

**平成6年度人形峠事業所環境資源開発部  
業務報告**

**1995年6月**

**動力炉・核燃料開発事業団  
人形峠事業所**

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

〒708-0698 岡山県苫田郡上斎原村1550番地

核燃料サイクル開発機構 人形峠環境技術センター  
環境保全技術開発部 管理課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:  
Co-ordination Section, Environmental Research and Development Division,  
Ningyo-Toge Environmental Engineering Center,  
Japan Nuclear Cycle Development Institute,  
1550 Kamisaibara-son, Tomada-gun, Okayama-ken, 708-0698  
Japan Nuclear Cycle Development Institute,

© Japan Nuclear Cycle Development Institute

(核燃料サイクル開発機構)

## 環境資源開発部 業務報告

### 目 次

1. 転換技術開発課			
1.1	平成6年度転換技術開発課業務概要 .....	松田 健二	・・・ 1
1.2	回収ウラン転換実用化試験 (V)		
1.2.1	試験計画 .....	<input type="text"/>	・・・ 3
1.2.2	輸送容器開梱作業及びUO <sub>2</sub> サンプリング .....	<input type="text"/>	・・・ 17
1.2.3	運転実績		
1.2.3.1	プロセス運転実績 (概説) .....	<input type="text"/>	・・・ 27
1.2.3.2	水和前処理工程 .....	<input type="text"/>	・・・ 35
1.2.3.3	転換, 捕集充填工程 .....	<input type="text"/>	・・・ 48
1.2.3.4	保守 (電気・計装) .....	<input type="text"/>	・・・ 62
1.2.3.5	回収ウラン分析 .....	<input type="text"/>	・・・ 82
1.2.4	回収ウランの輸送 .....	<input type="text"/>	・・・ 101
1.3	脱硝工程高度化確証試験概要 (V) .....	<input type="text"/>	・・・ 107
2. 環境資源開発課			
2.1	平成6年度環境資源開発課成果概要 .....	高橋 義明	・・・ 114
2.2	水・岩石反応試験研究 .....	<input type="text"/>	・・・ 116
2.3	ウラン廃棄物処理技術開発 .....	<input type="text"/>	・・・ 121
2.4	鉱床成因研究及びバイオテクノロジー .....	<input type="text"/>	・・・ 129
2.5	ウランと不純物との分離試験研究 .....	<input type="text"/>	・・・ 134
2.6	方面捨石たい積場試験選別概要 .....	<input type="text"/>	・・・ 141

## 1. 1 平成6年度転換技術開発課成果概要

転換技術開発課 松田健二

脱硝工程高度化確証試験は平成2年度から電力との共同研究として継続してきたが、所定の成果を達成して平成6年9月末で無事終了した。しかし、

平成7年1月から新たな試験として受託試験を実施することとなった。

回収ウラン転換実用化試験は試運転・調整を実施し、官庁検査、輸送等関係各部署の協力のもとに8月22日から試験をスタートした。試験開始後、初期故障、原料UO<sub>2</sub>の予想外の大粒径等の課題も発生したが、改良等の努力の成果として、計画量である約32tUのUF<sub>6</sub>を生産できた。

(別表「転換技術開発課業務実績及び計画」を参照)

### 1. 脱硝工程高度化確証試験

保守試験として、グローブボックス内の作業を想定した作業性を確認するとともに、

9月に共同研究の最終報告書を作成し電力の合意を得て共同研究を終了した。

その後、1月からスタートした日本原燃(株)からの受託試験としては、共同研究後の装置の整備と新たな稼働率向上等を目指した試験の準備として、装置改造のための許認可準備を開始した。

### 2. 回収ウラン転換実用化試験

4月から装置の試運転・調整を実施し、監督官庁の検査を受検、6月に合格した。その後、原料UO<sub>2</sub>の輸送までの間は運転教育と試運転を実施した。原料輸送は8月から開始し年末までに6回、約41tUの原料が搬入された。輸送量は当初計画量約80tUに比べ、輸送開始が遅くなったこと、全てをトレーラー輸送とできなかったこと等の影響で少ない結果となった。

運転体制は1班9名の4班3交替勤務、計36名体制とし、その他、運転を支援する運転管理グループ、分析グループ等を配置した。運転期間は年間3キャンペーンに分け、5月の連休、8月定検、年末年始を約1か月程度運転休止、整備期間とすることとした。また、UF<sub>6</sub>の生産量は、輸送量の減少に従い、48Yシリンダ4本(32tUのUF<sub>6</sub>)の製品を出荷することとして、ホット試験は、定検、IAEAのPITを終了後の8月22日から開始した。試験は単機試験、工程連結試験を経て12月頃から全工程同時運転試験に移行していった。計画運転休止期間の年末年始に連続水和工程中心に整備を実施し、その後、本格的な連続運転試験を実施した。

最後に、回収ウラン転換実用化試験、脱硝高度化確証試験のプロジェクトを遂行するにあたり、人形峠事業所のみならず本社、東海事業所の関係者の皆様のご支援とご指導に対し心からの感謝を表するとともに、今後の両試験の成功への更なるご協力をお願いしたい。

別表 轉換技術開發課業務実績及び計画

平成7年6月

年月	平成6年度												平成7年度											
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1. 回収シラン転換 突用化試験																								
(1) 許認可 (検査)																								
(2) 総合調整・試運転																								
(3) 輸送																								
(4) 試験																								
(5) 出荷 (48Y)																								
(6) 計画停止 (定検等)																								
(7) 共同研究報告																								
(8) 岡山県了解条件対応																								
2. 脱硝工程 高度化確証試験																								
(1) 試験 (共同研究)																								
(2) 試験 ( )																								
(3) 許認可																								

STA最終監督部

終了

準備

改訂

## 1. 2 回収ウラン転換実用化試験 (V)

### 1.2.1 書式馬券書十画

転換技術開発課

#### 1. 回収ウラン転換実用化試験研究の開始に係わる許認可

回収ウラン転換実用化試験研究は、電力会社と共同研究契約及び転換役務契約を締結し、平成3年度から準備に取りかかり、平成6年度8月に転換処理を開始した。

平成6年度は、改造工事を終了した回収ウラン転換実用化試験設備に対し、表-1に示す許認可の対応を行った。表-2は、回収ウラン転換実用化試験研究の開始に影響を及ぼした許認可内容を時系列に示した。原子炉等規制法の保安規定の認可を受け、回収ウランの輸送手続きが開始された。許認可対応で注目された内容の中で、表-3は科学技術庁による原子炉等規制法に基づく施設検査を、表-4は岡山県環境保全協定に基づく7項目了解条件の実施状況を示した。

また、部内で回収ウラン転換実用化試験の開始に向けたチェック体制が発足し、手続きにおける遺漏なきことの確認、転換計画の確認、マニュアル確認等の対応を実施し、内部及び外部からの回収ウラン転換実用化試験の開始に向けた審査に対応した。

#### 2. 転換役務

表-5に回収ウラン転換実用化試験研究の役務範囲を示す。

計画及び実績を示す。

表-6及び表-7は転換役務

図-1に平成6年度の操業実績を示す。

#### 3. 共同研究

表-8には転換処理計画として、共同研究計画と転換処理計画の関係を示す。この計画に沿い、共同研究を計画した。表-9に共同研究スケジュールを示す。平成6年度は転換処理を開始したことにより、研究契約説明会を5月20日に、中間報告会を11月29日に実施した。転換試験では、UO<sub>2</sub>、サンプリング分析、単体機器運転条件・処理能力の確認、不純物核種の挙動評価、安全評価、放射性廃棄物の評価及び装置耐久性評価について、データを採取し、研究成果及び課題を報告書にまとめ、平成7年3月8日の報告会に提出し、3月末で報告書の検収を受けた。表-10には共同研究の計画と実績を示す。

#### 4. 問題点及び今後の課題

表-11に回収ウラン転換実用化試験研究の問題点と今後の対応をまとめた。また、下記には平成6年度に予測できなかった事象について取り上げた。

##### (1) 許認可

計画では科学技術庁の施設検査合格証を交付されることが確認できた後に輸送手続きを開始し、7月から回収ウランを使用して試運転を行う予定であった。実際には、施設検査合格証の交付を受け、さらに保安規定の認可を受けた後に、輸送開始手続きが行われたので、1か月回収ウランの使用が遅れた。

## (2) 転換役務

平成6年度の回収ウラン転換実用化試験の実績は、 $UO_2$ 原料確保量が計画値70 tUに対して41.2 tU、 $UO_2$ の転換処理が計画値70 tUに対して35.3 tU、製品UF<sub>6</sub>抽出量が63 tUの計画値に対し32 tU、と計画値を下回った。

原料 $UO_2$ の確保が計画量に対し少なかったが、転換処理も水和工程と転換工程の不具合発生、及び原料 $UO_2$ に粗粒が混入していたことで、生産速度が遅くなった。

## (3) 共同研究

転換処理の不具合対応の影響を受け、共同研究は計画どおりにはできなかった。回収ウラン転換実用化試験研究では、試験及び運転条件を把握する上の工程内のサンプリングが、系統的に出来なかった。また、HF2塔化試験、NaF吸脱着試験についてはデータが得られなかった。

平成7年度は、効果的なサンプリングを検討し、試験及び運転条件を把握できるようにする。また、試験計画書の周知を図り、試験及び運転の評価を定期的に行う。

平成6年度の輸送実績を踏まえると、平成7年度に120tU輸送することは困難が予想されるため、平成7年度以降の回収ウラン転換実用化試験の転換量に係わる契約変更を行い、これに基づいた新たな転換処理計画を策定する。また、共同研究については、契約変更した転換量で研究を継続し、初期の試験目的を満足する成果を上げることが、必要になる。

回収ウラン量  
tU

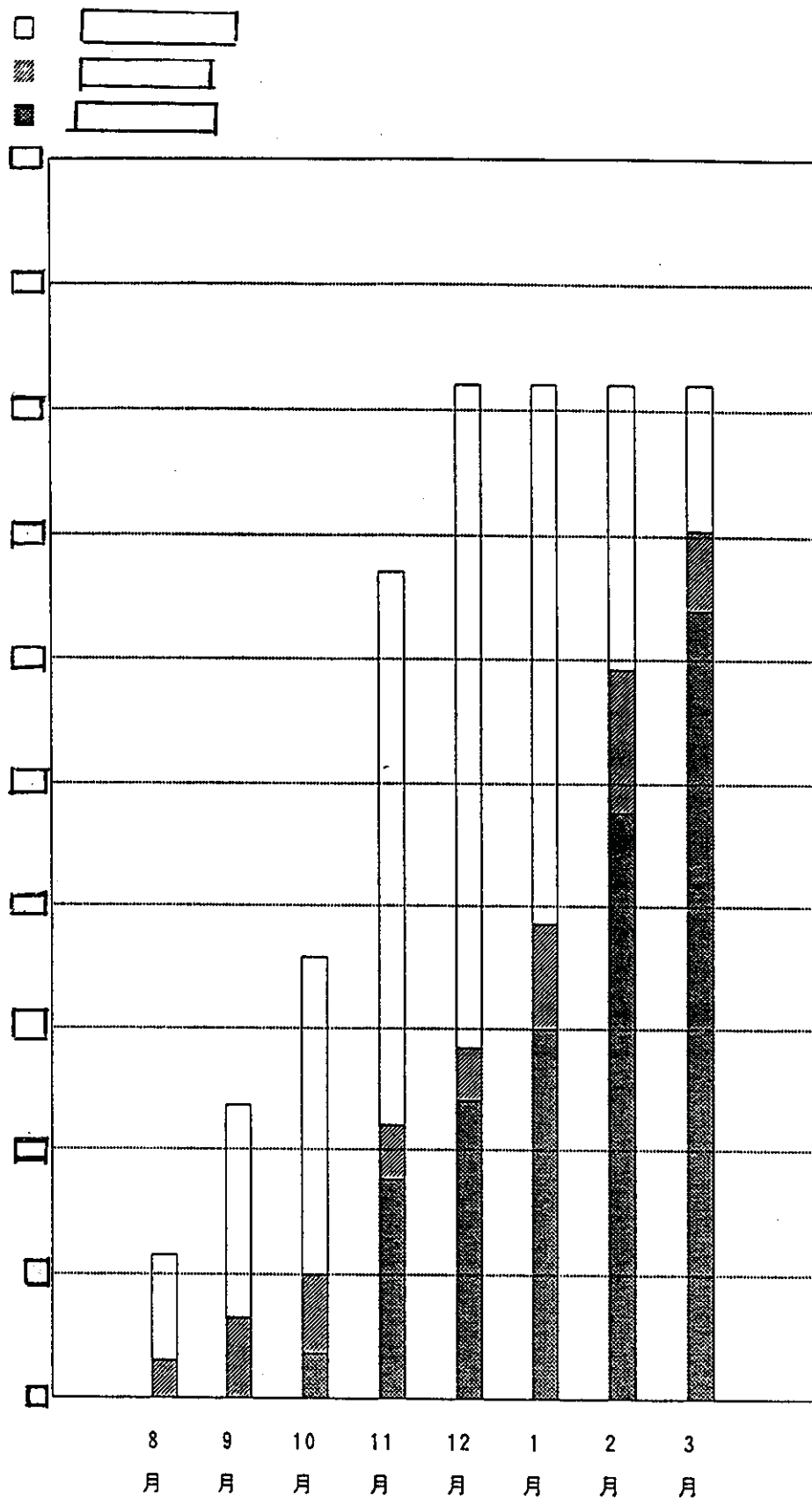


図-1 平成6年度回収ウラン転換操業実績



表 - 1 平成 6 年度の許認可関係計画

関係法令	適用項目
1. 原子炉等規制法	① 施設検査受検及び合格証交付 ② 保安規定変更認可 ③ 輸送容器 ・設計承認申請 ・検査申請
2. 鉱山保安法	① 施設変更認可 ② 工事完成届 ③ 落成検査, 施設検査証交付 ④ 保安規程変更認可
3. 岡山県環境保全協定	① 7項目了解条件の確認
4. 瀬戸内海環境保全特別措置法	① 特定施設等の使用開始報告
5. 消防法	① 液化アンモニウムの貯蔵の届出
6. 毒物及び劇物取締法	① 製造業の変更登録

表-2 回収ウラン転換実用化試験研究開始主要手続き実績

	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月
原子炉等規制法			○5/25	○6/6	
(1) 最終施設検査				○6/6	
(2) 施設検査合格証交付				申請	
(3) 保安規定認可				○6/23	
(4) 計量管理規定					輸送手続き
鉱山保安法					
(1) 施設変更認可	4/19○	申請			
(2) 落成検査		○5/11		○6/8, 9, 10	
(3) 施設検査証交付		申請		○6/26	
(4) 保安規程認可		○5/11		申請	
岡山県環境保全協定及びび了解条件				○7/22	
毒物及び劇物取締法 登録変更			○6/2	岡山県説明	○10/26
			申請		

表-3 核燃料物質使用変更（製錬転換施設）に係る施設検査スケジュール

(実績)

予定事項等 申請	平成6年												
	平成5年						平成6年						
	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月					
施設検査申請		▲ 12/2											
第1回検査 三菱マテリアル 福井		★ 12/7											
第2回検査 人形峠事業所				★ 2/23									
第3回検査 人形峠事業所					★ 3/15, 16								
第4回検査 新菱冷熱舞鶴					★ 3/18								
第5回検査 人形峠事業所						★ 4/19, 20							
第6回検査 人形峠事業所							★ 5/10, 11						
第7回検査 人形峠事業所								★ 5/24, 25					
合格証													▲6/6

表-4 岡山県了解条件対応スケジュール

年月 了解条件指示事項	平成5年度												平成6年度			
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	
(1) ① 運転開始前教育訓練																
② 反復1回教育訓練																
③ 保安教育の再教育																
④ 直責任者層教育																
(2) ① 定期自主検査																
② 7.17M. 結果の確認		◆ 7.17M確認														
(3) UF. 漏えいを想定した 総合訓練																
(4) ① 埋設配管漏水検査																
② 検査結果の確認																
(5) ① 仕様確認分析結果の 報告																
② 第三者分析と報告																
(6) 製錬転換施設関連の排気 事業所排水、大気浮遊じ ん、河川水等ブルトニウ ム分析																
(7) ① 対照地域の環境ブル トニウム分析,																
② 文献調査																

表 - 5 転換役務範囲の年度展開概要

	平成 3	平成 4	平成 5	平成 6	平成 7	平成 8	平成 9
①		[Bar]					
②			[Bar]				
③				[Bar]			
④				[Bar]			
⑤				[Bar]			
⑥				[Bar]			
⑦				[Bar]			
⑧				[Bar]			
⑨				[Bar]			
⑩				[Bar]			
⑪				[Bar]			





表一 8 転換処理計画（共同研究計画と転換処理計画）

	平成6年度	平成7年度	平成8年度	平成9年度
1. 全体計画（転換試験計画）	70	120	120	50
(ト、U)				
2. 共同研究計画 (研究開発の基本ステップ)	単体機器 性能試験		(研究項目) 連続運転性の確認 (不純物核種の共同評価, プロセス機器の信頼性評価等)	
	①炉型区分 (BWR, PWR) ②燃焼度 (比較的 低燃焼度燃料からの回収ウランを使用) ③不純物挙動 (Np, Ru等の濃度を段階的に上げる。) ④核種挙動評価 (廃棄物への放射能移行, 環境放出放射能評価等) (基本ステップ)			
3. 共同研究計画に対応した 転換処理計画 (各電力会社の転換処理計画)				



表 9 共同研究スケジュール

項 目	年 度							
	平成 3	平成 4	平成 5	平成 6	平成 7	平成 8	平成 9	
<b>1. 試験設備の整備</b>								
(1)	[ ]							
(2)	[ ]							
(3)	[ ]	[ 許認可 ]						
(4)	[ ]							
<b>2. 転換試験</b>								
(1)	[ ]		[ ]					
(2)	[ ]				[ ]			
(3)	[ ]			[ ]				
(4)	[ ]					[ ]		
(5)	[ ]					[ ]		
(6)	[ ]					[ ]		
(7)	[ ]					[ ]		
(8)	[ ]					[ ]		
<b>3. 総合評価</b>								
(1)	[ ]						[ ]	[ ]
(2)	[ ]						[ ]	[ ]
(3)	[ ]						[ ]	[ ]
検収報告書		▲	▲	▲	▲	△	△	△

表-10 回収ウラン転換実用化試験研究の計画と実績

(1)			
(2)			
(3)			
(4)			
(5)			
(6)			

表-11 回収ウラン転換実用化試験研究の問題点と今後の対応

項目	課題	今後の対応
(1) 許認可	計量管理規定及びFA・DIOの認可取得	取得するための申請を開始した。
(2) 転換役務	転換量を見直して役務契約の変更に資する。	転換量の見直しを検討中。
	転換量を見直しに伴い、ブレンディング計画を策定し、原料調達を実施する。	役務変更契約を締結し、ブレンディング計画を決め、原料調達に取りかかる。
(3) 共同研究	研究内容の各項目の試験計画書及び要領書の作成。周知方法の徹底を図る。試験データと運転データを区別し、評価する。	組織的に試験計画書及び要領書を作成する。作成に際しては、試験目的、方法、スケジュール及び評価方法を明確にする。
	試験を評価するサンプリングを実施する。サンプリング時に作業員の被ばく及び空気汚染が発生する。	サンプリング計画を策定する。被ばく防止及び空気汚染防止対策のために、サンプリング装置の製作を検討し、実施する。
	120IU <input type="text"/> 生産できる運転方法の検討が必要。	現状のバッチ運転から連続運転を行う設備稼働計画を整備し、実施する。

## 1.2.2 輸送容器開梱作業及び

### UO、サンプリング

報告者 転換技術開発課

#### 1. はじめに

回収ウラン転換実用化試験の出発原料である三酸化ウランは、貯蔵容器に充填された状態で、UOX/C型輸送容器に収納されて、東海事業所再処理工場から人形峠事業所製錬転換施設に搬入される。従って、製錬転換施設では、この貯蔵容器を輸送容器から取り出す作業を行っている。

取り出した貯蔵容器は、バードケージに取り付け気流輸送装置にセットし、サンプリングを行った後にロボットで次工程の水和前処理工程原料供給槽へ気送される。

これらの作業工程の概要、問題点と対応、実績、今後の課題について開梱作業、サンプリング、原料気送と3点に分け報告する。

#### 2. 開梱作業

##### (1) 開梱作業概要

東海事業所から輸送された輸送容器は、製錬転換施設のローディングヤードで運搬車両から木製パレットに降ろし、核燃料物質貯蔵庫へパレットトラックで運搬する。開梱作業はこの輸送容器を開梱場所へ移動し、開梱作業架台を設置し行う。図-1に開梱作業概略フローを示す。

##### (2) 問題点と対応

平成6年度開梱作業を行うにあたり、以前の作業では脚立等を使用して作業を行ったが、足元が不安定で工具も使いにくく作業効率が悪かったため、作業をより安全に効率良く行う目的で、図-2に示すような専用の移動式開梱作業架台を製作した。この作業架台は円形ドーナツ型で、二つ割り構造である。作業床までの高さは80cmで、以前は貯蔵容器吊具の脱着等の輸送容器内部に入って行っていた作業を、作業床から行うことを可能にした。

また、以前はモンキーレンチ等を使用してボルトの取り外しを行っていたが、作業をよりスピーディーに行うため、インパクトレンチを準備し、貯蔵容器を吊り上げるフック付のベルトスリング、内蓋のボルトを締める柄の長い六角レンチ等専用の工具、吊具を準備した。

さらに、輸送容器も内部緩衝材の脱着を容易にするため把手を付けたり、内容器蓋の位置決めを確実にするためガイドピンを取り付けた。

また、ボルトの締め忘れ等のヒューマンエラーを防止するために図-3に示すような輸送容器開梱作業チェックシートを作成し作業を行った。輸送容器の外観上のチェックは外観検査チェックシートを活用し行った。

開梱作業中に起こった問題点としては、内蓋吊り上げ時にガイドピンの変形が生じたが、ガイドピンの先端形状を円柱円錐状から半球状に変えることによって対応した。

また、内蓋取り付け時に気密用Oリングが溝から外れ破損する問題が生じたが、内蓋取り付け時ボルトを締める前に、内蓋から輸送容器頂部までの寸法を90°毎4点確認することによって対応した。これについては、輸送容器開梱作業チェックシートに追加記載した。

##### (3) 開梱作業実績

開梱実績としては一日7基以上開梱可能となり、平成6年度は180基の開梱を行った。また前述の輸送容器開梱作業架台、インパクトレンチ、チェックシート等を使用することにより、作

業員の慣れ不慣れがあっても同一の能率、正確さで開梱作業が行えるようになった。

尚、輸送容器開梱作業架台を使用しての作業状況は写真-1である。

#### (4) 今後の課題

開梱作業の今後の課題は、東海事業所と貯蔵容器重量について有意な測定差はないが、それぞれ独自の測定手順で重量測定を実施しているため、統一した測定手順を定める必要がある。

実作業については輸送容器の内部容器内蓋のボルトを最終的に締め付ける時、トルクレンチを使用しているが、内部容器が輸送容器内部にあるため作業姿勢が悪くなる。従って、作業員が作業架台の上から容易に締められるように、専用工具を検討する必要がある。

さらに、貯蔵容器をパードケースにセットする時は、吊り上げ用のIボルトを取り外すため、容器の首部をベルトスリングで巻き付け吊り上げているが、容器が垂直にならない等の問題があるため、専用吊具を検討する必要がある。

### 3. サンプルング

#### (1) サンプルング作業概要

貯蔵容器からのサンプルング作業は、図-4に示すようなサンプルング治具を使用して行った。サンプルング方法は、この治具を貯蔵容器内粉体に回転させながら差し込み内筒を回転し、スリットを開けサンプルングした後、スリットを閉じ引抜き、ホルダーに収納してサンプルング容器に回収する。

#### (2) 問題点と対応

中規模試験でのサンプルング方法は、貯蔵容器の蓋を開け、スプーン状のもので上部にある粉体のみを採取していた。しかし、貯蔵容器内の粉体は上層部と下層部とでは、粉体物性がかなり異なる場合があり、代表性のあるサンプルング方法ではなかった。回収ウラン転換実用化試験の平成6年度サンプルングを行うのにあたっては、この問題を解決するため専用のサンプルング治具を製作した。この治具を使用してサンプルングを行うことによって、貯蔵容器内の粉体の上層部から下層部までのサンプルングが可能となり、代表性のあるものとなった。

また、同一貯蔵容器の3点の異なった位置からサンプルングし、粉体物性比較を行い有意な差が認められなかったため、貯蔵容器中央1点のサンプルングを行った。

サンプルング治具についても、当初は径も太く重いものであったが、改良し約5kgまで軽量化した。また、貯蔵容器内粉体が硬く締まっているものは、治具を回転しても粉体内に入っていかなかったが、治具先端形状の角度、ねじの溝の深さ等改良を行い、粉体の所定の深さまで差し込めるようにした。

#### (3) サンプルング実績

平成6年度のサンプルング実績は、回数としては141回、貯蔵容器180基中サンプルング実施容器は134基である。表-1に平成6年度のサンプルング実績を示す。また、このサンプルング治具を使用してサンプルングを行うことにより、粉体の上から下までのサンプルングが可能となり、より代表性のあるものになった。

#### (4) 今後の課題

このサンプルング治具を使用して30回程実施すると内筒が変形するため、治具の強度、耐久性の向上及び軽量化の検討を行う必要がある。

## 4 原料気送

### (1) 原料気送概要

原料気送は製錬転換施設のフッ化沈澱室一階にある、主にターンテーブル及び気送ロボットからなる気流輸送装置で行っている。まず核燃料物質貯蔵庫からバードケージに取り付けられた貯蔵容器を移動しターンテーブルにセットする。セットされた貯蔵容器は自動的にローラコンベアで気送室に移動した後、ロボットにて原料気送され、気送完了後再びターンテーブル前室まで移動し回収する。

### (2) 問題点と対応

気流輸送装置は中規模設備の時は気送ロボットだけで、貯蔵容器は1基ずつ人手で気送室前にセットし、ロボットを常時監視しながら気流輸送を実施し、終了したら交換作業を行っていたため、気流輸送の間は1人が掛かりきりの作業となっていた。従って、休日あるいは夜間の気流輸送が困難な状況にあり、連続運転を行う回収ウラン転換実用化試験での運転に支障があると考えられた。平成6年度原料気送については、写真-2のターンテーブルを製作設置し、最大6基までの貯蔵容器を一度に受入れ、自動的に2日間分の原料を連続気送できるようにした。このため休日対応、夜間対応が可能となり、常時1人が気送に付く必要がなくなった。

また、原料気送中の貯蔵容器及びバードケージの汚染防止のため、プラスチックフィルムでカバーを製作して、ターンテーブルセット時に取り付けるようにした。このカバーについても当初は紐で縛って取り付けていたが、平成6年度中にマジックテープで取り付けるように改善し、脱着を容易にした。

原料気送に関しては気送開始当初、気送完了後も貯蔵容器内に原料が残って完全な気送が出来ないという問題が生じた。原因は気送時の貯蔵容器の位置が一定でなく、ロボットは気送に関し一定の動作をするためと考えられた。対応としてはロボットの気送の動作について、再度ティーチングを行うと共に、気送工程の前にロボットに貯蔵容器の位置を測定する工程を追加し、気送ノズル基準を容器センターで行うことにより、大きな塊及び内部側面に付着した粉体を除き気送可能となった。

第2番目の問題点としては、原料気送中に容器内の原料がラットホール状になり、一気に崩れノズルを固定し、ロボットが過負荷で停止するということが生じた。これについてはロボットプログラムに気送ノズルを3回上げるバック機能を追加することにより対応した。

次の問題点としては、蓋開け工程時に貯蔵容器の高さが一定でないため、クランプのマグネットをリードスイッチが検知できないということが生じたが、気流輸送装置に高さ方向の測定アダプターがないため、貯蔵容器蓋とクランプとの間にライナープレートを取り付け、高さのある程度に調整することで対応した。

### (3) 原料気送実績

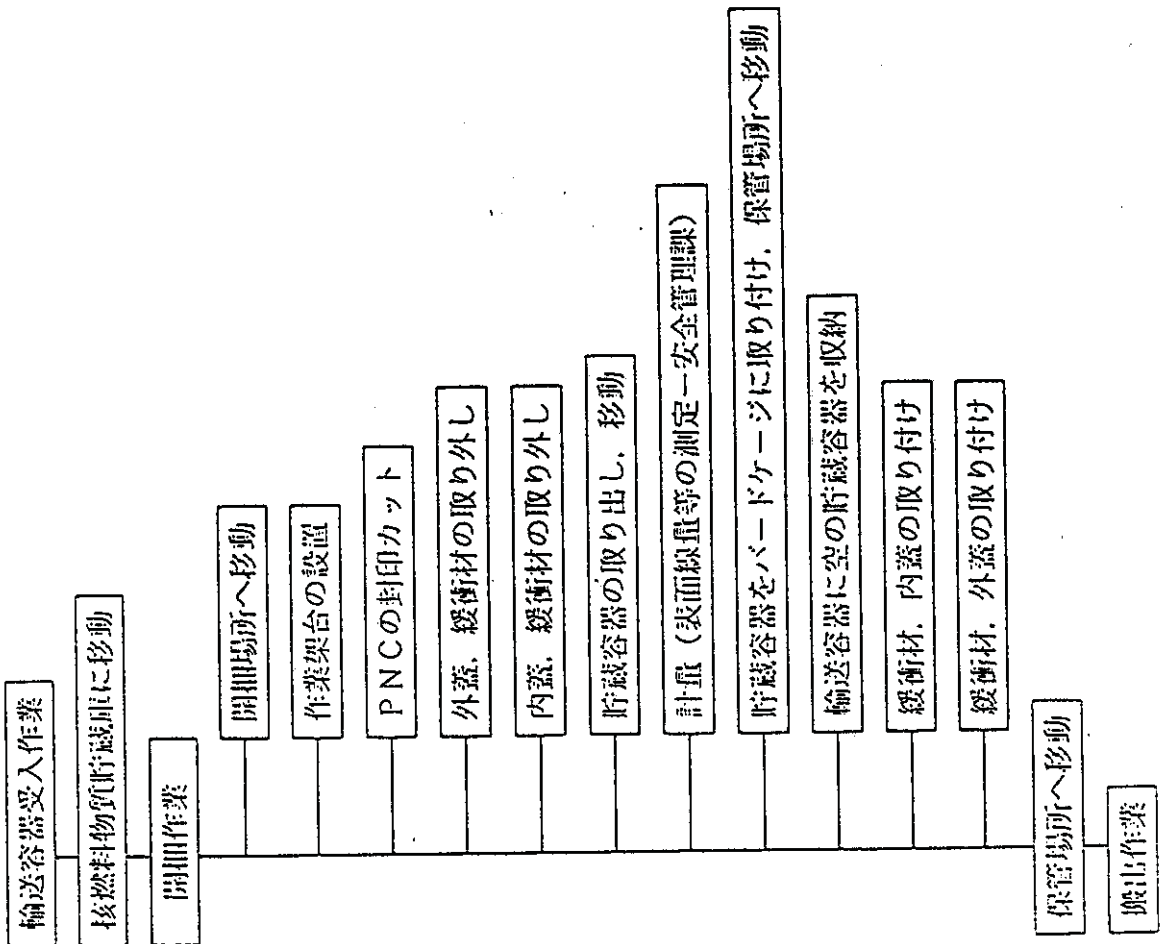
平成6年度気送実績としては、貯蔵容器数で158基、NET重量で約44tの原料気送を行った。表-2に平成6年度原料気送実績を示す。

### (4) 今後の課題

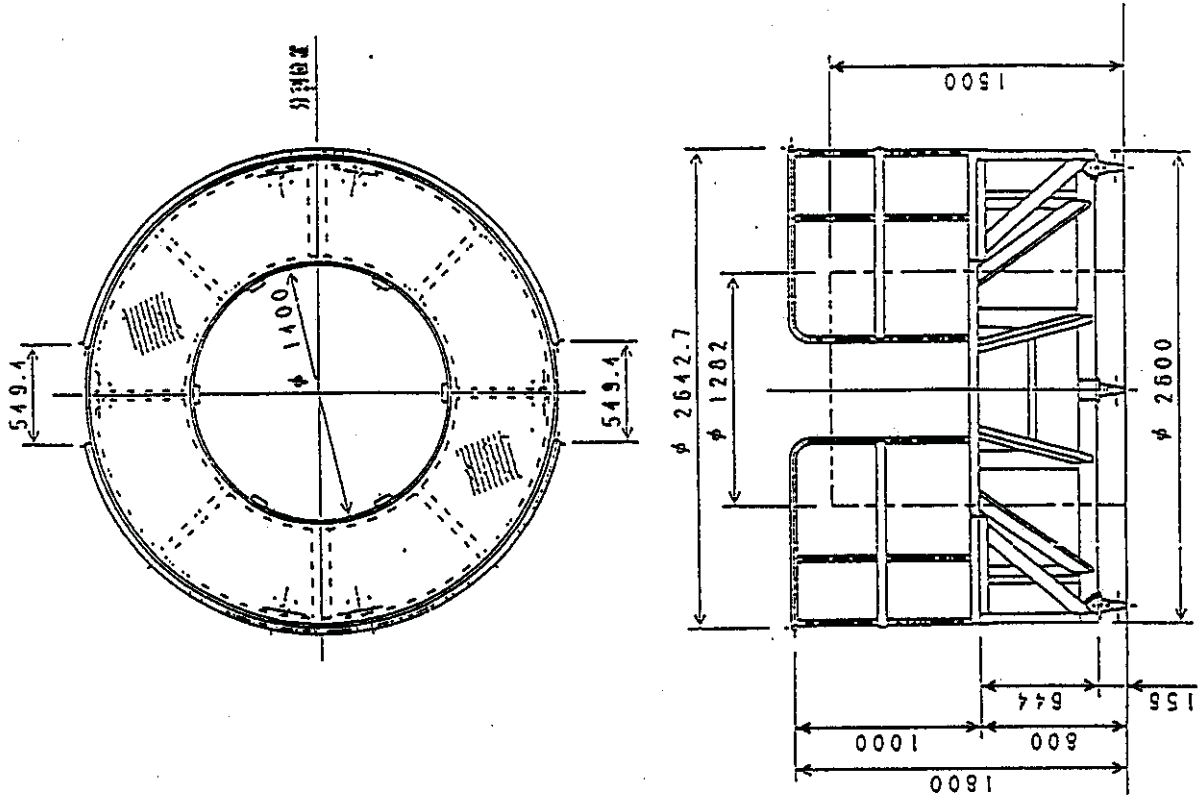
原料気送中にトラブルが発生した場合、復旧までに時間がかかる場合があるため、故障対応のマニュアル等の作成を行うと共に、再度同一のトラブルが発生しないように原因を明確にし対応をしていく。

気送後も貯蔵容器内部側面に粉体が付着しているという問題については、ノッカー等の機器を

取り付け、完全に気送できるよう検討する必要がある。また、蓋開け工程時のリードスイッチが検知しないという問題点については、ロボットのプログラムの変更等により対応するように検討する必要がある。



図一 開梱作業概略フロー図



図一 2 輸送容器開梱作業架台





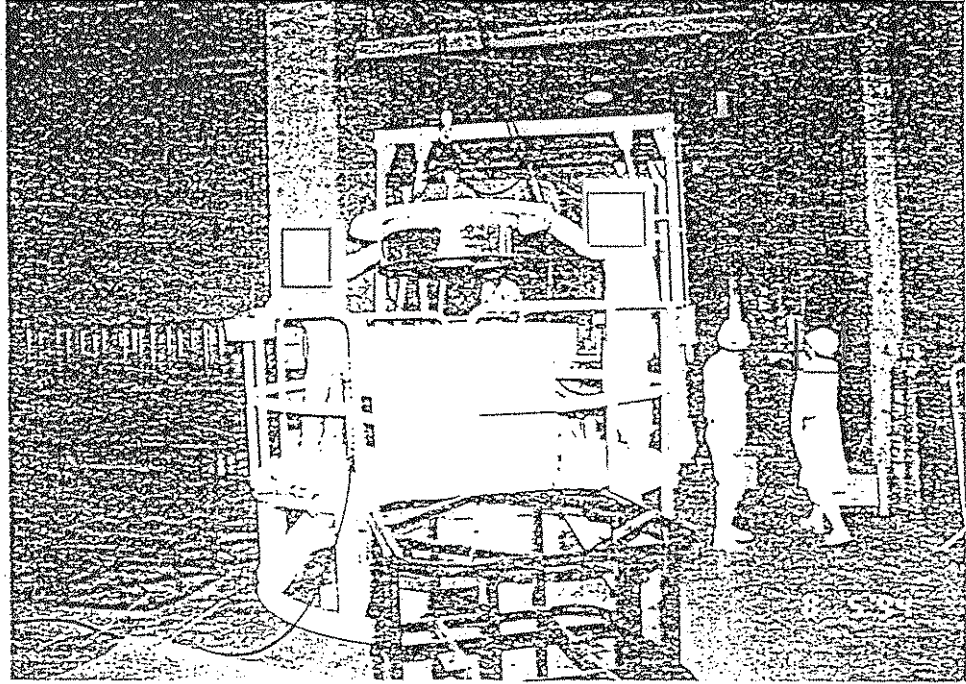


写真 - 1 輸送容器開梱作業状況

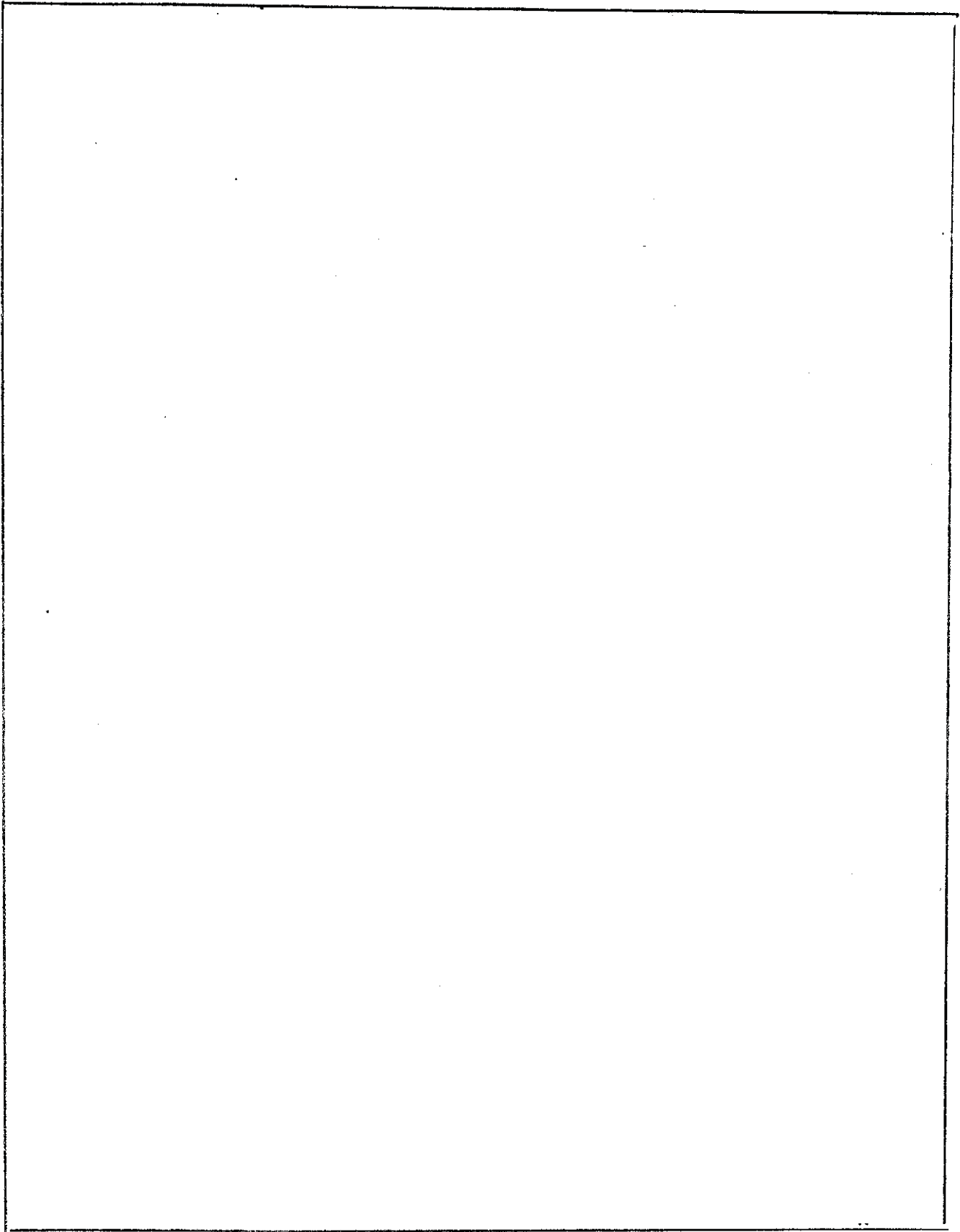


図-4 サンプルング治具

表-1 平成6年度サンプリング実績

	貯蔵容器数	サンプリング回数	トータルサンプリング量	1回平均サンプリング量	備 考
第1回輸送分	25	27	3,951.9 g	146.4 g	3点サンプリング1回
第2回輸送分	25	30	3,672.4 g	122.4 g	3点サンプリング2回
第3回輸送分	25	17	2,550.2 g	150.0 g	
第4回輸送分	35	20	2,527.4 g	126.4 g	
第5回輸送分	35	18	3,122.5 g	173.5 g	
第6回輸送分	35	29	7,861.6 g	271.1 g	
合 計	180	141	23,686.0 g	168.0 g	

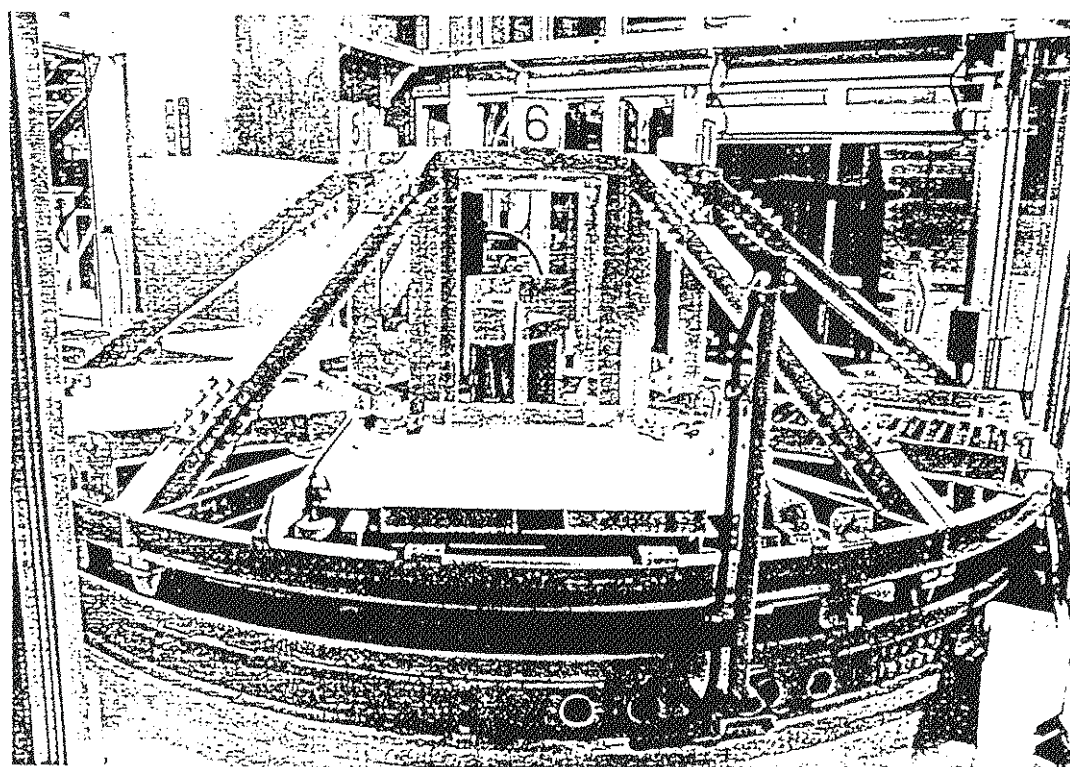


写真-2 気流輸送装置ターンテーブル

表 - 2 平成 6 年度原料気送実績

		気送容器数量	原料気送重量 (kg)	備 考
平成 6 年	8 月	6	1. 7 6 0	
	9 月	8	2. 0 5 2	
	1 0 月	8	2. 2 1 0	
	1 1 月	2 9	8. 5 1 0	
	1 2 月	1 2	3. 5 5 3	
平成 7 年	1 月	2 1	6. 1 5 7	
	2 月	4 5	1 2. 4 5 7	
	3 月	2 9	7. 3 1 0	
合 計		1 5 8	4 4. 0 0 8	

## 1.2.3 運転実績

### 1.2.3.1 プロセス運転実績（概説）

転換技術開発課



#### 1. はじめに

これまで回収ウラン転換実用化試験に係る設備設計、許認可、改造工事等を進めてきており、平成6年8月下旬から転換プロセスの運転を開始した。ここでは、運転開始以降の運転経緯、運転条件、ウラン処理量、プロセス稼働率、処理速度、実施した各種試験、運転で摘出された不具合等についてその概要を述べる。

#### 2. 転換プロセス

回収ウラン転換実用化試験プロセスを図2.1に示す。転換プロセスは、水和前処理工程－脱水還元工程－HFふっ化工程－F<sub>2</sub>ふっ化工程（以下、転換工程と略す。）－捕集充填工程－均質工程で構成されており、工程間を配管で接続し連続的な運転を可能としている。プロセス設計能力は140 mol/hである。また、NaFによるUF<sub>6</sub>吸脱着試験用の装置を設けている。東海再処理工場から陸上輸送されてきたウラン（UO<sub>3</sub>）は、施設内に受け入れた後、気流輸送方式でプロセスに投入し、製品UF<sub>6</sub>は48Yシリンダに充填して濃縮原型プラントに搬送する。

#### 3. 運転実績

##### (1) 運転経緯

転換プロセスには平成6年8月22日に回収ウランを投入した。以降、工程の流れに従って順次ウランを通し、単体機器毎の操作条件、処理能力の確認を行った。その後、複数工程の同時運転を行い、プロセス連続化運転に向けた操作条件の確認とプロセス操作の習熟を図った。運転条件は中規模試験条件を基本にしたが、運転を開始して間もなく水和工程において粉体閉塞が頻繁に発生した。水/U比を中規模試験時に比較し低下させる等で閉塞現象に対処した。運転後半には転換工程において、粉体粒度に起因するものと考えられる反応率の低下があり、特に第2F<sub>2</sub>ふっ化炉下部において未反応物の閉塞が多発してプロセス稼働率が低下した。還元工程、捕集・充填工程は比較的順調に運転できた。運転で摘出された不具合に対しては、必要に応じてその都度対処するとともに冬期インターキャンペーンで対処した。

運転条件は中規模試験実績をベースにして運転結果を見ながら適宜見直しを図った。主要な運転条件を表3.1に示す。

##### (2) ウラン処理量とウラン収支

平成6年度は原料UO<sub>3</sub>約41.17トンを受け入れた。約36.4トンをプロセスに供給し、約32トン（48Yシリンダ4本）のUF<sub>6</sub>を製品として濃縮原型プラントへ搬出した。

月毎のウラン処理量は図3.2-1のとおりである。8月、9月は機器単体毎の運転条件確認、初期不具合対処等を実施したためUF<sub>6</sub>の生産はない。

平成6年度のウラン収支を図3.2-2に示す。製品UF<sub>6</sub>収率\*1は約91%であり、中規模試験時に比較すると低かった。転換率（転換工程の反応率）が低かったために使用済流動媒体に移行

\*1 製品UF<sub>6</sub>収率＝製品UF<sub>6</sub>量／（プロセス供給量－工程内滞留量）×100  
プロセス供給量＝受入量－原料残

したウランが多かったこと及び不具合対処のための機器整備に伴うウラン回収分が多かったことが製品UF<sub>6</sub>収率を低くした直接的要因である。NaFトラップや排気系への移行率はこれまでの試験と同程度であるから、製品UF<sub>6</sub>回収率を向上するためには、途中工程での回収分の工程への戻しを行うことと流動媒体への移行率低減（即ち、転換率の向上）を図る必要がある。

### (3) プロセス稼働率と処理速度

工程毎の稼働率\*2を図3.3-1に示す。8月22日から3月26日までの期間における稼働率は約20～30%であった。（ただし、12月19日から1月17日までの計画停止期間は稼働率計算から除いている。）水和工程の稼働率は20%強であり、転換工程のそれは30%強であった。稼働率を低下させた主な原因は水和工程と転換工程に起因する工程運転停止が多かったからである。この2工程による工程停止件数は全体の約7割強を占めており、プロセス全体の稼働率向上を図るには、水和工程と転換工程の改善が必要である。

運転時の平均処理速度を図3.3-2に示す。平均処理速度は、水和前処理工程がほぼ設計値を満足しているが、それ以外の工程の処理速度は設計値に比較すると70～80%程度である。給鉱速度の設定値に対する偏り等の有無を含め原因の検討が必要である。プロセス全体で見た場合の処理速度は、転換工程がもっとも小さかった。転換工程の処理速度は、フレーム炉の処理速度に律速されていりため、フレーム炉の処理速度を向上させることがプロセス全体の処理速度を向上させる上で重要である。

### (4) 廃棄物発生

本年度の放射性固体廃棄物発生量は図3.4-1のとおりである。実用化試験当初の計画量\*3に比較し約1.8倍となった。廃液中のフッ素除去により発生するCaF<sub>2</sub>殿物と排気系のフッ素除去に用いている活性アルミナの発生量が多い。

CaF<sub>2</sub>殿物は、HFふっ化工程で発生する凝縮液中のHF及びプロセス排気洗浄液に移行するフッ素（スクラ内ではHFとして存在する。）の除去に伴い発生する。本年度はHFふっ化工程の運転を反応塔1塔で実施しており、廃液系へのHF移行率が高くなったこと及び転換率が低かったために排気処理系に移行したF<sub>2</sub>量が多くなったことが放射性固体廃棄物量を増加させた主な原因と考えられる。

運転開始後の液体廃棄物の発生量の推移を図3.4-2に示す。液体廃棄物の発生量は平成7年2月、3月が多かった。廃液処理後の $\alpha$ 濃度が送液時に自主的に定めた目標値（測定器検出下限（ $0.33 \times 10^{-3}$  Bq/cm<sup>3</sup>））を若干超えることがあったために希釈処理を行ったからである。 $\alpha$ 線スペクトル分析の結果ではウラン以外にRa226及び回収ウラン系の娘核種であるRa224等が検出されている。

転換工程運転条件とともに廃液処理工程の処理条件も含めて廃棄物発生量の低減策を検討する必要がある。

---

\*2 稼働率：運転開始日以降の運転が可能な時間から計画停止時間を差し引いた時間に対する実際に工程を運転した時間の割合

\*3 計画量：回収ウラン600トンの処理の場合約2000本（ドラム缶）と試算している。

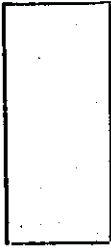
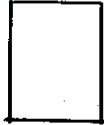
種類	発生量	スクラム発生量 (本)
$\text{CaF}_2$ 粉物 $\text{NaF}$ トラップ 活性アルミナ 不燃物 使用済流動媒体  HEPA フィルター PRE フィルター 可燃物 難燃物	 枚 枚 カートン カートン	

図 3.4-1 放射性固体廃棄物発生量

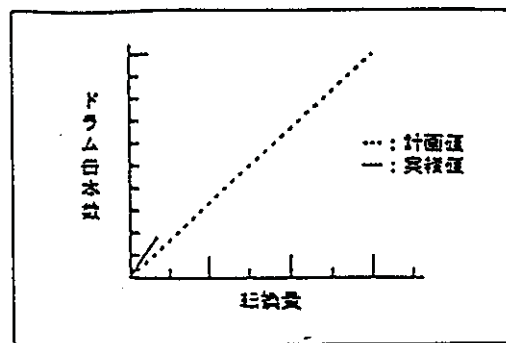


図 3.4-1 放射性固体廃棄物発生量

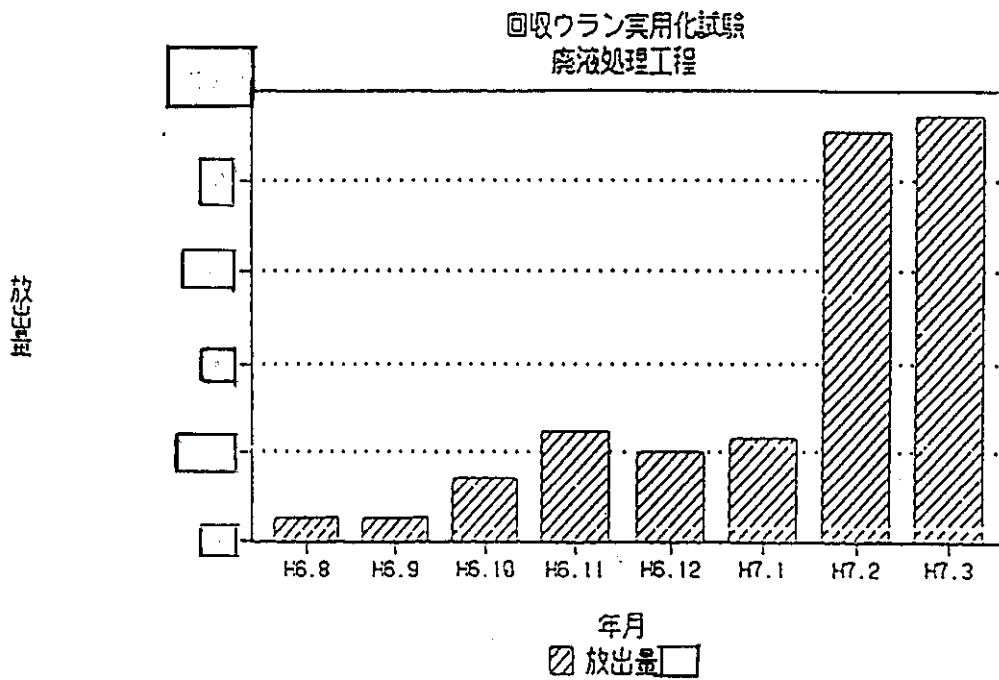


図 3.4-2 液体廃棄物の発生量の推移



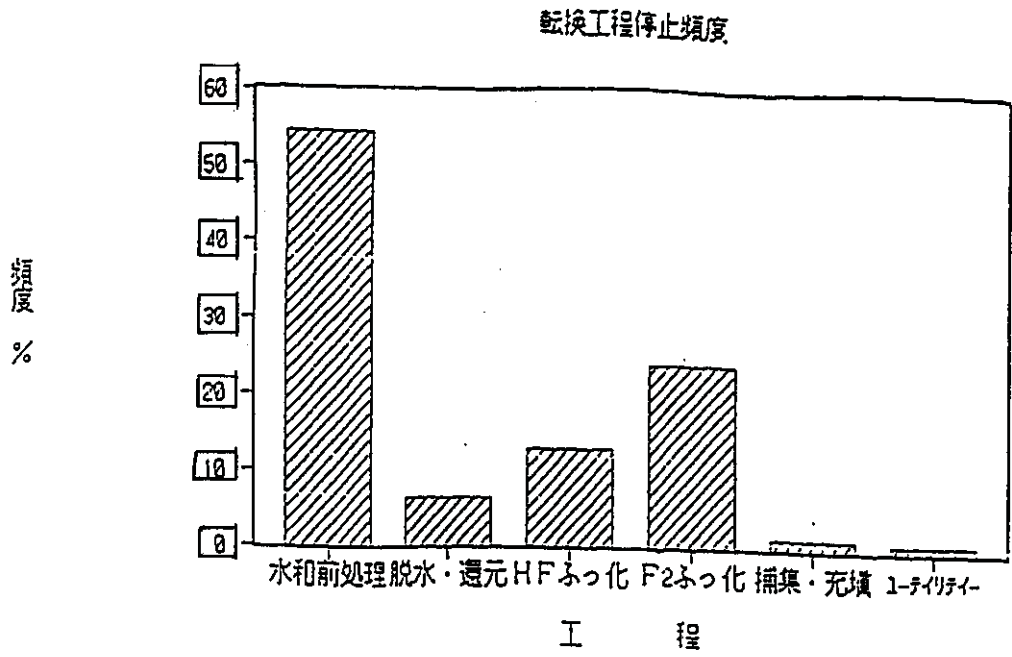


図 5 - 1 不具合発生件数の割合

### 1.2.3.2 水和前処理工程

転換技術開発課

#### 1. はじめに

「水和前処理工程」は回収ウラン転換実用化試験研究の出発工程であり、原料である三酸化ウラン（以下「 $UO_3$ 」）と称す。）の反応性を改善するための工程である。

回収ウラン転換実用化試験研究は平成6年8月22日から運転を開始したが、運転開始当初から、「水和前処理工程」は粉体による閉塞等が生じ、稼働率低下の原因となった。

このため、閉塞等の原因の調査とその対策の検討及び対処を行い、稼働率の向上を図った。

#### 2. 工程概要

本工程は、初めに原料である $UO_3$ 粉末を貯蔵容器から気流輸送装置により3階に設置した原料供給槽に気流輸送する。その後、水和する前に塊状粉が混入していた場合に備えて分級粉碎するため、2階に設置した原料分級機に供給し、オーバサイズ（400  $\mu m$  以上）の粉体を分級する。

分級したオーバサイズの粉体は、原料粉碎機により破碎しアンダーサイズと共に原料受槽に供給する。

分級、粉碎により粒径を整えた粉体は原料受槽から連続水和機に一定量（140mol/h）ずつ連続的に供給し、純水を添加（当量比：2.4倍）して水和物とする。水和反応中は水和熱が発生するため、温水及び連続水和機内の排気により除熱し50℃に維持する。

連続水和機からの排気は[ ]に加熱されプレフィルタ、ミストセパレータ、バックアップフィルタ、高性能フィルタを経由して排気ブロワで排気処理設備に排気される。

この時、ミストセパレータでは、水和機内から発生している水分を20℃に冷却して凝縮させ除去する。水和 $UO_3$ は1階に設置された製品分級機、粉碎機により粒径を整え、製品受槽に抜出して次工程に気送する。（図-1参照）

#### 3. 運転実績及びトラブル対策

平成6年度運転開始当初は、工程毎に運転を行い運転条件についての試験及び運転員の習熟を図りながら運転を行ったが、運転開始から水和前処理工程の各機器の粉体閉塞により工程を停止して分解、整備を行った。図-2に示すとおり稼働率が低下し生産計画に大きな影響を与えた。

粉体閉塞が頻繁に発生した機器は、原料受槽、連続水和機のオフガス排気配管及び製品分級機、製品粉碎機、製品受槽とその周りの配管であり、これらの機器について閉塞原因調査を行い、その結果に基づいて運転条件の変更等の対策を実施した。

閉塞原因調査及び対策について、運転開始から平成6年10月中旬にかけて調査を行った。

同年11月には調査結果に基づく閉塞対策として、オフガス系に移行する粉体をろ過する機器を自営で製作し設置した。その効果は図-3に示すとおり、11月、12月の処理量、稼働率は約2～3倍に改善されたことを確認した後、本設は同年12月から平成7年1月の冬季整備期間に実施した。

##### (1) 処理量及び稼働時間

運転開始から2か月間は、上記のように主要機器、配管で閉塞トラブルが頻繁に発生し、その解消作業により工程を停止したため、工程の稼働率が低かった。（図-2参照）

##### (2) 主な閉塞トラブル状況

閉塞トラブルは原料、製品系機器のいずれにも発生した。

① 原料受槽配管閉塞

[Redacted]

② 連続水和機オフガス排気配管閉塞

[Redacted]

③ 製品系機器、配管の閉塞

[Redacted]

(3) 閉塞原因調査及び運転条件変更

上記に示す機器、配管の閉塞原因を調査するため、閉塞している機器、配管を分解し閉塞状態の確認及び閉塞している粉体を採取し、粉体物性調査（粒径）並びに閉塞するメカニズムを解明するため、仮設機器、計器等を設置しデータの収集を行った。

(4) 閉塞原因

[Redacted]

(5) 閉塞対策

① 原料系機器閉塞対策

[Redacted]

固気分離器（図-5） [Redacted] （図-9に示す。）

[Redacted]

② 製品系機器閉塞対策

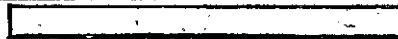
[Redacted]

（図-6参照）

(6) 対策結果（閉塞対策実施後の処理量及び稼働時間）

運転条件の変更並びに固気分離器を設置したことで、原料受槽、連続水和機のオフガス排気配管の閉塞がなくなり、製品系機器への飽和蒸気の巻き込みも少なくなった。また、純水の添加量を抑えたことにより、流動性が改善されたことで、水和前処理工程の粉体閉塞頻度は少なくなり、図-7及び図-8に示すとおり稼働率も上昇し、処理量を増加した。

	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
処理量 (kgU)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
稼働時間(H) (運転時間)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
稼働率(%)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



4. 今後の課題

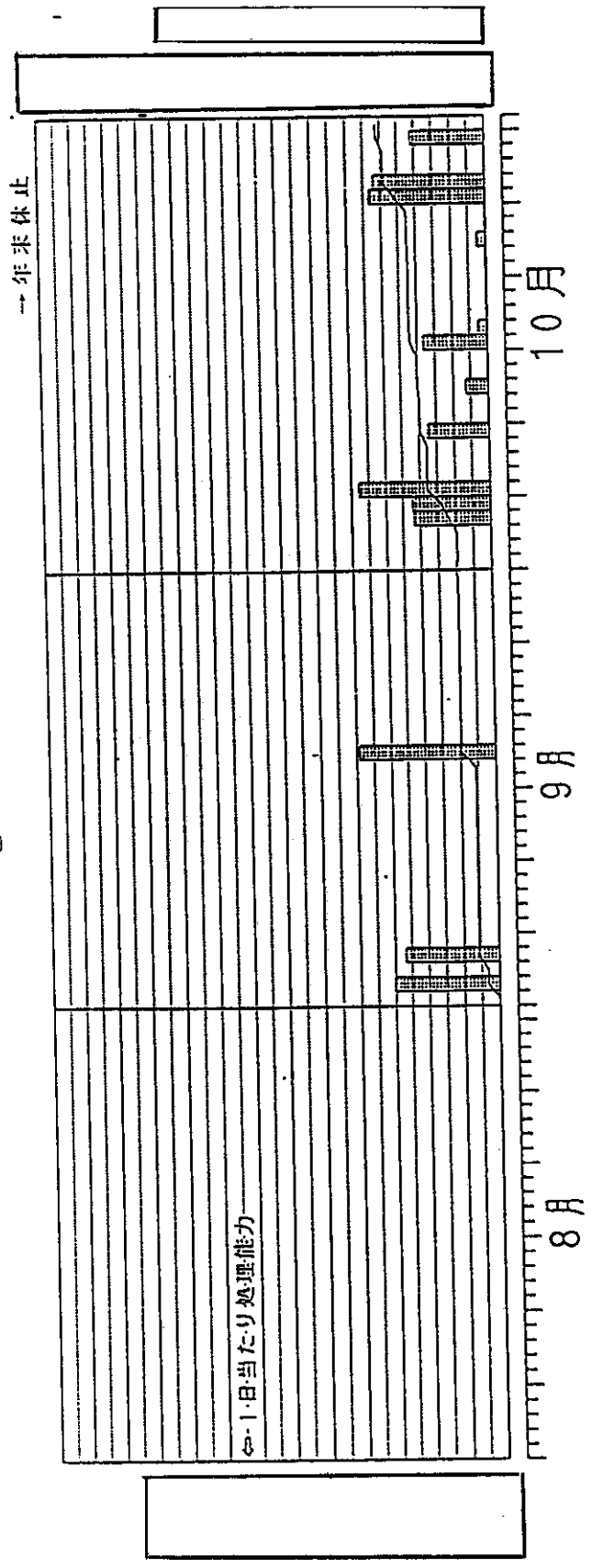
転換工程において、未反応物による閉塞原因と推定される粒径については、回収ウラン転換実用化試験研究に使用している機器で粉碎機を設置しているのは、水和前処理工程であることから既存の粉碎機により、原料UO<sub>2</sub>で粒径を最適条件へ調整することが不可欠である。

また、水和機内の水和UO<sub>2</sub>の水和率が一定になようUO<sub>2</sub>給鉍、純水添加制御方法等の改善が必要である。





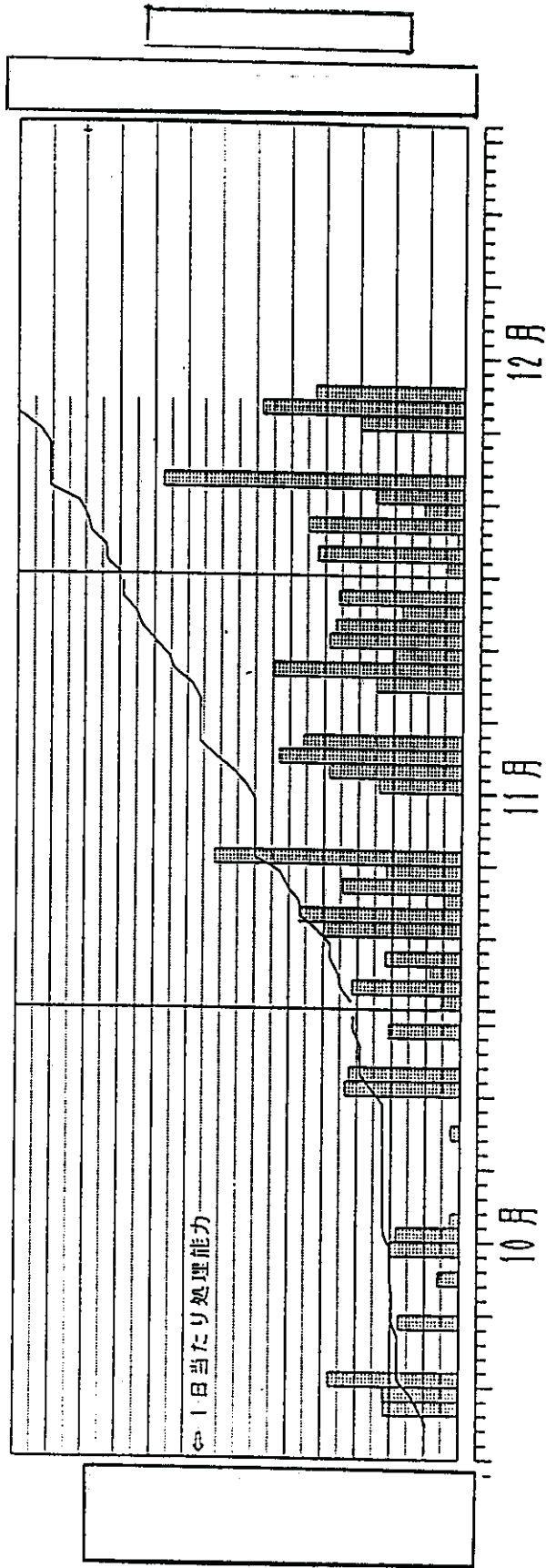
凡例：■ 1日当たりUF, 生産額 (tU/d), ~ 一年来休止



運転経過日

図-2 水和UO, 生産実績 (8月~10月)

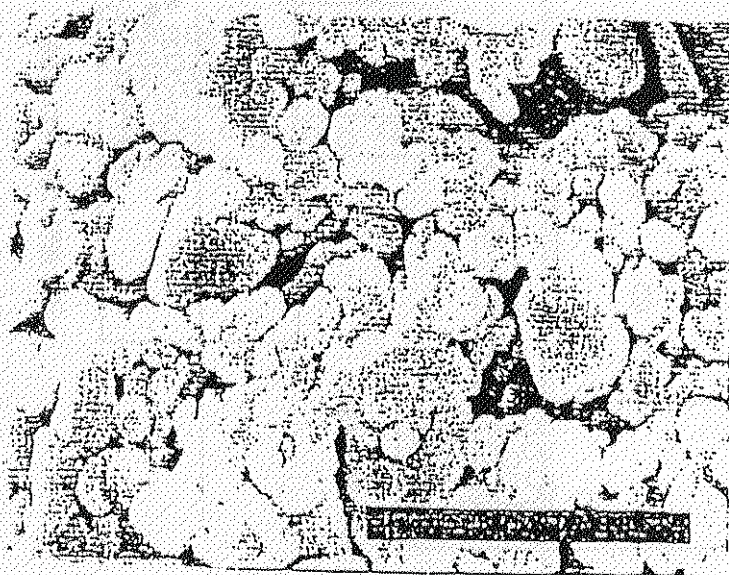
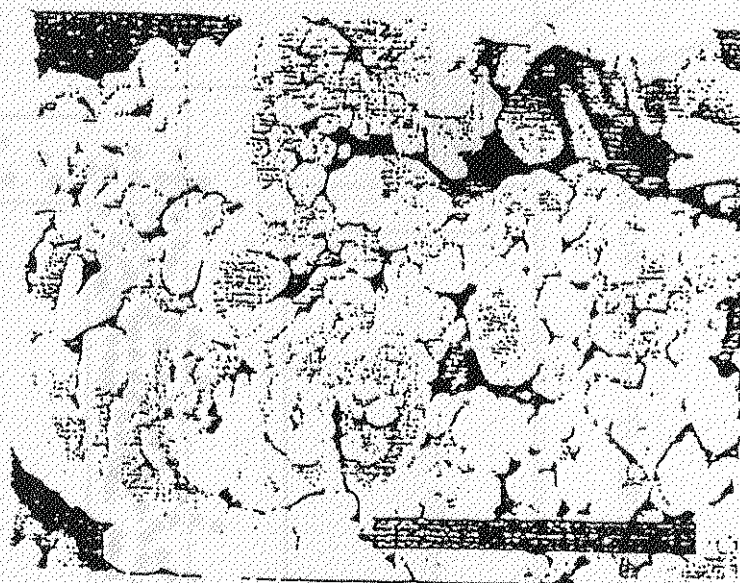
凡例：□ 1日当たりUO，生産量 (tU/d)， UO，生産品累積 (tU)  
 → 年末休止



運転経過日

図-3 水和UO，生産実績 (10月～12月)

連続水和機オフガス配管に閉塞した粉体写真





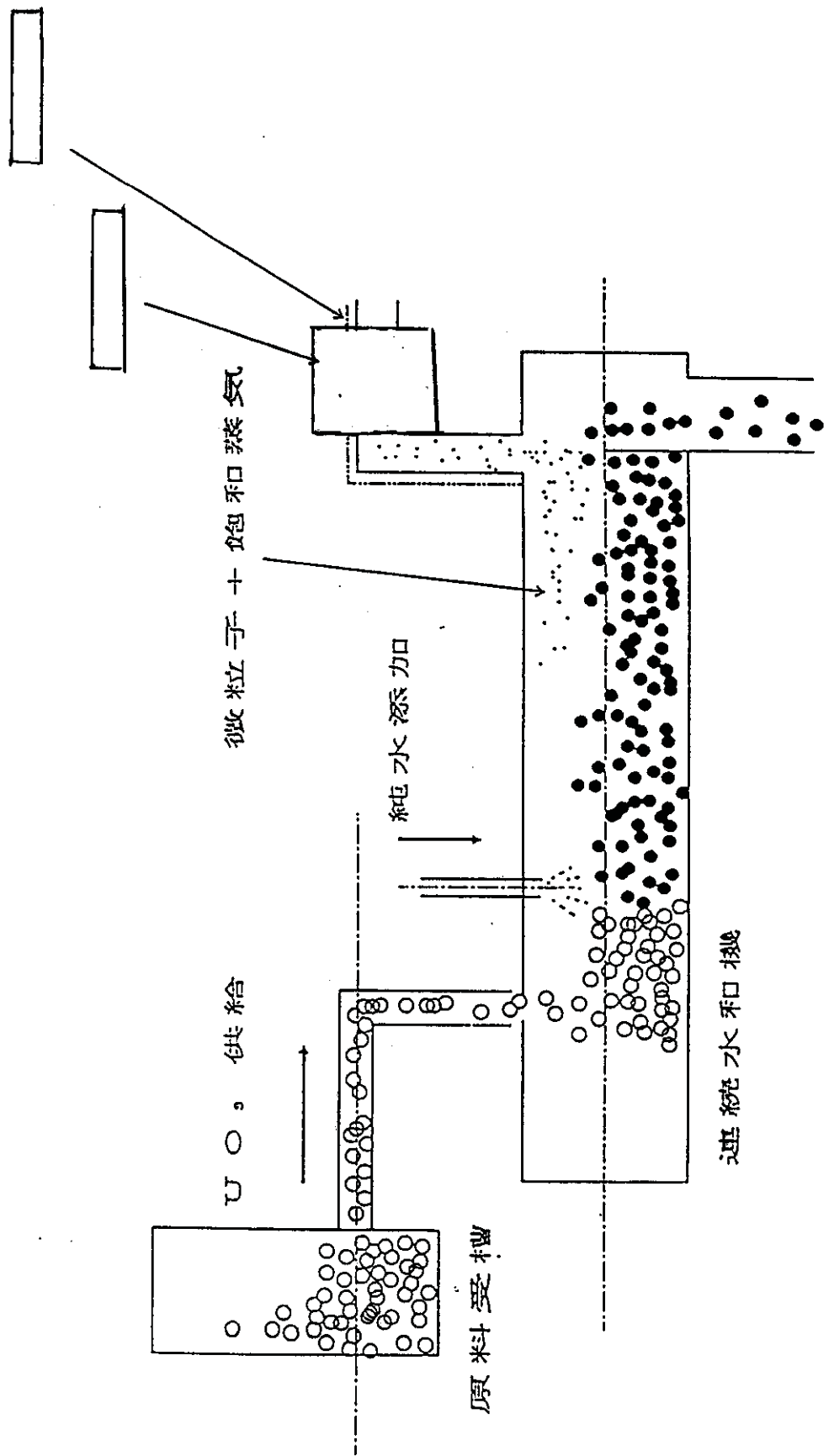


図 - 4 連続水素機オフガス配管閉塞状態

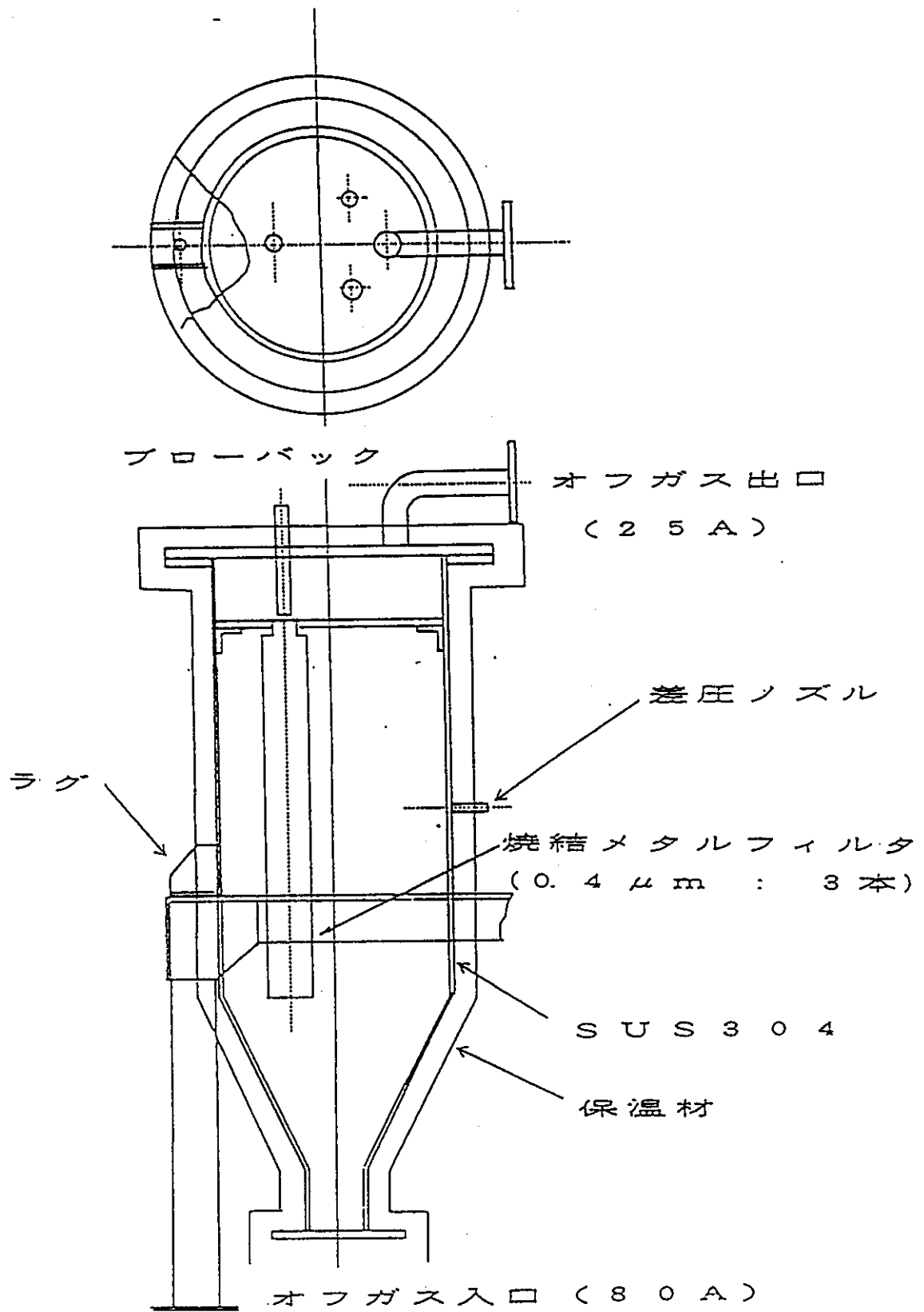
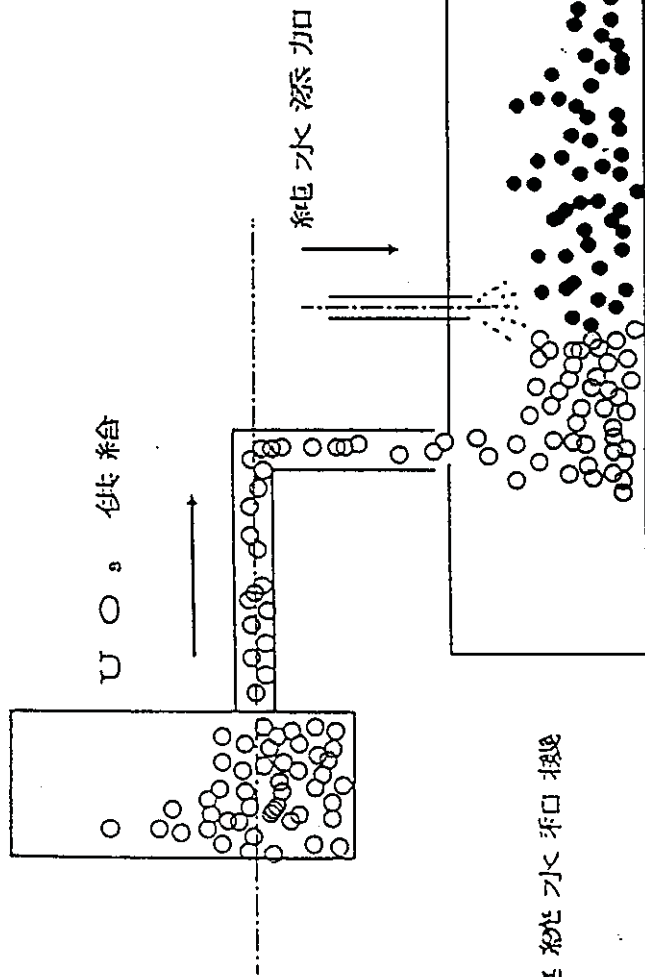


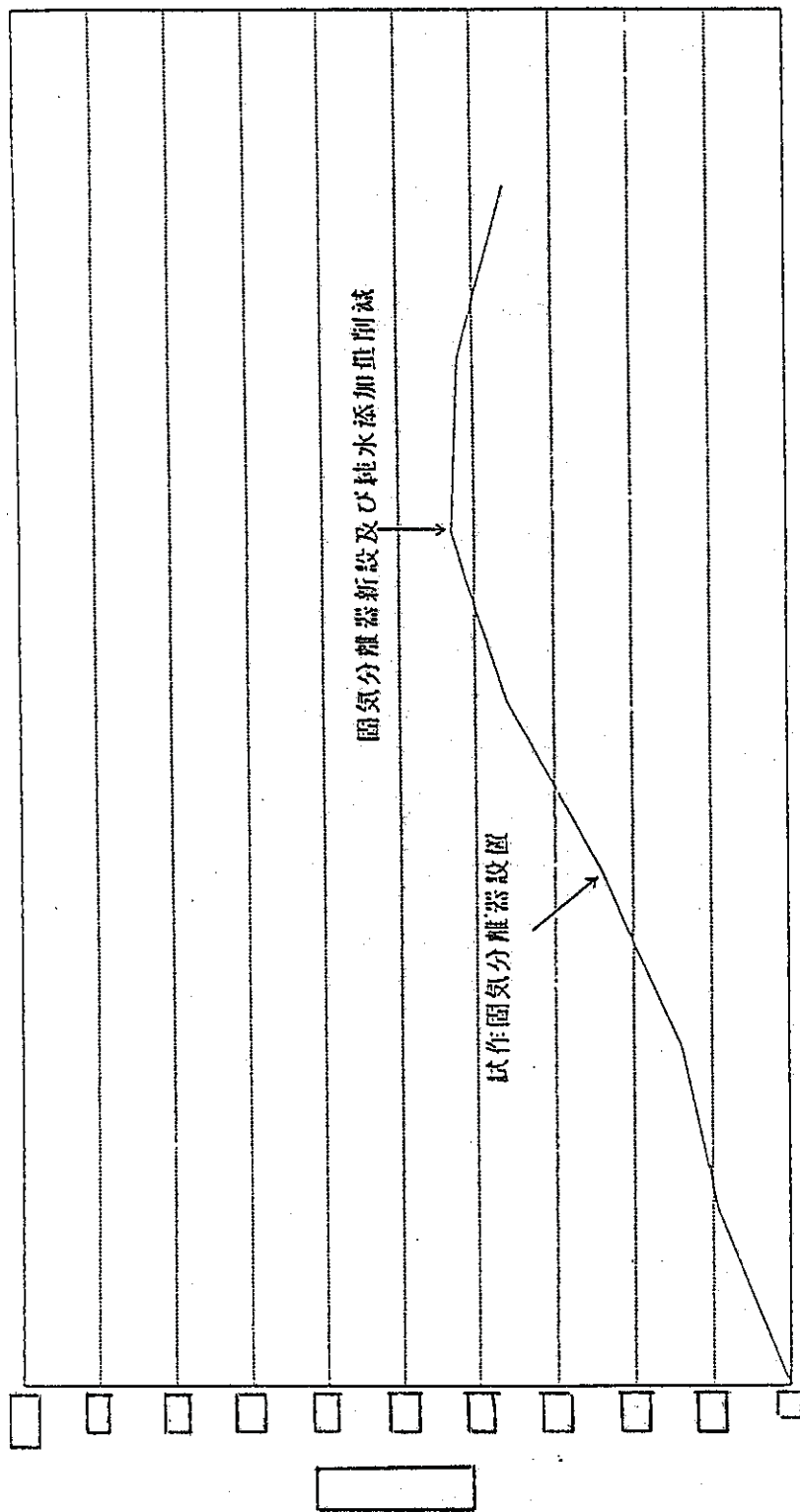
図-5 閉塞対策用固気分離器概略図

原料受槽



	給鉱量	純水添加量	当量比
運転条件	1 4 0 m o l / h ( 4 0 k g / h )	3 3 6 m o l / h ( 6. 0 4 k g / h )	2. 4
		3 0 2 m o l / h ( 5. 4 4 k g / h )	2. 1 6

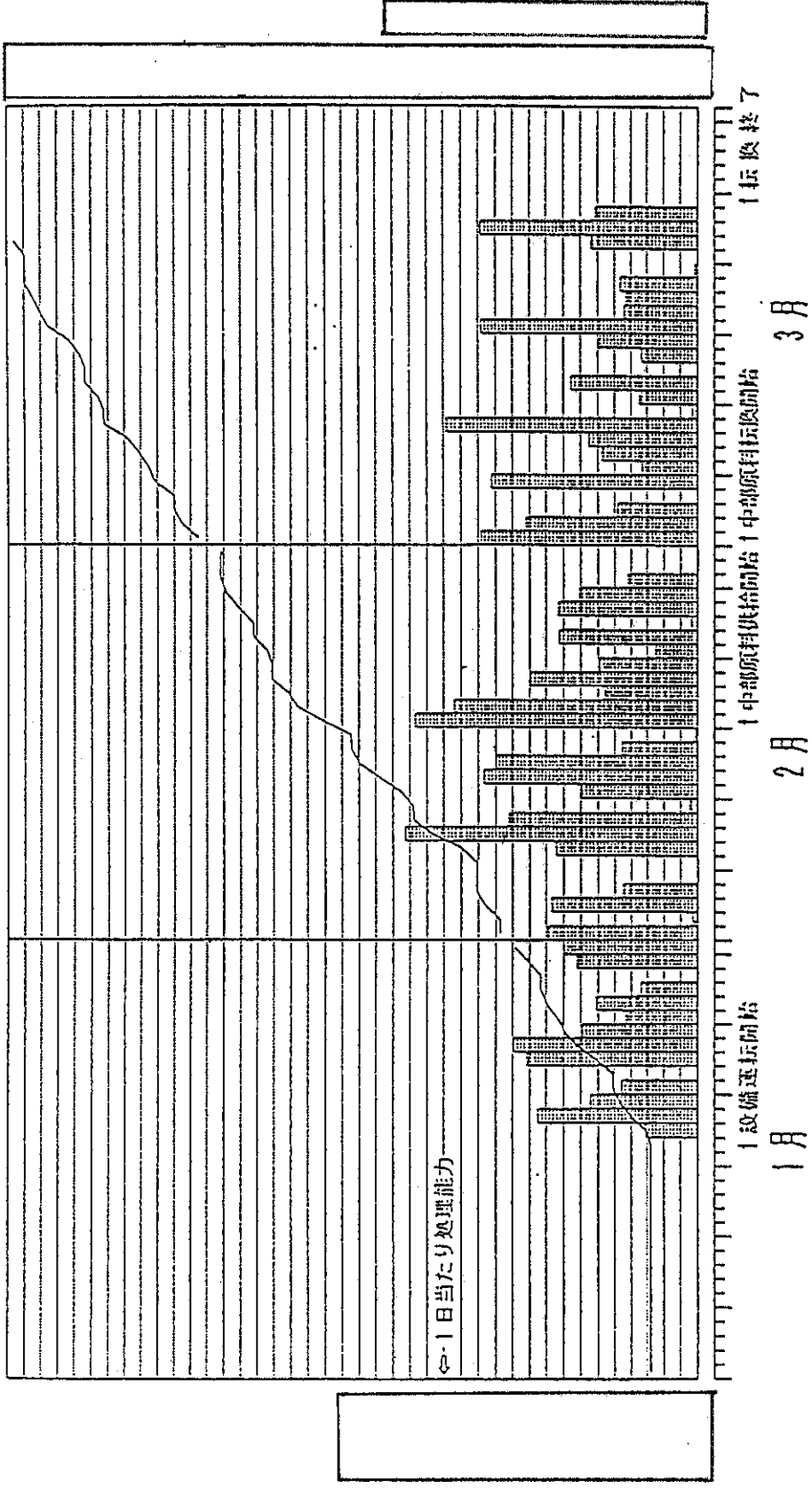
図-6 製品系機器の閉塞対策



8月 9月 10月 11月 12月 1月 2月 3月

図-7 平成6年度水和前処理工程稼働率

凡例：  1日当たりUO<sub>2</sub>生産量  UO<sub>2</sub>生産量



運転経過日

図-8 水和UO<sub>2</sub>生産実績(1月~3月)



### 1.2.3.3 転換、捕集充填工程

転換技術開発課

#### 1. はじめに

回収ウラン転換実用化試験設備の運転は、当初は前工程から順に工程毎に調整運転を進めた。そのため、転換工程でのウラン処理運転開始は10月となった。それ以降、冬期休止期間をはさみ、平成7年3月25日に転換工程運転を終了するまでに、約32.5tUのウラン処理を行って年度生産目標を達成した。

平成6年内の運転では、概して、UF<sub>6</sub>を製造するまでの前工程の稼働状況に応じて転換工程を稼働させることが多かった。平成7年1月から3月の運転では、冬期休止期間中の点検整備と運転条件の変更で前工程の稼働状況は改善されたが、原料粉体性状の変化や前工程の運転条件変更の影響とみられる転換工程の反応性低下で、UF<sub>6</sub>転換速度の向上は小幅に止まった。

#### 2. 転換工程、捕集充填工程の設備構成と運転の考え方

##### (1) 設備構成

実用化試験での転換工程及び続く捕集充填工程の主要設備構成は、図-1に示すとおりである。転換工程は、転換反応を行わせる第2F<sub>2</sub>ふっ化炉及び第1F<sub>2</sub>ふっ化炉を中心とし、これらに付随するUF<sub>6</sub>供給槽、受槽類、バックアップフィルダと生成したUF<sub>6</sub>を精製するケミカルトラップから成る。捕集、充填工程は、1次及び2次コールドトラップ(2系列)とUF<sub>6</sub>シリンダへの充填設備、48Yシリンダ均質化槽と捕集排気を処理するNaFトラップ、アルミナトラップ等から成る。

これらのうち、実用化試験のために新設したのは48Yシリンダ均質化設備で、他は既設設備である。

##### (2) 運転の考え方

第2F<sub>2</sub>ふっ化炉は、フレームタワー型反応炉で、転換工程の処理負荷の大半を受け持つ。第2F<sub>2</sub>ふっ化炉の外形と運転条件は、図-2に示すとおりである。第1ふっ化炉は、流動床型反応炉で、主に反応残UF<sub>6</sub>と一部のフレッシュUF<sub>6</sub>を処理する。第1F<sub>2</sub>ふっ化炉の外形と運転条件は、図-3に示すとおりである。

第1コールドトラップ、第2コールドトラップは、各1系列交互にUF<sub>6</sub>の冷却捕集と加熱液化を行う。冷却捕集時は、第1コールドトラップで第2F<sub>2</sub>ふっ化炉で生成したUF<sub>6</sub>を捕集し、第2コールドトラップで第1F<sub>2</sub>ふっ化炉で生成したUF<sub>6</sub>を捕集する。液化後のUF<sub>6</sub>は、充填設備を通して48Yシリンダに充填する。充填が完了した48Yシリンダは、48Yシリンダ均質化槽内に移動定置させ、均質化槽内空気を一定温度に加熱保持することでシリンダ全体を再び加熱し、シリンダ内部の固化UF<sub>6</sub>を液化して均質化する。

#### 3. 転換工程、捕集充填工程の運転状況

##### (1) 転換工程のウラン処理の経過

図-4に、転換工程の処理を始めた平成6年10月以降について、転換工程の1日当たりウラン処理経過及びその累積状況を示す。表-1には、ウラン処理実績を月毎にまとめ、各月の処理所

要日数から日平均転換速度を求めたものを示す。また、表-2には、第2F<sub>2</sub>ふっ化炉の運転結果のうち、反応残粉体の月平均発生率と反応炉下部の閉塞事象発生回数を月毎にまとめて示す。

転換工程が稼働を始めた平成6年10月は、前工程でのUF<sub>6</sub>生産状況に応じて転換工程の運転を行ったため、図-4に示したごとく、転換処理日数は9日間であった。11月中旬以降は、UF<sub>6</sub>生産を連続的に行う期間が延びて来たため、転換工程の稼働も連続的になって来たが、前工程の稼働の連続性は本格的なものとはならなかった。そのため、表-1にまとめたように、処理所要日数平均での処理速度は、想定した全体処理能力0.75tU/dに比して、平成6年内は約30%台で推移した。

冬期点検整備後の平成7年1月以降の運転では、転換工程へのUF<sub>6</sub>粉体の供給速度は向上したものの、UF<sub>6</sub>粉体の品位の低下等で表-2に示したように反応残固体分発生量は増加し、第2F<sub>2</sub>ふっ化炉下部の反応残粉体抜き出し部の閉塞事象が顕著となった。その閉塞解消作業のため、工程停止の機会が多くなり、結局、表-1に示したように、処理所要日数平均の転換処理速度は全体処理能力の0.75tU/dに比して約43%にとどまった。平成7年1月～3月の処理所要日数の中で、第2F<sub>2</sub>ふっ化炉下部の閉塞を原因とする待機日数は約1/4から1/3を占めた。

## (2) 捕集、充填工程の処理実績と均質化設備の運転実績

平成6年度には、最終的に4本の48シリンダにUF<sub>6</sub>を充填した。充填実績として、1日当たりのUF<sub>6</sub>充填量とその累積の状況を図-5に示す。1系列のコールドトラップは、格別の事由がない限り、累計で1,300～1,500kgUF<sub>6</sub>の転換原料を処理した時点を目安にUF<sub>6</sub>の捕集を終えるよう運用している。その場合に、捕集終了から1次及び2次コールドトラップの加熱液化を経て、両コールドトラップからシリンダへの充填が完了するまで、ほぼ1日程度の時間を要する。したがって、全体工程をある程度連続的に稼働させるようになった平成6年11月以降、図-5に示されているように1回の充填バッチの充填量は、約1tUである。

最初のシリンダについて、UF<sub>6</sub>累積充填量が約8tUに達して充填が終了したのは平成6年12月5日で、以降、順次充填を終了する毎にそれぞれのシリンダの均質化処理を行った。

均質化処理の際は、加熱から温度保持を経て冷却操作までの一連の経過の中で、シリンダ表面各部の温度変化を計測し、シリンダ内UF<sub>6</sub>の相変化を観察した。その結果の例を図-6に示す。計測点は、横置きシリンダの中央上部、側面、下部である。上部計測温度は、シリンダ内上部の空間のガス相温度変化に追随しているものと見られ、単一相の場合の昇温曲線を示している。下部計測温度は、シリンダ内下部に堆積しているUF<sub>6</sub>の温度変化に追随しているものと見られ、当初の固体相から固体相と液体相の共存状態を経て固体相が消失し、ガス相と同じ温度に収束するようすが記録された。側面部計測温度は、当初は固体相が融解していく変化に追随していた。融解が進んで、側面壁が固体相温度変化の影響を受けなくなったためか、側面部温度変化は途中からガス相温度変化に遷移していったようすがうかがえる。

融解が終了したと見られる時点から数時間毎にガスサンプリングを行い、均質化の進行に伴ってU235濃度が一定値に収束して行くようすを確認した。その結果を図-7に示す。図のように、融解後さらに24時間程度保持すれば、U235濃度は一定値に安定し均質化は終了することがわかった。

以上の結果より、均質化後のサンプル採取まで含めて、加熱開始からほぼ1週間で処理が終了することが確認された。



#### 4. 転換工程の処理速度改善に係る今後の課題

##### (1) 平成6年度運転での問題点

平成6年度の運転では、試験設備の前工程の稼働が本格化した後半で、転換工程の粉体閉塞解消作業のための停止の機会が顕著となり、それによる工程処理速度に対する影響が顕在化した。また、その閉塞監視や閉塞解消作業により、平成6年度第4四半期の従事者総線量当量は、22.8 mSv と、中規模試験時の四半期総線量当量最大値の約1.3倍となり、従事者線量当量への影響が増加した。

転換工程での粉体閉塞事象に関し、判明している点は次のとおりである。

- ① 閉塞事象は、比較的粒径の大きな原料を処理し始めた2月中旬以降で、特に頻発した。  
(平成7年1～2月中旬で約1.2tU 処理に1回、2月中～3月で約0.6tU 処理に1回の停止)
- ② 反応残粉体の分析の結果、反応残UF<sub>4</sub>の他、残留UO<sub>2</sub>、中間フッ化物が混在していた。  
(7-LM7-型反応炉の反応残粉体発生率は、平成7年1～2月で約13%、3月で約19%)

図-8には、7-LM7-型反応炉下部の閉塞事象発生箇所及びバックアップフィルタ入口の閉塞事象発生箇所の概要とそれぞれの閉塞物の写真を併せて示した。

したがって、閉塞の原因としては、粒径の大きなUF<sub>4</sub>が反応で消失せずUF<sub>4</sub>のまま、あるいは原料フッ素濃度が低下しかつ温度の低下する反応炉後半では中間フッ化物までで反応が終了してしまうこと、前工程の反応残留物のUO<sub>2</sub>は反応性が極端に悪くほとんど反応せずに残ること、が上げられた。前工程の反応残留UO<sub>2</sub>の存在は、UF<sub>4</sub>を作るまでの反応が完全ではないことを示している。前工程の中で水和前処理工程では、製品粉体系統の閉塞事象発生を抑えるために、平成6年12月中旬以降は反応性の上で望ましい水量より少なめの水添加比で運転しており、その点も還元工程やHFふっ化工程での反応に影響したものと思われる。

以上のような事象に対し、反応残粉体抜き出し配管部のN<sub>2</sub>ブローライン自動化、転換工程に供給するフッ素の増量、を行ったが、上記のように2月下旬以降の停止頻度は約2倍となり、大きな効果は得られなかった。

##### (2) 今後の運転での課題

転換工程での閉塞事象の発生を抑える方策として、以下の2つの方向がある。

- ① 反応残粉体の発生をできるだけ抑える。
- ② 反応残粉体が発生しても、閉塞に至らないよう運転法、機器構造を工夫する。  
①に対応する対策として、前工程で反応性のよいUF<sub>4</sub>を作ることが重要であり、反応残粉体の発生率を過去実績並の5%以下に抑えることを目標として、水和前処理工程でも説明した。
  - ・変動する原料粒径に対し、設計粒径以上の原料粉体の流入を抑えるための原料ウラン粉砕性能の改善(反応残UF<sub>4</sub>の削減、中間ふっ化物UF<sub>3</sub>発生原因の抑制)
  - ・前工程の稼働率とのバランスを考慮した水和水添加比率の最適化(残留UO<sub>2</sub>の削減)を検討する。

②に関して、主に原料性状や前工程の運転状況の影響で反応残粉体の発生率が高かったため、現在の運転法、機器構造を変更すべきか明確ではないが、①の方向を補うものとして、

- ・閉塞に至る前に反応残粉体堆積物をUF<sub>3</sub>化して消費させるフッ素洗浄法
  - ・反応残粉体の自然落下のみでなく、これを強制的に抜き出す機械的機構
- を検討して行く。

質疑応答

Q:

[Redacted question text]

A:

[Redacted answer text]

表-1 転換工程のウラン処理実績

年 月 項 目	平成6年			平成7年		
	10月	11月	12月	1月	2月	3月
月間転換量(tU)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
処理所要日数* (d)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
平均転換速度 (tU/d)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

注) 処理所要日数 = 実稼働日数 + 転換工程原因待機日数

表-2 第2F、ふっ化炉の運転結果

年 月 項 目	平成6年			平成7年		
	10月	11月	12月	1月	2月	3月
反応残粉体発生率 (%)	<input type="text"/> *	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
下部閉塞停止回数 (回)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

注) 10月は、初期立ち上げであるため、大半50~75%負荷、低フッ素濃度での運転

転換工程

捕集, 充填工程

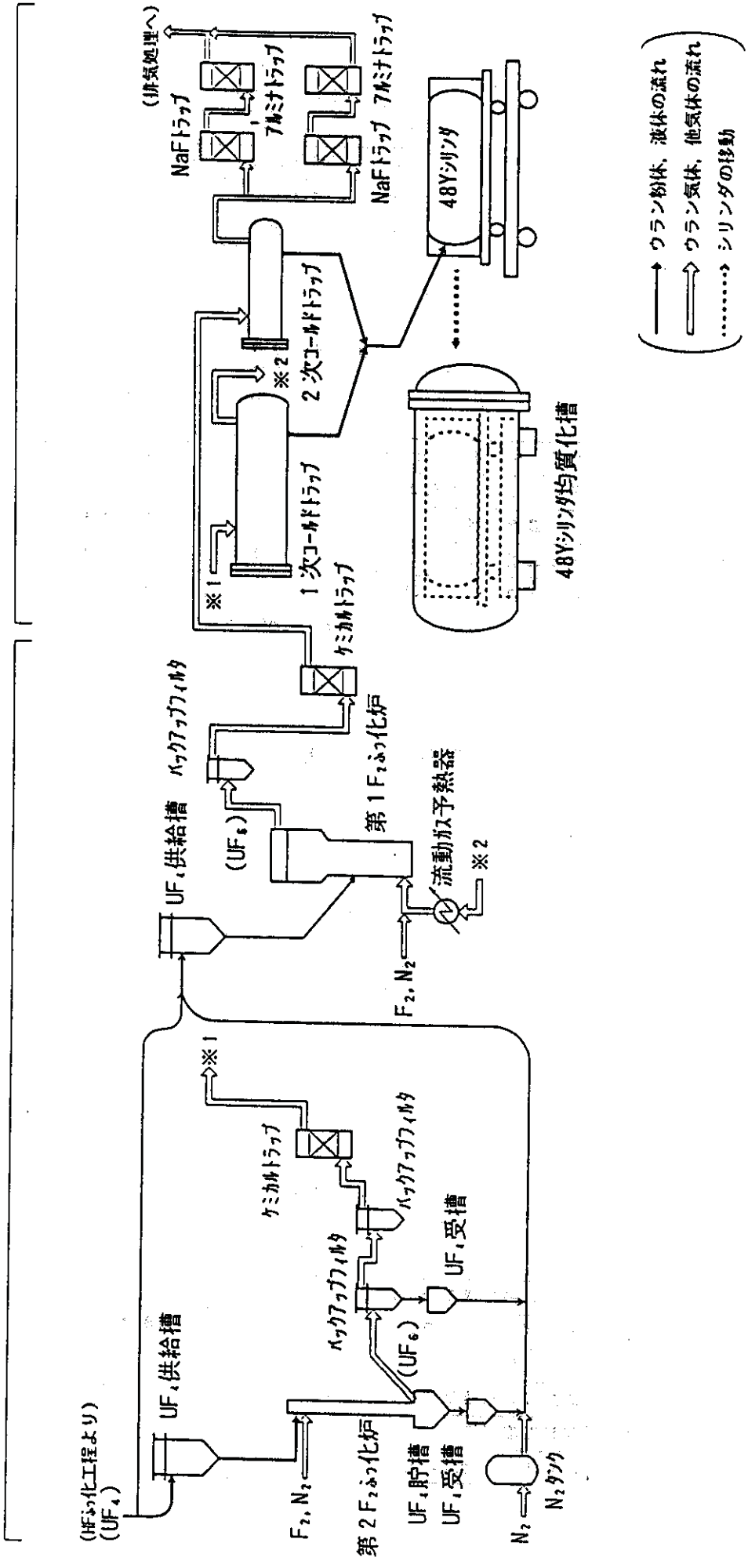


図-1 転換工程, 捕集充填工程の主要設備構成

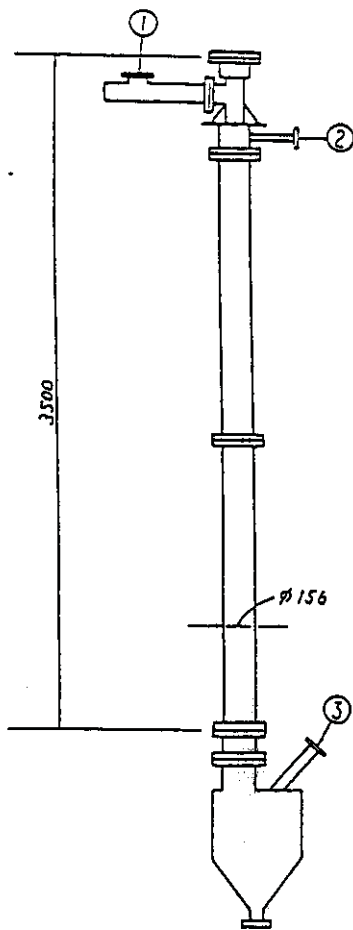


表 流体の出入り

番号	名称
①	粉体入口
②	ガス入口
③	ガス出口

表 運転条件

項目	設計	実績
UF, 供給速度 (mol/h)	140	<input type="text"/>
$F_2 / UF$ , 当量比 (-)	1.2	<input type="text"/>
$F_2$ 濃度 (%)	90	<input type="text"/>
運転温度 (°C)	420	<input type="text"/>
運転圧力 (kg/cm <sup>2</sup> G)	1.2	<input type="text"/>

注\*) 上部N, シールガス, パージガス考慮

図-2 第2F<sub>2</sub> ふっ化炉の外形と運転条件

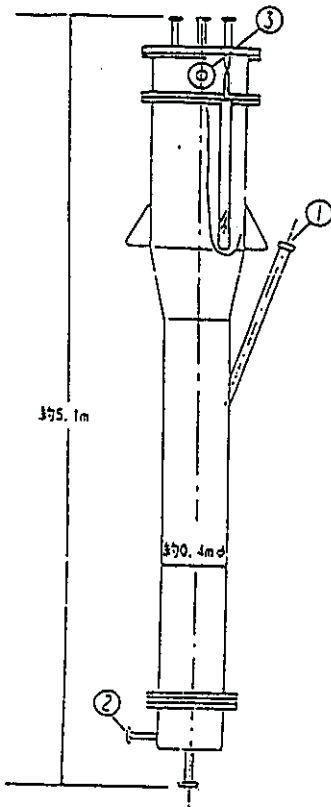


表 流体の出入り

番号	名称
①	粉体入口
②	ガス入口
③	ガス出口

表 運転条件

項目	設計	実績
UF, 供給速度 (mol/h)	140	<input type="text"/>
$F_2 / UF$ , 当量比 (-)	1.0	<input type="text"/>
$F_2$ 濃度 (%)	10 ~ 30	<input type="text"/>
流動ガス線速度 (cm/sec)	12	<input type="text"/>
運転温度 (°C)	420	<input type="text"/>
運転圧力 (kg/cm <sup>2</sup> G)	0	<input type="text"/>

図-3 第1F<sub>2</sub> ふっ化炉の外形と運転条件

凡例：■ 1日当たりUF, 生産量 □ UF, 生産量累積

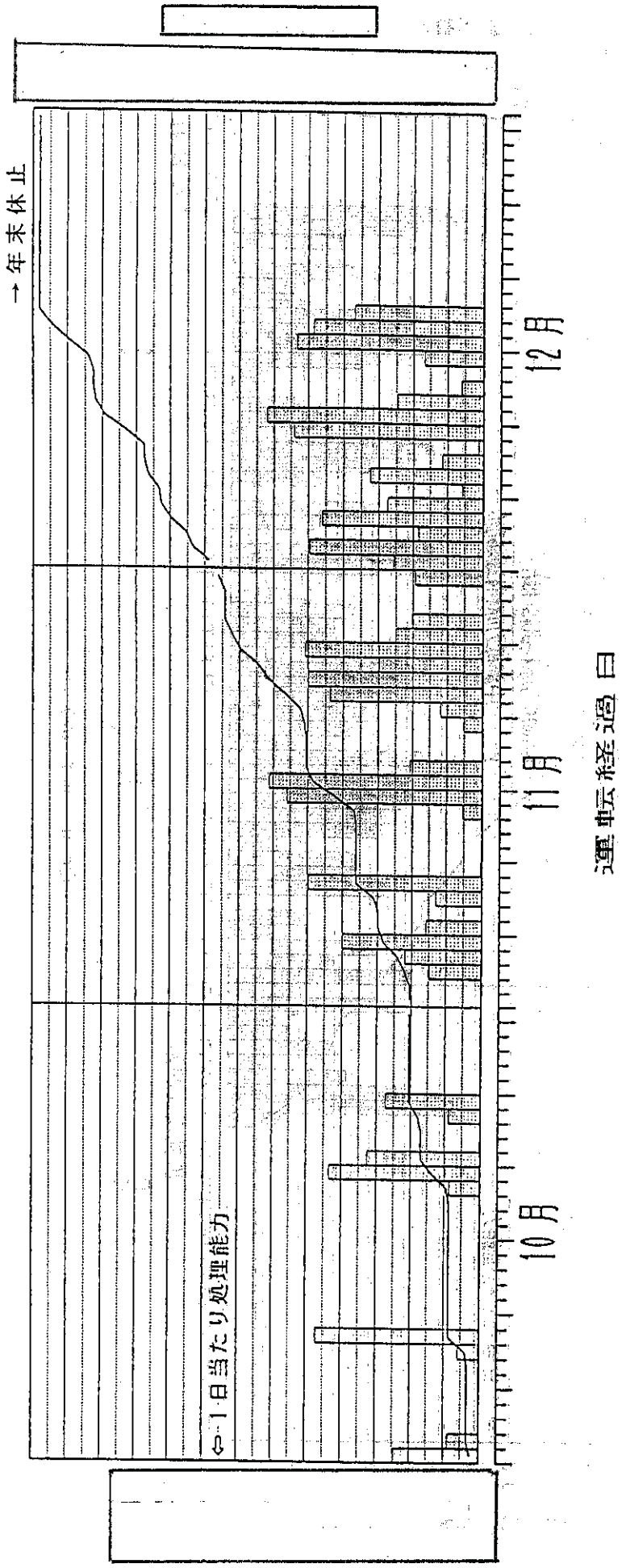
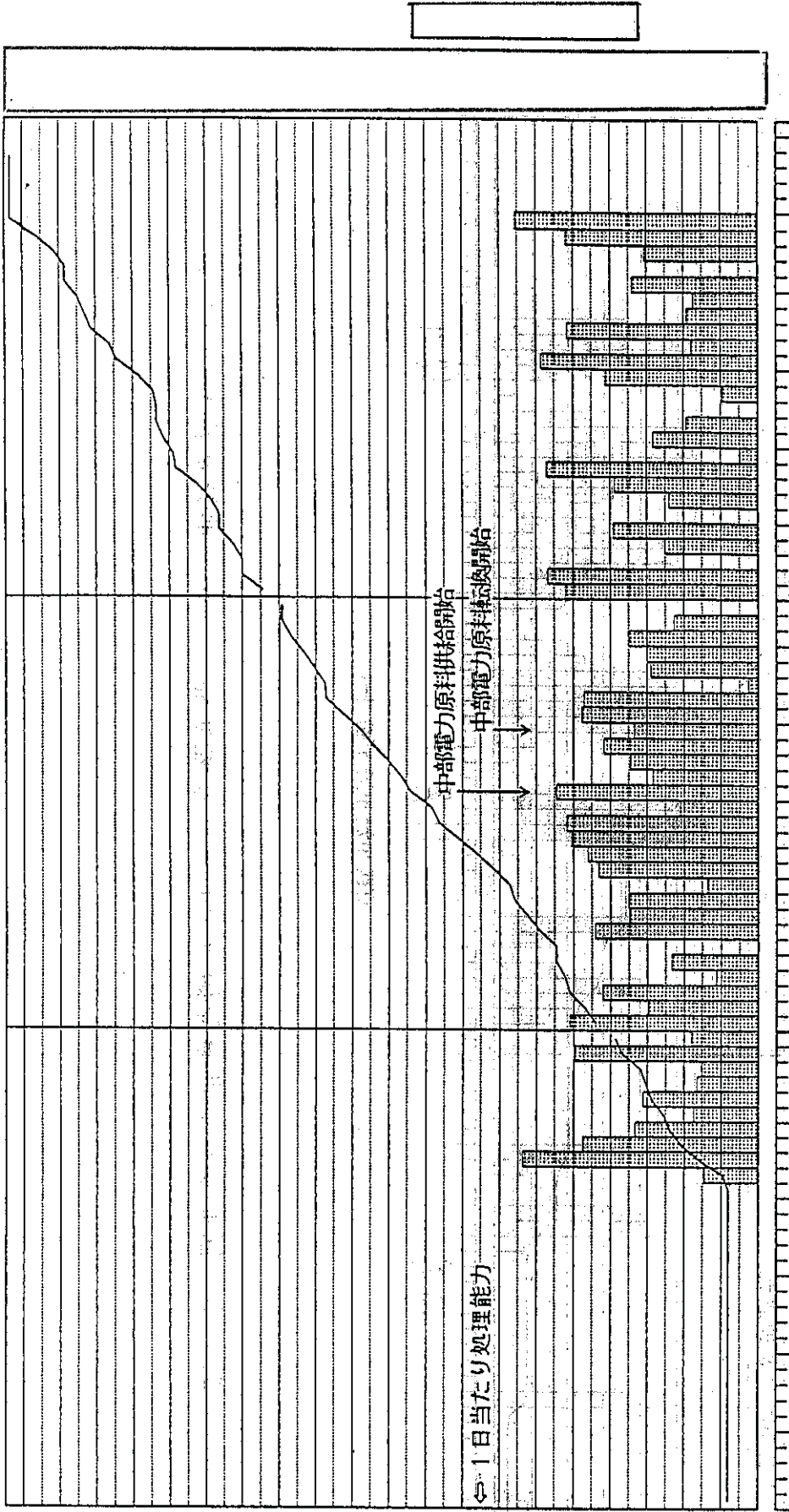


図-4 回収ウラン供給開始後のUF, 生産実績 (UF, 供給量基準) (1/2)

凡例： [ ] 1日当たりUF, 生産量, UF, 生産量累積

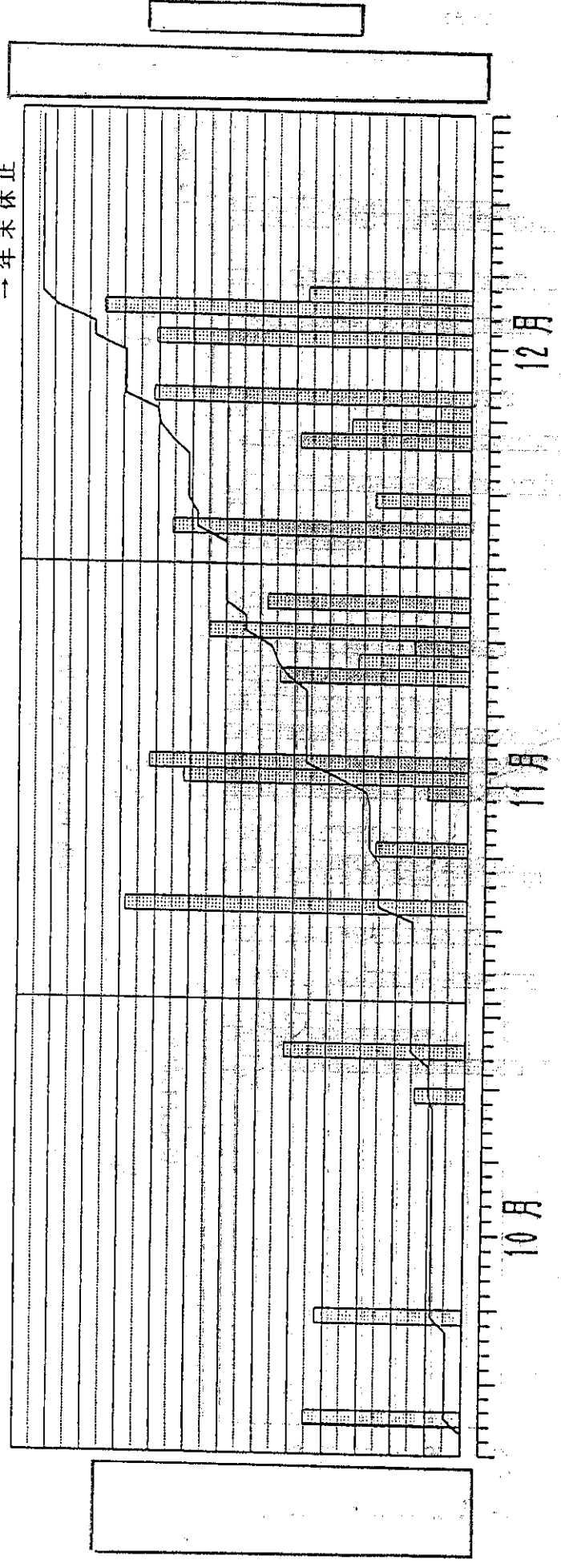


↑設備運転開始  
1月  
2月  
3月  
↑ 転換終了

運転経過日

図-4 回収ウラン供給開始後のUF。生産実績 (UF, 供給量基準) (2/2)

凡例：  1日当たりUF、充填量  UF、充填量累積  → 年末休止

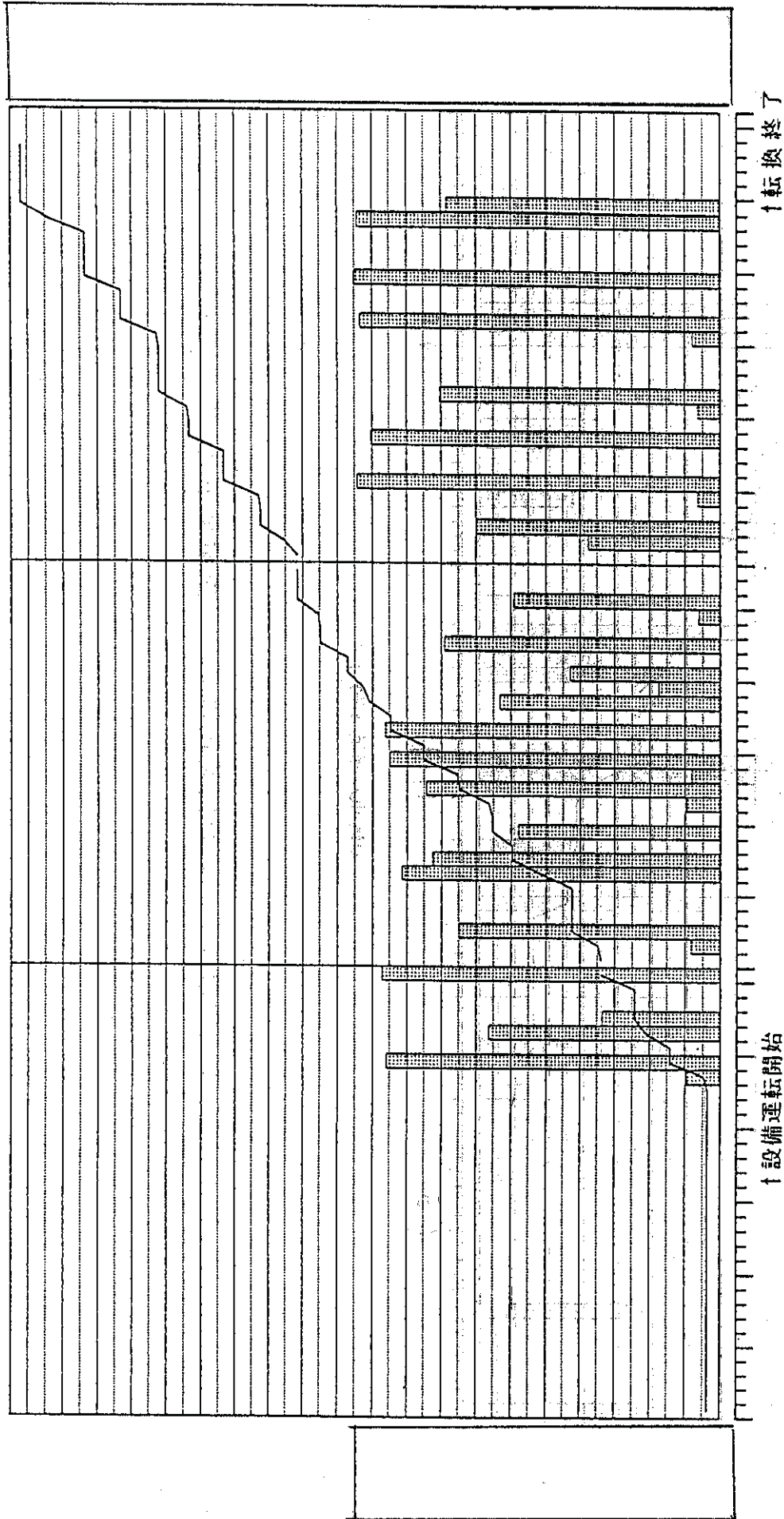


運転経過日

図一5 回収ウラン供給開始後のUF、充填実績 (1/2)



凡例：  1日当たりUF、充填量  UF、充填累積 



1月

2月

3月

↑設備運転開始

↑転換終了

運転経過日

図-5 回収ウラン供給開始後のUF、充填実績 (2/2)

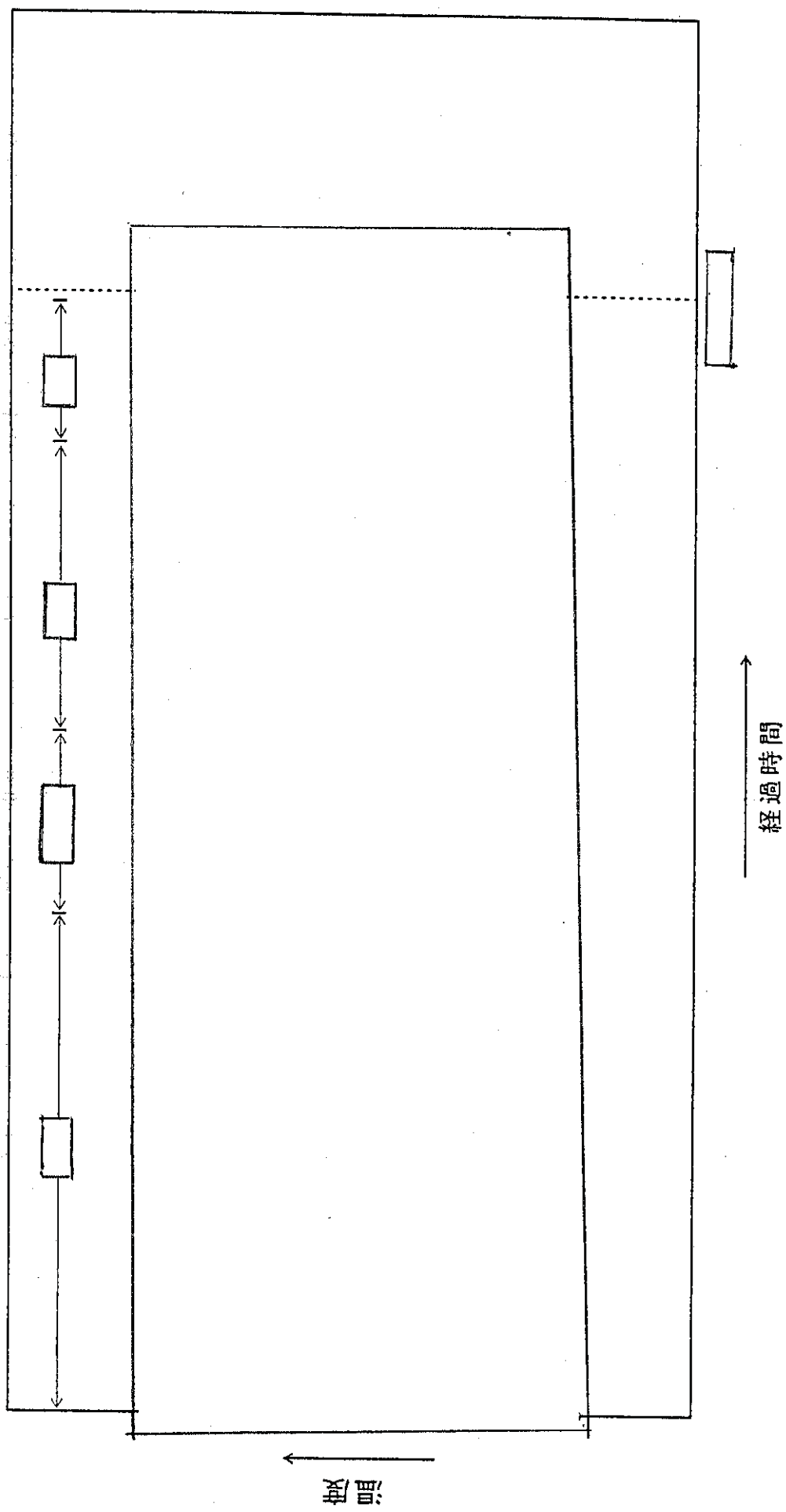


図-6 48Y均質化槽の運転経過例

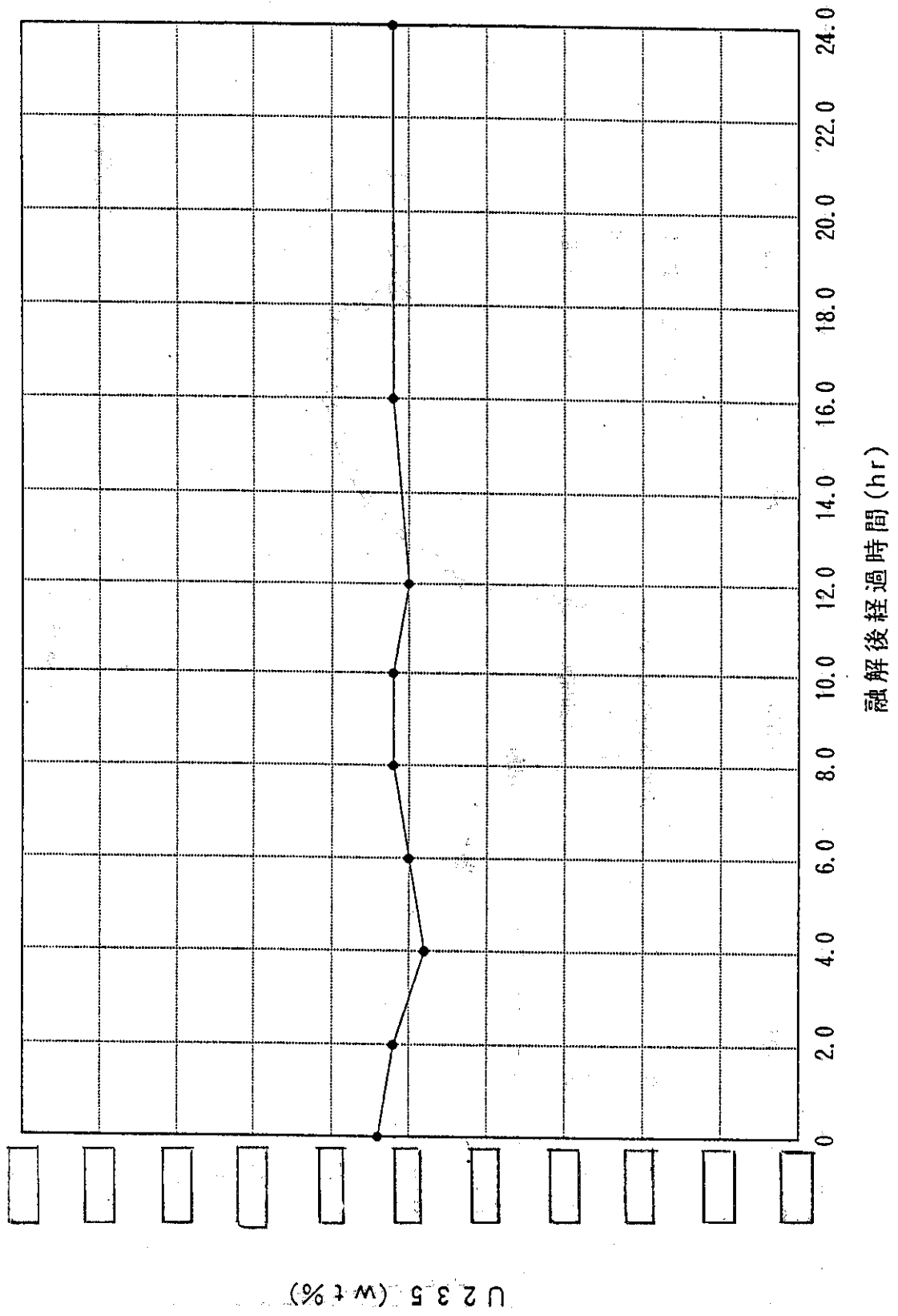
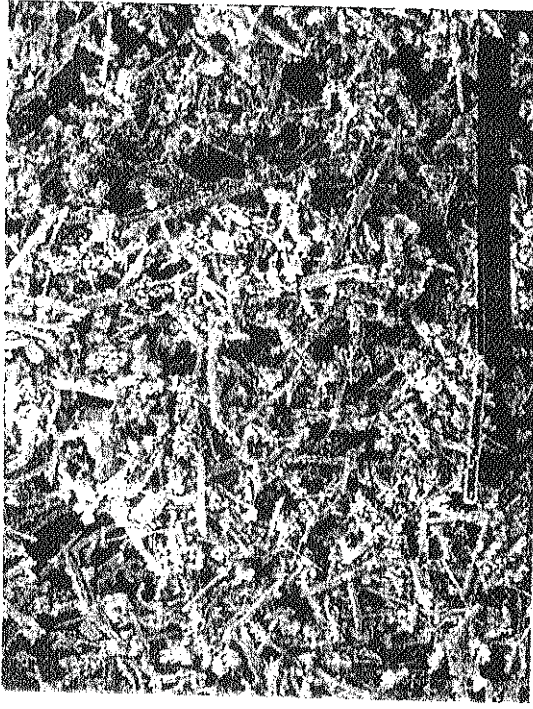


図-7 48YシリダUF<sub>6</sub>の均質化状況 (U235 度経時変化)

①部分の閉塞物(3/3採取)粉体顕微鏡(200倍)写真  
(X線回折でUF<sub>5</sub>を確認)



②部分の閉塞物(3/13採取)粉体, 固形物の写真  
(X線回折でUF<sub>4</sub>とUO<sub>2</sub>を確認)

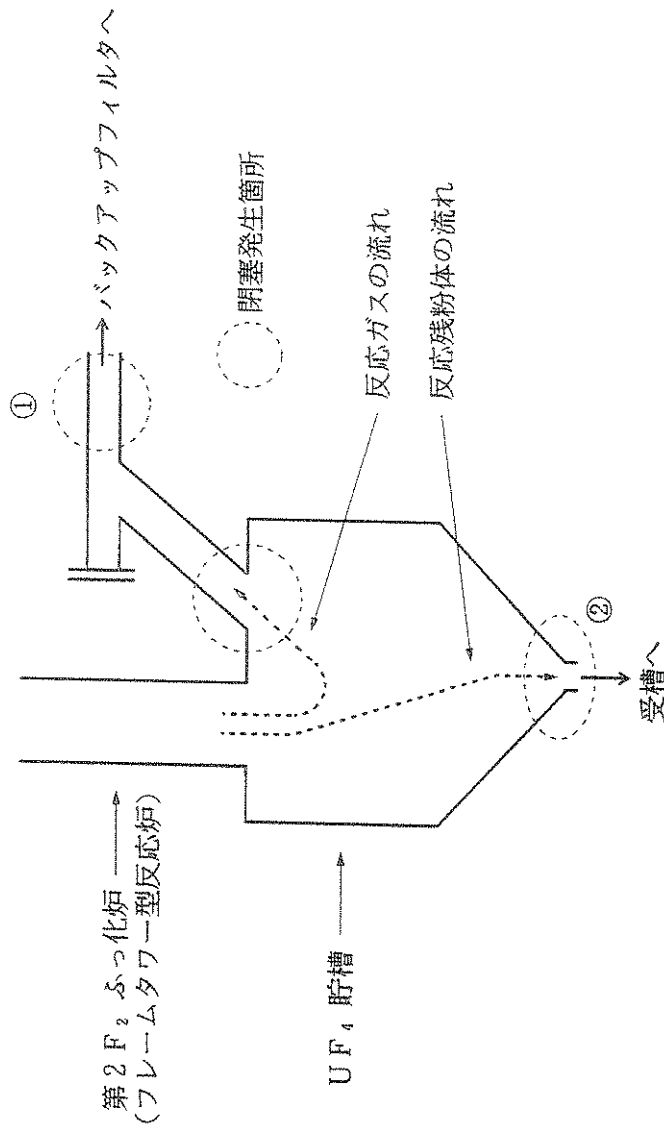
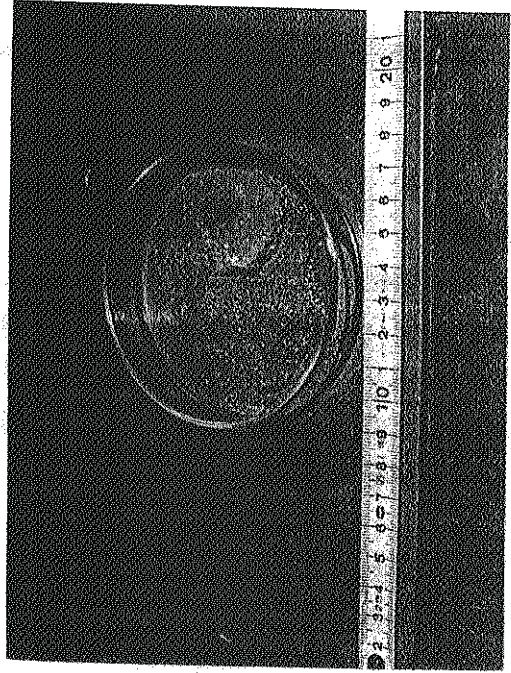


図-8 第2 F<sub>2</sub> ふっ化炉回りの閉塞事象発生箇所と閉塞物の形状

## 1.2.3.4 保守（電気・計装）

報告者 転換技術開発課

### 1. 概要及び目的

回収ウラン転換実用化試験運転実施にあたっては、各工程での粉体の給鉱・抜出時の閉塞、反応条件の不安定、制御シーケンス動作不良、経年変化による機器・計装故障等の問題点が発生してきた。このような種々の問題点を解決すべく、機器・計装系における改造・点検整備を行い、運転稼働率の向上、反応性の改善、被ばくの低減化、省力化の推進等運転の安定化を図ることを目的として、保守作業を実施してきた。

### 2. 改造、点検内容

#### (1) CRT制御システム概要

##### ① CRT制御システム関連工程

(イ) CRT制御システム関連主工程としては、連続前処理工程、脱水還元工程、第1HFふっ化工程、第2F<sub>2</sub>ふっ化工程の4工程がある。

(ロ) その他、第2HFふっ化工程、第1F<sub>2</sub>ふっ化工程、F<sub>2</sub>製造工程、捕集充填工程においては、既設グラフィックパネル（シーケンサ）における制御を行っている。

##### ② CRT（オペレータステーション及びプリンタ）

###### (イ) 監視操作、制御機能

各検出端からのプロセス情報の表示、バルブ・モータへの操作出力、制御ループの状態表示

###### (ロ) データ処理機能

ロギング・レポート出力（操業データ、時報、バッチ報等）及び警報メッセージの印字  
トレンド（リアルタイム、ロータリー、ヒストリカル）、ハードコピー出力

##### ③ 制御用キュービクル（フィールドコントロールユニット、シグナルコンディショナ、リレーアウトボード等）

###### (イ) 制御機能

制御ループへの演算出力及びシーケンス出力

###### (ロ) インターフェイス機能

各入出力信号のインターフェイス

システム構成については、図-1-1「基本システム構成図」、図-1-2「転換設備システム構成図」に示す。

#### (2) CRT制御関連改造（各種CRT画面 図-1-3～図-1-20参照）

① CRTによる監視及び操作については、1工程において「運転選択画面」、「運転監視画面」、「計装監視画面」等があり、運転立上げ、切替え時には、その情報を同時に監視する必要がある。また2、3、4工程同時運転となれば、さらに運転員の監視・操作への負荷が高み、オペレーションミスへもつながることとなる。

合わせて各種シーケンス条件不具合、運転改良のための制御改造を実施した。

以下に、本改造内容を示す。

- (i) 監視・操作の強化のためCRT 1台を増設し、合計数5台とした。  
その操作主体の考え方としては、  
連続前処理、脱水還元工程として2台、第1HFふっ化工程、第2F<sub>2</sub>ふっ化工程として2台、全体工程（並びに補助用）として1台とした。
- (d) 各工程の計装データについて各CRT毎のトレンド登録の見直し、FDCへの保存等データの蓄積強化、カラーハードコピー用プリンタの増設により、データ解析の効率化を図った。
- (h) 各工程での粉体の給鉱・拔出時の閉塞による機器トリップの個別表示の登録を実施し、過負荷要因における機器異常の早期発見を図った。
- (c) 工程間気送シーケンス、HFフッ化工程給鉱制御、連続前処理純水供給制御等によるシーケンストラブル解決のため、各種条件組み込みによるシーケンスの改造をした。
- (k) 連続前処理工程の給鉱方式をバッチ制御から連続制御に変更し、稼働率の向上を図った。
- (A) 第2F<sub>2</sub>ふっ化工程加熱冷却制御方式の改造を行い、反応性の改善を図った。
- (3) 機器、設備関連整備（図-2「回収ウラン転換実用化試験工程」を参照）
- ① 機器、設備関連については、設備経歴10～15年（転用機器10年、既設機器15年）による経年劣化対応として、機器劣化、計器精度の誤差大等の改善を図った。  
また粉体の給鉱・拔出時の閉塞トラブルのための機器分解整備、機器・計装の使用条件に係わる改良、能力アップ及び保守作業管理等の改善を図ってきた。  
以下に、本整備内容を示す。
- (i) 経年劣化による反応炉本体ヒータ及びヒータ接続配線を更新した。  
（脱水還元塔、HF蒸発器、第2HFふっ化塔、第1F<sub>2</sub>ふっ化炉、他）
- (d) 計装制御用のバックアップ電源である無停電電源装置のバッテリー（162セル）を更新した。
- (h) 安全計装としての機能を維持させるため、計装品の更新をした。  
（記録計：14台、調節計：2台、圧力伝送器：5台、電磁弁：10台、その他：6台）
- (c) 計装機器の信頼性を高めるため、各計装ループのキャリブレーション校正を実施した。  
（圧力、差圧：40ループ、温度：18ループ、重量：20ループ、その他6ループ）
- (k) 温度ループ（熱電対）の接続不良に伴い、接続箇所のモールド化改良をした。  
（脱水還元塔、第1HFふっ化塔、第2F<sub>2</sub>ふっ化炉等12箇所）
- (A) 水和廻り排気ライン改造、還元排気ブロワ能力アップ等の改良をした。
- (t) ブロワ、ポンプ、スクリーフィーダ、ラインバルブ等の分解点検整備を実施した。
- (f) 水和転換室1Fフード内及び脱水転換室（F-603）等に放射線エリアモニタ指示及び記録計を設置、監視するとともに、保守作業における個人被ばく管理（PD着用、作業時管理等）をし、被ばくの低減化を図ってきた。

#### (4) 作業依頼・報告書 書式変更

従来の作業依頼・報告書の見直しにより、作業依頼・報告の一元化管理、作業連絡の明確化、再発防止等の改善を図った。

作業依頼では、「作業アドバイス」、「関連資料」、「補足説明」の追加。

作業報告では、「原因」、「今後の対応」、「詳細報告」の追加。

作業依頼・報告共、発信⇒確認（担当役、課代、課長）⇒受信作業ライン確認の明確化を図った。（資料-3「作業依頼・報告書」を参照）

### 3. 今後の計画及び課題

現在の保守作業としては、主に事後保全の形態で実施しているが、今後、作業依頼・報告書の「原因」「対策」等による事例を取りまとめ、同一あるいは類似事象における保守作業の実施方法についての検討を進め、保守・補修作業の効率化（予備品の確保、作業時間の短縮、設備改造、傾向管理データの取得等）を図り、予防保全に一步でも近づけるよう、工夫していく考えである。

回収ウラン転換工程計装制御改造においては、経年劣化対応（シーケンサ15年使用、CRT10年使用）、運転員の監視・操作の効率化並びに今後の各種の制御改造等の観点から既設盤（グラフィックパネル）シーケンサ（製造中止、入荷不可）による制御をCRT制御に統一することが望まれる。しかし現在のYEWPACKではその容量・能力が不足しているとともに、製造中止（入荷不可）となっている。今後、生産量アップに係わる制御改造が発生した場合を想定して新規CRT制御システム導入計画を早急に立案しなければならない。

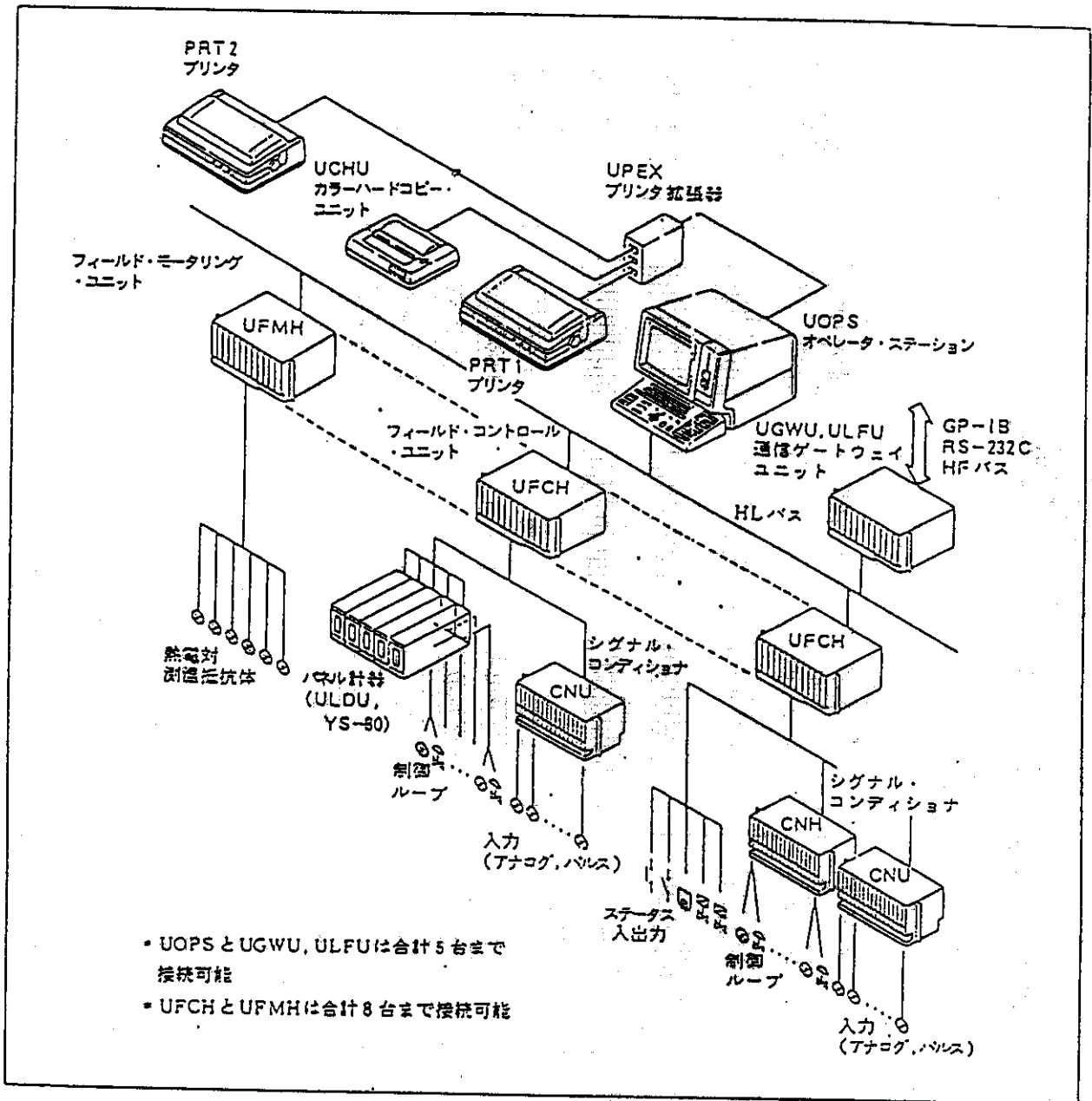


図 2.2 YEWPACK MARK II システム構成図

図-1-1 基本システム構成図



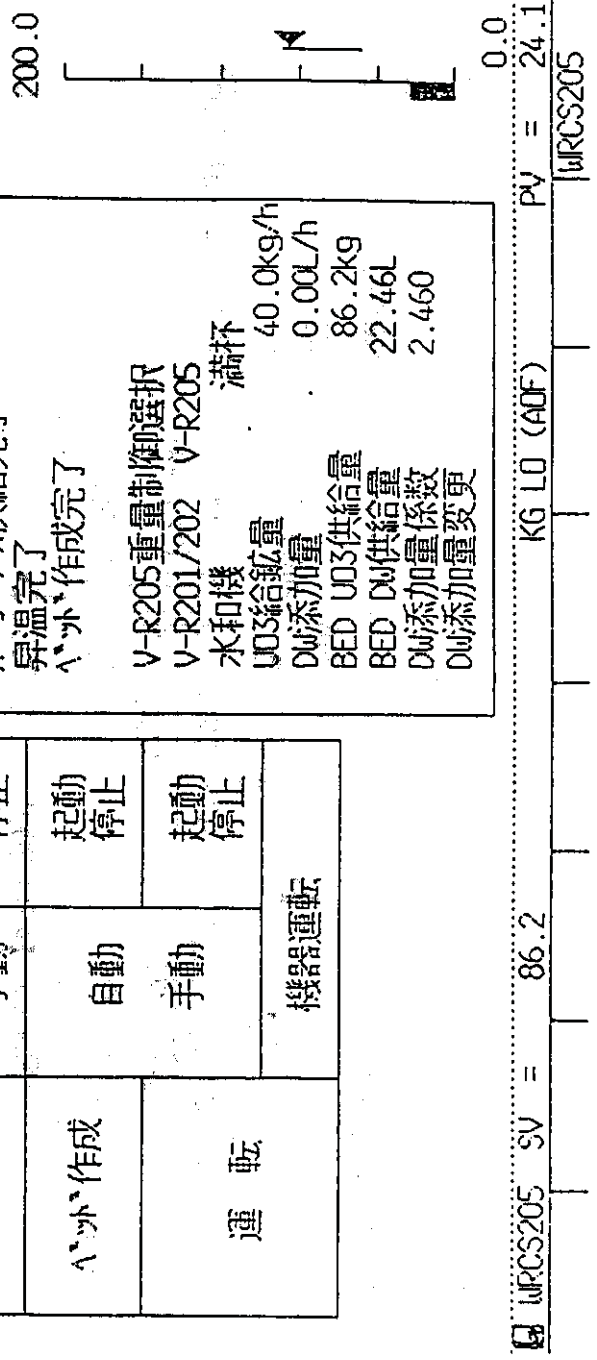


95.08.17 13:54  
GRAPH005 005/020

URCS209 NR  
水処理工程運転選択

運転項目	運転モード	運転指令
ノージカス供給	自動 手動	起動 停止
昇温	自動 手動	起動 停止
バクト作成	自動 手動	起動 停止
運 転	機器運転	

運転モード	遠隔異常系
操作モード	異常系 B
バクト運転	異常系 A
温水供給機	運転
機器異常発生	
ノージカス供給完了	
昇温完了	
バクト作成完了	
V-R205重量制御選択	
V-R201/202 V-R205	
水和機	満杯
UO3給水量	40.0kg/h
DW添加量	0.00L/h
BED UO3供給量	86.2kg
BED DW供給量	22.46L
DW添加量係数	2.460
DW添加量変更	



95.08.17 13:55  
GRAPH010 010/020

STDP Line=410

水和前処理運転監視 (1)

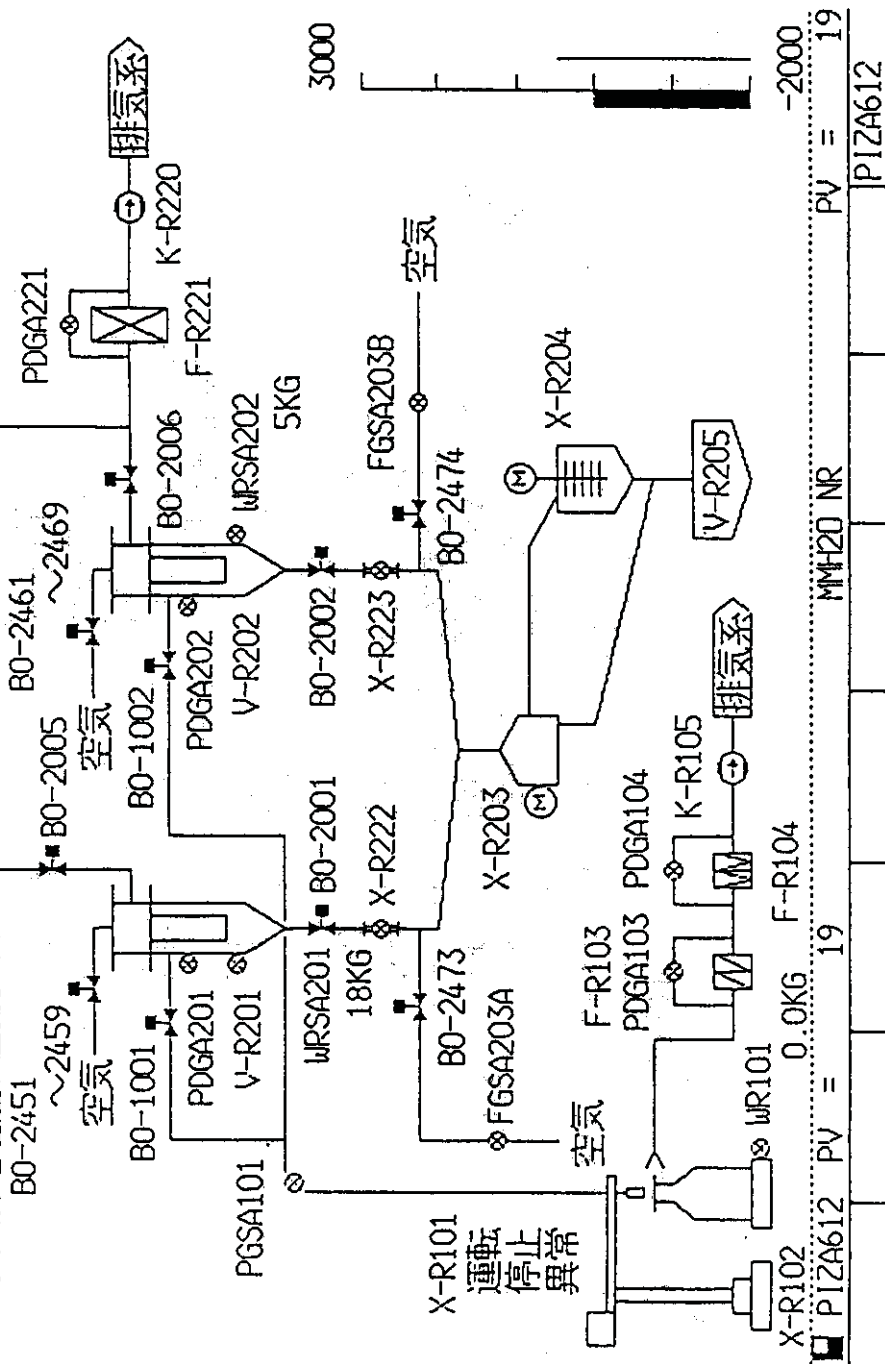


図-1-4



STOP Line=410  
水和前处理运转監視 (3)

95.08.17 13:57  
GRAPH012 012/020

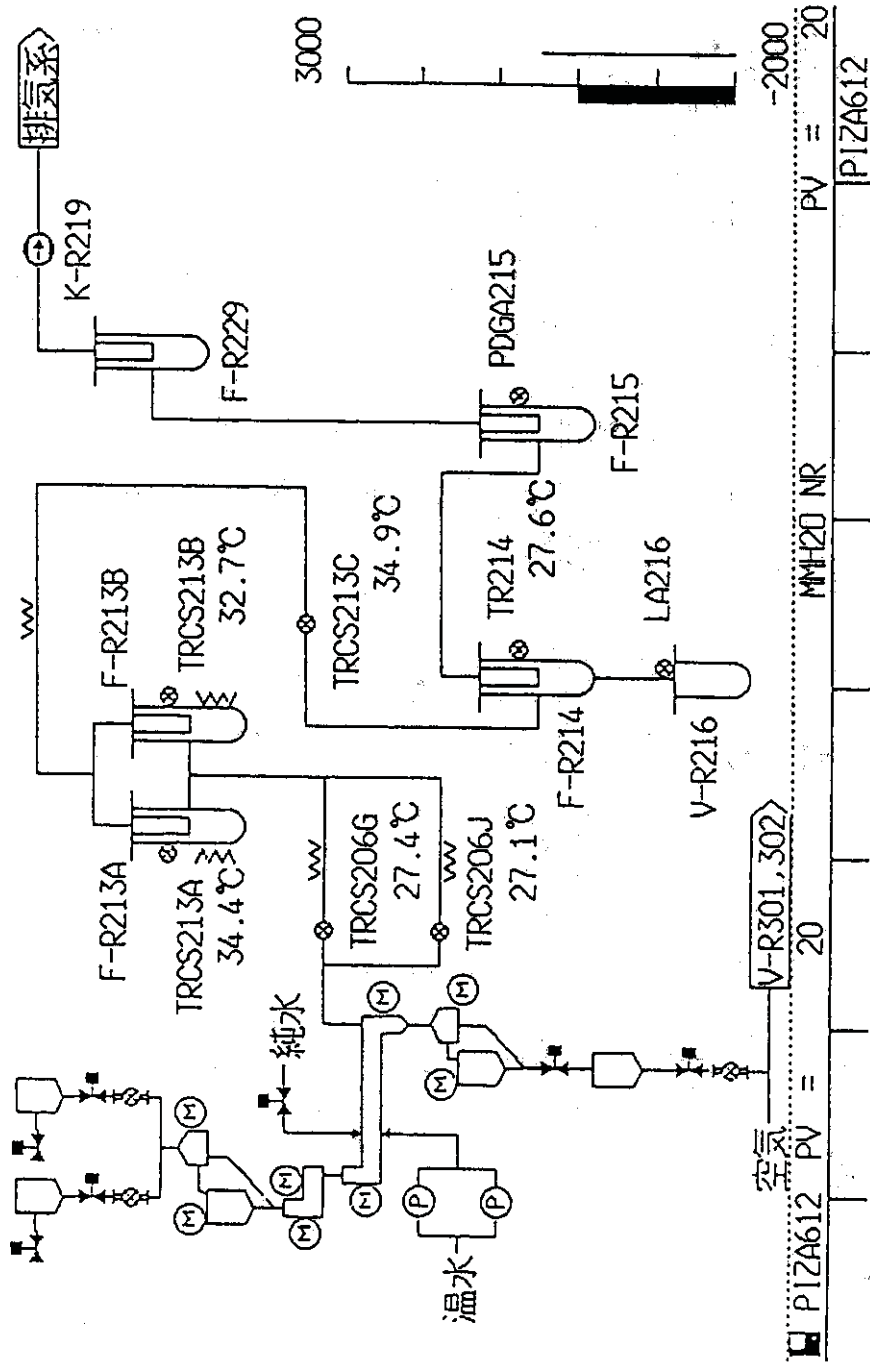
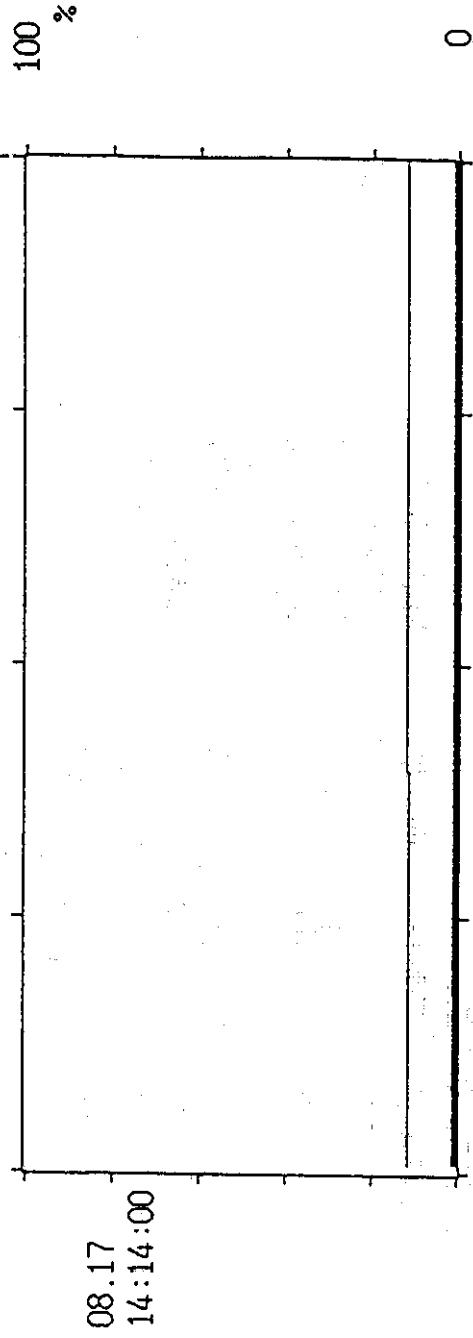


図-1-6

WRC209 NR 95.08.17 14:15  
 1 MIN TRENDPNL 5/28

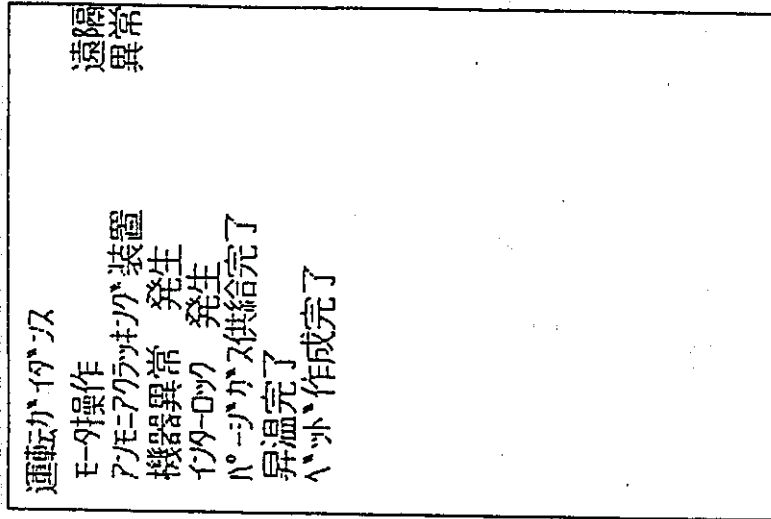
水和運転データ1 OVERLAY  
 2 PV (WRSA201) 18 KG  
 3 PV (WRC205) 24.3 KG  
 4 PV (FRCA218) 0.00 L/H

5 PV (WRC209) 0.0 KG  
 6 PV (WRC301) 0.0 KG  
 7 PV (WRC302) 0.7 KG  
 8 PV (PRCA218A) 0.012 KG/CM2



08.17 12:44 08.17 12:44 08.17 13:14 08.17 13:44 08.17 14:14  
 PIZ612 PV = 21 MMH20 NR PV = 21  
 SUMMARY <<| ON/OFF <| >| PAUSE |>> HISTORY

運転項目	運転モード	運転指令
ノージカガス供給	自動 手動	起動 停止
昇温	自動 手動	起動 停止
バット作成	自動 手動	起動 停止
運転	自動 手動	起動 停止
R-R303 アローバット	自動 手動	起動 停止



300.0

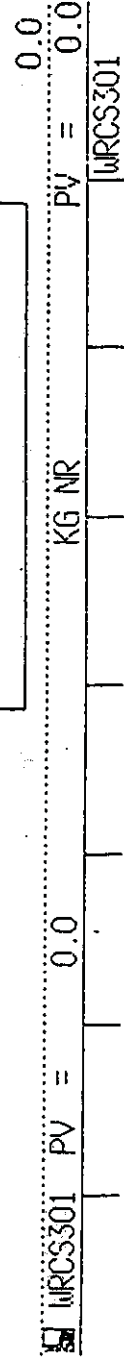
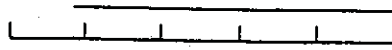


図-1-8





95.08.17 14:01

GRAPH014 014/020

WRCS209 NR  
脱水還元運転監視 (2)

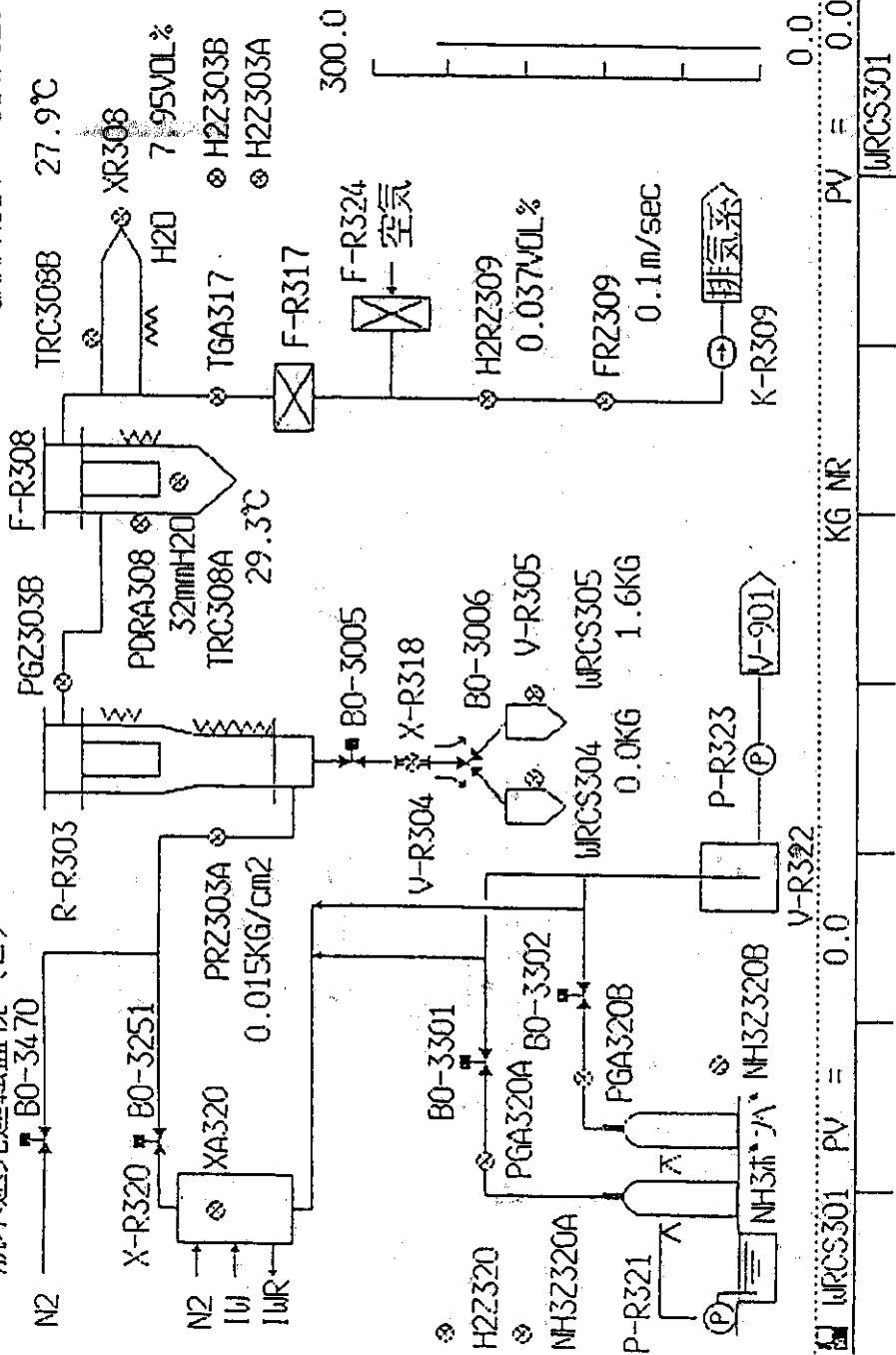


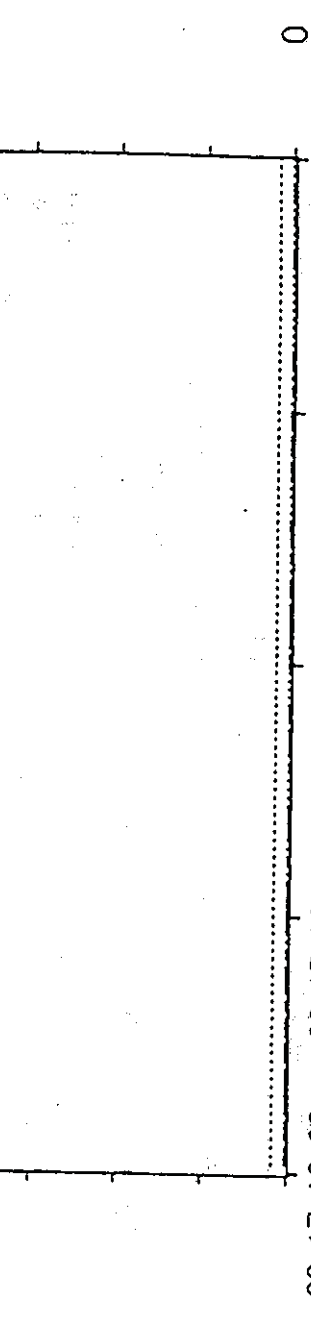
図-1-10

WRCs209 NR 95.08.17 14:20  
 1 MIN 遠元運転データ1 OVERLAY TRENDPWL 7/28

2 PV (WRCs302) PV (FRCS307A) PV (FRCS307B)  
 0.7 KG 0.00 NM3/H 0.00 NM3/H

3 PV (WRCs301) PV (FRCS307A) PV (FRCS307B)  
 0.0 KG 0.00 NM3/H 0.00 NM3/H

4 PV (WRCs304) PV (TRCZ303C) PV (TRCZ303F)  
 0.0 KG 27.3 °C 27.8 °C



5 PV (WRCs305) PV (TRCZ303C) PV (TRCZ303F)  
 1.6 KG 27.3 °C 27.8 °C

6 PV (WRCs304) PV (TRCZ303C) PV (TRCZ303F)  
 0.0 KG 27.3 °C 27.8 °C

7 PV (WRCs305) PV (TRCZ303C) PV (TRCZ303F)  
 1.6 KG 27.3 °C 27.8 °C

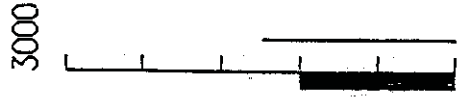
8 PV (WRCs304) PV (TRCZ303C) PV (TRCZ303F)  
 0.0 KG 27.3 °C 27.8 °C

08.17 12:20 08.17 12:50 08.17 13:20 08.17 13:50 08.17 14:20  
 PZA612 PV = 21 MMH20 NR PV = 21  
 SUMMARY <<| ON/OFF | <| | >| PAUSE | | >> | HISTORY

HFふっ化工程運転選択(1)

工程選択	No.1HFふっ化工程 No.2HFふっ化工程
運転項目	運転モード 運転指令
ノージカス供給	自動 起動 手動 停止 リモコン操作 運転
昇温	自動 起動 手動 停止
ハット作成	自動 起動 手動 停止
運転	自動 起動 手動 停止
R-R401 フロパック	自動 起動 手動 停止

運転が停止
R-R401→R-501併用運転
R-R401単独運転
R-501単独運転
No.1E-外操作 遠隔
No.2E-外操作 遠隔
HF供給設備 遠隔 異常
No.1 No.2 ノージカス供給完了
No.1 No.2 昇温完了
No.1 No.2 ハット作成完了
No.1 No.2 機器異常発生
No.1 No.2 冷却塔発生
リモコン操作 運転
HF凝縮液排出中
HF希釈液排出中



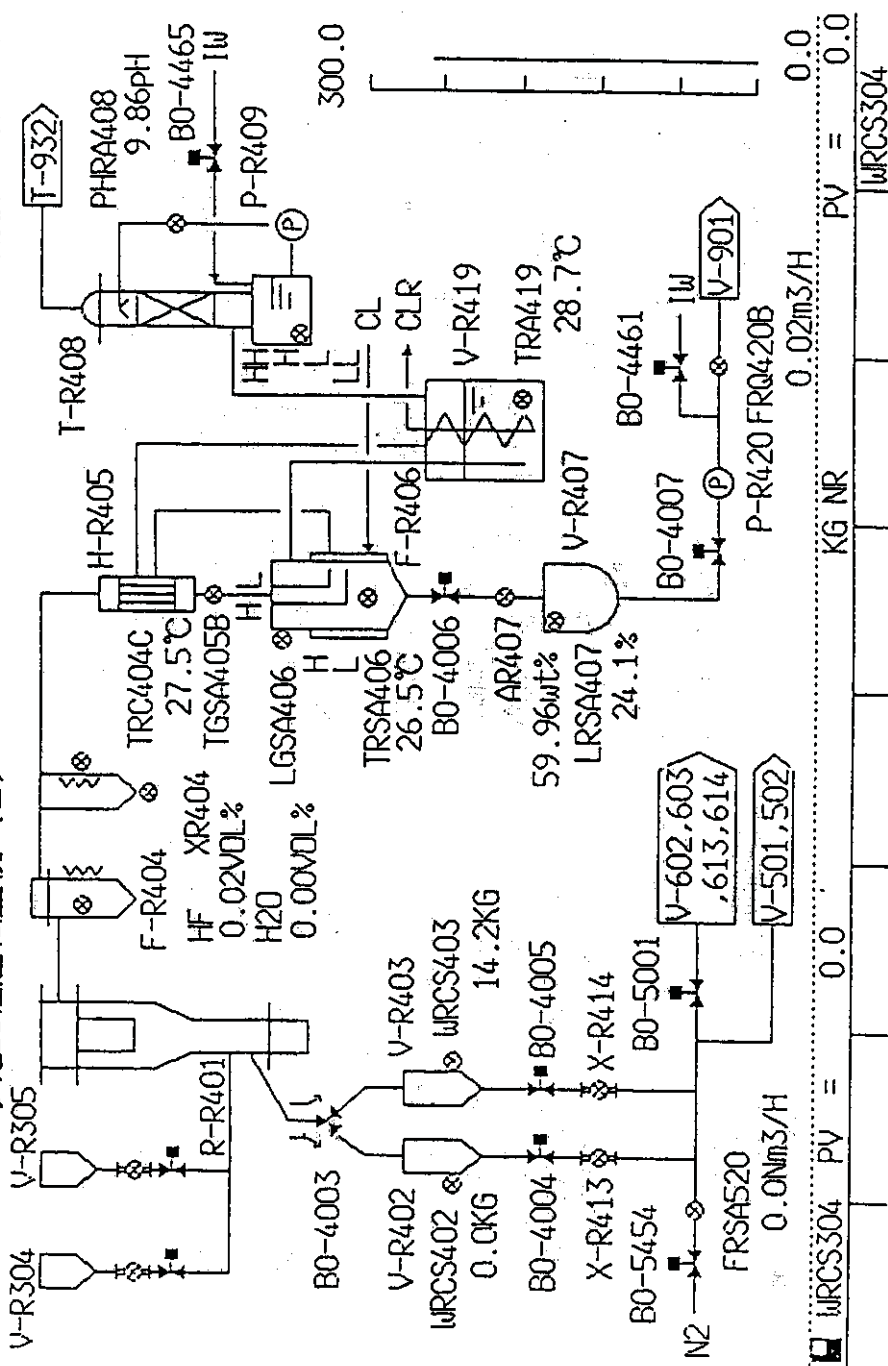
PIZA612 PV = 19 MMH20 NR PIZ612 PV = 19

図-1-12



95.08.17 14:04  
GRAPH017 017/020

No.1HF ふっ化工程運転監視 (2)





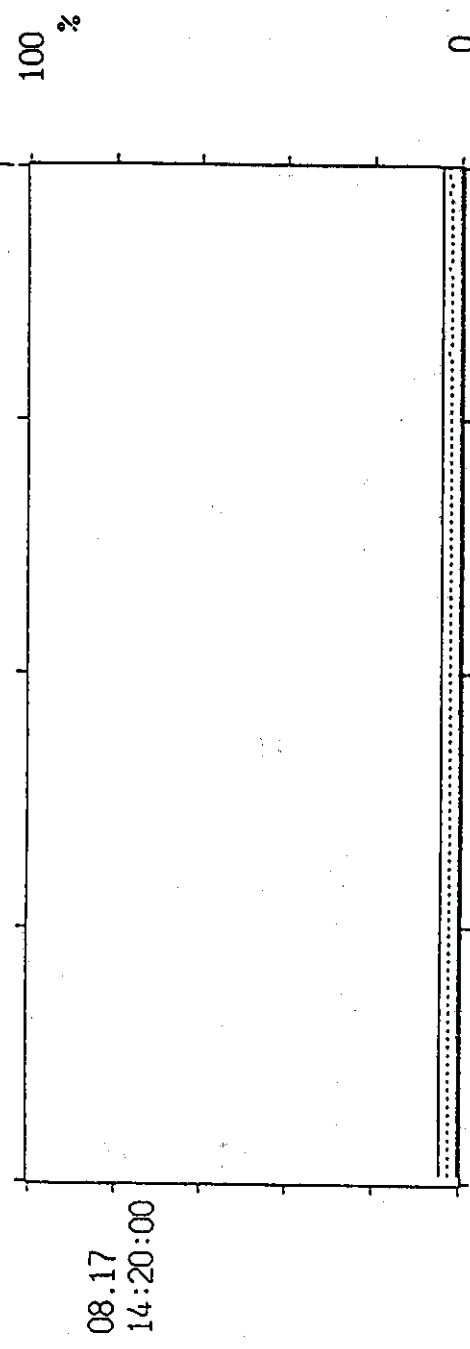
95.08.17 14:21  
TRENDPNL 5/28

ND1HF運転データ1 OVERLAY

1 MIN

1	PV (WRCS304 )	0.0	KG
2	PV (WRCS305 )	1.6	KG
3	PV (FRCS416 )	0.8	NM3/H
4	PV (FRCS417 )	0.00	NM3/H

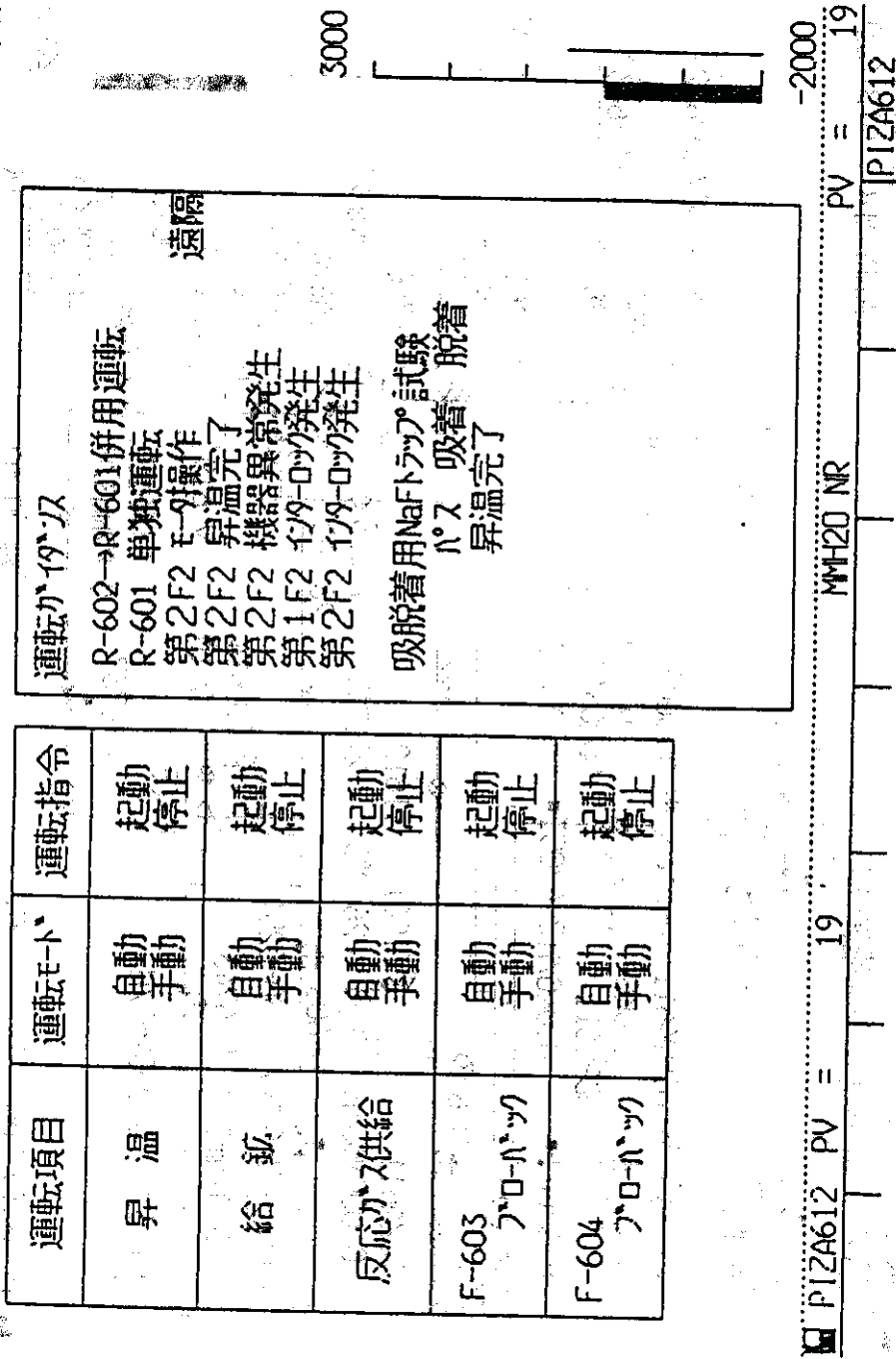
5	PV (WRCS402 )	0.0	KG
6	PV (WRCS403 )	14.2	KG
7	PV (TRCZ401C)	28	°C
8	PV (TRCZ401E)	27.3	°C



08.17 12:20 08.17 12:50 08.17 13:20 08.17 13:50 08.17 14:20  
 P1ZA612 PV = 19 MMH20 NR PV = 19  
 SUMMARY <<< | ON/OFF | <| | > | PAUSE | |>> | HISTORY

図-1-16

WRC5209 NR 95.06.17 14:08  
 第2F 2ふっ化工程運転選択 GRAPH008 008/020



運転項目	運転モード	運転指令
昇温	自動 手動	起動 停止
給缶	自動 手動	起動 停止
反応ガス供給	自動 手動	起動 停止
F-603 プロパツク	自動 手動	起動 停止
F-604 プロパツク	自動 手動	起動 停止

図-1-17



95.08.17 14:10  
GRAPH018 018/020

WRCS209 NR  
第2Fふっ化工程運転監視 (1)

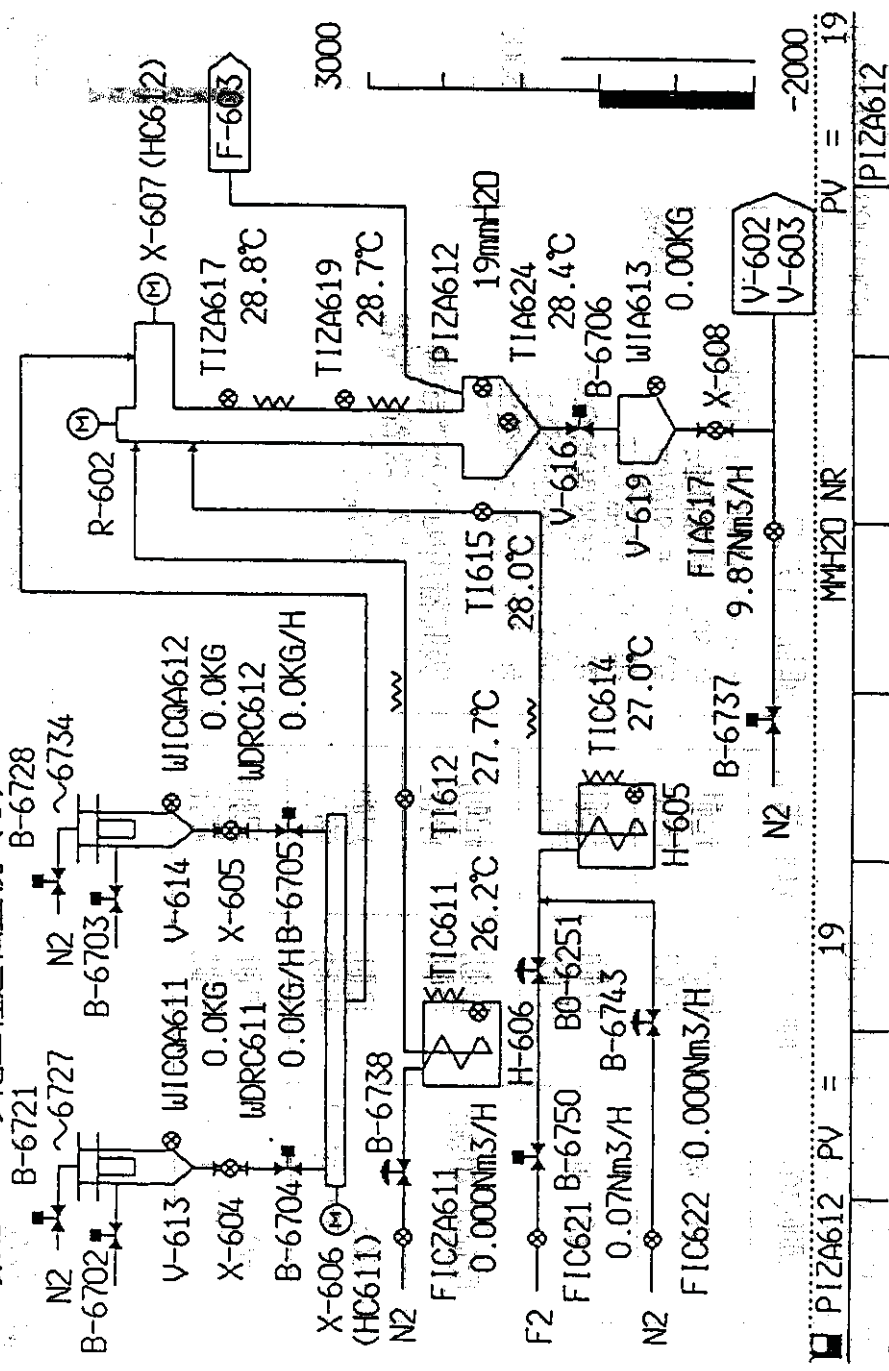


図-1-18

WRCS209 NR

第2 F2ふっ化工程運転監視 (2)

95.08.17 14:12

GRAPH019 019/020

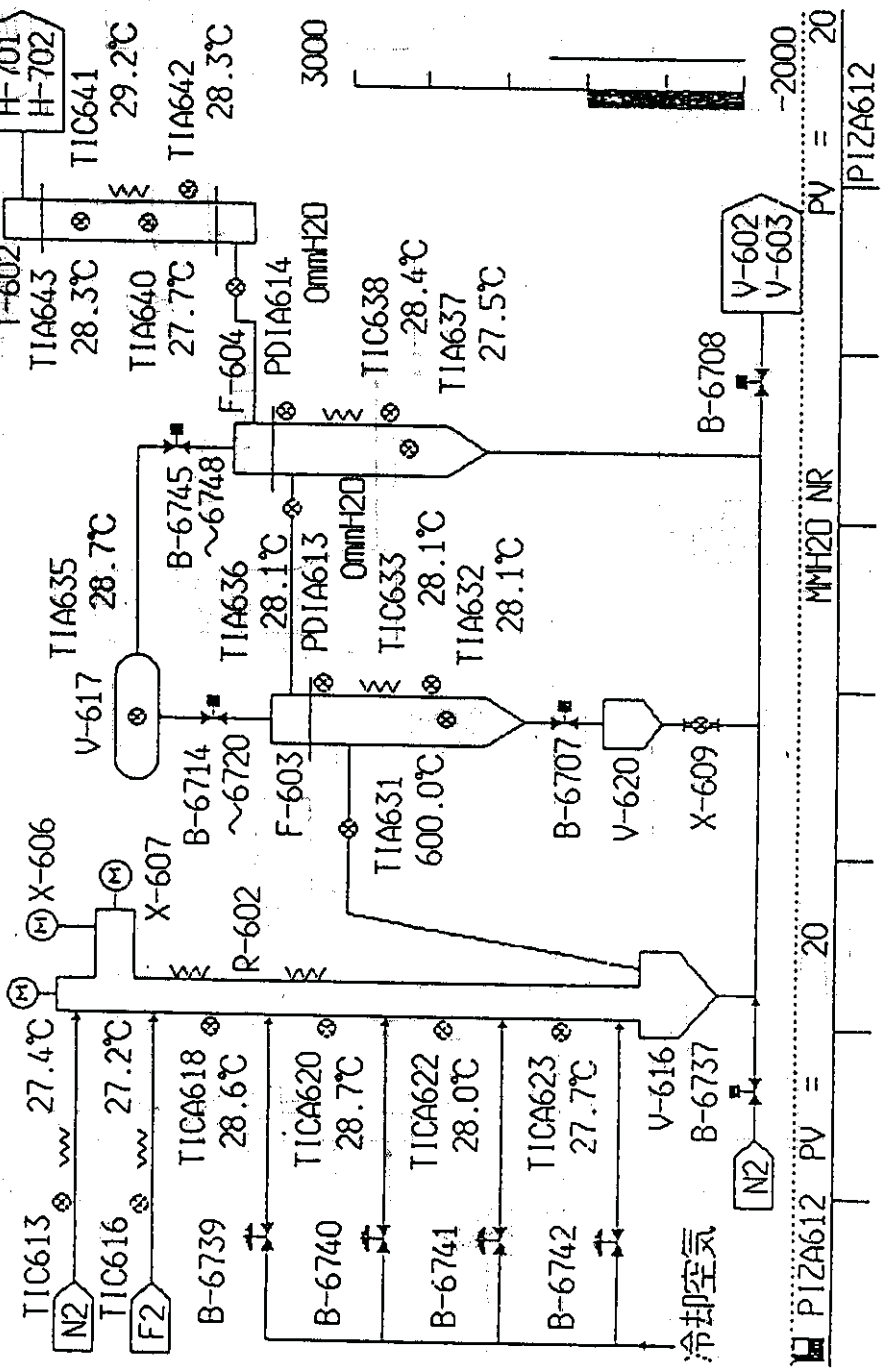


図-1-19

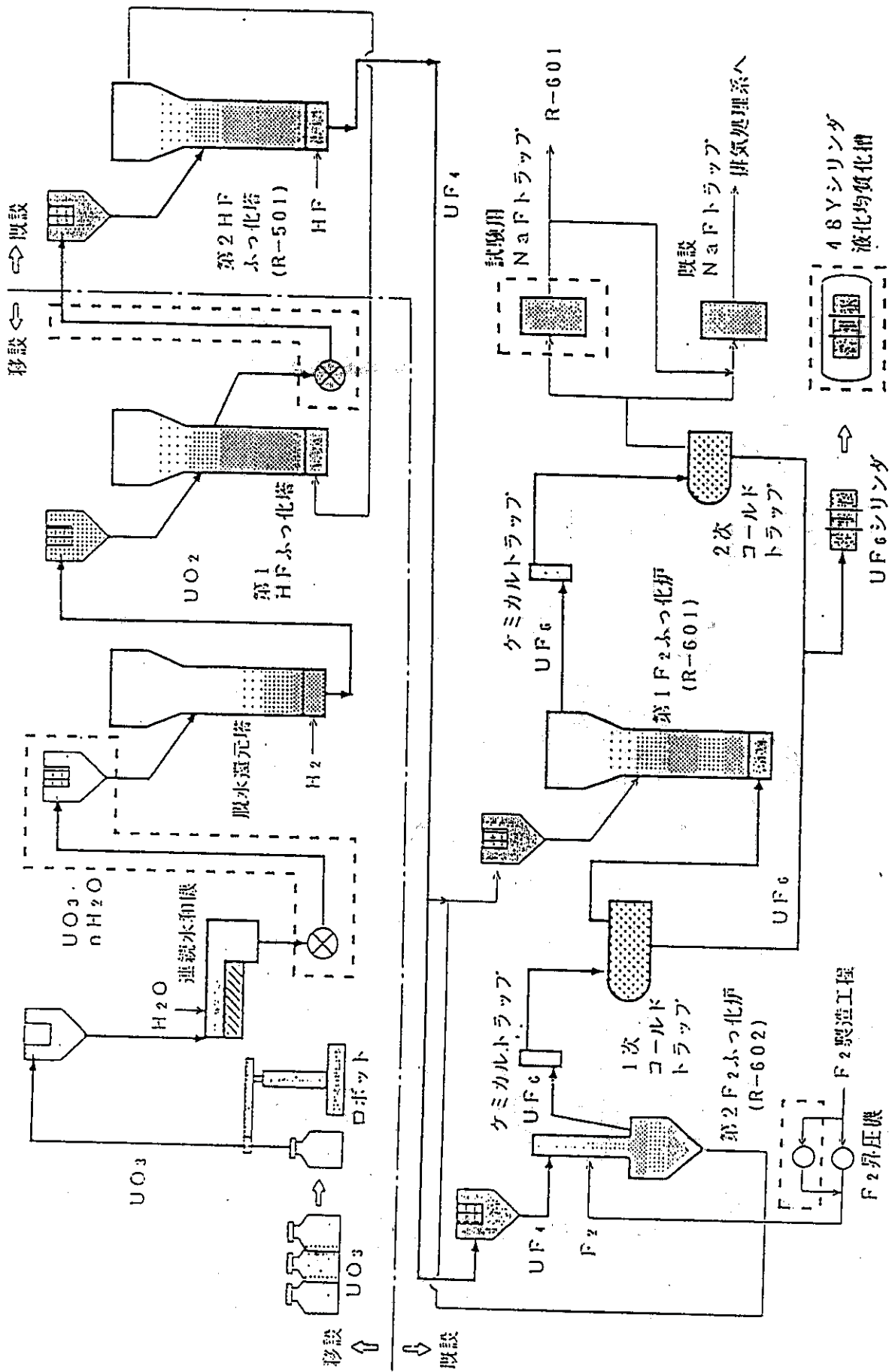
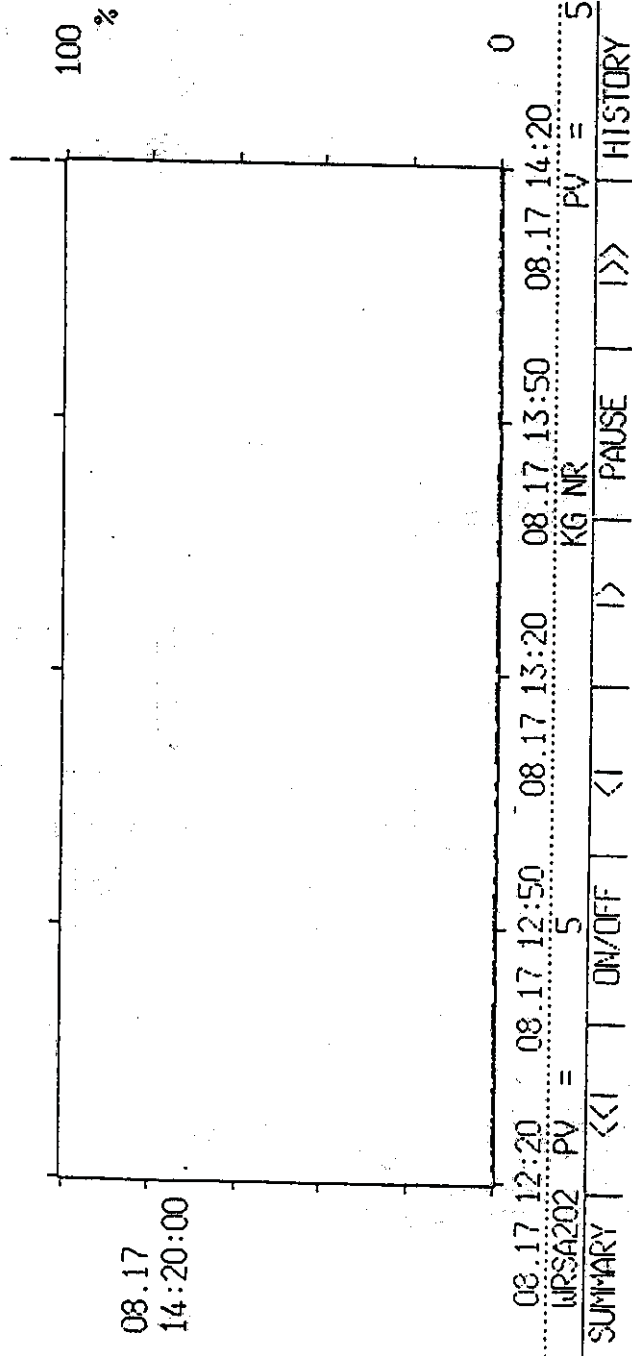


図-2 回収ウラン転換実用化試験工程  
 (内は新増設部分)

WRC209 NR  
 1 HIN  
 95.08.17 14:20  
 第2F2運轉データ1 OVERLAY TRENDPNL 5/28

1	PV (WJCGA611)	0.0	KG	2	PV (WJCGA612)	0.0	KG	3	PV (FIC621 )	0.07	NM3/H	4	PV (FICZA611)	0.000	NM3/H
5	PV (FIC622 )	0.000	NM3/H	6	PV (WJA613 )	0.00	KG	7				8			



# 作業（依頼・報告）書

NO	07	種別	011																
作業依頼				受信			確認						発信						
				G		L	担当者		担当役		課代		課長		担当者		G	L	担当者
発信日：平成 7年 4月 3日				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	←		(松)	(丸)	(太)	←		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
作業名：CRT制御シーケンス改造												区分		(工) 工事 (修) 修理 (検) 検査 (整) 調整					
専攻発生日時		年 月 日		時 分		分 類		機 械 電 気 空 調 建 設 ( )											
装置名(Tag)		CRT及び現場盤						場 所		コントロール室及び現場各所									
運転の停止		無		有⇒7年4月3日～7年5月13日		処望希望日		H7年4月3日 ～H7年5月13日											
工事・点検・修理等の依頼内容	別紙（有・無）																		
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. CRT 増設 運転監視強化             <ul style="list-style-type: none"> <li>① CRTトレンド登録見直し</li> </ul> </li> <li>2. CRT制御シーケンス改造             <ul style="list-style-type: none"> <li>① 機器異常信号表示</li> <li>② 気送シーケンス改造 (U4⇒U5, U5⇒U6, U4⇒U6)</li> <li>③ 第1HFの化給錠切換シーケンス改造</li> <li>④ R-602 加熱冷却制御改造</li> <li>⑤ V-R201(V-R202)給錠制御純水添加改造</li> </ul> </li> </ol>																		
アドバイス	・運転員1～2名(SLクラス)協力						関係部署等	・CRT制御機能仕様書											
	・通気試験にて実施確認																		
作業報告				発信			確認						受信						
				担当者		G	L	担当役		課代		課長		担当者		G	L	担当者	
発信日：平成 7年 5月 9日				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	⇒		(松)	(丸)	(太)	⇒		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
工事・点検・修理等の依頼内容	別紙（有・無）																		
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. CRT NO11増設（グラフィック画面割付、CRTトレンド登録見直し） （ヒストリカルトレンドをFDCに保存）</li> <li>2. CRT制御シーケンス改造             <ul style="list-style-type: none"> <li>① 機器異常信号表示</li> <li>② 気送シーケンス改造 (U4⇒U5, U5⇒U6, U4⇒U6)</li> <li>③ 第1HFの化給錠切換シーケンス改造</li> <li>④ R-602 加熱冷却制御改造</li> <li>⑤ V-R201(V-R202)給錠制御純水添加改造</li> </ul> </li> <li>3. CRT清掃点検</li> <li>4. ネット盤増締め</li> </ol> <p style="text-align: right;">詳細は、別添作業結果報告（詳細）を参照</p>																		
原因	・CRT監視及び制御強化						今後の対応	・5/11,12 改造に係る教育を実施											
	・清掃、内部点検							・変更箇所運転に7ルへの反映											

(注) ※依頼内容・報告内容は、できるだけ具体的に記載して下さい。  
 ※アドバイス、関係資料、原因、対策については、様式-2, 3にて記載して下さい。（様式-1）

### 1.2.3.5 回収ウラン分析

報告者 転換技術開発課

#### 1. はじめに

平成6年度実施した回収ウラン転換実用化試験に係る分析は、以下の①～③を実施した。

- ① 工程管理分析（原料 $UO_3$ 、 $UO_3 \cdot nH_2O$ 、 $UO_2$ 、 $UF_4$ の粉体物性、反応率）
- ② 製品 $UF_6$ の仕様確認分析（役務仕様及びDP受入仕様の確認）
- ③ 不純物核種の挙動評価分析（原料 $UO_3$ 及び製品 $UF_6$ 中の不純物核種）

以下これらの実施内容等について述べる。

#### 2. 実施内容

##### (1) 工程分析

##### ① 概要

工程分析について分析対象、分析項目、分析方法について概要を表-1に示す。分析対象は、原料 $UO_3$ 、 $UO_3 \cdot nH_2O$ 、 $UO_2$ 、 $UF_4$ であり、粉体物性及び反応率に係る分析を実施した。但し、サンプリング装置の不備等により、十分なサンプリングができず、より効率的なサンプリング方法が望まれた。

##### ② 新規の測定機器、分析方法の導入

本年度は、粉体の流動性、閉塞及び反応性評価に係る粉体物性分析の充実を目的として乾式レーザー粒度分布測定装置及びビデオマイクロスコープを新規に導入した。これらの機器の導入により、各種ウラン粉体の粒径、色、形状等を把握し、DTA(示差熱天秤)等のデータとの組合せで流動性、閉塞及び反応性について迅速且つ総合的な評価を可能とした。また、新規の分析方法として、X線回折による $UO_3$ 水和率測定法を開発し、水和率測定の迅速化を図った。

以下概要を述べる。

##### (イ) 乾式レーザー粒度分布測定装置

数 $\mu m$ 程度の微粉が、オフガス処理系の粉体閉塞の原因となるため、これらの微粉の測定が必要とされた。粉体粒度分析について、従来の標準篩法では $44 \mu m$ 以下の測定ができなかったが、乾式レーザー粒度分布測定装置(図-1)の導入により、 $0.7 \sim 700 \mu m$ の測定が可能となったことで、各工程における粉体の挙動追跡が容易となった。また、分析時間が約 $\frac{1}{4}$ に短縮とともに試料量の軽減が図られた。測定データの例を図-2に示す。

##### (ロ) ビデオマイクロスコープ

ビデオマイクロスコープの外観を図-3に示す。粉体観察について、従来の電子顕微鏡に比べ、マクロ領域までの粉体の状態が観察・記録でき、又、粉体の色及び未反応物の混在状態の確認が可能となったことから反応状態等が把握でき、運転への反映は従来に比べ10倍程度早くなった。核種粉体の写真を図-4に示す。

##### (ハ) X線回折による $UO_3$ の水和率簡易測定

$UO_3$ の水和率測定法として、 $UO_3 \cdot 2H_2O$ と $UO_3 \cdot 0.8H_2O$ のX線回折ピーク比による簡易測

定法を開発し、従来のDTA測定に較べ測定時間を4分の1に短縮した。X線回折ピーク測定例及び検量線を図-5、図-6に示す。

## (2) 製品UF<sub>6</sub>の仕様確認分析

### ① 概要

平成6年度に生産した4本の製品UF<sub>6</sub>シリンダについて仕様確認分析を実施した。製品UF<sub>6</sub>の仕様確認分析の分析項目、分析法、分析対象成分の概要は表-2に示す通りである。

### ② サンプルング

#### (イ) サンプルングポイント

<sup>232</sup>Uを除くU同位体分析試料は、48Yシリンダ均質化後のガスサンプルにより、また<sup>232</sup>U、UF<sub>6</sub>純度及び不純物は、コールドトラップから48Yシリンダへ充填するラインから充填毎の液体サンプルを採取し、48Yシリンダに対応する加重平均合成試料により実施した。サンプルングポイントを図-7に、サンプルング容器を図-8、図-9に示す。

#### (ロ) UF<sub>6</sub>液体サンプルング方法

UF<sub>6</sub>液体サンプルの合成試料は、コールドトラップから48Yシリンダへ充填の都度、充填量に応じて液体サンプルを採取した。サンプルング量は、12tUF<sub>6</sub>(48Yシリンダ1本分)に対し500gとした。なお、充填量については、充填終了まで把握できないため、コールドトラップの推定捕集量から算出した。液体サンプル合成試料採取の概要を図-10に示す。

### ③ 分析法

UF<sub>6</sub>純度は酸化重量法、U同位体は質量分析法により分析した。不純物のうち、放射性不純物については、溶媒抽出、イオン交換等により目的核種を分離したのち、放射能分析により、また非放射性不純物については、溶媒抽出により分離後、ICP-発光分光分析により分析した。

### ④ 分析結果

#### (イ) 分析結果

仕様確認分析結果の一例を表-3及び表-4に示す。平成6年度生産した4本のシリンダ(DP-18, 19, 20, 21)は、何れも役務仕様及び濃縮DP受入仕様を満たしていた。

また、<sup>235</sup>Uの分析値は、原料UO<sub>2</sub>のブレンド計画と良く一致していた。

#### (ロ) UF<sub>6</sub>液体サンプル分析値に係る誤差評価

このUF<sub>6</sub>液体サンプルの合成試料は図-11に示す通り、試料採取において48Yシリンダへの充填量と推定捕集量の誤差、48Yシリンダ計量誤差、サンプル計量誤差を含んでいるため、製品UF<sub>6</sub>の受入側である濃縮工場と協議の上、これらの誤差をもとに、合成試料の分析値について誤差を考慮して評価を行った。結果は、分析値が最も高くなるケースを想定しても仕様を満足することを確認した。

なお、サンプルング誤差の大きいシリンダでは、分析値に対して±100%程度の誤差を生

じるケースがあり、品質保証の観点から、今後の製品UF<sub>6</sub>のサンプリング方法について濃縮工場と協議、検討を行うこととした。

### (3) 不純物核種の挙動評価分析

#### ① 概要

核種の工程内挙動評価分析として原料UO<sub>3</sub>及び製品UF<sub>6</sub>各1件について<sup>237</sup>Np, <sup>238</sup>Pu, <sup>239</sup>, <sup>240</sup>Pu, <sup>106</sup>Ru, <sup>95</sup>Nb, <sup>95</sup>Zr, <sup>125</sup>Sb, <sup>137</sup>Cs, <sup>144</sup>Ceの分析を実施した。(表-5, 表-6)

#### ② サンプリング

製品UF<sub>6</sub>は、DP-19シリンダに対応する合成サンプルにより、またUO<sub>3</sub>は、DP-19に対応する原料UO<sub>3</sub>ポット(37ポット)の荷重平均合成サンプルとした。サンプリングの概要を図-12に示す。

#### ③ 挙動評価分析法

挙動評価分析方法の概要を表-5に示す。

基本的には、仕様確認分析の放射性不純物分析と同様に溶媒抽出、イオン交換等により目的核種を分離した後、放射能分析により定量する方法であるが、検出下限をより低くするため、更に測定妨害成分を除去したり、放射能測定時間を長くする等して分析した。

#### ④ 挙動評価分析結果

挙動評価分析結果を表-6に示す。

有意に検出された核種は、原料UO<sub>3</sub>の<sup>237</sup>Np, <sup>238</sup>Pu, <sup>239</sup>, <sup>240</sup>Pu, <sup>106</sup>Ruのみであり、他は、全て検出されず、Np, Pu, Ruのみ除染が確認された。また、UF<sub>6</sub>中の含有量は、役務仕様値、濃縮DP受入仕様値に較べて、Np(α), Pu(α)は4桁以上低く、<sup>106</sup>Ruは2桁以上低い値であった。

### 3. 回収ウラン分析に係る課題

核種挙動評価に係る分析として流動媒体等評価対象試料の分析技術開発が必要である。また、以下のようなサンプリングに係る検討が必要である。

- ① 転換工程の運転状態の正確かつタイムリーな把握のための効率的サンプリング方法の検討及びサンプリング装置の改良
- ② 製品UF<sub>6</sub>の液体サンプル合成試料のサンプリング精度向上に係る装置の導入・標準化
- ③ 不純物核種の挙動評価計画に基づくサンプリング方法の検討と分析実施



表 - 1 工程分析の概要

分析対象	分析項目	分析方法
原料UO <sub>3</sub>	粒度分布, 色, 形状	乾式レーザー粒度分布測定, ビデオマイクログラフ測定
水和UO <sub>3</sub> (UO <sub>3</sub> ·nH <sub>2</sub> O)	粒度分布, 色, 形状 含水率	乾式レーザー粒度分布測定, ビデオマイクログラフ測定 X線回折測定, 示差熱天秤測定
UO <sub>2</sub>	粒度分布, 色, 形状 O/U (H <sub>2</sub> 還元率)	乾式レーザー粒度分布測定, ビデオマイクログラフ測定 ポーラログラフィー, 示差熱天秤測定
UF <sub>4</sub>	粒度分布, 色, 形状 UO <sub>2</sub> F <sub>2</sub> (HFフッ化率) UO <sub>2</sub> (HFフッ化率)	乾式レーザー粒度分布測定, ビデオマイクログラフ測定 ポーラログラフィー, 示差熱天秤測定 AOI測定

表 - 2 製品UF<sub>6</sub>仕様確認分析の概要

分析項目	分析法	分析対象成分	
		<input type="text"/>	<input type="text"/>
UF <sub>6</sub> 純度	酸化重量法	<input type="text"/>	<input type="text"/>
U同位体	質量分析法 ( <sup>232</sup> Uは放射能分析)	<input type="text"/>	<input type="text"/>
放射性不純物	放射能分析法	<input type="text"/>	<input type="text"/>
非放射性不純物	TBP抽出-ICP発光法	<input type="text"/>	<input type="text"/>

表 - 3 役務仕様確認分析結果 (例) (DP-20)

純度等			
U 同位体			
放射性不純物			
非放射性不純物			

表 - 4 DP 受入仕様確認分析結果

		仕 様 値	
U 同位体	$^{232}\text{U}$	1.2 ppb/U以下	
	$^{234}\text{U}$	0.027 wt. %以下	
	$^{235}\text{U}$	0.9~1.3 wt. %以下	
	$^{238}\text{U}$	0.4 wt. %以下	
放射性不純物	Np ( $\alpha$ )	0.096 Bq/gU以下	
	Pu ( $\alpha$ )	0.1 Bq/gU以下	
	Am ( $\alpha$ )	0.32 Bq/gU以下	
	$^{95}\text{Nb}$	13 Bq/gU以下	
	$^{106}\text{Ru}$	100 Bq/gU以下	

表 - 5 回収ウランUF<sub>6</sub>の挙動評価分析法

分析対象	分析 方 法	分 析 機 器
<sup>237</sup> Np	TTA抽出 - αスペクトル測定法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・αスペクトルメータ : キャンベラ製 7404 型</li> <li>・マルチチャンネルアナライザー : キャンベラ製 3575 型</li> </ul>
<sup>238</sup> <sup>239, 240</sup> Pu	TTA抽出・イオン交換 - αスペクトル測定法	
<sup>241</sup> Am	イオン交換 - αスペクトル測定法	
<sup>244</sup> Cm	イオン交換 - αスペクトル測定法	
<sup>106</sup> Ru	蒸留 - βスペクトル測定法	低バックグラウンド液体シンチレーション アナライザー
<sup>99</sup> Tc	蒸留・イオン交換 - βスペクトル測定法	: パッカー・ドジャパン製 2250CA型
<sup>95</sup> Zr <sup>95</sup> Nb <sup>125</sup> Sb <sup>137</sup> Cs <sup>144</sup> Ce	イオン交換 - γスペクトル測定法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・γスペクトロメータ : セイコーEG&amp;G製</li> <li>・検出器 : Ortec 製GMX-20200-P/28-TN-1930</li> </ul>

表 - 6 UO<sub>3</sub>・UF<sub>6</sub>の挙動評価分析結果 (例) (DP-19)

分析対象			
T R U			
F P			

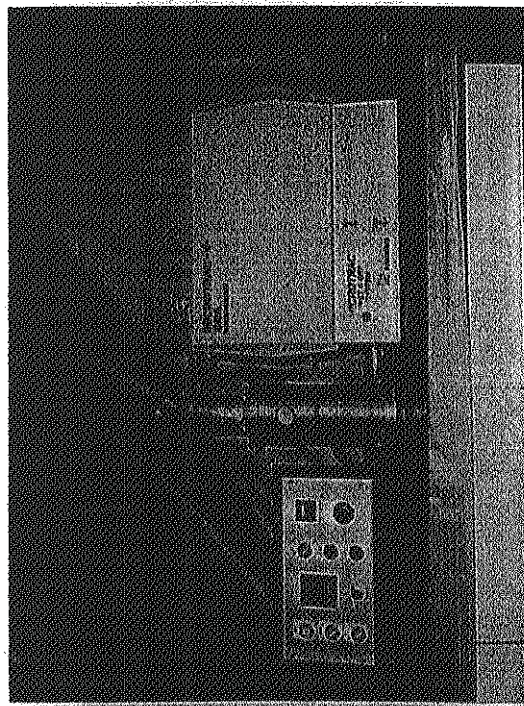


図-1 乾式レーザー粒度分布測定装置

※※ 粒度分布測定結果 ※※

RUN No.	0	サンプルタイム	10 (sec)
ID-1	U03 0862	計測使用レンズ	0.69 - 704.00 (μm)
ID-2		ディスタアフレス	.414
計測日付	06/07/95	コメント	
計測時間	16:30	備考	

\*\* Microtrac(FSA) \*\*

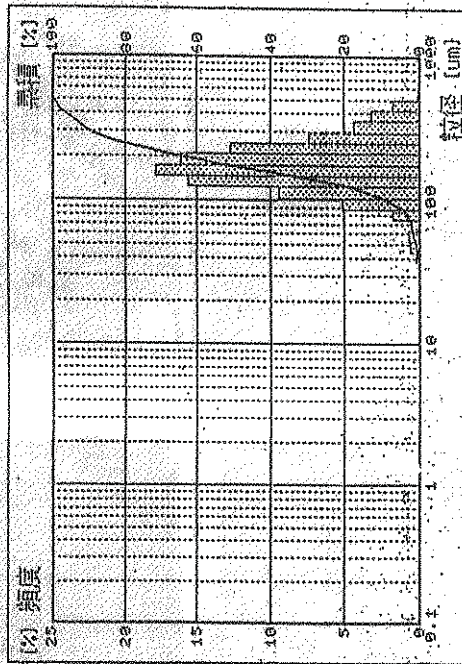


図-2 粒度分布測定出力例

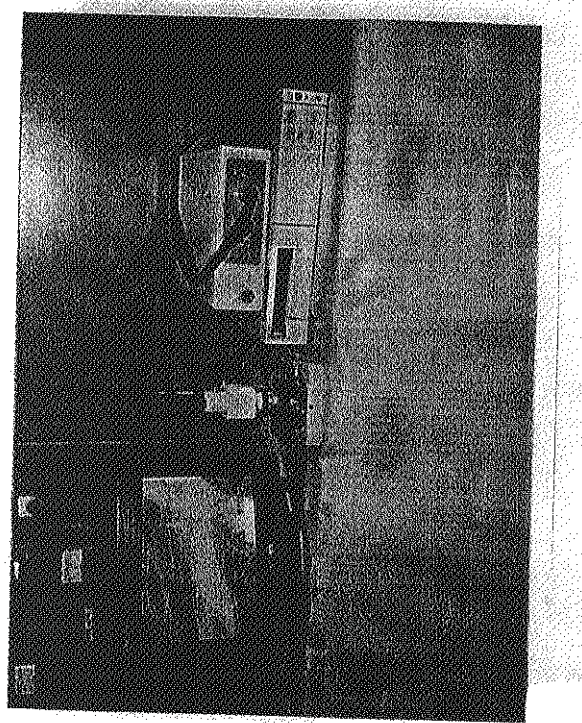


図-3 ビデオマイクロスコープ

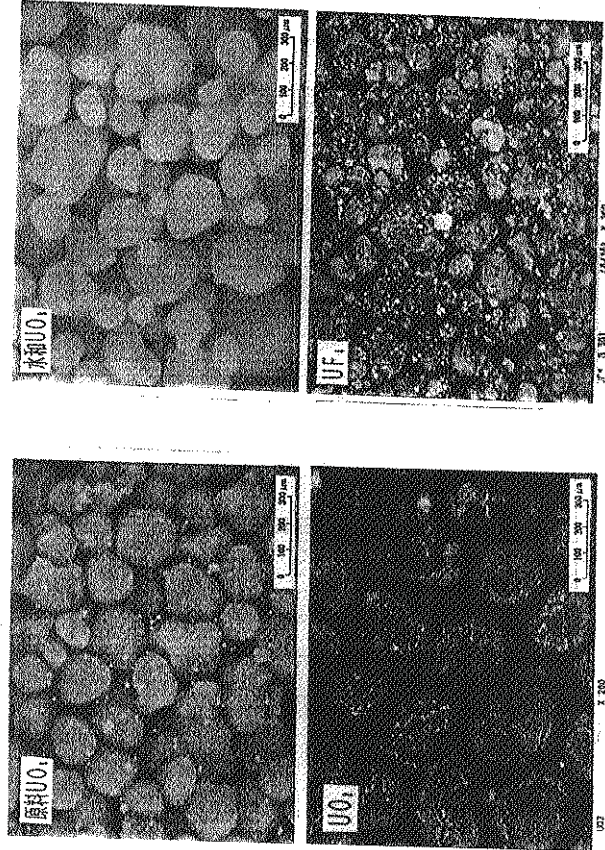


図-4 粉体撮影例

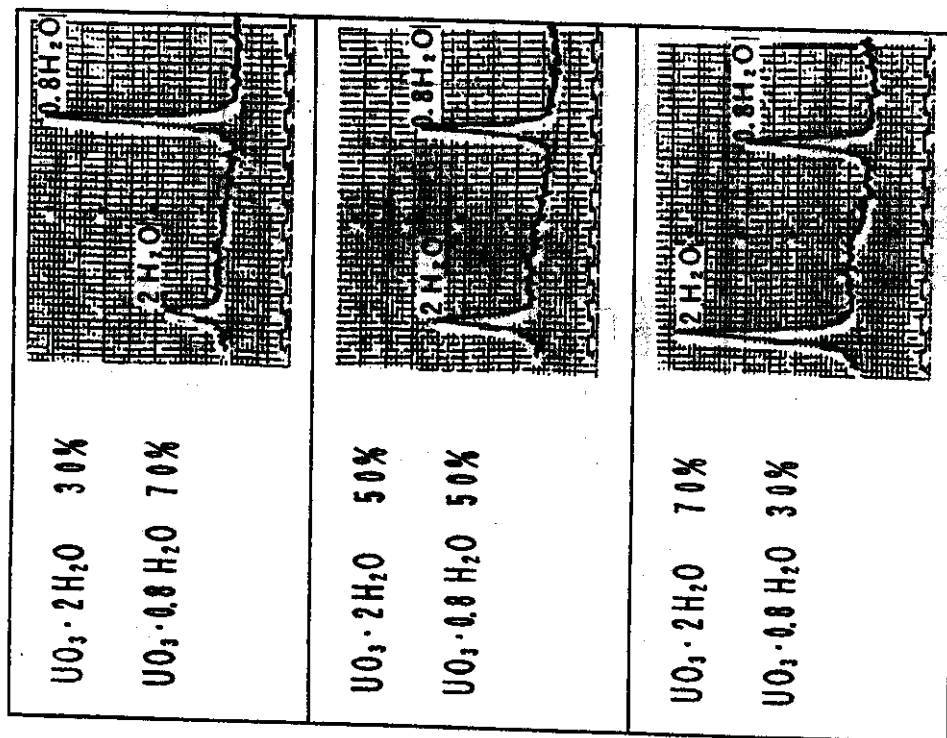


図-5  $UO_3$  水和物の X 線回折ピーク

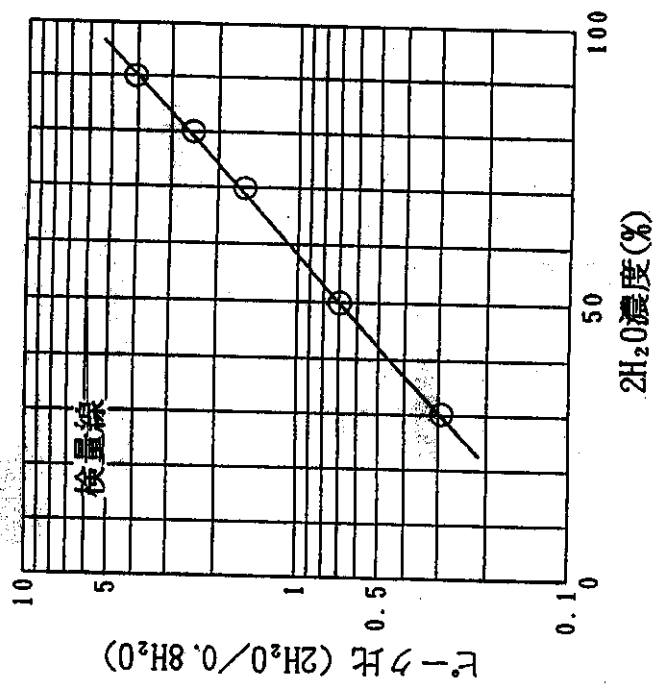


図-6 X 線回折による  $UO_3$  水和率測定検量線

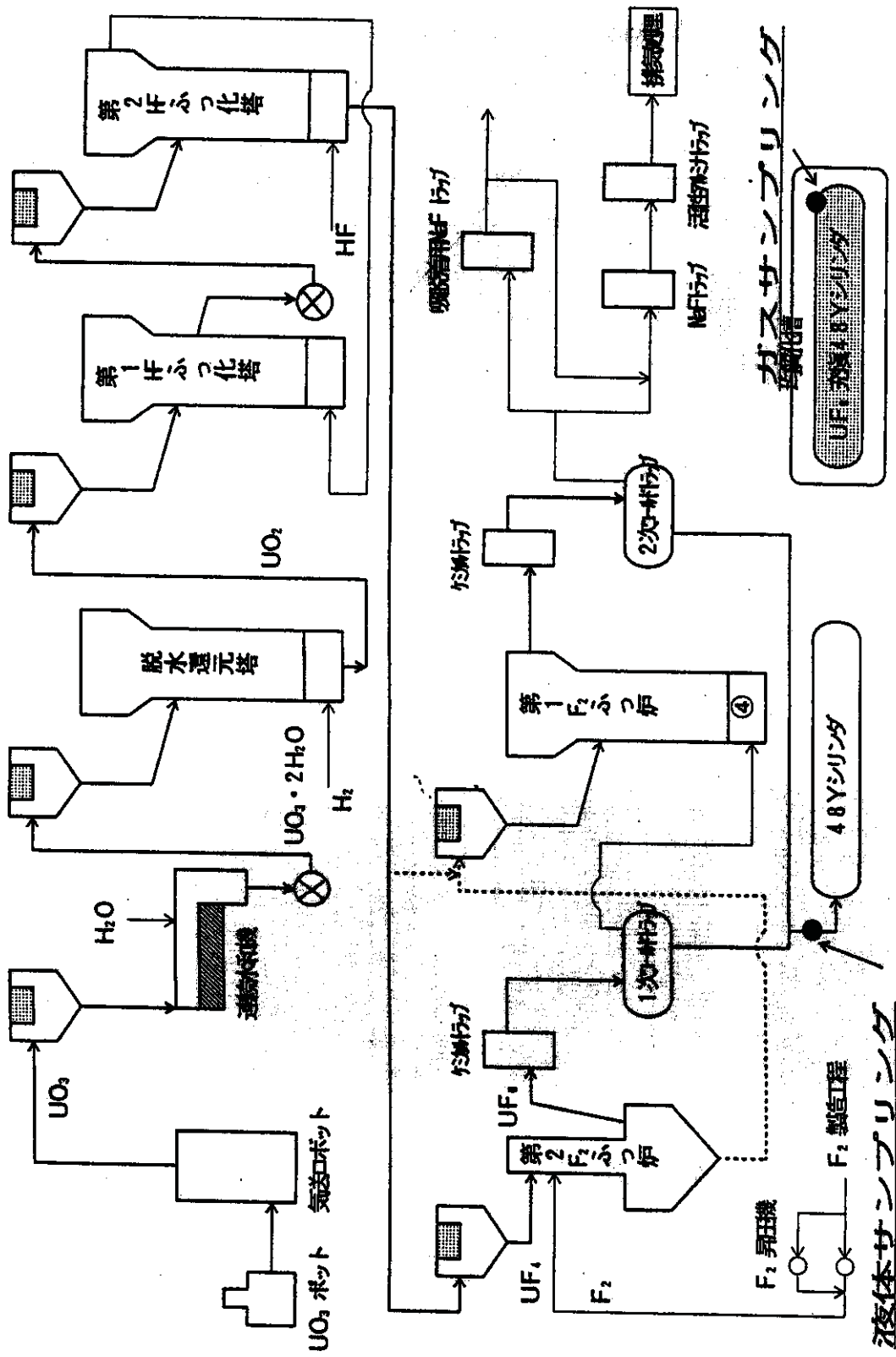


図-7 UF<sub>6</sub>のサンプリングポイント

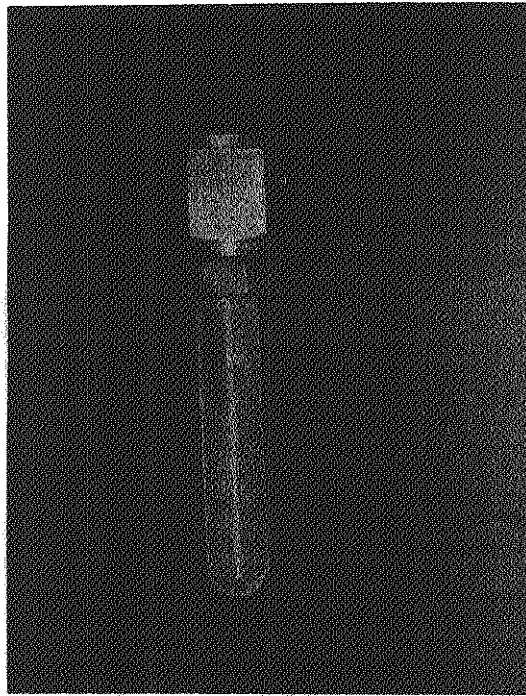


図-8 ガスサンプリングチューブ

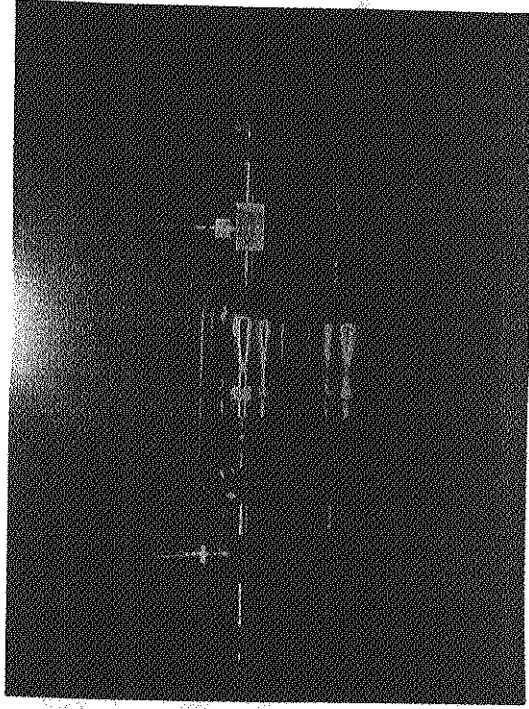


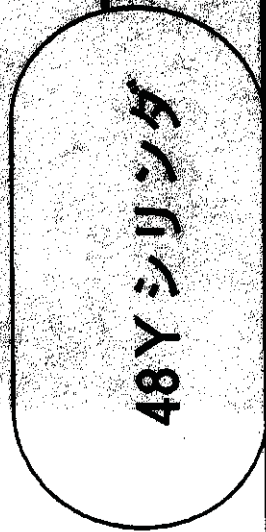
図-9 液体サンプリングシリンダ



コールドトラップ

推定捕集量  $C_1 \cdots C_n$

充填量  $Y_1 \cdots Y_n$   
総充填量  $\Sigma Y_i$



ロードセル

サンプルシリンダ  
(500ml)

採取量  $S_1 \cdots S_n$   
総採取量  $\Sigma S_i$

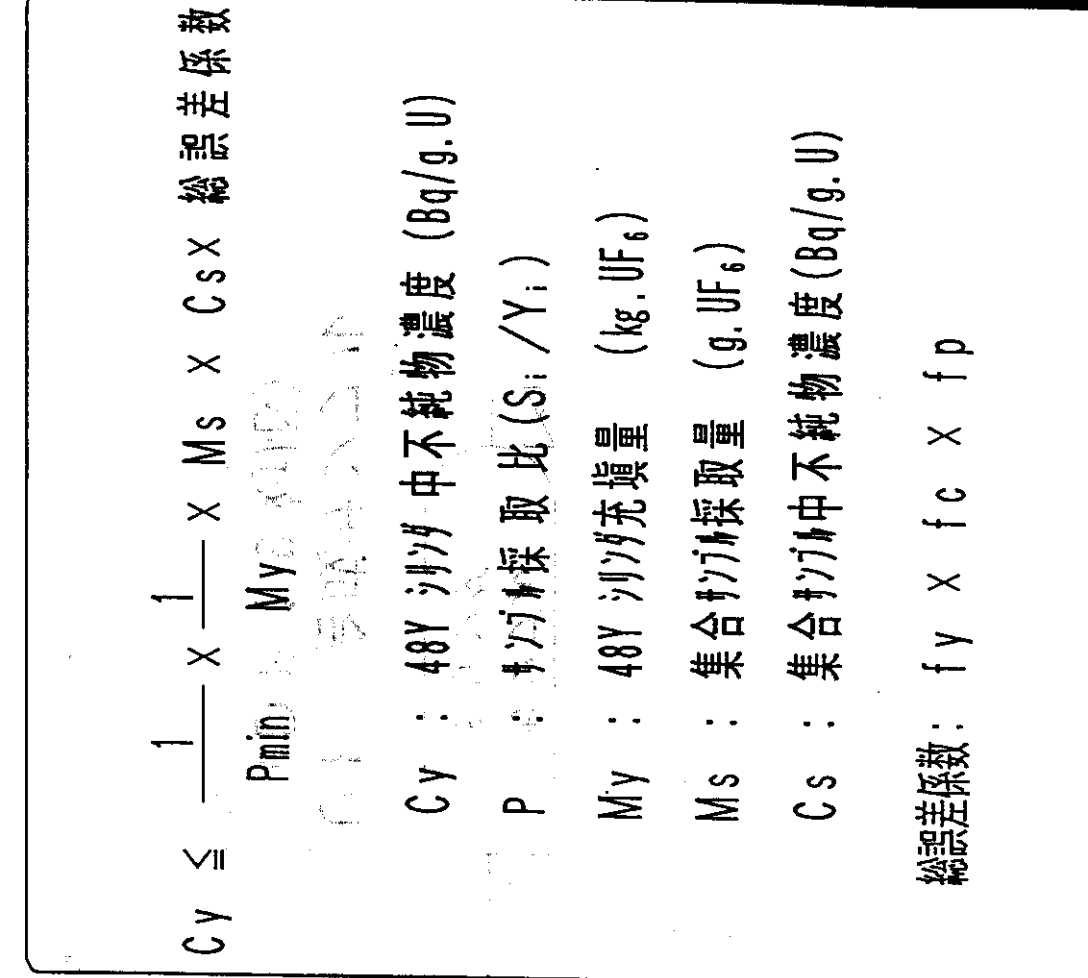
秤量計

$$C_i = Y_i$$

$$S_i = C_i \times f$$

$$\frac{Y_i}{\Sigma Y_i} = \frac{S_i}{\Sigma S_i}$$

図-10 UF。液体サンプリングの概要



①48Y シリンダ 秤量計誤差  
(誤差係数:  $f_Y$ )

②サンプル秤量計誤差  
(誤差係数:  $f_C$ )

③ピグテイル影響誤差  
(誤差係数:  $f_P$ )

$$C_Y \leq \frac{1}{P_{min}} \times \frac{1}{M_Y} \times M_S \times C_S \times \text{総誤差係数}$$

$P_{min}$  : MYC (11%)  
CT-1 受取ホース

$C_Y$  : 48Y シリンダ 中不純物濃度 (Bq/g.U)

$P$  : サンプル採取比 ( $S_i / Y_i$ )

$M_Y$  : 48Y シリンダ充填量 (kg.UF<sub>6</sub>)

$M_S$  : 集合サンプル採取量 (g.UF<sub>6</sub>)

$C_S$  : 集合サンプル中不純物濃度 (Bq/g.U)

総誤差係数:  $f_Y \times f_C \times f_P$

図-11 UF<sub>6</sub> 液体サンプリングに係る誤差評価

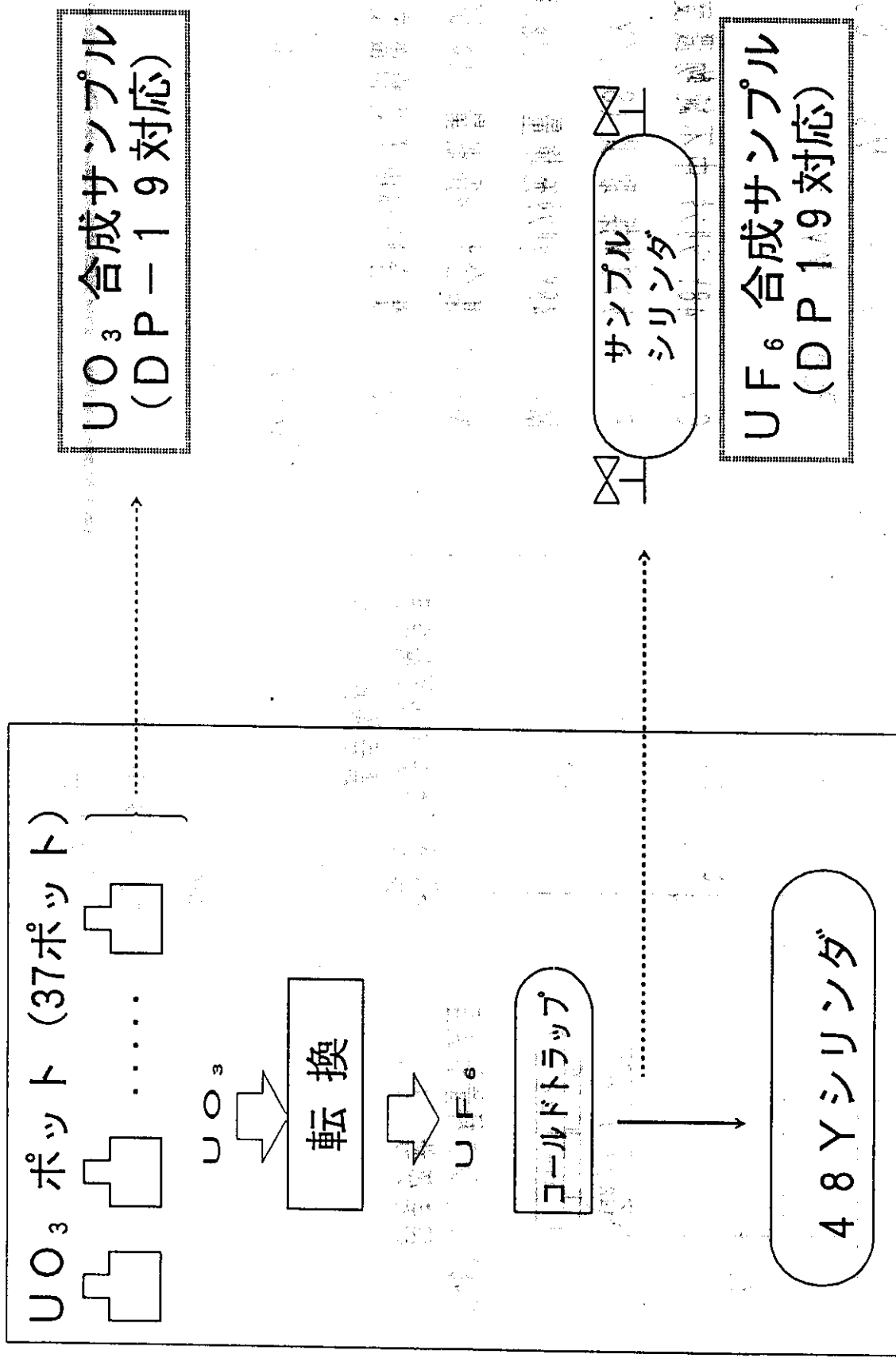


図-12 不純物核種挙動評価サンプリングポイント

## 1.2.4 回収ウランの輸送

報告者 環境資源開発部

### 1. はじめに

回収ウラン転換実用化試験を実施するため、その原料となる酸化ウラニウム( $UO_3$ )を輸送する計画がたてられた。

回収ウランは、核燃料物質であるため、核物質防護の見地から種々の法的規制を受ける。このため、事業団内外の関係者の協力のもとに、回収ウランの輸送に係わる綿密な計画が、安全第一に立案された。さらに受入れ側の事業所として、受入れ本部体制・マニュアルの作成を行うとともに、教育・訓練を実施して万全を期した。

平成6年度は、トラック及びトレーラーを用いた輸送を行い、約41トンの原料を確保した。

### 2. 輸送準備調査

(1)製錬転換施設では、核燃料物質を大量に輸送した経験が少ないことから輸送に関して、以下の調査を行って万全を期した。

- ①PA上の問題点
- ②輸送の時間帯
- ③通信方法
- ④受入れ場所の調査
- ⑤もんじゅ燃料輸送の調査
- ⑥気象の調査
- ⑦行事等の調査

(2)受入れ体制

受入れ側の事業所として、受入れ体制を組織し、全社の輸送体制のもとに受入れに万全を期した。

- ①人形峠本部組織 (表-1参照)
- ②人形峠本部構成員 (表-2参照)
- ③連絡通報体制 (図-1参照)

(3)輸送要領の作成

受入れ側の事業所として活動するための輸送要領を作成した。

- ①事務局活動の要領
- ②連絡記録班作業要領
- ③警備班作業要領
- ④燃料受入班作業要領
- ⑤空容器返送に係る交通事故等連絡・通報マニュアル

(4)官庁手続き

製錬転換施設側の官庁手続きが終了した後に、科技庁・運輸省・公安関係等許認可を実施し、8月から輸送を開始した。(図-2参照)

(5)教育訓練

回収ウランの輸送に先立ち、輸送を想定した連絡通報訓練を実施し、輸送に備えた。

### 3. 輸送

#### (1)輸送実績

官庁手続きが完了し、輸送体制・輸送要領等の整備が終了し、第1回目の輸送を8月に開始し12月までに6回の輸送を行った。

#### (2)気象調査

冬期(12月・3月)に輸送する場合の気象調査を実施し、輸送の判定に反映させた。

#### (3)反対派

平成6年度の輸送では、発地側で数名の監視、輸送中に2～3箇所で各数名の監視・写真撮影・放射線測定等が実施されたが輸送阻止行動はなかった。

### 4. 今後の課題

平成6年度の経験をもとに次年度以降の輸送をより安全で合理的な輸送を行うための改善を提案する。

#### (1)不感地帯対応

人形峠周辺は山間部であることから一部通信が困難となる箇所がある。この解消方法の検討が必要。

#### (2)人形峠本部体制

最初の輸送であり、且つ「もんじゅ並」の体制を取ることで大人数で編成した。輸送の様子も判明したので、その見直しを行い合理的な輸送体制を整備することが望ましい。

#### (3)輸送量

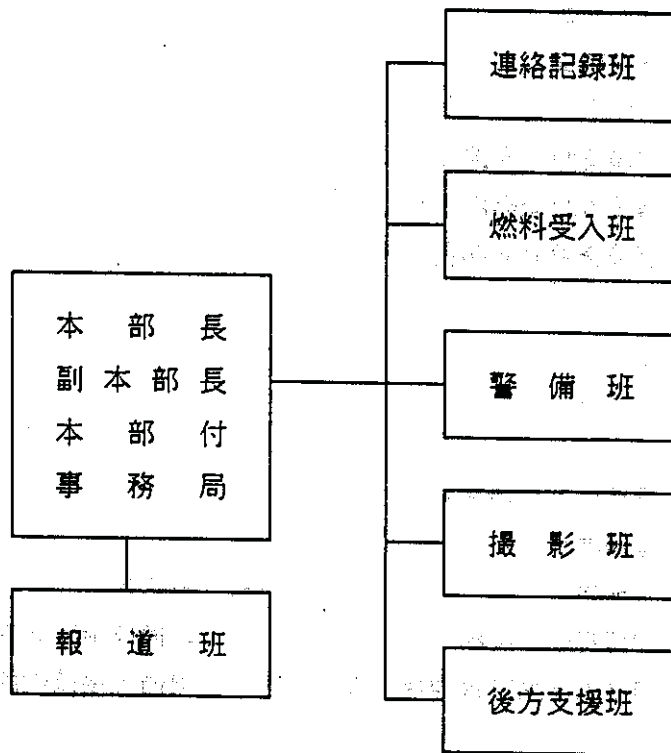
電力との契約では約70トンであった。実際の輸送量は約41トンである。今後輸送回数の増加、申請方法の検討、輸送容器の効率的利用方法の検討が必要。

平成7年度は、前年度の輸送実績経験を生かし、全体輸送計画の見直し、輸送関係者の一致協力の元に国の行事・公安当局の指導・高速自動車道の工事計画等の早期把握に努めるとともに、我々が計画する輸送日程の事前ヒアリングを出来る限り早い時期に実施して、平成7年度計画輸送量を確保するべく努力する。

—— 以 上 ——

表-1 回収ウラン輸送に係わる人形峠本部組織

1. 組織



2. 業務分掌

- 事務局 [本部長及び副本部長の補佐を行う。]
- 報道班 [プレスへの対応を行う。]
- 連絡記録班 (事業所内・本社・東海事業所・輸送隊との電話・ファックス)・無線の受発信を行う。また、この通報連絡の記録を行う。]
- 燃料受入班 [製錬転換施設への回収ウランの受入れ作業等を行う。]
- 警備班 (フェンス周辺、建屋内外を巡視して、不審者・不審物をチェックする。)
- 撮影班 [受入れ作業、警備状況の撮影を行う。]
- 後方支援班 (通常勤務時間外での本部員・輸送隊員等に対する食事・仮眠)等の世話を行う。]

3. 期間

回収ウラン輸送について、送出し開始時(輸送隊出発1時間前)から施設への受入れ終了時(本部長が指示する時刻)まで設置する。

表-2 人形峠本部構成員

本部長	(所長)	
副本部長	(副所長)	
副本部長	(副所長)	
本部付	(濃縮工場長)	
事務局	(管理部長)	
"	(総務課長)	
"	(総務課主査)	
"	(環境資源開発部長)	
"	(環境資源開発部代)	
"	(環境資源開発部主査)	
報道班	(担当役)	
"	(担当役)	
連絡記録班	班長 (管理部長)	
"	班員 (総務課)	
"	" (経理課)	班員 (労務課)
"	" (環境資源開発部)	" (転換技術開発課主査)
"	" (濃縮工場品質管理課主査)	" (濃縮工場技術課)
燃料受入班	班長 (転換技術開発課長)	
"	班員 (転換技術開発課代)	班員 (転換技術開発課)
"	" (転換技術開発課)	" (転換技術開発課)
"	" (転換技術開発課)	" (安全管理課係長)
警備班	班長 (総務課主査)	
"	班員 (総務課)	班員 (濃縮工場保守課)
"	" (工務課)	" (濃縮工場試験課)
"	" (環境資源開発課)	" *当日の警備員全体の
"	" (環境資源開発課)	勤務状況をみて決定
撮影班	班員 (転換技術開発課)	班員 (転換技術開発課)
後方支援班	班長 (労務課主査)	
"	班員 (労務課)	班員 (経理課)
"	" (経理課)	(運転手2名)
		*当日の運転手全体の 勤務状況をみて決定

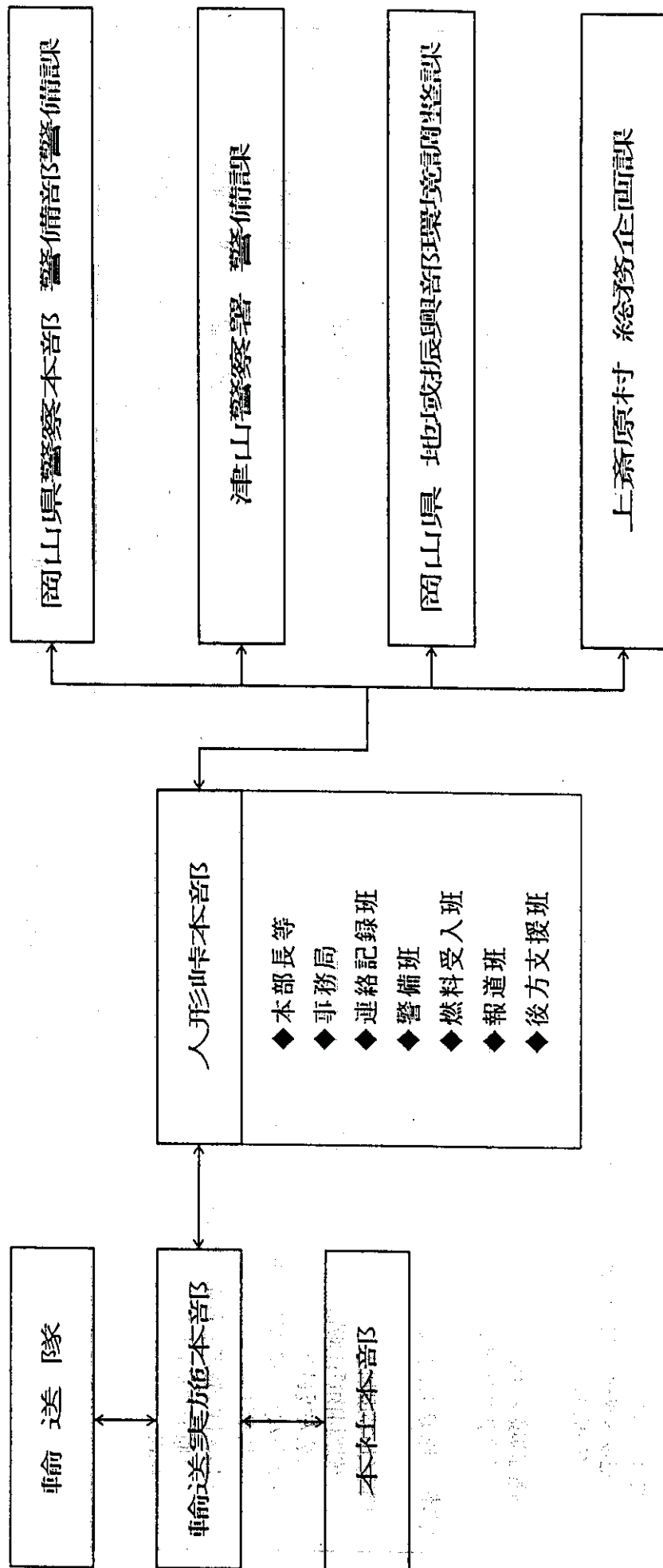


図-1 人形峠本部 通報連絡体制図



	6月	10日	20日	7月	10日	20日	8月	10日
1. 施設の許認可関係			6/6					
	(1)原子炉等規制法 ・施設検査合格証交付 ・保安規定許可		6/23					
	(2)鯨山保安法 ・施設落成検査合格証交付 ・保安規程許可		6/14	6/29				
(3)岡山環境保全協定 ・了解事項の報告						7/22		
2. 陸上輸送法手続								
	(1)原子炉等規制法 ・核燃料物質運搬届 (公安委員会)					7/20 届出		
	・取り決めの締結確認申請 (科学技術庁)					7/20 申請	8/1 確認	
	・核燃料物質等運搬確認申請 (原子力安全センター) ・輸送					7/20 申請	8/1 確認	8/4.5

図-2 回収ウラン輸送開始スケジュール

# 1. 3 脱硝工程高度化確証試験概要 (V)

報告者 転換技術開発課 [ ]

## 1. はじめに

使用済燃料の再処理によって分離精製された硝酸ウラニル及び硝酸プルトニウムを原子炉の燃料として再利用するためには、混合酸化物への転換技術が不可欠である。

混合転換技術の一つであるマイクロ波加熱直接脱硝法の開発は、昭和53年より東海事業所において進めており、この技術はプルトニウム転換技術開発施設(10kg MOX/d施設)にて実用に供されているとともに設備の設計・運転データは日本原燃(株)(以下「JNFL」という。)再処理工場のウラン・プルトニウム混合転換施設 [ ] の設計に反映されている。

しかしながら、プルトニウム転換技術開発施設とJNFL転換工程では、処理能力、設備構造、運転方法などに相違する点があり、混合転換技術を大容量のプラントに適用するためにはいくつかの技術開発課題が残されていた。(図-1「設備の相違点」参照)

このため、製錬転換施設に実規模相当の設備機器を設置して、大型化・大容量化・連続化に向けての技術開発を目的とした確証試験を天然ウランを使用して実施した。(図-2「試験設備主要工程プロセスフロー」参照)

平成6年度は電共研の最終年度であり、保守技術の試験を実施して、保障措置に関するデータを取得するための機器内等の粉末残留量の確認及び各機器の健全性・保守作業性を確認した。また、平成7年1月から新たに受託試験を開始した。

## 2. 試験の概要

平成4年度～平成6年度に実施した試験の概要を以下に示す。(表-1「試験構成」参照)

### (1) 平成4年度～平成5年度の試験概要

- ① 試運転  
計装作動確認及び通水、通気による計器、機器の作動確認を実施した。
- ② 単体機器試験
  - (イ) 予察試験  
代表的な運転条件によるウランの処理試験を実施し、各装置の基本的な性能を確認した。
  - (ロ) 単体機器試験  
各装置のパラメータ試験を実施し、処理能力及び各工程における粉末物性等を確認した。
- ③ システム試験
  - (イ) 予察試験  
一連の工程について「全自動モード」による運転操作の習熟及び連続処理機能を確認した。
  - (ロ) システム試験  
定格処理及び最大処理条件による連続運転を実施し、システムとしての稼働率及び処理能力を確認した。また、運転条件を変化させた連続運転により、装置及び粉末物性への影響を確認するための工程裕度試験等を実施した。
- ④ 保守技術の試験  
実機を想定した保守作業(グローブ操作)を実施し、保守作業性の確認を実施した。

(2) 平成6年度の概要

① 保守技術の試験

(イ) 系統内粉末残留量の確認

工程を代表する機器及び配管を分解してウラン粉末残留量を確認し、保障措置に関するデータを整理した。

(ロ) 試験設備の健全性・保守作業性の確認

各機器の健全性及び機器等の分解作業性を確認した。

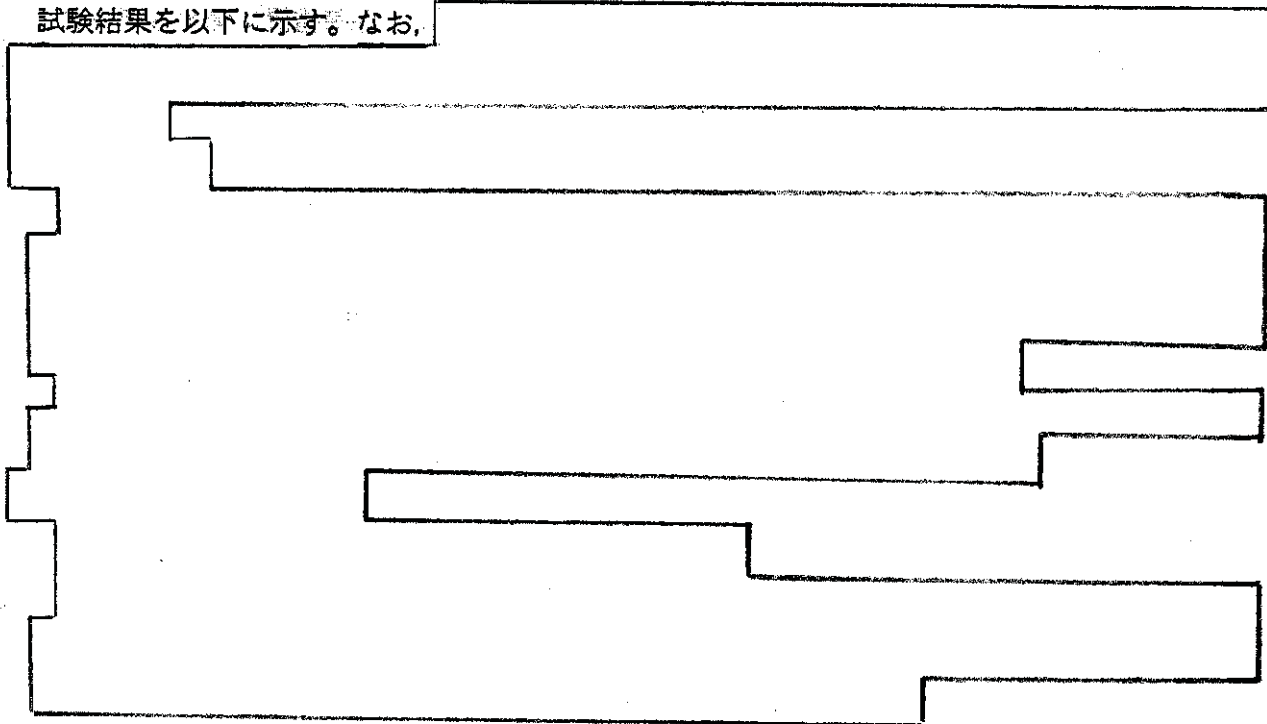
3. 保守技術の試験の対象機器

主要な試験対象機器を以下に示す。

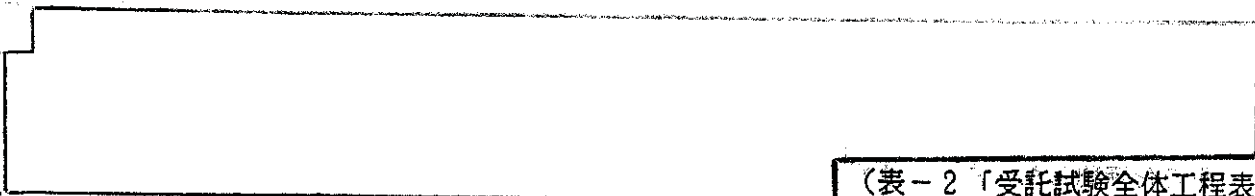
- (1) 脱硝工程：ホッパ
- (2) 焙焼・還元工程：供給ホッパ、排出機、供給機、焙焼炉、還元炉、冷却器、固気分離器
- (3) 粉碎工程：払出ホッパ、排出機、第1粉碎機、第2粉碎機
- (4) 粉末混合充填工程：固気分離器、混合機、供給機、充填機

4. 試験結果及び今後の課題

試験結果を以下に示す。なお、



5. 今後の計画



(表-2「受託試験全体工程表」

参照)

6. 質疑応答

〔質問1〕 ウラン粉末を用いた試験でMOX粉末を評価できるのか。

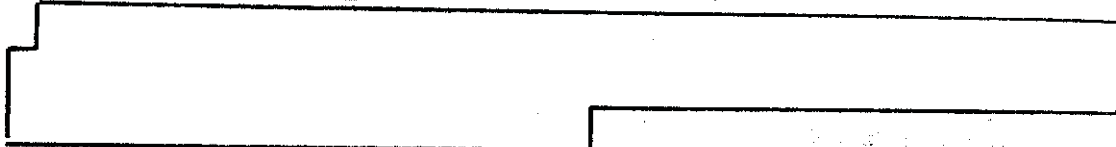
〔回答1〕 本試験では、試験設備で製造されたウラン粉末の物性値と東海で実施したウラン試験の粉末物性値等との比較によって評価しており、その結果、ウラン粉末の物性値に大差ない。このことからMOX粉末に適用できるものとする。

〔質問2〕 本試験で得られた粉末物性値等のデータは、東海の粉末物性値等のデータの範囲内にあるか。

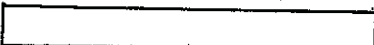
〔回答2〕 東海の物性データと同様である。

〔質問3〕 MUFに対応するための改造とは、どのような内容か。

〔回答3〕



〔質問4〕 試験設備の改造提案は誰がしたのか。

〔回答4〕 動燃からも約50件の改造を提案しており、 また、ウランを使用しなくても実施できる改造については、メーカーで別途試験を実施して実機的设计にされる。

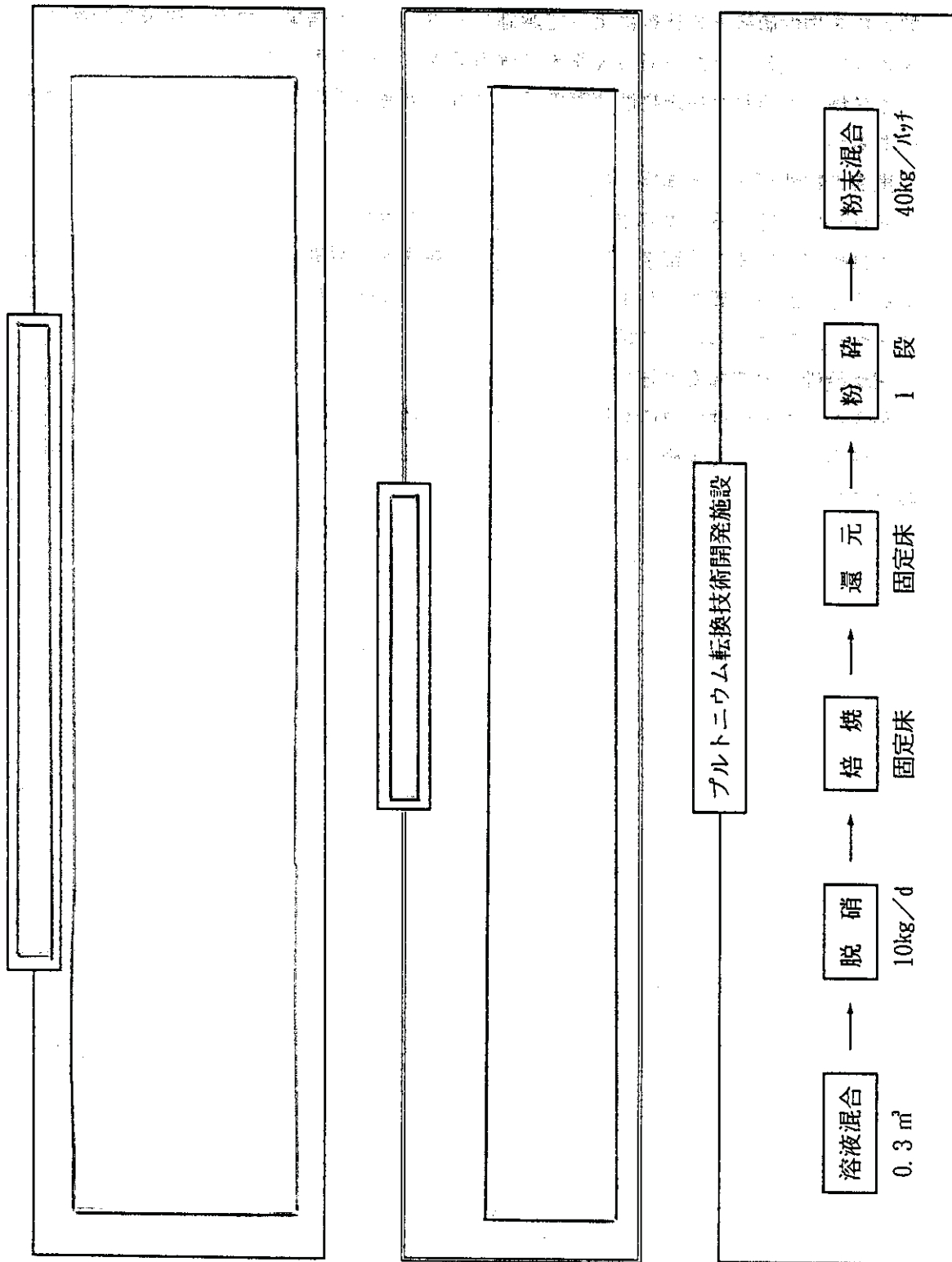


図-1 設備の相違点

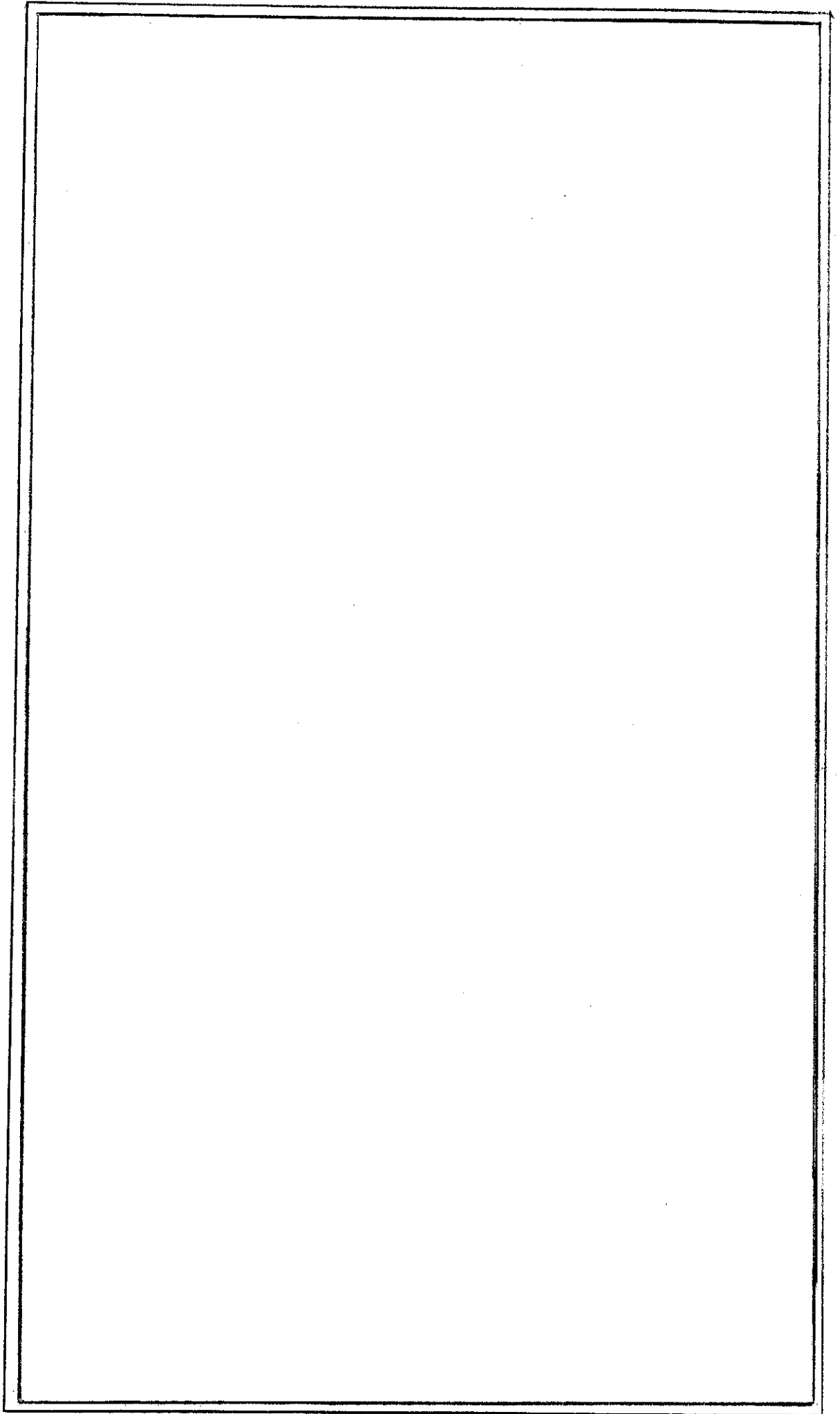


図-2 試験設備主要工程プロセスフロー

表 - 1 試験構成

試験項目		主な実施内容
試 運 転		<ul style="list-style-type: none"> <li>・通水, 通気による機器作動確認</li> <li>・運転操作訓練</li> </ul>
単体機器試験	予察試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>・初期状態及び基本的な性能の確認</li> </ul>
	単体機器試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>・処理能力の確認</li> </ul>
システム試験	予察試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>・代表条件での連続処理機能の確認</li> <li>・運転操作訓練</li> </ul>
	システム試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>・処理能力の確認</li> </ul>
保守技術の試験		<ul style="list-style-type: none"> <li>・保守性及び作業性の確認</li> <li>・系統内粉末残留量の確認</li> </ul>

表 -- 2 受託試験全体工程表

年月 担当	平成6年度			平成7年度			平成8年度			平成9年度											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<p>動 燃 事 業 団</p> <p style="text-align: right;">メ イ カ</p>																					

\* : 予定



## 2. 1 平成6年度環境資源開発課成果概要

報告者 環境資源開発課 高橋 義明

### 1. 資源技術開発

#### (1) 鉱物試験

カナダ、クリスティーレイクを対象に不整合関連型鉱床の成因プロセス試験の一環として鉱物試験を実施した。その他、海外探査プロジェクト試料（中国遼東半島等）の鉱物試験を実施した。

#### (2) 鉱石処理試験・新製錬技術開発

不整合関連型ウラン鉱石からのウランの回収・処理技術開発としてイオン交換法及び乾式法によるウラン、不純物の分離精製試験を実施した。また、昨年に引続き塩酸を用いた製錬法についても試験を実施した。

### 2. 環境技術開発

#### (1) 地質環境調査技術開発

地質環境調査のための調査手法の確立と解析技術の向上を目指し、溶存ガスによるEhの推定、加温・加圧下における水-岩石反応試験を実施した。

#### (2) ウラン廃棄物処理処分研究

人形峠事業所にあるウラン廃棄物のインベントリー調査及び中和殿物たらのウラン除去試験を実施した。

#### (3) 廃棄物処理・貯蔵管理

各施設から発生する廃水の処理及び放射性廃棄物の焼却、貯蔵・管理を継続するとともに、廃棄物貯蔵庫の建設をした。

### 3. 鉱山後処置技術開発

#### (1) 鉱滓処置技術開発

環境保全技術開発の一環として、鉱滓を安全に処置するための研究計画の作成を行った。

#### (2) 坑廃水処理技術開発

バイオテクノロジーの応用技術開発として、ウランを吸着するバクテリアの培養試験を実施した。

#### (3) 鉱害対策

人形峠事業所周辺の旧鉱山跡地、露天採掘場跡地及び鉱さい堆積場等の鉱害防止のための維持管理を行うとともに、方面捨石たい積場の試験選別を行った。

### 4. 計量管理、許認可業務

核燃料物質の計量管理に係る受払手続き、測定及び在庫調査などを実施し、IAEA、科技厅等の査察について対応を行った。

### 5. 環境資源開発課と本社組織との係わり

別紙参照

別紙 環境資源開発課と本社組織との係わり

本社組織

国際部  
(資源開発室)

環境本部

核管部

環 境 資 源 開 発 課

業務

鉱物試験 (鉱物の同定, 成因プロセス試験, 研修生の指導)  
 鉱石処理試験 (鉱石の浸出試験, イオン交換試験, 溶媒抽出試験等, 研修生の指導)  
 環境保全技術開発 (鉱さいダムの永久措置に係わる技術開発, パクテリアを利用した  
 ウランの回収試験)  
 捨石堆積場等旧鉱山の管理 (捨石堆積場の放射能測定等, 旧坑道の陥没修復等)  
 鉱さいダムの廃水処理

水・岩石反応試験研究 (溶存ガス分析とpHの溶定, 加温・加圧下での水・岩石反応)  
 ウラン廃棄物の処理試験 (酸物の減容化, ウラン除等の試験)  
 放射性廃棄物の焼却  
 放射性廃棄物倉庫の管理

核物質管理  
 核物質防護

## 2. 2 水・岩石反応試験研究

報告者 環境資源開発課

### 1. はじめに

深部地質環境中における物質の移行の解析で入力データの計算に必要とされることから、地下水の水質形成機構の解明を目的とした研究が重要視されている。この研究の一環として溶存ガスの分析や水・岩石反応試験等の室内分析・室内実験を実施しており、平成5年度までは、主に常温常圧条件における水・岩石反応試験により各種岩石と水の反応により形成される地下水の水質を把握してきた。平成6年度では、地下水中のウラン等の溶解度を規制する酸化還元電位（Eh）を推定するために地下水中の溶存ガス組成分析と地下深部の温度・圧力条件における地下水の水質形成機構を理解するために加温・加圧試験装置の製作と適用試験を行った。

### 2. ガスクロマトグラフによる溶存ガス分析とEhの推定

#### (1)実施内容

東濃地域の炭質物を多量に含む凝灰質砂岩～泥岩を主とする土岐夾炭累層下部層の地下水は、Ehが-300mVで溶存酸素が0.0ppbの強還元環境にあることが明らかになっている（Seo and Yoshida, 1992）。土岐夾炭累層中の地下水においては炭質物の反応により発生するCO<sub>2</sub>とCH<sub>4</sub>が、地下水中のEhを規制する要因の一つであると考えられることから、溶存ガス成分（CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>）に着目し、以下を実施した。

#### ①ガスクロマトグラフ分析

明世累層中の地下水（試料名：TH-3A，深度：GL-45.5m）とその下位の土岐夾炭累層上部層中の地下水（試料名：TH-3TU，深度：GL-85.5m）のガスクロマトグラフによるCO<sub>2</sub>とCH<sub>4</sub>ガス濃度の分析。

#### ②Ehの計算による推定

CO<sub>2</sub>及びCH<sub>4</sub>ガス濃度、及びpHの実測値を用いたEhの見積り。

#### (2)主な結果

#### ①地下水分析結果

明世累層中の地下水試料（TH-3A）と土岐夾炭累層上部層中の地下水（TH-3TU）双方ともCO<sub>2</sub>ガス濃度は10<sup>-7</sup>mol/lオーダーであり、CH<sub>4</sub>ガス濃度はそれぞれ10<sup>-7</sup>mol/lオーダー及び10<sup>-5</sup>～10<sup>-6</sup>mol/lオーダーを示した（表1）。

#### ②Ehの計算による推定

今回のCO<sub>2</sub>及びCH<sub>4</sub>ガス濃度分析値とpHの実測値を用いて計算したEhは、明世累層中の地下水は、-269mVであった。土岐夾炭累層上部層中の地下水は-331mVとなり、土岐夾炭累層下部層中の地下水のEhの実測値（-300mV）と同様に強還元性を示した（表2）。これは一つの可能性として、明世累層では炭質物が少なく黄鉄鉱が存在するため、HS<sup>-</sup>とSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>によりEhが規制されると考えられる。一方土岐夾炭累層上部層では、炭質物が存在するため、CO<sub>2</sub>とCH<sub>4</sub>によりEhが規制され、明世累層中の地下水の値に比べ低い値になると考えられる。

#### (3)今後の予定

ガスクロマトグラフによる溶存ガス分析例を増やして地下水のEhの垂直変化の傾向を明確にする。また、他のEhを規制する溶存成分（硫黄の化学種等）を対象とした調査を実施する。

### 3. 加温加圧条件下での水・岩石反応

#### (1)実施内容

地下水の水質は、地質環境の温度圧力等の諸条件での鉱物-水反応により形成すると考えられている。例えば、地下約1000mでは、地熱帯や温泉や熱水等の熱源により、温度は地表より30℃以上高くなり、圧力は静水圧としても約10MPaになると推定されており、標準状態(25℃, 100kPa)の様な低温での条件とは異なる鉱物-水反応により水質が規制されることが期待される。この様な加温・加圧条件下での平衡状態における水質を把握し、鉱物-水反応機構を理解するために、バッチ式の水熱式試験装置を製作し、加温加圧条件下での予察的な水-岩石反応試験を行った。

#### ①試験装置の製作

装置の概要を図1に示す。装置の温度圧力制御には、水蒸気を媒体とした加温・加圧法を用い、温度は室温～約600℃、圧力は約10MPaまで制御可能である。試験装置は、試験容器(ステンレス製オートクレーブ:容量約10L)及び電熱炉から構成される。試験物質(岩石鉱物及び溶液)を金チューブ(φ5.7mm×約30mm)内に封入し、試験容器内に加熱加圧用の蒸留水とともに収め、試験容器ごと加熱することで所定の温度圧力条件を達成する。

#### ②予察試験

加温加圧条件下での水-岩石反応について予察的に把握するために、表2に示す条件での試験を行った。

#### (2)主な結果

- ①溶液のpHは反応時間200時間で4.9, 300時間で5.4となり、初期pH(5.5)から顕著に変化しない(図2)。
- ②反応時間が200時間以降の石英と斜長石の表面には、0.1～数μmのエッチピットがみられる。さらに斜長石表面には、コロイド状粒子の付着や0.1～0.5μmの短柱状鉱物の結晶が成長していることが観察される。黒雲母、角閃石、緑泥石の表面には0.1～0.3μmの鱗片状鉱物の結晶が成長していることが観察される(図3)。
- ③斜長石の表面に付着しているコロイド状粒子からはEDS分析によりSiが検出され、短柱状鉱物からは、Si, Al, Naが検出される。また、黒雲母等の表面に成長している鱗片状鉱物からはFeが検出される。
- ④これらのことから、一つの可能性として、熱水環境下での石英の溶解や長石の変質と同様に、石英、斜長石、及び鉄酸化鉱物の反応が主要な規制要因となり、溶液の水質が形成されると考えられる。

#### (3)今後の予定

150℃, 10MPaまでの温度圧力条件での試験を実施し、溶液の水質の分析、鉱物同定等、及び熱力学的解釈により、加温加圧条件下での平衡状態における溶液の水質を推定する。

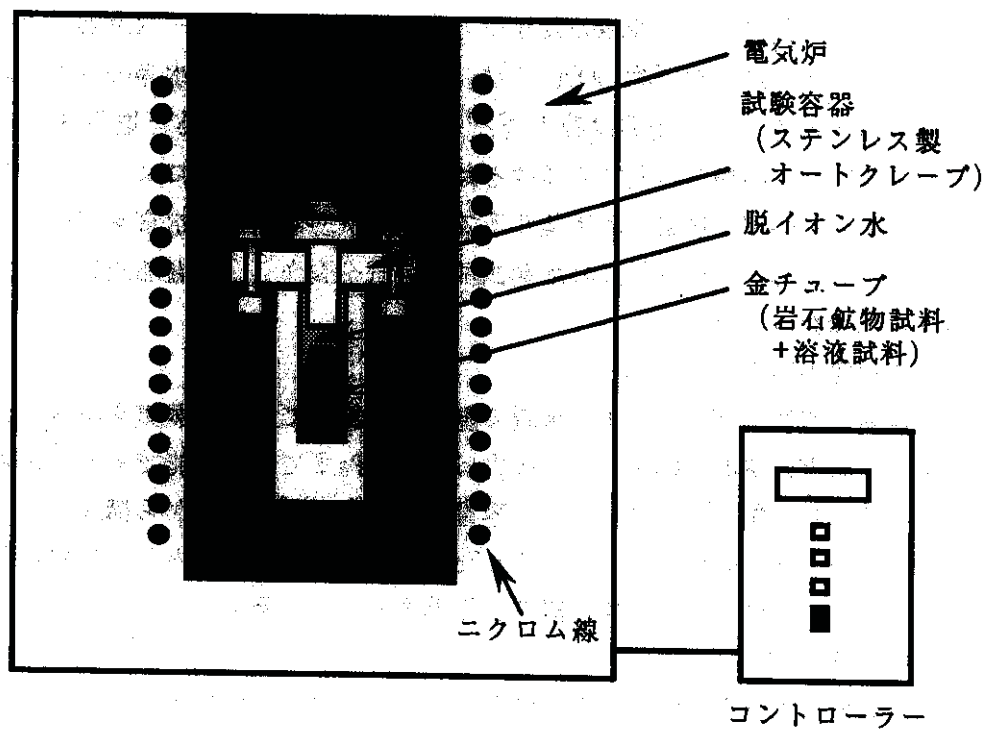


図1 加温・加圧試験装置の構成

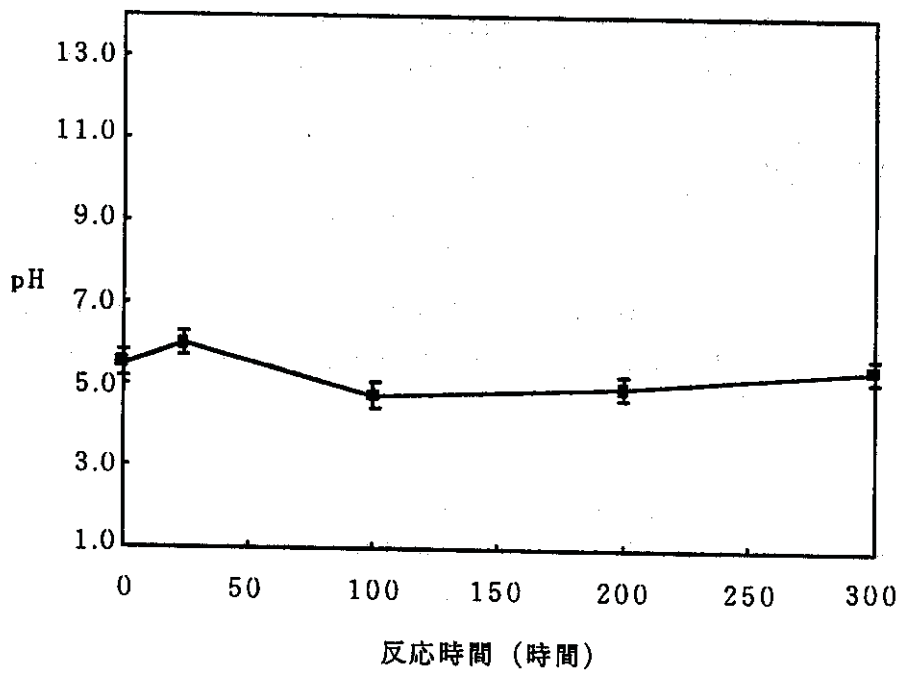


図2 溶液のpHの経時変化

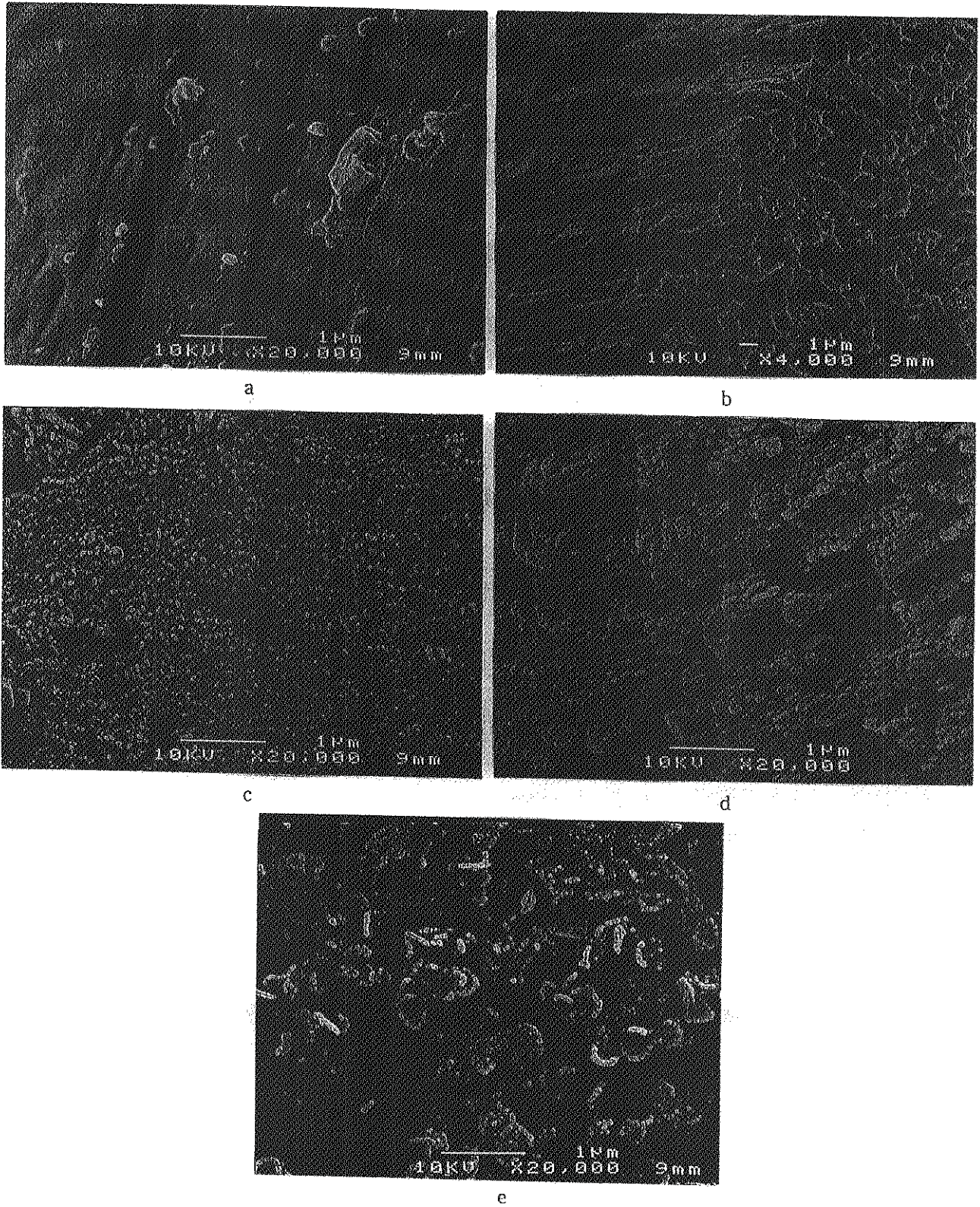


図3 試験後の鉱物表面の電子顕微鏡写真（反応時間：200時間）  
 a:石英表面のエッチピット, b:斜長石表面のエッチピット, c:斜長石表面のコロイド状粒子,  
 d:斜長石表面の短柱状鉱物の結晶, e:黒雲母表面状の鱗片状鉱物の結晶

表 1 溶存ガス分析結果

試料名	明世層の地下水 (TH-3A)	土岐夾炭層上部層の地下水 (TH-3TU)
CO <sub>2</sub> 濃度 mol/l	$4.30 \times 10^{-7} \sim 9.79 \times 10^{-7}$	$1.39 \times 10^{-7} \sim 5.77 \times 10^{-7}$
CH <sub>4</sub> 濃度 mol/l	$2.06 \times 10^{-7} \sim 4.75 \times 10^{-7}$	$7.25 \times 10^{-8} \sim 3.15 \times 10^{-8}$
全ガス濃度 mol/l	$4.91 \times 10^{-7} \sim 7.55 \times 10^{-7}$	$1.12 \times 10^{-7} \sim 5.86 \times 10^{-7}$
CH <sub>4</sub> /CO <sub>2</sub>	$2.10 \times 10^{-1} \sim 2.10 \times 10^0$	$3.92 \times 10^1 \sim 5.46 \times 10^1$
pH	7.44	8.42
Eh mV	-267 ~ -272	-331 ~ -330

表 2 加温・加圧試験の試験条件

岩石試料：人形峠花崗岩 (φ0.25~0.149mm)

溶液試料：NaCl水溶液 (100ppm)

固液比：0.1g/ml

温度：300 °C

圧力：10MPa

反応時間：24, 100, 200, 300 時間

分析：溶液のpH測定, 鉱物の表面形態観察 (走査電子顕微鏡), 定性化学分析 (EDS)

## 2.3 ウラン廃棄物処理技術開発

### — 殿物からのウラン溶出試験 —

報告者 環境資源開発課

#### 1. はじめに

人形峠事業所では、核燃料物質使用施設及び加工施設から様々な形態のウラン廃棄物が発生する。現在のウラン廃棄物の管理状況は、可燃性及び難燃性固体廃棄物については、既設放射性廃棄物焼却施設で減容処理される。また、不燃性の固体廃棄物については、発生形態のままドラム缶に詰められ廃棄物貯蔵庫に貯蔵保管される。

現在、人形峠事業所に不燃性固体廃棄物として貯蔵保管されているドラム缶は、平成6年10月末現在で8,656本(表1)であり、これらを貯蔵する廃棄物貯蔵庫は、その都度必要に応じて増設されてきた。しかし、近年人形峠事業所におけるウラン廃棄物の処理方策が問われており、その対応を検討する必要性が生じた。また、廃棄物貯蔵庫の建設用地についても制約があり、無制限に増設していくことが困難な状況にある。

そこで、廃棄物貯蔵庫増設を回避する観点から、人形峠事業所としての不燃性固体廃棄物(金属類及び殿物)の減容処理計画が平成6年3月に示された(表2)。この減容処理計画に基づき、平成6年度から不燃性固体廃棄物の減容処理技術確立に向けた研究開発を実施するとともに、減容処理設備の設計に資するデータ取得に着手した。以下に研究開発の進め方を示す。

- (1) 湿式による殿物からのウラン溶出方法の検討及びウラン、フッ素並びにカルシウムの挙動把握
- (2) ウラン、フッ素及びカルシウムの分離方法の検討及びウラン除去率の評価
- (3) 廃液等の二次廃棄物の形態、発生量等の把握及び処理方法の検討
- (4) 乾燥・粉碎のための化学的及び物理的特性の把握及び減容効果の評価
- (5) 設計及び建設・運転コストを考慮した殿物減容処理技術(最適条件)の検討及び選定
- (6) 最適条件による殿物減容処理技術の検証

これらの試験及び検討を進めて行く上で、殿物減容比の目標を1/3、また、ウランの除去率を97%に設定した。

今年度は、殿物からのウラン除去想定プロセスフロー(図1)を基に除去方法の検討及びウラン、フッ素並びにカルシウムの挙動を把握するための基礎試験を実施した。さらに、現在廃棄物貯蔵庫に貯蔵保管されている製錬転換施設から発生した殿物の実体を調査した。

#### 2. 平成6年度の主な実施内容

- (1) 湿式による殿物の溶解基礎試験
- (2) 殿物溶解液からのウラン回収基礎試験
- (3) 殿物の実体調査

#### 3. 平成6年度の主な成果

- (1) 湿式による殿物の溶解基礎試験
  - ① 殿物からのウラン選択的溶出試験

殿物からのウラン想定プロセスフローのケース1に示すとおり、殿物からウランが選択的



に溶出するか確認した。

硝酸、塩酸及び酢酸を用いて、それぞれpHを0.5、1.0、1.5に調整した溶液中に殿物を入れ（パルプ濃度20%）温度50℃で4時間かく拌した。その結果、どの条件下においてもウランの選択的溶出は認められなかった。

## ②殿物全溶解によるウラン溶出基礎試験

酸濃度2M以上の硝酸及び塩酸で殿物を溶解したところ、殿物が全溶解するため、ほぼ100%のウランが溶出することを確認した（表3.1、3.2及び図2）。また、殿物中のフッ素及びカルシウムもほぼ100%溶解する。硫酸で殿物を溶解したところ、殿物中のカルシウムと反応して殿物重量に対して40～45%の石膏が生成され、殿物中の約91%のカルシウムを分離することを確認した（図3）。また、ウランの溶出率については、酸濃度1M～5Mと変えても95%前後と差がなかった（表3.3及び図2）。

アルカリ溶液として炭酸ナトリウムで殿物を溶解したところ、殿物が溶解しないためウランの溶出は認められなかった（表3.4）。

## (2)殿物溶解液からのウラン回収基礎試験

殿物溶解液から過酸化水素によりウランを酸化物として回収した結果、塩酸溶解液からは、99%と非常に高いウランを沈殿回収することができた（表4.1）。しかし、ウランとともにフッ素及びカルシウムもそれぞれ98%、17%が沈殿回収されウランとの分離効果が悪かった（表4.2、4.3）。また、硫酸溶解液からは93%のウランを沈殿回収することができた（表4.4）。しかし、塩酸溶解液と同様に76%のフッ素が沈殿回収され、フッ素との分離効果が悪かった（表4.5）。カルシウムについては、殿物溶解時に石膏となって分離されているためほとんど混入しないことを確認した。

## (3)殿物の実体調査

平成6年10月現在、製錬転換施設から発生した殿物は4,177本であり、中身総重量は約710t、ウラン総含有量は約10.5tであった（表5）。

## 4. 今後の計画

平成6年度については、殿物からウランを除去するプロセスを選定するための基礎的な試験を実施した。湿式によるウランの除去工程のうち、殿物からのウラン溶出率、過酸化水素によるウラン回収率及びそれぞれの工程におけるウラン及び主要元素の挙動をある程度把握することができた。この結果、ウランとフッ素の分離が不十分であったため、この改善方法を検討する必要がある。さらに、最終的にウラン除去プロセスを選定するためには、廃液処理工程までのウラン及び主要元素の挙動を把握し、実質的な減容効果を評価する必要がある。また、ウラン以外の放射性物質についても考慮して検討・評価を行う考えである。

平成7年度については、これまでの結果を基にウラン除去工程以外の乾燥・粉碎工程との兼ね合いを念頭において、殿物減容処理設備の建設・運転コストを考慮しながら、より現実的なウラン除去条件を設定し設備設計に反映できるデータを取得していく計画である。

表 1 不燃性固体廃棄物の貯蔵保管量

平成 6 年 10 月末

区分	廃棄物内容物	貯蔵本数		内訳貯蔵本数(本)	
		本数(本)	割合(%)	使用施設分	加工施設分
1	金属類	2,589	29.9	2,548	41
2	フィルター類	120	1.4	114	6
3	殿物類	4,425	51.1	4,411	14
4	廃活性アルミナ	693	8.0	693	0
	廃保温材等	421	4.9	408	13
	焼却灰	168	1.9	160	8
	その他	240	2.8	238	2
合計		8,656	100.0	8,572	84

表 2 ウラン廃棄物処理計画策定W/Gの減容処理計画

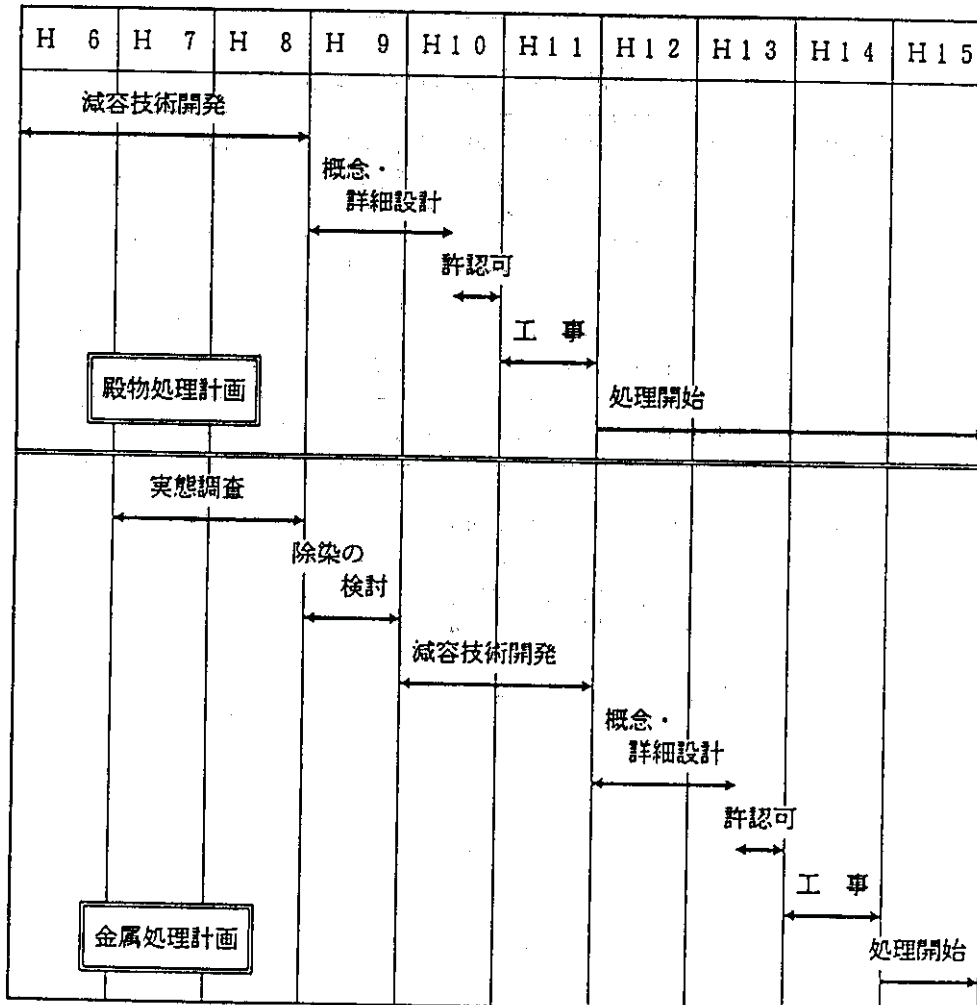


表 3.1 硝酸溶解によるウラン溶出率

酸濃度	殿物 10 g に対する硝酸量	ウラン溶出率 (wet)	反応後の pH	ウラン溶出率 (dry)	反応後の pH
1M	2.52 g	0.06%	6.5	0.07%	6.5
2M	5.04 g	98.9%	1.3	99.6%	1.3
3M	7.56 g	99.6%	1.1	99.7%	0.9
5M	12.60 g	99.9%	0.8	99.9%	0.7

表 3.2 塩酸溶解によるウラン溶出率

酸濃度	殿物 10 g に対する塩酸量	ウラン溶出率 (wet)	反応後の pH	ウラン溶出率 (dry)	反応後の pH
1M	1.46 g	— %	—	0.05%	6.9
2M	2.92 g	99.7%	変動	99.5%	0.5
3M	4.38 g	99.6%	1.6	99.6%	< 0
5M	7.29 g	99.5%	1.4	99.9%	< 0

表 3.3 硫酸溶解によるウラン溶出率

酸濃度	殿物 10 g に対する硫酸量	ウラン溶出率 (wet)	反応後の pH	ウラン溶出率 (dry)	反応後の pH
1M	3.92 g	93.8%	1.2	96.8%	0.6
2M	7.84 g	94.2%	1.2	95.8%	0.3
3M	11.76 g	94.7%	1.3	95.9%	0.1
5M	19.60 g	95.4%	< 0	95.8%	< 0

表 3.4 炭酸ナトリウム溶解によるウラン溶出率

アルカリ濃度	殿物 10 g に対する炭酸ナトリウム量	ウラン溶出率 (wet)
飽和	11.2 g	0.22%

表 4.1 塩酸溶解液からの過酸化水素によるウラン沈殿率

液 量	溶液 50 cc 中のウラン含有量	①ろ液中のウラン量	②沈殿物中のウラン量	①+②	沈殿率
50 cc	1470 mg	8.63 mg	1564.8 mg	1573.4 mg	99.4%

表 4.2 塩酸溶解液のウラン沈殿回収時におけるフッ素挙動

液 量	溶液 50 cc 中のフッ素含有量	①ろ液中のフッ素量	②沈殿物中のフッ素量	①+②	沈殿率
50 cc	266 mg	4.46 mg	263.7 mg	268.2 mg	98.3%

表 4.3 塩酸溶解液のウラン沈殿回収時におけるカルシウム挙動

液 量	溶液 50 cc 中のカルシウム含有量	①ろ液中のカルシウム量	②沈殿物中のカルシウム量	①+②	沈殿率
50 cc	1677 mg	1399 mg	258.3 mg	1657.3 mg	16.6%

表 4.4 硫酸溶解液からの過酸化水素によるウラン沈殿率

液 量	溶液 50 cc 中のウラン含有量	①ろ液中のウラン量	②沈殿物中のウラン量	①+②	沈殿率
50 cc	1500 mg	84.3 mg	1146.6 mg	1230.9 mg	93.2%

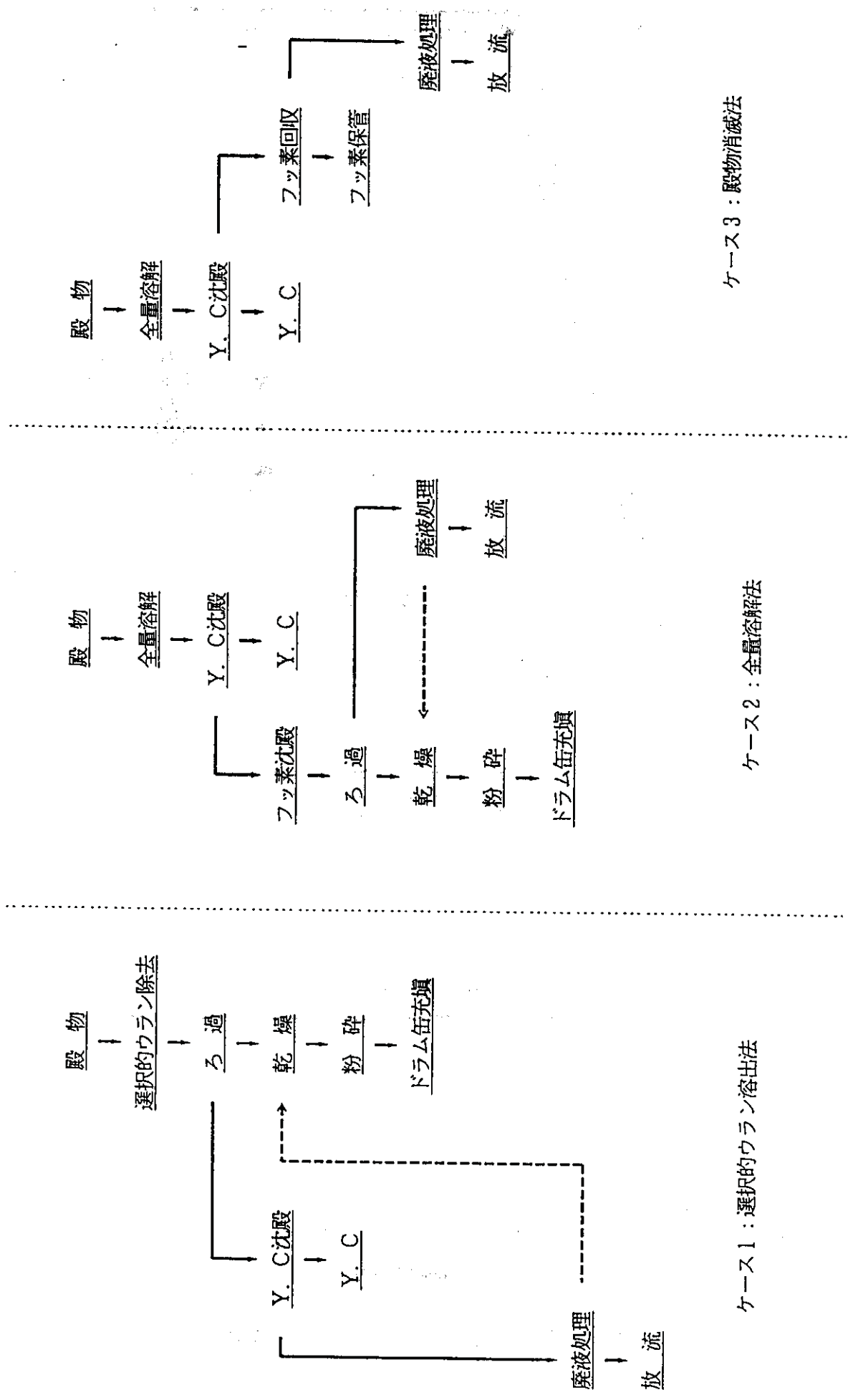
表 4.5 硫酸溶解液のウラン沈殿回収時におけるフッ素挙動

液 量	溶液 50 cc 中のフッ素含有量	①ろ液中のフッ素量	②沈殿物中のフッ素量	①+②	沈殿率
50 cc	620 mg	144.1 mg	450.9 mg	595.0 mg	75.8%

表 5 製錬転換施設から発生した殿物の実態調査結果

平成 6年10月末

内 訳	ドラム缶本数	ウ ラ ン 量	中 身 重 量
総 計	4,177 本	10,506,057.7 g	709,697.1 kg
ドラム缶 1本あたりのウラン量 0.0 g	175 本	0.0 g	28,119.0 kg
ドラム缶 1本あたりのウラン量 0.1~50.0 g	1,315 本	25,669.6 g	211,441.0 kg
ドラム缶 1本あたりのウラン量 50.1~100.0 g	533 本	37,796.4 g	91,194.0 kg
ドラム缶 1本あたりのウラン量 100.1~1000.0 g	1,003 本	412,556.8 g	175,636.9 kg
ドラム缶 1本あたりのウラン量 $\geq 1000.1$ g	1,151 本	10,030,034.9 g	203,306.2 kg
ドラム缶 1本あたりの平均ウラン量 (総ウラン量/総本数)		2,515.2 g	
ドラム缶 1本の最大ウラン量		42,042.0 g	
ドラム缶 1本の最小ウラン量		0.0 g	
ドラム缶 1本あたりの平均中身重量 (総中身重量/総本数)			169.9 kg
ドラム缶 1本の最大中身重量			379.0 kg
ドラム缶 1本の最小中身重量			23.8 kg



ケース1：選択的ウラン溶出法

ケース2：全量溶解法

ケース3：廢物消滅法

図1 廢物からのウラン除去想定プロセスフロー

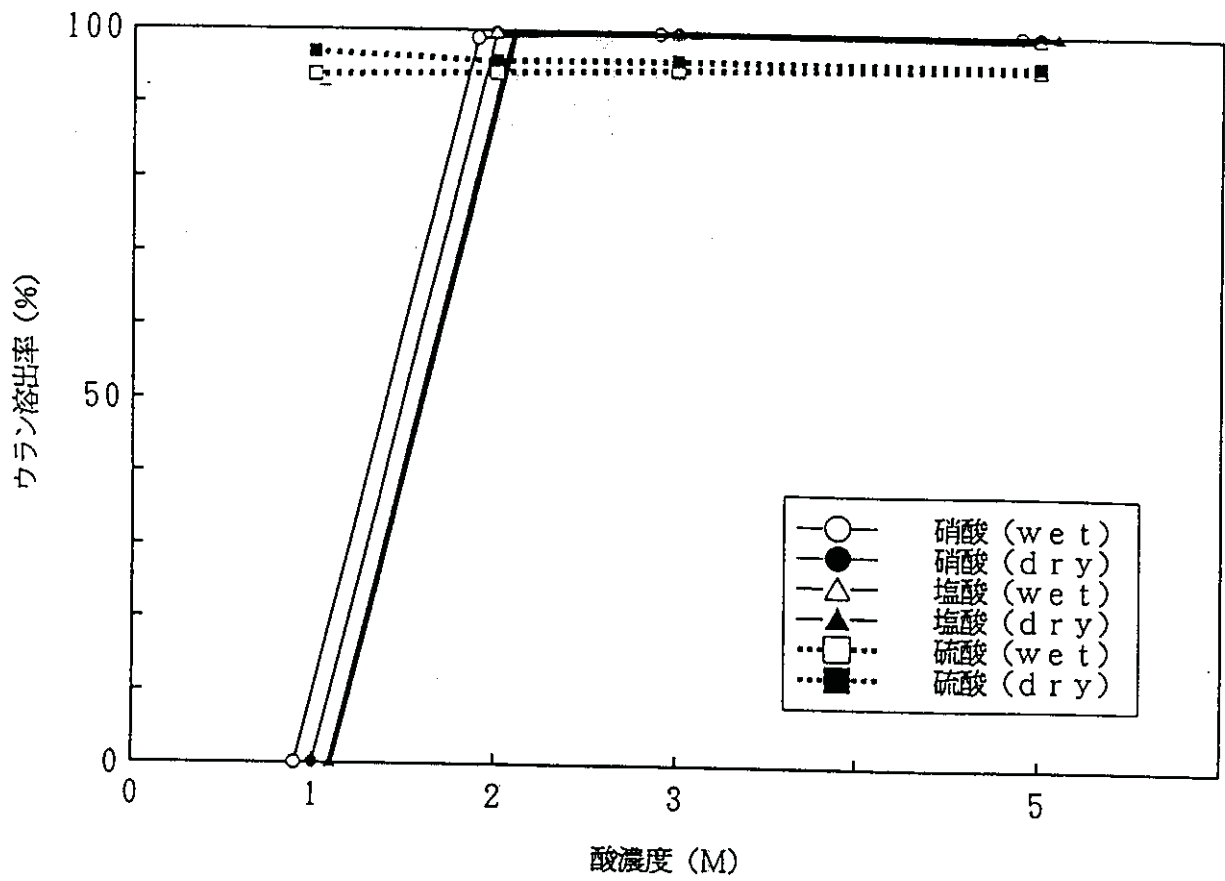


図 2 酸濃度とウラン溶出率の関係

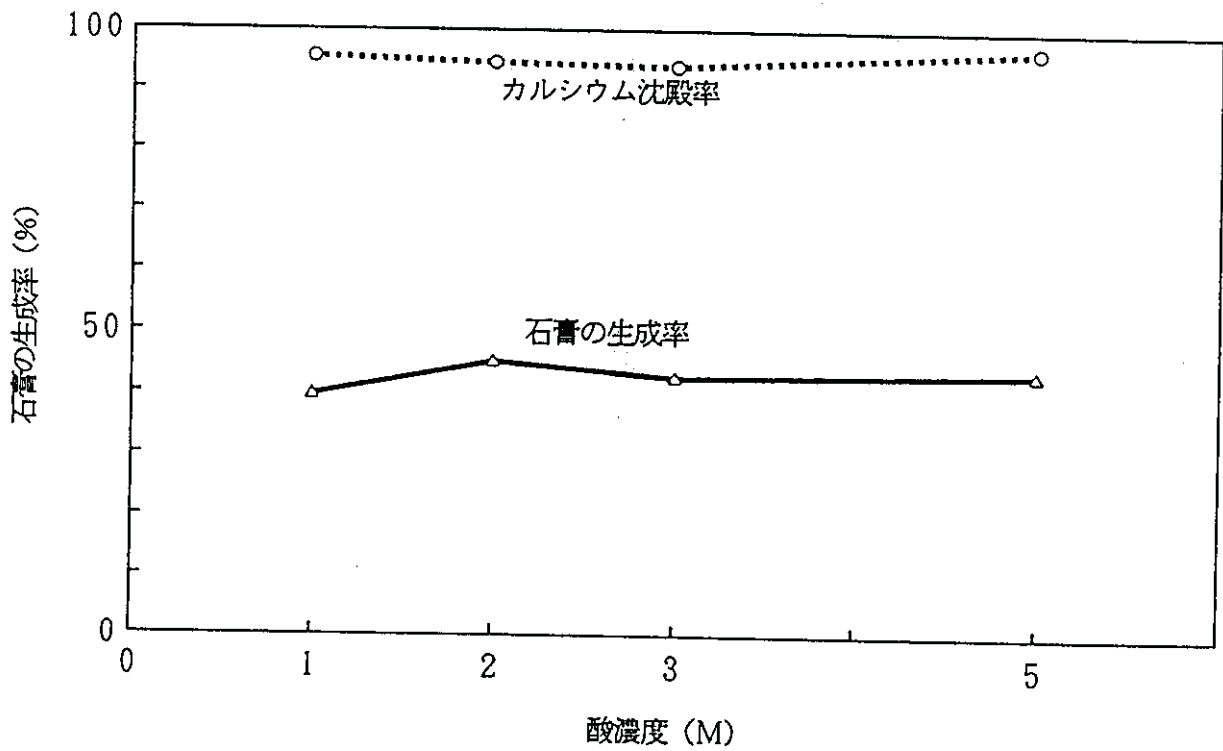


図 3 硫酸溶解による石膏の生成率

## 2. 5 ウランと不純物との分離試験研究

報告者 環境資源開発課

### 1. はじめに

ウラン鉱石からの回収処理には、通常硫酸を用いた湿式製錬法が使われている。そのさいに、鉱石中のウランとともに不純物も溶解し不純物の存在は処理プロセスを複雑化するだけでなく、処理コストにも影響を及ぼす。また、鉱石中に存在しているラジウムは浸出段階において不溶性の硫酸塩を形成し鉱滓中に堆積する。鉱滓中のRa-226とその親核種であるTh-230は半減期が長いために長期間環境への影響を与えるとともに、長期間にわたる鉱滓管理には多額の費用がかかる。そこで、ウランコストの低減化と年々厳しくなると予想される環境規制に対応していくための技術開発が必要と考えている。

本研究では、不整合関連型ウラン鉱床の高品位ウラン鉱石を対象に、硫酸浸出液からウラン、モリブデン、砒素及びニッケルを分離回収するための樹脂を用いたプロセスの開発と、鉱石中に含まれるウラン、ラジウム及びトリウムを分離除去し、後に残った鉱滓中の放射能値を低減し鉱滓管理を容易にする目的で塩酸を用いた処理法の開発を行っている。

昨年度の結果から、吸着によるウランと不純物との分離試験では、ウランとモリブデンの分離は可能であるが、モリブデン吸着樹脂のアルカリ溶離での樹脂体積が溶離前に比べて1.8倍に膨潤することと、ウラン溶離で炭酸ナトリウムを用いると炭酸ガスが発生してカラムを使用するには問題があることがわかった。鉱石処理では、塩酸によりラジウムを除去できる可能性を見出すことが出来た。これらの結果を基に、ウランと不純物との分離プロセスの確立に向けて行った試験の成果について報告する。

### 2. 実施内容

#### (1)吸着によるウランと不純物との分離試験

- ①樹脂母体の異なるモリブデン吸着樹脂による吸着・溶離試験
- ②モリブデン溶離液からの化学沈殿法によるモリブデン回収試験
- ③ホスホン酸型キレート樹脂(RCSP)によるモリブデンとウランの分別溶離試験

#### (2)塩酸浸出法によるウランとラジウムの分離試験

- ①大気圧塩酸浸出試験

### 3. 主な成果

#### (1)吸着によるウランと不純物との分離試験

- ①樹脂母体の異なるモリブデン吸着樹脂による吸着・溶離試験

吸着試験に用いた浸出液の組成は、2423ppm-U, 229ppm-Mo, 935ppm-Fe, 5774ppm-Ni, 8552ppm-As, 544ppm-Al, 0.5M-F-SO<sub>4</sub>である。

モリブデンが多量に共存する場合は、ウラン吸着樹脂でのウラン吸着量増大のためにモリブデンの前段除去が必要となる。モリブデンの吸着樹脂として樹脂母体の違うイミノ二酢酸型キレート樹脂UR-50（フェノール・ホルムアルデヒド母体）とA-1（スチレン・ジビニル





ベンゼン母体)の2つの樹脂があるが、アルカリ溶液での樹脂体積はUR-50(1.8倍)よりもA-1(1.4倍)の方が小さかった。また、通液量一定におけるウラン吸着量はA-1の方に多く吸着することが認められた。その結果を表1.1に示す。以上のことから、モリブデンの前段除去については更に最適な樹脂の選定に向けた検討を加える必要がある。

#### ②モリブデン溶離液からの化学沈殿法によるモリブデン回収試験

UR-50に吸着されたモリブデンを1M-NaOHで溶離し、液pHを酸性に変えた後水酸化カルシウムを添加してモリブデンを回収した。その結果、モリブデンの回収率は91%であったがウランの混入率が高く、副産物としての利用法を考えるとウランを前もって除去する必要がありその改善法としては、モリブデン溶離の段階でのウランとの分別溶離が考えられる。

#### ③ホスホン酸型キレート樹脂(RCSP)によるモリブデンとウランの分別溶離試験

ホスホン酸型キレート樹脂(RCSP)の吸着・溶離工程を図1.1に示す。RCSPに吸着されたウラン、モリブデンは、1M-CH<sub>3</sub>COONaによりモリブデンのみが、1M-Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>によりウランとアルミニウムが溶離され、最後に6M-HClを通液することによって不純物が除去され樹脂の再生が行われる。この方法によって、これまでの炭酸ナトリウム使用にともなう炭酸ガスの発生の問題もなく、吸着-モリブデンとウランの分別溶離-再生の操作が円滑に行えることを確認した。RCSPによる吸着、溶離率の結果を表1.2に示す。

### (2)塩酸浸出法によるウランとラジウムの分離試験

塩酸による大気圧下での1段及び2段浸出によるラジウム除去試験を行った。元鉱石中の化学分析値は、U:0.059%(U-238 7.28Bq/g), Ra-226:7.18Bq/g, Th:16.6μg/g, SiO<sub>2</sub>:63.3%, Fe:4.5%, Ca:2.2%である。

- ① ラジウムの浸出速度に及ぼす浸出剤の濃度、温度、時間、パルプ濃度、粒度について試験した結果、ラジウムの浸出率は温度と粒度に大きく影響を受けることがわかった。その結果を、図2.1及び図2.2に示す。
- ②ラジウムは、無機塩類で処理することにより効果的に浸出されるといわれている。本試験において無機塩として塩化カルシウム、塩化ナトリウム及び塩化カリウムを用いた結果、ラジウムの浸出に最も効果の高かった無機塩は塩化カリウムであった。その結果を図2.3に示す。
- ③ ウラン、ラジウム及びトリウムの最大浸出率は、塩酸と塩酸+塩化カリウムによる2段浸出操作によって、ウラン95.5%、ラジウム81%、トリウム39%となり、その時の放射能濃度は、U-238(0.35Bq/g), Ra-226(1.36Bq/g), Th-232(0.043Bq/g)で、元鉱石の放射能濃度に比べてU-238で約1/20, Ra-226で約1/5, Th-232で約1/5に減少した。

## 4. 今後の計画

### (1)吸着によるウランと不純物との分離試験

硫酸浸出液中に含まれるウラン、モリブデン、ニッケル及び砒素のそれぞれを分離回収するプロセスの中で、ウランとモリブデンを分離できる条件を設定することが出来た。今後は、樹

脂通過液に含まれるニッケルと砒素の分離法及び、分離したそれぞれの溶液から製品として回収する条件を設定し、吸着剤を用いたウランと不純物との分離プロセスを確立する。その上で本プロセスの経済性を評価し企業化への適用性を判断する。

## (2)塩酸浸出法によるウランとラジウムの分離試験

塩酸浸出法により、鉱石からウランと合わせてラジウムを浸出させる条件を見出すことができた。今後は、処理残渣中の放射能濃度を基に処置モデルを想定した被曝線量評価を行うとともに、浸出液からのウランとラジウムの分離法について実施していく。

表 1.1 樹脂母体の異なるイミノ二酢酸型樹脂の吸着，溶離率

樹脂		A-1		UR-50	
元素		Mo	U	Mo	U
吸着率(%)		92.6	16.8	96.4	3.9
溶離率 (%)	1N-NaOH	96.3	5.8	92.7	7.2
	6N-H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.1	96.0	0.3	17.6
樹脂の膨潤体積		1.4倍		1.8倍	

表 1.2 RCSP樹脂の吸着，溶離率

元素		Mo	U	Fe	Al
吸着率(%)		95	93	68	14
溶離率 (%)	1M酢酸ナトリウム	98	0	0	N. D
	1M炭酸ナトリウム	0	100	1	N. D
	6N塩酸	0	0	100	N. D

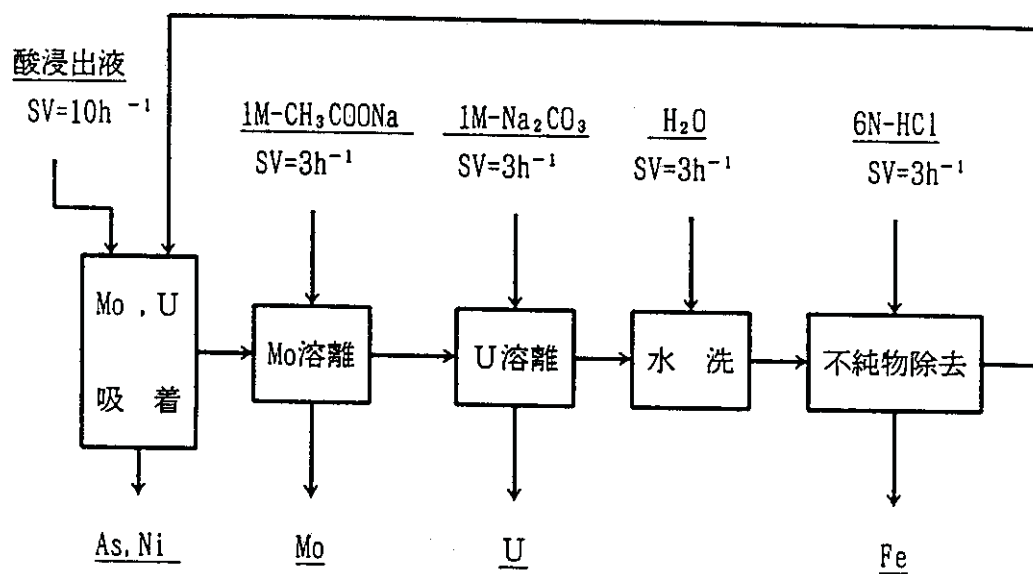


図 1.1 ホスホン酸型キレート樹脂(RCSP)の吸着・溶離工程

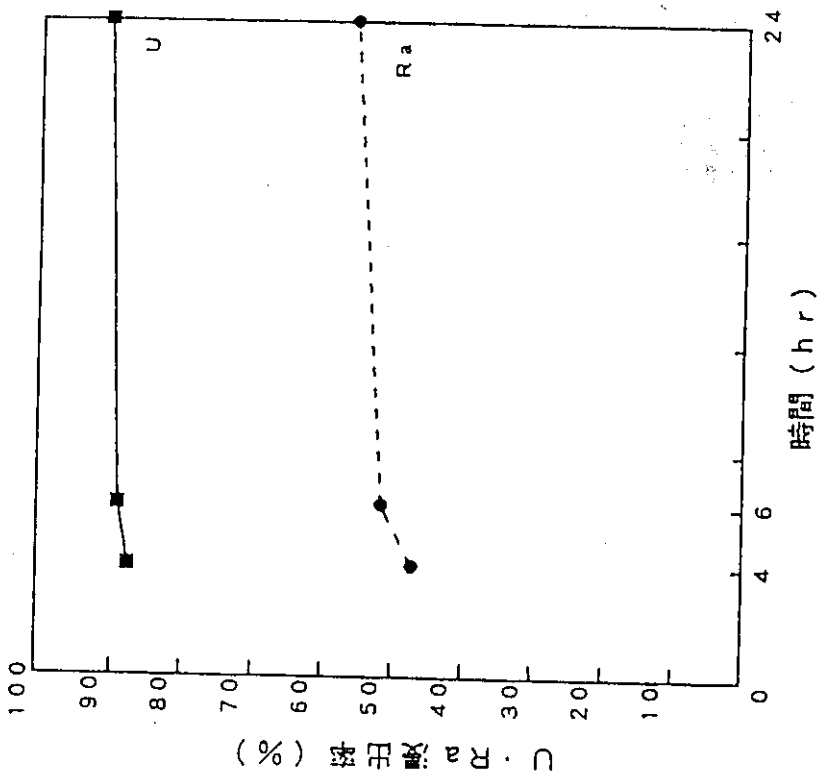


図 2.1 浸出時間と U, Ra 浸出率との関係

浸出条件

ハルプ濃度 = 50%  
 36% 塩酸量 = 139.5 Kg/t-ore  
 浸出時間 = 6 hr  
 浸出温度 = 50°C

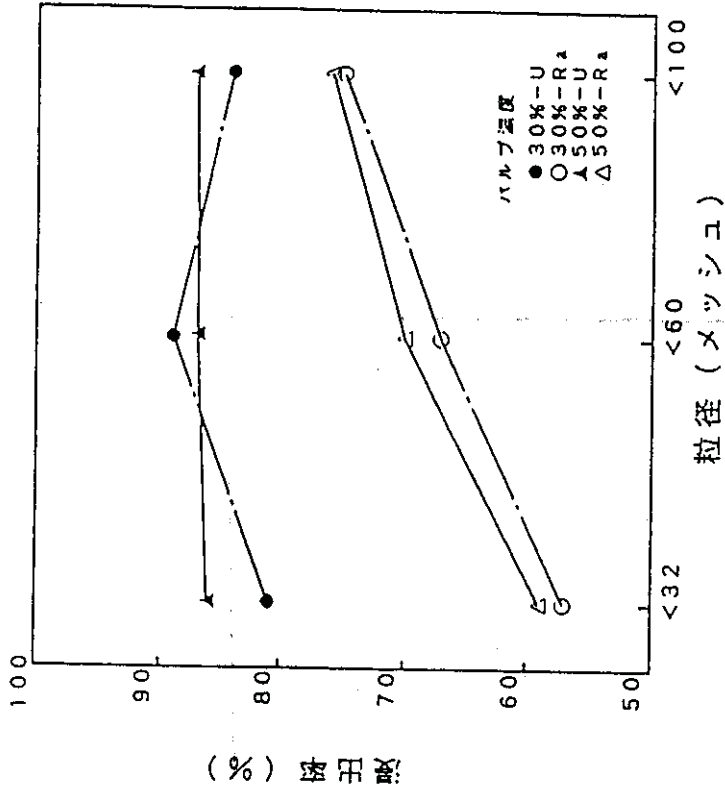


図 2.2 粒径及びハルプ濃度と U, Ra 浸出率との関係

浸出条件

浸出時間 = 6 h  
 浸出温度 = 50°C  
 36% 塩酸量 = 139.5 Kg/t-ore

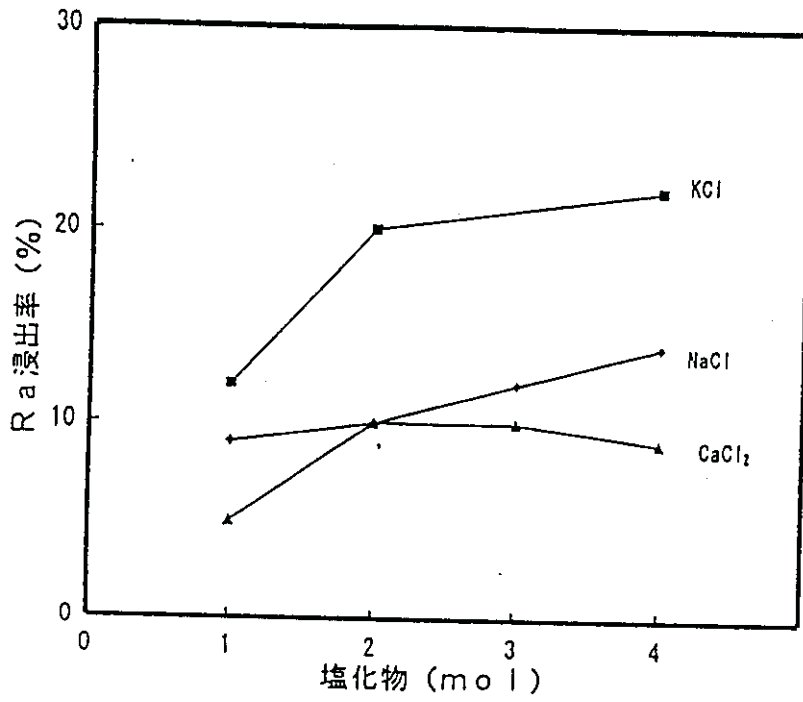


図 2.3 塩化物の影響

浸出条件  
 浸出時間 = 50°C  
 浸出温度 = 6 hr  
 パルプ濃度 = 50%

## 2. 6 方面捨石たい積場試験選別概要

報告者 環境資源開発課

### 1. はじめに

懸案となっていた方面地区捨石たい積場の安定化工事の一環として、平成5年8月に方面地区自治会と動燃人形峠事業所が取り交わした『確認書』に基づき、平成5年度に『方面貯鉱場跡処置工事』を実施し、引き続き平成6年度に方面1, 2号坑捨石たい積場を対象とする『試験選別作業』を実施した。

### 2. 概要

本試験選別は、方面1, 2号坑捨石たい積場における地表面の線量当量率分布状況を把握するための線量測定、及び代表点3箇所を選んで試験的に掘削(2m×2m×深さ0.3m×2層/1区画)し、捨石の堆積状況(線量当量率及び地質)を確認しながら堆積物の選別を行うとともに埋戻しによる遮蔽効果等を調査し、選別した除去土はフレコンバッグに袋詰めし保管場へ埋設保管した。又選別後の跡地は張芝を行い当初予定通り竣工した。(図1)

(1)作業期間 平成6年4月1日～平成6年6月30日(表1)

#### (2)主な作業

①準備工——たい積場内の伐採・測量によって1,234点の杭打ちを行うとともに作業用道路を設置した。

②試験選別——上記1,234点の地表面及び地上1mでの線量測定(表2,3)を行い、その中から値が高い地点3箇所を選び、2m×2mの範囲で詳細な線量測定(50cmグリッド)を行い、深さ0.3mずつ2層に分けて0.6mの深さまで掘削し線量及び地質等を調査した。掘削土のうち $0.7\mu\text{Sv/h}$ 以上の区画(0.5m×0.5m×厚さ0.3m/1区画)については、袋詰めし保管場に保管した。埋戻しは、仮置きした掘削土及び外部から搬入したマサ土を用いて2層に分けて行い、その際1層ごとに線量測定を行った。(表4,図2)

③跡処置工——埋戻し部分は張芝(ワラ芝)を植栽した。

#### (3)結果

①たい積場全体の線量測定の結果、地表面における線量当量率が選別の基準として定めた値( $0.7\mu\text{Sv/h}$ )以上の点は16地点、最大値は $1.81\mu\text{Sv/h}$ 、平均値 $0.20\mu\text{Sv/h}$ であった。

②試験選別により $0.7\mu\text{Sv/h}$ 以上の区画は96区画中(0.5m×0.5m×厚さ0.3m/1区画)28区画( $2.1\text{m}^2$ )であった。

③掘削箇所をマサ土により埋戻すことによって遮蔽効果は平均 $0.74\mu\text{Sv/h}$ → $0.14\mu\text{Sv/h}$ 、最大 $0.91\mu\text{Sv/h}$ → $0.14\mu\text{Sv/h}$ となり底部に高い物が存在してもマサ土で60cm覆うことにより充分期待する遮蔽効果が得られることが判った。

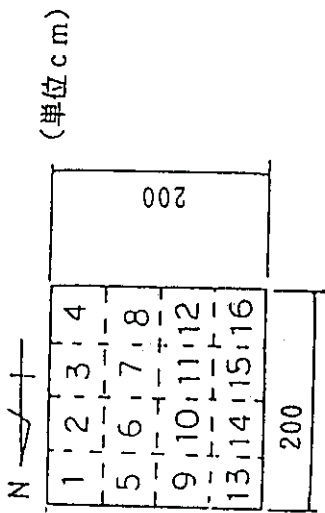
本試験選別によって、1, 2号坑捨石たい積場全体の表面線量当量率の把握、及び選別箇所の線量当量率、地質状況等の把握と共にマサ土で埋戻すことによる遮蔽効果等が確認できた。

### 3. 今後の方針

平成7年度は、試験選別で得られた結果を基に、今後のたい積場の措置方法等について地元及び関係機関等との協議を進め捨石たい積場問題の解決を図りたい。



試験選別平面図



試験選別断面図

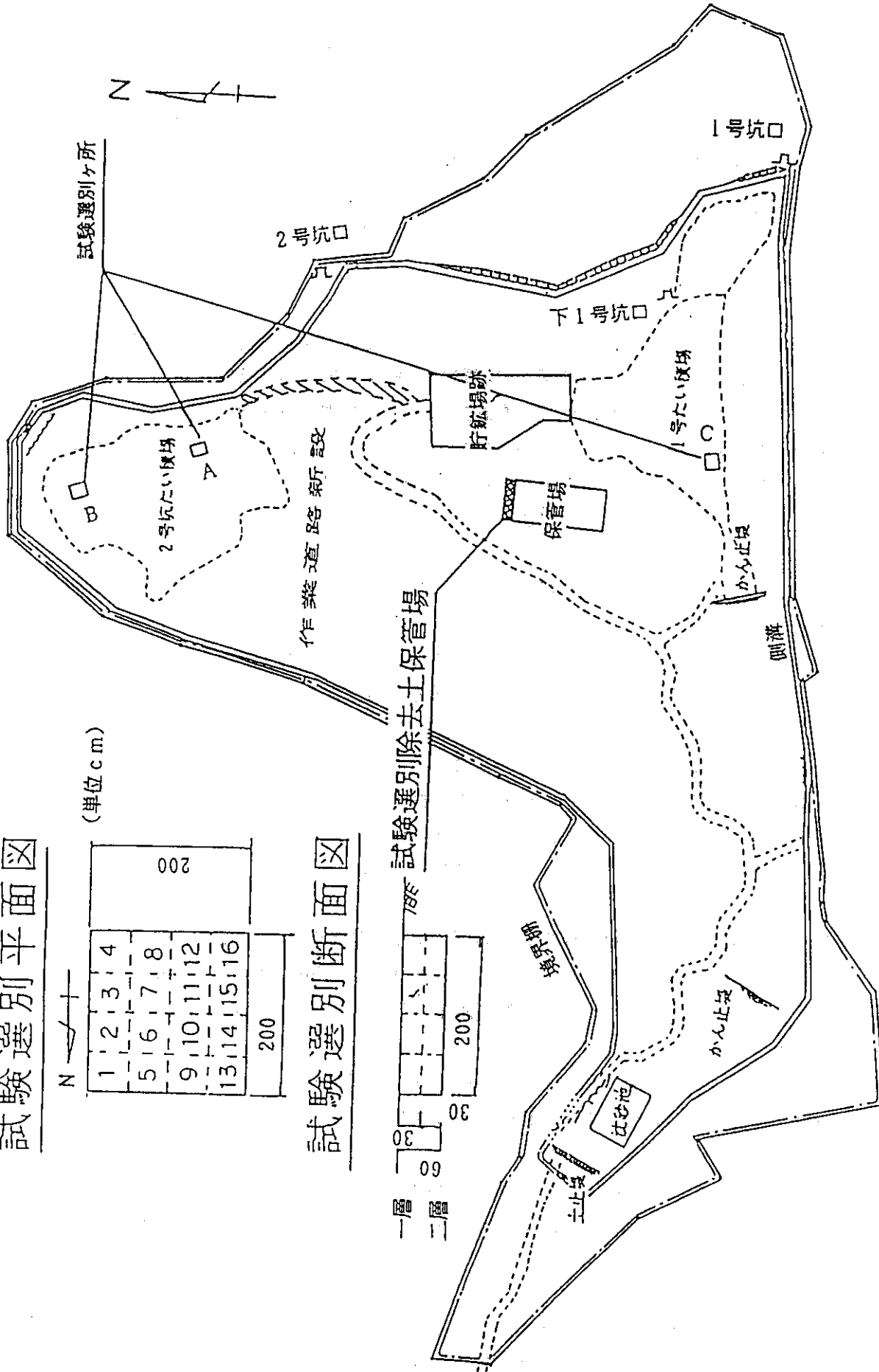
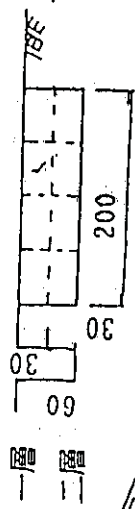


図1 試験選別概要図





表 3 方面 2 号坑捨石たい積場線量当量率 2m Mesh 測定 ( 地表 )

単位:  $\mu\text{Sv/h}$

	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28		
A-0	0.05																															
A-1	0.05	0.05	0.06	0.15	0.12	0.08	0.18	0.12	0.13	0.16	0.13	0.09	0.08	0.09	0.10	0.09	0.08	0.07														
A-2	0.05	0.06	0.15	0.16	0.21	0.19	0.20	0.24	0.25	0.20	0.13	0.11	0.10	0.08	0.06	0.07	0.08	0.07	0.06													
B-0	0.05	0.06	0.25	0.21	0.33	0.32	0.28	0.36	0.41	0.32	0.24	0.24	0.13	0.11	0.09	0.10	0.07	0.07	0.07	0.06												
B-1	0.04	0.08	0.31	0.27	0.34	0.32	0.27	0.34	0.39	0.34	0.23	0.17	0.14	0.14	0.10	0.10	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07		
B-2	0.05	0.09	0.16	0.26	0.26	0.24	0.24	0.23	0.38	0.23	0.17	0.18	0.13	0.13	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07		
C-0	0.04	0.04	0.21	0.23	0.21	0.24	0.12	0.18	0.16	0.18	0.15	0.16	0.10	0.13	0.11	0.11	0.11	0.16	0.33	0.12	0.10	0.10	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	
C-1	0.07	0.35	0.73	0.14	0.12	0.06	0.07	0.16	0.13	0.12	0.12	0.12	0.11	0.14	0.11	0.14	0.15	0.18	0.27	0.27	0.27	0.10	0.10	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	
C-2	0.09	0.52	0.67	0.71	0.54	0.52	0.31	0.35	0.13	0.12	0.13	0.12	0.16	0.15	0.11	0.13	0.16	0.14	0.30	0.27	0.27	0.51	0.13	0.08	0.10	0.11	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	
D-0	0.11	0.55	0.79	0.88	0.48	0.62	0.24	0.28	0.12	0.13	0.13	0.15	0.14	0.16	0.10	0.11	0.10	0.15	0.26	0.26	0.23	0.17	0.13	0.11	0.10	0.08	0.10	0.09	0.08	0.10	0.10	
D-1	0.12	0.62	0.56	0.43	0.52	0.46	0.22	0.12	0.16	0.23	0.23	0.14	0.13	0.14	0.12	0.13	0.11	0.09	0.11	0.10	0.10	0.09	0.13	0.11	0.08	0.10	0.12	0.10	0.10	0.10	0.07	
D-2	0.14	0.84	0.57	0.36	0.62	0.39	0.28	0.13	0.20	0.21	0.19	0.13	0.15	0.17	0.12	0.13	0.12	0.10	0.10	0.10	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	0.07	0.09	0.09	0.10	0.10	0.07	
E-0	0.12	0.46	0.43	0.28	0.44	0.36	0.22	0.15	0.23	0.27	0.26	0.16	0.16	0.16	0.16	0.13	0.11	0.09	0.12	0.12	0.12	0.12	0.09	0.12	0.10	0.09	0.08	0.08	0.10	0.10	0.07	
E-1	0.09	0.11	0.48	0.46	0.34	0.54	0.24	0.15	0.21	0.32	0.32	0.17	0.16	0.16	0.16	0.12	0.11	0.10	0.12	0.12	0.12	0.07	0.11	0.14	0.11	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	
E-2			0.36	0.42	0.21	0.19	0.19	0.15	0.23	0.25	0.21	0.18	0.17	0.16	0.17	0.13	0.11	0.10	0.11	0.10	0.11	0.10	0.10	0.12	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08
F-0			0.38	0.19	0.15	0.15	0.19	0.16	0.23	0.23	0.17	0.18	0.17	0.16	0.16	0.19	0.13	0.15	0.13	0.11	0.11	0.10	0.09	0.09	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
F-1			0.25	0.23	0.16	0.16	0.23	0.16	0.22	0.26	0.19	0.17	0.17	0.16	0.16	0.15	0.17	0.17	0.32	0.14	0.09	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
F-2			0.31	0.21	0.23	0.23	0.21	0.23	0.20	0.24	0.16	0.16	0.19	0.16	0.16	0.16	0.15	0.17	0.21	0.17	0.14	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
G-0			0.31	0.30	0.24	0.24	0.24	0.22	0.28	0.22	0.20	0.22	0.19	0.19	0.17	0.19	0.17	0.17	0.21	0.17	0.14	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
G-1			0.21	0.32	0.19	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.23	0.19	0.18	0.18	0.17	0.17	0.16	0.16	0.16	0.24	0.13	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
G-2			0.20	0.36	0.23	0.27	0.27	0.27	0.28	0.25	0.40	0.25	0.20	0.22	0.18	0.17	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
H-0			0.14	0.33	0.27	0.24	0.19	0.19	0.24	0.19	0.19	0.23	0.17	0.15	0.15	0.15	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
H-1			0.10	0.25	0.24	0.27	0.26	0.20	0.20	0.20	0.20	0.19	0.19	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.19	0.14	0.14	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
H-2			0.21	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.19	0.19	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.19	0.14	0.14	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07

最大値 1.81  
最小値 0.04  
平均値 0.18

表 4

試験選別線量測定結果（掘削，埋戻し）

㉞点測定値

No	掘		削		埋戻し	備考
	地表	上層	下層	地表		
1	0.45	0.57	0.43	0.36	*2	
2	0.35	0.59	0.41	0.39	*2	
3	0.31	0.38	0.37	0.24	*1	
4	0.35	0.33	0.33	0.20	*1	
5	0.40	0.57	0.44	0.31	*2	
6	0.38	0.64	0.34	0.31	*2	
7	0.38	0.40	0.30	0.20	*1	
8	0.32	0.35	0.29	0.18	*1	
9	0.54	0.64	0.46	0.35	*2	
10	0.42	0.59	0.38	0.32	*2	
11	0.42	0.38	0.29	0.21	*4	
12	0.31	0.35	0.31	0.18	*1	
13	0.46	0.65	0.67	0.37	*2	
14	0.33	0.53	0.41	0.33	*2	
15	0.43	0.42	0.36	0.22	*1	
16	0.34	0.38	0.33	0.20	*1	

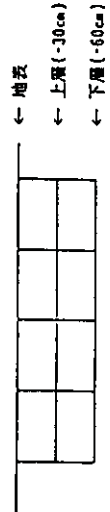
No	掘		削		埋戻し	備考
	地表	上層	下層	地表		
1	0.68	0.99	0.99	0.43	*2	
2	0.68	0.91	0.91	0.41	*2	
3	0.64	0.91	0.91	0.15	*1	
4	0.52	0.87	0.87	0.16	*1	
5	0.55	0.95	0.95	0.39	*2	
6	0.55	0.65	0.96	0.38	*2	
7	0.52	0.61	0.78	0.14	*1	
8	0.36	0.60	0.69	0.14	*1	
9	0.69	0.69	0.78	0.41	*2	
10	0.62	0.77	0.77	0.16	*2	
11	0.54	0.56	0.65	0.12	*1	
12	0.44	0.48	0.60	0.12	*1	
13	0.83	0.83	0.83	0.39	*2	
14	0.58	0.83	0.83	0.38	*2	
15	0.58	0.55	0.75	0.13	*1	
16	0.47	0.52	0.62	0.14	*1	

No	掘		削		埋戻し	備考
	地表	上層	下層	地表		
1	0.29	0.20	0.27	0.14	*1	
2	0.56	0.24	0.27	0.14	*1	
3	0.59	0.44	0.30	0.14	*1	
4	0.60	0.60	0.33	0.22	*1	
5	0.38	0.38	0.27	0.15	*1	
6	0.33	0.33	0.26	0.15	*1	
7	0.43	0.43	0.27	0.15	*1	
8	0.34	0.34	0.34	0.20	*1	
9	0.47	0.47	0.30	0.16	*1	
10	0.39	0.39	0.29	0.15	*1	
11	0.45	0.45	0.32	0.15	*1	
12	0.65	0.65	0.36	0.21	*1	
13	0.53	0.53	0.35	0.16	*1	
14	0.52	0.52	0.35	0.16	*1	
15	0.53	0.53	0.34	0.18	*1	
16	0.64	0.64	0.36	0.22	*1	

(平面図)

1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16

(断面図)



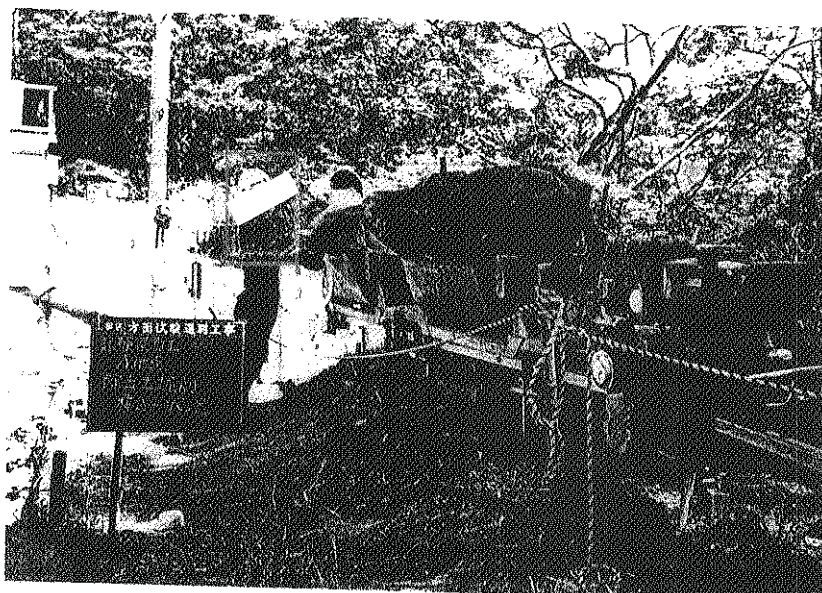
注) 測定値は地面  
は地表・上層での0.7μSv/h以上を示す  
\*1 マサ土にて埋戻し  
\*2 仮置土にて埋戻し



# 試験選別



掘削状況



積込状況

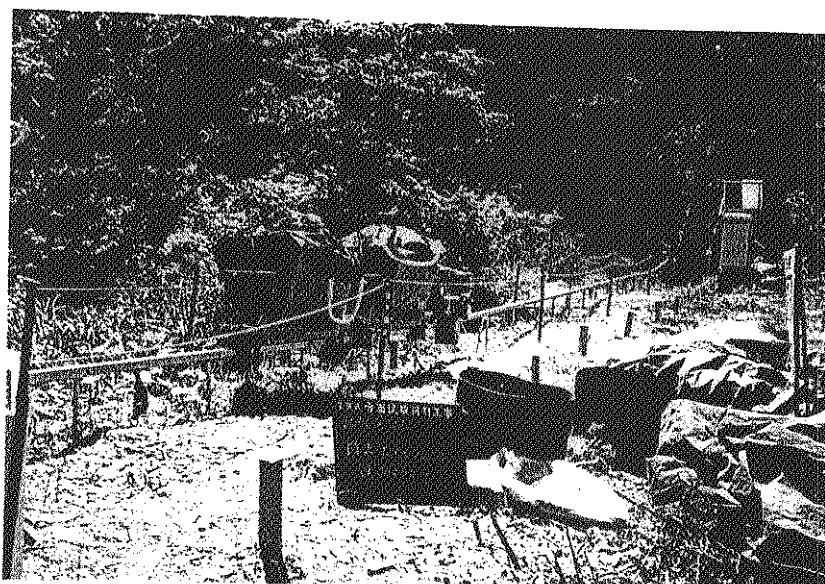
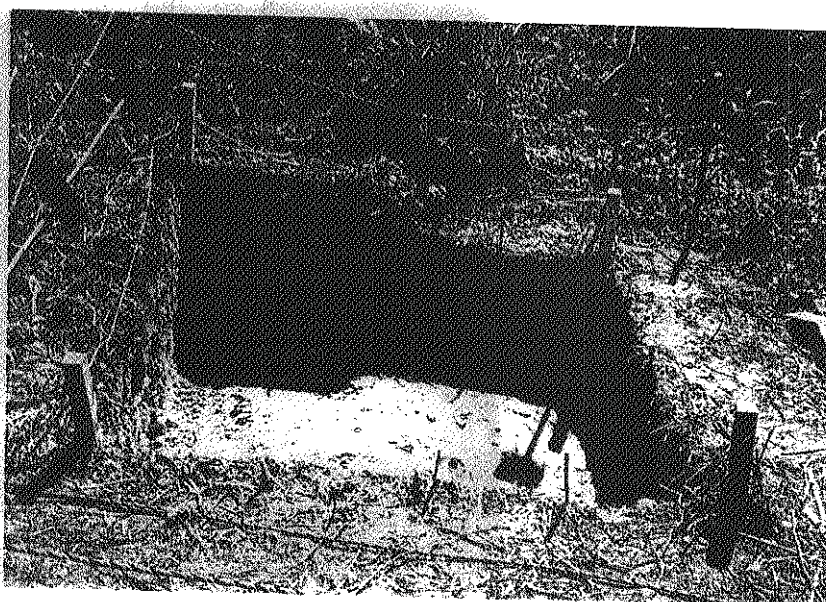


写真 1 作業状況写真

# A地点



着工前



掘削完了



写真 2

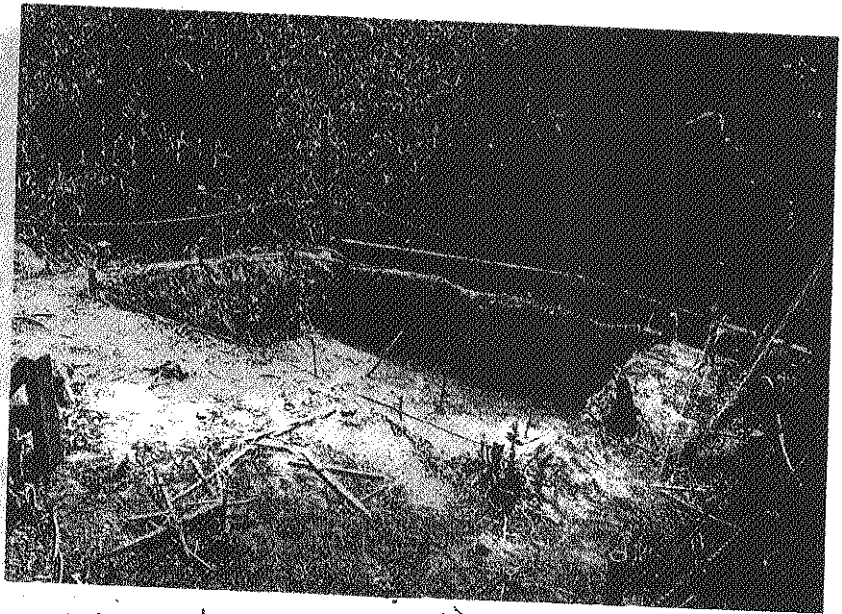
A地点状況写真 埋戻し完了



B地点



着工前



掘削完了

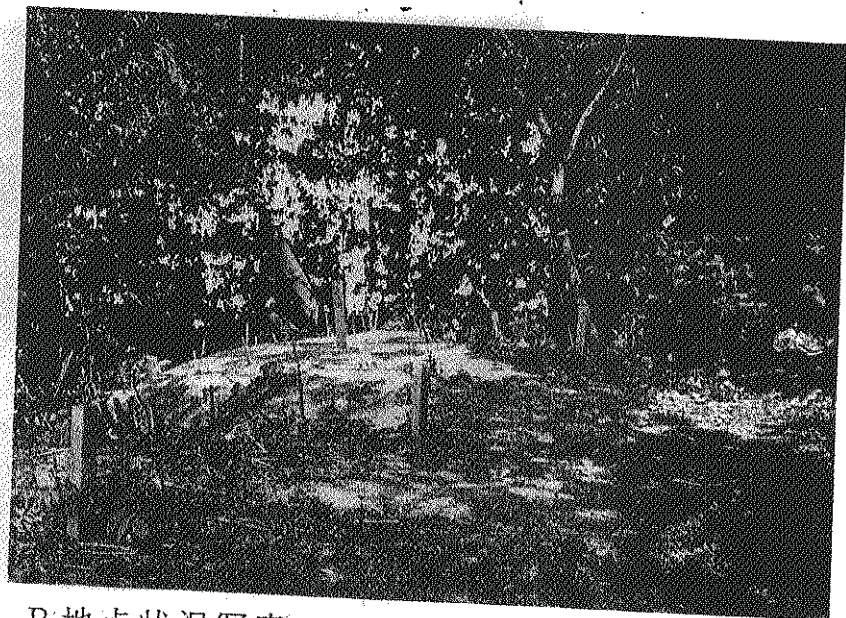
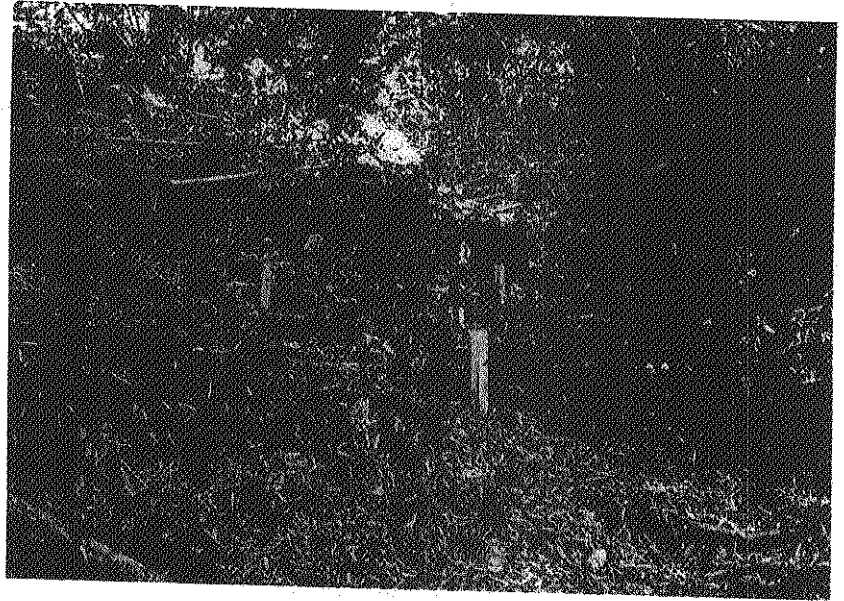
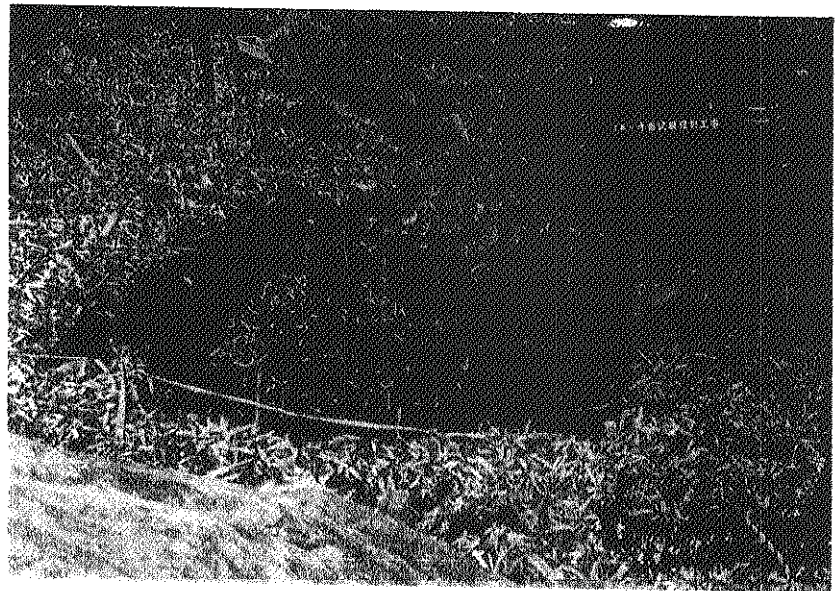


写真3

B地点状況写真 埋戻し完了



着工前



掘削完了



写真 4

C地点状況写真 埋戻し完了