

JAERI - M
84-125

地中シミュレーション装置の製作

1984年7月

山本 忠利・大塚 芳郎・武部 慎一
大貫 敏彦・小川 弘道・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。
入手の問い合わせは、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, 1984

編集兼発行 日本原子力研究所
印刷 いばらき印刷機

地中シミュレーション装置の製作

日本原子力研究所東海研究所環境安全研究部

山本忠利・大塚芳郎・武部慎一・大貫敏彦

小川弘道・原田芳金^{*}・斎藤和明^{**}・和達嘉樹

(1984年6月14日受理)

処分サイト内の浅地中（通気層および帯水層）における放射性核種の移動特性を調べるため、自然状態の土壌を用いて試験できる地中シミュレーション装置を製作した。本装置は、地下水位より上部にある通気層土壌を使用する通気層用装置（通気層カラム、 $d: 30\text{ cm} \times h: 120\text{ cm}$ ）および地下水位にある帯水層土壌を使用する帯水層用装置（帯水層槽、 $b: 90\text{ cm} \times l: 270\text{ cm} \times h: 45\text{ cm}$ ）から構成されている。

本報告は、地中シミュレーション装置の概要をまとめたものであり、装置の機能および機器仕様、障害解析、安全対策、事故解析および操作マニュアル等について記述したものである。

• 現在、三井金属鉱業株式会社
** 現在、三井造船エンジニアリング株式会社

Construction of Shallow Land Simulation Apparatuses

Tadatoshi YAMAMOTO, Yoshiro OHTSUKA, Shinichi TAKEBE,
Toshihiko OHNUKI, Hiromichi OGAWA, Yoshikane HARADA*,
Kazuaki SAITOH** and Yoshiki WADACHI

Department of Environmental Safety Research,
Tokai Research Establishment, JAERI

(Received June 14, 1984)

Shallow land simulation apparatuses in which natural soil can be used as testing soil have been constructed to investigate the migration characteristics of radionuclides in a disposal site. These apparatuses consist of aerated zone apparatus and aquifer zone one. In the aerated zone apparatus, aerated soil upon ground water level is contained in the soil column (d : 30 cm \times h : 120 cm). In the aquifer zone apparatus, aquifer soil laying ground water level is contained in the soil vessel (b : 90 cm \times l : 270 cm \times h : 45 cm).

This report describes the outline of shallow land simulation apparatuses : function of apparatuses and specification of devices, analysis of obstructions, safety rules, analysis of accidents and operation manual.

Keywords : Shallow Land Simulation Apparatus, Migration Characteristics, Disposal Site, Aerated Zone, Aquifer Zone, Soil, Operational Manual

* Mitsui Mining & Smelting Co. Ltd.

** Sanzo Engineering Co. Ltd.

目 次

1. まえがき	1
2. 試験装置の設置場所	2
3. 試験方法	4
3.1 通気層移動試験	4
3.2 帯水層移動試験	7
4. 装置の機能および機器仕様	10
4.1 通気層用装置	10
4.2 帯水層用装置	21
4.3 ウェザールーム空調装置	30
4.4 通気層水流速測定装置	38
4.5 帯水層水流速測定装置	47
4.6 核種移動速度測定装置	52
4.7 除染装置	60
4.8 廃棄物処理装置	63
4.9 その他関連設備	66
5. 障害解析	70
5.1 使用時の被曝線量	70
5.2 貯蔵時の被曝線量	90
5.3 事業所境界における被曝線量	102
6. 安全対策	103
6.1 地震に対する安全対策	103
6.2 停電に対する安全対策	103
6.3 火災に対する安全対策	103
6.4 各種機器等の安全対策	103
6.5 放射線被曝防止に関する安全対策	104
7. 事故解析	106
7.1 各種事故	106
7.2 想定事故	107
8. 操作マニュアル	110
8.1 一般注意事項	110
8.2 試験準備	110
8.3 通気層移動試験	111
8.4 帯水層移動試験	114
8.5 試験後の処置	116

8.6	試験済み土壌の処理	116
8.7	装置機器類の除染	117
8.8	異常時の処置	118
9.	あとがき	122
	参考文献	122

Contents

1.	Introduction	1
2.	Location of testing apparatuses	2
3.	Testing process	4
4.	Function of apparatuses and specification of devices ..	10
5.	Analysis of obstructions	70
6.	Safety rules	103
7.	Analysis of accidents	106
8.	Operation manual	110
9.	Conclusion	122
	References	122

1. ま え が き

低レベル放射性廃棄物は主として原子力発電所から発生しており、その累積量は昭和58年3月現在で約46万本に達している。今後、原子力の開発利用の進展に伴い、昭和75年には約180万本に達するものと予測されており、その処理処分対策の確立が望まれている。

このような低レベル放射性廃棄物の処分については、陸地処分と海洋処分を組み合わせる実施するとの原子力委員会の基本方針が昭和51年に示されている¹⁾。海洋処分は試験的処分を行う態勢になっているが、種々の理由でその実施は遅れている。一方、陸地処分については、その推進の一方方法として、現在、原子力発電所敷地内に保管しているこれら低レベル廃棄物を一ヶ所に集め、一定期間貯蔵した後、浅地中処分する方針が打ち出されている。

低レベル廃棄物を浅地中に処分した場合、天然バリアである地層、すなわち通気層と帯水層の核種移動阻止効果および核種移動特性について正確な評価が必要となる。それには、放射性物質を用いて水文地質学的なフィールド試験を行うことが最も直接的な方法である。しかし、このようなフィールド試験の実施は、我が国では種々の理由で難しい。そこで、日本原子力研究所では、フィールドと同じ自然状態の土壌を用いての施設内での放射性核種の移動試験、すなわち“環境シミュレーション試験”²⁾の実施を計画した。56年度と57年度に試験施設の建設³⁾を行った後、57年度と58年度に地中シミュレーション装置等の内装機器の整備を行い、58年度後半より日本原子力研究所敷地内の浅地層を対象として、 ^{60}Co 、 ^{90}Sr および ^{137}Cs 等の主要放射性核種について地中移動試験を開始している。これらの試験によって、天然バリアの核種移動阻止効果を評価するとともに、これら地層に対する核種移動予測式を検討し、陸地処分の環境安全評価に適用する核種地中移動モデルを開発して行く計画である。

本報告は、前記の天然バリア中における放射性核種の移動特性を調べるために、施設内で自然状態の土壌を用いて試験できる地中シミュレーション装置（通気層用装置および帯水層用装置）を設計、製作したので、その概要についてまとめたものである。

2. 試験装置の設置場所

地中シミュレーション装置等の試験装置は、次のような場所にそれぞれ設置する。

- (1) 通気層用装置については、その主要部分（流下機構部、通気層カラム部、流出機構部、サンプリング部）は通気層室に、コントロール部はコントロール室に、一時廃液貯留部は配管ピットにそれぞれ設置する。
- (2) 帯水層用装置については、その主要部分（流入機構部、帯水層槽部、流出機構部、サンプリング部）は帯水層室に、コントロール部はコントロール室に設置する。
- (3) ウェザールーム空調装置については、ウェザールーム室本体（通気層室、帯水層室）は試験ホールに、温度・湿度コントロール部および排気部は試験ホール機械室および屋上に、制御部はコントロール室にそれぞれ設置する。
- (4) 水流速測定装置は、通気層用装置および帯水層用装置から成る。通気層用装置の照射部および線源昇降部は通気層室に、放射線検出部および演算部は試験ホールに設置する。一方、帯水層用装置の検出部は帯水層室に、制御計測部、データ処理部、記録部および電源部は試験ホールに設置する。
- (5) 核種移動速度測定装置は、通気層カラム用および帯水層槽用から成り、それぞれの γ 線検出部は通気層室および帯水層室に、計数部、濃度分布算出部および入出力部はコントロール室に設置する。
- (6) 除染装置は除染室に設置する。
- (7) 廃棄物処理装置は廃棄物処理室に設置する。

以上の試験装置の設置場所を図1に示す。また、通気層用装置および帯水層用装置の外観をそれぞれ写真1、写真2に示す。

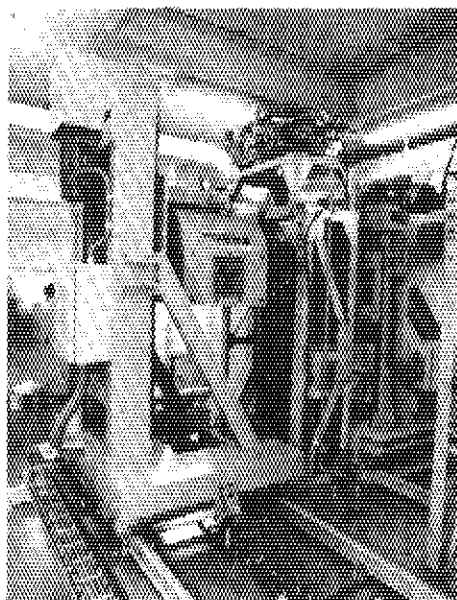


写真1 通気層用装置

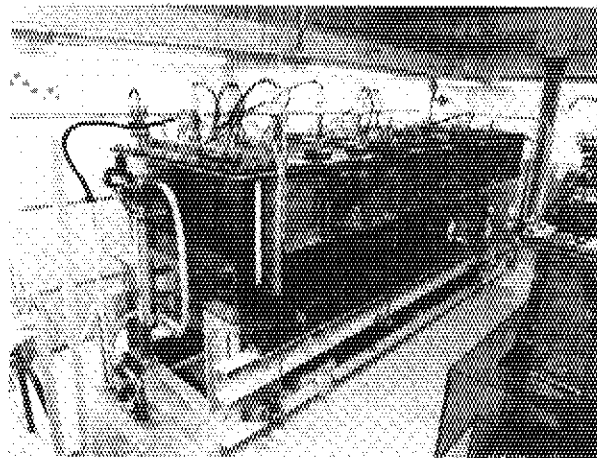
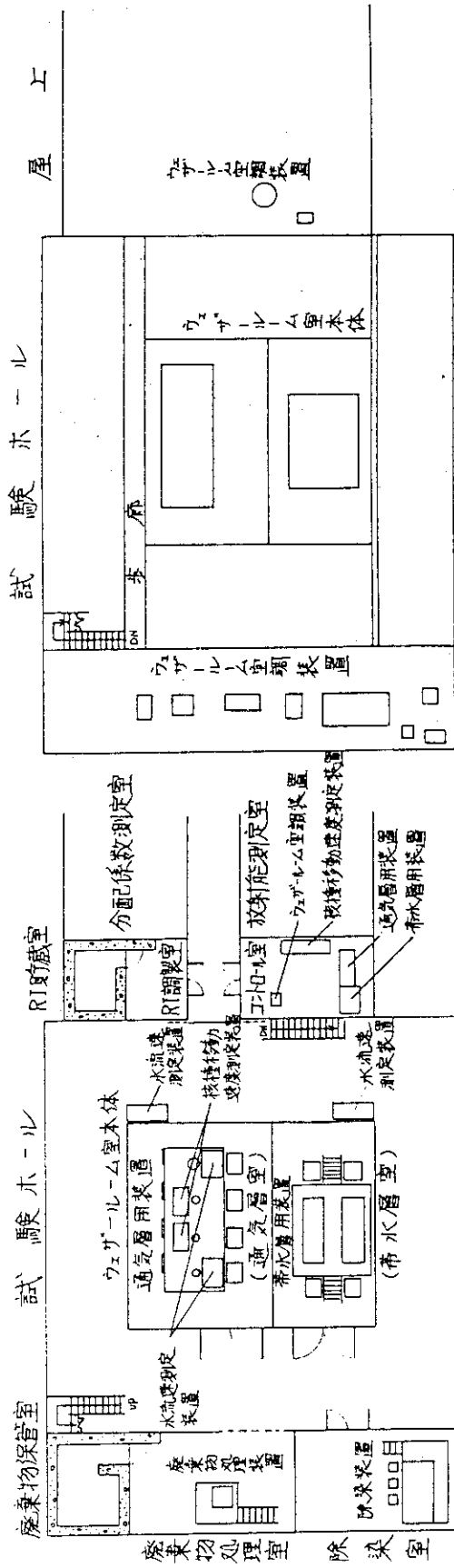
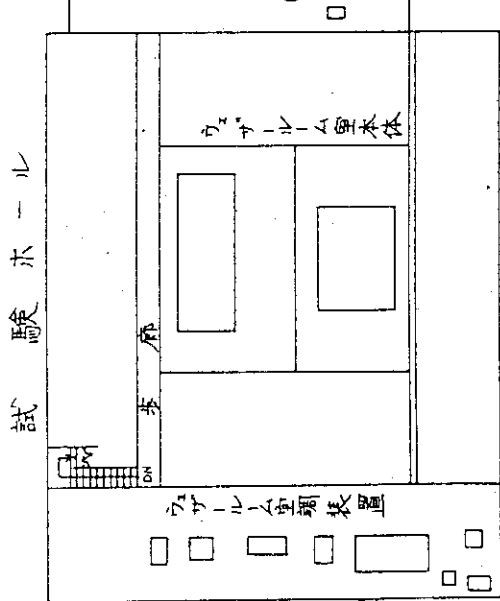


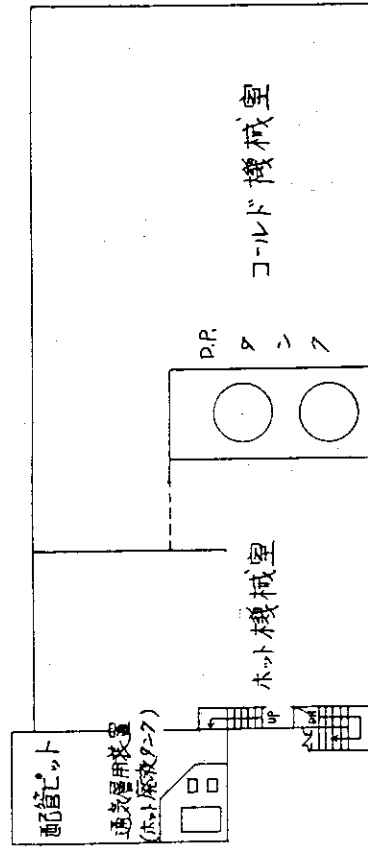
写真2 帯水層用装置



〔1階平面図〕



〔2階平面図〕



〔地階平面図〕

図1 試験装置の設置場所

3. 試 験 方 法

本地中シミュレーション装置を用いて実施する試験は、大別して、1.通気層移動試験、2.帯水層移動試験である。前者は地下水位より上部の地層である通気層を対象にし、主に鉛直方向への放射性核種の移動を調べるものであり、後者は地下水位の地層である帯水層を対象にし、主に水平方向への放射性核種の移動を調べるものである。以下に試験方法の概略を示す。

(詳細については第8章の操作マニュアルに記述する。)

3.1 通気層移動試験

通気層用装置のフローシートを図2に、試験の作業手順を図3に示す。

- ① 未攪乱状態で通気層カラムに採取した通気層土壌をウェザールーム内の試験架台に設置する。
- ② 試験環境条件を一定に保つようにウェザールーム内の温度、湿度を設定する。
- ③ 試験用の放射性物質をR1調整室のR1フード内で所定の濃度に調製し、試料液タンクに移送する。
- ④ 調製した放射性水溶液(試料液)をポンプアップし、散布器により通気層カラム内に流下させる。一方、試料液の一部を用いて、同一土壌に対する各放射性核種の分配係数値を同測定装置により分配係数測定室において実測する。
- ⑤ 試験中は、 ^{252}Cf 中性子検出方式による水流速測定装置で土壌中の水流速を測定し、さらにNaI外部検出方式による核種移動速度測定装置で土壌中の核種移動速度を測定する。
- ⑥ 通気層カラム下部より流出する放射性水溶液の一部を、オートサンプラーにより所定量ずつサンプリングし、その液中の放射能濃度を放射能測定装置により放射能測定室において測定する。
- ⑦ 試験終了後、カラム内の土壌を土壌サンプリング器を用いて所定量ずつサンプリングして土壌中の放射能濃度を放射能測定装置により測定する。
- ⑧ 試験に使用した通気層カラム等は除染室に運搬し、除染装置により除染する。
- ⑨ 放射性廃液は、一時ホット廃液タンクに集め、定量になるとD.P.タンクに送り、D.P.タンクからタンク車で廃棄物処理場へ搬出する。
- ⑩ 試験済み土壌は、廃棄物処理室に運搬し、廃棄物処理装置により廃棄物容器(ドラム缶)に充填、密封し、廃棄物保管室に一時保管して、規定量に達するとトラックで廃棄物処理場へ搬出する。

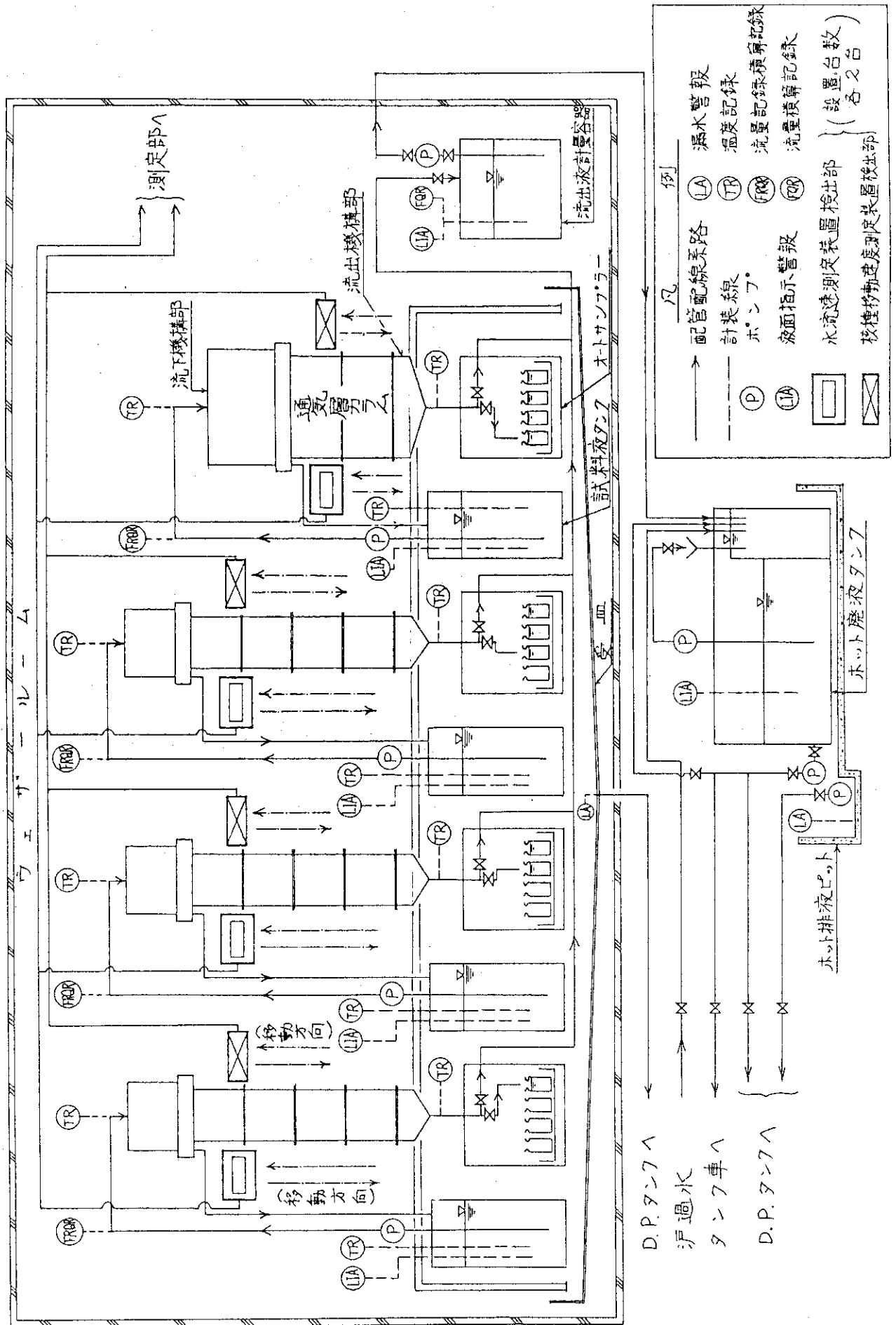


図2 通気層用装置フローシート

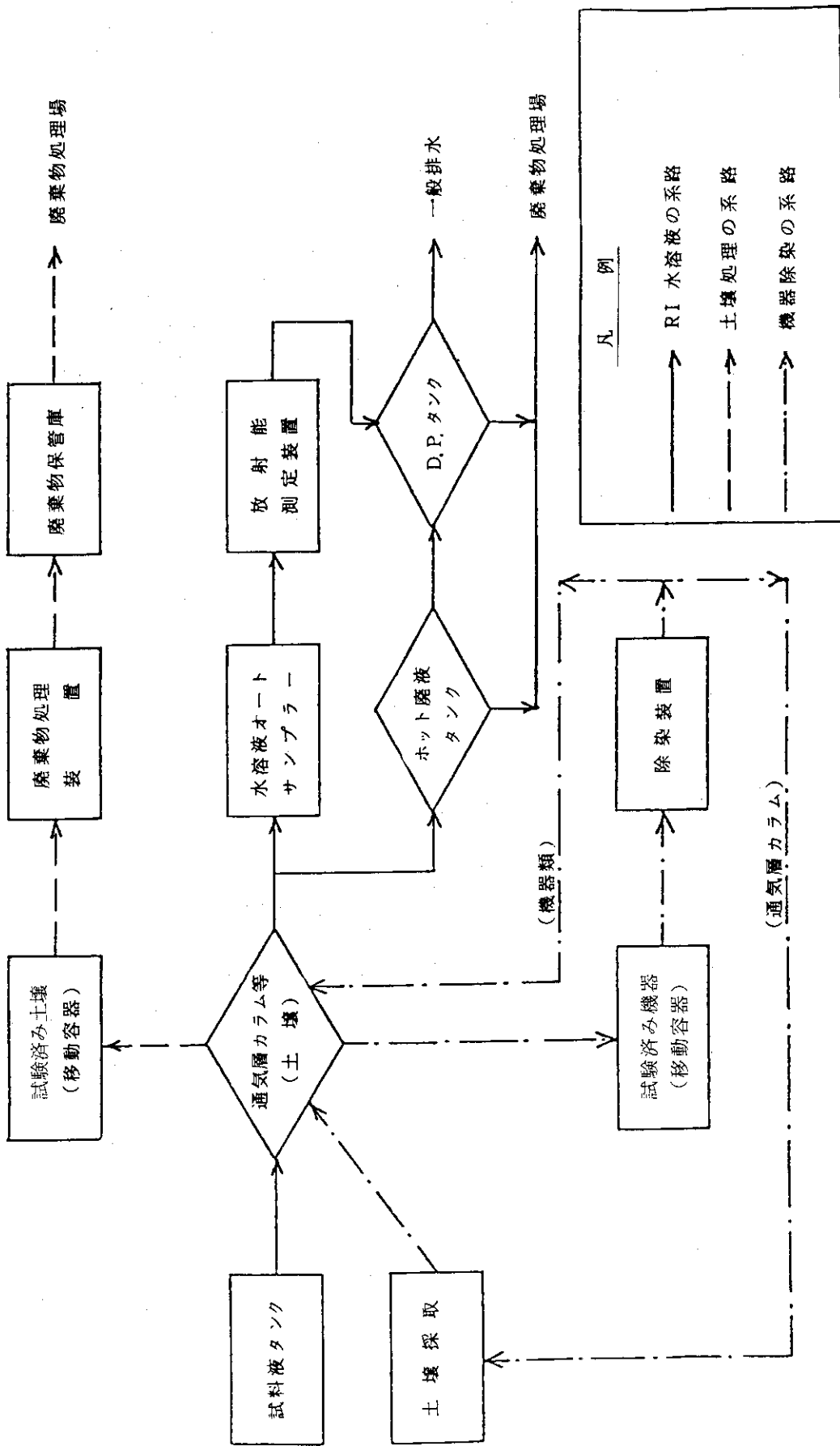


図3 通気層移動試験における作業手順

3.2 帯水層移動試験

帯水層用装置のフローシートを図4に、試験の作業手順を図5に示す。

- ① 攪乱状態で採取した帯水層土壌を、ウェザールーム内に設置した帯水層槽に充填する。
- ② 試験環境条件を一定に保つようにウェザールーム内の温度、湿度を設定する。
- ③ 試験用の放射性物質をR1調製室のR1フード内で所定の濃度に調製し、試料液タンクに移送する。
- ④ 調製した放射性水溶液（試料液）をポンプアップし、流入槽を通して帯水層槽内へ流入させる。一方、試料液の一部を用いて、同一土壌に対する各放射性核種の分配係数値を同測定装置により分配係数測定室において測定する。
- ⑤ 試験中は、サーミスタ検出方式による水流速測定装置により土壌中の水流速を測定し、さらにNaI内部検出方式による核種移動速度測定装置で土壌中の核種移動速度を測定する。
- ⑥ 流出槽より流出する放射性水溶液の一部を、オートサンプラーにより所定量ずつサンプリングし、その液中の放射能濃度を放射能測定装置により放射能測定室において測定する。
- ⑦ 試験終了後、槽内の土壌を土壌サンプリング器を用いて所定量ずつサンプリングして土壌中の放射能濃度を放射能測定装置により測定する。
- ⑧ 試験に使用した帯水層槽等は除染室に運搬し、除染装置により除染する。
- ⑨ 放射性廃液は、一時ホット廃液タンクに集め定量になるとD.P.タンクに送り、D.P.タンクからタンク車で廃棄物処理場へ搬出する。
- ⑩ 試験済み土壌は、廃棄物処理室に運搬し、廃棄物処理装置により廃棄物容器（ドラム缶）に充填、密封し、廃棄物保管室に一時保管し、規定量に達するとトラックで廃棄物処理場へ搬出する。

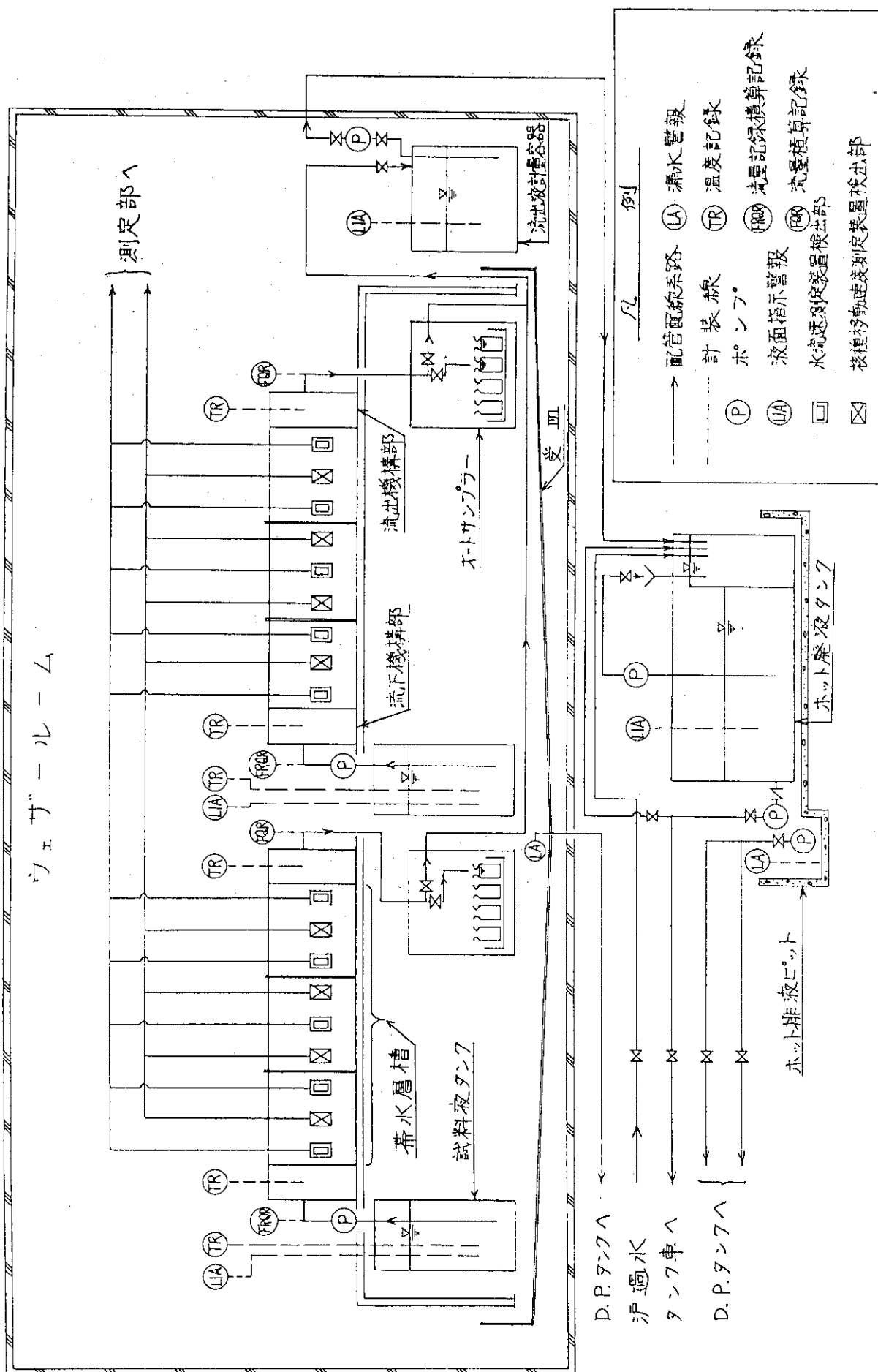


図4 帯水層用装置フローシート

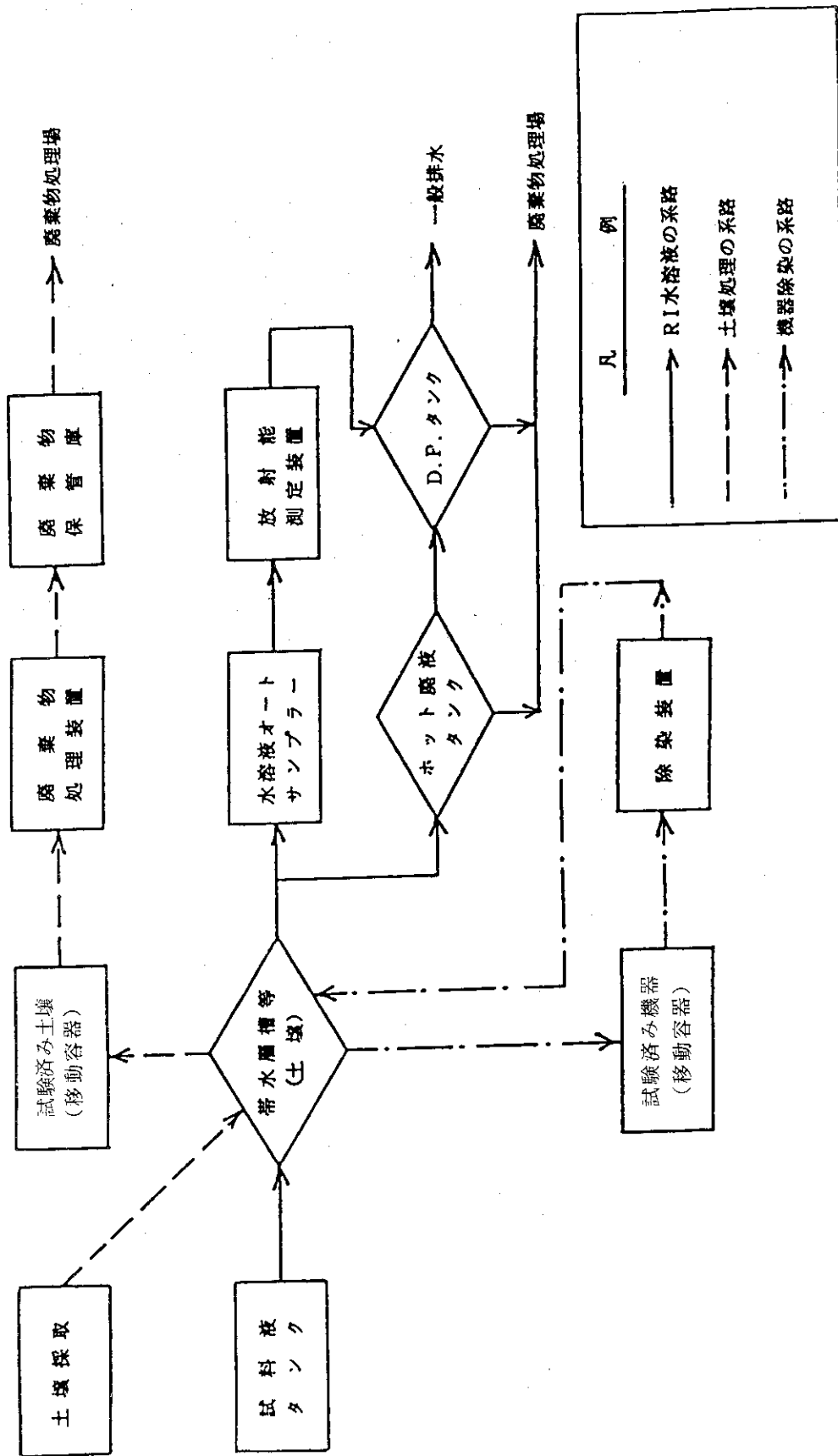


図5 帯水層移動試験における作業手順

4. 装置の機能および機器仕様

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実施するためのものであり、地下水位より上部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を基本構成とする。その他に、前記の両装置が設置されているウェザールーム内の環境条件をコントロールして、より自然に近い条件下で試験を行うためのウェザールーム空調装置、土壌中の水流速を測定する水流速測定装置と核種移動速度を算出する核種移動速度測定装置、および試験終了後の機器類の除染を行うための除染装置と試験済み土壌の処理を行うための廃棄物処理装置等から構成されている。以下に各装置の構成とその概要を示す。

4.1 通気層用装置

本装置は、自然の地層から未攪乱状態で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、その土壌に所定の濃度に調製した放射性水溶液を流下させて、土壌中の放射性核種の移動を調べるためのもので、流下機構部、通気層カラム部、流出機構部、サンプリング部、一時廃液貯留部およびコントロール部等から構成されており、300mmφの通気層カラム3系列および600mmφの通気層カラム1系列から成る（図2）。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。

4.1.1 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散布器等から構成され、次のような機能を備えている。

- i) 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試料液タンクに一時貯留できる。
- ii) 試料液ポンプにより放射性水溶液を試料液タンクから散布器へ移送でき、その水溶液の流量調整が可能である。
- iii) 散布器により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、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、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下部から流出した放射性水溶液の採取または排水、およびカラム内土壌の採取を行うもので、①オートサンプラー、②流出液計量容器および③土壌サンプリング器等から構成され、次のような機能を備えている。

i) オートサンプラーにより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) 流出機構部からの流出液を流出液計量容器で計量でき、ポンプを用いて廃液をホット廃液タンクへ移送できる。

iii) 土壌サンプリング器を用いて通気層カラム内土壌中から所定の位置で土壌を一定量サンプリングできる。

5) 一時廃液貯留部

本貯留部は流出液計量容器からの流出液(帯水層用装置からの流出液も含む)を一時貯留するもので、①ホット廃液タンク、②ホット廃液ポンプ等から構成され、次のような機能を備えている。

i) 流出液計量容器からの流出液をホット廃液タンクに一時貯留でき、ポンプを用いて廃液をD. P. タンクまたはタンクローリー車へ移送できる。

ii) 放射能測定のために廃液のサンプリングができる。

6) 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中央電気・計装盤に設置され、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うものである。

4.1.2 機器仕様

1) 流下機構部

① 試料液タンク (T-1 A~D)

試験に使用する放射性水溶液を調製、貯留するためのタンクである。

形状 : 円筒形

寸法 : 565mm ϕ × 860mmH

容量 : 200 ℓ

材質 : ポリエチレン

構造 : 図6に示す。遮蔽体(鋼板4.5mm+鉛10mm)付き。台車(800mmW × 900mm 2 × 308mmHテーブル)付き。

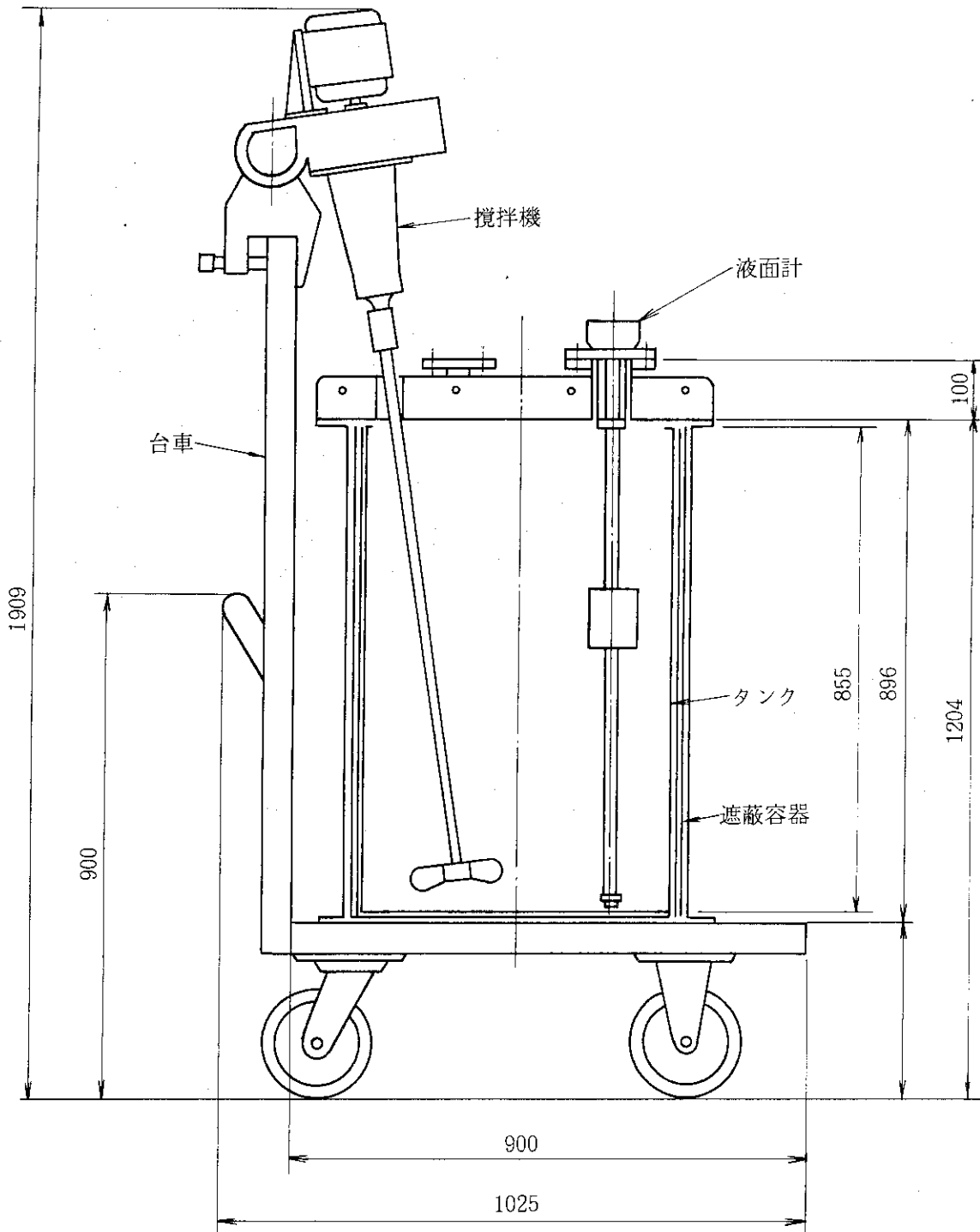


図6 試料液タンクの構造

② 試料液ポンプ (P-1 A~D)

放射性水溶液を試料液タンクから散布器に移送するためのポンプである。

型式 : ダイアフラム式定量ポンプ (イワキ製)

IVXG-AK 40 S4-02 型 (300)*

IVXG-AK 70 S4-04 型 (600)*

吐出量 : 0~0.3 ℓ/min (300)

0~1 ℓ/min (600)

吐出圧 : max 7 kg/cm² (300)

max 5 kg/cm² (600)

モーター : 0.2 kw (300)

0.4 kw (600)

材質 : SUS304 およびテフロン (接液部)

③ 試料液攪拌機 (M-1 A~D)

試料液タンク内の放射性水溶液を均一にするための攪拌機で、試料液タンク上部に取り付ける。

型式 : 可搬式 (佐竹化学機械工業製 540-02 型)

回転数 : 100 rpm

モーター : 0.2 kw

材質 : SUS304 (接液部)

④ 散布器 (S-1 A~D)

放射性水溶液を通気層カラム内土壌の表面に均一に散水するためのものである。

型式 : ノズル滴下方式 (大起理化工業製)

DIK-6102 型 (300)

DIK-6101 型 (600)

寸法 : 480 mmW × 580 mmL × 440 mmH (300)

780 mmW × 860 mmL × 440 mmH (600)

散布量 : 17~175 mm/hr (300)

19~197 mm/hr (600)

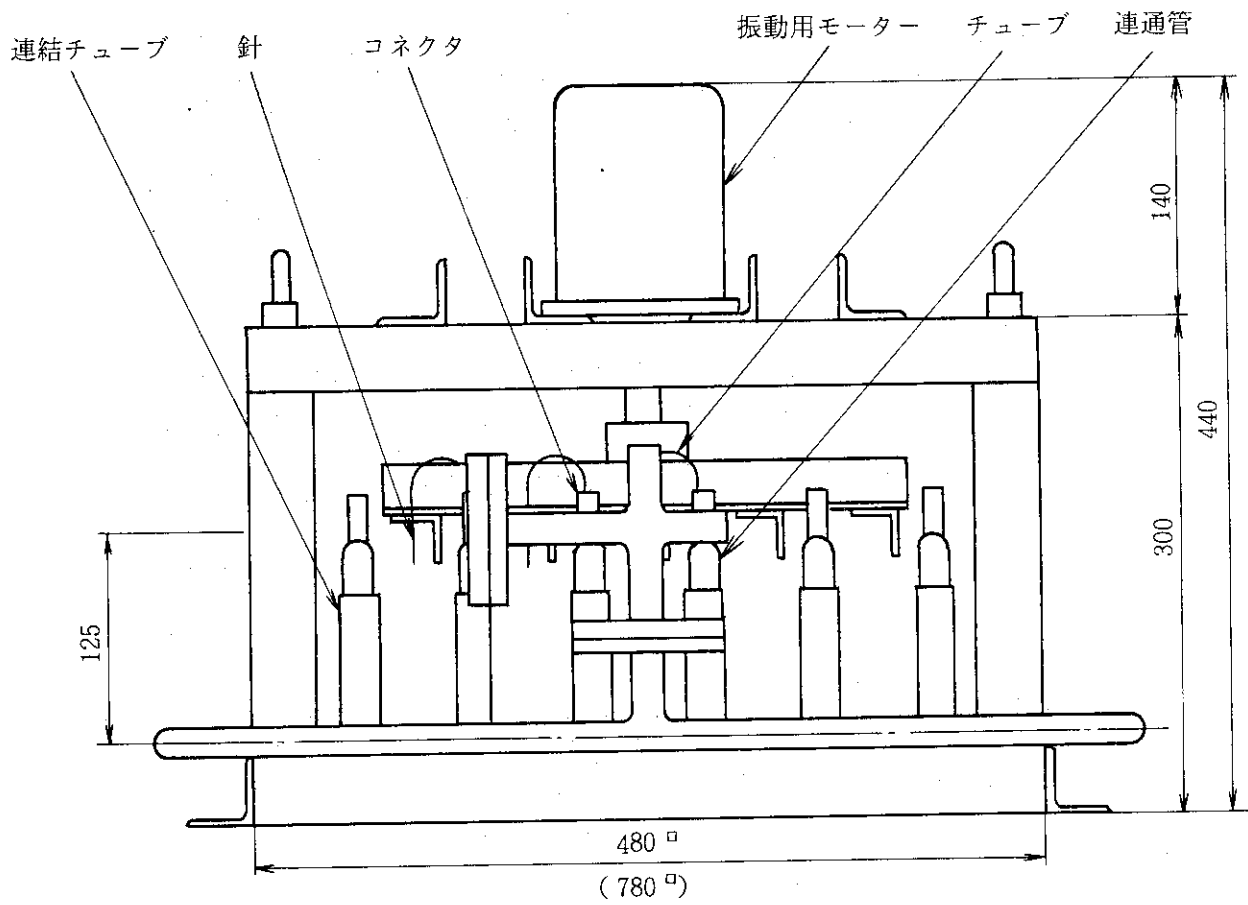
散布面積 : 500 mm × 730 mm (300)

800 mm × 880 mm (600)

材質 : SUS304 (接液部)

構造 : 図7に示す。振動用モーター (60 w) 付き。

* (300)は300 mm φの通気層カラム系列, (600)は600 mm φの通気層カラム系列の機器を示す。



注) () は 600 φ カラム用

図7 散布器の構造

⑤ 流入カラム (C-1 A~D)

散布器と通気層カラムとの間に接続され、散布器で散布される試料液が装置外へ飛散するのを防ぐとともに、通気層カラムに流入する以外の試料液を試料液タンクにもどすためのものである。

形状 : 角形

寸法 : 500 mmW × 848 mmL × 488 mmH (300)

800 mmW × 1,002 mmL × 488 mmH (600)

材質 : 透明塩化ビニルおよび SUS 304 (補強枠)

構造 : 図 8 に示す。散布器および通気層カラムとの接続はゴムパッキングによるボルト締めである。

2) 通気層カラム部

① 通気層カラム (C-2 A~D)

通気層土壤中の放射性核種の移動状況を調べるための土壌カラムである。

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 mmφ × 1,200 mmH (300)

600 mmφ × 600 mmH (600)

材質 : 透明塩化ビニル

構造 : 図 8 に示す。各カラムの接続はゴムパッキングによるボルト締めである。

3) 流出機構部

① 流出カラム (C-3 A~D)

通気層土壤を通過した放射性水溶液を集めるためのものである。

形状 : 円筒形

寸法 : 300 mmφ × 300 mmH (300)

600 mmφ × 400 mmH (600)

材質 : 透明塩化ビニル

構造 : 図 8 に示す。通気層カラムとの接続はゴムパッキングによるボルト締めである。ポリプロピレン製ウールフィルター (299 mmφ × 3 枚) およびガラス玉 (1 cmφ) 付属。

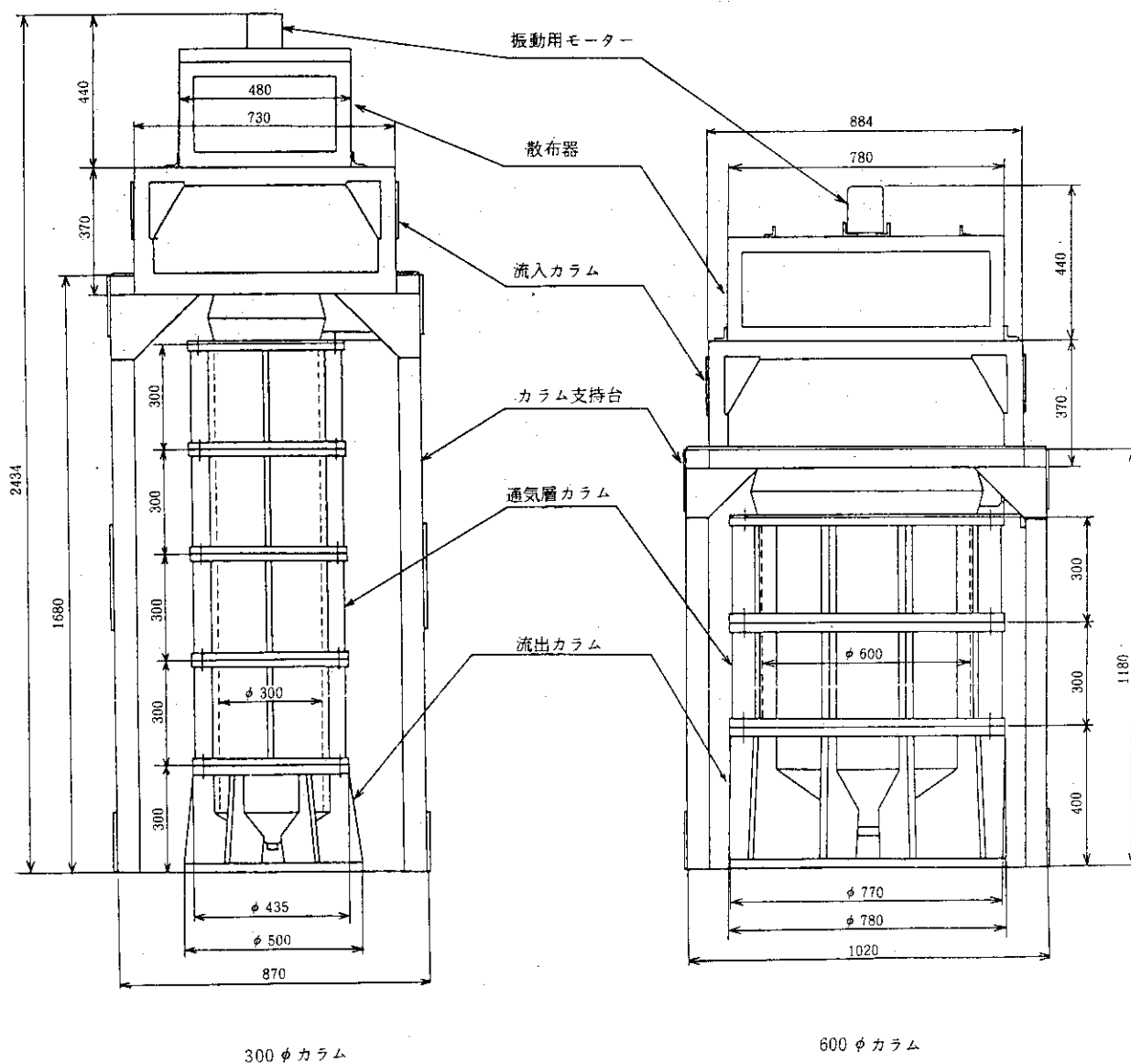


図8 通気層カラム組立図

4) サンプリング部

① オートサンプラー (AS-1 A~D)

流出カラムで集められた放射性水溶液を設定した時間間隔で所定量だけサンプル容器にフラクションするためのものである。

型式 : 連続自動採取方式 (宮本製作所製 AS 24-1S8 型)

サンプル数 : 1 ℓ サンプル容器 24 本

計量方法 : フロートスイッチによる液面設定

材質 : SUS 304 および透明塩化ビニル (接液部)

② 流出液計量容器 (T-2)

オートサンプラーでサンプル容器にフラクションする以外の放射性水溶液を一時貯留するためのタンクである。

形状 : 角形

寸法 : 600 mmW × 800 mmL × 600 mmH

容量 : 200 ℓ

材質 : SUS 304

構造 : 図 9 に示す。流出液排水配管およびオーバーフロー配管付き。

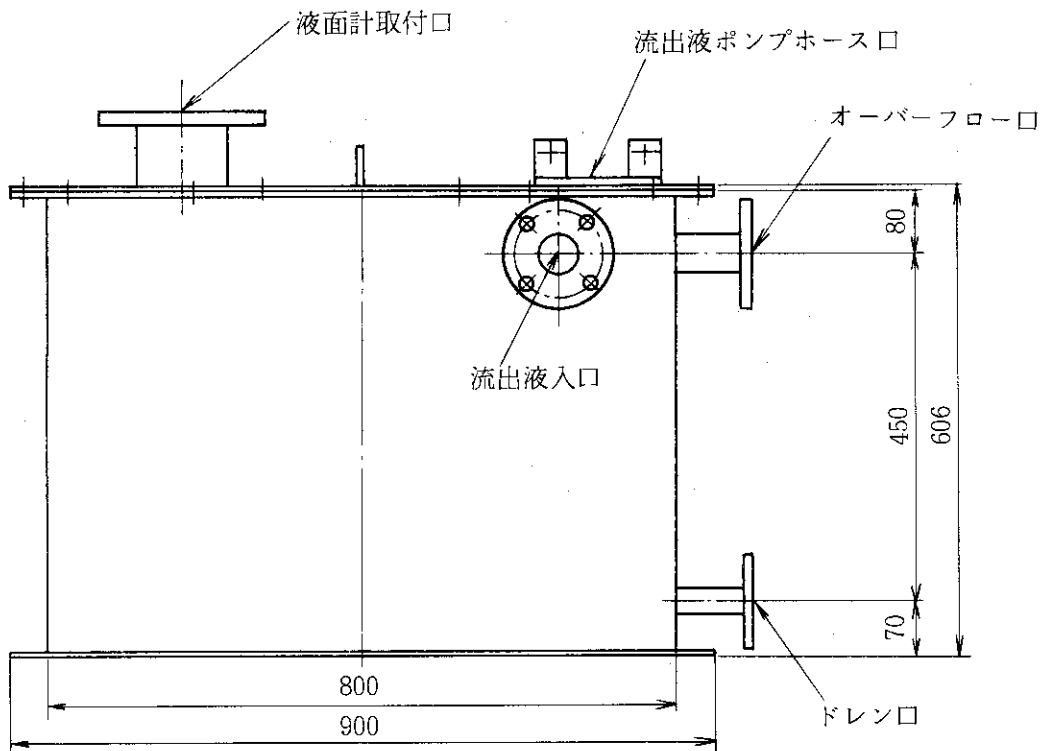


図 9 流出液計量容器の構造

③ 流出液ポンプ (P-2)

流出液計量容器内に貯留した液をホット廃液タンクへ移送するためのポンプである。

型式 : 水中型ポンプ (荏原製作所製 P-717 型)

吐出量 : 50 ℓ/min

吐出圧 : 8 m Aq

モーター : 0.4 kw

材質 : SUS 304 (接液部)

④ 土壌サンプリング器

通気層カラム内の試験済み土壌を所定の位置から一定量採取するためのものである。

採取有効寸法 : 35.7 mmφ × 600 mmL

押込み荷重 : 最大 200 kg

材質 : SUS 304 (土壌接触部)

構造 : 二重管型

その他 : 反力枠付き。荷重検出器付き。

5) 一時廃液貯留部

① ホット廃液タンク (T-3)

本装置および帯水層用装置のサンプリング部から流出する廃液を一時貯留するためのタンクで、廃液中のシルトを除去できる機構も有する。

形状 : 角形

寸法 : 950 mmW × 1,800 mmL × 880 mmH

容量 : 1 m³ (シルト除去部分を除く)

材質 : SS 41 + SUS 304 内張 + 鉛 (上蓋)

構造 : 図10に示す。流出液流入配管および排泥用マンホール付き。

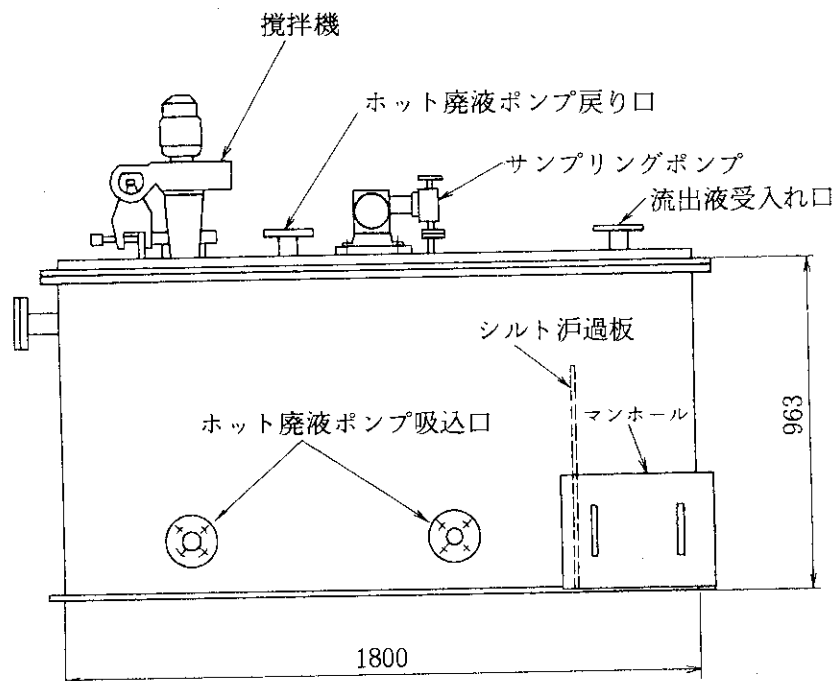


図10 ホット廃液タンクの構造

② ホット廃液ポンプ (P-3 A,B)

ホット廃液タンク内の廃液を D.P. タンクまたはタンクローリー車へ移送するためのポンプである。

型式 : マグネット型ポンプ (イワキ機製 MDH-40 CV 5 C 型)

吐出量 : 100 ℓ/min

吐出圧 : 14 mAq

モーター : 0.75 kw

材質 : ポリプロピレン (接液部)

③ サンプリングポンプ (P-5)

放射能濃度測定のためにホット廃液タンク内の廃液をサンプリングするためのポンプである。

型式 : ダイアフラム式定量ポンプ (イワキ機製 IVXG-AK70 S4-04 型)

吐出量 : 0~1 ℓ/min

吐出圧 : max 5 kg/cm²

モーター : 0.4 kw

材質 : SUS 304 およびテフロン

④ ピット排水ポンプ (P-4)

ホット廃液タンクの周囲から漏洩した廃液を D.P. タンクへ移送するためのポンプである。

型式 : 水中型ポンプ (荏原製作所機製 P-717 型)

吐出量 : 50 ℓ/min

吐出圧 : 8 mAq

モーター : 0.4 kw

材質 : SUS 304 (接液部)

⑤ ホット廃液タンク攪拌機 (M-2)

ホット廃液タンク内の廃液の濃度を均一にするための攪拌機である。

型式 : 可搬式 (佐竹化学機械工業機製 540-02 型)

回転数 : 100 rpm

モーター : 0.2 kw

材質 : SUS 304 (接液部)

6) コントロール部

(1) 操作

ポンプ、攪拌機、オートサンプラー等の機器類の起動、停止操作ができる場所である。操作としてはコントロール室内の中央電気・計装盤による中央操作とウェザールーム内現場盤による現場操作とがある。中央操作と現場操作の切替は安全確保のため現場盤にて行うようになっている。また中央電気・計装盤には各機器類の自動、手動の切替スイッチがあり、点検等に際して単独で作動したい場合は、切替スイッチを手動にしてインターロックを解除することができる。

i) 試料液ポンプの起動、停止。

- ii) 試料液攪拌機の起動, 停止。
- iii) 散布器の起動, 停止。
- iv) オートサンプラーの起動, 停止。
- v) 流出液ポンプの起動, 停止。

(2) 監視

温度, 水位, 流量等の表示および記録ができるところで, コントロール室の中央計装盤に設けている。

- i) 試料液タンクの液面表示および液温表示記録。
- ii) 通気層カラム内土壌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個数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。
- vii) ホット廃液タンクの液面表示。

(3) 警報

タンクの液面警報および機器類の漏水警報が鳴るところで, 本装置から放射性水溶液が系外へ漏出しないようにインターロック等の安全対策が施されている。万一放射性水溶液が装置から漏出したときには, コントロール室に警報が発する。作業者が夜間等で不在である場合には, 副警報盤の切替スイッチにより正門詰所まで警報信号が接続される。

- i) 試料液タンクの液面低下警報 (コントロール室)。
- ii) 流出液計量容器の液面異常高警報 (コントロール室)。
- iii) ホット廃液タンクの液面異常高警報 (コントロール室)。
- iv) 通気層用装置の漏水警報 (コントロール室)。
- v) オートサンプラーの漏水警報 (コントロール室)。
- vi) ウェザールーム排水溝への漏水警報 (コントロール室および夜間は副警報盤の切替スイッチによる正門詰所まで)。
- vii) ホット排液ピットの漏水警報 (コントロール室および夜間切替による正門詰所)。

以上(1)~(3)の機能を満足させるために, 次のような計器類を装置に取り付けている。

① 液面計 (LIA-1 A~D, LIA-2, LIA-3)

試料液タンク, 流出液計量容器およびホット廃液タンク内の液面を表示するとともに, ポンプの起動, 停止等のコントロールも行うためのものである。また液面の上限, 下限等の警報がコントロール室の中央計装盤に出る。

型式 : 抵抗式 (検出器)

構成 : 検出器 6 基 (能研工業製 LR 200 S 型)

指示計 6 基 (" LR 200 A 型, コントロール接点付き)

測定範囲 : 0~100 %

材質 : SUS 304 (接液部)

② 温度計 (TR-1 A~D, -2 A~D, -3 A~D)

試料液タンク, 流入カラム入口および流出液カラム出口のそれぞれの液の温度を測定し, 記録するためのものである。

型式 : シース型測温抵抗体式 (検出器)

構成 : 検出器12基 (東京熱学機製)

記録計1基 (理化電機工業機製12打点記録計PBR-112 R型)

測定範囲 : 0~50°C

材質 : SUS 316 (接液部)

③ 流入液流量積算計 (FRQR-1 A~D)

試料液の瞬時流量とその積算値を測定し, 記録するためのものである。

型式 : 容積式 (検出器)

構成 : 検出器4基 (東京計器機製LF型)

積算計4基 (")

記録計2基 (理化電機工業機製6打点記録計R-10H-6C型の内の4打点を使用)

測定範囲 : 流量 2.4~90 ℓ/hr (3基), 4.8~150 ℓ/hr (1基)

積算 0~200 ℓ

材質 : SUS 304 (接液部)

④ 流出液積算計 (FQR-2)

流出液計量容器に流入する液量の積算値を測定し, 記録するためのものである。

型式 : 抵抗式 (検出器)

構成 : 検出器 (①のLIA-3の検出器と兼ねる)

記録計 (③の記録計の内の1打点を使用)

測定範囲 : 0~200 ℓ

材質 : SUS 304 (接液部)

⑤ 漏水計 (LA-4~7)

機器類からの放射性水溶液の漏水を検知し, コントロール室の中央計装盤に警報を発するためのものである。

型式 : 電極式

構成 : 検出器4基 (立石電機機製PS-3S型)

動作電流 : AC 0.4mA以下 (電極間)

材質 : SUS 304 (接液部)

4.2 帯水層用装置

本装置は, 自然の地層から採取してきた帯水層土壌を, 自然条件を模擬したウェザールーム内に設置し, その土壌に所定の濃度に調製した放射性水溶液を流入させて, 土壌中の放射性核種の移動を調べるためのもので, 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

トロール部等から構成されている(図4)。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。

4.2.1 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流入槽等から構成され、次のような機能を備えている。

- i) 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試料液タンクに一時貯留できる。
- ii) 試料液ポンプにより放射性水溶液を試料液タンクから流入槽へ移送でき、その水溶液の流量調整が可能である。
- iii) 流入槽により放射性水溶液を帯水層槽内へ均一に流入でき、帯水層槽内の土壌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、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入でき、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、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の採取または排水、および槽内土壌の採取を行うもので、①オートサンプラー、②流出液計量容器および③土壌サンプリング器等から構成され、次のような機能を備えている。

- i) オートサンプラーにより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) 流出機構部からの流出液を流出液計量容器で一時貯留でき、ポンプを用いて廃液をホット廃液タンクへ移送できる。
- iii) 土壌サンプリング器を用いて帯水層槽内土壌中から所定の位置で土壌を一定量サンプリングできる。

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中央操作盤に設置され、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うものである。

4.2.2 機器仕様

1) 流入機構部

① 試料液タンク (T-1 A, B)

試験に使用する放射性水溶液を調製、貯留するためのタンクである。

形状 : 円筒形

寸法 : 565mm ϕ × 860mmH

容量 : 200ℓ

材質 : ポリエチレン

構造 : 図6に示す。遮蔽体 (鋼板 4.5mm + 鉛10mm) 付き。台車 (800mmW × 900mmL × 308mmH テーブル) 付き。

② 試料液ポンプ (P-1 A, B)

放射性水溶液を試料液タンクから流入槽へ移送するためのポンプである。

型式 : ダイアフラム式定量ポンプ (イワキ^株製 IVXG-AK 70 S4-02 型)

吐出量 : 0~1ℓ/min

吐出圧 : max 7kg/cm²

モーター : 0.2kw

材質 : SUS 304 およびテフロン (接液部)

③ 試料液攪拌機 (M-1 A, B)

試料液タンク内の放射性水溶液を均一にするための攪拌機で、試料液タンク上部に取り付ける。

型式 : 可搬式 (佐竹化学機械工業^株製 540-02 型)

回転数 : 100 rpm

モーター : 0.2 kw

材質 : SUS 304 (接液部)

④ 流入槽 (V-1 A, B)

放射性水溶液を帯水層槽内へ均一に流入させるためのものである。

形状 : 角形

寸法 : 900mmW × 150mmL × 450mmH

材質 : SUS 304 (A槽)

透明塩化ビニル (B槽)

構造 : 図11に示す。帯水層槽との接続はゴムパッキングによるボルト締めである。

2) 帯水層槽部

① 帯水層槽 (V-2 A, B)

帯水層土壌中の放射性核種の移動状況を調べるための槽である。

型式 : 直方形 3 割りフランジ接合型

寸法 : 900mmW × 2.700mmL × 450mmH

材質 : SUS 304 (A槽)

SUS 304 および透明塩化ビニル (B槽)

構造 : 図11に示す。各槽の接続はゴムパッキングによるボルト締めである。多孔板 (20 ϕ), SUS製フィルター (200メッシュ) およびナイロンフィルター (200メッシュ) 付属。

3) 流出機構部

① 流出槽 (V-3A, B)

帯水層土壌を通過した放射性水溶液を集めるためのものである。

形状 : 角形

寸法 : 900mmW × 150mmL × 450mmH

材質 : SUS 304 (A槽)

透明塩化ビニル (B槽)

構造 : 図11に示す。帯水層槽との接続はゴムパッキングによるボルト締めである。

4) サンプルング部

① オートサンプラー (AS-1A, B)

流出槽で集められた放射性水溶液を設定した時間間隔で所定量だけサンプル容器にフラクションするためのものである。

型式 : 連続自動採取方式 (宮本製作所製 AS 24-1S 8型)

サンプル数 : 1 ℓサンプル容器 24本

計量方法 : フロートフィッチによる液面設定

材質 : SUS 304 および透明塩化ビニル (接液部)

② 流出液計量容器 (T-2)

オートサンプラーでサンプル容器にフラクションする以外の放射性水溶液を一時貯留するためのタンクである。

形状 : 角形

寸法 : 600mmW × 800mmL × 600mmH

容量 : 200 ℓ

材質 : SUS 304

構造 : 図9に示す。流出液排水配管およびオーバーフロー配管付き。

③ 流出液ポンプ (P-2)

流出液計量容器内に貯留した液をホット廃液タンクへ移送するためのポンプである。

型式 : 水中型ポンプ (荏原製作所製 P-717型)

吐出量 : 50 ℓ/min

吐出圧 : 8 mAq

モーター : 0.4 kw

材質 : SUS 304 (接液部)

④ 土壌サンプルング器

帯水層槽内の試験済み土壌を所定の位置から一定量採取するためのものである。

採取有効寸法 : 35.7mmφ × 600mmL

押込み荷重 : 最大 200 kg

材質 : SUS 304 (土壌接触部)

構造 : 二重管型

その他 : 反力棒付き。荷重検出器付き。

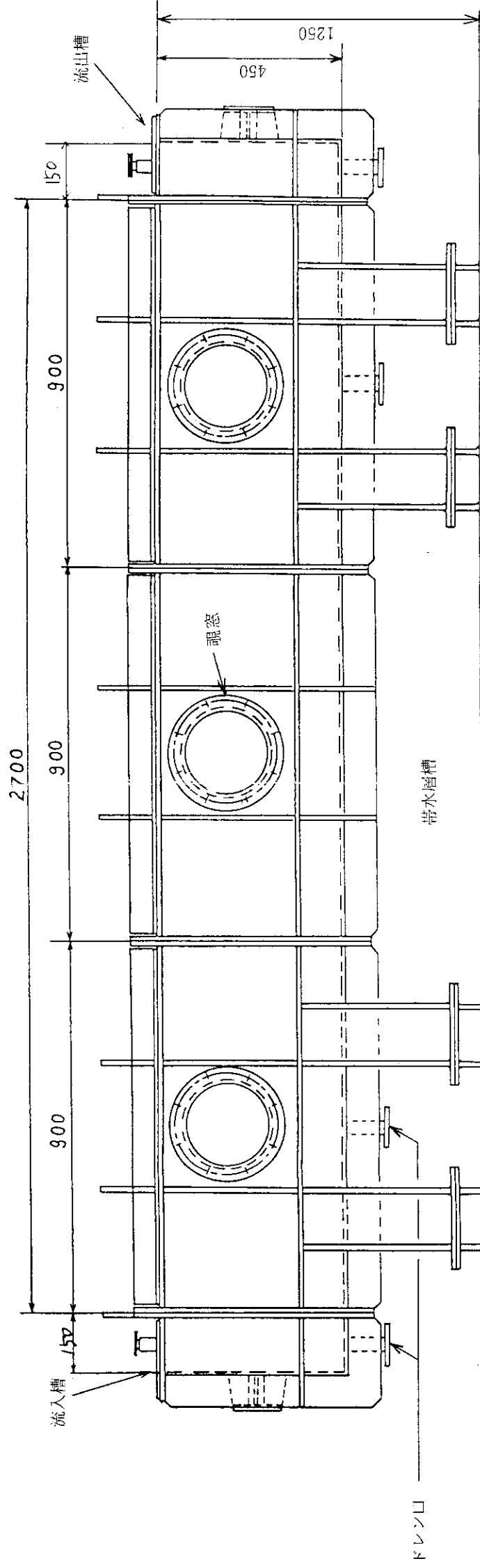
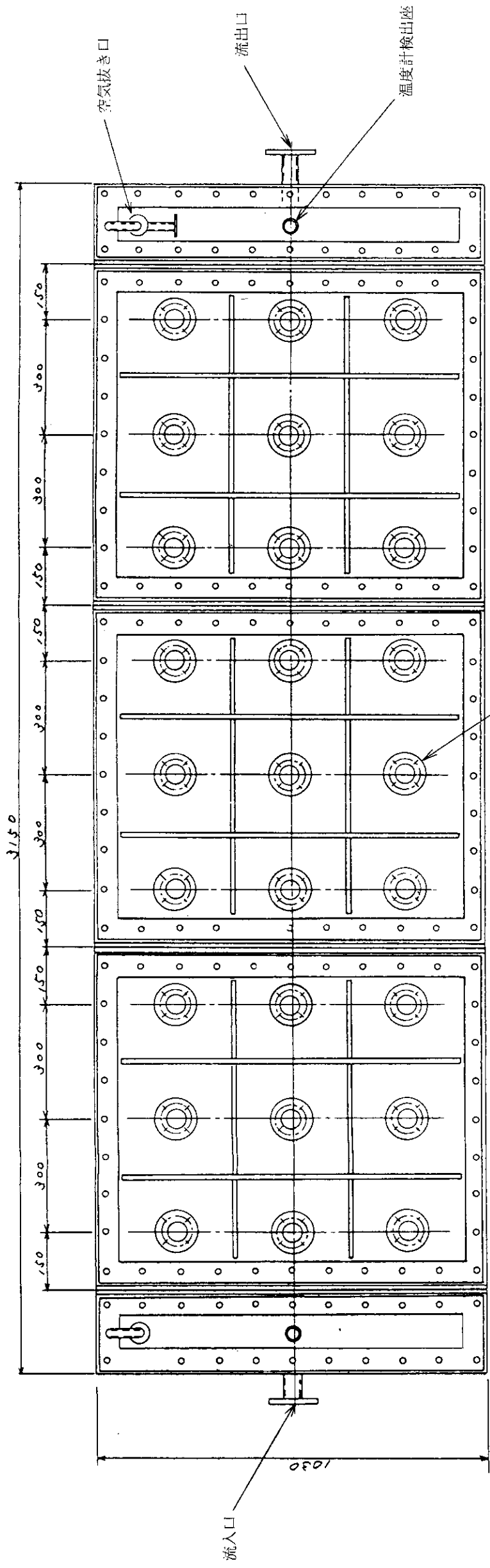


図 11 帯水層槽組立図

5) コントロール部

(1) 操 作

ポンプ、攪拌機、オートサンプラー等の機器類の起動、停止操作ができるところである。操作としてはコントロール室内の中央操作盤による中央操作とウェザールーム内現場盤による現場操作とがある。中央操作と現場操作の切替は安全確保のため現場盤にて行うようになっている。また中央操作盤には各機器類の自動、手動の切替スイッチがあり、点検等に際して単独で作動したい場合は、切替スイッチを手動にしてインターロックを解除することができる。

- i) 試料液ポンプの起動、停止。
- ii) 試料液攪拌機の起動、停止。
- iii) オートサンプラーの起動、停止。
- iv) 流出液ポンプの起動、停止。

(2) 監 視

温度、水位、流量等の表示および記録ができるところで、コントロール室の中央操作盤に設けている。

- i) 試料液タンクの液面表示および液温表示記録。
- ii) 帯水層槽内土壌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) 帯水層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個数表示および採取容器交換表示。
- v) 帯水層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

タンクの液面警報および機器類の漏水警報が鳴るところで、本装置から放射性水溶液が系外へ漏出しないようにインターロック等の安全対策が施されている。万一放射性水溶液が装置から漏出したときには、コントロール室に警報が発する。作業者が夜間等で不在である場合には、副警報盤の切替スイッチにより正門詰所まで警報信号が接続される。

- i) 試料液タンクの液面低下警報（コントロール室）。
- ii) 流出液計量容器の液面異常高警報（コントロール室）。
- iii) 帯水層用装置の漏水警報（コントロール室）。
- iv) オートサンプラーの漏水警報（コントロール室）。
- v) ウェザールーム排水溝への漏水警報（コントロール室および夜間は副警報盤の切替スイッチによる正門詰所まで）。

以上(1)~(3)の機能を満足させるために、次のような計器類を装置に取り付けている。

① 液面計（LIA-1A, B, LIA-2）

試料液タンクおよび流出液計量容器内の液面を表示するとともに、ポンプの起動、停止等のコントロールも行うためのものである。また液面の上限、下限等の警報がコントロール室の中央操作盤に出る。

型 式 : 抵抗式（検出器）

構 成 : 検出器3基（能研工業製LR 200S型）

指示計 3 基 (" LR 200 A 型, コントロール接点付き)

測定範囲: 0 ~ 100 %

材質: SUS 304 (接液部)

② 温度計 (TR-1A, B, TR-2A, B, TR-3A, B)

試料液タンク, 流入槽および流出槽のそれぞれの液の温度を測定し, 記録するためのものである。

型式: シース型測温抵抗体式 (検出器)

構成: 検出器 6 基 (東京熱学機製)

記録計 2 基 (横河電機機製 ER-106 型)

測定範囲: 0 ~ 50°C

材質: SUS 316 (接液部)

③ 流入液流量積算計 (FRQR-1A, B)

試料液の瞬時流量とその積算値を測定し, 記録するためのものである。

型式: 容積式 (検出器)

構成: 検出器 2 基 (日東精工機製 RH 10 LMS 7 型)

積算計 2 基 (" TDM 6 型)

記録計 2 基 (横河電機機製 FR-101 型, ④と共用)

測定範囲: 流量 0 ~ 80 ℓ/hr

積算記録 0 ~ 200 ℓ

材質: SUS 304 (接液部)

④ 流出液積算計 (FQR-2A, B)

流出槽から流出する液量の積算値を測定し, 記録するためのものである。

型式: 容積式 (検出器)

構成: 検出器 2 基 (日東精工機製 RH 10 LMS 7 型)

記録計 2 基 (横河電機機製 ER-182 型)

測定範囲: 0 ~ 200 ℓ

材質: SUS 304 (接液部)

⑤ 漏水計 (LA-3A, B, LA-4A, B, LA-5A, B)

機器類からの放射性水溶液の漏水を検知し, コントロール室の中央操作盤に警報を発するためのものである。

型式: 電極式

構成: 検出器 6 基 (立石電機機製 PS-31 型)

動作電流: AC 0.4mA 以下 (電極間)

材質: SUS 304 (接液部)

さらに, 粒径の細かい土壌を対象とする試験を定常流状態の下で行うために, 定常流発生部を本装置に付加している。本定常流発生部は帯水層を $3 \text{ kg/cm}^2\text{G}$ の加圧した状態で模擬地下水および放射性水溶液を加圧注入し, 定常流を発生させるもので, その主たる機器仕様は以下のごとくである。

① 加圧室

帯水層槽内の土壌をダイヤフラムを介して加圧するための室である。

形状 : 角形

寸法 : 750mmW × 2,400mmL × 80mmH

材質 : SUS 304 (接液部)
SS 41 (補強材)

構造 : ゴム製ダイヤフラムを介して加圧。

② 圧力置換タンク

コンプレッサにより加圧された水を加圧室に移送するための中継タンクである。

形状 : 円筒形

寸法 : 200mmφ × 954mmH

容量 : 25ℓ

材質 : SUS 304

構造 : 安全弁 (設定圧力 4 kg/cm²G) 付き。液面計 (反射式ガラスゲージ) 付き。

③ コンプレッサ

圧力置換タンク内の水を加圧するためのものである。

型式 : オイルフリー型ベビコン

圧力 : 最高 7 kg/cm²G

空気量 : 45 ℓ/min

その他 : ミストセパレータ, スピードコントローラ, 減圧弁, および緊急遮断弁が付属している。

④ 土圧計

帯水層槽内の土壌が受ける圧力を測定し、記録するためのものである。

型式 : 歪ゲージ式

構成 : 検出器 3 基 (共和電業^株製 BE-5KRS 17000 型)

表示器 3 基 (" WGA-200 A 型)

記録計 1 基 (横河電機^株製 ER-183 型)

測定範囲 : 0 ~ 5 kg/cm²G

材質 : SUS 304 (接液部)

⑤ 圧力計

コンプレッサおよび圧力置換タンク内の圧力を表示するためのものである。

形式 : ブルドン管式

構成 : 検出器 2 基 (旭計器工業^株 AU 型)

測定範囲 : 0 ~ 10 kg/cm²G

材質 : SUS 304 (接ガス部)

⑥ 圧力記録警報計

流入槽, 圧力置換タンクおよび加圧室内の圧力を表示記録するとともに, 圧力の低下および異常高のときに警報を発するためのものである。

型式： 隔膜式（検出器）
 構成： 検出器 3 基（横河電機製 UNE 43 型）
 記録計 3 基（ " ER-101 型）
 測定範囲： 0～5 kg/cm²G, 0～8 kg/cm²G
 材質： SUS 304（接液部）

⑦ 液面指示警報計

圧力置換タンク内の液面を表示するとともに、液面の低下のときに警報を発するものである。

形式： 差圧伝送式（検出器）
 構成： 検出器 1 基（横河電機製 UNE 11 型）
 指示警報計 1 基（ " SIHK 型）
 測定範囲： 0～100 %
 材質： SUS 304（接液部）

4.3 ウェザールーム空調装置

本装置は、通気層用装置および帯水層用装置が設置されているウェザールーム内の温度、湿度および負圧をコントロールするためのもので、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。本装置のフローシートを図 12 に示す。

4.3.1 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、ウェザールーム室内の温度および湿度を所定の条件に設定するもので、

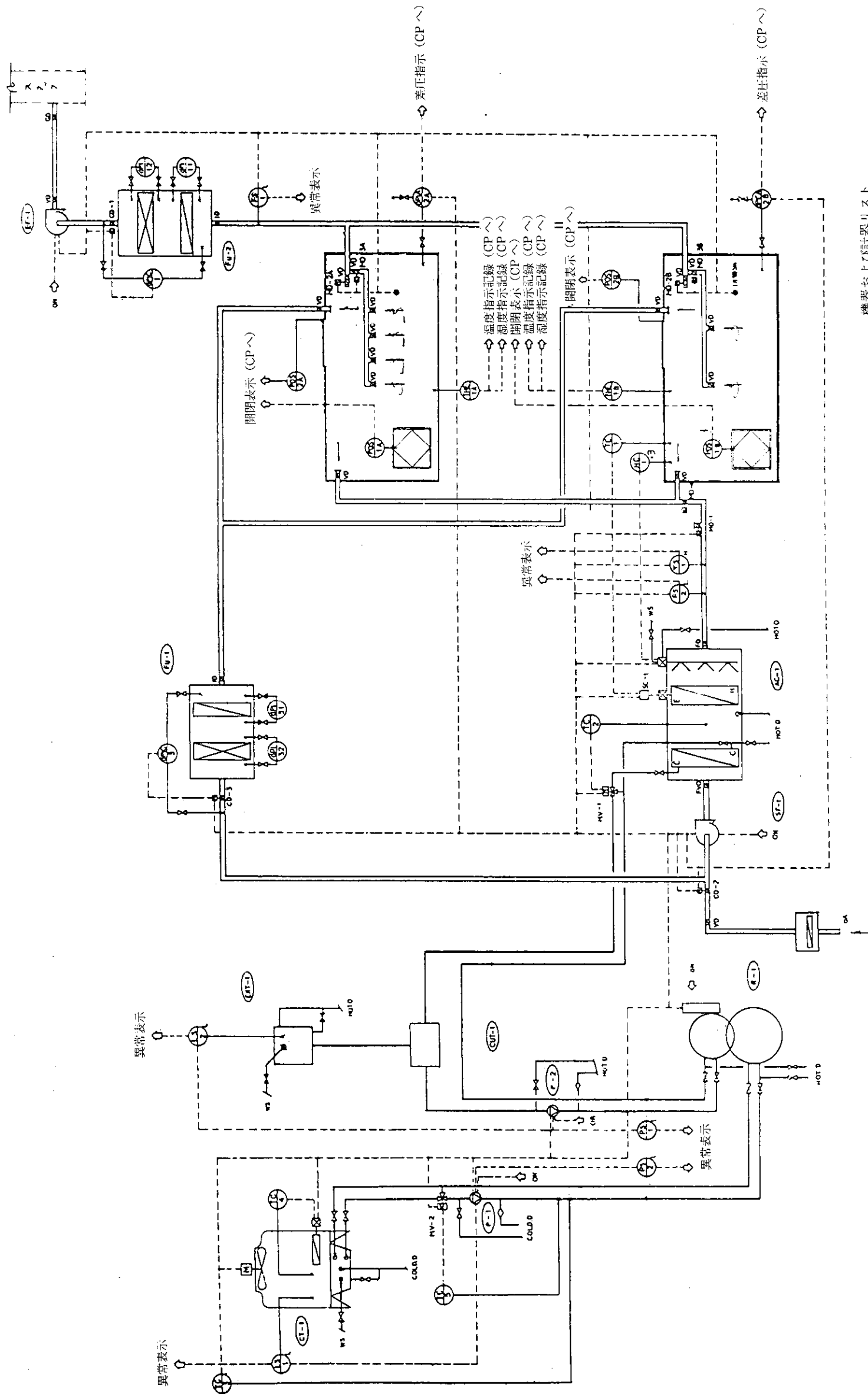
①給気用コイル、②冷凍機および③冷却塔等より構成され、次のような機能を備えている。

- i) 給気用コイルにより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) 給気用コイルからの温排水を冷凍機で冷却し、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) 冷凍機からの温排水を冷却塔で冷却し、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、次のような機能を備えている。

- i) 給気ファンにより外気を取り入れ、ウェザールーム室内へ送風することができる。



機器および計器リスト

機番	名称	機種	名称
R-1	冷凍機	TC	温度計
CT-1	冷却塔	HC	湿度計
P-1	冷水ポンプ	THE	温度計
P-2	冷水ポンプ	dPI	差圧指示計
AC-1	給気用コイル	dPIC	差圧指示調節計
SF-1	給気ファン	dPE	差圧発信器
EV-1	排気ファン	FS	フロースイッチ
FU-1	循環フィルタユニット	LS	レベルスイッチ
FU-2	排気フィルタユニット	PS	圧力スイッチ
EXT-1	膨張タンク	POS	リミットスイッチ
CUT-1	クッションタンク		

図 12 ウェザールーム空調装置フローシート

- ii) 排気ファンによりウェザールーム室内の空気を大気中へ排気することができる。
- iii) ウェザールーム室内の空気中に含まれる放射性物質をフィルターユニットで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うものである。

4.3.2 機器仕様

1) ウェザールーム室本体

地中シミュレーション装置を一定の環境条件に維持するための室である。その室としては、断熱材を鋼板で挟んだサンドイッチパネルの通気層室および帯水層室から成り立っている。両室ともコントロール室側に窓、反対側に出入口、天井には開口部を設けている。それらの配置を図13に示す。

- ① 室 : 10mW × 12mL × 4.5mH (全体)
 - 通気層室 - 10mW × 7mL × 4.5mH
 - 帯水層室 - 10mW × 5mL × 4.5mH
- ② 壁 : 鋼板製サンドイッチパネル
- ③ 天井 : 吊り天井方式
 - 鋼板製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 - 2.5mW × 7.0mL
 - 帯水層室 - 3.4mW × 4.5mL
- ⑤ 扉 : 通気層室および帯水層室に各1箇所 (扉には出入用の小扉がそれぞれ付いている)
 - 3mW × 2.5mH (小扉 0.6mW × 0.9mH)
- ⑥ 窓 : 通気層室 - 0.7mW × 1mH × 4枚
 - 帯水層室 - 0.7mW × 1mH × 3枚

2) 温度、湿度コントロール部

ウェザールーム室内の温度と湿度をそれぞれ 15~25°C DB, 40~80% RH の範囲内で設定かつ維持するためのものである。

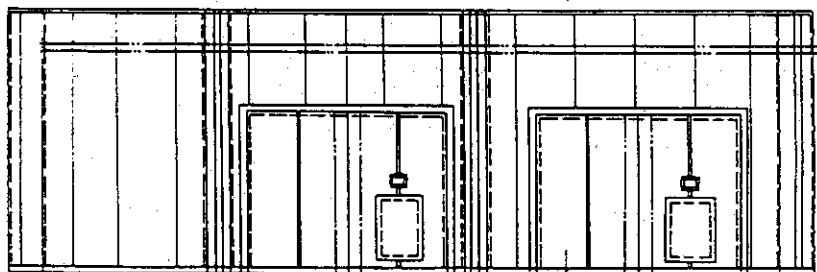
A. 給気用コイル (AC-1)

取り入れた外気の冷却、加熱、および湿度の調整をするためのコイルである。

- 型式 : コイルユニットタイプ
- 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)

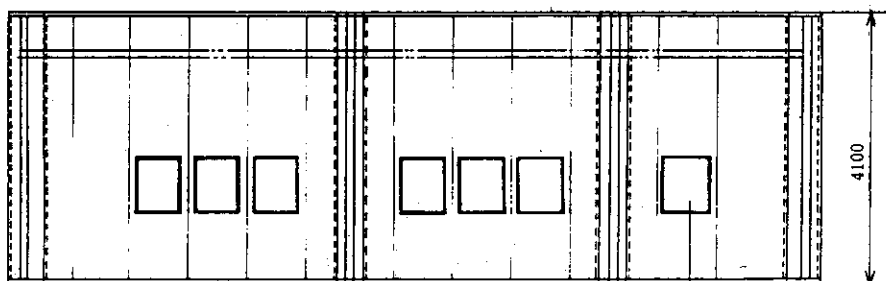
処理風量 : 5,400 m³/hr

冷却能力 : 48,000 kcal/hr



A-A 矢視

両開キ戸 3000^W × 2500^H
 小扉 600^W × 900^H
 FIX 200^W × 150^H
 (※アガラス 5×6×5)



B-B 矢視

両開キ戸 30
 700^W × 900^H
 2ヶ所

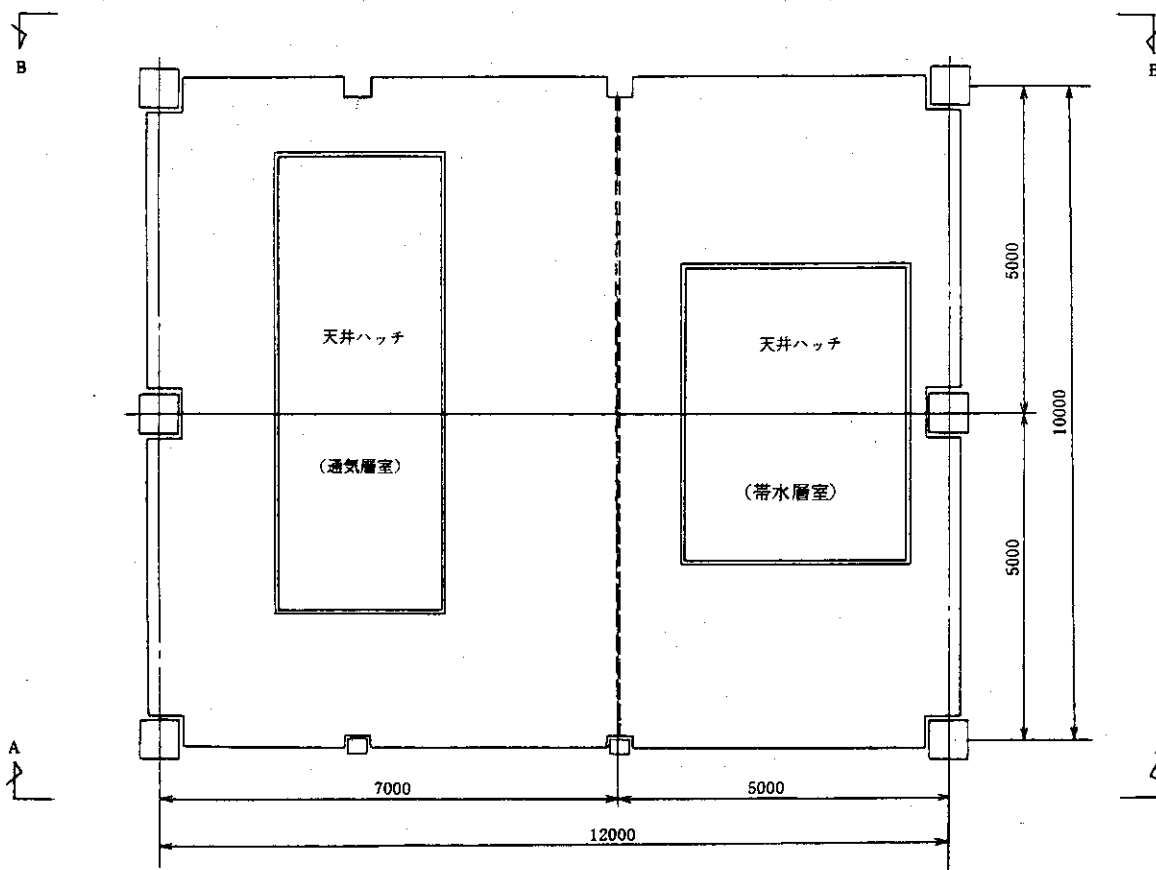


図13 ウェザールーム室の配置

加熱能力： 22,300 kcal/hr

加湿量： 37 kg

B. 冷凍機

給気用コイルに冷却水を供給するためのものである。

① 冷凍機本体 (R-1)

型式： 水冷式往復動冷凍機

冷凍能力： 51,000 kcal/hr

凝縮能力： 67,000 kcal/hr

冷水： 170 ℓ/min

冷却水： 260 ℓ/min

② 冷水ポンプ (P-2)

型式： 片吸入渦巻ポンプ

吐出量： 170 ℓ/min

吐出圧： 20mAq

モーター： 2.2 kw

C. 冷却塔

冷凍機により冷却水を製造するときが発生する熱を除去するためのものである。

① 冷却塔本体 (CT-1)

型式： 丸型カウンターフロータイプ

冷却能力： 78,000 kcal/hr

冷却水量： 260 ℓ/min

② 冷却水ポンプ (P-1)

型式： 片吸込渦巻ポンプ

吐出量： 260 ℓ/min

吐出圧： 15mAq

モーター： 1.5 kw

3) 排気部

ウェザールーム室内の換気と負圧の維持を行うためのものである。

A. 給気ファン (SF-1)

外気を取入れ、ウェザールーム室内へ空気を送風するためのファンである。

型式： 片吸込ターボファン

風量： 5,400 m³/hr

風圧： 140 mmAq

モーター： 5.5 kw

B. 排気ファン (EF-1)

ウェザールーム室内の空気を大気中へ排気するためのファンである。

型式： 片吸込ターボファン

風量： 1,800 m³/hr

風 圧 : 120 mmAq

モーター: 1.5 kw

C. フィルターユニット

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ためのフィルターである。

① 循環フィルターユニット (FU-1)

型 式 : 密閉交換型

フィルター構成: 中性能フィルター (NBS 90%以上)

HEPAフィルター (DOP 99.97%以上)

処理風量: 3,600 m³/hr

フィルター定格風量: 50 m³/min/枚

フィルター材質: グラスペーパー

② 排気フィルターユニット (FU-2)

型 式 : 密閉交換型

フィルター構成: 中性能フィルター (NBS 90%以上)

HEPAフィルター (DOP 99.97%以上)

処理風量: 1,800 m³/hr

フィルター定格風量: 50 m³/min/枚

フィルター材質: グラスペーパー

4) 制御部

(1) 操 作

機器類の起動、停止の操作を行うところで、コントロール室内の中央盤による中央操作と試験ホール機械室内の現場盤による現場操作とがある。現場盤には各機器類の自動-手動の切替スイッチがあり、点検等に際して単独で作動させたい場合は、切替スイッチを手動にする。

- i) 各機器の起動、停止 (現場操作)。
- ii) 排気ファン、給気ファンの起動、停止 (中央操作)。

(2) 監 視

温度、湿度、差圧等の表示および記録等を行うところで、コントロール室内の中央盤および試験ホール機械室内の現場盤に設けている。

- i) 通気層室および帯水層室の負圧表示 (中央盤)。
- ii) 通気層室および帯水層室の温度、湿度記録 (中央盤)。
- iii) 循環フィルターユニットおよび排気フィルターユニットの差圧表示 (現場計装盤)。
- iv) 各機器の電流表示 (現場電気盤)。

(3) 警 報

機器類の故障および温度、圧力、水位等の異常の時に、コントロール室および試験ホール機械室に警報が鳴るところである。作業者が夜間等で不在である場合には、副警報盤の切替スイッチにより正門詰所まで警報信号が接続される。

- i) 動力機器の一括故障警報 (中央盤)。
- ii) 装置の一括異常警報 (中央盤)。

- Ⅲ) 通気層室および帯水層室の圧力高警報 (中央盤)。
- Ⅳ) 冷却塔の液面低下警報 (現場電気盤)。
- Ⅴ) 冷却塔凍結防止ヒータ過熱警報 (")。
- Ⅵ) 冷却水ポンプの圧力低下警報 (")。
- Ⅶ) 冷水ポンプの圧力低下警報 (")。
- Ⅷ) 膨張タンクの水位低下警報 (")。
- Ⅸ) 給気ファンの風量低下警報 (")。
- Ⅹ) 給気用コイルの温度高警報 (")。
- Ⅺ) 給気用コイル電気ヒータの過熱警報 (")。
- Ⅻ) 給気用コイル加湿ヒータの過熱警報 (")。
- ⅩⅢ) 排気ファンの風量低下警報 (")。

以上(1)~(3)の機能を満足させるために、次のような計器類を装置に取り付けている。

① 温度計 (TC-1~5, THE-1A, B)

ウェザールーム, 給気用コイル, 冷却水配管および冷却塔に設置され, 各温度を検知して設定した温度にコントロールするためのものである。

型式 : 挿入型サーモスタットおよびルーム型サーモスタット (検出器)

構成 : 検出器 7 基 (鷺宮ジョンソンコントロールズ製)

コントローラー 1 基 (" SMK-106 型)

記録計 1 基 (横河電機製 ER-106 型)

測定範囲 : $-15 \sim 50^{\circ}\text{C}$

② 湿度計 (THE-1A, B, HC-1)

ウェザールーム内の湿度を検知して, 設定した湿度にコントロールするためのものである。

型式 : 室内型 (検出器)

構成 : 検出器 3 基 (鷺宮ジョンソンコントロールズ製 JHD-2 型および

NHS-C 1090 型)

記録計 (①の記録計の内の 2 点を使用)

測定範囲 : 30~90% および 10~90%

③ 差圧指示調節計 (dPIC-1.3, dPICA-2B)

排気フィルターユニット, 循環フィルターユニットおよびウェザールームの圧力 (差圧) を検知し, その値の表示とコントロールを行うためのものである。

型式 : 微差圧型

構成 : 検出器 3 基 (鷺宮ジョンソンコントロールズ製 JKH-53 型および

セイリツエンジニアリング製 PLT 1 型)

指示調節計 3 基 (鷺宮ジョンソンコントロールズ製 JPF-62 型)

測定範囲 : $0 \sim 100\text{mmAq}$ および $-10 \sim 10\text{mmAq}$

④ 差圧指示計 (dPI-11, 12, dPI-31, 32, dPI-2A)

排気フィルターユニット, 循環フィルターユニットの各段の圧損およびウェザールームの圧力を検知し, その値の表示を行うためのものである。

型式：微差圧型
 構成：検出器 5 基（長野計器製作所製 DG-80 型およびセイリツエンジニアリング製 PLT 1 型）
 測定範囲：0~30mmAq (dPI-11.12), 0~100mmAq (dPI-31.32) および
 -10~10mmAq (dPI-2A)

⑤ フロースイッチ (FS-1, 2)

排気系統および循環系統の流量を検知し、各ファン系統とのインターロックおよび警報を行うためのものである。

型式：エアーフロースイッチ（鷺宮ジョンソンコントロールズ製 F62 AA-8 型）

動作：流量低下による各ファン系統の運転停止および警報。

⑥ レベルスイッチ (LS-1, 2)

冷却塔および膨張タンクの液面を検知し、各ポンプとのインターロックおよび警報を行うためのものである。

型式：フロート式および電極式（櫻測器製）

CS-1102 型および立石電機製 61 F-PS-3S 型

動作：液面低下による各ポンプの停止および警報。

⑦ 圧カスイッチ (PS-1, 2)

冷水ポンプおよび冷却水ポンプの吐出圧力を検知し、各ポンプのインターロックおよび警報を行うためのものである。

型式：高感度型（鷺宮ジョンソンコントロールズ製 FPS-C102 型）

動作：圧力低下による各ポンプの停止および警報。

⑧ リミットスイッチ (POS-1A, B, POS-2A, B)

ウェザールームの天井扉および入口扉の開閉状態を検知し、コントロール室に表示するためのものである。

型式：可変ローラ・レバー型（立石電機製 WLCA 12 型）

動作：扉開状態にて表示灯点灯。

4.4 通気層水流速測定装置

本装置は通気層カラム内の土壌を透過した ^{252}Cf 線源からの速中性子線および γ 線を検出することにより、土壌中間隙水の浸透速度（水流速）を求めるもので、照射部、放射線検出部、演算部、線源昇降部および M 系列信号発生部より構成されている。照射部、線源昇降部および検出系（放射線検出部の一部）はウェザールーム内に、放射線検出部、演算部、および M 系列信号発生部は試験ホール内に設置し、使用する。本装置のブロックダイヤグラムを図 14 に示す。なお、本装置は同時に 2 系統の水流速測定が可能である。

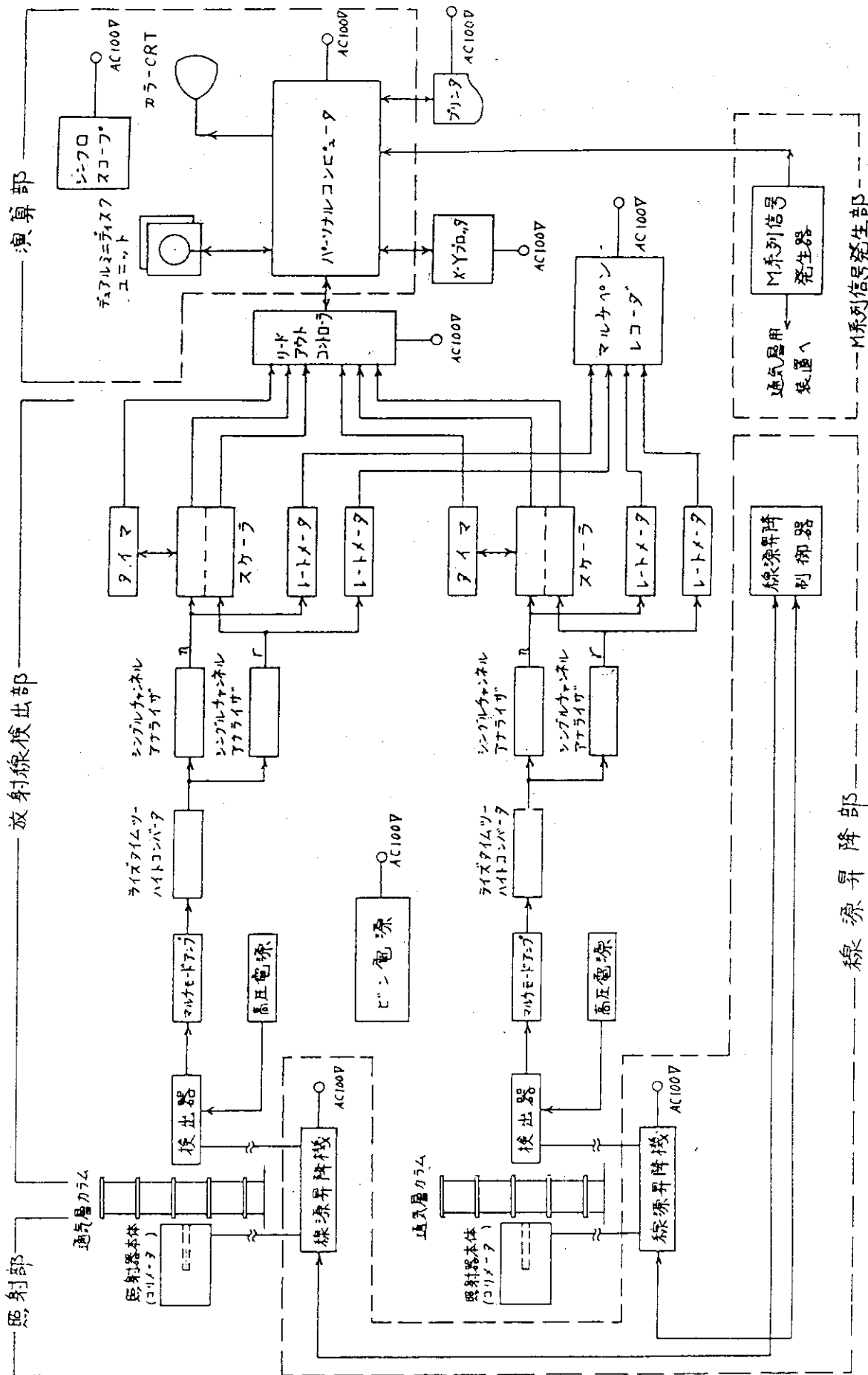


図 14 通気層水流速測定装置ブロックダイヤグラム

4.4.1 機能

1) 照射部

通気層カラム内土壤中の水流速を測定するため、土壤中に ^{252}Cf の放射線をビーム状に照射するもので、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 の速中性子線および γ 線を弁別検出し、それぞれの計数値を測定するもので、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ており、次のような機能を備えている。

- i) ^{252}Cf の速中性子線および γ 線を検出系により弁別検出できる。
- ii) 任意の一定時間に区切って速中性子線および γ 線を計数系により計数でき、また、その値を表示できる。
- iii) 検出した速中性子線および γ 線の計数値を瞬時に読み取れ、かつ記録系に連続的に記録できる。
- iv) 一定時間毎に測定した速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速中性子線の計数率の時間的変化率から土壤中の水流速を求めるもので、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速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もので、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。

5) M系列信号発生部

定常流状態における水流速を重水を用いて測定するためにM系列信号（パルス信号）を発生させるもので、次のような機能を備えている。

- i) 任意のパルス信号を発生させ、その信号に対応して重水ポンプにより散布器に重水を送水できる。
- ii) 発生したパルス信号を演算部に送ることができる。

4.4.2 機器仕様

1) 照射部

① 照射器本体

^{252}Cf が収納され、通気層カラム内の土壤中に放射線を照射するためのものである。照射しない場合は遮蔽容器も兼ねる。

形状：円筒形

寸法：538 mm ϕ × 542 mmL

材質：パラフィン、鉛および鉄

線源格納容量： ^{252}Cf 1 mCi

構造：図 15 に示す。盲蓋（プラグ）および施錠ができる。

② コリメータ

^{252}Cf の放射線を一定方向に照射するためのものである。

形状：円筒形

内径寸法：40 mm ϕ × 220 mmL および 20 mm ϕ × 270 mmL

材質：パラフィン

2) 放射線検出部

A. 検出系

速中性子線と 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

型式：NE-213 液体シンチレータ

寸法：2" ϕ × 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： $+5\sim+45^{\circ}\text{C}$ 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 ライズタイムツーマイトコンバータ

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 μsec フルスケール

出力：各レンジに対して 0~10V

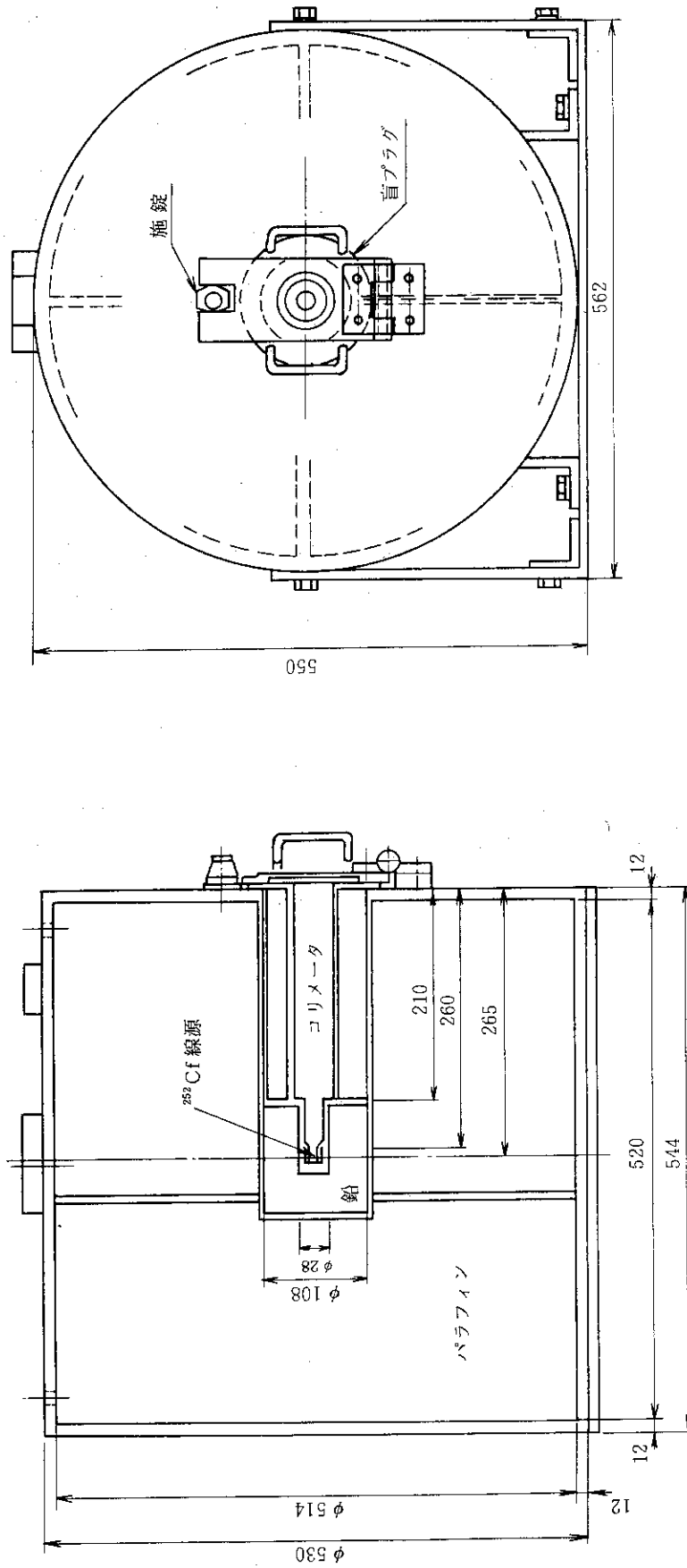


図15 通気層水流速測定装置照射器の構造

- ③ シングルチャンネルアナライザ
 計数分解能：1.5 μ sec 以下
 入 力 ： 0～10V
- ④ スケアランドタイマ
 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：0.1～0.9 $\times 10^0 \sim 10^5$ (秒, 分およびカウンタ—デジタル, トグルスイッチによる)
 出 力 ： 全桁BCD並列または桁直列, TTLレベル
- 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
 出 力 ： 0～5V
- ⑥ 高圧電源
 出力電圧： 0～2,000V
- ⑦ ビン電源
 出 力 ： +24V/1A, -24V/1A, +12V/1A, -12V/1A
 最大出力容量：72W
- ⑧ ラック
 型 式 ： ディスク型
 寸 法 ： 800mmW \times 1,870mmL \times 678mmH

C. 記録計

計数した速中性子線および 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
 型 式 ： 卓上6ペン式レコーダ (横河電機~~株~~製 3061-21型)
 チャートスピード：2, 3, 6, 10, 20, 30, 60cm/min & hr
- ② プリンタ
 型 式 ： インパクトドットマトリックス (日本電気~~株~~製 PC-8023-C型)
 印字速度： 100字/sec
 桁 数 ： 最大136桁
- ③ リードアウトコントローラ
 入 力 ： (i) デジタル
 スケアラ：BCD 6桁並列 4チャンネル
 タイマ：BCD 6桁並列 2チャンネル
 (ii) アナログ
 レートメータ：0～5V 4チャンネル
 出 力 ： BCD並列TTL

3) 演算部

① パーソナルコンピュータ

放射線検出部で得られた速中性子線の計数率の時間的変化率の測定結果をあらかじめ組まれたプログラムリストにより演算して土壤中の水流速を求めるためのものである。

型式：日本電気(株)製 PC-8801 型 (本体)

使用言語：N88-BASIC, N-BASIC

RAM：ユーザズメモリ 64K バイト

テキスト表示：最大 80 文字 × 25 行

グラフィック表示：640 × 200 ドット 3 画面または 640 × 400 ドット 1 画面

付属品：14" 高解像度型カラー CRT (PC-8853 型) および 2 ドライブ式フロッピーディスク (PC-8031-2W)

② X-Y プロッタ

パーソナルコンピュータにより求めた水流速の演算結果を表あるいは図の形で紙面上に印字するためのものである。

型式：渡辺測器(株)製 WX 4638 型

有効作図範囲：381mm × 254mm

最大作図速度：400mm/sec

精度誤差：距離誤差 0.2% 以下

反復誤差 0.15mm 以下

動的誤差 0.1mm 以下

4) 線源昇降部

① 線源昇降機

照射器と検出器を 1 体のものとして一緒に昇降するためのもので、試験ホール北東側から遠隔により操作できる。

上下調整範囲：1,100mm (連続可変)

検出器調整範囲：左右方向 ± 150mm

上下方向 ± 50mm

昇降速度：5mm/min

位置表示：ポテンションメータ方式によるデジタル表示 (精度 ± 1mm)

駆動操作：線源昇降制御器による上下移動

構造：図 16 に示す (耐震構造 B クラス)。

5) M 系列信号発生部

① M 系列信号発生器

定常流状態における水流速を測定するための M 系列信号を発生させるためのものである。

信号周期：7 サイクル / 周期

その他：パルス周期が可変できる。

② 重水ポンプ

定常状態における水流速を測定するための重水を散布器に移送するためのポンプである。

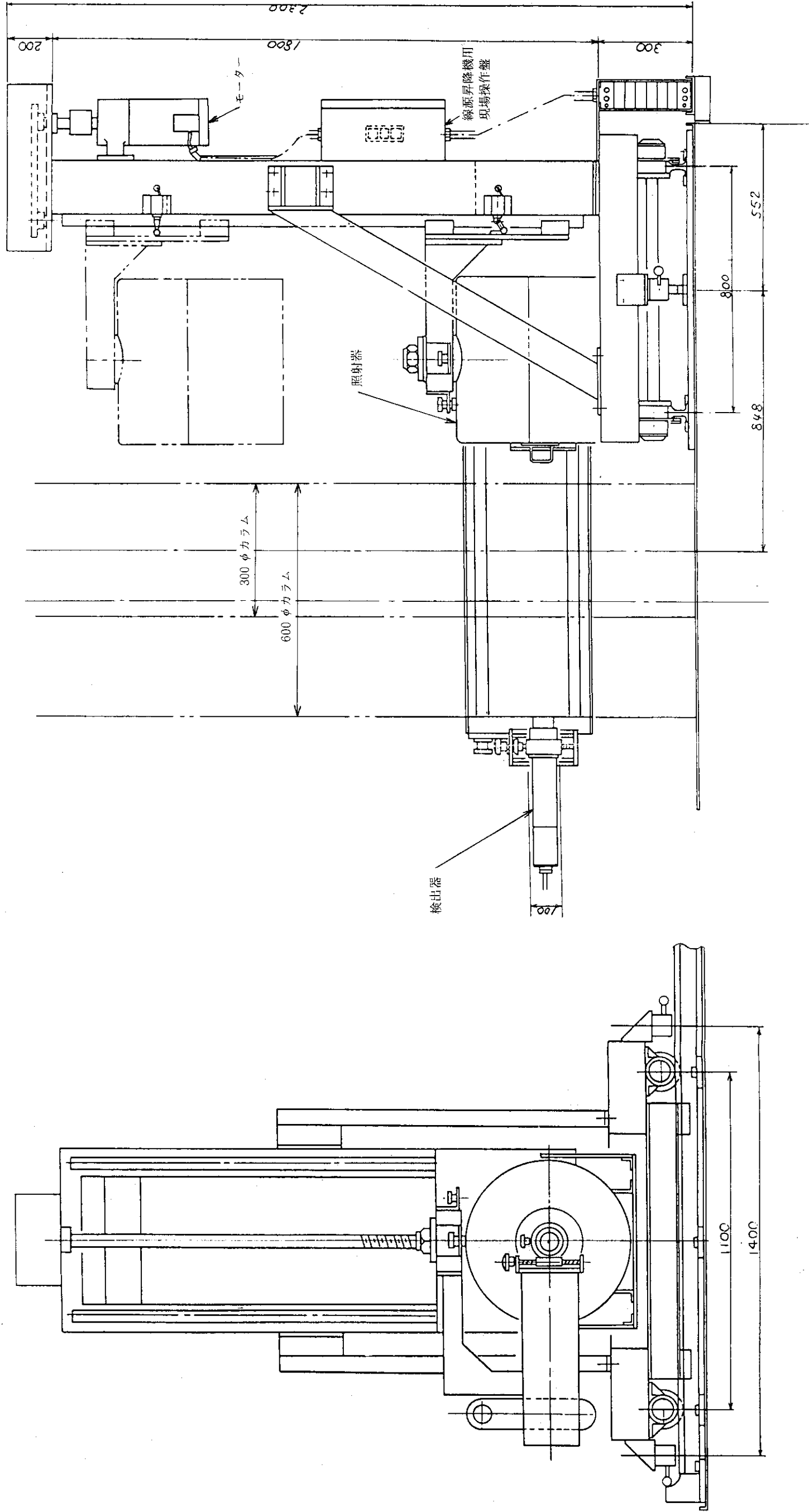


図 16 通気層水流速測定装置線源昇降機の構造

- 型 式 : ダイアフラム式定量ポンプ (イワキ^株製)
 IVXG-AK 40 S4-02 型 (300)
 IVXG-AK 70 S4-04 型 (600)
- 吐出量 : 0~0.3 l/min (300)
 0~1 l/min (600)
- 吐出圧 : max 7 kg/cm² (300)
 max 5 kg/cm² (600)
- モーター : 0.2 kw (300)
 0.4 kw (600)
- 材 質 : SUS 304 およびテフロン (接液部)

4.5 帯水層水流速測定装置

本装置は、ヒーターおよびセンサーとから成る検出部を帯水層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データ処理することにより土壤中の水流速を測定するもので、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。本装置のブロックダイアグラムを図 17 に示す。

4.5.1 機 能

1) 検出部

本検出部は土壤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、次のような機能を備えている。

- i) 線状ヒーターに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) ヒーターから発生する熱を線状センサーで検知できる。

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、次のような機能を備えている。

- i) 9チャンネル同時に電源を供給でき、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、検知した水流速を演算、表示するもので、①電圧パルス発生器、②mV-アッテネータ、③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、次のような機能を備えている。

- i) 電圧パルス発生器により線状ヒーターに供給する印加電圧電流を9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) センサーで検出した温度変化を9チャンネル同時にmV-アッテネータで電圧に変換できる。
- iii) 演算器により検出された温度変化を9チャンネル同時に演算、表示できる。
- iv) 各チャンネル毎の演算値をメモリーに記憶できる。

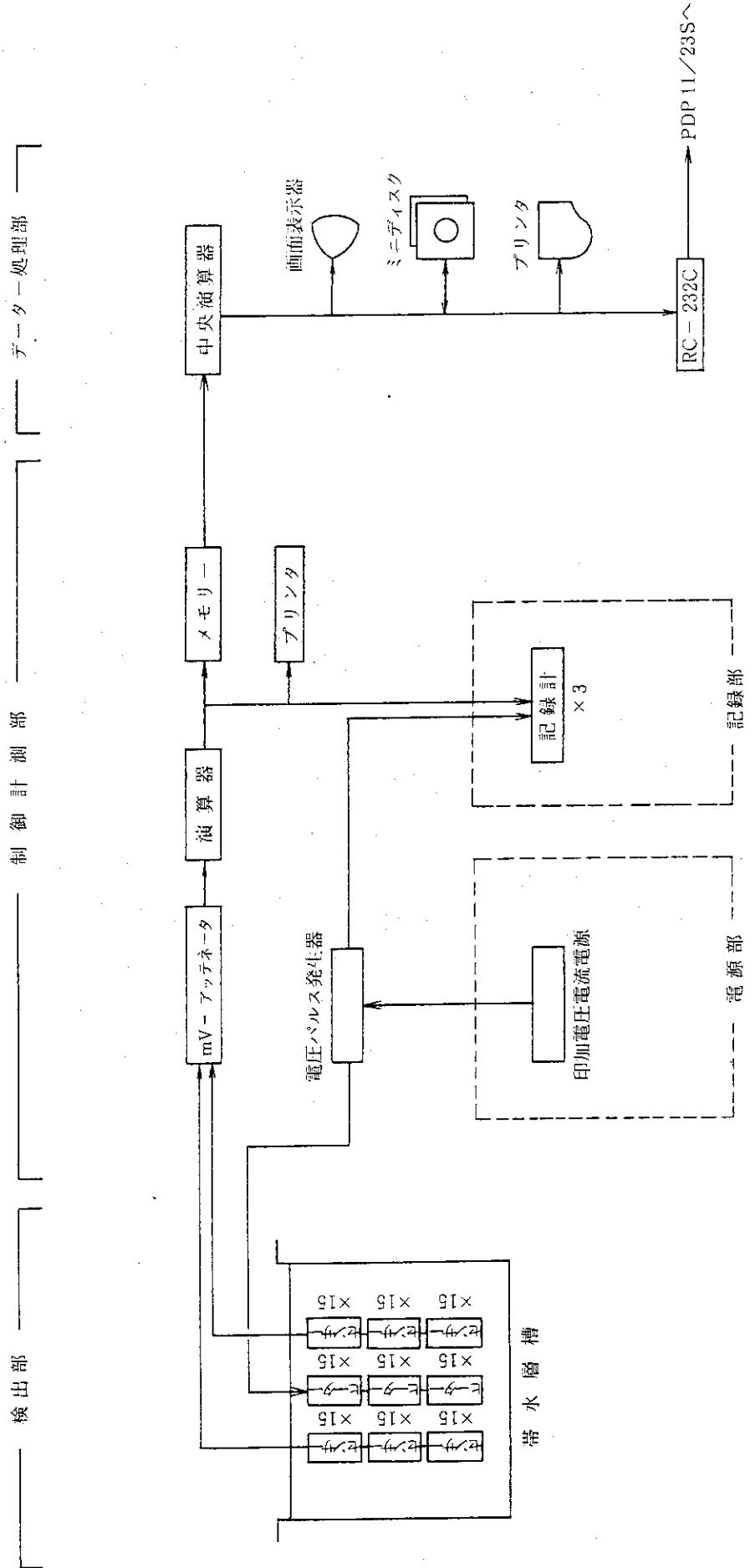


図17 帯水層水流速測定装置ブロックダイヤグラム

V) 数ブロックの印加電圧電流電源をブロックセレクトで自動的に切替え、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、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ミニディスク等から構成され、次のような機能を備えている。

i) あらかじめ組まれたプログラムリストを用いてCPUにより水流速が求められる。

ii) ミニディスクにより大量のデータを高速で処理できる。

4.5.2 機器仕様

1) 検出部

① 線状ヒーター

印加電圧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ヒーターである。

型式 : 特殊小型ヒーター

保護管材質 : ステンレス

寸法 : 3mm ϕ ×30mmL

構造 : 図 18 に示す。

② 線状センサー

ヒーターで発生した熱を検知するためのセンサーである。

型式 : サーミスタ型センサー

被覆材材質 : テフロン

寸法 : 3mm ϕ ×25mmL

構造 : 図 18 に示す。

③ ホルダー

ヒーターおよびセンサーを帯水層土壤中に固定するためのもので、3対のヒーター、センサーが1本のホルダーに固定できる (1対はヒーター1本、センサー2本から成る)

型式 : フランジ固定型

材質 : ステンレス (接液部)

構造 : 図 18 に示す (取付金具付)。

2) 電源部

① 印加電圧電流電源

ヒーターに所定の電圧、電流を供給するための電源で、9チャンネル (9個所) 同時に供給することができる。

型式 : 両波整流式

チャンネル数 : 最大9チャンネル

電流設定値 : 0~3A (9チャンネル同時可変)

JAERI-M 84 - 125

φ58

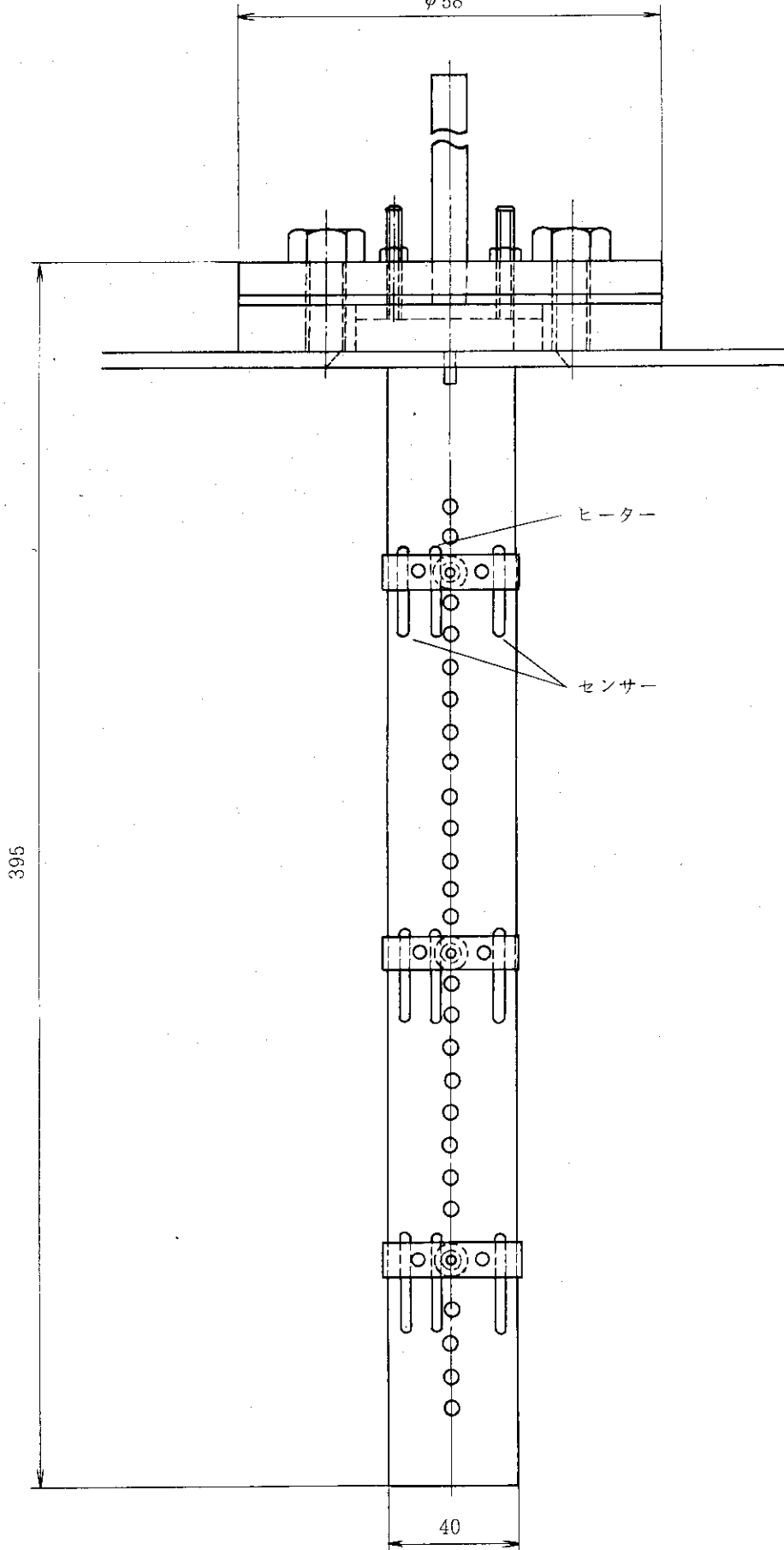


図 18 帯水層水流速測定装置検出部組立図

電 圧 : DC 12 V

3) 制御計測部

① 電圧パルス発生器

ヒーターに供給する印加電圧電流を9チャンネル同時にパルス的に発生させるためのもので、パルス巾(印加時間)を可変することができる。

型 式 : デジタル式

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

センサーで検知した温度変化を電圧に変換するためのもので、2本のセンサーの温度差として出力できる。

型 式 : IC方式

チャンネル数: 最大9チャンネル

出力値 : 0~50°C = 0~100 mV

出力インピーダンス: 100 Ω

③ 演算器

検出された温度変化の数値を演算処理するためのもので、温度差のピーク値および温度差の零復帰時間を演算することができる。

型 式 : デジタル方式

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可能

演算方式: 最大温度差検出方式

④ プリンタ

演算結果を記録紙に逐次印字するためのものである。

型 式 : 感熱式ドットプリンタ (松下電器製 EUY-10T型)

印字桁 : 16桁 (5×7ドットマトリックス)

印字速度: 16文字/0.5 sec

⑤ メモリー

演算結果を記憶するためのものである。

型 式 : バックアップ付CMOSスタティックRAM方式

記憶容量: 9チャンネル×5ブロック = 90 データ

記憶時間: 電源OFFにて最大3日間

⑥ ブロックセレクト

手動による各ブロックの測定、および自動による連続測定の選定を行うためのもので、測定時間間隔を変えることができる。

作動方式: 5ブロック連続自動および単ブロック手動

測定間隔: 0~99 min (デジタルスイッチにて1分間隔切替可能)

4) 記録部

2本のセンサーで検知した温度変化の差を連続的に記録紙に記録するとともに、ヒーターに印加したパルス信号の確認もするためのものである。

型式 : 卓上3ペン型レコーダ (理化電機製 R-103 型)

作動方式 : DC サーボ方式

DC電圧マルチレンジ : 1mV~10V (24段切替)

精度 : フルスケールの±0.25%

感度 : フルスケールの±0.1%

ペンスピード : 最大1,600mm/sec

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

その他 : ラック (750mmW×580mmL×1,250mmH) に収納されている。

5) データ処理部

① 中央演算器 (CPU)

キーボード操作によりメモリーに記憶されたデータを読み出し、あらかじめ組まれたプログラムリストに従ってデータ処理を行い水流速を求めるためのものである。

型式 : TEAC 製 PS-85 型

プロセッサ : Z80A (クロック 4MHz)

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

キーボード : JIS 準拠配列

その他 : 9インチグリーンCRTディスプレイおよび200Kバイト×2ディスクのミニディスクが付属している。

② プリンタ

キーボード操作によりディスプレイ画面上の表示内容を紙面上に印字するためのものである。

プリント型式 : 感熱式ドットプリンタ (TEAC 製 PT-210 型)

印字速度 : 80字/sec

③ ディスク

中央演算器, プリンター等を設置する台である。

寸法 : 750mmW×1,500mmL×700mmH

材質 : スチール

4.6 核種移動速度測定装置

本装置は、通気層および帯水層土壌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ことにより核種の移動速度を求めるもので、通気層カラム用と帯水層槽用があり、それぞれγ線検出部、計数部、濃度分布算出部および入出力部より構成されている。通気層カラム用のものは、通気層カラムの外部より土壌中の放射性核種の濃度を NaI シンチレータにより検出する方式であり、帯水層槽用のものは、帯水層槽内の土壌中に NaI シンチレータ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。本装置のブロックダイアグラムを図19に示す。なお、両装置においては γ 線検出部以外の部分は共通機器である。

4.6.1 機能

1) γ 線検出部

土壌中の放射性核種を非破壊的に検出するためのもので、次のような機能を備えている。

- i) カラムおよび槽内土壌中の放射性核種の 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壌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) 検出対象物以外からの γ 線を十分に遮蔽できる。
- iv) 測定時以外は、検出器をコリメータから取り外すことができる。

2) 計数部

γ 線検出部で検出した γ 線を計数するためのもので、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濃度分布算出部へ転送できる。
- iii) 検出した γ 線のスペクトルから核種の同定および定量化ができる。

3) 濃度分布算出部

計数部により計数した γ 線の計数値分布からカラムおよび槽内の放射能濃度分布を求めるもので、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および核種移動速度を求めることができる。
- ii) 計数部で計数した値等を記憶することができる。
- iii) 求めた放射能濃度分布および核種移動速度の結果をCRTに表示できる。
- iv) 演算の結果を定められた時間間隔で入出力部に転送できる。

4) 入出力部

濃度分布算出部と内、外部機器とのデータを出し入れするもので、次のような機能を備えている。

- i) CRTに表示された放射能濃度分布および核種移動速度を任意の時間間隔ごとにプリンタに印字できる。
- ii) 計数部および測定台車のコントロールができる。
- iii) 外部計算機との情報交換ができる。

4.6.2 機器仕様

1) γ 線検出部

① NaI (Tl) シンチレータ

土壌中の放射性核種の濃度を検出するためのものである。

寸法 : 通気層カラム用 $2''\phi \times 2''L$, $1''\phi \times 1''L$

帯水層槽用 $1''\phi \times 1''L$

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。

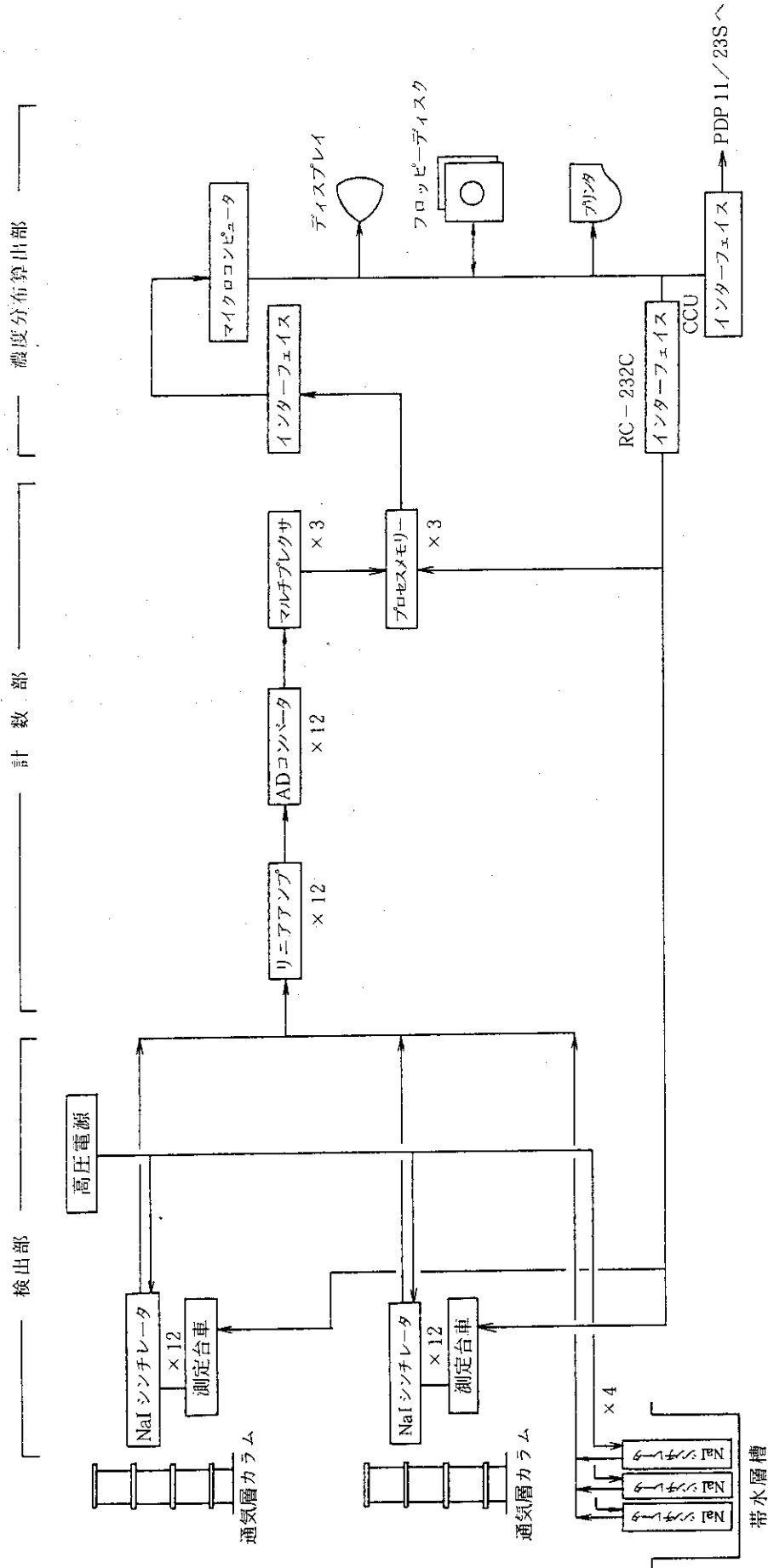


図19 核種移動速度測定装置ブロックダイヤグラム

② コリメータ

土壤中の一定方向からだけの放射線を NaI シンチレータに導くためのものである。

型 状 : 通気層カラム用 直方体
帯水層槽用 円筒状

材 質 : 鉛および鉄

③ 高圧分配器

NaI シンチレータに高圧電源を分配するためのものである。

分配数 : 6 チャンネル
使用電圧 : 0~2000 VDC

④ 測定台車 (通気層カラム用)

NaI シンチレータを収めたコリメータを上下に駆動するための台車である。

検出器移動範囲 : 300~1,500 mm (共通架台面上)
昇降速度 : 2mm/sec & 4mm/sec (2段切替)
位置表示 : パルスカウンタ方式によるデジタル表示 (精度 ±1 mm)
駆動操作 : 制御盤による上下移動
構 造 : 図20に示す (耐震構造 B クラス)。

2) 計数部

① リニアアンプ

NaI シンチレータで検出した γ 線を電気信号に変化させて増巾するためのものである。

利 得 : 2~2,048 倍
積分直線性 : 0.005% 以内

② AD コンバータ

アナログ信号をデジタル信号に変換するためのものである。

コンバージョンゲイン : 1,024 チャンネル/FS
ディスクリミネータ : LLD 0~100% (FS)
ULD 5~100% (FS)

変換時間 : 30 μ sec (FS)

積分直線性 : $\pm 0.05\%$ 以内 (FS)

微分直線性 : $\pm 0.75\%$ 以内 (FS)

③ プロセスメモリー

計数部の測定結果を記憶するためのものである。

チャンネル数 : 1,024 チャンネル
入力容量 : 25 ビット/チャンネル
メモリー分割 : $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$
プリセットタイム : $N \times 10^M \times 1 \text{ sec}$ または 0.1 min
ただし, N は 0~9, M は 1~5 整数

④ マルチプレクサ

測定結果の入出力信号の順番を整理するためのものである。

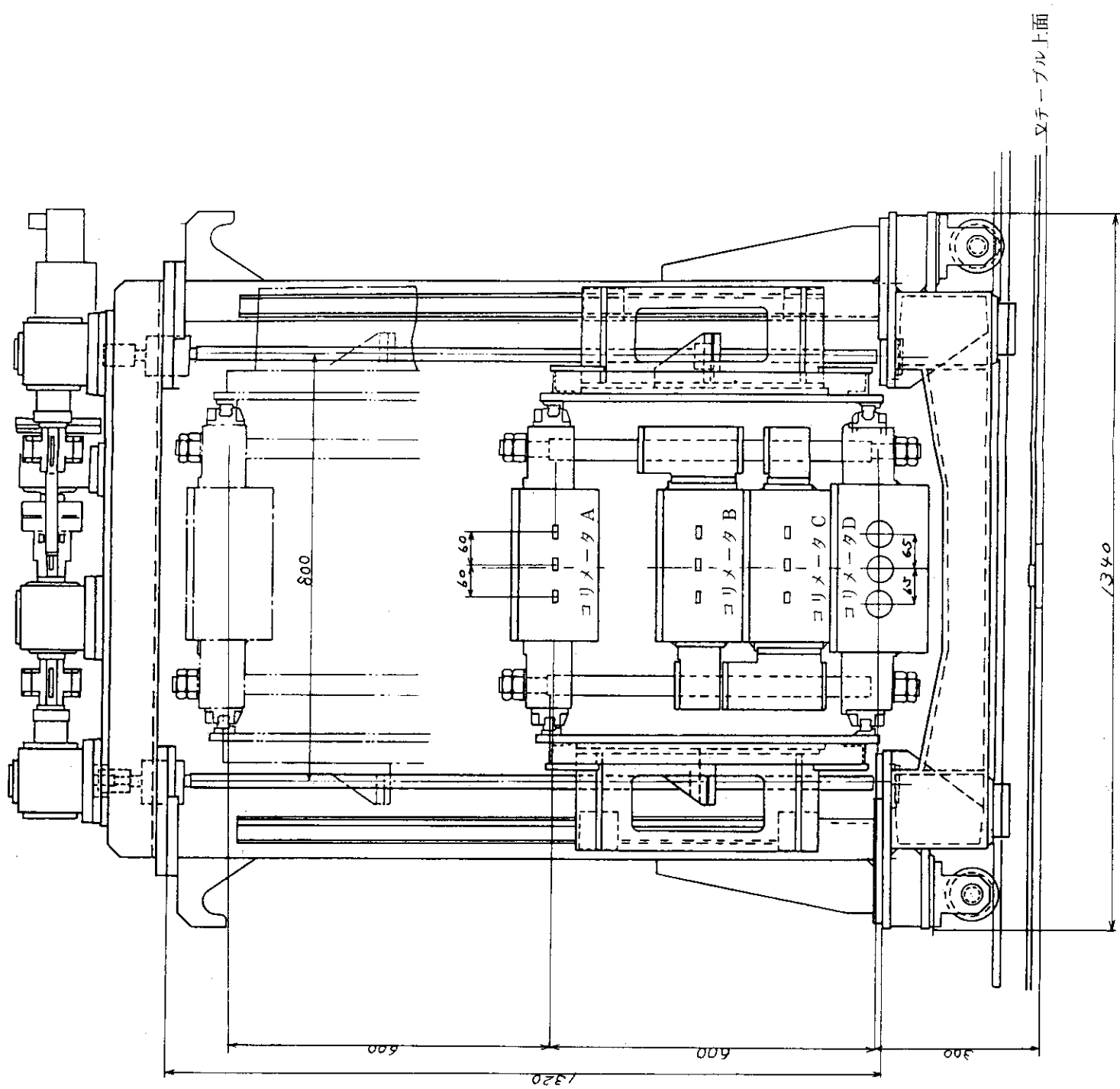
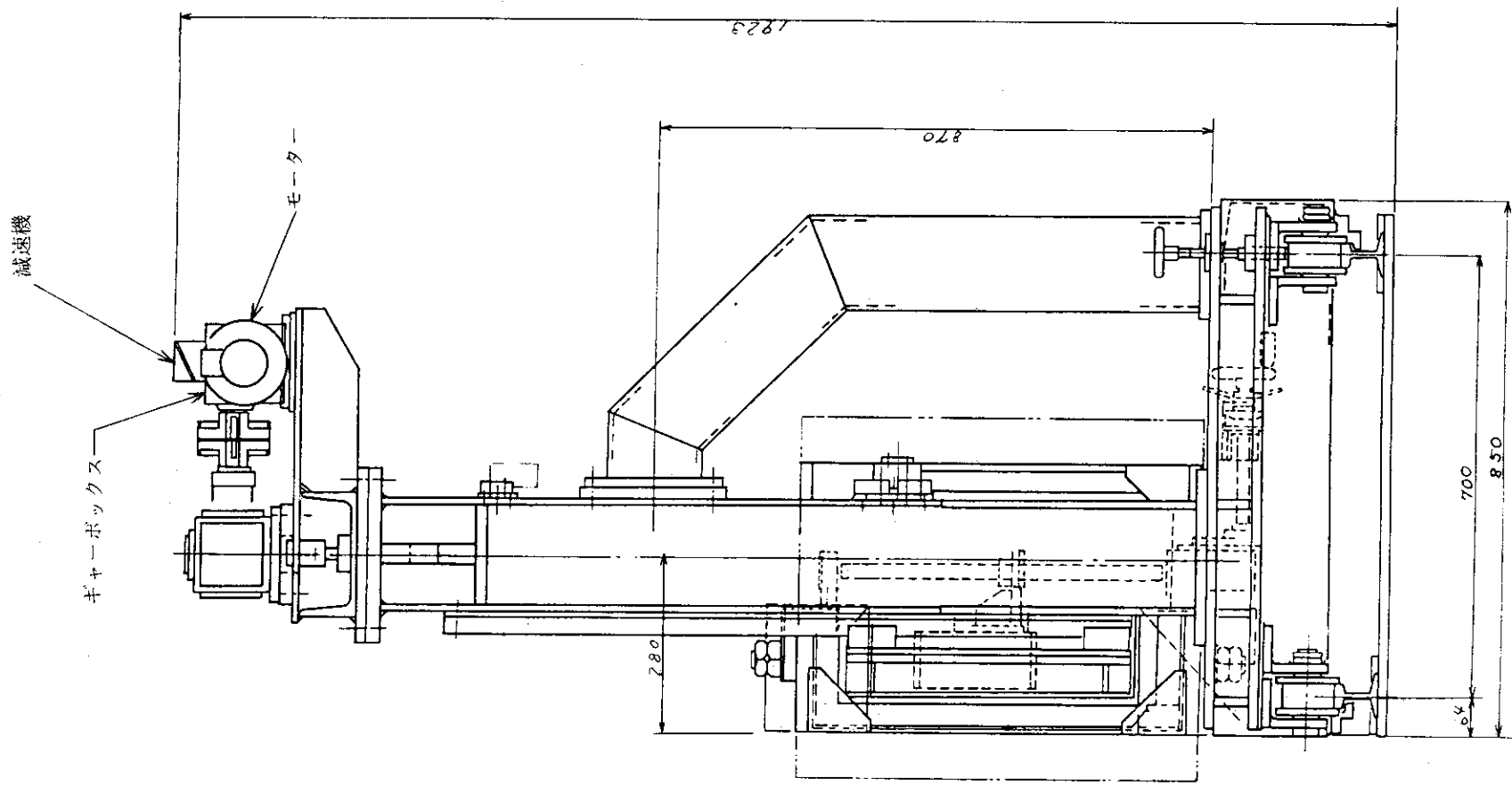


図 20 核種移動速度測定装置測定台車の構造

入 力 : AD コンバータ (256 チャンネル)
切替方式 : 時分割方式
切替サイクル: 500 nsec
出 力 : 1,024 チャンネル

⑤ 高圧電源

γ線検出部に安定した高圧電源を送るためのものである。

出 力 : ±100~1,500 V
電圧設定精度: 0.75%以内
リップおよびノイズ: 5 mVpp 以下

⑥ 低圧電源

計数部に安定した低圧電源を送るためのものである。

出 力 : ±6V 5A, ±12V 2A, ±24V 1A (AC 100V ±10V 入力)
長時間安定度: 0.3%

⑦ ラック

①~⑥の機器を収納するためのものである。

型 式 : 立 型
寸 法 : 540mmW × 550mmL × 1,770mmH

3) 濃度分布算出部

① マイクロコンピュータ

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ある。

型 式 : 精工舎製 9500-M2
マイクロプロセッサ: 16 ビット (Intel 8086+8087+8088)
メモリー容量: 512 K バイト
使用言語: BASIC
その他 : 14 インチグリーンCRTと 640 K バイト×2 ディスクのフロッピーディスクが付属している。

② ソフトウェア

測定内容および測定結果等を所定の形式で表示あるいは計算させるためのものである。

(プログラム内容)

- i) MCA 入力プログラム
- ii) MCA データ処理プログラム
- iii) 検出器校正プログラム
- iv) コリメータ評価プログラム
- v) 自己吸収評価プログラム
- vi) 計数効率算出プログラム
- vii) 濃度算出プログラム
- viii) 測定結果出力プログラム

ix) 測定位置コントロールプログラム

4) 入出力部

① グラフィックプリンタ

マイクロコンピュータにより求めた土壤中の核種の濃度分布をソフトウェアにより図あるいは表の形式等で紙面上に印字するためのものである。

形 式： 精工舎製 9515

印字速度： 120 字/sec

印字方式： 11×8 ドットマトリックス, 132 文字/行

② インターフェイス

マイクロコンピュータの情報および指令等を内、外部機器に転送するためのものである。

(伝達内容)

i) 計数部のコントロール

ii) 測定台車のコントロール

iii) 放射能測定装置との情報交換

4.7 除染装置

本装置は試験終了後、地中シミュレーション装置の通気層カラム、帯水層槽、各種機器および配管等を除染するもので、洗浄槽、各種タンク、各種ポンプ、洗浄カゴ、乾燥棚、作業台および計器等から構成されている。(図 21)

4.7.1 機 能

- i) 通気層カラム、帯水層槽等の機器類の除染が洗浄槽内で容易にできる。
- ii) 洗浄槽内の溶液をスチームにより加温できる。
- iii) 洗浄槽排水口にストレーナーを設けることにより砂、シルト等を捕集できる。
- iv) 洗浄ポンプにより洗浄槽内の液を十分攪拌できる。
- v) 所定量の薬液を各種タンクに貯留できる。
- vi) 流量の調整が可能な各種ポンプにより、上記各種タンクから洗浄槽に薬液を供給することができる。
- vii) 通気層カラム、帯水層槽等の機器類を洗浄カゴに入れて洗浄槽に浸漬することができる。
- viii) 操作盤により機器類の起動、停止の操作および計器の監視等を行うことができる。

4.7.2 機器仕様

① 洗浄槽 (V-1)

通気層カラム等を洗浄カゴと一緒に浸漬し、除染液を用いてポンプによる攪拌および電動ブラシ等による除染を行うための槽である。

型 状： 角 形

寸 法： 1,600mmW×2,000mmL×1,300mmH

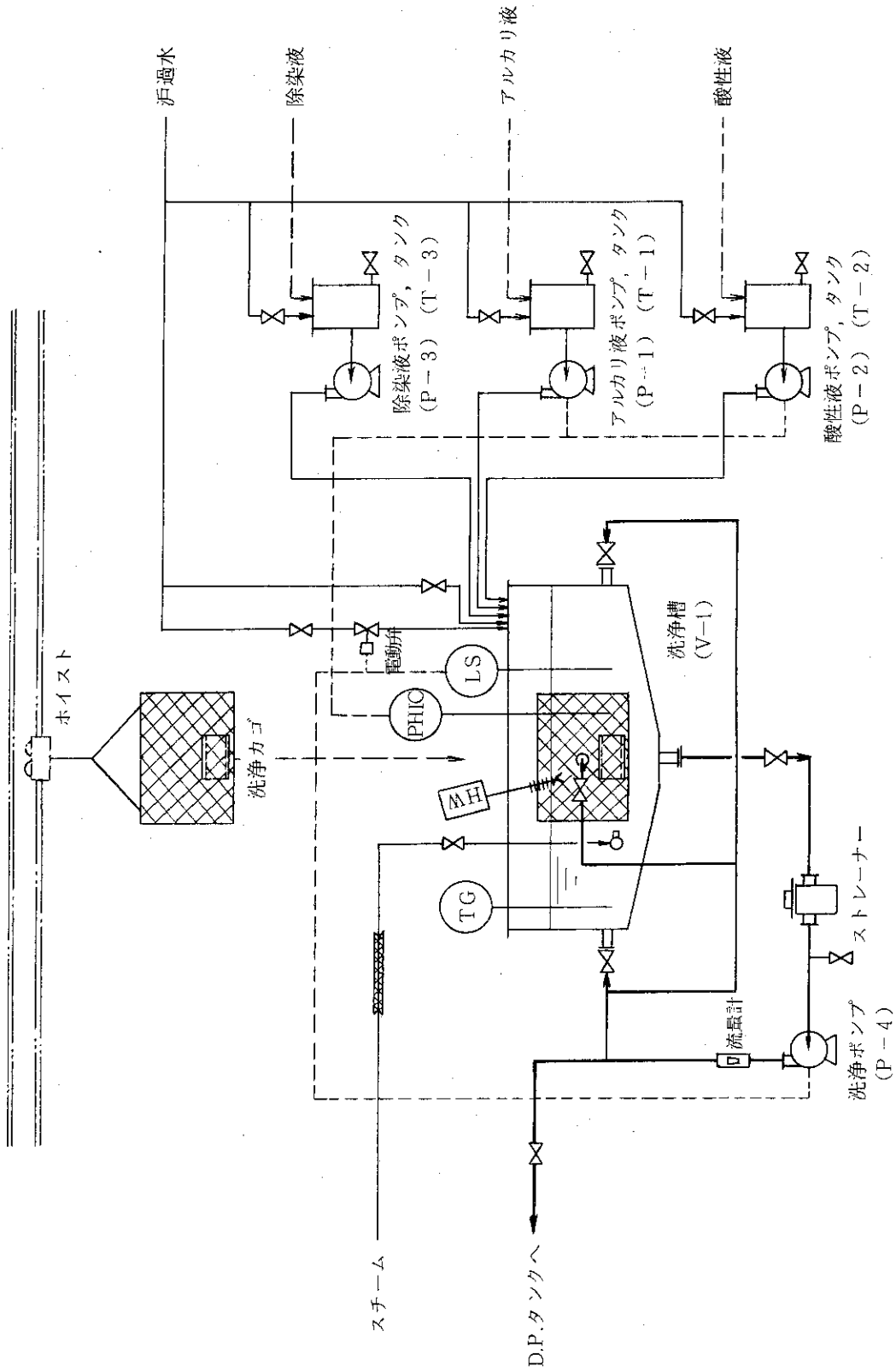


図21 除染装置フロート

有効容量： 3 m³
 材質： SUS 316 L
 加温方式： スチームによる直接加温
 その他： バケットストレーナー付き。電動ブラシ付き。

② 洗浄ポンプ (P-4)

洗浄槽内の溶液を攪拌するためのポンプである。また、除染終了後ポンプ出口側バルブ切替えにより廃液をD.P.タンクに移送することができる。

型式： ノンジール型 (帝国電機製作所製マグネットポンプ YH 213 型)
 吐出量： 20 m³/hr
 吐出圧： 20 mAq
 材質： SCS 16 および SUS 316 L (接液部)
 モーター： 2.2 kw

③ 薬液ポンプ (P-1~3)

各種薬液タンクから洗浄槽に薬液 (アルカリ液、酸性液および除染液) を移送するためのポンプである。

型式： ダイアフラム式定量ポンプ (エレポン化工機製 CR-3N および CR-5N 型)
 吐出量： 680 cc/min および 2,100 cc/min
 吐出圧： 5 kg/cm²・G
 材質： 塩化ビニルおよびテフロン (接液部)
 モーター： 0.1 kw および 0.2 kw

④ 薬液タンク (T-1~3)

洗浄槽に送る薬液 (アルカリ液、酸性液および除染液) を一時貯留するためのタンクである。

形状： 角形
 寸法： 450 mmW × 450 mmL × 610 mmH
 有効容量： 100 ℓ
 材質： 塩化ビニル

⑤ 洗浄カゴ

除染する機器類を入れて、洗浄槽に浸漬するためのカゴである。

形状： 角型網目状
 寸法： 1,200 mmW × 1,200 mmL × 800 mmH
 材質： SUS 316 L

⑥ 乾燥棚

除染した機器類を自然乾燥させるための棚である。

型式： 角形自立型
 寸法： 1,450 mmW × 900 mmL × 2,200 mmH
 材質： SUS 304

その他 : ドリップパン付き。

⑦ 作業台

除染作業を行うための架台である。

型式 : 自立型

寸法 : 2,490mmW × 3,775mmL × 1,300mmH

材質 : SS 41 + SUS 304

⑧ 計器

イ. pH 指示調節計 (PHIC-1)

洗浄槽内溶液の pH を検知して表示するとともに、設定した pH 値の調節に必要な信号を薬液ポンプに送るためのものである。

型式 : ガラス電極式 (検出器)

構成 : 検出器 1 基 (電気化学計器製 HC-76 型)

指示調節計 1 基 (" HB-92 K2 型)

測定範囲 : pH 0 ~ 14

材質 : ガラスおよびポリプロピレン (接液部)

ロ. 流量計 (FG-1)

洗浄ポンプによる洗浄槽内液の循環量を測定するためのものである。

型式 : フロート式 (東京計装製 R-101 型)

測定範囲 : 3 ~ 30 m³/hr

材質 : ガラスおよび SUS 316 L (接液部)

ハ. 温度計 (TG-1)

洗浄槽内溶液の温度を測定するためのものである。

型式 : バイメタル式 (兵田計器工業製 C 4 型)

測定範囲 : 0 ~ 100 °C

材質 : SUS 304 (接液部)

ニ. 液面調節計 (LS-1)

洗浄槽内の液面を検知し、洗浄ポンプおよび給水バルブとのインターロックを行うためのものである。

型式 : フロート式 (検出器)

構成 : 検出器 1 基 (能研工業製 FR-30 HVS-5 型)

リレーユニット 1 基 (" RU 100 型)

インターロック : 上限 - 洗浄槽への給水の停止

下限 - 洗浄ポンプの停止

材質 : SUS 304 および塩化ビニル (接液部)

4.8 廃棄物処理装置

本装置は試験終了後、地中シミュレーション装置から発生する試験済み土壌を安全に廃棄物容

器（ドラム缶）に収納処理するもので、ホッパー、廃棄物移動容器、秤量器、フォークリフトおよび作業台等から構成されている。（図 22）

4.8.1 機能

- i) 試験済みの土壌が充填された廃棄物移動容器をフォークリフトとホイストにより、ウェザールームから廃棄物処理室内のホッパーに移し替えることができる。
- ii) 所定量の土壌をホッパーに一時貯留して、さらに、土壌を定量的に廃棄物容器に収納することができる。
- iii) 土壌が収納された廃棄物容器の重量を秤量器で測定できる。
- iv) ドラムポーターにより、土壌が収納された廃棄物容器を運搬できる。
- v) 操作盤により機器類の起動、停止の操作および計器の監視等を行うことができる。

4.8.2 機器仕様

① ホッパー（M-1）

廃棄物移動容器からの試験済み土壌を受け入れるとともに、廃棄物容器（ドラム缶）にその土壌を収納するためのものである。

型式：角型自立式

寸法：1,200mmW×1,200mmL×900mmH

有効容量：1m³

材質：SUS 304

その他：土壌払い出し機（ハーマン製 HDS-8S 型）付き。

② 廃棄物移動容器（D-1）

試験済みの土壌をウェザールームから廃棄物処理室のホッパー上部まで運搬するための容器である。

形状：角型

寸法：600mmW×900mmL×550mmH

有効容量：0.3m³

材質：SUS 304

③ 秤量器（W-1）

試験済み土壌が充填された廃棄物容器の重量を測定するためのものである。

型式：直読式（大和製衡製 PL-LLC 2 型）

測定範囲：最大1,000 kg（デジタル目盛）

測定精度：±0.5 kg

載台寸法：900mmW×900mmL

④ フォークリフト（M-2）

廃棄物移動容器等を運搬するためのものである。

型式：バッテリー駆動式（小松フォークリフト製 FB10(L)-4 型）

最大荷重：1,000 kg

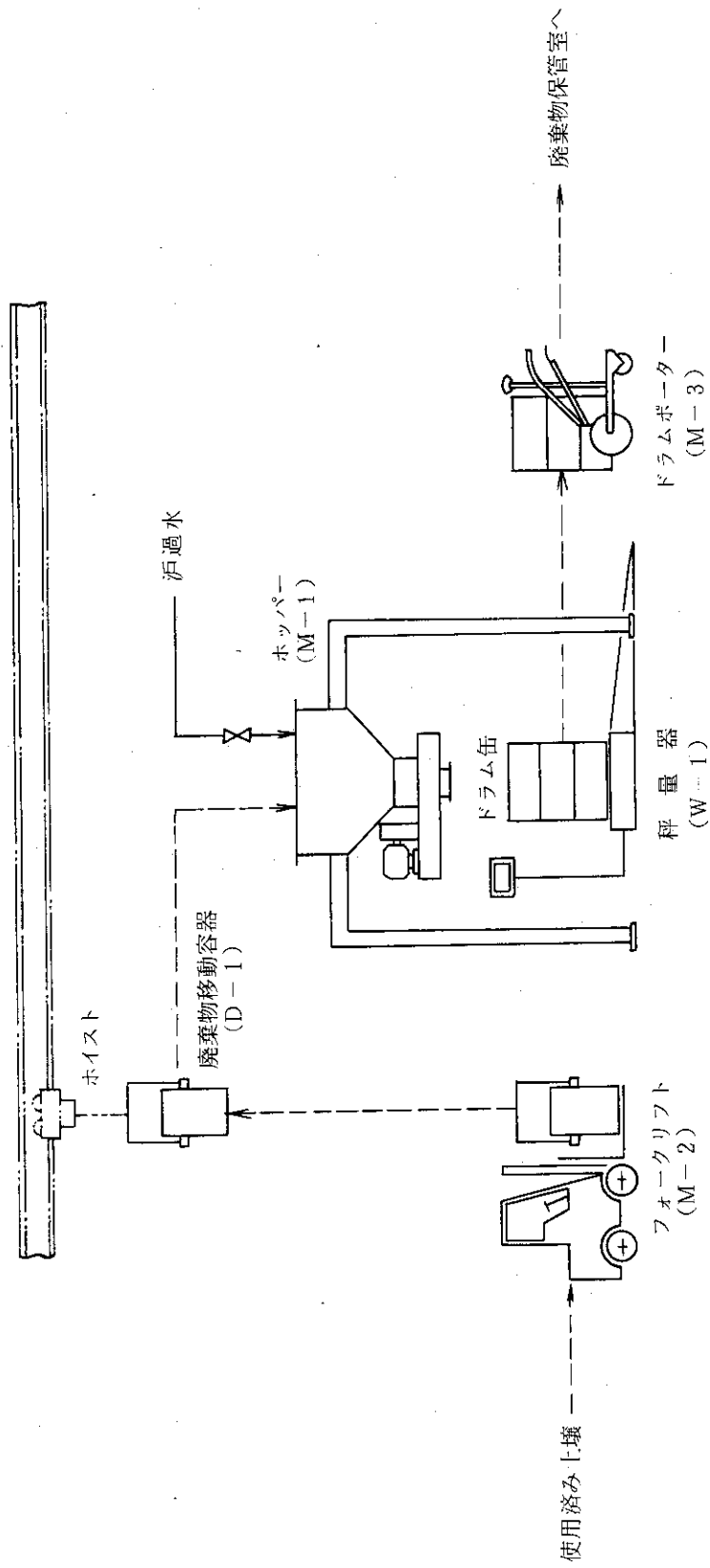


図 22 廃棄物処理装置フローシート

寸法： 1,050mmW×2,730mmL×2,095mmH

⑤ ドラムポーター (M-3)

廃棄物容器を運搬するためのものである。

型式： 重荷重型 (大有商事製 L-500 型)

最大荷重： 500 kg

寸法： 1,000mmW×1,000mmL×1,020mmH

⑥ 作業台

ホッパーへの土壌投入作業を行うための架台である。

型式： 自立型

寸法： 2,100mmW×2,500mmL×2,100mmH

材質： SS 41

4.9 その他関連設備

環境シミュレーション試験を円滑に行うために、本地中シミュレーション装置には以下の関連設備が整備されている。

(1) 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 8m³) 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 23 に示す。

本装置からの廃液は、配管ピット内に設けたホット廃液タンク (容量 1m³) に一時貯留された後、D.P.タンクへ送られる。

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。

(2) 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 24 に示す。

管理区域の排気系統には、試験ホール空調系、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。

(3) 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

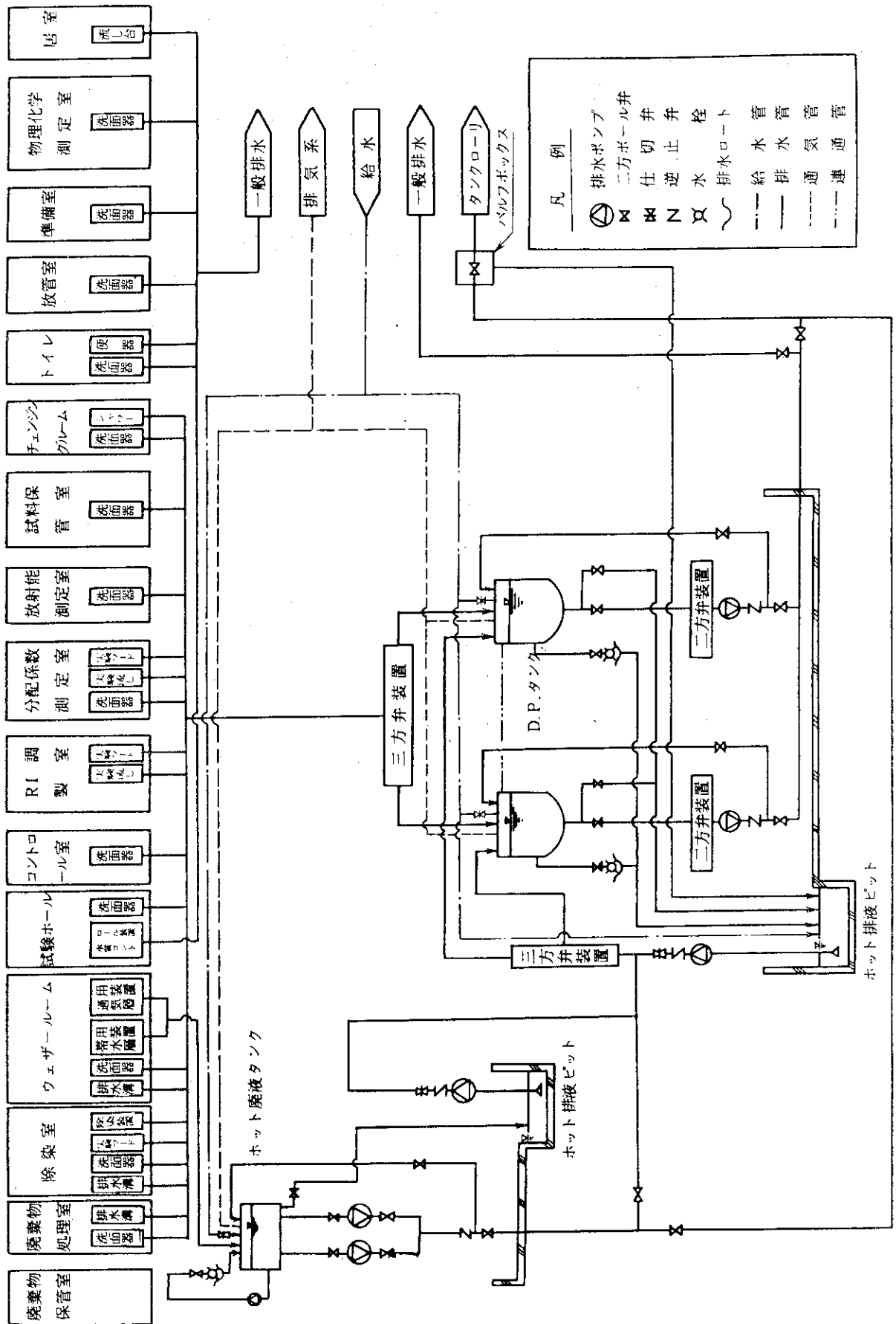


図 23 排水設備系統図

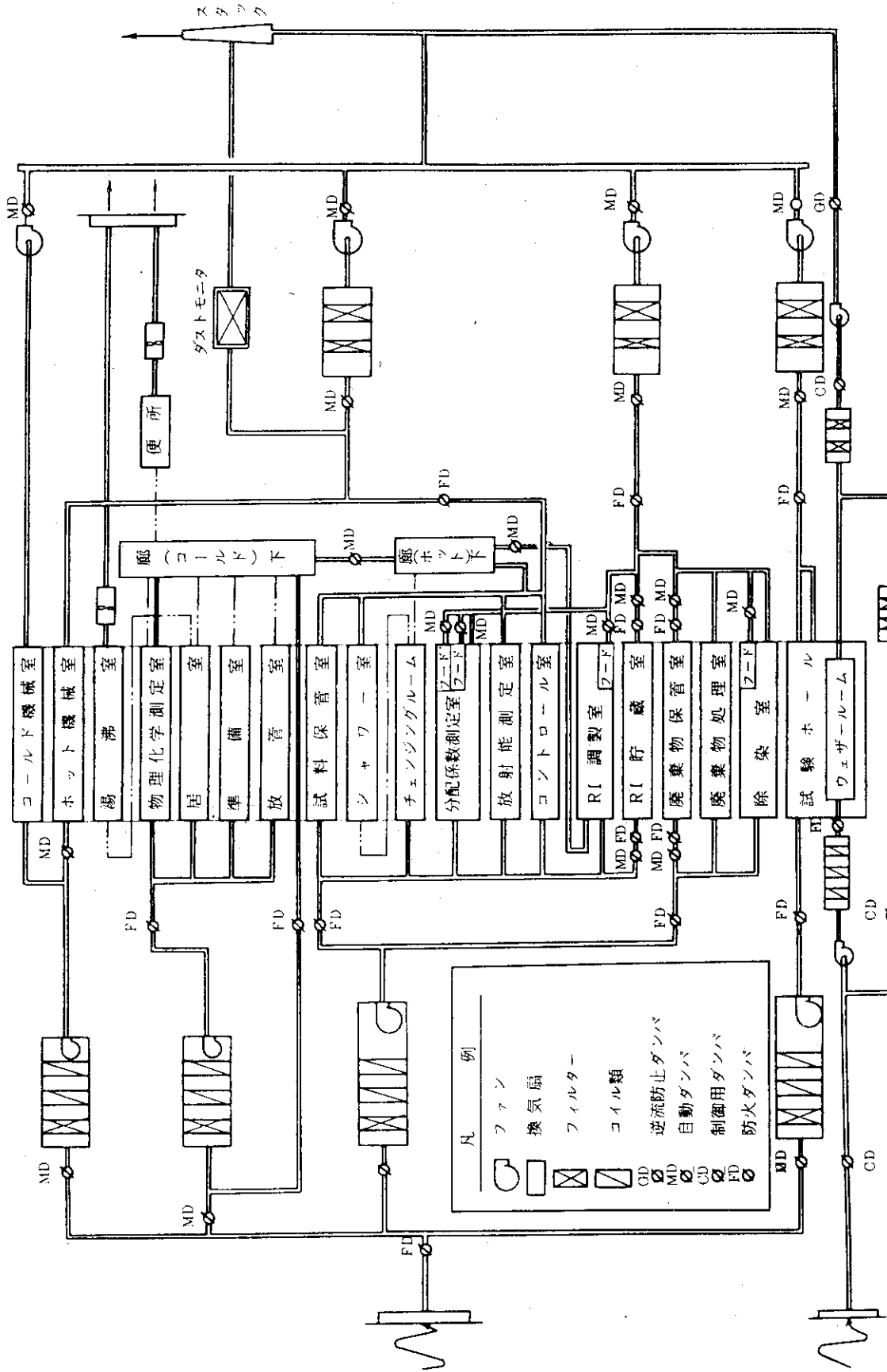


図 24 排気設備系統図

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。

さらに可搬型エアモニター、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能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。

(4) 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 2 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 (2 mrem/hr) 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 50 cm) でできている。

β , γ 核種用貯蔵庫は、 ^3H 100 mCi, ^{90}Sr 50 mCi, ^{60}Co 50 mCi, ^{85}Sr 100 mCi および ^{137}Cs 100 mCi 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、 ^{252}Cf 3.216 mCi の貯蔵が可能であり、パラフィン、鉛および鉄で作られている。

(5) 廃棄物保管設備

本設備は、周辺の放射線レベルを許容値 (2 mrem/hr) 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 50 cm) の部屋であり、試験済み土壌を収納した廃棄物容器 (ドラム缶: 200 l) を最大 12 本一時的に保管できるものである。

(6) 天井クレーン

本設備は、試験ホール天井に設置され、ウェザールーム内への重量物の搬出入を行うためのものである。最大 2.8 ton までの重量物を吊上げることができ、その運転はケーブルによる遠隔操作により行う。

5. 障 害 解 析

放射線防護上問題となる外部被曝線量，空気汚染濃度等を使用時および貯蔵時に区分して以下に示す。なお，本章は放射性同位元素等の使用許可申請書に添付した書類，「環境シミュレーション試験棟における放射性同位元素の使用に関する計算書」に多少修正を加えたものである。

5.1 使用時の被曝線量

5.1.1 外部被曝線量

本試験で取り扱う放射性核種は， β ， γ およびn核種であるので，それぞれの核種について以下外部被曝線量を評価する。

A. γ 核種

(1) 被曝評価の前提条件

1) 被曝が予想される作業内容

① RI の調製

^{60}Co 2.5 mCi， ^{85}Sr 5 mCi および ^{137}Cs 5 mCi を，それぞれ購入したRIびんから酸性水溶液としてRI調整室のフード内に取り出し，試料液タンクを用いてそれらを混合希釈して，所定濃度の混合RI水溶液を調製する。

② 混合RI水溶液の流下

本操作は主としてウェザールーム内に設置された通気層用および帯水層用の地中シミュレーション装置を用いて行う。

まず，混合RI水溶液が入った試料液タンク（鉛厚10 mmの遮蔽体付）を，RI調製室からウェザールーム内まで移動する。

ついで，コントロール室からの遠隔操作により試料液タンク内の混合RI水溶液を試料液ポンプで流入機構部を通して，通気層カラムあるいは帯水層槽内の土壤に流下させる。

混合RI水溶液の流下に伴って，流出機構部から流出するRI水溶液をオートサンプラーにより，所定量ずつサンプリングする。

流下終了後，通気層カラムあるいは帯水層槽内の土壤を土壤サンプリング器を用いて，所定量ずつサンプリングする。

③ 土壤中および流出液中のRI濃度測定

②でサンプリングした土壤および流出液を所定の測定用容器に移し，調製した後，放射能測定室において放射能濃度測定装置によりそれらを測定する。

④ 使用機器の除染

試験終了後，汚染土壤を通気層カラムあるいは帯水層槽内から取り出し，移動容器に移し変える。一方，試験に使用した通気層カラムあるいは帯水層槽，流入機構部，流出機構部等を解体した後，除染室の除染装置にそれらを移動する。ついで，バルブおよびポンプ操作に

より洗浄槽に除洗液を移送してそれらを噴流攪拌方式により除染する。

⑤ 汚染土壌の処理

残りの混合RI水溶液は、一時ホット廃液タンクに集め、定量になるとポンプによりD.P.タンクに送り込む。また、試験済みの汚染土壌は廃棄物処理室の廃棄物処理装置に移動し廃棄物容器に充填、密封する。

⑥ 廃棄物容器の移動

上記の廃棄物容器を廃棄物保管室まで運搬し、一時保管する。

2) 作業条件

① 作業時間、位置 (図 25, 27, 28, 29 参照) および遮蔽

通気層移動試験

作業内容及び作業地点		3カ月当りの 作業時間 (4回/3カ月)	年間作業 回 数	線源から の距離	遮蔽	図 番
A	RIの調製	60min×4回	} 16回以下	30cm	鉛10cm	図 25
B ₁	混合RI水溶液の流下 (ウェザールーム内の 実作業時間)	60min×4回		1 m	鉛 1cm	図 27
C	流出液中及び土壌中の RI濃度測定 (試料セット時間)	200min×4回		30cm	—	図 28
D ₁	使用機器の除染 (汚染土壌の取り出し時間)	60min×4回		50cm	—	図 27
E	汚染土壌の処理	60min×4回		1 m	—	図 29
F	廃棄物容器の移動	30min×4回		1 m	—	図 29

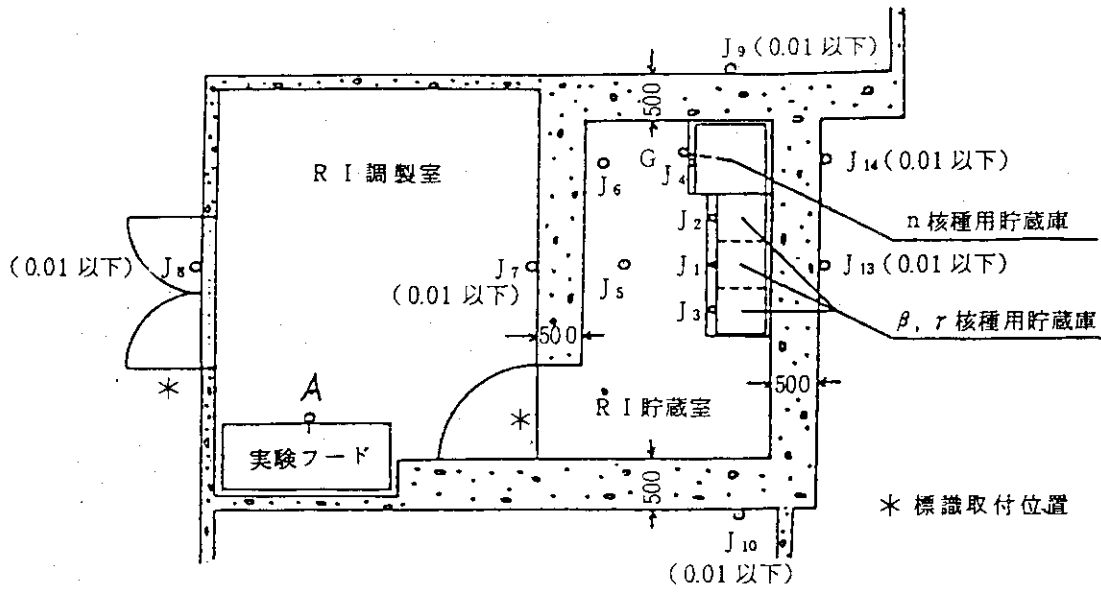


図 25 RI 貯蔵室平面図

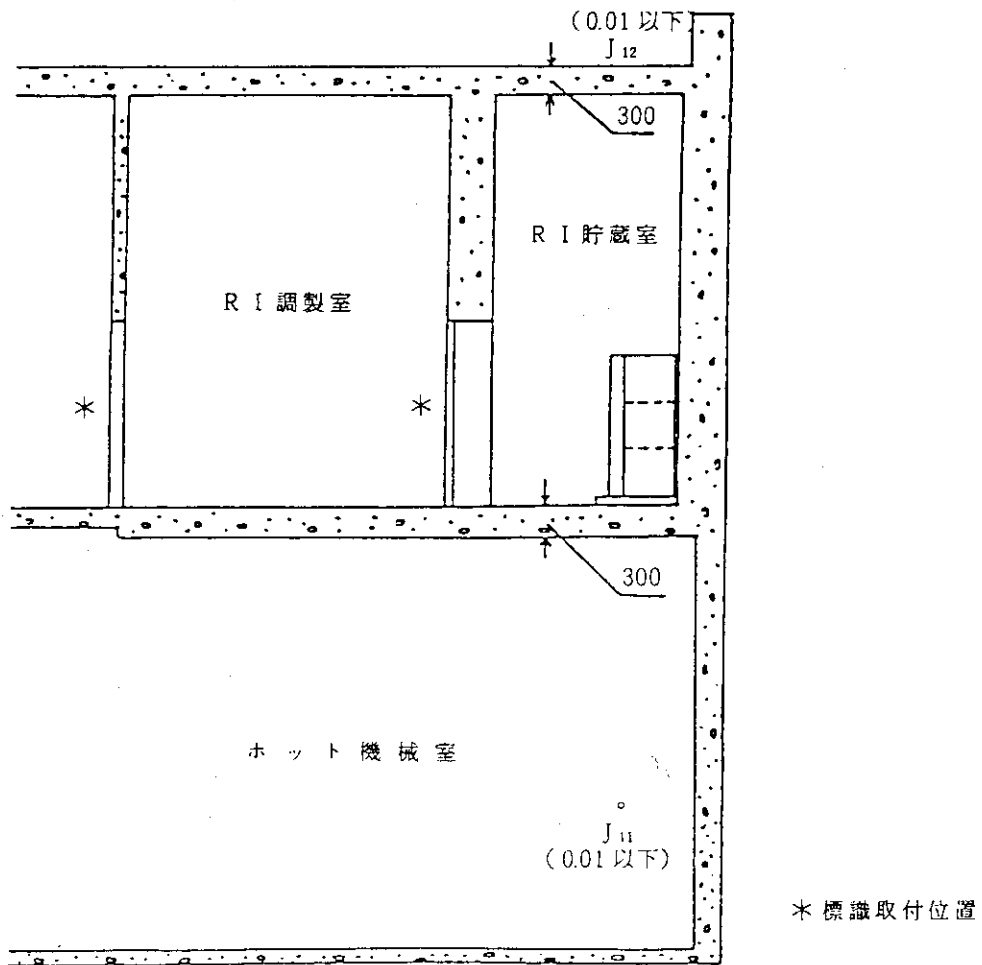


図 26 RI 貯蔵室断面図

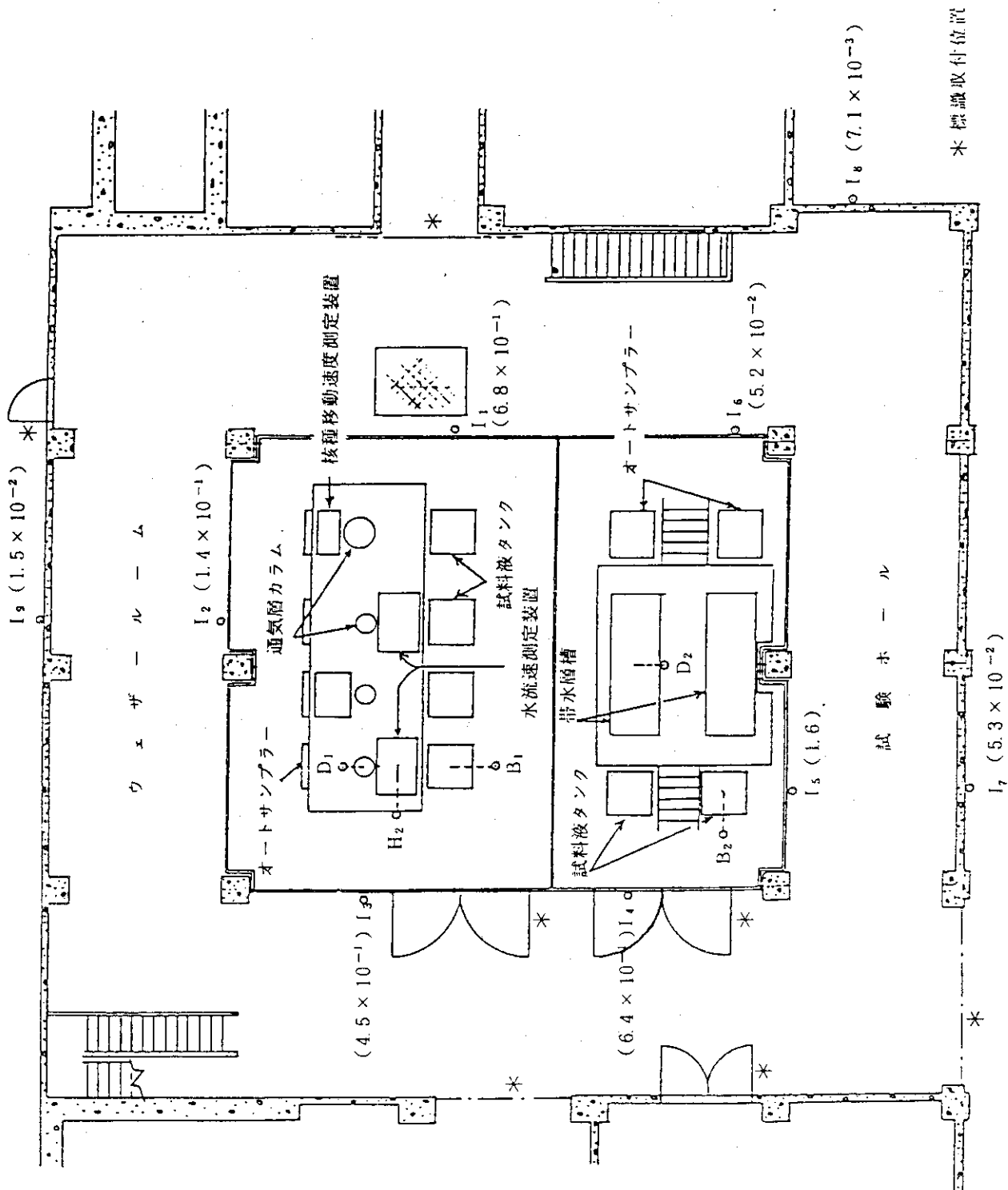


図 27 試験ホール、ウエザールーム平面図

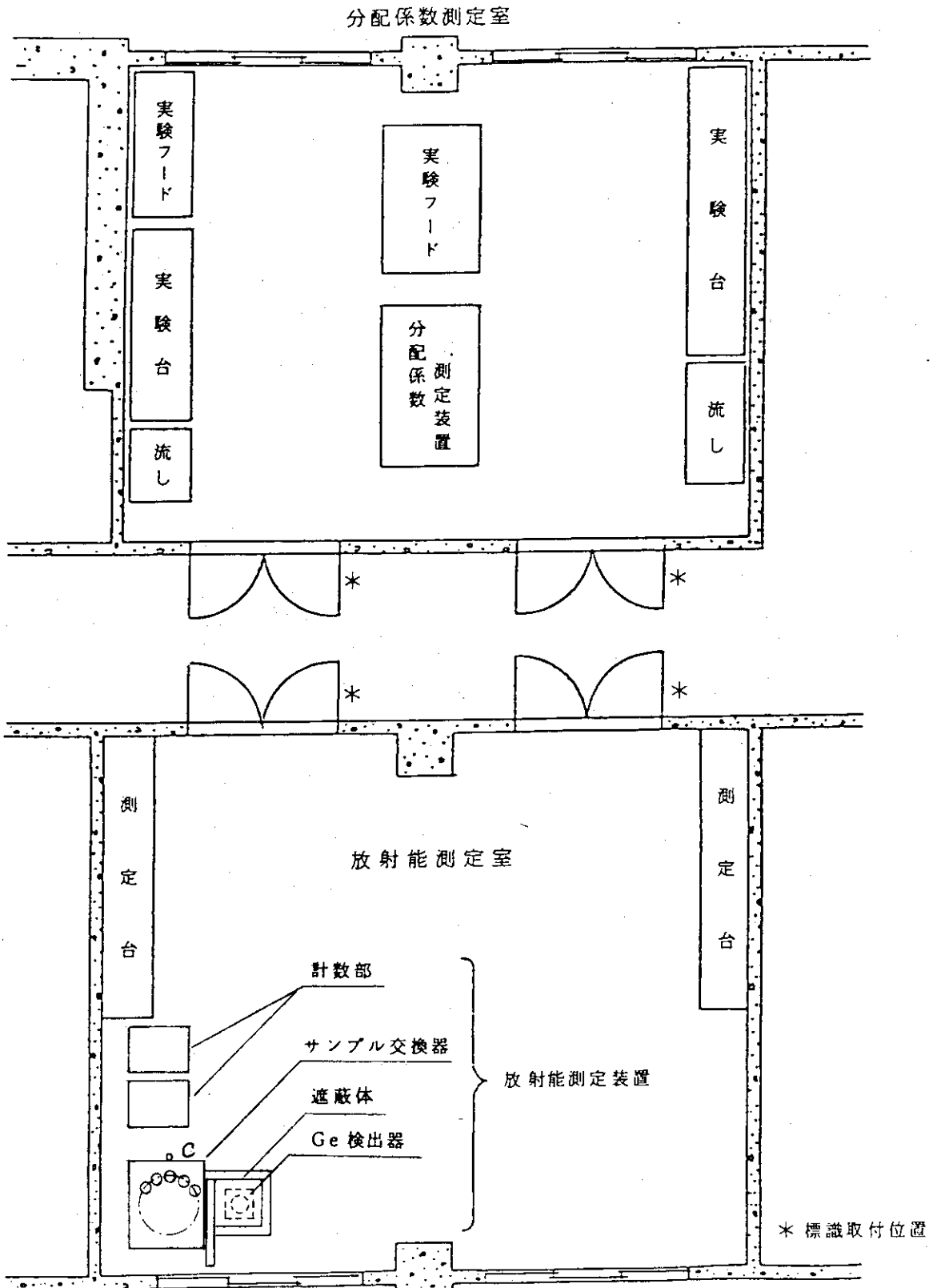


図 28 放射能測定室，分配係数測定室平面図

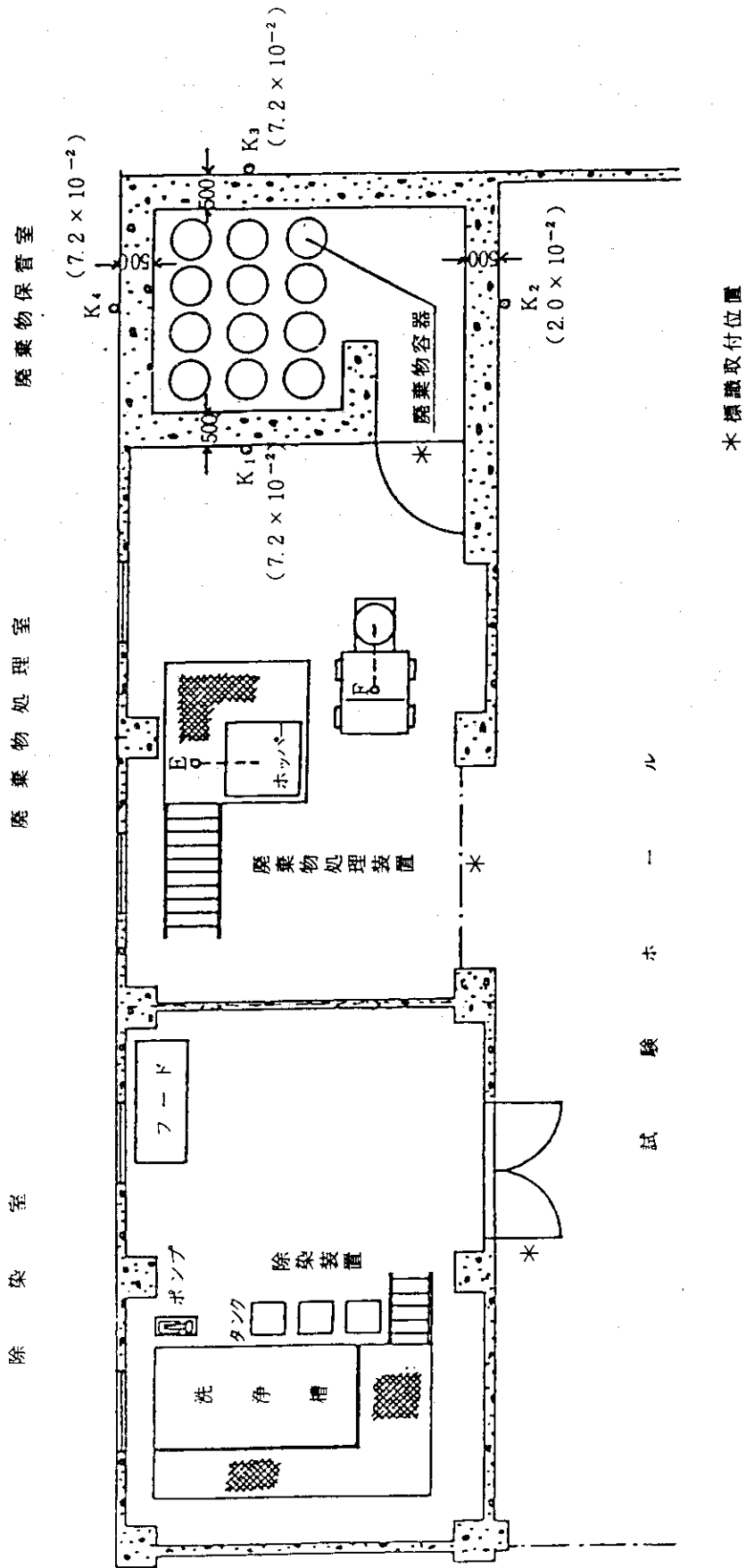


図 29 除染室、廃棄物処理室、廃棄物保管室平面図

帯水層移動試験

作業内容及び作業地点		3カ月当りの 作業時間 (1回/3カ月)	年間作業 回数	線源から の距離	遮蔽	図番
A	RIの調製	60min×1回	} 4回以下	30 cm	鉛10cm	図25
B ₂	混合RI水溶液の流下 (ウェザールーム内の 実作業時間)	60min×1回		1 m	鉛1cm	図27
C	流出液中及び土壌中の RI濃度測定 (試料セット時間)	200min×1回		30 cm	—	図28
D ₂	使用機器の除染 (汚染土壌の取り出し時間)	60min×1回		50 cm	—	図27
E	汚染土壌の処理	60min×1回		1 m	—	図29
F	廃棄物容器の移動	30min×1回		1 m	—	図29

3) 計算条件

- ① 混合RI水溶液流下時の線源は、RIが最も多く滞留し、かつ作業者との距離が比較的小さい試料液タンクとする。
- ② 流出液中および土壌中のRI濃度測定時の被曝は、放射能検出器に測定用試料をセッティングする時にだけに受けるものとする。
- ③ 使用機器の除染時の被曝は、試験終了後、汚染土壌を通気層カラムあるいは帯水層槽内から取り出し、廃棄物容器に移し変える時だけに受けるものとする。
- ④ 各作業内容における線源の形状は、全て点線源と仮定する。
- ⑤ RIの調製、混合RI水溶液の流下、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において取り扱う放射性核種および数量は、 ^{60}Co 2.5 mCi, ^{85}Sr 5 mCi および ^{137}Cs 5 mCi (各1日最大使用数量)とする。
- ⑥ 流出液中のRI濃度測定用試料に含まれる放射性核種の量は、 ^{60}Co , ^{85}Sr および ^{137}Cs 各1 μCi とする。
(根拠)
$$10^{-3} \mu\text{Ci}/\text{ml} \times 1 \text{ l} = 1 \mu\text{Ci}$$

(RI濃度) (測定液量)
- ⑦ 土壌中のRI濃度測定用試料に含まれる放射性核種の量は、 ^{60}Co , ^{85}Sr および ^{137}Cs 各10 μCi とする。

(根拠)

$$10^{-3} \mu\text{Ci}/\text{mL} \times 10^3 \text{ mL}/\text{g}^* \times 10 \text{ g} = 10 \mu\text{Ci}$$

(RI濃度) (分配係数) (測定土壤量)

* 各核種の分配係数は最大値を使用した。

⑧ 各線源を覆っている被覆物はないものとする。

(2) 評価地点の放射線レベル

1) 線量率の計算式

$$D = k \frac{Q}{r^2} B e^{-\mu x} \quad (1)$$

ここで

D : γ 線空間線量率 (mR/hr)

k : γ 線放射定数⁽⁴⁾ ($\text{R} \cdot \text{m}^2 / \text{hr} \cdot \text{Ci}$)

Q : RI量 (mCi)

r : 線源からの距離 (m)

B : 再生係数⁽⁵⁾

μ : 遮蔽体の線吸収係数⁽⁶⁾ (cm^{-1})

x : 遮蔽体の厚さ (cm)

2) RIの調製

(1)式を用いて各放射性核種からの線量率を計算すると次のようになる。

$$\begin{aligned} D(^{60}\text{Co}) &= 1.32 \times \frac{2.5}{(0.3)^2} \times 3.0 \times e^{-0.680 \times 10} \\ &= 1.2 \times 10^{-1} \text{ (mR/hr)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D(^{85}\text{Sr}) &= 0.57 \times \frac{5}{(0.3)^2} \times 2.9 \times e^{-1.693 \times 10} \\ &= 4.1 \times 10^{-6} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D(^{137}\text{Cs}) &= 0.33 \times \frac{5}{(0.3)^2} \times 2.9 \times e^{-1.241 \times 10} \\ &= 2.2 \times 10^{-4} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore D_A &= 1.2 \times 10^{-1} + 4.1 \times 10^{-6} + 2.2 \times 10^{-4} \\ &= 1.2 \times 10^{-1} \text{ (mR/hr)} \end{aligned}$$

3) 混合RI水溶液の流下

混合RI水溶液流下時において、作業者が受ける被曝を評価する上で、最も重要な漏洩線量率としての試料液タンクからの線量率は、(1)式を用いて計算すると次のようになる。

$$\begin{aligned} D(^{60}\text{Co}) &= 1.32 \times \frac{2.5}{(1)^2} \times 1.2 \times e^{-0.680 \times 1} \\ &= 2.0 \text{ (mR/hr)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D(^{85}\text{Sr}) &= 0.57 \times \frac{5}{(1)^2} \times 1.4 \times e^{-1.693 \times 1} \\ &= 7.3 \times 10^{-1} \end{aligned}$$

$$D(^{137}\text{Cs}) = 0.33 \times \frac{5}{(1)^2} \times 1.3 \times e^{-1.241 \times 1}$$

$$= 6.2 \times 10^{-1}$$

$$\therefore D_B = 2.0 + 7.3 \times 10^{-1} + 6.2 \times 10^{-1}$$

$$= 3.4 \text{ (mR/hr)}$$

4) 流出液中および土壌中のRI濃度測定

① 流出液のRI濃度測定

2)と同様にして(1)式を用いて線量率を計算すると次のようになる。

$$D(^{60}\text{Co}) = 1.32 \times \frac{1 \times 10^{-3}}{(0.3)^2} = 1.5 \times 10^{-2} \text{ (mR/hr)}$$

$$D(^{85}\text{Sr}) = 0.57 \times \frac{1 \times 10^{-3}}{(0.3)^2} = 6.3 \times 10^{-3}$$

$$D(^{137}\text{Cs}) = 0.33 \times \frac{1 \times 10^{-3}}{(0.3)^2} = 3.7 \times 10^{-3}$$

$$\therefore D_C = 1.5 \times 10^{-2} + 6.3 \times 10^{-3} + 3.7 \times 10^{-3}$$

$$= 2.5 \times 10^{-2} \text{ (mR/hr)}$$

② 土壌のRI濃度測定

2)と同様にして(1)式を用いて線量率を計算すると次のようになる。

$$D(^{60}\text{Co}) = 1.32 \times \frac{10 \times 10^{-3}}{(0.3)^2} = 1.5 \times 10^{-1} \text{ (mR/hr)}$$

$$D(^{85}\text{Sr}) = 0.57 \times \frac{10 \times 10^{-3}}{(0.3)^2} = 6.3 \times 10^{-2}$$

$$D(^{137}\text{Cs}) = 0.33 \times \frac{10 \times 10^{-3}}{(0.3)^2} = 3.7 \times 10^{-2}$$

$$\therefore D_C = 1.5 \times 10^{-1} + 6.3 \times 10^{-2} + 3.7 \times 10^{-2}$$

$$= 2.5 \times 10^{-1} \text{ (mR/hr)}$$

5) 使用機器の除染

2)と同様にして(1)式を用いて線量率を計算すると次のようになる。

$$D(^{60}\text{Co}) = 1.32 \times \frac{2.5}{(0.5)^2} = 1.3 \times 10 \text{ (mR/hr)}$$

$$D(^{85}\text{Sr}) = 0.57 \times \frac{5}{(0.5)^2} = 1.1 \times 10$$

$$D(^{137}\text{Cs}) = 0.33 \times \frac{5}{(0.5)^2} = 6.6$$

$$\therefore D_D = 1.3 \times 10 + 1.1 \times 10 + 6.6 = 3.1 \times 10 \text{ (mR/hr)}$$

6) 汚染土壌の処理

2)と同様にして(1)式を用いて線量率を計算すると次のようになる。

$$D(^{60}\text{Co}) = 1.32 \times \frac{2.5}{(1)^2} = 3.3 \text{ (mR/hr)}$$

$$D(^{85}\text{Sr}) = 0.57 \times \frac{5}{(1)^2} = 2.9$$

$$D(^{137}\text{Cs}) = 0.33 \times \frac{5}{(1)^2} = 1.7$$

$$\therefore D_E = 3.3 + 2.9 + 1.7 = 7.9 \text{ (mR/hr)}$$

7) 廃棄物容器の処理

6) の場合と同じで, $D_F = 7.9 \text{ mR/hr}$ となる。

(3) 作業者の外部被曝線量

通気層移動試験

(単位 mrem)

作業内容及び作業地点		週線量*	3ヶ月線量
A	RI の調製	3.7×10^{-2}	4.8×10^{-1}
B ₁	混合 RI 水溶液の流下	1.1	1.4×10
C	流出液中及び土壌中の RI 濃度測定	1.4×10^{-1}	1.8
D ₁	使用機器の除染	9.2	1.2×10^2
E	汚染土壌の処理	2.5	3.2×10
F	廃棄物容器の移動	1.2	1.6×10
計		1.4×10	1.8×10^2

* 週線量は3ヶ月線量より単純に換算したものである。

帯水層移動試験

(単位 mrem)

作業内容及び作業地点		週線量*	3ヶ月線量
A	RI の調製	9.2×10^{-3}	1.2×10^{-1}
B ₂	混合 RI 水溶液の流下	2.6×10^{-1}	3.4
C	流出液中及び土壌中の RI 濃度測定	3.5×10^{-2}	4.6×10^{-1}
D ₂	使用機器の除染	2.4	3.1×10
E	汚染土壌の処理	6.1×10^{-1}	7.9
F	廃棄物容器の移動	3.1×10^{-1}	4.0
計		3.6	4.7×10

* 週線量は3ヶ月線量より単純に換算したものである。

B. β 核種

^3H および ^{90}Sr はそれぞれ1日最大5 mCi および2.5 mCi 使用する。しかし, ^3H および ^{90}Sr

はβ核種であり、しかもこれらのβ核種の使用量は極めて微量であるので、作業者が受ける被曝線量はγ核種に比べて無視できるほどである。

C. n 核種

(1) 被曝評価の前提条件

1) 被曝が予想される作業内容

① ²⁵²Cf 線源の装填

RI 貯蔵室内の RI 貯蔵庫から ²⁵²Cf 線源を収めた鉛容器を取り出し、それをウェザールームまで移動する。ついでトングを用いて鉛容器から線源 2 個を順次取り出し、照射器の一部であるコリメータの線源収納箇所素早く収める。ひきつづき、²⁵²Cf 線源を収めたコリメータを通気層水流速測定装置の照射器に取り付ける。照射器の概要を図 15 に示す。

② 水流速の測定

遠隔操作により線源昇降機を駆動させて、照射器を通気層用装置の通気層カラムの所定の位置にセットし、水流速の測定を行う。

③ ²⁵²Cf 線源の貯蔵

測定終了後、照射器よりコリメータを取り外し、さらにトングを用いて ²⁵²Cf 線源をコリメータから取り出し、鉛容器に収める。つづいて、線源を収めた鉛容器を RI 貯蔵庫に収納貯蔵する。

2) 作業条件

① 作業時間、位置 (図 25, 27 参照) 及び遮蔽

作業内容及び作業地点		3ヶ月当りの 作業時間 (4回/3ヶ月)	年間作業 回 数	線源からの 距 離	遮 蔽	図 番
G	²⁵² Cf 線源の装填	30min×4回	} 16回以下	50cm	—	図 25
H ₂	水流速の測定 (ウェザールーム内の実作 業時間)	60min×4回		1cm	鉛4cm パラフィン 20cm	図 27
G	²⁵² Cf 線源の貯蔵	30min×4回		50cm	—	図 25

3) 計算条件

- ① ²⁵²Cf 線源の装填時および貯蔵時の被曝は線源を鉛容器から取り出し、コリメータに収める時だけに受けるものとする。
- ② ²⁵²Cf 線源 1 個に含まれる放射エネルギーは、536 μCi であり水流速測定においては、それを 2 個使用する。
- ③ 使用する線源は寸法が小さい (7.8 mm φ × 10 mm H) のので点線源とみなせる。
- ④ 被曝線量の計算は ²⁵²Cf 線源 1 個について行う。

(2) 評価地点の放射線レベル

1) 線量率の計算式

① 遮蔽体がない場合

^{252}Cf 線源による線量率は、距離による減少のみを考慮に入れて次式で求められる。⁽⁷⁾

$$D = 1.31 \times 10^{-1} \times \frac{1}{4 \pi r^2} \times 2.4 \times 10^{12} \times G \text{ (mrem/hr)} \quad (2)$$

ここで

r : 線源からの距離 (cm)

G : ^{252}Cf 線源の量 (g)

② 遮蔽体がある場合

^{252}Cf 線源による線量率は、遮蔽体による減衰を考慮に入れて次式で表わされる。

$$D_a = D_{fn} + D_{in} + D_{pr} + D_{cr} \quad (3)$$

ここで

D_{fn} : 速中性子による線量率

D_{in} : 熱中性子による線量率

D_{pr} : 一次ガンマ線による線量率

D_{cr} : 捕獲ガンマ線による線量率

さらに D_{fn} , D_{in} , D_{pr} および D_{cr} は、それぞれ次式で求められる。⁽⁷⁾

$$D_{fn} = D_{fT} \times \frac{1}{4 \pi r^2} \times 2.4 \times 10^{12} \times G \quad \text{(mrem/hr)} \quad (4)$$

$$D_{in} = D_{iT} \times \frac{1}{4 \pi r^2} \times 2.4 \times 10^{12} \times G \quad \text{(mrem/hr)} \quad (5)$$

$$D_{pr} = D_{pT} \times \frac{1}{4 \pi r^2} \times 2.4 \times 10^{12} \times G \times F \quad \text{(mrem/hr)} \quad (6)$$

$$D_{cr} = D_{cT} \times \frac{1}{4 \pi r^2} \times 2.4 \times 10^{12} \times G \quad \text{(mrem/hr)} \quad (7)$$

ここで

D_{fT} : 線源から r cm 離れた点における速中性子によるパラフィン中の全線量率
 $4 \pi r^2 D(r) [(\text{mrem} \cdot \text{hr}^{-1} / \text{n} \cdot \text{sec}^{-1}) \text{cm}^2]$

D_{iT} : 線源から r cm 離れた点における熱中性子によるパラフィン中の全線量率
 $4 \pi r^2 D(r) [(\text{mrem} \cdot \text{hr}^{-1} / \text{n} \cdot \text{sec}^{-1}) \text{cm}^2]$

D_{pT} : 線源から r cm 離れた点における一次ガンマ線によるパラフィン中の全線量率
 $4 \pi r^2 D(r) [(\text{mrem} \cdot \text{hr}^{-1} / \text{n} \cdot \text{sec}^{-1}) \text{cm}^2]$

D_{cT} : 線源から r cm 離れた点における捕獲ガンマ線によるパラフィン中の全線量率
 $4 \pi r^2 D(r) [(\text{mrem} \cdot \text{hr}^{-1} / \text{n} \cdot \text{sec}^{-1}) \text{cm}^2]$

F : 厚さ t cm の鉛による減衰

2) ^{252}Cf 線源の装填

^{252}Cf 線源の装填時に作業者が受ける被曝は、主として鉛容器から線源を取り出す作業の

時である。したがって、そのときの線量率は(2)式を用いて計算すると次のようになる。

$$D_G = 1.31 \times 10^{-1} \times \frac{1}{4 \pi (50)^2} \times 2.4 \times 10^{12} \times 1 \times 10^{-6}$$

$$= 10 \text{ (mrem/hr)}$$

3) 水流速の測定

まず照射器表面 H₁ における線量率は, (4), (5), (6)および(7)式を用いて計算すると次のようになる。

$$D_{fn} = 2.5 \times 10^{-3} \times \frac{1}{4 \pi (25)^2} \times 2.4 \times 10^{12} \times 1 \times 10^{-6}$$

$$= 7.6 \times 10^{-1} \text{ (mrem/hr)}$$

$$D_{in} = 3.8 \times 10^{-4} \times \frac{1}{4 \pi (25)^2} \times 2.4 \times 10^{12} \times 1 \times 10^{-6}$$

$$= 1.2 \times 10^{-1}$$

$$D_{pr} = 4.5 \times 10^{-3} \times \frac{1}{4 \pi (25)^2} \times 2.4 \times 10^{12} \times 1 \times 10^{-6} \times 7.2 \times 10^{-2}$$

$$= 9.9 \times 10^{-2}$$

$$D_{cr} = 2.7 \times 10^{-3} \times \frac{1}{4 \pi (25)^2} \times 2.4 \times 10^{12} \times 1 \times 10^{-6}$$

$$= 8.3 \times 10^{-1}$$

$$\therefore D_{H_1} = 7.6 \times 10^{-1} + 1.2 \times 10^{-1} + 9.9 \times 10^{-2} + 8.3 \times 10^{-1}$$

$$= 1.8 \text{ (mrem/hr)}$$

つぎに、作業者は照射器表面 H₁ から 75 cm 離れた点 H₂ で作業するので、作業点における線量率は、距離による減少率を考慮に入れると次のようになる。

$$\therefore D_{H_2} = 1.8 \times \left(\frac{25}{25+75} \right)^2 = 1.1 \times 10^{-1} \text{ (mrem/hr)}$$

4) ²⁵²Cf 線源の貯蔵

2) の場合と同じで D_G = 10 (mrem/hr) となる。

(3) 作業者の外部被曝線量

(単位 mrem)

作業内容及び作業地点		週線量 *	3ヶ月線量
G	²⁵² Cf 線源の装填	3.1	4.0 × 10
H ₂	水流速の測定	6.8 × 10 ⁻²	8.8 × 10 ⁻¹
G	²⁵² Cf 線源の貯蔵	3.1	4.0 × 10
計		6.3	8.1 × 10

* 週線量は3ヶ月線量より単純に換算したものである。

D. 外部被曝線量のまとめ

作業員1人が全試験（通気層移動試験および帯水層移動試験）に従事すると仮定したときの総被曝線量を試験別にまとめると次のとおりである。

外部被曝線量

(単位 mrem)

	週線量 *	3ヶ月線量
通気層移動試験		
r核種によるもの	1.4×10	1.8×10^2
n核種によるもの	6.3	8.1×10
帯水層移動試験		
r核種によるもの	3.6	4.7×10
n核種によるもの	—	—
合計	2.4×10	3.1×10^2

* 週線量は3ヶ月線量より単純に換算したものである。

なお、上記の通気層および帯水層の移動試験における年間総被曝線量は作業員1人あたり約1 remとなるが、実際には1人の作業員が、被曝に係る通気層および帯水層の移動試験時の全作業に従事することなく、複数の作業員が分担して従事するので総被曝線量より少くなる。

5.1.2 作業室内のRI濃度

本試験において非密封状態で取り扱う放射性核種は、 β およびr核種であるので、それらの核種について以下各作業室内のRI濃度を評価する。

(1) RI濃度評価の前提条件

1) 作業内容

① RIの調製

5.1.1と同じ。フード内で行う。

② 流出液の採取

試験中、地中シミュレーション装置の流出機構部から流出するRI水溶液を、オートサンプラーによりサンプリングする作業について評価する。

③ 土壌の採取

試験終了後、通気層カラムあるいは帯水層槽内の土壌を土壌サンプリング器を用いてサンプリングする作業について評価する。

④ 汚染土壌の処理

試験済みの汚染土壌を廃棄物処理室の廃棄物処理装置に移動し、それらの土壌を廃棄物容器に充填する作業について評価する。

2) 作業条件

作業内容	通気層移動試験		帯水層移動試験	
	3ヶ月当りの 作業時間 (4回/3ヶ月)	年間作業回数	3ヶ月当りの 作業時間 (1回/3ヶ月)	年間作業回数
RIの調製	60min×4回	} 16回以下	60min×1回	} 4回以下
流出液の採取	100min×4回		100min×1回	
土壌の採取	100min×4回		100min×1回	
汚染土壌の処理	60min×4回		60min×1回	

3) 計算条件

① RIの調製等において取り扱うRI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 とする。

② 流出液から採取した試料に含まれるRIの量は、 ^3H 0.1 μCi , ^{90}Sr 1 μCi , ^{60}Co 1 μCi , ^{85}Sr 1 μCi および ^{137}Cs 1 μCi とする。

(根拠)

$$^3\text{H} \quad 10^{-2} \mu\text{Ci}/\text{ml} \times 1 \text{ ml}/\text{g} \times 10 \text{ g} = 0.1 \mu\text{Ci}$$

(RI濃度) (分配係数) (採取土壌量)

それ以外の核種 $10^{-3} \mu\text{Ci}/\text{ml} \times 1 \text{ l} = 1 \mu\text{Ci}$

③ 土壌から採取した試料に含まれるRIの量は、 ^3H 0.1 μCi , ^{90}Sr 10 μCi , ^{60}Co 10 μCi , ^{85}Sr 10 μCi および ^{137}Cs 10 μCi とする。

(根拠)

$$^3\text{H} \quad 10^{-2} \mu\text{Ci}/\text{ml} \times 1 \text{ ml}/\text{g} \times 10 \text{ g} = 0.1 \mu\text{Ci}$$

(RI濃度) (分配係数) (採取土壌量)

それ以外の核種 $10^{-3} \mu\text{Ci}/\text{ml} \times 10^3 \text{ ml}/\text{g} \times 10 \text{ g} = 10 \mu\text{Ci}$

* 各核種の分配係数は最大値を使用した。

④ 汚染土壌の処理

②および③の場合に取り扱うRI量はほとんど微量であるので、汚染土壌に含まれるRIの量は、①のRI調製の場合と同じである。

⑤ 不揮発性物質による空気汚染濃度は、RI使用量の $\frac{1}{100}$ ⁽⁸⁾ が床面を汚染すると仮定する。

⑥ 揮発性物質による空気汚染濃度は、RI使用量の 1×10^{-5} ⁽⁹⁾ が空气中へ移行すると仮定する。

⑦ 不揮発性物質の空气中への移行率(再浮遊係数)は、 $2 \times 10^{-8} \text{ cm}^{-1}$ ⁽⁸⁾ とする。

⑧ RIの調製作業における被曝評価に関与する空間、すなわちRIフードの容積は $2 \times 10^6 \text{ cm}^3$ およびRI調製室の容積は $5.8 \times 10^7 \text{ cm}^3$ である。また、RIフードの汚染面積は 1.4

$\times 10^4 \text{ cm}^2$ とする。

- ⑨ 流出液の採取作業における被曝評価に関与する空間、すなわちオートサンプラーの容積は $1 \times 10^6 \text{ cm}^3$ およびウェザールーム帯水層室の容積は $2.2 \times 10^8 \text{ cm}^3$ である。また、オートサンプラーの汚染面積は $1 \times 10^4 \text{ cm}^2$ とする。
- ⑩ 土壌の採取作業における被曝評価に関与する空間、すなわちウェザールーム帯水層室の容積は $2.2 \times 10^8 \text{ cm}^3$ である。また、共通架台上の汚染面積は $1 \times 10^4 \text{ cm}^2$ とする。
- ⑪ 汚染土壌の処理作業における被曝評価に関与する空間、すなわち廃棄物処理室の容積は $2 \times 10^8 \text{ cm}^3$ である。また、廃棄物処理装置上の汚染面積は $4 \times 10^4 \text{ cm}^2$ とする。
- ⑫ 換気は考えに入れない。
- ⑬ 被曝線量の計算は帯水層移動試験の場合について行う。なお、通気層移動試験についてはウェザールーム通気層室の容積 $3.1 \times 10^8 \text{ cm}^3$ を考慮して計算する。
- (2) 評価地点の空気汚染濃度

1) 空気汚染濃度の計算式

① 不揮発性物質の場合

$$C = \frac{R \cdot P}{S} \cdot I_1 \cdot V_G \cdot \frac{1}{V_R} \quad (8)$$

② 揮発性物質の場合

$$C = \frac{R \cdot I_2}{V_R} \quad (9)$$

ここで

C : 発生する空気汚染濃度 ($\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$)

R : RI 使用量 (μCi)

P : 汚染量と使用量の比

S : 汚染面積 (cm^2)

I_1 : 不揮発性物質の空気中への移行率 (再浮遊係数) (cm^{-1})

I_2 : 揮発性物質の空気中への移行率

V_G : 汚染空気の体積 (cm^3)

V_R : 作業室の容積 (cm^3)

2) RI の調製

作業者が呼吸する空気中の放射能濃度は次のようになる。

$$C(^3\text{H}) = \frac{5 \times 10^3 \times 10^{-5}}{5.8 \times 10^7} = 8.6 \times 10^{-10} \text{ } (\mu\text{Ci}/\text{cm}^3)$$

$$C(^{90}\text{Sr}) = C(^{60}\text{Co}) = \frac{2.5 \times 10^3 \times 10^{-2}}{1.4 \times 10^4} \times 2 \times 10^{-8}$$

$$\times 2 \times 10^6 \times \frac{1}{5.8 \times 10^7} = 1.2 \times 10^{-12}$$

$$C(^{85}\text{Sr}) = C(^{137}\text{Cs}) = \frac{5 \times 10^3 \times 10^{-2}}{1.4 \times 10^4} \times 2 \times 10^{-8}$$

$$\times 2 \times 10^6 \times \frac{1}{5.8 \times 10^7} = 2.5 \times 10^{-12}$$

3) 流出液の採取

2)と同様にして

$$C(^3\text{H}) = \frac{0.1 \times 10^{-5}}{2.2 \times 10^8} = 4.5 \times 10^{-15} \text{ } (\mu\text{Ci}/\text{cm}^3)$$

$$\begin{aligned} C(^{90}\text{Sr}) &= C(^{60}\text{Co}) = C(^{85}\text{Sr}) = C(^{137}\text{Cs}) \\ &= \frac{1 \times 10^{-2}}{1 \times 10^4} \times 2 \times 10^{-8} \times 1 \times 10^6 \times \frac{1}{2.2 \times 10^8} \\ &= 9.1 \times 10^{-17} \end{aligned}$$

4) 土壌の採取

2)と同様にして

$$C(^3\text{H}) = \frac{0.1 \times 10^{-5}}{2.2 \times 10^8} = 4.5 \times 10^{-15} \text{ } (\mu\text{Ci}/\text{cm}^3)$$

$$\begin{aligned} C(^{90}\text{Sr}) &= C(^{60}\text{Co}) = C(^{85}\text{Sr}) = C(^{137}\text{Cs}) \\ &= \frac{10 \times 10^{-2}}{1 \times 10^4} \times 2 \times 10^{-8} = 2.0 \times 10^{-13} \end{aligned}$$

5) 汚染土壌の処理

2)と同様にして

$$C(^3\text{H}) = \frac{5 \times 10^3 \times 10^{-5}}{2 \times 10^8} = 2.5 \times 10^{-10} \text{ } (\mu\text{Ci}/\text{cm}^3)$$

$$\begin{aligned} C(^{90}\text{Sr}) &= C(^{60}\text{Co}) = \frac{2.5 \times 10^3 \times 10^{-2}}{4 \times 10^4} \times 2 \times 10^{-8} \\ &= 1.3 \times 10^{-11} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C(^{85}\text{Sr}) &= C(^{137}\text{Cs}) = \frac{5 \times 10^3 \times 10^{-2}}{4 \times 10^4} \times 2 \times 10^{-8} \\ &= 2.5 \times 10^{-11} \end{aligned}$$

(3) 作業室内のRI濃度

1) RIの調製

(単位 $\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$)

群	核種	R I 濃度	許容濃度 25(MPC) _a	比率
1	⁹⁰ Sr	1.2×10^{-12}	1×10^{-9}	1.2×10^{-3}
2	⁶⁰ Co	1.2×10^{-12}	7.5×10^{-9}	1.6×10^{-4}
2	⁸⁵ Sr	2.5×10^{-12}	1×10^{-7}	2.5×10^{-5}
2	¹³⁷ Cs	2.5×10^{-12}	1.3×10^{-6}	1.9×10^{-4}
4	³ H	8.6×10^{-10}	5×10^{-6}	1.7×10^{-4}

計 1.7×10^{-3}

2) 流出液の採取

(単位 $\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$)

群	核種	R I 濃度	許容濃度 25(MPC) _a	比率
1	^{90}Sr	9.1×10^{-17}	1×10^{-9}	9.1×10^{-8}
2	^{60}Co	9.1×10^{-17}	7.5×10^{-9}	1.2×10^{-8}
2	^{85}Sr	9.1×10^{-17}	1×10^{-7}	9.1×10^{-10}
2	^{137}Cs	9.1×10^{-17}	1.3×10^{-8}	7.0×10^{-9}
4	^3H	4.5×10^{-15}	5×10^{-6}	9.0×10^{-10}

計 1.1×10^{-7}

3) 土壌の採取

(単位 $\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$)

群	核種	R I 濃度	許容濃度 25(MPC) _a	比率
1	^{90}Sr	2.0×10^{-13}	1×10^{-9}	2.0×10^{-4}
2	^{60}Co	2.0×10^{-13}	7.5×10^{-9}	2.7×10^{-5}
2	^{85}Sr	2.0×10^{-13}	1×10^{-7}	2.0×10^{-6}
2	^{137}Cs	2.0×10^{-13}	1.3×10^{-8}	1.5×10^{-5}
4	^3H	4.5×10^{-15}	5×10^{-6}	9.0×10^{-10}

計 2.4×10^{-4}

4) 汚染土壌の処理

(単位 $\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$)

群	核種	R I 濃度	許容濃度 25(MPC) _a	比率
1	^{90}Sr	1.3×10^{-11}	1×10^{-9}	1.3×10^{-2}
2	^{60}Co	1.3×10^{-11}	7.5×10^{-9}	1.7×10^{-3}
2	^{85}Sr	2.5×10^{-11}	1×10^{-7}	2.5×10^{-4}
2	^{137}Cs	2.5×10^{-11}	1.3×10^{-8}	1.9×10^{-3}
4	^3H	2.5×10^{-10}	5×10^{-6}	5.0×10^{-5}

計 1.7×10^{-2}

以上の結果から作業種別の各作業室内のRI濃度は、告示第6条に定められた空气中許容濃度を下回っている。

5.1.3 作業者が常時立入る区域および管理区域の境界の放射線レベル

作業者が常時立入る区域および管理区域の境界における被曝線量の評価を行うために、評価地点としては図27に示すウェザールーム周辺のI₁～I₉点を選びそれぞれの地点の線量率を推定する。なお、計算条件は前述の5.1.1の外部被曝線量と同様とする。

各地点における放射線レベルをまとめて以下の表に示す。

ウェザールーム周辺

(単位 mR/hr)

地 点	線 量 率	地 点	線 量 率
I ₁	6.8×10^{-1}	I ₆	5.2×10^{-2}
I ₂	1.4×10^{-1}	I ₇	5.3×10^{-2}
I ₃	4.5×10^{-1}	I ₈	7.1×10^{-3}
I ₄	6.4×10^{-1}	I ₉	1.5×10^{-2}
I ₅	1.6		

以上の結果から作業者が常時立入る区域および管理区域の境界の各地点において一週48時間を考慮すると、告示第5条および第4条に定められた許容線量(100 mrem/週および30 mrem/週)を下回っている。

5.1.4 排気口における排気中のRI濃度

本施設から大気中に放出される放射性核種は、 β および γ 核種であり、その主たる発生源は核種地中移動試験中(ウェザールーム内での作業)の排気であるので、その場合のみについて排気口における排気中のRI濃度を算出する。

(1) 前提条件

- ① ^3H 5 mCi, ^{90}Sr 2.5 mCi, ^{60}Co 2.5 mCi, ^{85}Sr 5 mCi および ^{137}Cs 5 mCi を同時に使用する。
- ② 不揮発性物質による空気汚染濃度は、RI使用量の $\frac{1}{100}$ が床面を汚染すると仮定し、空气中への移行率(再浮遊係数)は、 $2 \times 10^{-8} \text{ cm}^{-1}$ とする。
- ③ 揮発性物質による空気汚染濃度は、RI使用量の 1×10^{-5} が空气中へ移行すると仮定する。
- ④ 汚染面積は $1 \times 10^4 \text{ cm}^2$ とする。
- ⑤ ウェザールームの排出空気量率は $1.8 \times 10^9 \text{ cm}^3/\text{hr}$ とする。
- ⑥ 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0.99とする。
- ⑦ 排気口における排出空気量率は $2.0 \times 10^{10} \text{ cm}^3/\text{hr}$ (設計値は $2.0 \times 10^{10} \text{ cm}^3/\text{hr}$ 以上)とする。
- ⑧ 排風機の運転時間は1日平均8時間とする。

(2) 計算式

排気口における排気中のRI濃度は、次の計算式により求められる。

$$C = Q \times (1 - \eta) \times \frac{1}{V_s} \times \frac{1}{T_s} \quad (10)$$

ここで

C : 排気中のRI濃度 ($\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$)

η : 排気系フィルター捕集効率

V_S : 施設の排出空気量率 (cm^3/hr)

T_S : 施設排風機の運転時間 (hr)

Q : 排気中に移行するRI量 (μCi)

なお、排気中に移行するRI量Qは次の計算式により得られる。

① 不揮発性物質の場合

$$Q = \frac{R \cdot P}{S} \cdot I_1 \cdot V_W \cdot T_W \quad (11)$$

② 揮発性物質の場合

$$Q = R \cdot I_2 \quad (12)$$

ここで

R : RI使用量 (μCi)

P : 汚染量と使用量の比

S : 汚染面積 (cm^2)

I_1 : 不揮発性物質の空気中への移行率 (再浮遊係数) (cm^{-1})

I_2 : 揮発性物質の空気中への移行率

V_W : 作業室の排出空気量率 (cm^3/hr)

T_W : 作業室系排風機の運転時間 (hr)

(3) 排気中のRI濃度

(10)式を用いて排気中のRI濃度を計算すると次のようになる。

$$\begin{aligned} C(^3\text{H}) &= 5 \times 10^3 \times 10^{-5} \times 1 \times \frac{1}{2.0 \times 10^{10}} \times \frac{1}{8} \\ &= 3.1 \times 10^{-13} \text{ } (\mu\text{Ci}/\text{cm}^3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C(^{90}\text{Sr}) &= \frac{2.5 \times 10^3 \times 10^{-2}}{1 \times 10^4} \times 2 \times 10^{-8} \times 1.8 \times 10^9 \times 8 \\ &\quad \times (1 - 0.99) \times \frac{1}{2.0 \times 10^{10}} \times \frac{1}{8} = 4.5 \times 10^{-14} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C(^{60}\text{Co}) &= \frac{2.5 \times 10^3 \times 10^{-2}}{1 \times 10^4} \times 2 \times 10^{-8} \times 1.8 \times 10^9 \times 8 \\ &\quad \times (1 - 0.99) \times \frac{1}{2.0 \times 10^{10}} \times \frac{1}{8} = 4.5 \times 10^{-14} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C(^{85}\text{Sr}) &= \frac{5 \times 10^3 \times 10^{-2}}{1 \times 10^4} \times 2 \times 10^{-8} \times 1.8 \times 10^9 \times 8 \\ &\quad \times (1 - 0.99) \times \frac{1}{2.0 \times 10^{10}} \times \frac{1}{8} = 9.0 \times 10^{-14} \end{aligned}$$

$$C(^{137}\text{Cs}) = \frac{5 \times 10^3 \times 10^{-2}}{1 \times 10^4} \times 2 \times 10^{-8} \times 1.8 \times 10^9 \times 8$$

$$\times (1 - 0.99) \times \frac{1}{2.0 \times 10^{10}} \times \frac{1}{8} = 9.0 \times 10^{-14}$$

以上の結果をまとめると

(単位 $\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$)

群	核種	RI 濃度	許容濃度 $1/10(\text{MPC})_a$	比率
1	^{90}Sr	4.5×10^{-14}	4×10^{-11}	1.1×10^{-3}
2	^{60}Co	4.5×10^{-14}	3×10^{-10}	1.5×10^{-4}
2	^{85}Sr	9.0×10^{-14}	4×10^{-9}	2.3×10^{-5}
2	^{137}Cs	9.0×10^{-14}	5×10^{-10}	1.8×10^{-4}
4	^3H	3.1×10^{-13}	2×10^{-7}	1.6×10^{-6}

計 1.5×10^{-3}

であるので、本排気口における排気中の RI 濃度比の和は告示第 7 条に定められた空气中許容濃度の約 $1/700$ となる。

5.2 貯蔵時の被曝線量

5.2.1 RI 貯蔵庫

(1) 場所

RI 貯蔵室内の RI 貯蔵庫 (図 25 参照)

(2) 貯蔵方法

図 30, 31 に示すように貯蔵する。

(3) 構造

① RI 貯蔵室

建築基準法の設計基準に従い、鉄筋コンクリート無窓密閉構造、かつ出入口は 1 箇所で施錠扉が設置されている。

床 : 鉄筋コンクリート、厚さ 30 cm, エポキシ樹脂ライニング

壁 : 鉄筋コンクリート、厚さ 50 cm

天井 : 鉄筋コンクリート、厚さ 30 cm

窓 : 防火戸、施錠構造

床面積 : 7.2 m^2

② RI 貯蔵庫

耐火構造で施錠できる構造である。

数量 : β, γ 核種用 1 台

n 核種用 1 台

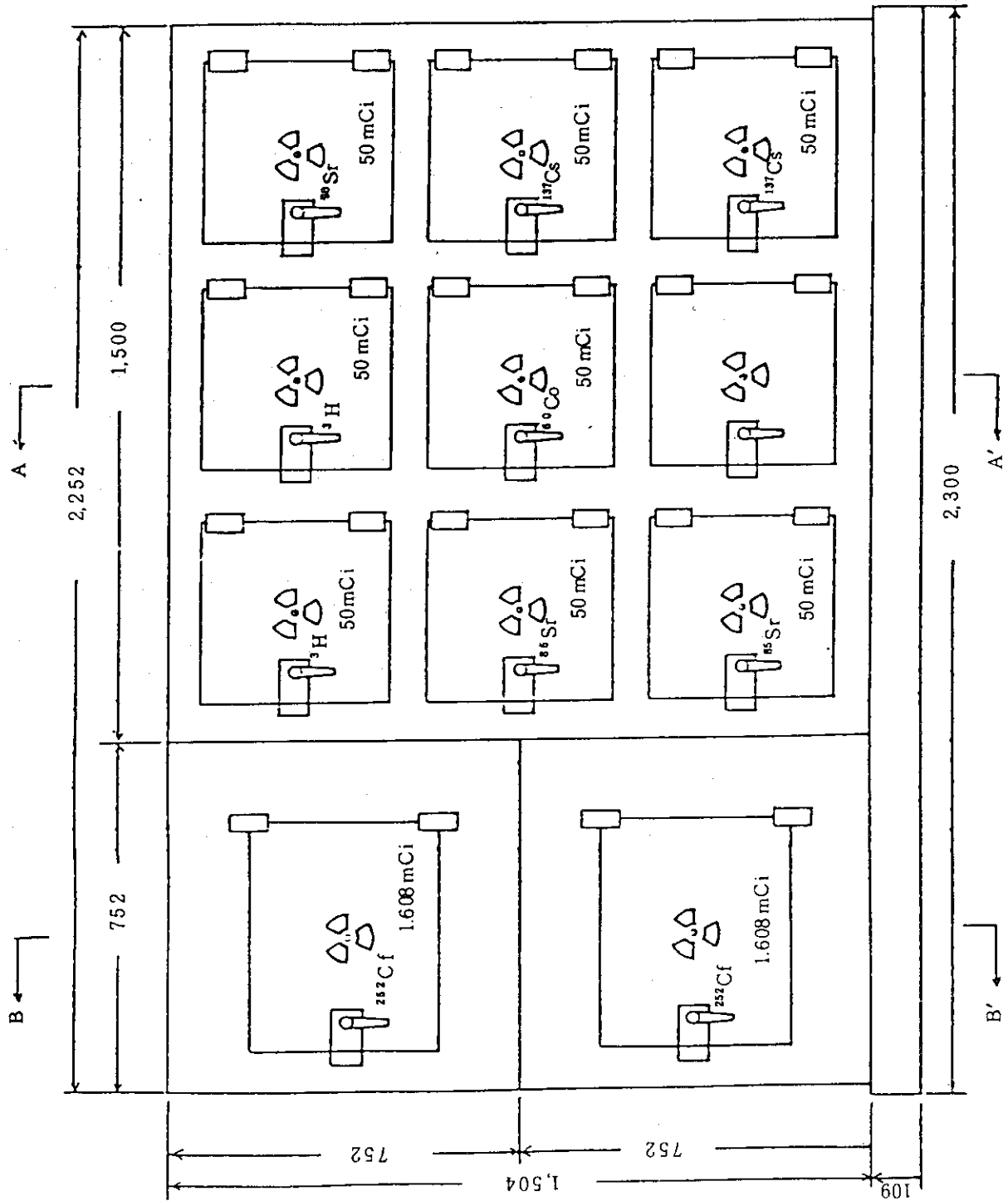
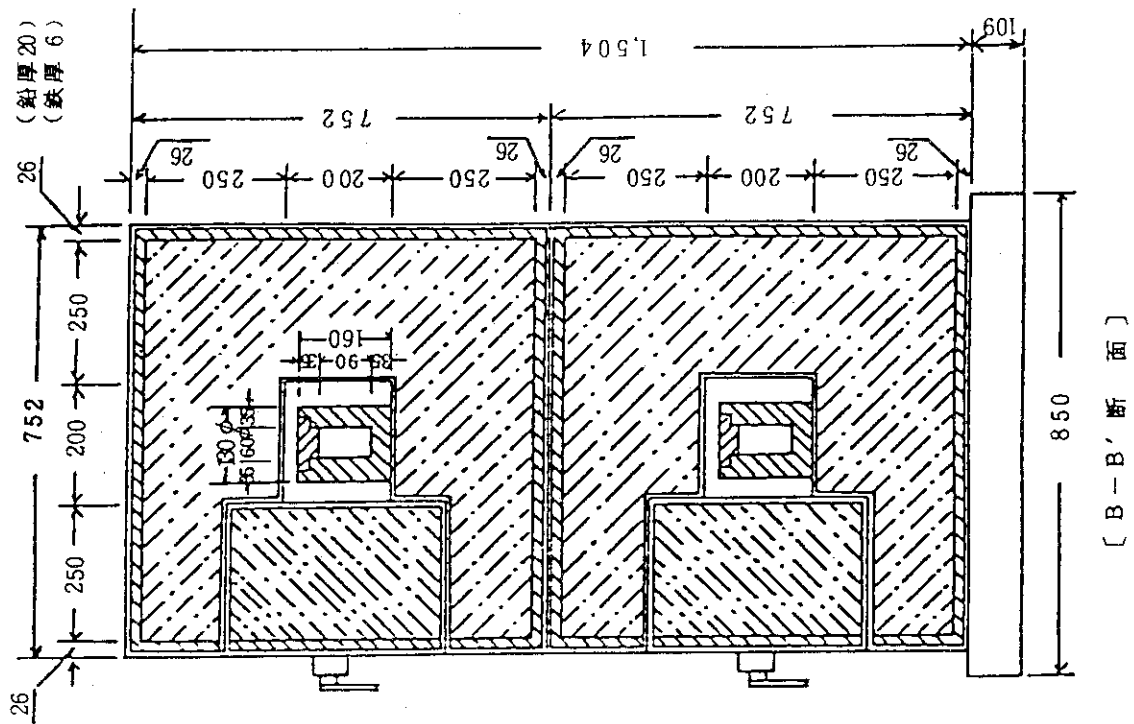
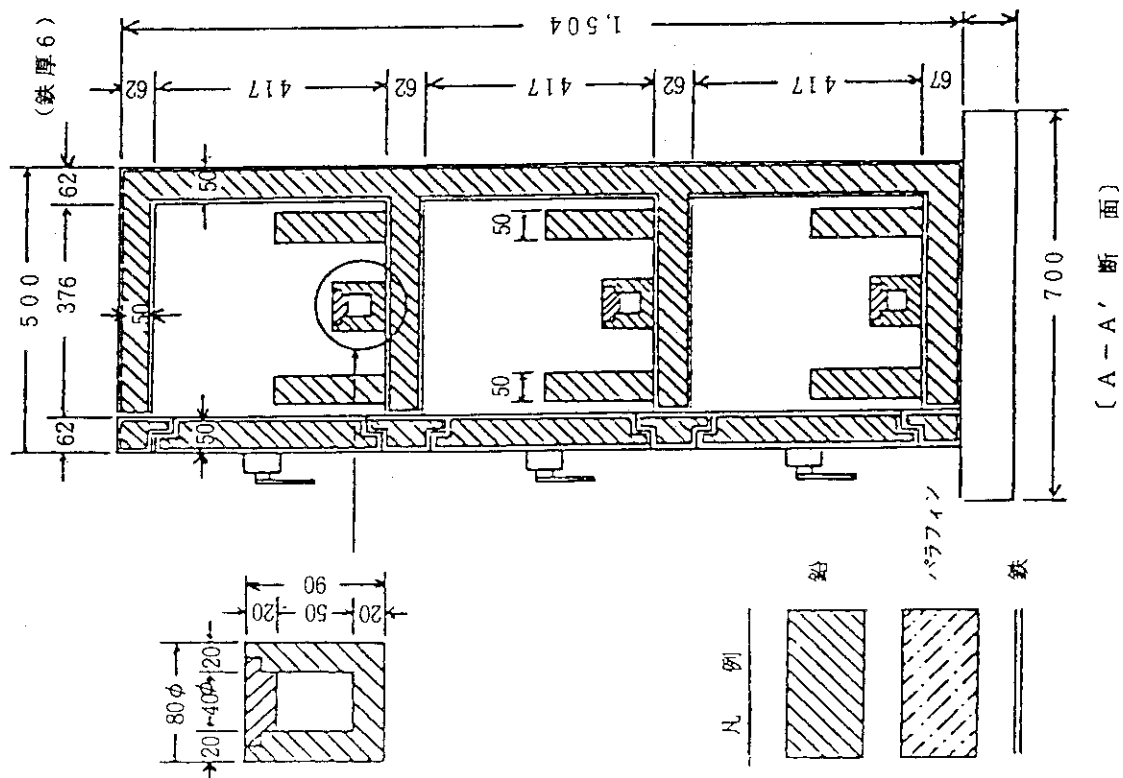


图 30 RI 貯蔵庫正面図



[B - B' 断面]



[A - A' 断面]

図 31 RI 貯蔵庫断面図

- 寸法 : β , γ 核種用 高さ 1,613 × 幅 1,500 × 奥行 500 mm
 n核種用 高さ 1,613 × 幅 752 × 奥行 752 mm
 材質 : β , γ 核種用 鉛厚 50 mm, 鉄厚 6 mm
 n核種用 パラフィン厚 250 mm, 鉛厚 20 mm, 鉄厚 6 mm

(4) 計算条件

- ① 放射線レベルの評価地点としては図 25, 26 に示す $J_1 \sim J_{14}$ を選ぶ。
- ② 各放射性核種の貯蔵時における RI 貯蔵庫内の配置は, 図 30 に示すとおりとする。
- ③ 線源と評価地点との距離が長いので, 線源の形状は点線源と仮定する。
- ④ 各 RI 貯蔵庫に貯蔵する RI 量は, 図 30 に示すとおりとする。
- ⑤ β , γ 核種は厚さ 2 cm の鉛容器に, ^{252}Cf は厚さ 3.5 cm の鉛容器に入れて, それぞれ RI 貯蔵庫に貯蔵する。
- ⑥ β , γ 核種を貯蔵する場合には, 図 31 に示すようにその鉛容器の前後に厚さ 5 cm の鉛ブロックを置く。
- ⑦ β , γ 核種用貯蔵庫は鉄および鉛作りで, 鉛壁の厚さは 5 cm で, ^{252}Cf 用貯蔵庫は鉛, 鉄およびパラフィン作りで, 鉛壁の厚さは 2 cm, パラフィン壁の厚さは 25 cm である。
- ⑧ RI 貯蔵庫は, 普通コンクリートで囲まれ, その壁の厚さは 50 cm, 天井および床の厚さは 30 cm である。
- ⑨ 遮蔽効果は, RI 貯蔵庫の鉛とパラフィンおよびコンクリート遮蔽のみを考慮する。

(5) 作業者が常時立入る区域の放射線レベル

1) $J_1 \sim J_3$ 点 (β , γ 核種用貯蔵庫表面)

(1) 式を用いて線量率を計算すると次のようになる。

$$D(^{60}\text{Co}) = 1.32 \times \frac{50}{(0.25)^2} \times 3.4 \times e^{-0.680 \times 12} = 1.0 \text{ (mR/hr)}$$

$$D(^{85}\text{Sr}) = 0.57 \times \frac{50}{(0.25)^2} \times 3.2 \times e^{-1.693 \times 12} = 2.2 \times 10^{-6}$$

$$D(^{137}\text{Cs}) = 0.33 \times \frac{50}{(0.25)^2} \times 3.3 \times e^{-1.241 \times 12} = 3.0 \times 10^{-4}$$

2) J_4 点 (n核種用貯蔵庫表面)

(4), (5), (6)および(7)式を用いて ^{252}Cf 1.6 mCi からの線量率を計算すると次のようになる。

$$\begin{aligned} D_{fn} &= 6.2 \times 10^{-4} \times \frac{1}{4\pi(35)^2} \times 2.4 \times 10^{12} \times 3 \times 10^{-6} \\ &= 2.9 \times 10^{-1} \text{ (mrem/hr)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{tn} &= 1.0 \times 10^{-4} \times \frac{1}{4\pi(35)^2} \times 2.4 \times 10^{12} \times 3 \times 10^{-6} \\ &= 4.7 \times 10^{-2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{pr} &= 3.0 \times 10^{-3} \times \frac{1}{4\pi(35)^2} \times 2.4 \times 10^{12} \times 3 \times 10^{-6} \times 3.4 \times 10^{-2} \\ &= 4.8 \times 10^{-2} \end{aligned}$$

$$D_{cr} = 1.9 \times 10^{-3} \times \frac{1}{4\pi(35)^2} \times 2.4 \times 10^{12} \times 3 \times 10^{-6}$$

$$= 8.9 \times 10^{-1}$$

$$\therefore D = 2.9 \times 10^{-1} + 4.7 \times 10^{-2} + 4.8 \times 10^{-2} + 8.9 \times 10^{-1} = 1.3 \text{ (mrem/hr)}$$

3) J₅ 点 (β, γ核種用貯蔵庫表面より1cm離れた点)

(1)式を用いて計算すると次のようになる。

$$D(^{60}\text{Co}) = 1.32 \times \frac{50}{(1.25)^2} \times 3.4 \times e^{-0.680 \times 12}$$

$$= 4.1 \times 10^{-2} \text{ (mR/hr)}$$

$$D(^{85}\text{Sr}) = 2 \times 0.27 \times \frac{50}{(1.40)^2} \times 3.2 \times e^{-1.693 \times 12}$$

$$= 6.6 \times 10^{-8}$$

$$D(^{137}\text{Cs}) = 2 \times 0.33 \times \frac{50}{(1.40)^2} \times 3.2 \times e^{-1.241 \times 12}$$

$$= 1.8 \times 10^{-5}$$

$$\therefore D = 4.1 \times 10^{-2} + 6.6 \times 10^{-8} + 1.8 \times 10^{-5}$$

$$= 4.1 \times 10^{-2} \text{ (mR/hr)}$$

4) J₆ 点 (n核種用貯蔵庫より1m離れた点)

(4), (5), (6)および(7)式を用いて算出した貯蔵庫表面 J₁ の線量率に距離による減少率を乗じて求めると次のようになる。

$$D_{fn} = 6.2 \times 10^{-4} \times \frac{1}{4\pi(35)^2} \times 2.4 \times 10^{12} \times 3 \times 10^{-6}$$

$$\times \left(\frac{35}{35+100} \right)^2 = 1.9 \times 10^{-2} \text{ (mrem/hr)}$$

$$D_{tn} = 1.0 \times 10^{-4} \times \frac{1}{4\pi(35)^2} \times 2.4 \times 10^{12} \times 3 \times 10^{-6}$$

$$\times \left(\frac{35}{35+100} \right)^2 = 3.1 \times 10^{-3}$$

$$D_{pr} = 3.0 \times 10^{-3} \times \frac{1}{4\pi(35)^2} \times 2.4 \times 10^{12} \times 3 \times 10^{-6}$$

$$\times \left(\frac{35}{35+100} \right)^2 = 3.2 \times 10^{-3}$$

$$D_{cr} = 1.9 \times 10^{-3} \times \frac{1}{4\pi(35)^2} \times 2.4 \times 10^{12} \times 3 \times 10^{-6}$$

$$\times \left(\frac{35}{35+100} \right)^2 = 6.0 \times 10^{-2}$$

$$\therefore D = \{ 1.9 \times 10^{-2} + 3.1 \times 10^{-3} + 3.2 \times 10^{-3} + 6.0 \times 10^{-2} \} \times 2$$

$$= 1.7 \times 10^{-1} \text{ (mrem/hr)}$$

5) J₇～J₁₁ 点 (作業者が常時立入る区域)

J₁ および J₄ 点の線量率に距離による減少およびコンクリート壁による減衰を考慮して計算すると次のような結果が得られる。

(単位 mR/hr)

地点	線量率
J ₇	0.01 以下
J ₈	"
J ₉	"
J ₁₀	"
J ₁₁	"

したがって、本 RI 貯蔵庫は使用する放射性物質に対してその周辺の放射線レベルを告示第 5 条に定められた許容線量 (100 mrem/週) 以下に抑えているので、十分な貯蔵能力を有している。

(6) 管理区域境界の放射線レベル

管理区域境界における被曝線量の評価を行うために、評価地点として図 25, 26 に示す J₁₂～J₁₄ 点を選びそれぞれの地点の線量率を推定する。なお、計算条件は前述の 5.2.1(4)と同様とする。

各地点における放射線レベルをまとめて以下の表に示す。

(単位 mR/hr)

地点	線量率
J ₁₂	0.01 以下
J ₁₃	"
J ₁₄	"

以上の結果から管理区域境界の各地点において一週 48 時間を考慮すると、告示第 4 条に定められた許容線量 (30 mrem/週) を下回っている。

5.2.2 廃棄物保管庫

(1) 場 所

廃棄物保管室内の廃棄物保管庫 (図 29 参照)

(2) 保管方法

図 29 に示すように保管する。

(3) 構造

建築基準法の設計基準に従い、鉄筋コンクリート無窓密閉構造、かつ出入口は1箇所で施錠扉が設置されている。

- 床 : 鉄筋コンクリート, 厚さ 15 cm, エポキシ樹脂ライニング
- 壁 : 鉄筋コンクリート, 厚さ 50 cm
- 天井 : 鉄筋コンクリート, 厚さ 20 cm
- 窓 : なし
- 扉 : 防火戸, 施錠構造
- 床面積 : 14 m²

(4) 計算条件

- ① 放射線レベルの評価地点としては図 29 に示す K₁ ~ K₄ を選ぶ。
- ② 廃棄物保管容器の保管時における配置は図 29 に示すとおりとし、最大 12 個保管するものとする。
- ③ 線源と評価地点との距離が長いので、線源の形状は点線源と仮定する。
- ④ 廃棄物容器に含まれる各 RI 量は、1 個当たり ⁶⁰Co 1.25 mCi, ⁸⁵Sr 2.5 mCi および ¹³⁷Cs 2.5 mCi とする。
- ⑤ 廃棄物保管庫は普通コンクリートで囲まれ、その壁の厚さは 50 cm である。
- ⑥ 遮蔽効果は、廃棄物保管庫のコンクリートのみを考慮する。

(5) 作業者が常時立入る区域の放射線レベル

1) K₁ 点

(1)式を用いて計算すると次のようになる。

$$D(^{60}\text{Co}) = 1.32 \times \frac{1.25}{(2)^2} \times 9.3 \times e^{-0.133 \times 50} = 5.0 \times 10^{-3} \text{ (mR/hr)}$$

$$D(^{85}\text{Sr}) = 0.57 \times \frac{2.5}{(2)^2} \times 26 \times e^{-0.199 \times 50} = 4.4 \times 10^{-4}$$

$$D(^{137}\text{Cs}) = 0.33 \times \frac{2.5}{(2)^2} \times 20 \times e^{-0.179 \times 50} = 5.4 \times 10^{-4}$$

$$\therefore D = \{ 5.0 \times 10^{-3} + 4.4 \times 10^{-4} + 5.4 \times 10^{-4} \} \times 12 = 7.2 \times 10^{-2} \text{ (mR/hr)}$$

2) K₂ 点

K₂ 地点の線量率を K₁ 点と同様にして計算すると次のような結果が得られる。

(単位 mR/hr)

地 点	線 量 率
K ₂	2.0 × 10 ⁻²

したがって、本廃棄物保管庫は保管廃棄物(12本分)に対してその周辺の放射線レベルを

告示第5条に定められた許容線量（100 mrem/週）以下に抑えているので、十分な遮蔽能力を有している。

(6) 管理区域境界の放射線レベル

管理区域境界における被曝線量の評価を行うために、評価地点として図29に示すK₃、K₄点を選びそれぞれの地点の線量率を推定する。なお、計算条件は前述の5.2.2(4)と同様とする。各地点における放射線レベルをまとめて以下の表に示す。

(単位mR/hr)

地 点	線 量 率
K ₃	7.2×10^{-2}
K ₄	7.2×10^{-2}

以上の結果から管理区域境界の各地点において一週48時間を考慮すると、告示第4条に定められた許容線量（30 mrem/週）を下回っている。

5.2.3 ホット廃液タンク

(1) 場 所

配管ピット（図32, 33参照）

(2) 構 造

数 量 : 1基

容 量 : 1 m³

寸 法 : 縦1,000 × 横1,800 × 高さ920 mm

材 質 : SUS 304, 鉛

(3) 計算条件

- ① 放射線レベルの評価地点としては図32, 33に示すM₁～M₄を選ぶ。
- ② タンク（1 m³）内の廃液は、満水状態であるとする。
- ③ 線源の形状は、廃液に含まれる放射性核種の全量がホット廃液タンクの中心に集まった点線源と仮定する。
- ④ 廃液に含まれる放射性核種の量は、⁶⁰Co 2.5 mCi, ⁸⁵Sr 5 mCi および ¹³⁷Cs 5 mCiとする。
- ⑤ ホット廃液タンクは鉛および鉄作りで、タンク側壁は鉛10 mm, 鉄2 mm, 上蓋は鉛20 mm, 鉄2 mmと等価の厚さである。
- ⑥ 遮蔽効果はホット廃液タンクの鉛および鉄のみを考慮する。

(4) 作業者が常時立入る区域の放射線レベル

1) M₁点（ホット廃液タンク側壁表面）

(1)式を用いて線量率を計算すると次のようになる。

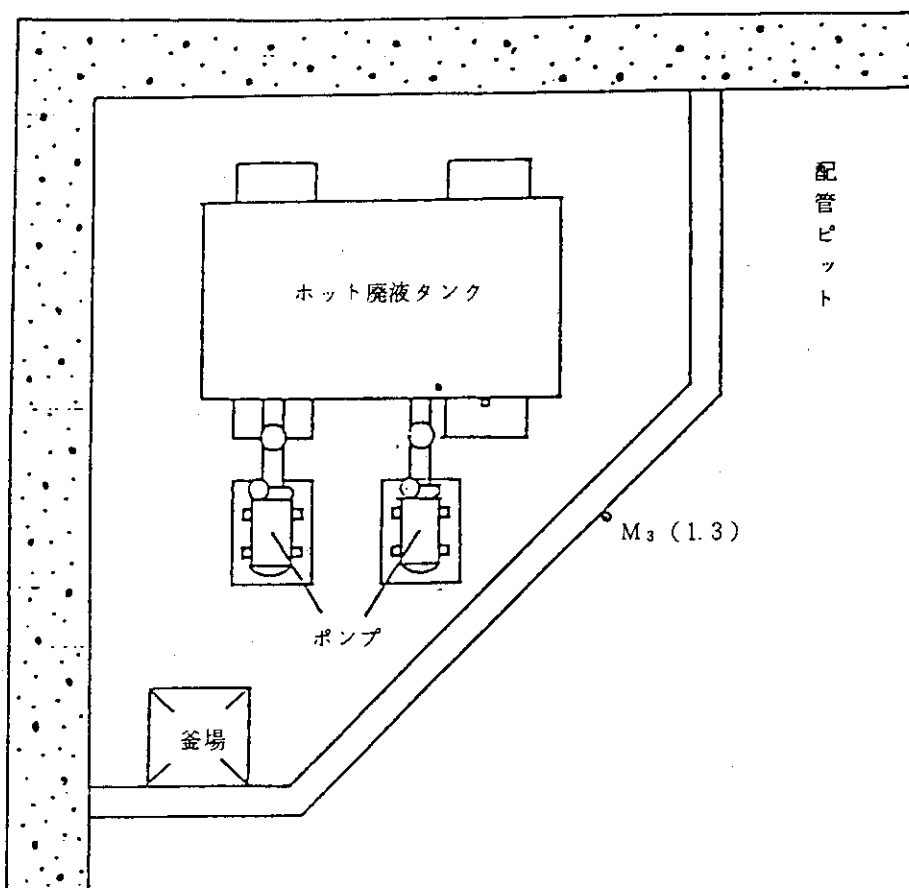


図 32 ホット廃液タンク平面図

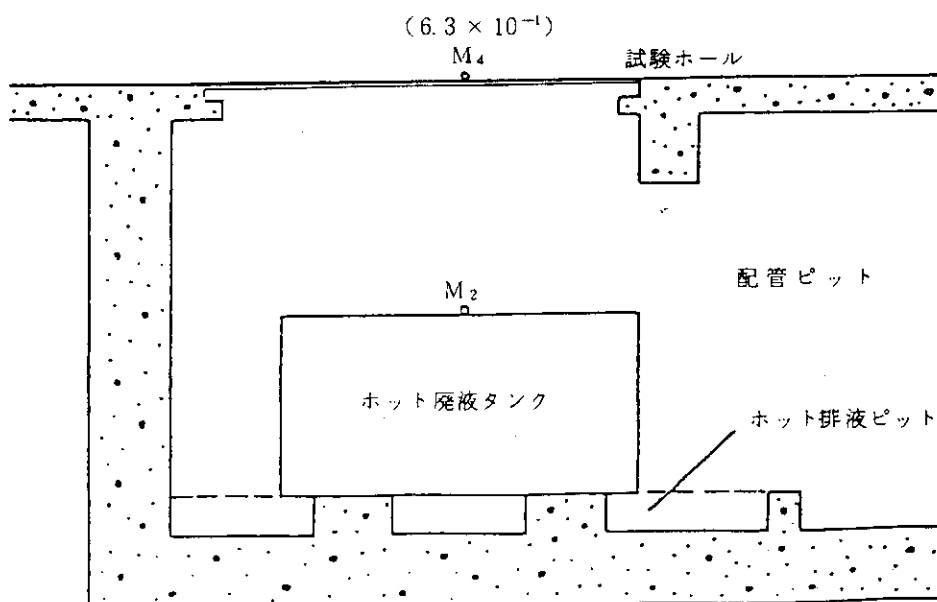


図 33 ホット廃液タンク断面図

$$D(^{60}\text{Co}) = 1.32 \times \frac{2.5}{(0.7)^2} \times 1.3 \times e^{-(0.680 \times 1 + 0.425 \times 0.2)} = 4.1 \text{ (mR/hr)}$$

$$D(^{85}\text{Sr}) = 0.57 \times \frac{5}{(0.7)^2} \times 1.5 \times e^{-(1.693 \times 1 + 0.644 \times 0.2)} = 1.4$$

$$D(^{137}\text{Cs}) = 0.33 \times \frac{5}{(0.7)^2} \times 1.4 \times e^{-(1.241 \times 1 + 0.575 \times 0.2)} = 1.2$$

$$\therefore D_{M_1} = 4.1 + 1.4 + 1.2 = 6.7 \text{ (mR/hr)}$$

2) M_2 点 (ホット廃液タンク上蓋表面)

1)と同様に(1)式を用いて線量率を計算すると次のようになる。

$$D_{M_2} = 6.8 \text{ (mR/hr)}$$

3) $M_3 \sim M_4$ 点 (作業者が常時立入る区域)

それぞれの地点の線量率を M_1 点, M_2 点の線量率に距離による減少を考慮して計算すると次のようになる。

(単位 mR/hr)

地点	線量率
M_3	1.3
M_4	6.3×10^{-1}

したがって、本ホット廃液タンクは満水時においても、その周辺の放射線レベルを告示第5条に定められた許容線量 (100 mrem/週) 以下に抑えているので、十分な遮蔽能力を有している。

5.2.4 D.P. タンク

(1) 場 所

D.P. タンク室 (図 34, 35 参照)

(2) 構 造

① D.P. タンク室

建築基準法の設計基準に従い、耐震クラスBの鉄筋コンクリート耐震構造で、地階ホット機械室の一角にある。

床 : 鉄筋コンクリート, 厚さ 35 cm, エポキシ樹脂ライニング

壁 : 鉄筋コンクリート, 厚さ 25 cm

天井 : 鉄筋コンクリート, 厚さ 15 cm

窓 : なし

扉 : なし

床面積 : 34 m²

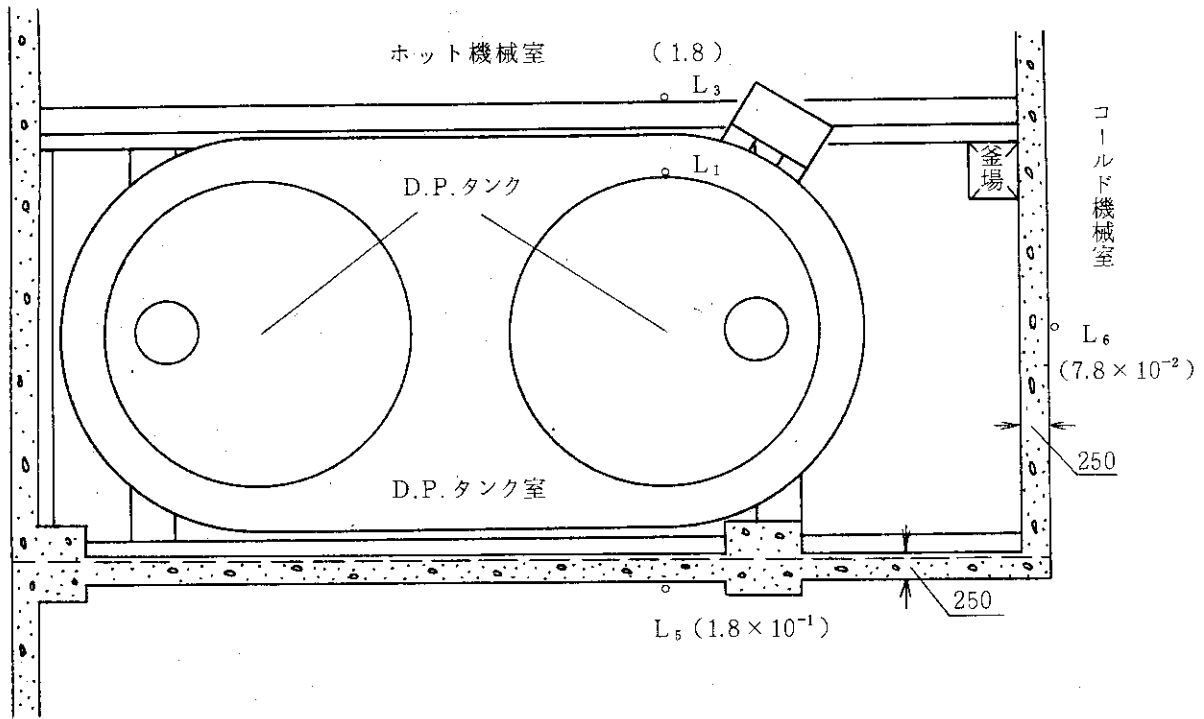


図34 D.P.タンク室平面図

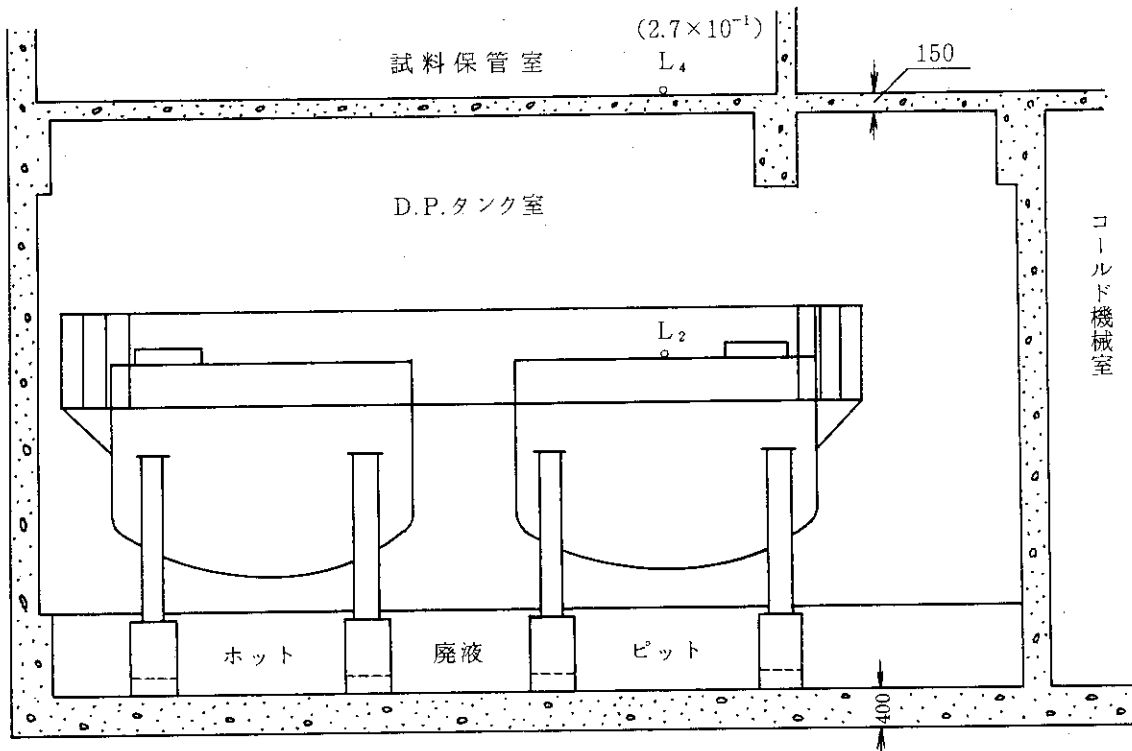


図35 D.P.タンク室断面図

②. D.P. タンク

数量 : 2基 (内1基予備)

容量 : 各8 m³

寸法 : 2.624 mm φ × 1.952 mm H

材質 : SS 41 鋼板

内部ゴムライニング

(3) 計算条件

- ① 放射線レベルの評価地点としては、図 34, 35 に示す L₁ ~ L₆ を選ぶ。
- ② D.P. タンク内の廃液は、1基 (8 m³) が満水状態であるとする。
- ③ 線源の形状は、廃液に含まれる放射性核種の全量が D.P. タンクの中心に集まった点線源と仮定する。
- ④ 廃液に含まれる放射性核種の量は、⁶⁰Co 2.5 mCi, ⁸⁵Sr 5 mCi および ¹³⁷Cs 5 mCi とする。
- ⑤ D.P. タンクは鉄作りで、壁と上蓋の厚さはそれぞれ 9 mm および 6 mm である。
- ⑥ コールド機械室と天井は普通コンクリートで間仕切りされ、それぞれの厚さは 25 cm および 15 cm である。
- ⑦ 遮蔽効果は、D.P. タンクの鉄およびコンクリートのみを考慮する。

(4) 作業者が常時立入る区域の放射線レベル

1) L₁ 点 (D.P. タンク側壁表面)

(1)式を用いて計算すると次のようになる。

$$D(^{60}\text{Co}) = 1.32 \times \frac{2.5}{(1.4)^2} \times 1.625 \times e^{-0.425 \times 0.9} = 1.6 \text{ (mR/hr)}$$

$$D(^{85}\text{Sr}) = 0.57 \times \frac{5}{(1.4)^2} \times 1.628 \times e^{-0.644 \times 0.9} = 1.3$$

$$D(^{137}\text{Cs}) = 0.33 \times \frac{5}{(1.4)^2} \times 1.552 \times e^{-0.575 \times 0.9} = 8.0 \times 10^{-1}$$

$$\therefore D_{L_1} = 1.6 + 1.3 + 8.0 \times 10^{-1} = 3.7 \text{ (mR/hr)}$$

2) L₂ 点 (D.P. タンク上蓋表面)

(1)式を用いて計算すると次のようになる。

$$D_{L_2} = 8.0 \text{ (mR/hr)}$$

3) L₃ ~ L₄ 点

それぞれの地点の線量率を L₃ 点, L₄ 点の線量率に距離による減少およびコンクリートによる減衰を考慮して計算すると次のような結果が得られる。

(単位 mR/hr)

地点	線量率
L ₃	1.8
L ₄	2.7 × 10 ⁻¹

したがって、本D.P.タンクは満水時においても、その周辺の放射線レベルを許容線量（100 mrem/週）以下に抑えているので十分な遮蔽能力を有している。

(5) 管理区域境界の放射線レベル

管理区域境界における被曝線量の評価を行うために、評価地点として図34に示すL₅、L₆点を選びそれぞれの地点の線量率を推定する。なお、計算条件は前述の5.2.4(3)と同様とする。

各地点における放射線レベルをまとめて以下の表に示す。

(単位 mR/hr)

地 点	線 量 率
L ₅	1.8×10^{-1}
L ₆	7.8×10^{-2}

以上の結果から管理区域境界の各地点において一週48時間を考慮すると、告示第5条に定められた許容線量（100 mrem/週）以下に抑えているので、十分な遮蔽能力を有している。

5.3 事業所境界における被曝線量

使用時および貯蔵時における被曝線量の計算ならびに事業所境界近接点までの距離580 mを考慮すると、告示第5条に定められた許容線量10 mrem/週を超えることはない。

6. 安全対策

6.1 地震に対する安全対策

試験装置等は十分な耐震設計を行い、必要に応じて建物と一体となるようにした。なお、各装置等は「原子炉等の耐震設計所内指針（JAERI - memo 6186）」に従って耐震クラスを以下に分類した。

Bクラスとしては、①通気層用装置全体、②帯水層用装置全体、③ウェザールーム空調装置のウェザールーム室本体、④通気層水流速測定装置の照射部、⑤通気層核種移動速度測定装置の γ 線検出部および⑥除染、廃棄物処理装置が属し、Cクラスとしては、その他の一般機器および配管が属する。

6.2 停電に対する安全対策

全ての装置等は停電により停止するが、危険な状態に陥ることはないようにした。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空気の逆流がおこらないようになっている。

6.3 火災に対する安全対策

ウェザールーム空調装置は、ヒーター加熱方式（ヒーター容量：27 kW）により最高25℃に設定し運転している。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（給気ファン、加熱ヒーター等）がOFFになり、さらに防火ダンパーが働くようになっている。

6.4 各種機器等の安全対策

(1) 高圧力による危険

除染装置の水蒸気ラインには安全弁を取り付け、その設定圧力を常用使用圧の106%以下としている。

(2) 高熱等による危険

ウェザールーム空調装置の加熱ヒーターおよび除染装置の加熱器は、電気ヒーターおよび水蒸気により加熱して使用している。これらの高温の部分は、それらの装置等内に内装されているが、温度が70℃以上になると予想される部分は全て火傷防止材を取り付けた。

(3) 感電等電気エネルギーによる危険

地中シミュレーション装置、ウェザールーム空調装置、除染装置等には、漏電等による感電、火災事故防止のため漏電遮断器を設置した。

(4) 回転機械による危険

地中シミュレーション装置のモーターとポンプのカップリング部分、ウェザールーム空調装置の給気ファンのモーターおよび廃棄物処理装置のコンベヤー駆動部等には、安全のため全て保護カバーを取り付け密閉構造にした。

(5) 墜落、転倒、重量物落下等の危険

装置付設の階段等には落下防止のため手摺りを設けた。

土壌の運搬および廃棄物容器等重量物の運搬に際しては、天井クレーンおよび運搬用フォークリフトを用いることにし、クレーンの運転は有資格者が行うようにした。

(6) 装置の故障による危険

装置の故障に伴う人身に対する危険は特に考えられない。

6.5 放射線被曝防止に関する安全対策

6.5.1 作業等者の被曝防止に関するもの

(1) 外部被曝防止のための安全対策

試験には非密封のRI (β および γ 核種)を水溶液として使用するが、その1日最大使用量が各核種とも5 mCi以下である。さらに、地中シミュレーション装置の大部分は、オートサンプラー等を用い、自動化されている。したがって、作業者は試験中、装置に近づくことなく、コントロール室での遠隔操作により装置の運転を行えるようにした。

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 線源からの被曝防止に関しては、非密封のRIに対する安全対策と同様にして行うことにした。また、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、遮蔽体を取り付けて放射線被曝より保護した。

なお、作業者が常時立入る区域については、放射線レベルを2 mR/hr以下に抑えた。

(2) 内部被曝防止のための安全対策

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室本体は、試験ホールより負圧に維持した。

RI水溶液の調製作業は、RIフード内で行い、汚染土壌を廃棄物容器に充填、密封する処理作業は、局所排気装置を設置して行うことにした。それらの囲りの雰囲気気を吸気して排気系へ排気することにより内部被曝を極力防止した。試験時には十分な換気を施すことにした。

6.5.2 公衆の被曝防止に関するもの

放射性物質の放出防止のため以下のような安全対策を行い、公衆への被曝防止に努めた。

- ① ウェザールームからの排気は、各種フィルター（中性能フィルター1段、HEPAフィルター1段）を通して行う。この排気に際し、常時放射能濃度をモニターする。排気口における放射能濃度が、設定レベル以上になると警報するようにする。なお、排気系フィルターの捕

集効率は常時 99%以上に維持する。

- ② 試験で発生する排水は、放射性廃液として全て D. P. タンクに一時貯留する。D. P. タンクに貯留した廃液は、放射線障害予防規定に従って処理する。また、タンクにはオーバーフロー防止のための水位アラームを取り付ける。タンク内の液量が設定レベル以上になると警報するようにする。以上の設計によって放射性廃液の漏水を防止する。

7. 事故解析

7.1 各種事故

(1) 機械または装置の故障による事故

機械の故障による事故としては、クレーンが駆動中に駆動部の故障により急停止した時に、運搬物（通気層カラム等）がクレーンから脱落する場合が考えられるが、駆動中は運搬物を留め金でフックにロックするので事故は考えられない。

また、装置の故障による事故としては、地中シミュレーション装置の流出液ポンプの不良により、混合 RI 水溶液が通気層カラム流下機構部または帯水層槽流入機構部からオーバーフローする場合等が考えられるが、本装置は全て計装によるインターロックが組み込まれているため、機器は停止する。したがって事故は考えられない。万一、混合 RI 水溶液がオーバーフローしても装置の主要部分に受皿を取り付けているので事故の拡大が防止できる。

(2) 誤操作等不安全行為による事故

誤操作による事故としては、混合 RI 水溶液の流下時において、流量調整バルブ操作のミスにより通気層カラム流下機構部または帯水層槽流入機構部からその水溶液がオーバーフローする場合が考えられるが、本装置は計装によるインターロックにより機器が停止するので事故は考えられない。万一、混合 RI 水溶液がオーバーフローしても(1)の装置の故障における場合と同様に事故の拡大が防止できる。

(3) 火災、爆発事故

本試験における使用温度は、100℃以下であるので試験時に使用材料によって火災を起すことは考えられない。また、ウェザールーム内の温度をコントロールするため、ヒーター加熱により温風を送って行っているが、万一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加熱しても、設定温度以上になるとアラームが鳴ると同時にインターロックにより電源が切れるので事故は考えられない。

一方爆発物は使用しないので、爆発事故は考えられない。

(4) 停電による事故

本装置は停電になると全て停止するが、危険な状態に陥ることはないので、停電による重大な事故は考えられない。

(5) 地震等が原因となる事故

本試験で使用する装置は、使用内容に応じた十分な耐震設計を行っているので地震による重大な事故は考えられない。

(6) 漏水による事故

試験中何らかの原因により混合 RI 水溶液が地中シミュレーション装置から漏水した場合には、受皿に設置した漏水センサーが検知し、アラームが鳴り、かつポンプ等の機器が自動的に停止するので事故は考えられない。万一、受皿から漏れた場合でも、全ての水は排水溝より D. P. タンク

へ貯留されるので施設外への流出は考えられない。

7.2 想定事故

7.2.1 事故の想定内容

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、作業者が試験のためにウェザールーム内に立入り、漏水事故を気付かずに作業を行うものとし、事故に気付くまでの間の被曝を想定して評価する。

7.2.2 事故による影響の評価

(1) 前提条件

- ① 漏水液中のRI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 とする。
- ② 作業者が漏水事故を知らずに作業を行った時間を10分間とする。
- ③ 外部被曝評価の場合の線源は点線源を仮定し、また、線源からの距離を1 mとする。
- ④ 不揮発性物質による空気汚染濃度は、RI使用量の $1/100^{(8)}$ が床面を汚染すると仮定する。
- ⑤ 揮発性物質による空気汚染濃度は、RI使用量の $1 \times 10^{-5}^{(9)}$ が空气中へ移行すると仮定する。
- ⑥ 不揮発性物質の空气中への移行率(再浮遊係数)は、 $2 \times 10^{-8} \text{ cm}^{-1}^{(8)}$ とする。
- ⑦ 漏水事故における被曝評価に関与する空間、すなわちウェザールーム帯水層室の容積は $2.2 \times 10^8 \text{ cm}^3$ である。また、漏水による汚染面積は $3.2 \times 10^4 \text{ cm}^2$ とする。
- ⑧ ウェザールームの換気回数を10回/hrとする。
- ⑨ 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0.99とする。
- ⑩ 排気口における排出空気量率を $2.0 \times 10^{10} \text{ cm}^3/\text{hr}$ (設計値は $2.0 \times 10^{10} \text{ cm}^3/\text{hr}$ 以上)とする。
- ⑪ 排風機の運転時間は1日平均8時間とする。
- ⑫ 作業室内のRI濃度評価の場合は、換気は考えに入れない。
- ⑬ ウェザールーム通気層室の容積($3.1 \times 10^8 \text{ cm}^3$)は帯水層室の容積より大きいいため、事故による内部被曝は帯水層移動試験の場合が支配的となるので、空气中のRI濃度の計算は帯水層移動試験の場合について行う。

(2) 外部被曝線量

(1)式より外部被曝線量を計算すると次のようになる。

$$D(^{60}\text{Co}) = 1.32 \times \frac{2.5}{(1)^2} = 3.3 \text{ (mR/hr)}$$

$$D(^{85}\text{Sr}) = 0.57 \times \frac{5}{(1)^2} = 2.9$$

$$D(^{137}\text{Cs}) = 0.33 \times \frac{5}{(1)^2} = 1.7$$

$$\therefore D = 3.3 + 2.9 + 1.7 = 7.9 \text{ (mR/hr)}$$

したがって被曝線量は、

$$7.9 \times \frac{10}{60} = 1.3 \text{ (mrem)}$$

となる。

(3) 作業室内のRI濃度

(8), (9)式より作業者が呼吸する空気中のRI濃度を計算すると次のようになる。

$$C(^3\text{H}) = \frac{5 \times 10^3 \times 10^{-5}}{2.2 \times 10^8} = 2.3 \times 10^{-10} \text{ (}\mu\text{Ci/cm}^3\text{)}$$

$$C(^{90}\text{Sr}) = C(^{60}\text{Co}) = \frac{2.5 \times 10^3 \times 10^{-2}}{3.2 \times 10^4} \times 2 \times 10^{-8} = 1.6 \times 10^{-11}$$

$$C(^{85}\text{Sr}) = C(^{137}\text{Cs}) = \frac{5 \times 10^3 \times 10^{-2}}{3.2 \times 10^4} \times 2 \times 10^{-8} = 3.1 \times 10^{-11}$$

以上の結果をまとめると

(単位 $\mu\text{Ci/cm}^3$)

群	核種	RI濃度	許容濃度 2.5 (MPC)a	比率
1	^{90}Sr	1.6×10^{-11}	1×10^{-9}	1.6×10^{-2}
2	^{60}Co	1.6×10^{-11}	7.5×10^{-9}	2.1×10^{-3}
2	^{85}Sr	3.1×10^{-11}	1×10^{-7}	3.1×10^{-4}
2	^{137}Cs	3.1×10^{-11}	1.3×10^{-8}	2.4×10^{-3}
4	^3H	2.3×10^{-10}	5×10^{-6}	4.6×10^{-5}

計 2.1×10^{-2}

となる。

(4) 排気中のRI濃度

(10)式より排気中のRI濃度を計算すると次のようになる。

$$C(^3\text{H}) = 5 \times 10^3 \times 10^{-5} \times 1 \times \frac{1}{2.0 \times 10^{10}} \times \frac{1}{8}$$

$$= 3.1 \times 10^{-13} \text{ (}\mu\text{Ci/cm}^3\text{)}$$

$$C(^{90}\text{Sr}) = C(^{60}\text{Co}) = \frac{2.5 \times 10^3 \times 10^{-2}}{3.2 \times 10^4} \times 2 \times 10^{-8}$$

$$\times 2.2 \times 10^8 \times 10 \times 8 \times (1 - 0.99) \times \frac{1}{2.0 \times 10^{10}} \times \frac{1}{8}$$

$$= 1.7 \times 10^{-14}$$

$$\begin{aligned}
 C(^{85}\text{Sr}) &= C(^{137}\text{Cs}) = \frac{5 \times 10^3 \times 10^{-2}}{3.2 \times 10^4} \times 2 \times 10^{-8} \\
 &\times 2.2 \times 10^8 \times 10 \times 8 \times (1 - 0.99) \times \frac{1}{2.0 \times 10^{10}} \times \frac{1}{8} \\
 &= 3.4 \times 10^{-14}
 \end{aligned}$$

以上の結果をまとめると

(単位 $\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$)

群	核種	RI 濃度	許容濃度 1/10(MPC)a	比率
1	^{90}Sr	1.7×10^{-14}	4×10^{-11}	4.2×10^{-4}
2	^{60}Co	1.7×10^{-14}	3×10^{-10}	5.7×10^{-5}
2	^{85}Sr	3.4×10^{-14}	4×10^{-9}	8.5×10^{-6}
2	^{137}Co	3.4×10^{-14}	5×10^{-10}	6.8×10^{-5}
4	^3H	3.1×10^{-13}	2×10^{-7}	1.6×10^{-6}

計 5.6×10^{-4}

となる。

(5) 結 論

想定した事故による影響を評価した結果、作業者の外部被曝線量は 1.3 mrem であり、作業室内の RI 濃度比の和は告示第 6 条に定められた空气中許容濃度の 1/50 である。また、本排気口における排気中の RI 濃度比の和は、告示第 7 条に定められた空气中許容濃度の約 1/1800 である。したがって、これらの値はいずれも許容値を十分下回っている。

8. 操作マニュアル

8.1 一般注意事項

1) 試験を開始する前の注意事項

- ① 試験計画を立て、試験責任者の承認を得る。
- ② 放射線作業に際しては、区域管理者および区域放射線管理者から指定された放射線管理上の条件を守る。
- ③ 試験が夜間あるいは休日に予定される場合は関係課室へ届出を行う。

2) 管理区域に入るときの注意事項

- ① 黄色実験衣およびRI シューズに着替る。
- ② フィルムバッチ、ポケット線量計等の個人被曝線量計を着用する。
- ③ チェンジングルーム入口扉側面の入退出表示盤の入室ボタンを押し、入室したことを明らかにする。

3) 管理区域作業中の注意事項

- ① 被曝および放射性汚染が最少限となる方策を常に実行する。
- ② 床等への汚染の発生が予想される場合は、あらかじめビニールシートを敷き、床への汚染を未然に防ぐ。
- ③ 作業範囲内での空気汚染の発生が予想される場合は、あらかじめ局所排気装置を作業場所に設置する。

4) 管理区域作業後の注意事項

- ① サーベイメーターにより汚染の有無をチェックする。
- ② 使用した機器、工具等を所定の位置に戻し、よく整理する。
- ③ 作業終了後の安全を確認する。

5) 管理区域を出るときの注意事項

- ① 手を洗いハンドフットモニターにより、手、足および衣類の表面汚染チェックを行う。
- ② 着用した黄色実験衣、RI シューズを脱ぎ所定の場所に戻す。
- ③ 個人被曝線量率を元の測定器置場に戻す。
- ④ 入退出表示盤のボタンを押し、退出したことを明らかにする。
- ⑤ ハンドフットモニターの警報があった場合は、区域管理者および区域放射線管理係に連絡する。

8.2 試験準備

- 1) 通気層土壌の充填された通気層カラムを通気層用装置に設置する。また、帯水層土壌を帯水層用装置に充填する。

- 2) コントロール室の分電盤内のスイッチを入れ、各装置への通電を行う。その際、各装置のスイッチがすべて「OFF」の状態になっていることをあらかじめ確認する。
- 3) 試験ホール等の排気設備が正常に作動していることを確認する。
- 4) スタックダストモニター、ローカルサンプラー、エリアモニター等の放射線管理用機器が正常に作動していることを確認する。
- 5) 放射線作業内容に応じてトリチウムモニター、移動型ダストモニター等を配置し、正常に作動させる。
- 6) オートサンプラーにサンプル容器をセットする。
- 7) D. P. タンクの水位を確認する。(水位が高い場合は放射性汚染処理第1課へ連絡して廃液の受け取りを依頼する)

8.3 通気層移動試験

通気層移動試験は次のような作業内容に従って行われる。

- (1) RI 水溶液の調製
- (2) ウェザールームの温度、湿度設定
- (3) RI 水溶液の流下試験
- (4) RI 水溶液のサンプリング
- (5) カラム内土壌のサンプリング
- (6) 水流速測定
- (7) 核種移動速度測定

8.3.1 RI 水溶液の調製

- (1) RI 輸送容器の開封
 - ① RI 貯蔵室内の RI 貯蔵庫から RI 輸送容器（缶詰の形）を取り出し、RI 調製室のフード内で開封する。
 - ② RI 輸送容器より RI 試料びん（ペニシリンびん）を取り出す。
 - ③ RI 試料びんをビーカー中に入れて蓋を外す。
- (2) 希鉍酸の注入
 - ① ビーカー中に置いた試料びんに希鉍酸（希塩酸または希硝酸）を入れる。
 - ② 数時間放置後、ガラス棒で溶液を攪拌する。
 - ③ 一方、ゴム製の蓋はビーカー中で希鉍酸に数時間浸漬した後、ガラス棒で溶液を攪拌する。
 - ④ RI が溶解した希鉍酸をまとめて共栓三角フラスコに入れる。（RI 原液）
- (3) RI 原液の希釈
 - ① RI 原液をホールピペットで所定量採り、メスフラスコに入れて希釈する。
 - ② 一方、希釈した RI 水溶液をマイクロピペットで所定量採り、放射能濃度を測定する。

(4) 試料液の作成

- ① 放射能濃度が既知となった原液を試料液タンク内で蒸留水により希釈して実験に必要な RI 水溶液（試料液）を作成する。
- ② 試験前には、作成した試料液の pH および放射能濃度を再度正確に測定する。

8.3.2 ウェザールームの温度、湿度設定

- ① 帯水層室内にある温度、湿度調節器を操作し、所定の温度、湿度にセットする。
- ② ウェザールームの天井および出入口の扉が閉状態になっていることを確認する。
- ③ コントロール室内のウェザールーム空調装置中央盤の運転ボタン（排気ファン、給気ファン）を押し、ウェザールーム空調装置を運転する。
- ④ ウェザールームの温度、湿度を記録させる。
- ⑤ ウェザールーム内の負圧を 5 mmAq 以下に維持するように圧力調節器を調整する。

8.3.3 RI 水溶液の流下試験

- ① 試料液ポンプを起動させて RI 水溶液を散布器へ移送する。なお RI 水溶液の移送時は試料液攪拌機を運転する。
- ② 散布器を作動させて通気層カラム土壌面に RI 水溶液を均一に散布し、流下試験を開始する。
- ③ 通気層カラム下部より流出する液をオートサンプラーによりサンプル容器にサンプリングする。（サンプル容器に液が正常に入ること、およびサンプル以外の時は流出液計量容器に流入することを確認する）
- ④ その間、記録計により RI 水溶液の温度、流入液と流出液の流量、およびその流量積算を記録する。
- ⑤ 通気層水流速測定装置を作動させ、通気層カラム内土壌中の水流速の測定を開始する。（水流速測定の実験マニュアルは後述の 8.3.6 項に記載する）
- ⑥ 通気層カラム用の核種移動速度測定装置を作動させ、通気層カラム内土壌中の核種移動速度の測定を開始する。（核種移動速度測定の実験マニュアルは後述の 8.3.7 項に記載する）

8.3.4 RI 水溶液のサンプリング

- ① オートサンプラーのサンプル交換要求の表示を確認する。
- ② ウェザールーム空調装置の排気ダンパーの切替スイッチをオートサンプラー側に切替え、オートサンプラーのフードの扉を開ける。
- ③ サンプリング終了済みのサンプル容器を取り出して蓋をした後、空のサンプル容器をオートサンプラーにセットし、サンプル容器の交換を終了する。
- ④ オートサンプラーのフードの扉を閉じ、前記の排気ダンパー切替スイッチをウェザールーム側に切替える。
- ⑤ サンプリング終了済みのサンプル容器を放射能測定用試料とする。

8.3.5. カラム内土壌のサンプリング

- ① 通気層カラム内土壌中の残留 RI 水溶液を抜く。
- ② ビニールシートを通気層カラム周辺に敷く。
- ③ 通気層カラムに付いている散布器、配管等を取り外す。
- ④ 反力枠を通気層カラムの上部フランジに取り付ける。
- ⑤ 土壌サンプリング器を用いて通気層カラム内の土壌をサンプリングする。
- ⑥ サンプリングした土壌を取り出し、ビーカーに所定量移し替える。
- ⑦ 移し替えた土壌を乾燥器で数時間乾燥した後、その所定量をサンプル容器に入れ、放射能測定用試料とする。

8.3.6. 水流速測定

(1) 線源の装填

- ① RI 貯蔵室の RI 貯蔵庫から、鍵を開けて鉛容器に収納された ^{252}Cf 線源を取り出す。
- ② ^{252}Cf 線源を鉛容器と一緒に運搬台車に乗せて、ウェザールーム通気層室内に運搬する。
- ③ 照射器からコリメータを抽出した後、鉛容器から ^{252}Cf 線源を取り出し、すばやくコリメータに取り付ける。
- ④ 線源を取り付けたコリメータを照射器の照射孔に速やかに収納する。
- ⑤ 照射器と検出器が設置されている線源昇降機を通気層カラムまで移動し（現場にて手動で行う）、照射器、カラムおよび検出器の中心が一直線上になった所で固定する。
- ⑥ 照射器と検出器の高さを、所定の位置にセットする。（現場またはコントロール室にて昇降制御器の操作ボタンにより操作する）

(2) 測定条件の設定

- ① M系列信号発生器のパルス周期を所定の値にセットする。
- ② ウェザールーム通気層室内の重水ポンプ現場操作盤の重水系統M系列および試料液電磁弁M系列の切替スイッチを“入”にする。
- ③ M系列信号の入力により、重水ポンプおよび試料液ポンプを切替運転し、重水および水の間欠的注入を開始する。

(3) 水流速の測定

- ① 放射線検出部計数系の各設定レンジを所定の値にセットするとともに、記録系で計数率の記録を開始する。
- ② 演算部のパーソナルコンピュータに“RUN”指令を行い、水流速を求める。同時にその値をプリンターに印字する。

(4) 線源の格納

- ① 測定終了後、線源昇降機により照射器と検出器を下方に下げる。
- ② 照射器よりコリメータを取り外して、 ^{252}Cf 線源を鉛容器に入れる。
- ③ 鉛容器を RI 貯蔵室内の RI 貯蔵庫に格納する。

8.3.7 核種移動速度測定

(1) γ 線検出器の設置

- ① 通気層用装置架台のレール上に設置されている測定台車を、通気層カラムまで移動する。
(現場にて手動で行う。)
- ② γ 線検出器の高さを所定の高さにセットする。(コントロール室にて制御盤の操作ボタンにより操作する)

(2) 測定条件の設定

- ① γ 線検出器の昇降速度を制御盤の切替スイッチにより高速または低速のどちらかを選ぶ。
- ② 所定の計数時間をマイクロコンピュータに入力する。
- ③ 所定の測定間隔をマイクロコンピュータに入力する。

(3) 核種移動速度の測定

- ① 計数部および入出力部の各レンジを所定の値にセットする。
- ② 濃度分布算出部のマイクロコンピュータに“RUN”指令を行い、通気層カラム内の核種濃度分布および移動速度を求める。同時にその結果をプリンターに印字する。

8.4 帯水層移動試験

帯水層移動試験は通気層移動試験とほぼ同様な作業内容に従って行われる。

8.4.1 RI水溶液の調製

通気層移動試験の場合(8.3.1)と全く同じ手順である。

8.4.2 ウェザールームの温度、湿度設定

通気層移動試験の場合(8.3.2)と全く同じ手順である。

8.4.3 RI水溶液の流下試験

- ① 試料液ポンプを起動させてRI水溶液を流入槽へ移送する。なおRI水溶液の移送時は試料液攪拌機を運転する。
- ② 流入槽および流出槽の液面を液面計等により確認し、流下試験を開始する。
- ③ 流出槽より流出する液をオートサンプラーによりサンプル容器にサンプリングする。(サンプル容器に液が正常に入ること、およびサンプリング以外の時は流出液計量容器に流入することを確認する)
- ④ その間、記録計によりRI水溶液の温度、流入液と流出液の流量、およびその流量積算を記録する。
- ⑤ 帯水層水流速測定装置を作動させ、帯水層槽内土壤中の水流速の測定を開始する。(水流速測定の実操作マニュアルは後述の8.4.6項に記載する)
- ⑥ 帯水層槽用の核種移動速度測定装置を作動させ、帯水層槽内土壤中での核種移動速度の測定を開始する。(核種移動速度測定の実操作マニュアルは後述の8.4.7項に記載する)

8.4.4 RI 水溶液のサンプリング

通気層移動試験の場合（8.3.4）と全く同じ手順である。

8.4.5 槽内土壌のサンプリング

- ① 帯水層内土壌中の残留 RI 水溶液を抜く。
- ② ビニールシートを帯水層槽周辺に敷く。
- ③ 帯水層槽上蓋に付いている水流速測定装置および核種移動速度測定装置の検出器を取り外した後、上蓋を取り外す。
- ④ 反力枠を帯水層槽上部フランジに取り付ける。
- ⑤ 土壌サンプリング器を用いて帯水層槽内の土壌をサンプリングする。
- ⑥ サンプリングした土壌を取り出し、ビーカーに所定量移し替える。
- ⑦ 移し替えた土壌を乾燥器で数時間乾燥した後、その所定量をサンプル容器に入れ、放射能測定用試料とする。

8.4.6 水流速測定

(1) 検出器の設置

- ① 帯水層槽上蓋の検出器用ノズルフランジの盲蓋を外し、土壌取り出し器具を用いて検出器が入る穴を帯水層にあける。
- ② 検出器と土壌充填カバーの間に帯水層土壌を充填する。
- ③ 充填カバーを取り付けた検出器を穴にさし込む。
- ④ 充填カバーを引き抜いた後、その間隙部分に土壌を追加する。
- ⑤ 帯水層槽上蓋のノズルフランジに検出器のフランジを取り付け固定する。

(2) 測定条件の設定

- ① ヒーターの加熱電流値を所定の値に設定する。（通常 A）
- ② 電圧パルス発生器のパルス時定数を所定の値に設定する。（通常 20 秒）
- ③ ブロックセレクトの切替スイッチにより自動あるいは手動のどちらかを選ぶ。（通常自動）
- ④ ブロックセレクトの切替時間を所定の値に設定する。（通常 15 分）

(3) 水流速の測定

- ① 帯水層用装置が所定の流量で安定した運転状態になっていることを確認する。
- ② 記録計をスタートさせながら、制御計測部の測定ボタンを押して水流速測定を開始する。
- ③ 5ブロック全ての測定が終了した後、記録計をストップさせる。
- ④ データ処理部の中央演算器（CPU）に“RUN”指令を行い、水流速を求める。同時にその値をプリンターに印字する。

8.4.7 核種移動速度測定

(1) γ 線検出器の設置

- ① 帯水層槽上蓋の検出器用ノズルフランジの盲蓋を取り外す。

- ② γ 線検出器用の取付座を上記のノズルフランジに取り付ける。
- ③ γ 線検出器を取付座の穴を通して帯水層槽土壌内へ垂直に所定の深さまで差し込み，固定する。

(2) 測定条件の設定

- ① 所定の計数時間をマイクロコンピュータに入力する。
- ② 所定の測定間隔をマイクロコンピュータに入力する。

(3) 核種移動速度の測定

- ① 計数部および入出力部の各レンジを所定の値にセットする。
- ② 濃度分布算出部のマイクロコンピュータに“RUN”指令を行い，帯水層槽内の核種濃度分布および移動速度を求める。同時にその結果をプリンターに印字する。

8.5 試験後の処置

- 1) 試料液ポンプ，攪拌機，散布器およびオートサンプラーを停止する。
- 2) 温度，流量，流量積算の記録計を停止する。
- 3) ウェザールーム空調装置の運転を停止する。
- 4) 水流速測定装置を停止する。
- 5) 核種移動速度測定装置を停止する。
- 6) 流出液計量容器内の廃液を流出液ポンプを用いてホット廃液タンクへ移送する。
- 7) ホット廃液タンク内の廃液をホット廃液ポンプを用いてD. P. タンクへ移送する。
- 8) 廃液の移送が終了した後，両ポンプを停止する。
- 9) D. P. タンクの水位を確認する。（水位が高い場合は放射性汚染処理第1課へ連絡して，廃液の受け取りを依頼する）
- 10) 区域放射線管理係に依頼して，スタックダストモニター，ローカルサンプラー，エリアモニター，トリチウムモニターおよび移動型ダストモニター等の放射線管理用機器を停止する。
- 11) 施設運転係に依頼して，試験ホール等の排気設備の運転を停止する。
- 12) コントロール室の分電盤内のスイッチを切る。

8.6 試験済み土壌の処理

(1) 廃棄物移動容器の土壌投入

- ① 通気層カラムおよび帯水層槽の周囲にビニールシートを敷き，次いでクレーンまたはフォークリフトにより廃棄物移動容器を通気層カラムおよび帯水層槽近傍に置く。
- ② 通気層カラムおよび帯水層槽内の試験済み土壌をスコップ等を用いて廃棄物移動容器に移動する。
- ③ 移動容器に土壌を移した後，クレーンまたはフォークリフトによりその容器を廃棄物処理室へ運搬する。

(2) 廃棄物移動容器からホッパーへの土壌移し替え

- ① 廃棄物処理装置の秤量器の上に廃棄物容器（ドラム缶）を設置し、ホッパー下部のシュートカバーをドラム缶にかぶせる。
- ② 移動容器をホイストに取り付け、ホッパーの上部まで移動する。
- ③ 移動容器を所定の高さまで下し、静かに反転させて土壌をホッパーに投入する。

(3) 廃棄物容器への土壌充填

- ① 試験済み土壌のホッパーへの投入が終了した後、操作盤の土壌払い出し機の起動スイッチを押し、試験済み土壌を廃棄物容器へ充填する。
- ② 廃棄物容器の重量を測定し、所定重量に達したとき土壌払い出し機を停止する。
- ③ シュートカバーを廃棄物容器から外し、容器に蓋をし密封する。
- ④ 充填、密封した廃棄物容器をドラムポーターにより一時横に移動する。
- ⑤ 再度空の廃棄物容器を秤量器の上に乗せて、シュートカバーをドラム缶にかぶせる。
- ⑥ ①～⑤の作業を繰り返し、ホッパー内の土壌を全て廃棄物容器に充填、密封する。
- ⑦ 廃棄物容器の表面線量率をサーベイメーターで測定し、許容値以下であることを確認する。
(測定日、表面線量率等を記入したラベルを廃棄物容器に添付する)

(4) 廃棄物容器の保管

- ① 測定が終了したドラム缶はドラムポーターで廃棄物保管室に運搬する。
- ② 廃棄物容器が所定量（200 ℓドラム缶 12 本）になるまで廃棄物保管室内に保管する。
- ③ 廃棄物容器が所定量に達した場合、放射性汚染処理第 1 課へ連絡して、その廃棄物を引き渡す。

8.7 装置機器類の除染

(1) 装置機器類の取り外し

- ① 通気層カラムおよび帯水層槽内残留 RI 水溶液の液抜きを行う。
- ② 機器類の表面汚染密度をサーベイメーターを使用して測定する。
- ③ ウェザールーム内の床および洗浄カゴの底にビニールシートを敷き、機器類からの RI 水溶液の落下を防止する。
- ④ 機器類を装置から取り外し、洗浄カゴに入れる。

(2) 装置機器類の移動

- ① 機器類を入れた洗浄カゴをキャリアーにより除染室まで運搬する。
- ② 洗浄カゴをホイストに取り付ける。

(3) 除 染

- ① 除染装置の洗浄槽に水を満水になるまで給水する。
- ② 洗浄ポンプにより洗浄槽内の水を攪拌しながら、酸性液タンク内の溶液を酸性液ポンプを用いて槽内に注入し、所定濃度の洗浄液を作成する。（設定 pH ≒ 3）
- ③ 蒸気を洗浄液に吹込み、所定温度まで加温する。（設定温度：30～40℃）
- ④ ホイストを操作し、洗浄槽内の洗浄液に洗浄カゴを浸漬する。

- ⑤ 所定時間除染を行った後、洗浄槽から洗浄カゴを引き上げて各機器類の表面汚染密度を測定する。（許容表面密度： $10^{-3} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ 以下）
 - ⑥ 表面汚染密度が許容濃度以上である機器類については電動ブラシを用いて機器類をこすり、許容濃度以下になるまで除染を行う。なお、この場合機器類の材質に適応した除染液を使用する。
 - ⑦ 全機器類の除染が終了すると、使用済みの廃液は中和剤（アルカリ液）により中和する。（設定 pH 6～8）
 - ⑧ 洗浄ポンプのバルブを排水側に切替え、D. P. タンクの水位を確認した後、使用済みの廃液を D. P. タンクへ排水する。
 - ⑨ 排水終了後洗浄ポンプを停止する。
- (4) 水洗および乾燥
- ① 洗浄槽内に給水を行い、洗浄ポンプを再起動させて水の循環を行う。さらに蒸気を水中に吸込み、所定の温度にする。（設定温度 30～40℃）
 - ② 洗浄カゴを洗浄槽内に浸して水洗を行う。
 - ③ 水洗終了後、洗浄カゴを引き上げてしばらくの間放置する。
 - ④ 洗浄ポンプのバルブを排水側に切替え、D. P. タンクの水位を確認した後、使用済みの廃液を排水する。
 - ⑤ 排水終了後、洗浄槽内部等の表面汚染密度を測定し、許容濃度以下であることを確認する。
 - ⑥ ホイストを操作し、引き上げた洗浄カゴを床に下す。
 - ⑦ 洗浄カゴから各機器類を取り出し、乾燥棚にならべ乾燥させる。
- (5) 装置機器類の取り付け
- ① 乾燥を終えた機器類をキャリアーに乗せ、ウェザールーム内へ運搬する。
 - ② 各機器類を所定の位置に取り付ける。

8.8 異常時の処置

8.8.1 勤務時間内に異常が発生した場合の処置

- ① 副警報盤が作動した場合は、まず何の警報であるかをコントロール室内の表示で確認した後、現場に行き対処するとともに工務警報の場合は施設運転係に、放射線警報の場合は区域放射線管理係に、施設警報の場合は試験責任者に連絡をとる。現場の状況により重大と判断される場合は「6222」の非常用ダイヤルを回し正門に連絡する。図36に警報系統を示す。
- ② 火災が発生した場合は、直ちにもよりの火災報知器のボタンを押し、かつ非常用ダイヤル「6222」で通報する。また手近にある消火器により消火を行う。
- ③ 放射線事故が発生した場合は、すぐに区域放射線管理係に通報するとともに、無用な被曝と汚染の拡大を防ぐため適確な措置を施す。万一身体に放射性汚染が生じているときには、直ちに流し、シャワー等によって汚染を除去する。管理区域を出るときは、身体汚染および被曝線量測定等について区域放射線管理係の指示に従う。
- ④ 停電になった場合は、特に危険な状態になることはないが、停電復帰後の一斉起動による

コントロール室 警報名称	玄関 (副警報盤)	WASTEF (⊗:放射線監視盤) (⊕:工務監視盤)	第2廃棄物処理棟	正門詰所 (主警報盤)
<p>(通気層用装置中央計装盤)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 試料液タンク水位低 (A, B, C, D) ○ 流出液計量容器水位高 ○ 通気層用装置漏水 ○ オートサンプラー漏水 ○ ホット廃液タンク水位高 ○ ホット排液ピット漏水 ○ ウェザールーム排水溝漏水 <p>(帯水層用装置中央操作盤)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 試料液タンク水位低 (A, B) ○ 流出液計量容器水位高 ○ 帯水層用装置漏水 (A, B) ○ オートサンプラー漏水 (A, B) ○ ウェザールーム排水溝漏水(A) ○ ウェザールーム排水溝漏水(B) <p>(ウェザールーム空調装置中央盤)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 異常警報 (一括) ○ 動力機器故障 (一括) ○ 通気層室圧力高 ○ 帯水層室圧力高 <p>(放射線監視盤)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ スタックモニター ○ MT(エリア, 室内ダスト, H³) ○ ハンドフットモニター ○ ルーツブローア故障 ○ 運転表示 <p>(施設監視盤)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ P-1 盤機器故障 ○ DPタンク系統機器故障 ○ DPタンク用三号弁故障 ○ 一般排水ポンプ故障 ○ 圧空設備故障 ○ 廃棄物処理室ピット水位高 ○ 除染室ピット水位高 ○ 一般排水槽水位高 ○ No.1 DPタンク水位高 ○ No.2 DPタンク水位高 ○ ホット排水ピット水位高 	<p>試験装置異常</p> <p>ウェザールーム空調装置異常</p> <p>左記名称に同じ</p> <p>左記名称に同じ</p> <p>左記名称に同じ</p> <p>(ランクII)</p> <ul style="list-style-type: none"> ⊗ 施設関係×2 ⊕ 放射線関係×1 ⊙ 工務関係×4 	<p>左記名称に同じ</p> <p>左記名称に同じ</p> <p>建屋機器設備異常</p> <p>建屋排水設備異常</p> <p>⊗ 放射線関係×5</p> <p>⊕ 工務関係×2</p>	<p>左記名称に同じ</p> <p>左記名称に同じ</p> <p>⊗ 放射線関係×5</p>	<p>(ランクII)</p> <ul style="list-style-type: none"> ⊗ 施設関係×1 ⊕ 放射線関係×1 ⊙ 工務関係×1

図 36 警報表示行先一覧表

過電流防止のために全ての機器のスイッチを切る。

8.8.2 勤務時間外に異常が発生した場合の処置

- ① 夜間、休日などの勤務時間外である場合は、あらかじめ副警報盤の切替モードを夜間モードに切替えておくことにより、試験棟内で何か異常が生じた場合、正門詰所の主警報盤に警報が発せられるようになっている。この場合には、正門から担当者に連絡されるので、連絡を受けた者は図 37 に示す緊急連絡系統に従って順次連絡を行った後、現場に行き対処する。
- ② 火災が発生した場合も、正門詰所の主警報盤に警報が発せられ（火災の場合は切替モードは無関係である）、上記と同じく緊急連絡系統に従って連絡された者は現場に行き対処する。
- ③ 停電になった場合にも正門詰所より連絡されるので、連絡を受けた者は①、②と同様に対処する。

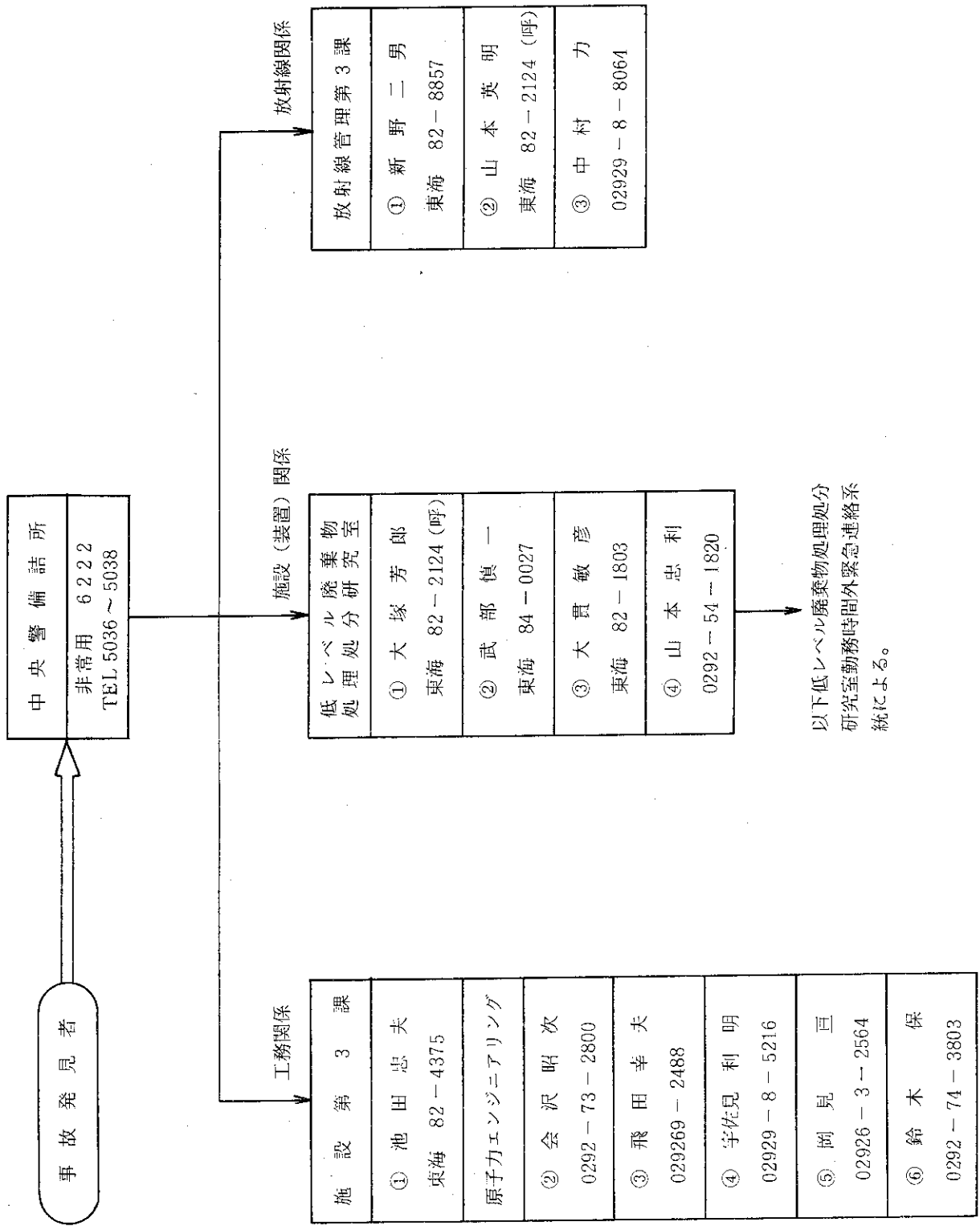


図 37 緊急連絡系統図

9. あ と が き

以上、地中シミュレーション装置の概要について述べた。特に本装置の機能および機器仕様、試験時の障害解析さらに実施時における一連の操作マニュアルについて詳述した。本装置の全ては昭和58年9月末日に据付、調整を完了し、現在、環境シミュレーション試験に使用している。なお、今後本試験を進めて行く過程において、試験条件等の変更により部分的な修正があるものと考えている。

最後に、本報の作成に当り、装置機器類の図面作成に御協力していただいた低レベル廃棄物処理処分研究室の古宮友和氏、ならびに多くの便宜を与えて下さった環境安全研究部部長の今井和彦氏に感謝の意を表す。

参考文献

- (1) 原子力委員会月報, 21 [10], 7 (1976)
- (2) 和達嘉樹, 他: 日本原子力学会誌, 24, 182 (1982)
- (3) 山本忠利, 原田芳金, 斎藤和明, 和達嘉樹: JAERI-M 82-143, (1982)
- (4) 村上悠紀雄, 他編: "放射線データブック", p 23 (1982), 地人書館
- (5) 日本アイソトープ協会編: "新版アイソトープ便覧", p 540 (1970), 丸善
- (6) J. H. Hubbell : NSRDS - NBS 29 (1969)
- (7) D. H. Stoddard , H. E. Hootman : DP - 1246 (1971)
- (8) H. J. Dunster : Health Physics , 8 , 353 (1962)
- (9) 穴沢豊, 国分守信, 藤田久美雄: 保健物理, 7, 27 (1972)

9. あ と が き

以上、地中シミュレーション装置の概要について述べた。特に本装置の機能および機器仕様、試験時の障害解析さらに実施時における一連の操作マニュアルについて詳述した。本装置の全ては昭和58年9月末日に据付、調整を完了し、現在、環境シミュレーション試験に使用している。なお、今後本試験を進めて行く過程において、試験条件等の変更により部分的な修正があるものと考えている。

最後に、本報の作成に当り、装置機器類の図面作成に御協力していただいた低レベル廃棄物処理処分研究室の古宮友和氏、ならびに多くの便宜を与えて下さった環境安全研究部部長の今井和彦氏に感謝の意を表す。

参考文献

- (1) 原子力委員会月報, 21 [10], 7 (1976)
- (2) 和達嘉樹, 他: 日本原子力学会誌, 24, 182 (1982)
- (3) 山本忠利, 原田芳金, 斎藤和明, 和達嘉樹: JAERI-M 82-143, (1982)
- (4) 村上悠紀雄, 他編: "放射線データブック", p 23 (1982), 地人書館
- (5) 日本アイソトープ協会編: "新版アイソトープ便覧", p 540 (1970), 丸善
- (6) J. H. Hubbell : NSRDS - NBS 29 (1969)
- (7) D. H. Stoddard, H. E. Hootman : DP - 1246 (1971)
- (8) H. J. Dunster : Health Physics, 8, 353 (1962)
- (9) 穴沢豊, 国分守信, 藤田久美雄: 保健物理, 7, 27 (1972)