

JAERI-M
7924

ウラン・プルトニウム混合炭化物系
燃料の汎用高温実験装置

1978年10月

半田 宗男・高橋 一郎・渡辺 斉

この報告書は、日本原子力研究所が JAERI-M レポートとして、不定期に刊行している研究報告書です。入手、複製などのお問い合わせは、日本原子力研究所技術情報部（茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしください。

JAERI-M reports, issued irregularly, describe the results of research works carried out in JAERI. Inquiries about the availability of reports and their reproduction should be addressed to Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan.

ウラン・プルトニウム混合炭化物系燃料の汎用高温実験装置

日本原子力研究所東海研究所燃料工学部

半田 宗男・高橋 一郎・渡辺 斉

(1978年9月27日受理)

高速炉用炭化物系燃料の高温挙動を解析するために大洗研究所燃料研究棟に整備されたプルトニウム系燃料の汎用高温実験装置の設計、製作ならびに性能試験についてのべる。本装置は、十分に制御されたガス雰囲気中で燃料の高温熱処理(最高温度 2400°C)を行うことができるほか、ヘリウムガスによる急冷も可能である。さらに、燃料の照射を行うに際して必須のデータである蒸発性不純物ガスの分析ラインも組込まれている。本装置の製作にあたり、新機構のフィルタ装置が開発されたほか、グローブボックス内に閉ループの冷却水系を設けるなどプルトニウムの新しい包蔵技術が多数開発された。性能試験は、これらプルトニウムの包蔵技術に関するデータを中心に報告する。

JAERI-M 7924

Universal High-Temperature Heat Treatment Furnace for
FBR Mixed Uranium and Plutonium Carbide Fuel

Muneo HANDA, Ichiro TAKAHASHI and Hitoshi WATANABE

Division of Nuclear Fuel Research, Tokai Research
Establishment, JAERI

(Received September 27, 1978)

A universal high-temperature heat treatment furnace for LMFBR advanced fuels was installed in Plutonium Fuel Laboratory, Oarai Research Establishment. Design, construction and performance of the apparatus are described. With the apparatus, heat treatment of the fuel under a controlled gas atmosphere and quenching of the fuel with blowing helium gas are possible. Equipment to measure impurity gas release of the fuel is also provided. Various plutonium enclosure techniques, e g., a gas line filter with new exchange mechanics, have been developed. In performance test, results of the enclosure techniques are described.

Keywords: High-temperature furnace, Uranium carbide, Plutonium carbide, Nitride fuel, Fast breeder reactor, Impurity gas release, Quenching, Gas line filter, Plutonium enclosure technique, Glove box

目 次

1. はじめに	1
2. 装置の設計	1
2.1 実験目的とガス流路	2
2.1.1 制御したガス雰囲気中での高温熱処理	2
2.1.2 ヘリウムガスによる急冷	8
2.1.3 蒸発性不純物ガスの分析	8
2.2 冷却水循環系	9
2.3 燃料研究棟 102 号室 (物性室) の配置	9
3. 装置の製作と安全系	9
3.1 熱処理炉	9
3.2 新機構ガスラインフィルタと真空排気系	11
3.3 グローブボックス内のガス系および冷却水系	15
3.4 小型電気炉	15
3.5 ヌード型イオン真空測定子	15
3.6 小型熱交換器と1次冷却水循環系	18
3.7 不純物ガスの捕集ならびに組成分析	18
3.8 グローブボックスと簡易グローブボックス	18
3.9 計測制御盤と安全系	19
4. 性能試験	21
4.1 新機構ガスラインフィルタの捕集効率	21
4.2 新機構ガスラインフィルタの排気抵抗	21
4.3 グローブボックス内装機器の表面温度	21
4.4 グローブボックスの気密試験	23
5. あとがき	23

Contents

1. Introduction	1
2. Design of apparatus	1
2.1 Experimental objects	2
2.1.1. Heat treatment of fuel under a controlled atmosphere	2
2.1.2 Quenching of fuel by helium gas	8
2.1.3 Determination of impurity gas	8
2.2 Cooling water system	9
2.3 Layout of apparatus in room No.102 of Plutonium Fuel Laboratory	9
3. Construction of apparatus	9
3.1 Heat treatment furnace	9
3.2 New mechanics gas line filter	11
3.3 Gas flow and cooling water systems	15
3.4 Small electric furnace	15
3.5 Ionization gauge	15
3.6 Small heat exchanger and primary cooling water system	18
3.7 Collection and analysis of impurity gas	18
3.8 Glove box	18
3.9 Control and safety system	19
4. Performance tests	21
4.1 Efficiency of new mechanics gas line filter	21
4.2 Exhausting resistance of new mechanics gas line filter	21
4.3 Surface temperature of apparatus in glove box	21
4.4 Leak test of glove box	23
5. Summary	23

1. はじめに

高速炉用ウラン・プルトニウム混合炭化物系燃料の研究開発を促進するために、原研大洗研究所に建設された燃料研究棟の内装整備は順調に進められ、すでに混合炭化物ペレットの調製、金相試験、X線回折および化学分析が行われている。本報告書では、同燃料の高温挙動を解析するために整備された汎用高温実験装置の設計、製作ならびに性能試験についてのべる。本装置は、制御されたガス雰囲気中において、燃料を高温で熱処理することにより、燃料の熱力学的素量の測定、熱拡散を含む物質移行、燃料と被覆材の化学的相互作用 (Fuel and Cladding Chemical Interaction) に関する研究と熱処理した燃料を炉から引きあげた後、多量のヘリウムガスを吹きつけて急冷することにより、高温における安定相の研究を行うことを目標に設計が始められた。プルトニウムの取扱いに関連して、熱処理炉の発熱体の交換機構、プルトニウムの包蔵性などの検討を進める過程で、短時間で確実に交換できる新機構のガスラインフィルタの構想が生れた。また、熱処理炉と試料導入用反応ヘッドの間に、金属およびセラミックス炉芯管についてそれぞれに専用の中間フランジを製作し、炉芯管を中間フランジに取付けた後中間フランジごと取替えれば、グローブボックス内で炉芯管を交換できることが分ってきた。しかし、この交換方法を採用した場合、グローブボックス内で中間フランジ部を冷却するために設けた冷却水循環パイプのつなぎ替えが必要となる。この冷却水パイプのつなぎ替え作業に伴うプルトニウムの包蔵性は、グローブボックス内に小型熱交換器を設置して、冷却水のつなぎ替えは、この熱交換器の1次側に限定することで解決された。このように、グローブボックス内で炉芯管を交換できる目途が得られたことから、前述の実験目的に加えて、燃料の照射実験を遂行するために必須のデータである燃料中の蒸発性不純物ガスの分析ラインも本装置に組み込まれることになった。従来、プルトニウム系燃料の実験装置では多目的装置の製作は得策でないと考えられていたが、本装置の場合、プルトニウムの包蔵性に関する新しい技術を導入することにより汎用の高温実験装置が実現した。なお、本装置は、52年11月原子力安全局の施設検査を受け、53年2月52安(核規)第1885号をもってプルトニウムの取扱いが認可された。巻末に、本装置の設計にあたり参照した文献をまとめて示す。

2. 装置の設計

本装置は、大別してガス系、冷却水系および電気計測系から構成されている。汎用の高温実験装置を目標に設計を進めたため、一般の装置に比べてガス系および冷却水系が複雑となった。多数の構成機器のうち、どこまでの機器をグローブボックス内に設置するかという問題は、アルファ放射性物質(プルトニウム)を取扱う装置の設計に特有な重要な課題である。グローブボックス内の装置の保守ならびに修理作業のむずかしさを考えた場合、ボックス内に設置する装置は、必要最小限にとどめるべきである。一方、プルトニウムを安全に取扱えることならびに実験に

1. はじめに

高速炉用ウラン・プルトニウム混合炭化物系燃料の研究開発を促進するために、原研大洗研究所に建設された燃料研究棟の内装整備は順調に進められ、すでに混合炭化物ペレットの調製、金相試験、X線回折および化学分析が行われている。本報告書では、同燃料の高温挙動を解析するために整備された汎用高温実験装置の設計、製作ならびに性能試験についてのべる。本装置は、制御されたガス雰囲気中において、燃料を高温で熱処理することにより、燃料の熱力学的素量の測定、熱拡散を含む物質移行、燃料と被覆材の化学的相互作用 (Fuel and Cladding Chemical Interaction) に関する研究と熱処理した燃料を炉から引きあげた後、多量のヘリウムガスを吹きつけて急冷することにより、高温における安定相の研究を行うことを目標に設計が始められた。プルトニウムの取扱いに関連して、熱処理炉の発熱体の交換機構、プルトニウムの包蔵性などの検討を進める過程で、短時間で確実に交換できる新機構のガスラインフィルタの構想が生れた。また、熱処理炉と試料導入用反応ヘッドの間に、金属およびセラミックス炉芯管についてそれぞれに専用の中間フランジを製作し、炉芯管を中間フランジに取付けた後中間フランジごと取替えれば、グローブボックス内で炉芯管を交換できることが分ってきた。しかし、この交換方法を採用した場合、グローブボックス内で中間フランジ部を冷却するために設けた冷却水循環パイプのつなぎ替えが必要となる。この冷却水パイプのつなぎ替え作業に伴うプルトニウムの包蔵性は、グローブボックス内に小型熱交換器を設置して、冷却水のつなぎ替えは、この熱交換器の1次側に限定することで解決された。このように、グローブボックス内で炉芯管を交換できる目途が得られたことから、前述の実験目的に加えて、燃料の照射実験を遂行するために必須のデータである燃料中の蒸発性不純物ガスの分析ラインも本装置に組み込まれることになった。従来、プルトニウム系燃料の実験装置では多目的装置の製作は得策でないと考えられていたが、本装置の場合、プルトニウムの包蔵性に関する新しい技術を導入することにより汎用の高温実験装置が実現した。なお、本装置は、52年11月原子力安全局の施設検査を受け、53年2月52安(核規)第1885号をもってプルトニウムの取扱いが認可された。巻末に、本装置の設計にあたり参照した文献をまとめて示す。

2. 装置の設計

本装置は、大別してガス系、冷却水系および電気計測系から構成されている。汎用の高温実験装置を目標に設計を進めたため、一般の装置に比べてガス系および冷却水系が複雑となった。多数の構成機器のうち、どこまでの機器をグローブボックス内に設置するかという問題は、アルファ放射性物質(プルトニウム)を取扱う装置の設計に特有な重要な課題である。グローブボックス内の装置の保守ならびに修理作業のむずかしさを考えた場合、ボックス内に設置する装置は、必要最小限にとどめるべきである。一方、プルトニウムを安全に取扱えることならびに実験に

必要な諸性能を維持するためにボックス内に設置することが必要な機器がある。また、プルトニウムの新しい包蔵技術の開発導入によっても、その範囲は左右される。本装置の場合、グローブボックス内へのガスの供給およびボックスからの取出しは、すべて新機構のガスラインフィルタを経由して行うよう設計されている。しかし、ガスラインフィルタの破損事故などにより、汚染されることが考えられる装置は、将来必要な場合には、容易にグローブボックスとして使用できるように設計された簡易グローブボックス内にまとめて設置した。真空排気系の油回転ポンプは、従来簡易グローブボックス内に設置されていたが、新機構のガスラインフィルタを採用することで回転ポンプ油の汚染を防止できることおよびたとえ油が汚染したとしてもポンプ自体が気密構造であることから（ヘリウム回収用ポンプを使用）グローブボックス床下に設置することにした。

冷却水系は、グローブボックス内に閉ループの1次冷却水系を設けたことから、燃料研究棟に既設の冷却水循環系を含めると1～4次冷却水系から構成されることになった。102号室(物性室)内における各装置の配置は、建屋の壁から1m以内に移動のむずかしい装置を設置しないなど、室内の除染作業を考慮して配置した。

本装置のガス流路図および冷却水流路図を図1および図2に示す。また、主要構成機器一覧を表1に示す。本章では、はじめに、実験目的によるガス系の流路について詳しくのべる。続いて、冷却水系および102号室内における装置の配置について説明する。

2.1 実験目的とガス流路

2.1.1 制御したガス雰囲気中での高温熱処理 (図1参照)

高温熱処理炉(FU-1)のガス雰囲気の調節方法として、2種類のガスを一定比率に自動的に混合して供給する once through 方式と、 $M-MO_x$ または $M-MC_x$ (ここでMは金属、 MO_x および MC_x は金属Mの酸化物または炭化物) を小型電気炉(FU-2)で一定温度に加熱し、 $CO-CO_2$ 、 H_2-CH_4 などの混合ガスを金属ベローズポンプで小型電気炉と熱処理炉間を循環させる方式の2方法がある。

1) Once through

2種類のガス供給ポンプをそれぞれの接続口(HV-1およびHV-3)に設置する。両ガスは、流量計(F-1, F-3)を経て、ガス自動混合システムである質量流量計(MF)に導かれる。質量流量計は、一端を加熱した熱導管中にガスを流したとき、ガスの流量と比熱によって導管に沿って温度勾配が生ずることを利用して、ガス流量を熱的に検出する。2台の質量流量計(F-4, F-5)を組合せて、検出した流量比が設定値より変ったとき、電磁流量制御弁(MV-1)を自動的に開閉して、両ガスの混合比を一定に保つように設計されている。混合比は、ダイヤルを回転することにより、2つの質量流量計の目盛の範囲内で、最大流量値の $\pm 1\%$ の精度に維持される。

本装置では、質量流量計の最大目盛はそれぞれ5000ccおよび5ccであり、各流量計は百分まで目盛りされているので、最小の混合比率は、約10ppm(=0.05cc/5000cc)である。本方式の場合、フィルタ母材およびソフトパッキングなどからの不純物ガスの放出が考えられるので、

記号	部品名	名称
BP-1.2	連成	計
BP	ベローズポンプ	ポンプ
CB-1~3	水冷バルブ	バルブ
DP-1~4	拡散ポンプ	ポンプ
DV-1~6	ドレインバルブ	バルブ
F-1~3.6~9	流量	計
F-4.5	質量流量計	測定子
FP-1~6	金属フレキシブル管	管
FU-1	高温熱処理炉	炉
FU-2	小型電気炉	炉
GC	ガスクロマトグラフ	グラフ
GE	ガス試料導入器	器
GF-1~5	新機構ガスラインフィルタ	フィルタ
GF-6	HEPAフィルタ	フィルタ
GF-7~10	ガスラインフィルタ	フィルタ
GP	ガスピペット	ット
GV-1~49	ベローズバルブ	バルブ
HV-1~3	ヘッダバルブ	バルブ
IG-1~4	電離真空計	計
MV-1	電動ニードルバルブ	バルブ
MF	質量流量計	計
MT-1~3	ミストトラップ	ップ
NV-1~6	ニードルバルブ	バルブ
PG-1~6	ピラニ真空計	計
RH-1.2	反応ヘッパ	ッド
RP-1~3	回転ポンプ	ポンプ
RV-1~3	減圧	弁
SV-1.2	電磁	弁
TP	テラポンプ	ポンプ
TR-1.2	液体空素トラップ	ップ

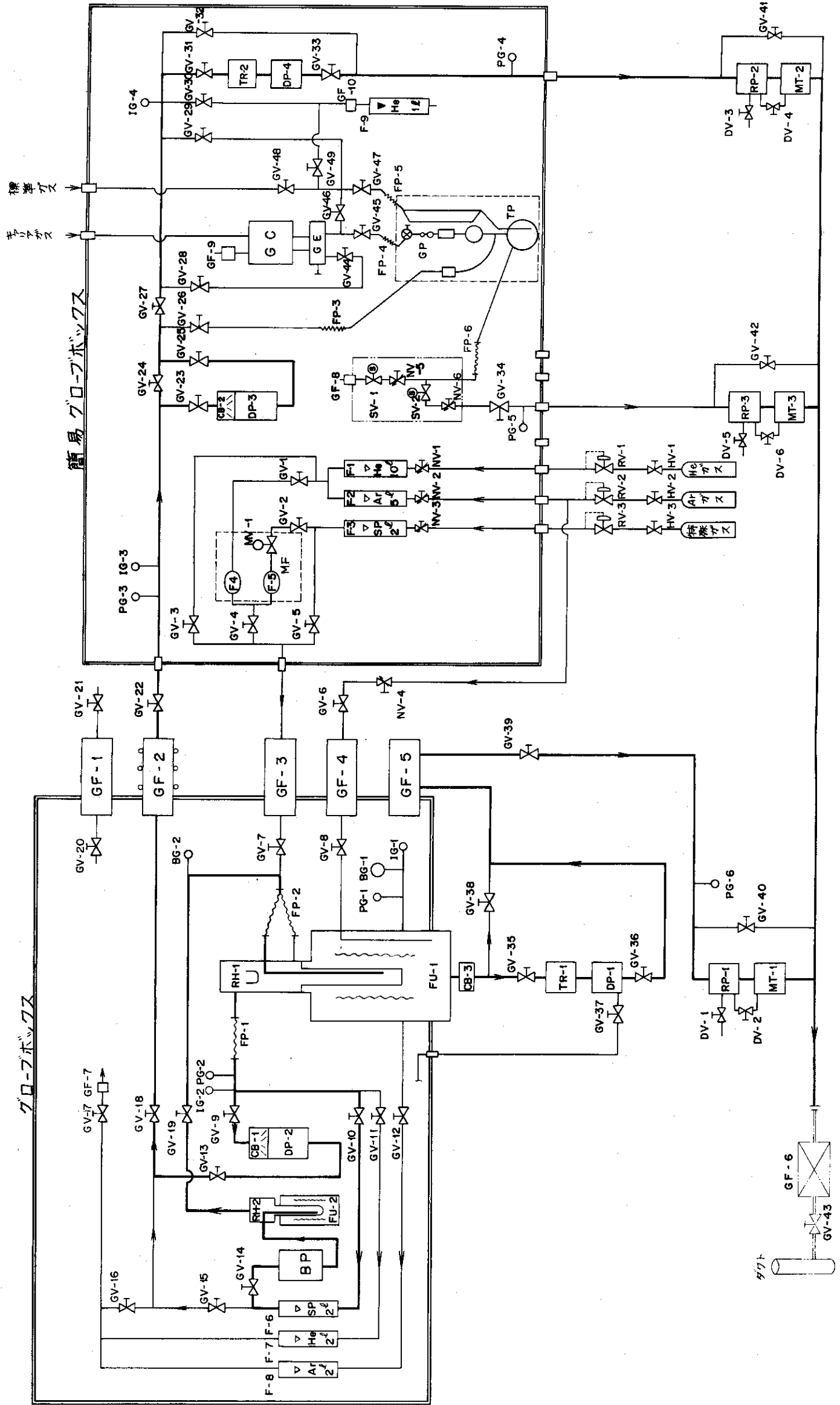
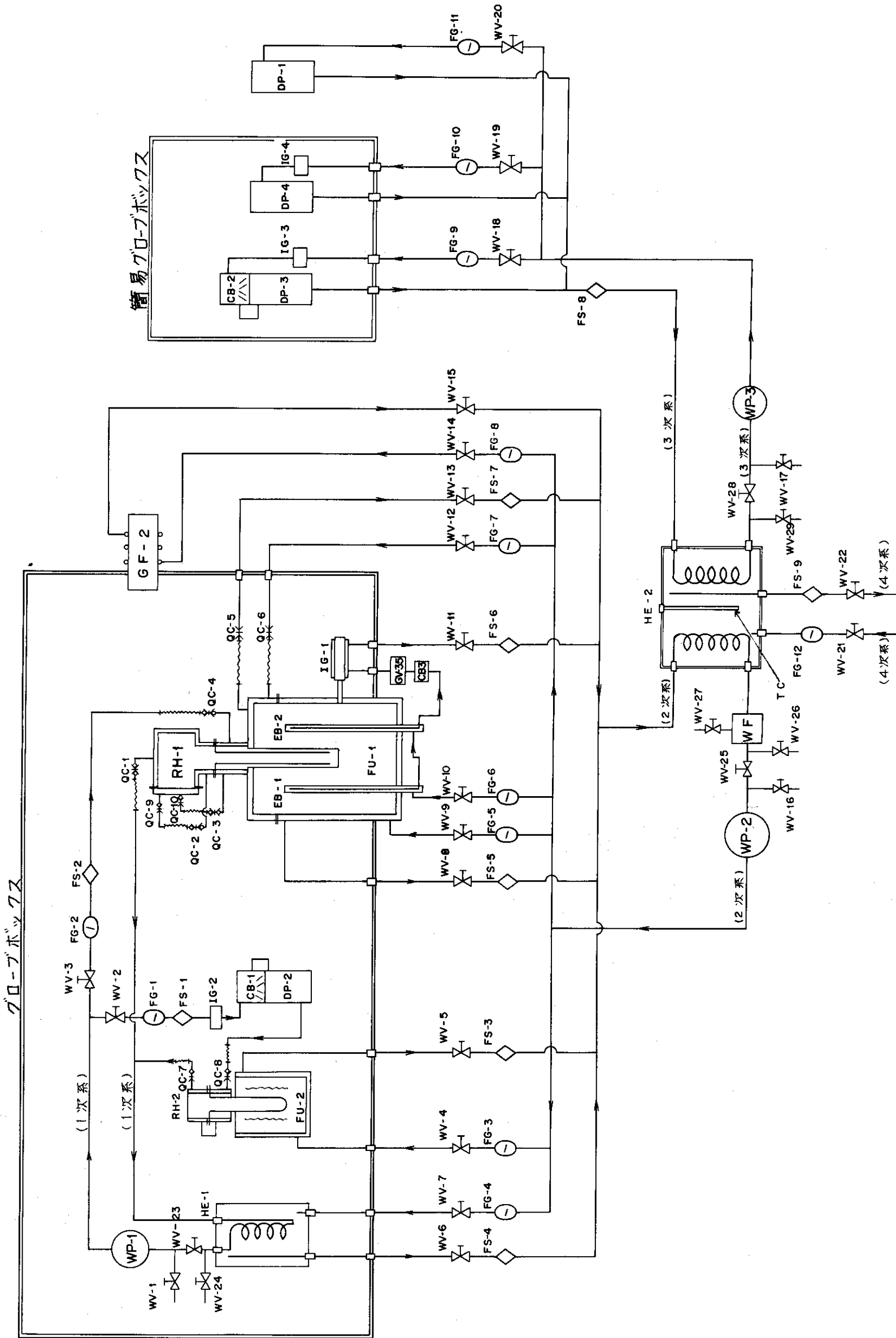


図1 プルトニウム燃料汎用高温実験装置ガス流路図



記号	品名	名
CB-1~3	水冷バルブ	バルブ
DP-1~4	拡散ポンプ	ポンプ
EB-1,2	高温熱処理炉電極	電極
FG-1~12	検流器	器
FS-1~9	流量スイッチ	スイッチ
FU-1	高温熱処理炉	炉
FU-2	小型電気炉	炉
GF-2	新機構ガスラインフィルタ	フィルタ
GV-35	ガスバルブ	バルブ
HE-1,2	熱交換器	器
IG-1~4	電離真空計	計
QC-1~10	クイックコネクタ	コネクタ
RH-1,2	反応ヘッポド	ヘッポド
TC	サーモスタット	スタット
WF	焼結金属フィルタ	フィルタ
WP-1~3	循環ポンプ	ポンプ
WV-1~29	ストップバルブ	バルブ

図2 プルトニウム燃料汎用高温実験装置冷却水路図

表1 主要構成機器一覧表

機器名称	記号	仕様概略
〔ガス流路系〕		
高温熱処理炉	FU-1	大垂真空技研製, タングステンメッシュ発熱体, 最高使用温度 2400°C, 電源出力 15KVA, 炉芯管金属およびセラミックス
質量流量計	MF	Hastings社製, FC-2P型, 最大流量 5cc, 5000cc
小型電気炉	FU-2	大垂真空技研製, カンタル発熱体, アルミナ炉芯管, 電源出力 2KVA
ベローズポンプ	BP	Metal Bellows社製, MB-10型, 最大流量 2ℓ/min
バルブ	GV	Nupro社製, Bシリーズ溶接型
新機構ガスラインフィルタ	GF-1~5	大垂真空技研製, ワンタッチ交換式 耐圧 15kg/cm ² , 容量 16ℓ/min
熱処理炉排気系		大垂真空技研製 4インチ拡散ポンプ, DPF-4Z型, ヘリウム回収用回転ポンプCRP-150S型
水銀拡散ポンプ	DP-2	Edwards社製, EM-1型, 許容背圧 1 torr
水銀拡散ポンプ	DP-3	Edwards社製, EM-2型, 許容背圧 0.7 torr
テプラポンプ	TP	原研分析センタ製, 有効容積 200ml
ガスクロマトグラフ	GC	島津製作所製, GC-3BT型 クロマトパックEIA型データ処理装置付
ガス試料導入器	GE	日立製作所製, K53型
〔冷却水系〕		
1次冷却水ポンプ	WP-1	イワキ製, マグネットポンプMDK-20型
2 "	" 2	日立製作所, インラインポンプLOV型
3 "	" 3	" , W-K200A型
〔グローブボックス系〕		
グローブボックス		吉田鉄工製, 大きさ 2225×900×1000mm アルゴンガス once through 可
簡易グローブボックス		大垂真空技研製, 大きさ 1400×1480×400mm
〔計測制御系〕		
ピラニ真空計	PG-1~6	大垂真空技研製, PT-3P型
イオン真空計	IG-1~4	" , IT-L20P型ヌード型測定子付
プログラム温度調節器		千野製作所製, ND-863型
記録計		" , EH-100型 6打点式
小型電気炉温度調節器		" , NB-121型
テプラポンプパワユニット		柴田化学製, 4462-2型
可燃ガス検出器		理研計器製, GP-109-A4型
〔その他〕		
化学天秤		メトラ社製, 33AR型

装置全体の性能は、混合比 10ppm が限度であると推定される。

質量流量計を出た混合ガスは、ガスラインフィルタ (GF-3)、バルブ GV-7 を経由して熱処理炉内に導かれる。熱処理炉で試料表面をスイープしたガスは、バルブ GV-10、流量計 (F-6) を通り、GV-15、GV-16、GV-17、フィルタ (GF-7) を経由してグローブボックス内に流出する。一方、スイープ後のガス組成の変化を知りたい場合には、GV-15、GV-18、ガスラインフィルタ (GF-2)、GV-22、GV-24、GV-27、GV-28、GV-44 を経て、ガスクロマトグラフの試料導入器 (GE) に導き分析することができる。

2) ガス循環方式

まず、熱処理炉内で消費または放出される酸素および炭素量に対して、十分過剰の $M-MO_x$ または $M-MC_x$ 混合物を小型電気炉 (FU-2) に挿入する。次に小型電気炉、GV-19、熱処理炉 (FU-2)、GV-10、流量計 (F-6)、GV-14、ベローズポンプ (BP) の閉ループ内に $CO-CO_2$ または H_2-CH_4 混合ガスをつめ、ベローズポンプで循環させる。小型電気炉および熱処理炉の炉芯管に酸化アルミニウム管を使用した場合、 $2000^\circ C$ における酸化アルミニウムの酸素ポテンシャル ($\Delta G_{O_2} = RT \ln P_{O_2}$) は -170 Kcal/mole なので、系内の酸素分圧を、 10^{-18} 気圧程度まで調節することができる。なお、小型電気炉から熱処理炉までの配管には、バルブのシート部分を含めてソフトパッキング (有機質系) は、一切使用されていない。熱処理炉内に炉芯管を設置して試料の加熱を行うとき、熱処理炉の容器部分 (発熱体、熱反射板など) には、HV-2、NV-4、GV-6、ガスラインフィルタ (GF-4)、GV-8 を経由して純アルゴンガスを導入しスイープさせる。

2.1.2 ヘリウムガスによる急冷

高温で加熱した試料を急冷する場合、試料巻上げ器を用いて短時間 (2-5 秒) に熱処理炉から反応ヘッドまで試料を引上げる。ここで、多量のヘリウムガス (数 l/min) を吹きつけて急冷する。熱処理炉の容器部分は、once through 方式と同様純アルゴンガスをスイープする。冷却に使用するヘリウムガスは、HV-1、RV-1、NV-1、流量計 (F-1)、GV-3、ガスラインフィルタ (GF-3)、GV-7 を経由して供給する。本ガス流路方式では、必要な場合には、炉芯管を取除いた状態で実験を行うことも可能である。

2.1.3 蒸発性不純物ガスの分析

抽出した不純物ガスと炉芯管材との反応をさけるために酸化アルミニウム炉芯管を使用する。熱処理炉容器部分および不純物ガス捕集系は、それぞれ油拡散ポンプ (DP-1, 2) および回転ポンプ (RP-1, 2) を用いて高真空に排気する。熱処理炉で試料を高温に加熱することによって抽出した不純物ガスは、GV-9 を経て、水銀拡散ポンプ (DP-2) によって捕集する。続いて、GV-13、GV-18、フィルタ媒体の脱ガス用ヒータのついたガスラインフィルタ (GF-2)、GV-22、GV-23 を通って、別の水銀拡散ポンプ (DP-3) で簡易グローブボックス内まで運ぶ。次に、GV-25、GV-26、自在パイプ (FP-3) を経由して、テプラポンプ (TP) でくみあげ、不純物ガスは同ポンプ付属のガスピペット (GP) に集める。不純物ガス量は、ポンプ付属のマノメータを用いて測定する。その後、不純物ガスの一部分を試料導入器 (GE) に移し、

ガスクロマトグラフを用いてその組成分析を行う。

2.2 冷却水循環系(図2参照)

冷却水循環系は、1~4次系から構成されており、グローブボックス内に設置した装置の表面温度を60℃以下に保つとともに、ボックス内外に設置した装置が所定の性能を維持できるように設計されている。本装置の冷却系がこのように複雑になった理由は、冷却系を経由したプルトニウムの散逸防止に万全を期したためである。すなわち、グローボックス内でつなぎ替えの必要な冷却系として、第1章でのべたように閉ループの1次冷却水系を設けた。さらに、グローボックス内の小型熱交換器(HE-1)の2次冷却系など、グローボックス内に設置されているが、ボックス内でつなぎ替えることのない冷却系を2次冷却水系とした。さらに、簡易グローボックス内外の装置の冷却系に3次冷却水系をあてた。4次冷却水系は、燃料研究棟建屋に配管された冷却系で、2,3次冷却水系の熱交換器(HE-2)の2次冷却水として使用される。各冷却系には、必要に応じて、数個の検流器およびフロースイッチを設けて、冷却水が断水した場合には、熱処理炉の電源を断とするなどの安全系(インターロック)が設けられている(3.9節参照)。

2.3 燃料研究棟102号室(物性室)の配置

グローブボックス内に設置した装置の修理ならびに保守作業を容易に行うためには、両面操作型グローボックスが適している。この場合、窓面(操作面)以外のボックス側壁の一面には、試料および物品を搬入するためのエントリポート(ビニールバッグポート)を、他の一面を電気導入端子およびガスラインフィルタなどの設置場所として利用することが望ましい。本装置の場合、5基の新機構ガスラインフィルタをボックス側壁面に設置すると、フィルタの交換作業を含めて相当の空間が必要であることから、電気計測制御系と簡易グローボックスを組合せて箱型となるように設計し、グローボックス操作面に対して直角に配置した。この配置によって、ボックスへのガスの供給および取出しに必要な配管の長さを短くすることができたほか、フィルタの交換作業、熱処理炉の温度測定孔の位置など、すべて満足に配置することができた。燃料研究棟102号室における装置の配置を図3に示す。

3. 装置の製作と安全系

本章では、装置の主要部品の製作ならびに安全系のインターロックについてのべる。(図1,2参照)

3.1 熱処理炉(FU-1)

ガスクロマトグラフを用いてその組成分析を行う。

2.2 冷却水循環系(図2参照)

冷却水循環系は、1~4次系から構成されており、グローブボックス内に設置した装置の表面温度を60℃以下に保つとともに、ボックス内外に設置した装置が所定の性能を維持できるように設計されている。本装置の冷却系がこのように複雑になった理由は、冷却系を經由したプルトニウムの散逸防止に万全を期したためである。すなわち、グローブボックス内でつなぎ替えの必要な冷却系として、第1章でのべたように閉ループの1次冷却水系を設けた。さらに、グローブボックス内の小型熱交換器(HE-1)の2次冷却系など、グローブボックス内に設置されているが、ボックス内でつなぎ替えることのない冷却系を2次冷却水系とした。さらに、簡易グローブボックス内外の装置の冷却系に3次冷却水系をあてた。4次冷却水系は、燃料研究棟建屋に配管された冷却系で、2,3次冷却水系の熱交換器(HE-2)の2次冷却水として使用される。各冷却系には、必要に応じて、数個の検流器およびフロースイッチを設けて、冷却水が断水した場合には、熱処理炉の電源を断とするなどの安全系(インターロック)が設けられている(3.9節参照)。

2.3 燃料研究棟102号室(物性室)の配置

グローブボックス内に設置した装置の修理ならびに保守作業を容易に行うためには、両面操作型グローブボックスが適している。この場合、窓面(操作面)以外のボックス側壁の一面には、試料および物品を搬入するためのエントリーポート(ビニールバッグポート)を、他の一面を電気導入端子およびガスラインフィルタなどの設置場所として利用することが望ましい。本装置の場合、5基の新機構ガスラインフィルタをボックス側壁面に設置すると、フィルタの交換作業を含めて相当の空間が必要であることから、電気計測制御系と簡易グローブボックスを組合せて箱型となるように設計し、グローブボックス操作面に対して直角に配置した。この配置によって、ボックスへのガスの供給および取出しに必要な配管の長さを短くすることができたほか、フィルタの交換作業、熱処理炉の温度測定孔の位置など、すべて満足に配置することができた。燃料研究棟102号室における装置の配置を図3に示す。

3. 装置の製作と安全系

本章では、装置の主要部品の製作ならびに安全系のインターロックについてのべる。(図1,2参照)

3.1 熱処理炉(FU-1)

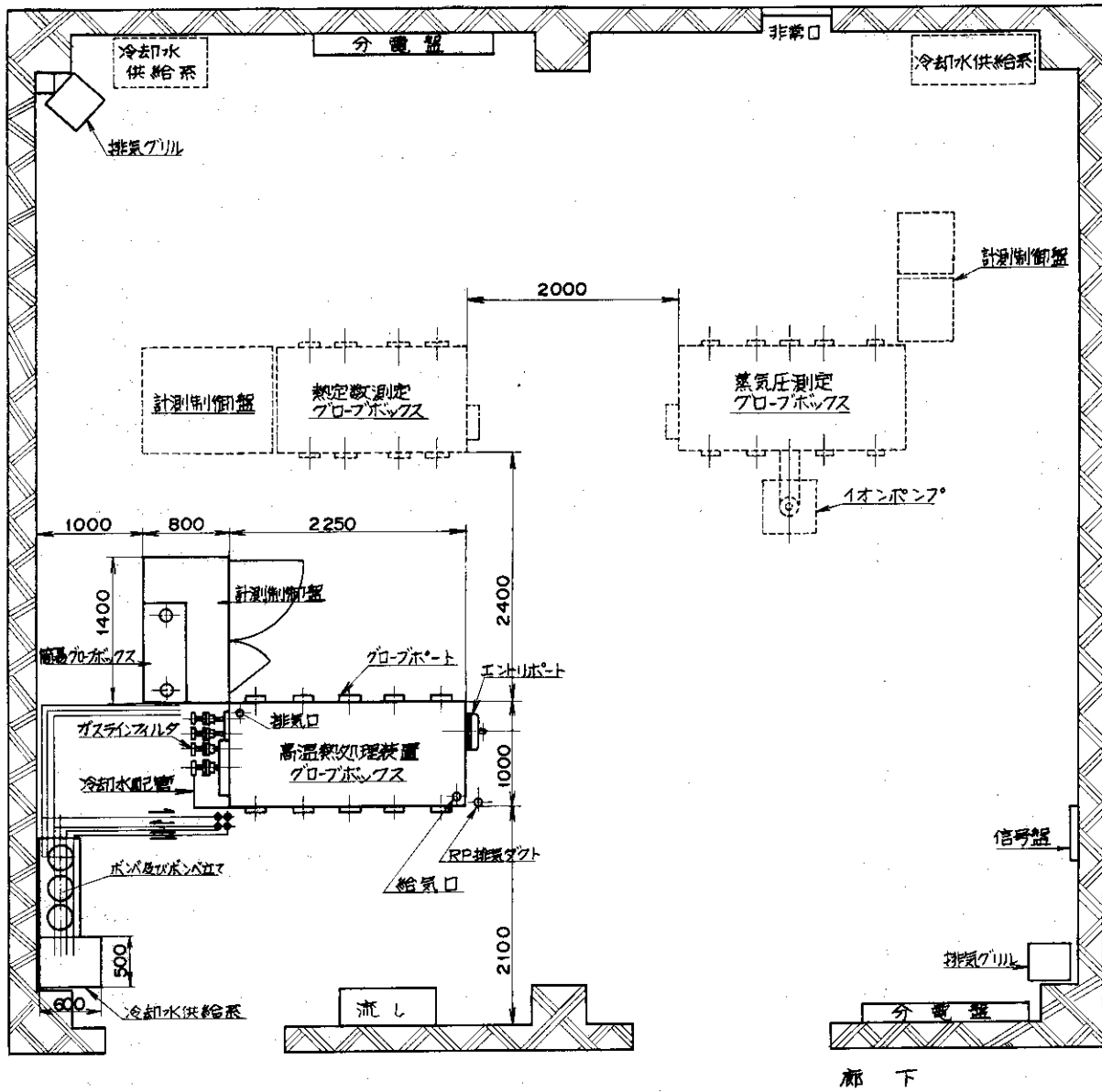


図3 燃料研究棟102号室における配置

グローブボックス内での重量物の取扱いは困難を伴うので、グローブボックス内に設置する装置のうちで最も大きな熱処理炉本体の寸法および重量をできるだけ小さく設計するように努めた。その結果、熱処理炉の直径を240mmに抑えることができたが、それでも熱処理炉上部に設置した反応ヘッド(RH-1)および熱処理炉上蓋の総重量は約15kgに達し、グローブを着用した手のみで持上げ移動することはむずかしいと判断された。これら装置の重量が増加した理由は、グローブボックス内装の表面温度を60℃以下に保つため、装置のほとんどの部分に冷却水ジャケットを設けたためである。このため、熱処理炉上蓋を容易に移動できるように、ハンドル操作で昇降できるギアを上蓋に取付け次にのべる手順で、炉芯管の交換を行えるようにした。上蓋、炉芯管交換用中間フランジおよび反応ヘッド全体を炉芯管が完全に炉から引抜ける高さまで持上げる。その後約90°回転させて炉上面から移動し、グローブボックス天井近くに全体を一時吊り下げて固定する。反応ヘッドを除いた部分を再び炉内に挿入し中間フランジを交換する。金属炉芯管(タングステン、カンタル等)は、コンフラットフランジに銀ロウ付されている。このフランジは、金属ガasketを用いて中間フランジに固定されているので金属炉芯管を新しいものと交換する作業は、ボックス内で容易に行うことができる。セラミック炉芯管を用いる場合は、セラミック炉芯管専用の中間フランジを使用する。炉の内側に引込まれないように炉芯管上部に2つの小さな穴があげられており、この部分を特殊ピンで固定したのち、“O”リングを炉芯管ロックネジでしめつけて固定する。金属およびセラミックの両炉芯管とも炉芯管の導入ガイドが設けられており、炉芯管を熱処理炉に斜めに挿入して発熱体などを破損することのないように配慮されている。この導入ガイドは、2分割することができ、炉芯管が熱処理中に変形した場合でも容易に取出すことができる。図4に、金属炉芯管を取付けた場合の熱処理炉の断面を示す。また図右上にセラミック炉芯管を取付けた場合の断面を合せて示す。図から分るように熱処理炉の上半分がグローブボックス床面から突出した状態で設置されている。

発熱体には、実績のあるタングステンメッシュヒータを採用した。大きさは、直径40mm×高さ100mmである。熱反射板は、6枚のタングステン、モリブデンなどから構成されており、熱処理炉の最高使用温度は2400℃、常用温度は2200℃である。発熱体および熱反射板は、熱処理炉上蓋のすぐ近くまで突出した電極上面の4本のネジを付替えることで交換することができる。

熱処理炉の温度制御は、発熱体と炉芯管の間に、炉側面から設置したトリウム酸化物絶縁管付のタングステン-レニウム(5-26%)熱電対の起電力を、プログラム温度調節器に導いて行われる。試料温度は、光温度計によって測定され、炉上面および側壁面にそれぞれ測温孔が設けられている。熱処理炉への試料の導入は、反応ヘッド前面に設けた導入口および回転導入器に連結したドラムを回転することにより行われる。

3.2 新機構ガスラインフィルタと真空排気系

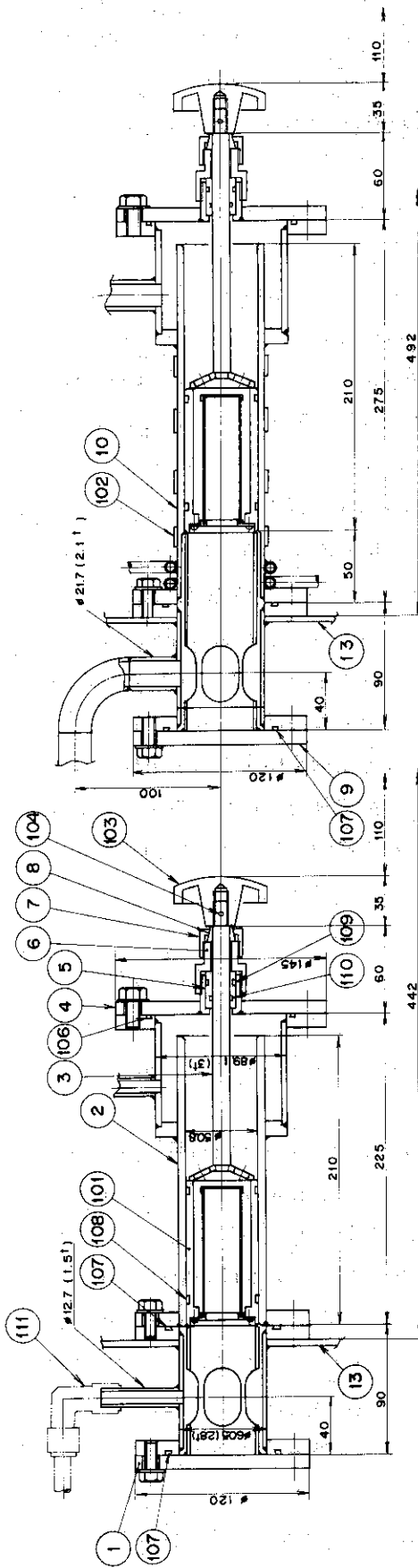
東海研究所プルトニウム研究1棟107号室で1974年5月に発生した空気汚染は、アーク炉グローブボックスに付設された簡易グローブボックス内の回転ポンプ油中に含まれていたプルトニウムが汚染源であっ

た。プルトニウムの閉じ込めという観点からは、熱処理炉と拡散ポンプ (DP-1) の間にフィルタを設置することが望ましい。しかし、 $10^5 \sim 10^6$ mm Hg という高真空では、ガスの平均自由行程距離は、数センチメートルに達することから、この場所にフィルタを設置すると熱処理炉の到達真空度は、 10^3 mm Hg 程度に落ちてしまう。したがって、装置の性能保持という点から許容される真空排気系へのフィルタ挿入場所は、拡散ポンプと回転ポンプの間である。この場所におけるプルトニウムの汚染レベルは非常に高く、グローブボックス内と同程度またはそれ以上に達すると考えられる。したがって、この場所に設置するフィルタの交換作業は、安全かつ確実に行うことができる機構を備えていなければならない。また、フィルタを設置することで、排気速度および到達真空度を、実用上悪化させないだけの排気容量を有したフィルタでなければならない。このような諸条件を充すフィルタとして、新機構ガスラインフィルタが試作開発された。本ガスラインフィルタの断面を図5に示す。フィルタケースは、ステンレス鋼製で円柱形をしており、ケースの外周上に2本の“O”リングが設置されている。フィルタ媒体は、排気抵抗を小さくするために円柱状に設計され、50mmAq圧力差における流量容積は、空気で16ℓ/minである。フィルタ母材は、両面をステンレス鋼製のメッシュで機械的に保持されており、その許容圧力差は1.5kg/cm²以上である。このフィルタが、グローブボックス側壁面に設けられた鏡面加工のステンレス鋼製の円筒内に格納されている。フィルタは、交換作業時を除いて、グローブボックス内側のフランジに設けたストッパとボックス外側からのフィルタ挿入用抑え棒で固定されている。ガスの出入口は、フィルタの前後に位置する円筒部に設けられている。

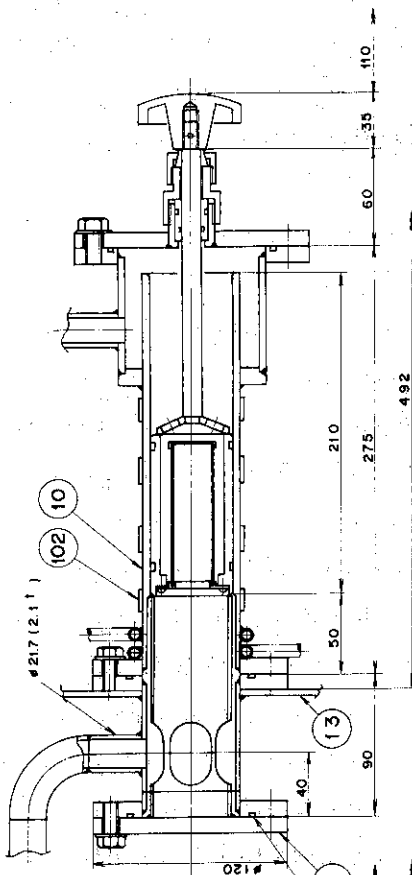
次にフィルタの交換方法についてのべる。まず、フィルタ挿入用抑え棒を十分に引抜いたのち、ボックス外側のフランジを取りはずして、プルトニウムの汚染検査を行う。汚染がないことを確認した後、使用済みのフィルタに加えて、新しいフィルタを鏡面加工の円筒内にセットする。取りはずしたボックス外側のフランジを取付ける。ボックス内側のストッパ付フランジを取除いたのち、2つのフィルタを抑え棒で徐々にボックス側に押し込み、(このとき、フィルタは、“O”リングと鏡面加工の円筒面でスライドする) 新しいフィルタを定位置に、旧フィルタをグローブボックス内に押し出す。内側のフランジを取付けると同時に、外側のフィルタ抑え棒を軸に設けたロックネジで固定する。旧フィルタは、ボックス内で生じた通常の廃棄物と同様に扱い、ボックスからバッグアウトして処理する。

試作したフィルタ本体は1種類であるが、ガスの出入口およびフィルタ装着装置は、図5に示したように使用目的に応じて3種類のものを製作した。一つは、拡散ポンプと回転ポンプの間に設置した真空排気系専用のものである。34mmφの太い排気管を取付けたとき、フィルタ全体の長さをできるだけ短くするように工夫されている(図5左下)。2番目の型は、グローブボックス内外へのガスの供給および取出し用として使用される(図5左上)。3番目のものは、不純物ガス分析ライン専用で、フィルタ外周部にリボンヒータが取付けられており、フィルタ母材の脱ガス処理を行うことができる。脱ガス時ボックス側への熱伝達を防止するために、フィルタ取付部に2ターンの冷却パイプが設置されている。より高温で脱ガス処理を行うために、このフィルタの“O”リング材にはバイトンゴムが使用された。

このようにフィルタの設置によって、プルトニウムで汚染される領域を大巾に限定することができたが、熱処理炉-拡散ポンプ(DP-1)-フィルタまでの部分の汚染はさけられない。こ

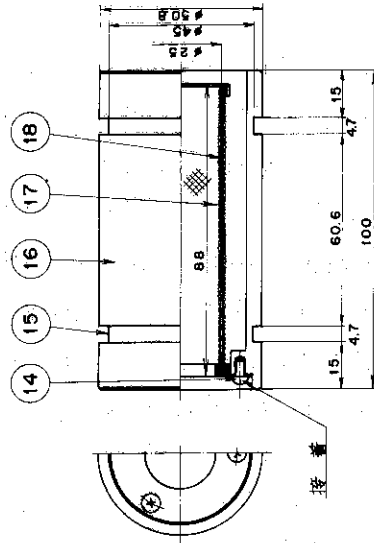


GF-1, GF-3, GF-4

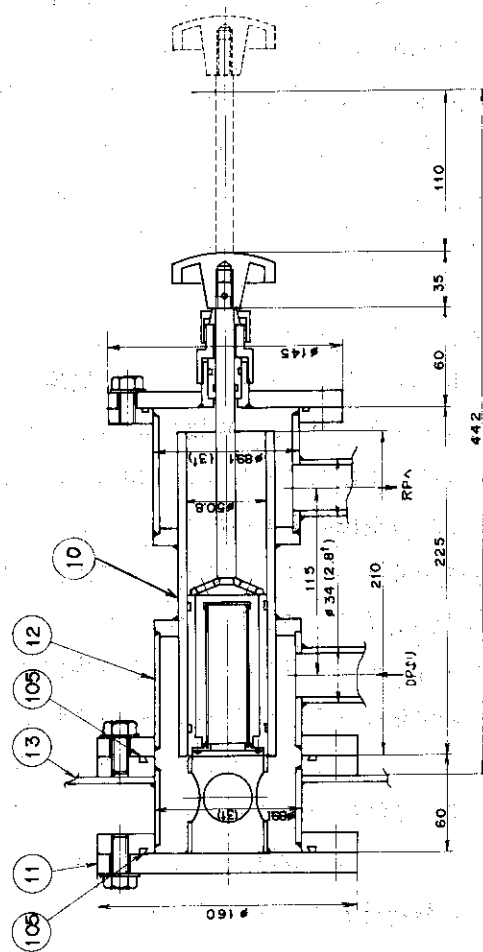


GF-2

記号	部品名	部名
1	120φフランジ	
2	鏡面加工の内筒	
3	ス	テ
4	145φフランジ	△
5	ブ	シ
6	ブ	シ
7	キャ	プ
8	カ	ラ
9	120φフランジ	
10	鏡面加工の内筒	
11	160φフランジ	
12	排気用内筒	
13	グローブボックス壁	
14	浮材取付ネジ	
15	リング溝	
16	フィルタケース	
17	金	網
18	浮	材
101	円柱型フィルタ	
102	フレキシブルヒータ	
103	ハンドル	
104	スプリングピン	
105~110	0.1mm	
111	コネクタエムボ	



円柱型フィルタ



GF-5

図5 新機構ガスラインフィルタ

のため、この場所で使用するバルブは、すべてペローシール弁を用い、バルブ軸の出入りに伴うプルトニウムの漏洩を防止した。さらに、拡散ポンプ油の交換をグローブボックス内部から行うことができるように、拡散ポンプの油抜き管の出口をグローブボックス底面まで導く管を増設した。油の交換は、拡散ポンプ内を大気圧にもどしたのち、ボックス内側からダイアフラムポンプで吸引することで容易に行うことができる。

3.3 グローブボックス内のガス系および冷却水系

熱処理炉以外にグローブボックス内に設置する主要機器は、ガス系ではバルブ、流量計、小型電気炉、ペローズポンプ、水銀拡散ポンプなどである。一方、冷却系では、小型熱交換器、循環ポンプなどである(図1, 2参照)。これらの機器の組込みに許容される空間は非常に限定されている。また、あまりコンパクトに組込むとボックス内での装置の保守が困難となる。これらの条件を勘案して、グローブボックスの中央部に、巾650mm×高さ730mm×奥行280mmの架台を設置し、架台前面にひん繁に操作の必要なバルブ類を配置し、後面には小型電気炉、小型熱交換器、水銀拡散ポンプなどを配置した。1次冷却水ポンプは、架台の左下の角に設置した。バルブは、弁座を含めて金属シールを採用した。このため弁座に異物がはさまり、損傷することが考えられるので、交換できるようにバルブ前後の配管に金属フレジブル管および必要な場所にコンフラットフランジを設置した。グローブボックス内のガス系および冷却水系の構成を図6に示す。

3.4 小型電気炉(FU-2)

本電気炉は、グローブボックス内に設置して、ガス循環方式による熱処理炉の雰囲気調整に使用される。炉芯管は、高純度酸化アルミニウムである。M-MO_x、M-MC_xなどの標準試料は、電気炉上部に設けた蓋を開閉して炉に挿入する。最高使用温度は1000℃であり、発熱体にはカンタル線が用いられている。炉の温度は、PR熱電対で測定し加熱電源を接断することで制御される。炉容器の冷却には2次冷却水系が、また反応ヘッド(RH-2)部には1次冷却水系が使用されている。したがって、炉芯管が破損した場合は、熱処理炉と同様の手順で交換することができる。炉表面温度は、60℃以下に保持されている。図7に、小型電気炉の断面を示す。

3.5 スード型イオン真空測定子

イオン真空計の測定子として、一般にガラス製の測定子が使用されている。しかし、グローブボックス内にこの測定子を設置し、装置を排気中に測定子を破損した場合、ボックス内の空気が急激に排気され、ボックスの負圧が設計で見込まれている耐圧値(-150 mmAq)を越えて、グローブボックスの亚克力窓、グローブなどを破損することが十分に考えられる。このため、本装置では、金属容器に格納されたスード型イオン真空測定子が採用された。真空度を精密に

記号	部品名	名
1	グローブボックス床	
2	ジャッキ	
3	1次冷却水ポンプ	
4	架台	
5	金属フレキシブル管	
6	コンフラットフランジ	
7	水冷バブル	
8	水銀拡散ポンプ	
9	小型電気炉	
10	バローズポンプ	
11	熱交換器	
12	冷却水タンク	
WV	冷却水バルブ	
GV	ガス系バルブ	
PG	ピラニゲージ測定子	
IG	イオンゲージ測定子	
FG	検流器	
FS	フロースイッチ	
F	ガス流量計	

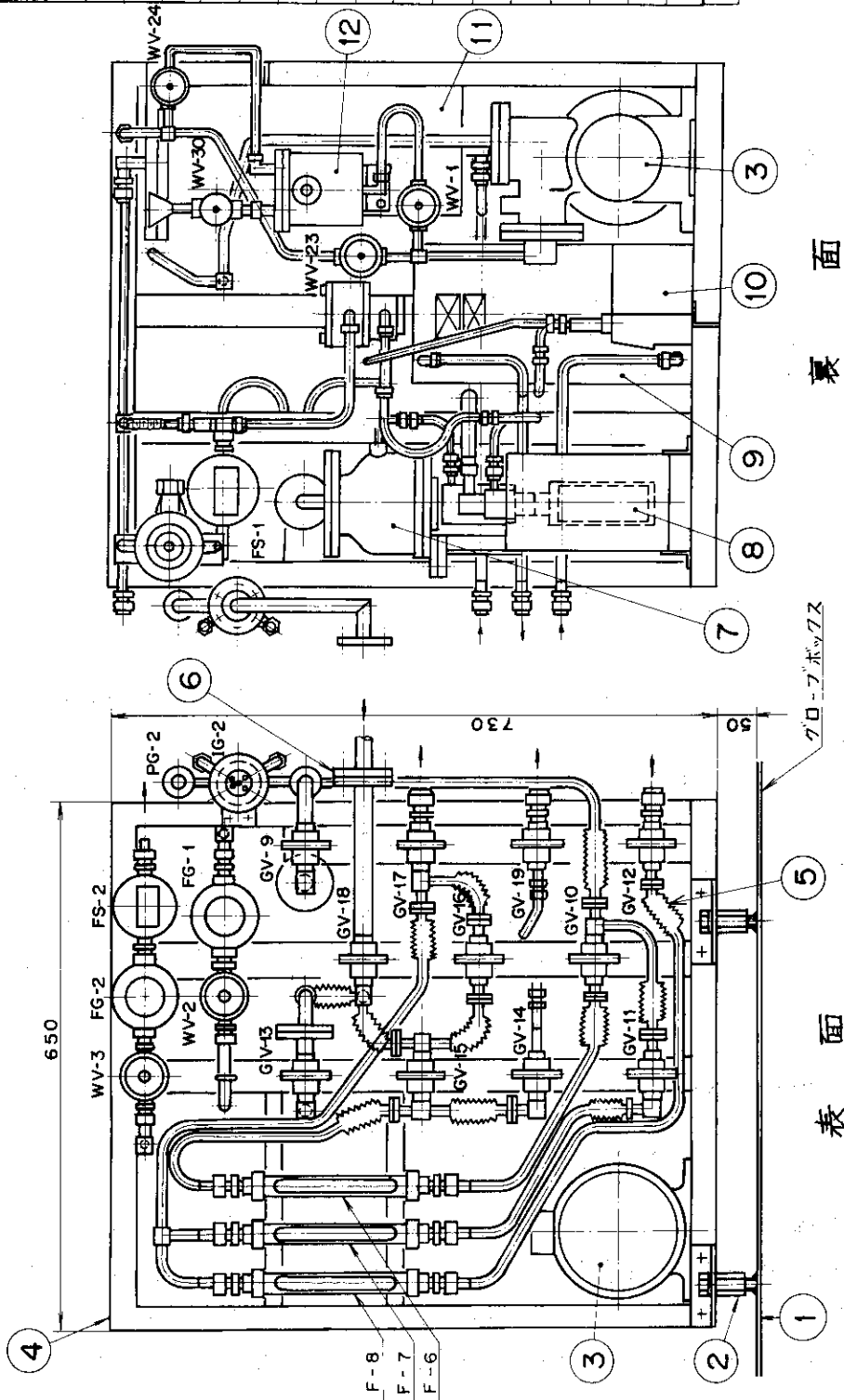
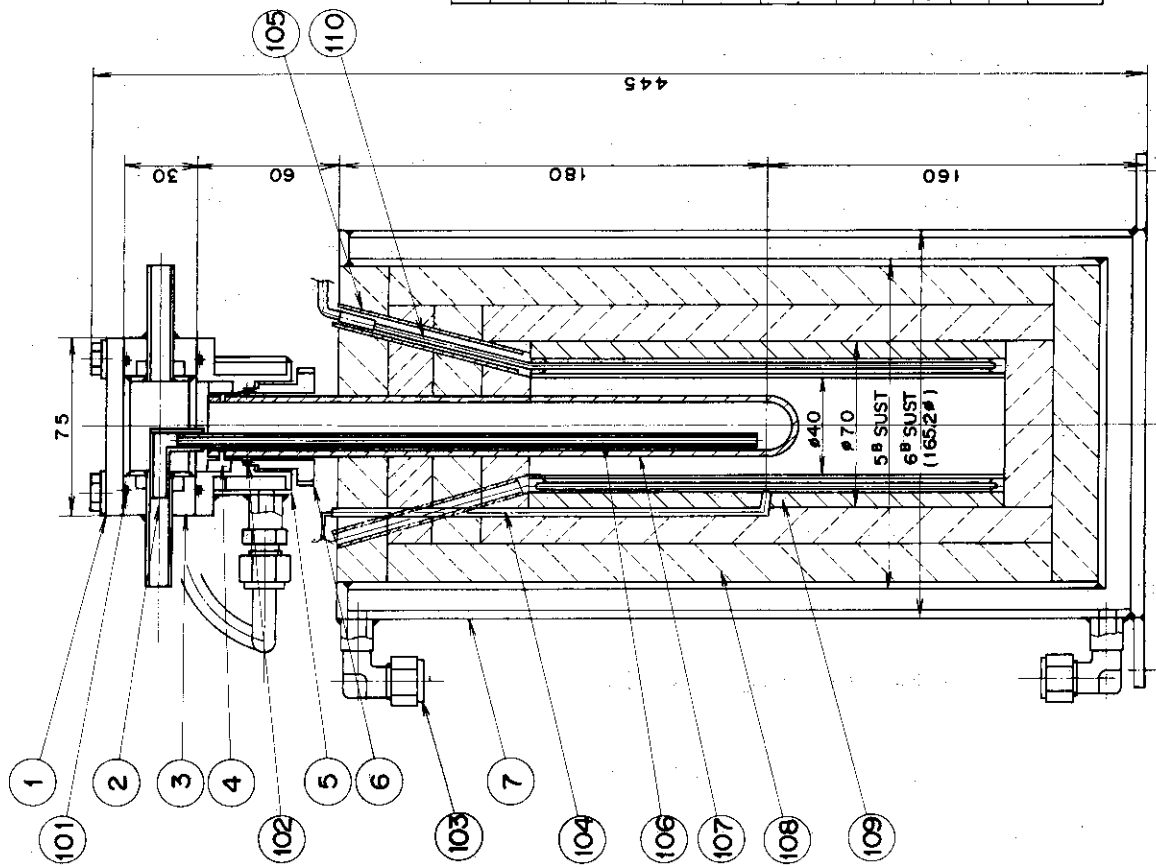


図6 グローブボックス内のガスおよび冷却水系の組立図



記号	部品名
1	蓋
2	L字管
3	ガス導入フランジ
4	ストッパー
5	アダプタ
6	ロックネジ
7	水ジャケット
101~102	0 リング
103	冷却水出口
104	熱電対
105~106	アルミ管
107	炉芯管
108	保温材料
109	耐火物
110	カンタリヒータ

図7 小型電気炉断面図

測定するためには、この金属容器温度を一定に保つ必要がある。この条件をみたすために、金属容器に水ジャケットを取付け、1次冷却水系を利用して冷却する方法がとられた。

3.6 小型熱交換器(HE-1)と1次冷却水循環系

小型熱交換器は、グローブボックス内に設置され、ボックス内で冷却水配管のつなぎ替え操作の必要な装置の冷却に使用される1次冷却水系と2次冷却水系の間の熱交換器である。1次冷却水系は、熱交換器反応ヘッド(RH-1)、炉芯管取付け用中間フランジと小型電気炉反応ヘッド(RH-2)、水銀拡散ポンプ(DP-2)、ヌード型イオン真空計測定子の冷却の2系列から構成されている。各冷却系ごとにフロースイッチと検流器が設けられている。

3.7 不純物ガスの分析

熱処理炉で抽出した不純物ガスは、背圧0.7~1.0mmHgで作動する2台の水銀拡散ポンプ(DP-2, DP-3, 排気速度3.5ℓ/secおよび150ℓ/sec)によってテプラポンプ(TP)まで導かれる。テプラポンプの有効容積は、約200mlで、くみ上げに要する時間は、1サイクル約15秒である。このポンプは、原研分析センタで開発されたもので、ガスピペット(GP)およびマメノータが付設されている。ガスピペットに捕集したガスの絶対量を測定したのち、バルブ、GV-45を開けて、テプラポンプの水銀をガスピペット近くまで押し上げることにより、大部分のガスをガス試料導入器に移す。ガス試料導入器周辺の配管とバルブは、導入器を十分に排気でき、かつガス導入時の不要スペースをできるだけ小さくするように設計した。ガスクロマトグラフには、島津製のGC-3BT型を用いたが、簡易グローブボックス内の操作に適するように、キャリアガス流量調整弁などの設置場所を変更した。また、キャリアガス出口、テプラポンプ給気口、試料導入器の標準ガス出口には、市販のガスラインフィルタ(容量3ℓ/min)を設置した。

3.8 グローブボックスと簡易グローブボックス

グローブボックスは、プルトニウム燃料研究室で開発され、標準化されたものを用いた。ボックス本体の大きさは、巾2250mm×高さ900mm×奥行1000mmで、高さ900mmの架台に取付けられている。窓は、厚さ10mmの透明アクリル板で、その他の面は厚さ4mmのステンレス鋼板で製作されている。ボックスは、両面操作型で窓の各面に5対のグローブポートが設けられている。窓以外の側面は、一面に物品搬出入用のバッグポートを、残りの一面に、電気導入端子(19芯2個, 52芯1個)、ハーモニカ端子箱、新機構ガスラインフィルタ5基、2次冷却水出入口として8本の配管を取付けた直径200mmのフランジなどが設けられている。グローブボックス上面には、ボックスへの給排気フィルタ、ダミーフィルタ、回転ポンプ排気用フィルタなどHEPAフィルタ4個、グローブボックスの負圧指示警報計および制御計各1台ならびにボックス警報箱が設置されている。グローブボックスの床下には、ヘリウム回収用回

転ポンプ3台(RP-1, 2, 3), 拡散ポンプ(DP-1)および熱処理炉電源用トランスが配置されている。グローブボックス架台の側壁面のうち, エントリポート側には, ボックス内のコンセントおよび照明用電源箱が, その反対側には, 2-3次冷却水検出器およびフロースイッチが設置されている。

本グローブボックスは, 通常空気雰囲気で使用されるが, 必要な場合には, once through方式でアルゴンガス雰囲気に置換できる。警報系としては, グローブボックスの負圧超過(-55mmAq), 負圧破壊(-5mmAq), 温度上昇(ボックスの天井に検出器が取付けられており, 60°C以上の温度が2分以上継続したとき警報発信)などが設けられている。グローブボックスの負圧は, 通常 -30 ± 20 mmAqの範囲に保持されているが, これまで急激にグローブを引抜いたり, または挿入したとき瞬時グローブボックスの負圧が警報設定値を超えることがある。このため, グローブボックス作業を開始するさい, ボックスの負圧警報の集中監視盤への接続を断としていた。この点を改良するために, 本グローブボックスでは, 負圧警報回路に, 0-30秒まで任意に設定できる遅延タイマを増設した。急激なグローブ操作による負圧変動は, 約1-2秒で元に復帰するので, 遅延タイマを5秒前後に設定しておけば, グローブボックス作業時, 警報接続スイッチの切換え操作は不必要となる。グローブボックスの負圧異常の警報発信が5秒程度遅れたとしても安全上大きな問題はないと考えられる。

簡易グローブボックスの大きさは, 巾760mm×高さ1480mm×奥行400mmである。現在, 同ボックスには, グローブポート付の亚克力窓および給排気用フィルタは取付けられていない。しかし, 材質, 耐圧, 溶接部の試験などはすべてグローブボックスの仕様に従って製作された。このため, 簡易グローブボックス内の配管系に将来プルトニウム汚染が検出された場合は, グローブボックスに改造して使用することができる。

3.9 計測制御盤と安全系

計測制御盤は, 簡易グローブボックスと組合せて, 箱型となるように設計されているので, 図3に示したように変則的な形をしている。グローブボックスに面した部分に, 向って左上段から, 警報表示窓(20個), ピラニ(1台)およびイオン真空計(2台), ピラニおよびイオン真空計測定子切替えスイッチ, 6打点式記録計, 熱処理炉プログラム設定器, 小型電気炉温度調節計, 可燃ガス警報器が設置されている。向って右半分には, 上から冷却水系流路図, ガス系流路図, 電流計, 電圧計, それぞれの手動調節ダイヤル, 各装置への電源スイッチ, 運転表示灯, 集中監視盤への警報接続スイッチ箱などが配列されている。一方, 簡易グローブボックスに面した部分には, 上段からテプラポンプ用パワユニット, 質量流量計, ガスクロマトグラフ用データ処理装置, 同レコーダが設置されている。電源には, 商用100V, 200V, 非常用100V, 200Vが使用されている。

装置を安全に運転できるように, 表2に示した各種のインタロック回路が設けられている。インタロック回路が作動した場合, 各警報ごとに, 制御盤の表示窓にランプが点灯し, 同時にブザーが吹鳴する。各警報とも, 必要な場合には, 燃料研究棟の集中監視盤へ接続し建屋全体に警報を発信することができる。

表2 警報およびインタロック一覧表

警報および表示	インタロック他
<p>[装置関係]</p> <p>1次冷却水断水</p> <p>熱処理炉上蓋冷却水断水</p> <p>熱処理炉本体冷却水断水</p> <p>小型熱交換器2次冷却水断水</p> <p>小型電気炉, 拡散ポンプ(DP-2)冷却水断水</p> <p>3次冷却水断水</p> <p>4次冷却水断水</p> <p>4次冷却水温度上昇(25°C以上)</p> <p>可燃ガス限界(水素1%以上)</p> <p>熱処理炉過電流</p> <p>小型電気炉過電流</p>	<p>熱処理炉電源断</p> <p>"</p> <p>"</p> <p>"</p> <p>小型電気炉, 拡散ポンプ(DP-2)電源断</p> <p>熱処理炉, 拡散ポンプ(DP-1, 3, 4), 電源断</p> <p>熱処理炉, 小型電気炉, 拡散ポンプ(DP-1~4)電源断</p> <p>"</p> <p>"</p> <p>熱処理炉電源断</p> <p>小型電気炉電源断</p>
<p>[グローブボックス関係]</p> <p>グローブボックス負圧破壊</p> <p>" 負圧超過</p> <p>" 温度上昇</p>	<p>-5 mmAq 以上</p> <p>-5 mmAq 以下</p> <p>60°C 以上2分以内</p>

4. 性能試験

装置全体について、溶接部の浸透探傷試験、ヘリウムリーク試験、2.1節でのべた種々な方式によるガス流通試験、電気炉の昇温試験、警報試験ならびにインタロック作動試験などを実施して、すべて所定の性能を有していることを確認した。本章では、これらの通常的なデータの報告は割愛して、プルトニウムの包蔵技術として新しく開発された新機構ガスラインフィルタの性能、グローブボックス内装機器の表面温度およびグローブボックスの漏洩率など、安全性に関連した試験データについてのべる。

4.1 新機構ガスラインフィルタの捕集効率

本ガスラインフィルタの効率は、フィルタ母材部の性能とフィルタ装着部の気密性（鏡面仕上げされた円筒内壁面とフィルタケースの"O"ーリングの間）で決まる。前者については、フィルタ製作者により出荷時にDOP試験が行われており、 0.3μ 粒子に対して、捕集効率は99.97%以上であることが保証されている。後者については、フィルタの通気口を金属板で盲にしたダミーフィルタを製作し、このフィルタを装着した状態で、"O"ーリング部のヘリウムリーク試験を行った。その結果、検出感度は 13×10^{-9} atm cc/secで、製作した5基のガスラインフィルタ装置とも漏洩は検出されなかった。したがって、本ガスラインフィルタの効率は、フィルタ母材部の効率に左右されることになり、HEPAフィルタと同等の性能を備えているといえる。

4.2 新機構ガスラインフィルタの排気抵抗

真空排気系の途中にフィルタを設置すると、フィルタの排気抵抗が大きくて、排気に要する時間が大巾に長くなってしまい実用化はむずかしいのではないかという懸念があった。図8に新機構ガスラインフィルタ装置にフィルタを装填した場合と、しない場合について熱処理炉の真空度と回転ポンプによる排気時間の関係を示す。図から明らかなように、フィルタを装着した場合、排気速度はわずかに悪くなるが実用上問題ないことが分った。

4.3 グローブボックス内装機器の表面温度

グローブボックス内装機器の表面温度は、ネオプレン製のグローブが長時間接触しても、グローブを破損することがないように 60°C 以下に保持するよう規定されている。本内装機器のうち、表面温度が 60°C を超えるおそれのあるのは、熱処理炉(FU-1)、小型電気炉(FU-2)および水銀拡散ポンプ(DP-2)などである。表面温度は、アルメルークロメル熱電対の先端を測温部に強く押しつけることにより測定した。その結果、熱処理炉の側壁に設けた測温孔のシャッタを作動させるノブの表面温度が約 80°C であった以外は、すべて 60°C 以下であった。この

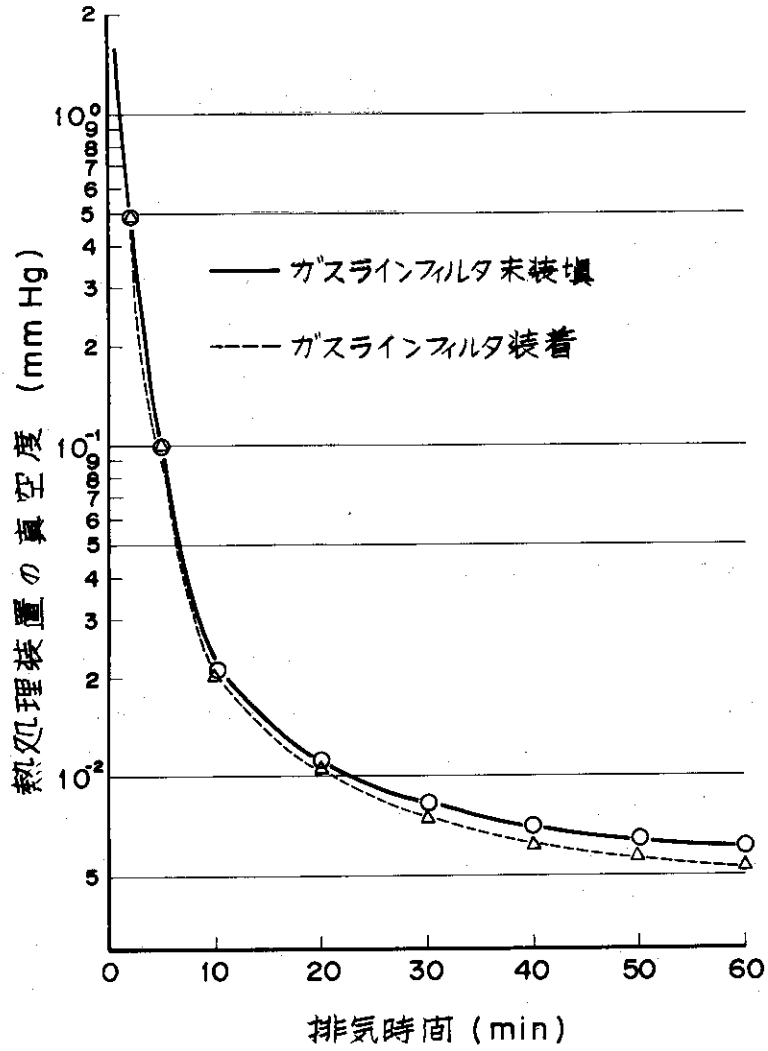


図8 新機構ガスラインフィルタの排気抵抗

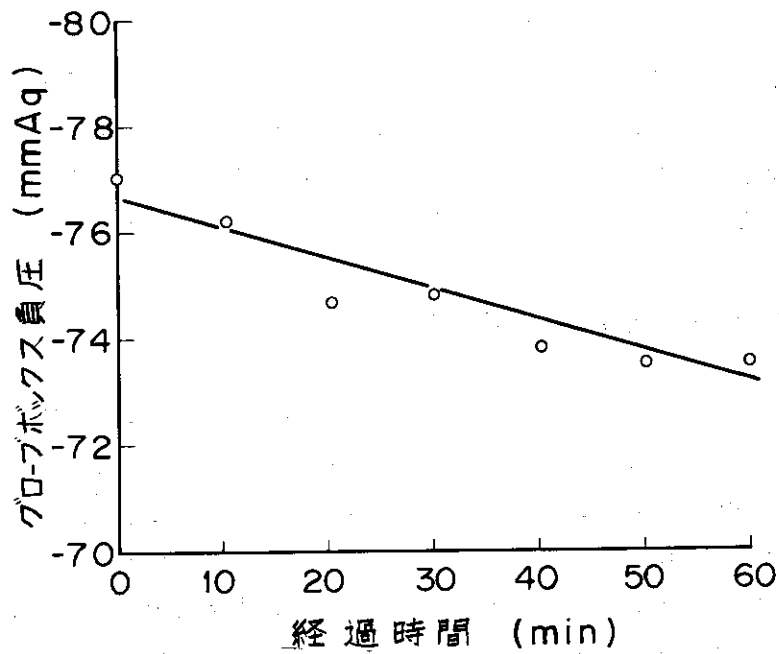


図9 グローブボックスの漏洩率

ノブの温度は、シャッタ板を1枚から2枚に増やすことで解決された。水銀拡散ポンプは、水冷バックル以外の部分を2つ割れの穴あきステンレス板で囲うことで、予測どおり60°C以下に保つことができた。

4.4 グローブボックスの気密試験

大気圧比較法によりグローブボックスの漏洩率を測定した。大気圧比較法は、グローブボックスの負圧を-60mmAq以下に保った状態で負圧の変化を測定し、得られた値について測定時の温度および大気圧の変化を補正して漏洩率を算出する。温度の変化は、グローブボックスの亚克力窓表面および中央部に設置した2本のベックマン温度計の読取りの平均値とした。温度1°Cの変化は、約35mmAqの負圧変化に相当し、ベックマン温度計の最小読取値は0.01°Cであるので0.35mmAqの負圧変化まで計算できる。一方、室内の大気圧は、水銀気圧計で測定した。大気圧の最小読取値は0.1mbである。1mbの変化は約10mmAqの負圧変化に相当するので、1mmAqの精度で負圧の補正を行うことができる。漏洩率は、約1時間にわたって行った。得られたデータを図9に示す。負圧の補正值が、前の測定値より負の値を示すことがあるが、リーク率は、0.03 Box Vol%/hrであり原子力安全局の施設検査の基準値0.1Box Vol%/hrを十分に満足している。

5. あとがき

本装置は、プルトニウム系燃料を安全に取扱うことに重点をおいて設計製作が進められた。プルトニウムの包蔵技術の一つとして開発された新機構のガスラインフィルタを採用することによって、プルトニウムで汚染される機器を大巾に減ずることができた。本フィルタは、安全かつ確実に交換作業を行うことができるほか、使用済フィルタをグローブボックス内で生じた廃棄物として処理できるという特長を有している。グローブボックス内に閉ループの1次冷却水系を設置したことで、金属およびセラミックスの両炉芯管の使用が可能となり、プルトニウム燃料の汎用高温実験装置が実現した。本装置と燃料研究棟に既設の諸装置を組合せて使用することにより、LMFBR用新型燃料の健全性確立に有用なデータを得ることが期待される。

終りに、本装置の製作にあたり、御指導いただいた燃料工学部の下川純一部長に厚く感謝いたします。また、装置の詳細設計ならびに製作を担当していただいた大亜真空技研工業(株)の各位に厚く感謝の意を表します。

ノブの温度は、シャッター板を1枚から2枚に増やすことで解決された。水銀拡散ポンプは、水冷バックル以外の部分を2つ割れの穴あきステンレス板で囲うことで、予測どおり60℃以下に保つことができた。

4.4 グローブボックスの気密試験

大気圧比較法によりグローブボックスの漏洩率を測定した。大気圧比較法は、グローブボックスの負圧を-60mmAq以下に保った状態で負圧の変化を測定し、得られた値について測定時の温度および大気圧の変化を補正して漏洩率を算出する。温度の変化は、グローブボックスの亚克力窓表面および中央部に設置した2本のベックマン温度計の読取りの平均値とした。温度1℃の変化は、約35mmAqの負圧変化に相当し、ベックマン温度計の最小読取値は0.01℃であるので0.35mmAqの負圧変化まで計算できる。一方、室内の大気圧は、水銀気圧計で測定した。大気圧の最小読取値は0.1mbである。1mbの変化は約10mmAqの負圧変化に相当するので、1mmAqの精度で負圧の補正を行うことができる。漏洩率は、約1時間にわたって行った。得られたデータを図9に示す。負圧の補正值が、前の測定値より負の値を示すことがあるが、リーク率は、0.03 Box Vol%/hrであり原子力安全局の施設検査の基準値0.1Box Vol%/hrを十分に満足している。

5. あとがき

本装置は、プルトニウム系燃料を安全に取扱うことに重点をおいて設計製作が進められた。プルトニウムの包蔵技術の一つとして開発された新機構のガスラインフィルタを採用することによって、プルトニウムで汚染される機器を大巾に減ずることができた。本フィルタは、安全かつ確実に交換作業を行うことができるほか、使用済フィルタをグローブボックス内で生じた廃棄物として処理できるという特長を有している。グローブボックス内に閉ループの1次冷却水系を設置したことで、金属およびセラミックスの両炉芯管の使用が可能となり、プルトニウム燃料の汎用高温実験装置が実現した。本装置と燃料研究棟に既設の諸装置を組合せて使用することにより、LMFBR用新型燃料の健全性確立に有用なデータを得ることが期待される。

最後に、本装置の製作にあたり、御指導いただいた燃料工学部の下川純一部長に厚く感謝いたします。また、装置の詳細設計ならびに製作を担当していただいた大亜真空技研工業(株)の各位に厚く感謝の意を表します。

文 献

- 1) M. Tetenbaum and P. D. Hunt, *J. Nucl. Mater.*, **40**, 104 (1971).
- 2) S. K. Evans, E. A. Aitken and C. N. Craig, *ibid.*, **30**, 57 (1969)
- 3) B. C. H. Steele, N. A. Javed and C. B. Alcock, *ibid.*, **35**, 1 (1970)
- 4) American Society for Testing and Materials, 1976 Annual Book of ASTM Standards, Part 45, Nuclear Standards.
- 5) J. M. Leitnaker, C. S. Morgan, D. L. Mc Elroy and W. H. Pechin, ORNL-4440, 12 (1969).
- 6) M. C. Burt, *Anal. Chem.* **41**, 549 (1969).
- 7) 松沢国広, 木村喜久雄, 私信 (1973).