

本資料は 年 月 日付で登録区分、
変更する。 2001. 6. 20

[技術情報室]

高放射性廃液固化研究報告 (I)

流動床仮焼試験装置の概要

Research Reports on the Solidification of

High-Level Liquid Waste (I)

Out line of Fluidized-Bed Calciner

1977年2月

動力炉・核燃料開発事業団

東海事業所

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)
2001

高放射性廃液固化研究報告 (I)



流動床仮焼試験装置の概要

技術部廃棄物処理開発室

実施責任者	角田直巳
	片山博*
報告者	都築清次
	佐々木憲明
	間野正
	星野吉広**
	坂田弘美
	永井均

要旨

この報告書は、動燃再処理工場から発生する高放射性廃液の固化を目標とした試験研究の第1報である。

高放射性廃液の最終固化体の形態としては、ガラス固化体、セラミック固化体、その他が世界各国で考えられているが、最終的な結論はまだ出されていないのが現状である。しかし、どの形態の固化体に決められるにしても、その固化体を作製するプロセスの中には、高放射性廃液を高温で処理して酸化物の仮焼体を作るプロセスが入る場合が多い。これは1つには、仮焼体の形態を経ることによって廃液の連続的大量処理が可能なることによるし、また1つには最終固化体の形態が決まっていない現状では、仮焼体の持つ flexibility にもよると考えられる。

仮焼プロセスには種々の方法があるが、その中から流動床仮焼法を選択し装置の製作を行なった。本報告書では、装置製作に当たっての機器選定に関する考慮、設計基準に合ったマテリアルバランスとヒートバランス、計装に対する思想、検査および試運転結果等について述べる。

* 現在、住友金属鉱山(株)東海工場

** 三井造船(株)協力員

目 次

1. まえがき	1
2. プロセスの概要	2
3. 機器設計	3
3.1 機種を選定	3
3.2 機器	7
3.3 プロセス設計	19
4. 計 装	23
4.1 温度測定, 温度調整	23
4.2 圧力測定, 差圧測定, 圧力調整	23
5. 安全対策	28
6. 検 査	29
6.1 工場立会検査	29
6.2 検収立会検査	32
7. 試運転	33
7.1 ディストリビューターの流量-圧力損失の測定	33
7.2 ケロシンスプレーおよび廃液スプレーノズルの空気側流量-圧力損失の測定	34
7.3 流動媒体(3種類)の流動化開始速度の測定	34
7.4 総合試運転(流動床内燃床試験)	34
8. あとがき	37
9. 参考文献	37

図 リ ス ト

- Fig. 1 仮焼装置の構成
- Fig. 2 P & I FLOW DIAGRAM
- Fig. 3 配置図
- Fig. 4 仮焼炉詳細図
- Fig. 5 No.1サイクロン詳細図
- Fig. 6 No.2サイクロン詳細図
- Fig. 7 急冷塔詳細図
- Fig. 8 廃液フィードタンク詳細図
- Fig. 9 ケロシンフィードタンク詳細図
- Fig. 10 マテリアルバランスフロー
- Fig. 11 ヒートバランスフロー
- Fig. 12 装置プロセスライン圧力バランス
- Fig. 13 ディストリビューター流量-圧力損失測定結果
- Fig. 14 ケロシンスプレーノズル, 廃液スプレーノズル流量対圧力損失測定結果

表 リ ス ト

- Table 1 機器リスト
- Table 2 サイクロンの性能仕様
- Table 3 保温設計仕様
- Table 4 計装品リスト
- Table 5 検査項目一覧表

1. ま え が き

再処理工程より排出される高放射性廃液は、崩壊熱の除去と放射能の減衰のために、しばらくの間（数年から最高数十年程度）液体状態で保管管理される。しかし長期間液体状態で保管管理する方法は、経費が高くつき、また漏洩などの安全上の問題が多いので、液体よりも安定な形に変換する必要がある、そのための技術開発を行なうことが急務である。

廃液の安定な形（固体）としては、仮焼体（酸化物）、ガラス固化体、セラミック固化体、金属複合体などが有望であり、世界各国で開発中であるが、10万年～100万年にも及ぶ長期安定性を考慮する場合、現在のところ最適な固体の形態についての最終結論が出る段階に到っていない。また、寿命の長い α 放射性超ウラン元素を分離除去（ α 群分離）する必要性についても検討がなされてはいるものの、結論は明確ではない。さらに、上述の種々の固化体を製造する場合には、廃液の仮焼というプロセスを経ることが多い。

以上のことから、高放射性廃液をより安全な形で管理するためには、まず第一に仮焼技術の確立が必要である。仮焼体は酸に易溶で、またガラス固化体、セラミック固化体その他に容易に変換できる性質を持つものである。

仮焼技術にはポット仮焼法、ロータリキルン仮焼法、スプレー仮焼法、流動床仮焼法等があり、各国で開発を行なっているが、動燃では処理能力、シール性、ホットでの運転実績および仮焼体の物性を考慮に入れ、有力な処理方法として流動床仮焼技術を選び、内径約4インチの流動床を中心とした実験装置を製作した。

動燃再処理工場はUとPuの抽出方式として湿式ピューレックス法を採用しているが、第1サイクルの抽出溶媒のアルカリ洗浄廃液が高放射性廃液の蒸発缶に混入されるため、他の再処理工場に比べて廃液中のNaの含有率が高く、1モル程度になると推定されている。硝酸ナトリウムは融点が310℃、分解温度が約800℃以上であり、酸化物になっても吸湿性でその結果粘着性が高く、仮焼プロセス中で最も問題となる因子であると考えられる。特に流動床仮焼法の場合、流動媒体の塊状化や噴霧ノズル、オフガスラインの閉塞などを起こし易いと言われているので、適当な添加剤を加えて硝酸ナトリウムを分解させることが必要であると言われている。本装置は、動燃再処理工場より発生する高放射性廃液の組成を模擬した合成廃液を処理することにより、上述のような流動床仮焼プロセスの問題点とプロセスの適応性を検討するために設置されたものである。

なお、本流動床仮焼装置の設計は三井造船原子力事業室と米国EI社（Energy Incorporated）が、また製作は三井造船原子力事業室が担当した。

本報告書では流動床仮焼装置の設計、検査、試運転の概要を報告する。

2. プロセスの概要

流動床仮焼装置は、プロセス的に見れば、仮焼とオフガス処理の2つに分けられる(Fig. 1)。プロセス的に複雑になるのはオフガス系の方である。製作した流動床仮焼装置は、今回の使用主目的が模擬高放射性廃液の仮焼であることから、オフガス系は簡単な工程で済ますことにした。

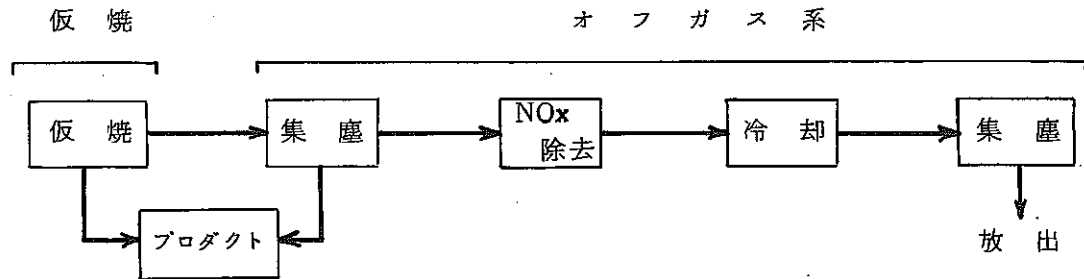


Fig. 1 仮焼装置の構成

仮焼とは、ある物質を加熱して、その揮発成分の一部、または全部を取り除く操作であり、構成物質がより高温のために焼結した場合には仮焼とは言わず、焼結温度以下の温度で揮発物を除く場合を言う。⁽¹⁾ 高放射性廃液のように多種の成分を含む物を仮焼する場合には、仮焼温度がかなり大きな問題となる。種々の文献⁽²⁾によれば、仮焼温度として500℃～600℃の値を使用していることが普通であり、本装置の設計も通常500℃、最大600℃で運転することを前提としている。

仮焼工程のオフガスは、仮焼装置に流動床を使用していることにより必然的に必要な流動化空気と高放射性廃液の硝酸溶液から生ずるNO_xガスとの混合ガスであり、その中には仮焼体の粉塵が同伴している。

オフガス処理系では、2次廃棄物を少なくするために、まず集塵操作を乾式で行なっている。捕集された仮焼体はプロダクトとして取り扱う。その後腐食性ガスであるNO_xの除去を行ない、さらにガスの冷却を行なう。仮焼工程のオフガス温度は500℃～600℃であり、このような高温ではダクトに直接放出することも、HEPAフィルター等で集塵することもできないので、約70℃以下に冷却する必要がある。このためオフガスを冷却した後、フィルターによる集塵操作を行ない、排気ブローによりダクトに放出する設計とした。

3. 機器設計

3.1 機種を選定

(1) 仮焼炉

仮焼炉としては流動床を選定した。これは米国のICPP (Idaho chemical processing plant) が1958年頃より同じ目的で実験を進めているもので、特徴として①仮焼炉自体に可動部分がなく、その結果ガスのシール性が良いこと、②処理能力に比べ炉の大きさが小さいことがまず挙げられる。さらに、③流動床は一般産業においても、ゴミの焼却、鉍石処理、マグネシアの焼成、あるいは各種の造粒プロセスに広く使用され、使用経験が多いこと、④プロダクトとして空気輸送に適したものが得られることなども特徴として挙げられる。

熱の供給方法としては、外部あるいは内部より電気ヒーターあるいは熔融塩により加熱する方法と流動床内部で直接ケロシン等を燃焼させる内部燃焼方式とがある。内部燃焼方式は電気ヒーター等による加熱に比べてオフガス量が増加する上、燃焼装置等の構造がやや複雑になるが、熱容量は非常に大きく、熱効率も良い。さらにICPP⁽³⁾の報告によれば、内部燃焼方式を使用した方が放射性物質であるルテニウムの揮発が少ない。これらの理由により、本装置も内部燃焼方式を採用している。

(2) オフガス処理系

オフガス処理系の第1工程である乾式集塵には、一般産業で広く使用され形状的にも簡単な接線流入型サイクロンを採用している。サイクロンの次に置かれる機器としては、NO_xの除去、サイクロンで捕集することが出来なかった粉塵の除去およびオフガスの冷却の3つの機能を果たすものを採用することにした。オフガス中のNO_xの量は全ガス量と比べて小さいものである。この種の機器としては、ベンチュリースクラバー、スプレー塔、充填塔、棚段塔が考えられる。一般に吸収を目的とする場合には、充填塔あるいは棚段塔が使用されているが、粉塵の多いガスに対しては、粉塵の蓄積のためにガスの流路がふさがれる可能性がある上、ガスの圧力損失も大きい。ベンチュリースクラバーは集塵用に、スプレー塔は冷却と集塵用に使用されている。前者はスプレー塔やその他と比べて集塵能力は非常に良いが、ガスの圧力損失が大きい。またガスの流れで液を吸い上げ微細化させる方法なので、ガス流量が変化するような実験装置には不適當である。以上のことから本装置ではスプレー塔を採用している。

スプレー塔を通過したオフガスは水蒸気が飽和した状態にあるので、凝縮器でさらに冷却を行ない絶対湿度を下げていく。この時ミストが凝縮器を通過することを防ぐためにデミスターを1基取り付けている。

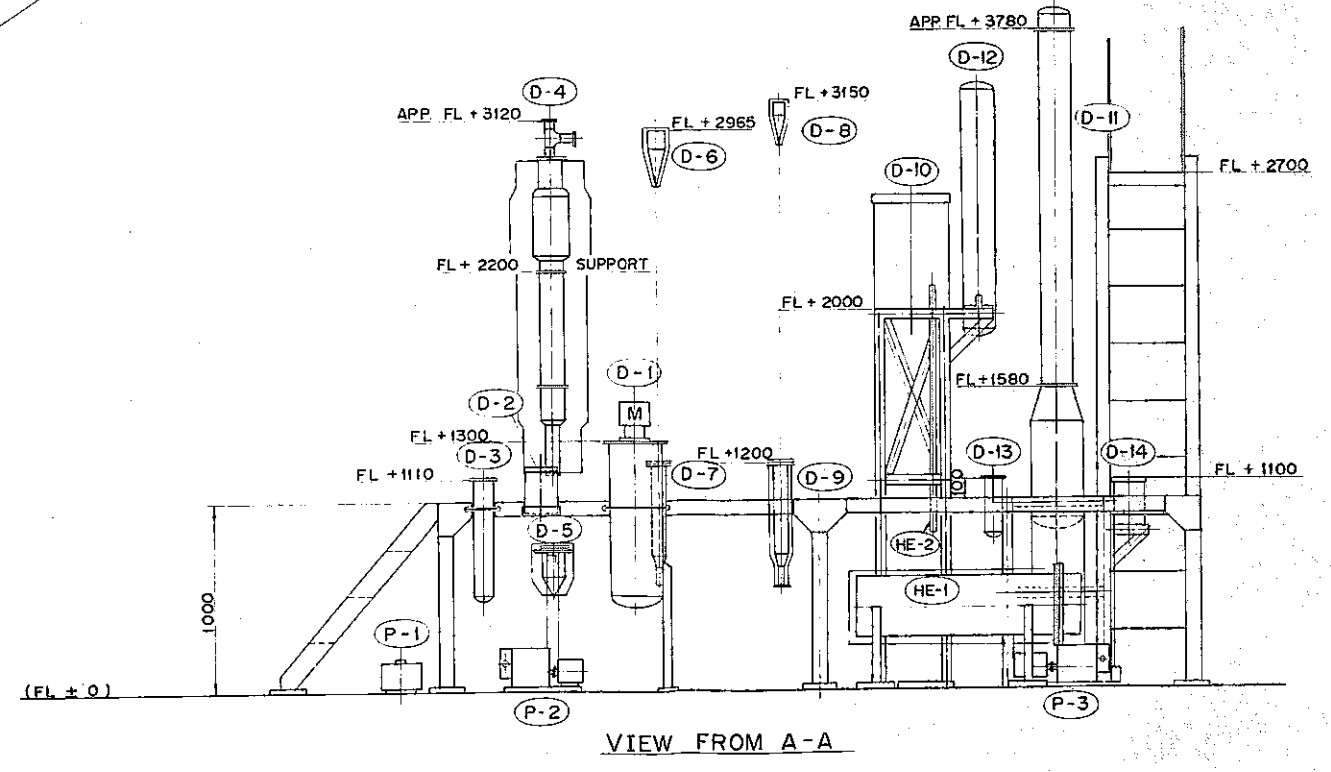
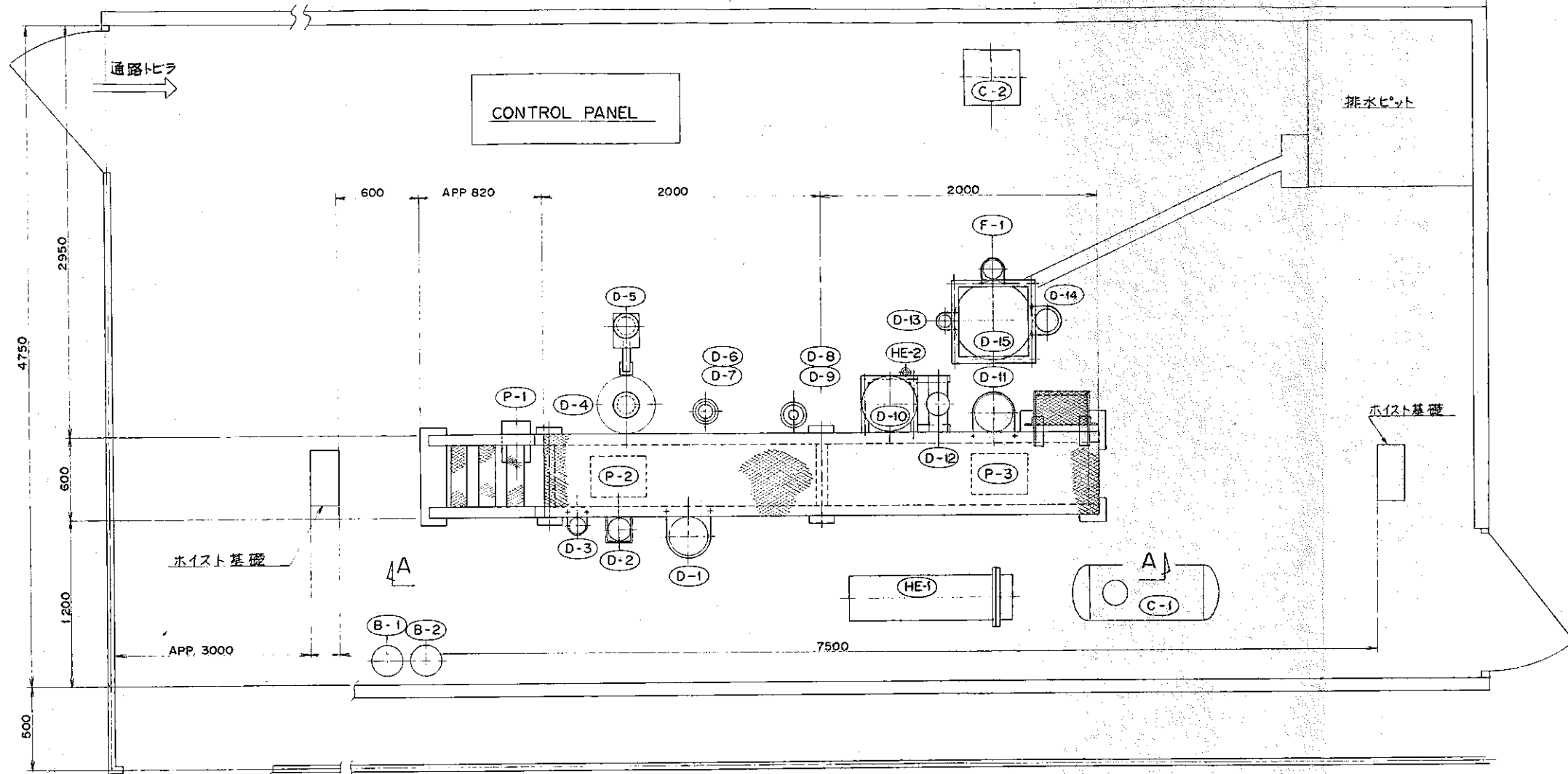
オフガスは最終的に高性能フィルターを通しダクトへ放出する。その時フィルターの内部で水蒸気の凝縮が起こらないように、ヒーターで加熱してオフガスの温度を上げ、相対湿度を下げるように配慮している。

(8) その他

空気、溶液、クロシンなどの流動床への供給には、すべてポンプ及びコンプレッサーを使用している。特に廃液供給用のポンプとしては、廃液中に多少のスラリーが混入しても支障がないように、チュービングポンプを採用している。配管材等はすべて一般市販品の中から耐腐食性、耐熱性を考慮して選択している。

Fig. 2 にフローダイヤグラム、Fig. 3 に配置図、Table 1 に機器の概略寸法と概略仕様を示した。

この頁は PDF 化されていません。
内容の閲覧が必要な場合は、技術資料管理
担当箇所では原本冊子を参照して下さい。



品番	品名	材質	数量	図番	摘要
図番	Fig. 3				整理番号
名称	配置図				
全	葉	第	号	日	附
図	設	定	図	尺	寸
動力炉核燃料開発事業団東海環研所					

3.2 機器

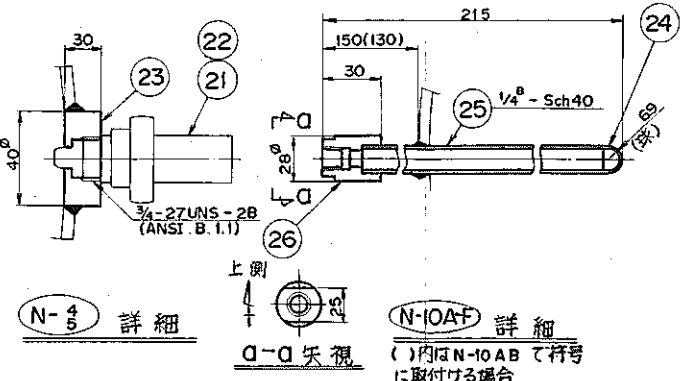
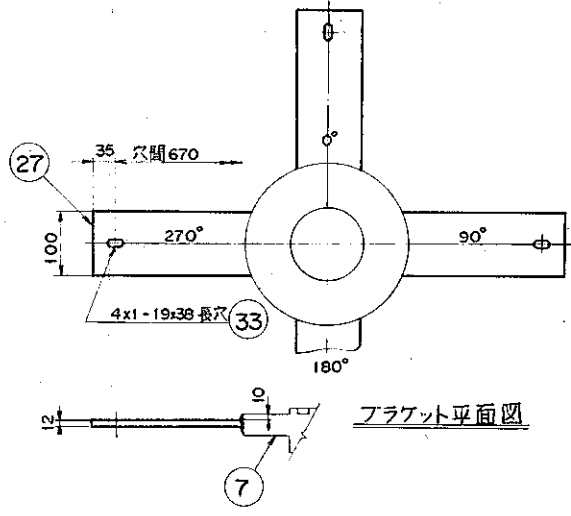
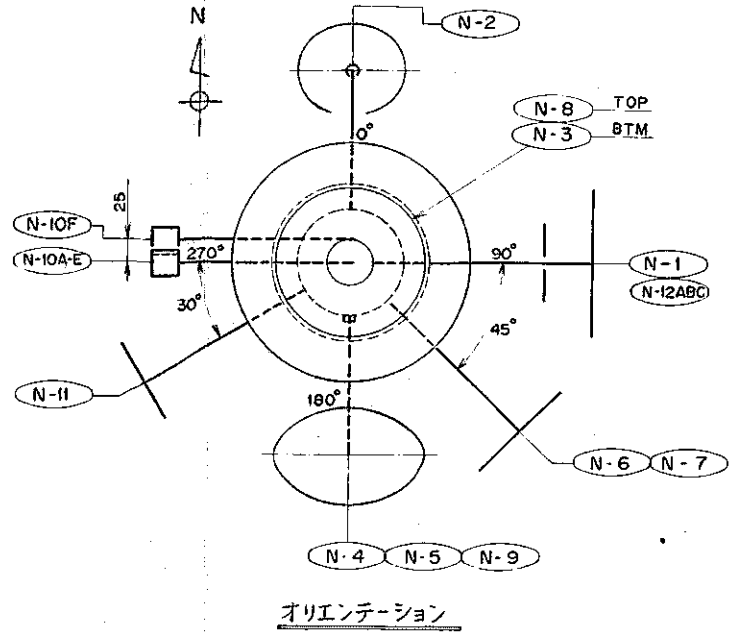
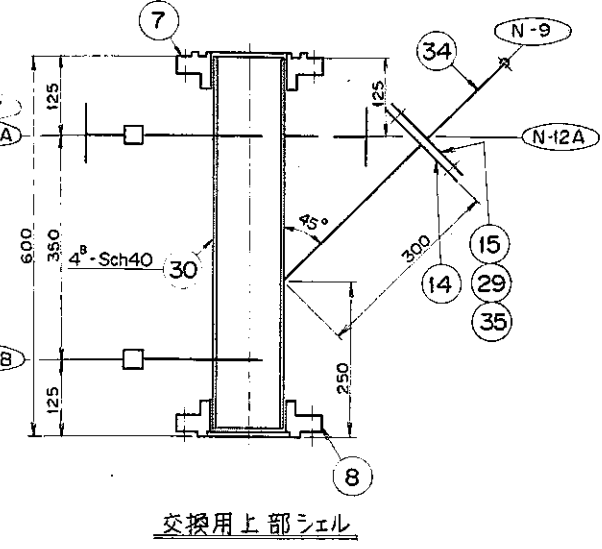
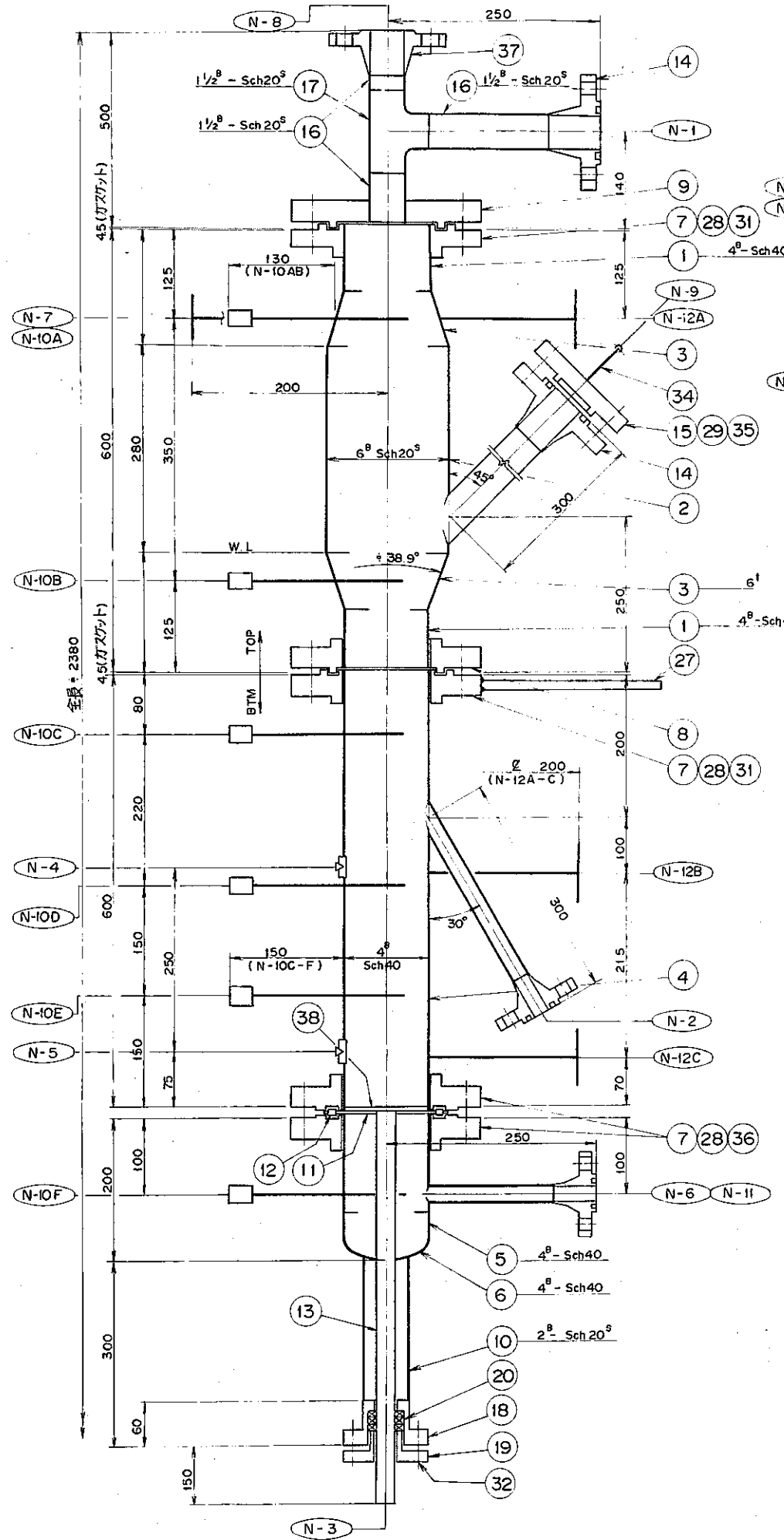
主要機器の詳細設計に当り、特に考慮した点と機器の能力について以下に概略を述べる。

(1) 仮焼炉（流動床）

廃液処理能力 1.0 L/hr ，最高使用温度 $600 \text{ }^\circ\text{C}$ ，最高使用圧力 1.9 Kg/cm^2 に設計した。構成は，廃液スプレーノズル 1 基，クロシンスプレーノズル 1 基，分散板 1 基，3 分割式本体 1 基である（Fig. 4 参照）。

仮焼炉の径及びスプレーの取り付け位置は，米国の E I 社のコメントにより決定したものである。流動層部（内径約 4 インチの値は，廃液を流動層に対し直角に吹き込んだ場合に，対壁にまでスプレーが届かない最低の大きさである。また本体を 3 分割式としているのは，まず第 1 に下部と中部との間に分散板をはさみこむためであり，第 2 に塔上部の形状をかえて，試験を行なえるように，上部部品の交換を可能とするためである。上部に 2 種の形状のものを用意したその理由は仮焼体の取り出し法を変えるためである。つまり流動層境界面よりオーバーフローとして取り出す方法とサイクロンに吹き飛ばし捕集する方法の 2 種が考えられ，上部の形状により取り出し操作の条件が異なるからである。本体の材質としては，耐熱用ステンレス SUS 310S を使用している。

スプレーノズルに関しては，E I 社のコメントにより，メーカーと型番が決定された。スプレーは Spraying Systems Company 製で，スプレーのタイプは $1/4 \text{ J atomizing nozzle}$ である。スプレーノズルの取り付け位置は E I 社の Know How とのことである。I C P P の流動床仮焼施設のスプレーノズルとして，同メーカーの製品を使用して実験した結果が報告されている。⁽⁴⁾⁽⁵⁾ 本装置の廃液処理能力は I C P P の装置よりも小さいので，小型のスプレーを使用している。



記号	名称	数量	規格	用途	備考
N-12	1/4"	3	ANSI 300 T.G	Sch40	PDI 合計4ヶ
N-11	1/4"	1	ANSI 300 T.G	Sch40	PG
N-10	PT 1/4"	6	-	-	TR 合計8ヶ
N-9	1 1/2"	1	ANSI 300 W.N T.G	Sch20	Seed 入口
N-8	1 1/2"	1	ANSI 300 W.N RF	Sch20	圧入口
N-7	1/4"	1	ANSI 300 T.G	Sch40	差圧計
N-6	3/4"	1	ANSI 300 W.N T.G	Sch40	air 入口
N-5	UNS 3/4"	1	-	-	Fuel 入口
N-4	UNS 3/4"	1	-	-	Waste 入口
N-3	PT 3/4"	1	-	Sch40	air 入口 (product 出口)
N-2	3/4"	1	ANSI 300 W.N T.G	Sch40	product 出口
N-1	1 1/2"	1	ANSI 300 W.N T.G	Sch20	GAS 出口

設計条件	
基数	1
通用規格	JIS B 8243
型式	堅型円筒ラフ付
有効伝熱面積	-
容積	公称 15.4
設計圧力	19 kg/cm ² g
設計温度	650°C
常用圧力	MAX 0.5 kg/cm ² g
常用温度	MAX 650°C
接続開先	-
底力除去	否
X線検査	TOP 20% BTM 100%
溶接効率	100% (ニッケル 72%)
腐蝕	100%
腐蝕代	1.0mm
保温保冷	要 (120mm)
塗装	焼付後
充填物	-
試験	真空
圧力	気圧
注水	3.8 kg/cm ² g
寸法公差	MES. C I. 30.01
空重量	130kg
据付重量	190kg
運転重量	-
水重量	210kg

数量	名称	規格	用途	備考
1	焼結板押之板	SUS310S		
1	N-8 ノズルフランジ	SUS304		
8組	本体 B.N M20x4	SUS310S	10割ナット	
8組	N-9/スズBN M20x110	SUS310S	10割ナット	
2	把手	SUS304		
4組	セトBN M6x50x38	SS41	座金付	
6組	スズBN M10x50x30	SUS304		
16組	本体 B.N M20x135	SUS310S	10割ナット	
1	上部シェル(交換用)	SUS310S TP-S		
2	切欠	ANSI 300 1/2" 1608		
2	切欠	ANSI 300 1/2" 1608		
6	切欠	ANSI 300 1/2" 1608		
4	ブラケット	SUS310S		
8	N-10 ノズルボス	SUS310S		
8	N-10 ノズルネック	SUS310 TP-S		
8	N-10 ノズルキャップ	SUS310S		
2	N-4.5 ボス	SUS310S		
1	アライニングノズル	SUS304	支給品	
1	アライニングノズル	SUS304		
3	グラッドパッキン95mm	400		
1	パッキン押2	SUS304		
1	パッキンボックス	SUS304		
1	ティー	SUS310S TP-S		
2	ノズルネック	SUS310S TP-S		
1式	ノズルフランジ(筒)	SUS310S		
1式	ノズルフランジ	SUS310S		
1式	N-3 ノズル	SUS310S		
1式	サポートリング	SUS310S	支給品	
1式	焼結板	NI		
1	パッキンボックス	SUS310S TP-S		
1	上部平た板	SUS310S	凸形	
2	本体フランジ	SUS310S	凸形	
5	本体フランジ	SUS310S	凹形	
1	下部ヘッド	SUS310S		
1	下部シェル	SUS310S TP-S		
1	中間部シェル	SUS310S TP-S		
2	コニカルシェル	SUS310S		
1	上部シェル	SUS310S TP-S		
2	上部シェル	SUS310S TP-S		

動力炉核燃料開発事業団東海事業所

図名 D-4 仮焼炉詳細図

全葉番号 日附

図番 Fig. 4

製図者

承認者

図号

Table 1 機器リスト

機器 番号	名 称	基数	主要寸法 [mm]	主要材質	運 転 条 件			設計条件		備 考
					流 体	温度[℃]	圧力 [Kg/cm ²]	温 度 [℃]	圧 力 [Kg/cm ²]	
D-1	廃液フィードタンク	1	10 ^B × 800 ^L	SUS304	硝酸溶液	室 温	大 気 圧	50	水張り	
D-2	硝酸フィードタンク	1	6 ^B × 250 ^L	アクリル	硝酸溶液	"	"	"	"	
D-3	ケロシンフィードタンク	1	4 ^B × 610 ^L	SUS304	ケロシン	室 温	大 気 圧	"	大気圧	付属物：フレームアレスター
D-4	仮 焼 炉	1	6 ^B (4 ^B) × 1700 ^L	SUS310S	金属酸化物 硝酸塩	600	0.5 (MAX)	650	1.9	仮焼炉上部構造物は4 ^B と6 ^B の2種類製作
D-5	仮焼炉生成物ホッパー	1	4 ^B × 150 ^L	SUS304	金属酸化物 硝酸塩	150	0~100 mm H ₂ O	170	1.0	
D-6	仮 1 サイクロン	1	4 ^B × 300 ^L	SUS310S	燃焼ガス NO _x	500	0~150 mm H ₂ O	520	1.0	
D-7	仮 1 ボ ッ ト	1	2½ ^B × 460 ^L	SUS304	金属酸化物 硝酸塩	150	0~200 mm H ₂ O	170	1.0	
D-8	仮 2 サイクロン	1	2½ ^B × 210 ^L	SUS310S	燃焼ガス NO _x	500	0~200 mm H ₂ O	520	1.0	
D-9	仮 2 ボ ッ ト	1	2½ ^B × 460 ^L	SUS304	金属酸化物 硝酸塩	150	0~200 mm H ₂ O	170	1.0	
D-10	冷却水フィードタンク	1	400 ^{L,D} × 600 ^L	アクリル	水	室 温	大 気 圧	50	水張り	
D-11	急 冷 塔	1	6 ^B × 2200 ^L (スプレー部) 10 ^B × 680 ^L (タンク部)	SUS304	燃焼ガス+NO _x 水	500/75	0~350 mm H ₂ O	150	1.0	
D-12	凝 縮 冷 却 器	1	6 ^B × 700 ^L	SUS304	燃焼ガス 水	ガス75/50 水 28/31	0~450 mm H ₂ O 1.0 ~ 2.0	100 100	1.0 3.0	
D-13	デ ミ ス タ ー	1	3 ^B × 300 ^L	SUS304	燃焼ガス	50	0~450 mm H ₂ O	75	1.0	
D-14	中 和 剤 タ ン ク	1	6 ^B × 250 ^L	アクリル	NaOH溶液	室 温	大 気 圧	50	水張り	
D-15	中 和 タ ン ク	1	550 ^{L,D} × 500 ^L	SUS304	硝酸酸性 溶 液	室 温	"	80	"	
HE-1	ラインヒーター	1	170 ^{O,D} × 2	SUS304	空 気	室温/550	0.5	600	20	
HE-2	ラインクーラー	1	1 ^B × 1850 ^L	SUS304	スプレー水	67/60	3.0	75	5.0	
					水	31/34	1.0 ~ 2.0	50	3.0	
F-1	ラインフィルター	1	170 ^{O,D} × 214 ^L	SUS304	燃焼ガス	80	-45 mm H ₂ O	-	-	ダン産業 型式GF-500

B : インチ管呼径 I. D : 内径 O. D : 外径

機器 番号	名 称	基数	概 略 仕 様	主要材質	運 転 条 件			モーター仕様		備 考
					流 体	温度(℃)	圧力[Kg/cm ²]	電 圧	出 力	
P-1	廃液フィードポンプ	1	チューブ式定量ポンプ 流量: 2~3ℓ/hr	タイゴンチューブ	硝酸溶液	室温	0.1	100(V)		
P-2	クロシンフィードポンプ	1	フランジ式定量ポンプ 流量 0.2~1.68ℓ/hr	SUS316	クロシン	"	0.7	200(V)	0.1(KW)	オーヤラックス(株) ケミカフィーダー BT-1508 PO
P-3	冷却水循環ポンプ	1	ルーツ式ロータリーポンプ 198ℓ/hr	SUS316	硝酸溶液	60	3.0	200(V)	0.75(KW)	東興産業(株)
C-1	エアフィードコンプレッサー	1	移動式ベビーコンプレッサー 流量 15~20 Nm ³ /Hr		空 気	室温	4	200(V)	2.2(KW)	日立製作所 BU-7 TL
C-2	排 気 プ ロ ワ ー	1	ロータリーブロワー 流量 15~20 Nm ³ /Hr		燃焼ガス	80	-500mmH ₂ O	200(V)	1.5(KW)	オリオン機械(株) 型式: KRA 6

分散板の形状は流動状態や反応状態などに大きく影響することが知られているが、それを取りまく気泡や粒子の挙動がきわめて複雑なことなどから、その設計法は十分には確立していない。設計法はいくつかあげられているが、⁽⁶⁾いずれも一般産業用の径の大きい流動床に対して適用されるものである。小規模装置では焼結金属板を使用している場合が多い。本装置の分散板は金網を数枚重ねてプレスし焼結させたものである。金網の目開きを変えることにより、カスの分散状態を変えることが出来ると考えられ、3種類の焼結金網を用意した。

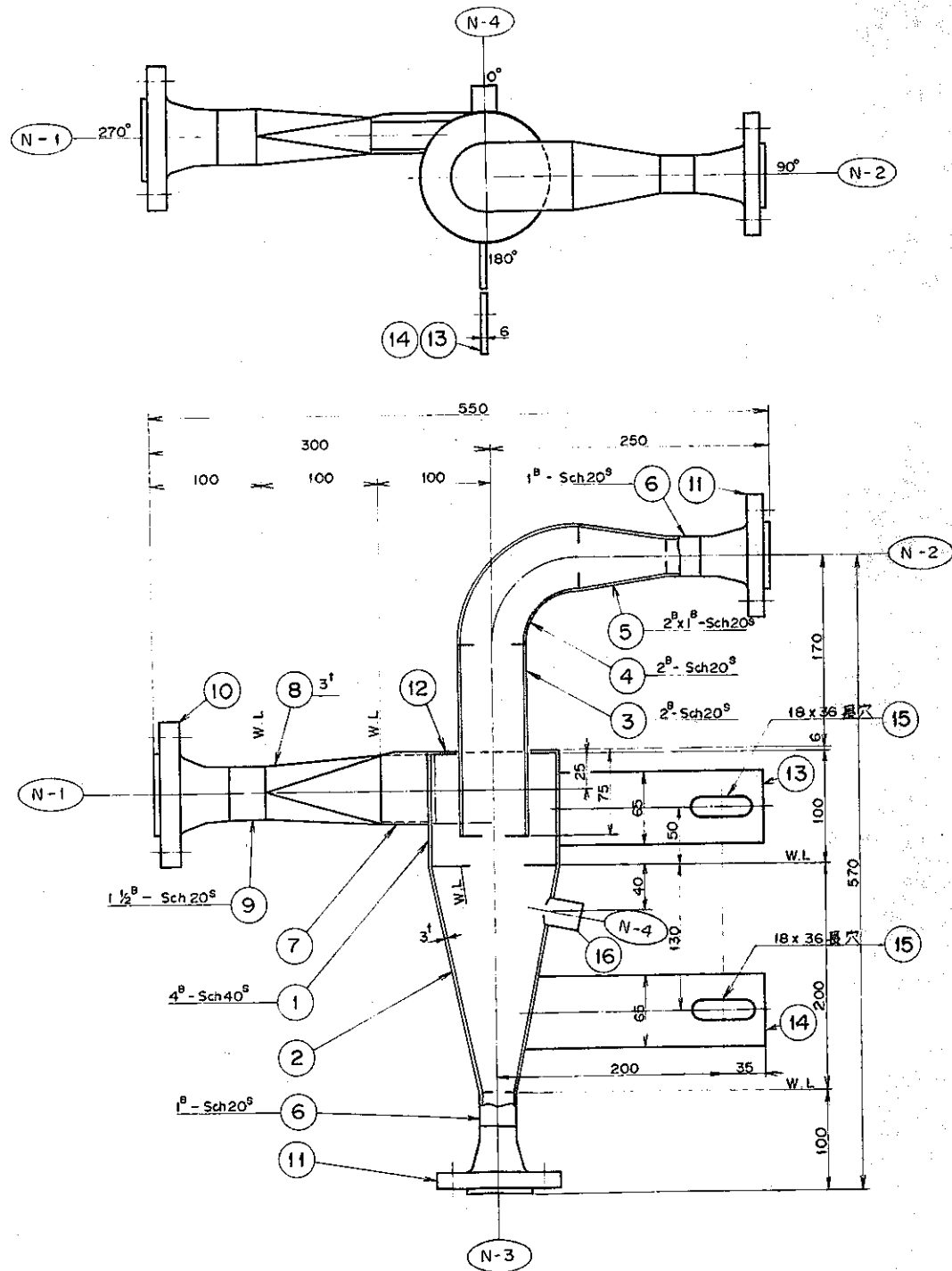
材質としては、耐熱性を考え、金網部はニッケルクロム鋼を、金網の保持部には SUS 310Sを使用している。

(2) サイクロン (Fig. 5, Fig. 6)

乾式集塵の代表的な機器であるサイクロンは、通常直列に使用されることは少ない。本装置において仮焼体をサイクロンで捕集する実験を行なった場合、オフガス中の仮焼体の量は仮焼体の全量が飛び出す場合に最大 100g/hr ~ 200g/hr になると予想される。実験装置なので運転条件が変化するものと予想されるが、オフガスの推定最小量を用いてサイクロンを設計した場合、大きさがかなり小さいものとなり、閉塞の可能性が生じる。そこで、No. 1 サイクロンで簡単な集塵を行ない、No. 2 サイクロンでオフガスの少ない場合の集塵が可能のように配慮した。タイプとしては Perry の Chemical Engineer's Handbook等に述べられている接線流入型サイクロンを採用し設計を行なった。材質は SUS 310Sを使用している。Table 2 にサイクロンの性能仕様を示す。ここでオフガス流量 1.38 と 5.3 Nm³/hr の2種類の数値は、前者が仮焼体を飛び出し法にて捕集する場合、後者がオーバーフローにて捕集する場合に相当している。

Table 2 サイクロンの性能仕様

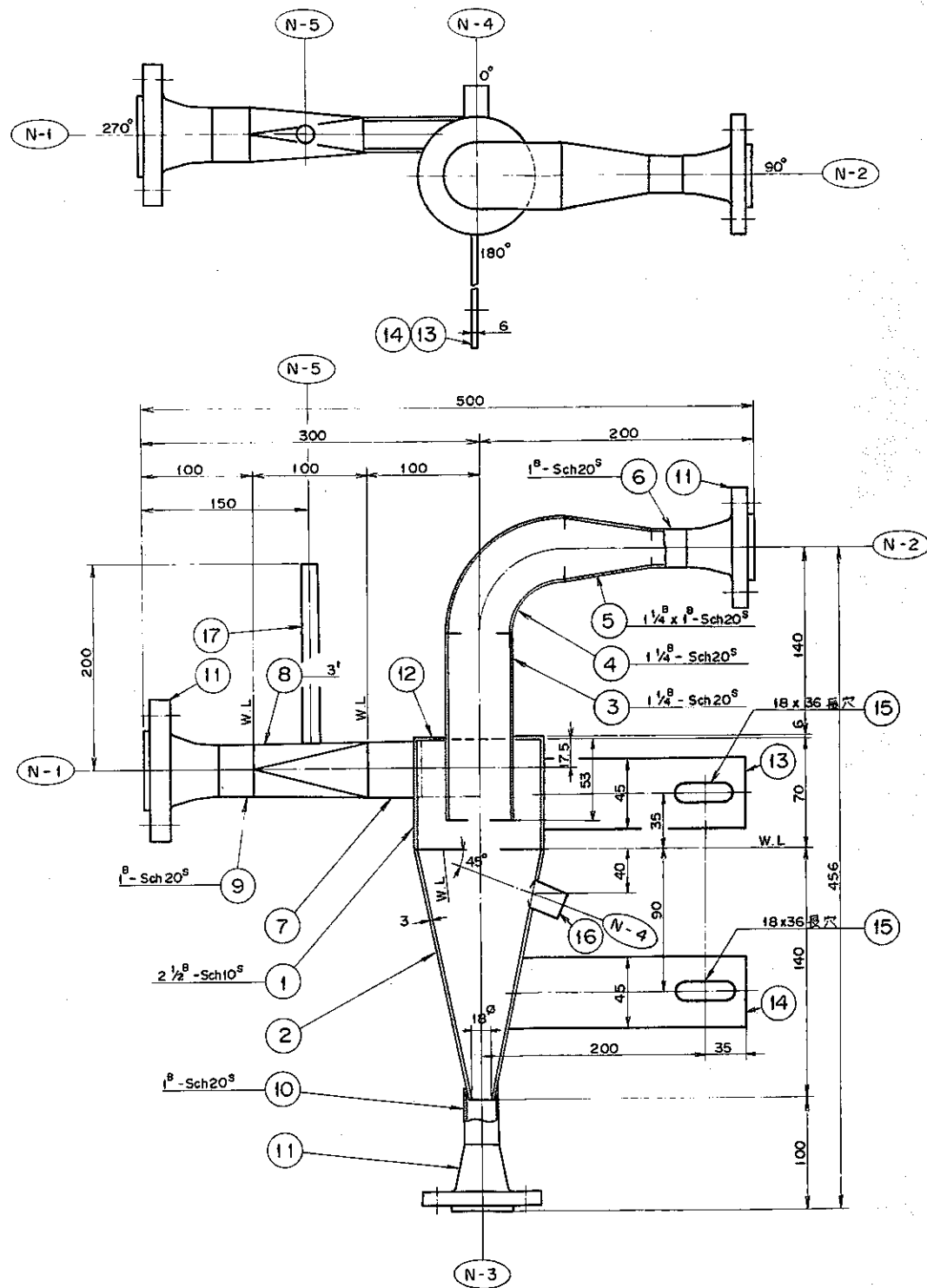
仕様	No. 1 サイクロン		No. 2 サイクロン	
	サイクロン			
オフガス流量	1.38 [Nm ³ /hr]	5.3 [Nm ³ /hr]	1.38 [Nm ³ /hr]	5.3 [Nm ³ /hr]
流入速度 600 [°C]	9.6 [m/sec]	3.8 [m/sec]	19.6 [m/sec]	7.8 [m/sec]
圧力損失 [mmH ₂ O]	19.5 [mmH ₂ O]	10 [mmH ₂ O]	7.2 [mmH ₂ O]	1.6 [mmH ₂ O]
最小捕集粒径	4 [μ]	6 [μ]	2.2 [μ]	3.5 [μ]



設計条件			
基数	1		
適用規格	JIS B 8243		
型式	切線型		
有効伝達面積	16 ホス	SUS310S	1
容積	15 BN MIGx40x35	9941	2組 屋倉付
容積公差	14 ラク	SUS310S	1
容積公差	13 ラク	SUS310S	1
設計圧力	10 kg/cm ² g		
設計温度	520℃	12 平ふた板	SUS310S 1
常用圧力	0~150 H ₂ O	11 ノズルフランジ	SUS310S 2
常用温度	500℃	10 ノズルフランジ	SUS310S 1
溶接継手		9 ノズルネック	SUS310S TP-S 1
応力除去	否	8 "	SUS310S 1式
X線検査	否	7 "	SUS310S 1式
溶接	72%	6 ノズルネック	SUS310S TP-S 2
効率	100%	5 レジサ 2" x 1" Sch 20	" 1
腐蝕代	1.0mm	4 ロクエボ 2" Sch 20	" 1
保温	保冷	3 ノズルネック	SUS310S TP-S 1
塗装	送前	2 コニカルシエル	SUS310S 1
	掘付後	1 シェル	SUS310S TP-S 1
充填物			
試験真空	1.2 kg/cm ² g	品番	品名
圧力	2.0 kg/cm ² g	図番	Fig. 5
寸法公差	MESC-I-30-01	名称	D-6 NO.1 サイクロン詳細図
概算重量	10 kg	全葉第	号
路徑重量		設計	図
水重量		尺	度
		動力炉核燃料開発事業団東海事業所	

N-4	PT 1/4	1	—	—	—	TIC
N-3	1"	1	ANSI 150	WN R.F	図示 Sch 20	Product出口
N-2	1"	1	"	"	"	Gas 出口
N-1	1 1/2"	1	ANSI 150	WN R.F	図示 Sch 20	Gas 入口
記号	呼び	数	フランジ	ノズル		用途 備考

ノズルリスト



設計条件				
基数	1			
通用規格	JIS B 8243	17 ノズルネック	SUS310S	1
型式	切線型	16 ホス	SUS310S	1
有効伝熱面積		15 B.N M16x40x35	SS41	2組 底金付
容積		14 ラフ	SUS310S	1
設計圧力	1.0 kg/cm ² g	13 ラフ	SUS310S	1
設計温度	520°C	12 平ふた板	SUS310S	1
常用圧力	0~200H ₂ O	11 ノズルフランジ	SUS310S TP-S	3
常用温度	500°C	10 ノズルネック	SUS310S TP-S	1
溶接継手		9 ?	SUS310S TP-S	1
応力除去	否	8 ?	SUS310S	1式
X線検査	否	7 ?	SUS310S	1式
溶接脚	72%	6 ノズルネック	SUS310S TP-S	1
効率	鏡	5 レジュー 1 1/4 Sch 20	"	1
腐蝕代	1.0mm	4 エンジェル 1 1/4 Sch 20S	"	1
保温保冷	要	3 ノズルネック	SUS310S TP-S	1
塗装	送前	2 コニカルシエル	SUS310S	1
送後		1 シェル	SUS310S TP-S	1
充填物				
試験	真空			
風速	1.2 kg/cm ² g			
圧力	水圧	2.0 kg/cm ² g		
寸法公差	MESC.1.30.01			
重量	8 kg			
送付重量				
運転重量				
水取重量				

記号	呼び名	数	規格	材質	口径	用途	備考
N-5	1/4"	1				PDI	
N-4	PT 1/4"	1				TIC	
N-3	1"	1	ANSI 150	WN RF	国示 Sch 20	Product 出口	
N-2	1"	1	"	"	"	Gas 出口	
N-1	1"	1	ANSI 150	WN RF	国示 Sch 20	Gas 入口	
ノズルリスト							

全業第 号 日附
 図番 Fig-6
 名称 D-8 NO.2 サイクロン 詳細図
 動力炉核燃料開発事業団 東海事業所

(3) 急冷塔 (スプレー塔)

急冷塔 (Fig. 7 参照) は、オフガス中の NO_x 除去、ダストの集塵、オフガスの冷却を目的として設置した。急冷塔を設計するための要素としては、熱交換量、集塵効率、オフガスの圧力損失が考えられるが、本急冷塔は熱交換量を中心に設計している。

オフガスの流量としては、サイクロンの集塵効率を計算する場合と同様に $5.3 \text{ Nm}^3/\text{hr}$ と $13.8 \text{ Nm}^3/\text{hr}$ で行なっている。いずれもオフガス入口温度 500°C 、出口温度はそれぞれ 76.1°C と 65°C となるように計算を行なった。オフガス流量の多い場合の方が湿度が少ないためスプレー水の蒸発が起るので、出口温度としては下がる傾向にある。ただし、廃液の処理量は両方とも 1.0 l/hr として計算した。

スプレーは Fig. 7 のように 5 段に分けているが、取り付け位置はスプレーの噴霧角度により決まる。スプレーの噴霧角度を θ とし、塔径を D とすると、スプレー間の長さ l との関係は次式のように決定される。

$$\frac{D/2}{l} = \tan \frac{\theta}{2}$$

熱計算を各段毎に行なった結果、出口温度が 75°C 以下になるために必要な段数として 5 段をとった。

集塵の効率については、特に計算していない。サイクロンについても同様であるが、集塵効率の計算法は初期粒度分布の仮定の仕方により非常に異なるため、計算を行なっても無意味であると判断したためである。ただし、スプレー塔に関してはスプレーされた液径が $0.1 \sim 1 \text{ mm}$ 程度の場合が集塵効率が最も良く、 $2 \sim 4 \text{ mm}$ になるとその効率が約 70% も落ちると言われている。本急冷塔の場合、 $3 \sim 5 \text{ kg/cm}^3$ でスプレーをすれば十分な粒径が得られるようなスプレーノズルを取り付けている。スプレー塔の場合最小捕集粒径は約 3μ と言われている。

オフガスの圧力損失は、本急冷塔では $10 \text{ mm H}_2\text{O}$ 以下であることを試運転時に確めた。

(4) タンク、ポット、保温

廃液フィードタンク、ケロシンフィードタンクは、塔径に対して深さを大きくとり、レベルゲージによる供給量の読み取り誤差をなるべく小さくなるようにしている。廃液フィードタンクの取り出し口は、廃液中の残渣を混入させないために、タンク底部よりやや上部につけている。そのため、デッドスペースが10ℓ程度の大きさになっている（Fig. 8）。ケロシンフィードタンクについては、空気抜きノズルよりケロシンガスが引火することを防止するために、フレイムアレスターを設置している。（Fig. 9）

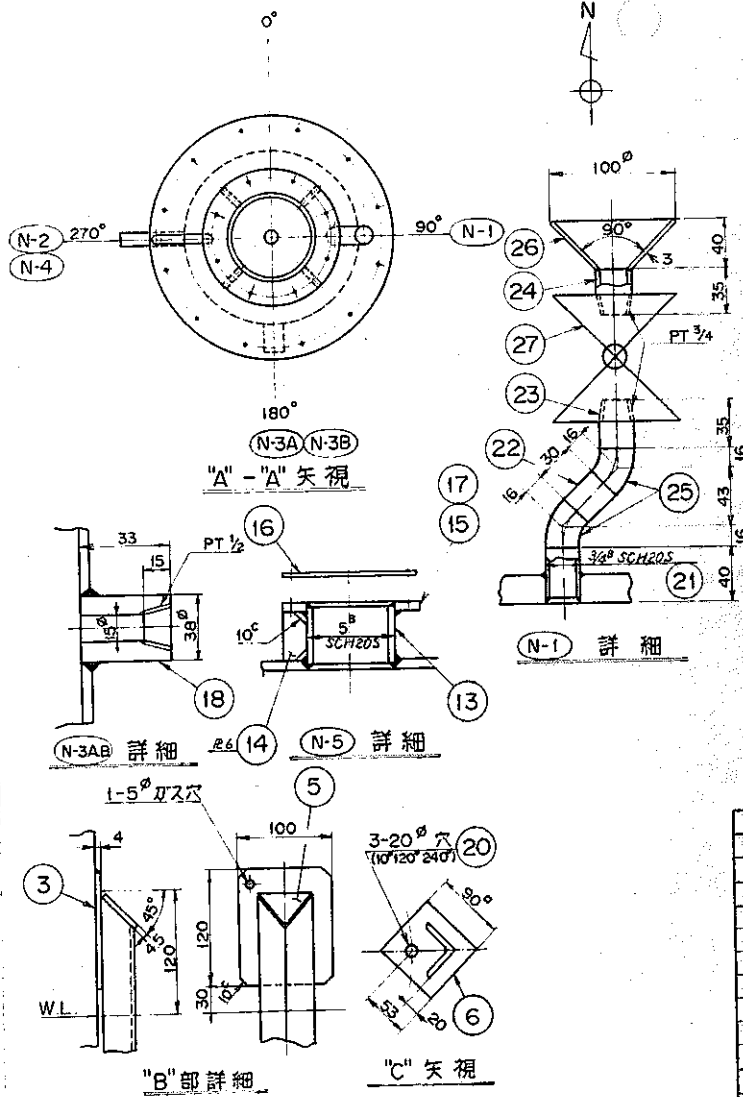
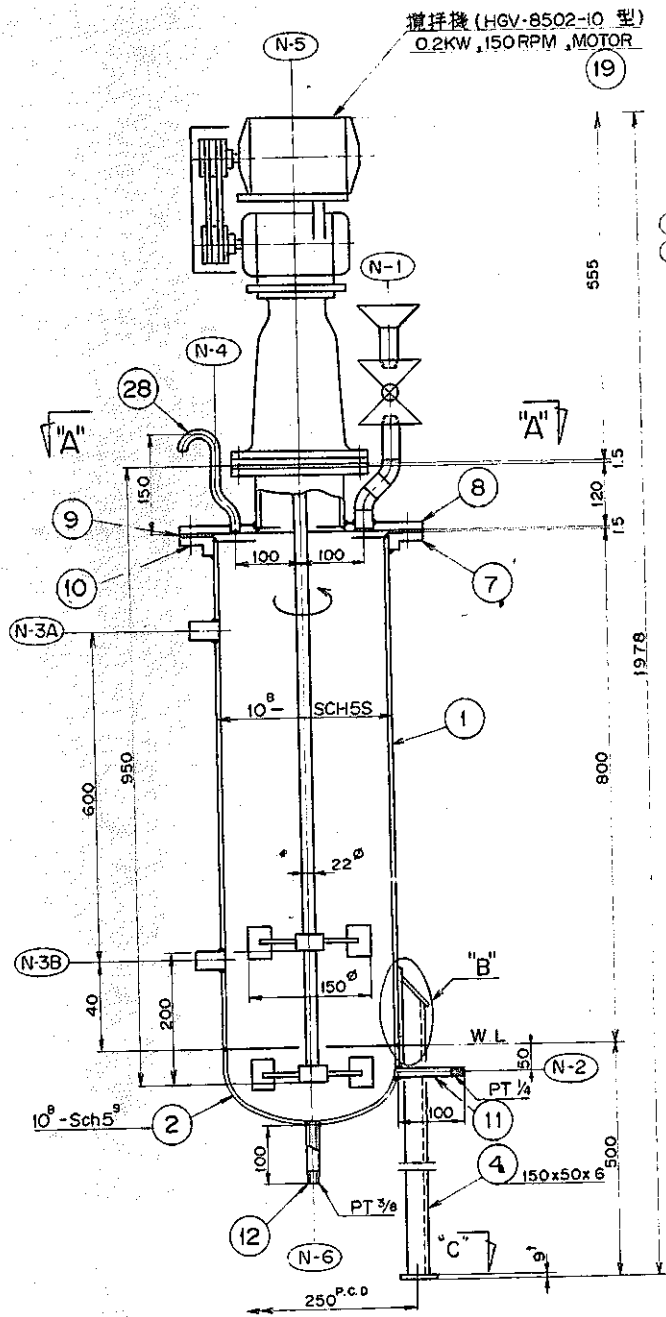
サイクロンで捕集された仮焼体の受け器用として設けているNo. 1, No. 2ポットが非常に細長い形となっている理由は、高放射性廃液の仮焼体を実際にポットにつめた場合、崩壊熱のために内部がかなり高温になると予想される結果、ポットの径を大きく出来ないからである。ポット下部の開き角は60°と急傾斜にし、抜き出しが容易にできるように配慮した。

硝酸フィードタンクおよび中和剤タンクをアクリル製にしたのは、いずれも容量的に小さいので、外部より液量の測定ができるようにするためである。

保温表面温度は40℃～70℃になるように計算した。（Table 3を参照）。外気温はすべて20℃とし、保温材はケイ酸カルシウムとした。

Table 3. 保温設計仕様

保温場所	仕様	保温材厚さ	内部温度	表面温度	放熱量
仮焼炉	中部	120 [mm]	600 [℃]	41 [℃]	232 [Kcal/hr]
仮焼炉	上部	120	600	49	248
No. 1	サイクロン	50	500	69	74.3
No. 2	サイクロン	50	500	62	71.4
No. 1	ポット	20	150	51	62.9
No. 2	ポット	20	150	51	62.9
仮焼炉生成物	ホッパー	50	300	49	34.6



基 数	1
適用規格	JIS B 8243
内容積	0.05 m ³
設計圧力	水張り
設計温度	50°C
常用圧力	ATM
常用温度	AMB
腐蝕代	1.0mm
塗 装	SS41 部のみ施行
充 填 物	攪拌置
管筋試験	水張り
水压試験	水張り
概略重量	70kg

28	スチーフ 1/4" SCH40	SUS304 TP-S	1	
27	グローバルフ 3/4"	SUS304	1	
26	漏 斗	3' SUS304	1	JIS10 ^K
25	スチーフ (45°LR) 3/4" SCH20S	SUS304	2	
24	パイプ 3/4" SCH20S		1	
23	パイプ		1	
22	パイプ		1	
21	スチーフ 3/4" SCH20S	SUS304 TP-S	1	
20	アークボルト M12 x 200	SS41	3	
19	攪拌機	SUS304	1式	購入品
18	ホス	SUS304	2	
17	ボルトナット M16 x 65	SUS304	8組	
16	ガスケット 15"	ステンレス 700-22	1	JIS5 ^K
15	スチーフフランジ 5"	SUS304	1	JIS5 ^K 30.FF
14	リフ	6' SS41	4	
13	スチーフ 1/2" SCH20S	SUS304	1	
12	スチーフ 3/8" SCH20S		1	
11	スチーフ 1/4" SCH20S	SUS304 TP-S	1	
10	ボルトナット M20 x 70	SUS304 TP-S	12組	
9	ガスケット 15"	ステンレス 700-22	1	JIS5 ^K
8	シェルフランジ 10"	SUS304	1	JIS FF
7	シェルフランジ 10"	SUS304	1	JIS5 ^K 30.FF
6	底 板	9' SS41	3	
5	当 板	45' SS41	3	
4	脚 L50x50x6	SS41	3	
3	当 板	4' SUS304	3	
2	キップ 10" SCH5S	SUS304 TP-A	1	
1	シェル 10" SCH5S	SUS304 TP-A	1	

N-6	3/8"	1	—	—	—	図示	SCH20S	—	ドレン	
N-5	5"	1	JIS5	SO	FF	+	SCH20S	—	攪拌機座	
N-4	1/4"	1	—	—	—	+	SCH20S	—	ベント	
N-3	PT 1/2"	2	—	—	—	+	—	—	LG	
N-2	1/4"	1	—	—	—	+	SCH20S	—	廃液出口	
N-1	3/4"	1	—	—	—	図示	SCH20S	—	廃液入口	
記号	呼び寸	数	呼び寸	型面	材料	加工	管径	寸法	用途	備考
					フランジ	ノズル				

ノズルリスト

品名 材質 数量 備考
 図番 Fig. 8
 名称 D-1 廃液フィードタンク詳細図
 全業 第 号 日 附
 製 図 尺 寸
 動力炉核燃料開発事業団東海事業所

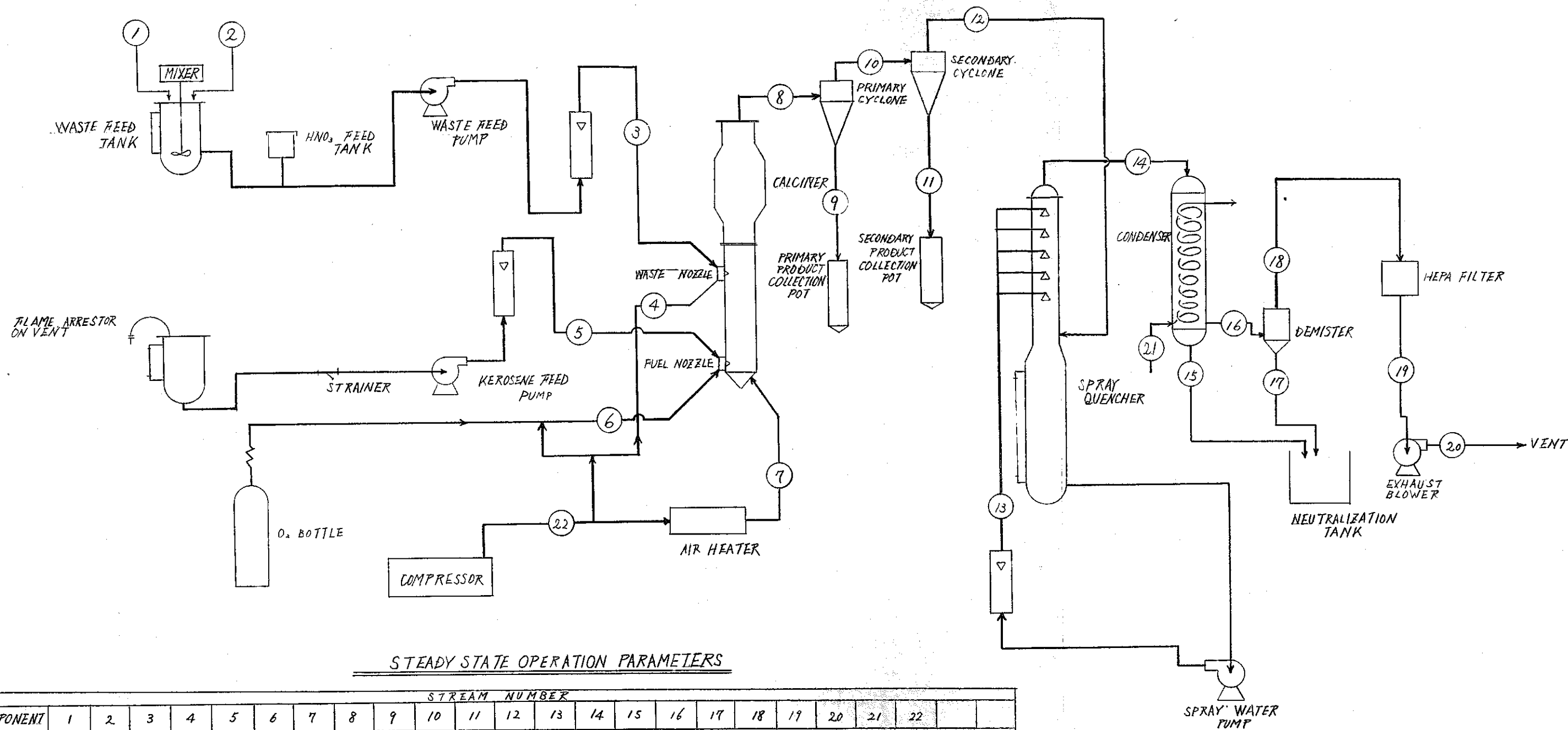
3.3 プロセス設計

3.1, 3.2に述べた点を考慮しながら, 流動媒体としてアルミナ粒子(粒子550 μ 程度)を使用し, 仮焼温度として600 $^{\circ}$ Cで運転を行なったと仮定した場合のマテリアルバランス, ヒートバランス, 及び圧力バランスをそれぞれFig. 10, Fig. 11, Fig. 12に示す。これらの図においては仮焼体はすべてサイクロンで補集する場合を考えている。硝酸ナトリウム分解用の添加剤としては金属鉄を考え, また流動化空気量としてはクロシンの燃焼ガスと廃液の蒸発ガスを加えたオフガス総量が流動媒体の流動化開始速度 U_{mr} の4倍の流速を与えるように決めている。

マテリアルバランスは, 廃液が流動床内で完全に酸化物となるものとし, また急冷塔以降には仮焼体はオフガスに同伴することはないとの仮定のもとに計算している。

ヒートバランスは, マテリアルバランスに基づき計算した。各流体の持つ熱量は0 $^{\circ}$ Cを基準に計算されている。(相変化や燃焼が起きている箇所にはその熱的变化がFig. 11中に引き出し線を使って記入されている。)サイクロンとポットに設置されているヒーターは強制保温用であり, その発熱量は放熱量に等しくしてある。フィルターの前のヒーターはオフガスの加熱と強制保温のために設置している。

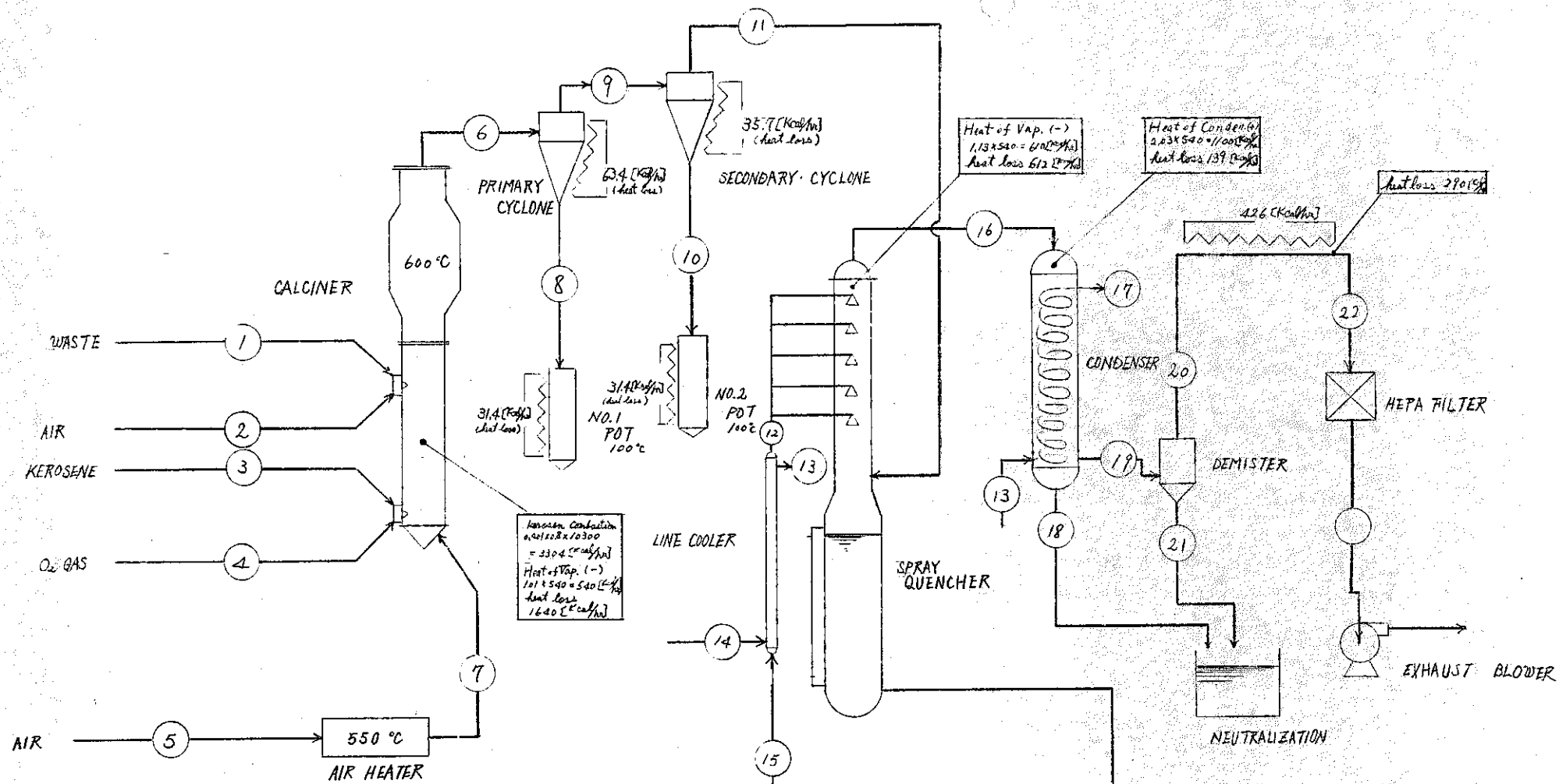
Fig. 12に示した圧力バランスは実線がマテリアルバランス, ヒートバランスと同じ設計の際の値であり, 2点鎖線はオフガス流量が5.3 Nm³/hrの場合の値である。



STEADY STATE OPERATION PARAMETERS

COMPONENT	STREAM NUMBER																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
LIQUID SPECIES																						
FP (NO ₂) ₂	0.337		0.337										3.06X10 ²									
UD ₂ (NO ₂) ₂	8.7X10 ³		8.7X10 ³										5.35X10 ⁴									
FU (NO ₂) ₄	6.12X10 ⁵		6.12X10 ⁵										3.74X10 ⁴									
HNO ₃	2.00		0.780										1.67		0.841		0.421					
NaNO ₃	0.340		0.340										2.08X10 ²									
H ₂ O	50.3		50.3										788.0		113	13.7	13.5					33300
H ₂ (NO ₂) ₂			0.340										2.08X10 ²									
KEROSENE					3.42																	600
TOTAL L/HR	1.00		1.01		0.411								142		2.03	0.249	0.243					600
GASEOUS SPECIES																						
O ₂			8.72		28.7	76.7	98.9		98.9		98.9		98.0		97.6		97.4	79.4	97.4			12.6
N ₂			378			289	399.0		399		399		397		379		379	379	379			379
CO ₂							24.1		24.1		24.1		24.1		24.1		24.1	24.1	24.1			
NO ₂ (A, N ₂ O)							1.68		1.68		1.68		1.67		0.841		0.421	0.210	0.210			
H ₂ O							78.3		78.3		78.3		12.7		7.95		7.77	7.77	7.77			
NM ³ /HR			0.920		0.663	8.38	13.8		13.8		13.8		15.2		12.2		12.2	12.2	12.2			11.6
SOLID SPECIES																						
FP O ₃							0.168	0.126	4.21X10 ⁻²	3.16X10 ⁻²	1.05X10 ⁻¹		1.77X10 ⁻⁴	1.61X10 ⁻⁴	1.77X10 ⁻⁵	8.75X10 ⁻⁶	8.75X10 ⁻⁶	8.75X10 ⁻⁶	8.75X10 ⁻⁶	8.75X10 ⁻⁶	8.75X10 ⁻⁶	8.75X10 ⁻⁶
UD ₂							8.7X10 ⁻³	6.5X10 ⁻³	2.2X10 ⁻²	1.6X10 ⁻²	5.44X10 ⁻²		9.07X10 ⁻⁴	8.17X10 ⁻⁴	9.07X10 ⁻⁵	4.55X10 ⁻⁵	4.55X10 ⁻⁵	4.55X10 ⁻⁵	4.55X10 ⁻⁵	4.55X10 ⁻⁵	4.55X10 ⁻⁵	4.55X10 ⁻⁵
FU O ₂							6.12X10 ⁻⁵	4.57X10 ⁻⁵	1.54X10 ⁻⁴	1.17X10 ⁻⁴	4.01X10 ⁻⁴		6.72X10 ⁻⁹	6.14X10 ⁻⁹	6.72X10 ⁻¹⁰	3.41X10 ⁻¹⁰	3.41X10 ⁻¹⁰	3.41X10 ⁻¹⁰	3.41X10 ⁻¹⁰	3.41X10 ⁻¹⁰	3.41X10 ⁻¹⁰	3.41X10 ⁻¹⁰
Fe		0.340																				
Na ₂ Fe ₂ O ₄							0.170	0.127	4.24X10 ⁻²	3.19X10 ⁻²	1.06X10 ⁻¹		1.80X10 ⁻⁴	1.64X10 ⁻⁴	1.80X10 ⁻⁵	9.0X10 ⁻⁶	9.0X10 ⁻⁶	9.0X10 ⁻⁶	9.0X10 ⁻⁶	9.0X10 ⁻⁶	9.0X10 ⁻⁶	9.0X10 ⁻⁶
TOTAL G/HR		18.9					90.6	67.9	22.7	17.0	5.66		0.0962	8.66X10 ⁻³	9.1X10 ⁻³	4.8X10 ⁻³	4.8X10 ⁻³	4.8X10 ⁻³	4.8X10 ⁻³	4.8X10 ⁻³	4.8X10 ⁻³	4.8X10 ⁻³

品名	名称	材質	数量	單位	備註
圖號	Fig.-10				圖號
名稱	Material Balance Flow				
全案	設計	日期	附	圖	尺寸
動力炉核燃料開発事業団東海事業所					



NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Fluids	waste	air	kerosene	O ₂ gas	air	off gas	air	Calaine	off gas	Calaine	off gas	water	water	water	water	off gas	water	water	off gas	off gas	water	off gas
Amount	100 (kg/hr)	0.72 (kg/hr)	0.01 (kg/hr)	0.61 (kg/hr)	1.88 (kg/hr)	13.80 (kg/hr)	8.58 (kg/hr)	6.87 (kg/hr)	17.0 (kg/hr)	17.0 (kg/hr)	14.2 (kg/hr)	600 (kg/hr)	600 (kg/hr)	14.2 (kg/hr)	15.2 (kg/hr)	600 (kg/hr)	203 (kg/hr)	15.2 (kg/hr)	20.2 (kg/hr)	0.2 (kg/hr)	0.2 (kg/hr)	12.2 (kg/hr)
Specific Heat (Kcal/kg)	1.00	0.312	0.50	0.312	0.312	0.312	0.312	0.312	0.312	0.312	0.312	1.0	1.0	1.0	1.0	0.312	1.0	1.0	0.312	0.312	1.0	0.312
Temp. (°C)	20	20	20	20	20	500	550	500	500	500	500	60	21.6	20	66.9	65	23.2	50	50	50	50	80
Amount of Heat (Kcal/hr)	20.2	5.80	3.21	4.14	52.3	2590	1440	17.0	2570	4.25	2570	8520	12700	12000	1500	368	13700	101	227	227	12.2	3.63

品番	品名	材質	数量	單位	備要
品番	Fig. 11				整理番号
名稱	Heat Balance Flow				
全業第	號	日	附		
繪圖	設計	寫圖	尺	度	
動力炉核燃料開発事業団東海事業所					

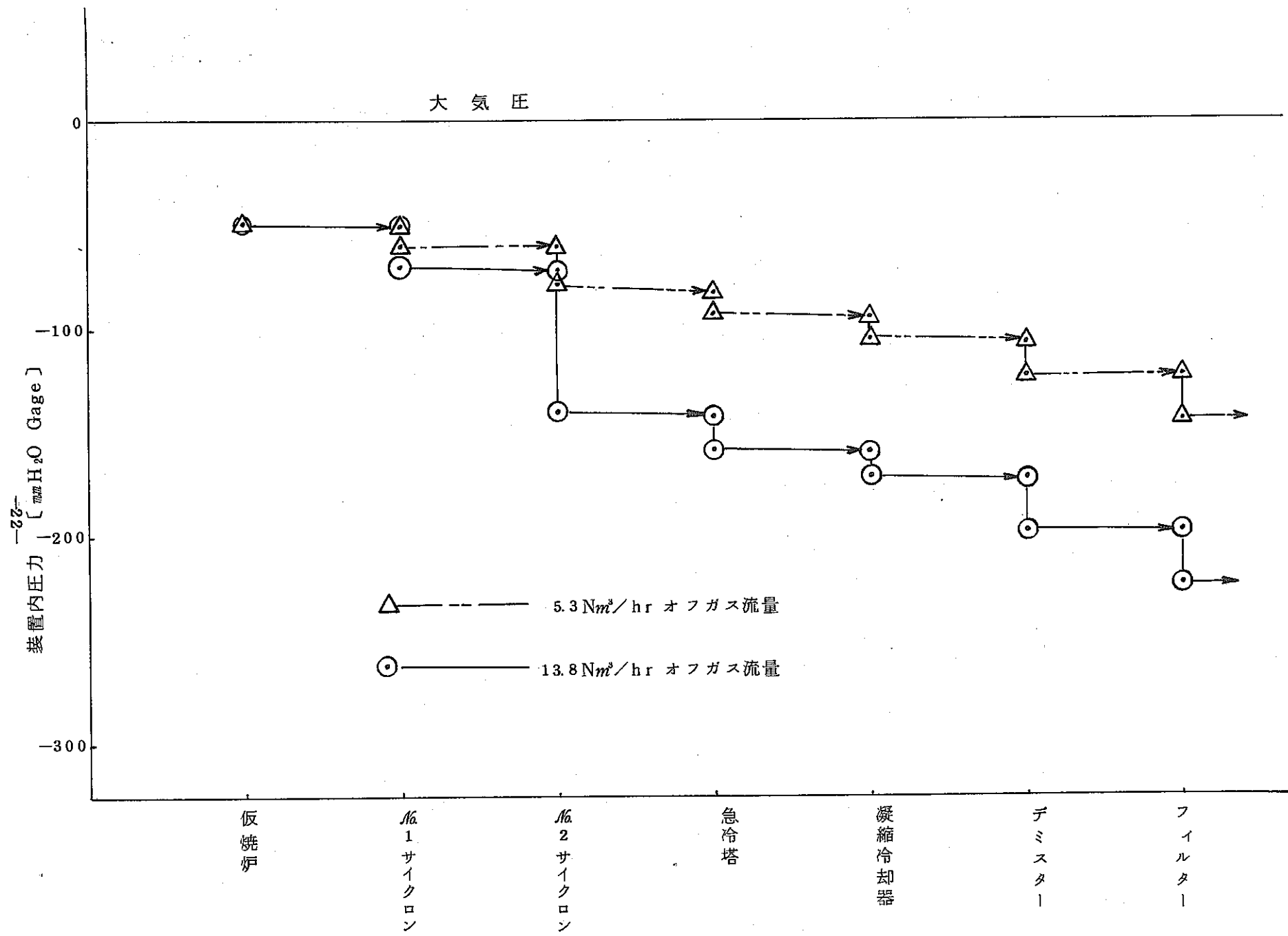


Fig. 12 装置プロセスライン圧力バランス

4. 計 装

本装置に関する計装として、温度測定、圧力測定、流量測定、液面監視等の目的でそれぞれの計装品を装備している。Table 4 に従い各部計装に対して以下に概略を述べる。

4.1 温度測定、温度調整

仮焼炉内の状態は、炉内の温度分布により推定できると予想されるため、仮焼炉には上部よりTR-01-1～TR-01-6までの6本の熱電対を挿入し、温度を記録させている。仮焼炉の加熱方式としてIn Bed Combustion法を採用しているため、ケロシンの燃焼が流動層の外で行なわれている場合には仮焼炉上部が高温となる。また燃焼が停止している場合には仮焼炉下部の温度が下がるものと予想される。これらに対しては警報（それぞれTA-03, TA-02）を取り付けている。仮焼炉の温度調整は、流動化空気の予備加熱、外部ヒーター加熱及びケロシンフィード量の制御で行なうが、流動化空気の予備加熱と外部ヒーター加熱は自動的にON-OFF制御できるようになっている。

TC-07, TC-09, 及びTC-11は補集した仮焼体が吸湿しないように外部ヒーターで加熱保温するためのものであり、熱電対は仮焼体の温度を測定するようになっている。

TIC-08とTIC-10はいずれもサイクロン中を流れるオフガスの温度を測定しヒーターを制御して、オフガスが冷却されることを防いでいる。オフガスが冷却されるとガスの線速度が小さくなるため、サイクロンの効率が低下するからである。

TIC-12はフィルターの中でオフガス中の水が凝縮しないようにヒーターの温度調整を行なうためのものである。

TI-13, TI-14, TG-101, TG-102及びTG-103はオフガスの冷却系を監視するための計器である。オフガスの排出温度はそれほど厳しく制御する必要がないので、ややラフな計器が付けられている。

4.2 圧力測定、差圧測定、圧力調整

圧力測定は主にトラブルを感知するために行なっている。PIA-01～PIA-04は廃液スプレーノズルとケロシンスプレーノズルの閉塞を感知するためのもので、圧力高で警報を発する。ここで、計器の最大目盛値は、スプレーノズルの流量とスプレー圧の関係を参考に、マテリアルバランス上の基準流量時スプレー圧の2～3倍の値をとって設定している。

PaI-05とPdI-06は、それぞれ流動層全体の差圧と中間部の差圧を測定することにより、流動層の高さを把握する目的で取り付けられている。また、PdI-07とPdI-08はサイクロンの差圧を測定することにより、その閉塞を知る目的で設置されているものである。

PIA-09は急冷塔のスプレーの目詰りを推測する目的で設けられており、スプレーが完

Table 4-1 計 装 品 リ ス ト

温度・温度調整								
機 番	測 定 場 所	測定対象物	レンジ[℃]	運転中の指示[℃]	タイプ	材 質	メーカー名	備 考
TR-01-1	仮焼炉上部内	オフガス	0~800	600	シース熱電対	シースSUS310S CA	熱電対 大昌電機機	記録計-千野製作所EH100-06
TR-01-2	"	"	"	"	"	"	"	"
TR-01-3	仮焼炉中部内	流動層	"	"	"	"	"	"
TR-01-4	"	"	"	"	"	"	"	"
TR-01-5	"	"	"	"	"	"	"	"
TR-01-6	仮焼炉下部内	流動化空気	"	550	"	"	"	"
TA-02	仮焼炉中部内	流動層温度低警報	"	600	"	"	"	TR-01-4熱電対を共有 計器-山武ハネウエルR7394C-1119
TA-03	仮焼炉上部	オフガス温度高警報	"	"	"	"	"	TR-01-1と熱電対を共有 計器-山武ハネウエルR7394C-1119
TC-04	ラインヒーター出口	流動化空気	"	550	"	-	-	熱電対はヒーターメーカーの付属品 計器-山武ハネウエルR7370C-1125
TC-05	仮焼炉中部外壁	仮焼炉中部外壁	"	600	"	シースSUS310S CA	熱電対 大昌電機機	"
TC-06	仮焼炉上部外壁	仮焼炉上部外壁	"	"	"	"	"	"
TC-07	仮焼生成物ホッパー内	仮焼体	0~600	150	"	シースSUS316 CA	"	計器-山武ハネウエルR7394C-1101
TIC-08	№1サイクロン内	オフガス	0~800	500	"	シースSUS310S CA	"	計器-山武ハネウエルR7370C-1125
TC-09	№1ポット内	仮焼体	0~600	150	"	シースSUS316 CA	"	計器-山武ハネウエルR7394C-1101
TIC-10	№2サイクロン内	オフガス	0~800	500	"	シースSUS310S CA	"	計器-山武ハネウエルR7370C-1125
TC-11	№2ポット内	仮焼体	0~600	150	"	シースSUS316 CA	"	計器-山武ハネウエルR7394C-1101
TIC-12	デミスター・フィルタ -間の配管外壁	配管外壁	0~300	150	"	"	"	計器-山武ハネウエルR7370C-1083
TI-13	急冷塔ガス出口	オフガス	0~200	65	"	シースSUS316 IC	"	計器-山武ハネウエルR7374A-1042

Table 4-2 計 装 品 リ ス ト

温 度 ・ 温度調整								
機 番	測 定 場 所	測 定 対 象 物	レンジ[℃]	運転中の指 示 [℃]	タ イ プ	材 質	メ ー カ ー 名	備 考
TI-14	急冷塔ガス入口	オ フ ガ ス	0~600	500	シーズ熱電対	シーズSUS316 CA	大昌電機(株)	計器-山武ハネウエル R7374A-1190
TG-101	ライクローラー・急冷塔 間配管内	急冷塔スプレー水	0~100	60	バイメタル	接液部 SUS304	佐藤計量器製作所(株)	
TG-102	凝縮冷却器・ライクロー ラー間配管内	冷 却 水	"	20	"	"	"	
TG-103	凝 縮 冷 却 器 内	オ フ ガ ス	"	50	"	"	"	
圧 力 ・ 差 圧 ・ 圧力調整								
機 番	測 定 場 所	測 定 対 象 物	レンジ[Kg/cm ²]	運転中の指 示 [Kg/cm ²]	タ イ プ	材 質	メ ー カ ー 名	備 考
PIA-01	廃液フィードポンプ・廃 液スプレー間配管	HNO ₃ 溶 液 模 擬 廃 液	±0.3	0.2	ベローズ	接液部 SUS304	山本計器(株)	上限接点付き
PIA-02	コンプレッサー・廃液ス プレー間配管	空 気	0~2	1.5	ブルドン	"	"	"
PIA-03	クロシンフィードポンプ クロシンスプレー間配管	ケ ロ シ ン	"	0.7	"	"	"	"
PIA-04	コンプレッサー・クロシ ンスプレー間配管	空 気・酸 素	"	1.5	"	"	"	"
PdI-05	仮 焼 炉	オ フ ガ ス	0.05	0.03	ダイヤフラム	"	米国ドワイヤ社	マグネヘリック№2000-50
PdI-06	仮 焼 炉 中 部	"	"	0.025	"	"	"	"
PdI-07	№1サイクロン出入口	"	0.01	0.001	"	"	"	マグネヘリック№2000-20
PdI-08	№2サイクロン出入口	"	0.02	0.01	"	"	"	マグネヘリック№2000-10
PIA-09	冷却水循環ポンプ・ライ クローラー間配管	急冷塔スプレー水	0~10	5	ベローズ	"	山本計器(株)	上限接点付き
PG-101	O ₂ ボンベ・クロシンス プレー間配管	酸 素	0~2	2	"	メーカー標準	"	
PG-102	コンプレッサー・ラインピ ーター間配管	空 気	0~4	2	"	BS TF ₃	"	
PG-103	仮 焼 炉 下 部	流 動 化 空 気	0~0.1	0.5	ブルドン	メーカー標準	"	

Table 4-3 計装品リスト

圧力・差圧・圧力調整								
機番	測定場所	測定対象物	レンジ[Kg/cm ²]	運転中の指示 [Kg/cm ²]	タイプ	材質	メーカー名	備考
PG-104	仮焼炉上部	オフガス	±0.01	-0.005	ベローズ	メーカー標準	山本計器(株)	
PG-105	急冷塔	"	-0.04~0	-0.015	"	SUS316	"	
PG-106	デミスター	"	"	-0.02	"	"	"	
PG-107	ラインフィルター・排気 ブロー間配管	"	-0.07~0	-0.03	"	"	"	
PdG-109	ラインフィルター出入口	"	-0.1~0	-0.005	ブルドン	メーカー標準	山本電機製作所(株)	
PCV-10	コンプレッサー・ライン ヒーター間配管	空気	-	-	自力式	"	中京電機(株)	減圧弁 in 4 → out 2 [Kg/cm ²] 型式 2001-6CN
PCV-11	酸素ポンベ出口	酸素	-	-	ポンベ用	"	田中製作所(株)	圧力調整器 JET-S106
PCV-12	"	"	-	-	"	"	"	"
PCV-13	酸素ポンベ・クロシンス プレー間配管	"	-	-	自力式	SUS304	日本特殊計器製作所	減圧弁 in 4 - out 2 [Kg/cm ²] GR-7
流量・液面・液面調整								
機番	測定場所	測定対象物	レンジ[l/hr]	運転中の指示 [l/hr]	タイプ	材質	メーカー名	備考
FI-01	廃液フィードポンプ・ケ ロシンスプレー間配管	HNO ₃ 溶液 模擬廃液	0.25~2.5	1.0	ロータメーター	フロートSUS304	東京計装(株)	型式 P-9
FI-02	クロシンフィードポンプ クロシンスプレー間配管	クロシン	0.05~0.5	0.4	"	"	"	"
FI-03	酸素ポンベ・クロシンス プレー間配管	酸素	150~1500	700	"	テフロン	"	型式 RGI-1
FI-04	コンプレッサー・廃液ス プレー間配管	空気	"	"	"	ガラス	"	型式 P-9
FI-05	コンプレッサー・クロシ ンスプレー間配管	"	"	"	"	"	"	"
FI-06-1	コンプレッサー・ライン ヒーター間配管	"	1500~15000	8300	"	テフロン	"	型式 RGI-1
FI-06-2	"	"	400~4000	-	"	"	"	"

Table 4-4 計 装 品 リ ス ト

N 841-77-09

流 量 ・ 液 面 ・ 液面調整								
機 番	測 定 場 所	測 定 対 象 物	レンジ[L/hr]	運転中の 指示[L/hr]	タ イ プ	材 質	メーカー名	備 考
FI-07	ラインクーラー・急冷塔 間配管	急冷塔スプレー水	30~ 300	130	ローターメータ	フロートSUS304	東京計装機	型式RGI-ICA
FI-08	凝縮冷却器冷却水入口	冷 却 水	100~1000	600	"	"	"	型式RGI-1
FG-101	仮 焼 炉 下 部	圧力計バージ用空気	4~ 40	15	"	フロートガラス	"	型式P-1V
FG-102	仮焼炉・仮焼生成物ホッ パー間配管	バ ー ジ 用 空 気	"	"	"	"	"	"
FG-103	PdI-06 高圧側導圧管	"	"	"	"	"	"	型式C-2
FG-104	PdI-06 低圧側導圧管	"	"	"	"	"	"	"
FG-105	PdI-05 低圧側導圧管	"	"	"	"	"	"	"
FG-106	№ 1 ポ ッ ト	"	"	"	"	"	"	型式P-1V
FG-107	PdI-07 高圧側導圧管	"	2~ 20	10	"	"	"	型式C-2
FG-108	PdI-07 低圧側導圧管	"	"	"	"	"	"	"
FG-109	№ 2 ポ ッ ト	"	4~ 40	15	"	"	"	型式P-1V
FG-110	PdI-08 低圧側導圧管	"	2~ 20	10	"	"	"	型式C-2
FG-111	仮焼炉下部抜き出し口	"	60~ 600	400	"	"	"	型式P-1V
LG-101	廃液フィードタンク	模 擬 廃 液	-	-	チェーンブラス式	ガラス SUS304	菅原製作所機	
LG-103	ケロシンフィードタンク	ケ ロ シ ン	-	-	"	"	"	
LG-104	急 冷 塔 下 部	急冷塔スプレー水	-	-	"	"	"	
LC-01	"	"	-	-	フロートスイッチ式	SUS304	桜測器機	LS-01-1, 2 の各スイ ッチを使用

全に閉塞した場合には警報がなり、また、冷却水循環ポンプが故障した場合にも警報が鳴るように圧力上下限に接点をもったタイプのものである。

PG-101とPG-102は酸素と空気の元圧の監視用として、またPG-103、PG-104、PG-105、PG-106及びPG-107は装置のメインラインの圧力バランスを監視する目的で設けられている。メインラインに設けられた各計器は微圧計に属するものであり、非常に破損しやすいので、始動操作と停止操作時には急激な圧力をかけないように注意しなければならない。

PCV-10、PCV-11、PCV-12及びPCV-13は、空気及び酸素ラインに付けられた減圧弁である。酸素ラインに2台の減圧弁を直列に設けているのは、酸素ポンプの元圧150 Kg/cm²を2 Kg/cm²まで1台で減圧すると圧力調整がやや荒くなるからである。

FI-01～FI-16はフィード系の流量を測定している。FI-06としてレンジの異なる2台を並列に使用しているのは、流動化空気量を広い範囲で正確に調整できるように配慮したためである。

FG-101、FG-103、FG-104、FG-105、FG-107、FG-108、FG-110^(註)は圧力計及び差圧計の導圧管内に粉体入りこむのを防ぐために取り付けられたバージ用流量計である。特に差圧計の導圧管に取り付けたものは、バージメータと圧力調整器が組合されたタイプの流量計で、圧力変動があっても流量を一定に保つことができる。

FG-102、FG-106、FG-109、FG-111は、仮焼体の抜き出し口の閉塞を防ぐ目的で設けている。

5. 安全対策

第4章の説明の中で述べた警報装置以外にも本装置に対する安全対策として、以下のような点を配慮した。

仮焼炉の内部でケロシンが異常に燃焼して仮焼炉上部が高温になった場合には、警報ベルがなると同時にケロシンフィードポンプにインターロックがかかりフィードが停止するように設計した。このインターロックは一度かかると仮焼炉上部の温度が設定値下に降下しても、解除ボタンを押すまでは自然に解除されることのないように工夫している。

装置を運転している際に停電が起きた場合、復電後にも、同様にケロシンフィードポンプにはインターロックがかかり、また警報ベルが鳴って停電が起きたことがわかるように設計している。

(註) 流量計の略号として「FI」と「FG」の2種を使用しているが、その使い分けは、前者は比較的精度を要する場合に、一方後者は概略値を要する場合に使用している。

また、異常燃焼などにより急激に高い圧力が仮焼炉にかかった場合に破損を防止するために、仮焼炉上部にラブチャーディスクを取り付けている。このラブチャーディスクの破損圧は 1.9 Kg/cm^2 である。

本装置はコールドの試験装置であるので、放射線に関する安全対策は全く考慮していない。

6. 検 査

本装置の検査は Table 5 に示す項目に対して行なった。

本装置はコールド試験装置であり、また製作時間の制約もあったので、機器溶接部の開先検査や各単品機器の検査は出来るだけ請負者に行なわせ、社内検査結果をチェックした。工場立会検査は単体機器及び動力制御盤・計器盤についてそれぞれの検査要領書に従って行なった。納入時には、配管系及び電気計装配線工事に対してそれぞれの要領書に従って検査を行なった。

検査要領とその結果は完成図書の中に詳細に報告されているので、ここでは動燃側で立会検査を行なったものに対してその概要をのべる。

6.1 工場立会検査

(1) 単体機器検査

日時：1975年11月10日

1975年11月13日^註

場所：中央熱工業株式会社内

検査概要：各機器に対して、材料材質、機械加工、溶接加工、寸法検査、耐圧気密検査の各項について行なった。材料材質についてはミルシートの確認を行ない、空気圧による耐圧気密検査は設計圧力の1.5倍で行ないいずれも問題のないことを確認したが、機械加工と溶接加工にやや問題点があった。

問題のあった機器は、仮焼炉、生成物貯蔵用ホッパー、No.1サイクロン、No.2サイクロン、No.2ポット、急冷塔及びデミスターであり、いずれも溶接時の“タレコミ”とフランジ面の熱歪みが認められた。これらに対する処置として、“タレコミ”についてはヤスリあるいはグラインダーによる除去、フランジ面の熱歪みに対しては熱処理あるいは機械加工による修正を行なうこととした。修正後の検査は11月13日に請負者（三井造船）の責任の下で行なわれた。

註) 実際は請負者が行なった

Table 5-1 検査項目一覧表

○ 動燃立会
 ◇ 請負者立会
 △ 検査成績書代替

検査部			シート	寸法	外観	表欠面陥	内欠部陥	溶資接格	耐圧	漏洩	熱処理	導通	絶縁	作動	性能	洗浄	梱包	備考		
単 体 機 器	素材※		△															※溶接棒を含む		
	中 間 検 査	溶開先		△	△															
		接 部	突き合せ溶接部			◇	◇	△	△											
			隅肉溶接部				◇	◇		△										
	組立			◇	◇	*	*	*									◇		*は当該項目を、小 立時随時行なり	
完成検査				○◇	○◇				○◇	○◇							◇	△		

Table 5-2 検査項目一覧表

検査部			シート	寸法	外観	表欠面陥	内欠部陥	溶資接格	耐圧	漏洩	熱処理	導通	絶縁	作動	性能	洗浄	梱包	備考		
配 管 架	リリーフバルブ		△	△	△				◇					◇		◇	△			
	管,フィンチング		△	△	◇	◇														
	工 場 検 査	溶接部	開先		△	△														
			突合せ部			◇	◇		△											
			隅肉部			◇	◇		△											
	組立			◇	◇				◇	◇							◇	△		
現地検査				○	○◇	○◇		△	○◇	○◇							○◇			
架台				○◇	○◇															

Table 5-3 検査項目一覧表

○ 動燃立会
◇ 請負者立会
△ 検査成績書代替

N 841-77-09

検査部	ミシ ルト	寸 法	外 観	表欠 面陥	内欠 部陥	溶資 接格	耐 圧	漏 洩	熱処 理	導 通	絶 縁	作 動	性 能	洗 浄	梱 包	備 考
保温工事	△	◇	○◇													
塗装工事			○◇													
廃液フィードポンプ (P-1)		◇	◇									◇	◇			
ケロシンフィードポンプ (P-2)	△	◇	◇									◇	◇			
冷却水循環ポンプ (P-3)		◇	◇									◇	◇			
エア-フィードコンプレッサー		◇	◇									◇	◇			
排気ブロワー		◇	◇									◇	◇			
ラインフィルター		◇	◇				◇	◇								圧力損失テスト◇
バルブ	△	◇	◇				◇	◇				◇				
ラブチャーディスク	△	◇	◇										◇			
スプレーノズル	△		◇													
ストレーナー	△	◇	◇				◇	◇								
焼結板	△	◇	◇													
ヒーター		◇	◇				◇*	◇*			◇	◇				* HE-1のみ

Table 5-4 検査項目一覧表

計装・電気品検査項目

- 動燃立会
- ◇ 請負者立会

計装・動力パネル盤

仕様確認事項

TAG. 名	◇
型 式	◇
構 造	◇
材 質	◇
塗 装	◇
付 属 品	◇
検 査 項 目	
寸 法	○
塗 装	○
導 通	○
作 動	○
絶 縁	○

(2) 動力制御盤・計装盤検査

日時：1975年11月17日

場所：友伸エンジニアリング

検査概要：Table 5 に示す項目に対し検査を行ない特に問題はなかった。動力制御盤については、検査間際にコンプレッサーと排気ブロワーの電流計が仕様変更のために未取付けであった。また計装盤については計器の銘板不良が3箇所認められた。これらは納入時に手直しされたことを確認した。

6.2 検収立会検査

納入時に以下に示す項目の検査を行なった。

- (1) 配管工事検査（1975年12月2日）
（系路，配置，仕上げ，寸法，気密，耐圧）
- (2) 組立，据付工事検査（1975年12月2日）

(配置, 仕上げ, 寸法)

- (3) 機器洗浄工事検査 (据付時)
- (4) 保温工事検査 (1975年12月8日)
(厚さ, 仕上げ)
- (5) 塗装工事検査 (1975年12月2日)
(色, 仕上げ)
- (6) 計装工事検査 (1975年12月8日)
(外観, 絶縁, 導通, 一部作動)
- (7) 電気工事検査 (1975年12月2日)
(外観, 絶縁, 導通, 作動)

以上の検査の結果, 冷却水循環ポンプ軸部よりの液漏れ, №2サイクロン差圧計の逆振れ, 及び仮焼炉外部ヒーターの一部の絶縁不良が認められた。

冷却水循環ポンプ軸部は後日メカニカルシールの交換を行ない液漏れをなおした。№2サイクロン差圧計の逆振れは低圧側導圧管内に液が浸入した事が原因となっていたので, 導圧管の配管形を液の入りにくい状態に変えて正常に復した。絶縁不良のヒーターは新規にヒーターを交換し取り付けることにより検査合格とした。

これらの装置は1975年11月下旬より搬入され, 据付工事, 検査, 手直しを経て, 1975年12月9日に三井造船(K. K)より引渡しを受けた。

7. 試 運 転

試運転は, 検収試験終了後1976年1月末日にかけて行なった。試運転期間が長いのは, ヒーターの手直しと, 装置設置場所の床, ホイスト及び酸素配管の工事を行なったことによる。

試運転は高温部の温度を運転時の2/3程度に保持して保温剤を乾燥させ, またフランジ部ボルトナットの増締めを行なった後に実施した。試運転の手順を以下に示す。

- (1) 分散板の圧力損失の測定
- (2) ケロシン, スプレーノズル, 廃液スプレーノズルの空気側流量対圧力損失の測定
- (3) 流動媒体(3種類)の流動化開始速度 U_{mf} の測定
- (4) 総合試運転(流動床内燃焼試験)

7.1 分散板の圧力損失の測定

分散板の圧力損失の測定は仮焼炉内を大気圧にした状態で, PG-103(0~1000 mm H₂O)を使用して行なった。

結果を Fig. 13 に示す。これにより、流量が $10 \text{ Nm}^3/\text{hr}$ の場合、流動媒体を 5 Kg (流動時の圧力損失約 $600 \text{ mm H}_2\text{O}$) 充填すると PG-103 はスケールオーバーするが、充填量が少ない状態では、PG-103 の指示値から分散板の目詰りが推定出来ることが判った。

7.2 ケロシンスプレーノズルおよび廃液スプレーノズルの空気側流量対圧力損失の測定

ケロシンスプレーノズルと廃液スプレーノズルの流量と圧力損失の関係は PIA-03 と PIA-02 を使用して行なった。結果を Fig. 14 に示す。これらの結果は、装置の運転時に、それぞれのスプレーノズルの状態を判断する基準となるものである。

7.3 流動媒体 (3種類) の流動化開始速度 U_{mf} の測定

流動媒体として請負者 (三井造船) の用意した 3 種類に対し、PdI-05 と PdI-06 を使用して U_{mf} の測定を行なった。測定法及び結果については第 2 報に報告する予定であるのでここでは省略する。

U_{mf} 測定の結果、3 種類の粒子の中で流動しやすく、比較的粒径が大きくて取り扱い易い XM-#36 (商品名 太平洋金属製) を燃焼試験に使用することに決定した。

7.4 総合試運転 (流動床内燃焼試験)

総合試運転は模擬廃液の代わりに 5 N-HNO_3 をフィードし、その他は通常運転と同様の操作で行なった。操作の概略を以下に示す。

(1) 始動操作

- a コンプレッサー及び排気ブロワーを始動する。
- b 燃料および廃液スプレーノズルに空気を流した状態で流動床内に流動媒体を適量入れる。
- c 流動媒体を流動させながら、外部ヒーターと加熱空気にて流動床を $450 \sim 500 \text{ }^\circ\text{C}$ まで昇温する。
- d 廃液スプレーより 5 N-HNO_3 をフィードする。
- e ケロシンスプレー用空気を酸素に切り換えた後、ケロシンを供給し、所定の温度まで加熱する。

(2) 停止操作

- a ケロシンフィードを止め、酸素を空気に切り換える。
- b 5 N-HNO_3 の供給を止める。
- c 流動床内の温度が $300 \text{ }^\circ\text{C}$ 以下になってから流動化空気を止める。

上記の操作に従い総合試運転を行なったが、始動操作の際に廃液スプレーノズルが目詰り

流量 [Nm ³ /hr]	圧力損失 [mm H ₂ O]
2	62
3	95
4	130
5	170
6	208
7	250
8	296
9	340
10	400
11	450
12	510
13	564
14	620

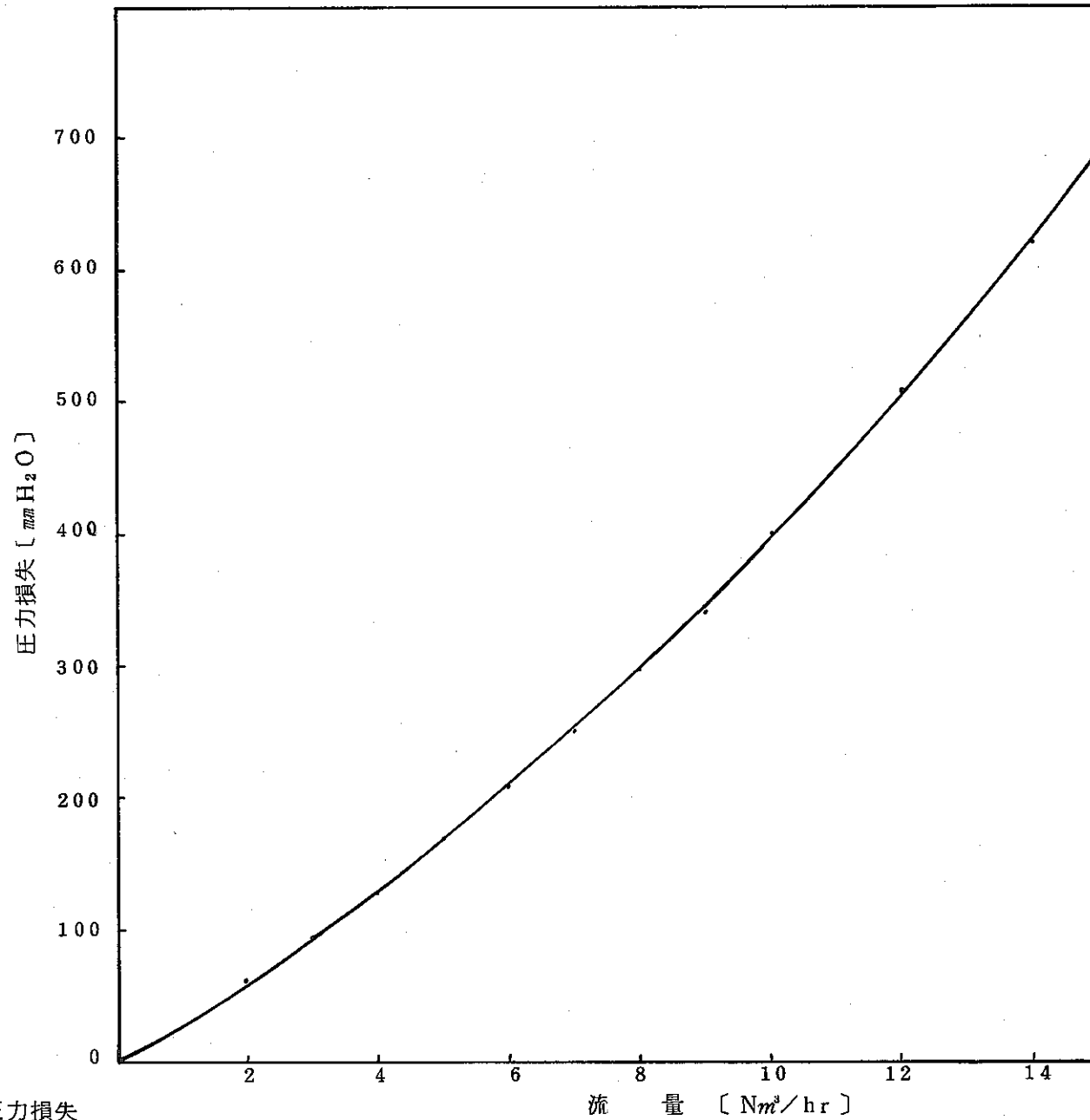


Fig. 13 分散板の圧力損失

ケロシン 廃液

流 量 [Nm ³ /hr]	圧力損失 [Kg/cm ²]	圧力損失 [Kg/cm ²]
0.2	—	0.08
0.3	0.16	0.13
0.4	0.27	0.19
0.5	0.40	0.28
0.6	0.50	0.37
0.7	0.67	0.44
0.8	0.80	0.53
0.9	0.96	0.64
1.0	1.15	0.76
1.1	1.34	0.89
1.2	1.53	0.99
1.3	—	1.13
1.4	—	1.25
1.5	—	1.39

Spraying System Co. 1/4J

ケロシンスプレーノズル Set up No. 11
(2050, 67147)

廃液スプレーノズル Set up No. 1A
(1060, 64)

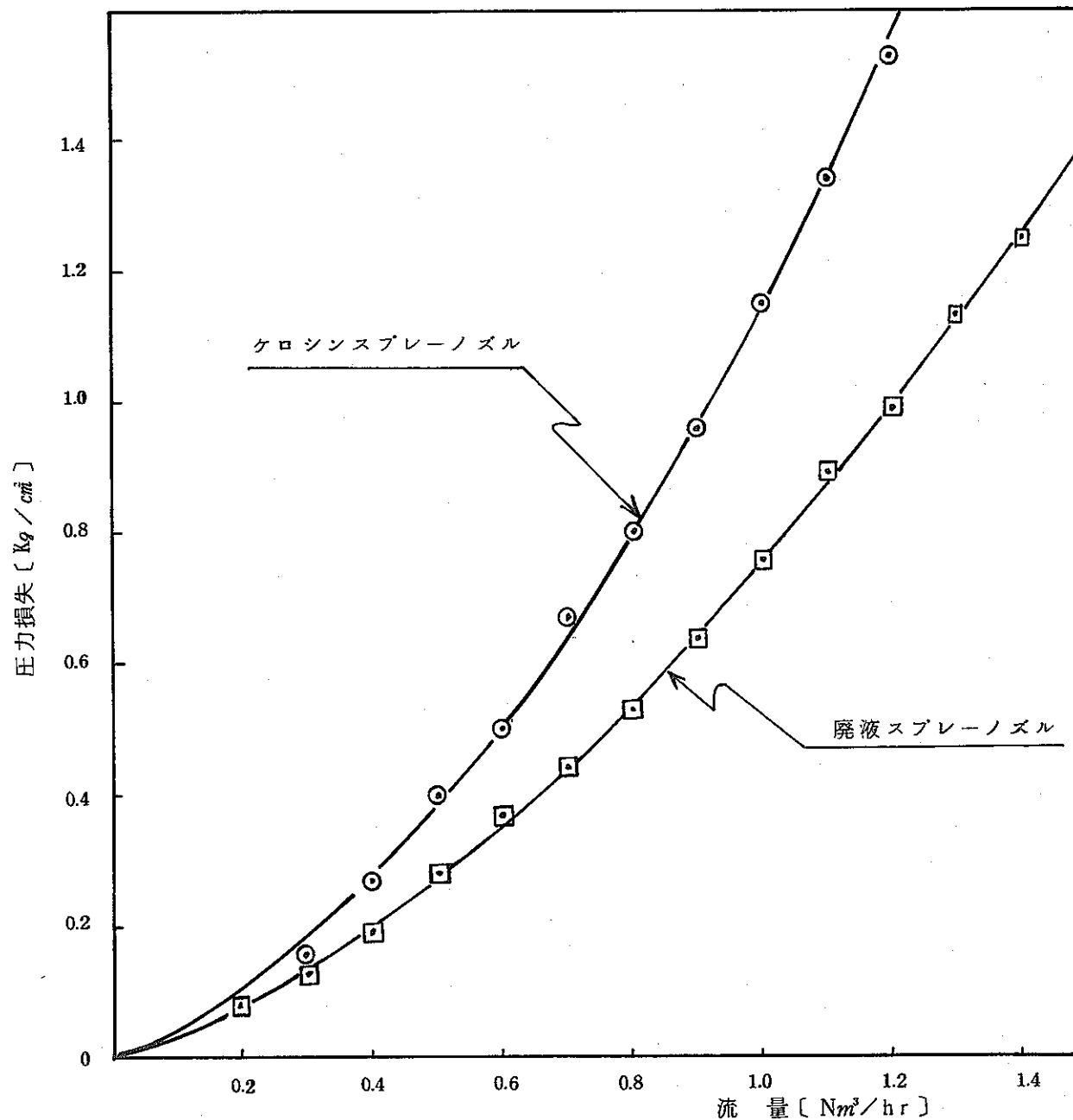


Fig. 14 ケロシンスプレーノズルおよび廃液スプレーノズル流量対圧力損失

し 5 N-HNO₃ をフィードすることができなかった。数回始動操作を繰返した結果、廃液ラインに付いている炭素鋼製のバージ用配管が 5 N-HNO₃ により溶解し、これが高温になっている廃液スプレーに達した時に Fe₂O₃ を析出し、そのためノズルが目詰りを起こすことが判明した。

そこでバージ用配管を取りはずし盲栓をした状態で、再度燃焼試験を試みたところ、正常にそれぞれの供給ができ、流動床内温度を 650℃ にすることが出来た。停止操作は特に問題はなかった。

8. あとがき

以上述べて来たように、本装置は一応目的とした性能を備え仮焼試験に使用できることを確認した。

今後は更に HNO₃ 溶液による運転を経て、動燃再処理工場の模擬高放射性廃液を用いる仮焼試験を行ない、プロセス上の問題点の解明、装置の改良、仮焼体諸物性値の評価などを進め、高放射性廃液の流動床仮焼プロセスの総合的な検討を行なう予定である。

9. 参考文献

- 1) 大日本百科辞典
- 2) 例えば, W. A. Freeby : "Fluidized-Bed Calcination of Simulated High-Level Commercial Wastes", ICP-1075 (June 1975).
- 3) 例えば, J. L. McElroy, W. F. Bonner, and J. E. Mendel : "Waste-Solidification Technology, U.S.A.", CONF-76-0701, P.166 (July 1976).
- 4) B. M. Legler, J. I. Stevens : "Pneumatic Atomizing Nozzles In Fluidized Bed Calcining, I Calibration Tests", IDO-14548 (May 12, 1961).
- 5) B. M. Legler, B. P. Brown : "Pneumatic Atomizing Nozzles In Fluidized Bed Calcining Part II Process Tests", IDO-14631 (July 1964).
- 6) 池田未一 ; "流動層ガス分散器の一設計法", 化学工学, Vol. 38, № 9, P. 632 (1974).