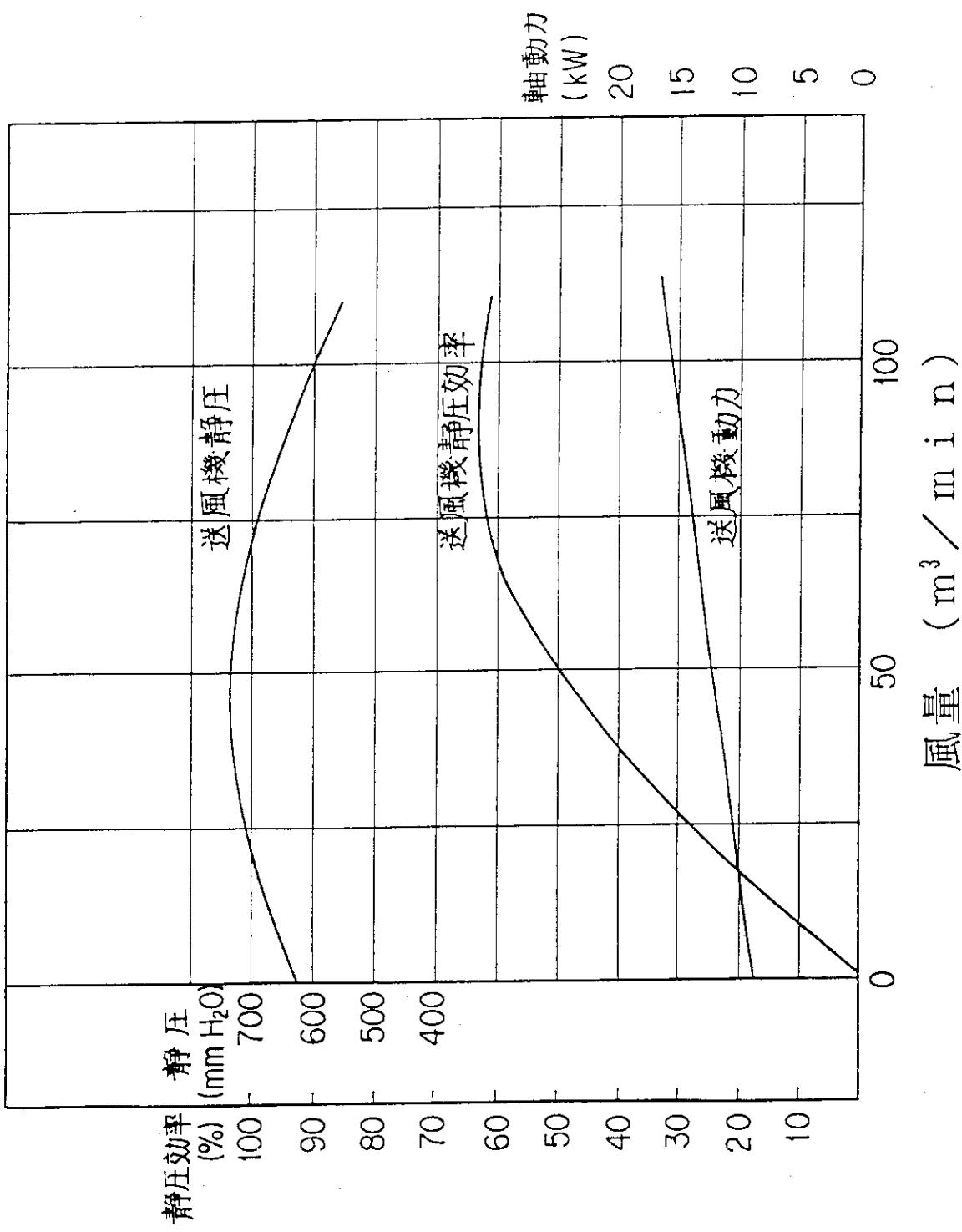


図3. 2. 10 排風機の特性曲線

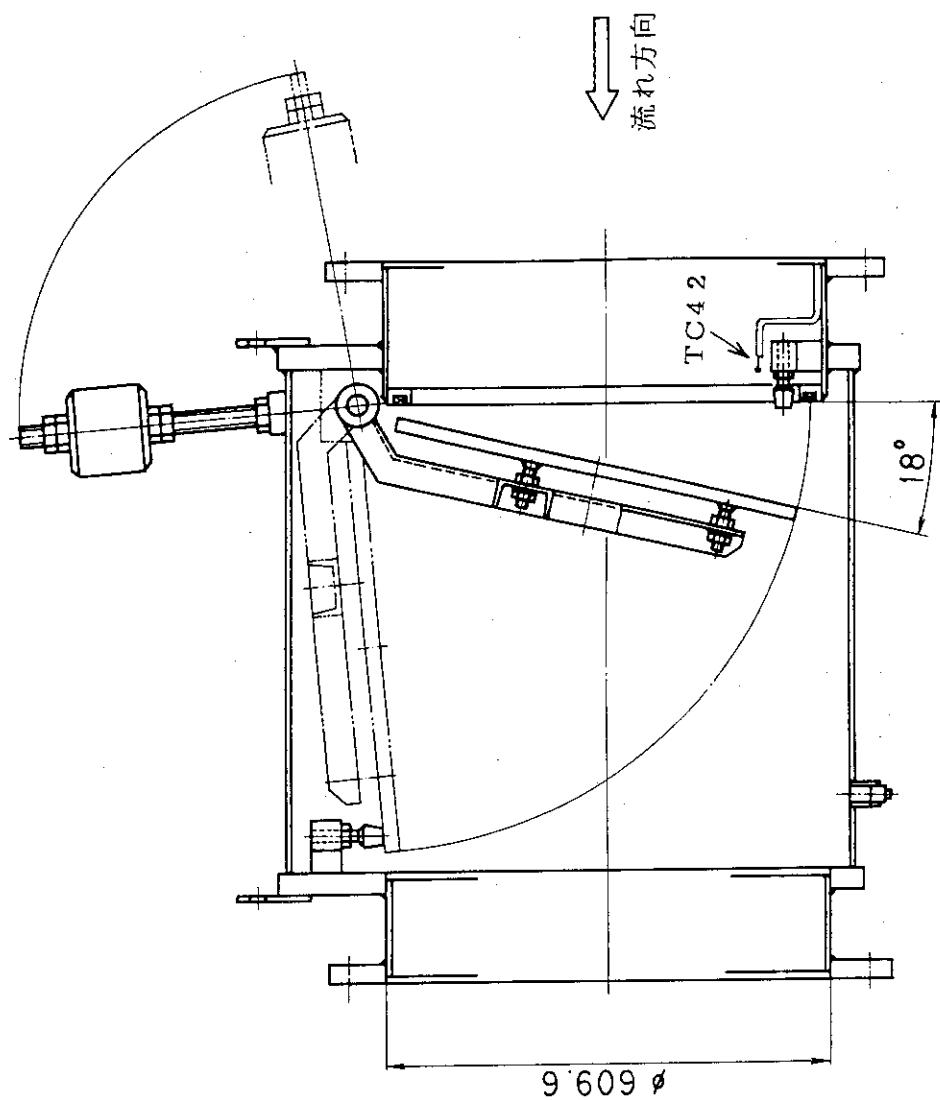
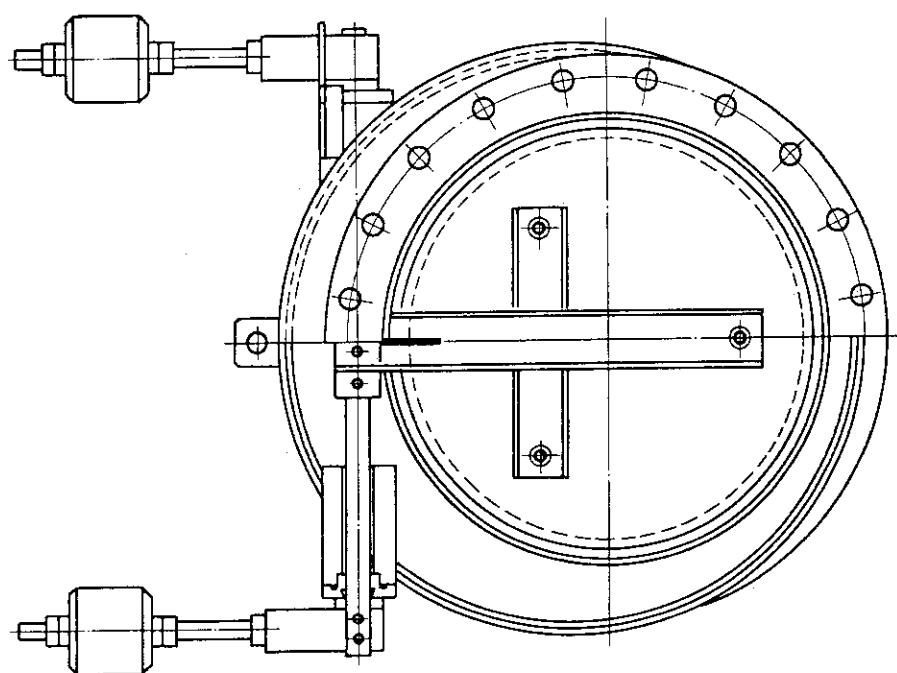


図3. 2. 11 逆流防止ダムバーの構造図



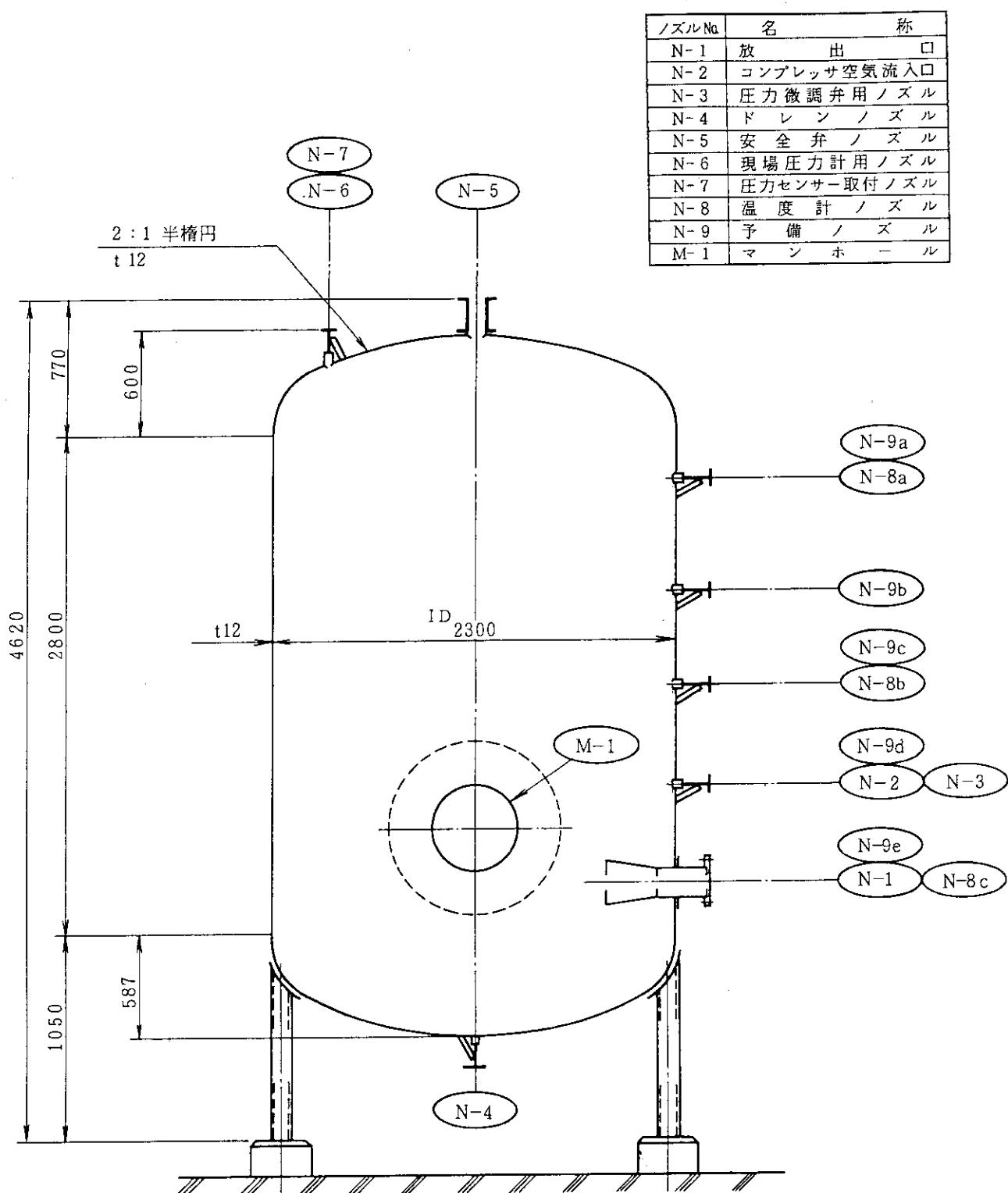


図3. 2. 12 蓄圧タンク概略図

圧縮空気放出配管の寸法

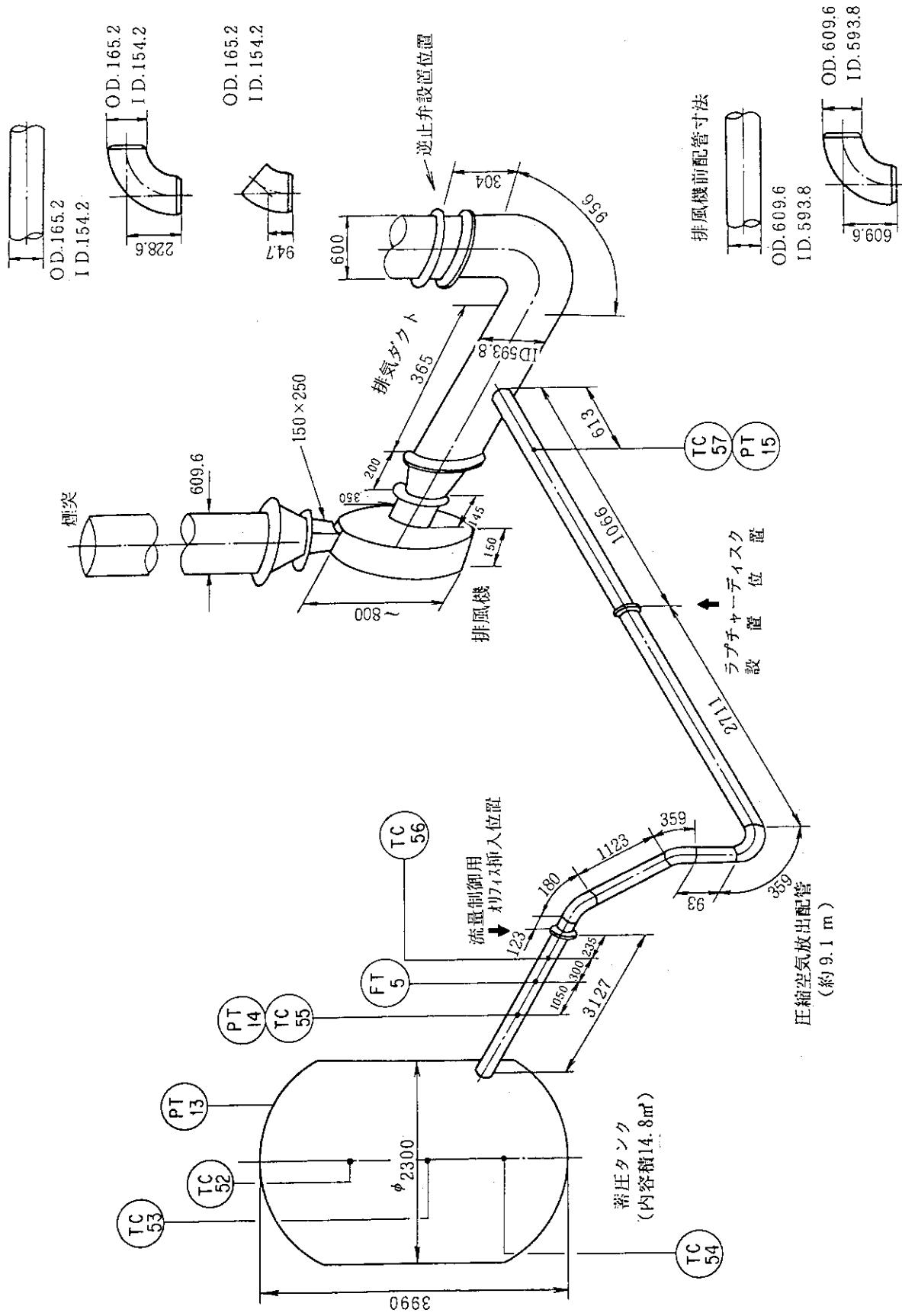


図3.2.13 排風機健全性試験における蓄圧タンク、圧縮空気放出配管の寸法及びセンサー位置

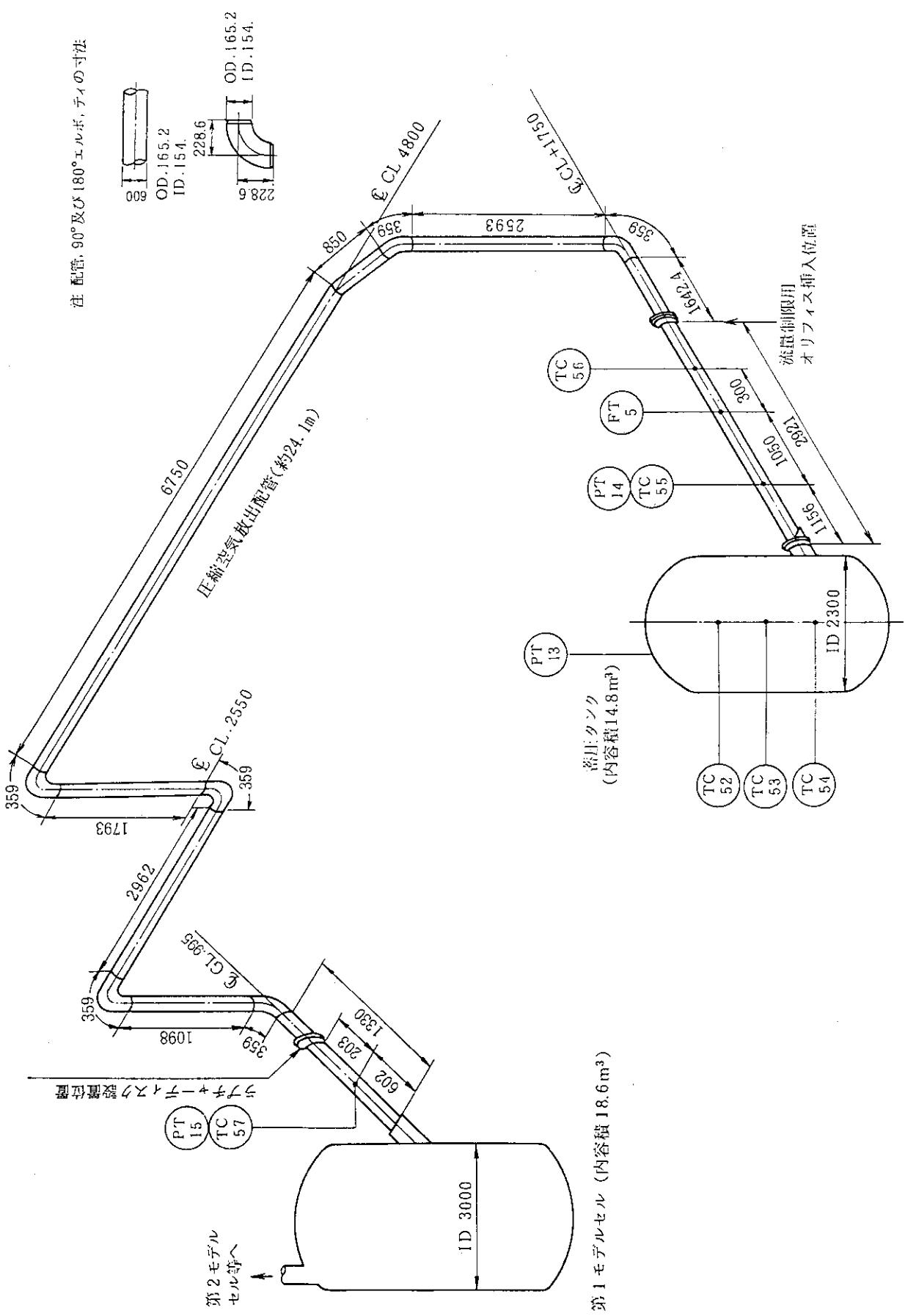


図3. 2. 14 風圧上昇試験における蓄圧タンク、圧縮空気放出配管の寸法及びセンサー位置

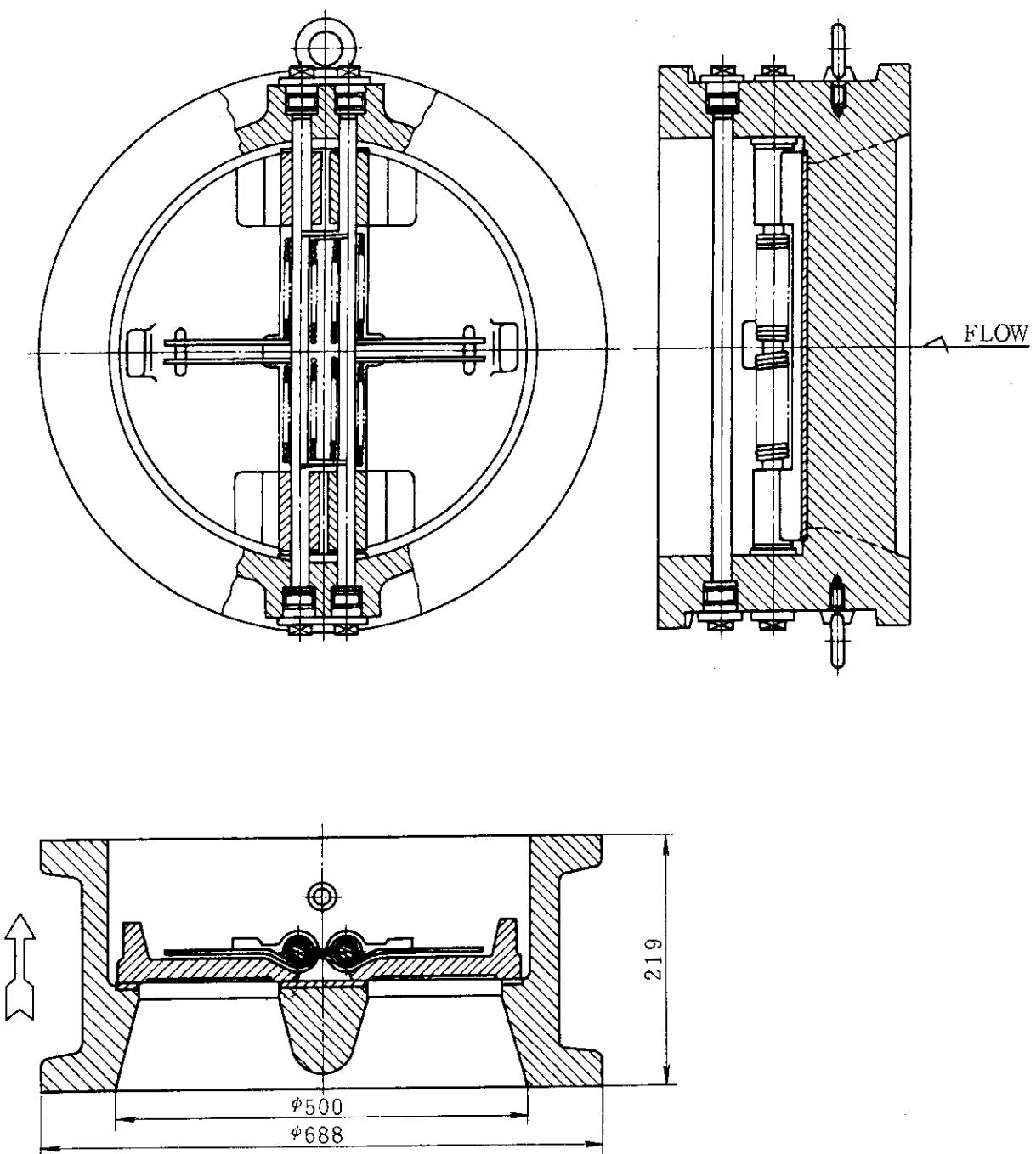


図3.2.15 逆止弁構造図

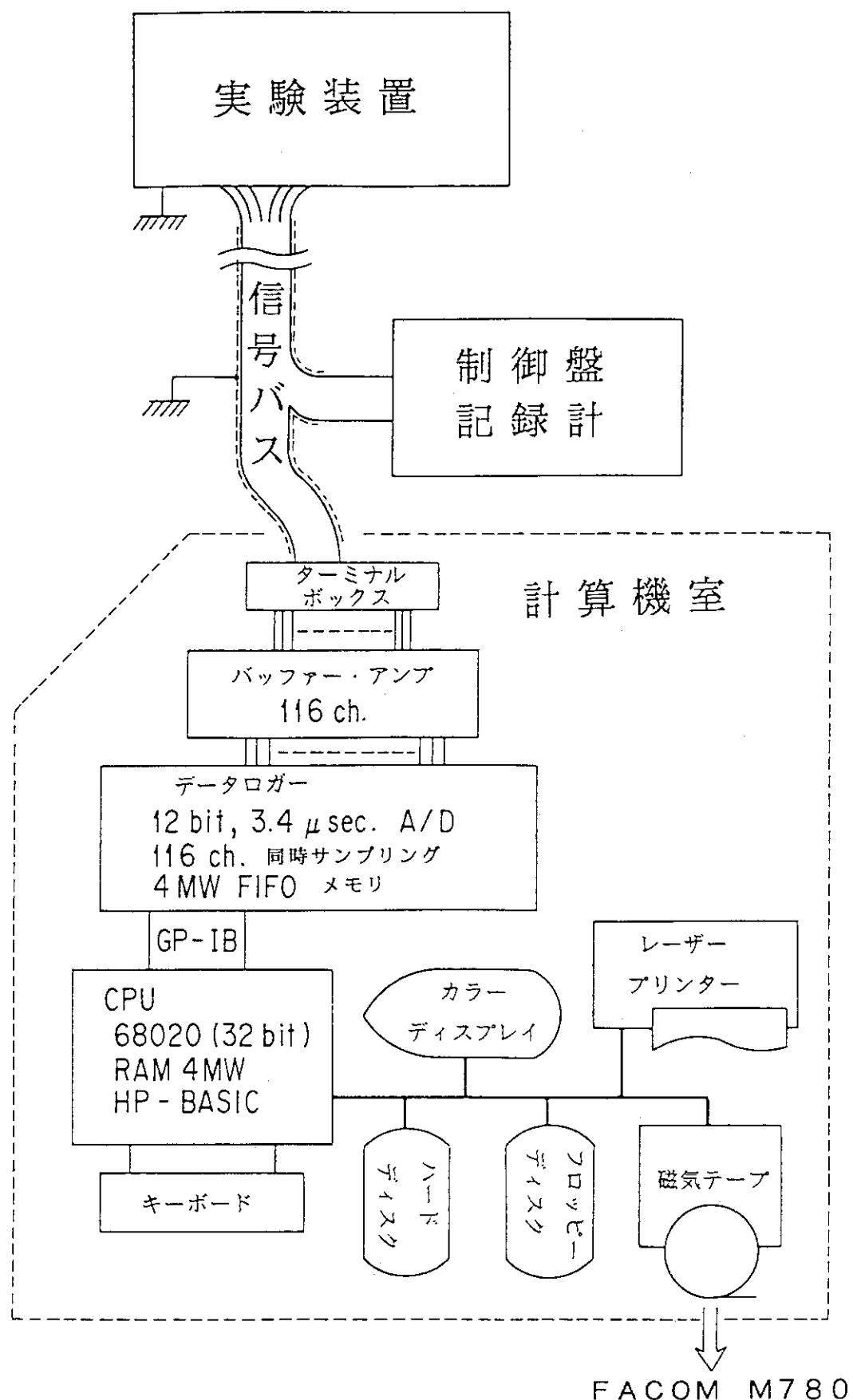


図3.3.1 データ収録システム・ブロック図

## 4. 実証試験の結果

この章では、昭和62年度から平成2年度までに実施した18回の風圧上昇試験及び7回の排風機健全性試験の試験目的、試験条件、試験結果について説明する。

### 4.1 風圧上昇試験

#### 4.1.1 予備試験

##### (1) 試験の目的

本試験は、蓄圧タンク内の初期圧力を454 kPa (3.6 kg/cm<sup>2</sup>G) 及び552 kPa (4.6 kg/cm<sup>2</sup>G)、初期温度を100°Cに設定した条件の空気を第1モデルセルに放出し、セル換気系実証試験装置内での圧力変化、温度変化、HEPAフィルタの差圧変化及び排風機の挙動等を調べるとともに、データ計測系の作動及びデータ処理ソフトウェアの機能を確認した。PRES2001試験は昭和63年2月23日に、PRES2002試験は昭和63年2月26日に実施した。

##### (2) 試験の条件

表4.1.1にPRES2001、PRES2002試験の試験条件を示す。2試験の試験条件は、蓄圧タンクの初期圧力以外は同一である。

表4.1.1 予備試験の試験条件

No.	項目	試験条件
1	蓄圧タンク内初期圧力	PRES2001 : 454 kPa (3.6 kg/cm <sup>2</sup> G) PRES2002 : 552 kPa (4.6 kg/cm <sup>2</sup> G)
2	蓄圧タンク内初期空気温度	100°C
3	圧縮空気放出配管制限制りフイス	有 (45.5mmφ)
4	換 気 回 数	6回/h (第1モデルセル給気流量112m <sup>3</sup> /h)
5	希 釀 流 量	4268m <sup>3</sup> /h
6	排 気 流 量	4380m <sup>3</sup> /h
7	第2ダクト管路長	50m
8	第2ダクトオリフィス	有
9	第1モデルセル内初期圧力	-0.5~-1.0 kPa (-50~-100mmH <sub>2</sub> O)
10	HEPAフィルタ台数	6台(△-サイズ)/段×2段 計12台

## (a) 流量条件

再処理施設ではセル内の空気の換気回数は一般に1時間に6回～10回である。試験では、空気の第1モデルセルへの給気量を換気回数として1時間に6回( $112\text{m}^3/\text{h}$ )とする。また、実証試験装置のHEPAフィルタを流れる流量は $4380\text{m}^3/\text{h}$ である。この流量は、再処理モードルプラントのセル換気系におけるフィルタチェンバー1機当たりの設計流量を模擬している。

## (b) HEPAフィルタの使用台数

試験装置のフィルタチェンバーにハーフサイズフィルタ( $610\text{mm}^D \times 305\text{mm}^W \times 292\text{mm}^H$ )を上下2段6台づつ装填した。

## (3) PRES 2001試験の結果

## (3.1) 圧力変化

図4.1.1に蓄圧タンク内、第1ダクト及び第2モデルセル内の圧力変化を示す。第1ダクト及び第2モデルセル内の圧力は、圧縮空気放出により正圧になるが、約75秒後には正圧から負圧に回復した。圧力変化は、最大圧力値に若干の相異はあるものの類似したものであった。

図4.1.2に第2ダクト以降の圧力変化を示す。第2ダクト内での最大圧力値は第2ダクト長手方向に徐々に低下している。圧力測定位置PT5とPT8間の約40mの間における最大圧力値の低下は15kPaであった。第1ダクトから第2ダクト内までの圧力は第1モデルセル内への圧縮空気の放出により正圧となるが、第3ダクト以降の圧力は正圧にまでなることはなく、圧力の上昇割合は、第1モデルセルから遠く離れるほど小さくなつた。

## (3.2) 温度変化

図4.1.3に蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の温度変化を示す。圧縮空気放出前の蓄圧タンク内の温度は、タンク内で高さ方向に温度差はあるものの $90^\circ\text{C}$ から $97^\circ\text{C}$ という程度であった。第1モデルセル入口直前の温度は、試験前の $10^\circ\text{C}$ から圧縮空気放出により約 $30^\circ\text{C}$ の温度まで急上昇するが40秒後には安定し、約 $14^\circ\text{C}$ の温度で空気が第1モデルセル内に放出された。

図4.1.4に第1モデルセル内の代表温度として床面から $1710\text{mm}$ の高さにおける温度5点、圧縮空気放出口付近の温度1点、高さ $2500\text{mm}$ の所における温度1点の温度変化を示す。第1モデルセル内の温度は、計測位置により異なるが圧縮空気放出により試験前より最大温度にして約 $7^\circ\text{C}$ 高い $14^\circ\text{C}$ から $18^\circ\text{C}$ まで上昇した。その後徐々に低下し、約50秒後には $6^\circ\text{C}$ から $8^\circ\text{C}$ の安定した温度となつた。

図4.1.5に第1モデルセルから排気ダクトまでの代表位置における温度変化を示す。温度は第1モデルセルから下流にゆくにしたがって徐々に低下し第3ダクト以降ではほとんど試験前と同じ温度となつた。

## (3.3) 流量変化

図4.1.6に給気ダクト流量(FT1:オリフィス)、第2ダクト流量(FT2A:アニューバ)、希釈ダクト流量(FT3:オリフィス)及び排気ダクト流量(FT4:アニューバ)の変化を示す。

第1モデルセルへの給気量は、圧縮空気の放出開始から約8秒後に逆止弁の作動により0と

なり、約70秒後に回復した。これはセル内圧力が正圧から負圧に回復する時期にはほぼ相当している（図4.1.1参照）。第2ダクト内流量の最大流量は $0.7 \text{ N m}^3/\text{s}$ であり約100秒間に渡って圧縮空気の放出が続いた。

希釈空気量は、第2モデルセル内に圧縮空気が放出された後、急激に減少を始め放出前の約半分まで低下した後徐々に回復した。図4.1.2に示した圧力変化から第3ダクト内は、常に負圧であり逆流防止ダンパーが閉まる条件にはなかった。

排気ダクト内流量の最大は放出前より約5%だけ増加した。

#### (3.4) H E P A フィルタの差圧変化

図4.1.7に低応答特性のセンサーによるHEPAフィルタの差圧変化を示す。排気ダクト内流量の増加が約5%程度でありHEPAフィルタ差圧の変化は図に示すように僅かなものである。

#### (3.5) 排風機の挙動

図4.1.8にプロア及びモーターの回転数、プロアのトルクを示す。プロアの回転数は排気流量の増加により約2%だけ低下した。しかし、モーター軸の回転数変化は認められなかった。また、プロアのトルクは流量の増加により約4%だけ増加した。

### (4) PRES 2002試験の結果

#### (4.1) 圧力変化

図4.1.9に蓄圧タンク内、圧縮空気放出配管内及び第1モデルセル内の圧力変化を示す。第1モデルセル内圧力は、圧縮空気放出により正圧になるが、約80秒後には正圧から負圧に回復した。第1モデルセルから0.6m離れた圧縮空気放出配管内の圧力は第1モデルセル内と同様の履歴を示した。

図4.1.10に第2ダクト以降の圧力変化を示す。第2ダクト内での最大圧力値は第2ダクト長手方向に徐々に低下している。圧力測定位置PT5とPT8間の約40mの間における最大圧力値の低下は20kPaであった。第1ダクトから第2ダクト内までの圧力は第1モデルセル内への圧縮空気の放出により正圧となるが、第2ダクト下流以降の圧力は正圧にまでなることはなく、圧力の上昇割合は、第1モデルセルから遠く離れるほど小さくなつた。

#### (4.2) 溫度変化

図4.1.11に蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の温度変化を示す。圧縮空気放出前の蓄圧タンク内の温度は、タンク内で高さ方向に温度差はあるものの約100°C程度であった。第1モデルセル入口直前の温度は、試験前の9°Cから圧縮空気放出直後には約36°Cの温度まで急上昇するが50秒後には安定し、約13°Cの温度で第1モデルセル内に放出された。

図4.1.12に第1モデルセル内の代表温度として床面から1710mmの高さにおける温度2点、床面から300mmの高さにおける温度2点の圧力変化を示す。第1モデルセル内の温度は、計測位置により異なるが、圧縮空気放出により試験前より最大温度にして15°Cから20°Cまで上昇した。その後徐々に低下し、約50秒後には6°Cから8°Cの安定した温度となつた。

図4.1.13に第1モデルセルから排気ダクトまでの温度変化を示す。温度は第1モデルセ

ルから下流にゆくにしたがって徐々に低下し H E P A フィルタ以降ではほとんど試験前と同じ温度となった。

#### (4.3) 流量変化

図 4.1.1.4 に給気ダクト流量 (F T 1 : オリフィス), 第 2 ダクト流量 (F T 2 A : アニユーバ), 希釀ダクト流量 (F T 3 : オリフィス) 及び排気ダクト流量 (F T 4 : アニユーバ) の変化を示す。

第 1 モデルセルへの給気量は, 圧縮空気の放出開始から約 6 秒後に逆止弁の作動により 0 となり, 約 7.0 秒後に回復した。これはセル内圧力が, 正圧から負圧に回復する時期にほぼ相当している (図 4.1.9 参照)。第 2 ダクト内流量の最大流量は  $0.8 \text{ Nm}^3/\text{s}$  であり約 100 秒間に渡って圧縮空気の放出が続いた。

希釀空気量は第 2 モデルセル内に圧縮空気が放出された後, 急激に減少を始め放出前の約半分まで低下した後徐々に回復した。図 4.1.1.10 に示した圧力変化から第 3 ダクト内は常に負圧であり, 逆流防止ダンパーが閉まる条件にはなかった。

排気ダクト内流量の最大は放出前より約 5 %だけ増加した。

#### (4.4) H E P A フィルタの差圧変化

図 4.1.1.5 に低応答特性のセンサーによる H E P A フィルタの差圧変化を示す。排気ダクト内流量の増加が約 5 %程度であり H E P A フィルタ差圧の変化は図に示すように僅かなものであった。

#### (4.5) 排風機の挙動

図 4.1.1.6 にプロア及びモーターの回転数を示す。プロアの回転数は排気流量の増加により約 2 %だけ低下した。しかし, モーター軸の回転数変化は認められなかった。

PRES2001 1988.02.23

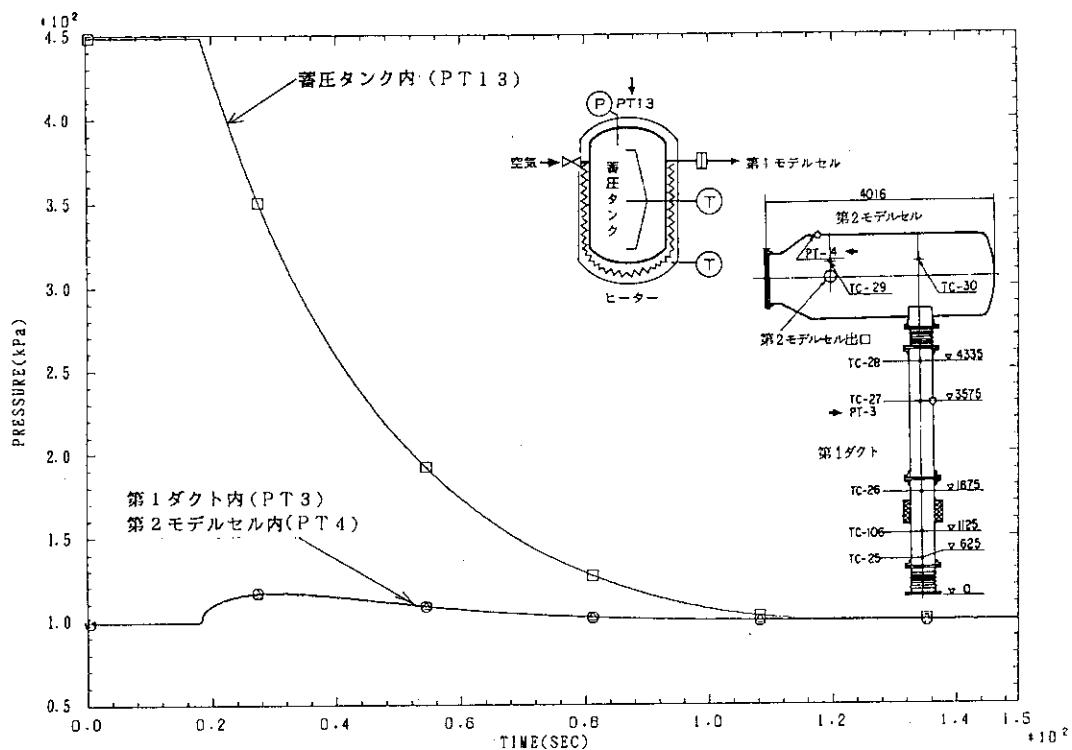


図4.1.1 蓄圧タンク内、第1ダクト内及び第2モデルセル内の圧力変化(kPa)

PRES2001 1988.02.23

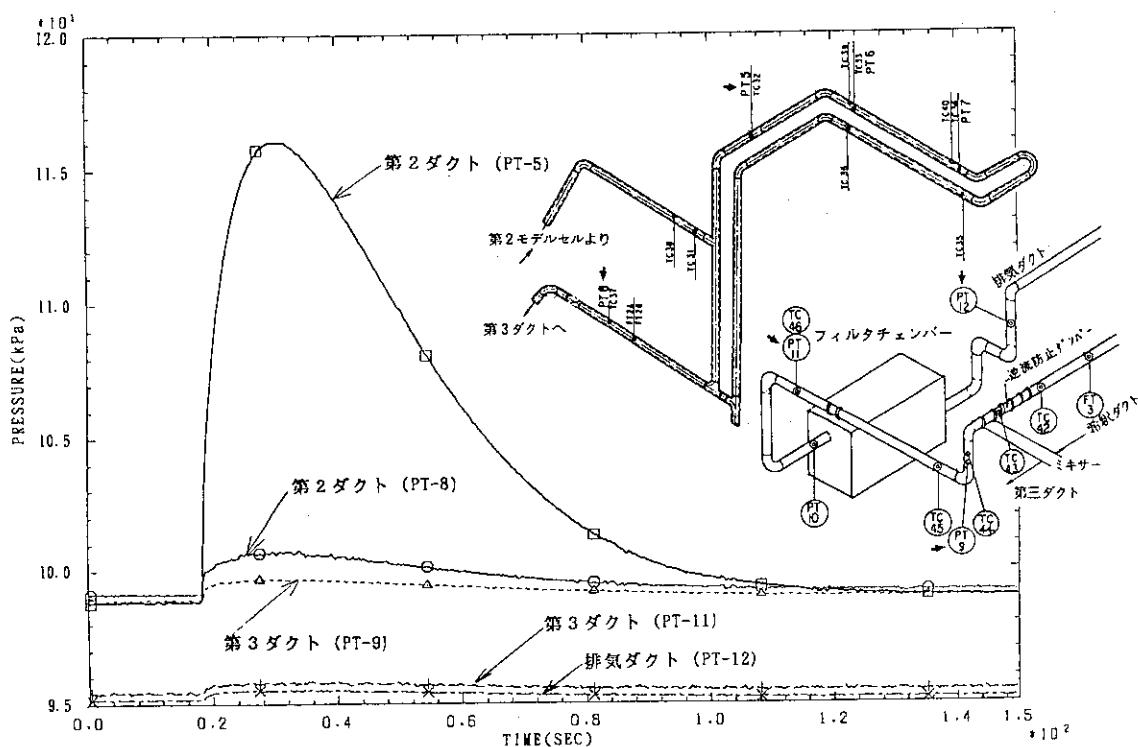


図4.1.2 第2ダクトから排気ダクトまでの圧力変化(kPa)

PRES2001 1988.02.23

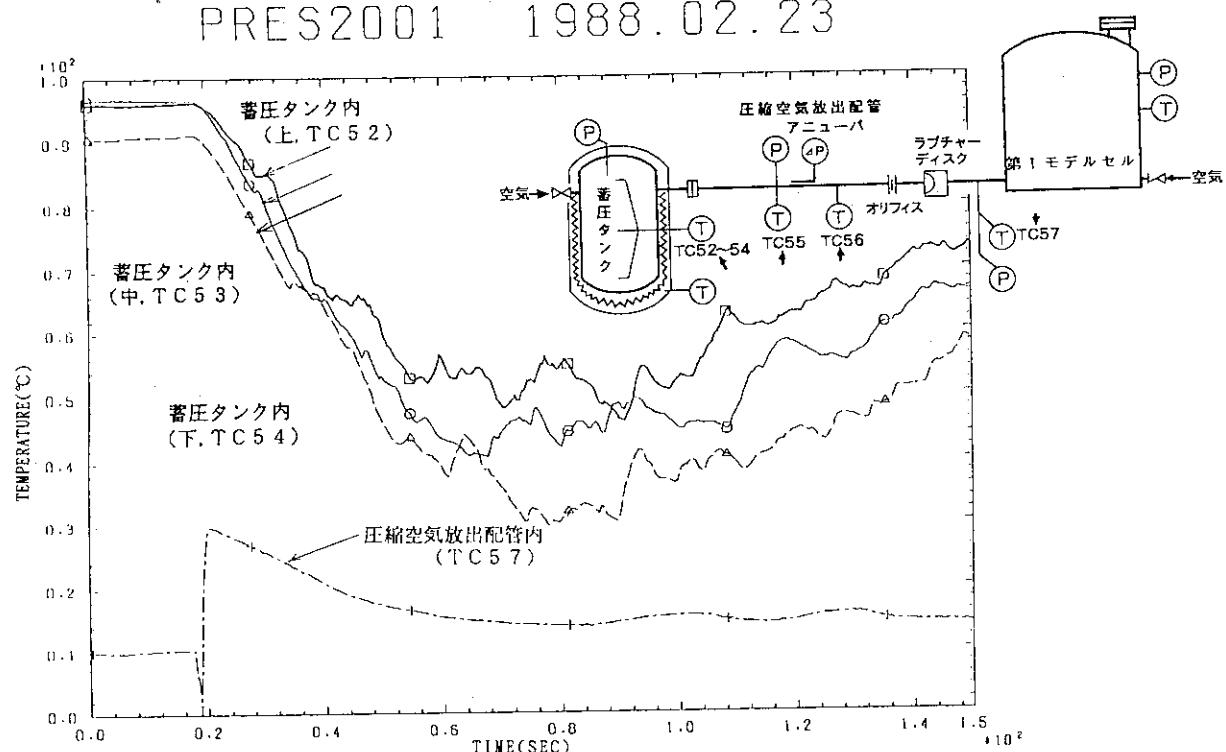


図4.1.3 蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の温度変化(℃)

PRES2001 1988.02.23

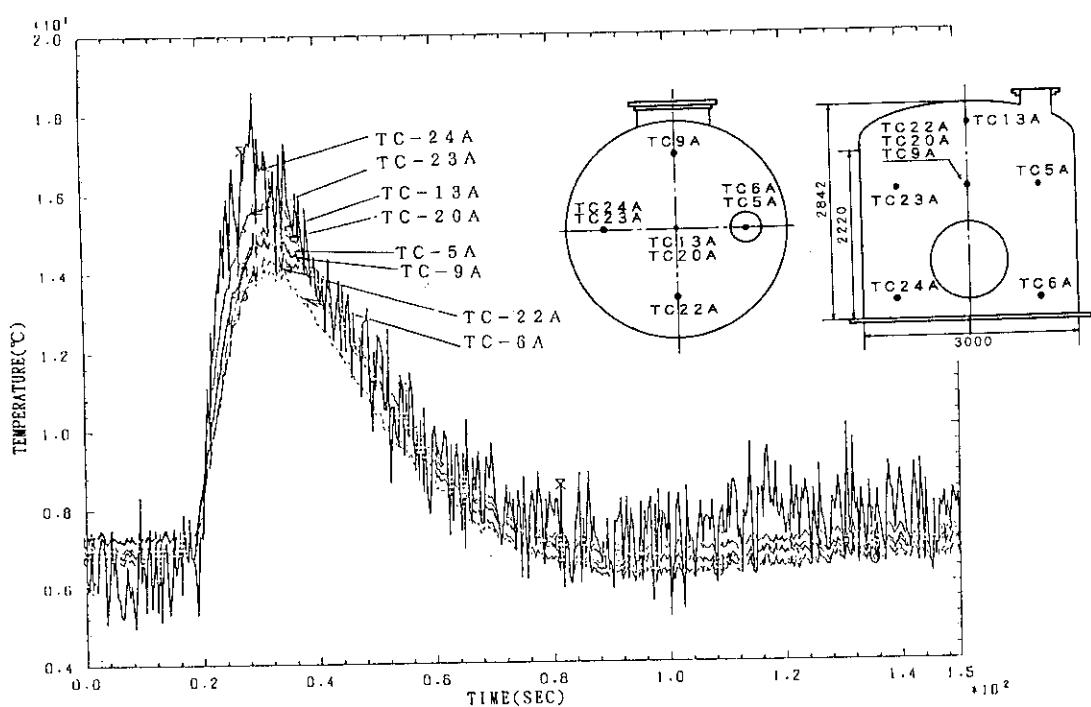


図4.1.4 第1モデルセル内の温度変化(℃)

PRES2001 1988.02.23

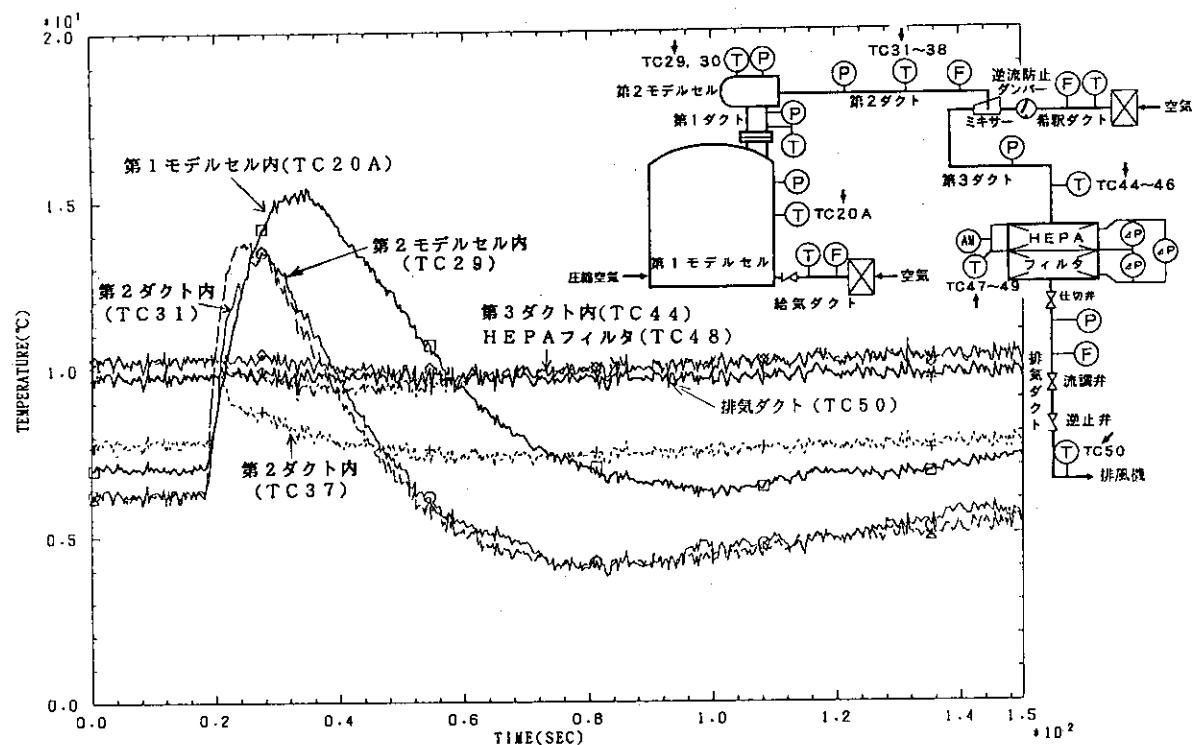
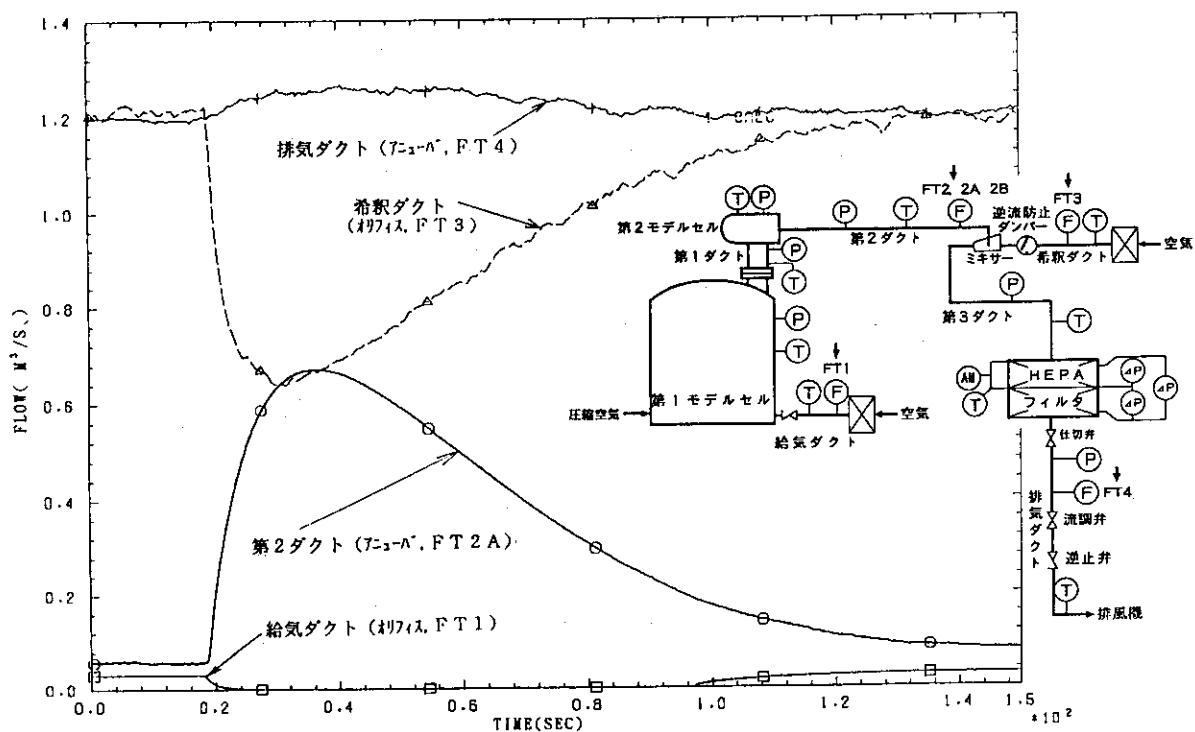


図4.1.5 第1モデルセルから排気ダクトまでの温度変化(℃)

PRES2001 1988.02.23

図4.1.6 給気ダクト内, 第2ダクト内, 希釈ダクト内及び排気ダクト内の流量変化( $m^3/s$ )

PRES2001 1988.02.23

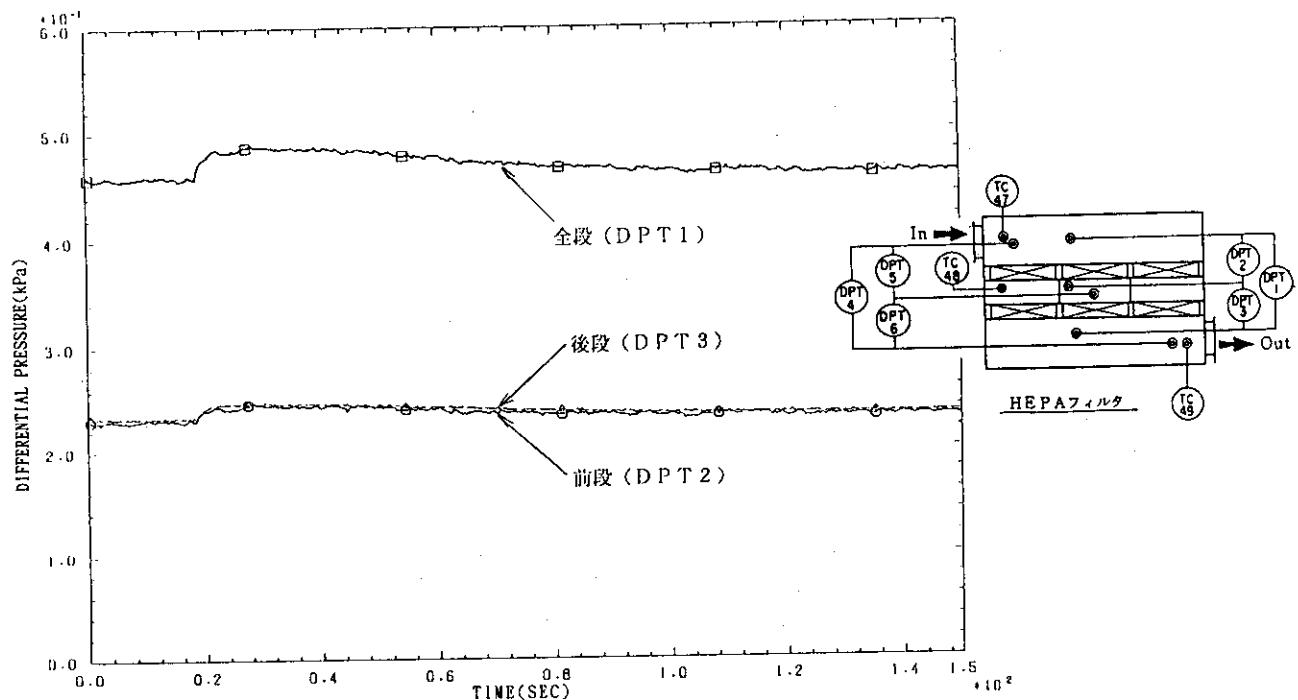


図4.1.7 HEPAフィルタの差圧変化（低応答型, kPa）

PRES2001 1988.02.23

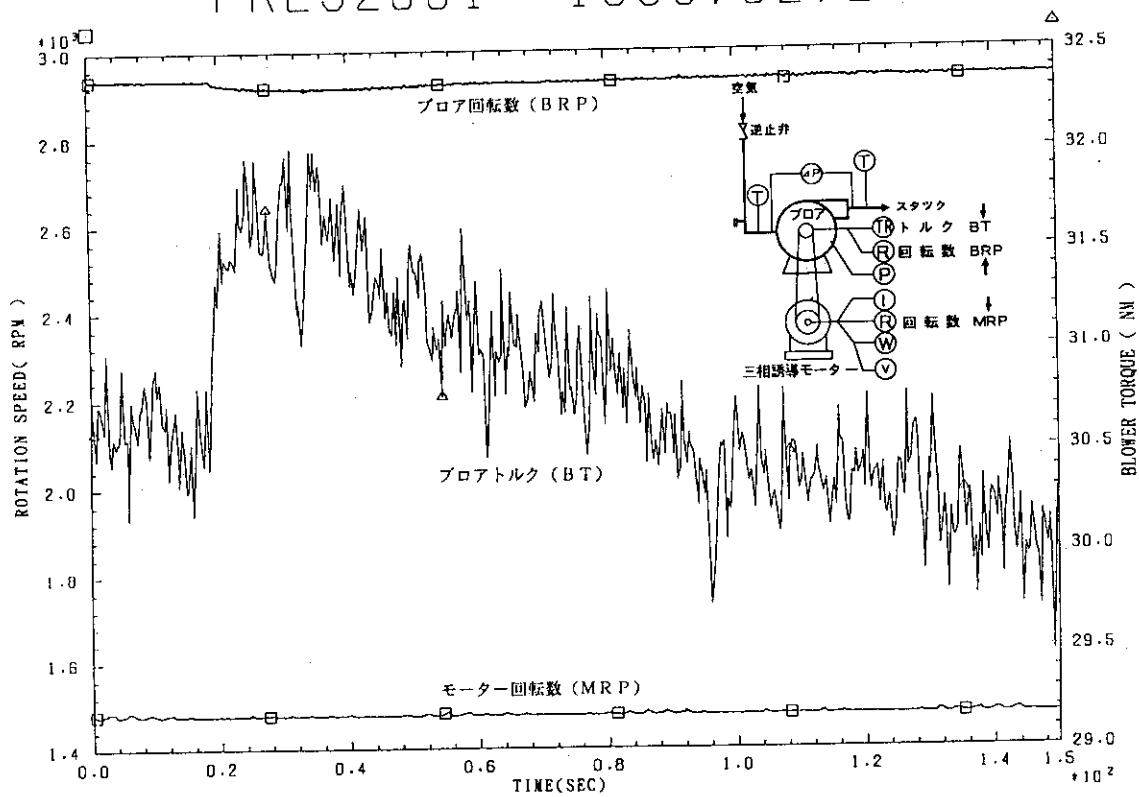


図4.1.8 ブロア及びモーター回転数(rpm), 及びブロアトルク(Nm)の変化

PRES2002 1988.02.26

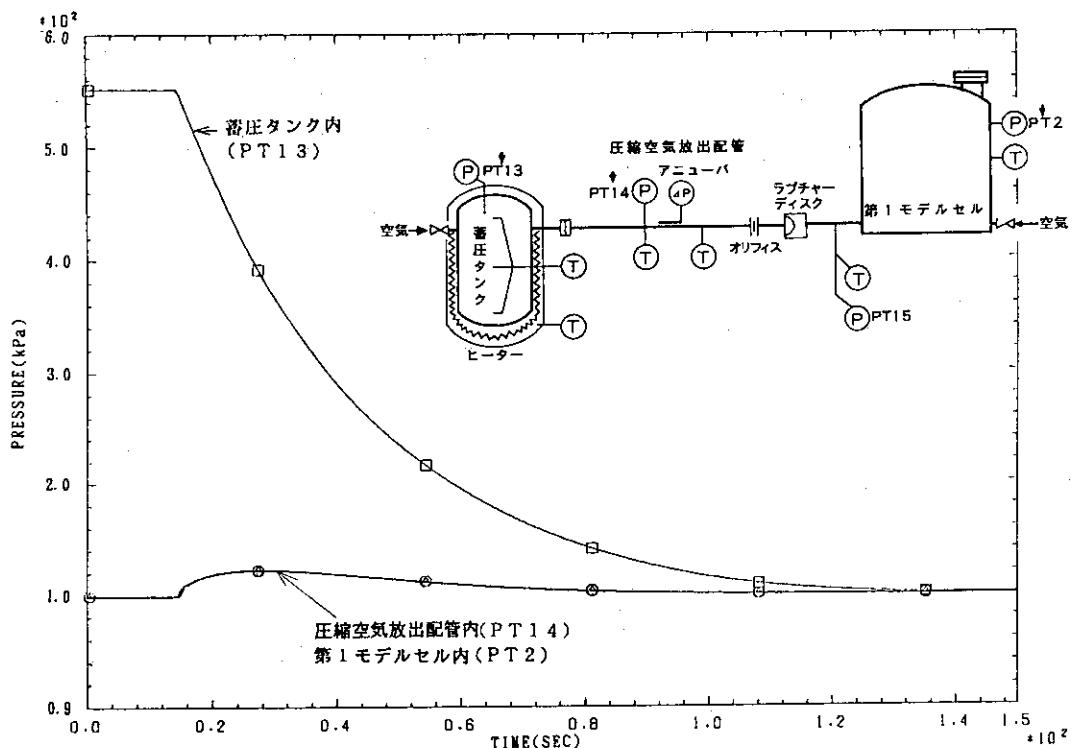


図4.1.9 蓄圧タンク内、圧縮空気放出配管内及び第1モデルセル内の圧力変化(kPa)

PRES2002 1988.02.26

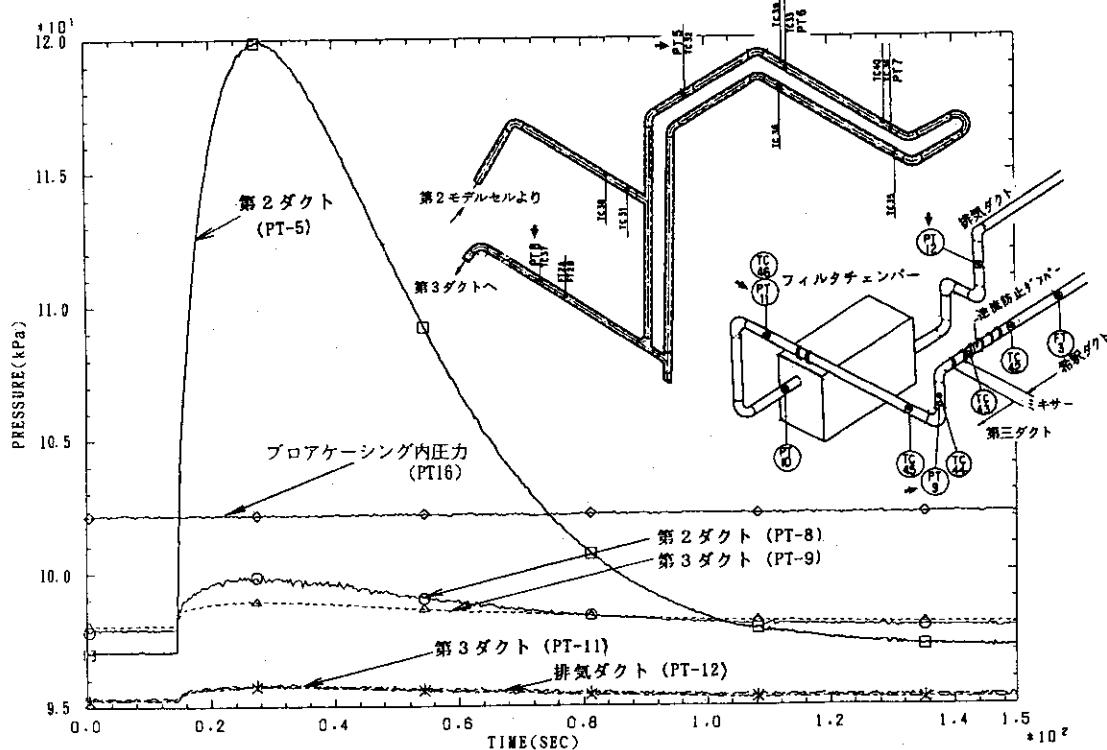


図4.1.10 第2ダクトから排気ダクトまでの圧力変化(kPa)

PRES2002 1988.02.26

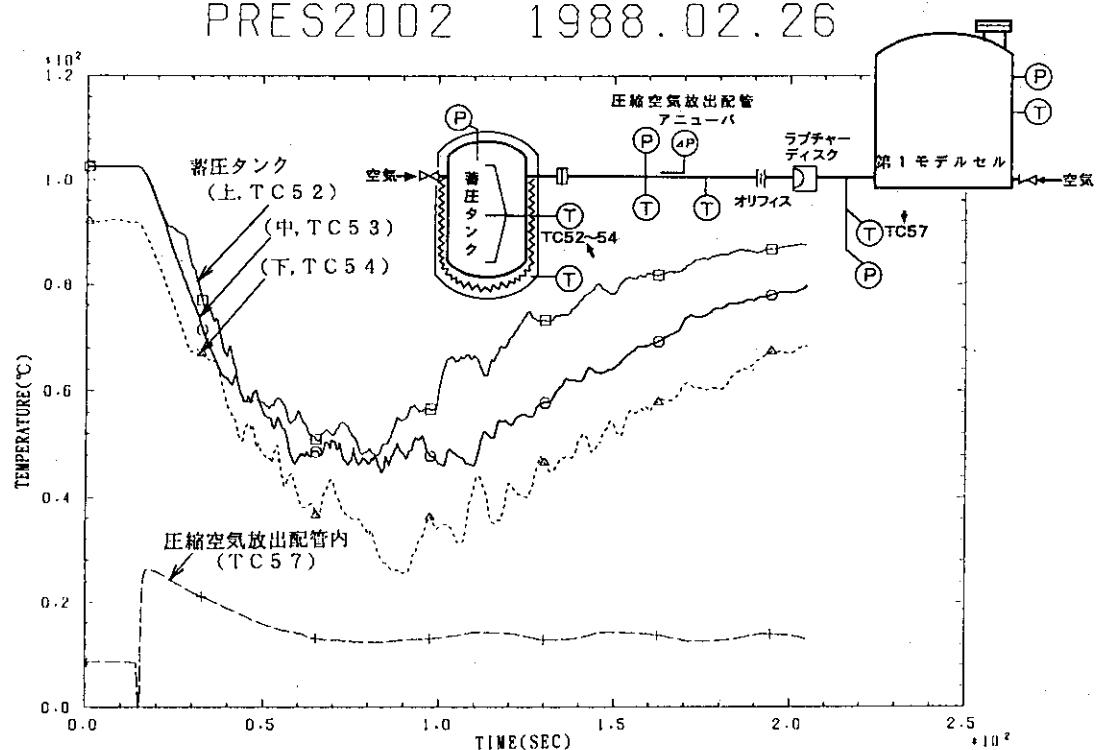


図4.1.11 蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の温度変化(℃)

PRES2002 1988.02.26

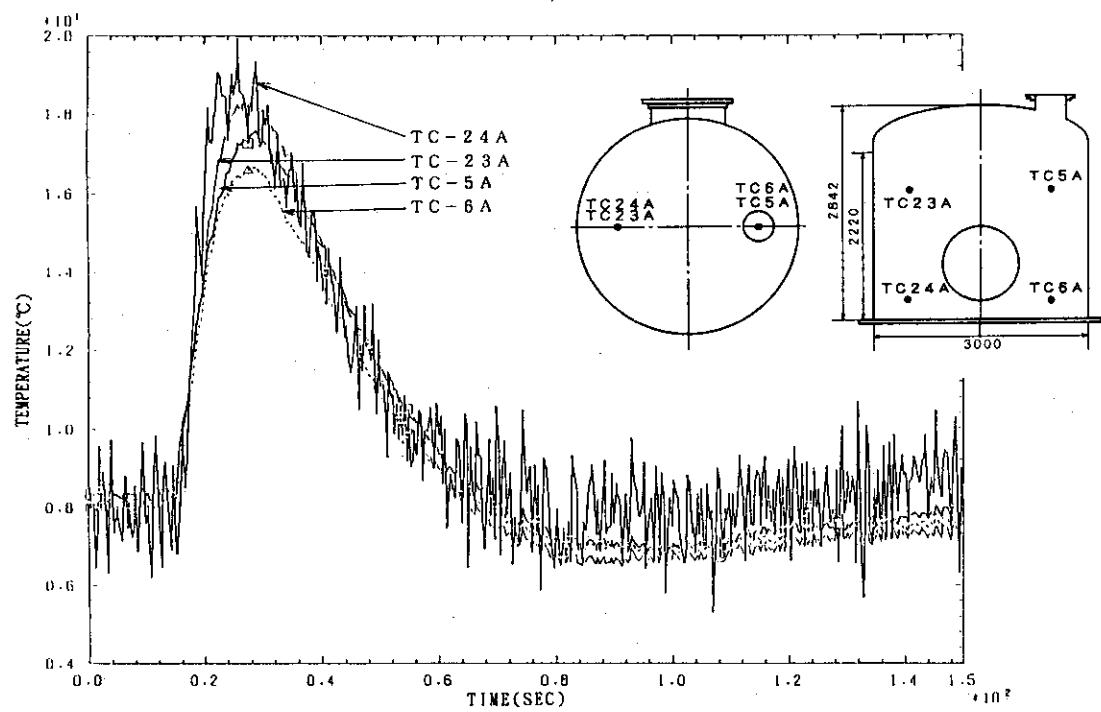


図4.1.12 第1モデルセル内の温度変化(℃)

PRES2002 1988.02.26

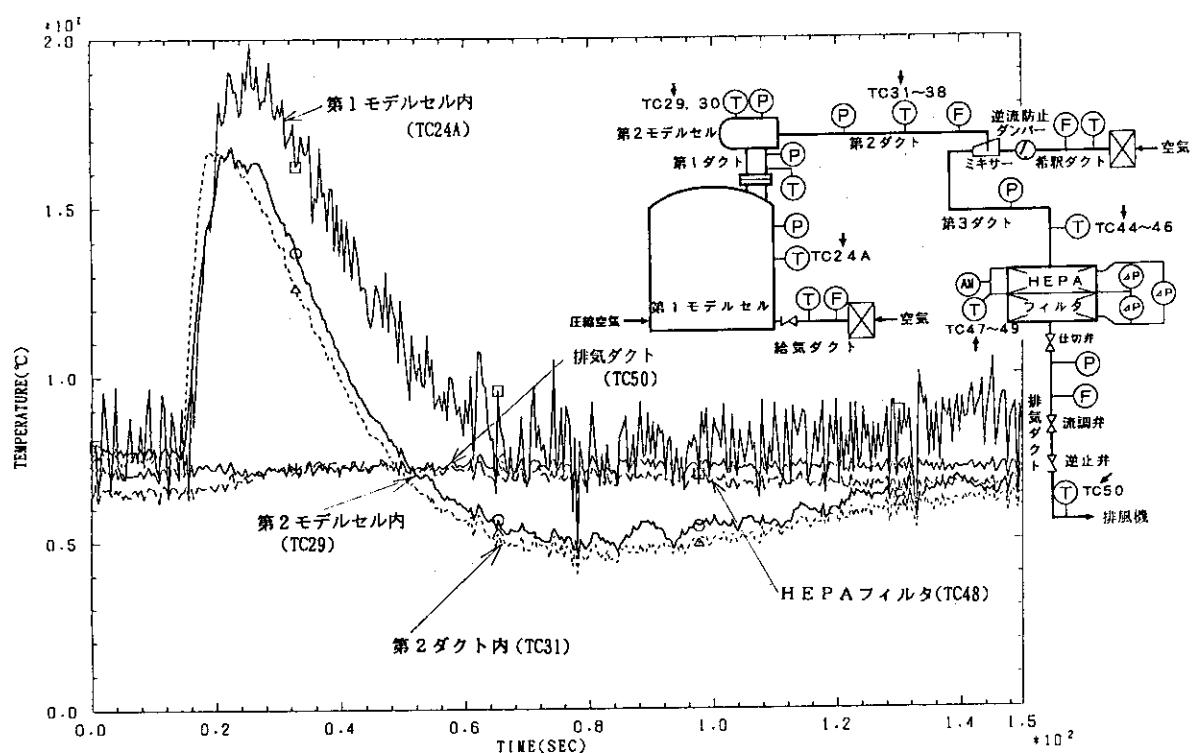
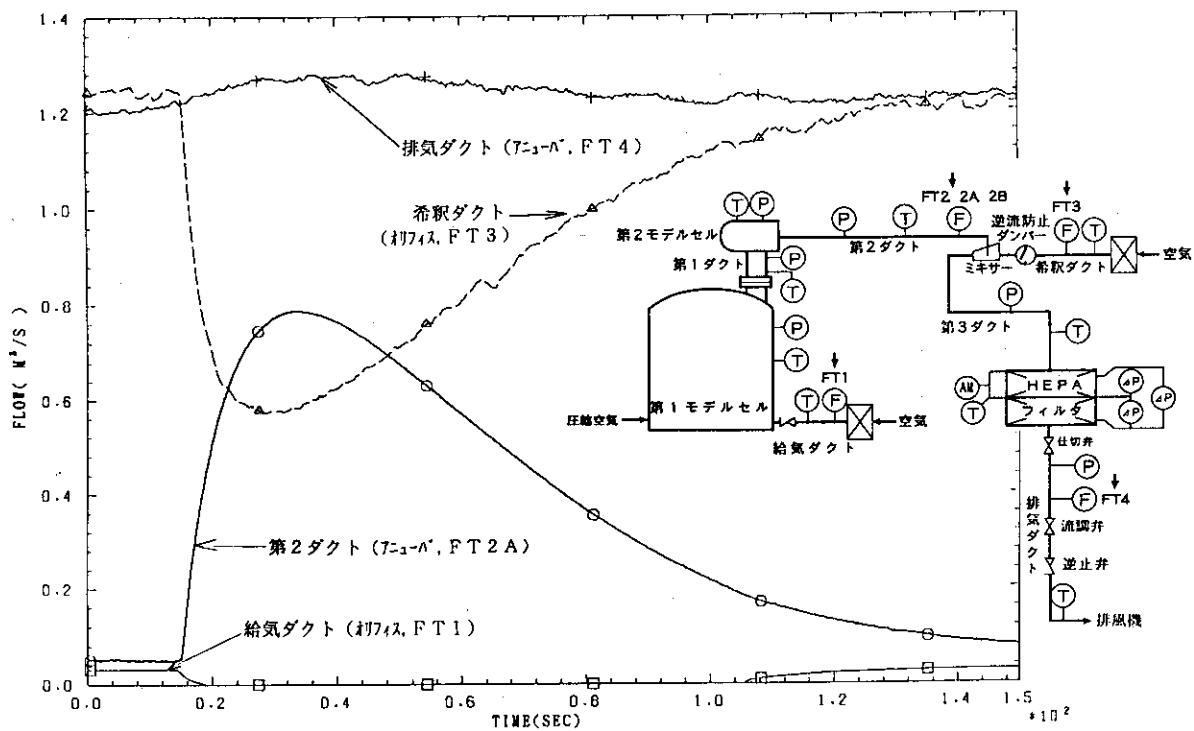


図4.1.13 第1モデルセルから排気ダクトまでの温度変化(℃)

PRES2002 1988.02.26

図4.1.14 給気ダクト内、第2ダクト内、希臘ダクト内及び排気ダクト内の流量変化( $m^3/s$ )

PRES2002 1988.02.26

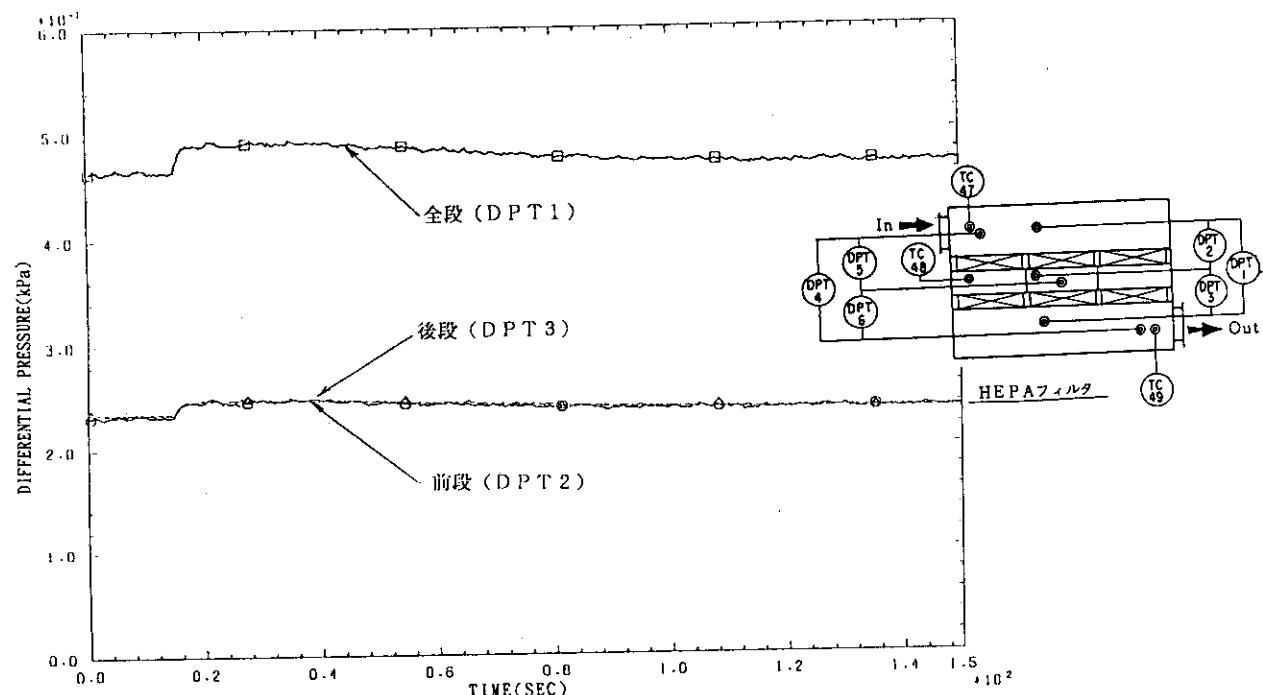


図4.1.15 HEPAフィルタの差圧変化(低応答型, kPa)

PRES2002 1988.02.26

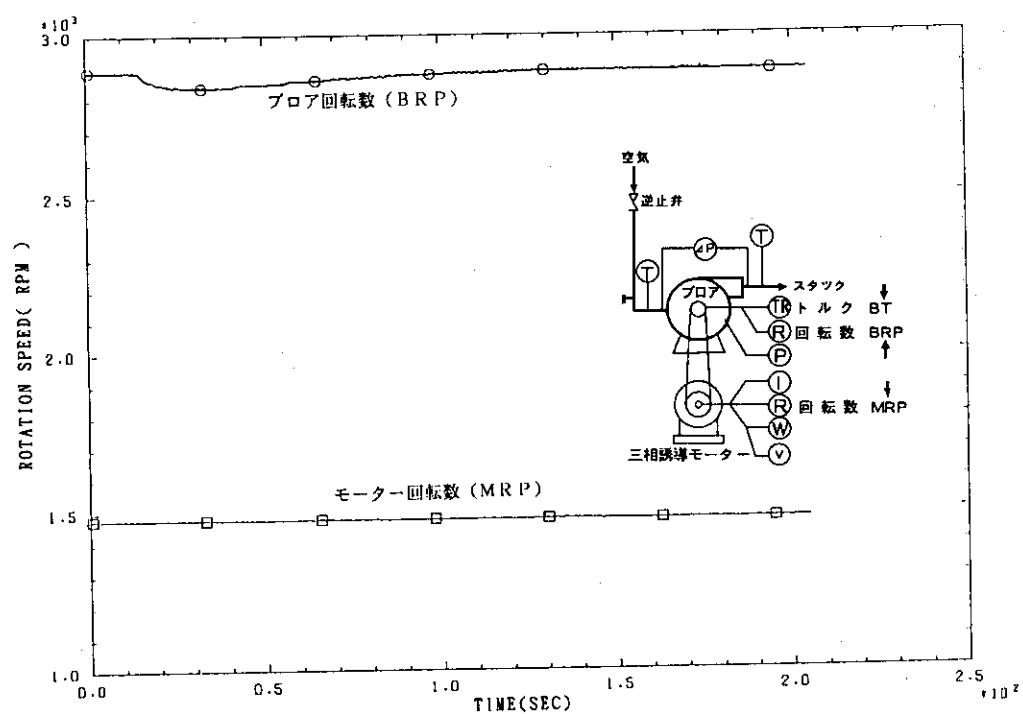


図4.1.16 プロア及びモーター回転数(rpm)の変化

#### 4. 1. 2 旧排風機と新排風機の比較試験

##### (1) 試験の目的

本試験は、蓄圧タンク内の初期圧力を454 kPa (3.6kg/cm<sup>2</sup>G), 初期温度を外気温度に設定した条件の空気を第1モデルセルに放出し、セル換気系実証試験装置内での圧力変化、温度変化、HEPAフィルタの差圧変化及び排風機の挙動等を調べた。また、新旧排風機の比較を行った。PRES3001試験は昭和63年7月20日に、PRES3003試験は平成元年1月19日に実施した。PRES3003試験は新排風機を用いた試験であり、旧排風機の試験(PRES3001試験)との比較試験である。

##### (2) 試験の条件

表4.1.2にPRES3001, PRES3003試験の試験条件を示す。表4.1.3に旧排風機と新排風機の主要な仕様を示す。

表4.1.2 旧排風機と新排風機の比較試験の試験条件

No.	項目	試験条件
1	蓄圧タンク内初期圧力	454 kPa (3.6kg/cm <sup>2</sup> G)
2	蓄圧タンク内初期空気温度	外気温度
3	圧縮空気放出配管制限ガリフィス	無
4	換 気 回 数	6回/h (第1モデルセル給気流量112m <sup>3</sup> /h)
5	希釈流 量	4268m <sup>3</sup> /h
6	排 気 流 量	4380m <sup>3</sup> /h
7	第2ダクト管路長	10m
8	第2ダクトオリフィス	有
9	第1モデルセル内初期圧力	-0.5~-1.0 kPa (-50~-100mmH <sub>2</sub> O)
10	HEPAフィルタ台数	6台(ハーフサイズ)/段×2段 計12台

表4.1.3 排風機の主要な仕様比較

項目	旧排風機	新排風機
形 式	遠心式ターボ	遠心式ターボ
定格静圧(mmH <sub>2</sub> O)	600	600
定格風量(m <sup>3</sup> /min)	100	97
定格回転数(rpm)	3350	2970

### (3) PRES 3001 試験の結果

#### (3.1) 圧力変化

図4.1.17に蓄圧タンク内(PT13), 圧縮空気放出配管内(アニューバ前, PT14), 第1モデルセル入口(PT15)及び第1モデルセル内(PT2)の圧力変化を示す。圧力は, ラプチャーディスク破壊とともに急速に減少し, 約60秒後に大気圧となる。PT13とPT14は常に連続した空間であるので, 当然それらの圧力履歴は誤差範囲内でほとんど一致している。PT15のカーブに一時的な鋭い減少がみられる。

図4.1.18に第2ダクト内(PT5, PT8), 第3ダクト内(PT9, PT11), 及び排気ダクト内(PT12)の圧力変化を示す。第1モデルセルからの行程に応じてピーク値が減少している。

#### (3.2) 温度変化

図4.1.19に蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の温度変化を示す。蓄圧タンク内温度(TC52, 53, 54)及び圧縮空気放出配管内温度(アニューバ式流量計FT5の前後の温度)TC55, 56は, 放出による圧力減少とともに断熱膨張によって急激に低下し, 0°C以下になっている。TC57は第1モデルセル入口温度であり, TC55, 56より穏やかな変化を示している。これは, 第1モデルセルへの吹き込みによって, 第1モデルセル内でガスの断熱圧縮が生じて断熱膨張による温度低下をほとんど相殺していることによる。

図4.1.20に第1モデルセル内の温度変化を示す。3箇所とも吹き込みによる断熱圧縮によってほぼ同様な値に上昇し, その後下降している。

図4.1.21に第1モデルセル(TC20A)から, 第2ダクト(TC31), 第3ダクト(TC44), フィルタチャンバー(TC47, 49)及び排気ダクト(TC50)の温度変化を示す。TC31がTC20Aよりピーク値が高いのは, 口径のより小さい第2ダクトに流入してさらに断熱圧縮されたためと思われる。

#### (3.3) 流量変化

図4.1.22に放出された圧縮空気流入の流量(FT5:アニューバ)の変化を示す。約2~18秒の間, ピークの上部がえぐられている形となっているのは, この期間流量計のアニューバ差圧計がスケールオーバーして値が上限に張り付いたためである。

図4.1.23に第2ダクトの流量(FT2:オリフィス, FT2A:アニューバ), 希釈ダクト流量(FT3:オリフィス)及び排気ダクト流量(FT4:アニューバ)の変化を示す。FT2及びFT2Aのデータは, 流入した圧縮空気の量がセンサーのフルスケールを上回ったので, ピーク値は記録されていない。また, 希釈ダクトの流れは圧縮空気流入の間逆流防止ダンパーの作動により, 一時的に停止している。

#### (3.4) HEPAフィルタの差圧変化

図4.1.24に低応答特性のセンサーによるHEPAフィルタの差圧変化を示す。前段(DPT2)は計測を失敗した。後段(DPT3)の値は全段(DPT1)の値のほぼ半分である。

図4.1.25に高応答特性のセンサーによるHEPAフィルタの差圧変化を示す。DPT1~DPT3とほぼ等しい値を示している。

#### (3.5) 排風機の挙動

図4.1.26に排風機出入口間の差圧(DPT7)及びプロアケーシング内圧力(PT16)の変化を示す。差圧は一時的に増大するのに対し、ケーシング内圧の変化は少ない。

図4.1.27に排風機のモーター及びプロアの回転数(MRP, BRP), プロアシャフトトルク(BT)の変化を示す。プロア回転数が圧縮空気流入の間やや低下するのに対し、モーター回転数はほとんど一定である。これは、モーターが3相誘導モーターであること、およびモーターシャフトとプロアシャフトを結合するベルトにスリップが生じたことによる。BTは急速に増大し、その後漸減している。

図4.1.28にモーター電流(3相中の2相, MI1, 2), 有効(消費)電力(MW1)の変化を示す。いづれも圧縮空気吹き込みと同時に増大し、その後減少している。

#### (4) PRES3003試験の結果

##### (4.1) 圧力変化

図4.1.29に蓄圧タンク内(PT13), 圧縮空気放出配管内(アニューバ前, PT14), 第1モデルセル入口(PT15), 及び第1モデルセル内(PT2)の圧力変化を示す。圧力は、ラプチャーディスク破壊とともに急速に減少し、約60秒後に大気圧となる。PT13とPT14は常に連続した空間であるので、それらの圧力履歴は誤差範囲内でほとんど一致している。PT15のカーブに一時的な鋭い減少がみられる。

図4.1.30に第2ダクト内(PT5, PT8), 第3ダクト内(PT9, PT11), 及び排気ダクト内(PT12)の圧力変化を示す。第1モデルセルからの行程に応じてピーク値が減少している。

##### (4.2) 温度変化

図4.1.31に蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の温度変化を示す。蓄圧タンク内温度(TC52, 53, TC54)及び圧縮空気放出配管内温度(アニューバ式流量計FT5の前後の温度)TC55, 56は、放出による圧力減少とともに断熱膨張によって急激に低下し、0°C以下になっている。TC57は排風機入口温度であり、同様に0°C以下になっている。

図4.1.32に第1モデルセル内の温度変化を示す。3箇所ともほぼ同様な値に断熱圧縮によって上昇し、その後下降している。

図4.1.33に第1ダクト(TC25, 28)から、第2モデルセル(TC29), 第2ダクト(TC31, 37), 第3ダクト(TC44)及びフィルターチェンバー(TC47, 49)の温度変化を示す。TC31がTC25, TC28よりピーク値が高いのは、口径のより小さい第2ダクトに流入してさらに断熱圧縮されたためと思われる。

##### (4.3) 流量変化

図4.1.34に放出された圧縮空気流入の流量(FT5:アニューバ)の変化を示す。

図4.1.35に第2ダクトの流量(FT2:オリフィス, FT2A:アニューバ), 希釈ダクト流量(FT3:オリフィス)及び排気ダクト流量(FT4:アニューバ)の変化を示す。FT2及びFT2Aのデータは、流入した圧縮空気の量がセンサーのフルスケールを上回ったので、ピーク値は記録されていない。また、希釈ダクトの流れは圧縮空気流入の間逆流防止ダンパーの作動により、一時的に停止している。

#### (4.4) H E P A フィルタの差圧変化

図4.1.36に低応答特性のセンサーによるH E P A フィルタの差圧変化を示す。前段DPT2)と後段(DPT3)の値の合計が全段(DPT1)の値にほぼ等しい。

図4.1.37に高低応答特性のセンサーによるH E P A フィルタの差圧変化を示す。DPT1～DPT3とほぼ等しい値を示している。

#### (4.5) 排風機の挙動

図4.1.38に排風機出入り口間の差圧(DPT7)及びプロアケーシング内圧力(PT16)の変化を示す。差圧、内圧とも一時的に増大している。

図4.1.39に排風機のモーター及びプロアの回転数(MRP, BRP), プロアトルク(BT)の変化を示す。プロア回転数が圧縮空気流入の間わずかに低下するのに対し、モーター回転数はほとんど一定である。すなわち、モーターシャフトとプロアシャフトを結合するベルトのスリップはほとんど発生していない。一方、BTには大小2個のピークが現れた。

図4.1.40にモーター電流(3相中の2相, MI1, 2), 有効(消費)電力(MW1)の変化を示す。いづれも圧縮空気吹き込みと同時に増大し、その後減少しているが、30秒付近で小さなピークが見られる。この変化はプロアトルクの変化とよく対応している。

PRES3001 1988.07.20

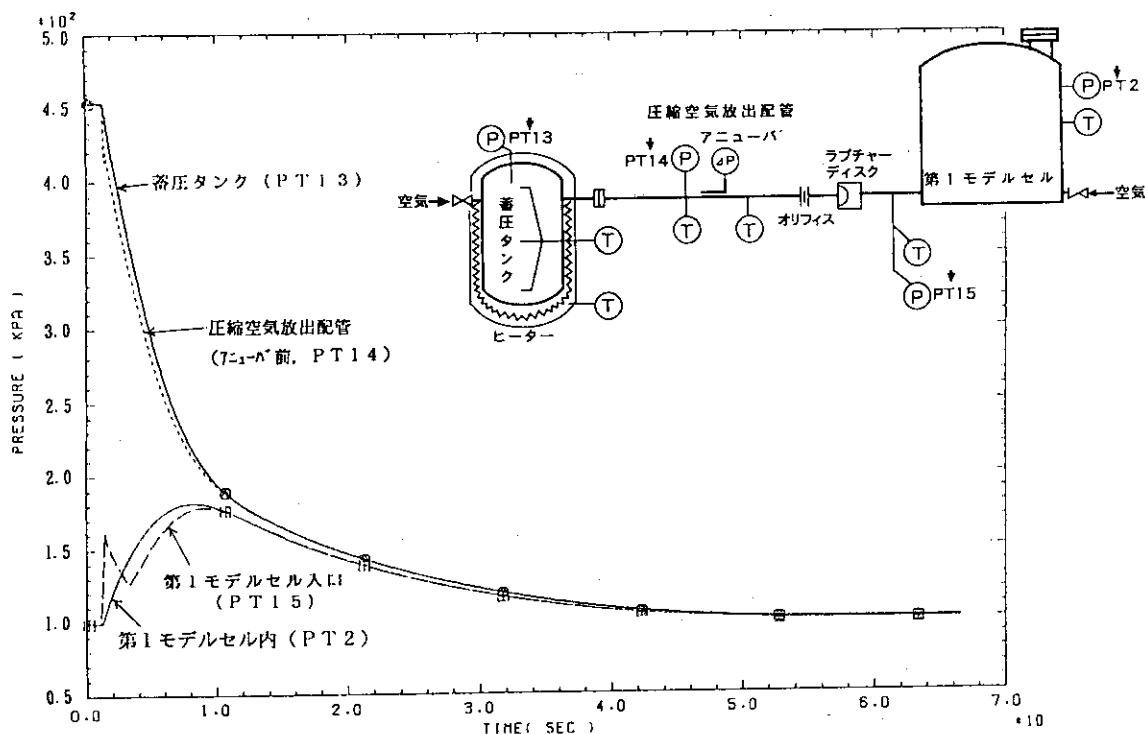


図4.1.17 蓄圧タンク内、圧縮空気放出配管内及び第1モデルセル内の圧力変化(kPa)

PRES3001 1988.07.20

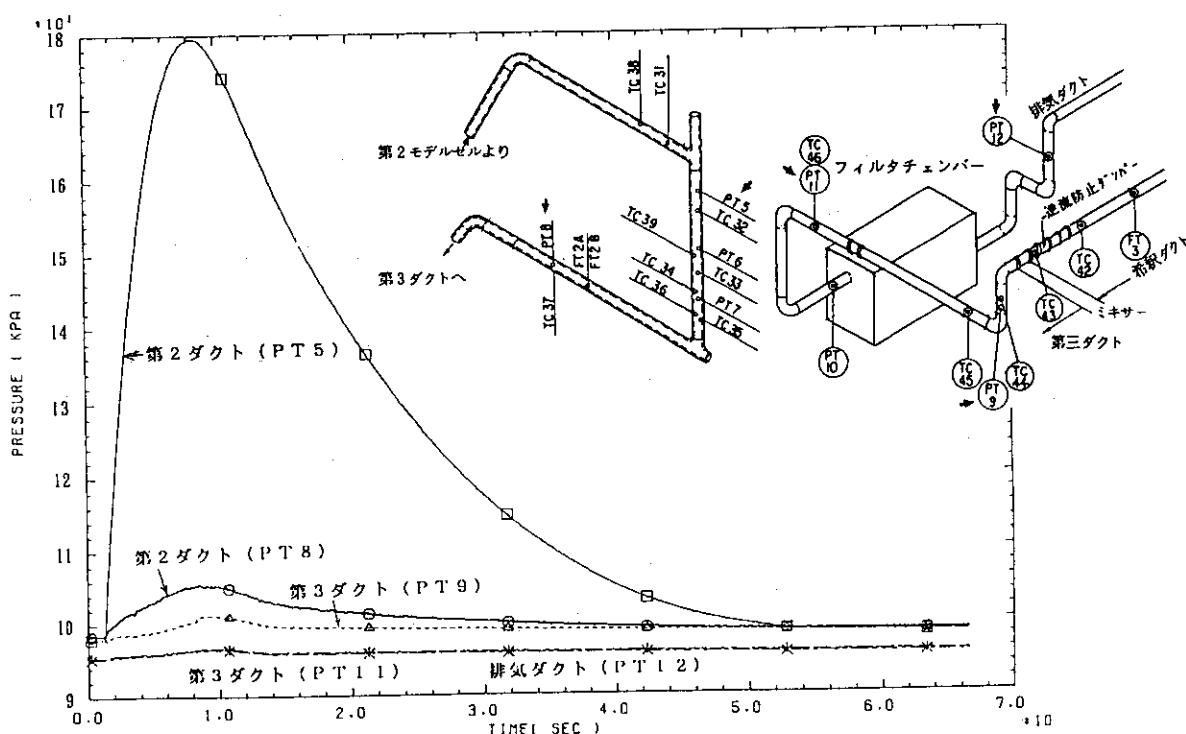


図4.1.18 第2ダクト内、第3ダクト内及び排気ダクト内の圧力変化(kPa)

PRES3001 1988.07.20

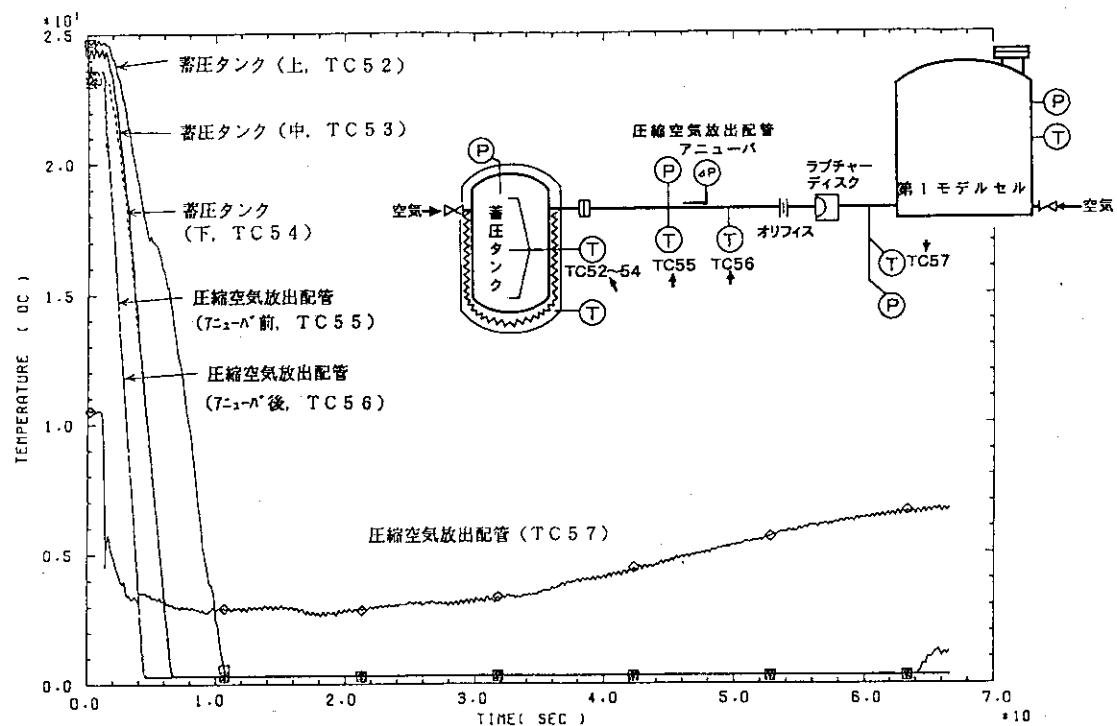


図4.1.19 蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の温度変化(℃)

PRES3001 1988.07.20

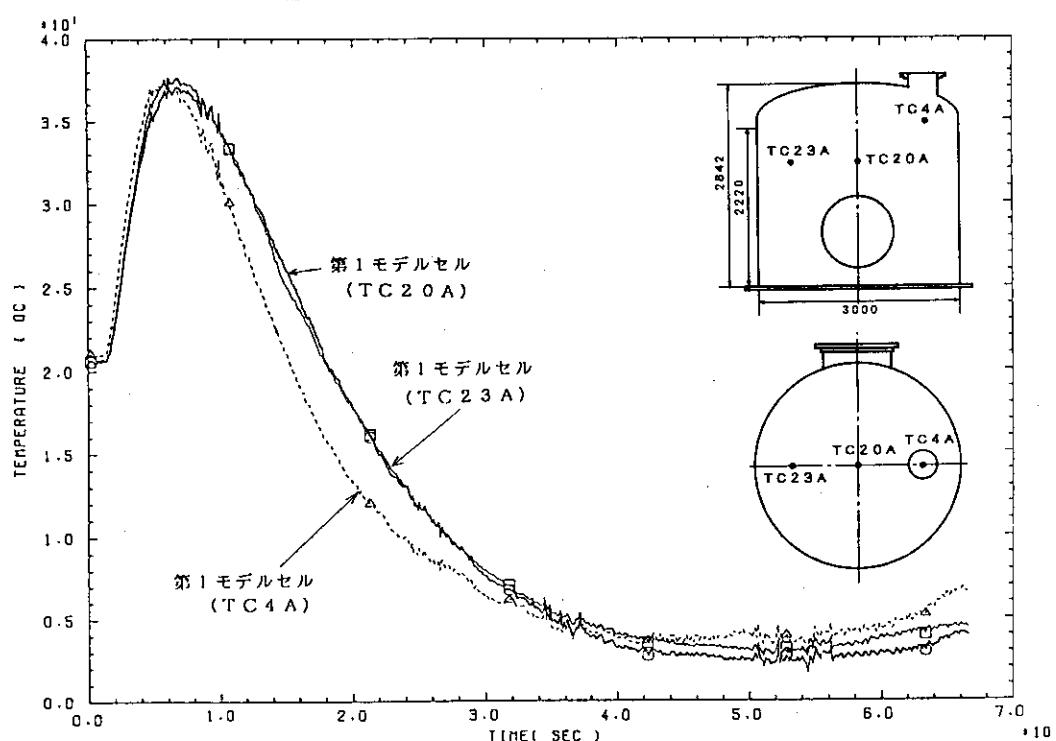


図4.1.20 第1モデルセル内の温度変化(℃)

PRES3001 1988.07.20

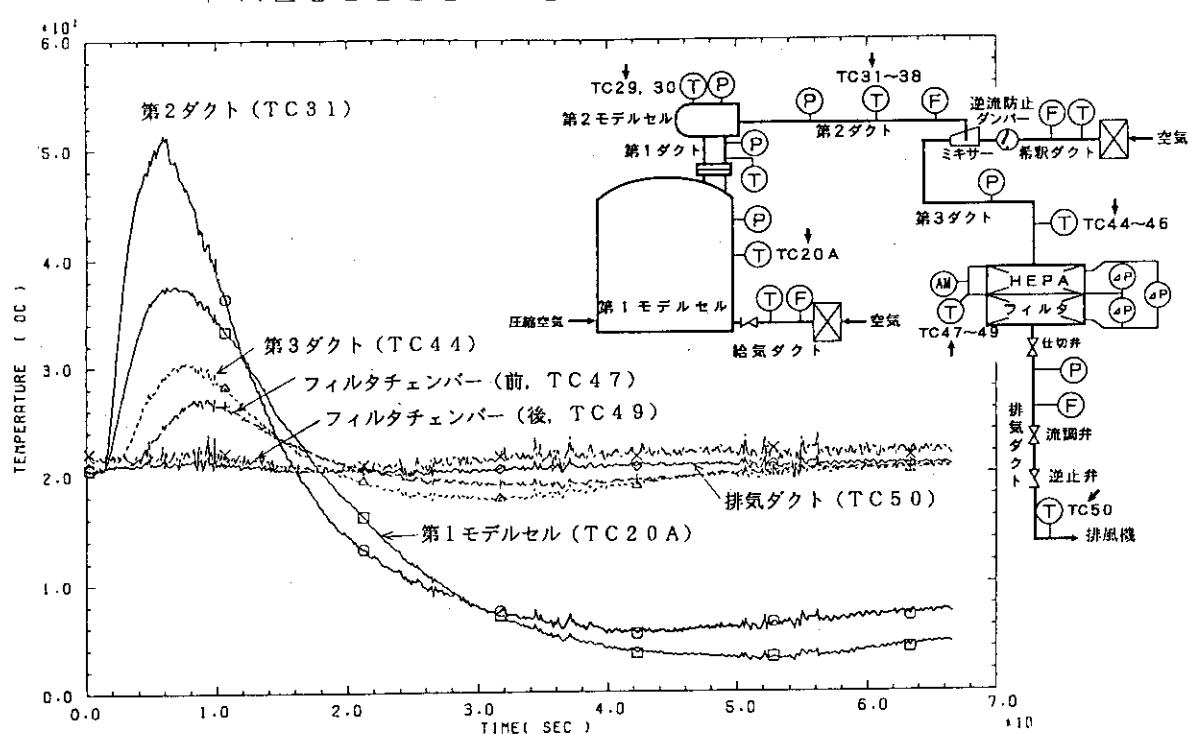


図4.1.21 第1モデルセルから排気ダクトまでの温度変化(℃)

PRES3001 1988.07.20

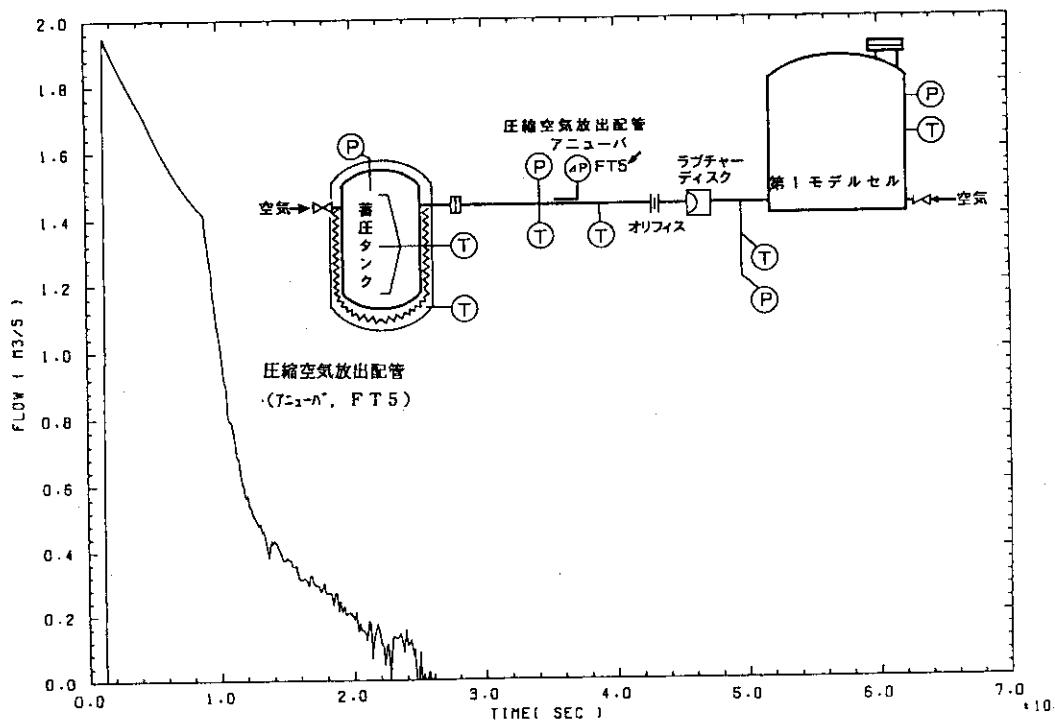
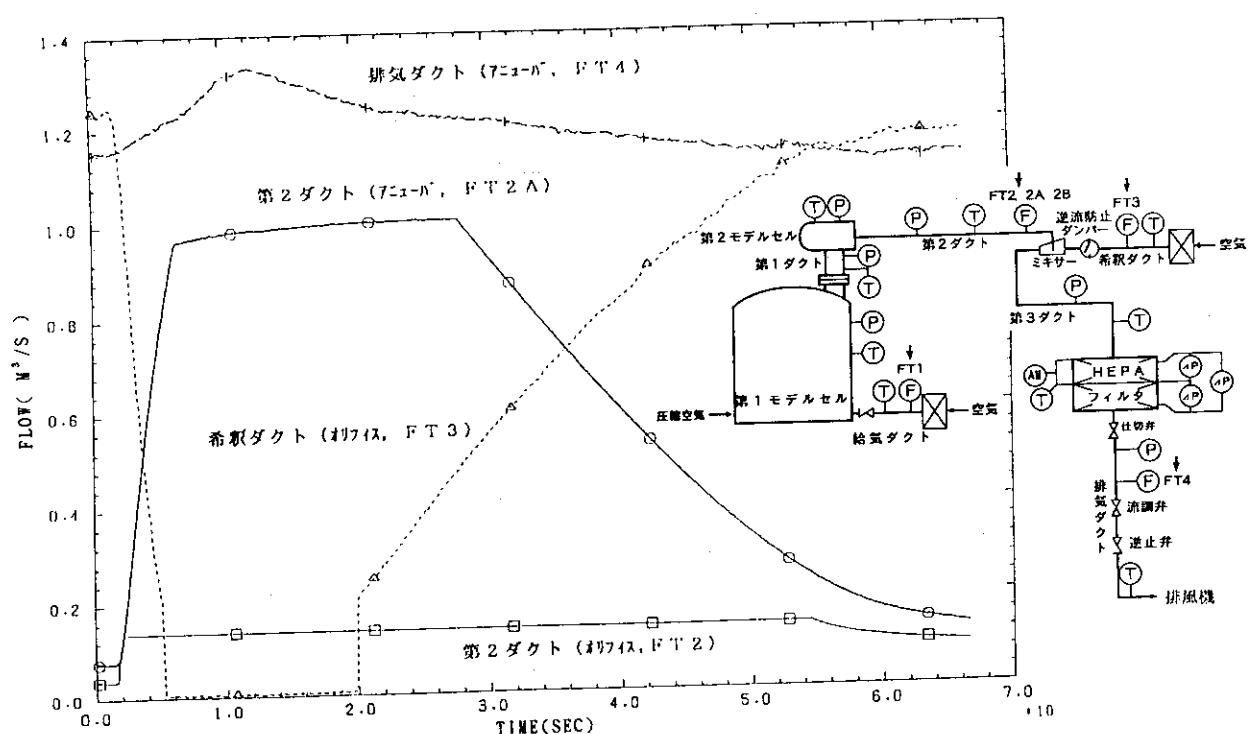


図4.1.22 圧縮空気放出配管内の流量変化(m³/s)

PRES3001 1988.07.20

図4.1.23 第2ダクト内、希釈ダクト内及び排気ダクト内の流量変化( $\text{m}^3/\text{s}$ )

PRES3001 1988.07.20

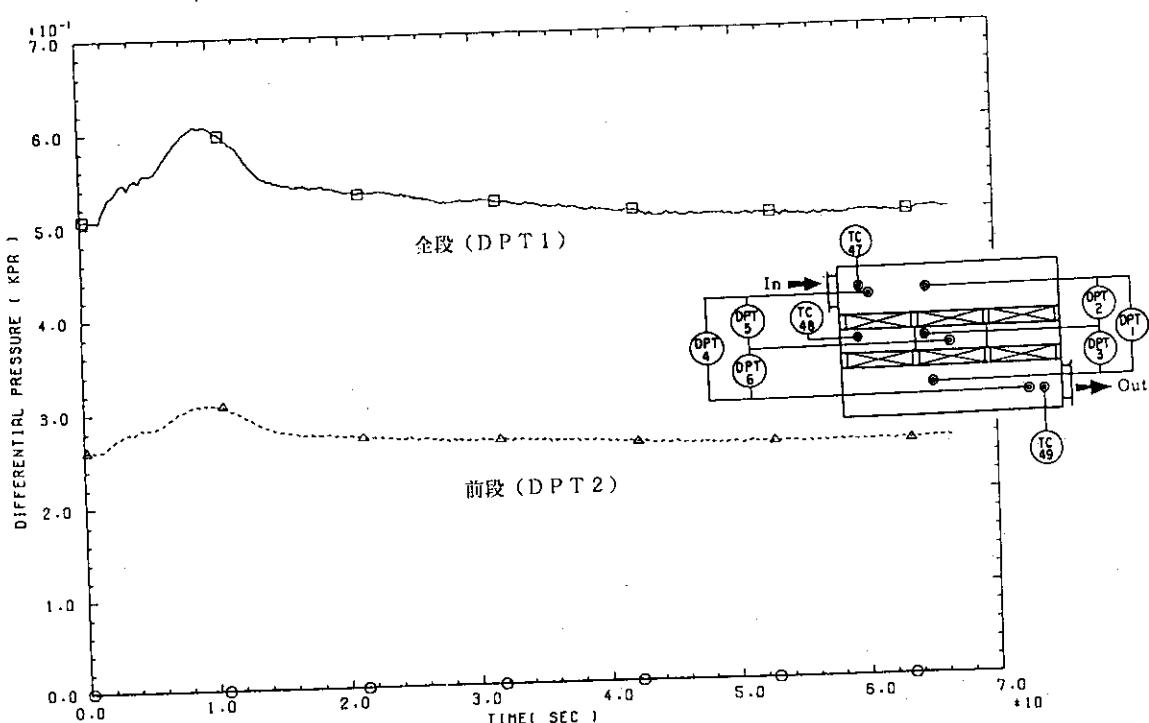


図4.1.24 H E P A フィルタの差圧変化 (低応答型, kPa)

PRES3001 1988.07.20

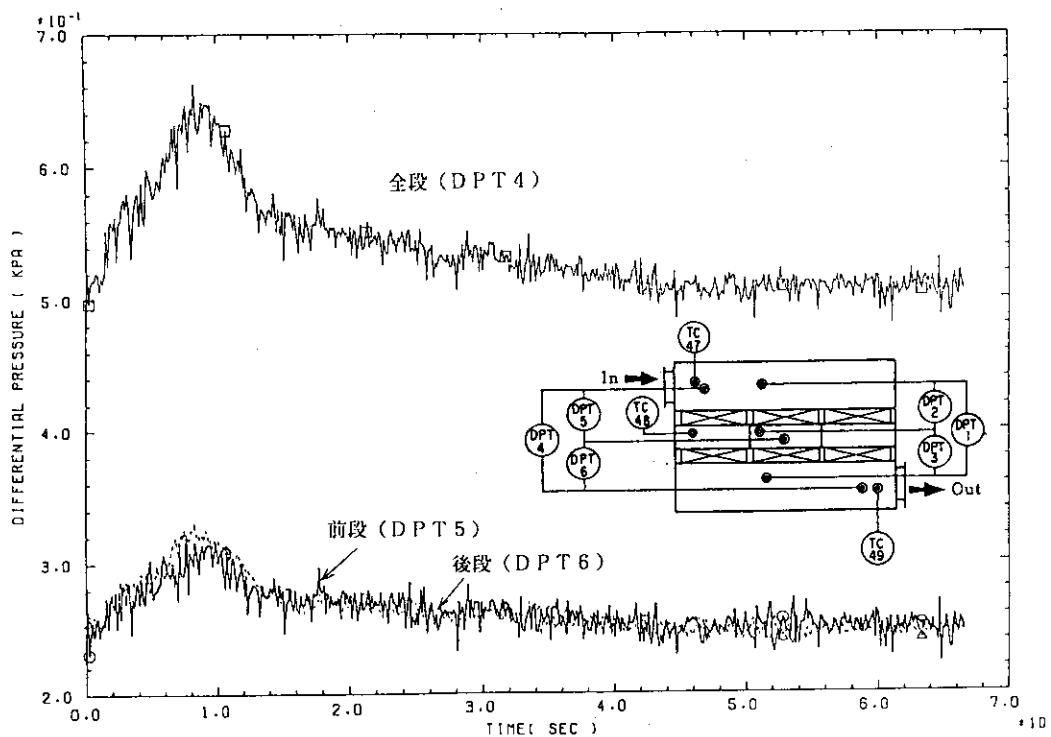


図4.1.25 HEPAフィルタの差圧変化(高応答型, kPa)

PRES3001 1988.07.20

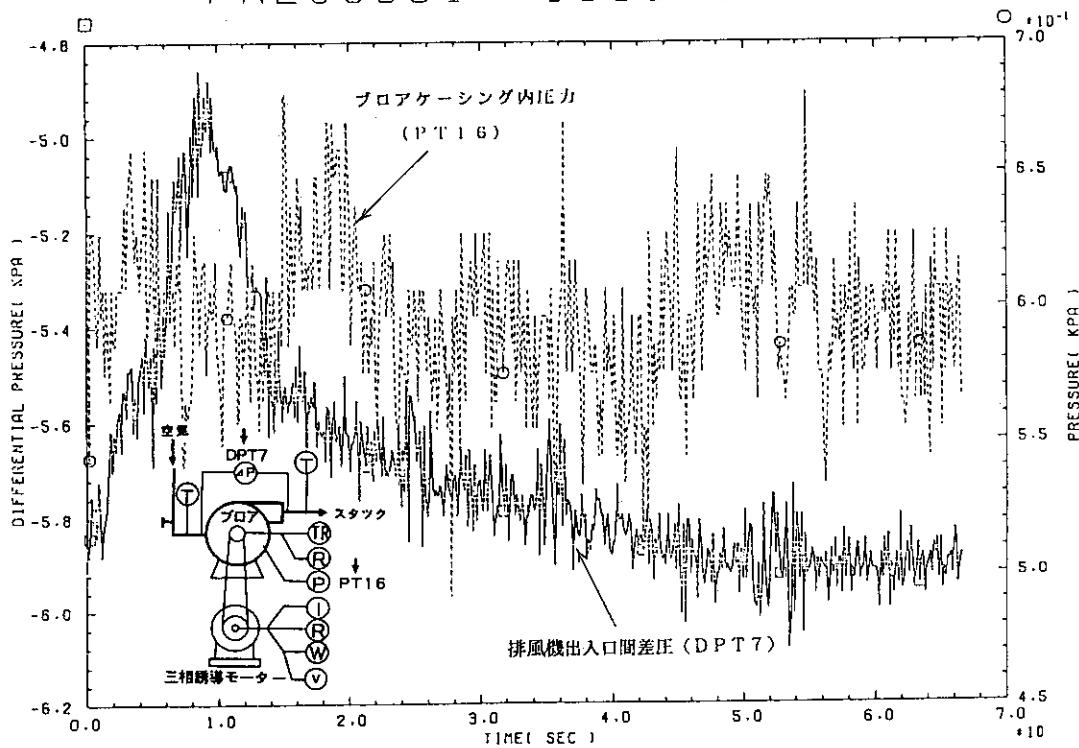


図4.1.26 排風機出入口間差圧及びプロアケーシング内圧力の変化(kPa)

PRESS001 1988.07.20

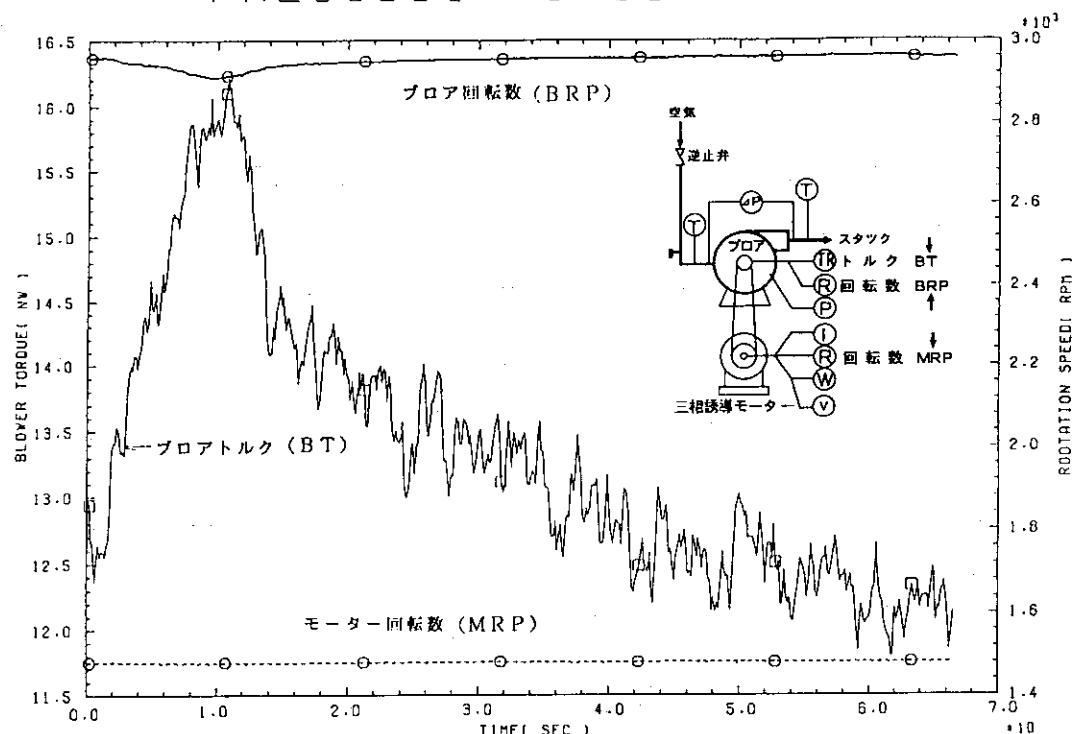


図4.1.27 プロア及びモーター回転数、及びプロアトルク(Nm)の変化

PRESS001 1988.07.20

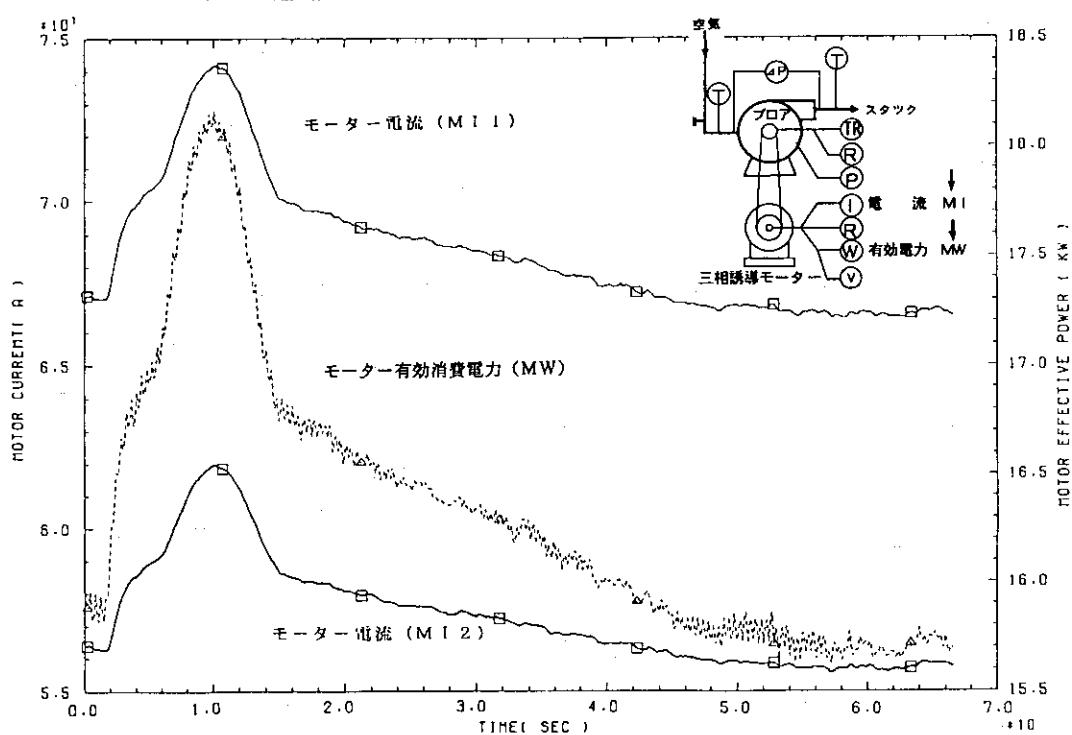


図4.1.28 モーター電流(A)及びモーター有効消費電力(kW)の変化

PRES3003 1989.01.19

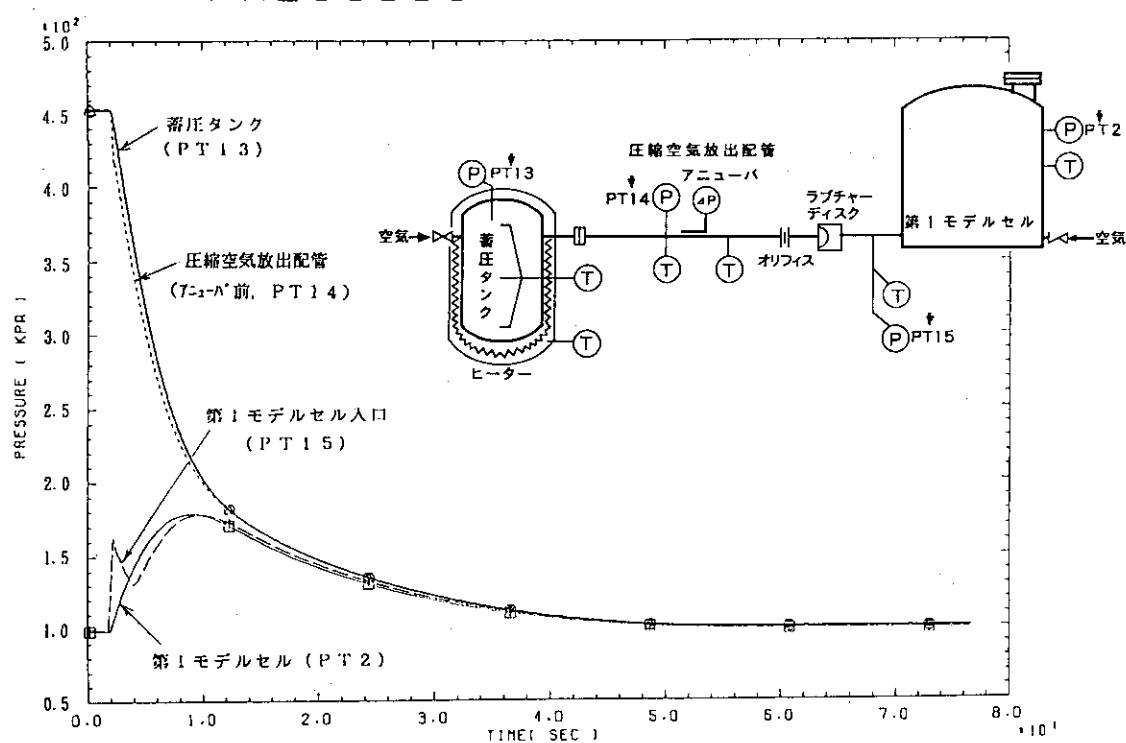


図4.1.29 蓄圧タンク内、圧縮空気放出配管内及び第1モデルセル内の圧力変化(kPa)

PRES3003 1989.01.19

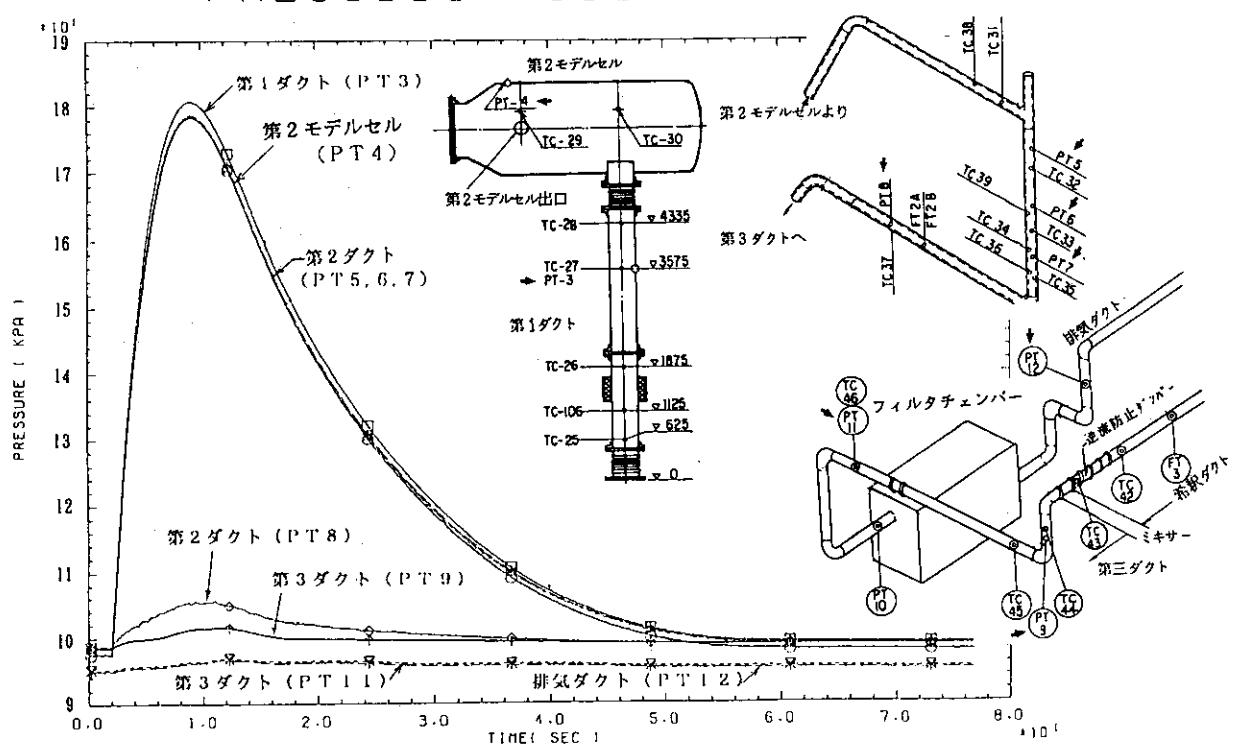


図4.1.30 第1モデルセルから排気ダクトまでの圧力変化(kPa)

PRES3003 1989.01.19

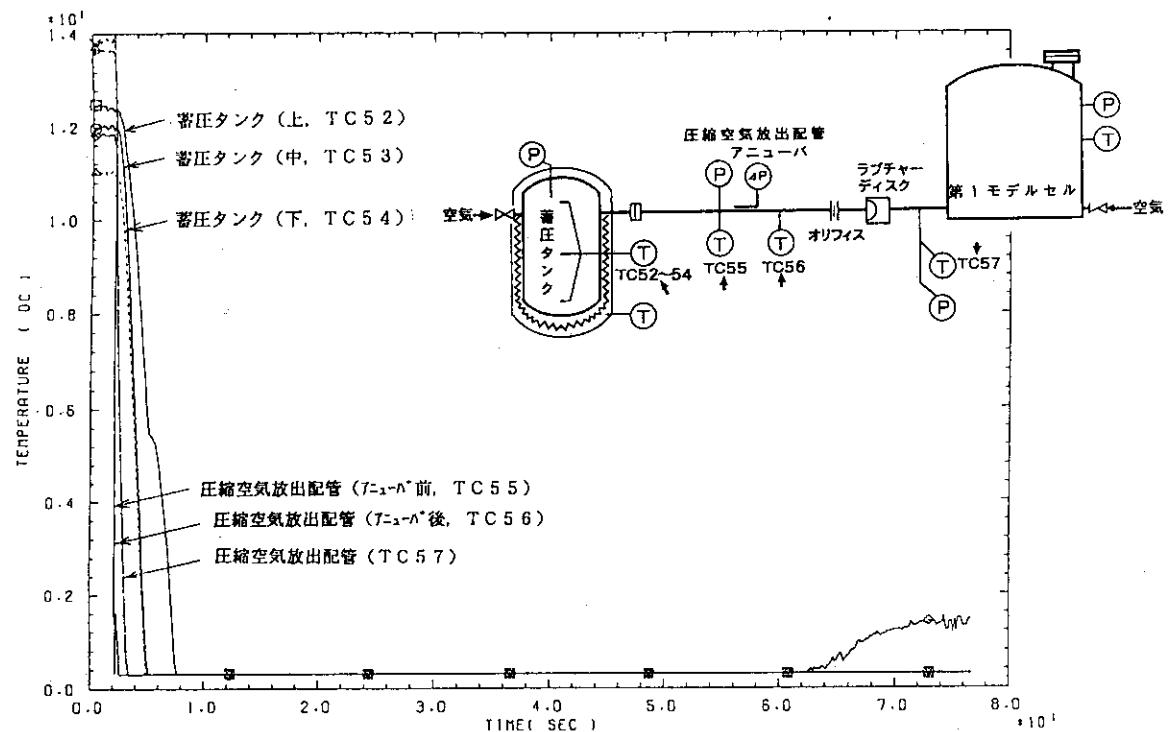


図4.1.31 蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の温度変化(°C)

PRES3003 1989.01.19

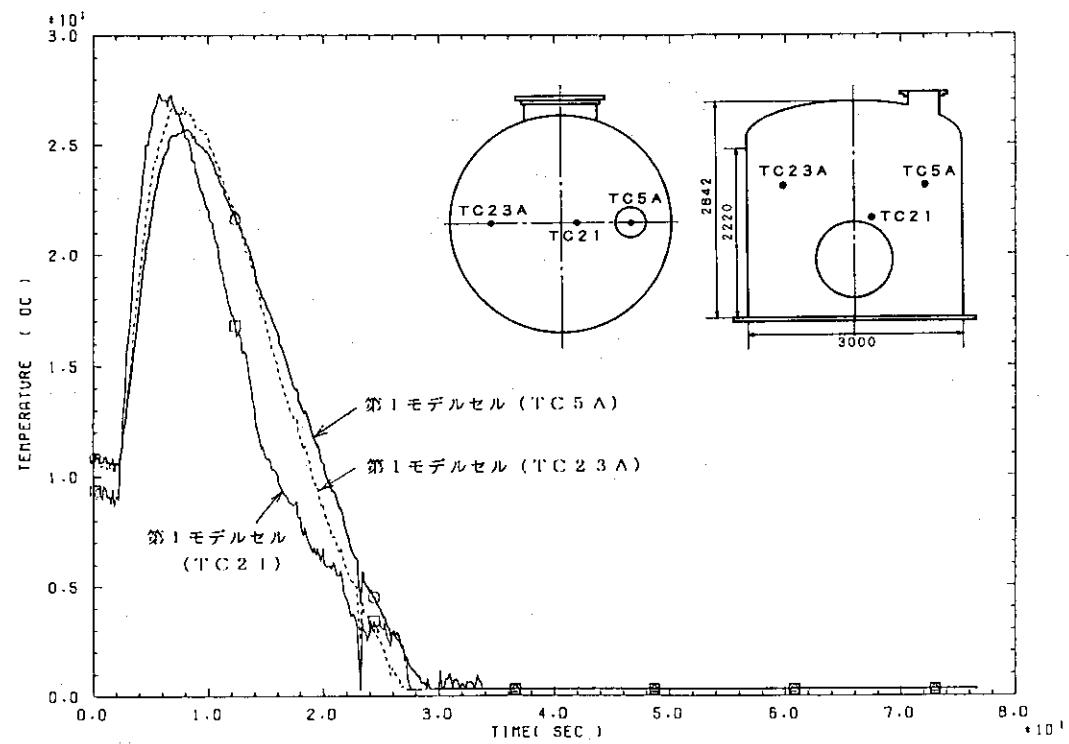


図4.1.32 第1モデルセル内の温度変化(°C)

PRES3003 1989.01.19

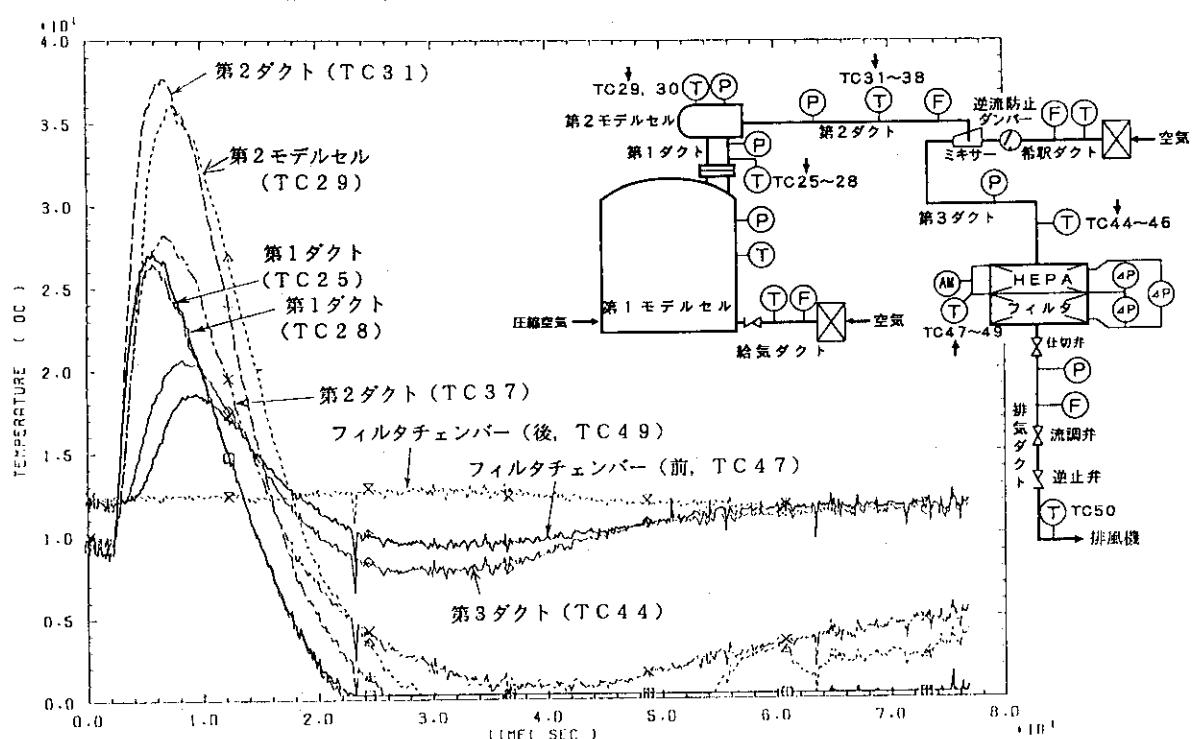


図4.1.33 第1モデルセルからフィルターチェンバーまでの温度変化(℃)

PRES3003 1989.01.19

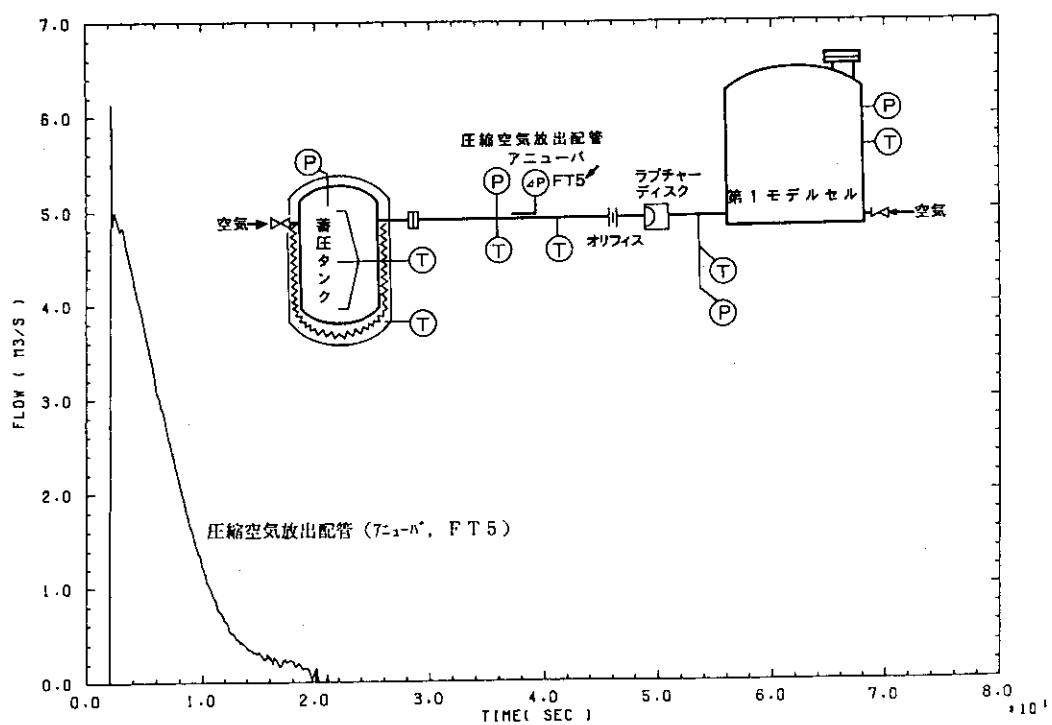
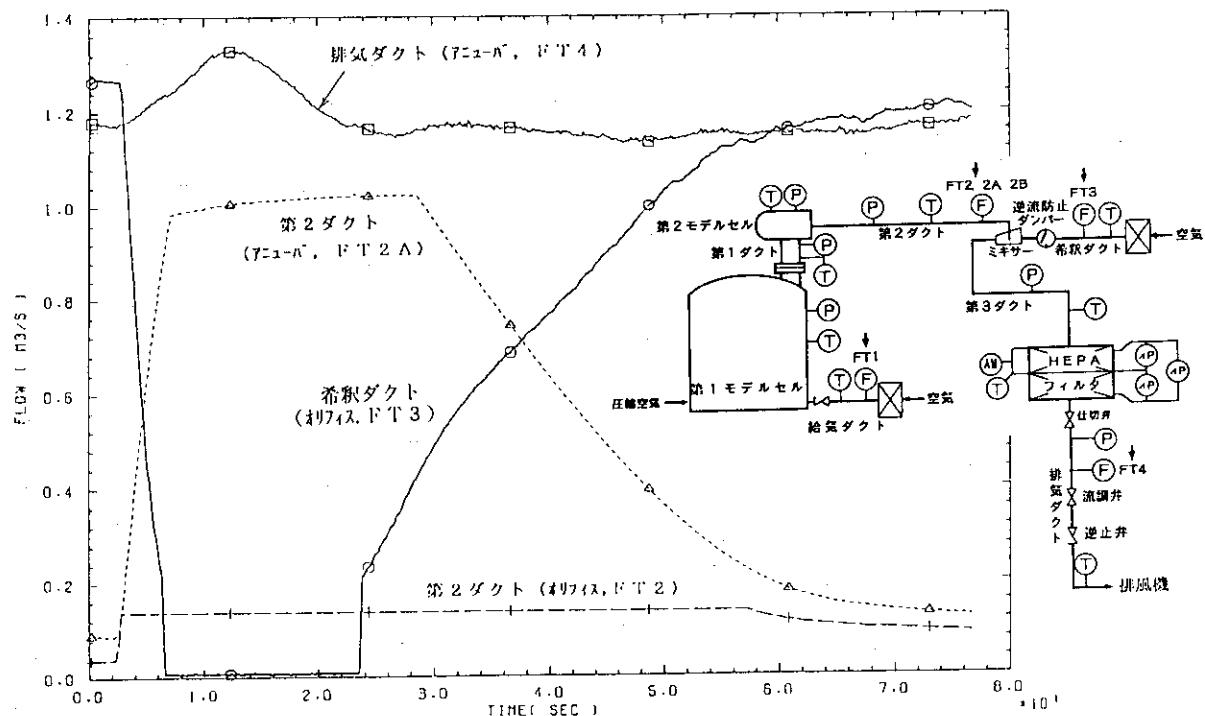


図4.1.34 圧縮空気放出配管内の流量変化(m³/s)

PRES3003 1989.01.19

図4.1.35 第2ダクト内、希釈ダクト内及び排気ダクト内の流量変化( $m^3/s$ )

PRES3003 1989.01.19

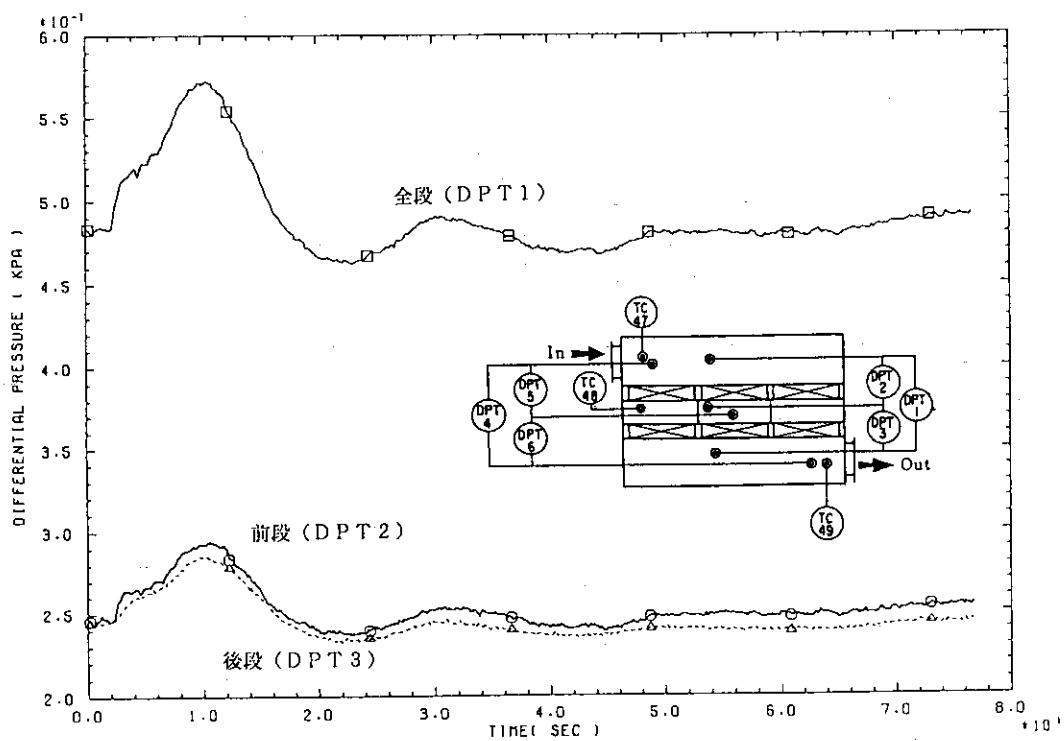


図4.1.36 HEPAフィルタの差圧変化(低応答型, kPa)

PRES3003 1989.01.19

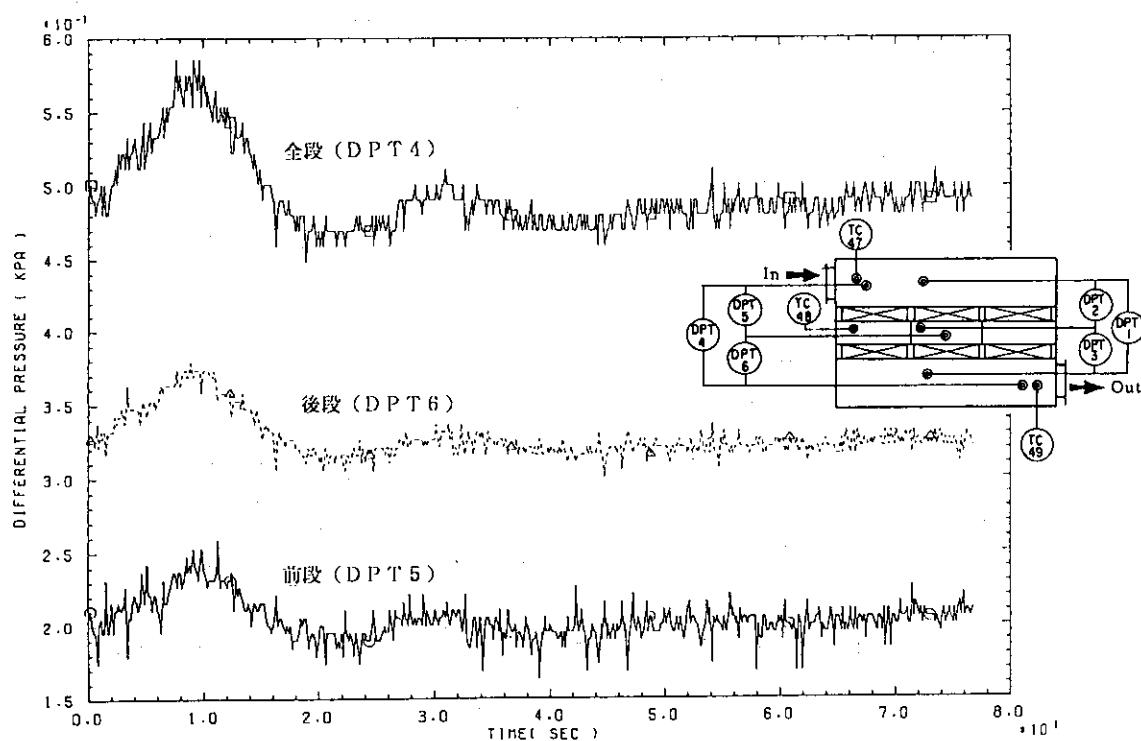


図4.1.37 H E P A フィルタの差圧変化(高応答型, kPa)

PRES3003 1989.01.19

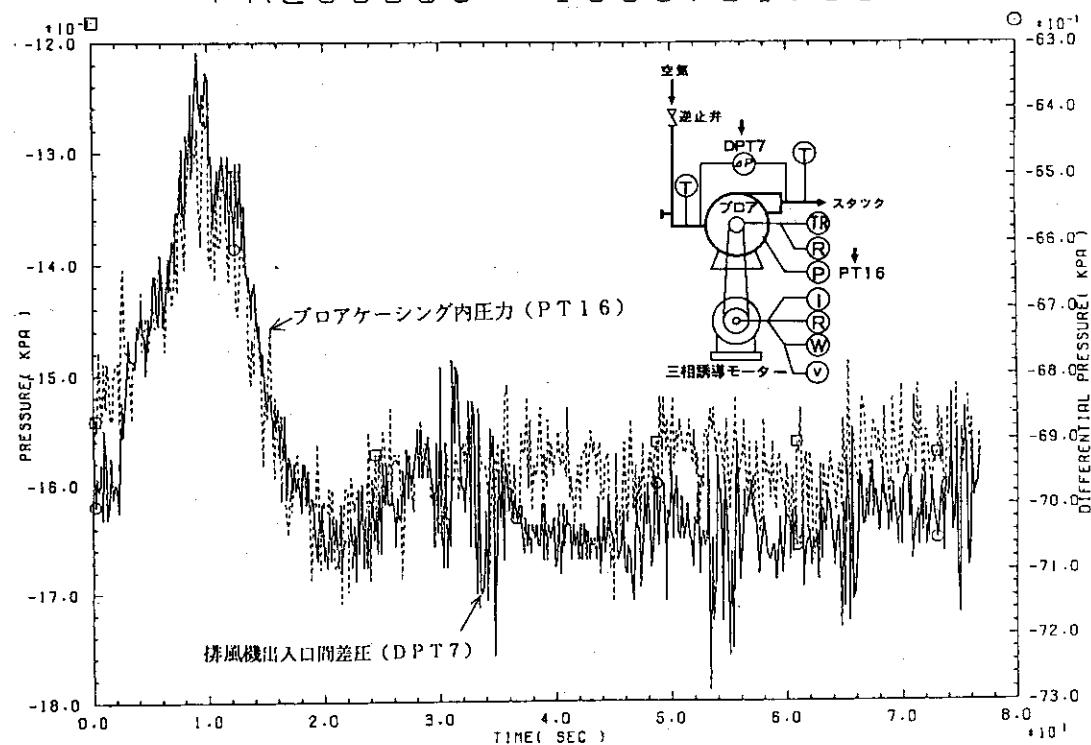


図4.1.38 排風機出入口間差圧及びプロアケーシング内圧力の変化(kPa)

PRESS003 1989.01.19

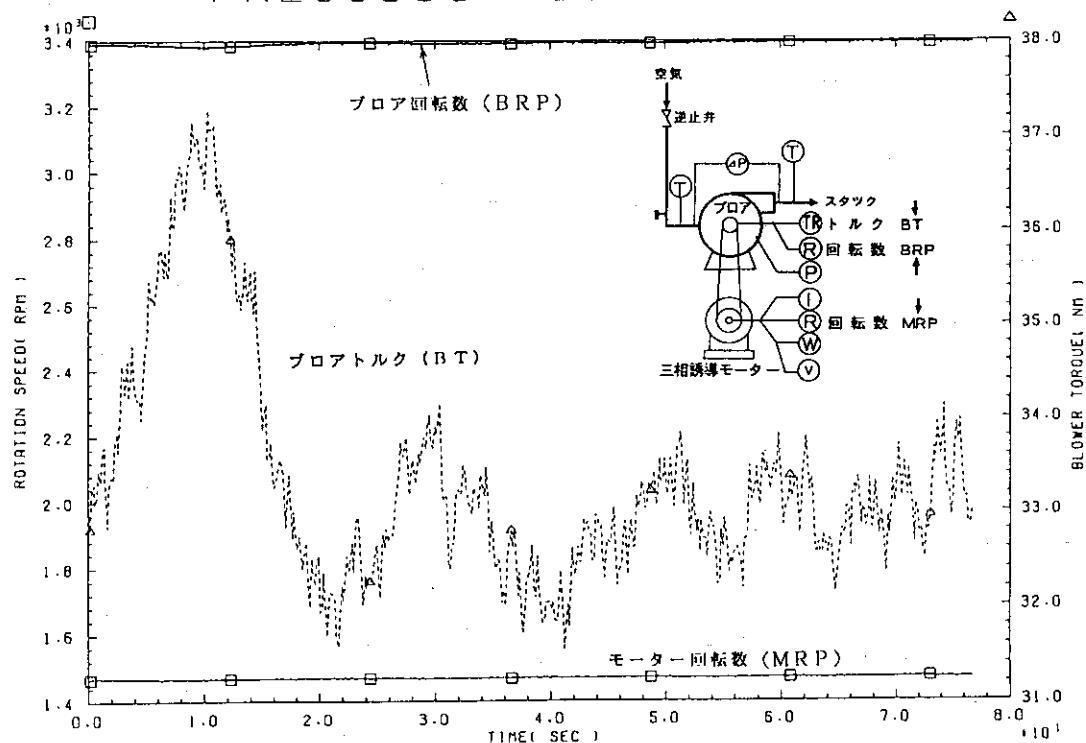


図4.1.39 ブロア及びモーター回転数、及びブロアトルク(Nm)の変化

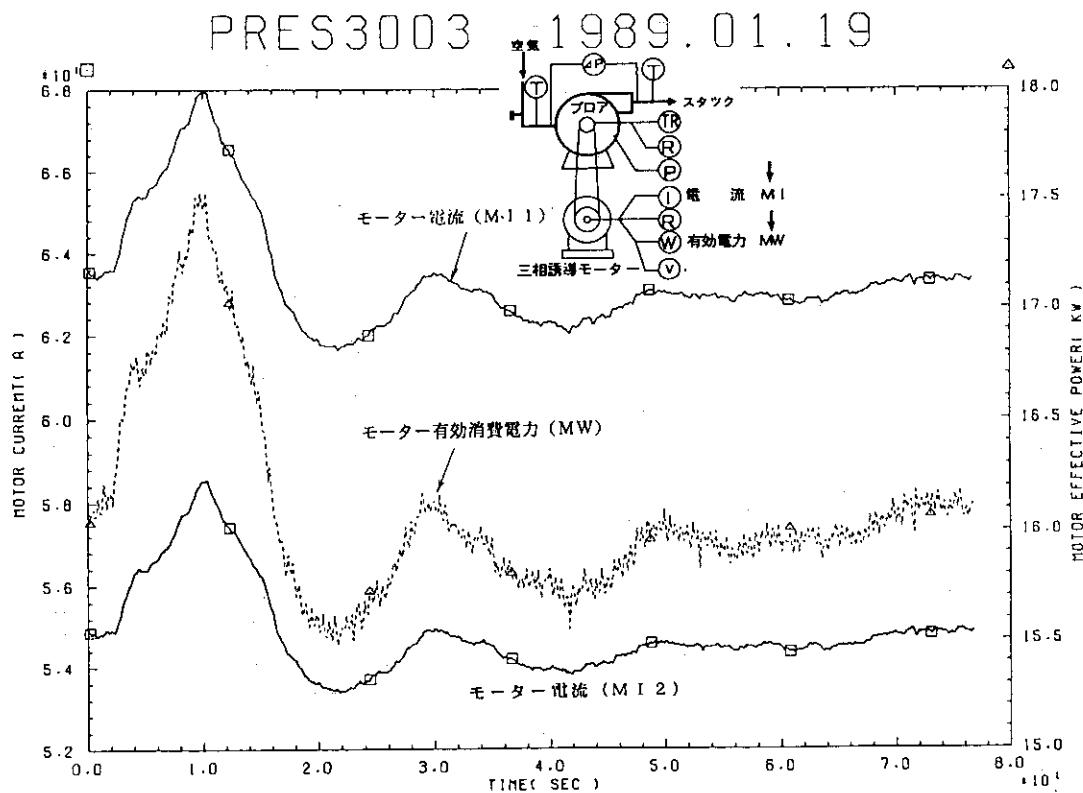


図4.1.40 モーター電流(A)及びモーター有効消費電力(kW)の変化

#### 4. 1. 3 大風量流入試験

##### (1) 試験の目的

本試験は、蓄圧タンク内の初期圧力をび 5 6 2 kPa (4.6kg/cm<sup>2</sup>G)、初期温度を外気温度に設定した条件の空気を第1モデルセルに放出し、セル換気系実証試験装置内での圧力変化、温度変化、HEPAフィルタの差圧変化及び排風機の挙動等を調べた。PRES3002試験は昭和63年7月22日に、PRES30A2試験は63年8月4日に、PRES4001試験は平成元年5月25日に実施した。PRES4001試験は新排風機を用いた試験であり、旧排風機の試験(PRES3002, PRES30A2試験)との比較試験である。

##### (2) 試験の条件

表4.1.4にPRES3002, PRES30A2, PRES4001試験の試験条件を示す。表4.1.3に旧排風機と新排風機の主要な仕様を示す。

表4.1.4 大風量流入試験の試験条件

No.	項目	試験条件
1	蓄圧タンク内初期圧力	562kPa (4.7kg/cm <sup>2</sup> G)
2	蓄圧タンク内初期空気温度	外気温度
3	圧縮空気放出配管制限オリフィス	無
4	換 気 回 数	6回/h (第1モデルセル給気流量112m <sup>3</sup> /h)
5	希 釈 流 量	4268m <sup>3</sup> /h
6	排 気 流 量	4380m <sup>3</sup> /h
7	第2ダクト管路長	10m
8	第2ダクトオリフィス	有
9	第1モデルセル内初期圧力	-0.5~-1.0kPa (-50~-100mmH <sub>2</sub> O)
10	HEPAフィルタ台数	6台(ハーフサイズ)/段×2段 計12台

##### (3) PRES3002試験の結果

###### (3.1) 圧力変化

図4.1.41に蓄圧タンク内(PT13), 圧縮空気放出配管内(アニューバ前, PT14), 第1モデルセル入口(PT15)及び第1モデルセル内(PT2)の圧力変化を示す。圧力は、ラプチャーディスク破壊とともに急速に減少し、約60秒後に大気圧となる。PT15のカープに一時的な鋭い減少がみられる。またPT2とPT15では、スケールオーバーのためピーク上部が一部分欠けている。

図4.1.42に第2ダクト内(PT5, PT8), 第3ダクト内(PT9, PT11)及び

排気ダクト内 (P T 1 2) の圧力変化を示す。第1モデルセルからの行程に応じてピーク値が減少している。P T 5は、スケールオーバーによってピークの上部がわずかに欠けている。

### (3.2) 温度変化

図4.1.43に蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の温度変化を示す。蓄圧タンク内温度 (T C 5 2, 5 3, 5 4) 及び圧縮空気放出配管内温度 (アニューバ式流量計F T 5の前後の温度) T C 5 5, 5 6は、放出による圧力減少とともに断熱膨張によって急激に低下し、0°C以下になっている。T C 5 7は第1モデルセル入口温度であり、T C 5 5, 5 6より穏やかな変化を示している。

図4.1.44に第1モデルセル内の温度変化を示す。3箇所ともほぼ同様な値に断熱圧縮によって上昇し、その後下降している。

図4.1.45に第1モデルセル (T C 2 0 A) から、第2ダクト (T C 3 1), 第3ダクト (T C 4 4), フィルターチェンバー (T C 4 7, 4 9) 及び排気ダクト (T C 5 0) の温度変化を示す。T C 3 1がT C 2 0 Aよりピーク値が高いのは、口径のより小さい第2ダクトに流入してさらに断熱圧縮されたためと思われる。

### (3.3) 流量変化

図4.1.46に放出された圧縮空気流入の流量 (F T 5 : アニューバ) の変化を示す。約2～12秒の間、ピークの上部がえぐられている形となっているのは、この期間流量計のアニューバ差圧計がスケールオーバーして値が上限に張り付いたためである。

図4.1.47に第2ダクトの流量 (F T 2 : オリフィス, F T 2 A : アニューバ), 希釈ダクト流量 (F T 3 : オリフィス) 及び排気ダクト流量 (F T 4 : アニューバ) の変化を示す。F T 2及びF T 2 Aのデータは、流入した圧縮空気の量がセンサーのフルスケールを上回ったので、ピーク値は記録されていない。また、希釈ダクトの流れは圧縮空気流入の間逆流防止ダンパーの作動により、一時的に停止している。

### (3.4) H E P A フィルタの差圧変化

図4.1.48に低応答特性のセンサーによるH E P A フィルタの差圧変化を示す。前段 (D P T 2) と後段 (D P T 3) の値の合計が全段 (D P T 1) の値にはほぼ等しい。

図4.1.49に高応答特性のセンサーによるH E P A フィルタの差圧変化を示す。D P T 1～D P T 3とほぼ等しい値を示している。

### (3.5) 排風機の挙動

図4.1.50に排風機出入口間の差圧 (D P T 7) 及びプロアケーシング内圧力 (P T 1 6) の変化を示す。差圧は一時的に増大するのに対し、ケーシング内圧力変化は少ない。

図4.1.51に排風機のモーター及びプロアの回転数 (M R P, B R P), プロアトルク (B T) の変化を示す。プロア回転数が圧縮空気流入の間やや低下するのに対し、モーター回転数はほとんど一定である。これは、モーターが3相誘導モーターであること、及びモーターシャフトとプロアシャフトを結合するベルトにスリップが生じたことによる。プロアトルクは急速に増大し、その後漸減している。

図4.1.52にモーター電流 (3相中の2相, M I 1, 2), 有効 (消費) 電力 (M W 1) の変化を示す。いづれも圧縮空気吹き込みと同時に増大し、その後減少している。

#### (4) PRESS 30A2試験の結果

##### (4.1) 圧力変化

図4.1.5.3に蓄圧タンク内(PT13), 壓縮空気放出配管内(アニューバ前, PT14), 第1モデルセル入口(PT15)及び第1モデルセル内(PT2)の圧力変化を示す。圧力は、ラプチャーディスク破壊とともに急速に減少し、約60秒後に大気圧となる。PT15のカープに一時的な鋭い減少がみられる。

図4.1.5.4に第2ダクト内(PT5, PT8), 第3ダクト内(PT9, PT11)及び排気ダクト内(PT12)の圧力変化を示す。第1モデルセルからの行程に応じてピーク値が減少している。PT5, PT6では、スケールオーバーのためピーク上部が欠けている。

##### (4.2) 温度変化

図4.1.5.5に蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の温度変化を示す。蓄圧タンク内温度(TC52, 53, TC54)及び圧縮空気放出配管内温度(アニューバ式流量計FT5の前後の温度)TC55, 56は、放出による圧力減少とともに断熱膨張によって急激に低下し、0°C以下になっている。TC57は第1モデルセル入口温度であり、TC55, 56より穏やかな変化を示している。

図4.1.5.6に第1モデルセル内の温度変化を示す。3箇所ともほぼ同様な値に断熱圧縮によって上昇し、その後下降している。

図4.1.5.7に第1モデルセル(TC20A)から、第2ダクト(TC31), 第3ダクト(TC44), フィルタチェンバー(TC47, 49)及び排気ダクト(TC50)の温度変化を示す。TC31がTC20Aよりピーク値が高いのは、口径のより小さい第2ダクトに流入してさらに断熱圧縮されたためと思われる。

##### (4.3) 流量変化

図4.1.5.8に放出された圧縮空気流入の流量(FT5:アニューバ)の変化を示す。アニューバ差圧計のフルスケールを大きく設定したため、完全な流量ピークが観測された。

図4.1.5.9に第2ダクトの流量(FT2:オリフィス, FT2A:アニューバ), 希釈ダクト流量(FT3:オリフィス)及び排気ダクト流量(FT4:アニューバ)の変化を示す。FT2及びFT2Aのデータは、流入した圧縮空気の量がセンサーのフルスケールを上回ったので、ピーク値は記録されていない。また、希釈ダクトの流れは圧縮空気流入の間逆流防止ダンパーの作動により、一時的に停止している。

##### (4.4) HEPAフィルタの差圧変化

図4.1.6.0に低応答特性のセンサーによるHEPAフィルタの差圧変化を示す。前段(DPT2)と後段(DPT3)の値の合計が全段(DPT1)の値にほぼ等しい。

図4.1.6.1に高応答特性のセンサーによるHEPAフィルタの差圧変化を示す。DPT1～DPT3とほぼ等しい値を示している。

##### (4.5) 排風機の挙動

図4.1.6.2に排風機出入り口間の差圧(DPT7)及びプロアケーシング内圧力(PT16)の変化を示す。差圧は一時的に増大するのに対し、ケーシング内圧の変化はない。

図4.1.63に排風機のモーター及びプロアの回転数(MRP, BRP), プロアシャフトトルク(BT)の変化を示す。プロア回転数が圧縮空気流入の間やや低下するのに対し, モーター回転数はほとんど一定である。これは, モーターが3相誘導モーターであること, およびモーターシャフトとプロアシャフトを結合するベルトにスリップが生じたことによる。プロアトルクは急速に増大し, その後漸減している。

図4.1.64にモーター電流(3相中の2相, M11, 2), 有効(消費)電力(MW1)の変化を示す。いづれも圧縮空気吹き込みと同時に増大し, その後減少している。

## (5) PRES 4001試験の結果

### (5.1) 圧力変化

図4.1.65に蓄圧タンク内(PT13), 圧縮空気放出配管内(アニューバ前, PT14), 第1モデルセル入口(PT15)及び第1モデルセル内(PT2)の圧力変化を示す。圧力は, ラプチャーディスク破壊とともに急速に減少し, 約5.5秒後に大気圧となる。PT13とPT14は常に連続した空間であるので, 当然それらの圧力履歴は誤差範囲内でほとんど一致している。PT15のカーブに一時的な鋭い減少がみられる。

図4.1.66に第1ダクト内(PT3), 第2モデルセル内(PT4), 第2ダクト内(PT5, 6, 7, 8), 第3ダクト内(PT9, PT11)及び排気ダクト内(PT12)の圧力変化を示す。第1モデルセルからの行程に応じてピーク値が減少している。

### (5.2) 温度変化

図4.1.67に蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の温度変化を示す。蓄圧タンク内温度(TC52, 53, TC54)及び圧縮空気放出配管内温度(アニューバ式流量計FT5の前後の温度)TC55, 56は, 放出による圧力減少とともに断熱膨張によって急激に低下し, 0℃以下になっている。TC57は第1モデルセル入口温度であり, TC55, 56よりやや穏やかな変化を示している。

図4.1.68に第1モデルセル内の温度変化を示す。2箇所とも吹き込みによる断熱圧縮によってほぼ同様な値に上昇し, その後下降している。

図4.1.69に第1ダクト(TC25)から, 第2ダクト(TC31), 第3ダクト(TC44), フィルターチェンバー(TC47, 49)及び排気ダクト(TC50)の温度変化を示す。TC31がTC25よりピーク値が高いのは, 口径のより小さい第2ダクトに流入して断熱圧縮されたためと思われる。

### (5.3) 流量変化

図4.1.70に放出された圧縮空気流入の流量(FT5:アニューバ)の変化を示す。約2~7秒の間, ピークの上部がえぐられている形となっているのは, この期間流量計のアニューバ差圧計がスケールオーバーして値が上限に張り付いたためである。

図4.1.71に第2ダクトの流量(FT2:オリフィス, FT2B:アニューバ), 希釈ダクト流量(FT3:オリフィス)及び排気ダクト流量(FT4:アニューバ)の変化を示す。FT2データは, 流入した圧縮空気の量がセンサーのフルスケールを上回ったので, ピーク値は記録されていない。流入した圧縮空気の量がセンサーFT2のフルスケールを上回ったので,

F T 2 のピークの上部は欠けている。また、希釈ダクトの流れは、圧縮空気流入の間、逆流防止ダンパーの作動により、一時的に停止している。

#### (5.4) H E P A フィルタの差圧変化

図 4.1.7 2 に低応答特性のセンサーによる H E P A フィルタの差圧変化を示す。前段 D P T 1 ) は計測器の設定不十分により計測できなかった。

図 4.1.7 3 に高応答特性のセンサーによる H E P A フィルタの差圧変化を示す。D P T 2 , D P T 3 とほぼ等しい値を示している。

#### (5.5) 排風機の挙動

図 4.1.7 4 に排風機出入口間の差圧 (D P T 7) 及びプロアケーシング内圧力 (P T 1 6) の変化を示す。変化の傾向は共通している。

図 4.1.7 5 に排風機のモーター及びプロアの回転数 (M R P, B R P) , プロアシャフトトルク (B T) の変化を示す。ただし、モーター回転数は、変化を強調するため実際の値を 2 倍して示してある。プロア回転数、モーター回転数とも、圧縮空気流入の間やや低下している。プロアトルクは急速に増大し、その後減少している。

図 4.1.7 6 にモーター電流 (3 相中の 2 相, M I 1, 2) , モーター有効消費電力 (M W 1) の変化を示す。いづれも圧縮空気吹き込みと同時に増大し、その後減少している。

#### (5.6) H E P A フィルタのD O P テスト

図 4.1.7 7 に試験前後の H E P A フィルタのD O P テストの結果を示す。試験後の除染係数 D F 値は、D O P 粒子直径 ( $D_p$ )  $0.3 \mu m$ において、 $3 \times 10^4$  (捕集効率  $\eta = 99.997\%$ ) であり、H E P A フィルタが健全に保たれていた。

PRES3002 1988.07.22

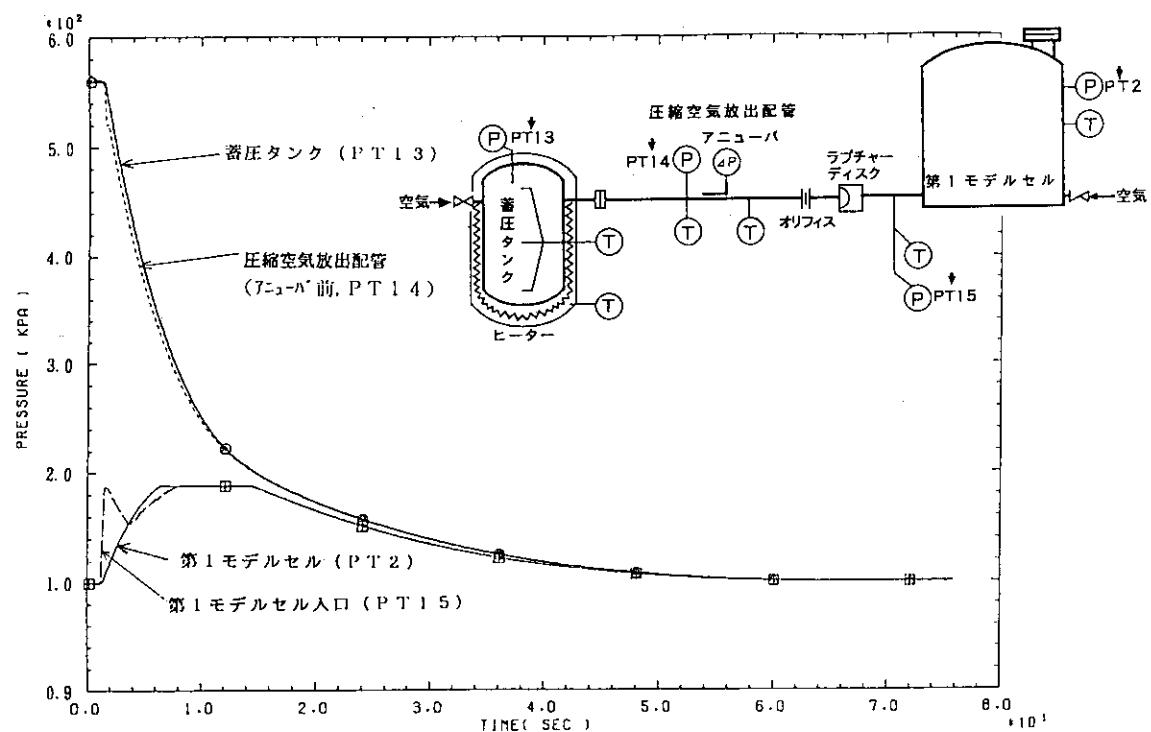


図4.1.41 蓄圧タンク内、圧縮空気放出配管内及び第1モデルセル内の圧力変化(kPa)

PRES3002 1988.07.22

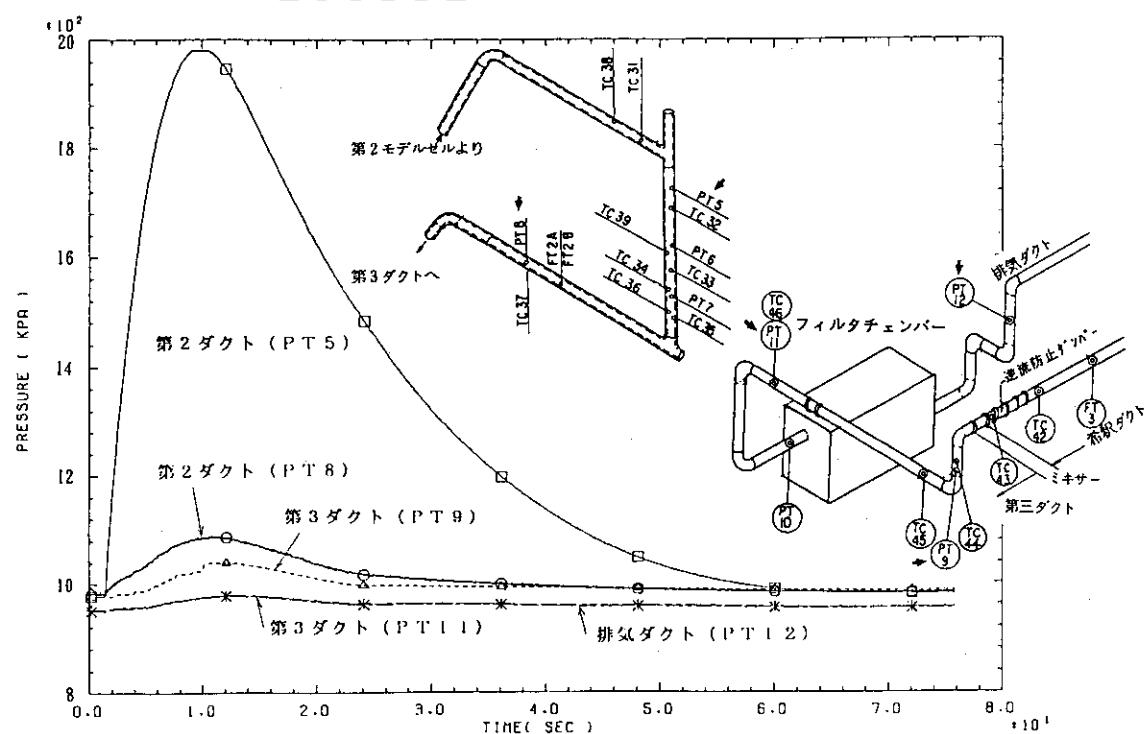


図4.1.42 第2ダクト、第3ダクト及び排気ダクト内の圧力変化(kPa)

PRES3002 1988.07.22

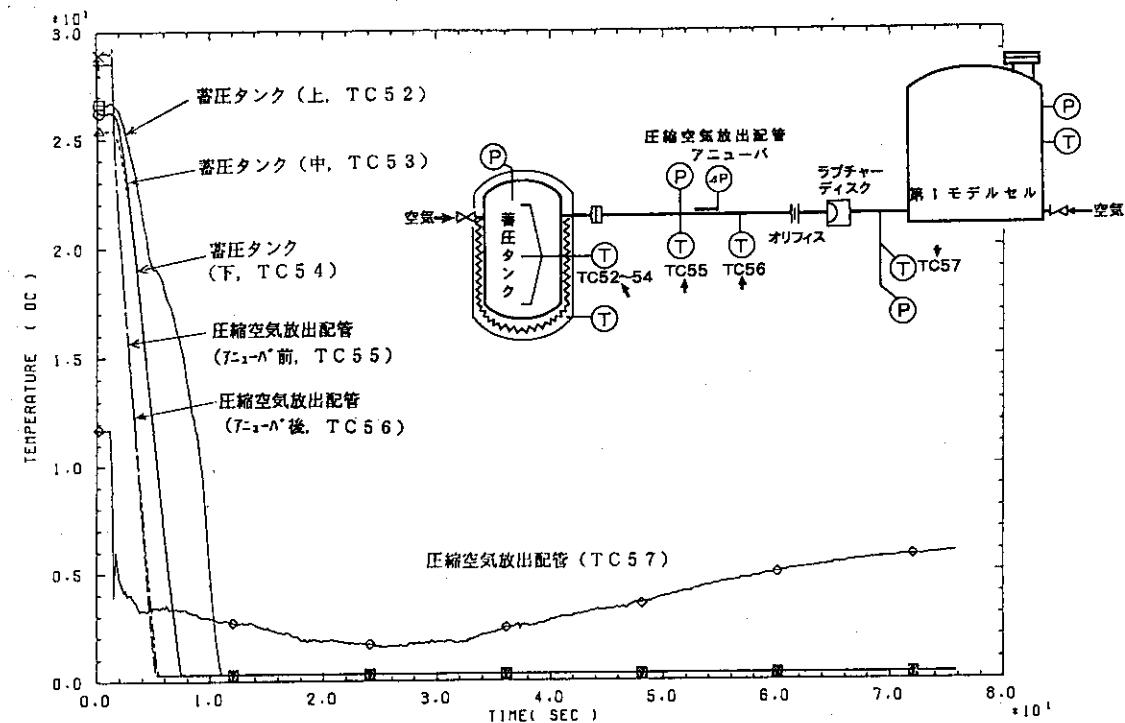


図4.1.43 蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の温度変化(℃)

PRES3002 1988.07.22

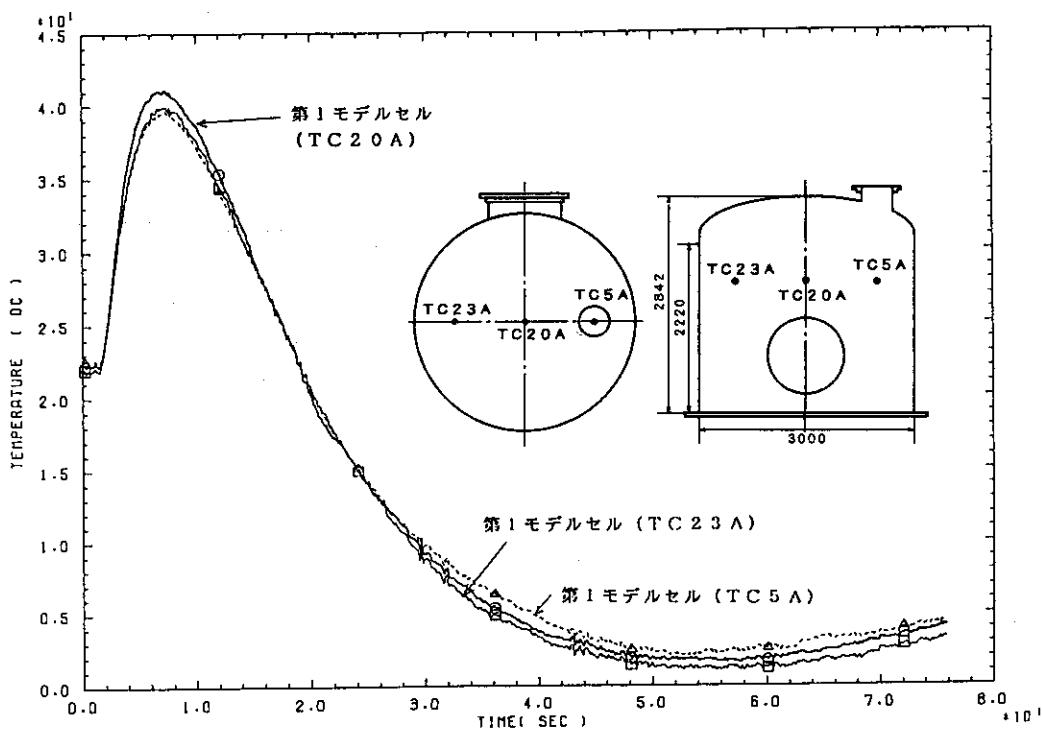


図4.1.44 第1モデルセル内の温度変化(℃)

PRES3002 1988.07.22

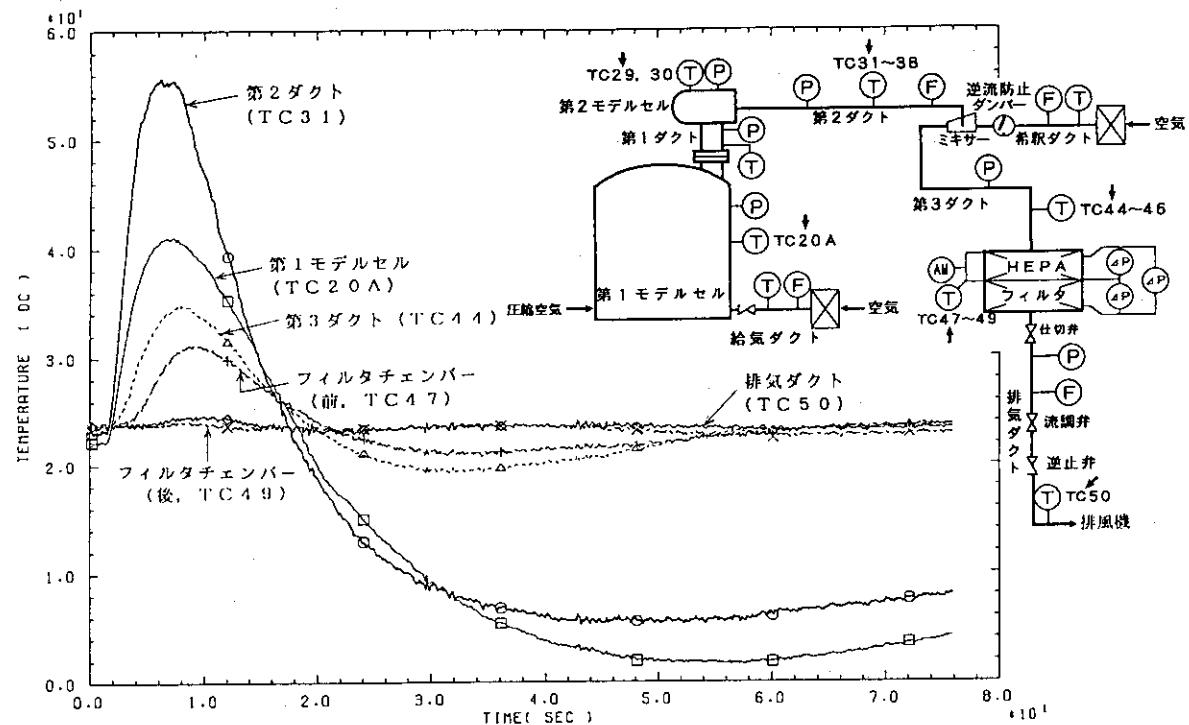


図4.1.45 第1モデルセルから排気ダクトまでの温度変化(°C)

PRES3002 1988.07.22

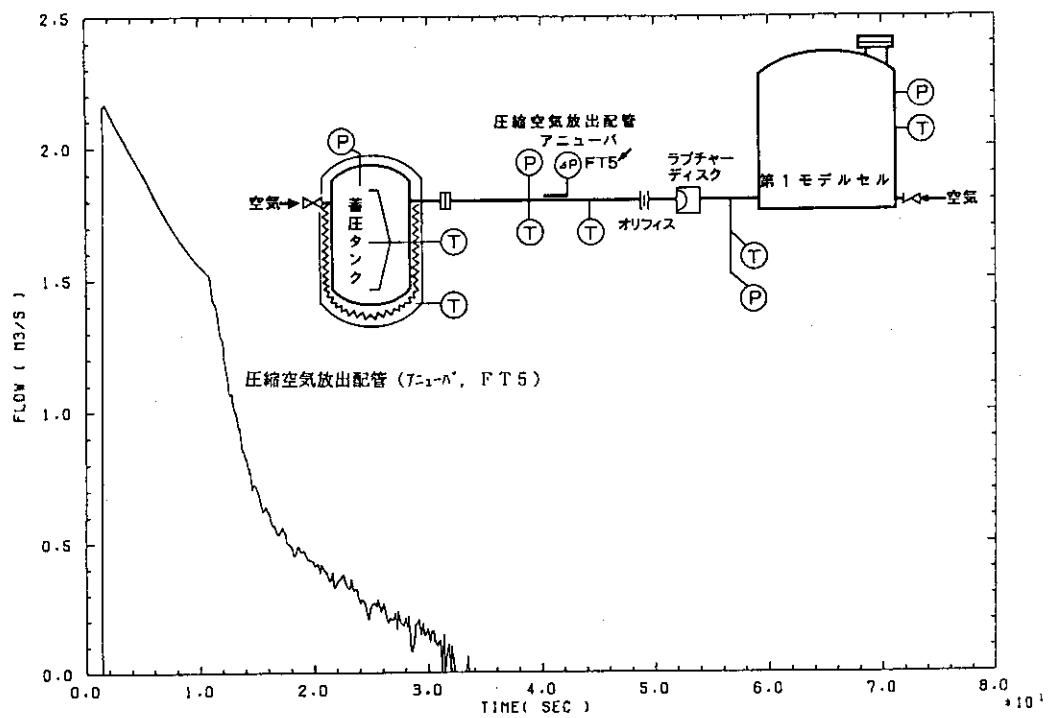
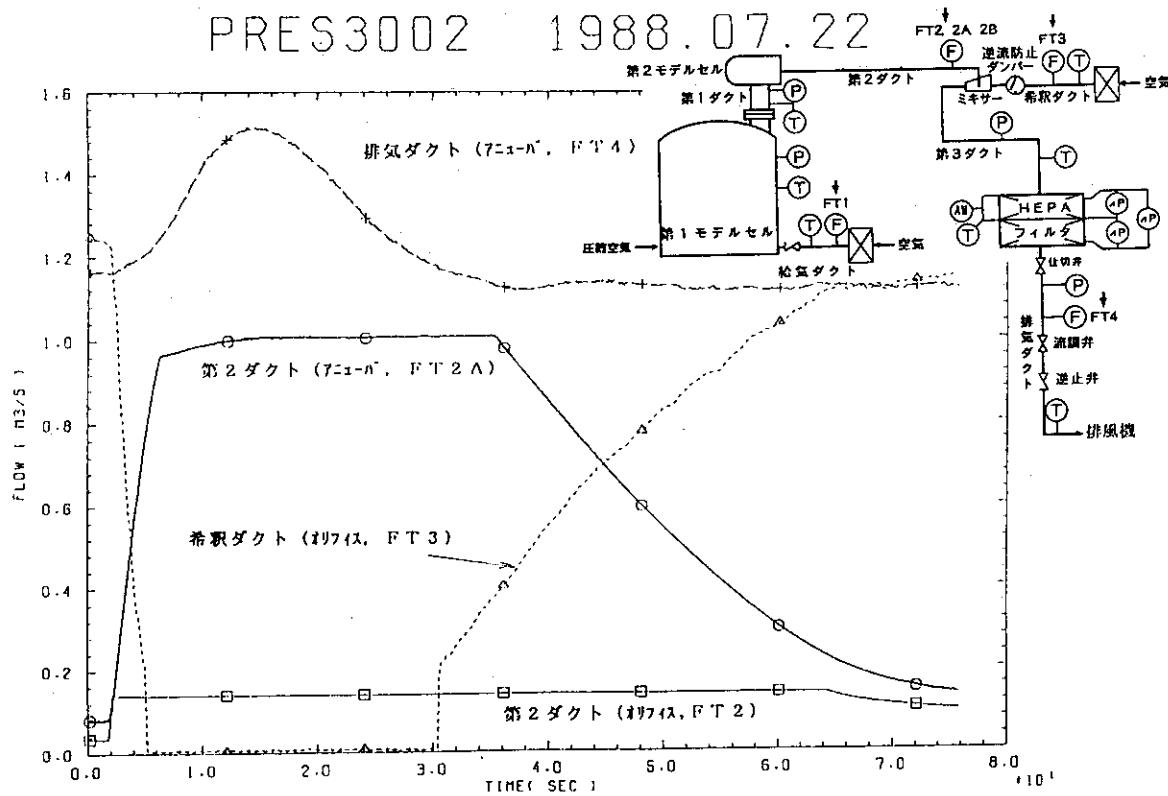


図4.1.46 圧縮空気放出配管内の流量変化(m³/s)

PRES3002 1988.07.22

図4.1.47 第2ダクト内、希釈ダクト内、及び排気ダクト内の流量変化( $\text{m}^3/\text{s}$ )

PRES3002 1988.07.22

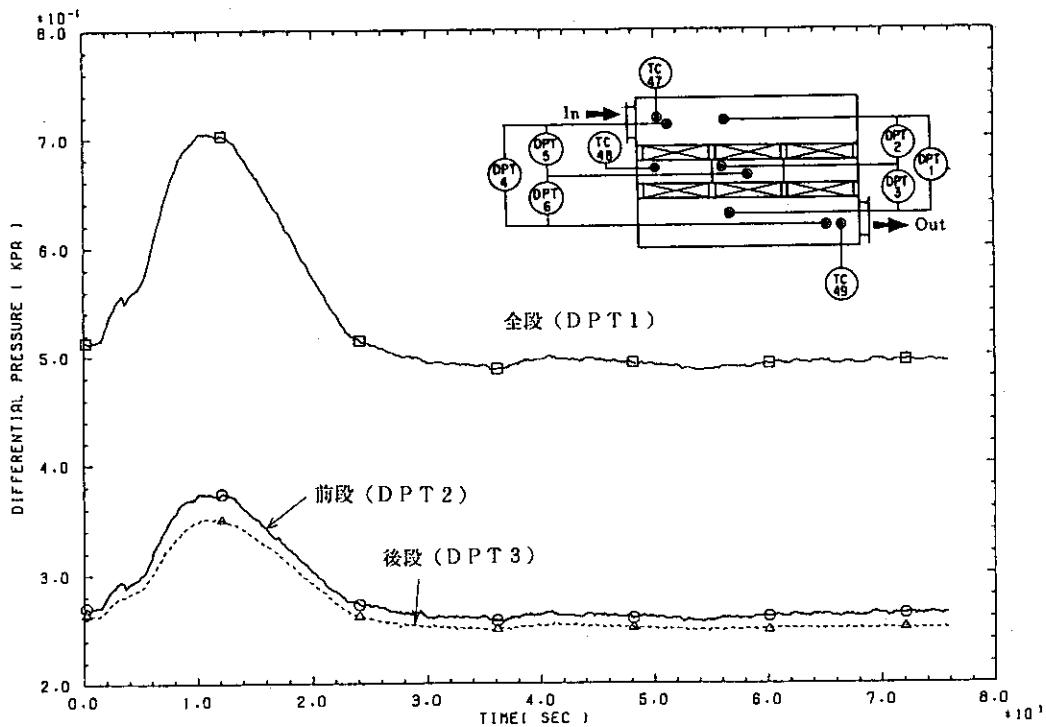


図4.1.48 HEPA フィルタの差圧変化(低応答型, kPa)

PRES3002 1988.07.22

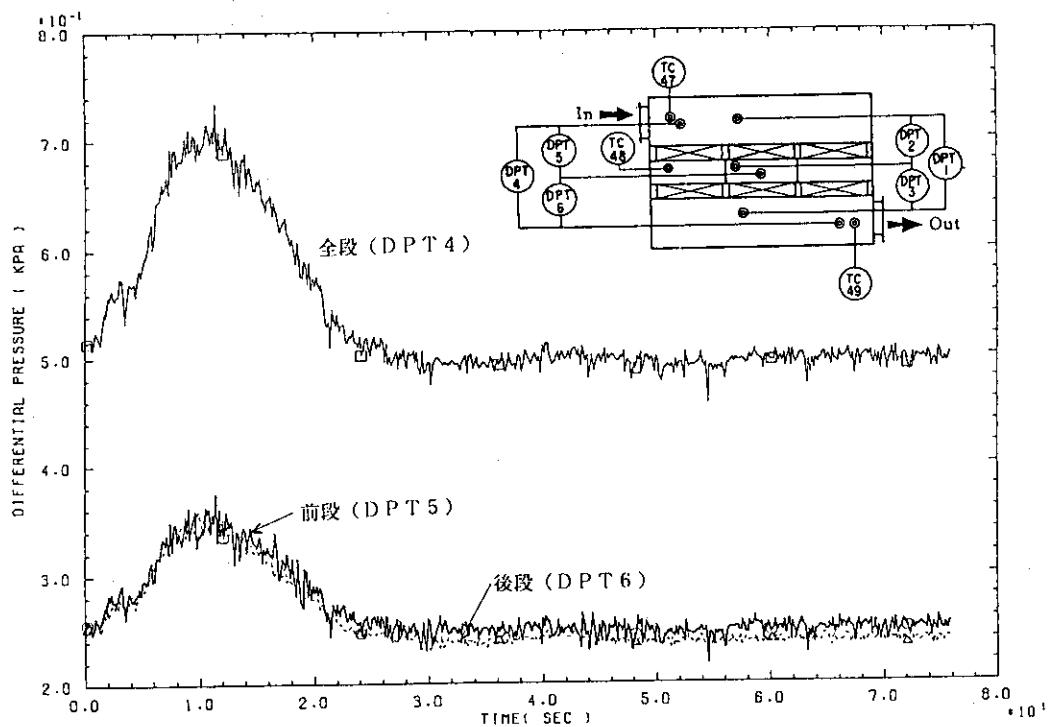


図4.1.49 H E P A フィルタの差圧変化(高応答型, kPa)

PRES3002 1988.07.22

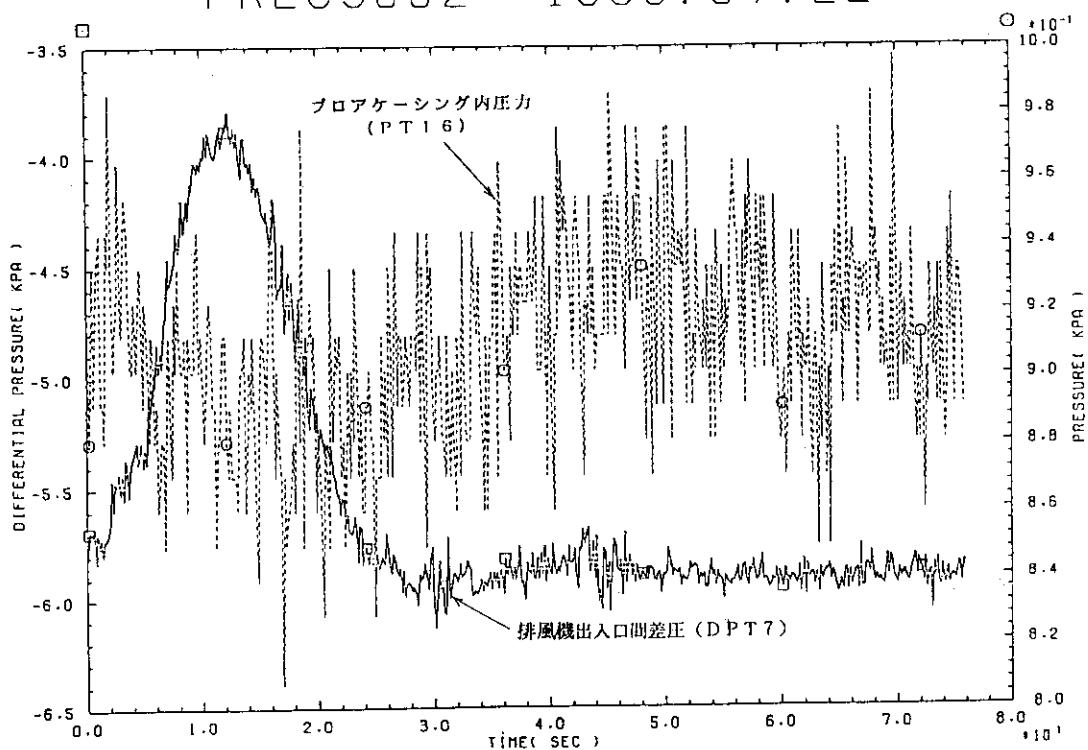


図4.1.50 排風機出入口間差圧及びプロアケーシング内圧力の変化(kPa)

PRES3002 1988.07.22

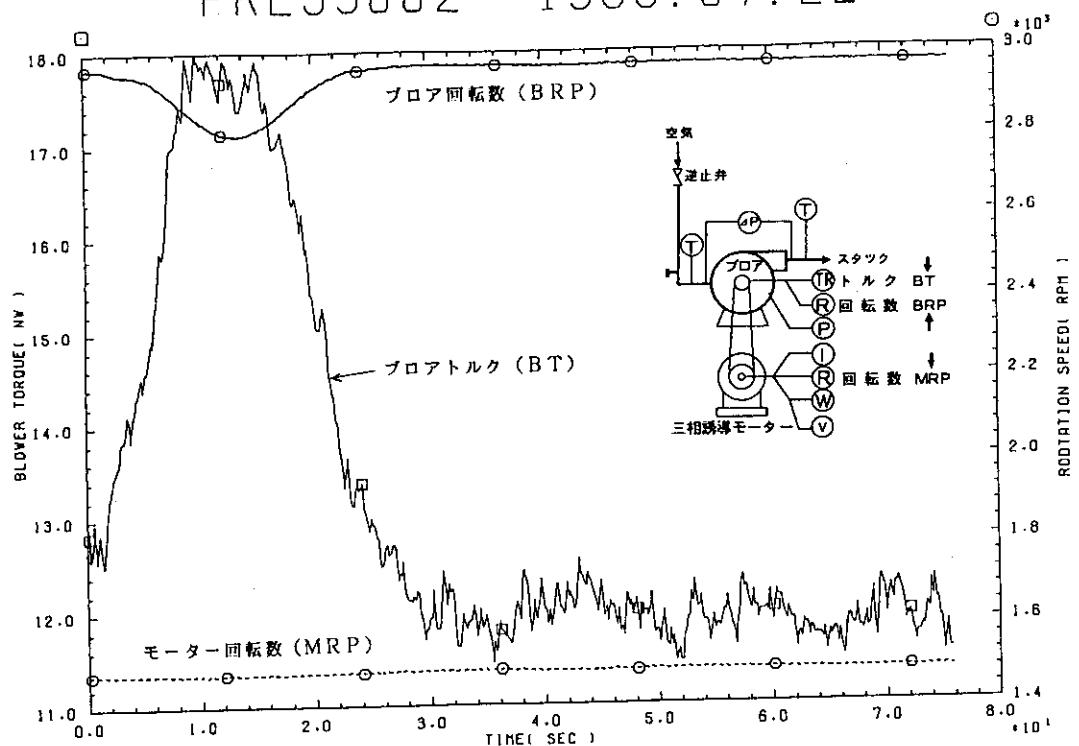


図4.1.51 ブロア及びモーター回転数(rpm), 及びブロアトルク(Nm)の変化

PRES3002 1988.07.22

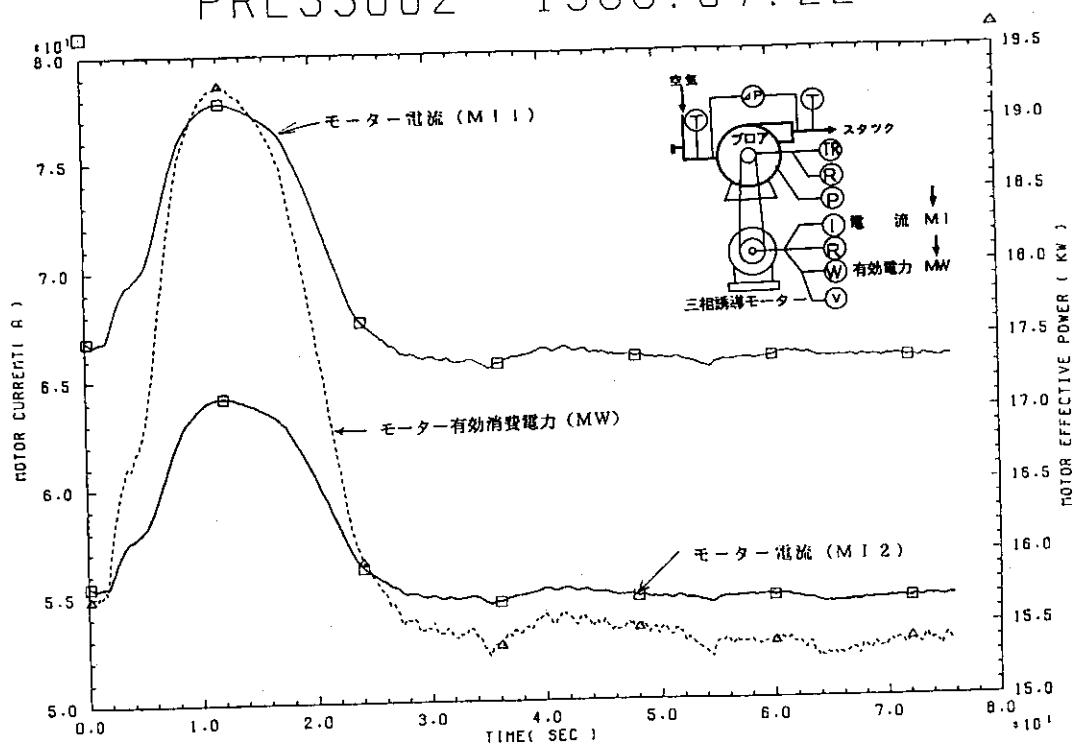


図4.1.52 モーター電流(A)及びモーター有効消費電力(kW)の変化

PRES30A2 1988.08.04

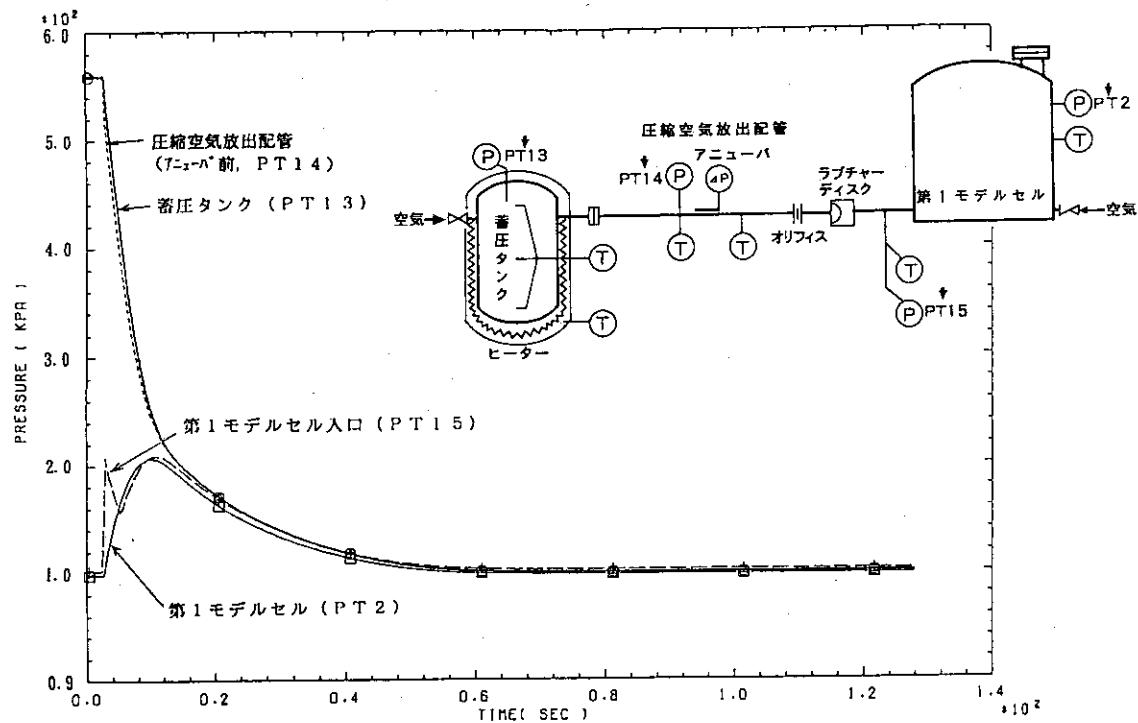


図4.1.53 蓄圧タンク内、圧縮空気放出配管内及び第1モデルセル内の圧力変化(kPa)

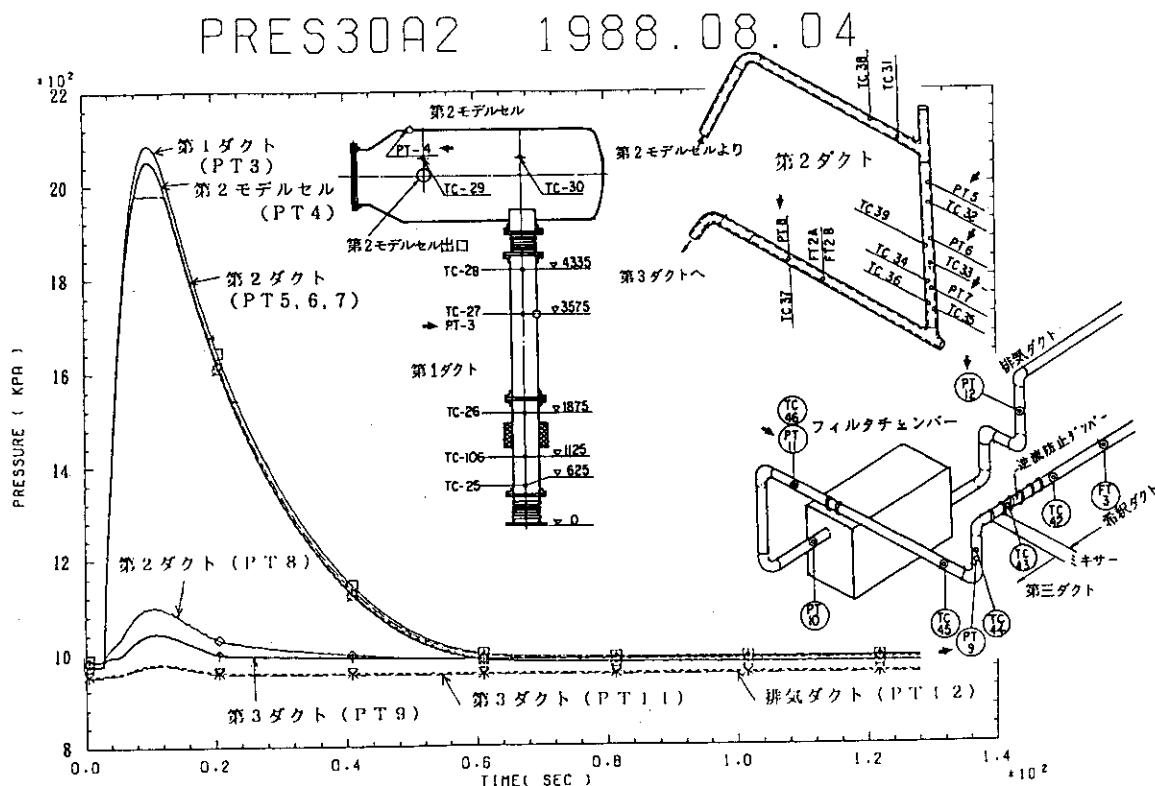


図4.1.54 第1ダクトから排気ダクトまでの圧力変化(kPa)

PRES30A2 1988.08.04

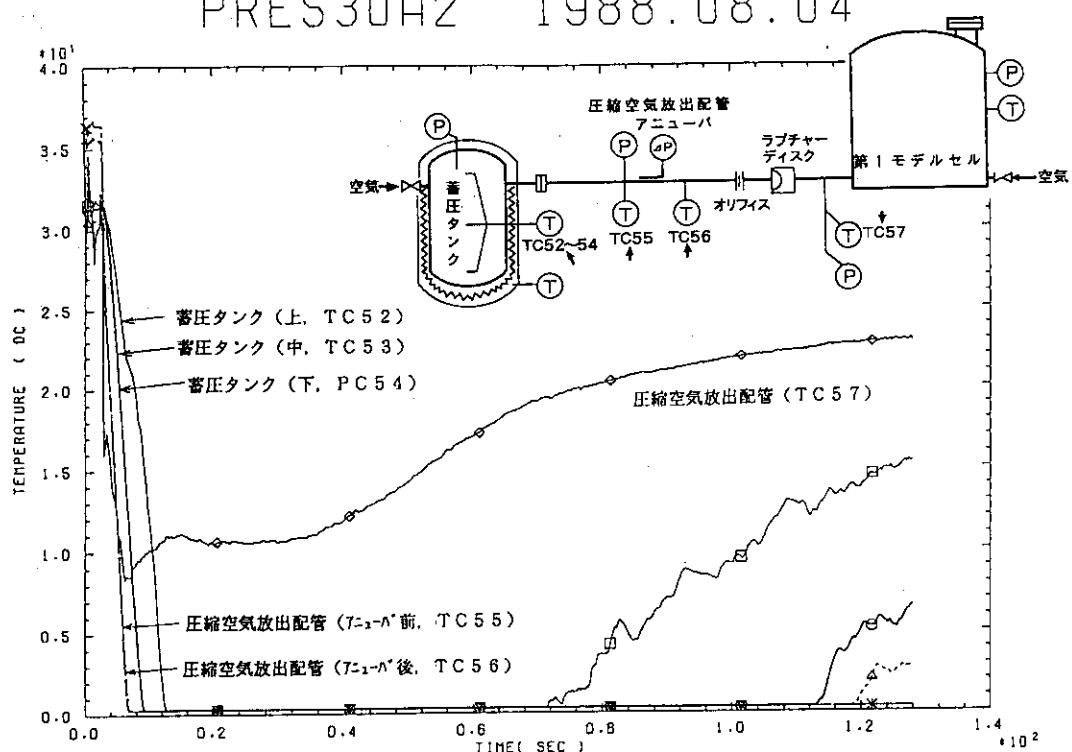


図4.1.55 蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の温度変化(℃)

PRES30A2 1988.08.04

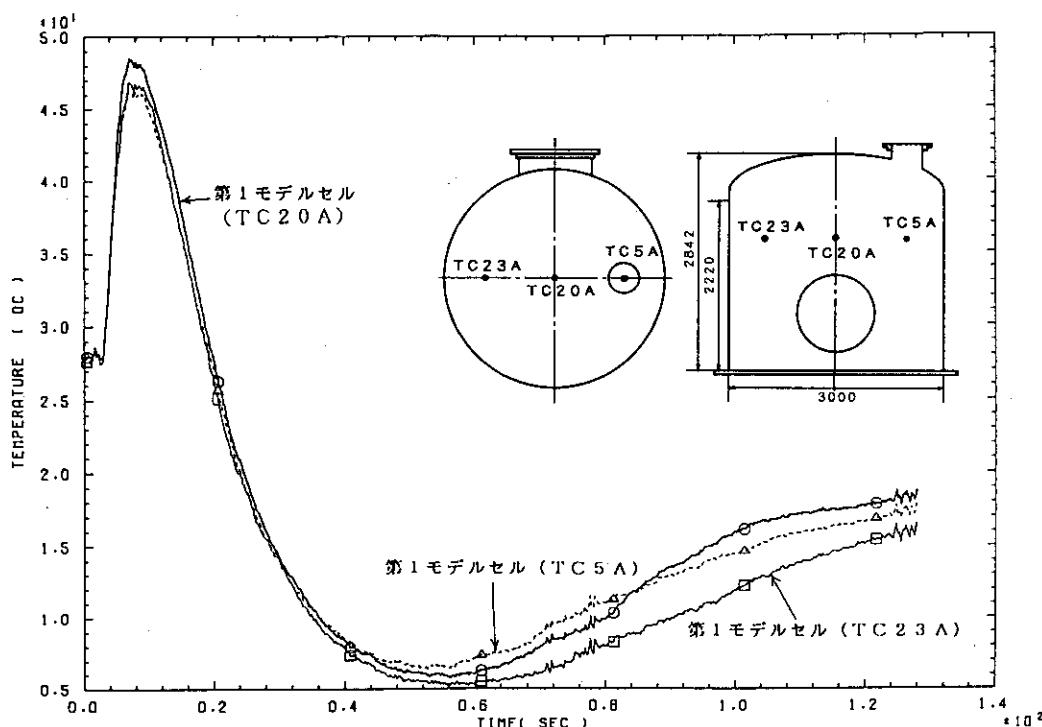


図4.1.56 第1モデルセル内の温度変化(℃)

PRES30A2 1988.08.04

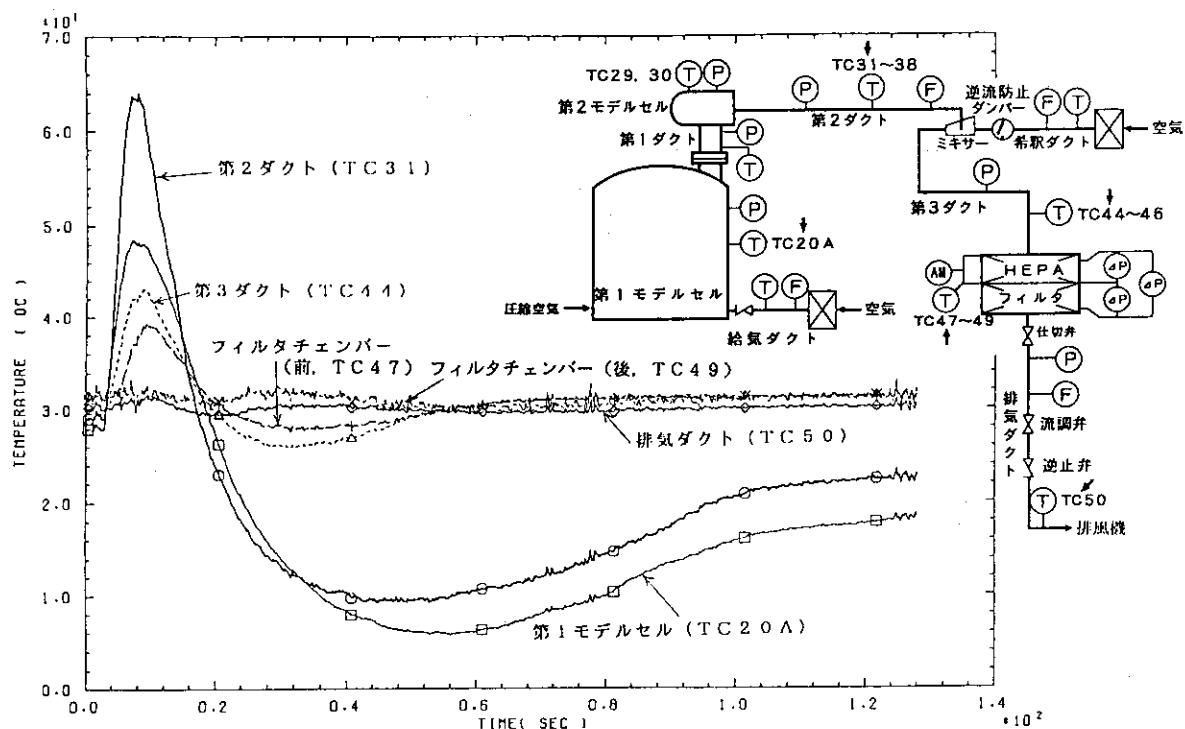
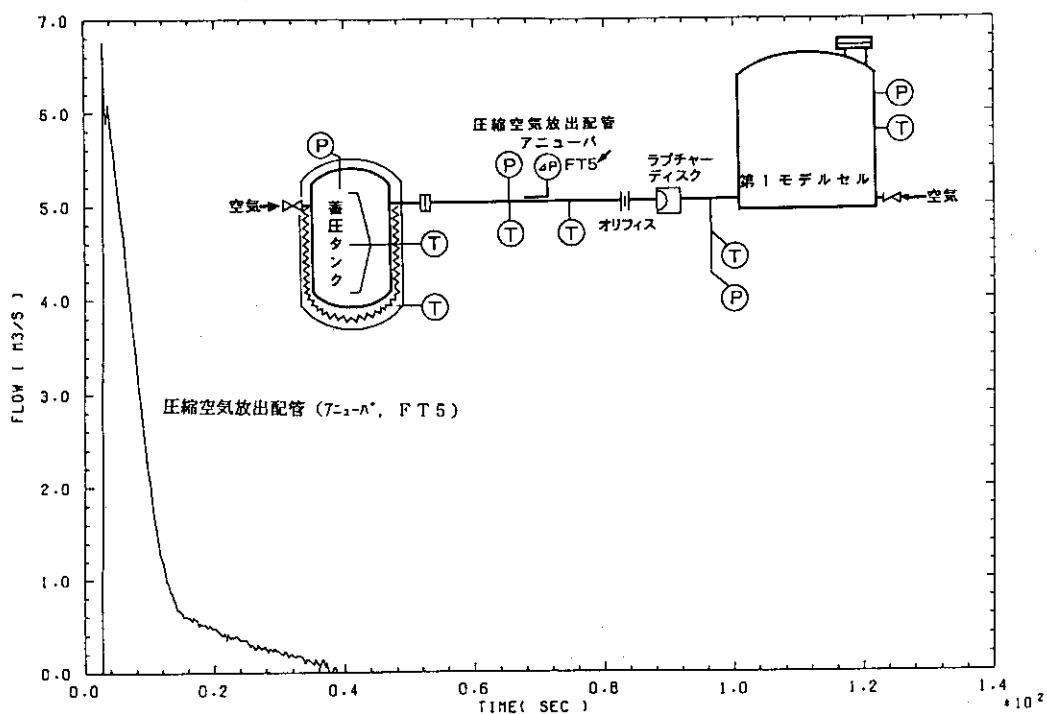
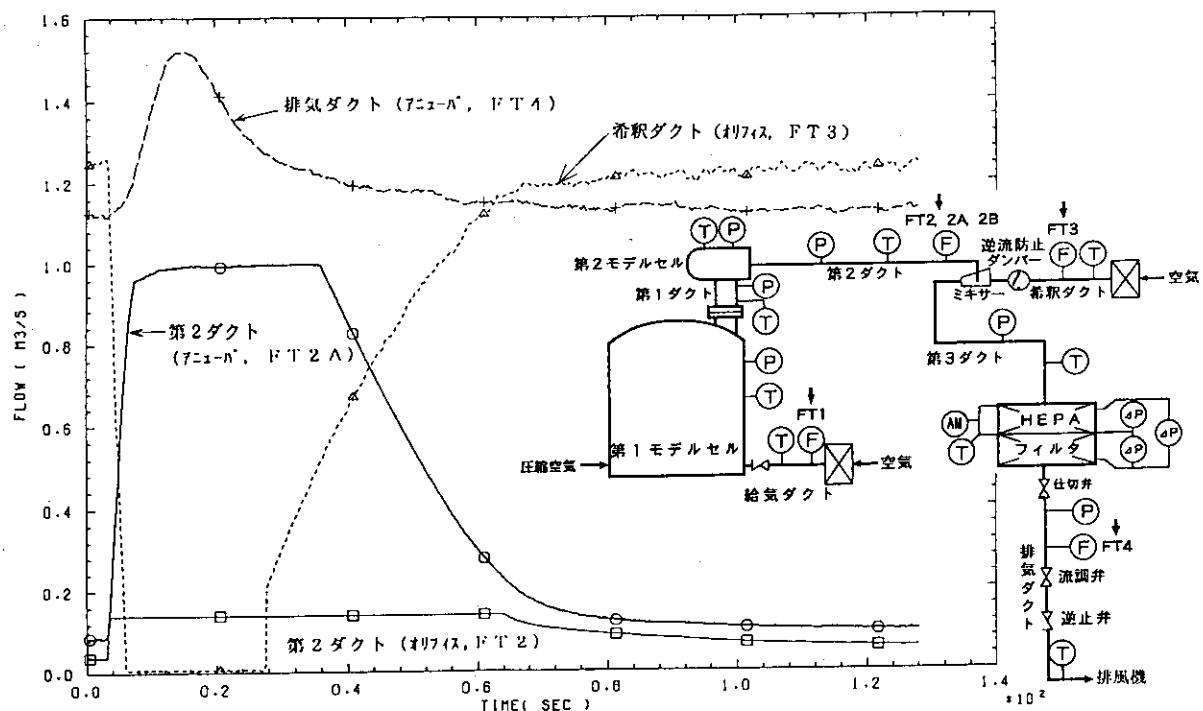


図4.1.57 第1ダクトから排気ダクトまでの温度変化(℃)

PRES30A2 1988.08.04

図4.1.58 圧縮空気放出配管内の流量変化( $\text{m}^3/\text{s}$ )

PRES30A2 1988.08.04

図4.1.59 第2ダクト内、希釈ダクト内及び排気ダクト内の流量変化( $\text{m}^3/\text{s}$ )

PRES30A2 1988.08.04

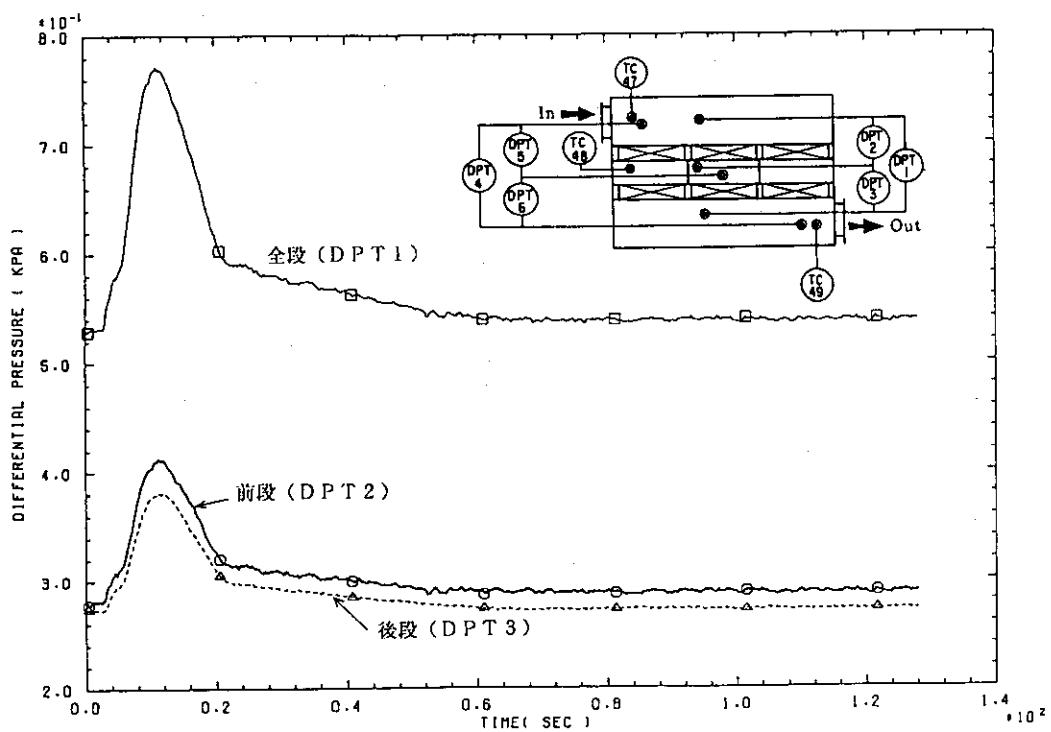


図4.1.60 HEPA フィルタの差圧変化(低応答型, kPa)

PRES30A2 1988.08.04

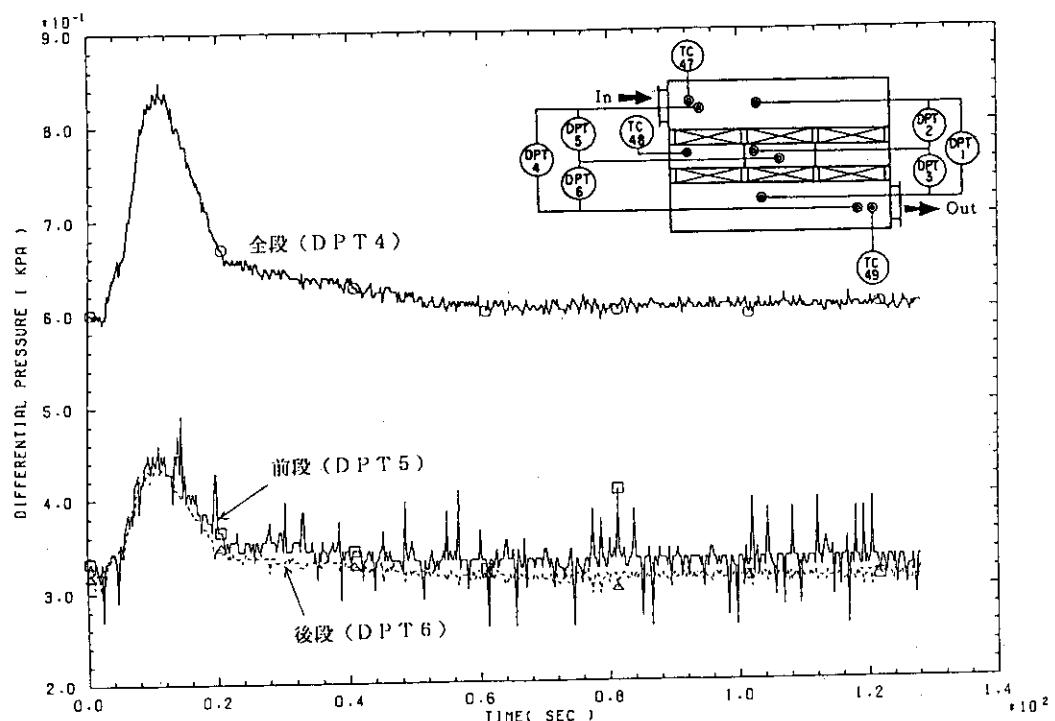


図4.1.61 H E P A フィルタの差圧変化(高応答型, kPa)

PRES30A2 1988.08.04

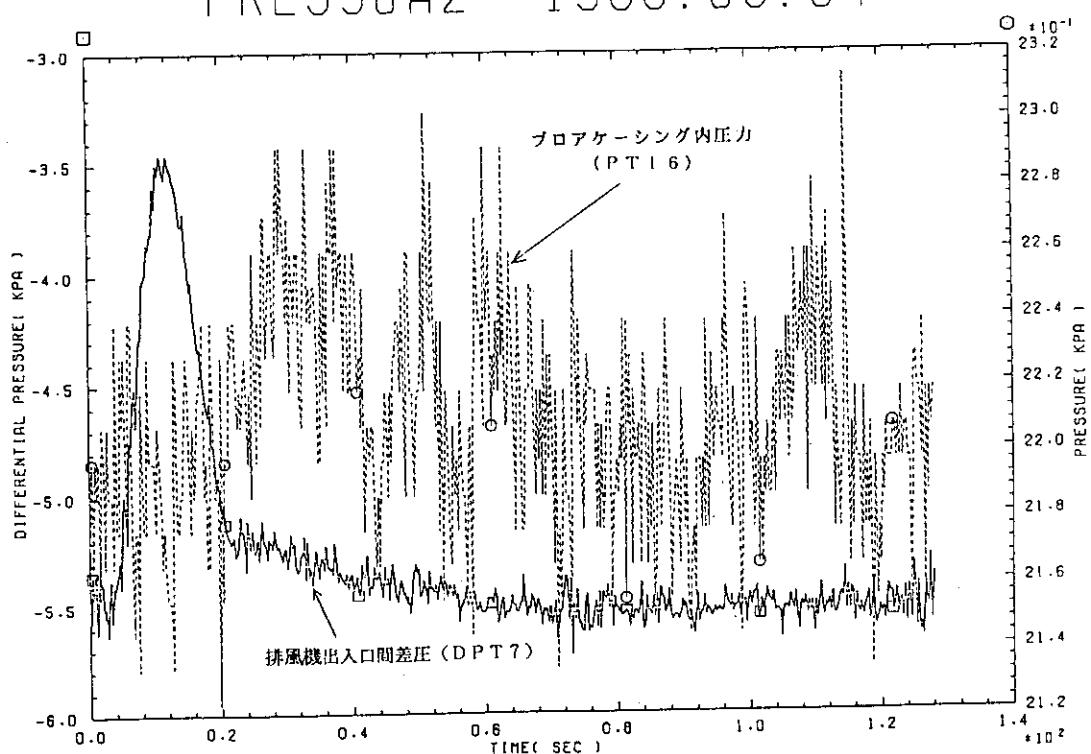


図4.1.62 排風機出入口間差圧及びプロアケーシング内圧力の変化(kPa)

PRES30A2 1988.08.04

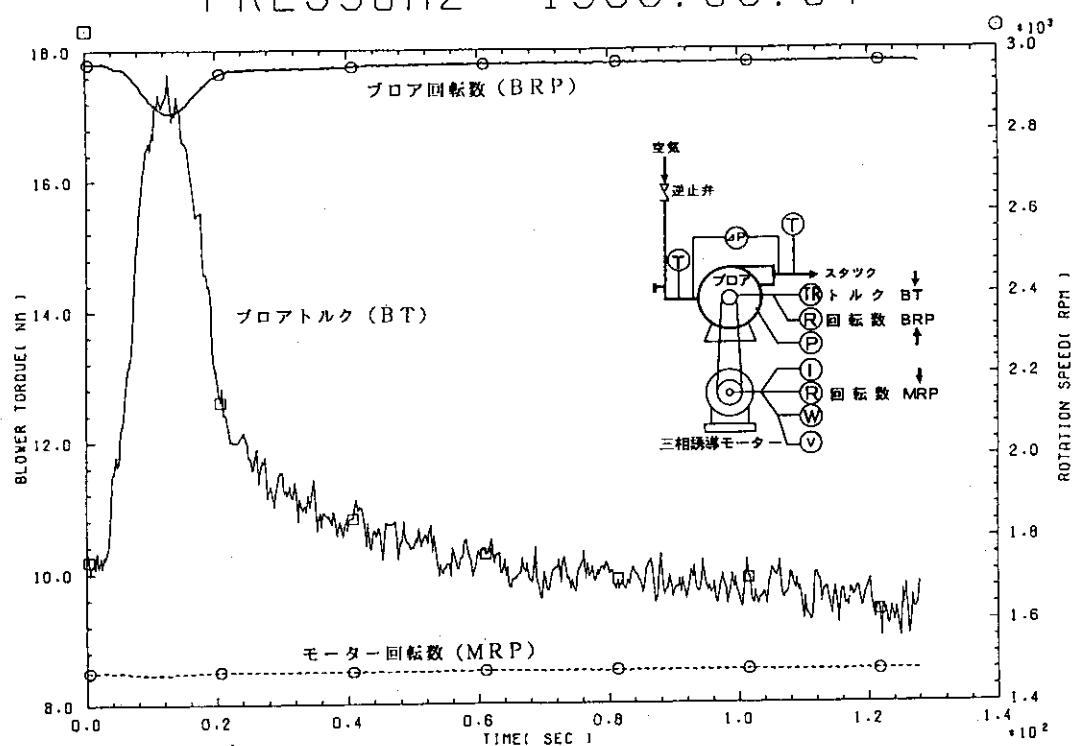


図4.1.63 プロア及びモーター回転数(rpm), 及びプロアトルク(Nm)の変化

PRES30A2 1988.08.04

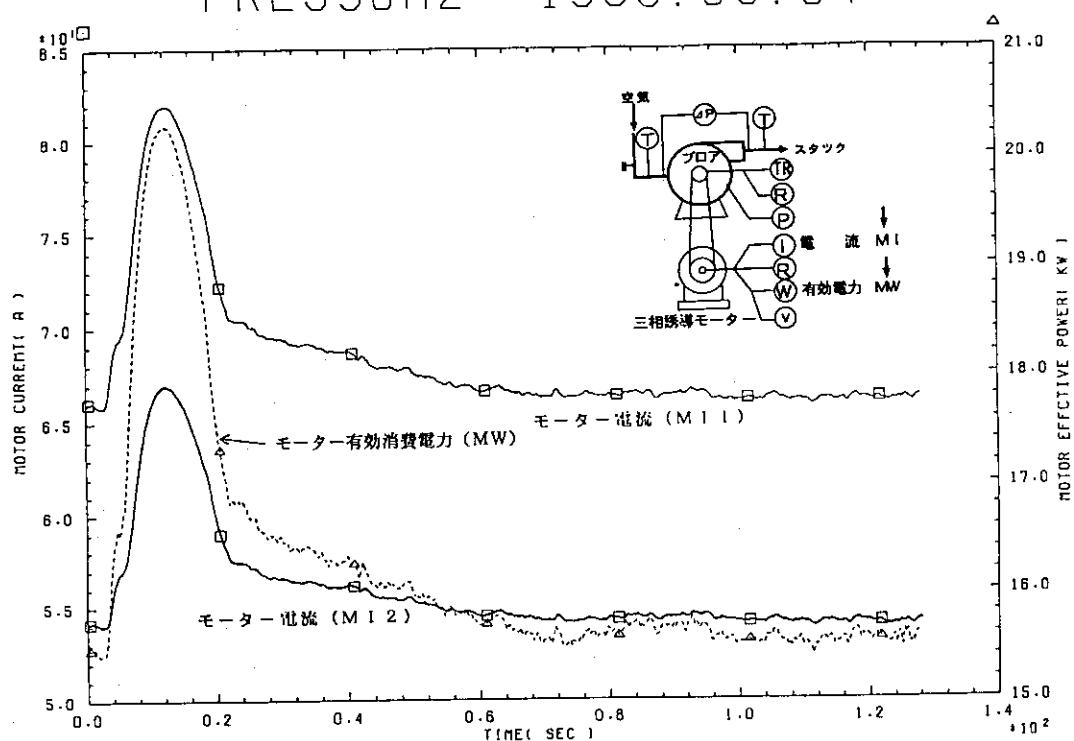


図4.1.64 モーター電流(A)及びモーター有効消費電力(kW)の変化

PRES4001 1989.05.25

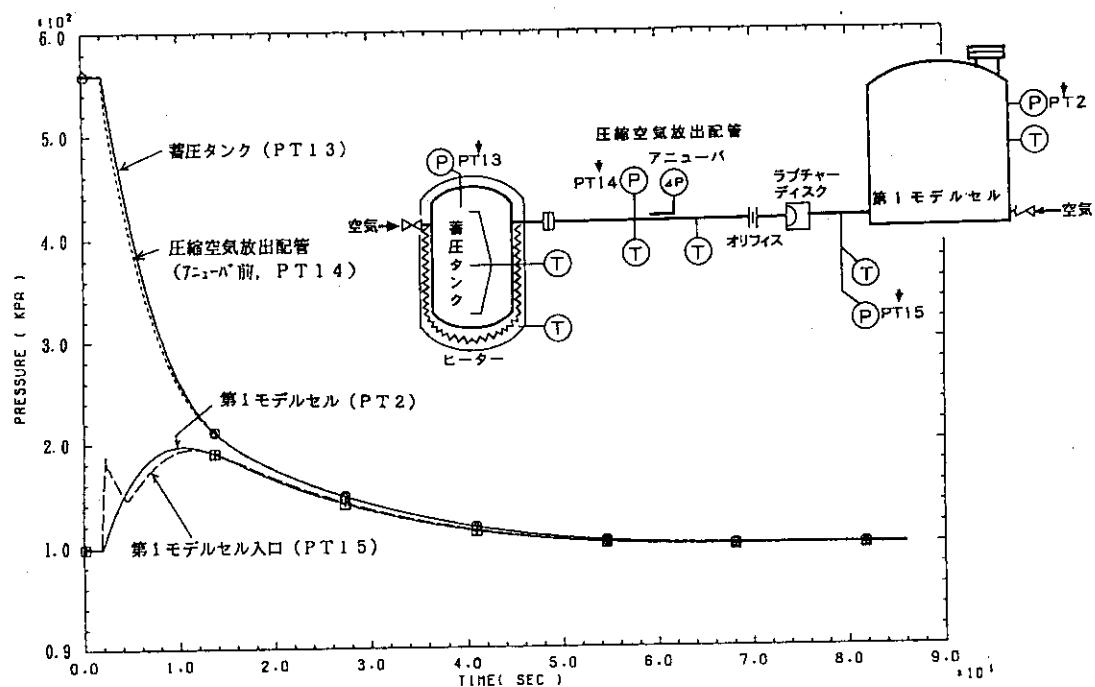


図4.1.65 留圧タンク内、圧縮空気放出配管内及び第1モデルセル内の圧力変化(kPa)

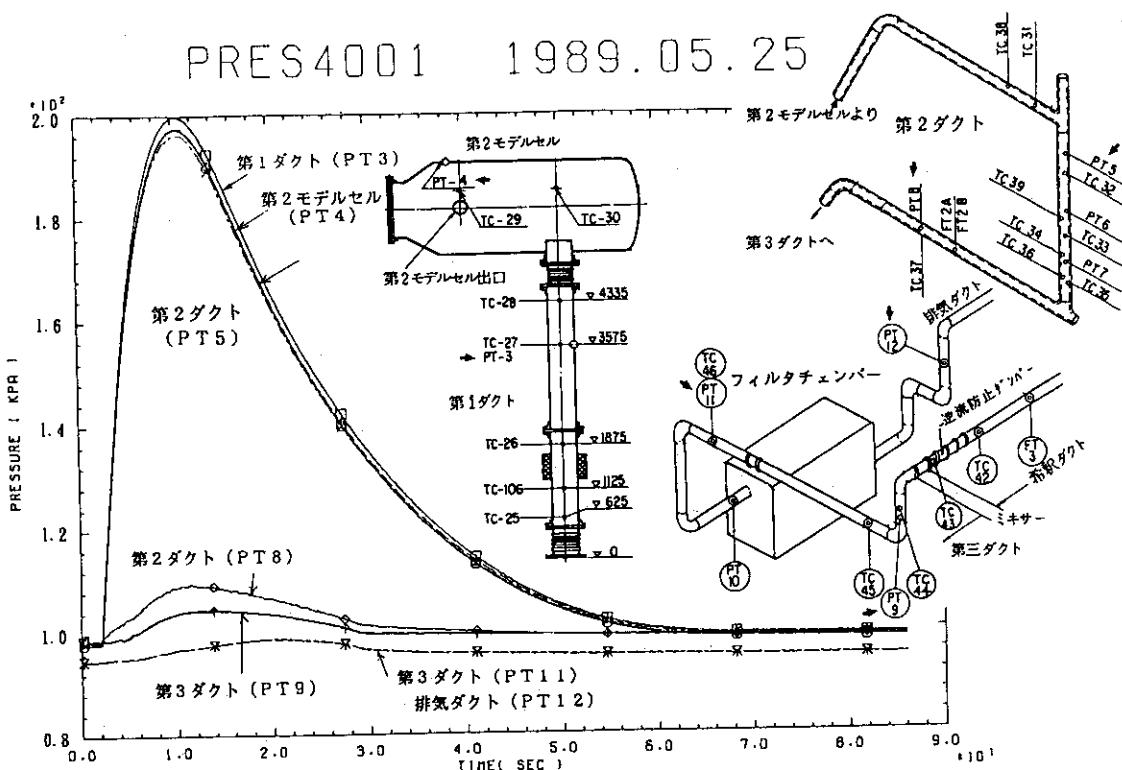


図4.1.66 第1ダクトから排気ダクトまでの圧力変化(kPa)

PRES4001 1989.05.25

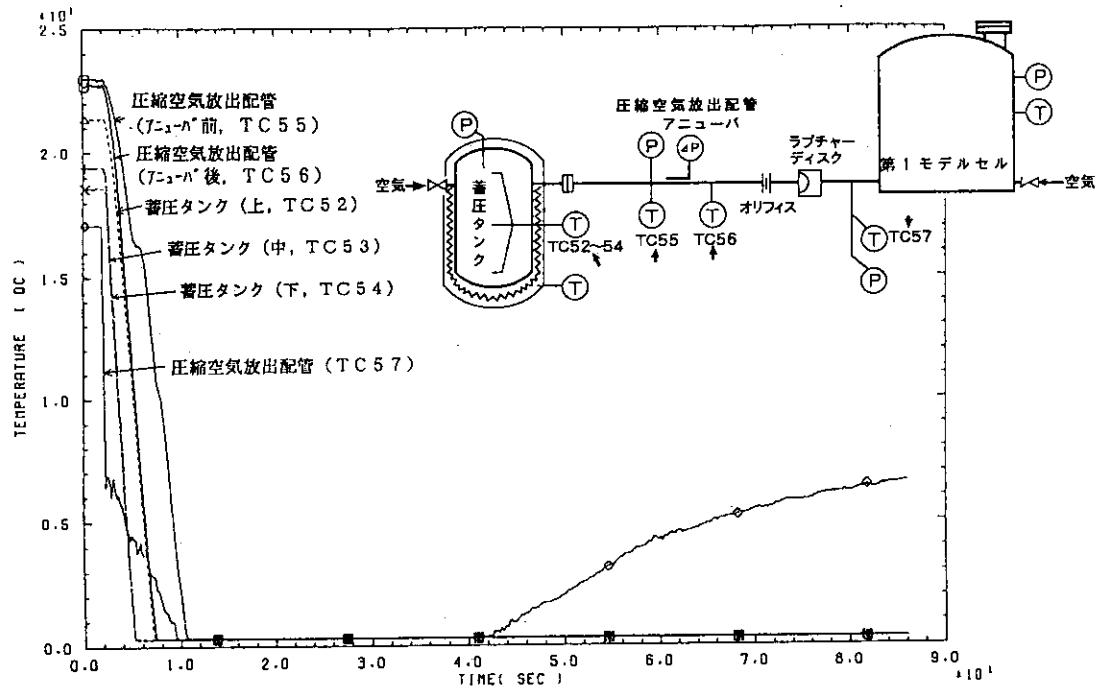


図4.1.67 蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の温度変化(℃)

PRES4001 1989.05.25

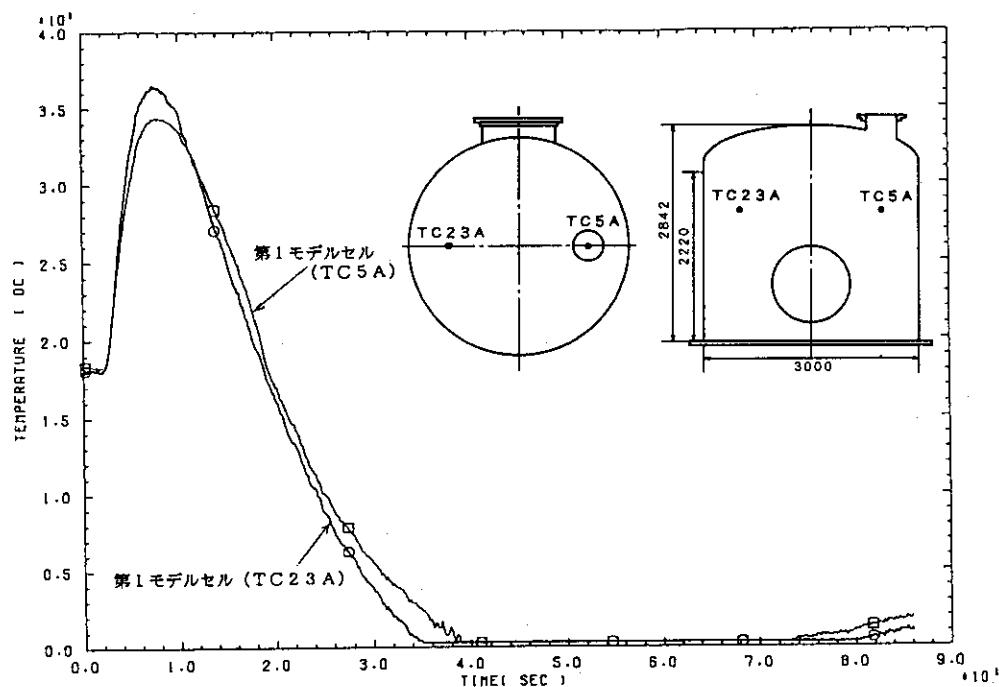


図4.1.68 第1モデルセル内の温度変化(℃)

PRES4001 1989.05.25

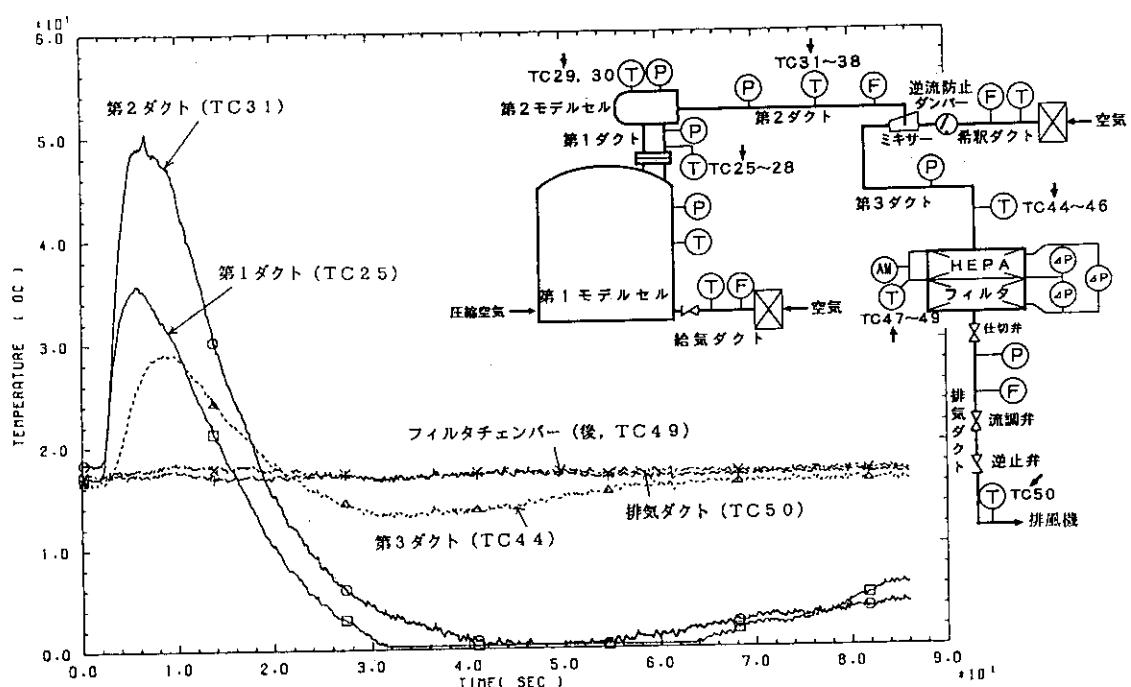
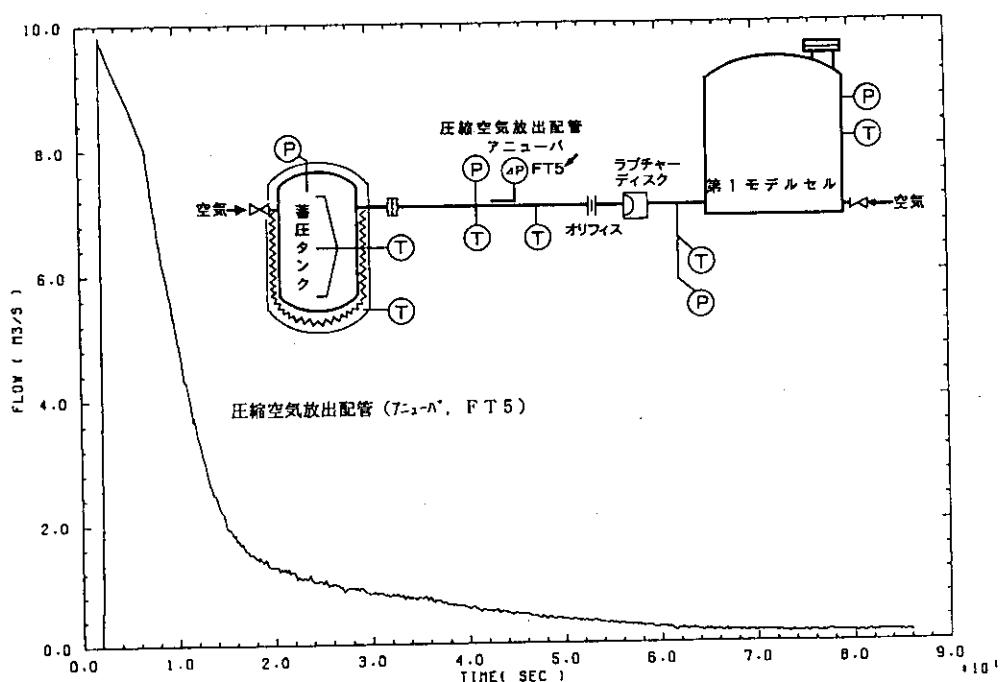
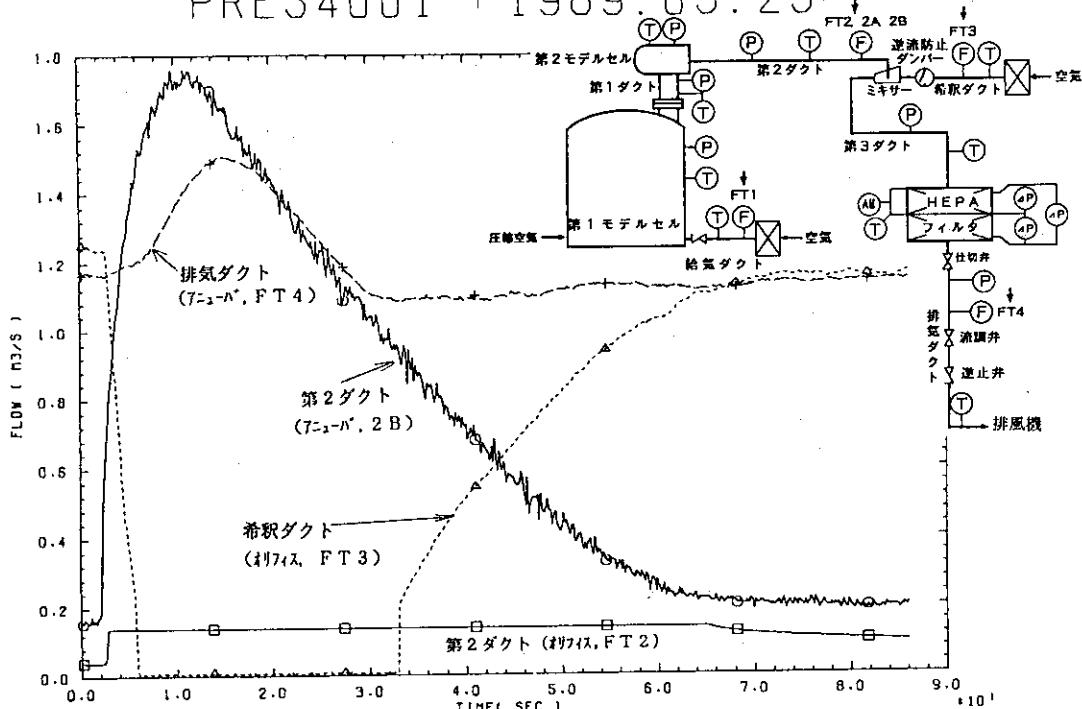


図4.1.69 第1ダクトから排気ダクトまでの温度変化(℃)

PRES4001 1989.05.25

図4.1.70 圧縮空気放出配管内の流量変化( $m^3/s$ )

PRES4001 1989.05.25

図4.1.71 第2ダクト内、希积ダクト内及び排气ダクト内の流量変化( $\text{m}^3/\text{s}$ )

PRES4001 1989.05.25

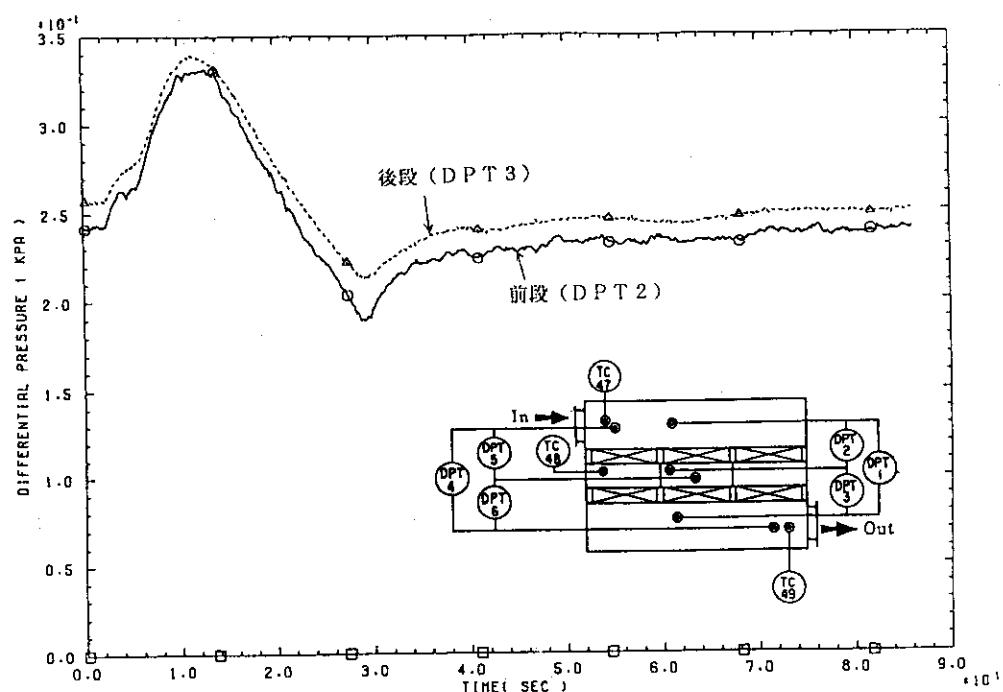


図4.1.72 HEPA フィルタの差圧変化(低応答型, kPa)

PRES4001 1989.05.25

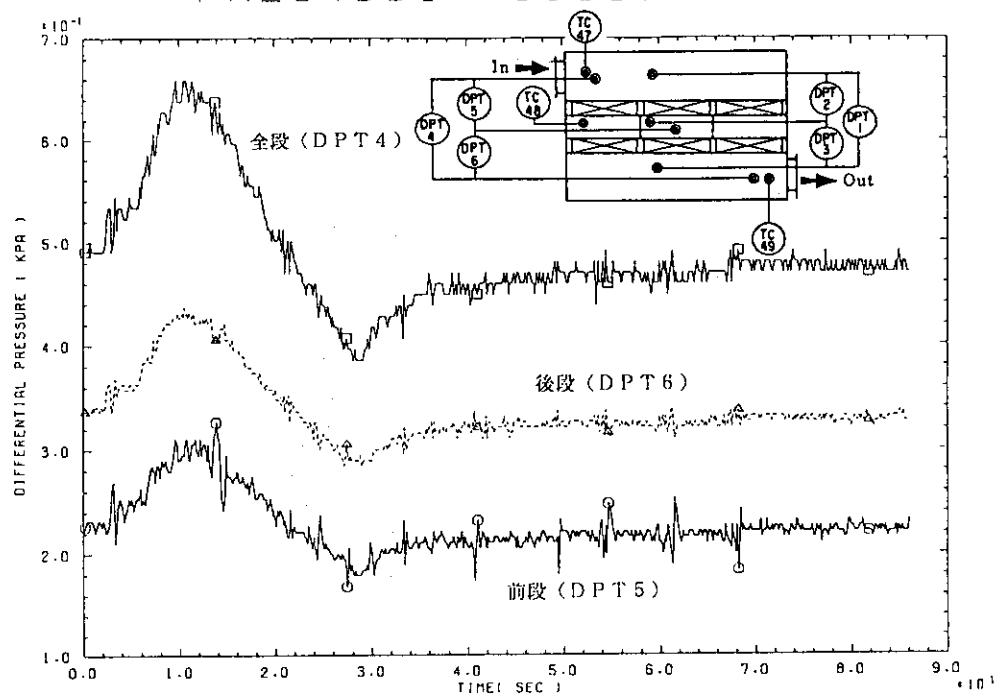


図4.1.73 H E P A フィルタの差圧変化（高応答型, kPa）

PRES4001 1989.05.25

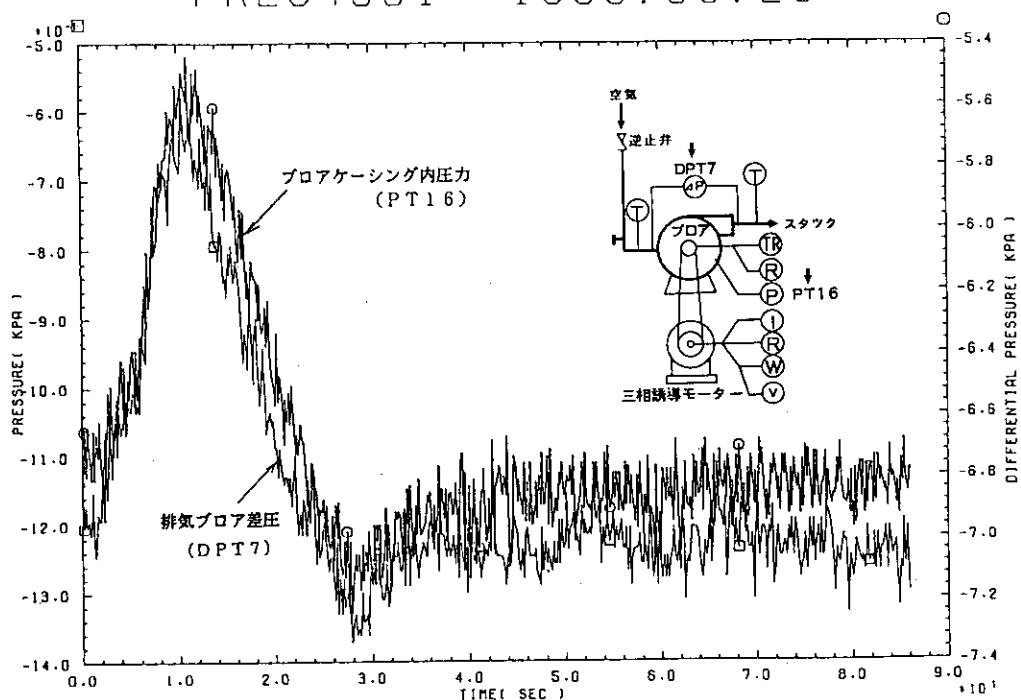


図4.1.74 排風機出入口間差圧及びプロアケーシング内圧力の変化(kPa)

PRES4001 1989.05.25

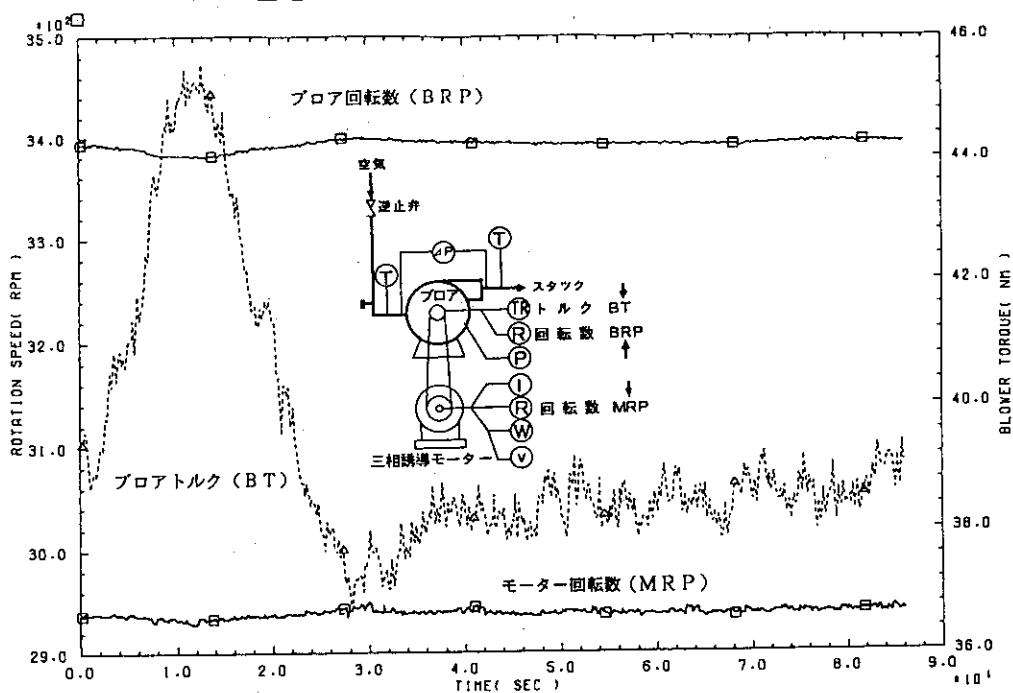


図4.1.75 ブロア及びモーター回転数(rpm), 及びブロアトルク(Nm)の変化

PRES4001 1989.05.25

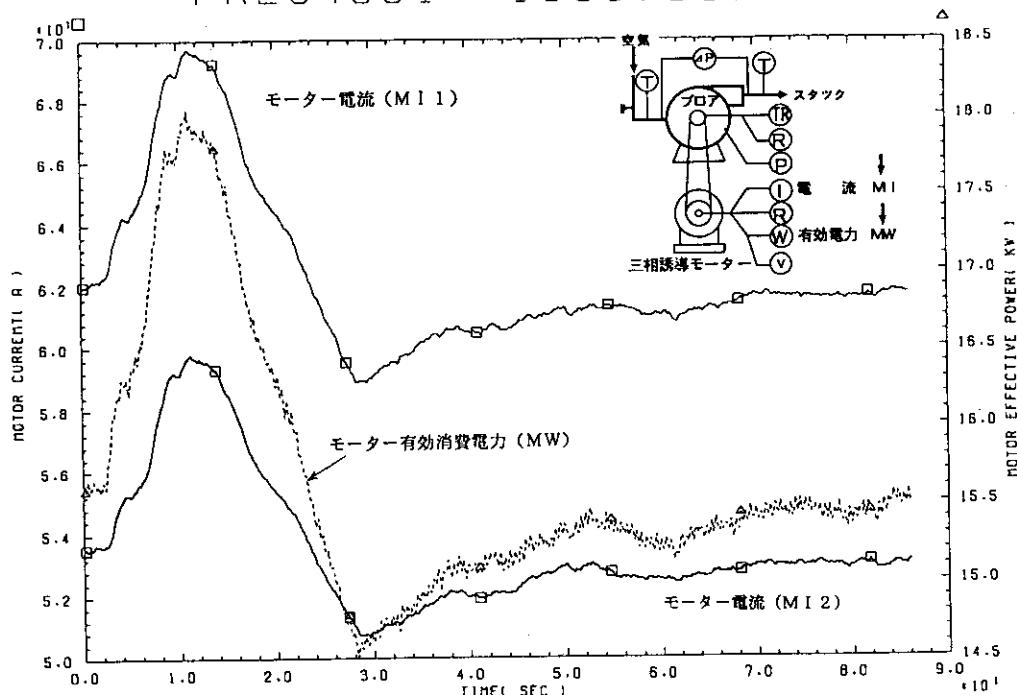
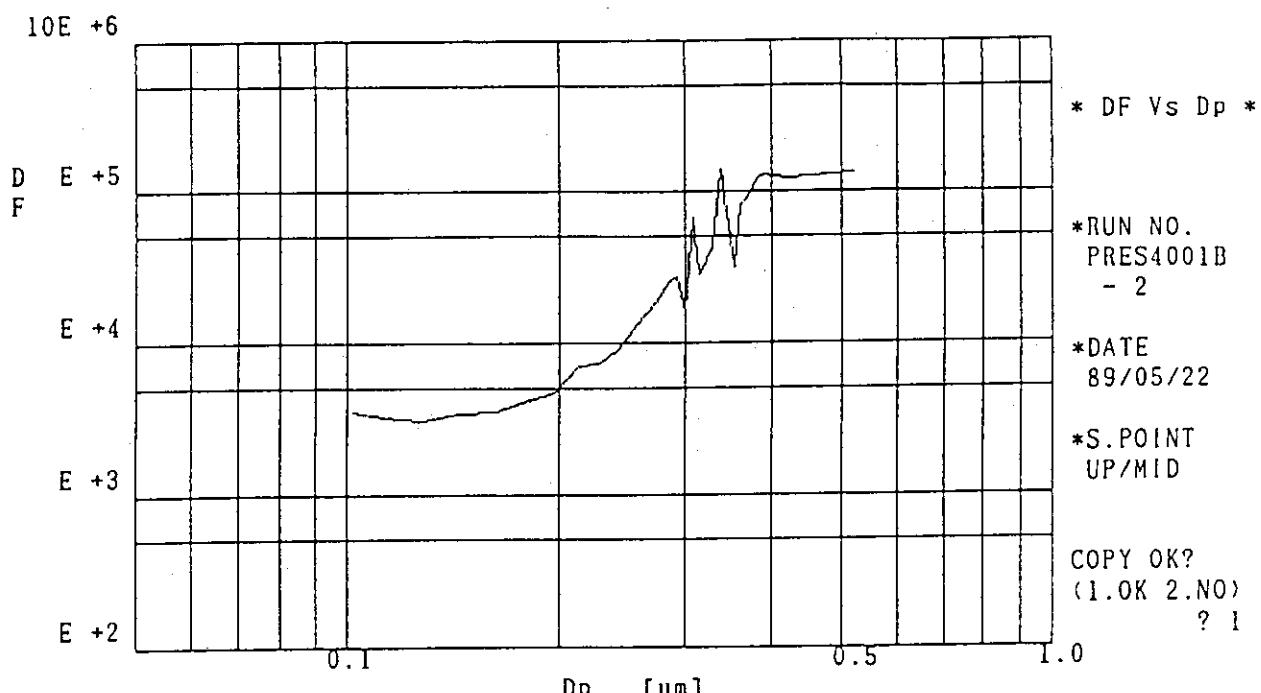
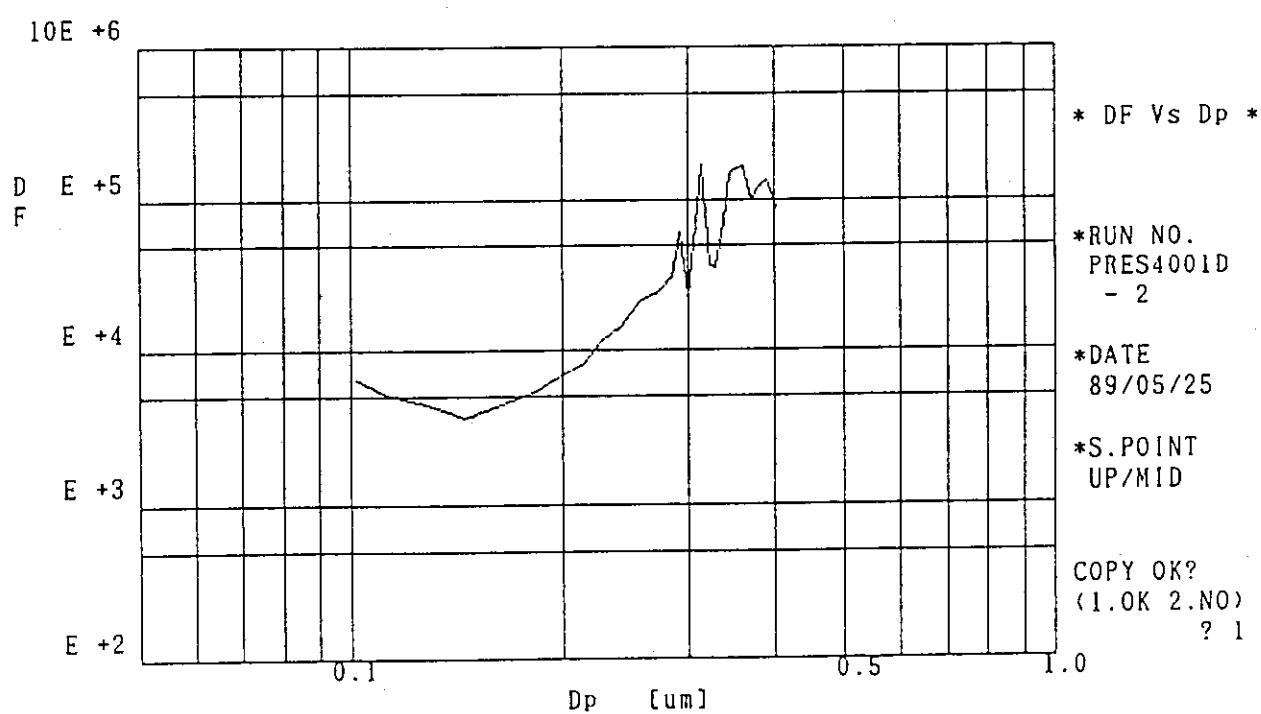


図4.1.76 モーター電流(A)及びモーター有効消費電力(kW)の変化



P R E S 4001 試験前 D O P テストデータ(2)



P R E S 4001 試験後 D O P テストデータ(2)

図4.1.77 試験前後のHEPAフィルタ（上段）のDOPテストデータ

#### 4. 1. 4 第2ダクトオリフィスと管路長効果試験

##### (1) 試験の目的

本試験は、蓄圧タンク内の初期圧力を $562\text{ kPa}$  ( $4.6\text{ kg/cm}^2\text{G}$ )、初期温度を外気温度に設定した条件の空気を第1モデルセルに放出し、セル換気系実証試験装置内での圧力変化、温度変化、HEPAフィルタの差圧変化及び排風機の挙動等を調べた。試験では、第2ダクトの流量センサーFT2のオリフィスの効果、第2ダクト管路長の効果を調べた。PRES40A5試験は平成元年9月28日に、PRES40A6試験は平成元年11月29日に、PRES4007試験は平成元年11月17日に、PRES5001試験は平成2年4月21日に、PRES50A1試験は平成2年6月26日に、PRES5003試験は平成2年6月12日に実施した。

##### (2) 試験の条件

表4.1.5にPRES40A5、PRES40A6、PRES4007、PRES5001、PRES50A1、PRES5003試験の試験条件を示す。6試験の試験条件は、第2ダクトの管路長とオリフィスの有無以外は同一である。

表4.1.5 第2ダクトオリフィスと管路長効果試験の試験条件

No.	項目	試験条件
1	蓄圧タンク内初期圧力	$562\text{ kPa}$ ( $4.7\text{ kg/cm}^2\text{G}$ )
2	蓄圧タンク内初期空気温度	外気温度
3	圧縮空気放出配管制限オリフィス	無
4	換 気 回 数	6回/h (第1モデルセル給気流量 $112\text{ m}^3/\text{h}$ )
5	希 釈 流 量	$4268\text{ m}^3/\text{h}$
6	排 気 流 量	$4380\text{ m}^3/\text{h}$
7	第2ダクト管路長	PRES40A5 : 50m PRES40A6 : 10m PRES4007 : 50m PRES5001 : 50m PRES50A1 : 50m PRES5003 : 10m
8	第2ダクトオリフィス	PRES40A5 : 無 PRES40A6 : 無 PRES4007 : 有 PRES5001 : 有 PRES50A1 : 有 PRES5003 : 無
9	第1モデルセル内初期圧力	$-0.5 \sim -1.0\text{ kPa}$ ( $-50 \sim -100\text{ mmH}_2\text{O}$ )
10	HEPAフィルタ台数	6台(ハーフサイズ)/段×2段 計12台

### (3) PRES 40 A 5 試験の結果

#### (3.1) 圧力変化

図4.1.78に蓄圧タンク内(PT13), 圧縮空気放出配管内(アニューバ前, PT14), 第1モデルセル入口(PT15)及び第1モデルセル内(PT2)の圧力変化を示す。圧力は、ラプチャーディスク破壊とともに急速に減少し、約40秒後に大気圧となる。

図4.1.79に第1ダクト内(PT3), 第2モデルセル内(PT4), 第2ダクト内(PT5, 6, 7, 8), 第3ダクト内(PT9, PT11)及び排気ダクト内(PT12)の圧力変化を示す。第1モデルセルからの行程に応じてピーク値が減少している。

#### (3.2) 温度変化

図4.1.80に第1モデルセル内の温度変化を示す。2箇所とも吹き込みによる断熱圧縮によってほぼ同様な値に上昇し、その後下降している。

図4.1.81に蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の温度変化を示す。蓄圧タンク内温度(TC52, 53, TC54)及び圧縮空気放出配管内温度(アニューバ式流量計FT5の前後の温度)TC55, 56は、放出による圧力減少とともに断熱膨張によって急激に低下し、0°C以下になっている。TC57は、第1モデルセル入口の温度変化を示す。

図4.1.82に第1ダクト(TC25), 第2ダクト(TC31), 第3ダクト(TC44), フィルターチェンバー(TC47, 49)及び排気ダクト(TC50)の温度変化を示す。TC31がTC25よりピーク値が高いのは、口径のより小さい第2ダクトに流入して断熱圧縮されたためと思われる。

#### (3.3) 流量変化

図4.1.83に放出された圧縮空気流入の流量(FT5:アニューバ)の変化を示す。

図4.1.84に第2ダクト流量(FT2A, FT2B:アニューバ), 希釈ダクト流量(FT3:オリフィス)及び排気ダクト流量(FT4:アニューバ)の変化を示す。FT2Aのデータは、流入した圧縮空気の量がセンサーのフルスケールを上回ったので、ピーク値は記録されていない。また、希釈ダクトの流れは、圧縮空気流入の間、逆流防止ダンパーの作動により、一時的に停止している。

#### (3.4) HEPAフィルタの差圧変化

図4.1.85に高応答特性のセンサーによるHEPAフィルタの差圧変化を示す。

#### (3.5) 排風機の挙動

図4.1.86に排風機出入口間の差圧(DPT7)及びプロアケーシング内圧力(PT16)の変化を示す。変化の傾向は共通している

図4.1.87に排風機のモーター及びプロアの回転数(MRP, BRP), プロアトルク(BT)の変化を示す。ただし、モーター回転数は、変化を強調するため実際の値を2倍して示してある。プロア及びモーター回転数とも、圧縮空気流入の間やや低下している。プロアトルクは急速に増大し、その後漸減している。

図4.1.88にモーター電流(3相中の2相, MI1, 2), モーター有効消費電力(MW1)の変化を示す。いづれも圧縮空気吹き込みと同時に増大し、その後急速な減少と増大を繰り返して定常状態に復帰している。

### (3.6) HEPAフィルタのDOPテスト

図4.1.89に試験前後のHEPAフィルタのDOPテストの結果を示す。試験後の除染係数DF値は、DOP粒子直径( $D_p$ )  $0.3\text{ }\mu\text{m}$ において、 $2.5 \times 10^4$  (捕集効率 $\eta = 99.996\%$ )であり、HEPAフィルタが健全に保たれていた。

## (4) PRES40A6試験の結果

### (4.1) 圧力変化

図4.1.90に蓄圧タンク内(PT13), 圧縮空気放出配管内(アニューバ前, PT14), 第1モデルセル入口(PT15)及び第1モデルセル内(PT2)の圧力変化を示す。圧力は、ラプチャーディスク破壊とともに急速に減少し、約80秒後に大気圧となる。

図4.1.91に第1ダクト内(PT3), 第2モデルセル内(PT4), 第2ダクト内(PT5, 6, 7, 8), 第3ダクト内(PT9, PT11)及び排気ダクト内(PT12)の圧力変化を示す。第1モデルセルからの行程に応じてピーク値が減少している。

### (4.2) 温度変化

図4.1.92に蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の温度変化を示す。蓄圧タンク内温度(TC52, 53, 54)及び圧縮空気放出配管内温度(アニューバ式流量計FT5の前後の温度)TC55, 56は、放出による圧力減少とともに断熱膨張によって急激に低下し、 $0^\circ\text{C}$ 以下になっている。TC57は、第1モデルセル入口の温度変化を示す。

図4.1.93に第1モデルセル内の温度変化を示す。3箇所とも吹き込みによる断熱圧縮によってほぼ同様な値に上昇し、その後下降している。

図4.1.94に第1ダクト(TC25), 第2ダクト(TC31), 第3ダクト(TC44), フィルタチャンバー(TC47, 49)及び排気ダクト(TC50)の温度変化を示す。

### (4.3) 流量変化

図4.1.95に放出された圧縮空気流入の流量(FT5:アニューバ)の変化を示す。

図4.1.96に第2ダクト流量(FT2A, FT2B:アニューバ), 希釈ダクト流量(FT3:オリフィス)及び排気ダクト流量(FT4:アニューバ)の変化を示す。FT2Aのデータは、流入した圧縮空気の量がセンサーのフルスケールを上回ったので、ピーク値は記録されていない。また、希釈ダクトの流れは、圧縮空気流入の間、逆流防止ダンパーの作動により、一時的に停止している。

### (4.4) HEPAフィルタの差圧変化

図4.1.97に高応答特性のセンサーによるHEPAフィルタの差圧変化を示す。

### (4.5) 排風機の挙動

図4.1.98に排風機出入口間の差圧(DPT7)及びプロアケーシング内圧力(PT16)の変化を示す。

図4.1.99に排風機のモーター及びプロアの回転数(MRP, BRP), プロアトルク(BT)の変化を示す。ただし、モーター回転数は、変化を強調するため実際の値を2倍して示してある。プロア及びモーター回転数とも、圧縮空気流入の間やや低下している。プロアトルクは急速に増大し、2個のピークを成し、その後減少している。

図4.1.100にモーター電流（3相中の2相，M11, 2），モーター有効消費電力（MW1）の変化を示す。いづれも圧縮空気吹き込みと同時に増大し、2個のピークを成し、その後減少して定常状態に復帰している。

#### （4.6）HEPAフィルタのDOPテスト

図4.1.101に試験前後のHEPAフィルタのDOPテストの結果を示す。試験後の除染係数DF値は、DOP粒子直径（D<sub>p</sub>）0.3 μmにおいて、 $7 \times 10^4$ （捕集効率η=99.999%）であり、HEPAフィルタが健全に保たれていた。

### （5）PRES4007試験の結果

#### （5.1）圧力変化

図4.1.102に蓄圧タンク内（PT13），圧縮空気放出配管内（アニューバ前，PT14），第1モデルセル入口（PT15）及び第1モデルセル内（PT2）の圧力変化を示す。圧力は、ラプチャーディスク破壊とともに急速に減少し、約80秒後に大気圧となる。PT15のカーブに一時的な鋭い減少ピークがみられる。

図4.1.103に第1ダクト内（PT3），第2モデルセル内（PT4），第2ダクト内（PT5, 6, 7, 8），第3ダクト内（PT9, PT11）及び排気ダクト内（PT12）の圧力変化を示す。第1モデルセルからの行程に応じてピーク値が減少している。PT3の低圧部は計測に失敗した。

#### （5.2）温度変化

図4.1.104に蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の温度変化を示す。蓄圧タンク内温度（TC52, 53, 54）及び圧縮空気放出配管内温度（アニューバ式流量計FT5の前後の温度）TC55, 56は、放出による圧力減少とともに断熱膨張によって急激に低下し、0°C以下になっている。TC57は、第1モデルセル入口の温度変化を示す。

図4.1.105に第1モデルセル内の温度変化を示す。2箇所とも吹き込みによる断熱圧縮によってほぼ同様な値に上昇し、その後下降している。

図4.1.106に第1ダクト（TC25），第2ダクト（TC31），第3ダクト（TC44），フィルタチャンバー（TC47, 49）及び排気ダクト（TC50）の温度変化を示す。TC31がTC25よりピーク値が高いのは、口径のより小さい第2ダクトに流入してさらに断熱圧縮されたためと思われる。

#### （5.3）流量変化

図4.1.107に放出された圧縮空気流入の流量（FT5：アニューバ）の変化を示す。

図4.1.108に第2ダクト流量（FT2B：アニューバ），希釈ダクト流量（FT3：オリフィス）及び排気ダクト流量（FT4：アニューバ）の変化を示す。また、希釈ダクトの流れは、圧縮空気流入の間、逆流防止ダンパーの作動により、一時的に停止している。

#### （5.4）HEPAフィルタの差圧変化

図4.1.109に高応答特性のセンサーによるHEPAフィルタの差圧変化を示す。

#### （5.5）排風機の挙動

図4.1.110に排風機出入口間の差圧（DPT7）及びブロアケーシング内圧力（PT1

6) の変化を示す。変化の傾向は共通している。

図4.1.111に排風機のモーター及びプロアの回転数(MRP, BRP), プロアトルク(BT)の変化を示す。ただし、モーター回転数は、変化を強調するため実際の値を2倍して示してある。プロア及びモーター回転数とも、圧縮空気流入の間やや低下している。プロアトルクは急速に増大し、その後漸減している。

図4.1.112にモーター電流(3相中の2相, MI1, 2), モーター有効消費電力(MW1)の変化を示す。いづれも圧縮空気吹き込みと同時に増大し、その後減少して定常状態に復帰している。

#### (5.6) HEPAフィルタのDOPテスト

図4.1.113に試験前後のHEPAフィルタのDOPテストの結果を示す。試験後の除染係数DF値は、DOP粒子直径(D<sub>p</sub>) 0.3 μmにおいて、 $5 \times 10^4$  (捕集効率η=99.998%)であり、HEPAフィルタが健全に保たれていた。

### (6) PRES5001試験の結果

#### (6.1) 圧力変化

図4.1.114に蓄圧タンク内(PT13), 圧縮空気放出配管内(アニューバ前, PT14), 第1モデルセル入口(PT15)及び第1モデルセル内(PT2)の圧力変化を示す。圧力は、ラプチャーディスク破壊とともに急速に減少し、約5.6秒後に大気圧となる。PT13とPT14は常に連続した空間であるので、当然それらの圧力履歴はほぼ一致している。PT15のカーブに一時的な鋭い減少がみられる。

図4.1.115に第1ダクト内(PT3), 第2モデルセル内(PT4), 第2ダクト内(PT5, 6, 7, 8), 第3ダクト内(PT9, PT11)及び排気ダクト内(PT12)の圧力変化を示す。第1モデルセルからの行程に応じてピーク値が減少している。PT7はピーク上部がスケールオーバーしている。

#### (6.2) 温度変化

図4.1.116に蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の温度変化を示す。蓄圧タンク内温度(TC54)及び圧縮空気放出配管内温度(アニューバ式流量計FT5の前後の温度)TC55, TC56は、放出による圧力減少とともに断熱膨張によって急激に低下し、0°C以下になっている。TC57は、第1モデルセル入口の温度であり、TC55, 56よりやや穏やかな変化を示している。

図4.1.117に第1モデルセル内の温度変化を示す。2箇所とも吹き込みによる断熱圧縮によってほぼ同様な値に上昇し、その後下降している。

図4.1.118に第1ダクト(TC25), 第2ダクト(TC31), 第3ダクト(TC44), フィルタチャンバー(TC47, 49)及び排気ダクト(TC50)の温度変化を示す。TC31がTC25よりピーク値が高いのは、口径のより小さい第2ダクトに流入して断熱圧縮されたためと思われる。

#### (6.3) 流量変化

図4.1.119に放出された圧縮空気流入の流量(FT5:アニューバ)の変化を示す。

図4.1.120に第2ダクト流量(F T 2 A, F T 2 B: アニューバ), 希釈ダクト流量(F T 3: オリフィス)及び排気ダクト流量(F T 4: アニューバ)の変化を示す。F T 2 Aのデータは、流入した圧縮空気の量がセンサーのフルスケールを上回ったので、ピーク値は記録されていない。また、希釈ダクトの流れは、圧縮空気流入の間、逆流防止ダンパーの作動により、一時的に停止している。

#### (6.4) HEPAフィルタの差圧変化

図4.1.121に高応答特性のセンサーによるHEPAフィルタの差圧変化を示す。

#### (6.5) 排風機の挙動

図4.1.122に排風機出入口間の差圧(D P T 7)及びプロアケーシング内圧力(P T 1 6)の変化を示す。変化の傾向は共通している。

図4.1.123に排風機モーター及びプロアの回転数(M R P, B R P), プロアトルク(B T)の変化を示す。ただし、モーター回転数は、変化を強調し、比較を容易にするため、2倍にして示す。

プロア及びモーター回転数とも、圧縮空気流入の間やや低下している。プロアトルクは急速に増大し、その後減少している。

図4.1.124にモーター電流(3相中の2相, M I 1, 2), モーター有効消費電力(M W 1)の変化を示す。いづれも圧縮空気吹き込みと同時に増大し、その後減少している。

#### (6.6) HEPAフィルタのDOPテスト

図4.1.125に試験前後のHEPAフィルタのDOPテストの結果を示す。試験後の除染係数D F値は、DOP粒子直径(D<sub>p</sub>) 0.3 μmにおいて、 $1 \times 10^5$  (捕集効率 $\eta = 99.999\%$ )であり、HEPAフィルタが健全に保たれていた。

### (7) PRES50A1試験の結果

#### (7.1) 圧力変化

図4.1.126に蓄圧タンク内(P T 1 3), 圧縮空気放出配管内(アニューバ前, P T 1 4), 第1モデルセル入口(P T 1 5)及び第1モデルセル内(P T 2)の圧力変化を示す。圧力は、ラプチャーディスク破壊とともに急速に減少し、約60秒後に大気圧となる。P T 1 3とP T 1 4は常に連続した空間であるので、当然それらの圧力履歴はほとんど一致している。P T 1 5のカーブに鋭いピークがみられる。

図4.1.127に第1ダクト内(P T 3), 第2モデルセル内(P T 4), 第2ダクト内(P T 5, 6, 7, 8), 第3ダクト内(P T 9, P T 11)及び排気ダクト内(P T 12)の圧力変化を示す。第1モデルセルからの行程に応じてピーク値が減少している。

#### (7.2) 温度変化

図4.1.128に蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管系の温度変化を示す。蓄圧タンク内温度(T C 5 2, 5 3, 5 4)及び圧縮空気放出配管内温度(アニューバ式流量計F T 5の前後の温度)T C 5 5, T C 5 6は、放出による圧力減少とともに断熱膨張によって急激に低下し、0 °C以下になっている。T C 5 7は第1モデルセル入口温度であり、T C 5 5, 5 6よりやや穏やかな変化を示している。

図4.1.129に第1モデルセル内の温度変化を示す。2箇所とも吹き込みによる断熱圧縮によってほぼ同様な値に上昇し、その後下降している。

図4.1.130に第1ダクト(TC25), 第2ダクト(TC31), 第3ダクト(TC44), フィルタチャンバー(TC47, 49)及び排気ダクト(TC50)の温度変化を示す。TC31がTC25よりピーク値が高いのは、口径のより小さい第2ダクトに流入して断熱圧縮されたためと思われる。

### (7.3) 流量変化

図4.1.131に放出された圧縮空気流入の流量(FT5:アニューバ)の変化を示す。

図4.1.132に第2ダクト流量(FT2A, FT2B:アニューバ), 希釈ダクト流量(FT3:オリフィス)及び排気ダクト流量(FT4:アニューバ)の変化を示す。FT2Aのデータは、流入した圧縮空気の量がセンサーのフルスケールを上回ったので、ピーク値は記録されていない。また、希釈ダクトの流れは、圧縮空気流入の間、逆流防止ダンパーの作動により、一時的に停止している。

### (7.4) HEPAフィルタの差圧変化

図4.1.133に高応答特性のセンサーによるHEPAフィルタの差圧変化を示す。

### (7.5) 排風機の挙動

図4.1.134に排風機出入口間の差圧(DPT7)及びプロアケーシング内圧力(PT16)の変化を示す。変化の傾向は共通している。

図4.1.135に排風機のモーター及びプロアの回転数(MRP, BRP), プロアトルク(BT)の変化を示す。ただし、モーター回転数は、変化を強調し、比較を容易にするため、2倍にして示す。プロア及びモーター回転数とも、圧縮空気流入の間やや低下している。プロアトルクは急速に増大し、その後減少している。

図4.1.136にモーター電流(3相中の2相, MI1, 2), モーター有効消費電力(MW1)の変化を示す。いづれも圧縮空気吹き込みと同時に増大し、その後減少している。

### (7.6) HEPAフィルタのDOPテスト

図4.1.137に試験前後のHEPAフィルタのDOPテストの結果を示す。試験後の除染係数DF値は、DOP粒子直径(D<sub>p</sub>) 0.3 μmにおいて、 $1 \times 10^5$  (捕集効率η=99.999%)であり、HEPAフィルタが健全に保たれていた。

## (8) PRESS003試験の結果

### (8.1) 圧力変化

図4.1.138に蓄圧タンク内(PT13), 圧縮空気放出配管内(アニューバ前, PT14), 第1モデルセル入口(PT15)及び第1モデルセル内(PT2)の圧力変化を示す。圧力は、ラプチャーディスク破壊とともに急速に減少し、約25秒後に大気圧となる。PT15のカープに一時的な鋭い減少ピークがみられる。

図4.1.139に第1ダクト内(PT3), 第2モデルセル内(PT4), 第2ダクト内(PT5, 6, 7, 8), 第3ダクト内(PT9, PT11)及び排気ダクト内(PT12)の圧力変化を示す。第1モデルセルからの行程に応じてピーク値が減少している。

### (8.2) 温度変化

図4.1.140に蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管系の温度変化を示す。蓄圧タンク内温度(TC52, 53, 54)及び圧縮空気放出配管内温度(アニューバ式流量計FT5の前後の温度)TC55, TC56は、放出による圧力減少とともに断熱膨張によって急激に低下し、0°C以下になっている。TC57は、第1モデルセル入口の温度変化を示す。

図4.1.141に第1モデルセル内の温度変化を示す。3箇所とも吹き込みによる断熱圧縮によってほぼ同様な値に上昇し、その後下降している。

図4.1.142に第1ダクト(TC25), 第2ダクト(TC31), 第3ダクト(TC44), フィルタチャンバー(TC47, 49)及び排気ダクト(TC50)の温度変化を示す。TC31がTC25よりピーク値が高いのは、口径のより小さい第2ダクトに流入して断熱圧縮されたためと思われる。

### (8.3) 流量変化

図4.1.143に放出された圧縮空気流入の流量(FT5:アニューバ)の変化を示す。

図4.1.144に第2ダクト流量(FT2A, FT2B:アニューバ), 希釈ダクト流量(FT3:オリフィス)及び排気ダクト流量(FT4:アニューバ)の変化を示す。FT2Aのデータは、流入した圧縮空気の量がセンサーのフルスケールを上回ったので、ピーク値は記録されていない。また、希釈ダクトの流れは、圧縮空気流入の間、逆流防止ダンパーの作動により、一時的に停止している。

### (8.4) HEPAフィルタの差圧変化

図4.1.145に高応答特性のセンサーによるHEPAフィルタの差圧変化を示す。

### (8.5) 排風機の挙動

図4.1.146に排風機出入口間の差圧(DPT7)及びプロアケーシング内圧力(PT16)の変化を示す。

図4.1.147に排風機のモーター及びプロアの回転数(MRP, BRP), プロアトルク(BT)の変化を示す。ただし、モーター回転数は、変化を強調し比較を容易にするため、2倍にして示す。

プロア及びモーター回転数は、圧縮空気流入の間やや低下する。プロアトルクは急速な増大と減少をみせている。

図4.1.148にモーター電流(3相中の2相, MI1, 2), モーター有効消費電力(MW1)の変化を示す。いづれも圧縮空気吹き込みと同時に増大し、その後減少と増大を繰り返した後、定常状態に復帰している。

### (8.6) HEPAフィルタのDOPテスト

図4.1.149に試験前後のHEPAフィルタのDOPテストの結果を示す。試験後の除染係数DF値は、DOP粒子直径(D<sub>p</sub>) 0.3 μmにおいて、 $3 \times 10^5$  (捕集効率 $\eta = 99.999\%$ )であり、HEPAフィルタが健全に保たれていた。

PRES40A5 1989.09.28

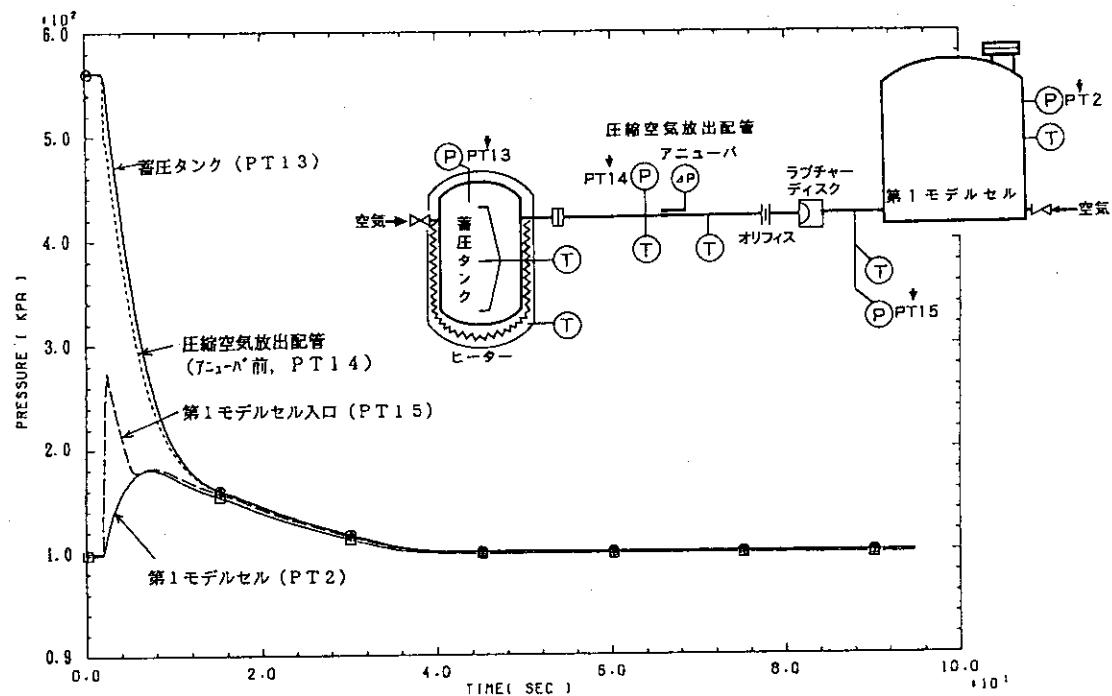


図4.1.78 蓄圧タンク内、圧縮空気放出配管内及び第1モデルセル入口の圧力変化(kPa)

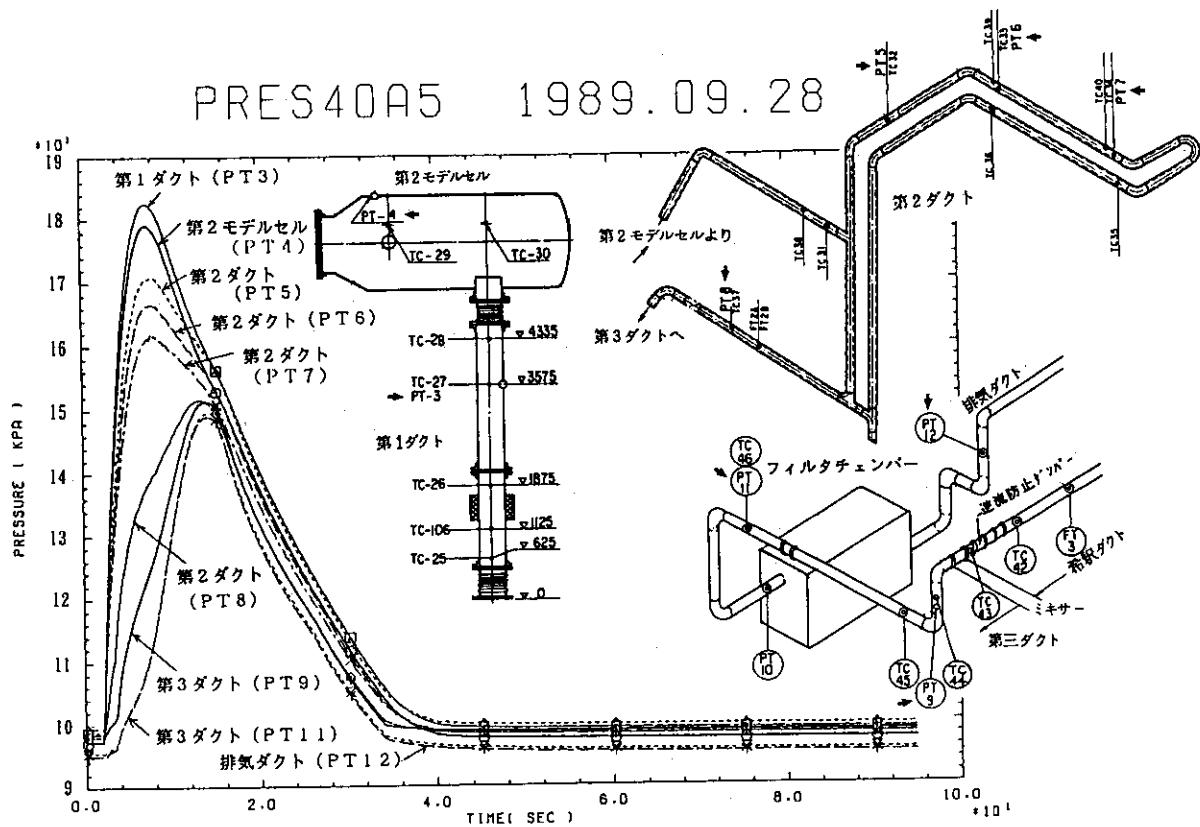


図4.1.79 第1ダクトから排気ダクトまでの圧力変化(kPa)

PRES40A5 1989.09.28

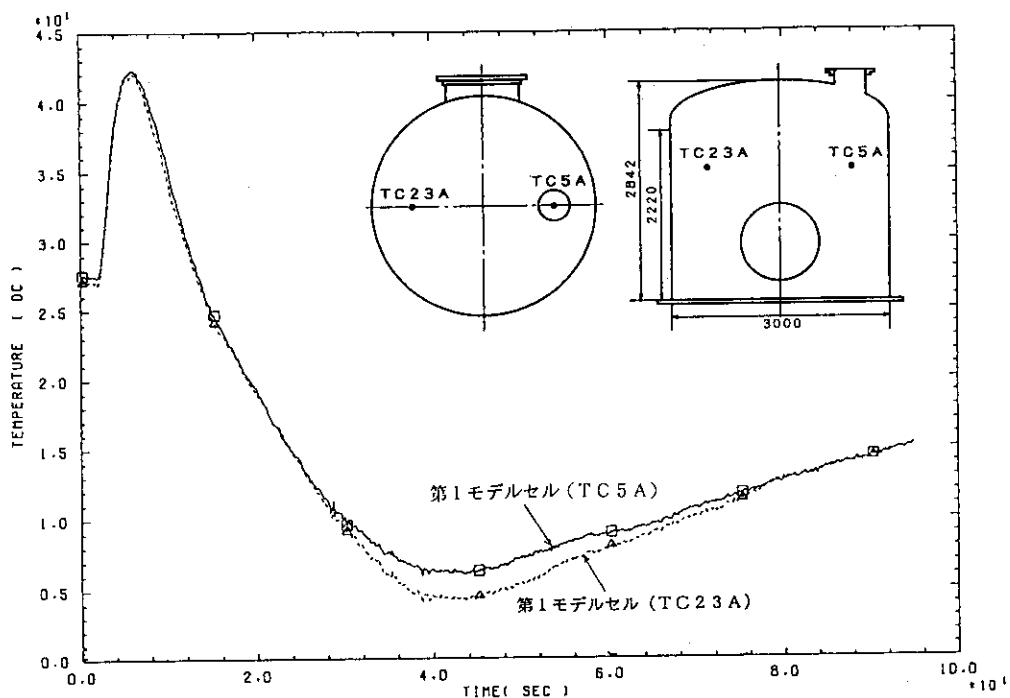


図4.1.80 第1モデルセル内の温度変化(℃)

PRES40A5 1989.09.28

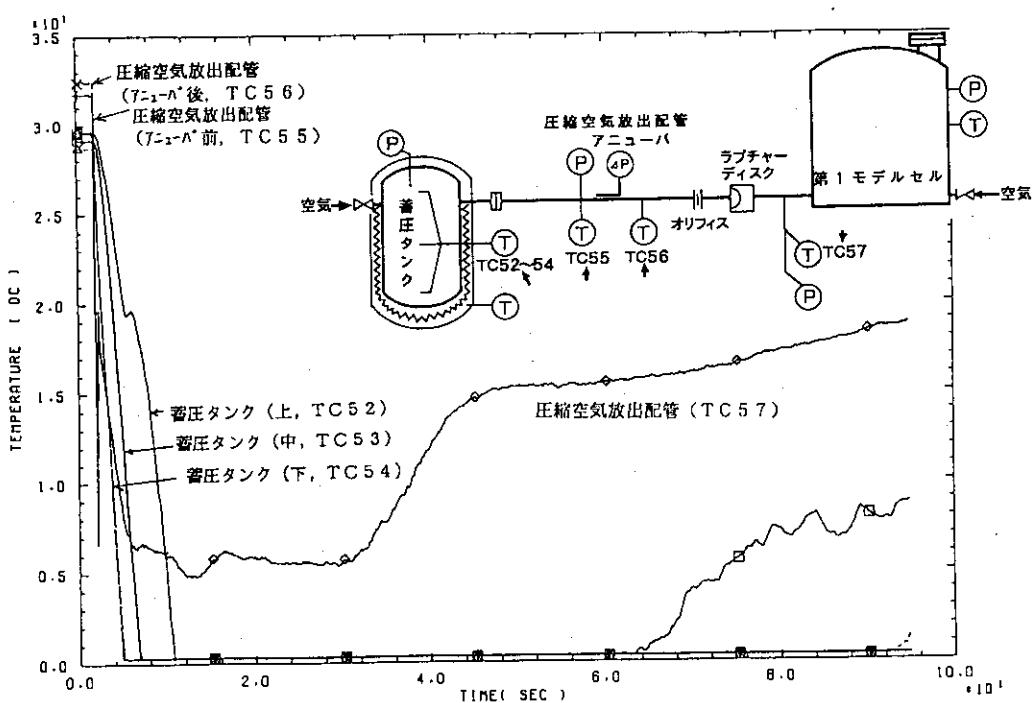


図4.1.81 蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の温度変化(℃)

PRES40A5 1989.09.28

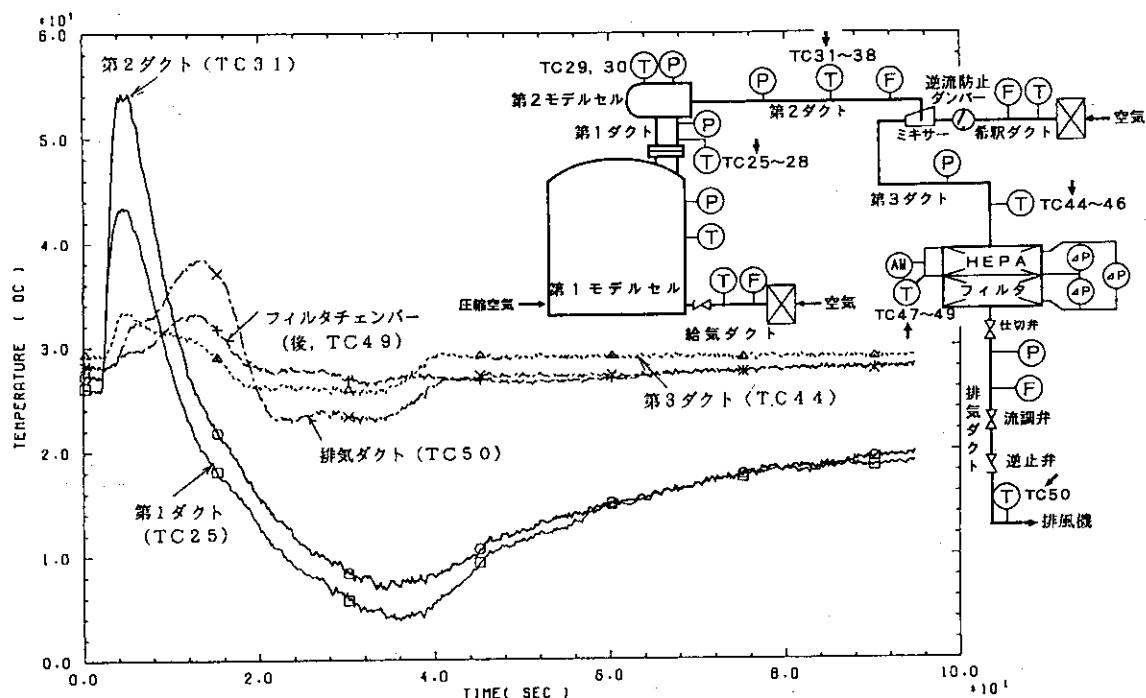


図4.1.82 第1ダクトから排気ダクトまでの温度変化(℃)

PRES40A5 1989.09.28

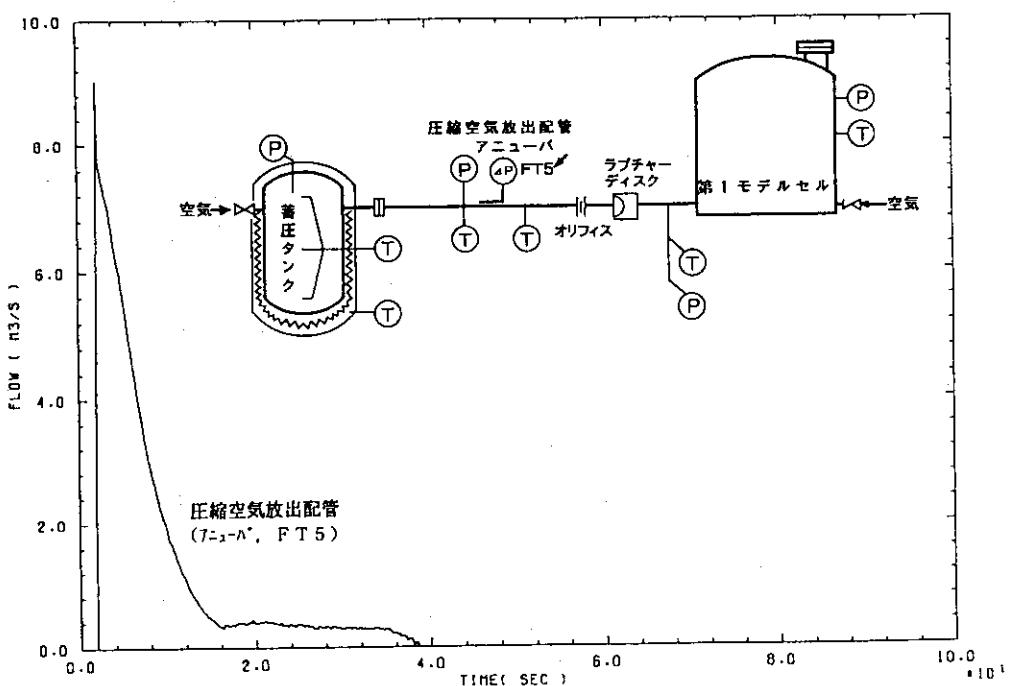
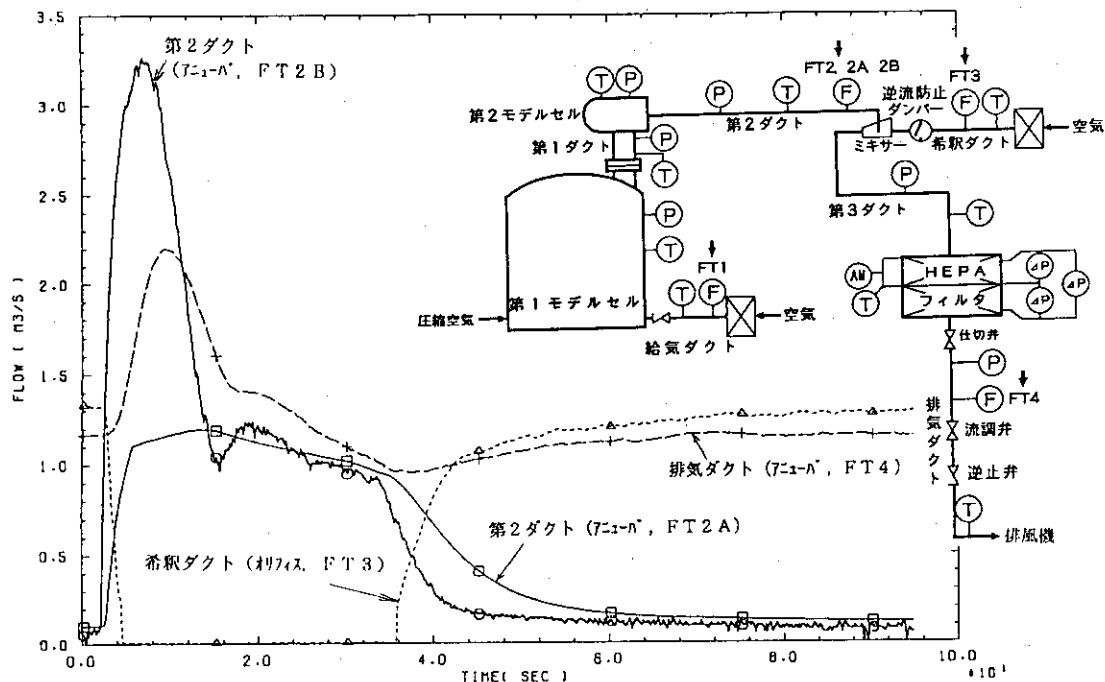


図4.1.83 圧縮空気放出配管内の流量変化(m³/s)

PRES40A5 1989.09.28

図4.1.84 第2ダクト内、希釀ダクト内及び排気ダクト内の流量変化( $\text{m}^3/\text{s}$ )

PRES40A5 1989.09.28

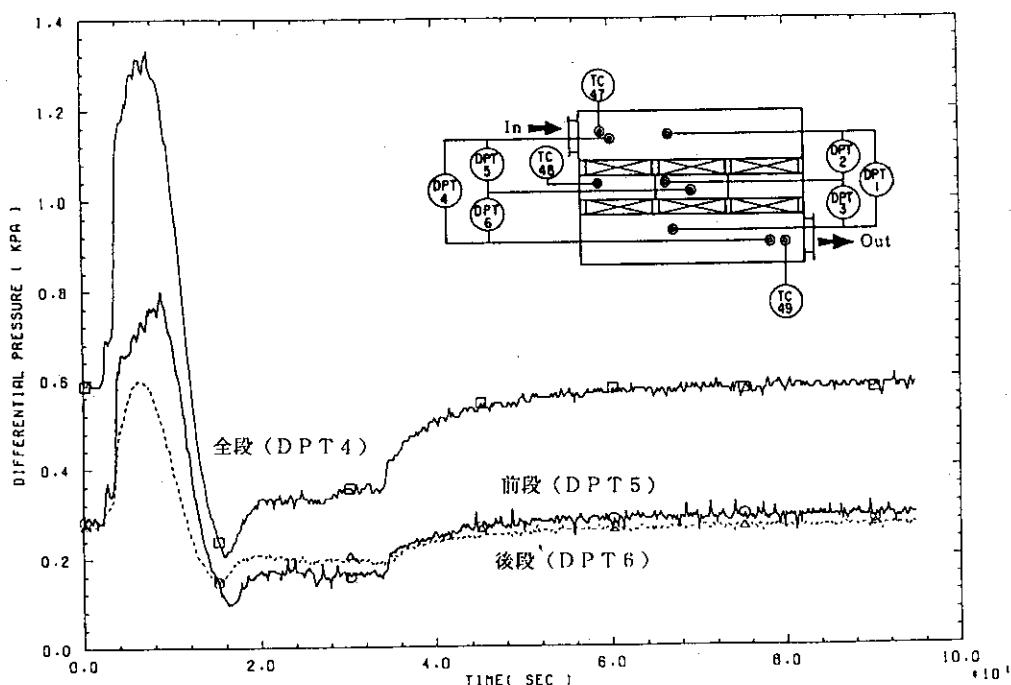


図4.1.85 HEPAフィルタの差圧変化(高応答型, kPa)

PRES40A5 1989.09.28

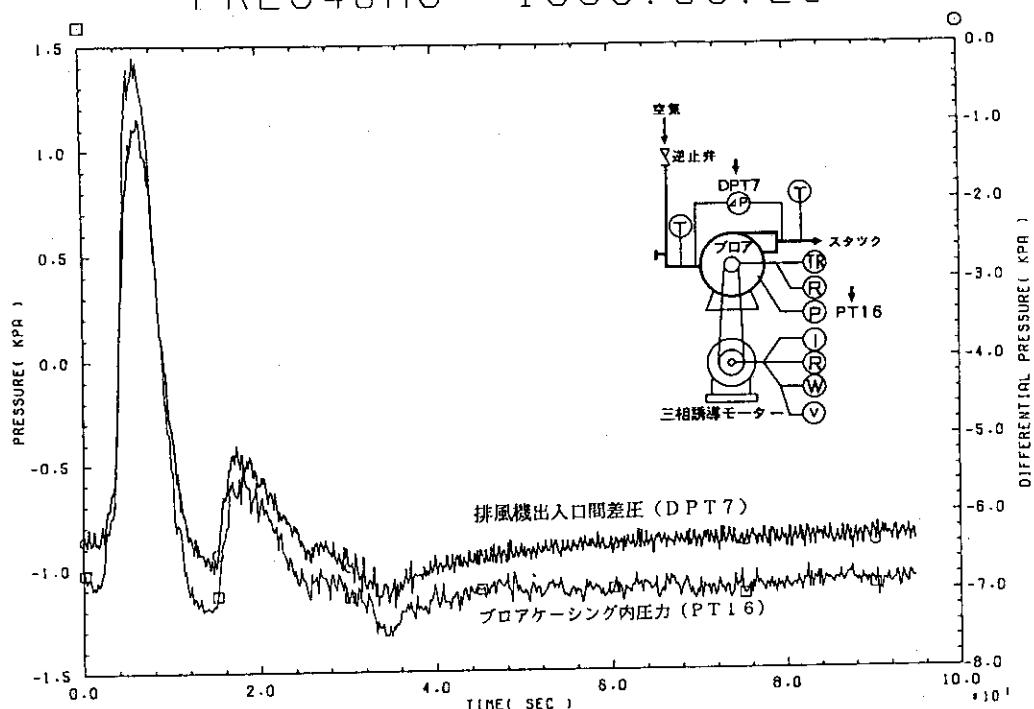


図4.1.86 排風機出入口間差圧及びプロアケーシング内圧力の変化(kPa)

PRES40A5 1989.09.28

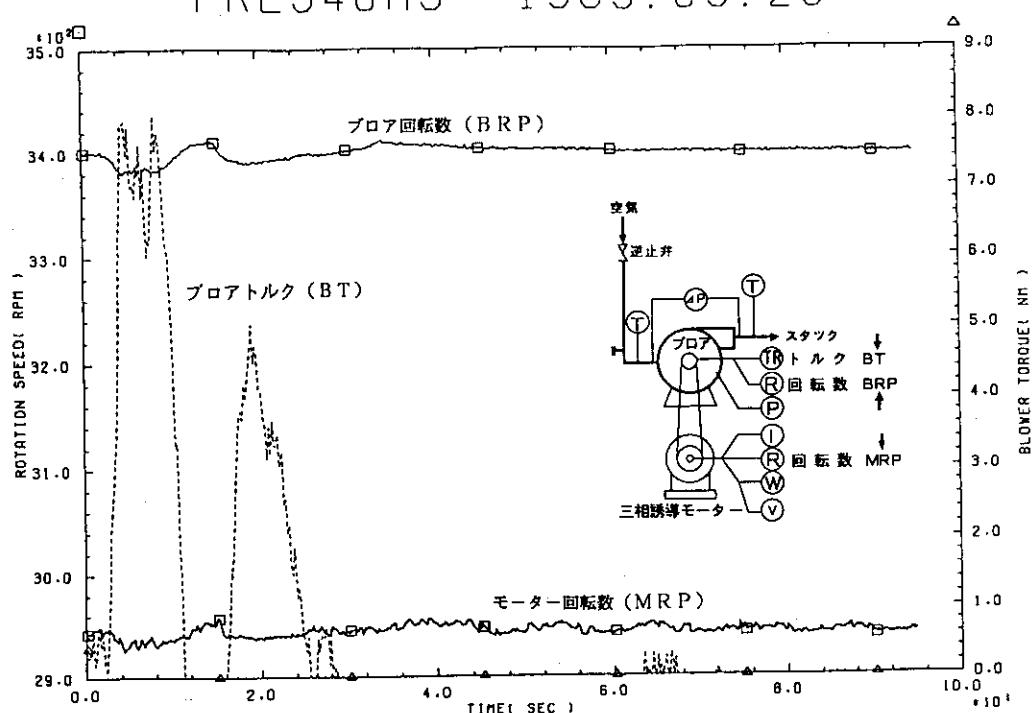


図4.1.87 プロア及びモーター回転数(rpm), 及びプロアトルク(Nm)の変化

PRES40A5 1989.09.28

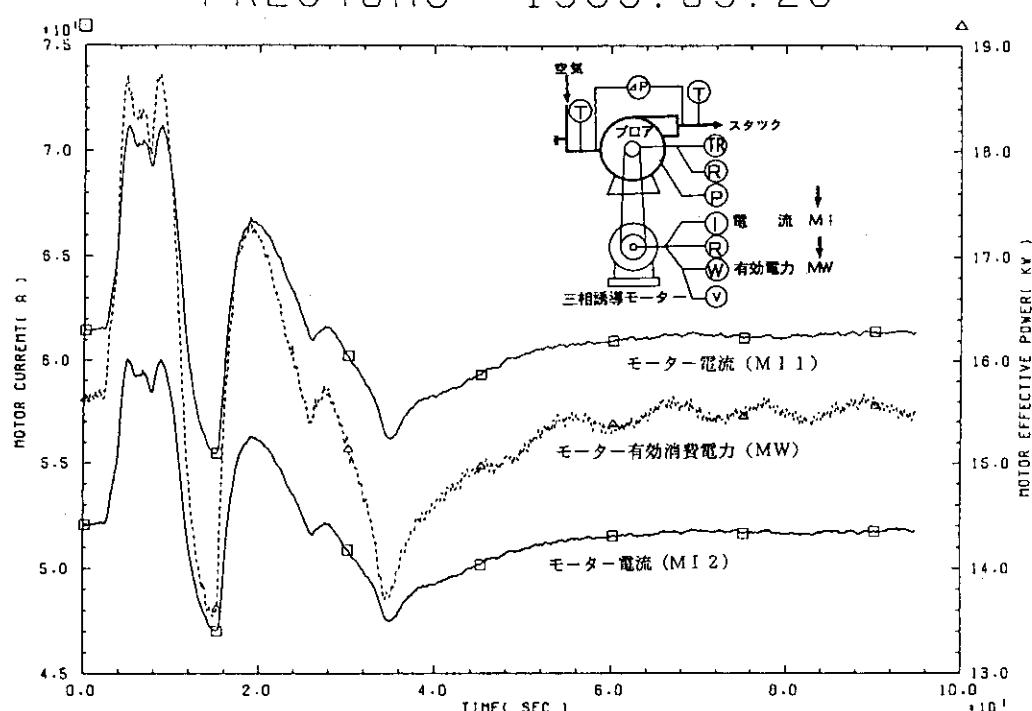


図4.1.88 モーター電流(A)及びモーター有効消費電力(kW)の変化

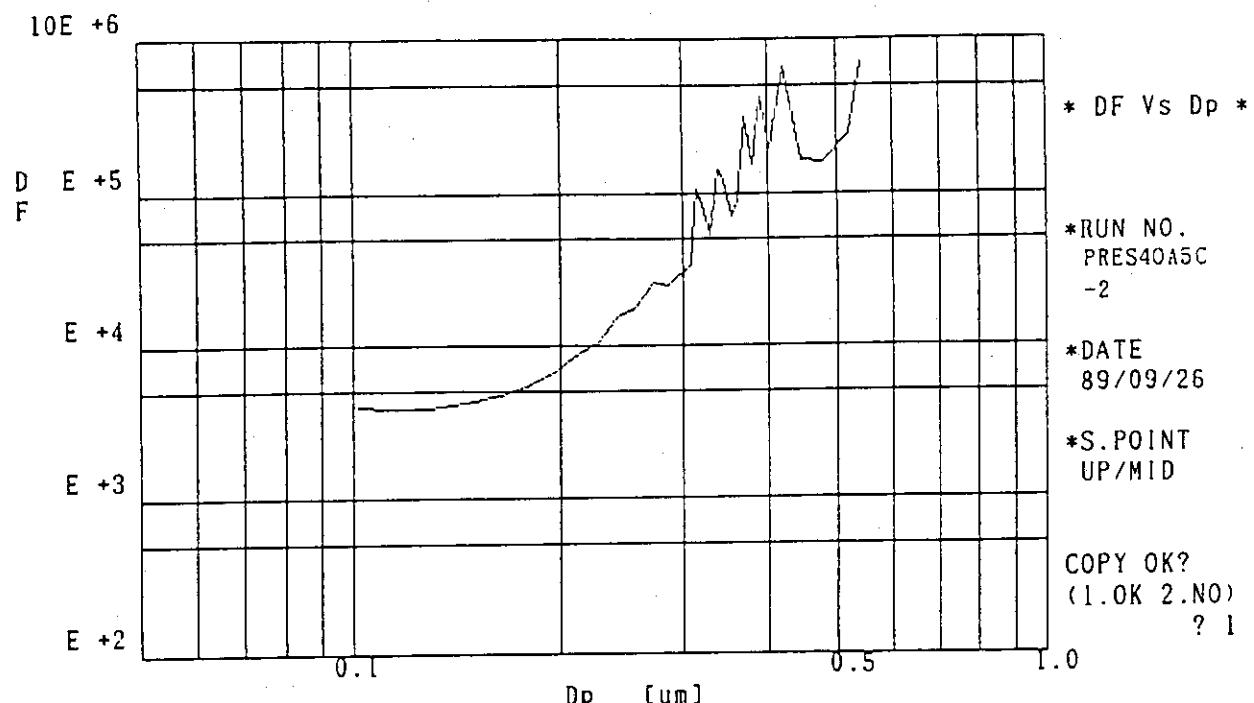


図 17 PRES40A5試験前DOPテストデータ(2)

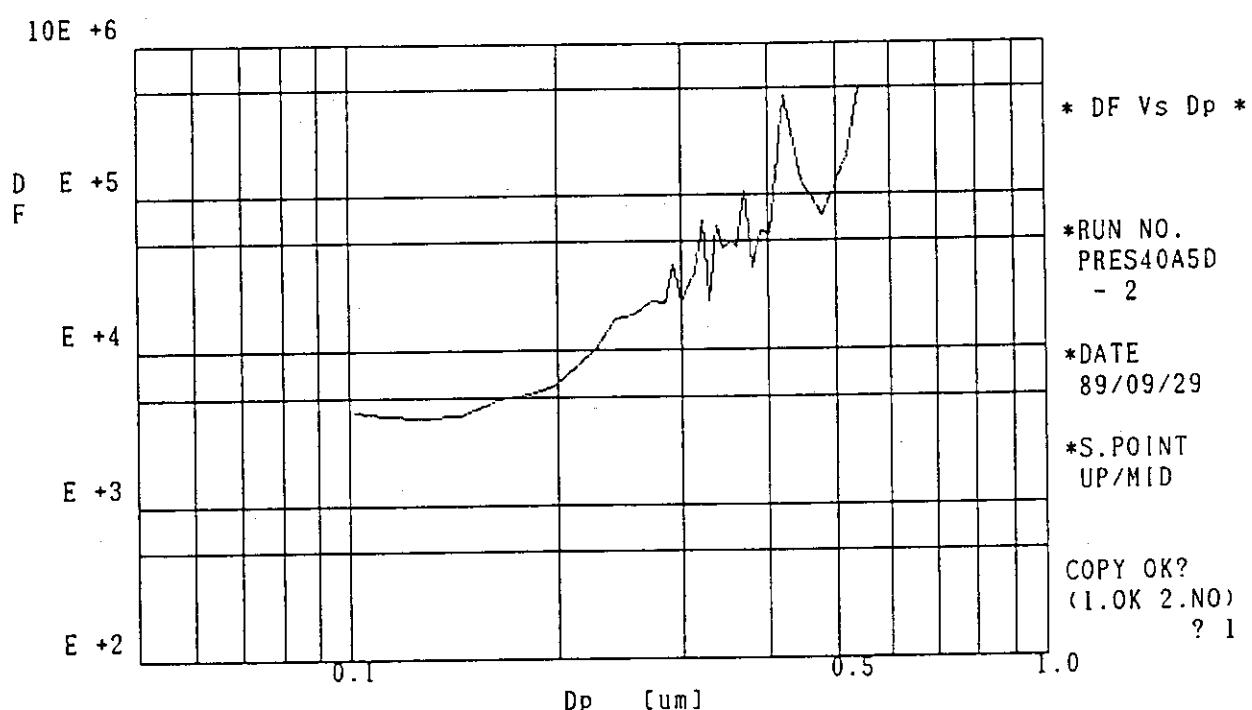


図 20 PRES40A5試験後DOPテストデータ(2)

図4.1.89 試験前後のHEPAフィルタ（上段）のDOPテストデータ

PRES40A6 1989.11.29

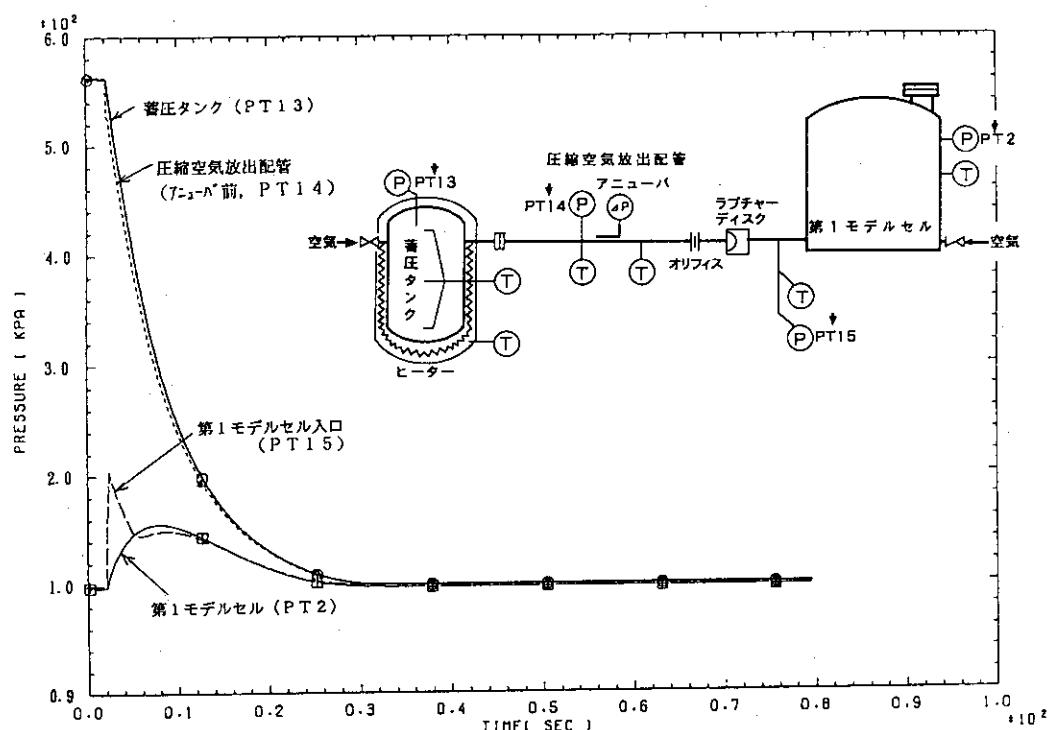


図4.1.90 蓄圧タンク内、圧縮空気放出配管内及び第1モデルセル入口の圧力変化(kPa)

PRES40A6 1989.11.29

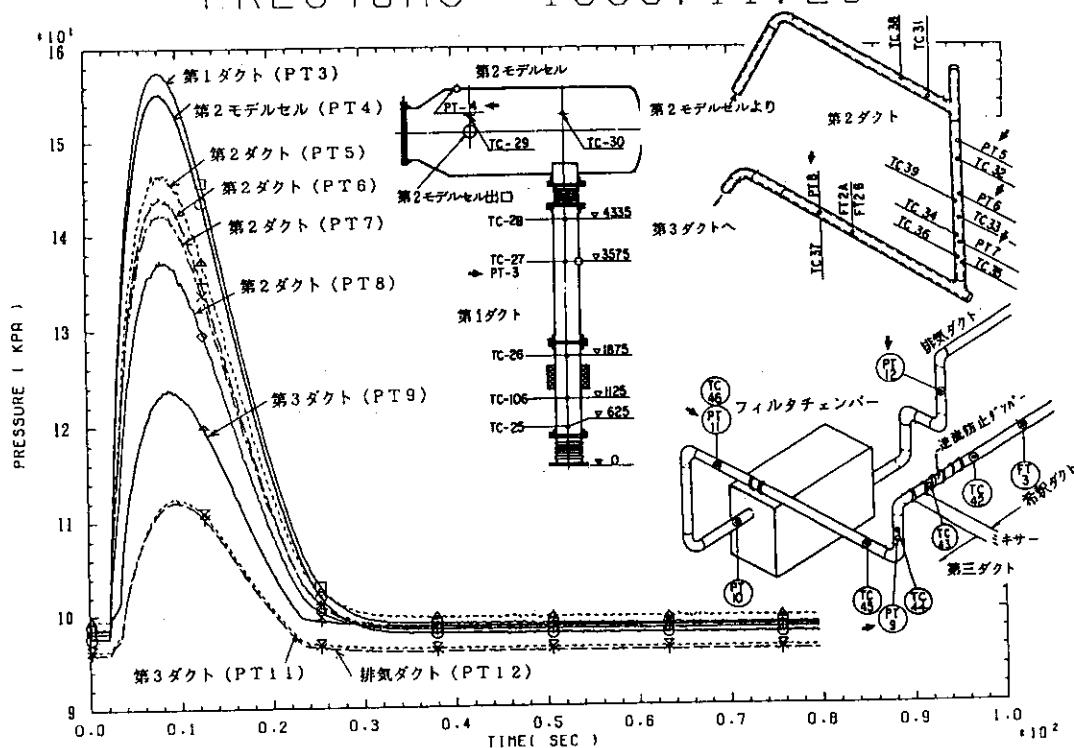


図4.1.91 第1ダクトから排気ダクトまでの圧力変化(kPa)

PRES40A6 1989.11.29

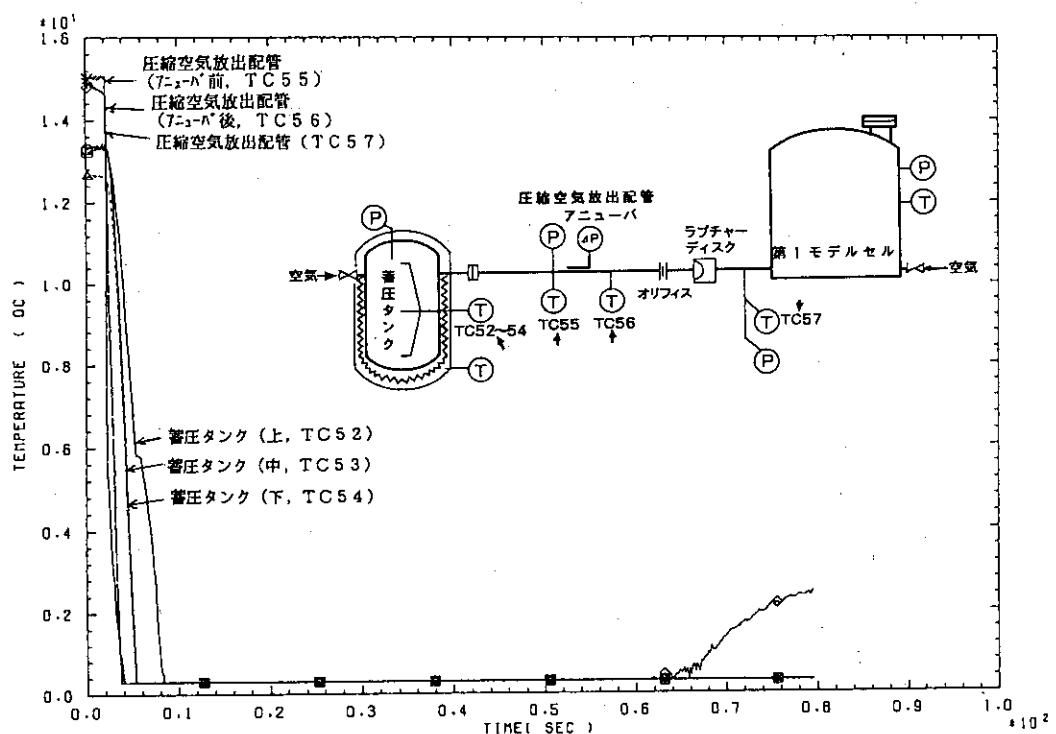


図4.1.92 蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の温度変化(℃)

PRES40A6 1989.11.29

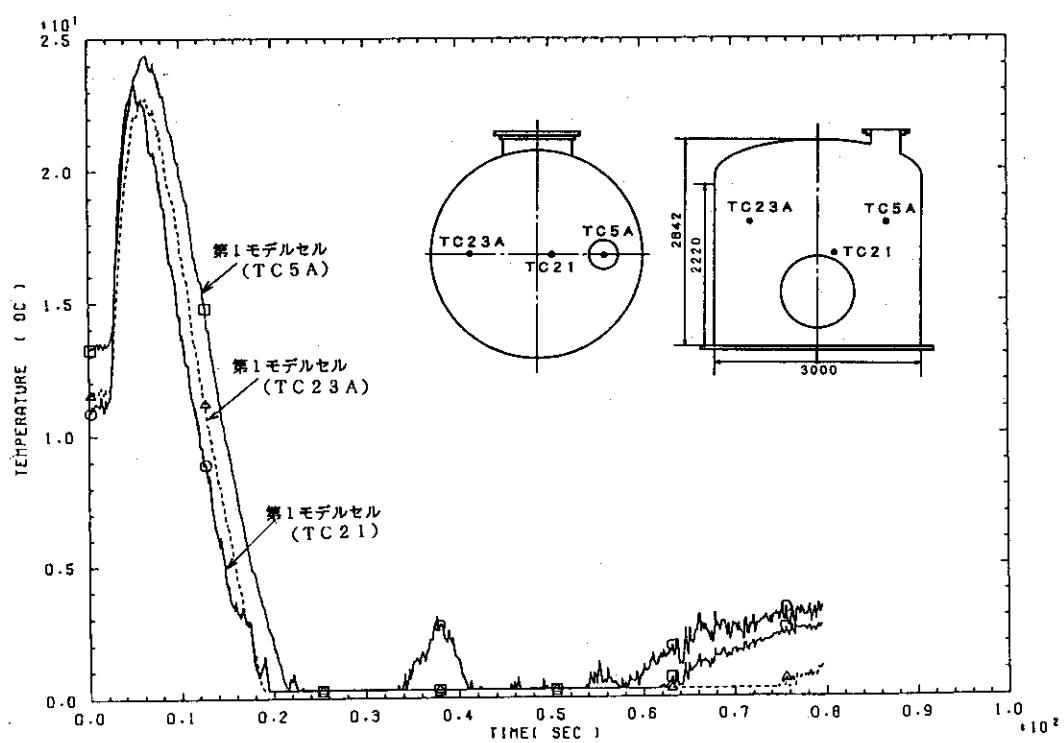


図4.1.93 第1モデルセル内の温度変化(℃)

PRES40A6 1989.11.29

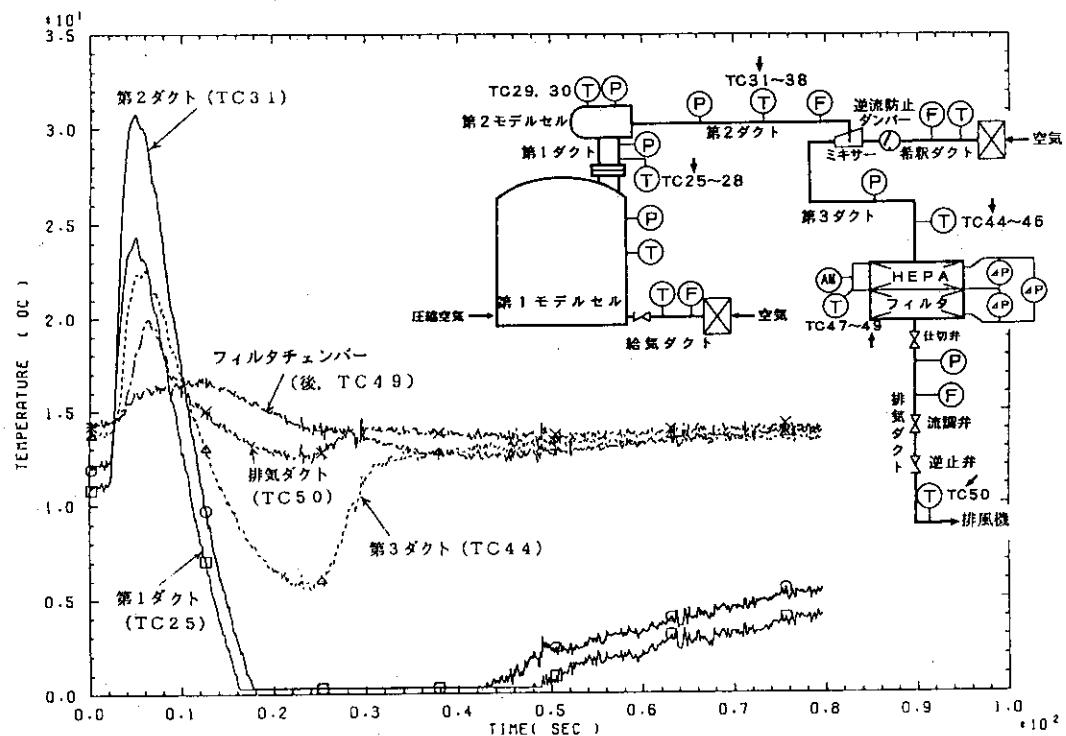
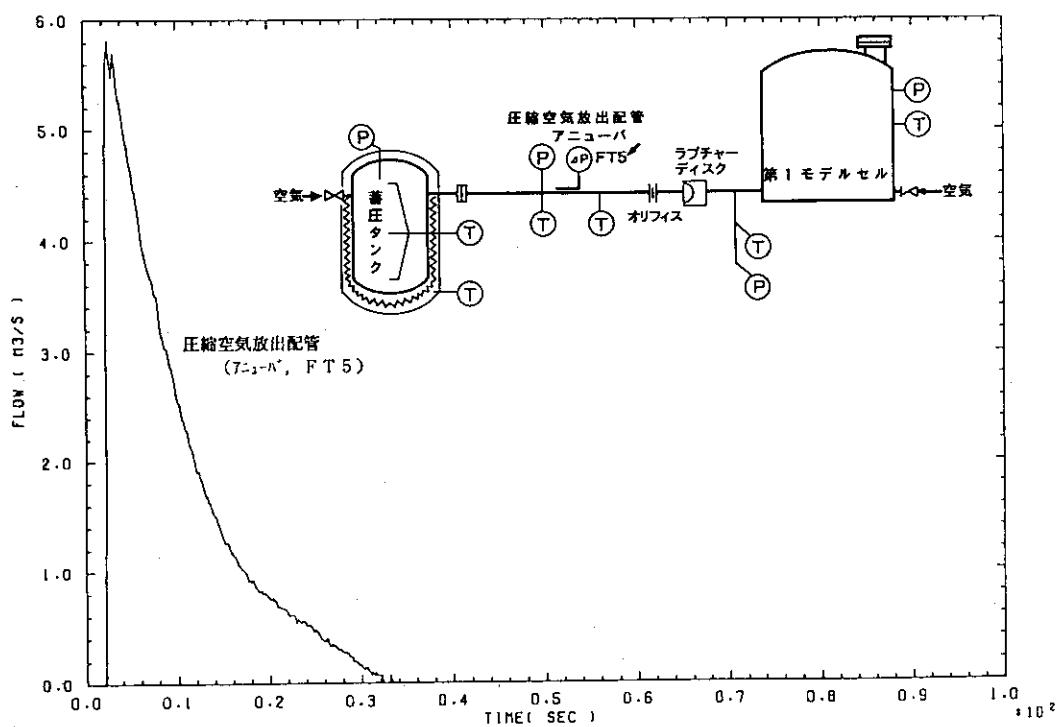
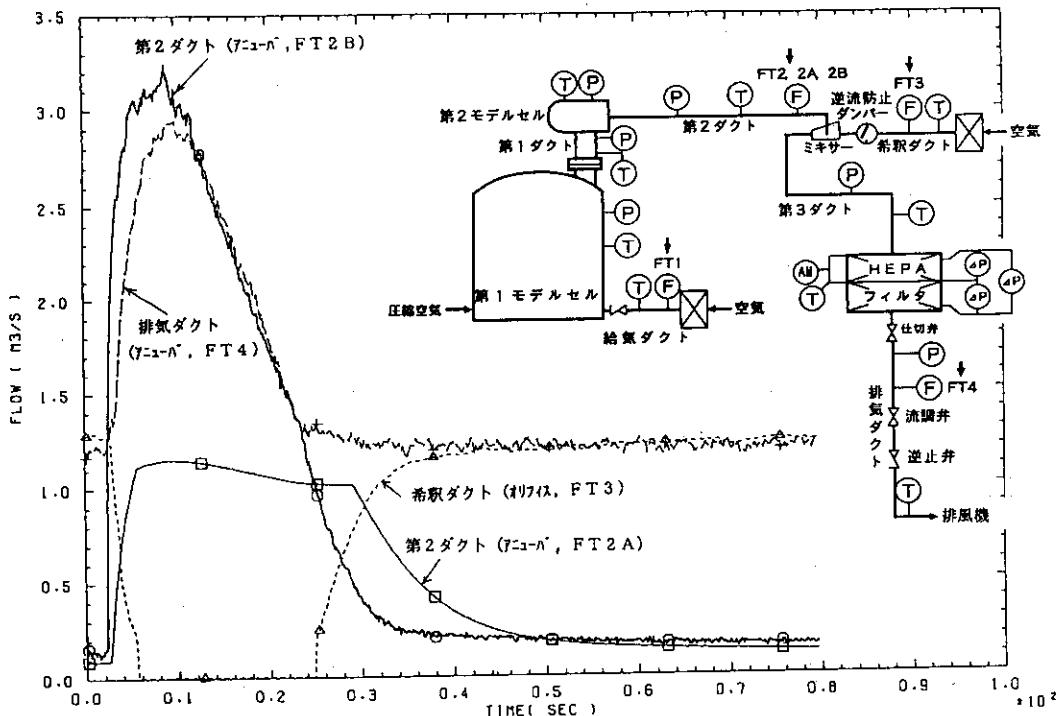


図4.1.94 第1ダクトから排気ダクトまでの温度変化(℃)

PRES40A6 1989.11.29

図4.1.95 圧縮空気放出配管内の流量変化( $m^3/s$ )

PRES40A6 1989.11.29

図4.1.96 第2ダクト内、希釈ダクト内及び排気ダクト内の流量変化( $\text{m}^3/\text{s}$ )

PRES40A6 1989.11.29

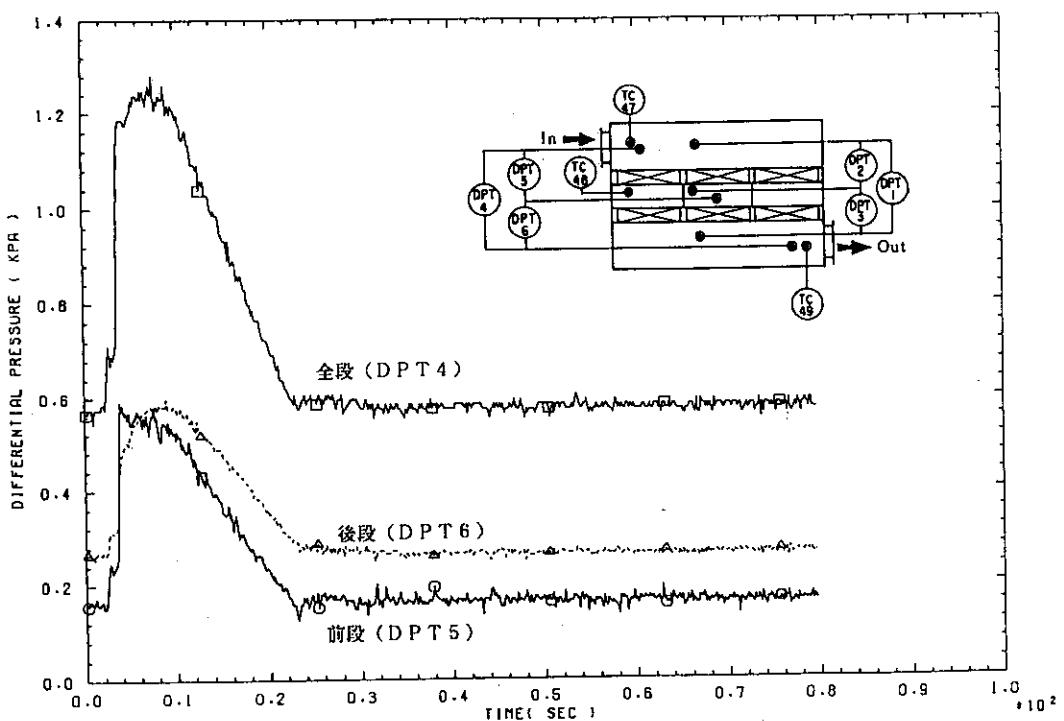


図4.1.97 H E P A フィルタの差圧変化（高応答型, kPa）

PRES40A6 1989.11.29

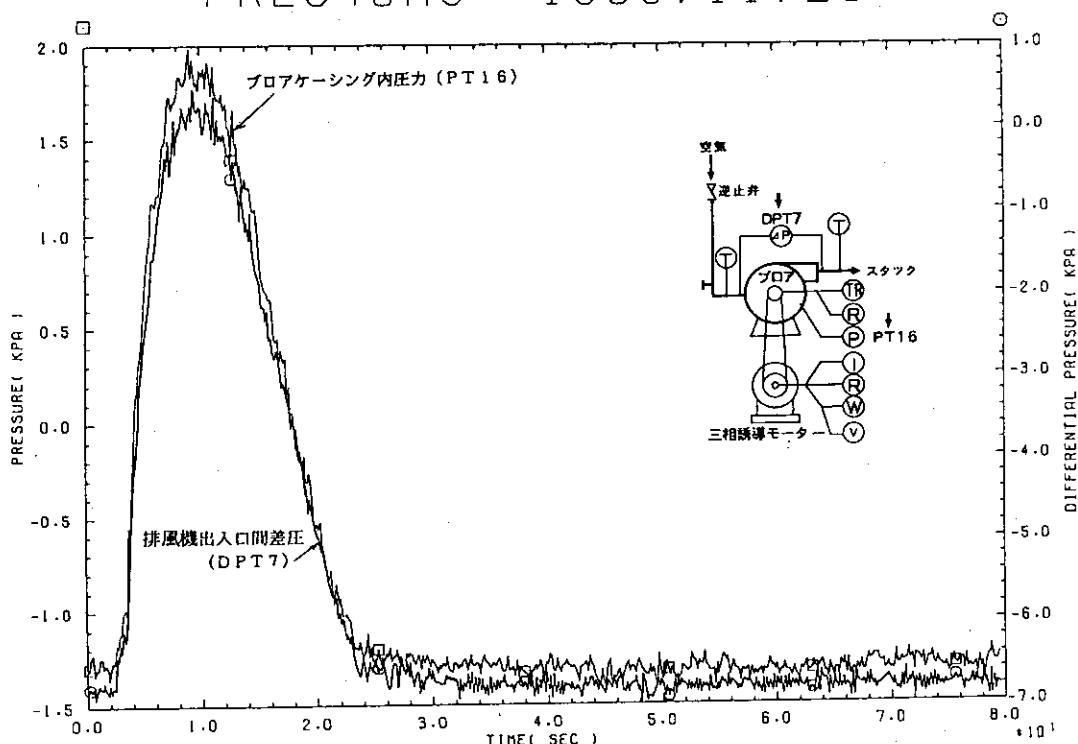


図4.1.98 排風機出入口間差圧及びプロアケーシング内圧力の変化(kPa)

PRES40A6 1989.11.29

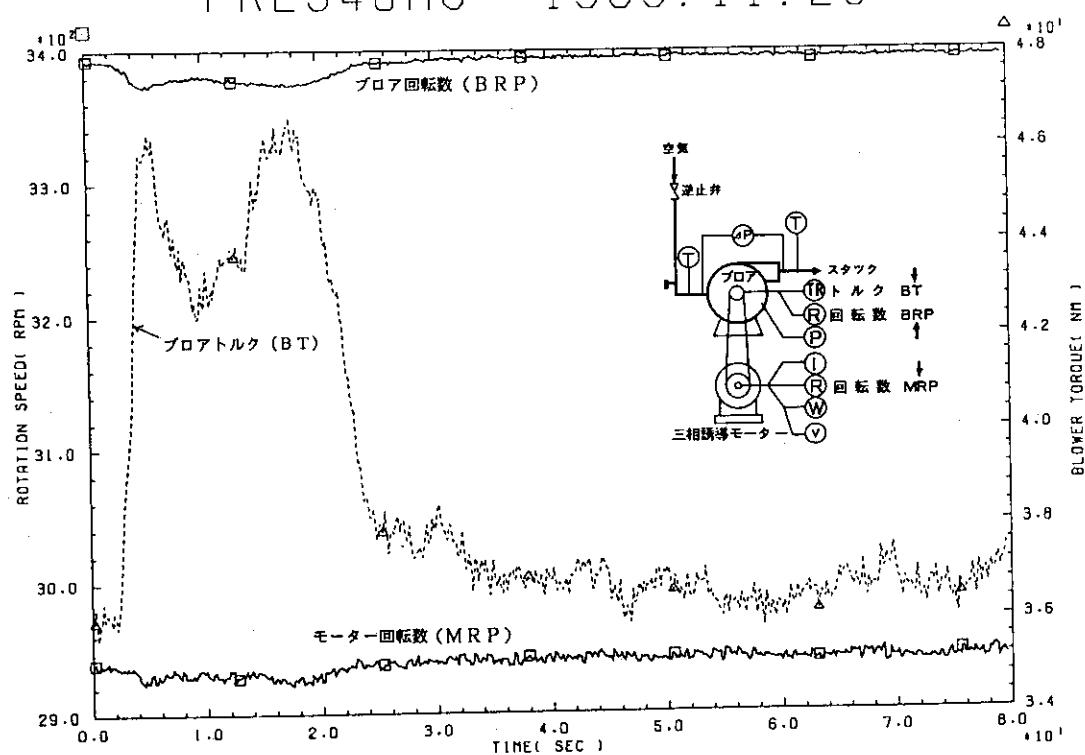


図4.1.99 ブロア及びモーター回転数(rpm), 及びブロアトルク(Nm)の変化

PRES40A6 1989.11.29

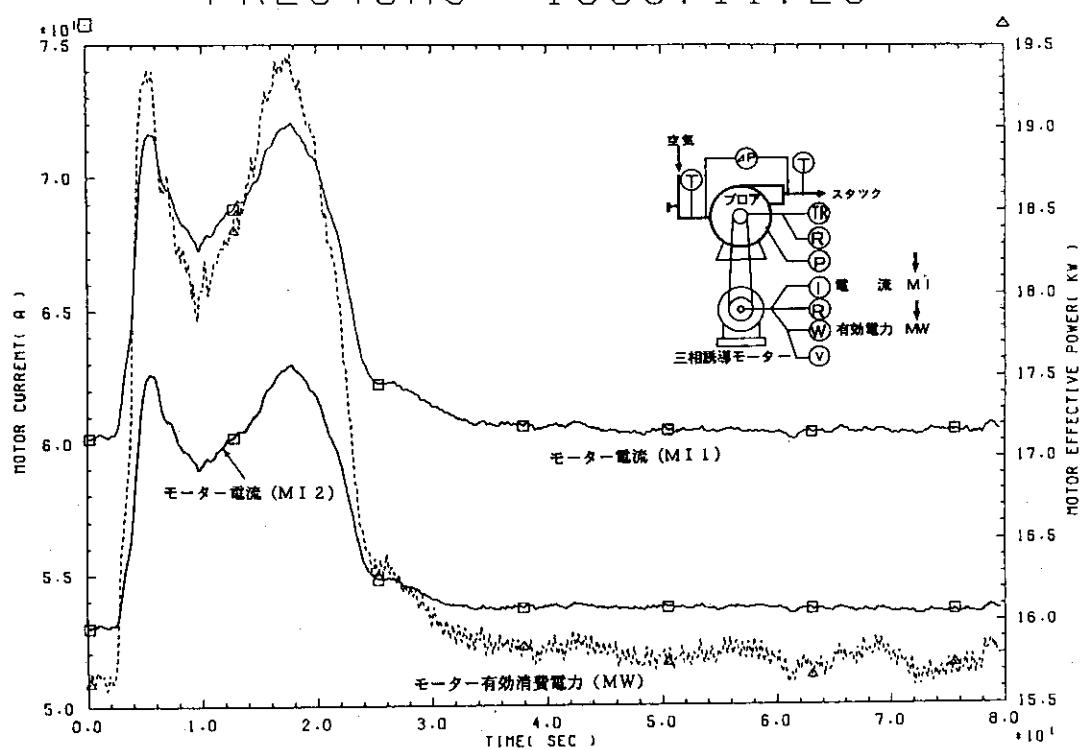


図4.1.100 モーター電流(A)及びモーター有効消費電力(kW)の変化

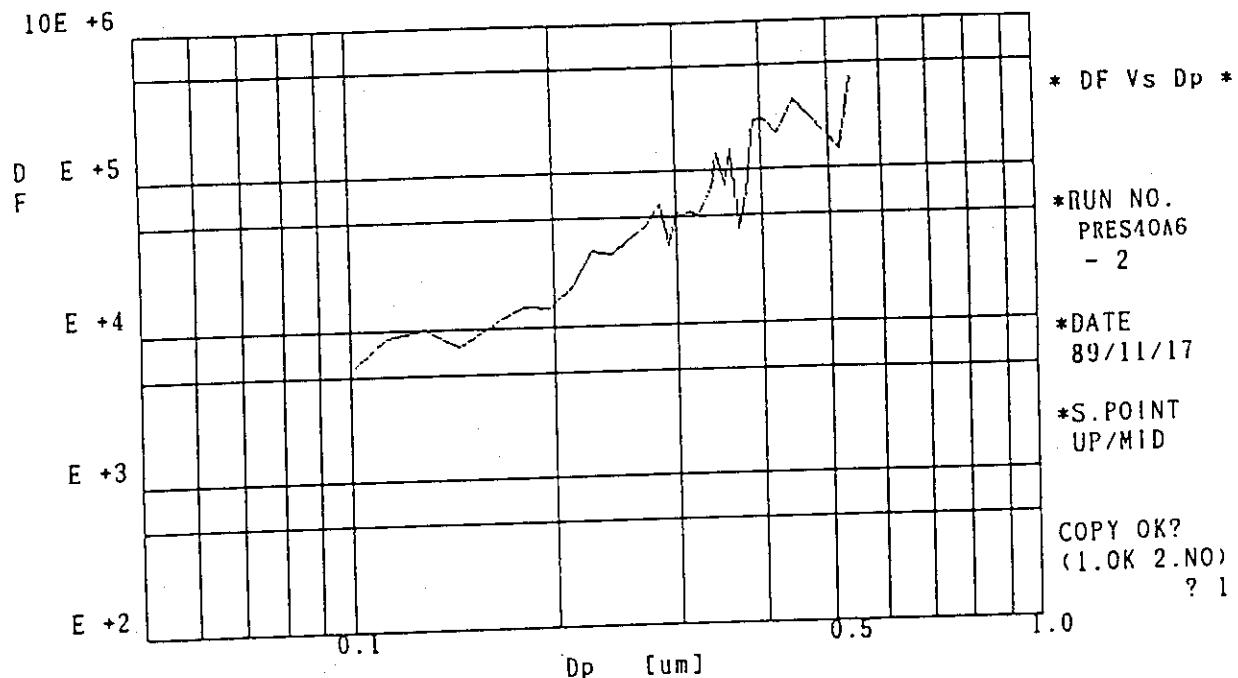


図17 PRES40A6試験前DOPテストデータ(2)

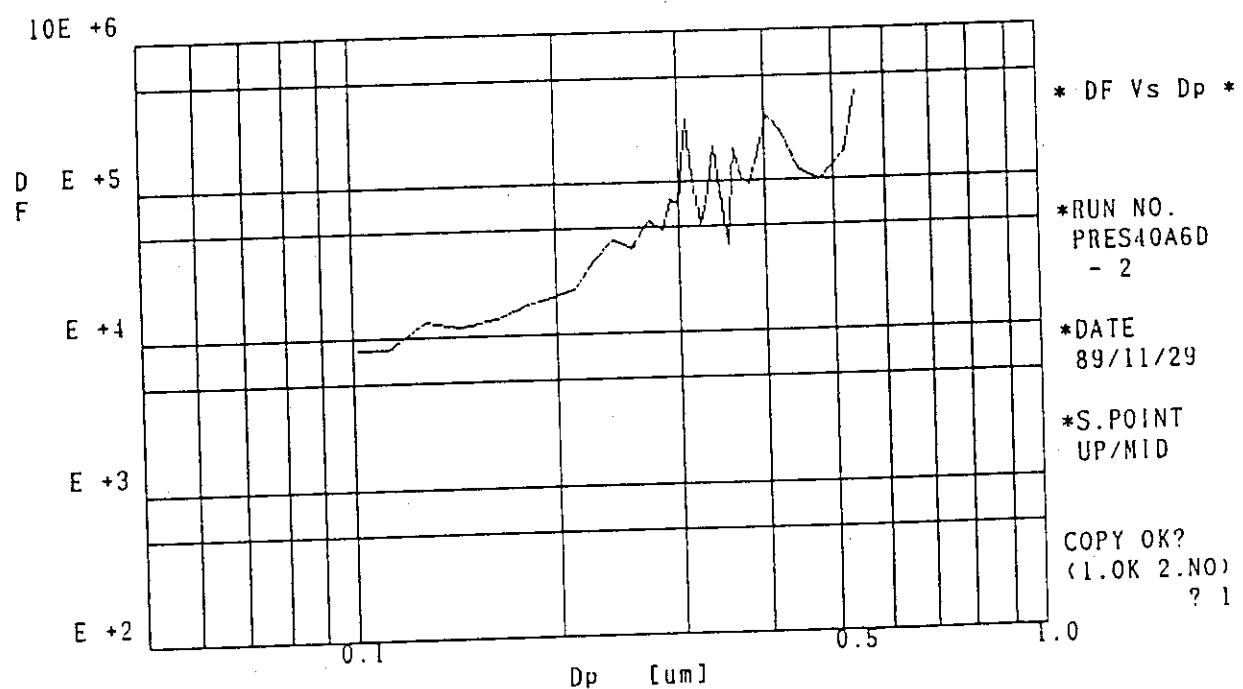
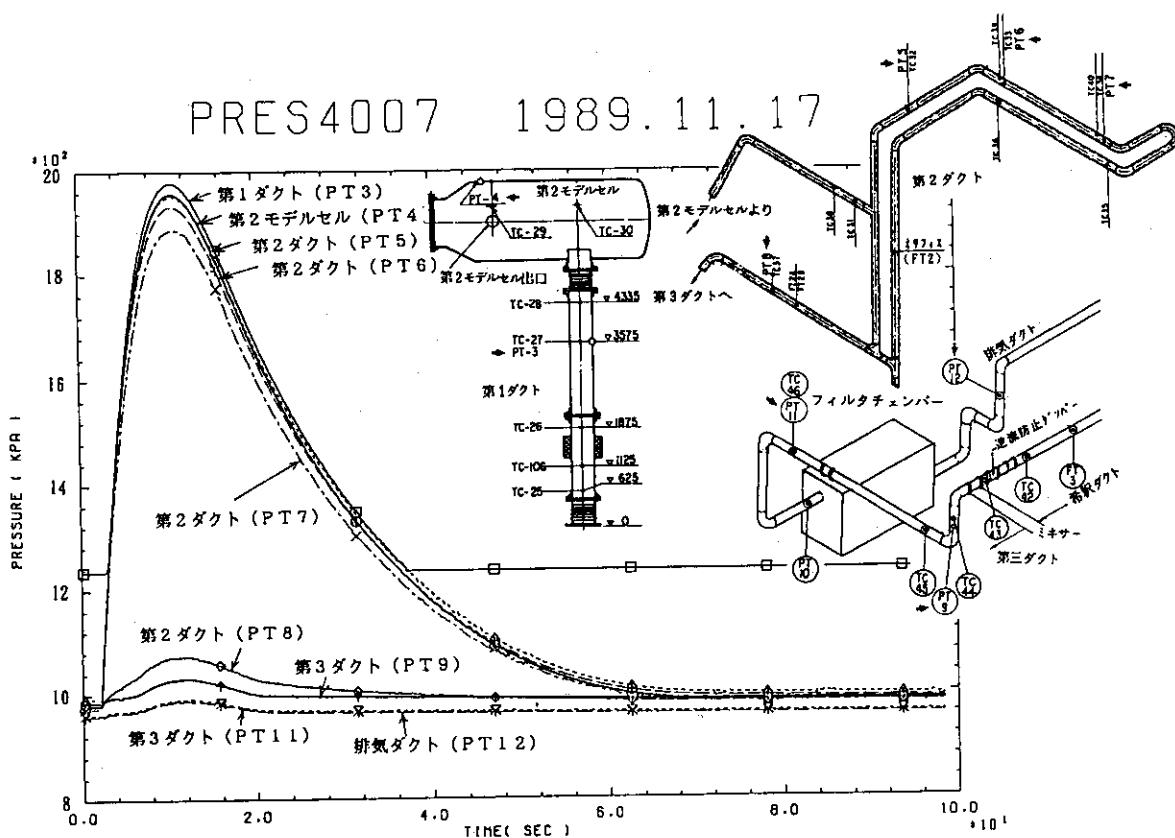
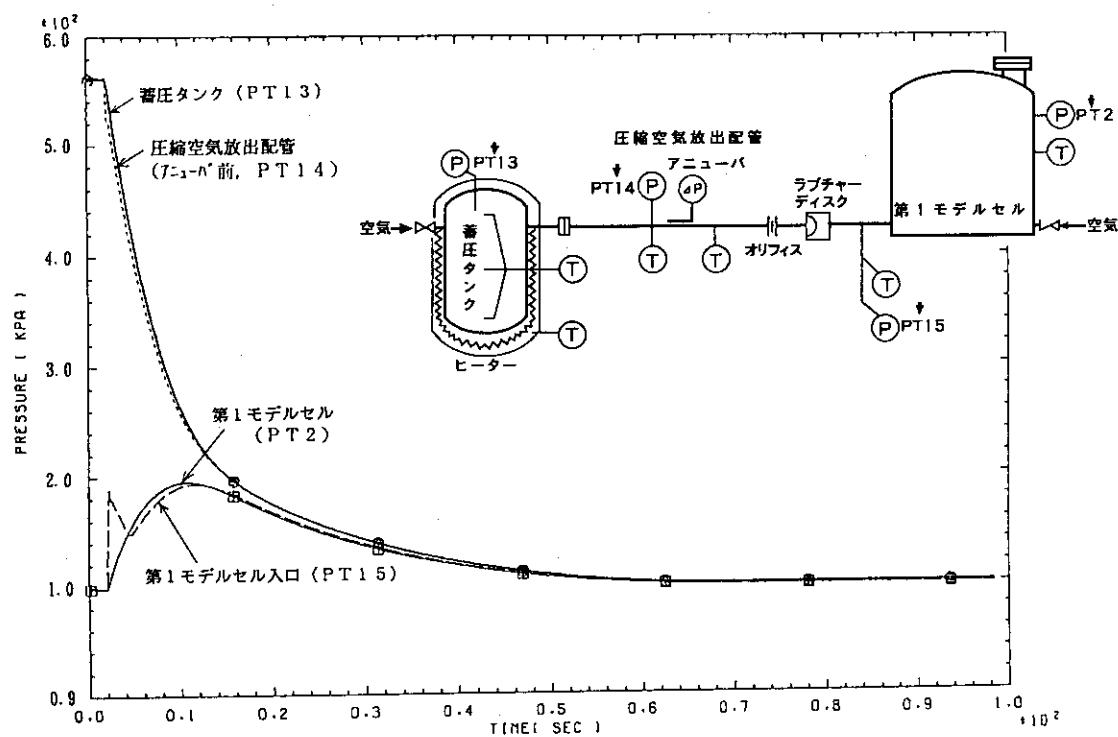


図20 PRES40A6試験後DOPテストデータ(2)

図4.1.101 試験前後のHEPAフィルタ（上段）のDOPテストデータ

PRES4007 1989.11.17



PRES4007 1989.11.17

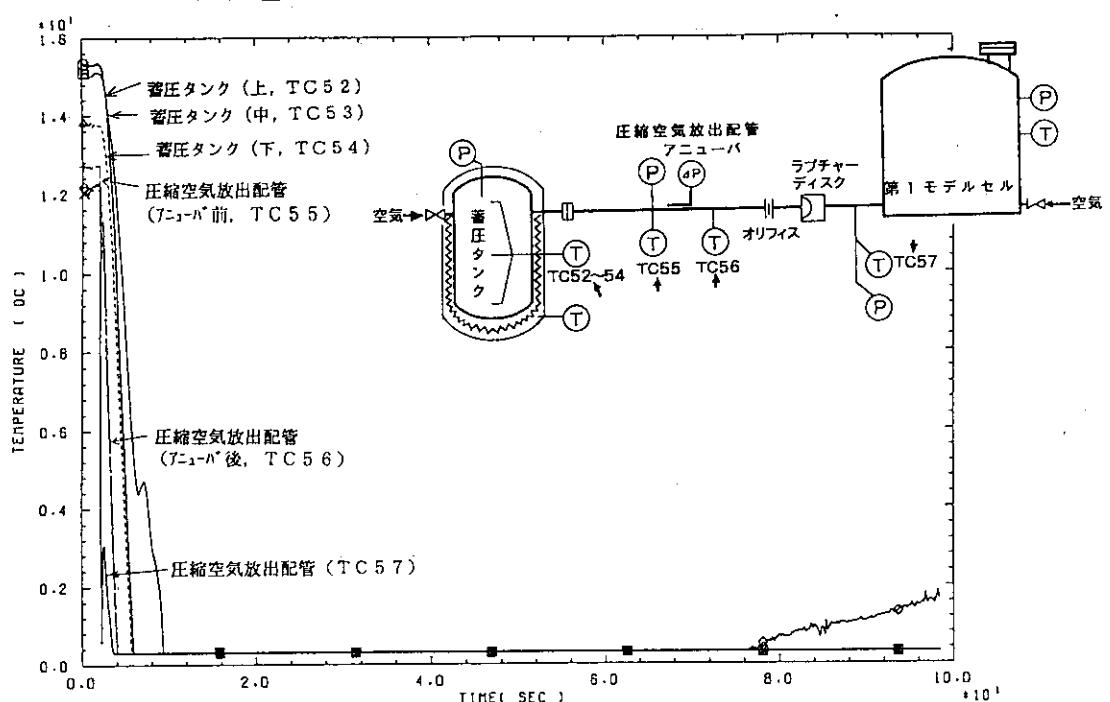


図4.1.104 蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の温度変化(℃)

PRES4007 1989.11.17

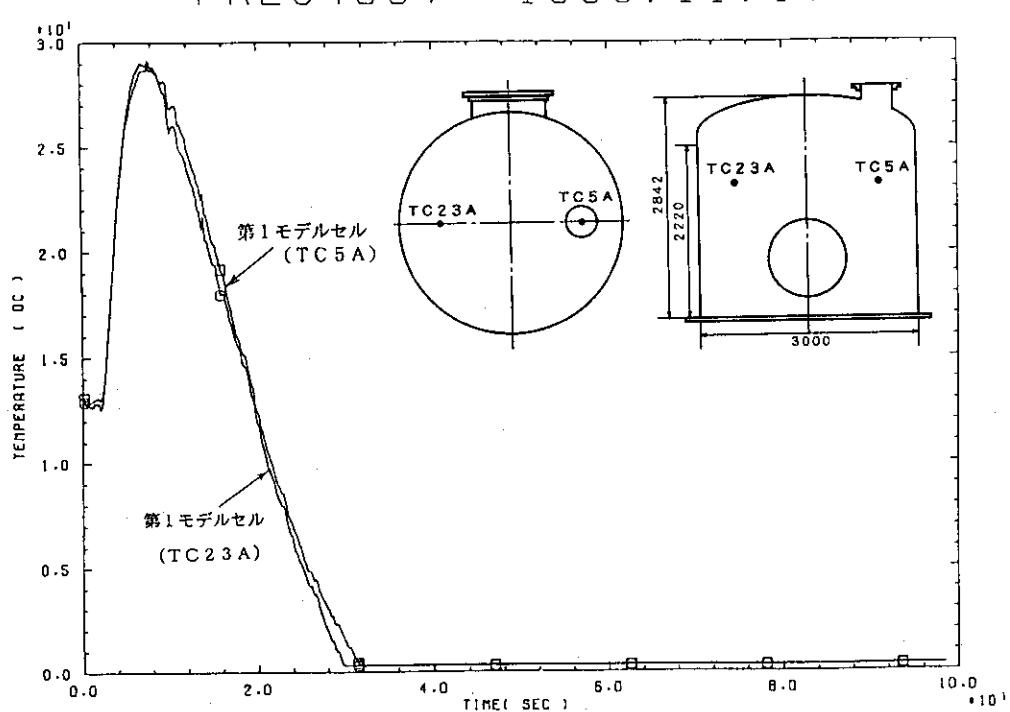


図4.1.105 第1モデルセル内の温度変化(℃)

PRES4007 1989.11.17

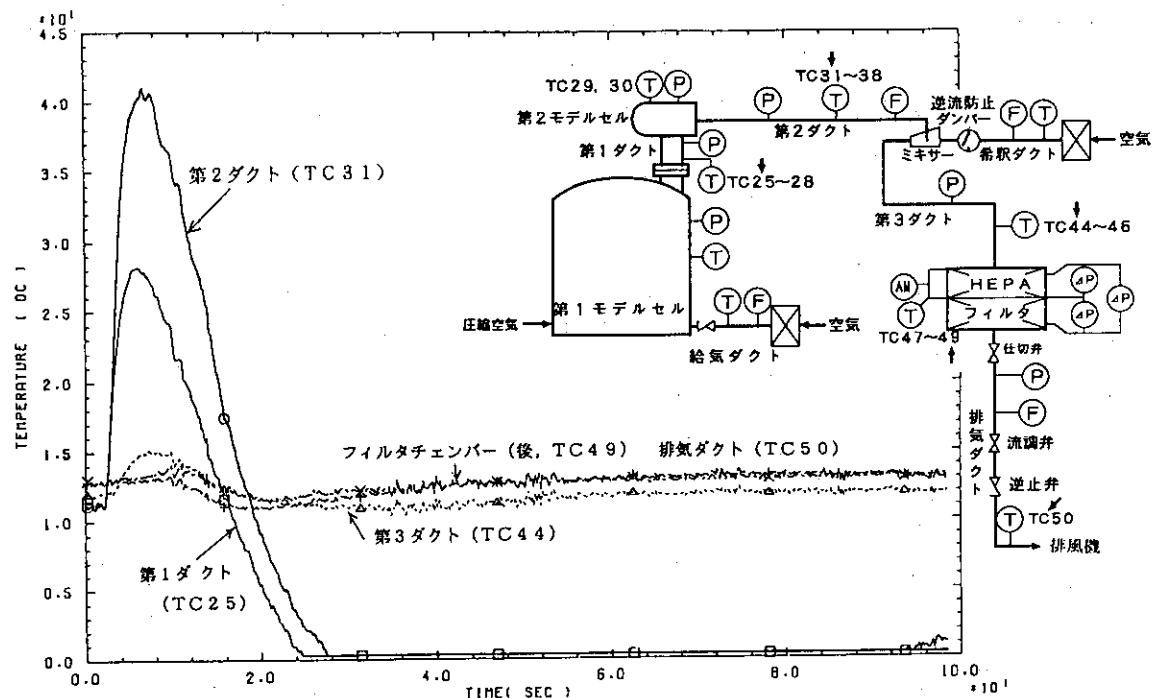
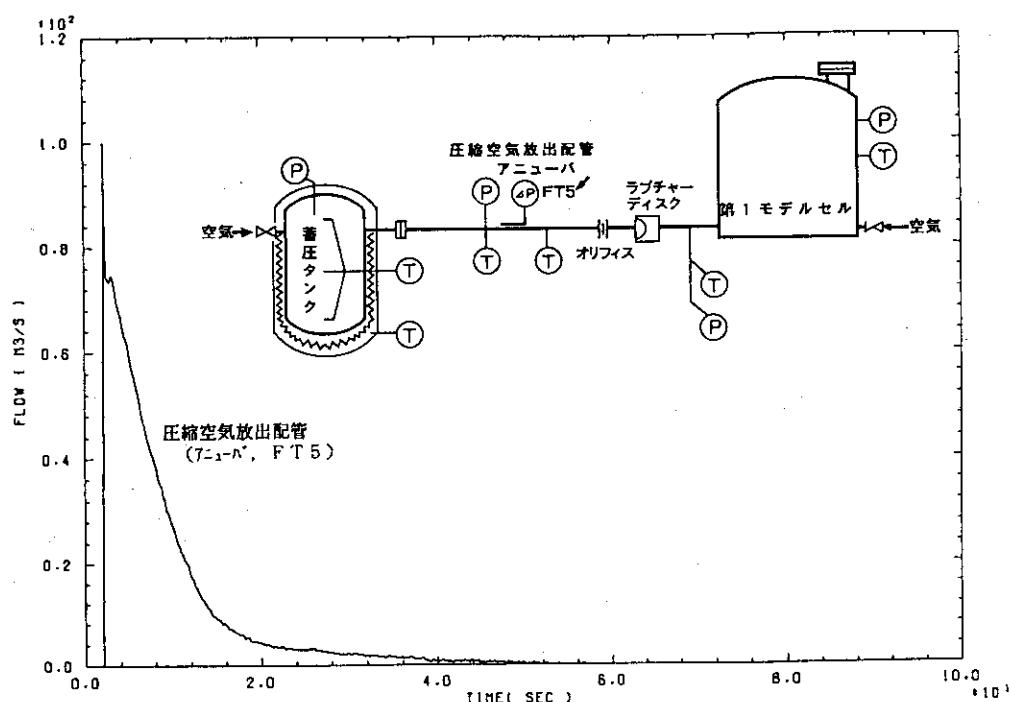
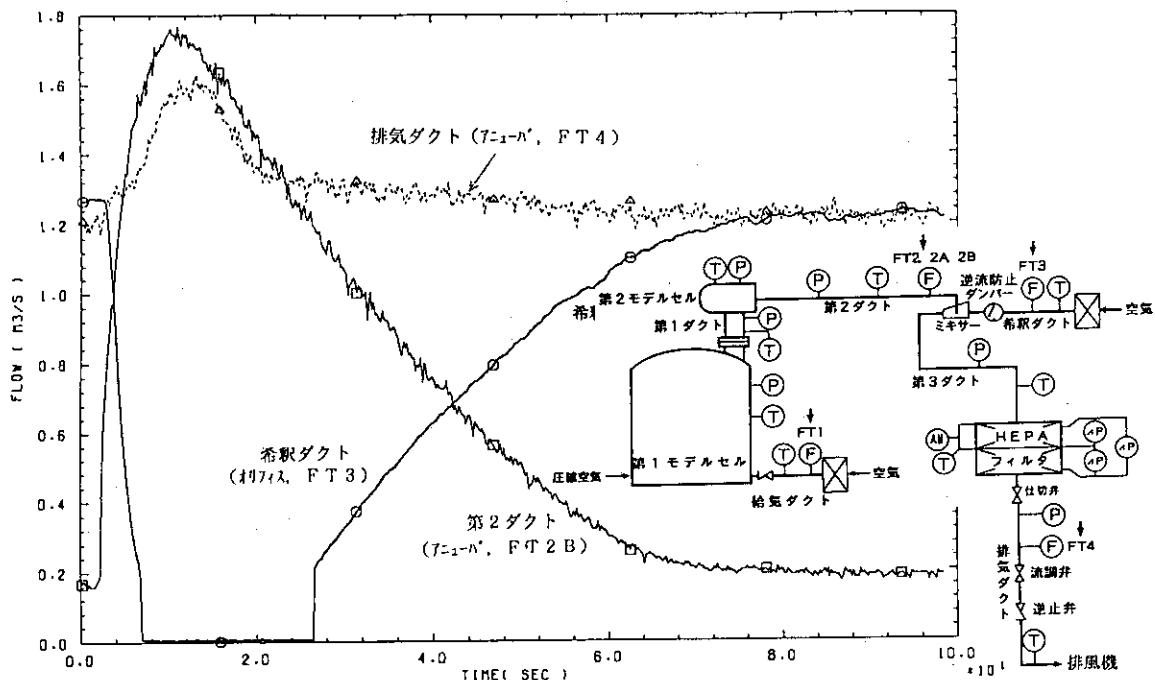


図4.1.106 第1ダクトから排気ダクトまでの温度変化(℃)

PRES4007 1989.11.17

図4.1.107 圧縮空気放出配管内の流量変化( $m^3/s$ )

PRES4007 1989.11.17

図4.1.108 第2ダクト内、希釈ダクト内及び排気ダクト内の流量変化( $\text{m}^3/\text{s}$ )

PRES4007 1989.11.17

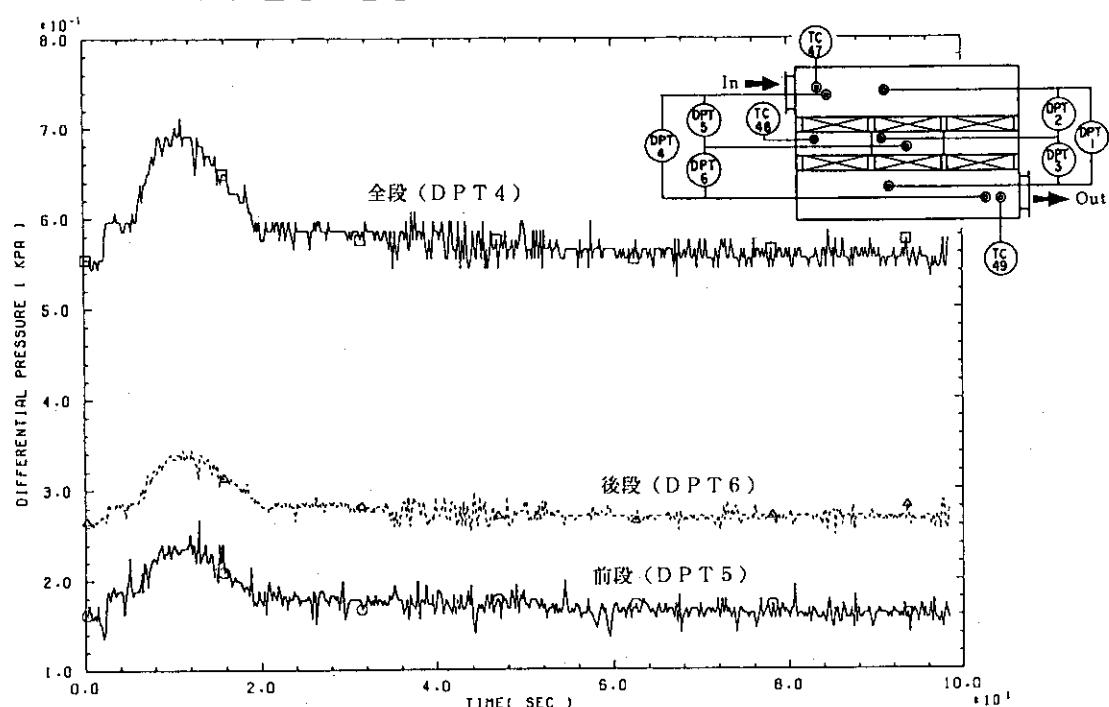


図4.1.109 HEPA フィルタの差圧変化(高応答型, kPa)

PRES4007 1989.11.17

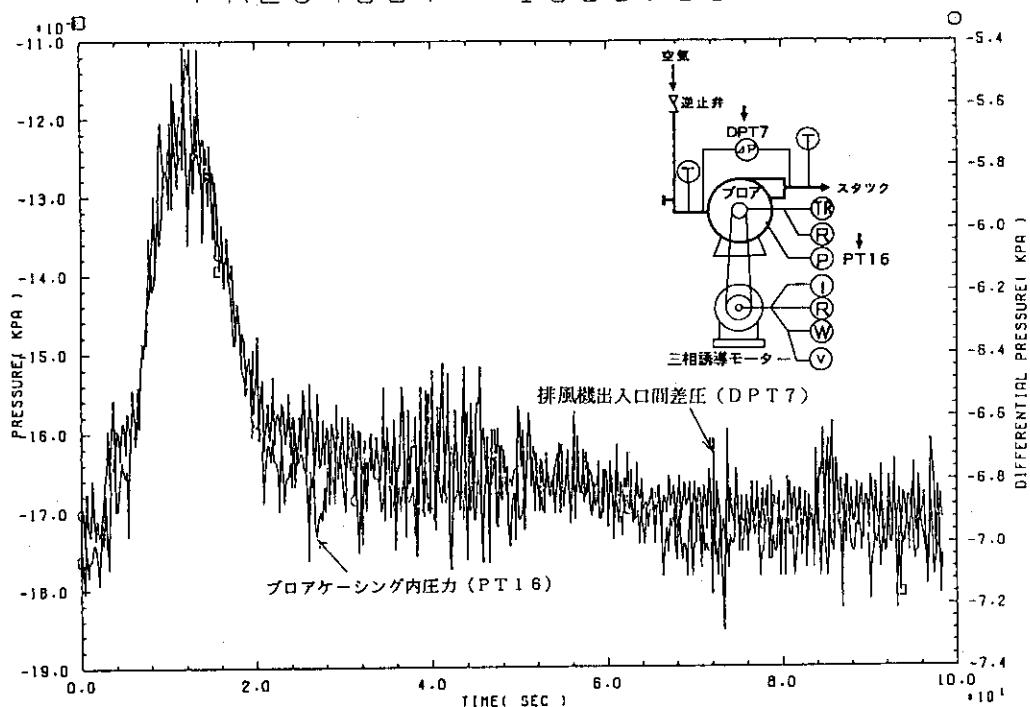


図4.1.110 排風機出入口間差圧及びプロアケーシング内圧力の変化(kPa)

PRES4007 1989.11.17

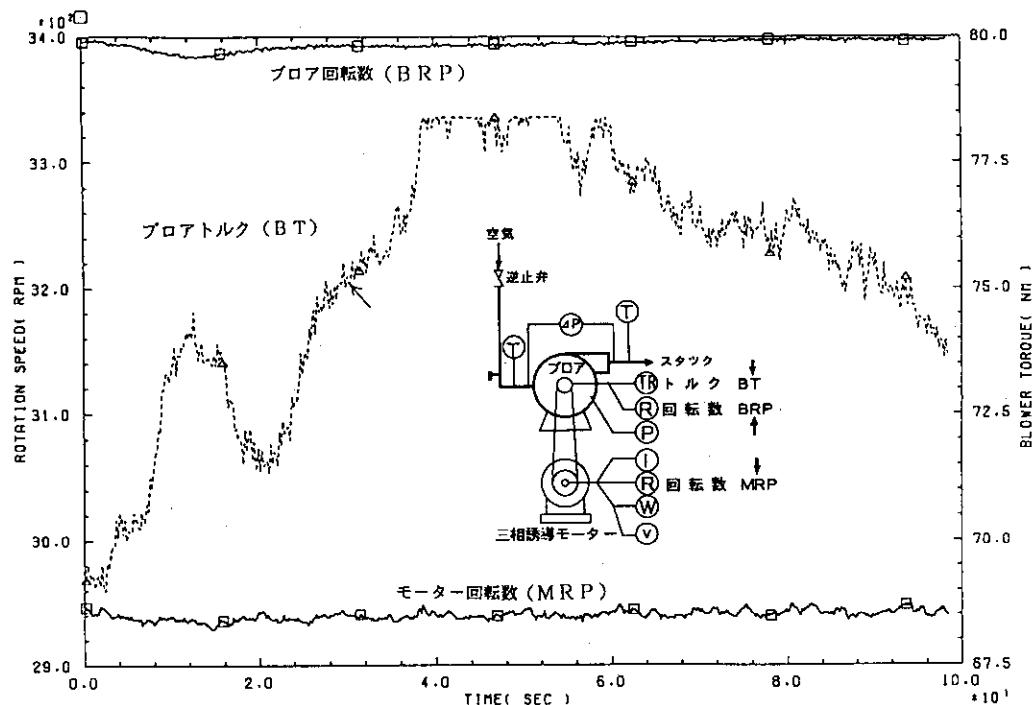


図4.1.111 プロア及びモーター回転数(rpm), 及びプロアトルク(Nm)の変化

PRES4007 1989.11.17

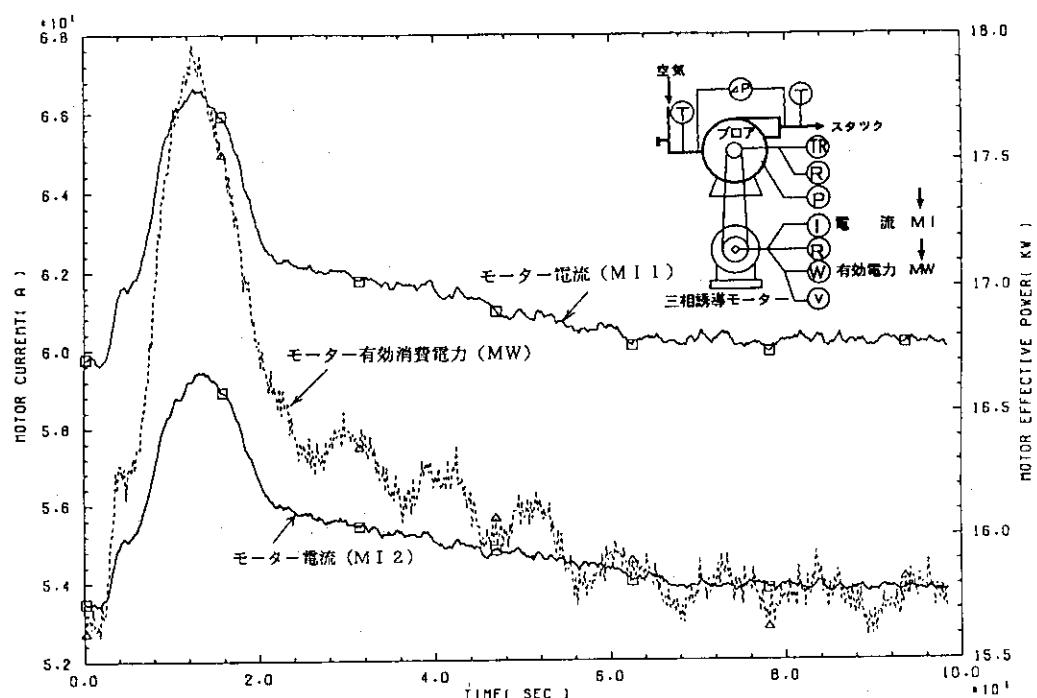


図4.1.112 モーター電流(A)及びモーター有効消費電力(kW)の変化

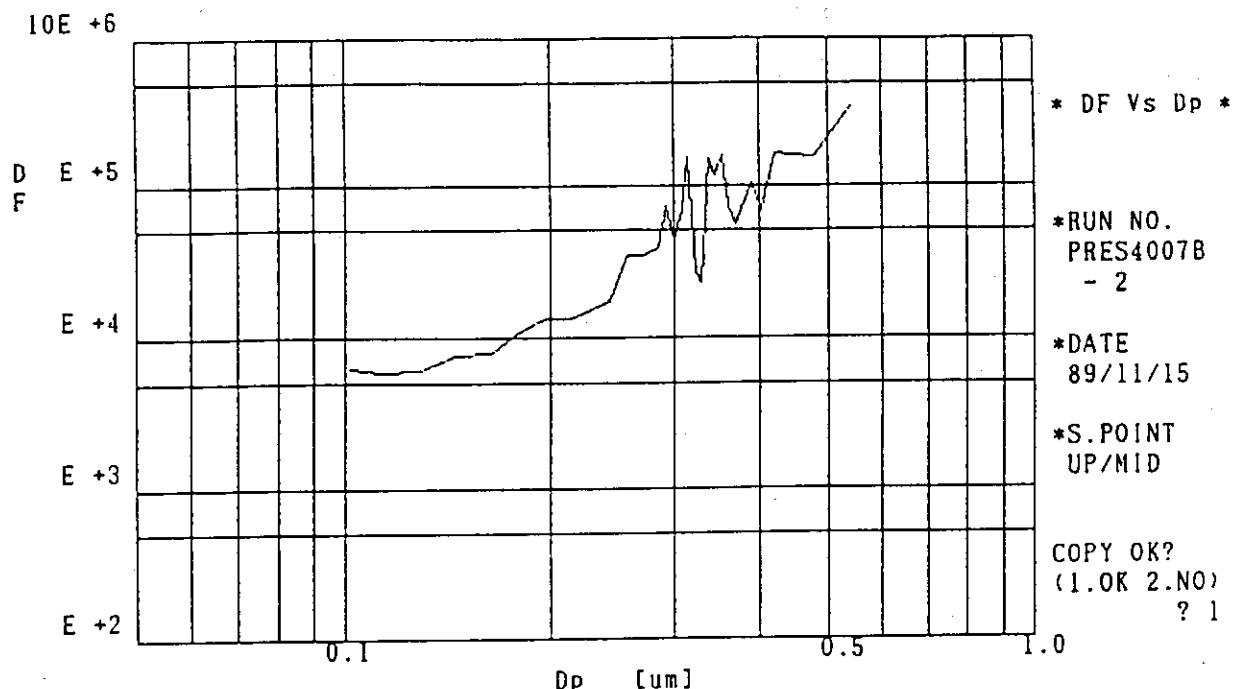


図 23 PRES4007試験前DOPテストデータ(2)

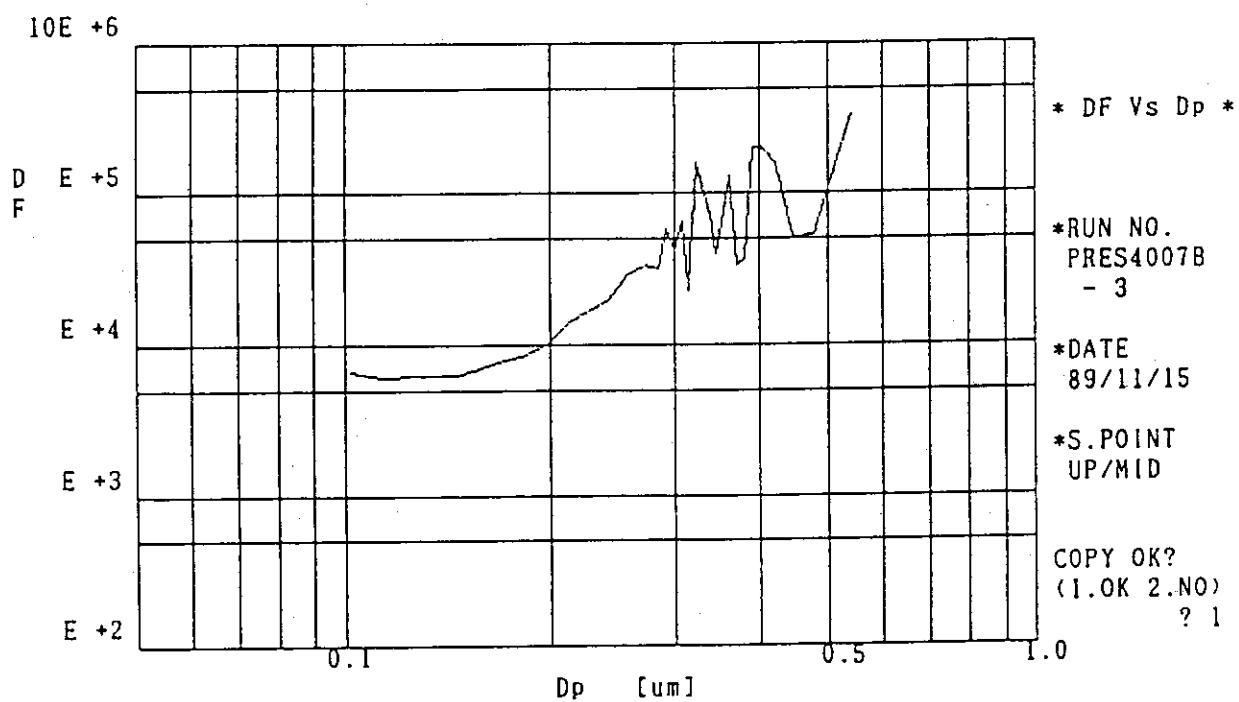


図 26 PRES4007試験後DOPテストデータ(2)

図4.1.113 試験前後のHEPAフィルタ（上段）のDOPテストデータ

PRESS5001 1990.04.26

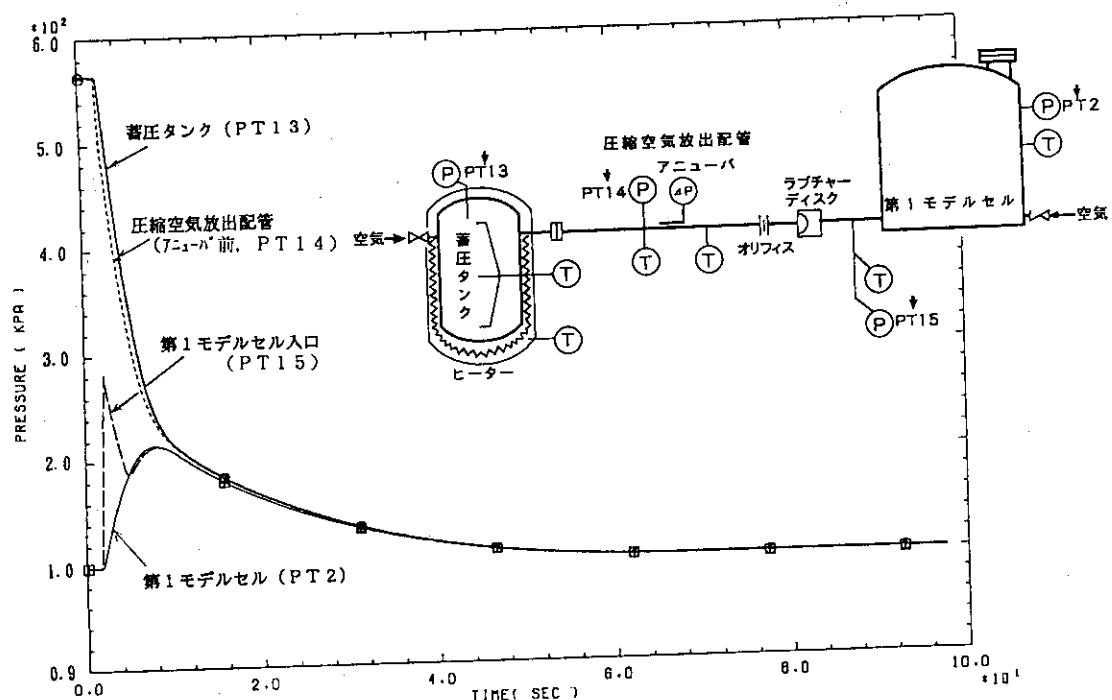


図4.1.114 蓄圧タンク内、圧縮空気放出配管内及び第1モデルセル内の圧力変化(kPa)

PRESS5001 1990.04.26

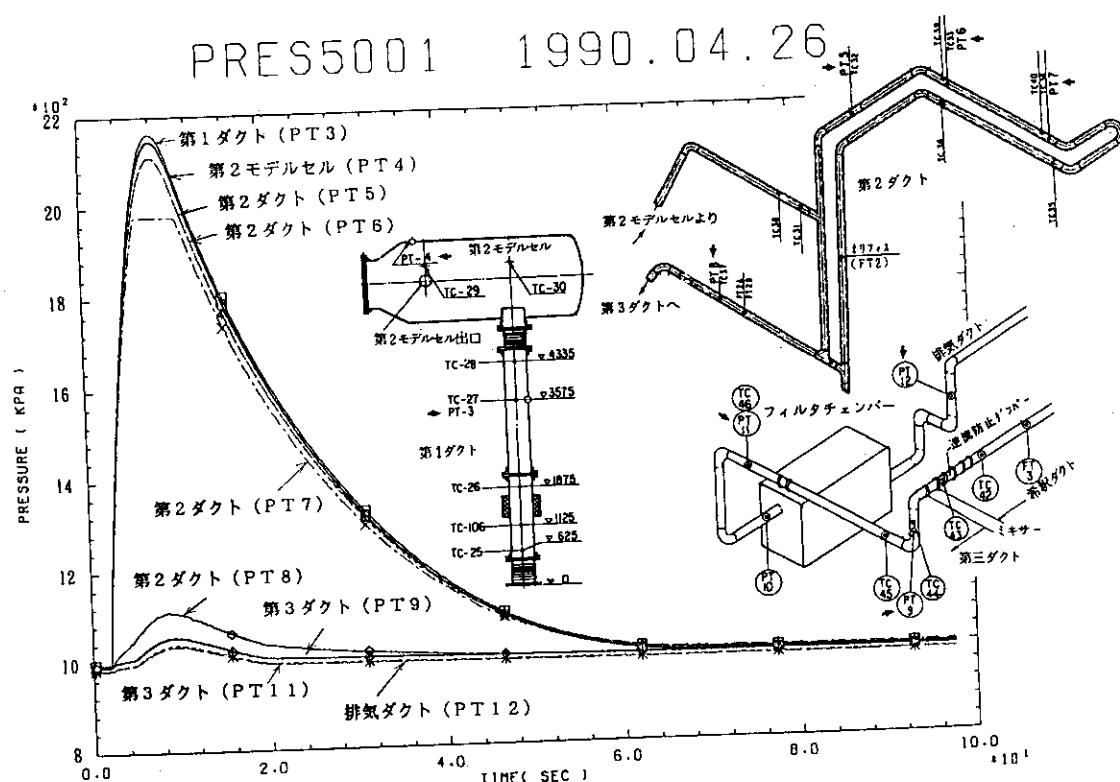


図4.1.115 第1ダクトから排気ダクトまでの圧力変化(kPa)

PRESS001 1990.04.26

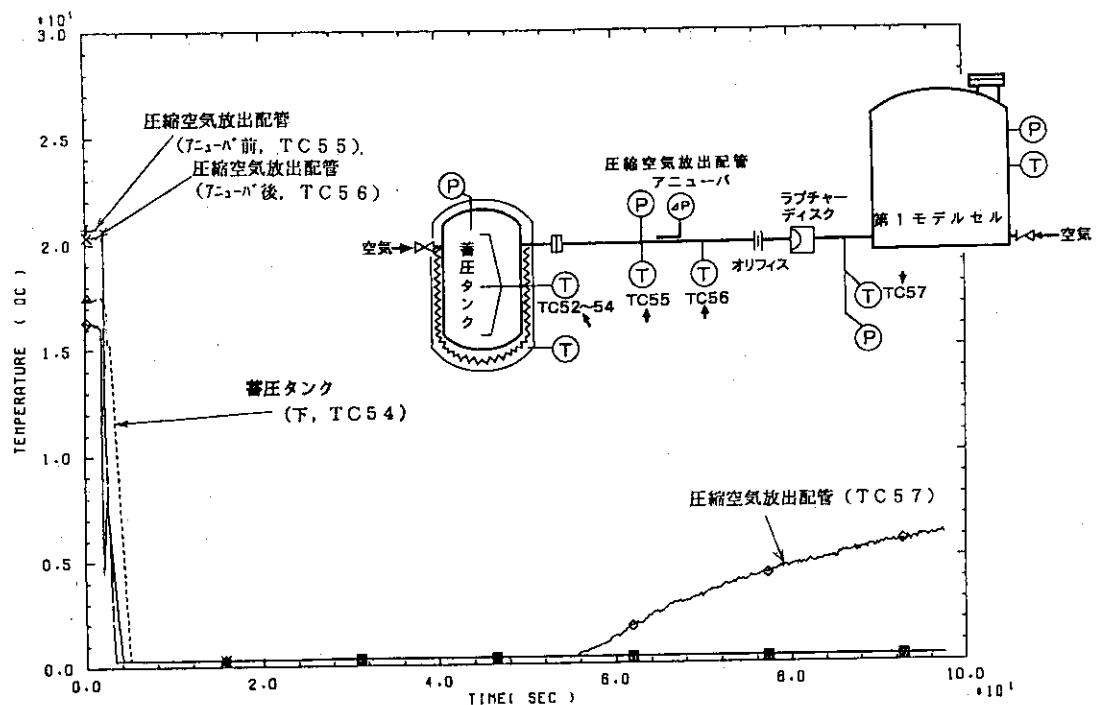


図4.1.116 蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の温度変化(℃)

PRESS001 1990.04.26

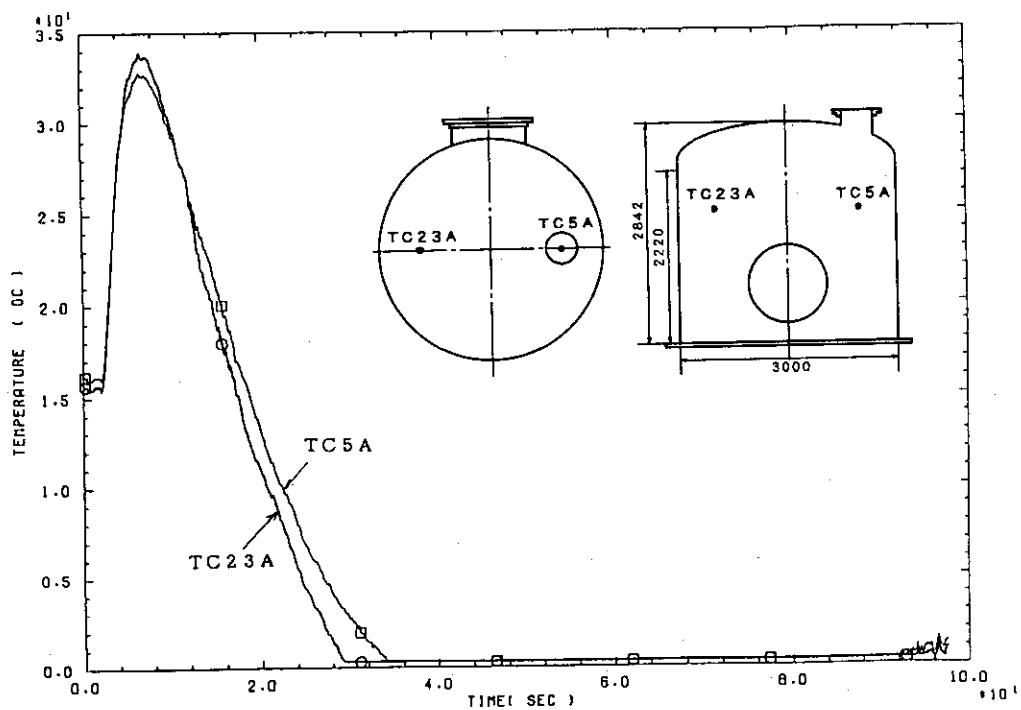


図4.1.117 第1モデルセル内の温度変化(℃)

PRESS001 1990.04.26

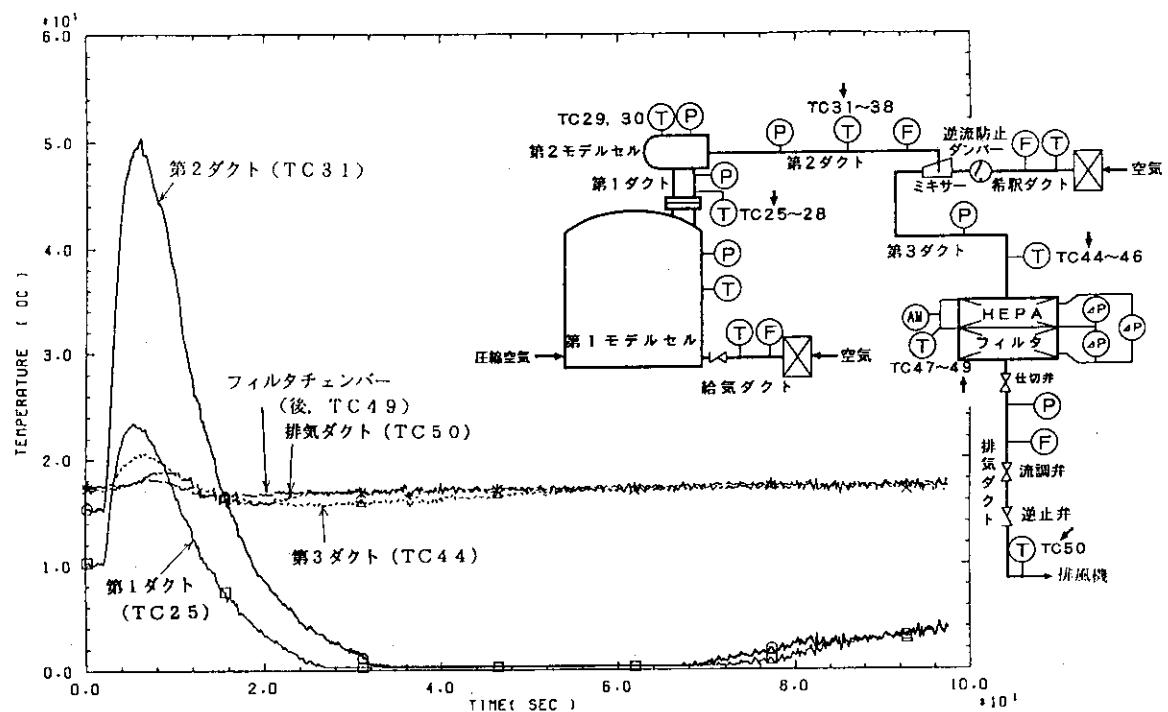


図4.1.118 第1ダクトから排気ダクトまでの温度変化(℃)

PRESS001 1990.04.26

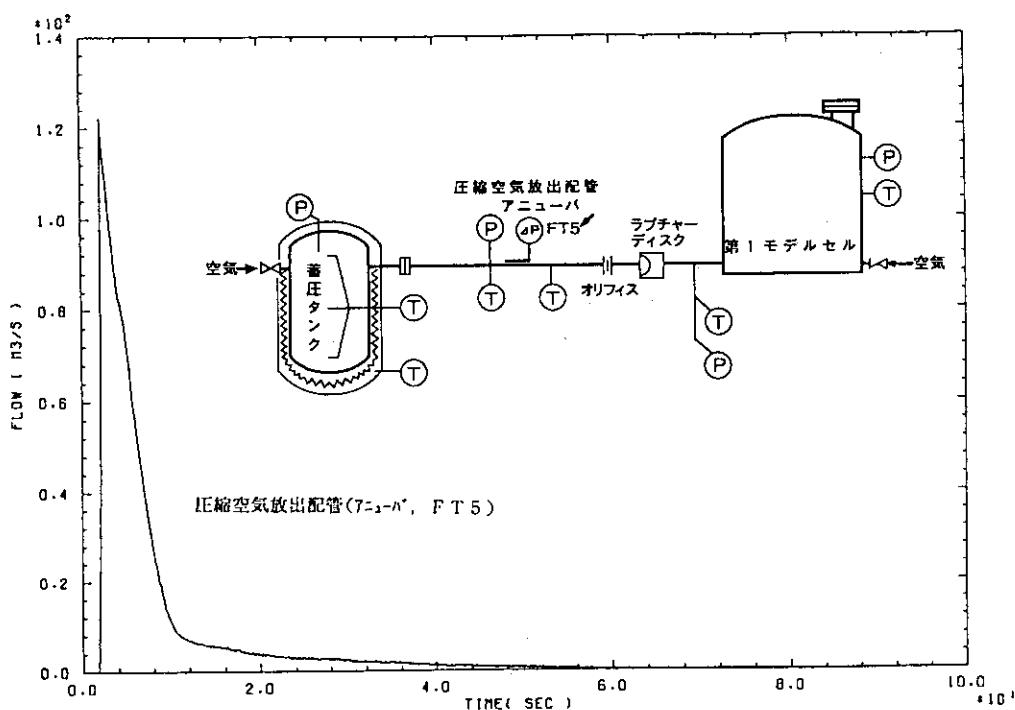
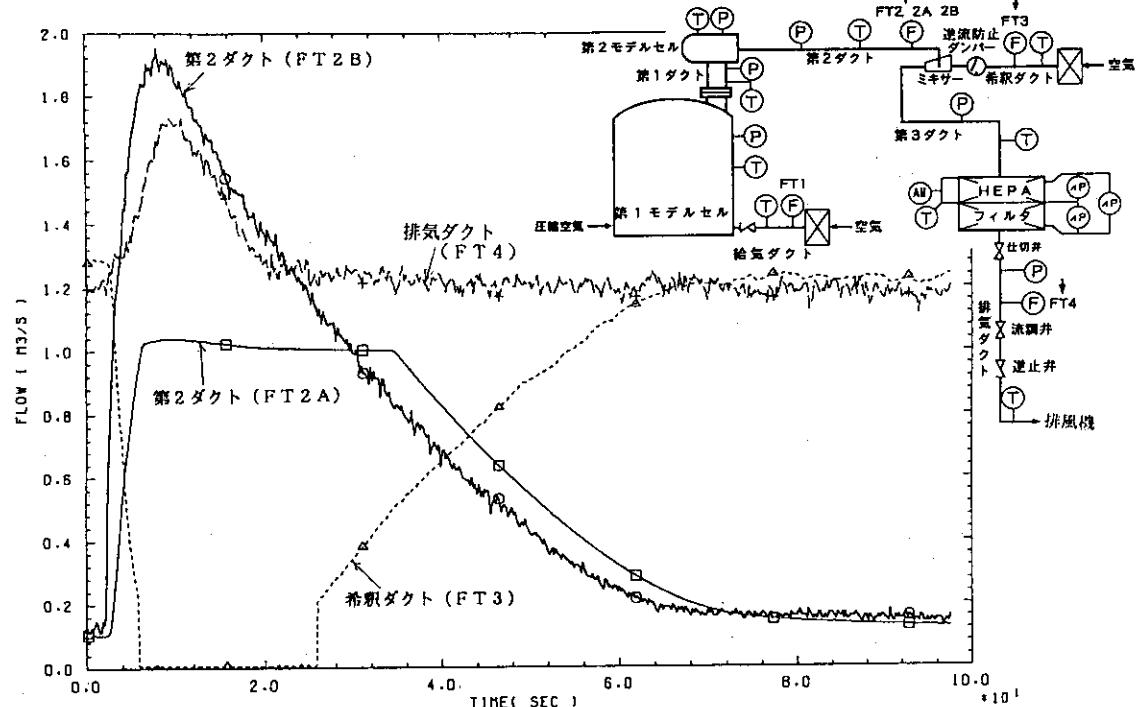


図4.1.119 圧縮空気放出配管内の流量変化(m³/s)

PRESS001 1990.04.26

図4.1.120 第2ダクト内、希釈ダクト内及び排気ダクト内の流量変化( $\text{m}^3/\text{s}$ )

PRESS001 1990.04.26

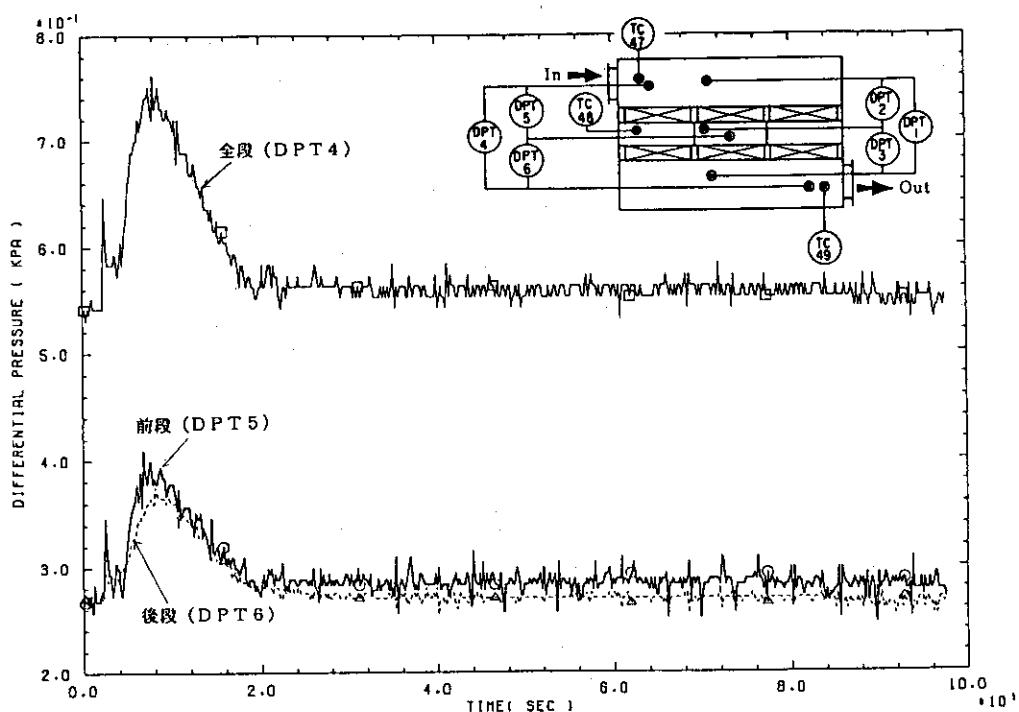


図4.1.121 H E P A フィルタの差圧変化(高応答型, kPa)

PRESS001 1990.04.26

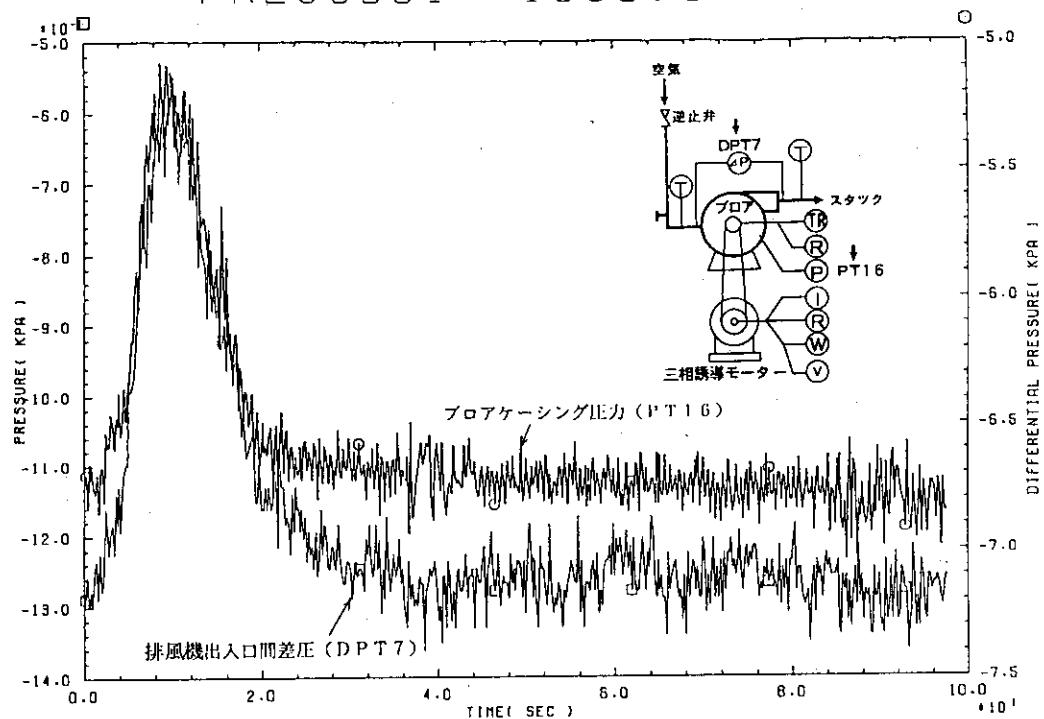


図4.1.122 排風機出入口間差圧及びプロアケーシング内圧力の変化(kPa)

PRESS001 1990.04.26

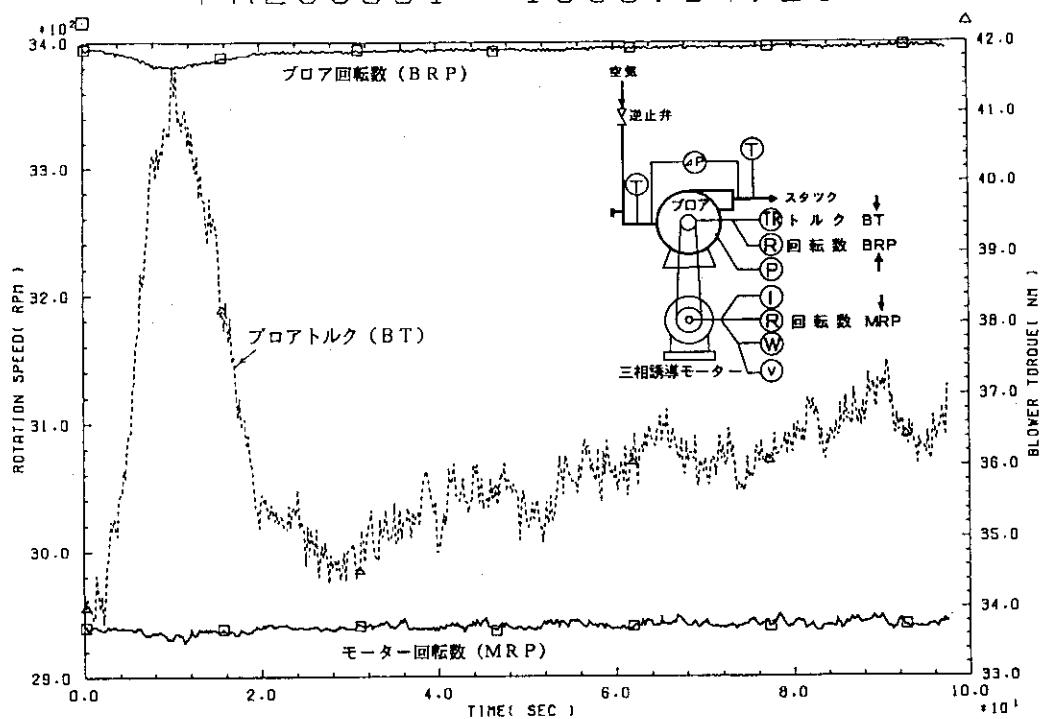


図4.1.123 ブロア及びモーター回転数(rpm), 及びブロアトルク(Nm)の変化

PRESS001 1990.04.26

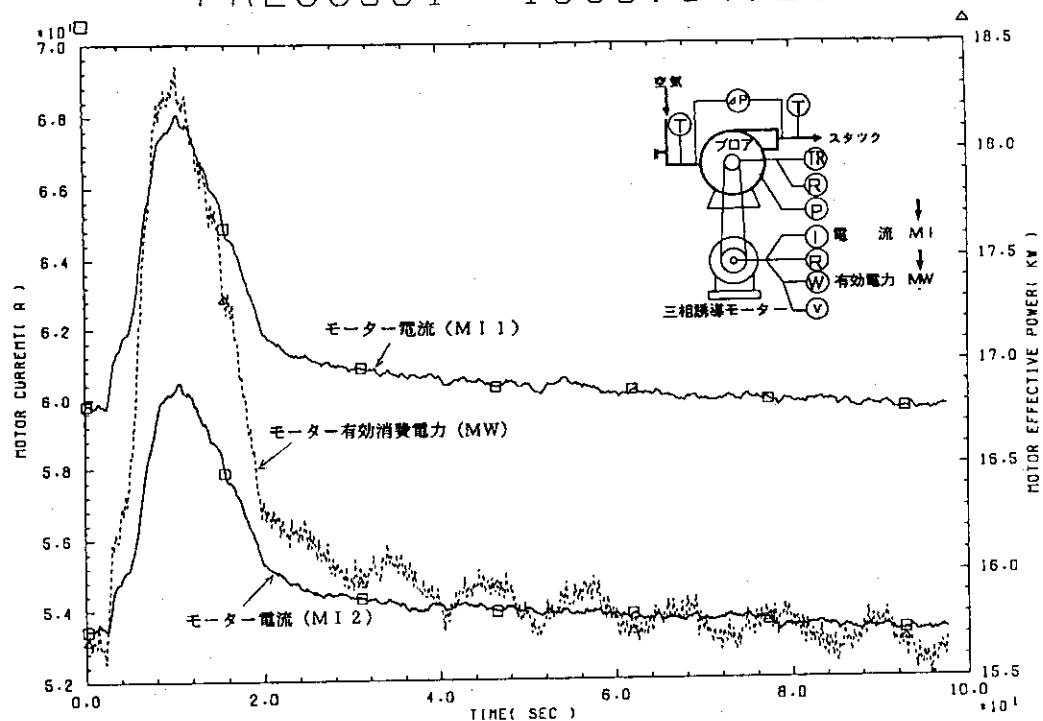


図4.1.124 モーター電流(A)及びモーター有効消費電力(kW)の変化

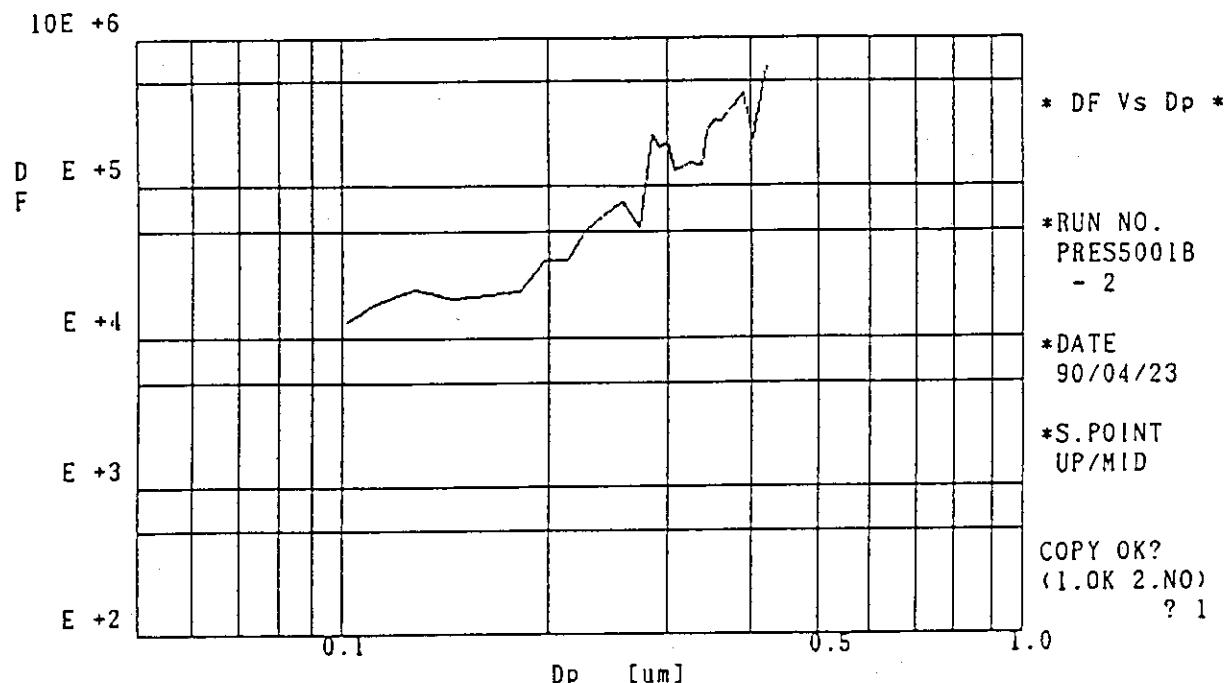


図11A PRES5001試験前DOPテストデータ(2)

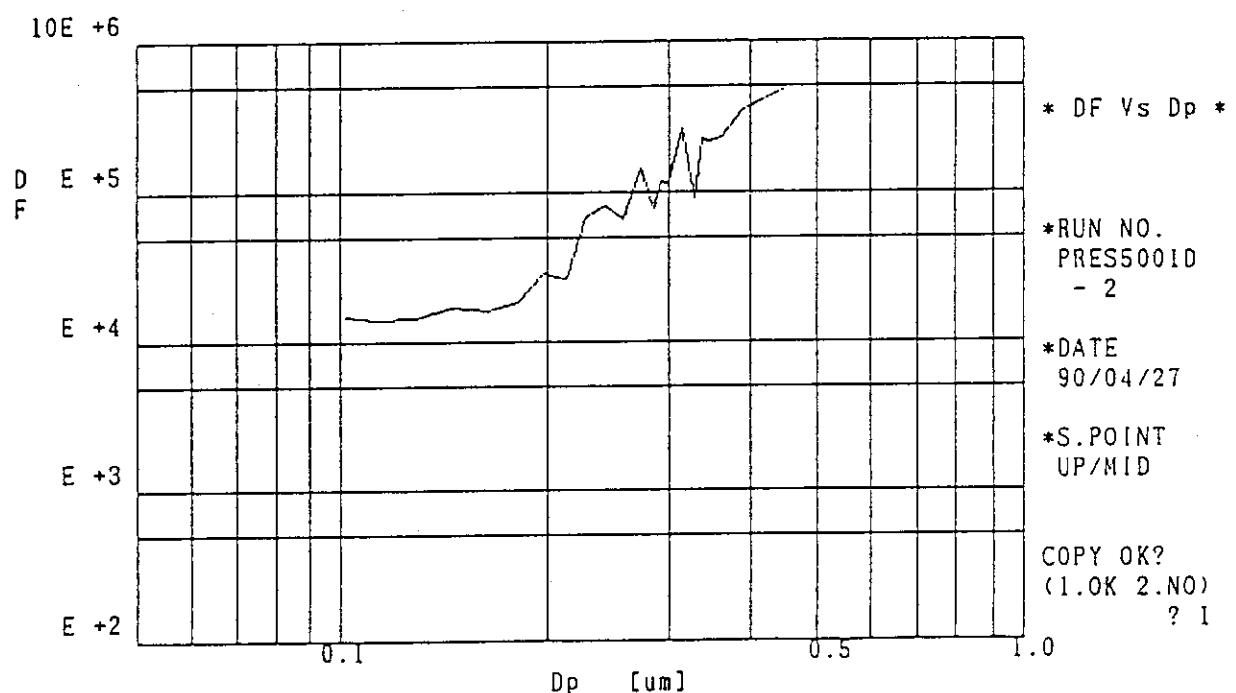


図14A PRES5001試験後DOPテストデータ(2)

図4.1.125 試験前後のHEPAフィルタ（上段）のDOPテストデータ

PRESS50A1 1990.06.26

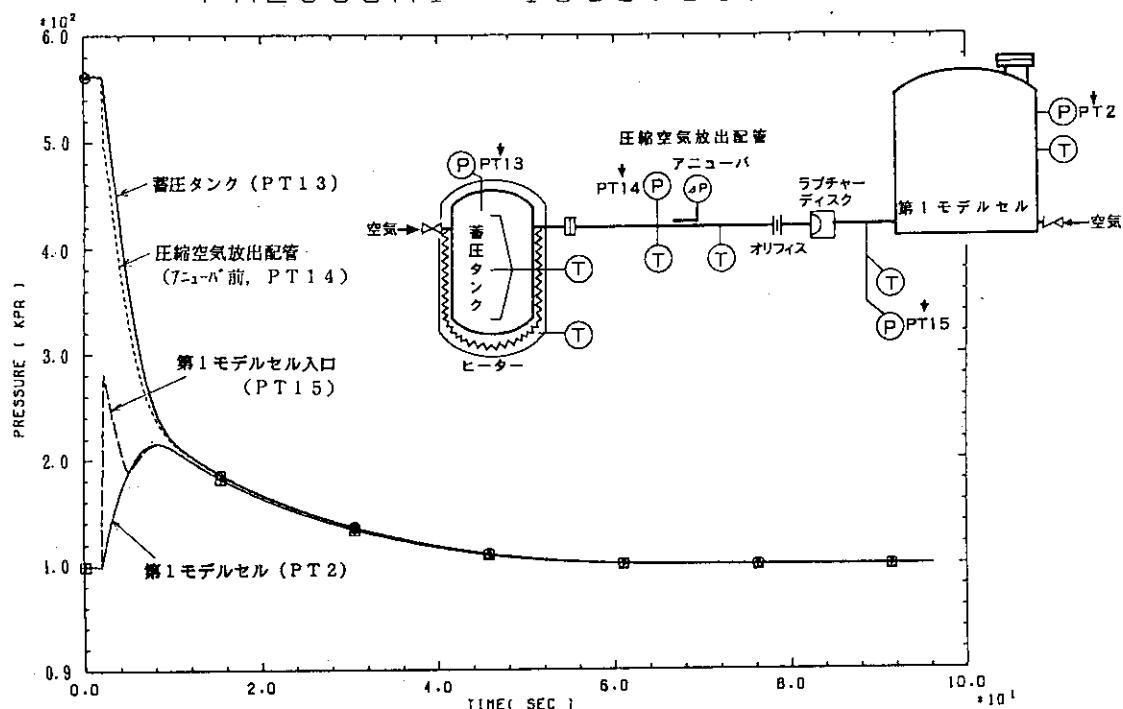


図4.1.126 蓄圧タンク内、圧縮空気放出配管内及び第1モデルセル内の圧力変化(kPa)

PRESS50A1 1990.06.26

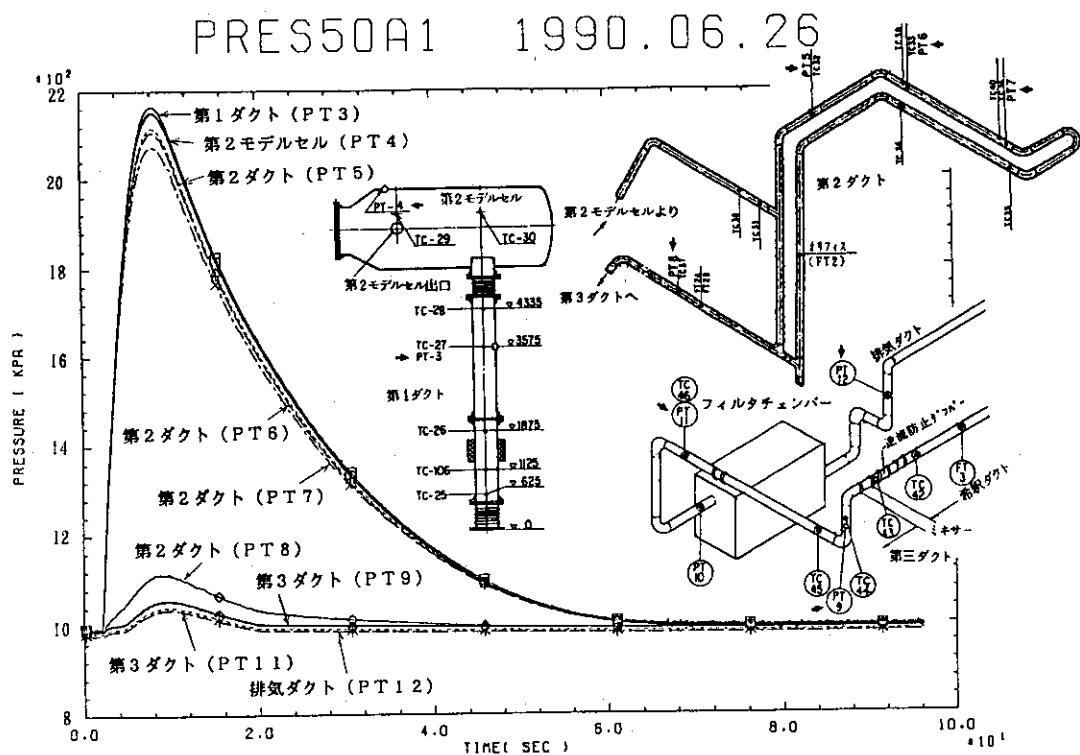


図4.1.127 第1ダクトから排気ダクトまでの圧力変化(kPa)

PRESS0A1 1990.06.26

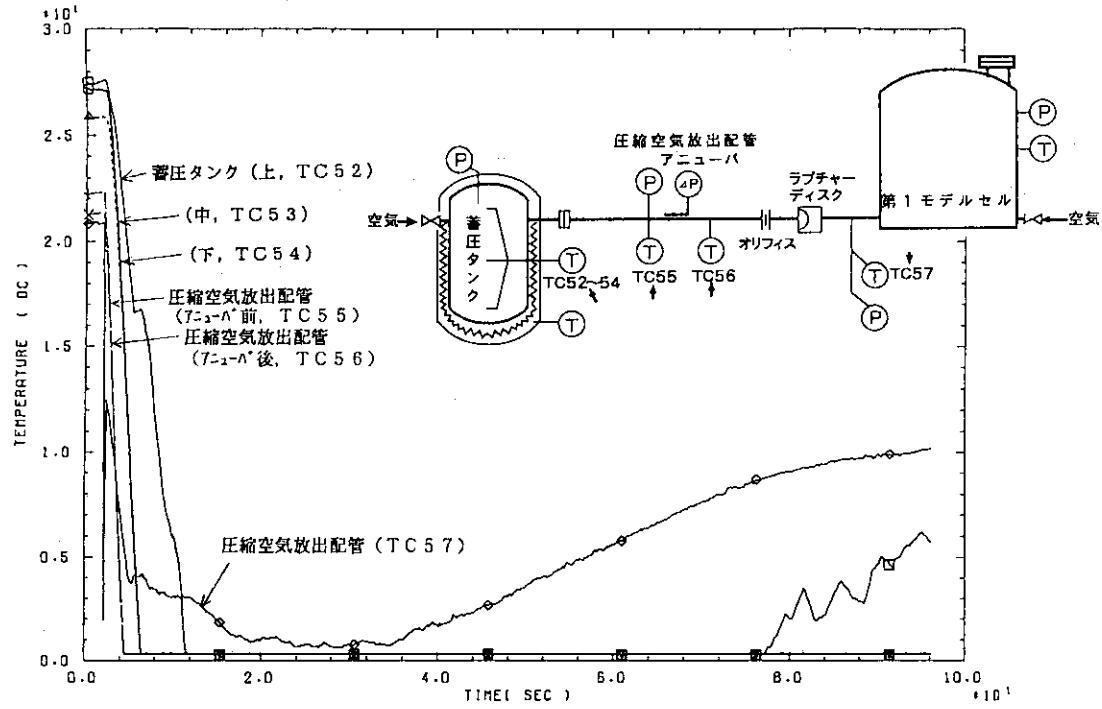


図4.1.128 蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の温度変化(℃)

PRESS0A1 1990.06.26

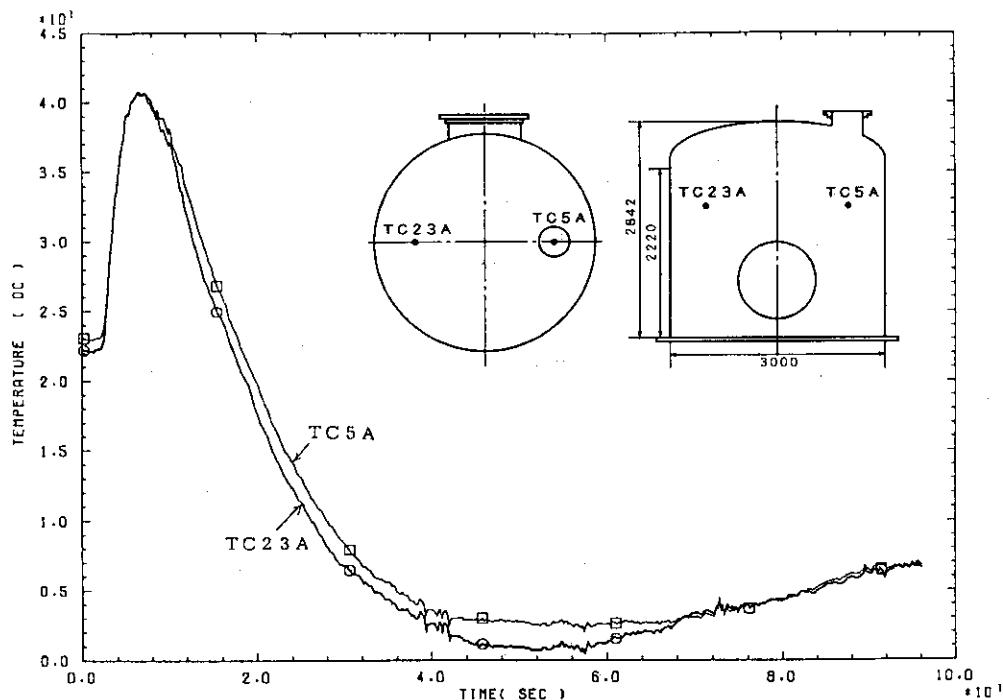


図4.1.129 第1モデルセル内の温度変化(℃)

PRESS50A1 1990.06.26

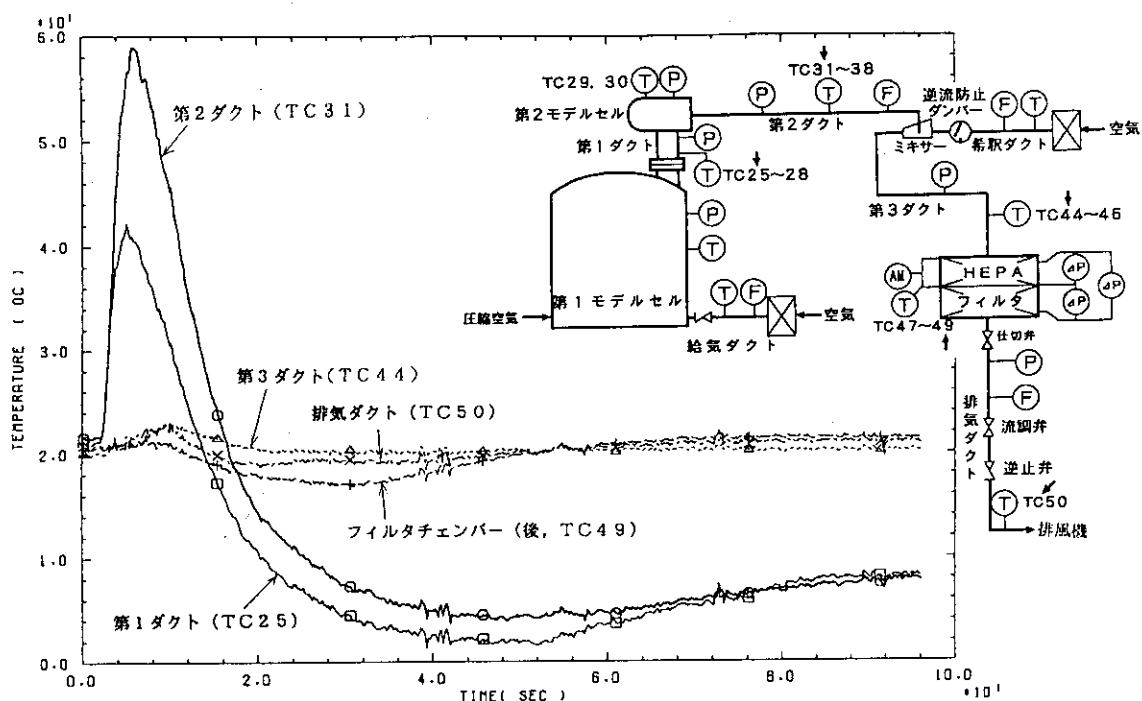
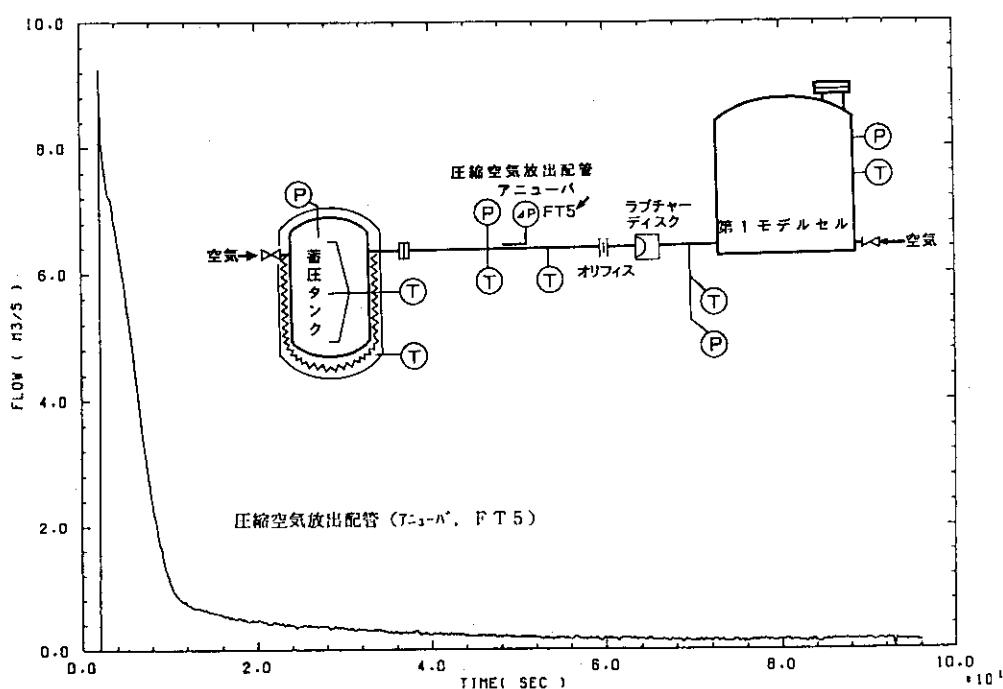
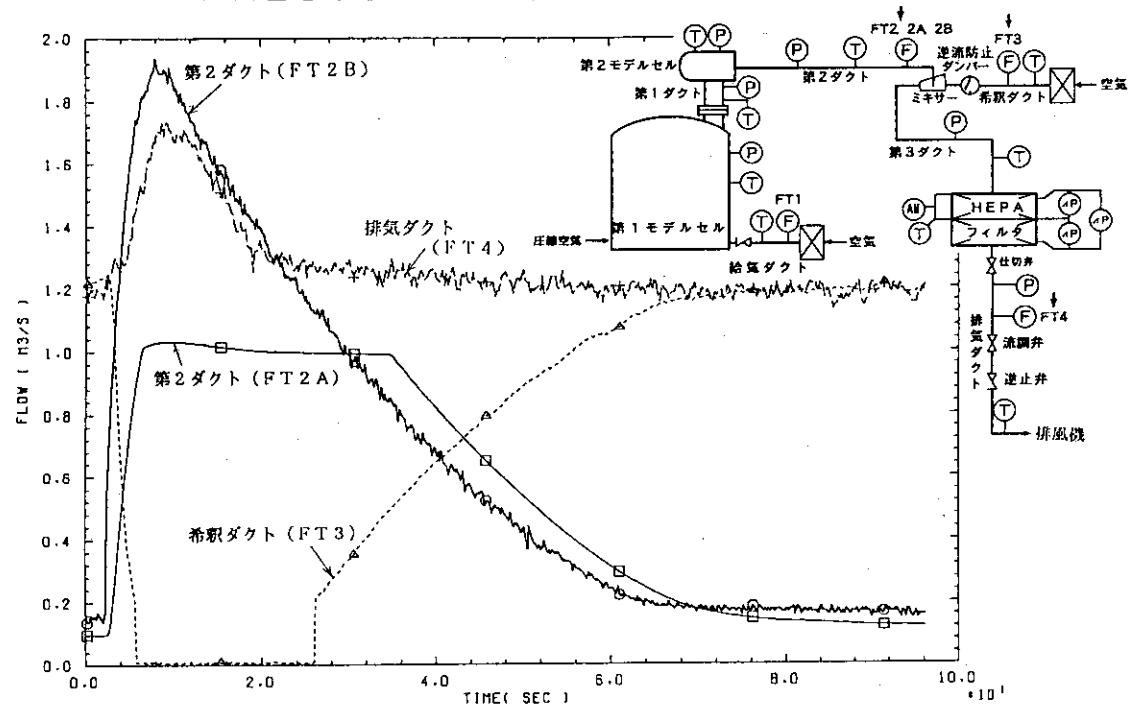


図4.1.130 第1ダクトから排気ダクトまでの温度変化(℃)

PRESS50A1 1990.06.26

図4.1.131 圧縮空気放出配管内の流量変化(m<sup>3</sup>/s)

PRESS50A1 1990.06.26

図4.1.132 第2ダクト内、希釈ダクト内及び排気ダクト内の流量変化( $m^3/s$ )

PRESS50A1 1990.06.26

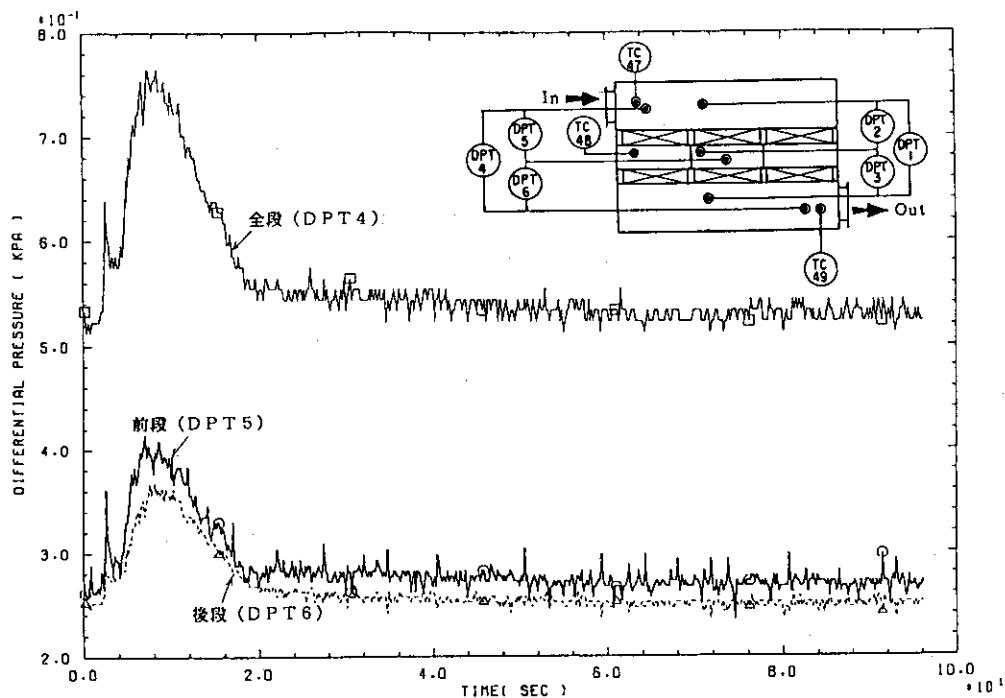


図4.1.133 HEPAフィルタの差圧変化(高応答型, kPa)

PRESS50A1 1990.06.26

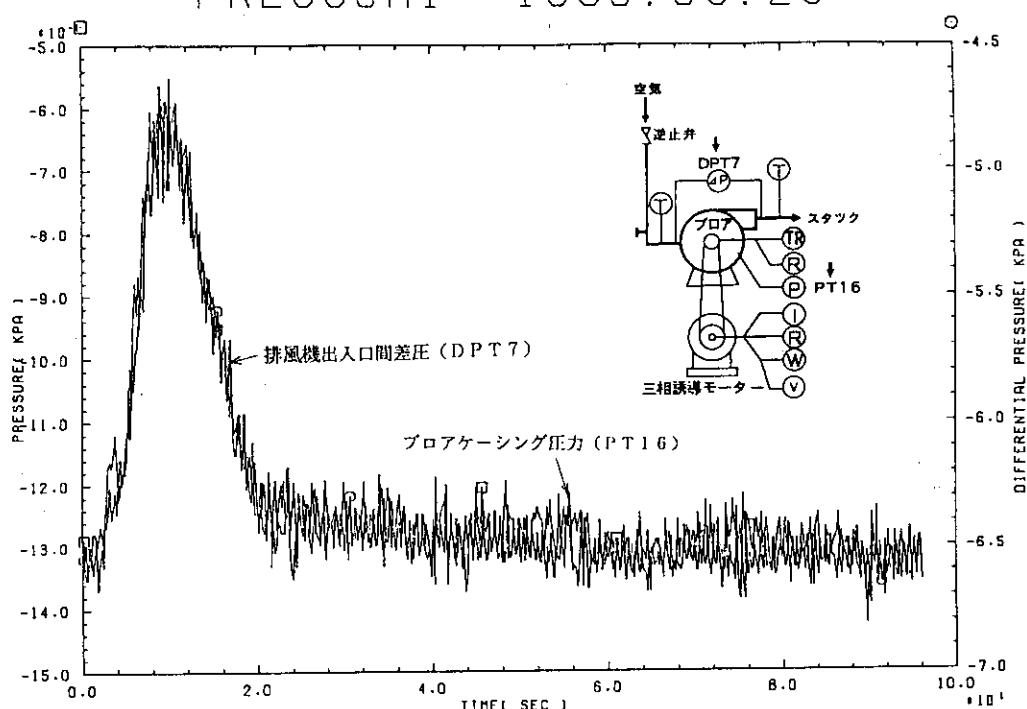


図4.1.134 排風機出入口間差圧及びプロアケーシング内圧力の変化(kPa)

PRESS50A1 1990.06.26

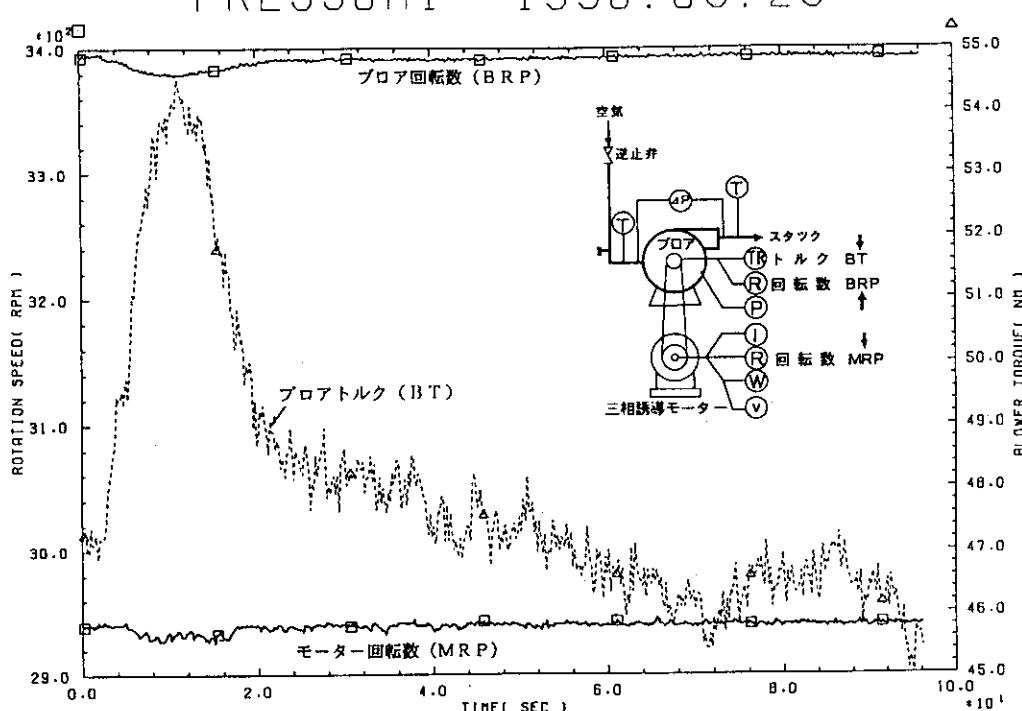
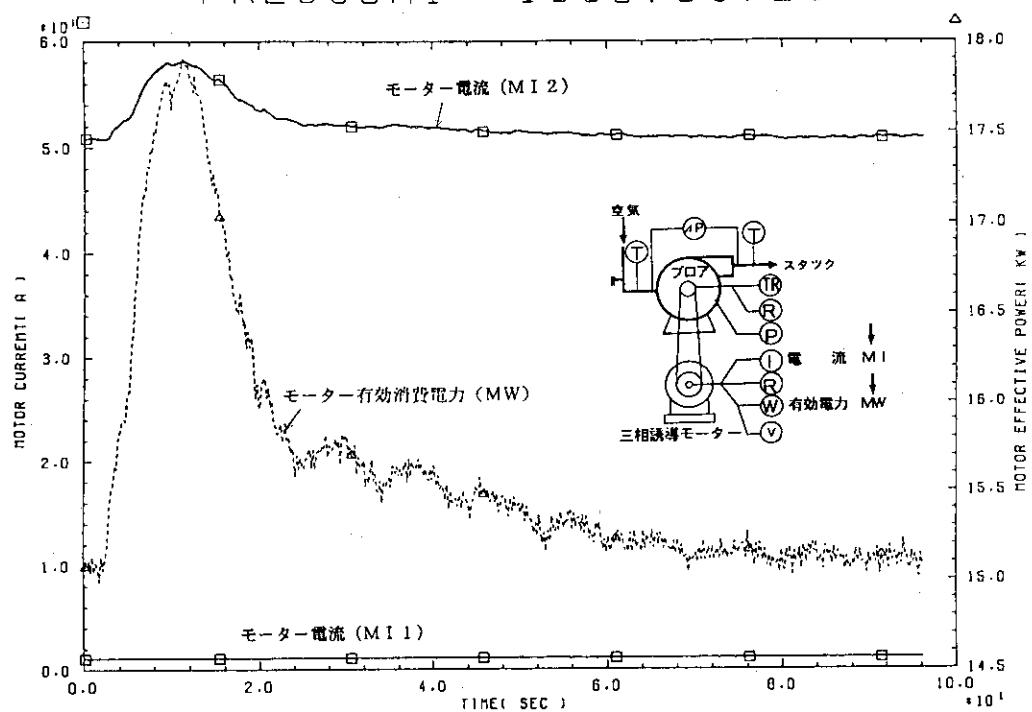


図4.1.135 ブロア及びモーター回転数(rpm), 及びブロアトルク(Nm)の変化

PRESS50A1 1990.06.26



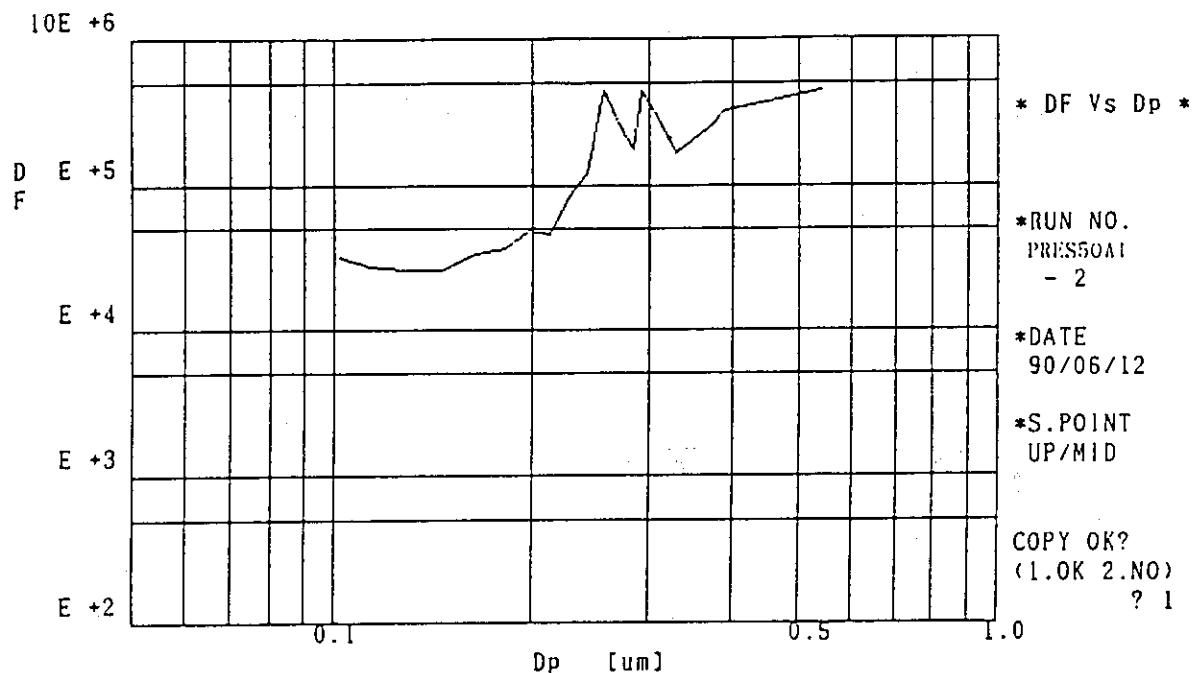


図11 PRES50A1 試験前DOPテストデータ(2)

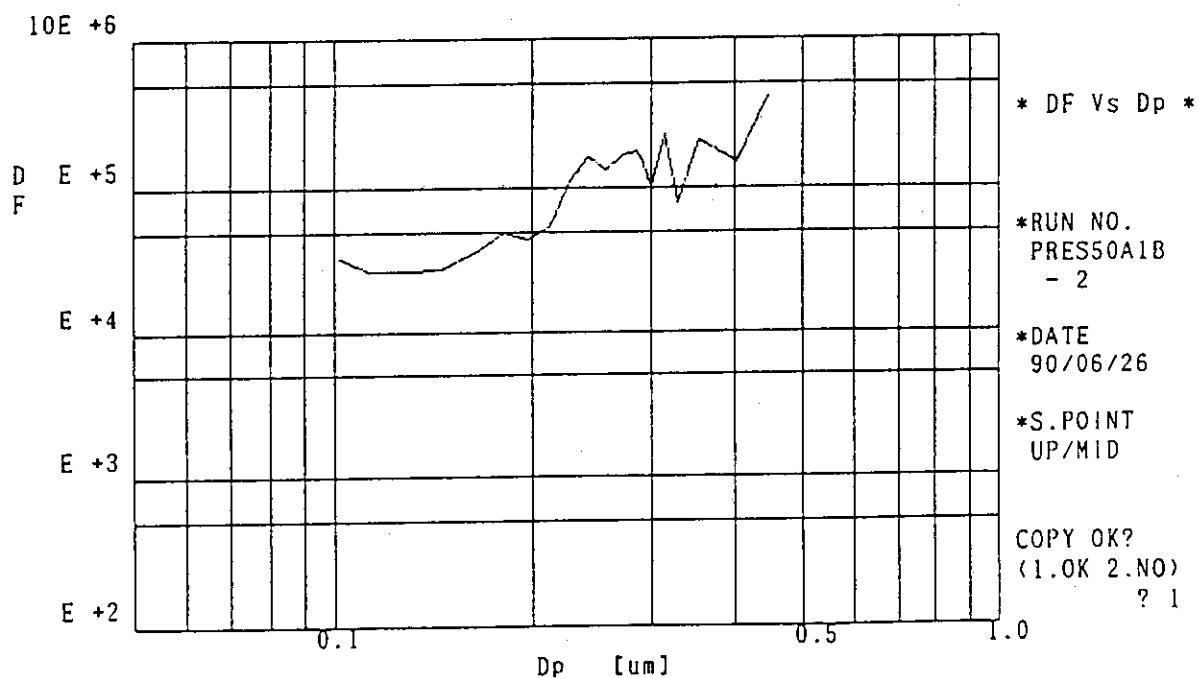


図14 PRES50A1 試験後DOPテストデータ(2)

図4.1.137 試験前後のHEPAフィルタ（上段）のDOPテストデータ

PRESS5003 1990.06.12

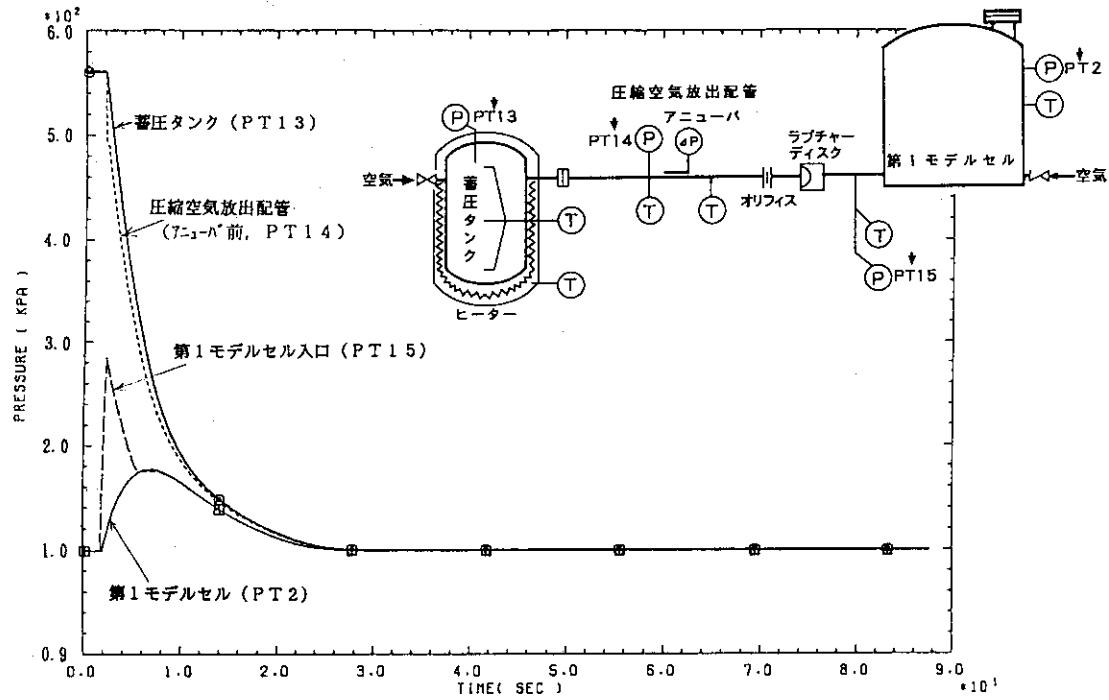


図4.1.138 蓄圧タンク内、圧縮空気放出配管内及び第1モデルセル内の圧力変化(kPa)

PRESS5003 1990.06.12

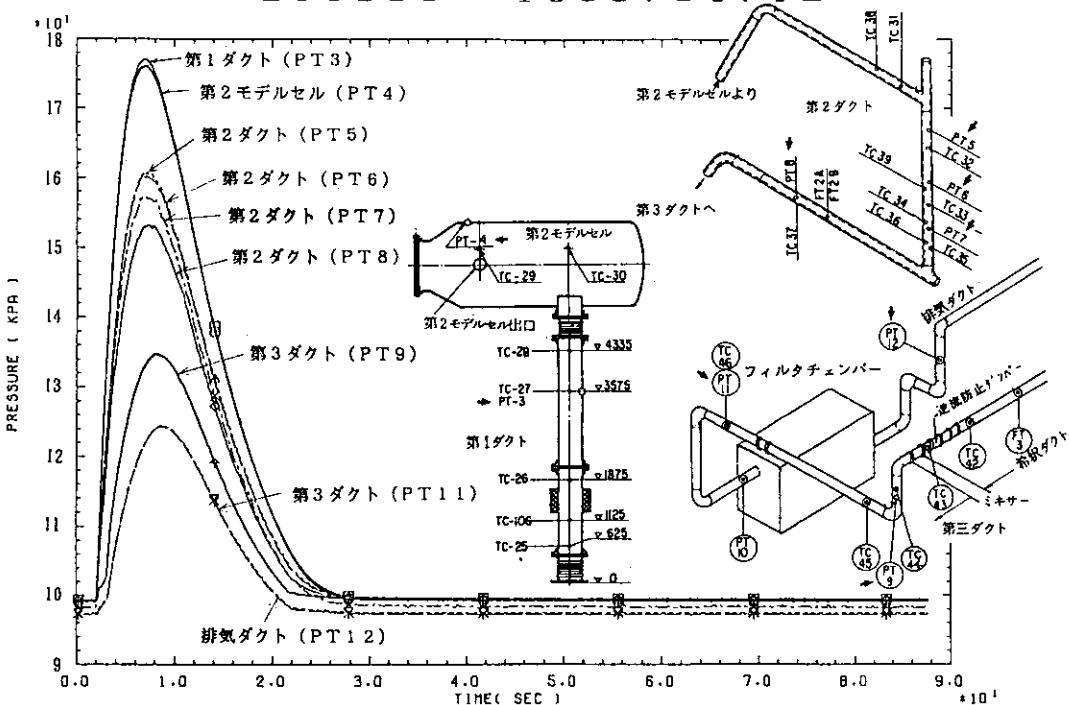


図4.1.139 第1ダクトから排気ダクトまでの圧力変化(kPa)

PRESS003 1990.06.12

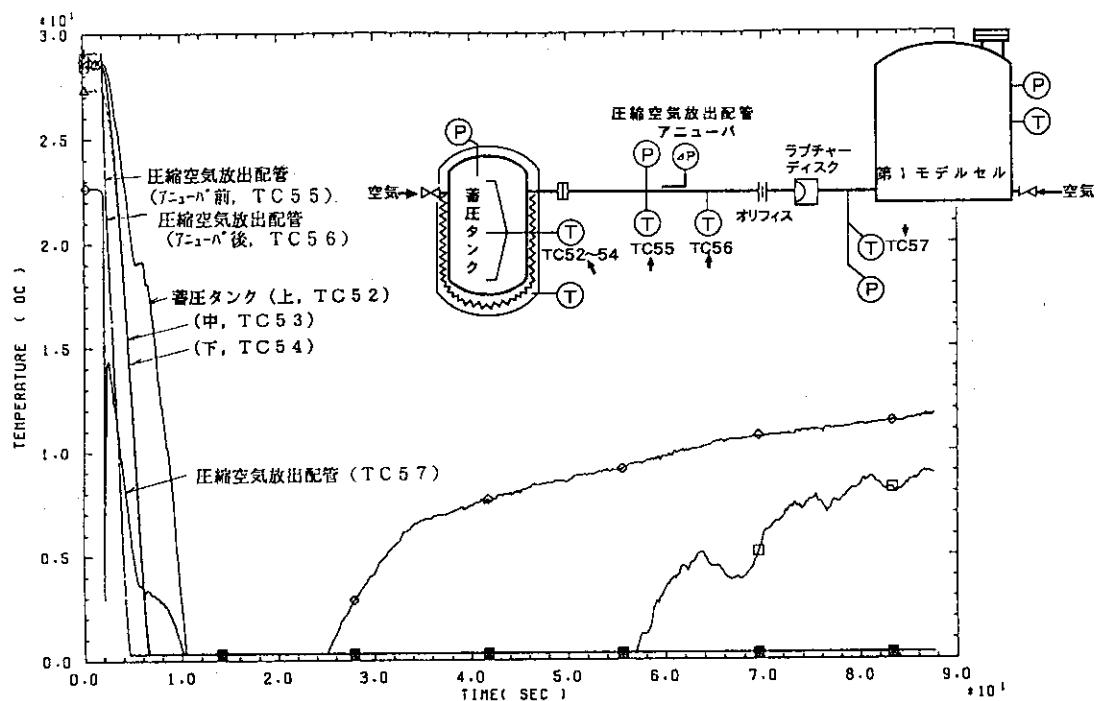


図4.1.140 蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の温度変化(℃)

PRESS003 1990.06.12

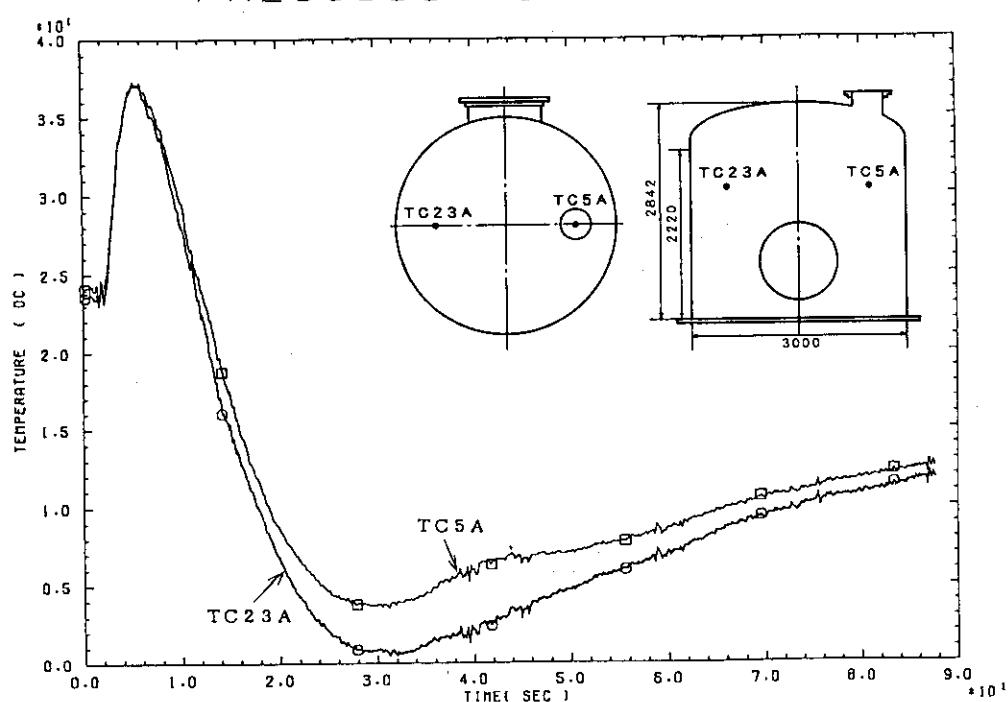


図4.1.141 第1モデルセル内の温度変化(℃)

PRESS003 1990.06.12

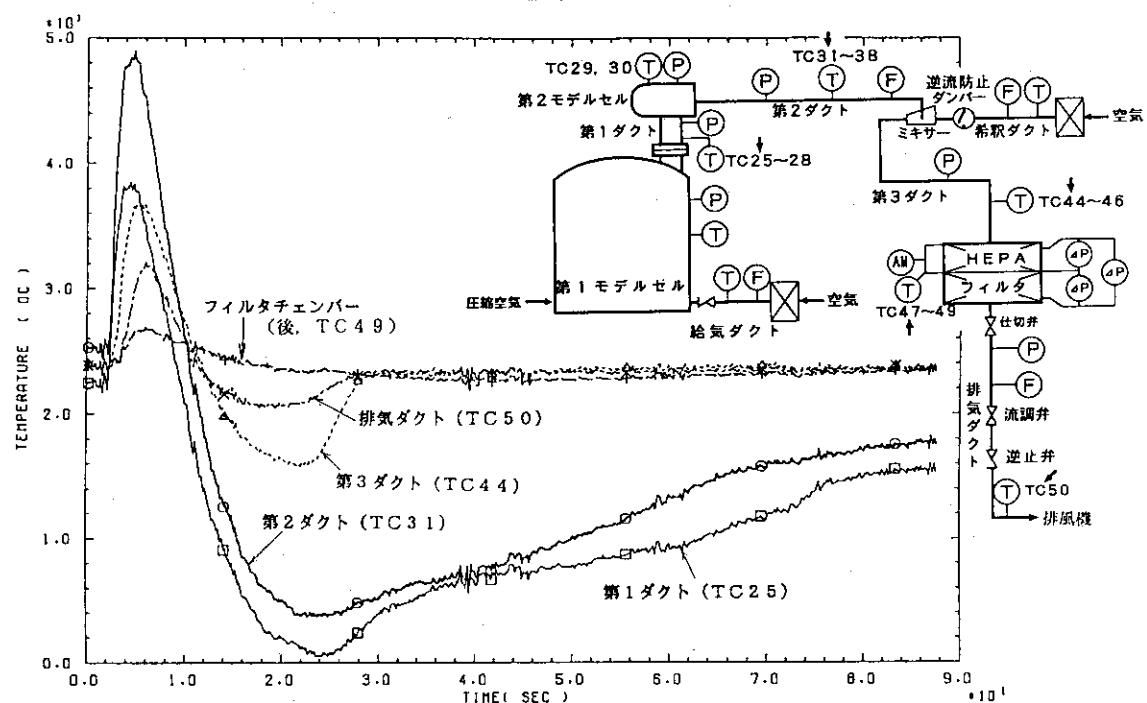


図4.1.142 第1ダクトから排気ダクトまでの温度変化(℃)

PRESS003 1990.06.12

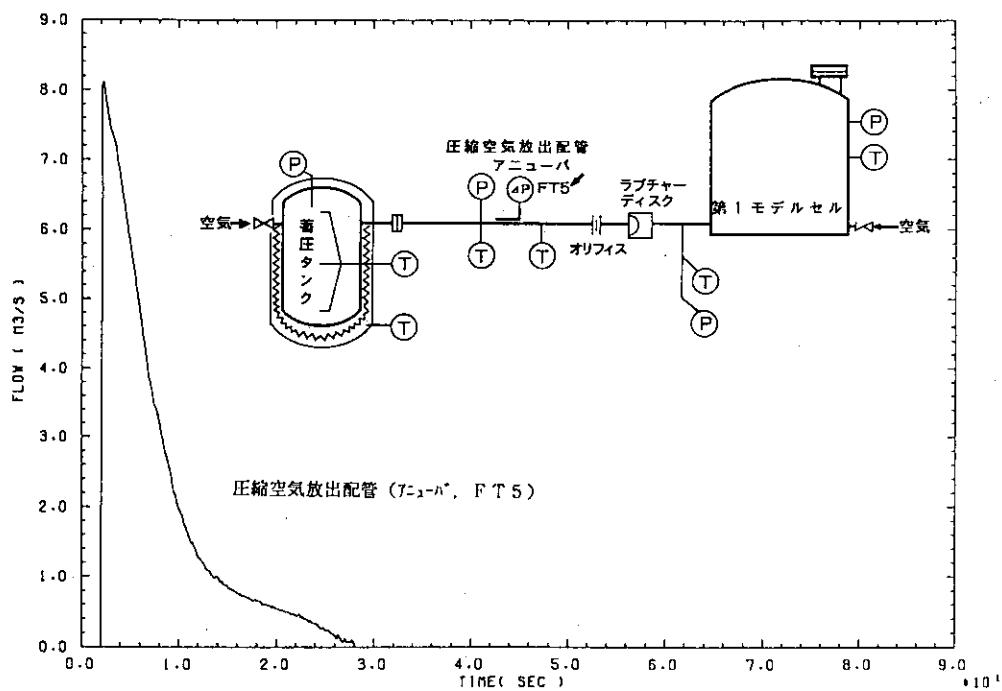
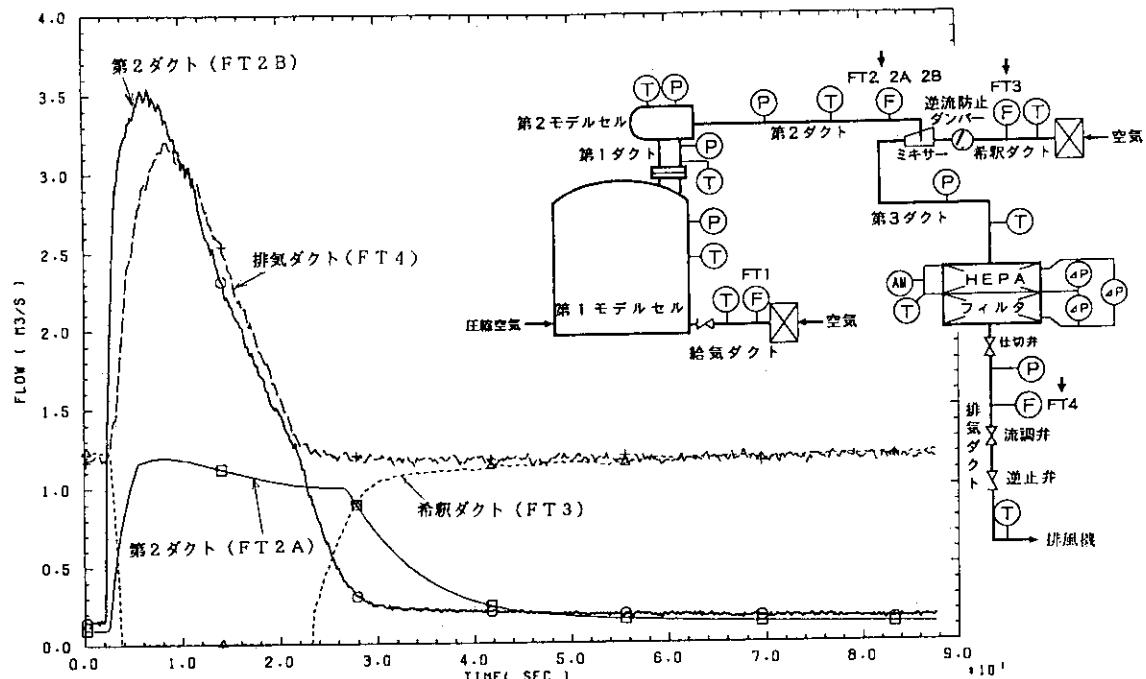


図4.1.143 圧縮空気放出配管内の流量変化(m³/s)

PRESS5003 1990.06.12

図4.1.144 第2ダクト内、希釀ダクト内及び排気ダクト内の流量変化( $\text{m}^3/\text{s}$ )

PRESS5003 1990.06.12

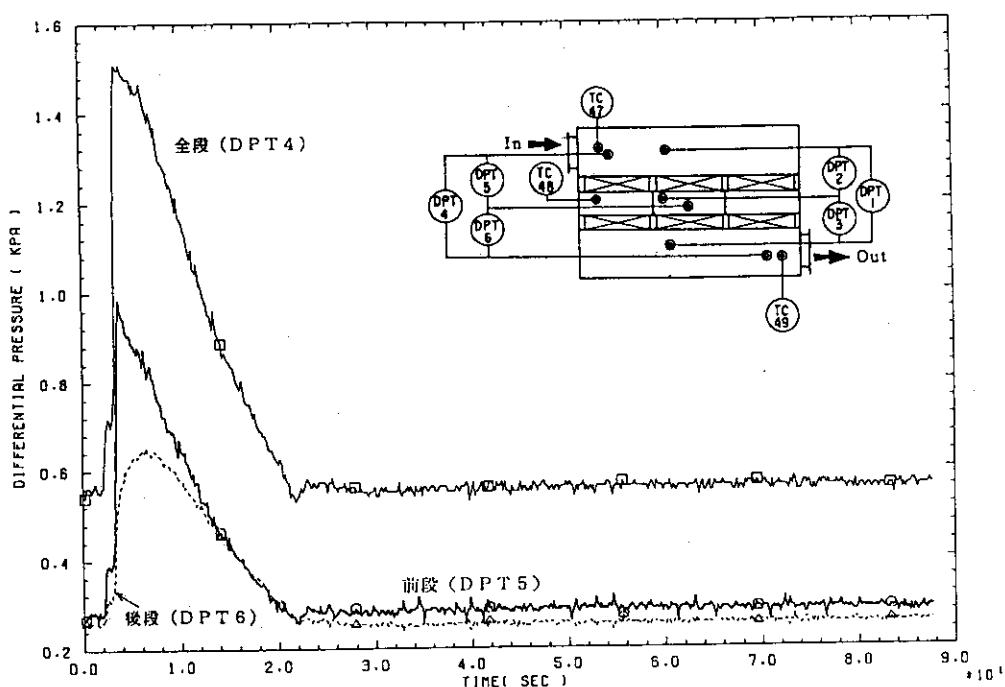


図4.1.145 HEPA フィルタの差圧変化(高応答型, kPa)

PRESS5003 1990.06.12

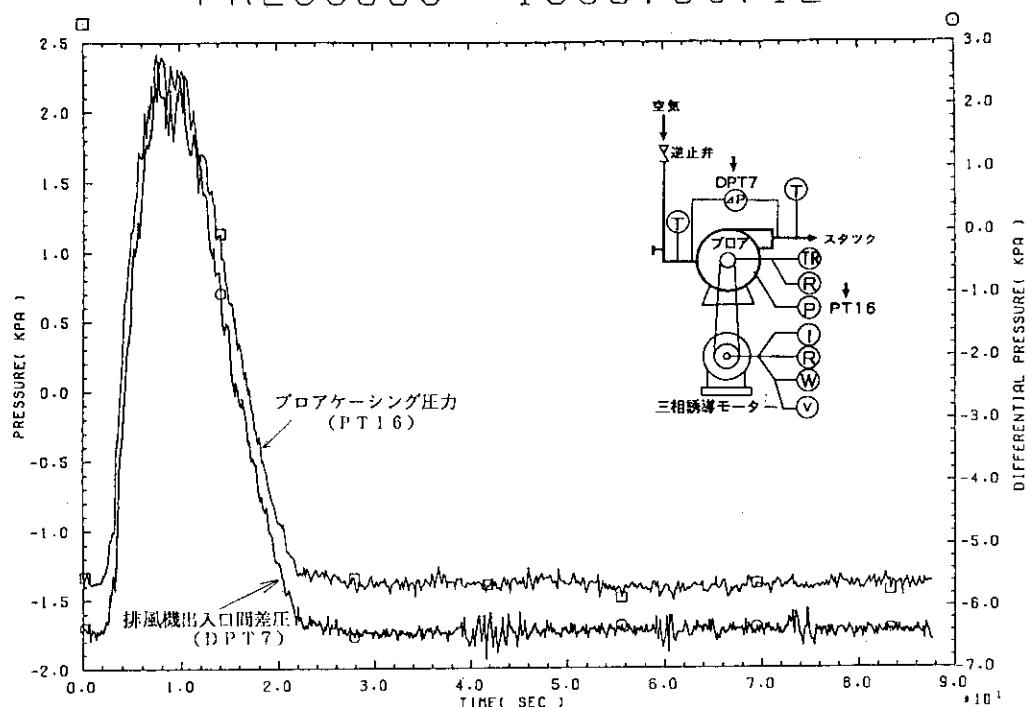


図4.1.146 排風機出入口間差圧及びプロアケーシング内圧力の変化(kPa)

PRESS5003 1990.06.12

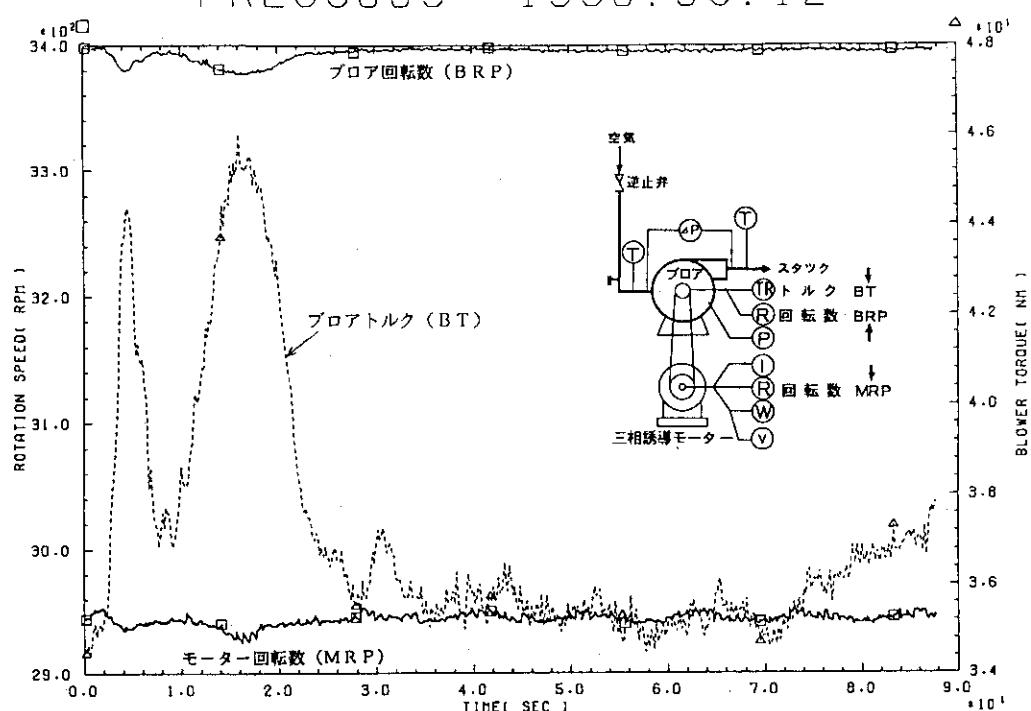


図4.1.147 ブロア及びモーター回転数(rpm), 及びブロアトルク(Nm)の変化

PRES5003 1990.06.12

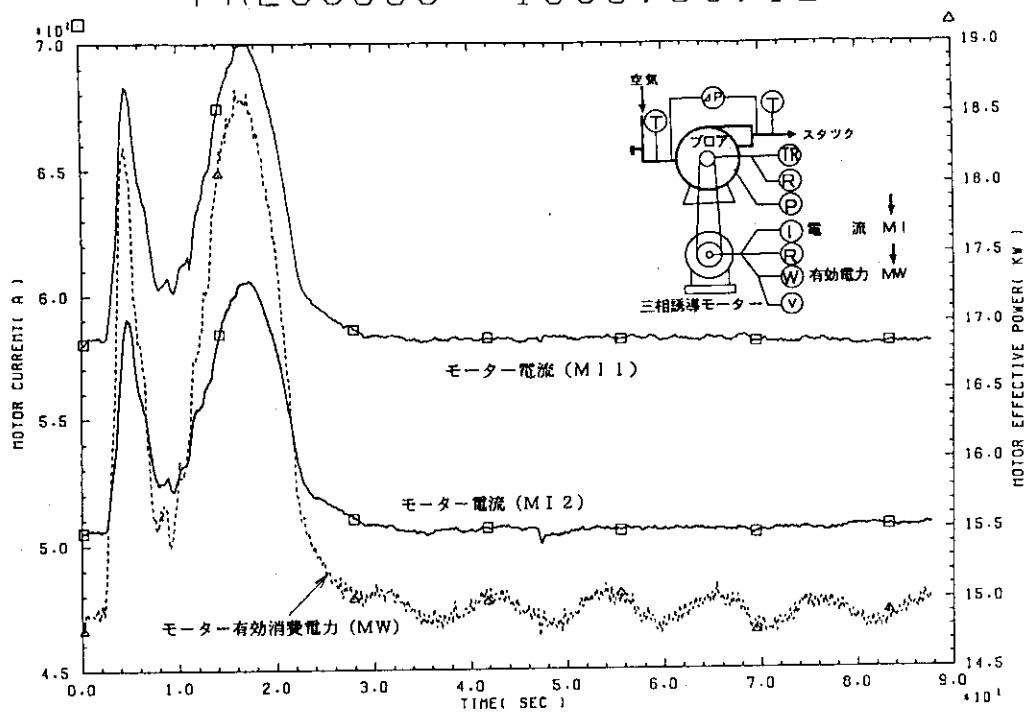


図4.1.148 モーター電流(A)及びモーター有効消費電力(kW)の変化

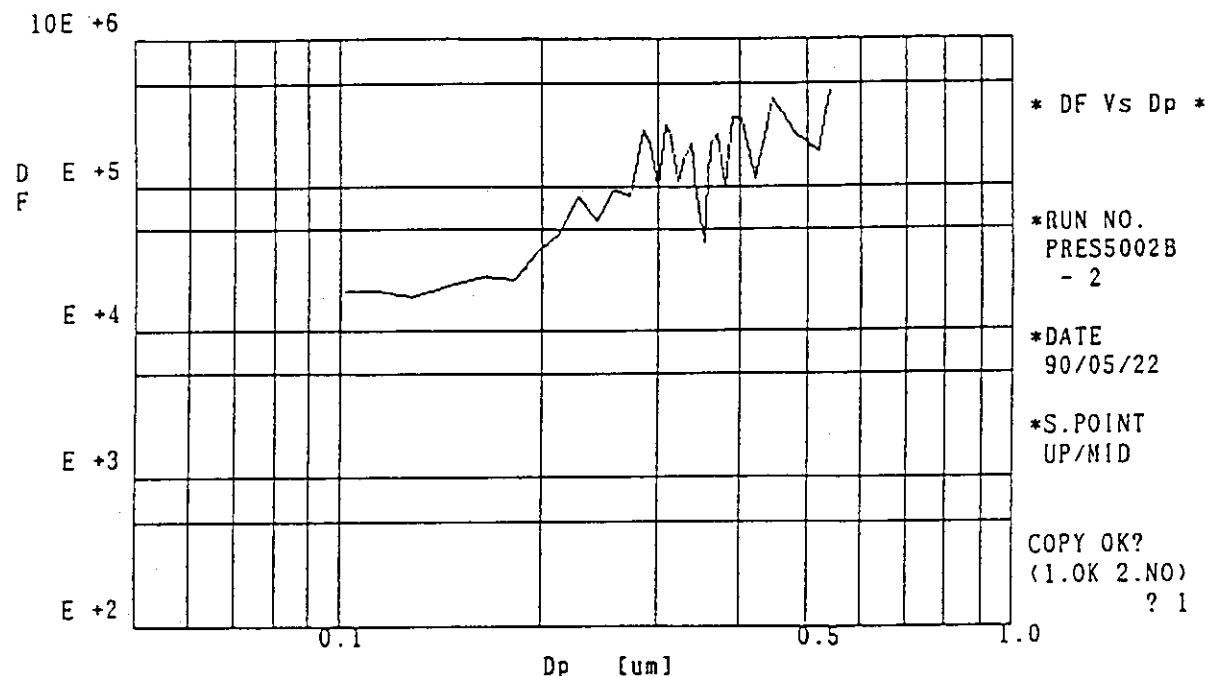


図11C PRES5003 試験前DOPテストデータ(2)

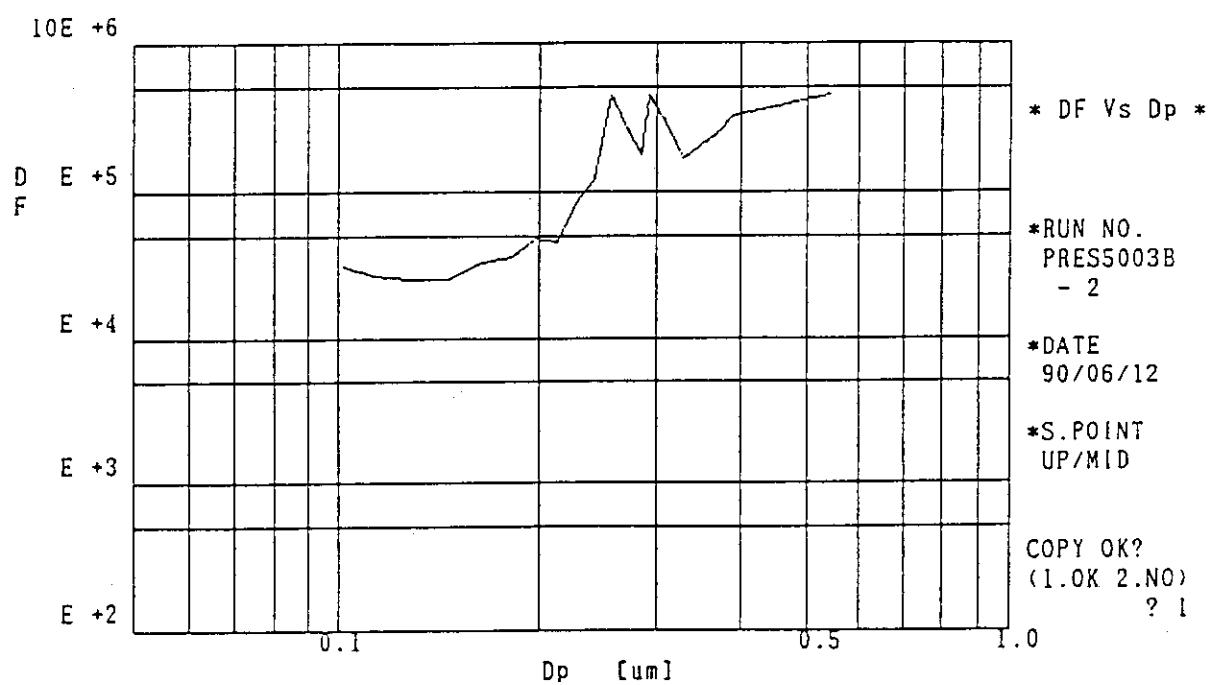


図14C PRES5003 試験後DOPテストデータ(2)

図4.1.149 試験前後のHEPAフィルタ（上段）のDOPテストデータ

#### 4. 1. 5 第2ダクト抵抗管効果試験

##### (1) 試験の目的

本試験は、蓄圧タンク内の初期圧力を $562\text{ kPa}$  ( $4.6\text{ kg/cm}^2\text{G}$ )、初期温度を外気温度に設定した条件の空気を第1モデルセルに放出し、セル換気系実証試験装置内での圧力変化、温度変化、HEPAフィルタの差圧変化及び排風機の挙動等を調べた。試験では、第2ダクトに管径 $90\text{A}$ 、 $110\text{A}$ 、及び $150\text{A}$ の抵抗管を挿入した場合の流動抵抗の効果を調べた。PRES4002試験は平成元年6月14日に、PRES4003試験は平成元年6月21日に、PRES5004試験は平成3年1月22日に実施した。

##### (2) 試験の条件

表4.1.6にPRES4002、PRES4003、PRES5004試験の試験条件を示す。3試験の試験条件は、第2ダクトの抵抗管の管径以外は同一である。

表4.1.6 第2ダクト抵抗管効果試験の試験条件

No.	項目	試験条件
1	蓄圧タンク内初期圧力	$562\text{ kPa}$ ( $4.7\text{ kg/cm}^2\text{G}$ )
2	蓄圧タンク内初期空気温度	外気温度
3	圧縮空気放出配管制限オリフィス	無
4	換 気 回 数	6回/h (第1モデルセル給気流量 $112\text{ m}^3/\text{h}$ )
5	希 釀 流 量	$4268\text{ m}^3/\text{h}$
6	排 気 流 量	$4380\text{ m}^3/\text{h}$
7	第2ダクト管路長	50m
8	第2ダクト抵抗管	PRES4002：管径 $150\text{A} \times 1\text{m}$ の抵抗管を挿入 PRES4003：管径 $90\text{A} \times 1\text{m}$ の抵抗管を挿入 PRES5004：管径 $110\text{A} \times 1\text{m}$ の抵抗管を挿入
9	第1モデルセル内初期圧力	$-0.5 \sim -1.0\text{ kPa}$ ( $-50 \sim -100\text{ mmH}_2\text{O}$ )
10	HEPAフィルタ台数	6台(ハーフサイズ)/段×2段 計12台

##### (3) PRES4002試験の結果

###### (3.1) 圧力変化

図4.1.150に蓄圧タンク内(PT13)、圧縮空気放出配管内(アニューバ前、PT14)、第1モデルセル入口(PT15)及び第1モデルセル内(PT2)の圧力変化を示す。

圧力は、ラプチャーディスク破壊とともに急速に減少し、約40秒後に大気圧となる。

図4.1.151に第1ダクト内(PT3), 第2モデルセル内(PT4), 第2ダクト内(PT5, 6, 7, 8), 第3ダクト内(PT9, PT11)及び排気ダクト内(PT12)の圧力変化を示す。第1モデルセルからの行程に応じてピーク値が減少している。PT9, 11, 12はスケールオーバーした。

### (3.2) 温度変化

図4.1.152に蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の温度変化を示す。蓄圧タンク内温度(TC52, 53, TC54)及び圧縮空気放出配管内温度(アニューバ式流量計FT5の前後の温度)TC55, 56は、放出による圧力減少とともに断熱膨張によって急激に低下し、0°C以下になっている。TC57は、第1モデルセル入口の温度変化を示す。

図4.1.153に第1モデルセル内の温度変化を示す。2箇所とも吹き込みによる断熱圧縮によってほぼ同様な値に上昇し、その後下降している。

図4.1.154に第1ダクト(TC25), 第2ダクト(TC31), 第3ダクト(TC44), フィルタチャンバー(TC47, 49)及び排気ダクト(TC50)の温度変化を示す。TC31がTC25よりピーク値が高いのは、口径のより小さい第2ダクトに流入して断熱圧縮されたためと思われる。

### (3.3) 流量変化

図4.1.155に放出された圧縮空気流入の流量(FT5:アニューバ)の変化を示す。

図4.1.156に第2ダクト流量(FT2A, FT2B:アニューバ), 希釀ダクト流量(FT3:オリフィス)及び排気ダクト流量(FT4:アニューバ)を示す。FT2Aのデータは、流入した圧縮空気の量がセンサーのフルスケールを上回ったので、ピーク値は記録されていない。また、希釀ダクトの流れは、圧縮空気流入の間、逆流防止ダンパーの作動により、一時的に停止している。

### (3.4) HEPAフィルタの差圧変化

図4.1.157に低応答特性のセンサーによるHEPAフィルタの差圧変化を示す。

図4.1.158に高応答特性のセンサーによるHEPAフィルタの差圧変化を示す。DPT1~DPT3とほぼ等しい値を示している。

### (3.5) 排風機の挙動

図4.1.159に排風機出入口間の差圧(DPT7)及びプロアケーシング内圧力(PT16)の変化を示す。変化の傾向は共通している。

図4.1.160に排風機のモーター及びプロアの回転数(MRP, BRP), プロアトルク(BT)の変化を示す。ただし、モーター回転数は、変化を強調するため実際の値を2倍して示してある。プロア及びモーター回転数は、圧縮空気流入の間やや低下する。プロアトルクは急速な増大と減少をくりかえしている。

図4.1.161にモーター電流(3相中の2相, MI1, 2), モーター有効消費電力(MW1)の変化を示す。いづれも圧縮空気吹き込みと同時に増大し、その後急速な減少と増大を繰り返した後、定常状態に復帰している。

### (3.6) HEPAフィルタのDOPテスト

図4.1.16.2に試験前後のHEPAフィルタのDOPテストの結果を示す。試験後の除染係数DF値は、DOP粒子直径( $D_p$ )  $0.3\mu m$ において、 $3 \times 10^4$ （捕集効率 $\eta = 99.997\%$ ）であり、HEPAフィルタが健全に保たれていた。

#### (4) PRES 4003 試験の結果

##### (4.1) 圧力変化

図4.1.16.3に蓄圧タンク(PT13)，圧縮空気放出配管(アニューバ前，PT14)，第1モデルセル入口(PT15)及び第1モデルセル内(PT2)の圧力変化を示す。圧力は、ラプチャーディスク破壊とともに急速に減少し、約50秒後に大気圧となる。PT15のカープに一時的な鋭い減少ピークがみられる。

図4.1.16.4に第1ダクト内(PT3)，第2モデルセル内(PT4)，第2ダクト内(PT5, 6, 7, 8)，第3ダクト内(PT9, PT11)及び排気ダクト内(PT12)の圧力変化を示す。第1モデルセルからの行程に応じてピーク値が減少している。PT5はスケールオーバーした。

##### (4.2) 温度変化

図4.1.16.5に蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の温度変化を示す。蓄圧タンク内気相温度変化(TC52, 53, TC54)及び圧縮空気放出配管内温度(アニューバ式流量計FT5の前後の温度)TC55, 56は、放出による圧力減少とともに断熱膨張によって急激に低下し、 $0^{\circ}C$ 以下になっている。TC57は、第1モデルセル入口の温度変化を示す。

図4.1.16.6に第1モデルセル内の温度変化を示す。3箇所とも吹き込みによる断熱圧縮によってほぼ同様な値に上昇し、その後下降している。

図4.1.16.7に第1ダクト(TC25)，第2ダクト(TC31)，第3ダクト(TC44)，フィルタチェンバー(TC47, 49)及び排気ダクト(TC50)の温度変化を示す。TC31がTC25よりピーク値が高いのは、口径のより小さい第2ダクトに流入して断熱圧縮されたためと思われる。

##### (4.3) 流量変化

図4.1.16.8に放出された圧縮空気流入の流量(FT5:アニューバ)の変化を示す。

図4.1.16.9に第2ダクト流量(FT2A, FT2B:アニューバ)，希釈ダクト流量(FT3:オリフィス)及び排気ダクト流量(FT4:アニューバ)の変化を示す。FT2Aのデータは、流入した圧縮空気の量がセンサーのフルスケールを上回ったので、ピーク値は記録されていない。また、希釈ダクトの流れは、圧縮空気流入の間、逆流防止ダンパーの作動により、一時的に停止している。

##### (4.4) HEPAフィルタの差圧変化

図4.1.17.0に低応答特性のセンサーによるHEPAフィルタの差圧変化を示す。

図4.1.17.1に高応答特性のセンサーによるHEPAフィルタの差圧変化を示す。DPT1～DPT3とほぼ等しい値を示している。

##### (4.5) 排風機の挙動

図4.1.17.2に排風機出入口間の差圧(DPT7)及びプロアケーシング内圧力(PT1

6) の変化を示す。

図4.1.173に排風機のモーター及びプロアの回転数(MRP, BRP), プロアトルク(BT)の変化を示す。ただし、モーター回転数は、変化を強調するため実際の値を2倍して示してある。プロア及びモーター回転数は、圧縮空気流入の間やや低下する。プロアトルクは急速な増大と減少をくりかえしている。

図4.1.174にモーター電流(3相中の2相, MI1, 2), モーター有効消費電力(MW1)の変化を示す。いづれも圧縮空気吹き込みと同時に増大し、その後減少と増大を繰り返した後、定常状態に復帰している。

#### (4.6) HEPAフィルタのDOPテスト

図4.1.175に試験前後のHEPAフィルタのDOPテストの結果を示す。試験後の除染係数DF値は、DOP粒子直径(D<sub>p</sub>)  $0.3 \mu\text{m}$ において、 $3 \times 10^4$  (捕集効率 $\eta = 99.997\%$ )であり、HEPAフィルタが健全に保たれていた。

### (5) PRESS 5004試験の結果

#### (5.1) 圧力変化

図4.1.176に蓄圧タンク内(PT13), 圧縮空気放出配管内(アニューバ前, PT14), 第1モデルセル入口(PT15)及び第1モデルセル内(PT2)の圧力変化を示す。圧力は、ラプチャーディスク破壊とともに急速に減少し、約40秒後に大気圧となる。

図4.1.177に第1ダクト内(PT3), 第2モデルセル内(PT4), 第2ダクト内(PT5, 6, 7, 8), 第3ダクト内(PT9, PT11)及び排気ダクト内(PT12)の圧力変化を示す。第1モデルセルからの行程に応じてピーク値が減少している。

#### (5.2) 温度変化

図4.1.178に蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の温度変化を示す。蓄圧タンク内温度(TC54), 圧縮空気放出配管内温度(アニューバ式流量計FT5の前後の温度)TC55, TC56及び第1モデルセル入口温度TC57は、放出とともに断熱膨張によって急激に低下し、0°C以下になっている。

図4.1.179に第1モデルセル内の温度変化を示す。2箇所とも吹き込みによる断熱圧縮によってほぼ同様な値に上昇し、その後下降している。

図4.1.180に第1ダクト(TC25), 第2ダクト(TC31), 第3ダクト(TC44), フィルタチャンバー(TC47, 49)及び排気ダクト(TC50)の温度変化を示す。

#### (5.3) 流量変化

図4.1.181に放出された圧縮空気流入の流量(FT5:アニューバ)の変化を示す。

図4.1.182に第2ダクト流量(FT2A, FT2B:アニューバ), 希釈ダクト流量(FT3:オリフィス)及び排気ダクト流量(FT4:アニューバ)の変化を示す。FT2Aのデータは、流入した圧縮空気の量がセンサーのフルスケールを上回ったので、ピーク値は記録されていない。また、希釈ダクトの流れは、圧縮空気流入の間、逆流防止ダンパが閉じているので、一時的に停止している。

#### (5.4) HEPAフィルタの差圧変化

図4.1.183に高応答特性のセンサーによるHEPAフィルタの差圧変化を示す。

(5.5) 排風機の挙動

図4.1.184に排風機出入口間の差圧(DPT7)及びプロアケーシング内圧力(PT16)の変化を示す。変化の傾向は共通している。

図4.1.185に排風機のモーター及びプロアの回転数(MRP, BRP), プロアトルク(BT)の変化を示す。ただし、モーター回転数は、変化を強調し、比較を容易にするため、2倍にして示す。

図4.1.186にモーター電流(3相中の2相, MI1, 2), モーター有効消費電力(MW1)の変化を示す。いずれも圧縮空気吹き込みと同時に増大し、その後、漸次定常状態に復帰している。

(5.6) HEPAフィルタのDOPテスト

図4.1.187に試験前後のHEPAフィルタのDOPテストの結果を示す。試験後の除染係数DF値は、DOP粒子直径( $D_p$ )  $0.3 \mu\text{m}$ において、 $3 \times 10^4$  (捕集効率 $\eta = 99.997\%$ )であり、HEPAフィルタが健全に保たれていた。

PRES4002 1989.06.14

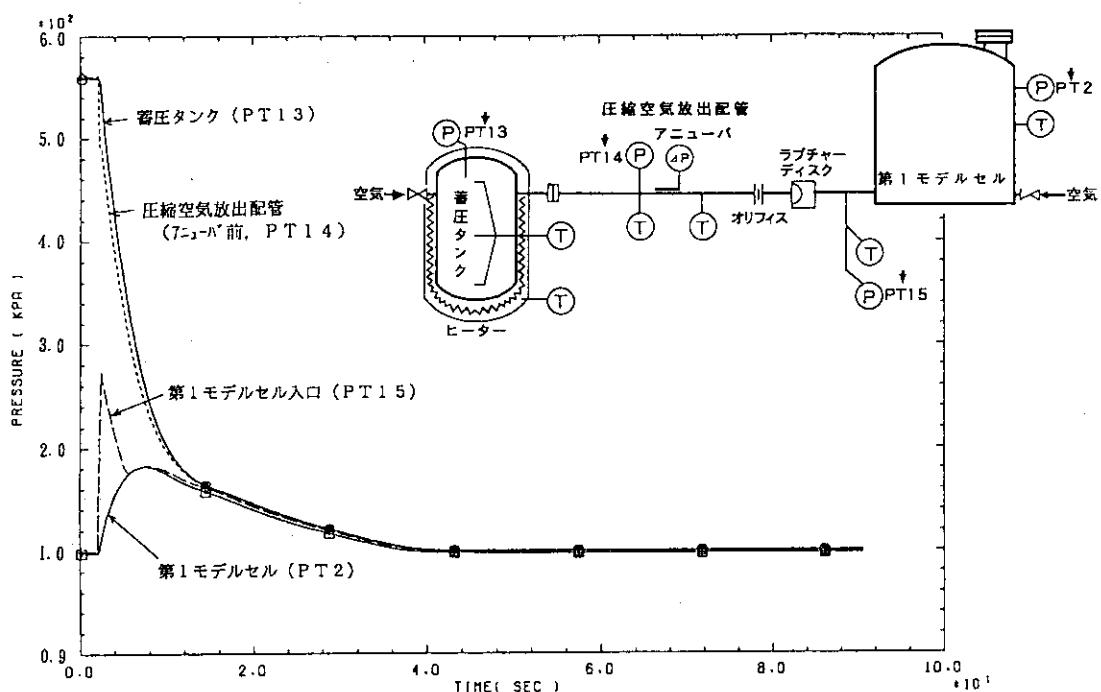


図4.1.150 蓄圧タンク内、圧縮空気放出配管内及び第1モデルセル内の圧力変化(kPa)

PRES4002 1989.06.14

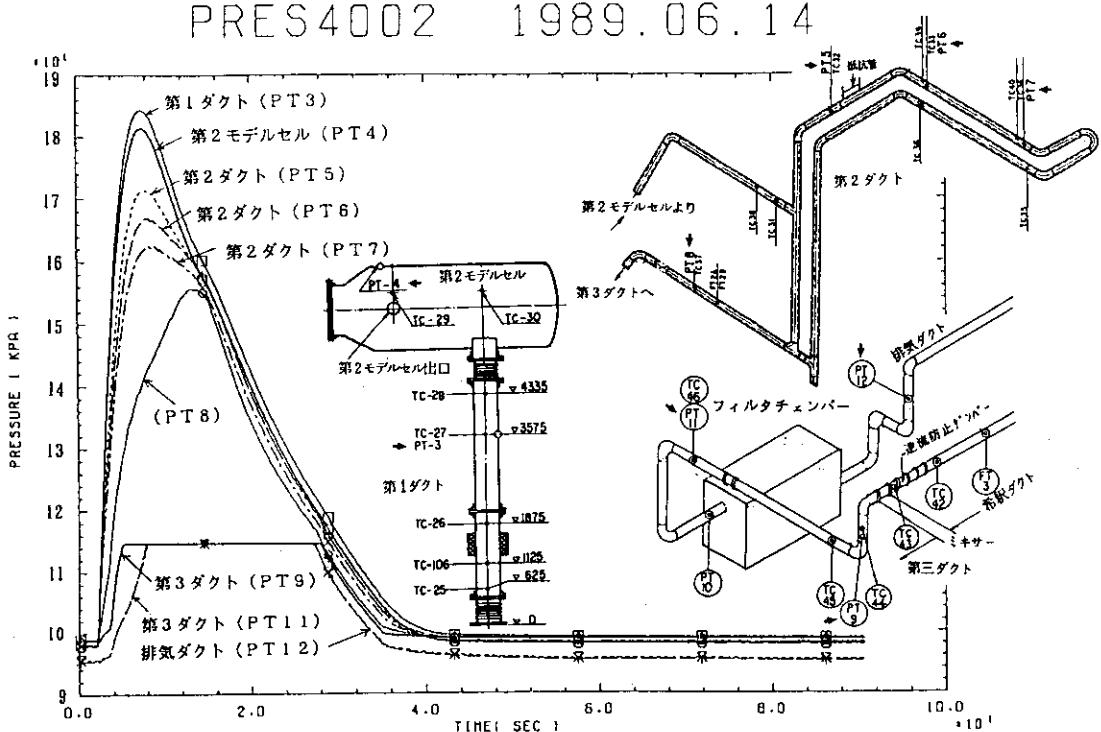


図4.1.151 第1ダクトから排気ダクトまでの圧力変化(kPa)

PRES4002 1989.06.14

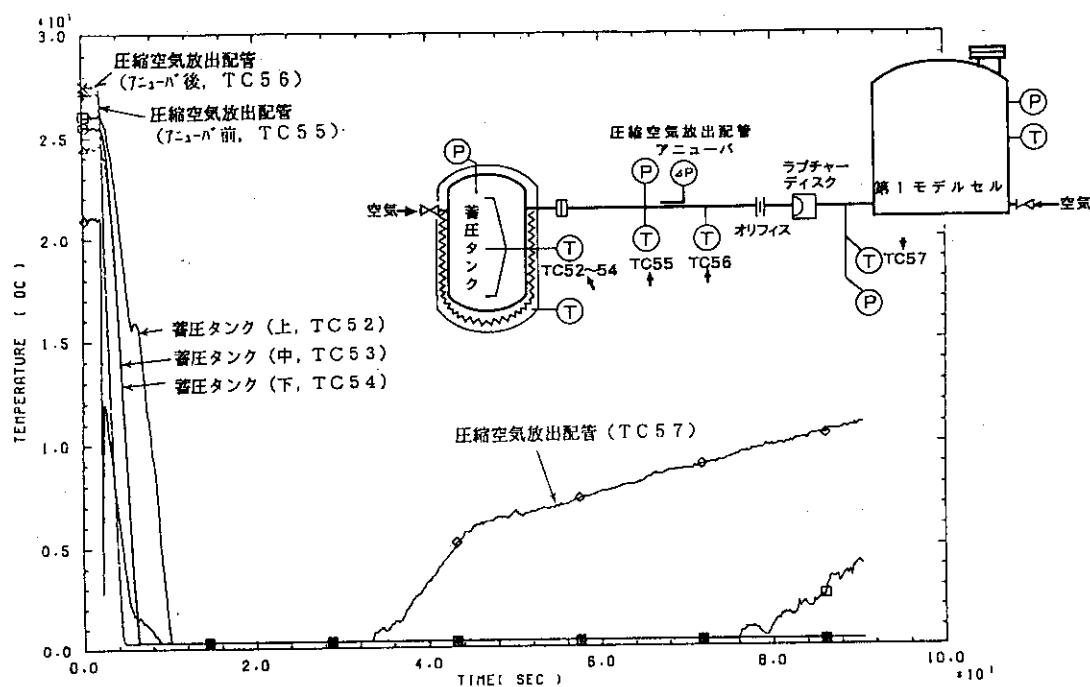


図4.1.152 蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の温度変化(℃)

PRES4002 1989.06.14

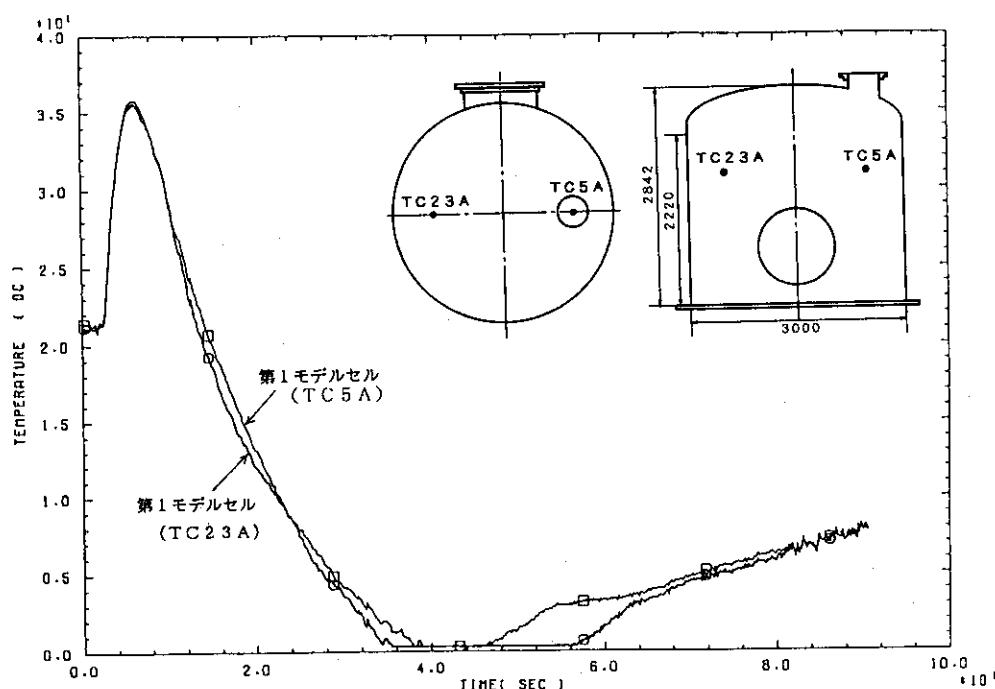


図4.1.153 第1モデルセル内の温度変化(℃)

PRES4002 1989.06.14

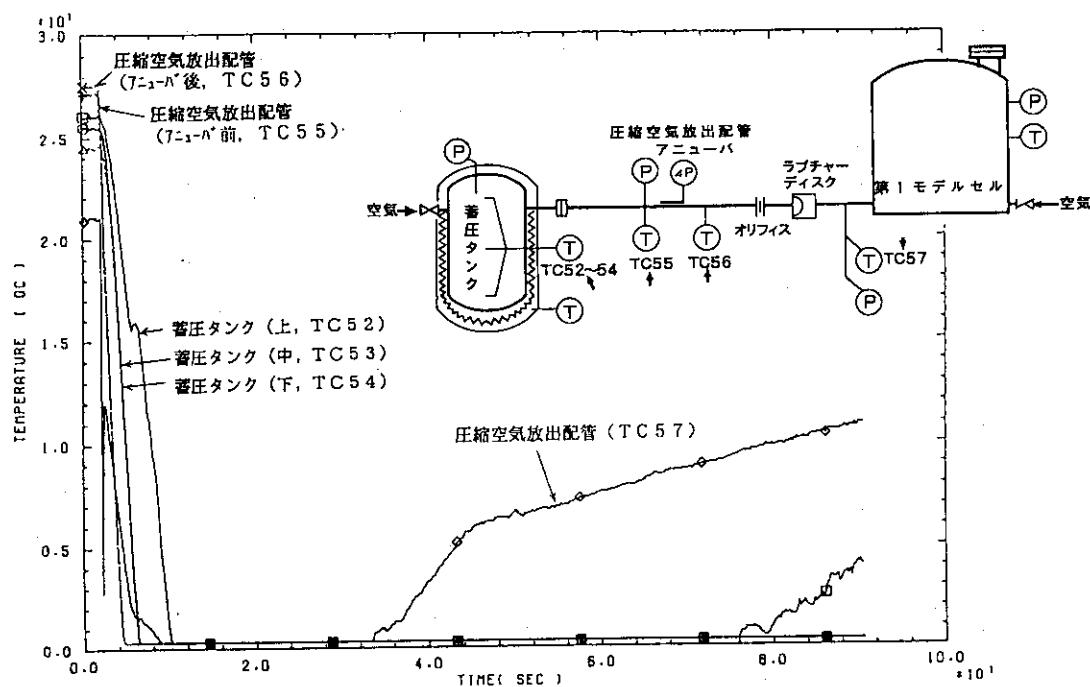


図4.1.152 蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の温度変化(℃)

PRES4002 1989.06.14

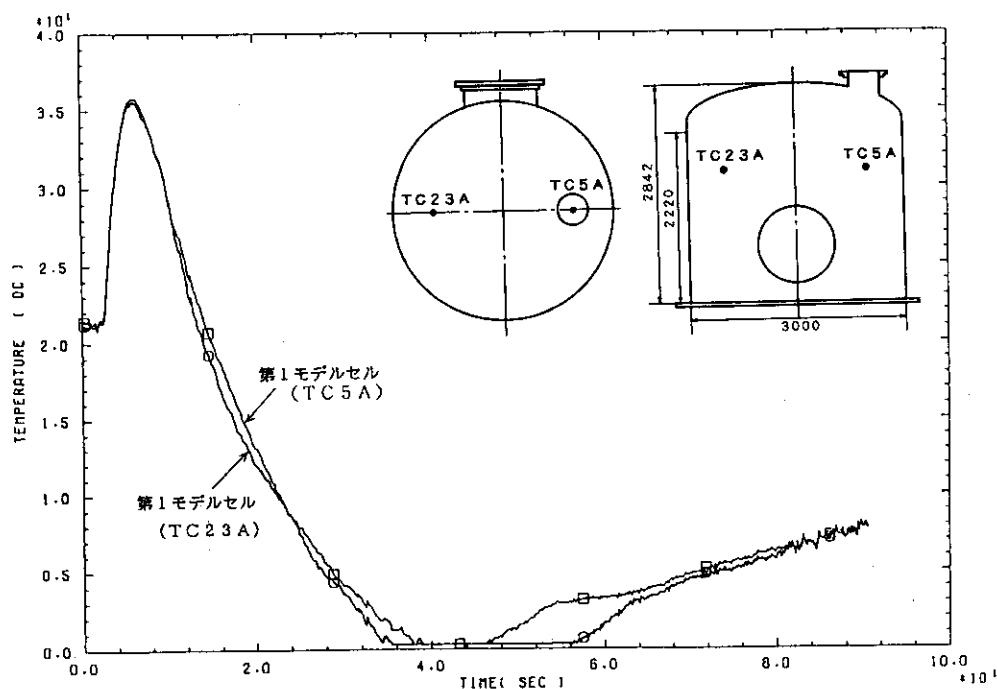


図4.1.153 第1モデルセル内の温度変化(℃)

PRES4002 1989.06.14

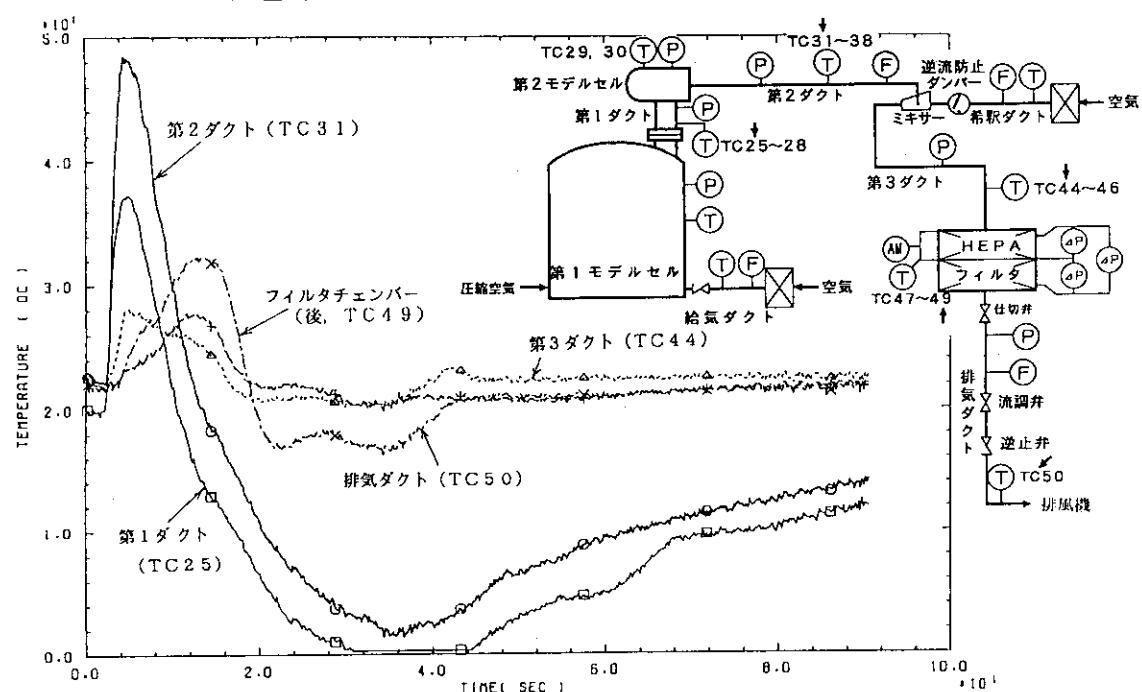


図4.1.154 第1ダクトから排気ダクトまでの温度変化(℃)

PRES4002 1989.06.14

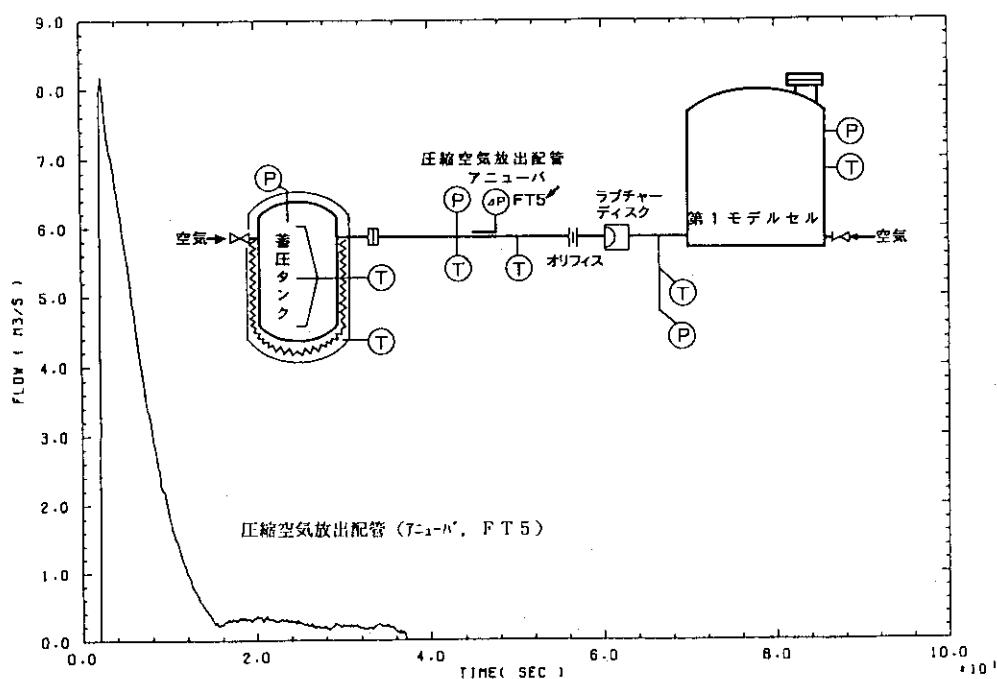
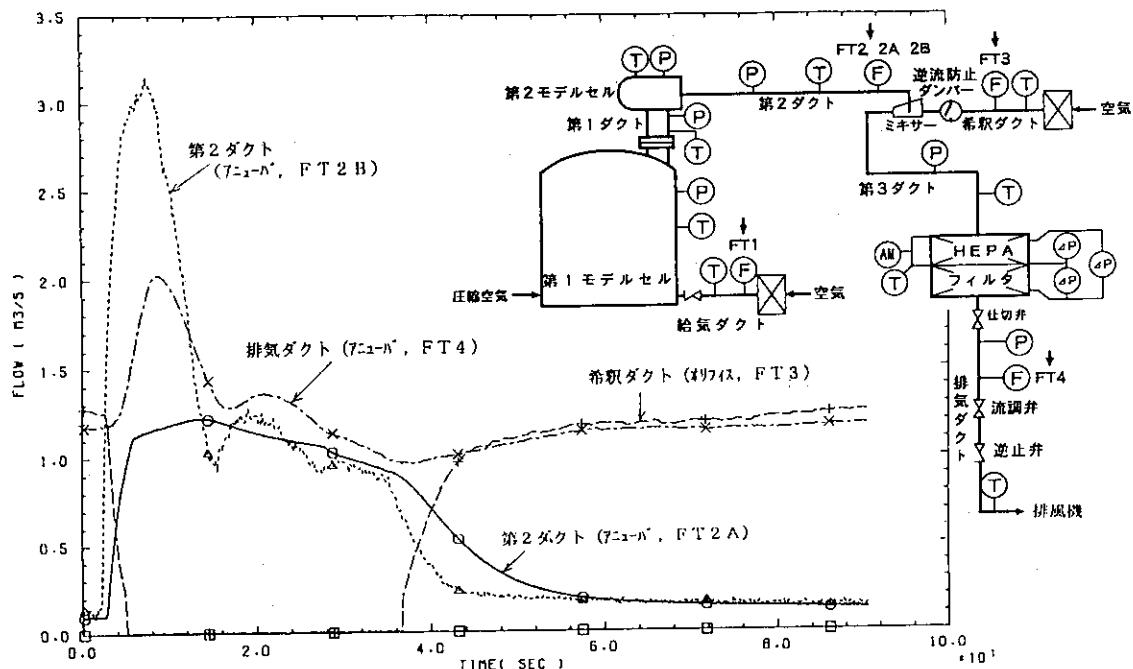


図4.1.155 圧縮空気放出配管内の流量変化(m³/s)

PRES4002 1989.06.14

図4.1.156 第2ダクト内、希积ダクト内及び排気ダクト内の流量変化( $\text{m}^3/\text{s}$ )

PRES4002 1989.06.14

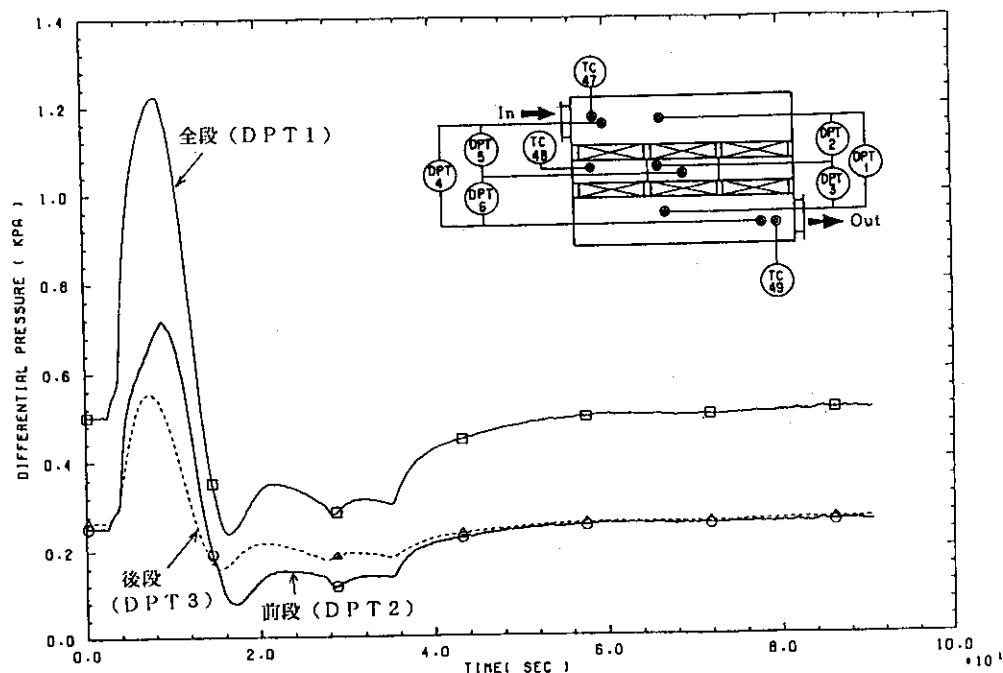


図4.1.157 H E P A フィルタの差圧変化(低応答型, kPa)

PRES4002 1989.06.14

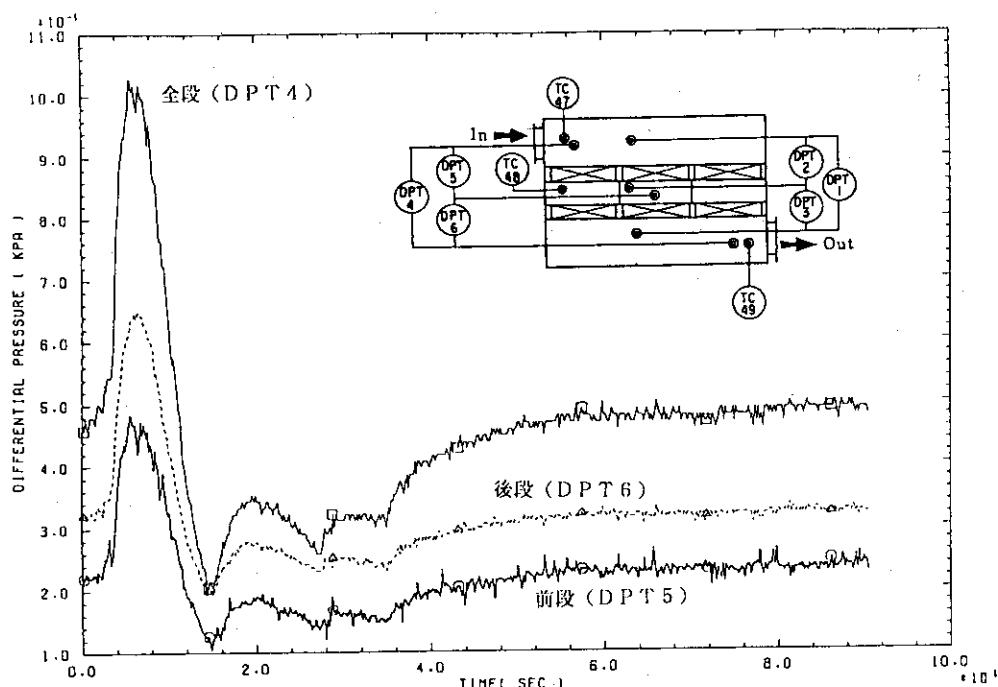


図4.1.158 HEPAフィルタの差圧変化(高応答型, kPa)

PRES4002 1989.06.14

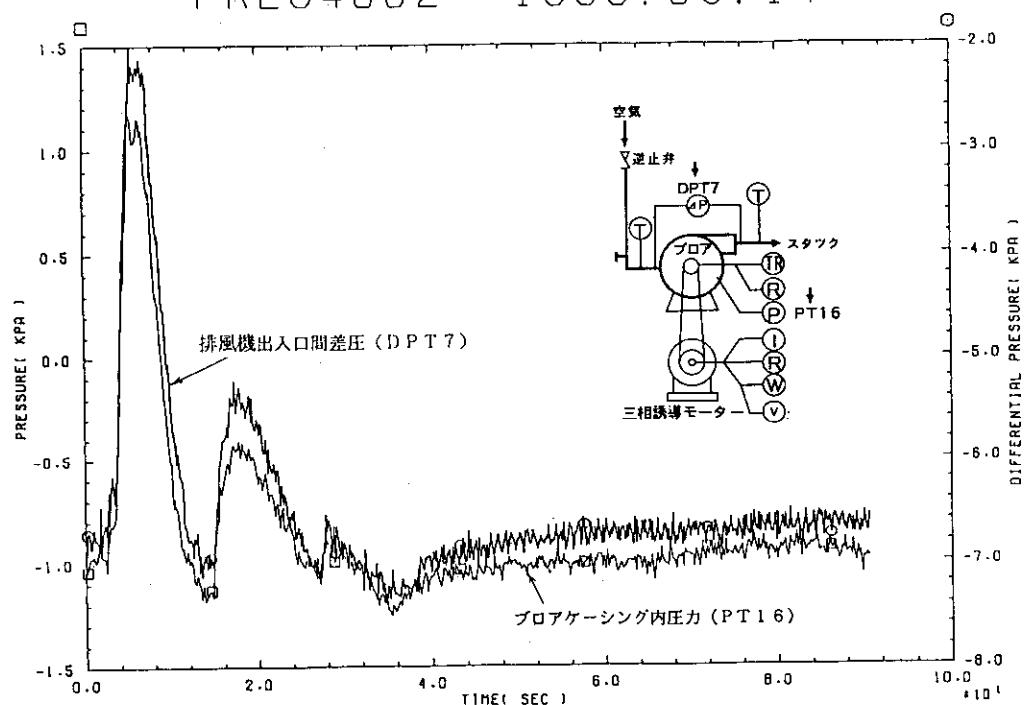


図4.1.159 排風機出入口間差圧及びプロアケーシング内圧力の変化(kPa)

PRES4002 1989.06.14

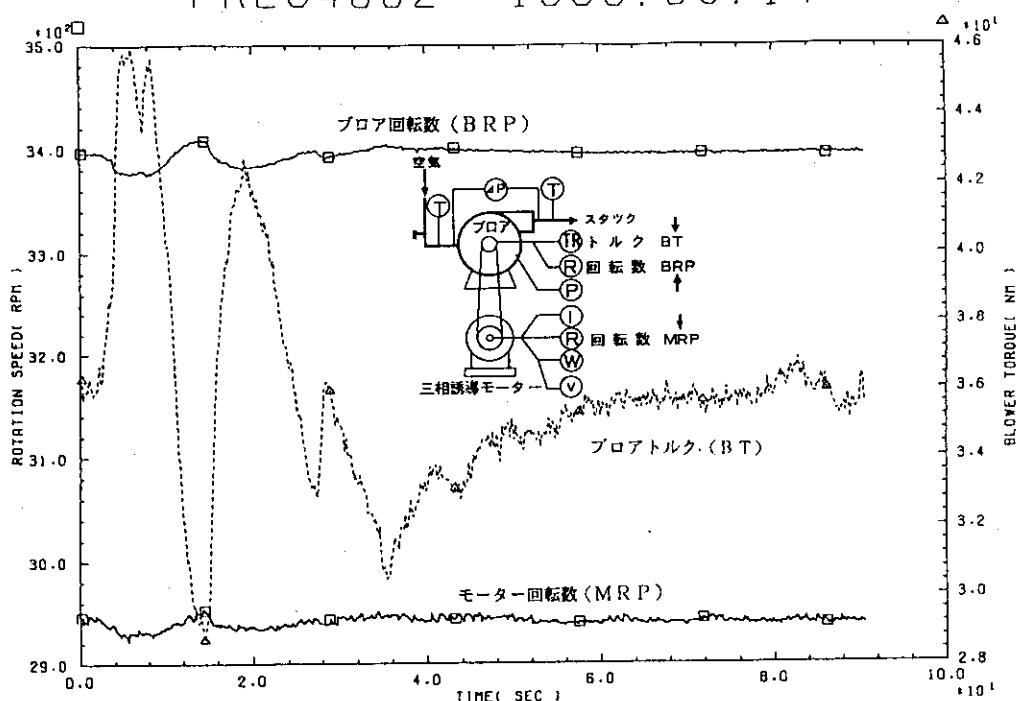


図4.1.160 ブロア及びモーター回転数(rpm), 及びブロアトルク(Nm)の変化

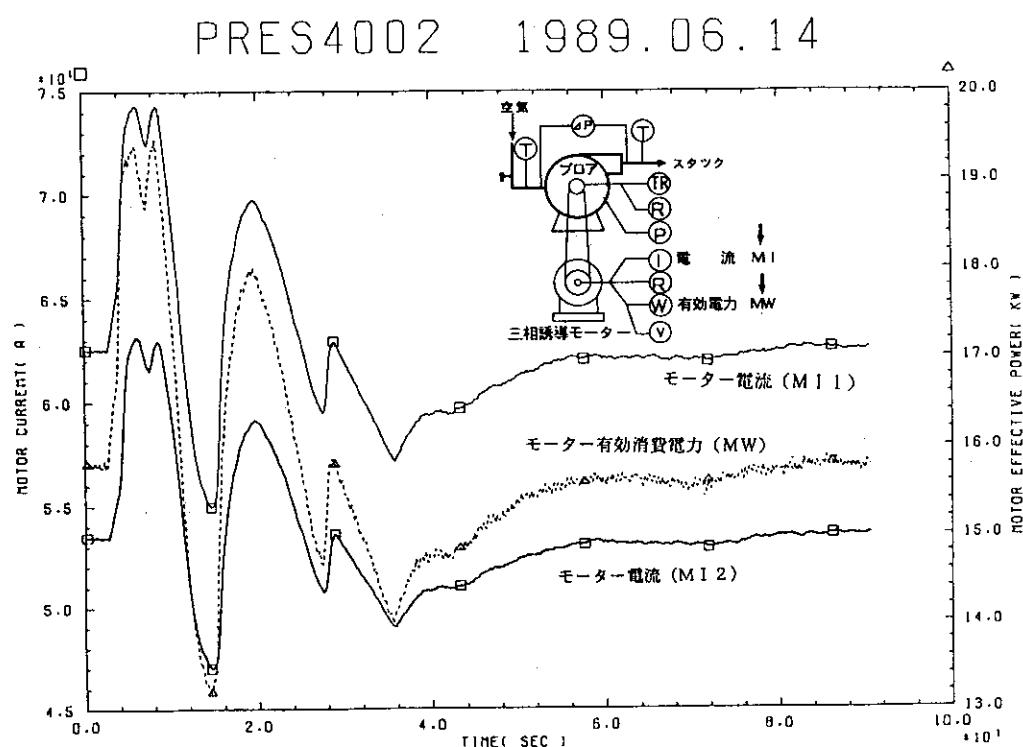


図4.1.161 モーター電流(A)及びモーター有効消費電力(kW)の変化

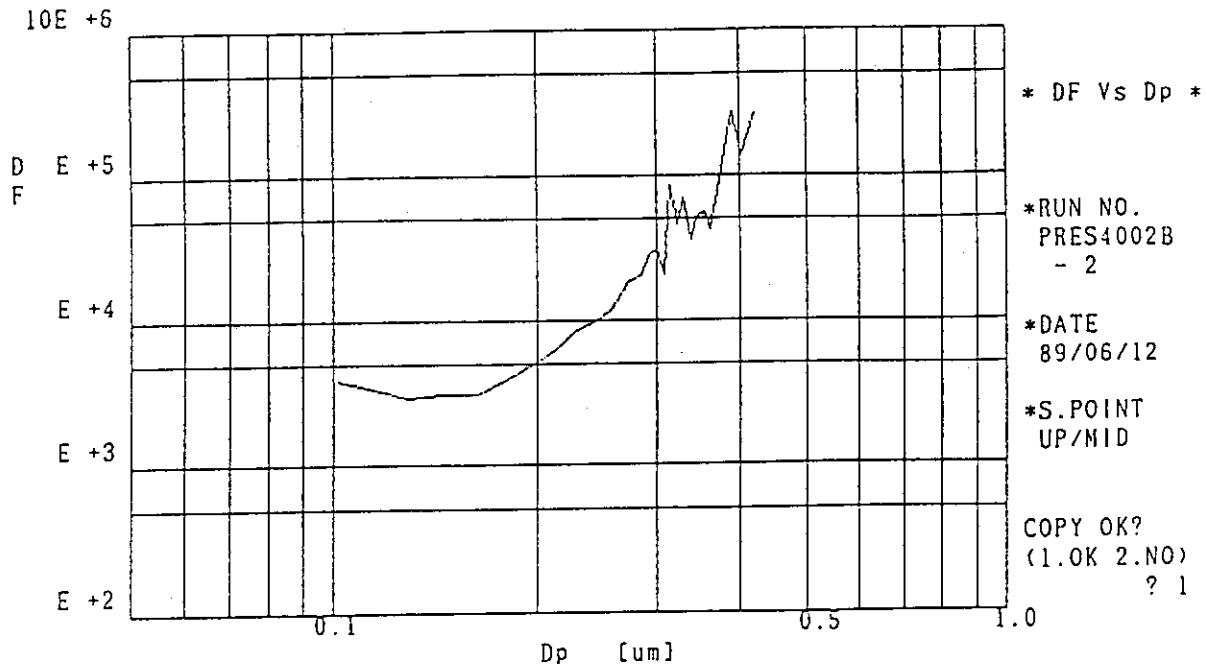


図17 PRES 4002 試験前 DOP テストデータ(2)

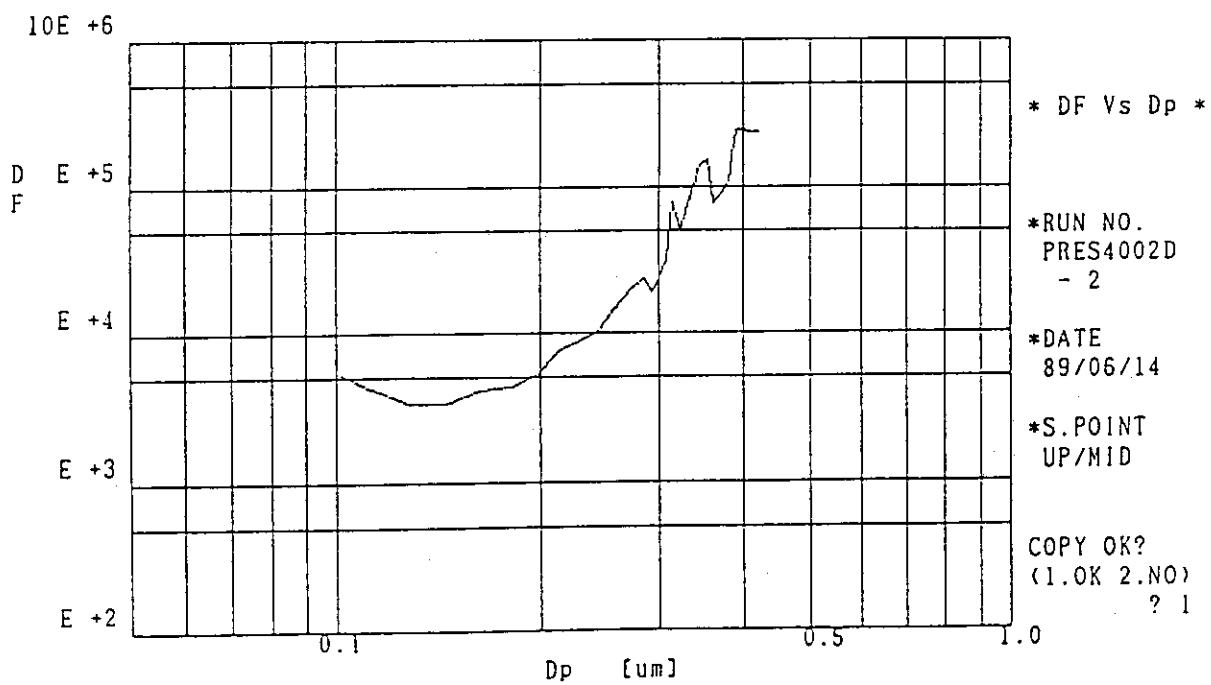


図20 PRES 4002 試験後 DOP テストデータ(2)

図4.1.162 試験前後のHEPAフィルタ（上段）のDOPテストデータ

PRES4003 1989.06.21

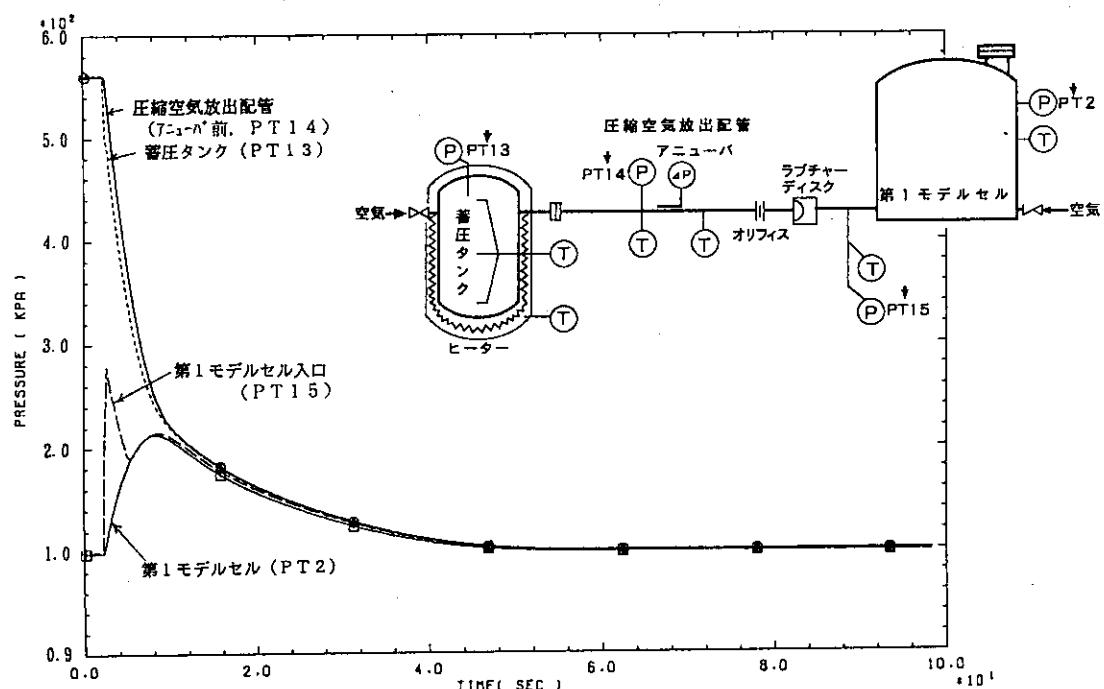


図4.1.163 蓄圧タンク内、圧縮空気放出配管内及び第1モデルセル内の圧力変化(kPa)

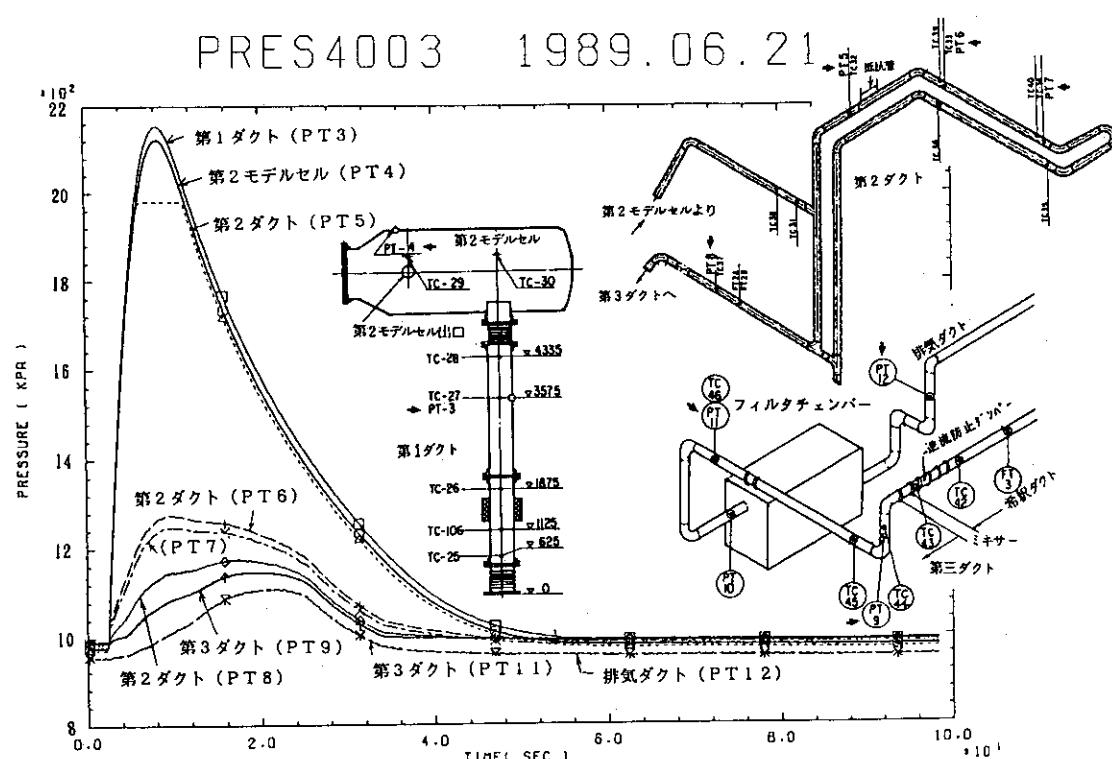


図4.1.164 第1ダクトから排気ダクトまでの圧力変化(kPa)

PRES4003 1989.06.21

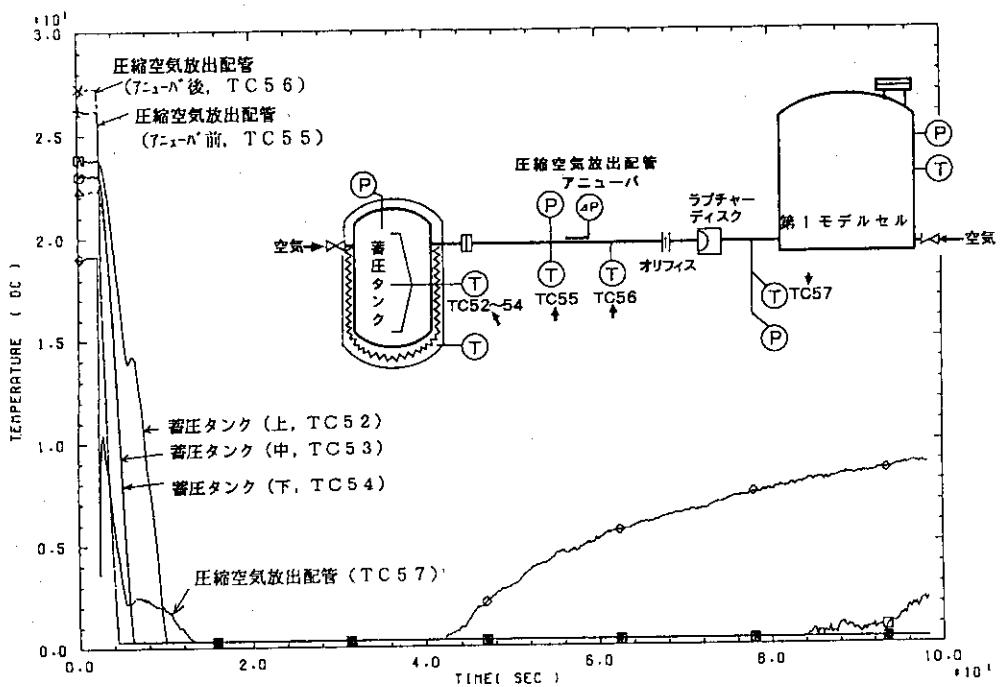


図4.1.165 蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の温度変化(℃)

PRES4003 1989.06.21

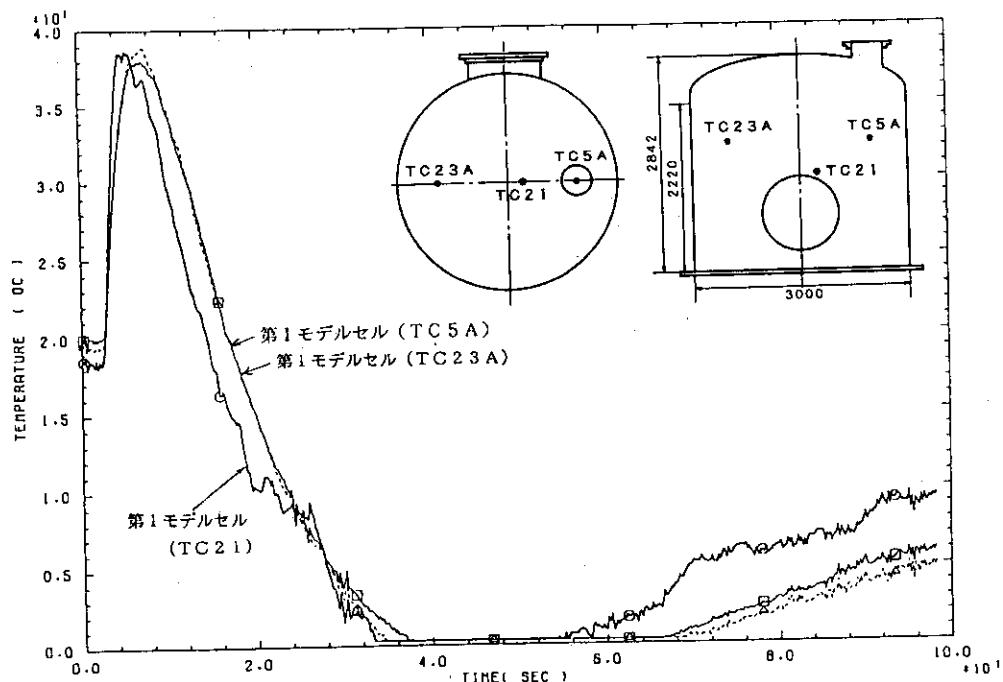


図4.1.166 第1モデルセル内の温度変化(℃)

PRES4003 1989.06.21

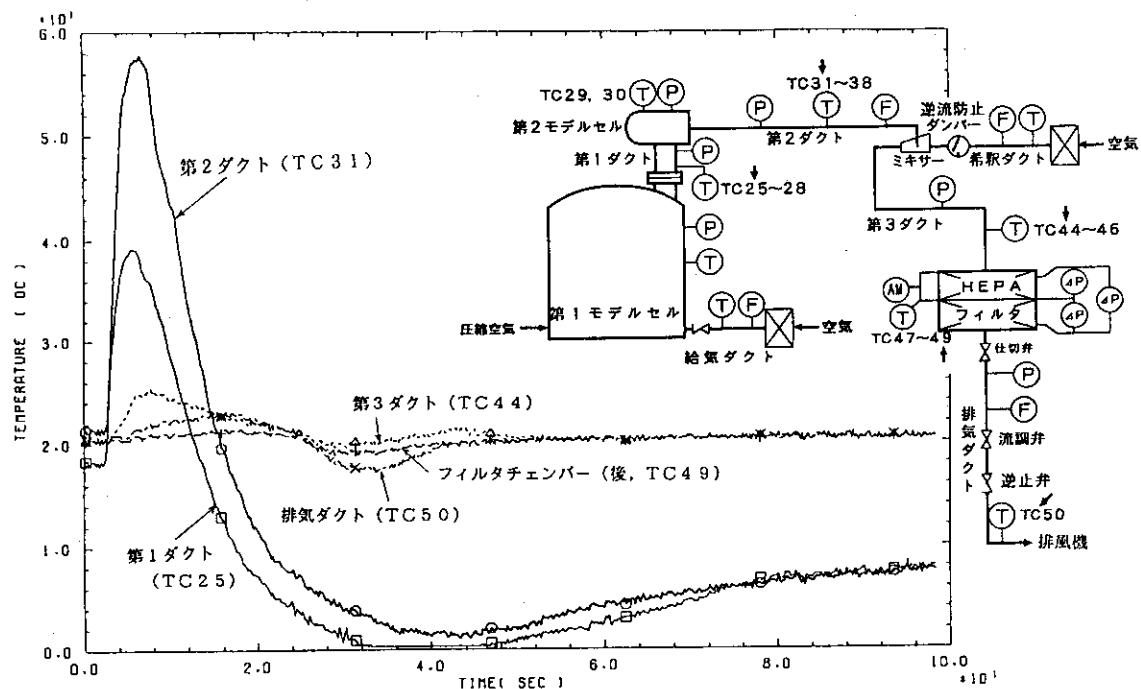


図4.1.167 第1ダクトから排気ダクトまでの温度変化(℃)

PRES4003 1989.06.21

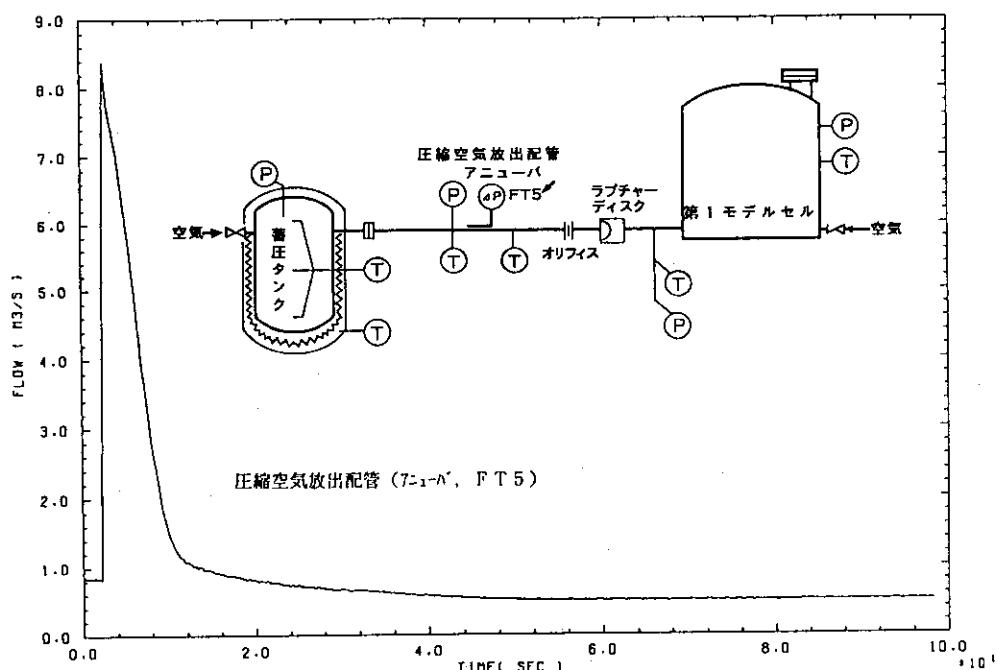
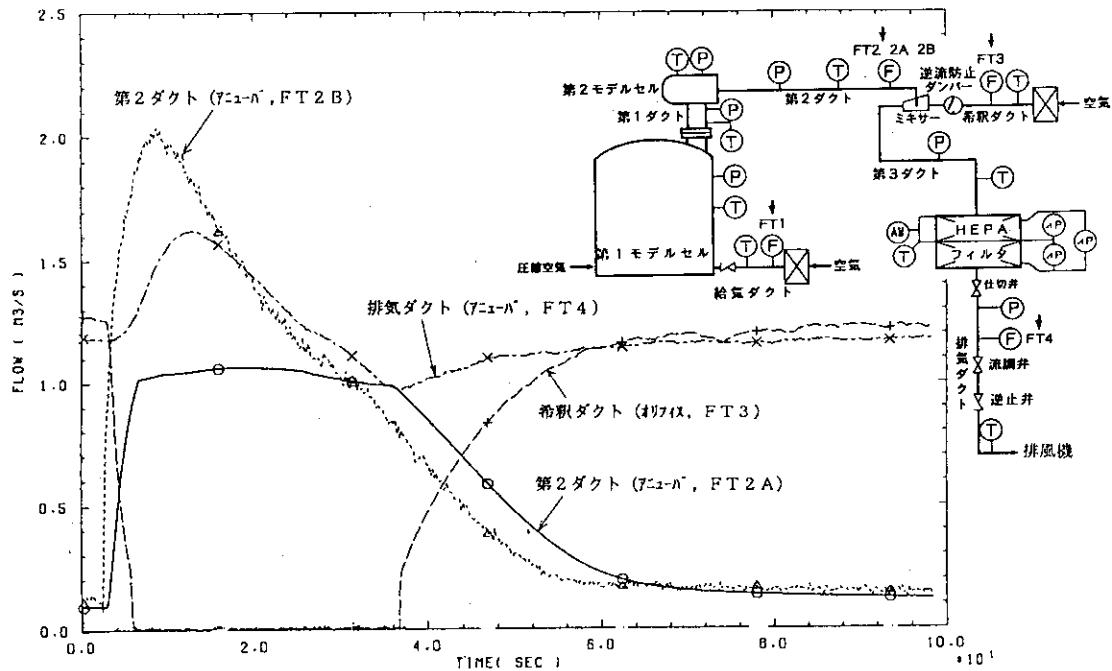


図4.1.168 圧縮空気放出配管内の流量変化(m³/s)

PRES4003 1989.06.21

図4.1.169 第2ダクト内、希釀ダクト内及び排気ダクト内の流量変化( $\text{m}^3/\text{s}$ )

PRES4003 1989.06.21

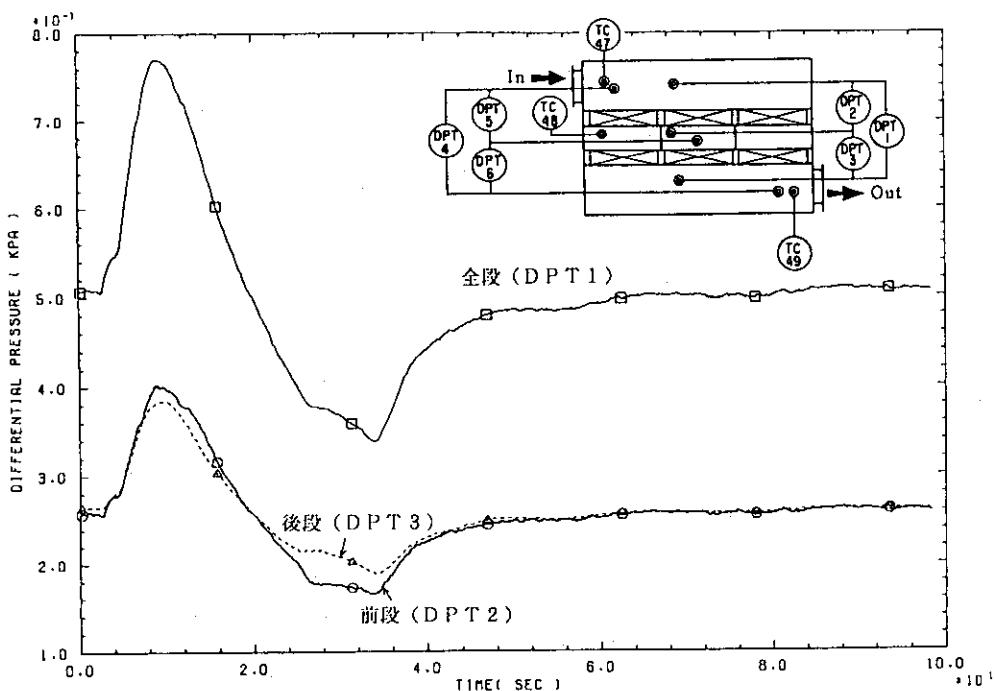


図4.1.170 HEPA フィルタの差圧変化(低応答型, kPa)

PRES4003 1989.06.21

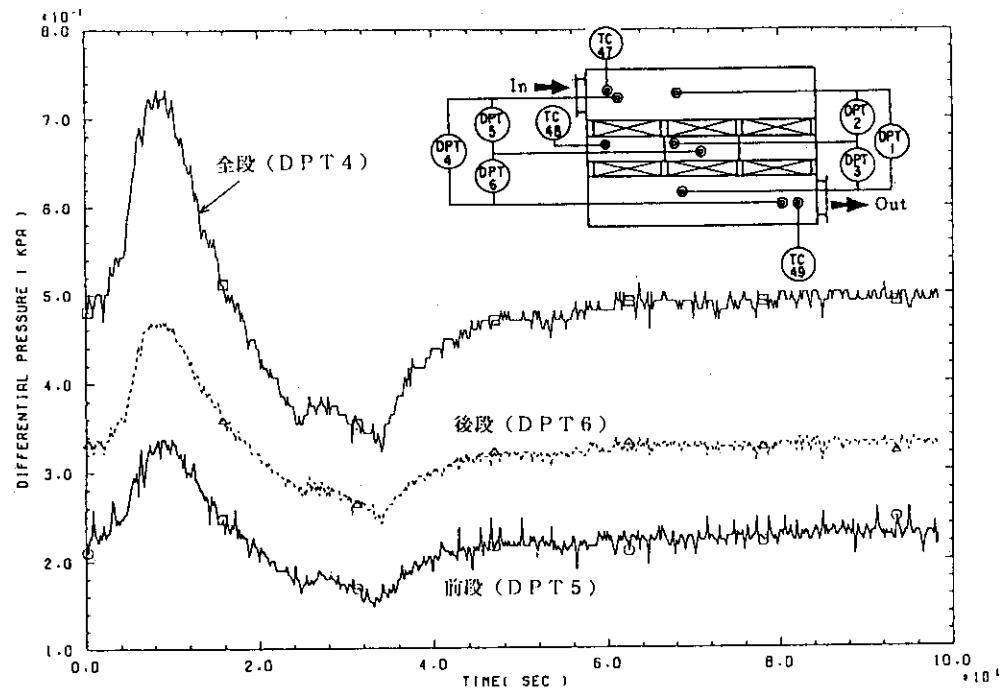


図4.1.171 H E P A フィルタの差圧変化(高応答型, kPa)

PRES4003 1989.06.21

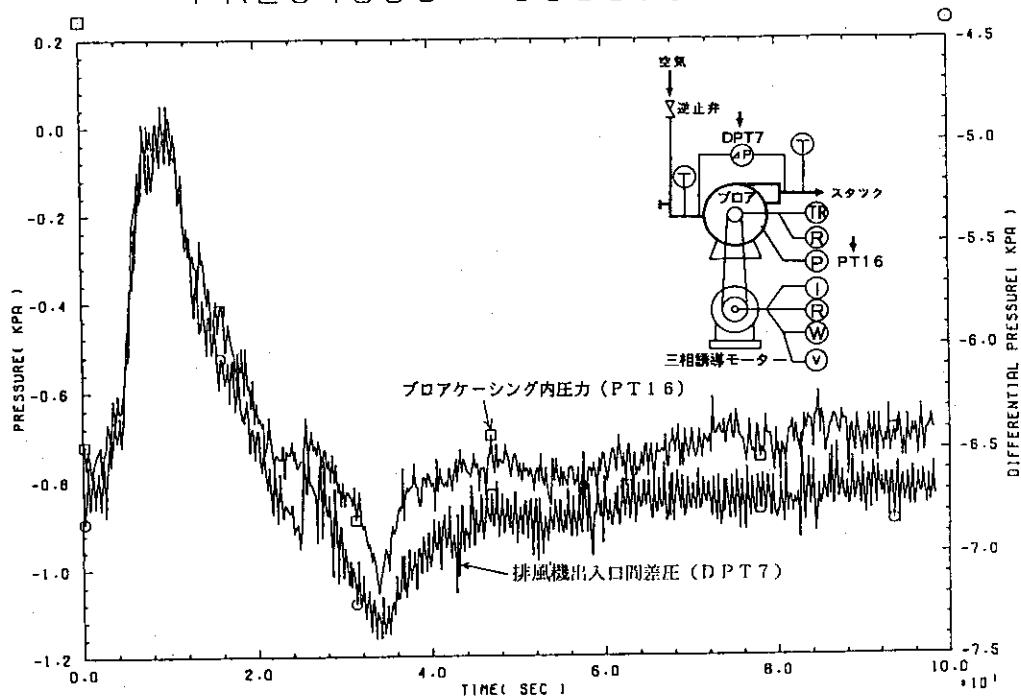


図4.1.172 排風機出入口間差圧及びプロアケーシング内圧力の変化(kPa)

PRES4003 1989.06.21

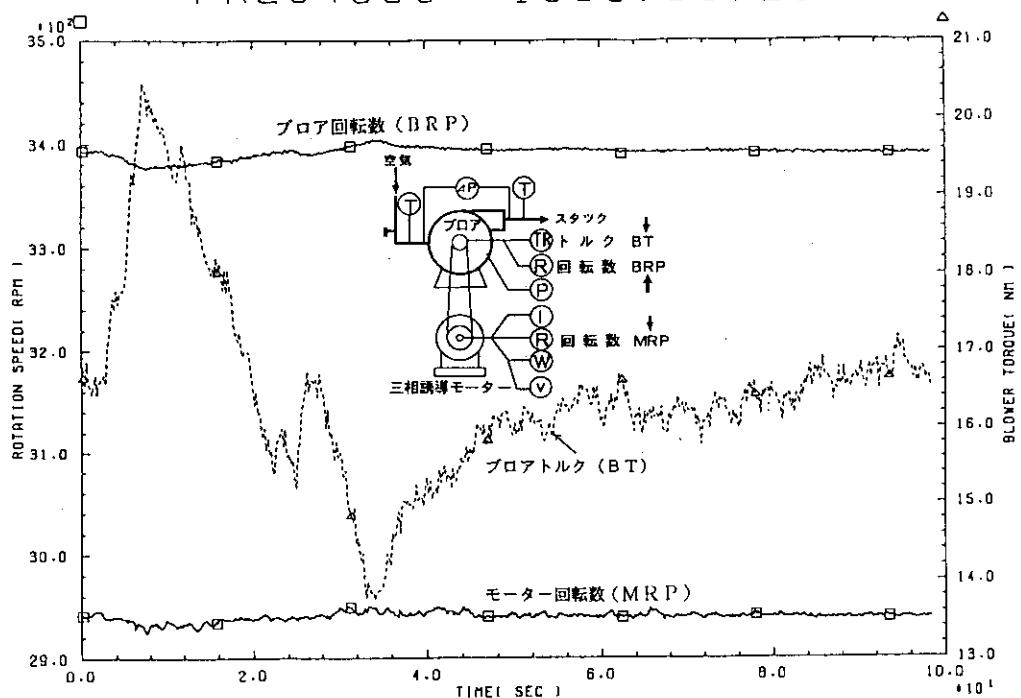


図4.1.173 ブロア及びモーター回転数(rpm), 及びブロアトルク(Nm)の変化

PRES4003 1989.06.21

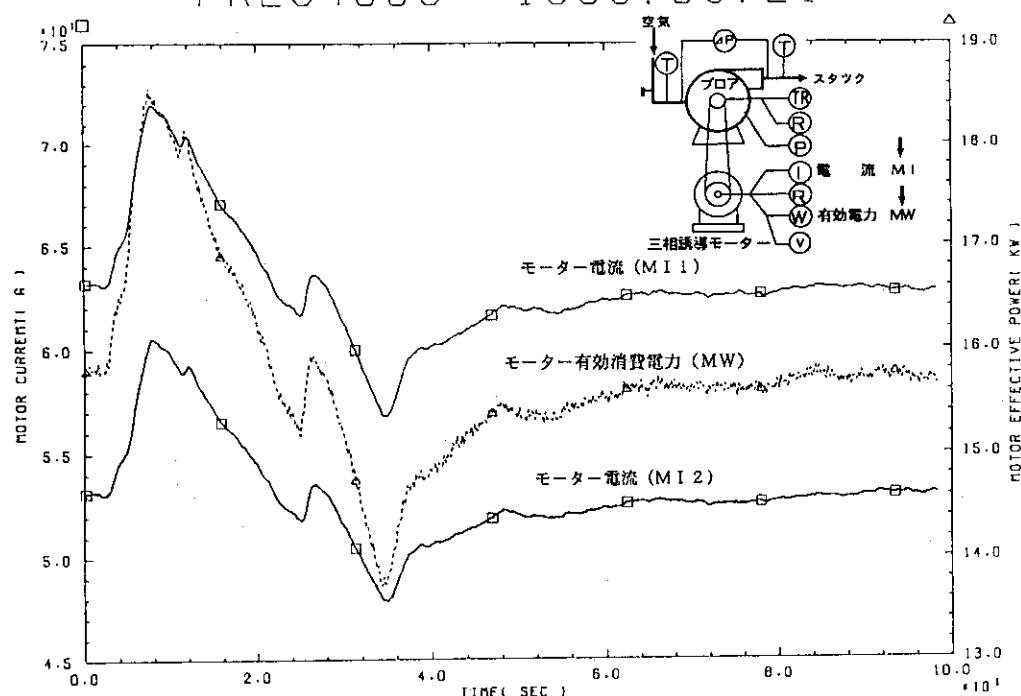


図4.1.174 モーター電流(A)及びモーター有効消費電力(kW)の変化

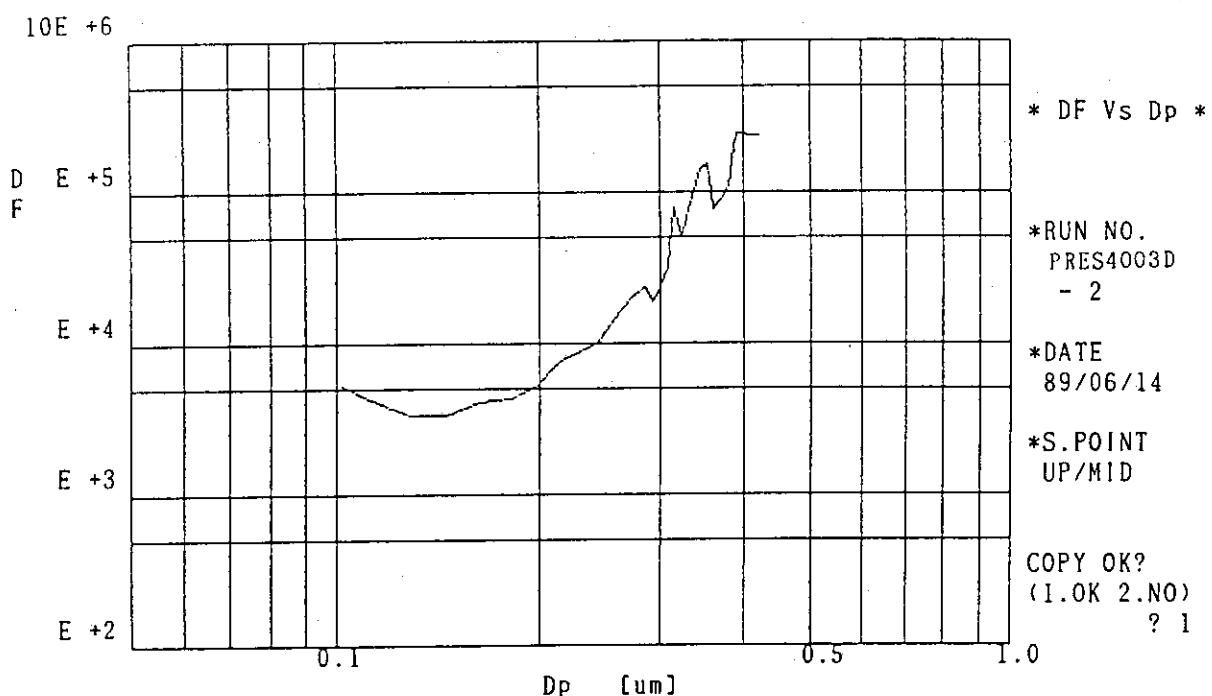


図 11 PRES 4003 試験前 DOP テストデータ (2)

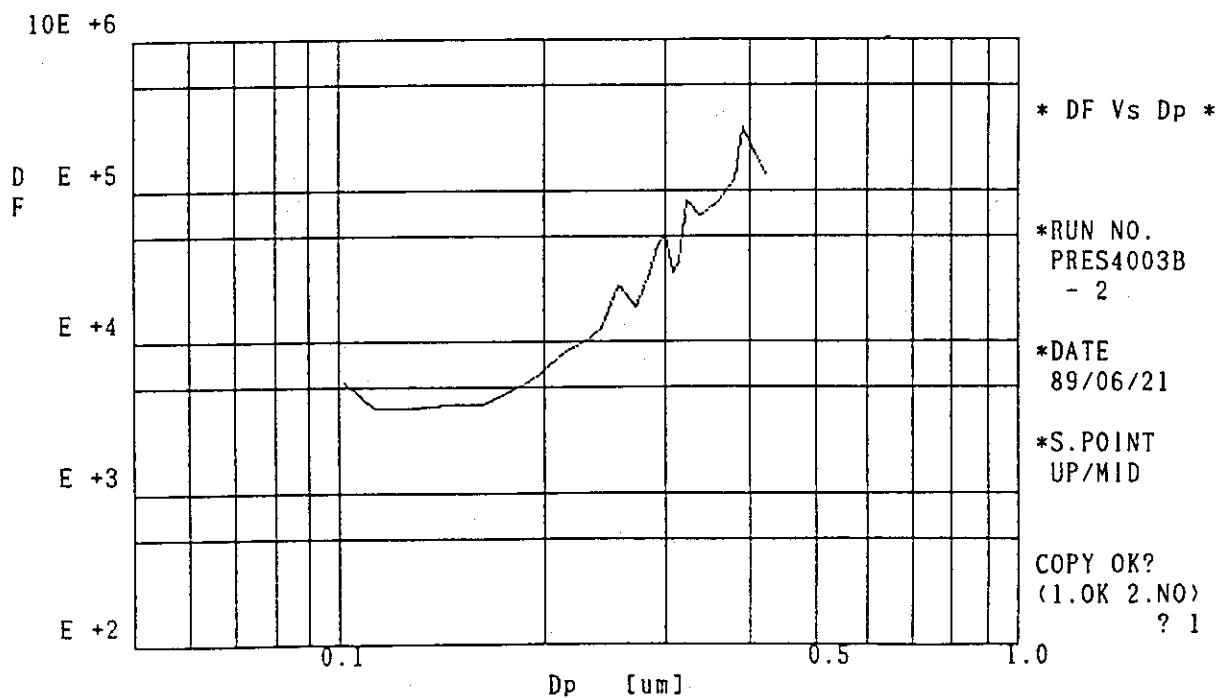


図 14 PRES 4003 試験後 DOP テストデータ (2)

図4.1.175 試験前後のHEPAフィルタ（上段）のDOPテストデータ

PRESS5004 1991.01.22

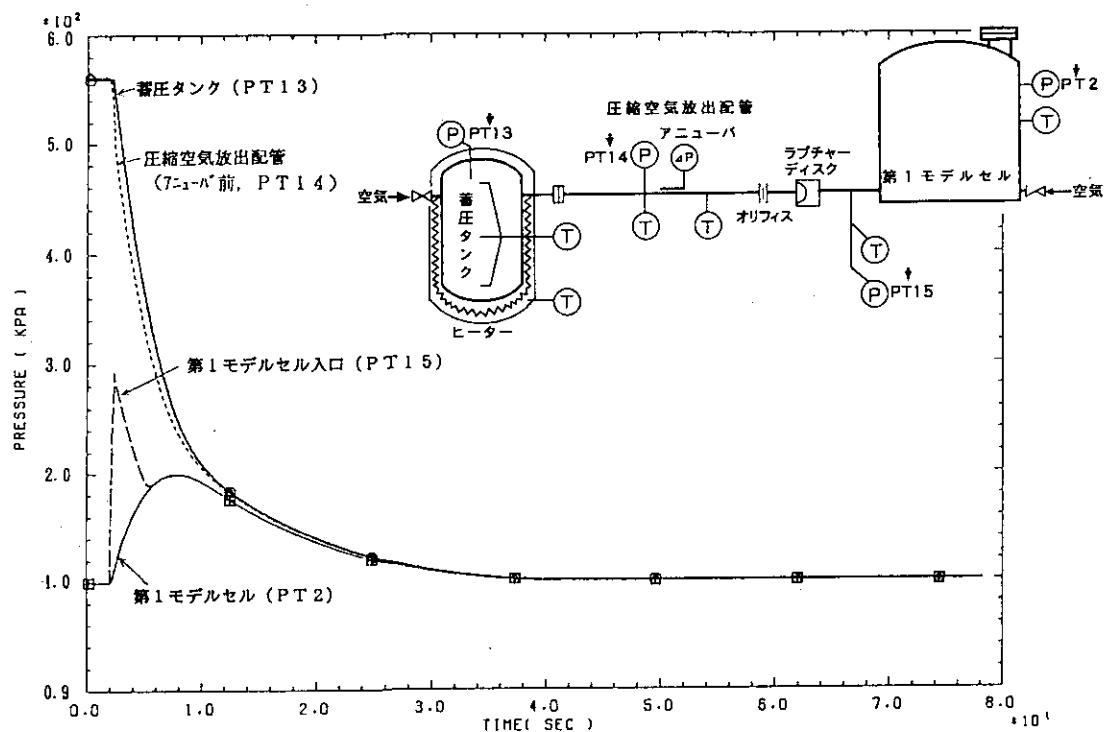


図4.1.176 蓄圧タンク内、圧縮空気放出配管内及び第1モデルセル内の圧力変化(kPa)

PRESS5004 1991.01.22

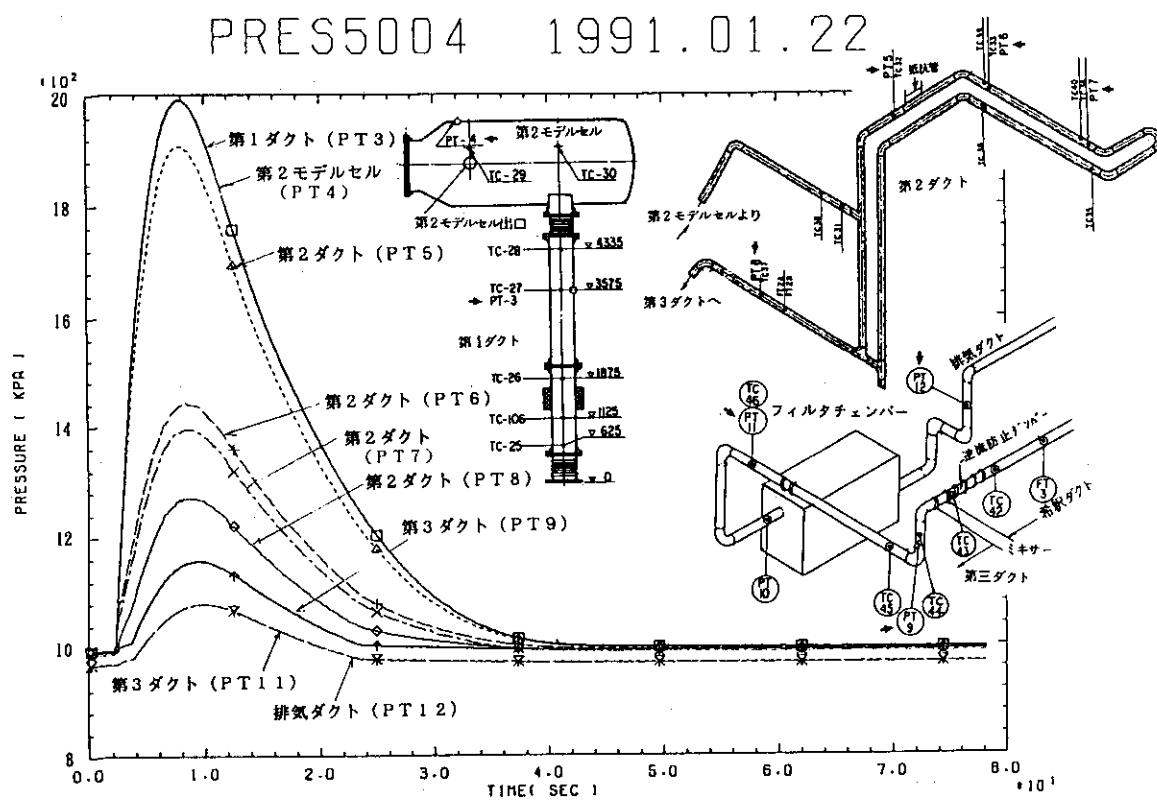


図4.1.177 第1ダクトから排気ダクトまでの圧力変化(kPa)

PRESS5004 1991.01.22

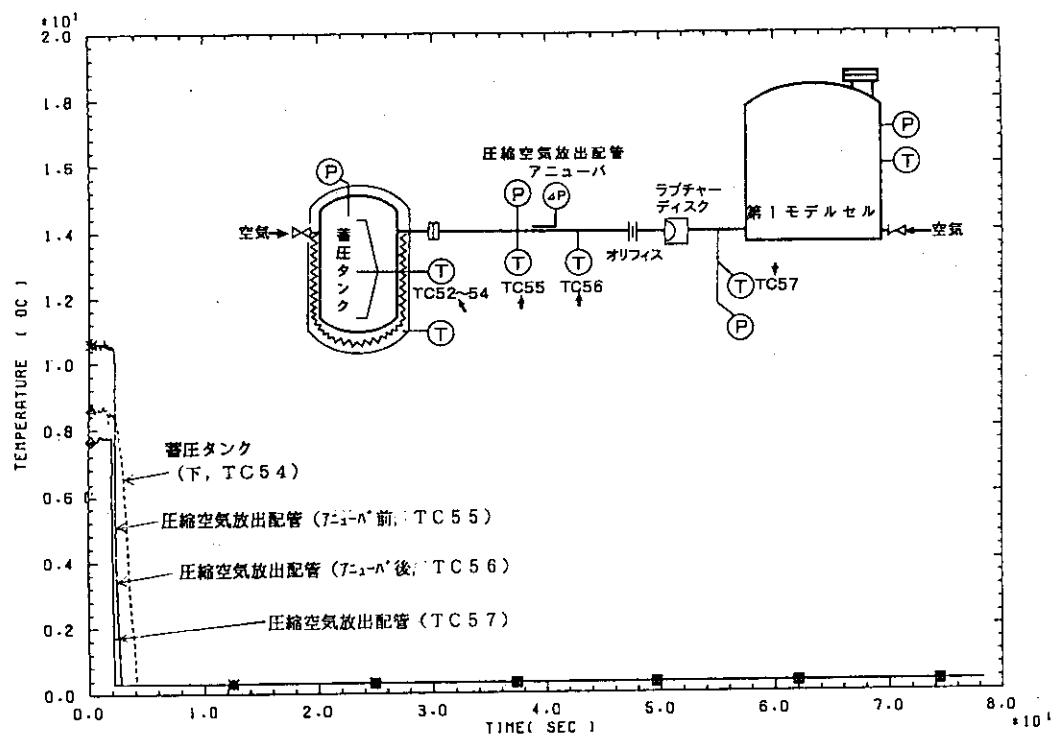


図4.1.178 蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の温度変化(℃)

PRESS5004 1991.01.22

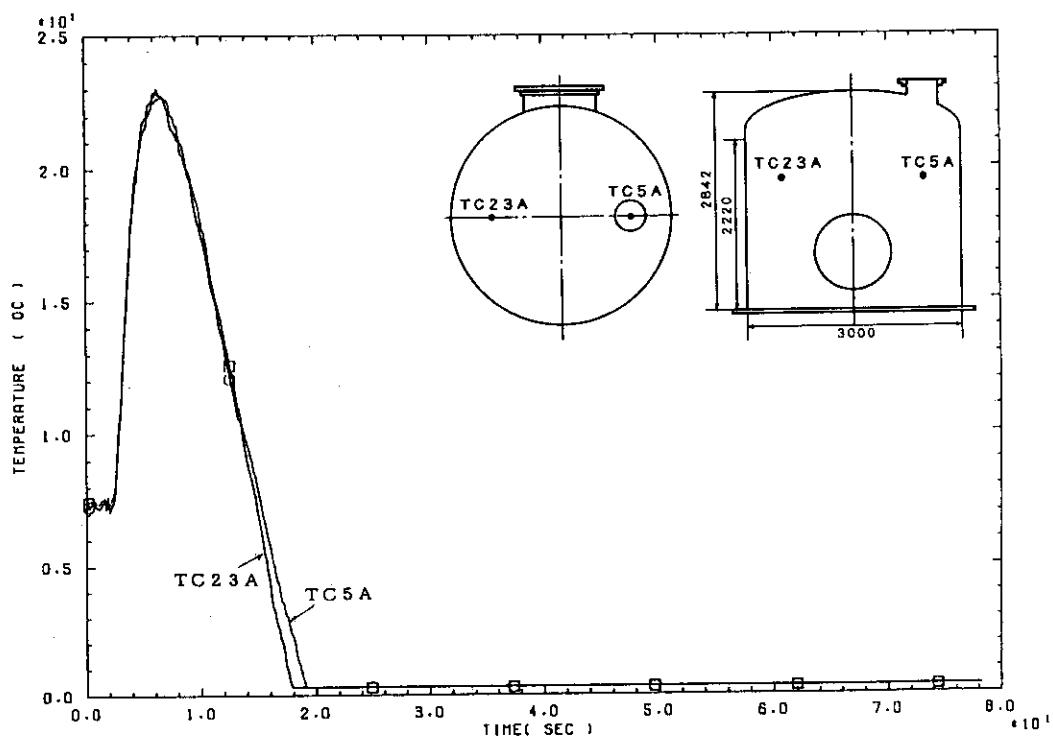


図4.1.179 第1モデルセル内の温度変化(℃)

PRESS5004 1991.01.22

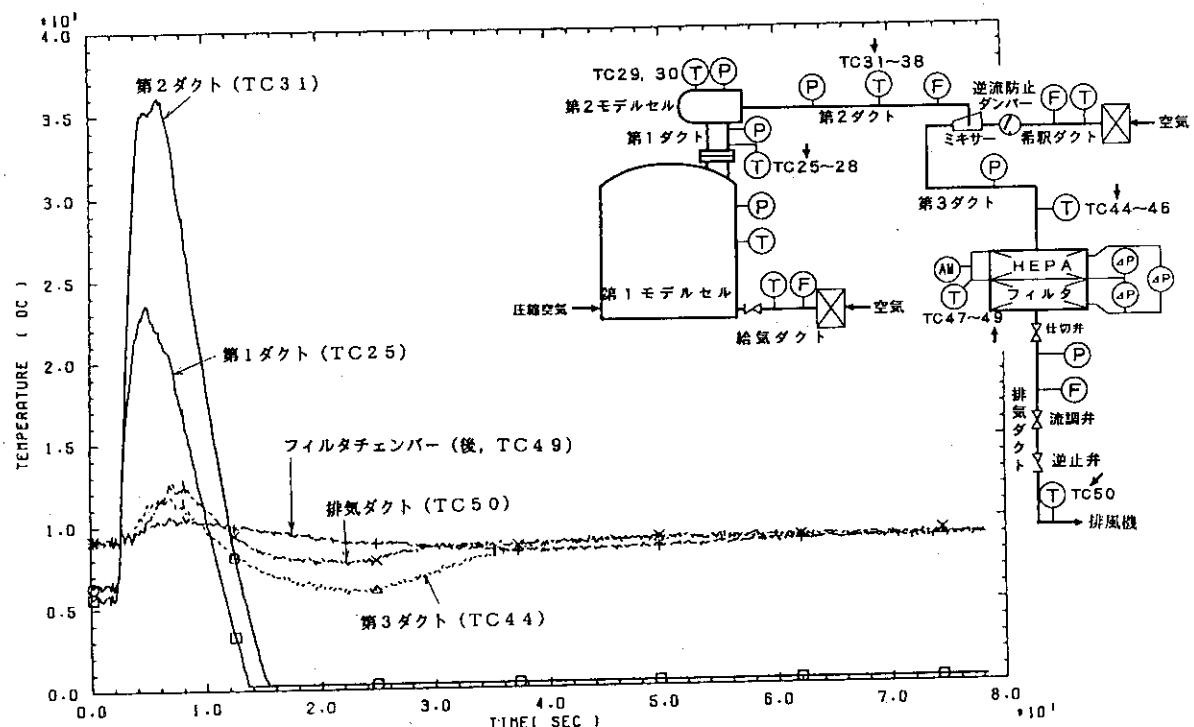


図4.1.180 第1ダクトから排気ダクトまでの温度変化(℃)

PRESS5004 1991.01.22

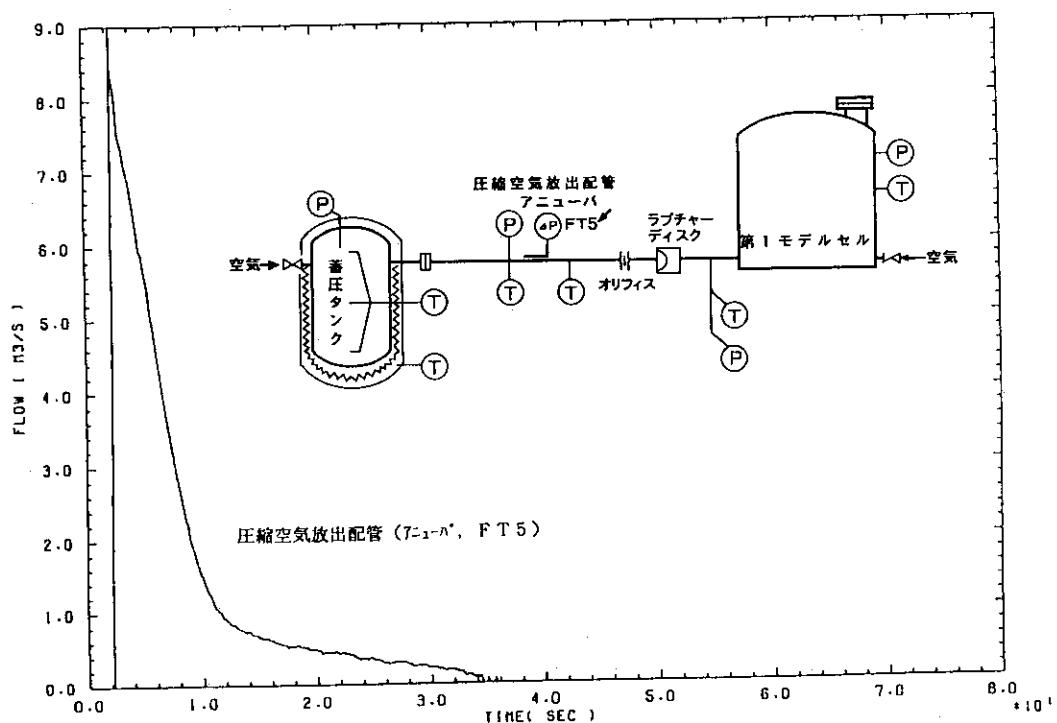
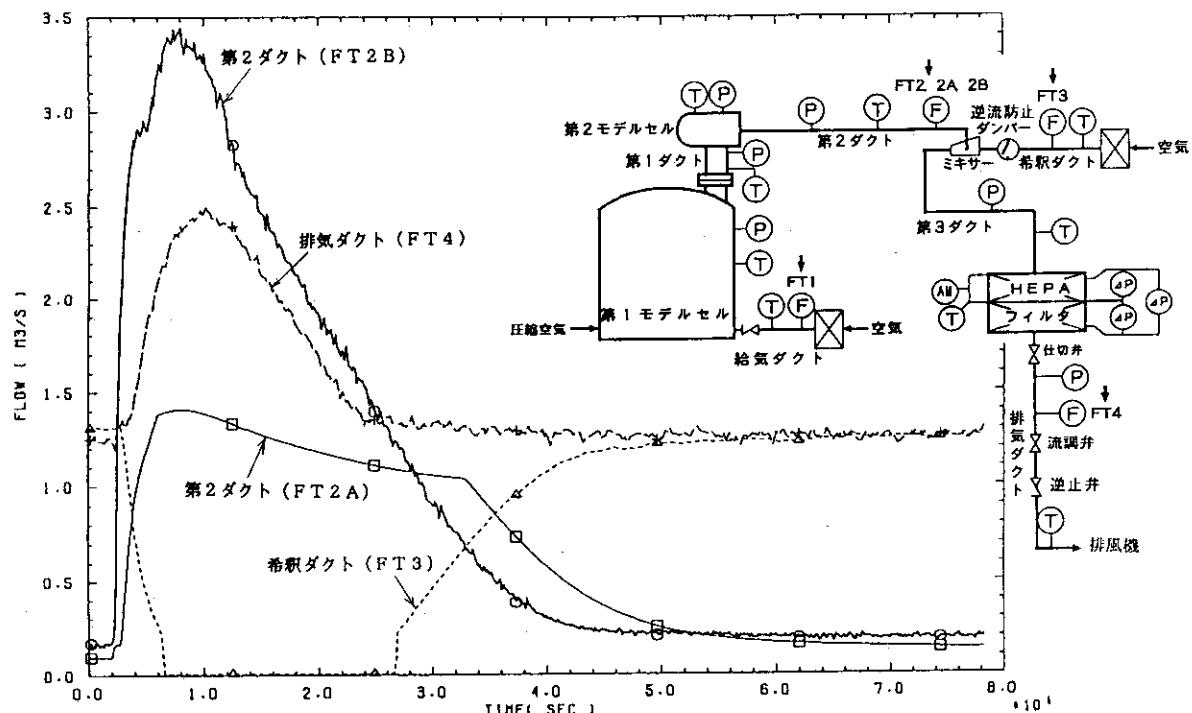


図4.1.181 圧縮空氣放出配管内の流量変化(m³/s)

PRES5004 1991.01.22

図4.1.182 第2ダクト内、希釈ダクト内及び排気ダクト内の流量変化( $\text{m}^3/\text{s}$ )

PRES5004 1991.01.22

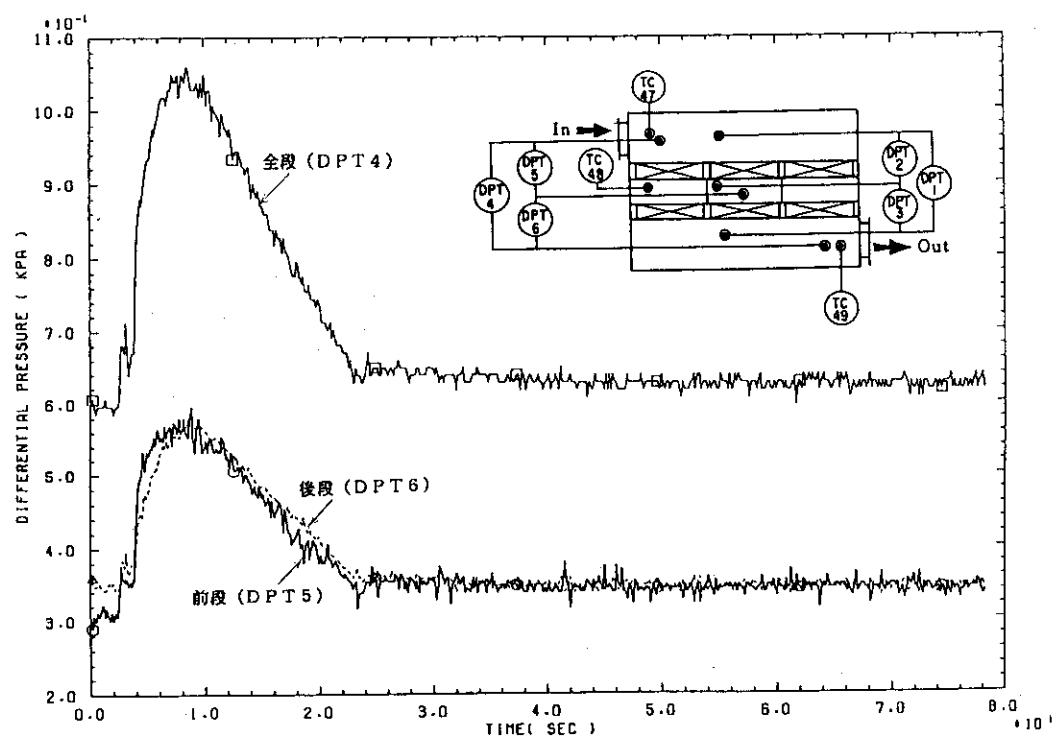


図4.1.183 HEPAフィルタの差圧変化（高応答型, kPa）

PRESS5004 1991.01.22

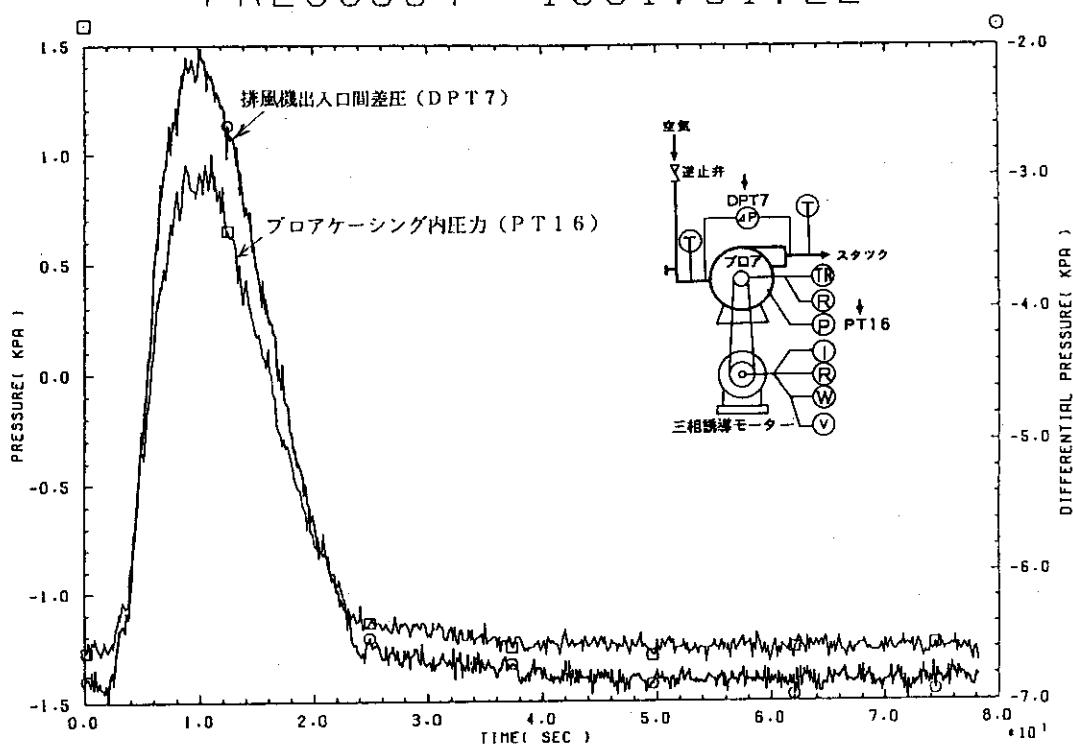


図4.1.184 排風機出入口間差圧及びプロアケーシング内圧力の変化(kPa)

PRESS5004 1991.01.22

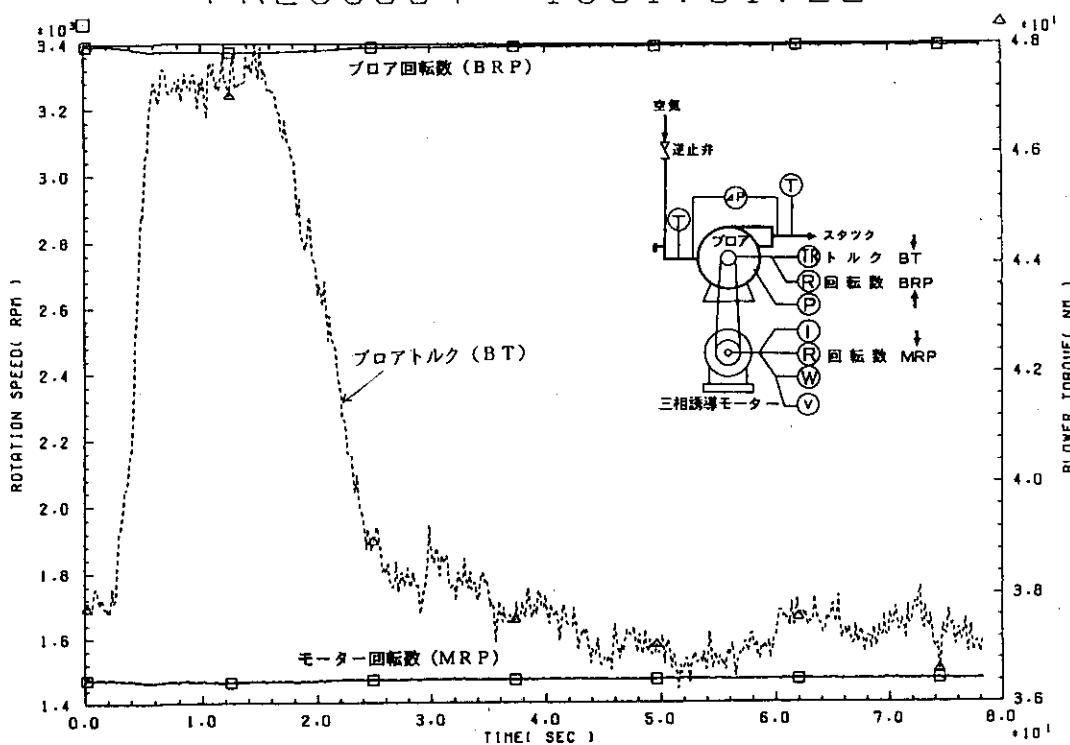


図4.1.185 ブロア及びモーター回転数(rpm), 及びブロアトルク(Nm)の変化

PRESS5004 1991.01.22

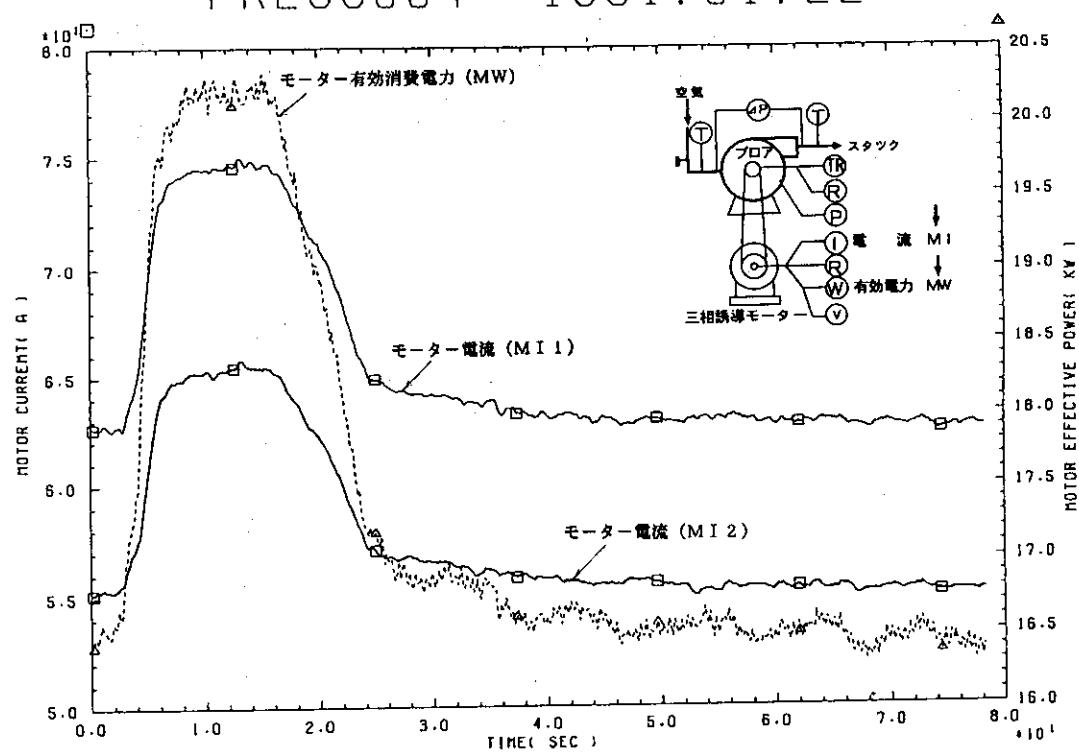


図4.1.186 モーター電流(A)及びモーター有効消費電力(kW)の変化

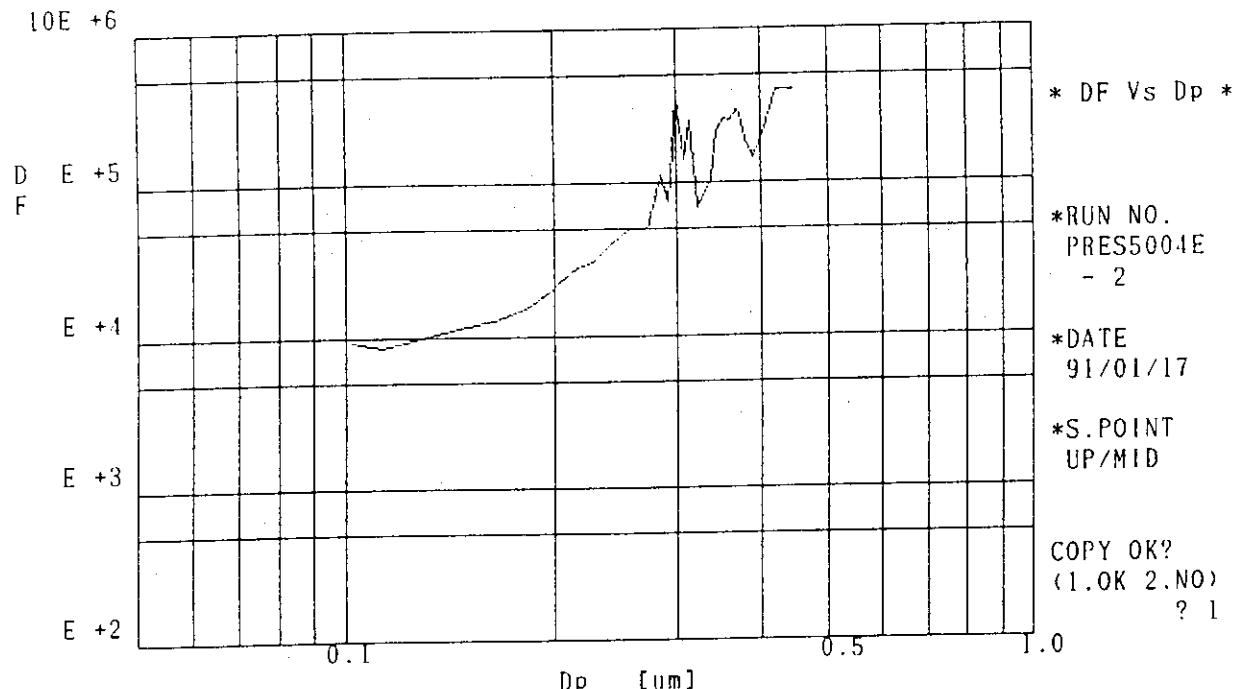


図11 PRESS 5004 試験前 DOP テストデータ(2)

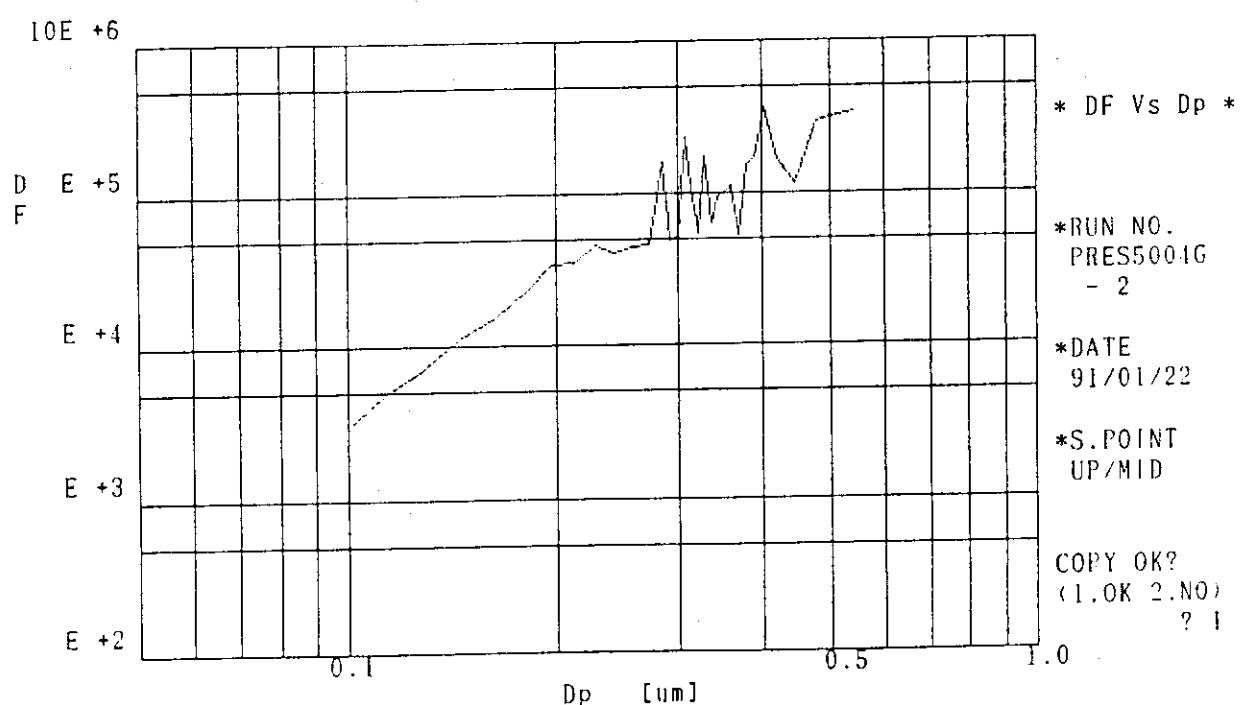


図14 PRESS 5004 試験後 DOP テストデータ(2)

図4.1.187 試験前後のHEPAフィルタ（上段）のDOPテストデータ

#### 4. 1. 6 第2モデルセル空間効果試験

##### (1) 試験の目的

本試験は、蓄圧タンク内の初期圧力を $562\text{ kPa}$  ( $4.6\text{ kg/cm}^2\text{G}$ )、初期温度を外気温度に設定した条件の空気を第1モデルセルに放出し、セル換気系実証試験装置内での圧力変化、温度変化、HEPAフィルタの差圧変化及び排風機の挙動等を調べた。試験では、第2モデルセルに内挿管(200A)を挿入し(第1ダクトと第2ダクトを直結)、第2モデルセル空間がない場合の効果を調べた。PRES4004試験は平成元年7月14日に、PRES5002試験は平成2年5月22日に実施した。

##### (2) 試験の条件

表4.1.7にPRES4004、PRES5002試験の試験条件を示す。2試験の試験条件は第2ダクトの管路長以外は同一である。

表4.1.7 第2モデルセル空間効果試験の試験条件

No.	項目	試験条件
1	蓄圧タンク内初期圧力	$562\text{ kPa}$ ( $4.7\text{ kg/cm}^2\text{G}$ )
2	蓄圧タンク内初期空気温度	外気温度
3	圧縮空気放出配管制限オリフィス	無
4	換 気 回 数	6回/h (第1モデルセル給気流量 $112\text{ m}^3/\text{h}$ )
5	希 釀 流 量	$4268\text{ m}^3/\text{h}$
6	排 気 流 量	$4380\text{ m}^3/\text{h}$
7	第2ダクト管路長	PRES4004 : 50m PRES5002 : 10m
8	第2ダクトオリフィス	無
9	第1モデルセル内初期圧力	$-0.5 \sim -1.0\text{ kPa}$ ( $-50 \sim -100\text{ mmH}_2\text{O}$ )
10	HEPAフィルタ台数	6台(ハーフサイズ)/段×2段 計12台

##### (3) PRES4004試験の結果

###### (3.1) 圧力変化

図4.1.188に蓄圧タンク内(PT13)、圧縮空気放出配管内(アニューバ前、PT14)、第1モデルセル入口(PT15)及び第1モデルセル内(PT2)の圧力変化を示す。圧力は、ラプチャーディスク破壊とともに急速に減少し、約40秒後に大気圧となる。

図4.1.189に第1ダクト内(PT3)、第2モデルセル内(PT4)、第2ダクト内(PT5, 6, 7, 8)、第3ダクト内(PT9, PT11)及び排気ダクト内(PT12)の圧力変化を示す。第1モデルセルからの行程に応じてピーク値が減少している。PT4は、第2モデルセル内にあり、本試験の場合内挿管が挿入されていて、圧力を計測することは構造

的に不可能であった。P T 9, 11, 12はスケールオーバーした。

### (3.2) 温度変化

図4.1.190に蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の温度変化を示す。蓄圧タンク内温度(T C 52, 53, 54)及び圧縮空気放出配管内温度(アニューバ式流量計F T 5の前後の温度)T C 55, 56は、放出による圧力減少とともに断熱膨張によって急激に低下し、0°C以下になっている。T C 57は、第1モデルセル入口の温度変化を示す。

図4.1.191に第1モデルセル内の温度変化を示す。2箇所とも吹き込みによる断熱圧縮によってほぼ同様な値に上昇し、その後下降している。

図4.1.192に第1ダクト(T C 25), 第2ダクト(T C 31), 第3ダクト(T C 44), フィルタチャンバー(T C 47, 49)及び排気ダクト(T C 50)の温度変化を示す。

### (3.3) 流量変化

図4.1.193に放出された圧縮空気流入の流量(F T 5:アニューバ)の変化を示す。

図4.1.194に第2ダクト流量(F T 2A, F T 2B:アニューバ), 希釈ダクト流量(F T 3:オリフィス)及び排気ダクト流量(F T 4:アニューバ)の変化を示す。F T 2Aのデータは、流入した圧縮空気の量がセンサーのフルスケールを上回ったので、ピーク値は記録されていない。また、希釈ダクトの流れは、圧縮空気流入の間、逆流防止ダンパーの作動により、一時的に停止している。

### (3.4) H E P A フィルタの差圧変化

図4.1.195に低応答特性のセンサーによるH E P A フィルタの差圧変化を示す。

### (3.5) 排風機の挙動

図4.1.196に排風機出入口間の差圧(D P T 7)及びプロアケーシング内圧力(P T 16)の変化を示す。変化の傾向は共通している。

図4.1.197に排風機のモーター及びプロアの回転数(M R P, B R P), プロアトルク(B T)の変化を示す。ただし、モーター回転数は、変化を強調するため実際の値を2倍して示してある。プロアトルクは急速な増大と減少をくりかえしている。

図4.1.198にモーター電流(3相中の2相, M I 1, 2), モーター有効消費電力(M W 1)の変化を示す。いづれも圧縮空気吹き込みと同時に増大し、その後急速な減少と増大を繰り返した後、定常状態に復帰している。

### (3.6) H E P A フィルタのD O P テスト

図4.1.199に試験前後のH E P A フィルタのD O P テストの結果を示す。試験後の除染係数D F 値は、D O P 粒子直径(D<sub>p</sub>) 0.3 μmにおいて、 $2 \times 10^4$  (捕集効率 $\eta = 99.995\%$ )であり、H E P A フィルタが健全に保たれていた。

## (4) P R E S S 0 0 2 試験の結果

### (4.1) 圧力変化

図4.1.200に蓄圧タンク内(P T 13), 圧縮空気放出配管内(アニューバ前, P T 14), 第1モデルセル入口(P T 15)及び第1モデルセル内(P T 2)の圧力変化を示す。圧力は、ラプチャーディスク破壊とともに急速に減少し、約2.4秒後に大気圧となる。

図4.1.201に第1ダクト内(PT3), 第2ダクト内(PT5, 6, 7, 8), 第3ダクト内(PT9, PT11)及び排気ダクト内(PT12)の圧力変化を示す。第1モデルセルからの行程に応じてピーク値が減少している。

#### (4.2) 温度変化

図4.1.202に蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の温度変化を示す。蓄圧タンク内温度(TC52, 53, 54)及び圧縮空気放出配管内温度(アニューバ式流量計FT5の前の温度)TC55, TC56は、放出による圧力減少とともに断熱膨張によって急激に低下し、0°C以下になっている。TC57は、第1モデルセル入口の温度変化を示す。

図4.1.203に第1モデルセル内の温度変化を示す。2箇所とも吹き込みによる断熱圧縮によってほぼ同様な値に上昇し、その後下降している。

図4.1.204に第1ダクト(TC25), 第2ダクト(TC31), 第3ダクト(TC44), フィルタチェンバー(TC47, 49)及び排気ダクト(TC50)の温度変化を示す。

#### (4.3) 流量変化

図4.1.205に放出された圧縮空気流入の流量(FT5:アニューバ)の変化を示す。ピーク上部がややえぐられた形となっているのは、アニューバセンサーのスケールオーバーのためである。

図4.1.206に第2ダクト流量(FT2A, FT2B:アニューバ), 希釈ダクト流量(FT3:オリフィス)及び排気ダクト流量(FT4:アニューバ)の変化を示す。FT2Aのデータは、流入した圧縮空気の量がセンサーのフルスケールを上回ったので、ピーク値は記録されていない。また、希釈ダクトの流れは、圧縮空気流入の間、逆流防止ダンパーの作動により、一時的に停止している。

#### (4.4) HEPAフィルタの差圧変化

図4.1.207に高応答特性のセンサーによるHEPAフィルタの差圧変化を示す。

#### (4.5) 排風機の挙動

図4.1.208に排風機出入口間の差圧(DPT7)及びプロアケーシング内圧力(PT16)の変化を示す。変化の傾向は共通している。

図4.1.209に排風機のモーター及びプロアの回転数(MRP, BRP), プロアトルク(BT)の変化を示す。ただし、モーター回転数は、変化を強調し、比較を容易にするため、2倍にして示す。

プロア回及びモーター回転数は、圧縮空気流入の間やや低下する。プロアトルクは急速な増大と減少をくりかえしている。

図4.1.210にモーター電流(3相中の2相, MI1, 2), モーター有効消費電力(MW1)の変化を示す。いづれも圧縮空気吹き込みと同時に増大し、その後急速な減少と増大を繰り返した後、定常状態に復帰している。

#### (4.6) HEPAフィルタのDOPテスト

図4.1.211に試験前後のHEPAフィルタのDOPテストの結果を示す。試験後の除染係数DF値は、DOP粒子直径(D<sub>p</sub>)0.3 μmにおいて、 $1 \times 10^5$ (捕集効率η=99.999%)であり、HEPAフィルタが健全に保たれていた。

PRES4004 1989.07.14

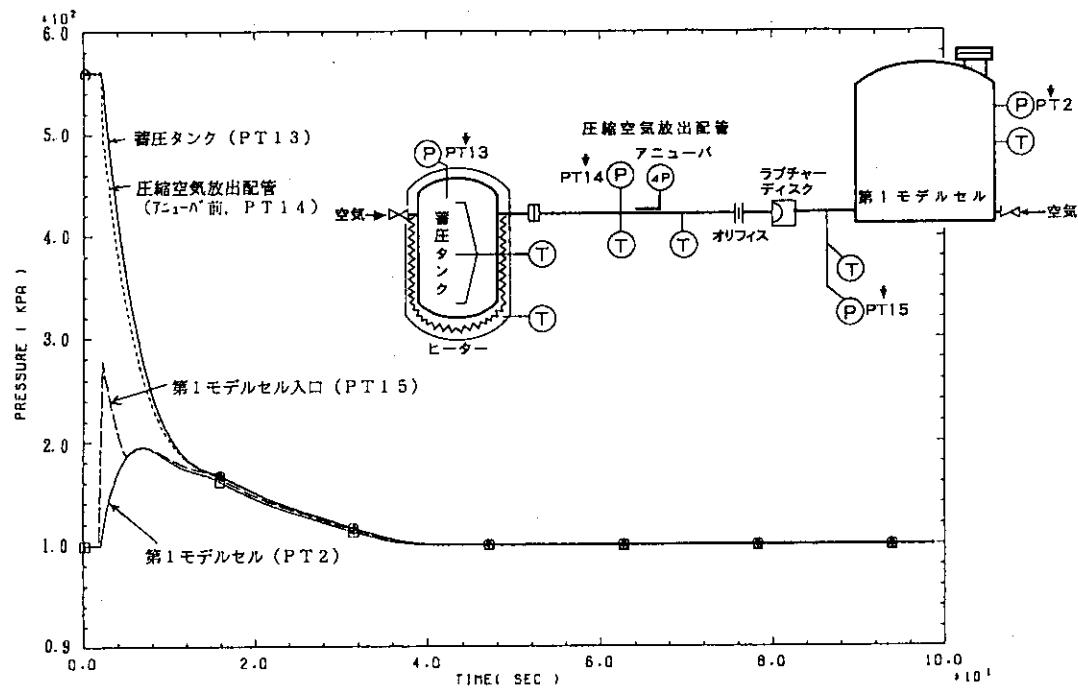


図4.1.188 蓄圧タンク内、圧縮空気放出配管内及び第1モデルセル内の圧力変化(kPa)

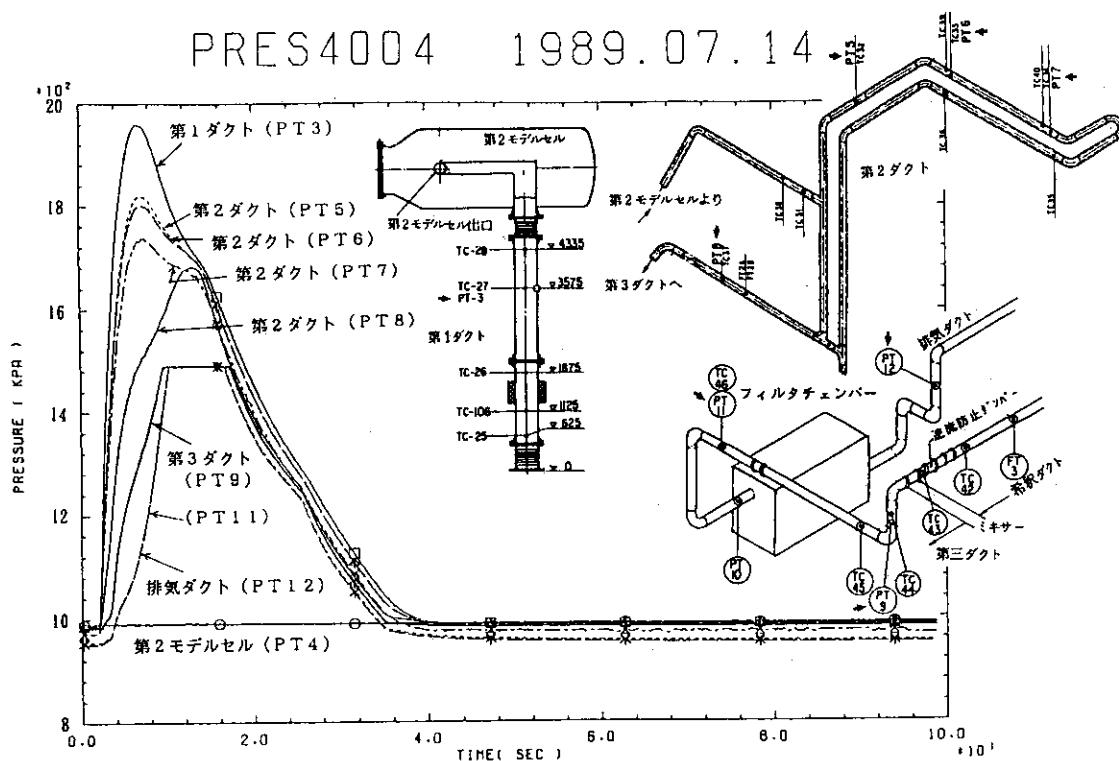


図4.1.189 第1ダクトから排気ダクトまでの圧力変化(kPa)

PRES4004 1989.07.14

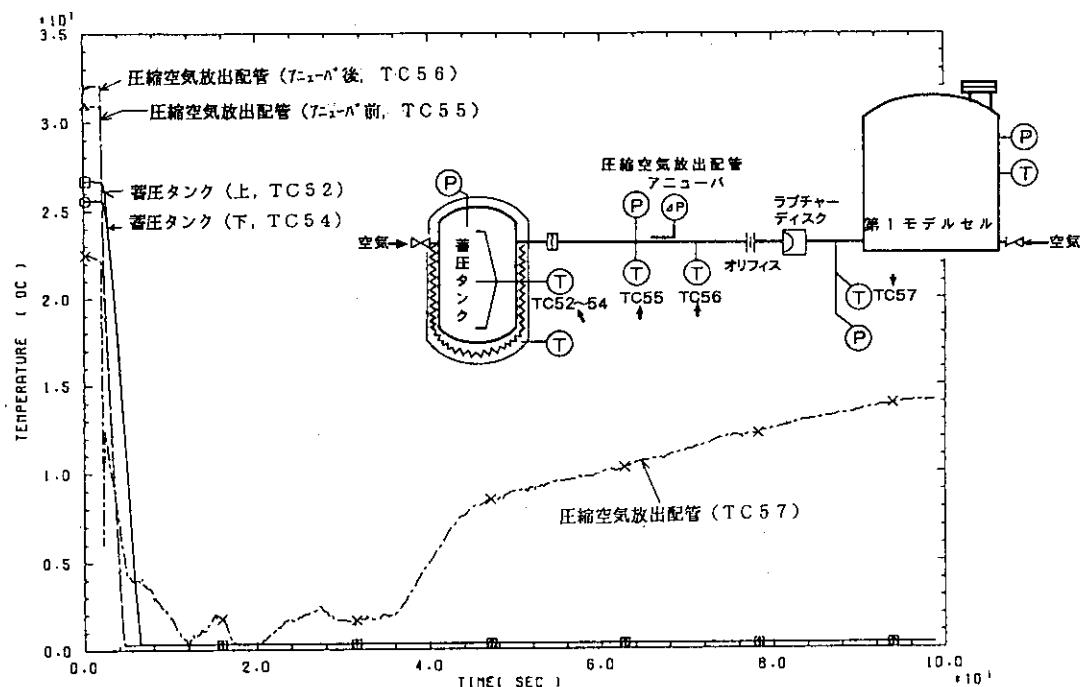


図4.1.190 蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の温度変化(℃)

PRES4004 1989.07.14

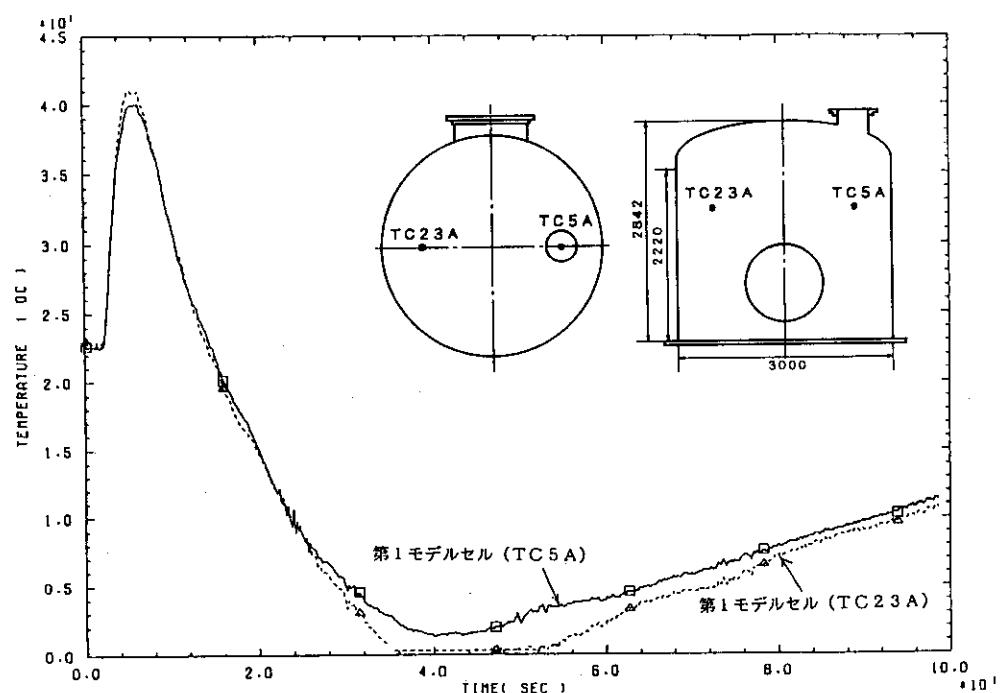


図4.1.191 第1モデルセル内の温度変化(℃)

PRES4004 1989.07.14

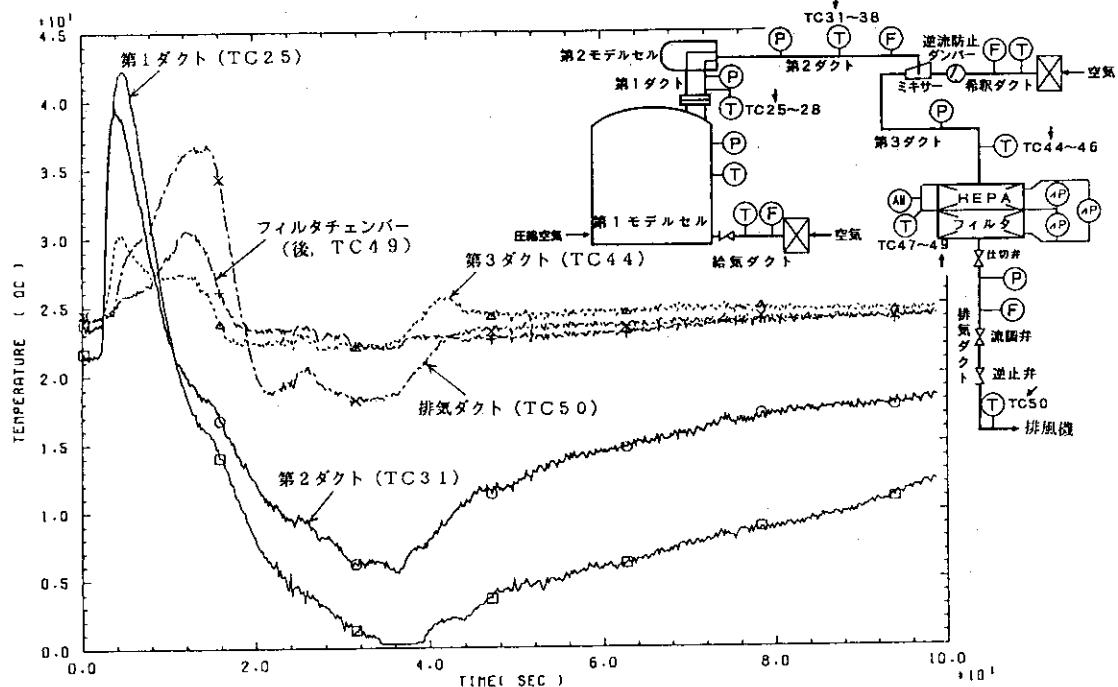


図4.1.192 第1ダクトから排気ダクトまでの温度変化(℃)

PRES4004 1989.07.14

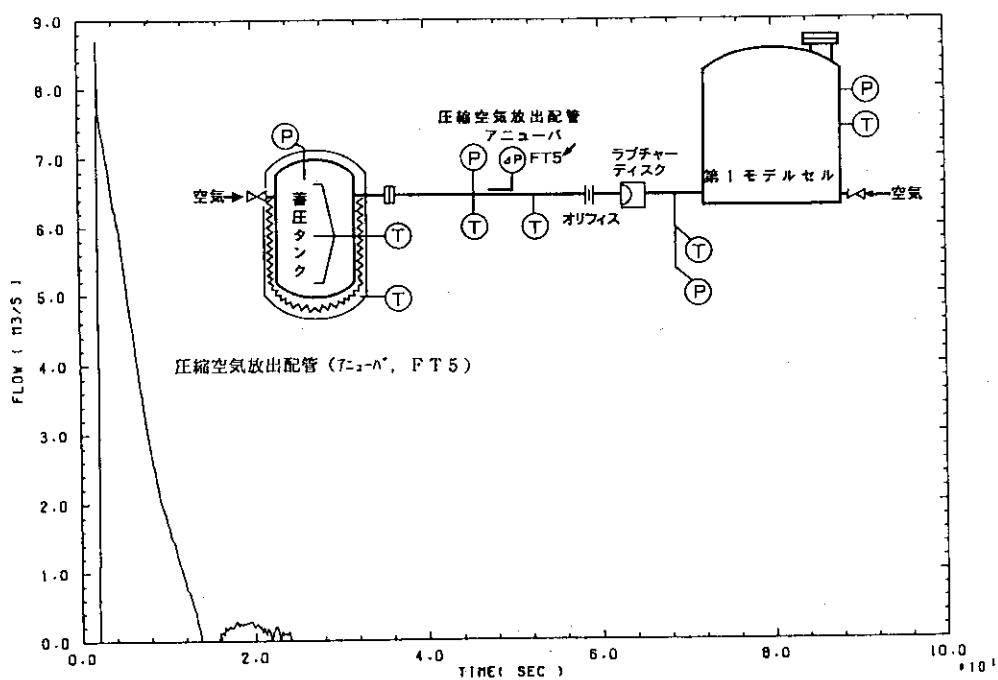
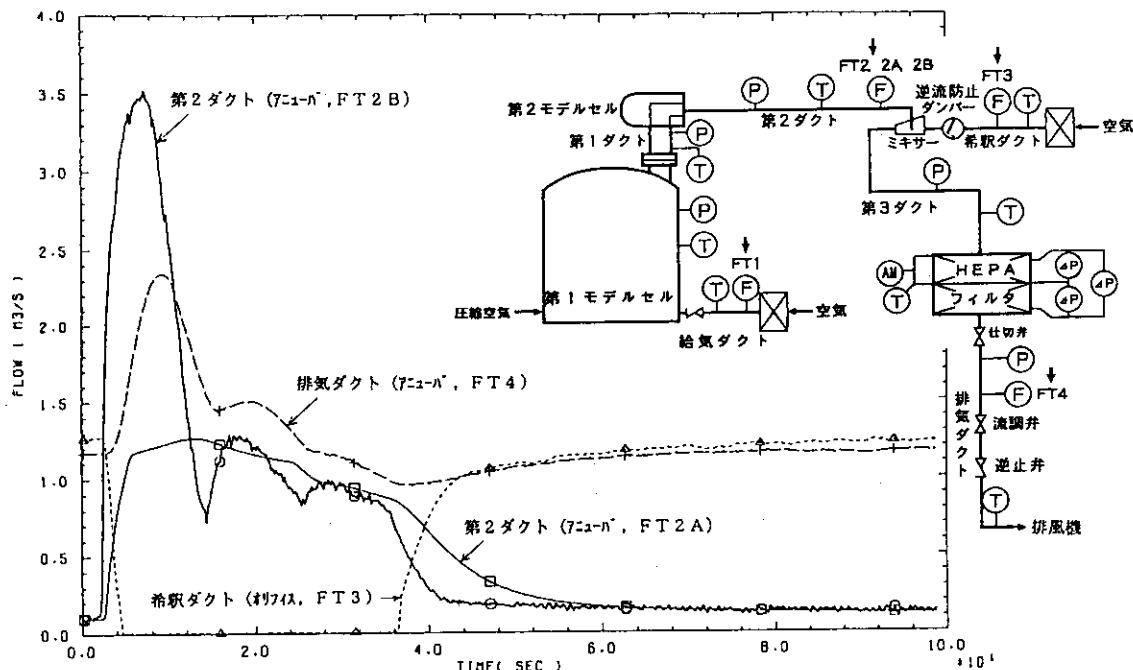


図4.1.193 圧縮空気放出配管内の流量変化(m³/s)

PRES4004 1989.07.14

図4.1.194 第2ダクト内、希釈ダクト内及び排気ダクト内の流量変化( $m^3/s$ )

PRES4004 1989.07.14

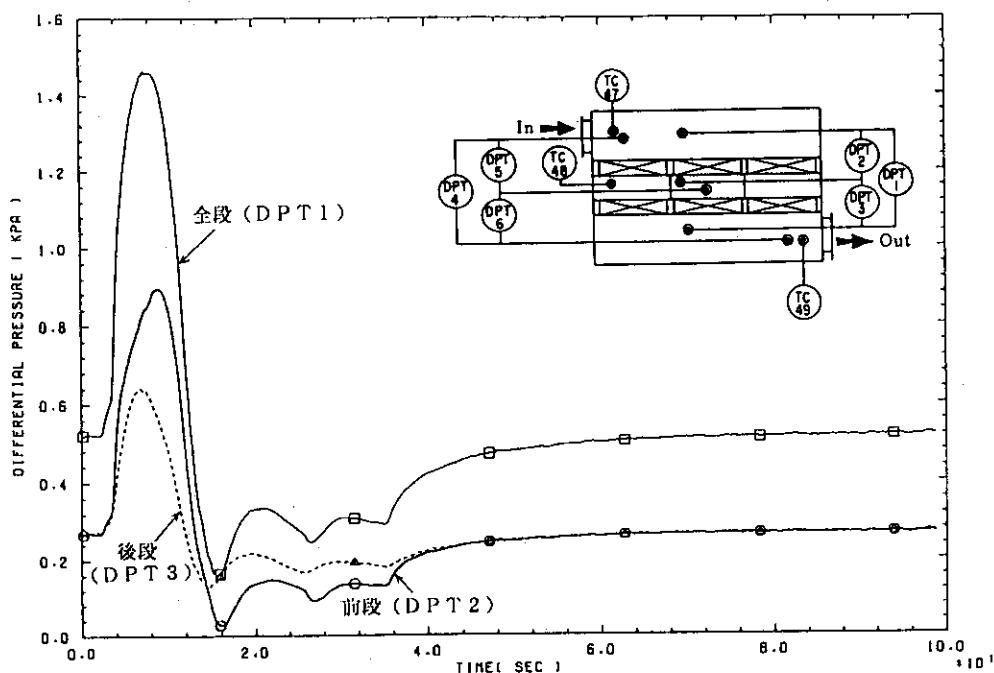


図4.1.195 HEPA フィルタの差圧変化（低応答型, kPa）

PRES4004 1989.07.14

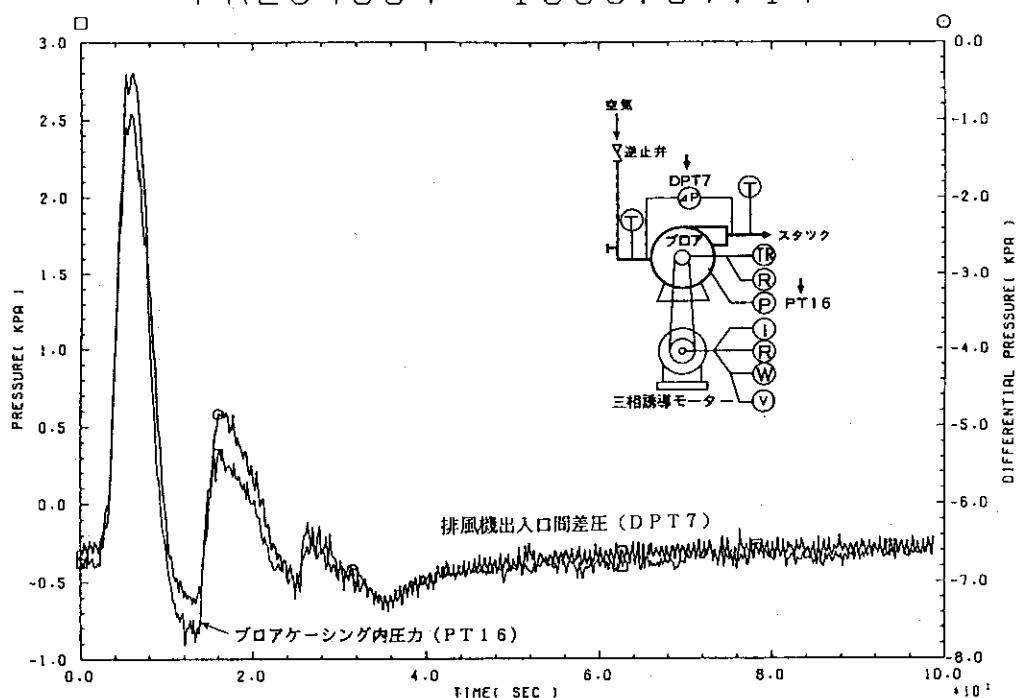


図4.1.196 排風機出入口間差圧及びプロアケーシング内圧力の変化(kPa)

PRES4004 1989.07.14

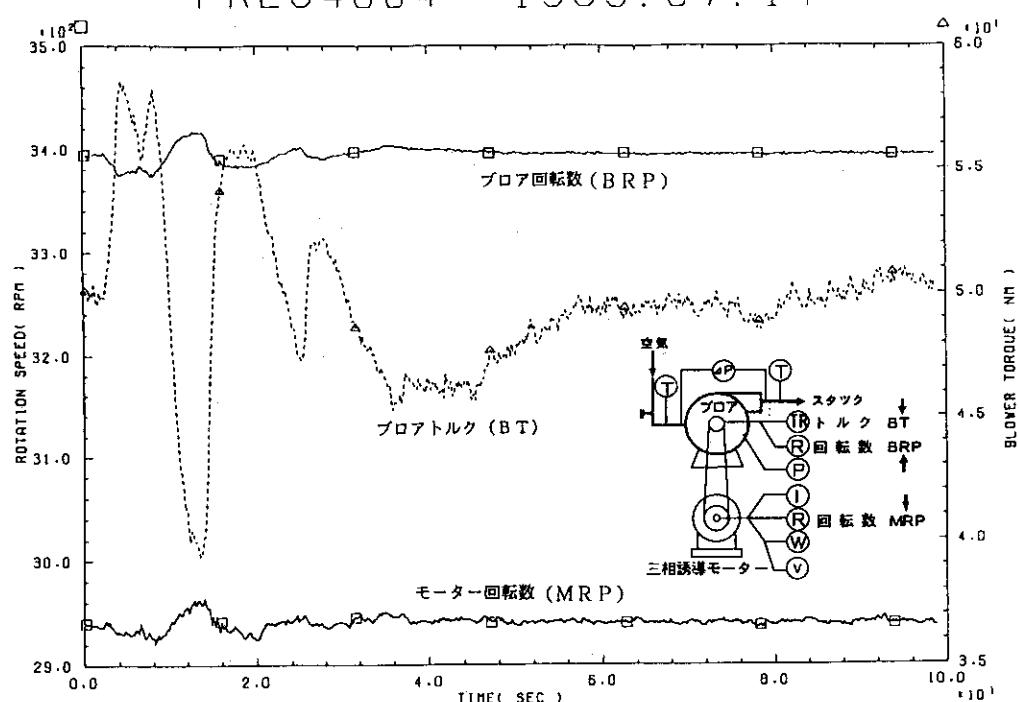


図4.1.197 ブロア及びモーター回転数(rpm), 及びブロアトルク(Nm)の変化

PRES4004 1989.07.14

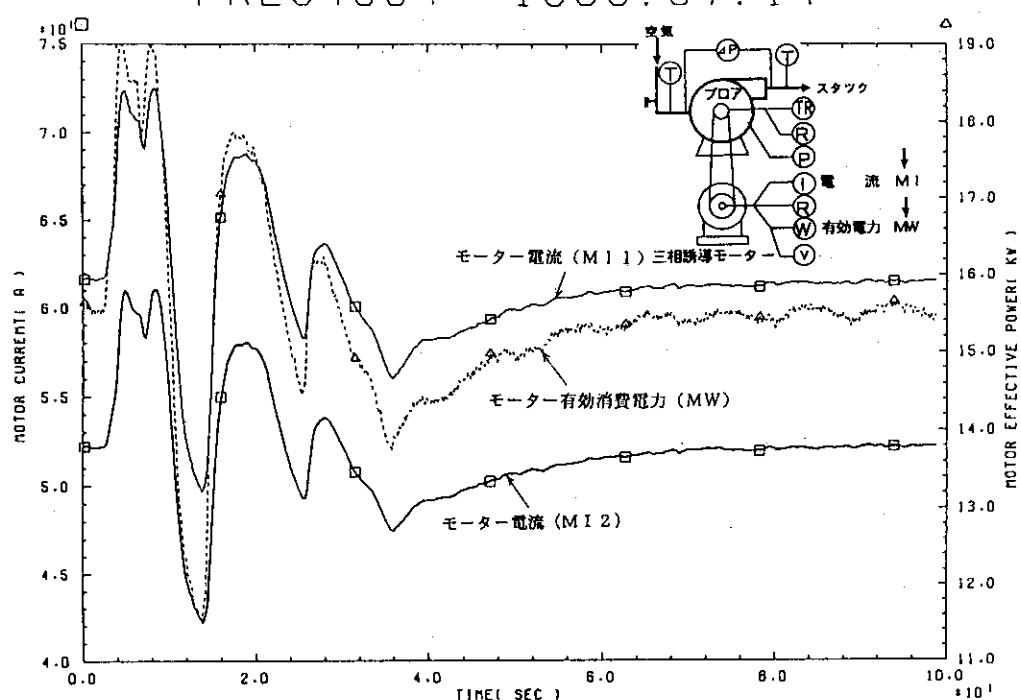


図4.1.198 モーター電流(A)及びモーター有効消費電力(kW)の変化

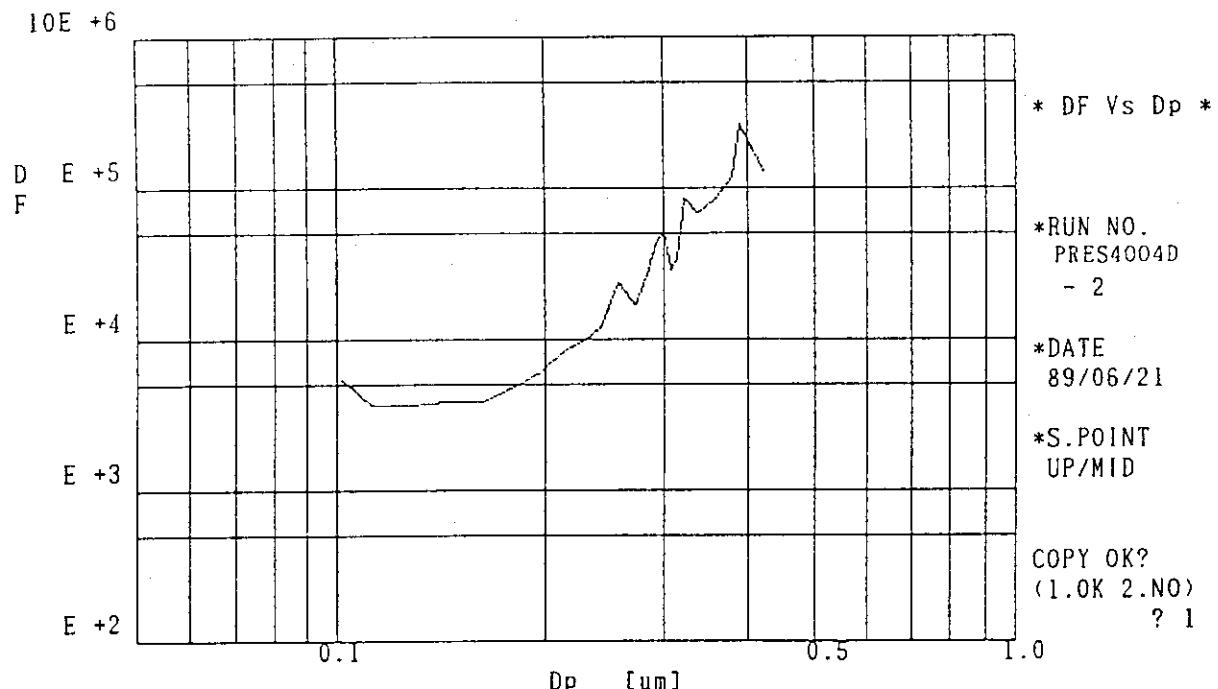


図17 PRES 4004 試験前 DOP テストデータ (2)

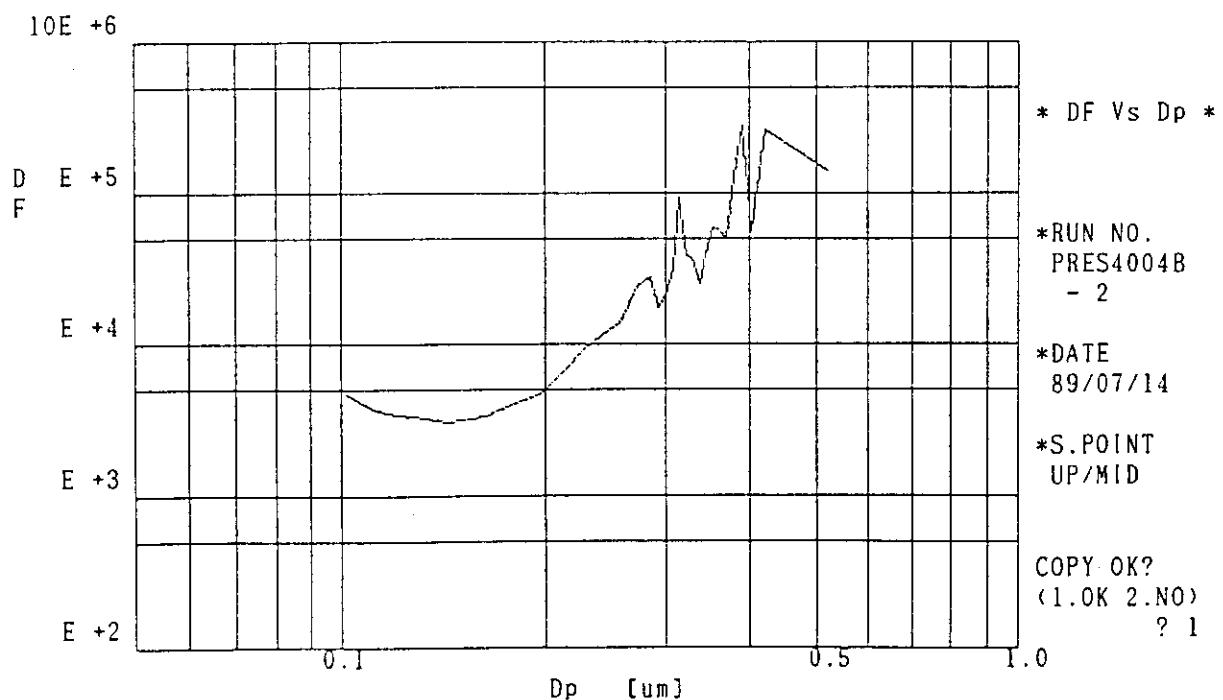


図20 PRES 4004 試験後 DOP テストデータ (2)

図4.1.199 試験前後のHEPAフィルタ（上段）のDOPテストデータ

PRES5002 1990.05.22

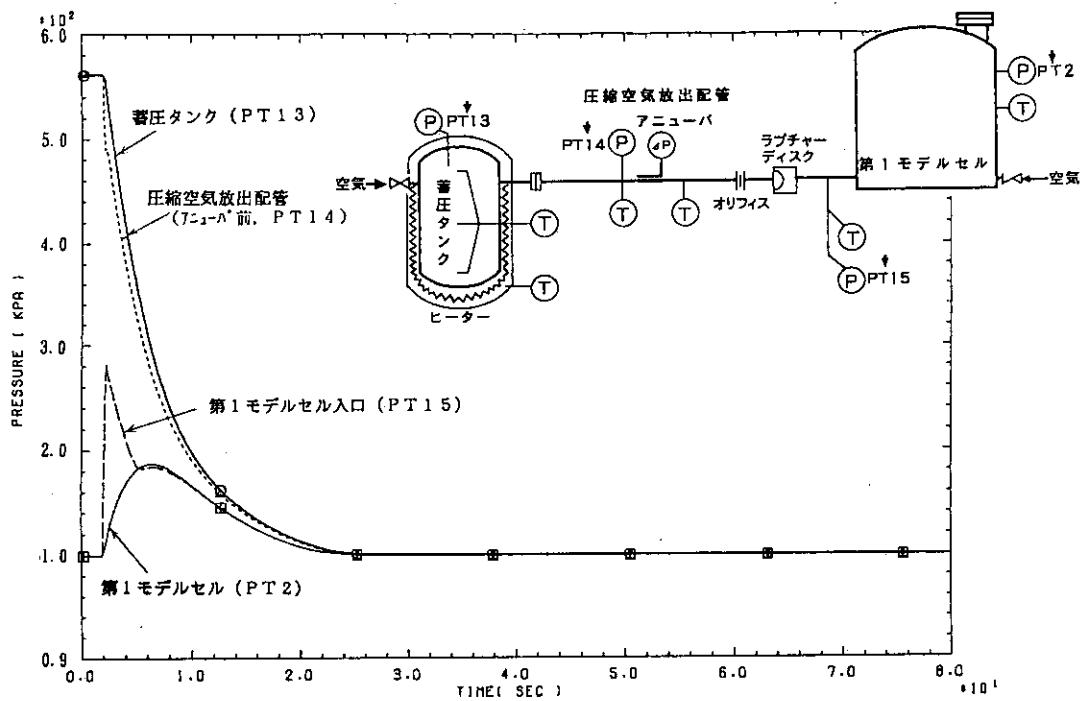


図4.1.200 蓄圧タンク内、圧縮空気放出配管内及び第1モデルセル内の圧力変化(kPa)

PRES5002 1990.05.22

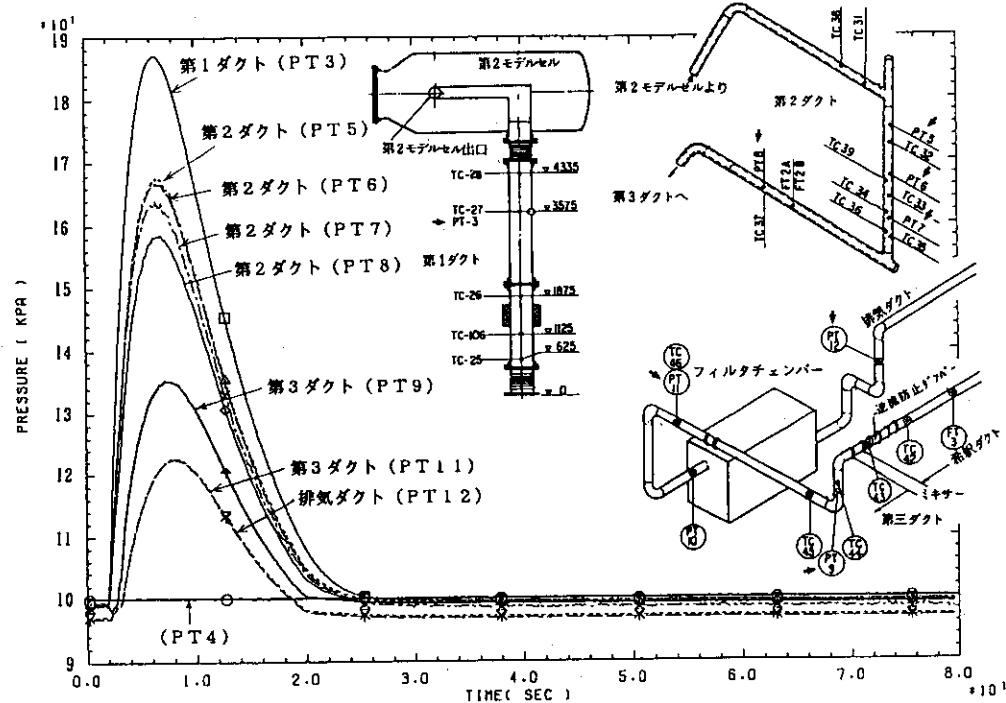


図4.1.201 第1ダクトから排気ダクトまでの圧力変化(kPa)

PRESS002 1990.05.22

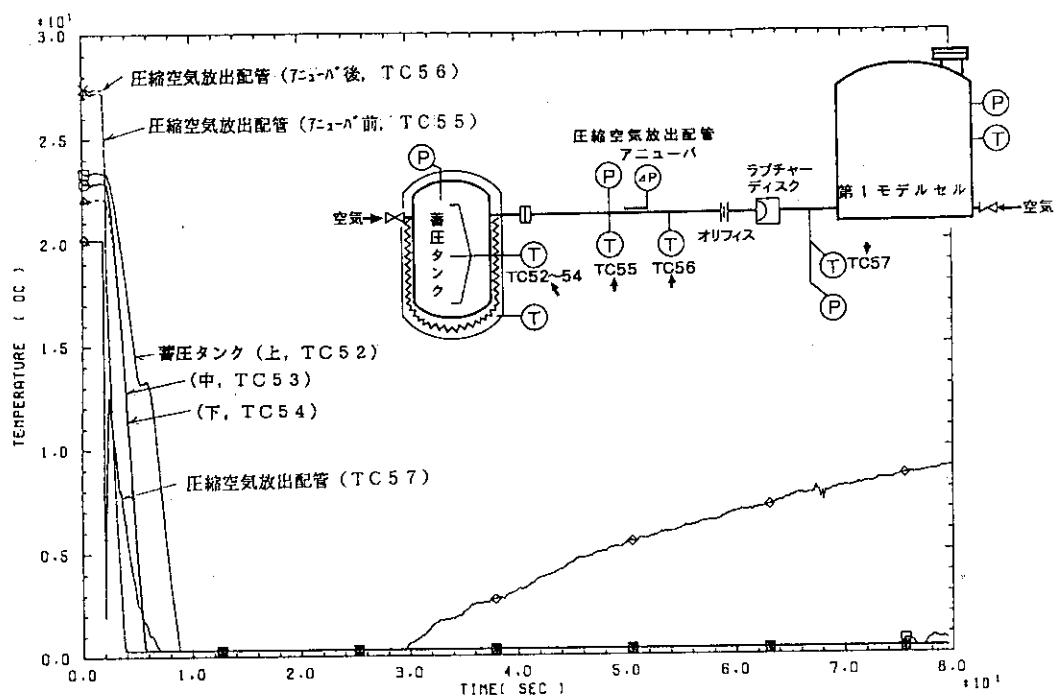


図4.1.202 蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の温度変化(°C)

PRESS002 1990.05.22

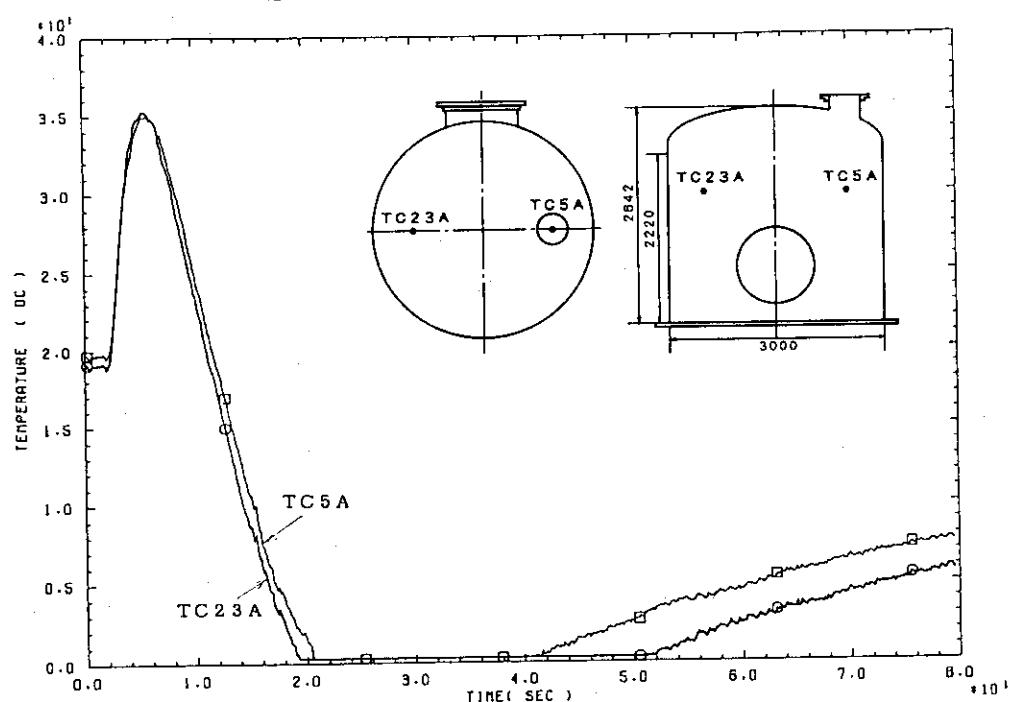


図4.1.203 第1モデルセル内の温度変化(°C)

PRESS002 1990.05.22

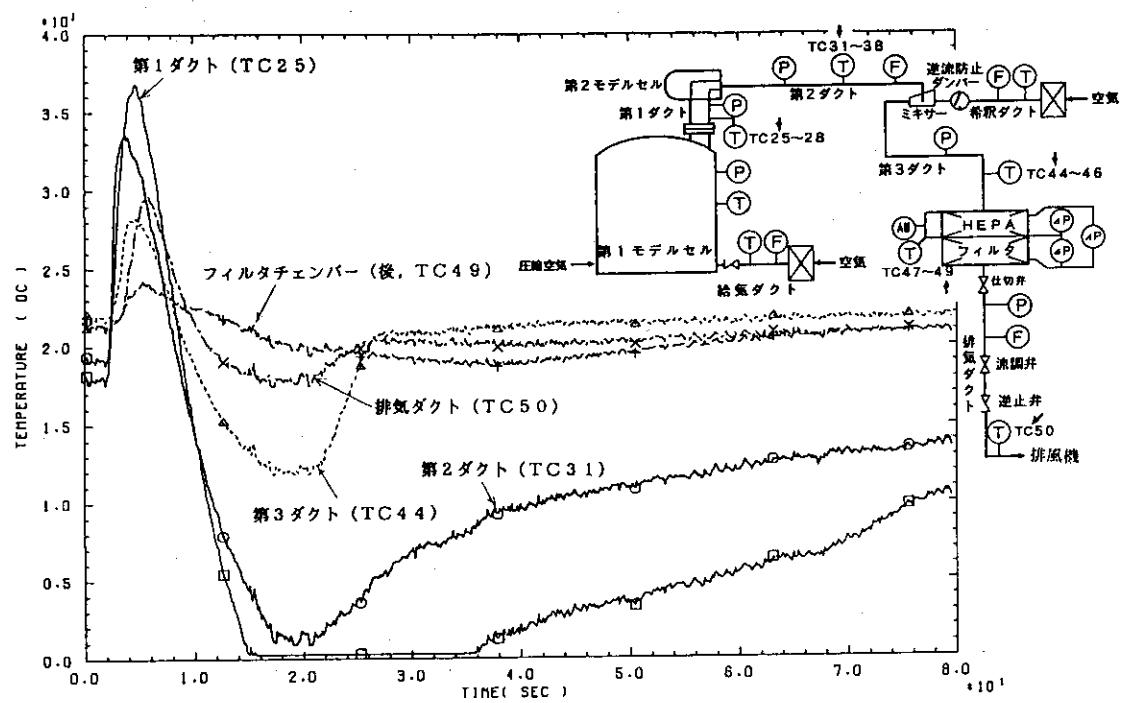


図4.1.204 第1ダクトから排気ダクトまでの温度変化(℃)

PRESS002 1990.05.22

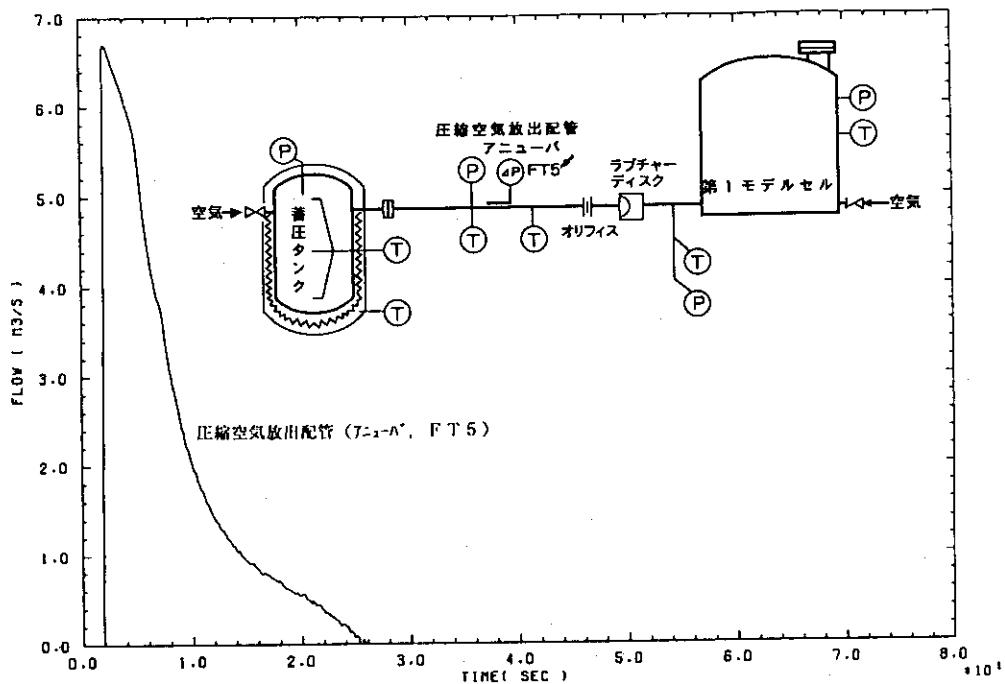
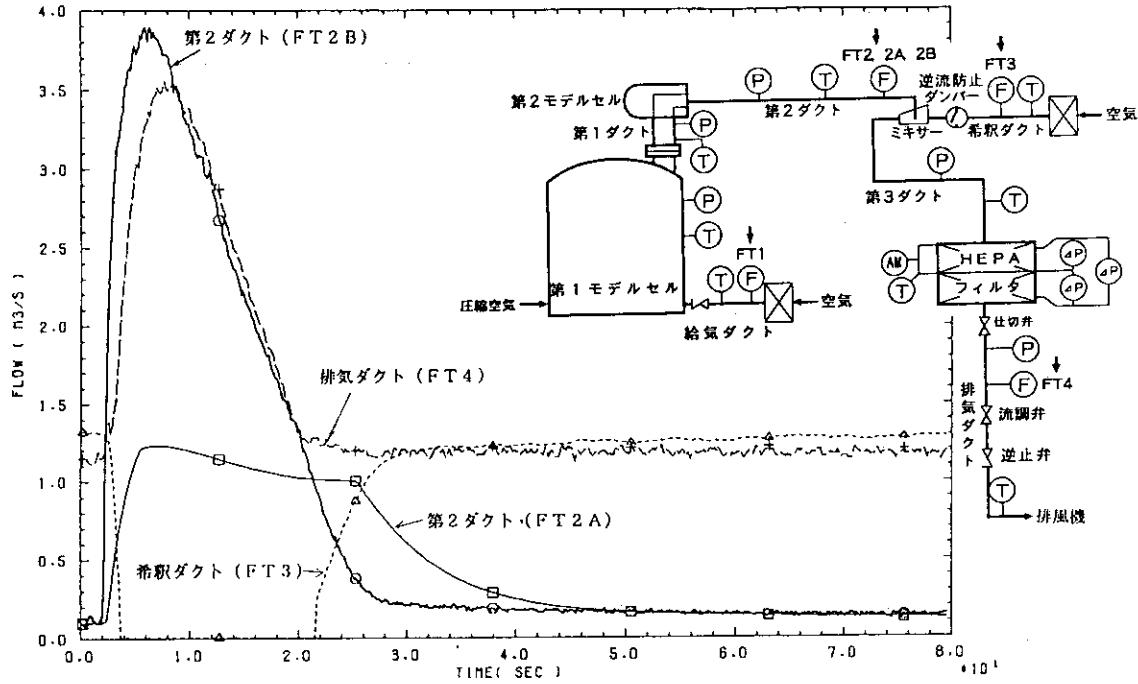


図4.1.205 圧縮空気放出配管内の流量変化(m³/s)

PRESS002 1990.05.22

図4.1.206 第2ダクト内、希釈ダクト内及び排気ダクト内の流量変化( $m^3/s$ )

PRESS002 1990.05.22

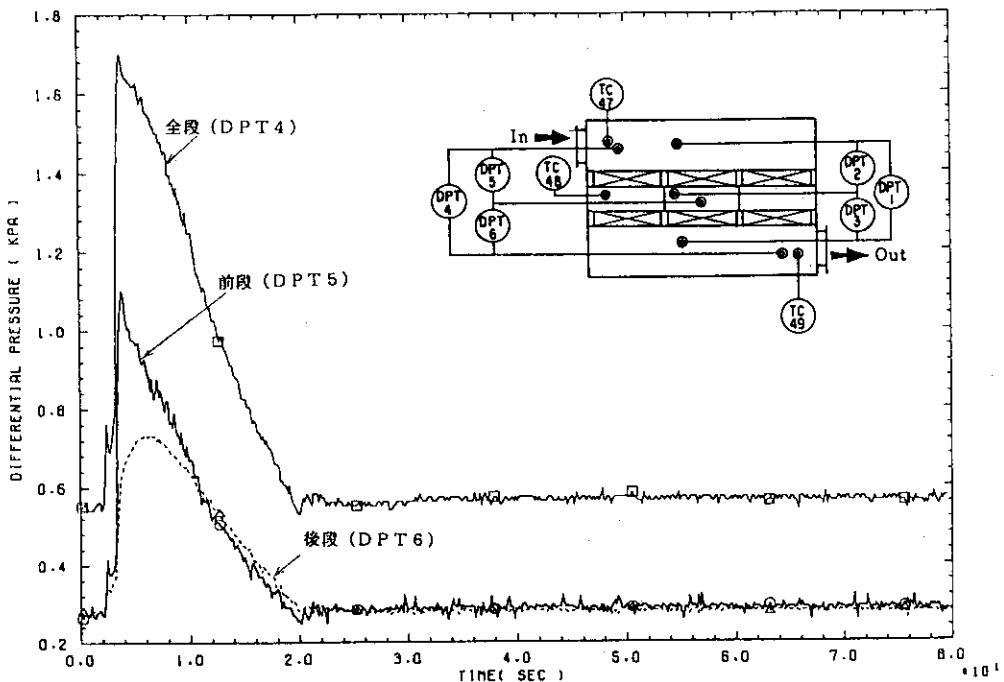


図4.1.207 HEPA フィルタの差圧変化(高応答型, kPa)

PRESS002 1990.05.22

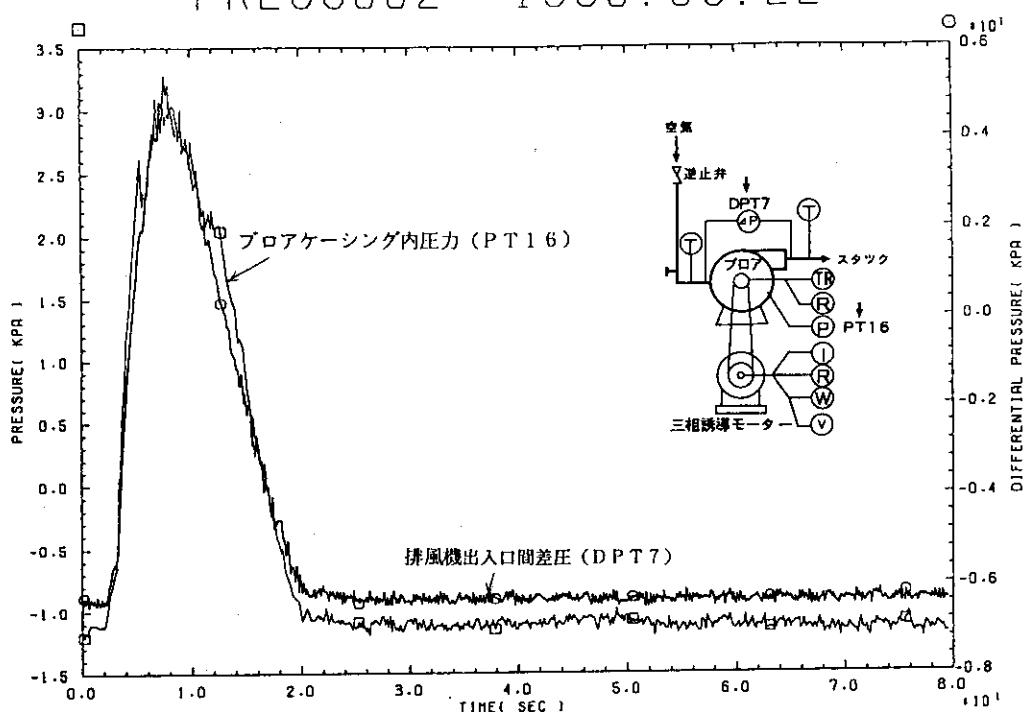


図4.1.208 排風機出入口間差圧及びプロアケーシング内圧力の変化(kPa)

PRESS002 1990.05.22

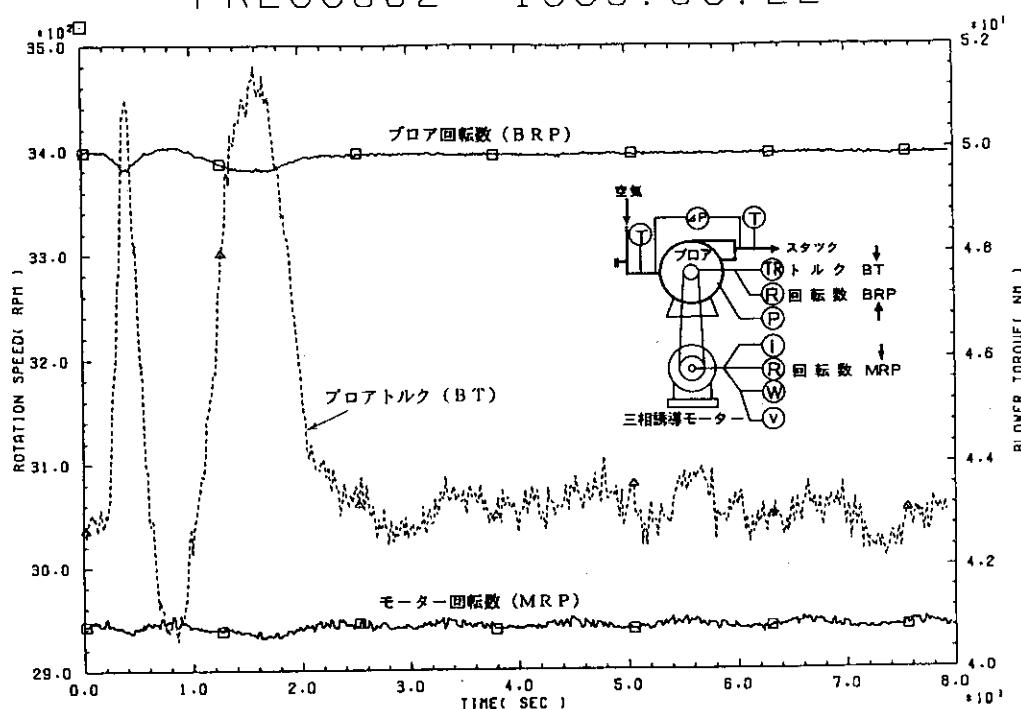


図4.1.209 プロア及びモーター回転数(rpm), 及びプロアトルク(Nm)の変化

PRESS002 1990.05.22

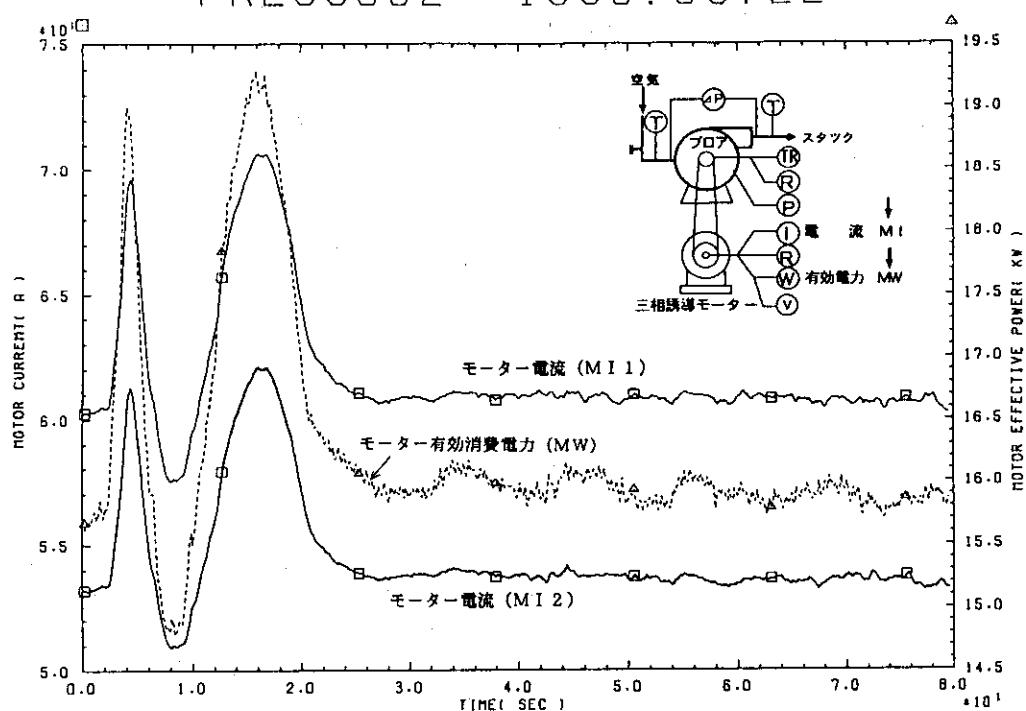


図4.1.210 モーター電流(A)及びモーター有効消費電力(kW)の変化

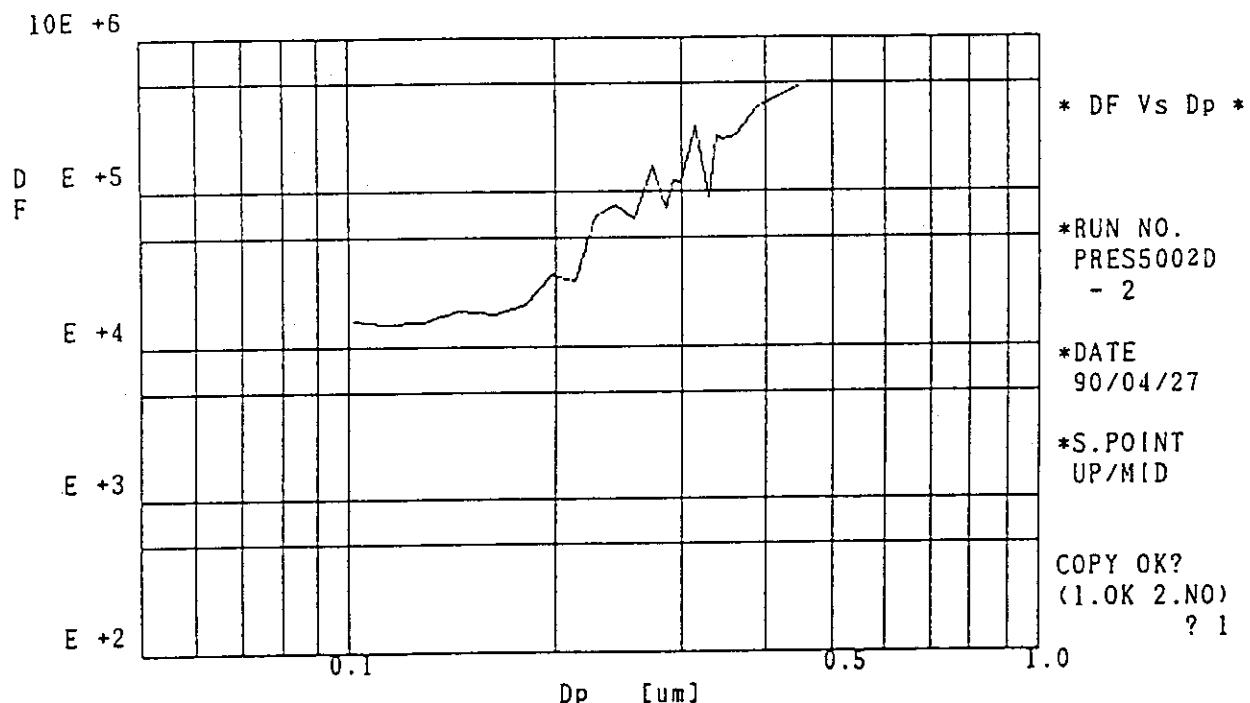


図11B PRESS5002試験前DOPテストデータ(2)

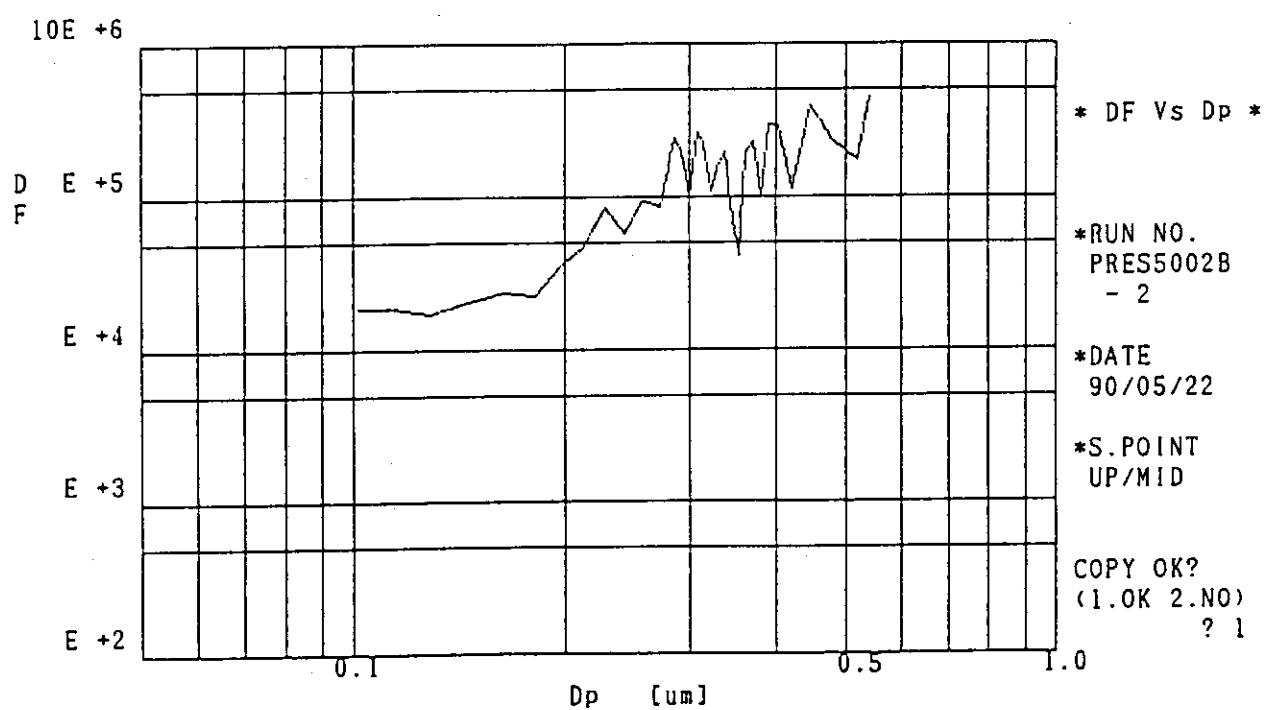


図14B PRESS5002試験後DOPテストデータ(2)

図4.1.211 試験前後のHEPAフィルタ（上段）のDOPテストデータ

## 4. 2 排風機健全性試験

### 4. 2. 1 少風量流入試験

#### (1) 試験の目的

本試験は、蓄圧タンク内の初期圧力を356 kPa (2.6 kg/cm<sup>2</sup>G), 初期温度を100°Cに設定した条件の空気を排風機に流入させ、排風機の圧力変化、軸トルク、プロア及びモーター回転数の変化、モーター電圧、電流などの過渡的変化を調べた試験である。BLOWS201試験は、昭和63年2月16日に、BLOW3001試験は、昭和63年8月24日に、BLOW4001試験は、平成元年8月2日に実施した。BLOW4001試験は、新排風機を用いた試験であり、旧排風機の試験(BLOW3001試験)との比較試験である。

#### (2) 試験の条件

表4.2.1にBLOWS201, BLOW3001, BLOW4001の試験条件を示す。3試験の試験条件は、仕切り弁の状態以外は同一である。表4.1.3に旧排風機と新排風機の主要な仕様を示す。

表4.2.1 少風量流入試験の試験条件

No.	項目	試験条件
1	蓄圧タンク内初期圧力	356 kPa (2.6 kg/cm <sup>2</sup> G)
2	蓄圧タンク内初期空気温度	100°C
3	仕切り弁状態	BLOWS201 : 全開 BLOW3001 : 全閉 BLOW4001 : 全閉
4	圧縮空気放出配管オリフィス	絞り比 : 0.3

#### (3) BLOWS201試験の結果

##### (3.1) 圧力及び差圧変化

図4.2.1に蓄圧タンク内(PT13)及び圧縮空気放出配管内(アニューバ前(FT5), PT14)の圧力変化を示す。圧力は、ラプチャーディスク破壊とともに急速に減少し、約80秒後に大気圧となる。PT13とPT14は常に連続した空間であるので、当然それらの圧力履歴は一致している。

図4.2.2に排風機入口の圧力(PT15), プロアケーシング内圧力(PT16), 及び排風機差圧(DPT7)の変化を示す。圧縮空気流入とともに排風機入口(前)圧力も上昇し、逆に差圧は減少し、その後漸次定常状態に復帰していく。ただし、差圧は逆転しない。PT16のデータが正の値なのは、ケーシング内での圧力分布においてPT16が出口寄りの位置にたまたま取り付けられていることによると思われる。しかし、ほとんど変化がみられない。

### (3.2) 温度変化

図4.2.3に蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の温度変化を示す。蓄圧タンク内温度TC52, 53, 54は、圧力減少とともに断熱膨張によって低下するが、タンク壁からの伝熱があるのである程度以下にはならない。アニューバ式流量計(FT5)前後の温度TC55とTC56は圧縮空気放出と同時に急激に上昇し、以後TC52～54と同様の変化を示している。TC57は排風機入口温度であり、TC55, 56より低いレベルで同様の上昇→低下の変化を示している。これらの温度変化の幅は蓄圧タンクからの流路長さにしたがっている。

図4.2.4に排風機の入口、出口における温度変化を示す。圧縮空気流入による若干の温度上昇がみられる。排風機入口側のTC50は出口側のTC51より温度上昇、減衰幅が大きく、変化速度も大きい。

### (3.3) 流量及び圧力変化

図4.2.5に放出された圧縮空気流入の流量(FT5:アニューバ)、排気ダクト流量(FT4:アニューバ)及び排気ダクト圧力(PT12)の変化を示す。FT4においては、定常状態の流量より流入により一時的に排風機による排気能力が減少したのに伴い、減少している。PT12の圧力が急速に増大し、かつ漸減しているのは、流入空気が排気ダクトにおける第1モデルセルからの空気の流れを一時的に抑制したことにより、FT4の一時的減少と符合している。なお、本試験時では、排気ダクトには逆止弁が取り付けられていない。また、FT5(放出空気流量)のデータは、多くの急峻なパルスの集まりになっている。これは、アニューバのピトー管に対してマクロな乱流塊が急激にぶつかった結果と思われる。

### (3.4) 排風機の挙動

図4.2.6にプロア及びモーターの回転数、プロアトルクの変化を示す。プロア回転数が圧縮空気流入の間やや低下するのに対し、モーター回転数はほとんど一定である。これは、モーターが3相誘導モーターであること、及びモーターシャフトとプロアシャフトを結合するベルトに滑りが生じたこと、に帰せられる。一方、プロアトルクは増大することが予測されるが、データ自身はノイズと不規則変動以外の大きな変化はない。これは、トルクセンサー系の動作不良と思われる。プロア回転数も圧縮空気吹き込みの際もっと急速に減少してもよいと思われ、かつ、80秒の時点で定常状態に復帰してもよいと思われるが、データはそうなっていない。これも、センサー系の動作不良と思われる。

図4.2.7にモーター電流(3相中の2相)、有効(消費)電力の変化を示す。MI1, 2は圧空吹き込みと同時に増大し、MWはかなり大きなピッチノイズを含みつつ増大から減少の傾向を示している。しかし、MI1, 2は圧空放出と同時に急速に増大してもよいと思われるが、データのカーブはなだらかに上昇し、かつ定常状態への復帰も弱い。これも、センサー系の動作不良と思われる。

## (4) BLOW3001試験の結果

### (4.1) 圧力及び差圧変化

図4.2.8に蓄圧タンク内(PT13)及び圧縮空気放出配管内(アニューバ(FT5)前、PT14)の圧力変化を示す。圧力は、ラプチャーディスク破壊とともに急速に減少し、約7

4秒後に大気圧となる。PT13とPT14は常に連続した空間であるので、当然それらの圧力履歴は一致している。

図4.2.9に排風機入口の圧力(PT15)、プロアケーシング内圧力(PT16)及び排風機差圧(DPT7)の変化を示す。圧縮空気流入とともに排風機入口(前)圧力及び差圧は急激にパルス状に上昇し、その後定常状態に復帰した。PT16のデータが正の値なのは、ケーシング内での圧力分布においてPT16が出口寄りの位置にたまたま取り付けられていることによると思われるが、ほとんど変化がみられない。

#### (4.2) 温度変化

図4.2.10に蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の温度変化を示す。蓄圧タンク内温度TC52、53、54は、圧力減少とともに断熱膨張によって低下するが、タンク壁からの伝熱があるのである程度以下にはならない。アニューバ式流量計(FT5)前後の温度TC55とTC56は、圧縮空気放出と同時に急激に上昇し、以後TC52～54と同様の変化を示している。TC57は排風機入口温度であり、TC55、56より低いレベルで同様の上昇→以下の変化を示している。これらの温度変化の幅は蓄圧タンクからの流路長さにしたがっている。

図4.2.11に排風機の入口、出口における温度変化を示す。圧空流入による若干の温度上昇がみられる。排風機入口側のTC50は出口側のTC51より温度上昇、減衰幅が大きく、変化速度も大きい。

#### (4.3) 流量及び圧力変化

図4.2.12に放出された圧縮空気流入の流量(FT5:アニューバ)、排気ダクト流量(FT4:アニューバ)及び排気ダクト圧力(PT12)の変化を示す。ラプチャーディスクを破った瞬間、FT5は鋭いピークを以て立ち上がる。また、仕切り弁はフィルターチェンバーの直後にあり、したがって排気ダクト内は排風機によって吸引された状態にあり、負圧となっているが、圧縮空気流入とともにさらに圧力が低下している。排気ダクト内は逆止弁の作動により、FT4によって検知できるほどの空気の流れはなく、FT4の値は常にゼロを示している。

#### (4.4) 排風機の挙動

図4.2.13にプロア及びモーターの回転数、プロアトルクの変化を示す。プロア回転数が圧縮空気流入の間やや低下するのに対し、モーター回転数はほとんど一定である。これは、モーターが3相誘導モーターであること、及びモーターシャフトとプロアシャフトを結合するベルトにスリップが生じたこと、に帰せられる。

図4.2.14にモーター電流(3相中の2相)、有効(消費)電力の変化を示す。MI1、2、MW1とも圧縮空気吹き込みと同時に増大し、その後漸減している。

### (5) BLOW4001試験の結果

#### (5.1) 圧力及び差圧変化

図4.2.15に蓄圧タンク内(PT13)及び圧縮空気放出配管内(アニューバ(FT5)前、PT14)の圧力変化を示す。圧力は、ラプチャーディスク破壊とともに急速に減少し、約74秒後に大気圧となる。PT13とPT14は常に連続した空間であるので、当然それら

の圧力履歴は一致している。

図4.2.16に排風機入口の圧力(PT15), プロアケーシング内圧力(PT16), 及び排風機差圧(DPT7)の変化を示す。圧縮空気流入とともに排風機入口(前)圧力及び差圧は急激にパルス状に上昇し, その後定常状態に復帰した。

#### (5.2) 温度変化

図4.2.17に蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の温度変化を示す。蓄圧タンク内温度TC52, 53, 54は, 圧力減少とともに断熱膨張によって低下するが, タンク壁からの伝熱があるのである程度以下にはならず, 時間の経過とともに上昇する。アニューバ式流量計(FT5)前後の温度TC55とTC56は, 圧縮空気放出と同時に急激に上昇し, 以後TC52~54と同様の変化を示している。TC57は排風機入口温度であり, TC55, 56より低いレベルで同様の上昇→低下の変化を示している。これらの温度変化の幅は蓄圧タンクからの流路長さにしたがっている。

図4.2.18に排風機の入口, 出口における温度変化を示す。圧縮空気流入による若干の温度変化がみられる。排風機入口側のTC50は出口側のTC51より温度が全般に低いが, 温度上昇の幅は大きく, かつ減衰幅も大きい。

#### (5.3) 流量及び圧力変化

図4.2.19に放出された圧縮空気流入の流量(FT5:アニューバ)及び排気ダクト圧力(PT12)の変化を示す。ラプチャーディスクを破った瞬間, FT5は鋭いピークを以て立ち上がる。また, 仕切り弁はフィルターチェンバーの直後であり, したがって, 排気ダクト内は排風機によって吸引された状態にあり, 負圧となっているが, 圧縮空気流入とともにさらに圧力が低下している。

#### (5.4) 排風機の挙動

図4.2.20にプロア及びモーターの回転数, プロアシャフトトルクの変化を示す。プロア回転数, モーター回転数とも圧縮空気流入の間やや低下し, その後漸次原状に復帰している。

図4.2.21にモーター電流(3相中の2相), モーター有効消費電力の変化を示す。電流1, 電流2, 及び電力とも圧縮空気吹き込みと同時に増大し, その後漸減している。

BLOWS201 1988.02.16

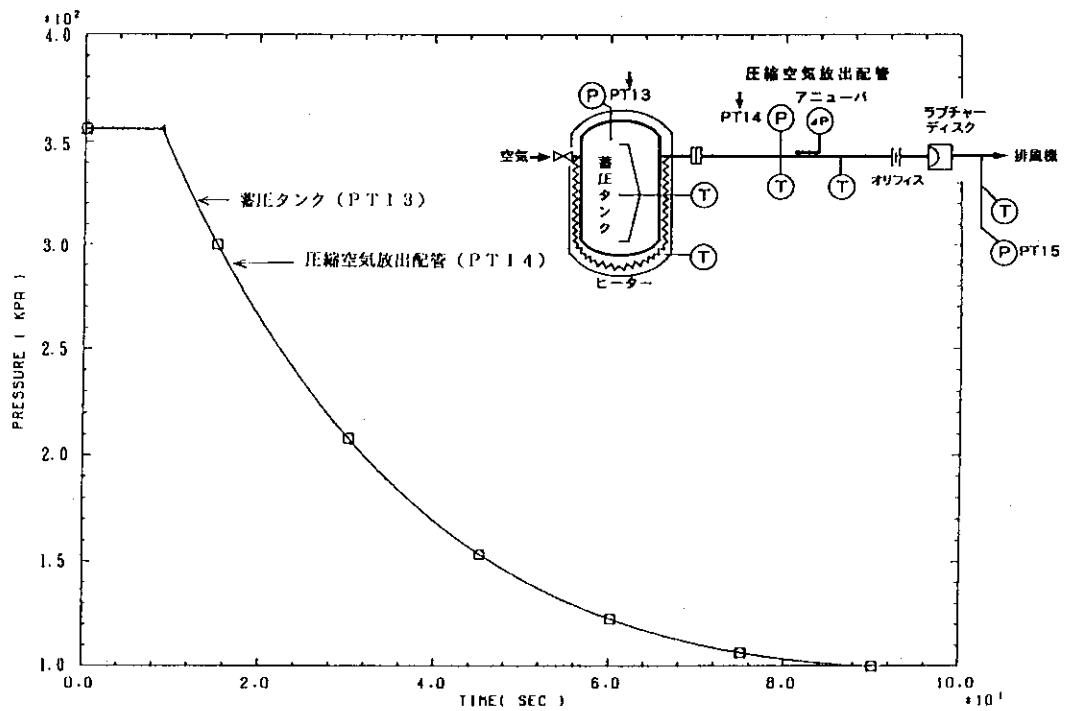


図4.2.1 蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の圧力変化(kPa)

BLOWS201 1988.02.16

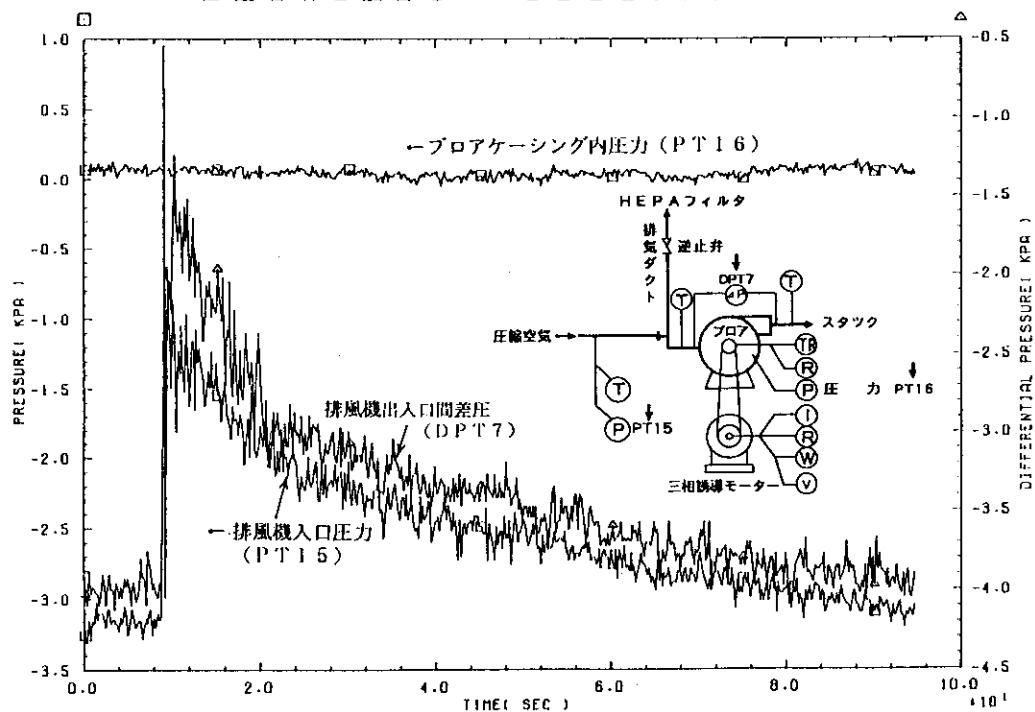


図4.2.2 排風機入口圧力、プロアケーシング内圧力及び排風機出入口間差圧の変化(kPa)

BLOWS201 1988.02.16

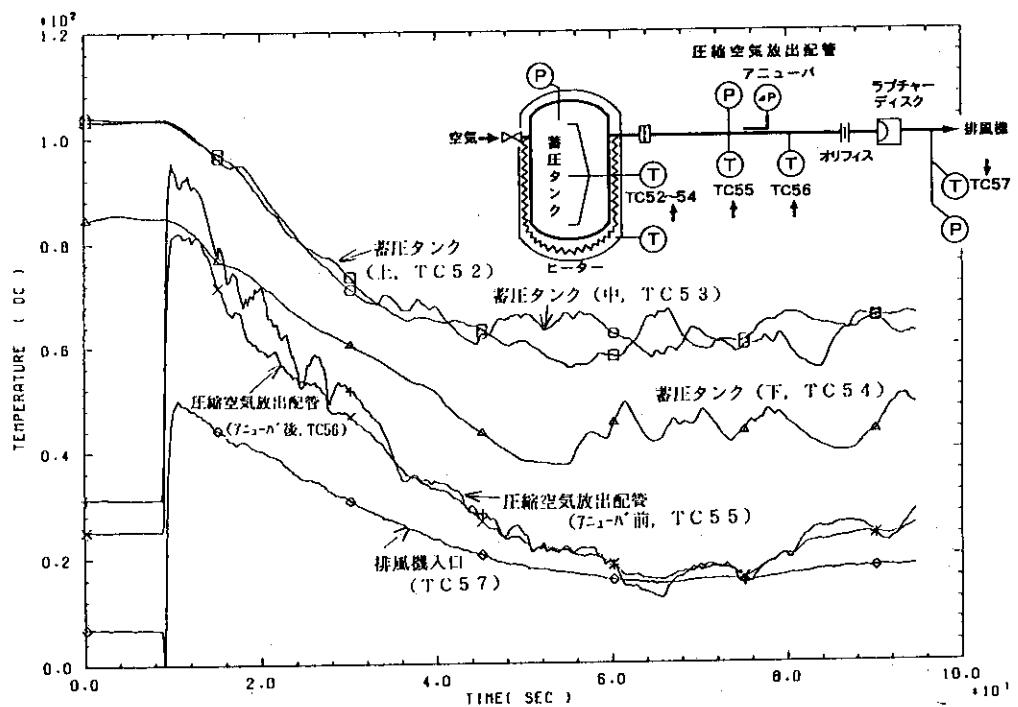


図4.2.3 蓄圧タンク内、圧縮空気放出配管内及び排風機入口の温度変化(℃)

BLOWS201 1988.02.18

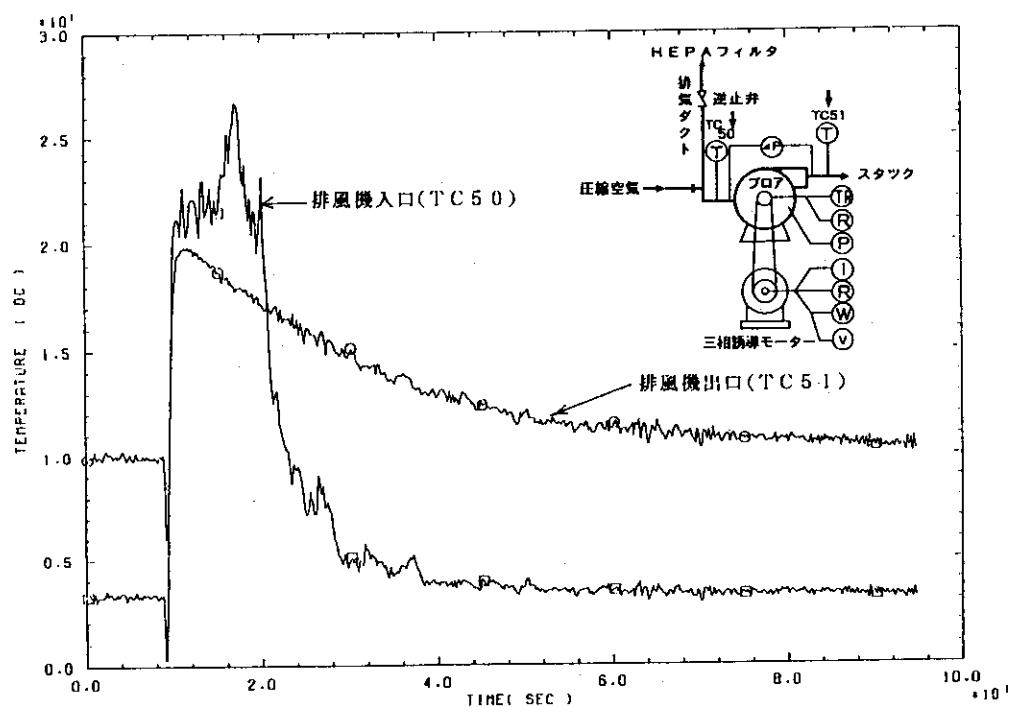
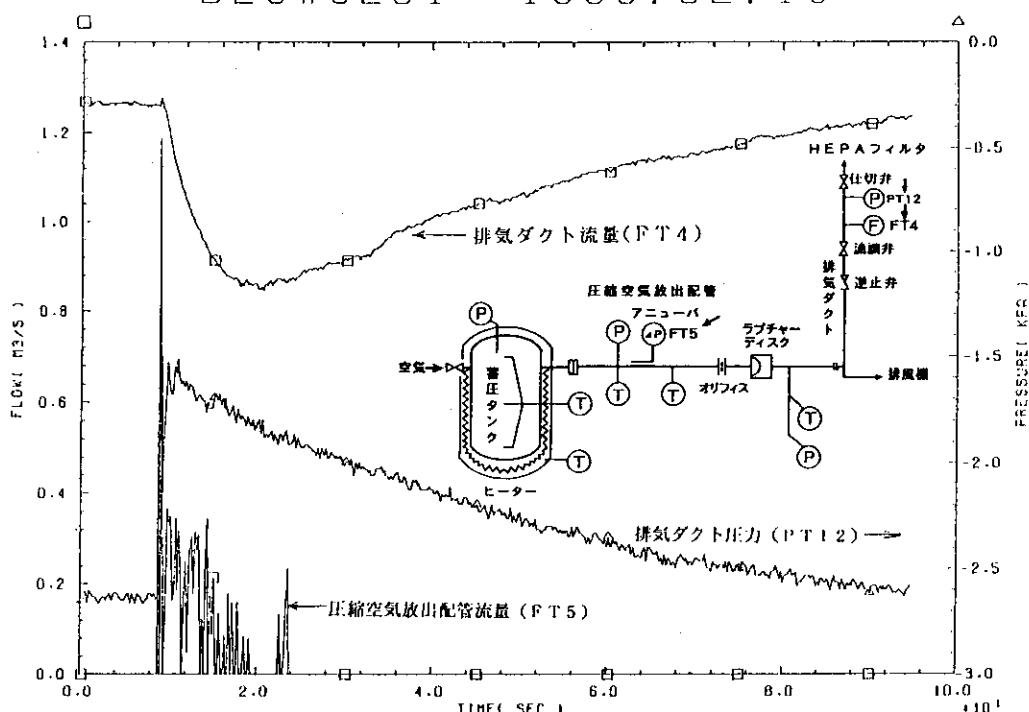


図4.2.4 排風機入口・出口の温度変化(℃)

BLOWS201 1988.02.16

図4.2.5 圧縮空気放出配管流量、排気ダクト流量( $\text{m}^3/\text{s}$ )及び排気ダクト圧力(kPa)の変化

BLOWS201 1988.02.16

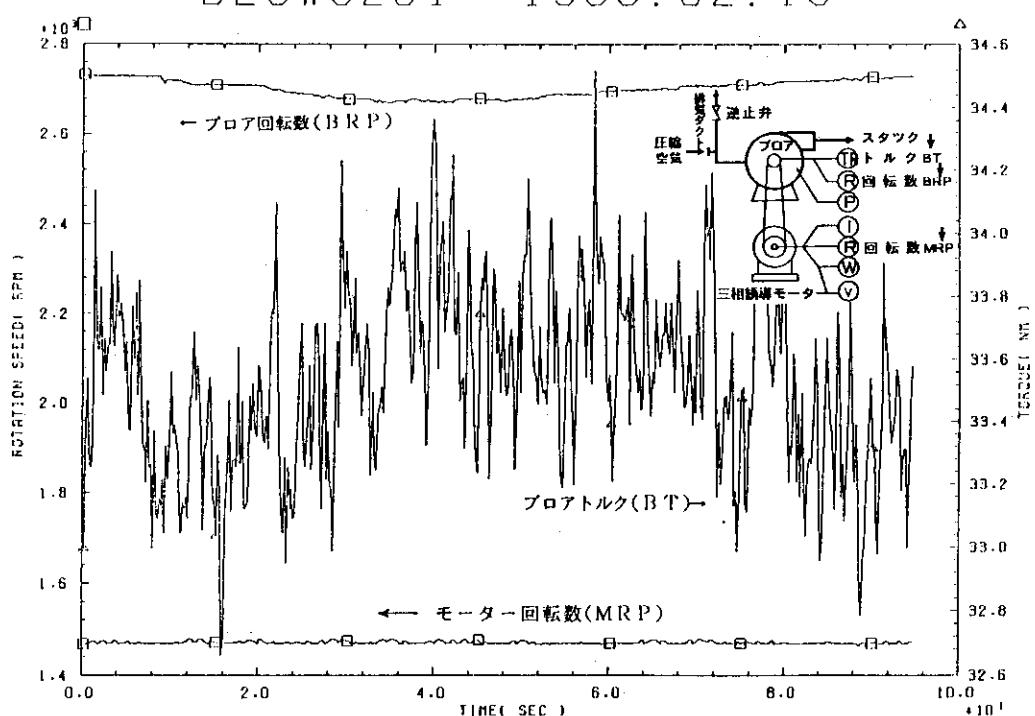


図4.2.6 プロア及びモーター回転数(rpm)、プロアトルク(Nm)の変化

BLOWS201 1988.02.16

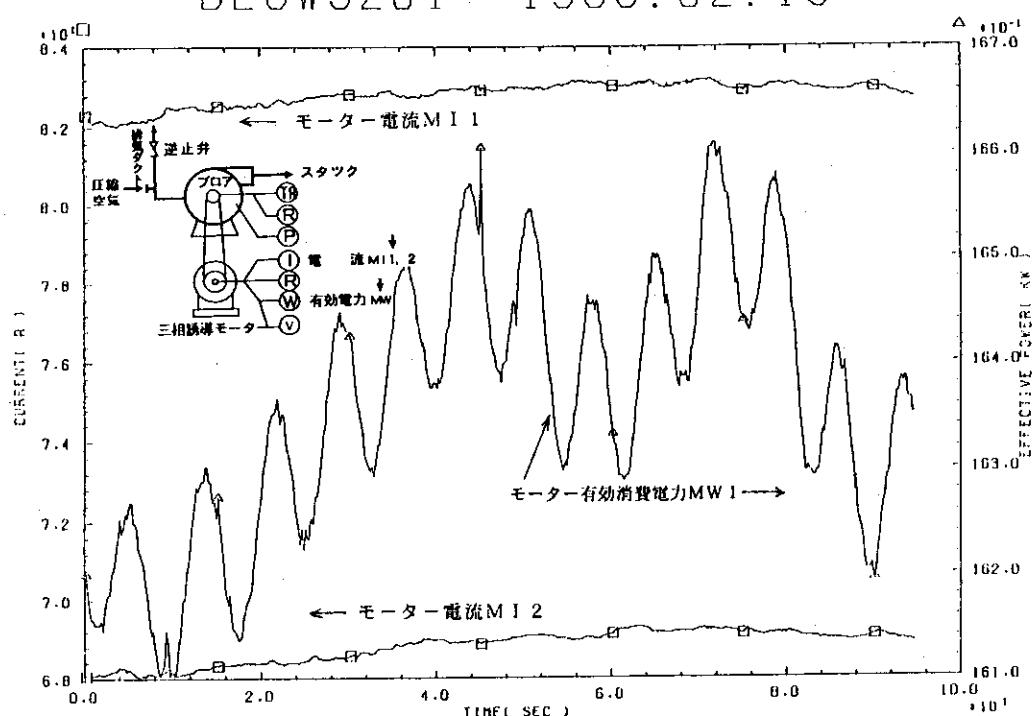


図4.2.7 モーター電流(A)及びモーター有効消費電力(kW)の変化

BLOW3001 1988.08.24

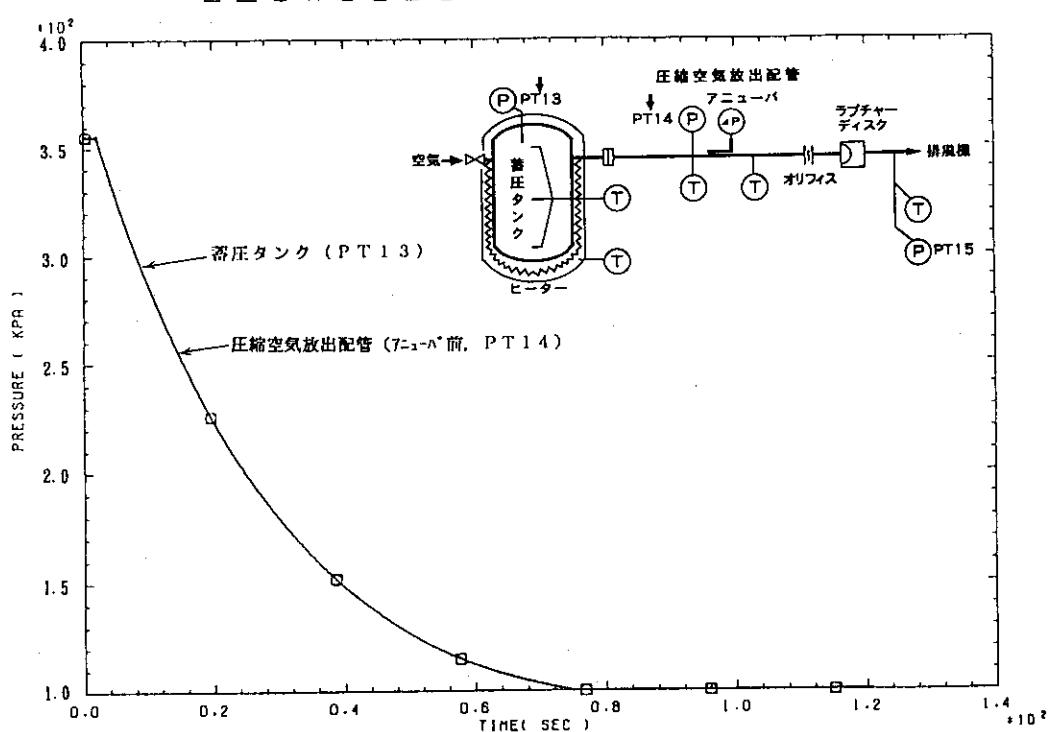


図4.2.8 蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の圧力変化(kPa)

BLOW3001 1988.08.24

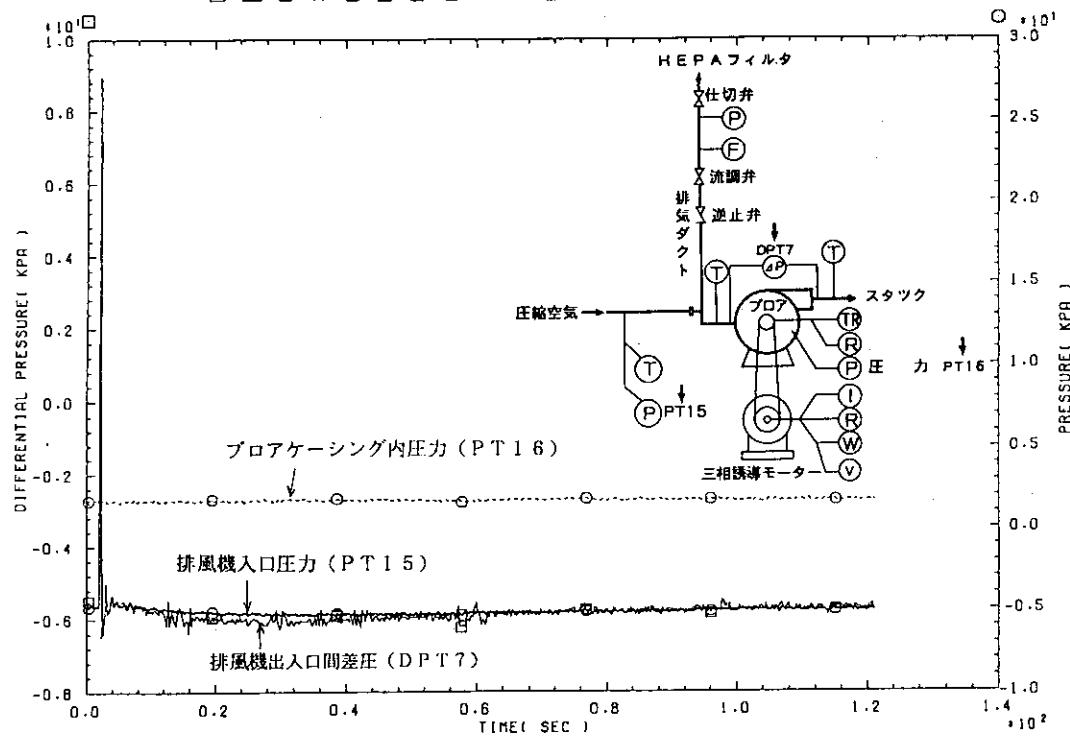


図4.2.9 排風機入口圧力、プロアケーシング内圧力及び排風機出入口間差圧の変化(kPa)

BLOW3001 1988.08.24

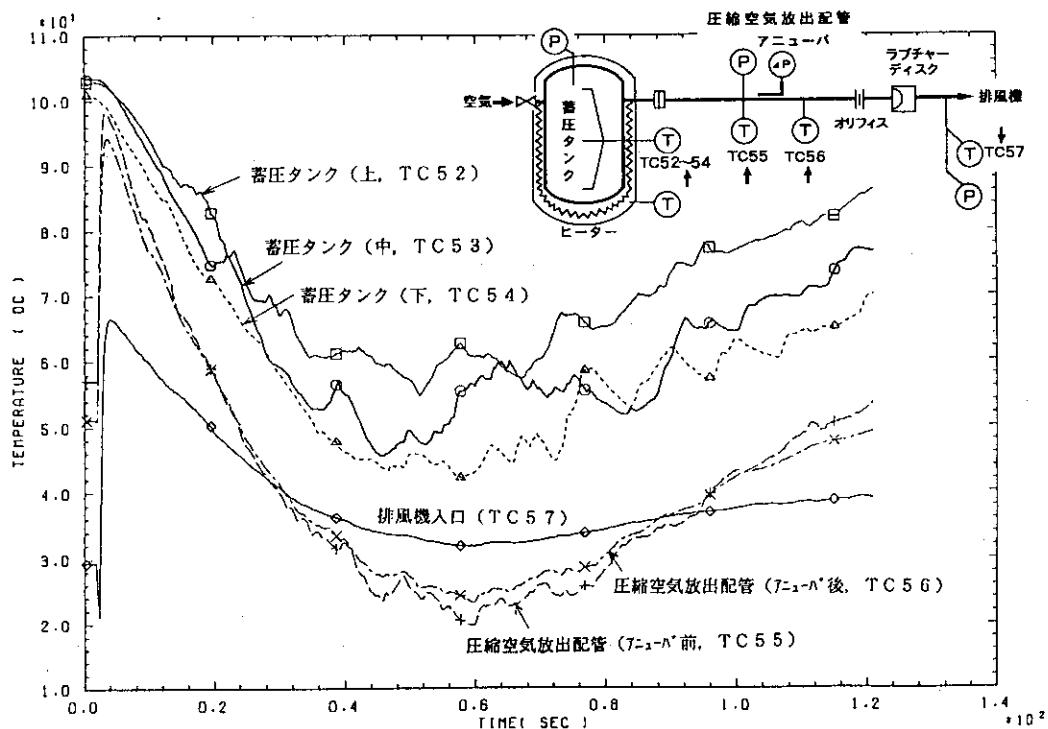


図4.2.10 蓄圧タンク内、圧縮空気放出配管内及び排風機入口の温度変化(℃)

BLOW3001 1988.08.24

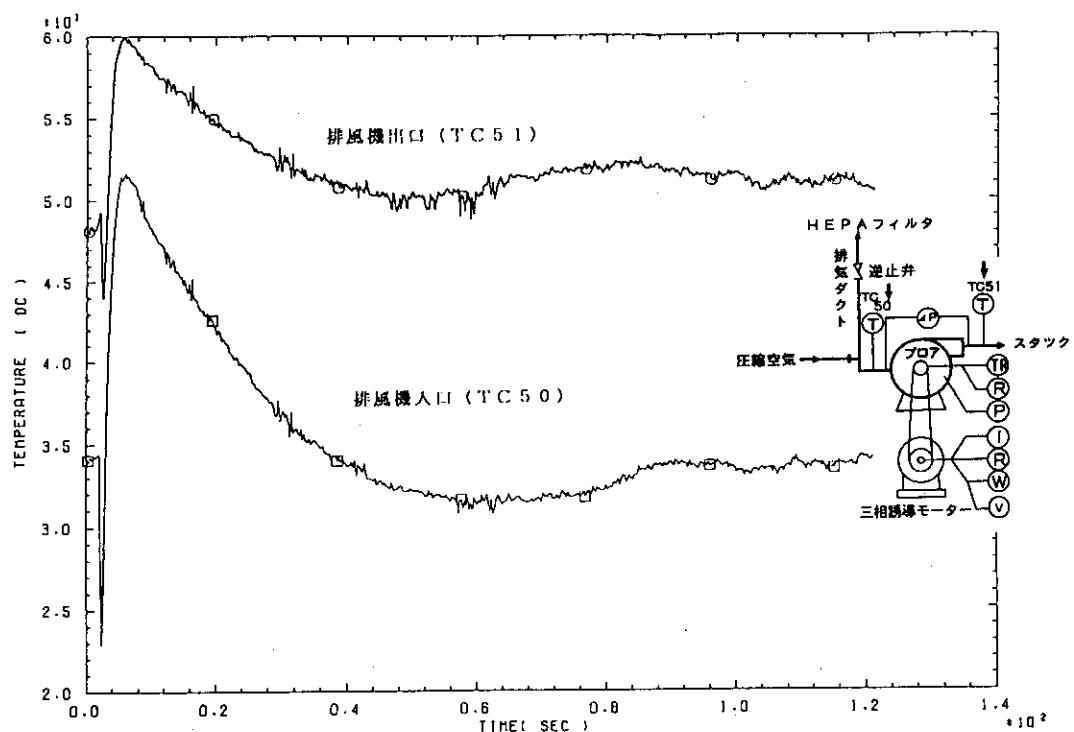
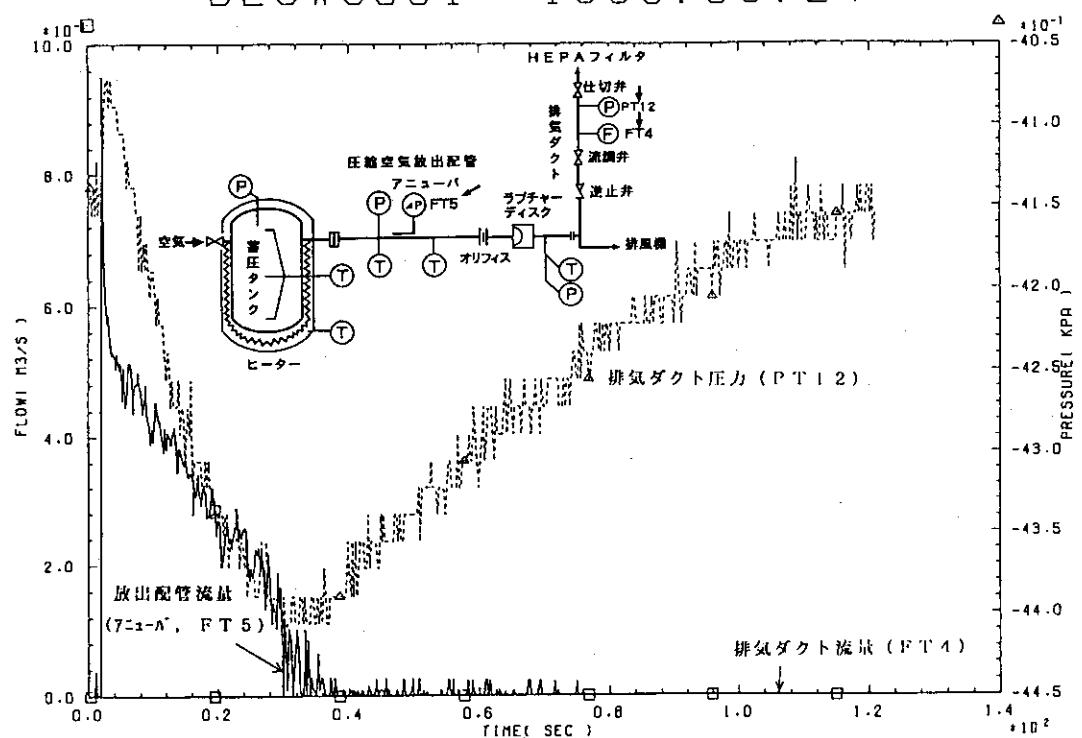


図4.2.11 排風機入口・出口の温度変化(℃)

BLOW3001 1988.08.24

図4.2.12 圧縮空気放出配管流量, 排気ダクト流量( $m^3/s$ )及び排気ダクト圧力(kPa)の変化

BLOW3001 1988.08.24

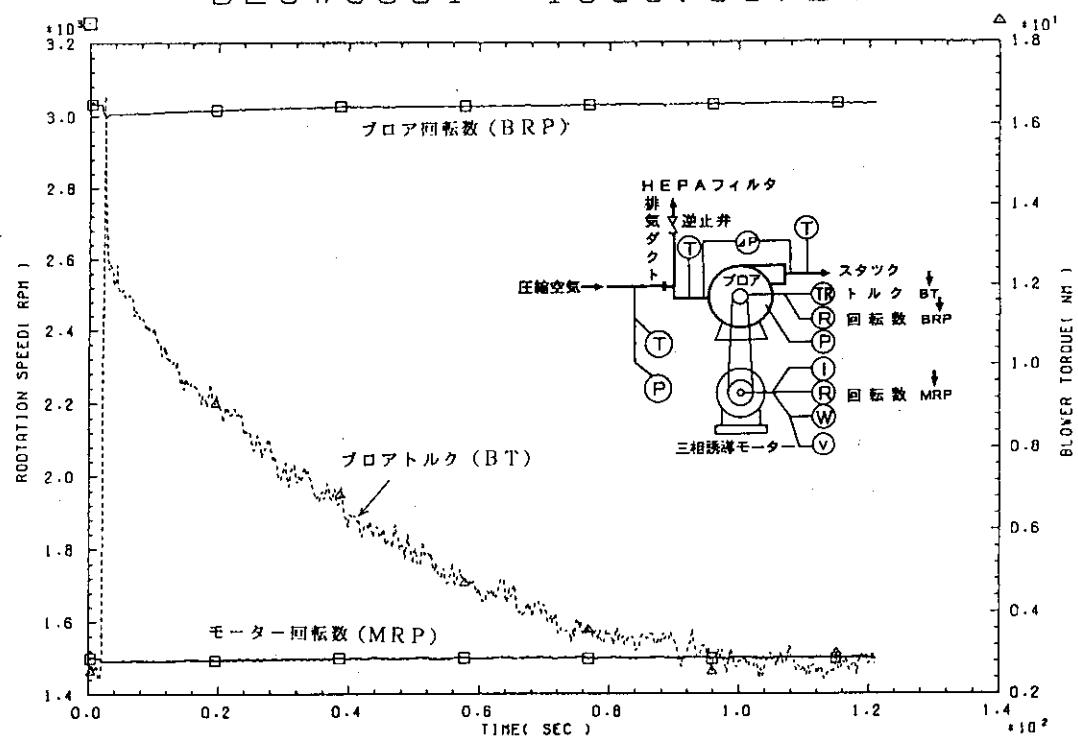


図4.2.13 プロア及びモーター回転数(rpm), プロアトルク(Nm)の変化

BLOW3001 1988.08.24

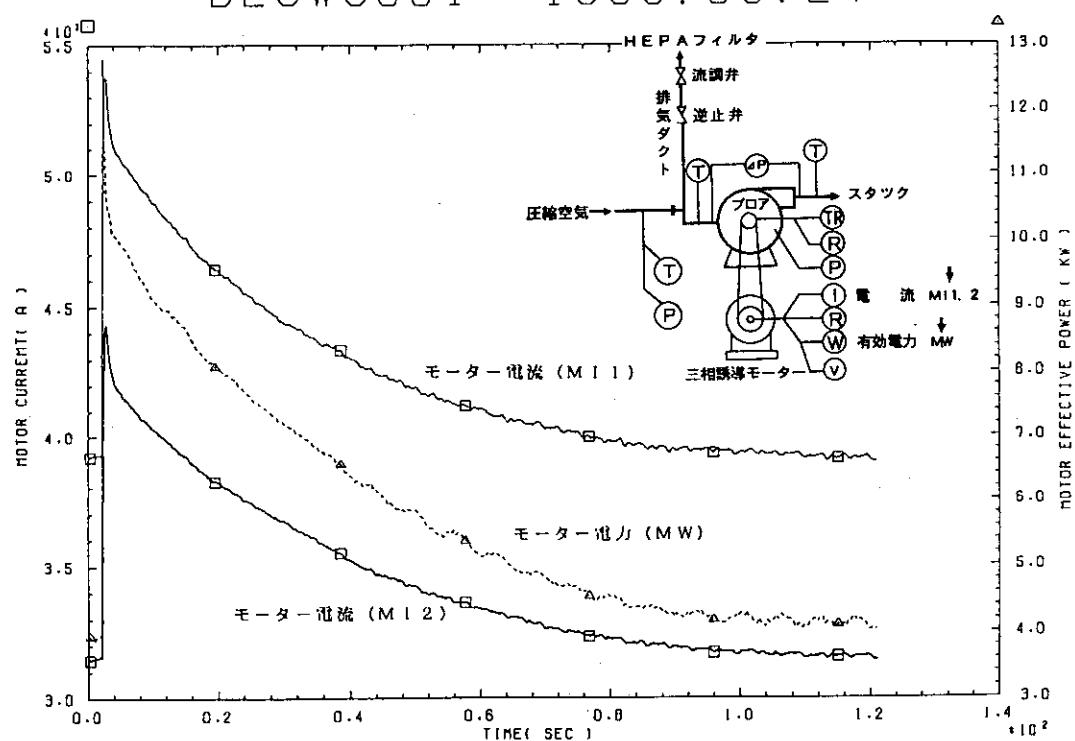


図4.2.14 モーター電流(A)及びモーター有効消費電力(kW)の変化

BLOW4001 1989.08.02

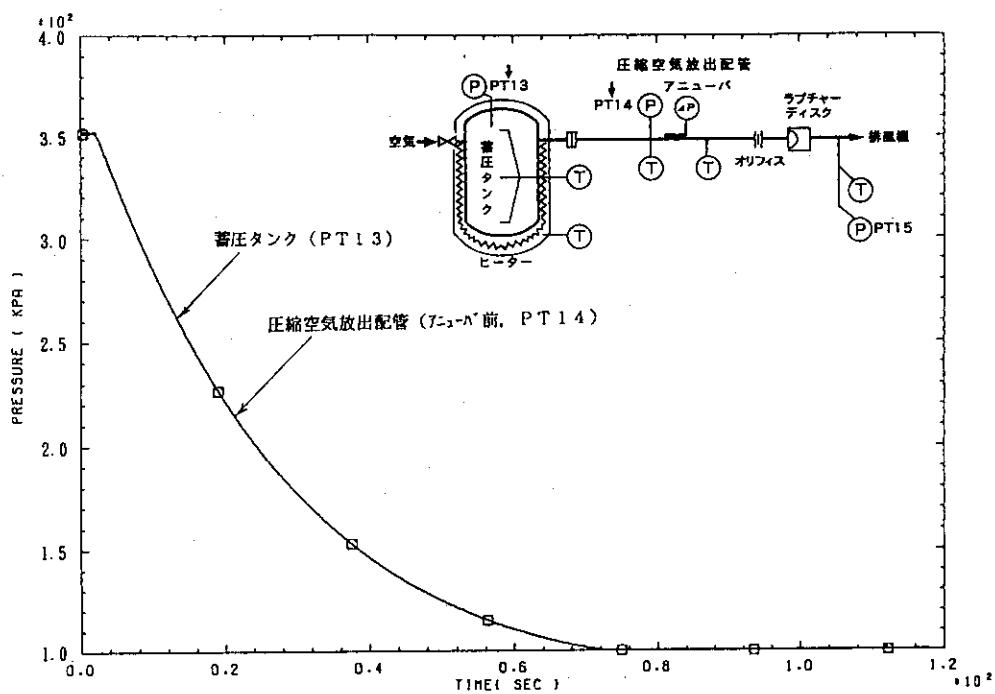


図4.2.15 蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の圧力変化(kPa)

BLOW4001 1989.08.02

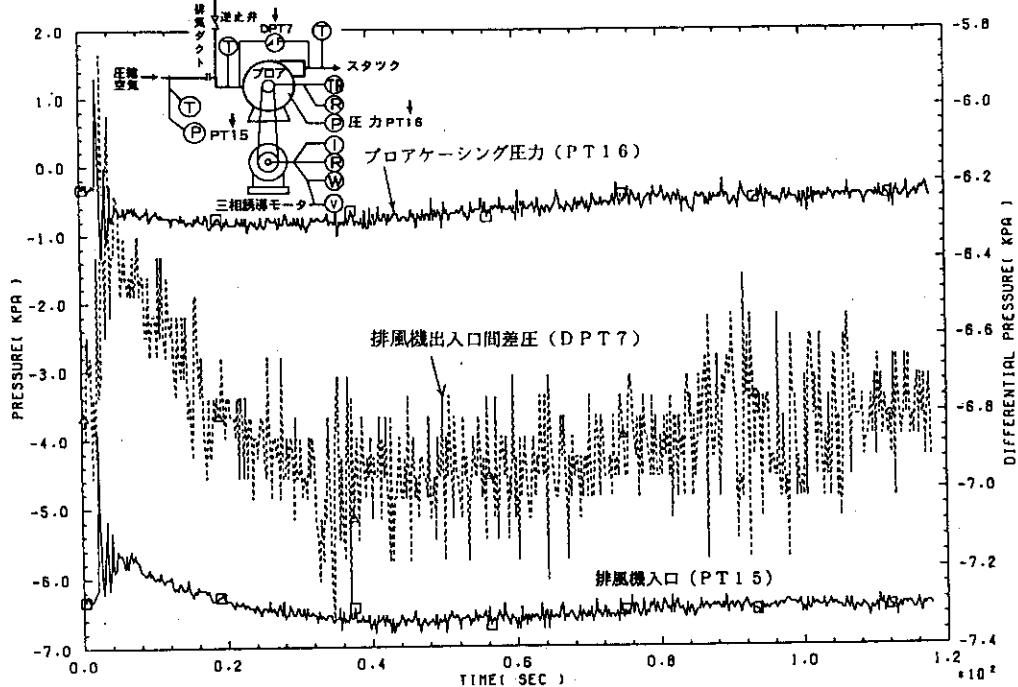


図4.2.16 排風機入口圧力、プロアケーシング内圧力及び排風機出入口間差圧の変化(kPa)

BLOW4001 1989.08.02

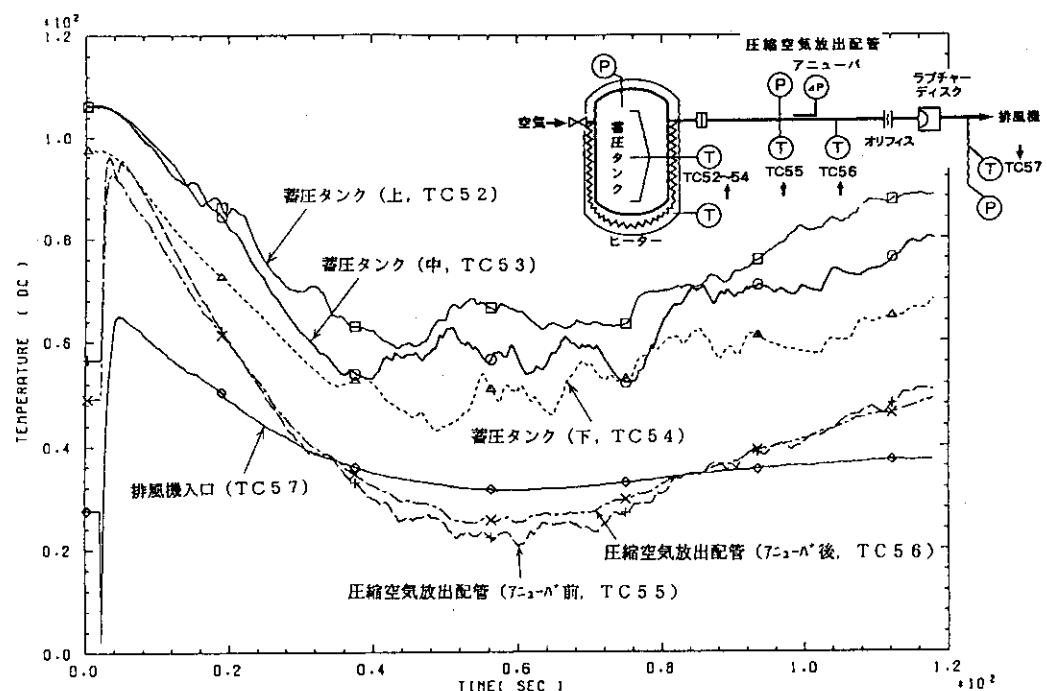


図4.2.17 蓄圧タンク内、圧縮空気放出配管内及び排風機入口の温度変化(℃)

BLOW4001 1989.08.02

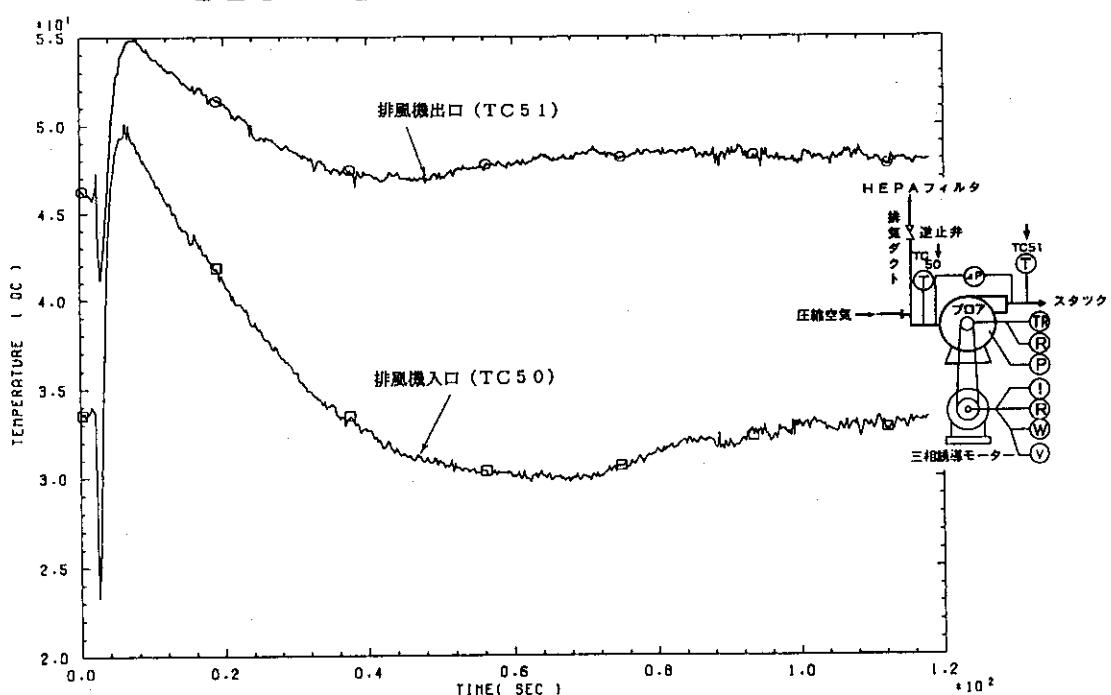
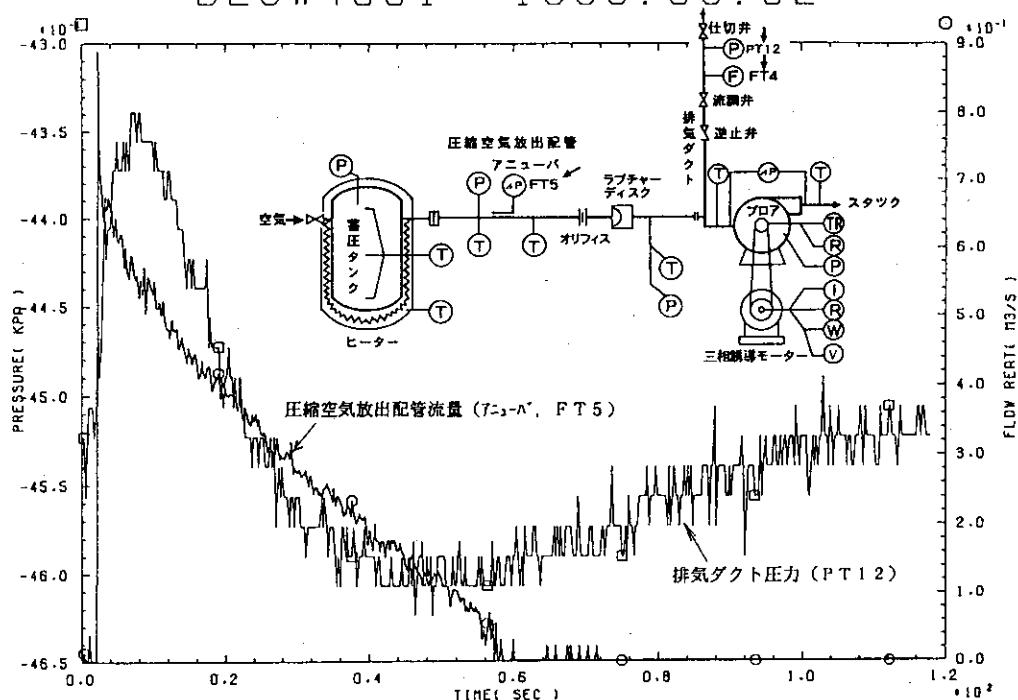


図4.2.18 排風機入口・出口の温度変化(℃)

BLOW4001 1989.08.02

図4.2.19 圧縮空気放出配管流量( $\text{m}^3/\text{s}$ )及び排気ダクト圧力(kPa)の変化

BLOW4001 1989.08.02

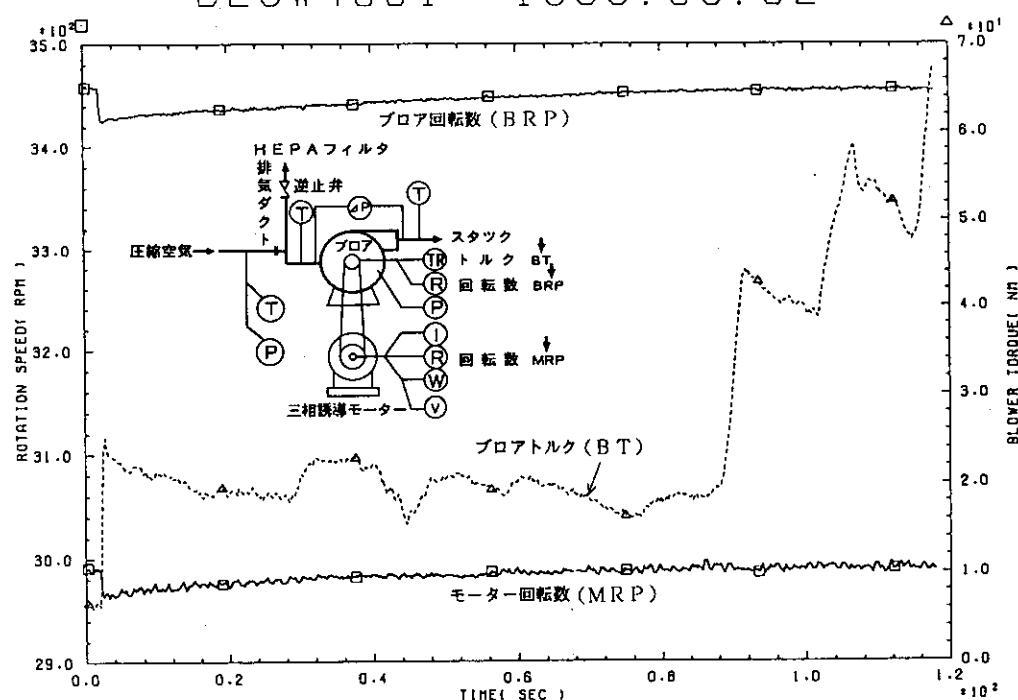
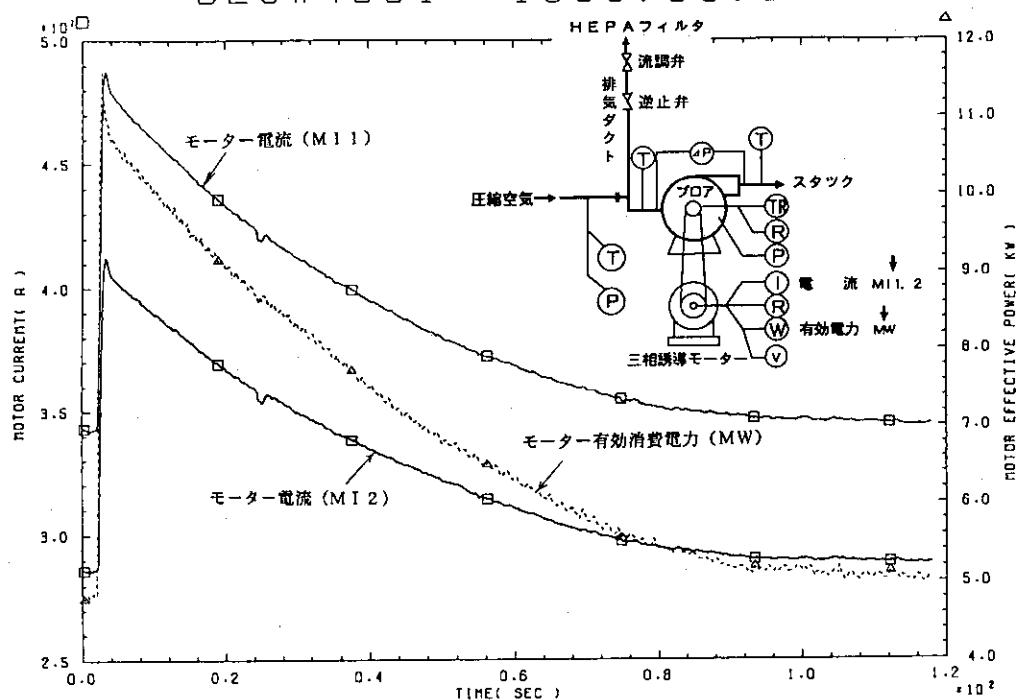


図4.2.20 ブロア及びモーター回転数(rpm), 及びブロアトルク(Nm)の変化

BLOW4001 1989.08.02



#### 4. 2. 2 中風量流入試験

##### (1) 試験の目的

本試験は、蓄圧タンク内の初期圧力を454 kPa (3.6kg/cm<sup>2</sup>G), 初期温度を100°Cに設定した条件の空気を排風機に流入させ、排風機の圧力変化、軸トルク、プロア及びモーター回転数の変化、モーター電圧、電流などの過渡的変化を調べた試験である。BLOWS202試験は、昭和63年2月18日に、BLOW3002試験は、昭和63年8月26日に実施した。

##### (2) 試験の条件

表4.2.2にBLOWS202, BLOW3002の試験条件を示す。2試験の試験条件は仕切り弁の状態以外は、同一である。

表4.2.2 中風量流入試験の試験条件

No.	項目	試験条件
1	蓄圧タンク内初期圧力	454 kPa (3.6kg/cm <sup>2</sup> G)
2	蓄圧タンク内初期空気温度	100°C
3	仕切り弁状態	BLOWS202 : 全開 BLOW3002 : 全閉
4	圧縮空気放出配管オリフィス	絞り比 : 0.3

##### (3) BLOWS202試験の結果

###### (3.1) 圧力及び差圧変化

図4.2.2に蓄圧タンク内(PT13)及び圧縮空気放出配管内(アニューバ(FT5)前, PT14)の圧力変化を示す。圧力は、ラプチャーディスク破壊とともに急速に減少し、約85秒後に大気圧となる。

図4.2.2に排風機入口の圧力(PT15), プロアケーシング内圧力(PT16), 及び排風機差圧(DPT7)の変化を示す。圧縮空気吹き込みとともに排風機前の圧力も上昇し、逆に差圧は減少し、その後漸次定常状態に復帰していく。ただし、差圧は逆転しない。

###### (3.2) 温度変化

図4.2.2に蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の温度変化を示す。蓄圧タンク内温度TC52, 53, 54は、圧力減少とともに断熱膨張によって低下するが、タンク壁からの伝熱があるのである程度以下にはならない。アニューバ式流量計(FT5)前後の温度TC55とTC56は、圧縮空気放出と同時に急激に上昇し、以後TC52~54と同様の変化をしている。TC57は排風機入口温度であり、TC55, 56より低いレベルで同様の上昇→低下の変化を示している。

図4.2.2に排風機の入口、出口における温度変化を示す。圧縮空気流入による若干の温

度上昇がみられる。排風機入口側のTC50は出口側のTC51より温度上昇、減衰幅が大きく、変化速度も大きい。

### (3.3) 流量及び圧力変化

図4.2.26に放出された圧縮空気流入の流量(FT5:アニューバ)、排気ダクト流量(FT4:アニューバ)及び排気ダクト圧力(PT12)の変化を示す。FT4においては、定常状態の流量より流入により一時的に排風機による排気能力が減少したのに伴い、減少している。PT12の圧力が急速に増大し、かつ漸減しているのは、流入空気が排気ダクトにおける第1モデルセルからの空気の流れを一時的に抑制したことを示しており、FT4の一時的減少と符合している。なお、本試験時には、排気ダクトには逆止弁が取り付けられていない。また、FT5(放出空気流量)のデータは、多くの急峻なパルスの集まりになっている。

### (3.4) 排風機の挙動

図4.2.27にプロア及びモーターの回転数、プロアトルクの変化を示す。プロア回転数が圧縮空気流入の瞬間に負荷増大のため急速に低下し、その後漸次回復するのに対し、モーター回転数はほとんど一定である。一方、プロアトルクは急激に増大し、その後漸減している。

図4.2.28にモーター電流MI1, 2(3相中の2相)、有効(消費)電力MW1の変化を示す。MI1, 2は圧縮空気流入と同時にプロアトルクの増大と対応して急速に増大し漸減している。また、MW1は電流に対応した形でノイズを含みつつ急速増大から減少の傾向を示している。

## (4) BLOW3002試験の結果

### (4.1) 圧力及び差圧変化

図4.2.29に蓄圧タンク内(PT13)及び圧縮空気放出配管内(アニューバ(FT5)前、PT14)の圧力変化を示す。圧力は、ラプチャーディスク破壊とともに急速に減少し、約110秒後に大気圧となる。PT13とPT14は常に連続した空間であるので、当然それらの圧力履歴は一致している。

図4.2.30に排風機入口の圧力(PT15)、プロアケーシング内圧力(PT16)、及び排風機差圧(DPT7)の変化を示す。圧縮空気流入とともに排風機入口(前)圧力及び差圧は急激にパルス状に上昇し、その後定常状態に復帰した。PT16のデータにはほとんど変化がみられない。

### (4.2) 温度変化

図4.2.31に蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の温度変化を示す。蓄圧タンク内温度TC52, 53, 54は、圧力減少とともに断熱膨張によって低下するが、タンク壁からの伝熱があるのである程度以下にはならない。アニューバ式流量計(FT5)前後の温度TC55とTC56は、圧縮空気放出と同時に急激に上昇し、以後TC52~54と同様の変化を示している。TC57は排風機入口温度であり、TC55, 56より低いレベルで同様の上昇→以下の変化を示している。これらの温度変化の幅は蓄圧タンクからの流路長さにしたがっている。

図4.2.32に排風機の入口、出口における気相温度変化を示す。圧空流入による若干の温度上昇がみられる。排風機入口側のTC50は出口側のTC51より温度上昇、減衰幅が大き

く、変化速度も大きい。

#### (4.3) 流量及び圧力変化

図4.2.33に放出された圧縮空気流入の流量(F T 5 : アニューバ)，排気ダクト流量(F T 4 : アニューバ)及び排気ダクト圧力(P T 12)の変化を示す。ラプチャーディスクを破った瞬間，F T 5は鋭いピークを以て立ち上がる。また、仕切り弁はフィルターチェンバーの直後であり、したがって排気ダクト内は排風機によって吸引された状態にあり、負圧となっているが、圧縮空気流入とともにさらに圧力が低下している。排気ダクト内は逆止弁の作動により、F T 4によって検知できるほどの空気の流れはなく、F T 4の値は常にゼロを示している。

#### (4.4) 排風機の挙動

図4.2.34にプロア及びモーターの回転数、プロアトルクの変化を示す。プロア回転数が圧縮空気流入の間やや低下するのに対し、モーター回転数はほとんど一定である。これは、モーターが3相誘導モーターであること、及びモーターシャフトとプロアシャフトを結合するベルトにスリップが生じたこと、に帰せられる。

図4.2.35にモーター電流(3相中の2相)，有効(消費)電力の変化を示す。M I 1, 2, MW 1とも圧縮空気吹き込みと同時に増大し、その後漸減している。

BLOWS202 1988.02.18

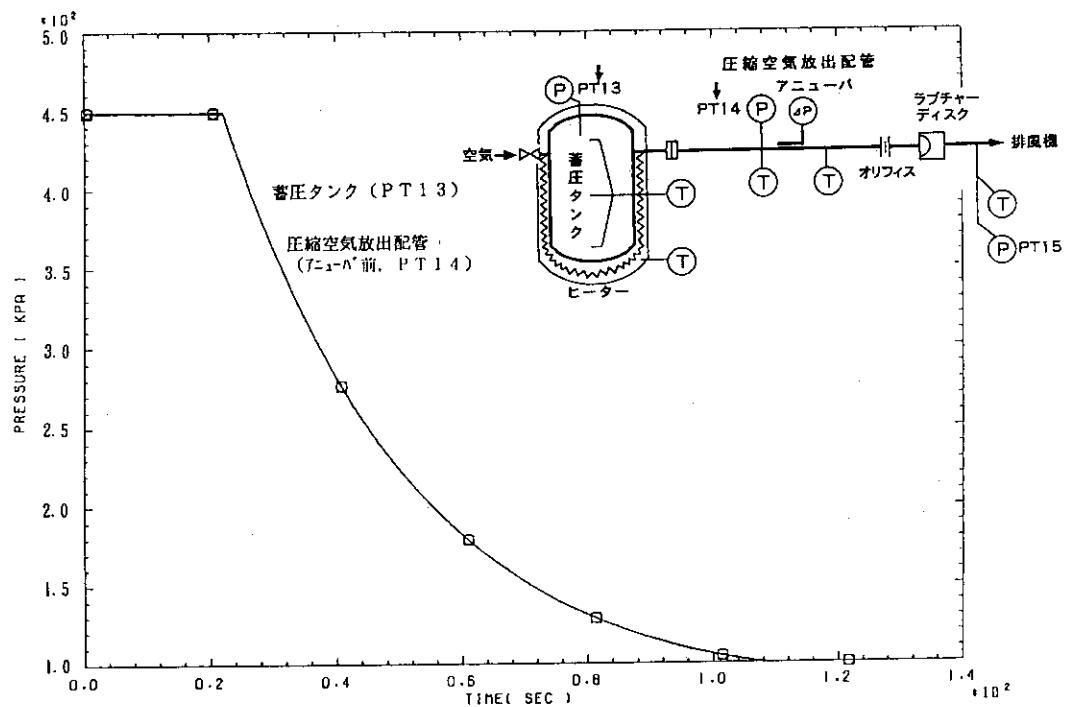


図4.2.22 蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の圧力変化(kPa)

BLOWS202 1988.02.18

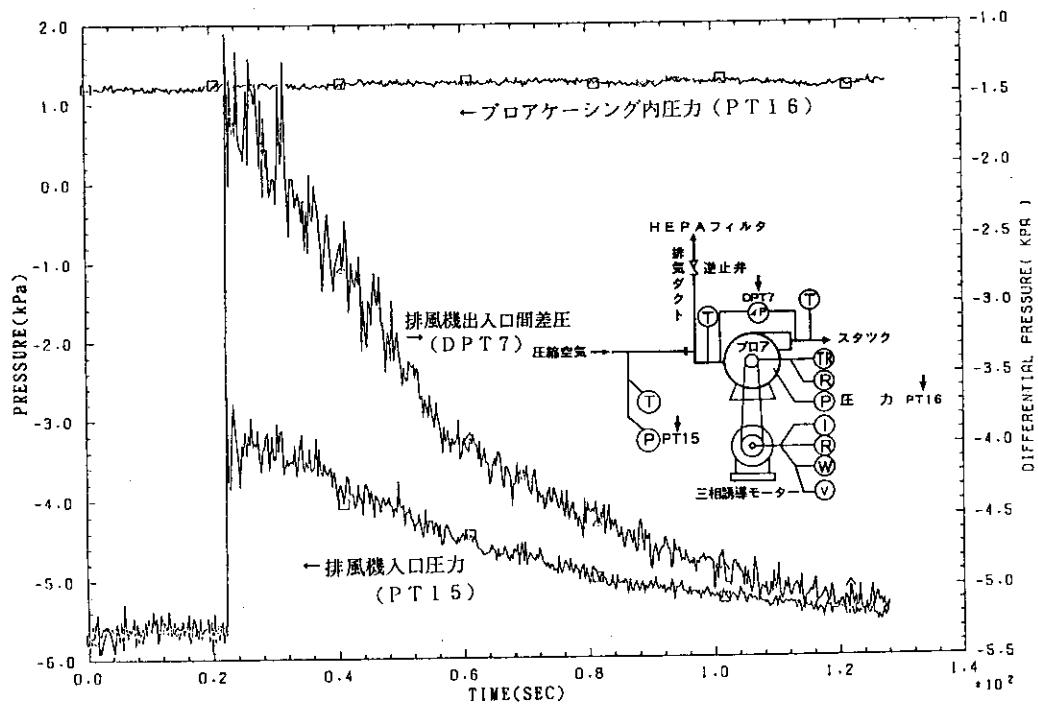


図4.2.23 排風機入口圧力, プロアケーシング内圧力及び排風機出入口間差圧の変化(kPa)

BLOWS202 1988.02.18

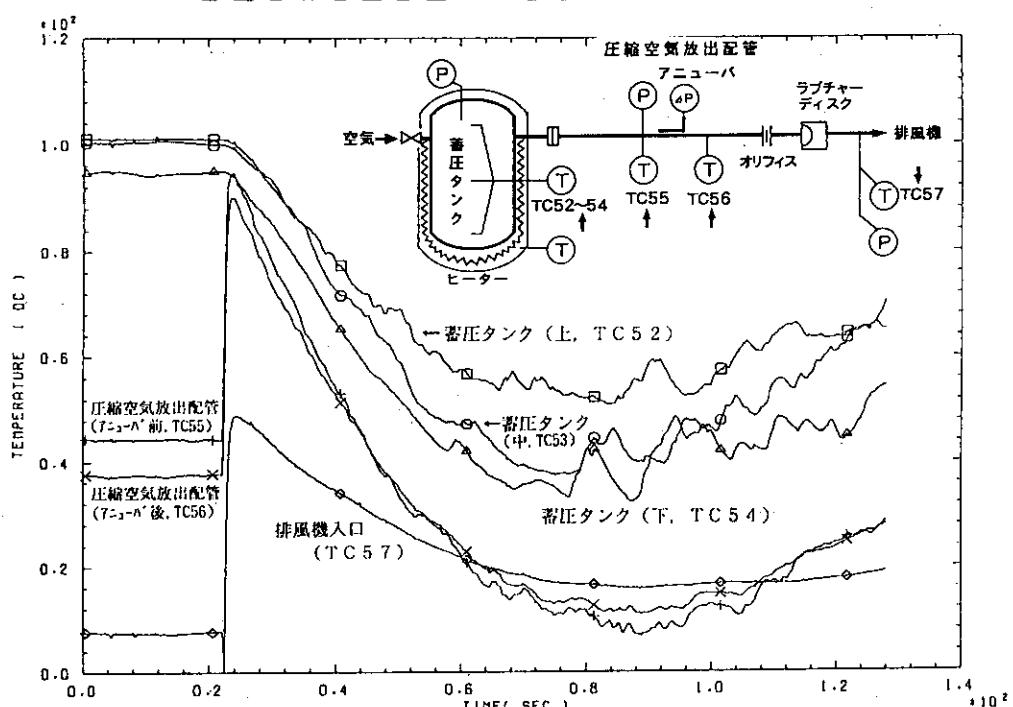


図4.2.24 蓄圧タンク内、圧縮空気放出配管内及び排風機入口の温度変化(℃)

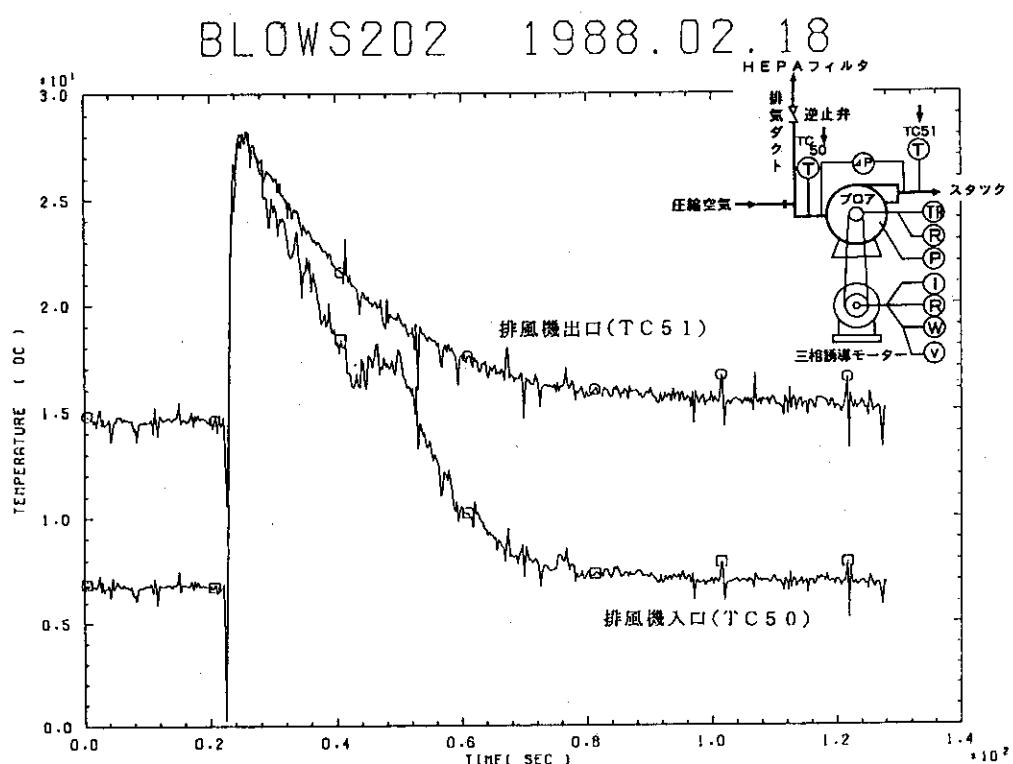
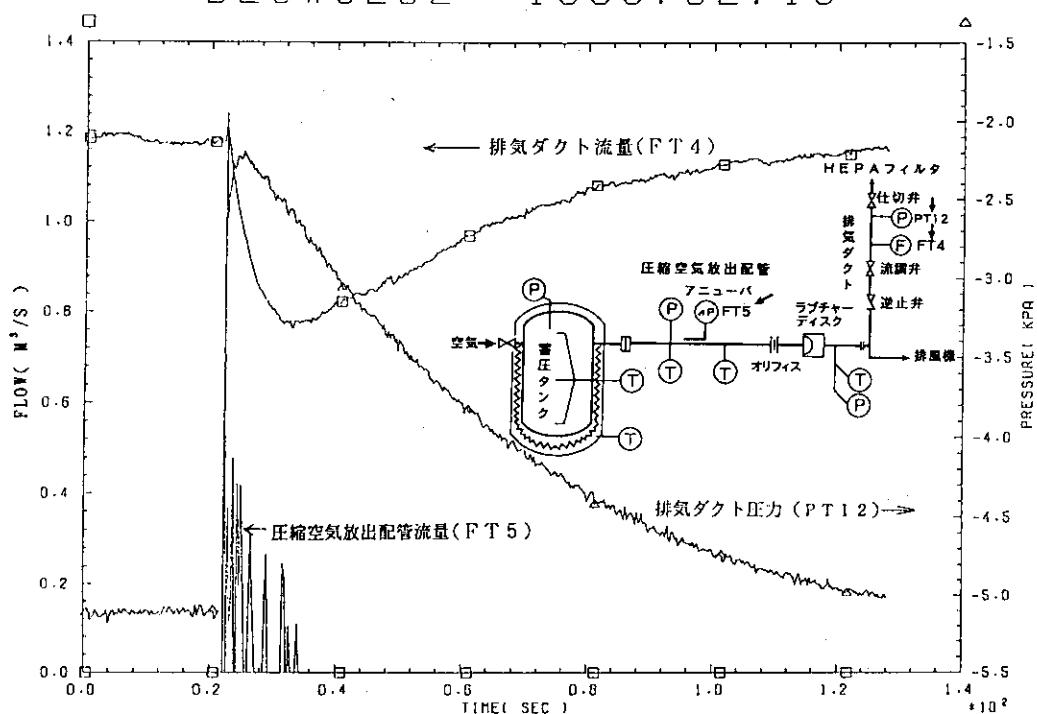


図4.2.25 排風機入口・出口の温度変化(℃)

BLOWS202 1988.02.18

図4.2.26 圧縮空気放出配管流量・排気ダクト流量( $\text{m}^3/\text{s}$ )及び排気ダクト圧力(kPa)の変化

BLOWS202 1988.02.18

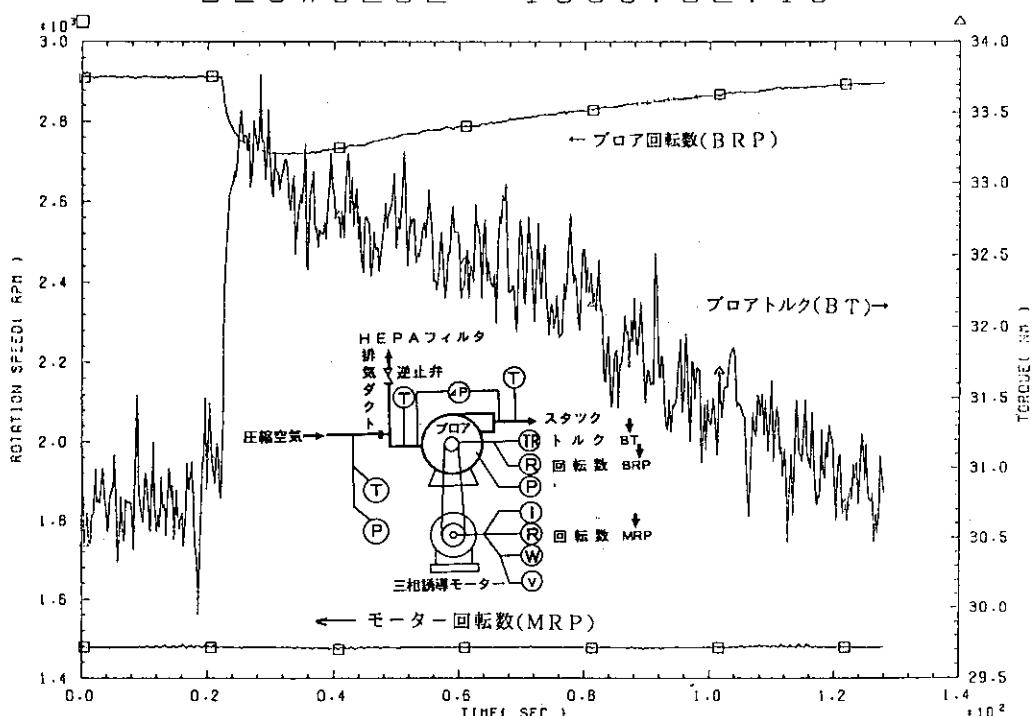


図4.2.27 プロア及びモーター回転数(rpm), 及びプロアトルク(Nm)の変化

BLOWS202 1988.02.18

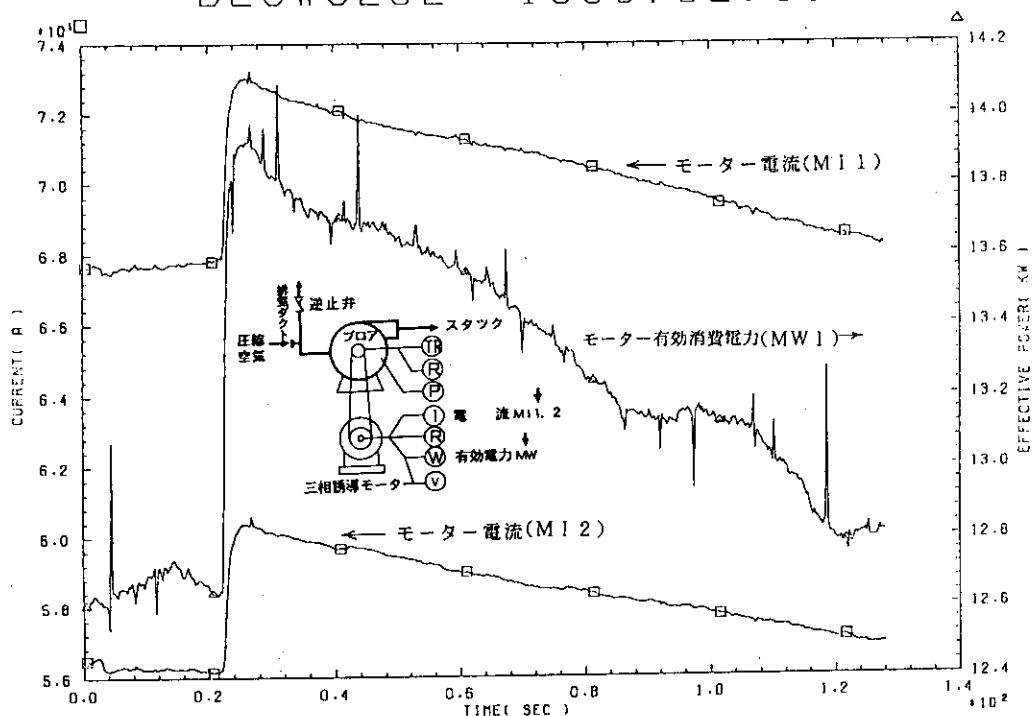


図4.2.28 モーター電流(A)及びモーター有効消費電力(kW)の変化

BLOW3002 1988.08.26

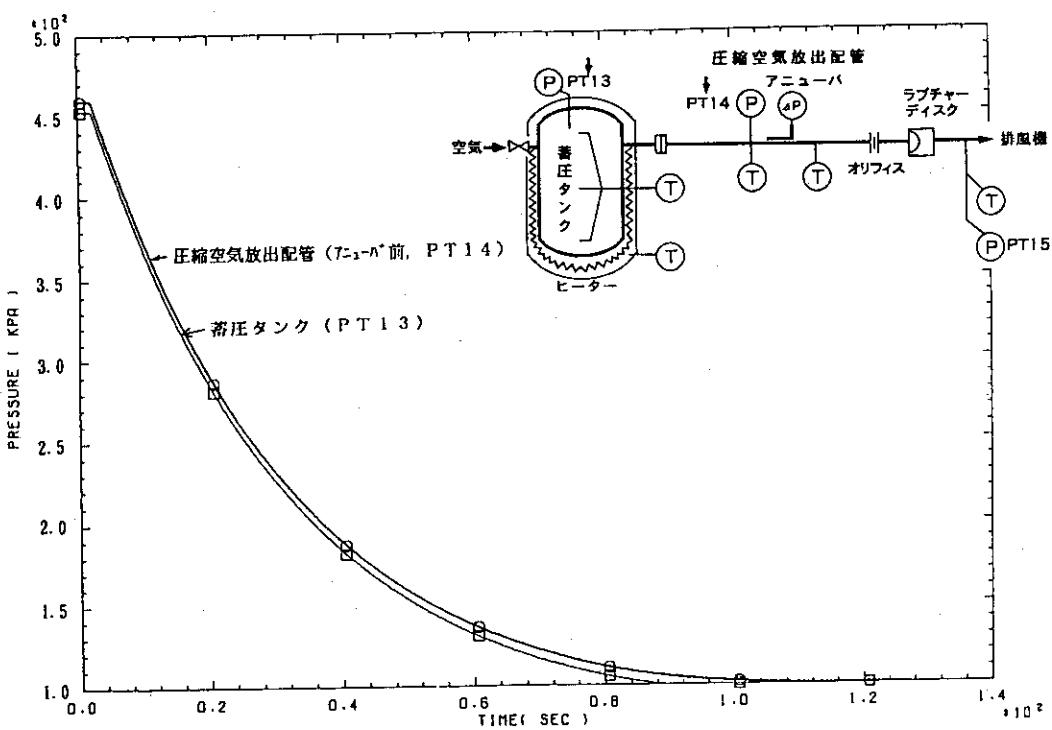


図4.2.29 蕃圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の圧力変化(kPa)

BLOW3002 1988.08.26

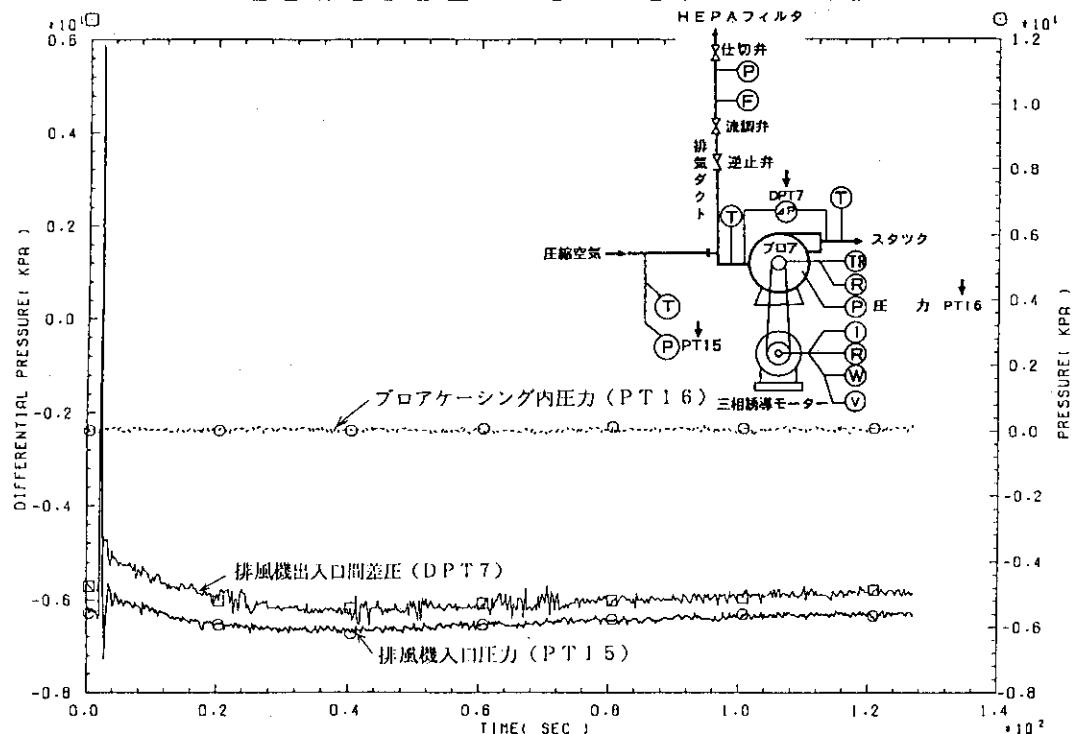


図4.2.30 排風機入口圧力、プロアケーシング内圧力及び排風機出入口間差圧の変化(kPa)

BLOW3002 1988.08.26

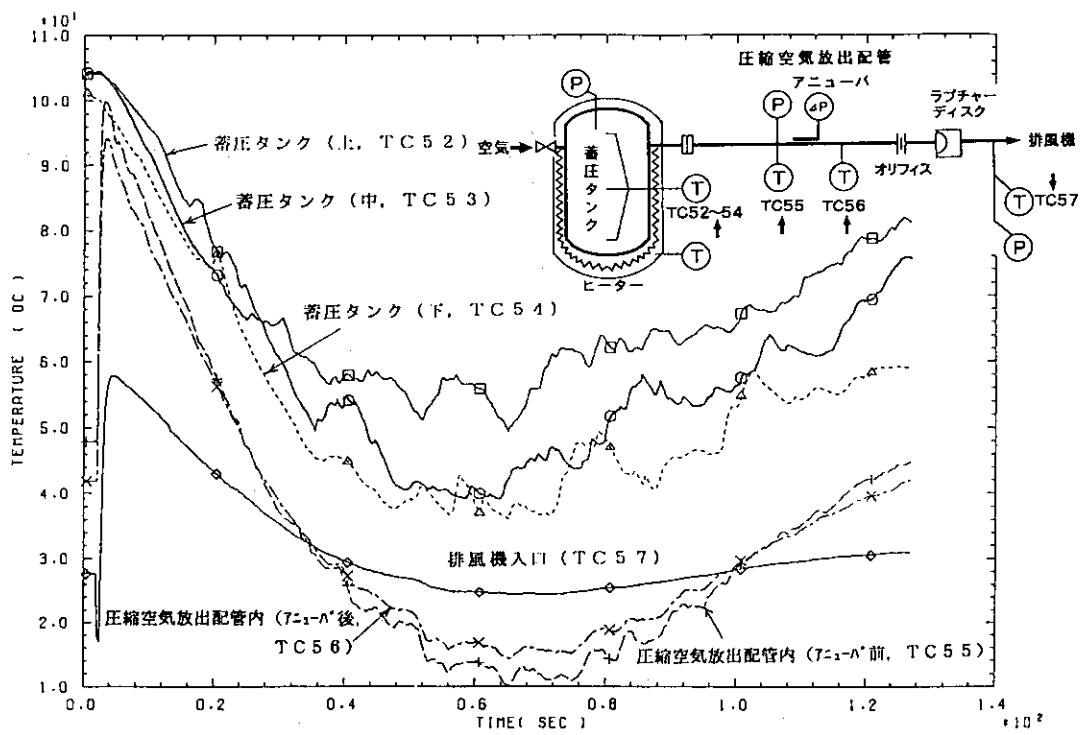


図4.2.31 蓄圧タンク内、圧縮空気放出配管内及び排風機入口の温度変化(℃)

BLOW3002 1988.08.26

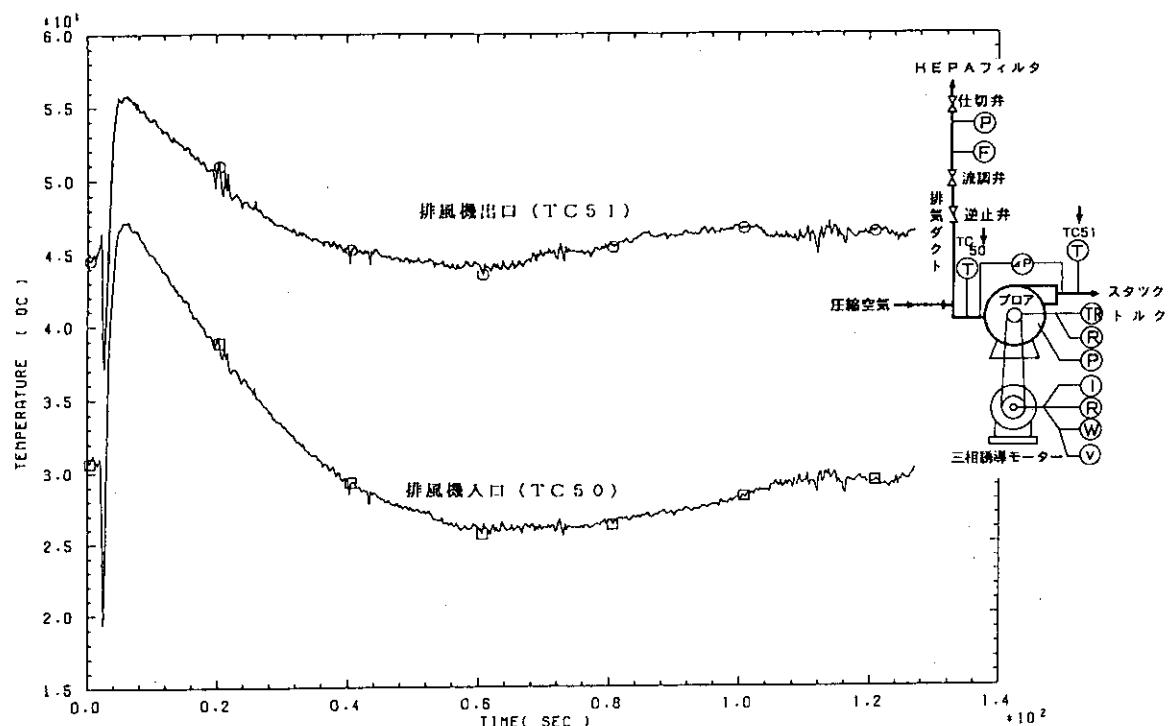
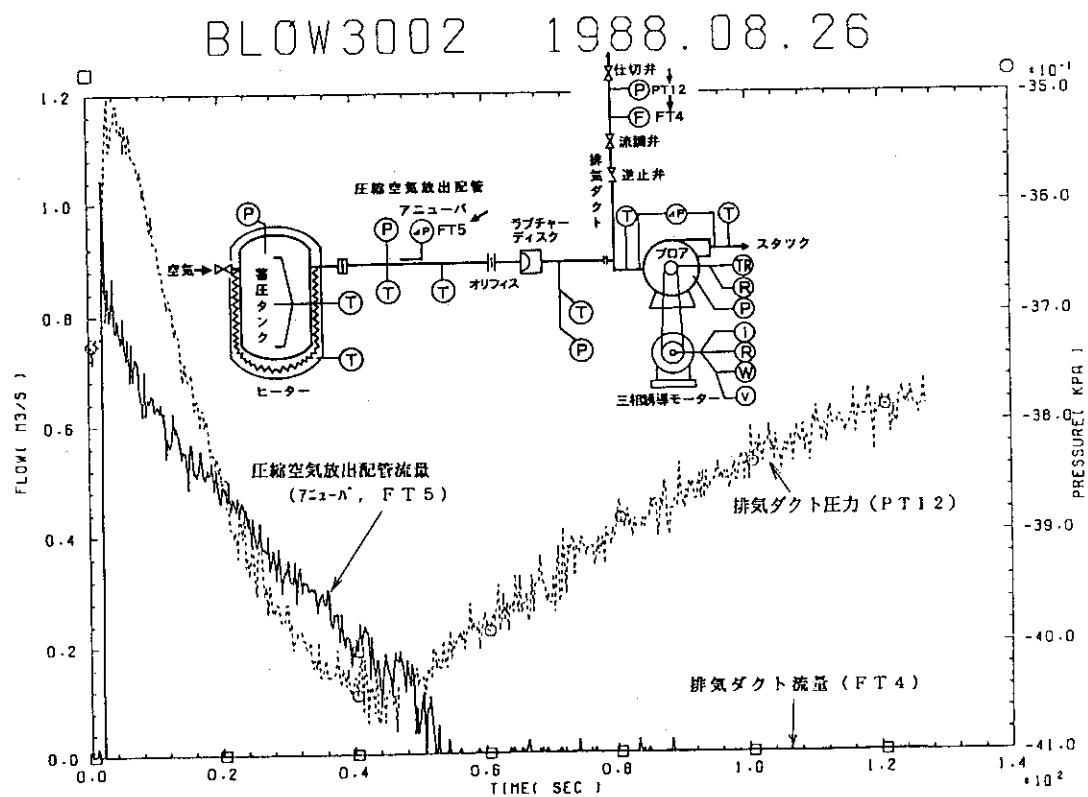


図4.2.32 排風機入口・出口の温度変化(℃)

図4.2.33 圧縮空気放出配管流量・排気ダクト流量( $m^3/s$ )及び排気ダクト圧力(kPa)の変化

BLOW3002 1988.08.26

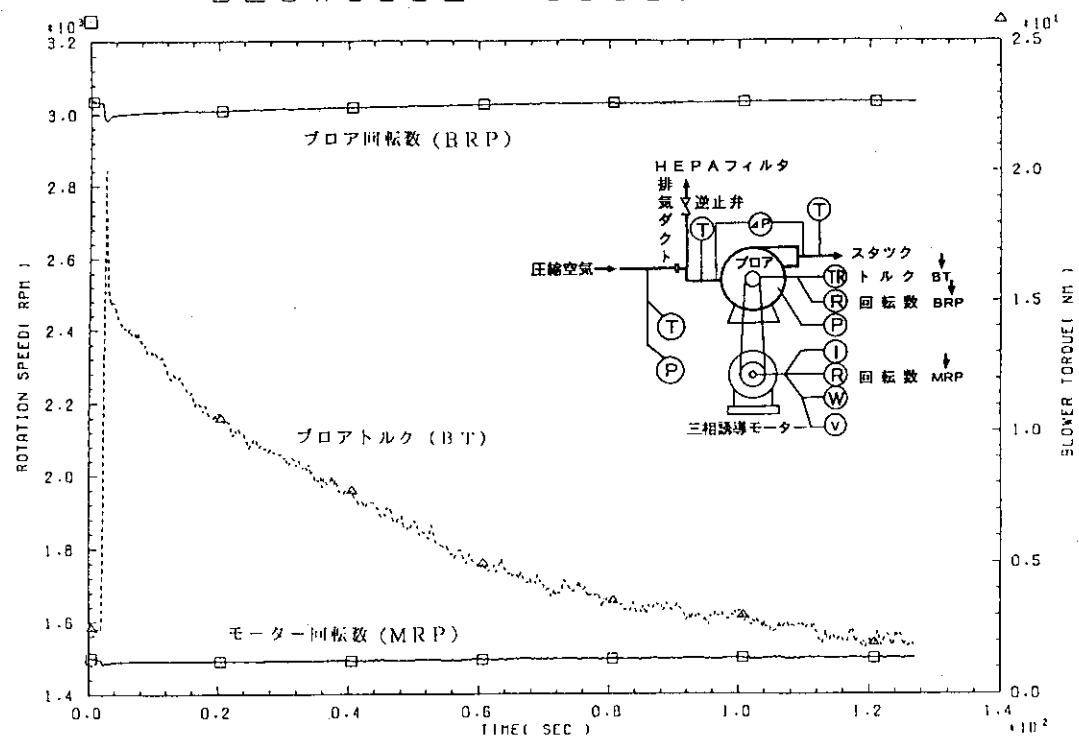


図4.2.34 プロア及びモーター回転数(rpm), 及びプロアトルク(Nm)の変化

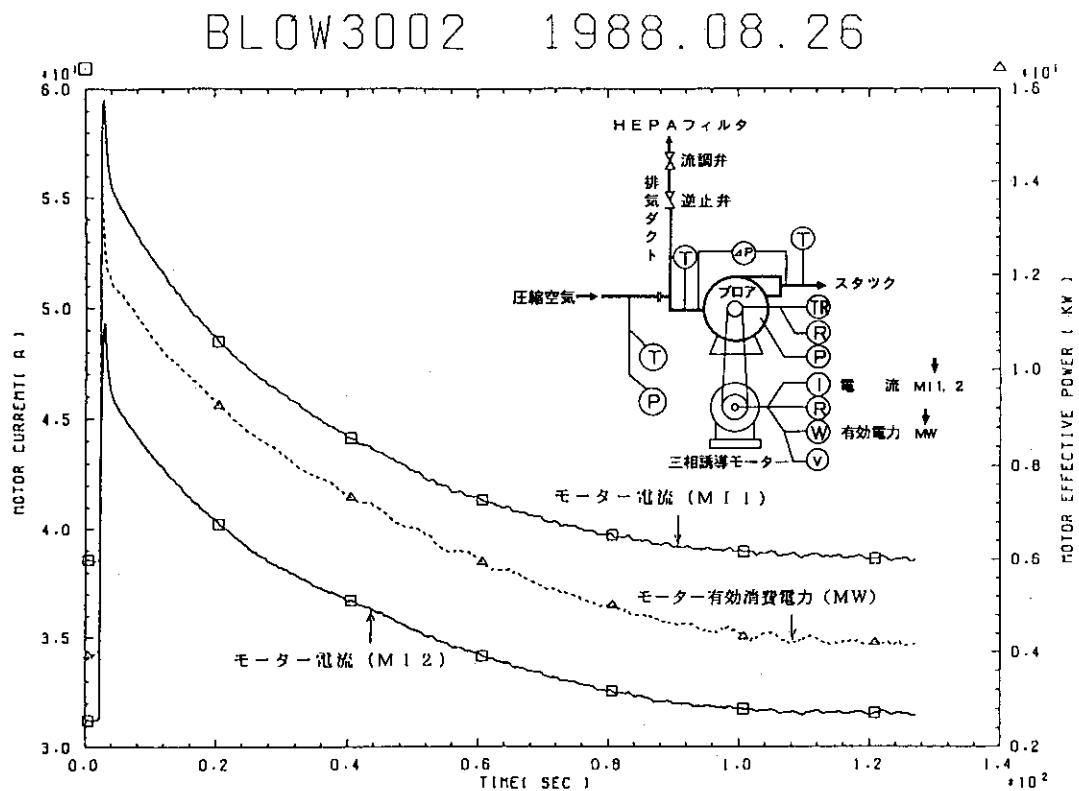


図4.2.35 モーター電流(A)及びモーター有効消費電力(kW)の変化

#### 4. 2. 3 大風量流入試験

##### (1) 試験の目的

本試験は、蓄圧タンク内の初期圧力を $562\text{ kPa}$  ( $4.7\text{ kg/cm}^2\text{G}$ )、初期温度を $100^\circ\text{C}$ 及び外気温度に設定した条件N空気を排風機に流入させ、排風機の圧力変化、軸トルク、プロア及びモーターの回転数の変化、モーター電圧、電流などの過渡的変化を調べた試験である。BLOW3003試験は、昭和63年11月10日に、BLOW5001試験は、平成3年1月31日に実施した。

##### (2) 試験の条件

表4.2.3にBLOW3003、BLOW5001の試験条件を示す。2試験の試験条件は、蓄圧タンク初期空気温度と放出管オリフィスの絞り比以外は同一である。

表4.2.3 大風量流入試験の試験条件

No.	項目	試験条件
1	蓄圧タンク内初期圧力	$562\text{ kPa}$ ( $4.7\text{ kg/cm}^2\text{G}$ )
2	蓄圧タンク内初期空気温度	BLOW3003 : $100^\circ\text{C}$ BLOW5001 : 外気温度
3	仕切り弁状態	全閉
4	圧縮空気放配出管オリフィス	絞り比 ; BLOW3003 : 0.3 BLOW5001 : なし

##### (3) BLOW3003試験の結果

###### (3.1) 圧力及び差圧変化

図4.2.3.6に蓄圧タンク内(PT13)及び圧縮空気放出配管内(アニューバ(FT5)前、PT14)の圧力変化を示す。圧力は、ラプチャーディスク破壊とともに急速に減少し、約100秒後に大気圧となる。PT13とPT14は常に連続した空間であるので、当然それらの圧力履歴は一致している。

図4.2.3.7に排風機入口の圧力(PT15)、プロアケーシング内圧力(PT16)、及び排風機差圧(DPT7)の変化を示す。圧縮空気流入とともに排風機入口(前)圧力及び差圧は急激にパルス状に上昇し、その後定常状態に復帰した。

###### (3.2) 温度変化

図4.2.3.8に蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の温度変化を示す。蓄圧タンク内温度TC52、53、54は、圧力減少とともに断熱膨張によって低下するが、タンク壁からの伝熱があるのである程度以下にはならない。アニューバ式流量計(FT5)前後の温度TC55とTC56は、圧縮空気放出と同時に急激に上昇し、以後TC52~54と同様の変化を示している。TC57は排風機入口温度であり、TC55、56より低いレベルで同様の上昇→低

下の変化を示している。これらの温度変化の幅は蓄圧タンクからの流路長さにしたがっている。

図4.2.39に排風機の入口、出口における温度変化を示す。圧空流入による若干の温度上昇がみられる。排風機入口側のTC50は出口側のTC51より温度上昇、減衰幅が大きく、変化速度も大きい。

### (3.3) 流量及び圧力変化

図4.2.40に放出された圧縮空気流入の流量(FT5:アニューバ)、排気ダクト流量(FT4:アニューバ)及び排気ダクト圧力(PT12)の変化を示す。ラプチャーディスクを破った瞬間、FT5は鋭いピークを以て立ち上がった後急速に低下している。これは、FT5のアニューバセンサーの動作不良と思われる。

仕切り弁はフィルターチェンバーの直下流にあり、したがって排気ダクト内は排風機によって吸引されているので負圧となっているが、圧縮空気流入とともにさらに圧力が低下している。排気ダクト内は逆止弁の作動により、FT4によって検知できるほどの空気の流れはなく、FT4の値は常にゼロを示している。

### (3.4) 排風機の挙動

図4.2.41にプロア及びモーターの回転数、プロアトルクの変化を示す。プロア回転数が圧縮空気流入の間やや低下するのに対し、モーター回転数はほとんど一定である。これは、モーターが3相誘導モーターであること、及びモーターシャフトとプロアシャフトを結合するベルトにスリップが生じたこと、に帰せられる。

図4.2.42にモーター電流(3相中の2相)、有効(消費)電力の変化を示す。MI1, 2, MW1とも圧縮空気吹き込みと同時に増大し、その後漸減している。

## (4) BLOW5001試験の結果

### (4.1) 圧力及び差圧変化

図4.2.43に蓄圧タンク内(PT13)及び圧縮空気放出配管内(アニューバ(FT5)前、PT14)の圧力変化を示す。圧力は、ラプチャーディスク破壊とともに急速に減少し、約1.4秒後にゼロ(ゲージ圧)となる。PT13とPT14は常に連続した空間であるので、それらの圧力履歴はほとんど一致しているが、圧縮空気放出配管圧力(PT14)は、やや速く低下している。

図4.2.44に排風機入口の圧力(PT15)、プロアケーシング内圧力(PT16)、及び排風機差圧(DPT7)の変化を示す。放出空気流入とともに排風機入口(前)圧力及び差圧は急激に上昇し、その後原状に復帰した。いづれの信号もスケールオーバーしたので、図には一点鎖線でピークの推定形状を記入した。この推定形状から、PT15, PT16, DPT7のピーク値は、それぞれ95kPa, 56kPa及び85kPaと見積もられる。

### (4.2) 温度変化

図4.2.45に蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の温度変化を示す。いづれの温度も、断熱膨張による急激な温度低下を示している。カーブが約0.35°Cで一定値を保っているのは、熱電対の0.35°C以下の温度に対応するほとんど0mV以下の信号はデータロガーの入力レンジ

ジの下限値からはずれてしまうからである。

図4.2.4.6に排風機の入口、出口における温度変化を示す。圧縮空気流入による若干の温度変化がみられる。排風機入口側のTC50は出口側のTC51より温度が全般に低いが、温度上昇の幅は大きく、かつ減衰幅も大きい。

#### (4.3) 流量及び圧力変化

図4.2.4.7に放出された圧縮空気流入の流量(FT5:アニューバ)及び排気ダクト圧力(PT12)の変化を示す。ラプチャーディスクを破った瞬間、FT5は鋭いピークをなして立ち上がる。FT5のアニューバセンサーがスケールオーバーしたので、流量に換算したカーブも上部ピークが切れている。推定ピーク値は、 $16 \text{ Nm}^3/\text{s}$ である。

また、仕切り弁はフィルターチェンバーの直後にあり、したがって排気ダクト内は排風機によって吸引された状態にあり、負圧となっているが、圧縮空気流入とともに負圧が減少し、ピーク値をとった後、定常状態に復帰している。

#### (4.4) 排風機挙動

図4.2.4.8にプロア及びモーターの回転数、プロアトルクの変化を示す。モーター回転数は、実際の値を2倍して示す。プロア回転数、モーター回転数とも圧縮空気流入の瞬間急激に増大して極大値をとり、その後減少し、定常状態に復帰している。伝動ベルトのスリップはほとんどみられない。

トルクは、一旦ゼロレベルとなった後、急速に増大し、その後定常状態に復帰している。ただし、トルクセンサーの出力は正確にはトルクに対応していないので、トルクデータは、絶対値には余り意味はなく、その変化のパターン(相対的な値)のみ意味を持つ。

図4.2.4.9にモーター電流(3相中の2相)、モーター有効消費電力の変化を示す。電流1、電流2は圧縮空気吹き込みと同時に急激に増大してスケールオーバーし(100A以上)、その後急減して極小値をとった後、再度増大してピークを成し、その後定常状態に復帰している。しかし、モーター有効消費電力は、電流が最初に急上昇し、次に極小値をとるまでの期間、ゼロレベルにある。すなわち、下方にスケールオーバーしている。

以上のように、本試験においては極めて大量の空気吹き込みにより、従来では観察されなかったような激しい過渡応答がみられた。しかし、排風機の動作が定常状態に復帰しているのを見れば、この過負荷によっても排風機の健全性は保たれた。

BLOW3003 1988.11.10

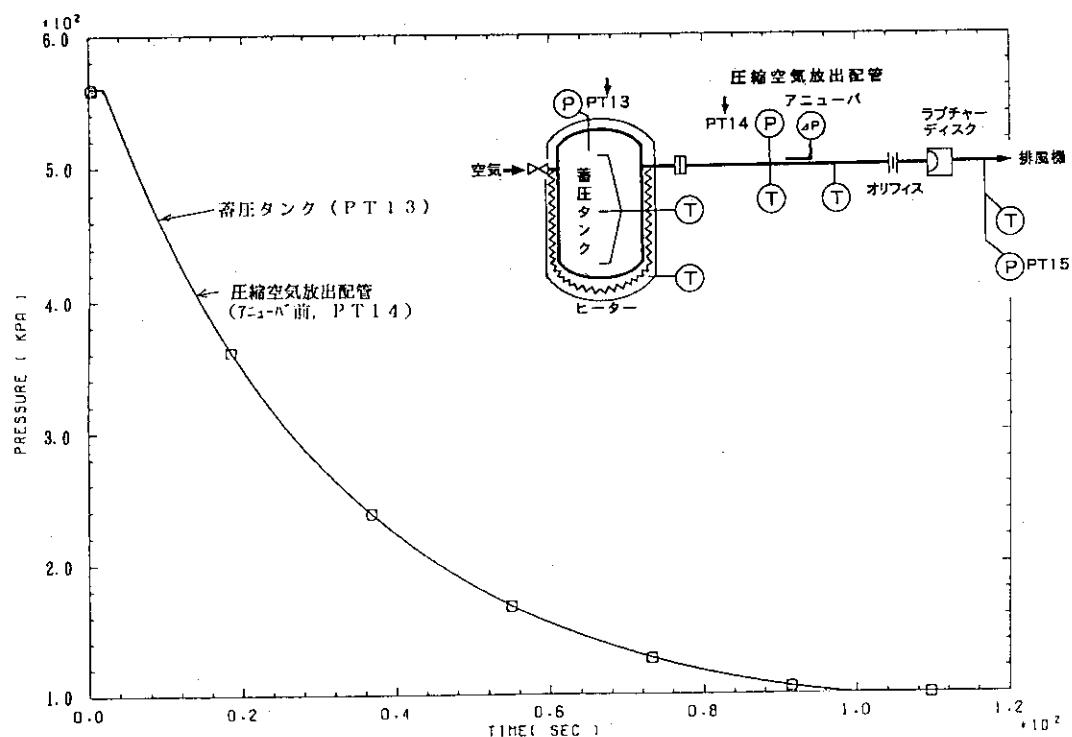


図4.2.36 蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の圧力変化(kPa)

BLOW3003 1988.11.10

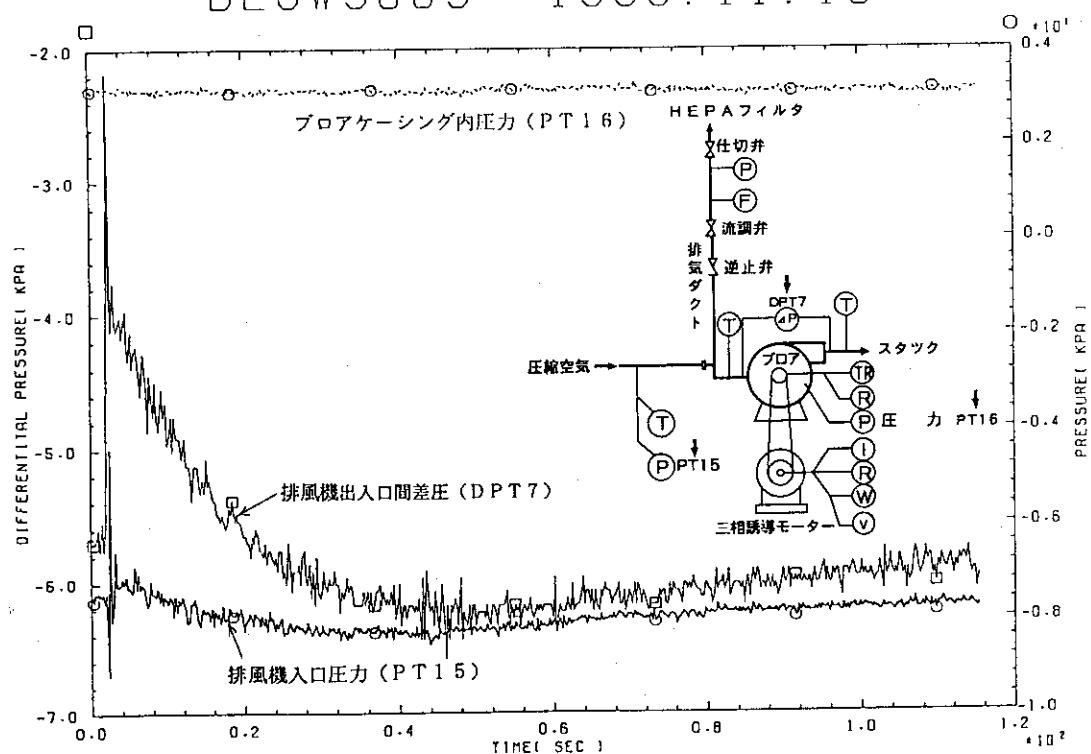


図4.2.37 排風機入口圧力、プロアケーシング内圧力及び排風機出入口間差圧の変化(kPa)

BLOW3003 1988.11.10

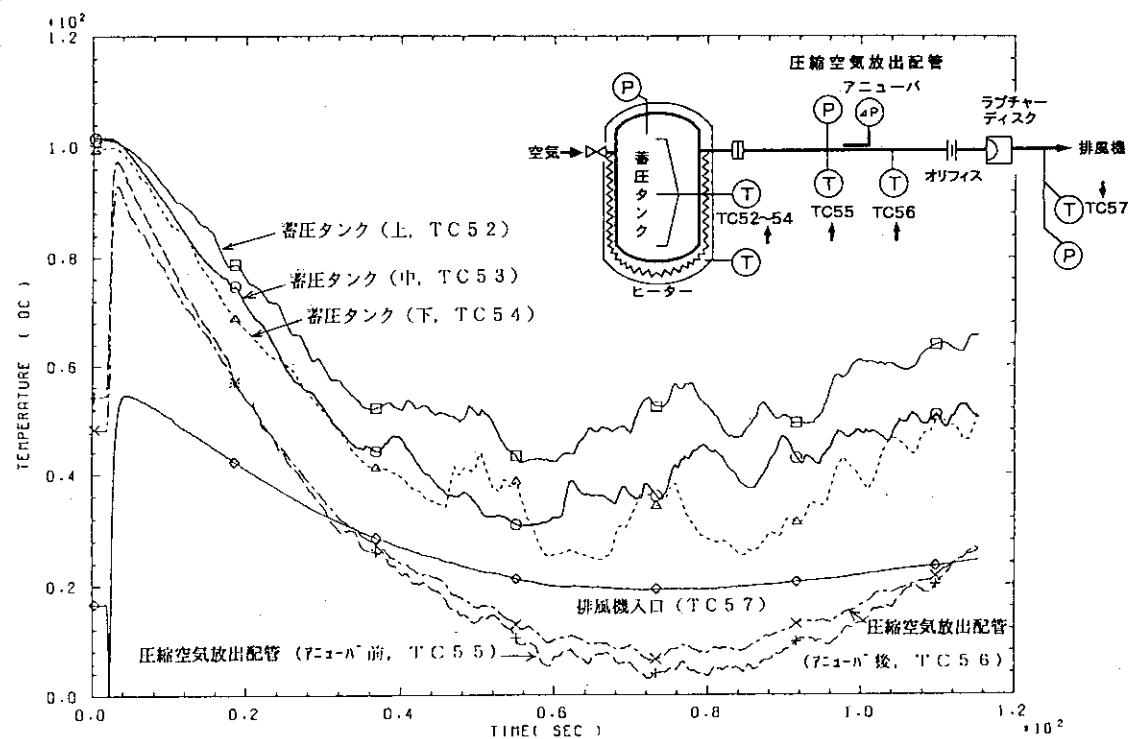


図4.2.38 蓄圧タンク内、圧縮空気放出配管内及び排風機入口の温度変化(℃)

BLOW3003 1988.11.10

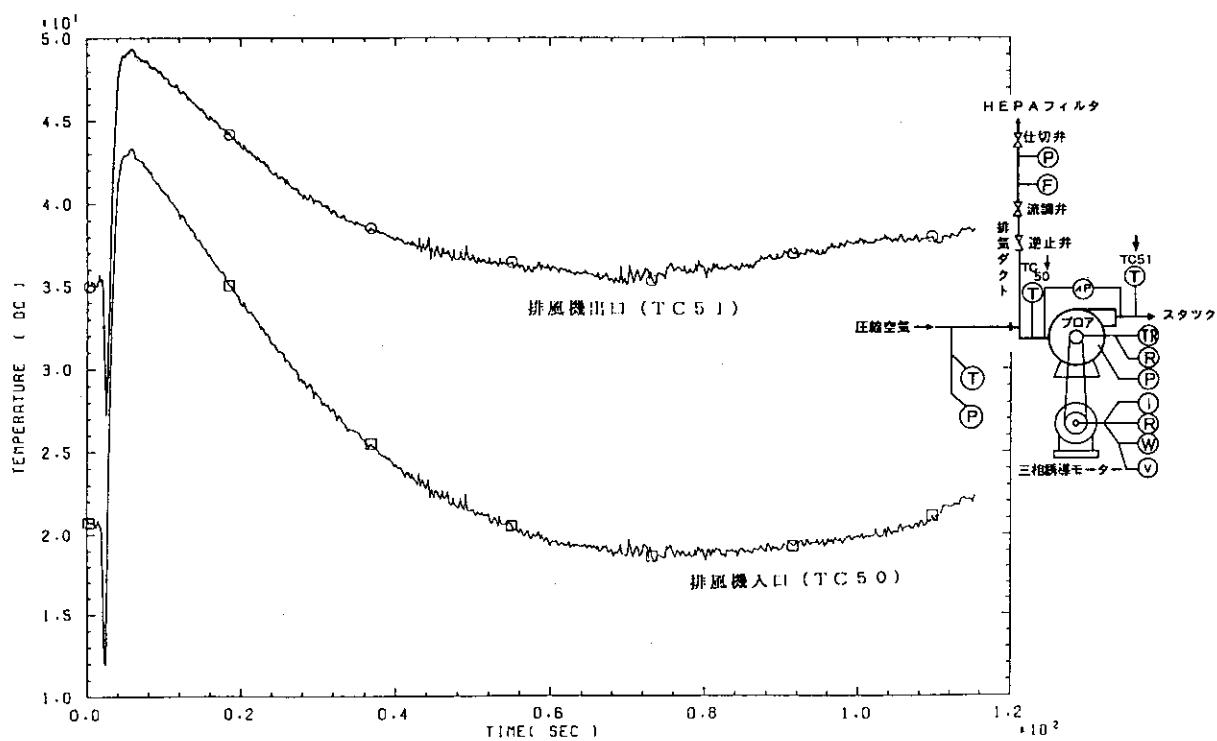


図4.2.39 排風機入口・出口の温度変化(℃)

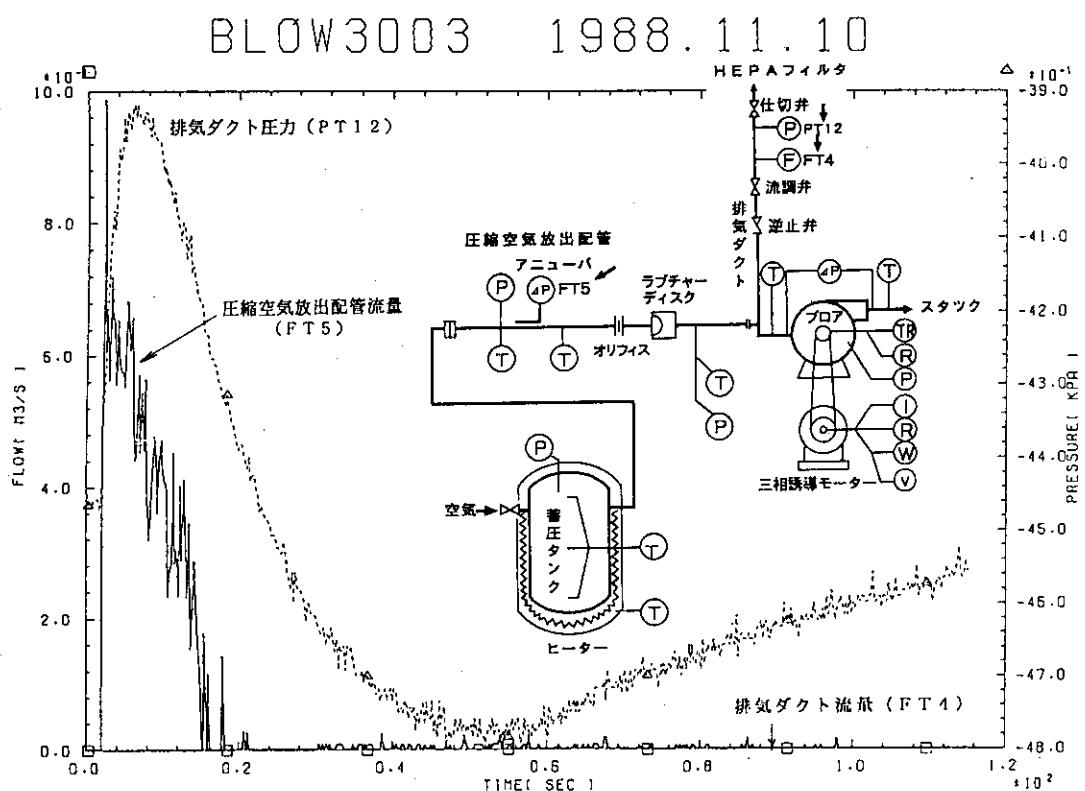
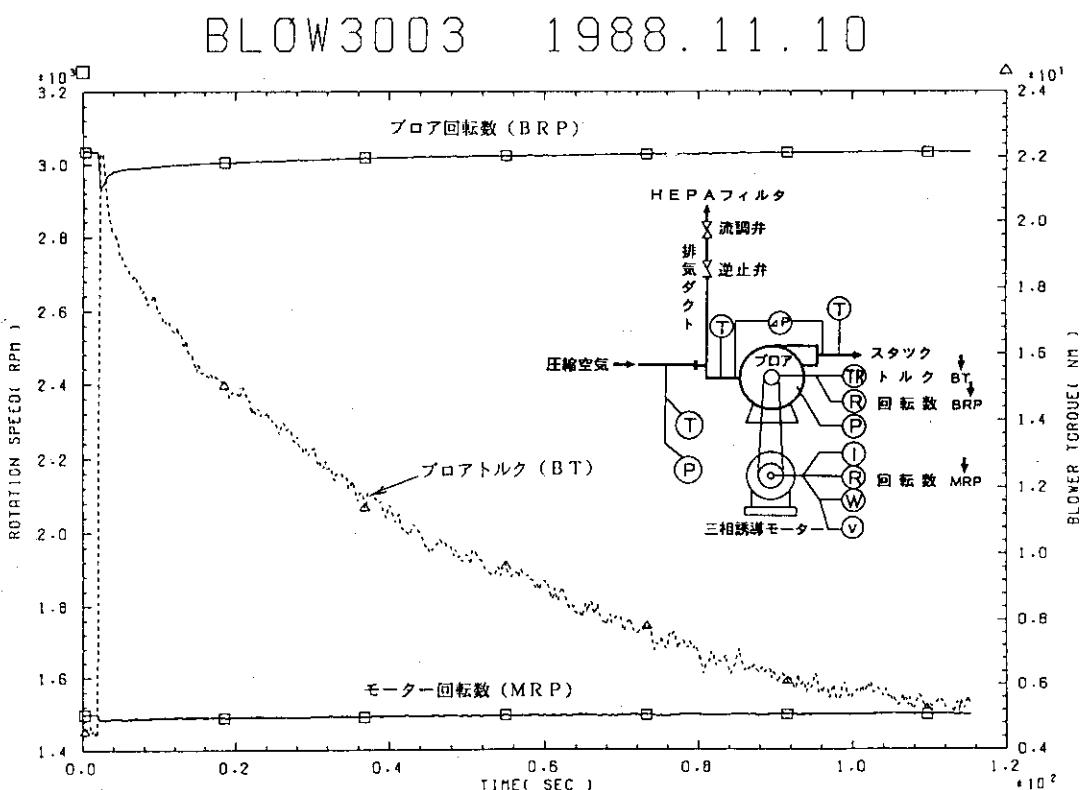
図4.2.40 圧縮空気放出配管流量・排気ダクト流量( $\text{m}^3/\text{s}$ )及び排気ダクト圧力(kPa)の変化

図4.2.41 ブロア及びモーター回転数(rpm), 及びブロアトルク(Nm)の変化

BLOW3003 1988.11.10

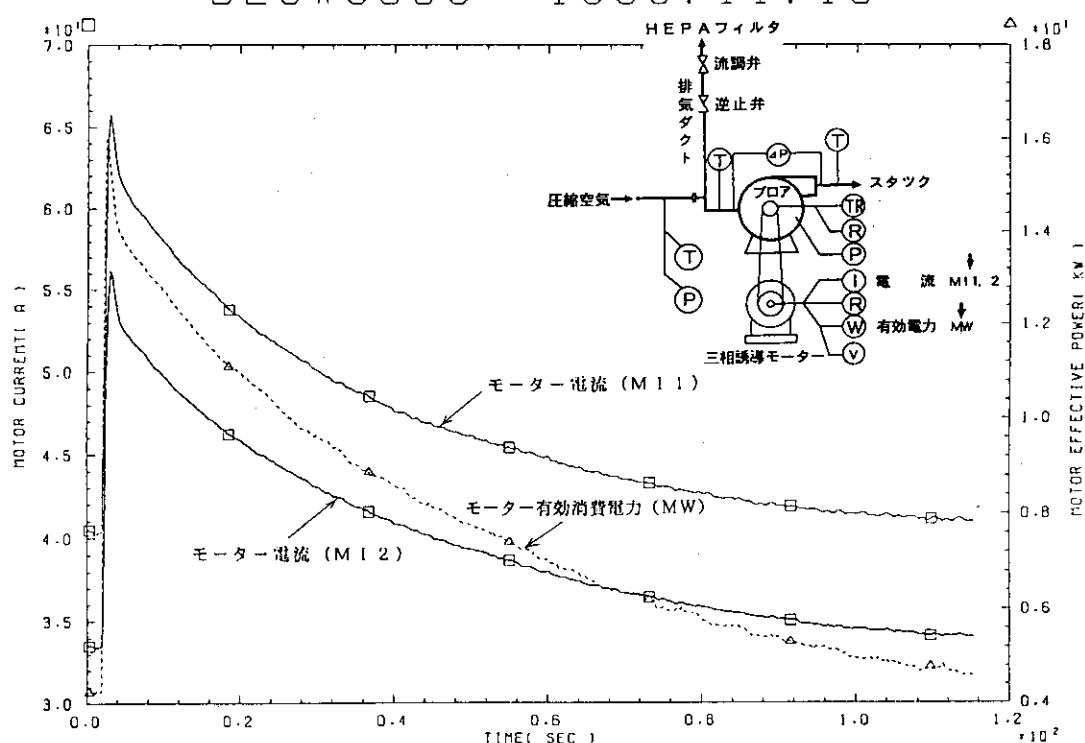


図4.2.42 モーター電流(A)及びモーター有効消費電力(kW)の変化

BLOW5001 1991.01.31

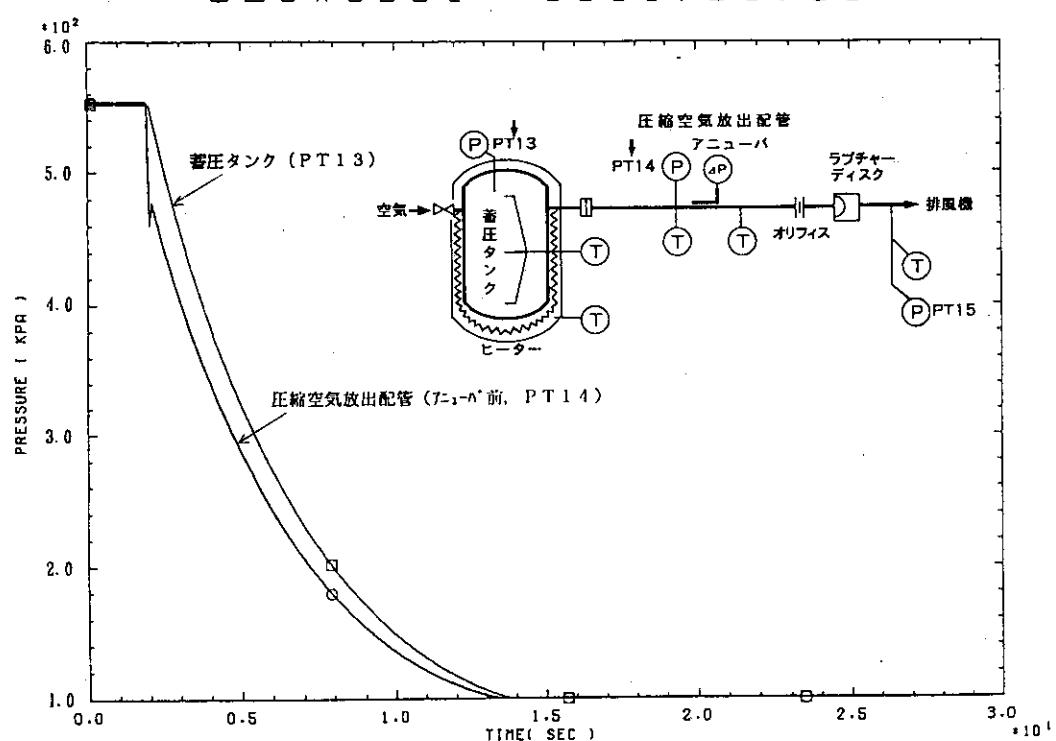


図4.2.43 蓄圧タンク内及び圧縮空気放出配管内の圧力変化(kPa)

BLOW5001 1991.01.31

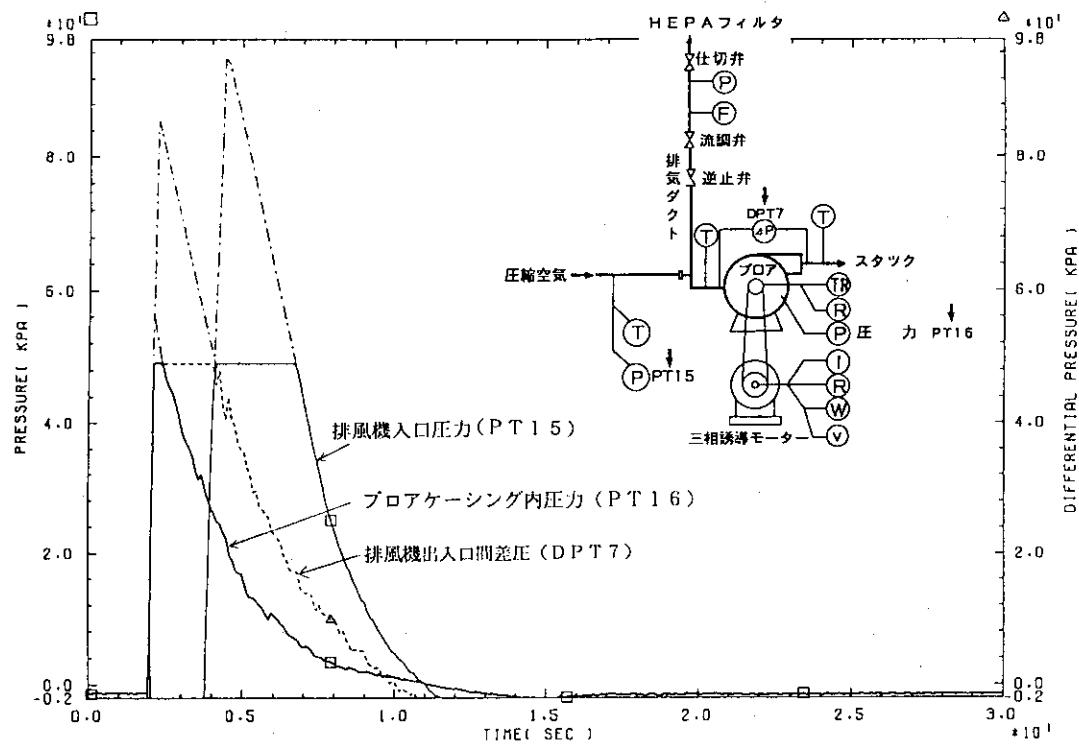


図4.2.44 排風機入口圧力、プロアケーシング内圧力及び排風機出入口間差圧の変化(kPa)

BLOW5001 1991.01.31

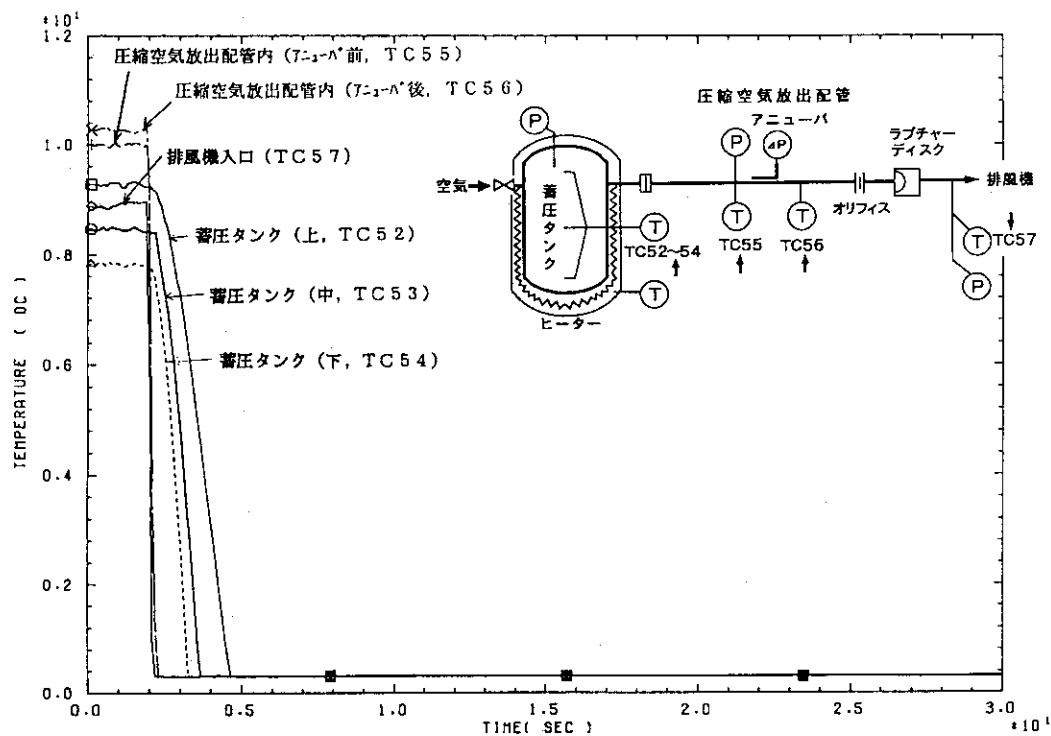


図4.2.45 蓄圧タンク内、圧縮空気放出配管内及び排風機入口の温度変化(°C)

BLOW5001 1991.01.31

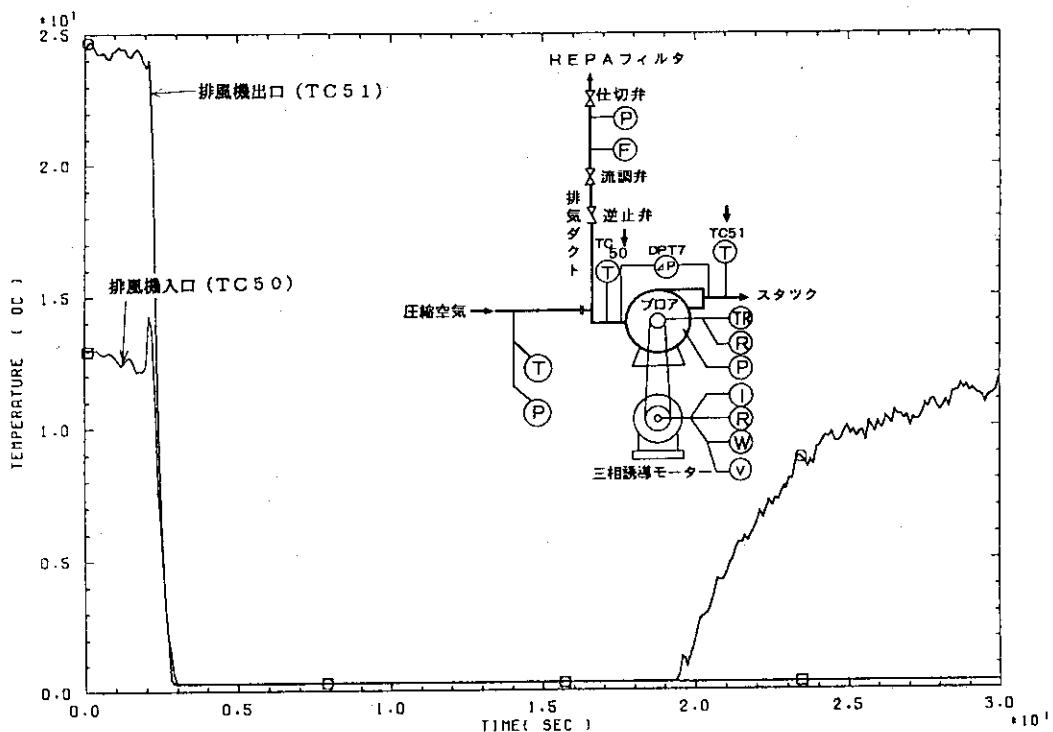
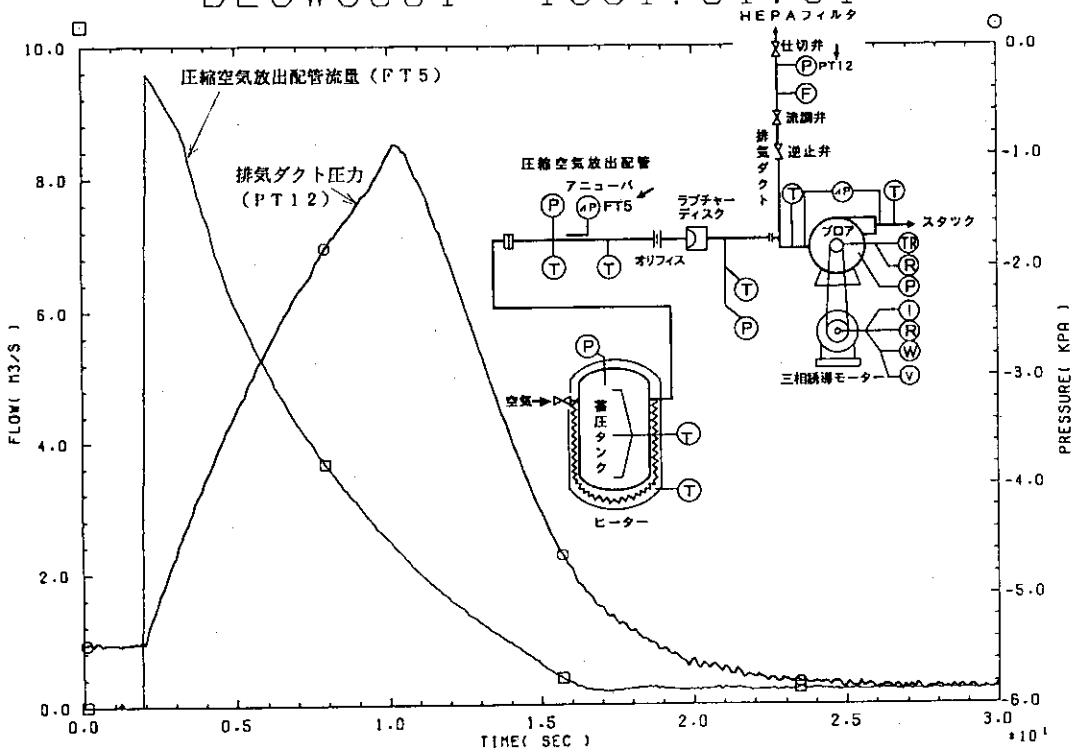


図4.2.46 排風機入口・出口の温度変化(℃)

BLOW5001 1991.01.31

図4.2.47 圧縮空氣放出配管流量(m<sup>3</sup>/s)及び排氣ダクト圧力(kPa)の変化

BLOW5001 1991.01.31

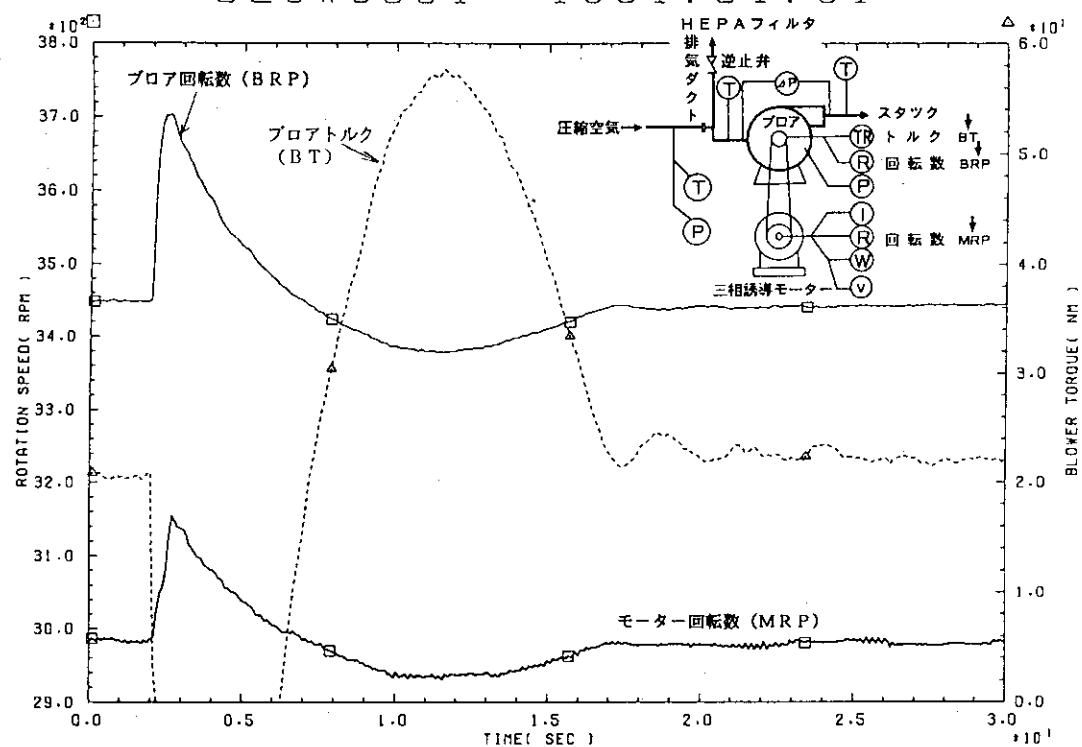


図4.2.48 ブロア及びモーター回転数(rpm), 及びブロアトルク(Nm)の変化

BLOW5001 1991.01.31

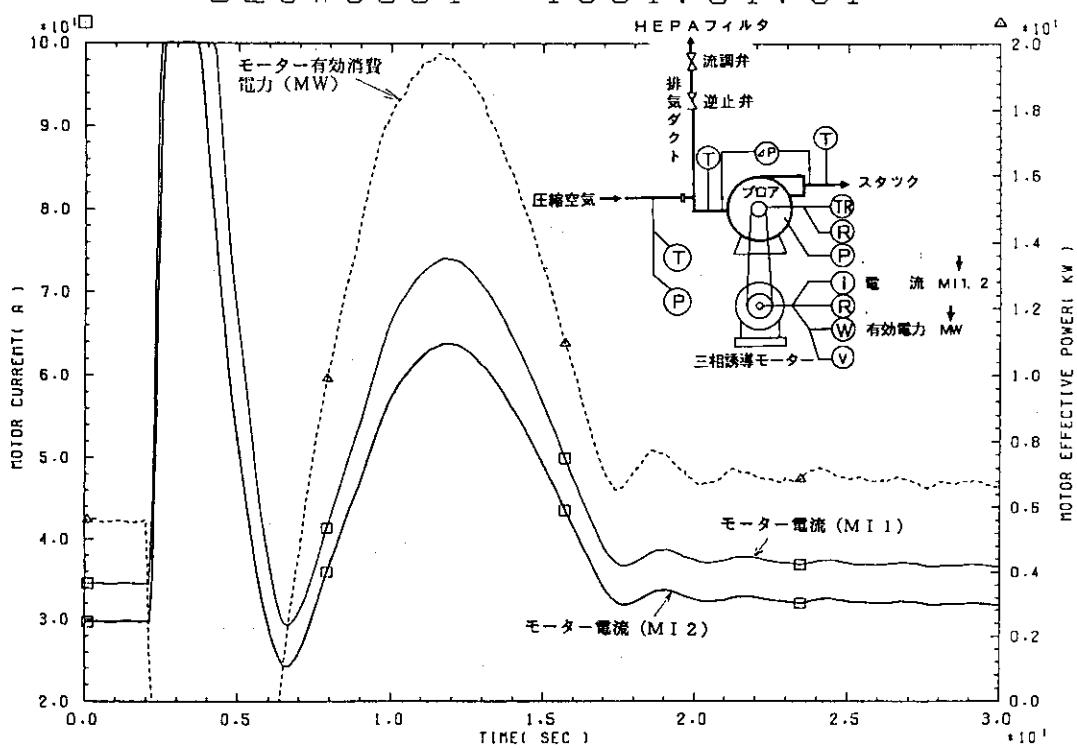


図4.2.49 モーター電流(A)及びモーター有効消費電力(kW)の変化

## 5. 実証試験の考察

昭和62年から平成2年度までセル換気系実証試験装置を用いて実施した18回の風圧上昇試験及び7回の排風機健全性試験の結果に基づき、急激燃焼時に大量のガスがセル換気系内及び排風機に流れ込んだ場合の圧力、温度、流速等の挙動と排風機及びHEPAフィルタの健全性について考察を行う。

### 5.1 風圧上昇試験

風圧上昇試験は、セル内の圧力上昇とダクト内での風圧の減衰効果を調べるために実施し、安全性解析コードCELVAの熱流動解析モデルの検証に必要なデータを得ることを目的とした。

#### 5.1.1 試験条件

試験では、第1モデルセル内の空気の換気回数を1時間あたり6回に保って、蓄圧タンクから大量の空気を第1モデルセル内に放出させ、大風量の空気流入に伴って生じた圧力波や流速等に対するセルやダクト内の風圧の減衰効果及びHEPAフィルタや排風機の健全性について調べた。実施した風圧上昇試験の条件を、表2.1に示した。試験パラメータは主に蓄圧タンク内の圧力、温度及び圧縮空気放出配管のオリフィス調節による空気流入量とした。

#### 5.1.2 圧力と温度変化

圧力と温度変化の全体的特徴を以下に述べる。

圧力変化は、図5.1.1及び図5.1.3に示したように、全体として管路、抵抗管及びオリフィスの流体抵抗による減衰パターンを示している。

一方、温度変化については、図5.1.2及び図5.1.4に示したように、第2モデルセル空間の無いPRESS4004(50mダクト、◎印)及び5002(10mダクト、□)を除いて、第2ダクト長の長短を問わず、第2モデルセル内で急上昇し、その温度上昇は、第2ダクトに入った直後まで維持されており、さらに下流に行くにしたがい急速に低下するパターンを共通に示している。この理由は以下のように考えられる。

- ① 第2モデルセル及び第2ダクト入口部の温度上昇は、大量の空気流入により、それまで第2モデルセルの拡大空間に存在した空気が断熱圧縮を受けて昇温し、さらにその空気が第2ダクト入口部までに押し込まれて生じたものである。
  - ② 一方、第1モデルセル及び第1ダクトも大量の空気流入を受けているにも関わらず温度上昇が少ないので、セル及びダクト内の空気が流入空気による断熱圧縮を受けている一方で、第1モデルセルの空間部分で断熱膨張して温度低下した流入空気と混合されて、断熱圧縮による温度上昇が減殺されているからである。
- また、温度ピーク高さは、第1、第2モデルセルにおける圧力ピーク高さの順序にはほぼ対応している。

### 5.1.3 第2ダクトオリフィス (FT 2) の効果

図5.1.1及び図5.1.2において、50mの第2ダクト長でFT 2オリフィスの無い試験PRES 40A5 (△)とFT 2オリフィスを持つ試験4007 (▲)を比較すると、FT 2オリフィスを持つPRES 4007の圧力は、FT 2オリフィスによって第2ダクト下流での流動抵抗が著しく高まり、その結果上流側では圧力が高く、下流側では逆に低くなっている。

PRES 5001, PRES 50A1は、いづれも第2ダクトにFT 2オリフィスを入れた試験であり、PRES 4007と同一条件の試験である。PRES 4007においてはオリフィス直前での圧力データが欠けているが、3試験においてはいづれも、圧力はオリフィス直前まで高いレベルを維持し、その下流でオリフィスの流動抵抗により急激に減衰する。

一方、温度は、第2モデルセルから第2ダクト入口にかけてピークをなした後、下流に行くにしたがい漸次低下する。

圧力、温度とも、PRES 5001, 50A1においてはほとんど一致しており再現性があるが、4007においては前2者より明らかに低い値である。これは、4007においてラップチャーディスクの開き方が不十分であったためと考えられ、逆に、ラップチャーディスクが十分に開いた5001, 50A1では結果に再現性が見いだされたと考えられる。

また、図5.1.3及び図5.1.4において、10mの第2ダクト長でFT 2オリフィスを持つ試験PRES 4001 (△)とオリフィスの無い試験PRES 40A6 (▲)とを比較すると、FT 2オリフィスの無いPRES 40A6の圧力はオリフィス位置の手前まではPRES 4001より低く、その下流では逆に高くなっている。また、PRES 40A6の温度上昇は少ない。これは、PRES 40A5とPRES 4007の比較の場合で説明したと同様に、FT 2オリフィスの上流側では断熱圧縮を促して温度、圧力を増加させるが、それより下流側では圧力上昇を抑えることを意味している。

### 5.1.4 第2ダクト抵抗管の効果

図5.1.1及び図5.1.2において、第2ダクトに内径110Aの抵抗管を挿入したPRES 5004 (■)，同じく150A, 90Aの抵抗管を挿入したPRES 4002 (○)，4003 (●)の結果を比較する。

150Aの抵抗管を入れたPRES 4002の結果は、他の条件は同じで抵抗管がないPRES 40A5 (△)の結果と比較して、温度、圧力ともにほとんど差がみられない。

90A, 110Aの抵抗管を入れたPRES 4003, 5004では、圧力ピーク高さは抵抗管前で上昇し、その下流で大きく減衰している。また温度も、第2モデルセル～第2ダクト入口部で大きく上昇している。この変化は、当然110A (■)より90A (●)の抵抗管の方が大きい。すなわち、90Aの抵抗管の流動抵抗は十分大きいことが分かる。

### 5.1.5 第2モデルセル空間の効果

図5.1.1及び図5.1.2において、PRES 4004 (○)は、第2ダクト長が50mで、第2モデルセルの拡大空間がない場合の試験であり、PRES 40A5 (▲)は第2モデルセル空間のある場合の試験である。PRES 4004の結果では、圧力が全行程にわたって高くなったのに対し、PRES 40A5は低い。また、第2モデルセルがない場合には、温度は第

1 モデルセル、第1ダクトで第2モデルセルがある場合より高く、第2ダクトに入ってからはその入口部での断熱圧縮によると見られる温度上昇がなく、PRES40A5のケースより明らかに低下している。

この理由は、以下のように考えられる。

#### ① 圧力について

PRES4004(◎)では、第2モデルセルの拡大空間がない。この場合、図5.1.1に示したように圧力は全行程にわたって大きくなつた。第2ダクト以降の圧力上昇は、第2モデルセル空間が無いため、第2ダクトへ移行する出口での抵抗がなくなり、全体として流動抵抗が小さくなつたことに帰せられる。このため、第2モデルセルの拡大効果による流動抵抗の増加はこの試験では認められた。

一方、第1モデルセルと第1ダクトにおける圧力上昇の理由は、以下のように考えられる。第2モデルセル空間は、第1モデルセルに流入した過渡的な大量空気（流量ピーク）が第1ダクトを通じて流出していく時の一時的なバッファ空間である。このため、第2モデルセル空間がない場合、第1ダクトを出していく空気流量ピークに対する、第2モデルセルの入口部での流動抵抗が増加する効果が生じる。このため、過渡的には、第1モデルセル、第1ダクトの圧力ピークが上昇したと思われる。

#### ② 溫度について

第2モデルセルの拡大空間がなく、流出に対する流体抵抗が小さいことは、一方では、第2モデルセルがある場合に生じたところの、圧縮空気の圧力による断熱圧縮が生じないことを意味する。したがつて、5.1.2②項で説明したようなPRES4004の温度上昇は抑制され、第2ダクト以降、PRES40A5より低い温度上昇にとどまつたものと思われる。

### 5.1.6 新旧排風機の比較

図5.1.3及び図5.1.4において、旧排風機を用いたPRES3002(◎)及び30A2(●)と、これらと同一の試験条件で、新排風機を用いたPRES4001(△)とを比較する。第1モデルセル～第2ダクト入口部において、PRES4001の圧力及び温度の上昇幅がわずかに低いが、これは放出配管のラプチャーディスクの開口率のばらつきによる影響と考えられる。第3ダクト以降では差はわずかであり、全体として排風機の差による影響は認められない。

### 5.1.7 風圧上昇試験と穏やかな爆発試験<sup>(5)</sup>のエネルギー比較

風圧上昇試験のデータは、熱流動計算コード(CELVA)の検証、改良に利用することを目的としている。この試験では、過渡現象が圧縮空気放出によって生じるので、穏やかな爆発試験におけるように固体ロケット燃料の燃焼によって生じる過渡より現象自体がゆっくりとしたものになっている。また、風圧上昇試験ではガスの温度変化が少なく、組成変化もない。このような試験データは、計算モデルの余りきびしくない検証、改良に適している。

風圧上昇試験と穏やかな爆発試験における現象のエネルギー量と流体ガス発生量の比較を以下に述べる。

表5.1.1に、風圧上昇試験における蓄圧タンクから放出される空気の体積と、この空気の

なす仕事量（エネルギー），相当する固体ロケット燃料重量及び仕事率を示す。仕事率は，第1モデルセル内で放出空気が外気の1気圧を上回っている時間の代表値（40秒）で仕事量を割ったものである。

表5.1.1 圧上昇試験における放出空気のエネルギーと体積

蓄圧タンク		放出空気 体積 (Nm <sup>3</sup> )	放出空気 のなす 仕事 (MJ)	エネルギー相当 必要火薬量 (kg)	仕事率 (kW)
初期圧力 (kPa)	初期温度 (°C)				
454	100	29.2	2.96	0.804	74.0
552	100	35.9	3.64	0.989	91.0
562	15	47.3	4.79	1.30	119.8

ここで、表5.1.1の放出空気のなす仕事は、以下のようにして算出した。

蓄圧タンク内の空気は、初期状態において温度  $T_1$ 、圧力  $P_1$ 、体積  $V_1$  存在したとする。この空気がラプチャーディスクを破って試験装置内に放出され、装置内で断熱膨張したと仮定し、最初に装置内に存在した1気圧の空気を押しのけて行き、最終的に  $P_2 = 1$  気圧になり、体積が  $V_2$  になるまでの間に、装置内の空気になした仕事  $W$  を考える。

$$\text{初期状態: } P_1 V_1 = n R T_1 \quad \dots \quad (5.1)$$

$$\text{断熱膨張終了時: } P_2 V_2 = n R T_2 \quad \dots \quad (5.2)$$

$$\text{ただし, } P_1 V_1^{\gamma} = P_2 V_2^{\gamma}, \gamma = 1.4 \quad \dots \quad (5.3)$$

$$P_2 = 1 \text{ atm.} \quad \dots \quad (5.4)$$

すると、装置内の空気になした仕事  $W$  は

$$W = P_2 (V_2 - V_1) \quad \dots \quad (5.5)$$

$P_1$ 、 $P_2$ 、 $V_1$ 、 $T_1$  は既知、すると(5.1)式から  $n R$  も既知となり、(5.2)～(5.5)式を解いて、 $W$  が算出される。

表5.1.2に固体ロケット燃料の重量、エネルギー、ガス体積を示す。

表5.1.2 固体ロケット燃料の重量と発生エネルギー、ガス体積

燃料重量(kg)	エネルギー (MJ)	仕事率 (kW)	ガス量(Nm <sup>3</sup> )
2	7.36	1470	1.74 ± 0.34
4	14.7	2940	3.47 ± 0.68
6	22.1	4420	5.21 ± 1.0
8	29.4	5880	6.94 ± 1.4
10	36.8	7360	8.68 ± 1.7

表5.1.2のエネルギーとガス体積は、熱量計及び密閉式耐圧容器を用いて求めた以下の物

性値を基に算出した。

- ・エネルギー :  $3.68 \text{ MJ/kg}$
- ・ガス量 :  $0.868 \pm 0.17 \text{ m}^3/\text{kg}$  (標準状態)

である。また、仕事率は、エネルギーを第1モデルセル内の火薬燃焼時間の5秒で割ったものと定義する。

表5.1.1及び表5.1.2の算出値を比較すれば明らかのように、穏やかな爆発試験と風圧上昇試験の差は、エネルギー量では約一桁であるが、仕事率では20~100倍程度に広がる。すなわち、それだけ風圧上昇試験の過渡変化は穏やかであるといえる。

この「過渡変化の激しさ」の検討は、急激燃焼の規模を評価するための一つの尺度としての意味を持つ。

### 5.1.8 H E P A フィルタにおける圧力損失

図5.1.5に、H E P A フィルタの圧力損失に関する全てのデータを示す。ここで、実線と破線の曲線は、図5.1.6に示す目詰まりしていない新しいH E P A フィルタの定常流による圧力損失の実測値<sup>(8)</sup>から求めた圧力損失である。また、実線と破線の相関式曲線については、固体ロケット燃料を用いて実施した穏やかな爆発試験<sup>(5)</sup>の報告書、第6章、6.7節で述べたH E P A フィルタの圧力損失の項を参照されたい。

空気流量が $2.5 \text{ m}^3/\text{s}$ 程度まで、データは相関1次式のカーブによく乗り、定常流からの差はあまりない。それ以上の流量域では、前段フィルタがやや高く、後段フィルタがやや低い値を取るが、全体として相関1次式によく乗っている。

### 5.1.9 H E P A フィルタの健全性検査

風圧上昇爆発試験では、試験前後にJ I Sのエアロゾル捕集効率試験方法にしたがってD O P (Diethyl Phthalate) テストを行い、H E P A フィルタの性能をチェックした。その結果、いずれの試験においても、エアロゾルの漏洩はなく、以下の結果を得た。

- ① H E P A フィルタは全ての試験において正常に装填されていた。
- ② 風圧上昇試験の試験条件下ではH E P A フィルタの損傷はみられなかった。

## 5.2 排風機健全性試験

排風機健全性試験は、急激燃焼事象時に大量のガスが排風機に流れ込んだ場合でも排風機の健全性が維持できることを調べた。

### 5.2.1 試験条件

試験では、蓄圧タンクに所定の温度と圧力の空気を蓄え、排風機に大量の空気を放出させ、排風機の圧力変化、軸トルク、ブロア及びモーター回転数、モーター電圧、電流等の過渡変化を調べた。実施した排風機健全性試験の条件を表2.2に示した。試験パラメータは主に蓄圧タンク内の圧力、温度及び圧縮空気放出配管のオリフィス調節による空気流入量とした。

### 5.2.2 旧排風機と新排風機の過渡応答特性の比較

新旧排風機の差が過渡応答特性に及ぼす変化に注目して結果を検討する。すなわち、蓄圧タ

ンクの初期圧力（356 kPa (2.6 kg/cm<sup>2</sup>G)），初期温度（100°C）が同一であるBLOW4001（新排風機）とBLOW3001（旧排風機）の試験について比較する。

図5.2.1に両試験における蓄圧タンク内圧力変化、及び圧縮空気放出配管内の流量変化を示す。圧力減衰カーブはほとんど一致している。流量はBLOW3001の方がやや高い様に見えるが、流量センサーの動作のばらつきにより、見かけの差が出ているに過ぎない。すなわち、新旧両排風機に流入する空気流量変化の履歴はほとんど等しいと思われる。

図5.2.2にプロア及びモーター回転数を示す。ただし、比較が容易になるようにMRPのデータは実際の値を2.2倍にして表示した。本図より、以下の特徴が明らかになる。

- ① 新排風機のファンは初期定常状態の定格回転数が他方に比べてやや大きく、一方、モータ一定格回転数はやや少ない。
- ② 圧縮空気流入によるモーター回転数とプロアファン回転数の変化はいづれの試験においてもほぼ同様であり、その差はわずかであるように見える。
- ③ しかし、旧排風機（BLOW3001）の場合、モーター回転数の低下はプロアシャフトとモーターとを連結する伝動ベルトがモータープーリー上でスリップすることにより、プロアファン回転数の低下より少ないのでに対し、新排風機（BLOW4001）の場合、回転数低下はモーター及びプロアファンともに同程度であり、伝動ベルトのスリップがわずかである。

図5.2.3にモーター有効消費電力の変化を示す。圧縮空気流入直後のピークは新排風機（BLOW4001）がより低いものの、定常状態及び過渡状態の期間全般にわたって、新排風機が旧排風機よりやや大きい。

以上より、新排風機の過渡応答は、ベルトのスリップがわずかでモーター有効消費電力がやや大きいことを除けば、旧排風機の応答と本質的な差は認められない。また、モーター有効消費電力のピーク値は新排風機の方がやや低く、ベルトのスリップがない状態でも排風機全体としての健全性維持には全く支障はない。

### 5.2.3 大風量の流入による過渡変化

圧縮空気放出配管に流量制限オリフィスを設けて実施したBLOWS201～BLOW401試験では、圧縮空気の排風機への流入の瞬間のピーク流量は、蓄圧タンク内の圧力にかかわらず、約0.9～1.0 m<sup>3</sup>/sであった。また、流入時間は、60～100秒程度であった。内圧の高低は、流入持続時間の長短に現れた。おそらく放出配管オリフィスでチョーキングが起こっていたためと思われる。

したがって、排風機の過渡変化は、図5.2.2及び図5.2.3に示したように、流入の瞬間回転数がやや低下し、モーター電力がやや増加し、その後空気流入量の低下とともに漸減していくという経過を共通にたどった。すなわち、空気流入速度は余り大きくなく、排風機の過渡応答は定常状態から大きくはずれることはなかった。

圧縮空気放出配管の制限オリフィスを設けないBLOW5001試験では、放出の瞬間流量が1.6 m<sup>3</sup>/s（推定）、流入持続時間が約1.5秒と、短時間に極めて大きな過負荷が発生した。この原因を以下に示す。

- ① 圧縮空気放出配管の制限オリフィスがない（チョーキングがない）。
- ② 初期空気温度は約15°Cである。即ち、流入した空気質量は、100°Cに加熱した場合と比較すれば約30%多い。
- ③ 圧縮空気初期圧力は、562 kPa (4.7 kg/cm²G) であり、LOW3003と同じく、LOWシリーズの中では最大である。

図5.2.4にLOW5001の空気流量、モーター回転数、プロアトルク、モーター電流、モーター有効消費電力の変化を示す。ただし、トルクの表示は任意スケールとし、その相対的变化のパターンのみを検討する。プロア回転速度は、伝動ベルトのスリップはほとんど無いので、終始モーター回転数の約2.3倍である。

モーター回転数は、圧縮空気流入の瞬間、急速に立ち上がり、その後減少している。これは、激しい空気流入によってプロアの回転が急加速されたことを反映している。この加速期間、トルクはゼロレベルに落ちている。これは、プロアシャフトの負荷による円周方向のねじれが逆転した（逆方向にかかった）ことを意味する。すなわち、通常はシャフトは羽車で流体に仕事を成すのであるが、流入の瞬間から約4秒間は、逆に流入空気によって羽車が回転エネルギーを与えられた状態となったと思われる。これにより、トルクは、正確には負となったが、負のトルクは検出できないセンサーの構造上、約4秒間はゼロレベルに張り付いたのである。

この激しい空気流入のピークが過ぎると、シャフトの回転数は低下し、シャフトのねじれは逆転をやめ通常の方向に復帰し、したがってトルクも正の値が生じるようになる。しかしながら空気の流入が続いている間は、回転数は初期無負荷状態よりやや低下し、これに対応してトルクは増大する。こうして約12秒の時刻に第2のトルク極大値、回転数極小値が生じる。負荷がある程度以下になり初期状態に近づくにつれ、こうした過渡状態はおさまっていく。

以上のような流体力学的な過渡変化と、モーターの電気的反応の対応は、以下のように考えられる。

まず、圧縮空気流入の瞬間から約4秒間は、プロアの回転加速によりモーター回転数は異常に上昇するので、以下に述べるようにモーターは伝動ベルトを通して仕事をされることになる。この仕事の一部は電気エネルギーとしてモーター電源に流入し、他は銅損（銅導体のジュール発熱）や鉄損（鉄心の渦電流損失）となる。

ステーターコイルの交流電圧と交流電流の大きさと位相関係、したがって有効消費電力は、外部電源のみならず、ローターに発生する誘導起電力と誘導電流による電磁的反作用によって決まる。このとき、通常はローターがステーターの回転磁界にやや遅れて回転するので、位相のズレ（すべり）により外部から入力した電力はローターの回転エネルギーに変換される。しかし、ローターの回転が回転磁界より速くなると、位相のズレが逆となり、ローターからの電磁的反作用は、ステーターに入力以上の電気エネルギーを発生させる。また、ローター、ステーターの電流はいづれも増大し、発熱する。

図5.2.4において、電流が急速に増大してスケールオーバー（100A以上）したのは、電流センサーが交流電流の実効値を測るために、電圧と電流の位相関係を考えれば、この急昇した電流によってモーターから外部電源に電気エネルギーが流出していくと解釈される。このため、有効消費電力は、4秒間は本来負となるはずであるが、負の電力はセンサーの原理

上計測不可能なので、カーブはゼロレベルに張り付いているのである。

そして、この激しい空気流入がピークを過ぎ、モーターの回転数が低下し、トルクも正の値が生じるようになれば、モーターの消費電力は通常の過負荷状態として増大し、その後原状に復帰する。

こうした激しい過渡変化は、モーターに対し、一時的に大きな発熱を与える。この発熱が許容レベル以下であることが必要となる。

#### 5.2.4 排風機健全性試験と穏やかな爆発試験<sup>(5)</sup>との比較

固体ロケット燃料を用いた穏やかな爆発試験における排風機の過渡変化の特徴は、以下のようになり、いずれの場合もプロア、モーターの損傷は生じなかった。

- ① 旧排風機では、プロアの回転数が急速に低下するが、伝動ベルトがスリップし、モーターの電力増大が頭打ちになる。
- ② 新排風機では、ベルトのスリップはないが、ガス過負荷のピークに対しプロア回転数が上昇するのでやはりモーター電力の増大が頭打ちになる。

排風機健全性の過渡応答を、EXPLO 001 (8 kg 燃焼) と BLOW 5001 で比較する。図 5.2.5 に両試験におけるガス(空気)流量とモーター有効消費電力の変化を示す。

過渡変化期間の給気流量を比較すると、過渡開始から約4秒間(Aの期間)は BLOW 5001 では EXPLO 001 よりはるかに大きい。したがって、モーター有効消費電力も負(外部電源へ出力)となっている。B の遷移期間を過ぎ、C の期間になると、BLOW 5001 の空気流量は EXPLO 001 のガス流量にほぼ等しいレベルとなり、これに対応してモーター有効消費電力のピークも両試験においてほぼ同じレベルとなる。

すなわち、8 kg 燃焼のガス負荷よりはるかに大きな負荷に対しては新排風機のモーターは「発電機」となり、少なくとも約4秒間大電流が流れるが、この負荷による排風機の健全性は損なわれなかった。

表 5.2.1 に、排風機健全性試験における放出空気が1気圧の外部になす仕事(エネルギー)、これに相当する穏やかな爆発試験における固体ロケット燃料の火薬量を示す。ただし、算出方法は 5.1.7 項に示したものと同様である。

表 5.2.1 排風機健全性試験における放出空気のエネルギーと体積

蓄圧タンク		放出空気 体積 (Nm <sup>3</sup> )	放出空気 のなす 仕事 (MJ)	エネルギー相当 必要火薬量 (kg)
初期圧力 (kPa)	初期温度 (°C)			
454	100	29.2	2.96	0.804
562	100	36.5	3.70	1.00
562	15	47.3	4.79	1.30

表 5.1.2 及び表 5.2.1 から明らかなように、相当火薬量が少ないにもかかわらず、排風

機への負荷が固体ロケット燃料 8 kg 燃焼の場合より顕著に大きいのは、蓄圧タンクの圧縮空気のエネルギーが圧縮空気放出配管でほとんど散逸することなく直接排風機に作用したためである。

即ち、穏やかな爆発試験において 8 kg の燃料が燃焼して発生するエネルギーは、第 1 モデルセル内では BLOW5001 の蓄圧タンク内に蓄えられた空気のエネルギーの約 6 倍であっても、燃焼ガスが排風機に届くまでにセル、ダクト構造によって大幅に減衰することを示唆している。

### 5.2.5 排風機特性

平成元年度の実証試験は、すべて新排風機を用いて実施した。新排風機と旧排風機の主要な仕様の比較表を第 4 章の表 4.1.3 に示す。2 種類の排風機はいづれも同一形式で、ほとんど同一の仕様である。

しかし、詳細に特性を測定すると、以下のような差が観察される。

図 5.2.6 に新旧 2 種の排風機の特性曲線、及びそれらの関連データを示す。図において、実線上の●印は新排風機における静圧（＝プロア出入口間差圧）と静圧効率であり、同じく実線上の▲、△印はそれぞれ、排風機の軸動力（＝プロアファンシャフトにモーターから伝達された機械的動力）及びモーター（機械的）出力である。また、破線上の●印は旧排風機の静圧を、同じく破線上の▲印は旧排風機の静圧効率の特性を示す。

さらに、実際に実証試験装置に組み込んだ状態での定常状態の特性の一部を、新排風機については破線上の大の○印（静圧）に、旧排風機については小の○印で示す。また、モーター有効消費電力についても破線上の大小の□印で示す。

図 5.2.6 より、新排風機は旧排風機より静圧がやや大きく、また、低流量領域でプロア軸動力がやや低いことがわかる。また、新旧排風機に共通して、実証試験装置に組み入れられた状態では、排風機の出入口に接続されたダクトの流動抵抗により静圧がやや低くなることが示されている。

図 5.2.7 に新排風機の特性試験を実証試験に供する前に検査して得られたデータを示す。本図は、プロアファン回転数を定格の 100% から 50% の間で変化させた場合の静圧及びプロア軸動力特性曲線を、プロアファン回転数をパラメータにして示す。この特性検査は、特性データを広範囲に取得するため、以下の三方法で実施された。すなわち、排風機単独での検査、排風機の吸入側に別の排風機により強制的に送風して流量を高めた状態での試験、及び、排風機の吐出側から別の排風機により強制的に空気を送り込んだ「負の流量状態」の検査である。

図 5.2.7 より、以下の特徴が観察される。

- ① 流量が負の領域では、静圧、軸動力とも負の流量の絶対値増加とともに増大する。この検査では、ファンの空気の遠心放出を妨げる方向に空気を流しているのであるから、静圧、負荷ともに増加するのは当然である。
- ② 流量が正、すなわち、排風機が通常の動作により吸引、吐出を行っている状態では、流量の増加とともに静圧は低下していく。ただし、静圧がゼロ以下に低下する（符号が逆転する）状態は、吸引側入口に別の排風機を取り付け、強制的に給気を行っている状態である。プロ

ア軸動力は、流量の増加とともに増大するが、極大値をとった後は低下していく。極大値をとることは、強制的給気による流量がある程度以上の領域では、それまでの領域での特性とは逆に、流体の力によってプロアとモーターの負荷が減少することを意味している。このようなモーター負荷の減少はモーター回転速度の上昇をもたらす。すなわち、大量の空気を排風機に吹き込むと、プロアの回転速度が増加する。これは、旧排風機とは逆の関係である。

図5.2.8に流量とプロアの回転速度変化との関係を、プロア回転速度の定格に対するパーセンテイジをパラメータとして示す。全体の特徴として、流量がゼロ、ないしは若干の強制逆流の状態で回転速度は最大となり、また、流量の増大とともに極小値をもった後、再び増大する。これは、図5.2.7で説明された流量と軸動力との関係と、「モーター負荷が減少すればその回転速度が上昇する」という関係を媒介として、対応している。

以上から、次のように結論することができる。

新排風機の動作上の特徴は、流量がある一定値以上の領域でプロアの負荷が減少を始め、回転速度が増加することである。これは、過渡的な大量空気が排風機に流入することに対してプロア及びモーターの負荷が一定値以上に増加せず、さらには流量ピーク時に一時的に負荷が減少さえするということを予測させるものである。

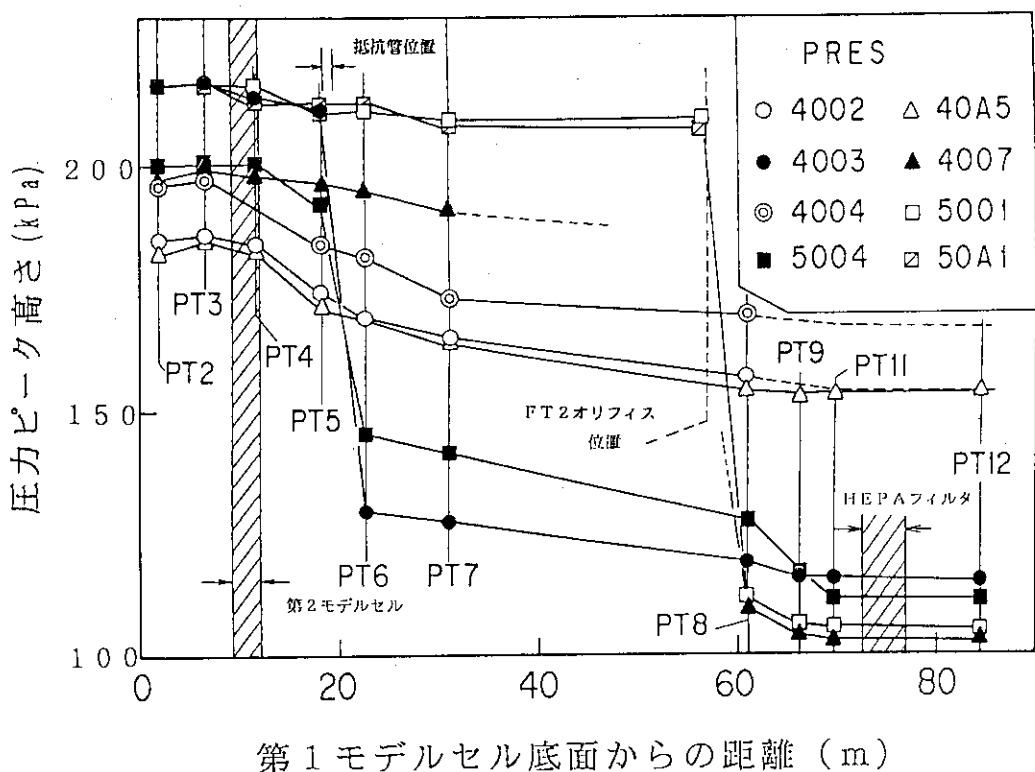


図5.1.1 風圧上昇試験における圧力ピーク高さの減衰（第2ダクト長50m）

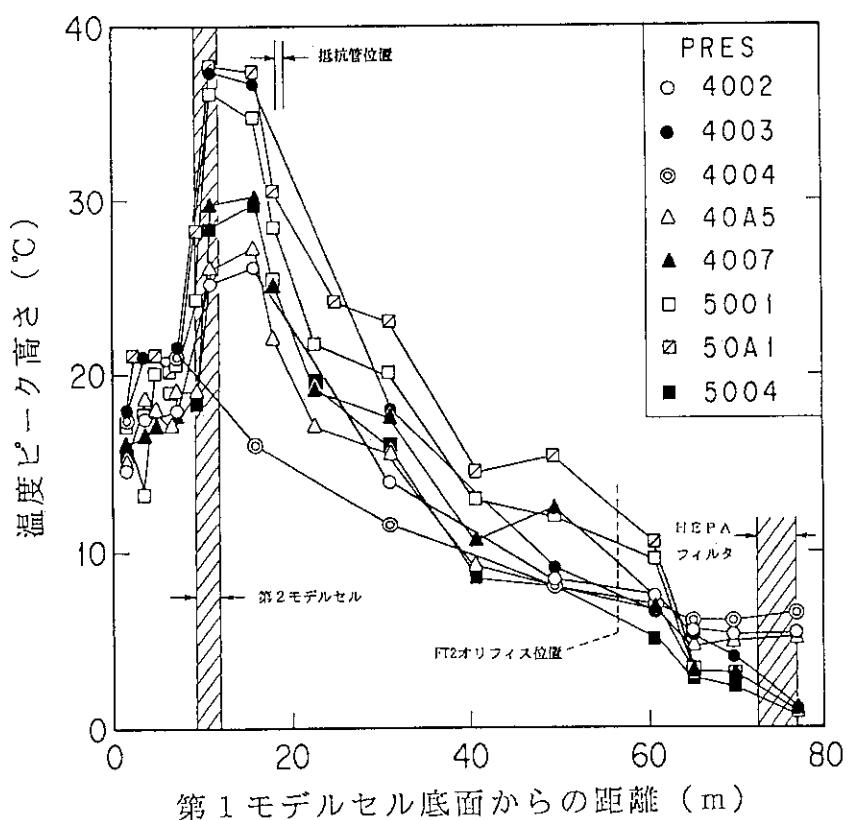


図5.1.2 風圧上昇試験における温度ピーク高さの減衰（第2ダクト長50m）

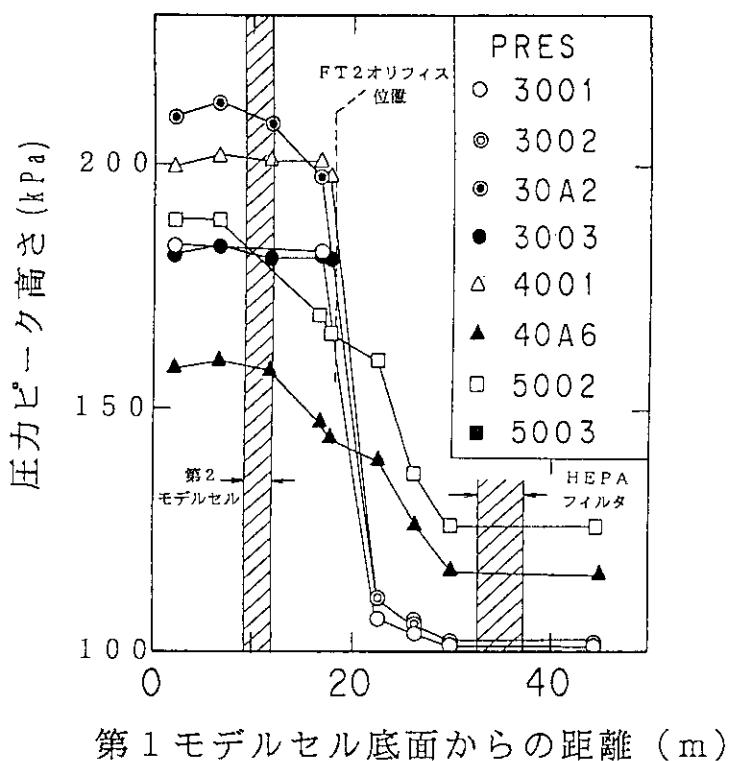


図5.1.3 風圧上昇試験における圧力ピーク高さの減衰（第2ダクト長10m）

図5.1.3 風圧上昇試験における圧力ピーク高さの減衰（第2ダクト長10m）

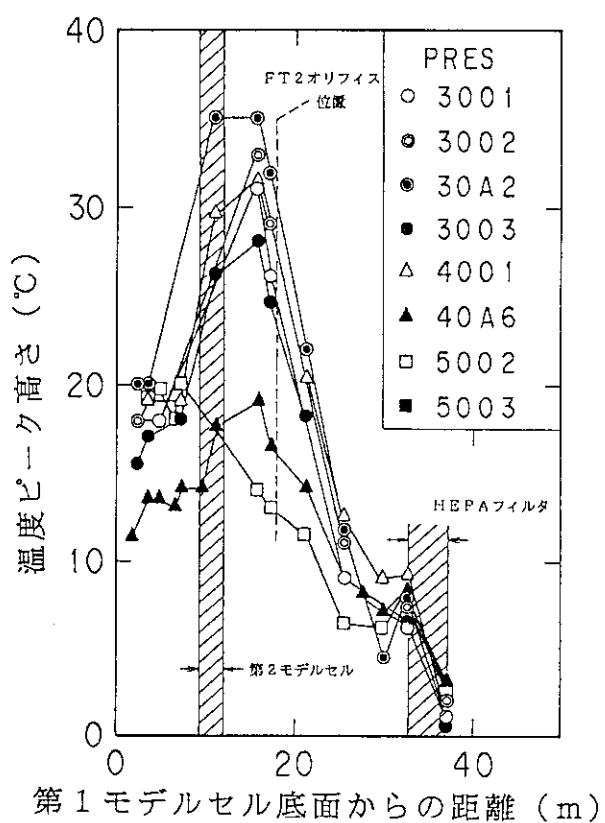


図5.1.4 風圧上昇試験における温度ピーク高さの減衰（第2ダクト長10m）

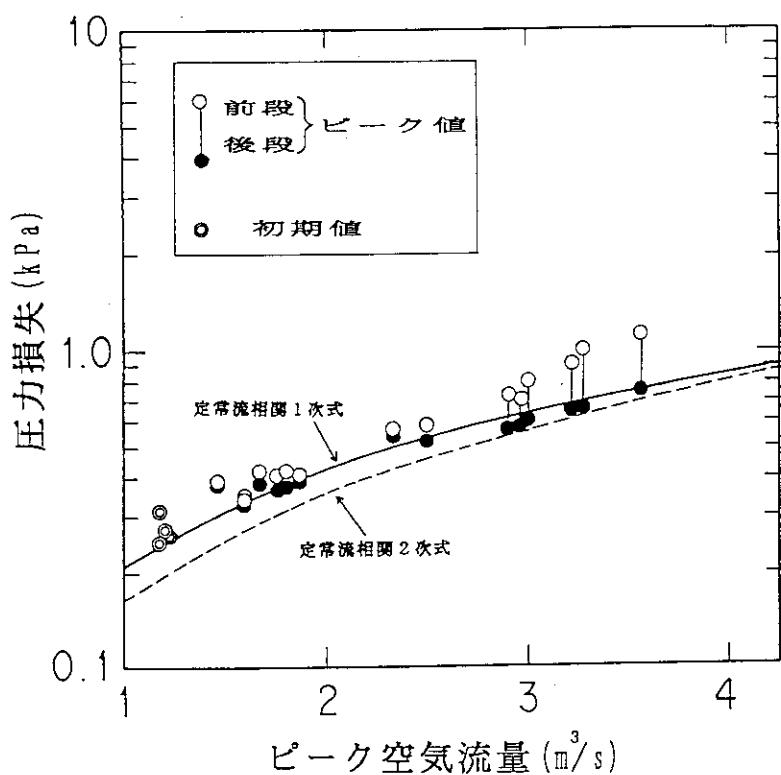


図5.1.5 風圧上昇試験におけるピーグ空気流量に対するHEPA フィルタ圧力損失 (kPa)

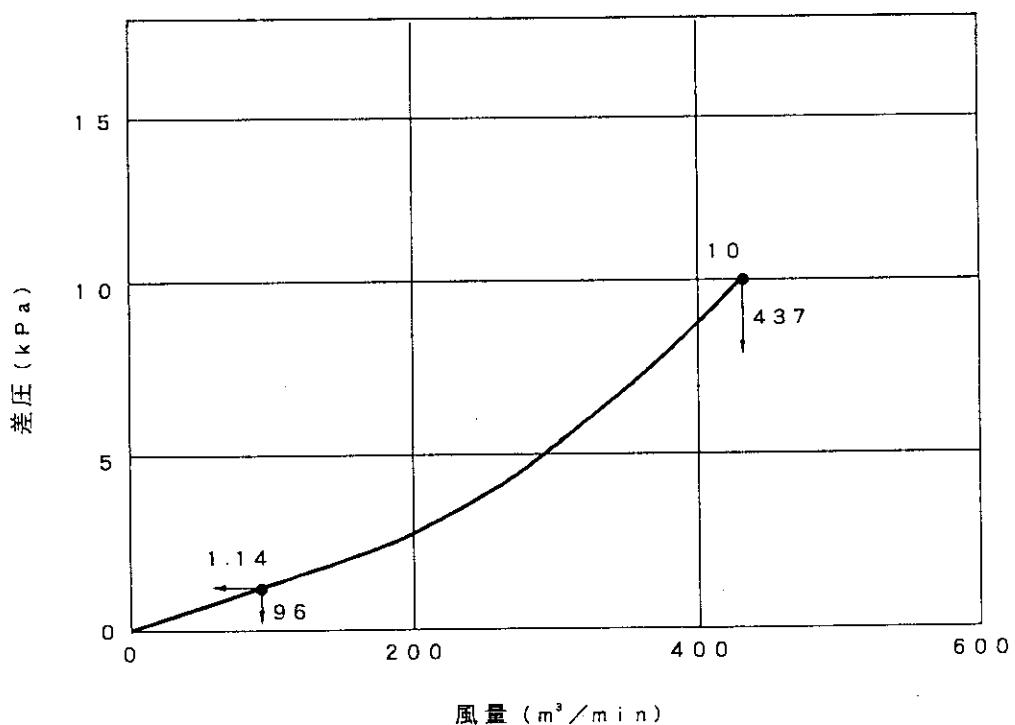


図5.1.6 高性能エアフィルタ苛酷時健全性試験の圧力変化試験より得られた風量・差圧関係

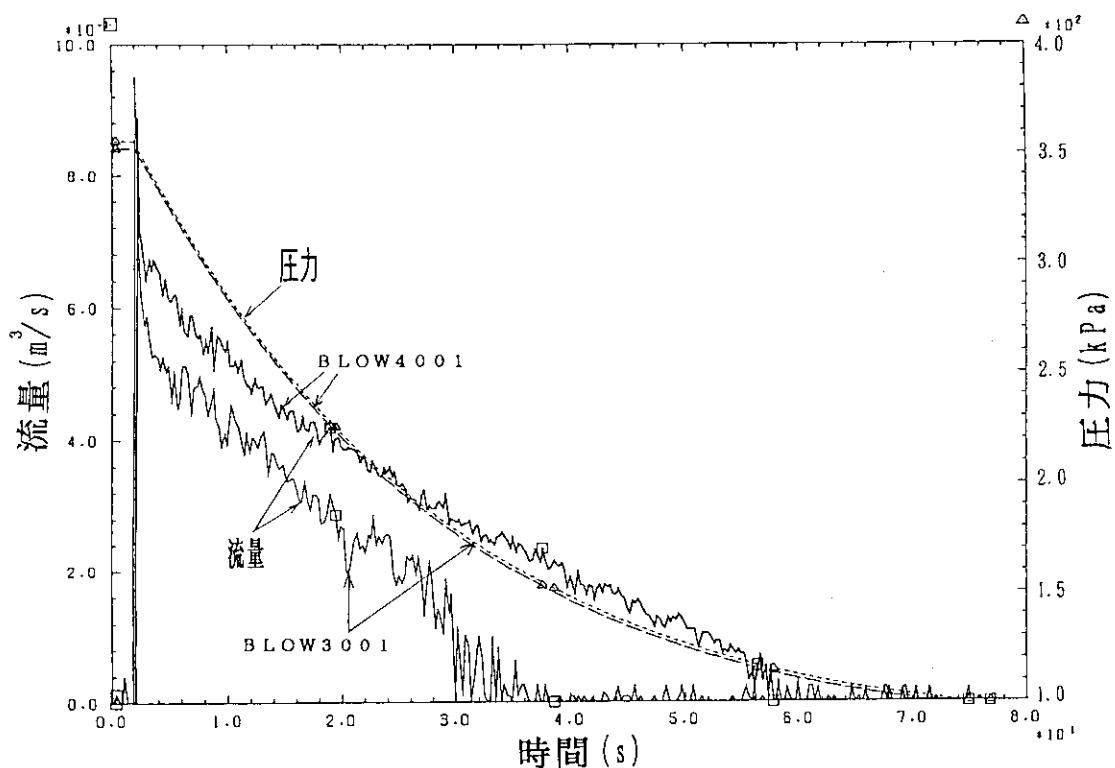


図5.2.1 BLOW3001及びBLOW4001における蓄圧タンク内圧(kPa)  
及び圧縮空気放出流量( $\text{m}^3/\text{s}$ )

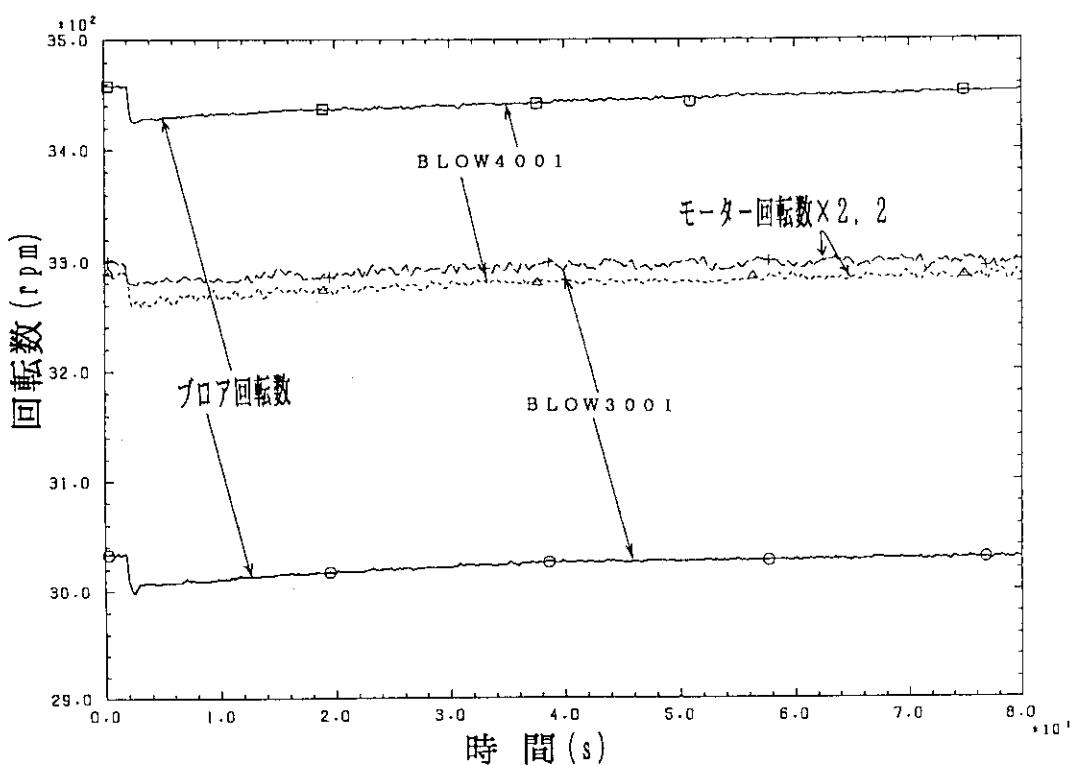


図5.2.2 BLOW3001及びBLOW4001におけるプロア及びモーター回転数変化(rpm)

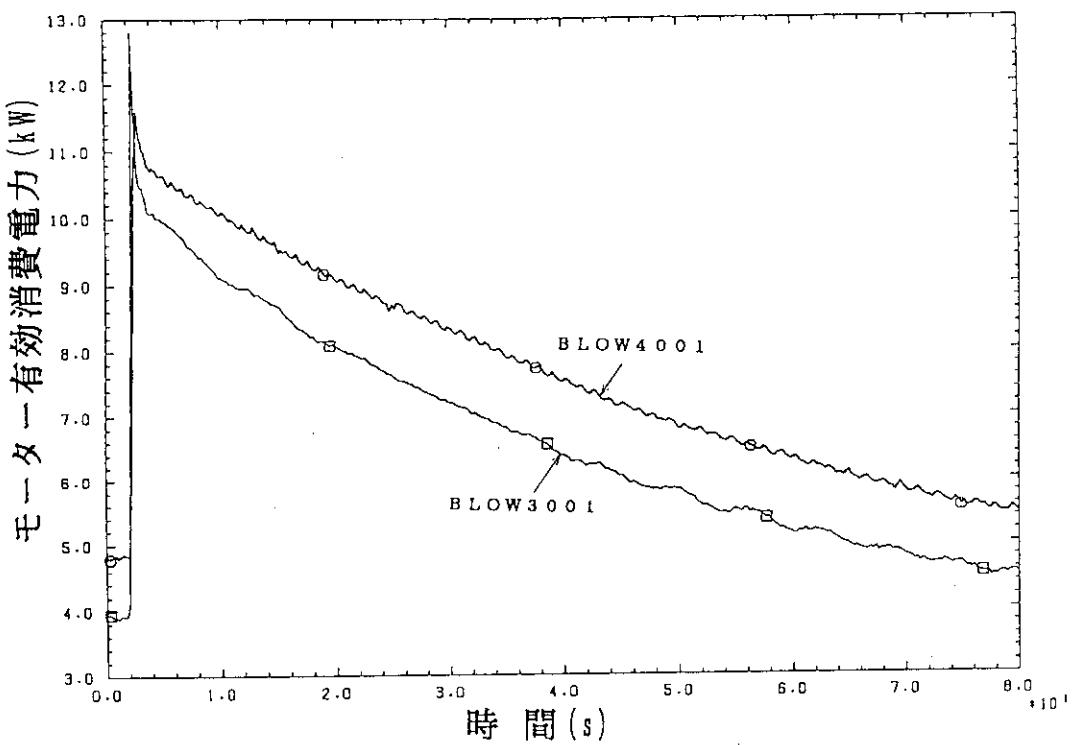


図5.2.3 BLOW 3001 及び BLOW 4001におけるモーター有効消費電力(kW)

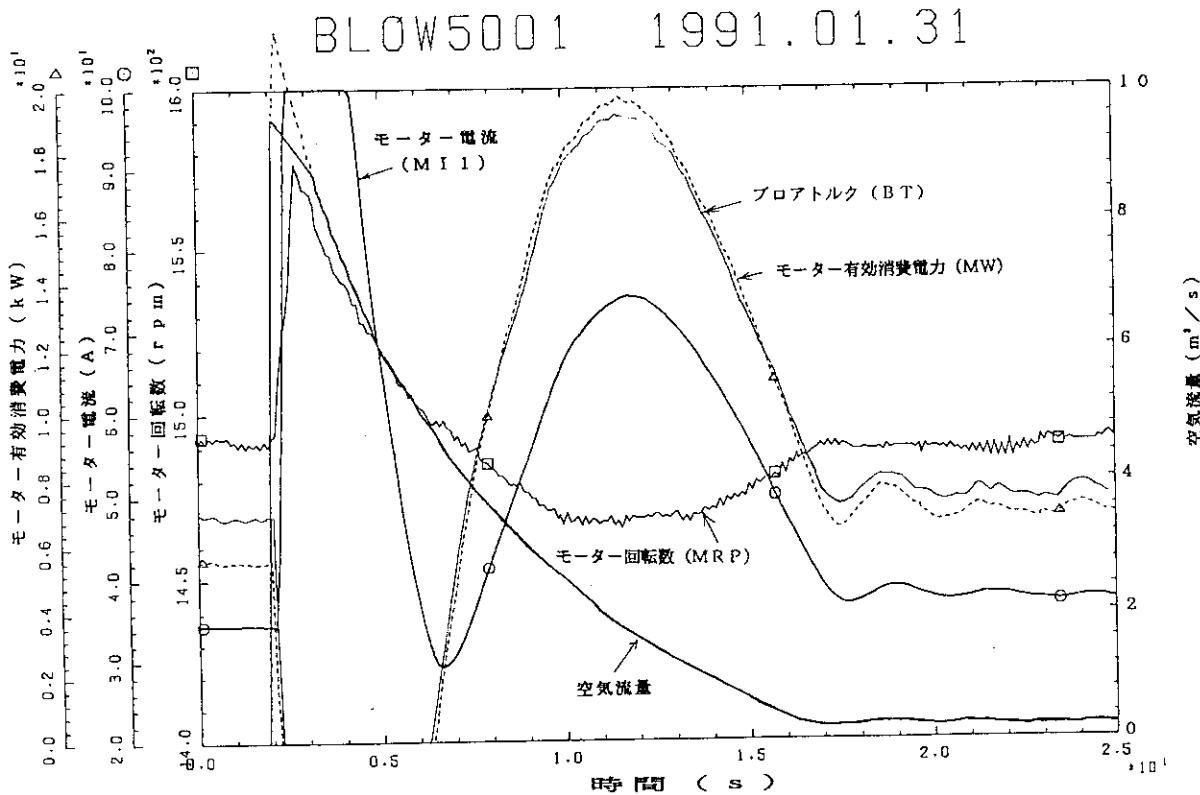


図5.2.4 排風機健全性試験 BLOW5001における流入空気流量、プロアトルク、モーター回転数、モーター電流 及びモーター有効消費電力の過渡変化（トルクは任意スケール）

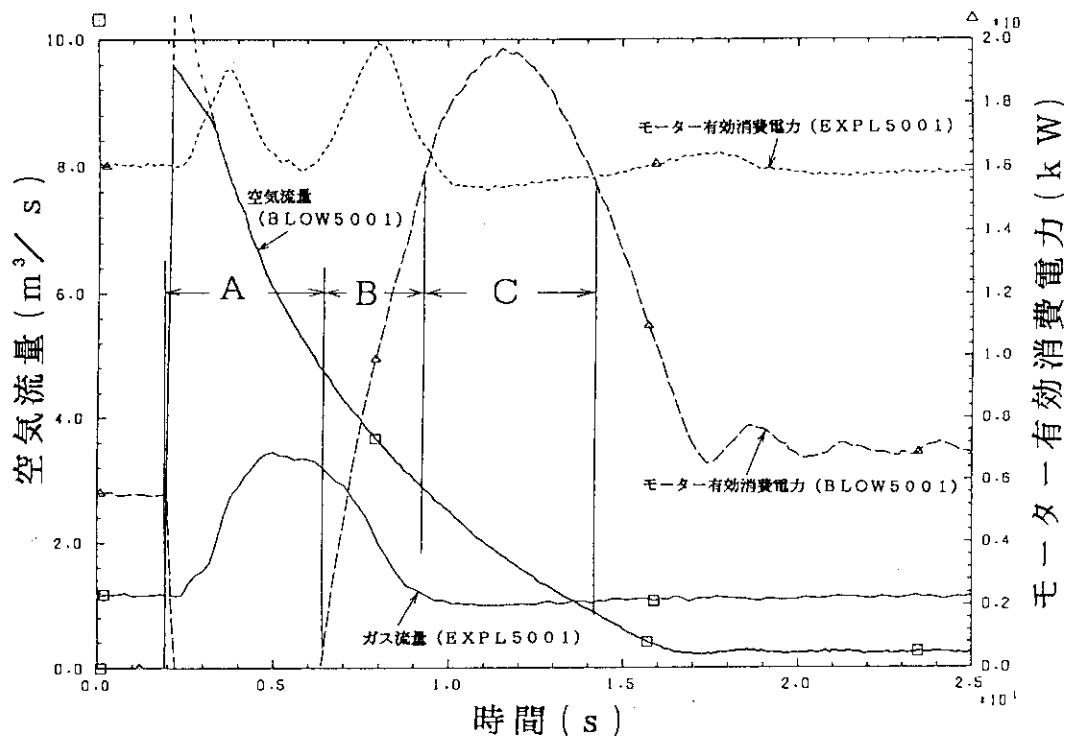


図5.2.5 穏やかな爆発試験(EXPL5001, 8kg燃焼)と排風機健全性試験(BLOW5001)における  
排風機へのガス過負荷とモーター有効消費電力の変化の比較

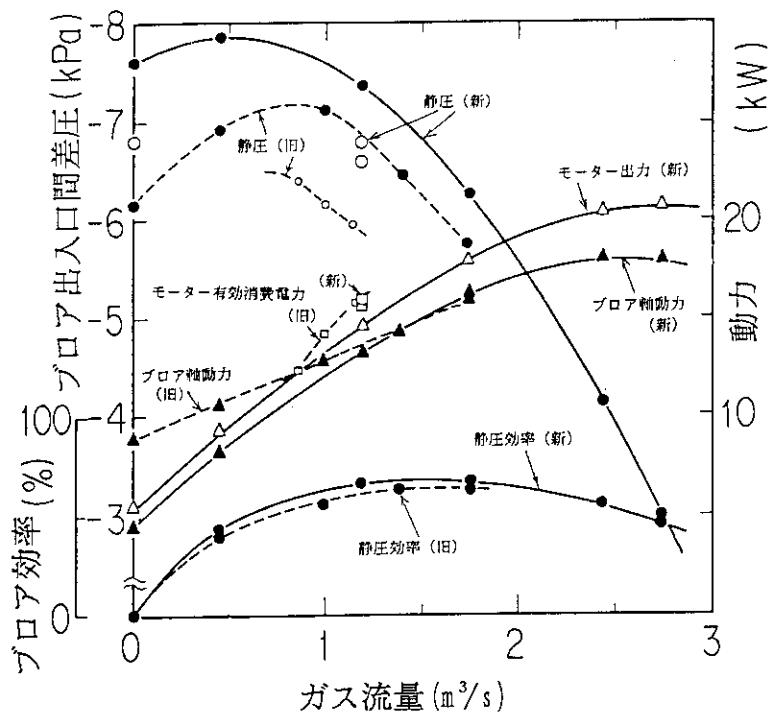


図5.2.6 新旧排風機の特性比較

- ・新排風機（実線上のデータ、及び○印）
  - ：静圧、静圧効率、▲：プロア軸動力、△：モーター出力【排風機単独で測定】
  - ：静圧、□：モーター有効消費電力【実証試験装置に組み込んだ状態で測定】
- ・旧排風機（破線上のデータ）
  - ：静圧、静圧効率、▲：プロア軸動力【排風機単独で測定】
  - ：静圧、□：モーター有効消費電力【実証試験装置に組み込んだ状態で測定】

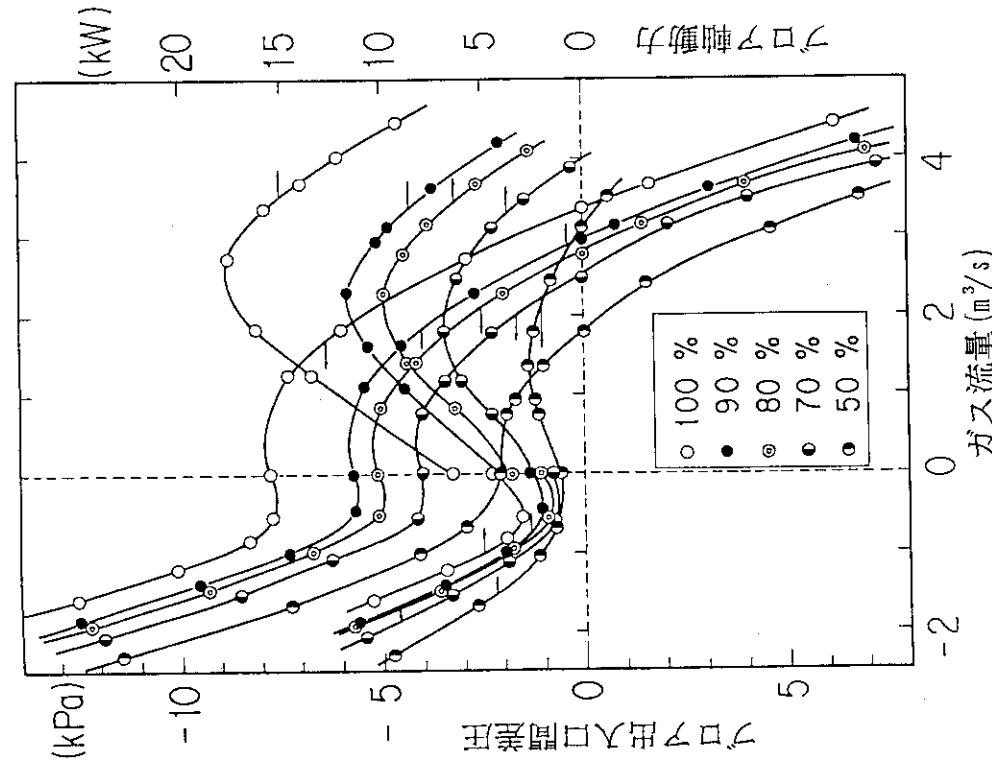


図5.2.7 新排風機の流量に対する静圧及び動力の特性（プロアの定格回転数に対するパーセンテイジをパラメータとする）

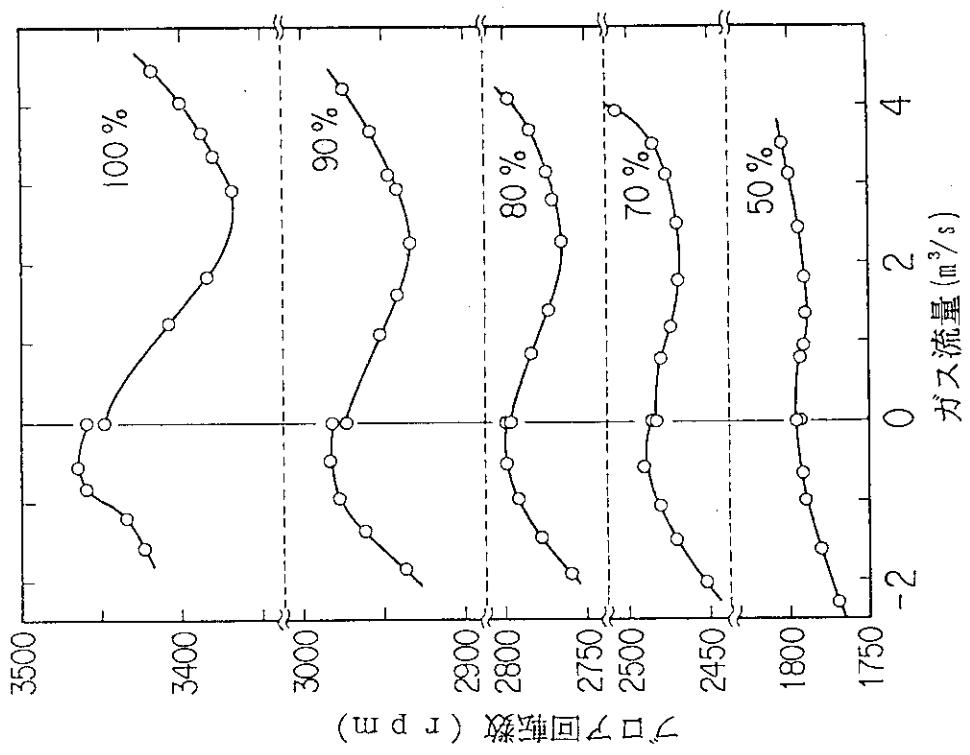


図5.2.8 新排風機の流量に対する回転数変化（プロアの定格回転数に対するパーセンテイジをパラメータとする）

## 6.まとめ

再処理施設における溶媒の急激な熱分解反応に起因して爆発的な燃焼が発生した場合でも、セル換気系の安全性が確保されることを実証するため「セル換気系実証試験装置」を用いて風圧上昇試験及び排風機健全性試験を実施した。

試験では、蓄圧タンクから大量の圧縮空気を第1モデルセル内及び排風機へ放出し、セルやダクトの構造による圧力や温度の伝播と減衰効果、HEPAフィルタの圧力損失の程度、及び排風機の過渡応答特性などを調べた。

その結果、セル内へ放出した空気の圧力波及び温度は、セルやダクトの構造によって有効に減衰されること、排風機の健全性は維持されること、HEPAフィルタは健全に保たれること等を実証した。

以下に風圧上昇試験及び排風機健全性試験の結論をまとめた。

### 6.1 風圧上昇試験

風圧上昇試験においては、第1モデルセル内に吹き込む空気流量、セル・ダクト系の流動抵抗を主たるパラメータとして試験を実施し、セル・ダクト構造による圧力減衰効果を調べ、解析コードの検証に有効に用いられる広範なデータを取得した。

- (1) 第1モデルセル内に放出した圧縮空気による圧力波は、ダクト系を伝播してHEPAフィルタを通り、プロアまで届く間に著しく減衰する。また、新旧排風機による差は生じなかった。
- (2) 第2モデルセルの拡大部やセルの空間を無くした試験では、第1モデルセルから第2ダクトにかけて、圧力、温度共に他の試験より明らかに高い値を示した。しかし、HEPAフィルタの位置では、圧力、温度共に低下している。
- (3) ダクトの流動抵抗の変化については、第2ダクトに管長100cmの抵抗管（内径90A, 110A及び150A）及びオリフィスを挿入した試験を実施し、抵抗管及びオリフィスの流動抵抗が圧力減衰に与える影響を求めた。この効果は顕著に現れている。
- (4) 穏やかな爆発試験と風圧上昇試験の差は、エネルギー量では約一桁の差があるが、仕事率では20～100倍程度に広がる。すなわち、それだけ風圧上昇試験の過渡変化は穏やかである。この「過渡変化の激しさ」の検討は、急激燃焼の規模を評価するための一つの尺度としての意味を持つ。
- (5) HEPAフィルタの圧力損失は、前段、後段フィルタともに、定常流相関一次式で表される。
- (6) 風圧上昇試験後、DOPエアロゾルを用いてHEPAフィルタの性能を確認した。その結果、DOPの粒子直径が0.3μmにおける除染係数DF値は $2 \times 10^4$ （捕集効率 $\eta = 99.995\%$ ）以上であり、HEPAフィルタは健全に保たれていた。
- (7) 風圧上昇試験では、放射性物質閉じ込め計算コードCELVAの検証用データが取得できた。

## 6.2 排風機健全性試験

排風機健全性試験においては、排風機へ流入する圧縮空気流量を主たるパラメータとして試験を実施し、定常流特性を調べると共に、一時的な過負荷として定格の数倍の流量の空気を吹き込み、過渡応答特性を調べた。

- (1) 新旧排風機の過渡応答特性の比較では、両排風機の本質的な差は認められなかった。また、ベルトのスリップがない状態でも排風機全体としての健全性維持には全く支障ない。
- (2) モーターの過負荷は、固体ロケット燃料を用いた穏やかな爆発試験と同様に、伝動ベルトのスリップやピーク流量に対するプロアの回転加速によって回避され、排風機の健全性は維持された。

## 謝　　辞

この報告書は、日本原子力研究所が科学技術庁から委託を受けて実施した「再処理施設セル換気系安全性実証試験」のうち、排風機健全性試験、及び風圧上昇試験の結果を纏めたものである。本実証試験にあたり、「再処理施設セル換気系安全性実証試験検討委員会（金川昭委員会会長）」において、実証試験の計画、試験方法、試験結果についてご検討を頂いた。ここに厚く感謝する。

## 参考文献

- (1) G.Nishio, M.Suzuki, S.Mukaide, et al., "Safety Demonstration Tests of Hypothetical Explosive Burning in the Cell and Air-Ventilation System in a Nuclear Fuel Re-processing Plant", Nuclear Technology, Vol. 95, pp. 325, Sep. (1991)
- (2) M.Suzuki, G.Nishio, J.Takada, et al., "Experimental Analysis on Factors Dominating the Explosive Burning of Solvent in a Cell of a Fuel Reprocessing Plant". Nucl. Eng. and Desi. vol. 135, pp. 287. (1992)
- (3) 鈴木, 西尾, 高田, 小池, 塚本 : “再処理施設における仮想的急激燃焼事象に対するセル換気系の安全性実証試験” JAERI-1328, (1993)
- (4) 西尾, 鈴木, 高田, 小池, 塚本 : “再処理施設における溶媒火災と火災に伴うボイルオーバー燃焼の挙動に関する安全性実証試験” JAERI-M, 93-019, (1993)
- (5) 高田, 鈴木, 小池, 塚本, 西尾 : “再処理施設で想定した穏やかな爆発事象がセル換気系に与える影響に関する安全性実証試験” JAERI-M, 95-024, (1995)
- (6) 科学技術庁原子力安全局原子力安全調査室  
“再処理安全審査指針について”, (昭和61年2月20日), 大成出版社 (改訂4版)
- (7) G.Nishio, J.Takada, M.Tukamoto et al, "A Safety Evaluation of Fire and Explosion in Nuclear Fuel Reprocessing Plants", The First NUCEF International Symposium (NUCEF'95)
- (8) 尾崎, 安藤, 金川 : “高性能エアフィルタの苛酷時健全性試験(Ⅶ) 圧力変化試験” 日本原子力学会誌, Vol. 30, No. 4, pp365~371(1988)

## 6.2 排風機健全性試験

排風機健全性試験においては、排風機へ流入する圧縮空気流量を主たるパラメータとして試験を実施し、定常流特性を調べると共に、一時的な過負荷として定格の数倍の流量の空気を吹き込み、過渡応答特性を調べた。

- (1) 新旧排風機の過渡応答特性の比較では、両排風機の本質的な差は認められなかった。また、ベルトのスリップがない状態でも排風機全体としての健全性維持には全く支障ない。
- (2) モーターの過負荷は、固体ロケット燃料を用いた穏やかな爆発試験と同様に、伝動ベルトのスリップやピーク流量に対するプロアの回転加速によって回避され、排風機の健全性は維持された。

## 謝　　辞

この報告書は、日本原子力研究所が科学技術庁から委託を受けて実施した「再処理施設セル換気系安全性実証試験」のうち、排風機健全性試験、及び風圧上昇試験の結果を纏めたものである。本実証試験にあたり、「再処理施設セル換気系安全性実証試験検討委員会（金川昭委員会会長）」において、実証試験の計画、試験方法、試験結果についてご検討を頂いた。ここに厚く感謝する。

## 参考文献

- (1) G.Nishio, M.Suzuki, S.Mukaide, et al., "Safety Demonstration Tests of Hypothetical Explosive Burning in the Cell and Air-Ventilation System in a Nuclear Fuel Re-processing Plant", Nuclear Technology, Vol. 95, pp. 325, Sep. (1991)
- (2) M.Suzuki, G.Nishio, J.Takada, et al., "Experimental Analysis on Factors Dominating the Explosive Burning of Solvent in a Cell of a Fuel Reprocessing Plant", Nucl. Eng. and Desi. vol. 135, pp. 287. (1992)
- (3) 鈴木, 西尾, 高田, 小池, 塚本 : “再処理施設における仮想的急激燃焼事象に対するセル換気系の安全性実証試験” JAERI-1328, (1993)
- (4) 西尾, 鈴木, 高田, 小池, 塚本 : “再処理施設における溶媒火災と火災に伴うボイルオーバー燃焼の挙動に関する安全性実証試験” JAERI-M, 93-019, (1993)
- (5) 高田, 鈴木, 小池, 塚本, 西尾 : “再処理施設で想定した穏やかな爆発事象がセル換気系に与える影響に関する安全性実証試験” JAERI-M, 95-024, (1995)
- (6) 科学技術庁原子力安全局原子力安全調査室  
“再処理安全審査指針について”, (昭和61年2月20日), 大成出版社 (改訂4版)
- (7) G.Nishio, J.Takada, M.Tukamoto et al, "A Safety Evaluation of Fire and Explosion in Nuclear Fuel Reprocessing Plants", The First NUCEF International Symposium (NUCEF' 95)
- (8) 尾崎, 安藤, 金川 : “高性能エアフィルタの苛酷時健全性試験(Ⅶ) 圧力変化試験” 日本原子力学会誌, Vol. 30, No. 4, pp365~371(1988)

## 6.2 排風機健全性試験

排風機健全性試験においては、排風機へ流入する圧縮空気流量を主たるパラメータとして試験を実施し、定常流特性を調べると共に、一時的な過負荷として定格の数倍の流量の空気を吹き込み、過渡応答特性を調べた。

- (1) 新旧排風機の過渡応答特性の比較では、両排風機の本質的な差は認められなかった。また、ベルトのスリップがない状態でも排風機全体としての健全性維持には全く支障ない。
- (2) モーターの過負荷は、固体ロケット燃料を用いた穏やかな爆発試験と同様に、伝動ベルトのスリップやピーク流量に対するプロアの回転加速によって回避され、排風機の健全性は維持された。

## 謝　　辞

この報告書は、日本原子力研究所が科学技術庁から委託を受けて実施した「再処理施設セル換気系安全性実証試験」のうち、排風機健全性試験、及び風圧上昇試験の結果を纏めたものである。本実証試験にあたり、「再処理施設セル換気系安全性実証試験検討委員会（金川昭委員会会長）」において、実証試験の計画、試験方法、試験結果についてご検討を頂いた。ここに厚く感謝する。

## 参考文献

- (1) G.Nishio, M.Suzuki, S.Mukaide, et al., "Safety Demonstration Tests of Hypothetical Explosive Burning in the Cell and Air-Ventilation System in a Nuclear Fuel Re-processing Plant", Nuclear Technology, Vol. 95, pp. 325, Sep. (1991)
- (2) M.Suzuki, G.Nishio, J.Takada, et al., "Experimental Analysis on Factors Dominating the Explosive Burning of Solvent in a Cell of a Fuel Reprocessing Plant". Nucl. Eng. and Desi. vol. 135, pp. 287. (1992)
- (3) 鈴木, 西尾, 高田, 小池, 塚本 : “再処理施設における仮想的急激燃焼事象に対するセル換気系の安全性実証試験” JAERI-1328, (1993)
- (4) 西尾, 鈴木, 高田, 小池, 塚本 : “再処理施設における溶媒火災と火災に伴うボイルオーバー燃焼の挙動に関する安全性実証試験” JAERI-M, 93-019, (1993)
- (5) 高田, 鈴木, 小池, 塚本, 西尾 : “再処理施設で想定した穏やかな爆発事象がセル換気系に与える影響に関する安全性実証試験” JAERI-M, 95-024, (1995)
- (6) 科学技術庁原子力安全局原子力安全調査室  
“再処理安全審査指針について”, (昭和61年2月20日), 大成出版社 (改訂4版)
- (7) G.Nishio, J.Takada, M.Tukamoto et al, "A Safety Evaluation of Fire and Explosion in Nuclear Fuel Reprocessing Plants", The First NUCEF International Symposium (NUCEF' 95)
- (8) 尾崎, 安藤, 金川 : “高性能エアフィルタの苛酷時健全性試験(Ⅶ) 圧力変化試験” 日本原子力学会誌, Vol. 30, No. 4, pp365~371(1988)

## 付録A 流量データの補正計算方法

第2ダクトのアニューバセンサーFT2Bの差圧計は十分な追従性能があるが、排気ダクトにおけるアニューバ型流量計FT4（旧タイプ）による流量データは、補正が必要である。その理由は、アニューバの差圧出力を電気信号に変換する差圧計の応答に時間遅れがあり、急速な過渡変化に追従しないことにある。

FT4の差圧計は、風圧上昇試験においてはPRES2001～PRES4000まで、穏やかな爆発試験<sup>(5)</sup>においてはEXPLO2001～EXPLO4003までは、追従性が低いタイプ（以下、旧タイプFT4と呼ぶ）を用いていた。このため、その出力は推測される値より大幅に下回った。PRES4001、及びEXPLO4004以降は、FT4差圧計を高速応答型に変えた（以下、新FT4と呼ぶ）ので、その出力は十分信頼できるものになった。

排気ダクト流量は、排風機やHEPAフィルタの過渡特性を評価する上で重要なデータである。従って、特に旧タイプFT4のピーク流量の正確な推定に重点を置き以下の補正を行った。

### （1）アニューバ式流量計測方法

アニューバ式流量計の原理は、ガス流に垂直に入れたアニューバセンサーに発生する差圧を計測し、これに各種の定数を用いた演算を施して流量を算出する。この演算式を以下に示す。

$$Q (\text{Nm}^3/\text{s}) = \frac{0.01252}{3600} K D^2 \sqrt{\frac{\angle P}{\gamma_1} \cdot \frac{P_1}{P_n} \cdot \frac{T_n}{T_1} \cdot F_R \cdot \frac{Z_1}{Z_t}} \quad (\text{A. 1})$$

ここで、

Q：流量 ( $\text{Nm}^3/\text{s}$ )

K：ピトー管定数（流量係数）

D：管内径 (mm)

$\angle P$ ：差圧 (Pa)

$P_1$ ：ガス圧力 (kPa)

$P_n$ ：0°Cガス圧力 (kPa)

$\gamma_1$ ：ガス密度 ( $\text{kg/m}^3$ )

$\gamma_0$ ：0°Cガス（空気）密度 (=1.293kg/m<sup>3</sup>)

$T_1$ ：ガス温度 (K)

$T_n$ ：ガス温度 (=273.15K)

$F_R$ ：レイノルズ数による流量係数Kの補正係数≈1

$Z_1$ ：0°C, 1 atm (=101.3kPa) におけるガス圧縮係数=1

$Z_t$ ：使用状態におけるガス圧縮係数

また、

$$\gamma_1 = \gamma_0 \cdot \sqrt{\frac{T_n}{T_1} \cdot \frac{P_1}{P_n}} \quad (A. 2)$$

の関係がある。式(A.2)を用いて式(A.1)を変形すれば、

$$Q \text{ (Nm}^3/\text{s}) = 0.697 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{KD^2}{Z \cdot \gamma_0} \cdot \sqrt{\frac{\Delta P \cdot P_1}{T_1}} \quad (A. 3)$$

が得られる。気体温度  $T_1$  及び気体絶対圧力  $P_1$  としては、アニューバセンサーにもっとも近い熱電対及び圧力計(出力 +101.3 kPa)の信号を採用する。

ここで、流量計FT2B, FT4に関して、以下の値が与えられている。

	K	D (mm)	Z	$\gamma_0$ (EXPL)	$\gamma_0$ (PRES)
FT2B	0.645	204.7	1.0	1.097	1.293
FT4	0.616	593.8	1.0	1.097	1.293

ただし、ガス密度  $\gamma_0$  は、風圧上昇試験(PRES)においては空気密度( $=1.293\text{kg/m}^3$ )をとり、穏やかな爆発試験(EXPL)においてはロケット火薬燃焼ガスの密度( $=1.097\text{kg/m}^3$ )をとる。このため、穏やかな爆発試験において、誤って  $\gamma_0=1.293\text{kg/m}^3$  を用いて流量を算出した場合、得られた流量に  $R'=(1.293/1.097)^{0.5}=1.086$  の補正係数を乗じた。

これらの値を式(A.3)に代入して、結局

$$Q_{2B} \text{ (Nm}^3/\text{s}) = 0.4636 \cdot \sqrt{\frac{\Delta P \text{ (mmAq.)} \cdot P_1 \text{ (kPa)}}{T_1 \text{ (K)}}} \quad (A. 4)$$

$$Q_4 \text{ (Nm}^3/\text{s}) = 3.727 \cdot \sqrt{\frac{\Delta P \text{ (mmAq.)} \cdot P_1 \text{ (kPa)}}{T_1 \text{ (K)}}} \quad (A. 5)$$

が得られる。

ただし、  $Q_{2B}$  : 第2ダクト流量計FT2Bによる流量(Nm<sup>3</sup>/s)

$Q_4$  : 排気ダクト流量計FT4による流量(Nm<sup>3</sup>/s)

である。

## (2) 旧タイプFT4データの補正方法

旧タイプFT4差圧計の過渡変化時の追従性不足による出力ピークの歪は、そのピーク波形出力に対して差圧計の周波数応答関数による逆変換をして入力波形を推算することにより補正できる。ところが、この周波数応答関数は全く不明であるので、この方法はとれない。

しかし、過渡変化時、すなわち大量のガスが第3ダクト以降に流入している期間は、希釈ダクトの逆流防止ダンパーは閉じているので、第2ダクトの流量変化をみるとことにより、排気ダクトの流量変化を推測することができる。

すなわち、第2ダクトの流量(FT2B)データから以下のようにして推測する。

まず、FT2Bのデータのピーク値と新FT4のそれを図A.1によって比較し、両者の相関を調べた。

図A.1は、横軸にFT2Bの値を、縦軸にFT4データの値をとり、同一の試験におけるFT2BとFT4のデータのピーク値をプロットしたものである。いずれのデータも、前項(1)に述べた方法で求められたものである。

●及び○は、それぞれ風圧上昇試験と穏やかな爆発試験におけるFT2Bと旧タイプFT4のピーク値の対応点を示し、◎及び◎は、同じくFT2Bと新FT4のピーク値の対応点を示す。

仮に第2ダクトと排気ダクトの流量ピーク値が一致するならば、その対応点は図中の破線上に乗るが、対応点はすべて破線より下にある。すなわち、FT4のピーク値はFT2Bより低いことが明らかである。ここで、FT2Bと新FT4のデータは十分信頼できると仮定すれば、以下の特徴が観察される。

①旧タイプFT4のデータは、追従性の不足が原因で明らかに低い。

②新FT4のピーク値はFT2Bのピーク値の約9.2%と評価され、新FT4とFT2Bの対応点は、原点を通り、傾きが0.92の直線にほぼ乗る。

すなわち、旧タイプFT4を用いた試験における排気ダクトガス流量のピーク値は、その試験におけるFT2Bのピーク値の9.2%が良い推定値であると思われる。

したがって、流量ピーク値に関して、以下の補正方法を妥当とみなす。

(a) 旧タイプFT4を用いた試験における排気ダクト流量ピークは、旧タイプFT4のデータを棄却し、FT2B × 0.92によって推定値(補正值)とし、

(b) 新FT4のデータ、FT2Bのデータは、そのまま採用する。

流量ピーク値が第2ダクトより排気ダクトにおいてやや低下する理由は、管径の広がりや、流動抵抗などによって流量ピークが時間的に広がるためと思われる。

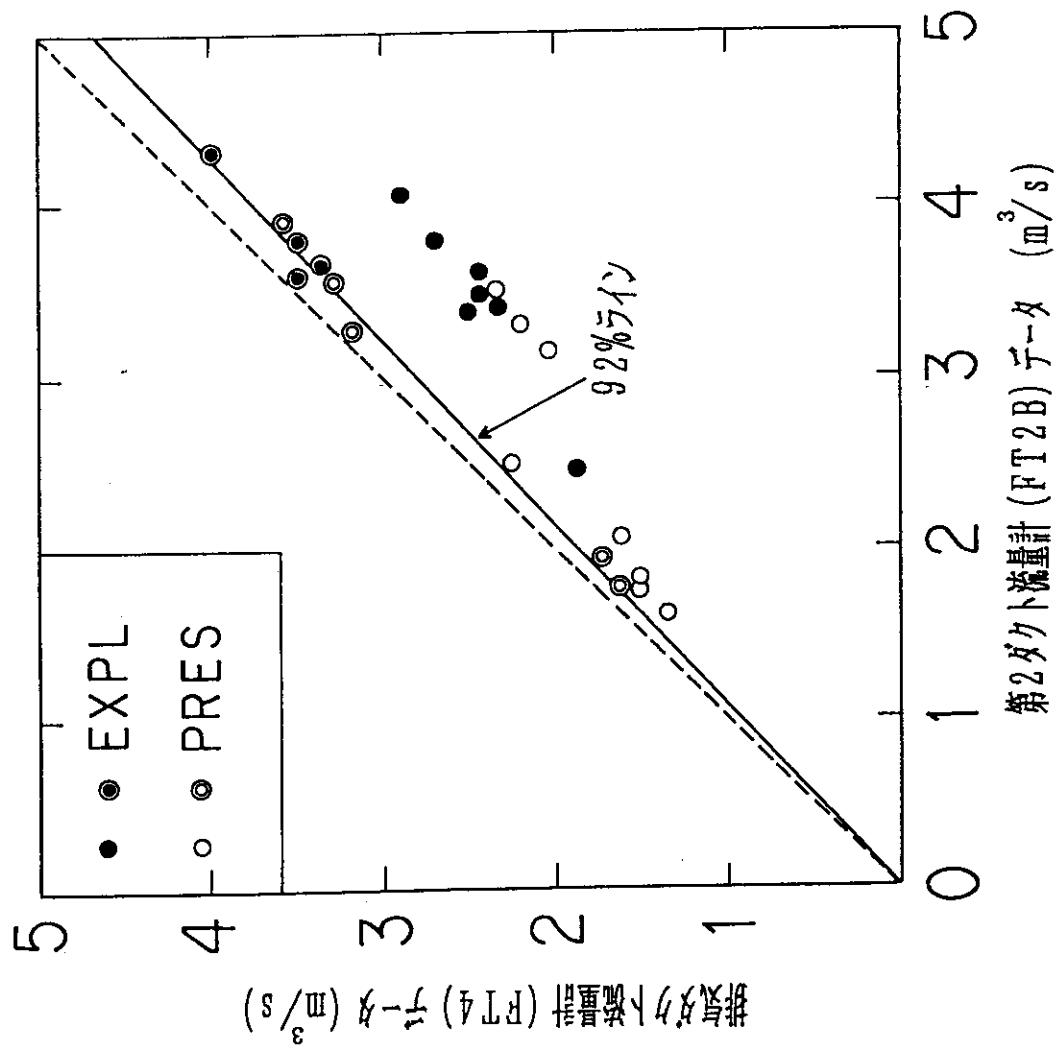


図 A 1 穏やかな爆発試験と風圧上昇試験における第2ダクト流量計(FT2B, アニユーバ)と、排気ダクト流量計(FT4, アニユーバ)の、同一試験における流量データの相関比較。○および◎は、高速応答型FT4センサーを用いた場合を示す。