

# 固体廃棄物貯蔵庫の耐震クラスの考え方について

2023年3月24日

**TEPCO**

---

東京電力ホールディングス株式会社

- 固体廃棄物貯蔵庫に関する耐震クラスの考え方に関して、12/27の面談を実施し、全体的な概要のご説明をさせていただきました。
- 本日は、具体的な内容を含めて、改めてご説明するとともに、以下の論点について確認したい。
- なお、固体廃棄物貯蔵庫第11棟については検討中の設備であるため、今後の検討により、変更する可能性があることをご留意いただきたい。

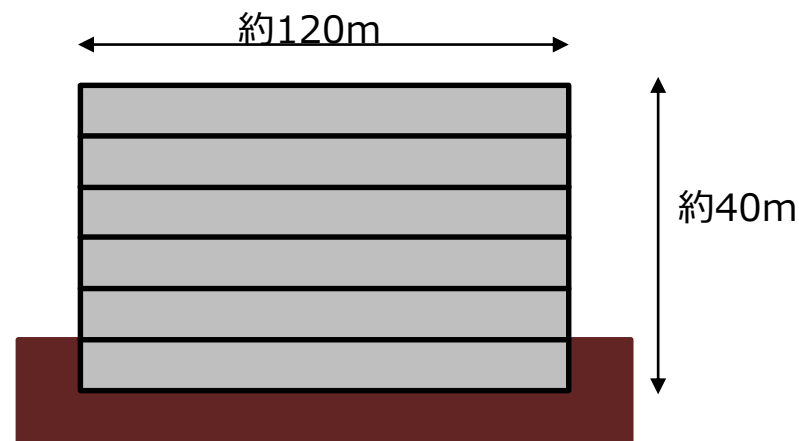
論点①：現実的な緩和対策を考慮した評価の考え方  
(終局状態に至らない建屋について)

論点②：地震時に飛散する放射性物質の検討について

# 1. 固体廃棄物貯蔵庫第11棟の概要

施設概要	瓦礫類や放射性固体廃棄物を保管する施設
建屋構造	地上5階+地下1階 鉄筋コンクリート造（建屋に遮蔽機能あり）
建屋規模	東西：約120m 南北：約120m 高さ：約40m
保管容量	約11.5万m <sup>3</sup> 以上
保管物	瓦礫類、焼却灰等の放射性固体廃棄物（端数処理を実施） 内訳：瓦礫類（1mSv/h超）：約3万m <sup>3</sup> 瓦礫類（1mSv/h以下）：約8万m <sup>3</sup> 焼却灰：約1万m <sup>3</sup>

固体廃棄物貯蔵庫  
第11棟



立面図（イメージ）

# 1. 固体廃棄物貯蔵庫第11棟の概要

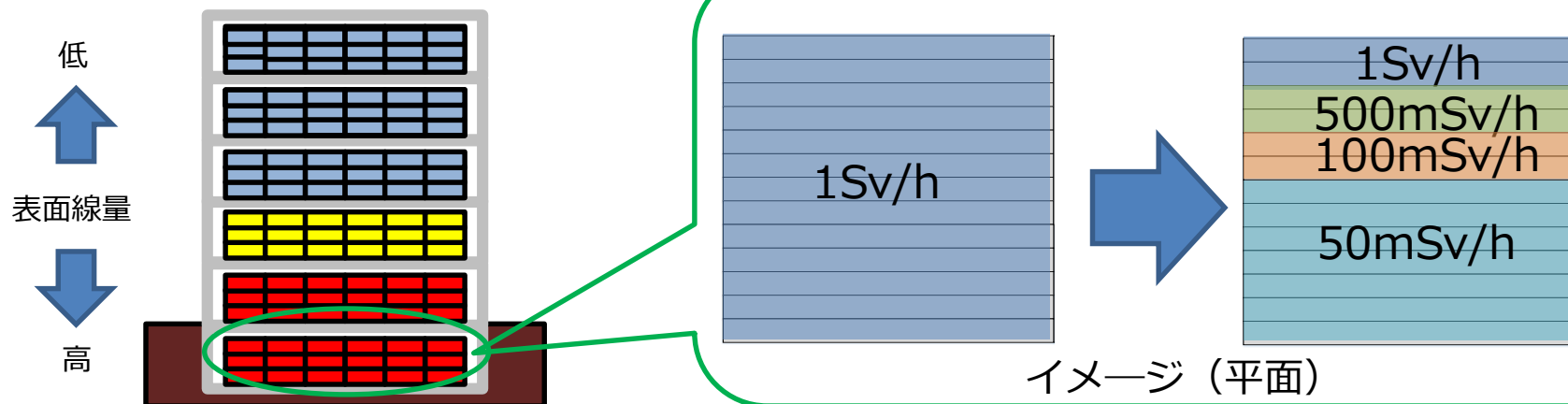
## ● 建屋の概要

- 耐震クラスはB+クラス（詳細は後述）
- 空調設備と相まって、放射性物質の飛散を抑制
- 鉄筋コンクリート造（遮蔽機能あり：遮蔽厚約1m※）  
敷地境界への影響を45 $\mu$ Sv/y以下に抑えるように設計

## ● 保管する廃棄物

※構造設計により、壁厚1m 以上となる可能性がある

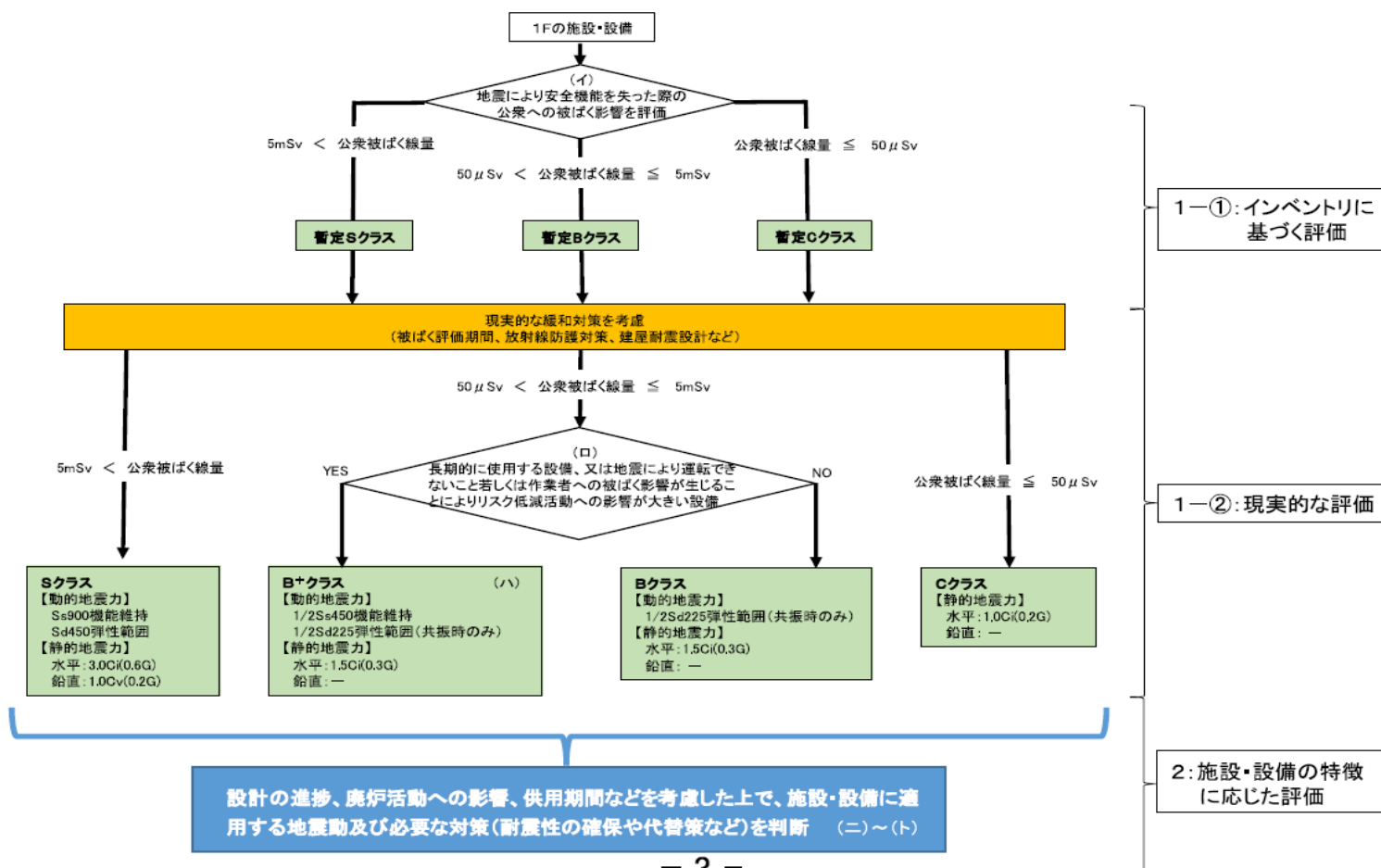
- 表面線量率で最大1Sv/h の瓦礫類を保管（可燃物、不燃物）
- 雑固体廃棄物焼却設備および増設雑固体廃棄物焼却設備により発生する焼却灰を保管
- 上記を合計して、約11.5万 $m^3$ 以上の保管容量を想定
- 線量の高いものを下層階（地下）に、線量の低いものを上層階に保管する。
- 発生量に合わせて、受入線量区分を従来のものより細分化。



## 2. 固体廃棄物貯蔵庫第11棟の耐震クラスの見方

- 耐震クラスについて、「東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所における耐震クラス分類と地震動の適用の見方」（以下のフロー）に基づき、見方を整理。
- 「1-②現実的な評価」における見方について、議論させていただきたい。

耐震クラス分類と施設・設備の特徴に応じた地震動の設定及び必要な対策を判断する流れ



### 3. 1-①インベントリに基づく評価

- 建屋や容器等が喪失した場合の敷地境界への影響評価を実施
- なお、耐震クラス検討のための概算値であり、詳細な評価は今後実施する

直接線・スカイシャイン線：約90mSv/7日間（暫定値）※1

遮蔽：なし（地下部分は土壌を考慮）

線源：60Co

※1：敷地境界線量45 $\mu$ Sv/yの設計条件より算出  
コンクリートの1/10価層を20cmとして、  
100cmで $10^{-5}$ の遮蔽として評価

放出放射能評価：約33mSv/7日間（暫定値）※2

閉じ込め：なし（建屋・容器による閉じ込めなし）

線源：60Co

放出に寄与するインベントリ：全て

飛散率：

地震直後 $\Rightarrow 9 \times 10^{-4}$ （廃止措置工事環境影響ハンドブック）

静置による飛散 $\Rightarrow 4 \times 10^{-6}$  [ /h ]  $\times$  7日間 =  $6.7 \times 10^{-4}$

（DOEハンドブック）

※2：固体庫10棟の放出放射能評価の条件を参考に算出



5mSvを超過 $\Rightarrow$ 暫定Sクラス

## 4-1. 現実的な評価における建屋の遮蔽・閉じ込め機能について

## 1-②現実的な評価

- ・地震 (Ss900) 時における建屋の想定  
→終局状態には至らない※ (=倒壊しない)  
⇒以下に記載する安全機能は維持されると想定

※建屋のクライテリア等は後述

## ダスト飛散抑制機能

⇒コンクリートの弾性範囲を超えるが、変形 (ひび割れ) が生じる可能性があるため、建屋として、DF10を想定<参考①②>

<参考文献>

・Elizabeth M.Flew, et al. "Assessment of the Potential Release of Radioactivity from Installations at AERE, Harwell. Implications for Emergency Planning". Handling of Radiation Accidents. International Atomic Energy Agency. Vienna, 1969, IAEA-SM-119/7

・JAEAの廃棄物管理施設の影響評価で使用 (第157回核燃料施設等の新規制基準適合性に係る審査会合 (平成28年10月27日))

## 遮蔽機能

⇒コンクリートのひび割れを考慮した遮蔽能力を想定※<参考③>

※100cmのコンクリートの場合、 $10^{-5}$ の遮蔽能力を有するが、ひび割れを考慮して $10^{-4}$ として評価

<参考文献>

・"Study on Radiation Shielding Performance of Reinforced Concrete Wall After the Earthquake, Journal of Disaster Research Vol.5 No.4, 2010"

## 4-2. 1-②現実的な緩和対策を考慮した評価

● 建屋の安全機能を考慮した敷地境界への影響評価を以下通り

直接線・スカイシャイン線：約0.009mSv/7日間※1（暫定値）

遮蔽： $10^{-4}$ の減衰を考慮（地下部分は土壌を考慮）

線源：60Co

※1：6ページの評価 $\times 10^{-4}$

放出放射能評価：約3.3mSv/7日間（暫定値）※2

閉じ込め：建屋により、DF10

線源：60Co

放出に寄与するインベントリ：全て

飛散率：

地震直後 $\Rightarrow 9 \times 10^{-4}$ （廃止措置工事環境影響ハンドブック）

静置による飛散 $\Rightarrow 4 \times 10^{-6} [/\text{h}] \times 7 \text{日間} = 6.7 \times 10^{-4}$

（DOEハンドブック）

※2：6ページの評価 $\times 10^{-1}$



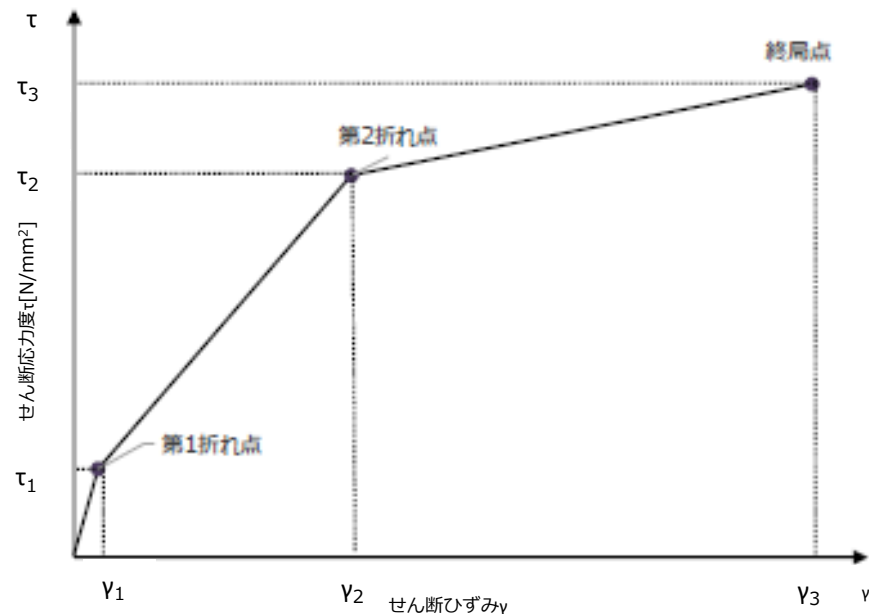
5mSv超過しない $\Rightarrow$ 「B+クラス」



## 5. 終局状態に至らない建屋の設計基準について **論点①** **TEPCO**

- 建屋の塑性変形を考慮して、耐震壁に生じるせん断応力度とせん断ひずみの関係（スケルトンカーブ（ $\tau$ - $\gamma$ ）※）で評価する。
- 建屋が終局状態に至らないための設計条件として、終局点（ $\gamma = 4.0 \times 10^{-3}$ ）以下とする。
- これは、建屋に対して、弾性範囲を超えて変形する（ひび割れ等は発生する）が、倒壊には至らないため、遮蔽等の機能が全喪失はしないと考えられる。
- したがって、建屋の設計条件としては、B+クラスの要件に加えて、Ss900の地震動において、最大せん断ひずみが $\gamma = 4.0 \times 10^{-3}$ 以下であることとする。

- ・ 第1折れ点：  
一般的に第1折れ点付近でコンクリートにひび割れが生じるとされている点
- ・ 第2折れ点：  
一般的に第2折れ点付近で鉄筋が降伏するとされている点
- ・ 終局点：  
終局せん断ひずみとされている点  
 **$(\gamma = 4.0 \times 10^{-3})$**



せん断応力度とせん断ひずみの関係

## 6. 地震時に飛散する放射性物質の検討

論点②

TEPCO

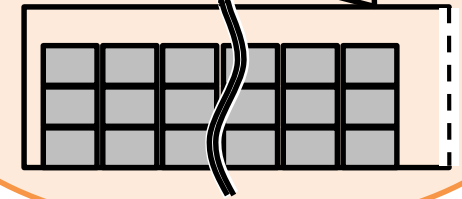
9

- 先述の放出放射能評価では、飛散率や放出に寄与する放射性物質の量などを保守的に想定している。
- より現実的な評価に近づけるために、これらの知見の拡充のため地震による保管容器の転倒数や破断数など、シミュレーションや実験によって検証する。

保管容器は壁に囲まれたレーン内に保管  
(保管容器は耐震cクラス相当)

壁があるので傾く  
のみで破断しない

壁がないので、段数  
に応じて転倒・落下



地震による振動

座屈による破断

落下時の破断による保管容器  
からの漏出量の解析・実験

飛散率について、解析  
・実験などで導出。

検討イメージ

## 7. まとめ

- 固体廃棄物貯蔵庫第11棟の耐震クラスの考え方について、「東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所における耐震クラス分類と地震動の適用の考え方」に沿って整理を実施した。
- 手戻りを防ぐために、現実的な評価における考え方について、確認させていただきたい。
  - 論点①：「現実的な緩和対策を考慮した評価」において、終局状態に至らない建屋に、以下の安全機能が維持されるとして評価
    - ・ 建屋による飛散抑制機能：インベントリに基づく評価  $\times 10^{-1}$
    - ・ 遮蔽機能：インベントリに基づく評価  $\times 10^{-4}$
  - 論点②：地震時に飛散する放射性物質について検証を行い、得られた成果を反映し、放出に寄与するインベントリを現実的な評価に近づける。

Modifying Factors

Factor 3. Fraction of Aerosol released from primary containment into building.

<u>Primary Containment</u>	<u>Factor</u>
<u>Gases &amp; Vapours</u>	
Whatever the containment (except elemental iodine released under water).	1.0
Elemental iodine released under water.	0.01
<u>All other forms</u>	
Fibre drums, glove boxes, cells, reactor structures etc., which are so seriously damaged that containment is virtually nil.	1.0
Storage blocks and pits, seriously damaged glove boxes, cells, flasks, reactor structures, etc.	0.1
Safes, undamaged or slightly damaged glove-boxes <sup>(12)</sup> , cells, flasks, reactor structures, etc., under water storage, particulate release into building via filtered extract, single metal containment.	0.01
Concreted steel drums, double metal containment.	0.001

Factor 4. Fraction of Airborne Material released from Building

<u>Condition of Building</u>	<u>Factor</u>
Gases in damaged or undamaged buildings.	1.0
Volatile and particulate aerosols in buildings so seriously damaged that containment is virtually nil.	
(a) by explosion	1.0
(b) by fire (factor allowed for thermal lift)	0.1
<b>Volatile and particulate aerosols in building containments undamaged or slightly damaged.</b>	<b>0.1</b>
Particulate release from building via filtered extract.	0.01

Elizabeth M.Flew, et al. "Assessment of the Potential Release of Radioactivity from Installations at AERE, Harwell. Implications for Emergency Planning". Handling of Radiation Accidents. International Atomic Energy Agency. Vienna, 1969, IAEA-SM-119/7 (右表 : 664頁より抜粋)

Volatile and particulate aerosols in building containments undamaged or slightly damaged.  
→Factor : 0.1

右記の文献を参考に、slightly damagedの建屋として、建屋によるDF10 (Factor : 0.1) とした。

地震に係る安全上重要な施設の有無確認に当たっては、以下に留意し、公衆に対する被ばく影響の程度を評価する。

- ・ 技術的に予測される状態を考慮するに当たっては、耐震重要度分類 S クラスの施設に求められる程度の地震力を想定する。
- ・ 放射性物質の放出量の算定に当たり、燃料破損が想定される場合は、気体状の放射性物質の放出を考慮する。
- ・ 放射性物質の移行率の想定に当たっては、構築物・系統及び機器の損傷の程度を考慮して除染係数 (DF) 等を設定する。具体的には、弾性範囲を超えるが変形 (ひび割れ) 程度であれば  $DF=10$ 、外壁崩落・倒壊であれば  $DF=1$  とする。なお、保守的に  $DF=1$  (閉じ込め機能を期待しない) とすることは妨げない。

## Study on Radiation Shielding Performance of Reinforced Concrete Wall After the Earthquake

下記のモデルを組んで解析（MCNP）を実施

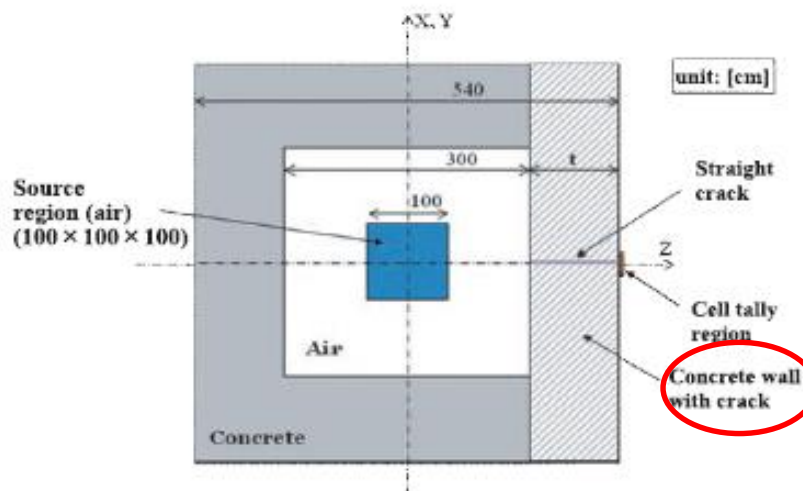
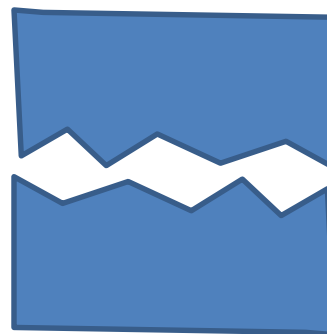


Fig. 9. Calculation model for simple case.

実際のひび⇒表面が粗い



モデル上のひび⇒まっすぐで模擬（保守的）



ひび割れない⇒DF $10^5$   
 ひび割れ ⇒本文中に1/2との記載があるが、DF $10^4$ で代用（保守的）  
 （80 cm以下であれば、遮蔽機能変わらず）

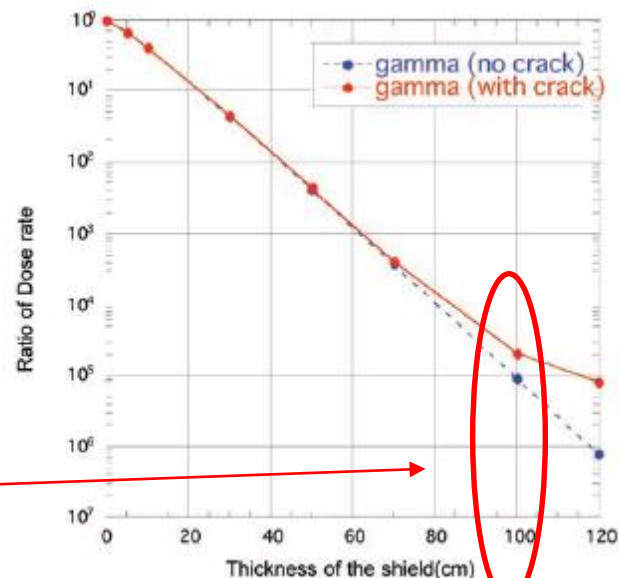


Fig. 12. Dose rate distribution in concrete wall.

## 【参考④】 放出放射能評価の考え方

- 放出放射能評価に用いる放出量については、五因子法を用いて算出。（概算値）

項目	記号	単位	値	備考
放射性物質	MAR	Bq	$4 \times 10^{15}$	保管物の線量から算出
MARのうち事故の影響を受ける割合	DR	-	1	保守的に設定
霧困気中に放出され浮遊する割合	ARF	-	$9 \times 10^{-4}$	落下時の飛散率※ <sup>1</sup> (事象あたり)
	ARR	-	$4 \times 10^{-6}$	静置時の飛散率※ <sup>2</sup> (時間あたり)
肺に吸入され得る微粒子の割合	RF	-	1	保守的に設定
環境中へ漏れ出る割合	LPF	-	1 (0.1)	建屋は倒壊していないため、建屋による除染係数を考慮※ <sup>3</sup>
五因子法による放射性物質放出量	ST	Bq	$6 \times 10^{12}$ ( $6 \times 10^{11}$ )	$MAR \times DR \times (ARF + (ARR \times 7日 \times 24h)) \times RF \times LPF$

( ) 内は、1-②現実的な緩和対策を考慮した評価にて使用した値を示す。

※<sup>1</sup>：廃止措置工事環境影響ハンドブック

※<sup>2</sup>：DOEハンドブックの5.3.4表面汚染された不燃物の飛散（構造物内部の状態）

※<sup>3</sup>：Elizabeth M.Flew, et al. "Assessment of the Potential Release of Radioactivity from Installations at AERE, Harwell. Implications for Emergency Planning". Handling of Radiation Accidents. International Atomic Energy Agency. Vienna, 1969, IAEA-SM-119/7