

不規則性 年 月 日付で登録区分、
変更する。 2001. 6. 20
[技術情報室]

海外出張報告

—ベルギー・モル原子力研究所 研修報告—

1992年12月

動力炉・核燃料開発事業団
東海事業所

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

転載、
また今



海 外 出 張 報 告

—— ベルギー・モル原子力研究所 研修報告 ——

北野 光昭*

要 旨

ベルギー モルにあるSCK/CEN(Studiecentrum voor Kernenergie/Centre d'Etude de l'Energie Nucleaire)に、1990年5月26日から1991年4月30日までの約11ヶ月間、廃棄物管理技術の調査習得を目的として長期出張した。

モル研究所では、低レベル廃棄物(イオン交換樹脂、セメント固化体)の溶解試験及び実ガラス固化体の浸出試験の研修を受けた。

純水と鉄($Fe_2(SO_4)_3$)を使用してイオン交換樹脂の溶解試験を行った結果、99.7%以上の溶解率が得られた。また、実ガラス固化体の浸出試験では、COGEMAガラスについてMCC-1法及びMCC-5法による浸出試験を実施した。

* 環境技術開発部地層処分開発室

目 次

1. はじめに	1
2. SCK/CENの概要	2
2.1 ベルギーの概要	2
2.2 ベルギーの原子力発電	2
2.3 SCK/CENの概要	2
2.4 モル研究所の研修環境	3
2.5 SCK/CENの歴史と今後	3
3. 低レベル廃棄物の溶解試験	5
3.1 イオン交換樹脂の溶解試験	5
3.2 セメント固化体の溶解試験	7
3.3 セメント固化体溶液からの核種の分離試験	9
4. 実ガラス固化体の浸出試験	13
4.1 ガラス試料の経歴	13
4.2 ホットセルの概要	13
4.3 MCC-5法浸出試験	14
4.4 MCC-1法浸出試験	15
4.5 今後の試験計画	16
5. 地下研・原位置試験試料	17
5.1 地下研の概要	17
5.2 原位置試験の概要	17
5.3 雰囲気温度試料	18
5.4 地下研からの掘り出し	18
6. 謝辞	20
7. 参考文献	21
付録1 パメラプラント見学	56
付録2 ベルゴプロセス見学	63
付録3 ENC'90出張報告	74

1. はじめに

1990年 5月26日から1991年 4月30日までの約11ヶ月間、ベルギー モルにあるSCK/CE N(Studiecentrum voor Kernenergie/Centre d'Etude de l'Energie Nucleaire)のモル研究所(以下「モル研究所」という。)に、廃棄物管理技術の調査習得を目的として長期出張した。

モル研究所では、Chemistry Departmentの所属となり、現地で実施していた廃棄物関係の研修を受けた。研修内容は、出張期間の前半(12月まで)と後半(1月以降)で異なり、前半はイオン交換樹脂及びセメント固化体の溶解試験、後半は実ガラス固化体の浸出試験である。両者の研修内容については、3項及び4項でそれぞれ報告する。

また、出張期間中に、モル研究所内にある地下研究所(地層処分の原位置試験施設)、モル研究所に隣接するベルゴプロセス(ベルギー国内の低レベル廃棄物の処理施設及びユーロケミック再処理工場の廃液のガラス固化を行っているパメラプラント)などの施設見学等の機会があったので、併せて報告する。

2. SCK/CENの概要

2.1 ベルギーの概要

ベルギーは、地理的に西ヨーロッパのほぼ中央に位置している。伝統的な立憲君主国で、現国王はボードワン(Baudouin)王である。国の面積は約3万km²、人口は約1千万人で、いずれも日本の約10分の1である。また、日本と同様に貿易立国である。ベネルックス3国でも知られているように早くから経済連合活動を行っており、現在では、首都のブリュッセルにEEC（ヨーロッパ経済共同体）やNATO（北大西洋条約機構）の本部が置かれるなど、経済面などでもヨーロッパの中心になっている。

公用語は、オランダ語とフランス語の2ヶ国語であるが、一部ドイツ語も使用されている。経済、行政的には、オランダ語圏（フレミッシュ地方）、フランス語圏（ワロン地方）及びブリュッセル地区（2ヶ国語併用地区）に3区分されている。特に、歴史的な背景からオランダ語圏とフランス語圏のバランスを考慮しながら政策が進められている。

2.2 ベルギーの原子力発電

ベルギーは、全発電量に対する原子力発電の割合が約60%と高い国である。原子力発電設備（1989年現在）は以下のとおりである。⁽¹⁾

- ① 運転中の原子炉ユニット：7基

運転中の原子炉ユニットを、表2.1に示す。

- ② 合計容量：5,500MWe
 ③ 1989年の発電量：390.5億kWh
 ④ 全発電量に対する原子力発電の割合：61.1%
 ⑤ 平均稼働率：81.2%
 ⑥ 建設中の原子炉：なし
 ⑦ 申請中の原子炉：なし

なお、ベルギー政府は、8番目の原子力発電ユニット（Doel-5,1400MWe）の建設を1988年12月に却下している。

2.3 SCK/CENの概要

SCK/CENは、原子力開発を推進するための公立研究所として1952年に設立され、現在まで重要なノウハウと技術を核燃料サイクルの各分野で開発してきている。研究所は、ブリュッセルの北東約65kmのモル(Mol)にあり、BR1（黒鉛炉）、BR2（材料実験炉）、

BR 3 (PWR : 除染、解体中) の 3 基の原子炉を始め、地下研究所等の研究施設がある。研究所の所在地を図 2. 1 に、研究所内の配置図を図 2. 2 それぞれ示す。

2. 4 モル研究所での研修環境

モル研究所ではベルギー国内の学生をはじめ、中国人など多くの研修生が研修を受けていた。研修内容は、配属になった部署の部長と相談して決定するが、詳細は研究者クラスのアドバイザーと相談しながら進めていく方式になっている。また、研究所の管理部門には、研修生専門の係員がおり、労働許可証、宿舎等の手配を実施している。この他、インターナショナルクラブという組織があり、一般生活面での相談にもものってもらえる等、研修環境は良好である。

なお、外国人研修生については、同一国籍の研修生が同じ部で同時期に研修を受けることができないので研修テーマ選定等の際に注意が必要である。また、筆者自身の経験から研修の開始時期は、バカンス前となる 5～8 月は避けたほうがよいと思われる。

2. 5 SCK/CENの歴史と今後

SCK/CENは、1970年代には原子力分野だけでなく、環境、バイオテクノロジー、新材料のような非原子力分野にも業務を拡大、多様化してきた。しかし、1980年代に入ってから原子力が新しい技術と見られなくなった上、国の赤字予算削減政策及びTMI(1979)、チェルノブイリ(1986)、Transnuklear事件(1987)等による反原子力の動きから、資金が抑制されるようになった。その結果、スタッフの早期退職による人員削減と科学者の若返りや、運転コストの削減等の合理化が進められている。また、低レベル廃棄物処理部門のBelgoprocessへの移管も行われている(1989年)。

そして、1991年からSCK/CENは、2つの組織に分割されることになった。今後、SCK/CENの業務は、原子力部門のR&Dに集中し、非原子力部門はVITOという名称の新組織(フレミッシュ地方自治体が主なシェアホルダーの公立研究所)に移される。SCK/CENの変遷を図2.3に示す。

なお、新しいSCK/CEN及びVITOの概要は次のとおりである。⁽²⁾

① SCK/CEN

人員 500人

業務は次の3分野に集中される。

- (a) 原子炉の試験と安全性
- (b) 放射性廃棄物管理と原子力プラントのデスマントリング

HADESプロジェクトの継続

BR 3 原子炉の除染、解体

- (c) 放射線防護

原子力環境全般及びSCKの運転による影響に関する放射線防護

② V I T O (Vlaase Instelling voor Technologisch Onderzoek
/Flemish Organisation for Technological Research)

人員 300人

- 業務
- (a) 環境
 - (b) エネルギー
 - (c) 新材料
 - (d) バイオテクノロジーなど

3. 低レベル廃棄物の溶解試験

ベルギー国内で運転中の原子力発電所 (DoelとTihange)で発生した低レベル廃棄物中の長半減期核種 (Sr-90, Tc-99, I-129 等) の分析に関する研究が進められており、その一環として、

- (1) プライマリーウォーター系より採取したイオン交換樹脂の溶解試験
- (2) セメント固化体の溶解試験
- (3) セメント固化体の溶液からのI-129 等の分離試験

の研修を受けた。

3.1 イオン交換樹脂の溶解試験

原子力発電所のプライマリーウォーター系より採取したイオン交換樹脂中の核種分析のため、純水と鉄 ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$)を使用して溶解する試験を行った。

3.1.1 イオン交換樹脂の溶解試験試料

Tihange 発電所より採取したイオン交換樹脂。

サンプルNo. 2 b, 3 b (同一バッチ試料)

3.1.2 イオン交換樹脂溶解試験装置

実験室フード内に設置したガラス製の試験装置で溶解試験を実施した。

溶解試験装置の概略図を、図3.1に示す。本装置はガラス製で、容積約1ℓのフラスコ、加熱ヒータ、コンデンサ、 H_2O_2 供給ポンプ、溶解中に発生したガスを捕集する洗浄ボトル等から構成されている。

3.1.3 イオン交換樹脂溶解試験手順

イオン交換樹脂の溶解試験フローを図3.2に示す。

- (1) 溶解前準備
 - (a) 洗浄ボトル①及び②に、揮発性核種捕集溶液として2M NaOHをそれぞれ200ml張る。
 - (b) 計量済みのイオン交換樹脂(約5g)をフラスコに投入する。
 - (c) 純水500mlをフラスコに投入する。
 - (d) 0.2M $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 5mlをフラスコに投入する。
 - (e) コンデンサに冷却水(水道水)を通水する。
 - (f) フラスコ内の攪拌を開始する。

(g) 真空ポンプを起動し、系内を負圧にする。

(2) 溶解

溶解試験工程の温度フローを、図3.3に示す。

(a) ヒータを起動し、昇温する。

(b) 液温を95°Cで保持する。

(c) H₂O₂約 250mlをメスシリンダに張る。(実際の供給量は 200mlであるが供給ポンプのホースの容積などの分を考慮し、余分に張った。)

(d) H₂O₂供給ポンプを起動し、H₂O₂をフラスコ内に供給開始する。

(e) H₂O₂がフラスコ内に供給され始めたときのメスシリンダ内の液量を基準とし、この値から200ml供給する。

(f) H₂O₂の供給速度が 100ml/hrになるようポンプストロークを調整する。

(g) H₂O₂を 200ml供給したならば、ポンプを停止する。

(h) 液温を95°Cから 100°Cに昇温し、2時間保持する。(過剰に供給されたH₂O₂を分解するのが主目的)

(i) ヒータを切り、放冷する。

(j) 液温が室温程度になったならば、HNO₃を 5 mlフラスコ内に投入する。

(k) ヒータを再起動し、液温を 100°Cに昇温し、2時間保持する。

(l) ヒータを切り、放冷する。

(3) 分析試料の採取

(a) フラスコ内の溶液をポリビンに採取する。

(b) ろ紙(ミリポア TypeBD 0.6 μm)の重量を測定する。

(c) 採取した溶液をろ過する。

(d) ろ液を分析試料とする。

(e) ろ紙を 100°Cで約10時間乾燥させ、ろ紙に残った残留物の重量を測定する。

(f) 洗浄ボトル①及び②内のNaOH溶液は、C-14, I-129等の揮発性核種の分析試料とする。

3.1.4 イオン交換樹脂溶解試験結果

溶解試験結果を、表3.1に示す。溶解率は、99.7%以上であった。この値は試験の目安値の99%を上回っており、良好な結果であった。

また、溶解中は、以下の状況が観察された。

(a) H₂O₂供給開始とともに、イオン交換樹脂が黒色に変色した。

(b) 溶液の色は、H₂O₂の供給が進むにつれて、こげ茶色から黄色に変化した。また、溶液

表面には、直径0.5～1mm程度の泡が見られた。

(c) ろ過前のイオン交換樹脂溶液の色は、うすい黄色であった。

(d) ろ紙の残留物の色も黄色だった。

3.2 セメント固化体の溶解試験

原子力発電所で処理されたセメント固化体中の核種分析のため、セメント固化体試料をまず酸(HCl及びHNO₃)で、ついでその溶け残りをアルカリ溶融する試験を行った。

3.2.1 溶解試験対象セメント固化体

Doel及びTihange発電所で処理されたセメント固化体から溶解試験試料が採取されている。試験に供したセメント固化体の発生場所を、表3.2に示す。

3.2.2 セメント固化体のγスキャン

セメント固化体から、直径26.5mm、長さ約1mのコアドリル試料が3本(左側、中央部、右側)採取され、γスキャン測定が行われている。⁽³⁾

測定結果を、図3.4(1)～(3)に示す。各固化体とも、おおむね均一なγ核種分布が見られた。なお、S89-029試料は、コアドリル試料採取時に粉々になってしまったため、測定されていない。また、参考として、コアドリル試料の表面線量当量率の測定結果を、表3.2に併記する。

使用したγスキャン装置の仕様は、以下の通り。

- ① NaI(Tl)カウンター
- ② コリメータ・スリット 高さ：10mm
幅：50mm
深さ：75mm
- ③ コリメータ／コアドリル試料間距離：30mm
- ④ 測定間隔：8mm
- ⑤ 測定時間：60sec.

3.2.3 溶解試験試料の採取

溶解試験の試料は、それぞれのセメント固化体から2試料ずつ採取されている。1試料は、左側試料(L)の底部から、もう1試料は、右側試料(R)の上部から採取されている。それぞれの試料長さは約100mmで、この試料をパスカルグライディングマシンで粉碎し、約20gの試料が準備された。

試料採取位置を図3.5に示す。

3.2.4 溶解試験

溶解は、粉碎したセメント試料をまず酸(HCl及びHNO₃)で溶解し、その溶け残りをアルカリ溶融した。セメント固化体溶解試験フローを、図3.6に示す。

(1) 酸溶解

イオン交換樹脂の溶解試験に使用したガラス製の試験装置からH₂O₂ポンプを取り除いて試験に使用した。装置の概略図を、図3.7に示す。

- (a) オフガス洗浄ボトル①及び②に4M NaOHをそれぞれ200mlずつ張る。
- (b) 粉碎したセメント試料を10g*1計量し、フラスコに投入する。
- (c) 真空ポンプを起動し、系内を負圧にする。
- (d) HClを200ml計量し、フラスコに投入する。
- (e) 室温で2時間攪拌する。
- (f) HNO₃を100ml計量し、フラスコに投入する。
- (g) 室温で2時間攪拌する。
- (h) コンデンサに冷却水を流す。
- (i) ヒータを起動し、液温を100℃に昇温する。
- (j) 100℃で2時間保持する。(攪拌は継続)
- (k) ヒータを停止し、自然放冷する。

*1：但し、VT40試料は、酸溶解の溶解能力調査のため約75g投入。

(2) ろ過

- (a) 攪拌を停止し、フラスコ内の溶液をポリビンに採取する。
- (b) ろ紙(ミリポア Type B D 0.6 μm)の重量を測定する。
- (c) 採取した溶液をろ過する。
- (d) ろ液に純水を加え、液量を500mlにする。
- (e) ろ紙及びろ過残留物を、温度100℃の恒温槽で約10時間乾燥させる。

但し、試料No.VT10, 20, 30の3試料は、実験室電源工事のため恒温槽が使用できず、赤外線ランプにより乾燥させた。

- (f) 乾燥後のろ過残留物の重量を測定する。

(3) オフガス洗浄ボトル液の採取

- (a) 洗浄ボトル①の液を回収し、pHを測定する。
- (b) 液のpHが酸性域の場合には、NaOHを加えpH1.3程度にする。
- (c) 洗浄ボトル②の液を回収し、pH調製後の洗浄ボトル①に加える。

(d) この液に純水を加え、液量を 1 ℓにし分析試料とする。

(4) アルカリ溶融

- (a) ろ過残留物試料をろ紙とともに粉碎する。
- (b) 試料 200mgを計量し、アルミナ容器に入れる。
- (c) スメルト (K_2CO_3)を加え、試料とよく混ぜる。
- (d) 温度 950°Cの電気炉に入れ、1時間溶融する。
- (e) 電気炉からアルミナ容器を取り出し、数分自然放冷する。
- (f) HNO_3 conc. 50mlに純水50mlを加えた液をビーカーに調製する。
- (g) ビーカーにアルミナ容器を入れ、スマルトを酸で溶融する。
- (h) 溶液を回収する。
- (i) アルミナ容器やビーカーを純水で洗浄し、この洗浄液を溶液に加える。
- (j) 溶液と洗浄液にさらに純水を加え、液量を 500mlにし分析試料とする。

3.2.5 溶解試験結果

酸溶解の結果を、表3.3に示す。約75gを溶解したVT40試料の結果から、20g以上の酸溶解能力があることがわかったが、10g試料で、平均約 3.5gの溶け残りが発生した。

溶解試験中は、以下の状況が観察された。

- (a) HNO_3 投入後は、 NO_x ガスが発生し、2時間常温保持後には、洗浄ボトル①の液がうすい黄色に変色していた。
- (b) 100°C保持中は、洗浄ボトル①に白色の結晶が発生した。結晶の発生でノズルが閉塞しそうになるため、洗浄ボトル①を一時分解し、ノズルを純水で洗浄する必要があった。
- (c) ろ過残留物は灰色だった。(セメントの色)
- (d) アルカリ溶融液中には、白色のもやもやしたのが見えた。

3.3 セメント固化体溶液からの核種の分離試験

セメント固化体の酸溶解液とアルカリ溶融液とを混合し、この混合液から、 γ 測定試料、 α 測定試料、I-129、Tc-99 及びSr-90 の分離試験を実施した。

3.3.1 酸溶解液とアルカリ溶融液との混合

酸溶解液の溶け残りの一部(200mg)を採取してアルカリ溶融しているため、表3.4に示すような割合で混合した。

3.3.2 γ 測定試料

混合液より γ 測定用容器に25ml採取した。

3.3.3 α 測定試料

混合液50 μ lを、タンタルプレートに焼き付ける方法で試料を準備した。

手順を、以下に示す。

- (a) タンタルプレートを準備する。
タンタルプレート (ϕ 23mm) の中央部にカバーをし、プラスチックスプレーをかける (片面のみ)。
- (b) 混合液50 μ lを採取し、タンタルプレートのプラスチックスプレーをかけた面の中央部に滴下する。
- (c) これにHNO₃を滴下して溶解し、さらにアンモニア (NH₄OH) を滴下して沈澱させる。
- (d) 赤外線ランプで水分を蒸発させる。
- (e) 乾燥後、ガス炎でタンタルプレートが赤くなるまで加熱し、試料をプレートに焼き付ける。

3.3.4 I-129及びTc-99の分離

混合液50mlを使用して、I-129及びTc-99の分離を行った。手順としては、まずイオン交換樹脂でI-129及びTc-99をそれぞれ分離したのち、I-129だけはさらに溶媒抽出した。

手順を、以下に示す。

(1) I-129及びTc-99のイオン交換樹脂による分離

イオン交換樹脂による分離に使用したカラムを図3.8に示す。

- (a) ファイバー①をカラムにセットする。
- (b) イオン交換樹脂をカラムに入れ、純水で沈める。

イオン交換樹脂の仕様

Analytical Grade Anion Exchange Resin

AG 1-X 2 50~100mesh

chloride form

Total Capacity 3.5meq/dry·g

0.8meq/ml·resin bed

- (c) ファイバー②をカラムにセットする。
- (d) 6M HCl 50mlをカラムに注入し、イオン交換樹脂を洗浄する。
- (e) 再度、6M HCl 50mlで洗浄する。
- (f) 純水50mlをカラムに注入し、イオン交換樹脂を洗浄する。

- (g) 再度、純水50mlで洗浄する。
- (h) 混合液50mlをビーカーに採取する。
- (i) これにNaI を2 mlを加える。
NaI濃度：30mg/ml
- (j) さらにAcetic Acid (酢酸) を約10ml加える。
- (k) (h)~(j)の混合液に6M-NaOH を加え、pHを4~5にする。

pHは、pHろ紙により測定した。また、6M-NaOH の加えた量は、約20mlであった。

- (l) pH調製後の試料をカラムに注入する。
- (m) カラムを純水で洗浄する。(50ml×2回)
- (n) カラムにNaOCl を注入し(20ml×2回)、ポリビンにうける。

→ ¹²⁹I 試料

- (o) カラムを純水で洗浄する。(100ml以上)
- (p) 6M-HNO₃ を60°Cに加熱する。(ヒーター付きスターラを使用)
- (q) 60°Cの6M-HNO₃ 50mlをカラムに注入し、ポリビンにうける。

→ ⁹⁹Tc 試料

(2) I-129 の溶媒抽出

イオン交換樹脂で分離したI-129 試料を溶媒抽出法により、さらに分離した。

その手順を以下に示す。

- (a) イオン交換樹脂で分離したI-129 試料40mlをシェイカーに入れる。
- (b) これに6M-HNO₃ 2 mlを加える。
- (c) さらにCCl₄ (Tetrachlormethan)20 mlを加える。
溶液の色が薄い黄色に変化した。
- (d) Hydroxyl ammonium chloride粉末2 gを投入し、30秒程度シェイクする。
粉末投入直後 発泡がみられた。
シェイクすると、液の色が黄色からすみれ色になった。
- (e) シェイカーを静置する。
有機層(すみれ色)と水層(無色)に分かれる。
- (f) 有機層をシェイカーの下側から抜き出し、別のシェイカーへ移す。
- (g) 水層だけになったシェイカーにCCl₄を10ml加える。
- (h) さらにHydroxyl ammonium chloride粉末2 gを投入し、30秒程度シェイクする。
粉末を投入しても発泡がみられなかった。
- (i) シェイカーを静置する。
有機層は、うすいすみれ色だった。

- (j) 有機層をシェイカーの下側から抜き出し、別のシェイカー ((f)のシェイカー) に移す。
- (k) (g)から(j)の操作を、さらに3回繰り返す。
有機層の色は、非常にうすいすみれ色だった。(後ろに、白い紙を置かないと分らない。)
- (l) (f)、(j)及び(k)の操作で有機層を集めたシェーカーに $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ を10ml加える。
- (m) シェイカーを30秒程度シェイクする。
液の色がすみれ色から無色になった。
- (n) シェイカーを静置する。
- (o) 有機層をシェイカーの下側から抜き出し、ビーカーにうける。(←廃液)
- (p) 水層をシェイカーの下側から抜き出し、ポリビンにうける。(←¹²⁹I分析試料)

3.3.5 Sr-90 の分離

混合液50mlを使用して、Sr-90 の分離を行った。
手順を以下に示す。

- (a) 混合液50mlに、キャリア 1 mlを加える。
キャリアの濃度 ; CoCl_2 , MnCl_2 , FeCl_2 又は FeCl_3 , CsCl , BaCl_2 , ZrOCl_2 , YCl_3
各 1 mg/ml
 SnCl_2 10mg/ml
- (b) さらに H_2SO_4 を10ml加える。
- (c) 上記溶液を、8時間以上静置する。
- (d) 上記溶液をろ過する。
濾紙 Blauband Nr. 5893使用
- (e) 濾紙を恒温槽で乾燥する。(温度 105~ 110°C)
- (f) 乾燥後の濾紙を乳鉢に入れる。
- (g) ガスバーナーで乳鉢をあぶり、濾紙を灰化する。
- (h) 乳鉢を放冷する。
- (i) 灰を HNO_3 10mlで溶かし、サンプルにする。
- (j) 乳鉢を純水 2 mlで5回洗浄する。
この洗浄液も(i)の液に加えサンプルとする。

4. 実ガラス固化体の浸出試験

CEAマルクールで作製されたCOGEMA仕様のホットガラス試料を用いた浸出試験(MCC-1法、MCC-5法)が行われており、その研修を受けた。

4.1 ガラス試料の経歴

本試験に供したガラス試料(SON68ガラス)は、CEAマルクールで作製されたもので、モル研究所には、1989年3月末に搬入されている。搬入時の試料寸法は高さ130mm、直径40mmの円柱で、重量は335gであった。また、放射能は、 $36.8\text{ Ci/kg}(=1.4 \times 10^{14}\text{ Bq/kg})$ ($\beta \cdot \gamma$)、 $10.6\text{ Ci/kg}(=3.9 \times 10^{11}\text{ Bq/kg})$ (α)であった。核種の内訳を、表4.1に示す。

浸出試験試料の調製は、モル研究所で行われた。まずガラスブロックを厚さ1mmに切断し、これらの切片の中央部から、10mm×20mmの板を切り出している。

しかし、ノッチや空洞の存在によって、これらの多くは浸出試験への使用に適さなかったと報告されている。⁽³⁾ このことは、モル研究所に搬入された試料の寸法と重量から求められる密度が、 2.05 g/cm^3 と低かったことから想像できる。また、一部の試料では、ガラスマトリックスの部分間でハッキリした色の違いさえ見られたようである。

4.2 ホットセルの概要

試験は、Chemistry Department建屋の1階実験室内に設置されている鉛セルで実施された。

鉛セルは、セル番号A、S、C、Dの4つのセルと1つのグローブボックスで構成される。なお、鉛セルの遮蔽厚さは、前面及び側面が15cmである。ホットセルの概略図を図4.1に、セル及びグローブボックスの概要を表4.2に、セルの主要付属設備を、表4.3にそれぞれ示す。

今回の浸出試験では、セルAでMCC-5法の試験を、セルSでMCC-1法の試験をそれぞれ実施した他、セルCでガラス試料の重量測定、寸法測定を行った。作業は全てマニプレータ又はトンクを用いた遠隔操作で実施したが、重量測定については、重量計本体がセルC上部の小型グローブボックスに設置されている構造のため、測定操作はボックス作業で行った。重量計の構造図を、図4.2に示す。

この他、本実験室内にはフードが1基あり、グローブボックスのダブルカバーシステムの取扱い等に使用されていた。また、セル内で発生した廃棄物は、セルS背面のダブルカバーシステムを使用して搬出されていた。

4.3 MCC-5法浸出試験

4.3.1 試験条件

MCC-5法を一部修正した方法で試験が実施された。試験器具はガラス製で、形状を図4.3に示す。

計画時の試験条件を以下に示す。

- (1) 温度 : 沸点
- (2) 浸出液 : 蒸留水
- (3) 試験日数及び試料数 : 14日間、28日間 各3試料
- (4) SA/V : 0.1cm^{-1}

4.3.2 試験

試験器具が1セットしか準備できなかったため、14日間試料から順に試験が開始された。試験中は、蒸留水の液位が一定のレベルに保たれるように目視点検し、必要に応じ蒸留水を補給する方法が採られていたが、試験器具に目盛りがなかったため液位の維持が難しく、最終的には試験終了時に蒸留水を再補給した（この補給は、浸出液の分析のためのものであった。）

試験については、14日間の3試料めを試験中にガラス試料の品質が悪い（クラックやボイドが多いなど）ことから中止になった。また、既に採取した浸出液の分析も中止となった。

4.3.3 試験結果

試験は途中で中止となったが、14日間の2試料について重量測定を行い重量減少量を求めた。測定結果を表4.4及び4.5に示す。

1日当たりの規格化された重量減少量は、 $8.23 \times 10^{-6} \sim 1.20 \times 10^{-4} \text{g/cm}^2 \cdot \text{day}$ で、COGEMAガラス固化体の規格値 $1.5 \times 10^{-4} \text{g/cm}^2 \cdot \text{day}$ より低い値であった（COGEMAの規格値では、試験日数が規定されていない。）。

また、モル研究所のコールド試験で、試験後のガラス試料の表面層を落とした後の重量も測定していたので、試料No.16についてティッシュペーパーを使用して表面層の拭き取りを行った。しかし、重量減少はわずかで(0.00004g)、1日当たりの規格化された重量減少量は、表面層の除去前後でほとんど違いがなかった。

4.4 MCC-1法浸出試験

4.4.1 試験条件

MCC-1法に準拠した方法で試験が実施された。試験は、ステンレス製の浸出容器を使用して実施された。浸出容器の概略図を図4.4に、恒温槽の概略図を図4.5にそれぞれ示す。試験条件は以下の通りである。試験計画を表4.6に示す。

- (1) 温度 : 90℃
- (2) 浸出液 : 蒸留水、SIC*¹、CCSIC*²
- (3) 試験日数及び試料数 : 30日間、80日間、180日間、365日間
- (4) SA/V : 0.1cm⁻¹
 - *1 SIC : クレイウォーター (組成を表4.7に示す。)
 - *2 CCSIC : 500g・ℓ⁻¹クレイ/SIC溶液

4.4.2 試験

試験は、全試料同時に開始された。試験中は、恒温槽の温度を棒状温度計で1日1回程度点検した。試験開始後31日目に30日間の試験計画試料を、85日目に80日間の試験計画試料の取り出しをそれぞれ実施した。

取り出した浸出容器は、蓋が開けられ試料の取り出しが行われた。蒸留水中及びSIC中試料については、浸出容器内の試料カゴをピンセットで引き上げた後、カゴ上のガラス試料をピンセットで取り出した。しかし、CCSIC試料では浸出液が泥状のため、試料カゴをゆっくり引き上げ、浸出液が浸出容器から出ないように注意した。また、取り出したガラス試料に泥状の浸出液が付着していたため、まず、浸出容器上で純水の入った洗ビンを使用して軽くガラス試料表面の浸出液を洗い流した。この後、ガラス試料を純水5ml入りのポリビンに移し、洗浄した。このポリビンによる洗浄は3回(純水5ml×3回)実施した。

4.4.3 試験結果

31日間試料についてセル内での自然乾燥後の重量測定を行ったところ、全試料に重量増加が見られた。このため、浸出試験に使用している恒温槽の蓋外表面に試料を2~3日放置し乾燥させてから、試験後の重量測定を行った。

試験結果を表4.8及び4.9に示す。蒸留水で試験した31日間試料では、1試料が重量減少、1試料が重量増加、残る1試料が重量変化なしと三者三様の結果であった。また、85日間試料では、SIC中試料では重量が増加し、CCSIC中試料では重量が減少していた。

4.4.4 浸出容器の表面線量率測定

浸出液については、分析試料を調製するため浸出容器ごと別室のグローブボックスに搬出する計画である。その前準備として、ガラス試料を取り出した後の浸出容器をセルと隣接するグローブボックスに移動し、表面線量当量率を測定した。

PVCバックを介しての表面線量率は、No.4及び5（S I C中試験容器）がそれぞれ10mR/h、No.10及び11（C C S I C中試験容器）が20mR/hであった。また、C C S I C中の試料の取り出し時の試料洗浄液（純水5 ml×3回を集めたもの）についても測定を実施した。結果は、No.10、11とも5 mR/hであった。

試験担当者によれば、これらの値はグローブボックス作業の目安値である20mR/h以下であるので、今後グローブボックスからバックアウトし、別室のグローブボックスで分析試料の調製を行っていくとのことであった。

なお、蒸留水中試験容器（No.1, 2, 3）は、MCC-5法中止に伴い、浸出液の分析も中止となったので線量率測定は実施されなかった。

4.5 今後の試験計画

現在実施中のCOGEMA仕様ホットガラスの浸出試験は、S I C及びC C S I C中のMCC-5法試験は継続される予定である。一方、中止となったMCC-1法及びMCC-5法の蒸留水中試験は、CEAマルクールからの新たなホットガラス試料の到着を待って実施するとのことである。試料の到着には、過去の実績から2年程度かかるもようである。

COGEMA仕様ホットガラスの他、モル研究所にはPAMELAプラントのホットガラス（ヴィトロメットのビーズ状ガラス）がすでに搬入されており、この試料も同様な浸出試験を開始する予定とのことである。

5. 地下研・原位置試験試料

90年11月にモル研究所の地下研より原位置試験試料の掘り出しが行われ、クレイ試料サンプルリングの見学の機会があったので報告する。

5.1 地下研の概要

地下研は、モル研究所のあるモル・ディッセル地域の地下約 180～ 280mに分布するブームクレイ(Boom clay)と呼ばれる粘土層に造られた地下実験空間である。

1980年に掘削が開始され、現在では図5.1に示すような約 230mの立て坑と長さ約40mのラボラトリー(Laboratory, 図5.1の右側の坑道)及び約70mのテストドリフト(Test-Drift, 左側の坑道)からなっている。

立て坑及びラボラトリーの掘削には、凍結法が用いられた。しかし、テストドリフトは、ラボラトリーの下側で実施した凍結法を用いずに実施した試掘(リセス(Recess)の部分)の結果やコストパフォーマンス、凍結による粘土層への影響等を考慮して凍結法を用いずに掘削されている。また、横坑のライニングも、ラボラトリー側が鑄鉄のブロックであるのに対し、テストドリフト側はコンクリート又は鉄製スライディングリブを用いている。

5.2 原位置試験の概要

地下研では、コンテナサンプルや廃棄物サンプルのクレイ・ホストロックとの直接接触による相互作用の調査のための原位置試験を実施しており、1985年から86年にかけて4本のチューブを埋設している。⁽⁶⁾ 試験チューブの概略図を図5.2に示す。試験チューブは、長さ約5.3m、直径約0.3mの円柱状で、内部に加熱用のヒータが取り付けられるようになっている。本チューブには、廃棄物サンプルとコンテナサンプル(オーバーパック材料等)が、先端側から約2.5mの範囲にセットされ、それより横坑側には試料がセットされていない。これは、掘削時に凍結法の影響を受けた粘土層での試験を行わないための配慮である。

試験チューブの経歴を表5.1に、その埋設位置を図5.3にそれぞれ示す。今回掘り出されたチューブは、90年10月掘り出し予定だった雰囲気温度試料である(図5.2のM位置に埋設)。なお、試験中の実績温度は13℃とのことである。

5.3 雰囲気温度試料

5.3.1 コンテナサンプル

直径30cm程度×高さ5cm程度のリング状のコンテナサンプルが約20試料セットされていた。セットされていたコンテナサンプルは、次の4種類とのことであった。

- ① 炭素鋼
- ② ステンレス鋼：AISI 316
- ③ ハステロイC4
- ④ チタン

5.3.2 廃棄物サンプル

試験チューブには、廃棄物サンプルを64試料（8列×8列）セットできるようになっていたが、2箇所試料のない場所があり、試料数は62であった。各試料の寸法は2cm×4cm程度であった。また、8列のうち2列（14試料）には、廃棄物サンプルとコンテナ材料の共存試料がセットされていた。これらの試料寸法は、廃棄物サンプル、コンテナ材料とも2cm×2cm程度であった。

廃棄物サンプルの配置図を、図5.4に示す。なお、チューブにセットされていた廃棄物サンプル及びコンテナ材料の種類は次のとおり。

(1) 廃棄物サンプル

- ① 模擬廃棄物ガラス (Simulated high-level waste glasses)
- ② 焼却 α 廃棄物を圧縮したもの (Incinerated alpha waste compacts)
- ③ α 廃棄物インシナレータスラグ模擬ガラス
(Alpha waste incinerator slag simulant glasses)
- ④ 模擬廃棄物ガラス-セラミックスをアニールしたもの
(Simulated waste glass-ceramics, resulting isothermal annealing of the parent glasses)

(2) コンテナ材料

- ① 炭素鋼
- ② ハステロイC4
- ③ チタン

5.4 地下研からの掘り出し

地下研から掘り出された原位置試験試料は、モル研究所内のメタロジビルディングで粘

土試料の採取等の作業が実施された。このメタロジービルディングで見学したときの試料は、図5.5の状態になっていたが、地下研からの掘り出し方法などについても簡単な説明を受けることができた。

5.4.1 地下研からの掘り出し手順の概要

- ① 地下研のギャラリーから4 mくらいを掘り出す。
- ② 直径12cmの穴を10個くらい、ピッチ円直径60cmでボーリングする。
- ③ その穴にあわせるようにして、60cmの鋼管を差し込み、原位置試験試料をクレイごと抜き出す。

(SCK/CENの資料⁽⁶⁾にあったオーバーコアリングテストの概略図を図5.6に示す。おおむね、このような方法で行われたとのことである。)

5.4.2 クレイ試料の採取

前項③の鋼管は長さ2.4 mであったが、地下研のエレベータに載せるため2つに切断され、メタロジービルディングに運ばれていた。2つに切断されたうちの一方、コンテナサンプル側は、私が見学に行った前日にクレイを4分の1(90°)だけ切断しようとしてチェーンソーなどで切断していたところ、2つに割れてしまったとのことであった。割れてしまったうちの一方がコンテナサンプルとの位置関係がよくわかったため、こちら側からクレイ試料を採取していた。

クレイ試料採取は、 $\phi 30$ mm程度のステンレスパイプをハンマでたたいてクレイに打ち込み、これを抜いたときにパイプ内についてくるクレイを試料としていた。試料の寸法は、 $\phi 30$ mm $\times 30 \sim 50$ mm hで、コンテナサンプルについては1サンプルごとに1試料ずつクレイ試料を採取していた。廃棄物サンプルに接していたクレイ試料も同様の方法で採取していたが、全体で2試料しかクレイ試料を採取していなかった。(試験温度が低いので、廃棄物サンプルと接していたクレイに関してはあまり興味がないような説明だった。)

5.4.3 廃棄物サンプルの洗浄

テストチューブから取り出された廃棄物サンプルは、試料表面についたクレイ等を取り除くため、水道水で洗浄された。今後、重量測定、顕微鏡観察などを実施するとのことであった。

6. 謝 辞

出張期間中に現地で御世話になった、モル研究所に長期出張中の芦田 敬研究員（東海事業所環境技術開発部地層処分開発室）、ベルゴプロセス・パメラプラントに長期出張中の上野 勉副主任研究員（東海事業所環境施設部処理第3課）及び坂田 弘美研究員（東海事業所環境施設部処理第3課）に感謝致します。

7. 参考文献

- (1) Nuclear Europe Worldscan 1990.7-8号
- (2) The nineties A Challenge for SCK/VITO as public research centres in Belgium
(C. M. Malbrain, J. Proost(SCK/CEN))
International Seminar on The Future Role of Multidisciplinary R&D Centres
配付資料
- (3) Procedure analysis concrete sample critical nuclides
Progress report June 1990 (D. Huys他 SCK/CEN)
- (4) Laboratory and in-situ interaction between simulated waste glasses and clay
Final Report 1986-1990 (P. Van Iseghem 他 SCK/CEN)
- (5) Corrosion of container and infrastructure materials under clay repositior
conditions (W. Debruyn 他 SCK/CEN)
- (6) In-Situ Testing of Nuclear Waste Form in an Underground Laboratory in Clay
(P. Van Iseghem他 SCK/CEN)

表 2.1 ベルギーの運転中原子炉ユニット
(1989年現在)

発電所名	ユニットNo.	型式	出力(MWe)	運転開始年月
DOEL	1	PWR	390	1975. 2
"	2	PWR	390	1975.12
"	3	PWR	900	1982.10
"	4	PWR	1000	1985. 7
TIHANGE	1	PWR	870	1975.10
"	2	PWR	900	1983. 6
"	3	PWR	1000	1985. 9

表 3.1 イオン交換樹脂溶解試験結果

試料番号	①イオン交換樹脂 の重量(g)	②ろ紙残留物 の重量(g)	溶解率 (①-②)/①×100(%)
2 b	5. 2 9 4	0. 0 1 5	9 9. 7 2
3 b	5. 4 3 7	0. 0 1 2	9 9. 7 8

表3.2 試験用セメント固化体の発生場所

ドラム缶No.	発生場所 (発電所名)	コアドリル試料の 表面線量当量率 (γ 線) ($\mu\text{Sv/h}$)
D88-400	Doel	21
D89-200	Doel	75
T89-013	Tihange	10
S89-029	Tihange	—*

* : コアドリルによる試料採取時に粉々になったため測定を行っていない。

表3.3 セメント固化体試料の酸溶解試験結果

ドラム缶No.	試料採取位置 ^{1), 2)}		試料No.	①試料 重量(g)	②ろ過 残留物 重量 (g)	溶解率 $\frac{\text{①}-\text{②}}{\text{①}} \times 100(\%)$
	コアドリル	上下				
D88-400	L	O	VD10	10.33	4.48	56.6
"	R	B	VD20	10.26	3.96	61.4
D89-200	L	O	VD30	10.00	4.07	59.3
"	R	B	VD40	10.00	3.37	66.3
T89-013	L	O	VT10	10.03	2.87	71.4
"	R	B	VT20	10.00	2.34	76.6
S89-029	R	—	VT30	10.04	3.50	65.1
"	L+M+R	—	VT40	74.65	51.83	30.6 ³⁾

記号説明：1) コアドリル位置……L, M, Rは γ ・スキャンのL, M, Rに対応する。

2) 上下……O : 上側
B : 下側

— : 不明 (コアドリルによる試料採取時に粉々になってしまったため。)

3) VT40A試料は、酸溶解の能力を確認することを主目的としているため約75g溶解。

表3.4 酸溶解液とアルカリ溶解液の混合量

ドラム缶No.	酸溶解液 (ml)	アルカリ溶解液 (ml)
VD10A	14	300
VD20A	22.7	300
VD30A	15	300
VD40A	19.1	300
VT10A	22.4	300
VT20A	25.9	300
VT30A	17.25	300
VT40A	5.8	300
ブランク1	—	300
ブランク2	—	300

酸溶解液：セメント固化体10gを酸で溶解したろ液。
ろ過後、液量を500mlに調製。

アルカリ溶解液：酸溶解液のろ過残留物から200mgを
採取し、溶解。溶解後、液量を500mlに調製。

表4.1 ガラス試料の放射能
(CEAマルケールの測定値(1988.7.1))

核種	放射能		核種	放射能	
	(Ci)	(Bq)		(Ci)	(Bq)
Sr-90	8.789	3.3×10^{11}	Pu-239	0.018	6.7×10^8
Cs-137	6.093	2.3×10^{11}	Pu-240	0.028	1.0×10^9
Cs-134	0.082	3.0×10^9	Am-241	0.252	9.3×10^9
Ru-106	0.008	3.0×10^8	Cm-244	0.008	3.0×10^8
Ce-144	0.031	1.1×10^9	Total α	3.566	1.3×10^{11}
Co-60	0.001	3.7×10^7			
Pu-241	2.990	1.1×10^{11}	Total β	12.321	4.6×10^{11}
Pu-238	3.261	1.2×10^{11}			

表4.2 セル及びグローブボックスの概要

セル名	セル内寸法(mm) (幅×奥行 ×高さ)	遮蔽厚さ(mm)		内装
		前面、背面及び側面*1	天井	
セルA	1,500×1,100 ×1,200	150/鉛	100/鉛	ステンレス製 ライニング
セルS	1,400×1,700 ×1,200	〃	〃	〃
セルB	1,000×1,100 ×1,200	〃	〃	〃
セルC	1,500×1,100 ×1,200	〃	〃	〃
グローブ ボックス	1,100×1,100 ×1,200			

*1: 但し、セル間側の側面の遮蔽厚さは、50mm/鉛

表4.3 セルの主要付属設備

セル名	設備名称	数量	備考
セルA	(1) マニプレータ (2) 遮蔽窓 (3) セル間ポート	2本 1式 2式	SORIGE製 SHOTT製(600×400mm) グローブボックス及びセルSにつながる。
セルS	(1) マニプレータ (2) トング (3) 遮蔽窓 (4) セル間ポート (5) ダブルカバーシステム	1本 1本 1式 2式 1式	SORIGE製 SHOTT製(300×200mm) セルA及びCにつながる。 セル背面(φ250mm)
セルC	(1) マニプレータ (2) トング (3) 遮蔽窓 (4) セル間ポート (5) 小型グローブボックス	2本 2本 1式 2式 1式	SORIGE製 (φ200mm) セルS及びDにつながる。 セル天井部に設置(重量計用)
セルD	(1) マニプレータ (2) 遮蔽窓 (3) セル間ポート (5) 小型グローブボックス	2本 1式 1式 1式	SORIGE製 SHOTT製(600×400mm) セルCにつながる。 セル天井部に設置(試薬供給用)
グローブボックス	(1) トング (2) ダブルカバーシステム (3) グローブ (4) PVCポート	1本 1式 2本 1式	

表4.4 フルアクティブガラス MCC-5法浸出試験結果
(蒸留水、14日間)

試料No.	表面積 SA(cm ²)	試験前重量 W ₀ (g)	試験後重量 W ₁ (g)	重量減少量 W=W ₀ -W ₁ (g)	規格化された 重量減少量 W/SA(g/cm ²)	備考
16	3.42	0.34502	0.33928	0.00574	1.68×10 ⁻³	
17	3.34	0.35510	0.35125	0.00385	1.15×10 ⁻³	
18	3.20	0.76555	(未測定)	—	—	試験中止

表4.5 MCC-5法浸出試験結果
(蒸留水、14日間)

試料No.	1日当たりの規格化された重量減少量(g/cm ² day)	
	表面層除去前	表面層除去後
16	1.20×10 ⁻⁴	1.21×10 ⁻⁴
17	8.23×10 ⁻⁵	(実施せず)
コールド試験	(0.93±0.12)×10 ⁻⁴	(1.03±0.18)×10 ⁻⁴

表4.6 フルアクティブガラス MCC-1法浸出試験計画

試料No.	試験条件			備考
	浸出液*	温度	試験期間	
1~3	蒸留水	90℃	30日	
4, 5	SIC	''	80日	
6, 7	''	''	180日	
8, 9	''	''	365日	
10, 11	CCSIC	''	80日	
12, 13	''	''	180日	
14, 15	''	''	365日	

*: SIC: 模擬クレイウォーター
CCSIC: 500g・ℓ⁻¹/SIC・mixture

表4.7 模擬地下水組成

Composition of the synthetic interstitial claywater (mg l⁻¹)*

a) Referring to reducing conditions *

MgSO ₄	12.0
KCl	20.0
Na ₂ SO ₄	1.50
NaF	8.0
NaCl	44.0
NaHCO ₃	1250.
CaCO ₃	saturated**
humic acids	150.***

b) In equilibrium with partially oxidized clay

NaF	8
NaCl	44
KCl	20
Na ₂ SO ₄	5000
K ₂ SO ₄	1500
MgSO ₄	1500
pH between	6.0 - 7.0

* The synthetic interstitial claywater is prepared by mixing the chemicals with degassed, deionized water in an argon purged chamber.

The pH of a thus prepared solution is in the range 8.4 - 8.7, and may be adjusted with NaOH. The E_h should be ≤ -200 mV.

** The solution has to be filtered (e. g. 0.45 μm diameter) to remove CaCO₃ precipitates.

*** Humic acids M. 600-1000, FLUKA (Product no. 53680).

表4.8 フルアクティブガラス MCC-1法浸出試験結果
(蒸留水、31日間)

試料No.	表面積 SA(cm ²)	試験前重量 W ₀ (g)	試験後重量 W ₁ (g)	重量減少量 W=W ₀ -W ₁ (g)	規格化された 重量減少量 W/SA(g/cm ²)	備 考
1	2.86	0.34809	0.34809	0.00000	0.00	
2	2.30	0.25428	0.25361	0.00067	2.91×10^{-4}	
3	2.96	0.37546	0.37627	-0.00081	-2.74×10^{-4}	重量増加

表4.9 フルアクティブガラス MCC-1法 85日間試料 浸出試験結果

試料No.	浸出液	表面積 SA(cm ²)	試験前重量 W ₀ (g)	試験後重量 W ₁ (g)	重量減少量 W=W ₀ -W ₁ (g)	規格化された 重量減少量 W/SA(g/cm ²)	1日当たりの規格化 された重量減少量 W/(SA×85)(g/cm ² d)	備考
4	S I C	3.00	0.35775	0.40611	-0.04836	-1.61×10^{-2}	-1.90×10^{-4}	
				0.40176	-0.04401	-1.47×10^{-2}	-1.73×10^{-4}	
5	S I C	2.60	0.28974	0.31726	-0.02752	-1.06×10^{-2}	-1.25×10^{-4}	
				0.31611	-0.02637	-1.01×10^{-2}	-1.19×10^{-4}	
10	C C S I C	2.32	0.33659	0.28744	0.04915	2.12×10^{-2}	2.49×10^{-4}	
				0.28665	0.04994	2.15×10^{-2}	2.53×10^{-4}	
11	C C S I C	3.62	0.42040	0.35580	0.06460	1.78×10^{-2}	2.10×10^{-4}	
				0.35484	0.06556	1.81×10^{-2}	2.13×10^{-4}	

試験後重量は、上段がティッシュペーパーによるガラス試料表面層拭き取り前、下段が拭き取り後

表5.1 原位置試験チューブの経歴

目標温度 (°C)	設置年月	目標温度 到達年月	掘り出し年月
170	1985年10月	1986年10月	1991年10月* ²
90	1985年10月	1986年 8月	1988年 8月
90	1986年 2月	1986年 8月	1992年 8月* ²
雰囲気温度	1985年10月	1985年10月	1990年11月* ¹

*1 : 掘り出し目標年月は、1990年10月

*2 : 掘り出し目標年月

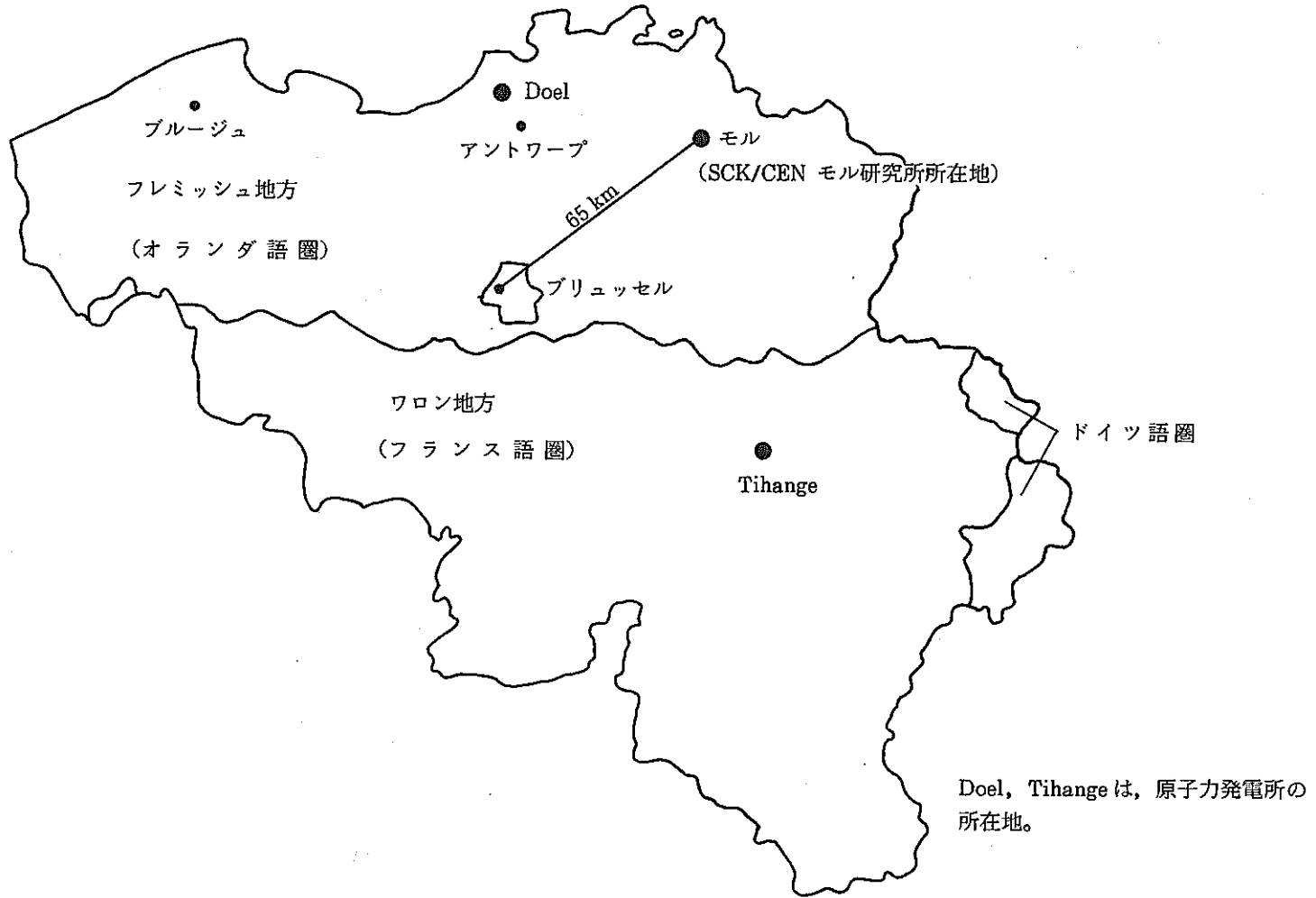


図2.1 モル研究所所在地

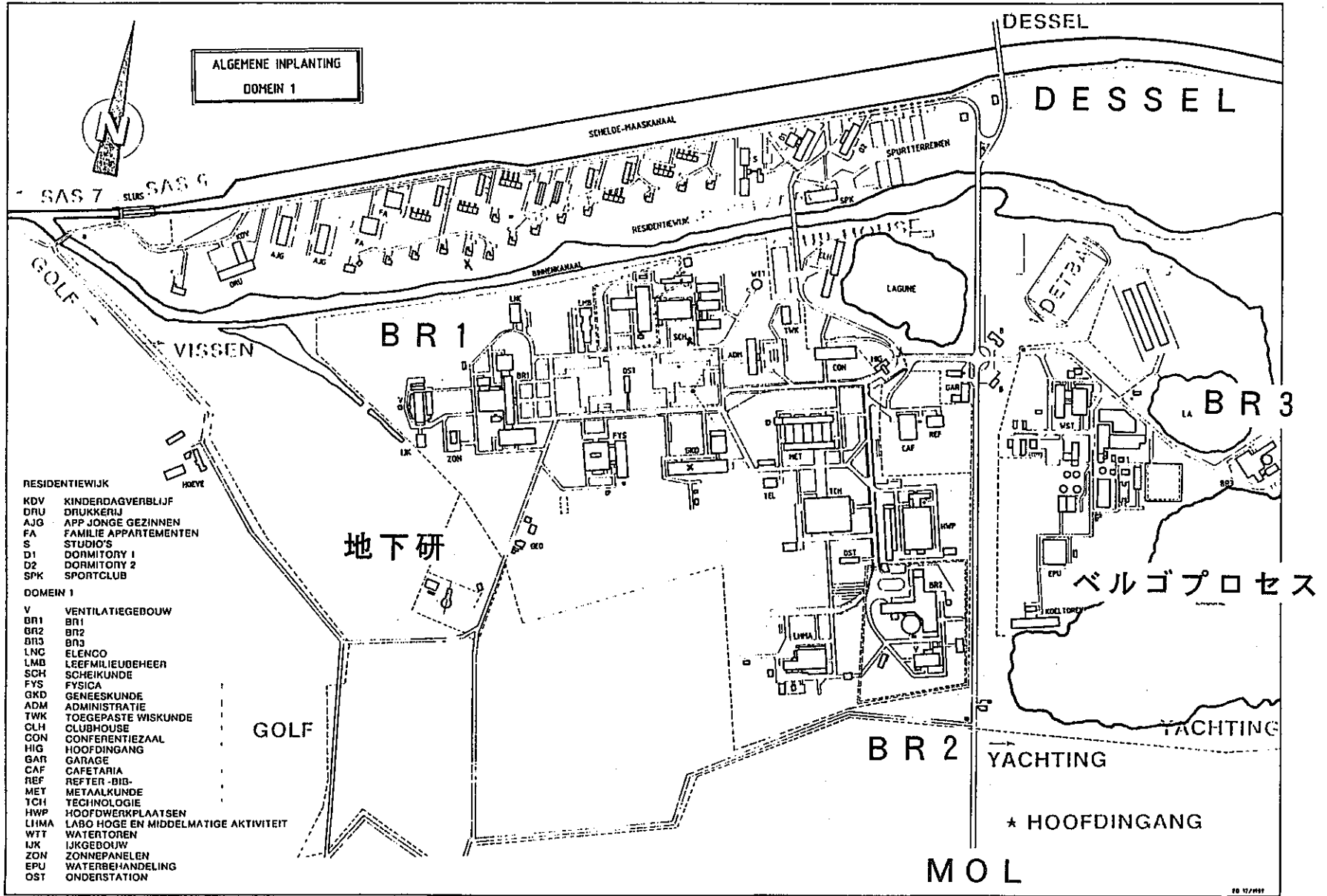


図2.2 モル研究所

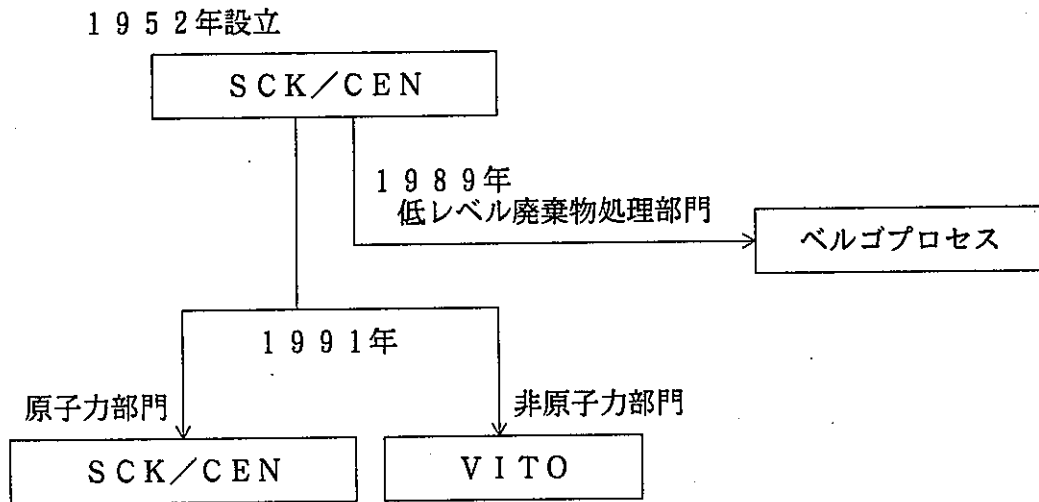


図2.3 SCK/CENの変遷

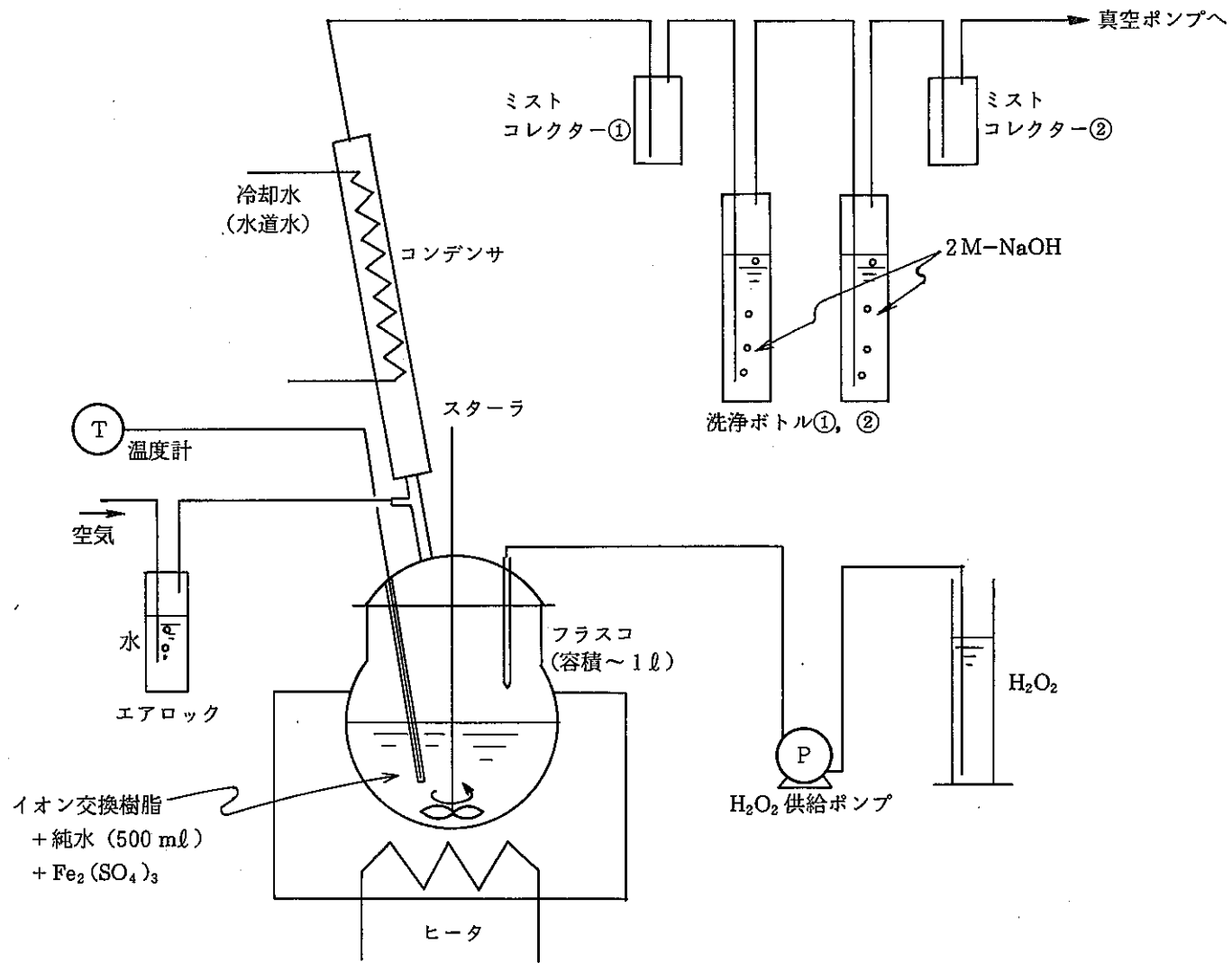


図3.1 イオン交換樹脂溶解試験装置概略図

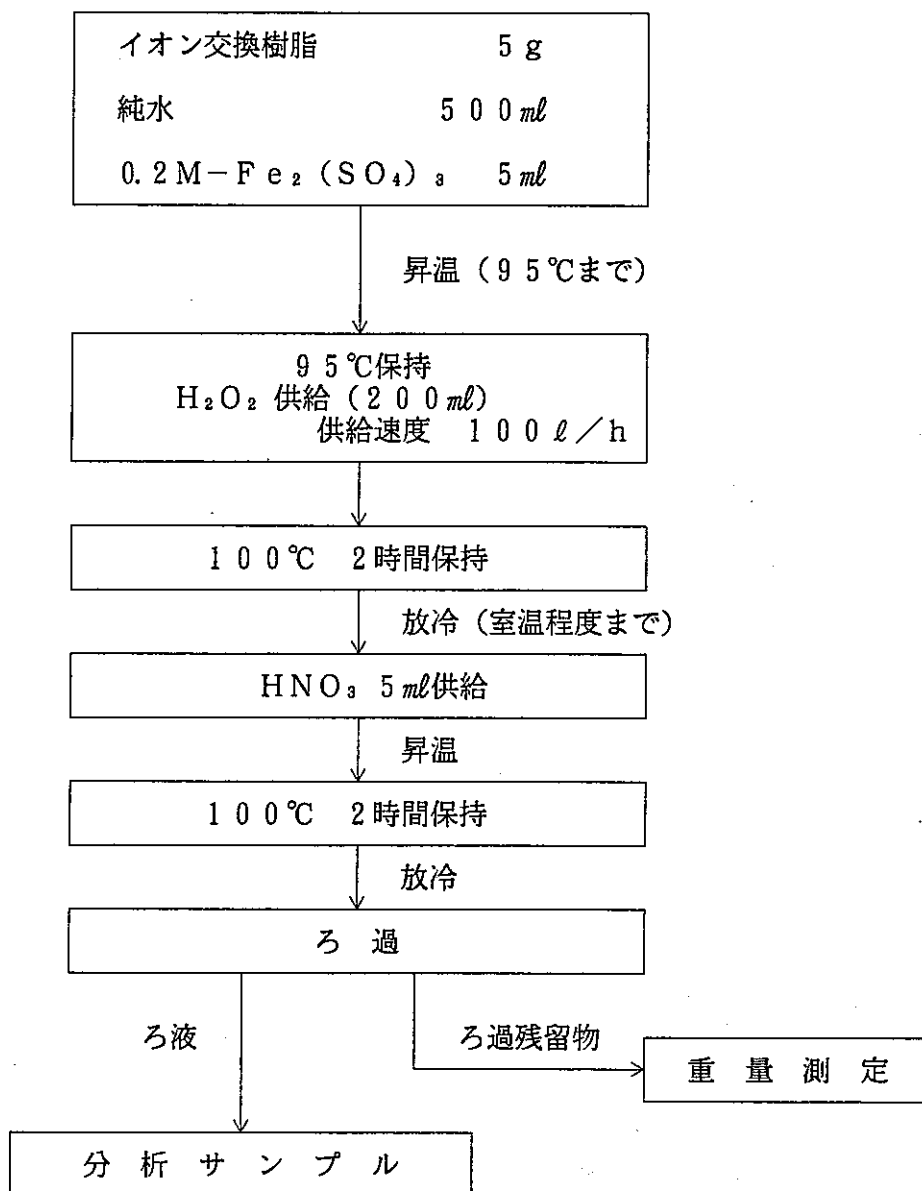


図3.2 イオン交換樹脂溶解試験フロー

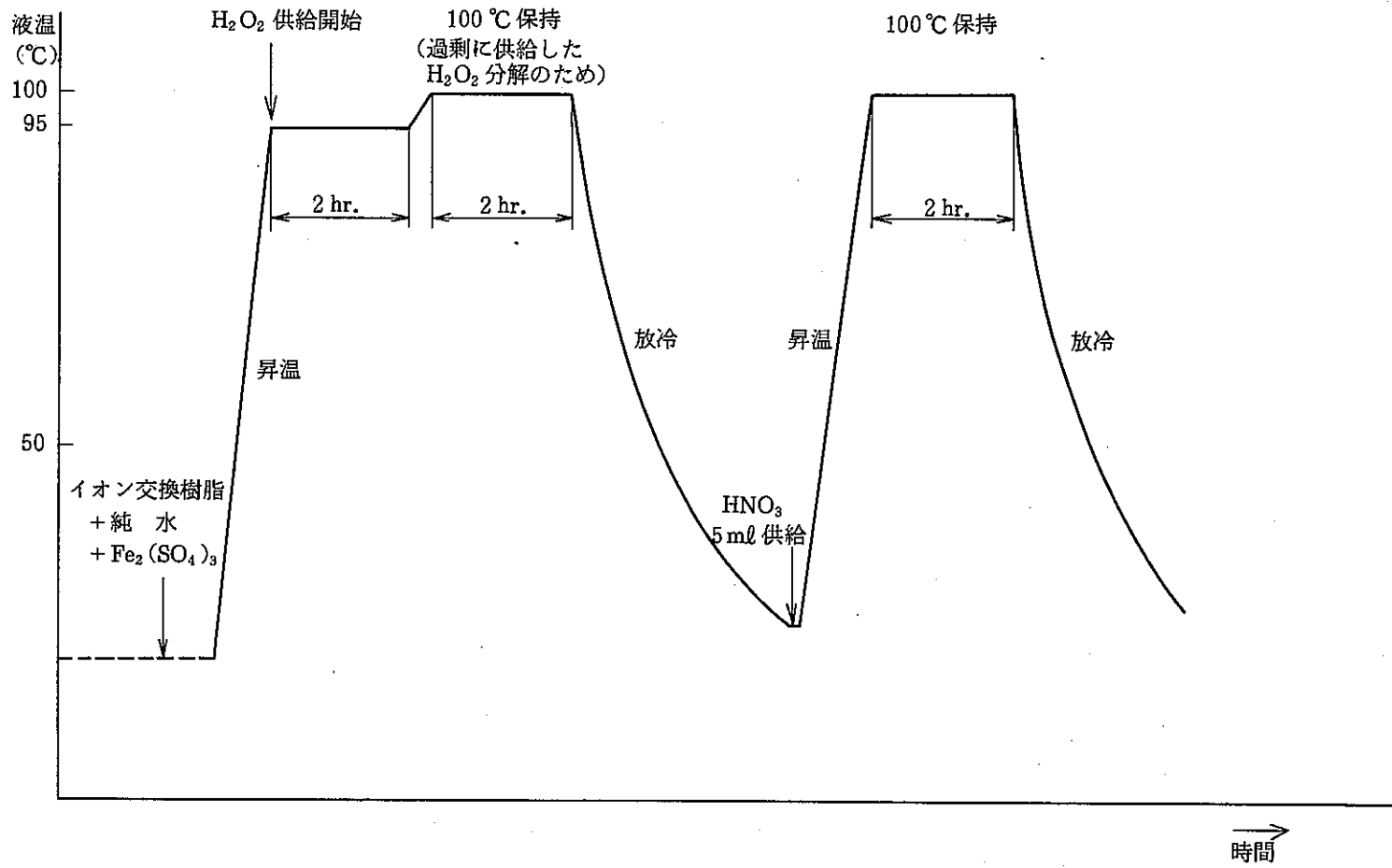


図3.3 イオン交換樹脂の溶解試験温度フロー

D88400 - E DATE : 14.05.1990

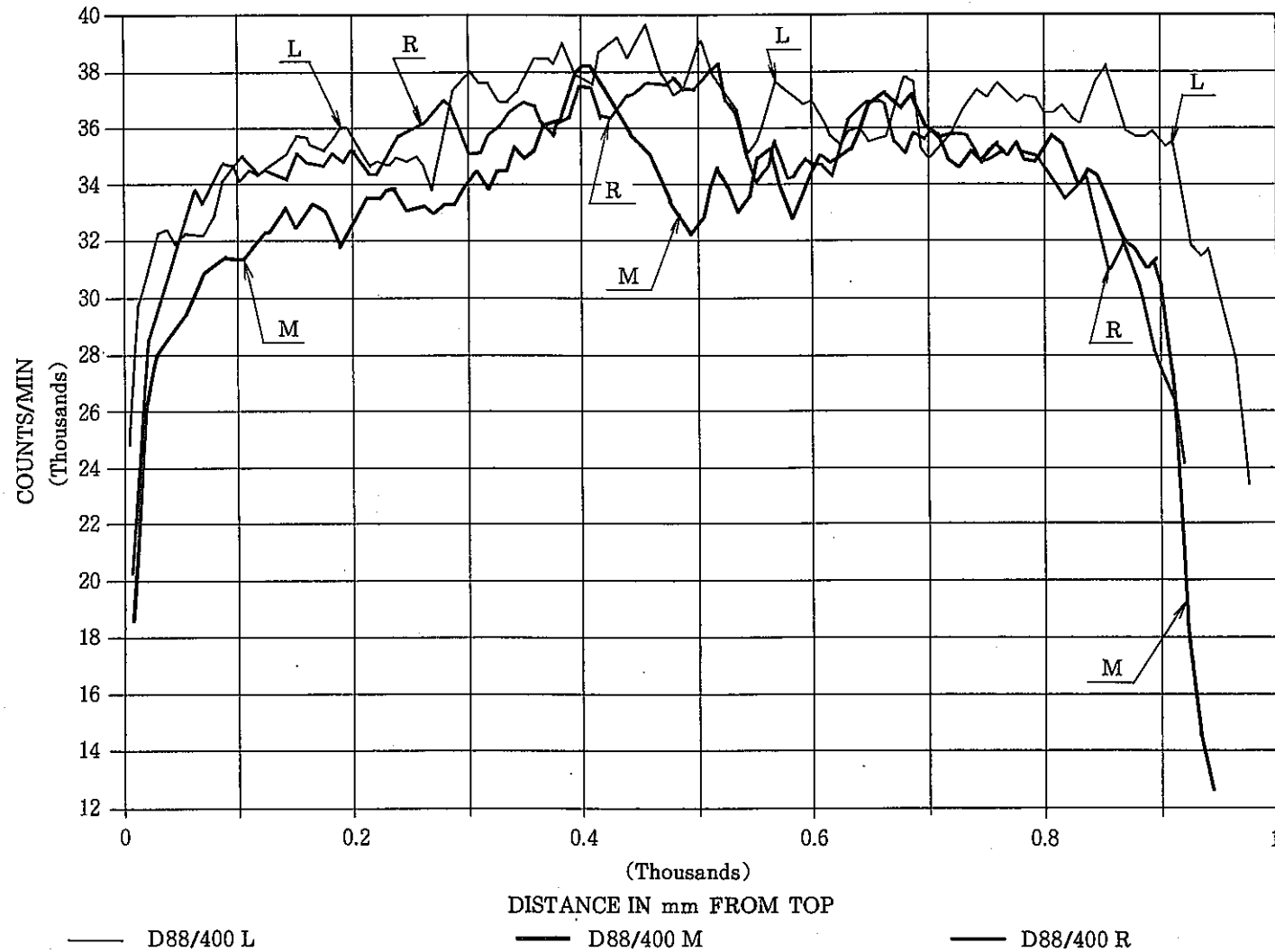


図3.4(1) セメント固化体γスキャン結果(1) D88-400

D89200 - E DATE : 17.05.1990

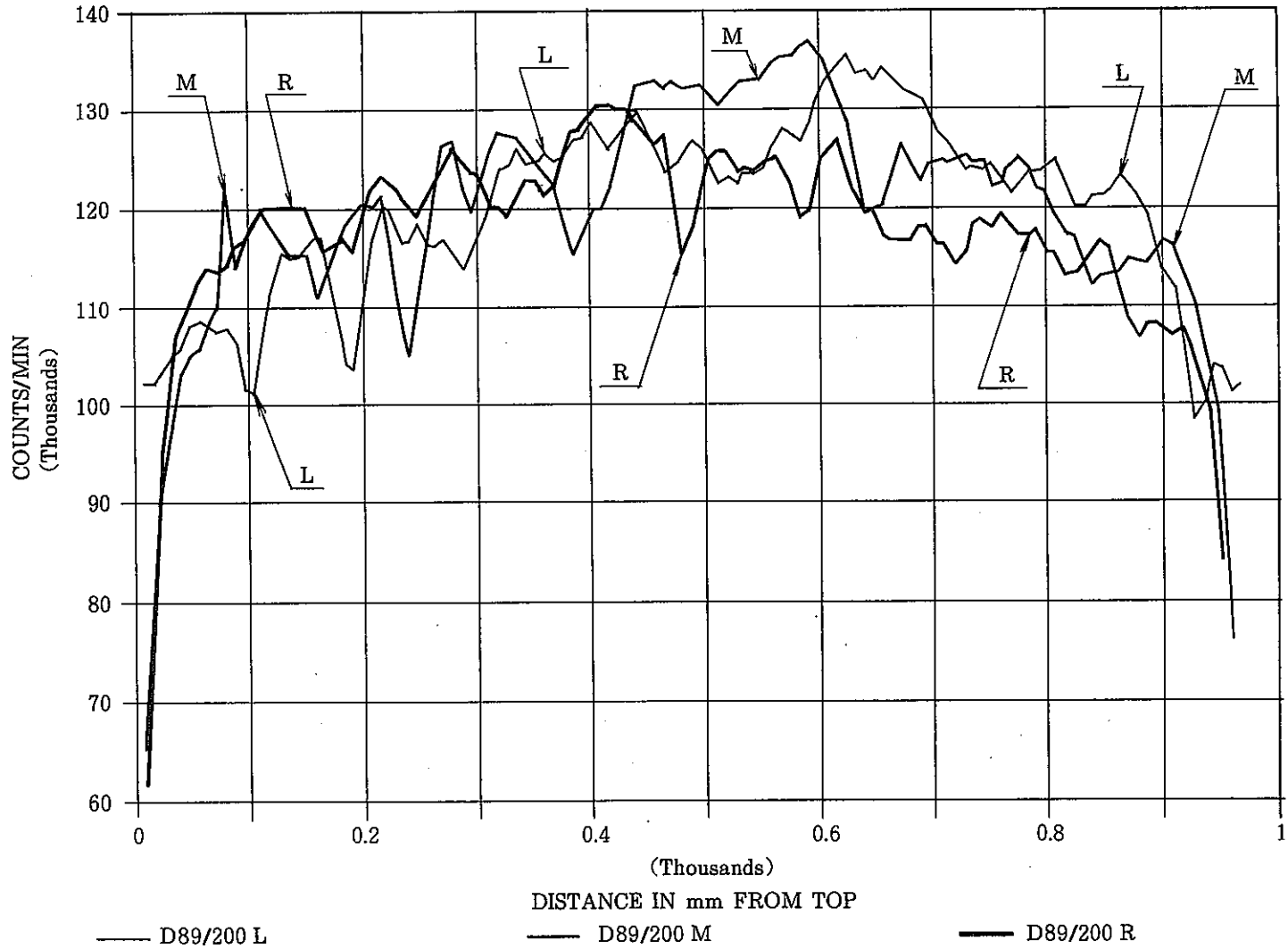


図3.4(2) セメント固化体γスキャン結果(2) D89-200

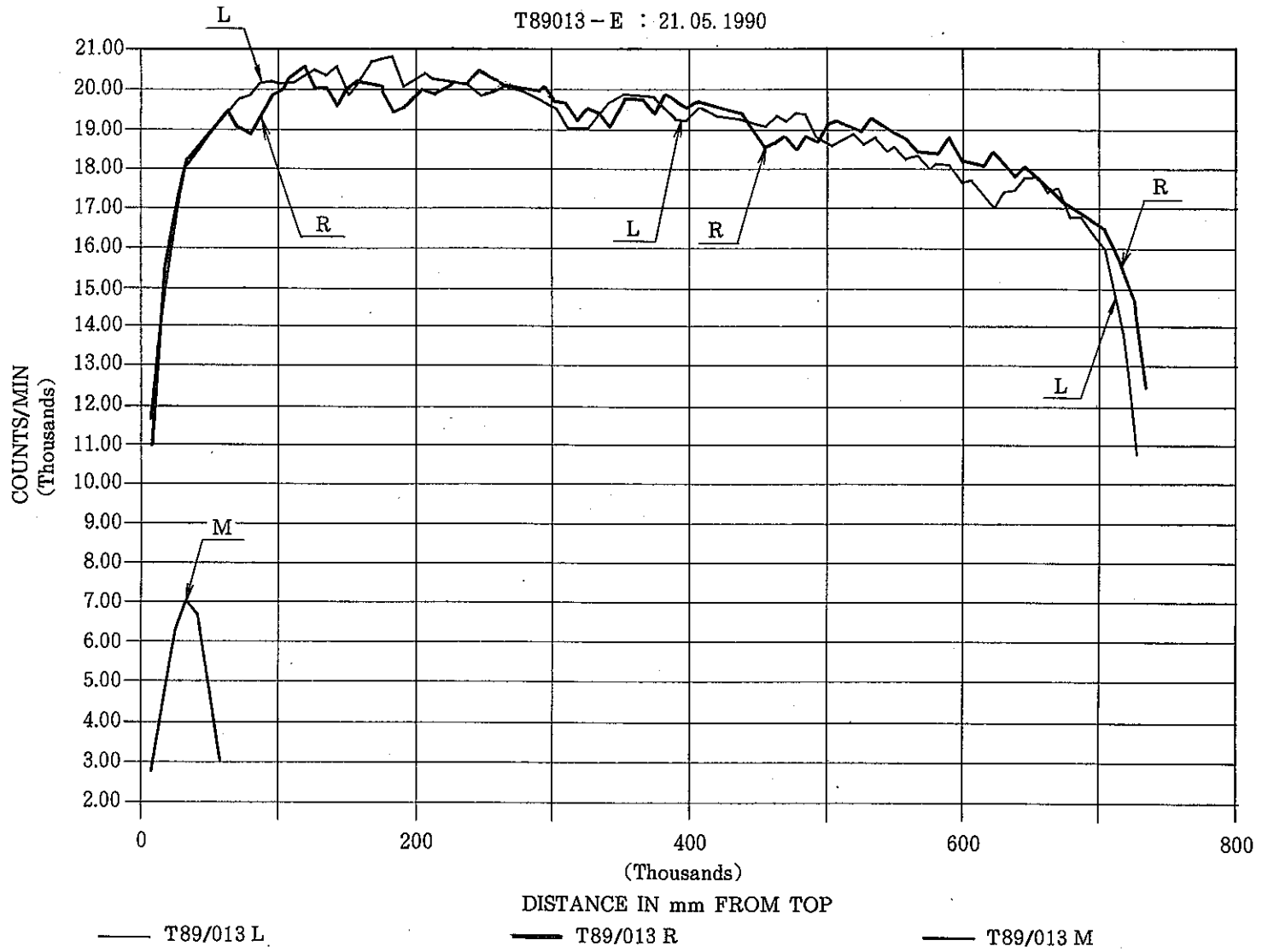


図3.4(3) セメント固化体γスキャン結果(3) T89-013

IDENTIFICATION OF THE SAMPLE LOCALISATION ON THE CORE DRILLED

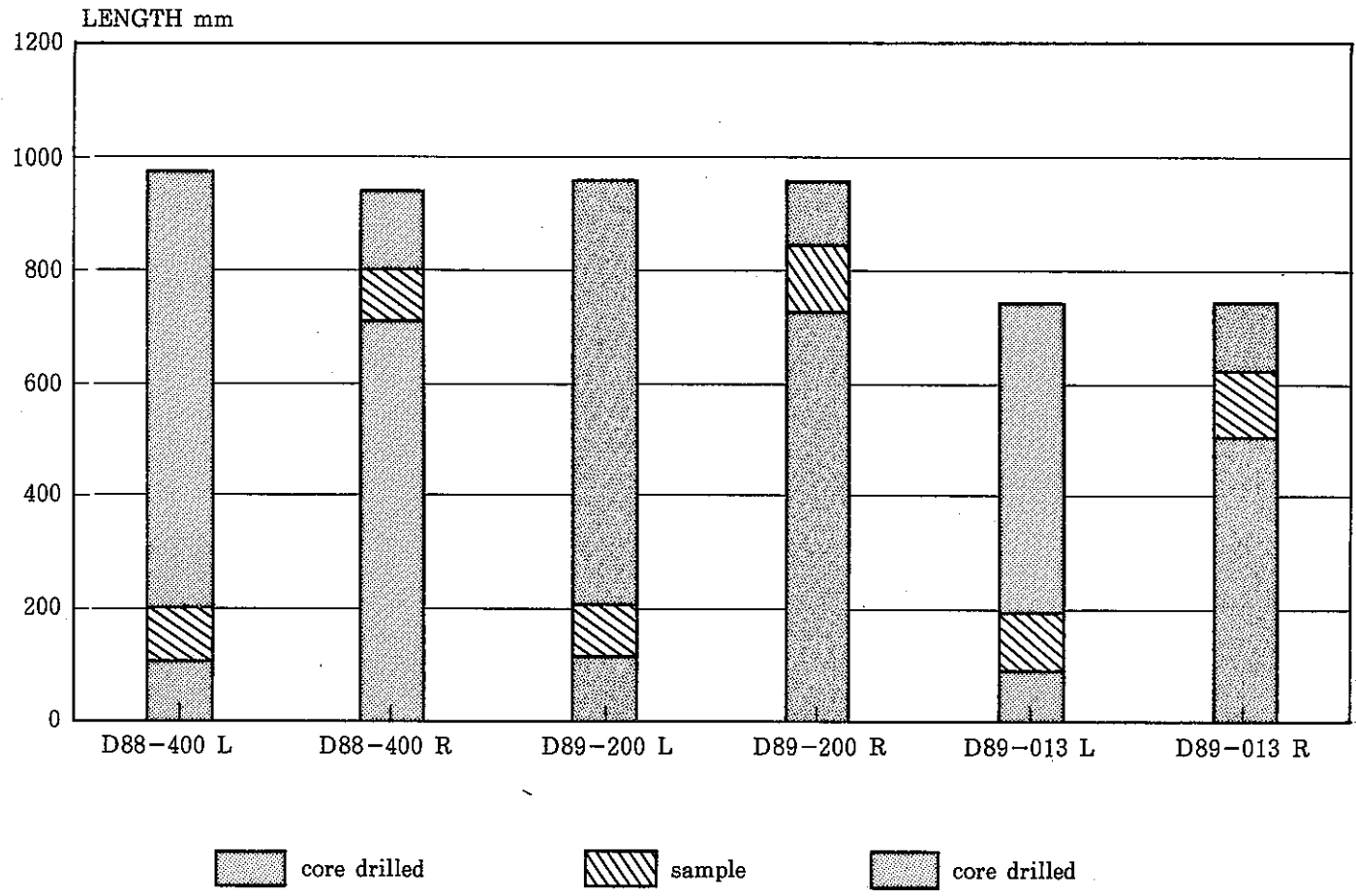


図3.5 セメント固化体からの試料採取位置

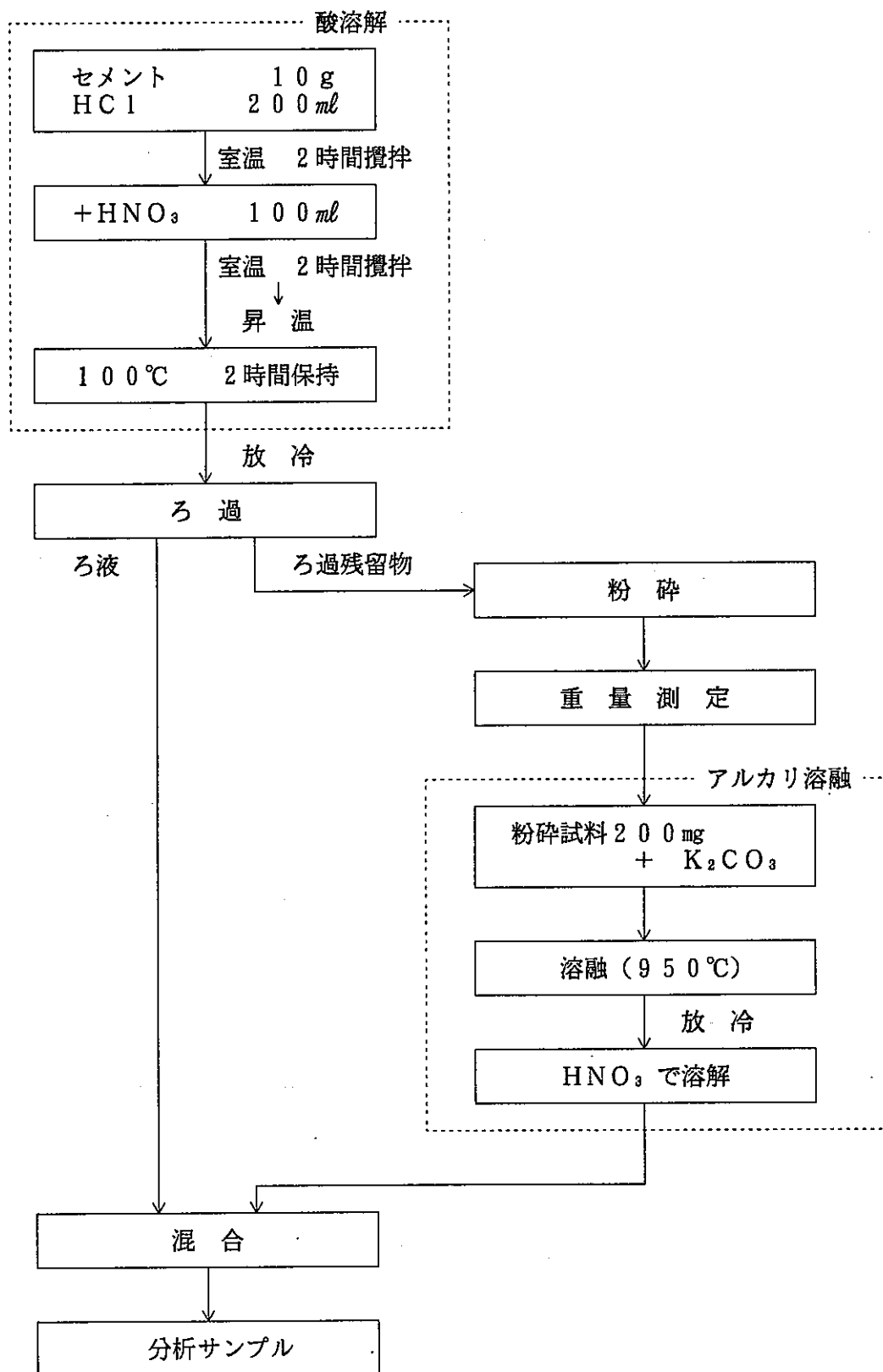


図3.6 セメント固化体溶解試験フロー

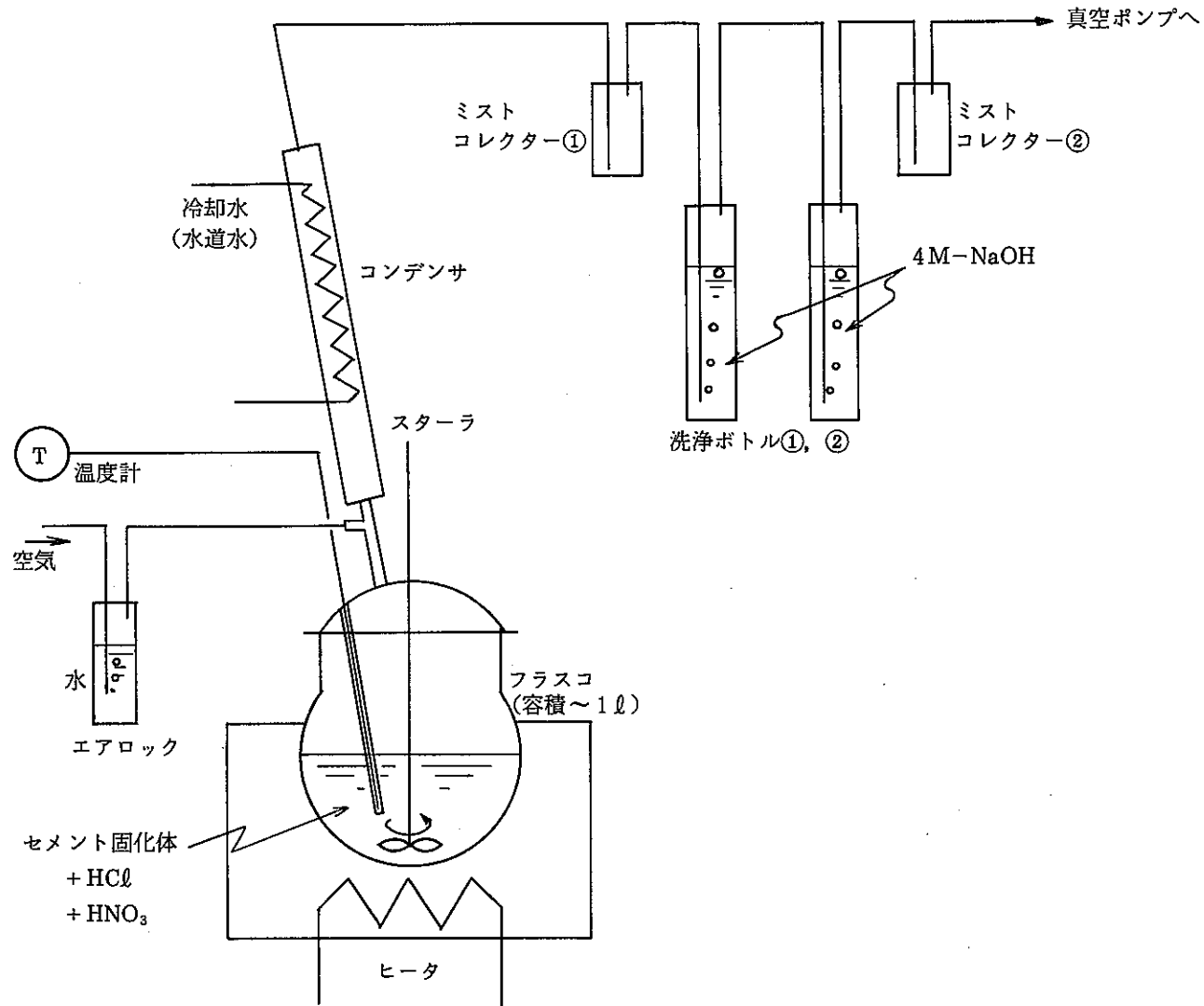


図3.7 セメント固化体溶解試験装置概略図

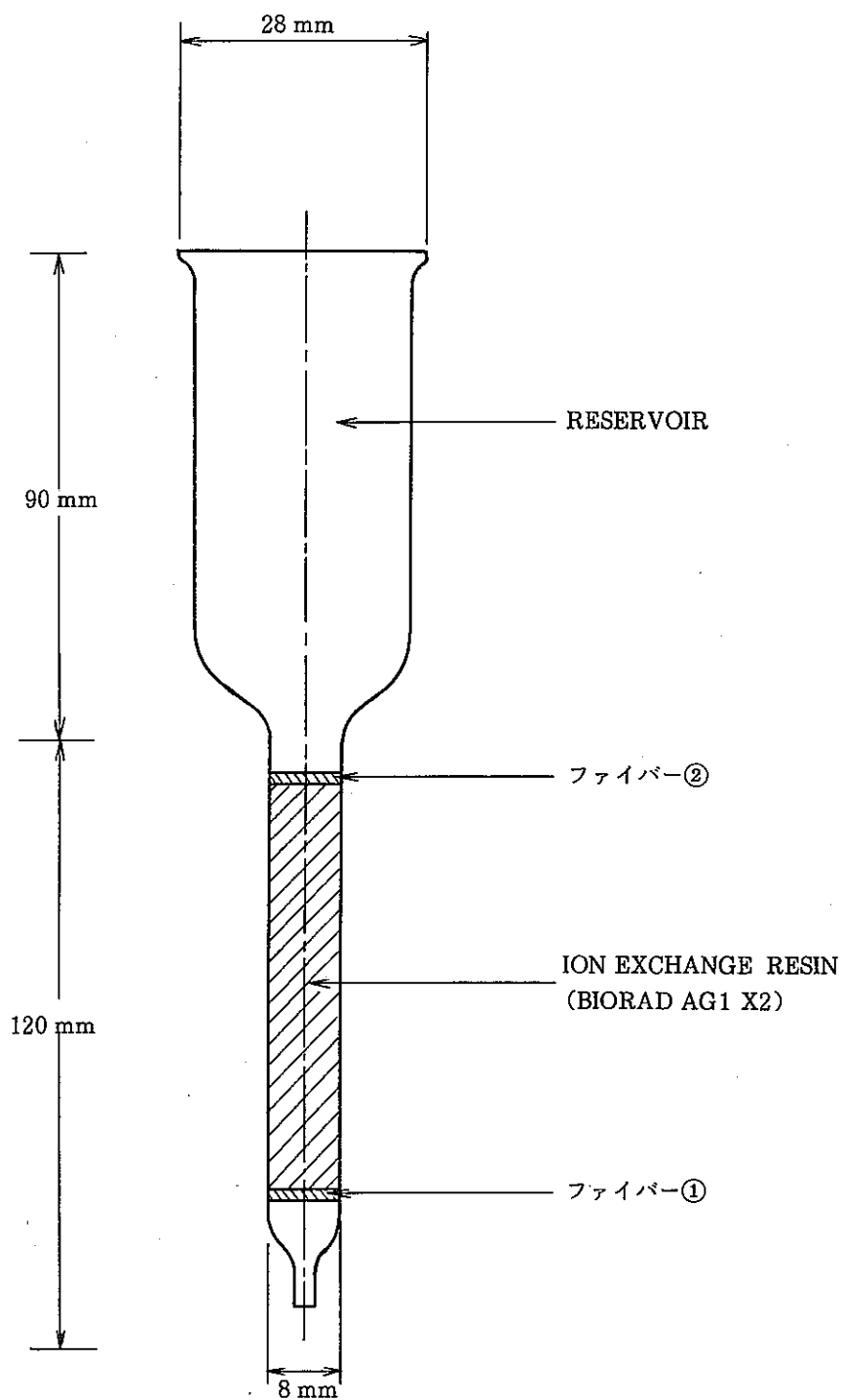


図3.8 I-129, Sr-90分離カラム

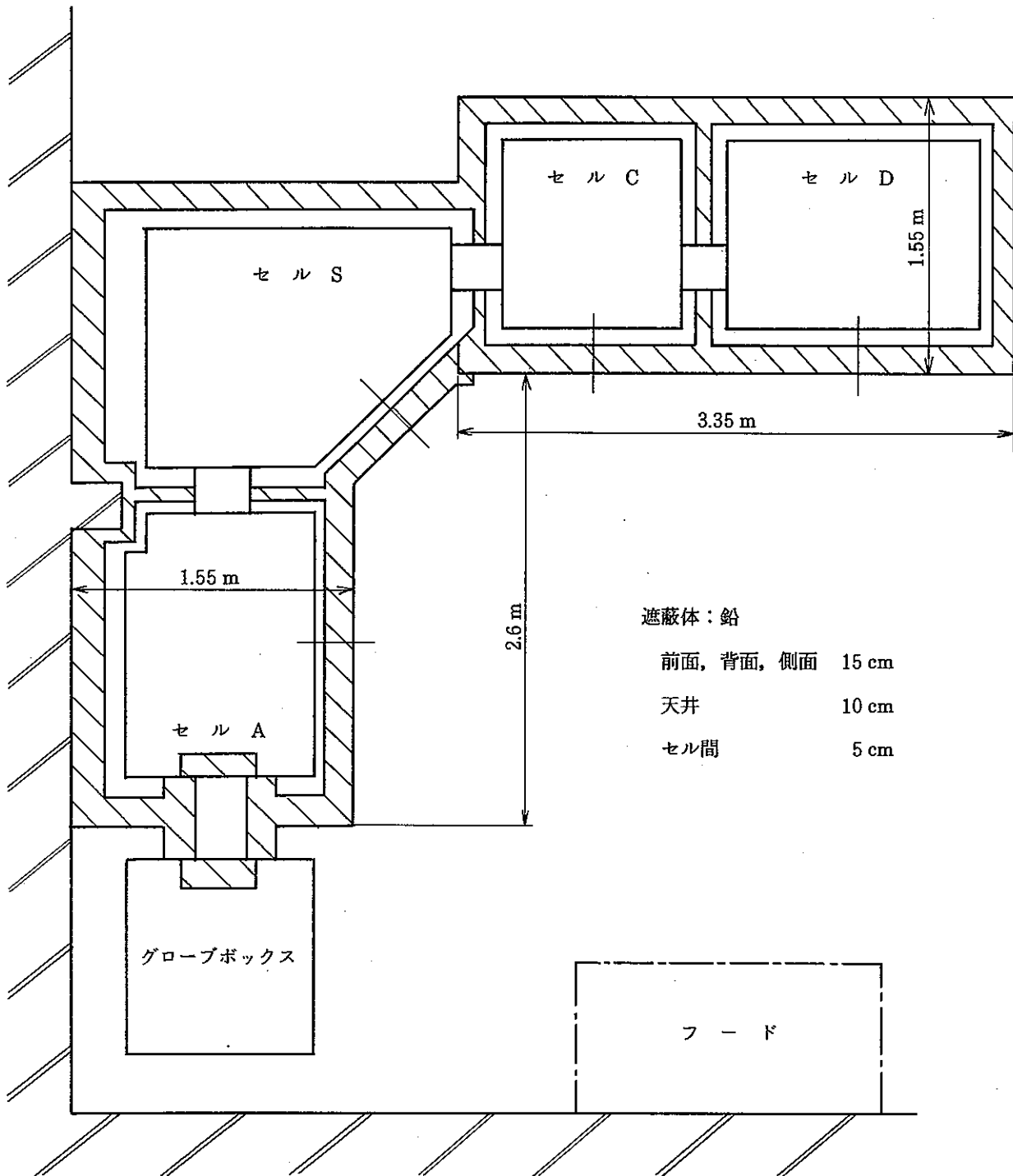


図4.1 ホットセル概略図

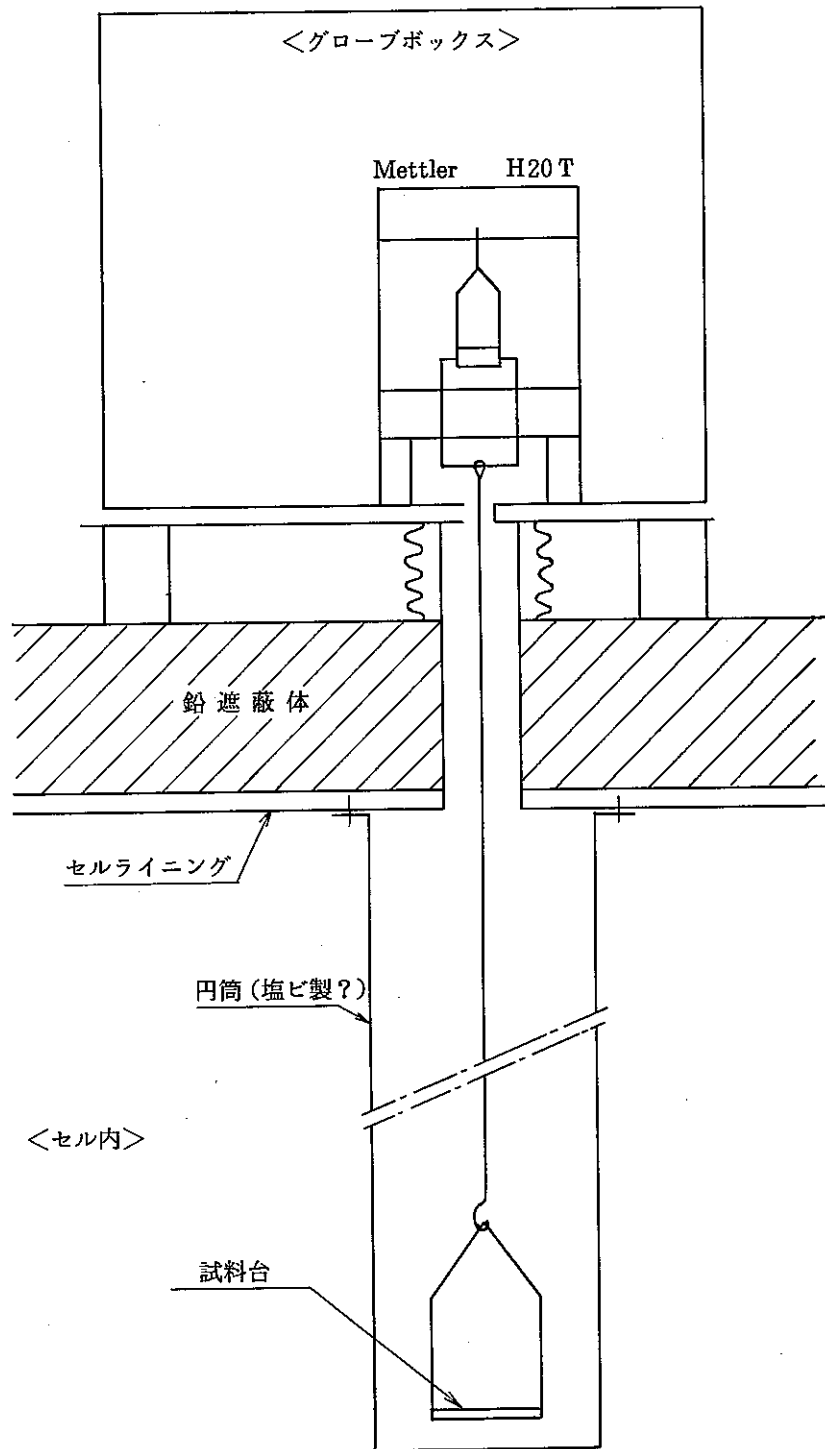


図4.2 重量計概略図

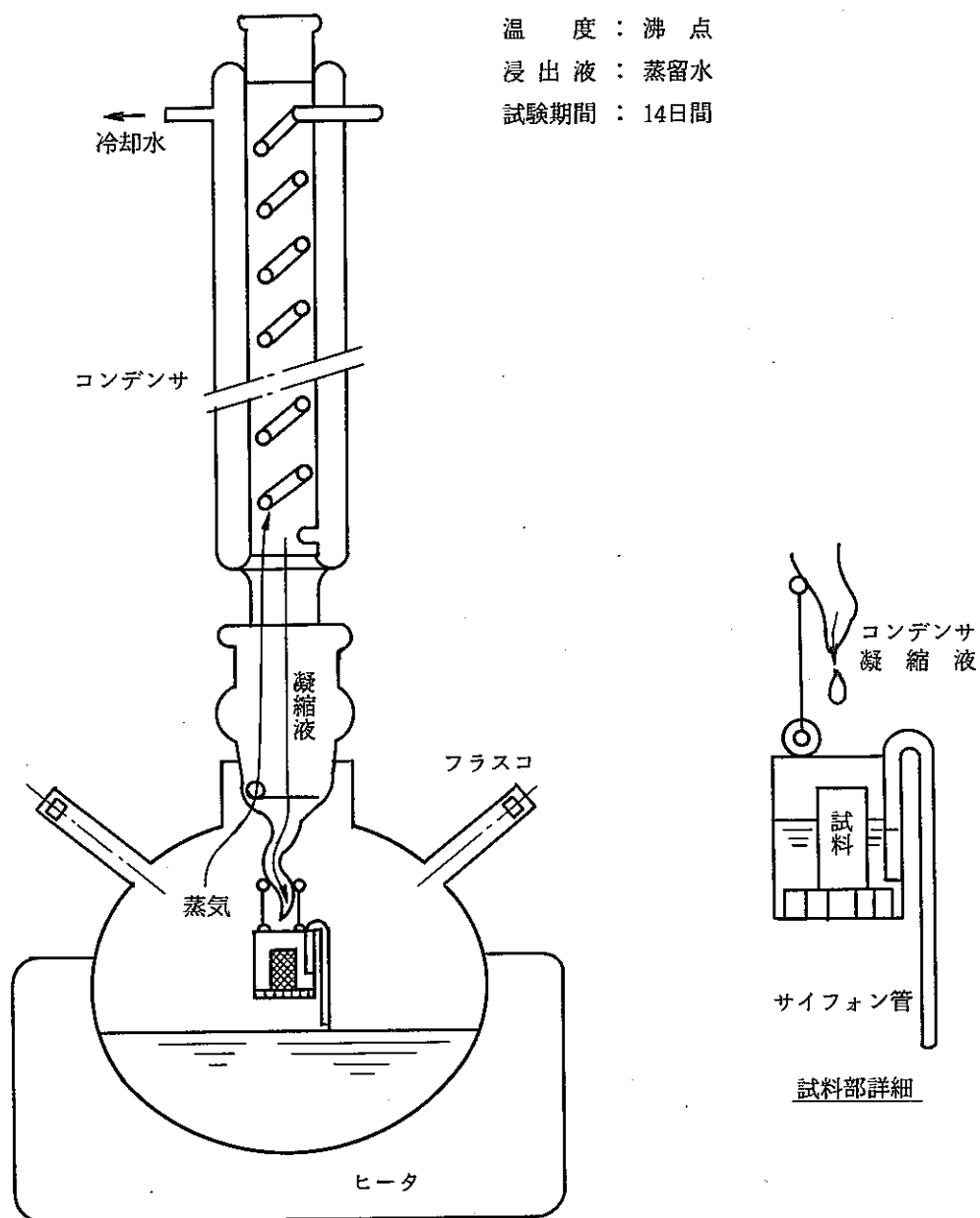


図4.3 MCC-5法浸出試験

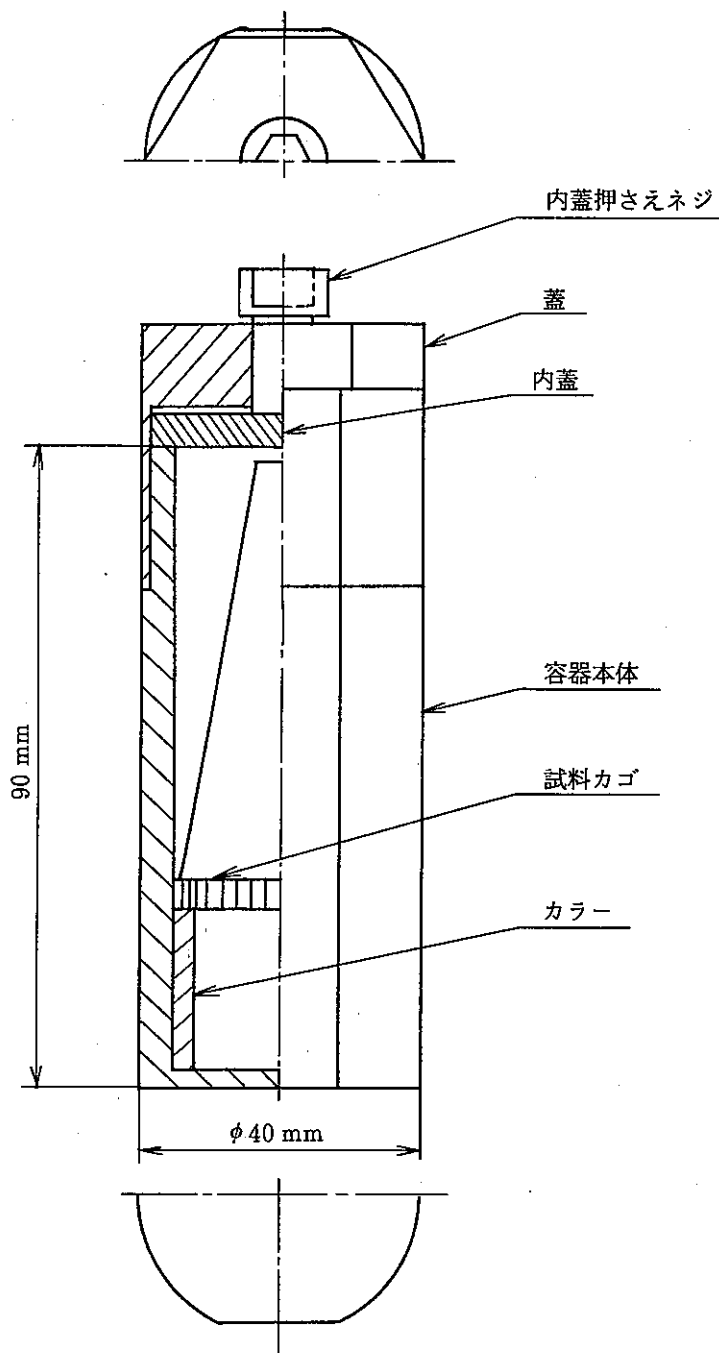
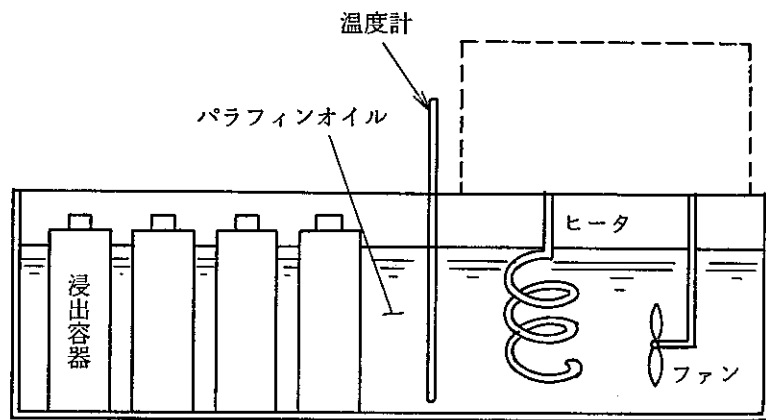
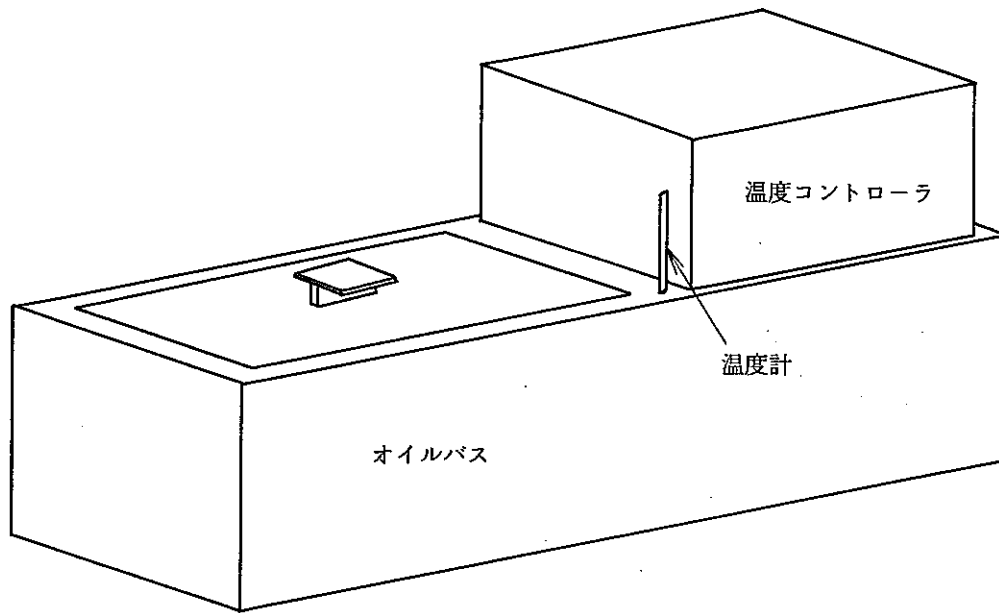


図4.4 MCC-1法浸出容器

材質：ステンレス鋼

銅（内蓋の内面に使用）



断面図

図4.5 MCC-1法オイルバス概略図

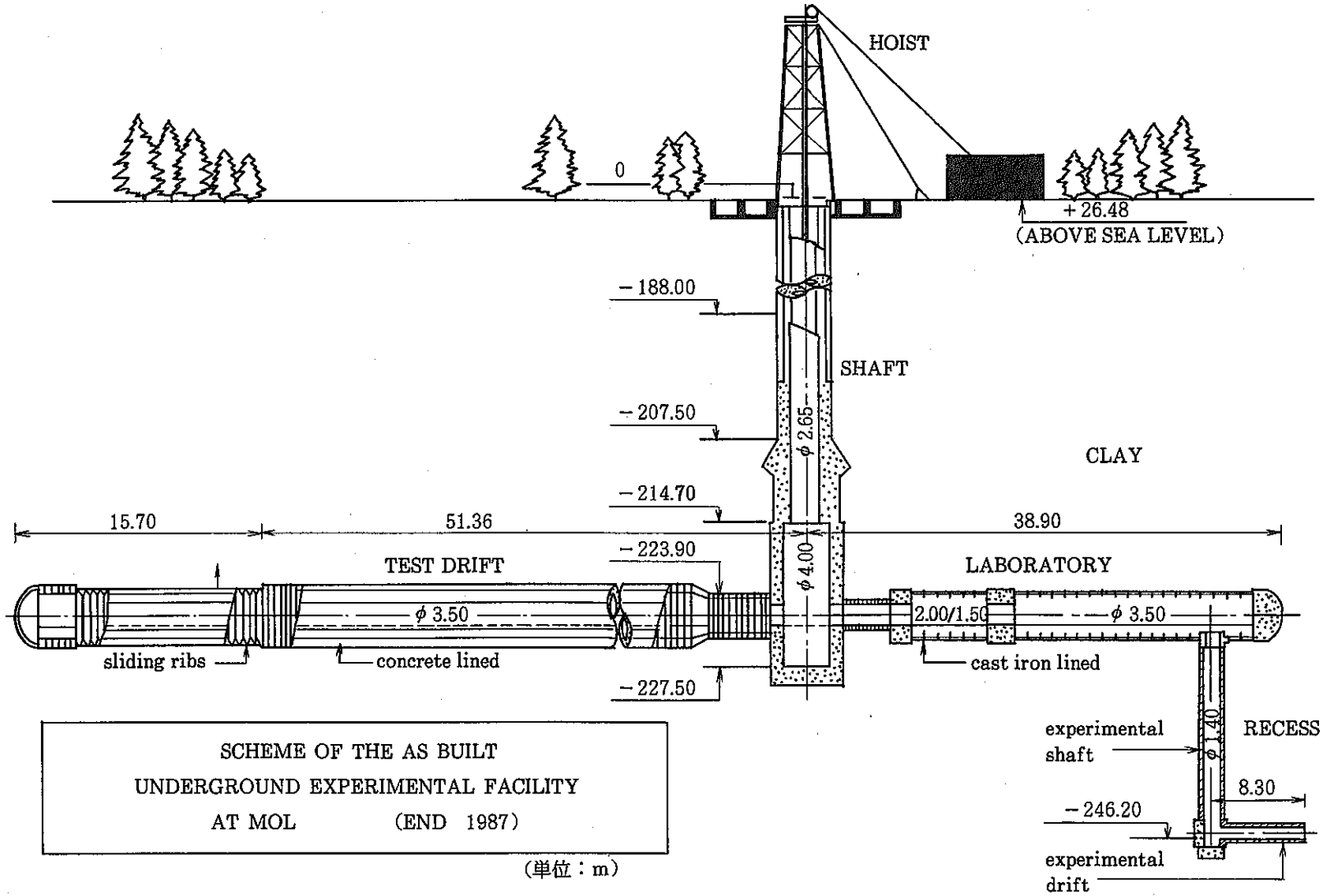


图5.1 地下研概略图

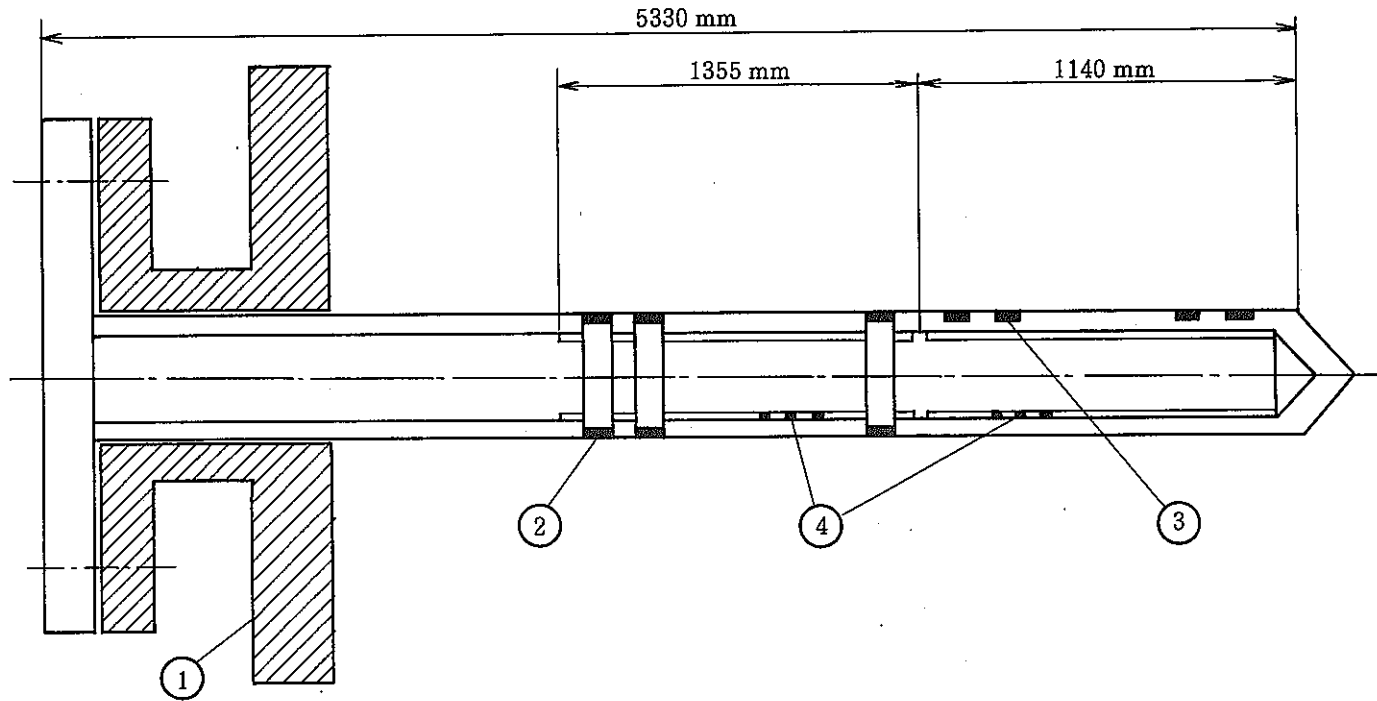


図5.2 原位置試験チューブ概略図

SCHMATIC VIEW OF THE CORROSION TUBE FOR TESTS IN DIRECT CONTACT WITH CLAY.

- | | |
|-------------------------|------------------------|
| (1) GALLERY. | (2) CONTAINER SAMPLES. |
| (3) WASTE FORM SAMPLES. | (4) HEATING ELEMENTS. |

GL : Simulated high-level waste glasses.
 CO : Incinerated alpha waste compacts.
 SL : Alpha waste incinerator slag simulant glasses.
 G・C : Simulated waste glass-ceramics, resulting from isothermal annealing of the parent glasses.

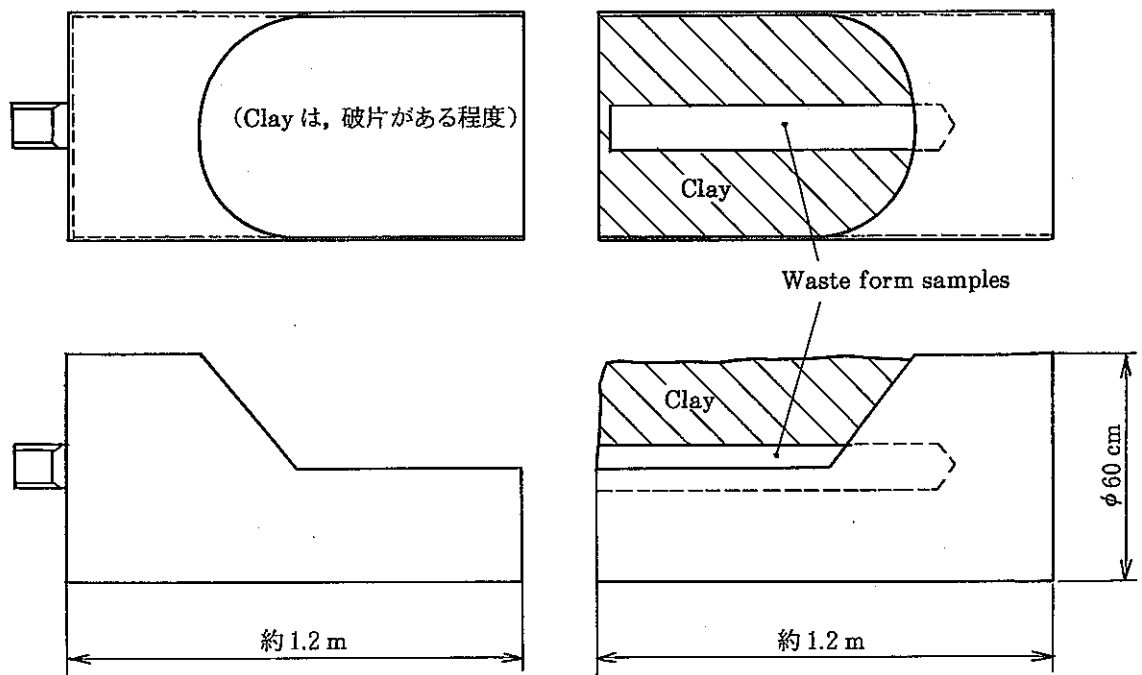
M : Metal
 CE : Cement

1	a	b	c	d	e	f	g	h
1	(GL) AVB	(GL) AVB	(GL) AVB 10d 700°C	(GL) AVB 10d 700°C	(GL) Pamela	(GL) Pamela	Pamela 10d 800°C (GL)	Pamela 10d 800°C (GL)
2	(GL) UK 209	(GL) UK 209	(GL) SON 58	(GL) SON 58	(GL) SON 64	(GL) SON 64	(GL) SON 68	(GL) SON 68
3	(G-C) C 31-3	(G-C) C 31-3	(CO) FLK 77	(CO) FLK 77	(CE) Cogema	(CE) Cogema	(CE) Put	(CE) Put
4	(SL) WG 131	(SL) WG 131	WG 131 10d. (SL) 800°C	WG 131 10d. (SL) 800°C	(SL) WG 132	(SL) WG 132	WG 132 10d. 800°C (SL)	WG 132 10d. 800°C (SL)
5	(SL) WG 133	(SL) WG 133	WG 133 10d. (SL) 800°C	WG 133 10d. (SL) 800°C	(SL) WG 134	(SL) WG 134	WG 134 10d. (SL) 800°C	WG 134 10d. (SL) 800°C
6	(GL) BEL-5(374)	(GL) BEL-9(359)	(GL) BEL-15(370)	(GL) BEL-17(373)	(GL) BEL-8(372)	(GL) BEL-14(357)	(GL) Pamela 513	(GL) Pamela 513
7	(GL)+(M) AVB* +Hast	(GL)+(M) AVB*+C-st	(GL)+(M) AVB*+Ti	(GL) Pamela + (M) Hast.	(GL) Pamela + (M) C-st.	(GL) Pamela + (M) Ti	(GL) SON 68+ (M) Hast.	(GL) SON 68+ (M) C-st.
8	(GL)+(M) SON 68+Ti	(GO)+(M) FLK 77+Hast	(GO)+(M) FLK 77+C-st	(GO)+(M) FLK 77+Ti	WG 119 10d. (SL) 800°C	WG 119 10d. (SL) 800°C		

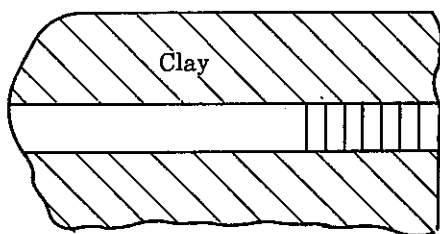
← ガラリー側

試験チューブ先端側 →

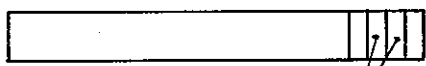
図5.4 廃棄物サンプル配置図



(1) 鋼管 (試料抜き出し用)

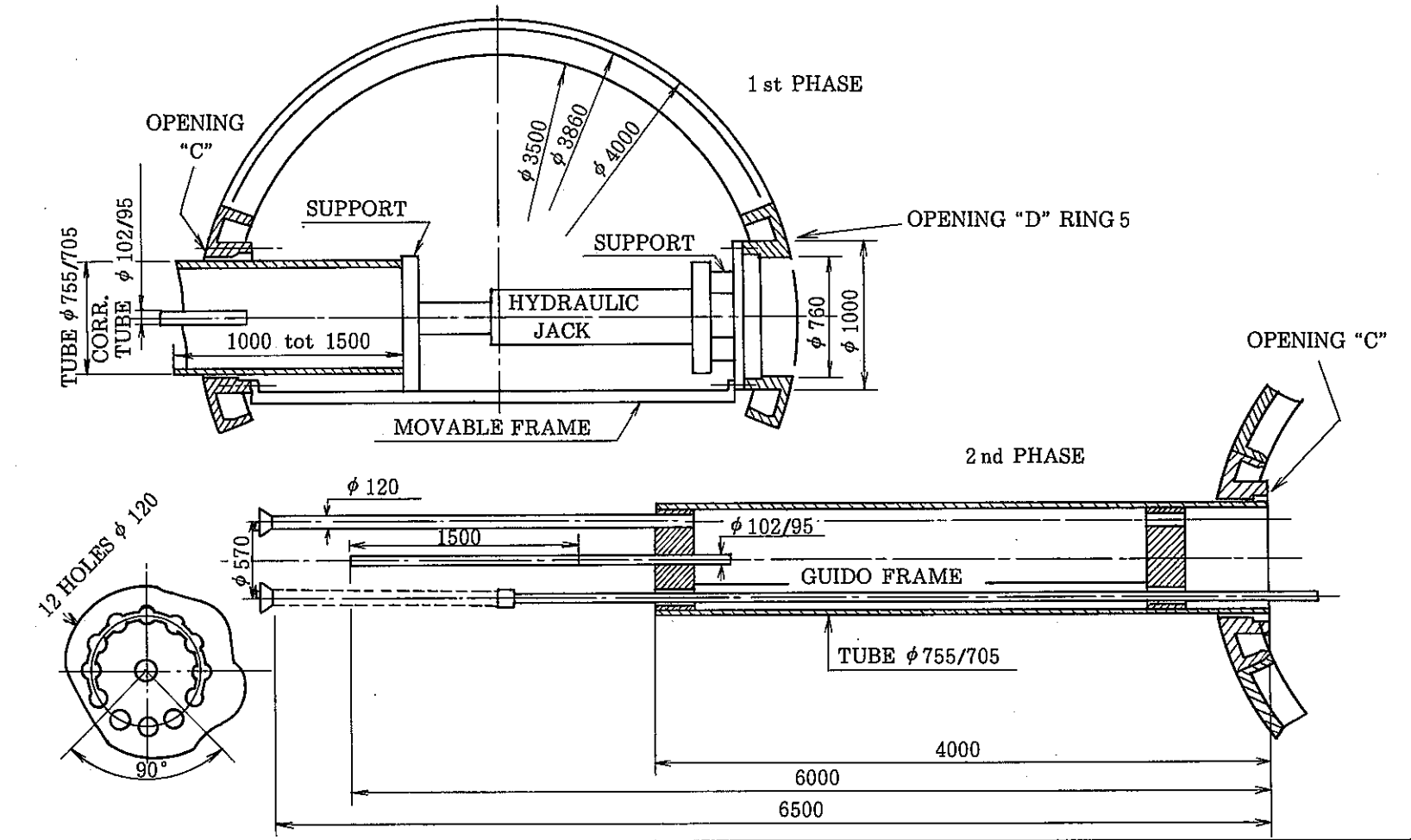


(2) Container Samples 及びその Clay



Container Samples

図5.5 見学時の原位置試験試料の状況



Schematic view of the overcoring test, with : phase 1, the removal of a clay core, 4 m long, 0.75 m in diameter ; phase 2, the overcoring of the end section of the tube.

図5.6 オーバーコアリングテスト概略図

付録1 パメラプラント見学

PAMELAは、高レベル放射性廃液ガラス固化に関するドイツとベルギーのジョイントプロジェクトで、施設はBelgoprocessの敷地内にある。ホット運転開始は1985年で、元のEurochemic再処理工場の廃液を処理している。なお、ガラス溶融炉にはセラミックメルターが使用されている。

日本からの来客の同行等で見学する機会があったので、その内容を報告する。

1. 見学日

1990年 6月12日(火)

1991年 3月20日(水)

2. 施設の概要

2.1 建屋寸法

58m×30m×24m

2.2 ガラス固化プロセス

(1) 廃液

元のEurochemic再処理工場(運転期間:1966~1974年)の高レベル放射性廃液を、配管で受入れている。廃液の貯蔵施設は、Belgoprocessが管理している。

廃液は、燃料のU濃縮度によりLEWC(原子炉燃料の再処理廃液:濃縮度max. 4.3%)とHEWC(材料試験炉燃料の再処理廃液:濃縮度max. 93%)に区分されている。廃液の放射能は、前者が約170Ci/l、後者が4-6Ci/lである。

ガラス原料の組成を廃液の種類により変えているとのこと。

(2) 固化フロー

ガラス固化フローを付図1-1に示す。

(3) ガラス溶融炉

工業スケールでは、世界で初めてセラミックメルターを使用している。セラミックメルターの概略図を付図1-2及び1-3に示す。

① 寸法 約2m角の立方体

② 流下方法 ボトムドレンとオーバーフローの2方式有り

図-3では、ボトムドレンがガラス流下、オーバーフローがヴィトロメットの説明になっているが、ガラス流下は両方で可能。(現在は、オーバーフロー側でガラス流下を行っているとのこと。)

③ 廃液処理量 31 ℓ/h

処理条件：廃液の種類；HEWC

酸化物重量；22.5%

流下方式；オーバーフロー

④ その他 メルターがキャニスター容量60 ℓで設計されており、150 ℓキャニスターに流下する場合は、直接通電電極の露出を防ぐため3回に分けて流下しているとのこと。

(見学当日、メルターが運転されており、流下量を測定するスケールが約130 kgを示していた。セットしてあるキャニスターに対し3回目の流下を行うための溶融中との説明があった。)

(4) キャニスター及びキャニスター溶接

150 ℓキャニスターの概略図を付図1-4に示す。

キャニスター溶接は、キャニスター上部にセットした溶接機のトーチが回転する方式で行われている。溶接条件(電流、電圧等)が記録計で記録されており、品質管理に使用していた。

溶接部の検査(品質保証方法)は、方法により行っている。

① 空キャニスターの品質管理

② 空キャニスターを使用した検査(50本ごと)

検査項目：圧力テスト、液体浸透テスト

③ 全数検査 目視検査、表面汚染測定

(5) オフガス処理系

ダストクラバ、ベンチュリクラバなどでの洗浄、ガラスファイバーフィルタ、HEPAフィルタによるろ過で処理

(6) キャニスター中間貯蔵施設

PAMELAプラントに隣接して建てられている。PAMELAから貯蔵施設へは、自走式台車がレール移動して運搬。

貯蔵能力及び1991年3月現在の貯蔵量は次のとおり。

60 ℓキャニスター：貯蔵能力 1,512本 貯蔵量 約 1,500本

150 ℓキャニスター：貯蔵能力 1,060本 貯蔵量 約 600本

3. 運転実績など

3.1 廃液処理量（期間 1985年10月～1990年 6月）

高レベル放射性廃液処理量 630 m³

ガラス固化体重量 383 t

ガラス固化体本数 1,920本

(60ℓ キャニスタと 150ℓ キャニスタの合計)

3.2 メルターの交換

1988年に1度交換している。（設計では、3年に1回の交換予定）

交換理由：オーバーフロー流下で使用するエアリフト部耐火レンガの腐食。

交換した旧メルターは、現在運転中のメルターがあるセルの隣のセル内に保管されていた。このセルは、当初メルターを2基設置する予定だったのが、1基になったため空いていたセルである。

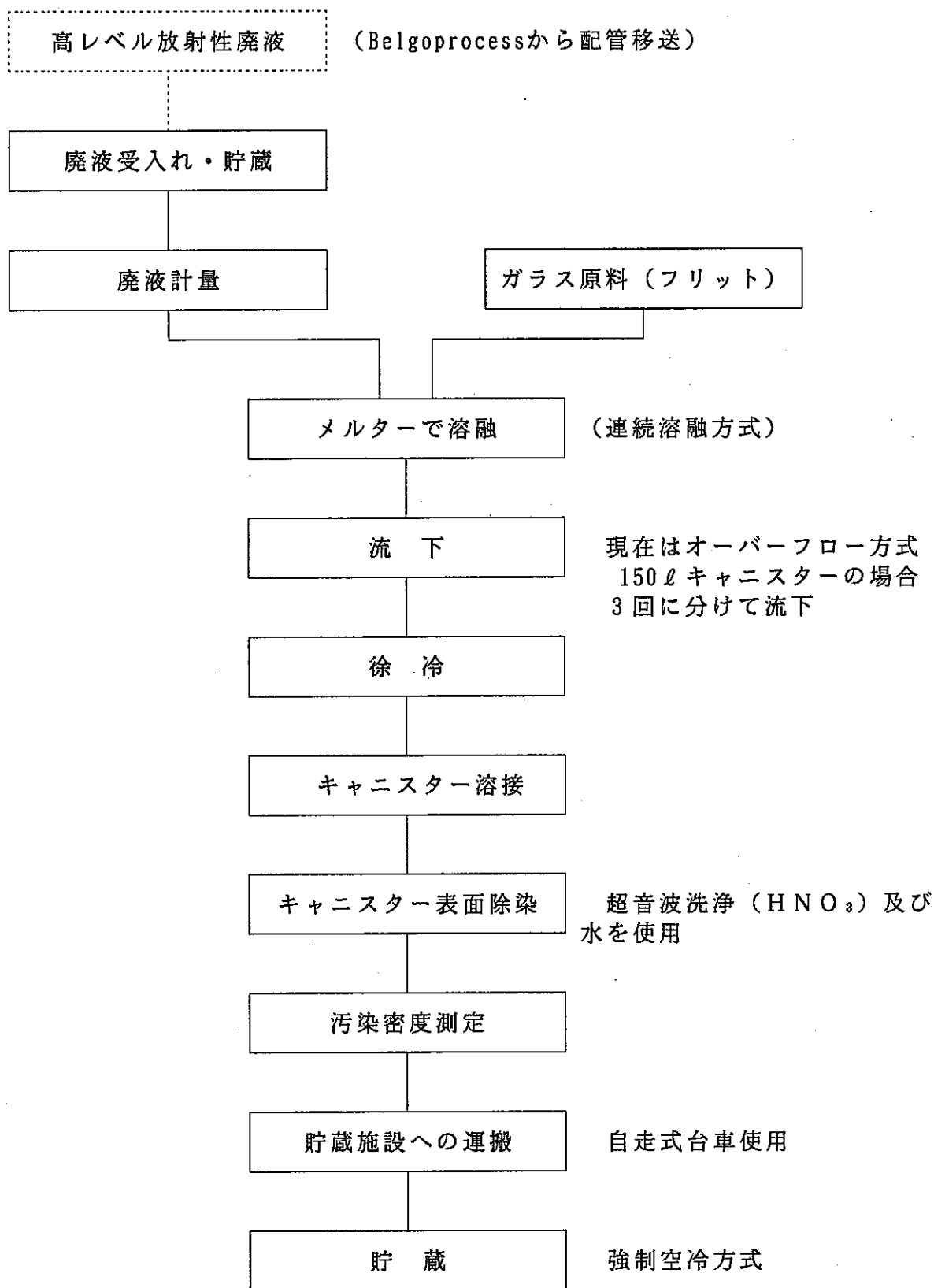
4. 今後の予定

1991年の半ば（6月頃）には、現在Belgoprocessに貯蔵されている高レベル放射性廃液が全て処理できる見通し。そのため、現在運転中のメルターがそれまでもつように期待しているとのこと。

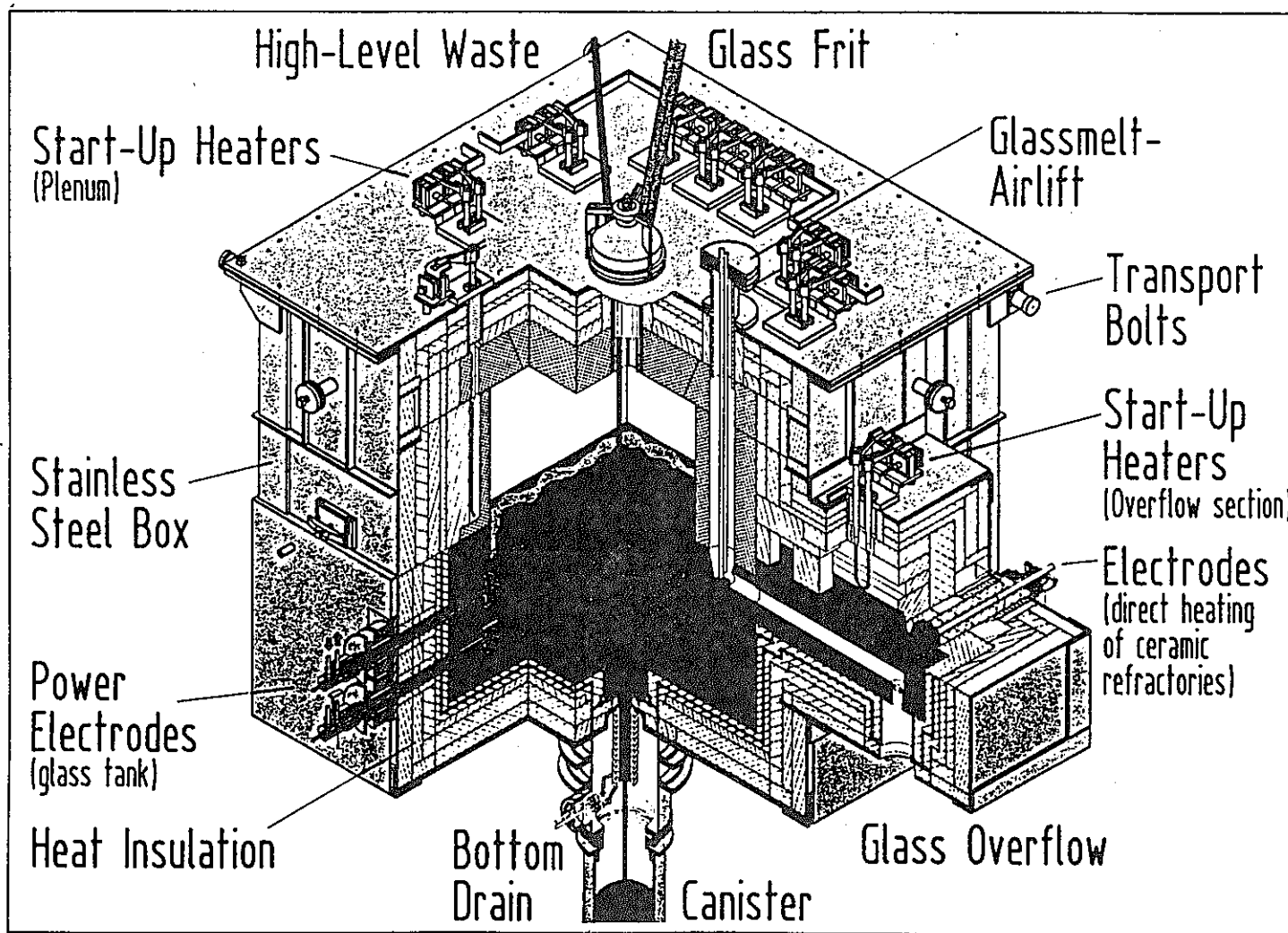
5. その他

- (1) メルターが設置されているセルは天井が高く、操作室が1階と2階にわかれていた。1階は、ボトムドレン時のキャニスタの取扱いなど、2階はメルター上部のハンドリングなどを行っている。
- (2) メルターが設置されているセル内には、流下時にできたと思われるガラスファイバーが何本か見えた。
- (3) 溶接・除染セル内には、除染前の固化体が並べられていた。固化体の温度は高いようで一部の固化体上部にかげろうが見えていた。
- (4) 運転員の交替勤務体制は、1班3名の6班3交替とのこと。
- (5) コントロール室での監視及び操作はTVモニタ画面で行うため、グラフィックパネルや大きな計器盤はなかった。私達が見学していた時に、ちょうど作業者が画面上でPFD（プロセス・フロー・ダイアグラム）をスクロールしていた。

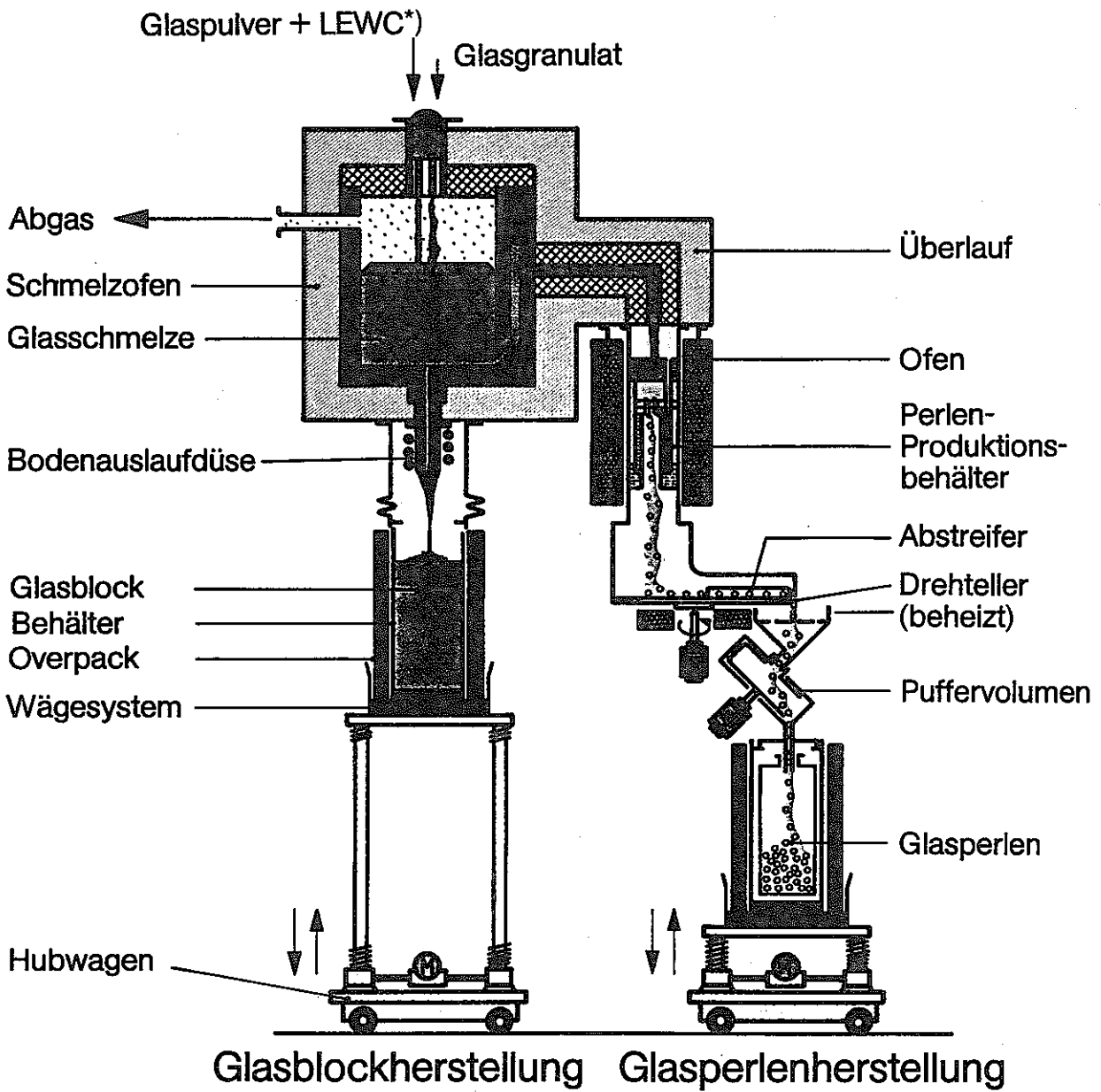
以 上



付図1-1 PAMELAプラントにおけるガラス固化フロー

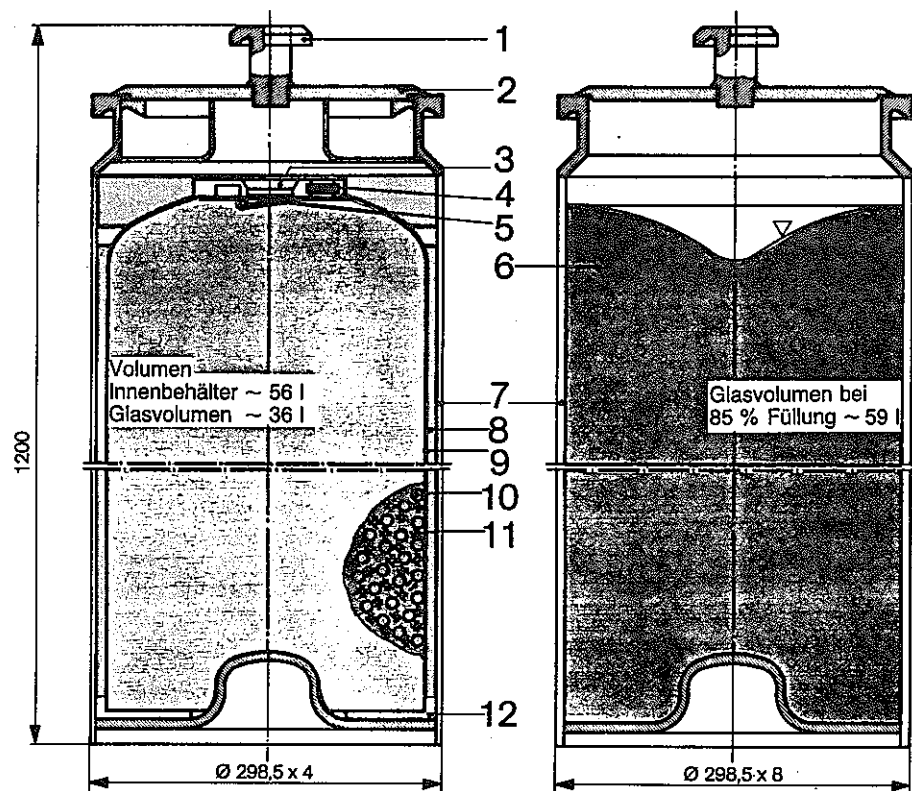


付図 1 - 2 PAMELAプラントメルター



*) LEWC = Low Enriched Waste Concentrate

付図 1 - 3 メルター概略図



Vitrometkokille

Glasblockkokille

- | | | |
|-------------------------|---------------------|---------------|
| 1 Greiferkopf | 5 Verschlusskappe | 9 Stahlglocke |
| 2 Deckel | 6 Glasblock | 10 Glasperlen |
| 3 Perlen-Einfüllöffnung | 7 Edelstahlbehälter | 11 Bleimatrix |
| 4 Entlüftungssieb | 8 Bleischicht | 12 Bleiboden |

Querschnitt der VITROMET- und Glasblockkokille

付図1-4 キャニスター概略図

付録2 ベルゴプロセス見学

Belgoprocessは、廃棄物の受入れ、処理、貯蔵及び施設のデコミッショニング等を実施している。設立は、1984年で、まず元のEurochemicサイトの運転を開始し、1989年には元のモル研究所のWaste departmentの運転も行うようになった。現在、前者がBP1サイト、後者がBP2サイトと呼ばれている。これらの施設のうち焼却炉、ビチューメン施設などを見学したので報告する。

1. 見学日時

1991年4月15日(月)

2. 見学内容

2.1 BP1サイト(元のEurochemic)

BP1サイトの施設配置図を、付図2-1に示す。

(1) ユーロビチューメン施設

エクストローダ方式で処理している。

この施設は、ユーロケミック再処理施設の廃液処理を行っていたが、現在は、PAMELAプラント(オフガス系の洗浄液など)やストレージタンクからの中レベル廃液の処理が中心になっている。このため、廃液の発生量が少なく、現在は年3~4回のバッチ運転を行っているとのことで、見学時も運転されていなかった。

PAMELAプラントの運転が終了すると、この施設も半年くらいあとに運転終了となる模様。

なお、この施設での処理量は、約13,000ドラム(220ℓドラム缶で)とのこと。

(2) その他

フランスからの返還固化体貯蔵施設の固化体受入れ開始が1993年とのことで、施設の建設が進められていた。

案内者のMs. デランデ(ベルゴの広報担当者)の話では、PAMELAの固化体貯蔵施設建設時には反対運動がなかったが、返還固化体施設ではあったとのこと。

2.2 BP2サイト(元のモル研究所のWaste department)

(1) 低温焼却炉

1960年に運転開始し、昨年の夏にオフガス系などを更新した。

処理量 80～100kg/h

1 ton の廃棄物で47kgの灰が発生

3 ton の廃棄物で1ドラム缶（220ℓ）分

焼却炉温度 800～900℃

運転 毎週、月～金まで運転（4班によるシフト制）し、週末は停止。

見学時は、月曜の午前中のため炉の昇温中だった。

(2) その他の施設

高温焼却炉 α のコンタミのため、1987年又は1988年に運転を停止した。

スーパーコンパクション

スーパーコンパクターを貸出中とのこと。このため、セメントに埋め込んだコールド試料を見学した。

400ℓドラム缶に、圧縮後の220ℓドラム缶が7～8個詰められていた。

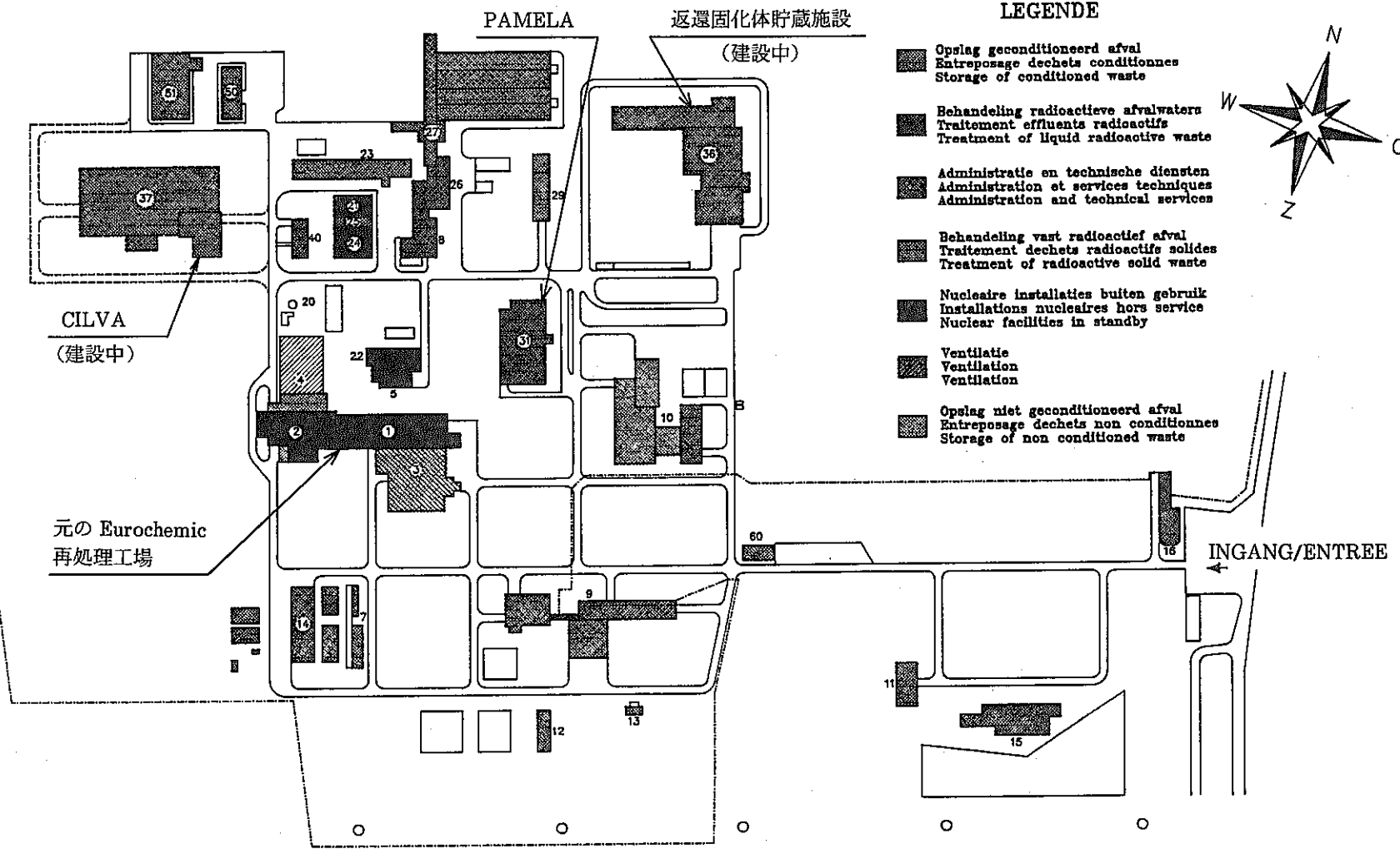
その他 焼却予定の廃棄物が、屋外でコンテナ（JRの貨物用コンテナのような形状のもの）に保管されていた。2～3年後には、屋内の保管施設ができるので屋外保管はなくなるとのこと。

2.3 C I L V A計画（Central Install Low-level Solid Waste のオランダ語の略）

B P 2サイト近傍に、スーパーコンパクション、焼却炉及びセメント固化などの設備を持った施設が計画されている。

その施設の概要を、添付する。

BELGOPROCESS SITE 1



PNC PN8600 92-011

付図 2-1 Belgoprocess サイト 1 施設配置図

—C I L V Aプロジェクトの概要—

The Design of A Centralized Treatment Facility for Low-level
Waste (低レベル廃棄物の中央処理施設の計画) より

1. 序文

1.1 施設の目的

C I L V Aは、ベルギーで発生する全ての低レベル廃棄物のトリートメントとコンディショニングを集中的に行う施設に関するNIRAS/ONDRAFのプロジェクトである。

低レベル廃棄物は、原子力活動で発生したものが考慮されている。

- Doel及びTihange 原子力発電所
- 燃料集合体の製造
- R Iの製造
- 現存する原子力施設の除染とデスマントリング (ユーロケミック再処理工場)
- 原子力及び医学研究 (ベルギー原子力研究所及びベルギーの大学)
- 放射線医学 (ベルギー・ホスピタルセンター)

種々の製造者 (国中の多くの小規模製造者) とベルギー国土の大きさ (30,000km²) を考慮して、NIRAS/ONDRAFは、その傘下のDesselのBELGOPROCESSサイトに未処理廃棄物の集積とトリートメント、コンディショニングを行う中央処理計画を提案した。設備は、これまで古臭く、旧式になった設備を使用していた。そのため、NIRAS/ONDRAFはスーパーコンパクションと焼却炉を主体とした新しい施設: C I L V Aの設立を決定した。

NIRAS/ONDRAFの要求により、BELGATOMは1989と1990年にこのユニットの概念設計を行った。

C I L V A設備は、ベルギー固有の問題の一つの回答である。たぶん、詳細は背景によって異なってくるであろう。

1.2 廃棄物の特徴

C I L V Aの設計で考慮されている低レベル廃棄物は、前項の活動で発生する β - γ 固体廃棄物である。収集される廃棄物パッケージの β - γ 核種濃度は、一般に5 GBq/m³ (0.1Ci/m³) 以下である。廃棄物には少量の α 核種 (50mCi/m³が限度) が許容されるが、プレコンディションした場合のみで、スーパーコンパクションにより直接処理される。

廃棄物発生者は、NIRAS/ONDRAFによって課せられた基準に従って、カテゴリー分類と標準パッキングを行う。

主な廃棄物カテゴリーと年間処理量は次のとおり。

- 可燃性廃棄物 1,300 m³
うち 750 m³は、原子力発電所で約 300 kg/m³ にプレコンパクトされる。
- 圧縮性廃棄物 1,000 m³
- その他の廃棄物 100 m³
- 液体廃棄物 100 m³

液体廃棄物は、有機相と水相の溶液。

廃棄物発生者は、廃棄物の初期パッキングを行い、これらは標準の 220 ℓ ドラム又は 1 m³ のステンレス製コンテナで運搬される。

運搬容器の表面線量率は、一般に規定値の 2 mSv/h(200mrem/h)よりずいぶん低い値である。

発電所から発生する廃棄物は、時々すでに前処理されている。それは、切断（細断）とプレコンパクトで、主に輸送のための減容である。

2. 中央処理の概念

中央処理プロジェクトの概略を図-1に、レイアウト案を図-2に示す。

CILVAプロジェクトは、以下の主な設備から成っている。

- 廃棄物パッケージの受入れ、保管、分配ユニット
- プレコンディショニングユニット
- スーパーコンパクションユニット
- 焼却炉ユニット
- コンディショニングユニット

これらの設備の概要を以下に示す。

2.1 受入れ、保管、分配ユニット

このユニットは、道路輸送受入れホールと廃棄物パッケージ受入れホールから成る。

管理上の必要な手続きが完了した時、パッケージは降ろされ、倉庫入口に送られる。

全ての輸送容器は、その存在のフォローアップと追跡のため、識別され、タグ付けされる（光学読み取りのバーコードの応用）。オペレーターは、廃棄物受入れ中に集めたコンピュータのデータバンクにアクセスする。

この目的のために特別に設計された部屋でオペレーターは、輸送容器を開けることなく検査できる（ α 、 β 、 γ 測定、重量、表面汚染の有無、……）

輸送容器（1 m³コンテナ及び200 ℓドラム）は、倉庫でハンドリングデバイスに引き継がれる。約3週間分の保管容量を見越している。

要求に従って、ハンドリングデバイスは、廃棄物を倉庫から以下に示すトリートメント

ユニットに移動する。

2.2 廃棄物プレコンディショニングユニット

廃棄物の多くは、NIRAS/ONDRAFによって課せられた基準とカテゴリーに適合するように前もって発生者により処理されている。そのため直接、メインのトリートメントユニット（スーパーコンパクション及び焼却炉）に送ることができる。それらの的確な分類は十分保証されている。

しかしながら、定期検査や基準に従わない廃棄物のプレコンディショニングのために、CILVAは分類及びプレトリートメント設備を持っている。

2.2.1 分類設備

この設備は、漏斗、コンベア、ワーキングテーブル、測定設備、空容器供給、容器内容物の検査（ α 放射能、 β - γ 放射能、重量、金属探知機、……）及び廃棄物の行き先の管理から成る。設備は、封じ込めと換気機能を持った受入れパッケージ開梱用の分類テーブルも有している。廃棄物は、トリートメント方法に応じて再分類、再梱包される。

2.2.2 プレトリートメント設備

この設備は主に直接焼却処理又はスーパーコンパクションのドラムに入れることのできない特別な廃棄物を調製するつもりである。異なる技術と工具が計画されている：切断、プレコンパクション、せん断など。プレコンディショニングの代表的な廃棄物は、例えば換気フィルターである。我々の研究の中で、細断とプレコンパクションが実施されている。

焼却もスーパーコンパクションによる処理もできない廃棄物は、コンクリートに埋め込む準備が行われる。

プレコンディショニングユニットは、CILVAユニットの汚染した機器の除染ステーションも含んでいる。計画されている方法は、加圧蒸気による除染である。

2.3 スーパーコンパクションユニット

スーパーコンパクションユニットは、プレコンディショニングされた廃棄物を減容するためのもので、1,500ton水圧プレスによって、220ℓ標準ドラムを一定の直径のペレットに圧縮する。ペレットは、400ℓドラムに積み重ねられる。

設備は、自動化された次の設備から構成される。

- アップストリーム・ストレージエリア：廃棄物ドラムと空容器をスーパーコンパクターに運搬するコンベアを含む。
- スーパーコンパクター

- ペレットを 400 ℓドラムに案内する設備。その管理システムは、ドラミングを最適化させる。このシステムは、オーバーパックドラム内に最大に詰められるよう、異なった高さのペレットを選択する。
- ダウンストリーム・ストレージエリア：充填済オーバーパックを集めるコンベアを含む。これらのドラムはコンディショニングユニットに送られ、ここでコンリートによって埋め込まれる。

参考までに、我々は、類似のスーパーコンパクションユニットを台湾のTPCにすでに設置した。

2.4 焼却ユニット

CILVAは、メイン焼却炉と、もし必要ならば、生物の廃棄物（動物の死骸）と特別な液体廃棄物（有機相と水相の溶液）のための予備の焼却炉からなる焼却ユニットを持つ。

焼却の容量は、固体廃棄物 100kg/h、液体廃棄物30 ℓ/hである。主な固体廃棄物はバッグに入っており、炉の自動フィーダーにつながるキャリヤーで運ばれる。生物廃棄物は、焼却まで冷蔵庫で冷凍保管される。液体廃棄物は、輸送容器から直接又はタンクで混合された後、焼却炉にポンプで送られる。

オフガスシステムは、燃焼ガスを乾燥、冷却保証する。フィルター又は洗浄は、カーボン、粉塵、有害元素及びエアロゾルを処理する。

HEPAフィルターが設置される。処理されたオフガスは、建屋の換気で薄められた後放出される。

焼却灰は、後処理を考慮してスーパーコンパクション、セメントマトリックスへの埋め込み又は他のプロセスによる処理により 220 ℓドラムに入れられる。

2.5 コンディショニングユニット

コンディショニングユニットは2つの設備から成る。：1つは埋め込み固定、もう1つは最終コンディショニングである。

2.5.1 埋め込み固定設備

このユニットは、モルタル準備装置（受入れ、保管、セメントと砂の調合、モーターミキシング）を含む。

- モルタル中の廃棄物固定（スーパーコンパクションペレット、特別な焼却できないもの、圧縮できない廃棄物）
- セメントマトリックス中への均一な廃棄物の埋め込み（イオン交換樹脂、異なった種類のスラリー、……）。この技術は、ベルギーの発電所において中レベル廃棄物処理

に使用されており、よく知られている。

2.5.2 最終コンディショニング設備

ミキシング後、金属製の蓋を処理済み廃棄物ドラムにする。

全てのドラムは、自動システムによって検査される（表面汚染の有無、ドラムの重量、主な放射線上的特性の測定及びこれらのデータのコンピュータシステムへの入力）。

ドラムは、中間貯蔵施設又は、後に確かな貯蔵サイトに輸送される。

3. その他

プロジェクトの期限を図-3に示す。

以 上

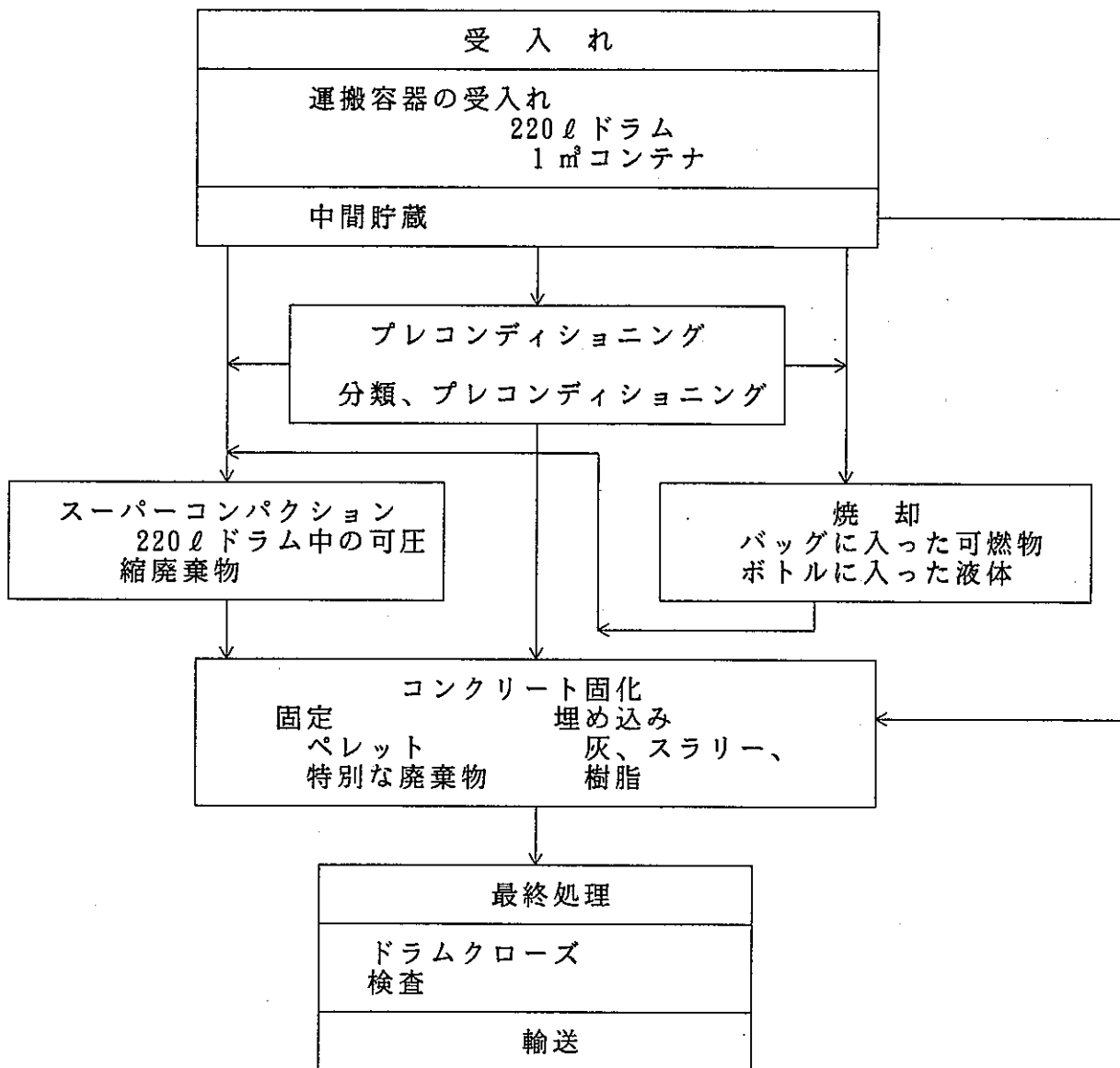
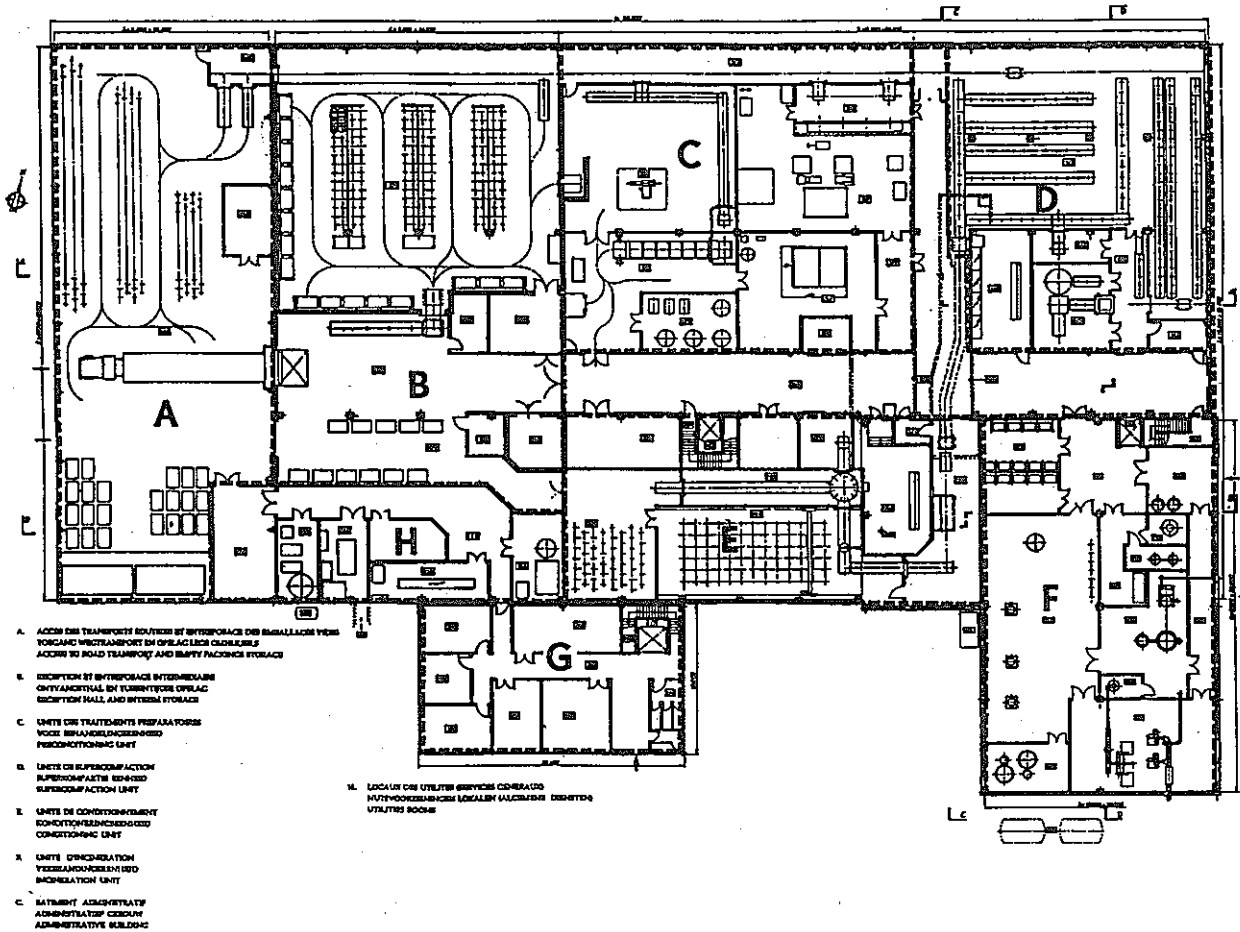


図-1 CILVA計画の概略



- A : 道路輸送のアクセス
- B : 受入れホール及び中間貯蔵
- C : プレコンディショニングユニット
- D : スーパーコンパクションユニット
- E : コンディショニングユニット
- F : 焼却ユニット
- G : 管理棟
- H : ユーティリティ室

図-2 CILVA施設

項目 \ 年	1989	1990 5月	1991	1992	1993	1994
基本設計	1	1'				
入札			-----			
発注			-----			
詳細設計				-----		
土木工事				-----		
現地工事					-----	
試運転						-----

図-3 CILVA計画 スケジュール

付録3 ENC '90出張報告

1990年リヨン国際原子力見本市 ENC '90 Exhibition が開催された。これは、原子力に関する機器や技術開発の推進、安全性の確保の技術を紹介する国際交流の場である。ENC '90は、Conference, Poster Sessions, Exhibition の三部で構成されている。動燃事業団も、Exhibitionの部に「もんじゅ」の建設状況などのFBRの開発状況を出展したので、広報室の出展協力及び各国の原子力技術開発状況の調査のため参加した。

1. 開催場所

EUREXPO ENC 会場 (フランス・リヨン)

2. 開催期間

1990年 9月24日 (月) ~28日 (金)

うち 9月24日 (月) 午後及び25日 (火) 出席

3. 概要

Exhibitionには、約 400社 (約20カ国) の出展があった。会場は、ギャラリーA (インドネシア、スイス等)、ホール02 (ドイツ、フランス、アメリカ、カナダ等)、ホール04 (イギリス、日本等) に分かれていた。日本からは、JETROのメンバーとして動燃、原研等が出展していた他、日立、東芝等の企業単位の出展もあり、両者の合計で20社余りが出展していた。会場で最も活気があったには、地元フランスのブースで、COGEMAグループをはじめ80社近くが出展していた。

展示品は、原子力発電所の模型から防護具、計測機器類まであり、各メーカーがそれぞれの専門分野の展示を行っていた。廃棄物関係の出展も多く、パネル展示やパンフレットの配付も行っていた。パンフレットについては、国の方針を示したものと各企業の業績や装置を示したものに分けられ、前者はカナダ、フィンランドで配付されていた。また、マニプレータ等の遠隔操作機器の出展もあり、展示内容で気の付いた点を次項に示す。

全体的な印象として、Exhibitionが展示だけでなく商談の場ともなっているため、デモンストレーションが少なく、マンツーマンの対応が多かった。また、出展者によっては、業務の紹介よりもバーがメインのようなところもあり、日本の展示会との雰囲気の違いを感じた。

4. 各国企業の出展状況について

各国企業の出展状況について、廃棄物関係を中心にまとめた。

(1) アメリカ

GE社、Westinghouse社の2大メーカー等が出展していたが、廃棄物に関する展示はなかった。

(2) イギリス

BNFL

「Open to question 7 days a week」のパネルが印象に残った。

廃棄物パンフレットの配付

全てのタイプの廃棄物の処理を実施している。

ガラス固化については、フルスケール・パイロットプラントで試験後、Windscale
固化プラントを建設（1990年運転開始）

空冷方式の貯蔵設備を隣接。

GEC Alstom

BNFLに納入しているキャニスターを展示

UK Nirex Limited

低レベル固化体のパッキング及び輸送のパンフレット配付

Waste chem

セメント固化、スーパーコンパクション等のパンフレット配付

(3) インドネシア

Bandan Tenaga Atom National

廃棄物パンフレットの配付………蒸発缶やセメント固化設備の説明

(4) カナダ

展示はCANDU炉が中心

廃棄物のパネルは1枚しかなかったが、廃棄物のパンフレット「MANAGING CANADA'S NUCLEAR FUEL WASTE」を配付しており、カナダの廃棄物の処分の考え方やシステム、調査研究内容がわかりやすくまとめてあった。

- ・現状では、ウラン燃料が安いので再処理を行っていない。
- ・使用済み燃料は、水冷又は水冷後コンクリート製コンテナに保管
- ・2035年以降 処分場に収容

(5) スウェーデン

廃棄物のパネル展示及びパンフレット配付

使用済み燃料：CLAB（1985年開業）に貯蔵後、最終処分（2020年頃を計画）。

現在、そのための研究を行っている。

低レベル廃棄物：海底下約60mにあるSFRに処分（1988年開業）

(6) スイス

ict社が小型マニプレータを展示。

(7) スペイン

NUSIM社の廃棄物ドラム缶の検査やハンドリングを行う装置の展示があった。

(8) ソ連

原子力砕水船や宇宙船のシステムの展示があった。（炉が中心）

(9) ドイツ

NUKEM

廃棄物パンフレットの配付

液体及び固体廃棄物の減容並びに処理

貯蔵システム（低、中、高レベルの液体及び固体）

使用済み燃料のDirect Final Disposalも研究

PAMELA

パンフレットのみ配付。

Dornier

英文パンフレットの発送依頼を行った。

berthold

ドラム缶の放射能測定装置を展示

遠隔操作関係では、HWM社がマニプレータやパワーマニプレータを展示していた他、SCHO TT社が遮蔽窓を、NOELLとBILZが遠隔操作ロボットを展示していた。特に、BILZ社はITVで無線操作のデモを実施していた。

(10) 日本

IHI がガラス固化のパネルを2枚展示していた他、日立のセメントガラス固化システム等の低レベル廃棄物の処理技術の展示やパンフレット配付があった。

(11) フィンランド

廃棄物のパネル展示及びパンフレット配付

フィンランドには、4基の原子力発電所がある。うち2基は、使用済み燃料を水冷貯蔵。再処理せず、使用済み燃料のまま処分。残りの2基は、一定期間水冷後、ソビエトに輸送。

(12) フランス

USINOR SACILOR

キャニスターを展示。

SCN

低レベル廃棄物処理のパンフレット配付。

遠隔操作関係では、LA CALHENE社がダブルカバーシステム、小型マニプレータ、パワーマニプレータを、SOVIS社が遮蔽窓を展示していた。

(13) ベルギー

SCK/CEN

モルの地下研究設備の紹介パンフレット配付。

(14) その他

オランダ、イスラエル、ポーランド等の企業の出展があったが、防護具や放射線計測機器等のメーカーであった。