

# 事故・故障等発生報告書

令和 5 年 11 月 22 日

茨城県知事  
大井川 和彦 殿

住 所 茨城県那珂郡東海村村松 2117  
事業所名 積水メディカル株式会社  
創薬支援センター  
氏 名 センター長 橋爪 研太

原子力施設周辺の安全確保及び環境保全に関する協定第 17 条の規定により、原子力施設等における事故・故障等の発生について次のとおり報告します。

発生年月日	令和 4 年 8 月 5 日 (金)
発生場所	第一実験棟 床下
件名	積水メディカル株式会社における放射性同位元素の管理区域外への漏えいについて (第 2 報)
状況 原因 対策 環境への影響等	別紙のとおり

注) 図面及びその他の説明資料を添付すること。

積水メディカル株式会社における放射性同位元素の管理区域外への漏えいについて  
(第2報)

2023年11月22日  
積水メディカル株式会社  
創薬支援センター

- 1 発生日時  
2022年8月5日 15時24分
- 2 発生場所  
積水メディカル株式会社 創薬支援センター 第一実験棟床下（添付1参照）
- 3 件名  
積水メディカル株式会社における放射性同位元素の管理区域外への漏えいについて
- 4 状況、原因、対策、環境への影響等

#### 4.1 状況

##### 4.1.1 発生場所施設について

第一実験棟は、1965年に竣工したコンクリートブロック構造の建物である。1階全域および屋上排気設備がRI管理区域に設定されていたが、床下は管理区域外であった。RI管理区域内では新薬候補化合物にトレーサーとして放射性物質（以下RI）を標識する実験等を行っていた。

施設老朽化のため2020年3月にRIの使用を終了し、2022年8月より除染工程を開始、除染完了後RI管理区域設定解除を行い、解体する予定であった。

##### 4.1.2 発見

8月4日に除染工程としてRI排水管位置調査のため、除染業者が第一実験棟床下に立ち入ったところ、RI排水管の破断及び脱落（A、B、計2箇所、添付1参照）を確認した。同日15:41に除染業者からの連絡により放射線取扱主任者が覚知した。

なお、放射線障害予防規程では放射線施設について年2回自主点検を行うと明記しているが、点検対象までは明記されていなかった。点検対象については自主点検帳票にて定めていたが、第一実験棟床下は人が容易に入れる構造ではなかったことから床下RI排水管は点検対象に含めておらず、今まで一度も点検されていなかった。

#### 【発生経緯および経過報告までの状況】

月 日	時 刻	対 応 内 容
8月3日	9:00	第一実験棟の床下に位置する配管の調査を開始
8月4日	15:41	除染業者が排水管の破断及び脱落箇所（A、B、計2箇所）を確認し、放射線取扱主任者が覚知
	16:37	破断及び脱落配管の汚染検査を実施し、検出限界値以上のRIを確認したため、この配管がRI排水管であると判断
	17:19	原子力規制庁へ状況を報告
	17:43	茨城県原子力安全対策課へ状況を報告
	17:54	東海村防災原子力安全課へ状況を報告
	21:12	破断及び脱落箇所周辺土壌及び施設周辺の汚染検査を実施

8月5日	11:00	原子力規制庁に汚染検査の結果を含めた状況を報告
	15:24	放射性同位元素等の規制に関する法律施行規則第28条の3第4号に規定する管理区域外への漏えいに該当することを判断
	19:22	破断及び脱落箇所直下土壌の汚染検査を実施
	20:56	原子力規制庁へ「放射性同位元素等取扱施設における状況通報書」を報告
8月5日 ～ 8月9日	10:00 ～ 15:00	第一実験棟床下排水管の配管状況を目視確認したところ、全配管状況の約90%に破断等が無いことを確認したが、破断箇所Aの下流側は配管が切り離されていたことを発見した。残り約10%については障害物により確認できなかったため、今後確認方法を検討し確認予定（10月末に残り10%について破断等が無いことを確認した）  ※なお、第一実験棟と同様のRI使用施設である第三・第四実験棟及びRI排水処理設備の排水管状況については、2022年6月の直近自主点検結果の書面を確認（異常無し）
8月12日	13:59	破断箇所Aの下流側切り離し部分直下土壌の汚染検査を実施

#### 4.1.3 緊急対応

本事象を踏まえ、8月5日～30日に弊社のRI排水管全て（第一実験棟・第三実験棟・第四実験棟・RI排水設備および施設間のRI排水管）について緊急目視点検を実施した。その結果、4.1.2項で発見された2箇所以外で配管破損は確認されなかった。なお、第二実験棟は過去にRI管理区域として使用していたが、2007年に実施したRI管理区域解除に伴いRI排水管を全て除染・撤去していることに加え、第一実験棟と同様に解体する予定であるため緊急目視点検対象には含めなかった。

#### 4.1.4 破断箇所Aの状況、措置、発生時期推定

##### ・状況

配管および継手は塩ビ製であり、破断は継手接続部で発生していた（添付2参照）。また、当配管は下流部で切り離されており（以下、切り離し箇所と記載）、閉止措置はされていない。事象発覚後に確認したところ、当配管は1973年に設置され、1975年に廃止された旧RI排水管であることが判明した。

##### ・措置

破断箇所Aおよび切り離し箇所直下の土壌中放射能（ベータ線およびガンマ線）を測定（ベータ線：燃焼法 ガンマ線：ガンマカウンターによる直接測定）した結果、いずれも検出限界値未満であった。なお、<sup>3</sup>H（トリチウム）と<sup>14</sup>C（炭素14）（参考資料1参照）のベータ線のみを排水する運用となっていたが、その他の使用核種<sup>\*1</sup>についても漏えいを確認する目的でガンマ線測定を行った。また、正確を期すために、第三者機関（株）日本環境調査研究所）にも土壌中放射能測定（ベータ線のみ）を依頼したが、結果は検出限界値未満であった（添付3参照）。以上のことから破断箇所A配管系統からのRI漏えいは無かったと判断した。

※1 その他の使用核種：<sup>33</sup>P、<sup>35</sup>S、<sup>51</sup>Cr、<sup>55</sup>F、<sup>59</sup>F、<sup>65</sup>Zn、<sup>75</sup>Se、<sup>90</sup>Y、<sup>111</sup>In、<sup>123</sup>I、<sup>125</sup>I、<sup>153</sup>Ga

検出限界値は、自社内でRI汚染の可能性が無い土壌をサンプリングし、自社および第三者機関でバックグラウンド（BG）として測定（ベータ線：燃焼法 ガンマ線：ガンマカウンターによる直接測定（ガンマ線は自社のみ））し、その測定値から3σ法<sup>\*2</sup>より算定した値を採用した。

※2：参考資料 環境省 検出限界値の考え方

・発生時期推定

破断箇所直下土壌および切り離し箇所直下土壌からは RI が検出されなかったことから、破断時期および切り離し時期については廃止措置をした 1975 年以降である可能性が高いと考えるが、第一実験棟床下配管について点検した記録が残されていなかったことから、結果として破断時期および切り離し時期を推定する事は出来なかった。

#### 4.1.5 脱落箇所 B の状況、措置、発生時期推定

・状況

床上から伸びる配管が塩ビ製の L 字型管（エルボ管）に繋がり、更に水平方向の配管に接続される形の配管であったが、床上配管とエルボ管の接続部のレデュース（参考資料 1 参照）が抉れるように破損しており、また、エルボ管と水平管の接続部ではエルボ管バルブソケット（参考資料 1 参照）が破断していた。エルボ管の上下の接続部がどちらも破損した事により脱落に至ったと考えられた（添付 4 参照）。

事象発覚後確認したところ、当配管は 1975 年に設置され、上流側は 111 室流し、下流側に 111 室床ドレンが繋がる配管であった。脱落部の上流である 111 室流しからは、比較的高濃度の RI 溶液や有機溶媒は排水しておらず、比較的低濃度の RI 実験器具の洗浄液等を排水していた。

・措置

脱落箇所直下の土壌中放射能測定（ベータ線：燃焼法、ガンマ線：ガンマカウンターによる直接測定）を行った結果、 $^3\text{H}$  と  $^{14}\text{C}$  が検出され、RI 管理区域外に RI が漏えいしていることを確認した。なお、ガンマ線については検出限界値未満であった。

そこで、脱落箇所直下を含む 111 室床下土壌全面を測定し、RI が確認された土壌は全て回収することとした。土壌中 RI 測定については下記の方法にて行った。

【土壌中放射能測定及び回収方法（添付 5 参照）】

- ① 111 室床下を縦横 30 cm メッシュで区切る
- ② 各メッシュ表面の中央から約 20 g の土壌サンプルを採取し、その一部（約 0.2 g）を燃焼法で測定する
- ③ 検出限界値以上の放射能が認められた箇所については、深さ 30 cm まで土壌を回収する（以後、サンプリングブロックと呼ぶ）
- ④ 基礎コンクリートが途切れたら、その下部土壌についても上記①②③と同様に実施する（第 1 層～第 4 層で途切れたことを確認した）
- ⑤ 上記②③④を土壌中放射能濃度が検出限界値未満<sup>※3</sup>になるまで繰り返し実施する

※3：検出限界値は、破断配管 A と同様に算出した

・措置の結果

土壌中放射能濃度の測定結果は添付 6 に記載した。各サンプリングブロックの土壌中放射能濃度の最大値は  $^3\text{H}$  で  $2.9 \times 10^3 \text{ Bq/g}$ 、 $^{14}\text{C}$  で  $2.1 \times 10^3 \text{ Bq/g}$  であり、放射能の広がり方は縦 3.3 m、横 3.6 m、深さ 1.5 m と確認された。 $^3\text{H}$  と  $^{14}\text{C}$  の土壌中の広がり方は、ほぼ同等であった。

また、自社測定において検出限界値未満となったサンプリングブロック（放射能の広がり方の境界ブロック）を第三者機関（株）日本環境調査研究所）で測定した結果、全て検出限界値未満であることを確認した（添付 7 参照）。

回収したサンプリングブロック数は計 309 ブロックとなり、1 つのサンプリングブロック重量が約 30 kg

であったため、回収した土壌の総重量は約 9,270 kg となった。これら回収した土壌は管理区域内で適切に保管し、放射性廃棄物として委託廃棄する予定である。

現場の土層および土質は、2022 年 2 月に実施した地質調査より、地表から 0.55 m 程度は粘性土による埋土層、0.55 m 程度から 1.9 m 程度は黒ボク土による黒ボク層であることが判明している。放射能の広がりには深さ 1.5 m と確認されたため、漏えいした放射能は黒ボク層で停止していた。

なお、土壌中放射能の広がりの方針について以下のように考えた。

弊社で使用する RI は全て医薬品候補化合物である有機化合物由来であり、土中への拡散沈降のメカニズムは、有機化合物あるいはその分解物が漏えい水に溶けるあるいは懸濁状態で移動し、土壌中の粘土鉱物や土壌有機物など土壌構成物質に吸着されて静止し、また新たな漏えい水によって一部が溶け出したり流されたりして更に移動する、の繰り返しであったと推測される（参考文献 1 参照）。そのため RI を含む有機化合物が移動した土壌には RI が必ず残留するため、検出限界値未満となった土壌境界の先に検出限界値以上の RI が検出される可能性は無い。

#### ・漏えい放射能量算出

排水管が脱落した上位室である、111 室の RI 使用量から漏えい放射能量を求めようとしたが、111 室の RI 使用量とそこから排水された放射能量及び漏えい時期が明確でないため、漏えい放射能量は求められなかった。そのため土壌に確認された放射能量を漏えいした放射能量とした。

下記の算出式で計算し、<sup>3</sup>H で  $5.01 \times 10^8$  Bq、<sup>14</sup>C で  $4.11 \times 10^8$  Bq と算出した（添付 8 参照）。なお、漏えい時期が明確でないため、半減期補正は出来なかった。

$$\text{放射能量 (Bq)} = \frac{\text{サンプリングブロック上部放射能濃度} + \text{サンプリングブロック下部放射能濃度 (Bq/g)}}{2} \times \text{土壌重量 (g)}$$

#### ・発生時期推定

第一実験棟床下配管について点検した記録が残されていなかったこと、脱落箇所から RI 排水処理施設までの配管において、排水の放射能濃度を測定するシステムになっておらず、正確な脱落時期の推定は出来なかった。一方、添付 9 前提②の基、仮定した 111 室での RI 使用量と漏えいした総放射能量の関係から脱落時期の推定を試みた（添付 9 参照）。あくまでも前提を置いた推定ではあるが、脱落時期は 2010 年～2015 年頃であると推定された。

## 4.2 原因

### 4.2.1 直接的原因

#### (1) 現場状況の確認

##### ①破断面の調査結果

積水化学工業（株）環境・ライフラインカンパニー総合研究所に所属する評価分析の専門家に調査を依頼した。調査の結果（添付 10、11 参照）、破断箇所 A・脱落箇所 B 共に破断面に凹凸の激しいギザギザした波面を確認した。これは脆性破壊の特徴であり、外部応力によってほぼ瞬間的に破壊されたと推測した。

なお、塩ビ配管のカタログ値の曲げ強度から 80 Mpa 以上の応力加わったと考えられた。

##### ②吊り金具の調査結果

破断箇所 A・脱落箇所 B 共に、前後にある吊り金具（添付 10、11 参照）が、両方とも同じ方向（西北西から東南東方向）へ変形していた。そのため、この方向に大きな変異が発生したと推測した。

### ③吊り金具・振れ止め支持の設置状況調査結果

第一実験棟の RI 排水管の吊り金具の設置状況は、第三・第四実験棟および現在の参考基準より間隔が広がった。また、振れ止め支持（参考資料 1 参照）は設置されていなかった（下記表 1 参照）。第一実験棟建設当時は、吊り金具・振れ止め支持に関する明確な建築基準が無く、施工業者の計画に依存して建築されていたことが要因であると推測した。

その他の RI 管理区域である第三・第四実験棟の RI 排水管は、第三実験棟が耐火二層管（参考資料 1 参照）、第四実験棟が塩ビ管であるが、配管の損傷はなかった。その理由は下記表 1 に示す通り、吊り金具と振れ止め支持の間隔が現在の参考基準と同等であったからと推測した。

なお、破断箇所 A の報告書（添付 10）ではソケット単層となる部分が存在していたことが確認されたが、振れ止め支持の設置が現在の基準であれば、揺れの幅も半減され例えソケット単層部分が存在していても応力の集中は無く破断には至らなかったと推測した。

表 1 吊り金具と振れ止め支持の間隔

	吊り金具の設置間隔	振れ止め支持の設置間隔
第一実験棟	1.7 m	設置なし
第三・第四実験棟	1.0～1.5 m	3.2～5.1 m
参考基準※4	1.0 m (80Φ以下)、2.0 m (100Φ以下)	8.0 m

※4：公共建築工事標準仕様書より。第三・第四実験棟は公共建築でないため参考値とする

## (2) コンピューター解析によるシミュレーション

現場状況の確認の結果、変位に対して外部応力が集中しやすい箇所で破断に至っているものと推察された。そこで、そのような変位が地震の影響によるものかを検証する目的で、コンピューター解析によるシミュレーションを専門機関も交えて検討した。

検討の結果、この検証のためには第一実験棟全体を解析しなければならないことが判明した。第一実験棟全体での解析はモデル規模が大きくなり、計算規模も膨大になること、さらには、基礎、壁、床、天井などに現実に忠実な剛性（形状と材料物性値）を入力しなければ配管における実現象（割れ）と一致した結果が得られないが、これらの数値を全て正しく求めることは不可能であることから、正しい結果を得られる可能性は低いため、結果として検証は不可能であると判断した。

## (3) 要因解析

現場状況の確認結果から要因解析（添付 12 参照）を行い、破断の主要因を推測した。

現場調査の結果から、破断箇所 A・脱落箇所 B 共に外部応力よってほぼ瞬間的に破壊されたと推測されたことから、瞬間的な強い力が発生する要因を推測した。結果、「8 月 4 日に立ち入った除染業者による人為的な力」「過去に立ち入った人物による人為的な力」「侵入した動物による力」「地震による力」の 4 つの要因を推測した。

### ①8 月 4 日に立ち入った除染業者による人為的な力

8 月 4 日に立ち入った除染業者により破断させた可能性が考えられたが、破断面に埃が付着していたことから、破断してからある程度の時間が経過していると判断できるため、8 月 4 日に立ち入った除染業者による力ではないと推測した。

#### ②過去に立ち入った人物による人為的な力

第一実験棟床下に立ち入る可能性がある人物は、社内では工務課員および放射線管理課員、社外では工事業者が該当する。これらの人物が破断させたという過去の記録は存在しなかった。

念のため、退職者を含む過去の工務課員および放射線管理課員（計 7 名）に聞き取り調査を行ったところ、そのような事象は発生していなかったことを確認した。

以上により、過去に立ち入った人物による人為的な力の可能性は低いと推測した。

#### ③侵入した動物による力

第一実験棟床下に侵入した動物が配管に力をかけて破断させた可能性が考えられたが、第一実験棟床下入口は扉によって常時閉止されていたため、そこから動物が侵入する可能性は除外した。動物の種類によっては、地中や隙間から侵入することも考えられるが、第一実験棟床下土壌に動物の足跡や糞が確認されなかったことから、侵入した動物による力の可能性は低いと推測した。

#### ④地震による力

地震の揺れによって力がかかり破断した可能性が考えられる。第一実験棟自体はコンクリート構造で地震の揺れに強い構造であるが、コンクリート壁や床に連結する形で配置されている塩ビ配管は、コンクリートの揺れのはざままで力が集中し、結果として脆弱な部分が損傷する可能性はあると推測した。また、専門家による現場調査からも、吊り下げ金具の変形状況については地震の揺れによる変形の可能性が高いと推測したことから、同様の力が塩ビ配管にもかかっていたことが判明している。

以上の事から、地震により配管が想定していた位置より大きく変位したことにより配管に変形が生じると共に、その応力が破断する箇所に集中したため、配管の破壊強度を超え破断・脱落に至ったと推察された。

#### (4) 結論

現場状況および要因解析の結果、振れ止め支持のなかった RI 排水管の破断または脱落の原因は、地震による強い揺れによって強い力が一気にかけたことによる可能性が最も高いと推測した。

#### 4.2.2 間接的原因

所内で知見者を交えて間接的要因を考えたところ、下記 2 点が挙げられた。

##### (1) 自主点検において当該配管が対象外であったこと

当該配管が設置された第一実験棟床下は、人が容易に入れる構造では無かったことから点検を行っていなかった（第三・第四実験棟は点検できる構造であり点検が実施されていた）。また、放射線障害予防規程では、自主点検の実施や頻度については規定されていたが、点検項目や具体的な内容までは規定されておらず、放射線取扱主任者以外の者が見直すような仕組みが無かった。結果として第一実験棟床下配管は建設当初から事象発覚まで自主点検項目に含まれなかった。従って、配管の劣化や損傷状況を把握し予防保全対策を講ずることや、劣化や損傷状況を早期に発見することが出来なかった。

##### (2) 第一実験棟の床下を RI 管理区域に設定していなかったこと

第一実験棟の床下土壌にコンクリート舗装等の防水措置を施していなかった。つまり、施設構造において配管破断の可能性を考慮しておらず、フェイルセーフ構造（参考資料 1 参照）となっていなかった。

#### 4.3 対策

##### 4.3.1 直接的原因（地震等の揺れ）の対策

第一実験棟については、2022 年 12 月までに RI 排水管を全て撤去しており、対策は不要である。



第二実験棟については、2007年2月28日のRI施設廃止に伴い、排水管を全て撤去しており、対策は不要である。

その他のRI使用施設である第三・第四実験棟について対策を講じる。第三・第四実験棟は東日本大震災で被災したが、目視による点検の結果、配管の損傷は確認されなかった。その理由は4.2.1項(1)③の表1に示す通り、吊り金具と振れ止め支持の間隔が適切であったからと推測される。

しかしながら、より万全を期すため、第三・第四実験棟のRI管理区域外にあるRI排水管については、耐震性のある吊り金具を追加するといった更なる地震等の揺れ対策を講じることとする。

上記の内容を、2023年度の設備更新計画として2023年度中に実行する。

#### 4.3.2 間接的原因の対策

##### (1) 自主点検帳票の定期的な見直し

自主点検の帳票は実施毎に放射線取扱主任者が見直し、実施前に社内の設備管理担当者および自主点検実施者へ公開し検討することによって、設備に関する専門知識を有する者の評価や意見を取り入れる仕組みとする。また、放射線取扱主任者は適切な見直しが行えるよう、常に最新の知見を取り入れるように努めることもルール化する。

上記の内容およびその実施手順を2022年下期に実施した業務改善活動で2023年3月に取り纏めた。その成果を放射線障害予防規程の下部規程にあたる標準操作手順書に2023年6月末に定めた。

##### (2) RI排水管が存在する非RI管理区域のRI管理区域化

第三・第四実験棟については、万が一漏えいが発生しても十分に回収できるフェイルセーフ構造に変更した後にRI管理区域化する。(2023年6月時点でRI使用施設の変更申請書作成中)構造上等の問題ですぐにRI管理区域化出来ない部屋については、RI排水管に漏水検知器を設置する等、漏水が発生したら直ぐに確認できるようなシステムを導入する。将来的には構造上等の問題を全てクリアし、RI排水管が通るエリアは全てRI管理区域化する(添付13参照)。

さらに万全を期すため、点検が出来なかった埋設されているRI排水管は、全て地上化すると共に、RI排水管の通るエリアは万が一漏えいが発生しても十分に回収できるフェイルセーフ構造に変更した後にRI管理区域化する(2023年6月時点で地上化する業者の選定及びRI使用施設の変更申請書を作成中である)。上記の内容は、2023年度の実行計画に定めており、2023年度末までに実行する。

#### 4.4 環境への影響等

##### 4.4.1 環境への影響

以下の評価結果から、環境への影響はない。

###### <土壌回収結果からの評価>

土壌中放射能濃度が検出限界値未満となった深さ1.5mから湧水が確認されなかったことから、漏えいしたRIは全て土壌に留まり、地下水に流入していないことを確認した。なお、2022年2月に実施した敷地内ボーリング調査により、敷地内地下水は一番浅いところで深さ5.53m~5.81mにあると確認されている。また、第一実験棟床下は、コンクリートと土壌に囲まれた床下空間という閉鎖的な場所のため、風雨により周辺に拡散する可能性はない。

###### <空間線量率からの評価>

事象発覚から土壌の回収が完了した2022年12月まで週1回、第一実験棟周辺の空間線量率を測定した結

果は全て 0.07  $\mu\text{Sv/h}$ ~0.09  $\mu\text{Sv/h}$  であり、自然界に存在する放射線と同程度であった。

<井戸水からの評価>

事象発覚以前から実施している半年に一度の近隣井戸水中放射能測定（事業所境界から約 200 m）において、記録が残っている 1999 年から現在までの測定結果、および事象発覚後から 2023 年 2 月まで月 1 回実施した測定結果は全て自然界に存在する放射能と同程度であった（添付 14 参照）。また、事象発覚から 2023 年 2 月まで週 1 回、事業所内の井戸水中放射能を測定した結果は全て自然界に存在する放射能と同程度であった（添付 14 参照）。

<土壌に漏えいした放射能濃度からの評価>

破断箇所 A 直下の土壌から RI は検出されなかった。

脱落箇所 B の土壌中放射能濃度は  $^3\text{H}$  で  $2.9 \times 10^3 \text{ Bq/g}$ 、 $^{14}\text{C}$  で  $2.1 \times 10^3 \text{ Bq/g}$  であり、科学技術庁告示第 5 号の下限濃度（RI と認められる濃度、 $^3\text{H}$ : $1.0 \times 10^6 \text{ Bq/g}$ 、 $^{14}\text{C}$ : $1.0 \times 10^4 \text{ Bq/g}$ 、（参考資料 1 参照））以下であった。

<参考：漏えいした放射エネルギーの比較参考>

環境への評価ではないが、土壌に漏えいした放射エネルギーの比較参考として、当事業所が法令に準じて 1 週間に環境へ放出した RI 液体廃棄物の放射エネルギーと原子力安全協定に定めた RI 液体廃棄物年間放出量管理目標値を記載する。

下記の通り、脱落箇所 B から土壌に漏えいした放射エネルギーは、RI 液体廃棄物年間放出量管理目標値の 0.2% 未満であり、この値は当事業所が 1 週間で処理する液体廃棄物の放射エネルギーとほぼ同等であった。

漏えいした放射エネルギーと通常環境へ放出している放射エネルギーの比較参考	$^3\text{H}$	$^{14}\text{C}$
脱落箇所 B から土壌に漏えいした放射エネルギー	$5.01 \times 10^8 \text{ Bq}$	$4.11 \times 10^8 \text{ Bq}$
1 週間に放出した RI 液体廃棄物の放射エネルギー（2023 年 3 月 2 週目実績）	$7.40 \times 10^8 \text{ Bq}$	$3.26 \times 10^8 \text{ Bq}$
原子力安全協定に定めた RI 液体廃棄物年間放出量管理目標値	$8.0 \times 10^{11} \text{ Bq}$	$2.6 \times 10^{11} \text{ Bq}$

#### 4.4.2 人体への影響

以下の評価結果から、人体への影響はない。

(1) 内部被ばく

<土壌回収の結果からの評価>

漏えいした RI は全て第一実験棟地下の土壌に留まっていたため、地下水による内部被ばくの影響はない。また、第一実験棟床下はコンクリートと土壌に囲まれた床下空間という閉鎖的な場所のため、蒸発した気体による内部被ばくの影響もない。

<漏えい量からの評価>

漏えいした総放射エネルギーは  $^3\text{H}$  で  $5.01 \times 10^8 \text{ Bq}$ 、 $^{14}\text{C}$  で  $4.11 \times 10^8 \text{ Bq}$  であった。この 1% が蒸発してそれを一人の人間が吸入したと仮定すると、内部被ばくにおける被ばく量である預託実効線量（参考資料 1 参照）は  $^3\text{H}$  で  $0.205 \text{ mSv}$ 、 $^{14}\text{C}$  で  $0.027 \text{ mSv}$ 、計  $0.232 \text{ mSv}$  となる。なお、実効線量係数は  $^3\text{H}$  で  $4.1 \times 10^{-8} \text{ mSv/Bq}$ 、 $^{14}\text{C}$  で  $6.5 \times 10^{-9} \text{ mSv/Bq}$  を採用した。

これは公衆被ばくの実効線量限度（ $1 \text{ mSv/年}$ 、参考資料 1 参照）より低い値である。

<現場対応者の内部被ばく評価の結果からの評価>

現場発見及び汚染検査対応を行った除染業者及び弊社放射線取扱主任者の内部被ばく評価（評価方法：バイオアッセイ法（参考資料1参照））において、有意な値を示した者はいなかった。

＜放射線業務従事者の内部被ばく評価の結果からの評価＞

過去の放射線業務従事者の内部被ばく評価（評価方法：バイオアッセイ法）において、有意な値を示した者はいなかった。

## (2) 外部被ばく

脱落箇所 B の空間線量率を測定した結果は 0.07  $\mu\text{Sv/h}$ ～0.09  $\mu\text{Sv/h}$  であり、自然界に存在する放射線と同程度であったため、外部被ばくの影響はない。なお、当施設の排水は、 $^3\text{H}$  と  $^{14}\text{C}$  のみを流す運用だが、 $\gamma$  線核種の漏えいが無いことを確認する目的で測定を行った。

## 5 今後の対応

今後は、再発防止のために上げた 4.3 項に示した対策を計画的に進めると共に、対策が有効であることを定期的に評価し、有効性が確認できなかった場合は改善に努めていくこととする。また、再びこのような事故を起こさないよう、放射線施設の適切な維持管理に努める。

## 6 添付書類

添付 1：発生場所図面等（創薬支援センター全体、第一実験棟外観、破断等確認箇所）

添付 2：破断箇所 A 状況

添付 3：第三者機関による破断箇所 A 直下および切り離し部土壤測定結果

添付 4：脱落箇所 B 状況

添付 5：測定回収状況図

添付 6：脱落箇所 B 土壤測定回収結果

添付 7：第三者機関による 111 室床下土壤境界測定結果

添付 8：サンプリングブロック計算方法

添付 9：脱落時期推定

添付 10：破断箇所 A 調査結果

添付 11：脱落箇所 B 調査結果

添付 12：要因解析図

添付 13：RI 管理区域化予定箇所図面

添付 14：井戸水測定結果

参考資料 1：用語類の解説

参考文献 1：中野正詩（1993）「土壤中における溶解物質の移動予測のシナリオ」土壤の物理特性、第 67 号、P.51~57

以上

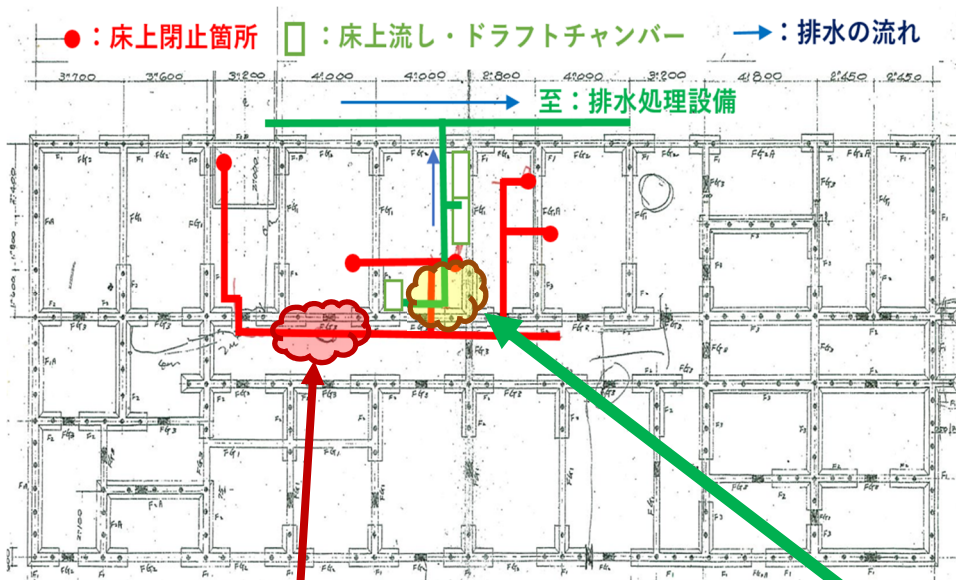
添付 1：発生場所図面等（創薬支援センター全体、第一実験棟外観、破断等確認箇所）



創薬支援センター 全体写真（標高約 30m）



第一実験棟外観写真



破断等確認箇所



破断箇所 A



脱落箇所 B

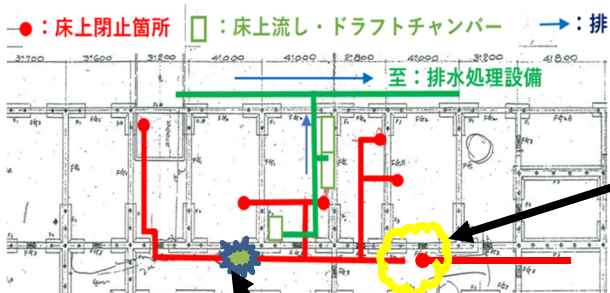
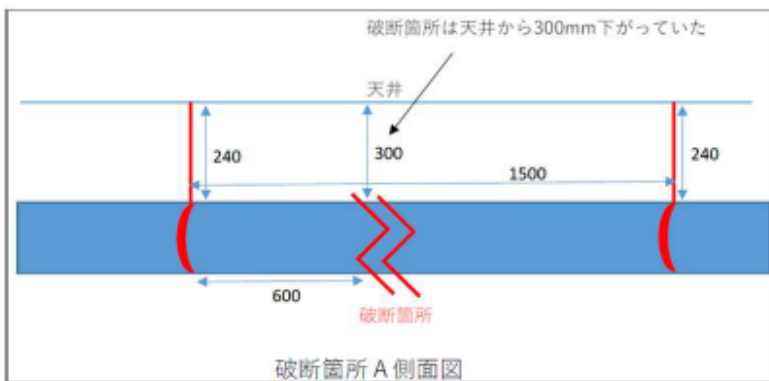
添付 2 : 破断箇所 A 状況

### 【破断箇所 A : 残置配管】

配管 : 塩ビ管 内径 50φ (テーロン製)  
➡ 直管を吊り金具で固定

破断部位 : ソケット継手接続部

使用期間 : 施工 1973 年から 75 年の 3 年間



切り離し部直下土壌から  
放射能は検出されなかった



破断箇所 A 直下土壌から  
放射能は検出されなかった

# 添付3-1: 第三者機関による破断箇所A直下および切り離し部土壌測定結果

測定機関: (株)日本環境調査研究所

## 1. 測定結果概要

試料名	領域	放射性物質濃度 ( Bq/g )	検出限界濃度 ( Bq/g )
A	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.1E+00
A切り離し	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00

## 2. 分析・測定方法

### 2-1. 試料調整方法

受け取った土壌試料は分析前に全体が均質になるように、よく混合しておく。

### 2-2. <sup>3</sup>H・<sup>14</sup>C 分析・測定方法

<sup>3</sup>H・<sup>14</sup>Cの分析は、酸素気流中燃焼法により行う。燃焼装置を図1に示す。

測定は、液体シンチレーション測定装置で、外部放射線に対して十分な遮蔽能力を有するものである。

以下に H-3・C-14 分析及び測定手順を示す。

- 1) 酸化銅の触媒用電気炉の温度を800℃に、試料用電気炉の温度を900℃に昇温する。
- 2) 2-アミノエタノール2ml を入れた H/C トラップ管を燃焼管出口と接続し、エアポンプを稼働する。
- 3) 試料0.5g の入った燃焼ポートを試料用電気炉燃焼管内にセットし、100ml/min の流量で酸素ガスを流して60分間捕集を継続する。
- 4) 捕集終了後、トラップ管はメタノール8ml で管内部に付着した2-アミノエタノールをバイアル容器に洗淨回収し、乳化シンチレータ8ml を添加して、測定試料とする。
- 5) 測定バイアル容器を液体シンチレーション測定装置にセットし測定する。測定時間は10分とする。

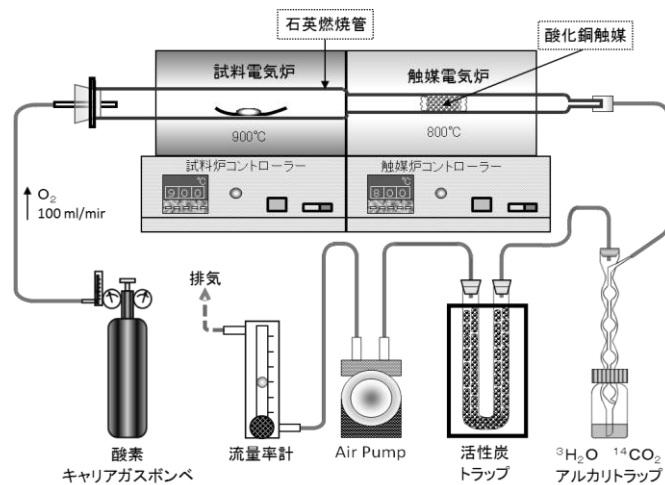


図1 酸素気流中燃焼装置

## 3. 検出限界計値の算出

自然計数率 (cpm) と測定時間 (min) から領域の検出限界計数率 (cpm) を求め、この値と領域の計数効率から検出限界値 (dpm) を算出する。なお、検出限界計数率 (cpm) は次式により算出する。

$$nd = \frac{k}{2} \left\{ \frac{k}{ts} + \sqrt{\left(\frac{k}{ts}\right)^2 + 4nb \left(\frac{1}{ts} + \frac{1}{tb}\right)} \right\}$$

nd : 検出限界計数率 (cpm)      nb : 自然計数率 (cpm)  
 tb : 自然計数率測定時間 (min)    ts : 試料測定時間 (min)  
 k : 3

## 添付3-2

### 4. 測定機器

液体シンチレーション測定器 PerkinElmer Tri-Carb 5110TR

### 5. 分析日

令和 4年 10月 24日

### 6. 測定日

令和 4年 10月 25日

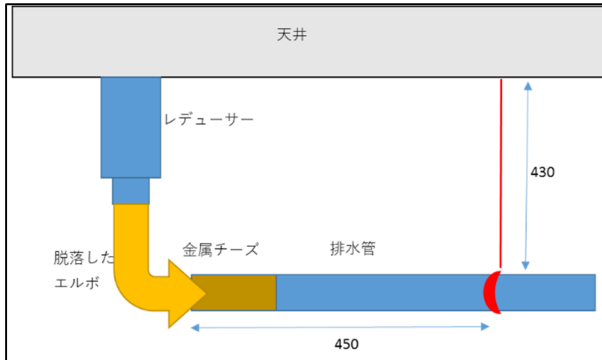
添付4：脱落箇所B状況

配管：111室床ドレンであるレデューサーから  
エルボ、金属チーズを通して排水管に接続

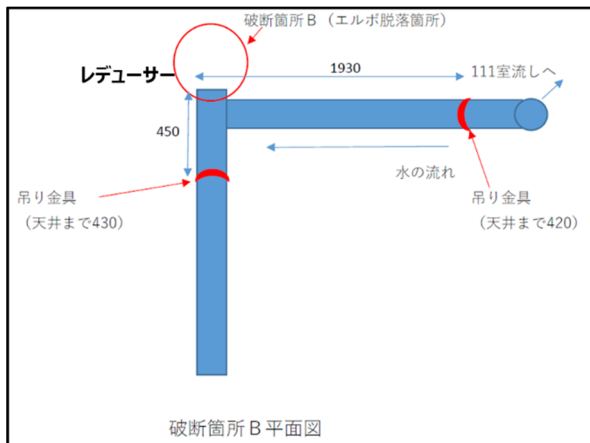
破断部位：レデューサー下部（塩ビ製）

エルボ管バルブソケット部（塩ビ製）

使用期間：1975年～2020年3月



【脱落箇所B立面図】



【脱落箇所B平面図】

レデューサー



【脱落箇所B】

脱落したエルボ

金属チーズ



【レデューサー破損部】

破断したバルブソケット



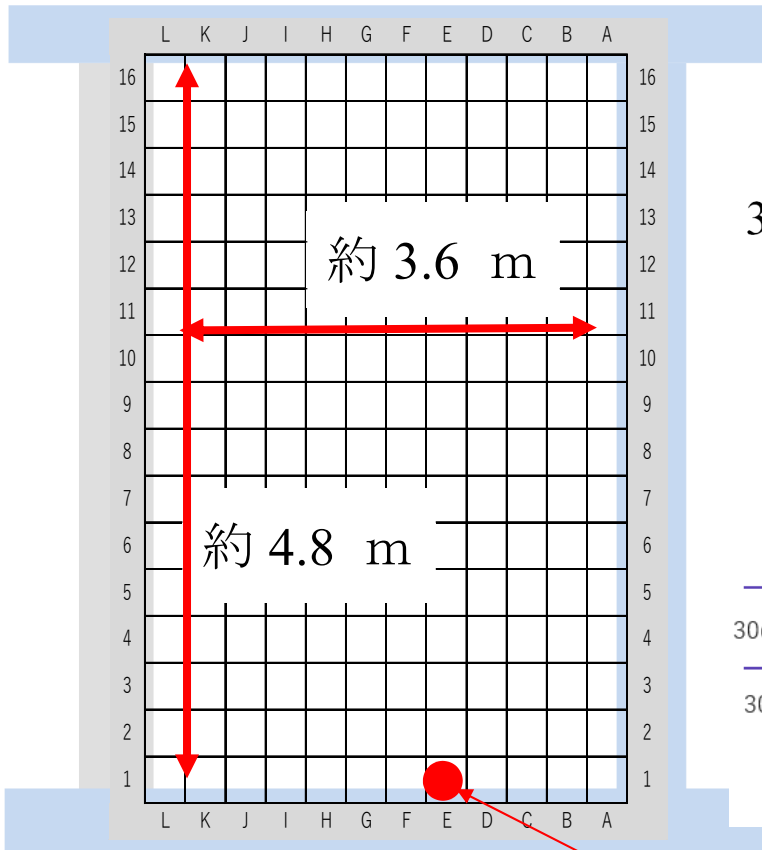
【エルボ管バルブソケット破損状況】



【金属チーズ接続部】

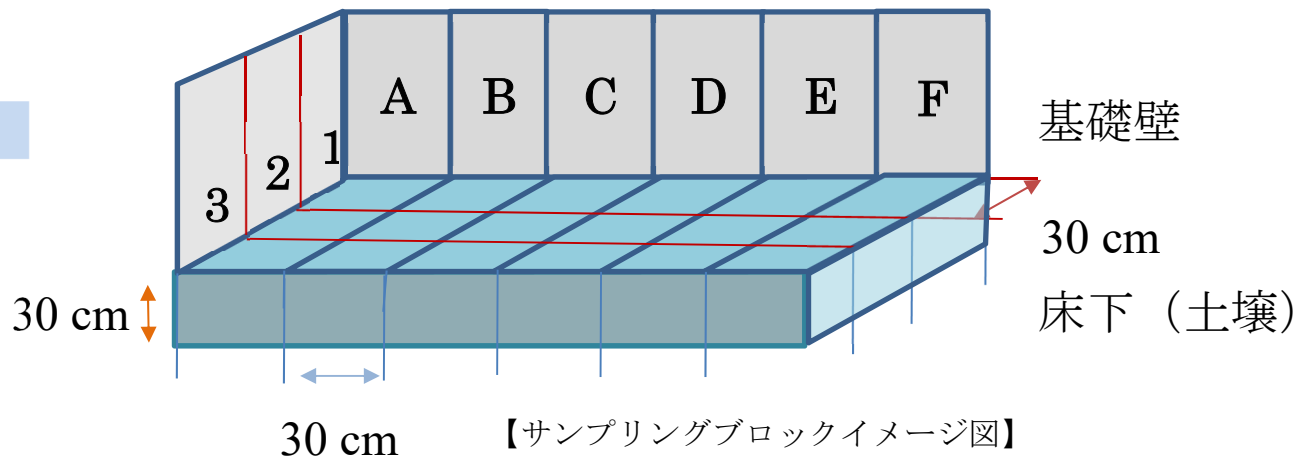


添付5：測定回収状況図

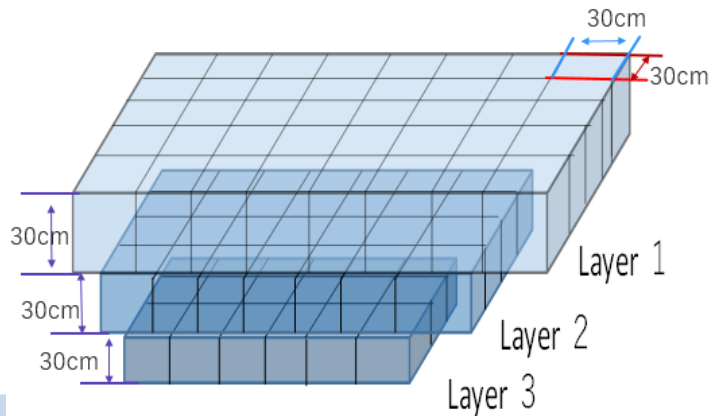


【111室床下メッシュ状況】

脱落箇所



【サンプリングブロックイメージ図】

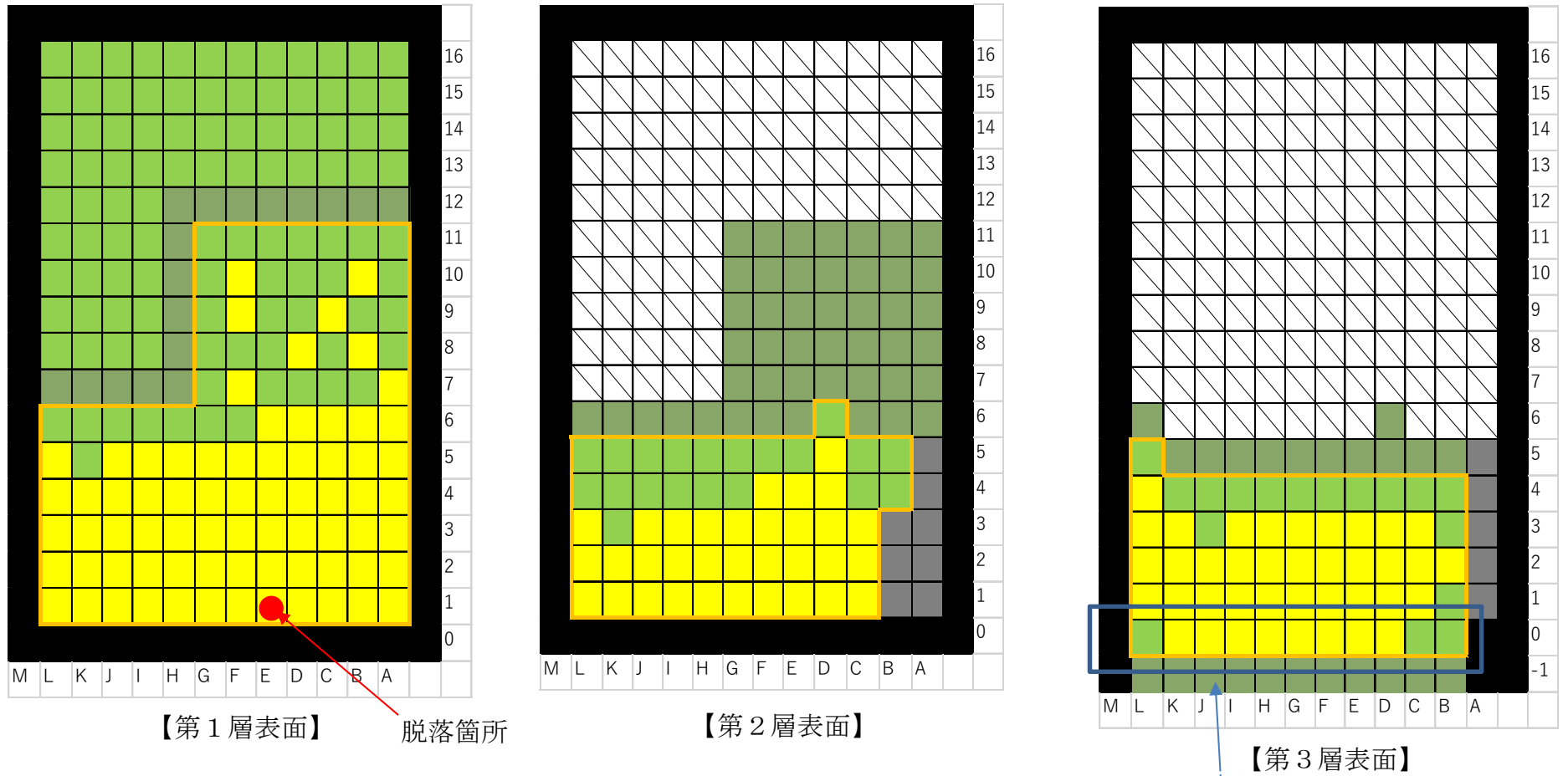


【深さ方向イメージ図】



【土壌サンプル採取状況】

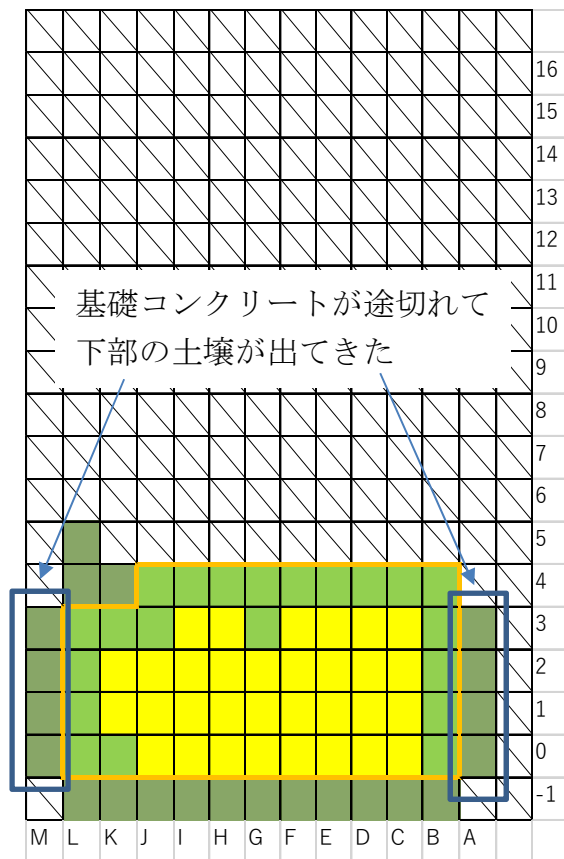
添付6-1：脱落箇所B 土壌測定回収結果



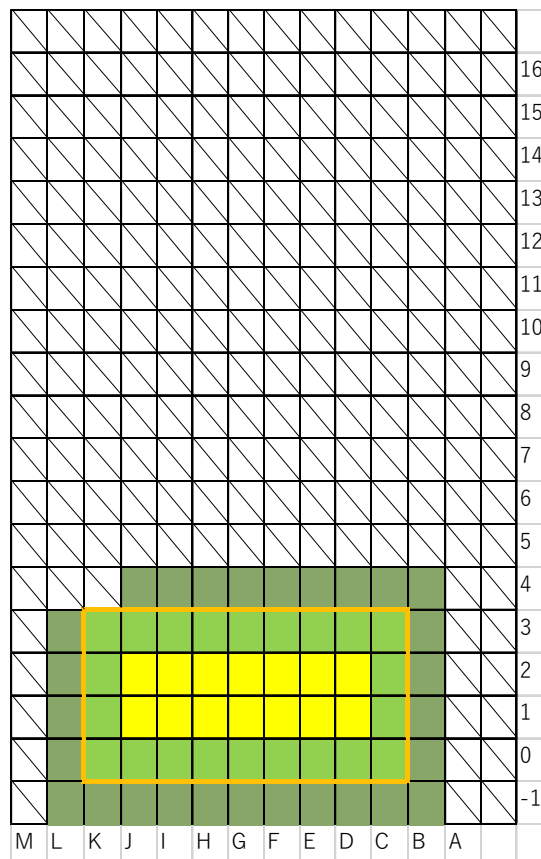
- 検出※
- 不検出
- 基礎コンクリート
- コンクリート塊
- 境界線（内側の土壌を回収した）
- 不検出(第三者機関測定)
- 境界線の外側

※： $^3\text{H}$ か $^{14}\text{C}$ のどちらか片方でも検出限界値以上となったら検出とした

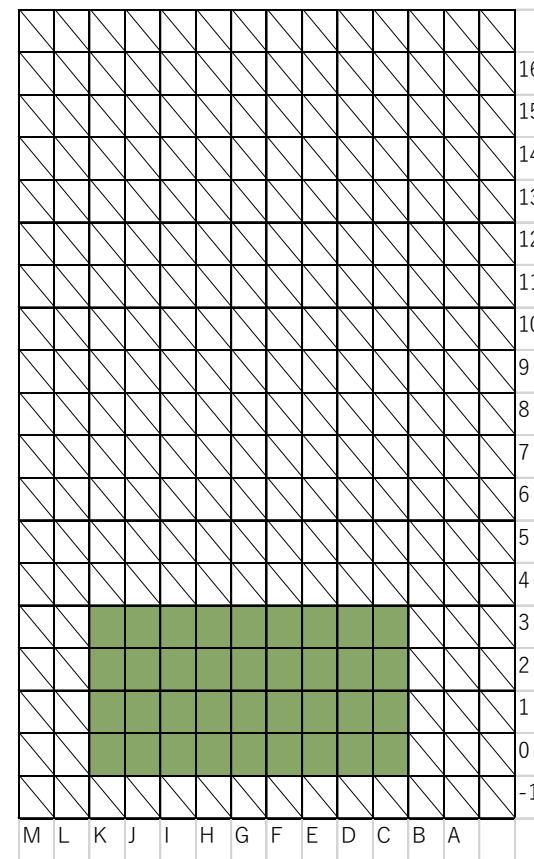
添付6-2



【第4層表面】



【第5層表面】



【第6層表面】

- |                  |              |          |         |
|------------------|--------------|----------|---------|
| 検出※              | 不検出          | 基礎コンクリート | コンクリート塊 |
| 境界線 (内側の土壌を回収した) | 不検出(第三者機関測定) | 境界線の外側   |         |

※： $^3\text{H}$ か $^{14}\text{C}$ のどちらか片方でも検出限界値以上となったら検出とした

添付6-3



【111 室地下土壤回収後状況写真】

添付7-1：第三者機関による脱落箇所B土壌測定結果

測定機関：(株)日本環境調査研究所

1. 測定結果概要

試料名	核種	放射性物質濃度 ( Bq/g )	検出限界濃度 ( Bq/g )
1層 A-12	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.1E+00
1層 B-12	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
1層 C-12	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
1層 D-12	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
1層 E-12	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
1層 F-12	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.1E+00
1層 G-12	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
1層 H-7	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
1層 H-8	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
1層 H-9	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
1層 H-10	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
1層 H-11	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
1層 H-12	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
1層 I-7	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
1層 J-7	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
1層 K-7	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.1E+00
1層 L-7	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
2層 A-6	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
2層 A-7	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
2層 A-8	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
2層 A-9	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
2層 A-10	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00

試料名	核種	放射性物質濃度 ( Bq/g )	検出限界濃度 ( Bq/g )
2層 A-11	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.1E+00
2層 B-6	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.1E+00
2層 B-7	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
2層 B-8	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
2層 B-9	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
2層 B-10	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.1E+00
2層 B-11	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
2層 C-6	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
2層 C-7	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
2層 C-8	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
2層 C-9	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
2層 C-10	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
2層 C-11	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
2層 D-7	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
2層 D-8	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
2層 D-9	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
2層 D-10	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
2層 D-11	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.1E+00
2層 E-6	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
2層 E-7	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
2層 E-8	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
2層 E-9	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00

試料名	核種	放射性物質濃度 ( Bq/g )	検出限界濃度 ( Bq/g )
2層 E-10	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
2層 E-11	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
2層 F-6	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
2層 F-7	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
2層 F-8	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
2層 F-9	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
2層 F-10	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
2層 F-11	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
2層 G-6	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
2層 G-7	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
2層 G-8	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.9E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.1E+00
2層 G-9	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
2層 G-10	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
2層 G-11	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
2層 H-6	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.1E+00
2層 I-6	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
2層 J-6	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
2層 K-6	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.1E+00
2層 L-6	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
3層 B - (-1)	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.3E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
3層 B - 5	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.2E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	9.9E-01
3層 C - (-1)	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.4E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00

試料名	核種	放射性物質濃度 ( Bq/g )	検出限界濃度 ( Bq/g )
3層 C -5	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.3E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
3層 D -(-1)	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.3E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
3層 D -5	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.3E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
3層 D -6	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.3E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
3層 E -(-1)	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.4E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
3層 E -5	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.4E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
3層 F -(-1)	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.3E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
3層 F -5	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.3E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
3層 G -(-1)	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.4E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
3層 G -5	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.3E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
3層 H -(-1)	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.4E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
3層 H -5	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.3E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
3層 I -(-1)	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.4E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
3層 I -5	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.4E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
3層 J -(-1)	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.3E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
3層 J -5	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.4E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
3層 K -(-1)	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.4E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
3層 K -5	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.4E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
3層 L -(-1)	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.4E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
3層 L -6	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.3E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
4層 A -0	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.4E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
4層 A -1	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.4E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00



試料名	核種	放射性物質濃度 ( Bq/g )	検出限界濃度 ( Bq/g )
4層 A -2	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.4E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
4層 A -3	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.3E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
4層 B - (-1)	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.3E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
4層 C - (-1)	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.3E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
4層 D - (-1)	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.3E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
4層 E - (-1)	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.4E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
4層 F - (-1)	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.3E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
4層 G - (-1)	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.3E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
4層 H - (-1)	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.4E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
4層 I - (-1)	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.3E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
4層 J - (-1)	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.3E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
4層 K - (-1)	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.4E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
4層 K -4	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.3E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
4層 L - (-1)	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.4E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
4層 L -4	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.4E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
4層 L -5	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.2E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
4層 M -0	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.2E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	9.9E-01
4層 M -1	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.4E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
4層 M -2	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.4E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
4層 M -3	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.4E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
5層 B - (-1)	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.4E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
5層 B -0	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.4E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00

試料名	核種	放射性物質濃度 ( Bq/g )	検出限界濃度 ( Bq/g )
5層 B-1	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.3E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
5層 B-2	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.4E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
5層 B-3	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.3E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
5層 B-4	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.4E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
5層 C-(-1)	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.3E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
5層 C-4	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.4E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
5層 D-(-1)	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.4E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
5層 D-4	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.3E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
5層 E-(-1)	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.4E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
5層 E-4	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.5E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
5層 F-(-1)	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.4E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
5層 F-4	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.4E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
5層 G-(-1)	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.3E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
5層 G-4	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.5E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.1E+00
5層 H-(-1)	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.4E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
5層 H-4	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.5E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
5層 I-(-1)	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.5E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
5層 I-4	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.5E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
5層 J-(-1)	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.4E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
5層 J-4	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.4E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
5層 K-(-1)	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.4E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00
5層 L-(-1)	$^3\text{H}$	検出限界未満	2.4E+00
	$^{14}\text{C}$	検出限界未満	1.0E+00

試料名	核種	放射性物質濃度 ( Bq/g )	検出限界濃度 ( Bq/g )
5層 L-0	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.4E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
5層 L-1	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.4E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
5層 L-2	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.4E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
5層 L-3	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.4E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
6層 C-0	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.4E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
6層 C-1	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.3E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
6層 C-2	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.4E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
6層 C-3	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.3E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
6層 D-0	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.4E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
6層 D-1	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.3E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
6層 D-2	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
6層 D-3	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.4E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
6層 E-0	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.4E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
6層 E-1	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.4E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
6層 E-2	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.3E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
6層 E-3	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.4E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
6層 F-0	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
6層 F-1	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.4E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
6層 F-2	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.4E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
6層 F-3	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.4E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
6層 G-0	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.3E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
6層 G-1	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.4E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00

試料名	核種	放射性物質濃度 ( Bq/g )	検出限界濃度 ( Bq/g )
6層 G-2	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.5E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
6層 G-3	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.3E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
6層 H-0	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.4E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
6層 H-1	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.4E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
6層 H-2	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.4E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
6層 H-3	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.4E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
6層 I-0	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.4E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
6層 I-1	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.3E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
6層 I-2	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.4E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
6層 I-3	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.4E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
6層 J-0	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.4E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
6層 J-1	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.3E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
6層 J-2	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.4E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
6層 J-3	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.4E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
6層 K-0	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.4E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
6層 K-1	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.4E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
6層 K-2	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.4E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00
6層 K-3	<sup>3</sup> H	検出限界未満	2.4E+00
	<sup>14</sup> C	検出限界未満	1.0E+00

## 2. 分析・測定方法

## 2-1. 試料調整方法

受け取った土壌試料は分析前に全体が均質になるように、よく混合しておく。

2-2.  $^3\text{H} \cdot ^{14}\text{C}$  分析・測定方法

$^3\text{H} \cdot ^{14}\text{C}$ の分析は、酸素気流中燃焼法により行う。燃焼装置を図1に示す。

測定は、液体シンチレーション測定装置で、外部放射線に対して十分な遮蔽能力を有するものである。

以下に H-3・C-14 分析及び測定手順を示す。

- 1) 酸化銅の触媒用電気炉の温度を800°Cに、試料用電気炉の温度を900°Cに昇温する。
- 2) 2-アミノエタノール2ml を入れた H/Cトラップ管を燃焼管出口と接続し、エアープンプを稼働する。
- 3) 試料0.5g の入った燃焼ポートを試料用電気炉燃焼管内にセットし、100ml/min の流量で酸素ガスを流して60分間捕集を継続する。
- 4) 捕集終了後、トラップ管はメタノール8ml で管内部に付着した2-アミノエタノールをバイアル容器に洗浄回収し、乳化シンチレータ8ml を添加して、測定試料とする。
- 5) 測定バイアル容器を液体シンチレーション測定装置にセットし測定する。測定時間は10分とする。

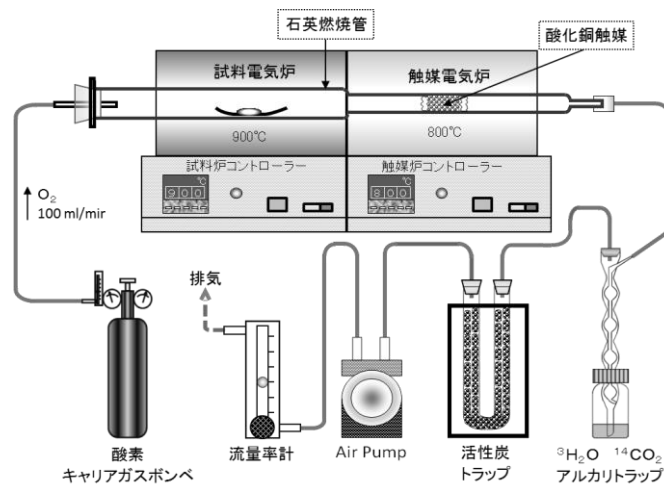


図1 酸素気流中燃焼装置

## 3. 検出限界計値の算出

自然計数率 (cpm) と測定時間 (min) から領域の検出限界計数率 (cpm) を求め、この値と領域の計数効率から検出限界値 (dpm) を算出する。なお、検出限界計数率 (cpm) は次式により算出する。

$$nd = \frac{k}{2} \left\{ \frac{k}{ts} + \sqrt{\left(\frac{k}{ts}\right)^2 + 4nb\left(\frac{1}{ts} + \frac{1}{tb}\right)} \right\}$$

- $nd$  : 検出限界計数率 (cpm)       $nb$  : 自然計数率 (cpm)  
 $tb$  : 自然計数率測定時間 (min)     $ts$  : 試料測定時間 (min)  
 $k$  : 3

出典：JAERI-5002保険物理部の活動1960年

4. 測定機器

液体シンチレーション測定器 PerkinElmer Tri-Carb 5110TR

5. 分析日

令和4年12月1日～令和5年2月7日

6. 測定日

令和4年12月3日～令和5年2月8日