

リサイクル燃料備蓄センター

設計及び工事の計画の変更の認可申請について

2023年3月28日

リサイクル燃料貯蔵株式会社

1. 変更の理由、変更内容

【経緯】

- 2022年1月20日 事業変更許可申請（標準応答スペクトルの取り入れ）
2023年2月 8日 事業変更許可（同）
3月28日 設計及び工事の計画の変更認可申請（本変更申請）

【変更の理由】

事業変更許可（標準応答スペクトルの取り入れ）において、基準地震動Ss-B5が追加されたことから、変更後の新たな基準地震動に基づいた耐震設計を行う。

【変更内容】

- ① 基本設計方針に、標準応答スペクトルを取り入れた新たな基準地震動Ssを用いることを明記する。
- ② 耐震評価の結果を示す（結果として、施設又は設備の変更（改造）を行わなくても、耐震設計が妥当であることを示す）。
- ③ 誤記訂正等。

2. 変更内容①(基準地震動 S_s の定義の明記)

| 変更前 | 変更後 |
|--|--|
| <p>1.5 地震による損傷の防止</p> <p>1.5.1 地盤</p> <p>使用済燃料貯蔵施設（以下「貯蔵施設」という。）は、使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則（令和2年4月1日施行。以下「技術基準規則」という。）第六条に適合するため、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貯蔵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とする。</p> <p>貯蔵施設には、施設に大きな影響を及ぼすような地震の発生によって崩壊するおそれがある斜面は存在せず、貯蔵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貯蔵施設を十分に支持することができる地盤に設置される。</p> <p>使用済燃料貯蔵建屋（以下「貯蔵建屋」という。）は杭基礎とし、耐震Bクラス施設に適用される地震力及び基準地震動S_sによる地震力が作用した場合においても貯蔵建屋を十分に支持することができる地盤に設置されたものとする。</p> <p>貯蔵施設のうち、電気設備をはじめとする耐震Cクラス施設、設備は、耐震Cクラス施設に適用される地震力が作用した場合においても当該施設、設備を十分に支持することができる地盤に設置されたものとする。</p> <p>また、貯蔵建屋は、地震発生に伴う地殻変動によって生じる支持地盤の傾斜及び撓み並びに地震発生に伴う建物・構築物間の不等沈下、液化や揺すり込み沈下等の周辺地盤の変状により、基本的安全機能が損なわれるおそれがない地盤に設置する。</p> <p>また、貯蔵建屋は、変位が生ずるおそれがない地盤（将来活動する可能性のある断層等の露頭がない地盤）に設置する。</p> | <p>1.5 地震による損傷の防止</p> <p>1.5.1 地盤</p> <p>使用済燃料貯蔵施設（以下「貯蔵施設」という。）は、使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則（令和2年4月1日施行。以下「技術基準規則」という。）第六条に適合するため、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貯蔵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とする。</p> <p>貯蔵施設には、施設に大きな影響を及ぼすような地震の発生によって崩壊するおそれがある斜面は存在せず、貯蔵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貯蔵施設を十分に支持することができる地盤に設置される。</p> <p>使用済燃料貯蔵建屋（以下「貯蔵建屋」という。）は杭基礎とし、耐震Bクラス施設に適用される地震力及び基準地震動S_sによる地震力（「基準地震動S_s」とは令和5年2月8日付け原規規発第2302082号にて、事業変更許可を受けた基準地震動をいう。）が作用した場合においても貯蔵建屋を十分に支持することができる地盤に設置されたものとする。</p> <p>貯蔵施設のうち、電気設備をはじめとする耐震Cクラス施設、設備は、耐震Cクラス施設に適用される地震力が作用した場合においても当該施設、設備を十分に支持することができる地盤に設置されたものとする。</p> <p>また、貯蔵建屋は、地震発生に伴う地殻変動によって生じる支持地盤の傾斜及び撓み並びに地震発生に伴う建物・構築物間の不等沈下、液化や揺すり込み沈下等の周辺地盤の変状により、基本的安全機能が損なわれるおそれがない地盤に設置する。</p> <p>また、貯蔵建屋は、変位が生ずるおそれがない地盤（将来活動する可能性のある断層等の露頭がない地盤）に設置する。</p> |

基準地震動 S_s が、標準応答スペクトルを取り入れた事業変更許可（令和5年2月8日許可）によるものであることを明記

2. 変更内容②(耐震評価の結果)

○基準地震動 S_s の変更を踏まえて、次の3つの施設又は設備について耐震評価を実施した。なお、評価手法は従前どおり（既設工認に同じ）である。

◇ 使用済燃料貯蔵設備本体（金属キャスク及び貯蔵架台）

- ・耐震Sクラス。

◇ 使用済燃料の受入施設（天井クレーン及び搬送台車）

- ・耐震Bクラスだが、 S_s 機能維持が求められるもの。

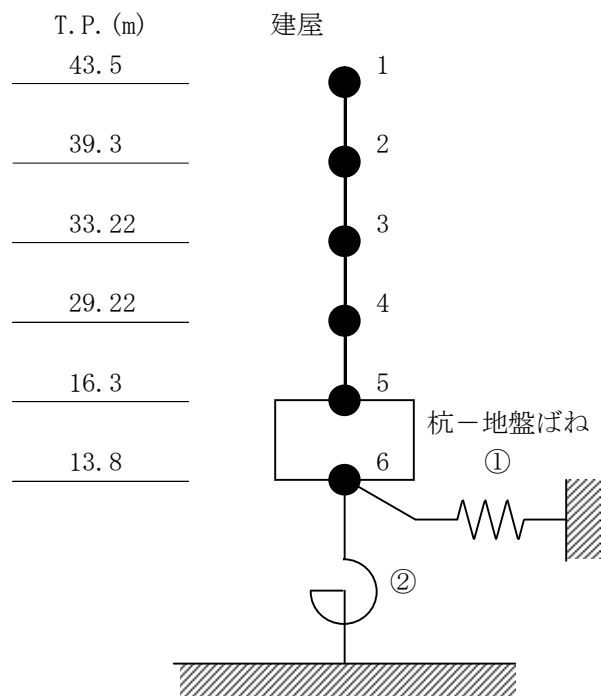
◇ 使用済燃料貯蔵建屋（地盤を含む）

- ・同上。

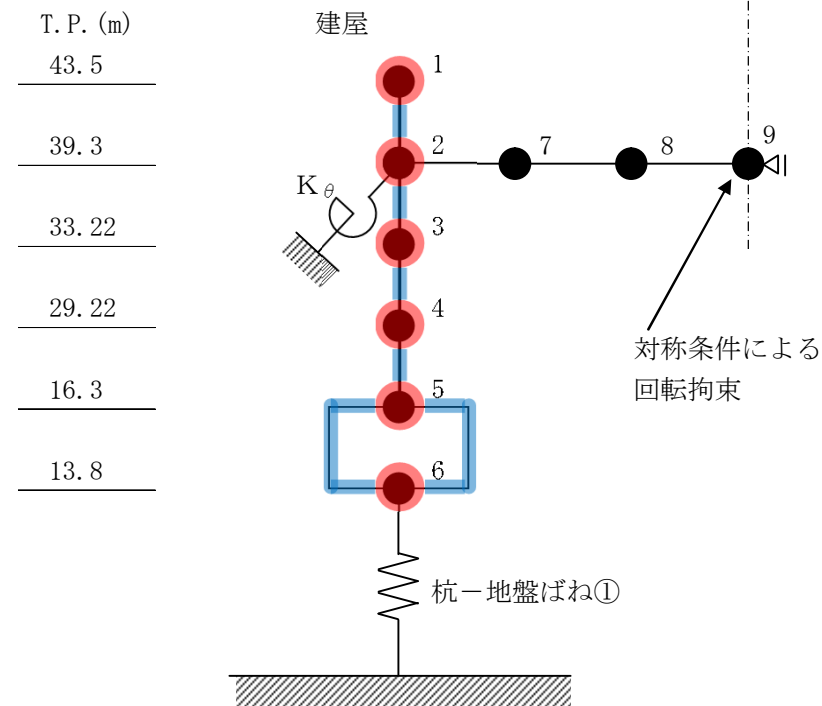
2. 変更内容②(耐震評価の結果)

(1) 使用済燃料貯蔵建屋(地盤を含む)

【使用済燃料貯蔵建屋の地震応答解析】



地震応答解析モデル(水平方向)



地震応答解析モデル(鉛直方向)

- 変更後の基準地震動により使用済燃料貯蔵建屋の地震応答解析を行った結果、上記地震応答解析モデルにおいて赤色で示す質点の鉛直方向の最大応答加速度が変更前を上回るとともに、青色で示す層の鉛直震度が変更前を上回った(追加されたSs-B5による値が最大となった)。
(鉛直震度は、基礎スラブで約3%、建屋頂部で約7%増)
このため、使用済燃料貯蔵建屋各部材の耐震評価を行い、許容値を満足することを確認した。
- 水平方向の最大応答加速度、及び水平震度に変更はなかった(追加されたSs-B5による値が最大とはならなかった)。

2. 変更内容②(耐震評価の結果)

(1) 使用済燃料貯蔵建屋 (地盤を含む)

【建屋の主要部材及び地盤の液状化の評価結果】

➤ 耐震壁

- ・せん断ひずみの最大は 0.23×10^{-3} で既設工認から変更なく、許容値 (2.0×10^{-3}) を十分に下回る (せん断ひずみに大きく影響する水平応答に変更がなかったことによる)。

➤ 基礎スラブ

- ・基礎スラブの応力がわずかに変更となる (M:7531→7533 (kN・m/m) 等※) のみで、評価結果が満足することに変更はない。 ※必要鉄筋量が最も大きい要素のM

➤ 杭

- ・杭の応力がわずかに変更となる (最大軸力: 9454→9484 (kN/本) 等) のみで、評価結果が満足することに変更はない。

➤ 地盤の液状化

- ・Ss-B5が液状化判定が最も厳しくなる基準地震動とはならず、液状化の可能性はないという判定結果に変更はない。

2. 変更内容②(耐震評価の結果)

(2) 使用済燃料貯蔵設備本体 (金属キャスク及び貯蔵架台)

設計震度の比較 (既設工認と本変更申請)

| 設備名 | 設計震度 | | | |
|--------|-------------------|------|-------|------|
| | | 既設工認 | 本変更申請 | |
| 金属キャスク | 基準地震動Ss | 水平方向 | 1.40 | 変更なし |
| | | 鉛直方向 | 0.87 | 変更なし |
| | 弾性設計用地震動Sd又は静的地震力 | 水平方向 | 0.72 | 変更なし |
| | | 鉛直方向 | 0.37 | 0.38 |
| 貯蔵架台 | 基準地震動Ss | 水平方向 | 1.40 | 変更なし |
| | | 鉛直方向 | 0.87 | 変更なし |
| | 弾性設計用地震動Sd又は静的地震力 | 水平方向 | 0.72 | 変更なし |
| | | 鉛直方向 | 0.37 | 0.38 |

2. 変更内容②(耐震評価の結果)

(2) 使用済燃料貯蔵設備本体 (金属キャスク及び貯蔵架台)

評価結果の主な変更点

単位：MPa

| 設備名 | 評価部位 | 応力分類 | 応力値(供用状態Cs) | | 許容応力 |
|--------|-----------|--------------------|-------------|-------|------|
| | | | 既設工認 | 本変更申請 | |
| 金属キャスク | 胴(下部) | P_L+P_b | 13 | 14 | 274 |
| | 一次蓋締付けボルト | 平均引張応力 | 241 | 247 | 554 |
| | 二次蓋締付けボルト | 平均引張応力 | 244 | 251 | 565 |
| | トラニオン | 垂直応力とせん断 応力の組合せ | 128 | 129 | 591 |

| 設備名 | 評価部位 | 応力の種類 | | 応力値(供用状態Cs) | | 許容応力 |
|------|--------|-------|----|-------------|-------|------|
| | | | | 既設工認 | 本変更申請 | |
| 貯蔵架台 | 貯蔵架台本体 | 一次+二次 | 曲げ | 151 | 152 | 468 |
| | 貯蔵架台脚部 | — | 圧縮 | 23 | 30 | 234 |

2. 変更内容②(耐震評価の結果)

(3) 使用済燃料の受入施設(天井クレーン及び搬送台車)

設計震度の比較(既設工認と本変更申請)

| 設備名 | 設計震度 | | | | | | |
|-----------------|--------------------|--------------------|--------|-------|--------|------------------------------|------|
| | 方向 | | Bクラス評価 | | Ss機能維持 | | |
| | | | 既設工認 | 本変更申請 | 既設工認 | 本変更申請 | |
| 受入れ区域 天井クレーン | 走行方向(EW方向) | | 0.08※1 | 変更なし | 0.08※1 | 変更なし | |
| | 横行方向(NS方向) | | 0.39 | 変更なし | 1.45 | 変更なし | |
| | | | 0.15※1 | 変更なし | 0.15※1 | 変更なし | |
| | 鉛直方向 | ガーダ中央に トロリがある場合 | 吊荷時 | 0.67 | 0.74 | 3.07 | 変更なし |
| | | | 空荷時 | 0.70 | 変更なし | 2.72 | 変更なし |
| | ガーダ端部に トロリがある場合 | 0.25 | | 変更なし | 1.35 | 変更なし | |
| 搬送台車 | 水平方向 | | —※2 | | 変更なし | (エネルギー時間累積法 による転倒評価 P9参照) | |
| | 鉛直方向 | | 0.95 | 0.96 | | | |

※1 最大静止摩擦係数より求めた水平方向設計震度

※2 床面から浮上しているため、水平方向の地震力は作用しない

2. 変更内容②(耐震評価の結果)

(3) 使用済燃料の受入施設(天井クレーン及び搬送台車)

評価結果の主な変更点 (Bクラス評価)

単位: MPa

| 設備名 | 評価部位 | 応力値 | | 許容値 |
|-------------|-----------|------|-------|-----|
| | | 既設工認 | 本変更申請 | |
| 受入れ区域天井クレーン | クレーン本体ガーダ | 89 | 91 | 281 |
| | 横行レール | 140 | 143 | 489 |
| 搬送台車 | 搬送台 | 56 | 57 | 212 |

評価結果 (Ss機能維持)

○受入れ区域天井クレーン

本変更申請の設計震度は既設工認の設計震度と同じであり、評価結果は変わらない。

○搬送台車

転倒評価については、既設工認で最も厳しい評価結果となっているSs-Aの等価速度最大値(1.97m/s)とSs-B5の等価速度最大値とが同じであり、評価結果は変わらない。

2. 変更内容②(耐震評価の結果)

(4) その他の影響 (金属キャスクへの波及的影響)

- ・地震時の金属キャスクへの波及的影響に関して、既設工認においては、検査架台、防火シャッタ、中性子線エリアモニタが転倒又は落下して金属キャスクに衝突し、金属キャスクの基本的安全機能に与える影響についても評価を行っている。
- ・これら3つの設備は、既設工認において、地震時に金属キャスクに衝突するものとして評価を行っており、基準地震動Ss-B5が追加となっても、評価条件（インプット情報）は変わらない。
- ・従って、評価結果も変わらず、衝突によっても金属キャスクの基本的安全機能を損なうことはない。

2. 変更内容③(誤記訂正等)

- 既設工認の金属キャスクの耐震裕度の数値に誤記があることから、訂正する。

(訂正箇所)

既設工認 添付書類 3 添付5-3-1 金属キャスクの耐震性に関する説明書 うちの

第5-26表 密封容器及び二次蓋の応力評価 (供用状態Cs) (1/3) 単位: MPa

| 部位 | 応力評価点 | 応力分類 | 計算値 | 許容応力 | 裕度 |
|---------------|-------|-----------------|------|------|-------------------|
| 一次蓋 (中央) | ①-①' | P_m | 4 | 183 | (誤)62.75→(正)45.75 |
| | ① | $P_L + P_b$ | 9 | 274 | (誤)41.88→(正)30.44 |
| 一次蓋締付け ボルト | ⑤ | 平均引張応力 | 241* | 554 | (誤)3.44→(正)2.29* |
| | | 平均引張応力 +曲げ応力 | 336* | 831 | 2.47* |

(表から一部を抜粋。表の訂正箇所は全て裕度の値で、計12ヶ所)

- 裕度 = 「許容応力 / 計算値」であるが、割算の結果が誤っていた(転記ミス)。
- いずれの計算値も許容応力に対して十分小さな値であり、評価に影響はなかった。
(誤記のあった箇所の裕度の最小値は、上に示した「2.29」である)

*これらの数値は、既設工認において記載した値、若しくは記載すべきだった値である。本変更申請においては、新たな地震動で評価した結果、値が少しずつ変わり、それぞれ247, 2.24, 335, 2.48となっている。

3. まとめ

【耐震評価のまとめ】

いずれの施設又は設備についても、評価結果は許容値を満足しており、施設又は設備の変更（改造）を行わなくても、耐震設計は妥当である
と考える。

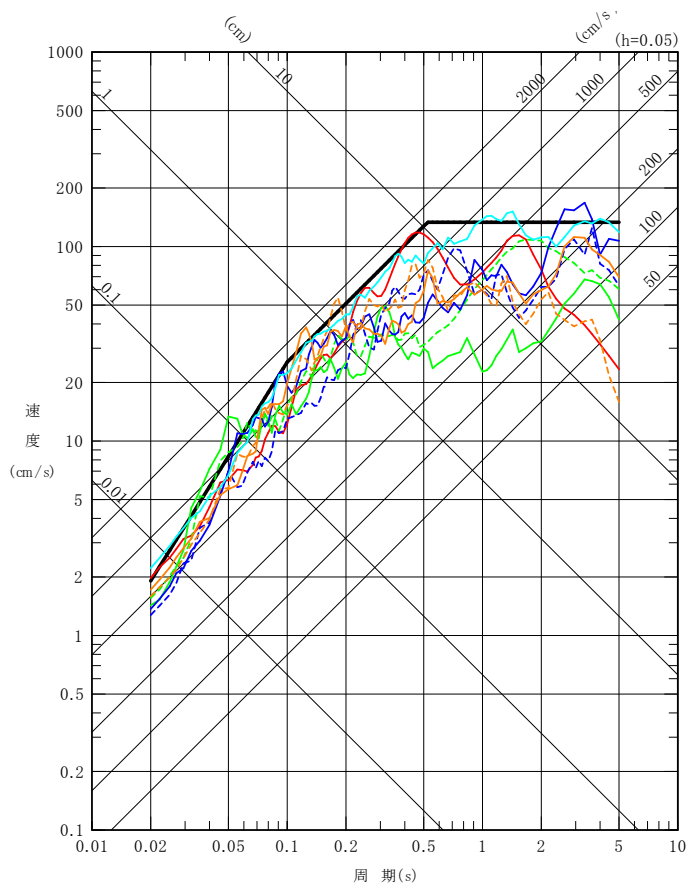
(参考) 5. 基準地震動の策定

基準地震動の応答スペクトル

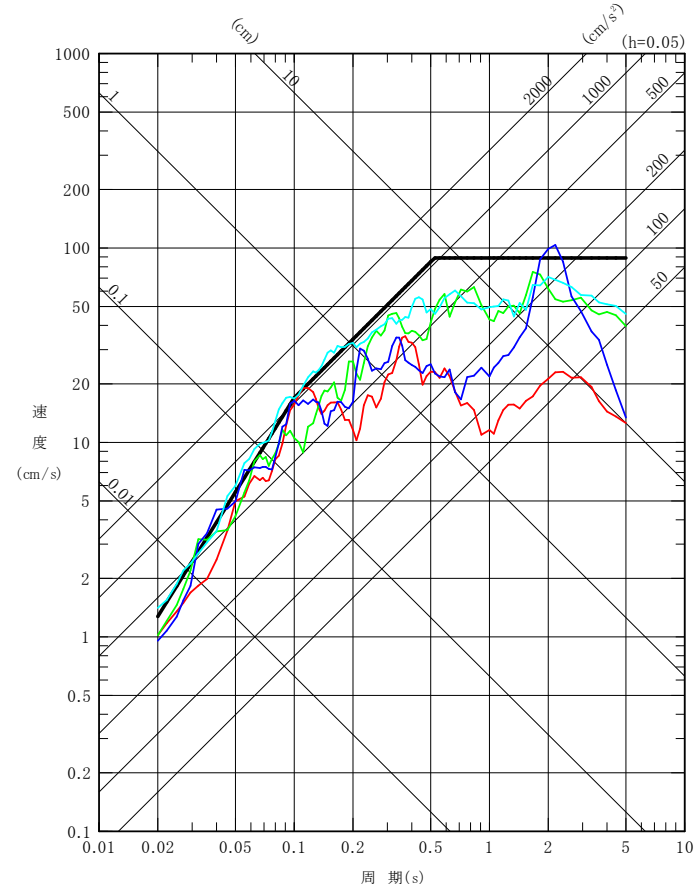
■ 標準応答スペクトルを考慮した地震動を基準地震動S_s-B5とし、既許可の全ての基準地震動と合わせて以下に示す。

- : 基準地震動S_s-A
- : 基準地震動S_s-B1 2004年北海道留萌支庁南部地震 (K-NET港町) 水平方向
- : 基準地震動S_s-B2 2008年岩手宮城内陸地震 (栗駒ダム[右岸地山]) 水平方向 1
- - - : 基準地震動S_s-B2 2008年岩手宮城内陸地震 (栗駒ダム[右岸地山]) 水平方向 2
- : 基準地震動S_s-B3 2008年岩手宮城内陸地震 (KiK-net金ヶ崎) 水平方向 1
- - - : 基準地震動S_s-B3 2008年岩手宮城内陸地震 (KiK-net金ヶ崎) 水平方向 2
- : 基準地震動S_s-B4 2008年岩手宮城内陸地震 (KiK-net-関東) 水平方向 1
- - - : 基準地震動S_s-B4 2008年岩手宮城内陸地震 (KiK-net-関東) 水平方向 2
- : 基準地震動S_s-B5 標準応答スペクトルを考慮した地震動

- : 基準地震動S_s-A
- : 基準地震動S_s-B1 2004年北海道留萌支庁南部地震 (K-NET港町) 鉛直方向
- : 基準地震動S_s-B2 2008年岩手宮城内陸地震 (栗駒ダム[右岸地山]) 鉛直方向
- : 基準地震動S_s-B3 2008年岩手宮城内陸地震 (KiK-net金ヶ崎) 鉛直方向
- : 基準地震動S_s-B5 標準応答スペクトルを考慮した地震動



水平方向



鉛直方向

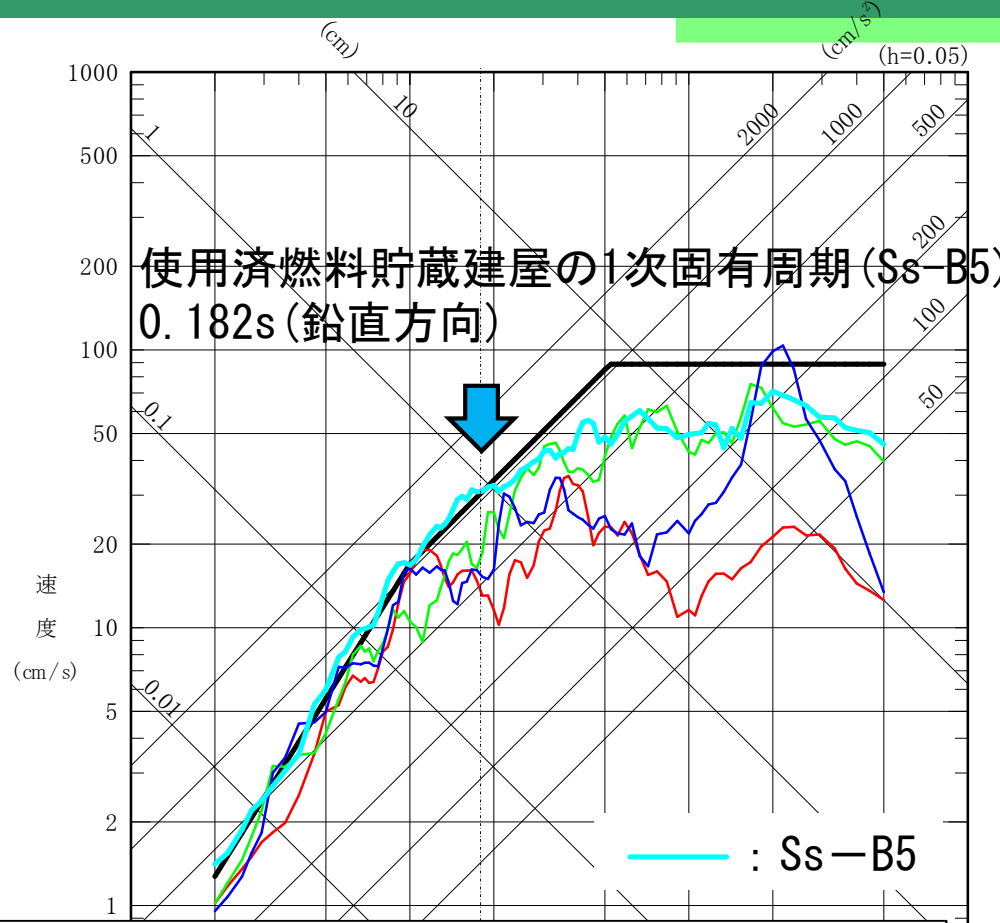
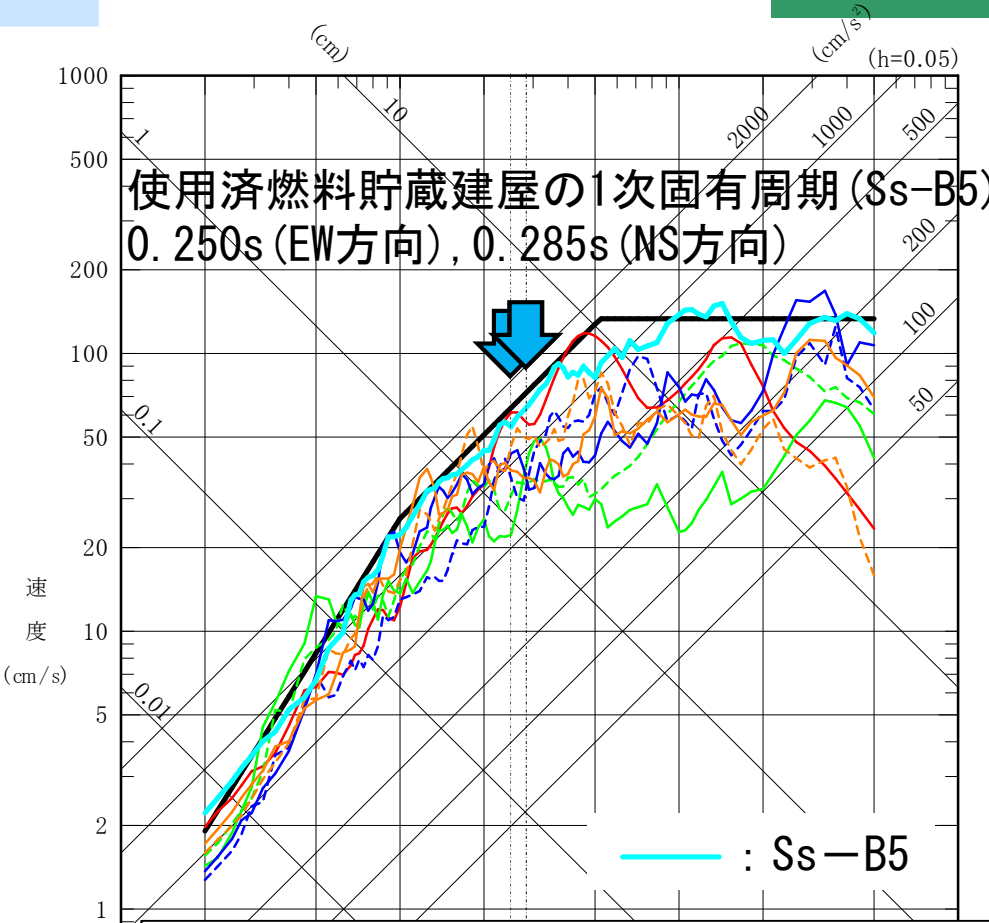
基準地震動の応答スペクトル

(参考) 5. 基準地震動の策定 基準地震動の一覧

■ 基準地震動の一覧を示す。

| 基準地震動 | | 最大加速度 (cm/s ²) | | |
|-------|------------------------------|----------------------------|------------|------------|
| | | 水平方向1 | 水平方向2 | 鉛直方向 |
| Ss-A | 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動に基づく基準地震動 | <p>600</p> | <p>600</p> | <p>400</p> |
| Ss-B1 | 2004年北海道留萌支庁南部地震 (K-NET港町) | <p>620</p> | <p>620</p> | <p>320</p> |
| Ss-B2 | 2008年岩手・宮城内陸地震 (栗駒ダム右岸地山) | <p>450</p> | <p>490</p> | <p>320</p> |
| Ss-B3 | 2008年岩手・宮城内陸地震 (KiK-net金ヶ崎) | <p>430</p> | <p>400</p> | <p>300</p> |
| Ss-B4 | 2008年岩手・宮城内陸地震 (KiK-net一関東) | <p>540</p> | <p>500</p> | — |
| Ss-B5 | 標準応答スペクトルを考慮した地震動 | <p>697</p> | <p>697</p> | <p>442</p> |

(参考) 使用済燃料貯蔵建屋の地震応答解析における水平方向と鉛直方向の違い



使用済燃料貯蔵建屋の1次固有周期 (Ss-B5) 付近において、鉛直方向ではSs-B5が既許可の基準地震動を上回ったのに対し、水平方向では上回らなかったため、鉛直方向では使用済燃料貯蔵建屋の応答が変更前を上回ったのに対し、水平方向では上回らなかったと考えられる。

周期(s)
水平方向

周期(s)
鉛直方向

基準地震動の応答スペクトル