

令和2年5月7日

原子力規制委員会 殿

広島県広島市西区南観音六丁目2番13号
株式会社ウイズソル
代表取締役社長 外輪 純久

放射性同位元素（イリジウム192）線源を用いた非破壊検査実施時における
放射線業務従事者の計画外被ばくについて

放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律施行規則第28条の3の規定に基づき、令和元年5月7日付けでご報告した標記の件について、原因と対策をとりまとめましたので、下記のとおり報告いたします。

記

1. 報告者

広島県広島市西区南観音六丁目2番13号
株式会社ウイズソル
代表取締役社長 外輪 純久

2. 件名

放射性同位元素（イリジウム192）線源を用いた非破壊検査実施時における放射線業務従事者の計画外被ばくについて

3. 発生場所

山口県周南市の化学工場内

弊社は、当該化学工場内において、放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律第10条6項（許可使用に係る使用の場所の一時的変更届）に基づき従前より、直近の3ヶ月間延べ配管検査箇所100箇所程度、1週間延べ10箇所程度、非破壊検査及び開発中の非破壊検査機器実証試験を実施している。

4. 事象の内容

これまで弊社は、数年をかけ開発中のガンマ線透過試験装置（図-1参照）を用いた保温配管腐食減肉検査手法（放射線カウンタを使用した実証試験：線源より出てくるガンマ線を受信し、データをパソコンで処理し画像に変換し腐食・減肉の状態が見える化する試験）を実施してきた。当該試験装置は密封線源（イリジウム192、370GBq）を内蔵したガンマ線透過試験装置（線源容器の構造を図-2に示す。）である。

平成31年4月23日、放射線業務従事者（以下「従事者」という。）2名が配管の撮影

業務に従事した。内従事者 1 名が撮影位置を変更するため、試験装置の配置を変更する作業を行った際、線源が遮蔽機能を有した線源容器に収納されておらず、当該従事者 1 名の被ばく線量が計画外被ばく線量の 5mSv を超えたため法令報告となった。

以下に、計画外被ばくの経緯を示す。

従事者 A・B・C・D の 4 名で行っていた。その概要を以下に示す。

従事者	A	B	C	D
メイン業務内容	実証試験責任者	監視人	線源操作者	運搬作業者
保有資格	・第二種放射線取扱主任者 ・ガンマ線作業主任者	・エックス線作業主任者	・エックス線作業主任者 ・ガンマ線作業主任者	・エックス線作業主任者 ・ガンマ線作業主任者
作業経験年数	11 年	27 年	14 年	22 年
性別	男性	男性	男性	男性
年齢	40 代	40 代	40 代	40 代
放射線業務従事者指定の有無	有	有	有	有

・平成 31 年 4 月 23 日

8:00 頃

従事者 3 名 (A・B・C) が、弊社山口営業所 (所在地：山口県周南市 (以下「営業所」という。)) にて試験実施対象箇所及び試験施工要領について作業打ち合わせを実施した。

9:00 頃

従事者 3 名 (A・B・C) が、営業所より当該化学工場内へ資機材運搬した。

(非破壊検査場所は 5 階建てのプラント 5 階部分 (図—10・11 参照))

9:15 頃

従事者 (B・C) が、資機材 (線源等) をプラント 1 階へ仮置きした。

従事者 (A) は、資機材が多く車両 1 台では積みきれなかったため、別の車両で資機材をプラント 1 階へ仮置きした。

10:00 頃

従事者 (A・B・C) は、作業予定場所 (プラント 5 階 (図—11 参照)) に資機材搬入開始した。

10:15 頃

従事者 (C) は、当該化学工場の担当者に呼ばれたため、搬入作業を中止し作業場所から離れて、構内の別の作業場所へいった。

従事者 (D) は、運搬作業者が不足するため、運搬助成をしに来た。

11:00 頃

従事者（D）は、作業場所（プラント 5 階）への搬入が完了し、別の作業場所へ移動した。

従事者（C・D）が、この時点で作業場所から離れたため、当該作業場所には不在となった。

従事者（A・B）は、その後管理区域の設定及び実証試験の準備を開始した。

11:30 頃

事前に当該化学工場の担当者から、昼休憩終了の 13:00 までに作業を完了するよう指示を受けていたため、管理区域の設定及び実証試験の準備を終え、当該化学工場の担当者に作業開始の報告をした。

従事者（B）が、作業場所 5 階への昇降設備にて監視人業務を開始した。

11:45 頃

従事者（A）が、撮影条件設定のため線源容器（図一 2 参照）から線源を送り出し、10 秒間照射した。その後、操作器（図一 1・4・5 参照）にて巻き戻し収納した。避難場所（パソコン・操作器操作場所）における線量率が低線量であることを RadEyeG10（サーモフィッシャー社製・GM 管式簡易線量計（図一 6 参照））で確認した。

12:00 頃

本作業開始。線源容器（図一 2 参照）から線源を送り出し走行機の走行を行いながら 80 秒間の予定で照射を開始した。

同時にパソコンを操作してデータ取得開始した。

走行終了後、パソコン上で画像データの保存を確認した。

その後、撮影方向配置換えのため撮影位置に近づいた。

この時、操作器の確認ボタンによる格納ランプ確認（図一 4 参照）と、距離計による確認（図一 5 参照）がされていなかった。及び、通常であればガンマ線装置担当者と共に共同で行う作業が、従事者（A）のみとなっていた。

（線源は線源容器（図一 2 参照）に収納されておらず、コリメータ（図一 3 参照）内にあった。この時、従事者（B）は、階下で監視業務を継続していた。）

12:15 頃

従事者（A）が、撮影方向配置換えが終了し操作器位置に戻り線源を送り出そうとしたとき、操作器ハンドルを回したが送り出し方向に回転しないため、線源を線源容器に収納していなかったことに気づいた。すぐに線源を線源容器に収納した。

この時、被ばくしたと思い当日の累積線量を個人線量計：RadEyeG10 で確認した。

（確認した累積線量は従事者（A）が 12.5mSv であり、従事者（B）が $5\mu\text{Sv}$ であった。）

12:20 頃

従事者（A）は、計画外被ばくしたことを確信し、従事者（B）へ報告した。

12:30 頃

従事者（A・B）は、作業継続は無理だと判断し、取り急ぎ資機材の片付け・搬出を開始した。

当該試験装置を点検した結果、線源を線源容器に収納する機能に異常はなかった。

15:15 頃

従事者（A・B）は、5階から1階へ資機材をまとめて降ろし、車両に乗せて当該化学工場内休憩室へ戻った。

15:30 頃

従事者（A）より、チーフマネージャー（A）へ電話で連絡し、計画外被ばくの事実を報告した。

（計画外被ばく累積線量は12.5mSvであったことを報告）

16:00 頃

チーフマネージャー（A）より、チーフマネージャー（B）及び本社放射線取扱主任者へ計画外被ばくの一報あり。

（計画外被ばくの実事確認を実施）

16:30 頃

チーフマネージャー（A）・チーフマネージャー（B）及び本社放射線取扱主任者より社長・会長へ報告。

16:40 頃

本社放射線取扱主任者が、測定機関へ OSL バッジ（積算型被ばく線量計（図-7 参照））の緊急測定依頼をした。

（4月24日9:00に持ち込むことを連絡した。）

17:18

法令報告について、OSL バッジの測定結果が出ていなかったこと、従事者（A）の帰社が4月24日朝9:00になるため詳細なヒヤリングができないことから、翌日に法令報告をする旨を原子力規制委員会へ連絡した。

・平成31年4月24日

9:00 頃

事象内容を社長・チーフマネージャー（B）及び本社放射線取扱主任者が従事者（A）からヒヤリングを実施した。

また、従事者（A）に電離放射線健康診断受診の指示を行った。（翌日4月25日の予約をした）

10:50

4月23日15:30に受けた時点から4月24日にかけて、事実確認・被ばく線量の測定結果 OSL バッジの暫定測定値（9.09mSv）を基に、放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律第31条の2の規定に基づく法令報告事象（放射線業務従事者の計画外の被ばく）に該当すると判断した。

11:17

原子力規制委員会へ法令報告した。

14:50 頃

営業所より本事象の発生について労働基準監督署へ届出を行った。

・平成 31 年 4 月 25 日

15:30 頃

従事者 (A) が、電離放射線健康診断を受診し、診断の結果異常なし。
その後、本社放射線取扱主任者にて診断書を確認した。

・平成 31 年 4 月 26 日

11:04

測定機関より OSL バッジの正式測定結果を FAX にて受領した。(8.7mSv)

・令和元年 5 月 16 日

従事者 (A) が、電離放射線健康診断を受診し、診断の結果異常なし。

・令和元年 10 月 21 日

従事者 (A) が、電離放射線健康診断を受診し、診断の結果異常なし。

5. 使用していた装置の概要

線源は線源容器 (大きさ : 300×290×160mm・重量 : 21 k g・遮へい体 : タングステン合金 46mm 厚) に収納され保管されている。使用時は、操作器にて巻き取られているリリースワイヤーを手動で線源容器まで送り出し、リリースワイヤーと線源ホルダーをつなぎ、線源ホルダーを線源容器から先端まで送り出し、照射が終わったらリリースワイヤーを巻き戻し、線源ホルダーを線源容器に収納する。

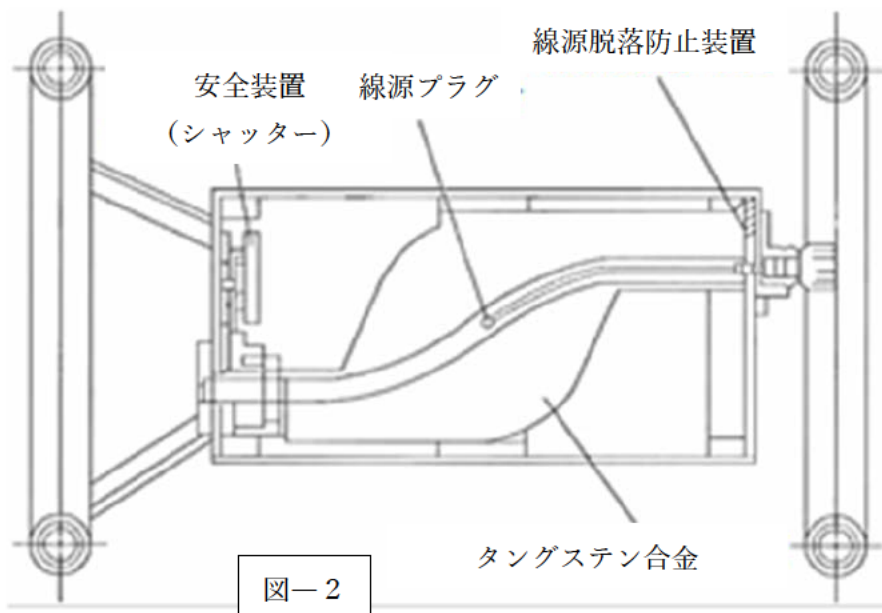
(1) 装置概要図

① 【装置構成図】

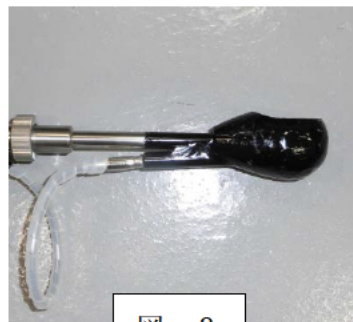


図-1

② 【線源容器】（容器断面図）



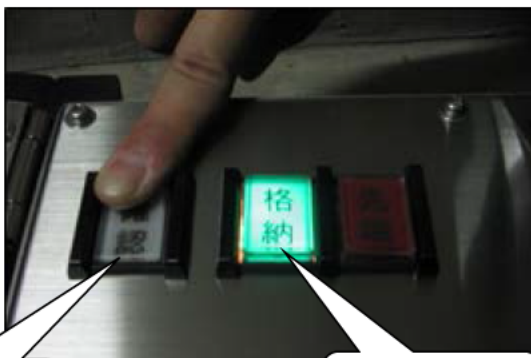
【鉛コリメータ】



線源ホルダーを鉛部分まで送り出しコリメータの鉛にて必要以外のガンマ線を遮蔽するもの。

③ 【操作器】（確認ボタン・格納ランプ）

【操作器】（距離メータ）



確認ボタン

格納ランプ

図-4



距離メータ

図-5

操作器の確認ボタン及び距離メータが“000”であることで、線源位置（線源容器に格納されていること）がわかる。

(2) 個人被ばく線量測定用具

【個人線量計：RadEyeG10】



図-6

サーモフィッシャー社製で積算線量及び線量等量率が測定できる。ポケット線量計としても活用できる。

【OSLバッジ】



図-7

積算の個人被ばく線量が測定できる。(繰り返し測定ができるメリットがある。)

1ヶ月間の測定に用いる。

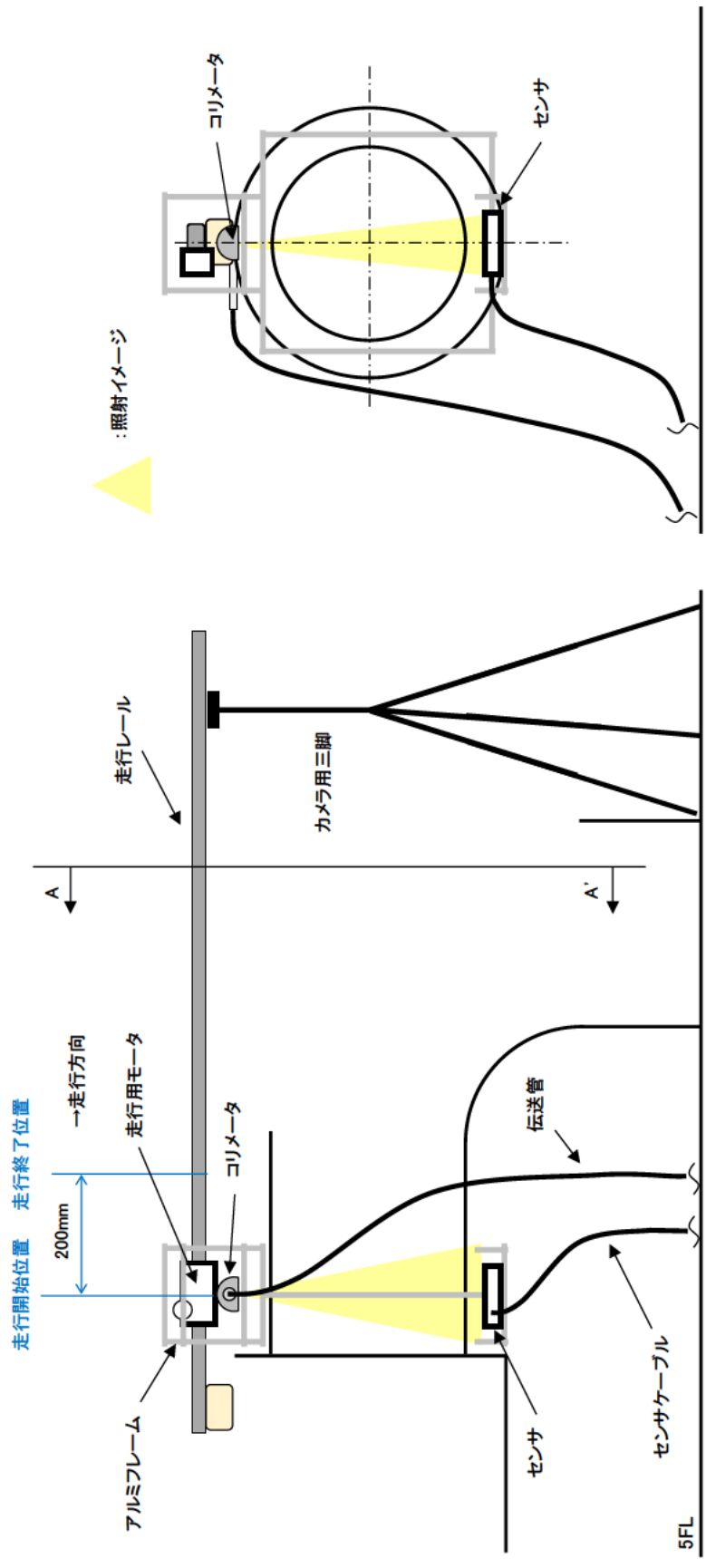
6. データ取得作業（撮影配置）概要

(図-8) にデータ取得概要を示す。

配管の上部にコリメータを設置し、反対方向（下面）にセンサーをセットする。操作器にてコリメータまで線源を送り出し、コリメータとセンサーを一体化し、200mm走行させ、200mm部分の腐食・減肉部のデータをとる。

次に(図-9) に示すように配管上部のコリメータと反対方向（下面）にあったセンサーを上下逆転させ、(図-8) と反対方向に走らせデータをとる。この予定で配置換えを行った際、線源ホルダーがコリメータの先端にあったままの状態であったため、5mSvを超える計画外被ばくを起こした。

北 ← 【1回目データ取得概要図】



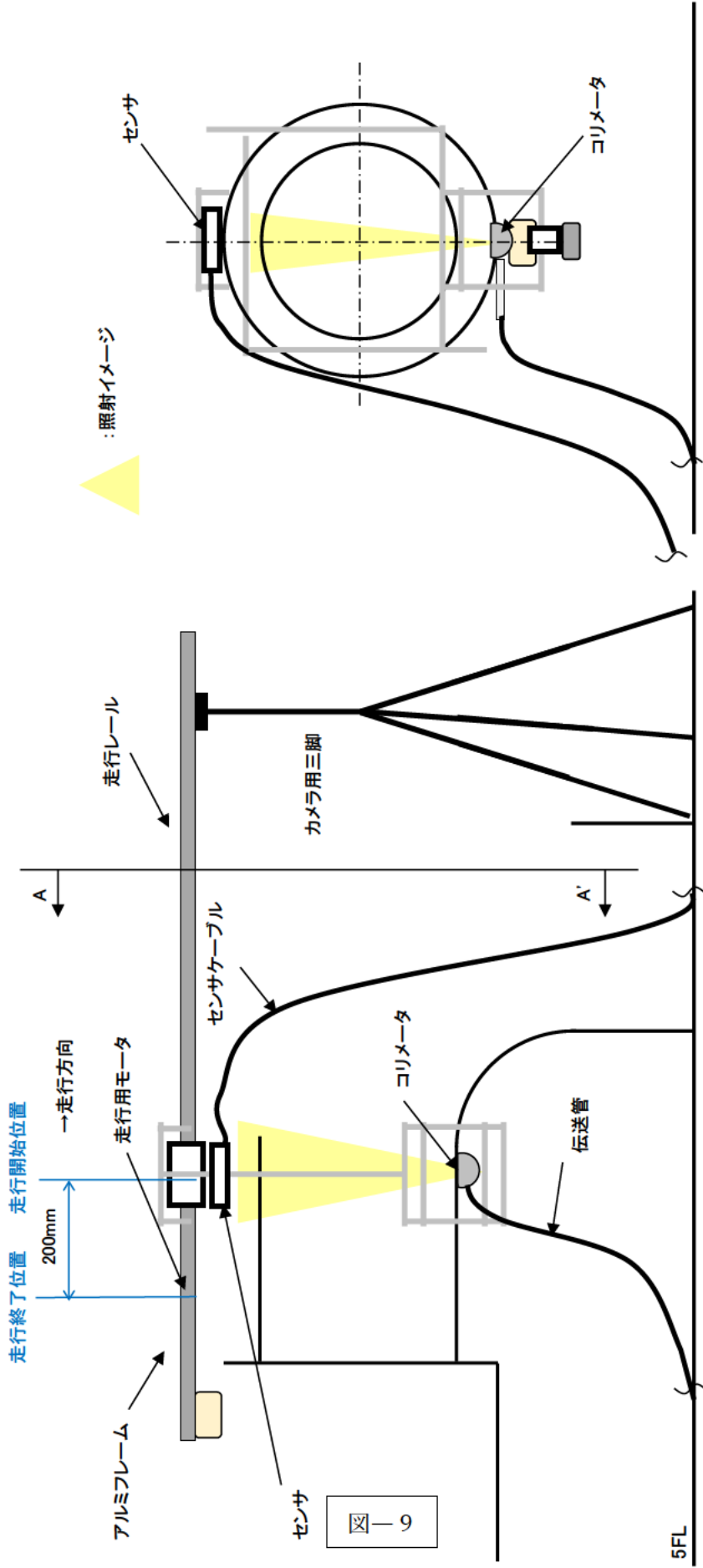
A-A' 視 (南から見る)

配管セット状況 (西から見る)

図-8

【2回目データ取得予定概要図(撮影方向配置換え)】

北←



配管セット状況(西から見る)

A-A' 視(南から見る)

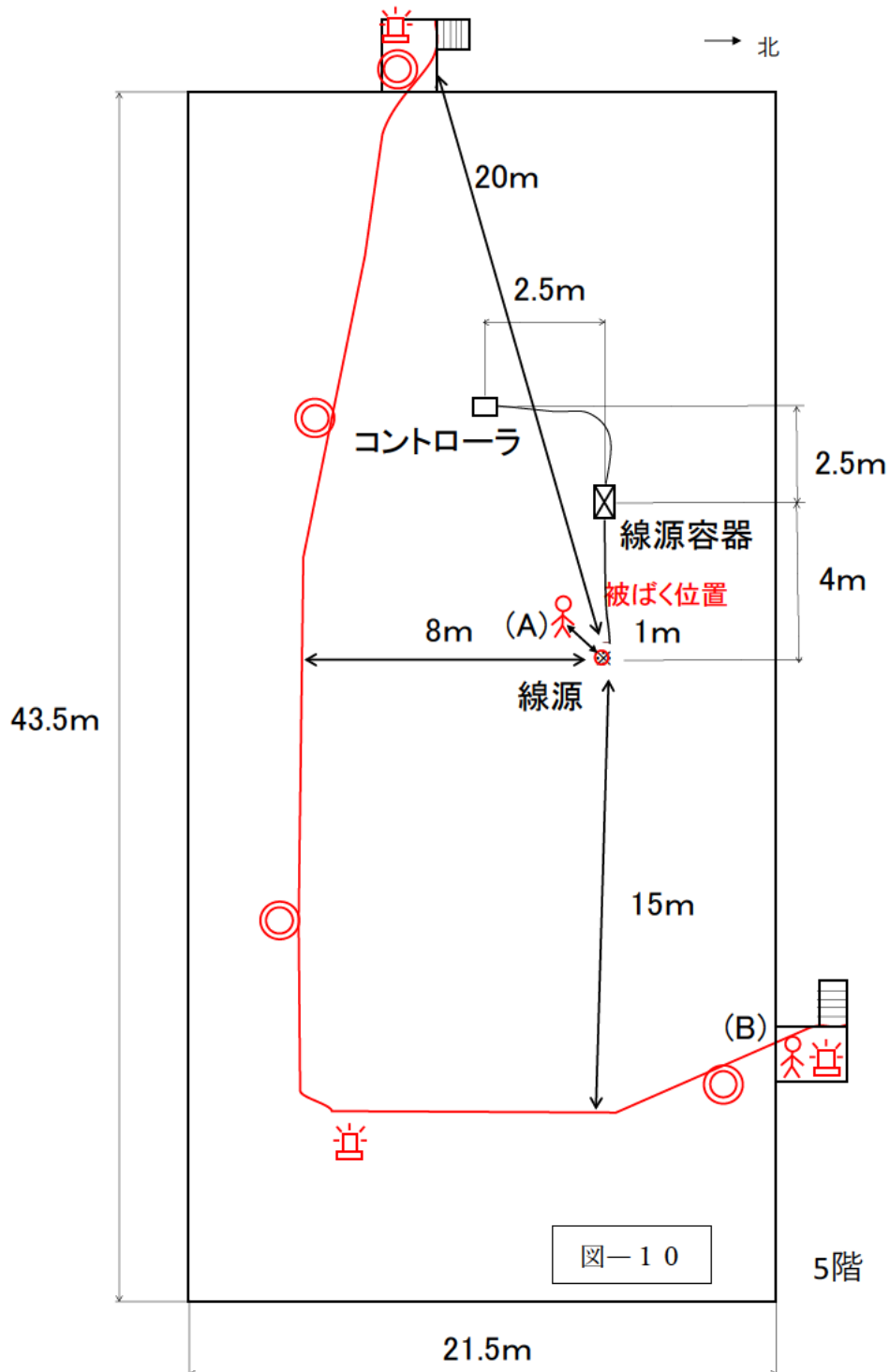
5FL

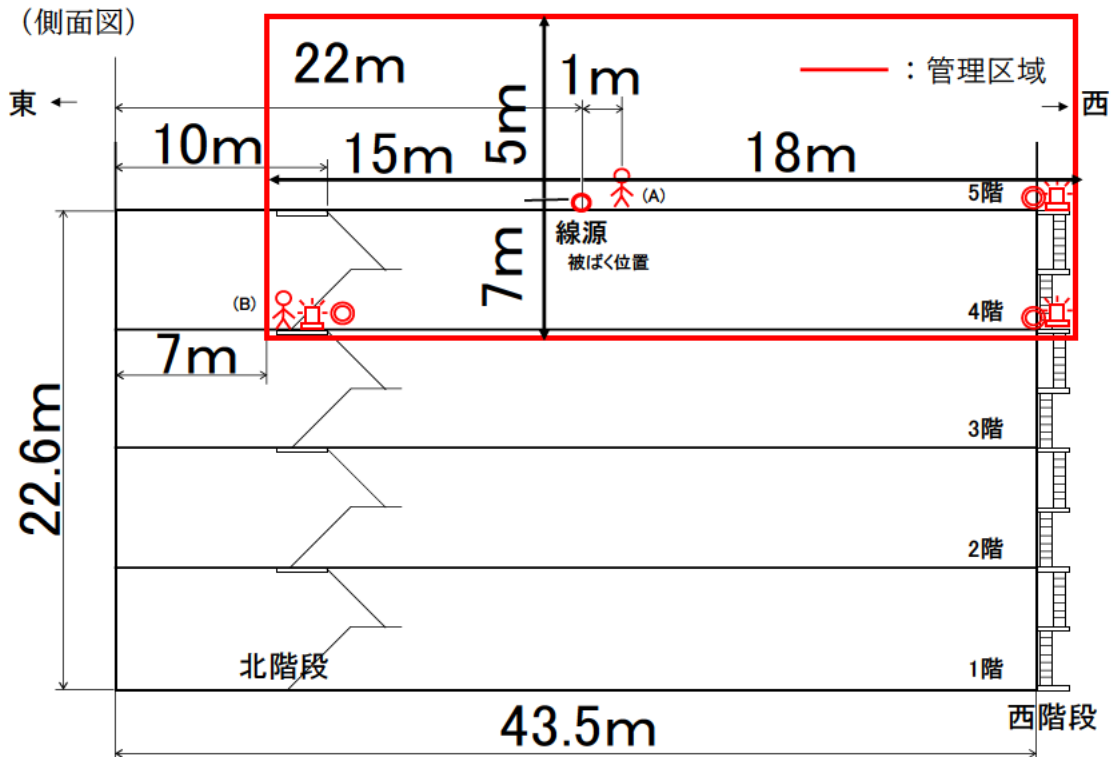
7. 従事者配置状況・管理区域設定状況

(図-10・11)に従事者の配置と、管理区域の設定状況を示す。
 管理区域はロープを張ることにより区分し、ロープに標識を取り付けた。また、階段等もロープ等にて区分し赤色回転灯を回して警告した。

従事者配置状況・管理区域設定状況

— : 縄張り □ : 赤色回転灯 ○ : 管理区域標識 人 : 従事者





北面視

図—11

8. 人体環境への影響

・核種及び数量

イリジウム 192、370GBq

状態：

放射性同位元素（イリジウム 192、370GBq）はステンレスカプセル 0.48mm 厚以上に入れ線源ホルダーに密封され、それを線源容器（大きさ：300mm×290mm×160mm・重量：重量 21kg・遮蔽体：タングステン合金 46mm 厚）に収納され保管されている。

・被ばく線量の評価（全身被ばく）

イリジウム 192 の実効線量率定数は $0.117 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ である。

従事者 A の被ばく値について計算（参考）

条件：使用線源（イリジウム 192、370GBq × 1 台）

：線源から被ばく者までの距離 = 1 m

：被ばくした時間 = 15 分

：実効線量率定数 = $(0.117 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1})$

$$370 \times 10^3 \times 0.117 \times 1^2 \times 15 / 60 = 10,822.5 \mu\text{Sv}$$

≒ 11mSv：全身被ばく線量の評価値

- ・被ばく線量の評価（局所被ばく：指先）

【局所被ばく：指先における作業状況】

- ① 走行機からコリメータ固定治具を取り外す作業
 - ・時間：約 10 秒
 - ・コリメータから指先までの距離：0.05m
- ② コリメータ固定治具を外して足元へ移動させる作業
 - ・時間：約 10 秒
 - ・コリメータから指先までの距離：0.15m

局所被ばく：指先における被ばく線量の計算（参考）

：コリメータ（鉛 20mm による透過率 $=2.64 \times 10^{-2}$ ）

- ① $370 \times 10^3 \times 0.117 \times 1^2 / 0.05^2 \times 10 / 3600 \times 2.64 \times 10^{-2} = 1,269.84 \mu\text{Sv}$
- ② $370 \times 10^3 \times 0.117 \times 1^2 / 0.15^2 \times 10 / 3600 \times 2.64 \times 10^{-2} = 141.1 \mu\text{Sv}$
- ①+② $=1,269.84 + 141.1 = 1,410.94 \mu\text{Sv}$

≒1.42mSv：局所被ばく線量（指先）の評価値

全身被ばく線量は 4 月 24 日時点での暫定測定値 OSL バッジ 9.09mSv・平成 31 年 4 月 26 日 11 時 04 分の正式測定値 OSL バッジ 8.7mSv であった。また、11 ページの被ばく線量の評価の結果、計算値では 11mSv となり、いずれの数値をとっても大差なく年間実効線量限度 50mSv は超えていないし、5 年間実効線量限度 100mSv も超えていないことを確認済。局所被ばく（指先）についても上記の計算より年間実効線量限度 50mSv 及び年間等価線量限度（皮膚）500mSv を超えていないことを確認した。また、周辺環境への影響はない。

- ・人体への影響

4 月 25 日・5 月 16 日・10 月 21 日電離放射線健康診断受診の結果、異常は認められなかった。

9. 原因

- (1) 線源容器へ線源ホルダーを戻すことを失念し、線源ホルダーがコリメータ先端部に残ったまま近づき撮影方向の配置換えを行った。
 - ・当社基本ルールでは、線源へ近づく場合は線源ホルダーを線源容器に確実に収納し、操作器の距離メータ "000" 点の確認・格納ランプ点灯確認・ロック確認・個人線量計で低線量であることの確認・入域後の線源ホルダーが完全に戻っているかの確認を行い撮影箇所へ近づく事になっている。それを怠り、線源が残ったままのコリメータ先端部に近づいた。
 - ・開発中装置を使用する検査手順は特殊であったが、従事者全員への検査手順事前教育が不十分であった。
- (2) 過大被ばくを防ぐため、社基本ルール通り線源容器にブリーパーⅢ^(注1)を取り付けていたが、コリメータ内に線源ホルダーがあった状態のため線源容器の位置で

はブリーパーⅢの警告音の間隔は長く、異常を示す警告音機能が発揮されていなかったため、線源ホルダーは線源容器内へ収納されていると思い込んだ。

(注1)ブリーパーⅢとは、放射線を検知すると、アラームを発するもので、放射線の量が多くなるにつれて、音間が短くなり異常を知らせるもの。

- (3) ポケット線量計機能を有する個人線量計：RadEyeG10 を携帯していたが、異常を知らせるアラーム・バイブレーション機能設定が購入時の閾値 $5 \mu\text{Sv/h}$ のままであった。このため常態的に警告振動を発生させていたため、現場は正常な状態と勘違いし、作業を進めてしまった。(プラント内の装置稼働音が大きかったため、アラーム機能を解除していた)。
- (4) 手順が特殊な開発中装置を使用した検査であったが、放射性同位元素の出し入れ操作と、PC によるデータ取得操作の二つの作業を一人で行い、慌ててしまい放射線同位元素の収納動作を失念してしまった。

・管理的要因

前日の同検査対応体制は、線源操作者1名・PC操作者1名・監視人1名の3人体制であった。当日の検査体制も前日と同じ線源操作者1名・PC操作者1名・監視人1名の3人体制でスタートしたが、急遽作業開始前に前日の線源操作者が客先担当者に呼ばれ2名の検査体制となり、線源操作者兼PC操作者1名・監視人1名の検査となった。この時、体制変更に伴う1名の従事者補充は実施せず、且つ体制変更に伴う2名での役割分担の打ち合わせなど行わず作業を進めてしまった。

・心理的要因

作業時間が、客先より昼休み時間帯(約1時間)に終了するように依頼を受けていたため、早く終わらせないといけないとの気持ちの焦りがあった。人員の変更はあったが、検査箇所が1箇所だけであったため、時間内に終了できると思い、作業を継続した。

10. 再発防止策(上記9.原因の()の番号に対応した対策)

- (1) 「ガンマ線検査作業要領」(手順書)を一部改訂し、従事者全員に今回の計画外被ばく事象も含めた再教育を実施する
- ・平成19年7月発行済みの放射線作業安全ポケットブックを改訂し、今回の計画外被ばく事象を追記したものを基に従事者全員に配布・教育を実施する。
 - ・開発中装置の検査要領(手順)の作成を行い、模擬線源容器によるモックアップ訓練を含めた事前教育を受講した従事者を配置する。
- (期待される効果)
- ・手順書の見直し・制定に基づき、再教育を行い、自社開発の放射線検知型警告灯を線源先端部に置くことで、線源ホルダーの格納忘れを防止できる。
- (2) ・開発中装置を使用した作業要領は特殊なものであるため、線源容器には従来通りブリーパーⅢを設置し、コリメータ先端(線源先端部)には、新たに放射線検知型警告灯を設置することを記載し、規定とする。警告灯は自社開発(8月23日完成)。

(期待される効果)

・放射線検知型警告灯を線源先端部に置くことで、線源ホルダーからの放射線を検知し、警告を目視で確認できることで、線源ホルダーの戻し忘れによる過大被ばくが防止できる。

- (3) ポケット線量計機能を有する個人線量計：RadEyeG10 を使用する場合、異常を知らせる閾値を $100 \mu\text{Sv/h}$ に設定するように本社安衛・放管課より指導する。また、新たに購入する場合はメーカーに対し閾値を $100 \mu\text{Sv/h}$ に設定し納入するように依頼する。購入時は適正に設定されているか受入検査を実施する。

(期待される効果)

・線量閾値を $5 \mu\text{Sv/h}$ から $100 \mu\text{Sv/h}$ に変更することで、線源が線源容器に格納された状態でも常時反応していたアラーム・バイブ機能を線源操作異常時に警告することで、過大被ばくを防止できる。

- (4) ・作業体制、人員に変更が生じた場合は、必ず一度作業を中断し、放射線管理責任者に報告を行い、作業継続の可否の指示を仰ぐ。続行可の場合は、改めて手順の確認・役割分担など社規定のガンマ線作業許可書を再作成し従事者の業務分担を明確にしたのち着工する。業務分担に支障がある場合には、必ず従事者の応援要請を行い、人員補充完了後作業を再開する。

(現場のみの判断で作業継続しない)

・放射線管理責任者へ体制変更を報告し、安全な作業続行が不可能と判断された場合は、作業を中断する。客先に連絡し再度工程調整（時間調整）をお願いし、無理な対応はしない。

11. 今後の対応

今後は安全統括部4名が分担し、開発中の装置を中心に許可使用に係る使用の場所の一時的変更届先を毎月1回、及び営業所に於いては所長又は放射線管理責任者が毎週1回、現場パトロールにて再発防止策の実施状況を確認することで、再発防止の徹底を図るものとする。

以上