

塩廃棄物の処理に関する基礎試験(4)

(核燃料サイクル開発機構 契約業務報告書)

2004年2月

株式会社 化研

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)
2004

塩廃棄物の処理に関する基礎試験(4)

(核燃料サイクル開発機構 契約業務報告書)

照沼 仁* 新井 修*

要 旨

乾式再処理プロセスより発生する塩廃棄物を、ガラス固化処理に適応することを目的に、塩廃棄物を高温で水蒸気と反応させ、酸化物へと転換し、同時に副生成物として発生する塩化水素を、塩化水素固定化剤へ固定化し、塩廃棄物を安定化処理する技術の基礎検討を実施した。

前年度までの検討により水蒸気、酸化促進剤(酸化ホウ素)を併用した塩廃棄物の酸化物転換処理法の基礎条件を見出した。また塩化水素固定化剤(ハイドロソーダライト)の有効性も確認しつつある。

本報告では、更なる酸化転換処理法の最適条件の検討と、塩化水素固定化の詳細な条件検討を実施した。

塩廃棄物試料を装荷するつぼの口径を小さくし、熔融試料の液面を高くすることにより、水分付加ガスとの接触時間が長くなり、酸化物転換反応が促進するのを確認した。

一方、ハイドロソーダライトは、微粉末であり通気による圧力損出が大きく、多くの試験でガスリークが発生した。また塩化水素固定化率向上を目的に、酸化転換後のガスを希釈し塩化水素濃度を低くする方向で最適条件の検討を実施したが、希釈による効果は不明であり、希釈倍率の高い条件で酸化物転換率が低い傾向にあるのを確認した。

本報告書は、(株)化研が核燃料サイクル開発機構との契約により実施した業務成果に関するものである。
機構担当部課室：東海事業所 環境保全・研究開発センター 先進リサイクル研究開発部 乾式 Gr

※ (株)化研

The basis examination for the processing of the salt waste (4)
(Document Prepared by Other Organization, Based on the Contract)

Hitoshi Terunuma*, Osamu Arai*

A b s t r a c t

In order to convert a salt waste from dry reprocessing to oxide for vitrification, a basic examination about the conversion reaction of chloride was performed as follows.

The salt waste simulator (chloride salt) was reacted with boron oxide and water vapor gas at high temperature (1023K~1123K) and converted to oxide with occurring of hydrogen chloride as by-product. The hydrogen chloride gas generated in this reaction was stabilized by hydrogen chloride stabilizer "hydro-sodalite".

Basic conditions of conversion treatment and hydrogen chloride stabilization have been studied in previous investigations. In this report further investigations were carried out to clarify the effect about 1-contact between salt waste and water vapor, 2-fission products contained in salt waste and 3-hydrogen chloride concentration at hydro-sodalite.

This work was performed by KAKEN CO. under contract with Japan Nuclear Cycle Development Institute.

JNC Liaison : Dry Process Technology Group Advanced Fuel Recycle Technology Division Waste management and Fuel Cycle Research Center Tokai Works

※KAKEN CO. Reserch and Development Dept.

目次

1.	はじめに	1
2.	試験項目	2
2.1	予備試験	2
2.2	本試験	2
3.	供試料	3
3.1	模擬塩廃棄物試料	3
3.2	HCl固定化剤	3
4.	試験装置	5
4.1	水分発生部	5
4.2	酸化転換部	5
4.3	HCl固定部	5
4.4	ガス捕集部	6
5.	試験手順	7
6.	試験条件	8
6.1	試料装荷容器	8
6.2	模擬塩廃棄物	8
6.3	水分付加量	8
6.4	希釈ガス流量	9
6.5	HSL装荷量	9
6.6	その他固定条件	9
7.	取得データ	10
7.1	付加水分量	10
7.2	試料温度モニタリング	10
7.3	重量測定	10
7.4	試料およびHSL観察	10
7.5	試料の成分含有量測定	10
7.6	吸収液捕集成分量測定	10
7.7	HSLのCl分析	11
8.	評価方法	12
8.1	試験運転状況	12
8.2	酸化物転換率	12
8.3	HCl固定化率	12
9.	結果および考察	13
9.1	試験運転状況	13
9.2	重量測定	13

9.3	試料およびHSL観察.....	13
9.4	試料の成分含有量測定.....	14
9.5	吸収液捕集成分測定.....	14
9.6	酸化物転換率.....	14
9.7	HCl固定化率.....	15
9.8	HSLのCl分析.....	15
10.	おわりに.....	16
11.	参考文献.....	17

表 目 次

表1	主要機器一覧	20
表2	試験条件	23
表3	試験運転状況	25
表4	試料重量測定結果	32
表5	試料の成分含有量測定結果	33
表6	吸収液捕集成分測定結果	38
表7	酸化物転換率評価結果(予備試験)	39
表8	酸化物転換率、HCl固定化率評価結果(本試験)	40
表9	HSLの蛍光X線半定量分析結果	46

目 次

図1	本試験装置フロー図(固定部縦置き).....	18
図2	本試験装置フロー図(固定部横置き).....	19
図3	試験装置酸化転換部構造図.....	21
図4	試験装置HCl固定部構造図.....	22
図5	試料装荷容器(グラファイト製るつぼ)構造図.....	24
図6	試料温度モニタリングチャート.....	26
図7	るつぼ形状と酸化物転換率の関係.....	44
図8	同条件における酸化物転換率分布.....	44
図9	水分付加量と酸化物転換率の関係.....	45
図10	希釈ガス流量とHCl固定化率の関係.....	45

写真目次

写真1	予備試験装置外観	47
写真2	本試験装置外観 固定部縦置き	47
写真3	本試験装置外観 固定部横置き	47
写真4	酸化転換容器	47
写真5	固定容器 ハイロソータライト2倍当量 石英ガラス片混合	48
写真6	固定容器 ハイロソータライト5倍当量 石英ガラス片混合	48
写真7	固定容器 ハイロソータライト2倍当量 石英ガラス片+アルミナ片混合	48
写真8	ハイロソータライト装荷状況 石英ガラス片+アルミナ片混合	48
写真9	Run No.1転換容器状況	49
写真10	Run No.1転換容器キャップ状況	49
写真11	Run No.1転換容器ガス出口配管状況	49
写真12	Run No.1試料状況	49
写真13	Run No.2転換容器状況	50
写真14	Run No.2転換容器キャップ状況	50
写真15	Run No.2転換容器内状況	50
写真16	Run No.2試料状況	50
写真17	Run No.3転換容器状況	51
写真18	Run No.3転換容器キャップ状況	51
写真19	Run No.3試料状況1	51
写真20	Run No.3試料状況2	51
写真21	Run No.4転換容器ガススリークによる揮発塩の外部での析出	52
写真22	Run No.4ハイロソータライト状況	52
写真23	Run No.4試料状況1	52
写真24	Run No.4試料状況2	52
写真25	Run No.5転換容器状況	53
写真26	Run No.5固定容器状況	53
写真27	Run No.5ハイロソータライト状況	53
写真28	Run No.5試料状況	53
写真29	Run No.6転換容器状況	54
写真30	Run No.6固定容器状況	54
写真31	Run No.6ハイロソータライト状況	54
写真32	Run No.6試料状況	54
写真33	Run No.7転換容器状況	55
写真34	Run No.7固定容器状況	55
写真35	Run No.7ハイロソータライト状況	55
写真36	Run No.7試料状況	55
写真37	Run No.8転換容器状況	56
写真38	Run No.8固定容器状況	56
写真39	Run No.8ハイロソータライト状況	56
写真40	Run No.8試料状況	56
写真41	Run No.9転換容器状況	57
写真42	Run No.9固定容器状況	57
写真43	Run No.9ハイロソータライト状況	57

写真44	Run No.9試料状況	57
写真45	Run No.10転換容器ガス出口配管揮発塩析出状況	58
写真46	Run No.10固定容器状況	58
写真47	Run No.10通気管閉塞状況1	58
写真48	Run No.10通気管閉塞状況2	58
写真49	Run No.11転換容器状況	59
写真50	Run No.11固定容器状況	59
写真51	Run No.11ハイトロソータライト状況	59
写真52	Run No.11試料状況	59
写真53	Run No.12転換容器状況	60
写真54	Run No.12固定容器状況	60
写真55	Run No.12ハイトロソータライト状況	60
写真56	Run No.12試料状況	60
写真57	Run No.13転換容器状況	61
写真58	Run No.13固定容器状況	61
写真59	Run No.13ハイトロソータライト状況	61
写真60	Run No.13試料状況	61
写真61	Run No.14転換容器状況	62
写真62	Run No.14固定容器状況	62
写真63	Run No.14ハイトロソータライト状況	62
写真64	Run No.14試料状況	62
写真65	Run No.15転換容器状況	63
写真66	Run No.15固定容器状況	63
写真67	Run No.15ハイトロソータライト状況	63
写真68	Run No.15試料状況	63

1. はじめに

使用済核燃料乾式再処理法の一つである熔融塩電解法は湿式法と比較し水、溶剤を用いないため、燃料を照射後すぐ再処理できる、再処理プロセスが単純である、処理装置が小規模ですむ等の利点がある。

熔融塩電解法は使用済燃料を塩化物熔融塩中で電解し、陰極にウラン、プルトニウムを還元回収する手法である。

熔融塩電解法で用いられる塩化物は最終的には高レベル放射性廃棄物としガラス固化法により処理することが考えられている。しかし塩化物はガラスへの溶解度が低く直接ガラスに混入させるのは不適切である。

本報では、塩廃棄物を高温状態で水蒸気と反応させ、これを酸化物へと転換しガラス固化処理し、同時に副生成物として発生する塩化水素(HCl)を、HCl 固定化剤へ固定することにより、塩廃棄物を安定化処理する技術の基礎検討を実施した。

平成 12、13、14 年度に実施した「塩廃棄物の処理に関する基礎試験(1)、(2)、(3)」により水蒸気、酸化促進剤を併用した塩廃棄物の酸化物転換処理法の基本条件を見出した。また HCl 固定化剤の有効性も確認しつつある。

今回は更なる酸化転換処理法の最適条件の検討と、HCl 固定化の詳細な条件検討を実施した。

2. 試験項目

試験は予備試験、本試験の2項目について実施した。

2.1 予備試験

予備試験では、模擬塩廃棄物試料を装荷するるつぼの形状による酸化転換処理への影響を検討した。

試料を装荷するるつぼの内径を小さくする方向で、熔融状態での試料かさを深くし、水分付加ガスとの接触時間を長くし酸化転換率を向上させることを目的とした。

2.2 本試験

本試験では予備試験より得られた最適形状のるつぼを用い、酸化転換処理の副生成物であるHClの固定条件を検討した。

転換処理により発生したHClガスをHCl固定化剤と接触前に希釈しHCl固定化の最適濃度条件を検討した。

HCl固定化剤の装荷量を増加する方向でHCl固定化剤装荷量の最適条件を検討した。

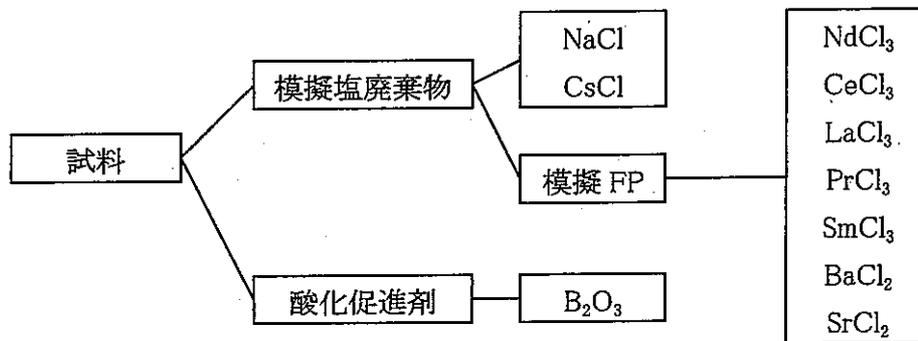
3. 供試料

3.1 模擬塩廃棄物試料

模擬塩廃棄物試料(試料)は模擬塩廃棄物と酸化促進剤からなる。模擬塩廃棄物は塩化ナトリウム(NaCl)、塩化セシウム(CsCl)および模擬核分裂生成物(FP)を成分とした。酸化促進剤には酸化ホウ素(B_2O_3)を用いた。模擬 FP は塩化ネオジム($NdCl_3$)、塩化セリウム($CeCl_3$)、塩化ランタン($LaCl_3$)、塩化プラセオジム($PrCl_3$)、塩化サマリウム($SmCl_3$)、塩化バリウム($BaCl_2$)、および塩化ストロンチウム($SrCl_2$)を成分とした。

なお試料は Na:Cs:B=1:2:11(モル比)、装荷量 25g とした。

<試料成分>



<試料成分試薬>

NaCl 純度>99.99% レアメタリック製

CsCl 平衡密度勾配遠心用 純度>99.8% 関東化学製

$NdCl_3$ 純度>99.9% レアメタリック製

$CeCl_3$ 純度>99.9% レアメタリック製

$LaCl_3$ 純度>99.9% 高純度化学製

$PrCl_3$ 純度>99.9% 高純度化学製

$SmCl_3 \cdot 6.4H_2O$ 純度>99.9% 高純度化学製

$BaCl_2$ 鹿特級試薬 純度>97.0% 関東化学製

$SrCl_2$ 鹿1級試薬 純度>98.0% 関東化学製

B_2O_3 鹿特級試薬 純度>95.0% 関東化学製

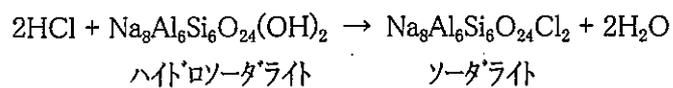
3.2 HCl 固定化剤

HCl 固定化剤にはハイドロソーダライト(HSL)を用いた。

HSL は、ごみ焼却炉等の産業炉から発生する高温酸性ガスの固定化剤として開発され

た。

下式の反応により HSL 1mol に対し 2mol の HCl を固定化する。



HSL は微粉末であり単独での使用は通気性が低いと思われた。通気性改善のため、HSL に同容積の石英ガラス屑 (2~3mm)、さらに試験後半では 2 倍容積の石英ガラス屑とアルミナ片(約 10mm 以下)を混合し試験に用いた。

<HCl 固定化剤>

HSL($\text{Na}_8\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}(\text{OH})_2$) Lot No.KO24-6-5 東洋電化工業製

4. 試験装置

図 1、2 に本試験装置フロー図を示す。写真 1～3 に試験装置外観写真を示す。表 1 に主要機器一覧を示す。

試験装置は蒸気圧発生法による水分発生部、試料の溶融酸化転換処理をする酸化転換部、副生成物である HCl を固定化する HCl 固定部、酸化転換部および HCl 固定部からの排気ガス中の HCl および試料成分を捕集するガス捕集部からなる。

なお予備試験では HCl 固定部は使用せず、酸化転換部とガス捕集部を直接配管する装置構成とした。

4.1 水分発生部

マントルヒータ恒温下(90℃)の純水装荷フラスコにアルゴン(Ar)ガスをマスフローコントローラ流量制御下にて通気し水分飽和ガスを発生させた。

<水分発生条件(理論値)>

水分発生温度 90℃、90℃水の飽和蒸気圧は 70182Pa、大気圧は 101325Pa

90℃飽和蒸気圧水分濃度は

$70182(\text{Pa}) / 101325(\text{Pa}) \times 100$

$= 69.3(\text{vol}\%)$

mol 濃度に換算すると

$69.3(\text{vol}\%) / 100 / 22.4(\text{NL}/\text{mol})$

$= 3.09\text{E}-2(\text{mol}/\text{NL})$

4.2 酸化転換部

図 3 に試験装置酸化転換部構造図を示す。写真 4 に酸化転換容器写真を示す。

石英ガラス製の酸化転換容器は、試料を装荷したグラファイト製のつぼを設置し、試料に水分付加ガスを通気する通気配管と、排気配管、試料温度をモニタリングする熱電対を装備する。また酸化転換容器は管状炉により加熱する構造とした。

4.3 HCl 固定部

図 4 に試験装置 HCl 固定部構造図を示す。写真 5～7 に固定容器写真を示す。写真 8 に HSL 装荷状況を示す。

石英ガラス製の HCl 固定容器は HSL を装荷し酸化転換処理後のガスを通気できる構造とした。また HCl 固定容器は管状炉により加熱する構造とした。

試験前半で固定部は縦置きとしたが、後半では通気性の向上を目的に横置きに変更した。

4.4 ガス捕集部

空のガス吸収ビン(バッファータンク)1 段、水装荷ガス吸収ビン 2 段、水酸化ナトリウム (NaOH) 溶液装荷ガス吸収ビン 1 段を直列に配列し酸化転換部または HCl 固定部の排気配管に接続し排気ガス中の HCl、および試料成分を捕集する。

5. 試験手順

- ① 試料成分となる試薬、HSL、るつぼ、および通気管等を 110℃にて 2 時間乾燥後、デシケータ内にて放冷した。
 - ② るつぼ等の空重量を測定した。設定量の試料成分、HSL を秤量した。試料成分は乳鉢で粉砕し均質混合後、るつぼに装荷した。
 - ③ 試料装荷るつぼを転換容器に設置した。HSL を石英ガラス屑と混合し固定容器に装荷した。水分発生部、酸化転換部、HCl 固定部、ガス捕集部の順に配管し試験装置を組上げた。
 - ④ 昇温時通気ラインより Ar ガスを 0.1NL/min で転換容器に通気した。希釈ガスラインより Ar ガスを 0.1NL/min で固定容器に通気した。転換容器、固定容器は各管状炉にて試験条件 800℃に昇温した。
 - ⑤ 水分発生器に Ar ガスを 0.05NL/min で通気し、マントルヒータにて水分発生条件 90℃に昇温した。水分付加ガスは湿度が安定し、試験開始まで転換部手前で系外に排気した。
 - ⑥ 酸化転換容器(試料)、固定容器、および水分発生器が設定温度に到達したのを確認。希釈ガスを試験条件に調製。ガス流路を切替え、転換容器内の熔融試料に水分付加ガスを通気し、昇温時通気ライン通気を停止し試験を開始した。
 - ⑦ 設定時間、設定量の水分付加後、Ar ガス流路を水分発生器バイパスラインに切替え、水分付加を停止した。転換容器、固定容器は Ar ガス通気下にて加熱を停止し放冷した。
 - ⑧ 放冷後ガス捕集部の吸収液を回収し、固定容器、転換容器を取り外した。
 - ⑨ 転換容器から処理試料、固定容器から HSL を回収した。なお転換容器の解体、処理試料回収は Ar 雰囲気グローブボックス内にて行なった。
 - ⑩ 吸収液、処理試料、HCl 固定化剤について各種測定評価を実施した。
- 注) 予備試験では固定部(HSL)は使用せず、酸化転換部とガス捕集部を直接配管し試験した。

6. 試験条件

表 2 に試験条件を示す。

予備試験では試料装荷容器となるるつぼの形状を試験パラメータとした。

本試験では模擬塩廃棄物組成、水分付加量、希釈ガス流量、および HCl 固定化剤装荷量を試験パラメータとした。

なお試験条件は試験結果をもとに随時変更決定していった。

6.1 試料装荷容器

図 5 に試料装荷容器(グラファイト製のるつぼ)構造図を示す。

予備試験において試料装荷容器は内径 20mm φ、30mm φ、40mm φ のグラファイト製のるつぼ 3 種を使用した。

なお本試験では予備試験より得られた最適形状のるつぼを使用した。

6.2 模擬塩廃棄物

模擬塩廃棄物は FP 濃度の高い組成 1、FP 濃度の低い組成 2 の 2 条件とした。

以下に模擬塩廃棄物条件の詳細を示す。

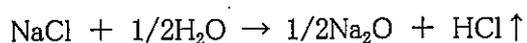
<模擬塩廃棄物条件>

成分		組成 1 (FP 高濃度)	組成 2 (FP 低濃度)
FP 成分	NdCl ₃	3.75	0.375
	CeCl ₃	2.50	0.250
	LaCl ₃	1.25	0.125
	PrCl ₃	1.25	0.125
	SmCl ₃	1.25	0.125
	BaCl ₂	0.75	0.075
	SrCl ₂	0.25	0.025
NaCl-CsCl (Na:Cs=1:2 モル比)		89	98.9

(単位:wt%)

6.3 水分付加量

下式の反応において、試料中の Cl に対する水の理論当量の 20 倍付加を基本条件に、30 倍、40 倍付加条件を実施した。



水分発生器へのスイープガス流量は 0.05NL/min とした。このときの水分付加速度、水分付加ガス流量を以下に示す。

<水分付加速度>

$$\begin{aligned} & \text{付加ガス水分濃度 } 3.09\text{E-}2\text{mol/NL、スイープガス } 0.05\text{NL/min より} \\ & 3.09\text{E-}2(\text{mol/NL}) \times 0.05(\text{NL/min}) \\ & = \underline{1.55\text{E-}3(\text{mol/min})} \end{aligned}$$

<水分付加ガス流量>

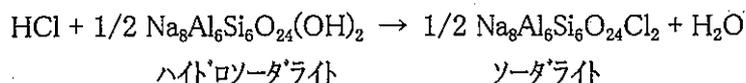
$$\begin{aligned} & \text{付加ガス水分濃度 } 3.09\text{E-}2\text{mol/NL}=69.2\text{vol\%、スイープガス流量 } 50\text{NmL/min より} \\ & \text{Q:水分付加ガス流量} \\ & (Q - 0.05(\text{NL/min}) / Q \times 100 = 69.2(\text{vol\%}) \\ & \text{Q} = \underline{0.162(\text{NL/min})} \end{aligned}$$

6. 4 希釈ガス流量

希釈ガスは転換容器で発生した HCl を、固定部上流で希釈する目的で添加した。希釈ガス流量 0.1、0.25、0.5NL/min について試験した。

6. 5 HSL 装荷量

HSL 装荷量は下式の反応において、試料中の Cl に対する HSL の理論当量の 2 倍当量装荷を基本条件に、5 倍当量装荷条件を実施した。



6. 6 その他固定条件

酸化転換温度は、平成 12 年度、13 年度および 14 年度に実施した「塩廃棄物の処理に関する基礎試験(1)、(2)および(3)」より最適条件と思われる 800℃とした。

固定化温度は、平成 14 年度に実施した「塩廃棄物の処理に関する基礎試験(3)」結果、および HSL 技術資料をもとに 800℃とした。

7. 取得データ

7.1 付加水分量

事前に水分発生器の模擬運転を行ない、発生水分を塩化カルシウムに捕集し重量法にて水分付加ガスの水分濃度を測定した。水分濃度(実測値)、水分付加量(条件値)より実際の試験時間(水分付加ガス通気時間)を求めた。

7.2 試料温度モニタリング

試験中の試料温度を熱電対によりモニタリングした。

7.3 重量測定

試験後、るつぼ内に残存した試料(るつぼ内残留試料)、るつぼ外に流出し処理容器内に残存した試料(るつぼ外流出試料)および HSL の回収重量を測定した。

7.4 試料および HSL 観察

試験後の転換容器、固定容器、処理試料および HSL を観察し写真に記録した。

7.5 試料の成分含有量測定

試験後の試料を希硝酸(HNO_3)に溶解し、さらに残渣を濃 HNO_3 +過酸化水素水(H_2O_2)で加熱溶解し溶液試料とした。溶液試料について Na、Cs、Nd、Ce、La、Pr、Sm、Ba、Sr、B、Cl 濃度を測定し各成分の含有量を求めた。

Na、Nd、Ce、La、Pr、Sm、Ba、Sr、B はプラズマ発光分光光度法により、Cs は原子吸光光度法により、Cl はイオンクロマトグラフィーにより測定した。

<測定機器>

プラズマ発光分光分析装置 OPTIMA2000 パーキンエルマー製

原子吸光光度計 G-6000 日立製

イオンクロマトグラフ IC7000 横河製

7.6 吸収液捕集成分測定

処理容器出口ガスを 2 段通気した吸収液(純水)について、捕集した HCl、Na、Cs、Nd、Ce、La、Pr、Sm、Ba、Sr、B、Cl 量を測定した。HCl(酸)濃度は中和滴定法または pH 計により測定し、その他成分は、7.5 項「試料の成分含有量測定」と同様の方法により測定した。

<測定機器>

pH 計 pH METER F-14 堀場製

自動滴定装置 COMTIT-101 平沼製

7.7 HSL の Cl 分析

試験後の HSL について蛍光 X 線半定量分析により Cl を定量し HCl 固定化量の確認を行なった。

分析件数は代表的な試験後 HSL 3 点とした。

<測定機器>

蛍光 X 線分析装置 Sys3270E 理学製

8. 評価方法

8.1 試験運転状況

試験中の装置運転状況、試料温度モニタリングデータから試験運転が正常に実施できたか評価した。

8.2 酸化物転換率

試料の成分含有量測定結果から下式により酸化物転換率を求めた。予備試験では酸化物転換率より、本試験での試料装荷容器(るつぼ)の選定をおこなった。

$$A = M_1 + M_3 \times 3 + M_2 \times 2 - Cl_A$$

$$B = A / Cl_B \times 100$$

A:酸化物転換量(mol)、B:酸化物転換率(%)、

M₁:処理後試料中の Na+Cs 量(mol)、M₃:処理後試料中の Nd+Ce+La+Pr+Sm 量(mol)、

M₂:処理後試料中の Ba+Sr 量(mol)、Cl_A:処理後試料中の Cl 量(mol)、

Cl_B:処理前試料中の Cl 量(mol)

8.3 HCl 固定化率

試料の成分含有量測定結果、吸収液捕集成分測定結果から下式により HCl 固定化率を求めた。

$$C = A - E$$

$$D_1 = C / Cl_B \times 100$$

$$D_2 = C / A \times 100$$

C:HCl 固定化量(mol)、D₁:HCl 固定化率 vs. 装荷量(%)、D₂:HCl 固定化率 vs. 転換量(%)、

A:酸化物転換量(=副生成 HCl 量)(mol)、E:吸収液捕集 Cl 量(mol)、

Cl_B:処理前試料中の Cl 量(mol)

9. 結果および考察

9.1 試験運転状況

表 3 に試験運転状況を示す。図 6 に試料温度モニタリングチャートを示す。

水分付加ガスの水分濃度は理論値 69.2vol% に対し実測値 68.0% であった。試験時間は水分付加量設定値と水分濃度実測値より決定した。

HCl 固定部を設置した本試験では HSL が微粉末であるため通気による圧力損失が大きく多くの試験で通気中にガスリークが発生した。とくに Run No.10 (HSL 5 倍当量装荷条件) においては系内圧上昇にともなう熔融試料の逆流が発生し、途中で試験を中止した。通気性向上のために試験後半 (Run No.11 以降) は HCl 固定部を横置きとし、HSL に石英ガラス層以外に粒子の大きいアルミナ片 (約 10mm 以下) も混合する対策をとった。ほぼ正常に試験運転ができた条件は Run No.5、6、8、11～15 であった。

通気試験中の試料温度は転換処理温度 800°C で安定していた。

9.2 重量測定

表 4 に試料重量測定結果を示す。

試験後も試料はるつぼ内に 80～85% 残存していた。試験後の HSL の回収率は 84～89% であった。試験昇温時に HSL より水分が発生していたことより、水分蒸発による重量減少と考えられた。

9.3 試料および HSL 観察

写真 9～63 に試験後の酸化転換容器、試料、固定部、HSL の状況写真を示す。

初期に行なった Run No.1、2 より試料からの揮発塩が多く酸化転換容器上部の出口配管に析出しているのを確認した。揮発塩は配管閉塞の原因ともなるため、以後試験ではるつぼにアルミナ製のフタをし揮発塩を低減する対策をとった。

試験後の試料状況はるつぼ底部にガラス状の固化体があり、その上部内壁面に白色の付着物が確認できた。特に模擬塩廃棄物組成 1 条件 (FP 高濃度条件) (Run No.6、8、12) で白色物質の内壁面への付着が顕著に多いのを確認した。

以下に試料成分の融点を示す。

<試料成分の融点>

NaCl: 800°C	<u>LaCl₃: 860°C</u>	<u>SrCl₂: 878°C</u>
CsCl: 645°C	<u>PrCl₃: 823°C</u>	B ₂ O ₃ : 460°C
NdCl ₃ : 784°C	SmCl ₃ : 686°C	
<u>CeCl₃: 822°C</u>	<u>BaCl₂: 962°C</u>	

模擬FP成分 CeCl_3 、 LaCl_3 、 PrCl_3 、 BaCl_2 、および SrCl_2 は、融点が 800°C 以上であり、酸化転換温度 800°C では溶融せず、熔融物表面に粉体の状態で浮遊しており、通気により壁面に付着し積層したと考えられる。

9.4 試料の成分含有量測定

表5に試料の成分含有量測定結果を示す。

Cl 収率は他成分と比較し著しく低いことが確認できた。この事より試料中の Cl の減少は、熔融試料のろつぽ外への揮発、流出が原因ではなく、Cl が化学的に反応し除去されたと考えられた。

Run No.12 は試料をろつぽ内低部固化試料とろつぽ内壁面付着試料とに分けて成分分析を行なった。その結果壁面部に FP 成分が高濃度で存在するのが確認できた。

9.5 吸収液捕集成分測定

表6に吸収液捕集成分測定結果を示す。

HCl 固定化部を設置しない予備試験 (Run No.1、2、3) では吸収液より試料の主成分である Na、Cs、B が検出され、試料が揮発により吸収液に移行したものと考えられた。

HCl 固定化部を設置した本試験 (Run No.4~15) では Na は検出されたが Cs、B は未検出であった。試験中 HSL が吸収液に飛散しているのを確認しており、この Na 成分は HSL 由来と考えられた。

9.6 酸化物転換率

表7に酸化物転換率評価結果 (予備試験)、表8に酸化物転換率および HCl 固定化率評価結果 (本試験) を示す。図7にろつぽ形状と酸化物転換率の関係、図8に同条件における酸化物転換率分布を、図9に水分付加量と酸化物転換率の関係を示す。

予備試験 (Run No.1、2、3) より試料装荷容器であるろつぽの内径 20、30、40mm ϕ において酸化転換率は 87、84、78% を示し内径が小さくなるに従い酸化物転換率が向上する傾向が確認できた。ろつぽ内径が小さくなることにより熔融試料の液面が高くなり、水分付加ガスとの接触時間が長くなったため、酸化転換反応が促進したと考えられた。

酸化転換率は内径 20mm ϕ ろつぽが最高値を示したが、装置組上げ時、解体時の取り扱いやすさを考慮し内径 30mm ϕ ろつぽを本試験用ろつぽに選定した。

正常運転が確認できた条件の内 Run No.6、8、12 (模擬塩廃棄物組成 1)、および Run No.2、5、11、13 (模擬塩廃棄物組成 2) はそれぞれ同様の酸化転換条件となるが、酸化物転換率は 72~82%、および 75~84% と 10% 程度のばらつきが生じた。

水分付加量を 20、30、40 倍当量と増加していくと、酸化物転換率は 75、85、86% と増加傾向を示した。水分付加量の増加にともなう転換反応の進行を確認した。

9.7 HCl 固定化率

表 8 に酸化物転換率および HCl 固定化率評価結果(本試験)を示す。図 10 に希釈ガス流量と HCl 固定化率の関係を示す。

希釈ガス流量 0.1、0.25、0.5NL/min において流量が大きくなるに従い HCl 固定化率は減少する傾向が確認できた。希釈ガスは転換副生成した HCl を固定化に最適な濃度に希釈する目的で添加したが、本データからは HCl 濃度による固定化率への影響は不明であった。希釈ガス流量増加に伴う HCl 固定化率の減少傾向は、むしろ希釈ガス流量増加による HSL との接触効率の低下、および固定部の加熱を固定容器外表面温度により制御していたことより、希釈ガス流量増加にともなう HSL 温度の低下が起因していたと考えられた。

9.8 HSL の Cl 分析

表 9 に HSL の蛍光 X 線半定量分析結果を示す。

分析対象 HSL は、希釈ガス流量がパラメータ条件となる Run No.5(0.1NL/min)、11(0.5NL/min)、13(0.25NL/min)とした。半定量値(mass%)は、周期律表上で F~U の範囲内で、検出された元素のみでの重量百分率であり、HSL への Cl 固定量を求めることは出来なかった。試料の成分含有量測定結果、吸収液捕集成分測定結果より求めた HCl 固定化率は希釈ガスが多くなるに従い減少しており、HSL への Cl 固定化量も減少傾向にあると推測できた。しかし蛍光 X 線半定量分析からは、分析精度が高くない事により、希釈ガス流量と HSL 固定 Cl 量の相関関係を確認することはできなかった。

未使用 HSL (昨年度取得データ)と試験後 HSL を比較すると Cl 半定量値は 0.16%から 12%、14%に増加しており HSL の Cl 固定が確認できた。

10. おわりに

- HCl 固定化剤 HSL は微粉末であるため通気による圧力損失が大きく、多くの試験でガスリークが発生した。
- 試験後の試料はるつぼ底部にガラス状の固化体があり、その上部内壁面に白色の付着物が積層した状態であった。成分分析の結果、内壁面の白色付着物に FP 成分が高濃度で存在するのを確認した。
- るつぼの内径を小さくし熔融試料の液面を高くすることで、水分付加ガスとの接触時間が長くなり、酸化転換反応が促進するのを確認した。
- 酸化転換条件が同一であっても酸化物転換率に約 10%程度のばらつきがあった。
- 水分付加量増加による酸化転換反応の進行を確認した。
- 希釈ガス流量が多くなるに従い HCl 固定化率が低下するのを確認した。希釈ガスは副生成した HCl を希釈し HCl 固定化を促進する目的で添加したが、その効果は不明であった。
- 蛍光 X 線半定量分析により、試験後 HSL の Cl 量の増加を確認し、HSL の HCl 固定化が確認できた。しかし、分析精度があまり高くない分析方法のため、各試験条件における HSL 固定化 Cl 量の傾向を確認することはできなかった。

11. 参考文献

電力中央研究所編:LiCl-KCl 共晶塩中における金属酸化物(ウラン、希土類元素、ジルコニウム)と酸化物イオンとの反応, 電力中央研究所報告, T96073 (1997)

鈴木憲司, 他:ハイドロソーダライトを用いた塩化水素高温除去, 工業材料, Vol.46, No.3, pp.69~71 (1998)

日本化学会編:化学便覧基礎編, 2版, 丸善 (1975)

新井修, 照沼仁:塩廃棄物の処理に関する基礎試験, 核燃料サイクル開発機構技術資料, JNC TJ8400 2001-004 (2001)

新井修, 照沼仁:塩廃棄物の処理に関する基礎試験(2), 核燃料サイクル開発機構技術資料, JNC TJ8400 2001-056 (2001)

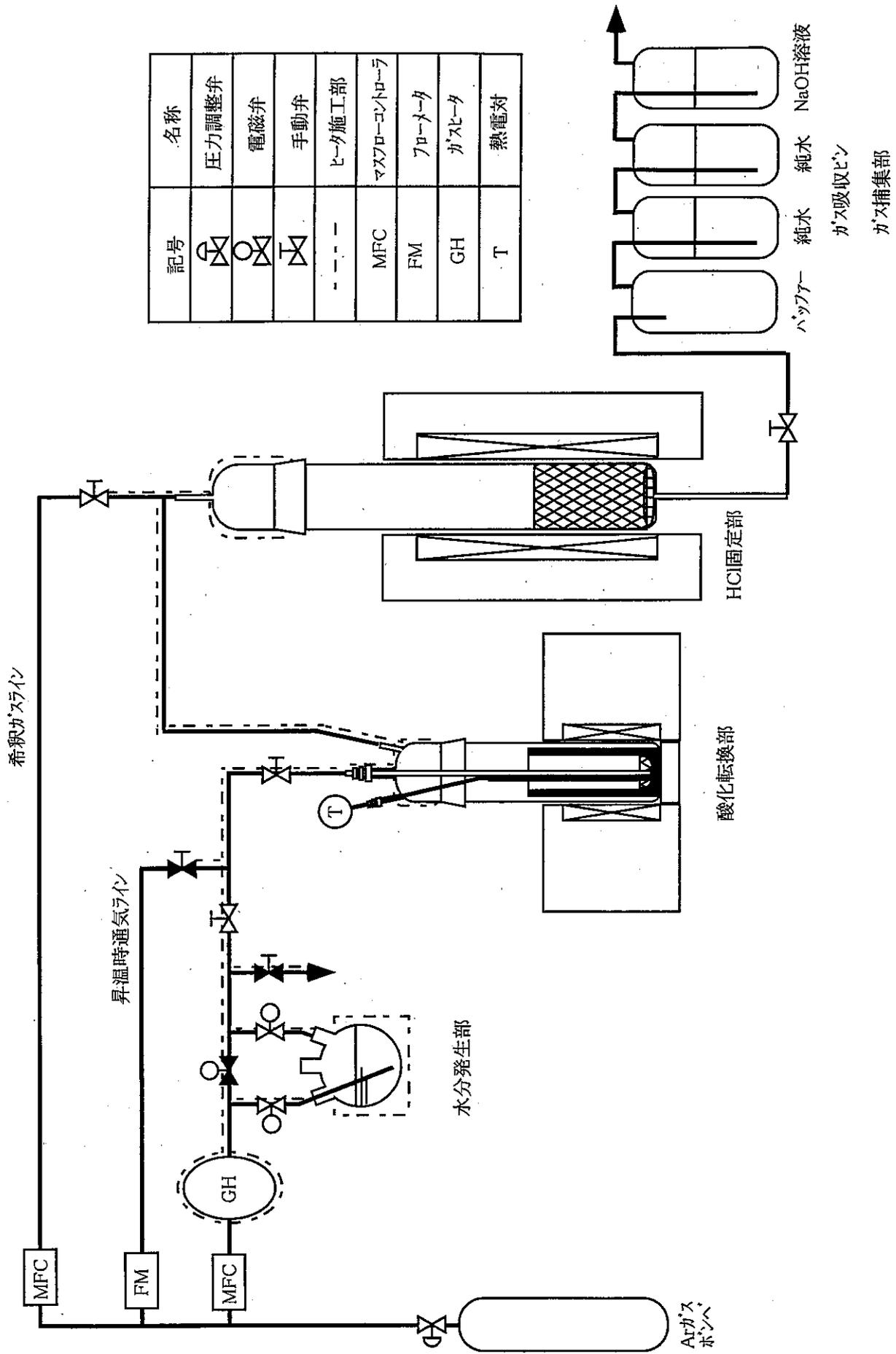
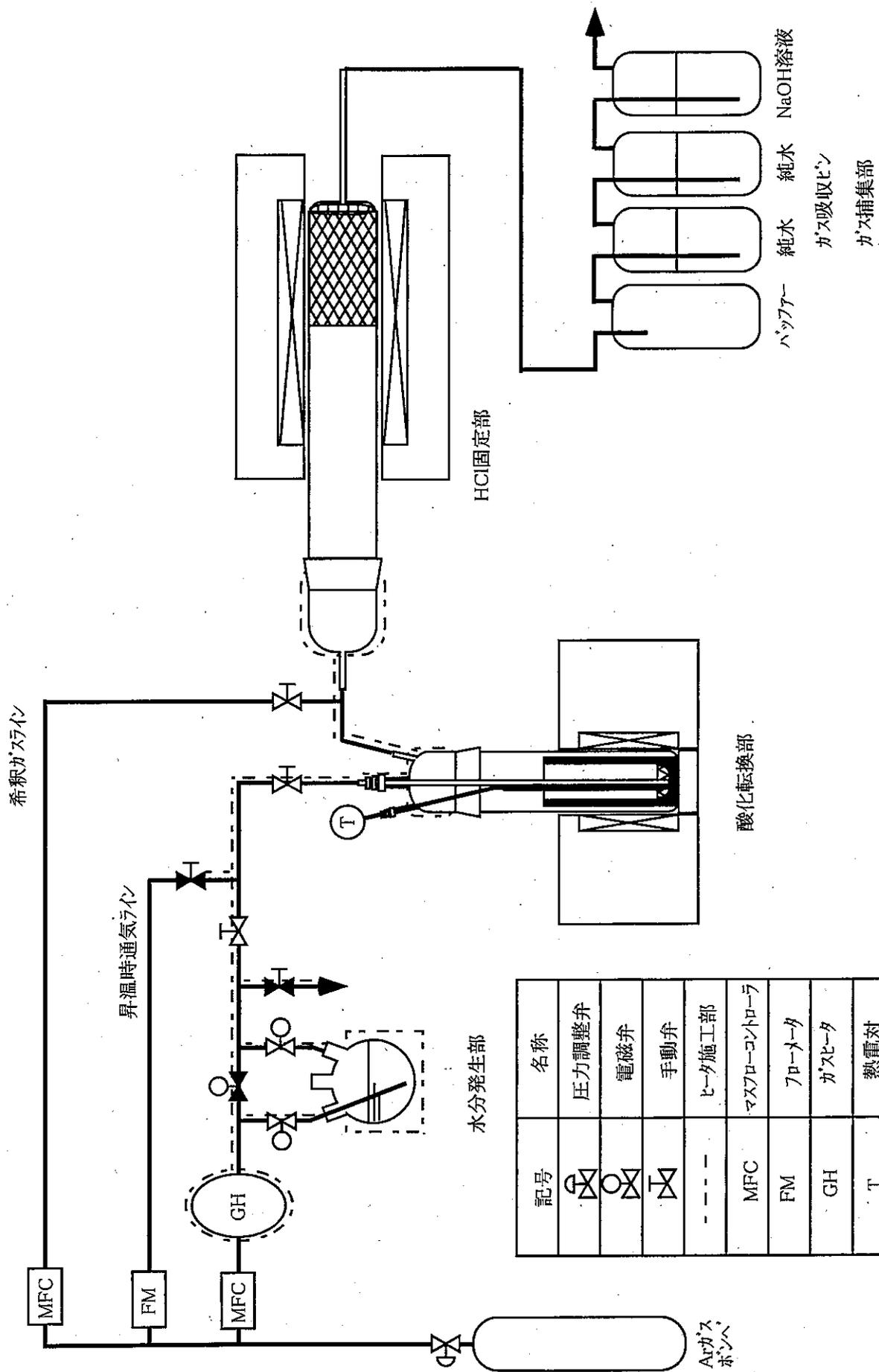


図1 本試験装置フロー図(固定部縦置き)



記号	名称
	圧力調整弁
	電磁弁
	手動弁
---	ヒータ施工部
MFC	マスフローコントローラ
FM	フローメータ
GH	ガスヒータ
T	熱電対

図2 本試験装置フロー図(固定部横置き)

表1 主要機器一覧

No.	使用部位	品名	メーカー・型式	仕様	数量	備考
1	ガス供給部	マスフローコントローラ	エステック製 SEC-E440J	100SCCM	1	水分発生器スイープガス流量調整用
2		マスフローコントローラ	エステック製 SEC-400MK3	1SLM	1	希釈ガス流量調整用
3		フローメータ	東京フローメータ製 FMPX25G	300NmL/min	1	昇温時通気ガス流量調整用
4		ガスヒータ		SUS304 1/4inc×2m コイル	1	水分発生器スイープガス予加熱用
5	水分発生部	水分発生器		パイレックスガラス 3L丸底フラスコ、マントルヒータ	1	
6	酸化転換部	転換容器	設計製作品	石英ガラス 75mmφ×300mm	1	
7		縦型管状炉	設計製作品	炉心80mmφ×150mm	1	転換容器加熱用
8		温度調節器	アト科学製 ART-20		1	
9		K熱電対	東洋熱科学製		1	
10		固定容器	設計製作品	インコネルシース 1/8incφ×600mm	1	試料温度測定
11	HCl固定部	管状炉	アサヒ理化製 ARF-80KC	石英ガラス 75mmφ×400mm	1	
12		温度調節器	アサヒ理化製 AMF-N	炉心80mmφ×300mm		固定容器加熱用
13	ガス捕集部	ガス洗浄ビン		パイレックスガラス 100mL	1	ハプター用
14		ガス洗浄ビン		パイレックスガラス 250mL	2	純水装荷用
15		ガス洗浄ビン		パイレックスガラス 500mL	1	NaOH溶液装荷用
16	その他	リボンヒータ	テラオカ製 C型	100W	4	配管保温加熱用
17		温度調節器	オムロン製 E5CW-Q1KJ		5	
18		熱電対	オムロン製 E52-CA型	1φ×200mm	5	
19		ハイブリッドコーダ	チノー製 Model AH		1	試料温度記録用

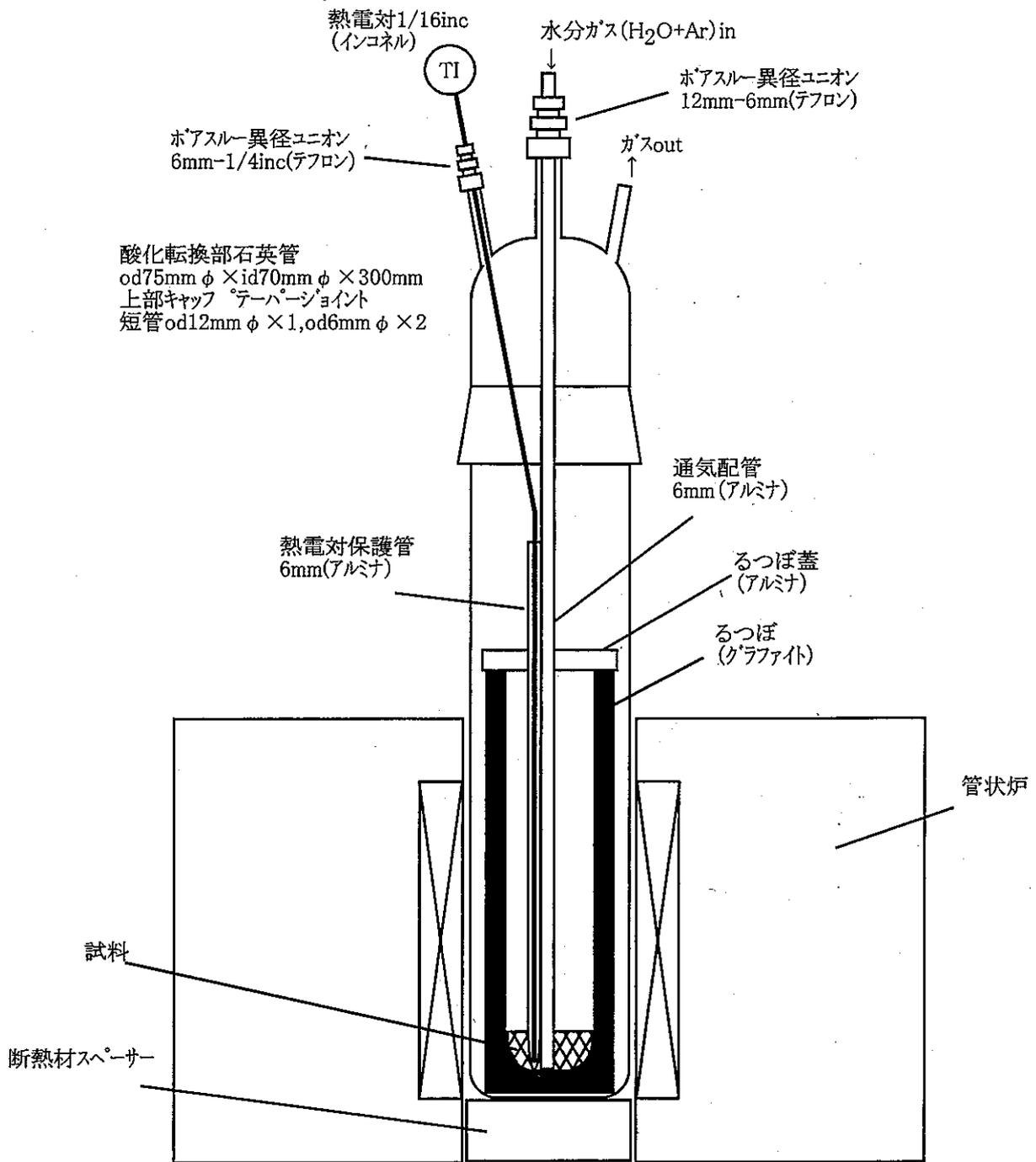


図3 試験装置酸化転換部構造図

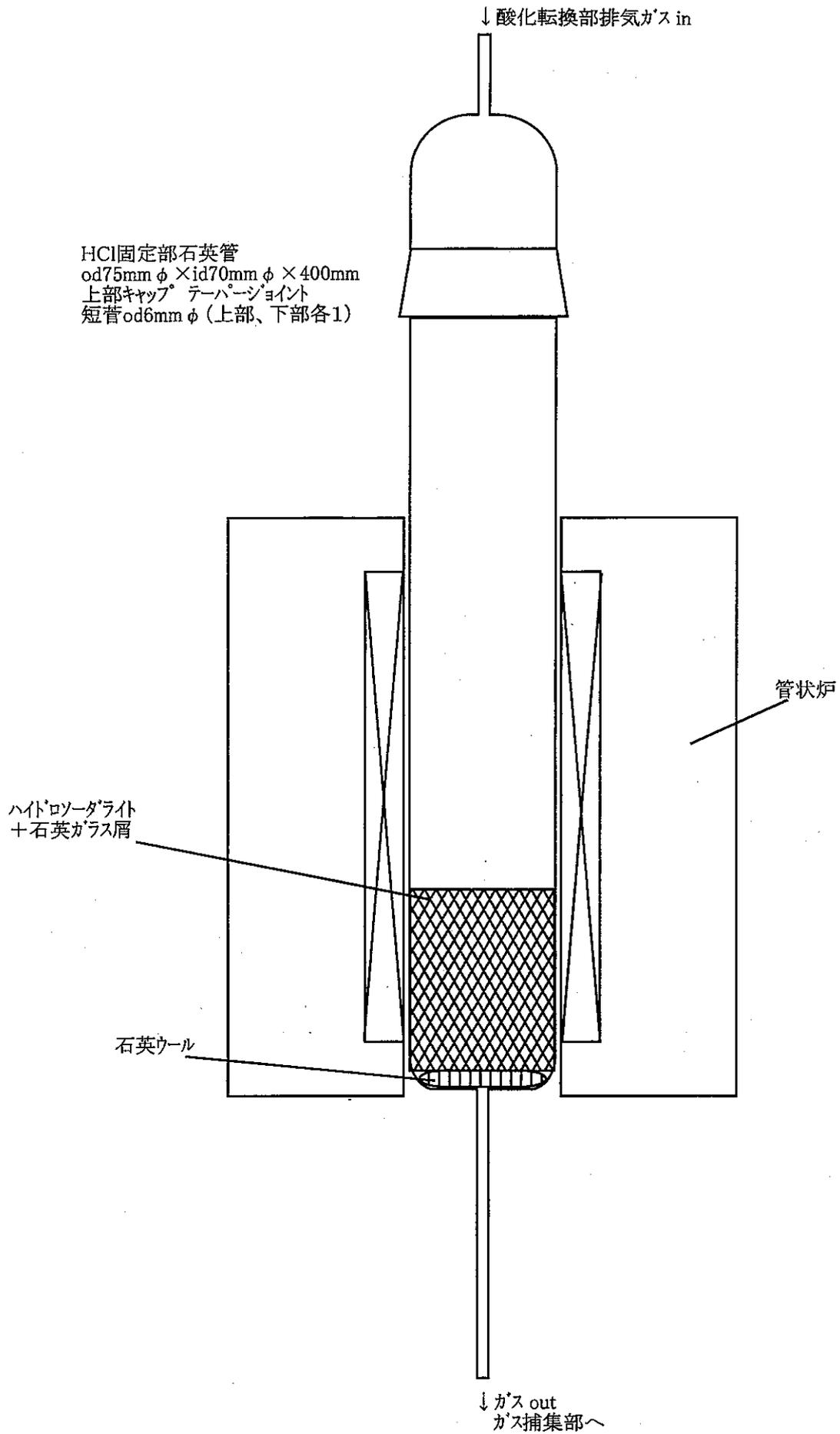


図4 試験装置HCl固定部構造図

表2 試験条件

Run No.	固定部	試料 装荷容器 (内径mm)	模擬塩 廃棄物*	水分 付加量 (倍当量vs. 試料塩素量)	希釈ガス 流量 (NL/min)	HCl固定化剤 装荷量 (倍当量vs. 試料塩素量)
1	なし	40 φ	組成2	20	-	-
2	なし	30 φ	組成2	20	-	-
3	なし	20 φ	組成2	20	-	-
4	縦置き	30 φ	組成1	20	0.10	2
5	縦置き	30 φ	組成2	20	0.10	2
6	縦置き	30 φ	組成1	20	0.25	2
7	縦置き	30 φ	組成2	20	0.50	2
8	縦置き	30 φ	組成1	20	0.50	2
9	縦置き	30 φ	組成2	20	0.25	2
10	縦置き	30 φ	組成1	20	0.10	5
11	横置き	30 φ	組成2	20	0.50	2
12	横置き	30 φ	組成1	20	0.50	2
13	横置き	30 φ	組成2	20	0.25	2
14	横置き	30 φ	組成2	30	0.50	2
15	横置き	30 φ	組成2	40	0.50	2

固定条件
試料: NaCl-CsCl-FPCl_x-B₂O₃、25g
Na:Cs:B=1:2:11(mol比)

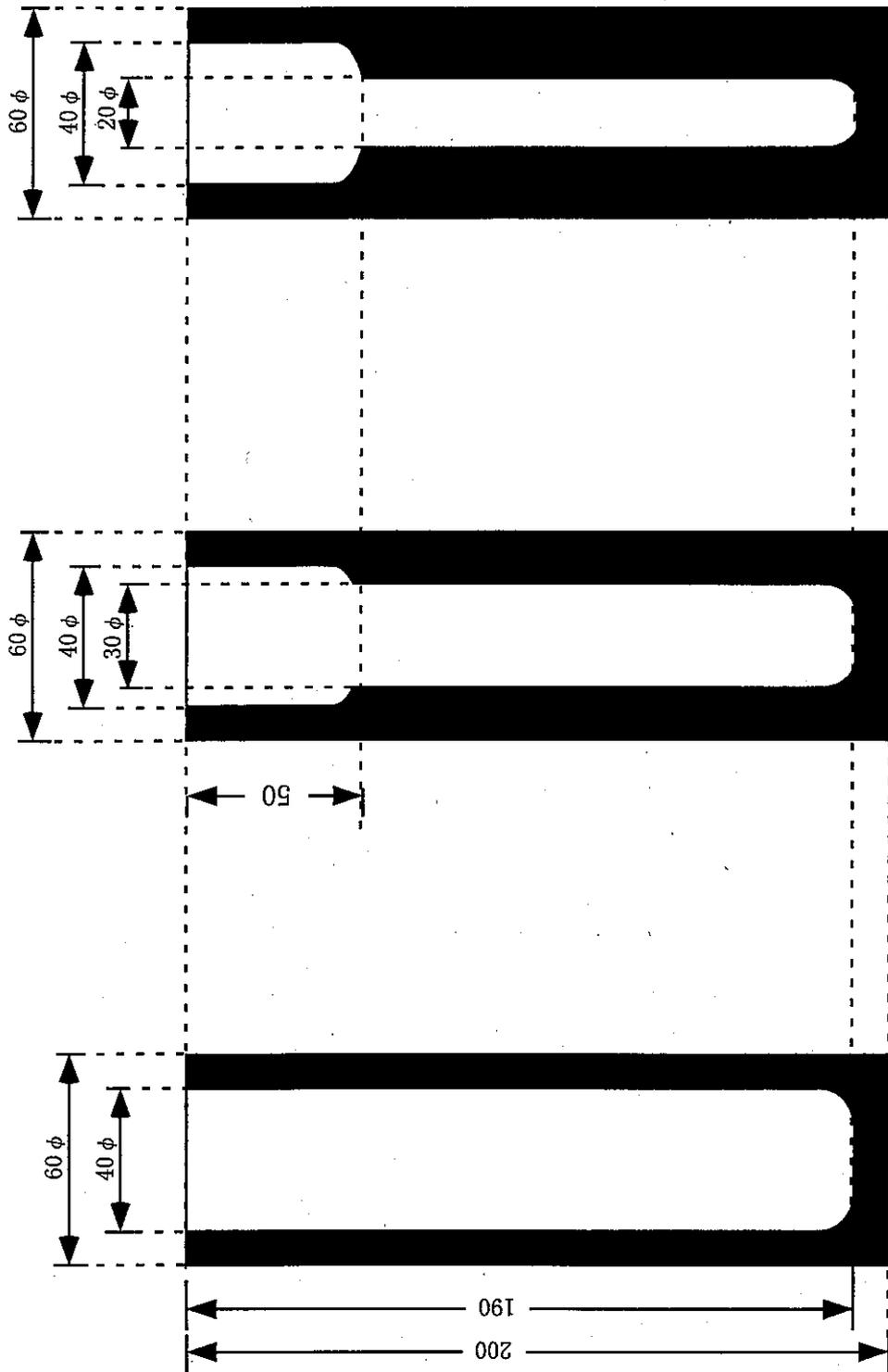
HCl固定化剤: ハイドロソダライト(本試験)

酸化転換温度: 800°C

固定化温度: 800°C (本試験)

水分付加ガス(理論値): 69.2vol%
流量: 0.162NL/min
(90°C H₂O、0.05NL/min Arスリーブ)

注釈)*: 模擬塩廃棄物 組成1; FP高濃度条件、組成2; FP低濃度条件



るっぽA

るっぽB

るっぽC

材質: グラファイト(EGS-743)

図5 試料装荷容器(グラファイト製のるっぽ)構造図

表3 試験運転状況

Run No.	固定部	試料 装荷容器 (内径mm)	模擬塩 廃棄物*	水分 付加量 (倍当量vs. 試料塩素量)	希釈ガス 流量 (NL/min)	HCl固定化剤 装荷量 (倍当量vs. 試料塩素量)	試験 時間 (min)	試験運転状況
1	なし	40φ	組成2	20	-	-	206	正常運転
2	なし	30φ	組成2	20	-	-	206	正常運転
3	なし	20φ	組成2	20	-	-	206	正常運転
4	縦置き	30φ	組成1	20	0.10	2	231	転換容器キャップ部からリークあり。
5	縦置き	30φ	組成2	20	0.10	2	206	正常運転
6	縦置き	30φ	組成1	20	0.25	2	231	正常運転
7	縦置き	30φ	組成2	20	0.50	2	206	ガス捕集部1段目ハフアールに水の凝縮が少ない。 リークの可能性有り。
8	縦置き	30φ	組成1	20	0.50	2	231	正常運転
9	縦置き	30φ	組成2	20	0.25	2	206	転換部ガス出口配管に揮発塩が堆積。転換部下 流の通気圧が高くなり水分発生器から蒸気がリー ク。捕集部ハフアールの凝縮水もやや少ない。
10	縦置き	30φ	組成1	12.7	0.10	5	147	水分付加量20倍当量、試験時間231minを予定 試験中に通気管閉塞により試験中止
11	横置き	30φ	組成2	20	0.50	2	206	転換部および固定部アールポイントに微量のリーク を確認。ほぼ正常運転
12	横置き	30φ	組成1	20	0.50	2	231	転換部および固定部アールポイントに微量のリーク を確認。ほぼ正常運転
13	横置き	30φ	組成2	20	0.25	2	206	転換部および固定部アールポイントに微量のリーク を確認。ほぼ正常運転
14	横置き	30φ	組成2	30	0.50	2	309	転換部および固定部アールポイントに微量のリーク を確認。ほぼ正常運転
15	横置き	30φ	組成2	40	0.50	2	412	転換部および固定部アールポイントに微量のリーク を確認。ほぼ正常運転

注釈)*: 模擬塩廃棄物 組成1; FP高濃度条件、組成2; FP低濃度条件

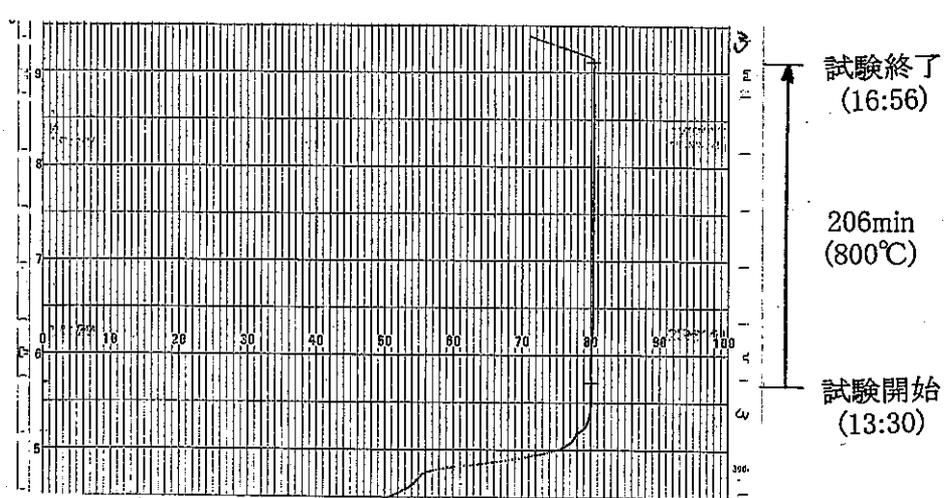
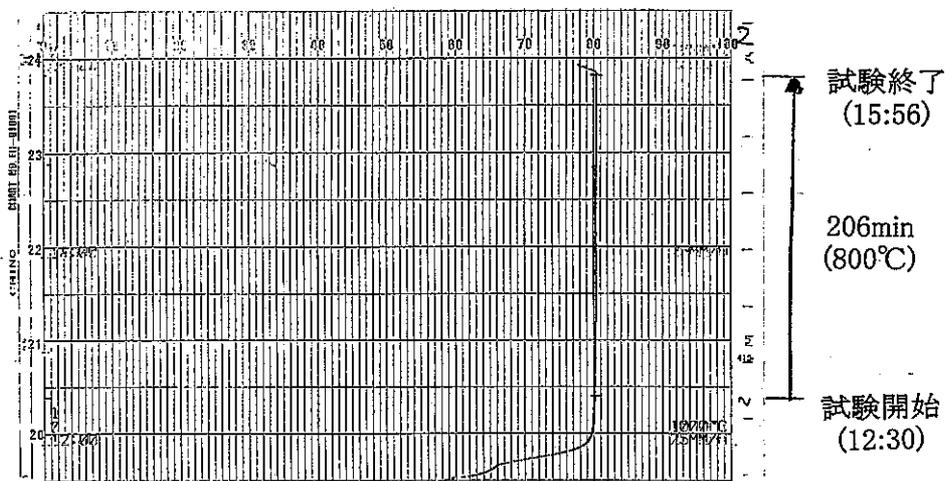
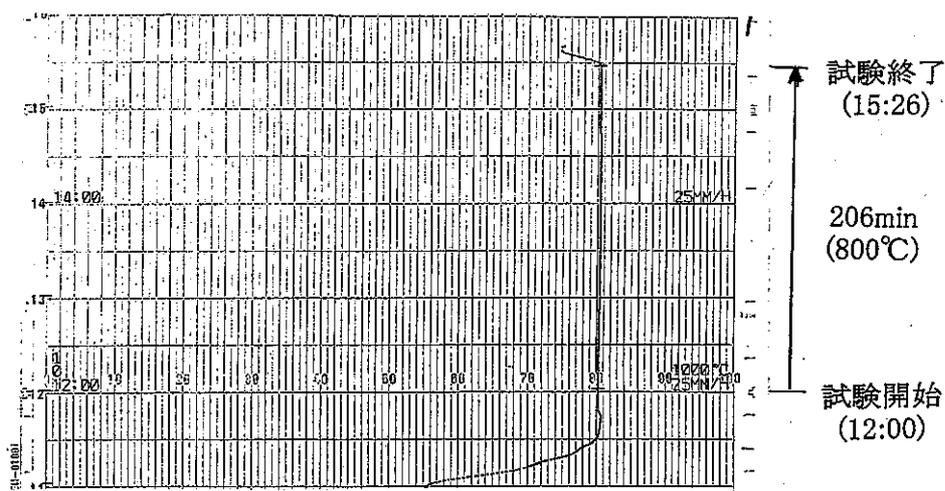
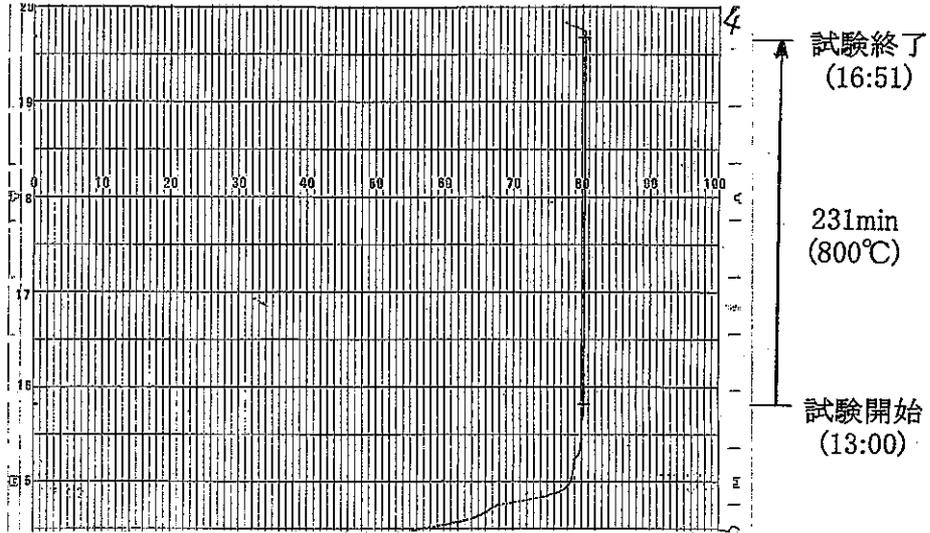
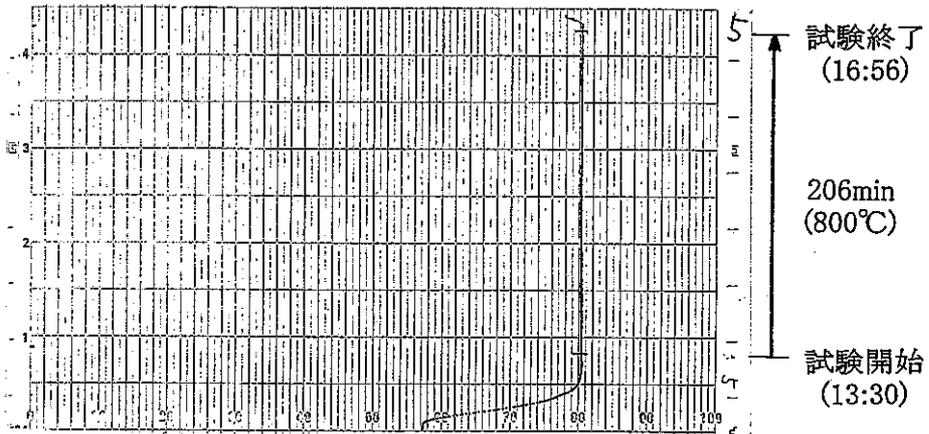


図6.1 試料温度モニタリングチャート

Run No.4



Run No.5



Run No.6

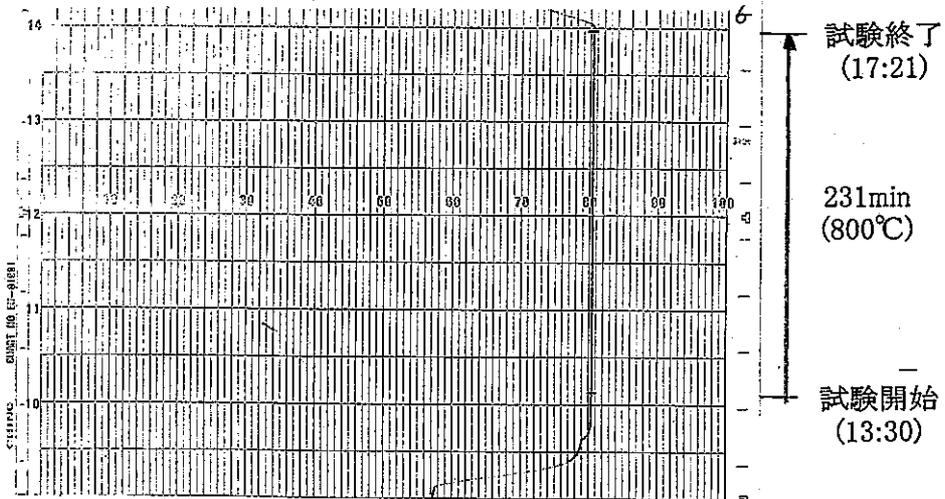
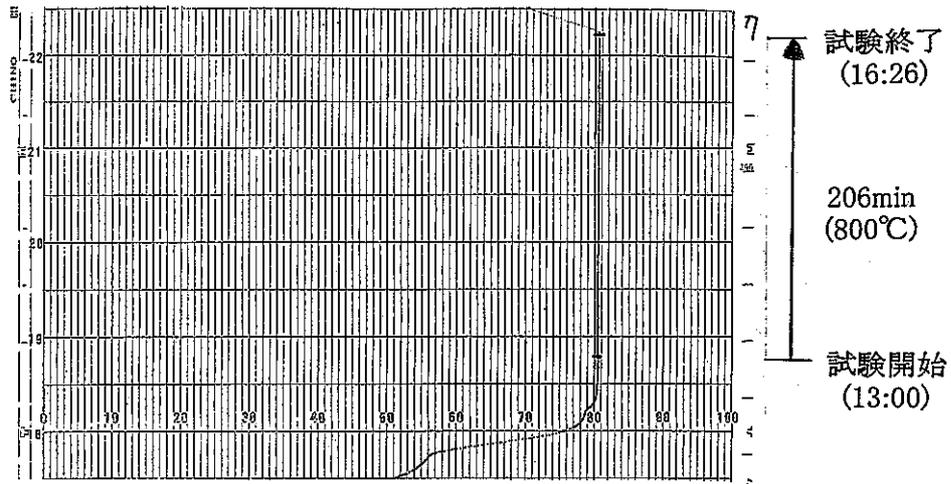
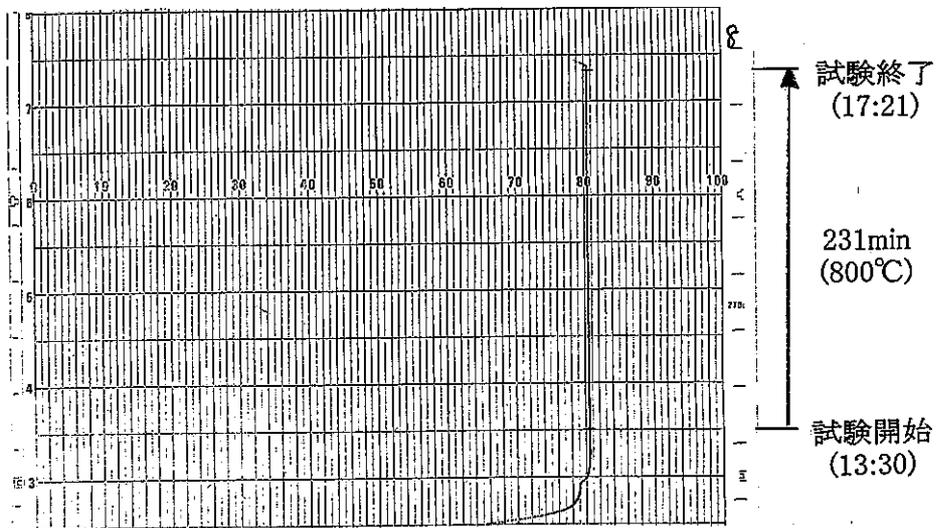


図6.2 試料温度モニタリングチャート

Run No.7



Run No.8



Run No.9

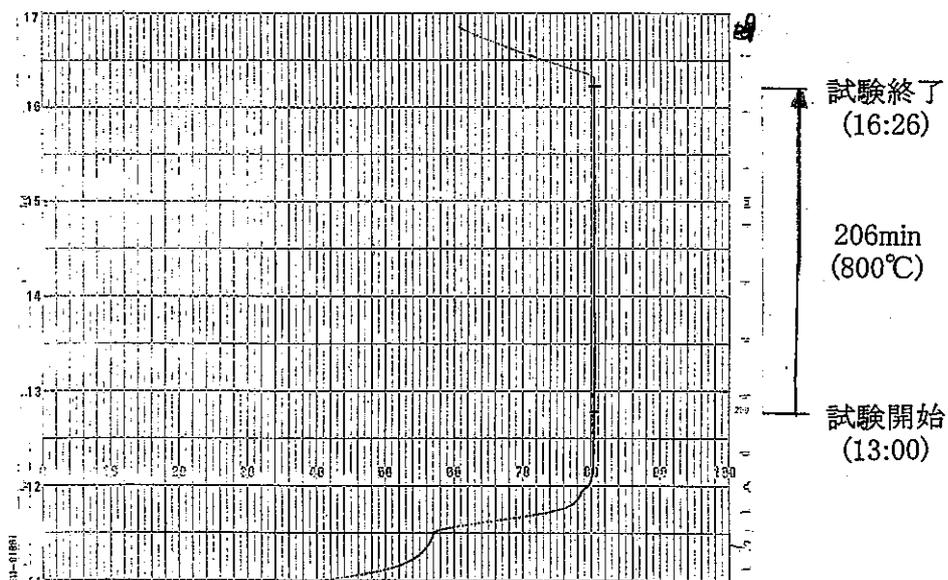
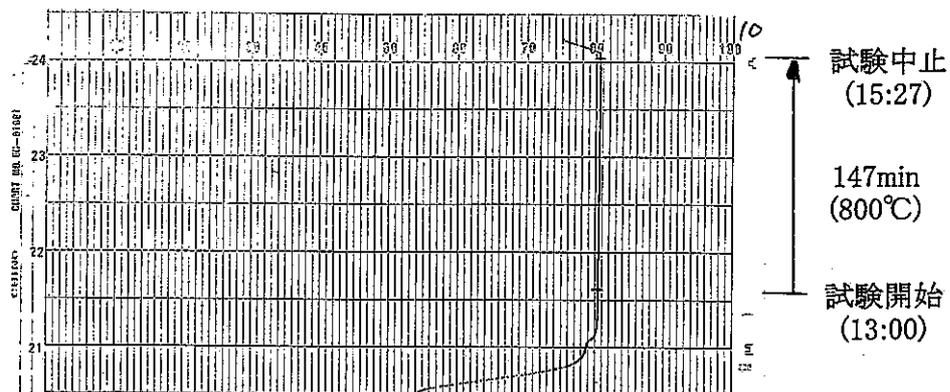
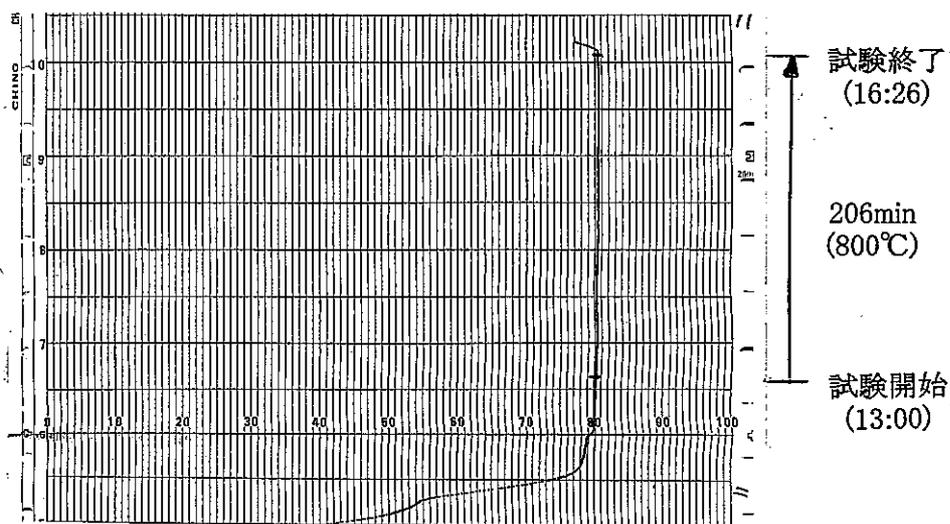


図6.3 試料温度モニタリングチャート

Run No.10



Run No.11



Run No.12

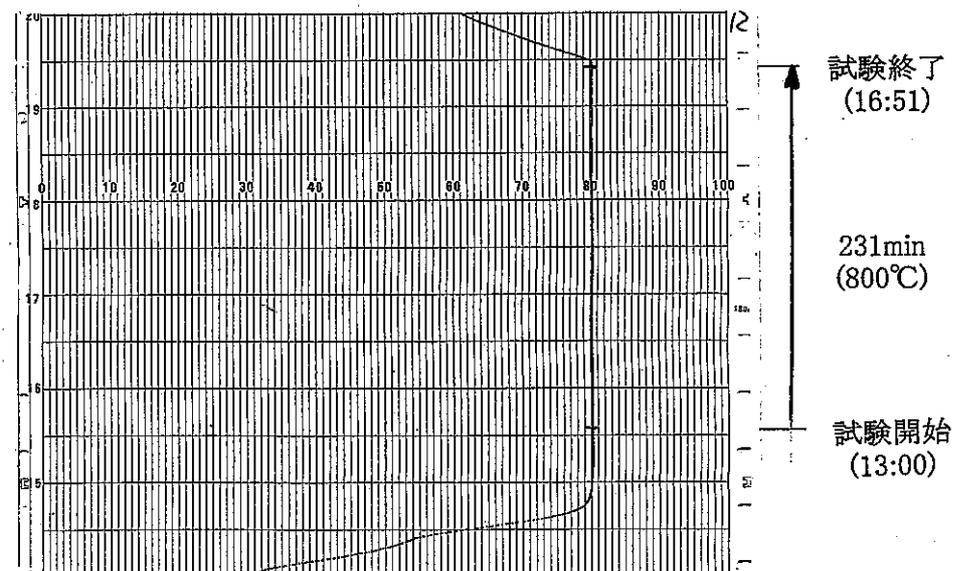
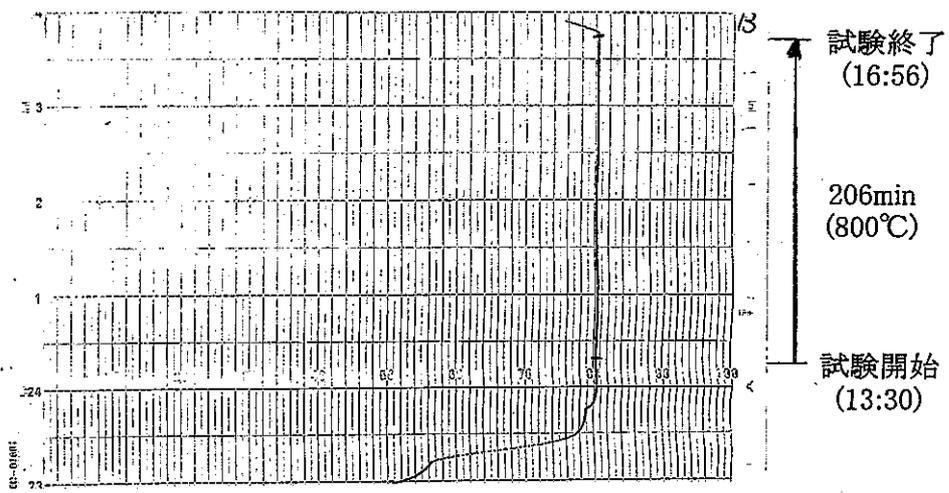


図6.4 試料温度モニタリングチャート

Run No.13



Run No.14

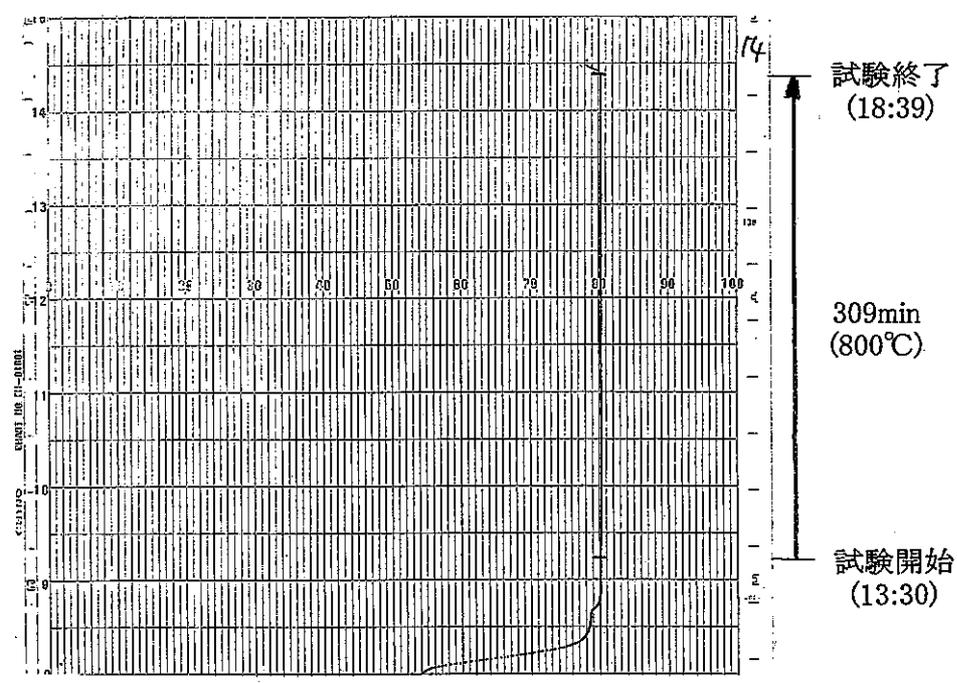


図6.5 試料温度モニタリングチャート

Run No.15

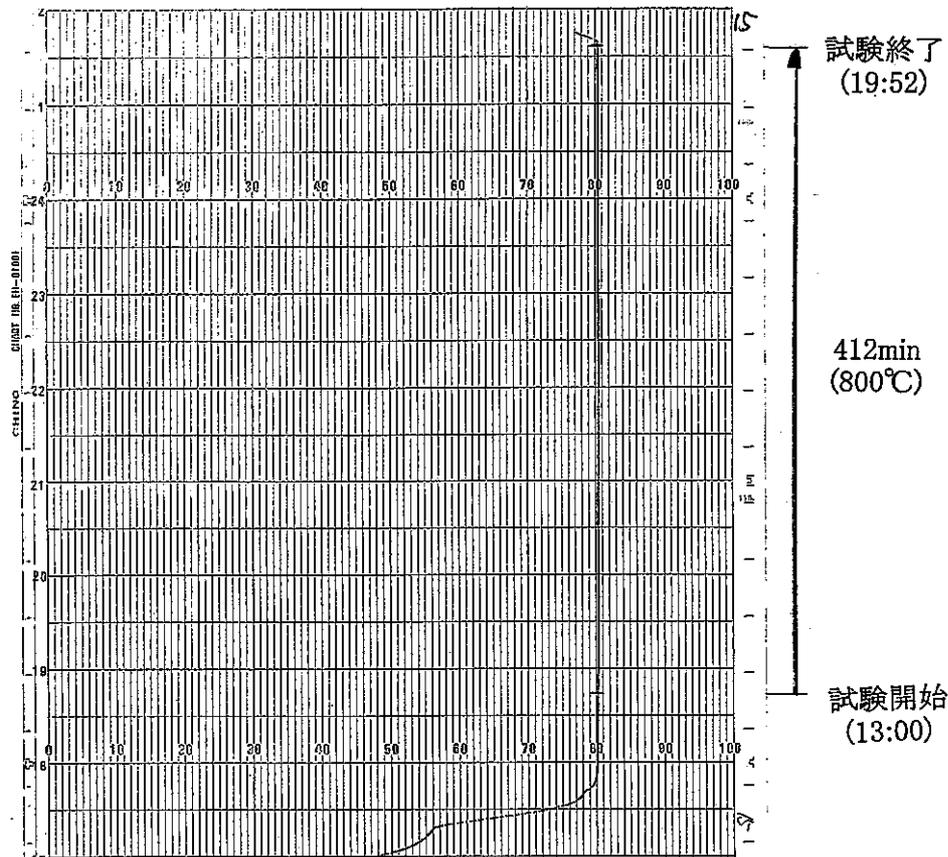


図6.6 試料温度モニタリングチャート

表4 試料重量測定結果

Run No.	装荷量(g)														処理後(g)				HSL 回収率*3 (%)
	試料														固定化剤 HSL	るっぽ内 残留試料 流出試料	るっぽ内 残留率*1 (%)	試料 回収率*2 (%)	
	FPC1 _x																		
	NaCl	CsCl	NdCl ₃	CeCl ₃	LaCl ₃	PrCl ₃	SmCl ₃ *	BaCl ₂	SrCl ₂										
1	1.87	10.76	0.0483	0.0322	0.0162	0.0162	0.0159	0.0097	0.0032	12.23	25.00	21.4	1.3	-	85.6	90.8	-		
2	1.87	10.76	0.0485	0.0325	0.0165	0.0162	0.0165	0.0098	0.0030	12.23	25.00	20.3	0.2	-	81.2	82.0	-		
3	1.87	10.76	0.0478	0.0318	0.0162	0.0160	0.0159	0.0099	0.0031	12.23	25.00	21.4	0.0	-	85.6	85.6	-		
4	1.77	10.18	0.5040	0.3356	0.1683	0.1685	0.1696	0.1006	0.0339	11.58	25.00	20.7	0.0	87.1	82.8	82.8	85.3		
5	1.87	10.76	0.0474	0.0318	0.0158	0.0161	0.0165	0.0100	0.0031	12.24	25.01	20.5	0.0	80.1	82.0	82.0	88.0		
6	1.77	10.18	0.5038	0.3362	0.1678	0.1689	0.1681	0.1013	0.0345	11.58	25.00	20.2	0.0	89.0	80.8	80.8	87.2		
7	1.87	10.76	0.0476	0.0314	0.0158	0.0160	0.0169	0.0098	0.0034	12.23	25.00	20.7	0.0	79.2	82.8	82.8	87.0		
8	1.77	10.18	0.5038	0.3350	0.1674	0.1676	0.1661	0.1016	0.0345	11.58	25.00	20.1	0.0	86.2	80.4	80.4	84.3		
9	1.87	10.76	0.0483	0.0314	0.0159	0.0163	0.0159	0.0100	0.0035	12.23	25.00	20.4	0.0	78.4	81.6	81.6	86.2		
10	1.77	10.18	0.5035	0.3354	0.1671	0.1678	0.1695	0.1006	0.0335	11.58	25.00	-	-	-	-	-	-		
11	1.87	10.76	0.0483	0.0314	0.0159	0.0163	0.0159	0.0100	0.0035	12.23	25.00	21.3	0.1	80.2	85.2	85.6	88.1		
12	1.77	10.18	0.5017	0.3353	0.1682	0.1668	0.1637	0.1011	0.0333	11.58	25.00	20.3	0.1	88.9	81.2	81.6	87.0		
13	1.86	10.76	0.0473	0.0316	0.0166	0.0156	0.0159	0.0100	0.0039	12.23	24.99	21.0	0.0	78.9	84.0	84.0	86.6		
14	1.87	10.76	0.0475	0.0312	0.0160	0.0160	0.0165	0.0101	0.0033	12.23	25.00	21.0	0.1	80.5	84.0	84.4	88.4		
15	1.87	10.76	0.0482	0.0314	0.0161	0.0159	0.0157	0.0094	0.0032	12.23	25.00	21.2	0.1	81.2	84.8	85.2	89.2		

注釈) *1~*3るっぽ内残留率、試料回収率、HSL回収率は成分の形態変化による質量変化は考慮せず回収重量より評価

表5.1 試料の成分含有量測定結果(予備試験)

Run No.	成分	処理前*			処理後(るつぼ内残留塩)				収率 (%)	
		含有率 (wt%)	装荷量		含有率 (wt%)	試料重量 (g)	成分量			
			(g)	(mol)			(g)	(mol)		
1	HNO ₃ 溶解	Na	2.94	7.35E-01	3.20E-02	3.18	21.4	6.81E-01	2.96E-02	92.7
		Cs	34.0	8.49E+00	6.39E-02	38.3		8.20E+00	6.17E-02	96.5
		Nd	0.14	3.39E-02	2.35E-04	0.08		1.78E-02	1.23E-04	52.5
		Ce	0.07	1.83E-02	1.31E-04	0.06		1.19E-02	8.52E-05	65.2
		La	0.04	9.18E-03	6.61E-05	0.02		5.00E-03	3.60E-05	54.5
		Pr	0.04	9.23E-03	6.55E-05	0.02		5.32E-03	3.77E-05	57.6
		Sm	0.04	9.31E-03	6.19E-05	0.03		6.73E-03	4.48E-05	72.3
		Ba	0.03	6.40E-03	4.66E-05	0.026		5.57E-03	4.05E-05	87.0
		Sr	0.007	1.77E-03	2.02E-05	0.008		1.73E-03	1.97E-05	97.7
		B	15.2	3.80E+00	3.51E-01	15.4		3.30E+00	3.05E-01	86.9
		Cl	13.8	3.46E+00	9.77E-02	2.60		5.57E-01	1.57E-02	16.1
2	HNO ₃ + H ₂ O ₂ 溶解	Na	2.94	7.35E-01	3.20E-02	3.33	20.3	6.77E-01	2.94E-02	92.1
		Cs	34.0	8.49E+00	6.39E-02	36.9		7.49E+00	5.63E-02	88.2
		Nd	0.14	3.40E-02	2.36E-04	0.10		1.94E-02	1.34E-04	56.9
		Ce	0.07	1.85E-02	1.32E-04	0.06		1.26E-02	8.99E-05	68.2
		La	0.04	9.35E-03	6.73E-05	0.03		5.24E-03	3.77E-05	56.1
		Pr	0.04	9.23E-03	6.55E-05	0.03		6.44E-03	4.57E-05	69.7
		Sm	0.04	9.66E-03	6.43E-05	0.03		7.03E-03	4.67E-05	72.7
		Ba	0.03	6.46E-03	4.71E-05	0.022		4.53E-03	3.30E-05	70.1
		Sr	0.007	1.66E-03	1.89E-05	0.007		1.33E-03	1.52E-05	80.2
		B	15.2	3.80E+00	3.51E-01	16.7		3.39E+00	3.13E-01	89.2
Cl	13.9	3.46E+00	9.77E-02	0.74	1.49E-01	4.21E-03	4.3			
3	HNO ₃ 溶解	Na	2.94	7.35E-01	3.20E-02	3.17	21.4	6.78E-01	2.95E-02	92.3
		Cs	34.0	8.49E+00	6.39E-02	37.9		8.10E+00	6.10E-02	95.4
		Nd	0.13	3.35E-02	2.32E-04	0.09		1.91E-02	1.33E-04	57.1
		Ce	0.07	1.81E-02	1.29E-04	0.06		1.22E-02	8.73E-05	67.7
		La	0.04	9.18E-03	6.61E-05	0.02		5.14E-03	3.70E-05	56.0
		Pr	0.04	9.12E-03	6.47E-05	0.03		5.41E-03	3.84E-05	59.3
		Sm	0.04	9.31E-03	6.19E-05	0.03		7.22E-03	4.80E-05	77.5
		Ba	0.03	6.53E-03	4.75E-05	0.024		5.23E-03	3.81E-05	80.2
		Sr	0.01	1.71E-03	1.96E-05	0.006		1.26E-03	1.44E-05	73.8
		B	15.2	3.80E+00	3.51E-01	15.3		3.27E+00	3.03E-01	86.1
Cl	13.8	3.46E+00	9.77E-02	1.08	2.30E-01	6.50E-03	6.7			

表5.2 試料の成分含有量測定結果(本試験)

Run No.	成分	処理前*			処理後(るつぼ内残留塩)				収率 (%)
		含有率 (wt%)	装荷量		含有率 (wt%)	試料重量 (g)	成分量		
			(g)	(mol)			(g)	(mol)	
4	Na	2.78	6.95E-01	3.02E-02	2.89	20.7	5.98E-01	2.60E-02	86.0
	Cs	32.1	8.04E+00	6.05E-02	37.2		7.69E+00	5.79E-02	95.7
	Nd	1.41	3.54E-01	2.45E-03	1.01		2.09E-01	1.45E-03	59.1
	Ce	0.76	1.91E-01	1.36E-03	0.65		1.35E-01	9.64E-04	70.8
	La	0.38	9.53E-02	6.86E-04	0.27		5.68E-02	4.09E-04	59.6
	Pr	0.38	9.60E-02	6.81E-04	0.29		6.02E-02	4.27E-04	62.7
	Sm	0.40	9.93E-02	6.61E-04	0.37		7.61E-02	5.06E-04	76.6
	Ba	0.27	6.63E-02	4.83E-04	0.25		5.08E-02	3.70E-04	76.5
	Sr	0.07	1.87E-02	2.14E-04	0.07		1.51E-02	1.73E-04	80.7
	B	14.4	3.59E+00	3.33E-01	10.4		2.16E+00	2.00E-01	60.0
	Cl	15.5	3.89E+00	1.10E-01	2.30		4.77E-01	1.35E-02	12.3
5	Na	2.94	7.35E-01	3.20E-02	2.74	20.5	5.61E-01	2.44E-02	76.3
	Cs	34.0	8.49E+00	6.39E-02	42.0		8.61E+00	6.48E-02	101.4
	Nd	0.13	3.33E-02	2.31E-04	0.09		1.74E-02	1.21E-04	52.4
	Ce	0.07	1.81E-02	1.29E-04	0.06		1.14E-02	8.13E-05	63.0
	La	0.04	8.95E-03	6.44E-05	0.02		4.66E-03	3.35E-05	52.1
	Pr	0.04	9.18E-03	6.51E-05	0.03		6.24E-03	4.42E-05	68.0
	Sm	0.04	9.72E-03	6.47E-05	0.03		6.58E-03	4.38E-05	67.7
	Ba	0.03	6.60E-03	4.80E-05	0.02		4.66E-03	3.39E-05	70.7
	Sr	0.01	1.71E-03	1.96E-05	0.01		1.45E-03	1.66E-05	84.7
	B	15.2	3.80E+00	3.52E-01	9.70		1.99E+00	1.84E-01	52.3
	Cl	13.9	3.46E+00	9.77E-02	2.02		4.15E-01	1.17E-02	12.0
6	Na	2.78	6.95E-01	3.02E-02	2.62	20.2	5.30E-01	2.31E-02	76.3
	Cs	32.1	8.04E+00	6.05E-02	37.6		7.59E+00	5.71E-02	94.5
	Nd	1.41	3.53E-01	2.45E-03	0.98		1.98E-01	1.38E-03	56.2
	Ce	0.76	1.91E-01	1.36E-03	0.63		1.26E-01	9.02E-04	66.1
	La	0.38	9.50E-02	6.84E-04	0.26		5.28E-02	3.80E-04	55.6
	Pr	0.39	9.63E-02	6.83E-04	0.33		6.73E-02	4.78E-04	70.0
	Sm	0.39	9.85E-02	6.55E-04	0.35		7.10E-02	4.72E-04	72.1
	Ba	0.27	6.68E-02	4.86E-04	0.25		4.98E-02	3.62E-04	74.5
	Sr	0.08	1.91E-02	2.18E-04	0.07		1.43E-02	1.63E-04	74.9
	B	14.4	3.60E+00	3.33E-01	9.34		1.89E+00	1.75E-01	52.5
	Cl	15.5	3.89E+00	1.10E-01	2.22		4.48E-01	1.26E-02	11.5
7	Na	2.94	7.34E-01	3.19E-02	3.13	20.7	6.48E-01	2.82E-02	88.3
	Cs	34.0	8.49E+00	6.39E-02	39.4		8.15E+00	6.13E-02	95.9
	Nd	0.13	3.34E-02	2.32E-04	0.09		1.85E-02	1.28E-04	55.3
	Ce	0.07	1.79E-02	1.27E-04	0.06		1.17E-02	8.34E-05	65.4
	La	0.04	8.95E-03	6.44E-05	0.02		4.89E-03	3.52E-05	54.6
	Pr	0.04	9.12E-03	6.47E-05	0.03		6.30E-03	4.47E-05	69.0
	Sm	0.04	9.90E-03	6.58E-05	0.04		7.58E-03	5.04E-05	76.5
	Ba	0.03	6.46E-03	4.71E-05	0.03		5.52E-03	4.02E-05	85.4
	Sr	0.01	1.88E-03	2.14E-05	0.01		1.46E-03	1.66E-05	77.5
	B	15.2	3.80E+00	3.51E-01	14.1		2.92E+00	2.70E-01	76.8
	Cl	13.8	3.46E+00	9.76E-02	1.99		4.12E-01	1.16E-02	11.9

表5.3 試料の成分含有量測定結果(本試験)

Run No.	成分	処理前*			処理後(るつぼ内残留塩)				収率 (%)
		含有率 (wt%)	装荷量		含有率 (wt%)	試料重量 (g)	成分量		
			(g)	(mol)			(g)	(mol)	
8	Na	2.78	6.95E-01	3.02E-02	2.85	20.1	5.74E-01	2.49E-02	82.5
	Cs	32.2	8.04E+00	6.05E-02	36.7		7.37E+00	5.55E-02	91.7
	Nd	1.41	3.53E-01	2.45E-03	1.13		2.28E-01	1.58E-03	64.4
	Ce	0.76	1.90E-01	1.36E-03	0.70		1.41E-01	1.01E-03	74.1
	La	0.38	9.48E-02	6.83E-04	0.30		6.01E-02	4.33E-04	63.4
	Pr	0.38	9.55E-02	6.78E-04	0.38		7.72E-02	5.48E-04	80.9
	Sm	0.39	9.73E-02	6.47E-04	0.40		8.13E-02	5.40E-04	83.5
	Ba	0.27	6.70E-02	4.88E-04	0.28		5.72E-02	4.16E-04	85.4
	Sr	0.08	1.91E-02	2.18E-04	0.07		1.49E-02	1.70E-04	78.0
	B	14.4	3.60E+00	3.33E-01	13.1		2.64E+00	2.44E-01	73.5
	Cl	15.5	3.88E+00	1.10E-01	1.68		3.38E-01	9.53E-03	8.7
9	Na	2.94	7.35E-01	3.19E-02	3.11	20.4	6.35E-01	2.76E-02	86.4
	Cs	34.0	8.49E+00	6.39E-02	38.1		7.78E+00	5.85E-02	91.6
	Nd	0.14	3.39E-02	2.35E-04	0.09		1.85E-02	1.28E-04	54.5
	Ce	0.07	1.79E-02	1.27E-04	0.06		1.15E-02	8.21E-05	64.4
	La	0.04	9.01E-03	6.48E-05	0.02		5.06E-03	3.65E-05	56.2
	Pr	0.04	9.29E-03	6.59E-05	0.03		5.69E-03	4.04E-05	61.2
	Sm	0.04	9.31E-03	6.19E-05	0.03		6.89E-03	4.58E-05	74.0
	Ba	0.03	6.60E-03	4.80E-05	0.03		5.30E-03	3.86E-05	80.4
	Sr	0.01	1.93E-03	2.21E-05	0.01		1.52E-03	1.74E-05	78.7
	B	15.2	3.80E+00	3.51E-01	9.35		1.91E+00	1.76E-01	50.2
	Cl	13.8	3.46E+00	9.77E-02	3.35		6.84E-01	1.93E-02	19.8
10	Na	2.78	6.95E-01	3.02E-02	-	-	-	-	-
	Cs	32.1	8.04E+00	6.05E-02	-		-	-	-
	Nd	1.41	3.53E-01	2.45E-03	-		-	-	-
	Ce	0.76	1.91E-01	1.36E-03	-		-	-	-
	La	0.38	9.46E-02	6.81E-04	-		-	-	-
	Pr	0.38	9.56E-02	6.79E-04	-		-	-	-
	Sm	0.40	9.93E-02	6.60E-04	-		-	-	-
	Ba	0.27	6.63E-02	4.83E-04	-		-	-	-
	Sr	0.07	1.85E-02	2.11E-04	-		-	-	-
	B	14.4	3.60E+00	3.33E-01	-		-	-	-
	Cl	15.5	3.88E+00	1.10E-01	-		-	-	-
11	Na	2.94	7.34E-01	3.19E-02	2.98	21.3	6.35E-01	2.76E-02	86.4
	Cs	34.0	8.49E+00	6.39E-02	38.3		8.15E+00	6.13E-02	96.0
	Nd	0.13	3.33E-02	2.31E-04	0.08		1.72E-02	1.19E-04	51.6
	Ce	0.07	1.80E-02	1.28E-04	0.05		1.13E-02	8.08E-05	63.0
	La	0.04	8.78E-03	6.32E-05	0.02		4.70E-03	3.38E-05	53.5
	Pr	0.04	8.89E-03	6.31E-05	0.02		4.94E-03	3.50E-05	55.6
	Sm	0.04	9.34E-03	6.21E-05	0.03		6.44E-03	4.28E-05	69.0
	Ba	0.02	6.07E-03	4.42E-05	0.02		4.80E-03	3.49E-05	79.1
	Sr	0.01	1.71E-03	1.96E-05	0.01		1.40E-03	1.60E-05	81.8
	B	15.2	3.80E+00	3.52E-01	9.20		1.96E+00	1.81E-01	51.6
	Cl	13.8	3.46E+00	9.76E-02	2.70		5.76E-01	1.63E-02	16.6

表5.4 試料の成分含有量測定結果(本試験)

Run No.	成分	処理前*			処理後(るつぼ内残留塩)				収率 (%)
		含有率 (wt%)	装荷量		含有率 (wt%)	試料重量 (g)	成分量		
			(g)	(mol)			(g)	(mol)	
12	Na	2.78	6.96E-01	3.03E-02	3.34	20.3	6.77E-01	2.95E-02	97.3
	Cs	32.1	8.04E+00	6.05E-02	36.3		7.36E+00	5.54E-02	91.6
	Nd	1.41	3.52E-01	2.44E-03	1.09		2.21E-01	1.53E-03	62.8
	Ce	0.76	1.91E-01	1.36E-03	0.72		1.46E-01	1.04E-03	76.7
	La	0.38	9.53E-02	6.86E-04	0.30		6.11E-02	4.40E-04	64.2
	Pr	0.38	9.51E-02	6.75E-04	0.38		7.71E-02	5.47E-04	81.1
	Sm	0.38	9.59E-02	6.38E-04	0.38		7.77E-02	5.17E-04	81.0
	Ba	0.27	6.67E-02	4.86E-04	0.29		5.80E-02	4.22E-04	86.9
	Sr	0.07	1.84E-02	2.10E-04	0.08		1.59E-02	1.82E-04	86.4
	B	14.4	3.59E+00	3.33E-01	14.4		2.92E+00	2.70E-01	81.2
	Cl	15.5	3.88E+00	1.10E-01	1.45		2.95E-01	8.33E-03	7.6
		処理後試料		成分					
				含有率 (wt%)	試料重量 (g)		成分量 (g) (mol)		収率 (%)
	るつぼ内底部固化試料		Na	3.50	16.0	5.61E-01	2.44E-02	80.5	
		Cs	37.8	6.05E+00		4.55E-02	75.3		
		Nd	0.62	9.89E-02		6.86E-04	28.1		
		Ce	0.40	6.48E-02		4.62E-04	34.0		
		La	0.17	2.67E-02		1.93E-04	28.1		
		Pr	0.22	3.45E-02		2.45E-04	36.3		
		Sm	0.22	3.49E-02		2.32E-04	36.4		
		Ba	0.29	4.70E-02		3.42E-04	70.5		
		Sr	0.08	1.27E-02		1.45E-04	69.0		
		B	15.1	2.41E+00		2.23E-01	67.0		
		Cl	1.42	2.27E-01		6.42E-03	5.9		
	るつぼ内側面付着試料		Na	2.72	4.3	1.17E-01	5.08E-03	16.8	
		Cs	30.5	1.31E+00		9.88E-03	16.3		
		Nd	2.84	1.22E-01		8.47E-04	34.7		
		Ce	1.89	8.13E-02		5.81E-04	42.7		
		La	0.80	3.44E-02		2.48E-04	36.1		
		Pr	0.99	4.26E-02		3.02E-04	44.8		
		Sm	0.99	4.27E-02		2.84E-04	44.6		
		Ba	0.25	1.10E-02		7.98E-05	16.4		
		Sr	0.07	3.20E-03		3.65E-05	17.4		
		B	11.9	5.11E-01		4.72E-02	14.2		
		Cl	1.58	6.79E-02		1.91E-03	1.7		

表5.5 試料の成分含有量測定結果(本試験)

Run No.	成分	処理前*			処理後(るつぼ内残留塩)				収率 (%)
		含有率 (wt%)	装荷量		含有率 (wt%)	試料重量 (g)	成分量		
			(g)	(mol)			(g)	(mol)	
13	Na	2.93	7.33E-01	3.19E-02	3.22	21.1	6.80E-01	2.96E-02	92.8
	Cs	34.0	8.49E+00	6.39E-02	38.2		8.07E+00	6.07E-02	95.0
	Nd	0.13	3.32E-02	2.30E-04	0.09		1.93E-02	1.34E-04	58.1
	Ce	0.07	1.80E-02	1.28E-04	0.06		1.24E-02	8.84E-05	69.0
	La	0.04	9.40E-03	6.77E-05	0.03		5.58E-03	4.01E-05	59.3
	Pr	0.04	8.89E-03	6.31E-05	0.03		6.40E-03	4.55E-05	72.0
	Sm	0.04	9.34E-03	6.21E-05	0.03		6.64E-03	4.41E-05	71.1
	Ba	0.03	6.60E-03	4.80E-05	0.03		5.43E-03	3.95E-05	82.3
	Sr	0.01	2.16E-03	2.46E-05	0.01		1.76E-03	2.00E-05	81.5
	B	15.2	3.80E+00	3.51E-01	10.4		2.20E+00	2.04E-01	58.0
	Cl	13.8	3.46E+00	9.76E-02	1.75		3.68E-01	1.04E-02	10.6
14	Na	2.94	7.34E-01	3.19E-02	3.28	21.0	6.88E-01	2.99E-02	93.7
	Cs	34.0	8.49E+00	6.39E-02	36.7		7.71E+00	5.80E-02	90.8
	Nd	0.13	3.33E-02	2.31E-04	0.08		1.78E-02	1.24E-04	53.5
	Ce	0.07	1.77E-02	1.27E-04	0.05		1.13E-02	8.03E-05	63.4
	La	0.04	9.06E-03	6.52E-05	0.02		4.88E-03	3.51E-05	53.9
	Pr	0.04	9.12E-03	6.47E-05	0.03		6.06E-03	4.30E-05	66.5
	Sm	0.04	9.66E-03	6.42E-05	0.03		6.58E-03	4.38E-05	68.2
	Ba	0.03	6.66E-03	4.85E-05	0.03		5.35E-03	3.90E-05	80.4
	Sr	0.01	1.82E-03	2.08E-05	0.01		1.50E-03	1.71E-05	82.2
	B	15.2	3.80E+00	3.51E-01	15.8		3.32E+00	3.07E-01	87.4
	Cl	13.8	3.46E+00	9.76E-02	1.01		2.12E-01	5.97E-03	6.1
15	Na	2.94	7.35E-01	3.20E-02	3.23	21.2	6.84E-01	2.97E-02	93.1
	Cs	34.0	8.49E+00	6.39E-02	36.7		7.78E+00	5.85E-02	91.6
	Nd	0.14	3.38E-02	2.34E-04	0.09		1.93E-02	1.34E-04	57.1
	Ce	0.07	1.79E-02	1.27E-04	0.06		1.21E-02	8.65E-05	67.9
	La	0.04	9.12E-03	6.56E-05	0.03		5.46E-03	3.93E-05	59.9
	Pr	0.04	9.06E-03	6.43E-05	0.03		6.44E-03	4.57E-05	71.1
	Sm	0.04	9.17E-03	6.10E-05	0.03		6.23E-03	4.14E-05	67.9
	Ba	0.02	6.20E-03	4.51E-05	0.02		5.05E-03	3.68E-05	81.5
	Sr	0.01	1.77E-03	2.02E-05	0.01		1.55E-03	1.77E-05	87.5
	B	15.2	3.80E+00	3.51E-01	15.1		3.21E+00	2.97E-01	84.4
	Cl	13.8	3.46E+00	9.76E-02	0.93		1.98E-01	5.59E-03	5.7

表6 吸收液捕集成分測定結果

Run No.		HCl	Cl	Na	Cs	Nd	Ce	La	Pr	Sm	Ba	Sr	B
1	(g)	2.23E+00	1.57E+00	1.86E-03	5.10E-02	<1.25E-04	1.04E-02						
	(mol)	6.11E-02	6.17E-02	8.11E-05	3.84E-04	<8.68E-07	<8.93E-07	<9.00E-07	<8.88E-07	<8.33E-07	<9.10E-07	<1.43E-06	9.65E-04
2	(g)	2.93E+00	2.08E+00	1.43E-03	4.82E-02	<1.25E-04	1.91E-02						
	(mol)	8.03E-02	8.17E-02	6.22E-05	3.63E-04	<8.68E-07	<8.93E-07	<9.00E-07	<8.88E-07	<8.33E-07	<9.10E-07	<1.43E-06	1.77E-03
3	(g)	2.79E+00	1.96E+00	<1.25E-04	2.95E-03	<1.25E-04	1.97E-02						
	(mol)	7.66E-02	7.69E-02	<5.43E-06	2.22E-05	<8.68E-07	<8.93E-07	<9.00E-07	<8.88E-07	<8.33E-07	<9.10E-07	<1.43E-06	1.82E-03
4	(g)	1.54E-01	1.19E-01	2.28E-04	<1.25E-04								
	(mol)	4.23E-03	4.67E-03	9.90E-06	<9.40E-07	<8.68E-07	<8.93E-07	<9.00E-07	<8.88E-07	<8.33E-07	<9.10E-07	<1.43E-06	<1.16E-05
5	(g)	4.65E-01	3.72E-01	3.25E-04	<1.25E-04								
	(mol)	1.27E-02	1.46E-02	1.41E-05	<9.40E-07	<8.68E-07	<8.93E-07	<9.00E-07	<8.88E-07	<8.33E-07	<9.10E-07	<1.43E-06	<1.16E-05
6	(g)	4.61E-01	3.67E-01	5.58E-04	<1.25E-04								
	(mol)	1.26E-02	1.44E-02	2.43E-05	<9.40E-07	<8.68E-07	<8.93E-07	<9.00E-07	<8.88E-07	<8.33E-07	<9.10E-07	<1.43E-06	<1.16E-05
7	(g)	1.95E-03	1.87E-03	<1.25E-04									
	(mol)	5.34E-05	7.34E-05	<5.43E-06	<9.40E-07	<8.68E-07	<8.93E-07	<9.00E-07	<8.88E-07	<8.33E-07	<9.10E-07	<1.43E-06	<1.16E-05
8	(g)	1.04E+00	7.77E-01	1.84E-03	<1.25E-04								
	(mol)	2.85E-02	3.05E-02	8.02E-05	<9.40E-07	<8.68E-07	<8.93E-07	<9.00E-07	<8.88E-07	<8.33E-07	<9.10E-07	<1.43E-06	<1.16E-05
9	(g)	1.65E-01	1.02E-01	3.49E-04	<1.25E-04								
	(mol)	4.52E-03	4.01E-03	1.52E-05	<9.40E-07	<8.68E-07	<8.93E-07	<9.00E-07	<8.88E-07	<8.33E-07	<9.10E-07	<1.43E-06	<1.16E-05
10	(g)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	(mol)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	(g)	7.09E-01	4.92E-01	2.82E-04	<1.25E-04								
	(mol)	1.94E-02	1.93E-02	1.23E-05	<9.40E-07	<8.68E-07	<8.93E-07	<9.00E-07	<8.88E-07	<8.33E-07	<9.10E-07	<1.43E-06	<1.16E-05
12	(g)	1.26E+00	8.80E-01	1.49E-03	<1.25E-04								
	(mol)	3.45E-02	3.46E-02	6.47E-05	<9.40E-07	<8.68E-07	<8.93E-07	<9.00E-07	<8.88E-07	<8.33E-07	<9.10E-07	<1.43E-06	<1.16E-05
13	(g)	6.05E-01	4.22E-01	<1.25E-04									
	(mol)	1.66E-02	1.66E-02	<5.44E-06	<9.40E-07	<8.68E-07	<8.93E-07	<9.00E-07	<8.88E-07	<8.33E-07	<9.10E-07	<1.43E-06	<1.16E-05
14	(g)	1.16E+00	8.52E-01	4.12E-04	<1.25E-04								
	(mol)	3.18E-02	3.35E-02	1.79E-05	<9.40E-07	<8.68E-07	<8.93E-07	<9.00E-07	<8.88E-07	<8.33E-07	<9.10E-07	<1.43E-06	<1.16E-05
15	(g)	1.32E+00	9.80E-01	2.31E-04	<1.25E-04								
	(mol)	3.63E-02	3.85E-02	1.01E-05	<9.40E-07	<8.68E-07	<8.93E-07	<9.00E-07	<8.88E-07	<8.33E-07	<9.10E-07	<1.43E-06	<1.16E-05

表7 酸化物転換率評価結果(予備試験)

Run No.	試験パラメータ 試料 装荷容器 (内径mm)	成分	装荷量 (mol)	残留量		吸収液捕集量		酸化物 転換率 (%)	備考		
				(mol)	(%)	(mol)	(%)				
1	40 φ	Na	3.20E-02	2.96E-02	92.7	8.11E-05	0.25	78.5	試料HNO ₃ 溶解		
		Cs	6.39E-02	6.17E-02	96.5	3.84E-04	0.60				
		Nd	2.35E-04	1.23E-04	52.5	<8.68E-07	0.00				
		Ce	1.31E-04	8.52E-05	65.2	<8.93E-07	0.00				
		La	6.61E-05	3.60E-05	54.5	<9.00E-07	0.00				
		Pr	6.55E-05	3.77E-05	57.6	<8.88E-07	0.00				
		Sm	6.19E-05	4.48E-05	72.3	<8.33E-07	0.00				
		Ba	4.66E-05	4.05E-05	87.0	<9.10E-07	0.00				
		Sr	2.02E-05	1.97E-05	97.7	<1.43E-06	0.00				
		B	3.51E-01	3.05E-01	86.9	9.65E-04	0.27				
		Cl	9.77E-02	1.57E-02	16.1	6.17E-02	63.1				
		Na	3.20E-02	2.94E-02	92.1	6.22E-05	0.19			84.7	試料HNO ₃ +H ₂ O ₂ 溶解
		Cs	6.39E-02	5.63E-02	88.2	3.63E-04	0.57				
		Nd	2.36E-04	1.34E-04	56.9	<8.68E-07	0.00				
Ce	1.32E-04	8.99E-05	68.2	<8.93E-07	0.00						
La	6.73E-05	3.77E-05	56.1	<9.00E-07	0.00						
Pr	6.55E-05	4.57E-05	69.7	<8.88E-07	0.00						
2	30 φ	Sm	6.43E-05	4.67E-05	72.7	<8.33E-07	0.00	87.1	試料HNO ₃ 溶解		
		Ba	4.71E-05	3.30E-05	70.1	<9.10E-07	0.00				
		Sr	1.89E-05	1.52E-05	80.2	<1.43E-06	0.00				
		B	3.51E-01	3.13E-01	89.2	1.77E-03	0.50				
		Cl	9.77E-02	4.21E-03	4.31	8.17E-02	83.7				
		Na	3.20E-02	2.95E-02	92.3	<5.43E-06	0.00				
		Cs	6.39E-02	6.10E-02	95.4	2.22E-05	0.03				
		Nd	2.32E-04	1.33E-04	57.1	<8.68E-07	0.00				
		Ce	1.29E-04	8.73E-05	67.7	<8.93E-07	0.00				
		La	6.61E-05	3.70E-05	56.0	<9.00E-07	0.00				
		Pr	6.47E-05	3.84E-05	59.3	<8.88E-07	0.00				
		Sm	6.19E-05	4.80E-05	77.5	<8.33E-07	0.00				
		Ba	4.75E-05	3.81E-05	80.2	<9.10E-07	0.00				
		Sr	1.96E-05	1.44E-05	73.8	<1.43E-06	0.00				
B	3.51E-01	3.03E-01	86.1	1.82E-03	0.52						
Cl	9.77E-02	6.50E-03	6.65	7.69E-02	78.7						

表8.1 酸化物転換率、HCl固定化率評価結果(本試験)

Run No.	試験パラメータ		成分	装荷量		残留量		吸収液捕集量		酸化物転換率 (%)	HCl固定化量 (mol)	固定化率		備考	
	模擬廃棄物	水分付加量 (倍当量vs. 原料濃度)		希釈ガス流量 (NL/min)	HCl固定化剤装荷量 (倍当量vs. 原料濃度)	(mol)	収率 (%)	(mol)	収率 (%)			(mol)	VS. 装荷量 (%)		VS. 転換量 (%)
4 縦置き 組成1		20	0.1	2	Na	3.02E-02	2.60E-02	86.0	9.90E-06	0.03	8.28E-02	7.81E-02	71.3	94.4	リーク発生
					Cs	6.05E-02	5.79E-02	95.7	<9.40E-07	0.00					
					Nd	2.45E-03	1.45E-03	59.1	<8.68E-07	0.00					
					Ce	1.36E-03	9.64E-04	70.8	<8.93E-07	0.00					
					La	6.86E-04	4.09E-04	59.6	<9.00E-07	0.00					
					Pr	6.81E-04	4.27E-04	62.7	<8.88E-07	0.00					
					Sm	6.61E-04	5.06E-04	76.6	<8.33E-07	0.00					
					Ba	4.83E-04	3.70E-04	76.5	<9.10E-07	0.00					
					Sr	2.14E-04	1.73E-04	80.7	<1.43E-06	0.00					
					B	3.33E-01	2.00E-01	60.0	<1.16E-05	0.00					
Cl	1.10E-01	1.35E-02	12.3	4.67E-03	4.3										
5 縦置き 組成2		20	0.1	2	Na	3.20E-02	2.44E-02	76.3	1.41E-05	0.04	7.86E-02	6.39E-02	65.5	81.4	正常運転
					Cs	6.39E-02	6.48E-02	101.4	<9.40E-07	0.00					
					Nd	2.31E-04	1.21E-04	52.4	<8.68E-07	0.00					
					Ce	1.29E-04	8.13E-05	63.0	<8.93E-07	0.00					
					La	6.44E-05	3.35E-05	52.1	<9.00E-07	0.00					
					Pr	6.51E-05	4.42E-05	68.0	<8.88E-07	0.00					
					Sm	6.47E-05	4.38E-05	67.7	<8.33E-07	0.00					
					Ba	4.80E-05	3.39E-05	70.7	<9.10E-07	0.00					
					Sr	1.96E-05	1.66E-05	84.7	<1.43E-06	0.00					
					B	3.52E-01	1.84E-01	52.3	<1.16E-05	0.00					
Cl	9.77E-02	1.17E-02	11.97	1.46E-02	15.0										
6 縦置き 組成1		20	0.25	2	Na	3.02E-02	2.31E-02	76.3	2.43E-05	0.08	7.94E-02	6.50E-02	59.3	81.8	正常運転
					Cs	6.05E-02	5.71E-02	94.5	<9.40E-07	0.00					
					Nd	2.45E-03	1.38E-03	56.2	<8.68E-07	0.00					
					Ce	1.36E-03	9.02E-04	66.1	<8.93E-07	0.00					
					La	6.84E-04	3.80E-04	55.6	<9.00E-07	0.00					
					Pr	6.83E-04	4.78E-04	70.0	<8.88E-07	0.00					
					Sm	6.55E-04	4.72E-04	72.1	<8.33E-07	0.00					
					Ba	4.86E-04	3.62E-04	74.5	<9.10E-07	0.00					
					Sr	2.18E-04	1.63E-04	74.9	<1.43E-06	0.00					
					B	3.33E-01	1.75E-01	52.5	<1.16E-05	0.00					
Cl	1.10E-01	1.26E-02	11.54	1.44E-02	13.2										

表8.2 酸化物転換率、HCl固定化率評価結果(本試験)

Run No.	固定部	試験パラメータ		成分	装着量		吸収液捕集量		酸化物転換量 (mol)	酸化物転換率 (%)	HCl固定化量 (mol)	固定化率		備考		
		模擬塩廃棄物	水分付加量 (相当量vs. 試料塩素量)		希釈ガス流量 (NL/min)	HCl固定化率 (相当量vs. 試料塩素量)	(mol)	(%)				(mol)	(%)		VS. 装荷量 (%)	VS. 転換量 (%)
7	縦置き 組成2	20	0.5	2	Na	3.19E-02	2.82E-02	88.3	<5.43E-06	0.00						
					Cs	6.39E-02	6.13E-02	95.9	<9.40E-07	0.00						
					Nd	2.32E-04	1.28E-04	55.3	<8.68E-07	0.00						
					Ce	1.27E-04	8.34E-05	65.4	<8.93E-07	0.00						
					La	6.44E-05	3.52E-05	54.6	<9.00E-07	0.00						
					Pr	6.47E-05	4.47E-05	69.0	<8.88E-07	0.00						
					Sm	6.58E-05	5.04E-05	76.5	<8.33E-07	0.00						
					Ba	4.71E-05	4.02E-05	85.4	<9.10E-07	0.00						
					Sr	2.14E-05	1.66E-05	77.5	<1.43E-06	0.00						
					B	3.51E-01	2.70E-01	76.8	<1.16E-05	0.00						
				Cl	9.76E-02	1.16E-02	11.9	7.34E-05	0.08		7.89E-02	80.8	99.9	リーク発生		
8	縦置き 組成1	20	0.5	2	Na	3.02E-02	2.49E-02	82.5	8.02E-05	0.27						
					Cs	6.05E-02	5.55E-02	91.7	<9.40E-07	0.00						
					Nd	2.45E-03	1.58E-03	64.4	<8.68E-07	0.00						
					Ce	1.36E-03	1.01E-03	74.1	<8.93E-07	0.00						
					La	6.83E-04	4.33E-04	63.4	<9.00E-07	0.00						
					Pr	6.78E-04	5.48E-04	80.9	<8.88E-07	0.00						
					Sm	6.47E-04	5.40E-04	83.5	<8.33E-07	0.00						
					Ba	4.88E-04	4.16E-04	85.4	<9.10E-07	0.00						
					Sr	2.18E-04	1.70E-04	78.0	<1.43E-06	0.00						
					B	3.33E-01	2.44E-01	73.5	<1.16E-05	0.00						
				Cl	1.10E-01	9.53E-03	8.70	3.05E-02	27.9		5.38E-02	49.1	63.8	正常運転		
9	縦置き 組成2	20	0.25	2	Na	3.19E-02	2.76E-02	86.4	1.52E-05	0.05						
					Cs	6.39E-02	5.85E-02	91.6	<9.40E-07	0.00						
					Nd	2.35E-04	1.28E-04	54.5	<8.68E-07	0.00						
					Ce	1.27E-04	8.21E-05	64.4	<8.93E-07	0.00						
					La	6.48E-05	3.65E-05	56.2	<9.00E-07	0.00						
					Pr	6.59E-05	4.04E-05	61.2	<8.88E-07	0.00						
					Sm	6.19E-05	4.58E-05	74.0	<8.33E-07	0.00						
					Ba	4.80E-05	3.86E-05	80.4	<9.10E-07	0.00						
					Sr	2.21E-05	1.74E-05	78.7	<1.43E-06	0.00						
					B	3.51E-01	1.76E-01	50.2	<1.16E-05	0.00						
				Cl	9.77E-02	1.93E-02	19.77	4.01E-03	4.11		6.39E-02	65.4	94.1	リーク発生		

表8.3 酸化物転換率、HCl固定化率評価結果(本試験)

Run No.	試験パラメータ		成分	装着量 (mol)		吸収液捕集量		酸化物転換率 (%)	HCl固定化量 (mol)	固定化率		備考		
	模擬塩廃棄物	水分付加量 (倍当量vs. 試験標準量)		希釈ガス流量 (NL/min)	HCl固定化剤装着量 (倍当量vs. 試験標準量)	吸収率 (%)	吸収量 (mol)			吸収率 (%)	VS. 装着量 (%)		VS. 転換量 (%)	
10	縦置き 組成1	20	0.1	5	Na	3.02E-02	-	-	-	-	-	-	通気管閉塞 試験中止 分析実施せず	
					Cs	6.05E-02	-	-	-	-	-	-		-
					Nd	2.45E-03	-	-	-	-	-	-		-
					Ce	1.36E-03	-	-	-	-	-	-		-
					La	6.81E-04	-	-	-	-	-	-		-
					Pr	6.79E-04	-	-	-	-	-	-		-
					Sm	6.60E-04	-	-	-	-	-	-		-
					Ba	4.83E-04	-	-	-	-	-	-		-
					Sr	2.11E-04	-	-	-	-	-	-		-
					B	3.33E-01	-	-	-	-	-	-		-
Cl	1.10E-01	-	-	-	-	-	-	-						
11	横置き 組成2	20	0.5	2	Na	3.19E-02	2.76E-02	86.4	1.23E-05	0.04	-	-	ほぼ正常 運転	
					Cs	6.39E-02	6.13E-02	96.0	<9.40E-07	0.00	-	-		
					Nd	2.31E-04	1.19E-04	51.6	<8.68E-07	0.00	-	-		
					Ce	1.28E-04	8.08E-05	63.0	<8.93E-07	0.00	-	-		
					La	6.32E-05	3.38E-05	53.5	<9.00E-07	0.00	-	-		
					Pr	6.31E-05	3.50E-05	55.6	<8.88E-07	0.00	-	-		
					Sm	6.21E-05	4.28E-05	69.0	<8.33E-07	0.00	-	-		
					Ba	4.42E-05	3.49E-05	79.1	<9.10E-07	0.00	-	-		
					Sr	1.96E-05	1.60E-05	81.8	<1.43E-06	0.00	-	-		
					B	3.52E-01	1.81E-01	51.6	<1.16E-05	0.00	-	-		
Cl	9.76E-02	1.63E-02	16.65	1.93E-02	19.8	-	-							
Na	3.03E-02	2.95E-02	97.3	6.47E-05	0.21	-	-							
Cs	6.05E-02	5.54E-02	91.6	<9.40E-07	0.00	-	-							
Nd	2.44E-03	1.53E-03	62.8	<8.68E-07	0.00	-	-							
Ce	1.36E-03	1.04E-03	76.7	<8.93E-07	0.00	-	-							
La	6.86E-04	4.40E-04	64.2	<9.00E-07	0.00	-	-							
Pr	6.75E-04	5.47E-04	81.1	<8.88E-07	0.00	-	-							
Sm	6.38E-04	5.17E-04	81.0	<8.33E-07	0.00	-	-							
Ba	4.86E-04	4.22E-04	86.9	<9.10E-07	0.00	-	-							
Sr	2.10E-04	1.82E-04	86.4	<1.43E-06	0.00	-	-							
B	3.33E-01	2.70E-01	81.2	<1.16E-05	0.00	-	-							
Cl	1.10E-01	8.33E-03	7.60	3.46E-02	31.6	-	-							
12	横置き 組成1	20	0.5	2	Na	3.19E-02	2.76E-02	86.4	1.23E-05	0.04	-	-	ほぼ正常 運転	
					Cs	6.39E-02	6.13E-02	96.0	<9.40E-07	0.00	-	-		
					Nd	2.31E-04	1.19E-04	51.6	<8.68E-07	0.00	-	-		
					Ce	1.28E-04	8.08E-05	63.0	<8.93E-07	0.00	-	-		
					La	6.32E-05	3.38E-05	53.5	<9.00E-07	0.00	-	-		
					Pr	6.31E-05	3.50E-05	55.6	<8.88E-07	0.00	-	-		
					Sm	6.21E-05	4.28E-05	69.0	<8.33E-07	0.00	-	-		
					Ba	4.42E-05	3.49E-05	79.1	<9.10E-07	0.00	-	-		
					Sr	1.96E-05	1.60E-05	81.8	<1.43E-06	0.00	-	-		
					B	3.52E-01	1.81E-01	51.6	<1.16E-05	0.00	-	-		
Cl	9.76E-02	1.63E-02	16.65	1.93E-02	19.8	-	-							
Na	3.03E-02	2.95E-02	97.3	6.47E-05	0.21	-	-							
Cs	6.05E-02	5.54E-02	91.6	<9.40E-07	0.00	-	-							
Nd	2.44E-03	1.53E-03	62.8	<8.68E-07	0.00	-	-							
Ce	1.36E-03	1.04E-03	76.7	<8.93E-07	0.00	-	-							
La	6.86E-04	4.40E-04	64.2	<9.00E-07	0.00	-	-							
Pr	6.75E-04	5.47E-04	81.1	<8.88E-07	0.00	-	-							
Sm	6.38E-04	5.17E-04	81.0	<8.33E-07	0.00	-	-							
Ba	4.86E-04	4.22E-04	86.9	<9.10E-07	0.00	-	-							
Sr	2.10E-04	1.82E-04	86.4	<1.43E-06	0.00	-	-							
B	3.33E-01	2.70E-01	81.2	<1.16E-05	0.00	-	-							
Cl	1.10E-01	8.33E-03	7.60	3.46E-02	31.6	-	-							

表8.4 酸化物転換率、HCl固定化率評価結果(本試験)

Run No.	試験パラメータ		成分	装荷量 (mol)	残留量		収率		酸化物 転換量 (mol)	酸化物 転換率 (%)	HCl 固定化量 (mol)	固定化率		備考				
	固定部 模擬塩 廃棄物	水分付加量 (倍当量vs. 試料塩素量)			試験パラメータ 希釈ガス 流量 (NL/min)	HCl固定化剤 装荷量 (倍当量vs. 試料塩素量)	残留量 (mol)	収率 (%)				酸化物 転換量 (mol)	収率 (%)		VS. 装荷量 (%)	VS. 転換量 (%)		
13	横置き 組成2	20	0.25	2	Na	3.19E-02	2.96E-02	92.8	<5.44E-06	0.00					ほぼ正常 運転			
					Cs	6.39E-02	6.07E-02	95.0	<9.40E-07	0.00								
					Nd	2.30E-04	1.34E-04	58.1	<8.68E-07	0.00								
					Ce	1.28E-04	8.84E-05	69.0	<8.93E-07	0.00								
					La	6.77E-05	4.01E-05	59.3	<9.00E-07	0.00								
					Pr	6.31E-05	4.55E-05	72.0	<8.88E-07	0.00	8.11E-02	83.1	6.45E-02	66.1		79.5		
					Sm	6.21E-05	4.41E-05	71.1	<8.33E-07	0.00								
					Ba	4.80E-05	3.95E-05	82.3	<9.10E-07	0.00								
					Sr	2.46E-05	2.00E-05	81.5	<1.43E-06	0.00								
					B	3.51E-01	2.04E-01	58.0	<1.16E-05	0.00								
Cl	9.76E-02	1.04E-02	10.6	1.66E-02	17.00													
14	横置き 組成2	30	0.5	2	Na	3.19E-02	2.99E-02	93.7	1.79E-05	0.06					ほぼ正常 運転			
					Cs	6.39E-02	5.80E-02	90.8	<9.40E-07	0.00								
					Nd	2.31E-04	1.24E-04	53.5	<8.68E-07	0.00								
					Ce	1.27E-04	8.03E-05	63.4	<8.93E-07	0.00								
					La	6.52E-05	3.51E-05	53.9	<9.00E-07	0.00								
					Pr	6.47E-05	4.30E-05	66.5	<8.88E-07	0.00	8.31E-02	85.1	4.96E-02	50.8		59.7		
					Sm	6.42E-05	4.38E-05	68.2	<8.33E-07	0.00								
					Ba	4.85E-05	3.90E-05	80.4	<9.10E-07	0.00								
					Sr	2.08E-05	1.71E-05	82.2	<1.43E-06	0.00								
					B	3.51E-01	3.07E-01	87.4	<1.16E-05	0.00								
Cl	9.76E-02	5.97E-03	6.11	3.35E-02	34.3													
15	横置き 組成2	40	0.5	2	Na	3.20E-02	2.97E-02	93.1	1.01E-05	0.03					ほぼ正常 運転			
					Cs	6.39E-02	5.85E-02	91.6	<9.40E-07	0.00								
					Nd	2.34E-04	1.34E-04	57.1	<8.68E-07	0.00								
					Ce	1.27E-04	8.65E-05	67.9	<8.93E-07	0.00								
					La	6.56E-05	3.93E-05	59.9	<9.00E-07	0.00								
					Pr	6.43E-05	4.57E-05	71.1	<8.88E-07	0.00	8.38E-02	85.9	4.53E-02	46.4		54.0		
					Sm	6.10E-05	4.14E-05	67.9	<8.33E-07	0.00								
					Ba	4.51E-05	3.68E-05	81.5	<9.10E-07	0.00								
					Sr	2.02E-05	1.77E-05	87.5	<1.43E-06	0.00								
					B	3.51E-01	2.97E-01	84.4	<1.16E-05	0.00								
Cl	9.76E-02	5.59E-03	5.72	3.85E-02	39.46													

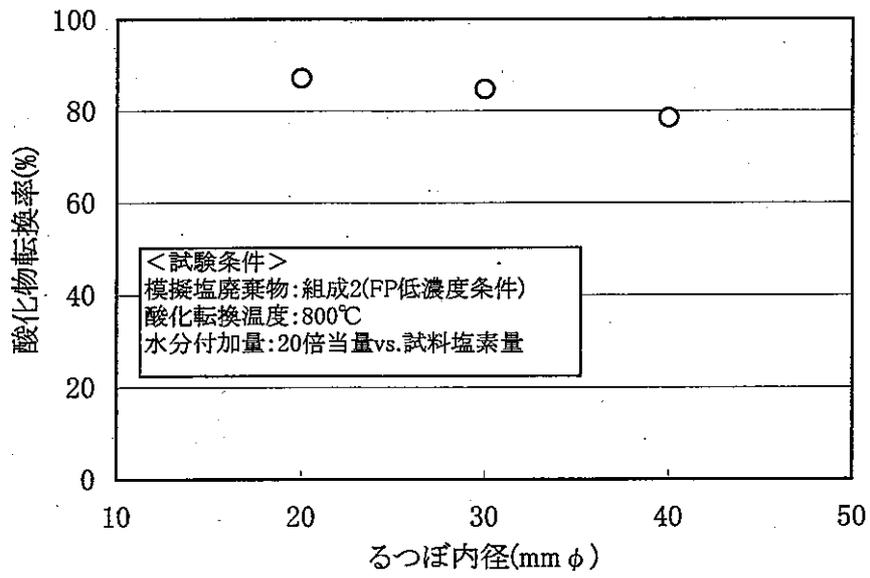


図7 るつぼ形状と酸化物転換率の関係

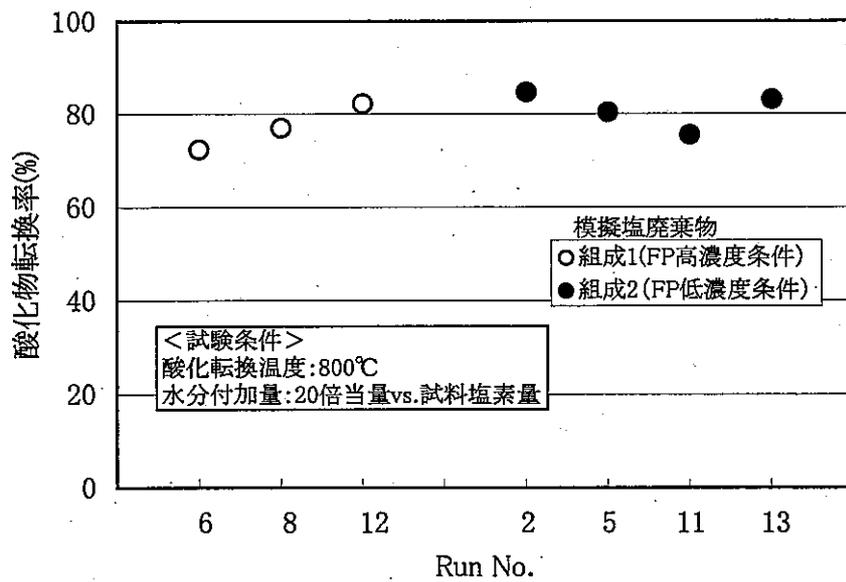


図8 同条件における酸化物転換率分布

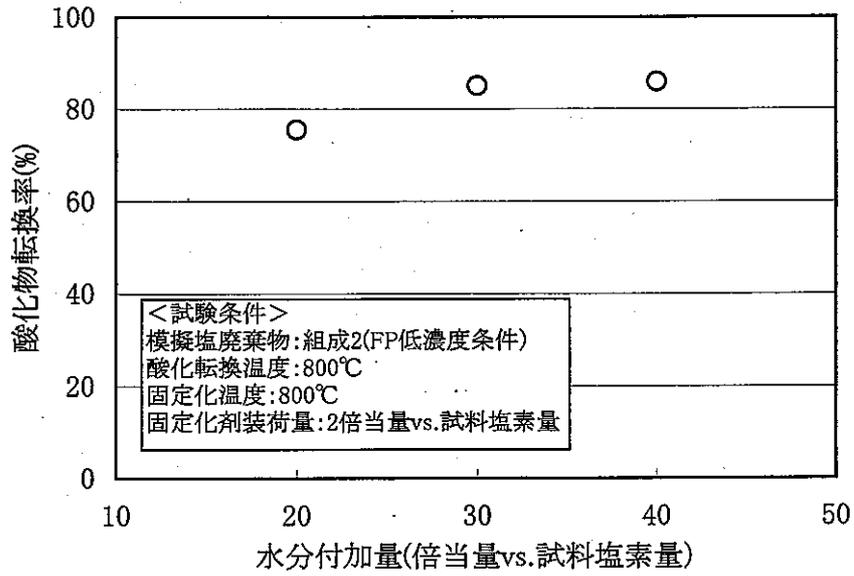


図9 水分付加量と酸化物転換率の関係

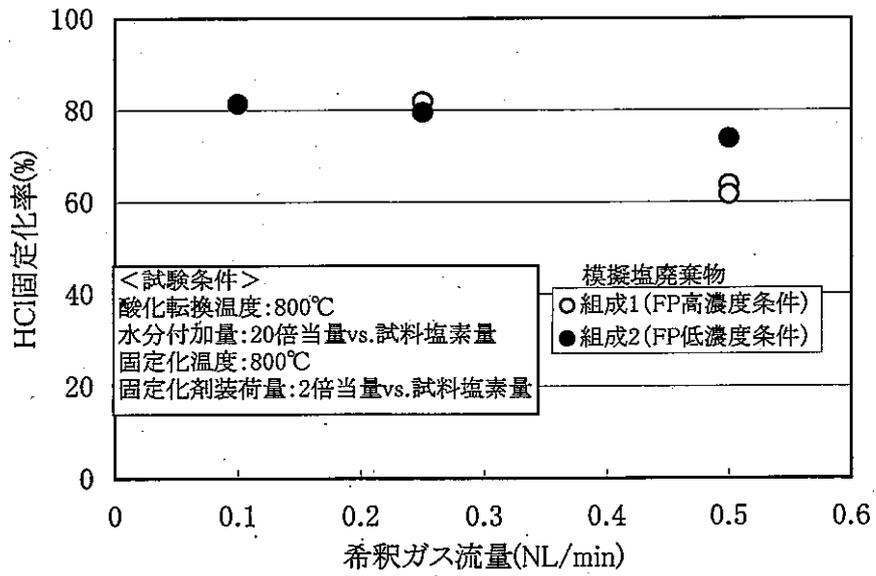


図10 希釈ガス流量とHCl固定化率の関係

表9 HSLの蛍光X線半定量分析結果

試料名 検出元素	Run No.5 試験後 HSL	Run No.11 試験後 HSL	Run No.13 試験後 HSL	未使用品 HSL (前年度データ)
Na	30	30	30	25
Mg	0.57	0.48	0.49	0.79
Al	20	20	20	25
Si	29	29	29	40
S	0.025	0.024	0.012	0.058
Cl	12	14	14	0.16
K	1.1	1.4	1.2	1.5
Ca	0.63	0.68	0.66	1.9
Ti	1.5	1.6	1.4	1.7
Mn	0.031	0.043	0.025	ND
Fe	3.8	3.7	3.8	3.7
Ni	0.023	0.025	0.028	0.031
Cu	0.015	0.019	0.0063	0.019
Zn	0.027	0.026	0.031	0.042
Ga	0.012	0.011	0.015	ND
Rb	0.019	0.017	0.015	0.018
Sr	0.0096	0.0067	0.0067	0.012
Zr	0.022	0.018	0.015	0.019

(mass%)

注釈)

未使用品HSLは前年度に実施した「塩廃棄物の処理に関する基礎試験(3)」からの引用データ。

HSLのロット番号は本年度がLot No.K024-6-5、前年度がLot No.HS-K0-25-2-10であり同一ロットではない。

半定量値は感度ライブラリーを用いてSFP法(セミアンダメンタルパラメーター法)により算出した。

半定量値は検出された元素のみ(装置の検出可能元素は周期律表上でF～U)での重量百分率。

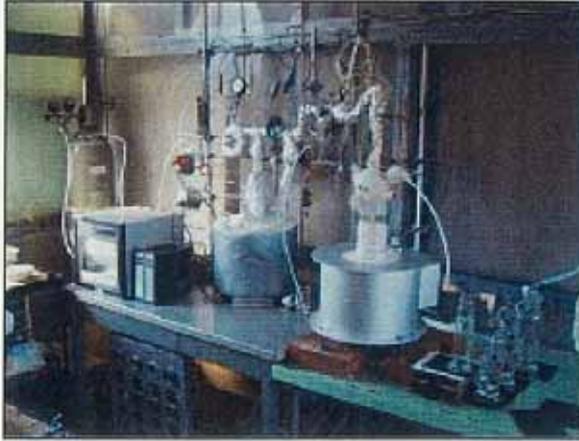


写真1 予備試験装置外観



写真2 本試験装置外観
固定部縦置き

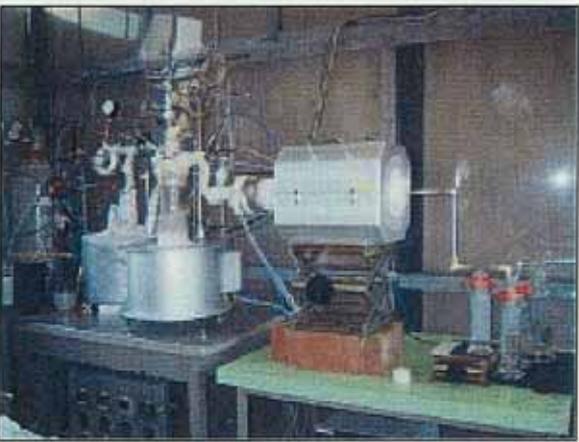


写真3 本試験装置外観
固定部横置き

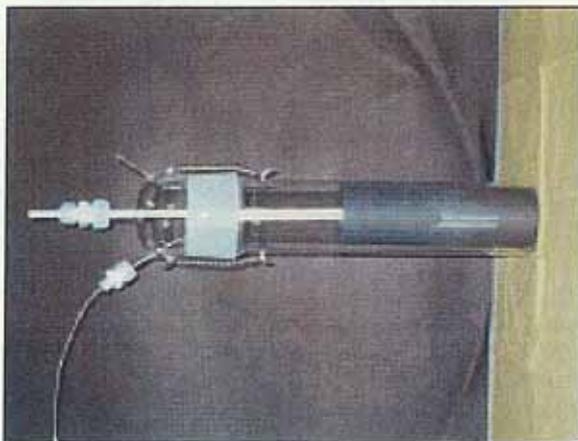
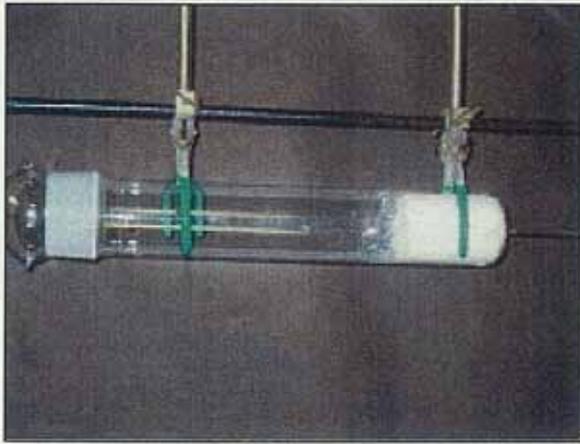
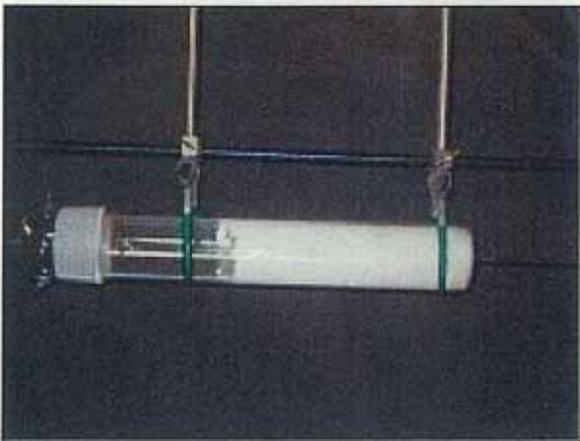


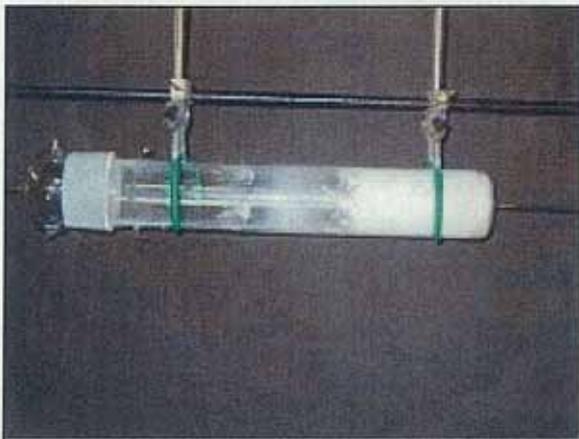
写真4 酸化転換容器



固定容器
写真5 ハフトロータライト2倍当量
石英ガラス片混合



固定容器
写真6 ハフトロータライト5倍当量
石英ガラス片混合



固定容器
写真7 ハフトロータライト2倍当量
石英ガラス片+アルミナ片混合



写真8 ハフトロータライト装荷状況
石英ガラス片+アルミナ片混合

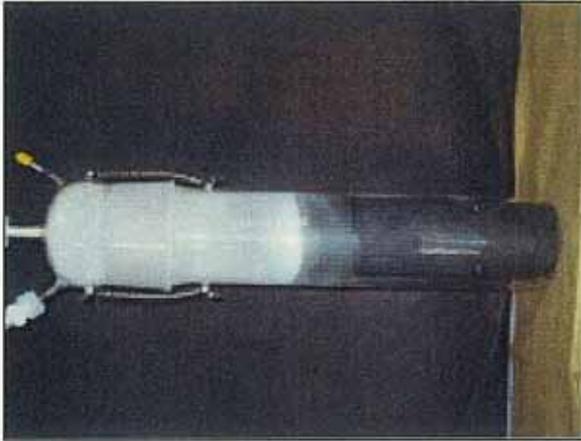


写真9 Run No.1転換容器状況

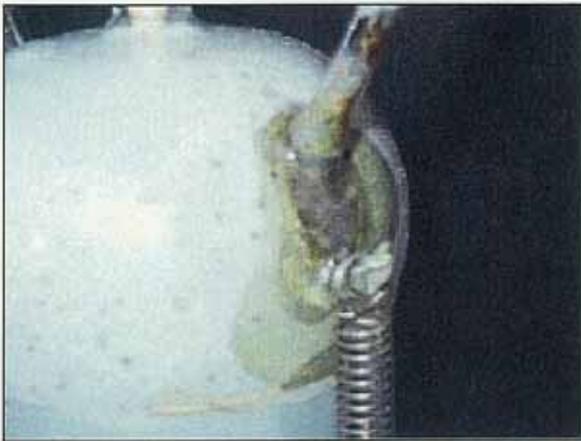


写真10 Run No.1転換容器キャップ状況

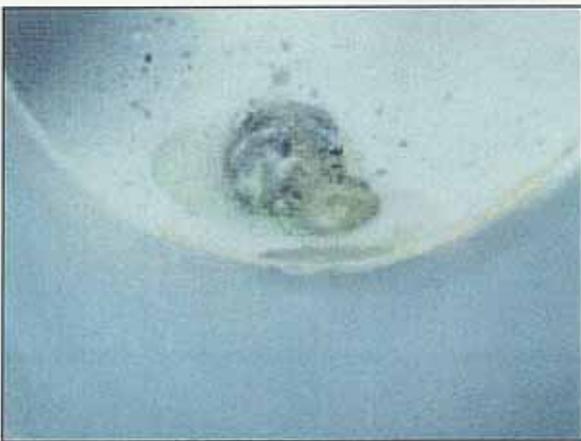


写真11 Run No.1転換容器ガス出口配管
状況

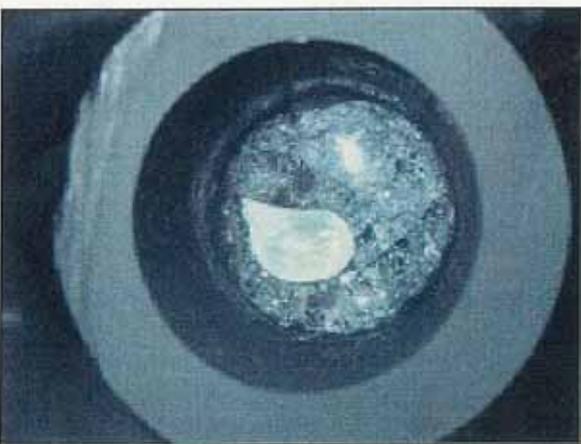


写真12 Run No.1試料状況

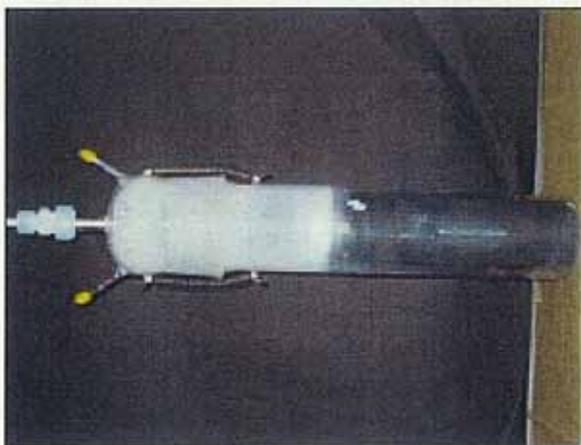


写真13 Run No.2転換容器状況



写真14 Run No.2転換容器キャップ状況



写真15 Run No.2転換容器内状況



写真16 Run No.2試料状況

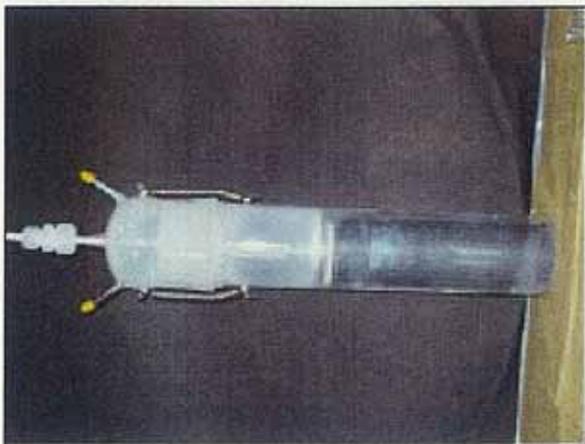


写真17 Run No.3転換容器状況

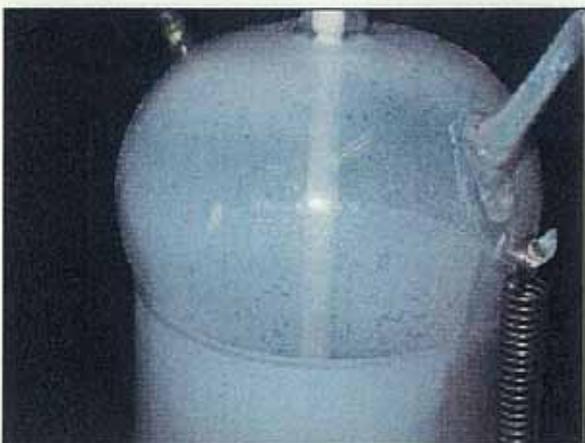


写真18 Run No.3転換容器キャップ®状況



写真19 Run No.3試料状況1

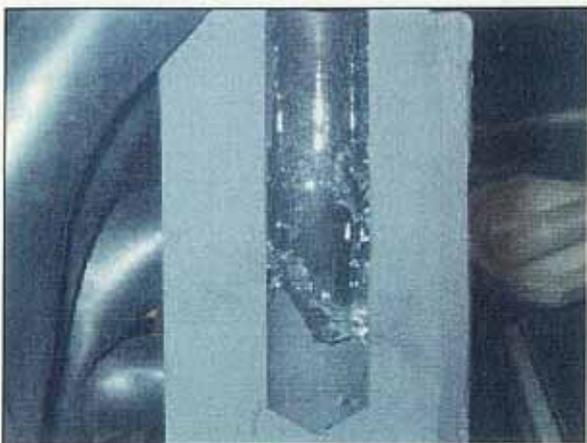


写真20 Run No.3試料状況2



写真21 Run No.4転換容器がスリークによる揮発塩の外部での析出



写真22 Run No.4ハイト'ロゾータライト状況

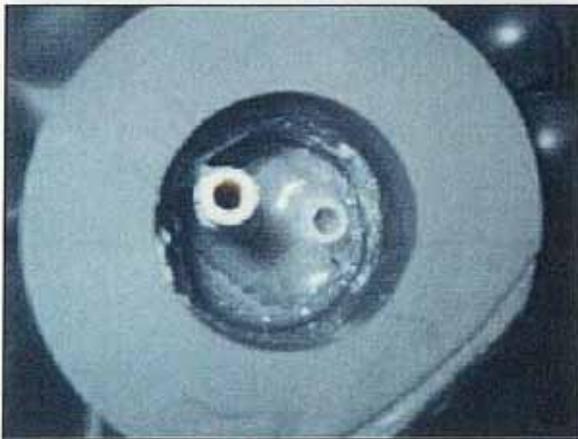


写真23 Run No.4試料状況1

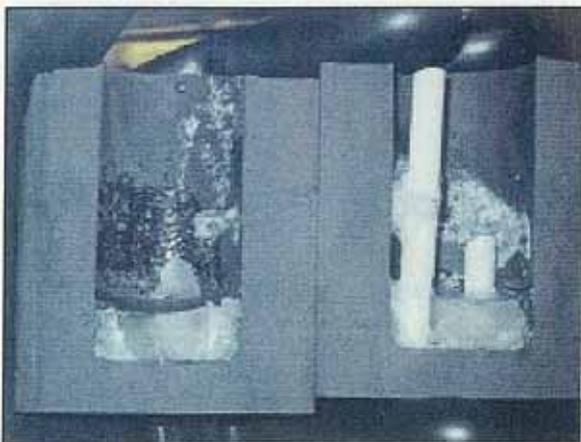


写真24 Run No.4試料状況2



写真25 Run No.5転換容器状況

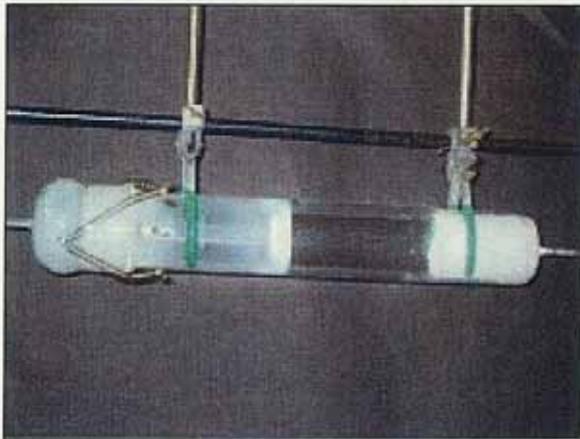


写真26 Run No.5固定容器状況



写真27 Run No.5ハイ圧ロータライト状況

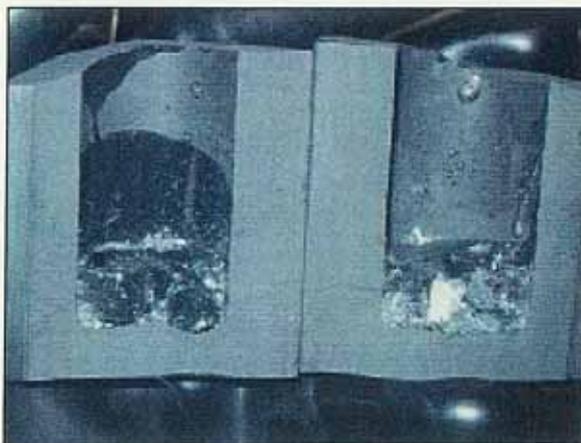


写真28 Run No.5試料状況

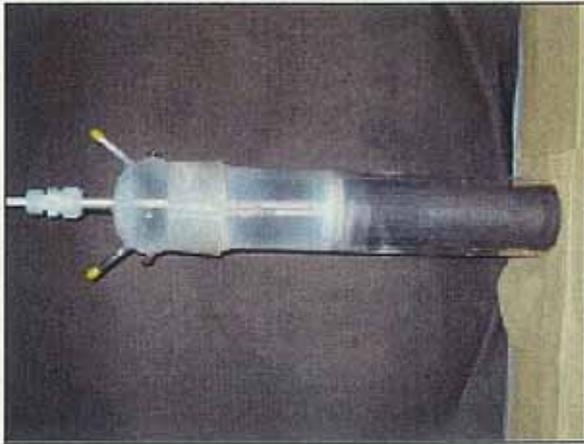


写真29 Run No.6転換容器状況

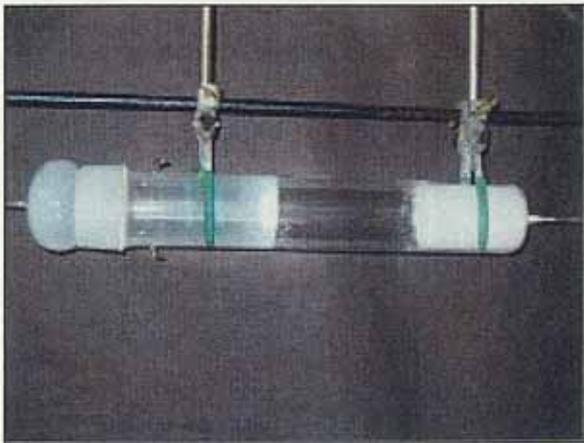


写真30 Run No.6固定容器状況

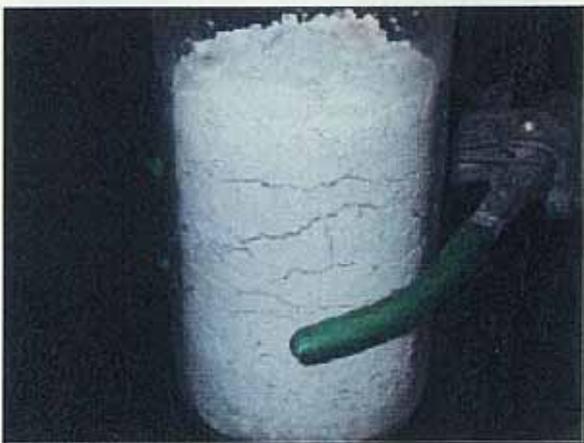


写真31 Run No.6ハイドロソードライト状況

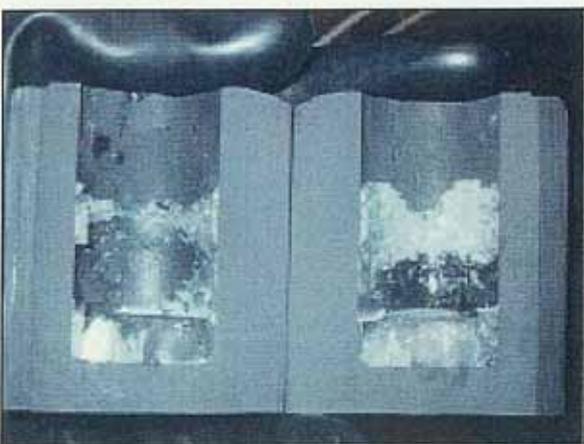


写真32 Run No.6試料状況



写真33 Run No.7転換容器状況

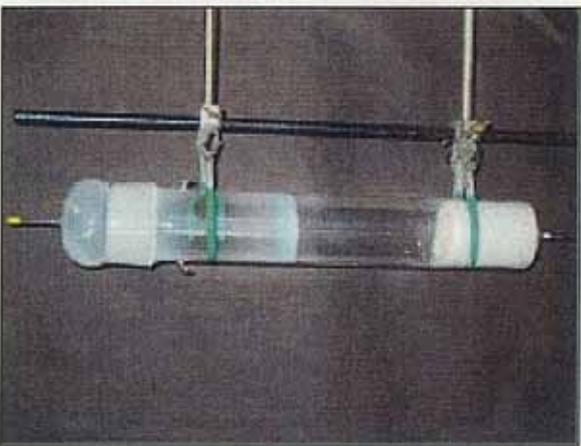


写真34 Run No.7固定容器状況

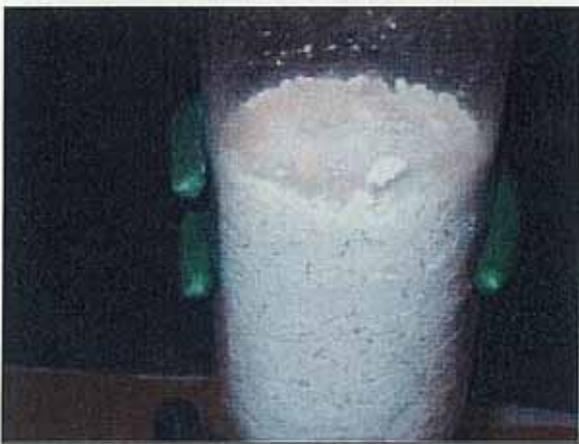


写真35 Run No.7ハイトソゾグライト状況



写真36 Run No.7試料状況



写真37 Run No.8転換容器状況

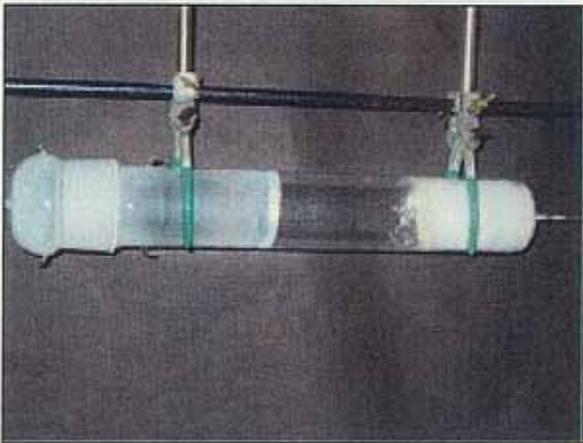


写真38 Run No.8固定容器状況

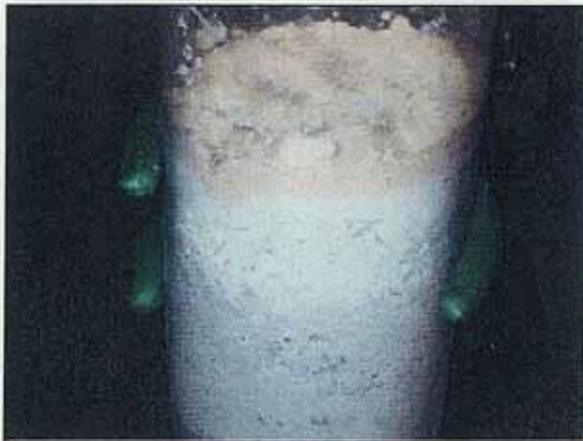


写真39 Run No.8ハイドロソダライト状況



写真40 Run No.8試料状況



写真41 Run No.9転換容器状況

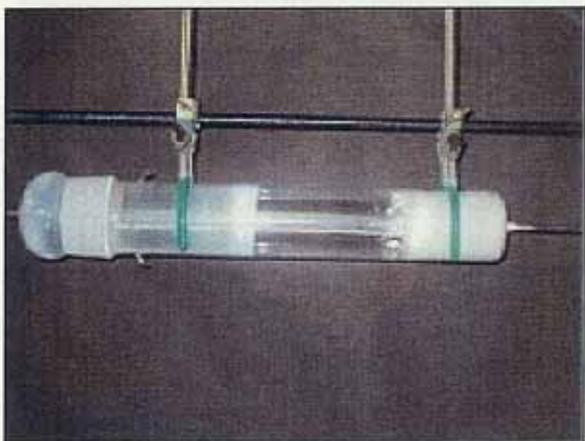


写真42 Run No.9固定容器状況



写真43 Run No.9水素グローライト状況

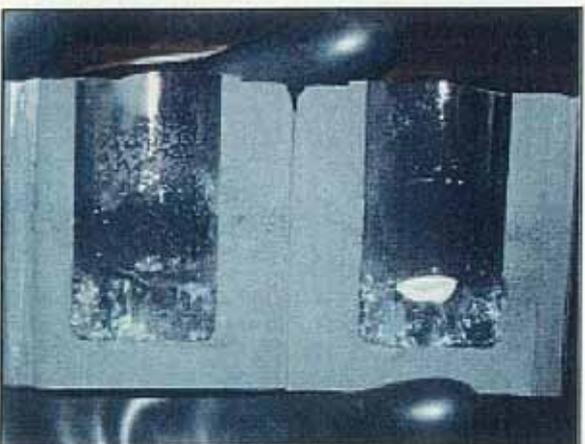


写真44 Run No.9試料状況



写真45 Run No.10転換容器ガス出口配管
揮発塩析出状況



写真46 Run No.10固定容器状況



写真47 Run No.10通気配管閉塞状況1



写真48 Run No.10通気配管閉塞状況2



写真49 Run No.11転換容器状況

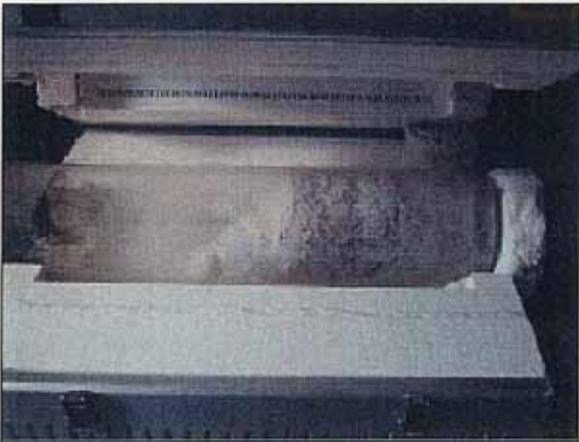


写真50 Run No.11固定容器状況



写真51 Run No.11ハイト'ロソーダライト状況

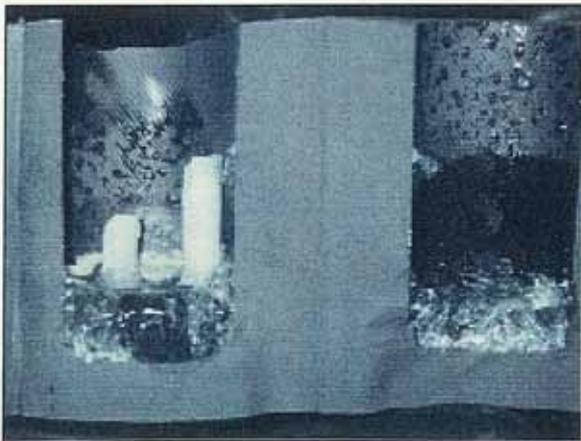


写真52 Run No.11試料状況



写真53 Run No.12転換容器状況

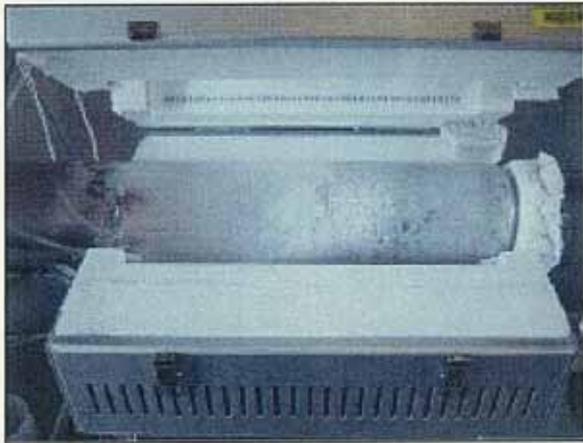


写真54 Run No.12固定容器状況

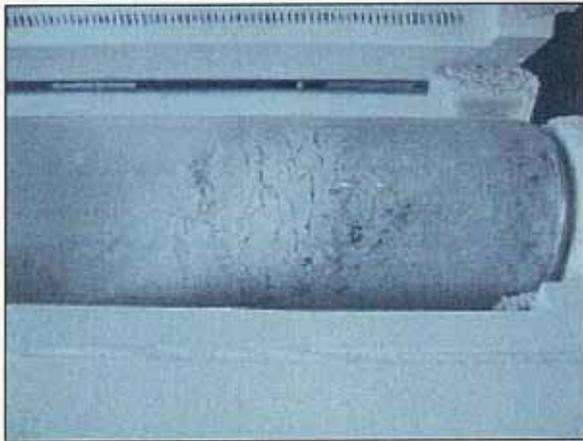


写真55 Run No.12ハイト'ロソーダ'ライト状況

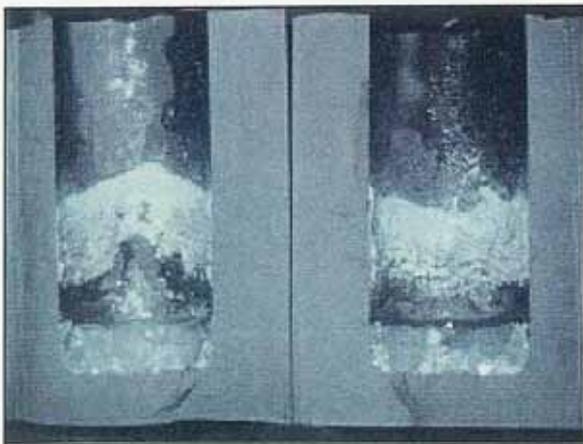


写真56 Run No.12試料状況



写真57 Run No.13転換容器状況



写真58 Run No.13固定容器状況



写真59 Run No.13ハイトローダライト状況

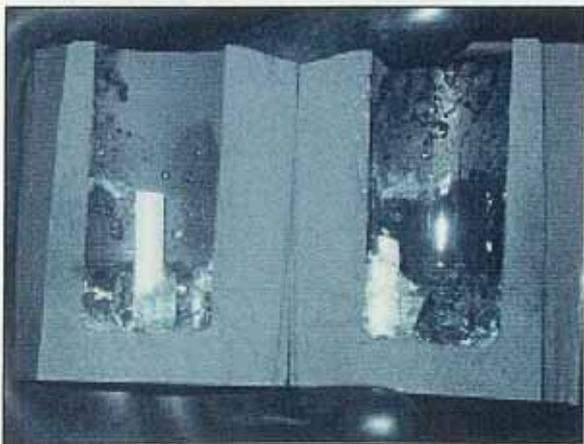


写真60 Run No.13試料状況

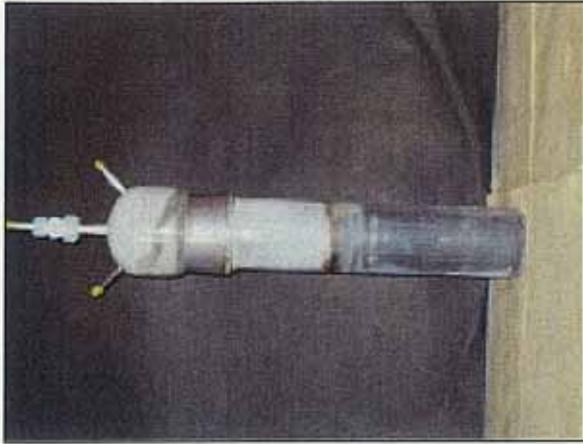


写真61 Run No.14転換容器状況

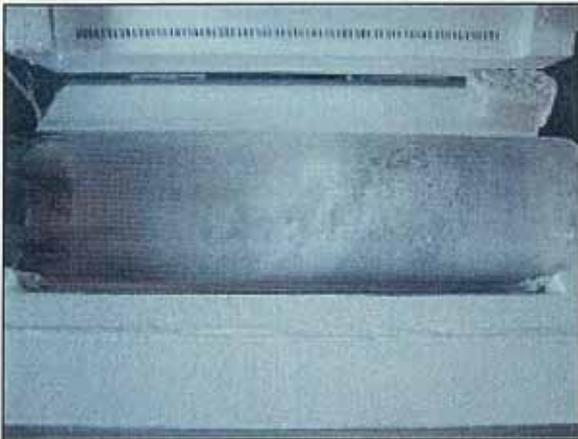


写真62 Run No.14固定容器状況

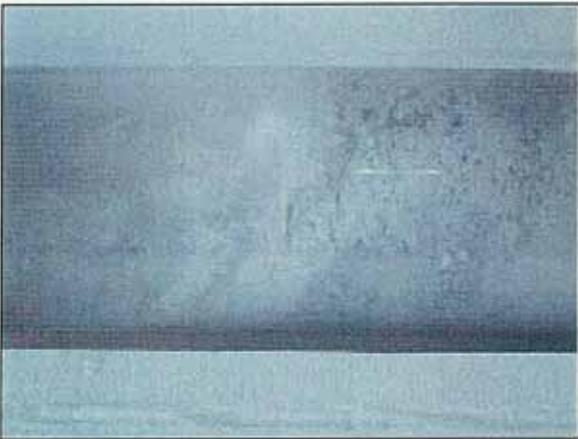


写真63 Run No.14ハイドロソウダライト状況

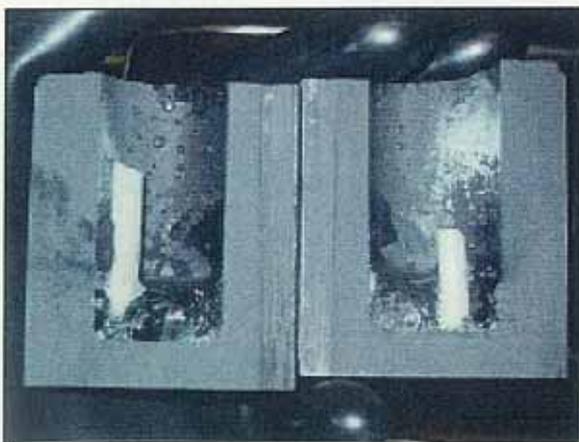


写真64 Run No.14試料状況



写真65 Run No.15転換容器状況

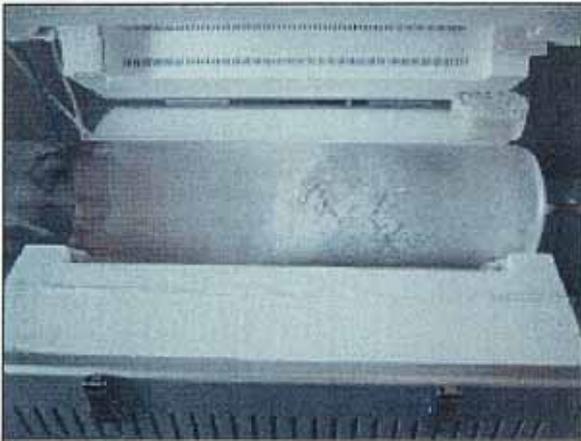


写真66 Run No.15固定容器状況

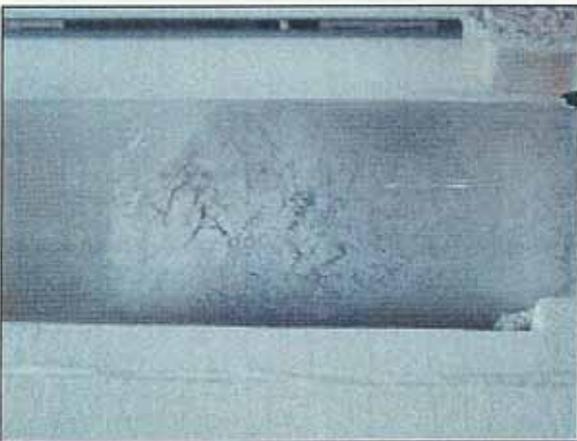


写真67 Run No.15ハイ'ロター'ライ卜状況

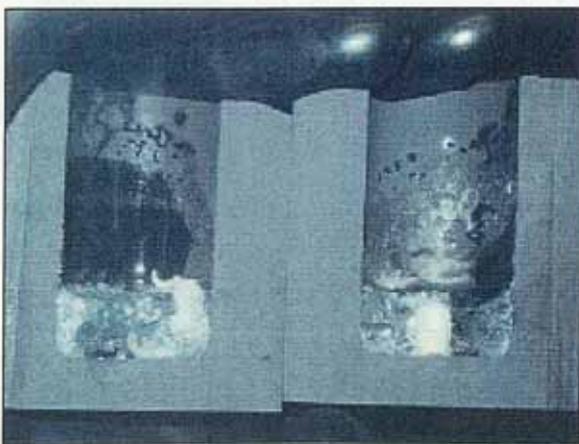


写真68 Run No.15試料状況