

JAERI - M
82-143

環境シミュレーション試験施設の概要

1982年10月

山本 忠利・原田 芳金・斎藤 和明・和達 嘉樹

JAERI-Mレポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。
入手の問合わせは、日本原子力研究所技術情報部情報資料課（〒319-11茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしてください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-11茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費頒布をおこなっております。

JAERI-M reports are issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Information Section, Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, 319-11, Japan.

©Japan Atomic Energy Research Institute, 1982

編集兼発行 日本原子力研究所
印 刷 いばらき印刷(株)

環境シミュレーション試験施設の概要

日本原子力研究所東海研究所環境安全研究部

山本忠利・原田芳金・斎藤和明・和達嘉樹

(1982年9月25日受理)

低レベル放射性廃棄物の陸地処分に関する安全性評価試験を実施する施設として、環境シミュレーション試験施設の概念設計を行なった。本試験施設は、自然状態（未攪乱状態）の土壌を充填した地中シミュレーション装置により放射性核種の地中移動を調べるためのものであり、昭和57年度内に完成する予定である。

本報は、環境シミュレーション試験施設の概要をまとめたものであり、試験の役割、使用する放射性物質、施設の概要に加えて、試験の概要、試験装置の概要、施設の安全性について記述している。

Outline of Facility of Simulation Test for Environmental Radionuclide
Migration (STEM)

Tadatoshi YAMAMOTO, Yoshikane HARADA,
Kazuaki SAITOH and Yoshiki WADACHI

Division of Environmental Safety Research,
Tokai Research Establishment, JAERI

(Received September 25, 1982)

A conceptual design was prepared for the Facility, "Simulation Test for Environmental Radionuclide Migration (STEM)", in which the safety evaluation test will be performed on the ground disposal of low-level radioactive wastes. This facility, therefore, is used for the studies of radionuclide migration in the ground by means of the apparatus equipped with undisturbed soil and it will be built in 1982.

This report describes the outline of STEM : role of test, radioactive substance used, outline of facility and moreover, test process, test apparatus, and safety of facility.

Keywords : Simulation Test, Environmental Radionuclide Migration,
Ground Disposal, Low-level Radioactive Wastes, Safety
Evaluation, Strata Simulation Apparatus

目 次

1. 試験の役割	1
1.1 陸地処分に関する動向	1
1.2 陸地処分の安全性研究の現状	1
1.3 試験の必要性	2
2. 使用する放射性物質	5
2.1 核種	5
2.2 性状	5
2.3 数量	5
3. 施設の概要	6
3.1 建家	6
3.2 付属設備	6
3.2.1 RI貯蔵設備	6
3.2.2 廃棄物保管設備	6
3.2.3 廃棄物処理装置	6
3.2.4 除染装置	7
3.2.5 排水設備	7
3.2.6 排気設備	7
3.2.7 放射線管理設備	7
3.2.8 その他の設備	8
4. 試験の概要	18
4.1 試験の目的	18
4.2 試験の内容	18
4.3 試験の計画	19
5. 試験装置の概要	21
5.1 地中シミュレーション装置	21
5.1.1 通気層用装置	21
5.1.2 帯水層用装置	24
5.2 ウェザールーム空調装置	27
5.3 水流速測定装置	31
5.3.1 通気層用装置	31
5.3.2 帯水層用装置	34
5.4 核種移動速度測定装置	38
5.5 放射能測定装置	42
5.6 水質コントロール装置	44

5.7	土壤物性測定装置	45
5.8	分配係数測定装置	47
5.9	元素地中移行測定装置	49
6.	施設の安全性	52
6.1	安全管理	52
6.1.1	放射線管理	52
6.1.2	放射性廃棄物管理	54
6.1.3	一般安全管理	54
6.2	安全解析	54
6.2.1	作業者の放射線外部被曝解析	54
6.2.2	作業者の放射線内部被曝解析	55
6.3	安全対策	55
6.3.1	火災対策	55
6.3.2	爆発対策	55
6.3.3	地震対策	56
6.3.4	停電対策	56
6.3.5	誤操作対策	56
6.3.6	漏液対策	56
6.4	最大想定事故の評価	56
6.4.1	想定事故の内容	56
6.4.2	被曝線量の評価	56
7.	あとがき	58
	参考文献	58

Contents

1.	Role of test	1
2.	Radioactive substances	5
3.	Outline of facility	6
4.	Outline of test process	18
5.	Outline of test apparatus	21
6.	Safety of facility	52
7.	Remarks	58
	References	58

1. 試験の役割

1.1 陸地処分に関する動向

原子力施設から多量に発生する放射性廃棄物に対処するため、原子力委員会は、昭和51年10月に放射性廃棄物の処分について基本方針¹⁾を示した。それによると、「低レベル放射性廃棄物の処分については、事前に安全性を評価し、試験的処分の結果を十分踏まえて慎重に進めるものとし、処分方法としては、処理の形態に応じて海洋処分と陸地処分をあわせて行なう方針とする。」となっている。

現在、海洋処分については、ロンドン投棄条約に基づき試験的投棄を北西太平洋深海で行なう予定であるが、種々の理由で実施が遅れている。一方、陸地処分については、安全性評価試験が行なわれる段階で、陸地処分の安全性の確立が急がれている。図1は海洋処分および陸地処分における開発課題を対比させて示したものである。

原子力委員会放射性廃棄物対策専門部会は低レベル放射性廃棄物の陸地処分を中心に見直しを行ない、昭和57年6月、基本的な考え方を答申している。それによると、「陸地処分に当たっては、低レベル放射性廃棄物の特性に応じて固化体や処分施設等の人工バリア及び土壌や地層という天然バリアにより総合的に安全性を確保できるようその処分方式を決定することが必要である。処分方式としては、トレンチ、ピット、構造物または地下空洞内への処分が考えられる。」としている。

1.2 陸地処分の安全性研究の現状

我国における陸地処分の安全性に関する研究の現状²⁾を表1に示す。基礎研究は、京大、原研等で廃棄物固化体からの核種浸出実験および地中モデル装置による核種移動実験が行なわれているが、全般に安全解析に寄与するには不十分である。一方、フィールド試験は、原子力環境整備

表1 陸地処分の安全性に関する研究の現状

研究テーマ	試験区分		
	基礎研究	環境シミュレーション試験	フィールド試験
放射性核種の人工バリアーからの浸出			
廃棄物パッケージ	△	△	×
処分施設	△	×	△
放射性核種の自然バリアー中移動			
通気層	△	×	×
帯水層	△	×	△

△, 安全解析に寄与するには不十分; ×, 安全解析に寄与する実績がない。

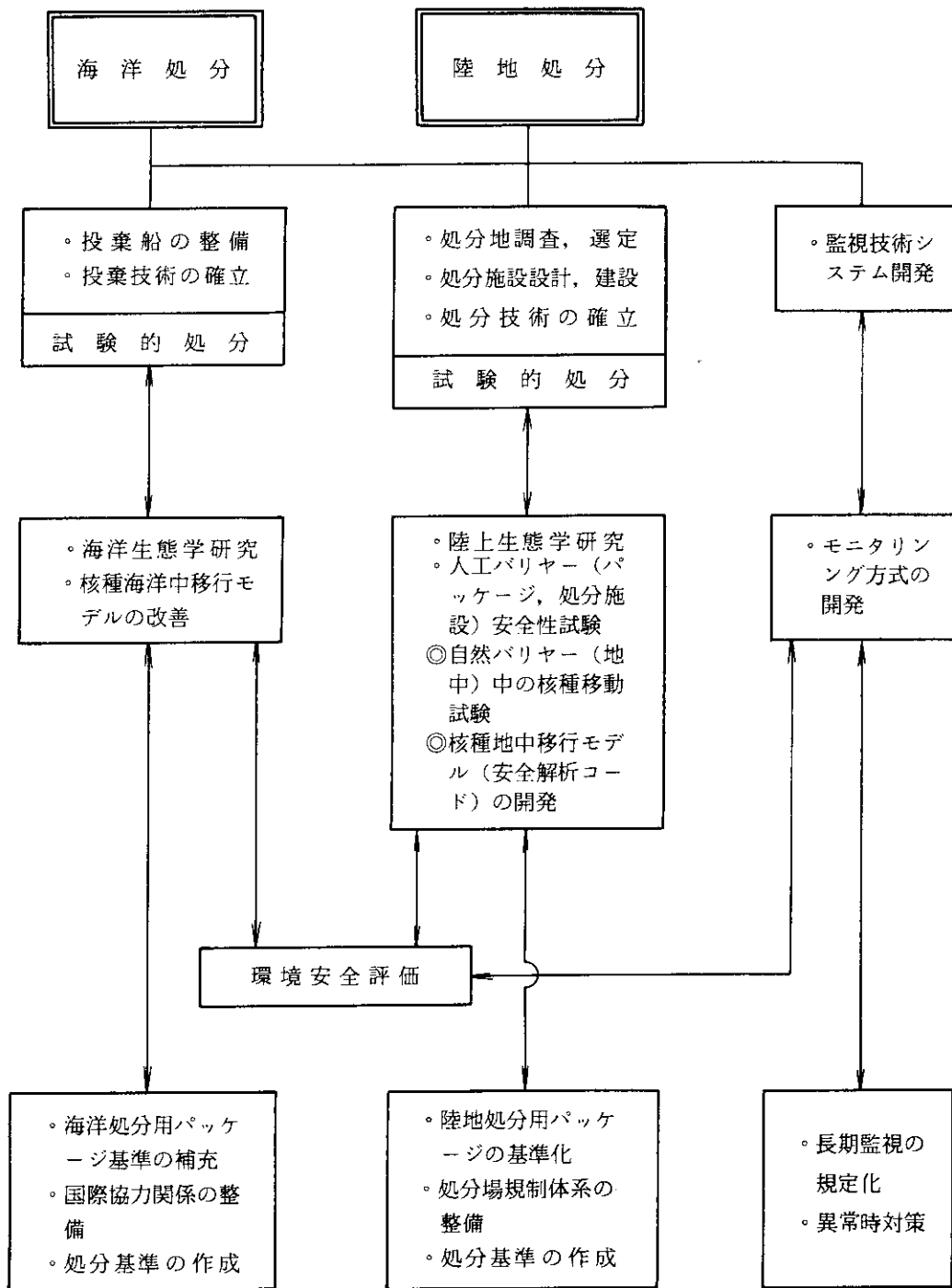
センターがコールドトレーサーを使用した処分施設（トレンチおよびコンクリートピット）の安全性および帯水層中核種移動について試験を行なっている。

試験的な処分に至るまでには、これまでに実施している基礎研究をさらに発展させるとともに、フィールド試験、および原研で計画中の環境シミュレーション試験を実施し、それらの成果を基に、環境安全評価を行なう必要がある（図2参照）。

1.3 試験の必要性

陸地処分は、国情すなわち地理的、社会的条件に大きく左右されるものであり、我国では現在のところ処分予定地が決っていないが、欧米諸国では浅地中埋設あるいは岩塩坑への処分がすでに実施されている。我国の場合は、岩塩層、砂漠等の適地がなく、人口稠密なため、特に事前に十分な環境安全評価が必要である。この際、処分廃棄物から漏出する放射性核種の自然バリエーション中移動、すなわち図3に示す移行経路の中で、通気層および帯水層中における放射性核種の移動に対する正確な評価が必要となる。フィールド試験においてホットトレーサーが使用できれば、自然バリエーションの安全性が実証でき、さらに放射性核種の両地層中における移動状況を直接知り得て、環境安全評価に資することができる。しかしながら、我国ではホットトレーサーを使用するフィールド試験を実施することは、種々の事情により不可能に近い。このような事情から、自然状態の土壌を充填した装置により、放射性核種の移動試験を施設内で実施する“環境シミュレーション試験”³⁾の必要性が生じてくる。すなわち、ホットトレーサーを使用するフィールド試験をフィールドにおける水文地質学的調査等とホットトレーサーを使用する環境シミュレーション試験の双方によりカバーしようとするものである。

原研では、昭和58年度後半に環境シミュレーション試験の開始を目指して、本試験施設の建設および地中シミュレーション装置等の内装機器の整備に現在着手している。



◎環境シミュレーション試験が関与する開発課題

図1 低レベル放射性廃棄物の処分方式と開発課題

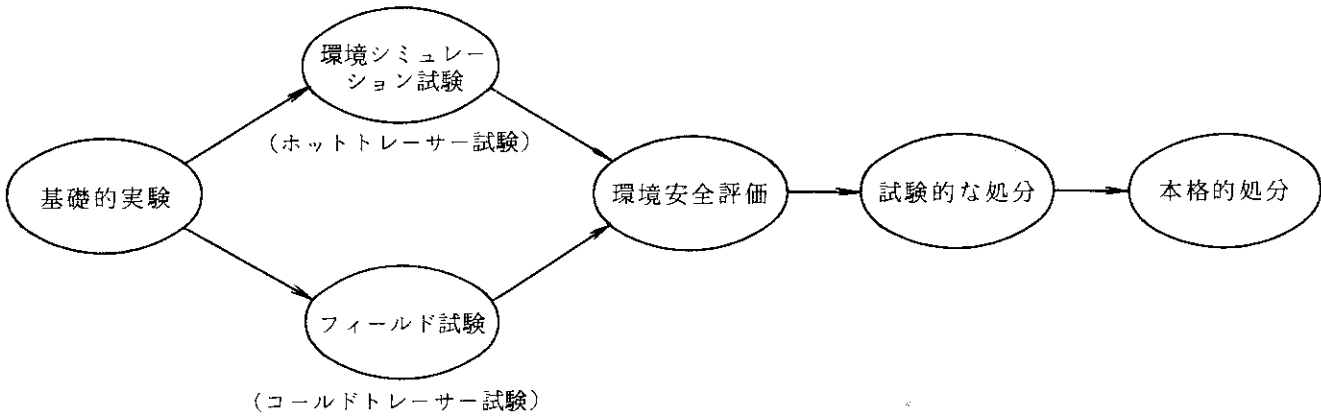


図2 陸地処分の安全性確立のために必要な試験研究プロセス

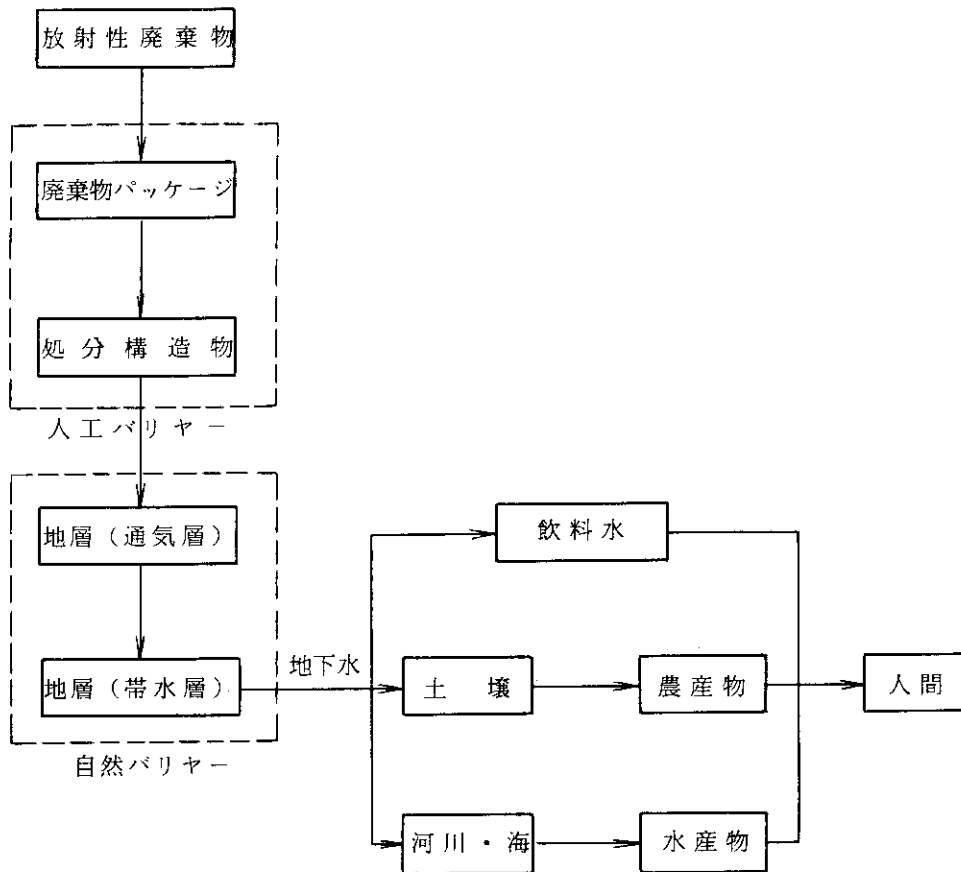


図3 放射性核種の環境中での移行経路

2. 使用する放射性物質

2.1 核 種

使用する放射性核種は、 β 核種として ^3H および ^{90}Sr 、 γ 核種として ^{60}Co 、 ^{85}Sr および ^{137}Cs 、 n 核種として ^{252}Cf である。

2.2 性 状

^{252}Cf は、金属でカプセルされた密封のRI線源であり、それ以外の核種 ^3H 、 ^{90}Sr 、 ^{60}Co 、 ^{85}Sr および ^{137}Cs は、非密封のRI水溶液である。

2.3 数 量

環境シミュレーション試験で取扱う放射性物質の取扱量を表2および表3に示す。

表2 非密封RIの取扱量

核 種		1日最大使用量	年間最大使用量
β 核種	^3H	5 mCi	100 mCi
	^{90}Sr	2.5 mCi	50 mCi
γ 核種	^{60}Co	2.5 mCi	50 mCi
	^{85}Sr	5 mCi	100 mCi
	^{137}Cs	5 mCi	100 mCi

表3 密封RIの取扱量

核 種	数 量
n 核種	^{252}Cf 536 μCi (1 μg) / 個 \times 10 個

3. 施設の概要

3.1 建 家

本施設は、廃棄物安全研究棟（WASTEF）の北北西約50mの場所に設置し、試験ホールおよび測定室等から成る延床面積約1,500m²（内管理区域約900m²）の鉄筋コンクリート造りおよび鉄骨スレート造りの建家である。管理区域はウェザールーム、試験ホール、RI貯蔵室、分配係数測定室、放射能測定室、廃棄物保管室、廃棄物処理室および除染室等から構成され、非管理区域は居室および物理化学測定室等から構成される。管理区域内の床面は、モルタルの上にプラスチックライニングが施されている。

本建家の建設場所を図4に、また、建家内各室の配置を図5および図6に示す。

3.2 付属設備

本施設は3.1で述べた建家内に付属設備としてRI貯蔵設備、廃棄物保管設備、廃棄物処理装置、除染装置、排水設備、排気設備および放射線管理設備等を設けている。

3.2.1 RI貯蔵設備

本設備はRI貯蔵室に設置され、 β 、 γ 核種用とn核種用の二種類の貯蔵庫から成る耐火構造をしたRI貯蔵用金庫である。RI貯蔵室は、周辺の放射線レベルを許容値（2mrem/h）以下に抑えるのに十分な遮蔽能力を持ったコンクリート壁（厚さ50cm）でできている。

β 、 γ 核種用貯蔵庫は、³H 100mCi、⁹⁰Sr 50mCi、⁶⁰Co 50mCi、⁸⁵Sr 100mCi および¹³⁷Cs 100mCiの貯蔵が可能であり、鉛および鉄で作られている。一方、n核種用貯蔵庫は、²⁵²Cf 5.36mCiの貯蔵が可能であり、パラフィンおよび鉄で作られている。その概要を図7および図8に示す。

3.2.2 廃棄物保管設備

本設備は、周辺の放射線レベルを許容値（2mrem/h）以下に抑えるのに十分な遮蔽能力を持ったコンクリート壁（厚さ50cm）の部屋であり、試験済土壌を収納した廃棄物容器（ドラム缶；200ℓ）を最大12本一時的に保管できるものである。その概要を図9に示す。

3.2.3 廃棄物処理装置

本装置は廃棄物処理室に設置され、環境シミュレーション試験で発生する汚染土壌を廃棄物容器に充填、密封するためのものである。ウェザールーム内の地中シミュレーション装置から運ばれてきた土壌をホッパーへ移すためのホイスト、土壌を一時貯留し、定量的に払い出して廃棄物容器に収納できる土壌払い出し機付ホッパーから構成されており、約1m³/hの処理能力を持つ

ている。その概要を図 10 に示す。

3.2.4 除染装置

本装置は除染室に設置され、環境シミュレーション試験で汚染した試験装置の部品、機器類を噴流攪拌洗浄方式により除染し、再使用するためのものであり、ウェザールーム内から運ばれてきた部品、機器類を洗浄槽 (SUS-316 L) へ移すためのホイスト、除染液を調整し、一時貯留する洗浄槽 (容量約 3 m³)、部品、機器類に付着した汚染土壌を洗い落とすための電動ブラシ、洗浄槽内の除染液を加温するスチーム配管および除染液を噴流攪拌して機器類の除染を行なう洗浄ポンプ (ノンシール型ポンプ) から構成されている。その概要を図 11 に示す。

3.2.5 排水設備

本設備は、管理区域と非管理区域の排水系統を完全に分離し、管理区域の排水は全て地階の D. P. タンクへ集水できる構造になっている。D. P. タンクは 2 基 (各容量 8 m³) 設置され、排水管と並列に接続されており、1 基は予備として使用される。施設の排水設備系統を図 12 に示す。

試験装置からの廃液は、配管ピット内に設けたホット廃液タンク (容量 1 m³) に一時貯留された後、D. P. タンクへ送られる。ホット廃液タンクには試験装置から流出したシルトを捕集する機器が設けられている。

廃液の処理については、D. P. タンクおよびホット廃液タンクの廃液中の放射能濃度を測定し、所定濃度以下の時は希釈しながら一般排水として処理し、所定濃度以上の時は、タンク車で廃棄物処理場へ輸送する。また、両タンクには漏水拡散の防止と漏水の検知を行なうためにホット排液ピットを設けている。さらに、水位計によりコントロール室から常時タンク内の水位の監視ができる。

ホットの排水管および排水溝は、漏水の点検監視ができる構造のものである。

3.2.6 排気設備

本設備は、管理区域と非管理区域の排気系統を分離し、管理区域のオフガスは全てスタックを通して大気中に放出できるものであり、流量計およびスタックダストモニターによりオフガスの流量およびオフガス中の放射能濃度をコントロール室で監視できる構造になっている。施設の排気設備系統を図 13 に示す。

管理区域の排気系統には、試験ホール換気系、ウェザールーム空調系、ホット研究実験区域・廃棄物処理区域空調系およびホット機械室空調系の 4 系統があり、それぞれの排気系には、プレフィルター 1 段、HEPA フィルター 1 段のフィルターユニットが装備されている。また、長期の試験に備えて、ウェザールームは独立に連続換気が可能である構造のものである。

3.2.7 放射線管理設備

本設備は、管理区域内の放射線および放射能を管理するためのものである。チェンジングルームには人体および機器の放射能汚染を検査するためにハンドフットモニター、レムカウンター、GM サーベイメーター、シンチレーションサーベイメーターおよび表面汚染検査計等が設置され

ている。また、スタックダストモニターは集塵部を放管室、測定部をコントロール室にそれぞれ設置し、排気中の放射能濃度を連続的に監視する。

さらに、可搬型エリヤモニター、移動型ダストモニターおよびトリチウムモニター等は放射線レベルが高い場所に設置され、試験中における放射線量率および放射能濃度が監視できる。管理区域内の各室には、定期的に空気中の塵埃に付着した放射エネルギーを検査するためにローカルサンプラーが配置されている。

3.2.8 その他の設備

(1) 天井クレーン

試験ホールにはウェザールーム内への重量物の搬出入を行なうために、2.8 ton 天井クレーンが装備されている。その運転はケーブルによる遠隔操作である。

(2) フォークリフト

試験ホールには汚染土壌を充填した廃棄物容器および重量物の運搬を行なうために、1 ton のバッテリー駆動のフォークリフトが装備されている。

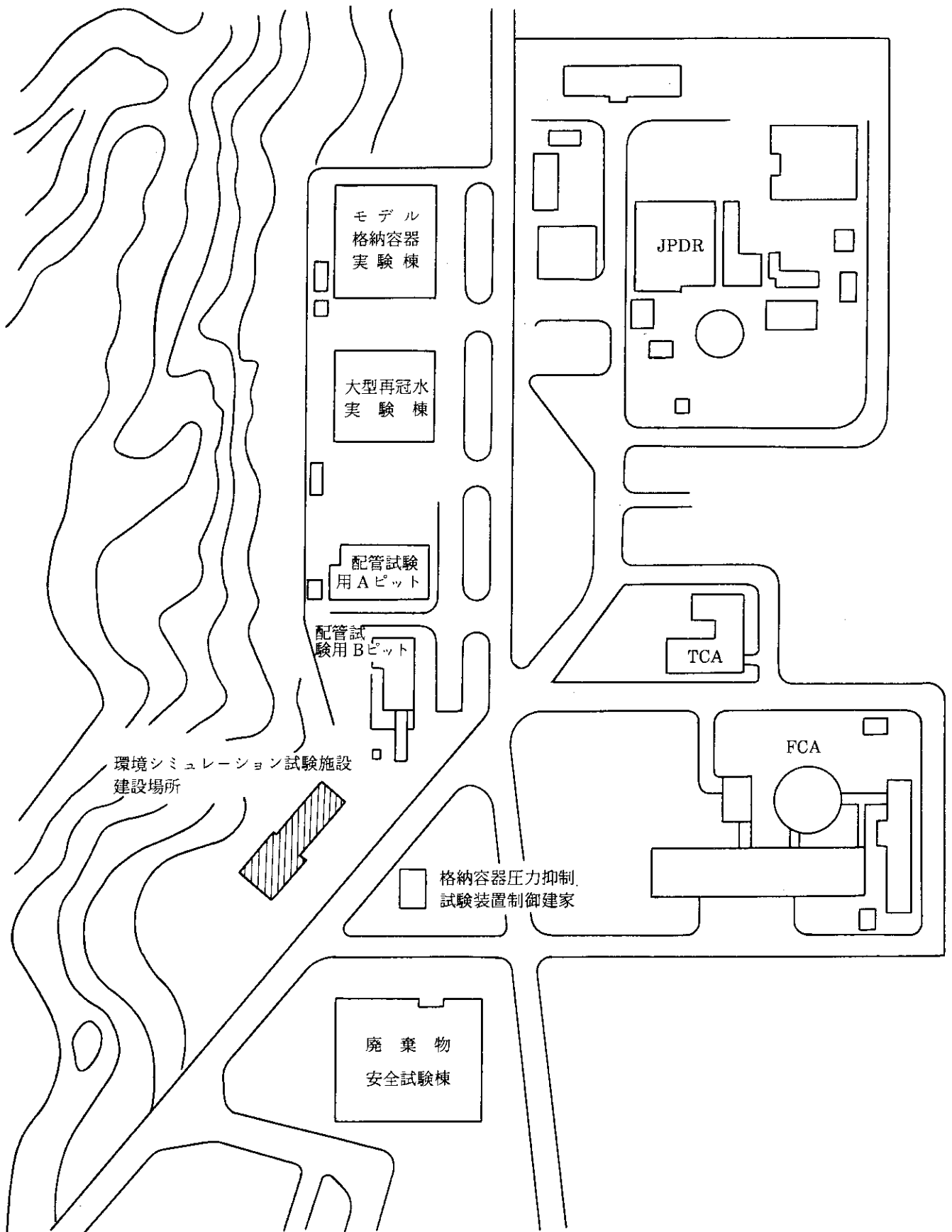


図4 環境シミュレーション試験施設建設場所

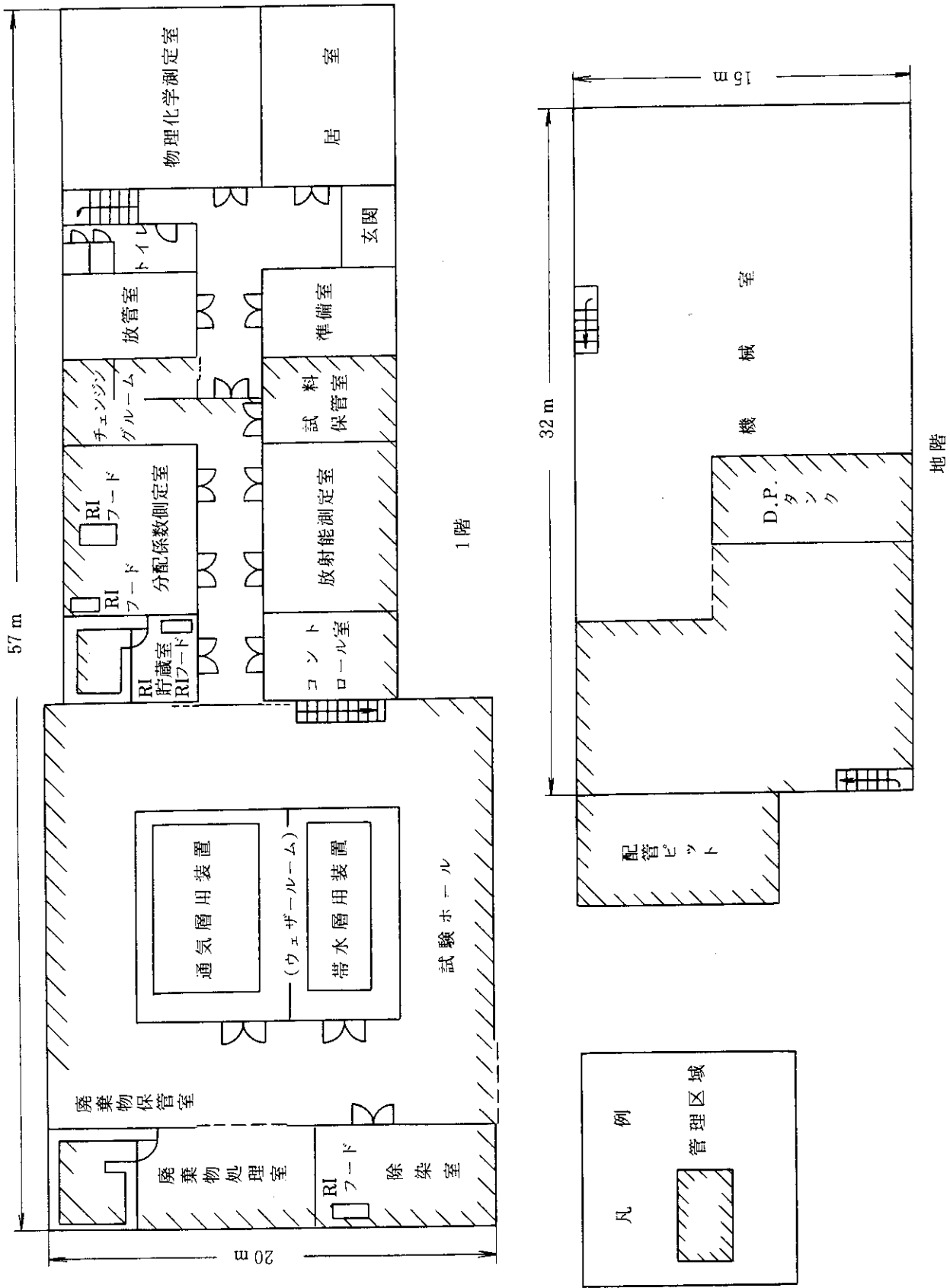


図5 環境シミュレーション試験施設平面図

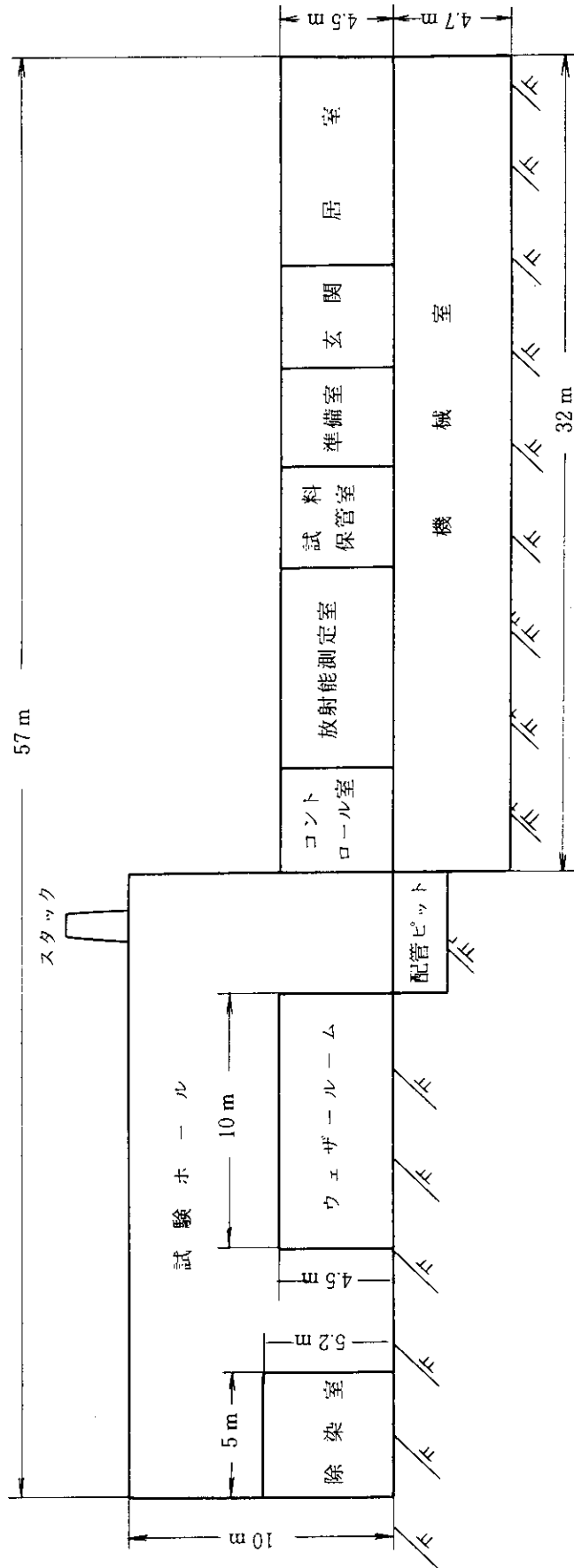


図6 環境シミュレーション試験施設設立面図

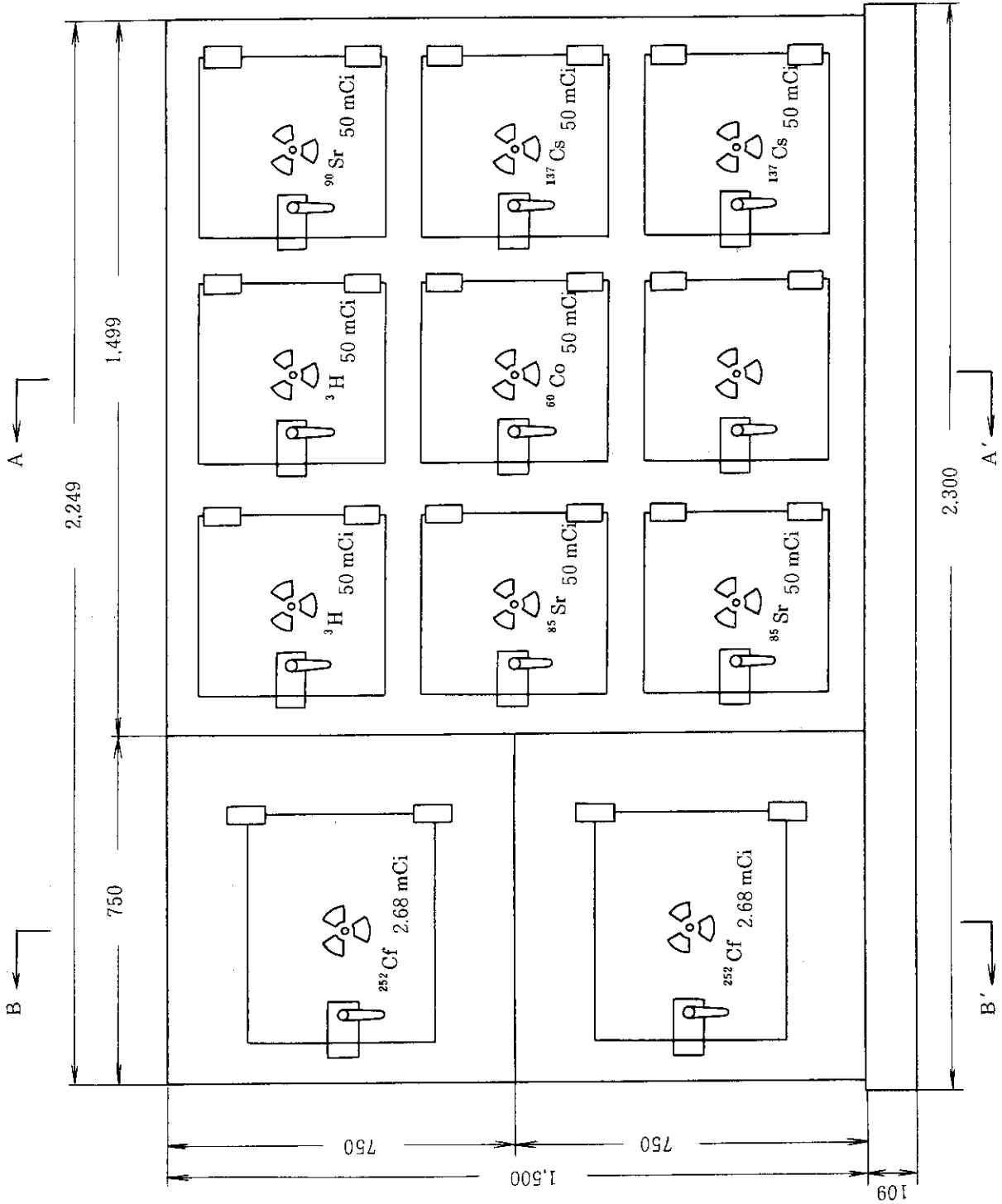
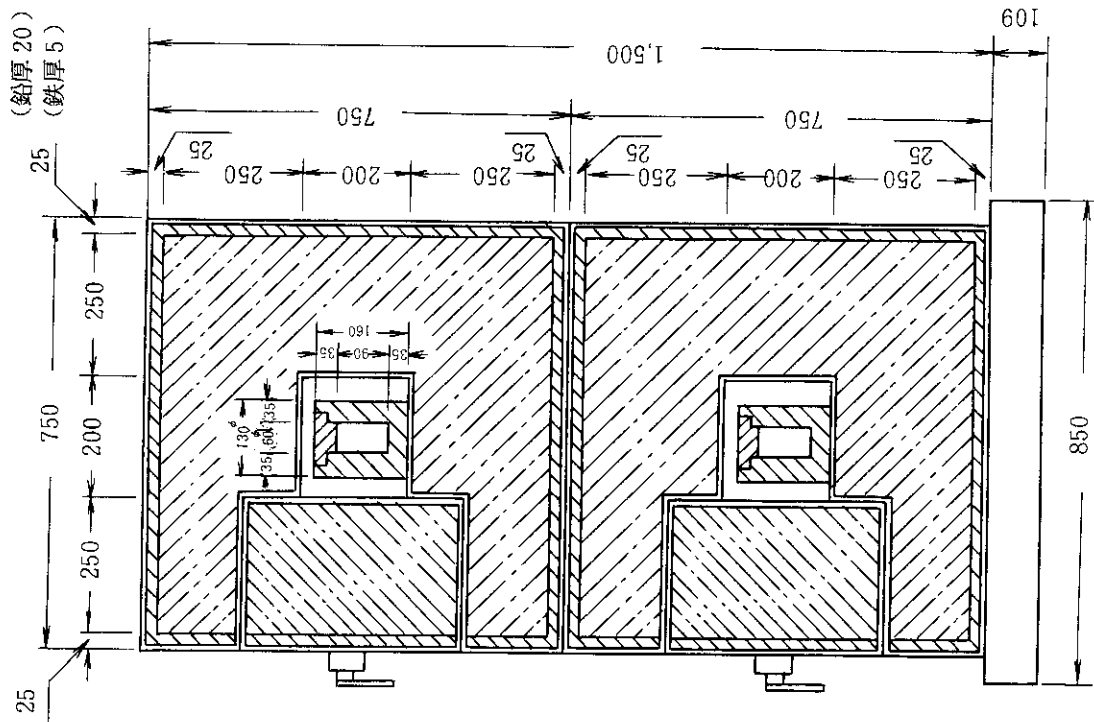
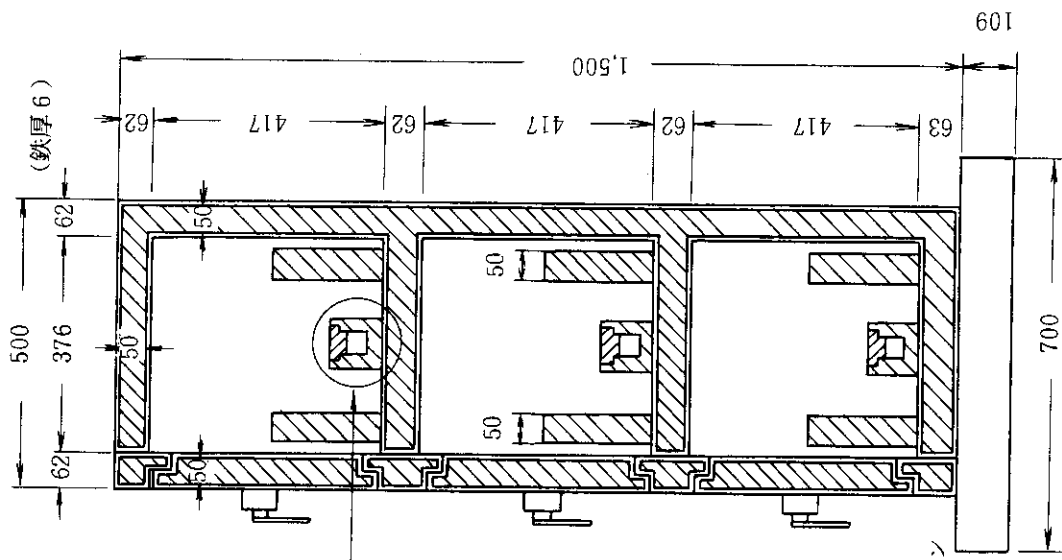


図7 RI貯蔵庫正面図



(B~B' 断面)



(A~A' 断面)

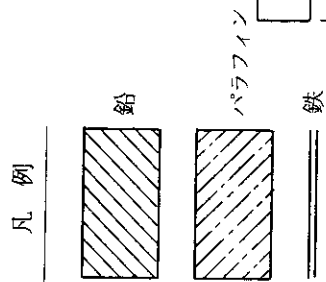
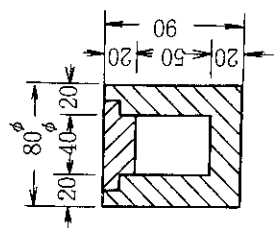


図8 RI貯蔵庫断面図

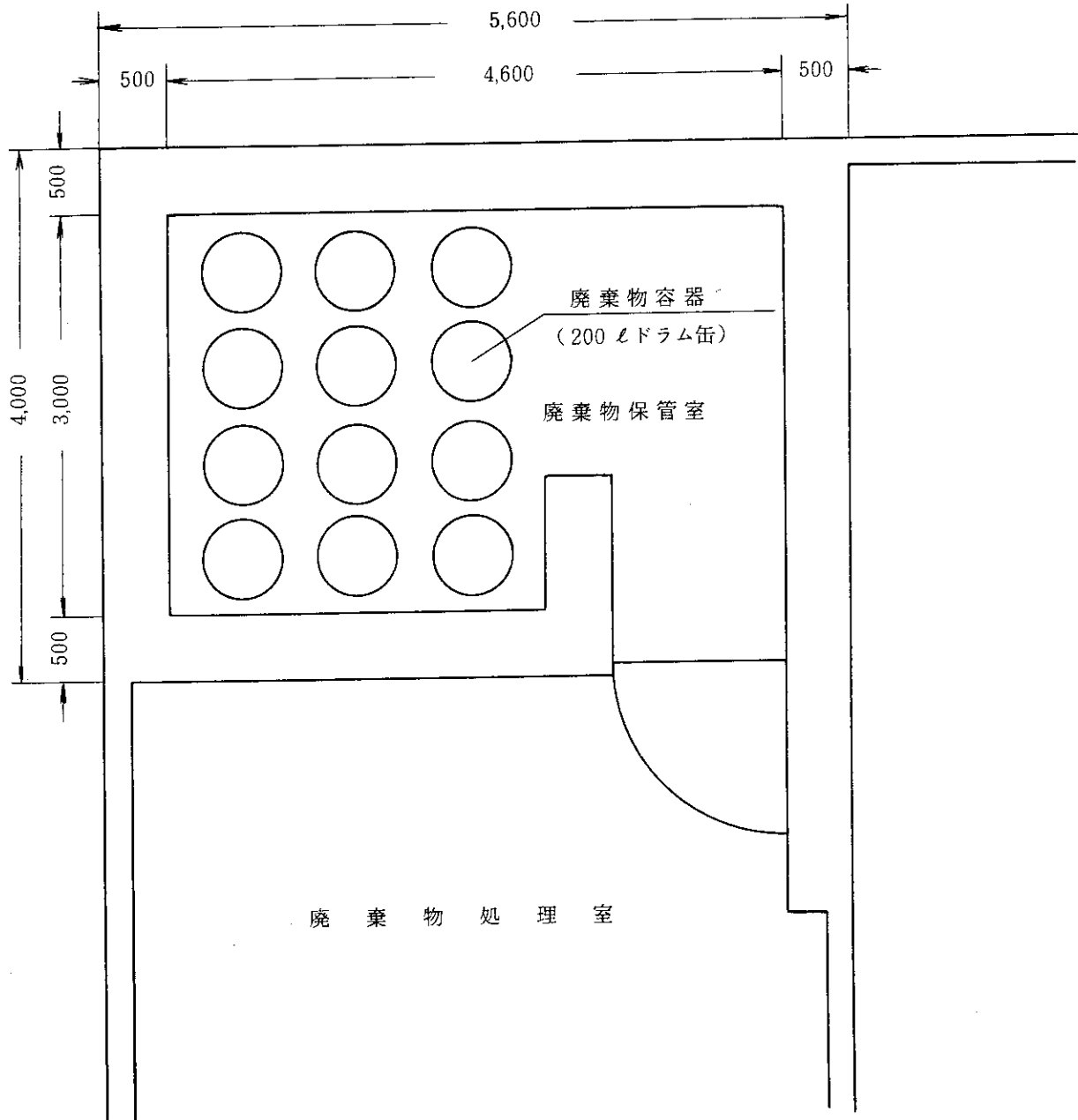


図9 廃棄物保管室における廃棄物容器の配置図

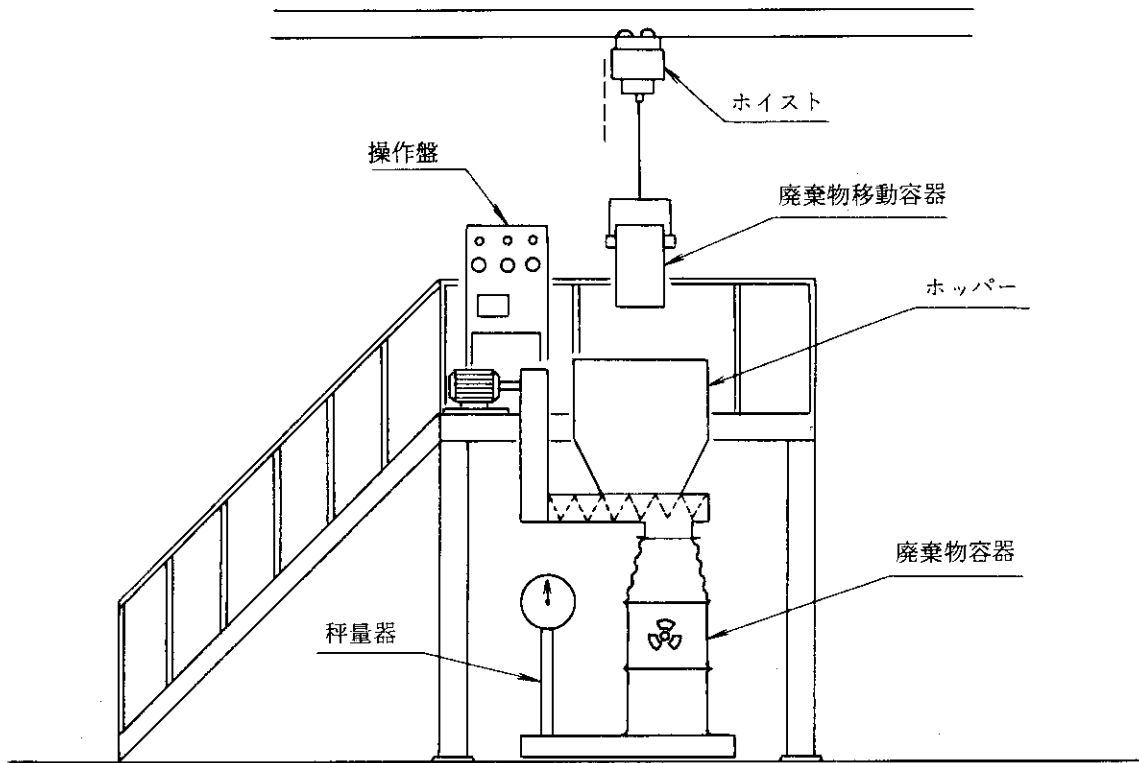


図10 廃棄物処理装置

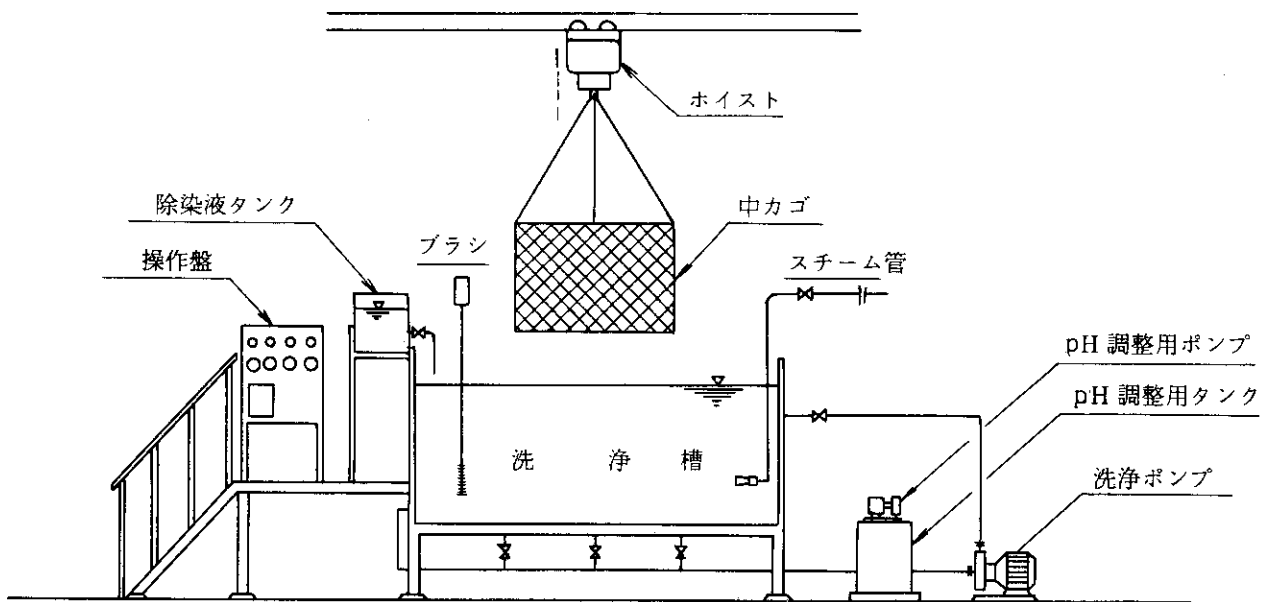


図11 除染装置

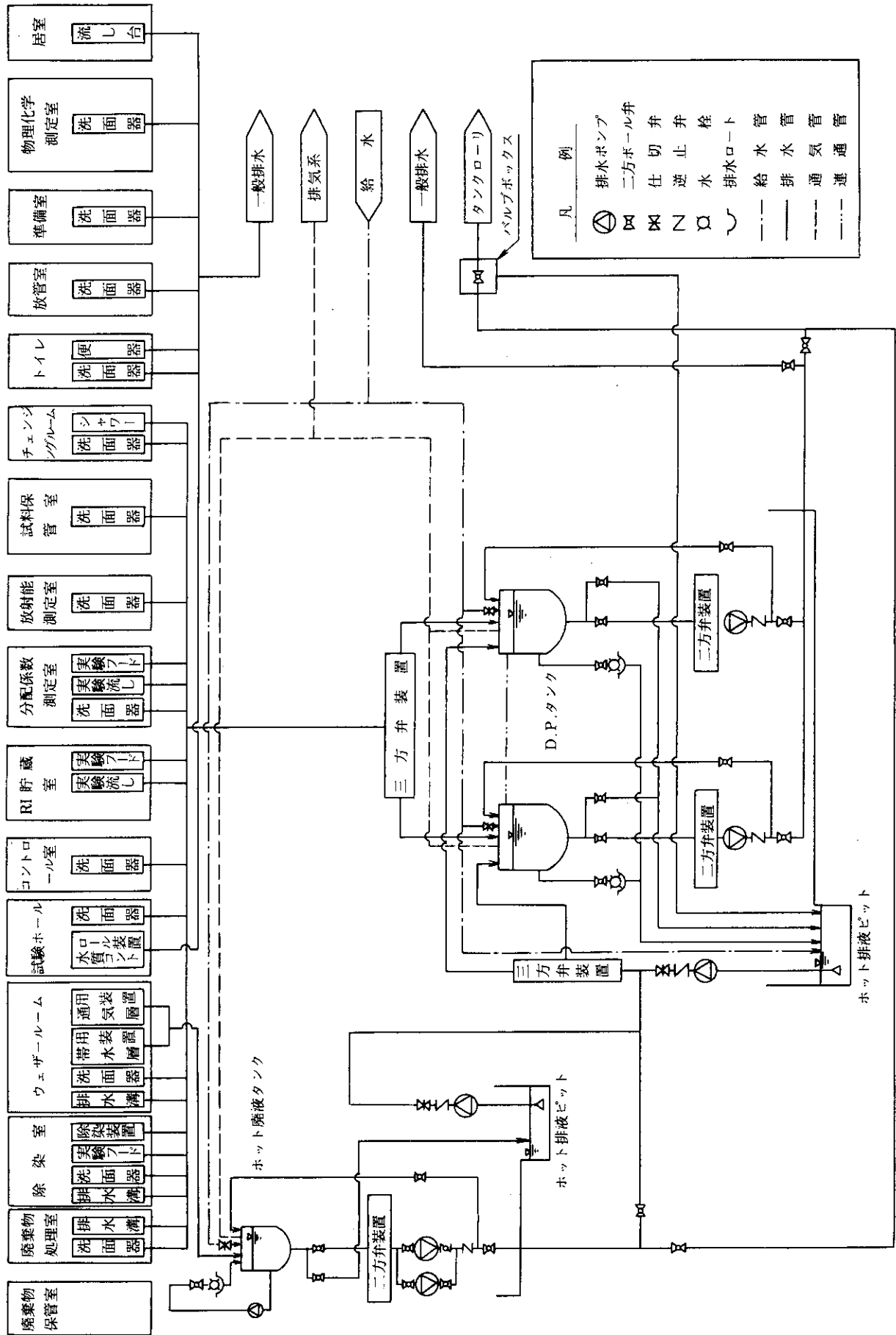


図12 排水設備系統図

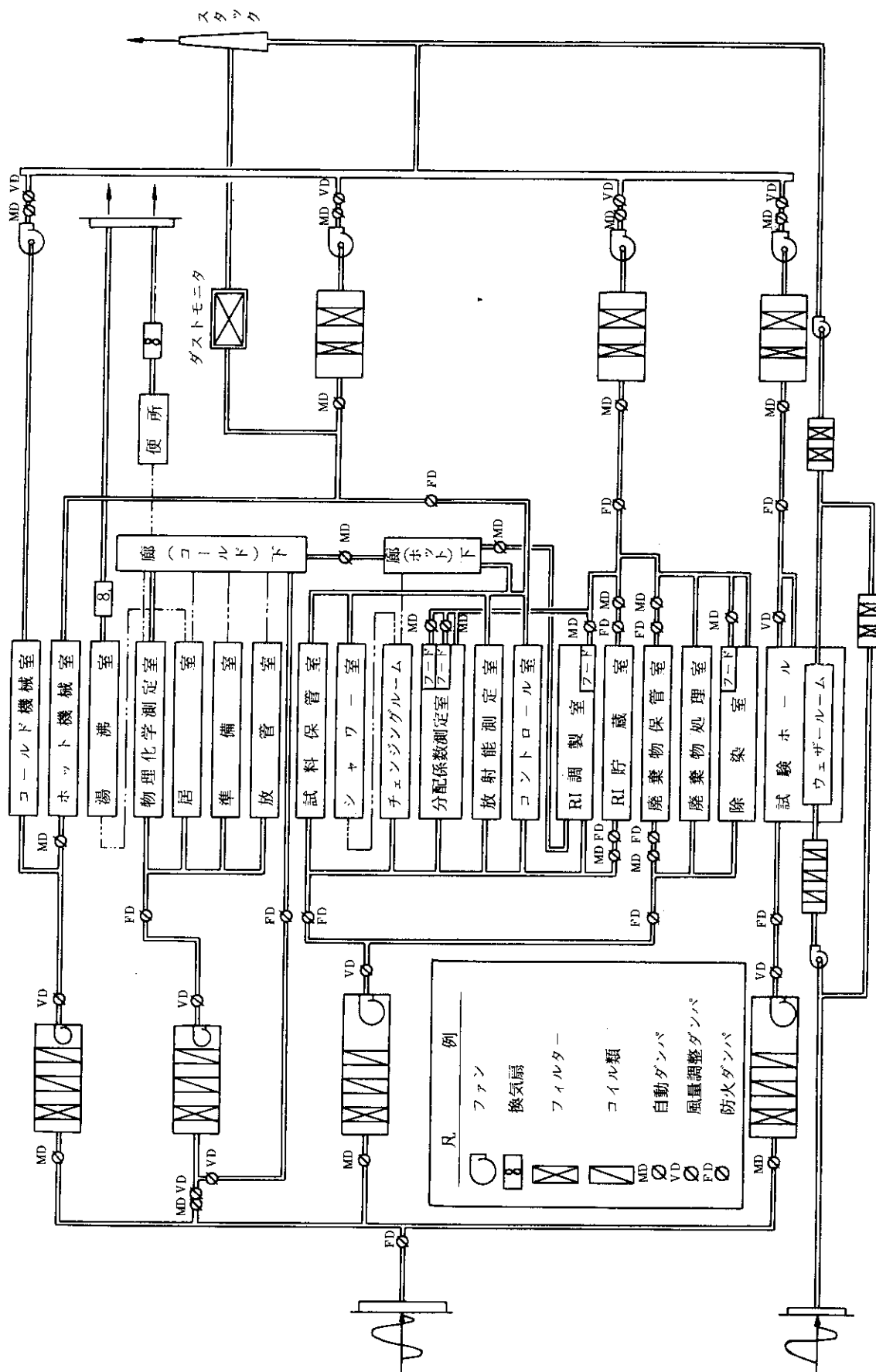


図 13 排気設備系統図

4. 試験の概要

4.1 試験の目的

環境シミュレーション試験は、原子力施設から大量に発生する低レベル放射性廃棄物の陸地処分
の安全性確立に寄与する目的で行なうものである。そのため、試験施設を建設し、自然状態の
土壌を充填した地中シミュレーション装置を用い、放射性核種の地中移動試験を行なう。それ
により放射性核種の地中移動状況を明らかにするとともに、自然バリアー（通気層および帯水層）
の安全性を評価する。さらに、核種地中移動モデルを作成し、試験的な陸地処分の事前環境安全
評価に資する。

4.2 試験の内容

放射性廃棄物をコンクリートピット等の地中構造物に処分した場合に、万一このような処分施
設から放射性核種が降水、地下水等とともに地中に漏出すると、これが環境汚染につながる。現
在、一般に考えられている簡略化した、放射性核種の環境中移行経路⁴⁾を図3に示す。放射性核
種の人体への移行は、我国の多くの原子力施設が海岸に立地していることを考慮し、主として図
3に示す経路に従って生じると見なしうる。環境シミュレーション試験は処分サイト内の自然バ
リアー（通気層および帯水層）に対する放射性核種の移動状況を明らかにするとともに移動阻止
効果を調べる安全性評価試験に相当する。試験においては、BWR および PWR の原子力発電所
から発生する放射性廃棄物に含まれている核種の中で、保健物理学的に重要な核種である ^{60}Co 、
 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 等に対して移動状況を調べる。

さて、陸地処分に対する環境安全評価を行なうにあたっては、以下に述べる放射性核種の地中
移行に影響を及ぼすパラメーターを定量化しておく必要がある。例えば、井上らによって提案さ
れている地中移行モデルに対する計算式⁵⁾に入れるパラメーターとしては、廃棄物中に含まれる
放射性核種量、放射性核種の廃棄物からの浸出率、処分構造物からの浸出率、地下水位（通気層
の厚さ）、通気層の水による飽和度、降水の浸透速度、土壌と地下水との間の核種分配係数值、
地下水の流向・流速、地下水層（帯水層）の厚さ、核種の拡散係数、地層の空隙率、地層を構成
する土壌の密度、処分場から問題となる地点までの距離、海産物、農産物による核種濃縮係数、
地下水の水質、食物の摂取量、食物中に占める放射性核種の割合、摂取する人の年齢構成等が考
えられる。

環境シミュレーション試験に関与するパラメーターは、それらの数多くのパラメーターの中
でも、通気層の厚さ、水の飽和度、水の浸透速度、分配係数值、地下水の流速、帯水層の厚さ、地
層の空隙率、土壌の密度等である。これらのパラメーターは処分サイトによって種々異なるので、
各パラメーターの影響度を定量化するため、その数ヶ所の地層について次のような手順に従って
試験を行なう。

- ① 処分サイトの地層から自然状態のまま採取した試験土壌を 5.1 節で述べる地中シミュレーション装置（通気層用および帯水層用）に充填する。
- ② 一定の試験条件（温度、湿度、放射能濃度、流下速度等）の下で、放射性水溶液を試験土壌に流下する。
- ③ 試験中、土壌中における水の移動速度および核種の移動速度を測定する。
- ④ また、流出液中の放射能濃度を測定し、核種の流出量を求める。
- ⑤ 試験終了後、土壌中の放射能濃度を測定し、核種の土壌吸着量を求める。
- ⑥ 一方、試験に用いた土壌に対する物理的および化学的な物性を測定するとともに、試験と同じ条件下での放射性核種の分配係数値を測定する。

この一連の試験を選定された数ヶ所について実施することにより、前述のパラメーターの定量化が可能となり、自然バリエーション中における放射性核種の地中移動に関する予測式が作成できる。

4.3 試験の計画

環境シミュレーション試験のタイムスケジュールを表 4 に示す。試験施設については、設計、建設を昭和 56 年度末に着手しており、昭和 57 年度に建設を終了する。内装機器の整備は昭和 57 年度から着手し、昭和 58 年度前半に終了する。試験に用いる土壌の採取ならびに採取土壌の物性測定は、昭和 58 年度後半より外部委託により行なう予定である。昭和 58 年後半から主要放射性核種について地中移動試験を開始し、低レベル放射性廃棄物の陸地処分に関する安全性評価のための核種地中移動モデルを作成し、昭和 60 年代に予定されている試験的な陸地処分に対する環境安全評価に寄与する。

表4 環境シミュレーション試験のタイムスケジュール

項目	年度	56	57	58	59	60	61	62
(1) 試験施設建設 。 建家 。 許認可・審査		設計 資料作成 安全審査	建設・設備整備(I) 建設・設備整備(II) 許認可					
	(2) 内装機器整備 ① 地中シミュレーション装置 ② 除染・廃棄物処理装置 ③ RI安全取扱い用機器 ④ 放射線管用機器 ⑤ 難透水層核種移動試験装置		装置製作・設置 装置製作・設置 機器整備 機器整備					
(3) 環境シミュレーション試験 。 核種移動試験 。 安全評価					装置製作・設置			
	(4) 外部委託 。 土壤採取 。 土壤物性測定					核種移 核種地中移動モデルの作成	動 試	験

5. 試験装置の概要

5.1 地中シミュレーション装置

本装置は、自然状態（未攪乱状態）の地層について放射性核種の地中移動試験を行なうためのものであり、地下水位より上の地層である通気層を対象にした通気層用装置と、地下水位の地層である帯水層を対象にした帯水層用装置から構成されている。

5.1.1 通気層用装置

(1) 概 要

本装置は、自然の地層から採取してきた通気層土壌を、自然条件を模擬したウェザールーム内に設置し、その土壌に調整した放射性水溶液を流下させて、土壌および水溶液中の放射性核種の濃度を測定するためのもので、流下機構部、通気層カラム部、流出機構部、サンプリング部およびコントロール部から構成されており、300 mm ϕ の通気層カラム3系列および600 mm ϕ の通気層カラム1系列から成る。なお、コントロール部はコントロール室に収められ、遠隔操作が可能な機構となっている。その概要を図14に示す。

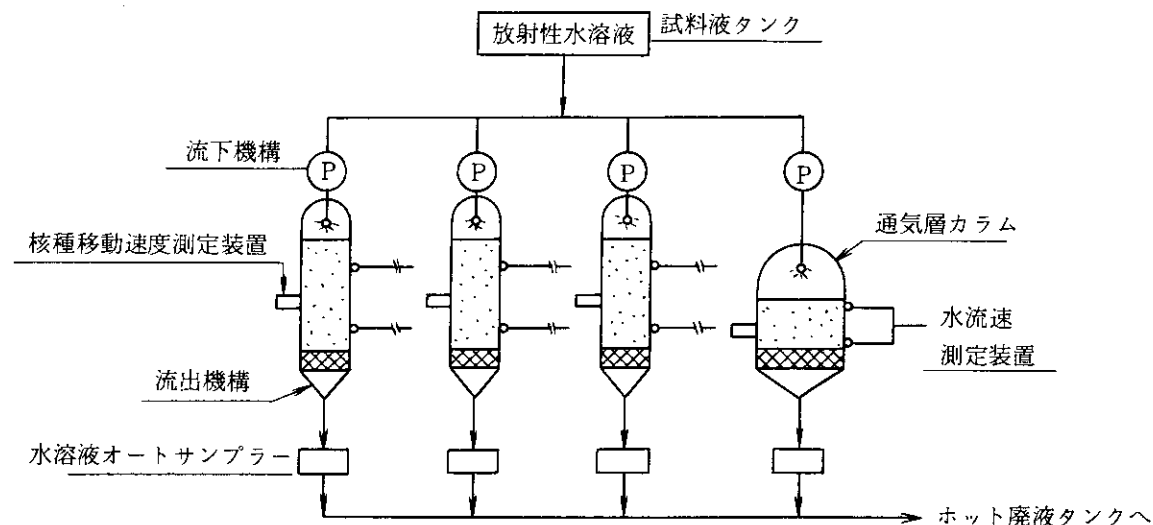


図14 地中シミュレーション装置（通気層用装置）

(2) 機 能

1) 流下機構部

本機構部は所定濃度の放射性水溶液を、通気層表面に均一に散布するためのもので、①試料液タンク、②試料液ポンプおよび③散布器から構成されている。各機器は次のような機能を備えている。

- 1) 試料液タンクは所定の濃度の放射性水溶液を作成し、その水溶液を均一な濃度にして一

時貯留できる。

ii) 試料液ポンプは放射性水溶液を試料液タンクから散布器へ移送でき、その水溶液の流量の調整が可能である。

iii) 散布器は放射性水溶液を通気層表面に均一に散布でき、その水溶液の流量の調整が可能である。

2) 通気層カラム部

本カラム部は通気層土壌を未攪乱状態のまま充填して使用するため、土壌採取容器と兼用するもので、通気層カラムは次のような機能を備えている。

i) 通気層土壌の採取および保管ができる。

ii) 放射性水溶液をカラム内の土壌に流下でき、外部検出方式による水流速、核種移動速度の測定およびカラム内の土壌のサンプリングができる。

3) 流出機構部

本機構部はカラム内の土壌を通過した放射性水溶液を流出させるもので、流出カラムは次のような機能を備えている。

i) 流出した放射性水溶液を集水でき、カラム内の土壌の落下と流出を防止できる。

4) サンプリング部

本サンプリング部はカラムから流出した放射性水溶液を採取または排水するもので、①オートサンプラーおよび②流出液計量容器から構成されている。各機器は次のような機能を備えている。

i) オートサンプラーは流出した放射性水溶液を所定の時間間隔で所定量だけ連続的にサンプリングできる。

ii) 流出液計量容器は、流出機構部からの流出液を計量でき、ポンプを用いてその液をホット廃液タンクへ移送できる。

5) コントロール部

本コントロール部はコントロール室内の操作パネルに設置され、装置機器類の起動および停止、計器類の監視および警報を行なう。

(3) 機器の基本仕様

(添字の(300)は300mm ϕ 通気層用装置、また(600)は600mm ϕ 通気層用装置の機器を示す。)

1) 流下機構部

① 試料液タンク

形 状 : 円筒形

容 量 : 200 ℓ

材 質 : ポリエチレン

付 属 品 : 遮蔽体(鉛厚 10 mm 相当以上)

攪拌器, 液面計

② 試料液ポンプ

型 式 : シールレス型定量ポンプ

流 量 : 0~500 cc/min (300)
 0~2 ℓ/min (600)

材 質 : テフロンまたはSUS 304 (接液部)

③ 散 布 器

型 式 : ノズル滴下方式

散 布 量 : 0~500 cc/min (300)
 0~2 ℓ/min (600)

散 布 面 積 : 有効 300 mm ϕ (300)
 有効 600 mm ϕ (600)

材 質 : SUS 304

2) 通気層カラム部

① 通気層カラム

型 式 : 円筒形 4 段フランジ接合型 (300)
 : 円筒形 2 段フランジ接合型 (600)

寸 法 : 300 mm ϕ ×1,200 mmH (300)
 : 600 mm ϕ ×600 mmH (600)

材 質 : 透明塩化ビニル

3) 流出機構部

① 流出カラム

形 状 : 円筒形

寸 法 : 300 mm ϕ および 600 mm ϕ

材 質 : 透明塩化ビニル

4) サンプルング部

① オートサンプラー

採 取 方 式 : 連続自動採取方式

サンプル数 : 1 ℓ サンプル容器 20 本以上

材 質 : SUS 304 (接液部)

② 流出液計量容器

形 状 : 角 型

容 量 : 200 ℓ

材 質 : SUS 304

付 属 品 : ポンプ, 液面計

5) コントロール部

① 操 作

i) 試料液ポンプの起動, 停止。

ii) 流出液計量容器ポンプの起動, 停止。

iii) オートサンプラーの起動, 停止。

② 監 視

- i) 試料液タンクの液面表示および液温表示記録。
 - ii) 通気層カラム内土壤表面に移送する放射性水溶液の流量表示記録および液量積算表示記録。
 - iii) カラム流入部および流出部の液温表示記録。
 - iv) オートサンプラーのサンプリング採取箇數表示および採取容器交換表示。
 - v) カラム流出部から流出する放射性水溶液の液量積算表示記録。
 - vi) 流出液計量容器の液面表示。
- ③ 警 報
- i) 試料液タンクの液面低下警報。
 - ii) 流出液計量容器の液面異常高警報。
 - iii) 装置機器類の漏水警報。

5.1.2 帯水層用装置

(1) 概 要

本装置は、自然の地層から採取してきた帯水層土壤を、自然条件を模擬したウェザールーム内に設置し、その土壤に調整した放射性水溶液を流下させて、土壤および水溶液中の放射性核種の濃度を測定するためのもので、流入機構部、帯水層槽部、流出機構部、サンプリング部およびコントロール部から構成されており、コントロール部はコントロール室に収められ、遠隔操作が可能な機構となっている。その概要を図 15 に示す。

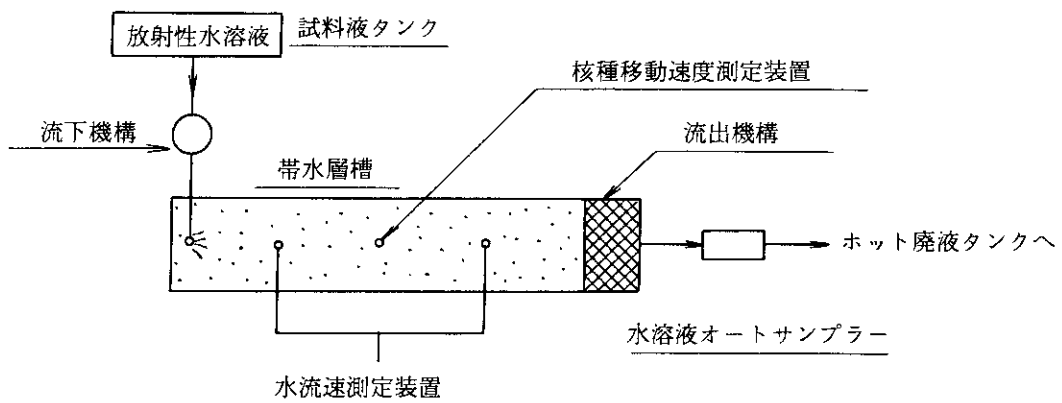


図 15 地中シミュレーション装置（帯水層用装置）

(2) 機 能

1) 流入機構部

本機構部は所定濃度の放射性水溶液を、帯水層槽へ所定量均一に流入させるもので、①試料液タンク、②試料液ポンプおよび③流入槽から構成されている。各機器は次のような機能を備えている。

- i) 試料液タンクおよび試料液ポンプは通気層用装置のものと同じである。
- ii) 流入槽は放射性水溶液を帯水層槽内へ均一に流入でき、帯水層槽内の土壤の流出を防止

できる。

2) 帯水層槽部

本槽部は帯水層土壌を水で飽和した状態にして試験するもので、帯水層槽は次のような機能を備えている。

- i) 土壌を均一に充填して放射性水溶液を流下でき、内部検出方式による水流速、核種移動速度の測定および槽内の土壌のサンプリングができる。
- ii) 槽を傾斜させて水流速を調節できる。

3) 流出機構部

本機構部は槽内の土壌を通過した放射性水溶液を流出させるもので、流出槽は次のような機能を備えている。

- i) 流出した放射性水溶液を集水でき、槽内の土壌の流出を防止できる。

4) サンプリング部

本サンプリング部は槽から流出した放射性水溶液を採取または排出するもので、①オートサンプラーおよび②流出液計量容器から構成されている。各機器は次のような機能を備えている。

- i) オートサンプラーおよび流出液計量容器は通気層用装置のものと同一である。

5) コントロール部

通気層用装置のコントロール部と同じである。

(3) 機器の基本仕様

1) 流入機構部

① 試料液タンク

形 状 : 円筒形
 容 量 : 200 ℓ
 材 質 : ポリエチレン
 付 属 品 : 遮蔽体 (鉛厚 10 mm 相当以上)
 攪拌器, 液面計

② 試料液ポンプ

型 式 : シールレス型定量ポンプ
 流 量 : 0~1 ℓ/min
 材 質 : テフロンまたは SUS 304 (接液部)

③ 流入槽

型 式 : 角 形
 材 質 : SUS 304, 透明塩化ビニル

2) 帯水層槽部

① 帯水層槽

型 式 : 直方形 3 割りフランジ接合型
 寸 法 : 900 mmW × 3,000 mmL × 500 mmH
 材 質 : SUS 304, 透明塩化ビニル

3) 流出機構部

① 流出槽

型 式 : 角 形

寸 法 : 900 mmW × 150 mmL × 450 mmH

材 質 : SUS 304, 透明塩化ビニル

4) サンプリング部

① オートサンプラー

採取方式 : 連続自動採取方式

サンプル数 : 1 ℓ サンプル容器 20 本以上

材 質 : SUS 304 (接液部)

② 流出液計量容器

容 量 : 200 ℓ

材 質 : SUS 304

5) コントロール部

① 操 作

i) 試料液ポンプの起動, 停止。

ii) 流出液計量容器ポンプの起動, 停止。

iii) オートサンプラーの起動, 停止。

② 監 視

i) 試料液タンクの液面表示および液温表示記録。

ii) 流入槽へ移送する放射性水溶液の流量表示記録および液量積算表示記録。

iii) 流入槽および流出槽の液温表示記録。

iv) 流出槽からの流出液量の積算表示記録。

v) オートサンプラーのサンプル採取箇數表示および採取容器交換表示。

vi) 流出液計量容器の液面表示。

③ 警 報

i) 試料液タンクの液面低下警報。

ii) 流出液計量容器の液面異常高警報。

iii) 装置機器類の漏水警報。

5.2 ウェザールーム空調装置

(1) 概 要

本装置は、地中シミュレーション装置が設置されているウェザールーム内の環境条件（温度および湿度）をコントロールして、より自然に近い条件下で試験を行なうためのものであり、ウェザールーム室本体、温度・湿度コントロール部、排気部および制御部から構成されている。ウェザールーム空調装置のエアフローシートを図16に示す。

(2) 機 能

1) ウェザールーム室本体

本体は地中シミュレーション装置を設置する難燃性の室で、次のような機能を備えている。

- i) 断熱性に富み、耐震を考慮した自立構造であり、温度および湿度を一定の条件に維持でき、かつ、試験時は内部被曝防止のために試験ホールより負圧に維持できる。
- ii) 重量物の搬出入のため天井の一部が開閉でき、側面のガラス窓を通して内部を見通すことができる。

2) 温度・湿度コントロール部

本コントロール部は、ウェザールーム内の温度および湿度を所定の条件に設定するためのもので、①給気用コイル、②冷凍機および③冷却塔等より構成されている。各機器は次のような機能を備えている。

- i) 給気用コイルはウェザールーム室内の温度、湿度の設定および維持ができる。
- ii) 冷凍機は給気用コイルからの温排水を冷却し、その冷却水を給気用コイルへ圧送して空気を冷却することができる。
- iii) 冷却塔は冷凍機からの温排水を冷却し、その冷却水を冷凍機へ圧送することができる。

3) 排 気 部

本排気部はウェザールーム室内の換気と負圧の維持を行なうもので、①給気ファン、②排気ファンおよび③フィルターユニット等より構成されている。各機器は次のような機能を備えている。

- i) 給気ファンは外気を取り入れ、ウェザールーム室内へ送風することができる。
- ii) 排気ファンはウェザールーム室内の空気を大気へ排気することができる。
- iii) フィルターユニットは、ウェザールーム室内の空気中に含まれる放射性物質を捕集することができる。

4) 制 御 部

本制御部はコントロール室内に設置され、装置の起動および停止、ウェザールーム室内の温湿度の監視、記録、機器類の監視等を行なうものである。

(3) 機器の基本仕様

1) ウェザールーム室本体

- ① 室 : 12 mL × 10 mW × 4.5 mH (全体)
 通気層室 - 7 mL × 10 mW × 4.5 mH
 帯水層室 - 5 mL × 10 mW × 4.5 mH

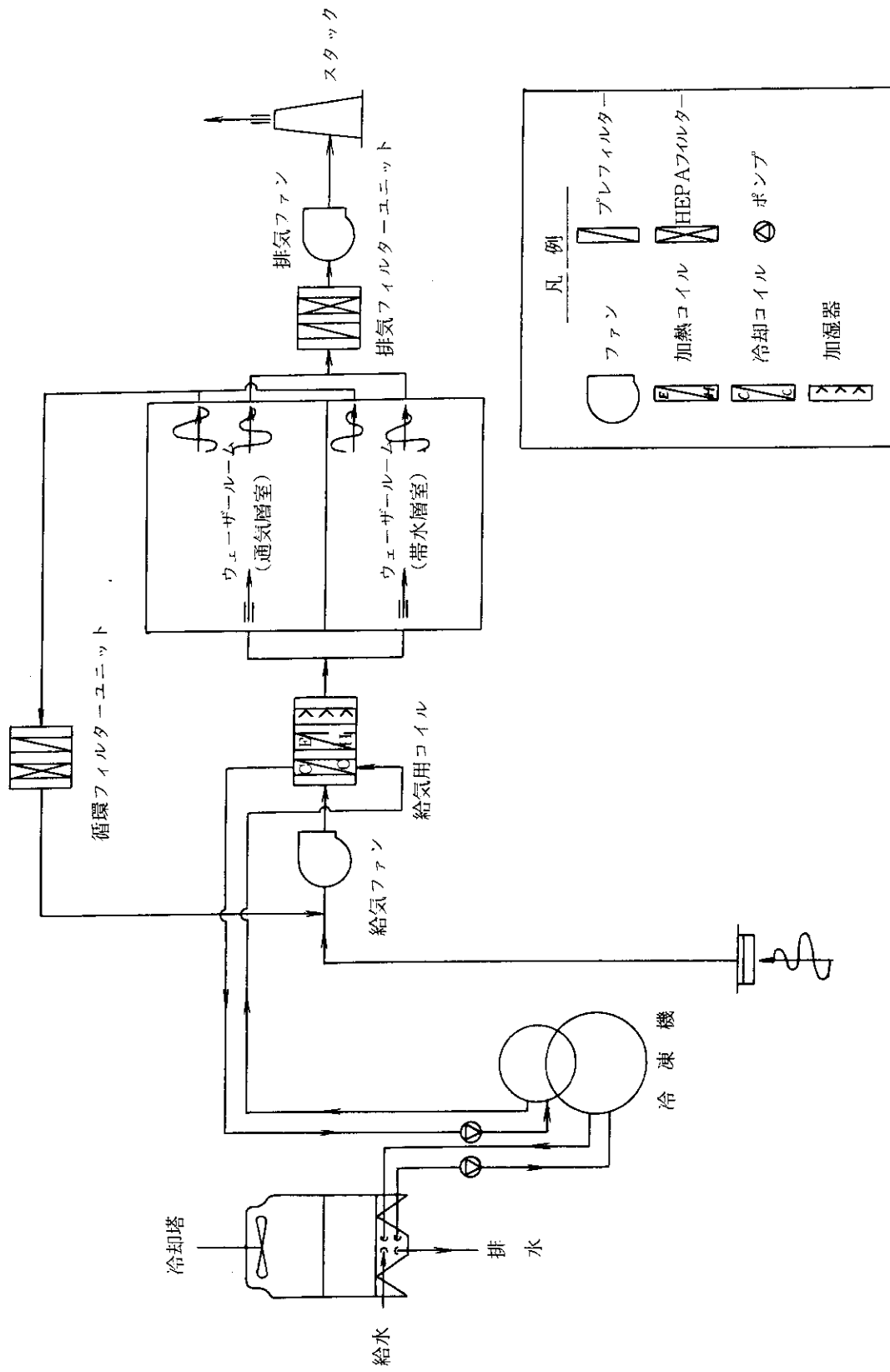


図16 ウェザールーム空調装置のエアフローシート

- ② 壁 : アルミサンドイッチパネル
- ③ 天井 : 吊り天井方式
アルミサンドイッチパネル
- ④ 天井開閉部 : 手動開閉機構
通気層室 - 2.5 m × 7 m
帯水層室 - 4 m × 4.5 m
- ⑤ 扉 : 通気層室および帯水層室に各 1 箇所
2.5 mH × 3 mW
- ⑥ 窓 : 通気層室 - 1 mH × 0.7 mW × 4 枚
帯水層室 - 1 mH × 0.7 mW × 3 枚

2) 温度、湿度コントロール部

- 室内温度設計条件 : 15 ~ 25 °C DB
- 室内湿度設計条件 : 40 ~ 80 % RH

A 給気用コイル

- 型式 : コイルユニットタイプ
- 処理風量 : 5,400 m³/h
- 冷却能力 : 48,000 kcal/h
- 加熱能力 : 22,300 kcal/h
- 加湿量 : 37 kg/h
- 構成 : 冷却コイル (フィンコイル)
加熱コイル (電気ヒーター)
加湿器 (パン型加湿器)

B 冷凍機

- ① 冷凍機本体
 - 型式 : 水冷式往復動冷凍機
 - 冷凍能力 : 51,000 kcal/h
 - 凝縮能力 : 67,000 kcal/h
 - 冷却水 : 260 ℓ/min
- ② 冷水ポンプ
 - 型式 : 片吸込渦巻ポンプ
 - ポンプ能力 : 50 mm φ × 40 mm φ × 170 ℓ/min × 20 mAq

C 冷却塔

- ① 冷却塔本体
 - 型式 : 丸型カウンターフロータイプ
 - 冷却能力 : 78,000 kcal/h
 - 冷却水量 : 260 ℓ/min
- ② 冷却水ポンプ
 - 型式 : 片吸込渦巻ポンプ

ポンプ能力 : $50 \text{ mm } \phi \times 40 \text{ mm } \phi \times 260 \text{ l/min} \times 15 \text{ mAq}$

3) 排気部

A 給気ファン

型式 : 片吸込ターボファン

ファン能力 : $5,400 \text{ m}^3/\text{h} \times 140 \text{ mmAq}$

B 排気ファン

型式 : 片吸込ターボファン

ファン能力 : $1,800 \text{ m}^3/\text{h} \times 120 \text{ mmAq}$

C フィルターユニット

① 循環フィルターユニット

型式 : 密閉交換型

処理風量 : $3,600 \text{ m}^3/\text{h}$

フィルター構成 : プレフィルター (NBS 90%以上)

HEPA フィルター (DOP 99.97%以上)

フィルター定格風量 : $50 \text{ m}^3/\text{min}/\text{枚}$

② 排気フィルターユニット

型式 : 密閉交換型

処理風量 : $1,800 \text{ m}^3/\text{h}$

フィルター構成 : プレフィルター (NBS 90%以上)

HEPA フィルター (DOP 99.97%以上)

フィルター定格風量 : $50 \text{ m}^3/\text{min}/\text{枚}$

4) 制御部

- i) 装置の起動, 停止。
- ii) 室内温度, 湿度の監視および記録。
- iii) 室内差圧, 天井開閉部および扉の開閉状態の監視。
- iv) 機器の故障警報。

5.3 水流速測定装置

本装置は土壤中の水流速を測定するものであり、中性子検出方式による通気層用装置および熱検出方式による帯水層用装置から構成されている。

5.3.1 通気層用装置

(1) 概要

本装置は、土壤中を透過した ^{252}Cf 高速中性子を検出することにより、通気層カラム内土壤中の間隙水の浸透速度（水流速）を測定するためのものである。照射部、放射線検出部、演算部および線源昇降部より構成されている本装置の概要を図17に示す。

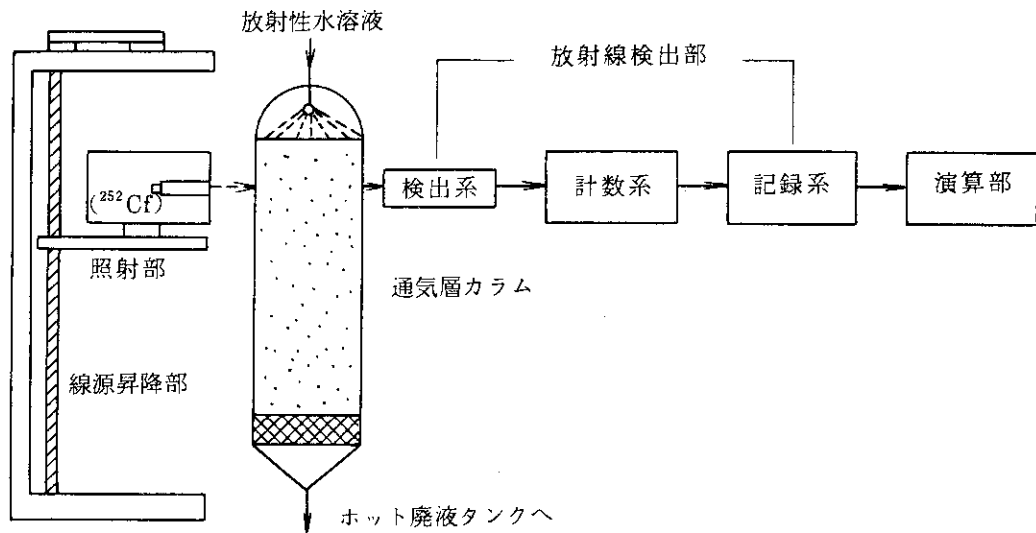


図17 水流速測定装置（通気層用装置）

(2) 機能

1) 照射部

通気層カラム内の土壤中の水流速を測定するため、土壤中に ^{252}Cf の放射線を照射する部分である。また、遮蔽容器も兼ねており、照射器本体は次のような機能を備えている。

- i) ^{252}Cf の放射線を任意の一定方向にコリメートし、通気層カラム内の土壤中に照射することができる。
- ii) 測定時以外は ^{252}Cf 貯蔵用の容器として使用できる。

2) 放射線検出部

カラム内の土壤中を透過した ^{252}Cf の中性子線および γ 線を弁別検出し、それぞれの計数値を測定する部分で、検出系、計数系および記録系より構成され、各機器間はプローブで接続され、次のような機能を備えている。

- i) ^{252}Cf の中性子線および γ 線を弁別検出できる。
- ii) 任意の一定時間に区切って中性子線および γ 線を計数でき、その値を表示できる。

- iii) 検出した中性子線および γ 線の計数値を瞬時に読み取れ、かつ連続的に記録できる。
- iv) 一定時間毎に測定した中性子線の計数値をプリンターに記録できる。

3) 演算部

放射線検出部で計数した中性子線の計数率の時間的变化率から土壤中の水流速を求める部分で、次のような機能を備えている。

- i) 放射線検出部で計数した中性子線の計数率を記憶できる。
- ii) 計数率の変化から水流速を計算できる。
- iii) 計算した水流速を表示でき、さらに土壤中の水流速分布も記録できる。

4) 線源昇降部

カラム内の土壤中の水流速を任意の位置で測定するため、照射器と検出器を一体のものとして一緒に昇降する部分で、次のような機能を備えている。

- i) 照射器および検出系を遠隔操作により一緒に昇降でき、その位置をデジタル表示できる。
- ii) 照射器と検出器との間隔を任意に変えられる。
- iii) 照射器の照射孔と検出器が一直線になるように操作できる。
- iv) 線源昇降機全体の移動が可能である。

(3) 機器の基本仕様

1) 照射部

① 照射器本体

- 形状 : 円柱形
- 大きさ : 500 mm ϕ \times 500 mmH
- 材質 : パラフィン、鉛および鉄
- 線源格納容量 : ^{252}Cf 1 mCi
- 構造 : 施錠が可能であり、測定時以外は照射孔に盲蓋（プラグ）ができる。

② コリメーター

- 形状 : 円筒形
- 内径寸法 : 40 mm ϕ \times 250 mmL および 20 mm ϕ \times 250 mmL
- 材質 : パラフィン

2) 放射線検出部

A 検出系

中性子線と γ 線を検出するためのもので、次のような機器より構成されており、各機器間は光学窓で連結されている。

① 液体シンチレーター

- 型式 : NE-213 液体シンチレーター
- 寸法 : 2" ϕ \times 2" L
- 構造 : 円筒防水型

② シンチレーションプローブ

- 型式 : フォトマルチューブ
- 温度補償特性 : +5 ~ +45 $^{\circ}\text{C}$ の間で ^{137}Cs のピーク変動 $\pm 1.5\%$ 以内。

B 計数系

検出した中性子線および γ 線を弁別して計数するためのもので、次のような機器より構成されており、各機器はすべてラックに収められている。

- ① マルチモードアンプ
 - 利 得 : 最大 1.000 倍
 - 利得調整 : 1/10 の入力アッテネータ
 - 粗調整 : $\times 1, \times 2, \times 5, \times 10, \times 20, \times 50$
 - 微調整 : $\times 4 \sim \times 10$
- ② ライズタイムツ-ハイトコンバーター
 - 検出モード : ライズタイム
 - 測定レンジ : 0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 5 μ sec
 - フルスケール
- ③ シングルチャンネルアナライザー
 - 計数分解能 : 1.5 μ sec 以下
- ④ スケーラアンドタイマ
 - 計数容量 : $10^6 - 1$ (6桁 LED 表示)
 - 計数分解能 : 0.5 μ sec 以下
 - プリセット : $0.1 \sim 0.9 \times 10^0 \sim 10^5$ (秒, 分およびカウント-デジタル, トグルスイッチによる。)
- ⑤ レートメータ
 - 計数レンジ : $3 \times 10, 10^2, 3 \times 10^2, 10^3, 3 \times 10^3, 10^4, 3 \times 10^4, 10^5, 3 \times 10^5, 10^6$ cpm
 - 時定数レンジ : 0.3, 1, 3, 10, 30, 100 sec

C 記録系

計数した中性子線および γ 線を記録するためのもので、次のような機器より構成されている。

- ① ペンレコーダー
 - 型 式 : 6 ペン式レコーダー
 - チャートスピード : 2, 3, 6, 10, 20, 30, 60 cm/min & h
- ② プリンター
 - 印字速度 : 100 字/sec
 - 桁 数 : 最大 136 桁

3) 演算部

- ① パーソナルコンピュータ
 - 使用言語 : N₈₈-BASIC, N-BASIC
 - RAM : ユーザーズメモリ 64 K バイト
 - テキスト表示 : 最大 80 文字 \times 25 桁
 - グラフィック表示 : 640 \times 200 ドット 3 画面または 640 \times 400 ドット 1 画面

- ② X-Yプロッタ
 - 有効作図範囲： 381 mm × 254 mm
 - 最大作図速度： 400 mm/sec
 - 精度誤差： 距離誤差 0.2% 以下
 - 反復誤差 0.15 mm 以下
 - 動的誤差 0.1 mm 以下

- ③ ペンレコーダー
 - 放射線検出部のものと同じ。

4) 線源昇降部

- ① 線源昇降機
 - 上下調整範囲： 1,100 mm (連続可変)
 - 検出器調整範囲： 左右方向 ± 150 mm
 - 上下方向 ± 50 mm
 - 構造： 耐震構造Bクラス

5.3.2 帯水層用装置

(1) 概要

本装置は帯水層土壤中の水流速を測定するためのもので、ヒーターおよびセンサーとから成る検出部を土壤中に埋設しヒーターにパルス状の印加電圧を加え、センサーが検出した温度変化を演算処理することにより土壤中の水流速を求めるもので、検出部、電源部、制御計測部、記録部およびデータ処理部から構成されている。その概要を図18に示す。

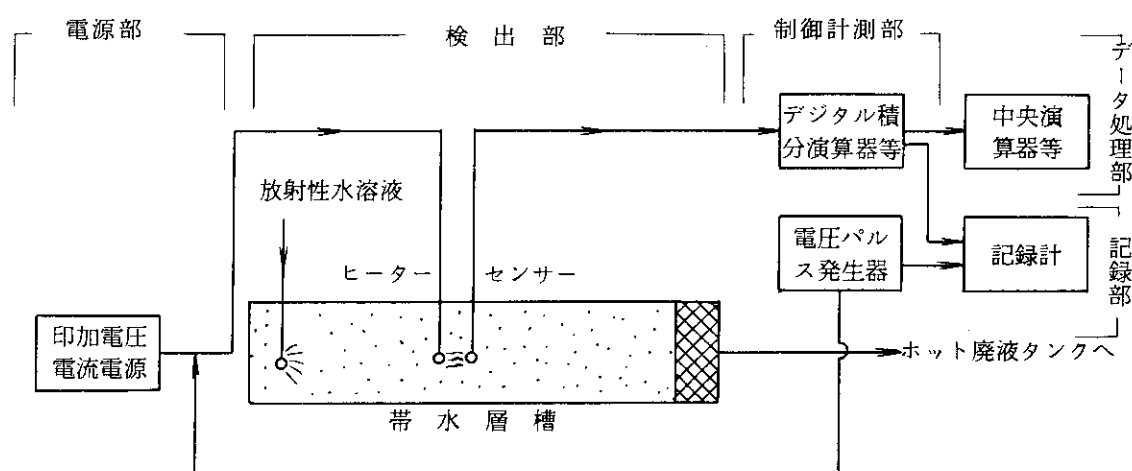


図18 水流速測定装置 (帯水層用装置)

(2) 機 能

1) 検出部

本検出部は土壌中の水流速を検出するためのもので、①線状ヒーターおよび②線状センサー等から構成されている。各機器は次のような機能を備えている。

i) 線状ヒーターは印加電圧電流を加えることにより、水流速を測定するための熱を発生することができる。

ii) 線状センサーはヒーターから発生する熱を水流の上流および下流の2ヶ所で検知できる。

2) 電源部

本電源部は線状ヒーターに所定の電圧、電流を供給するもので、印加電圧電流電源は次のような機能を備えている。

i) 数チャンネル同時に電源を供給し、その電流値を可変することができる。

3) 制御計測部

本計測部は線状ヒーターに供給する印加電圧電流パルスを制御し、検出した水流速を演算、表示するもので、①電圧パルス発生器、②mV-アッテネーター、③デジタル積分演算器、④メモリーおよび⑤ブロックセレクト等から構成されている。各機器は次のような機能を備えている。

i) 電圧パルス発生器は線状ヒーターに供給する印加電圧電流を数チャンネル同時にパルス的に発生させ、そのパルス巾(印加時間)を可変することができる。

ii) mV-アッテネーターはセンサーで検出した温度変化を数チャンネル同時に電圧に変換できる。

iii) デジタル積分演算器は検出された温度変化の面積値をデジタル積分方式により、数チャンネル同時に演算、表示できる。

iv) メモリーは各チャンネル毎の演算値を記憶できる。

v) ブロックセレクトは数ブロックの印加電圧電流電源を自動的に切替え、その切替時間を可変することができる。

4) 記録部

本記録部はヒーターおよびセンサーの作動を記録するもので、記録計は次のような機能を備えている。

i) 検出された温度変化を連続的に記録できる。

5) データ処理部

本処理部はメモリーに記憶されたデータから水流速を求めるもので、①中央演算器(CPU)および②フロッピーディスク等から構成されている。各機器は次のような機能を備えている。

i) CPUはあらかじめ組まれたプログラムリストにより水流速が求められる。

ii) フロッピーディスクは大量のデータを高速で処理できる。

(3) 機器の基本仕様

1) 検出部

① ヒーター

型 式 : ニクロム線加熱方式

保護管材質 : ステンレス

② センサー

型 式 : サーミスタ型

センサー被覆材質 : ガラス

保護管材質 : ステンレス

2) 電源部

① 印加電圧電流電源

型 式 : 多チャンネル同時スキャン型

チャンネル数 : 最大9チャンネル

電流設定値 : 0~3 A (9チャンネル同時可変)

3) 制御計測部

① 電圧パルス発生器

型 式 : 多チャンネル同時スキャン型

チャンネル数 : 最大9チャンネル

パルス時定数 : 0~99 sec (時間精度 $\pm 1/10$ sec 以下)

出力インピーダンス : 100 Ω

② mV-アッテネーター

型 式 : 多チャンネル同時スキャン型

チャンネル数 : 最大9チャンネル

出力値 : 0~50 $^{\circ}\text{C}$ = 0~100 mV

出力インピーダンス : 100 Ω

③ デジタル積分演算器

型 式 : デジタル積分方式

演算能力 : 9チャンネル同時および5ブロック連続の演算

表示方式 : 9チャンネル同時および5ブロック連続の表示

④ メモリー

記憶容量 : 9チャンネル \times 5ブロック = 45データ以上

⑤ ブロックセレクト

作動方式 : 5ブロック連続自動切替

切替時間 : 0~99 min

4) 記録部

① 記録計

型 式 : 卓上3ペンレコーダ

作動方式 : DCサーボ方式

DC電圧マルチレンジ : 1 mV~10 V (24段切替)

精 度 : フルスケールの $\pm 0.25\%$

感 度 : フルスケールの $\pm 0.1\%$

ペンスピード：最大 1.600 mm/sec

チャートスピード：2 ~ 120 cm/min & h (10 段×2 切替)

5) データ処理部

① 中央演算器 (CPU)

型 式：TEAC 社製 PS-85 型

メモリー容量：ROM 13 Kバイト, VRAM 1 Kバイト, RAM 48 Kバイト

② フロッピーディスク

ドライブ数：2 ドライブ

記憶容量：200 Kバイト/ディスク

5.4 核種移動速度測定装置

(1) 概要

本装置は、通気層および帯水層土壤中における放射性核種の濃度の時間的変化を多点で測定するためのものであり、通気層用装置および帯水層用装置があり、それぞれ γ 線検出部、計数部および演算処理部より構成されている。通気層用装置は、通気層カラムの外部より土壤中の放射性核種の濃度をNaIシンチレーターにより検出する方式であり、帯水層用装置は、帯水層槽内の土壤中にNaIシンチレーターを挿入して放射性核種の濃度を検出する方式のものである。なお、両装置において、 γ 線検出部を除いた部分は同じ機器である。その概要を図19および図20に示す。

(2) 機能

1) γ 線検出部

土壤中の放射性核種を非破壊的に検出する部分であり、次のような機能を備えている。

- i) カラムおよび槽内土壤中の放射性核種の γ 線をコリメートして検出できる。
- ii) カラムおよび槽内土壤中の放射性核種の分布を測定できる位置の分解能がある。
- iii) 測定時以外は、検出器をコリメーターから取りはずすことができる。

2) 計数部

γ 線検出部で検出した γ 線を計数する部分であり、次のような機能を備えている。

- i) それぞれの検出器で検出した γ 線を任意の時間間隔ごとに積算計数できる。
- ii) 計数時間間隔ごとに計数値を演算部へ転送できる。

3) 演算処理部

計数部により計数した γ 線のカウント数からカラムおよび槽内の放射能濃度分布を求める部分であり、次のような機能を備えている。

- i) 演算によりカラムおよび槽の任意の深さ位置の放射性核種濃度を求めることができる。
- ii) 計数部で計数した値を記憶することができ、プリンターに逐次印字できる。
- iii) 求めた放射能濃度分布の結果をCRTに表示できる。
- iv) CRTに表示された放射能濃度分布を任意の時間間隔ごとにハードコピーできる。
- v) 演算の結果をプリンターで印字できる。

(3) 機器の基本仕様

1) γ 線検出部

土壤中の放射性核種から放射される γ 線を検出するため、NaI(Tl)シンチレーターとコリメーターより構成されている。

A 通気層カラム用

① NaI(Tl)シンチレーター

寸法 : 2" ϕ × 2" L

その他 : フォトマルの出力電流をリニアアンプにプローブで接続してある。

② コリメーター

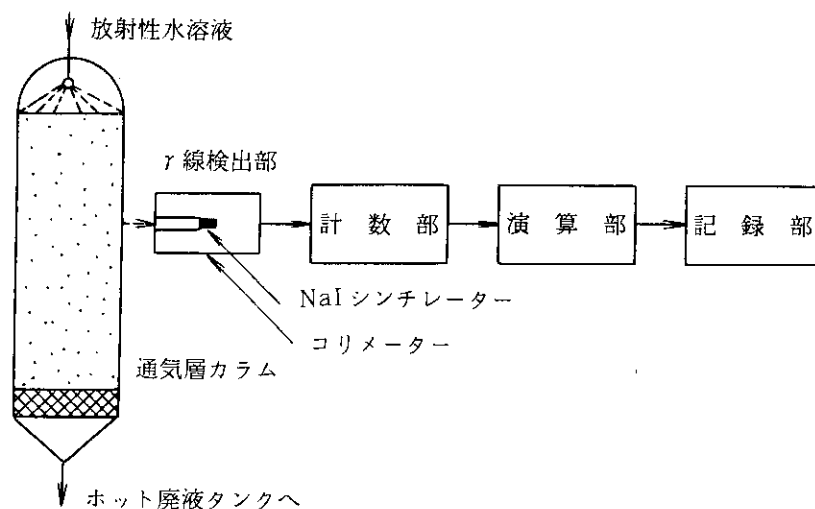


図 19 核種移動速度測定装置 (通気層用装置)

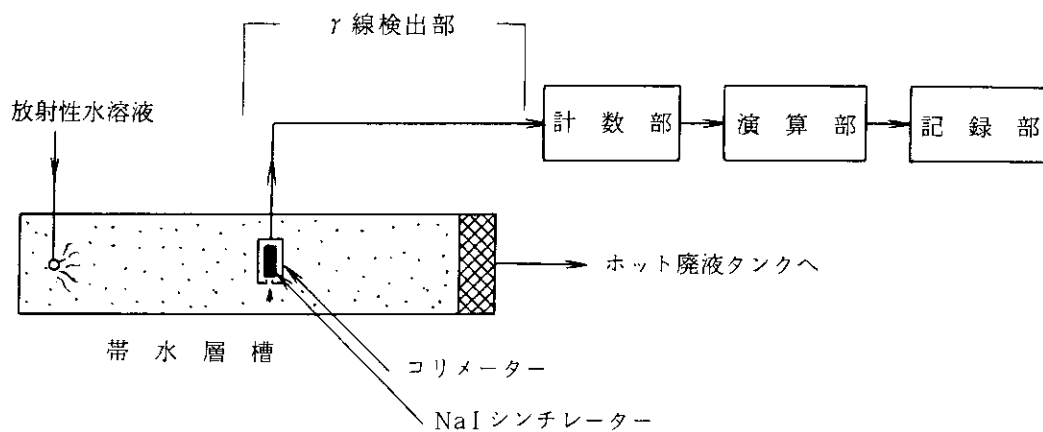


図 20 核種移動速度測定装置 (帯水層用装置)

形状 : 扇状
材質 : 鉛および鉄

③ 駆動機

外形寸法 : 1,360 mmL × 670 mmW × 1,612 mmH
検出器数 : NaI プローブ 12 個
検出器移動範囲 : 300 ~ 1,500 mm (共通架台面上)
設定精度 : ± 1 mm
駆動方式 : ボール・スクリュウ方式

B 帯水層槽用

① NaI(Tl) シンチレータ

寸法 : 1 cmφ × 1 cmL, および 1"φ × 1"L
その他 : フォトマルの出力電流をリニアアンプにプローブで接続してある。

② コリメーター

形状 : 円筒状
材質 : 鉛および鉄

2) 計数部

本計数部は次の機器より構成されており、各機器はすべてラックに収められている。

① リニアアンプ

利得 : × 2 ~ × 2,048 連続可変
積分直線性 : < 0.01 %
温度安定性
利得変動 : ≤ 0.0075 %/°C
DC レベル変動 : ≤ 50 μV/°C (0 ~ 50 °C)

② AD コンバータ

入力電圧 : 0 ~ 8 V
クロック : 50 MHz
変換利得 : 1, 2, 4 kch / 8 V

③ マルチプレクサ

メモリー容量 : 4K (48 k バイト)
メモリー分割 : 4K を Full, 1/2, 1/4, 1/8 にて使用可能

プリセット

i) リアルタイム : 1 ~ 2²⁰ - 1 sec
ii) ライブタイム : 1 ~ 2²⁰ - 1 sec
iii) ROI カウント : 1 ~ 2²⁰ - 1 カウント
iv) ROI 積分 : 1 ~ 2²⁴ - 1 カウント

CRT ディスプレイ

i) CRT サイズ : 4" × 5"

その他 : ADCにより得られた計数値を逐次演算部に転送できる。

④プロセスメモリ

チャンネル : 4096

容量 : 25ビット/チャンネル

3) 演算処理部

検出部より計数した γ 線のカウント数より、土壤中の核種の濃度分布を求めるためのもので、

①マイクロコンピュータおよび②フロッピディスク等より構成されている。

①マイクロコンピュータ

型式 : YHP社製 9836 A型

容量 : 最大2Mバイト

クロック : 8MHz

その他 : 12" CRT,

BASIC, PASCALの使用可能

②フロッピディスク

寸法 : 8" ディスク (2連)

容量 : 1Mバイト×2

5.5 放射能測定装置

(1) 概要

本装置は帯水層および通気層用の地中シミュレーション装置を用いて行なう核種移動試験により得られた土壌試料および水試料の放射能濃度を測定するためのものであり、主として、 γ 線を測定するGe半導体検出システムおよび β 線を測定するGM計数管検出システムより構成されている。

(2) 機能

1) Ge半導体検出システム

本システムは次のような機能を備えている。

- i) 多核種が混合した試料中の γ 線を弁別して測定できる。
- ii) オートサンプルチェンジャーの使用により、多試料を自動的かつ連続的に測定できる。
- iii) 測定して得られた結果をメモリに記憶できる。
- iv) 測定結果より通気層カラム内および帯水層槽内の放射性核種の分布を求めることができる。
- v) 求めた放射性核種の分布をグラフにしてCRTディスプレイに表示し、プロッターにプロットできる。

2) GM計数管検出システム

本システムは次のような機能を備えている。

- i) ^{90}Sr , ^{90}Y などの β 線が測定できる。
- ii) サンプル(2"φ)を連続して測定できる。
- iii) 測定した結果をプリンターに打ち出すことができる。

(3) 機器の基本仕様

1) Ge半導体検出システム

①オートサンプルチェンジャー

試料搭載数	: 15 個
最大試料寸法	: 1,000 cc ポリビン
チェンジャー機構	: 水平走行式試料容器移動機構
遮蔽体部材質	: 鉛 25 mmt, 陸奥鉄 20 mmt, 銅 5 mmt, アクリル樹脂 5 mmt
試料室内容積	: 300 mmL × 300 mmW × 350 mmH

②ピュアGe検出器

相対効率	: $\geq 25\%$ (3"φ × 3" L NaI 検出器に対して)
半値幅分解能	: ≤ 1.95 keV (^{60}Co 1.33 MeV ピークにおいて)
ピーク/コンプトン比	: $\geq 47:1$
デューワー容量	: 30 ℓ
クライオスタット形状	: 垂直ストリームライン型

③アンプリファイヤー

利 得	: $\times 1 \sim \times 1,500$ 連続可変
-----	-------------------------------------

整形時定数 : 0.5, 1, 2, 3, 6, 10 μsec

温度安定性

利得変動 : $\leq 0.0075\% / ^\circ\text{C}$

DC レベル変動 : $\leq 50\ \mu\text{V} / ^\circ\text{C}$ (0 ~ 50 $^\circ\text{C}$)

④多入力多重波高分析器

メモリ容量 : $2^{20} - 1$ カウント / チャンネル

プリセット

ライブタイム : 1 ~ $2^{20} - 1$ sec まで

リアルタイム : 1 ~ $2^{20} - 1$ sec まで

ROI カウント : 1 ~ $2^{20} - 1$ カウント / チャンネル

ROI 積分値 : 1 ~ $2^{24} - 1$ カウント まで

ディスプレイ

サイズ : 4" H \times 5" W

データ, ポイント数 : 最大 1024 ポイント

⑤マイクロコンピュータ

メモリ方式 : MOS

メモリ容量 : 128 K バイト (16 ビット / 語)

メモリアクセス時間 : 210 nsec (代表値)

DMA レート : 1 M バイト / sec

⑥グラフィックスプロッタ

プロット範囲 : Y 軸 285 mm, X 軸 400 mm

分解能 : 25 μm

ペン速度 : 最大 360 mm / sec (軸方向)

509 mm / sec (45 $^\circ$ 方向)

⑦グラフィックディスプレイ

モニタ : ラスタスキャン型 20" CRT

有効画面表示 : 270 mm \times 270 mm

ラスタ本数 : 総数 1,125 本, 可視領域 1,024 本

デジタルビデオメモリ : 1,024 \times 1,024 \times 2 ビット

表示速度 : 200 nsec / PIXEL (キャラクタ)

400 nsec / DUAL PIXEL (ベクトル)

2) GM 計数管検出システム

試料皿積載数 : 最大 15 個

使用可能試料皿 : 50.6 mm ϕ \times 6.2 mm, 50.6 mm ϕ \times 3.3 mm,

25.4 mm ϕ \times 3.2 mm

3 種類使用可能

試料の繰返し測定回数 : 1 ~ 5 回および連続

遮蔽 : 鉛遮蔽上部約 10 cm, 周囲約 7 cm

検出器	: 遮蔽計数管付 50 mm ϕ 大面積窓なしガスフローカウンタ
検出器使用電圧	: 約 1,250 V
バックグラウンド計数	: 約 10 cpm (逆同時計数の場合)
計数制御方式	: 自動および手動
計数, 計時容量	: 計数 10 進 6 桁, 計時 0.001 ~ 999.999 min
記録	: 試料番号 2 桁, 計数 6 桁 計時 6 桁

5.6 水質コントロール装置

(1) 概要

本装置は環境シミュレーション試験の条件に応じて試料水を調整するのに必要な水を製造するためのものであり、蒸留水製造部および純水製造部より構成されている。

(2) 機能

1) 蒸留水製造部

本製造部は①プレフィルター、②硬水軟化器および③蒸留器等より構成されており、各機器は次のような機能を備えている。

- i) プレフィルターは原水中のシルト状微粒子および有機物を除去できる。
- ii) 硬水軟化器は軟水処理された水を蒸留器に供給できる。
- iii) 蒸留器は蒸気加熱方式により蒸留水を大量に、かつ連続的に製造できる。

2) 純水製造部

本製造部は①活性炭カートリッジ、②イオン交換カートリッジおよび③フィルター等より構成されており、各機器は次のような機能を備えている。

- i) 活性炭カートリッジは有機不純物および塩素等の除去ができる。
- ii) イオン交換カートリッジは比抵抗 18 M Ω ·cm の純度の純水を製造できる。
- iii) フィルターはメンブレンフィルターで、細菌および微粒子の除去ができる。

(3) 機器の基本仕様

1) 蒸留水製造部

蒸留水製造量	: 200 ℓ /h
蒸留水貯水量	: 200 ℓ および 2,000 ℓ
熱源	: 蒸気
蒸気圧	: 2 kg/cm ²
蒸気消費量	: 40.8 kg/h
供給水	: 水道水
冷却水量	: 1,600 ℓ /h
付属品	: 水位スイッチ, 送水ポンプ

2) 純水製造部

純水製造量	: 120 ℓ/h
純度	: 最高 18 MΩ・cm
活性炭カートリッジ内容量	: 2.4 ℓ
イオン交換カートリッジ	
型式	: 混床式
樹脂内容量	: 2.4 ℓ
処理量	: 820 グレイン, 52.9 g (NaCl 換算)
フィルター	
型式	: 円筒形メンブレンフィルター
材質	: ナイロンおよびポリプロピレン
孔径	: 0.2 μm
有効濾過面積	: 4.400 cm ²
付属品	: 送水ポンプ, 比抵抗計

5.7 土壌物性測定装置

(1) 概要

本装置は通気層および帯水層の土壌試料について、その物理的、化学的性質を調べるためのものであり、土壌吸着容量測定器、粒度分布測定器および表面積測定器より構成されている。

(2) 機能

1) 土壌吸着容量測定器

本測定器は①測定部、②記録部および③電源部より構成されている。各部は次のような機能を備えている。

- i) 測定部は所定のレファレンス試料を用いて、任意の波長範囲における測定試料の透過率または吸光度を測定できる。
- ii) 記録部は任意の波長範囲で透過率または吸光度を記録できる。
- iii) 電源部は光測定器（光電子増倍管）、記録部のチャート送りおよび光源の電流、電圧制御ができる。

2) 粒度分布測定器

本測定器は①プロセッサ、②モニタ、③テレビカメラ、④顕微鏡および⑤データ処理器より構成されている。各機器は次のような機能を備えている。

- i) プロセッサはテレビカメラが提供する画像の中から必要な情報だけを選択し、画像の特性値を測定できる。
- ii) モニタは測定対象物の画像とその測定結果を表示できる。
- iii) テレビカメラは顕微鏡下、または写真などの画像を撮影し、ビデオ信号に交換できる。
- iv) 顕微鏡は測定対象物を検鏡するもので、テレビカメラを介してモニターにその観察された画像を送ることができる。
- v) データ処理器はプロセッサを制御して粒度分布の自動測定を行ない、また、測定データ

の演算処理を行なうことができる。

3) 表面積測定器

本測定器は次のような機能を備えている。

- i) BET の低温ガス吸着法により粉、粒体の比表面積および細孔体積を測定できる。
- ii) 吸着平衡圧はデジタル表示ができ、測定用ステージは多試料の脱ガスが同時にできる。

(3) 機器の基本仕様

1) 土壤吸着容量測定器

測定波長範囲	: 185 ~ 2500 nm
分解能	: 0.1 nm (250 nm にて)
測光範囲	
透過率	: 0 ~ 2, 0 ~ 5, 0 ~ 10, 0 ~ 20, 0 ~ 50, 0 ~ 100 %
吸光度	: 0 ~ 0.01, 0 ~ 0.02, 0 ~ 0.05, 0 ~ 0.1, 0 ~ 0.2, 0 ~ 0.5, 0 ~ 1.0, 0 ~ 2.0, 0 ~ 4.0 Abs.

光源

紫外域	: 重水素ランプ
可視, 近赤外域	: タングステンよう素ランプ

2) 粒度分布測定器

測定項目	: 粒子総数測定, オーバーサイズ数測定, 総面積測定, 平均面積測定, 面積率測定
測定範囲	
粒子総数	: 0 ~ 9.999
総面積	: 1 ~ 約 6,000 μm^2 または 100 ~ 約 6 mm^2
平均面積	: 0.1 ~ 99.9 μm^2 または 10 ~ 99,900 μm^2
面積率	: 0.01 ~ 99.9 %
サイズ設定範囲	: 1 ~ 99 μm (1 μm 刻み) または 10 ~ 990 μm (10 μm 刻み)
分解能	
X 方向	: 画面幅の約 550 分の 1
Y 方向	: 画面高の約 440 分の 1
総合倍率	: 顕微鏡の対物レンズの倍率 \times 約 20 倍
使用雰囲気	
温度	: 10 ~ 40 $^{\circ}\text{C}$
湿度	: 10 ~ 80 %RH

3) 表面積測定器

測定方式	: BET の吸着法
圧力測定範囲	: 0 ~ 10, 10 ~ 1,000 mm Hg (デジタル量)
圧力測定精度	: 0.3 % (0 ~ 10 mm Hg レンジ) 0.1 % (10 ~ 1,000 mm Hg レンジ)
比表面積測定範囲	: 0.001 m^2/g 以上

比表面積測定精度 : 1%
 吸着ガス分子 : 1.000 mm Hg 以下の蒸気圧のもので腐食性のないもの
 再現性 : 1%
 脱ガス性能 : 1×10^{-3} mm Hg 以下

5.8 分配係数測定装置

(1) 概要

本装置は通気層および帯水層の土壌について、土壌と水との間の放射性核種の分配係数を測定するためのものであり、カラム式分配係数測定部およびバッチ式分配係数測定部より構成されている。その概要を図 21 に示す。

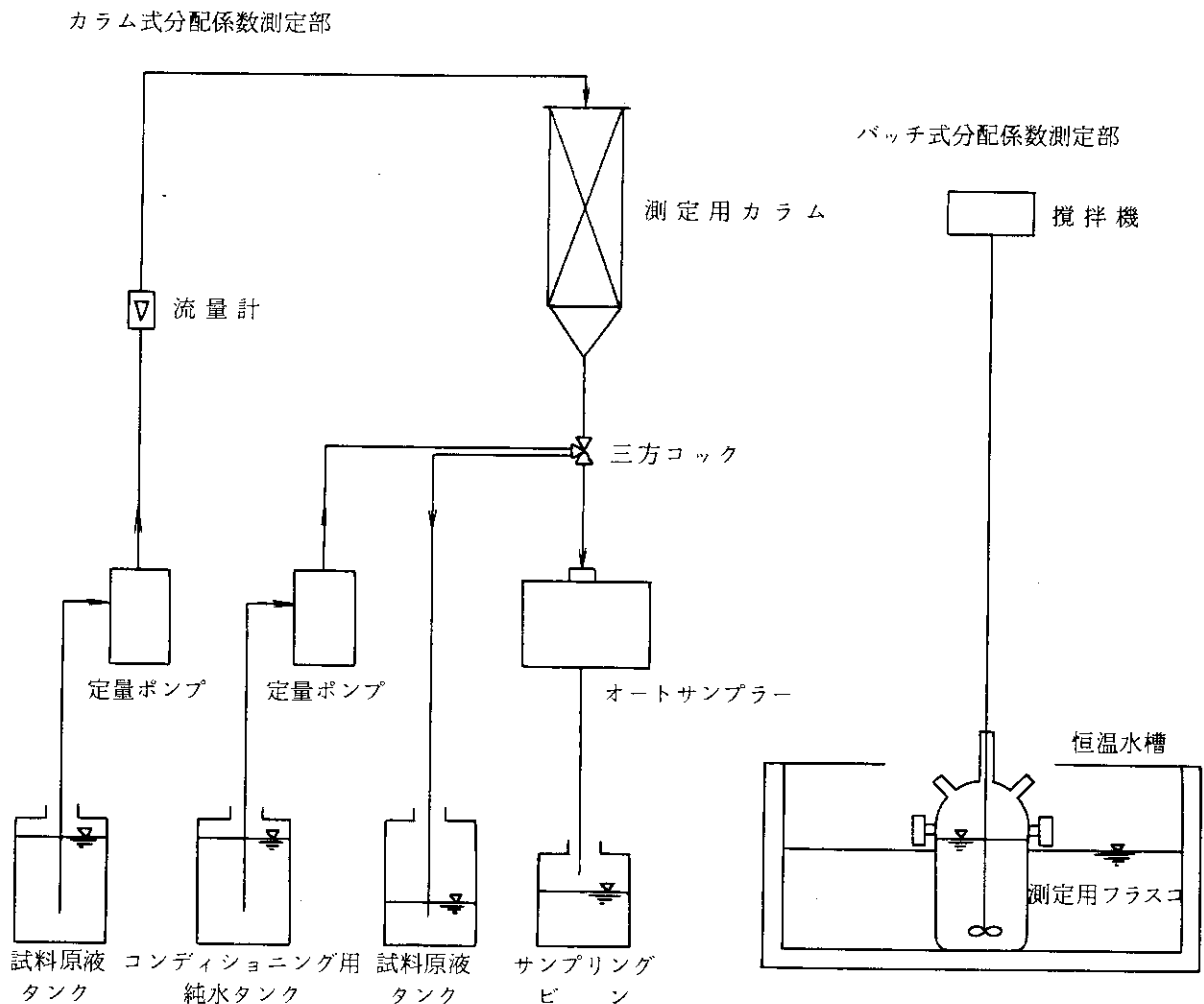


図 21 分配係数測定装置

(2) 機能

1) カラム式分配係数測定部

本測定部は①測定用カラム、②流下機構、③流出機構および④コンディショニング機構等より構成されている。各機器は次のような機能を備えている。

- i) 測定用カラムは土壌をカラムに充填し、放射性水溶液をカラム内の土壌に通水できる。また、カラム内の土壌のサンプリングができる。
- ii) 測定用カラムは土壌のコンディショニングができる。
- iii) 流下機構は定量ポンプによりカラムに送液、通水でき、その送液量が常時測定できる。
- iv) 流出機構はフィルターにより測定用カラムからの流出液が汙過でき、その流出液をオートサンプラーにより所定量毎にサンプル容器に分取できる。
- v) コンディショニング機構は、コンディショニング用ポンプにより測定用カラムに純水をフラッドできる。

2) バッチ式分配係数測定部

本測定部は①恒温水槽、②測定用フラスコおよび③攪拌器より構成されている。各機器は次のような機能を備えている。

- i) 恒温水槽は水を加温または冷却して一定温度に保つことができる。
- ii) 測定用フラスコは土壌を充填し、攪拌器により内部を攪拌することができる。
- iii) 攪拌器は長時間安定状態で作動できる。

(3) 機器の基本仕様

1) カラム式分配係数測定部

①測定用カラム

材質	: アクリル樹脂
構造	: カラム本体、蓋および流出部より構成されており、カラム本体は外カラム (72 mm ϕ \times 300 mm H) および内カラム (60 mm ϕ \times 300 mm H ; 6段構造) の2重構造

②定量ポンプ

型式	: マイクロチューブポンプ
流量	: 0.1 ~ 25 cc / min
精度	: 吐出精度 \pm 2% 以内 (2.5 ~ 25 cc / min)
チューブ	: シリコン (4 mm ϕ \times 6 mm ϕ)
モーター	: AC 100 V \times 15 W, インダクションモーター

③コンディショニング用ポンプ

型式	: ダイアフラム式ポンプ
流量	: 0 ~ 80 cc / min
材質	: テフロン (接液部)

④オートサンプラー

採取方法	: タイマー式
採取間隔	: 0.1 ~ 99 min

サンプル数 : 48本

⑤試料原液タンクおよびコンディショニング用純水タンク

容量 : 10ℓ
 材質 : ポリエチレン
 構造 : 細口

1) バッチ式分配係数測定部

①恒温水槽

型式 : 噴流ポンプ攪拌式
 槽容量 : 40ℓ
 使用温度 : 0～80℃
 温度調節精度 : ±0.2℃以内 (30℃以上)
 ±0.5℃以内 (30℃未満)
 加温ヒーター : 1.5 kW
 冷凍機 : 400 W

②測定用フラスコ

型式 : セパラブルフラスコ
 容量 : 500 cc および 1,000 cc
 材質 : パイレックスガラス

③攪拌器

回転数 : 0～600 rpm
 トルク : 1 kg・cm 以上
 軸, 羽根材質 : テフロン
 モーター : AC 100 V × 15 W, インダクションモーター

5.9 元素地中移行測定装置

(1) 概要

本装置は、土壌中における放射性核種の挙動に及ぼす微量元素の影響を調べるものであり、X線分光部、X線発生部、X線管冷却部、計数記録部および制御部から構成される波長分散型蛍光X線分析器である。その付属機器としては、試料作成のために用いる高速振動ミル式試料粉碎器、油圧電動式加圧成形器および電気炉加熱融解式ガラスビード作成器がある。

(2) 機能

1) X線分光部

本分光部は次のような機能を備えている。

- i) 試料から発生する2次X線の波長および強度の測定ができる。
- ii) 2次X線の波長の長さから試料元素の定性分析ができる。
- iii) 2次X線の強度から試料元素の定量分析ができる。

2) X線発生部

本発生部は次のような機能を備えている。

- i) 高電圧発生トランスを用いたX線管から1次X線を発生させることができる。
- ii) 1次X線の出力制御が手動操作または制御部からの自動操作ができる。

3) X線管冷却部

本冷却部は次のような機能を備えている。

- i) X線管内ターゲットの発生熱を純水を用いて冷却できる。
- ii) 昇温した純水の熱を水道水を用いた熱交換器により外部へ放出できる。

4) 計数記録部

本記録部は次のような機能を備えている。

- i) X線分光部で検出した出力をディスクコンピューターで処理して、レコーダーでグラフ化できる。
- ii) プリンターで分析条件および分析データをプリントアウトでき、また磁気テープにも記録できる。

5) 制御部

本制御部は次のような機能を備えている。

- i) 測定時の各部の制御ができる。
- ii) X線強度測定値から各元素の含有量を求めることができる。
- iii) 分析条件をインプットし、記憶できる。

(3) 機器の基本仕様

1) X線分光部

- 測定元素範囲 : ${}_8\text{O} \sim {}_{92}\text{U}$
- X線管 : マクレットOEG-75 H, Rhターゲット
- 分光結晶 : TAP, PET, Ge, LiF
- 検出器 : シンチレーションカウンター (重元素用), プロポーションナルカウンター (軽元素用)

1次X線フィルター : Ni, 手動リセット方式

走査速度 : $1/4, 1/2, 1, 2^\circ / \text{min}$

2θ 自動停止再現精度 : 0.001° 以内

アリセット元素数 : 1グループ15元素

試料装填数 : 6個, 試料自動挿入機構付 (max. 18個)

試料寸法 : $55 \text{ mm}\phi \times 33 \text{ mmL}$ 以下

2) X線発生部

制御方式 : サイリスタ方式,
2次側検出—1次側制御方式

容量 : 50 kV, 100 mA; 最大3 kW

安定度 : $\pm 0.05\%$ 以下 (電源変動10%に対して)

3) X線冷却部

方式 : 純水外部冷却水熱交換方式

4) 計数記録部

検出器高圧電源 : 出力 3.000 V

波高選別装置 : 2 θ 連動機構付き

スケーラ/タイマ (全コンピューター制御方式)

i) 計数容量 : 10⁷ カウント

ii) 積分時間 : 1 ~ 200 sec

レートメーター : フルスケール 100 ~ 100 kcps

10 段切換え, コンピューター制御

レコーダー

i) チャート幅 : 250 mm

ii) チャートスピード : 0.25 ~ 80 mm/min, 6 段切換え

iii) その他 : G. RS. マッチングスタート機構付

5) 制御部

コンピューター : YHP 社製 9815 A

制御内容

i) 2 θ 角度 ii) X 線管電流, 電圧 iii) 分光結晶 iv) 検出器 v) 積分時間

vi) フルスケール vii) 試料個数

データ処理

i) 定量分析におけるレシオ計算 ii) 含有量計算 iii) 共存元素補正計算

6. 施設の安全性

6.1 安全管理

6.1.1 放射線管理

本施設においては、作業者の放射線被曝線量が法令で定める許容被曝線量を超えないように監視するとともに、不必要な被曝をできるだけ少くするため東海研究所放射線障害予防規定に定める管理基準に従い、以下のような放射線管理を行なう。

(1) 管理区域の管理

管理区域の設定範囲を図5に示す。管理区域への通常の出入口は、チェンジングルーム入口1箇所とするが、大型機器と試験材料、ならびに廃棄物容器に収納された汚染土壌は、試験ホールのシャッターから搬出する。出入の管理については、次に掲げる事項を遵守する。

- ① 所定の出入口から出入すること。
- ② 個人被曝線量計を着用すること。
- ③ 作業に必要な防護具（保護靴、保護衣、手袋等）を着用すること。
- ④ 管理区域から退出するときは、手、足、衣服等の汚染検査すること。

さらに、常時人が立ち入る区域の放射線量率、表面汚染密度および空气中放射能濃度を以下のように測定監視する。図22に放射線管理機器の配置を示す。

1) 放射線量率の測定

可搬型 γ 線エリアモニターにより、作業位置の放射線量率を連続監視するとともに、必要に応じてGMサーベイメーター、シンチレーションメーター、レムカウンター等のサーベイメーターにより必要箇所の放射線量率を測定する。

2) 表面汚染密度の測定

表面汚染検査またはスミア法により、定期的および必要に応じて測定する。また、管理区域の出入口にはハンドフットモニターを配置し、管理区域から退出する者の身体、衣服等の表面汚染を測定する。

3) 空气中放射能濃度の測定

管理区域内各箇所に設置したローカルサンプリングシステムにより空气中的塵埃を捕集し、測定する。また、空気汚染の発生する可能性の高いと予想される作業位置には、移動型ダストモニター、トリチウムモニター等を配置し、連続監視する。

(2) 排気および排水の管理

施設外へ放出される気体廃棄物の放射能濃度は、スタックダストモニターにより連続監視する。液体廃棄物は排水に際して放射能濃度をサンプリング法により測定する。

(3) 作業者の被曝管理

外部被曝については、フィルムバッチおよび必要に応じてポケット線量計等の個人被曝線量測定器によって定期的または必要に応じて臨時に測定管理する。内部被曝については、体内汚染ま

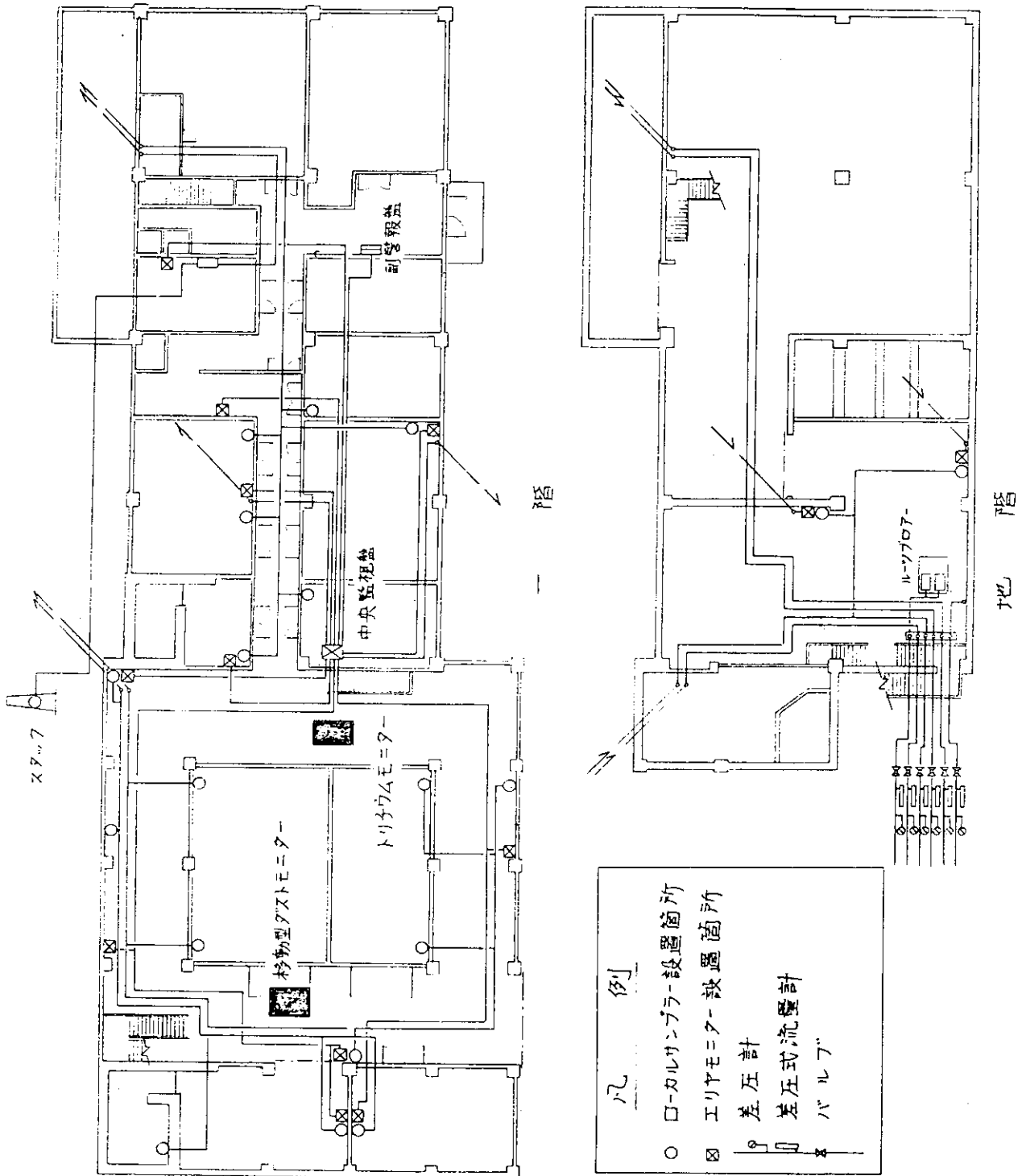


図 22 放射線管理機器の配置図

たは皮膚汚染を受けた者、またそのおそれのある者に対して、定期的または必要に応じて排泄物検査、全身計測その他の検査により内部被曝線量を測定し管理する。

6.1.2 放射性廃棄物管理

(1) 気体廃棄物管理

本施設の排気系は図 13 に示すとおりである。管理区域内の空調系等からの排気は、放管室に配置したスタックダストモニターにより放射能濃度を連続的に監視し、排気口における排気中の放射性同位元素の濃度を放出管理基準値を超えないように行なう。

(2) 液体廃棄物管理

本施設の排水系は図 12 に示すとおりである。地中シミュレーション装置から発生する放射性廃液は、バルブ操作によって、配管ピット内のホット廃液タンクに一時貯留する。ホット廃液タンクからは、定期的にポンプで汲み上げて D. P. タンクへ排出する。D. P. タンクに貯留した廃液の処理については、試料を採取して放射能濃度を測定し、それが排出基準値未満の場合には、一般排水として希釈しながら一般排水溝に排出する。このとき、排水口における排水中の放射性同位元素の濃度を放出管理基準値を超えないようにする。一方、放射能濃度が排出基準値以上の場合には、タンクローリ車で廃棄物処理場へ輸送する。

(3) 固体廃棄物管理

本施設から発生する固体廃棄物は、主として汚染土壌である。これらの廃棄物は、廃棄物処理装置により廃棄物容器（ドラム缶）に充填し、フォークリフト等を使用して廃棄物保管室に一時保管する。また、雑固体廃棄物については、カートンボックス等に入れて廃棄物保管室に一時保管する。これらの廃棄物が規定量に達した場合、車両で廃棄物処理場へ輸送する。

6.1.3 一般安全管理

(1) クレーン

試験ホールに設置されているクレーンは、2.8 ton 天井クレーンのため、運転に際しては有資格者が行なう。

(2) フォークリフト

廃棄物容器等の運搬に使用するフォークリフトは、1 ton未満の小型フォークリフトであるため、運転に際しては有資格者が行なう。

(3) 電気工作物

ウェザールーム空調装置等は、電気工作者管理主任の指示に従い運転管理する。

6.2 安全解析

6.2.1 作業員の放射線外部被曝解析

本試験においては、非密封の RI（ β および γ 核種）を水溶液として使用するが、2.3 節に記したようにその 1 日最大使用量は ^3H 5 mCi, ^{90}Sr 2.5 mCi, ^{60}Co 2.5 mCi, ^{85}Sr 5 mCi および ^{137}Cs 5 mCi である。これらの放射性物質を主として使用する地中シミュレー

ジョン装置は、オートサンプラー等を用い、大部分自動化されているので、作業者は試験中、装置に近づくことを極力少なくし、遠隔操作により運転を行なう。しかしながら、外部被曝が予想される作業内容としては、RIの調整、混合RI水溶液の流下、土壌と流出液中の放射能濃度測定、使用機器の除染、汚染土壌の処理および廃棄物容器の移動等が考えられる。これらの作業内容に対する外部被曝を評価した結果、作業員1人当たりの外部被曝線量が許容線量以下であることを計算により確かめた。つぎに、通気層カラム内の水流速を測定するために使用する密封の ^{252}Cf 線源(536 $\mu\text{Ci} \times 2$ 個)からの外部被曝線量については、非密封のRIと同様にして計算すると、許容線量を充分下廻ることがわかった。

さらに、作業員が受ける外部被曝をできるだけ少なくするために次のような対策を施している。

- ① RIを多量に貯蔵するRI貯蔵設備および廃棄物保管設備は、十分な遮蔽能力を有するよう製する。
- ② RIが多量に貯留される試料液タンク、ホット廃液タンク等には、遮蔽体を取り付ける。なお、作業員が常時立入る区域については、放射線レベルを2 mR/h以下に抑える。

6.2.2 作業員の放射線内部被曝解析

本試験においては、2.3節に記したように β および γ 核種を非密封の状態を取扱うので、RI水溶液の調整はRIフード内で、流出液と土壌の採取および汚染土壌の処理は局所排気装置を設置してそれぞれ作業する。これらの作業内容に対する内部被曝を評価した結果、作業員1人当たりの内部被曝線量が許容線量以下であることを計算により確かめた。

さらに、本施設では、地中シミュレーション装置が設置されているウェザールームは、試験ホールより負圧に維持し、また、管理区域内は充分な換気を施すことにより、作業員が受ける内部被曝を極力防止する。

6.3 安全対策

6.3.1 火災対策

建家は鉄筋コンクリートおよび鉄骨スレート構造で、内部の諸設備も不燃材および難燃材で構成されている。また、消防法の定めるところにより、消火栓および自動警報装置を全試験施設内に設備するとともに、消火器を建家全体に配置する。

ウェザールームは、ヒーター加熱方式(ヒーター容量: 27 kW)により最高40℃に設定し運転される。万一、加熱ヒーターの自動温度調整器が故障して給気用加熱コイル温度が90℃以上になると、給気系に設置した温度センサーが検知し、アラームにより警報すると同時に自動的に電源(加熱ヒーター等)が切れ、さらに防火ダンパーが働くようにする。

6.3.2 爆発対策

本施設においては、爆発物は一切使用しないので、爆発事故が起こることは考えられない。したがって、爆発に対する特別な対策は講じていない。

6.3.3 地震対策

建家、試験装置、機器、配管類および架台は、十分な耐震構造に設計されているので、地震には充分耐えられる。なお、放射性物質を取扱う装置等はすべて耐震クラスをBクラスとし、その他はCクラスとする。

6.3.4 停電対策

本試験施設内の装置は商用電源が停電になるとすべて停止するが、危険な状態に陥ることはないようにする。例えば、ウェザールームの空調装置については、停電により排風機が停止し、ウェザールーム内の圧力が負圧から常圧にもどった場合に、ウェザールームの空調系のダンパーが作動し試験ホールへの汚染空気の拡散が起こらないようにする。また、施設の警報については、停電中においても、D.P.タンクの水位アラームが鳴るようにする。

6.3.5 誤操作対策

本試験施設内の装置の運転操作に関しては、運転操作マニュアル、安全作業基準等を整備し、万全を期する。また、誤操作に備えて必要箇所には、インターロック、警報、通信設備、表示ランプ等の安全装置を設け、誤操作等による事故を未然に防止するよう措置する。

6.3.6 漏液対策

本施設の管理区域には、ホット用の排水設備として、D.P.タンク、ホット廃液タンク、排水管、排水溝等があり、これらは洩れにくい構造で、廃液が浸透しにくく、かつ腐蝕しにくい材料で造られている。万一、これらの設備から廃液が漏洩してもその拡散が防止でき、なおかつ廃液が回収できるピット等を設ける。また、漏洩があれば警報等により検知できるようにする。

6.4 最大想定事故の評価

最大想定事故は、本施設に施されている多重の安全対策の機能を見逃した場合で、地中シミュレーション装置からの漏水による事故を想定し、作業員に対する放射線被曝線量の評価を行なう。

6.4.1 想定事故の内容

地中シミュレーション装置の運転中に、ポンプの故障あるいはバルブ操作ミスにより、混合RI水溶液が通気層カラムあるいは帯水層槽よりオーバーフローしているにもかかわらず、計装によるインターロックが正常に作動しないため、異常な漏水事故が生じた場合を想定する。

漏水事故発生後、作業員が試験のためウェザールーム内に立入り、漏水事故を気付かず作業を行なうものとし、事故に気付くまでの間の被曝を想定して評価する。

6.4.2 被曝線量の評価

被曝線量の評価にあたっては、次のような前提条件を設定した。

- ① 漏水液中のRI量は、 ${}^3\text{H}$ 5 mCi, ${}^{90}\text{Sr}$ 2.5 mCi, ${}^{60}\text{Co}$ 2.5 mCi, ${}^{85}\text{Sr}$ 5 mCi および

^{137}Cs 5 mCi とする。

- ② 漏水による各 RI の空気中への移行率は ^3H を 10^{-5} 、その他の核種を 10^{-6} とする。
- ③ 作業者が漏水事故を知らずに作業を行なった時間を 10 分間とする。
- ④ 外部被曝評価の場合、線源は点線源とし、また、線源からの距離を 1 m とする。
- ⑤ RI が飛散する空間、すなわちウェザールームの容積は $2.5 \times 10^8 \text{ cm}^3$ である。
- ⑥ ウェザールームの換気回数を 10 回/h とする。
- ⑦ 施設排気系のフィルター捕集効率は ^3H を 0、その他の核種を 0.9 とする。
- ⑧ 排気口における排出空気量率を $2.0 \times 10^{10} \text{ cm}^3/\text{h}$ (設計値は $2.0 \times 10^{10} \text{ cm}^3/\text{h}$ 以上) とする。
- ⑨ 排風機の運転時間は 8 時間とする。

これらの条件を基に、作業者が受ける外部および内部被曝線量、ならびに排気口における排気中の放射能濃度の評価を行なった。その結果、外部被曝線量は 1.05 mrem、内部被曝線量は $4.8 \times 10^{-2} \text{ mrem}$ である。また、排気口における排気中の放射能濃度は、それぞれ ^3H $3.13 \times 10^{-13} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ 、 ^{90}Sr $1.56 \times 10^{-15} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ 、 ^{60}Co $1.56 \times 10^{-15} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ 、 ^{85}Sr $3.13 \times 10^{-15} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ および ^{137}Cs $3.13 \times 10^{-15} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ であり、これらの値はいずれも許容値を十分下廻っている。

7. あとがき

環境シミュレーション試験施設に関しては、本概念設計に基づき詳細設計を終了している。建家は現在、着工中であり、昭和57年度内に完成する予定である。地中シミュレーション装置等の試験装置は、昭和57～58年度に亘って製作、設置することになる。一方、許認可に関しては、試験施設の設置に係る所内安全審査を終了し、RI使用許可申請を準備中である。なお、試験装置の詳細については、今後の検討により一部変更されることもある。

最後に、本試験施設の概念設計を進める上で、多くの御助言をいただいた建設部の中山洋一氏、糟谷浩正氏、荻野俊治氏、成瀬日出夫氏、保健物理部の穴沢豊氏、松下紘三氏、中村力氏、坂本文男氏、技術部の榎井信彦氏、および保安全管理室の三坂侃氏に感謝の意を表す。また、本報告書を作成するに当たり、御協力していただいた当部低レベル廃棄物処理処分研究室の武部慎一、大貫敏彦の両氏に感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 原子力委員会：月報，21(10)，p. 7 (1976)。
- 2) 和達嘉樹，山本忠利：保健物理，16，225 (1980)。
- 3) 和達嘉樹，他：日本原子力学会誌，24，182 (1982)。
- 4) 井上頼輝：第6回放医研環境セミナー報文集，p 247 (1979)。
- 5) 井上頼輝，森沢真輔：日本原子力学会誌，14，522 (1972)。

7. あとがき

環境シミュレーション試験施設に関しては、本概念設計に基づき詳細設計を終了している。建家は現在、着工中であり、昭和57年度内に完成する予定である。地中シミュレーション装置等の試験装置は、昭和57～58年度に亘って製作、設置することになる。一方、許認可に関しては、試験施設の設置に係る所内安全審査を終了し、RI使用許可申請を準備中である。なお、試験装置の詳細については、今後の検討により一部変更されることもある。

最後に、本試験施設の概念設計を進める上で、多くの御助言をいただいた建設部の中山洋一氏、糟谷浩正氏、荻野俊治氏、成瀬日出夫氏、保健物理部の穴沢豊氏、松下紘三氏、中村力氏、坂本文男氏、技術部の樺井信彦氏、および保安全管理室の三坂侃氏に感謝の意を表す。また、本報告書を作成するに当たり、御協力していただいた当部低レベル廃棄物処理処分研究室の武部慎一、大貫敏彦の両氏に感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 原子力委員会：月報，21(10)，p. 7 (1976).
- 2) 和達嘉樹，山本忠利：保健物理，16，225 (1980).
- 3) 和達嘉樹，他：日本原子力学会誌，24，182 (1982).
- 4) 井上頼輝：第6回放医研環境セミナー報文集，p 247 (1979).
- 5) 井上頼輝，森沢真輔：日本原子力学会誌，14，522 (1972).