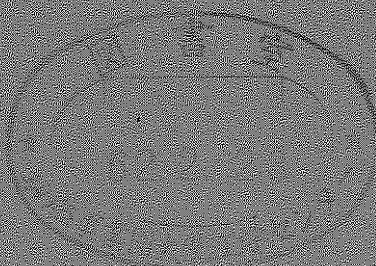


海外出張報告書

MOL 原子力研究所研修報告



1986年11月

技術資料コード	
開示区分	レポート No.
	N 9600 86-006
この資料は 図書室保存資料です 閲覧には技術資料閲覧票が必要です 動力炉・核燃料開発事業団大洗工学センター技術管理室	

動力炉・核燃料開発事業団
大洗工学センター

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせください。

〒311-13 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002

動力炉・核燃料開発事業団

大洗工学センター システム開発推進部・技術管理室

Enquires about copyright and reproduction should be addressed to: Technology Management Section O-arai Engineering Center, Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation 4002 Narita-cho, O-arai-machi, Higashi-Ibaraki, Ibaraki-ken, 311-13, Japan

動力炉・核燃料開発事業団 (Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation)

海 外 出 張 報 告

MOL 原子力研究所研修報告

坂 本 勉 *

要 旨

1985年7月24日から1986年7月23日までの1年間、ベルギーのMOL原子力研究所（SCK/CEN）廃棄物処理部において放射性廃棄物処理技術に関する研修を受けた。

本報告書は、当処理部における処理方法及び処分に関する現状について、その概要をまとめたものである。また、研修期間中に他施設、研究所等の見学も行ったので合わせて報告する。

* 管理部廃棄物処理課

目 次

I	研修概要	1
II	MOL原子力研究所 (SCK/CEN)	2
1.	MOL原子力研究所の概要	2
2.	廃棄物処理部における廃棄物の処理	6
2.1	固体廃棄物の処理	6
2.1.1	概 要	6
2.1.2	低レベル α 廃棄物	7
2.1.3	低レベル β γ 固体廃棄物	7
2.1.4	高レベル固体廃棄物	7
2.1.5	処理施設及び処理装置	8
(1)	アルファホール	8
(2)	ベータ・ガンマホール	8
(3)	高温焼却炉	9
(4)	高レベル廃棄物詰替装置	20
(5)	固体廃棄物貯蔵庫	20
2.2	液体廃棄物の処理	36
2.2.1	概 要	36
2.2.2	Suspect 廃液処理工程	36
2.2.3	Low廃液処理工程	37
2.2.4	Intermediate 廃液処理工程	37
(1)	旧廃液処理施設	37
(2)	新廃液処理施設	37
2.2.5	Warm廃液処理工程	38
(1)	旧廃液処理施設	38
(2)	新廃液処理施設	38
2.2.6	Special 廃液処理工程	39
2.2.7	スラッジ処理工程	39
III	ベルギーにおける放射性廃棄物の管理	45
1.	はじめに	45
2.	適用範囲	45
3.	廃棄物管理の概要	45
3.1	廃棄物の発生場所	45

3.1.1	原子力発電所	45
3.1.2	核燃料サイクル	46
3.1.3	SCK/CEN	46
3.1.4	ラジオアイソトープ協会	46
3.2	放射性廃棄物の処理	46
3.2.1	低レベル廃棄物	46
3.2.2	高レベル廃棄物及びTRU廃棄物	47
4.	高レベル廃液のガラス固化(PAMELA)	50
4.1	概要及び現状	50
4.2	施設(装置)について	50
4.2.1	主な仕様	50
4.2.2	特記事項	51
5.	高レベル放射性廃棄物処分と地下実験室	53
5.1	経緯	53
5.2	Boon Clayの分布	53
5.3	処分対象廃棄物及び冷却期間	55
5.4	処分シナリオ	56
5.5	処分方法と面積	57
5.6	処分コスト	59
5.7	地下実験室の概要	59
IV	西ドイツにおける放射性廃棄物処分の現状	64
1.	概要	64
2.	廃棄物の発生量及び受入放射能	64
3.	最終処分施設	66
3.1	Konrad	66
3.2	Gorleben	67
V	カールスルーエ原子力研究所(二次出張)	77
1.	放射性廃棄物処理技術開発部	77
1.1	概要	77
1.2	高レベル廃棄物のガラス固化	77
1.3	実規模モックアップ設備	78
1.4	可燃性廃棄物の酸消化	80
1.5	濃縮TRU廃棄物のセラミック固化	81
2.	廃棄物処理部	87

2.1	概 要	87
2.2	焼 却 炉	87
2.3	除染設備	88
2.4	スクラッピング設備	89
Ⅵ	そ の 他	90
1.	ソ連チェルノブイリ原子力発電所事故に関する情報収集結果について	90
1.1	環境モニタリング体制	90
1.2	公的機関が公衆に対してとった措置・指導	90
1.3	環境モニタリング結果	90
2.	Eurochemic 再処理工場の現状について	93
Ⅶ	おわりに	94

I 研 修 概 要

1985年7月24日から1986年7月23日までの1年間、ベルギーのMOL原子力研究所（SCK/CEN）廃棄物処理部で研修を受けた。当廃棄物処理部では高温焼却炉（FLK-60）を始めとし、低レベル固体廃棄物の処理、中・低レベル液体廃棄物の処理方法、並びにそれらの処理装置等について研修した。また、ベルギーにおける放射性廃棄物処理・処分の動向等を習得した。尚、SCK/CENの化学部においても地層処分のための各種試験が地下実験室で実施されており、これらの現状等について調査・見学を行った。

また、期間中、カールスルーエ原子力研究所に二次出張する機会を得、主に廃棄物処理技術に関する調査及び処理の現状等について調査した。

Ⅱ MOL原子力研究所（SCK／CEN）

1. MOL原子力研究所の概要

MOL原子力研究所（SCK／CEN）は、原子力エネルギー平和利用における技術開発と若手研究者の育成を目的に1953年に設立された国立原子力研究所（動燃と同じように半官・半民）である。また、ベルギーの原子力開発における中心的役割を担っており、ベルギーの原子力関係で働くほとんどの人達は、ここでの滞在を経験している。当研究所では原子力関係はもとより、金属・公害汚染、さらに地域内における各種トラブル対策等のサービスも行っており、従業員数は、約3,000名である。

尚、当研究所ではベルギーの首都ブラッセルの北東、約100kmのところに位置しており、ここにはユーロケミック再処理工場、核燃料加工工場（Belgo Nuclea社、FBFC社）及びユーラトム研究所などの合計、5原子力関係施設が集中しており、原子力開発の中心的場所とも言えるところである。Fig.1にベルギー内の原子力施設の場所を示す。また、Fig.2,3には、著者が研修していた研究所及び廃棄物処理部の配置図を示す。

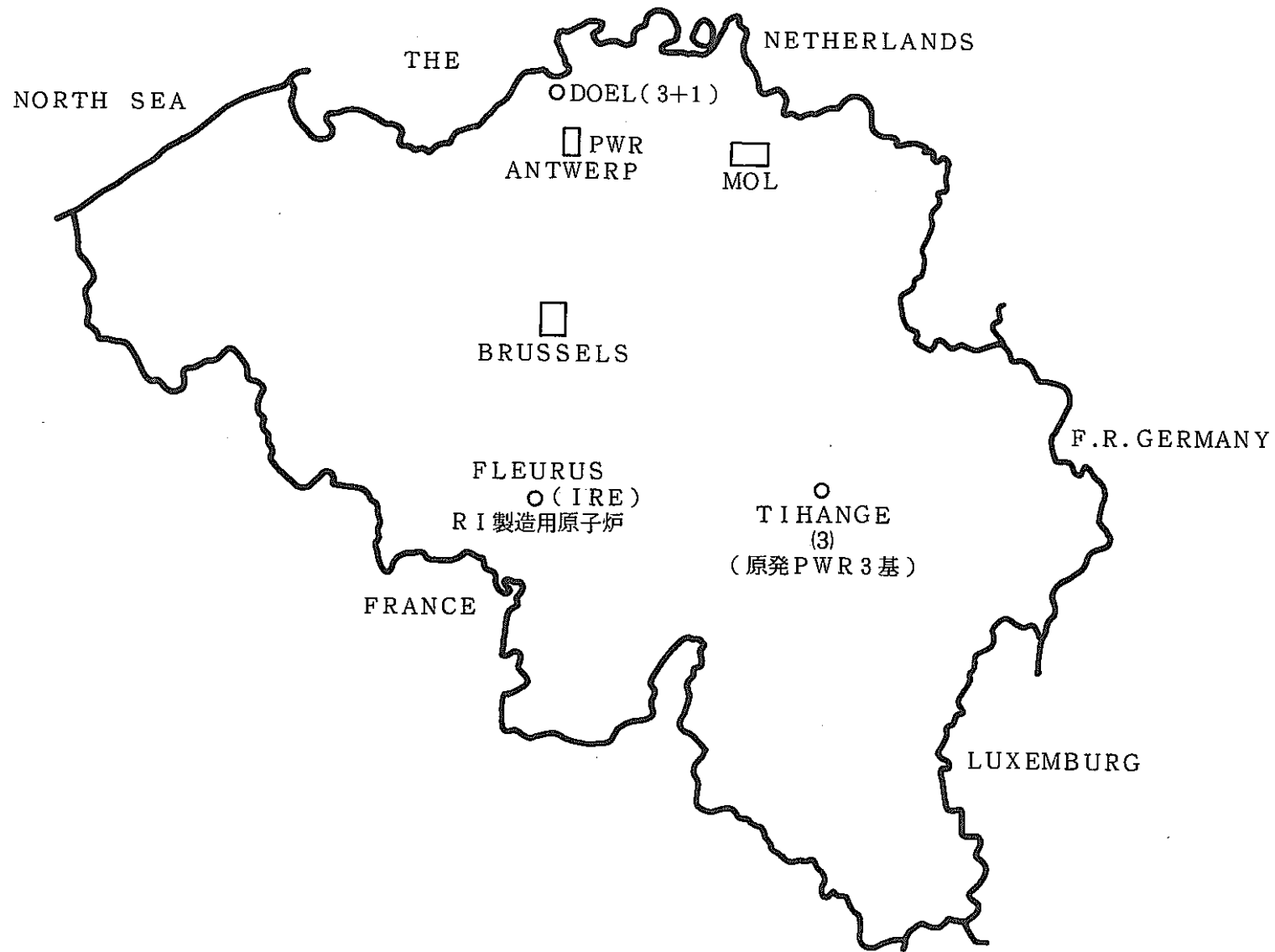


Fig.1 Geographic Localization of the Mol-Dessel Site

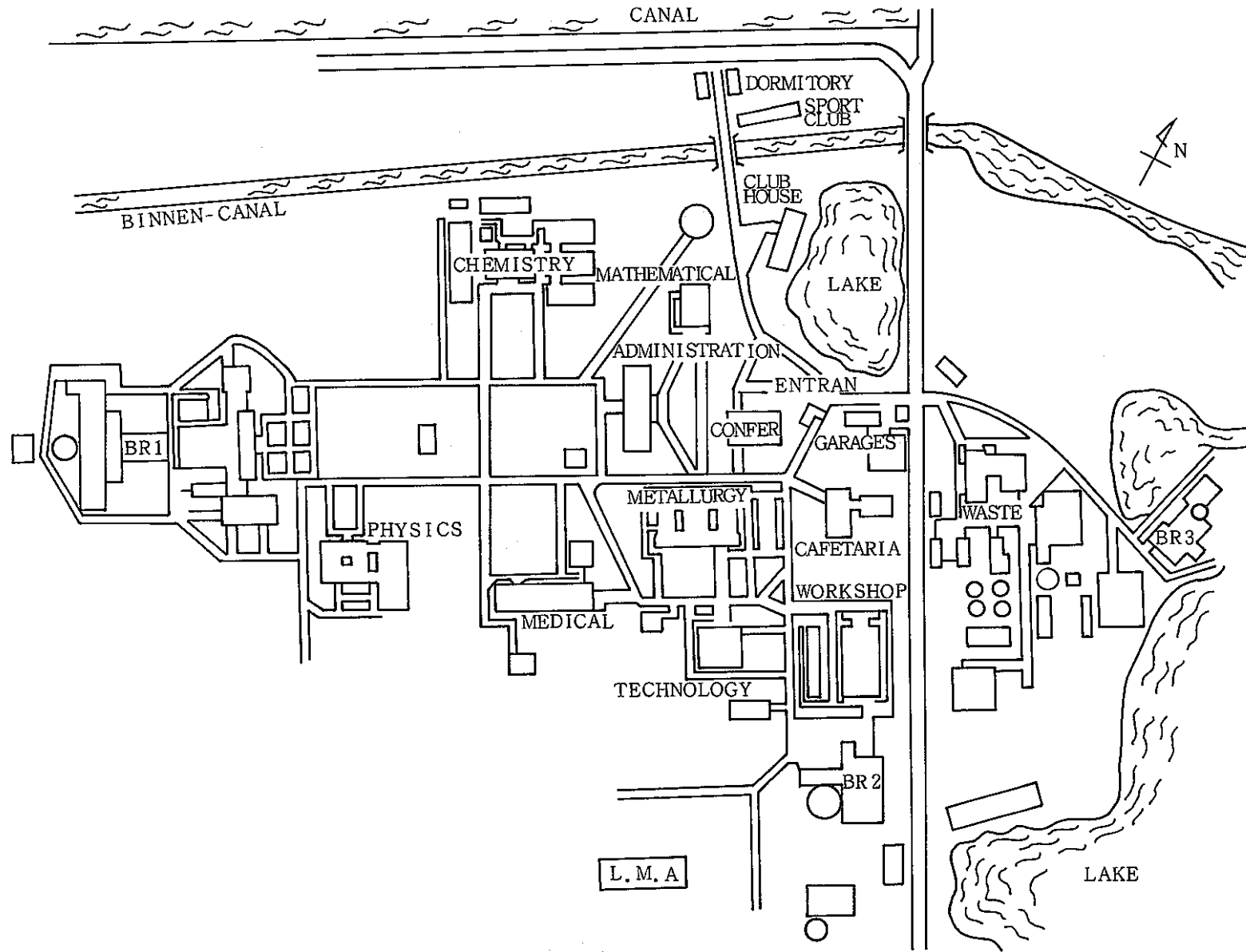


Fig.2 SCK/CEN内構内概略図

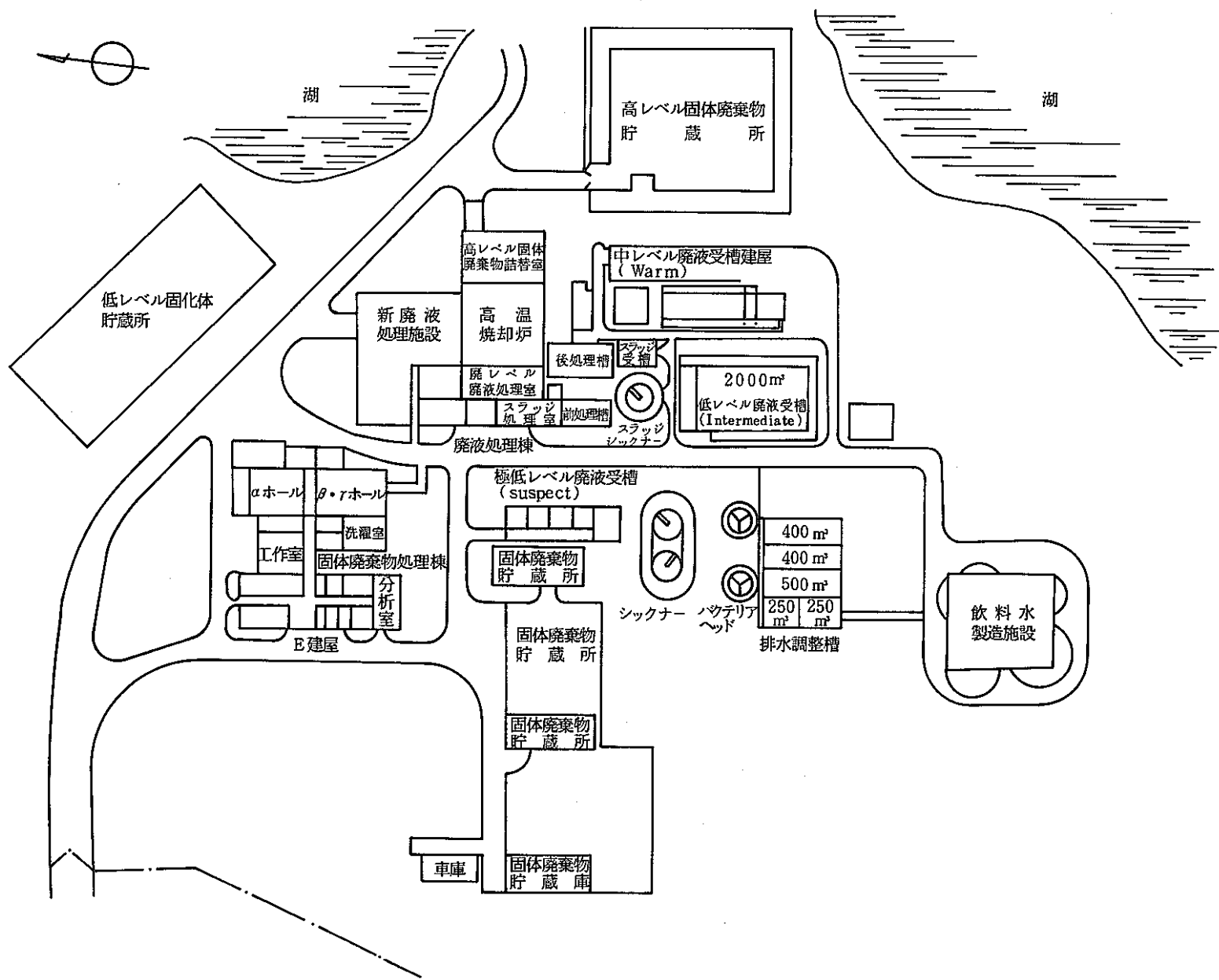


Fig.3 Institution Plan of Waste Department

2. 廃棄物処理部における廃棄物の処理

本廃棄物処理部は、MOL研究所より発生する廃棄物はもとより、ベルギー国内の原子力施設、更には他国より生ずる廃棄物も処理している。廃棄物処理部における処理工程のブロック線図をFig.4に示す。尚、ベルギー国内における廃棄物処理・処分の現状については、他項で述べる事とする。

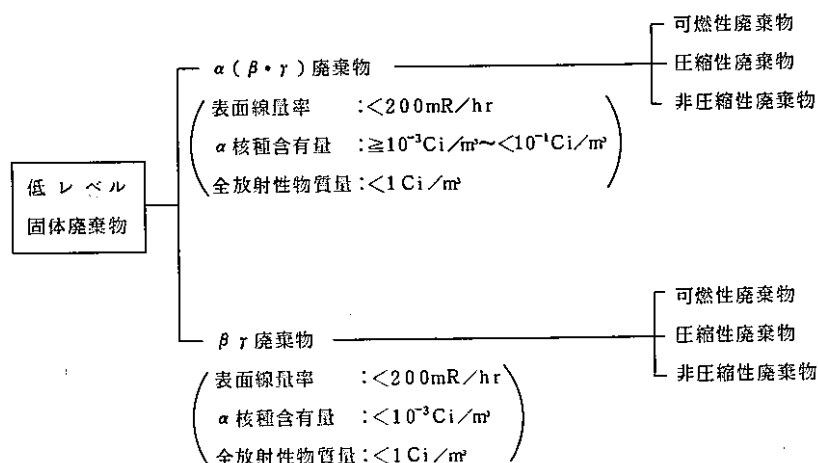
運転管理は、リーダーからの指示により行われており、通常の作業は朝7時30分よりの8時間労働とされている。但し、連続処理工程（ $\beta\gamma$ 焼却炉、Suspect廃液処理工程）は、週5日間連続運転となっており、これは3交替で実施している。Fig.5に廃棄物処理部の組織図を示す。

2.1 固体廃棄物の処理

2.1.1 概要

当廃棄物処理部では、主にベルギー国内の原子力施設及び関連施設から発生する低レベル固体廃棄物を対象に処理している。廃棄物は、次に示す区分に従い受入れられ廃棄物の種類ごとに一時貯蔵された後、Fig.6に示すように可燃性のものは焼却減容処理し、不燃のものは圧縮・解体・切断等（一部溶融）により減容処理される。減容処理された廃棄物はドラム缶に詰められ、その後セメント固化あるいはビチューメン固化し、現在は低レベル固化体貯蔵庫に貯蔵（1982年までは海洋投棄を実施していた。）している。

また、この他にもBR-II（Belgium Reactor-II）、RI使用施設等から発生する※高レベル廃棄物も受入れており、これらの廃棄物は貯蔵用コンテナ（コンクリート製）に詰替えられ高レベル固体貯蔵庫に貯蔵されている。



※ 高レベル固体廃棄物

$$\left(\begin{array}{ll} \text{表面線量率} & : \geq 200 \text{ mR/hr} \\ \text{全放射性物質} & : \geq 1 \text{ Ci/m}^3 \\ \alpha \text{核種含有量} & : \geq 0.1 \text{ Ci/m}^3 \end{array} \right)$$

2.1.2 低レベル α 廃棄物

低レベル α 廃棄物は、プラスチックバックに密封され28ℓのブリキ缶または220ℓドラム缶に入れられて受入れられる。これらの処理には高温焼却炉（FLK-60）による焼却・溶融処理とアルファホール内作業による圧縮、解体、切断等の処理に分けられる。どの装置を採用するかについては基本的に廃棄物中に含まれるPu含有量（2g/28ℓ容器）により決定されている。すなわち、Pu含有量2g/28ℓ容器以下のものについては、高温焼却炉で焼却・溶融処理し、Pu含有量2g/28ℓ容器以上のものは、アルファホール内で圧縮処理または解体、切断等の処理がなされている。このPu含有量の検査には、 γ スキャナーが用いられている。

圧縮性廃棄物は、アルファホール内に設置されている三軸横型圧縮機（40kg/cm²）により40cm×40cm×20～40cmの圧縮体となり220ℓ亜鉛メッキドラム缶に詰められ、ビチューメン固化、あるいはセメント固化が行われている。この処理における重量比は、約50/50である。また、非圧縮性廃棄物は、ホール内で工具による解体及び切断機による切断が行われ、これも同様の220ℓ亜鉛メッキドラム缶に詰められビチューメン固化、あるいはセメント固化されている。そしてこれらの固化体は、低レベル固化体貯蔵庫に運ばれ貯蔵されている。

2.1.3 低レベル β γ 固体廃棄物

可燃性 β γ 廃棄物はポリエチレンバックに密封し、その後220ℓドラム缶に入れられて受入れられ、圧縮性廃棄物は28ℓブリキ缶または220ℓドラム缶で受入れられる。可燃性 β γ 廃棄物は、 β γ 廃棄物受入室でドラム缶より取り出され金属探知機により金属物の有無がチェックされる。その後、 β γ 焼却炉に送られ焼却処理されている。また焼却処理後の灰は、コンクリート固化、またはビチューメン固化されている。

圧縮性廃棄物は、アルファホール内と同様の圧縮機により圧縮処理され、その後220ℓ亜鉛メッキドラム缶に詰められ、ビチューメン固化、またはセメント固化されている。この場合の重量比も約50/50と同様である。また、非圧縮性廃棄物についても同様に工具による解体及び切断機による切断が行われ、220ℓドラム缶に詰められビチューメン固化、あるいはセメント固化されている。そして、この固化体は、低レベル固化体貯蔵庫に運ばれ貯蔵されている。

2.1.4 高レベル固体廃棄物

高レベル固体廃棄物は、BR-II、RI 使用施設から発生する。これらはプラスチック製の70ℓ缶に入れられた後、キャスクに入れられ運ばれてくる。主な核種は、⁶⁰Co、⁵⁵Fe、¹³¹I等のFP核種である。輸送されてきたキャスクは、高温焼却炉建家のトラックロック

室の隣りにある高レベル固体廃棄物詰替室に運ばれ、ここで廃棄物はコンテナ詰替装置により貯蔵用コンテナに詰替えられている。その後、これらは高レベル廃棄物貯蔵所に運ばれ貯蔵される。

2.1.5 処理施設及び処理装置

(1) アルファホール (Fig.7 参照)

アルファホールは、研究所内で発生する α で汚染した固体廃棄物に対処するため1968年に建設され、これまで約20年間の運転実績を持っている。本施設は、アルファホール、廃棄物搬入室、フロッグマン室、ビチューメン固化室、コントロール室、受入保管庫から構成されている。ホールは幅11m、高さ7mの大きさを有し、コンクリート構造にエポキシライニングが施されている。また、床面には、廃棄物からしみでる汚水を受けるための工作台、三軸圧縮機及び切断装置等が備えられ、圧縮、解体、切断等の作業が行われている。これらの作業により減容された廃棄物は、ビチューメン固化室にセットされている220ℓドラム缶に入れられ、ビチューメンが注入され固化される。ビチューメンは隣室の機械室に設置されているビチューメントank (15 m³)より供給される。ホールには3人用のフロッグマンスーツが備えてあるが、通常の作業は2名がホール内に入り、残りは緊急のための予備となっている。

処理作業は6名が1組で行い、午前2回、午後2回で各々1.5～2.0Hとなっている。

ホール内の負圧は、-50 mm H₂O程度に保つよう管理されており、換気用ヘパフィルター及びフロッグマンスーツは適時交換している。

(2) ベータ・ガンマホール (Fig.7 参照)

ベータ・ガンマホールもアルファホールと同様、1968年に建設され、これまで約20年間の運転実績を持っている。ホール内には、可燃性廃棄物を処理するための焼却炉、不燃性廃棄物を処理するための圧縮機、切断機等が備えられている。

(a) $\beta\gamma$ 焼却炉

本焼却炉は、焼却炉、冷却系、ベンチュリースクラバ等により構成されており、処理能力は200 kg/hrである。フローシートをFig.8に示す。廃棄物はベルトコンベアにより炉上部にあるロック室に入れられ、第1次燃焼室に自動的に供給される。そして廃棄物はプロパンガスにより1000℃で焼却される。第2燃焼室では、可燃性ガスの完全燃焼及び大型廃棄物や動物屍体等、不定期に発生する廃棄物を焼却している。後燃焼室は、上部の燃焼室で発生したガスを完全燃焼させるためのものである。これから発生した灰は高温焼却炉 (FLK-60) で処理する予定で今まで貯蔵してきたが、FLK-60の負荷が大きいためセメント固化方式に切替えるとの事である。

一方、オフガス系は、後燃焼室を出てすぐ冷却塔に入り、水噴霧によって約210℃まで冷却される。その後、ベンチュリーに入り、ガスは噴霧水との接触により、ダストの成長が図られ、更にスクラバーにより除去され、スタックより大気に放出されている。また、ダストを含む洗浄水は一担、中間槽(10 m³)に集められ、その後、2000 m³貯槽に送られ液体廃棄物処理系にて処理される。

(3) 高温焼却炉(FLK-60)

(a) 目的

本焼却炉は、 β 、 γ 及び α を含有する低レベル可燃、並びに不燃性廃棄物を処理する目的で1975年に設置された。これら廃棄物の発生元は、原子力発電所、核燃料工場、原子力研究所、RI製造工場及び病院、大学等からである。

(b) 装置の特徴

この焼却炉は大きく分けると、4つの工程及び設備から構成される。①前処理工程、②焼却熔融工程、③スラグ取出し工程、④オフガス処理工程、これらの工程及び設備のうち高温焼却炉を除く付帯設備は通常の焼却炉の付帯設備と何ら大差はない。しかし、以下の点が大きく異なる。その1つは、装置自身に完全な気密構造をもたせているのではなく、高温焼却炉を収納しているホールに気密構造をもたせている点である。第2点は、可燃、不燃廃棄物を同時に焼却炉で処理し、燃焼残渣は、可燃性廃棄物の燃焼時に発生する熱エネルギーとBurnerより供給される高熱エネルギーにより、炉内温度を1400℃～1500℃に保ち連続的に熔融し、灰ではなく黒色のスラグが得られる点である。

(c) 処理対象廃棄物

(i) 受入廃棄物の分類

(イ) 可燃性固体廃棄物

セルローズ系 : 木材, 紙, 布, その他水, アルカリ有機溶媒を含んだもの
プラスチック系 : 全ての合成樹脂 (ハロゲン系 : PVC, テフロン等, 非ハロゲン系 : ポリエチレン, ポリプロピレン等)

(ロ) 不燃性固体廃棄物

ガラス類 : ガラス, セラミック
金属類 : 鉄材, 鋼材, アルミニウム等
フィルター類 : プレフィルター, ヘパフィルター (グラスウール, 木, 金属で構成されているもの)

(イ) 可燃性液体廃棄物：汚染オイル

(ニ) 不燃性液体廃棄物：廃液処理プラントで発生するスラッジ

(主成分は $\text{Fe}(\text{OH})_3$)

(iii) 受入基準

(イ) 物理化学的基準

- 固体廃棄物中の液体の最大混入量は $10 \text{ cm}^3/\text{kg}$ とし、強酸溶媒及びその他容易に炎える液体を含まないこと。
- グリス等燃焼の早い物質は多く含まないこと。
- 100°C 以下でペースト状、又は溶ける物質の最大含有量は $10 \text{ g}/\text{kg}$ とする。
- 爆発性及び分解性物質を多く含まないこと。

(ロ) 機械的基準

- 金属片等の大きさは直径 10 mm より小さいこと。
- ヘパフィルターの金属フレームの厚さは 0.8 mm 以下であること。

(ハ) 放射能的基準

- 容器表面の放射線量率は 200 mR/hr 以下であること。
- β, γ 放射エネルギーは最大 10 mCi / 容器であること。また全 α 放射エネルギーは最大 0.1 mCi / 容器であること。
- α 核種中の Pu 含有量は最大 2 g / 容器であること。

(d) 処理工程

(i) 工程概要

処理工程は大きく分けると前処理工程、焼却溶融工程、グラニューール取出し工程、オフガス処理工程から構成される。工程概要図を Fig. 9 に示す。仕分けされた廃棄物はシュレッダーに送られ破碎され、その後、廃液処理工程からのスラッジと共にミキサーにより混合され焼却炉に送られる。この時、炉内は $1400^\circ\text{C} \sim 1500^\circ\text{C}$ に保たれ、廃棄物は乾燥、熱分解、燃焼、溶融の順に変化し、溶融スラグは焼却炉下部に設置されている水槽に落され、グラニューールが形成される。

また、オフガスは補助燃焼室の補助バーナにより加熱され完全燃焼したガスは、冷却、洗浄、ろ過されスタックより放出される。

一方、形成されたグラニューールは、水槽よりチェーンコンベアによって取り出され 100 L のドラム缶に入れられる。

(ii) 前処理工程

(イ) 廃棄物の仕分け

○ 可燃性 β γ 廃棄物の予備仕分け

廃棄物が封入されたポリエチレンバックはドラム缶より取り出され、受入基準に合っているか検査される。もし不合格の場合は取り除かれ、更にこれらの袋は金属探知機により検査される。そして留った袋は容量 1.25 m³ のステンレス容器に入れられ FLK-60 建家まで運びこまれる。その後、リストにより仕分け室まで移動される。ここで取り出された廃棄物は、2つのコンベアにセルローズ系とプラスチック系に分けられる。

○ 不燃性廃棄物と α 系廃棄物の仕分け

梱包物は、グローブボックス内に入れられ、ボックス内にある仕分けテーブルにあけられ、ここでも同じようにセルローズ系、プラスチック系、金属、ガラスの種類別に区切られたテーブル上に仕分けられる。各テーブルが一杯になればテーブルの下にあるベルトコンベアに移される。

(ロ) 廃棄物の破碎

仕分け及び調合された廃棄物は、ここでシュレッダーにより 5 cm 以下に破碎される。

(ハ) 廃棄物の混合

破碎された廃棄物は、窒素の向流接触により可燃性成分や揮発性成分の放散を行う。フィードされた廃棄物はスラッジと共に、ここでできるだけ均一に混合される。

(iii) 燃焼・溶融工程 (Fig.10 参照)

混合された廃棄物はベルトコンベアにより炉内に入れられる。廃棄物は、縦の方向に配置されたスコップ(2)の回転により縦環状部(1)を通り、(5)により主燃焼室に送り出される。この過程で廃棄物は、乾燥、熱分解、燃焼、溶融される。

溶融スラグ及びオフガスは、補助燃焼室 (ALK) 内にてそれぞれ分離され、溶融スラグは気密接続された水槽内(6)に落ち、グラニュールが形成される。同時に発生するヒュームは、後燃焼室 (NBK) の側面を通るようになっている。又、補助バーナ(7)は、補助燃焼室 (ALK) の正面におかれ、ALK の温度を 1300℃ に保っている。これは、発生したガスの完全燃焼と廃油が処理できるようになっている。

(iv) グラニュール取出し工程

水槽に落ち凝固したグラニュールは、チェーンコンベアにより水槽から取り出され、水切されドラム缶 (100ℓ) に入れられる。その後、更に 200ℓ のドラム缶

に入れられホールから出される。

Table.1 に廃棄物の供給割合とグラニューールの組成について示す。

Table.1 廃棄物の供給割合とグラニューールの組成

(1) 供給割合

単位：％

可燃（65％）		不燃（15％）			リサイクル	水
セルローズ系	プラスチック系	ガラスアスベスト	砂	金 属	グラニューール	
50	15	8	5	2	10	10

(2) グラニューールの組成

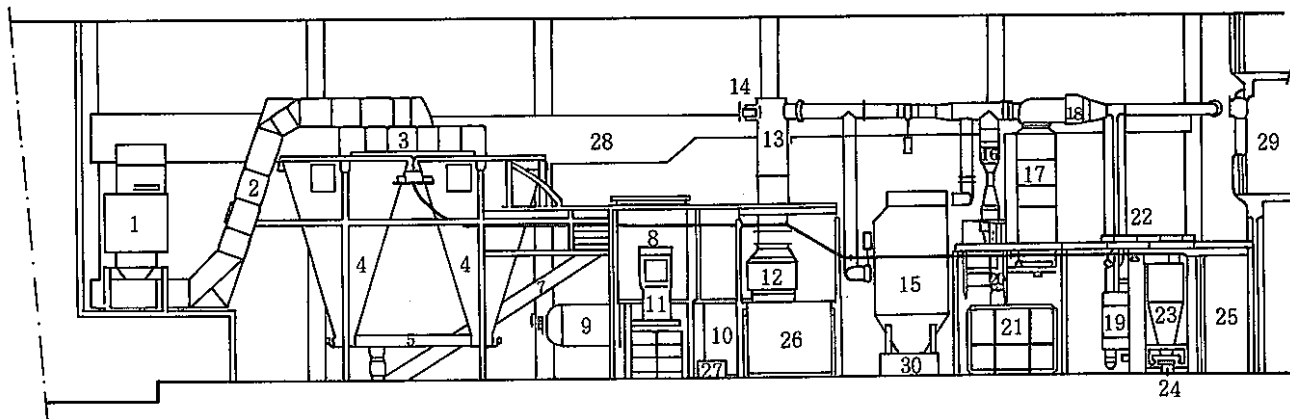
項 目		分 析 方 法	分 析 結 果	備 考
物理的性質	密 度		3.13	
	粒 径	標準ふるい法	4. 4mm以下の粒子が90w/o 0.35mm " 10w/o	
	光 学 顕 微 鏡 観 察	グラニューールを切断エッチング処理後、切断面を×200で観察 lumpと呼ばれる5cm以上のものも調べた。	1. true granules：多孔質のアルモファスでできているグラニューール。強化ガラス構造。 2. lumps：ガラスマトリックス中によく結晶化した物質を含んでいる。炉の低部でゆっくり成長したものと考えている。	lumpsは急激に炉の温度が上がった時に5cm以上の固まりとしてでてくる。通常は生成されない。
	X 線 回 折		true granulesは結晶性を示さない。	
化学的性質	含水率	110℃ 24hr 乾燥	17wt/o（全量基準） （15.6～19.5％変動）	
	全炭素含有量		9.3w/o（乾燥基準） （5.2～14.0％変動）	グラニューールは炭酸塩の熱分解が生じる温度よりはるかに高い温度で生成されるので無機炭素はない。 全カーボンは熱分解によるカーボンブラック及び未燃物質の有機カーボンである。
	揮 発 成 分 量	不活性ガス雰囲気中で600℃、4hr後の重量減少	1.6w/o（乾燥基準） （1.03～3.05％変動）	熱分解される物質及び揮発性金属（2n、Pb等）の含有率を示す。
	無 機 構 成 成 分		47～63％ シリカ 19～23％ 酸化鉄 10～16％ アルカリ土類金属酸化物 6～8％ BO, AlO, PO 1～3％ アルカリ金属酸化物	原料によって変わるが参考までに記した。

(v) オフガス処理工程

後燃焼室（NBK）からでたオフガスは、空冷により約 800℃まで冷却され、ここで半揮発性成分が凝縮する。更に、水冷により約 200℃まで冷却されたガスは、ダスト捕集が 2 mg/m³までできるバグフィルターで予備ろ過される。その後、ベンチュリー、スクラバーを通る。この際、腐食性成分とダストが除去される。更に、その後、オフガスは水分が凝縮しないように電気ヒーターにより約 80℃まで加熱され、3 段のヘパフィルターを通しスタックより放出される。

(e) 装置について（Appendix 参照）

FLK-60 の装置構成を以下に示す。



No	Appellation	No	Appellation	No	Appellation	No	Appellation
1	Sorting Space	9	ALK-Auxiliary Burn Chamber	17	Scrubber	25	Monitoring Gallery
2	Mixer Inlet Transfer Belt Conveyor	10	NBK-After Burn Chamber	18	Heating Battery	26	Fan for Combustion Air
3	Belt Distributor	11	Granulator	19	Active HEPA Filter	27	Pump of Scrub unit
4	Mixer	12	Air Cooler	20	Cooler For Scrub unit	28	Ventilation duct for Preparation Part
5	Metering Screw Conveyor	13	Water Injection	21	Collecting Tank	29	Control Room
6	Feed Screw Conveyor	14	Pressure Regulator	22	Centrifugal Separator	30	Pump of Primary Cooling Unit
7	Incinerator Feed Screw Conveyor	15	Bag Filter	23	Storage Tank for Sludge		
8	FLK-Incinerator	16	Venturi	24	Weighing Machine		

(i) 仕分け装置

この装置は予備仕分けを行うPre-LOOK（容量30 m³）と主仕分を行う室（8 m³）から構成される。これらの室には、エアロックチャンバーの役目をするLOOK（2 m³）と呼ばれる室があり、それぞれの室を分離している。

Pre-LOOKはイエローゾーンで、LOOK及び主仕分室はレッドゾーンとなっている。Pre-LOOKには、リフトが設けられており、トラックロックに置かれた廃棄物を高さ3.75 mの作業場まで持ち上げ、その後2台のベルトコンベアにより可燃性廃棄物の予備仕分け（セルローズ系とプラスチック系の分離）を行う。

主仕分室（Weighing box）には、仕分けテーブルと計量を行うベルトコンベア（ロードセル方式）が設置されており、ここでの作業はグローブボックスを介しての作業となる。又、ここにあるベルトコンベアは液漏れを考慮しドリップトレイが設けられており、流出液は廃液処理工程に送られる。

LOOKには以下に示す様なインターロックが設けられている。

- シュレッダーが閉塞とか、出口ドアが開いている時は、ウェイトングボックスのベルトコンベアは動かない。
- ダブルリングの漏れとか出口ドアが開いている時は入口ドアは開かない。又、入口ドアが開いている時は、出口ドアは開かない。
- 廃棄物ボックスがなければ、ダブルリングはロックされない。
- もし突き刺すような物があった場合は、ロックドアは開けることが出来ない。

(ii) シュレッダー及び輸送装置

シュレッダーは、仕分け調合された廃棄物を50 mm以下に切り砕く装置で処理能力400 kg/hr～700 kg/hrである。廃棄物は、前破碎部（これは大型廃棄物の時に使用し、小さい廃棄物の時は使用しない）によって三角形の頂点に集められファイナルシュレッダーによって破碎される。破碎された廃棄物はベルトコンベアによって平板型分配機に送られ、2台あるミキサーのいずれかに落される。

シュレッダー及びコンベア、平板分配機も窒素雰囲気下となっている。このシュレッダーは、1982年の終りにもシュレッダーシャフトの故障により、解体、修理されたが、その後においてもつまり等のトラブルが多く発生している様である。

(iii) ミキサー、計量用スクリュウ及び供給用スクリュウ装置

破碎された廃棄物は、ここで濃縮スラッジ（新廃液処理施設から発生してくるもの）と混合される。このミキサーは連続運転が可能となるよう2基設置されており、片方が炉内に供給している間に、もう一方は廃棄物を混合する。混合は、ミキサー壁面のアルキメデススクリュウによって行われる。又、混合中に発生する可燃性廃棄物を除去するため窒素を上方に流し、不活性雰囲気になっている。

計量用スクリー（回転スピードによって計量を行う。）は、 $100\text{ kg/hr} \sim 400\text{ kg/hr}$ まで調整でき、各ミキサーの下部に備えられている。

各スクリーからの廃棄物は補助スクリーコンベアに送られ、更にFLK供給用スクリーコンベアに送られる。そして炉内に供給されるが、この時、供給に隙間が出ないように圧縮されて炉内に入る。

(iv) 焼却装置（FLK-60）

焼却炉は容量930kWを有し、主燃焼室（FLK）と補助燃焼室（ALK）及び後燃焼室（NBK）から構成される。

（FLK：Flammen Kammer）

（ALK：Auslaut Kammer）

（NBK：Nachver Brennungs Kammer）

(イ) 主燃焼室（FLK）

炉本体の型式は二重円筒型バーナ式焼却溶融炉で主燃焼室の外壁は、外径1.7 m、高さ2.35 mで上部は鋼板、底部はステンレススチールで作られている。外径170 mmのスラグ排出口は冷却配管と耐熱コンクリートによりできており、更に底部にも冷却配管が施されている。

この外壁の中に直径1 m、高さ1.75 mのステンレススチールで作られた円筒シリンダーがあり、耐熱コンクリート（円錐筒）と冷却配管とで構成されている。又、円錐筒の頂部には、メインバーナが据え付けられている。更に、廃棄物を下降させながら燃焼室に供給するためのロータリデストリビュータ等がある。これらの可動部及び内部シリンダーは、3ヶ所の液シールにより気密を確保している。

炉は、正圧運転でバーナ（空気使用のものから酸素使用のものに交換）によって強制的に焼却・溶融させるため負荷変動に強いとされている。

(ロ) 補助燃焼室（ALK）

補助燃焼室は、主燃焼室（FLK）のスラグ排出口の下に据え付けられ、耐熱コンクリートとステンレススチール（外側）よりできている。溶融スラグ及びオフガスはここでそれぞれ分離され、溶融スラグは造粒機に排出され、オフガスは後燃焼室（NBK）に送り出される。又、ここは二次バーナが設置されており、温度を1300℃程度に保ち廃油及びオフガスを完全燃焼させるようになっている。

(ハ) 後燃焼室（NBK）

後燃焼室もALKと同様に耐熱コンクリートの外側をステンレススチールで覆った型となっている。ここは、仕分け装置、シュレッダー、ミキサー、造粒機等

と接続されており、各機器等から発生するオフガスは、ここに集められオフガスの酸化反応が行われる。

(V) 冷却装置

(イ) 空冷装置

A L KとN B Kは空気容量 $4,000 \text{ Nm}^3/\text{hr}$ の能力をもつ、ファンによって空冷することができる二重管を備えている。ファンは2基設置されており、1台は予備となっている。

(ロ) 水冷装置

冷却水は、容量 0.5 m^3 のタンク (α ホール内に設置) から遠心ポンプ ($12 \text{ m}^3/\text{hr}$, 5.5 bar) により、熱交換器 (2次冷却水によって冷却される) を通り炉内冷却用にある6系統の冷却配管に送られる。又、この冷却水は、緊急の場合に備えて通常の水によっても対応できるようになっている。

(VI) 造粒機 (Granulator)

造粒機は水槽を備えており、A L Kからの排出口は、ステンレススチールで出来た冷却配管で接続されている。冷却されたスラグは、凝固し平均径約 3 mm の粒子ができる。但し、まれに 5 cm 以上の Lump と呼ばれるものがある。これは炉の温度が急激に上がった時にできるとされている。これらの粒子はスチールベルトによって水槽より取り出され 100 l のドラム缶に入れられる。更に、このドラム缶は 200 l のドラム缶に入れられホールから取り出される。

(VII) オフガス設備

(イ) 空冷装置 (Air Cooler)

エアークーラは、 10 本の空気噴射ノズル (パイプの先端を挿入したもの) が取り付けられており、この内部は耐熱コンクリートをステンレススチールで囲んだ形となっている。ここでの空気噴射は $\max 1000 \text{ Nm}^3/\text{hr}$ でN B K からでくるHot オフガス (約 $1,700 \text{ Nm}^3/\text{hr}$) と混合し、温度を 800°C まで冷却している。

(ロ) 水噴霧式冷却器 (Water Injection Cooler)

この冷却器は、ステンレススチールで出来た8本の噴射ノズルが取り付けられており、冷却器底部に配された4本のノズルからは、工業用水を高圧ポンプにより圧縮し、高圧 ($14 \sim 20 \text{ kg}/\text{cm}^2$) で噴射している。又、冷却器の高部に配された4本は通常の工業用水 (約 $3 \text{ kg}/\text{cm}^2$) で噴射し、オフガスの温度を 205°C に保っている。この出口温度は一定となるよう自動制御されている。

(ハ) バグフィルター

バグフィルターは、ウォータインジェクションクーラとスクラブユニットの間に

設置されており、2基設置されている。フィルターは、テフロンで出来ており、フィルターハウスの中に42組のバグフィルターが挿入されている。このフィルターの最大表面付着量は 900 g/m^2 となっている。又、通過されたオフガスのダスト含有量は 2 mg/m^3 となる。

(二) スクラブユニット

ダストとオフガス中の腐食性成分(HCl , SO_2)は、このスクラブユニットで91～95%が除去される。

ベンチュリーは、チタン製の噴霧ノズルと2本の噴射ノズルを備え、水冷器もチタン製で出来た2本の噴霧ノズルを備えている。この噴霧ノズルは壁に向けて噴霧し、うず巻状に流れるようにしている。

又、洗浄塔は、鋼板にエポナイトライニングを施し、2段のバルブキャップトレイが設けられている。各トレイは直径0.85m内に $6.7 \times 5.2\text{ mm}^2$ のスリットを約800個を有し実効面積は約 0.255 m^2 となっている。更に、洗浄塔上部には、ポリプロピレン製の平板デミスターが設置されている。

これらの配管は、1本の本管から分岐されて各ノズルに接続されている。更に、オフガスの出口温度を 60°C に保つための調整バルブが付けられている。この洗浄液は、受槽(12 m^3)に集められる。受槽には、水酸化ナトリウムを供給する配管と抜き出し配管が取り付けられている。

(ホ) 電気加熱器

電気加熱器(21 kW)は、スクラブユニットとヘパフィルターの間に取り付けられている。これは、ヘパフィルターでの凝縮をさけるため約 80°C まで再加熱している。

(ヘ) ヘパフィルター

このヘパフィルターは、プレフィルターとヘパフィルターを2段に組んであり、これらの交換作業はフロッグマン作業により行われる。

(ト) 排気装置

オフガスは、 $-2,000\text{ mm H}_2\text{O}$ において $3,000\text{ Nm}^3/\text{hr}$ の能力をもつ排気ファンによってスタックを通り大気に放出される。又、非常用排風機は、 $-750\text{ mm H}_2\text{O}$ において $3,000\text{ Nm}^3/\text{hr}$ の排気能力を持っている。この排風機は通常運転では、 85°C で $\text{max } 200^\circ\text{C}$ まで運転可能となっている。

オフガス(約 $2,300\text{ Nm}^3/\text{hr}$)は、建家換気系の $30,000\text{ Nm}^3/\text{hr}$ の排気と混合されメインスタックより大気に放出される。

(f) 高温焼却炉メインバーナの交換及び炉の交換

(i) 目 的

従来のメインバーナは、焼却用ガスとして空気を用いていたが、メインバーナから供給するガスを空気から酸素に変えることにより、オフガスの量が低減でき、バグフィルターのロードが低減できる。又、今までよりも熔融温度（現在まで1,400℃程度を1,550℃に上げる）を上げることができ、かつ高品質のスラグが得られる。

(ii) 作業内容

1985年9月30日から1985年10月21日にかけて、メインバーナ及び炉の交換作業が実施された。主燃焼室の外壁は、外径1.7m、高さ2.35mで上部は鋼板、底部はステンレスで作られている。今回交換された部分は、Fig.11に示すように内側のつり鐘部分で直径1m、高さ1.75mの円筒のものに耐熱コンクリートライニング（円錐筒）と冷却するための冷却配管にて構成される。又、鐘の頂部には、メインバーナが据えられている。新しい炉の製作は、外筒に冷却配管が取り付けられているものを購入し、耐熱コンクリートの施工は、廃棄物処理部にある補修Grの人によって施工された（メインバーナは外注）。耐熱コンクリートの養生期間は、約2週間で最後にバーナによって加熱し乾燥させる。又、その他にも交換されたものは、廃棄物を下降させるための、機器類でスコップ(2)、スキ(3)、ヘラ(4)である。

古くなった炉は取り外され、ホール内でビニール封入し、更にエアロック室で再度ビニール封入され外に取り出された。これは後にアルファホールに搬入し解体、切断処理されとの事である。これら一連の取り外し及び取り付けは全てホール内のクレーン（最大吊上荷重6.3t）及びチェーンブロックにより行われる。又、作業員はアノラックスーツにエアホースを取り付けたような服を着用し、通常2～3名がホール内に入り作業に当たる。作業時間はmax 2h/回で午前と午後に分けられている。

以下に交換手順を示す。

(i) 準 備

- (イ) バーナ及び炉の発注
- (ロ) 耐熱コンクリートの施工
- (ハ) 養 生

(ii) 古い炉の取り外し

- (イ) 回転モーター及び冷却配管の取り外し
- (ロ) メインバーナの取り外し
- (ハ) ロータリーピースの取り外し

(ニ) 炉の取り外し

(iii) スコップ(2), スキ(3), ヘラ(4)の取り外し及び取り付け(ボルト固定)

(iv) 古い炉の搬出

(v) 新バーナ及び炉の取り付け

(イ) ロータリーピースの取り付け

(ロ) 炉の取り付け

(ハ) 回転モータ及び冷却配管の取り付け

(ニ) バーナの取り付け

(vi) 試運転(10/21～10/27にかけて実施)

(g) 新高炉焼却炉(HAWAII-SYSTEM:Hazardous Waste Incineration)
の建設について

この焼却炉の建設目的は、化学工場、製薬工場、病院、原子力発電所、核燃料取扱施設等から発生する危険物及び有毒物の廃棄物を処理する目的で現在、建設計画が進められている。又、この焼却炉は β γ 廃棄物も処理する予定である。これは焼却炉の老朽化と β γ 廃棄物の増大に対処するためである。

焼却炉の処理能力は、400 kg/hr で基本的な設計思想は、既設のFLK-60(処理能力：40 kg/hr)と同様である。

建設スケジュールについては、Fig.12の通りである。

(4) 高レベル廃棄物詰替装置

本装置は、FLK-60建家のトラックロック室の隣りにあり、各施設から発生する高レベル廃棄物(70ℓプラスチック容器)をFig.13に示すようなピットの中でコンテナ(Fig.14参照)に詰め替えるものである。このコンテナには、廃棄物2個が収納できる。又、本作業は作業員3名、放管員1名で行われている。

(5) 固体廃棄物貯蔵庫

低レベル貯蔵庫は、床がコンクリートで屋根はテント方式を取ったトンネル型のプレハブ構造で、現在2棟建てられている。又、このエリアにはコンクリートピットが設けられ、雨水等を回収している。これらは、定期的に放射性物質濃度の測定が実施され排出されている。この貯蔵庫での貯蔵方法は、両端に鋼板のサポートを置き、その上にドラム缶を置く俵積み方法となっている。

又、高レベル貯蔵所(Fig.15)は、50×50m²の広さを有し、地表面から2m程度掘り下げられ、床は、コンクリート構造となっている。又、雨水等は低レベル固化体貯

蔵庫と同じようにピットに集められ、定期的に放射性物質濃度の測定が行われ、漏洩の有無が確認されている。その後、この雨水等は、2,000 m³貯槽に送られ液体廃棄物処理系で処理されている。

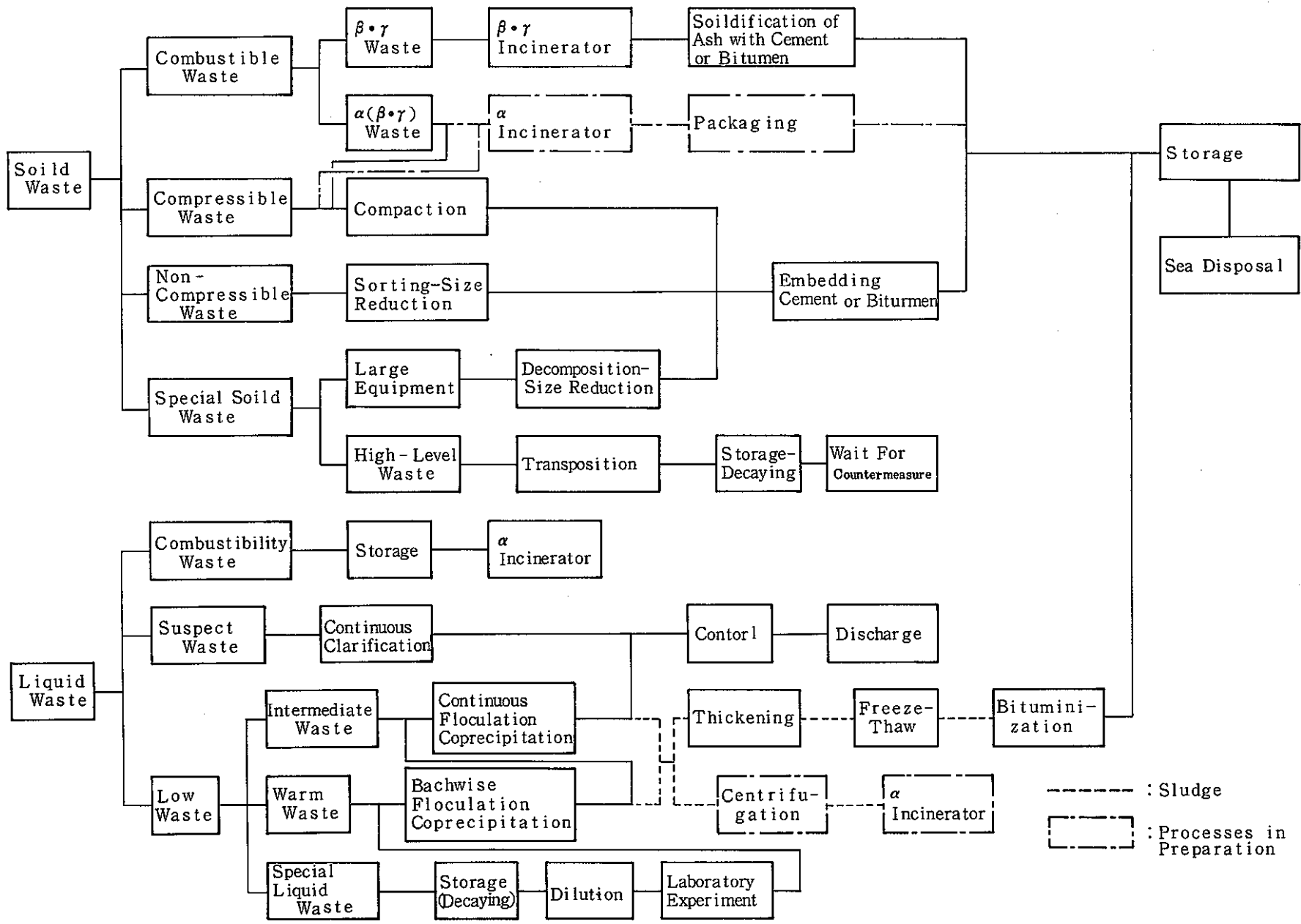


Fig.4 Bloc-Diagram of Treatment Processes for Waste Department

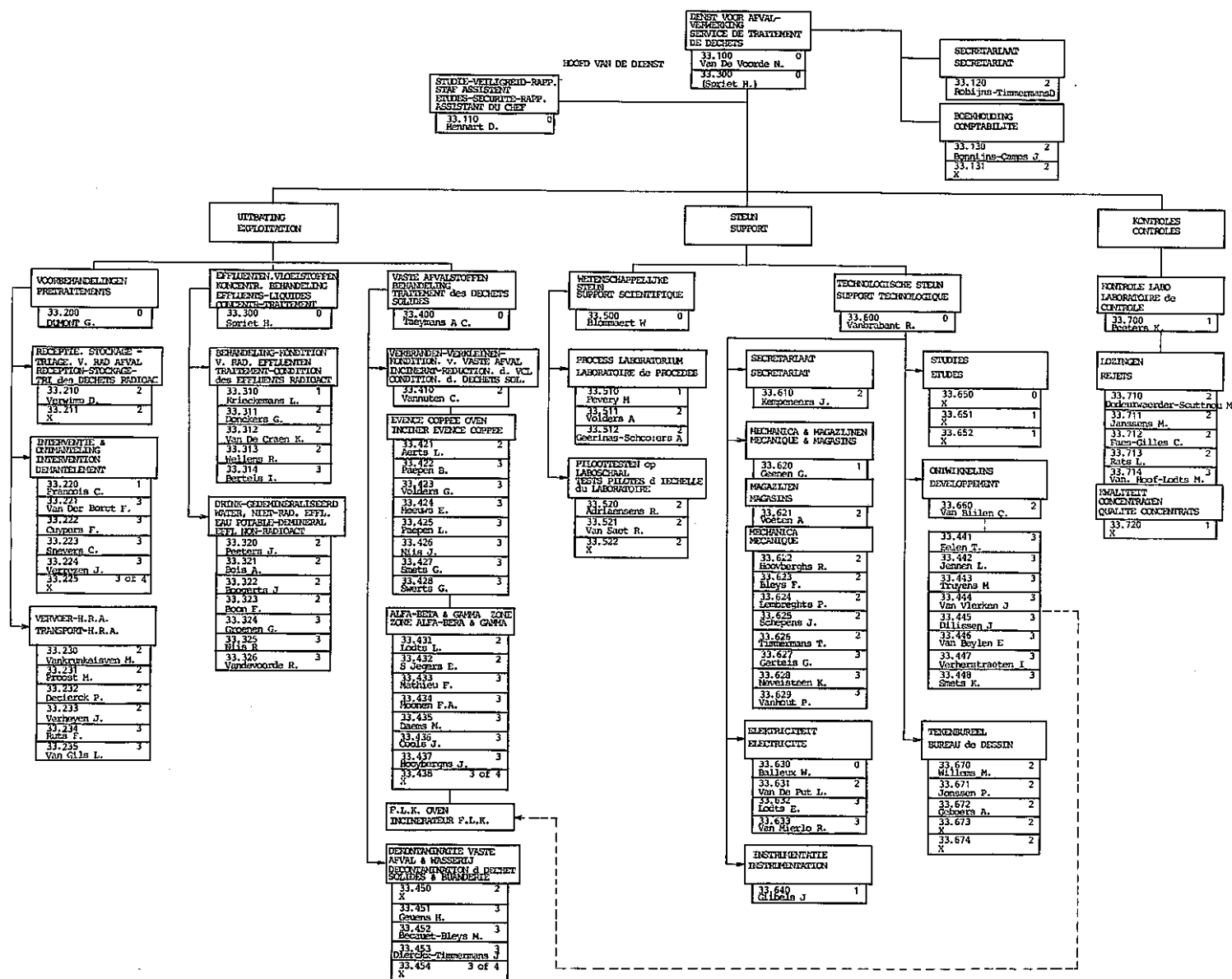


Fig. 5 Organization of Waste Department

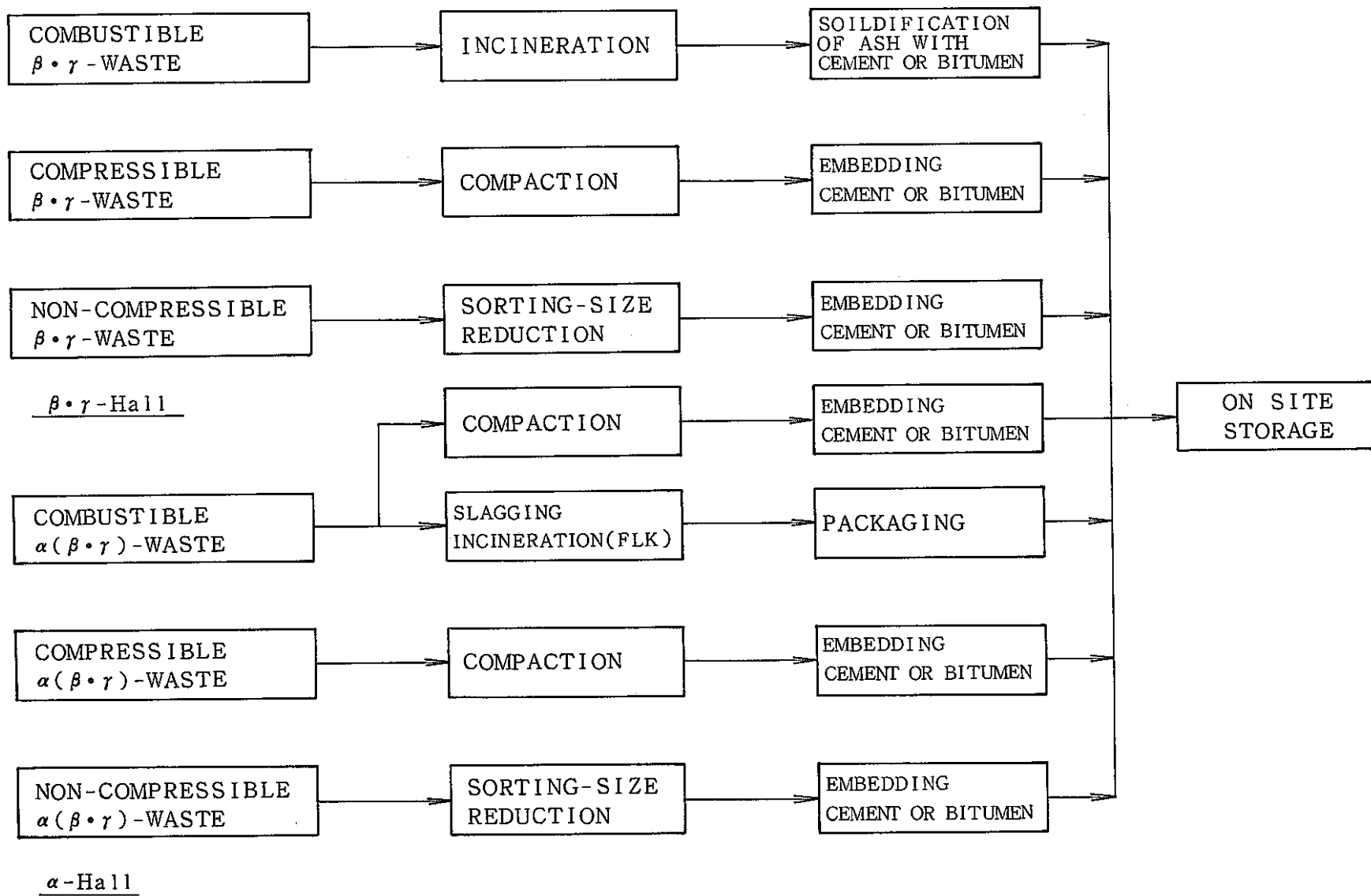
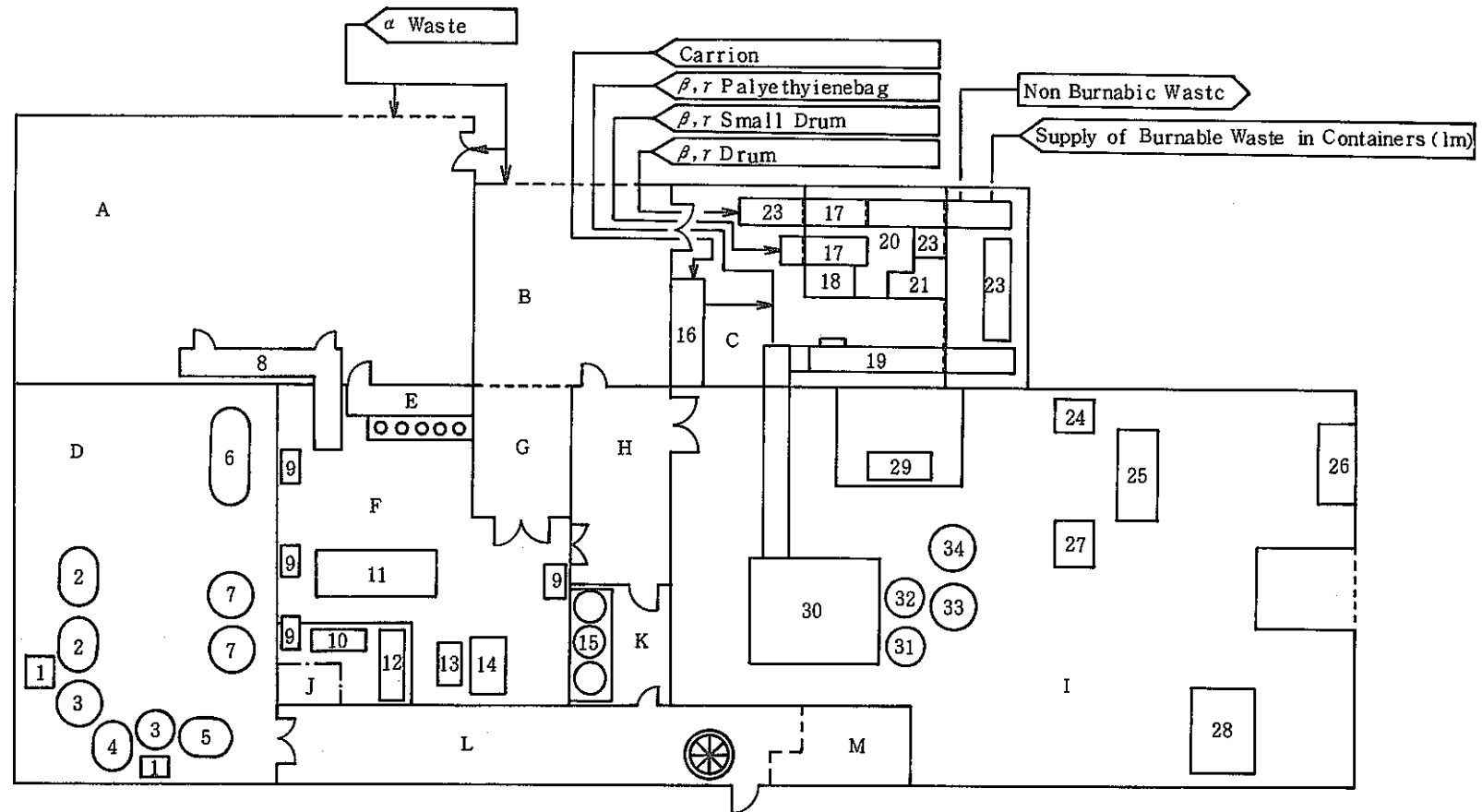


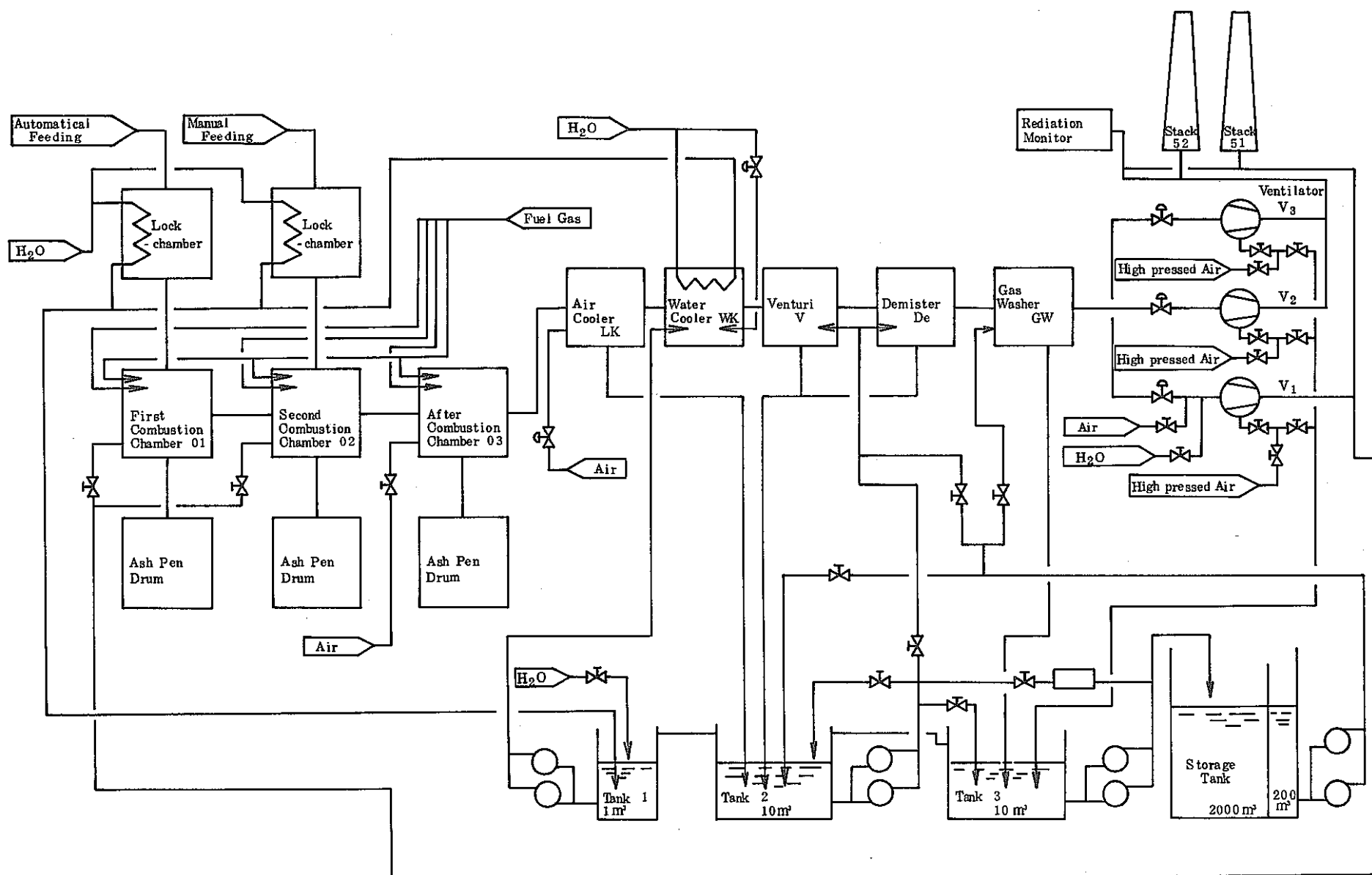
Fig.6 Treatment and Conditioning Process for Solid LLW



No	Appellation	No	Appellation	No	Appellation	No	Appellation
1	Air Dryer	10	Cement Mixer	19	Feeder For Incinerator	28	Working Table
2	Compressor	11	Press (Hydraulic)	20	Work Space For Pedi	29	Ventilator
3	Compressed Air storage	12	Water Pit	21	Sorting Table	30	$\beta \cdot \gamma$ Incinerator
4	Compressor for Frogmen	13	Sawing Machine	22	Empty Drum space	31	Water Cooler
5	Emergency Equipment	14	Working Table	23	Roll Conveyor	32	Venturi
6	Bitumen Storage	15	Frogmen Chamber	24	Blasting Machine	33	Demister
7	Steam Generator	16	Defrezer	25	Press (Hydraulic)	34	Gas Washer
8	Transport Band	17	Waste Sorting Space	26	Hooded		
9	HEPA Filter	18	Pedi Room	27	Cutter		

No	Room Name	No	Room Name
A	Receiving Room	H	out let Room
B	Reception Room	I	$\beta \cdot \gamma$ -Hall
C	Store Room	J	α -Hall control Room
D	Utilities Service Room	K	Frogmen Room
E	Insolubilization Room	L	Corridor
F	α -Hall	M	$\beta \cdot \gamma$ Incinerator Control Room
G	Introducing Room		

Fig.7 Solid Waste Treatment Building

Fig.8 Flow-Sheet of $\beta\gamma$ Incinerator

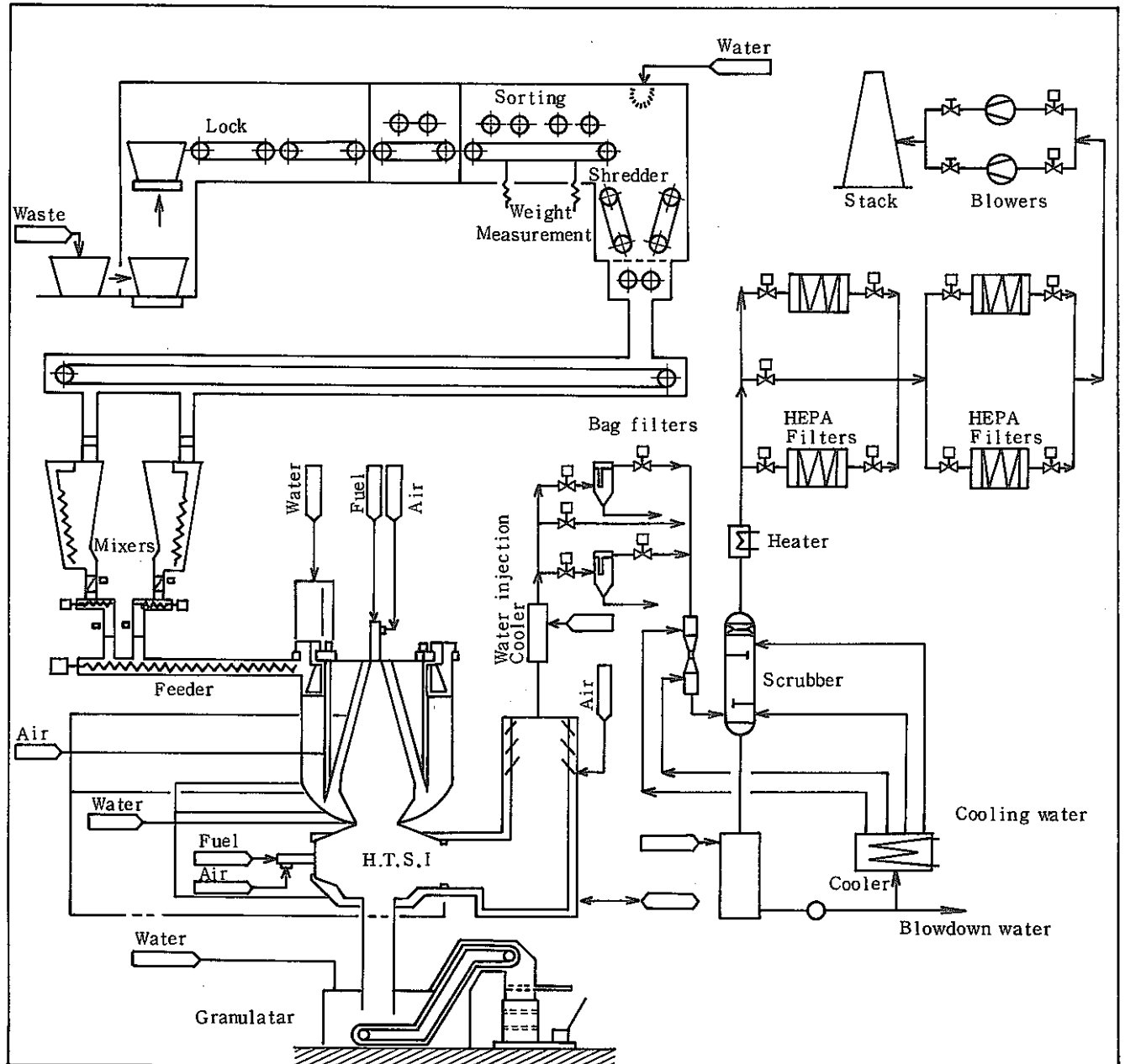


Fig.9 High Temperature Incineration Schematic Representation of the Head-End and the Incinerator Units.

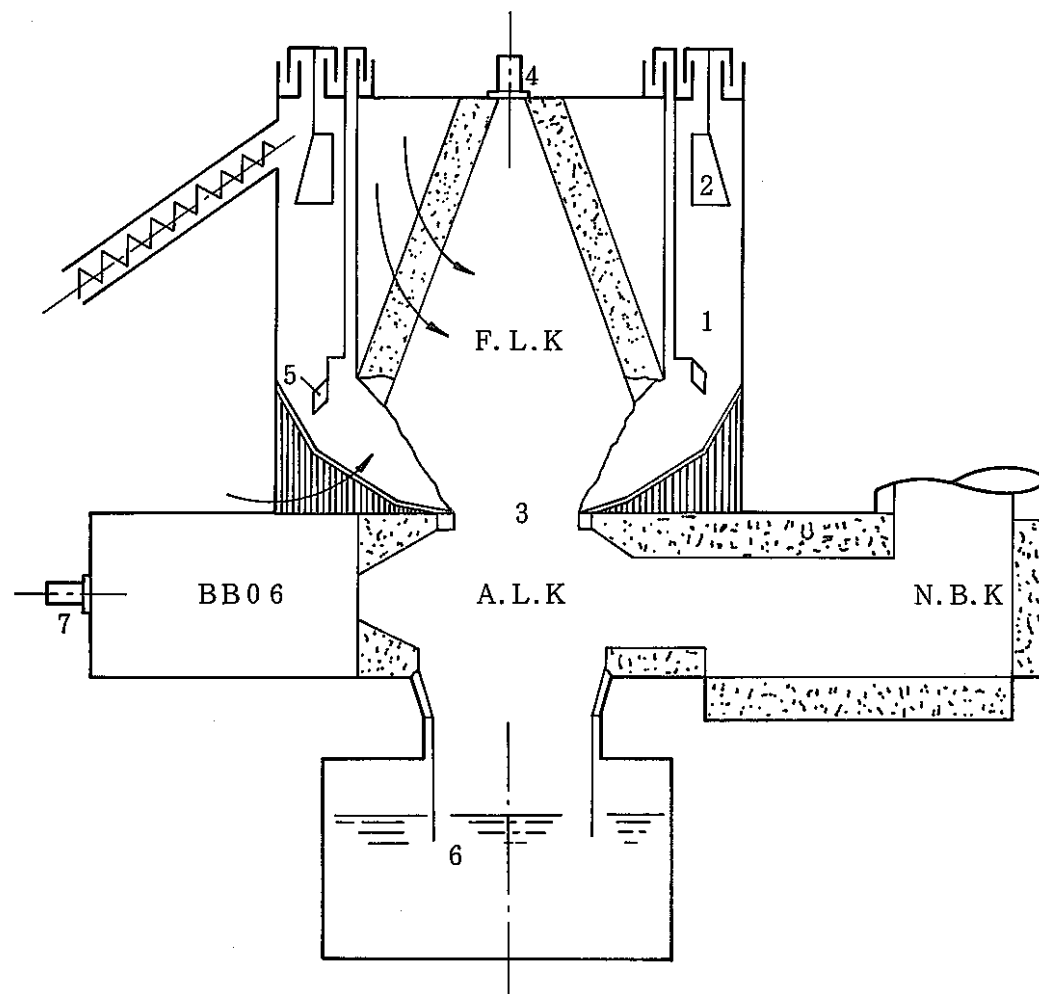


Fig.10 Sketch of the F.L.K 60 incineration furnace

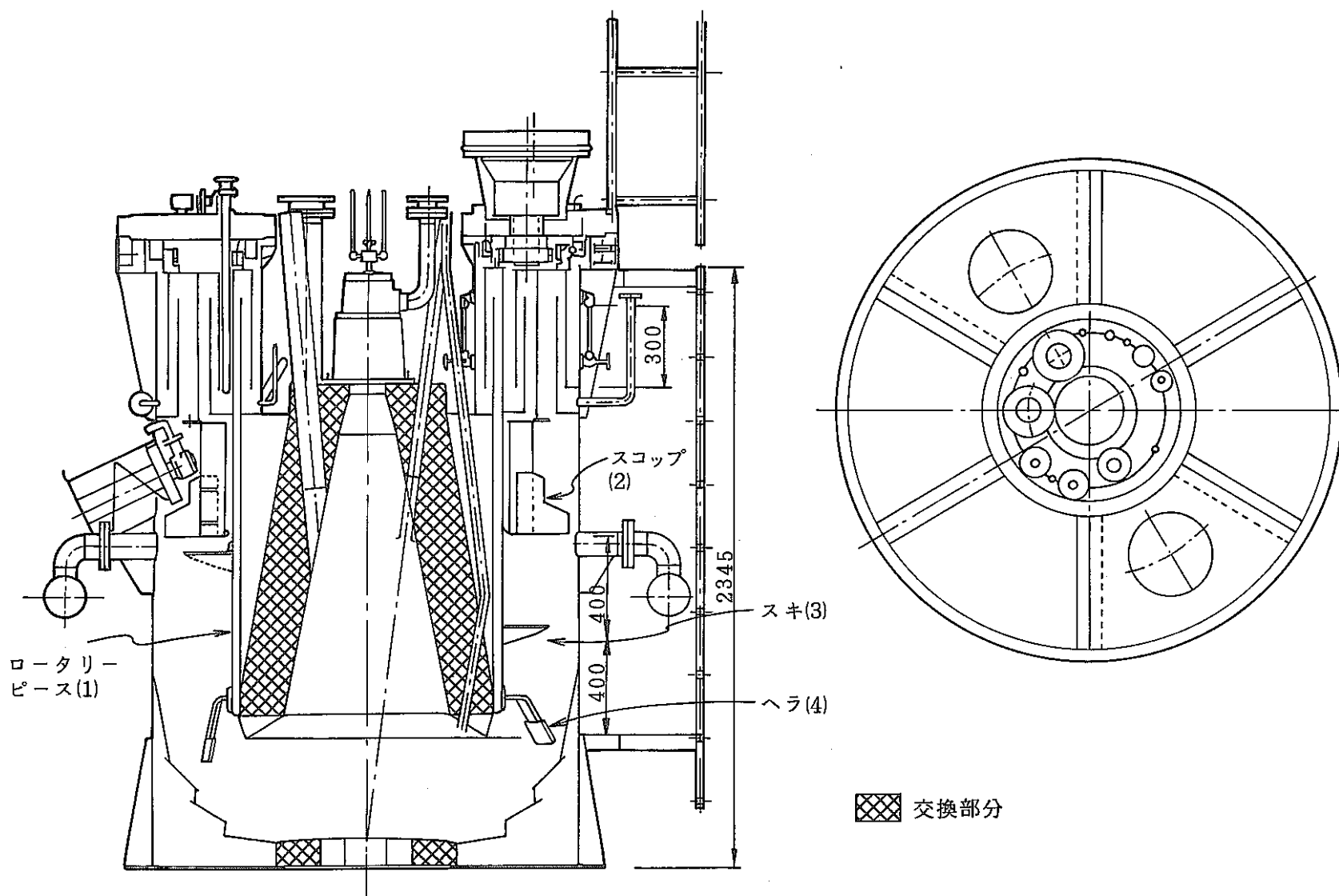


Fig.11 Construction details of the solid combustion chamber F.L.K

項 目	1985				1986				1987				1988				1989			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
基 本 設 計																				
詳 細 設 計																				
建 設																				
試 運 転																				
実 用 運 転																				
備 考	但し、このスケジュールは全て順調に進んだ時のスケジュールである。																			

Fig.12 新高温焼却炉 (HAWAI-SYSTEM) 建設スケジュール

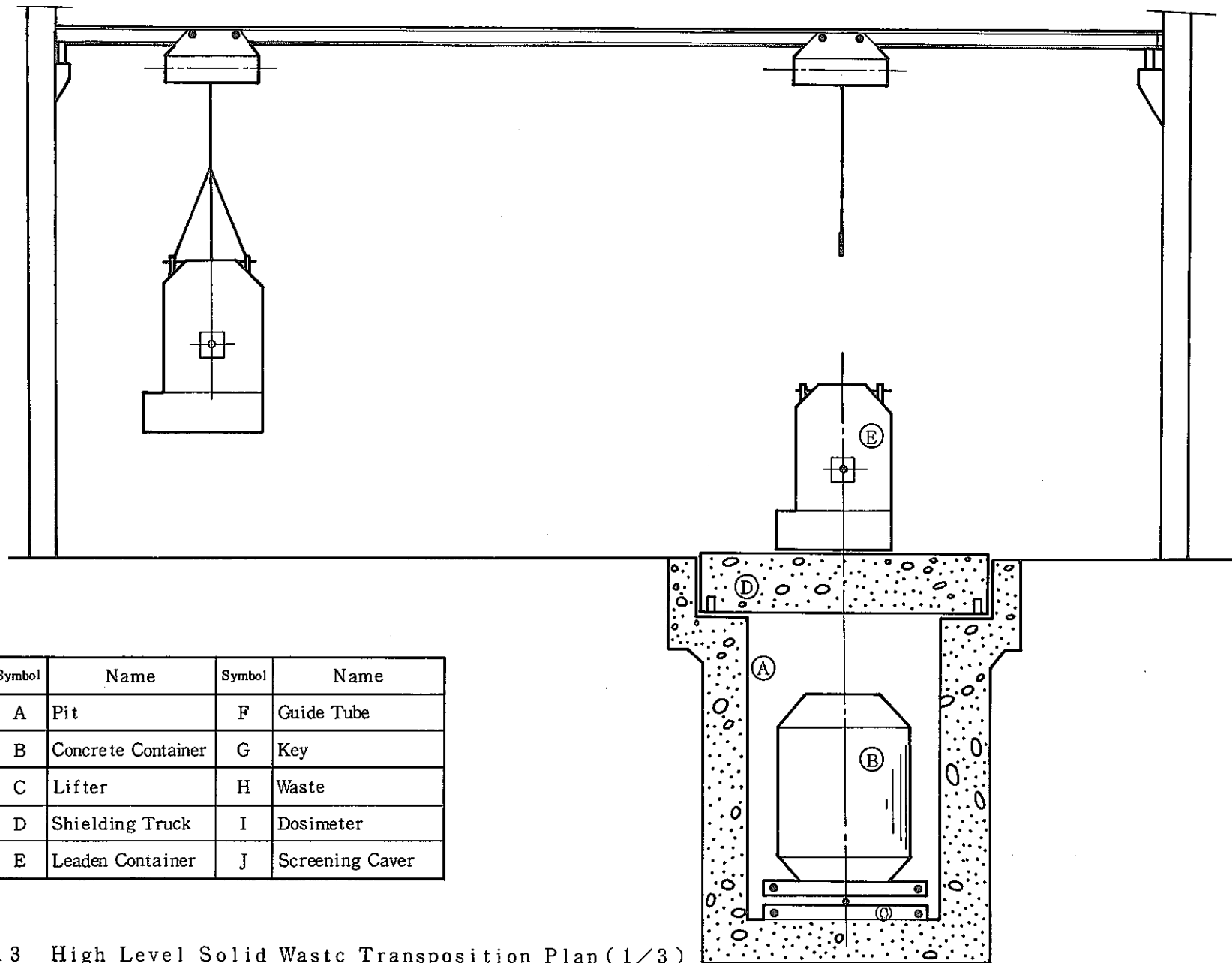


Fig.13 High Level Solid Waste Transposition Plan(1/3)

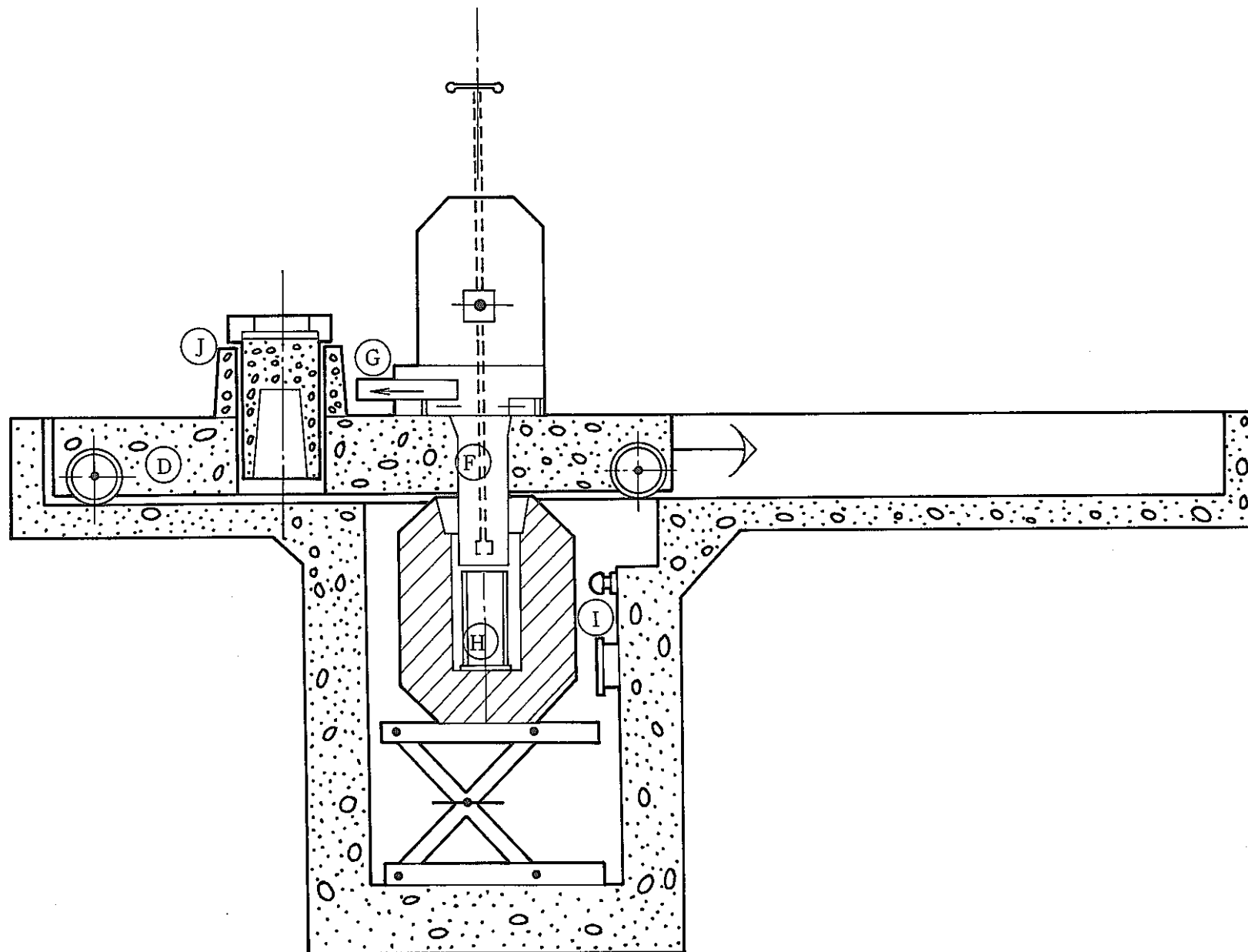


Fig.13 High Level Solid Waste Transposition Plan(2/3)

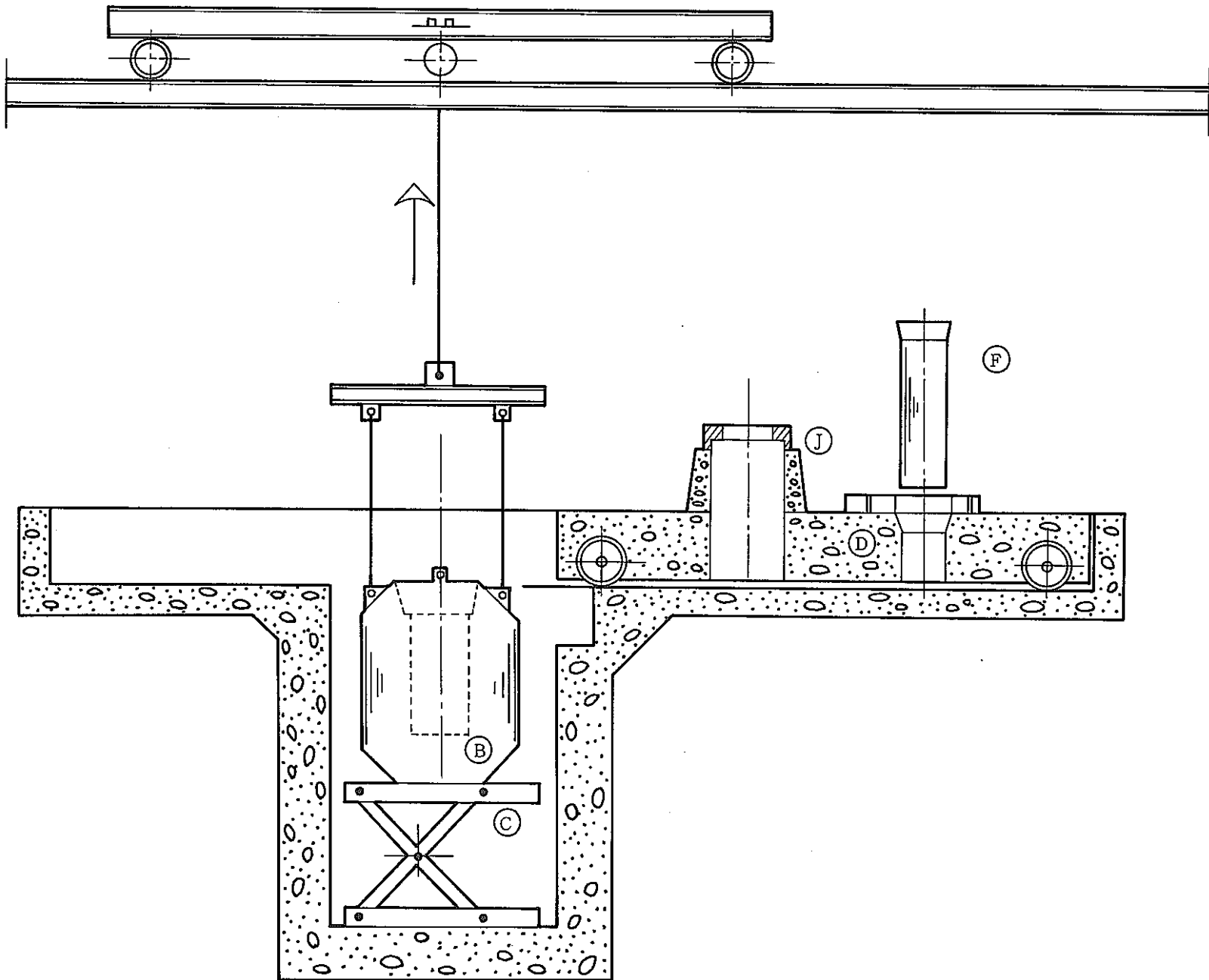


Fig.13 High Level Solid Waste Transposition Plan(3/3)

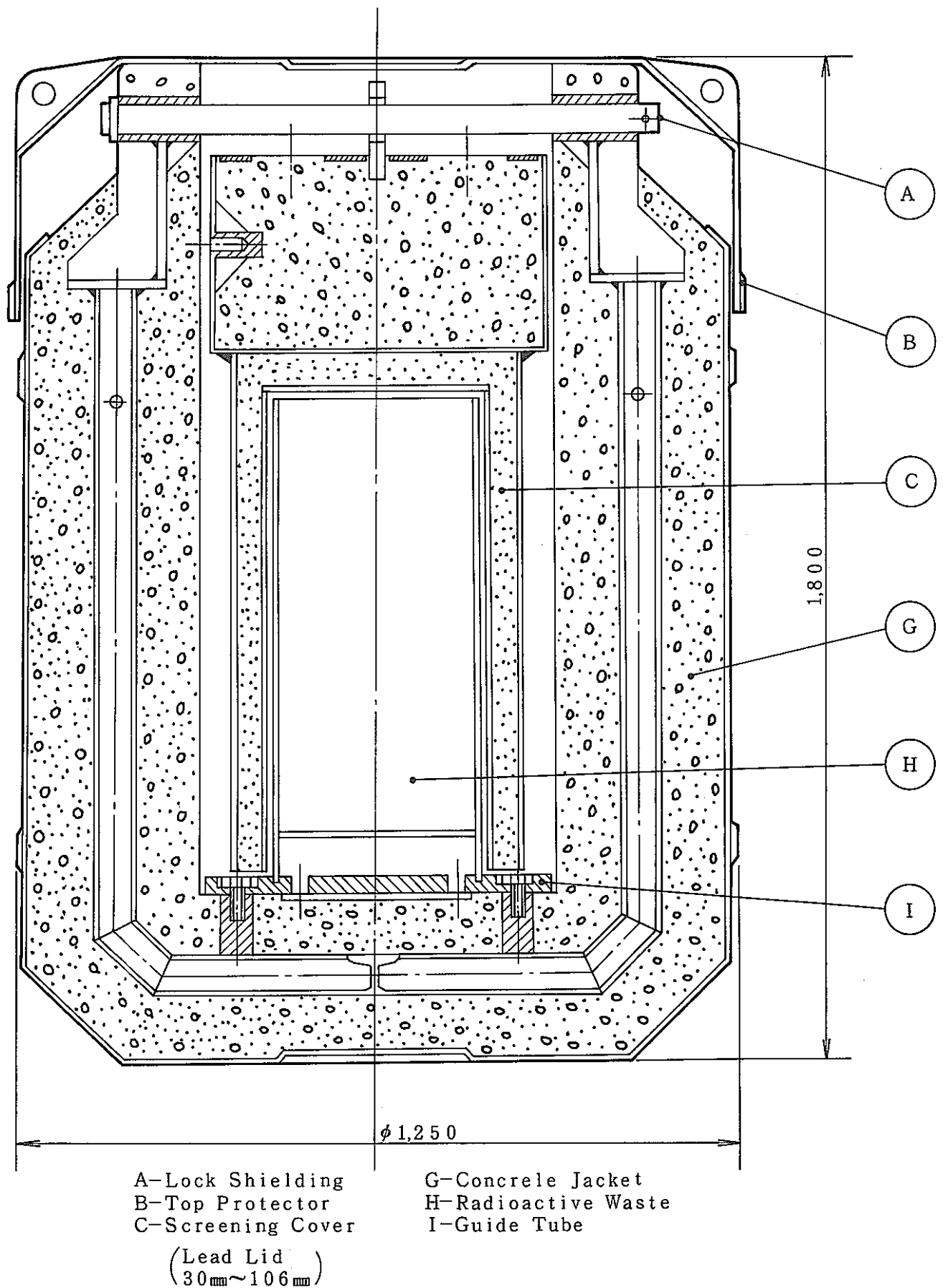


Fig.14 Container (for Storage)

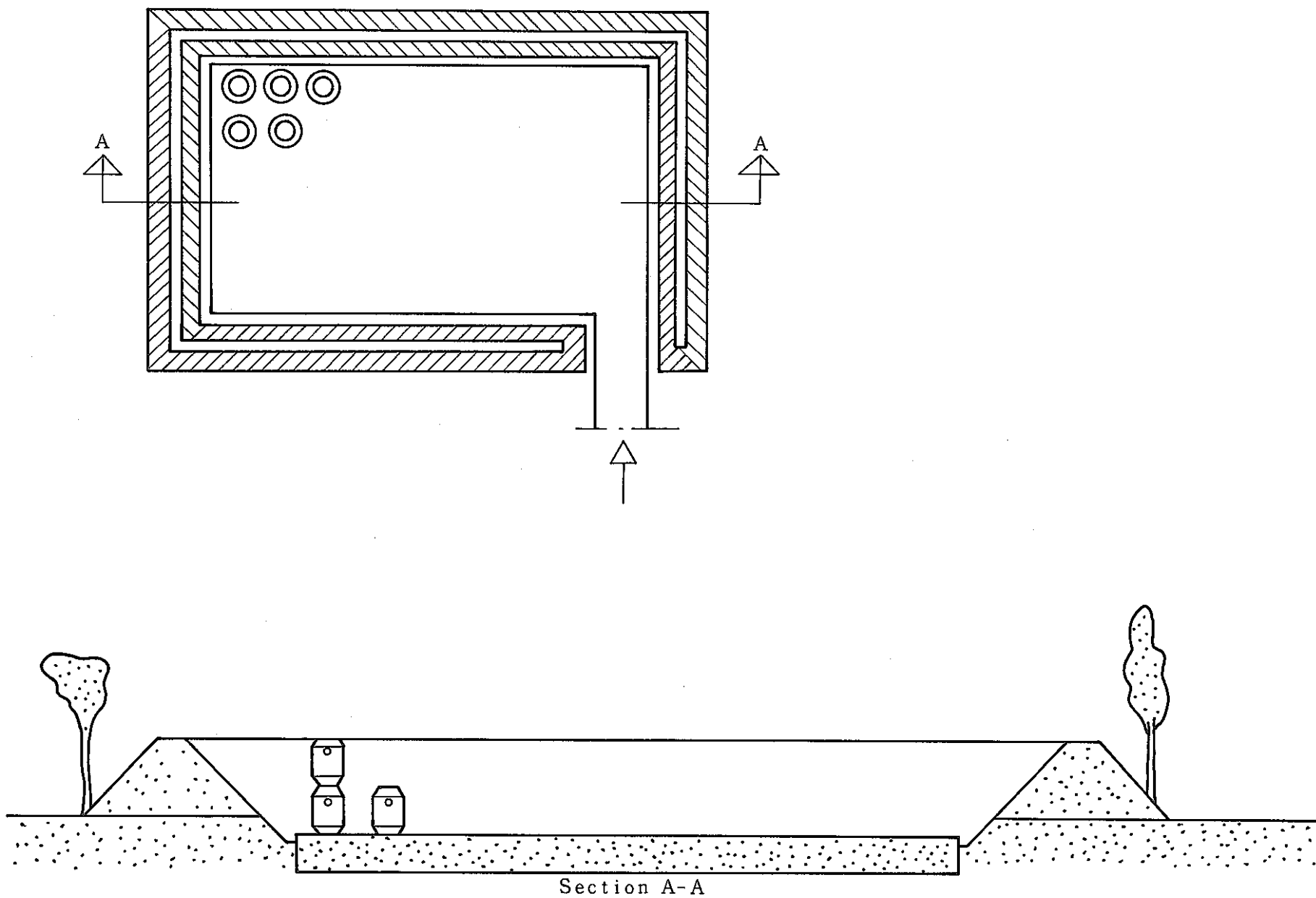


Fig.15 High Level Waste Storage Plan

2.2 液体廃棄物の処理

2.2.1 概 要

ベルギー国内の原子力施設及び関連施設から発生する低レベル及び中レベル液体廃棄物（但し、原子力発電所及び再処理工場の中レベル液体廃棄物は除く）は、次に示す区分に従い受入れられる。その後、これらの廃液は区分、性状に応じ凝集沈殿処理され、処理剤液は最終的に河川に放出される。これらの処理系統図をFig.16に示す。処理工程は大きく分けるとSuspect 廃液処理工程、LOW(Intermediate, Warm, Special)廃液処理工程及びスラッジ処理工程の3つから構成されている。尚、本処理施設には、旧廃液処理施設と新廃液処理施設があり、新廃液処理施設では、主にLOW廃液処理工程の中のIntermediate 及びWarm廃液を対象に処理している。

	Classification			Act uity			
				α ($\mu\text{Ci}/\text{ml}$)	$\beta \cdot \gamma$ ($\mu\text{Ci}/\text{ml}$)	^{90}Sr ($\mu\text{Ci}/\text{ml}$)	^{226}Ra ($\mu\text{Ci}/\text{ml}$)
L L L W 低レベル 液体廃棄物	Suspect		Category 1	—	$<10^{-5}$	—	—
	LOW	Intermediate Liquid	Category 2	$<2\times 10^{-5}$	$<10^{-2}$	$<2\times 10^{-4}$	$<4\times 10^{-6}$
		Warm Liquid	Category 3	$<2\times 10^{-3}$	<1	$<2\times 10^{-2}$	$<4\times 10^{-4}$
		Special Liquid		$<2\times 10^{-5}$	$<10^{-2}$	$<2\times 10^{-4}$	$<4\times 10^{-6}$
M L L W 中レベル液体廃棄物				—	>1	—	—

2.2.2 Suspect 廃液処理工程 (Fig.17 参照)

この廃液の発生場所は、SCK/CEN及びユーロケミックからであり、通常放射能濃度的には処理を必要としない廃液として扱っている。この廃液は廃液輸送管によって、Suspect 廃液受槽（ $100\text{ m}^3 \times 4$ 基）に受入れられ、その後、送液ポンプ（受槽のレベルによって作動する）により、ミキシングタイプ（ 10 m^3 ）に送られる。ここで硫酸アルミニウム（ $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ）が添加され、水素化アルミニウム（ $\text{Al}(\text{OH})_3$ ）のフロックが形成される。更に、高分子凝集剤が添加されフロックの成長が図られている。その後、廃液はデカンターに送られ沈降分離し、処理済液はバクテリアヘッドに送られ、生物化学的酸素要求量（BOD）が調整された後、放出前貯槽（ 500 m^3 , 400 m^3 ）に送られる。その後、放射性物質等の測定が行われ、センターより 10 km 程離れた河川（Nethe River）に放出される。

2.2.3 Low廃液処理工程 (Fig.18, 19 参照)

Low廃液処理工程には、更に Intermediate 廃液処理工程、Warm 廃液処理工程及び Special 廃液処理工程によりなっている。Intermediate 廃液は主に SCK/CEN とユーロケミックからの廃液で、ユーロケミックからの廃液は、新廃液処理施設で処理している。これらの廃液は凝集沈殿処理され、処理済液は、Suspect 廃液処理工程からの処理済液と混合され、河川に放出されている。

Warm 廃液は、主に MOL の原子力関係施設から発生するもので、その中でも SCK/CEN の BWR-II 及び BWR-III からの除染廃液が主である。これらの廃液の中には、短寿命核種が多く含まれることから通常 1～2 ヶ月貯蔵し、その後、凝集沈殿処理し処理済液は、Intermediate 処理工程に送り更に処理されている。

Special 廃液は、主に大学、病院等から発生するもので、25ℓまたは50ℓの容器で受入れられ、放射性物質濃度の高いものは一定期間貯蔵され、その後、Warm 廃液処理工程に送られ、処理されている。

2.2.4 Intermediate 廃液処理工程

(1) 旧廃液処理施設 (Fig.18 参照)

この廃液は廃液輸送管によって、Intermediate 廃液貯槽 (2,000 m³ × 1 基, 200 m³ × 1 基) に受入れられ、その後ポンプによりミキシングタンク (10 m³) に送られ、リン酸ナトリウム (Na₃PO₄) が添加される。そして混合後、並列に配置されたアクセレータに送られる。この時、水酸化ナトリウム (NaOH) が加えられ、pH を約 11.0 にしている。ここで廃液中に含まれる Ca²⁺ イオンと NaPO₄ の反応により、リン酸カルシウム (Ca₃(PO₄)₂) のフロックが形成される。更にアクセレータでは高分子凝集剤が添加され、フロックの生長が図られ沈降分離する。その後、処理済液は硫酸 (H₂SO₄) により中和され、処理済受槽 (250 m³ × 2 基) に送られ、ここで pH、放射性物質の測定が行われた後、放出前貯槽に送られ、Suspect 廃液処理工程からの処理済液と共に河川に放出される。

一方、アクセレータから生じたスラッジは、スラッジタンクに排出されスラッジ処理工程に送られる。

(2) 新廃液処理施設 (Fig.19 参照)

廃液は、廃液輸送管及びタンクローリ車等によって受入タンク (160 m³ × 8 基) に受入れられ、その後、サンプリング、分析、ビーカーテストが行われ、処理方法が決定されている。比較的処理が容易な廃液は、タンク内でフェロシアン化カリウム (K₄Fe(CN)₆) を添加し、フェロシアン化第2鉄 (Fe₄[Fe(CN)₆]₃) のコロイドを

生成後、ポンプにてパルセータの下部に送り込まれる。この時、 FeCl_3 が加えられ、 NaOH で pH 調整 (6~6.5) され、高分子凝集剤も加えられる。パルセータでは、沈降分離が行われ、処理済液は、サンドフィルター、イオン交換塔を通り放出前貯槽に送られる。

又、パルセータからの廃液は、スラッジタンク (25 m³ × 4 基) に一担送られ、その後、既設のスラッジタンクに送られビチューメン固化される。

一方、化学性分を含んだ廃液は、ビーカーテストの結果に基づいて試薬が決定され、その後、フロキュレータに送られ凝集沈殿が行われている。

2.2.5 Warm 廃液処理工程

(1) 旧廃液処理施設 (Fig.18 参照)

本廃液は、廃液中の成分、核種がそのつど異なることから、あらかじめビーカーテストにより最適条件を調べ、凝集剤を添加する回分式凝集沈殿法を採用している。

以下に基本的 (^{60}Co , ^{137}Cs , ^{90}Sr を対象) な処理方法について記す。

この廃液は、Warm 廃液貯蔵建家内にある貯槽 (50 m³ × 8 基, 100 m³ × 1 基) に廃液の性状 (主には発生場所) により各貯槽に受入れられ通常 1~2 ヶ月貯蔵される。その後廃液は前処理槽 (125 m³ × 2 基) に送られ、ここで硫酸 (H_2SO_4) を加え pH を 4.0 に調整し、フェロシアン化カリウム ($\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$) 及び塩化第 2 鉄 (FeCl_2) が添加され攪拌される。このことにより、フェロシアン化第 2 鉄のフロックが形成され ^{60}Co が除去される。次に、硫酸銅 (CuSO_4) を添加することにより、フェロシアン化銅 ($\text{CuFe}(\text{CN})_6$) のフロックが形成され ^{137}Cs が除去される。更に、炭酸バリウム (BaCO_3) を添加し、硫酸バリウム (BaSO_4) のフロックを生長させ ^{90}Sr を除去する。又、炭酸バリウムを添加したことにより、pH が 6~7 となり、先に添加した塩化第 2 鉄との反応により、水酸化第 2 鉄のフロックが形成され同時に α 核種が除去される。

一方、BWR-III からの発液に含まれている ^{131}I については、硝酸銀 (AgNO_3) を添加し、ヨウ化銀 (AgI) のフロックを形成させて処理している。これらの反応により除染係数 (DF) は、90~95% となっている。

そして処理済液は、Intermediate 廃液処理工程に送られ、更に処理される。又、スラッジはスラッジタンクに送られ、スラッジ処理工程にて処理される。

(2) 新廃液処理施設 (Fig.19 参照)

旧廃液処理施設と同様、受入れられた廃液 (受入タンク: 60 m³ × 3 基, 15 m³ × 2 基, 30 m³ × 3 基) は、1~2 ヶ月貯蔵され、ビーカーテストにより試薬が決定される。その後、廃液はフロキュレータに送られ、ここでビーカーテストに基づき試薬が添加さ

れ凝集沈殿処理される（凝集沈殿処理方法は、旧廃液処理施設と同様）。そして、処理済液は、Intermediate 廃液処理工程に送られ、更に処理される。もし、十分な除染効果が得られない場合は、Warm 廃液処理工程で再度凝集沈殿処理が行われる。

一方、スラッジは、スラッジタンクに送られ、スラッジ処理工程にて処理される。

2.2.6 Special 廃液処理工程 (Fig.18 参照)

この廃液は、区分に示す通り通常は Category 2 に相当するものである。しかし、容器の表面線量率が、 200 mR/hr 以下のものであれば受入れている。この放射能濃度の高い廃液は、短寿命核種が減衰するまで貯蔵 ($975\text{ L} \times 2$ 基, $485\text{ L} \times 2$ 基) し、Intermediate 廃液と混合 (希釈) し、その後、Warm 廃液として処理している。

2.2.7 スラッジ処理工程 (Fig.20 参照)

本工程は、各廃液処理工程より発生したスラッジ (約 0.5 wo/o) を濃縮工程により、約 30 wo/o まで濃縮させ、ビチューメン固化している。各スラッジは、一担、スラッジシンクナーに集められ、重力沈降により濃縮 (約 5.0 wo/o) される。濃縮スラッジはスラッジタンクに移され、上澄液は、Intermediate 廃液受槽に戻される。その後、濃縮スラッジは、親水性を改善するため凍結再融解装置に送られ、フロンを用いた冷凍機により凍結 (-25°C) し、その後、融解される。そして、又、スラッジは、重力沈降により $12 \sim 13\text{ wo/o}$ まで濃縮され、ビチューメン固化装置専用のスラッジタンクに送られる。そして汚布に珪藻土が添付された真空ろ過器に送られ、ここでスラッジは、約 30 wo/o まで濃縮される。その後、スクリュウコンベアにより、ミキシングベッセルに送られ、あらかじめ仕込んであったビチューメンと混合 (スラッジ: 約 40 , ビチューメン: 約 60) され、ドラム缶 (厚さ 5 cm のコンクリートライニングされた 220 L ドラム缶) に排出される。その後、自然冷却によって固化体となったものは、上部をコンクリートによりキャッピングし最終固化体となる。

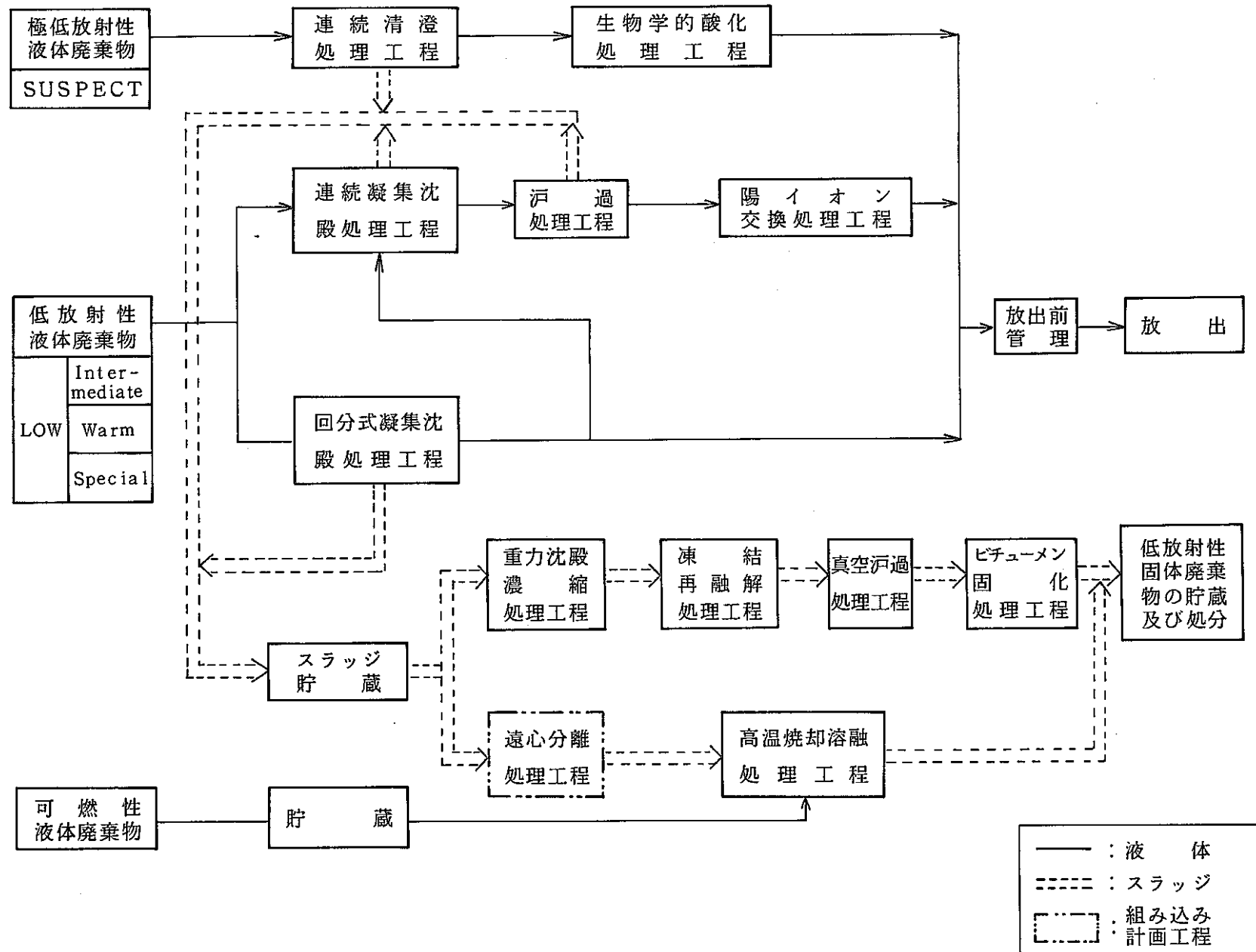


Fig.16 液体廃棄物処理工程図

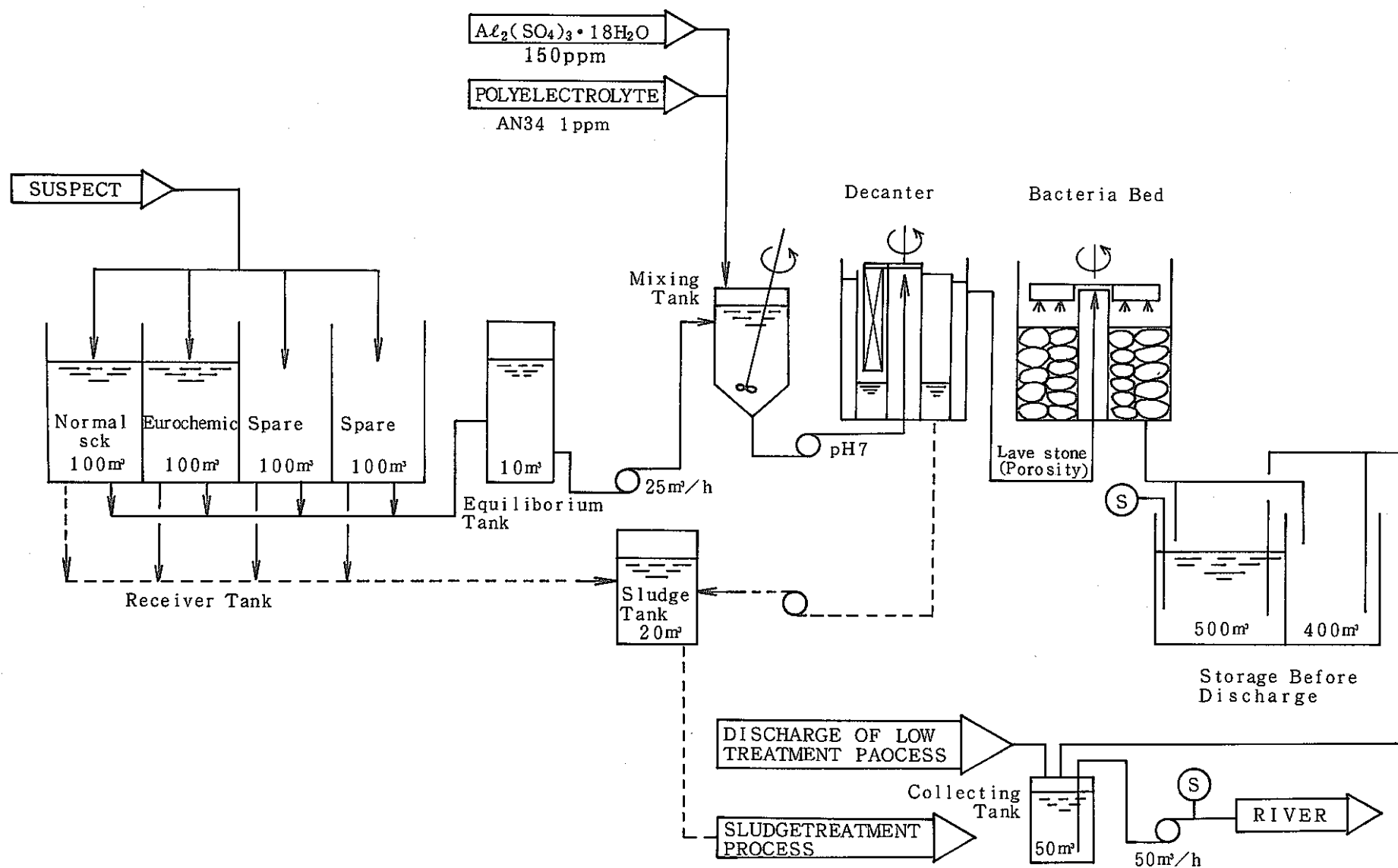


Fig.17 Suspect Liquid Waste Treatment Process Flow-Sheet

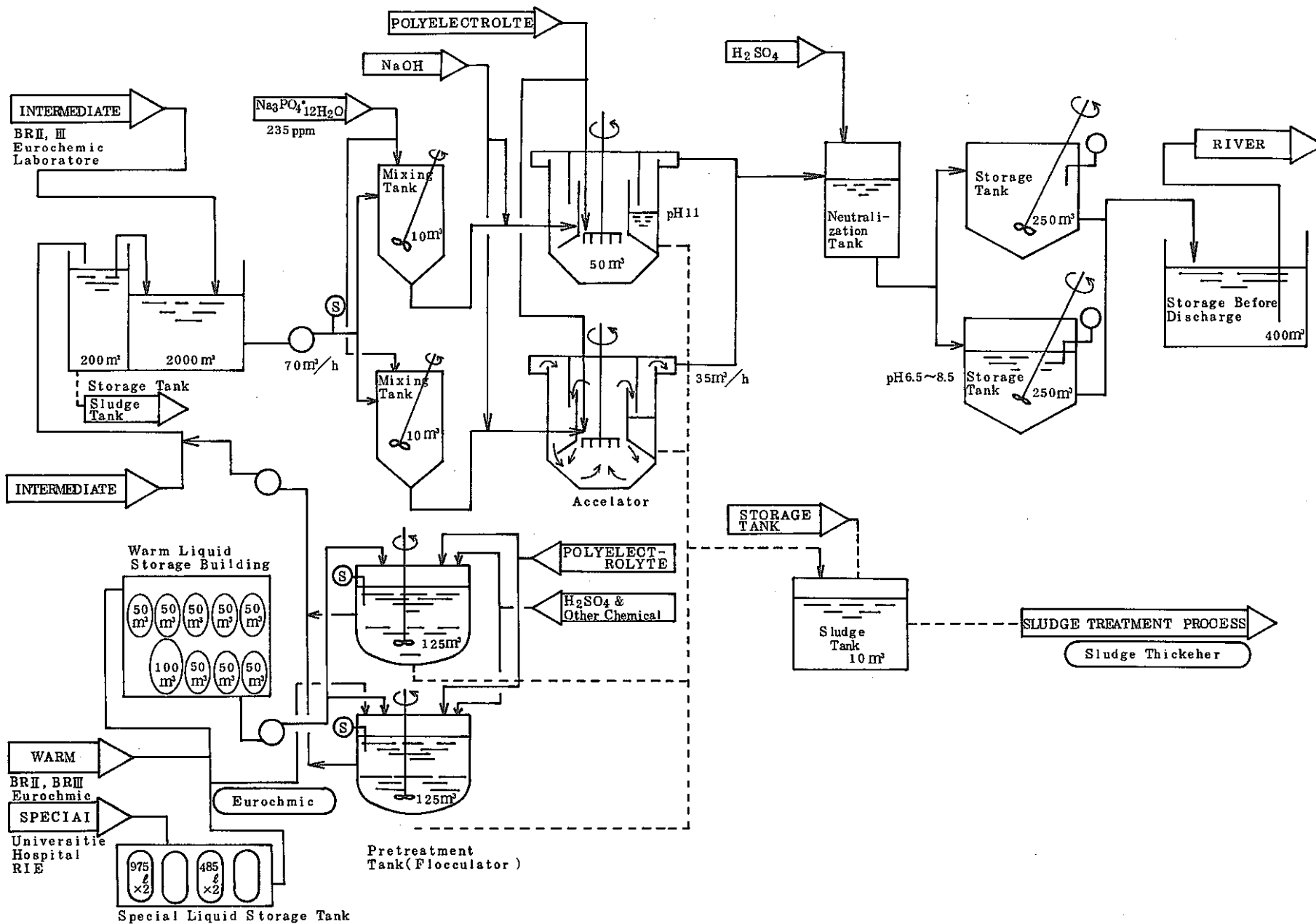


Fig.18 Low(Intermediate,Warm,Special)Liquid Waste Treatment Process Flow-Sheet

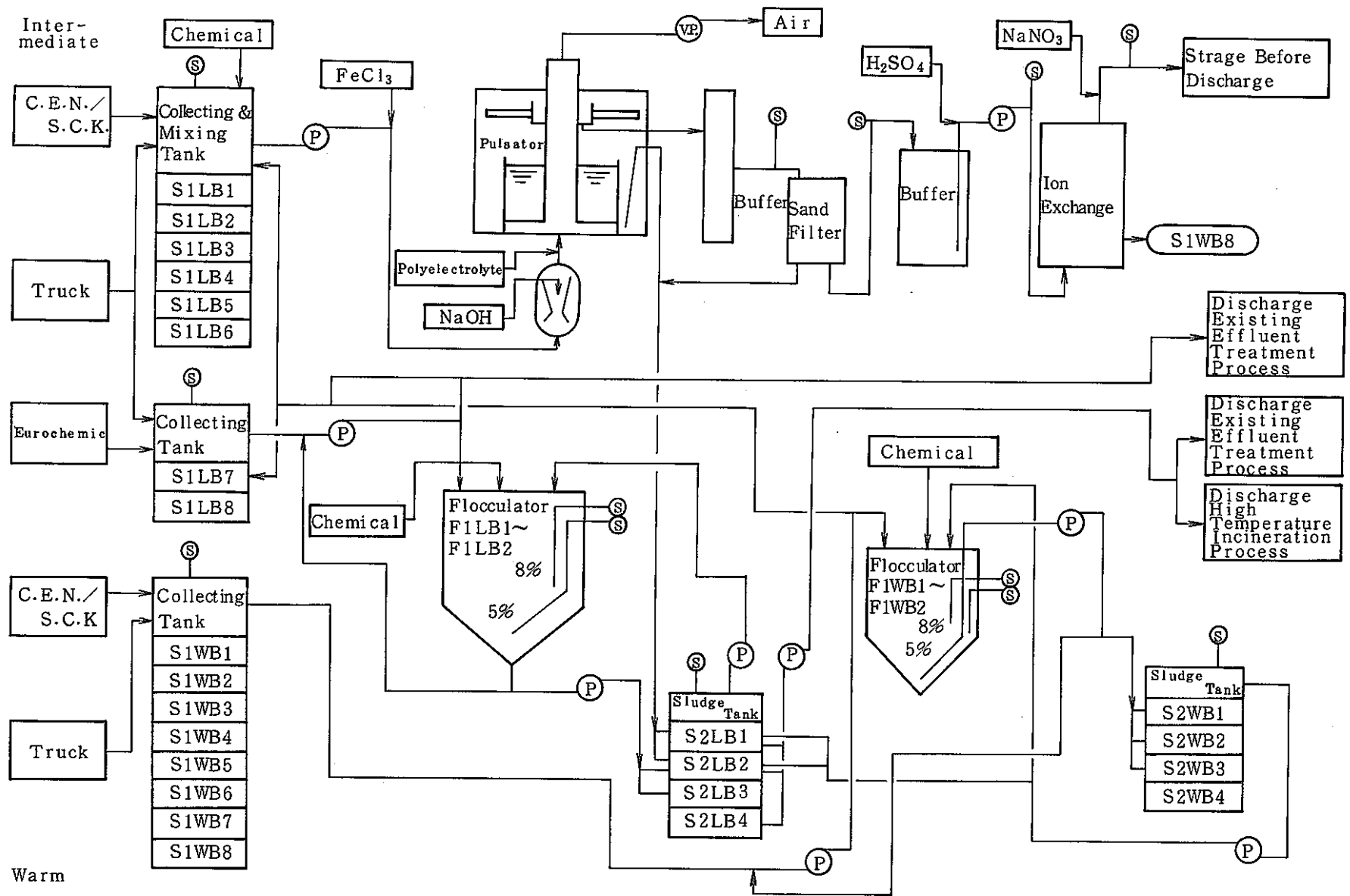


Fig.19 New Effluent Treatment Process Flow-Chart

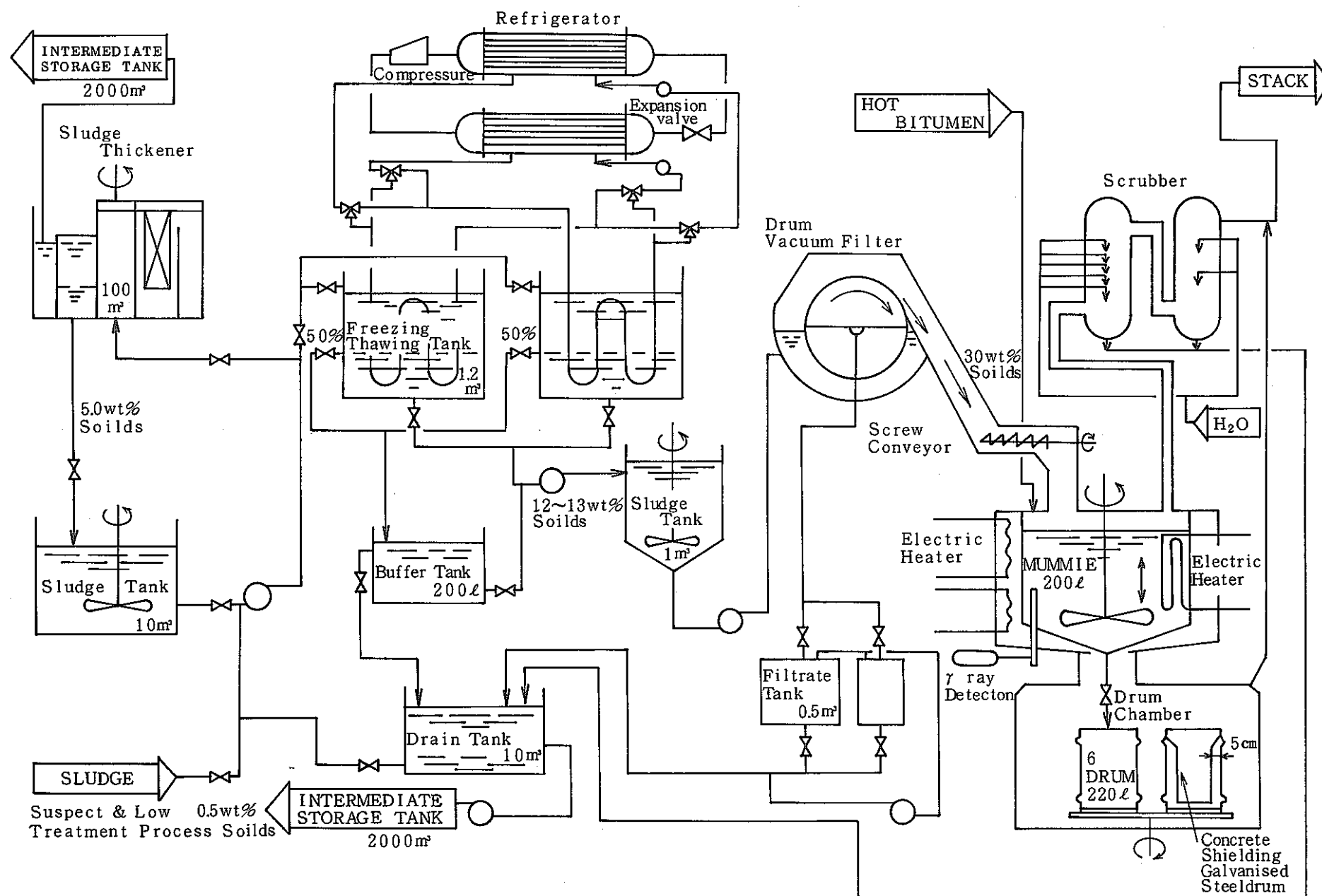


Fig.20 Sludge Treatment Process Flow-Sheet

Ⅲ ベルギーにおける放射性廃棄物の管理

1. はじめに

ベルギーでは、放射性廃棄物対策及び核分裂性物質の管理を行う国家組織（*ONDRAF／NIRAS）が1980年に発布された法律によりでき、1982年より活動している。この設立目的は、国家的レベルで放射性廃棄物を現在、そして長期的に管理していくことによって住民や環境の保護を保障すること、及び核分裂性物質の管理方法を明確にすることを目的としている。

この国家組織ができる前までは、核分裂性物質を取扱う者及び作業者は、廃棄物処理・処分の安全に対して個々に責任があったが、現在は、これら処理・処分等にかかわることをONDRAF／NIRASが統括している。

2. 適用範囲

ONDRAF／NIRASは以下のものを対象にマネジメントを行っている。

- (1) 放射性廃棄物の調整（特に処理設備をもたない施設から排出されるもの）
- (2) 処理済、未処理廃棄物の貯蔵
- (3) 処理済廃棄物の処分
- (4) 使用済燃料の貯蔵（原子力発電所及び再処理工場のサイト外）
- (5) 核分裂性物質の貯蔵
- (6) 放射性廃棄物、使用済燃料及び濃縮ウラン、プルトニウム等の輸送

3. 廃棄物管理の概要

（Fig-21に放射性廃棄物の管理体制を示す。）

3.1 廃棄物の発生場所

主な廃棄物の発生場所は以下の通りである。

3.1.1 原子力発電所〔基数：7基、約5,500MW(e)、総発電電力量に占める割合：55%〕

原子力発電所（PWR型）で発生する液体廃棄物及びスラッジについては、サイト内で処理（ろ過処理、凝集沈殿処理、蒸発濃縮処理等）され、処理済廃液は一般排水されてい

* in French : Organisme National des Dechets Radioactifs et des Matieres Fissiles : in short (ONDRAF)

in Dutch : Nationale Instelling voor Radioactief Afval en Splijtstoffen : in short (NIRAS)

る。また濃縮液は、セメント固化又はプラスチック固化がなされている。

一方、固体廃棄物は、中央廃棄物処理施設（SCK/CEN, Waste Department：以下SCK/CENという。）に輸送し処理されている。これら廃棄物の処理及び最終パッケージは、海洋投棄の条件に合致するよう実施されている。

3.1.2 核燃料サイクル

燃料製造によって発生する廃棄物はSCK/CENに輸送し処理されている。

使用済燃料の再処理によって生じる廃棄物は2通りあり、その1つは海外で再処理（COGEMA, LA HAGUE）することによって生じるものである。それらは再処理契約に従い、そこで処理され返還固体廃棄物としてベルギーに返還されるが、早くて1990年頃になるであろうとの事である。

もう一方は、ベルギー国内での再処理（ユーロケミック、1966年～1974年稼動）によって生じるものであり、これまでに生じた廃棄物及び再稼動した場合に生じる廃棄物は、サイト内で処理される。但し、低レベル液体廃棄物及び固体廃棄物は、SCK/CENに輸送し処理される。

3.1.3 SCK/CEN (Belgian Nuclear Energy Research Centre)

センター内の各研究施設から発生する廃棄物は、全てこのWaste Departmentで処理されている。また、これらの処理設備は、ベルギーの原子力開発部門全体のために稼動されており、中央廃棄物処理施設として運営されている。

3.1.4 ラジオアイソトープ協会

ラジオアイソトープ協会及びラジオアイソトープを用いる工場、病院、研究所等から発生する廃棄物はSCK/CENに輸送し処理される。

3.2 放射性廃棄物の処分

固化体の処分には、大きく分けると現在2つの方法が考えられている。1つは、海洋投棄であり、他方は、地層処分である。これらの現状について、以下に述べる。

3.2.1 低レベル廃棄物

ベルギーにおける海洋投棄作業は、海洋投棄規制条約（ロンドン条約）及びOECDのNuclear Energy Agencyによって設立された多数国間協議監視制度（Multilateral Consultation and Surveillance Mechanism）に基づき、1982年まで実施されてきた。しかし、1983年以降、国際的にこの処分方法に対する反対意見が高まってきた

ため、実施できない状況となっている。ベルギーの国情を考えると、小領土、また地質学的に見て地層処分は、あまり適していないことから海洋投棄の続行を願っているが、今のところ見通しが立っていない。従って現在、第一の選択として浅層処分をあげている。これは世界的に見ていくつかの国がすでに採用しているからである。

しかし、最終的にどんな処分方法（海洋投棄処分 or 浅層処分）になろうとも現状においては、処分を待つ廃棄物のために貯蔵庫の増設をしなければならないようである。

3.2.2 高レベル廃棄物及びT R U廃棄物

これらの廃棄物は、原子力開発に伴う原子力発電所、再処理工場及びプルトニウム燃料製造工場から発生する。

ベルギーでは、1974年に原子力エネルギーについての評価と将来のエネルギー政策のために経済大臣により、特別調査委員会が設置され、ベルギーでは粘土層がこれら廃棄物のために最も適しているという報告が1975年になされた。又、1976年からは、C E C（Commission of the European Communities）との契約により、R & Dが進められ、1979年にそれらの調査結果が提出された。

一方、SCK/CENでは、1974年より調査・研究が開始され、本格的調査・研究のための地下実験室（Under Ground Laboratory）が1980年から1983年にかけて建設され現在、本格的な調査・研究が実施されている。この実験室では、熱的試験、変形試験、腐食試験等を実施し、最終的地層処分に関する方向付けを行うことを目的としている。そして、これらの調査・研究はC E Cとの協力により実施されている。

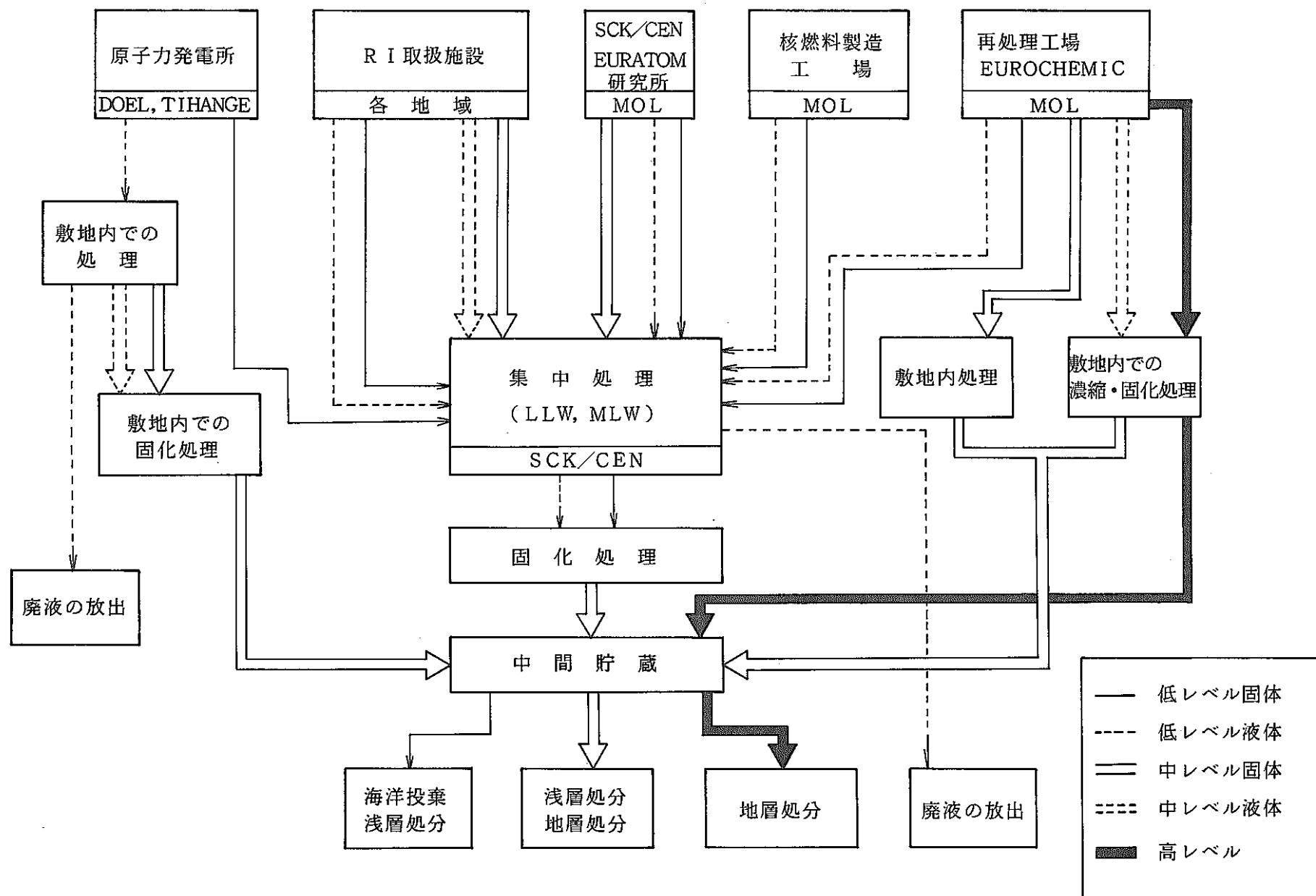


Fig. 21 ベルギーにおける放射性廃棄物の管理体制 (1/2)

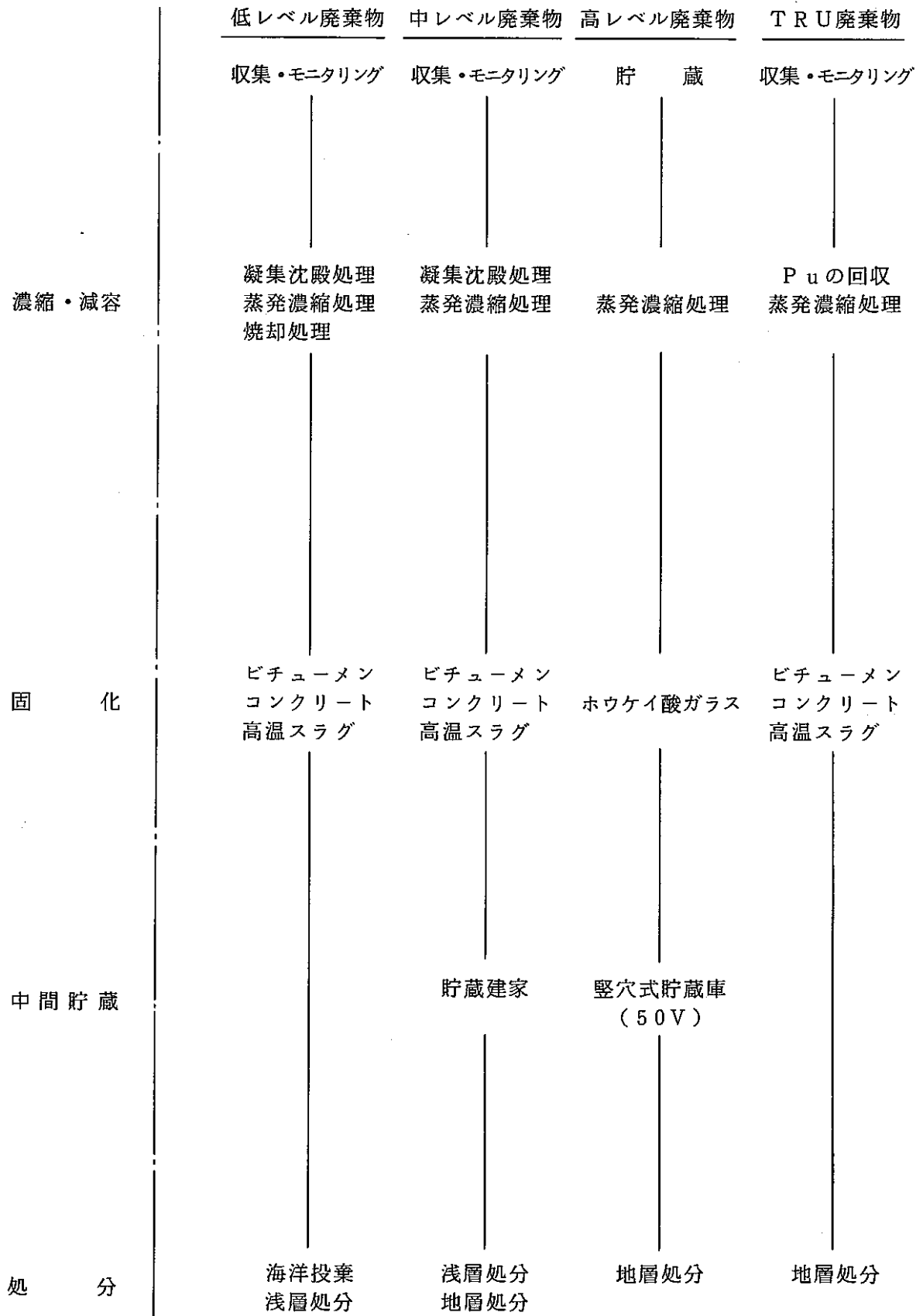


Fig. 21 ベルギーにおける放射性廃棄物の管理体制 (2/2)

4. 高レベル廃液のガラス固化 (PAMELA: Mol/Belgium)

4.1 概要及び現状

パメラプラントは、ユーロケミック再処理工場に保有されている*高レベル廃液を処理及び実証し、これらのデータを将来の商業プラントに反映させることを目的として1984年に建設された。詳細スケジュールをFig.22に示す。また、1985年10月7日から、低濃縮廃液 (LEWC: Low Enriched Waste Concentrate) によるホット作業が開始され、1986年4月末までに約50m³処理し、この作業は終了した。また、この結果450個のガラスブロック固化体と100個のガラスビーズ固化体が生成された。これらの固化体は、ベルゴプロセスの貯蔵施設に貯蔵されている。そして現在、受入タンク等を除染した際に発生した除染廃液の固化を実施しているところである。

今後は約10年かけて、ユーロケミック再処理工場内にある高濃縮廃液 (HEWC: High Enriched Waste Concentrate) とKFK-WAKにある高レベル廃液 (100m³, 500 Ci/l) の処理を行う予定である。

尚、パメラは現在、ベルギーに移管されたとの事である。

本施設は長さ58.0m、幅30.4m、高さ24.6mの鉄筋コンクリート造りの建家で施設内はセル、操作室、分析室、制御室、サービスエリア、排気機械室等より構成されている。

装置の構成機器及びシステムは、ほぼKFKの実規模モックアップ設備と同様である。従ってここでは工程の説明は省略する。但し関連資料をAppendixに示す。また以下に主な仕様と特記事項について記す。

4.2.1 主な仕様

処理能力 : 20~30 l/hr

* 高レベル廃液 (ユーロケミック再処理工場に保有しているもの)

◦ 低濃縮廃液 (LEWC)

量 : 50m³

放射性物質濃度 : 150 Ci/l

◦ 高濃縮廃液 (HEWC)

量 : 800m³

放射性物質濃度 : 6~10 Ci/l

性 状 : 多量のアルミニウムを含有

ガラス生成量 : 15kg/hr
電 極 棒 : インコネル690, 4対, 空冷
電気出力 : ジュール熱 80kW
 スタートアップヒータ 35kW
ガラス抜き出し方法: ボトム抜き出し(ガラスブロック)
 オーバフロー(ガラスビーズ)

4.2.2 特記事項

- 貯蔵中におけるガラス固化体の温度(崩壊熱)は400℃以下となるように管理している。
- キャニスターのふたの溶接は自動溶接により行っており, リークテスト(加圧空気による。)は1回/50本の割合で実施している。
- キャニスターの洗浄は0.5molのHNO₃を用いた超音波洗浄法により実施している。
- 制御室には操作盤がなく, 操作及び運転状況等の把握はコンピュータにより行っている。
- キャニスターの貯蔵庫は堅穴方式(大洗の高レベルα貯蔵庫と同じようなもの)となっており, ピット数は252本(12×21)である。また各ピットにはキャニスター6本が収納できることから, 全部で1,512本(252×6=1,512)のキャニスターが収納可能である。

尚, 現在550本のキャニスターが収納されており, 約36%が埋っている状態である。今後, 更に建家の増設を行うとの事である。
- ガラス固化体中に含まれる酸化廃棄物は8~9w%である。

- Project start-up
- Construction application
- Construction and operating license
- Laying of the foundation stone
- Start-up cold operation
- Plant turnover to operation
- Start-up hot operation

October 1979
 December 1980
 April 1981
 September 1981
 November 1984
 August 1985
 October 1985

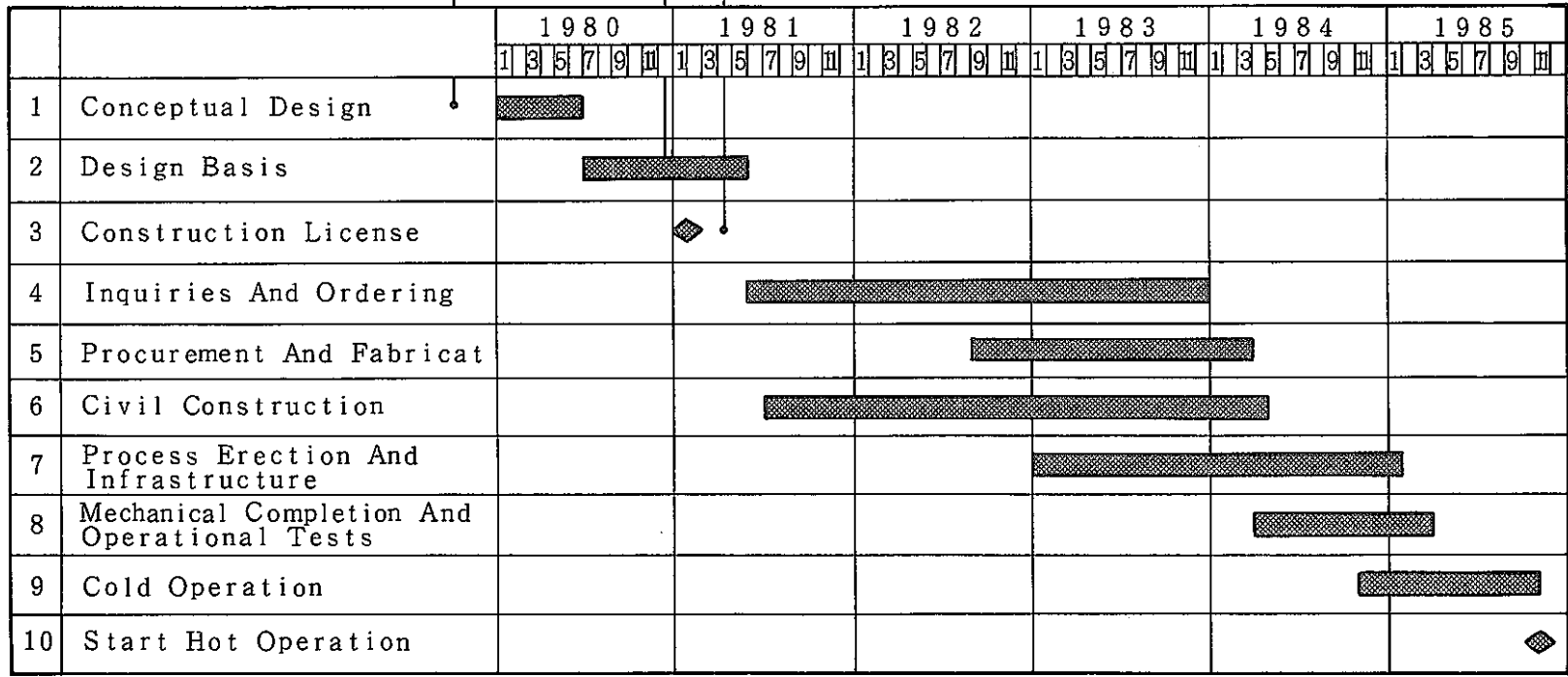


Fig. 22 Time Schedule PAMELA Plant

5. 高レベル放射性廃棄物処分と地下実験室

5.1 経 緯

ベルギーでは、1974年に原子力エネルギーについての評価と将来エネルギー政策のために経済大臣より特別委員会が設置され、この中で粘土層がHLWとTRU廃棄物の処分に適しているという報告が1975年に出された。また1976年からはCEC (Commission of the European Communities)との契約によりR & Dが進められ1979年にそれらの調査結果が提出された。

一方、SCK/CENでは1974年より調査・研究が開始され本格的調査・研究のための地下実験室 (Under Ground Laboratory) が1980年から1984年にかけて建設された。又、1984年から1985年にかけて抗道の延長が行われた。そして、この実験室では固化体と粘土層の相互作用に係る各種調査・試験 (Clayの特性、熱的試験、変形試験、腐食試験等) 及び実証を行い最終的地層処分に関する方向付けを行うこととしている。

なお、これらの調査・研究開発はベルギーの国家機関であるONDRAF/NIRAS (ベルギー国内の放射性廃棄物に関する対策を行う機関) はもとよりCECとの協力により実施されている。

5.2 Boom Clayの分布

ベルギーのBoom Clay (約3,500万年前の地層) は、オランダからドイツにかけて広範囲に存在しており、その層は地下190～300 mにあり、場所により層の厚さが異なる。地下実験室のあるMOLでは、地下160～270 mの所に存在し北東方向に1%の傾斜を持っている。Table. 2にBoom Clayの特性を、Table. 3にClay中の湿分組成を示す。

Table. 2 Main characteristics of Boom Clay

-Chemical composition of dry material (%)	: ~61 SiO ₂ , ~14 Al ₂ O ₃ ~5.9 Fe ₂ O ₃ , ~2.2 K ₂ O ~1.4 Na ₂ O, ~0.6 CaO ~0.5 TiO ₂ , ~0.7 MgO weight loss at 1000°C : ~10
-Natural water content (weight %)	: ~26
-Mineralogical composition of the fraction < 2μ (parts per ten)	: ~illite (2-3), gmectite(2), vermiculite-like(3), illite-mont- morillonite interstratified (1-2), chlorite + chlorite-vermiculite-like interstratified (1)
-Organic matter (%) 14 samples	: 2.3 - 5.5
-Granulometric composition (%)	: d < 2 μ : 49 2 μ < d < 60 μ : 47 60 μ < d < 200 μ : 3.5 d > 200 μ : 0.5
-Bulk density	: ~1.93
-Dry density	: ~1.53
-Hydraulic conductivity (cm/s ⁻¹)	: between 1.4 × 10 ⁻⁸ and 4.7 × 10 ⁻¹⁰
-Porosity (%)	: between 34.6 and 44
-Saturation degree (%)	: between 88.4 and 100
-Plasticity limit (%), (average 50 sample geot : ~27 core drilling)	
-Liquidity limit (%), (ibidem)	: ~76
-Index of plasticity (%), (ibidem)	: ~49
-Thermal conductivity (Wm ⁻¹ K ⁻¹)	: 0.9-1.3 (from 20 to 90°C) 0.3-0.5 at 100°C and 0.6-0.8 at 500°C
-Natural radioactivity(Bq kg ⁻¹ dry sample)	: ⁴⁶ K ~ 7.4 10 ² ²³⁶ Ra ~ 7.4 10 ¹ ²³⁷ Th ~ 4.4 10 ⁻¹
-Cation exchange capacity (meq per 100g dry Clay)	: 20-40 depending on sample and technique used

Table. 3 Composition of moisture

	[ppm]
HCl	4.9
H ₂ SO ₄	15
HF	0.40
NaCl	8
CaF ₂	0.21
KF	0.44
MgCl ₂	0.1
pH	3.5

5.3 処分対象廃棄物及び冷却期間

ベルギーでは上記の地層に10,000MW(e)の原子力施設の30年分、すなわち300GW(e)・yrの容量から発生する廃棄物固化体 (Table. 4) を処分の対象と考えている。又、固化体は崩壊熱が粘土層に与える影響を考慮しなければならないことから次のような規制 (熱計算による) がある。この時の粘土層の熱伝導度は $1\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot^{\circ}\text{C}$ となっている。

- (1) ガラス固化体の最高温度は400℃
- (2) 粘土層の最大温度上昇は100℃
- (3) 粘土層と他の層の境界面における最大温度上昇は5℃
- (4) グラントレベルにおける最大温度上昇は0.5℃

以上の点を考慮し基本的には、HLWは50年から75年冷却した後処分することとしている。高レベル廃棄物は、ホウケイ酸ガラス固化し、中レベル及びTRU廃棄物は、ピッチューメン固化かセメント固化を考えている。

Table. 4 Actualised nuclear waste arisings for a Belgian integral mined repository (hypothesis : 300 GW(e). yr total nuclear power production)

	HLW	CLW	ILW/S	alpha-W
number of packages	6,000	4,500	30,000	30,000
dimensions: h (m)	1.335	1.7	0.9	1.1
ϕ (m)	0.43	1.06	0.6	0.72
waste volume (m ³)	0.150	1.3	0.18	0.40
thermal power (kW)	1300	0.030	—	—
activity: alpha (Ci)	33E3	22	0.6	0.5
beta, gamma (Ci)	45E3	36E3	100	100
	(t=10)	(t=10)	(t=10)	

5.4 処分シナリオ

現在、一般的概念の他に次のような3つのシナリオが考えられている。

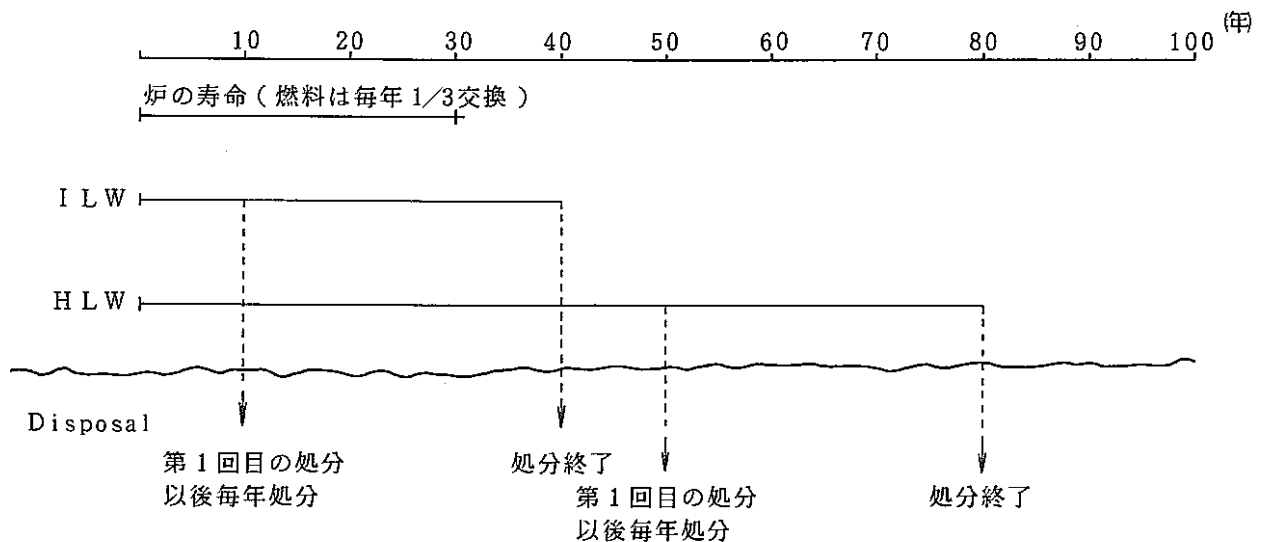
シナリオ A

ILW (CLW, ILW/S, Alpha-W)は、原子炉から燃料を回収した後、10年後に処分し、HLWは50年後に処分する。また、処分作業は炉から燃料を回収してから80年後に終了する。

ここで、CLW : Cladding Waste

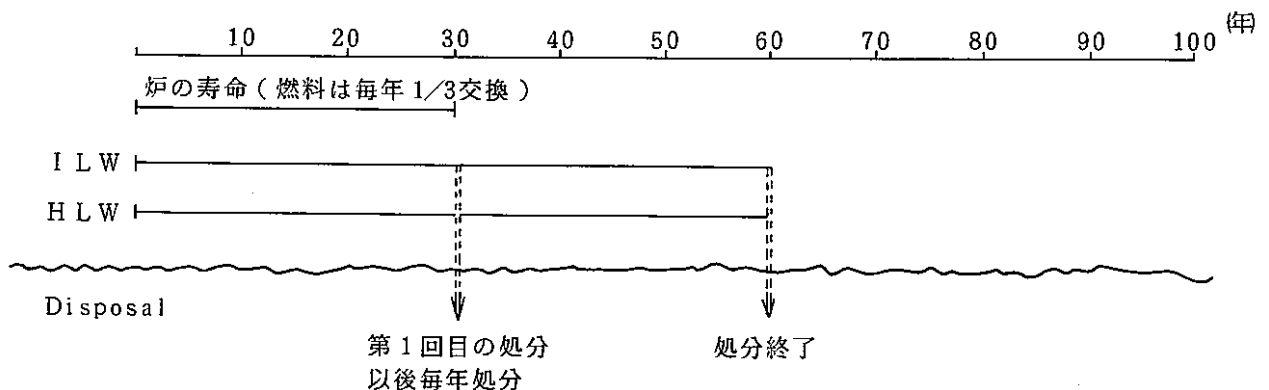
ILW/S : Intermediate Level Waste/Slurry

Alpha-W : Alpha-Waste



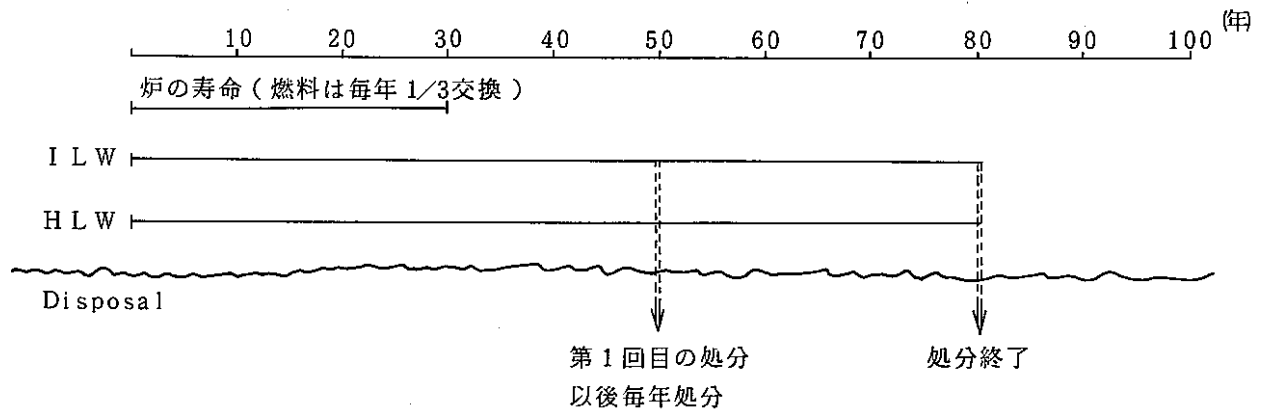
シナリオ B

2種類の廃棄物は、原子炉から燃料を回収した後、30年後に同時処分する。処分作業も同時に終了するが処分施設の人工クーリング(管理)は行わなければならない。



シナリオ C

2種類の廃棄物は原子炉から燃料を回収した後、50年後に同時に処分する。処分作業は80年後に終了する。



但し、以上のシナリオのタイムスパンは次の前提に基づいている。

炉の寿命：30年

燃料交換：毎年 1/3

t_0 = 原子炉から燃料取出し

t_5 = 再処理 (CLW, ILW のコンディショニング)

t_{10} = ガラス固化 (高レベル廃棄物の固化処理)

t_{50} = HLW を処分するための平均クーリングタイム

なお、これらのシナリオは貯蔵、ハンドリング、輸送及び財政面等から当然検討しなければならないが、ここでは固化体と粘土層の相互作用の見地に限定している。

5.5 処分方法と面積

基本的に考えられている地層処分の方法は、Fig. 23 に示すような基本的概念である。すなわち、地下 220 m 程度に内径 3.5 m の水平ギャラリーを掘り、それらのギャラリーから更に斜めにピットを掘り、その中に HLW 固化体を埋め処分する。又、ILW 固化体は HLW 固化体と分け、別のギャラリー内に処分することとしている。

しかしながら、上記の方法ではギャラリーの長さ (面積) が長くなること、すなわち廃棄物固化体があまり受入れられないこと。また、建設に時間を要し、更にこれらの要因がコストに跳返ることから現在 5.4 で述べたシナリオに基づき次の様な処分方法が考えられている。

Table. 5 に各シナリオにおけるギャラリーの長さを、Fig. 24 に廃棄物の据付概念をそれぞれ示す。

Table.5 Actualised gallery length (km) for the various scenarios (emplacement:HLW stacks in pipes)

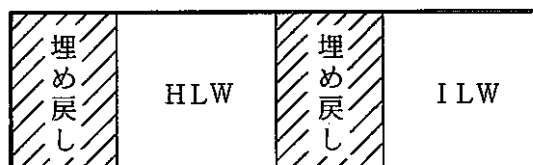
	scenario A		scenario B		scenario C
	ph1	ph2	ph1	ph2	
HLW	—	7.5	4.8	7.2	7.5
CLW	1.2	—	0.4*	0.8*	*
ILW/S	2.5	—	0.8*	1.7*	*
alpha-W	1.4	—	0.4*	1.0*	*
utility galleries	0.5	0.8	0.9	1.5	1.2
shafts	2	2	4	1	4
total length disp. gal.	12.6	12.			7.5
HLW-packages per stack	13		7		13
therm. load (E3 kW.km ⁻²)	2.4		2.5		2.5
(*) emplaced in the HLW-disposal galleries					
() can be performed in one phase					

○シナリオ-A (ILW-10, HLW-50)

ILWとHLWは別々のギャラリーに処分する。ILWはギャラリーの中に処分し、HLWはギャラリーから延びる水平チューブの中に処分する。HLWでチューブが満たされた後チューブとギャラリーはバックフィルドされる。

○シナリオ-B (ILW-30, HLW-50)

ILWとHLWは同じギャラリー内に処分する。但しILWは、ビチューメン固化あるいはセメント固化となるのでHLWからの熱影響を避けるため最初にギャラリーの中にILWが入れられバックフィルドされた後、HLWが入れられ同様に埋めもどしされる。



○シナリオ-C (ILW-50, HLW-50)

シナリオ-Bと同じ

5.6 処分コスト

1978年に出された基本概念における処分コストは、0.015BF/kWhとなっている。
(廃棄物のコンディション、輸送及び地上施設の撤去は含まれていない)

しかし、採掘の経験不足及び今後の技術開発を必要とする項目等の不確定要素を含めると処分コストは約20%増加する。最も高いケースでは35%のコスト増となる。

以上のように、現在は基本的概念に基づき種々の処分シナリオが比較・検討されている段階であり、この方法で処分するという明確なものは決っていない。しかし、今後各種試験におけるデータの蓄積、実証及びコスト等の評価が進むにつれより明確になるであろう。

5.7 地下実験室の概要 (Fig. 25, 26, 27 参照)

地下実験室の縦坑(直径2.65m)は地下224mまで掘られ、その壁は変形を防ぐためコンクリートライニングが施されている。また、掘削時には縦坑の粘土層が塑性変形しやすいことから周辺の粘土層を凍結して行ったとのことである。横坑(Experimental gallery)の内径は直径3.5mで水平に35m延びている。更に、このギャラリーから22m地下にもSmall Reconnaissance Galleryと称するギャラリーがある。これらのギャラリーにも変形を防ぐため鋳鉄製のブロックまたはコンクリートブロックが施されている。

この実験室に入るには、まず6人用リフトで地下224mの所まで降りExperimental Galleryに到着する。又、ここからSmall Reconnaissance Galleryには、はしごを使って降りることができる。

Experimental Galleryの側壁には、各種試験(熱的試験、変形試験、腐食試験等)を行う穴(70cmφ)が多数設けられており、現在試験が続けられている。

耐食性試験では、キャニスタ材料(AISI304, 304L, 316, UHB904L, 1803MOT, Inconel625, Hastelloy C, Ti合金等)について原位置腐食試験が行われ、Ti合金, Hastelloy C, Inconel625, UHB904Lが優れていることが判明している。これらの各種試験は今後とも継続されるが、1987年から1994年にかけて模擬廃棄物による実証及び実廃棄物(最初は低レベル廃棄物)により実証を行うとのことである。

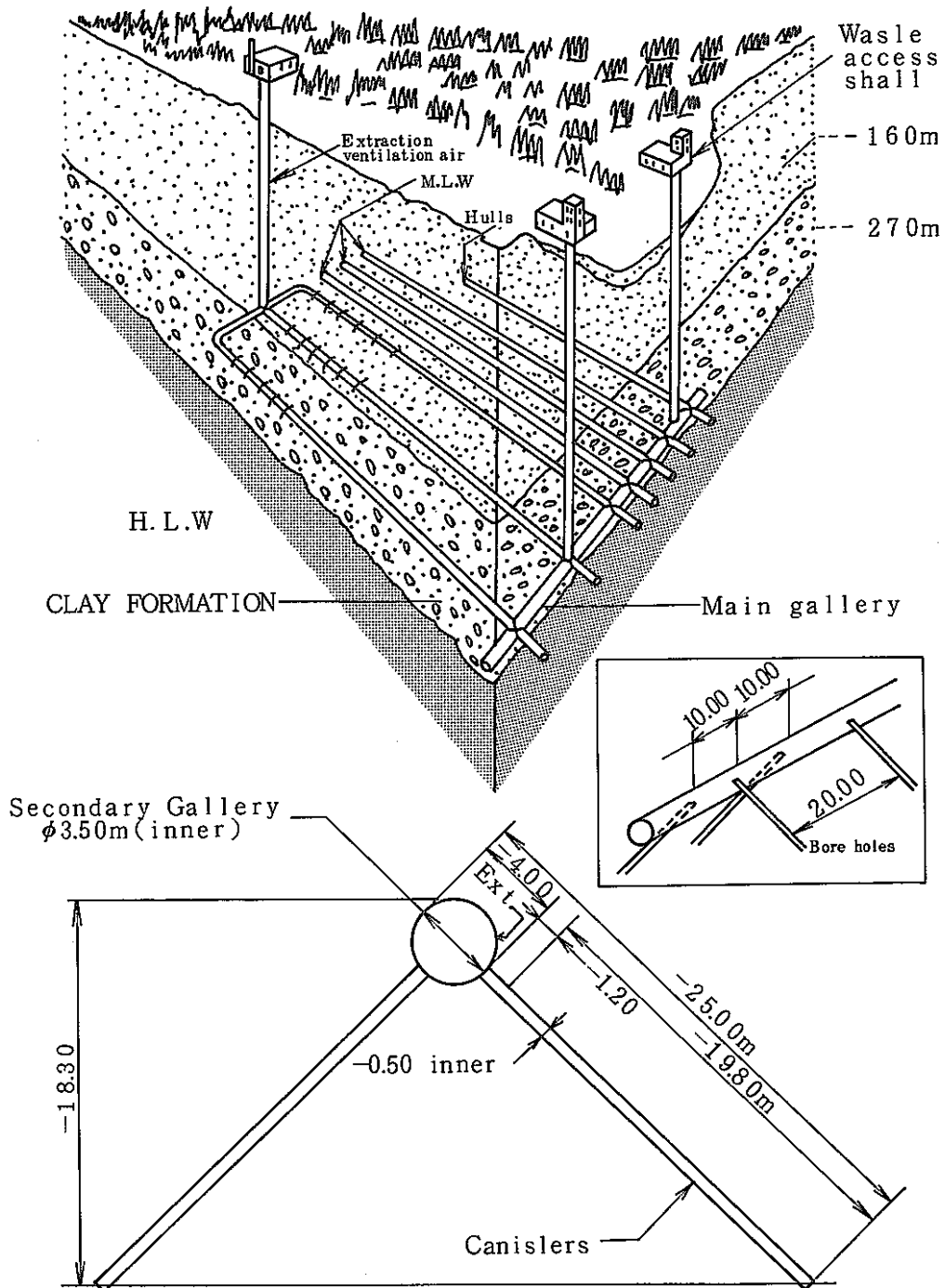
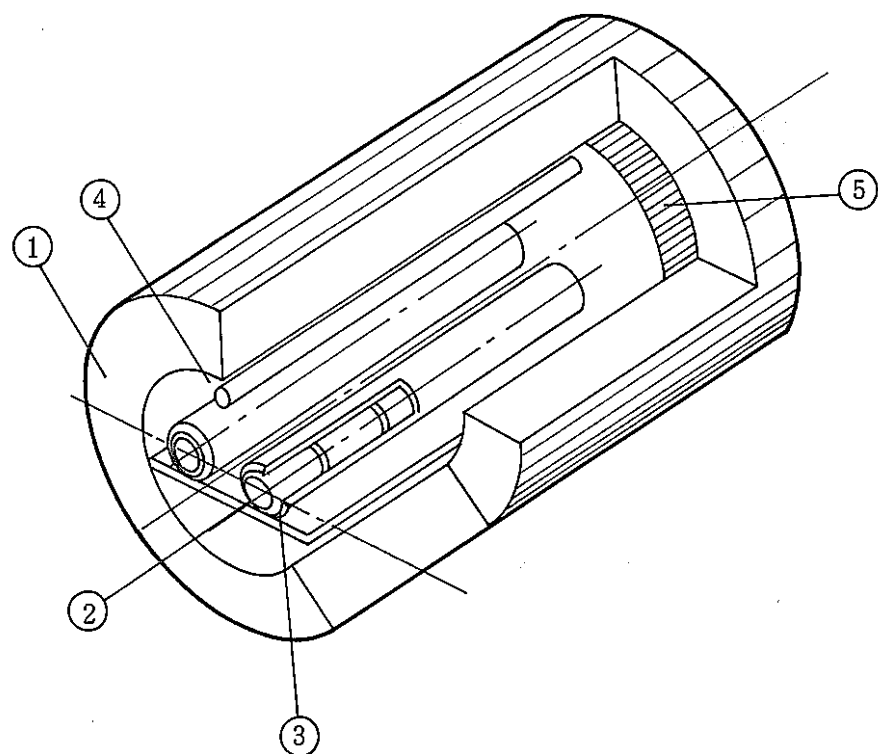
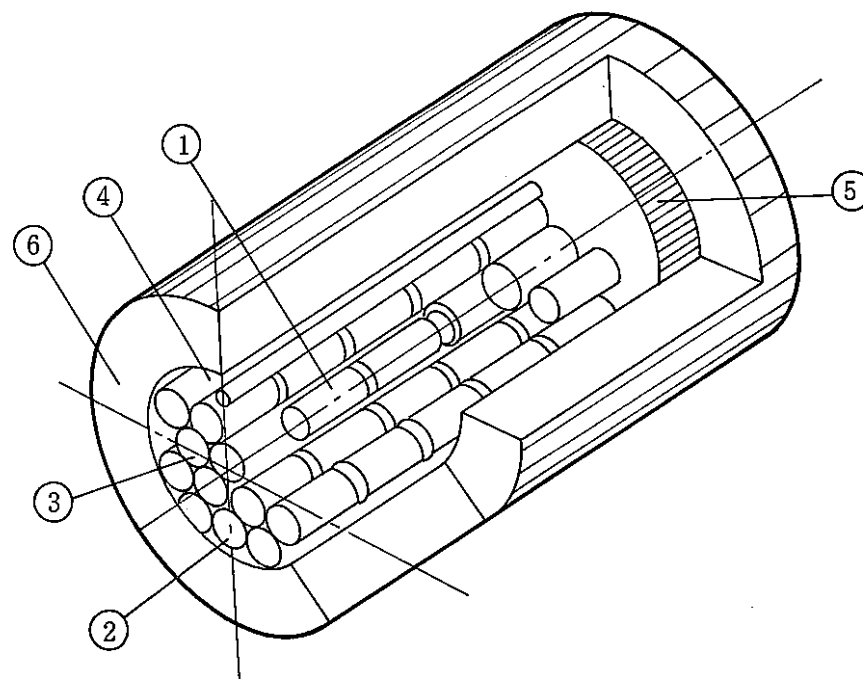


Fig. 23 Reference concept of an integral mined geological waste repository in a subhorizontal clay formation



- ① TUNNEL LINING
- ② HLW CANISTER
- ③ GUIDE FRAME
- ④ BACKFILLING INJECTION TUBE
- ⑤ BACKFILLING (concrete)



- ① HLW CANISTER
- ② ILW DRUMS
- ③ GUIDE FRAME
- ④ BACKFILLING INJECTION TUBE
- ⑤ BACKFILLING (concrete)
- ⑥ TUNNEL LINING

Fig. 24 Variant radwaste emplacement concepts (in galleries of a mined repository)

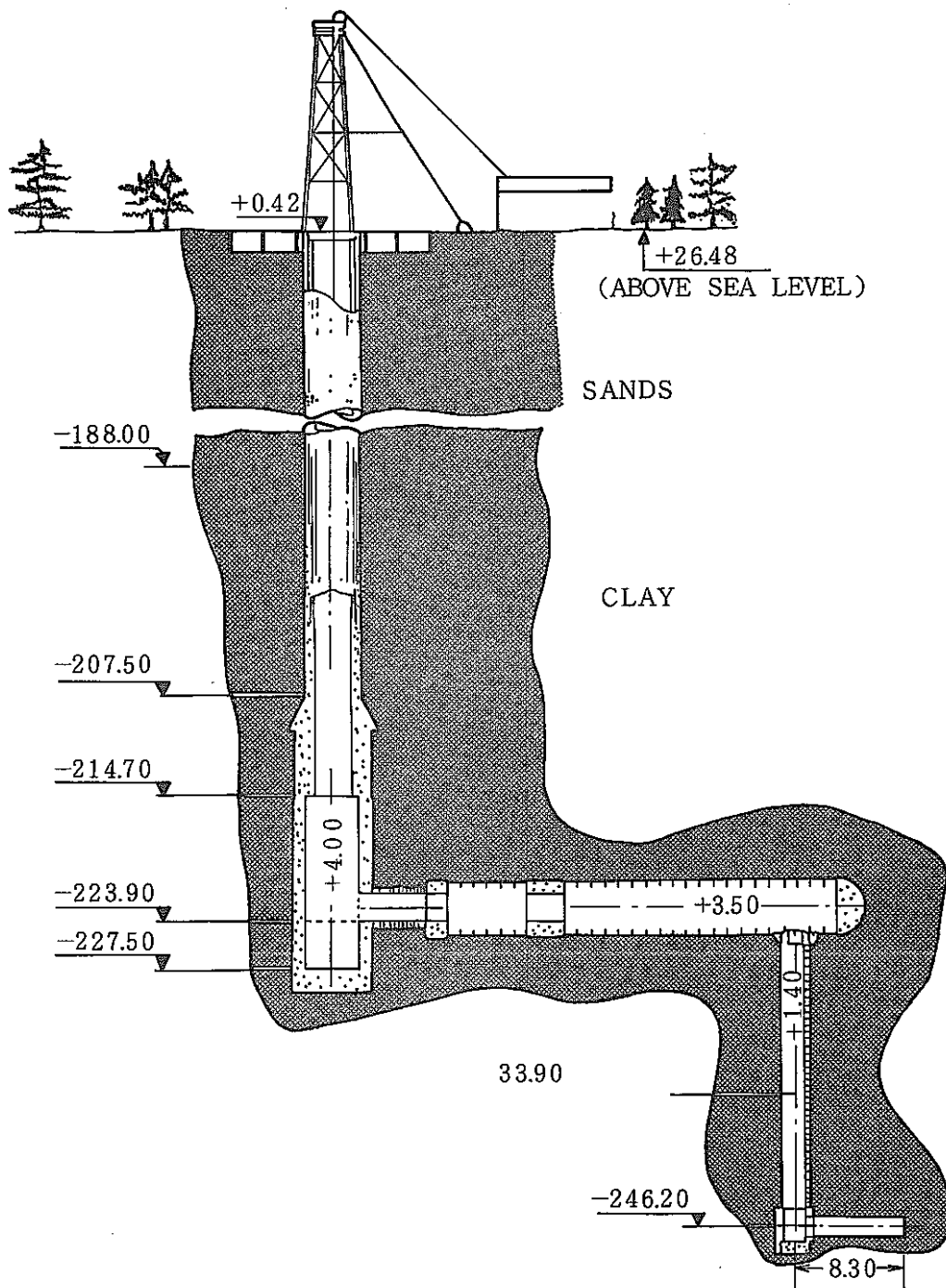
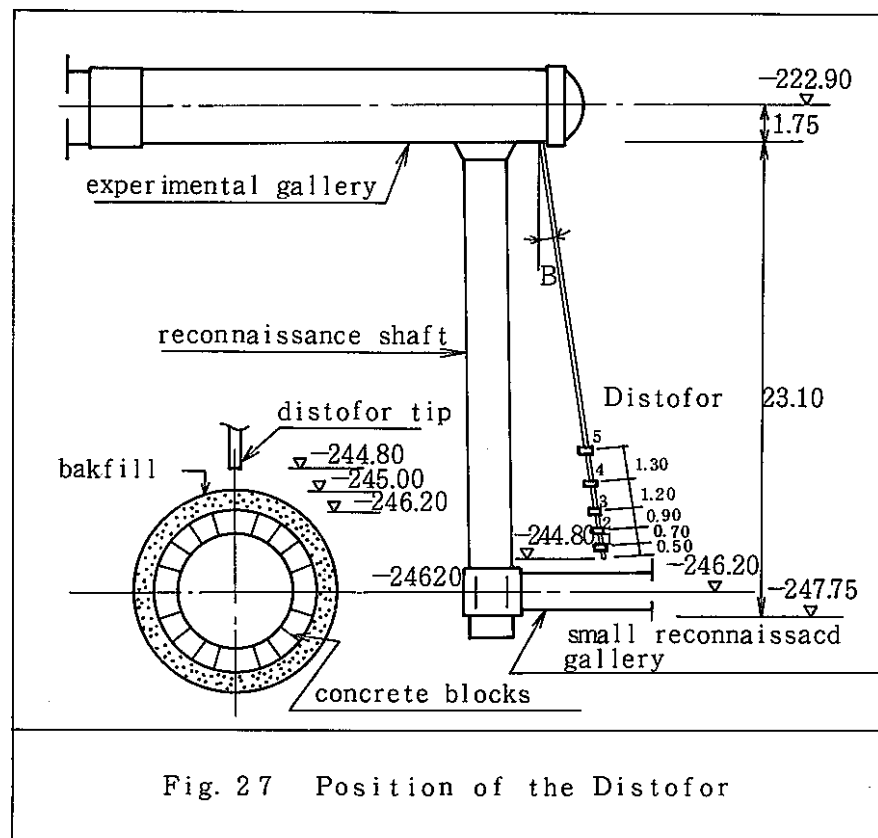
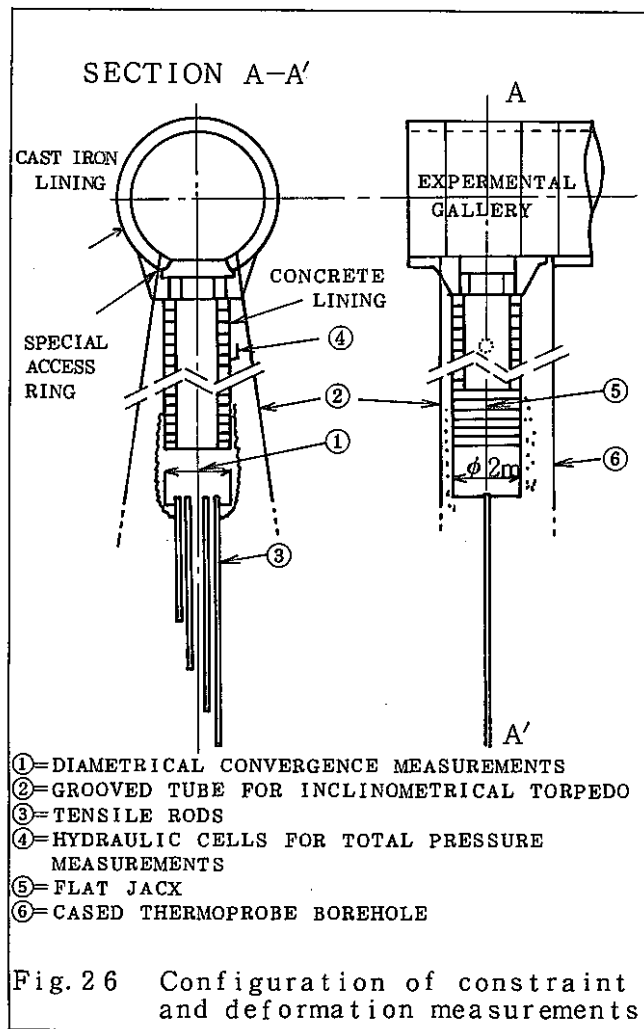


Fig. 25 Scheme of the as built
underground experimental facility



Ⅳ 西ドイツにおける放射性廃棄物処分の現状

1. 概 要

西ドイツでは国内で発生する〔一部国外再処理委託（COGEMA, BNFL）分を含む〕全ての放射性廃棄物は、固化後地層に最終処分することとしている。その理由として西ドイツには非常に安定な岩塩層が存在し、生成要因から判断しても水の侵入の可能性が極めて小さいこと、熱伝導性が良いためHLWの処分にも適していること、掘削コストが低い（岩塩層が安定であることから特別なライニング等を必要とせず大きなドームが掘削できる）こと等が挙げられる。

Asse 岩塩坑では、1978年まで試験的に低レベル及び中レベル廃棄物の処分（低レベル：124,500本、中レベル：1,300本）が行われた。1979年以降は政策的理由により実廃棄物の処分は行われていないが、現在、Asse-IIでは主にHLWの処分に向けて各種の試験・研究が進められている。実際の処分施設としては、Asseの北方に位置するGorleben 岩塩坑が候補地とされており、現在、1979年より開始していた準備調査を終了し1984年より現位置調査のための地上施設の建設と立坑の掘削作業が進められている。

一方、1960年から1976年まで鉄鉱石を産出していたKonrad mineは、経営上の理由から1976年に操業が停止された。その後、ここが非発熱性廃棄物を対象とした候補地とされ、1976年から1982年にかけて受入のための調査・研究が行われ、既にその適合性は確認されている。

これらのことから西ドイツでは、最終処分地として、Konrad, Gorleben の2施設を考えており、Konrad は非発熱性廃棄物を、Gorlebenでは、全廃棄物を対象としている。尚、Asse-IIは処分のための各種試験・研究用に用いられる。

これら最終処分の責任は連邦政府が負うことになっているが、契約により設計・建設及び運営は第三者機関に委託している。

2. 廃棄物の発生量及び受入放射能

1984年11月末現在における廃棄物発生量の調査結果によれば、約25,000m³の処理済廃棄物と約7,000m³の未処理廃棄物が各々一時貯蔵施設に貯蔵されている。また、2000年時における累積廃棄物量は、約240,000m³と見積られており、この内約7,000m³が発熱性廃棄物とされている。

発生場所別における発生量をTable 6～7に示す。

TABLE6. ORIGIN AND AMOUNT OF CONDITIONED RADIDACTIVE
WASTES IN THE FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY ON
DECEMBER 31,1984.

Origin	Amount
Nuclear research establishments	4 0.0%
Nuclear power plants	2 9.4%
Pilot reprocessing plant,Karlsruhe	2 0.5%
Collecting depots of the federal states (Laender)	7.1%
Nuclear fuel cycle industry	2.8%
Others	0.2%
Total	1 0 0.0%
	2 5,0 0 0m³

TABLE7. ORIGIN AND EXPECTED AMOUNT OF CONDITIONED
RADIOACTIVE WASTES IN THE FEDERAL REPUBLIC
OF GERMANY IN THE YEAR 2000.

Origin	Amount
Nuclear power plants	3 8.3%
Reprocessing facilities	3 5.0%
Nuclear research establishments	2 0.3%
Nuclear fuel cycle industry	2.3%
Decommissioning and dismantling	2.0%
Collecting depots of the federal states (Laender)	1.7%
Others	0.4%
Total	1 0 0.0%
	2 4 0,0 0 0m³

尚、現在考えられている受入可能な放射能量は、

Konrad サイト : β γ 核種 10^{18} Bq

α 核種 10^{16} Bq

Gorleben サイト : β γ 核種 10^{21} Bq

α 核種 10^{17} Bq

としている。但し、 α 核種の場合は50年冷却後に受入れる。また、最終処分施設に受入れる廃棄物は、固体または固化体であることが条件となっており、これらは発熱性、非発熱性廃棄物に分けられる。そして更に発生場所、容器、固化方法等による区分方法が計画されており、低レベル、中レベル、高レベルといった区分はしないようである。

3. 最終処分施設

3.1 Konrad

Konrad 鉱山は、ハノーバより南東50 km に位置しており (Fig.28) 1960年から1976年まで鉄鉱石産出の鉱山として操業していた。この間に660万 t の鉄鉱石が産出され、坑道の深さは850mから1200mにも達している (Fig.29)。しかし、経営上の理由から1976年に閉鎖された。この鉱山の特徴は、地層的に遮水されており極度に乾燥していることから放射性廃棄物処分の候補地に挙げられた。

1976年から1982年にかけて受入れのための調査研究が行われ、非発熱性廃棄物の処分地として適当であることが確認された。そして、現在、許認可申請 (1985年3月に大部分の申請が行われた) が行われており、1987年から1988年の間に許可される見込みである。許可されれば約2年間かけて処分場としての改造、建設が行われる予定であり、実際の処分開始は1989年から1990年頃となるであろう。

尚、これら一連の設計・建設・運営は連邦政府とDBE (Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb Von Endlagen für Abfallstoffe mbH/German Corporation for Construction and Operation of Repositories for Waste Materials, Inc.)との契約により、DBEが実施することとしている。

Konrad 地区の採掘可能容積は約100万 m^3 と考えられており、この内50%が処分可能スペースとすれば、年間2万 m^3 ずつ受入れると約25年間操業可能と見積られている。

現在計画されている処分ルーム及び地上施設の配置図をFig.30~32に示す。計画では、今後の設備投資額は約16,000万ドルと見積られている。また受入可能廃棄物コンテナの寸法は、最大 $3 \times 2 \times 2.5$ m、最大重量20 tとしている。

3.2 Gorleben

Gorlebenはハンブルグの南東、約100 kmに位置しており、国内に200ヶ所以上もある岩塩層の調査の結果、この岩塩層が全ての放射性廃棄物の最終処分地に適当であるとされた。(1977年2月に連邦政府が決定)これを受け、1979年から1983年にかけてボーリングによる地下水の調査及び深層ボーリング(2000 m)によって岩塩層(第3期層)の構造が調査された(Fig.33, 34 参照)。そして1984年からは地上施設の建設(Fig.35 参照)が始まり現在、現位置調査のための2本の立坑の掘削が開始されているところである。この掘削には周辺の地層を凍結して行う凍結工法が採用されている。立坑の掘削作業の終了時期(最終的なライニングを含む。Fig.36参照)は、立坑No.1が1989年で立坑No.2が1990年とされている。したがって本格的な現位置調査は1989年の末から1992年の末にかけて行う予定である。そして現位置調査の結果、適地であることが確認されれば、その後許認可申請(1993年から1996年を予定)が行われる。最終処分地としての建設工事は1997年から2000年にかけて行う予定となっている。したがって最終処分開始は早ければ2000年になるであろうと言われている。また、このGorlebenもKonrad同様、一連の設計、建設、運営は連邦政府とDBEとの契約によりDBEが実施することとしている。

地下研究施設の概念はFig.37に示すように地下840 mの位置において岩塩層の中央ゾーンに沿って、幅1 km、長さ10 kmのエリアの調査を行う。横坑の総長は25 kmで、その断面積は18 m²(3×6 m)となっている。また水平及び斜めの調査坑の総長は120 kmとされている。

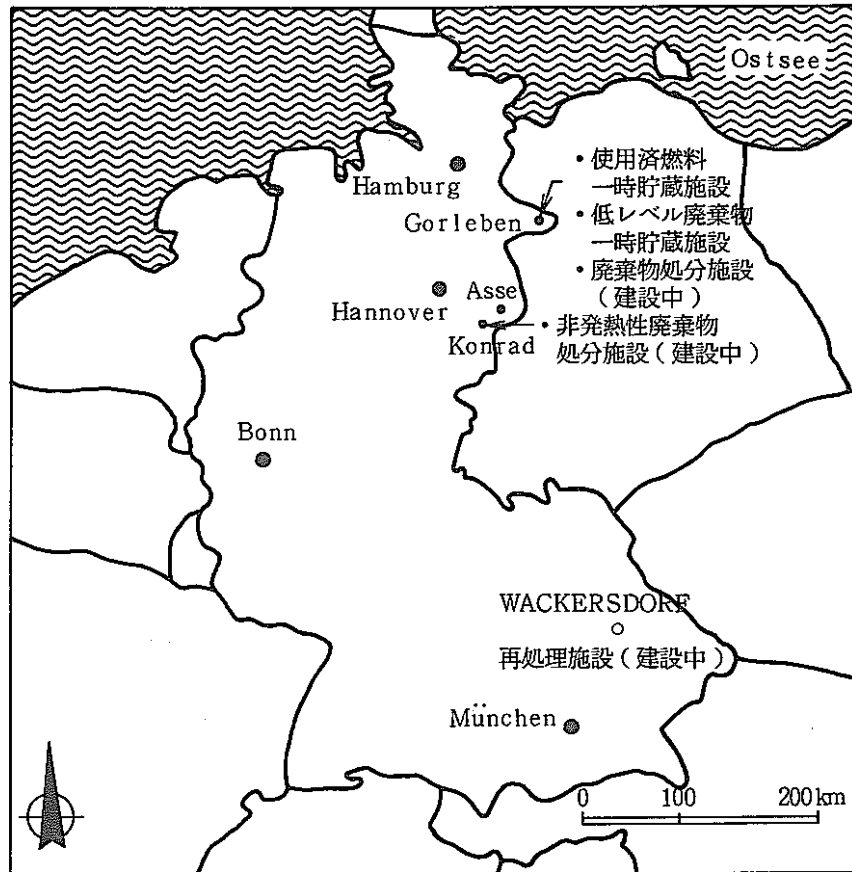
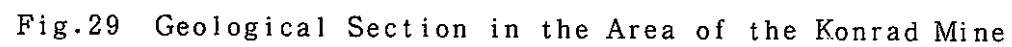


Fig.28 Location Map



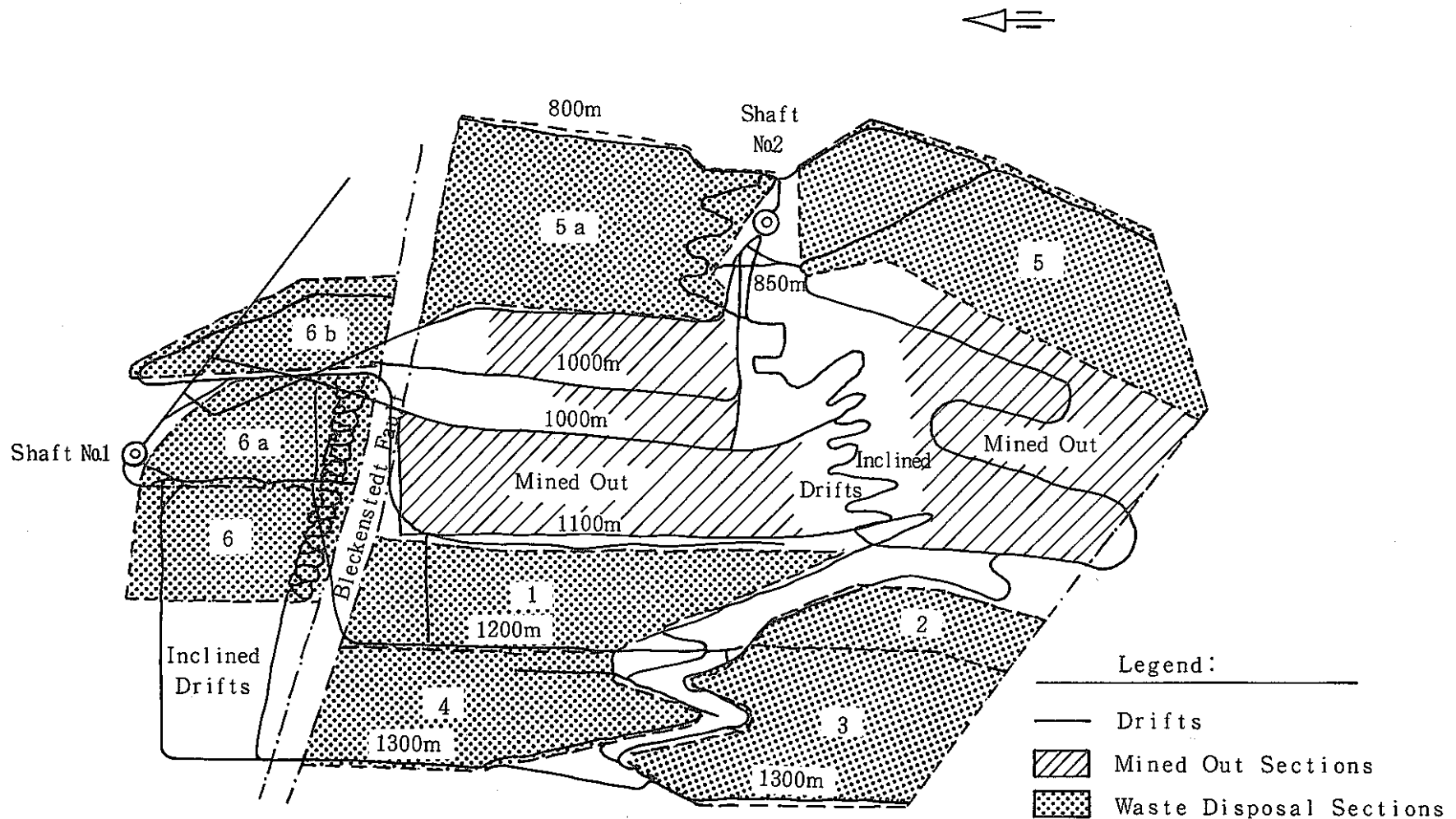


Fig.30 Konrad Mine Plan with Waste Disposal Sections

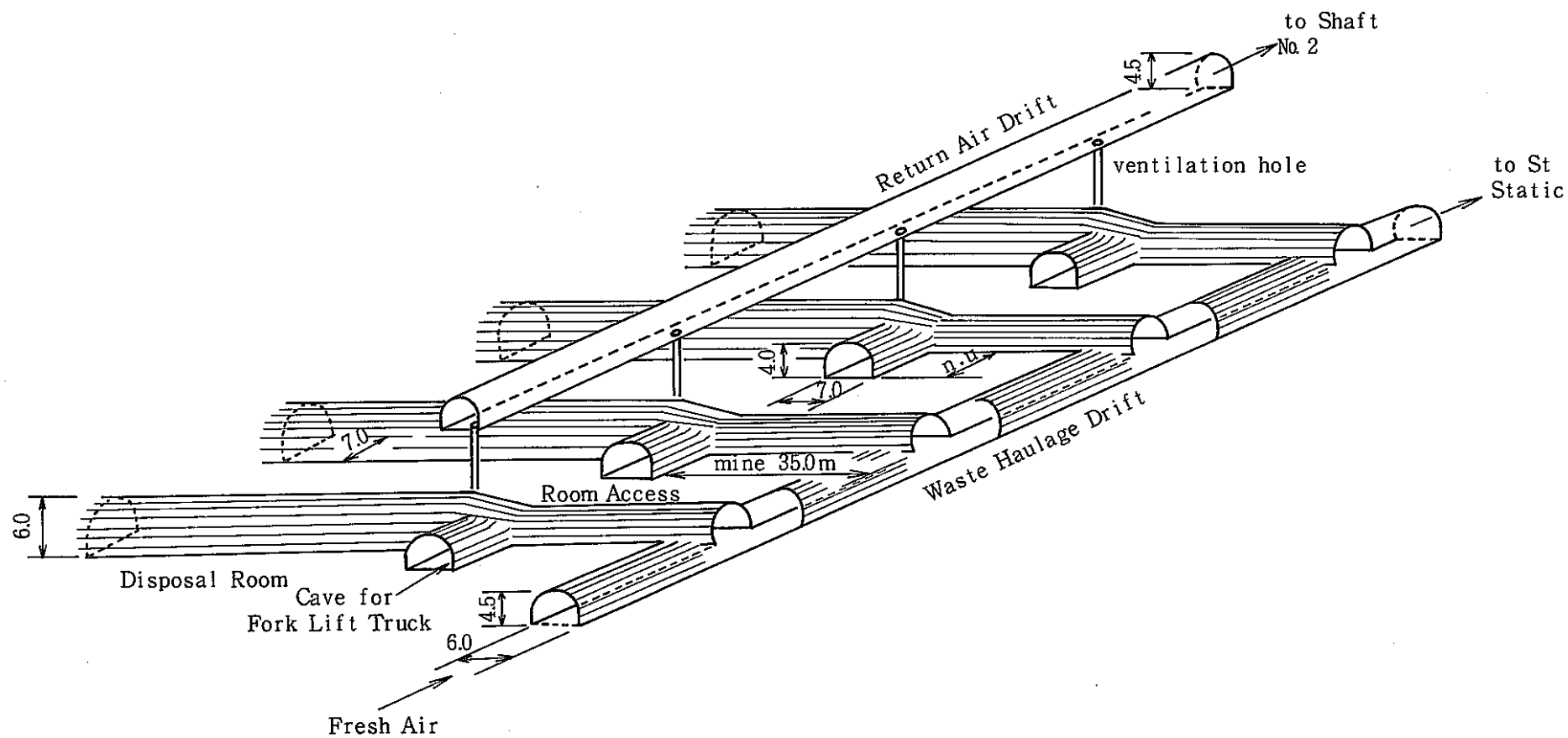
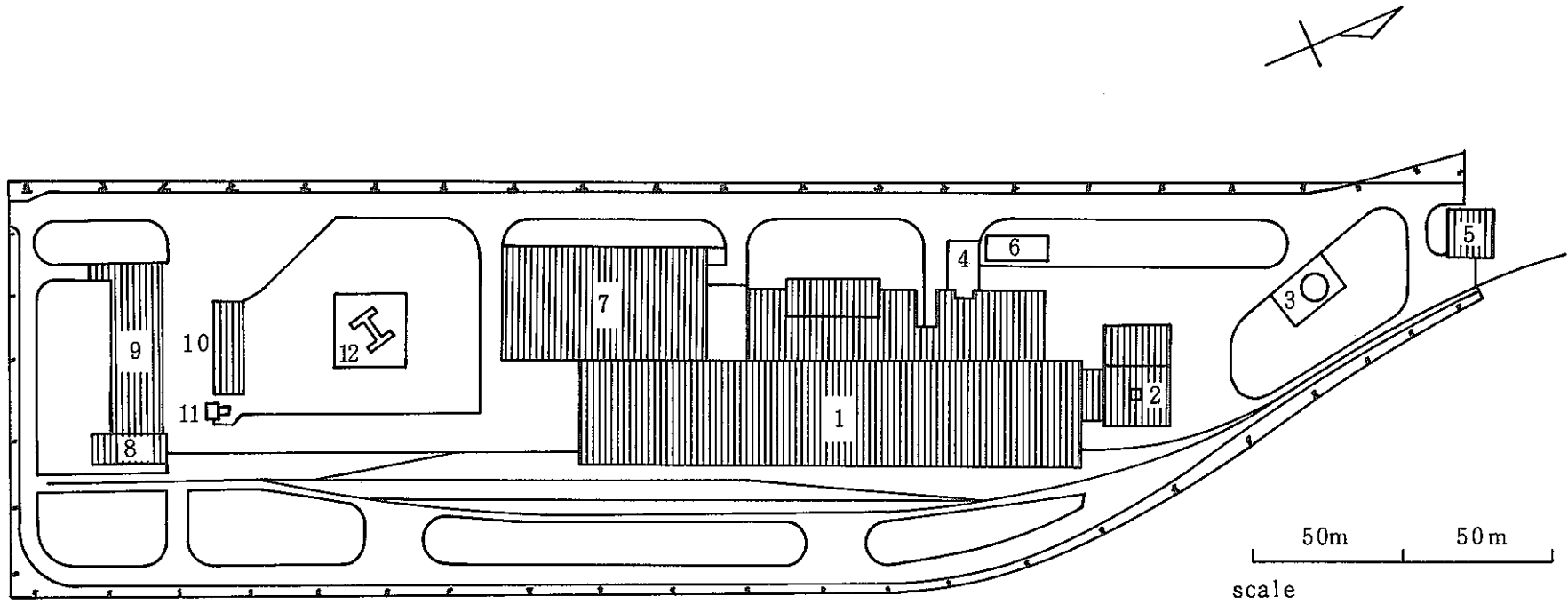


Fig.31 Arrangement of Disposal Rooms in the Konrad Mine



- | | |
|-----------------------|-----------------------------|
| 1 Unloading Building | 7 Storage Building |
| 2 Hoisting Tower | 8 Locomotive Shed |
| 3 Ventilator Building | 9 Workshop |
| 4 Coal Storage | 10 Garage |
| 5 Gatehouse | 11 Diesel Station |
| 6 Transformer Station | 12 Helicopter Landing Place |

Fig.32 Plan View of Surface Facilities Konrad Shaft 2

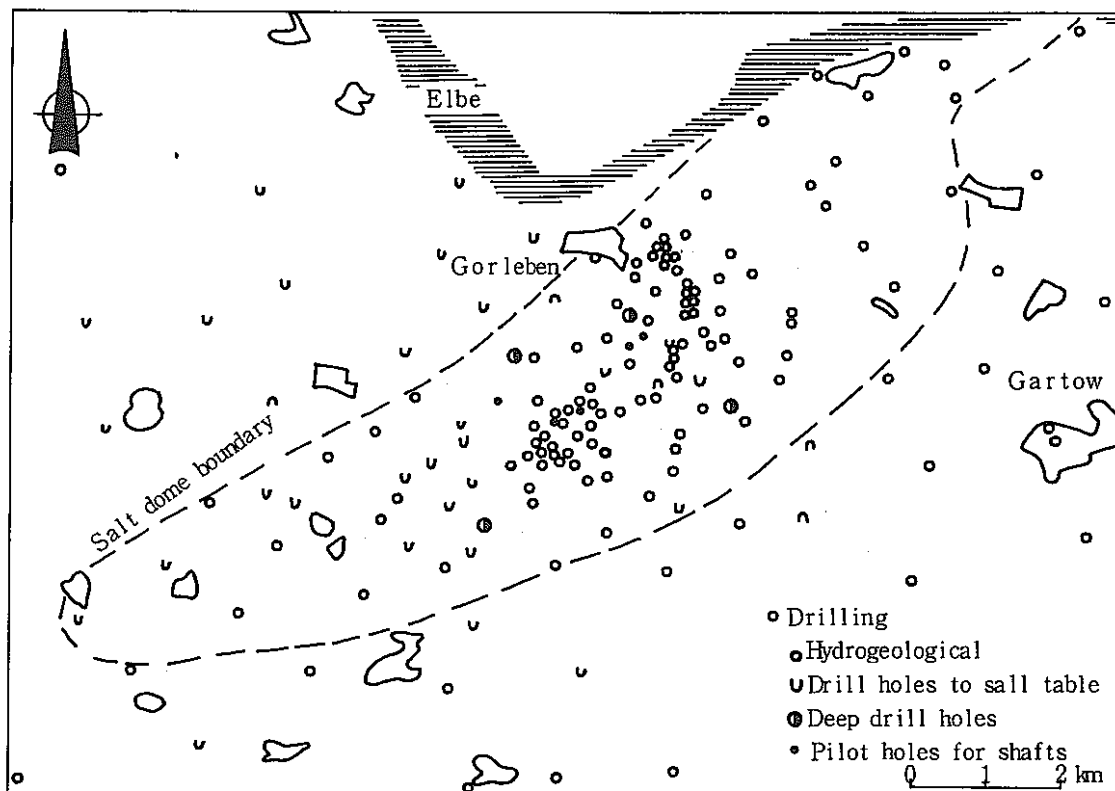


Fig.33 Areal Extent of Surface Investigations

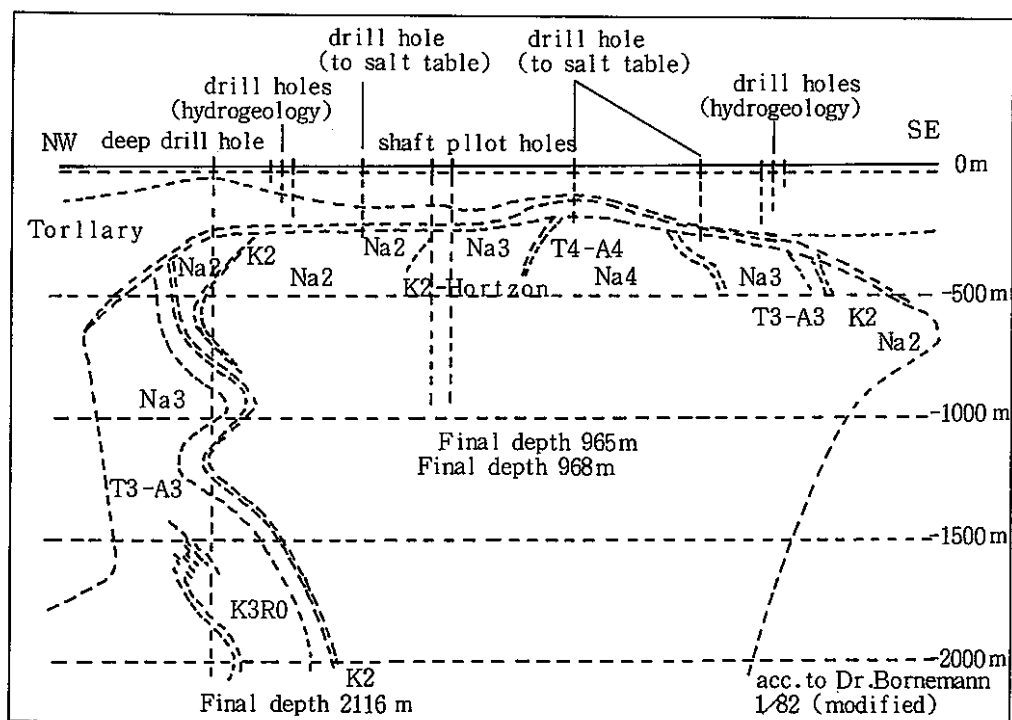


Fig.34 Surface Investigations-Drilling

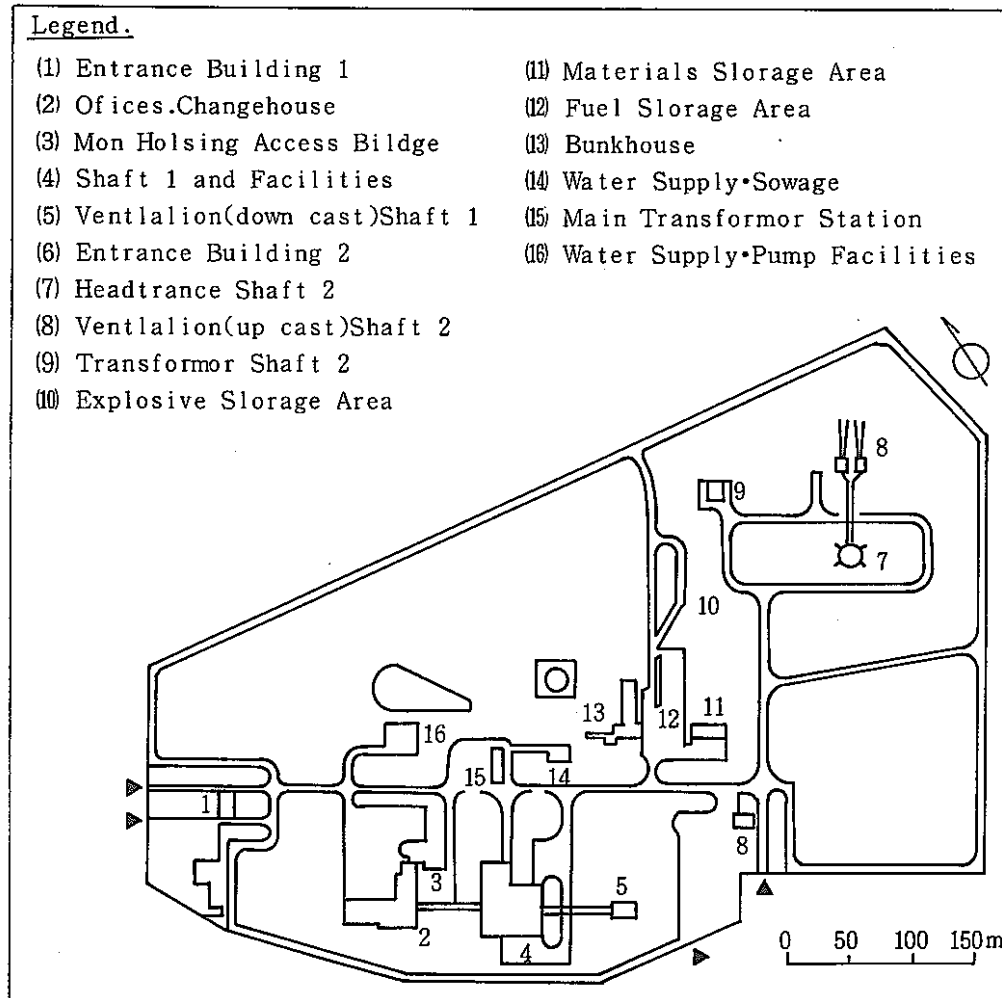


Fig.35 Surface Facilities

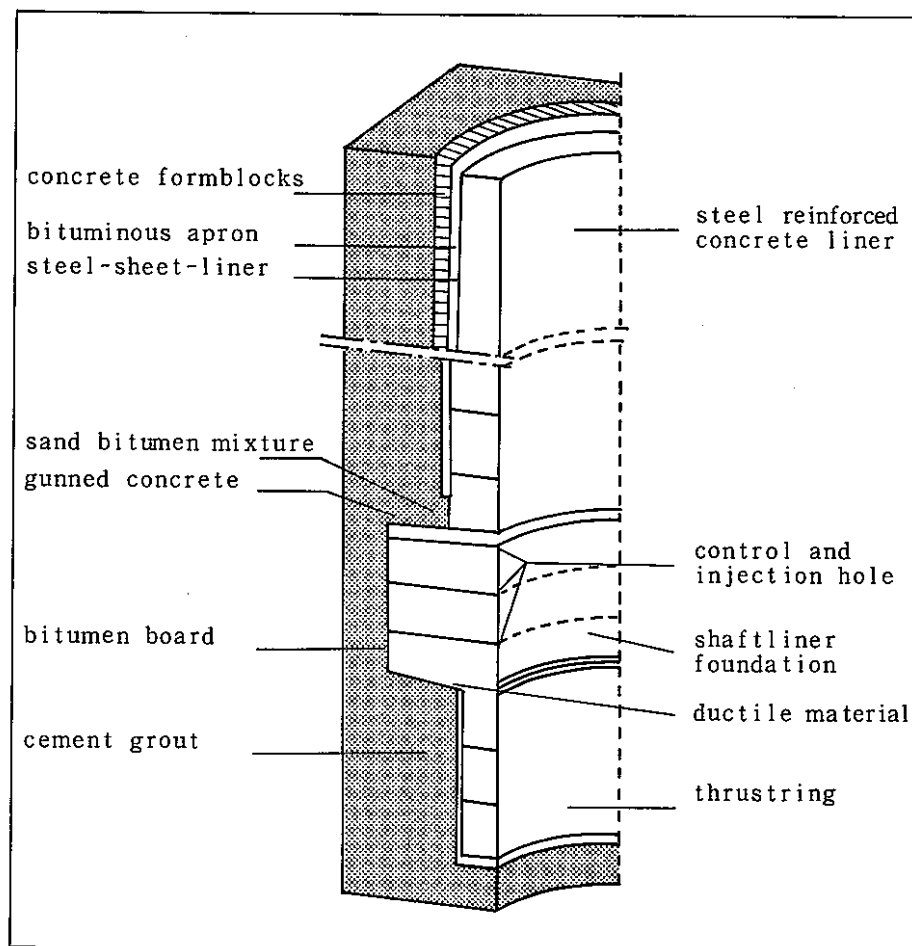


Fig.36 Final Shaft Lining

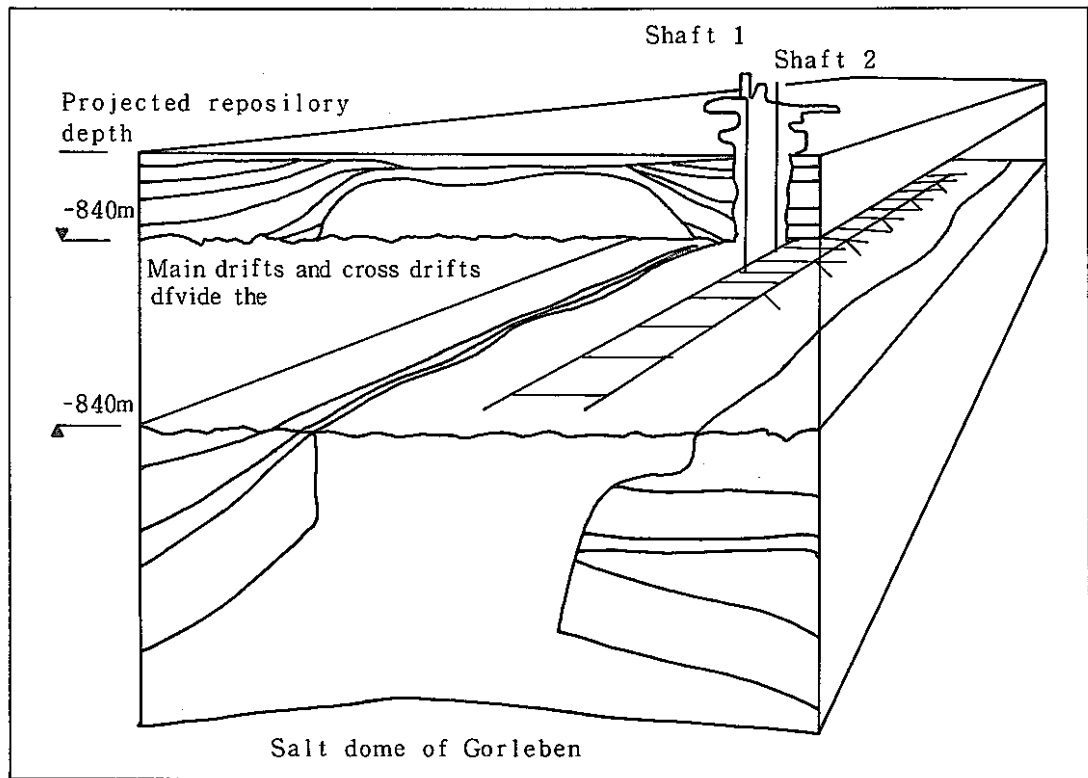


Fig.37 Underground Investigations-Concept

V カールスルーエ原子力研究所（二次出張）

カールスルーエ原子力研究所（K F K）は原子力エネルギー平和利用における技術開発と若手研究者の育成を目的に設立された国立の研究所である。

主な研究活動は、高速増殖炉、ウラン濃縮（ノズル法）、核融合、再処理、廃棄物の処理処分、安全性、環境工学、固体と材料工学等である。これらの研究を進めるために約18のセクションが設けられており、人員総数約5,000名その内職員が約3,400名とのことであった。

私は、これらのセクションの内、廃棄物処理技術に関係するINE（Institute for Nuclear Waste Technology）とHDB（Waste Treatment Department）両施設を1986年5月15、16日の両日訪問し西ドイツの現状調査を行った。

1. 放射性廃棄物処理技術開発部（INE）

1.1 概 要

Dr. Krauseより説明を受けた。当研究所には廃棄物関係としてINEとHDBの2つのセクションがあり、約10年前に分かれた。

INEには、Chemistry, Chemical Engineering, Final Disposal Divisionがあり、現在以下に示すようなR & Dが進められている。

- 高レベル液体廃棄物（HLLW）のガラス固化
 - －プロセス及びリモートハンドリングの開発
 - －プロダクトの特性
- γ 核種とTRU核種の分離
 - －再処理から発生する中レベル廃液（MLLW）を対象
- 濃縮TRU廃棄物のセラミック固化
- 可燃性廃棄物（難燃物含む）の酸消化
 - －再処理工場、MOX燃料製造工場から発生するもの
- 処分時の廃棄物挙動の調査
- 長期間安定な工学バリアと廃棄物コンテナの開発

1.2 高レベル廃棄（HLLW）のガラス固化

Mr. Weiss から説明を受けた後、実規模プラント（80ℓ/hr、モックアップ設備）の見学を行った。

K F Kにおける高レベル廃液ガラス固化の開発は、1967年に開始し、現在PAMELAプラント運転にその成果が生かされている。

(1) 工学規模 (15~30ℓ/h)での実証 (KFK)

1976年9月から1985年3月まで稼動し約6,000時間運転した。この間、3基のメルターを使用し模擬廃液を約250m³処理し、約100m³のガラス固化体を製作した。

(2) PAMELA Plant (MOL/Belgium)

1985年10月より低濃縮廃液 (LEWC: Low Enriched Waste Concentrate)の処理を開始し1986年4月までに約50m³処理した。この結果、450個のガラスブロック固化体と100個のガラスビーズ固化体が製造された。

今後は、ユーロケミック再処理工場内にある800m³の高濃縮廃液 (HEWC: High Enriched Waste Concentrate), およびKFKの再処理施設 (WAK)にある100m³の高レベル廃液 (HAWC: High Active Waste Concentrate)の固化処理を行って行く予定である。

1.3 実規模モックアップ設備 (KFK)

この設備は、1987年試験開始を目途に現在建設が進められている。

本設備の構成は、Fig.38のブロックフロー図に示すように①混合工程、②熔融工程、③オフガス洗浄工程、④オフガス精浄工程より成っている。

廃液は、受入タンクに受入れられた後、トランスファータンクを介し計量槽 (Metering Vessel) に送られ、ここでウェットダストスクラバーから戻される廃液 (8ℓ/hr)と混合される。またここで、ガラスパウダーの添加も行えるようになっているが実際は用いず、ガラスビーズを直接、メルター内に供給する方法を採用している。混合された廃液は、約80ℓ/hrの流量でセラミックメルターに供給される。これら廃液の移送は全て、エアリフト方式を採用している。

セラミックメルターは、5対の電極棒を有しており、廃液は、ジュール熱により蒸発・熔融 (1200℃) し、熔融ガラスは、そのボトムより連続的にキャニスターに落される。(31kg/hr) また、スタートアップには高圧ヒータを用い直接セラミックを昇温することによって廃液を昇温する方式をとっている。

一方、セラミックメルターから出た蒸気とオフガスはまず、ウェットダストスクラバーに入り水噴霧により冷却され蒸気とダストは液層に移る。また、スクラバー底部に留った濃度の濃いものは計量槽にリサイクルされ、上澄液は、このスクラバーを循環している。これらの移送、循環もエアリフト方式となっている。ここから出たガスは次にコンデンサに入り冷却、気液分離される。分離された水は、2次廃棄物としてタンクに集められ、ガスは更にベンチュリースクラバーに入り、水噴霧水との接触によりダストの除去が行われる。つづいて、ガスはNOX-アブソーバに入り過酸化水素水との気液接触により、NOXが硝酸に酸化され液層に移る。

ベンチュリースクラバーとNOX-アブソーバの循環にはコンデンサーが介しており、 ΔP が高くなるのでポンプを採用している。NOXが除去されたガスは、次にエンドカラムに入り飛沫同伴したダストが更に除かれる。その後、ガスはファイバーフィルターを通り、ヒータによって加熱されパフフィルターに入り、その後クーラーによって冷却されスタックより放出される。尚、本工程のマスバランスをFig.39に、配置図をFig.40に示すとともに、装置の主な仕様を以下に記す。

セラミックメルターの外径	3.2×2.2×2mh
セラミックメルターの内径	1.4×1.0m ²
セラミックメルターの容量	560～710ℓ
処 理 能 力	80ℓ/hr (72ℓ/hr HLLW, 8ℓ/hr リサイクル)
ガス生成量	31kg/hr
電 力 棒	インコネル690, 5対, 空冷
電 気 出 力	300kW
ガラス抜き出し方法	ボトム抜き出し, オーバーフロー, バキューム

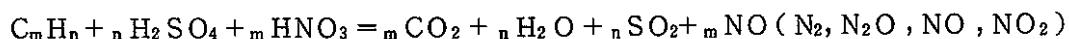
1.4 可燃性廃棄物の酸消化

Dr. Wierzchorek から酸消化技術の開発状況の説明を受けた。

再処理工場及びMOX燃料製造施設から発生するPuを多量に含む可燃性廃棄物を酸消化することによって、不活性廃棄物に転換し、更にPuの回収を行うことを目的として現在、研究開発が進められている。また実廃棄物を用いたパイロットプラントとして、ユーロケミック再処理施設(Mol/Belgium)に設置したALONA(10kg.waste/day)があり、1983年3月から1985年7月まで稼動し、約800kg(Pu含有量: 7.1kg)の廃棄物を処理した。この結果Puの回収率は約93.5%であった。

(1) ALONAの処理フロー概要(Fig.41参照)

可燃・不燃に選別された可燃性廃棄物は、シュレッダーに送られ細断される。その後Pu含有量の測定が行われ細断物はグラインダーにより粉末にされ、リングタイプのダイジェスターに送られる。そして85%の硫酸(H_2SO_4)が加えられ、有機物が炭化する。またこの時の温度は、250℃である。次に55%の硝酸(HNO_3)が加えられ酸化する。これらの化学反応式は複雑であるが要約すると次のようになる。



ダイジェスターに残る残留物はフィルターにかけられフィルターケーキとして残る。そして今度は0.1Molの硫酸(H_2SO_4)で溶解し溶媒抽出法によりPuの回収が行われる。

今後の計画としてはプロセスとプロセスコントロールの改良及び処理能力を*80kgwaste/dayにスケールアップし実証すること。

* 西ドイツにおける再処理施設、燃料製造施設からの廃棄物量を考慮すると80kgwaste/dayの処理能力があれば良いとの事であった。

1.5 濃縮TRU廃棄物のセラミック固化(Mr. Loidaが説明)

再処理施設から発生した中レベル液体廃棄物(MLLW)を化学分離(γ 核種とTRU核種の分離)した後のTRU廃棄物を対象とし現在、ラボスケールにより分離及び固化技術の開発が進められている。

この固化方法はホウケイ酸ガラス固化体よりも安定で、かつ製品としても良いことからセラミック固化法の研究開発が進められている。

基本工程はMLLWより化学分離したTRU廃棄物(20~40% H_2O)と添加剤(カオリナイトとベントナイト)を計量した後、エクストロダーに送られここで混合される。その後、押し出された混合物は切断(2cm×2cm)され、乾燥、焼結(1300℃以下)しキャニスターに入れられる。キャニスターに入れられた焼結物は、何らかの充てん剤が入れられ最終固化体となる。今のところ充てん剤を何にするかは決っていない。

今後は更に①プロセスの開発、②プロダクトの詳細な特性評価を行っていくとの事であった。

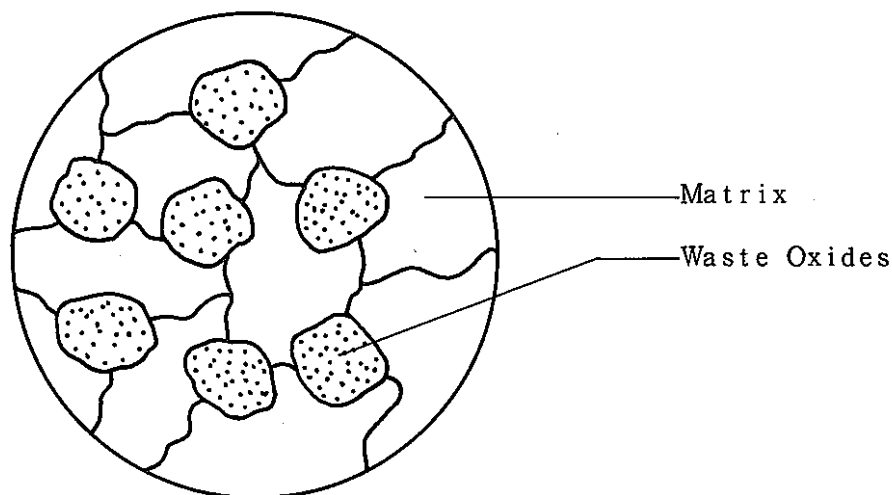
セラミック固化体の特性

- 70~80 wt%の無機物

Mullite [$3Al_2O_3, SiO_2$] + Corundum [Al_2O_3]

- 20~30 wt%の酸化廃棄物

[U, Pu] O_2 , Am_2O_3 , Ru/Rh, [Ru, Rh] O_2 , Pd, $CaMoO_4$, ZrO_2 , $ZrSiO_4$ 等



Microstructure

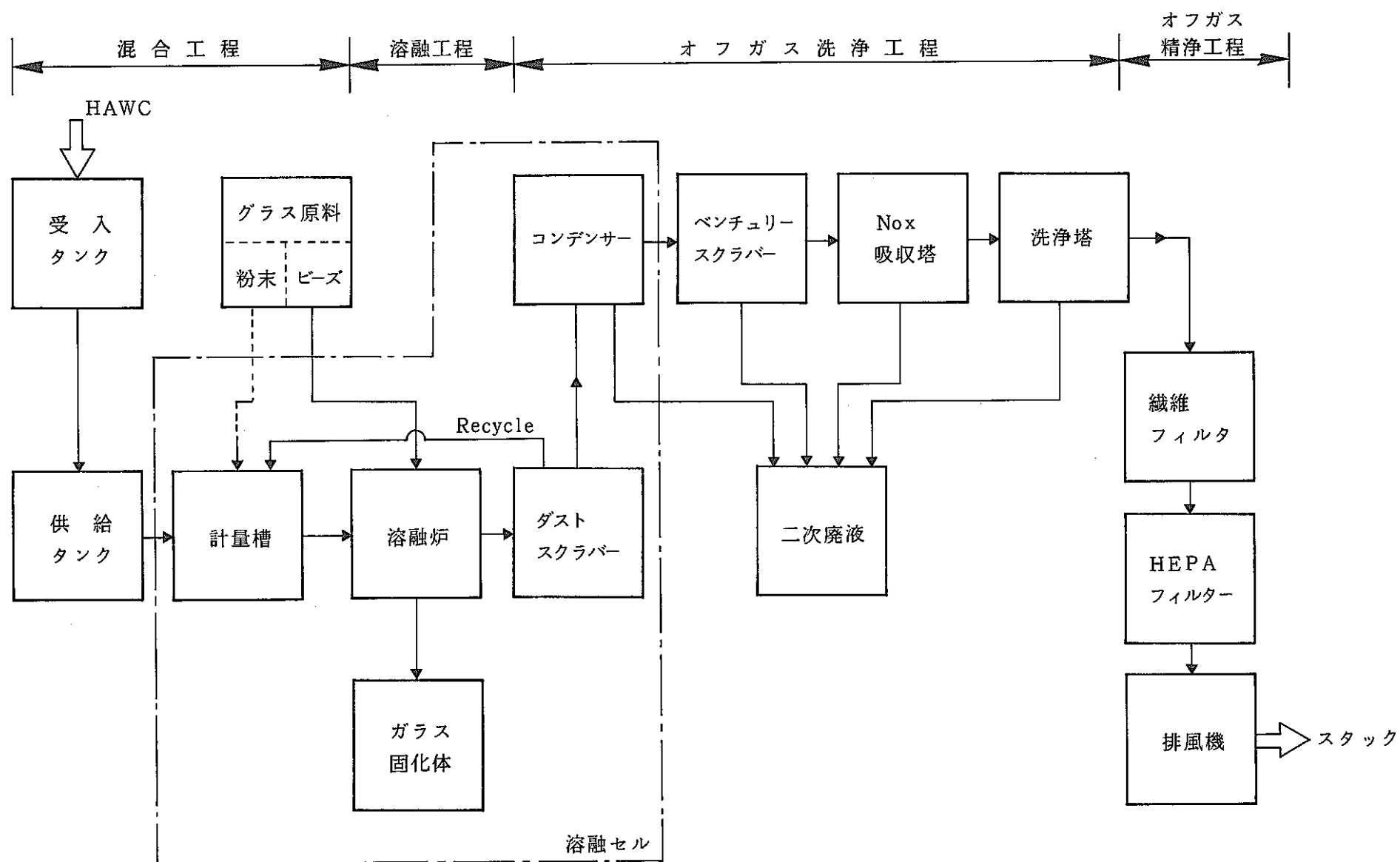


Fig.38 V-W1モックアップ設備のブロックフロー図(1/2)

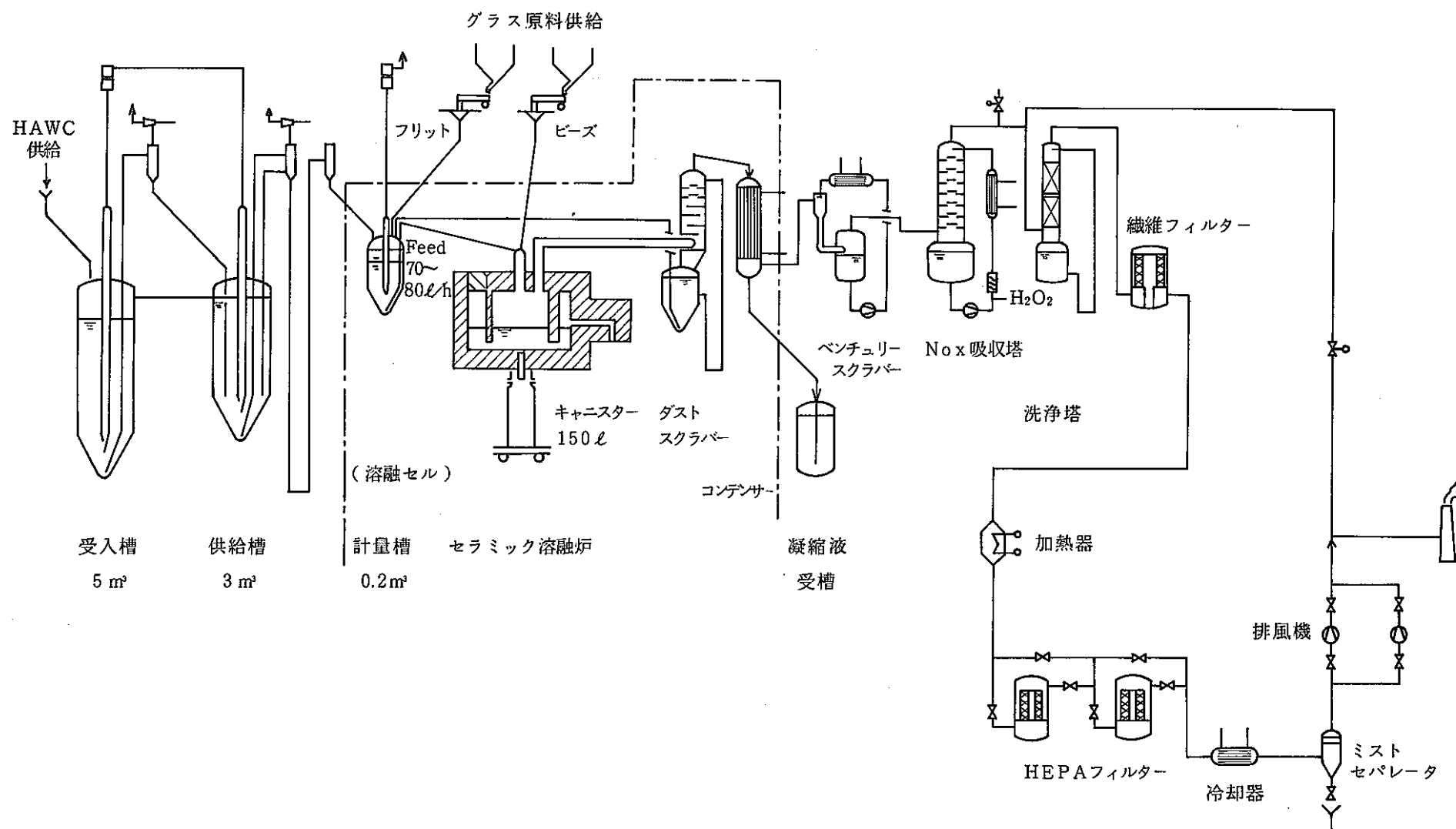


Fig.38 実規模モックアップ設備 (V-W1) のフロー図 (2 / 2)

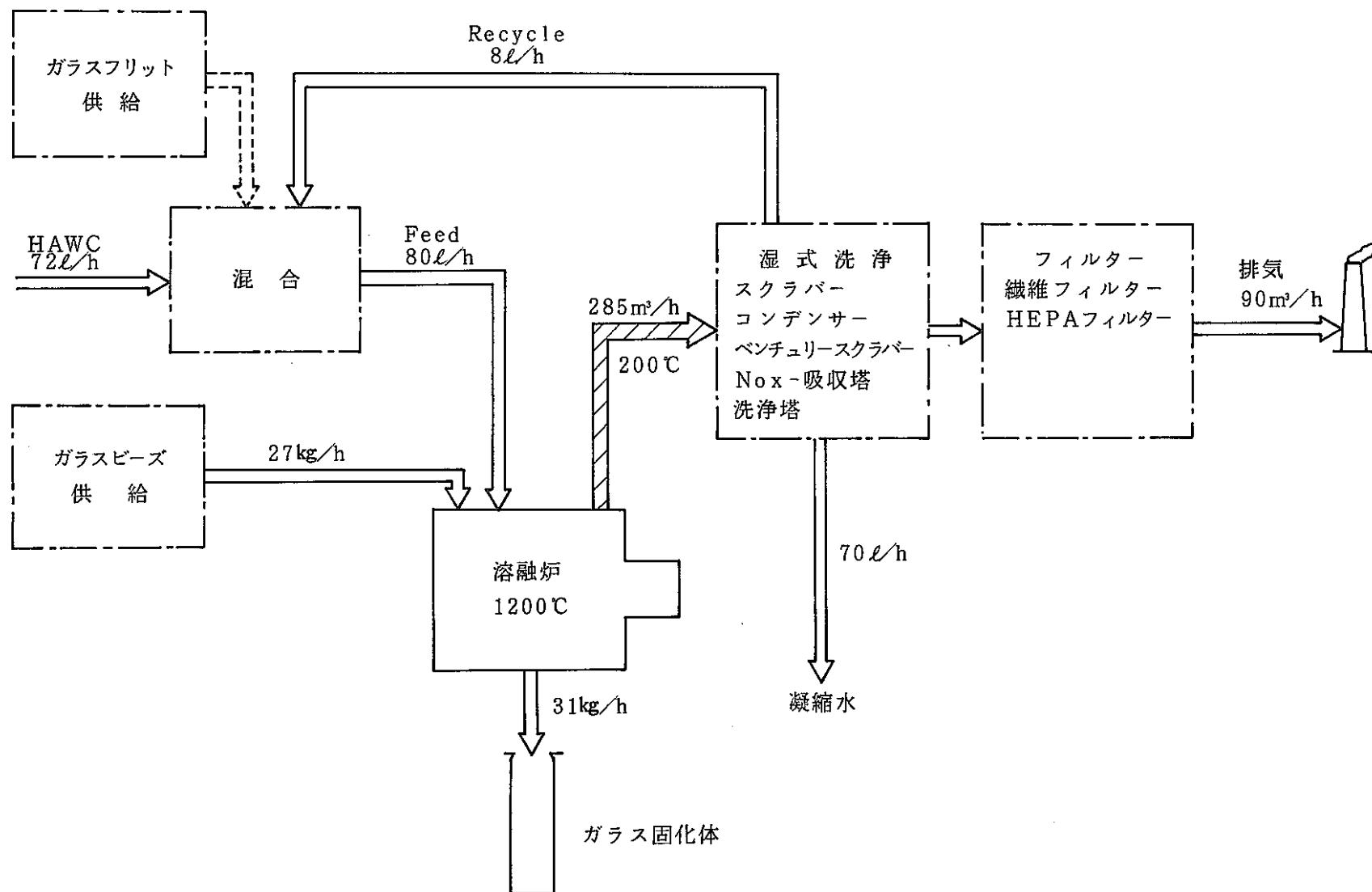


Fig. 39 HAWCを72 l/hで処理する場合のマスバランス

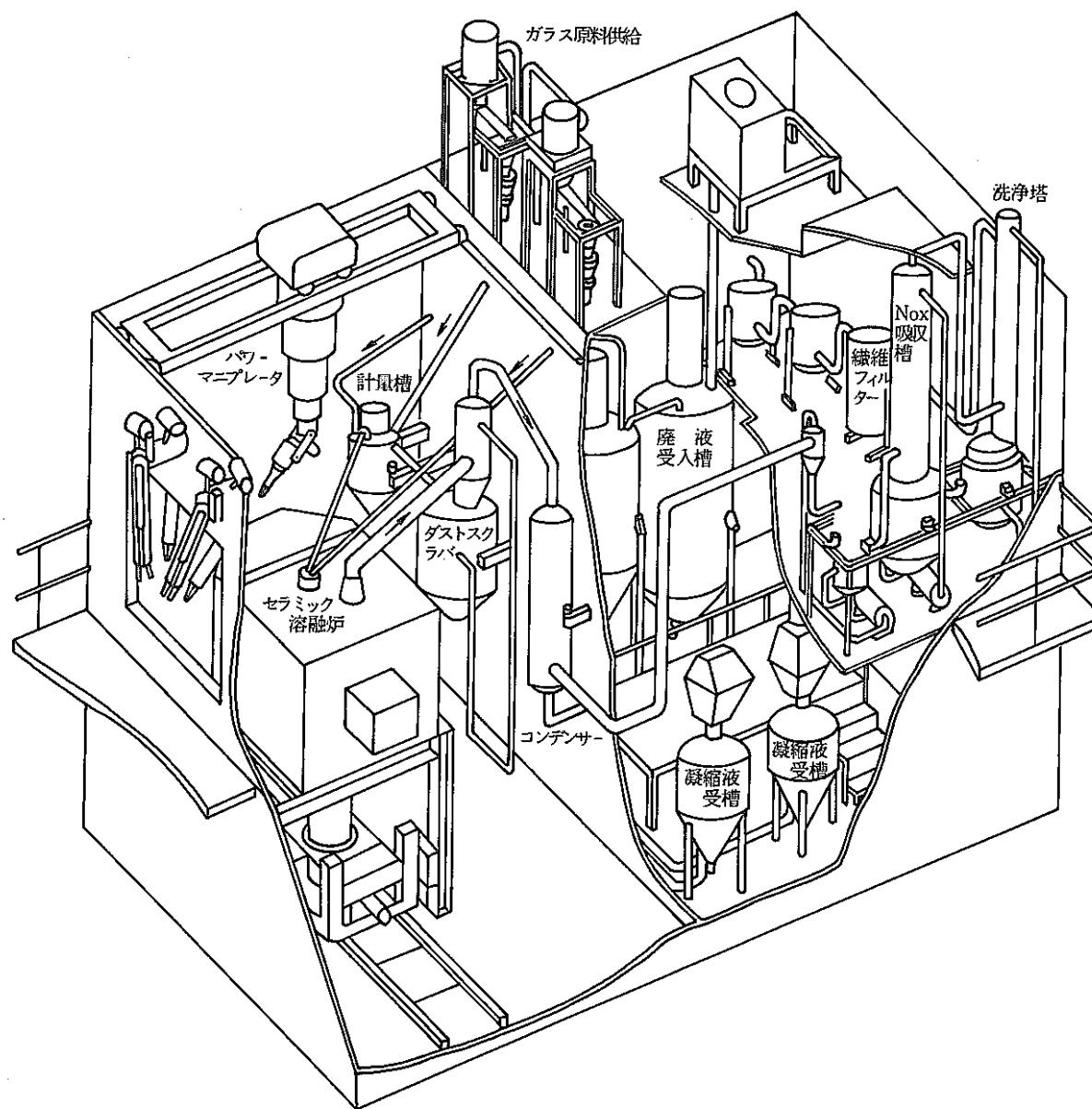


Fig.40 VW-1モックアップ設備機器配置図

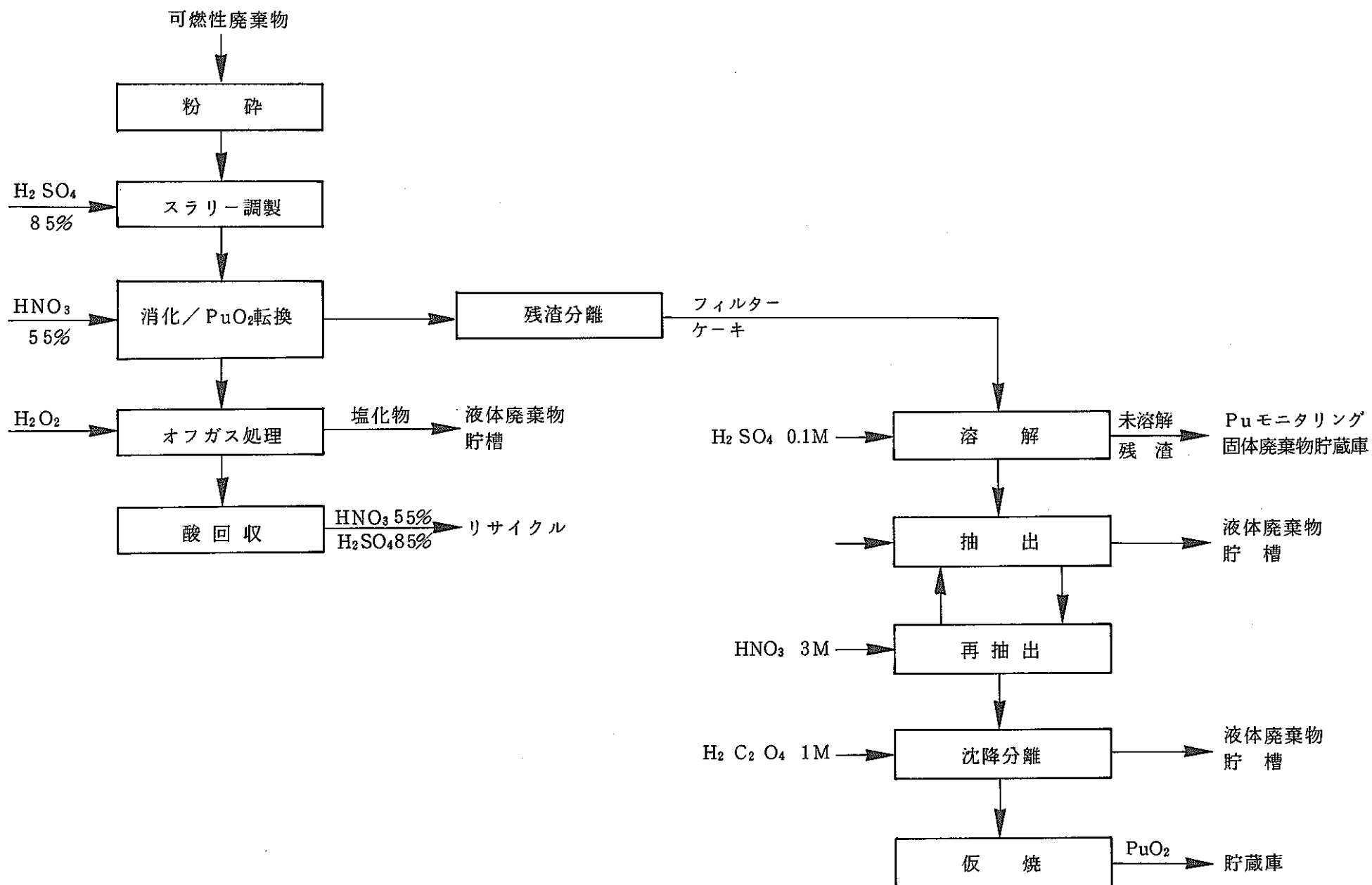


Fig.41 酸消化に係る処理フロー

2. 廃棄物処理部（HOB）

（Dr.Lins から説明を受けた後、施設の見学を行った。）

2.1 概 要

当廃棄物処理部は、液体廃棄物の処理、固体廃棄物の処理、サービス部門の3つに分かれており、私はこれらの中で固体廃棄物処理関係の施設を見学させて頂いた。また、当部はKFKの中でも一番大きな実用作業を行っているところであり、人員は約130名である。

主な廃棄物の発生場所は、KFK内の原子炉、再処理施設、試験施設等で、これらの廃棄物は処理後、当部の固化体貯蔵庫に貯蔵されている。また加えて、ドイツの中央廃棄物集収施設及び原子力発電所、燃料製造工場等から発生する廃棄物も受入れており、これらは処理後、各発生元施設に返還している。

2.2 焼 却 炉

当廃棄物処理部には、焼却炉が2基あり、その内1基は現在建設中である。以下に仕様等について記す。

主な仕様

○ 焼却炉（No 1）

設 置 : 1971年
 対象廃棄物 : 低レベル β γ 可燃性廃棄物
 炉 : 円筒炉、後燃焼室、耐火ブロックライニング
 オフガス処理 : キャンドル型、セラミックフィルタ、ヘパフィルタ
 廃棄物供給方法: 人員による。
 焼却灰の処理 : 180ℓドラム缶封入後、更にプレスし減容を図り、その後200ℓドラム缶に入れられる。
 処理能力 : 50 kg/hr
 減容比 : 約 10^2
 DF : 約 10^5

○ 焼却炉（No 2）

設 置 : 1986年末完成
 対象廃棄物 : 低レベル α （ β γ ）可燃性廃棄物
 炉 : 円筒炉、後燃焼室、耐火ブロックライニング
 オフガス処理 : キャンドル型、セラミックフィルタ、ヘパフィルタ

廃棄物供給方法：自動供給システム

処理能力 : 50 kg / hr

減容比 : 約 10^2

DF : 約 10^5

(No 1) との相違点： α 廃棄物を対象としているので装置がホール内に入っている。したがって、メンテナンス時には、エアラインスーツを着用し作業する。

2.3 除染設備

当部における除染の目的は、管理区域内で用いた機器等の再使用であり、その除染目標値を次に示す。

		表面汚染密度 (Bq / cm ²)		非放射能 (Bq / g)
		α	$\beta \gamma$	
管理区域内で 再使用可能		0.37	3.7	ドイツの放射線 防護法令の取扱 規定による。
一般 区域	限定使用	0.05	0.5	74
	非限定使用	0.05	0.5	0.37
一般廃棄物として処分可能 (但し付加条件として一日の放出量は <10 PL)		0.05	0.5	$10^{-4} \times \text{PL}^{\ast}$

※ PL: Permitted Level under Annex IV, Table IV of
the Radiation Protection Ordinance.

また、西ドイツでは、放射線防護法令の実施規定により放射性固体廃棄物に対しても、すそ切値が設けられており、これらの規定を満足するものは非放射性廃棄物として処分できるようになっている。尚、設定値は核種によって異なるが、ほとんどの核種は $10^{-4} \mu\text{Ci/g}$ である。したがって、これらのことから除染は経済的にも成り立っている様である。

除染方法は、大きく分けると物理的除染と化学的除染に分けられ、物理的除染方法としては、高圧ジェット水、スチームジェット、ウェットサンドブラスト、ドライサンドブラスト及び人員によるふき取り除染等である。また、化学的除染方法としては、電解研磨、酸等による除染が

あげられる。除染作業は除染ホール(4.8×16×8)の中に設置されているCaisson と称するコンテナのようなものの中で行われている。この中での作業は特殊な防護服(エアラインスーツ)を着用し作業に当たっている。

以下にCaissonの仕様と主な除染機器について示す。

	サイズ(m)L×W×h	主 な 除 染 機 器
Small Caisson	5×3×3	ウェットサンドブラスト, マニピュレータ
Large Caisson	10×5×5	高圧ジェット
Sandblasting Caisson	5×3×3	ドライサンドブラスト
Alpha Caisson	10×6×5	高圧ジェット, スチームジェット等
Alpha-tight locks	10×4×5	

これら他にも除染用のグローブボックスが多数設置されていた。

2.4 スクラッピング設備

ここには低レベル固体廃棄物と中レベル固体廃棄物の減容設備があり、これらの廃棄物は、ドラム缶、コンテナ及びキャスクにより運びこまれる。

低レベル固体廃棄物は、ロックの中で収納容器より取り出され、次にスクラッピングケーソンに送られ細断等の前処理が行われた後、180ℓのドラム缶に詰められ、高圧プレスによりプレスされ減容が図られる。その後、プレス体は200ℓドラム缶に入れられて、ケーソンから搬出され、次にコンテナに入れられ貯蔵施設に保管される。また、ケーソンの中での一連の作業は、人が特殊な防護服(エアラインスーツ)を着用し作業に当たっている。

一方、中レベル固体廃棄物は、セルの中で細断等の作業が行われた後、ドラム缶に入れられセメント固化されている。尚、ここでプレスを用いないのは発生量が少ないので問題にならないとの事である。その後、固化体はキャスクまたはトランスファートンネルにより貯蔵セルに送られ貯蔵されている。

以下に主な内装機器を示す。

	LLWスクラッピング (ケーソン)	MLWスクラッピング (セル)
内 装 機 器	スクラッピングプレス(1基, 1500kN) 4軸プレス(1基, 1500kN)	パワーマニピュレータ(1基, 25kN) ハクソウ
ケーソン及びセル寸法	12×8×7 m	4×3×4 m
ロ ッ ク の 寸 法	8×4×4 m	8×5×5 m

Ⅵ そ の 他

1. ソ連チェルノブイリ原子力発電所事故に関する情報収集結果について (Belgium)

1.1 環境モニタリング体制

ベルギーには、政府関係機関として SCK/CEN (Mol), IRE (Fleurus) 及び IHE (Brussels) があり、通常的环境モニタリングが行われている。しかし、今回の事故対応としての特別な環境モニタリングは行わなかったとのことである。

IRE : Institute of Radio Elements

IHE : Institute for Hygiene and Epidemiclogy

1.2 公的機関が公衆に対してとった措置・指導

牛乳・水の飲用制限、生鮮野菜等の販売制限及びヨウ素剤の配布等は特に行わなかったが、以下に示す指導があった。

- (1) 生鮮野菜の洗浄
- (2) 牧場主に対して牛に新しい牧草を食べさせないように指示

1.3 環境モニタリングの結果

(1) 空間線量率の変化

5月5日8:00に測定した値が最も高く $16.5 \mu\text{R/hr}$ であった。通常 (G.B) は、 $6.5 \mu\text{R/hr}$ である。

また測定場所は、SCK/CEN構内の地上から1mの地点である。

(2) 降下じん中の放射能

5月2日11:00~12:00のものが最高値を示しており、その結果を以下に示す。またサンプリング場所はSCK/CEN構内で時系的データをFig.42に示す。

全ベータ : $60 \text{ Bq/m}^3 \text{ air}$

^{131}I : $25 \text{ Bq/m}^3 \text{ air}$

他の検出核種 : ^{132}Te , ^{137}Cs

注) チャコールフィルターで測定

(3) 牛乳、牧草等の放射能

(イ) 牛 乳

5月3日13:00から5月5日朝まで放牧していた牛を対象に測定した結果、5月4日夕方と5月5日朝に、以下に示す値が検出された。また牧場は、SCK/CENの近くにあるところである。(10Km以内)

$^{131}\text{I} : 250 \sim 270 \text{ Bq}/\ell$

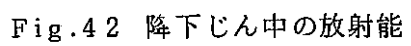
(ロ) 牧 草

サンプリング場所は、SCK/CEN構内及びセンターから10kmのところの6ヶ所で14のサンプリングを実施した。

結果は、以下の通り

$^{131}\text{I} : 520 \sim 1700 \text{ Bq}/\text{m}^2 (5/2 \sim 5/5)$

他の検出核種： ^{133}Te , $^{134-136-137}\text{Cs}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{99}Mo , ^{140}Ba



2. Eurochemic 再処理工場の現状について

当再処理工場は、1959年に12ヶ国(Austria, Belgium, Denmark, France, Germany, Italy, Norway, Portugal, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey)の出資協力により、OECD (NEA)の監督下で建設準備が開始され、そして1960年7月にベルギーのモルで建設が開始され、4年後の1964年に完成した。その後、試運転を行い1966年7月より定常運転を開始した。そして8年間操業し、1974年末に操業を停止した。その後、現在まで機器等の除染作業が行われてきた。

これまでベルギーでは同工場を再スタートさせるために、イギリス、フランス、ドイツに協力要請してきたが、いずれの国からも協力が得られず、1984年11月29日にベルギー独自の再処理 Belgo-Process を発足した。そして処理能力及びコスト評価を行い再スタートか、完全停止するかを検討してきたが、やはりコストの面で問題があるため完全停止となるようである。したがって、ベルギー内の原子力発電所で発生する使用済燃料はフランスに再処理を依頼するようである。

Ⅶ お わ り に

1985年7月24日より1年間、Molの原子力研究所廃棄物処理部において処理技術に関する研修を無事終了することができた。今回の長期研修により、廃棄処理の第一線で経験した処理技術に関する知識及び処分に関する知識は、得るものがあったと感じている。

当廃棄物処理部における処理方法は、高温焼却炉を除けば決して目新しいものはない。しかし、これまで築いてきた処理方法に基づく改良は、地味に続けられている。

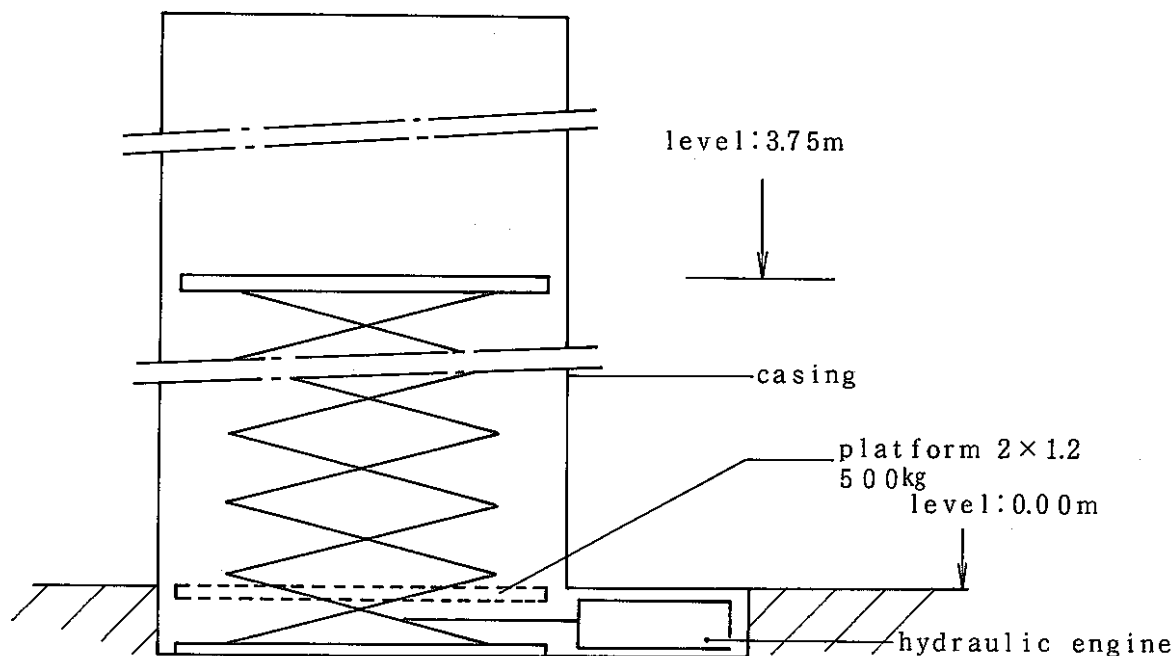
また、化学部で行われている地層処分の開発はかなり積極的に進められており、非常に興味深かった。今後、進展に大いに注目したい。

以上、Mol研究所での廃棄物処理・処分に関する研修を終えるに当たって、私の希望に対し終始好意的に配慮して下さった当廃棄物処理部のDr.N.Van De Voordeをはじめ、皆様及びTrainee officerの方々に心から感謝の意を表したい。また、言葉の不自由な私が多国語を常用するベルギーにおいて業務、日常生活を通じて得た経験、知識は今後の日常業務に大いに参考にしたいと考えている。

最後に、私の研修にあたって終始御支援・御指導をして頂きました動燃関係者に心から御礼申し上げます。

Appenddix-I
高温烧却炉 (FLK-60)

ITEM
Lifting System



FUNCTION Elevating stainless steel containers 1 m³ from 0.00 m level to 3.75 m

MAIN CHARACTERISTICS

Type : hydraulic lifting platform (only for goods)

Capacity : 500 kg

Dimensions : platform 2 x 1.2 m adapted to the stainless steel containers

Lifting range : 0 till 3.77 m

Lifting speed : 0.1 m/s.

Safety system provided in case of accident or failure. Guide to avoid gripping. Conform to reglementation of material lifting systems.

Material : carbon steel protected with epoxy

Casing : air tightness required

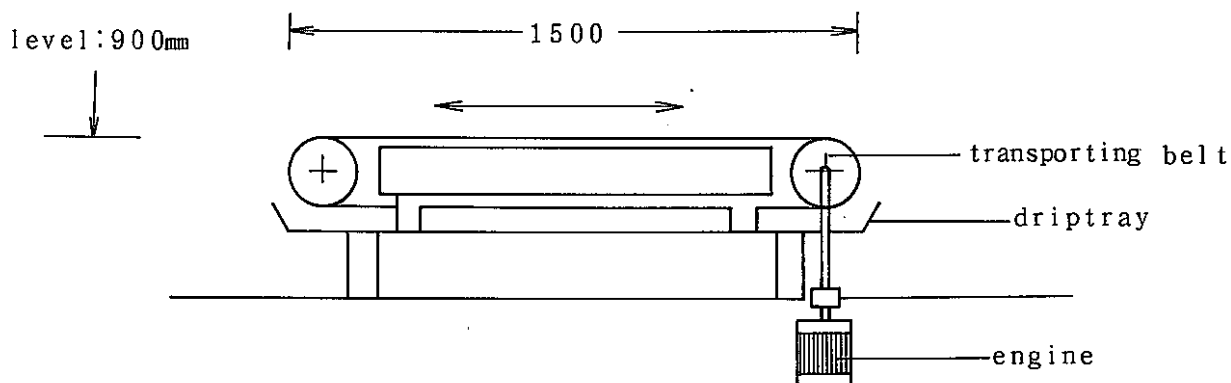
Working Conditions Casing

- Atmosphere : normal
- Pressure : ± 2 mm H₂O
- In- and outlet doors locked

Number : 1 piece

ITEM

Belt Conveyor Prelock



FUNCTION - Transporting presorted waste bags to main lock
 1 belt for plastic material
 1 belt for cellulose material
 - Transporting unsorted waste, packaged in metallic boxes or filter units to mainlock.

MAIN CHARACTERISTICS

Type : flat belt conveyor
 width : 600 mm
 length : 1500 mm
 speed : 0.1 m/s forwards and afterwards
 support height : 900 mm

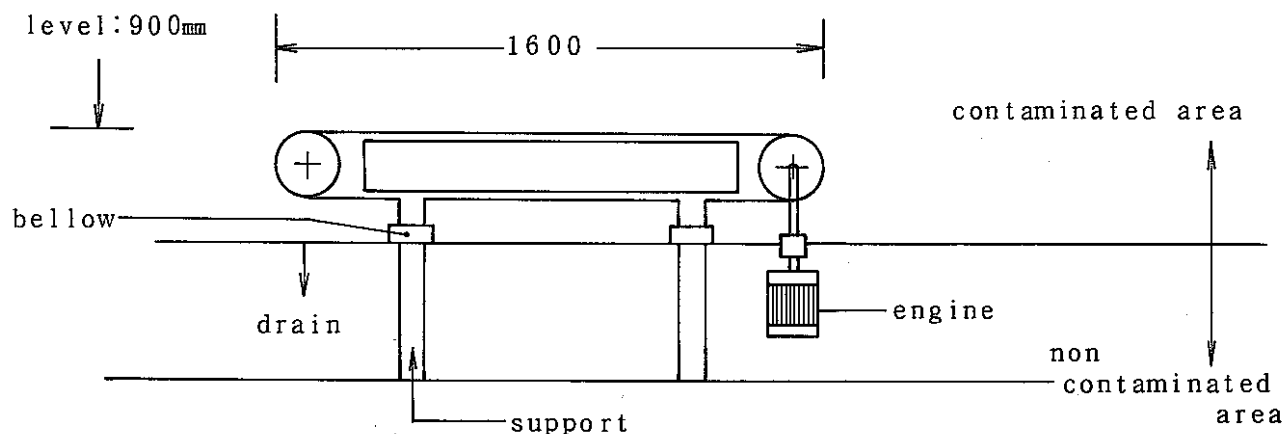
Construction details : - easy belt interchangeability
 - vertical strips beside (with easy mounting facilities)
 - engine, mounted under conveyor, outside contaminated area
 - drip tray with drain

Material : - belt: synthetic material, resistant to solvents and acids
 - frame and side plates : stainless steel AISI 316
 - drip tray : AISI 316
 - support : carbon steel ST 37, protected with epoxy paint

Number : 2 pieces.

ITEM

Belt Conveyor "main lock"



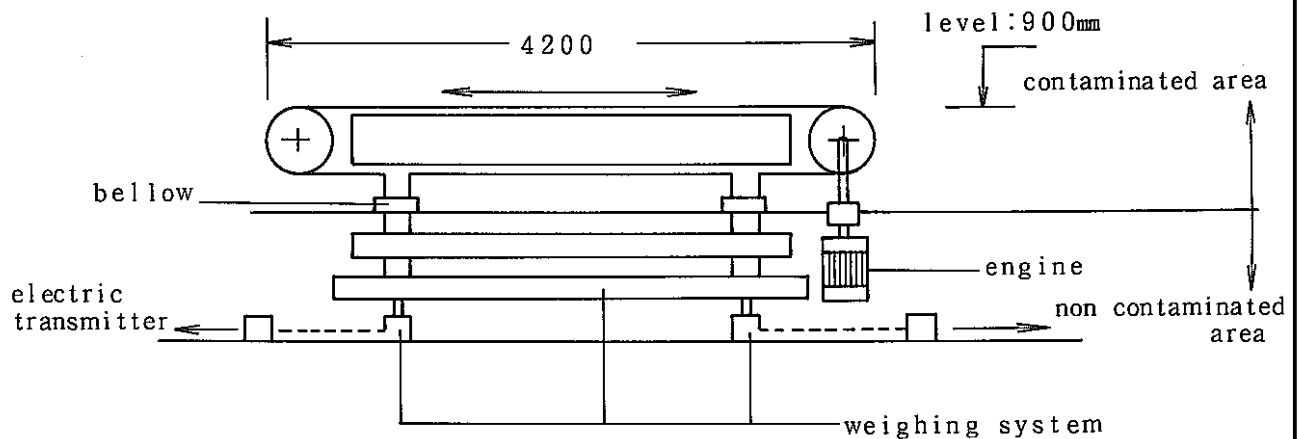
FUNCTION 1. Receiving waste bags from perlock.
2. Transporting waste bags to sorting chamber.

MAIN CHARACTERISTICS

Type	: flat belt conveyor belt width : 600 mm belt length : 1600 mm belt speed : 0.1 m/s forwards and afterwards support height : 900 mm
Construction details	: - easy belt interchangeability - vertical strips beside (easy mounting facilities) - engine, mounted outside the mainlock glovebox. The transmission shaft passes through the bottom-plate without risk for leakage (rubber bellows). Drip tray with drain.
Material	: - belt : synthetic product, resistant to solvents and acids. - frame and side plates : AISI 316 - drip tray : AISI 316 - support : carbon steel ST.37 with epoxy paint
Number	: 1 piece

ITEM

- Belt conveyor - Sorting box



FUNCTION

- Receiving waste bags from main lock
- Transporting waste bags to shredder
- Weighing waste bags with automatic electronic weighing system.

MAIN CHARACTERISTICS

Type : flat belt conveyor

- belt width : 600 mm
- belt length : 4200 mm
- belt speed : 0.2 m/s
- support height : 900 mm

Construction details :

- easy belt interchangeability
- vertical strip beside (easy mounting facilities)
- motor mounted outside the sorting glovebox. The transmission shaft passes through the bottom plate, without risk for leakages
- drip tray with drain

The conveyor is mounted on 4 steel columns passing through the bottom plate without breaking the alpha-tightness. The columns are placed on weighing cells located in the non-contaminated area.

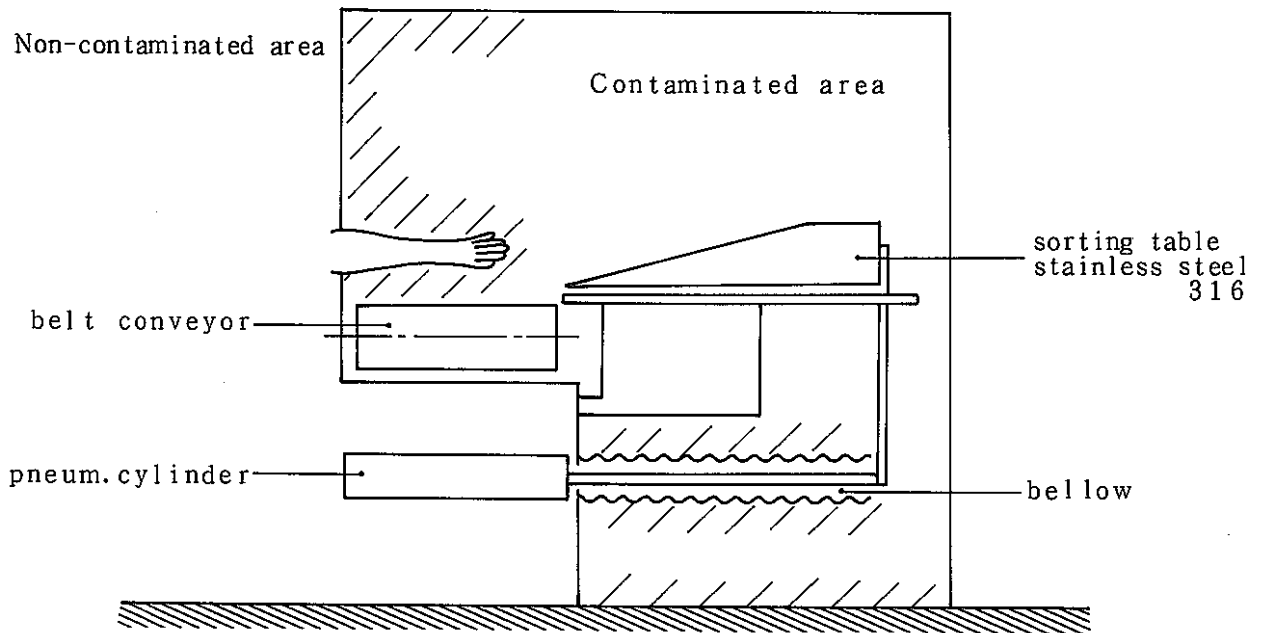
Material :

- belt : synthetic material, resistant to solvents and acids.
- frame and sideplates : stainless steel AISI 316.
- drip tray : AISI 316
- Support belt and weighing system : carbon steel ST37, protected with epoxy paint.

Number : 1 piece.

ITEM

Sorting table unit



FUNCTION Allow emptying and sorting of metallic waste packages, separating different waste categories :

- plastic
- cellulose
- glass
- metal

MAIN CHARACTERISTICS

Type : pneumatic driven sorting table
dimensions : 1000 × 1000 mm (4 compartments)

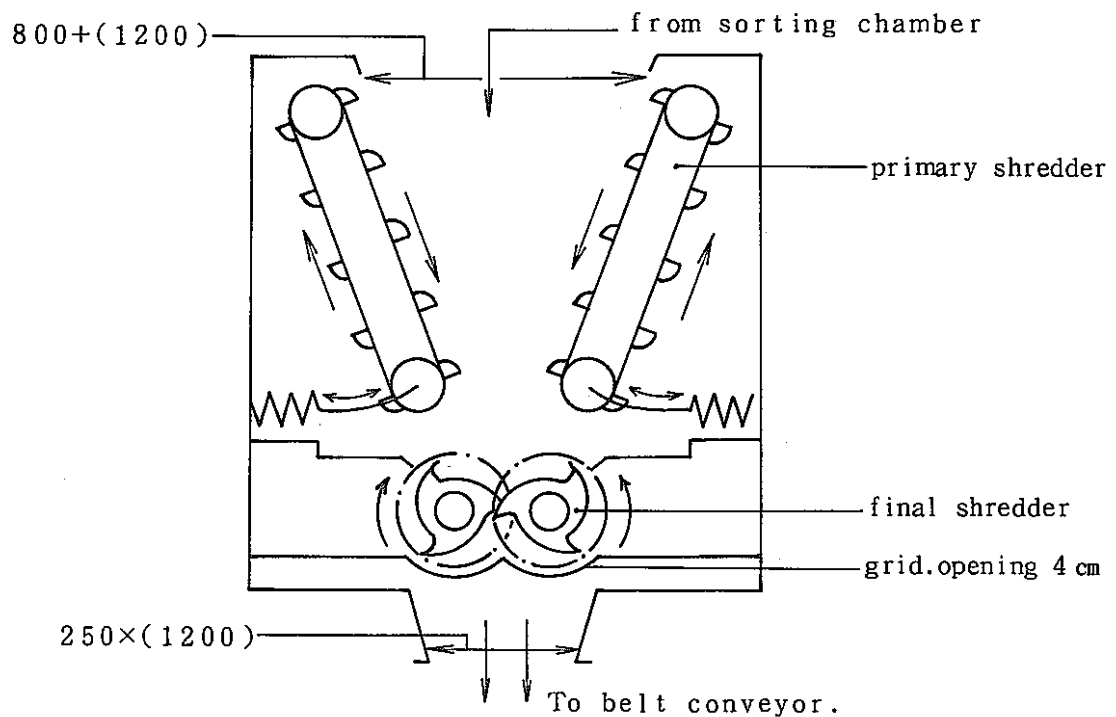
Construction details :

- pneumatic driven cylinder is located outside the contaminated area
- support table : 2 steel rolling wheels located in steel U profile
- safety system provided

Material :

- table : stainless steel AISI 316
- support : carbon steel ST.37 with epoxy protection.

ITEM
Shredder



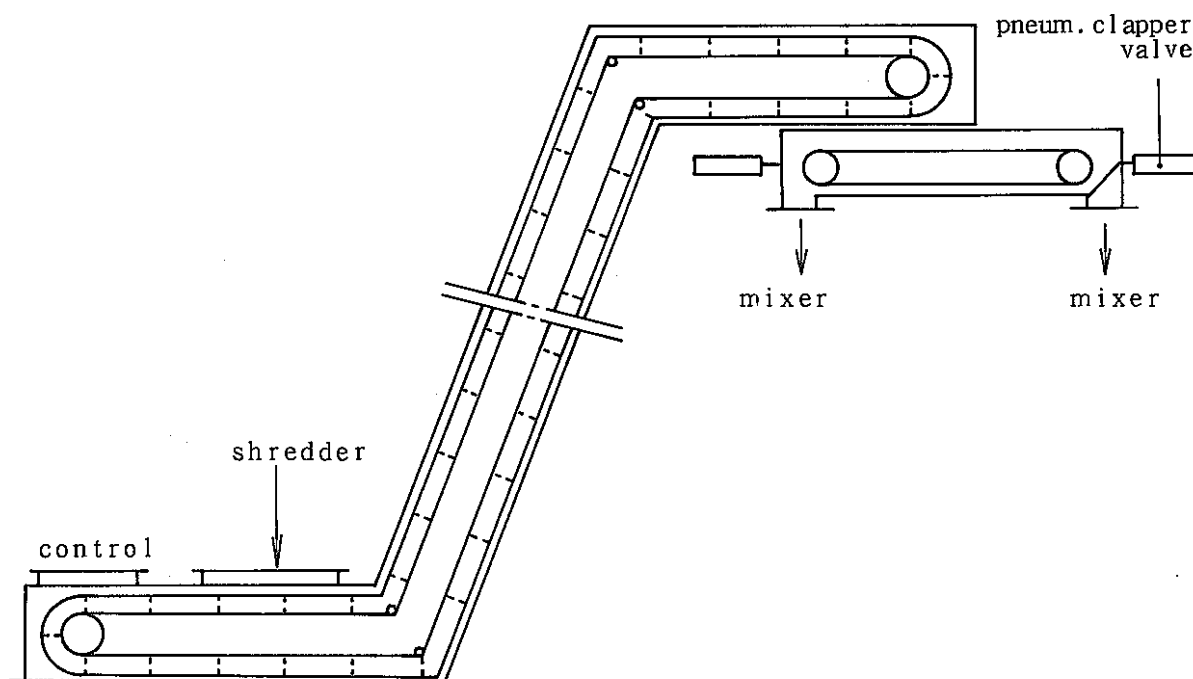
FUNCTION Reduce the dimensions of the waste. Maximum final sectional dimensions allowed = 50 mm.

MAIN CHARACTERISTICS

Type	: low speed rotating imbricated jaws with 2 inlet driving gripping chains
Capacity	: depending upon the waste - $\pm 500 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$
Rotating speed	: 25 rev/min automatic reverse rotation when overloaded
Power	: 37 kW
Feed dimensions	: max. $610 \times 610 \times 600$
Feed composition	: cellulose, plastics, glass, steel
Working conditions	: atmosphere - nitrogen - 20 mm H ₂ O.
Design pressure (tightness)	: 500 mm H ₂ O
Material	: carbon steel ST.37 protected with epoxy
Weight	: 8000 kg
Number	: 1 piece.

ITEM

Mixer inlet transfer belt



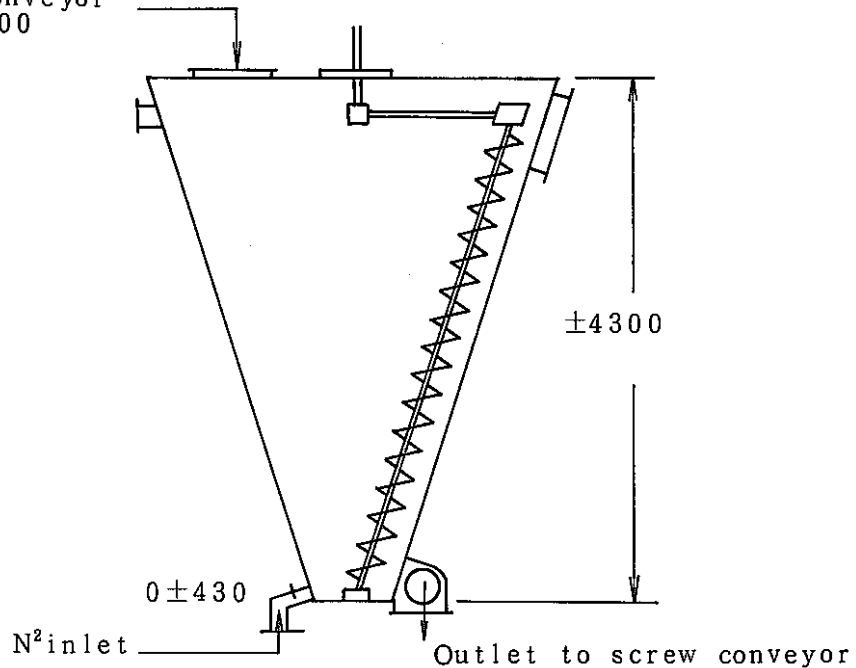
FUNCTION To transfer the shredded waste from the shredder to the mixers.

MAIN CHARACTERISTICS

Type	: flexible transfer belt - 1 inlet - 2 outlet gates - 2 pneumatic valves on the outlet gates - 1 flat bidirectional belt
Capacity	: 800 kg/h or $6 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ - average density : 130 kg/m^3
Belt dimensions	: width 500 mm speed 0.3 m/s driving power 2 kW main belt 0.5 kW outlet belt.
Working conditions	: - atmosphere - nitrogen - 20 mm W.G.
Design pressure	: 500 mm H_2O
Material	: carbon steel ST.37 protected with epoxy
Weight	: 4000 kg

ITEM
Mixer

From belt conveyor
inlet 0 ± 3300



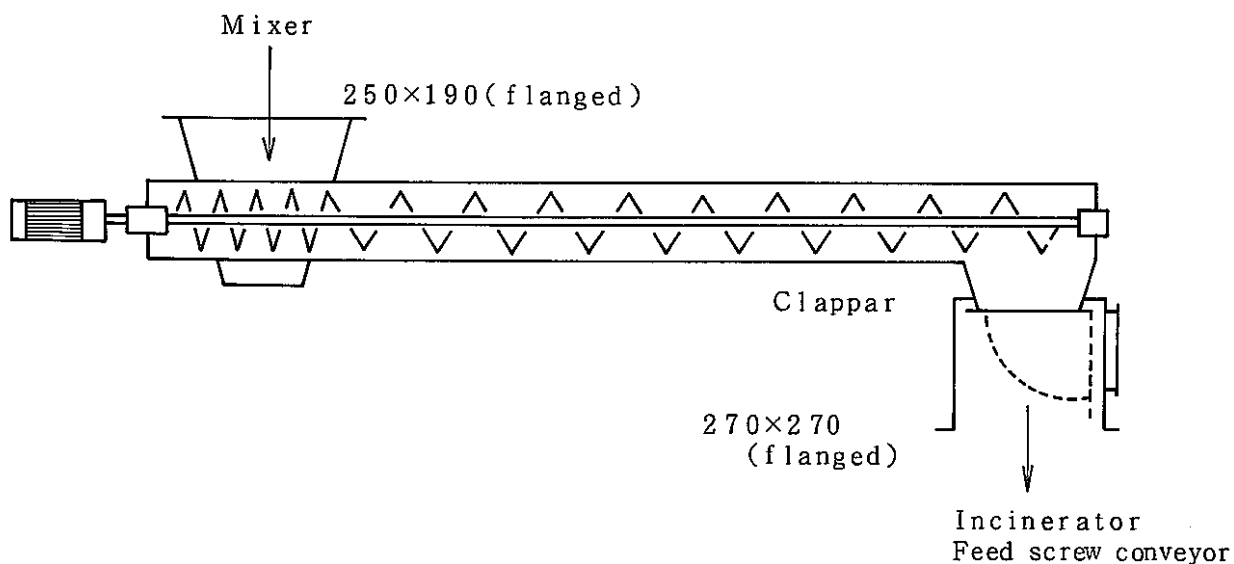
FUNCTION Preparation of the incinerator feeding mixture.

MAIN CHARACTERISTICS

Type	: conical with a main rotating arm driving a mixing screw
Capacity	: nominal 7 m^3 useful 5 m^3 (1000 kg)
Speed	: main arm - 1 rev/min power 0.55 kW mixing screw - 70 rev/min power 7.5 kW
Mixture compositions	: cellulose, plastics, glass, steel, sludge average density : 200 kg/m^3 max. sectional dimension = 50 mm
Working conditions	: atmosphere = N_2 - 20 mm W.G. + 120 mm W.G. dust volatile products (solvents)
Design pressure (tightness)	: + 500 mm H_2O
Material	: carbon steel ST 375 mm protected with epoxy
Number	: 2 pieces.

ITEM

Mixer outlet metering screw conveyor.



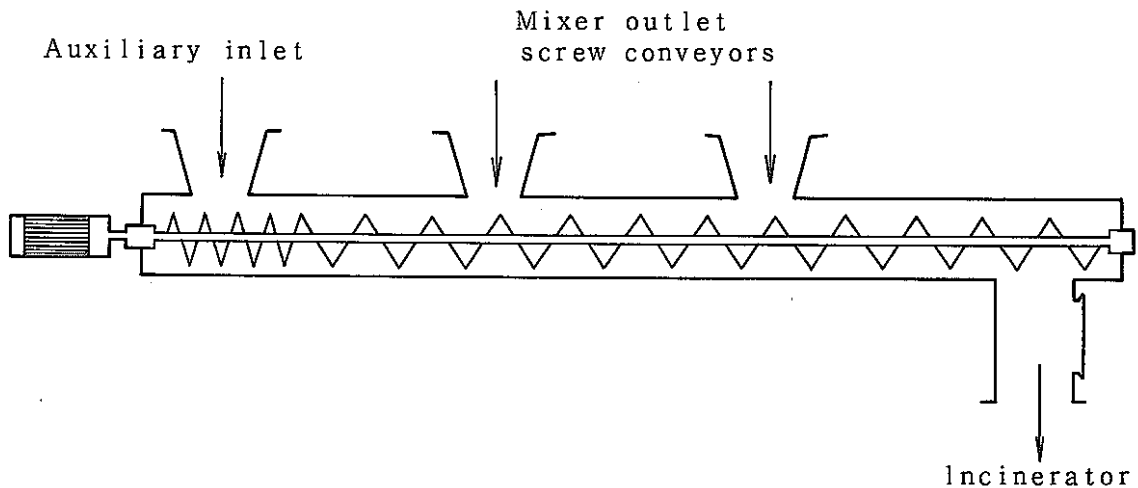
FUNCTION Transfer of incinerator feeding mixture from the mixer to the incinerator feed screw conveyor.

MAIN CHARACTERISTICS

Type	: Archimedes screw with 2 different pitches 1 inlet + 1 outlet with pneumatic clapper valve
Capacity	: variable from 100 to 400 kg·h ⁻¹ 10 - 40 rev/min
Screw	: - length according the layout - outer diameter ±250 mm - blade thickness ±6 mm - pitches : 125 mm to 250 mm - gap between blade and wall : 5 min. - power : 0.75 kW
Working conditions	: - atmosphere : N ₂ - pressure from - 20 to + 120 mm
Design pressure	: + 500 mm H ₂ O
Material	: carbon steel ST.37 protected with epoxy
Number	: 2 pieces

ITEM

Auxiliary incinerator feed screw conveyor.



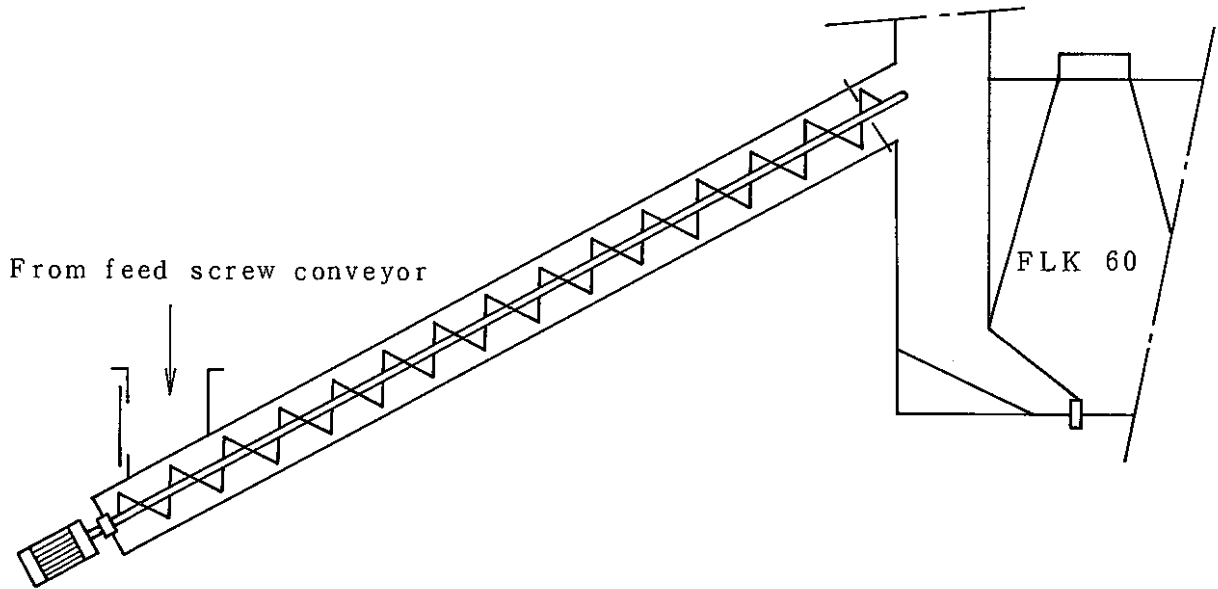
FUNCTION Transfer of the incinerator feeding mixture to the main feeding screw conveyor. Transfer of waste in auxiliary inlet is possible.

MAIN CHARACTERISTICS

Type	: Archimedes screw with 2 different pitches 3 inlets and 1 lateral outlet.
Capacity	: larger than 400 kg/h - Speed 50 rev/min
Screw	: - length ±2000 mm - outer diameter ±250 mm - blade thickness 6 mm - pitches : 125 to 250 mm - gap between blade and wall : 5 mm - power : 0.75 kW
Working conditions	: - atmosphere N ₂ - pressure 120 mm H ₂ O
Design pressure	: + 500 mm H ₂ O
Material	: carbon steel ST.37 protected with epoxy
Number	: 1 piece.

ITEM

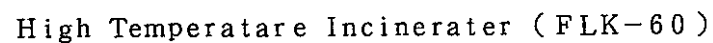
Incinerator main feedscrew conveyor.



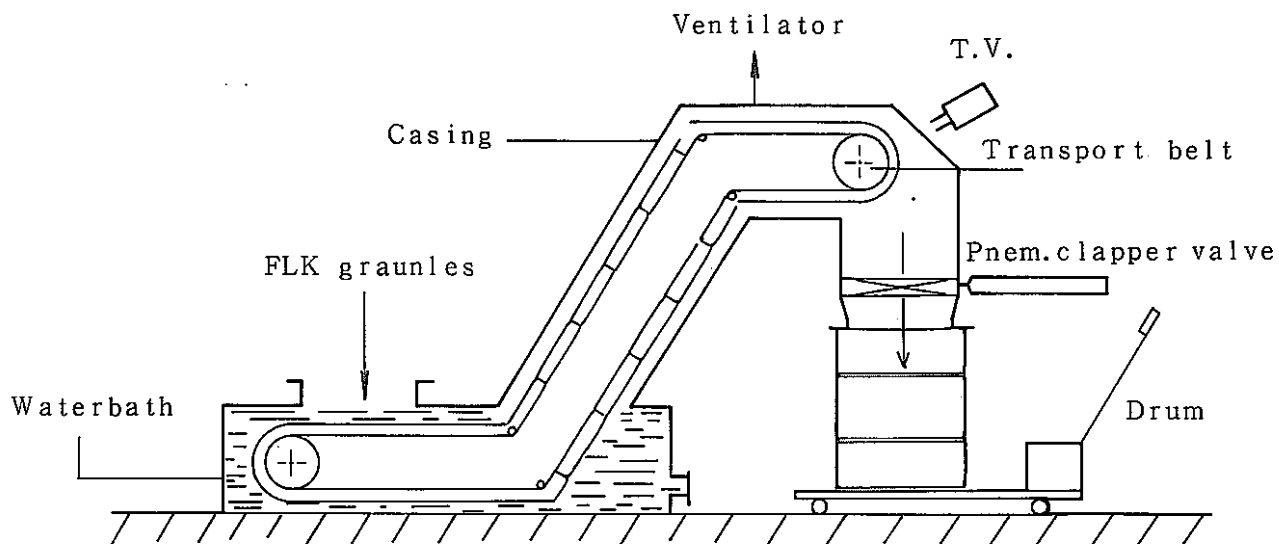
FUNCTION Transfer of the mixture to the FLK incinerator unit.

MAIN CHARACTERISTICS

Type	: Archimedes screw with 1 pitch 1 inlet + 1 axial outlet to FLK 60
Capacity	: variable - max. 1000 kg·h ⁻¹
Screw	: - length ±7 m - outer diameter 250 mm - blade thickness 10 mm - gap between screw and wall 5 mm - pitch 250 mm - power 3 kW
Working conditions	: atmosphere N ₂ - pressure ±120 H ₂ O
Design pressure	: + 500 mm H ₂ O
Material	: carbon steel ST.37 protected with epoxy
Number	: 1 piece.



ITEM
Granulator



FUNCTION Transporting radioactive slag from water bath into drums.

MAIN CHARACTERISTICS

Type : hinge joint steel belt conveyor
 - belt width 457 mm
 - belt speed 0.9 m/min. - power 0.25 kW

Weight : 3000 kg

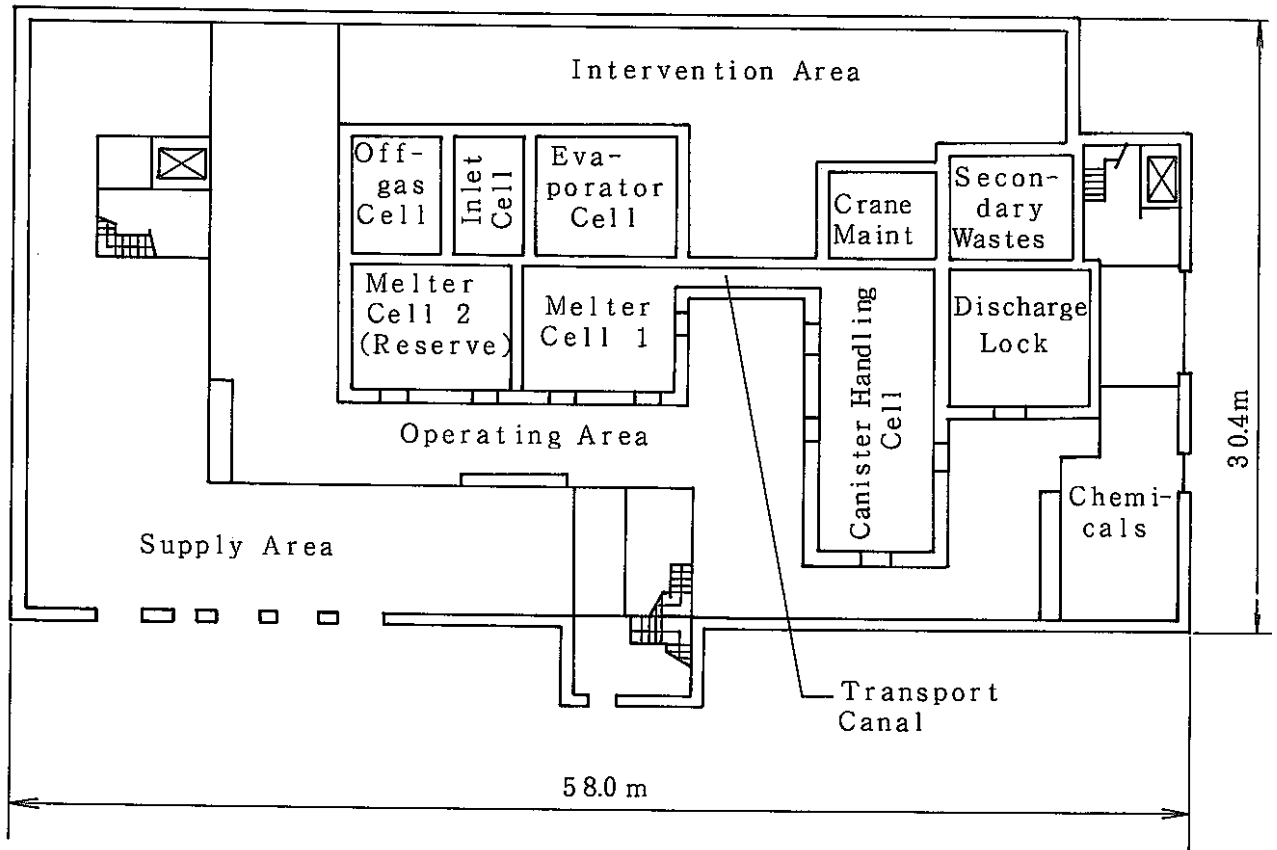
Working conditions : - under water (temperature 80°C max.)
 - depression - 10 mm H₂O

Equipped on the top end with pneumatic distributing clapper, and two pneumatically operated tight closing clapper valves for each drum.

Capacity : 50 kg or 301 • min⁻¹
 max. dimensions transported product : 200 mm

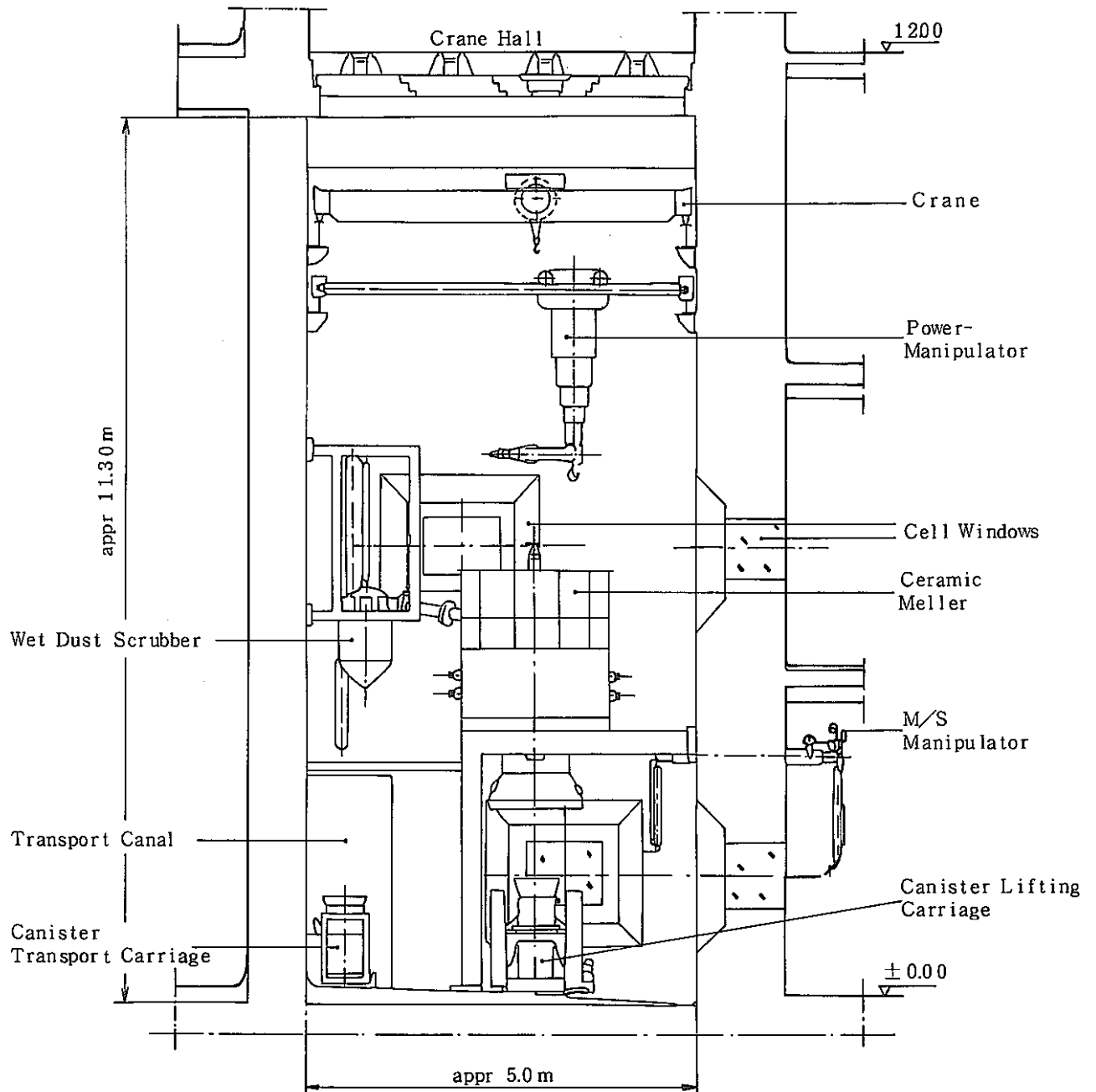
Material : carbon steel protected with epoxy paint.

Appenddix－Ⅱ
高レベル廃液ガラス固化施設
(PAMELA Plant/MOL)

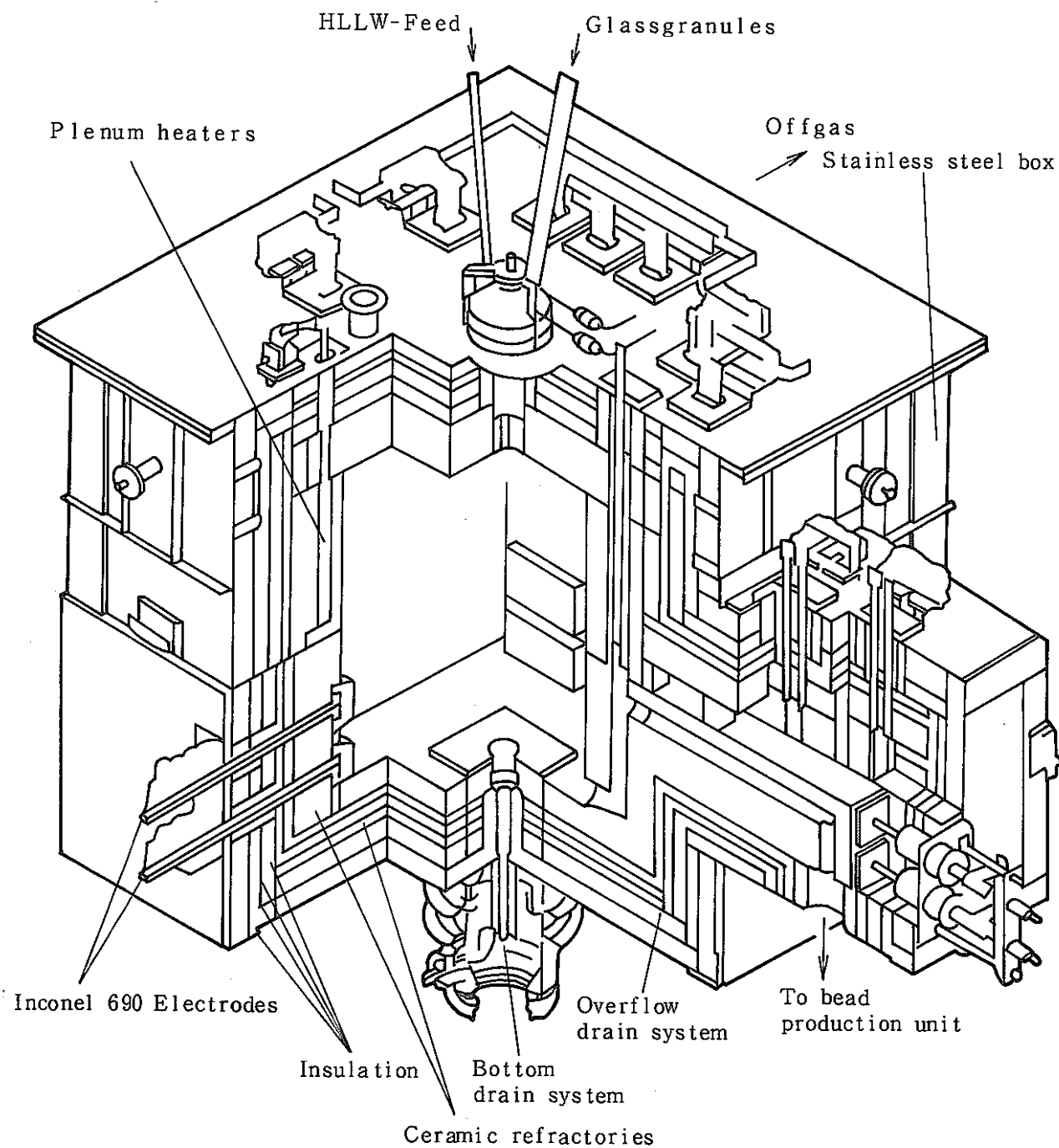


1. 各セルは床面のみ SUS ライニングで壁及び天井は、エポキシ等のライニング

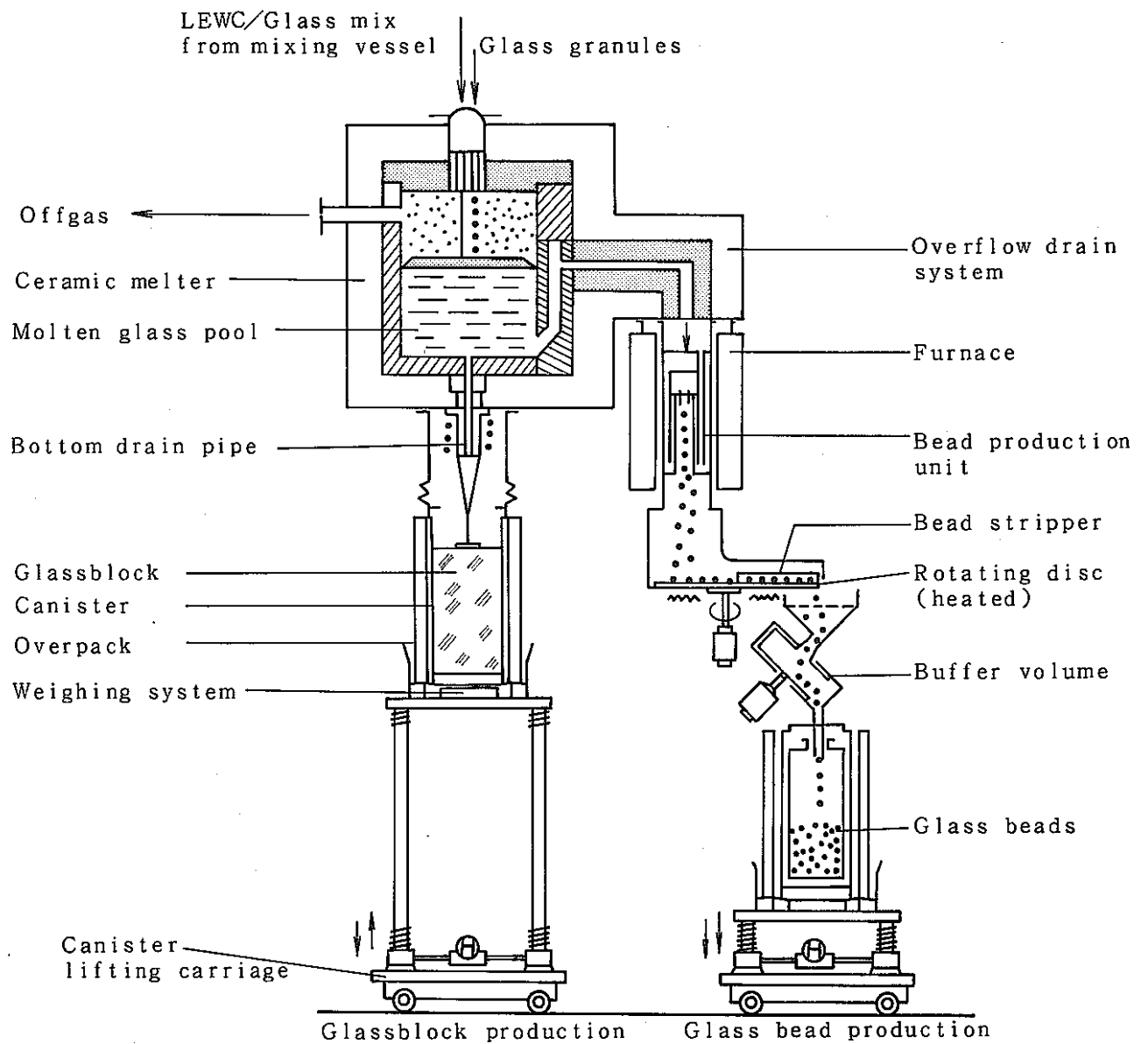
Building Layout PAMELA Plant
Ground Floor



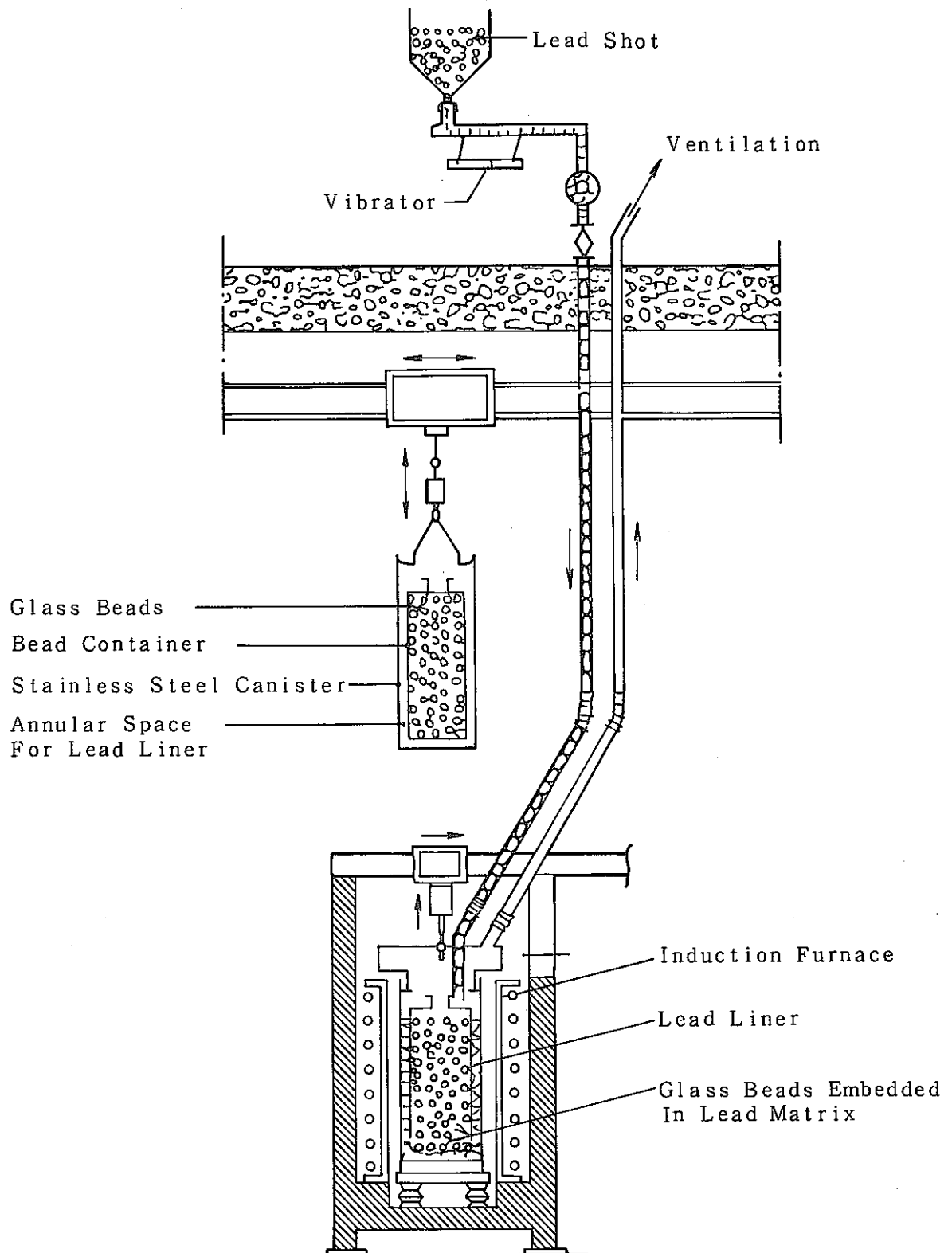
Cross Section Through the
PAMELA Melter Cell



Ceramic Melter For PAMELA Plant



Glassblock And Glass Bead Production
PAMELA Plant

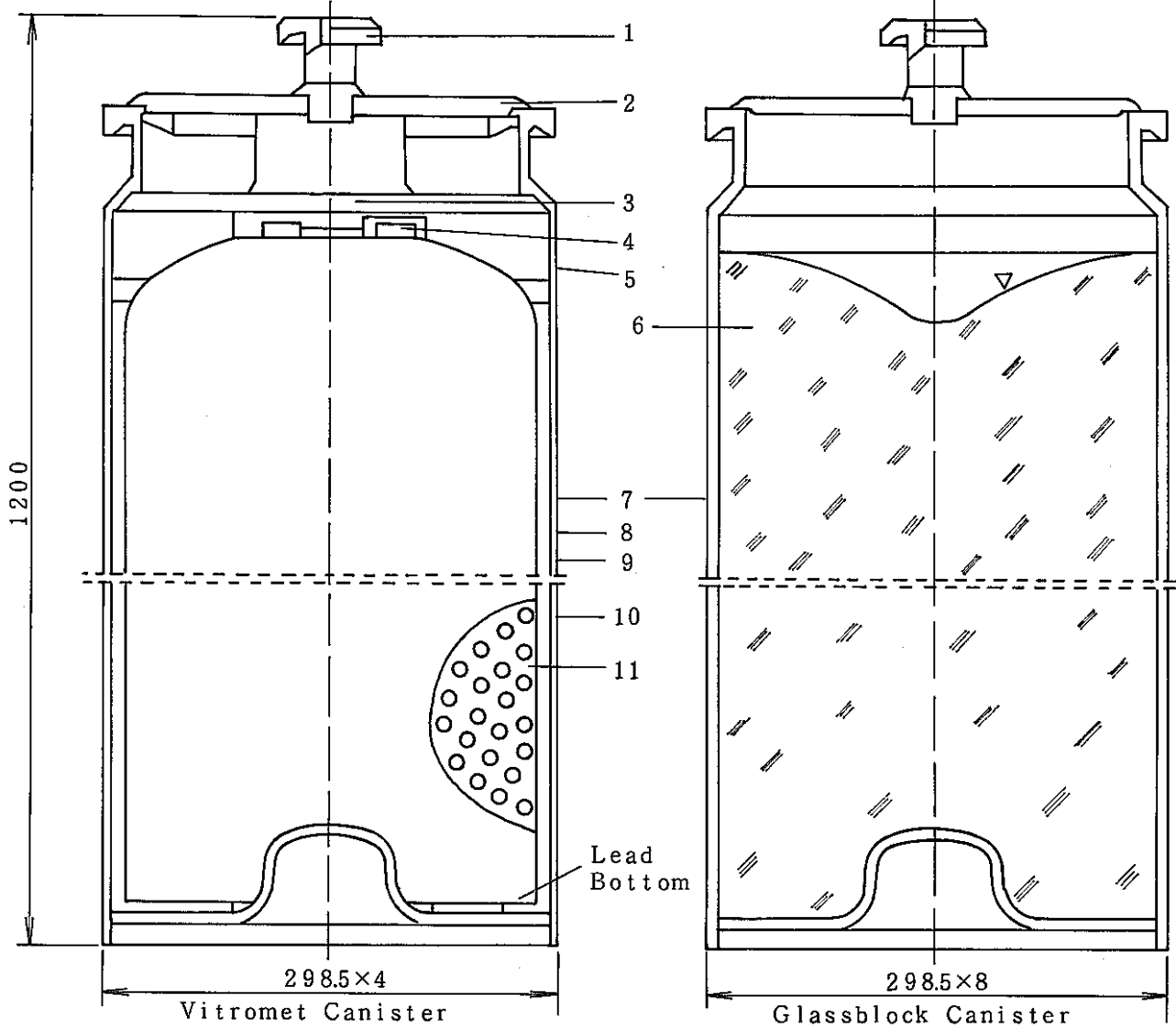


Schematic of Glass Bead Embedding
In Lead Matrix for PAMELA Plant

Volumes:

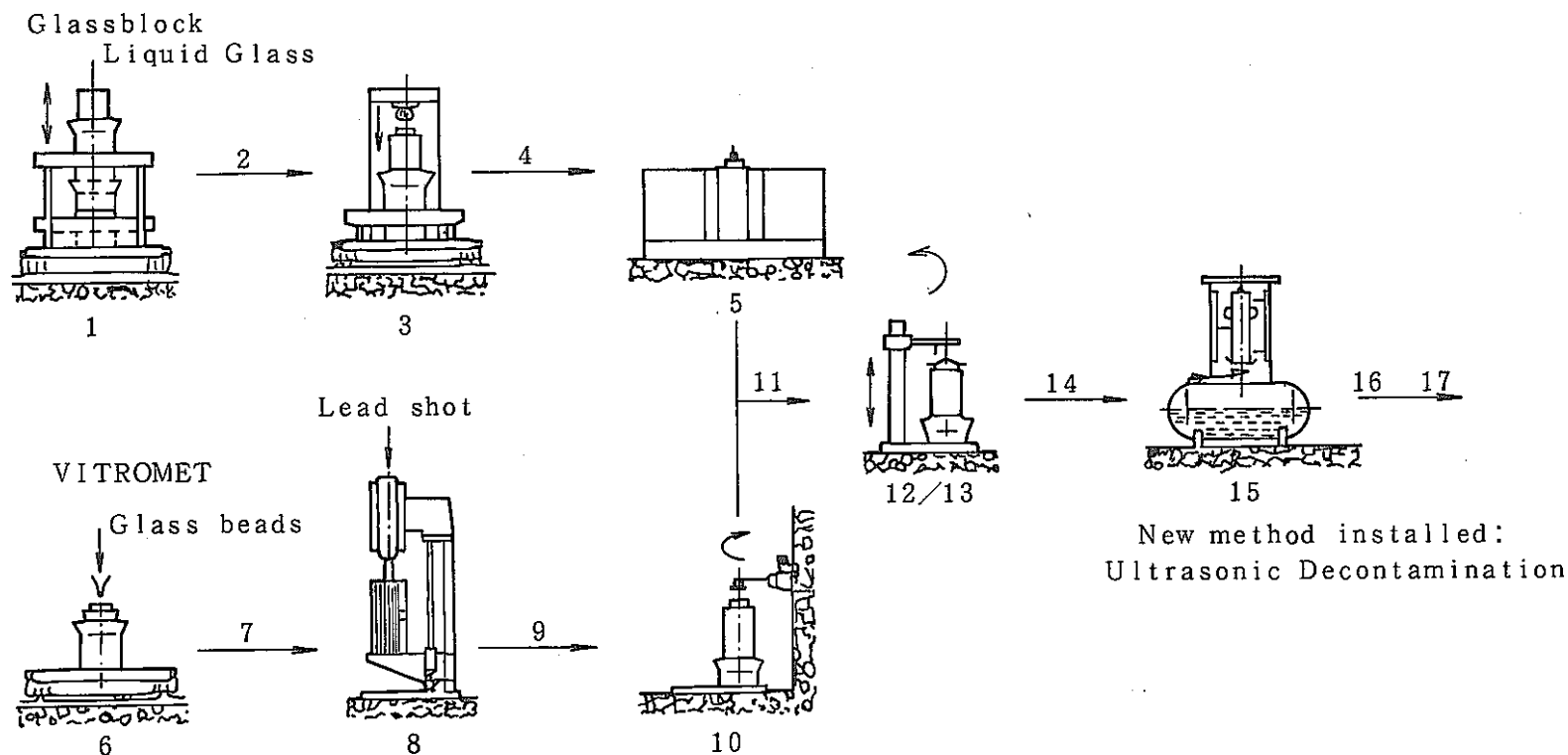
- Inner Canister:appr.59 ℓ
- Glass Volume:appr.30 ℓ

Glass Volume:appr.59 ℓ
(85% filling)

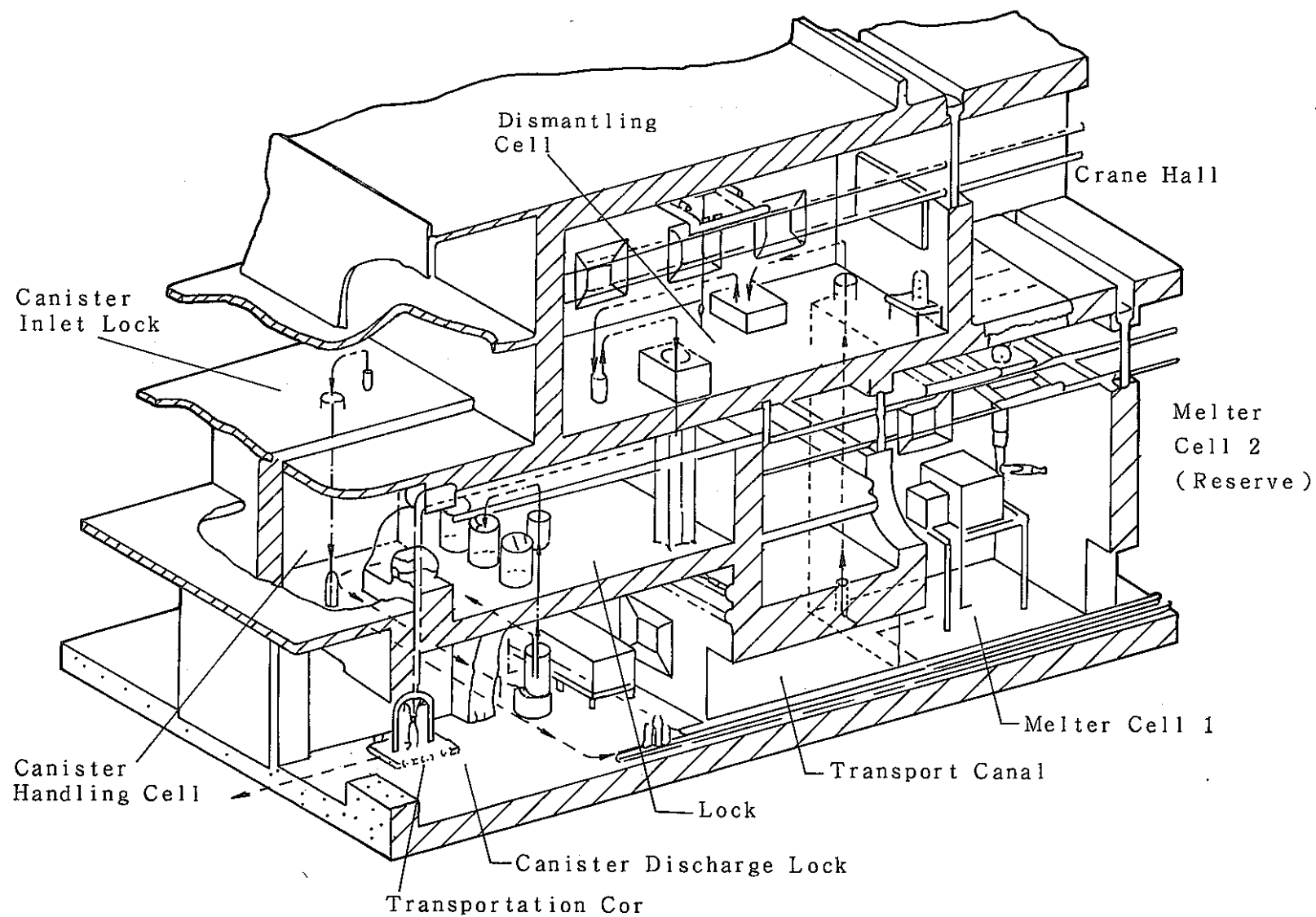


- | | | |
|----------------------|------------------------------|-------------------------|
| 1. Lifting Nut | 5. Check Valve For Beads | 9. Inner Steel Canister |
| 2. Lid | 6. LEWC-Glassblock | 10. LEWC-Glass Beads |
| 3. Beads Inlet | 7. Stainless Steel Container | 11. Lead Matrix |
| 4. Ventilation Sieve | 8. Lead Liner | |

Section Through VITROMET And
Glassblock Canisters For PAMELA Plant



Treatment Of VITROMET And Glassblock Canisters



Canister Handling In The PAMELA Plant

Appenddix - III

記 録 写 真



写真1 低レベル固体廃棄物受入所

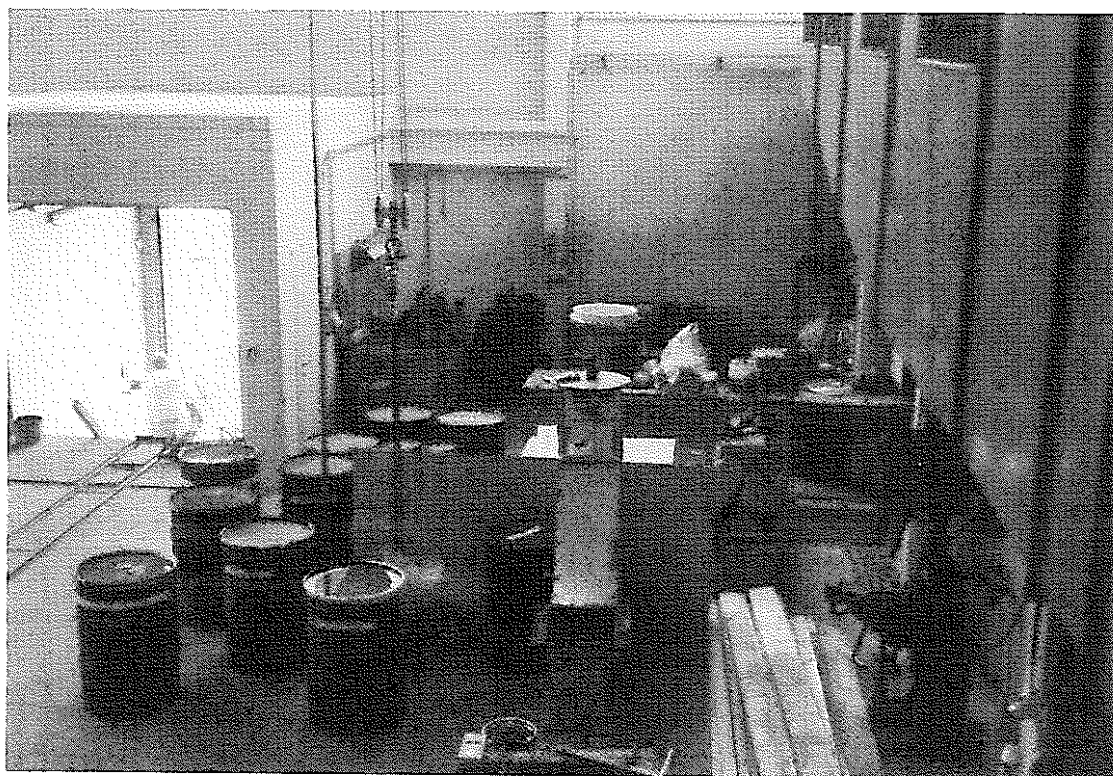


写真2 β γ ホール

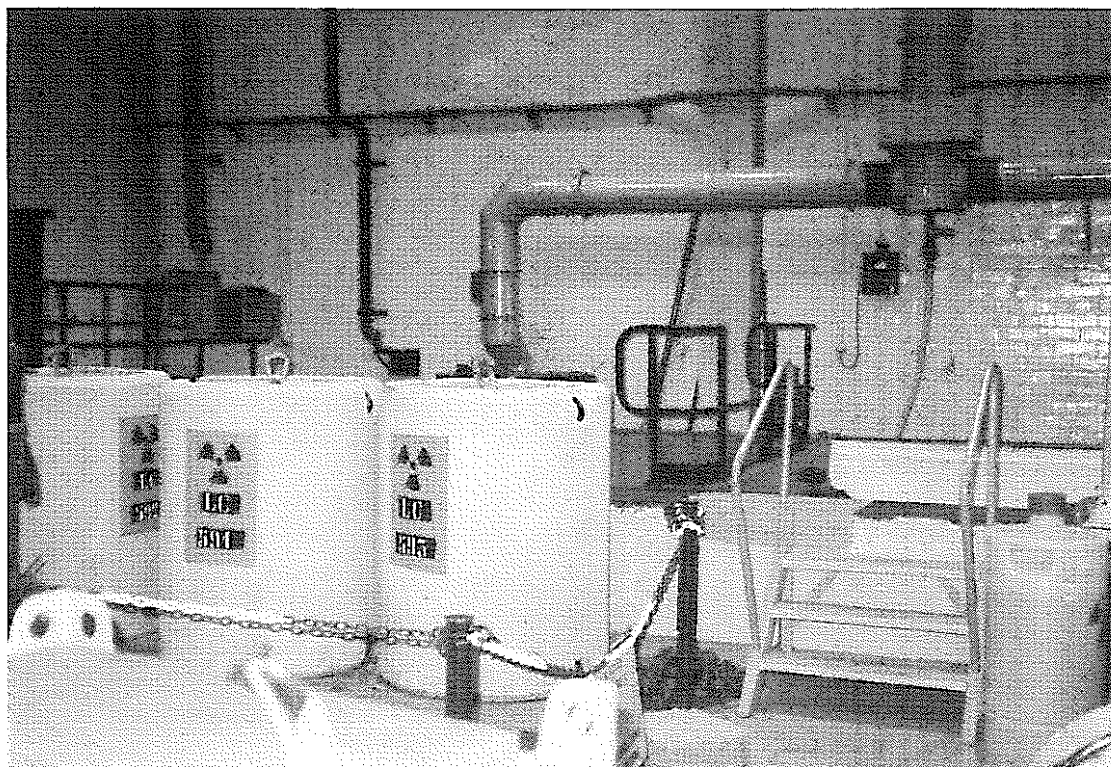


写真 3 高レベル廃棄物詰替室



写真 4 廃液処理建家

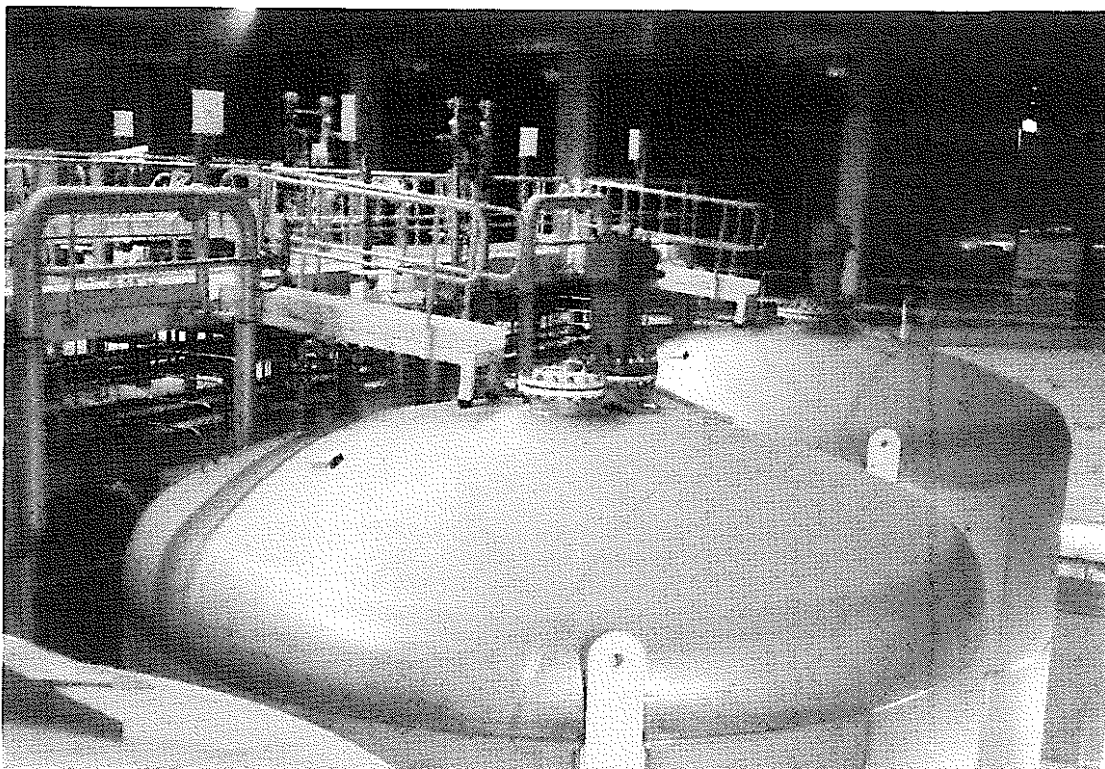


写真5 新廃液受入貯槽

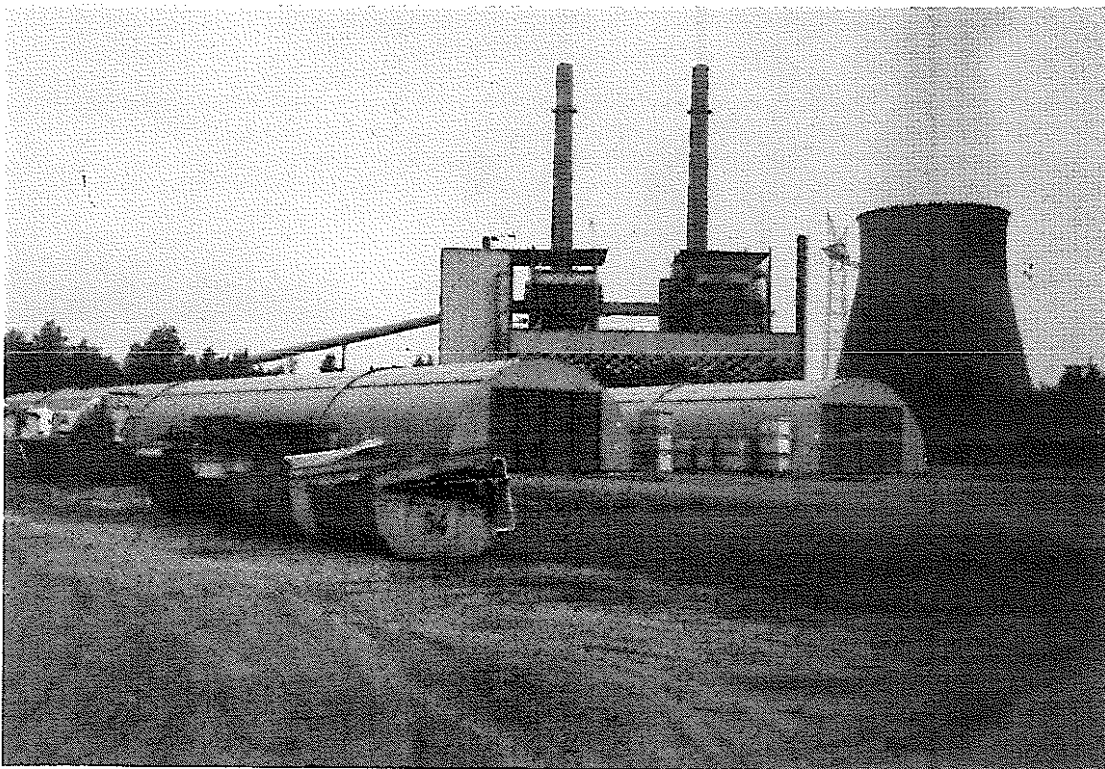


写真6 低レベル廃棄物貯蔵庫



写真7 高レベル廃棄物貯蔵庫



写真8 処分のための地下実験室（リフト）

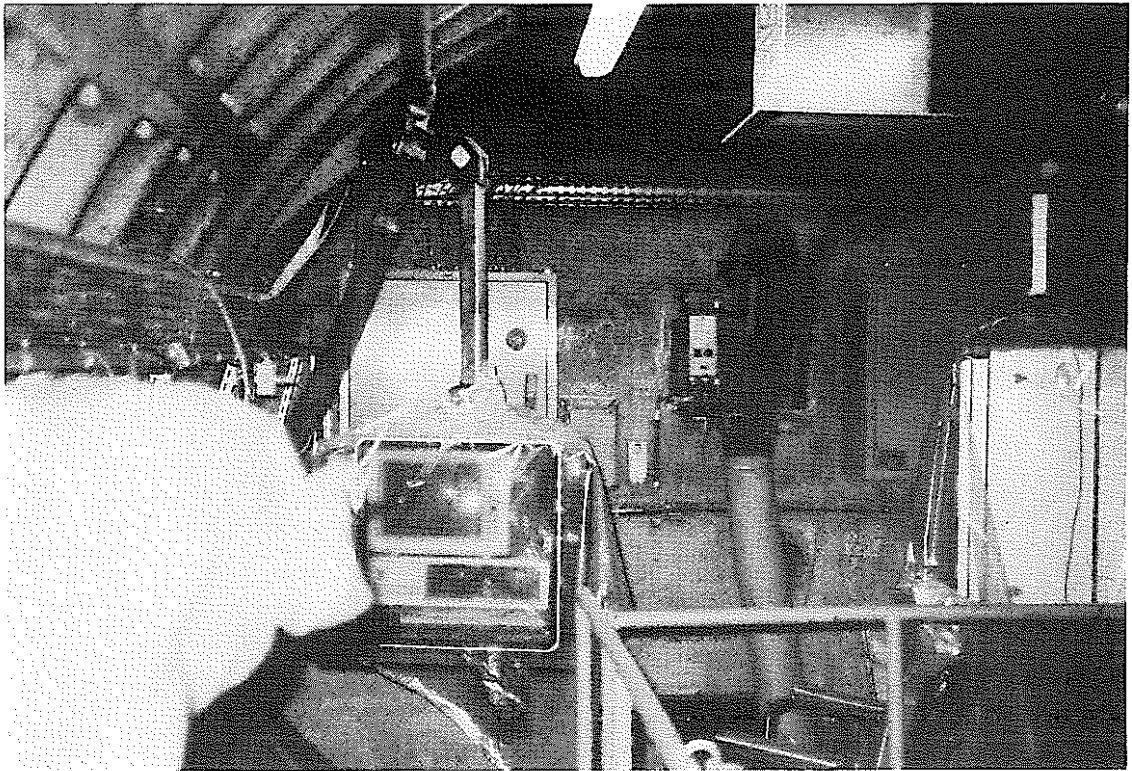


写真9 処分のための地下実験室（実験室内部）

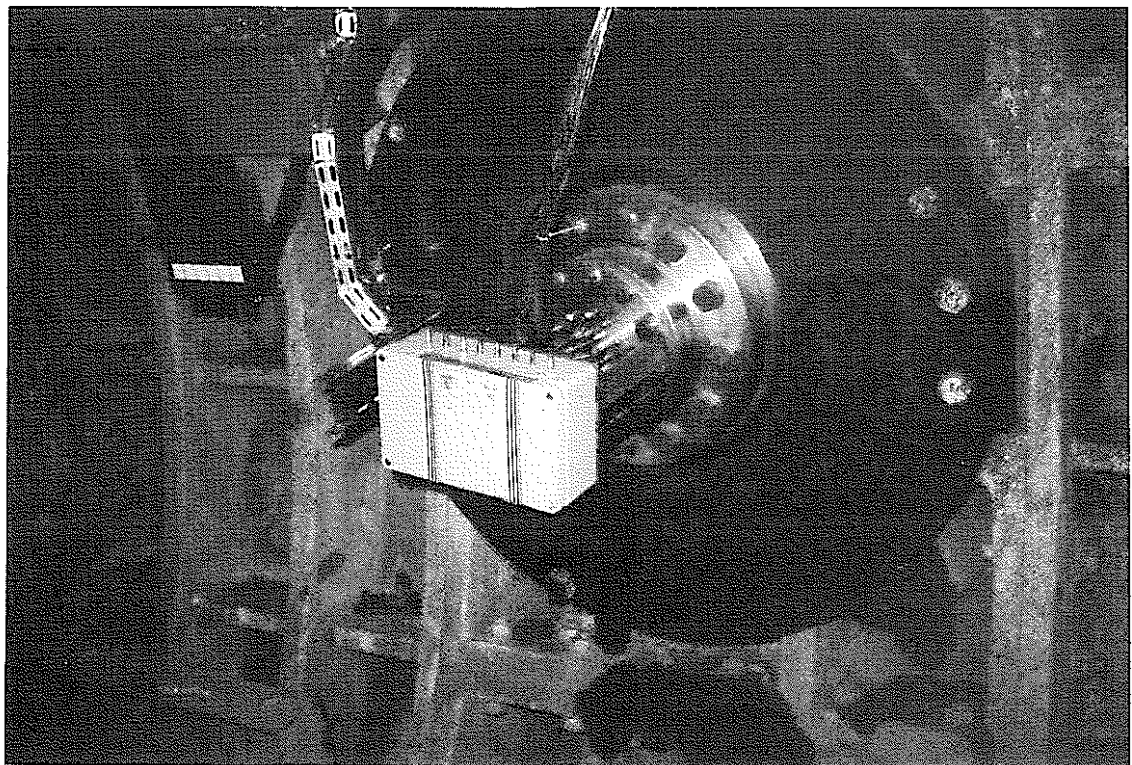


写真10 処分のための地下実験室（試験穴）