

固体廃棄物貯蔵庫第10棟における 安全機能喪失時の放出放射能の考え方について

2023年2月1日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

1. 固体廃棄物貯蔵庫第10棟の概要

- 固体廃棄物貯蔵庫第10棟は、廃炉作業にて発生した汚染土や減容処理設備にて減容処理した瓦礫類（金属瓦礫及びコンクリート瓦礫）を容器に収納した状態で一時保管することを目的とする。
- 瓦礫類を収納した容器（以下、「貯蔵容器」という。）は、多段積み可能な20ft/10ftハーフハイトコンテナを採用し、貯蔵庫内に9段積みで保管。
- 固体廃棄物貯蔵庫第10棟の建屋は、3棟（10-A～10-C）から成る。



<固体廃棄物貯蔵庫第10棟の設置エリア>

○建屋概要

構造	階数	軒高 (m)	建築面積 (m ²)		延床面積 (m ²)	保管容量※1 (基)
			10-A/10-B	10-C		
S造	1	約20	約4,500	約9,000	約18,000	6264※2

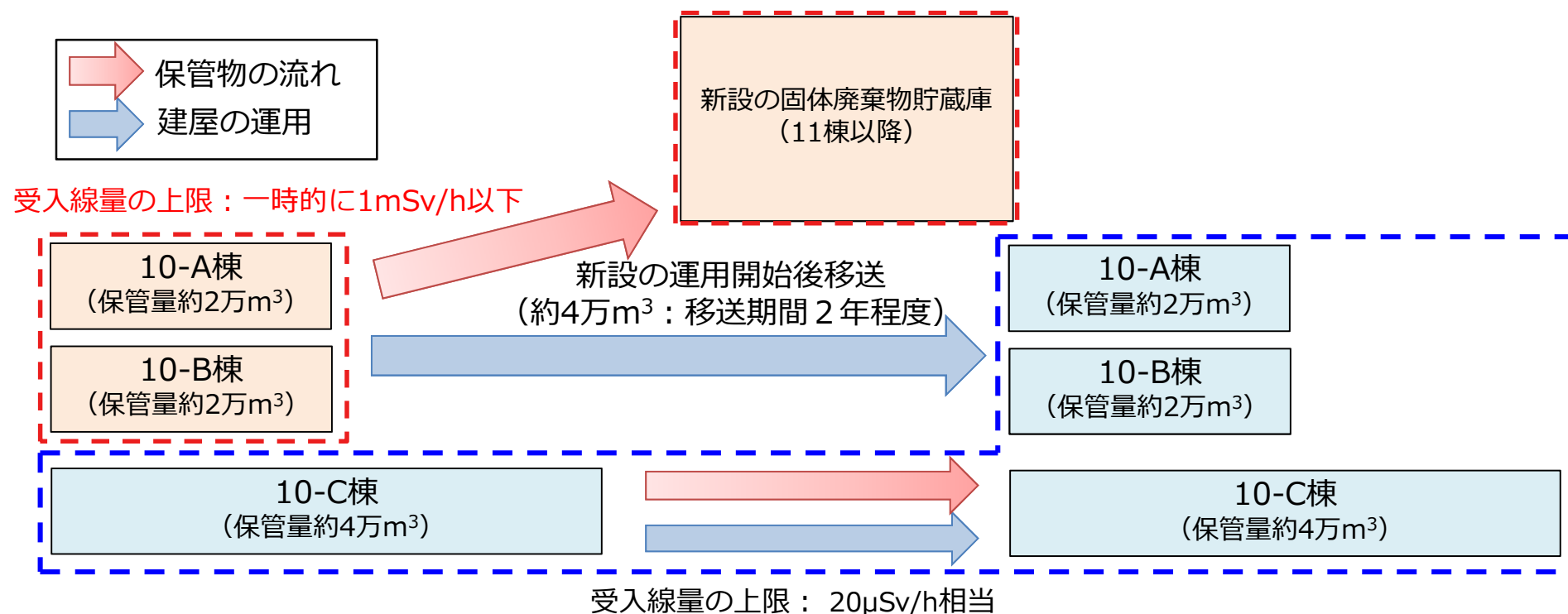
平面約50m（東西方向）×約90m（南北方向）の建物が2棟
平面約50m（東西方向）×約180m（南北方向）の建物が1棟

※1 10-A～10-C保管容量の合計
※2 20ftハーフハイトコンテナの場合

1. 固体廃棄物貯蔵庫第10棟の概要

■ 固体廃棄物貯蔵庫の運用

- ・ 固体廃棄物貯蔵庫第10棟は耐震Cクラスとして設置するが、屋外一時保管のリスク低減から一時的に耐震B+クラス相当（1mSv/h以下）の廃棄物を保管する運用とし、将来的にはCクラス相当（20μSv/h以下）の廃棄物を保管する。※



※今後、固体廃棄物貯蔵庫第11棟以降の増設を2030年度までに行い、竣工後には、比較的線量の高い廃棄物を移送する計画。なお、比較的線量の高い廃棄物の移送には2年程度の期間を要することが想定されるため、一時的な運用期間は9年以内とする。

- 現在、実施計画変更申請中の固体廃棄物貯蔵庫第10棟について、耐震クラスを決定するため、安全機能喪失時の放出放射能の評価をしており、その考え方について以下に示す。
- 地震等により、施設の安全機能が喪失した際の放出放射能評価を行うための飛散率については、内容物を「コンクリート・金属」と「汚染土」とに分けて検討している。

コンクリート・金属： 9×10^{-4} [-]（引用：廃止措置工事環境影響ハンドブック）
汚染土： 9.6×10^{-4} [/day]（引用：DOEハンドブック）

- これらの値は、前提条件等を踏まえると、非常に保守的であり、評価結果が過大なものになっていると考えているが、適当な文献等を確認することができていない。

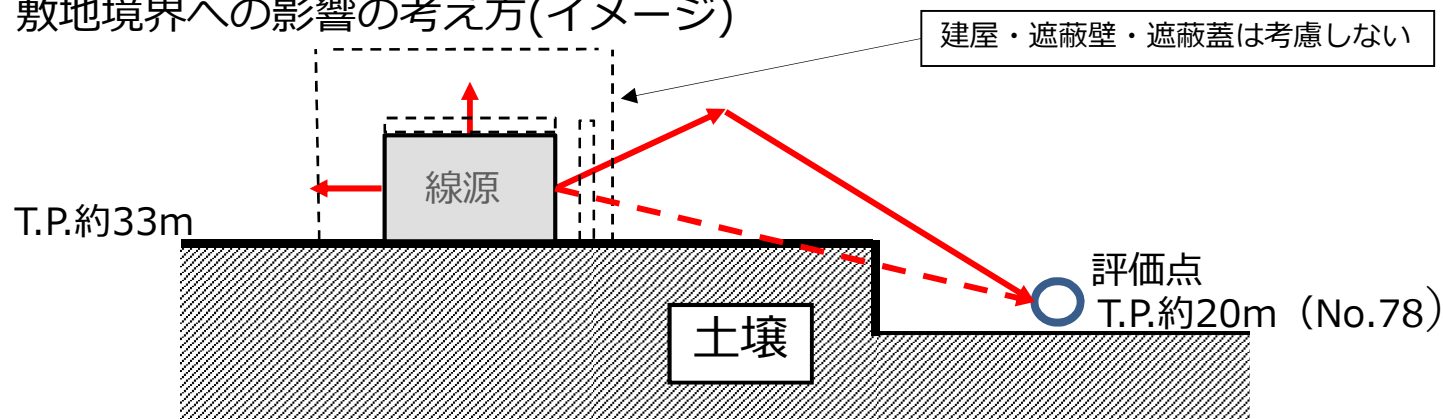
安全機能（遮蔽機能）が喪失した場合における，保管物からの敷地境界での直接線・スカイシャイン線の影響

評価条件

- 遮蔽壁および遮蔽蓋はモデル化しない。（建屋およびコンテナは遮蔽機能を持たない）
- その他構造物の遮蔽は考慮しないが，勾配による土壌の遮蔽は考慮。
- 線源
 - ・ 核種は平常時の汚染由来を考慮した核種組成※とし，配置についても平常時と同様に，10-A/B/Cごとに外側に線量の低いコンテナを配置する。
- 遮蔽機能については覆土により，7日間で復旧するものとする。

※汚染土：Cs-134,137（フォールアウトによる汚染を考慮）
瓦礫：Co-60（代表核種として設定）

➤ 敷地境界への影響の考え方(イメージ)



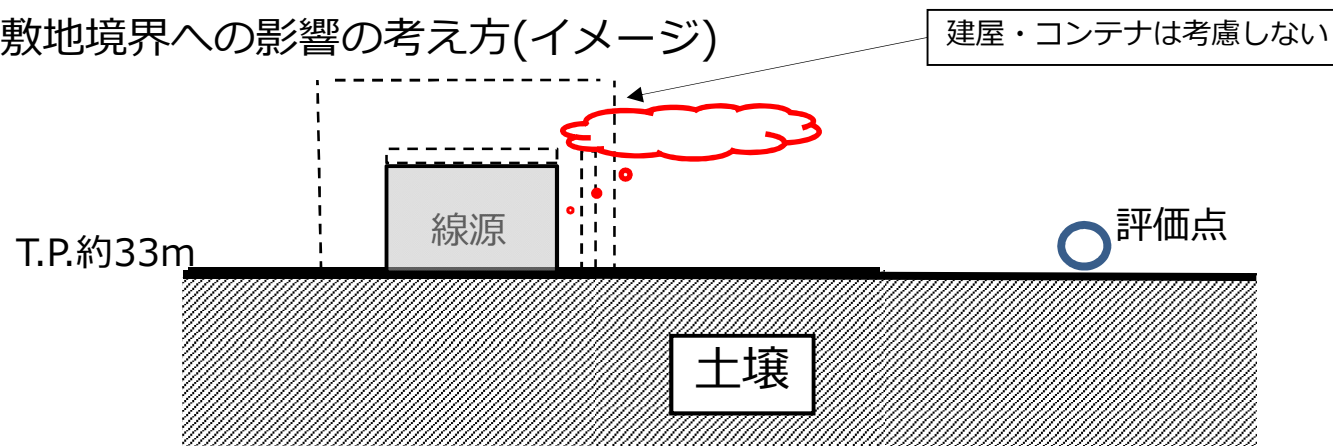
安全機能（閉じ込め機能）が喪失した場合における，保管物からの敷地境界での放出放射能による影響

評価条件

- 建屋およびコンテナは考慮しない。
- 線源
 - ・核種組成は，直接線及びスカイシャインと同様の汚染由来を考慮した核種組成※とし，保守的にインベントリは全て暴露。
- 閉じ込め条件
 - ・建屋，コンテナおよびHEPAフィルタは考慮せず，すべて喪失するものとし，DFは1とする。（裸の状態）
- 飛散率
 - ・保守的に全てのコンテナから飛散をするものとし，瓦礫等の飛散率は「廃止措置工事環境影響評価ハンドブック」の，コンクリートの機械的破砕時（Part1の付録4-1の分類3-4）より， 9×10^{-4} [-]とし，汚染土の飛散率は「DOEハンドブック」の，固体（粉体）の飛散（4.4.4項の<風速20m/s）より， 9.6×10^{-4} [/Day]とする。
- 閉じ込め機能については，遮蔽機能と同様に覆土により7日間で復旧するが，初動にて1日以内にブルーシートで覆うことにより，初期の飛散を抑える。
- その他
 - ・クラウドシャイン外部被ばく，グランドシャイン外部被ばく，クラウド吸入被ばくを評価する。

※汚染土：Cs-134,137（フォールアウトによる汚染を考慮）
瓦礫：Co-60（代表核種として設定）

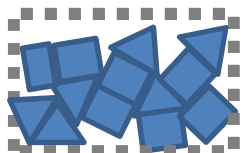
➤ 敷地境界への影響の考え方(イメージ)



4. 安全機能喪失時の評価条件について

■ 評価条件の保守性

建屋内のすべてのコンテナが破断することを想定



瓦礫

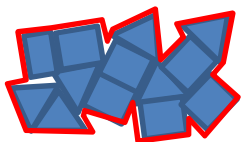


汚染土

保守性その1

コンテナの閉じ込め
機能喪失

保守性その2

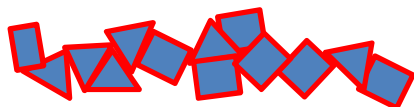


【実際】 飛散に関与するインベントリの分布は
表面のみ関与

比較



外部と接する表面汚染の算出が困
難の為、全インベントリを考慮

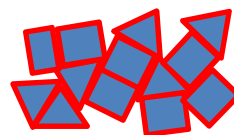


【評価上】 全インベントリが瞬時に飛散に関与

■ 評価条件の保守性

保守性その3

瓦礫の飛散率の考え方



廃止措置工事環境影響評価ハンドブック
コンクリート機械的破砕時
 9.0×10^{-4} [瞬間]

- ・ 瓦礫に関しては、落下時の衝撃で飛散すると想定し、コンクリート破砕時の飛散率を選定
- ・ 金属瓦礫もコンクリート瓦礫の飛散率とする

汚染土の飛散率の考え方



DOE 4.4.4項 固体（粉体）（最大風速20m/s）
 4.0×10^{-5} [hr] × 24hr* = 9.6×10^{-4}
*ブルーシートで1日で復旧想定

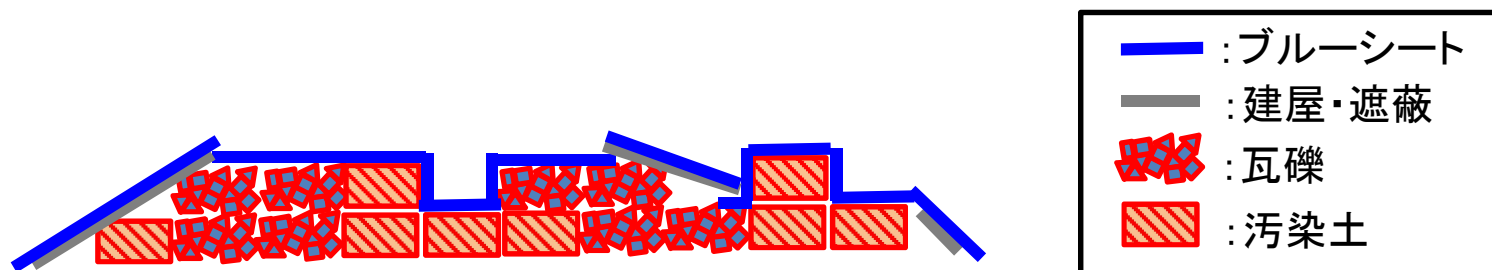
- ・ 土砂の飛散率について、合致するものがないため、保守的に固体（粉体）の飛散率を選定
- ・ 汚染土の粒径は、均一ではなく、かつ粉体の粒径より大きい

5. 機動的対応について

■ 機動的対応による復旧

汚染土を格納するコンテナの破断箇所を優先しつつ、全面をブルーシートで覆う

イメージ



早急に着手できるように以下の資機材は固体廃棄物第10棟の近傍に準備（常設）しておく。

- ・ブルーシート（全面を覆える量+aを確保） 30枚程度
- ・ビニール紐など（ビニールシート同士を連結） 10巻程度
- ・その他，設置に使うと想定される工具（伸縮棒など） 10名分程度

復旧体制については，機能班（復旧班や保安班など）を中心とし，規模に応じて，当設備の主管Gを中心に他部門と連携し，計画・実施する。

【参考】必要な資機材

■ 必要資機材

- ・ **ブルーシート（全面を覆える量+aを確保） 30枚程度**
 - サイズ：25m×25m
 - 必要量：A棟，B棟は6枚，C棟は14枚で全面施工可能
 - A,B棟貯蔵エリア：約40m×約70m
 - C棟貯蔵エリア：約40×約160m
- ・ **ビニール紐など（ビニールシート同士を連結） 10巻程度**
 - ・ 100m巻きを10巻きで1000m分（十分量）
 - ・ その他，施工性を考えて，結束バンドなども検討
- ・ **その他，設置に使うと想定される工具（伸縮棒・ロープなど） 10名分程度**
 - ・ ロープもしくは，伸縮棒で引っ張る。
 - 5m程度の長さがあれば施工可能と想定する。
 - 右記の機種を候補に，運用委託先と協力し，施工性と強度を考慮して選定予定。

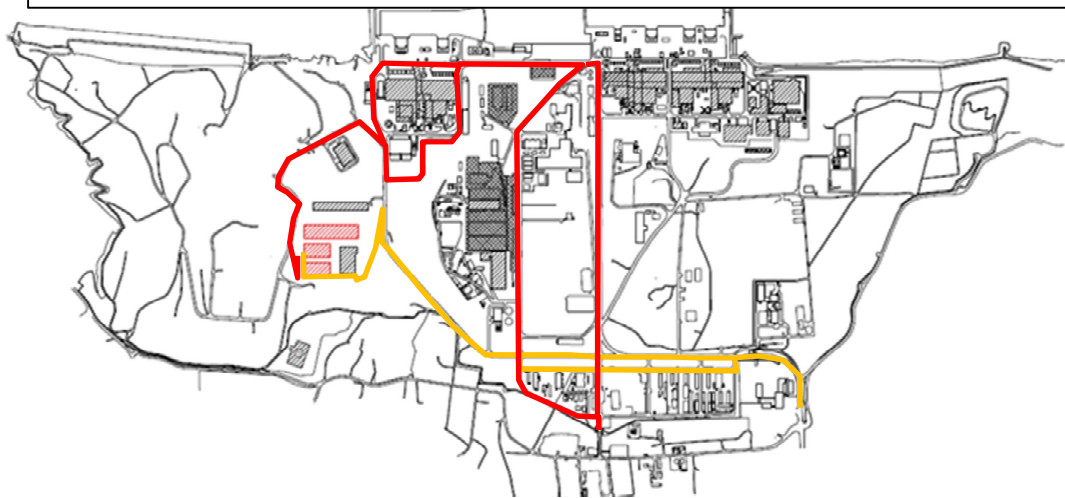
5. 機動的対応について

■ 想定タイムチャート

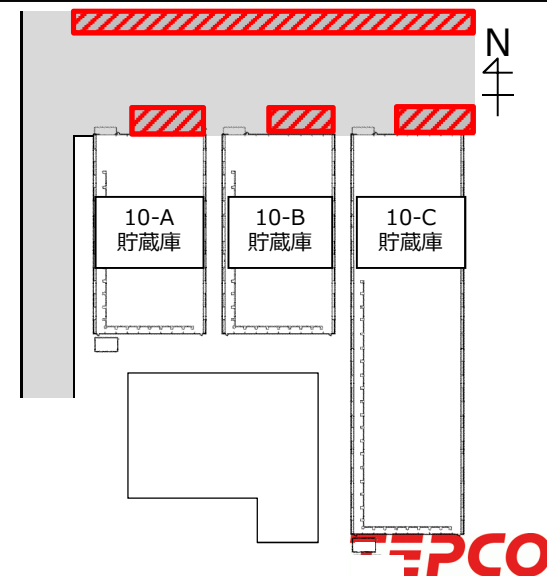
時間	内容	詳細
地震後～1時間後	状況確認	空間線量・津波の状況などを加味し、現場状況を確認する。 作業対象を特定する。 (建屋が倒壊しており、かつ、汚染土がコンテナから流出している箇所)
1～2時間後	作業準備	事務所(待機場所)から出発。資材保管場所から作業場所(10棟)まで資機材を準備し移動する。
2～10時間後	作業実施	実作業時間は8時間と設定。(詳細は後述)
12～24時間後	作業余裕	状況確認・作業準備に時間を要した場合や、作業自体に時間を要した場合の予備時間として12時間を設定。 予備時間は2交代作業にて、作業を実施する。

■ アクセスルート

下記の2ルートから、破壊されていないルートを組み合わせて現場に出向。

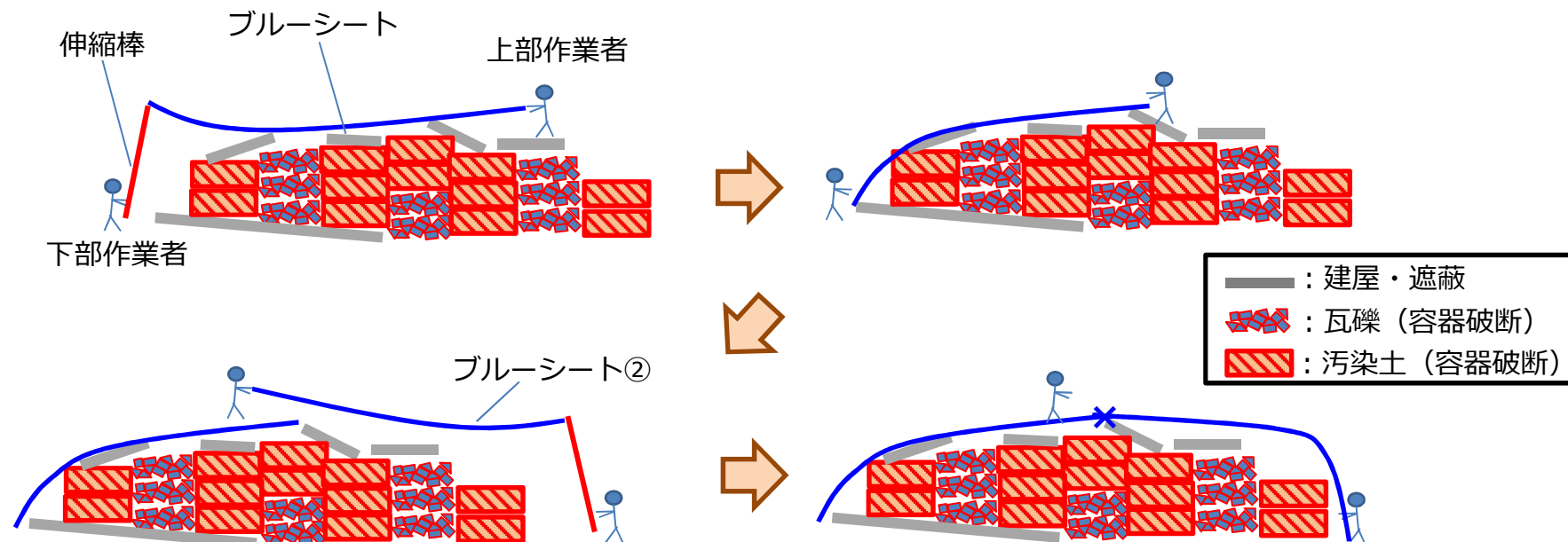


資機材の設置個所は、10棟の近傍として、以下のスペースを設定予定



【参考】 具体的な対応内容

1名が倒壊した瓦礫類にアクセスし、1名が下部に位置し、2名でブルーシートを敷設。
下部作業者は、瓦礫に高さがある場合は伸縮棒を用いる。



■ 想定タイムチャート（1枚施工）

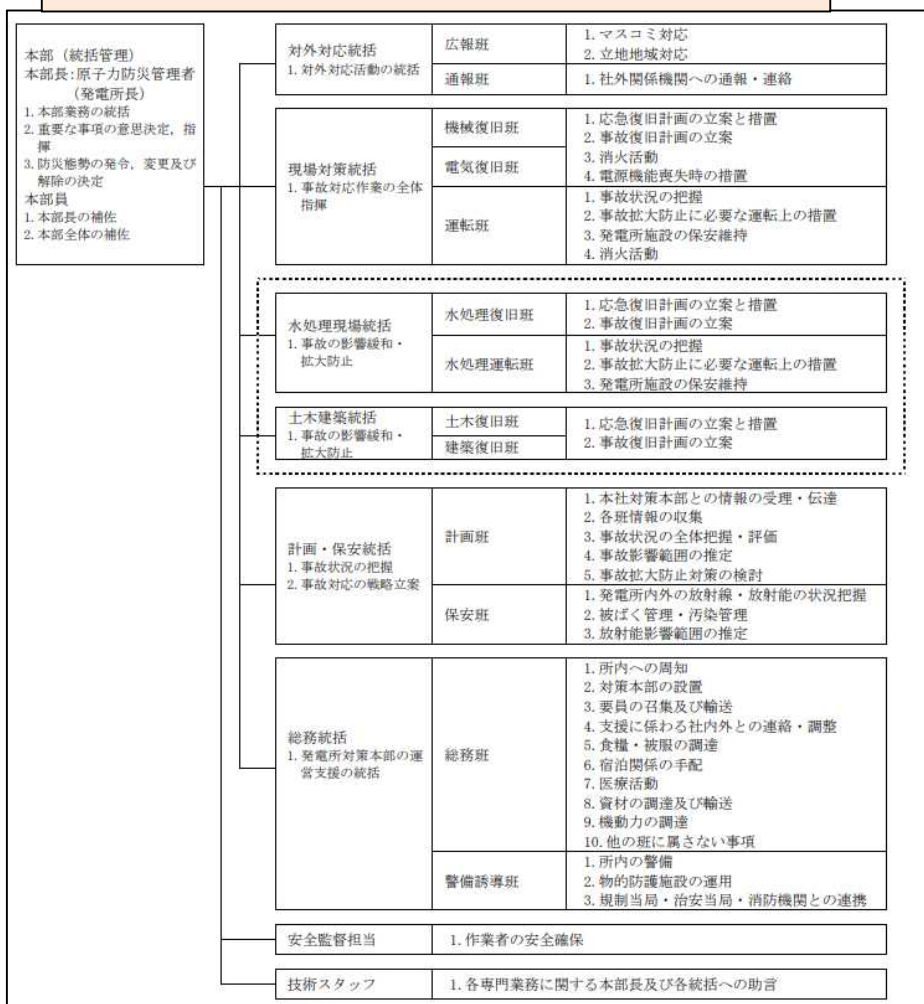
時間	作業内容
0分～10分	地上でシートを広げる
10分～30分	上部作業者は端部を保持し、上る。もしくは、下部作業者と協力して、下から上へブルーシートの端部を受け渡す。下部作業者は、棒の端部にブルーシート端部を固定し、伸縮棒を立てる。
30分～50分	上部作業者、下部作業者で同調し、施工箇所までブルーシートを運び広げつつ施工する。
50分～60分	ビニール紐もしくは結束バンドを使用して、端部を固定する。固定は、周辺のカレキか、一つ前に施工したブルーシートに実施。

5. 機動的対応について

■ 作業体制

安全機能の全喪失時などは、防災業務計画に基づき、各機能班で主導し対応を検討。
 なお、重大性によっては、固体廃棄物G主導で対応を検討する。

緊急時対策組織の復旧体制



固体廃棄物G中心の復旧体制

小規模（建屋内のコンテナ転倒のみ、壁面の小規模破断など）の場合は、本設備の主管Gが中心となり、安全機能を復旧する。

※ガイドに復旧手順を記載する

6. 安全機能喪失時の公衆への影響評価の結果

遮蔽機能および閉じ込め機能の喪失により、安全機能喪失時の評価は以下となる。

■ 一時的運用

	遮蔽機能 喪失	閉じ込め機能 喪失	合計
10 - A棟	約0.0018mSv	約0.18mSv	約0.19mSv
10 - B棟	約0.00099mSv	約0.18mSv	約0.19mSv
10 - C棟	約0.0015mSv	約0.008mSv	約0.0095mSv

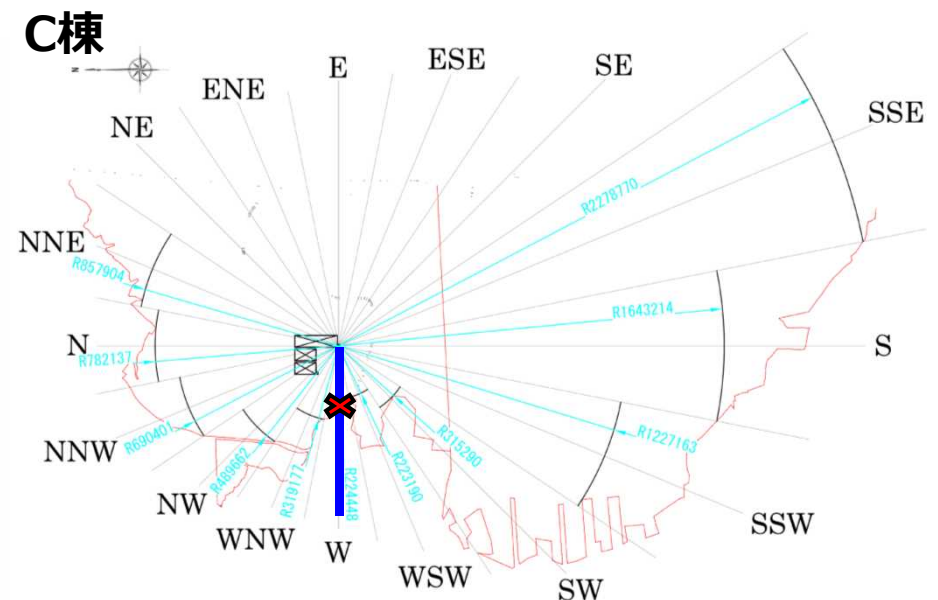
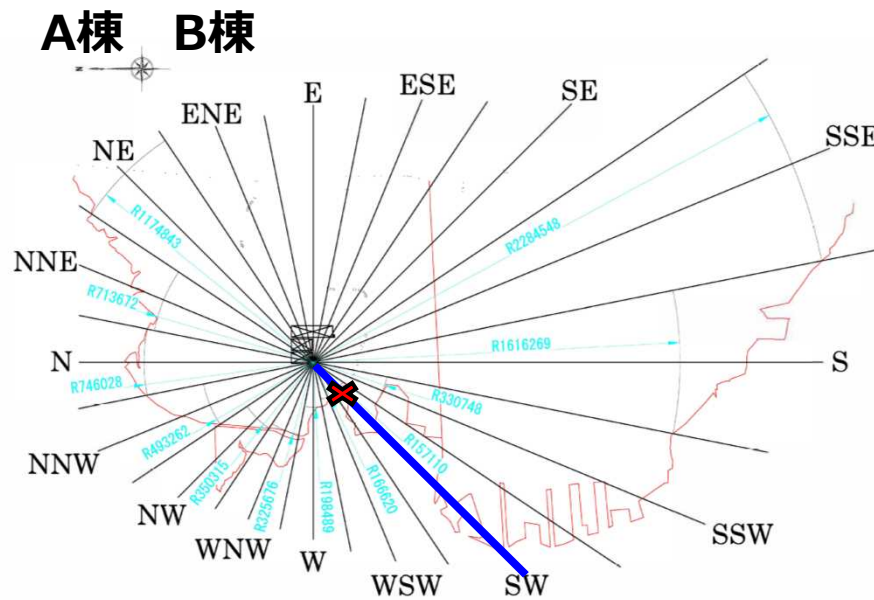
合計：約0.39mSv < 5mSv

■ 将来的運用

	遮蔽機能 喪失	閉じ込め機能 喪失	合計
10 - A棟	約1.7μSv	約7.6μSv	約9.3μSv
10 - B棟	約0.95μSv	約7.6μSv	約8.6μSv
10 - C棟	約1.5μSv	約8.0μSv	約9.5μSv

合計：約28μSv < 50μSv

項目	条件
放出点	平常時と同様の放出点
放出点高さ	0m
評価点	A,B棟:SW C棟:W (放出点からの各16方位内における敷地境界のうち、 相対濃度が最大となる地点)



分類 3-4 コンクリートの機械的破砕時の飛散率

平成 13、14 年度に NUPEC にて実施したコンクリート制御爆破試験^{[1][2]}におけるコンクリートの二次破砕時の粉じん飛散率のデータに基づき、放射化または浸透汚染コンクリートの破砕に対する環境影響評価に用いる評価パラメータを設定する。

外部に衝撃が加わるという共通点から、こちらの飛散率を採用

1. 適用範囲

材料：コンクリート材

解体工法：ビッグハンマー法、ジャイアントブレイカー法、スチールボール法、圧砕機法、
(小型ハンドブレイカ等に対しては、分類 3-7「コンクリートの機械的はつり時の飛散率」のハンドブレイカを参照)

2. パラメータ

		ガス炉	軽水炉
		基本 (自走式ブレイカ)	基本 (自走式ブレイカ)
設定値	全粉じん	5E-05 (g/g)	9E-04 (g/g)
	1.1 μm 以下	4E-06 (g/g)	1E-04 (g/g)

注) 局所排気に HEPA フィルタを設置する場合の飛散率としては 1.1 μm 以下の粉じんの発生量を適用する。

参考文献

- [1] (財)原子力発電技術機構 平成 13 年度発電用原子炉廃止措置工事環境影響評価技術調査 (環境影響評価試験) に関する報告書 2002 年 3 月
- [2] (財)原子力発電技術機構 平成 14 年度発電用原子炉廃止措置工事環境影響評価技術調査 (環境影響評価試験) に関する報告書 2003 年 3 月

用語の定義

「気中移行割合」

解体対象物を切断／解体する作業時に気相雰囲気に移行する放射性物質インベントリあたりの放射性物質質量。気相への移行量 (気中移行量) は、以下の式で表すことができる。

$$\text{気中移行量 (Bq)} = \text{放射性物質インベントリ (Bq)} \times \text{気中移行割合 (-)}$$

「水中移行割合」

解体対象物を切断／解体する作業時に水中に移行する放射性物質インベントリあたりの放射性物質質量。水中への移行量 (水中移行量) は、以下の式で表すことができる。

$$\text{水中移行量 (Bq)} = \text{放射性物質インベントリ (Bq)} \times \text{水中移行割合 (-)}$$

「飛散率」

解体対象物を切断／解体により欠損する放射性物質あたりの気相に移行する放射性物質質量を示す。解体対象物の性状、解体方法により適用方法が異なる。気中移行割合は、以下の式で表すことができる。

① 解体対象物中の放射性物質濃度が均一の場合の切断 (放射化金属の切断、放射化コンクリートの切断)

$$\text{気中移行割合 (-)} = \text{飛散率 (-)} \times \text{欠損容積 (切断長さ} \times \text{カーフ幅} \times \text{肉厚) (cm}^3\text{)} \div \text{対象物容積 (cm}^3\text{)}$$

② 解体対象物表面に放射性物質が付着している場合の切断 (汚染金属の切断)

$$\text{気中移行割合 (-)} = \text{飛散率 (-)} \times \text{欠損面積 (切断長さ} \times \text{カーフ幅) (cm}^2\text{)} \div \text{対象物面積 (cm}^2\text{)}$$

③ 解体対象物中の放射性物質濃度が均一の場合の解体 (放射化コンクリートの穿孔、破砕、制御爆破)

$$\text{気中移行割合 (-)} = \text{飛散率 (-)} \quad (\text{解体対象容積} = \text{欠損容積となる})$$

④ 解体対象物表面に放射性物質が付着している場合の解体 (汚染コンクリートのはつり、プラスチック除染)

$$\text{気中移行割合 (-)} = \text{飛散率 (-)} \quad (\text{はつり、除染対象面積} = \text{欠損面積となる})$$

全て飛散に関与するという点から最も保守的

「水中移行率」

水中切断により欠損する放射性物質あたりの水中に移行する放射性物質質量を示す。水中移行割合は、以下の式で表すことができる。

① 解体対象物中の放射性物質濃度が均一の場合の切断 (放射化金属の切断、放射化コンクリートの切断)

$$\text{水中移行割合 (-)} = \text{水中移行率 (-)} \times \text{欠損容積 (切断長さ} \times \text{カーフ幅} \times \text{肉厚) (cm}^3\text{)} \div \text{対象物容積 (cm}^3\text{)}$$

DOE-HDBK-3010-94

粉体の飛散率なので、土砂に対し保守的

4.0 Solids; Powders

4.4.4.1.2 Experimentally Measured Resuspension Rates. Schmel and Lloyd (1976) reported the results of a 4-month study of the resuspension of a submicrom diameter tracer from a lightly vegetated soil surface due to ambient wind stresses. An aqueous slurry

(中略)

exposure would be hours rather than seconds. Thus, a bounding ARR of $4E-5/hr$ with a RF of 1.0 is recommended. However, as previously noted, the estimated respirable release should not exceed the total respirable material in the source if known.

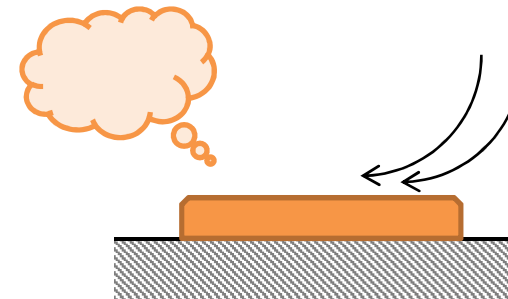
No experimental data on the effects of large debris over the deposited powder on aerodynamic entrainment were found. Schmitt (May 1975) reported an approximate order of magnitude reduction in particulate emissions from carbon microspheres used to extinguish a fire. Due to the decrease in aerodynamic stress if the powder is shielded by remnants and debris of the structure or exposed to static conditions within the structure, an ARR and RF for powder under debris of $4E-6/hr$ and 1.0 are recommended.

風速、通常 2 m/s 突風 20m/s

- Bounding ARR and RF, homogeneous bed of powder exposed to ambient conditions (normal process facility ventilation flow or less, or nominal atmospheric conditions <2 m/s with gusts up to 20 m/sec) following an event: $4E-5/hr, 1.0$
- Bounding ARR and RF, homogenous bed of powder buried under structural debris exposed to ambient conditions or under static conditions within the structure following an event: $4E-6/hr, 1.0$

It is noted that these values are for freshly deposited material in the immediate aftermath of release. It would be inappropriate to use these values for cumulative summing of hourly releases for long-term contamination (i.e., months to years).

・土砂に対し保守的な飛散率汚染土については、完全に乾いた土でないこと、及び、汚染土表面の粉体が飛散した後は、粒径の大きな粒が表面に来るため、粉体成分は数時間で飛散すると想定される。これより、粉体100%にて実験した本飛散率は十分保守的であると想定。



放出物体が広がった直後（最も拡散しやすい状態）での係数であること、また経時的なMAR（インベントリ）の減少を見込んでいない数字であることから、長期間の評価に用いると過大評価となる。今回は24時間なので、妥当と判断