

再処理事業所 MOX燃料加工施設

地震による損傷の防止及び
地震を要因とする重大事故等に対する
施設の耐震設計について

令和4年2月28日



日本原燃株式会社

目次

1. 安全機能を有する施設としての評価（規則5条, 6条）	3
2. 重大事故等対処施設としての評価（規則26条, 27条）	20
3. 基準地震動 S_s を1.2倍した地震力による 重大事故等対処の成立性確認（規則30条）	23
4. まとめ	47

**1. 安全機能を有する施設としての評価
～地震による損傷の防止～
(規則5条, 6条)**

1. 安全機能を有する施設としての評価（規則5条, 6条）

(1) 燃料加工建屋の構造

■ 燃料加工建屋の構造計画

- 燃料加工建屋は、バランスよく配置された耐震壁により地震力を負担する壁式鉄筋コンクリート造としている。
- 壁及び床スラブは剛性の高い構造とし、荷重がスムーズに伝達される構造としている。
- 基礎は直接基礎で上部構造に生じる応力を支持地盤に伝達させる上で十分な剛性を持ち、岩盤に支持させている。

燃料加工建屋の構造概要	
設置地盤	マンメイドロックを介して岩盤（鷹架層）に設置
構造概要	RC造
基礎	直接基礎 厚さ約2.7m,
平面形状	約87.30m(NS)×約88.30m(EW)
高さ	基礎底面から約45.97m
図面	<p>平面図 (T.M.S.L. 35.00m)</p> <p>断面図 (NS方向)</p>

1. 安全機能を有する施設としての評価（規則5条，6条）

（2）地震応答解析 基本設計方針

安全機能を有する施設の地震応答解析は，許可における方針に基づき，「加工施設の技術基準に関する規則」に適合するように下記方針のとおり実施する。

基本設計方針（地震応答解析）

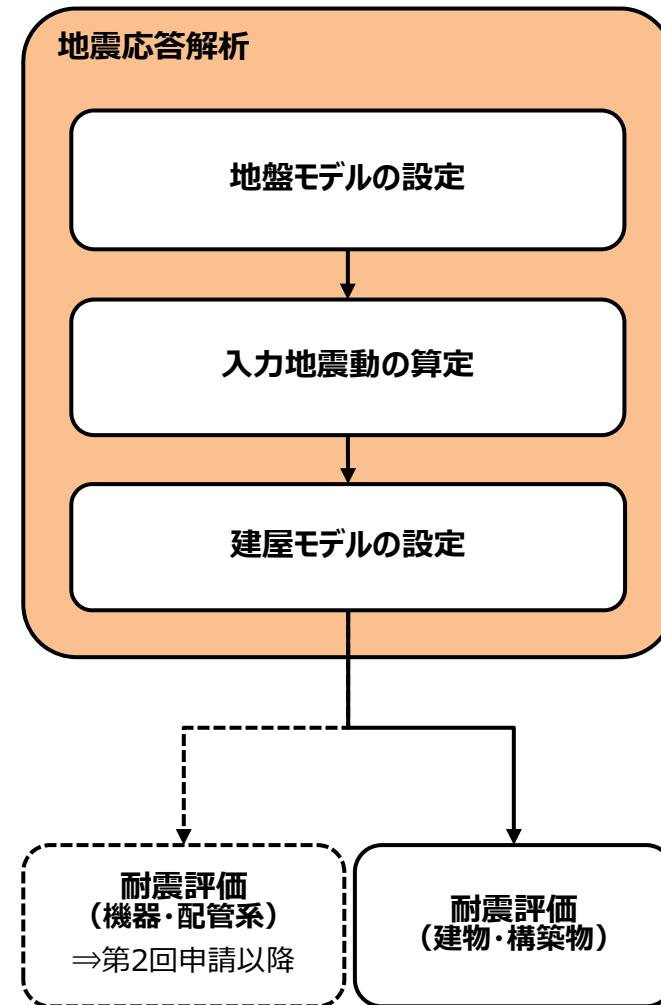
【入力地震動】

- ▶ 建物・構築物の地震応答解析における入力地震動については，解放基盤表面からの地震波の伝播特性を考慮して設定する。
- ▶ また，必要に応じて地盤の非線形応答に関する動的変形特性を考慮することとし，地盤のひずみに応じた地盤物性値を用いて作成する。

【動的解析法】

- ▶ 動的解析手法は，時刻歴応答解析法を用いる。
- ▶ 建物・構築物の形状，構造特性，振動特性，減衰特性を考慮した剛性を評価し，集中質点系に置換した解析モデルを設定する。
- ▶ 動的解析には，建物・構築物と地盤との相互作用及び埋込み効果を考慮する。
- ▶ 解析モデルの地盤のばね定数は，基礎版の平面形状，地盤の剛性等を考慮して定める。地盤の剛性等については，必要に応じて地盤の非線形応答を考慮することとし，地盤のひずみに応じた地盤物性値に基づくものとする。

■ 燃料加工建屋の耐震評価フロー



1. 安全機能を有する施設としての評価（規則5条，6条）

（2）地震応答解析 燃料加工建屋の地震応答解析の方針

■ 燃料加工建屋の入力地震動及び動的解析（地震応答解析）の方針

これまでの審査を踏まえた反映事項
<p><地盤モデルの設定></p> <ul style="list-style-type: none"> 直下及び近傍の地盤データに基づき作成した直下地盤モデルを用いる。 (8/30審査会合 資料1 p11~19にて説明)
<p><入力地震動の算定></p> <ul style="list-style-type: none"> 燃料加工建屋について，等価線形解析により入力地震動を算定している。 この際，地盤のせん断ひずみが一般的な適用の目安（1%程度）を大きく上回ること及び試験データに対して外挿範囲となっていたことから，逐次非線形解析及び外挿範囲に対するパラメータスタディを実施し，入力地震動の算定結果に影響を与えないことを確認した。 (11/15審査会合 資料2 p3~5にて説明)

【地盤モデルの設定】

- 直下及び近傍の地盤データに基づき作成した直下地盤モデル

【入力地震動の算定】

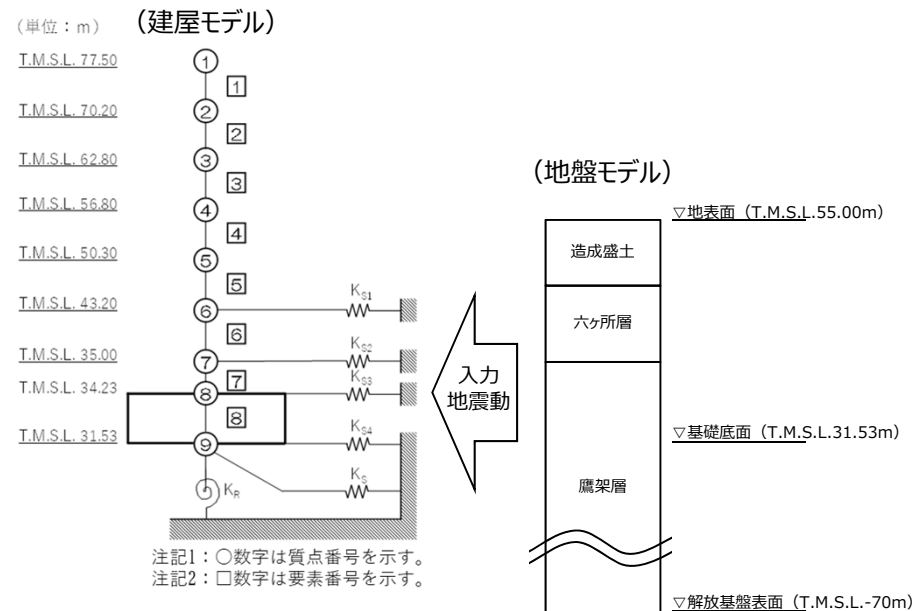
- 地盤のひずみ依存特性を考慮した等価線形解析
- 地盤物性のばらつき（S波速度の±σ）を考慮

【建屋モデルの設定】

- 各要素の剛性に耐震壁のみ考慮した質点系モデル
- 建屋の減衰定数は，周辺の地盤状況が再処理施設と異なっているため，設計上の保守性に配慮して3%に設定
- 側面地盤ばねを考慮した埋込みSRモデル
- 耐震壁の復元力特性を考慮した時刻歴非線形解析

【地震応答解析結果への影響の確認】

- 隣接建屋による影響を確認（次頁にて詳細を示す）
- 一関東評価用地震動（鉛直）を考慮した場合の影響を確認



燃料加工建屋の地震応答解析に用いるモデル（水平方向の例）

1. 安全機能を有する施設としての評価（規則5条，6条）

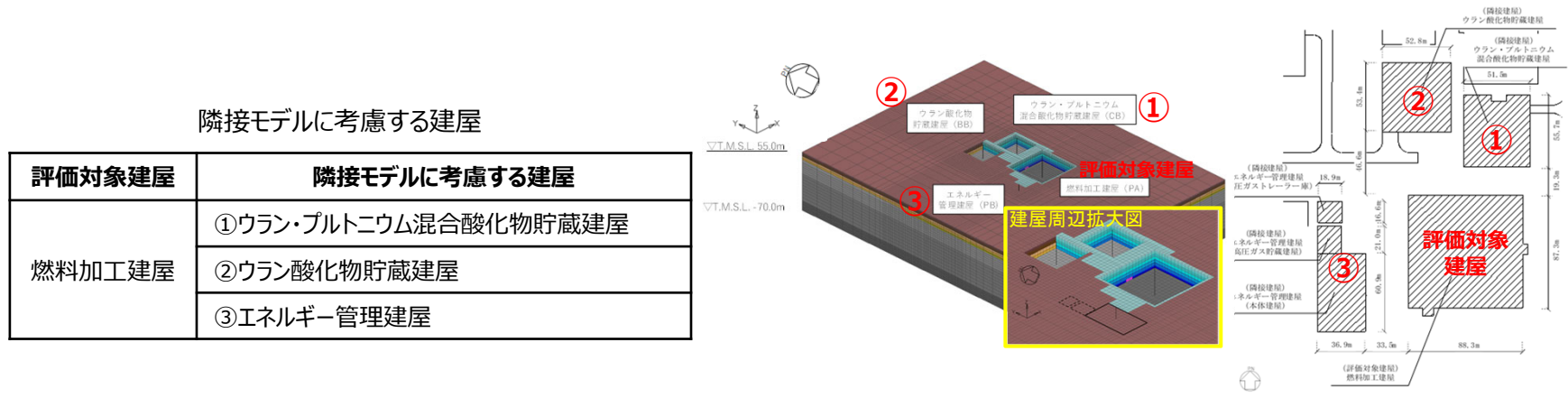
（2）地震応答解析 燃料加工建屋の地震応答解析の方針

■ 隣接建屋による影響評価方法

これまでの審査を踏まえた反映事項

- 隣接建屋の影響評価として地盤3次元FEMモデルを用いた評価を行う。
（6/28審査会合 資料2-1 p37にて説明）
- 入力地震動を直下地盤モデルを用いたものとする（8/30審査会合 資料1 p13にて説明）としており，その評価結果を本資料に示す。

- 実際の建屋配置状況に則して各建屋を配置する場合（**隣接モデル**）と各建屋を単独でモデル化する場合（**単独モデル**）の地震応答解析を実施し，両者の建屋応答を比較。
- 建屋を質点系モデルとし，地盤を3次元FEMモデルとした**地盤3次元FEMモデル**を用いる。
- 隣接モデルでは，評価対象建屋の基礎幅程度の範囲内に存在する建屋を考慮する。
- 単独モデルに対する隣接モデルの応答比率が1を上回る（最大1.040）ことから，応答比率を考慮しても燃料加工建屋の耐震性に影響を与えないことを確認する。（p17参照）



燃料加工建屋の隣接建屋による影響評価モデル

1. 安全機能を有する施設としての評価（規則5条，6条）

（3）耐震設計 基本設計方針

安全機能を有する施設の耐震設計は，許可における方針に基づき，「加工施設の技術基準に関する規則」に適合するように下記方針のとおり実施する。

基本設計方針（安全機能を有する施設の耐震設計）※

【安全機能を有する施設の地盤】

- 安全機能を有する施設は，基準地震動 S_s による地震力が作用した場合においても接地圧に対する十分な支持性能を有する地盤に設置する。

【安全機能を有する施設の耐震設計】

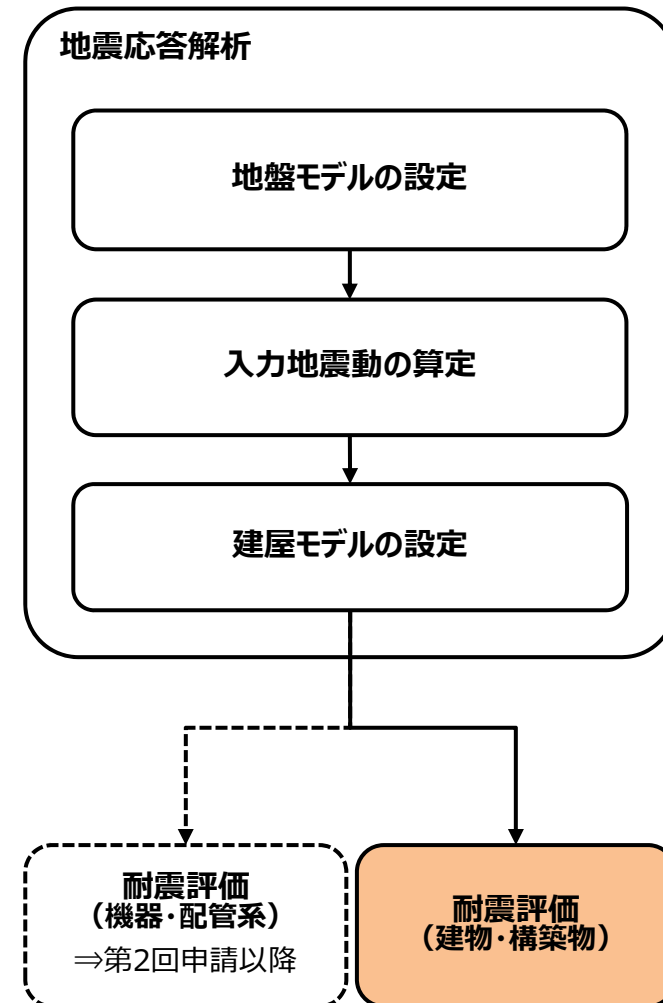
- Sクラスの施設は，弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対して概ね弾性状態にとどまる範囲で耐えられる設計とする。
- Sクラスの施設は，基準地震動 S_s による地震力に対してその安全機能が損なわれるおそれがない設計とする。
- 建物・構築物の保有水平耐力が，必要保有水平耐力に対して安全余裕を有していることを確認する。

【荷重の組合せ】

- 地震力に対し，MOX燃料加工施設が運転している状態において作用している荷重と，設計用自然荷重（積雪荷重及び風荷重）を適切に組み合わせる。
- 動的地震力は，水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせる。

※Sクラス施設に係る基本設計方針を記載

■ 燃料加工建屋の耐震評価フロー



1. 安全機能を有する施設としての評価（規則5条, 6条）

（3）耐震設計 燃料加工建屋の耐震設計方針

■ 燃料加工建屋の耐震設計方針

- 燃料加工建屋は、「**閉じ込め機能**を有する**Sクラスの壁及び床***」を内包する建屋であり、建屋全体としては、Sクラス施設の間接支持構造物として**支持機能**を有する。
- **Sクラスの壁及び床**に対しては、「**基準地震動Ssによる地震力**」及び「**弾性設計用地震動Sd及び静的地震力（3.0Ci）のいずれか大きい方の地震力**」に対して**Sクラスとしての構造強度**を有する設計とする。
- **閉じ込め機能及び支持機能**を有する部位については、**基準地震動Ss**による地震力に対してその機能を損なわない設計とする。
- 燃料加工建屋の**保有水平耐力**が、必要保有水平耐力に対して安全余裕を有していることを確認する。
- **基礎地盤**については、**基準地震動Ss**による地震力に対して施設を十分に支持することができることを確認する。

※MOX粉末を取り扱うSクラスのグローブボックス等を直接収納する構築物の区域（重要区域）の境界を、放射性物質の過度の放出を防止する観点から安全上重要な施設としている。

■ MOX燃料加工施設における閉じ込めの考え方

- 閉じ込め機能としては、**放射性物質を限定された区域に閉じ込めることを要求している。**
- これを達成するために、MOX粉末を扱う**Sクラスのグローブボックス等を直接収納する構築物の区域（重要区域）の境界となる壁及び床は構造強度が要求される。**
- このため、**当該区域の境界の壁に設置される扉についても脱落等しないことが要求される。**
- 上記以外に閉じ込め機能としては、建屋・工程室・グローブボックスの順に負圧を深くすることが要求されるが、排気設備の排風機で安全上重要な設備はグローブボックス排気設備の排風機のみであり、工程室排気設備は、ダクトとフィルタのみが安全上重要な設備となる。このため、排気設備による負圧維持を達成するための安全上重要な施設の機能として、工程室の境界となる壁及び床や、壁に設置される扉に対して要求される機能はない。

1. 安全機能を有する施設としての評価（規則5条, 6条）

（3）耐震設計 詳細方針

■ 部位ごとの要求機能及び許容限界

評価部位	地震力	要求機能及び機能設計上の性能目標		機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
構造物全体	保有水平耐力	構造強度を有すること		保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して 妥当な安全余裕を有することを確認	必要保有水平耐力
基礎地盤	基準地震動 Ss	構造強度を有すること		最大接地圧が地盤の支持力を十分下回ることを確認	基礎地盤の 極限支持力度
耐震壁※1	基準地震動 Ss	支持機能	機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと※2	最大せん断ひずみ度が支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ度 2.0×10^{-3}
基礎スラブ	基準地震動 Ss	支持機能	機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと※2	部材に生じる応力が支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく 終局耐力

※1：建屋全体としては、地震力は主に耐震壁で負担する構造となっており、柱、梁、間仕切壁等が耐震壁の変形に追従すること、全体に剛性の高い構造となっており複数の耐震壁間の相対変位が小さく床スラブの変位が抑えられるため、耐震壁の最大せん断ひずみ度 2.0×10^{-3} を満足していれば、耐震壁以外の支持部分の健全性も確保される。

※2：支持機能については、各部位における構造強度を確保することにより、基準地震動Ssによる地震力に対して機能を維持できる設計とする。

1. 安全機能を有する施設としての評価（規則5条，6条）

（3）耐震設計 詳細方針

■ 部位ごとの要求機能及び許容限界

評価部位	地震力	要求機能及び 機能設計上の性能目標		機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
Sクラスの壁	基準地震動 Ss	Sクラスとしての 構造強度を有すること		耐震壁の最大せん断ひずみ度が構造強度を 確保するための許容限界を超えないことを確 認	最大せん断ひずみ度 2.0×10^{-3}
	弾性設計用地震動Sd 及び静的地震力	Sクラスとしての 構造強度を有すること		部材に生じる応力が構造強度を確保するた めの許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に 基づく 短期許容応力度
	基準地震動 Ss	閉じ込め 機能	放射性物質の過度の 放出を防止する機能 を損なわないこと※1	耐震壁の最大せん断ひずみ度が放射性物質 の過度の放出を防止する機能を維持するた めの許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ度 $2.0 \times 10^{-3} \text{ ※2}$
Sクラスの床	基準地震動 Ss	Sクラスとしての 構造強度を有すること		部材に生じる応力が構造強度を確保するた めの許容限界に対して妥当な安全余裕を有す ることを確認	「RC-N規準」に 基づく終局耐力 評価は短期許容 応力度に対して行う
	弾性設計用地震動Sd 及び静的地震力	Sクラスとしての 構造強度を有すること		部材に生じる応力が構造強度を確保するた めの許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に 基づく 短期許容応力度
	基準地震動 Ss	閉じ込め 機能	放射性物質の過度の 放出を防止する機能 を損なわないこと※1	部材に生じる応力が放射性物質の過度の放 出を防止する機能を維持するための許容限界 を超えないことを確認	「RC-N規準」に 基づく終局耐力 評価は短期許容 応力度に対して行う

※1：閉じ込め機能については、各部位における構造強度を確保することにより、基準地震動Ssによる地震力に対して機能を維持できる設計とする。

※2：重要区域の境界の壁に設置される扉についても、耐震壁の最大せん断ひずみ 2.0×10^{-3} 以下であれば、同ひずみに対して脱落等に至らず、閉じ込め機能は維持される。

1. 安全機能を有する施設としての評価（規則5条，6条）

(3) 耐震設計 詳細方針

■ 耐震評価の方法

- 要求機能に照らした評価部位ごとに，建物の全体的な挙動（応答）から評価できる部位については「**地震応答解析による評価**」を実施し，局所的な応力評価が必要な部位については「**応力解析による評価**」を実施する。


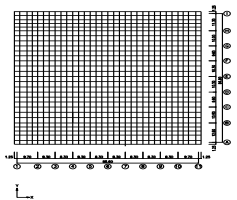
<地震応答解析による評価方法>

- 燃料加工建屋の地震応答解析結果に基づき，耐震壁の最大せん断ひずみ度が許容限界を超えないこと，最大接地圧が地盤の支持力を十分下回ること，及び保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して妥当な安全余裕を有することを確認する。

<応力解析による評価方法>

- 燃料加工建屋の応力解析による評価は基礎スラブ，Sクラスの壁及び床に対して下表のモデルを用いて実施する。
- 燃料加工建屋の地震応答解析より得られた地震力を用いて，地震力以外の荷重との組合せの結果，発生する応力が許容限界を超えないことを確認する。
- 動的地震力は水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定する。

燃料加工建屋の各部位の応力解析に用いるモデル

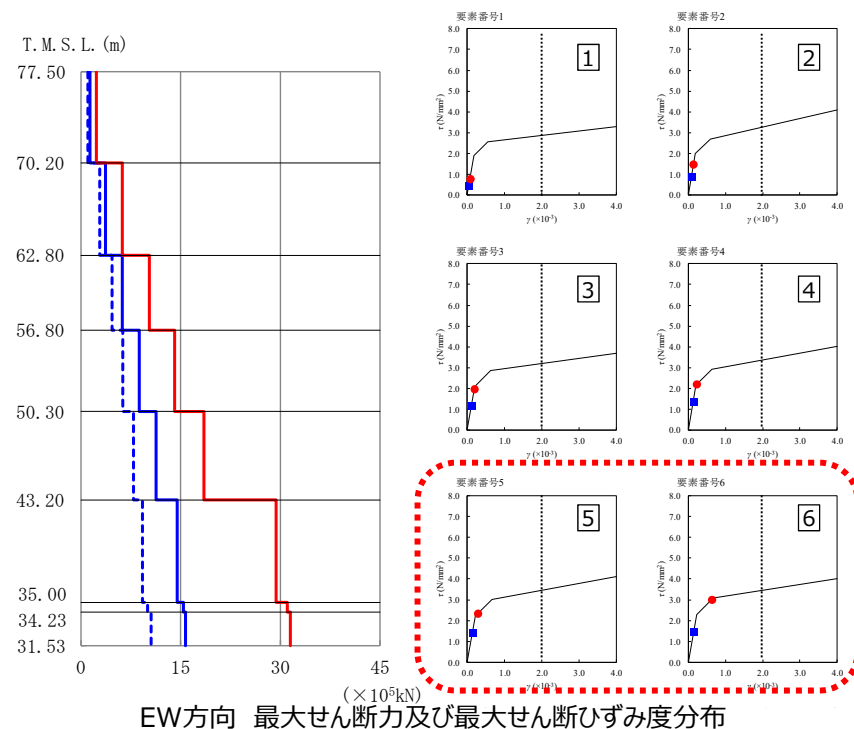
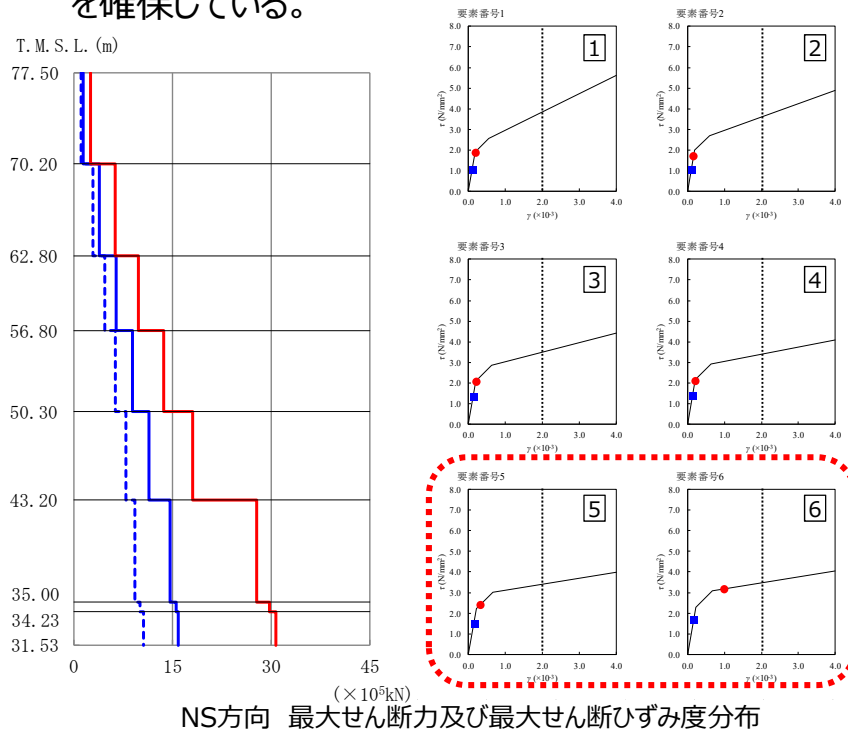
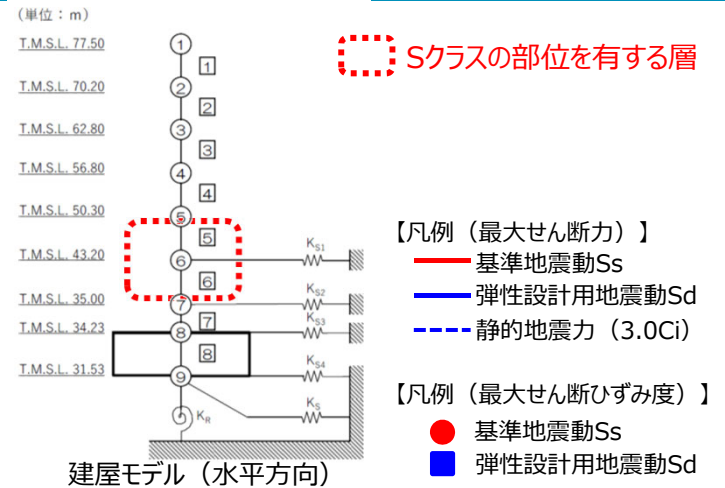
評価部位	Sクラスの壁	Sクラスの床	基礎スラブ
<p>評価概要</p>	<p>せん断力分配解析モデルを用いて各通りの壁に応力を分配</p> 	<p>発生応力について，「RC規準」※に基づき算定</p>	<p>FEMモデル（シェル要素）を用いて基礎スラブの発生応力を算定</p> 
<p>※：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 -許容応力度設計法-（社）日本建築学会，1999</p>			

1. 安全機能を有する施設としての評価（規則5条，6条）

（3）耐震設計 耐震評価結果

■ 建屋における地震応答解析結果の傾向

- 燃料加工建屋の各階の最大せん断力分布としては，NS方向，EW方向共に，自重を負担する下層部ほど大きくなる一般的な傾向を示しており，特定の層で特異な応力分布を示す傾向は見られない。
- Sdによる応答は，建屋全体において概ね弾性範囲に留まっている。なお，静的地震力（3.0Ci）と比較してSdによる応答の方が大きいことを確認している。
- Ssによる応答は，弾性域は超えているものの，許容限界であるせん断ひずみ度 2.0×10^{-3} に対して裕度をもった結果となっており，基準地震動Ssを超える地震に対しても，建屋の耐震性には一定の裕度を確保している。



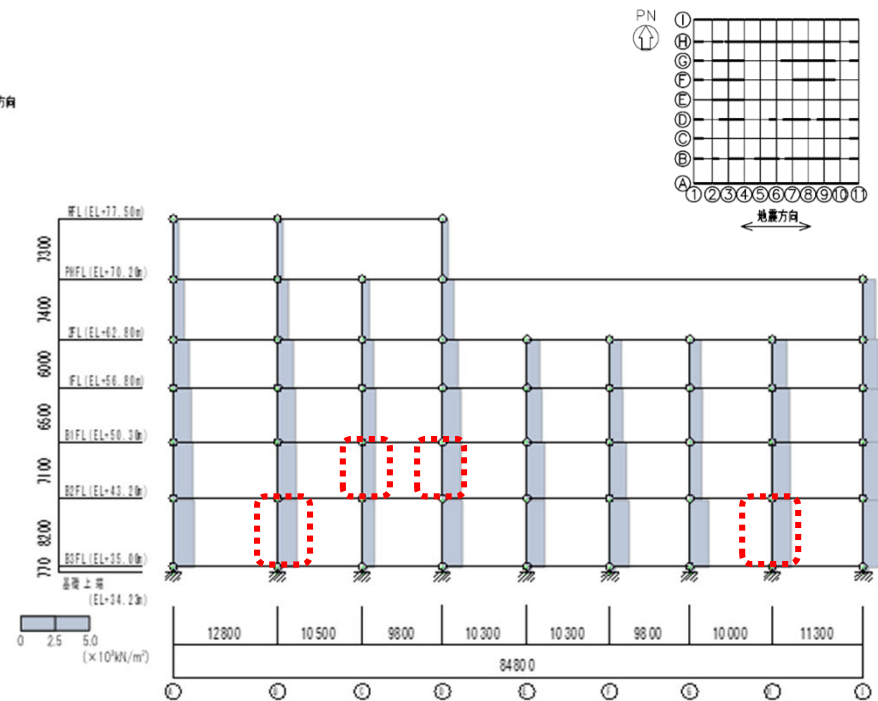
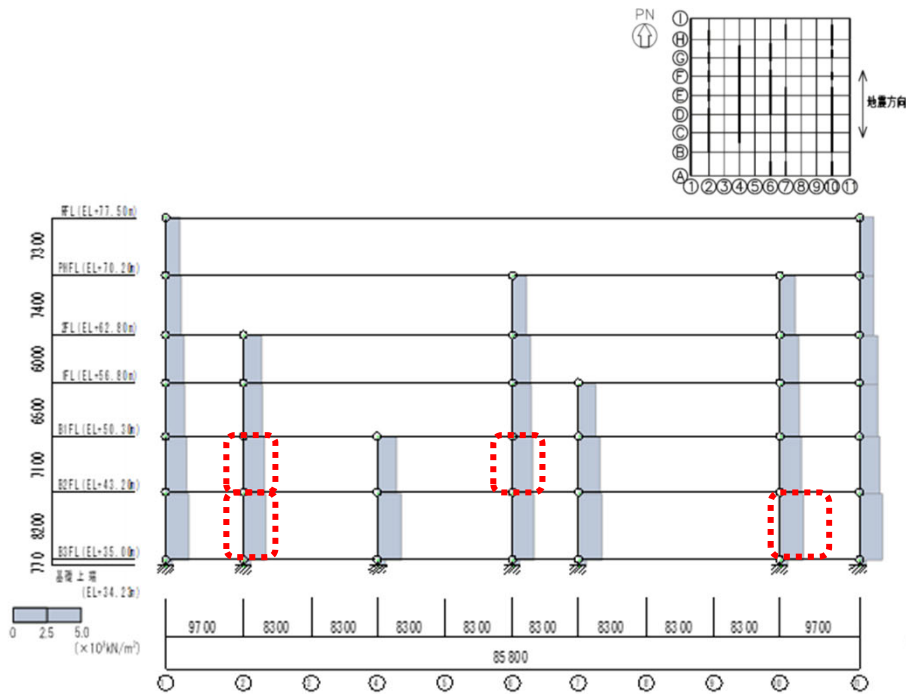
注：本図は，基準地震動Ss（全波）による地震応答解析結果（ばらつきを考慮）における各層の最大応答値を示す。

1. 安全機能を有する施設としての評価（規則5条，6条）

（3）耐震設計 耐震評価結果

■各通りごとの壁に対する負担応力の分布傾向

- 構造計画上，剛性の高い壁及び床スラブで構成されていること，バランスよく耐震壁を配置していることから，各層及び各通りに対するせん断応力の分布傾向としては，層内の各部位に応力が概ね均等に分散されており，スクラスの部位を有する層及び通りに対して応力集中が起こるような傾向とはなっていない。



 スクラスの部位を有する層及び通り

注：本図は，弾性設計用地震動Sd（全波）による地震応答解析結果（ばらつきを考慮）における各層の最大応答値に基づく値を示す。

1. 安全機能を有する施設としての評価（規則5条，6条）

（3）耐震設計 耐震評価結果

■ 燃料加工建屋の各部位における耐震評価結果

- 燃料加工建屋の各評価部位における耐震評価を実施した。
- 評価に用いる地震力は，地盤物性のばらつき及び建屋物性のばらつきを考慮した。
- 評価部位において検定比が1.00を超えないことから，安全上支障がないことを確認した。
- 基礎スラブの検定比が最も大きくなる位置はSクラスの壁で囲まれた区域の外であり，検定比が大きい範囲も限定的である。

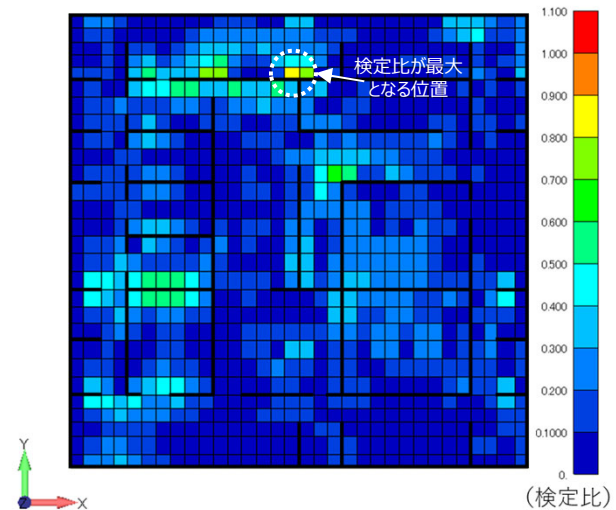
燃料加工建屋の耐震評価結果（各項目に対し検定比が最も厳しい項目を代表して記載）

評価部位	評価項目			耐震評価結果※1 (検定比換算)	判定
	地震力	方向	項目		
構造物全体	—	NS	保有水平耐力	0.243	OK
基礎地盤	Ss	EW	最大接地圧	0.0414	OK
耐震壁	Ss	NS	せん断ひずみ	0.497	OK
基礎スラブ	Ss	NS	軸力+曲げモーメント	0.752	OK
		NS	面外せん断力	0.861 (右下図参照)	OK
Sクラスの壁	Ss	耐震壁のSs評価に含まれる			OK
	Sd	NS	鉄筋の引張応力度	0.838	OK
Sクラスの床	Ss	EW	曲げモーメント	0.792 (右上図参照)	OK
		EW	面外せん断力	0.378	OK
	Sd	Ss（短期許容応力度設計）での評価で代表する			OK

※1：有効数字3桁表記（4桁目を保守的に切り上げ）



Sクラスの床の評価結果（地下2階床面）



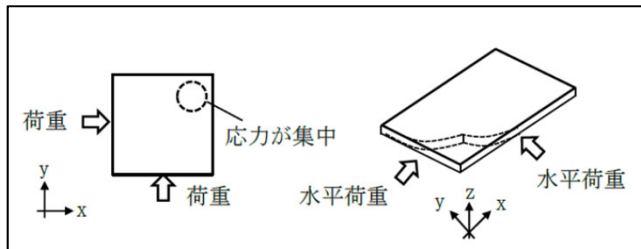
基礎スラブ（上端レベルT.M.S.L. 34.23m）の面外せん断力に対する評価結果（検定比コンター図）

1. 安全機能を有する施設としての評価（規則5条，6条）

（3）耐震設計 耐震評価結果

■ 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価

- 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の可能性のある部位について、荷重の組合せによる応答特性が想定される部位、3次元的な応答特性が想定される部位の抽出を行った。
- 抽出の結果、直交する水平2方向の荷重が応力として集中する矩形の**基礎スラブ**を選定し、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を実施した。
- 評価部位において検定比が1.00を超えないことから、安全上支障がないことを確認した。
- 基礎スラブの検定比が大きくなる位置はSクラスの壁で囲まれた区域の外である。

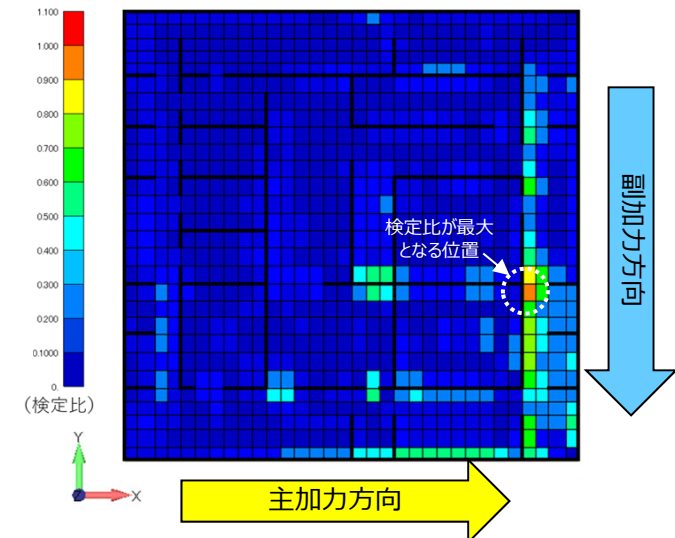


水平2方向の荷重が応力として集中する部位（矩形の基礎スラブ）

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果
(各項目に対し検定比が最も厳しい項目を代表して記載)

評価部位	評価項目			耐震評価結果※1 (検定比換算)	判定
	地震力	方向	項目		
基礎スラブ	Ss	EW	軸力+ 曲げモーメント	0.752	OK
		EW	面外せん断力	0.973 (右図参照)	OK

※1：有効数字3桁表記（4桁目を保守的に切り上げ）



基礎スラブの面外せん断力に対する評価結果
(検定比コンター図，最大検定比となるケース)

1. 安全機能を有する施設としての評価（規則5条，6条）

（3）耐震設計 耐震評価結果

■隣接建屋及び一関東評価用地震動（鉛直）による耐震性への影響確認結果

- 評価部位において，隣接建屋及び一関東評価用地震動（鉛直）による耐震性への影響を確認した。
- 評価部位において検定比が1.00を超えないことから，耐震性に影響がないことを確認した。

隣接建屋に関する影響検討結果（応答比率を乗じた検定比が最も厳しい項目を代表して記載）

評価部位	①最大応答比率	評価項目			②耐震評価結果※1 (検定比換算)	③応答比率を 乗じた検定比※1 (①×②)	判定
		地震力	方向	項目			
基礎地盤	1.022	Ss	NS	最大接地圧	0.0400	0.0409	OK
耐震壁	1.040	Ss※3	NS	せん断ひずみ	0.497	0.529※2	OK
基礎スラブ	1.026	Ss	NS	面外せん断力	0.861	0.884	OK
スクラスの壁	1.037	Sd	NS	鉄筋応力度	0.838	0.870	OK

※1：有効数字3桁表記（4桁目を保守的に切り上げ）

※2：エネルギー一定則を考慮した値のため，単純に①×②の値とはならない

※3：スクラスの壁のSs評価を含む

一関東評価用地震動（鉛直）に関する影響検討結果（応答比率を乗じた検定比が最も厳しい項目を代表して記載）

評価部位	①最大応答比率	評価項目			②耐震評価結果※1 (検定比換算)	③応答比率を 乗じた検定比※1 (①×②)	判定
		地震力	方向	項目			
基礎地盤	0.974	最大応答比率が1を超えないため，応答比率を乗じた影響評価は不要					
耐震壁		水平方向と鉛直方向の地震力を組み合わせた影響が考えられる部位に該当しない					
基礎スラブ	0.989	最大応答比率が1を超えないため，応答比率を乗じた影響評価は不要					
スクラスの壁	1.007	Sd	NS	鉄筋（鉛直）の 引張応力度	0.838	0.844	OK
スクラスの床	1.003	Ss※2	EW	曲げモーメント	0.792	0.795	OK

※1：有効数字3桁表記（4桁目を保守的に切り上げ）

※2：Sdでの評価については，Ssでの評価を代表とすることで示す

1. 安全機能を有する施設としての評価（規則 5 条, 6 条）

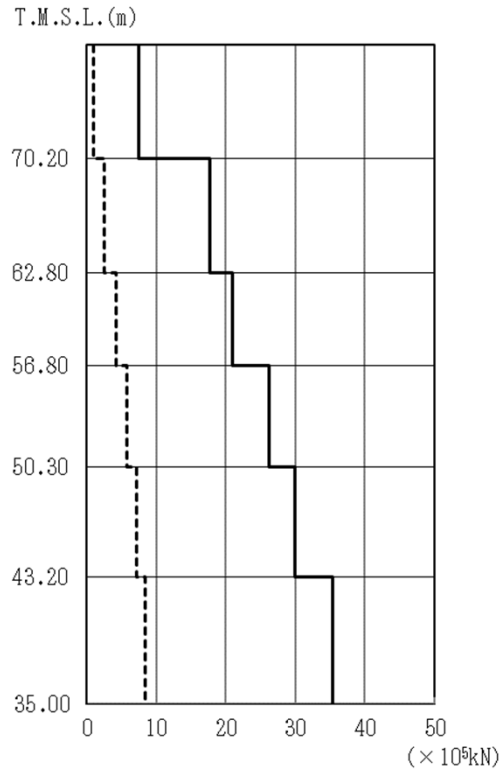
（4）まとめ

- 燃料加工建屋について、許可における設計方針に基づく耐震評価により、以下の確認を行った。
 - **基準地震動Ss**による地震力に対し、**閉じ込め機能**及び**支持機能**を損なわない設計となっていることを確認した。
 - 閉じ込め機能を有するSクラスの壁及び床に対しては、「**基準地震動Ssによる地震力**」及び「**弾性設計用地震動Sd及び静的地震力（3.0Ci）のいずれか大きい方の地震力**」に対して**Sクラスとしての構造強度**を有していることを確認した。
 - **支持地盤**については、**基準地震動Ss**による地震力に対して施設を十分に支持することができることを確認した。
- 耐震評価にあたっては、これまでの審査を踏まえた評価方針への反映事項を考慮して実施した。
- 以上より、燃料加工建屋は、安全機能を有する施設としての設計方針を満足していることから、以下の「加工施設の技術基準に関する規則」に適合するように設計されている。

安全機能を有する施設としての評価 : 第5条（安全機能を有する施設の地盤）
: 第6条（地震による損傷の防止）

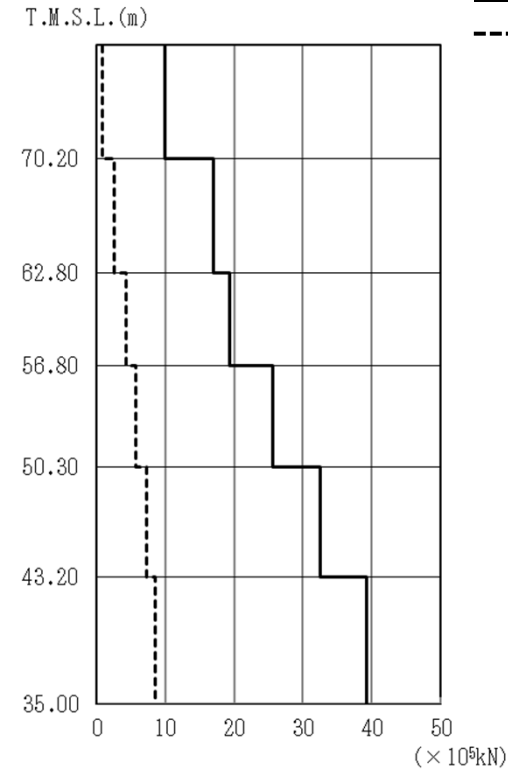
1. 安全機能を有する施設としての評価（規則5条，6条） （参考）燃料加工建屋の保有水平耐力の確認結果

➤ 燃料加工建屋は、いずれの層においても、保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して十分に安全余裕を有していることを確認している。



T. M. S. L. (m)	必要保有水平耐力 $Q_{u_{min}}$ ($\times 10^5$ kN)	保有水平耐力 Q_u ($\times 10^5$ kN)	$Q_u/Q_{u_{min}}$
77.50~70.20	1.00	7.47	7.47
70.20~62.80	2.63	17.69	6.72
62.80~56.80	4.30	21.01	4.88
56.80~50.30	5.78	26.18	4.52
50.30~43.20	7.26	29.94	4.12
43.20~35.00	8.51	35.42	4.16

NS方向



T. M. S. L. (m)	必要保有水平耐力 $Q_{u_{min}}$ ($\times 10^5$ kN)	保有水平耐力 Q_u ($\times 10^5$ kN)	$Q_u/Q_{u_{min}}$
77.50~70.20	0.96	9.92	10.33
70.20~62.80	2.60	17.01	6.54
62.80~56.80	4.30	19.35	4.50
56.80~50.30	5.78	25.55	4.42
50.30~43.20	7.26	32.45	4.46
43.20~35.00	8.51	39.24	4.61

EW方向

必要保有水平耐力及び保有水平耐力

2. 重大事故等対処施設としての評価
～地震による損傷の防止～
(規則26条, 27条)

2. 重大事故等対処施設としての評価（規則26条, 27条）

基本設計方針

基本設計方針（入力地震動及び動的解析）

【入力地震動】

- ▶ 安全機能を有する施設としての評価（規則5条, 6条）と同じ

【動的解析法】

- ▶ 安全機能を有する施設としての評価（規則5条, 6条）と同じ

基本設計方針（重大事故等対処施設の耐震設計）

【常設耐震重要重大事故等対処施設の地盤】

- ▶ 常設耐震重要重大事故等対処施設は、基準地震動 S_s による地震力が作用した場合においても接地圧に対する十分な支持性能を有する地盤に設置する。

【常設耐震重要重大事故等対処施設の耐震設計】

- ▶ 常設耐震重要重大事故等対処施設は、基準地震動 S_s による地震力に対して重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがない設計とする。

【荷重の組合せ】

- ▶ 地震力に対し、MOX燃料加工施設が運転している状態において作用している荷重、**重大事故等時の状態において作用している荷重**及び設計用自然荷重（積雪荷重及び風荷重）を適切に組み合わせる。
- ▶ 動的地震力は、水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定する。

※常設耐震重要重大事故等対処施設に係る基本設計方針を記載

2. 重大事故等対処施設としての評価（規則26条, 27条）

燃料加工建屋の耐震設計方針

■ 燃料加工建屋の地震に対する基本設計方針（重大事故等対処施設）

- 燃料加工建屋は、建屋全体として、常設耐震重要重大事故等対処設備の間接支持構造物として支持機能を有する。
- 常設耐震重要重大事故等対処施設は、耐震設計上の重要度に応じた地震力が作用した場合においても当該重大事故等対処施設を十分に支持することができる地盤に設置する。
- 重大事故等時における建屋の環境条件は通常時と異なるが、事態終息までの時間は20分程度と短時間であり、地震力と組み合わせる必要はないことから、燃料加工建屋の重大事故等対象施設としての評価は安全機能を有する施設としての評価と同じである。
- このため、燃料加工建屋は、重大事故等対処施設としての設計方針を満足していることから、以下の「加工施設の技術基準に関する規則」に適合するように設計されている。

重大事故等対処施設としての評価 : 第26条（重大事故等対処施設の地盤）

: 第27条（地震による損傷の防止）

**3. 基準地震動 S_s を1.2倍した地震力による
重大事故等対処の成立性確認（規則30条）
～地震を要因とする重大事故等に対する施設の耐震設計～**

3. 基準地震動Ssを1.2倍した地震力による重大事故等対処の成立性確認（規則30条）

（1）地震を要因とする重大事故等の選定及び対処

<基準地震動Ssを超える地震に対する設計方針>

- 重大事故等対処設備及び重大事故等対処設備を設置する施設の設計方針
 - 設計基準事故での想定よりもさらに厳しい条件を想定して発生すると仮定した重大事故等に対して「**重大事故の発生及び拡大の防止ができること**」, 「**放射性物質の放出を抑制することができること**」を確認

<重大事故等の選定>

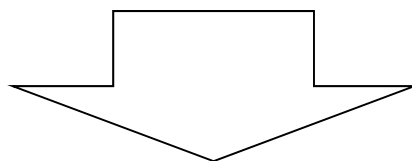
- 重大事故等の要因として、**外部からの影響による機能喪失（外的事象）と動的機器の故障等による機能喪失（内的事象）**を考慮
 - 外的事象は地震
 - 内的事象は動的機器の多重故障等
- 外的事象としての地震については、設計基準より厳しい条件である基準地震動を超える地震の指標として**基準地震動の1.2倍の地震力**を設定し、これに対して**機能を維持できない静的機器と、全ての動的機器の機能喪失**を考慮し、重大事故等の発生を想定。

3. 基準地震動Ssを1.2倍した地震力による重大事故等対処の成立性確認（規則30条）

（1）地震を要因とする重大事故等の選定及び対処

＜発生が想定される重大事故等＞

MOX燃料加工施設において想定する重大事故等として、**露出した状態でMOX粉末を取り扱い、かつ、火災源となる潤滑油を保有しているグローブボックス**において、基準地震動Ssを上回る地震により**火災が発生し、同時に感知・消火のための機能が喪失することにより、火災が継続して外部に放射性物質が放出される事態**を特定。



＜重大事故等への対処＞

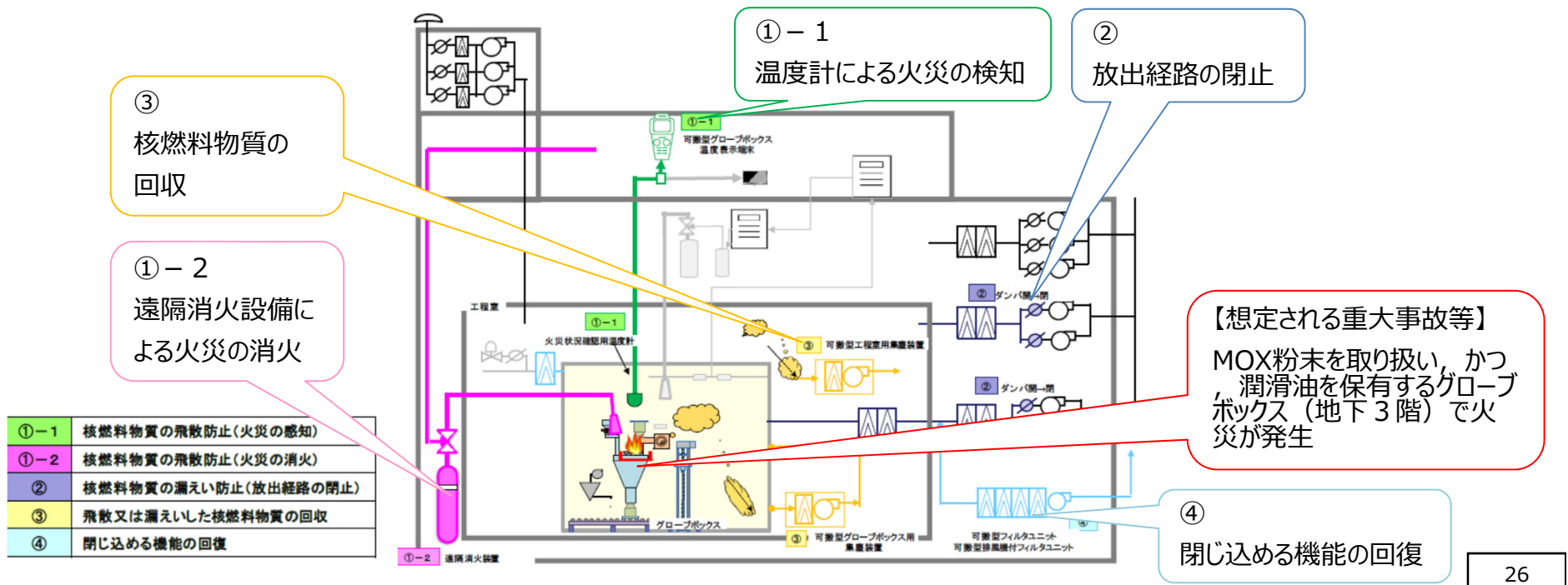
- 設計基準を超える状態として、設計基準対象施設の感知・消火設備の機能喪失を確認した場合に、以下の基本方針に基づき重大事故等への対処を行う。
- 火災による外部へのMOX粉末の放出を防止するため、重大事故等の発生防止対策、及び、拡大防止対策として、飛散・漏えいの要因となる**火災の消火対策**と、飛散・漏えいする**MOX粉末の閉じ込め対策**を行う。

3. 基準地震動Ssを1.2倍した地震力による重大事故等対処の成立性確認（規則30条）

（1）地震を要因とする重大事故等の選定及び対処

<重大事故等への対処>

- **火災の消火対策**：火災の確認のため、中央監視室において火災状況確認用温度計の指示値を確認する。火災発生が確認されたグローブボックスに対して、中央監視室近傍からの遠隔手動操作により、遠隔消火装置を起動させ、**消火剤（ハロゲン化物消火剤）を放出**する（①）。
- **MOX粉末の閉じ込め対策**：外部への放射性物質の放出を可能な限り防止するため、地下1階排風機室において、グローブボックス排風機入口手動ダンパ及び工程室排風機入口手動ダンパを**手動閉止**する（②）。
- 火災の気流による大気へのMOX粉末の放出低減のため、グローブボックス排気系又は工程室排気系に移行するMOX粉末を高性能エアフィルタで捕集し低減する。
- これらの完了後、工程室内の放射性物質濃度が通常時と同等になったことを確認した後に、工程室内の床面に沈着したMOX粉末を回収（③）するとともに、回収作業時の作業環境確保のための閉じ込め機能の回復（④）を行う。



3. 基準地震動Ssを1.2倍した地震力による重大事故等対処の成立性確認（規則30条）

（2）重大事故等対処の有効性評価における不確かさの考慮

＜想定される不確かさの影響＞

- 事業変更許可において、重大事故等対処に係る有効性評価として、重大事故等への対処等に対して想定される火災の規模、MOX粉末の放出経路への移行割合等で想定した状態（中央値としての結果想定）に対する不確かさを考慮した影響評価を行っている。
 - 事故の発生要因の違い、火災の規模、火災による影響を受けるMOX粉末、外部への放出経路の違い、操作の条件の不確かさの影響等を踏まえても、火災の消火及び火災によるMOX粉末の外部への放出の防止対策が実行可能で有効であることを確認。
 - MOX粉末の外部への放出の防止対策完了までに、外部へ放出される放射性物質の放出量がセシウム-137 換算で100TBq を十分下回ることを確認。

評価対象	不確かさの要因	不確かさによる外部放出変動幅
グローブボックス内で発生する潤滑油による火災	<ul style="list-style-type: none"> ・火災の燃焼面積が放出量評価の条件より小さい場合 ・容器に収納されたMOX粉末の全量が火災の影響を受けない場合 	1～2桁程度の下振れ
MOX粉末の放出経路	<ul style="list-style-type: none"> ・グローブボックスのパネルに隙間が生じない場合 	50%程度の下振れ
	<ul style="list-style-type: none"> ・グローブボックスのパネルに隙間が生じ工程室内への漏洩が支配的になった場合 	1～2桁程度の上振れ
	<ul style="list-style-type: none"> ・グローブボックス給気系ダクトの損傷当による工程室への漏えいが発生しない場合 	1.5倍程度の上振れ
	<ul style="list-style-type: none"> ・MOX粉末がグローブボックス排気設備にのみ移行した場合 ・隣接する工程室にグローブボックス給気系を經由して移行した場合 ・火災発生時の放熱を考慮する場合 	下振れ影響

3. 基準地震動Ssを1.2倍した地震力による重大事故等対処の成立性確認（規則30条）

（3）地震を要因とする重大事故等対処に必要な機能

- 事業変更許可申請書では、基準地震動を超える地震動に対して機能維持が必要な設備に対して、基準地震動の1.2倍の地震力に対して必要な機能が損なわれるおそれがないこと設計要求として示した。
- また、技術基準規則第三十条では、重大事故等対処設備は、想定される重大事故等が発生した場合における温度、放射線、荷重その他の使用条件において、重大事故等に対処するために必要な機能を有効に発揮することが要求される。
- そのため、P26に示す重大事故等への対処を実施するために必要な設備等に対し、地震を要因とした重大事故等時において、機能維持として要求する事項を以下に整理した。

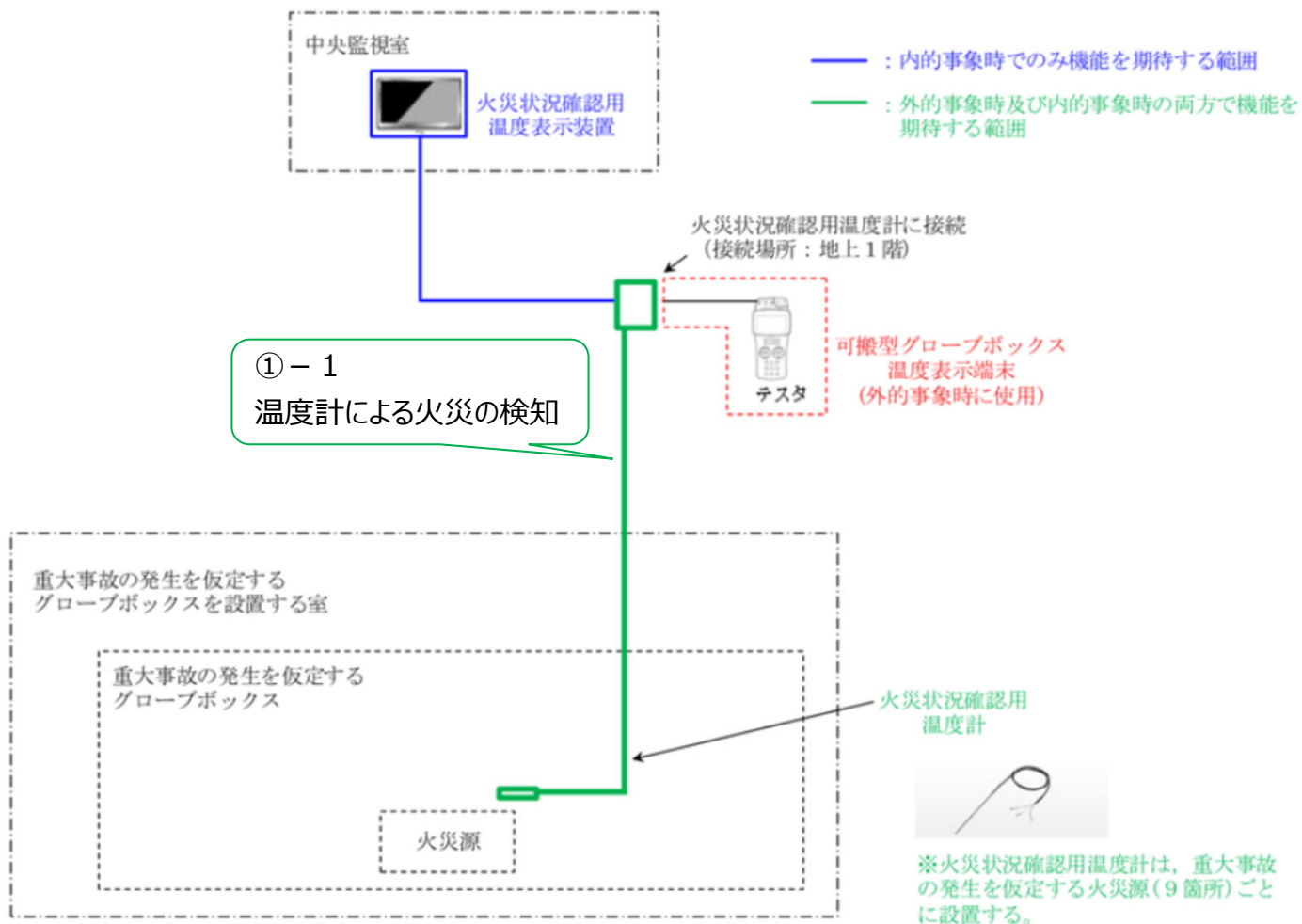
<重大事故等の対処に必要な機能（1）>

重大事故等の対処	対処に関係する常設重大事故等対処設備	機能維持としての要求事項
火災の確認のため、中央監視室において火災状況確認用温度計の指示値を確認	・火災状況確認用温度計 設置場所：重大事故等の発生を想定するグローブボックス（温度計はグローブボックスから中央監視室まで静的機器のみで構成）	・中央監視室：倒壊等せず要員による対処が実施できる空間を維持すること ・火災状況確認用温度計：壁、床等により支持されること

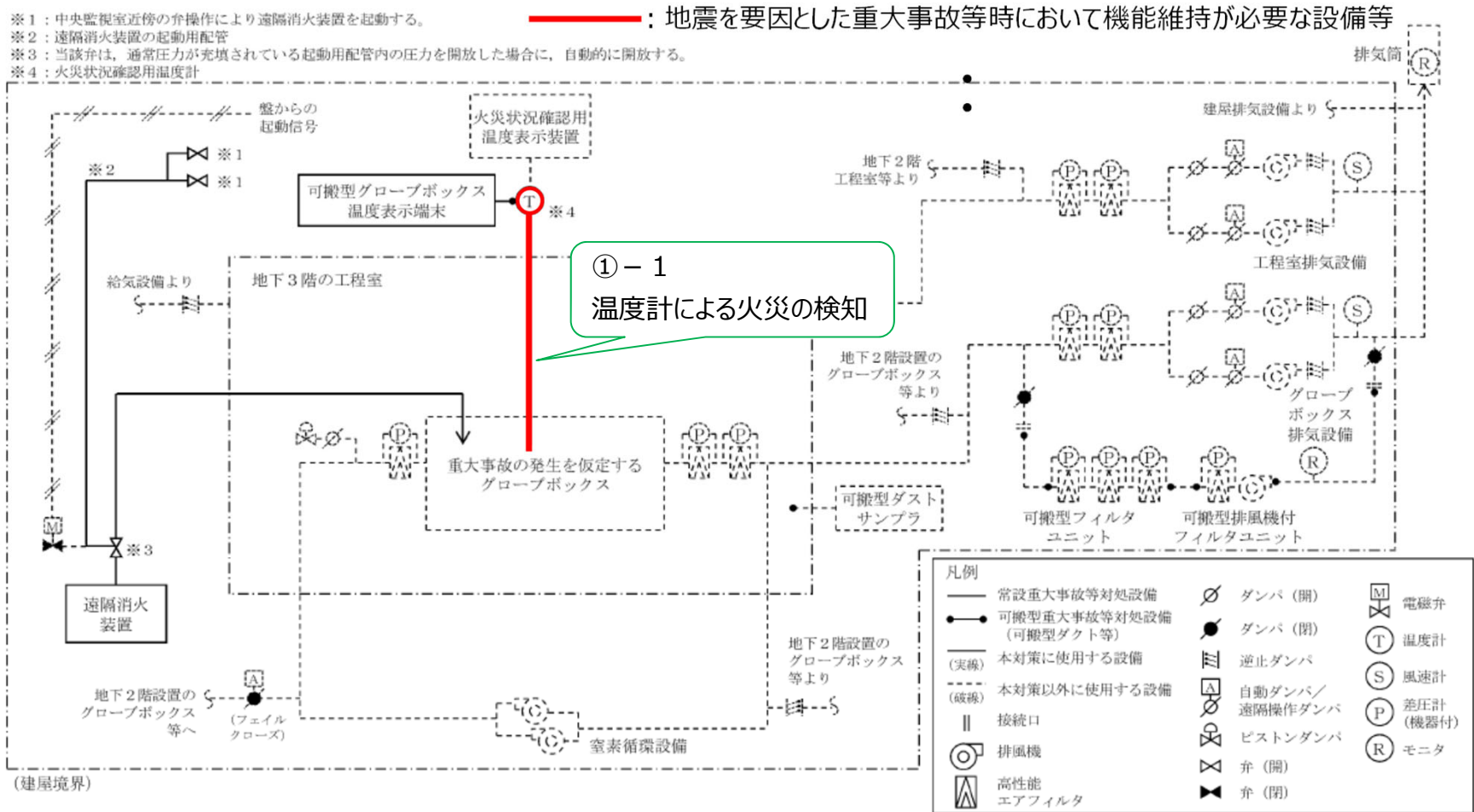
3. 基準地震動Ssを1.2倍した地震力による重大事故等対処の成立性確認（規則30条） （3）地震を要因とする重大事故等対処に必要な機能

<重大事故等の対処に必要な機能（1）>

- 火災の確認のため、中央監視室において火災状況確認用温度計の指示値を確認



3. 基準地震動Ssを1.2倍した地震力による重大事故等対処の成立性確認（規則30条） (3) 地震を要因とする重大事故等対処に必要な機能



3. 基準地震動Ssを1.2倍した地震力による重大事故等対処の成立性確認（規則30条）

（3）地震を要因とする重大事故等対処に必要な機能

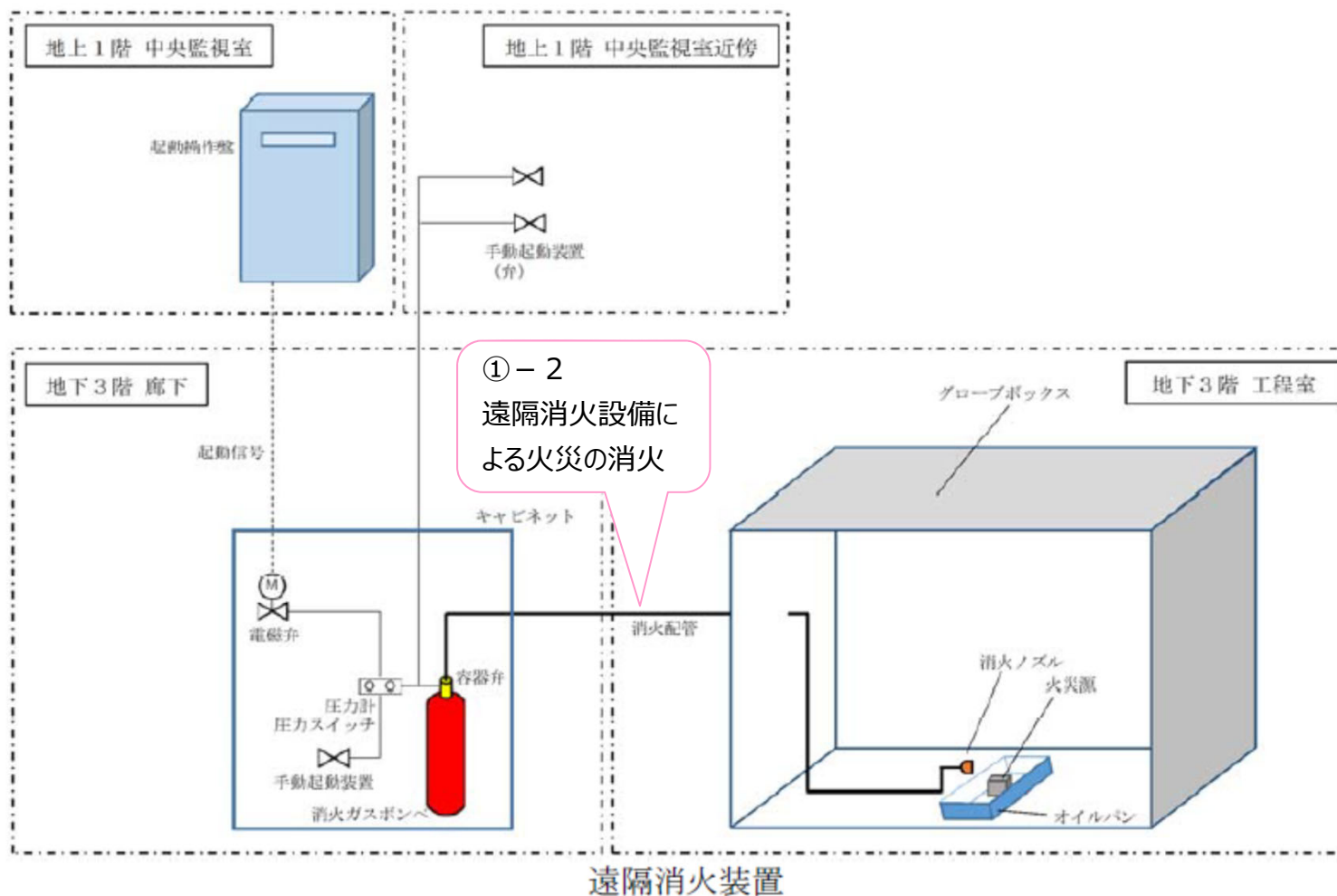
<重大事故等の対処に必要な機能（2）>

重大事故等の対処	対処に関係する常設重大事故等対処設備	機能維持としての要求事項
<p>火災発生が確認されたグローブボックスに対して、中央監視室近傍からの遠隔手動操作により、地下3階廊下に設置された遠隔消火装置を起動させ、消火剤（ハロゲン化物消火剤）を放出</p>	<p>・遠隔消火装置 設置場所：操作場所は地上1階／消火装置起動用の配管は地下1階から地下3階まで／消火ポンベは地下3階／ポンベからグローブボックスまでの配管は地下3階工程室</p> <p>構造：中央監視室に設置する盤の手動操作又は中央監視室近傍に設置する圧力開放用の弁の手動操作により消火ガスポンベから消火剤を放出する。なお、圧力開放用の手動弁は二重化されている。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・中央監視室近傍の圧力開放用の弁操作場所：倒壊等せず要員による対処が実施できる空間を維持すること ・圧力開放用の弁：転倒等せず機能が維持できること ・消火装置起動用の配管：壁，床等により支持されること ・消火ガスポンベ：転倒等せず機能が維持できること ・消火ガスポンベからグローブボックスまでの配管：壁，グローブボックスにより支持されること ・重大事故等の発生を仮定するグローブボックス：転倒等せず遠隔消火装置の配管等を支持すること，パネルにき裂や破損が生じないこと，当該グローブボックスの内装機器の破損により容器等が落下又は転倒しないこと ・地下3階工程室：重大事故等の発生を仮定するグローブボックス，消火ガスポンベからグローブボックスまでの配管等が支持できること

3. 基準地震動Ssを1.2倍した地震力による重大事故等対処の成立性確認（規則30条） （3）地震を要因とする重大事故等対処に必要な機能

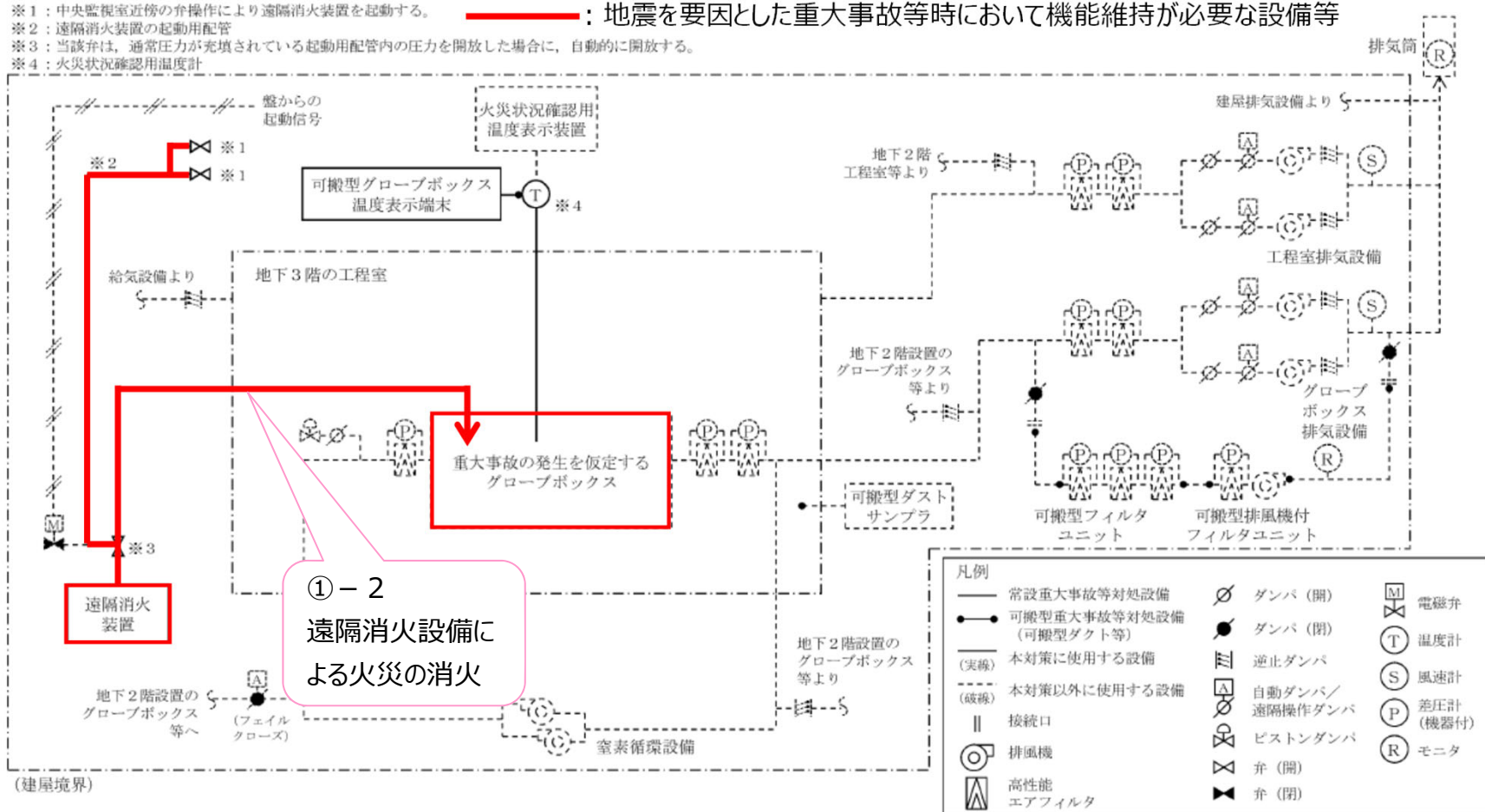
<重大事故等の対処に必要な機能（2）>

- 火災発生が確認されたグローブボックスに対して、中央監視室近傍からの遠隔手動操作により、地下3階廊下に設置された遠隔消火装置を起動させ、消火剤を放出



3. 基準地震動Ssを1.2倍した地震力による重大事故等対処の成立性確認（規則30条）

（3）地震を要因とする重大事故等対処に必要な機能



3. 基準地震動Ssを1.2倍した地震力による重大事故等対処の成立性確認（規則30条）

（3）地震を要因とする重大事故等対処に必要な機能

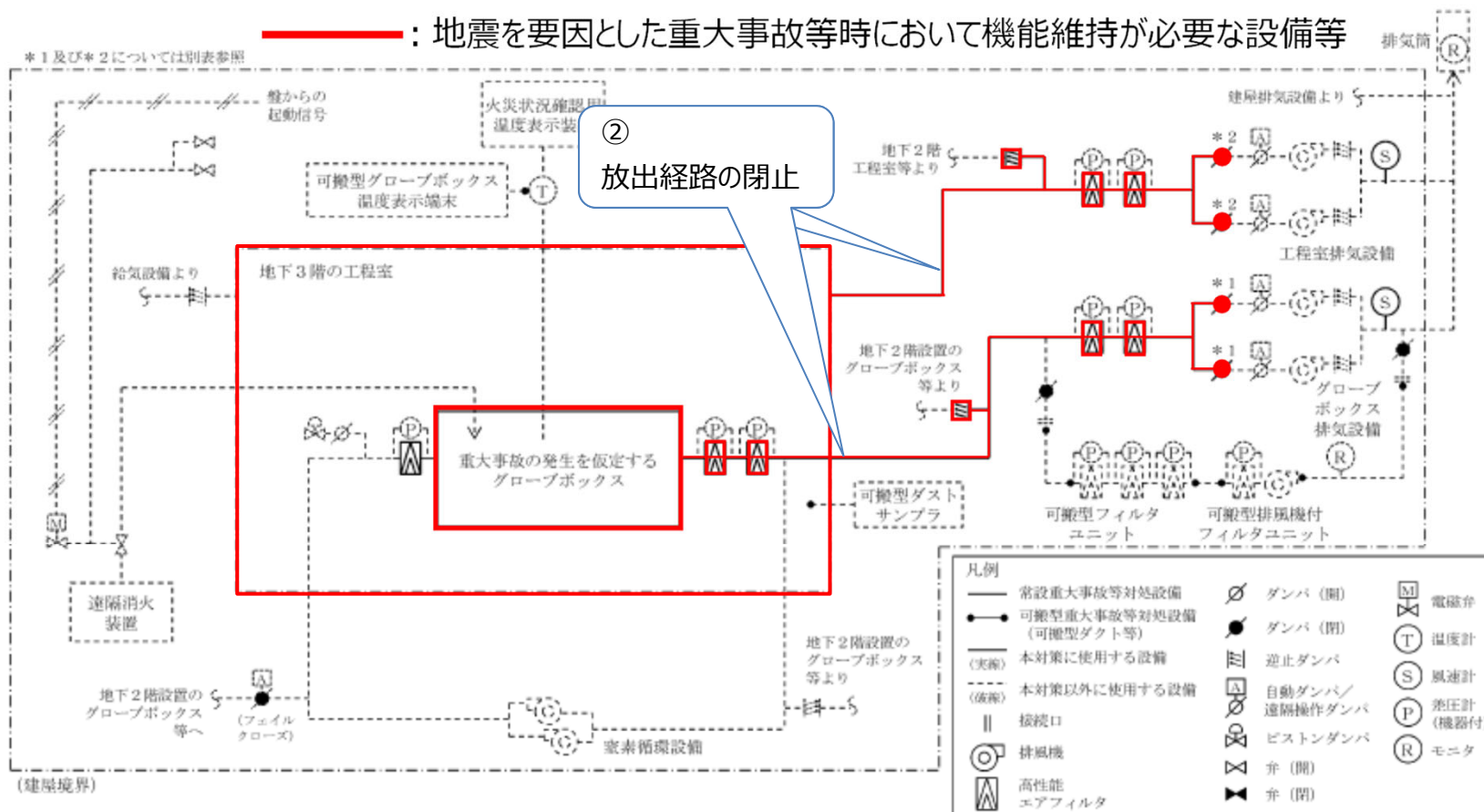
<重大事故等の対処に必要な機能（3）>

重大事故等の対処	対処に関する常設重大事故等対処設備	機能維持としての要求事項
<p>外部への放射性物質の放出を可能な限り防止するため、地下1階排風機室においてグローブボックス排風機入口手動ダンパ及び工程室排風機入口手動ダンパを手動閉止</p> <p>※遠隔消火装置による消火で外部への放出源はなくなるが念のための措置として実施</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・グローブボックス排風機入口手動ダンパ※ ・工程室排風機入口手動ダンパ※ ・グローブボックス排気設備のダクト ・工程室排気設備のダクト <p>※ダンパ閉止後、可搬型ダンパ出口風速計をダンパ出口側のダクトに挿入する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・排風機室：倒壊等せず要員による対処が実施できる空間を維持すること ・排風機室までのアクセスルート：倒壊等せず要員が移動できる空間を維持すること ・ダンパ：破損等せず、手動で閉止できること ・ダクト：壁等により支持されること
<p>事態が収束するまでの間、火災の気流による大気へのMOX粉末の放出低減のため、グローブボックス排気系又は工程室排気系に移行するMOX粉末を高性能エアフィルタで捕集し低減</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・グローブボックス排気設備のダクト ・工程室排気設備のダクト ・グローブボックス排気設備のフィルタ ・工程室排気設備のフィルタ 	<ul style="list-style-type: none"> ・ダクト：壁等により支持されること ・フィルタ：破損等しないこと

3. 基準地震動Ssを1.2倍した地震力による重大事故等対処の成立性確認（規則30条） (3) 地震を要因とする重大事故等対処に必要な機能

<重大事故等の対処に必要な機能（3）>

- 外部への放射性物質の放出を可能な限り防止するため、地下1階排風機室において、グローブボックス排風機入口手動ダンパ及び工程室排風機入口手動ダンパを手動閉止



3. 基準地震動 S_s を1.2倍した地震力による重大事故等対処の成立性確認（規則30条）

（4）地震を要因とする重大事故等対処の耐震評価方針

許可における方針（概要）	技術基準規則（第30条）
<p>基準地震動を超える地震動に対して機能維持が必要な設備については、重大事故等対処施設及び安全機能を有する施設の耐震設計における設計方針を踏襲し、基準地震動の1.2倍の地震力に対して必要な機能が損なわれるおそれがないことを目的として、以下のとおり耐震設計を行う。</p> <ul style="list-style-type: none">i. 重大事故等の起因となる異常事象の選定において基準地震動を1.2倍した地震力を考慮する設備は、基準地震動を1.2倍した地震力に対して、必要な機能が損なわれるおそれがないように設計する。ii. 地震を要因として発生する重大事故等に対処する重大事故等対処設備は、基準地震動を1.2倍した地震力に対して、重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないように設計する。	<p>重大事故等対処設備は、想定される重大事故等が発生した場合における温度、放射線、荷重その他の使用条件において、重大事故等に対処するために必要な機能を有効に発揮すること。</p>



■ 基準地震動を超える地震動に対して機能維持が必要な設備の耐震評価方針

＜燃料加工建屋の機能要求及び耐震評価方針＞

- 重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないことを耐震計算により確認する。
- その上で、耐震計算の結果を評価し、「**重大事故の発生及び拡大を防止できること**」、「**放射性物質の放出を抑制できること**」を確認する。
- 結果の評価においては、重大事故等への有効性評価における不確かさの影響評価と同様に、基準地震動を超える地震として考慮した「基準地震動の1.2倍の地震動」という指標も含め、耐震計算で得られた結果（中央値としての結果）に対する「**不確かさの影響**」を考慮した評価を行う
- これにより、**不確かさとして想定される結果の振れ幅**があったとしても、「重大事故の発生及び拡大を防止できること」、「放射性物質の放出が抑制できること」いう目的が達成できること、事業許可において確認した重大事故等対処の有効性評価の範囲を超えることがないことを確認する。

3. 基準地震動 S_s を1.2倍した地震力による重大事故等対処の成立性確認（規則30条）

（4）地震を要因とする重大事故等対処の耐震評価方針

- 前頁までに示した「機能維持が必要な設備等」が、基準地震動の1.2倍の地震力に対して機能維持することを確認することで重大事故等対処の成立性を確認する。

■ 燃料加工建屋（第1回申請）の耐震評価方針

- 上記成立性を確認するにあたり、今回の設工認申請の申請対象が燃料加工建屋であることから、燃料加工建屋に必要な機能に対して確認する。具体的には、倒壊等しないこと、遠隔消火設備等を支持する機能が維持できることとする。
- 機能維持の判断基準として、基準地震動に対する耐震計算と同様に、**耐震壁の最大せん断ひずみ度 2.0×10^{-3} に収まることを基本とする**。最大せん断ひずみ度が 2.0×10^{-3} に収まることが確認できれば、倒壊等せず要員による対処が実施できる空間を維持すること、重大事故等対処設備が壁等により支持されること等の要求事項を満足することが確認できる。
- さらに、評価に当たっては、詳細設計における想定される不確かさを考慮した場合において、事業変更許可において確認した重大事故等対処の有効性評価の範囲を超えることがないことを確認する。
- なお、グローブボックスを設置する工程室については、基準地震動の1.2倍の地震力に対して機能維持を要求しないグローブボックスから飛散、漏えいするMOX粉末が滞留するものの、工程室がMOX粉末によって高線量になるものではないため、閉じ込めや遮蔽の機能を要求する必要はない。

■ 基準地震動を超える地震動に対して機能維持が必要な設備（第2回申請以降）の耐震評価方針

- 重大事故等対処設備に対する具体的な設計については、当該設備を申請する際に説明する。

3. 基準地震動Ssを1.2倍した地震力による重大事故等対処の成立性確認

(5) 重大事故等対処の耐震評価

■ 燃料加工建屋の評価方法

【1.2Ss時に目安とする建屋の状態】

- 建屋が基準地震動の1.2倍の地震力に対して機能維持を要求するグローブボックスの支持機能を維持している。⇒グローブボックスが機能喪失していなければ、グローブボックス内にMOX粉末を保持できる。
- 建屋が倒壊に至らない。⇒万が一、グローブボックスからの漏洩が生じた場合でも、建屋内に保持することができる。
- 対処に必要な機器の支持機能を維持している。⇒重大事故等対処に対して妨げとはならない。

【建屋が倒壊しないこと】

- 建屋全体として地震力は主に耐震壁で負担する構造となっており、柱、梁、間仕切壁等は耐震壁の変形に追従し、全体に剛性の高い構造となっており複数の耐震壁間の相対変位が小さく床スラブの変位が抑えられる。さらに、基礎地盤が健全であれば、建屋の倒壊には至らないことが確認できる。
- 上記を踏まえ、建物としての全体変形に対しては、耐震壁の最大せん断ひずみが終局状態 (4.0×10^{-3}) に達しなければ、建屋の倒壊に至らず、重大事故等の対処は可能と考えているが、評価基準値としてはさらに余裕を見込んだ値として 2.0×10^{-3} を満足することで、更なる安全余裕が考慮される。
- また、建屋の基礎地盤が最大接地圧が地盤の極限支持力度を十分に下回ることを確認する。

【支持機能が確保されていること】

- 「JEAG4601-1987」にて整理される支持機能に対応する機能維持の代用特性として、機器・配管を直接支持する部位が過大な変形を起こさないこと、アンカー部が健全であることが確保されれば、基準地震動の1.2倍の地震力に対して機能維持を要求するグローブボックス及び対処に必要な機器を保持することができる。
- 上記を踏まえ、耐震壁の最大せん断ひずみ度 2.0×10^{-3} を満足することを評価基準値とする。

要求機能	1.2Ss時に目安とする建屋の状態	地震力	評価部位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
重大事故等対処に対して妨げにならないこと	建屋が倒壊せず、支持機能が確保されていること	基準地震動Ssを1.2倍した地震力	耐震壁	倒壊に至る終局状態に達しないこと 設備を支持する機能を損なわないこと*	最大せん断ひずみ度 2.0×10^{-3}
			基礎地盤	最大接地圧が地盤の支持力度を十分下回ることを確認	基礎地盤の 極限支持力度

※：建屋全体としては、地震力は主に耐震壁で負担する構造となっており、柱、梁、間仕切壁等が耐震壁の変形に追従すること、全体に剛性の高い構造となっており複数の耐震壁間の相対変位が小さく床スラブの変位が抑えられるため、耐震壁の最大せん断ひずみ度 2.0×10^{-3} を満足していれば、耐震壁以外の支持部分の健全性も確保される。

3. 基準地震動Ssを1.2倍した地震力による重大事故等対処の成立性確認（規則30条）

（6）重大事故等対処に係る耐震計算結果

■燃料加工建屋の耐震計算結果（中央値の結果）

- 燃料加工建屋の「基準地震動Ssを1.2倍した地震力」による施設の状態を確認した。
- 評価に用いる地震力は、解放基盤表面において基準地震動Ssを1.2倍した地震力を用いた地震応答解析結果に基づき設定した。
- 評価部位において検定比が1.00を超えないことから、基準地震動Ssを1.2倍した地震時において、建屋が倒壊せず、グローブボックス及び対処に必要な機器の支持機能が確保されている状態となっていることを確認した。

■「基準地震動Ssを1.2倍した地震力」による燃料加工建屋の耐震計算結果

燃料加工建屋の耐震評価結果（各項目に対し検定比が最も厳しい項目を代表して記載）

評価部位	評価項目			耐震評価結果※1 (検定比換算)	判定
	地震力	方向	項目		
耐震壁	1.2×Ss	NS	せん断ひずみ	0.329	OK
基礎地盤	1.2×Ss	NS	最大接地圧	0.0428	OK

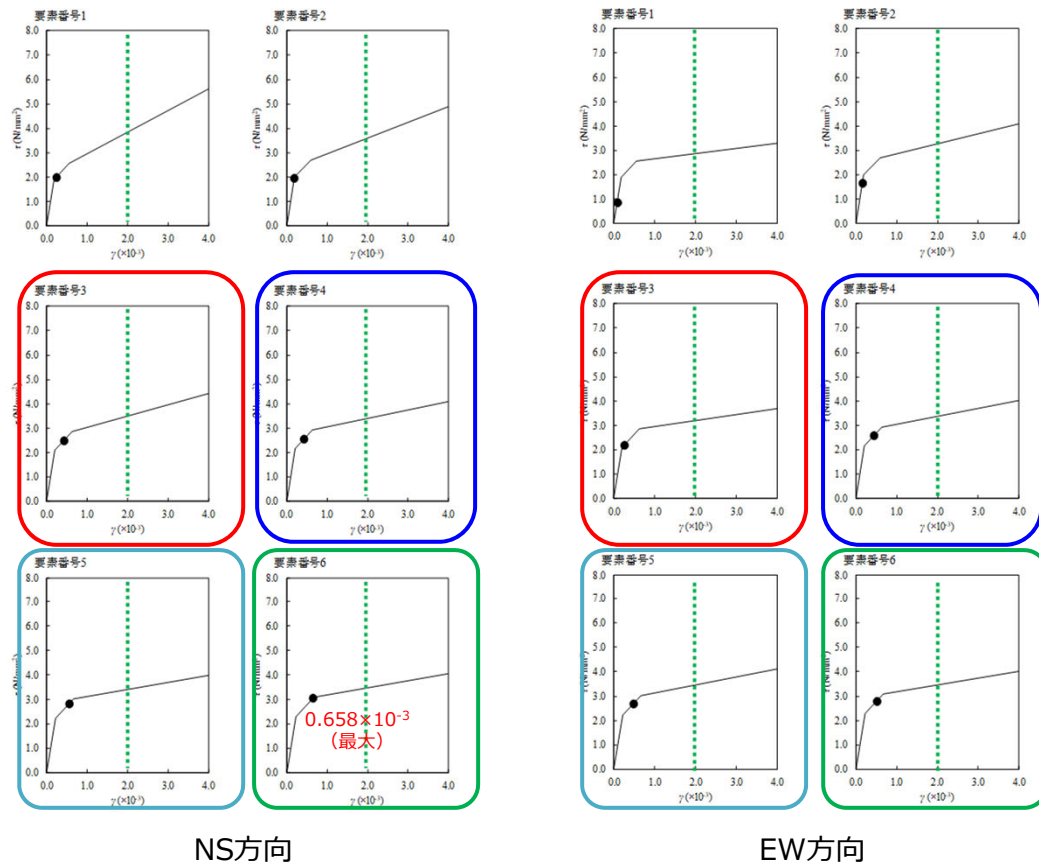
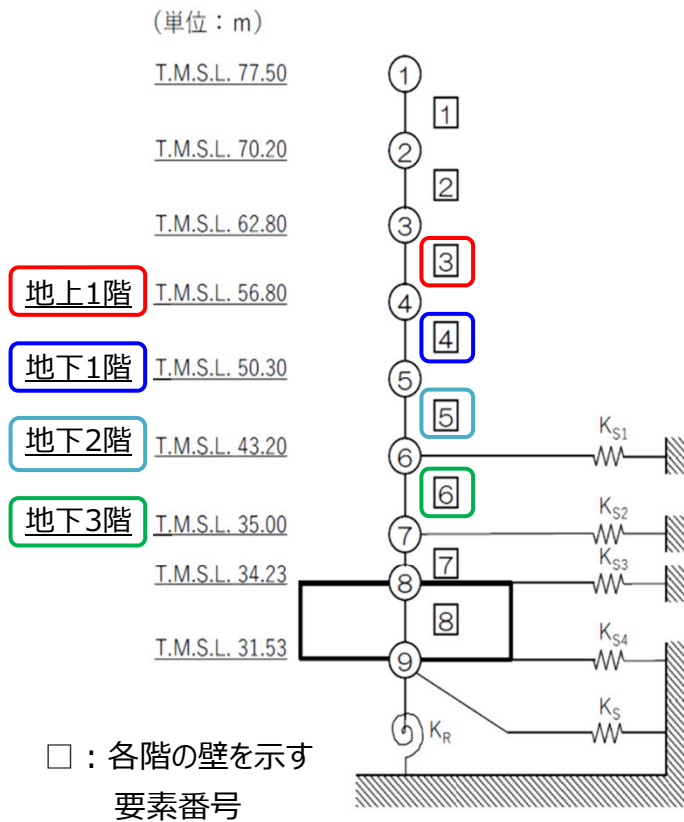
※1：有効数字3桁表記（4桁目を保守的に切り上げ）

3. 基準地震動 S_s を1.2倍した地震力による重大事故等対処の成立性確認（規則30条）

（6）重大事故等対処に係る耐震計算結果

■ 燃料加工建屋の耐震計算結果（中央値の結果）

- 地上1階：中央監視室設置，遠隔消火設備操作階
- 地下1階：グローブボックス排気系等のダンパ設置階
- 地下2階：ダクト及び消火配管設置階
- 地下3階：グローブボックス設置階

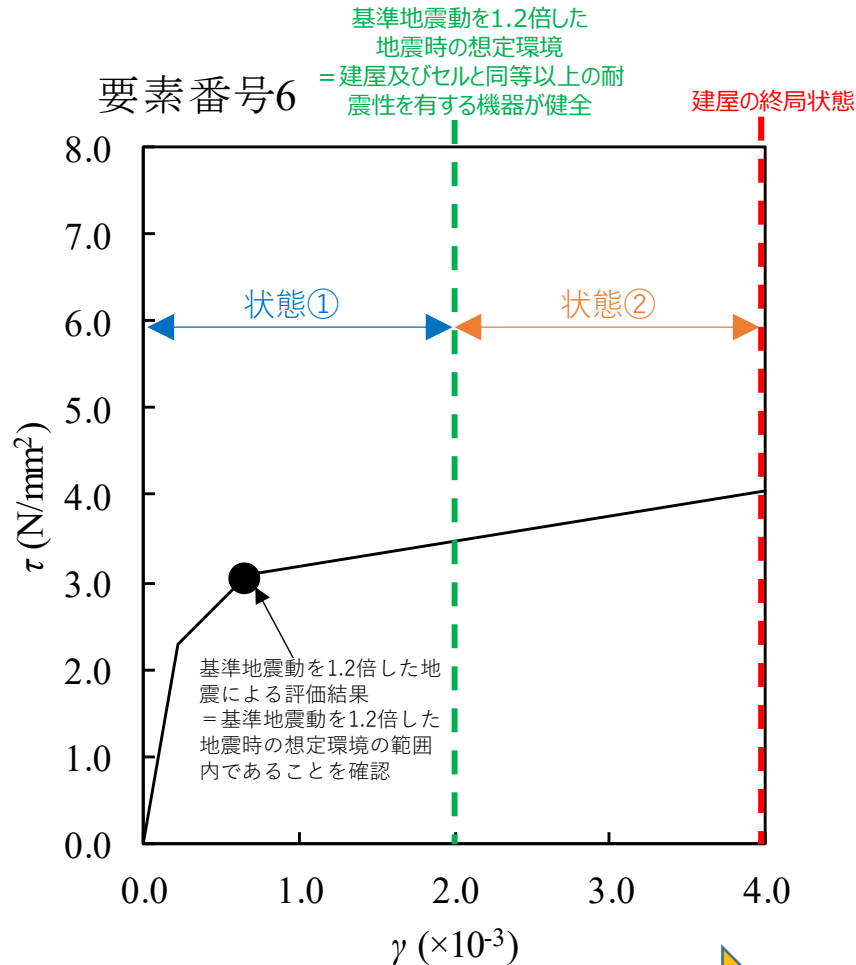


燃料加工建屋 各階における $1.2 \times S_s$ による最大せん断ひずみ度（中央値）

3. 基準地震動Ssを1.2倍した地震力による重大事故等対処の成立性確認（規則30条）

（6）重大事故等対処に係る耐震計算結果

■ 中央値の結果に対する重大事故等対処の成立性確認



燃料加工建屋における施設の状態の概要図
(地下3階における最大せん断ひずみ度)

- 耐震計算の結果では、地下3階で最大せん断ひずみ度がせん断スケルトン曲線の第2折れ点付近になっているが許容限界である 2.0×10^{-3} に対して裕度があることを確認

⇒耐震計算で得られた結果（中央値としての結果）を踏まえ、重大事故の発生及び拡大の防止ができること、放射性物質の放出を抑制できることという目的が達成できることを確認した。

施設の状態		重大事故等対処の成立性
基準地震動を1.2倍した地震時に想定する状態	①間接支持機能が維持されている状態	重大事故等対処設備による対処が可能
施設の損傷状態の不確実性を考慮した場合を想定した状態	②部分的に間接支持機能を喪失し、基準地震動の1.2倍の地震力に対して機能維持を要求するグローブボックス及び重大事故等対処設備の転倒の可能性が考えられる状態	建屋は転倒しておらず、さらに、MOX粉末を建屋外に放出する要因となる駆動源となるものがないため、外部へのMOX粉末放出の可能性はない

3. 基準地震動 S_s を1.2倍した地震力による重大事故等対処の成立性確認（規則30条）

（7）重大事故等対処に係る耐震計算結果に対する不確かさの考慮

■ 地震力の不確かさの影響

- 不確かさとして想定される結果の振れ幅として、耐震評価において地盤物性値のばらつきを考慮した場合、地下3階における最大せん断ひずみ度が 2.3×10^{-3} 程度と、 2.0×10^{-3} を超えている。
- このとき、重大事故時に施設の状態が前頁図の「状態②」となっていることが考えられることから、この状態における事故想定及び重大事故の対処の成立性に対する影響について検討する。

■ 地震力の不確かさの影響の考慮（事故想定に対する影響）

- 建屋のせん断ひずみ度が 2.0×10^{-3} を上回り、基準地震動の1.2倍の地震力に対して機能維持を要求するグローブボックスの支持部が部分的に損傷し、工程室へのMOX粉末漏洩が発生したとしても、事業変更許可において確認した重大事故等対処の有効性評価におけるパネルの損傷によるグローブボックスからの漏洩による不確かさとして考慮していることから、建屋のせん断ひずみ度が 2.0×10^{-3} を上回り、グローブボックスのパネル部に損傷が発生したとしても、**事故想定の不確かさを上回るものにはならない。**

■ 地震力の不確かさの影響の考慮（重大事故の対処の成立性に対する影響）

- 建屋の倒壊に対しては、建屋が状態②となっても、終局状態（せん断ひずみ度 4.0×10^{-3} ）には至っていないため、倒壊には至っていない。
- 重大事故等の対処に必要な設備等の間接支持機能に対しては、建屋が状態②となった場合、支持機能に影響を及ぼす恐れがあることから、支持される部位、各設備の構造の特徴、設計における冗長性や実耐力を考慮した上で、建屋のせん断ひずみ度が 2.0×10^{-3} を上回った場合であっても重大事故等への対処に影響が無いことを次頁以降で確認する。

3. 基準地震動 S_s を1.2倍した地震力による重大事故等対処の成立性確認（規則30条）

（7）重大事故等対処に係る耐震計算結果に対する不確かさの考慮

■ 地震力の不確かさの影響の考慮（重大事故の対処の成立性に対する影響）

【支持性能に対する影響】

- 既往知見（文献1）において、機器配管系の支持機能に関する試験として、面内せん断変形量に応じた面外方向の耐力を確認するため、試験体（RC造の壁躯体）を用いた加力試験が実施されている。
- 上記知見における試験結果によれば、耐震壁のせん断ひずみ度が 2.0×10^{-3} を超える領域に及んでも急激なアンカー部耐力の低下が生じておらず、また、 2.0×10^{-3} を超えて直ちにアンカー部耐力に変化が生じる結果は得られていない。
- さらに、実際のコンクリート強度および建屋応答解析手法の保守性等を考慮すれば、建屋応答は今回評価した面内せん断ひずみより小さくなると考えられる。

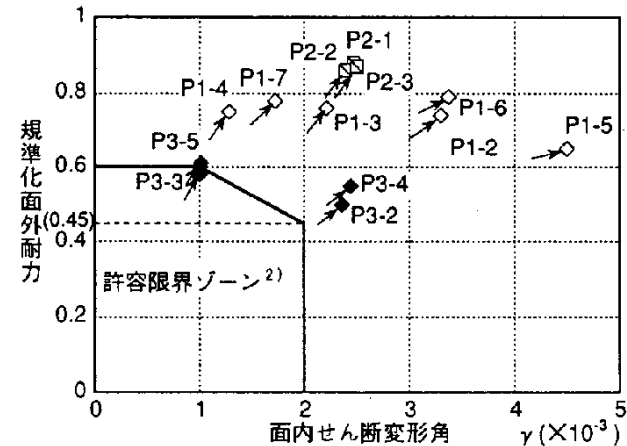


図5 支持機能試験結果と許容限界ゾーン

（文献1より抜粋）

【耐震壁に支持される設備の支持機能への影響】

- 耐震壁に支持される設備は、配管・ダクト類であるが、これらの設備は、比較的軽量であり、地震による慣性力を大きく受けないほか、応力集中が生じないような全体のバランスのとれた配管経路及び支持構造計画を立てることで、系全体の強度設計の裕度を向上していることから、一部の支持部位の損傷により即座に配管・ダクトが損傷することない設計となっている。
- さらに、重大事故等の対処に用いる配管・ダクト類については、破断に至らなければ、重大事故等に対処するための機能を維持することは可能であることから、設計に対して実耐力を大きく有している。

【床に支持される設備の支持機能への影響】

- 床に支持される設備は、グローブボックス及び操作盤類である。
- これらの設備を支持する床面は、剛性が高く、さらに耐震壁により面内変形が拘束される構造となっている。
- さらに、壁式RC構造の建物においては複数の耐震壁間の相対変位が小さいため、床スラブの変位は小さく抑えられる。
- 以上のことから、状態②の時点においても、床による支持機能に影響を与えるような大きなひび割れまたは変位を及ぼすことは無いと考えられる。

（文献1）稲田 他、原子炉建屋の弾塑性試験 支持機能試験（その1～8）、日本建築学会大会学術講演梗概集、1992年8月～1995年8月

3. 基準地震動 S_s を1.2倍した地震力による重大事故等対処の成立性確認（規則30条）

（7）重大事故等対処に係る耐震計算結果に対する不確かさの考慮

■ 地震力の不確かさの影響の考慮（重大事故の対処の成立性に対する影響）

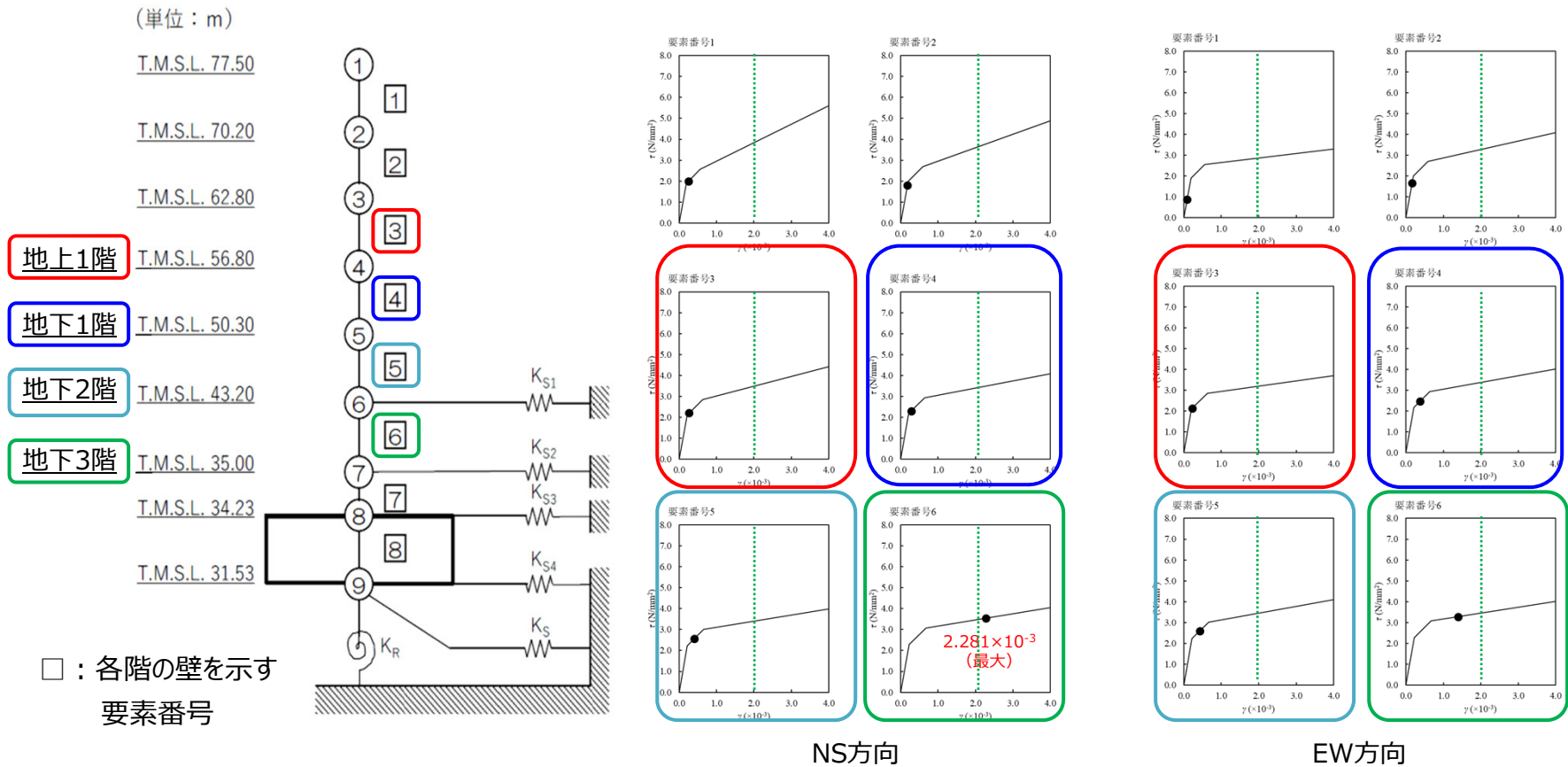
- 建屋の倒壊に対しては、建屋が状態②となっても、終局状態（せん断ひずみ度 4.0×10^{-3} ）には至っていないため、倒壊には至っていない。
- 重大事故等の対処に必要な設備等の間接支持機能に対しては、建屋が状態②となった場合、支持機能に影響を及ぼす恐れがあることから、建屋のせん断ひずみ度が 2.0×10^{-3} を上回った場合であっても重大事故等への対処に影響が無いことを以下のとおり確認した。
 - ✓ 燃料加工建屋に支持される重大事故等の対処に必要な設備等は、支持される部位や各設備の構造の特徴、設計における冗長性や実耐力を踏まえると、耐震壁のせん断ひずみ度が 2.0×10^{-3} を上回って 2.3×10^{-3} 程度になったとしても重大事故等への対処は可能である。
 - ✓ また、地下3階の耐震壁のせん断ひずみ度が 2.0×10^{-3} を上回っても終局状態には至らず、さらに、遠隔消火装置の設置階である地上1階、外部への放出経路の遮断を行う地下1階及びアクセルルートについては耐震壁のせん断ひずみ度が 2.0×10^{-3} を下回っていることから、要員の移動や対処を行うことは可能であり、重大事故等への対処は可能である。
- 上記のことから、地震力の不確かさの影響を考慮したとしても、「重大事故の発生及び拡大を防止できること」、「放射性物質の放出を抑制できること」を満足でき、事業変更許可において確認した重大事故等対処の有効性評価の範囲を超えることはない。

3. 基準地震動 S_s を1.2倍した地震力による重大事故等対処の成立性確認（規則30条）

（7）重大事故等対処に係る耐震計算結果に対する不確かさの考慮

■ 地震力の不確かさの影響の考慮（重大事故の対処の成立性に対する影響）

- 地上1階：中央監視室設置，遠隔消火設備操作階
- 地下1階：グローブボックス排気系等のダンパ設置階
- 地下2階：ダクト及び消火配管設置階
- 地下3階：グローブボックス設置階



燃料加工建屋 各階における $1.2 \times S_s$ による最大せん断ひずみ度
 (地震力の不確かさ：地盤物性平均 - σ , S_s -C1)

3. 基準地震動 S_s を1.2倍した地震力による重大事故等対処の成立性確認（規則30条）

（8）まとめ

■ 燃料加工建屋の耐震評価

- これを踏まえ、設計基準事故で想定した条件よりもさらに厳しい条件として、**基準地震動を超える地震である基準地震動を1.2倍した地震力**に対する耐震性評価を行った。
- その場合であっても、**発生するとした重大事故に対して事故の発生防止及び拡大防止等の必要な措置を講じることができることを確認した。**
- 想定される重大事故等が発生した場合における条件において、重大事故等に対処するために必要な機能を有効に発揮することであることを確認したことから、基準地震動 S_s を1.2倍した地震力による重大事故等対処について、技術基準規則30条（重大事故等対処施設）に適合するものとする。

4. まとめ

4. まとめ

- これまでの審査を踏まえた燃料加工建屋の設工認申請書（耐震設計部分）への反映事項を踏まえた耐震評価を行った。
- 評価の結果、燃料加工建屋の耐震性に問題が無いこと、重大事故等対処に対して妨げにならないことを確認した。
- 以上のことから、燃料加工建屋にて実施している耐震評価は、以下の技術基準規則に適合していることを確認した。
 - 安全機能を有する施設としての評価 : 第5条（安全機能を有する施設の地盤）
: 第6条（地震による損傷の防止）
 - 重大事故等対処施設としての評価 : 第26条（重大事故等対処施設の地盤）
: 第27条（地震による損傷の防止）
 - 基準地震動 S_s を1.2倍した地震力による重大事故等対処の成立性確認 : 第30条（重大事故等対処設備）
- 評価方針並びに評価結果については、補足説明資料の内容を充実させるとともに、現在実施している基本設計方針、添付書類等の記載方針を踏まえ、今後各条00資料として提出する。

(参考) 前回審査会合(2022年1月31日)におけるコメント

コメント内容	回答
<p>基準地震動S_sを1.2倍した地震力に対する確認の考え方については、事業許可時の議論や当時の約束事項等を踏まえた上で</p> <ul style="list-style-type: none">・何故1.2倍の地震力に対して確認することとしたのか・1.2倍という値の成り立ちや意味・何をもって重大事故等に対処可能とするか等 <p>に立ち戻った上で、「S_s」と「$1.2 \times S_s$」における評価内容の位置付けの違いを整理すること。</p>	<p>・事業許可時の説明において、重大事故等対処では、技術的想定を超えた状態での事故の発生を想定することから、種々の不確実性を考慮しても対処が可能である必要があり、設備等の設計による機能の確保だけでなく、技術的能力の観点で重大事故等の対処の成立性を確認することとしている。</p> <p>・重大事故等は、設計基準事故で想定した条件よりもさらに厳しい条件を仮定することにより重大事故等の発生を想定するため、「設計条件を超える地震」の指標として基準地震動S_sを1.2倍した地震力を設定し、重大事故等への対処が可能であることを確認する。</p> <p>・そのため、重大事故等対処においては、「設計を上回る状態でのハード面における設備等の設計による機能の確保」と「ソフト面における技術的能力の観点での手順等による対処手段の確保」の組み合わせにより成立性を確認するものであり、基準地震動に対する設備等の健全性を確認するものと位置付けが異なるものであることを整理した。</p>