

【公開版】

# 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16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	22
4. まとめ	34

---

**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）基本方針 燃料加工建屋の構造について

### ■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>The figure contains two architectural drawings. On the left is a floor plan labeled '平面図 (T.M.S.L. 35.00m)'. It shows a rectangular building footprint with a grid of walls and internal partitions. The overall dimensions are 88.30m in width (EW) and 87.30m in depth (NS). A north arrow is located in the top left corner. On the right is a cross-section labeled '断面図 (NS方向)'. It shows a vertical slice of the building. The total height from the base to the top is 45.97m. The width of the section is 87.30m. The drawing includes various level markers on the right side: V.T.M.S.L. 77.50, V.T.M.S.L. 70.20, V.T.M.S.L. 62.80, V.T.M.S.L. 56.80, V.T.M.S.L. 50.30, V.T.M.S.L. 43.20, V.T.M.S.L. 35.00, and V.T.M.S.L. 27.33. A section line 'A-A' is shown on the right, with 'A' at the top and 'A' at the bottom. A north arrow is also present in the top right corner of the cross-section drawing.</p>

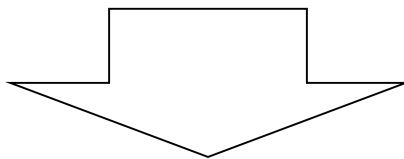
# 1. 安全機能を有する施設としての評価（規則5条, 6条）

## （1）基本方針 耐震設計方針（安全機能を有する施設）

### 許可における方針（概要）

- Sクラスの安全機能を有する施設は、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・構築物については、建物・構築物全体としての変形能力（耐震壁のせん断ひずみ等）が終局耐力時の変形に対して十分な余裕を有し、部材・部位ごとのせん断ひずみ・応力等が終局耐力時のせん断ひずみ・応力等に対して、妥当な安全余裕を持たせることとする。
- Sクラスの安全機能を有する施設は、事業変更許可を受けた弾性設計用地震動（以下「弾性設計用地震動  $S_d$ 」という。）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おおむね弾性状態に留まる範囲で耐えられる設計とする。建物・構築物については、発生する応力に対して、建築基準法等の安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容限界とする。
- 安全機能を有する施設は、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安全機能を有する施設を十分に支持することができる地盤に設置する。

注）Sクラス施設に関する部分を記載



## ■燃料加工建屋の地震に対する機能要求及び耐震評価方針

### <安全機能を有する施設 ～地震による損傷の防止～（規則5条, 6条）>

- 安全機能を有する施設は、基準地震動による地震力が作用した場合においても当該安全機能を有する施設を十分に支持することができる地盤に設置されたものでなければならない。
- 安全機能を有する施設は、これに作用する地震力による損壊により公衆に放射線障害を及ぼすことがないものでなければならない。
- 耐震重要施設は、基準地震動による地震力に対してその安全性が損なわれるおそれがないものでなければならない。

## 1. 安全機能を有する施設としての評価（規則5条, 6条）

### （1）基本方針 耐震設計方針（安全機能を有する施設）

#### ■ 燃料加工建屋の地震に対する基本設計方針（安全機能を有する施設）

安全機能を有する施設の耐震設計は、許可における設計方針に基づき、「加工施設の技術基準に関する規則」に適合するように実施する。

- 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。
- **閉じ込め機能**及び**支持機能**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。
- **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。
- **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。

# 1. 安全機能を有する施設としての評価（規則5条, 6条）

## （1）基本方針 耐震設計方針（安全機能を有する施設）

### ■ 評価部位及び許容限界

#### <安全機能を有する施設としての評価（地震応答解析による評価）>

要求機能	機能設計上の性能目標	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)
—	構造強度を有すること	基準地震動 Ss	Sクラスの壁	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 $2.0 \times 10^{-3}$
		基準地震動 Ss	基礎地盤	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
		保有水平耐力	構造物全体	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
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	基準地震動 Ss	Sクラスの壁	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 $2.0 \times 10^{-3}$
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	基準地震動 Ss	耐震壁	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 $2.0 \times 10^{-3}$

# 1. 安全機能を有する施設としての評価（規則5条, 6条）

## （1）基本方針 耐震設計方針（安全機能を有する施設）

### ■ 評価部位及び許容限界

#### <安全機能を有する施設としての評価（応力解析による評価）>

要求機能	機能設計上の性能目標	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）
—	構造強度を有すること	弾性設計用地震動 Sd 及び 静的地震力	Sクラスの壁	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
			Sクラスの床		
		基準地震動 Ss	Sクラスの床	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）
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	基準地震動 Ss	Sクラスの床	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）
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	基準地震動 Ss	基礎スラブ	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. 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 地震応答解析及び耐震評価の方針

**許可における方針（概要）**

- 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作成したものとするとともに、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を用いて作成する。
- 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ものとし、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。
- Sクラスの施設の設計に適用する動的地震力は、基準地震動及び弾性設計用地震動から定める入力地震動を入力として、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。

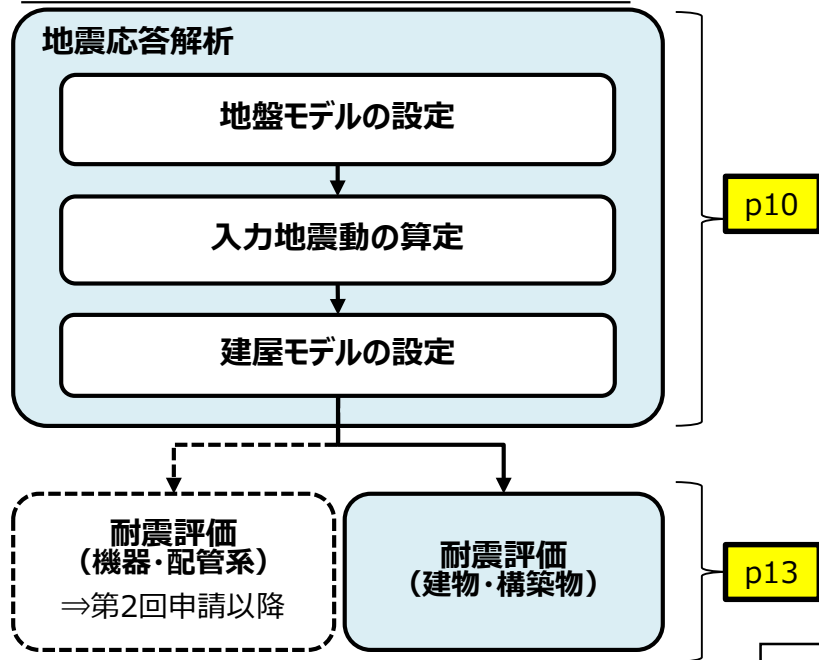
注）解析・評価に係る主な部分を記載

### ■ 燃料加工建屋の耐震評価方針 （安全機能を有する施設としての評価）

安全機能を有する施設の地震応答解析及び耐震評価は、許可における設計方針に基づき、「加工施設の技術基準に関する規則」に適合するように実施する。

- 右記フローに沿って地震応答解析及び耐震評価を実施する。
- 各フェーズにおいては、上記の許可における方針を踏まえたモデルの設定方法及び解析方法を採用する。

### ■ 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 地震応答解析の方法

### ■ 地震応答解析の方法

#### これまでの審査を踏まえた反映事項

##### <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を用いる。  
(8/30審査会合 資料1 p11~19にて説明)

##### <入力地震動の算定>

- 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】

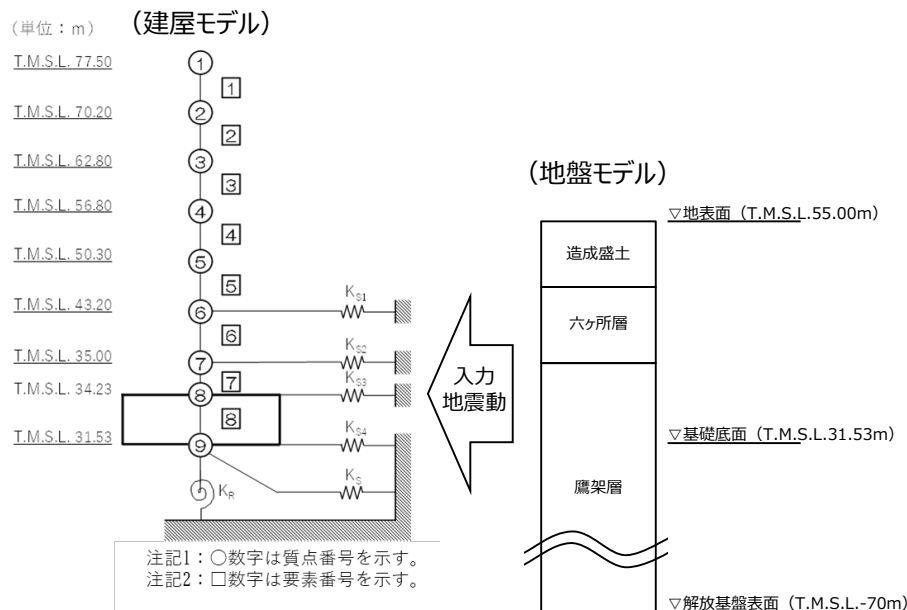
- 直下及び近傍の地盤データに基づき作成した直下地盤モデル

#### 【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

#### 【建屋モデルの設定】

- 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非線形解析



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 地震応答解析の方法

### ■ 隣接建屋による影響評価方法

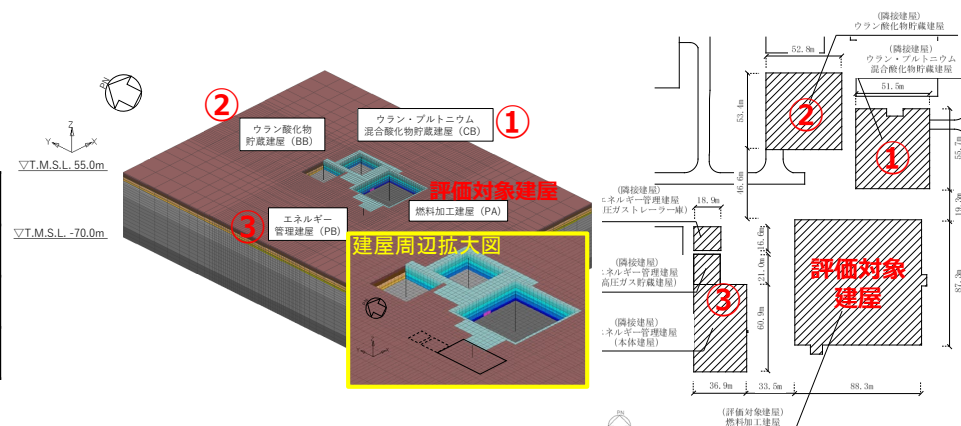
#### これまでの審査を踏まえた反映事項

- 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。(p18参照)

隣接モデルに考慮する建屋

評価対象建屋	隣接モデルに考慮する建屋
燃料加工建屋	①ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋
	②ウラン酸化物貯蔵建屋
	③エネルギー管理建屋



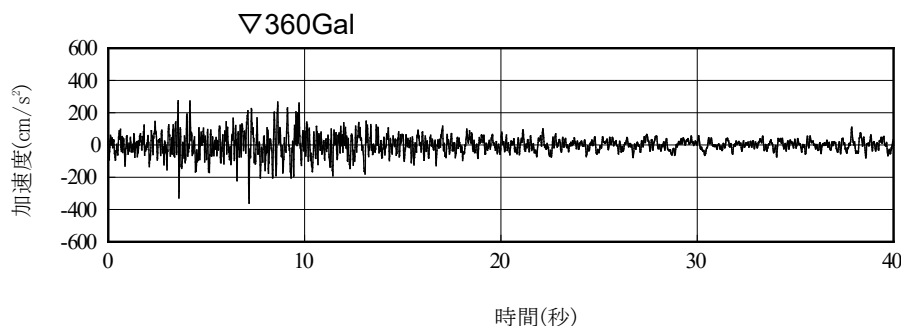
燃料加工建屋の隣接建屋による影響評価モデル

# 1. 安全機能を有する施設としての評価（規則5条, 6条）

## （2）地震応答解析 地震応答解析の方法

### ■一関東評価用地震動（鉛直）に関する影響評価方法

- 基準地震動Ss-C4は、水平方向の地震動のみであることから、工学的に水平方向の地震動から設定した鉛直方向の評価用地震動（一関東評価用地震動（鉛直））による地震力を用いて、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対する影響を確認する。
- 一関東評価用地震動（鉛直）による地震力を考慮した場合、考慮しない場合に対して応答比率が1を上回る（最大1.007）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。（p18参照）



一関東評価用地震動（鉛直）の加速度時刻歴波形

# 1. 安全機能を有する施設としての評価（規則 5 条, 6 条）

## （3）耐震評価 耐震評価の方法

### ■ 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。


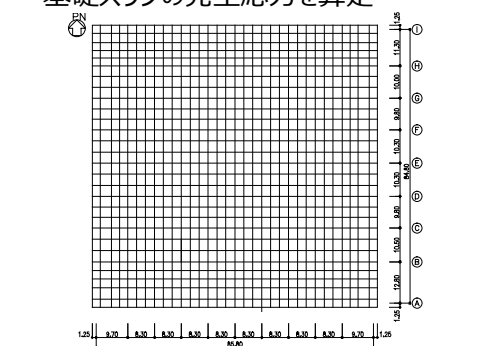
### <地震応答解析による評価方法>

- 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>(単位: kN)</p> <p>TM.S.L. 73.50</p> <p>TM.S.L. 70.20</p> <p>TM.S.L. 67.00</p> <p>TM.S.L. 63.80</p> <p>TM.S.L. 60.50</p> <p>TM.S.L. 57.30</p> <p>TM.S.L. 54.10</p> <p>TM.S.L. 50.90</p> <p>TM.S.L. 47.70</p> <p>TM.S.L. 44.50</p> <p>TM.S.L. 41.30</p> <p>TM.S.L. 38.10</p> <p>TM.S.L. 34.90</p> <p>TM.S.L. 31.70</p> <p>TM.S.L. 28.50</p> <p>TM.S.L. 25.30</p> <p>TM.S.L. 22.10</p> <p>TM.S.L. 18.90</p> <p>TM.S.L. 15.70</p> <p>TM.S.L. 12.50</p> <p>TM.S.L. 9.30</p> <p>TM.S.L. 6.10</p> <p>TM.S.L. 2.90</p> <p>TM.S.L. 0.00</p> <p>TM.S.L. 74.23</p> <p>(A) (B) (C) (D) (E) (F) (G) (H) (I)</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）耐震評価 建屋応答の傾向

### ■ 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 $2.0 \times 10^{-3}$ 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。

(単位: m)

T.M.S.L. 77.50

T.M.S.L. 70.20

T.M.S.L. 62.80

T.M.S.L. 56.80

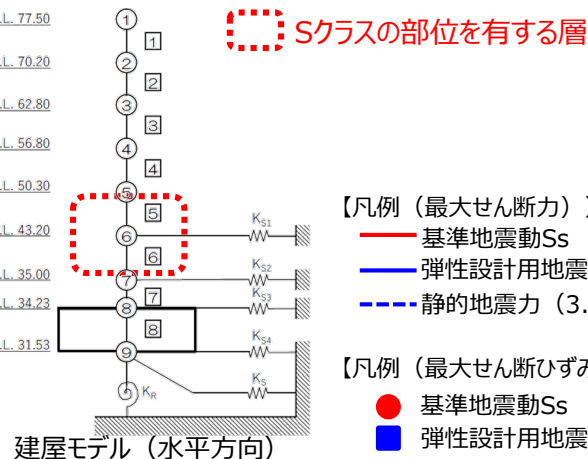
T.M.S.L. 50.30

T.M.S.L. 43.20

T.M.S.L. 35.00

T.M.S.L. 34.23

T.M.S.L. 31.53

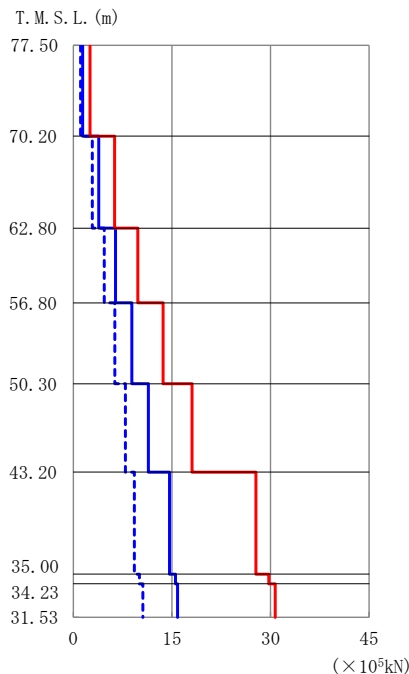


【凡例（最大せん断力）】

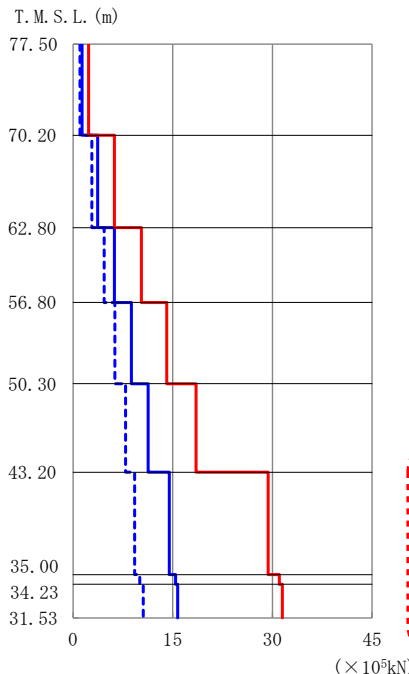
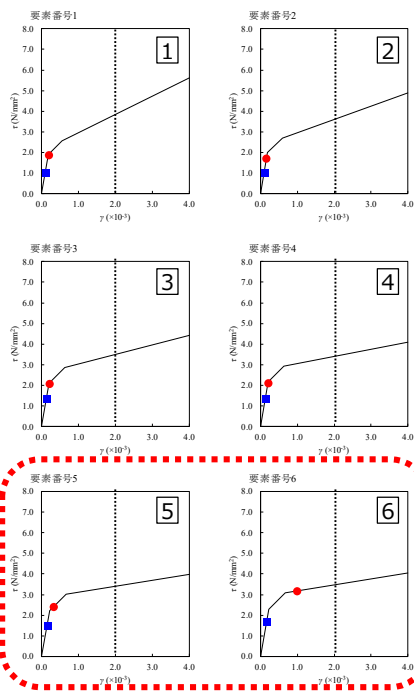
- 基準地震動Ss
- 弾性設計用地震動Sd
- - - 静的地震力（3.0Ci）

【凡例（最大せん断ひずみ度）】

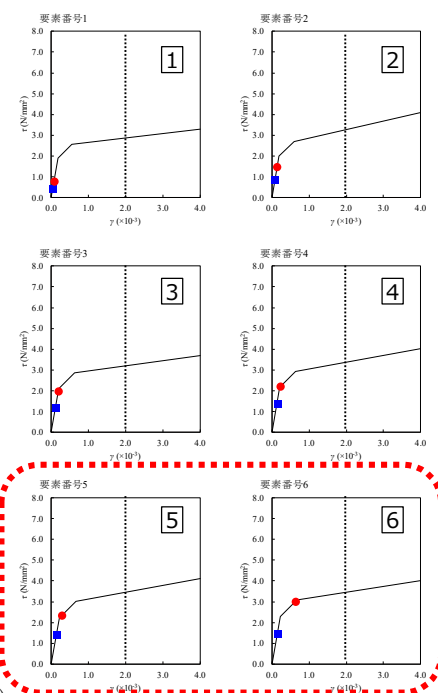
- 基準地震動Ss
- 弾性設計用地震動Sd



NS方向 最大せん断力及び最大せん断ひずみ度分布



EW方向 最大せん断力及び最大せん断ひずみ度分布



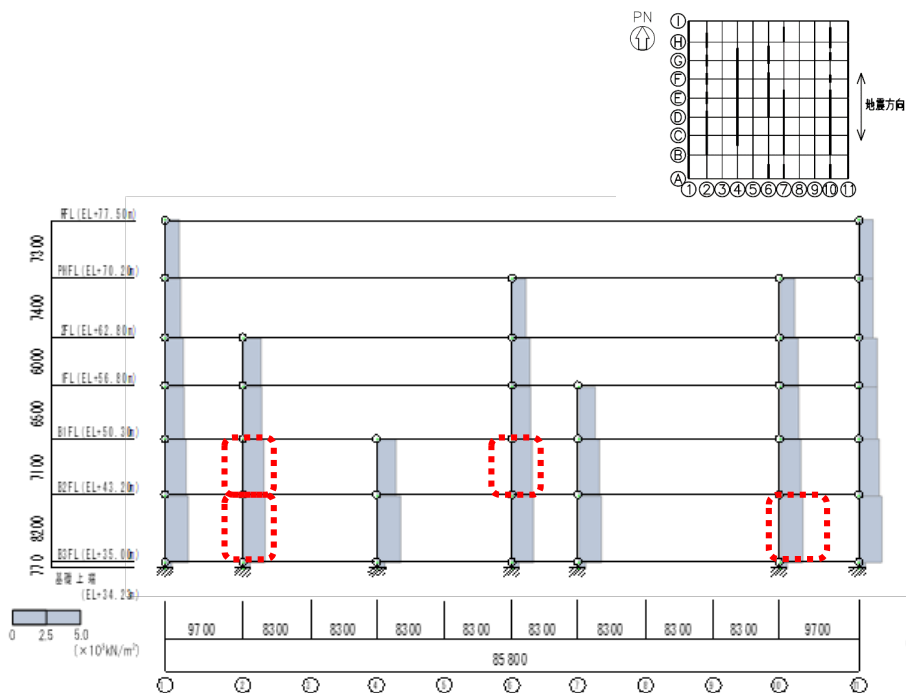
注：本図は、基準地震動Ss（全波）による地震応答解析結果（ばらつきを考慮）における各層の最大応答値を示す。

# 1. 安全機能を有する施設としての評価（規則5条, 6条）

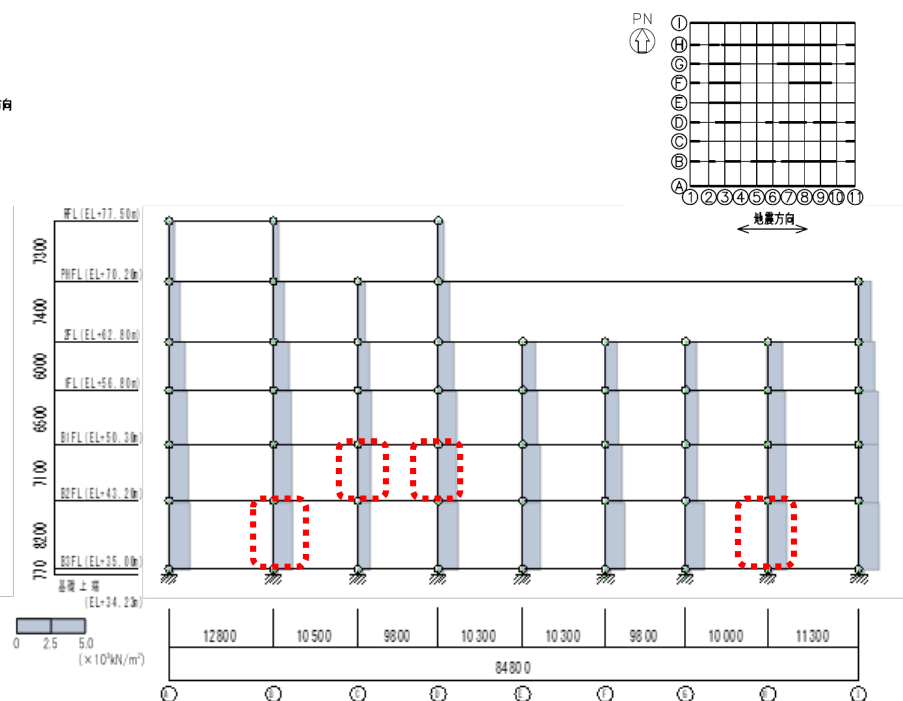
## （3）耐震評価 建屋応答の傾向

### ■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度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。



NS方向地震力 (Sd) に対する各通りのせん断応力度の分布



EW方向地震力 (Sd) に対する各通りのせん断応力度の分布

  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）耐震評価 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		
耐震壁	Ss※2	NS	せん断ひずみ	0.497	OK
地盤（接地圧）	Ss	EW	最大接地圧	0.0414	OK
保有水平耐力	-	NS	保有水平耐力	0.243	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	Sd	NS	鉄筋の引張応力度	0.838	OK
Sクラスの床	Ss※3	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

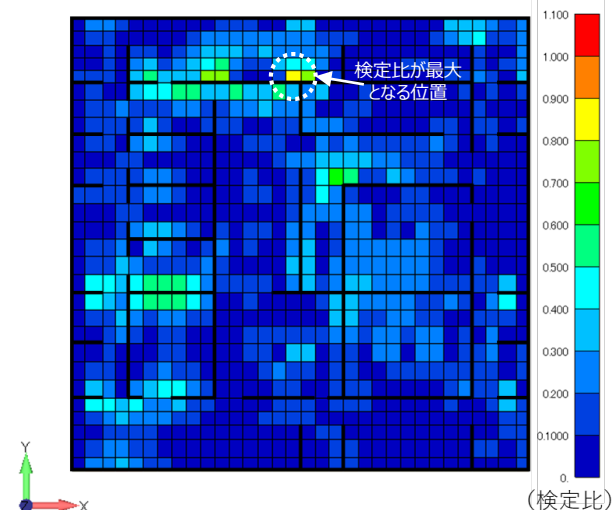
※1：有効数字3桁表記（4桁目を保守的に切り上げ）

※2：Sクラスの壁のSs評価を含む

※3：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



Sクラスの床の評価結果（T.M.S.L. 43.20m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）

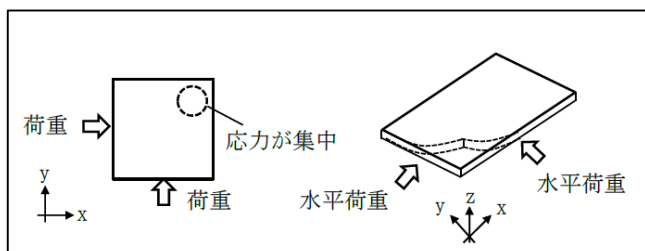


# 1. 安全機能を有する施設としての評価（規則5条, 6条）

## (3) 耐震評価 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。

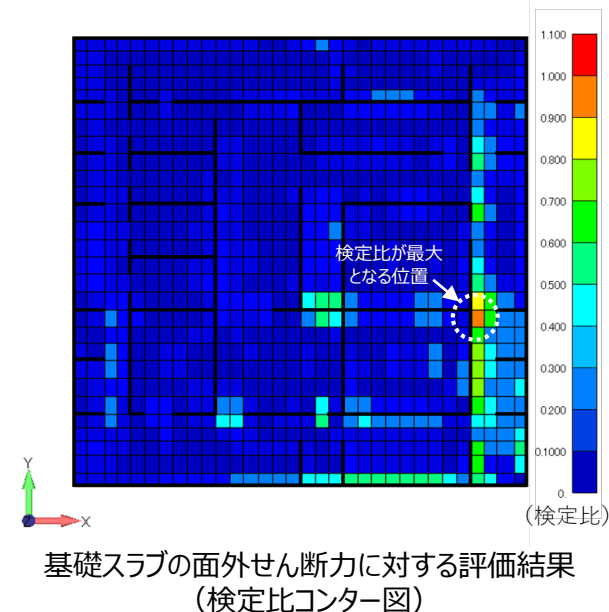


水平2方向の荷重が応力として集中する部位（矩形の基礎スラブ）

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）



# 1. 安全機能を有する施設としての評価（規則5条, 6条）

## （3）耐震評価 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			
耐震壁	1.040	Ss※3	NS	せん断ひずみ	0.497	0.529※2	OK
地盤(接地圧)	1.022	Ss	NS	最大接地圧	0.0400	0.0409	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			
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						
地盤(接地圧)	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					
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S<sub>s</sub>**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S<sub>s</sub>による地震力**」及び「**弾性設計用地震動S<sub>d</sub>及び静的地震力（3.0C<sub>i</sub>）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S<sub>s</sub>**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）

---

**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）

### 耐震評価方針（重大事故等対処施設）

#### 許可における方針（概要）

- ▶ 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。建物・構築物については、建物・構築物全体としての変形能力（耐震壁のせん断ひずみ等）が終局耐力時の変形に対して十分な余裕を有し、部材・部位ごとのせん断ひずみ・応力等が終局耐力時のせん断ひずみ・応力等に対して、妥当な安全余裕を持たせることとする。
- ▶ 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安全機能を有する施設を十分に支持することができる地盤に設置する。



#### ■ 燃料加工建屋の地震に対する機能要求及び耐震評価方針

##### < 重大事故等対処施設 ～地震による損傷の防止～（規則26条, 27条） >

- ▶ 重大事故等対処施設は、各号に定める地盤に設置されたものでなければならない。
  - 一. 重大事故等対処設備のうち常設のものであって、耐震重要施設に属する設計基準事故に対処するための設備が有する機能を代替するものが設置される重大事故等対処施設基準地震動による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
  - 二. 常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設 基準地震動による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
- ▶ 重大事故等対処施設は、各号に定めるところにより設置されたものでなければならない。
  - 一. 常設耐震重要重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設 基準地震動による地震力に対して重大事故に至るおそれがある事故（設計基準事故を除く。）又は重大事故（以下「重大事故等」と総称する。）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ものであること。
  - 二. 常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設 事業許可基準規則第七条第二項の規定により算定する地震力に十分に耐えるものであること。

## 2. 重大事故等対処施設としての評価（規則26条，27条）

### 耐震評価方針（重大事故等対処施設）

#### ■ 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）

重大事故等対処施設の耐震設計は、許可における設計方針に基づき、「加工施設の技術基準に関する規則」に適合するように実施する。

- 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。**
- なお、燃料加工建屋に関しての重大事故等対処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評価条件に差がないため、**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  
～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 $S_s$ 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 前回審査会合(2022年1月31日)におけるコメント

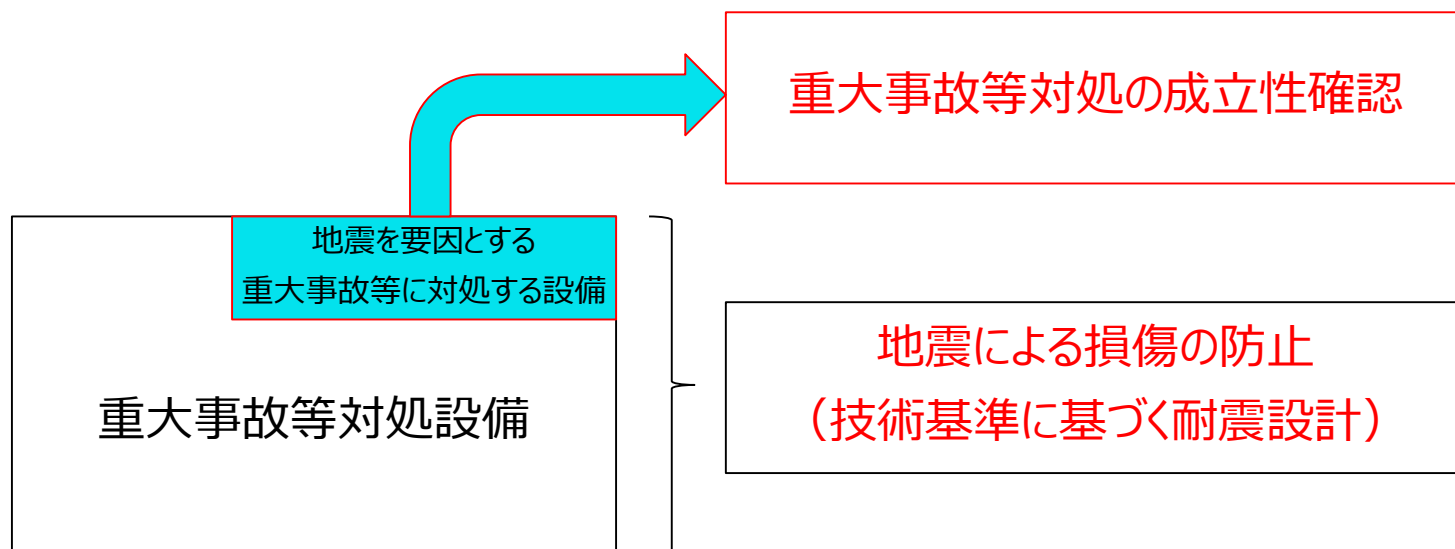
コメント内容	回答
<p>基準地震動<math>S_s</math>を1.2倍した地震力に対する確認の考え方については、事業許可時の議論や当時の約束事項等を踏まえた上で</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・何故1.2倍の地震力に対して確認することとしたのか</li><li>・1.2倍という値の成り立ちや意味</li><li>・何をもって重大事故等に対処可能とするか等</li></ul> <p>に立ち戻った上で、「<math>S_s</math>」と「<math>1.2 \times S_s</math>」における評価内容の位置付けの違いを整理すること。</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>・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。</li><li>・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<math>S_s</math>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。</li><li>・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。</li></ul>



### 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

#### 地震を要因とする重大事故等対処の位置付け

- 重大事故等対処施設は、「2. 重大事故等対処施設に対する耐震設計」において、基準地震動Ssに対して必要な機能が損なわれないことを確認しており、技術基準に適合していることが前提となっている。
- その上で、MOX燃料加工施設については、事業変更許可申請書にて、**設計基準事故で想定した条件よりもさらに厳しい条件**において発生する重大事故等に対処するための設備等に対する耐震上の要求事項を示している。
- この際、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倍した地震力を指標**として設定し、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すること**としている。



### 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

#### 地震を要因とする重大事故等対処の位置付け

- 重大事故等対処の成立性確認では、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することが目的
  - ⇒ 建物や設備のうち一定程度の耐力を有するものが機能を維持する（大規模損壊に至らない状態）という前提の下、重大事故の発生及び事故の発生防止及び拡大防止等の必要な設備を設計
- 基準地震動の1.2倍の地震力は、上記の前提における設計条件を超える規模の外部事象の指標として設定したもの
- これを踏まえ、地震を要因とした重大事故等に対処するための重大事故等対処設備は基準地震動の1.2倍の地震力に対して対処に必要な機能を維持できる設計とした。
- また、地震を要因とする重大事故等に対処するための重大事故等対処設備を設置する燃料加工建屋は、重大事故等対処設備の機能に影響を及ぼさないことを含め重大事故等対処の妨げにならないことを設計要求とした。

### 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

#### 地震を要因とする重大事故等対処の位置付け

- MOX燃料加工施設において、地震を要因とする重大事故等が発生した場合であっても、事象を収束し放射性物質の放出を抑制する対策を整備することが目的。
- MOX燃料加工施設において想定する、地震を要因とする重大事故等は以下のとおり。
  - ① 露出した状態でMOX粉末を取り扱い、かつ、火災源を有するグローブボックスにおいて、設計基準を上回る地震により火災が発生
  - ② 火災による温度上昇に伴い、当該グローブボックス内等の雰囲気気体の体積膨張を駆動力として、MOX粉末が外部に漏えい
  - ③ グローブボックス排気設備又は工程室排気設備を経由して外部に放出される



この重大事故の発生を仮定したグローブボックス内で発生する火災に対し、火災を消火を行うことで外部へのMOX粉末の放出を抑制することを重大事故等の対処とした。

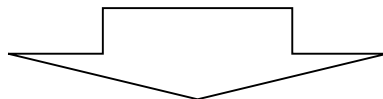
### 3. 基準地震動 $S_s$ を1.2倍した地震力による重大事故等対処の成立性確認

#### 地震を要因とする重大事故等対処の位置付け

##### 許可における方針（概要）

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。

- 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。**



#### ■ 燃料加工建屋の地震に対する機能要求及び耐震評価方針

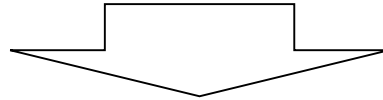
##### <重大事故等対処の成立性確認>

- 地震を要因とした重大事故等に対処するための重大事故等対処設備は基準地震動の1.2倍の地震力に対して対処に必要な機能を維持できる
- 地震を要因とする重大事故等に対処するための重大事故等対処設備を設置する燃料加工建屋は、重大事故等対処設備の機能に影響を及ぼさないことを含め、重大事故等対処の妨げにならないこと

### 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 地震を要因とする重大事故等対処の位置付け

#### ■ 燃料加工建屋の重大事故等対処に対する基本設計方針

- 基準地震動 $S_s$ に対して設計された**重大事故等対処施設**を用いた重大事故等への対処が、 **$S_s$ を上回る環境を具体的に想定(=  $1.2S_s$ )**した場合においても成立することを確認することが目的である。



- 基準地震動を1.2倍した地震力を想定した状態を、地震応答解析及び耐震評価により確認し、その状態下における**重大事故の対処の成立性を確認**する。
- 基準地震動を1.2倍した地震力を想定した状態での重大事故等対処の成立性を確認し、さらに、基準地震動を1.2倍した地震力を想定した際の施設の状態に対し、施設の損傷状態に対する不確実性を考慮した場合における重大事故等の対処への影響を確認する。
- 評価方法（地震応答解析及び耐震評価の方法）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と同様の方法**により行うが、**重大事故等対処に必要な機能に着目して機能維持の方針を定める**。

### 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

## (2) 重大事故等対処の成立性確認

### ■ 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】

- 建屋がグローブボックスの支持機能を維持しており、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ければ、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れば、重大事故等対処に対して妨げとはならない。
- ⇒建屋としては、**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であれば**、設定されている重大事故等への対処は可能。

#### 【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、支持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 ( $4.0 \times 10^{-3}$ ) 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 $2.0 \times 10^{-3}$ を満足することで、**更なる安全余裕が考慮される。**
- また、建屋の支持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、**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 $2.0 \times 10^{-3}$ を満足することを許容限界とする。

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	最大せん断ひずみ度 $2.0 \times 10^{-3}$
			支持地盤	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

### 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

#### (3) 耐震評価

##### ■ 燃料加工建屋の評価結果

- 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」による重大事故等対処の成立性確認結果

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
地盤（接地圧）	1.2×Ss	NS	最大接地圧	0.0428	OK

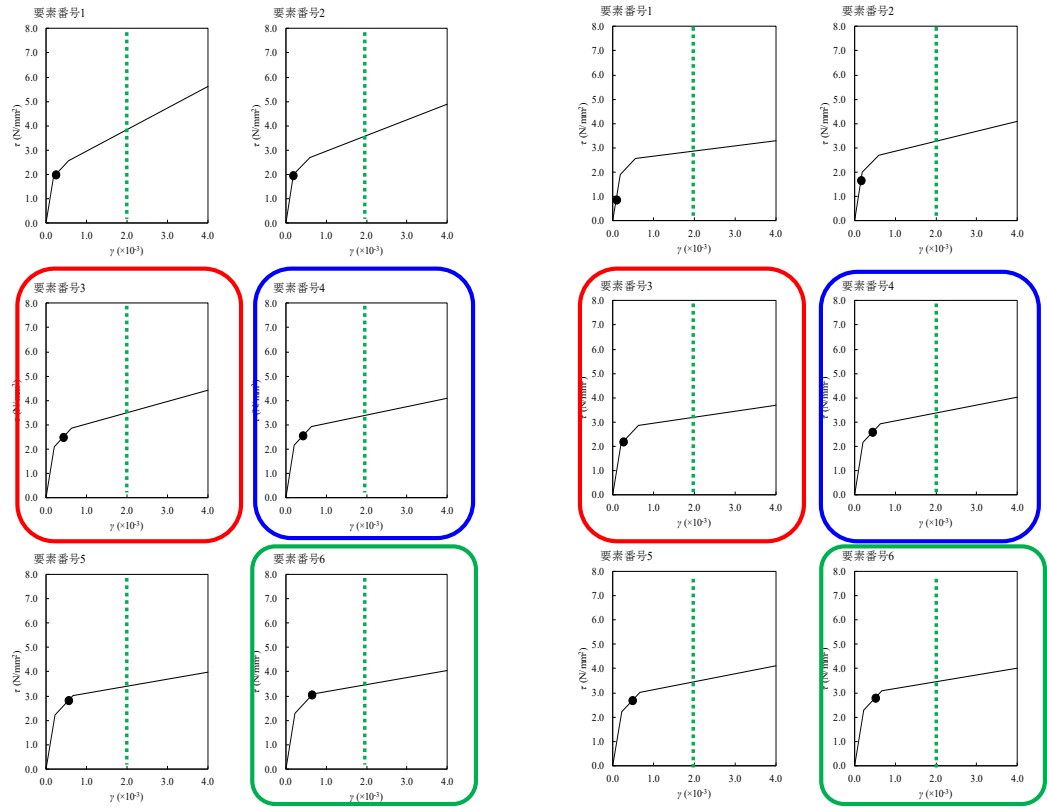
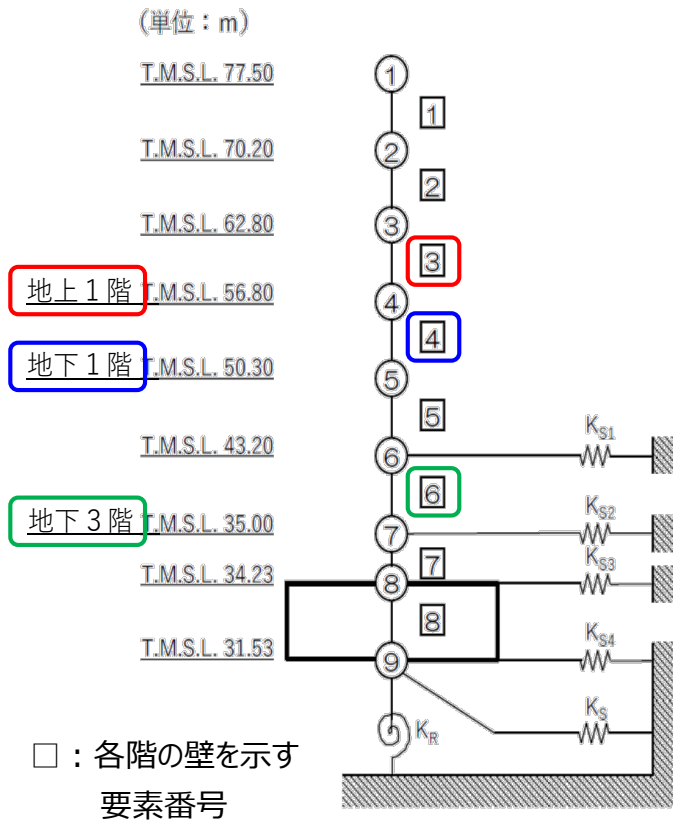
※1：有効数字3桁表記（4桁目を保守的に切り上げ）

### 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

#### (3) 耐震評価

#### ■ 燃料加工建屋の評価結果

- 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3階：グローブボックス設置階



1.2Ss NS方向 せん断力分布      1.2Ss EW方向 せん断力分布

燃料加工建屋 各階における1.2×Ssによる最大せん断ひずみ度



### 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

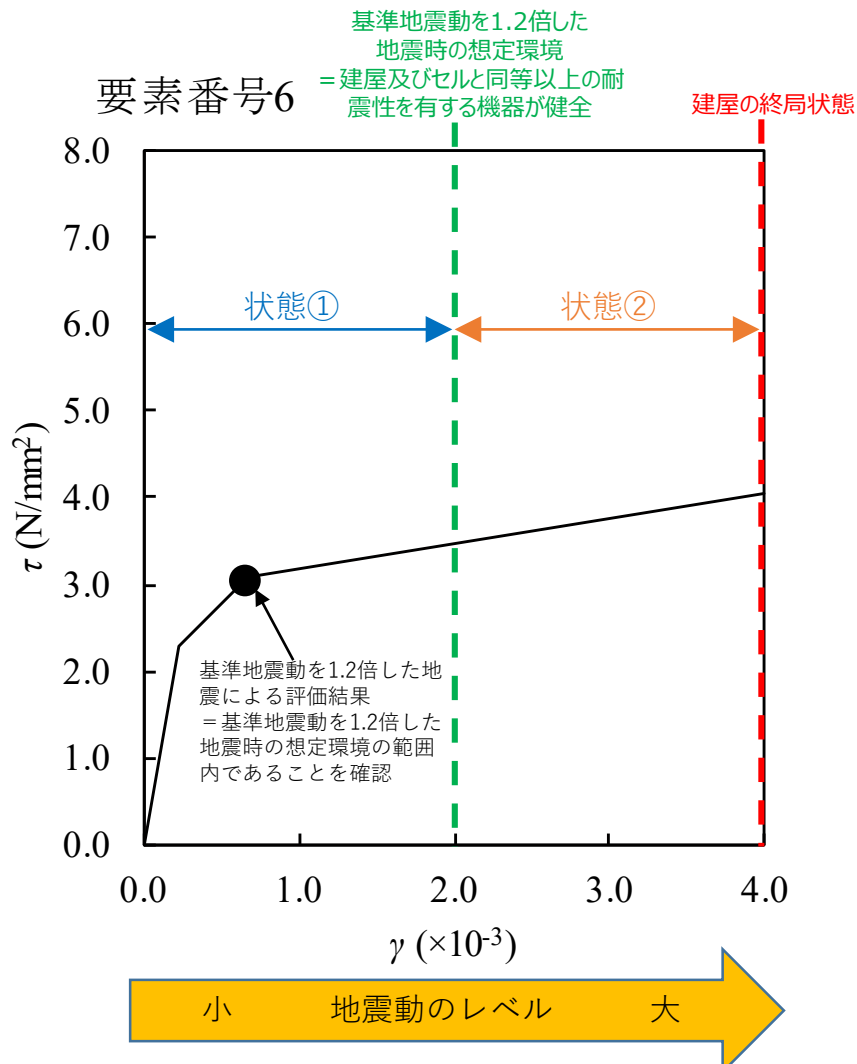
#### (4) 考察

- MOX燃料加工施設の重大事故：「露出した状態でMOX粉末を取り扱い、火災源を有するグローブボックス内で発生する火災の影響によりMOX粉末が外部に放出される事象」
- 重大事故等対処においては、重大事故等対処設備である「遠隔消火設備」による消火等の対策を行う。この際に必要となる対応は、以下のとおり。
  - ✓ グローブボックス内で発生する火災の消火のための措置として、燃料加工建屋地上1階の中央監視室又はその近傍において、遠隔消火設備（常設重大事故等対処設備）を操作し、グローブボックス内で発生した火災を消火すること
  - ✓ また、消火により外部へのMOX粉末の放出は防止できると考えられるが、念のために外部への放出経路を遮断する措置として、燃料加工建屋地下1階にあるグローブボックス排気系等のダンパ（常設重大事故等対処設備）を閉止すること
- 耐震評価結果から、設計基準事故で想定した条件よりもさらに厳しい条件である基準地震動を1.2倍した地震力を受けた時の状態を考慮すると、重大事故の発生及び拡大を防止、放射性物質の放出の抑制に係る対策に影響はなく、重大事故等が発生した場合でも必要な対処が実施可能である。
  - ✓ 基準地震動 $S_s$ を1.2倍した地震力による耐震計算の結果では、耐震壁のせん断ひずみが最大となるのは地下3階である。一方で、燃料加工建屋において重大事故等対処を行う場所は地上1階及び地下1階であり、耐震壁のせん断ひずみは地下3階に比べて小さい。

### 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

#### (4) 考察

#### ■ 考察及び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)

- 以下の通り、燃料加工建屋については、基準地震動を超える地震に対しても、重大事故等の対処が可能な設計となっており、技術基準に適合している。
  - 基準地震動を1.2倍した地震時の想定環境に対して、重大事故等対処設備による対処が可能である。(状態①)
  - 基準地震動を1.2倍した地震時の想定環境に対して、施設の損傷状態の不確実性を考慮した場合であっても、外部へのMOX粉末の放出には至らない(状態②)。

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、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

#### (5) まとめ

#### ■ 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の耐震設計は、許可における設計方針に基づいて実施する。

- 設計基準事故で想定した条件よりもさらに厳しい条件において発生する重大事故等にも対処することができるよう、耐震上の要求事項を定めた。
- 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**を指標として設定した。
- 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。**
- 重大事故等対処に必要な機能を有してい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、設工認申請書に適切に反映する。