

2号機燃料取扱設備及び燃料取り出し用構台 の設置について

2021年12月22日（第27回）



東京電力ホールディングス株式会社

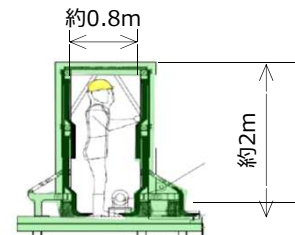
- 原子炉建屋内での作業が少ない据付工法を選定
 - ランウェイガータは燃料取り出し用構台側から押し出して設置する工法
 - 主なオペフロ内の据付作業はSFP照明及びITVの設置のみ
- 原子炉建屋内の燃料取り出し作業の遠隔化
 - 燃料取り出し手順参照
- 燃料取扱設備のメンテナンスは燃料取り出し用構台前室にて実施
- 燃料取扱設備停止時の原子炉建屋内から燃料取り出し用構台前室への退避手段の確保
- 原子炉建屋内設置機器のメンテナンスに必要な作業エリア/アクセス通路の線量を低減（ダスト飛散抑制の観点で遮蔽体設置前に除染を実施）
 - ↓
 - 遮蔽設置の主目的
- オペフロ内環境線量の目標値として1mSv/hを設定
 - 線源が床面のみの3号機と同様の目標値を設定
 - 2号機では線源に遮蔽できない箇所（天井，高所壁面）があるものの可能な限り目標値に近づける対策を実施

■ 除染計画

- 燃料取り出し作業中のダスト飛散抑制のため遮蔽体設置前に除染を実施

■ 遮蔽計画

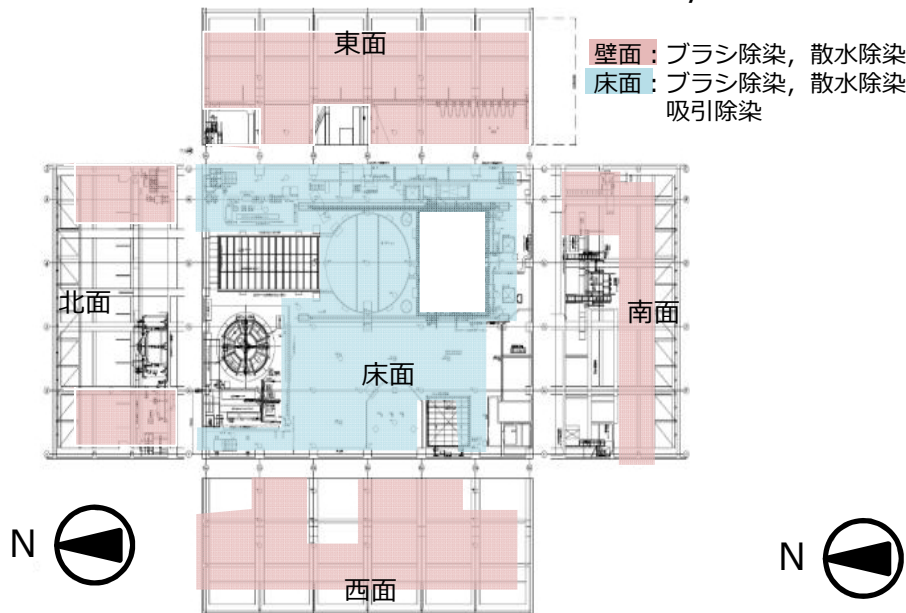
- メンテナンスエリアに影響の大きい箇所に遮蔽体を設置し、アクセス通路にも遮蔽機能を持たせることで作業環境を整備
- 工事における被ばく低減対策
 - 遮蔽体設置作業は遠隔重機を用いて行うため、オペフロ内の有人作業はない。
(西側構台前室内における機器のメンテナンス作業で被ばくが生じる)
- 遮蔽体設置後の雰囲気線量
 - 有人作業を想定しているエリア：約1.4~2.1mSv/h
 - アクセス通路内部：約0.1mSv/h



← アクセス通路イメージ

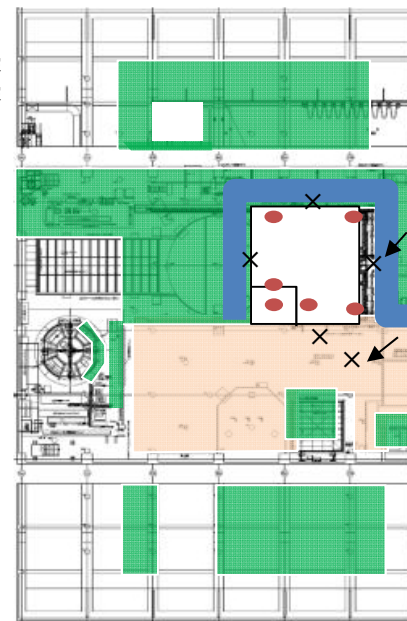
【凡例】(括弧内は遮蔽効果)

- : 鉄板遮蔽厚さ
 ウェル上：250mm(1/1000)
 床面：80mm(1/100)
 壁面：40~60mm(1/5~1/10)
 アクセス通路：鉛20mm(1/5)
 (側面, 天版)
- : コンクリート遮蔽厚さ
 床面：200mm(1/100)
- : ITV配置箇所
- : アクセス通路
- × : 線量評価点



除染範囲図 (床面, 壁面) ※

※アクセス可能な範囲で実施



遮蔽設置範囲図

■ 継続的な線量測定にて遮蔽計画を検証

- オペフロ残置物撤去作業後及び線量影響の大きい原子炉ウェル上への遮蔽体設置後に線量測定を実施し遮蔽計画を検証

■ 事故調査への影響

- 2021年3月に原子炉ウェル上の線量測定を実施し、測定結果を規制庁と共有
- 規制庁と協働し実施するオペフロ調査は除染作業・遮蔽体設置前に実施
- 原子炉ウェル上に設置する遮蔽体は、燃料取り出し作業完了後に撤去可能

説明スケジュール

2号機燃料取扱設備及び燃料取り出し用構台 実施計画変更申請の説明スケジュール(案)												
No.	説明内容 (実施計画の構成に基づいて説明)	2021年度										
		4月		5月		6月		7月		8月		9月
全体スケジュール		コメント	回答期限									
1	申請, 申請範囲と措置を講ずべき事項への適合性に関する説明											
2	燃料取扱設備概要と燃料取扱いに関する説明 【記載箇所】 2.11.1 基本設計 2.11.2 基本仕様 2.11 添付資料-1-1 燃料の落下防止, 臨界防止に関する説明書 2.11 添付資料-5 使用済燃料プールからの燃料取り出し工程表	第12回(4/14) ▼			第16回(6/4) ▼	第18回(6/23) ▼						第22回(9/29) ▼
3	燃料取り出し用構台の構造強度及び耐震性に関する説明 【記載箇所】 2.11.1 基本設計 2.11 添付資料-4-2 燃料取り出し用カバ-の構造強度及び耐震性に関する説明書			第13回(5/11) ▼		第17回(6/10) ▼		第19回(7/14) ▼		第20回(8/16) ▼		
4	燃料取扱設備の構造強度及び耐震性に関する説明 【記載箇所】 2.11.1 基本設計 2.11.2 基本仕様 2.11 添付資料-4-1 燃料取扱設備の構造強度及び耐震性に関する説明書			第13回(5/11) ▼	第14回(5/18) ▼							
5	換気設備の設備概要, 構造強度と耐震性に関する説明 【記載箇所】 2.11.1 基本設計 2.11.2 基本仕様 2.11 添付資料-3-1 放射性物質の飛散・拡散を防止するための機能に関する説明書 2.11 添付資料-4-3 燃料取り出し用カバ-換気設備の構造強度及び耐震性に関する説明書	第12回(4/14) ▼			第15回(5/28) ▼							
6	原子炉建屋オペレーティングフロアに設置する遮蔽体に関する説明 【記載箇所】 2.11 添付資料-4-2 別添8 2号機原子炉建屋 オペレーティングフロア床面に設置する遮蔽体の落下防止について	第12回(4/14) ▼				第15回(5/28) ▼						
7	放射線管理関係設備, 保安措置に関する説明 【記載箇所】 2.11 添付資料-1-2 放射線モニタリングに関する説明書 2.15.1 基本設計 2.15.2 基本仕様 2.15 添付資料-1 ダスト放射線モニタ系統概略図 Ⅲ 第1編 第42条 気体廃棄物の管理 Ⅲ 第1編 第60条 外部放射線に係る線量当量率等の測定 Ⅲ 第1編 第61条 放射線計測器類の管理 Ⅲ 第3編 2.1.3 放射性気体廃棄物等の管理 Ⅲ 第3編 3.1.2 放射線管理	第11回(4/1) ▼				第15回(5/28) ▼						
8	燃料の健全性及び移送操作中の燃料集合体の落下に係る説明 【記載箇所】 2.11 添付資料-1-3 燃料の健全性確認及び取り扱いに関する説明書 2.11 添付資料-3-3 移送操作中の燃料集合体の落下					第15回(5/28) ▼						
9	確認事項に関する説明 【記載箇所】 2.11 添付資料-1-1 燃料の落下防止, 臨界防止に関する説明書 2.11 添付資料-1-2 放射線モニタリングに関する説明書 2.11 添付資料-3-1 放射性物質の飛散・拡散を防止するための機能に関する説明書 2.11 添付資料-4-1 燃料取扱設備の構造強度及び耐震性に関する説明書 2.11 添付資料-4-2 燃料取り出し用カバ-の構造強度及び耐震性に関する説明書			第14回(5/18) ▼		第17回(6/10) ▼		第19回(7/14) ▼		第21回(8/24) ▼		第22回(9/29) ▼

※説明進捗に合わせて適宜変更

説明スケジュール

2号機燃料取扱設備及び燃料取り出し用構台 実施計画変更申請の説明スケジュール(案)		※説明進捗に合わせて適宜変更																			
No.	説明内容 (実施計画の構成に基づいて説明)	2022年度																			
		10月			11月			12月			1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	
全体スケジュール		コメント回答期間									補正申請予定 新規申請 (燃料取扱設備)	認可希望 (構台)	コメント回答期間			補正申請予定			認可希望 (燃料取扱設備)		
1	申請、申請範囲と措置を講ずべき事項への適合性に関する説明																				
2	燃料取扱設備概要と燃料取扱いに関する説明 【記載箇所】 2.11.1 基本設計 2.11.2 基本仕様 2.11 添付資料 - 1 - 1 燃料の落下防止、臨界防止に関する説明書 2.11 添付資料 - 5 使用済燃料プールからの燃料取り出し工程表		第23回(10/13)			第25回(11/9)	第26回(11/30)	第27回(12/22)													
	3	燃料取り出し用構台の構造強度及び耐震性に関する説明 【記載箇所】 2.11.1 基本設計 2.11 添付資料 - 4 - 2 燃料取り出し用カバーの構造強度及び耐震性に関する説明書				第25回(11/9)	第26回(11/30)	第27回(12/22)													
4	燃料取扱設備の構造強度及び耐震性に関する説明 【記載箇所】 2.11.1 基本設計 2.11.2 基本仕様 2.11 添付資料 - 4 - 1 燃料取扱設備の構造強度及び耐震性に関する説明書			第24回(10/28)				第27回(12/22)													
5	換気設備の設備概要、構造強度と耐震性に関する説明 【記載箇所】 2.11.1 基本設計 2.11.2 基本仕様 2.11 添付資料 - 3 - 1 放射性物質の飛散・拡散を防止するための機能に関する説明書 2.11 添付資料 - 4 - 3 燃料取り出し用カバー換気設備の構造強度及び耐震性に関する説明書		第23回(10/13)			第25回(11/9)	第26回(11/30)														
	6	原子炉建屋オペレーティングフロアに設置する遮蔽体に関する説明 【記載箇所】 2.11 添付資料 - 4 - 2 別添8 2号機原子炉建屋 オペレーティングフロア床面に設置する遮蔽体の落下防止について				第25回(11/9)	第26回(11/30)	第27回(12/22)													
7	放射線管理関係設備、保安措置に関する説明 【記載箇所】 2.11 添付資料 - 1 - 2 放射線モニタリングに関する説明書 2.15.1 基本設計 2.15.2 基本仕様 2.15 添付資料 - 1 ダスト放射線モニタ系統概略図 Ⅲ 第1編 第42条 気体廃棄物の管理 Ⅲ 第1編 第60条 外部放射線に係る線量当量率等の測定 Ⅲ 第1編 第61条 放射線計測器類の管理 Ⅲ 第3編 2.1.3 放射性気体廃棄物等の管理 Ⅲ 第3編 3.1.2 放射線管理																				
	8	燃料の健全性及び移送操作中の燃料集合体の落下に係る説明 【記載箇所】 2.11 添付資料 - 1 - 3 燃料の健全性確認及び取り扱いに関する説明書 2.11 添付資料 - 3 - 3 移送操作中の燃料集合体の落下																			
9	確認事項に関する説明 【記載箇所】 2.11 添付資料 - 1 - 1 燃料の落下防止、臨界防止に関する説明書 2.11 添付資料 - 1 - 2 放射線モニタリングに関する説明書 2.11 添付資料 - 3 - 1 放射性物質の飛散・拡散を防止するための機能に関する説明書 2.11 添付資料 - 4 - 1 燃料取扱設備の構造強度及び耐震性に関する説明書 2.11 添付資料 - 4 - 2 燃料取り出し用カバーの構造強度及び耐震性に関する説明書			第24回(10/28)	第25回(11/9)	第26回(11/30)	第27回(12/22)														

■ 実施計画変更比較表

2.11 使用済燃料プールからの燃料取り出し設備 本文

添付資料－ 1 － 1 燃料の落下防止, 臨界防止に関する説明書

添付資料－ 1 － 2 放射線モニタリングに関する説明書

添付資料－ 3 － 1 放射性物質の飛散・拡散を防止するための機能に関する説明書

添付資料－ 4 － 1 燃料取扱設備の構造強度及び耐震性に関する説明書

添付資料－ 4 － 2 燃料取り出し用カバーの構造強度及び耐震性に関する説明書

添付資料－ 4 － 3 燃料取り出し用カバー換気設備の構造強度及び耐震性に関する説明書

添付資料－ 5 使用済燃料プールからの燃料取り出し工程表

2.15 放射線管理関係設備等 本文

添付資料－ 1 ダスト放射線モニタ系統概略図

Ⅲ 第1編 第42条 気体廃棄物の管理

Ⅲ 第1編 第60条 外部放射線に係る線量当量率等の測定

Ⅲ 第1編 第61条 放射線計測器類の管理

Ⅲ 第3編 2.1.3 放射性気体廃棄物等の管理

Ⅲ 第3編 3.1.2 放射線管理

鉛直ダンパと棟間ダンパの性能検査（第一減衰係数）

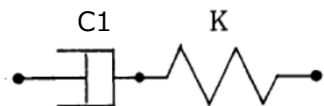
<追加> **TEPCO**

- 正加力，負加力とも同性能であるため，第一減衰係数C1は，正弦波加力における荷重と変位から評価する
- 測定した減衰カループより1サイクルごとのエネルギー吸収量 ΔW を計算し，ダッシュポット要素とばね要素を直列に結合したマックスウェル型モデルの粘性減衰係数として，(1.1) 式*から算出する

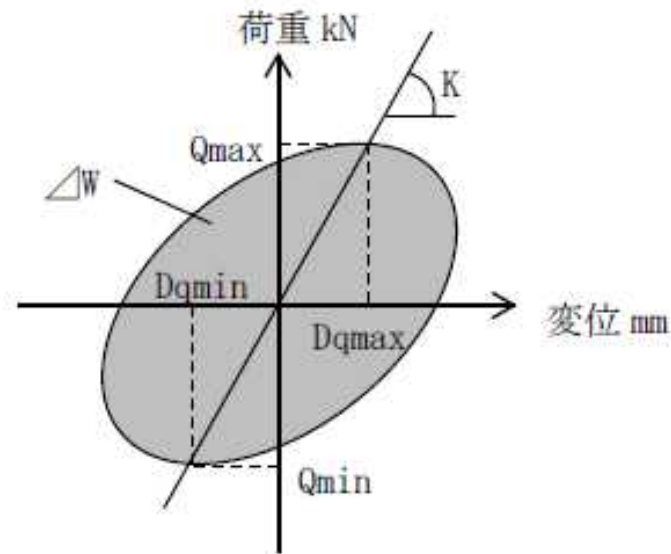
$$C1 = Q^2 / (2 \cdot f \cdot \Delta W) \dots \dots \dots (1.1)$$

Q : 荷重片振幅 $Q = (|Q_{max}| + |Q_{min}|) / 2$

f : 加力周波数



(a) マックスウェル型モデル

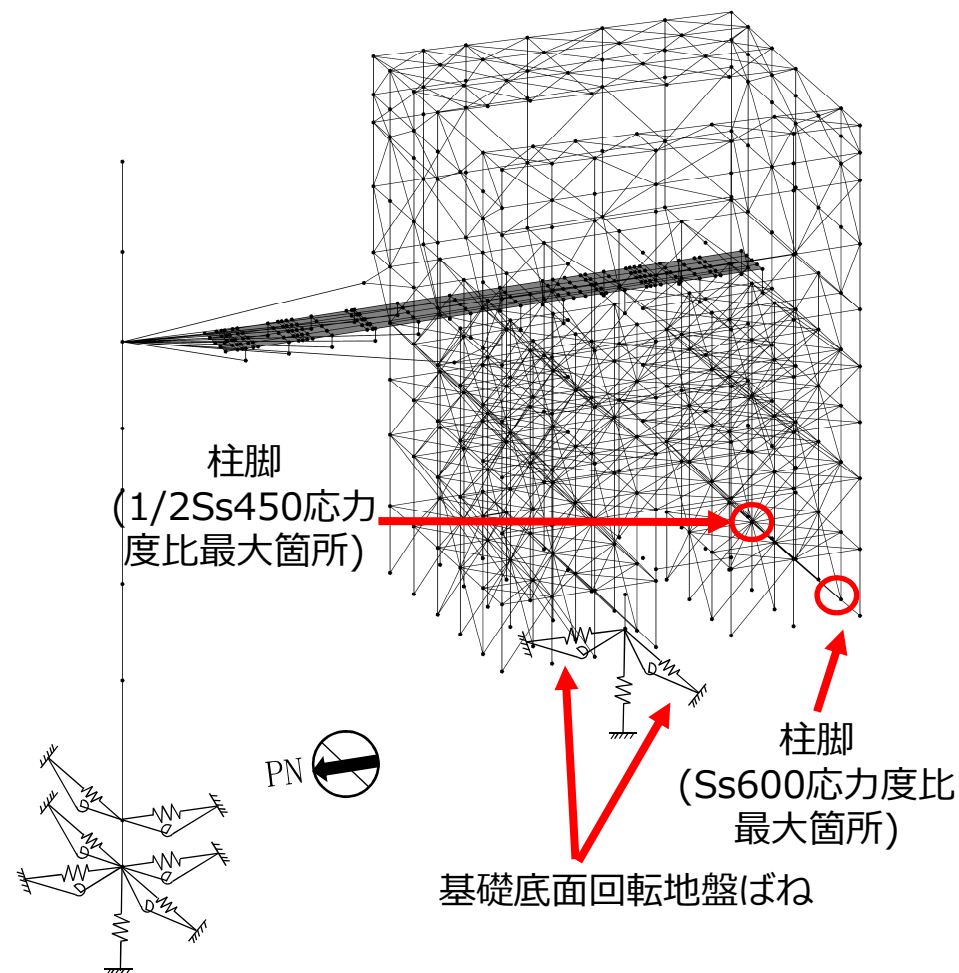


(b) 正弦波加振時の荷重変位関係

* : 例えば，丹羽ほか「高減衰構造による制震に関する研究」日本建築学会構造工学論文集 Vol.38B(1992年3月)p223-233

基礎スラブの影響評価について

- 地震応答解析結果より基礎スラブに作用する地震荷重を次頁の通り比較した
- 基礎全体に掛かる転倒モーメントの比較のため、基礎底面回転地盤ばね反力の最大応答値を用いて比較
- 柱脚反力により局所的に応答が大きくなる箇所が存在すると考えられるため、全体の転倒モーメント比較に加え、柱脚の最大応力度比の比較も実施
- 1/2Ss450の検討用応力はSs600より小さくなるため、基礎の耐震性に対する検討は、1/2Ss450評価結果がSs600評価結果を下回り、影響が十分小さいことを確認した



基礎スラブの影響評価について

【全体応答】

基礎スラブの地震時検討用応力の比較（全体）

地震時検討用応力		Ss600	1/2Ss450	1/2Ss450/Ss600
最大転倒モーメント	M _{NS} (kNm)	1,119,000	649,000	0.58
	M _{EW} (kNm)	843,000	658,000	0.79
最大軸力	N(kN)	49,000	46,000	0.94

1/2Ss450では、水平2方向の影響を考慮する必要があるため、転倒モーメントを荷重係数法を用いて合成し、Ss600の1方向の転倒モーメントと比較する。

- ・ NS方向

$$\text{合成した転倒モーメント} = \sqrt{649,000^2 + (0.4 \times 658,000)^2} \doteq 701,000 \text{ kNm}$$

$$701,000 / 1,119,000 = \underline{0.63}$$

- ・ EW方向

$$\text{合成した転倒モーメント} = \sqrt{(0.4 \times 649,000)^2 + 658,000^2} \doteq 708,000 \text{ kNm}$$

$$708,000 / 843,000 = \underline{0.84}$$

【局所応答】

構台から作用する応力（柱脚柱の断面検討結果）の比較

柱脚柱の断面検討結果	Ss600	1/2Ss450	1/2Ss450/Ss600
応力度比	0.91	0.76	0.84
部材形状(mm)	(X)H-700×300×36×36 (Y)H-700×350×36×40 <SM490A>	(X)H-700×300×40×40 (Y)H-700×350×40×40 <SM490A>	

■ 補足説明資料

- 別添 1 2号燃料取扱設備の設備停止位置における耐震性についての計算書

2号燃料取扱設備の設備停止位置における
耐震性についての計算書

I. 2号燃料取扱設備に係る耐震設計の基本方針

1. 設備の重要度による耐震クラス別分類

備名	耐震 クラス別	確認用 地震動
燃料取扱設備	B+	1/2Ss450

燃料取扱設備は、燃料取扱機及びクレーンによる揚重作業時、原子炉建屋側または燃料取り出し用構台側の所定の停止位置にて4本のアウトリガーピンを介してランウェイガードに固定し、原子炉建屋側では燃料取扱及び輸送容器取扱作業を、燃料取り出し用構台側では輸送容器取扱作業を行う。また、アウトリガーピンによる固定解除後、ランウェイガードに設置する走行レール上を走行し、原子炉建屋と燃料取り出し用構台間を移動する。

2号燃料取扱設備の耐震クラス別分類は、「令和3年2月13日の福島県沖の地震を踏まえた東京電力福島第一原子力発電所の耐震設計における地震動とその適用の考え方(2回目)」(原子力規制庁, 令和3年9月8日)に基づき、B+クラスに分類される。本計算書では、2号燃料取り出し用構台の実施計画申請にあたり、別申請にて提示する燃料取扱設備の耐震応答解析の結果が構台の申請内容に影響しないことに当たりをつけるため、各設備停止位置における転倒評価を行うものである。

2. 設計用地震力

2.1. 設計用床応答スペクトル

- (1) 床応答スペクトルは、原子炉建屋及び燃料取り出し用構台の地震応答解析モデルに対して、確認用地震動を用いた時刻歴応答解析を行い、ランウェイガード上の走行台車部車輪位置(計6箇所)での加速度応答時刻歴を求める。時刻歴応答解析においては、地震動(1/2Ss450)、入力方向(+NS+EW+UD)、ランウェイガードに付加する荷重(燃料取扱状態、輸送容器取扱状態、輸送容器固定状態)の組合せを考慮する。
- (2) (1)で求めた各走行台車車輪位置での加速度応答時刻歴を入力として、1自由度系の応答スペクトルを求める。
- (3) (2)で求めた応答スペクトル6点を包絡する応答スペクトルを求める。
- (4) (3)で求めた応答スペクトルに対し、周期方向に±10%の拡幅を行い設計用床応答スペクトルとする。

2.2. 剛構造の機器に適用する設計地震力

評価対象機器が剛構造の場合は、各地震動、入力方向、ランウェイガードに付加する荷重条件においてランウェイガードの原子炉建屋側燃料取扱設備停止位置

から得られる最大床応答加速度と燃料取り出し用構台側燃料取扱設備停止位置から得られる最大床応答加速度の 1.2 倍の加速度を地震力とする。

3. 荷重の組合せ, 応力算定及び許容応力

記号の説明

D : 死荷重

1/2Ss450 : 1/2Ss450 地震動により求まる地震力

1.5f_t : 許容引張応力

ボルト以外の支持構造物に対しては発電用原子力設備規格 設計・建設規格(以下, 設計・建設規格)SSB-3121.3, ボルト材に対しては設計・建設規格 SSB-3133 により規定される値

1.5f_s : 許容せん断応力

同上

1.5f_c : 許容圧縮応力

設計・建設規格 SSB-3121.3 により規定される値

1.5f_b : 許容曲げ応力

同上

荷重の組合せ	許容限界 (ボルト以外)				許容限界 (ボルト等)	
	1 次応力				1 次応力	
	引張	せん断	圧縮	曲げ	引張	せん断
D+1/2Ss450	1.5f _t	1.5f _s	1.5f _c	1.5f _b	1.5f _t	1.5f _s

II. 燃料取扱設備停止時の耐震性についての計算書

1. 概要

1.1. 一般事項

本書は燃料取扱設備が原子炉建屋内及び燃料取り出し用構台内で停止時の耐震性についての計算書である。

1.2. 計算条件

- (1) 燃料取扱設備全体が原子炉建屋内で停止時に使用済燃料プール(以下, SFP)に波及的影響を及ぼさないこと及び通常時における駐機位置として燃料取り出し用構台内で停止時に転倒しないことを確認するため, 各停止時においてアウトリガーピンが挿入されていない状態について評価を行う。
- (2) 燃料取扱機, クレーン, ジブクレーンは格納状態, 固定治具は構内用輸送容器固定状態とする。
- (3) 走行姿勢において評価対象(走行台車部)は剛構造であるため, 停止時の耐震評価についてはランウェイガード上で得られる最大床応答加速度の 1.2 倍の加速度を地震力とする。
- (4) 走行台車積載構造物の影響を考慮するため, 地震力は構内用輸送容器を含めた設備全体の重心位置に付加する。

2. 計算方法

2.1. 計算モデル

1.2 の条件に基づいた計算モデルを図 1 に示す。

地震時に燃料取扱設備に生じる転倒モーメントにより転倒防止ラグに反力が生じる。評価対象部位のうち, 最も厳しい転倒防止ラグ固定ボルトに生じる応力を評価する。

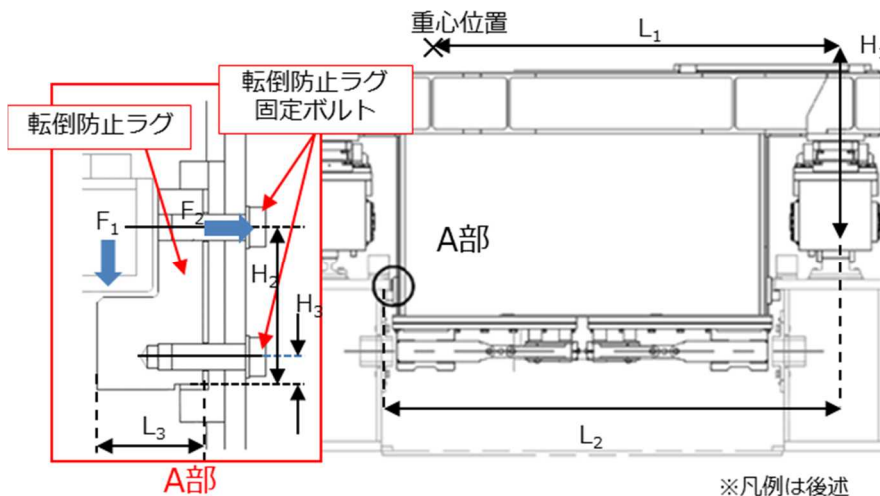


図 1 燃料取扱設備 停止時の計算モデル

2.2. 計算に用いる入力地震動

ランウェイガーダの原子炉建屋側及び燃料取り出し用構台位置での燃料取扱設備車輪位置(6点)で得られる最大応答加速度包絡値の 1.2 倍の加速度を用いて設計用震度とする。適用する地震動を表1に示す。

表 1 適用する地震動

	設計用震度	
	原子炉建屋	燃料取り出し用構台
停止位置	原子炉建屋	燃料取り出し用構台
確認用地震動	1/2Ss450	1/2Ss450
鉛直方向	0.77	0.81
水平方向	0.66	1.47

3. 評価方法

3.1. 応力の評価方法

材料及び許容応力を表 2 に示す。

表 2 材料及び許容応力

部位	使用材料	応力の種類	許容応力 (MPa)
転倒防止ラグ固定ボルト	SCM435H	引張	651

3.2. 結論

算出応力は、表 3 に示す通り、全て許容応力値以下であることを確認した。

表 3 算出応力の評価

部位	使用材料	応力の種類	許容応力 (MPa)	算出応力 (MPa)	
				原子炉建屋	燃料取り出し用構台
転倒防止ラグ固定ボルト	SCM435H	引張	651	110	434

4. 数値計算

4.1. 燃料取扱設備停止時の転倒防止ラグ 固定ボルトの算出応力

4.1.1 原子炉建屋内での評価

(1) 引張応力

地震時に燃料取扱設備の転倒防止ラグ 1 個あたりに生じる鉛直力 F_1 は、走行台車東側車輪端部を支点としたモーメントつり合い式より下式となる。走行台車片側に転倒防止ラグは 2 個設置する。

$$F_1 = \frac{W_1 \cdot g \cdot C_H \cdot H_1 + W_1 \cdot g \cdot (C_V - 1) \cdot L_1}{2L_2}$$

F_1	: 転倒防止ラグ 1 個あたりに生じる鉛直力(N)	
W_1	: 燃料取扱設備質量	310000(kg)
g	: 重力加速度	9.80665(m/s ²)
C_H	: 水平方向地震力	0.66
H_1	: 燃料取扱設備重心高さ(走行レール上面基準)	1793(mm)
C_V	: 鉛直方向地震力	0.77
L_1	: 燃料取扱設備重心東西位置(走行レール(東側)東端部基準)	2340(mm)
L_2	: 走行レール(東側)東端部から転倒防止ラグ荷重点までの距離	4034(mm)

転倒防止ラグ 1 個あたりに生じる鉛直力 F_1 より、転倒防止ラグ固定ボルト(上段)1 本あたりに生じる引張応力 F_2 は、転倒防止ラグ下端を支点としたモーメントつり合い式より下式となる。転倒防止ラグ 1 個に転倒防止ラグ固定ボルトは上段/下段に 4 本ずつ設置する。

$$F_2 = \frac{F_1 \cdot L_3}{4 \cdot (H_2 + \frac{H_3}{H_2})}$$

$$\sigma_1 = \frac{F_2}{A_1} = 110(\text{MPa})$$

F_2	: 転倒防止ラグ固定ボルト 1 個あたりに生じる引張力(N)	
σ_1	: 転倒防止ラグ固定ボルト(上段)に生じる引張応力(MPa)	
L_3	: 転倒防止ラグ板厚	95(mm)
H_2	: 転倒防止ラグ下端からの転倒防止ラグ固定ボルト位置(上段)	145(mm)
H_3	: 転倒防止ラグ下端からの転倒防止ラグ固定ボルト位置(下段)	25(mm)
A_1	: 転倒防止ラグ固定ボルト(M24)有効断面積	353 (mm ²)

4.1.2 燃料取り出し用構台内での評価

(1) 引張応力

地震時に燃料取扱設備の転倒防止ラグ 1 個あたりに生じる鉛直力 F_1' は、走行台車東側車輪端部を支点としたモーメントつり合い式より下式となる。走行台車片側に転倒防止ラグは 2 個設置する。

$$F_1' = \frac{W_1 \cdot g \cdot C_H' \cdot H_1 + W_1 \cdot g \cdot (C_V' - 1) \cdot L_1}{2L}$$

F_1'	: 転倒防止ラグ 1 個あたりに生じる鉛直力(N)	
W_1	: 燃料取扱設備質量	310000(kg)
g	: 重力加速度	9.80665(m/s ²)
C_H'	: 水平方向地震力	0.81
H_1	: 燃料取扱設備重心高さ(走行レール上面基準)	1793(mm)
C_V'	: 鉛直方向地震力	1.47
L_1	: 燃料取扱設備重心東西位置(走行レール(東側)東端部基準)	2340(mm)
L_2	: 走行レール(東側)東端部から転倒防止ラグ荷重点までの距離	4034(mm)

転倒防止ラグ 1 個あたりに生じる鉛直力 F_1' より、転倒防止ラグ固定ボルト(上段)1 本あたりに生じる引張応力 F_2' は、転倒防止ラグ下端を支点としたモーメントつり合い式より下式となる。転倒防止ラグ 1 個に転倒防止ラグ固定ボルトは上段/下段に 4 本ずつ設置する。

$$F_2' = \frac{F_1' \cdot L_3}{4 \cdot (H_2 + \frac{H_3^2}{H_2})}$$

$$\sigma_1' = \frac{F_2'}{A_1} = 434(\text{MPa})$$

F_2'	: 転倒防止ラグ固定ボルト 1 個あたりに生じる引張力(N)	
σ_1'	: 転倒防止ラグ固定ボルト(上段)に生じる引張応力(MPa)	
L_3	: 転倒防止ラグ板厚	95(mm)
H_2	: 転倒防止ラグ下端からの転倒防止ラグ固定ボルト位置(上段)	145(mm)
H_3	: 転倒防止ラグ下端からの転倒防止ラグ固定ボルト位置(下段)	25(mm)
A_1	: 転倒防止ラグ固定ボルト(M24)有効断面積	353 (mm ²)

2号機燃料取り出し設備関連放出シナリオに 対する線量影響について

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

シナリオ①

使用済燃料プールライナー損傷

シナリオ②

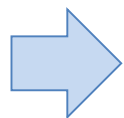
クレーン折損

シナリオ③-1

キャスクが緩衝体上に落下

シナリオ③-2

キャスクが床面に落下



上記シナリオに伴う影響を評価し、
敷地境界線量への影響が小さいことから
耐震「**B+**クラス」を設定

■ シナリオ

燃料取扱設備に搭載しているクレーン等が地震の影響により走行台車から脱落し、使用済燃料プールのライナーを損傷させることで、使用済燃料プール水位が低下し、燃料が露出する。

■ 線量影響

敷地境界の実効線量：約 9.4×10^{-4} mSv/事象

使用済燃料プールの水位低下に伴う燃料露出時（BAF水位）の線量影響評価

機動的対応は準備済。被災状況により異なるが、10時間以内※での対応を想定して算出

※注水車による系統注水を想定し、ライトドリ経由での漏えいから10時間以内での水位回復を想定

■ 評価方法

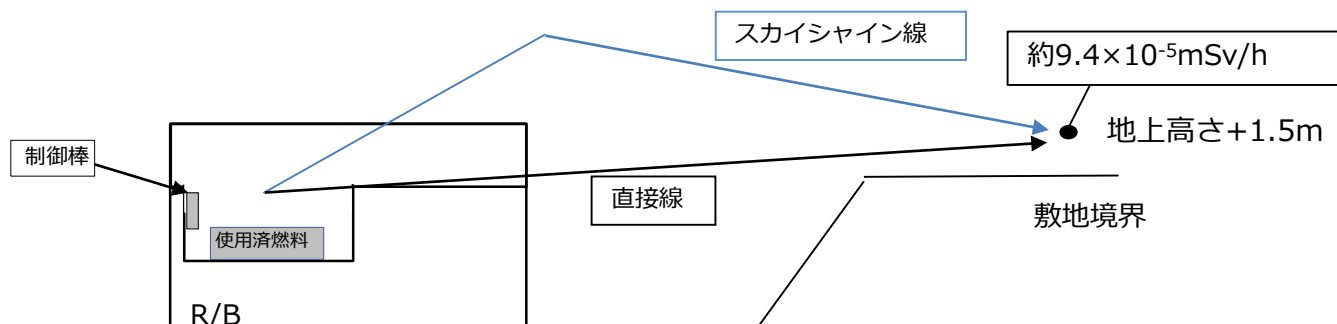
：9/13監視評価検討会説明内容抜粋

● 線量評価概要

使用済燃料プールからのスカイシャイン線、直接線による線量率を評価。

● 評価条件

- ・線源：使用済燃料（燃料有効部）、ハンガーラックに保管された制御棒（Co-60）
- ・放出点：SFP中心
- ・評価点（敷地境界）：SFP中心からの距離が最も短い地点。
- ・6号機の解析結果より、使用済燃料の総崩壊熱、制御棒体数・線源強度から比例計算。



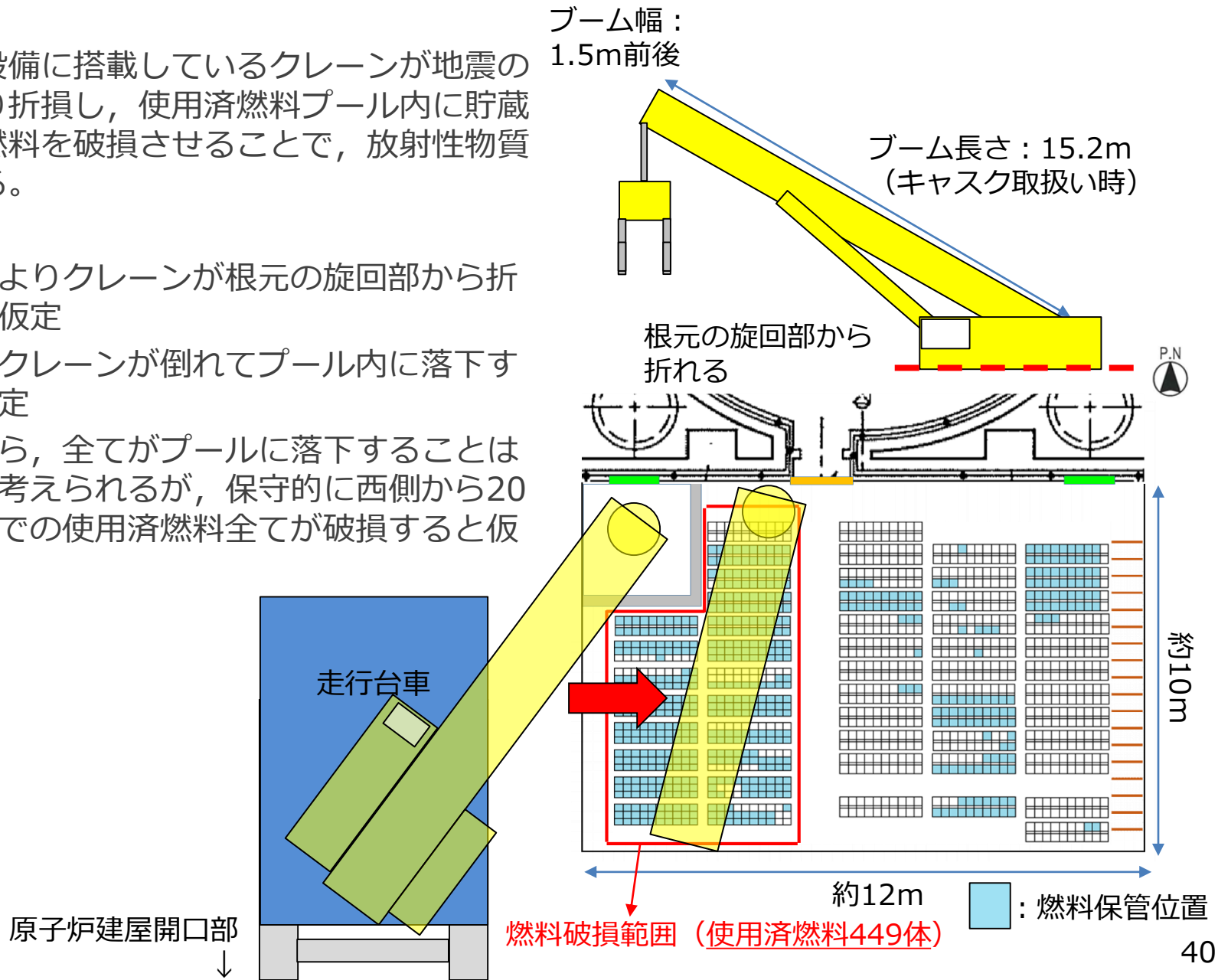
シナリオ② クレーン折損

■ シナリオ

燃料取扱設備に搭載しているクレーンが地震の影響により折損し、使用済燃料プール内に貯蔵している燃料を破損させることで、放射性物質が放出する。

■ 想定

- 地震によりクレーンが根元の旋回部から折れると仮定
- 折れたクレーンが倒れてプール内に落下すると仮定
- 形状から、全てがプールに落下することはないと考えられるが、保守的に西側から20列目までの使用済燃料全てが破損すると仮定



■ 評価方法

● 線量評価概要

使用済燃料から放出される希ガス，よう素の飛散に伴う影響を評価

● 評価条件

- ・ 2号機SFP内の西側から20列目までの燃料全て（使用済燃料449体）が破損とする
- ・ 燃料ギャップ内核分裂生成物の量は，原子炉が定格出力の約105%で十分長時間（2,000日）運転された取替炉心のサイクル末期の最大出力燃料集合体とする
- ・ 燃料は，原子炉停止後365日冷却され，放射能の減衰を考慮する
- ・ 希ガスは全量が水中から気中に移行するものとする
- ・ 水中で放出されたよう素のうち1%は有機状とし，全て原子炉建屋および燃料取り出し用構台内に移行するものとし，無機よう素の水中での除染係数は500とする

核分裂生成物	放出量
希ガス（ガンマ線実効エネルギー0.5MeV換算値）大気放出量	9.8×10^{13} [Bq]
よう素（I-131等価量（小児実効））大気放出量	6.6×10^8 [Bq]
よう素（I-131等価量（成人実効））大気放出量	2.6×10^9 [Bq]

■ 評価結果

● 評価式

- ・ よう素の内部被ばくによる実効線量 H_I (Sv)

$$H_I = R \cdot H_\infty \cdot \chi / Q \cdot Q_I$$

- ・ 希ガスの γ 線外部被ばくによる実効線量 H_Y (Sv)

$$H_Y = K \cdot D / Q \cdot Q_Y$$

- ・ 希ガスの β 線外部被ばくによる実効線量 H_β (Sv)

$$H_\beta = 6.2 \times 10^{-14} \cdot \chi / Q \cdot Q_\beta \cdot E_\beta \cdot W_{TS}$$

R : 呼吸率 (m³/s) H_∞ : よう素を 1 Bq 吸入した場合の実効線量 χ / Q : 相対濃度 (s/m³)

Q_I : よう素の大気放出量 (Bq) (I-131等価量)

K : 空気吸収線量から実効線量への換算係数 (K = 1Sv/Gy) D/Q : 相対線量 (Gy/Bq)

Q_Y : 希ガスの大気放出量 (Bq) (γ 線実効エネルギー0.5MeV換算値)

Q_β : 希ガスの大気放出量 (Bq) E_β : β 線のエネルギー (MeV) (0.251MeV Kr-85実効エネルギー)

W_{TS} : 皮膚の組織荷重係数

実効線量 (小児)	実効線量 (成人)
9.3×10^{-2} [mSv]	9.3×10^{-2} [mSv]

シナリオ③-1 キャスクが緩衝体上に落下

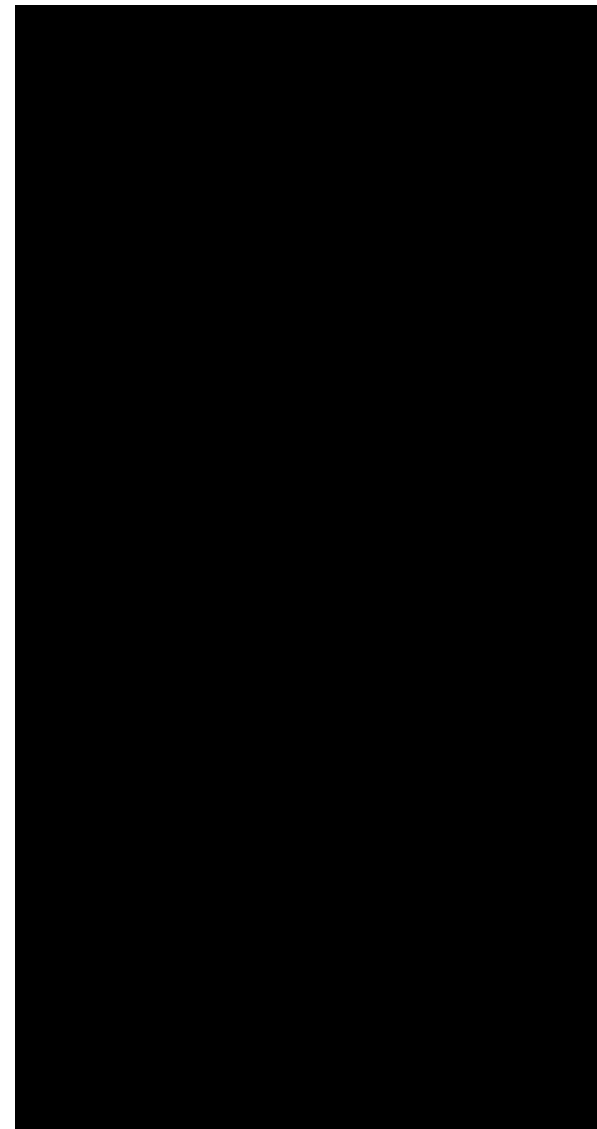
■ シナリオ

使用済燃料を装填した構内用輸送容器※が地震等により地上階の緩衝体に落下し、容器各部に衝撃荷重が生じる。

■ 想定

- 使用済燃料を装填した構内用輸送容器がオペフロから地上階まで自由落下することを想定
- 落下高さは、27.4mを想定
- 容器が地上階に配置した緩衝体に衝突すると想定
- 衝突時の容器の姿勢は垂直と水平を想定
- 幅800mmの隙間に構内用輸送容器(Φ1400×H5600)が落下することはないため、緩衝体上に落下すると想定

※：構内用輸送容器は、3号機と同じものを使用。



■ 評価条件

落下高さ：40m（3号機の評価と同様）

落下姿勢※1：垂直，水平

評価対象部位：本体胴，底板，一次蓋，一次蓋締付ボルト※2

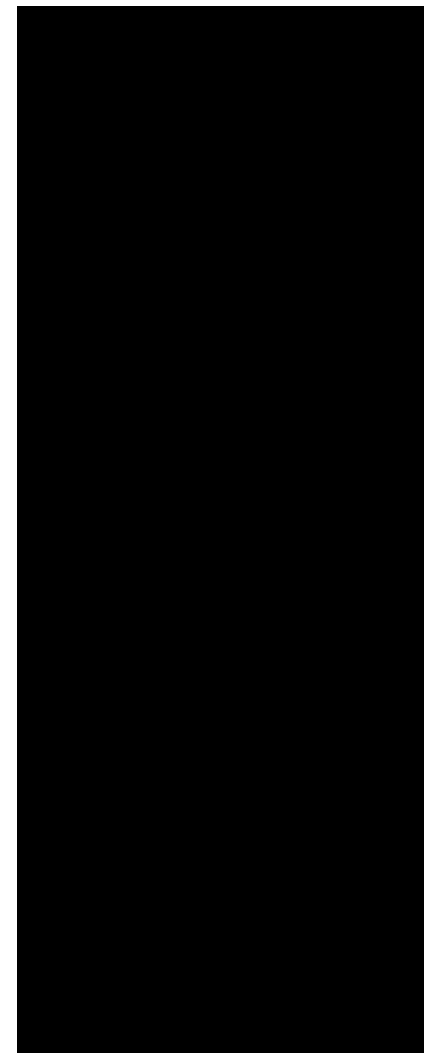
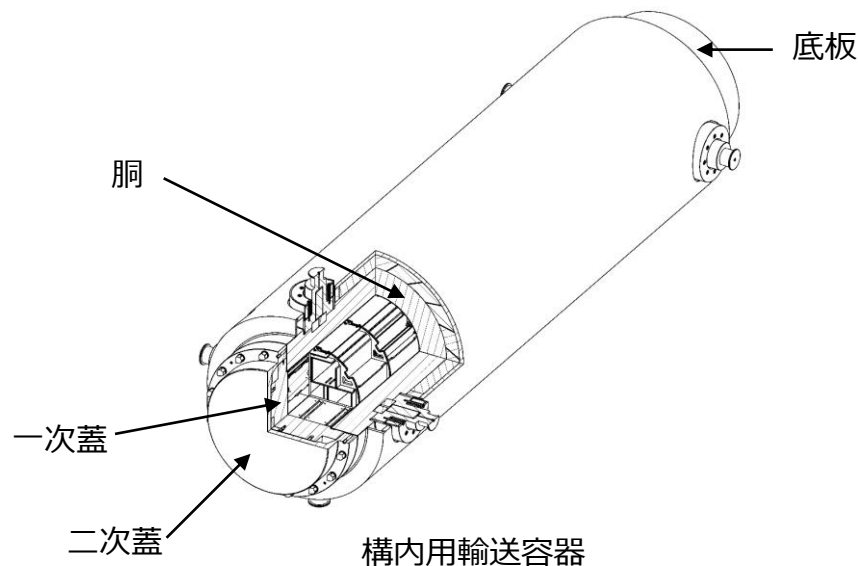
※1：コーナー落下は垂直または水平落下に包絡される

※2：垂直落下は水平落下に崩落されるため水平落下時のみ評価

■ 評価結果

緩衝体上に落下した際，容器各部の発生応力は許容応力を超えないことを確認。

よって，輸送容器の密封性に影響はないため，外部への影響はない。



構内用輸送容器

シナリオ③-2 キャスクが床面に落下

構内用輸送容器吊り下ろし作業時
機器関連図

■ シナリオ

使用済燃料を装填した構内用輸送容器※が地震等により地上階床面へ落下し、容器各部に衝撃荷重が生じる。

■ 想定

- 使用済燃料を装填した構内用輸送容器が高さ7mから地上階まで自由落下することを想定
- 容器が地上階床面に衝突すると想定
- 容器内の使用済燃料7体全て破損すると想定
- 蓋ボルトが変形し、容器内部のFPガスや水が漏出すると想定

※：構内用輸送容器は、3号機と同じものを使用。

構内用輸送容器が
床面に落下すると想定

■ 評価条件

- ・ 容器内の燃料全て（使用済燃料7体）が破損とする
- ・ 燃料ギャップ内核分裂生成物の量は、原子炉が定格出力の約105%で十分長時間（2,000日）運転された取替炉心のサイクル末期の最大出力燃料集合体とする
- ・ 燃料は、原子炉停止後365日冷却され、放射能の減衰を考慮する
- ・ 希ガスは全量が水中から気中に移行するものとする
- ・ 放出されたよう素のうち1%は有機状とし、無機よう素は水で除去されないとする（=除染係数1）

下線部：シナリオ②との相違点

■ 評価結果

核分裂生成物	放出量
希ガス（ガンマ線実効エネルギー0.5MeV換算値）大気放出量	1.6×10^{12} [Bq]
よう素（I-131等価量（小児実効））大気放出量	8.6×10^8 [Bq]
よう素（I-131等価量（成人実効））大気放出量	3.3×10^9 [Bq]

実効線量（小児）	実効線量（成人）
1.7×10^{-3} [mSv]	1.9×10^{-3} [mSv]