

本資料は 年 月 日付けで登録区分、  
変更する。 2001. 6. 20

[技術情報室]

# アスファルト固化技術開発施設試運転報告書

1983年3月

動力炉核燃料開発事業団  
再処理工場 処理部 廃棄物処理課

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

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

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

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

## 目 次

はじめに	1
1. 工 程	2
2. 試 運 転	4
2.1 試運転概要	4
2.2 コールド試運転	4
2.3 ホット試運転	6
2.4 Guarantee 試験	6
2.5 運転モード	14
3. 設 備 と 工 程	18
3.1 設 備 の 概 要	18
3.2 工 程 の 評 価	27
3.2.1 Receiving Storage 工程	27
3.2.2 Pretreatment 工程	27
3.2.3 Extruder 工程	27
3.2.4 Drum Filling 工程	27
3.2.5 Waste Treatment 工程	28
3.2.6 Off Gas Treatment 工程	28
3.2.7 Sampling 工程	28
3.2.8 ASP 固化体輸送工程	29
3.2.9 固化体貯蔵工程	29
4. 安全解析 (安全性評価)	30
4.1 発 泡	30
4.2 NO <sub>x</sub>	33
4.3 火 災	37
5. 要 員 訓 練	39
6. 設 備 の 改 造	41
7. 課 題	42
7.1 海洋投棄に対する問題点及び展望	43
7.2 今後の本施設への対応	46
7.3 操作性の向上	47
7.4 設備能力の向上	48
7.5 信頼性の向上	48
あ と が き	49



## は じ め に

本報告書は、動力炉・核燃料開発事業団が東海事業所再処理工場内に建設したアスファルト固化技術開発施設の試運転の経過、結果並びに評価に係るものを総括的に記述したものである。

なお、本試運転は動燃事業団、日揮株式会社、ベルゴニウム・クレアール社の一致協力のもとに実施された。

本施設は、再処理施設から発生するMA/LAレベルの廃液をアスファルト固化処理する施設として世界で最大であり、又、当該施設のモデルとなったユーロケミック再処理工場のアスファルト固化プラント（ユーロビチューム、ユーロストレージ）に於ける実際の種々の運転の経験を反映する目的で、ユーロケミック社からDr. Hild, Mr. Demonie 両氏をそれぞれ一定期間オペレーションアドバイザーとして招いた。

更に、試運転期間中、施設の内外で安全性の確証を得るための各種の試験や研究も平行して行ない、設備面での多岐に渡る改良を含め、実施機能の向上及び安全性の向上に努めた。

実施責任者 宮原 顕治<sup>\*</sup>、宮尾 英彦<sup>\*\*</sup>、桜井 明<sup>\*\*\*</sup>  
 報告者 倉田英男、村山重雄、日野貞己  
 星 俊幸、松中一久、平野広三郎  
 田中憲治、高橋 敏、加藤俊樹<sup>\*\*\*\*</sup>

\* 再処理工場処理部廃棄物処理課長

\*\* " 廃棄物処理課長代理

\*\*\* 再処理工場当直長

\*\*\*\* (現) 三井東圧化学株式会社

## 1. 工 程

アスファルト施設の工程及び試運転工程を以下に示す。

アスファルト固化技術開発施設	54	55	56	57	58	59	60	61				
建 家 工 事	[Bar from 54 to 57]											
作 動 試 験			B.T									
試 験 運 転				C.T								
					H.T							
					開発運転							
	[Large empty cell with a trapezoidal shape]											
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	
1st - Campaign		[Bar from 5 to 6]										
2nd - "			[Bar from 6 to 7]									
3rd - "				[Bar from 7 to 8]								
Final test					[Bar from 8 to 9]							
1st Campaign							[Bar from 10 to 11]					
2nd								[Bar from 11 to 12]				
3rd									[Bar from 12 to 1]			
Guarantee test										[Bar from 1 to 2]		

## 2. 試 運 転

### 2.1 試運転の概要

本試運転の目的は、本施設の性能及び安全性を確認するとともに試運転後引き続いて実施される開発運転及び本格的操業運転のためにハードウェア、ソフトウェア、運転要員の体制を確立させることにある。また、本施設は、再処理施設のダウンストリームにあたり、その処理計画を考えると本試運転の持つ意義と課せられた使命は当初より非常に大きいものであった。

そのため、試運転は人的安全及び設備の保護を最優先として進められた。

従って、試運転の開始とともに要員に対して安全教育を行い、試運転期間を通じ安全管理体制を徹底した。試運転の実施に当って、コールド試運転に於いて模擬廃液を用い、エクストルーダの処理性能の限界をまずもとめ、次にその処理性能の限界以下で各種パラメーターを変化させることにより最適操作条件を把握し、この結果を基にホット試運転を実施した。

また、放射能濃度の低い廃液から処理を開始し、段階的に放射能濃度を上げて行く方法を採用した。

更にアスファルト固化体火災に対する安全性、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 混入によるアスファルト固化運転時に予想された発泡の問題、 $\text{NO}_x$ 対策等々を解決する為、ピーカーワークでのテスト、日揮俵衣浦研究所に於ける2軸エクストルーダを用いた模擬廃液テスト、実規模ドラムまでのアスファルト固化体の火災実験を含め、各種の実験及び研究を実施した。

### 2.2 コールド試運転

本項では、1982年4月1日より、1982年9月30日の期間に実施したコールド試運転の概要について述べる。

本試運転を始めるにあたり要員に対し、放射線管理、保安規定、安全作業基準を含む教育訓練を実施し、今後の試運転の遂行の基礎となる知識及び技術を身につけさせた。

5月1日より固化処理施設を管理区域に設定し、あらかじめ縁切り処置を施してある廃液受入れ貯槽V21に低放射性廃液を受け入れた。本廃液を受け入れるにあたり酸/アルカリ廃液の混合による $\text{NO}_x$ 発生の問題が生じたが、廃液混合に際しては、アルカリサイドに廃液を管理し、 $\text{NO}_x$ 発生を防止した。本件に関して $\text{NaNO}_2$ の固化処理の安全性及び $\text{NO}_x$ 吸収プロセスの研究をあわせて実施した。

このようにV21に実廃液を受け入れ放射線管理上の問題がないことを確認した後、エクストルーダの処理性能の限界を確認する目的で1stキャンペーンが実施された。しかしながら、エクストルーダへのスチームの供給、コンデンセートの排出が不十分のため、設計蒸発能力210ℓ/hrを確保することが出来なかった。このため、スチーム配管係の一部を改造した。

この結果エクストルーダの最大蒸発量210ℓ/hrを確保することに成功した。

引き続き、ユニット321 模擬廃液を用いたパラメーターサーベイを目的とした2rd キャンペーンを実施した。

エクストルーダの運転パラメータとしては、廃液供給量、プロダクト中の塩/アスファルト比、廃液中の塩濃度、スクリュースピードとした。なお、スクリュースピードは、プロダクトがドームからオーバーフローするのを防ぐためにMAX値に近い回転数(300 rpm)で運転した。また、エクストルーダの温度プロファイルは廃液供給量に支配され、各蒸発セクション(Zone 4, 5, 6)とも、廃液供給量(150ℓ/hr ~ 210ℓ/hr)に応じ、一定のプロファイルに落ち着く。おおよその温度プロファイルを表-1に示す。

表-1 エクストルーダの温度プロファイル

	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	Zone 7	Zone 8
温度℃	89	86	170	187	187	182	174	184

この条件でパラメーターサーベイを行った結果、表-2のような最適運転条件が各蒸発量に関して得られた。

表-2 最適操作要件

廃液中の塩濃度 (g/ℓ)	蒸発量 (ℓ/hr)	塩アスファルト比
650 ~ 400	150 ~ 190	40/60 ~ 55/45
350	170	40/60 ~ 55/45
250	160	40/60 ~ 55/45

3rd キャンペーンでは、熱効率を上昇させる目的でZone 3~6までを保温してZ施設(U326) 極低放射性廃液(塩濃度350g/ℓ ~ 200g/ℓ)、廃棄物処理場(U323) 化学沈澱スラッジ(塩濃度150g/ℓ)の模擬廃液を用いたパラメーターサーベイを実施した。

この結果、180ℓ/Hの蒸発量の近傍に最適操作条件が存在することが確認された。

また、亜硝酸ソーダを全塩中17%に調整した廃液の処理を試みたが、この場合、エクストルーダの運転状態が悪くなり、固化体中の含水率が増える傾向があることが確認された。

また、3rd キャンペーンでは、以上の運転を踏まえ、不具合箇所の改造を行い、ギャランテーター試験を実施し、性能保証値を満足することを確認した。

最後にコールド試運転期間を通じ、廃液の供給系が非常に不安定であり、このためエクストルーダの安定運転に支障をもたらした。この現象は、ホットの実廃液を用いた試験では起きていない事を考えると、模擬廃液調整に供した塩が十分溶解した安定溶液になっていなかったためであろうと推定される。

従って、コールド試験ではホット試験に比較して性能が低く押えられ、特にDFにあっては、エクストルーダの運転が不安定であったことを反映してDFが100 ~ 200と非常に低い値を



示した。

なお、コールド試験中にユーロケミック社のアドバイザーよりユーロケミック社の火災事故の情報がもたらされた。このため、実規模のドラムを用いた燃焼実験を実施し、本施設の消火能力を評価した。この結果、本施設に備わっている水噴霧設備の消火能力が有効であることが確認されたが、一部消火能力を向上させる目的で改造を実施した。また、廃液を処理するにあたって廃液の示差熱分析を実施し、運転温度領域における発熱物質が存在しないことを確認することとした。

### 2.3 ホット試運転

本項では、1982年10月1日より1983年1月16日の期間に実施したホット試運転の概要を記す。

ホット試験では、比較的放射能濃度の低いU326廃液の固化処理を行う目的で、1stキャンペーンを実施した。本キャンペーンでは、不溶化処理を行った廃液と行わない廃液を処理し、両者の比較を行った。その結果、この廃液に関しては、不溶化処理の効果はみられず、DFは共に500程度の値が得られた。運転性は、不溶化処理を行わない廃液の方が、トルクのハンチングが少なく良好であった。本キャンペーンでは、廃液の供給量は最大204ℓ/hr（蒸発量184ℓ/hr）まで上昇させ運転を確認した。

引き続き、U331廃液を固化する目的で、2ndキャンペーンを実施した。実施に先立ち、本廃液中に含まれる炭酸ソーダは、極めて発泡性が高くドーム内で発泡を起こした場合その除染が非常に困難であるとの情報が、ユーロケミック社よりもたらされた。このため、ピーカーテスト、2軸のエクストルーダ（ZDS-T53）を用いた予備実験を行った結果、何れの場合も強い発泡性が確認された。従って、本廃液を処理するにあたり、模擬廃液に立ち戻り試験を実施した。試験は、炭酸ソーダの薄い廃液40g/ℓから開始し、徐々に炭酸ソーダ濃度を上げていき、最終的に140g/ℓの濃度で運転をした。その結果、4軸のエクストルーダでは問題がない事が確認された。その後、実廃液での試験に移行した。実廃液は、U331廃液をU326廃液で1/6に希釈した状態で処理し、問題のないことを確認した後、U331の単独廃液の処理を行った。以上の運転を通じて、4軸のエクストルーダが持つ発泡を抑える優れた特性が確認された。

U331の単独廃液の処理では、廃液供給量を最大227ℓ/hr（蒸発量193ℓ/hr）まで上昇させ運転を確認し、DFの値は約1,000程度の値を得ている。

なお、各キャンペーンの間は、インターキャンペーンとしてセル内の空間線量率及び表面汚染密度を測定し、またエクストルーダの除染に関するDFを測定した。

### 2.4 ギャランティー試験

ギャランティー試験は、コールド試験後及びホット試験後に各々実施した。

## 2.4.1 コールド試験

コールド試験のギャランティー試験（第4キャンペーン）は、コールド試運転で確立した最適運転条件で、契約仕様書に満足する固化体を製作することを、主目的として実施した。何故ならば、ホット試運転で製作したアスファルト固化体は、前述した様に実廃液を使用している為、固化体の安全性、信頼性を保証しなければならないからである。そこで本キャンペーンでは、U331、U326、U323の各廃液の塩濃度に応じた模擬廃液（ $\text{NaNO}_3$ : 500g/l, 215g/l, 155g/l）のアスファルト固化処理を実施した。表-3に試験結果を示す。

表-3 試験結果

項目	ギャランティー値	結果
固形分混合率	最大 50 wt%	40.1 wt% ~ 50.3 wt% 1ポイントのみ50.3 wt% 他17ポイントは50 wt%以下
固化体の比重	1.2 以上	1.313 ~ 1.403
含水率	1 wt%	U331 最大 0.51 wt% U326 14 サンプル中3 サンプル 1 wt%を超えた。 DFを求める為、NaIを投入した為、エクストルーダが安定していない際のサンプルの為 U323 1 wt%以下
固化体の均一性	最大と最小の差 5%	U331 : 固形分濃度 46.3 wt% ~ 50.3 wt%* 比 重 1.365 ~ 1.403

\* 最大、最小値の差は5%未満であった。

## 2.4.2 ホット試験

## (1) ホット試験の実証項目

ホット試験では、U323 化学沈澱スラッジ、U326 濃縮廃液、U331 濃縮廃液を連続運転し、以下の仕様に合うアスファルト固化処理が可能なことを確認した。

運転条件として、廃液の供給量をコンデンセイト量の計量により、廃液供給量を換算して200 l/hr 以上である事を確認し、供給槽の液位を単位時間毎に記録し、それを供給量とし、固形分濃度 40 wt%となるようにした。本試験時の運転条件及び運転結果を表-4に示す。

表-4 運転条件及び運転結果

	廃液供給量	蒸発量	Bitumen 供給量	アスファルト固化体			
				固形分濃度	比 重	放射能量	処理時間
U323	226 l/hr	201 l/hr	75 l/hr	40.0 wt%	1.27	$2.3 \times 10^{-2}$ Ci	13 : 25
U326	218 l/hr	184 l/hr	75 l/hr	43.3 wt%	1.31	$1.8 \times 10^{-2}$ Ci	9 : 45
U331	213 l/hr	178 l/hr	120 l/hr	37.4 wt%	1.23	0.83 Ci	15 : 30

※ 廃液供給量、蒸発量は、V32 (V33)、V22の液位による平均値

※ アスファルト固化体は、定常運転時のデータの平均値

## (2) 処理能力の確認

ギャランティー試験において、供給槽からエクストルーダーに供給した廃液の供給量は、固化処理時発生した廃液コンデンセイトの量（蒸発量）を測定することで確認した。

又処理量及び処理時間の確認は、供給槽の液位を観測し、確認した。定常運転時の廃液供給量、及び処理能力の試験結果を表-5に示す。

表-5 処理能力

	廃液移送量	処理量	処理時間	平均処理量
U323	2.6 m <sup>3</sup>	3 m <sup>3</sup>	13 hr 25min	226 l/hr
U326	2.5 m <sup>3</sup>	2.2 m <sup>3</sup>	9 hr 45min	218 l/hr
U331	2.5 m <sup>3</sup>	3.3 m <sup>3</sup>	15 hr 38min	213 l/hr

## (3) 気体廃棄物

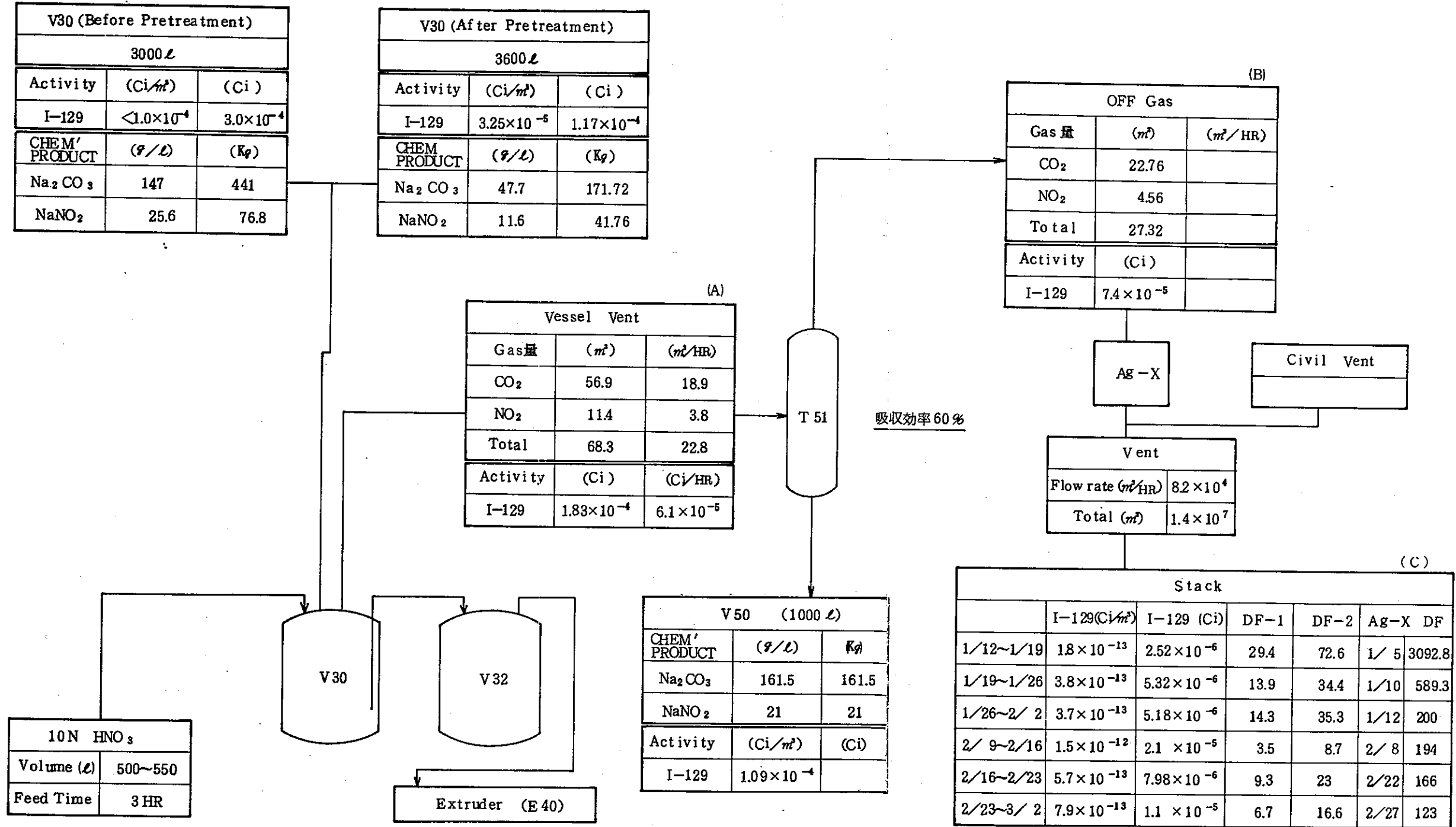
ホット試運転のギャランティー試験中に、本施設より放出された気体廃棄物の放射能濃度の測定結果を、表-6に示す。

表-6 気体廃棄物

	測定結果 μCi / cm <sup>3</sup>	排出基準(Guarantee 値) μCi / cm <sup>3</sup>
α 放射能	< 1.5 × 10 <sup>-14</sup>	< 7 × 10 <sup>-14</sup>
β(γ)放射能	< 1.0 × 10 <sup>-14</sup>	< 1 × 10 <sup>-11</sup>
I-129	< 1.0 × 10 <sup>-12</sup>	< 3 × 10 <sup>-12</sup>
I-131	< 1.0 × 10 <sup>-12</sup>	

上記表に示すように、ギャランティー値を満足することを確認した。又、アスファルト施設の I-129 の挙動状態を調査した結果を、表-7に示す。

表-7 Asp 固化処理施設における I-129 の挙動



Ag-Xの除染係数 DF-1 = B/C DF-2 = A/C (T51のDF = 1)

## (4) 液体廃棄物の発生量及び放射能

アスファルト固化処理施設内で発生する液体廃棄物は、エクストルーダで蒸発処理した凝縮水（低レベル放射性液体廃棄物）、及び施設内のフロアドレイン系より発生する極低レベル放射性液体廃棄物が、主要なものである。

この内、エクストルーダ処理済廃液は、放射能に応じ油水分離をした後、廃棄物処理場へ戻し、蒸発処理を施す。

一方、極低放射性液体廃棄物は、放射能に応じZ施設蒸発処理工程、あるいは中和処理工程へ送液し、所定の処理を施す。

なお、本試運転に伴い発生した各廃液の状況は、表-8に示す通りほぼ設計値（ギャランティー値）に見合った廃液量を測定した。なお、放射エネルギーが設計値を大巾に下回っているのは、処理を対象とした原液の放射能が約1000分の1のものであったためである。

表-8 液体廃棄物

(ギャランティー値)

	発生量(Max)	放射能(Max)
廃棄物処理場で処理すべき廃液 (V23)	3.6 m <sup>3</sup> /day	4.2 Ci/day
Z施設蒸発工程で処理すべき廃液 (V24)	4.2 "	4.2 × 10 <sup>-3</sup> "
Z施設中和処理工程で " (V25)	1.0 "	2.0 × 10 <sup>-6</sup> "

(結果)

	発生量		放射能濃度	放射能	
	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /day	μCi/cc	Ci	Ci/day
V23	9.25	3.47	2.7 × 10 <sup>-3</sup>	2.5 × 10 <sup>-2</sup>	9.4 × 10 <sup>-3</sup>
V24	0.92	0.35	7.2 × 10 <sup>-4</sup>	6.6 × 10 <sup>-4</sup>	2.5 × 10 <sup>-4</sup>
V25	2.39	0.90	<1 × 10 <sup>-6</sup>	6.9 × 10 <sup>-6</sup>	<9.0 × 10 <sup>-7</sup>

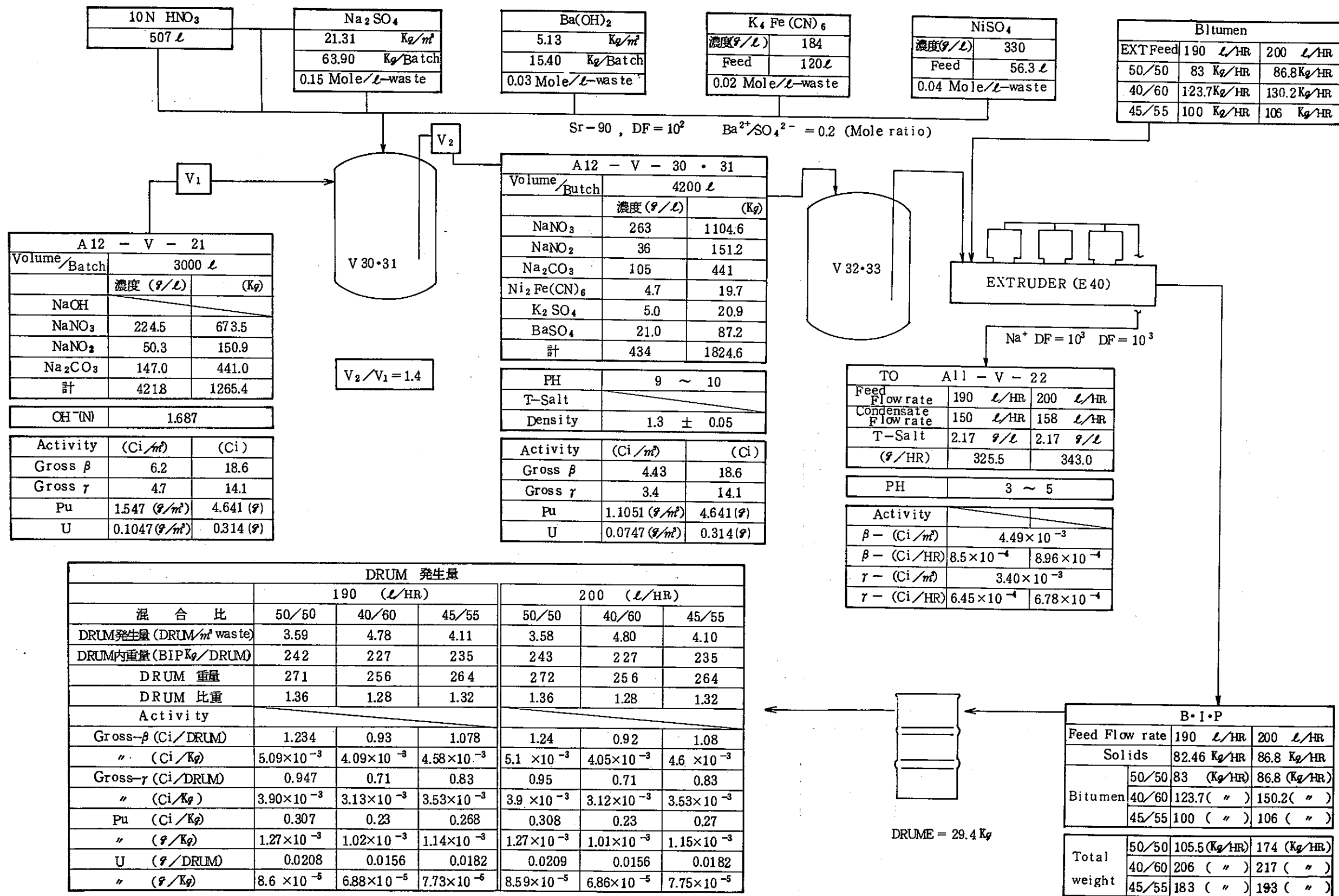
※ V25にPIT26により0.55m<sup>3</sup>移送があったが、これはカウントしていない。

V23, V24, V25は発生量, 放射能ともにギャランティー値以下であった。

## (5) 物質収支

アスファルト固化処理施設の放射能収支及び物質収支について評価した結果を、表-9に示す。なお、この放射能収支及び物質収支の評価は、今後の運転経験を基に、再評価を実施する必要がある。

表-9 アスファルト固化処理施設の物質収支



A12 - V - 21		
Volume/Batch	3000 L	
	濃度 (g/L)	(Kg)
NaOH		
NaNO <sub>3</sub>	224.5	673.5
NaNO <sub>2</sub>	50.3	150.9
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	147.0	441.0
計	421.8	1265.4

OH <sup>-</sup> (N)	1.687
---------------------	-------

Activity	(Ci/m <sup>3</sup> )	(Ci)
Gross β	6.2	18.6
Gross γ	4.7	14.1
Pu	1.547 (g/m <sup>3</sup> )	4.641 (g)
U	0.1047 (g/m <sup>3</sup> )	0.314 (g)

V<sub>2</sub>/V<sub>1</sub> = 1.4

A12 - V - 30 · 31		
Volume/Batch	4200 L	
	濃度 (g/L)	(Kg)
NaNO <sub>3</sub>	263	1104.6
NaNO <sub>2</sub>	36	151.2
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	105	441
Ni <sub>2</sub> Fe(CN) <sub>6</sub>	4.7	19.7
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	5.0	20.9
BaSO <sub>4</sub>	21.0	87.2
計	434	1824.6

PH	9 ~ 10
T-Salt	
Density	1.3 ± 0.05

Activity	(Ci/m <sup>3</sup> )	(Ci)
Gross β	4.43	18.6
Gross γ	3.4	14.1
Pu	1.1051 (g/m <sup>3</sup> )	4.641 (g)
U	0.0747 (g/m <sup>3</sup> )	0.314 (g)

TO A11 - V - 22		
Feed Flow rate	190 L/HR	200 L/HR
Condensate Flow rate	150 L/HR	158 L/HR
T-Salt	2.17 g/L	2.17 g/L
(g/HR)	325.5	343.0

PH	3 ~ 5
----	-------

Activity		
β - (Ci/m <sup>3</sup> )	4.49 × 10 <sup>-3</sup>	
β - (Ci/HR)	8.5 × 10 <sup>-4</sup>	8.96 × 10 <sup>-4</sup>
γ - (Ci/m <sup>3</sup> )	3.40 × 10 <sup>-3</sup>	
γ - (Ci/HR)	6.45 × 10 <sup>-4</sup>	6.78 × 10 <sup>-4</sup>

混合比	DRUM 発生量			DRUM 発生量		
	190 (L/HR)			200 (L/HR)		
	50/50	40/60	45/55	50/50	40/60	45/55
DRUM発生量 (DRUM/m <sup>3</sup> waste)	3.59	4.78	4.11	3.58	4.80	4.10
DRUM内重量 (BIP Kg/DRUM)	242	227	235	243	227	235
DRUM重量	271	256	264	272	256	264
DRUM比重	1.36	1.28	1.32	1.36	1.28	1.32
Activity						
Gross-β (Ci/DRUM)	1.234	0.93	1.078	1.24	0.92	1.08
" (Ci/Kg)	5.09 × 10 <sup>-3</sup>	4.09 × 10 <sup>-3</sup>	4.58 × 10 <sup>-3</sup>	5.1 × 10 <sup>-3</sup>	4.05 × 10 <sup>-3</sup>	4.6 × 10 <sup>-3</sup>
Gross-γ (Ci/DRUM)	0.947	0.71	0.83	0.95	0.71	0.83
" (Ci/Kg)	3.90 × 10 <sup>-3</sup>	3.13 × 10 <sup>-3</sup>	3.53 × 10 <sup>-3</sup>	3.9 × 10 <sup>-3</sup>	3.12 × 10 <sup>-3</sup>	3.53 × 10 <sup>-3</sup>
Pu (Ci/Kg)	0.307	0.23	0.268	0.308	0.23	0.27
" (g/Kg)	1.27 × 10 <sup>-3</sup>	1.02 × 10 <sup>-3</sup>	1.14 × 10 <sup>-3</sup>	1.27 × 10 <sup>-3</sup>	1.01 × 10 <sup>-3</sup>	1.15 × 10 <sup>-3</sup>
U (g/DRUM)	0.0208	0.0156	0.0182	0.0209	0.0156	0.0182
" (g/Kg)	8.6 × 10 <sup>-5</sup>	6.88 × 10 <sup>-5</sup>	7.73 × 10 <sup>-5</sup>	8.59 × 10 <sup>-5</sup>	6.86 × 10 <sup>-5</sup>	7.75 × 10 <sup>-5</sup>

DRUM E = 29.4 Kg

B·I·P		
Feed Flow rate	190 L/HR	200 L/HR
Solids	82.46 Kg/HR	86.8 Kg/HR
Bitumen	50/50 83 (Kg/HR)	86.8 (Kg/HR)
	40/60 123.7 ( " )	150.2 ( " )
	45/55 100 ( " )	106 ( " )
Total weight	50/50 105.5 (Kg/HR)	174 (Kg/HR)
	40/60 206 ( " )	217 ( " )
	45/55 183 ( " )	193 ( " )

## 2.5 運転モード

### 2.5.1 運転モード

アスファルト固化技術開発施設の運転は、表-10に記す作業工程及び操作手順に従って行なわれる。

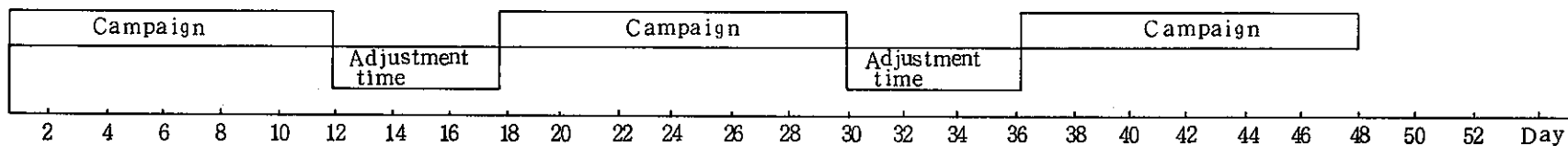
これに対し、アスファルト施設の運転計画の基本となる施設の運転モードは、キャンペーン方式で行なわれる。このキャンペーンは、アスファルト固化処理装置（エクストルダ）の保全、及び放射能の蓄積等を考慮した、以下の運転モードを基本としている。

### 2.5.2 作業工程

アスファルト施設の運転は、回分式処理法のため、4槽の貯槽（1槽当り4.5 $m^3$ の容量）を交互に調整し、連続的にアスファルト固化処理装置（エクストルダ）へ供給する。又、製作したアスファルト固化体（200 $l$ ドラム缶）は、交替制でアスファルト固化体貯蔵施設へ運搬・貯蔵している。

この一連の作業工程及び運転操作手順を、表-11に示す。

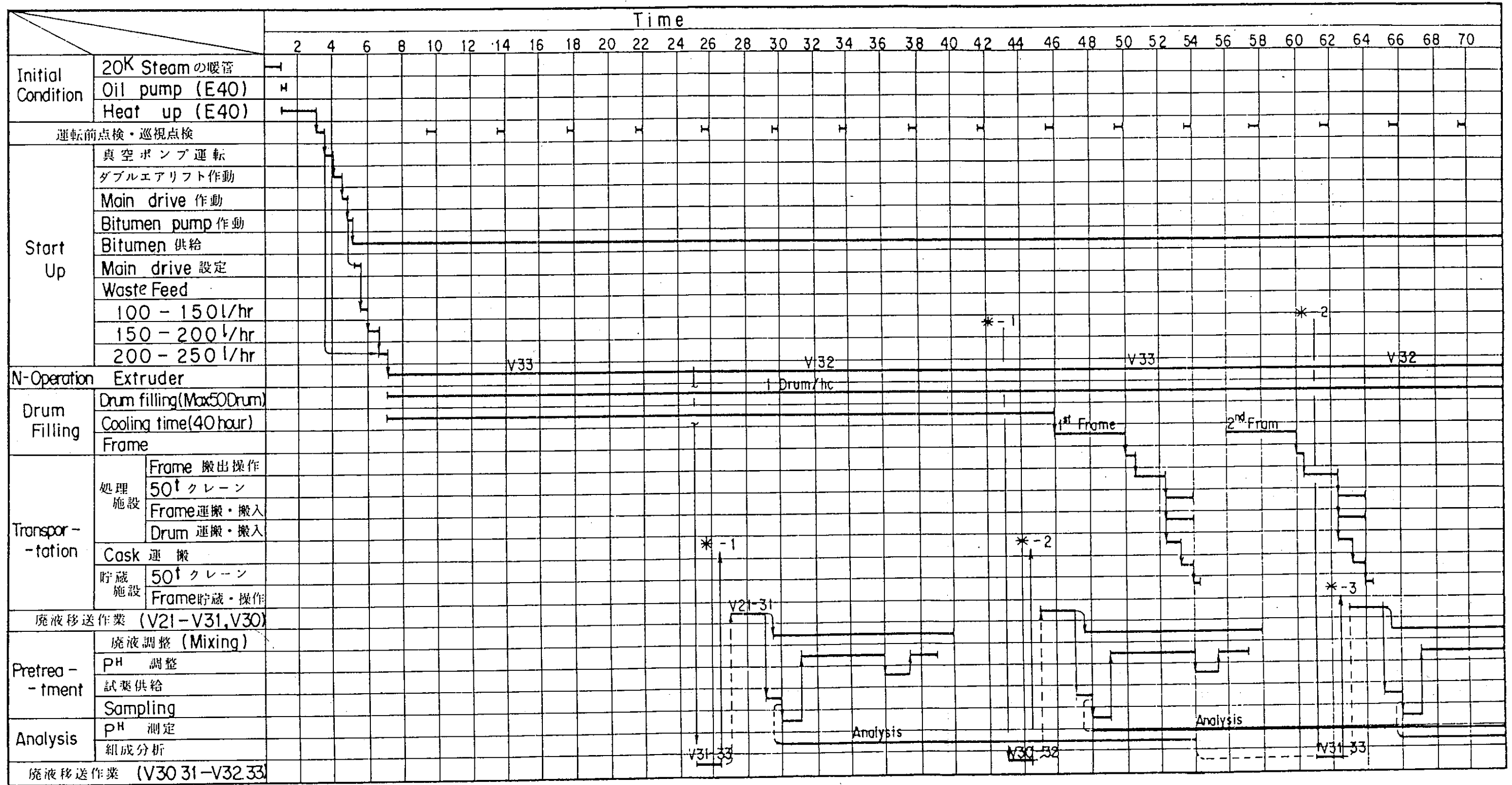
表-10 運 転 モ - ド



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Campaign												Adjustment Time					
Extruderの運転工程	Extruderの運転 (4人×4直)												Extruderの洗浄					
													溶媒回収					
Drum Filling工程	ドラム充填 (2人×4直)												廃液の受入, Pretreatment					
	アスファルト固化体 Drumの搬出 (2人×4直)												Drum缶の搬入					
輸 送 工 程	Frameの運搬 (2人×4直)												R 152室除染					
	トラック運転 (2人×4直)												Cask除染					



表-11 アスファルト固化処理施設の運転と作業工程



### 3. 設備と工程

#### 3.1 設備の概要(図-1～6参照)

アスファルト固化技術開発施設は、再処理工場から発生する第3低放射性濃縮廃液蒸発缶の濃縮廃液(UNIT326濃縮廃液)、低放射性濃縮廃液(UNIT331濃縮廃液)及び化学沈澱スラッジ廃液(UNIT323スラッジ廃液)の廃液を受入れ、PHを8～9.5に調整し、アスファルト中で安定なPH領域にし、RuのようなF.P.を金属水酸化物として不溶化する。また、BaSO<sub>4</sub>、Ni<sub>2</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]を廃液中で晶析させ、その共沈作用でSr90及びCs137を不溶化させ、固化体の浸出率を低く押える。処理された廃液は、エクストルーダに供給され、蒸発とアスファルトへの混合を同時に行い、200ℓドラム缶に塩/アスファルト比40/60～50/50の範囲で供給する。本ドラム缶は、フィーリングステーション内で48時間冷却し、中心部までが軟火点以下に下った状態でピュアアスファルトのポストフィーリングとキャッピングを行った後、4本1単位でフレームに入れ、貯蔵施設にキャスク移送される。貯蔵施設は、固化処理施設と独立の建家になっており、この間固化体ドラムは、キャスクトラックで輸送される。貯蔵施設は、10,000本のドラム缶の貯蔵能力があり、フレームハンドリング・マニピレータで遠隔貯蔵され、入庫管理はコンピュータで行われる。

アスファルト固化技術開発施設は、大きく分けて下記9つの機能を持つ工程から成る。

##### (1) Receiving Storage 工程

MA廃液(U321廃液)の廃液受入貯槽V21(250m<sup>3</sup>)及びLA廃液(Z廃液、ケミカルスラッジ廃液)の廃液受入貯槽V20(50m<sup>3</sup>)からなる。

##### (2) Pretreatment 工程

Reaction Vessel V30・V31, Feed Vessel V32・V33及び試薬供給設備からなる。

##### (3) Extruder 工程

4軸のエクストルーダ(WP社VDS-VT-120)を中心に廃液供給設備、アスファルト供給設備、エクストルーダ除染設備からなる。

##### (4) Drum Filling 工程

Asp固化体をドラムに充填する設備であり、充填にあたって固化体が冷却し、収縮する特性を考慮し、50%充填(ターンテーブル上で冷却収縮させた後、再度100%レベルまで固化体を充填)、1つのドラム缶に極力多くの固化体を充填できるように運転されている。

充填したドラム缶は冷却、ポストフィーリング、キャッピングを行った後、フレームに充填される。本設備は、フィーリングステーションと呼ばれるメカニカルセル内に設備され、遠隔自動又は遠隔手動で操作される。

##### (5) Waste treatment 工程

エクストルーダで発生するコンデンセイトを受け入れるV22・V23、及び油分除去を行うオイルフィルタユニットとアンバーエリア及びグリーンエリアで発生する廃液をそれぞれ

受ける槽V24・V25から成る。

(6) Off Gas Treatment工程

各ベッセルベントの排気を処理するアルカリスクラバー及び除湿設備、銀ゼオライトフィルターを設備したオフガスフィルタから成る。

(7) Sampling工程

各槽から真空でサブマージェンスを高めた状態で、ダブルエアリフトを用いてサンプリングヘッダー内のサンプリングジャグに廃液のサンプルを供給する設備で、サンプリングは、遠隔手動で行われ、サンプルはエアーシュートで分析設備に送られる。

(8) Asp固化体輸送工程

4本の充填ドラムが入ったフレームは、固化処理設備から貯蔵設備に移送する設備で、M351キャスクとキャスクトラックとからなる。

(9) アスファルト固化体貯蔵設備

MA系バンカー2室（貯蔵能力2,500本×2バンカー）及びLA系バンカー2室（貯蔵能力2,500本×2バンカー）より成り、コンピュータを用いた自動貯蔵機能を有す。

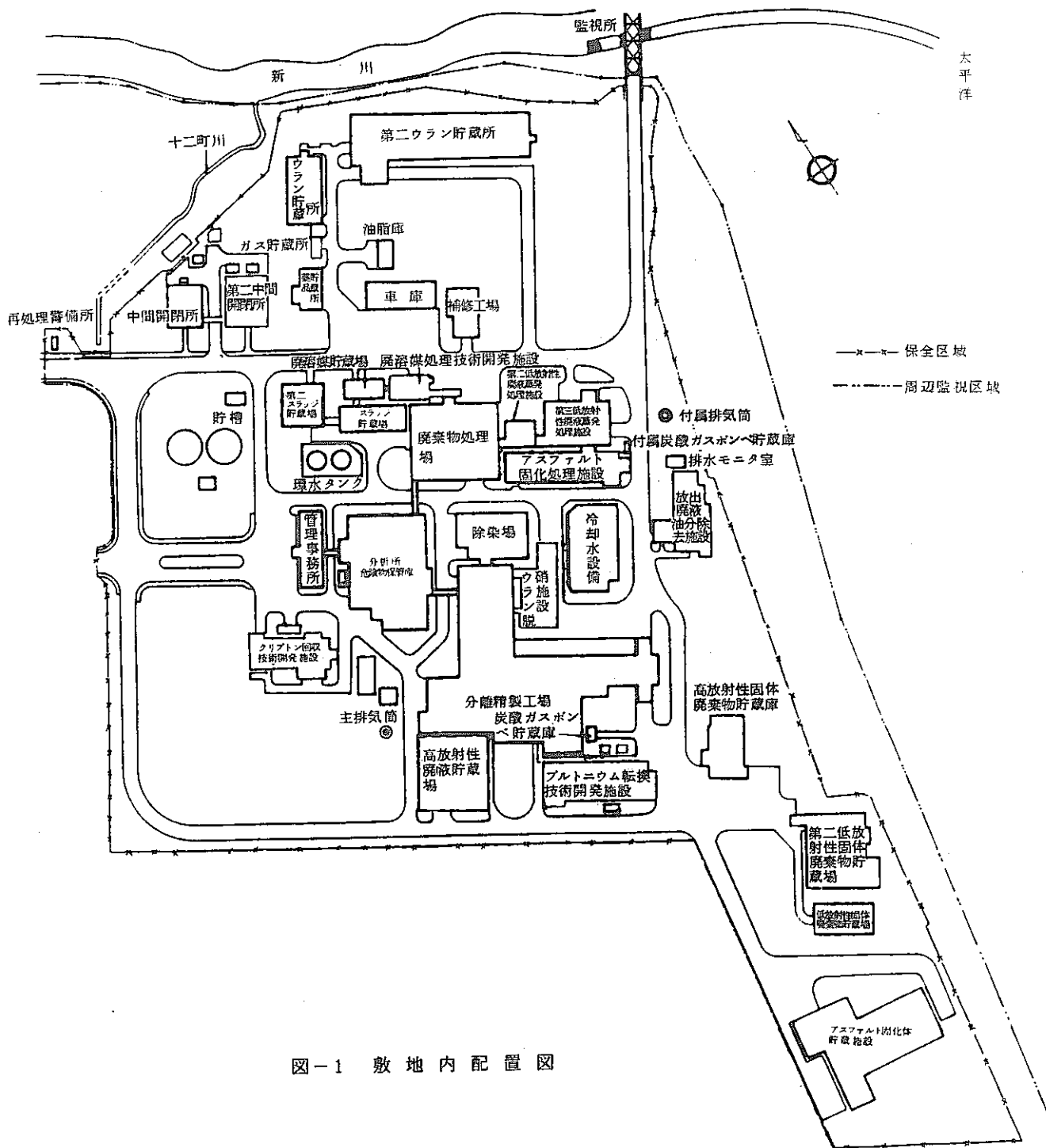


図-1 敷地内配置図

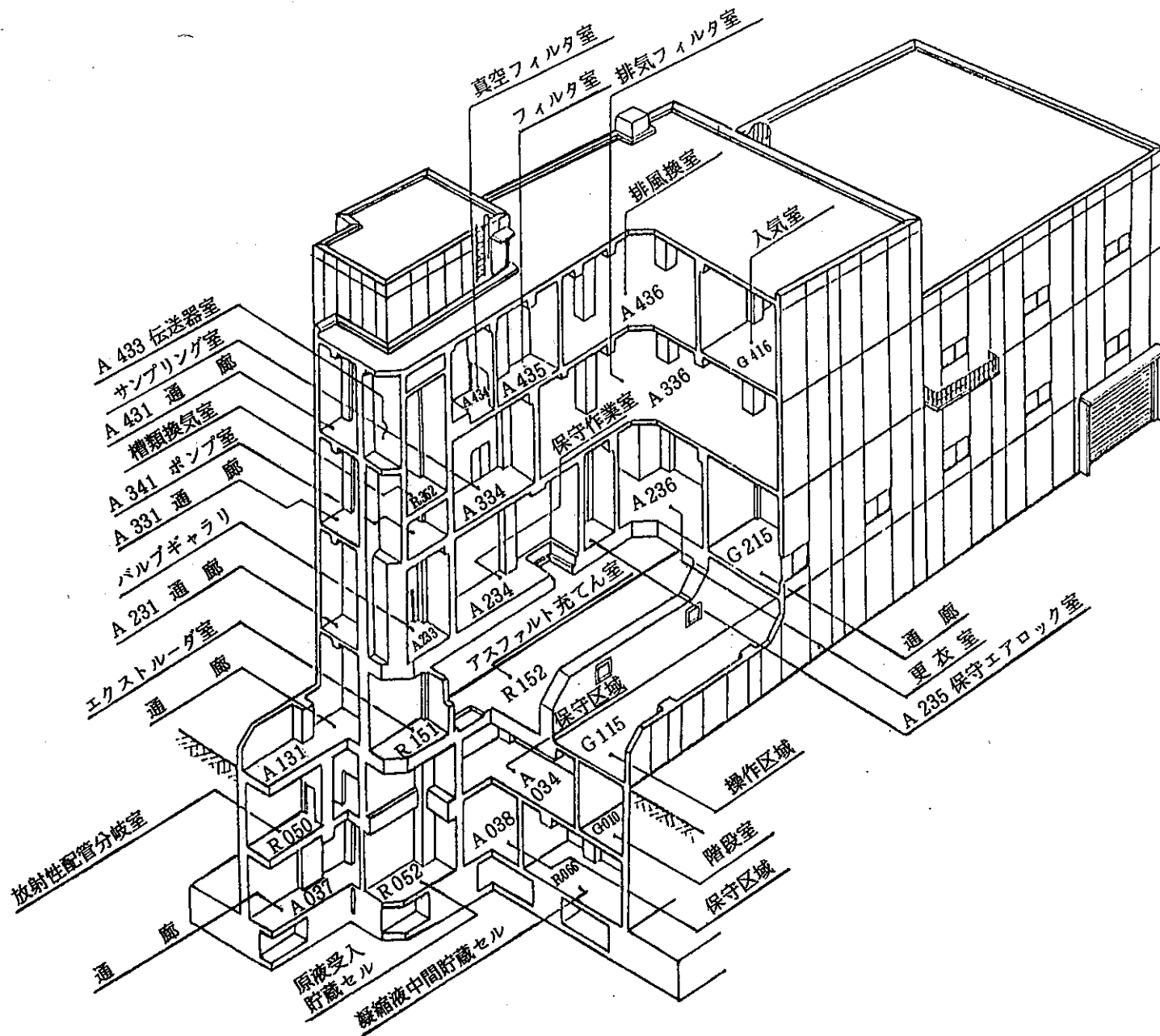


図-2 アスファルト固化処理施設 鳥かん図

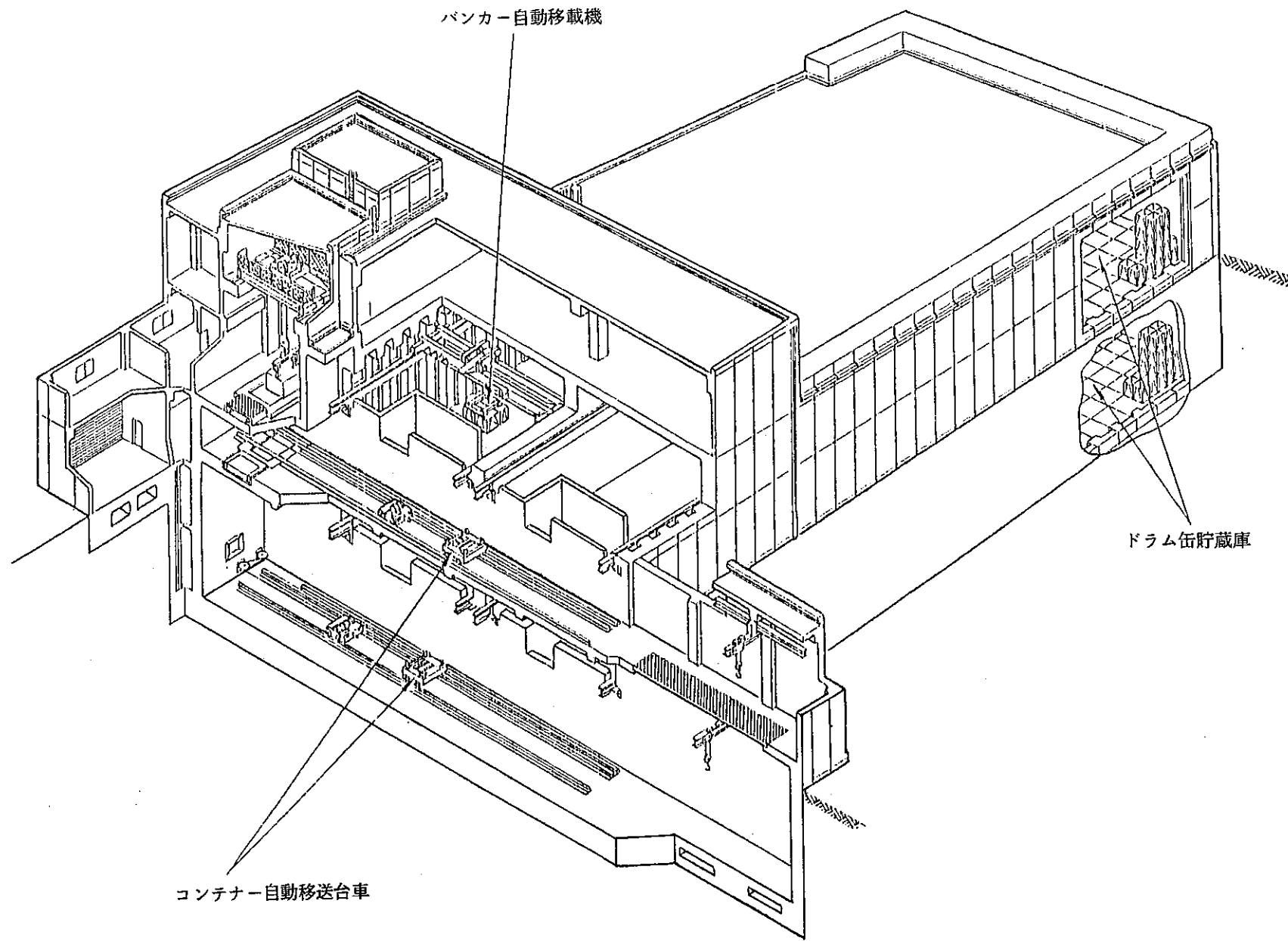


図-3 ドラム缶立体貯蔵設備

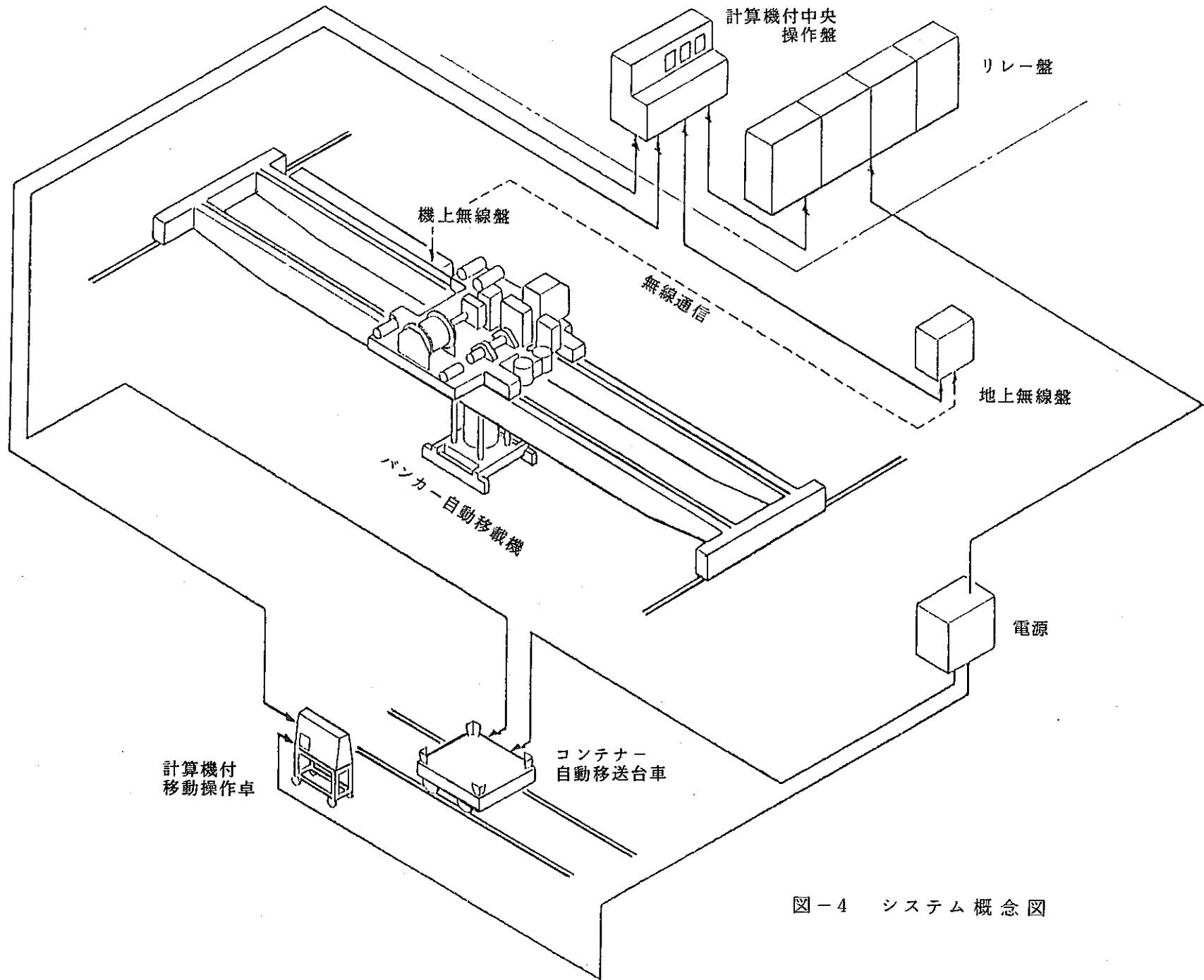


図-4 システム概念図

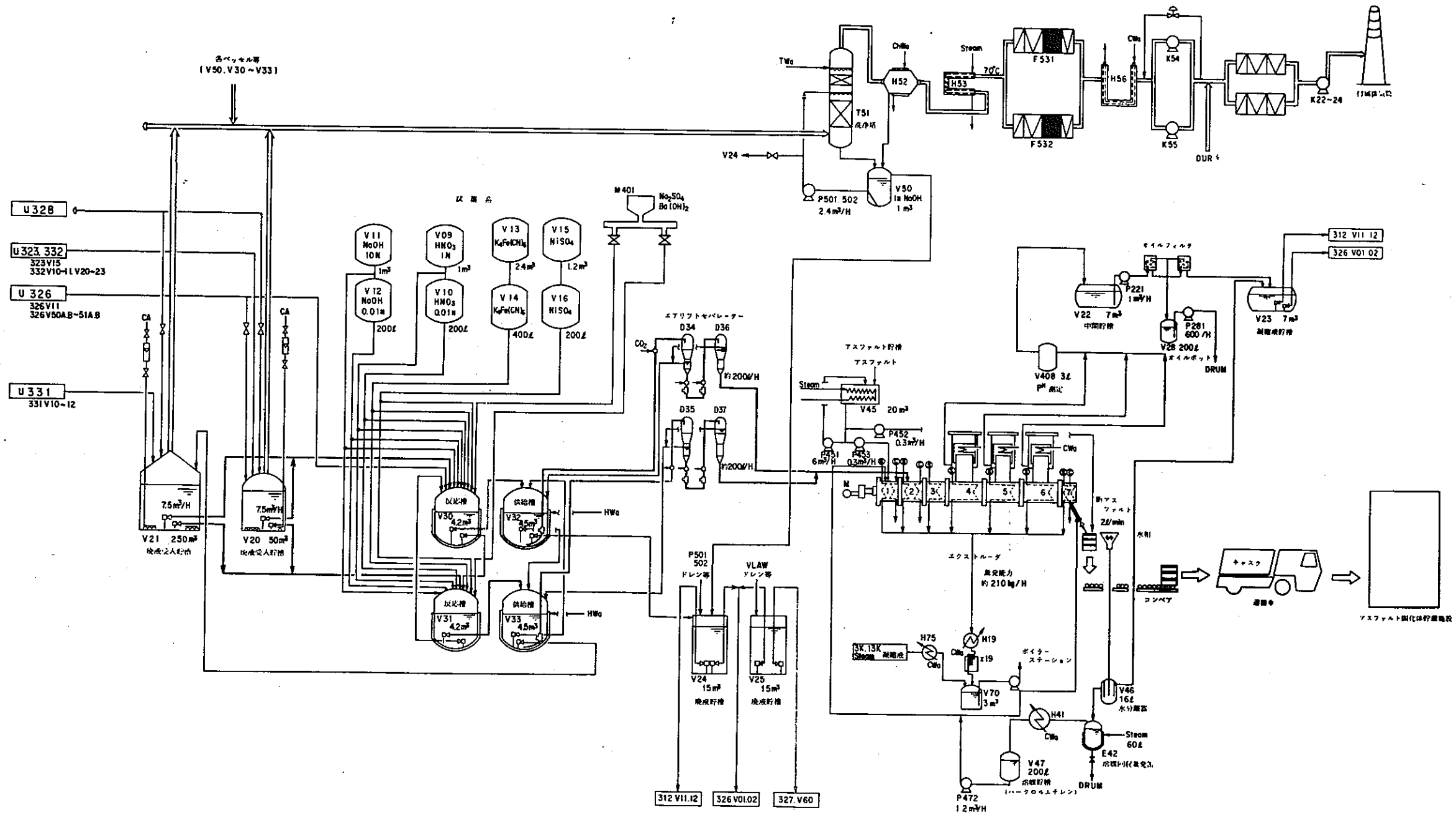


図-5 アスファルト固化処理施設プロセスフローシート



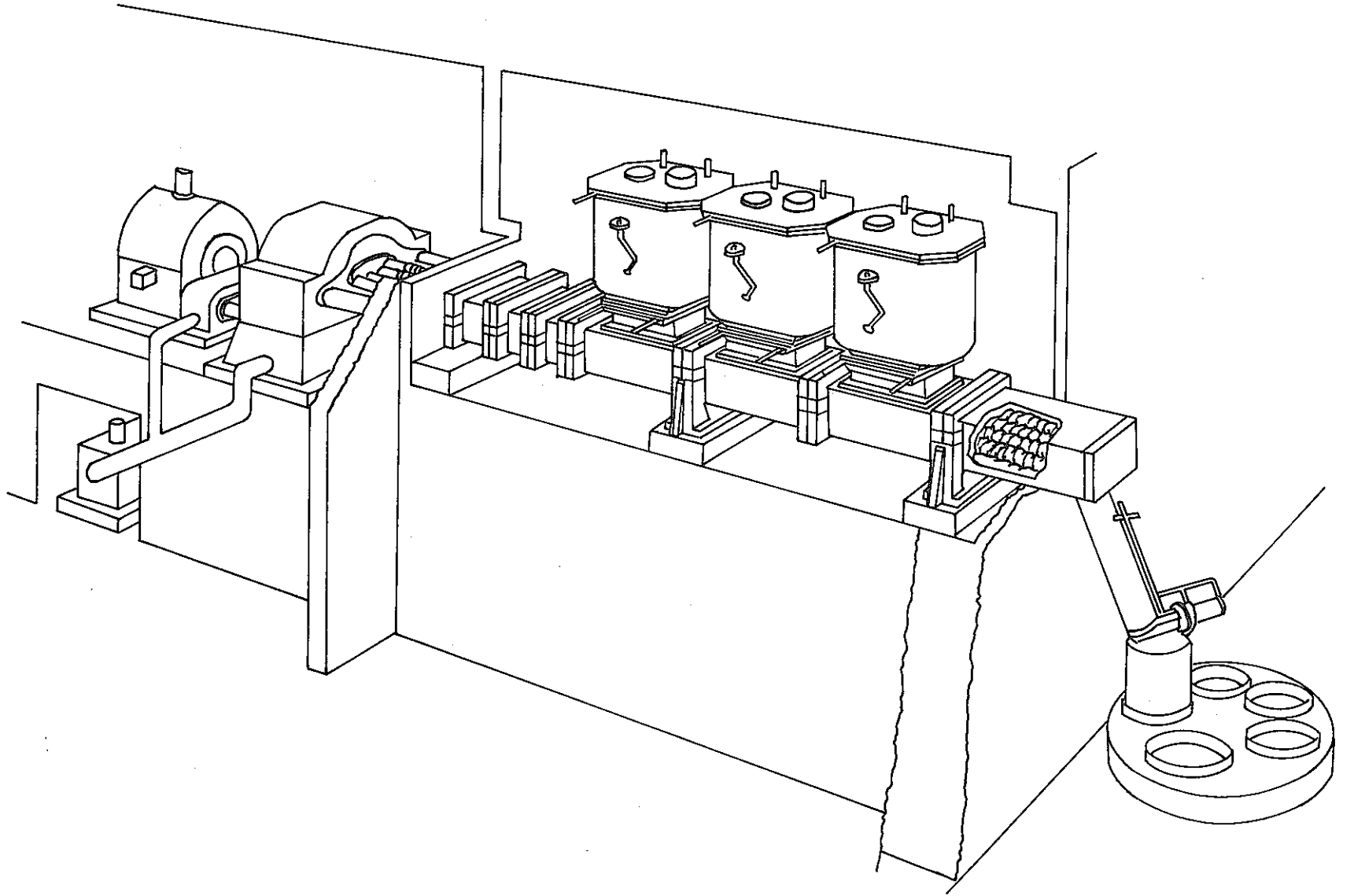


図-6 エキスートルーダ 概略図

## 3.2 各工程の評価

### 3.2.1 Receiving Storage 工程

Asp 固化処理施設には、MA 廃液受入貯槽（V21, 250 $m^3$ ）及び LA 廃液受入貯槽（V20, 50 $m^3$ ）があり、低放射性濃縮廃液（UNIT331 濃縮廃液）は、V21 へ一時貯蔵し、また極低放射性濃縮廃液（UNIT326 濃縮廃液）あるいは、化学沈澱スラッジ（UNIT323 廃液）は V20 へ一時貯蔵する。これらの各ベッセルは、制御室にて廃液の液位・温度等を管理でき、廃液受入前後・移送前後に記録することにより、各ベッセルの収支を知ることができる。

U331 廃液には、アルカリ性廃液と酸性廃液の 2 種類があり、この両液が混合すると NO<sub>x</sub> の発生の恐れがある為、V21 ではアルカリ性で管理している。

V21, V20 のあるセル、R051, R052 に隣接する部屋の線量率を測定したところ、すべて検出限界（0.05mR/H）以下であった。

### 3.2.2 Pretreatment 工程

前処理工程は、前項で述べた廃液受入貯槽から移送された液を受け入れ、不溶化処理、PH 調整を行なう反応槽（V30, V31）及び反応槽よりスチームジェットで移送された液をエクストルーダに供給する供給槽（V32, V33）の 4 つのベッセルがある。

不溶化処理には、硫酸ソーダ、水酸化バリウムの粉体をパウダーコンベアーにて反応槽に供給し、硫酸バリウムの沈澱とともに Sr（ストロンチウム）を共沈させる。

また、硫酸ニッケルとフェロシアン化カリを添加し、フェロシアン化ニッケルの沈澱とともに Cs（セシウム）を共沈させる。この不溶化処理について、U326 廃液について不溶化処理を施した場合と施さない場合についての、それぞれについて固化処理を実施したが、除染係数に顕著な差はなく、運転のしやすさを考慮し、U326, U323 の各廃液は、不溶化処理をせず、運転を行なうという結論に達した。

### 3.2.3 Extruder 工程

前項の供給槽（V32, V33）より、廃液をダブルエアーリフトによりエクストルーダ（Zone 2）に供給し、また Zone 1 にビチューメンを供給し水分を蒸発させ、廃液の塩分とビチューメンを混合して、ドラム缶詰めする。

水分の蒸発量として計測にあたって PH ポット（V408）にて PH ポットに溜るコンデンセイトの時間を計り、その時の蒸発量を求め、かつコンデンセイトタンク（V22）の液位の増加を単位時間毎に記録し、それを以ってエクストルーダの蒸発量とした。その結果、蒸発量 200 $l/hr$  を超える運転も可能であることを確認した。

除染係数については、U326・U323 は、 $2 \times 10^2 \sim 5 \times 10^2$  であり、U331 は  $1 \times 10^3$  であることを確認した。

### 3.2.4 Drum Filling 工程

アスファルト固化体充填室の一連の動作として、

1. 空ドラム搬入

2. グラブツールでドラムをターンテーブルへ
3. 充 填
4. マスタースレーブマニピュレータによるドラムカバー取りはずし
5. グラブツールによる充填ドラムをコンベアー（M131, M132）へ
6. ピュアアスファルト充填
7. キャッピング
8. クレームハンドリングマニピュレータによる充填ドラムをフレーム内へ
9. 搬 出

これらの機械的性能は良好であったが、自動又は手動遠隔操作であり、故障あるいはオペミスによる破損等があると運転を一時中止し、A234メンテナンスエリアまたは、R152内へ立入り補修しなければならないので、機械操作には十分な配慮が必要である。

### 3.2.5 Waste Treatment 工程

液体廃棄物処理タンクは、

V23: エクストルーダコンデンセイトタンク

V24: LA Drainタンク

V25: VLA Drainタンク

があり、V24、V25の発生量、放射能濃度を表-12に示す。

表-12 液体廃棄物

	発 生 量	放射能濃度
V24	0.35m <sup>3</sup> /day	7.2 × 10 <sup>-4</sup> μCi/cc
V25	0.90m <sup>3</sup> /day	<1 × 10 <sup>-6</sup> μCi/cc

これらの液は、U326 V01・V02へ移送を行なった。

### 3.2.6 Off Gas Treatment 工程

各ベッセルベントからのヨウ素バランスにより、オフガスフィルターのヨウ素除染係数は10<sup>3</sup>であり、スタックから放出される放射能は1 × 10<sup>-12</sup> μCi/cc以下となる。

### 3.2.7 Sampling 工程

本施設では、V20～V25、V30～V33、V50内の液をSamplingするために、2台のサンプリングベンチを設置している。

サンプリングベンチのトングは、強度的に弱く破損しやすかったが、操作レバーの簡素化や治具の変更・改良により、操作が良好となった。

スラリーサンプリング系の場合、エアーリフトを作動させて、廃液を循環したままサンプリング用バキュームを生かしてサンプリングすると、このサンプリングライシ自体がエアーリフトとなり、廃液がバキュームライン中を上昇していつてしまう。

これを防止する為に、エアリフト用バキュームバルブとCAフィードバルブ2ヶを開としている時には、サンプリング用バキュームバルブは開けられない様に、インターロックを組んでシーケンス改造を行なった。

上記改良等により、より良いサンプリングが可能となった。

### 3.2.8 Asp 固化体輸送工程

ホット試運転中固化体輸送工程のうち、ドラムハンドリングマニピレータ（DHM）横行用パワートラックの損傷と、M351キャスク昇降装置駆動部の異常音を発見した。

DHMパワートラックの損傷はオペミスであり、R152内に立入り補修を行ない、M351キャスクはウォームギアとウォームホイールギア間の異常摩耗であり、改造等を行なうことによりスムーズな輸送工程を確保した。

尚、固化体輸送中のM351キャスクの表面線量率は、0.05mR/H以下であった。

### 3.2.9 アスファルト固化体貯蔵工程

アスファルト固化処理施設で製作されたアスファルト固化体は、アスファルト固化体貯蔵施設に保管貯蔵される。

貯蔵施設には、LA貯蔵庫とMA貯蔵庫が各2室ずつあり、廃液の種類に応じて貯蔵される。各々の貯蔵庫は、 $161 \times 4 \times 4 = 2576$ 本の固化体が貯蔵できる。すなわちLA貯蔵庫には、 $2 \times 2576 = 5152$ 本、MA貯蔵庫にも5152本貯蔵でき、将来は増設することを考えている。貯蔵の管理として貯蔵台帳を作成し記録することにより、固化体の貯蔵番地・内容（比重、固形分濃度、放射エネルギー等）がわかるようにしている。又、貯蔵台帳とドラム履歴を照らし合わせることで、オペレーションの状況も把握できるようにした。

この工程中、フレームハンドリングマニピレータ（FHM）が走行不能という事態におちいり、点検したところ浮上り防止板に傷及びFHM原点調整ロッドピンに傷を発見し、補修を行なった。

## 4. 安全解析（安全性評価）

## 4.1 発 泡

## (1) 背 景

U331廃液は、再処理の溶媒洗浄工程で発生する廃液中に含まれる炭酸ソーダを、全塩中の約17%の濃度で含んでいる。炭酸ソーダは当初よりあまり注目されていなかったが、ユーロケミック社のMR. Demonie より炭酸ソーダを含む廃液は発泡性に富むため、運転に対しては十分な注意が必要な旨指摘があり、U331 廃液の固化に先立ち各種の実験が実施された。

## (2) 発泡のメカニズム

炭酸ソーダは、水に溶けた状態でPHに依存して存在する。組成を表-13に示す。

表-13 炭酸ソーダ組成

	$\text{CO}_3^{2-}$ (%)	$\text{HCO}_3^-$ (%)	$\text{H}_2\text{CO}_3$ (%)	$\text{CO}_2$ (%)
PH5	$2 \times 10^{-5}$	4.2	0.516	95.5
PH6	0.003	6.9	0.05	30.9
PH7	0.5	81.2	0.03	18.3
PH8	3.8	7.9	0.03	17.2
PH9	32.6	67.2	$2.4 \times 10^{-4}$	0.15
PH10	83	3.14	$6.11 \times 10^{-6}$	0.04
PH11	98	2	$7.25 \times 10^{-8}$	$4.3 \times 10^{-5}$

一方廃液はPH8～9.5に調整されているため、廃液中には $\text{CO}_2$ をMAX17.2%含んでいる。このため廃液を加熱すると $\text{CO}_2$ がガス化し発泡を引き起こす。

さらにアスファルトの混合に際して、アスファルト中のエステル、カルボン酸、カルボキシル酸、ヒドロキシル酸等の酸と反応を起こし、さらに $\text{CO}_2$ の発生を促すものと考えられる。

ちなみに本施設で使用されるアスファルトR85/40中には、 $0.85 \text{ mg KOH/g}$ の酸を含んでいる。これらの酸によって生成されたケン化物質は、石ケンと同様発泡性に富んだ物質と考えられる。発生した $\text{CO}_2$ は液、アスファルトの粘性、攪拌状態に応じて発泡を引き起こすものである。

## (3) ビーカー実験

$\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{NaHCO}_3$ を粉体水溶液の状態でアスファルトと混合加熱すると、何れの場合も激しい発泡を引き起こす。

$\text{Na}_2\text{CO}_3$  5gとアスファルト13gを混合加熱した場合、気相中には通常の3.6倍の $\text{CO}_2$

が存在した。NaHCO<sub>3</sub> 10gとアスファルト 36gを混合加熱した場合、気相中には通常の297倍のCO<sub>2</sub>が存在した。

以上より、炭酸ソーダの発泡性とCO<sub>2</sub>の発生が確認された。

#### (4) 2軸エクストルーダによる実験

日揮(株)衣浦研究所において、2軸のエクストルーダ(ZDS-T53)を用いてU331と同様の組成の模擬廃液の発泡確認試験を実施した結果を、表-14に示す。

表-14 発泡確認結果

アスファルトの種類	蒸発量(kg/Hr)	廃液のPH	消泡剤*(ppm)	発泡の有無
R85/40	7.8	8.6	-	有
R85/40	10.0	8.6	-	有
R85/40	12.0	8.6	-	有
R85/40	15.0	8.6	-	有
R85/40	7.8	9.6	-	有
R85/40	7.8	10.0	-	有
R85/40	7.8	11.0	-	有
R85/40	7.8	11.5	-	有
R85/40	7.8	11.9	-	有
R85/40	7.8	8.6	100	有
R85/40	7.8	8.6	500	有
R85/40	7.8	8.6	1,000	有
R85/40	7.8	8.6	15,000	有
R85/25	7.8	8.5	-	無
R85/25	8.9	8.5	-	無
R85/25	7.8	9.5	-	無
R85/25	15	9.5	-	無

\*消泡剤はシリコン系(信越化学KM-83Aを使用)

表に示す通り2軸のエクストルーダでは、アスファルトR85/40を使用する限り、全ての領域で発泡し消泡剤の効果がない。アスファルトをより固いR85/20に変えた場合は、発泡を起こさないことがわかった。

#### (5) 本施設の運転

① これまでの実験で、同じ条件でもアスファルトの固さによって発泡が起きる場合と起きない場合が、明確に分れる。

このことより、発泡現象の発生は炭酸ガスの発生のみには支配されるのではなく、廃液、

アスファルトの粘性、攪拌状態等のレオロジーにより決まるもので、本施設の4軸のエクストルーダの場合、2軸の場合と様相が異なることが推定された。

従って、本施設のエクストルーダを用いた試験を実施した。

② 模擬廃液を用いた試験

炭酸ソーダの濃度を、30 g/l、60 g/l、100 g/l、140 g/lと上げていき発泡の有無を調べた。その結果、何れの場合も4軸のエクストルーダでは発泡を起こさないことが確認された。

(6) 実廃液の運転

実廃液の固化は、U331 廃液 1、U326 廃液 5 の比率で混合し、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  の濃度を6分の1に希釈された廃液を用いて開始された。この運転では、発泡によるトラブルは発生しなかった。

従って、次のステップとしてU331の単独廃液の処理を行った。この運転でも、発泡によるトラブルは発生しなかった。

(7) 結 論

ビーカーテスト及び2軸のエクストルーダでは激しい発泡を起こし、炭酸ソーダのアスファルト固化は困難が予想されたが、4軸のエクストルーダでは何ら問題は起きなかった。発泡の現象は化学工学的にも解析が困難な分野であり、発泡の予測は経験を基に論じられるのが現状であるが、本施設のエクストルーダWP社VDS-VT-120はマルクールやカールスルーエでの2軸エクストルーダZDS-T型の基礎研究を基に改良されており、発泡現象に関しても優れた機能を備えていた。

4.2 NO<sub>x</sub>

## (1) 背景

本施設が受け入れる U331 廃液はアルカリ性廃液と酸性廃液の 2 種類があり、アルカリ性廃液中には NO<sub>2</sub> が 44.6 g/l, CO<sub>3</sub> 1.85N の濃度で存在する。

このため両液が混合する V21 では、液が酸性になると NO<sub>x</sub> と CO<sub>2</sub> が発生する。これを防ぐために、V21 はアルカリサイトになるように管理されている。このため、両廃液混合時の NO<sub>x</sub> 発生量は 16 mol, アスカリスクラバ通過後の NO<sub>x</sub> 量は 12 mol 程度に押えられていることが確認された。このときのスタック排気筒での濃度は 1~1.5 ppm に過ぎず何ら問題はないが、V21 を常にアルカリ側に管理することはプラントとしての柔軟性に欠け、また、誤動作によって大量の NO<sub>x</sub> を放出させてしまう危険性を内在する。

従って NO<sub>x</sub> 処理プラントを設置することは、NO<sub>x</sub> 放出の安全性を飛躍的に向上させるため、このプロセスの検討と安全性評価を実施した。

(2) NO<sub>x</sub> 吸収プロセスの検討

NO<sub>x</sub> 吸収プロセスは、乾式処理法として触媒を用いる方法と湿式処理法が存在する。乾式法はガスを 300℃~400℃ の高温にする必要がある点と、NO<sub>x</sub> 濃度が 1% を越えると爆発の危険性があるため本設備には不適當である。

湿式法では、アルカリに吸収されにくい NO を酸化し NO<sub>2</sub> とする。

Fe-EDTA-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> による NO<sub>x</sub> 吸収法が非常に有効である。

従って Fe-EDTA-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 法による確認試験を実施した。本法は低濃度範囲の NO<sub>x</sub> に対する脱硝効率はほぼ 100% であることが実証されていたが、本実験の様に NO<sub>x</sub> 10% を越える領域では未知の分野であった。この結果を NaOH 法と比較して、表 - 15 に示す。

表 - 15 NO<sub>x</sub> 除去効率

脱硝プロセス	NO <sub>x</sub> 除去効率	
	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
NaOH 法	90%	0%
NaOH-Fe-H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 法	99%	90%

この結果、高濃度の NO<sub>x</sub> 吸収において、NaOH-Fe-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 法が極めて有効なことが確認された。以上より同法によりプロセス設計を行うと、図 - 7, 8 のフローとなる。

(3) Fe-EDTA-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 法の安全評価

Fe-EDTA-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 法で NO<sub>x</sub> を処理した場合、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 亜硝酸ソーダを含む廃液が発生する。

この廃液をアスファルト固化した場合、残留 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 濃度によっては固化体の火災に対する危険性が増す可能性があるため、この点に着目して実験を行った。残留過酸化水素の濃度を 0.72 wt% としたときの模擬廃液をアスファルト固化して、その運転性及び固化体の着火



点、示差熱分析を行ったが、何れも問題は無かった。一方、廃液は1日放置した場合、3 wt%の $H_2O_2$ は0.2 wt%まで減少する。

従ってこの廃液をアスファルト固化することは、何ら問題が無いという結論が得られた。

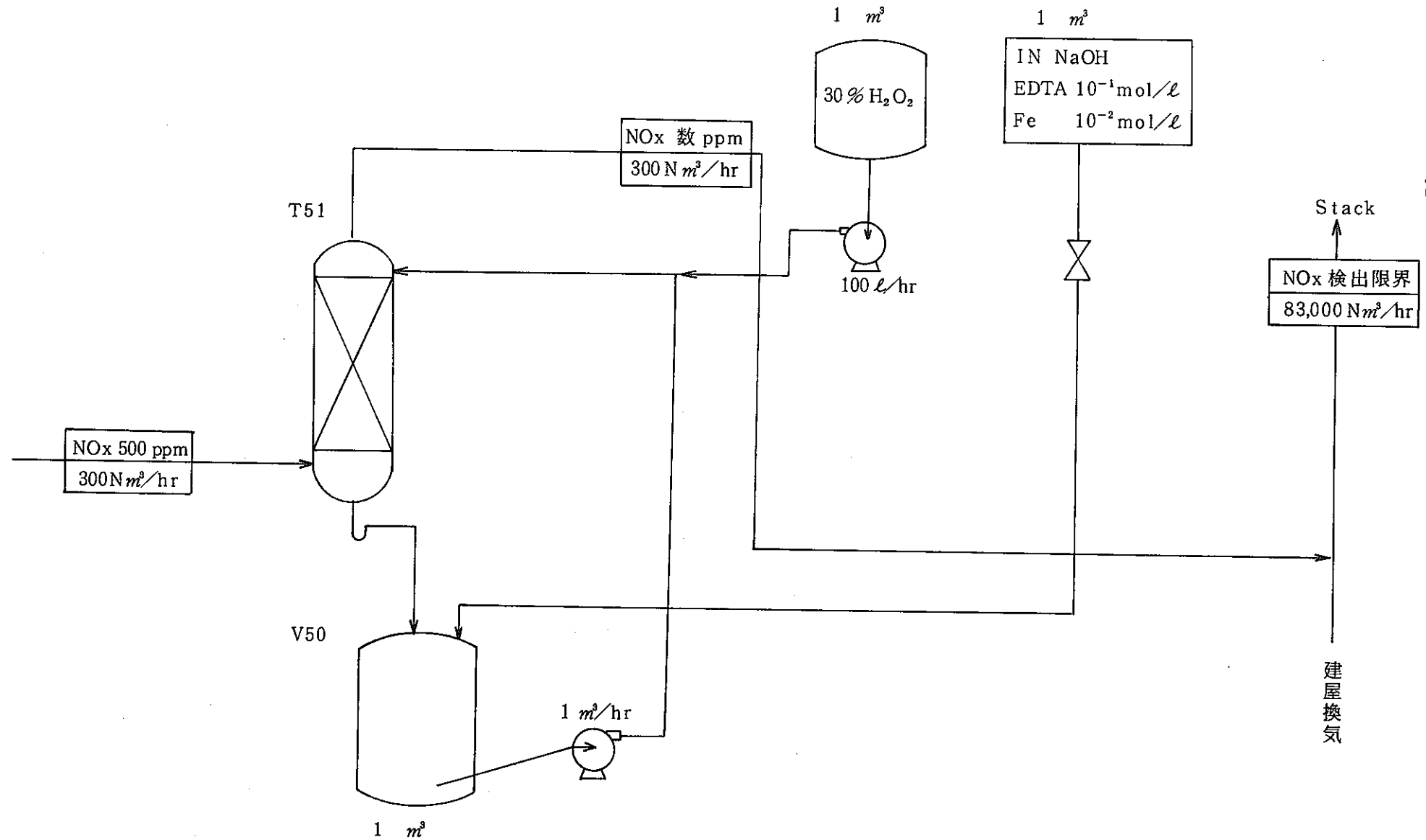
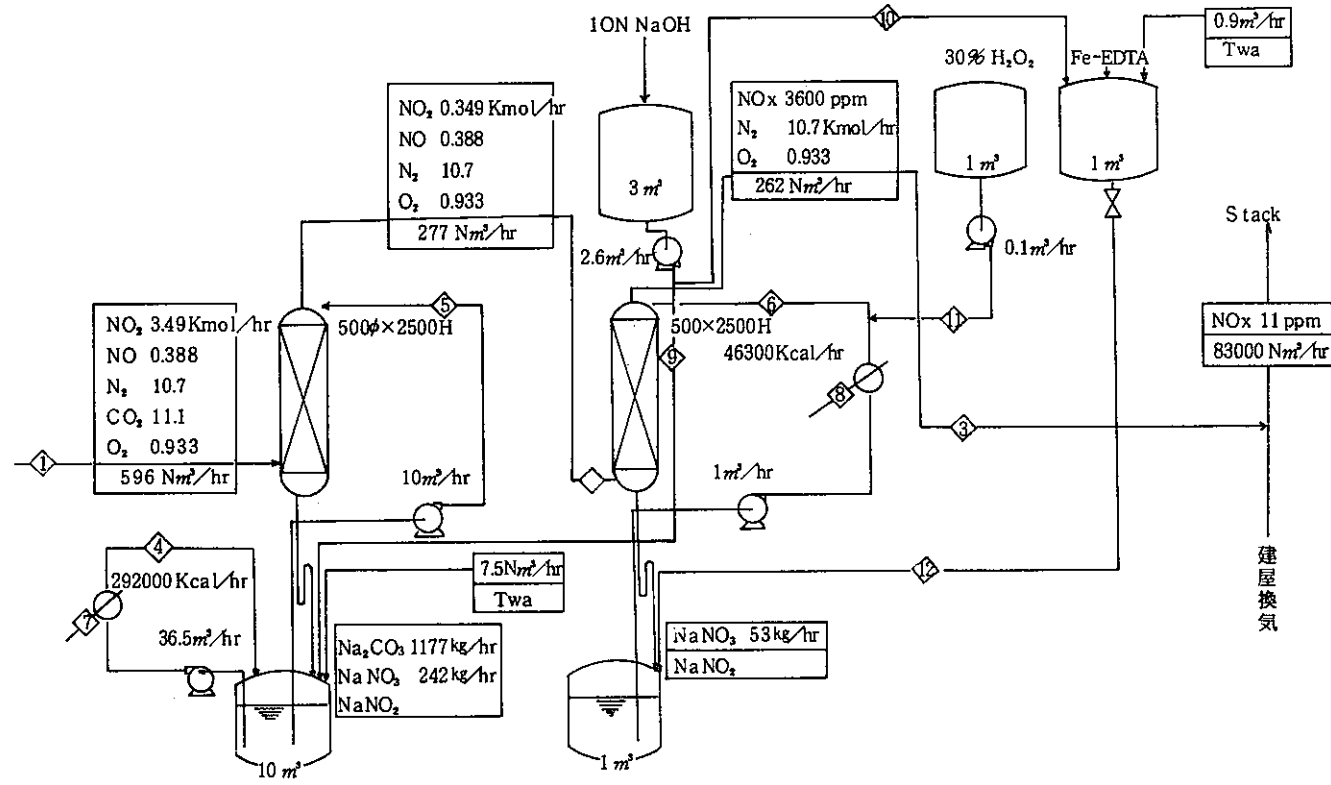


図-7 現状の施設に Fe-EDTA-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> プロセスを適用する場合のフローシート



LINE No	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫
流・体名	OFF GAS	OFF GAS	OFF GAS	25N NaOH	25N NaOH	1N NaOH	Cwa	Cwa	10N NaOH	10N NaOH	30% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Fe-EDTA
流量 kg/hr	596Nm <sup>3</sup> /hr	277Nm <sup>3</sup> /hr	262Nm <sup>3</sup> /hr	40150	11000	1040	73000	11575	3325	133	111	1m <sup>3</sup> /Batch
温度 °C	50	50	50	50/42	50	50	40/44	40/44	50	50	50	50
比重 ρ/cg	0.0013	0.00107	0.00107	1.1	1.1	1.04	1.00	1.00	1.33	1.33	1.11	1.04
備 考						PH 11 以上 H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 3% 以上 EDTA 10 <sup>-1</sup> ml/l Fe 10 <sup>-2</sup> ml/l					⑥が H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 濃度の 3% 以上保つよ う調節する	1N NaOH 中に EDTA を 10 <sup>-1</sup> mol /L, Fe を 10 <sup>-2</sup> mol/ L 溶解した もの

図-8 最大ケースのMOx放出に対するフローシート

## 4.3 火 災

### (1) 背 景

1981年12月15日、ユーロビチュームのフィーリングステーション内で火災事故が発生した。これは、ドラム充填後の固化体中の発熱反応により引き起こされるもので、火災発生後直ちに水噴霧設備により消し止められた。この事故の情報は、ユーロケミック社のスーパーバイザーによってもたらされた。

このため、火災対策を検討した。

### (2) 実規模ドラムによる燃焼実験

本実験は、実規模ドラムの燃焼形体の確認、水噴霧設備の性能確認、CO<sub>2</sub>消火設備の性能確認を目的として実施した。降水量分布及びドラム缶位置を、図-9に示す。

#### ① 燃焼形体のまとめ

- イ) NaNO<sub>3</sub>塩の濃度が低い場合は継続燃焼せず、53 wt %以上の固化体で継続燃焼が確認された。
- ロ) 定常燃焼時の平均燃焼速度は3.7 kg/minであり、このときのドラム内の温度は1064℃に達し、火炎の直径は0.6 m、最大高さは3.5～4 mであった。

#### ② 水噴霧設備の性能確認のまとめ

- イ) 降水量分布を確認したところ、ターンテーブル上で一部降水量が少ない箇所があったため、スプレイの追加を行った。この結果、降水量分布は前頁の通りとなった。
- ロ) 5分間の放水で消炎し、8分間の放水で完全消火した。このことにより一定時間継続放水すれば完全消火が可能なが確認された。

#### ③ CO<sub>2</sub>消火設備の性能確認のまとめ

実設備の設計値CO<sub>2</sub>濃度34%で、表面燃焼の火災は充分消火できることが確認できた。しかしながら、冷却効果が無いため、CO<sub>2</sub>濃度が下ると再着火することが確認された。

### (4) 示差熱分析

ユーロビチュームの火災事故原因が、固化体中の低温領域での発熱物質の存在であることからわかるように、廃液中物質の発熱特性を調べることは、火災事故を防止するうえで非常に重要である。このため示差熱分析計を導入し、廃液中の発熱物質の特性の評価を実施した。

示差熱分析は、前処理後の廃液を110℃以下で蒸発乾固させた試料について実施し、空気雰囲気中で250℃以下に発熱ピークが無いことを確認するものとする。

示差熱分析法は、今後継続的に実施するため、セル内で遠隔操作が可能な示差熱分析計を現在計画中である。

- 降水量 .....  
 ・ヘッドA, B 2ヶ放水時  
 ・ヘッドBは, ヘッドAと対称位置に設置  
 ・測定位置は, Drum缶上面, 中央  
 ・放水圧力及び流量:  $3.0 \text{ kg t/cm}^2 \times 150 \text{ l/min/ヶ}$

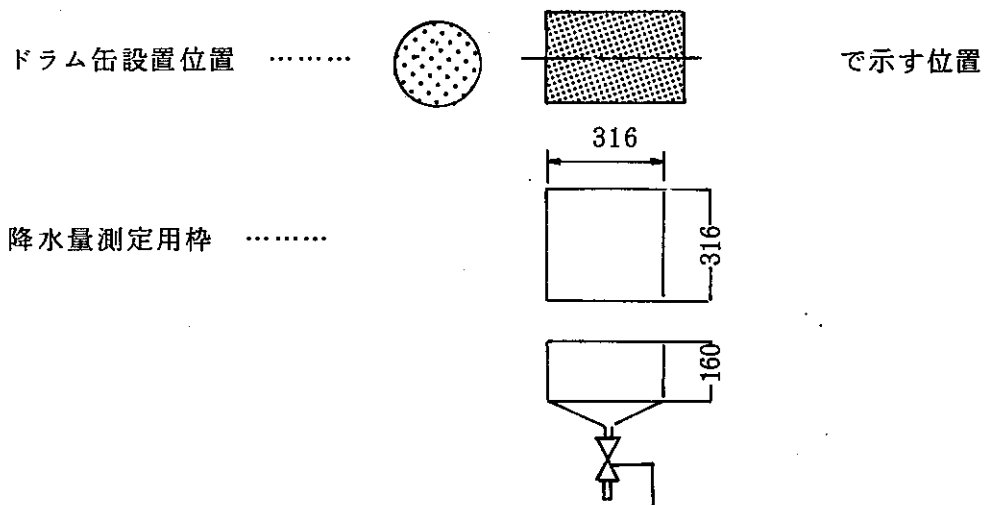
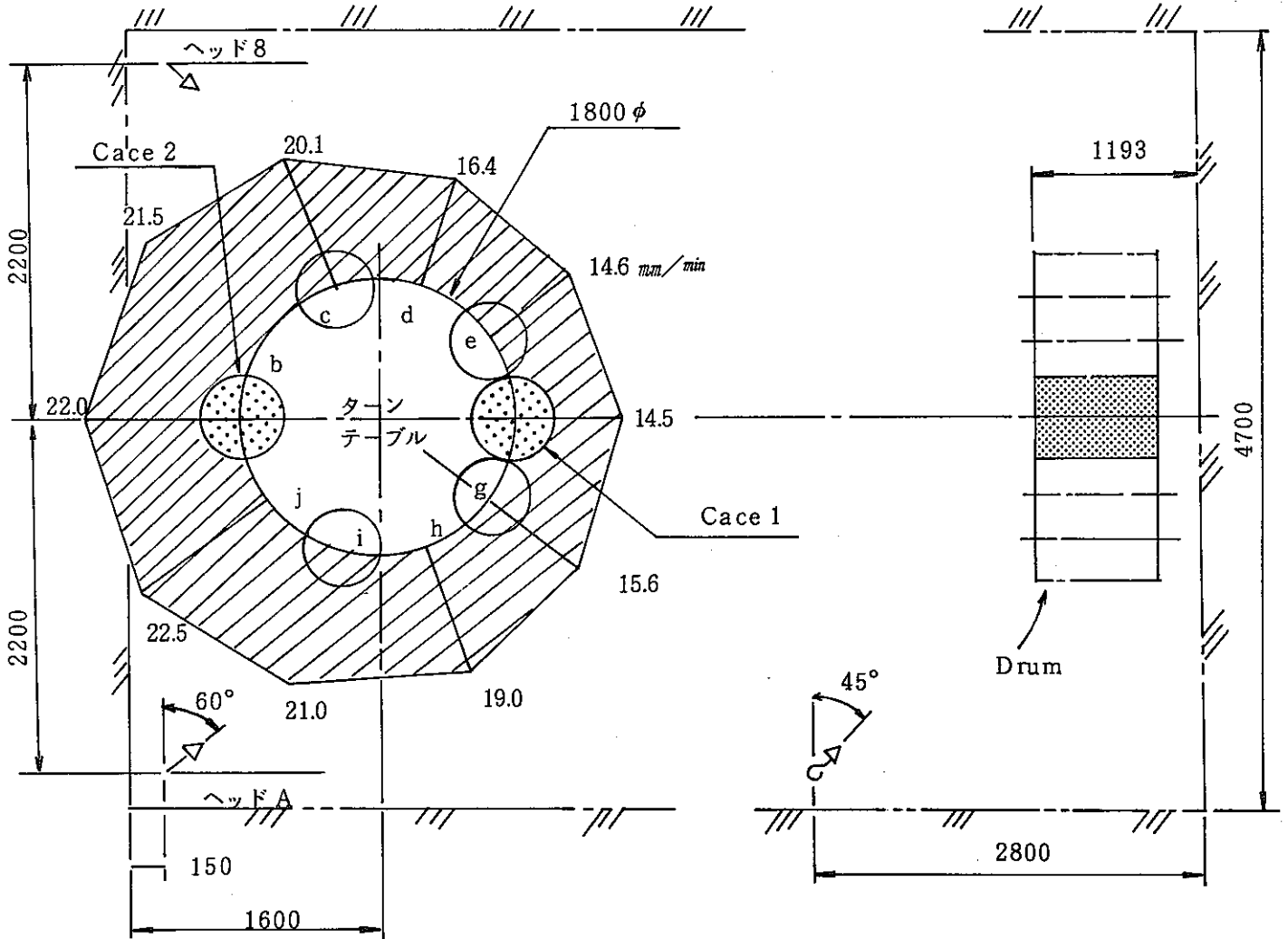


図-9 降水量分布及びドラム缶位置

## 5. 要 員 訓 練

本 Asp 固化処理施設にたずさわる運転要員に対し、試運転前、試運転中に十分な教育及び訓練を実施した。

というのは、人身事故、物損事故、及び汚染事故、被ばく事故等がひとたび発生した場合には、それらの原因調査、処置及び対策を施すのに莫大な人員と時間を費やさなければならない。その為に、試運転の延期、しいては施設の健全性を損うことにもなりかねない。そこで、放射線に関する教育及び訓練、運転方法を始めとする施設の理解を深める為に、試運転前から試運転中を通じ要員の訓練に力を入れた。

### (1) 導入教育

試運転員は、放射線作業従事者に指定し、従事者教育を兼ね次の内容の導入教育を実施した。

- ① 再処理工場の概要
- ② Asp 固化技術開発
- ③ 関係法規（含保安規定）
- ④ 放管教育
- ⑤ 一般安全教育

### (2) Section 別勉強会

Cold 試運転前に運転要員を各 Section 別に分け、運転方法 Process 等の勉強会を実施した。

- ① 班長教育
- ② Extruder 班
- ③ 前処理班
- ④ メカ班
- ⑤ 分析班

### (3) コールド試運転中に於ける訓練

コールド試運転は、前述したエクストルーダの最適運転条件を見い出すことを目的とする他に、運転員の運転技術を修得することも大きな目的の一つであった。

プロセス系の運転、槽類換気、サンプリング操作、前処理、メカ操作、すべての操作が、運転員の教育訓練の場となった。

また、放射性物質の取扱い、セル内立入訓練は、放射性物質を想定した範囲での訓練の場となった。

コールド試運転終了後、報告会を開き、コールド試運転で得られた知識及び結果等を互いに報告しあい、より一層の施設の理解を深めた。

### (4) Hot 試運転に於ける訓練

Hot 試運転では、実廃液使用する為、より一層の放射性物質の取扱いに注意し、作業前に

PNC I8440 86-02

は作業工程の打合せ，及びO.S.C.Lに従って作業を進めた。また何かトラブル等があると，反省会を開くとともに，十分な作業計画を作り，対策に及んだ。

尚，ホット試運転では，

1st Campaign U326

2nd Campaign (前半) U326 + U331

(後半) U331

と放射能濃度の低い廃液から少しずつ濃度を挙げたのも，要員訓練を考えての計画であった。

## 6. 設 備 の 改 造

本キャンペーン中、M351 キャスク昇降装置のウォームギアー及びホイールギアーの摩耗が確認されたため改造が必要となったが、試運転の工程を大巾に遅らすことなく、緊急処置で破損箇所の取り替え及び破損原因を除去し、暫定処置として、より信頼性の高い部品への交換をした。この間、キャスクは十分な点検を実施し、安全を確認しながら運転を続けた後、最終的にこの間検討された最良な構造に改造された。

3rd キャンペーンでは、U323 化学沈澱スラッジの処理を行った。本廃液は、極めて希薄な溶液でエクストルーダの処理範囲に入らないため、現実的な方法としてU326 廃液を混合させ処理を行った。本キャンペーンでは、廃液の供給量は224 ℓ/hr (蒸発量 204 ℓ/hr) まで上昇させた。

なお、DFは、分析結果から算出すると200程度となるが、これはU331の高い放射能濃度の廃液を処理した後なので、正しいDF値を示していないと判断される。

3rd キャンペーン後、ASP貯蔵庫のFHMが異常停止したため、FHMの全面点検を実施し、原因を取り除いた。

最後に、4thキャンペーンとしてギャランティー試験を実施し、各廃液を3バッチ連続処理を行い、保証性能の確認を行った。

試運転中に、本施設で行なった改造のうち、主なものをいくつかここで触れることにする。

### (1) E40 ソルベント抜き出し配管追加

エクストルーダをソルベント洗浄した時、W108 からソルベントを抜き出すと、ソルベントに溶けなかった固化体がファンネル及び配管を詰まらせることがわかり、エクストルーダの洗浄には、エクストルーダ内でソルベントを蒸発洗浄する方法を採用した。このため、エクストルーダコンデンセイトラインとソルベント回収ラインとの間に新たなラインを作り、エクストルーダドームよりソルベントを回収した。

### (2) 前処理シーケンス等改造

PH調整に於ける、0.01NのNaOH、HNO<sub>3</sub>の微調整は、使用する試薬の量・時間を考慮すると、現実的ではない。そこで2N HNO<sub>3</sub>、NaOHを使用できるようにした。

### (3) M351 キャスク

アスファルト固化体を貯蔵庫に入庫する際、キャスク昇降装置駆動部より異常音が発生したため、点検を実施した結果、ウォームギヤとオイルギヤに異常な摩耗等が発生しており、昇降駆動部の改造を実施した。



## 7. 課 題

### 7.1 海洋投棄に対する問題点及び展望

日本に於ける海洋投棄は、昭和53年12月、総理府令第56号「核燃料物質等の工場又は事業所の外に於ける廃棄に関する規則」が制定され、更にセメント固化体に関して同時に科学技術庁告示第9号「核燃料物質等の工場又は事業所の外における廃棄に関する措置等に係る技術的細目を定める告示」が発令されている。

当該法律の思想のベースは、ロンドン条約、IAEA勧告、OECD、NEA指針によっている事から、アスファルト固化体の海洋投棄に係る要求項目も、これらの法規、指針に従うものと考えられる。以下、アスファルト固化体海洋投棄の、技術的な面について記述する。

#### 1) 比 重

固化体パッケージの比重は、1.2以上であること。

本施設で発生する固化体は、いずれも比重が1.2以上になるよう運転管理されている為、問題ない。

#### 2) 形 態

総理府令等によれば、放射性廃棄物を封入し、又は固型化した容器を海洋投棄の際、着水時、海中降下時及び着定時に於て、放射性廃棄物が容易に飛散し、及び漏洩しないものである事が規定されている。

また、NEAの指針によれば、容器が損傷し、その収納機能が無くなっても、放射性物質が海中へ放出し、拡大するのを遅らせるような収納物にする必要がある。

#### 3) 高水圧特性

日本における、試験的海洋投棄処分予定海域の深さは、6,200 m以上であり、従って、700 kg/cm<sup>2</sup>の高水圧でも、パッケージが破損しない事が要求される。

本施設で発生する固化体パッケージは、ドラム缶内で固化体の上面をアスファルトキャッピングしたものとなっており、更に、固化体中から発生する放射線分解によるガス等の蓄積がないよう、ドラム缶の蓋は気密構造とはなっていない。従って、高水圧下でもドラム缶内外は均圧になり、特別に破損等の事故になるとは考えられない。

#### 4) 耐浸出性

投棄時に、放射性物質が容易に飛散・漏洩しない事が法規で要求されているが、安全性を一層高める観点から、海底着地後に於ても、なるべく長期間にわたり、放射性物質の浸出を生じないものである事が望ましい。その意味に於て、アスファルト固化体はセメント固化体に比して1/100～1/1,000と浸出性に秀れている事が、従来、各国及び国内各研究機関等に於て研究され、明らかになっている。一方、本施設では、アスファルト固化する前に前処理プロセス（核種の不溶化プロセス）を採用しており、海洋投棄を前提にした場合、耐浸出性が更に向上する事が期待されることから、より安全性に秀れた固化体パッケージを作成する事が可能である。

## 5) 耐 候 性

耐候性については、一時保管時のパッケージの耐腐蝕性、或は海水中のパッケージの耐腐蝕性と考えられる。

パッケージを固化体の容器として考えた場合、容器の耐蝕性が問題となる。

本施設では、200ℓスチールドラムが採用されているが、国内他施設で一部採用されている多重ドラムに比較した場合、耐候性に於ては劣る。将来、アスファルトパッケージについての指針が定まった時点で明確になると思われるが、問題点の1つとして挙げられると思われる。

## 6) 耐 衝 撃 性

取扱い時、輸送、着底時の衝撃並びに損傷に対して健全である事が要求されるが、スチールドラムの固化体としては、セメント固化体のそれ、また、多重ドラムに比較すると若干劣る。

## 7) 固 化 体 物 性

固化体としては、長期間放射性廃棄物を封じ込める為に、物理的、化学的に安定なものである事が要求される。

アスファルト固化体としては、比重、耐水性、耐浸出性、耐放射性、耐薬品性等に於ては問題ないが、強度に関しては、使用固化剤の特性から、他種固化体に比較すると低い。

## 8) 放 射 能 濃 度

前述の科学技術庁告示第9号に於て、投棄用パッケージの放射能濃度の規制がなされている。

○ $\alpha$ 線を放出する放射性物質	1 Ci/ton
○ Ra 226 及び Pb 210 と共存する Po 210	0.1 Ci/ton
○ $\beta\gamma$ (トリチウム除く) を放出する放射性物質	100 Ci/ton
T 1/2 > 6M 又は T 1/2 不明なもの	
○ Tr 及び $\beta\gamma$ で T 1/2 < 6M のもの	10 Ci/ton

(上記の濃度算定は、その重量の合計が1,000 tonを越えない投棄物毎に、当該投棄物中に含まれる放射性物質の数量の合計を、当該投棄物の重量の合計で除することにより行う) 一方、日本が実施しようとする海洋投棄は、ロンドン条約にのっとり行なわれる事になるが、昭和55年10月同条約の批准に当り、国会決議がなされており、それらは以下の通りである。

- i) 海洋投棄についての、安全性研究の充実と安全確保
- ii) 水産関係者の一層の理解を得る努力
- iii) 効果的国際機構下での国際協調
- iv) 長寿命  $\alpha$  核種の低減

特に、これらの中で項目iv)は、 $\alpha$  廃棄物を極力投棄しない事を意味している。また、1976年、科学技術庁原子力安全局から提出された報告では、 $\alpha$  廃棄物について、試験投棄 < 1 Ci/

y, 本格投棄 $< 20 \text{ Ci/y}$ となっている。これに対して, 本施設で発生する固化体中の $\alpha$ 廃棄物含有量を検討する。

対象固化体	58.1 現在
Unit 321 廃液固化体	$\sim 0.4 \text{ Ci/ton}$
Unit 326 廃液固化体	$\sim 0.02 \text{ Ci/ton}$
Unit 323 廃液固化体	$\sim 0.02 \text{ Ci/ton}$

上記各廃液中のPu含有量に対して, 前記の法規等に関連を見ると

- (1) 1,000 トン当りの $\alpha$ 放射性物質 $< 1 \text{ Ci/ton}$  告示9号
- (2) ロンドン条約批准時の国会付帯決議④  
 $\alpha$ 核種を極力投棄しないこと。
- (3) 投棄総量 ( $\alpha$ について)  
試験投棄  $1 \text{ Ci/y}$   
本格投棄  $< 20 \text{ Ci/y}$

となっており, 本施設で発生する固化体の海洋投棄は, 非常に悲観的といえる。

#### 9) 表面線量率

表面線量率が  $200 \text{ mR/HR}$  以下という条件は, 輸送時に遮蔽容器を使用する事で満足すると考えられるが, 投棄作業時の手間や, NEAの指針等を考慮に入れれば, 海洋投棄の場合のパッケージの表面で  $200 \text{ mR/HR}$  以下にすべきであるという意思がある。

この点からすると, ユニット 321 濃縮廃液の固化体については, 多重パッケージにする等の検討が必要であり, 今後の問題点の1つとして挙げられる。

次に海洋投棄の前提として, 固化体の輸送上の問題がある。

固化体のサイトから輸送に関連する国内各法規は次の通りである。IAEA輸送規則を基に法制化されたもので, 核燃料物質等の工場又は事業所の外に於ける運搬に関する規則

(昭和53年総理府令第57号)

同上に関する技術上の基準に係る細目等を定める告示

(昭和53年科学技術庁告示11号)

次図に上記法令と, 放射性輸送物の分類を示す。

放射能規制による事業所外運搬に於ける輸送物の分類

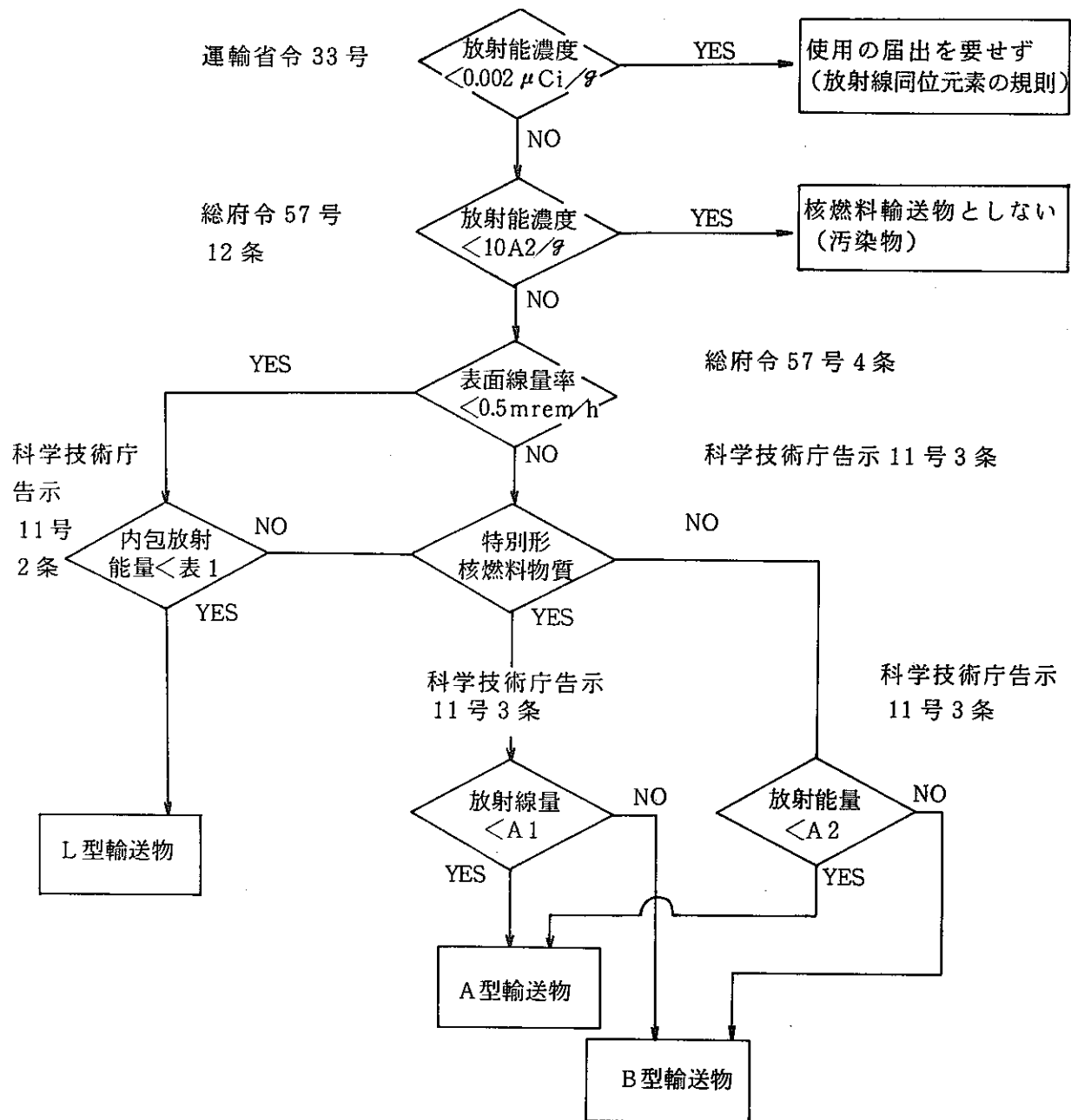


表 1.

放射性収納物の形状	放射能量
固体 1) 特別形	$10^{-3} A_1$
2) その他	$10^{-3} A_2$
液体	$10^{-4} A_2$
気体 1) 特別形	$10^{-3} A_1$
2) その他	$10^{-3} A_2$

$A_1, A_2$  : 告示 11 号第 2 条の規定に定める数値

本施設で発生する固化体について考えると、前述の告示よりユニット 321, 326, 323 のいずれも、U, Pu を含んでいる事から  $A_2$  値として、 $\alpha$  線を放出する放射性物質が含まれ

ている場合： $2 \times 10 \text{ Ci}$  が得られ、従って輸送容器としては、B型輸送物となると考えられる。

(321, 326, 323 のいずれも 1 ドラム当り  $> 2 \times 10 \text{ Ci}$ ) この場合一番問題となる点は、容器の輸送面から要求される評価試験項目のうち、事故時試験項目としての耐火試験である。

即ち  $800^\circ\text{C}$  の環境に 30 分間放置する必要がある、B 型輸送容器でアスファルト固化体を運搬する場合注意が必要である。

この観点から言えば、現在のスチールドラム固化体の場合は、条件が厳しすぎる様に思われる。一方、多重ドラムの場合は、この条件を満足させる事が可能である。

(まとめ)

以上技術的な面について述べて来たが、アスファルト固化体の海洋投棄上満足すべき各項目は、最終的には告示等でその基準が示されると思われるものの、セメント固化体に対する基準値よりゆるやかになる事は考えられず、最少限以下の各項目は、クリアーされる必要がある。即ち、

- (1) 本施設で発生する固化体を海洋投棄する為には、パッケージの型式の再検討が必要であり、今後の問題として残されている。
- (2) 本施設で生成される固化体中には Pu が含有しており、これに対して規制値及び国会決議等から考えて、現在のままの固化体の海洋投棄は、はなはだ悲観的と考えられる。
- (3) 日本の試験投棄そのものに対して、試験海域周辺の諸国から強い反対が表明されており、コンセンサスを得るのが困難な見通しである。

等々の技術的な面、政治的な面の両面を検討した結果、本施設から発生する固化体の海洋投棄に対する展望としては、悲観的といわざるを得ない。

## 7.2 今後の本施設への対応

今後、本施設は、開発運転を通じて設備及び体制を拡充させ、本格操業を開始する。本項では、設備及び体制を拡充させるための基本的考えを述べる。

体制の拡充としては、下記項目がターゲットとなる。

### ○ スタッフ部門

本格操業運転に到るプログラム作り、及び運転サイドからの情報を解析し、プログラムに反映させる。

廃液処理計画の作成及び管理

保守計画の確立及び管理

設備拡充計画の作成及び管理

予備品、消耗品、ドラム、フレーム、試薬類の在庫計画の確立

### ○ 運転グループ

運転、保守、放射線取扱の技術の向上

ハードウェアプロセスに関する知識の向上

運転組織運営技術向上

運転データ解析とそれによる予測能力向上

作業解析と設備機能拡充の提案

設備機能の拡充としては、大きく分けて3つのターゲットが設定される。

- (1) 操作性の向上
- (2) 設備能力の向上
- (3) 信頼性の向上

次項以下に、それぞれの基本的考えを述べる。

### 7.3 操作性の向上

操作性を向上させるためには、以下の方針で設備を見直さなければならない。

- (1) 設備のシステム化
- (2) 設備の自動化
- (3) トラブル頻度が高い設備の見直し
- (4) 保守性の向上

以下に、それぞれの具体例を示す。

#### (1) 設備のシステム化

##### ① エクストルーダシーケンス監視設備

本件に関しては、現在発注済であり、本施設の導入により、本施設の中心設備であるエクストルーダの運転状態の把握と、トラブル時の自己診断が容易になる。

##### ② マイクロコンピュータ導入

データプロセッシングを行い、運転状態、固化体ドラムの管理、保守及び予備品の在庫管理、試薬、アスファルト、ドラム、フレームの在庫管理の実施、施設から発生する廃液の管理を行う。

#### (2) 設備の自動化

設備の自動化は、日常ルーチン化して頻度が多い作業を中心に検討する。

##### ① サンプリング

ジャグのセット、サンプル採取、サンプル移送、サンプルラインの洗浄の一連作業を自動化する。

##### ② M351 キャスクの放管サーベイ

本作業は、固化及び貯蔵の両施設で実施され、輸送工程の中で時間的に占める割合は大きい。従って、本設備の導入の意義は大きいと考えられる。

#### (3) トラブル頻度の高い設備の見直し

##### ① 粉体供給設備

粉体ハンドリングが非常にトラブルが発生し易い箇所であることの原因は、水分の影響で、粉体が本来持つ流動性が損われるためである。従って、粉体供給に先立ち、積極

的に乾燥させるドライヤーの導入と、投入シュートを乾燥させる為の熱風の除湿設備の導入、粉体の粒状化等の検討が必要と考えられる。

② 冷却水水質管理設備

冷却水は、その性格上最もスケーリングを起し易く、チラーユニット、エアーコンプレッサに悪い影響を与える。

このため、濃縮管理、防錆管理を自動的に行わされることが望ましい。

(4) 保守性の向上

① サンプルングベンチ

サンプルングベンチ内を、サンプルングエリアと保守エリアに分け、保守性・操作性を向上させ、自動サンプルングシステムの導入を計る。

## 7.4 設備能力の向上

本施設の中心であるエクストルーダ、及びフィリングステーションは、設備能力としてフィックスされているため、設備能力を向上させるには、稼働率の向上とダウンストリームの設備能力向上を計らなければならない。

稼働率の向上のためには、予防的保守体制の向上が必要であり、またダウンストリームの設備の能力を向上させるためには、輸送設備、貯蔵設備を中心に下記項目の実施が必要となる。

- ① キャスクの増設
- ② キャスクトラックの増設
- ③ 第2 ASP貯蔵設備の建設
- ④ 第1 ASP貯蔵設備の貯蔵能力の見直し
- ⑤ キャスク放管サーベイの自動化
- ⑥ 施設内で発生する廃液のうち、放射能が無いものを直接C施設に移送する。

## 7.5 信頼性の向上

信頼性の向上としては、設備及び運転の信頼性を向上させることと、できた固化体の信頼性を向上させることが上げられる。そのためには、下記項目の実施が検討されよう。

① 予防的保守の向上

法的に義務づけられた保守、及びマニュアルに示された定期的な保守の実施は当然であるが、さらに非常用の警報、及びプロテクション設備等常時使用しない回路を、模擬信号入力等で定期的にチェックを行う。

- ② 示差熱分析等分析設備及び分析要員の拡充
- ③ 固化体の品質管理のための分析設備の設置
- ④ 固化体の処分に関して研究を行うため固化体評価設備

## あ と が き

アスファルト固化技術開発施設の処理対象廃液である低放謝性濃縮廃液は、57年春頃貯槽が満杯となり、アスファルト施設の完成、廃液の受入れが再処理工場の運転にとって必須の状況にあった。

この状況の中で、57年5月1日アスファルト固化処理施設の管理区域の設定、廃液の受入れを実施し、再処理工場の運転を支援できたことは、①運転要員の確保、②試運転契約締結、③保安規定等許可取得、④地方自治体への対応等について本社、東海の事務・技術部門を含めた、全社的バックアップの賜物と感謝している。

試運転は、コールドおよびホットを含めて、当社スケジュールに対して約1.5ヶ月の延長はあったものの、ほぼ順調に遂行できたと考えている。

試運転の遂行に当っては、ユーロケミック再処理工場より運転部長Dr. Hild氏、アスファルト運転課長Mr. Demonie氏をアドバイザーとして招聘できたことが大いに力となった。

また、アスファルト施設に多く採用されている機械シーケンス計装の運転管理を円滑に進めるため、草野工業(株)との契約を試験運転に着手する昭和58年1月に締結した。この運転計装要員は、試験運転を遂行して行く上で、中心的役割を果している。

一方、基幹要員であるコスモインターナショナルの運転員は、原子力産業での経験を一つ一つ踏まえ、技術能力の向上に努めて来ており、今後に期待したい。

このプロジェクトを推進するに当たり、事業団関連部所、並びに日揮(株)の多大なる支援・協力が得られたことに、深く感謝して、お礼申し上げたい。