

PNC TN8440 86-023

~~PNC I8440 86 23~~

本資料は 年 月 日付けで登録区分、
変更する。

[技術情報室]

アスファルト固化技術開発施設

試験運転報告書

1986年5月

動力炉・核燃料開発事業団
再処理工場 技術開発部
試験運転第2課

この資料は、動燃事業団社内における検討及び周知を目的とする社内資料で

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

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

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

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

アスファルト固化技術開発施設
試験運転報告書



実施責任者 宮尾 英彦

報告者 鶴巻 邦輔 平野広三郎 高橋 敏

藤田 秀人 田中 憲治

期 間 昭和57年5月～昭和60年5月

目 的 アスファルト固化技術開発施設の使用前検査合格に至るまでの試験運転について報告する。

要 旨

動燃事業団東海事業所のアスファルト固化技術開発施設は、わが国で最初に採用したエクストルーダ方式による世界最大規模の低放射性廃液のアスファルト固化プラントである。

この施設では、昭和57年5月から昭和57年9月にかけて非放射性模擬廃液を用いてのコールド試験を実施し、貴重なデータを収集した。そのデータを基礎として、昭和57年10月から再処理工場廃棄物処理場等からの低放射性廃液を用いてのホット試験を開始し、使用前検査に合格する昭和60年5月まで施設の性能の確認などの試験運転及び手直し改造工事を実施してきた。

使用前検査合格証取得後は、長期安定運転の実証、並びに、適正運転条件の確立などを目標とした開発運転を実施する。

目 次

はじめに	1
第1章 施設の概要	2
第2章 試験運転概要	9
1. 全 般	9
2. コールド試験	11
3. ホット試験	12
4. 総合試験	12
5. 試験運転	13
第3章 運転実績と解析	16
1. 廃液受入工程	16
1.1 運転実績	16
1.2 解 析	19
2. 前処理工程	20
2.1 運転実績	20
2.2 解 析	20
3. 脱水混合工程	22
3.1 運転実績	22
3.2 解 析	23
4. 固化体充填工程	26
5. 固化体貯蔵工程	26
第4章 物質収支と放射性核種の挙動	27
1. 工程別の物質収支	27
2. 放射性核種の挙動	32
第5章 固化体の評価	34
1. 固化体の物性評価	34
2. アスファルト固化処理のコスト	38
第6章 設計と現状との比較	41
第7章 異常現象	43
第8章 設備構造	46
1. 設備改造工事実績	46
2. 今後の改善・設備改造	49

第9章 今後の課題	51
1. 長期安定運転の確立	51
2. 減容化の改善	51
3. 固化体の品質管理	53
4. 固化体の貯蔵管理	54
5. 放射性ヨウ素の放出管理	54
あとがき	55

はじめに

この資料は、昭和60年5月10日にアスファルト固化技術開発施設が使用前検査の合格証を取得したのを機会に、それまでの試験運転の総括をする意味でまとめたものである。

これまでの施設の運転は、まさに異常事象、機械類の故障などのトラブルとの戦いと言う感が強く、機械の癖、工程の持つ特性などを知ることが今までの運転の中で非常に大きな作業であった。また、これらは取りも直さず現在のアスファルト固化技術開発施設の運転技術のノウハウであり、我々が蓄積してきた技術である。

ここでまとめたことは、そのほんの一端に過ぎないが、この報告書をこの段階で終わらせないで今後さらにノウハウや情報を付け加えてより良いものにしていきたいと考えている。

第1章 施設の概要

再処理工場で発生する廃液のうち低放射性廃液は廃棄物処理場の蒸発濃縮工程及びZ施設で蒸発濃縮され、アスファルト固化技術開発施設へ移送されてアスファルト固化処理される。アスファルト固化技術開発施設の工程を四工程に大別して以下に説明する。

- ① 廃液受入・調整工程
- ② 混合脱水工程
- ③ 固化体充填工程
- ④ 固化体貯蔵工程

以下に工程の概要を述べる。(図-1-1 工程概要図参照)

(1) 廃液受入・調整工程

この工程では、廃棄物処理場などの他施設からの廃液を放射能濃度に応じて異なった槽に受け入れた後回分式に反応槽に移送し、水素イオン濃度調整及び必要に応じて長半減期の主要核種を対象とした不溶化処理を実施する。

不溶化処理は、ストロンチウムに対しては硫酸バリウムとの共沈、セシウムに対してはフェロシアン化ニッケルとの共沈、ジルコニウム及びセリウムなどの希土類元素、並びにウラン及びプルトニウムなどのアクチニウム元素に対しては水酸化物(不溶性物質)生成によって行われる。

前処理調整された廃液は、この後供給槽に移送され、供給槽より次の混合脱水工程へ定量的に送られる。

(2) 混合脱水工程

混合脱水工程では、混合脱水機として西独製 VDS-VT 120 型エクストルーダが採用されている。(図-1-2 エクストルーダ設置図参照)

エクストルーダは、4軸のスクリーシャフトと7つのゾーン及び排出管、3基の凝縮器より構成されている。スクリーシャフトは、V型に配置され相互に回転することによって塩とアスファルトの混合を行う。(図-1-3 スクリュー配置図参照)

各ゾーンは、蒸気又は冷却水によって温度を一定に保つ様コントロールされ、第1ゾーンにはアスファルト貯槽より溶融アスファルトが、第2ゾーンには廃液供給槽より廃液が定量的に供給される。第4、第5及び第6ゾーンの上部には凝縮器が設置されており、蒸発した水分が凝縮し回収される。

廃液中の塩及び放射性物質は、アスファルト中に分散されてアスファルト混合物となりエクストルーダ排出管よりドラム缶へ排出される。

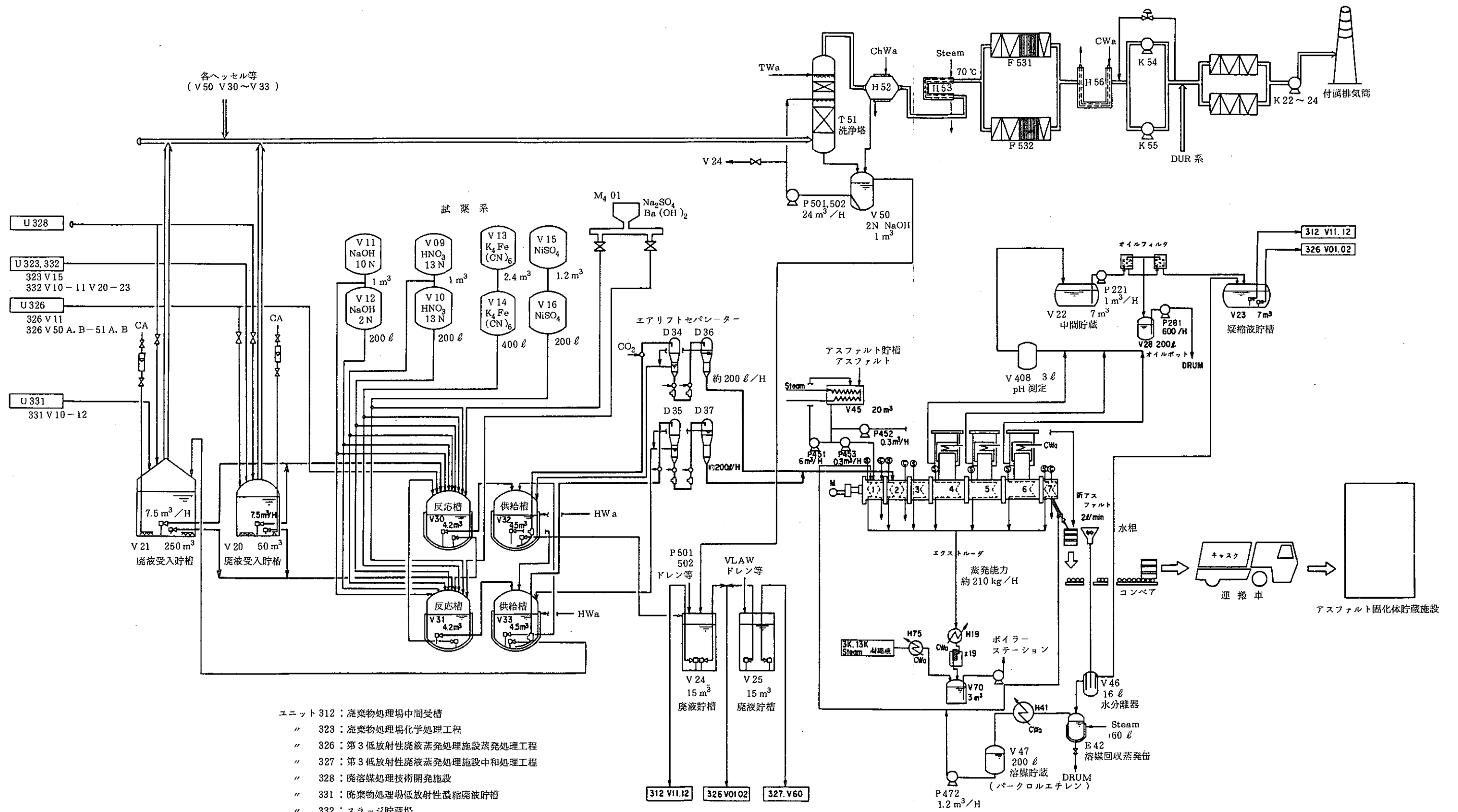


図-1-1 アスファルト固化技術開発施設工程概要図

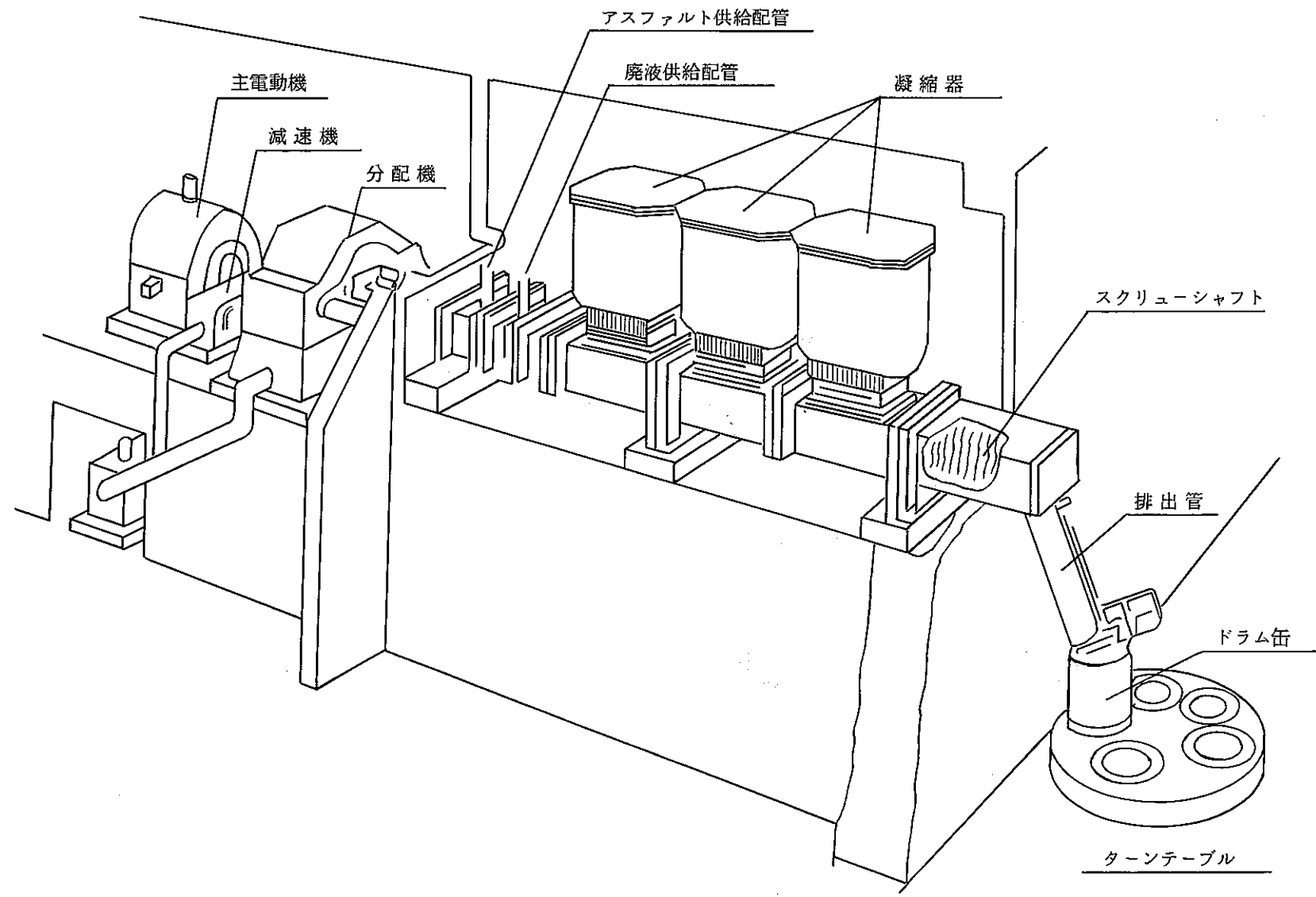


図-1-2 エキストルーダ設置図

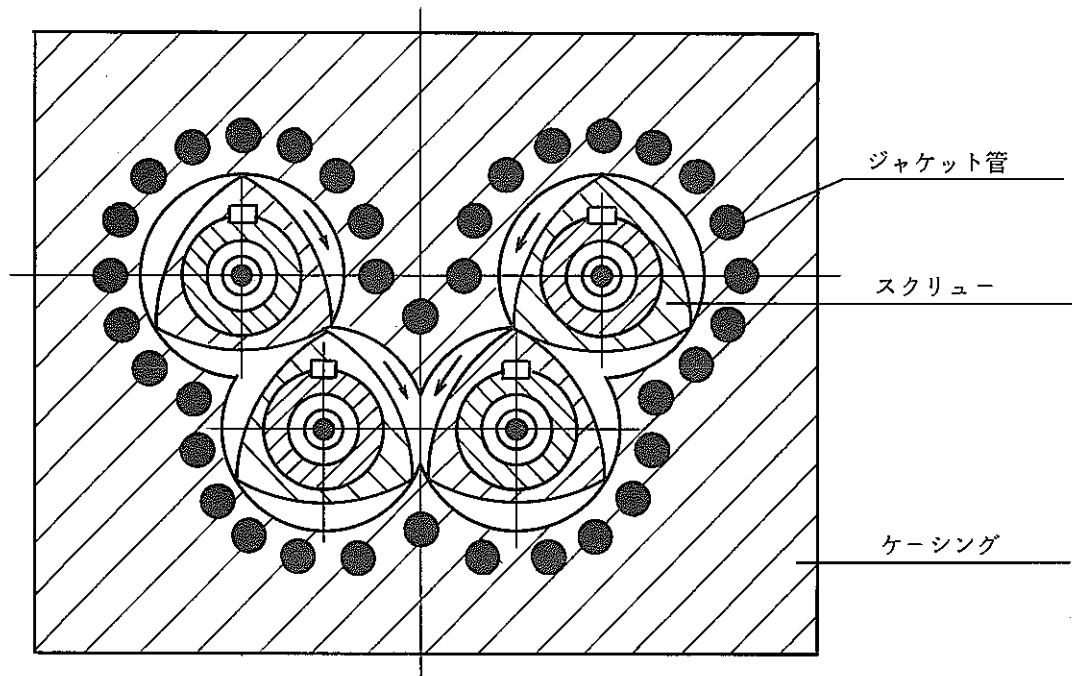


図-1-3 スクリュー配置図

(3) 固化体充填工程

エクストルーダから排出されたアスファルト混合物は、充填室内のターンテーブル上に配置されている200ℓドラム缶に充填される。

ターンテーブル上で2回に分けて充填されたドラム缶は、充填室内で自然冷却されて固化体となり、その後ドラム缶上部空間に清浄な溶融アスファルトを充填し、キャッピング装置で蓋をする。このドラム缶は、アスファルト固化体貯蔵施設への運搬、貯蔵のため4本ずつ鉄製フレームに収納される。

充填室内には、ドラム缶のハンドリングのためDHM（ドラムハンドリングマニピュレータ）及びMSM（マスタースレーブマニピュレータ）が設置されており運転員の被曝量を低減化するように配置されている。

(4) 固化体貯蔵工程（図-1-4 アスファルト固化体貯蔵施設概要図参照）

ドラム缶を収めたフレームは、カスクに収納され、運搬車でアスファルト固化体貯蔵施設へ運ばれる。

アスファルト固化体貯蔵施設は、地下の2つのセルに比較的放射性物質濃度の高いアスファルト固化体を、地上の2つのセルに比較的放射性物質濃度の低いアスファルト固化体を貯蔵する。各セルには、フレーム4段積みで約2,500本のドラム缶を貯蔵することが出来、本施設全体で約1万本のドラム缶が貯蔵可能である。

フレームのハンドリングは、オーバーヘッドクレーン方式によりフレームごと積み重ね操作はコンピュータによって自動制御され、運転員はモニタテレビによって監視することが出来る。

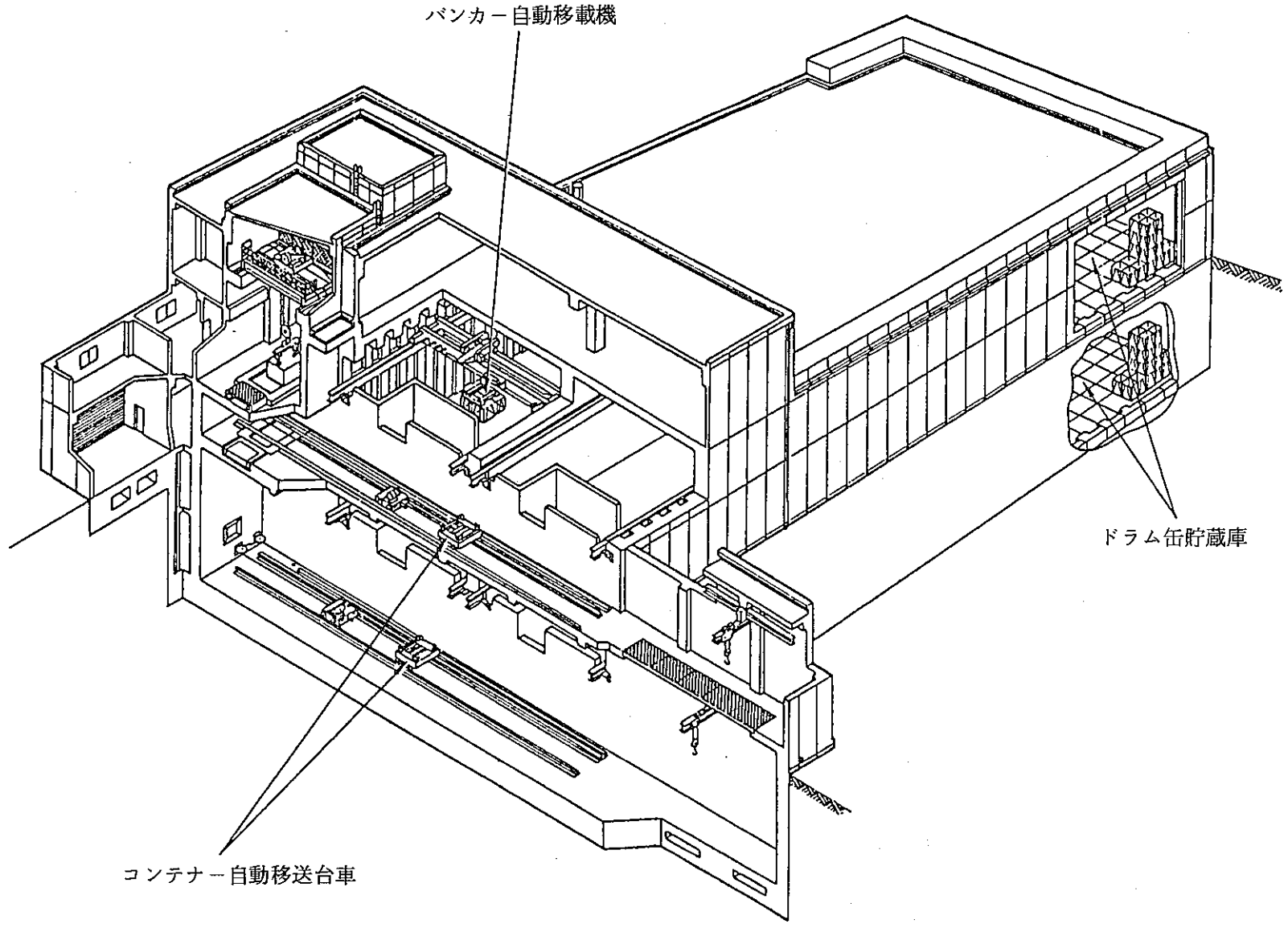


図-1-4 アスファルト固化体貯蔵施設概要図

第2章 試験運転概要

1. 全 般

本施設は、建設工事完了後、国の最終的な使用前検査を受けるため次の4段階に分けて試験的に施設の運転を実施した。各段階の運転の目的を以下に示す。

(1) コールド試験

コールド試験は、各種化学薬品及びアスファルトを用いて実廃液を模擬した非放射性廃液をアスファルト固化することによって廃液の調整並びに供給条件、エクストルーダの運転条件と固化体の品質の関連性を明らかにすることを目的としている。また、運転員の教育訓練も大きな課題の一つである。

(2) ホット試験

ホット試験は、実際の低放射性廃液をアスファルト固化処理し、コールド試験で得た基礎データを応用して施設の性能、安全運転性の実証を行うものである。

(3) 総合試験

総合試験は、施工者から施設を受け取るために実施するもので、施設が設計性能を満足することを確認するための試験である。

(4) 試験運転

試験運転は、国の最終的な使用前検査に合格するための準備運転であり、国が定めた規準を満足することを確認するための試験である。本来は建設工事完了時から使用前検査合格に至るまでの全ての運転を試験運転と称するが、本報告書の本項以降では、便宜上、総合試験終了時から使用前検査に合格するまでの試験を試験運転と称する。

コールド試験以降の運転機関を表-2-1「運転実施期間」に示す。

表-2-1 運転実施期間

区分	キャンペーン名	期 間	処 理 廃 液
コ ー ル ド 試 験	1stキャンペーン	昭和57年5月19日 ～昭和57年6月3日	331非放射性模擬 廃液
	2stキャンペーン	昭和57年6月23日 ～昭和57年7月7日	331非放射性模擬 廃液
	3rdキャンペーン	昭和57年7月23日 ～昭和57年8月7日	326, 331非放 射性模擬廃液
	4thキャンペーン	昭和57年8月18日 ～昭和57年8月22日	326, 331, 323 各非放射性模擬廃液
ホ ッ ト 試 験	57-1st キャンペーン	昭和57年10月5日 ～昭和57年10月29日	326廃液
	57-2nd キャンペーン	昭和57年11月12日 ～昭和57年12月7日	331模擬廃液 331廃液
	57-3rd キャンペーン	昭和57年12月18日 ～昭和57年12月22日	323廃液
総 合 試 験		昭和58年1月7日 ～昭和58年1月14日	326, 331, 323 廃液
試 験 運 転	58-331-1st キャンペーン	昭和58年1月17日 ～昭和58年4月8日	331廃液
	58-331-2nd キャンペーン	昭和58年4月12日 ～昭和58年8月3日	331廃液
	58-331-3rd キャンペーン	昭和58年10月17日 ～昭和58年12月15日	331廃液
	58-331-4th キャンペーン	昭和59年1月17日 ～昭和59年3月31日	331廃液
	59-331-1st キャンペーン	昭和59年4月9日 ～昭和59年4月28日	331廃液
	59-331-2nd キャンペーン	昭和59年5月14日 ～昭和59年5月18日	331廃液
	59-331-4th キャンペーン	昭和59年7月23日 ～昭和59年8月6日	331廃液
	59-331-5th キャンペーン	昭和59年8月30日 ～昭和59年9月6日	331廃液
	59-331-6th キャンペーン	昭和59年10月1日 ～昭和59年10月19日	331廃液
	59-326-1st キャンペーン	昭和59年10月29日 ～昭和59年11月8日	326廃液
	59-326-2nd キャンペーン	昭和59年11月19日 ～昭和59年12月10日	326廃液
	59-326-3rd キャンペーン	昭和60年1月14日 ～昭和60年2月2日	326廃液
	59-331-7th キャンペーン	昭和60年2月12日 ～昭和60年3月1日	331廃液
	59-331-8th キャンペーン	昭和60年3月11日 ～昭和60年3月1日	331廃液
	60-331-1st キャンペーン	昭和60年4月4日 ～昭和60年3月27日	331廃液

326廃液：第三低放射性廃液蒸発処理施設蒸発処理系低放射性濃縮廃液

331廃液：廃棄物処理場蒸発処理系低放射性濃縮廃液

323廃液：廃棄物処理場化学処理系スラッジ廃液

2. コールド試験

コールド試験は、処理対象廃液及び試験の目的によって、4つのキャンペーンに分けて実施した。各々のキャンペーンの概要は、以下の通りである。

(1) 1st キャンペーン

本キャンペーンでは、331 廃液を模擬した廃液を対象としてエクストルーダの最大蒸発能力及び運転条件を模策し、作成した固化体の物性の評価を実施した。

運転当初は、エクストルーダの加熱蒸気量不足から廃液の蒸発能力が期待値を下回っていたが、第4ゾーン、第5ゾーン及び第6ゾーンの加熱蒸気系のスチームトラップをバイメタルタイプから大容量のフロートタイプに変更し、さらに同じゾーンの加熱蒸気量調節弁の容量アップ並びに各ゾーンの蒸発量の比率を調節することによって最大蒸発能力 210 ℓ/h を達成した。

(2) 2nd キャンペーン

本キャンペーンでは、331 廃液を模擬した廃液を対象として廃液供給量を変化させて固化体の塩/アスファルト比のパラメータサーベイを実施し、エクストルーダの運転条件と作成した固化体の物性の関連性の評価を実施した。

その結果、331 模擬廃液（塩濃度約 500g/ℓ）処理の最適運転条件は、蒸発量 180～190 ℓ/h、塩/ビチューメン比は 50/50 であった。

このキャンペーンでもエクストルーダの熱容量不足の問題点が判明したがエクストルーダ本体からの放熱による熱損失が全熱量の 30% を占めていることから、このキャンペーン後にエクストルーダ本体の保温工事を実施した。

(3) 3rd キャンペーン

本キャンペーンでは、比較的塩濃度の低い 326 廃液（塩濃度 200～350g/ℓ）及び 323 廃液（塩濃度 150g/ℓ）の模擬廃液を用いて、2nd キャンペーンと同様のパラメータサーベイを実施し、各々蒸発量 180 ℓ/h 付近に最適運転条件があることを確認した。

また、本キャンペーンでは、前処理工程の自動シーケンスの作動確認及びカスクを用いての固化体輸送訓練も合わせて実施した。

(4) 4th キャンペーン

本キャンペーンの主目的は、放射性廃液処理運転を想定しての連続運転に於ける操作性、性能等を確認することであり、3種類の処理対象廃液について試験を実施し、各々の廃液処理について良好な結果を得た。また、性能保証事項として次の項目を確認した。

- 処理対象廃液について固化処理が実施出来ること。
- 処理能力の確認 : 3 m³/15 時間以上
- 固形分混合化 : 50 wt %
- 固化体比重 : 1.2 g/cm³ 以上
- 固化体中の残留水分 : 1 wt % 以下

3. ホット試験

廃棄物処理場等から受け入れた低放射性廃液を用いて昭和57年10月5日から昭和57年12月22日にかけて実施した試験をホット試験と称している。

ホット試験は、処理対象廃液別に3つのキャンペーンより構成し、326, 331, 323の各廃液の固化処理条件、運転状況等を確認している。各キャンペーンの概要を以下に述べる。

(1) 1st キャンペーン

本キャンペーンでは、放射性廃液を用いた最初の試験のため、比較的放射能濃度が低く化学的にも比較的処理し易い(炭酸塩濃度が低い)326廃液を用いて、放射性核種の挙動、エクストルーダの運転条件の確認などを目的とした試験を実施した。

試験期間中、エクストルーダのトルクが不安定となり上昇する現象が発生した。この原因は、廃液の不溶化処理を実施した場合と、不溶化処理しない場合とのトルク変動に明らかな差が出たことから不溶化処理剤の影響であると思われる。また、トルク変動と同時に各バーレルの温度が不安定となる現象も見られた。

(2) 2nd キャンペーン

本キャンペーンでは、331廃液の処理に当たり炭酸塩混入によるエクストルーダ内でのフォーミングを懸念して、実廃液処理に先立ち模擬廃液による試験を実施した。

使用した模擬廃液は、硝酸ナトリウムが約300g/ℓに炭酸ナトリウムが30, 60, 100, 140g/ℓの各々の濃度に調整した。

模擬廃液の固化処理の結果、当初懸念されていたエクストルーダ内での固化体のフォーミングは見られず、比較的安定した運転を実施することが出来た。

その後の331実廃液を用いての試験は、最初の2バッチは326廃液で5倍に希釈し、次の3バッチについては331廃液を用いて実施した。これらの試験の結果も先に実施したコールド試験の結果同様比較的安定なものであった。

(3) 3rd キャンペーン

3rd キャンペーンの対象廃液は、323廃液で昭和57年11月29日に廃液受入貯槽(A 12V 20)へ受け入れ、326廃液と混合して2バッチ分を固化処理した。これは、323廃液の塩濃度が極めて低いため(150g/ℓ以下)で、固化処理に際して326廃液と混合して塩濃度を上げることが現実的な方法としたためである。

試験の結果、エクストルーダの運転状態は良好で、最大220ℓ/hの廃液供給流量に達した。

4. 総合試験

これまでの試験実績を踏まえて、施設受取りのための性能保証の確認試験を326, 331, 323廃液を各1バッチずつ処理することによって実施した。この試験の性能保証項目は、以下の通り

である。

① 固化処理に係る性能保証

326, 331, 323の各廃液処理に関して、固化処理が実施出来ること。

② 処理能力の確認

- ・エクストルーダの処理能力：3 m³ / 15時間以上
- ・エクストルーダの最大蒸発能力：200 ℓ / h以上

③ 気体廃棄物の処理能力

本施設より放出される気体廃棄物の放出濃度が、次の値を満足すること。

- ・α放射性核種：7 × 10⁻¹⁴ μCi / cm³ 以下
 - ・放射性ヨウ素：3 × 10⁻¹² μCi / cm³ 以下
 - ・その他のβγ放射性核種：1 × 10⁻¹¹ μCi / cm³ 以下
- 各々の項目について満足していることを確認した。

5. 試験運転

試験運転の目的は、

- ① 本施設が使用前検査に合格すべく、国の定めた技術基準を満足することを確認すること。
- ② 従業員の教育訓練を行うこと。

等である。

ホット試験を含め、処理した低放射性廃液は約900 m³、発生した固化体は約4,100本に上り、多くの知見を得て貴重なデータを収集することが出来た。建設工事完了以降の再処理工場に於ける濃縮廃液貯蔵量の推移を図-2-1、図-2-2に示す。

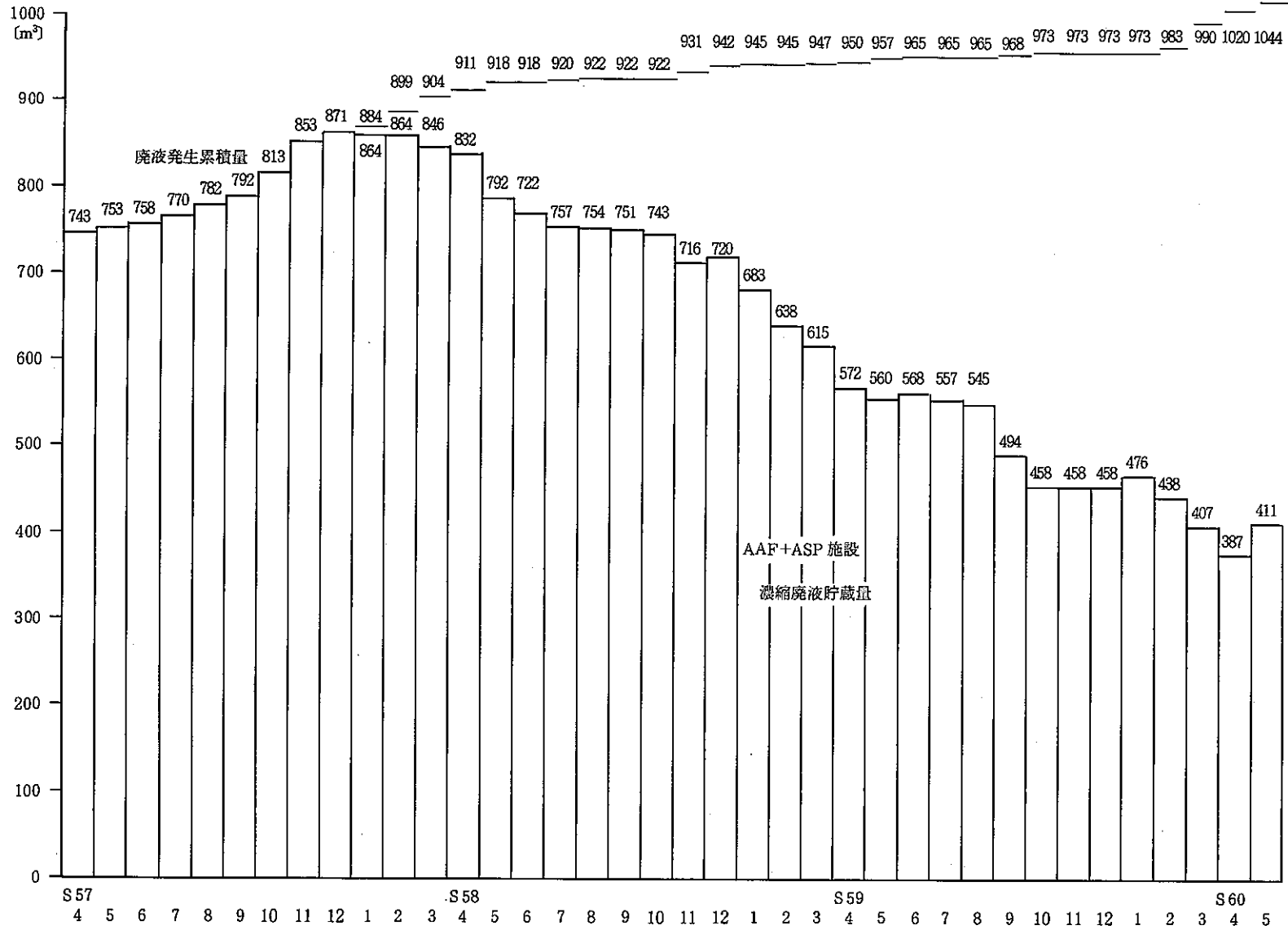


図-2-1 331濃縮廃液収支図

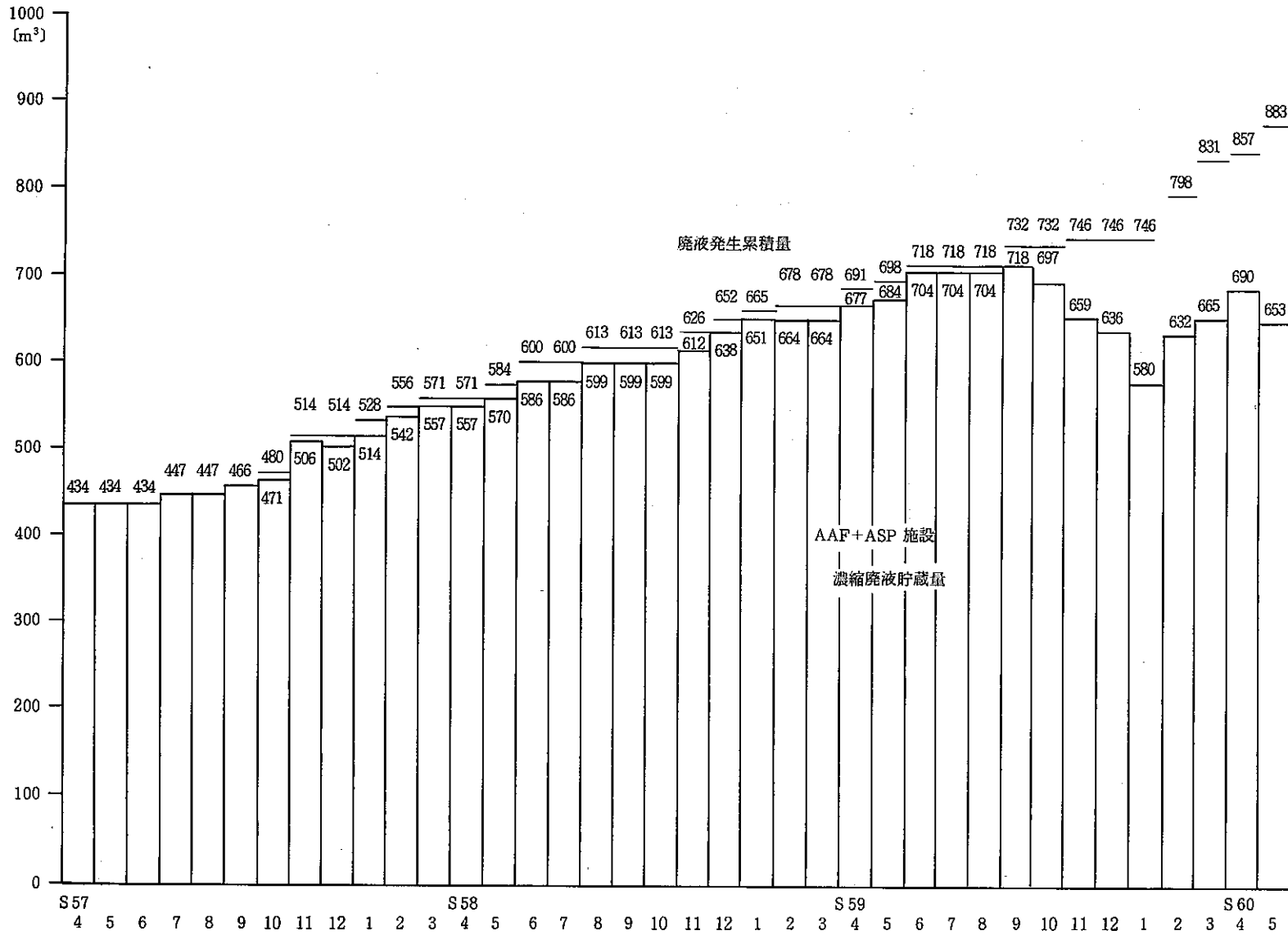


図-2-2 326濃縮廃液収支図

第3章 運転実績と解析

1. 廃液受入工程

1.1 運転実績

放射性廃液の受け入れ実績は、次の表の通りである。

表-3-1 331 廃液の受入れ実績

	年 月 日	送液側槽名	受入貯槽名	受入量 (m ³)	備 考
1	57. 5. 4	331-V 11	A 12-V 21	9	アルカリ性廃液
2	57. 5. 6	331-V 11	A 12-V 21	64	アルカリ性廃液
3	57. 5. 7	331-V 11	A 12-V 21	71	アルカリ性廃液
4	57. 5. 8	331-V 11	A 12-V 21	19	アルカリ性廃液
5	57. 5. 12	331-V 10	A 12-V 21	30	酸性廃液
6	57. 9. 29	331-V 10	A 12-V 21	24	酸性廃液
7	58. 2. 23	331-V 11	A 12-V 21	32	アルカリ性廃液
8	58. 3. 11	331-V 10	A 12-V 21	23	酸性廃液
9	58. 11. 24	331-V 11	A 12-V 21	42	アルカリ性廃液
10	58. 11. 25	331-V 10	A 12-V 21	22	酸性廃液
11	58. 12. 5	331-V 10	A 12-V 21	20	酸性廃液
12	59. 2. 22	331-V 11	A 12-V 21	71	アルカリ性廃液
13	59. 2. 23	331-V 10	A 12-V 21	36	酸性廃液
14	59. 3. 14	331-V 10	A 12-V 21	12	酸性廃液
15	59. 3. 15	331-V 10	A 12-V 21	12	酸性廃液
16	59. 8. 8	331-V 11	A 12-V 21	60	アルカリ性廃液
17	59. 8. 16	331-V 10	A 12-V 21	23	酸性廃液
18	59. 8. 17	331-V 10	A 12-V 21	5	酸性廃液
19	59. 9. 21	331-V 10	A 12-V 21	20	酸性廃液
20	60. 1. 31	331-V 12	A 12-V 21	4	酸性廃液
21	60. 2. 1	331-V 12	A 12-V 21	60	酸性廃液
22	60. 2. 4	331-V 11	A 12-V 21	38	アルカリ性廃液
合 計				697	

表-3-2 326 廃液の受け入れ実績

	年 月 日	送液側槽名	受入貯槽名	受入量 (m ³)	備 考
1	57. 10. 4	326-V50A	A12-V20	23	アルカリ性廃液
2	57. 11. 1	326-V50A	A12-V20	20	アルカリ性廃液
3	58. 1. 7	326-V50A	A12-V20	4	アルカリ性廃液
4	59. 10. 19	326-V50A	A12-V20	14	アルカリ性廃液
5	59. 11. 6	326-V50A 326-V50B	A12-V20	36	アルカリ性廃液
6	59. 11. 30	326-V50A 326-V50B	A12-V20	28	アルカリ性廃液
7	59. 12. 13	326-V50A 326-V50B	A12-V20	33	アルカリ性廃液
8	60. 1. 23	326-V50A 326-V50B	A12-V20	16	アルカリ性廃液
9	60. 4. 18	326-V50B	A12-V20	40	アルカリ性廃液
合 計				214	

表-3-3 323 廃液の受け入れ実績

	年 月 日	送液側槽名	受入貯槽名	受入量 (m ³)	備 考
1	57. 11. 29	323-V15	A12-V20	5	

◎表-3-1～表-3-2は、アスファルト固化処理施設での受け入れ実績であり、図-2-1、図-2-2の廃液収支とは多少異なる。

受け入れに際して放射性核種濃度、化学組成等の分析を実施しているが、受入貯槽で受け入れた廃液の分析結果は、概略以下の表の通りである。

表-3-4 廃液の分析結果

分析項目	331 廃液	326 廃液	323 廃液
Pu	< 0.05 ~ 1.67 mg / ℓ	< 0.05 mg / ℓ	< 0.05 mg / ℓ
U	< 0.01 ~ 0.62 g / ℓ	< 0.01 ~ 0.06 g / ℓ	0.06 g / ℓ
OH ⁻	1 規定	0.03 ~ 1.58 規定	-
NO ₃ ⁻	30 g / ℓ	10 g / ℓ	-
CO ₃ ²⁻	< 0.01 ~ 1.85 規定	< 0.01 ~ 1.16 規定	-
T-solt (推定値)	350 ~ 400 g / ℓ	350 ~ 400 g / ℓ	-
DTA	300℃までのDTA分析において発熱ピークなし	300℃までのDTA分析において発熱ピークなし	←

分析項目	331 廃液	326 廃液	323 廃液	
放射能分析 μCi/ml	T-α	$5.6 \times 10^{-3} \sim 4 \times 10^{-1}$	$5.6 \times 10^{-3} \sim 3.4 \times 10^{-1}$	—
	T-β	3.7 ~ 12	$1.4 \times 10^{-3} \sim 2.9 \times 10^{-2}$	—
	T-γ	4.3 ~ 8.6	$1.1 \times 10^{-2} \sim 7.8 \times 10^{-2}$	—
	²⁴¹ Am	$< 1 \times 10^{-3} \sim 4.2 \times 10^{-1}$	$< 1 \times 10^{-5} \sim 1.1 \times 10^{-4}$	—
	¹⁴⁴ Ce	$< 8.6 \times 10^{-3} \sim 2.2$	$< 1 \times 10^{-5}$	—
	¹³⁷ Cs	1.6 ~ 3.6	$1.7 \times 10^{-4} \sim 3.7 \times 10^{-4}$	—
	¹³⁴ Cs	$2.3 \times 10^{-1} \sim 6.3 \times 10^{-1}$	$< 1 \times 10^{-5} \sim 9.8 \times 10^{-3}$	—
	¹²⁵ Sb	$4.2 \times 10^{-2} \sim 7.6 \times 10^{-1}$	$< 1 \times 10^{-5} \sim 9.3 \times 10^{-4}$	—
	¹⁰⁶ Ru	$9.7 \times 10^{-1} \sim 4.2$	$7.2 \times 10^{-4} \sim 1.5 \times 10^{-2}$	—
	¹⁰³ Ru	$< 1 \times 10^{-3}$	$< 1 \times 10^{-5}$	—
	⁹⁵ Zr	$< 1 \times 10^{-3} \sim 1.2 \times 10^{-2}$	$< 1 \times 10^{-5} \sim 5 \times 10^{-5}$	—
	⁹⁵ Nb	$< 1 \times 10^{-3} \sim 1.1 \times 10^{-2}$	$< 1 \times 10^{-5}$	—
	⁶⁰ Co	$2.5 \times 10^{-2} \sim 1.2 \times 10^{-1}$	$< 1 \times 10^{-5} \sim 1.2 \times 10^{-4}$	—
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	$2 \times 10^{-2} \sim 1.7 \times 10^{-1}$	—	—
	²³⁸ Pu + ²⁴¹ Am	$< 1 \times 10^{-4} \sim 3.9 \times 10^{-1}$	—	—
	²⁴² Cm	$< 1 \times 10^{-4} \sim 5.1 \times 10^{-2}$	—	—
	²⁴⁴ Cm	$< 1 \times 10^{-4} \sim 5.1 \times 10^{-2}$	—	—
	¹²⁹ I	$< 1 \times 10^{-4} \sim 1.2 \times 10^{-2}$	$< 1 \times 10^{-3}$	—
	³ H	$5.2 \times 10^{-1} \sim 1.8$	$7.7 \times 10^{-4} \sim 1.2 \times 10^{-1}$	—
	⁹⁰ Sr	1 ~ 5	$9.3 \times 10^{-4} \sim 2.3 \times 10^{-3}$	—

受け入れた低放射性廃液の放射性物質を集計すると概略以下の通りとなる。

表-3-5 受入廃液の集計

項目	331 廃液	326 廃液	323 廃液	合計
受入量	697 m ³	214 m ³	5 m ³	916 m ³
平均的Pu濃度	1 mg/ℓ	—	—	—
全Pu量	697 g	—	—	697 g
平均的U濃度	0.1 g/ℓ	0.02 g/ℓ	—	—
全U量	70 kg	4.3 kg	—	74.3 kg
平均的α放射能濃度	10 ⁻² mCi/ℓ	10 ⁻¹ mCi/ℓ	—	—
全α放射能量	7 ci	0.21 Ci	—	7.21 Ci
平均的β放射能濃度	5 mCi/ℓ	10 ⁻¹ mCi/ℓ	10 ⁻² mCi/ℓ	—
全β放射能量	3485 Ci	21 Ci	0.05 Ci	3506 Ci

1.2 解析

(1) 331 廃液受入

331 廃液受入作業で問題となるのは、廃棄物処理場からのアルカリ性廃液と酸性廃液を廃液受入貯槽に受け入れ混合したときに発生する酸化窒素ガスによる槽類換気系への影響である。

実際の受入作業では、まずアルカリ性廃液を数十 m^3 受け入れる。この廃液の受入作業は何等問題になることはない。その後、酸性廃液を受け入れ混合するが、廃液受入貯槽の攪拌用空気流量を制限しているために攪拌能力が低い。（空気流量を多くすると槽類換気系の洗浄塔から苛性ソーダがフィルター部に飛散する）このため、炭酸塩又は亜硝酸塩が分解されガスが発生し、槽類換気系フィルターの詰まりなどの悪影響が生じる。フィルターの詰まりは洗浄塔からの排気に同伴した苛性ソーダがフィルター面に付着し、これに炭酸ガスが反応して炭酸ソーダと水を生成することに起因しているものと思われる。

酸化窒素ガスについては、廃液受入貯槽でのアルカリ濃度を 0.5 規定以上として亜硝酸ソーダの分解を防止し、付属排気筒に酸化窒素ガスモニタ（アラームレベルは 50 ppm）を設置して管理している。

アルカリ性廃液受け入れ後の酸性廃液の受け入れは、1 日当り最大 10～20 m^3 でこれより大量に受け入れる場合は数日に別けて受け入れ、均一化時間を長く取り、最終的なアルカリ濃度が 1 規定となるよう計画している。

(2) 326 廃液受入

第三低放射性廃液蒸発処理施設蒸発処理系から発生する廃液は、アルカリ濃度が 1 規定前後であり、廃液受け入れ作業で特に問題となることは無い。

(3) 323 廃液受入

廃棄物処理場化学処理系で発生する化学スラッジは、塩濃度が 100 g/l 程度と低く、エクストルーダで処理するには低濃度過ぎて不適當である。このため、ホット試験では 326 廃液と混合して固化処理した経験があるが、ここでは、受け入れに際しての問題はなかった。

2. 前処理工程

2.1 運転実績

放射性核種の不溶化処理は、331 廃液に対して実施しており、不溶化処理剤の投入量はエクストルーダへの廃液供給系の詰まりの発生、運転操作の容易さ、不溶化の効果、廃液の放射能濃度などを考慮して設計時より試薬投入量を少なくしている。一方、326 廃液については水素イオン濃度調整のみ実施している。

表-3-6 放射性廃液 1 ℓ に対する試薬量

	設計値 (BN 確性試験より)	現 状
硫酸ナトリウム	0.648 mol/ℓ	0.14 mol/ℓ
水酸化バリウム	0.292 mol/ℓ	0.06 mol/ℓ
フェロシアン化カリウム	0.023 mol/ℓ	0.023 mol/ℓ
硫酸ニッケル	0.046 mol/ℓ	0.046 mol/ℓ

331 廃液に対して実施している不溶化処理の手順は、次の通りである。

- ① 廃液受入貯槽から反応槽への廃液の移送 (3 m³/batch)
- ② 硫酸ナトリウムを約 60 kg 添加
- ③ 1 時間以上攪拌
- ④ 水酸化バリウムを約 31 kg 添加
- ⑤ 1 時間以上攪拌
- ⑥ 13 規定硝酸を添加して PH 調整 (8.5 ~ 9.5)
- ⑦ フェロシアン化カリウム (184 g/ℓ 溶液) を約 138 ℓ 添加
- ⑧ 1 時間以上攪拌
- ⑨ 硫酸ニッケル (330 g/ℓ 溶液) を約 65 ℓ 添加
- ⑩ 1 時間以上攪拌
- ⑪ PH の確認 (8.5 ~ 9.5)

2.2 解析

放射性廃液の不溶化処理は、アスファルト固化体中の放射性核種の浸出性を低減化させるために実施するもので、廃液の化学物質組成、操作時の PH、反応時間など多くの因子が関係し合い、適正な操作条件で処理しないと高い効果は得られない。

アスファルト固化処理施設で実施している不溶化処理は、ベルゴニクリアー社 (以下「BN社」) で実施した確性試験を基にしたもので、その効果は不溶化処理を実施しない固化体と比較して浸出率は $1/10^2 \sim 1/10^3$ になるものと思われる。

次に主な放射性核種の不溶化処理の評価を行う。但し、実際に作成した固化体の浸出率等の測定を実施したわけではないので、ここは推論に留める。

(1) ストロンチウムの不溶化処理

ストロンチウムの不溶化は、硫酸ナトリウムと水酸化バリウムを反応させて硫酸バリウムを生成させ、これに同じアルカリ土類金属のストロンチウムを共沈させるものである。

331廃液には炭酸イオンが平均 $1 \text{ mol} / \ell$ 含まれている。この廃液に硫酸イオンを $0.14 \text{ mol} / \ell$ 、バリウムイオンを $0.06 \text{ mol} / \ell$ 添加すると、炭酸イオン濃度が硫酸イオン濃度の7倍となっているため炭酸バリウム生成反応が起こり易い、つまり、本工程でのストロンチウムの不溶化処理は、廃液中の炭酸イオン濃度が高い場合は主に炭酸バリウムによって行われていると考えられる。

(2) セシウムの不溶化処理

セシウムの不溶化処理は、フェロシアン化カリウムと硫酸ニッケルの反応によってフェロシアン化ニッケルを生成させ、セシウムを共沈させるものである。

この反応は、BN社の確性試験では、廃液の水素イオン濃度(PH)がDFに影響する因子であるとしており、廃液のPHを7から9に調整することによって十分な効果が期待出来る。

(3) その他の核種の不溶化処理

比較的放射能濃度の高いテニウムは、不溶化処理が困難で除去し難い核種である。

セリウム、ジルコニウムなどの希土類元素は、廃液の中和操作時または、それ以前の工程で不溶性水酸化物となったり、水酸化鉄などの他の水酸化物に吸着されたりして不溶化され比較的安定した化学形態で存在していると思われる。

3. 脱水混合工程

3.1 運転実績

昭和60年5月10日までにエクストルーダで処理した低放射性廃液の量を表-3-7に示す。

表-3-7 放射性廃液の処理実績

区分	キャンペーン名	処理廃液量 (m ³)	原液量 (m ³)	処理廃液	固化体 発生本数
ホット 試験	57-1st	合計量	合計量	326 廃液	合計量 MA 固化体 91 LA 固化体 97
	57-2nd	326 廃液 26.7	326 廃液 20.0	331 廃液	
	57-3rd	326 + 323 廃液 8.3	326 + 323 廃液 7.0	323 + 326 廃液	
	総合試験	331 廃液 14.1	331 廃液 10.4	326 廃液 331 廃液 323 廃液	
試 験 運 転	58-331-1st	87.8	56.4	331 廃液	325
	58-331-2nd	159.5	108.2	331 廃液	577
	58-331-3rd	84.2	62.8	331 廃液	323
	58-331-4th	138.8	109.0	331 廃液	499
	59-331-1st	68.9	53.2	331 廃液	232
	59-331-2nd	15.9	12.2	331 廃液	53
	59-331-4th	26.7	19.9	331 廃液	101
	59-331-5th	79.4	58.7	331 廃液	265
	59-331-6th	73.5	54.7	331 廃液	234
	59-326-1st	39.0	32.9	326 廃液	96
	59-326-2nd	79.7	63.8	326 廃液	274
	59-326-3rd	71.2	56.6	326 廃液	246
	59-331-7th	57.1	45.1	331 廃液	214
	59-331-8th	56.3	44.1	331 廃液	212
60-331-1st	73.3	57.5	331 廃液	270	
合 計		1160.4	872.5	—	4109

固化体一本当りに含まれる平均の放射エネルギーを表-3-8に示す。

表-3-8 固化体一本当りの放射エネルギー

	廃液量 (ℓ)	Pu量 (g)	U量 (g)	α放射能 (mCi)	β放射能 (mCi)
331廃液	204	0.2	20	2	1020
326廃液	253	—	5	0.3	25

エクストルーダへの廃液の供給流量は、通常の廃液処理では200ℓ/hに設定している。供給流量は、廃液供給配管に設置されている現状の超音波流量計では液中の固形分の影響で直接測定することが出来ない。このためエクストルーダからの凝縮水流量を測定して、これによって供給流量を調節している。

供給廃液中の塩濃度は、運転実績から次の式で求めている。

$$\text{塩濃度 (g/ℓ)} = (\text{液比重} - 1.0091) / 0.000587$$

一方、アスファルトの供給流量は、固化体の塩-アスファルト比を45/55～47/53に設定するように決めている。

3.2 解析

(1) エクストルーダの運転条件-1：廃液供給流量

エクストルーダへの廃液供給流量は、コールド試験の結果、固化体の含水率が0.5%以下となり、比較的安定した運転が継続出来る流量に設定している。

コールド試験では、含水率の分析結果と固化体の外観上の評価、つまり混合物が滑らかな流動状態では含水率は低く、途切れ途切れの状態では含水率が高い、これがホット試験以降の運転の目安となっている。

ホット試験以降、廃液供給流量は200ℓ/hに設定しており、この流量での固化体は、良好な状態で含水率は0.5%以下であると推測出来る。

表-3-9 含水率が1%以下となる最大供給流量(コールド試験の結果より)

塩濃度 (g / l)	最大蒸発量 (l/h)	固化体の固形分濃度 (wt%)
150	180	45
200	190	45
200~600	200	45

(2) エクストルーダの運転条件-2: 温度

エクストルーダの各ゾーンの温度設定値は、ほぼ表-3-10の通りである。

表-3-10 エクストルーダの温度設定値

	ゾーン 1	ゾーン 2	ゾーン 3	ゾーン 4	ゾーン 5	ゾーン 6	ゾーン 7	ゾーン 8
設定値	89	86	170	187	187	182	174	184

エクストルーダの各ゾーンの温度設定値は、各蒸発ゾーンでの蒸発量が均等になる様に設定している。

ゾーン1とゾーン2は、アスファルトと廃液の供給ゾーンで、ここでは廃液の蒸発を避けるため蒸発温度以下に設定し、冷却水を流している。

設計ではゾーン7は、冷却して固化体を硬化させて、混合物による堰を造ることによってゾーン6とゾーン8を雰囲気的に遮断して、固化体の含水率を低く保つものである。しかし、コールド試験では、ゾーン7に冷却水を流すと固化体の性状が悪くなり、冷却水配管内でのウォーターハンマー現象が発生するため、通常は使用しないこととした。

ホット試験以降、廃液処理運転中にゾーン7の温度が設定温度以上に上昇する(原因は固形物とスクリーシャフトの摩擦熱によるものと思われる。)ことがあり、これを設定値に保つために水以外の冷却の必要性が再検討されている。

(3) エクストルーダの運転条件-3: スクリーシャフト回転数

スクリーシャフトの回転数は、コールド試験において150~300rpmの範囲で、回転数と

固化体の物性の関連性をパラメータサーベイしたが顕著な傾向は出ていない。

ホット試験以降、回転数は300 rpmに設定し、運転を続けてきた。これは回転数が高い方が固化体の性状が幾分良い様に見えるためであった。

その後、昭和59年12月5日にスクリーシャフトへの塩の付着が原因と思われる異常音がエクストルーダ分配機付近から発生した。この際、回転数を275 rpm(定格の90%)に減速したところ異常音が止み、エクストルーダの運転固化体の性状にも変化が見られなかった。この事象以降回転数を275 rpmに設定して運転することとした。

(4) 除染係数

331 廃液処理の際の除染係数を次の表に示す。

表-3-11 エクストルーダの除染係数

核種	^{137}Cs	^{134}Cs	^{125}Sb	^{106}Ru	^{60}Co	^{90}Sr	^{129}I
DF	500	500	250	350	300	500~1000	10^3 以上

一方、326 廃液処理の場合は、331 廃液の場合の1/2から1/3の除染係数であった。これは原液の放射能濃度が2桁低いため、既にエクストルーダ及び凝縮系配管が331廃液処理によって汚染され、正確なサンプリングが出来ないことが影響しているものと思われる。

(5) エクストルーダの洗浄、除染方法

エクストルーダを何時間か連続運転するとスクリーシャフトやドームに塩分が付着してトルクが変動したりするため、各バッチ処理終了毎又は数バッチ毎に水又は溶媒で洗浄を実している。

洗浄操作は、エクストルーダの3つのドームから水又は溶媒を約100ℓ供給して装置内の固形物を溶解する。次に装置を加熱して水又は溶媒を全量蒸発させ、装置内の残渣物をアスファルトによって押し出し、スクリーに付着した固形物を除去するものである。

エクストルーダの運転中、スクリーシャフトに塩が付着してトルクが変動する場合には一時的に廃液の供給を停止し、水で洗浄する方法が有効である。また、トルクオーバーロードによってスクリーシャフトの回転が停止したり、エクストルーダの再起動の際スクリーシャフトが回転しない場合には、ドーム部から水を供給し、長時間浸漬することによって塩を溶解するような洗浄方法が効果的である。

エクストルーダの保守(スクリーシャフトの交換等)のためアクセスするための除染方法については、未だ確立していないが、水、有機溶剤、ピチューメンを交互に用いての洗浄方法が有効であると考えられる。

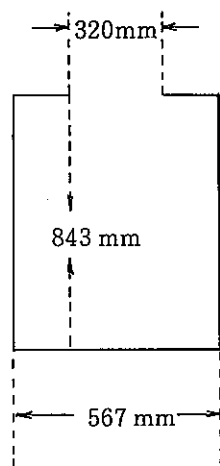
4. 固化体充填工程

アスファルト固化体の充填操作は、一本当たりの充填量を多くするために、2段階に分けて充填する様設計されている。つまり、第1段階で充填した固化体がターンテーブルが回転することによって第2段階の充填までに冷却、収縮し、充填量が向上する。第1段階の充填量が多い程冷却されて収縮する量が多いわけであるから有利と考えられるが、実際には、充填後のフォーミングによる固化体の一時的膨張、ドラム缶上の養生シートの除去作業のための余裕時間を考慮すると、第1段階での充填率は85%、第2段階での充填率は95%が限度と思われる。

表-3-12 平均的充填パターン

第1段充填	第2段充填前	第2段充填	40時間冷却後	純アス充填	合計
85% 169ℓ	80% 159ℓ	92% 183ℓ	167ℓ 234kg	20ℓ	187ℓ 254kg

図-3-1 アスファルト固化体用ドラム缶



- 超音波レベル計スパン
0~100% (0~788mm)
- 純ビチューメン注入LO+ 設定値: 740mm

固化体のフォーミングは、固化体をドラム缶に充填後、固化体内で気体が発生し、固化体表面で泡のように“ポコポコ”と弾ける。そして、固化体表面が冷えて膜が出来ると、泡が破れないために気体が固化体内に閉じこめられ固化体全体が盛り上がる。このフォーミングの原因として、次のことが考えられる。

- ① エクストルーダ内で蒸発しきれない水分がドラム缶内で蒸発する。
- ② 固化体中に混合した炭酸水素塩などが分解してガスを発生する。

今後発生ガス成分の測定を実施し、フォーミングを防止する必要があると考えている。

5. 固化体貯蔵工程

昭和60年5月までにアスファルト固化体4109本(LA固化体:712本, MA固化体:3397本)を貯蔵した。

第4章 物質収支と放射性核種の挙動

アスファルト固化処理工程に受け入れた廃液がアスファルト固化体になるまでの主工程と槽類換気系、排水系の3つに分けて、物質収支及び放射性核種の挙動について述べる。

I 工程別の物質収支

(1) 主工程

主工程の概要図を図-4-1に示す。331廃液及び326廃液の物質収支を各々表-4-1、表-4-2にしめす。

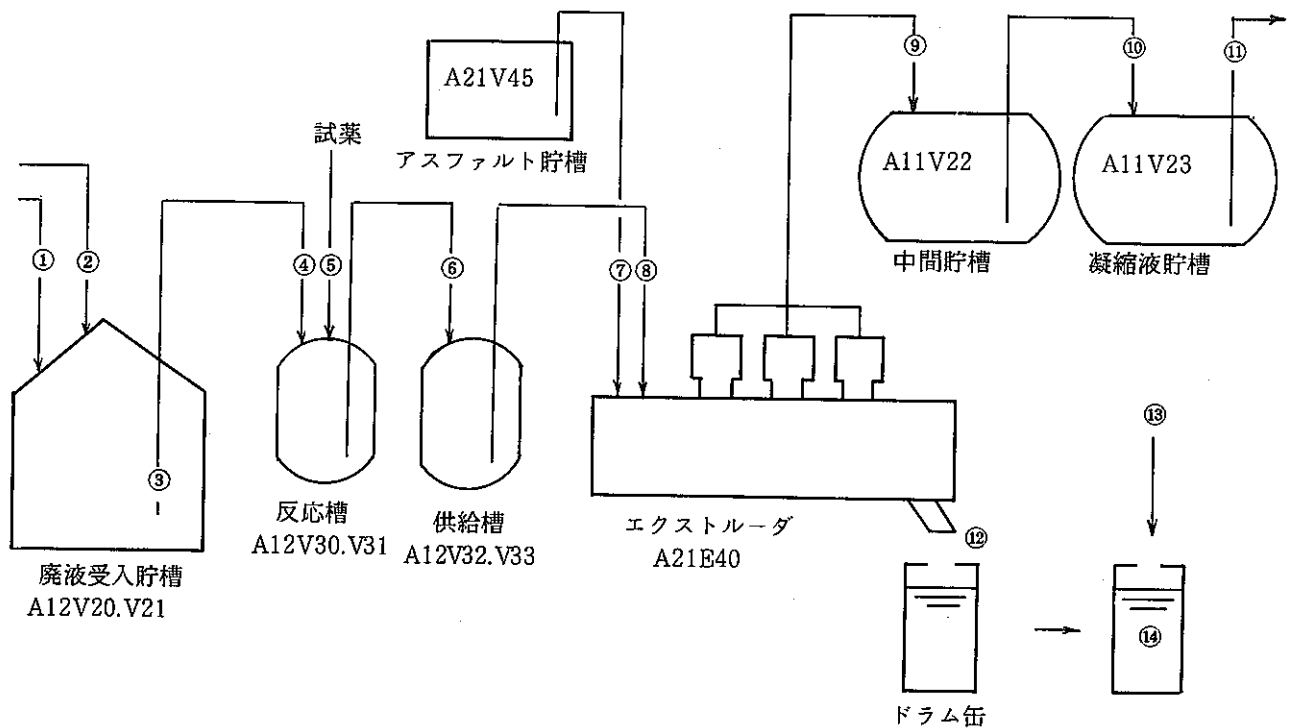


図-4-1 主工程概要図

表-4-1 331 廃液処理の物質収支

番 号	①	②	③	④	⑤					⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭
					Na ₂ SO ₄	Ba(OH) ₂	13N硝酸	K ₄ Fe(CN) ₆	NiSO ₄									
流 体 名	酸性廃液	塩基廃液	331 廃液	331 廃液	Na ₂ SO ₄	Ba(OH) ₂	13N硝酸	K ₄ Fe(CN) ₆	NiSO ₄	331 廃液	Bitumen	331 廃液	凝縮液	凝縮液	凝縮液	混合物	Bitumen	固 化 体
温 度 (°C)	50	50	35	50	-	-	30	30	30	50	175	50	50	50	50	170	175	50(40hr 後)
流 量 (m ³ /h)	8	8	10	11	300 kg/h	120kg/h	0.1	0.75	0.32	10	0.106	0.20	0.166	1.00	10	0.134	0.10	78分/本
移 送 量 (m ³ /batch)	50	80	3.0	3.15	59.6kg (22.1ℓ)	30.8kg (6.8ℓ)	0.25	0.138	0.065	3.81	2.02	3.81	3.16	3.16	3.32	2.56	0.30	15.1本
比 重 (g/cm ³)	(1.27)	(1.28)	1.24	1.23	2.698	4.495	1.37	1.118	1.32	1.24	0.94	1.24	1.00	1.00	1.00	1.35	0.94	1.265
塩濃度 (g/ℓ)	-	-	400	381	-	-	62wt%	184	330	408	-	408	0.9	0.9	0.9	608	-	※
比 放 射 能 (βμCi/cm ³)	-	-	10	9.5	-	-	-	-	-	8.0	-	8.0	1.9 ×10 ⁻²	1.9 ×10 ⁻²	1.8 ×10 ⁻²	12	-	2.0Ci/本
備 考	酸濃度 1.5N	アルカリ 濃度 2.5N	アルカリ 濃度 1.0N		粉体試薬	粉体試薬							DF= 500			混合比 45/55	20ℓ/ ドラム	塩量 ※ 103kg/ ドラム

表-4-2 326 廃液処理の物質収支

番 号	①	②	③	④	⑤					⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭
					Na ₂ SO ₄	Ba(OH) ₂	13N硝酸	K ₄ Fe(CN) ₆	NiSO ₄									
流 体 名	326 廃液	-	326 廃液	326 廃液	Na ₂ SO ₄	Ba(OH) ₂	13N硝酸	K ₄ Fe(CN) ₆	NiSO ₄	326 廃液	Bitumen	326 廃液	凝縮液	凝縮液	凝縮液	混合物	Bitumen	固 化 体
温 度 (°C)	50	-	35	50	-	-	30	-	-	50	175	50	50	50	50	170	175	50(40hr 後)
流 量 (m ³ /h)	35	-	10	10	-	-	0.1	-	-	10	0.098	0.20	0.171	1.00	10.5	124	0.10	88分/本
移 送 量 (m ³ /batch)	50	-	3.0	3.15	-	-	0.22	-	-	3.54	1.73	3.54	3.02	3.02	3.17	2.19	0.35	12.9本
比 重 (g/m ³)	1.24	-	1.24	1.23	-	-	1.37	-	-	1.23	0.94	1.23	1.00	1.00	1.00	1.35	0.94	1.265
塩濃度 (g/ℓ)	400	-	400	376	-	-	62wt%	-	-	376	-	376	2.2	2.2	2.1	608	-	※
比 放 射 能 (βμCi/cm ³)	0.1	-	0.1	9.5×10 ⁻²	-	-	-	-	-	8.5×10 ⁻²	-	8.5×10 ⁻²	5.0 ×10 ⁻⁴	5.0 ×10 ⁻⁴	4.7 ×10 ⁻⁴	0.14	-	2.3×10 ⁻² Ci/本
備 考	アルカリ 濃度 1~2N												DF= 200			混合比 45/55	20ℓ/ ドラム	※ 103kg/ ドラム

(2) 槽類換気系

槽類換気系の概要図を図-4-2に示し、物質収支を表-4-3に示す。

運転状況：アルカリ洗浄液は、前処理工程で発生するNO_x、CO₂ガス及び空気中のCO₂ガスを吸収し中和されるため、運転の最初に2規定に調整、0.5規定に下がるまで使用し、0.5規定まで下がるとその内の500ℓを排出し、再び2規定に調整する。その後、使用して0.5規定まで下がると今度は塩濃度が高い為に全量排出し交換する。つまり、廃液の前処理2～3バッチ毎に半量交換→全量交換を繰り返している。

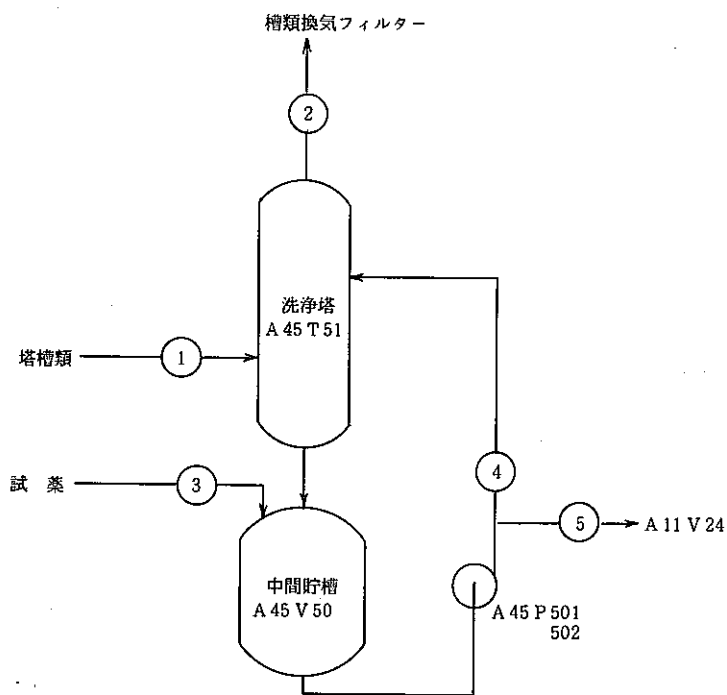


図-4-2 槽類換気系工程図

表-4-3 槽類換気系の物質収支

番号	①	②	③	④	⑤
流体名	オフガス	オフガス	NaOH	洗浄後	洗浄後
温度 (°C)	50	13	30	30	30
流量 (Nm ³ /h)	200	200	2	1.5	2.0
移送量 (m ³ /batch)	-	-	0.06		0.25
比重 (g/m ³)	-	-	1.35	1.1	1.1
塩濃度 (g/ℓ)	-	-	33wt %	100	100
比放射能 (βμCi/cm ³)	5×10 ⁻⁹	5×10 ⁻¹¹		10 ⁻⁴	10 ⁻⁴
備考			11 規定	2 規定	

(3) 排水系

排水系の概要図を図-4-3に示し、物質収支を表-4-4、表-4-5に示す。

運転状況：施設各部からの排水は、施設内の作業状況、季節等によって変動するが、ここでは年間の発生量を平均化して算出する。

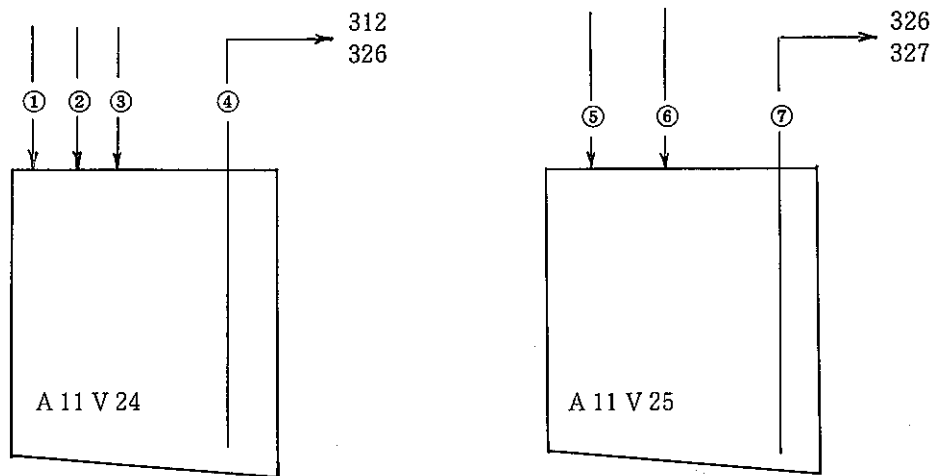


図-4-3 排水系工程図

表-4-4 排水系の物質収支(キャンペーン期間中)

番号	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
流体名	アンバー 区域排水	A45-V50	貯蔵庫 ピット水	廃水	グリーン 区域排水	固化施設 ピット水	廃水
温度(℃)	30	30	30	50	30	30	50
流量(ℓ/h)	10	3	7	12m ³ /h	30	10	12m ³ /h
移送量 (m ³ /batch)	-	-	-	15	-	-	15
比重(g/cm ³)	-	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
塩濃度(g/ℓ)	-	100	-	20	-	-	-
比放射能 (βμCi/cm ³)	-	10 ⁻⁴	-	10 ⁻⁴	-	-	10 ⁻⁶
備考							

表-4-5 排水系の物質収支(インターキャンペーン期間中)

番号	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
流体名	アンバー 区域排水	A45-V50	貯蔵庫 ピット水	廃水	グリーン 区域排水	固化排水 ピット水	廃水
温度(°C)	30	-	30	50	30	30	50
流量(ℓ/h)	30	0	7	12m ³ /h	70	10	12m ³ /h
移送量 (m ³ /batch)	-	-	-	15	-	-	15
比重(g/cm ³)	-	-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
塩濃度(g/ℓ)	-	-	-	10	-	-	-
比放射能 (βμCi/cm ³)	-	-	-	10 ⁻⁴	-	-	10 ⁻⁶
備考							

2. 放射性核種の挙動

(1) 注目すべき核種

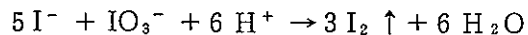
放射性ヨウ素の大部分は、326 廃液と 331 廃液のアルカリ性濃縮廃液に含まれている。設計段階では、前処理工程での廃液の水素イオン濃度調整時の放射性ヨウ素の放出を評価していなかったが、実際の運転では前処理工程から放射性ヨウ素が放出されるため、水素イオン濃度調整操作及び槽類換気系の運転は放射性ヨウ素の放出量との関連に注意しなければならない。

放射性ルテニウムは、化学挙動が複雑なため廃液処理の見地から比較的除去の難しい核種である。

(2) 放射性ヨウ素の挙動

放射性ヨウ素のうち ^{131}I は、短半減期（8.14日）のため、アスファルト固化処理施設で処理する廃液には殆ど含まれない。一方、 ^{129}I は、半減期が非常に長く（ 1.72×10^7 年）331 廃液、326 廃液には $10^{-4} \sim 10^{-2} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ の濃度で含まれている。

ヨウ素はアルカリ性廃液中では比較的安定で、前処理工程での水素イオン濃度調整時にアルカリ性廃液中に溶存しているヨウ素イオンが、硝酸添加により廃液が（局部的に）酸性側になると揮発し易い不溶解性のヨウ素ガスとなり、槽類換気系へ放出される。



この様にヨウ素の放出は、前処理工程での硝酸添加と関係があり、硝酸添加流量が大きい程また、硝酸添加量が多い程ヨウ素の放出量が多くなる傾向がある。

廃液中に溶存したままのヨウ素は、エクストルーダに供給されるが、エクストルーダでのヨウ素に対する除染係数は 10^3 と高く、この工程からの放出は問題とならないとおもわれる。

廃気中のヨウ素は、槽類換気系の洗浄塔へ流入し、アルカリ性洗浄液と接触して前処理工程とは逆の反応によって洗浄液に吸収され、さらに廃気中に残存するヨウ素は銀ゼオフィルターに吸着されて、廃気中から除去される。付属排気筒からの放出量は、放射線管理部門によってモニタリングされている。

アスファルト固化技術開発施設からのヨウ素放出量の評価値は、 $5.3 \times 10^{-6} \text{ Ci}/\text{日}$ で運転管理上注意を要するところである。因に、試験運転期間中のヨウ素放出実績（ヨウ素放出が検出されたもの）を表-4-1に示す。

(3) ルテニウムの挙動

ルテニウムは、廃液中に全 γ 放射能の約30%の割合で含まれている。一般にルテニウムは、化学挙動が複雑であり、比較的揮発し易い元素であるが、エクストルーダによる脱水混合工程での除染係数は他の核種と同程度であり、その殆どがアスファルト中に混合される。

表-4-1 付属排気筒からのヨウ素放出量

測定期間	平均濃度 ($\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$)	放出量 (Ci)	平均放出量 (Ci/日)
昭和58年 2月 9日～昭和58年 2月16日	1.5×10^{-12}	2.1×10^{-5}	3.0×10^{-6}
昭和58年 4月13日～昭和58年 4月20日	1.1×10^{-12}	1.4×10^{-5}	2.0×10^{-6}
昭和58年 4月20日～昭和58年 4月27日	1.3×10^{-12}	1.7×10^{-5}	2.4×10^{-6}
昭和58年 5月 4日～昭和58年 5月11日	1.5×10^{-12}	2.0×10^{-5}	2.9×10^{-6}
昭和58年 5月11日～昭和58年 5月18日	1.2×10^{-12}	1.6×10^{-5}	2.3×10^{-6}
昭和58年 6月 1日～昭和58年 6月 8日	1.6×10^{-12}	2.1×10^{-5}	3.0×10^{-6}
昭和58年 6月 8日～昭和58年 6月15日	1.4×10^{-12}	1.8×10^{-5}	2.6×10^{-6}
昭和58年 7月20日～昭和58年 7月27日	1.5×10^{-12}	2.3×10^{-5}	3.3×10^{-6}
昭和59年 3月21日～昭和59年 3月28日	1.5×10^{-12}	2.3×10^{-5}	3.3×10^{-6}
昭和59年 3月28日～昭和59年 4月 4日	1.1×10^{-12}	1.7×10^{-5}	2.4×10^{-6}
昭和59年 4月11日～昭和59年 4月18日	1.6×10^{-12}	2.2×10^{-5}	3.1×10^{-6}
昭和59年 4月18日～昭和59年 4月25日	1.6×10^{-12}	2.2×10^{-5}	3.1×10^{-6}
昭和59年 4月25日～昭和59年 5月 2日	1.0×10^{-12}	1.4×10^{-5}	2.0×10^{-6}
昭和59年 5月16日～昭和59年 5月23日	1.3×10^{-12}	1.7×10^{-5}	2.4×10^{-6}
昭和59年 7月25日～昭和59年 8月 1日	1.1×10^{-12}	1.4×10^{-5}	2.0×10^{-6}
昭和59年 8月 1日～昭和59年 8月 8日	1.0×10^{-12}	1.3×10^{-5}	1.9×10^{-6}
昭和59年 9月 5日～昭和59年 9月12日	1.1×10^{-12}	1.4×10^{-5}	2.0×10^{-6}
昭和59年 9月12日～昭和59年 9月19日	1.6×10^{-12}	2.1×10^{-5}	3.0×10^{-6}
昭和59年10月 3日～昭和59年10月 9日	1.1×10^{-12}	1.2×10^{-5}	2.0×10^{-6}
昭和59年10月 9日～昭和59年10月17日	1.9×10^{-12}	2.9×10^{-5}	3.6×10^{-6}

◎表に示す期間以外は、検出限界値 ($1 \times 10^{-12} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$) 未満

第5章 固化体の評価

1. 固化体の物性評価

アスファルト固化技術開発室には、現在のところ放射性アスファルト固化体を分析、評価する設備が設置されていないので、ここでは主にコールド試験の結果を中心として述べる。

(1) 固化体の比重

ほぼ平均的な固化体充填パターンを考えると、

- ・塩混合比 45 wt % の固化体の比重 : 1.35 g/cm^3
- ・ドラム缶一本当たりの固化体充填量 : $170 \ell \times 1.35 = 229.5 \text{ kg}$
- ・純アスファルト充填量 : 20 kg
- ・ドラム缶風袋重量 : 30 kg
- ・全重量 : $229.5 + 20 + 30 = 279.5 \text{ kg}$
- ・全体の比重 : $279.5 \div 220 \ell = 1.27 \text{ g/cm}^3$

となり、海洋放棄の基準 (1.2 g/cm^3 以上) は満足している。

(2) 含水率

アスファルト固化廃棄物を海洋投棄または陸地処分した場合、固化体中の放射性物質が海水または地下水との接触において離脱、拡散することを防ぎ、放射性物質による環境汚染を極力抑える必要がある。

固化体中の浸出性を低く保つ要因に含水率がある。含水率は1%以下なら浸出性に大きく影響しないため、本施設でのエクストルーダの運転条件の設定もこの含水率に主眼を置いて定められている。

コールド試験では、エクストルーダでの蒸発量が $180 \ell/h$ 以上であれば、蒸溜法で測定した含水率を1%以下に保てることを確認した。

(3) 針入度

アスファルト固体化の機械的外力による変形に対する目安として針入度がある。測定は、針入度試験器によって 25°C における針入度を測定するもので、アスファルト (ブローンアスファルト R 85/40) だけの場合は $38 \sim 40$ 、混合物の場合は固形分濃度が $10 \sim 55 \text{ wt}\%$ で $15 \sim 20$ に分布している。

(4) 軟化点

アスファルト固化体の温度変化に対する塑性を評価するのに環球法によって軟化点を測定した。アスファルト (ブローンアスファルト R 85/40) だけの場合は $80 \sim 90^\circ\text{C}$ 、混合物の場合は固形分濃度が $40 \sim 55 \text{ wt}\%$ で $95 \sim 140^\circ\text{C}$ に分布し、固形分濃度が高くなると軟化点は上昇し、測定値のバラツキも大きくなる。

(5) 引火点

硝酸ナトリウム及び亜硝酸ナトリウムを含む廃液をアスファルト固化処理する場合の、火災事故に対する安全性を確認するため、アスファルト固化体の引火点、燃焼点を測定した。その結果、S/B比が50/50の固化体で亜硝酸ナトリウムの含有量が10%の場合は硝酸ナトリウムだけの場合と大差はないが、20%、30%の場合は明らかに引火点、燃焼点の低下が見られ、亜硝酸ナトリウムの含有量が30%の場合では引火点230℃、燃焼度244℃であった。

通常の運転で発生する固化体の亜硝酸ナトリウムは概ね10%以下のため、250℃以下では発熱反応、引火または燃焼することがなく、施設の安全性の面で問題ないことを確認した。

(6) アスファルト固化体の充満後の温度の低下

固化体充填後、温度計をドラム缶の上部、中部、下部の三点に設置し、温度変化を測定した。その結果、充填後40時間では下部で50℃、中上部で80～90℃でドラム缶の上部程放熱が悪い様であった。また、昭和60年7月に温度計を充填ドラム缶の中心部分（底から600mmの位置）に設置し、固化体の温度低下を測定した結果、充填時は約170℃で、40時間経過すると50℃まで低下した。（図-5-1参照）この事より、セル内で40時間程度放冷すれば固化体の温度（外表面に近い箇所）は、軟化点以下になり輸送などのハンドリングには問題ないことを確認した。

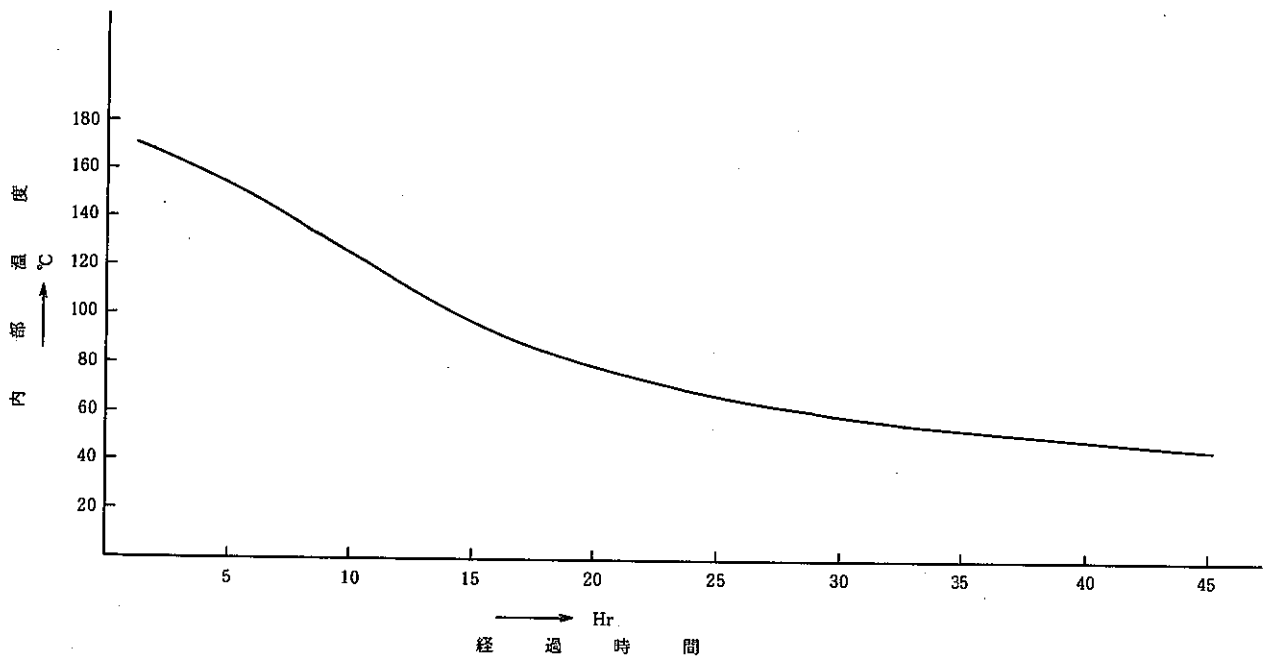


図-5-1 100%充填ドラムの内部温度変化

(7) ドラム缶内での塩の沈降

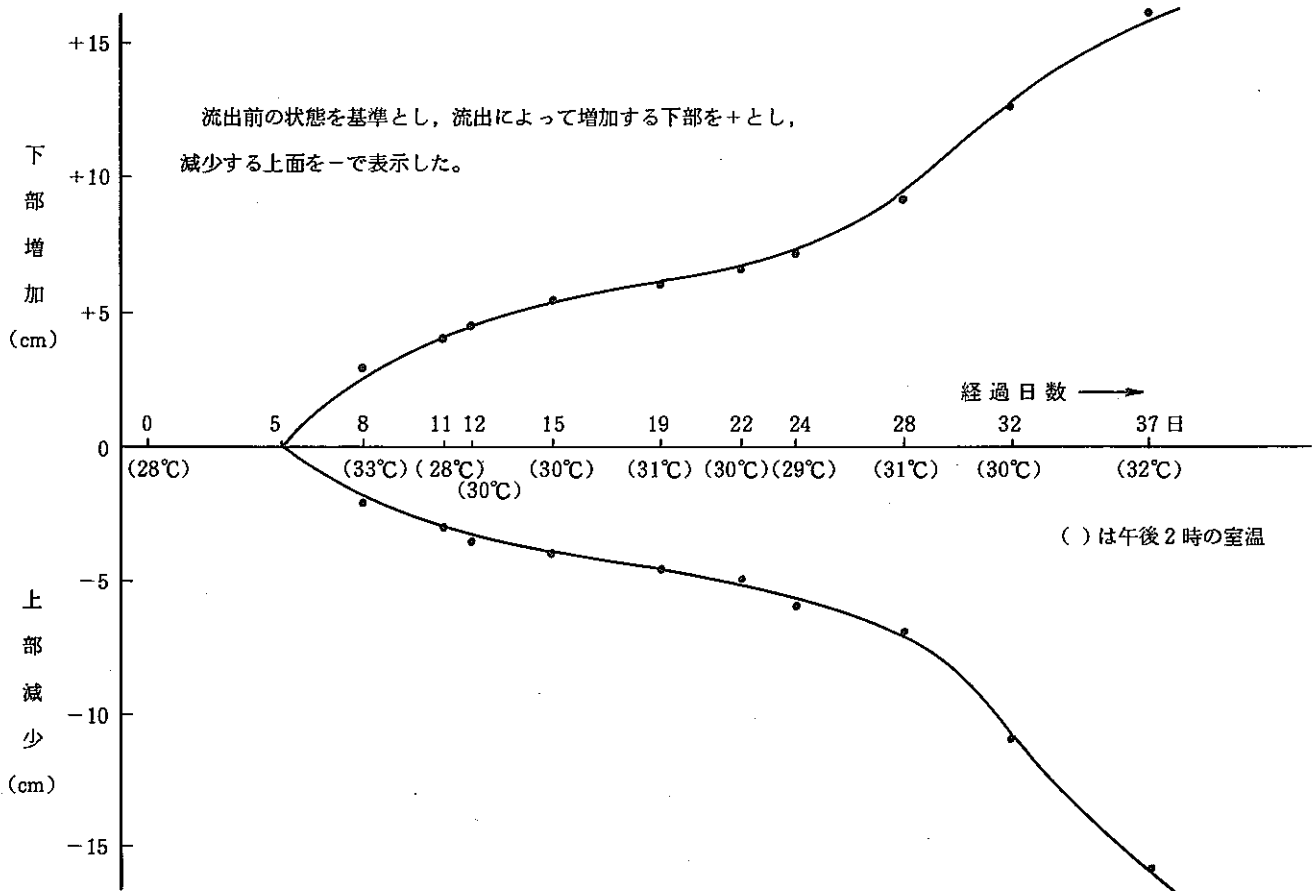
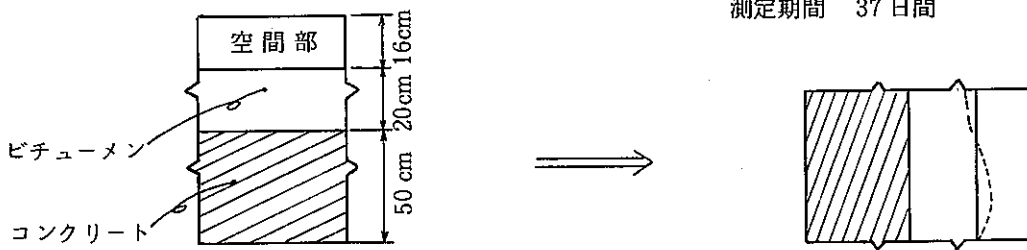
固化体の充填後の放冷時間中に、混合物の塩分が沈降して底部に塩濃度の高い不均質なアスファルト固化体が出来ないことを確認するため、冷却後実際にドラム缶からサンプリングし、固形分濃度を調査した。その結果、塩の沈降は認められず均質な固化体であることを確認した。

(8) 固化体の変形

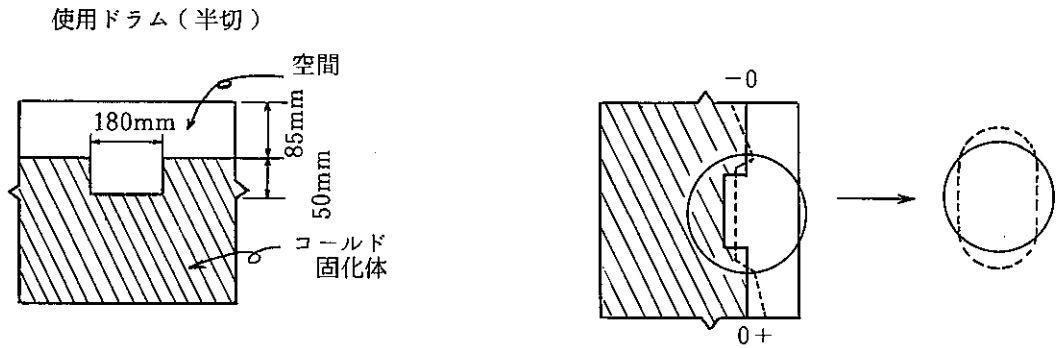
アスファルト固化体は、形状保持性に乏しく、横積みになると固化体が変形してドラム缶外へ流出することが考えられる。

ドラム缶に詰めた純アスファルトとアスファルト固化体（非放射性で成分の詳細は不明）を横倒しにして固化体の変形を測定した。

① 純アスファルトの変形測定

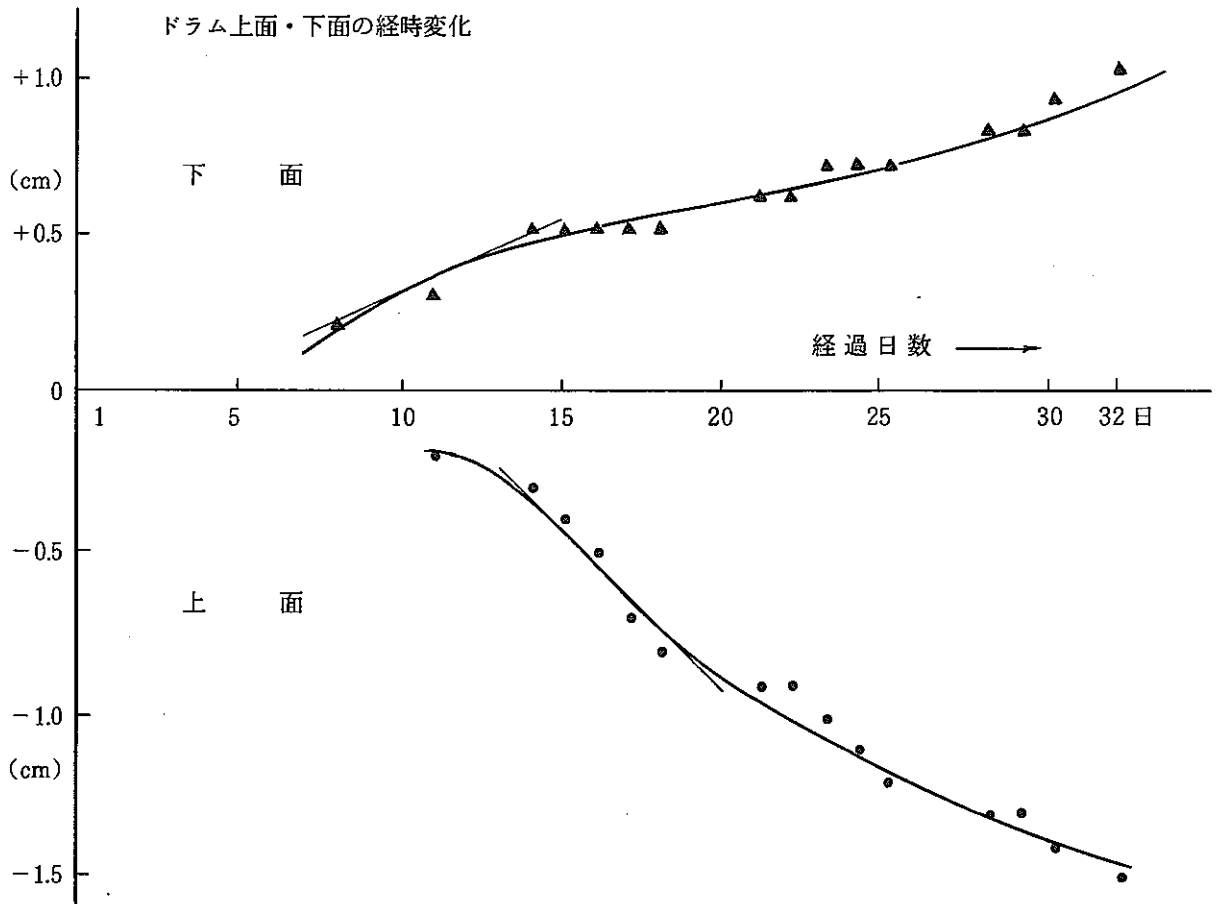


② アスファルト固化体の変形測定

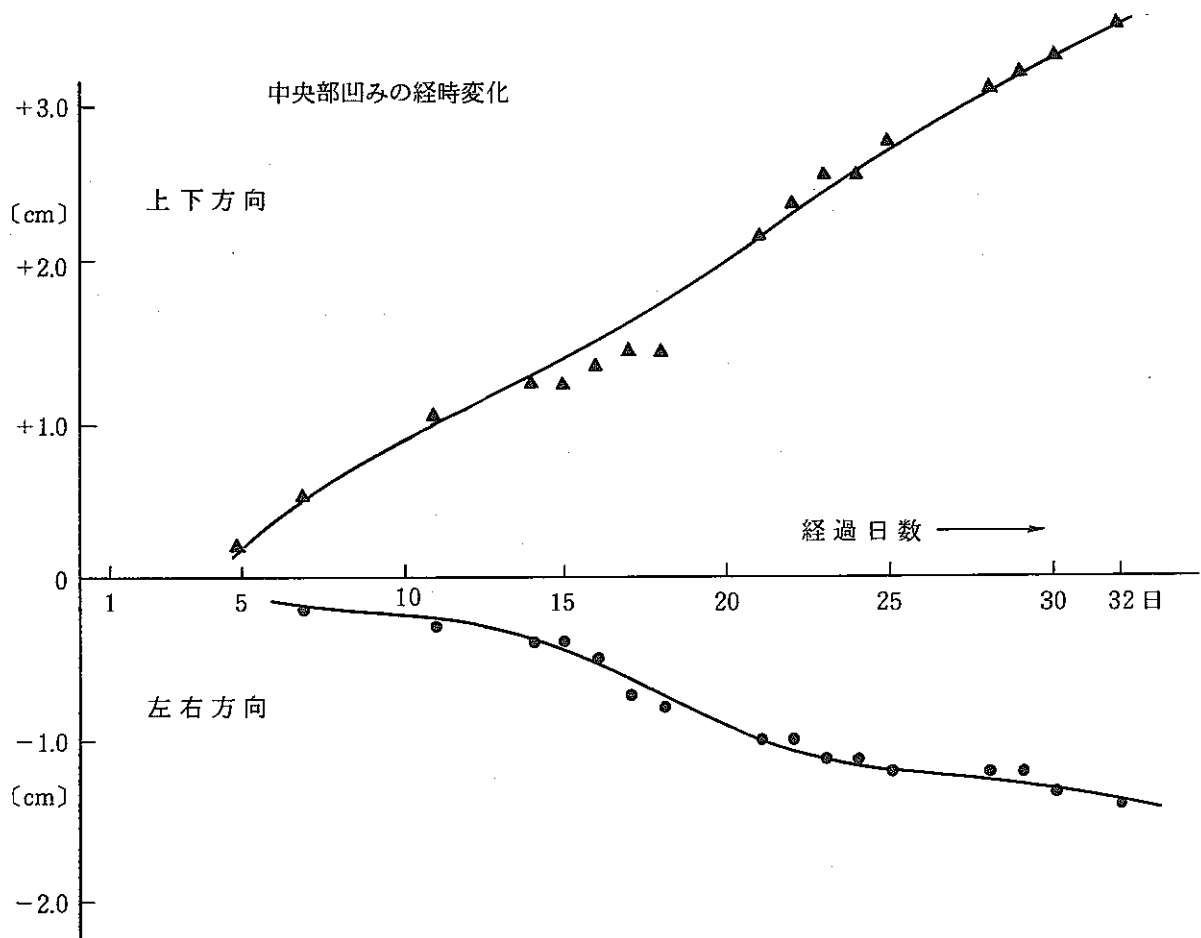


経時変化は、横倒し前を基準とし流出によって増加する下部を+（プラス）減少する上面を-（マイナス）で示した。又、ドラム中央部凹みは上下左右に伸縮する経時変化を調査した。

ドラム上面・下面の経時変化



中央部凹みの経時変化



③ 測定結果

純アスファルトとコールド固化体の変形の測定結果を比較すると、純アスファルトの変化量が約10倍であった。

ドラム缶を横積みした場合に、蓋部の隙間(2~3mm程度)からの固化体の流出の可能性については推定出来ないため、今後、実固化体又は模擬固化体による試験が必要と思われる。

2. アスファルト固化処理のコスト

アスファルト固化処理施設で発生するアスファルト固化体のコストを算出する。

(1) 試算条件

① プロセスの範囲

廃液のアスファルト固化処理の範囲で、固化体の運搬、貯蔵は含まないものとする。また付属排気筒は含むものとする。

② 施設耐用年数

建設完了から15年とする。

③ 年間廃液処理量

昭和59年度廃液処理実績（331廃液処理：288 m³，326廃液処理：152 m³，固化体の発生量：1950本）を算出ベースとした。

(2) 試算

① 設計，建設，試運転費（全て借入金とする）（表-5-1参照）

- 施設の設計，建設，試運転の合計費用は8,018,251千円である。
- 施設の減価償却を運転開始より15年で年金利8%元利均等払いとすると，施設の耐用年数は15年であるから，返済金は年間936,722千円である。

② 運転経費（59年度実績より引用）

（表-5-2参照）

表-5-1 設計，建設，試運転費

項 目	内 容	金額（千円）
設 計 費	設計研究	3,450
	詳細設計	627,870
建 設 費	固化処理施設建設工事	5,913,600
	付属排気筒建設工事	315,000
	共同溝建設工事	410,000
	排気筒モニタ設置工事	74,000
	遮蔽扉工事	14,000
	つなぎ込み用予備配管工事	57,500
	スラッジ輸送用配管工事	30,831
	固化体評価試験設備設置工事	92,000
試 運 転	試 運 転	480,000
合 計		8,018,251

表-5-2 運転経費(59年度実績引用)

項目	内容	金額(千円)	備考
予備品費		62,562	
消耗品費		10,909	
設備保守費		83,671	
副原料費			
	不溶化処理用試薬	12,969	
	アスファルト	30,475	
	溶剤	231	
	ドラム缶	23,700	フレームは除く
人件費			
	運転(役務)35人	336,477	
	運転計装(役務)4人	33,600	
	動燃職員 10人	96,136	
ユーティリティ			
	電気費	98,000	
	蒸気費	38,000	
合計		826,730千円	

③ アスファルト充填ドラム缶一本当たりのコスト

(返済金+運転経費)÷ドラム缶数=コストとすると、

(936,772千円+826,730千円)÷1,950本=904千円

従って、昭和59年度に発生した充填ドラム缶一本当たりのコストは約90万円である。因みに直接経費(原材料、人件費、ユーティリティー費)だけを見ると

669,588千円÷1,950本=343千円となる。

第6章 設計と現状との比較

アスファルト固化技術開発施設に限らず、再処理工場の各施設は基準燃料をベースに設計されているため、プロセスデータが設計値とはかなり異なっていることがある。ここでは、設計に用いられた値と試験運転での値を比較し、一覧表にする

表-6-1 設計との比較表

項 目	設 計 値	現 状 値
1. 廃液組成		
① 331 廃液		
比放射能	1,160 $\beta\text{Ci}/\text{m}^3$	10 $\beta\text{Ci}/\text{m}^3$
塩濃度	650 g/ℓ	400 g/ℓ
酸性度(塩基度)	酸性 1.5 規定	アルカリ性 1 規定
② 326 廃液		
比放射能	0.434 $\beta\text{Ci}/\text{m}^3$	0.1 $\beta\text{Ci}/\text{m}^3$
塩濃度	215 g/ℓ	400 g/ℓ
酸性度(塩基度)	酸性 1.5 規定	アルカリ性 1~2 規定
③ 323 廃液		
比放射能	6.3×10^{-2} $\beta\text{Ci}/\text{m}^3$	0.02 $\beta\text{Ci}/\text{m}^3$
塩濃度	155 g/ℓ	
2. 不溶化試薬添加量		
① 硫酸ナトリウム	0.648 mol/ℓ	0.14 mol/ℓ
② 水酸化バリウム	0.292 mol/ℓ	0.06 mol/ℓ
③ フェロシアン化 カリウム	0.023 mol/ℓ	←
④ 硫酸ニッケル	0.046 mol/ℓ	←
3. エクストルーダの 処理能力	蒸発量 210 ℓ/h	供給流量 200 ℓ/h (蒸発量約 170 ℓ/h)
4. エクストルーダの 除染係数	10^3	500 : (331 廃液に対して)
5. 固化体の混合比 (S/B 比)	50 / 50 以上	43 / 57 ~ 47 / 53
6. ドラム当たりの放 射能量		
① 331 廃液固化体	179 βCi	1 ~ 3 βCi
② 326 廃液固化体	0.3 βCi	0.02 βCi

項 目	設 計 値	現 状 値
7. ドラム缶表面線量率		
① 331 廃液固化体	155 R/h	1 R/h
② 326 廃液固化体	0.25 R/h	0.01 R/h
8. 洗浄塔 (T51) 除染係数	5 : (放射性ヨウ素に対して) 100 : (放射性ヨウ素を除く全ての核種に対して)	5 : (放射性ヨウ素に対して)
9. AgXフィルターのヨウ素除去効率	10 : (放射性ヨウ素に対して)	
10. 槽類換気系フィルターの除染係数	10^3 (放射性ヨウ素を除く全ての核種に対して)	
11. 槽類換気系オフガス流量	800 Nm ³ /h	100 ~ 200 Nm ³ /h
12. 付属排気筒放射放出射エネルギー (評価値)		
① プルトニウム	5.4×10^{-10} Ci/日	検出限界値以下 (全 α として 10^{-8} Ci/日以下)
② 放射性ヨウ素	5.3×10^{-6} Ci/日	最大 3.9×10^{-6} Ci/日
③ 全 β 核種	1.5×10^{-5} Ci/日	検出限界値以下 (約 10^{-7} Ci/日以下)
13. 施設内発生廃液		
① アンバー区域廃液発生量	3.5 m ³ /日	0.3 m ³ /日
② グリーン区域廃液発生量	0.5 m ³ /日	0.7 m ³ /日

331 濃縮廃液の放射能濃度は、設計値と比較して $1/50 \sim 1/100$ であり、非常に低い。このため、運転員の被曝量が少なく、特に特殊放射線作業となる充填室内での機械設備等の保守・点検整備作業時の被曝管理が容易である。

第7章 異常事象

建設完了から昭和60年5月までに、大小取り混ぜて百数十件の異常事象等が報告され、その対応によって多くの経験を積み、様々の知見を得てそれが現在のノウハウにつながっている。

ここでは、発生した時点で比較的大きな問題となった件について採り上げ、その概要を表にまとめる。

表-7-1 異常事象一覧

件名	発生日	状況及び原因	措置及び対策
1. カスク(M351) 制御ケーブルの破損	昭和57年 8月9日	アスファルト固化体貯蔵施設 R050 室の台車 (M807) 上にあるフレームをカスクで吊り上げる作業の際、フレームを掴むためカスクから吊り具を下降させたところ、吊り具がフレームに着床しても吊り具の下降動作が停止せず手動によって停止させた。その後、吊り具を上昇させたところ吊り具真上の制御ケーブルが切断した。 このトラブルの原因は、次の二点が考えられた。 ①チェーン、制御ケーブルが緩んだ際に、トルクモータから出ている制御ケーブルが吊り具の下降動作にも関わらず出て行く量が少なかったため、上昇時にケーブルが共に巻き上げられ吊り具の過重がケーブルに掛り、切れた。 ②チェーンの巻き上げ速度とケーブルの巻き上げ速度が微妙に違っていたため、ケーブルに過重が加わって切れた。	①ケーブル破損箇所の補修 ②フレーム着床リミットの動作確認
2. カスク(M714) 操作中の手の負傷	昭和57年 9月14日	保守作業室 (A234) でカスク (M714) を用いてアスファルト固化体試料取り出し、寸法合わせの作業中、ロッドをホイスト付天井クレーン (5t) で吊るしていた吊りワイヤが切損し、ロッドが充填セル (R152) に落下した。この際、作業員がロッドの落下を右手で止めようとし、右手親指と人差指の間をカスクとロッド吊り具に挟み負傷した。 原因は、ロッドの中心とクレーンの吊り中心線がずれていたため、ロッドとカスクのロッド挿入部との間に摩擦が生じ吊り具の 5mmφ のワイヤに過重が掛かって切損したものである。	①ワイヤによる吊り上げ作業は、廃止し、クレーンにチェーンブロックを取り付け、直接ロッドを操作する。 ②操作マニュアルを見直し、操作員に徹底させた。
3. カスク(M351) 制御ケーブルの破損	昭和57年 11月4日	充填室 (R152) からアスファルト固化体を搬出するため、フレーム搬出扉 (M184) 上にカスクを設置し、吊り具を R152 へ下降させたところ、ドラムハンドリングマニピュレータが M184 直下にあったため、吊り具と接触し、カスクの電源キャブタイヤケーブル及びドラムハンドリングマニピュレータラックの支持金具を变形させた。 原因は、カスク操作室 (G221) でのカスク操作監視テレビが工事中で使用出来なかったためカスク操作時に R152 の状態に注意しなかった。	①ドラムハンドリングマニピュレータ支持金具の補修 ②G221とG115の連絡用のインターホンを設置した。
4. フレーム搬入扉 (M105) 開閉チェーンの切損	昭和58年 2月7日	フレームを R152 へ搬入しようとして、フレーム搬入扉 (M105) を開動作させたところ、半分程開いたところで異常音が発生したため作業を中断した。駆動部のスプロケットカバーを取り外して点検したところ、チェーンが切損していた。 原因は、フリースプロケットの回転が悪くチェーンに過負荷が掛かって切損したものである。	①チェーンの交換 ②フリースプロケットのメンテナンス方法の見直し
5. PHポット (V308, V309) からの放射性廃液の漏洩	昭和58年 3月19日	サンプリング室 (A334) 床面の放射線量率が異常に上昇していることを発見した。床面の詳細サーベイ及び図面の検討結果から、ドリフトレイ (U334) のドレン配管が線源であると判断、バルジ内を調査したところ PHポット (V308, V309) のガスケット接合部から放射性廃液が漏洩していたことを確認した。 原因は、 ①PHポット使用時の弁の誤操作によってポット内液位が異常に上昇した。 ②PHポットの蓋に緩みがあった。	①バルジ内を水で洗浄した。 ②通常「開」弁を操作しないように固定した。 ③PHポットのガスケットを交換した。
6. 反応槽 (V30) へのドレンクリナーワイヤの落下	昭和58年 6月17日	反応槽 (V30) 側粉体試薬投入配管の付着物除去作業中、配管に挿入したワイヤが槽内のスタラーに巻き込まれ、槽内に落した。 原因は、 ①通常は、二本継ぎのワイヤを使用しているが、この時は三本継ぎで作業を実施したためワイヤが長すぎた。 ②スタラーを停止せず作業を実施した。	①槽からスタラーを引き上げワイヤを回収した。 ②粉体試薬詰まり除去作業方法を見直し徹底した。
7. ダブルエアリーフトの詰まり	昭和58年 7月6日	エクストルーダ運転中、V32側ダブルエアリーフトの第1段目セパレータの液位が下降、エクストルーダへの廃液供給が停止した。 原因はV32からのエアリーフト配管のエアリーフト (A323) から気液分離器 (D34) 間での異物の詰まりと思われた。	詰まり箇所と思われる配管に空気及び仮設配管で蒸気を通気したところ徐々に回復した。

件名	発生日	状況及び原因	措置及び対策
8. R152に於けるドラム缶の落下	昭和58年7月24日	キャッピング完了後のアスファルト固化体ドラム缶を輸送用フレームに収納しようとしたところ、ドラムハンドリングマニユプレータの操作を誤りドラム缶をコンベア上に落下させた。ドラム缶は、コンベアガイドで側面上部に穴が開き、内容物（純ビチューメンと一部アスファルト固化体）が床面とコンベア上に流出した。	①パワーマニユプレータを用いて遠隔操作でドラム缶をステンレス製容器に収め、アスファルト固化体貯蔵施設へ移動した。 ②ドラムハンドリングマニユプレータの操作方法について周知徹底した。
9. グラブツール（M121）のドラム掴み具の落下	昭和58年8月30日	グラブツール（M121）の掴み具駆動箇所のチェーンカップリング部のスナップリングが変形していたため、チェーンから取り外し交換しようとした。この時、チェーンがカップリングから外れ、掴み具がフリーの状態となって落下し、ボールスプラインシャフト、ボールスクリュージャフトが噛み合い作動が出来なくなった。 原因は、作業員が構造をよく知らずに補修しようとしたため。	①セル内での補修が出来ないのでセル外へ搬出し、非管理区域で損傷部品の交換及び組立後の調整を実施した。 ②作業方法の見直し、作業員への注意を喚起した。
10. ドラムハンドリングマニユプレータ吊り上げワイヤーの切損	昭和58年12月6日	R152室内のアスファルト固化体のハンドリング中、ドラムハンドリングマニユプレータの昇降操作が不能となった。エマージェンシー機構を用いて掴み具の上昇を試みたが作動しなかった。 原因は、ワイヤーロープの曲げ疲労による断線であった。	①遠隔操作によるドラムハンドリングマニユプレータの吊り上げ及びA234室へ搬出してドラムハンドリングマニユプレータの分解点検及びワイヤーロープの交換を実施した。 ②保守点検方法の改善及び予防保全の強化。
11. エクストルーダ排出管の閉塞	昭和59年2月27日	エクストルーダの排出管の固着物を除去するために洗浄操作を実施していたところ、排出管内部がほぼ完全に閉塞してしまった。 原因は、排出管へ直接水、パークレンを供給する配管（De, 05, 15, P22及びPP, 17, 15, P22）が詰っていたためにドーム3から供給したところバーレル部の固化体が溶解され、排出管部に流れ込み、すでに付着していた多量の固化体と共に排出管全体を閉塞させた。	①遠隔操作による除去作業を試みたが捗らないため人力による直接除去を実施した。 ②洗浄剤供給配管の詰まりを防止するため、エアバージを常時実施する。 ③排出管の洗浄方法、点検方法の見直し。
12. 梯子誤使用による落下災外	昭和59年5月15日	フレーム置き場の四段積みフレームを運搬用トラックに乗せる作業中、フレームを玉掛けするためフレームに梯子を掛けて最上段のフレームに登ろうとしたところ、梯子が折れ曲がり、作業員が落下して左足を骨折した。 原因は、梯子として使用した脚立の表裏を間違えたため、体重が掛かって二つに折れ曲がったためである。	①脚立使用を禁止し、梯子使用とした。 ②作業員への注意喚起。
13. エクストルーダの自動停止	昭和59年5月18日	エクストルーダの自動停止装置が作動し、エクストルーダが停止した。操作区域（G115）で運転状況を監視していた作業員は、充填室内のエクストルーダ排出管付近で発煙を認めた。このため、排出管上部の水噴霧設備を作動させ、排出管の冷却を行ったところ煙は消えた。 原因は、 ①エクストルーダ排出管部に付着していたアスファルト混合体の、エクストルーダを運転する際の蒸気加熱による硬化及び除染配管の閉塞防止用に試験的に供給していた空気によるブローン化反応による硬化が時間と共に進行していた。 ②エクストルーダ排出部で硬化した付着物が、エクストルーダの回転軸部に混入したため、エクストルーダを駆動させる電動機が過負荷となり、エクストルーダの停止に至った。 ③エクストルーダが停止したために、アスファルト混合体の流下が止まり、排出管内の付着物のブローン化反応による熱が蓄積された。さらに、空気が供給されていたため、ブローン化が促進され、その反応熱が蓄積されて排出管の温度を上昇させ発煙に至った。	①エクストルーダ排出管の除染配管閉塞防止には、空気の供給を廃止し、窒素ガスを供給する。 ②エクストルーダの洗浄を効果的に実施し、付着物の堆積を未然に防ぐ。 ③エクストルーダ排出管内部を定期的に点検し、付着物の堆積を監視していく。

第 8 章 設 備 改 造

ここでは、「アスファルト固化技術開発施設の設置に関する設工認の変更」を始め、昭和 60 年 5 月までに認可された設備改造の実績について表-8-1 に示す。また、その他の軽微な設備改造等の実績について表-8-2 に示す。

さらに、今後計画されているか、または予想される設備の改善については表-8-3 に示す。

1. 設備改造工事実績

表-8-1 設備改造工事実績（設工認の認可を受けたもの）

件 名	変 更 の 理 由	認 可 番 号
アスファルト固化技術開発施設の設置	アスファルト固化技術開発施設を設け、アスファルト固化に関する技術開発を行うため。	54 安（核規）第 472 号 昭和 54 年 12 月 24 日
計測制御系、圧空配管、モニタポットの変更	(1) 計測制御系の一部変更 廃液受入・調整系及び脱水混合系の運転監視機能を向上させるため。 (2) 配管系の一部変更等 圧空の供給をより確実に行うため。 (3) 機器類の一部変更等 モニタポットの放射線測定操作をより確実に行うため。	55 安（核規）第 453 号 昭和 55 年 9 月 4 日
地下浸透水槽の設置	地下浸透水貯槽の設置については、サンプリング及びモニタリングの作業性の向上をはかるため。	56 安（核規）第 190 号 昭和 56 年 5 月 13 日
(1) ガンマ線エリアモニタの警報器の追加 (2) 遮蔽扉の設置	(1) 空気圧縮機室にて、ガンマ線エリアモニタの警報音の可聴範囲を拡げるため、同室内に現場警報器を一台追加する。 (2) セル内の機器等の保守・点検等の作業を容易にするため、セル開口部のブロック積を遮蔽扉に変更する。	57 安（核規）第 69 号 昭和 57 年 3 月 13 日

件 名	変 更 の 理 由	認 可 番 号
水噴霧設備配管の変更	水噴霧設備配管の変更については、効果的な水噴霧を行うため。	57安(核規)第681号 昭和57年12月3日
トリチウムサンプラ等の設置	<ol style="list-style-type: none"> (1) モニタポットへの供給量を増加させるためにモニタポットの構造を気密構造に変更する。 (2) 廃液受入貯槽において、廃液を中和することが出来るように試薬供給用のノズルを設ける。 (3) 付属排気筒から排出するトリチウムを測定するためにトリチウムサンプラを設置する。 (4) アスファルト固化処理施設から排出するトリチウムを測定監視するために窒素酸化物測定装置を設置する。 	57安(核規)第173号 昭和57年4月12日
アスファルト固化体観察設備の設置等	<ol style="list-style-type: none"> (1) アスファルト固化体の長期的な変化を観察するため、アスファルト固化体観察設備を設ける。 (2) 水噴霧設備の信頼性を向上させるため、アスファルト固化体の貯蔵セルの排気ダクトに熱感知器を追加設置する。 	57安(核規)第449号 昭和57年8月30日
エクストルーダの除染方式の変更等	<ol style="list-style-type: none"> (1) 処理対象廃液を中和するため、廃液受入貯槽へ試薬を供給するための配管を設ける。 (2) エクストルーダへの廃液供給量及び廃液供給用のエアリフトの圧空量を監視するため、廃液供給配管及び圧空配管の流量計を現場指示から制御盤指示に変更する。 (3) 冷却水循環ポンプの保守・補修を容易にするため、冷却水循環ポンプの予備を設ける。 (4) 圧縮空気の圧力の異常を監視するため、圧空貯槽に圧力下限警報を設ける。 (5) エクストルーダへ供給する廃液の密度を監視するため、供給槽に密度記録計を設ける。 (6) エクストルーダの凝縮液から洗浄液を回収するため、回収配管を設ける。 	57安(核規)第487号 昭和57年9月6日

件名	変更の理由	認可番号
アスファルト固化体試料保管装置の設置等	(1) アスファルト固化体、溶媒回収残渣等の搬送に裕度を持たせるため、カスクを追加設置する。 (2) アスファルト固化体の試料を保管するため、アスファルト固化体試料保管装置を設置する。 (3) エクストルーダの運転状態をより詳細に監視するため、オペレーション監視装置を設置する。	58安(核規)第498号 昭和58年8月25日
窒素ガス供給装置の設置	エクストルーダの排出管除染用配管に窒素ガスを供給出来るようにするため、窒素ガス供給装置を設置する。	59安(核規)第449号 昭和59年7月17日
アスファルト固化技術開発施設 β (γ)線ダストモニタの変更	アスファルト固化技術開発施設の放射線管理施設の定置式モニタ設備のうち、 β (γ)線ダストモニタ測定監視の方法を間欠的から連続的な測定監視が出来るようにするため。	59安(核規)第512号 昭和59年8月30日

表-8-2 その他軽微な手直し改造工事

件名	変更の理由
サンプリングトングの改善	サンプリングトングの操作性を良くするために、廃棄物処理課で使用しているものを改良して設置した。
サンプリングニードルブロックの改善	サンプリング設備の操作性、真空配管の汚染防止を図るため、ニードルブロックを回転式から固定式に変更した。
V408の洗浄方法の改善	(1) Twa仕切り弁をA034室に設置する。 (2) 苛性ソーダ洗浄用ポットの設置。

2. 今後の改善・設備改造

長期安定運転を確立していく中で、運転の効率化又は省力化を考えると改善改造を要する箇所が多く見当たる。その中で近い将来に、取り組む事項について次の表にまとめる。

表-8-3 今後の改善・改造

件名	内容	実施時期 (予定)
硝酸受入貯槽の増容量化	硝酸の受入作業の頻度の低減化と作業性の向上を目的として、硝酸受入貯槽を5 m ³ 程度に増容量化する。	62年度末期
粉体試薬の溶液化	粉体試薬(硫酸ナトリウム、水酸化バリウム)を溶液として供給し、前処理工程の自動化及び槽類換気系フィルターの飛散粉体試薬による詰まりを低減化する。	62年度末期
不溶化処理の適正化	廃液の組成に合った適正な不溶化処理を実施し、固化体の品質をより良いものとする。また、試薬の無駄を無くす。	61年度末期
硝酸供給方式の変更	廃液の水素イオン濃度調整のための硝酸供給方式を槽上部添加から槽下部添加方式に変更し、ガスの発生を抑える。	60年度中期
スチームジェット減圧防止対策	低放射性廃液を移送するスチームジェットの蒸気配管に圧空配管を接続し、減圧防止を図る。	60年度中期
エクストルーダ内可燃性ガスの検出装置の設置	エクストルーダの運転時の安全性を向上させるために、エクストルーダ内で発生する可燃性ガスを検出する装置を設置する。	61年度
エクストルーダのスクリーシャフトの交換	エクストルーダのスクリーシャフトを交換することによって、エクストルーダの再生化を図る。	62年度末期
エクストルーダの凝縮器の交換	エクストルーダの凝縮器の腐食状況を長期間に渡って測定し、場合によっては交換する。	未定
溶媒回収系の改造	溶媒回収蒸発缶の詰まりを、水-パークレン共沸プロセスを採用することによって解消する。	62年度末期

件名	内容	実施時期 (予定)
槽類換気系負圧制御方式の変更	負圧制御作業の軽減化と負圧の安定化の向上を図るため排風機回転数制御方式に変更する。	60年度中期
槽類換気系洗浄液の自動調整	洗浄液の調整作業の軽減化と洗浄液濃度の一定化をはかるため、連続調整方式に変更する。	未定
固化体貯蔵施設の増容量化	貯蔵方式を四段式から六段式に変更することによって貯蔵容量を1万本から1万5千本に変更する。	59年度より進行中
電算機データ処理システムの導入	電算機を導入することによってデータ整理、解析の効率化を図る。	63年度以降
エクストルーダの故障予知システムの開発	エクストルーダの振動、駆動電流、騒音等のスペクトル解析をすることによって運転状態または、故障の時期、部分を予知するシステムを開発する。	60年度末以降

第9章 今後の課題

1. 長期安定運転の確立

アスファルト固化技術開発施設では、コールド試験から

- ・日勤時間帯での運転
- ・I 勤～II 勤時間帯での運転
- ・四班三交替での運転

また、キャンペーンの間に一週間の調整期間を設定し、キャンペーン期間を二週間から三、四週間へ徐々に連続運転時間を延長して来た。

長期間に亘る処理運転が実施出来ない理由は、主に機械類の故障であり、その原因には次の事項が挙げられる。

- ① 人的原因による機械故障
- ② 物理的原因による機械故障

人の行動には、必ず間違いや勘違いが付きまとい、これらを防止する方法として教育訓練やKYT（危険予知訓練）、指差呼称等がある。特に本施設では、前述の様に機械類の故障がトラブルの大部分であり、その故障が工程を停止に至らしめることが多い。少なくとも、人的原因のトラブルが少なくなればそれによる工程の停止は半減するであろう。また、重要性の高い工程機器については万一の誤操作では作動しないような保護回路を設けるなどの設備改造が必要である。

物理的な原因は、機械及び部品の寿命、劣化などに気が付かずに運転を継続すると当然起こりえるものである。これを防止するために日常点検、定期保守を実施し、主要な機械類には故障予知が出来る様な装置を付加し、大きな損傷を受ける前に保守を実施しなければならない。

長期安定運転を達成する課題の一つとして、エクストルーダのスクリーシャフトの交換作業がある。エクストルーダのスクリーシャフトの寿命は、25,000時間程度（WP社）と言われており、昭和60年4月現在で稼動時間は7,000時間である。今後年間600m³の廃液を処理すると年間の稼動時間は3,700時間程度となり、昭和64年後期にはほぼ25,000時間に達するものと思われる。（但し、交換時期の確定に当たっては、施設の本設組み込み時期の影響を受けるだろう。）

2. 減容比の改善

アスファルト固化処理施設の処理廃液に対する減容比は、下表に示すように主に廃液の塩濃度と混合比に依存している。

表-9-1 減容比-塩濃度の関係

供給廃液 の塩濃度 (g / ℓ)	減容比(固化体量※1 / 廃液量※2)		
	混合比(40 / 60)	混合比(45 / 55)	混合比(50 / 50)
200	0.7 1	0.6 1	0.5 3
250	0.8 3	0.7 1	0.6 1
300	0.9 4	0.8 0	0.7 0
350	1.0 5	0.9 0	0.7 8
400	1.1 7	1.0 0	0.8 7
450	1.2 8	1.1 0	0.9 5
500	1.3 9	1.1 9	1.0 3

※1：ドラム缶一本当たりのアスファルト固化体充填量は、170 ℓとする。

※2：原液のアルカリ濃度は、1 規定として固化処理前に不溶化処理を実施する。

処理廃液の塩濃度は、廃棄物処理場に於ける廃液濃縮蒸発缶の運転管理を塩濃度で行っているため、今後もそうかわることは無いと思われる。従ってアスファルト固化の減容比の改善に影響する因子として次の四項目が考えられる。

- ① 試薬添加量の低減化
- ② 塩-アスファルト混合比の高率化
- ③ ドラム缶への充填量の向上
- ④ アスファルト固化処理施設及び他施設での廃液発生量の低減化

(1) 試薬添加量の低減化

不溶化処理剤の添加量の見直しが考えられる。処理廃液の不溶化処理は発生した固化体の浸出率の低減化の効果と見合わせて効率的な試薬の添加量を決定しなければならない。また、331 廃液の水素イオン濃度調整のため添加する硝酸量を低減化させるため、廃液受け入れ時の廃液のアルカリ度を低くすることが考えられる。(長期的に見た場合は、酸性廃液とアルカリ性廃液の発生割合によって制約される。)

(2) 塩-アスファルト混合比の高率化

アスファルト固化体の混合比を決定する要因としては、

- ① 塩-アスファルト混合時の安全性
- ② 固化体の発生量

- ③ エクストルーダの運転の容易さ
- ④ 固化体を長期間貯蔵した際の固化体の物性の変化
- ⑤ 固化体の浸出性
- ⑥ 固化体の比重

などである。この中で運転に影響するのは、②と③である。

混合比を高くして固化体の発生量を少なくすることが望ましいが、固化体の塩濃度が高いとエクストルーダ内での塩の析出、排出管での固化体の付着の問題が出てくる。現実的には、混合時の安全性又は放射性物質の浸出性に問題のない 40 / 60 ~ 50 / 50 の間での選択となる。

処理廃液の塩濃度を 400 (g/ℓ) として混合比を変化させた場合、廃液 3 m³ 当たりの固化体の発生量は、混合比が 1% 変われば固化体の発生量は、100 m³ 処理当たりドラム缶 15 本増減し、年間 600 m³ 処理すると 90 本の差が出る。従って、運転状態に合わせ混合比を 50 / 50 を超えない範囲で高くすることが望ましいが、前述のように混合比を高くすると塩の付着の問題もあるのでエクストルーダの洗浄方法の改善等が必要となる。

(3) ドラム缶への充填量の向上

ドラム缶への充填は、2 段階に分けて実施しており、各段階の充填率及びフォーミングの状態によって充填量が決定されている。

固化体のフォーミング缶内の充填量の測定精度の問題が解決すると、全体の固化体発生本数が現状より 5% 程度減少するものと思われる。

(4) アスファルト固化処理施設及び他施設での廃液発生量の低減化

廃棄物管理で、廃棄物の発生量を低減化することは最も基本的且つ重要な事柄である。これを実践するために、まずアスファルト固化処理施設での発生量、特に塩類の発生を抑えなければならない。

本施設での発生元は、槽類換気系での洗浄液で多量の塩分が含まれている。これに対しては前処理工程及び槽類換気系での改善が必要である。

一方、他施設に対しては、廃液の最終処理部門として廃液の発生低減化を強調し、安易な酸、アルカリの使用を避ける様 PR し、再処理工場全体として廃棄物発生量の低減化に取り組むべきであろう。

3. 固化体の品質管理

ここで言う品質管理は、次の二つの意味を持つ、

- ① 固化体の品質、組成を正確に知る。
- ② 良い品質の固化体を作る。

固化体の組成は、廃液組成の分析の結果及びエクストルーダの運転条件を解析することによって知ることが出来る。しかし、分析結果には必ず誤差があり、また分析試料採取時の外乱も影響

する。これらに対しては、充填ドラム缶の重量測定、表面線量率の測定によって分析値の妥当性をフォローすることが必要である。

廃液の分析結果だけでは知ることの出来ない固化体の含水率、放射性核種の浸出性及び膨潤性などについては、模擬試験による評価又は、分析装置を設置するなどして評価することが必要である。

4. 固化体の貯蔵管理

固化体の貯蔵工程は、固化体が処分されるまでの間、固化体を健全な状態に保つために重要な工程である。

ドラム缶の発錆、固化体の膨張の有無などを定期的な観察によって把握していかなければならない。ドラム缶の発錆防止には、ドラム缶の品質管理と空調の低湿度管理が重要である。また、ドラム缶をステンレス製に換えることも有効である。

5. 放射性ヨウ素の放出管理

再処理工場で処理した燃料中のヨウ素の殆ど（約99%）は331廃液と326廃液に含まれて、アスファルト固化技術開発施設に来る。本施設から大気への放射性ヨウ素の放出は、アルカリ廃液の中和操作の時に起こる。

施設の管理目標値（ 5.3×10^{-6} Ci/日）が低いために、その放出量管理が困難である。その原因は、

- ・廃液中のヨウ素の化学形態、放出挙動が明確でない。
- ・プロセス管理のためのヨウ素の放出量測定方法が確定していない。
- ・AgXフィルターの運転条件が適正化されていない。

今後、再処理工場での処理燃料の燃焼度が更に上昇し、廃液の発生量が低減化すると廃液中のヨウ素濃度が上昇することが予想されたため、早い時期に本施設でのヨウ素の挙動を明確化し、固定化技術を開発する必要がある。

あ と が き

アスファルト固化処理技術は、20年以上も前から実用化されており技術進歩の急激な現在にあっては決して新しい技術ではない。それだけに運転も比較的容易で、安全であると言える。しかし、施設を運転して行く中にはまだまだ解決されていない問題が数多くある。特に普通の化学工場では、問題とならない様な軽微な保守作業又は、改造工事も放射線管理区域内の放射性物質で汚染された区域、高線量下での作業となるとソフト面、ハード面での作業量は倍増する。

これは、アスファルト固化技術開発施設で採用したプロセス、機器類に対しても同様の事が言える。例えば、本施設で採用した西独製 VDS-120 型エクストルーダは、元々プラスチック化学工業等の分野で使用していたものを原子力工業に応用したもので、放射能汚染下でのメンテナンス等には多くの問題がある。

アスファルト固化技術開発施設は、昭和 54 年下期に建設工事に着工、昭和 57 年上期に完成以後試験運転を実施して来ており、この中で前述の様な問題を痛切に感じている。しかし、これらの事柄は、本施設の当面の目標とする長期安定運転の確立のためには是非乗り越えなければならない問題であり、エクストルーダを原子力用の機器として確立するために解決しなければならない事柄である。

また近い将来に、アスファルト固化体を含めた低放射性固体廃棄物の処分（海洋、陸地）が実現されれば、処分廃棄物としての適合性について問われることになるであろう。つまり、アスファルト固化体の品質管理について製作段階で確立しておく必要性が生ずるものと思われる。

今後は、廃棄物の処理から処分までの一貫した廃棄物管理にも目を向けて、努力して行きたいと考えている。