

試料採取装置の設計及び工事計画における扱いについて

1. 概要

本資料は、川内1号機廃棄物搬出設備に設置する試料採取装置の設計及び工事計画（以下「設工認」という）における扱いについて説明するものである。

以下のとおり、廃棄物搬出設備に設置する試料採取装置は、技術基準規則第34条の要求に該当する設備であり、申請対象とし、基本設計方針に記載する設備とする。

2. 設工認申請における扱いについて

(1) 技術基準規則上の整理

○技術基準規則第34条は、「排気中の放射性物質濃度を計測する装置を設置すること」を要求しており、同条解釈にてサンプリングによる測定も対象となることについて規定されている。したがって、排気中の放射性物質をサンプリングする試料採取装置は、技術基準規則34条の対象として整理する。

○試料採取装置は、技術基準規則34条に該当するものの、サンプリングによる分析を行うためにフィルタ、ポンプ等により排気口から連続的に試料を捕集する設備であり、それ自体には放射性物質濃度を計測する機能がないことから、実用炉規則別表第二（プロセスモニタリング設備）に記載されている「排気中の放射性物質濃度を計測する装置」に該当するものではないため、要目表としては記載せず、基本設計方針に記載する設備とする。（※1）（※2）

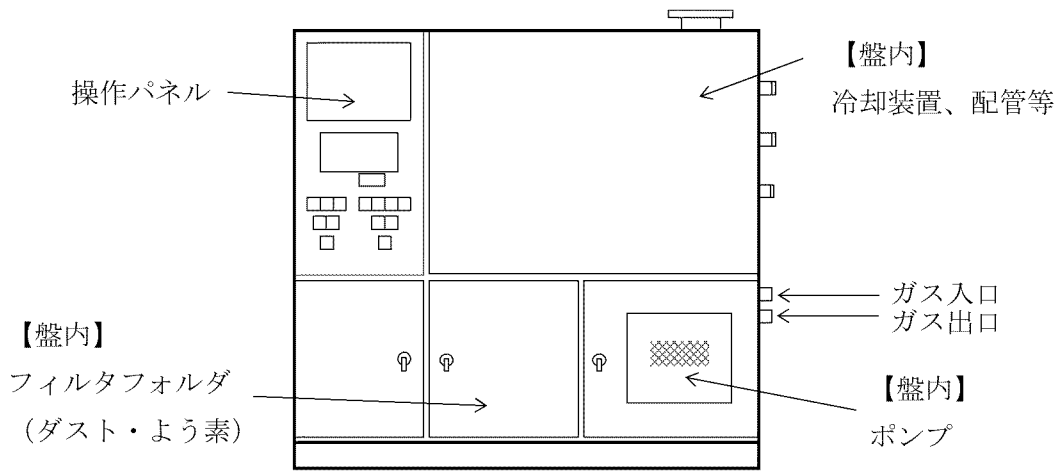
なお、捕集した試料は一定期間ごとに分析担当者が装置から取り出し、必要に応じて前処理を行ったうえで既設の分析機器を用いて核種や濃度の分析を行う。また、ここで使用する分析機器は、実用炉規則136条の法令報告のために保安規定に定めて管理している。

※1 一次冷却材をサンプリングするための既設の試料採取設備についても要目表には記載せず、基本設計方針のみに記載。

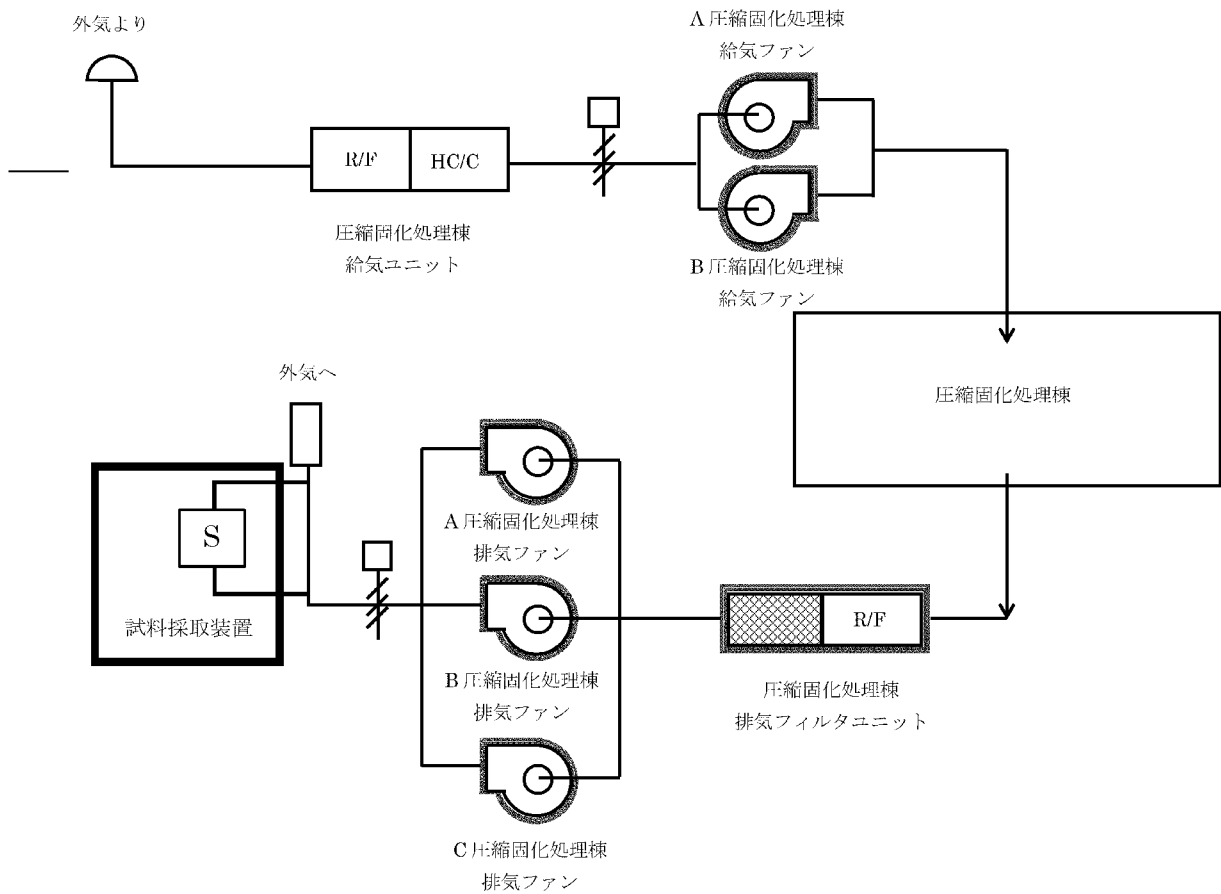
※2 試料採取装置及び捕集から測定までのイメージは別図参照

○技術基準規則第47条（警報装置）では、技術基準規則34条の放射性物質の濃度が著しく上昇した場合においてこれらを確実に検出して自動的に警報する装置を施設することが要求されているが、廃棄物搬出設備の排気中の放射性物質濃度は保守的に評価しても十分低い濃度であり、既設プロセスモニタの警報設定値に相当するような著しい上昇の可能性がないことから、警報装置は設置しないこととする。本設備から排気される放射性物質濃度については、別紙1に示す。また、技術基準規則第47条第1項の整理を、別紙3に示す。

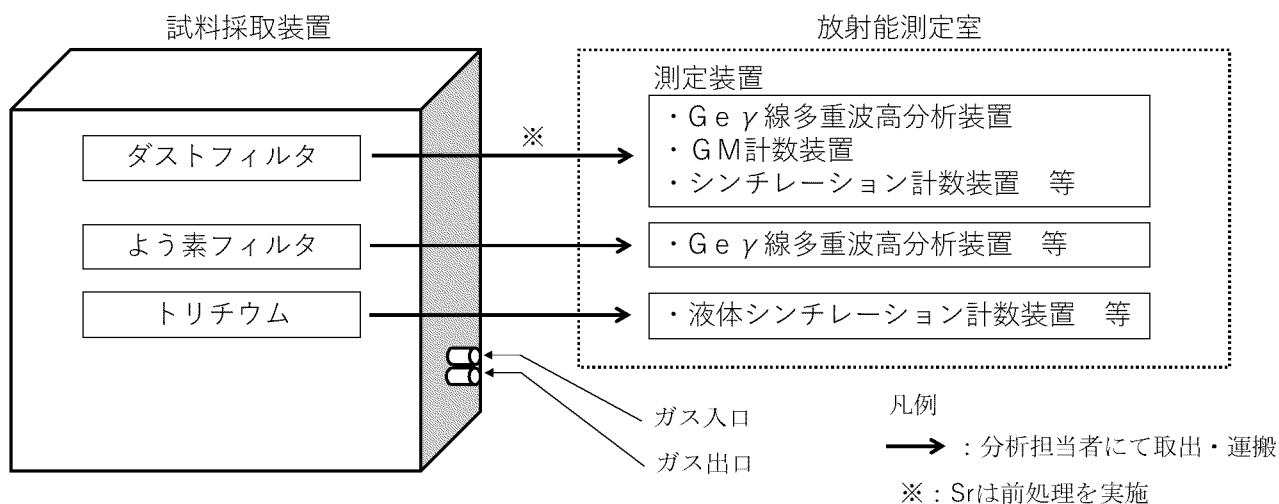
以上



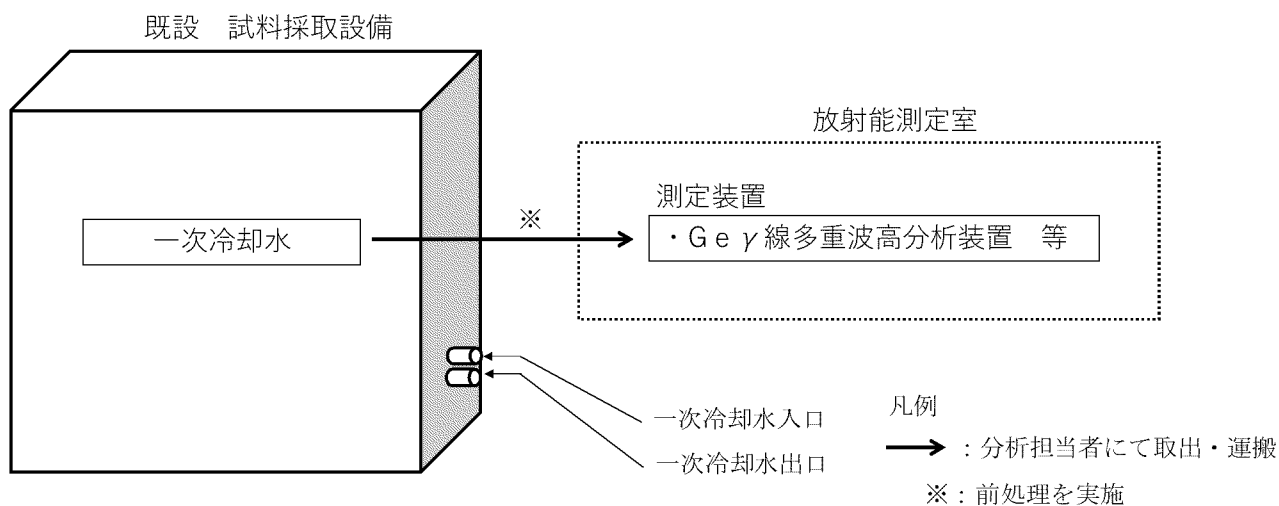
試料採取装置 概略図



試料採取装置 取付箇所



試料採取装置 測定までのイメージ図



既設 試料採取設備 測定までのイメージ図

廃棄物搬出建屋から排気される放射性物質濃度について

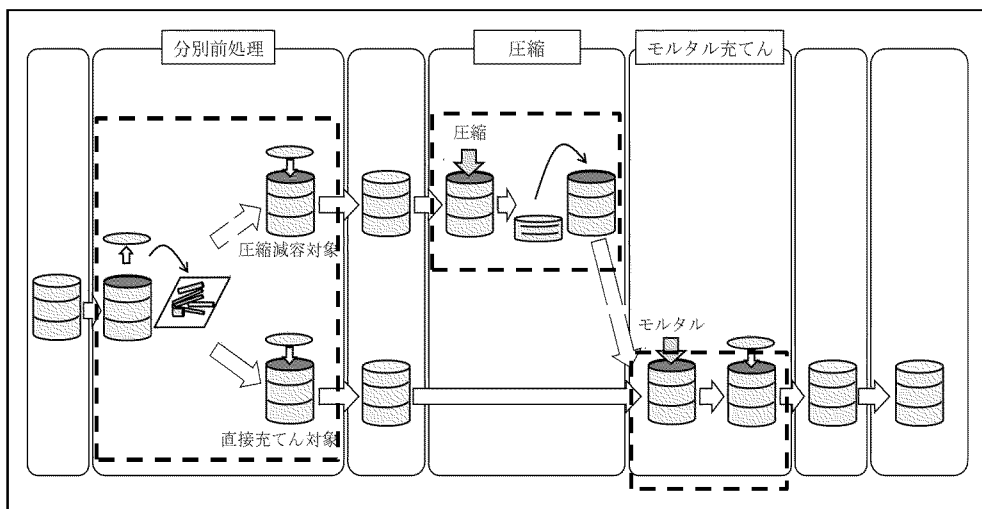
1. 概要

本資料は、廃棄物搬出建屋からの排気について、放射性物質濃度の著しい上昇がないことを説明するものである。

放射性物質濃度の著しい上昇がないことについては、放射性物質の濃度が著しく上昇することを検知するための既設プロセスモニタの警報設定値が、設置変更許可申請書添付書類九に記載している放出量から設定していることから、この放出量と比較することにより確認する。

2. 圧縮固化処理棟の排ガス中の放射性物質について

圧縮固化処理棟の排ガス中の放射性物質量は、1年間に処理する雑固体廃棄物中の放射性物質が排気フィルタを通り放出されたものとして評価する。



放射性物質の放出の可能性のある工程

2.1 評価条件

(1) ドラム缶1本当たりの放射エネルギー

$2.1 \times 10^8 \text{Bq/本}$ (線源: Co-60)

固体廃棄物貯蔵庫に貯蔵保管している雑固体廃棄物の平均放射エネルギーとする。ただし、ドラム詰め時の放射エネルギーとし、保守的に放射能減衰は考慮しない(※1)。また、線源については、主要核種であるCo-60とする。

雑固体廃棄物貯蔵量: 24,720本 (2019年12月末現在)

雑固体廃棄物放射性物質総量: $5.1 \times 10^{12} \text{Bq}$

(2) ドラム缶の年間処理本数

1,800本

[充てん固化体を年間1,500本製作するのに必要な前処理想定本数1,800本とする。]

(3) 放射性物質の飛散率

10^{-3}

[RIの飛散率試験結果（出典：RADIOISOTOPES, 32, 260～269（1983））における保守的な値（※2）]

(4) 換気設備のフィルタ効率及びファン風量

フィルタ効率： 5.95×10^3

[参考文献：HEPAフィルタの捕集効率と除染係数, 保健物理, 21, 240(1986)
ファン風量： $31,200(\text{m}^3/\text{h}) \times 2(\text{台})$]

※1 ドラム缶1本当たりの放射能

埋設施設への搬出に当たっては、埋設施設が許可された総放射能を超えないように、低い放射エネルギーのドラム缶から搬出するように求められている。これは、作業員の被ばく低減の観点からも有効である。このため、減衰期間が十分な発生日が古いドラム缶から処理を行うこととしている。平均放射エネルギーに用いる放射エネルギーは、発生日の放射エネルギーである。作業等に伴って発生する雑固体廃棄物の主な汚染核種の、**Co-58**(半減期：71日)と**Co-60**(半減期：5年)のうち、**Co-58**は、当初放射エネルギーの大部分を占めるが、1年程度経過すると減衰により**Co-60**が支配的になる。この**Co-60**も、10年経過すれば4分の1に減衰する。

過去、37年に渡って保管している雑固体廃棄物ドラム缶約25,000本を、概ね古い順から処理するため、ドラム缶1本当たりの放射エネルギーとして、発生日時点の放射エネルギーの平均を使うことは、十分保守的と言える。

※2 飛散率

RIの飛散率試験結果（出典：RADIOISOTOPES, 32, 260～269（1983））における核種グループ毎に定められた飛散率を用いる。グループにない核種である**Co-60**は、同じ金属類の**Cr**や**Fe**と同様に第3グループ（飛散率 10^{-7} ）に属すると想定されるが、保守側に飛散率の最も高い第1グループ（飛散率 10^{-3} ）として評価する。

2.2 評価結果

(1) 廃棄物処理に伴う年間の放出放射エネルギー

$$\frac{2.1 \times 10^8 \left(\frac{\text{Bq}}{\text{本}}\right) \times 1,800 \left(\frac{\text{本}}{\text{y}}\right) \times 10^{-3}}{5.95 \times 10^3} = 6.4 \times 10^4 (\text{Bq/y})$$

圧縮固化処理棟での廃棄物処理に伴う年間の放出放射エネルギーは、放射能減衰は考慮せず、また、放射性物質の飛散率を保守的に評価しても $6.4 \times 10^4 \text{Bq/y}$ (Co-60)であり、設置変更

許可申請書添付書類九に記載している放出量（ $1.7 \times 10^{15} \text{Bq/y}$ (希ガス)、 $6.2 \times 10^{10} \text{Bq/y}$ (I-131)) と比較しても十分小さい放射エネルギーである。

また、放射性同位元素等の規制に関する法律で定める下限数量 $1 \times 10^5 \text{Bq}$ (Co-60)よりも小さい。

(2) 排気口における年間平均放射能濃度

$$\frac{6.4 \times 10^4 (\text{Bq})}{31,200 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}}\right) \times 10^6 \left(\frac{\text{cm}^3}{\text{m}^3}\right) \times 2 (\text{台}) \times 8,760 \left(\frac{\text{h}}{\text{y}}\right)} = 1.2 \times 10^{-10} \left(\frac{\text{Bq}}{\text{cm}^3} / \text{y}\right)$$

上記を踏まえた排気口における年間平均放射能濃度は、 $1.2 \times 10^{-10} (\text{Bq/cm}^3)$ となり、周辺監視区域外においては、さらに排気口からの大気拡散効果により濃度は低下する。したがって、排気に伴う周辺監視区域外の空气中放射性物質濃度は、「核原料物質又は核燃料物質の製錬の事業に関する規則等の規定に基づく線量限度等を定める告示」に定める濃度限度 $4 \times 10^{-6} (\text{Bq/cm}^3)$ (Co-60)を十分下回る。

○実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則

(計測装置)

第三十四条 発電用原子炉施設には、次に掲げる事項を計測する装置を施設しなければならない。ただし、直接計測することが困難な場合は、当該事項を間接的に測定する装置を施設することをもって、これに代えることができる。

九 排気筒の出口又はこれに近接する箇所における排気中の放射性物質の濃度

(警報装置等)

第四十七条 発電用原子炉施設には、その機械又は器具の機能の喪失、誤操作その他の異常により発電用原子炉の運転に著しい支障を及ぼすおそれが発生した場合、第三十四条第一項第九号の放射性物質の濃度又は同項第十二号及び第十三号の線量当量率が著しく上昇した場合又は流体状の放射性廃棄物を処理し、又は貯蔵する設備から流体状の放射性廃棄物が著しく漏えいするおそれが発生した場合においてこれらを確実に検出して自動的に警報する装置を施設しなければならない。

○実用発電用原子炉の設置、運転に関する規則 別表第二（第九条、第十二条関係）

(放射線管理施設)

1 放射線管理用計測装置に係る次の事項（警報装置を有する場合は、その動作範囲を付記すること。）

(1) プロセスモニタリング設備に係る次の事項

へ 放射性物質により汚染するおそれがある管理区域から環境に放出する排水中又は排気中の放射性物質濃度を計測する装置の名称、検出器の種類、計測範囲、取付箇所（常設及び可搬型の別を記載し、監視・記録の場所を付記すること。）及び個数

○発電用原子炉施設の設計及び工事の計画に係る手続ガイド

L. 放射線管理施設

放射線管理用計測装置については、重大事故の発生防止等のために設置するものも含め、常設又は可搬型を問わず本施設に含める。～略～

プロセスモニタリング設備の「放射性物質により汚染するおそれがある管理区域から環境に放出する排水中又は排気中の放射性物質濃度を計測する装置」にあつては、非常用のもの及び環境に放出する最終段で計測している装置（出口に最も近い箇所で計測している装置）を対象とする。

○既設 試料採取設備の基本設計方針

1. 放射線管理施設

1.1 放射線管理用計測装置

1.1.1 プロセスモニタリング設備

通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時において、蒸気発生器の出口における2次冷却材の放射性物質の濃度、原子炉格納容器内の放射性物質の濃度、排気筒の出口近傍における排気中の放射性物質の濃度、排水口近傍における排水

中の放射性物質の濃度、放射性物質により汚染するおそれがある管理区域内に開口部がある排水路の出口近傍における排水中の放射性物質の濃度を計測するために、プロセスモニタリング設備を設け、計測結果を中央制御室に原則表示し、記録し、及び保存する設計とするとともに、記録の管理については、保安規定に定める。

1次冷却材の放射性物質の濃度は、試料採取設備により断続的に試料を採取し分析を行い、測定結果を記録し、及び保存できる設計とするとともに記録の管理については、保安規定に定める。また、1次冷却材の放射性物質の濃度の傾向を監視するために、1次冷却材モニタを設ける。

試料採取装置に対する技術基準規則第47条第1項の整理

川内原子力発電所廃棄物搬出設備に設置する試料採取装置に対する技術基準規則第47条第1項への整理を以下の通り示す。

No.	技術基準規則第47条第1項	説明
1	発電用原子炉施設には、その機械又は器具の機能の喪失、誤操作その他の異常により発電用原子炉の運転に著しい支障を及ぼすおそれが発生した場合、	本設備は、発電用原子炉と独立しており、異常により発電用原子炉の運転に著しい支障を及ぼすおそれはないため該当しない。
2	第三十四条第一項第九号の放射性物質の濃度（が著しく上昇した場合）	廃棄物搬出設備の排気中の放射性物質濃度は保守的に評価しても十分低い濃度であり、既設プロセスモニタの警報設定値に相当するような著しい上昇の可能性がないため該当しない。
3	又は同項第十二号（の線量当量率が著しく上昇した場合）	本設備は、管理区域内において人が常時立ち入る場所その他放射線管理を特に必要とする場所の線量当量率を計測する装置ではないため該当しない。
4	及び第十三号の線量当量率が著しく上昇した場合	本設備は、周辺監視区域に隣接する地域における空間線量率及び放射性物質の濃度を計測する装置ではないため該当しない。
5	又は流体状の放射性廃棄物を処理し、又は貯蔵する設備から流体状の放射性廃棄物が著しく漏えいするおそれが発生した場合	本設備は、流体状の放射性廃棄物の発生が無く、流体状の放射性廃棄物の処理及び貯蔵する設備を設置しないため該当しない。
6	においてこれらを確実に検出して自動的に警報する装置を施設しなければならない。	No.2の説明を踏まえ、自動的に警報する装置を設置しない。

廃棄物搬出設備の換気設備に期待しない場合の放射性物質濃度について

1. 概要

廃棄物搬出建屋から排気される放射性物質濃度については、別紙1に示すとおり、換気設備のフィルタ効率及びファン風量に期待した評価結果となっているが、本資料では仮に換気設備に期待しないとした場合に放出される放射性物質濃度について説明する。

2. 廃棄物搬出建屋の放出放射性物質について

廃棄物搬出設備の換気設備に期待しない状態で、ドラム缶全てが解放されたとして、試算する。

2.1 評価条件

(1) ドラム缶1本当たりの放射エネルギー

$2.1 \times 10^8 \text{Bq/本}$ (線源: Co-60)

固体廃棄物貯蔵庫に貯蔵保管している雑固体廃棄物の平均放射エネルギーとする。ただし、ドラム詰め時の放射エネルギーとし、保守的に放射能減衰は考慮しない(※1)。また、線源については、主要核種であるCo-60とする。

雑固体廃棄物貯蔵量: 24,720本 (2019年12月末現在)

雑固体廃棄物放射性物質総量: $5.1 \times 10^{12} \text{Bq}$

(2) ドラム缶数

・廃棄物搬出検査棟

4,500本(最大貯蔵容量)

・圧縮固化処理棟

○処理前保管ドラムエリア : 200本/月 (モルタル固化前)

○分別前処理室 : 50本/週 (処理前保管ドラムエリアに含む)

○モルタル充填前保管エリア : 90本/週 (モルタル固化前)

○ベイラエリア : 15本/週 (モルタル充填前保管エリアに含む)

○モルタル充填室 (固型化) : 45本/週

○モルタル養生エリア (更なる固型化) : 45本/週

(3) 対象ドラム缶

上記ドラム缶のうち、モルタル固化しているドラム缶は、ドラム缶が解放されても、放射性物質の放出は無視できると考えられるため、評価対象はモルタル固化されていない処理前保管ドラムエリアの200本とモルタル充填前保管エリアの90本の合計290本とする。

(4) 放射性物質の飛散率

10^{-3}

RIの飛散率試験結果（出典：RADIOISOTOPES, 32, 260～269（1983））における保守的な値（※2）

※1 ドラム缶1本当たりの放射能

埋設施設への搬出に当たっては、埋設施設が許可された総放射能を超えないように、低い放射エネルギーのドラム缶から搬出するよう求められている。これは、作業員の被ばく低減の観点からも有効である。このため、減衰期間が十分な発生日が古いドラム缶から処理を行うこととしている。平均放射エネルギーに用いる放射エネルギーは、発生日の放射エネルギーである。作業等に伴って発生する雑固体廃棄物の主な汚染核種の、Co-58(半減期：71日)とCo-60(半減期：5年)のうち、Co-58は、当初放射エネルギーの大部分を占めるが、1年程度経過すると減衰によりCo-60が支配的になる。このCo-60も、10年経過すれば4分の1に減衰する。

過去、37年に渡って保管している雑固体廃棄物ドラム缶約25,000本を、概ね古い順から処理するため、ドラム缶1本当たりの放射エネルギーとして、発生日時点の放射エネルギーの平均を使うことは、十分保守的と言える。

※2 飛散率

RIの飛散率試験結果（出典：RADIOISOTOPES, 32, 260～269（1983））における核種グループ毎に定められた飛散率を用いる。グループにない核種であるCo-60は、同じ金属類のCrやFeと同様に第3グループ（飛散率 10^{-7} ）に属すると想定されるが、保守側に最も飛散率の高い第1グループ（飛散率 10^{-3} ）として評価する。

2.2 評価結果

(1) 建屋内のモルタルで固化していないドラム缶

$$2.1 \times 10^8 \times 290(\text{本}) \times 10^{-3} = 6.1 \times 10^7(\text{Bq})$$

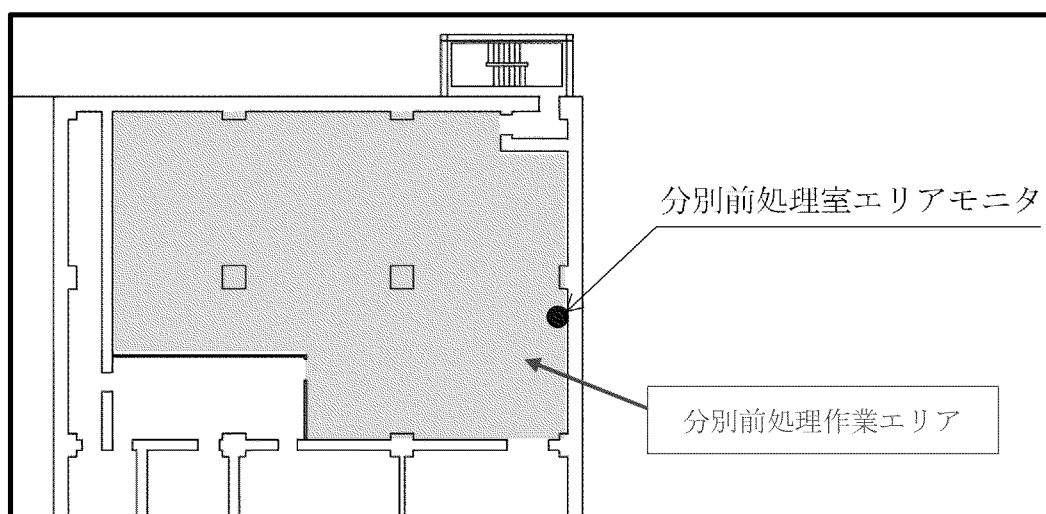
建屋内のモルタルで固化していないドラム缶（最大本数：290本）の全てが解放された場合の放出放射エネルギーは、 $6.1 \times 10^7 \text{Bq}$ であり、設置変更許可申請書添付書類九に記載している放出量（希ガス： $1.7 \times 10^{15} \text{Bq/y}$ 、I-131： $6.2 \times 10^{10} \text{Bq/y}$ ）と比較して無視できる程度である。

廃棄物搬出建屋内の作業エリアにおける放射性物質の監視について

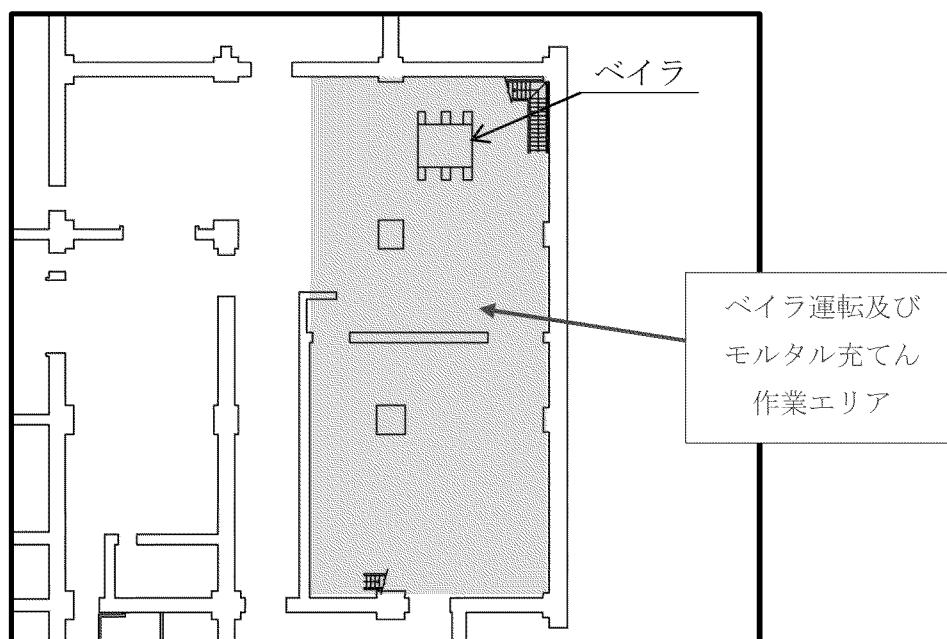
廃棄物搬出作業に伴い、廃棄物搬出建屋内で放射性物質の発生元となりうる場所は、分別前処理、ベイラ運転及びモルタル充てんを行う作業エリア（下図参照）であり、分別前処理作業エリアには分別前処理室エリアモニタを設置することとしていることから、放射線量の上昇について当該エリアモニタによる監視及び警報発信が可能である。また、ベイラ運転及びモルタル充填を行う作業エリアは、作業中常時実施している作業環境測定[※]の結果により放射性物質の空気中への放出の監視が可能である。

なお、作業者不在時には、作業に伴う放射性物質の空気中への放出の可能性はない。

※ 作業環境測定とは、空気中じんあい濃度、表面汚染密度、線量当量率等の測定を実施する。



廃棄物搬出建屋 EL. 33. 8m



廃棄物搬出建屋 EL. 17. 3m