

福島第一原子力発電所の新設設備の耐震設計の基本方針について

2021年6月3日

東京電力ホールディングス株式会社

TEPCO

- 1F設備に対する標準的な耐震重要度分類の規定はなく、これまで実施計画の個別変更申請案件に対して設計要件を決定
- 供用期間が長期となる設備の申請案件ができており、今後の新設設備に対して、1Fの特殊状況を考慮した耐震設計の統一的な考え方（耐震設計の基本方針）の策定が必要
- 法令要求（原子炉等規制法、措置を講ずべき事項）に従うことが基本
- 1Fの特殊状況（早期のリスク低減、燃料デブリの崩壊熱が大幅に減少し、放射性物質の放出を駆動する内在エネルギーが発電炉に比べて小さい）を踏まえると、リスクの早期低減を考慮すべき。

- 法令要求（原子炉等規制法第64条の2第2項の規定に基づき定められた、「特定原子力施設への指定に際し東京電力株式会社福島第一原子力発電所に対して求める措置を講ずべき事項について」（平成24年11月7日，原子力規制委員会決定））に適合すること
- 法令への適合に際しては、早期のリスク低減の観点から、設計実現性（技術、期間）、廃炉進捗、供用期間、事故シナリオによる影響評価を適切に考慮

【措置を講ずべき事項】

- 特定原子力施設全体のリスク低減及び最適化を図り、敷地内外の安全を図ることを目標とし、その達成のために必要な措置を迅速かつ効率的に講じること

Ⅱ. 設計、設備について措置を講ずべき事項

14. 設計上の考慮

②自然現象に対する設計上の考慮

- 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、その安全機能の重要度及び地震によって機能の喪失を起こした場合の安全上の影響を考慮して、耐震設計上の区分がなされるとともに適切と考えられる設計用地震力に十分耐えられる設計であること

敷地境界線量への影響

耐震設計の基本方針（設定手法、耐震クラス）

本設定は、設備の耐震設計上の重要度を、地震により発生する可能性のある安全機能の喪失、及びそれに続く環境への放射線による影響を防止する観点、並びにこれらの影響の大きさから、耐震クラスを分類するもので、発電炉及びその他の原子力施設と共通の考え方である。
また、特定原子力施設全体のリスク低減及び最適化の達成を迅速かつ効率的に行うことを考慮したもの。

【設計要件の設定手法】 以下のフェーズにて設定

フェーズ1：安全機能喪失時の公衆への放射線影響評価に基づく耐震クラス、適用地震力の仮設定（安全機能の重要度については発電炉（止める、冷やす、閉じ込める）に関する分類も参考）

フェーズ2：フェーズ1で仮設定した耐震クラス、適用地震動に対して、設計実現性（技術、期間）、廃炉進捗、供用期間、事故シナリオによる公衆への放射線影響評価と緩和措置を考慮して、現実的な適用地震力に見直し決定

【フェーズ1での公衆への放射線影響による耐震クラス分類】

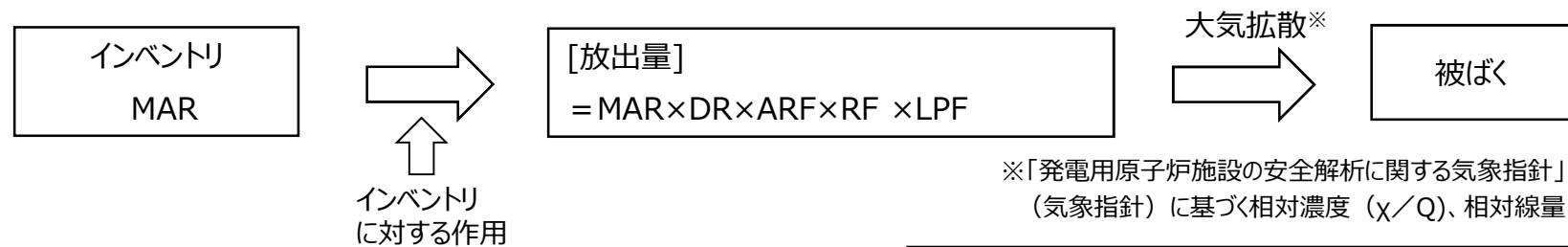
耐震クラス	公衆への放射線影響	設定根拠※
Sクラス	機能喪失による被ばく影響が大きい (敷地境界線量：> 5mSv/事故)	再処理施設、加工施設、使用施設等の新規制基準における耐震クラスの判断基準
Bクラス	機能喪失による被ばく影響あり (敷地境界線量：50μSv～5mSv/事故)	
Cクラス	公衆に与える放射線の影響が十分小さい (敷地境界線量：≤50μSv/事故)	

※ 参考2-1～2-3 再処理施設、加工施設（MOX燃料）、使用施設等の新規制基準の解釈参照

耐震設計の基本方針（機能喪失時の被ばく評価方法（フェーズ1））

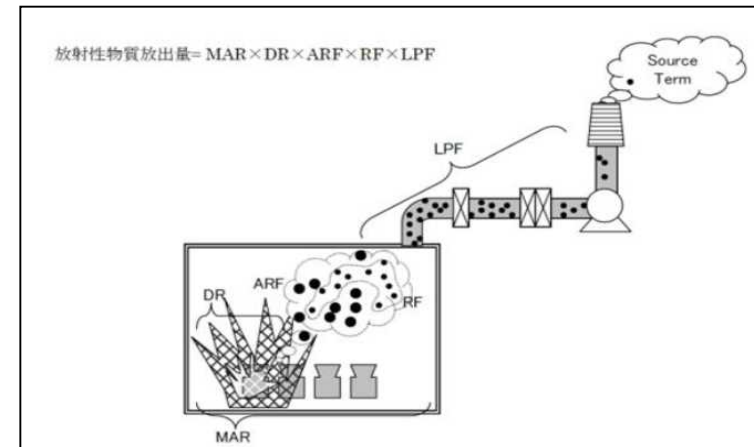
4

- 耐震クラスを決定するための被ばく影響評価は、DOE、NRCにおいても標準的な評価手法（DSA、ISA）として採用されている「五因子法」により放射性物質の放出量を評価して、被ばく評価を実施。
- 評価では、他設備からの波及影響も考慮して、当該クラスを超える地震に対しても閉じ込め機能維持が図られることが確認されているもの以外は、閉じ込め機能が喪失するものとして影響を評価
- 上記手法は、実施計画変更申請において既に評価を適用
(参考3～5 1F分析・研究棟第2棟、2号機PCV内部調査アクセスルート構築、原燃 JMOX施設)



※「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」
(気象指針)に基づく相対濃度 (χ/Q)、相対線量 (D/Q)

- MAR : 事象によって影響を受ける可能性のある 放射性物質の総量 (インベントリ) (Material At Risk)
- DR : 事象の影響を受ける割合 (Damage Ratio) (地震ではインベントリ全体が影響を受けるものとして 1 を設定)
- ARF : 事象の影響を受けたもののうち雰囲気に放出され浮遊する割合 (Airborne Release Fraction) (DOEのデータを参考に設定)
- RF : 肺に吸入され得る微粒子の割合 (Respirable Fraction) (微粒子の大きさによる変数であるため 1 と設定)
- LPF : 環境中へ漏えいする割合 (Leak Path Factor) (IAEAの文献を参考に設定)



出典 JAEA-Technology 2010-004, MOX 燃料加工施設PSA 実施手順書

[拡散係数]

- インベントリが、地震の影響を受けることにより放出される、放射性物質の放出割合を示す係数
- 形態が、気体→液体→スラッジ→固体の順に拡散しにくくなるため、放射性物質の放出割合が小さくなり、敷地境界へ与える影響も小さくなる。

(DOE HANDBOOK AIRBORNE RELEASE FRACTIONS/RATES AND RESPIRABLE FRACTIONS FOR NONREACTOR NUCLEAR FACILITIES DOE-HDBK-3010-94 引用)

形態	拡散係数（案）	備考（出典等）
気体	1	直接大気へ放出されることから1を設定
液体	1	直接敷地外へ漏洩する可能性がある場合（例 海岸の近く等）
	2E-4	直接敷地外へ放出される可能性が無い場合 DOE Handbook 3.2.3.1 Free-Fall Spill Liquid, aqueous solution, spill distance
スラッジ、スラリー （吸着塔、HIC等）	0.1	直接敷地外へ放出される可能性がある場合（例 海岸の近く等） スラッジ、スラリーは、滞留水等の液体よりも拡散しにくいと想定されるため、液体の1/10として設定
	5E-5	直接敷地外へ放出される可能性が無い場合 DOE Handbook 3.2.3.2 Free-Fall Spill Liquid, slurry (<40 percent solids), spill distance < 3 m
固体 （地震による破碎の影響）	6E-5	DOE Handbook 4.3.3 Free-Fall Spill and Impaction Stress 拡散係数 $(ARF \times RF) = (A)(P)(g)(h)$ A = 経験的相関値、P = 試料密度、g = 重力加速度 (sea level)、h = 落下高さ
粉末 （全て粉末状態で強い衝撃を受けた場合）	1E-2	DOE Handbook 4.4.3.3.2 Free-Fall Spill Powder, shock impact due to falling debris

なお、地震の揺れや建物倒壊以外の（過熱、水素爆発、臨界等）シナリオがある場合は、影響を踏まえて耐震設計を行う。

【フェーズ1での各耐震クラスに適用する設計用地震力及び考慮すべき事項】

- 原則として、適用実績がある規格を適用

耐震クラス	設計用地震力	
	静的地震力 ※Ci 地震せん断力係数	動的地震動
Sクラス	建物・構築物 水平：3.0Ci, 鉛直：鉛直震度より算定 機器・配管系 水平：3.6Ci, 鉛直：鉛直震度より算定 水平地震力と鉛直地震力は同時に不利な方向の組合せで作用することを考慮	基準地震動Ss 弾性設計用地震動Sd 水平2方向と鉛直方向の組合せを考慮
Bクラス	建物・構築物 水平：1.5Ci 機器・配管系 水平：1.8Ci	1/2Sd
Cクラス	建物・構築物 水平：1.0Ci 機器・配管系 水平：1.2Ci	—

※ Ci：地震せん断力係数 1.0Ciは、建築基準法と同等の静的地震力で評価を行うことを示す。
 よって、1.5Ciは建築基準法の1.5倍、3.0Ciは建築基準法の3倍の静的地震力で評価を行う。

考慮する要素（フェーズ2）

1. 設計実現性、廃炉進捗（リスク低減及び最適化）、供用期間の考慮

- 技術、期間：フェーズ1で設定した設計要件の合理性・実現性を評価

- 設計要件に対する技術的な設備の成立性、リスクの早期低減と設備の設置に要する期間のバランス、供用期間（参考1）を評価
- 評価の結果、設計要件の見直しが必要と判断した場合は、事故シナリオを考慮した影響評価を実施

2. 事故シナリオを考慮した設計要件の評価

- 当該設備が機能喪失する事故シナリオを設定し、上記1. の評価に基づく設計要件の緩和が妥当かどうかを判断

- 設計対象設備の機能喪失によるFP放出量を評価（閉じ込め機能維持に対する波及影響も考慮）

公衆への影響：例）敷地境界で1回の事故あたり5mSvを超えなければ設計要件緩和

- 緩和措置（機動的対応等）でリカバリすることも考慮可能
- バウンダリの多重性も考慮可能：着目している設備のバウンダリ機能が喪失しても、内and/or外のバウンダリが維持できれば、当該設備のバウンダリ機能維持は設計要件とせず、内and/or外のバウンダリに波及影響を及ぼさないことが設計要件となる。

既設設備についても、本基本方針を適用していくことを基本とする。

- 既設設備の改造についても、本基本方針を適用
- また、既設設備については、本基本方針に基づく影響評価を優先順位（例 長期の供用期間となる設備等）をつけて計画的に実施していく。
- 評価により、追加の措置が必要であることが確認された場合は、影響緩和措置（補強、機動的対応）の対応を実施していく。

耐震設計を組織横断的に確認していく体制の構築

- 計画・設計センター内に、組織横断的に耐震設計を確認していく体制の構築を検討中（10月を目標）

【体制（案）】

- 計画・設計センターに耐震担当（仮称）、耐震チームを新設※

※ 機械／建築分野はチームを新設、土木／電気／計装分野は現行の体制で役割を明確化、安全部門も耐震チームと連携

【耐震チームの位置づけ（案）】

- 耐震クラスのお考え方、敷地境界への影響評価、個別の耐震計算、解析検証は従前どおり、主管グループが実施
- 耐震チームは、耐震クラスのお考え方、敷地境界への影響評価、個別の耐震計算、解析検証に対して、横並びの観点や、発電炉の最新知見に関して反映の必要性などの観点から横串的役割を担う。

2.1 地震・津波対策の基本的考え方：プール内使用済燃料

■ プール内使用済燃料

- 検討用地震動(900Gal),検討用津波(26.3m)は、機動的対応（消防車等の可搬設備による注水等）の信頼性向上に用いる
 - 原子炉建屋の構造健全性は、検討用地震動(900Gal),検討用津波(26.3m)に対しても確保できることを確認済み
⇒使用済燃料プールの水位維持が可能
 - 冷却設備が検討用地震動(900Gal),検討用津波(26.3m)により機能を喪失した場合、消防車等の可搬設備による注水再開が可能
⇒機動的対応の信頼性を向上させる
- 燃料取り出しのための新設設備（建屋カバー含む）については、基準地震動（600gal）,15m級津波で設計する。
[燃料取り出し用カバー, 燃料取扱設備]
 - 運転プラントと異なり、崩壊熱が低下していること、揮発性放射性物質の希ガスやよう素は、大部分が減衰していることから、使用済燃料が抱えるリスクは、大幅に低下。重量物の落下等による燃料破損時の敷地境界におけるの年間の実効線量は、1mSvを大幅に下回る。
 - 使用済燃料を取り出す期間は、1～2年程度。供用期間が短い新設設備に対して地震動を大きくし、工期・作業員被ばくを増加させるより、リスク源である使用済燃料を速やかに取り出した方がリスクの低減に効果的。



【参考 2-1】安全上の影響を考慮した耐震設計上の区分（再処理施設の新規制基準の解釈より）

（「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」別記 2 より）

一 Sクラス

自ら放射性物質を内蔵している施設、当該施設に直接関係しており**その機能喪失により**放射性物質を外部に拡散する可能性のある施設、放射性物質を外部に放出する可能性のある事態を防止するために必要な施設及び**事故発生の際に、外部に放出される放射性物質による影響を低減させるために必要な施設、並びに地震に伴って発生するおそれがある津波による安全機能の喪失を防止するために必要となる施設**であって、**環境への影響が大きいものをいい、例えば、次の施設**が挙げられる。

- ① その破損又は機能喪失により**臨界事故**を起こすおそれのある施設
- ② 使用済燃料を貯蔵するための施設
- ③ **高レベル放射性液体廃棄物を内蔵**する系統及び機器並びにその冷却系統
- ④ **プルトニウムを含む溶液を内蔵**する系統及び機器
- ⑤ 上記③及び④の系統及び機器から放射性物質が漏えいした場合に、その影響の拡大を防止するための施設
- ⑥ 上記③、④及び⑤に関連する施設で放射性物質の外部への放出を抑制するための施設
- ⑦ 津波防護機能を有する設備及び浸水防止機能を有する設備
- ⑧ 敷地における津波監視機能を有する施設
- ⑨ 上記①から⑧の施設の機能を確保するために必要な施設

上記に規定する「環境への影響が大きい」とは、敷地周辺の公衆の実効線量の評価値が発生事故あたり5 mSv を超えること※をいう。

二 Bクラス

安全機能を有する施設のうち、機能喪失した場合の影響が**Sクラス施設と比べ小さい施設をいい、例えば、次の施設**が挙げられる。

- ① **放射性物質の放出を伴うような場合に、その外部放散を抑制するための施設で、Sクラスに属さない施設**
- ② **放射性物質を内蔵している施設であって、Sクラスに属さない施設**（ただし内蔵量が少ないか又は貯蔵方式により、その破損により公衆に与える放射線の影響が十分小さいものは除く。）

三 Cクラス

Sクラスに属する施設及びBクラスに属する施設以外の一般産業施設又は公共施設と同等の安全性が要求される施設をいう。

※「安全上重要な施設」の定義においても、従前の定性的規定（「過度の放射線被ばくを及ぼすおそれ」）に対して同じ線量値が与えられている。

【参考 2 -2】安全上の影響を考慮した耐震設計上の区分（加工施設（MOX燃料）新規制基準の解釈より）

（「加工施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」別記 3 より）

ー プルトニウムを取り扱う加工施設

① Sクラス

自ら放射性物質を内蔵している施設、当該施設に直接関係しており**その機能喪失により放射性物質を外部に放散する可能性のある施設**、放射性物質を外部に放散する可能性のある**事態を防止するために必要な施設及び放射性物質が外部に放散される事故発生の際に外部に放散される放射性物質による影響を低減させるために必要な施設**、並びに地震に伴って発生するおそれがある津波による安全機能の喪失を防止するために必要となる施設であって、**環境への影響が大きいものをいい、例えば次の施設が挙げられる。**

- a) MOXを非密封で取り扱う設備・機器を収納するグローブボックス及びグローブボックスと同等の閉じ込め機能を必要とする設備・機器であって、その破損による公衆への放射線の影響が大きい施設
- b) 上記 a)に関連する設備・機器で放射性物質の外部への放散を抑制するための設備・機器
- c) 上記 a)及び b)の設備・機器の機能を確保するために必要な施設

上記に規定する「環境への影響が大きい」とは、敷地周辺の公衆の実効線量の評価値が発生事故当たり5ミリシーベルトを超えること※をいう。

② Bクラス

安全機能を有する施設のうち、機能喪失した場合の影響が**Sクラス施設と比べ小さい施設をいい、例えば次の施設が挙げられる。**

- a) 核燃料物質を取り扱う設備・機器又はMOXを非密封で取り扱う設備・機器を収納するグローブボックス及びグローブボックスと同等の閉じ込め機能を必要とする設備・機器であって、その破損による公衆への放射線の影響が比較的小さいもの。（ただし、核燃料物質が少ないか又は収納方式によりその破損による公衆への放射線の影響が十分小さいものは除く。）
- b) 放射性物質の外部への放散を抑制するための設備・機器であってSクラス以外の設備・機器

③ Cクラス

Sクラスに属する施設及びBクラスに属する施設以外の一般産業施設又は公共施設と同等の安全性が要求される施設をいう。

※「安全上重要な施設」の定義においても、従前の定性的規定（「過度の放射線被ばくを及ぼすおそれ」）に対して同じ線量値が与えられている。

【参考2-3】安全上の影響を考慮した耐震設計上の区分（使用施設等の新規制基準の解釈より）

（「使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」別記3より）

一 耐震クラス分類 I

使用前検査対象施設は、以下のクラスに分類するものとする。ただし、施設の特徴に応じて、合理的な理由がある場合は、二の耐震クラス分類Ⅱによることができる。

① Sクラス

自ら放射性物質を内蔵している施設、当該施設に直接関係しており、**その機能喪失により放射性物質を外部に放出する可能性のある施設**、放射性物質を外部に放散する可能性のある事態を防止するために必要な施設及び放射性物質が外部に放散される事故発生の際に、外部に放散される放射性物質による影響を低減させるために必要な施設、並びに地震に伴って発生するおそれがある津波による安全機能の喪失を防止するために必要となる施設であって、**環境への影響が大きいものをいい、例えば、次の施設が挙げられる。**

- a) 核燃料物質を非密封で取り扱う設備・機器を収納するセル又はグローブボックス及びこれらと同等の閉じ込め機能を必要とする設備・機器であって、その破損による公衆への放射線の影響が大きい施設。
- b) 上記a) に関連する設備・機器で放射性物質の外部への放散を抑制するための設備・機器
- c) 上記a) 及びb) の設備・機器の機能を確保するために必要な施設

上記に規定する「環境への影響が大きい」とは、周辺監視区域周辺の公衆の実効線量の評価値が発生事故当たり5ミリシーベルトを超えることをいう。

② Bクラス

機能喪失した場合の影響が**Sクラス施設と比べ小さい施設をいい、例えば、次の施設が挙げられる。**

- a) 核燃料物質を取り扱う設備・機器又は核燃料物質を非密封で取り扱う設備・機器を収納するセル又はグローブボックス及びこれらと同等の閉じ込め機能を必要とする設備・機器であって、その破損による公衆への放射線の影響が比較的小さいもの。（ただし、核燃料物質が少ないか又は収納方式によりその破損による公衆への放射線の影響が十分小さいものは除く。）
- b) 放射性物質の外部への放散を抑制するための設備・機器であってSクラス以外の設備・機器

なお、Sクラスに属する施設を有しない使用施設等のうち、安全機能を喪失した場合に敷地周辺の公衆が被ばくする線量が十分に低いものは、Cクラスに分類することができる。この場合において、上記の**「敷地周辺の公衆が被ばくする線量が十分に低い」**

とは、「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に関する指針」（昭和50年5月13日原子力委員会決定）を参考に、実効線量が発生事故当たり50マイクロシーベルト以下であることをいう。

③ Cクラス

Sクラスに属する施設及びBクラスに属する施設以外の、一般産業施設又は公共施設と同等の安全性が要求される施設をいう。

【参考3】 1F分析・研究棟第2棟の例

機能喪失を想定した場合の影響を元とした耐震重要度分類

別紙2 機能喪失時の線量評価について(1/5)

11

一部改訂

①第2棟建屋(コンクリートセル含む)

◆想定事象

- 地震によりコンクリートセル、建屋が損傷し、閉じ込め機能が喪失することを想定。

◆放射性物質の放出経路

- コンクリートセルにて、切断時に発生する粉体(約 7×10^{12} Bq)の1%(トリチウム、希ガス、ヨウ素は100%)が気相に移行(既存使用施設で同様な評価に用いている移行率^{※1})。
- コンクリートセルから、排気系統を通じてではなく、直接、セル周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ放出され地上放出によって敷地境界に達したと想定。

◆除染係数

- コンクリートセル、建屋については、損傷した場合の除染係数(DF)をIAEAの文献^{※2}から引用。→コンクリートセル、建屋ともDF:10を考慮する。
- なお、ガス状の放射性物質については、除染係数を考慮しない。

◆放出された放射能

- 建屋外に放出された放射能 → 4.2×10^9 Bqと評価。

◆放射性物質の大気拡散

- 「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」に従い、地上放出によって敷地境界に達する場合の相対濃度 → 3.2×10^{-7} h/m³と評価。



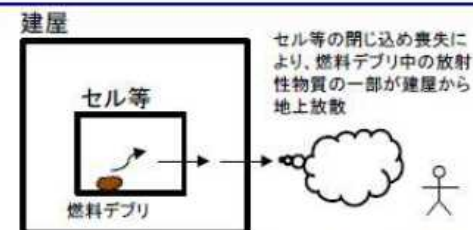
◆線量評価結果

- 「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」を参考に求めた呼吸摂取による内部被ばく線量 → 約1.1mSv

※1 燃料デブリ切断時の粉体から気相への放射性物質の移行率1%(日本原子力学会「ホットラボの設計と管理」)

※2 コンクリートセル、建屋の除染係数として各々10を考慮。

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



想定事象①における建屋外への放出量

核種	放出量 [Bq]
Pu-238	4.7×10^7
Pu-239	3.4×10^6
Pu-240	6.1×10^6
Pu-241	4.7×10^8
Am-241	2.5×10^7
Am-242m	8.5×10^5
Cm-244	6.4×10^6
その他	3.6×10^9
合計	4.2×10^9

「その他」以外の核種が全体の実効線量のうち約99%を占める。

「その他」の主な核種

核種	放出量 [Bq]
Kr-85	3.2×10^9
H-3	3.3×10^9

【参考3】 1F分析・研究棟第2棟の例

機能喪失時の影響評価（評価方法）

参考4 負圧維持機能喪失を想定した場合の線量評価(2/6)
 ー 建屋外に放出される放射能 ー

9

建屋外に放出される放射能Qは、五因子法^{※1}により計算する。

$$Q = MAR \times DR \times ARF \times RF \times LPF$$

		想定事象① (負圧維持機能喪失)	想定事象② (負圧維持機能喪失+火災発生)
MAR	切断時に発生する粉体の放射能	気体状の放射性物質(トリチウム、希ガス、ヨウ素): 3.5×10^8 Bq 粒子状の放射性物質: 6.7×10^{12} Bq	
DR	MARのうち影響を受ける割合	1 (切断時に発生する粉体の全てが影響を受けるものとする保守的な条件を設定)	
ARF	気相への移行割合	気体状の放射性物質: 100% 粒子状の放射性物質(切断時): 1% ^{※2}	気体状の放射性物質: 100% 粒子状の放射性物質(切断時): 1% ^{※2} (火災時): 0.6% ^{※1}
RF	吸入摂取に寄与する割合	1 (気相に移行した放射性物質が全て吸入摂取されるものとする保守的な条件を設定)	
LPF	放出経路での低減割合 (除染係数DFの逆数。LPF=1/DF)	気体状の放射性物質に対する除染係数(DF): 1 (気体状の放射性物質については除染係数を考慮しない) 粒子状の放射性物質に対する除染係数(DF): 10^4 (給気側フィルタ(高性能フィルタ1段)の除染係数 10^3 と建屋の除染係数 10^{-3} を考慮する)	
Q	建屋外に放出される放射能	気体状の放射性物質: 3.5×10^8 Bq 粒子状の放射性物質: 6.7×10^8 Bq	気体状の放射性物質: 3.5×10^8 Bq 粒子状の放射性物質: 1.1×10^7 Bq

※1 Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook, NUREG/CR-6410

※2 日本原子力学会「ホットラボの設計と管理」

※3 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. JAEA-SM-119/7



【参考4】 2号機 PCV 内部調査アクセスルート構築の例

1. PCV内ダスト浮遊量

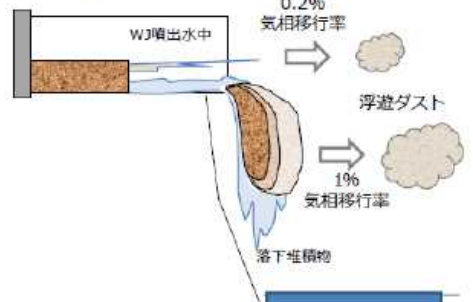
X-6ベネ内堆積物のWJによる洗浄・落下による浮遊

TEPCO

ダスト浮遊量[Bq]
 =放射能濃度[Bq/g]×堆積物量[g]×気相移行率[-]

<気相移行率> DOE HANDBOOK*に基づき設定

- WJ洗浄： 高圧水の圧力開放時のダスト浮遊に類似すると見なし、「加圧容器/配管からのベント時の飛散率」の液面上もしくは容器全体破損条件の気相移行率（0.35MPa以上）の0.2%を設定（1号機AWJの気相移行率と同条件）。
- 堆積物落下： 水との混合が不確実であるため、「乾燥粉体の自由落下」の気相移行率として1%を設定。



「乾燥粉体自由落下」の気相移行率 (DOE HANDBOOKに基づき設定)

$$ARF = 0.1064(M_0^{0.125})(H^{2.27})/\rho_{sp}^{1.02}$$

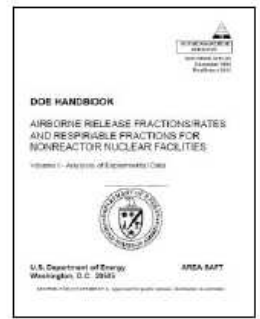
ここで、
 ARF: 気相移行率の平均値, Bounding Factorとして2倍する
 M₀: 粉体重量(堆積物236 kg)
 H: 落下高さ(X-6ベネ高さ5.20m)
 ρ_{sp}: 密度(堆積物密度2000 kg/m³)
 より、
 = 9.25 × 10⁻³ ⇒ 気相移行率

設定条件

WJ洗浄によるダスト浮遊	0.2%
堆積物落下によるダスト浮遊	1%
合計	1.2%

* Department of Energy, "DOE HANDBOOK: AIRBORNE RELEASE FRACTIONS/RATES AND RESPIRABLE FRACTIONS FOR NONREACTOR NUCLEAR FACILITIES Volume I - Analysis of Experimental Data", DOE-HDBK-3010-94, December, 1994 Reaffirmed 2013
 ©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved. 東京電力ホールディングス株式会社

影響を受ける放射性物質の気中移行（飛散）：
DOE HANDBOOK等に基づく評価が可能



2号機原子炉格納容器内部詳細調査
 アクセスルート構築作業時の影響評価について
 (2020年10月13日)

1. PCV内ダスト浮遊量

AWJ影響範囲にある構造物の汚染表面からの剥離による浮遊

TEPCO

ダスト浮遊量[Bq]
 =汚染密度[Bq/cm²]×対象範囲[cm²]×気相移行率[-]

<気相移行率> DOE HANDBOOKに基づき設定

- 1m以内は剥離のエネルギーが大きく（切断可能）、影響範囲の増加率も大きいことから、「加圧容器/配管からのベント時の飛散率」の液面上もしくは容器全体破損条件の気相移行率（0.35MPa以上）の0.2%を設定（1号機AWJの気相移行率と同条件）。
- 1m以遠は剥離のエネルギーが弱まるため、気相移行率は「高圧水噴出時」（図1）の0.01%を設定（図2）。

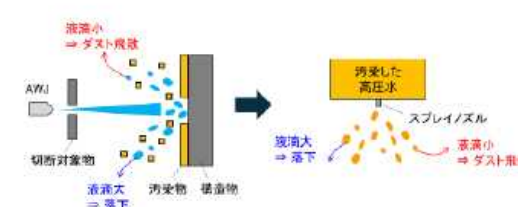
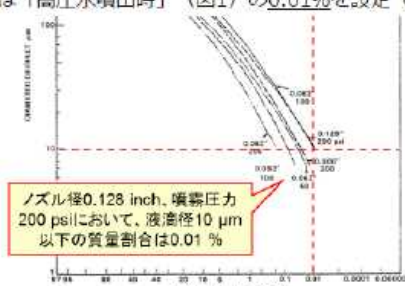


図1 AWJ噴流速方（左）と高圧水噴出（右）のダスト飛散の類似性

設定条件	気相移行率[-]	
(参考)切断欠損表面	1m以内	1m以遠
	0.2%	0.01%

図2 高圧水噴出時の気相移行率試験結果 (0.01%)

ノズル径0.128 inch、噴霧圧力200 psiにおいて、液滴径10 μm以下の質量割合は0.01%



WJの液滴径の研究*によれば液滴径は吐出圧増加により低下し、また300mm以遠では増加することが確認されている。作業使用マシンの運転条件に照らしても10μm以下の液滴が支配的にならないと推定できる。このため、DOE HANDBOOKの適用範囲内と判断し、バウンディング値の0.01%を採用。

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved. 東京電力ホールディングス株式会社

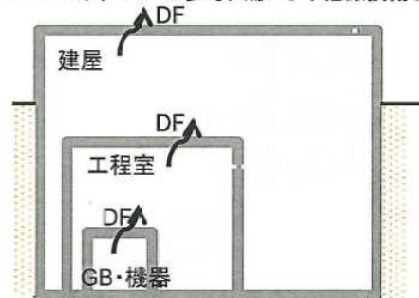
周辺公衆への実効線量評価モデル(1/2)

■ 評価モデルの考え方

- ① グローブボックスは建屋内の地下2, 3階に設置する設計であるが、安全上重要な施設の選定としては、建屋内の配置を考慮せずに、グローブボックス・機器、工程室、建屋の3つの閉じ込めでモデル化する。
- ② 外部への放出は、排気フィルタ・排風機の機能を期待せずに、グローブボックス・機器→工程室→建屋→地上放散とし、周辺公衆への実効線量を評価する。
- ③ 外部への放出量評価では五因子法を使用し、グローブボックス・機器、工程室、建屋の除染係数(DF)をそれぞれ用いて評価する。

■ 除染係数(DF)の考え方

- グローブボックスの除染係数(DF)
 - ・ グローブボックスに損傷がある状態としてDF=10とする。
(DF=10は、IAEAの参考文献*より重大破損したグローブの値を採用している)
 - ・ グローブボックスと同等の閉じ込め機能を有する機器(焼結炉)に対しては、DF=1とする。
- 工程室・建屋の除染係数(DF)
 - ・ 工程室及び建屋の壁に損傷がある状態としてDF=10とする**。
(DF=10は、IAEAの参考文献*より軽微損傷した建屋の値を採用している)



閉じ込め	DF
グローブボックス・機器	10(機器の場合は1)
工程室	10
建屋	10

*) 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
 **) 粉末、ペレットを取り扱う設備は地下3階に設置する。そのため、実際には構造物内の床・壁などの複数の障壁があり放出量低減が期待できるが、本評価モデルにおいてはその低減効果を期待しない条件を設定している。

出典 第42回核燃料施設等の新規規制基準適合性に係る審査会合
 資料5 「MOX 燃料加工施設における新規規制基準に対する適合性【設計基準】安全機能を有する施設及び安全上重要な施設の選定について（平成27年1月26日）」より

周辺公衆への実効線量評価モデル（2/2）

■ 評価式

- 五因子法による放射性物質放出量 算出式
 $ST(\text{Bq}) = \text{MAR}(\text{Bq}) \times \text{DR} \times \text{ARF} \times \text{RF} \times \text{LPF}$
- 内部被ばく線量 算出式
 $Di(\text{Sv}) = \text{ST}(\text{Bq}) \times \chi/Q \times R \times H$

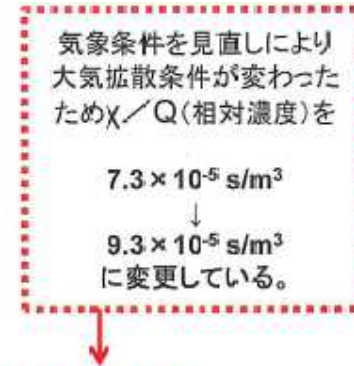
■ 評価パラメータ

- MAR（当該場所の放射性物質質量(Bq)）
- DR（MARのうち、事故の影響を受ける割合）：1
- ARF（雰囲気中に放出され浮遊する割合）

放射性物質の形態	ARF
粉末	7×10^{-4}
焼結ペレット	3×10^{-6}

評価が厳しくなるよう放射性物質の落下事象を想定した値を設定している。

- RF（肺に吸入され得る微粒子の割合）：1
- LPF（環境中へ漏れ出る割合）
 グローブボックス・機器、工程室、建屋のDFの逆数を掛け合わせた値



- χ/Q （相対濃度）： $9.3 \times 10^{-5} \text{ s/m}^3$
 建屋から敷地境界への放射性物質の移行モデル、地上放散
 （発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針）
- R（一般公衆の呼吸率）： $1.2 \text{ m}^3/\text{h}$
 （発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針）
- H（実効線量換算係数）
 ICRP Publication 72 実効線量換算係数(Sv/Bq)を使用

出典 第42回核燃料施設等の新規制基準適合性に係る審査会合
 資料5 「MOX 燃料加工施設における新規制基準に対する適合性【設計基準】安全機能を有する施設及び安全上重要な施設の選定について（平成27年1月26日）」より

福島第一原子力発電所

2月13日地震に対する追加点検結果および設備の耐震評価結果
による詳細点検について

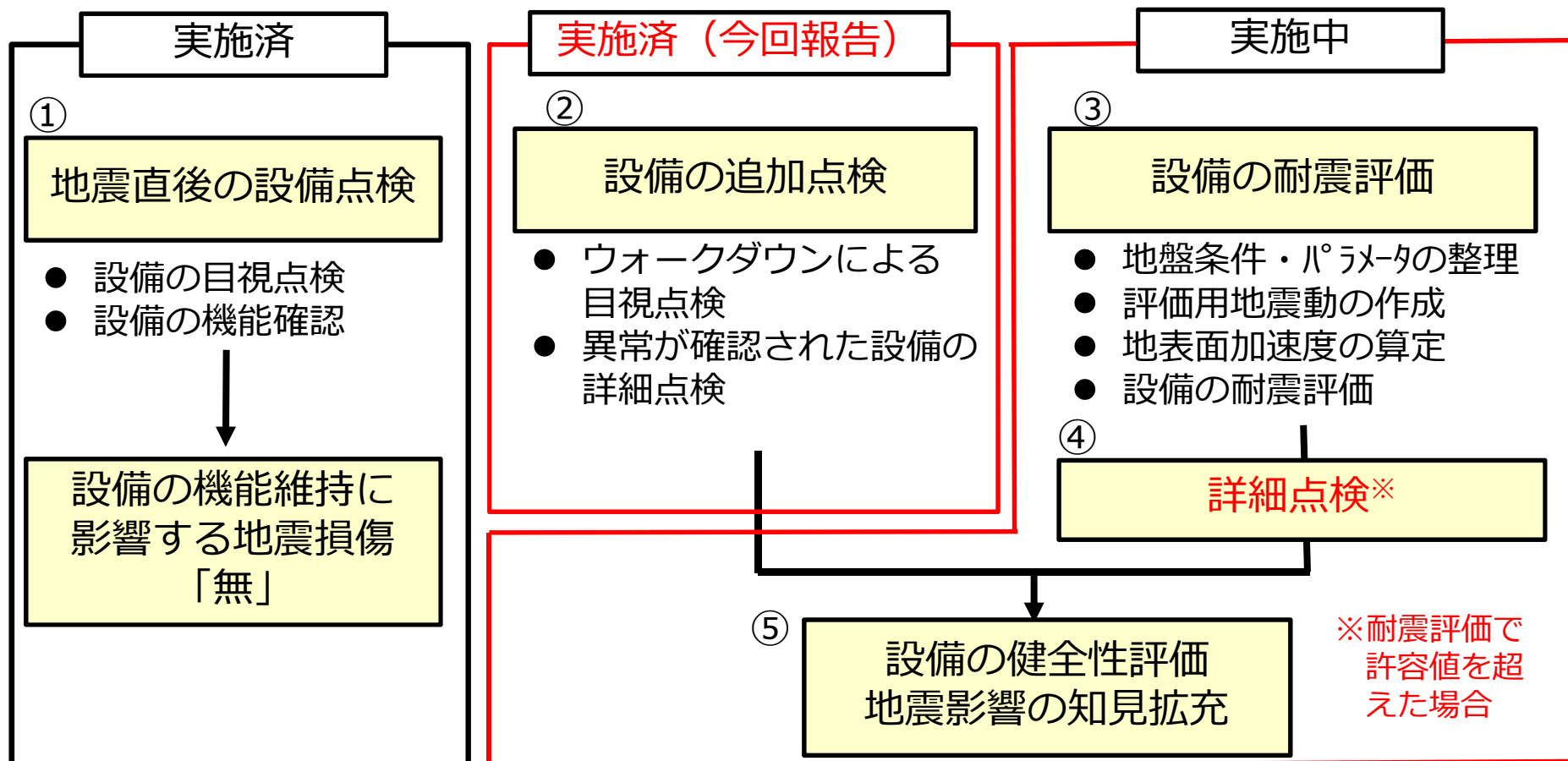
2021年6月3日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

1. 地震後の状況を踏まえた設備の健全性評価・知見の拡充

- 2月13日地震動が、解放基盤面レベルにおける地震計の観測記録から、Bクラス機器共振影響評価地震動（150ガル）以上であることがわかった。
- 地震の影響が及ぶ可能性のある部位に着目した点検（②）を実施し、また、2月13日地震動レベルでの加速度を用いた設備の耐震評価（③）を実施した結果を踏まえて、設備の健全性（⑤）を評価することを計画している。
- 追加点検（②）では、異常が確認された場合には、更なる詳細点検を計画していたが、加えて、設備の耐震評価（③）選定機器において、**許容値を超えた場合においても詳細点検（④）**を実施する。



【点検計画の作成】

- 点検方針の作成
 - 機種ごとに、地震により影響を与える部位の損傷等を検討し、点検方針書を定める。
- 追加点検計画の作成（対象機器含む）
 - 安全確保設備等（実施計画Ⅱ章設備）とし、機器単位に作成する。
 - また、設備主管箇所において、追加点検が必要と判断した設備・機器についても作成する
- 詳細点検計画の作成
 - 追加点検で異常が認められた場合に、詳細点検計画を作成する。
 - 実施計画における評価を逸脱していないかの確認を実施（例：タンク滑動量）

【設備の追加点検】

- 平成19年柏崎刈羽原子力発電所中越沖地震、今回の福島第一原子力発電所での知見を集約し、個別機器単位（機器レベル）における損傷の有無、程度を評価する。
 - 実施方法
 - ①『ウォークダウン』による目視点検
 - ・点検計画書に基づき、地震の影響が及ぶ可能性のある部位に着目した目視点検を行う。
 - ②詳細点検
 - ・追加点検により、設備の異常が確認された場合に、分解点検や寸法測定等の更なる点検を実施する。

2. 2 2月13日地震後の追加点検スケジュール

- 2021年4月2日 追加点検方針書を作成するとともに点検対象グループへ点検計画書を作成を指示。
- 同日より、点検対象グループにて追加点検計画の作成とともに追加点検を開始。
- 2021年5月末、各グループでの追加点検が完了。

実施項目	3月	4月	5月	6月
方針書作成		4/2方針書作成 	点検対象箇所へ追加点検を指示 	
追加点検 (ウォークダウン)		4/2 	点検対象箇所での点検計画と追加点検を開始 	5月末点検完了

2. 3 追加点検の結果

■ 追加点検の結果のまとめ

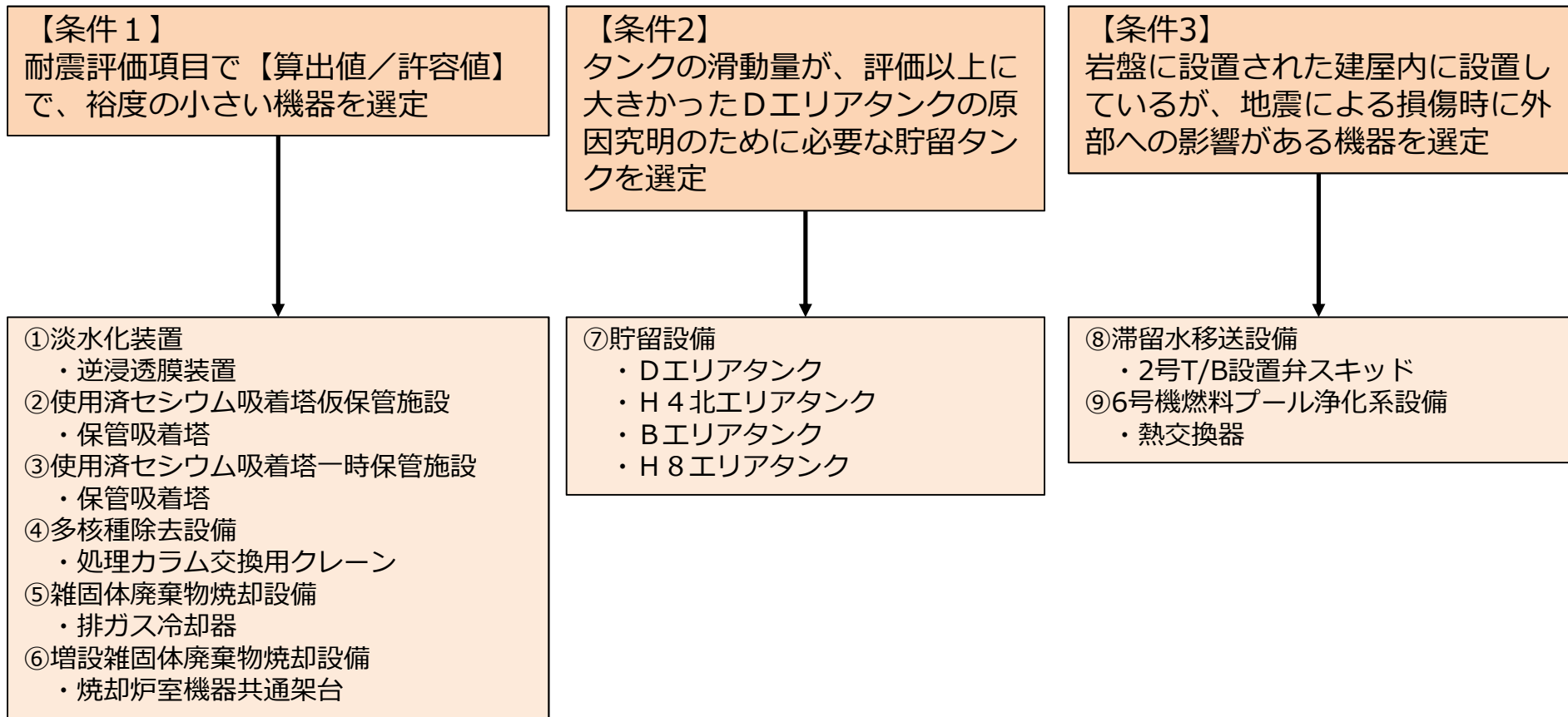
- ウォークダウンについては抽出した対象設備について全て完了。
- 設備の運用に支障が出るような損傷はなく、今後、復旧方法を含め検討中。
(実施計画対象設備については異常なし、その他設備については以下の通り)
- 詳細点検が必要と判断したタンクについては、座屈点検が5月17日完了し、結果異常なし。

部門	追加点検結果
運転部門	・ 異常なし
保全 機械部門	・ 補給水配管コンクリートトラフヒビ、蓋の変形あるが、設備運用には支障はない
保全 電気・計装部門	・ 異常なし
土木・建築部門	・ RO処理設備 蒸発濃縮設備(1)：仮設テントハウスブレース部品外れ（ターンバックル落下）
放射線部門	・ 分析光度計1台故障、新規購入予定
防護部門	・ 異常なし
施設部門（事務本館・休憩所）	・ 異常なし

3. 1 設備の耐震評価について

【機器の選定条件】

- 2.13地震動が、Bクラス機器共振影響評価地震動（150ガル）以上であったことから、耐震評価を実施する機器は、実施計画第二章で耐震Bクラスで評価している機器から、選定する。
- なお、耐震Sクラスで評価した機器及び重要度の低い耐震Cクラス機器は対象外とする。



3. 2 耐震評価スケジュールについて



	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12~2月	3月
評価用地震動の作成	■									
地表面の加速度の算出		■	■							
建屋床の加速度評価 (多核種除去設備, 雑固体/増設雑固体 廃棄物焼却設備)		■	■							
① 淡水化装置 (逆浸透膜装置)				■	■	■	■			
② 使用済セシウム吸着塔仮保管施設 (保管吸着塔)			■	■	■					
③ 使用済セシウム吸着塔一時保管施設 (保管吸着塔)			■	■	■	■				
⑦ 貯留設備 (Bエリアタンク)		■	■	■	■					
⑦ 貯留設備 (Dエリアタンク)		■	■	■	■					
⑦ 貯留設備 (H4北エリアタンク)			■	■	■	■	■			
⑦ 貯留設備 (H8エリアタンク)		■	■	■	■					
④ 多核種除去設備 (処理カラム交換用クレーン)			■	■	■	■	■			
⑤ 雑固体廃棄物焼却設備 (排ガス冷却器)			■	■	■	■				
⑥ 増設雑固体廃棄物焼却設備 (焼却炉室機器共通架台)				■	■	■	■			
建屋床の加速度評価 (2号機 タービン建屋)						■	■	■		
⑧ 滞留水移送設備 (2号T/B設置昇スケット)									■	■
建屋床の加速度評価 (6号機 原子炉建屋)			■	■	■					
⑨ 6号機 燃料プール浄化系 (熱交換器)					■	■	■	■	■	

3. 3 詳細点検について

【詳細点検の位置づけ】

- 2月13日地震動の評価が出たことから、設備の2月13日地震動での耐震評価を進めているところではあるが、耐震 B クラスで評価していた設備であり、許容値を超える評価結果が得られる可能性が高い。
- 追加点検で設備の異常が無く、耐震評価で許容値を超えた設備に対して、設備の健全性、知見の拡充の観点から、詳細点検を実施することとし、点検内容を予め定めることとする。

【詳細点検の考え方】

- 詳細点検は、以下の基本的な考えに基づき実施する。なお、現場状況を踏まえ、下記点検が出来ない場合は、別の代替方法を検討して実施する。

機器	地震の影響	損傷形態	詳細点検
基礎ボルト (取付ボルト)	水平方向地震力のせん断力による損傷	・ボルトの割れ、亀裂等	・非破壊検査（超音波探傷試験）
	垂直方向地震力の引張力による損傷	・ボルトの伸び、緩み等	・打診試験
機器架台	地震力の曲げ、圧縮、引張の組合せ力による損傷	・架台溶接部の割れ ・架鋼材（梁）の変形	・非破壊検査（浸透探傷検査） ・寸法測定
機器（本体）	地震力の機器の胴や補強リブにかかる膜・曲げ等による損傷	・胴や補強リブの割れ、変形	・詳細目視（塗装の剥がれ） ・非破壊検査（浸透探傷検査）
	水平方向地震力の滑動による損傷 垂直方向地震力の転倒による損傷	・ユニットと配管の取合部の漏えい、変形 ・サポート材の変形、接触 ・転倒防止材の亀裂、変形	・機器取合フランジ部の開放点検 ・サポート等形状に即した点検（詳細目視・浸透探傷検査）
保管施設	保管容器の水平方向地震力の滑動による損傷	・保管容器との接触による保管施設のひび割れ、欠陥 ・保管容器の転倒	・保管施設開放による内部確認
	保管容器の垂直方向地震力の転倒による損傷		

3. 4 設備の耐震評価対象機器

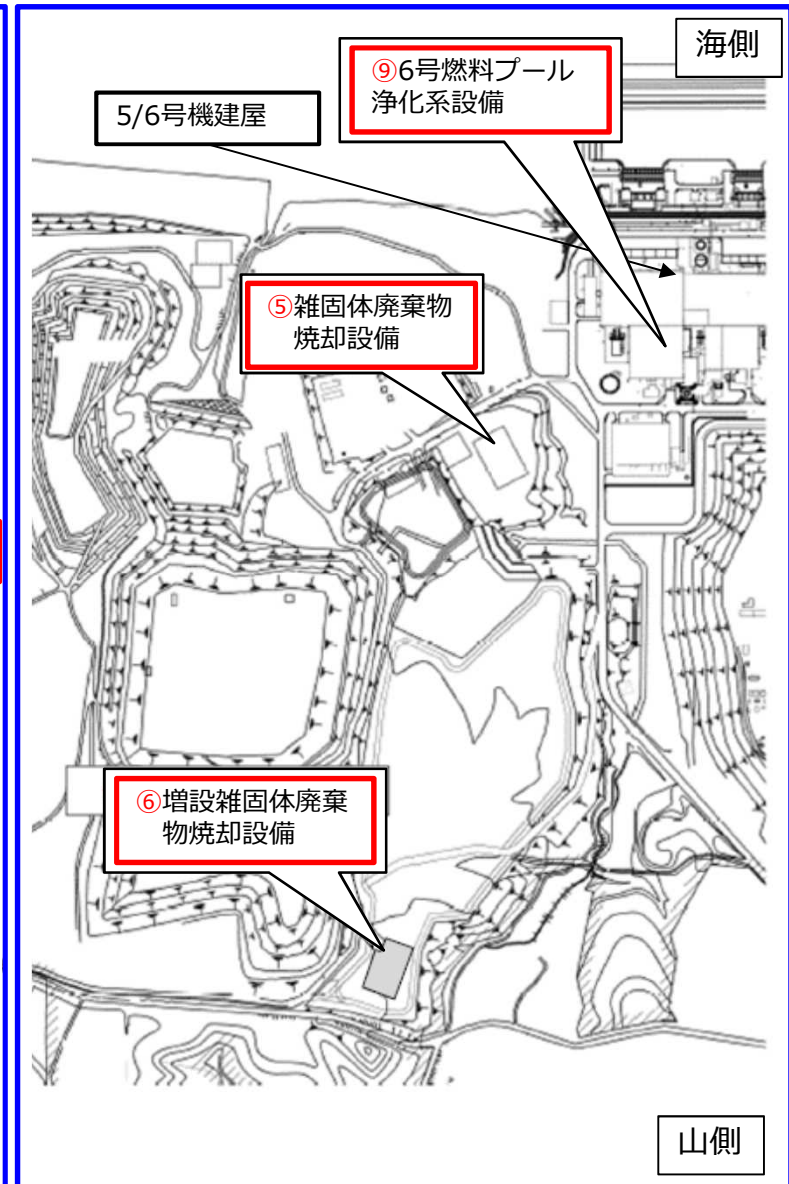
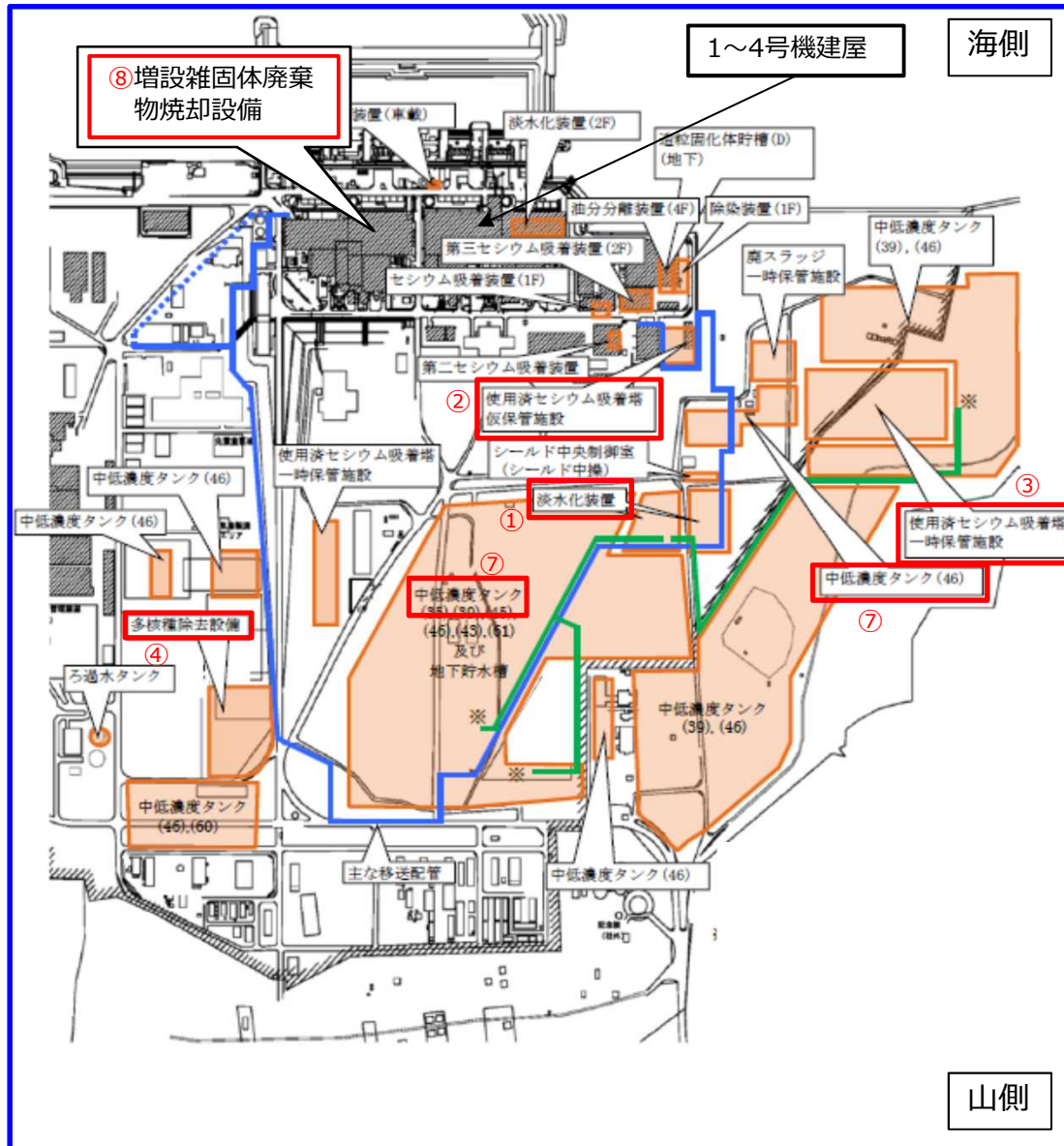
- 耐震評価選定機器に対して、詳細点検の考え方にに基づき、実施計画の耐震評価で、裕度の小さい評価項目に対して、下記の詳細点検を実施する。
- なお、2.13地震動を踏まえ、耐震評価の結果を待たずに、先行で進めることとする。

実施計画		系統	機種	評価	詳細点検
2.5	汚染水処理設備等	①淡水化装置	逆浸透膜装置	本体転倒評価	本体と配管取合部の開放点検
		②使用済セシウム吸着塔 仮保管施設	吸着塔	本体滑動評価	内部確認
		③使用済セシウム吸着塔 一時保管施設	吸着塔	本体滑動評価	内部確認
		⑦貯留設備	Dエリアタンク	本体転倒評価	— (Dタンクの想定以上の滑動事象による原因 究明の中で実施)
			H 4 北エリアタンク	本体転倒評価	
			Bエリアタンク	本体転倒評価	
			H 8 エリアタンク	本体転倒評価	
2.16.1	多核種除去設備	④多核種除去設備	処理カラム交換用クレーン	本体転倒評価	浸透探傷検査 超音波探傷検査
2.17	放射性固体廃棄物等の 管理施設及び関連施設	⑤雑固体廃棄物焼却設備	排ガス冷却器	本体応力評価	浸透探傷検査
2.44	放射性固体廃棄物等の 管理施設及び関連施設	⑥増設雑固体廃棄物焼却設備	焼却炉室機器共通架台	架台応力評価	浸透探傷検査
2.5	汚染水処理設備等	⑧滞留水移送設備	2号T/B設置弁スキッド	配管支持構造物評価	詳細目視検査
2.17	5/6号燃料プール浄化系	⑨燃料プール浄化系設備	6号機熱交換器	支持構造物応力評価	浸透探傷検査

参考

1. 設備の耐震評価対象機器設置箇所
2. 各機種の詳細点検
3. 地震発生後の福島第一原子力発電所の状況について

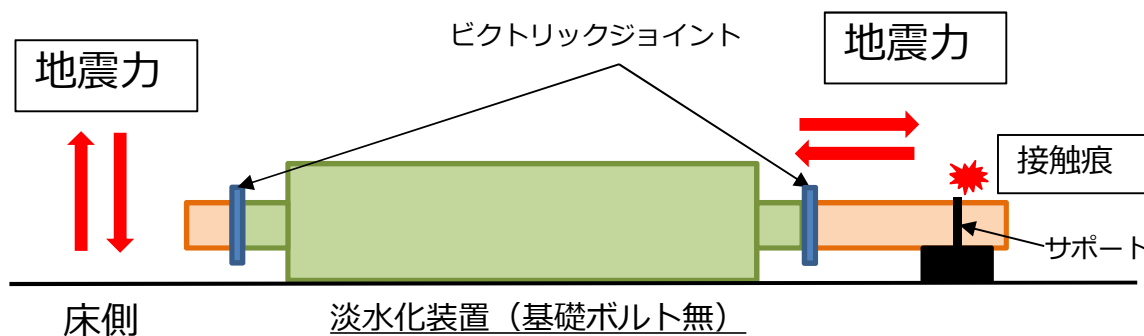
(参考1) 設備の耐震評価対象機器設置箇所



(参考2) 淡水化装置の詳細点検(1/8)

- 装置の転倒評価により、垂直方向に浮き上がりがあったが、元の位置に戻り、設備の追加点検で損傷は確認できなかったことを想定した詳細点検を検討する。
- 装置の転倒評価における地震の影響による損傷は、垂直方向の地震による装置一体としての浮き上がりを想定し、装置と配管の取合であるフランジ部（ビクトリックジョイント）に過荷重がかかると想定できることから、フランジ部の開放点検を実施する。
- また、装置との取合部のサポートの接触及び変形等により影響を確認する。

評価事項	損傷	詳細点検項目	確認事項
フランジ間に開き方向の水平荷重による影響	フランジ部の損傷	フランジ部の開放点検	内部の漏えい痕等の確認
フランジ部の圧縮方向の水平荷重による影響			ガスケットの局部潰れ、だれ等の確認
装置の滑動による影響	フランジ部近傍のサポート鋼材（Uバンド等）の損傷	詳細目視点検	機器取り合いとの鋼材の変形や接触痕の確認

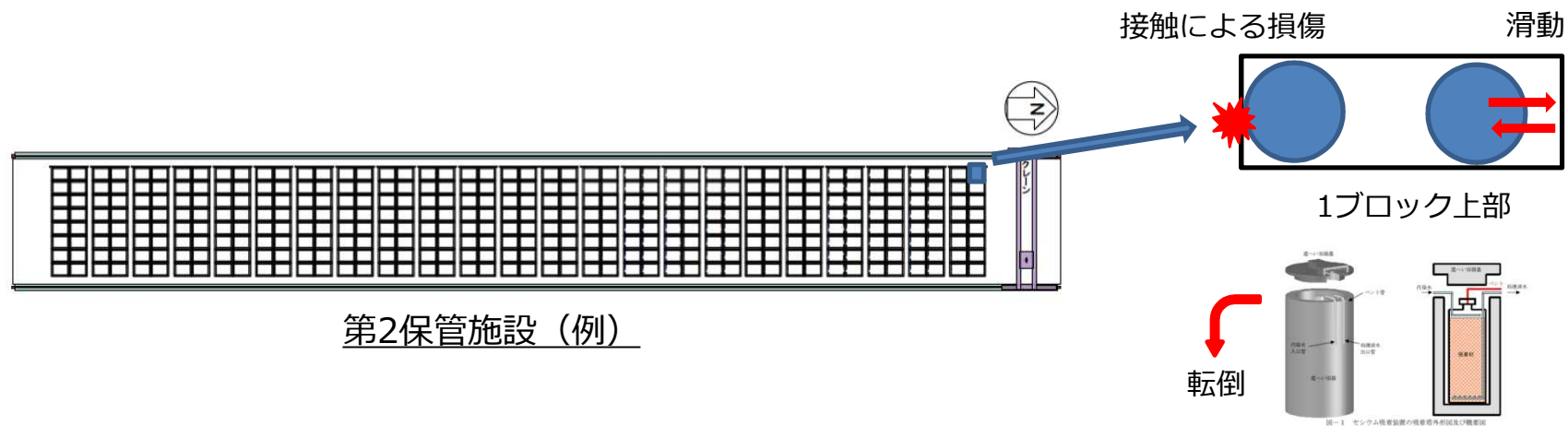


ビクトリックジョイント

(参考2) 使用済セシウム吸着塔仮保管及び一時保管施設の詳細点検 (2/8)

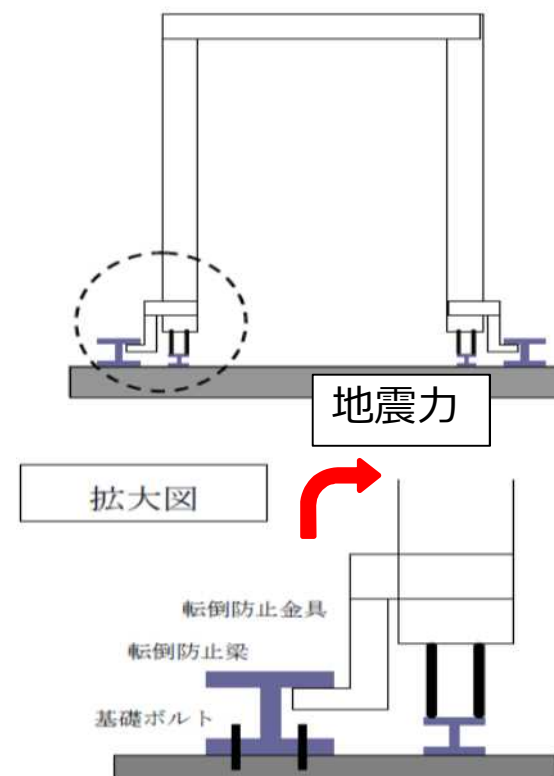
- 保管施設内部に設置してある吸着塔の地震の影響による損傷は、水平方向の地震力による吸着塔の滑動及び垂直方向地震力による転倒が想定されることから、保管施設の上部ハッチを開放し、保管施設の内部確認を実施する。

評価事項	損傷	詳細点検項目	確認事項
水平方向の吸着塔の滑動に対する影響評価	吸着塔及び保管施設の接触による損傷	内部確認	吸着塔の滑動量の確認
垂直方向の吸着塔の転倒に対する影響評価			吸着塔及び保管施設側の接触痕、ひび割れ等の確認



- クレーン本体の転倒評価において、地震による転倒モーメントが自重による安定モーメントより大きくなった場合、基礎ボルト・転倒防止梁・転倒防止金具の強度に影響を与えると考えられたため、当該部品について詳細点検を実施する。
- 転倒防止梁及び転倒防止金具の取付部の地震の損傷は、クレーンの転倒方向による割れ、変形等が考えられる。
- 基礎ボルトの地震の影響による損傷は、水平方向に対する地震力によるせん断と垂直方向に対する引張（伸び）による損傷が考えられる。（8/8参照）

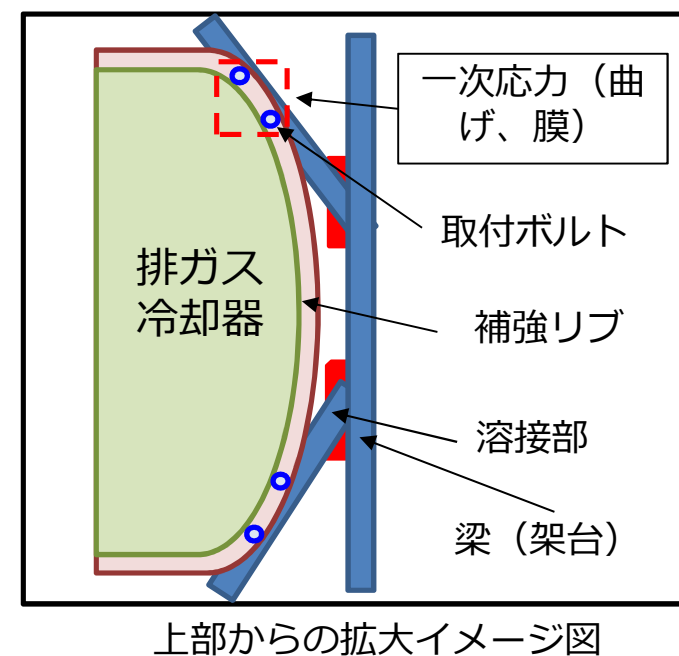
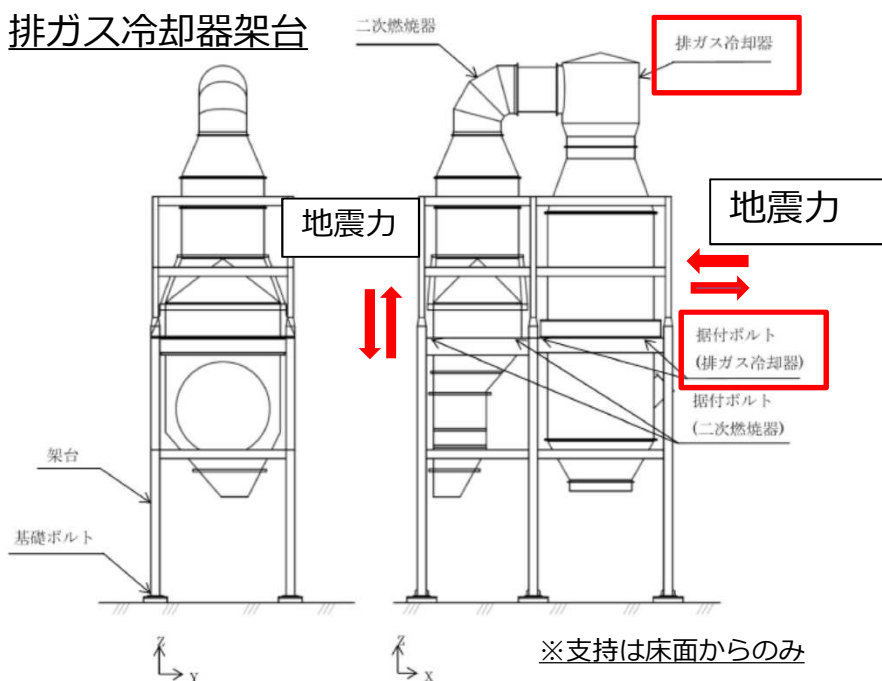
評価事項	損傷	詳細点検項目	確認事項
転倒防止梁及び転倒防止金具の影響確認	溶接部の割れ	浸透探傷検査	溶接部等の割れを確認する
	変形	寸法測定	寸法測定により変形を確認



(参考2) 雑固体廃棄物焼却設備排ガス冷却器の詳細点検 (4/8)

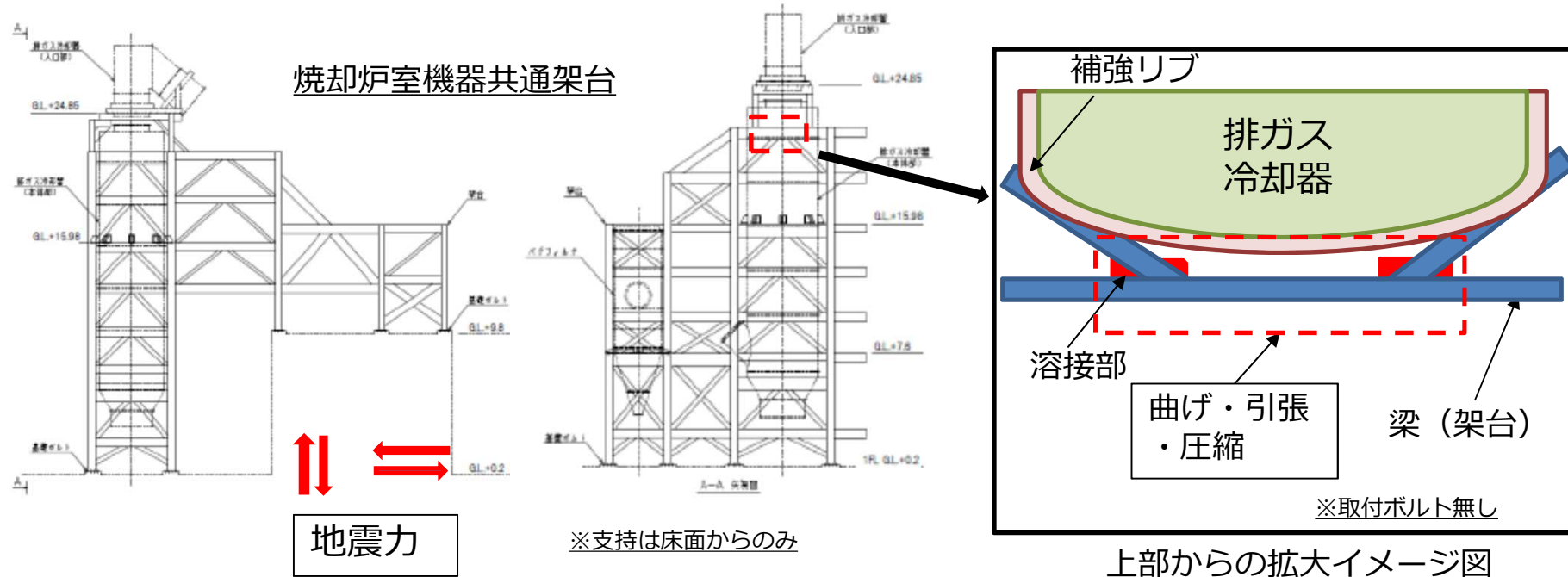
- 排ガス冷却器は、縦置きで胴を架台に取付ボルトで支持し、架台を基礎ボルトで基礎に設置している。
- 排ガス冷却器は、地震力（外力）を受けて当該器内に発生する一次応力により、補強リブ（支持架台固定部）の割れ、変形の損傷が考えられる。
- 補強リブに過荷重がかかった際に、影響が大きいと考える取付ボルトについても、地震の影響による損傷が考えられることから点検を実施する。（3.12参照）

評価事項	損傷	詳細点検項目	確認事項
排ガス冷却器の外力による影響評価	補強リブの割れ、変形	浸透探傷検査 詳細目視	欠陥の有無を確認 塗装の剥がれ等の確認



- 焼却炉機器類は、各機器毎に架台で支持され、共通架台を基礎ボルトで基礎に設置されている。
- 架台は、地震力による梁の曲げ・圧縮・引張による組合わせ応力による溶接部のひび割れ、変形等の損傷が考えられる。

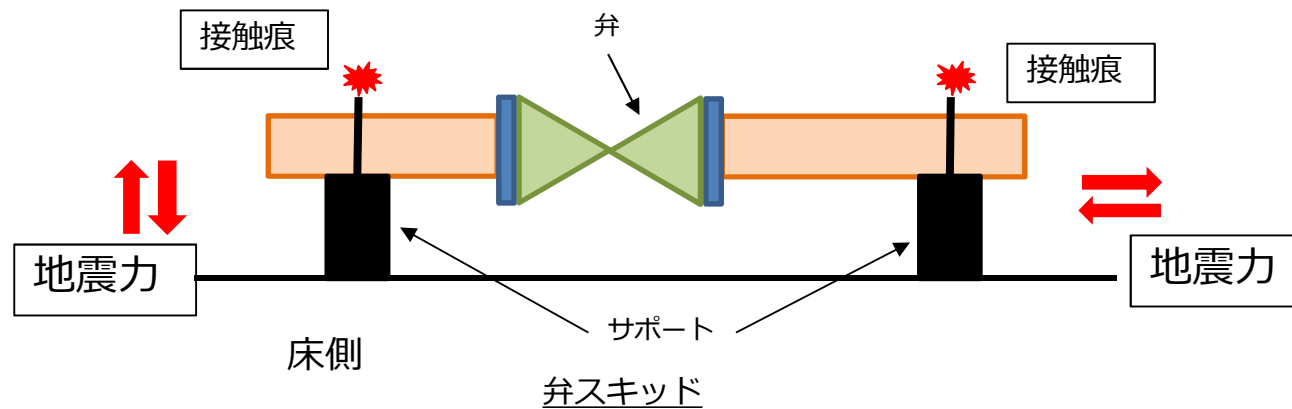
評価事項	損傷	詳細点検項目	確認事項
梁の地震による影響評価	溶接部の割れ	詳細目視 浸透探傷検査	塗装の剥がれ等の確認 溶接部等の割れを確認



(参考2) 滞留水移送設備の詳細点検 (6/8)

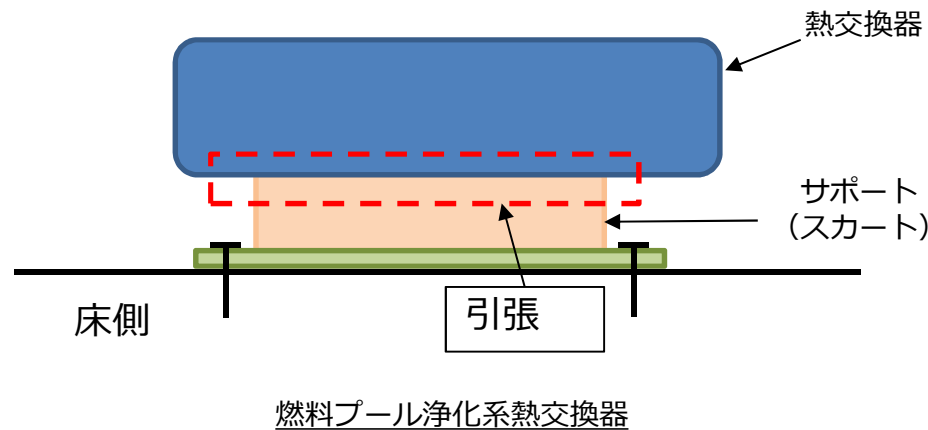
- 弁スキッドの配管支持サポートは定ピッチスパン法で評価された間隔で設置されており、地震力の過荷重により、サポート鋼材の接触、変形の損傷が考えられる。

評価事項	損傷	詳細点検項目	確認事項
サポート鋼材の地震による影響評価	サポート鋼材（Uバンド等）の損傷	詳細目視検査	サポートの目視確認により、変形・接触痕等を確認



- 熱交換器とサポートとの付け根部は溶接で施工されており、地震力による引張応力による溶接部のひび割れ、欠陥の損傷が考えられる。

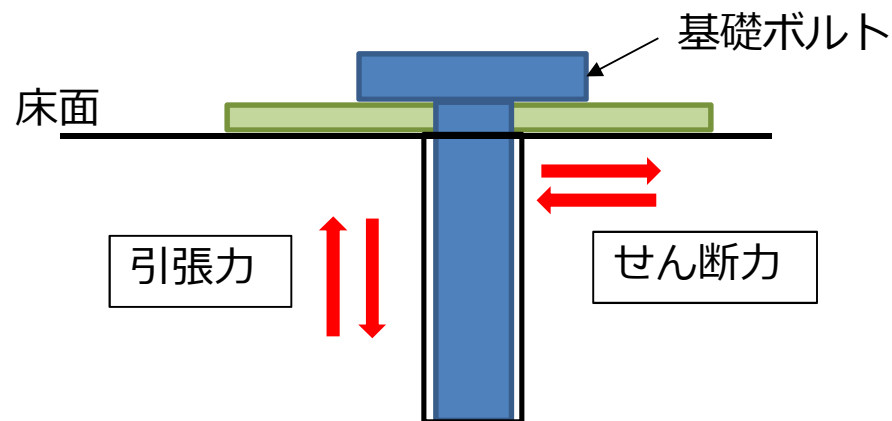
評価事項	損傷	詳細点検項目	確認事項
熱交換器とサポート付根部の地震による影響評価	溶接部のひび割れ、欠陥	浸透探傷検査	溶接部の割れを確認



(参考2) 基礎ボルト (取付ボルト) の詳細点検 (8/8)

- 基礎ボルトの地震の影響による損傷は、水平方向に対する地震力によるせん断と垂直方向に対する引張 (伸び) による損傷が考えられる。

評価事項	損傷	詳細点検項目	確認事項
水平方向地震力のせん断力による影響評価	基礎ボルトの割れ、欠陥	超音波探傷検査	垂直法により欠陥の有無を確認
垂直方向地震力の引張力による影響評価	基礎ボルトの伸びによる緩み等	打診試験	伸びが発生した場合緩みが確認される事を想定し、打診音で違いを確認する。



(参考3) 地震発生後の福島第一原子力発電所の状況について (1/15) **TEPCO**

「2021年4月19日特定原子力施設監視・評価検討会（第90回）資料5-1-3」からの**変更箇所を赤字**で示す。

- 地震後パトロール及びその後の点検において確認されている主要な不具合事象および対応状況は、以下の通り。

分類	事象	確認時期	概要及びこれまでの対応状況	今後の対応
1~6号機 原子炉建屋	① 建屋健全性	2月下旬 (評価時期)	<ul style="list-style-type: none"> 5/6号機は、設置されている地震計の観測記録から2月13日に発生した地震による揺れが基準地震動Ssによる揺れより小さいことを確認 1~4号機側については、上記の確認結果および敷地南北の地中の観測記録において1~4号機側と5/6号機側で地震の揺れが大きく変わるものではないことを確認し、2月13日の地震による揺れは基準地震動Ssによる揺れよりも小さかったと推定 3号機原子炉建屋を代表として地中の観測記録を用いた建屋の地震応答解析を行った結果、耐震壁のせん断ひずみが評価基準値に対して十分な余裕があることを確認 1~4号機の臨時点検を2月25日に行い、外観上の変化が生じていないことを確認 	<ul style="list-style-type: none"> 1~3号機原子炉建屋についてはデブリ取り出し完了までの長期にわたって建屋健全性を確認していく必要があるため、建屋状態の情報を更新し、必要な性能（耐震安全性等）を有していることを継続的に確認していく 具体的には、高線量エリアにおける無人・省人による調査方法の検討や、建屋構造部材の経年劣化の評価方法の検討、地震計等を活用した建屋全体の経年変化等の傾向確認を行っていく なお、2021年度内に有人による建屋内調査を実施する計画。5月27日に3号機原子炉建屋内調査を実施。1、2号機は今後計画・準備ができ次第実施予定。

(参考3) 地震発生後の福島第一原子力発電所の状況について (2/15)



分類	事象	確認時期	概要及びこれまでの対応状況	今後の対応
原子炉冷却設備	② 1、3号機PCV水位低下	2月18日	<ul style="list-style-type: none"> 2月18日に1号機のPCV水位の指示低下を確認し、その他のパラメータを確認・評価した結果、2月19日に1号機および3号機のPCV水位が低下傾向にあると判断 プラントパラメータの監視強化を実施し、1、3号機共にPCV水位の低下は緩やかになっていること、また、3号機については、概ね安定傾向にあることを確認している。なお、現状、1、3号機共に過去の注水停止試験で経験したPCV水位を上回っている 原子炉注水設備は運転を継続し、地震後のプラントパラメータ（RPV底部温度、PCV温度、PCVガス管理設備ダストモニタ等）に有意な変動がみられていないことから、燃料デブリの冷却状態に問題はなく、直ちに原子力安全上の影響はないものと評価 1号機：PCV水位が水位計L2を下回った場合、注水量を増加し、水位計L2～温度計T2の範囲でPCV水位の変化の状況を確認していくこととした。3月22日および5月7日に水位計L2を下回ったことから、一時的に注水量増加（3m³/h→4m³/h）を行った。 3号機：4月9日から23日にかけて、注水停止試験を実施し、既に漏えいが確認されている主蒸気配管伸縮継手部下端を下回ったものの、当該高さ付近で低下傾向が緩やかとなり、主な漏えい箇所は当該高さ付近に存在すると評価。注水停止期間中のカメラ調査では当該箇所から、漏えいが止まったことを確認した。 	<ul style="list-style-type: none"> 1、3号機ともにプラントパラメータ（RPV底部温度、PCV温度、PCVガス管理設備ダストモニタ等）に有意な変動はみられていない 1号機：連続したPCV水位監視方法の検討を行っており、適用に向けて検討していく。（6月から適用を検討中） 3号機：今後も注水停止試験等を計画し、知見を拡充していく。

(参考3) 地震発生後の福島第一原子力発電所の状況について (3/15) 

分類	事象	確認時期	概要及びこれまでの対応状況	今後の対応
原子炉 冷却設備	③ 窒素ガス分離 設備C号機の流 量変動	2月14日	<ul style="list-style-type: none"> 2月14日窒素ガス分離設備A、C号機を運転中のところ、C号機の流量に変動を確認 同日、A、B系の運転に切り替え、原子炉への窒素封入は継続し、格納容器内の水素濃度等のパラメータに有意な変動は確認されなかった C号機については、2月20日までに吸着槽固定部およびバッファタンクの配管接続部に割れを確認。流量変動は配管接続部から窒素ガスが漏れいしたことによるもの 現在、A、B系が運転、非常用系が待機の状態。各々1台が1～3号機の窒素ガス総封入量以上の容量があり、運転中1台が停止しても、他の1台運転で系統維持が可能 損傷個所を復旧して、運転状態に問題なし 	<ul style="list-style-type: none"> 対応完了済

(参考3) 地震発生後の福島第一原子力発電所の状況について (4/15)



分類	事象	確認時期	概要及びこれまでの対応状況	今後の対応
使用済燃料プール設備	④ 5、6号機使用済燃料プール、共用プールからの溢水	2月14日	<ul style="list-style-type: none"> 2月13日に使用済燃料プール水の揺れにより5号機使用済燃料プール、6号機使用済燃料プール、共用プールより溢水があり、水溜りを数か所確認 溢水量は5号機で約0.6L、6号機で約1.6L、共用プールで約0.6Lと少量であり、漏えいは堰内に留まるとともに、使用済燃料プール冷却は継続 水溜りの拭き取りを実施 	<ul style="list-style-type: none"> 対応完了済
	⑤ 4号機原子炉建屋天井クレーンからの油滴下	2月14日	<ul style="list-style-type: none"> 2月14日に4号機天井クレーン下部床面に油溜まりを確認。油の滴下は、停止しており、油溜まりの拭き取りを実施 なお、4号機天井クレーンは、休止中の設備であり、クレーンは現状使用していない 2月15日にクレーンの外観点検を行い、異常はなく、油の滴下は確認されていない 4月5日よりクレーン年次点検を実施し、各部の点検、作動確認において異常のないことを確認 クレーン走行車輪下部に設置している潤滑油受け皿より、潤滑油が滴下した可能性が高い。潤滑油受け皿については、清掃を実施済み 	<ul style="list-style-type: none"> 対応完了済

(参考3) 地震発生後の福島第一原子力発電所の状況について (5/15)



分類	事象	確認時期	概要及びこれまでの対応状況	今後の対応
汚染水 処理設備	⑥ 第三セシウム吸着装置通信異常による停止	2月13日	<ul style="list-style-type: none"> 2月13日に運転中の第三セシウム吸着装置が自動停止した。第三セシウム吸着装置は停止したが、第二セシウム吸着装置が待機状態にあり、汚染水処理に影響はない 2月15日に現場確認したところ、現場に設置している制御装置の電源ケーブルが抜け気味となり、電源が供給されなくなったことにより伝送異常が発生したことを確認。電源ケーブルを差し込み正常に復帰したことを確認 	<ul style="list-style-type: none"> 対応完了済
汚染水 処理設備	⑦ 滞留水移送配管周辺の陥没	2月14日	<ul style="list-style-type: none"> 2月14日に高温焼却炉建屋へ向かう滞留水移送配管の内、高温焼却炉建屋付近の配管周辺の地面が30cm程度陥没していることを確認 地震により滞留水移送装置は手動で停止し、その後、移送先を高温焼却炉建屋からプロセス主建屋へ切り換えて移送を再開 移送配管に損傷は無く、滞留水移送に支障となるものではないことを確認 この陥没が確認された周辺においても、同様の事象が確認されているが、いずれも廃炉関連設備への影響はない 周辺道路下部の調査を実施し陥没に至る大きな空洞が存在しないことを確認 	<ul style="list-style-type: none"> 3月29日より調査・補修（埋戻）作業を順次進めている
	⑧ 淡水化装置（RO-3）のフィルタ下流のドレン配管からの漏えい	2月14日	<ul style="list-style-type: none"> 淡水化装置（RO-3）のフィルタ下流配管に接続しているドレン配管接続部より漏洩（2~3滴/秒の滴下）を確認。漏洩は堰内に留まっている 漏えい箇所の前後弁を閉め、隔離を実施 当該配管は3月16日に交換済 	<ul style="list-style-type: none"> 今後交換した配管の漏えい確認を実施予定

(参考3) 地震発生後の福島第一原子力発電所の状況について (6/15)



分類	事象	確認時期	概要及びこれまでの対応状況	今後の対応
汚染水処理設備 (タンク)	⑨ 中低濃度タンク 及び 5/6号機の滞留 水を貯留してい るタンクにおけ る滑動	2月14日 その後、 調査を継続 中	<p>【中低濃度タンク】</p> <ul style="list-style-type: none"> 中低濃度タンク (1,074基) について外観点検を実施した結果、漏えいや変形が無いことを確認 53基のタンクに滑動が確認され、Dエリアは他エリアと比較して特異的に滑動量が大きいため個別に要因分析を実施中 Dエリアにおいて、連結管の保温材を取外し点検を実施し、外観点検にて異常がないこと、漏えいがないことを確認しているが、45箇所中12箇所にメーカ推奨変位値を超過していることを確認 Bエリアにおいて、滑動が確認されたタンクに接続されている連結管15箇所の保温材を取外し点検を実施した結果、外観点検にて異常がないこと、漏えいがないことおよびメーカ推奨変位値を超過していないことを確認 <p>【その他タンク】</p> <ul style="list-style-type: none"> その他タンク (763基) について、外観点検を実施した結果、5/6号機の滞留水を貯留しているフランジ型タンク2基から漏えいがあることを確認 (⑩参照) <p>漏えい箇所の止水修理を実施中</p> <ul style="list-style-type: none"> 5/6号機の滞留水を貯留しているFエリアタンク (62基) の内、3基について滑動を確認。外観点検にて異常がないこと、滑動による漏えいがないことを確認 タンクには移送配管が接続されており、点検を実施した結果、漏えい及び有意な変位がない事を確認 (連結管は有していない) 	<ul style="list-style-type: none"> 特異的な滑動量が確認されたDエリアの要因分析を進めており、結果を踏まえ恒久対策を検討・実施していく メーカ推奨変位値を超過したDエリアの連結管12箇所について、応急処置として取外し閉止板の取付を実施した その他エリア (D・Bの他H1・H4S・H4N・J4・J5) にて、滑動が確認されたタンクに接続されている連結管について、保温材を取外しての点検を実施し、メーカ推奨変位値を超過しているものは無いことを確認した

(参考3) 地震発生後の福島第一原子力発電所の状況について (7/15)



分類	事象	確認時期	概要及びこれまでの対応状況	今後の対応
汚染水処理設備 (タンク)	⑨ 中低濃度タンク 及び 5/6号機の滞留 水を貯留してい るタンクにおけ る滑動	2月14日 その後、 調査を継続 中	<ul style="list-style-type: none"> 3月20日の地震発生後、3月21日に点検を行い、5/6号機の滞留水を貯留しているFエリアタンク（62基）の内、1基について防水塗装の剥離を確認し隙間測定をしたところ滑動を確認した。外観点検にて異常が無いことを確認した 当該タンクについては、連結管が取り付けられておらず、受払い配管（PE管）は、可撓性により耐震性を確保している 	<ul style="list-style-type: none"> 滑動による漏えいが無いことを確認したことから継続使用する

(参考3) 地震発生後の福島第一原子力発電所の状況について (8/15)



分類	事象	確認時期	概要及びこれまでの対応状況	今後の対応
汚染水処理設備 (タンク)	⑩ 5/6号機の滞留水を貯留しているフランジ型タンクからの漏えい	2月14日	<ul style="list-style-type: none"> 2月14日に、5/6号機滞留水処理設備FエリアタンクのH3タンクフランジ下部より鉛筆の芯1本程度の漏えい及びI7タンクフランジ上部より3秒に1滴の漏えいがあることを確認 漏水を受ける為の養生及び受け枡を設置すると共に漏えいを停止させる為、H3、I7タンク内保有水をFエリアタンク内の他のタンクへ移送を実施し、フランジ部からの漏えい停止を確認 当該タンク群については運用を休止 5/6号機滞留水については、他のタンク群にて運用を継続しており滞留水処理に影響を与えるものではない 	<ul style="list-style-type: none"> 当該タンクはフランジ型タンクであり、他で確認された事象（歩廊落下、天板点検口蓋がない事象）についてもフランジ型タンクである事から溶接型タンクへのリプレースの必要性も含めて恒久対策を検討中
	⑪ 5/6号機の滞留水を貯留しているフランジ型タンクの歩廊落下	2月14日	<ul style="list-style-type: none"> 2月14日に、5/6号機滞留水処理設備Fエリアタンクのフランジ型タンク上部8基で合計9か所の歩廊が落下していることを確認 当該タンクエリア入口及びタンク周辺に立入禁止措置を実施 当該タンク昇降梯子に昇降禁止措置を実施 	<ul style="list-style-type: none"> フランジ型タンク上部に取り付けられている歩廊について全数撤去することとし、現在撤去を実施中

(参考3) 地震発生後の福島第一原子力発電所の状況について (9/15) 

分類	事象	確認時期	概要及びこれまでの対応状況	今後の対応
汚染水処理設備 (タンク)	⑫ 5/6号機の滞留水を貯留しているフランジ型タンクの天板点検口蓋がない事象	2月14日	<ul style="list-style-type: none"> 2月14日に、5/6号機滞留水処理設備Fエリアタンクのフランジ型タンク6基で天板点検口蓋が無いことを確認 (タンク内へ落下と推定) 当該タンクの蓋の無い箇所について、開口部養生を実施 	<ul style="list-style-type: none"> 落下したタンク天板点検口蓋については作業の安全性を考慮し回収をしない。なお、内部確認を行いタンクの連結管を塞ぐ状況となっている場合については回収等対応を行う 内部確認及び新規蓋の取付けについては、タンク歩廊撤去とエリアが重なることから時期の調整中

(参考3) 地震発生後の福島第一原子力発電所の状況について (10/15) 

分類	事象	確認時期	概要及びこれまでの対応状況	今後の対応
汚染水処理設備 (タンク)	⑬ 多核種除去設備 処理水貯槽 (G6エリア) タンク水位指示 計の指示不良	2月13日	<ul style="list-style-type: none"> 2月13日にG6エリアタンクの水位計14台の指示が表示していないことを確認 2月14日現場にて漏えいなしを確認。水位計電源の入り、切り操作を実施したが水位計指示値が復帰せず。連結しているタンクの連結弁を開操作し、開操作したタンク水位計の指示値に変動がないことから漏えいがないと判断。 2月16日に水位計点検を実施し故障を確認 3月3日に水位計の交換を実施し、水位監視に異常がないことを確認 	<ul style="list-style-type: none"> 対応完了済
	⑭ 多核種除去設備 処理水貯槽 (J4-D3) タンク 水位計指示不良	2月13日	<ul style="list-style-type: none"> 2月13日にJ4-D3タンクの水位計の入力不良の警報が発生 2月14日現場にて漏えいなしを確認。水位計電源の入り、切り操作を実施したが水位計指示値が復帰せず。連結しているタンクの連結弁を開操作し、開操作したタンク水位計の指示値に変動がないことから漏えいがないと判断。 2月18日に水位計点検を実施し故障を確認 3月4日に水位計の交換を実施し、水位監視に異常がないことを確認 	<ul style="list-style-type: none"> 対応完了済

(参考3) 地震発生後の福島第一原子力発電所の状況について (11/15) **TEPCO**

分類	事象	確認時期	概要及びこれまでの対応状況	今後の対応
電源設備	⑮ 所内共通 P/C (パワーセン ター)3B電圧不 足警報の誤発報	2月14日	<ul style="list-style-type: none"> 電源盤の電圧を検出する装置（接地型計器用変圧器）が地震により断路位置となったため、電圧低下を誤検出し電圧不足警報が発報したもの 2月16日、所内共通P/Cを停止し点検実施。特に異常は認められなかったことから、接地型計器用変圧器を正常位置に戻し復旧（警報もクリア） 	<ul style="list-style-type: none"> 接地型計器用変圧器を正常位置に復旧した その後、電源盤の受電を行い、電圧不足警報が発生しないことを確認した 類似箇所を点検し、異常の無いことを確認済み（4/27）

(参考3) 地震発生後の福島第一原子力発電所の状況について (12/15) **TEPCO**

分類	事象	確認時期	概要及びこれまでの対応状況	今後の対応
廃棄物 保管施設	⑩ 瓦礫保管エリア一 時保管施設におけ るコンテナ傾き及 び転倒	2月14日	<ul style="list-style-type: none"> 瓦礫等一時保管エリアAAにおいて、20ftコンテナの一部が転倒及び傾いていることを確認 内容物は除染済みのフランジタンク片であり、汚染やダストの飛散がないことを2月16日に確認 (転倒したコンテナの内容物の表面汚染密度 <math>< 1.0\text{Bq}/\text{cm}^2</math>、 付近のダスト濃度 <math>< 1.7 \times 10^{-5}\text{Bq}/\text{cm}^3</math>) ※ 当該エリアを立ち入り制限中 ※表面汚染密度 <math>< 1.0\text{Bq}/\text{cm}^2</math> : 管理区域からの物の持ち出し基準未満 付近のダスト濃度 <math>< 1.7 \times 10^{-5}\text{Bq}/\text{cm}^3</math> : マスク着用基準の1/10未満 5月11日より、20ftコンテナの移動作業を開始 	<ul style="list-style-type: none"> 順次転倒・傾いているコンテナを安定・安全な状態にしていく
	⑪ 使用済セシウム吸 着塔仮保管施設の 吸着塔保管用コン クリートボックス の位置ずれと底部 の破損について	3月2日	<ul style="list-style-type: none"> 仮保管施設のコンクリート製ボックスカルバート1箇所数cmの位置ずれを確認。また、当該ボックスカルバートの底部の隙間を埋めているコンクリート材にひび割れを確認 なお、当該施設は現在使用しておらず今後も使用予定はないが、人が近づかないように立入禁止処置を実施済み その他の保管施設については、異常は確認されていない 	<ul style="list-style-type: none"> ずれに対する補強方法を検討中
	⑫ 雑固体廃棄物焼却 設備(A)(B)自動倉 庫内の廃棄物収納 箱のずれについて	3月10日	<ul style="list-style-type: none"> 雑固体廃棄物焼却設備の自動倉庫内の廃棄物収納箱をスタッカークレーンにて引き出そうとしたところ、引き出せない事象が発生 目視で確認したところ、片系統148箇所のうちA、B系統いずれも十数箇所の廃棄物収納箱に明らかなずれを確認 現在も焼却炉は点検停止中であり、廃棄物収納箱にずれはあるものの自動倉庫内に収納されており落下等の安全上のリスクはない 	<ul style="list-style-type: none"> ずれの修正完了 A系：4月23日 B系：4月28日 自動運転確認 A系：5月22日 B系：5月31日 完了予定

(参考3) 地震発生後の福島第一原子力発電所の状況について (13/15) **TEPCO**

分類	事象	確認時期	概要及びこれまでの対応状況	今後の対応
その他建屋	⑱ 大型機器点検 建屋北側外壁 パネル落下	2月14日	<ul style="list-style-type: none"> 大型機器点検建屋の北側外壁において、外壁パネル4枚が落下していることを確認 落下したパネルは建屋が隣接する道路の通行に支障がないエリアへ片付け、下部への立入禁止措置を実施 パネルが外れた開口部については鉄板による仮塞ぎを実施 開口部廻りのパネルについては、ビス固定による落下防止対策を施し落下するおそれがないことを確認 	<ul style="list-style-type: none"> 本復旧までの期間は立入禁止措置を継続すると共に、仮塞ぎ箇所を適宜確認し、異常を発見した場合は速やかに復旧する 9月末本復旧予定
	⑳ 協力企業棟外 壁及び天井パ ネルがない事 象	2月14日	<ul style="list-style-type: none"> 協力企業棟において、2011年3月11日地震時に外れた外壁部分から、室内の備品等が落下するおそれがあることを確認 外壁が外れている箇所下部への立入禁止措置を実施 室内物品を片付けを行い、開口部から室内の物品が落下する恐れがないことを確認 	<ul style="list-style-type: none"> 建物は立入禁止措置を継続する。 建屋所有者（他社）と開口塞ぎ方法について検討
	㉑ 大型休憩所給 水配管損傷	2月14日	<ul style="list-style-type: none"> 大型休憩所8階天井部分から、給水配管の破損に伴い漏水していることを確認 当該系統のバルブを閉止操作を実施し漏水対策を実施 現状、給水配管の仮復旧が完了し断水箇所はないため、運用上の支障は発生していない 	<ul style="list-style-type: none"> 6月末本復旧予定
	㉒ 5号機タービン 建屋2階東側天 井からの雨水 浸入	2月15日 2月17日	<ul style="list-style-type: none"> 5号機タービン建屋において、2月15日及び2月17日に天井のルーフトレン付近2箇所から雨水の漏水があることを確認 建屋屋上にて、ルーフトレンにシート及び土嚢を設置し、雨水浸入に対する仮対策を施した 漏水箇所の修理を実施し、復旧を完了 	<ul style="list-style-type: none"> 対応完了済

(参考3) 地震発生後の福島第一原子力発電所の状況について (14/15) **TEPCO**

分類	事象	確認時期	概要及びこれまでの対応状況	今後の対応
その他 建屋	⑳ 大型機器点検 建屋給気ファン(C)自動停止	2月15日	<ul style="list-style-type: none"> 2月15日に大型機器点検建屋の給気ファンCがトリップにより停止していることを確認 本事象の原因は、地震の影響によりプレフィルタ本体のメッシュが脱落し、給気ファンと接触したものと推定 給気ファンA及びBについては異常なく、現在も運転中。通常2台運転であるため問題なし 	<ul style="list-style-type: none"> 4月26日フィルタ交換完了
その他	㉑ 体表面汚染モニタ動作不能事象	2月14日	<ul style="list-style-type: none"> 地震に伴い、下記の体表面モニタについて、モニタ出入口扉が大きく動いたこと等により、機器の異常が発生し機能が停止 入退域管理施設：7台/7台※1 1~4号機出入口管理所：3台/4台 5/6号機：2台/2台※2 車両スクリーニング場：1台/1台 車両スクリーニング場を除く12台については、動作確認を行い2月14日までに復旧 車両スクリーニング場の1台については、部品が脱落し検出器に接触したことから、検出器の修理および交換を実施し、2月16日までに復旧 動作不能時は残りのモニタおよび手サーベイにより対応し、放射線管理上の影響はなかった ※1:地震後速やかに復旧した入退域管理施設の4台を含む ※2:地震後速やかに復旧した5/6号機の1台と2月14日 日中帯で復旧した5/6号機の1台 	<ul style="list-style-type: none"> 車両スクリーニング場体表面モニタ検出器については、今年度中に修理を実施予定
	㉒ 6号機北側の機材倉庫で保管している小型発電機からの油漏えい	2月15日	<ul style="list-style-type: none"> 2月15日に6号機北側に設置している屋外倉庫の扉が外れており、倉庫内に保管されていた発電機からエンジンオイルが漏えいしていることを確認（油えい範囲：直径約20cm×約1mm） 漏えいした油の回収処理、及び漏えいが発生した発電機を別倉庫へ移動を実施 	<ul style="list-style-type: none"> 対応完了済

(参考3) 地震発生後の福島第一原子力発電所の状況について (15/15) **TEPCO**

分類	事象	確認時期	概要及びこれまでの対応状況	今後の対応
その他	⑳ 建屋、倉庫等のシャッター扉の開閉不良	2月14日 2月16日	<p>【大型機器点検建屋】</p> <ul style="list-style-type: none"> 2月14日に建屋に設置されている全4箇所のシャッターがガイドレールから外れ、開閉不能になっていることを確認 隙間が空いている箇所についてはシート養生を施し、雨水が容易に浸入しないことを確認 <p>【増設多核種除去設備建屋】</p> <ul style="list-style-type: none"> 2月14日に建屋に設置されている2箇所のシャッターの内、1箇所がガイドレールから外れ開閉不能になっていることを確認 搬出入作業が実施できるようシャッター下部を撤去し、仮塞ぎ用の養生シートを設置 <p>【車輜整備場】</p> <ul style="list-style-type: none"> 2月16日に建屋に設置されている3箇所のシャッターの内、1箇所で部品脱落により開閉不能になっていることを確認 2箇所のシャッターが開閉可能であり、車両の出し入れに影響はない 	<p>【大型機器点検建屋】</p> <ul style="list-style-type: none"> 対応完了済み <p>【増設多核種除去設備建屋】</p> <ul style="list-style-type: none"> 10月末に本復旧を予定しており、それまでの期間は、シート養生を継続 <p>【車輜整備場】</p> <ul style="list-style-type: none"> 6月末本復旧予定

5/27 面談でのコメントへのご回答

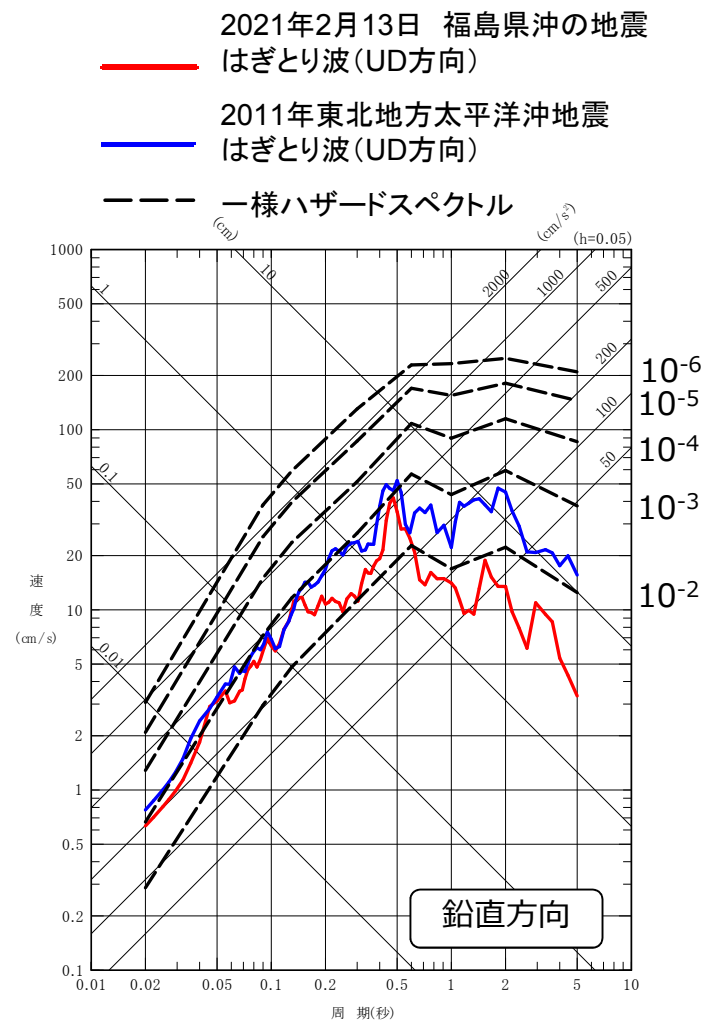
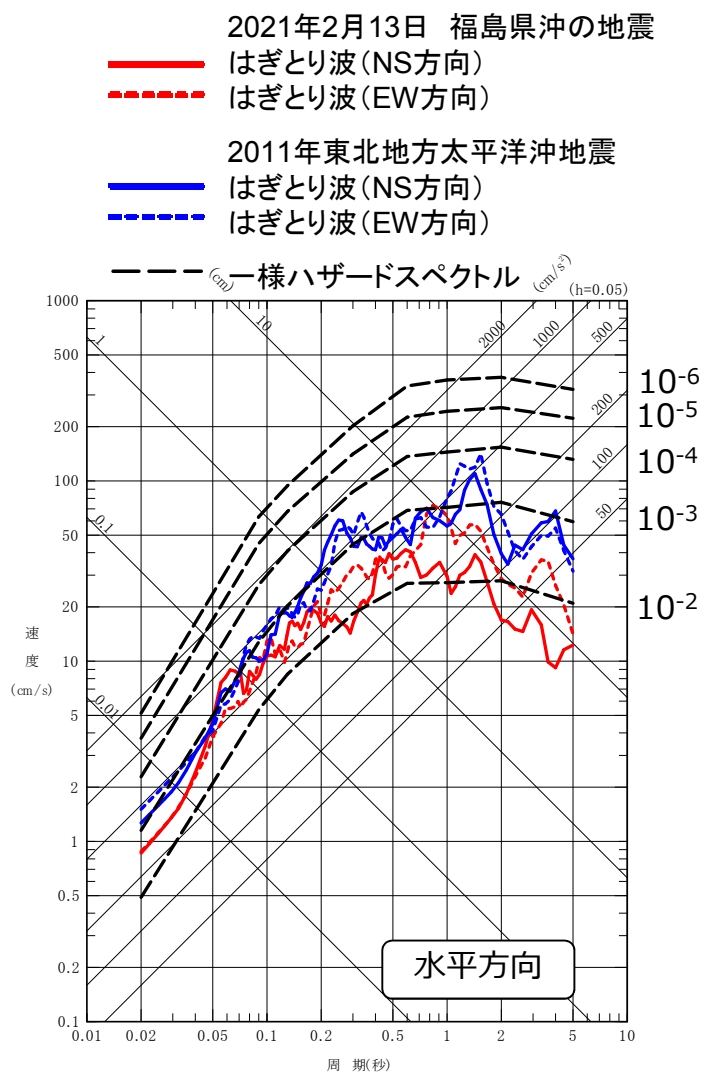
2021年6月3日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

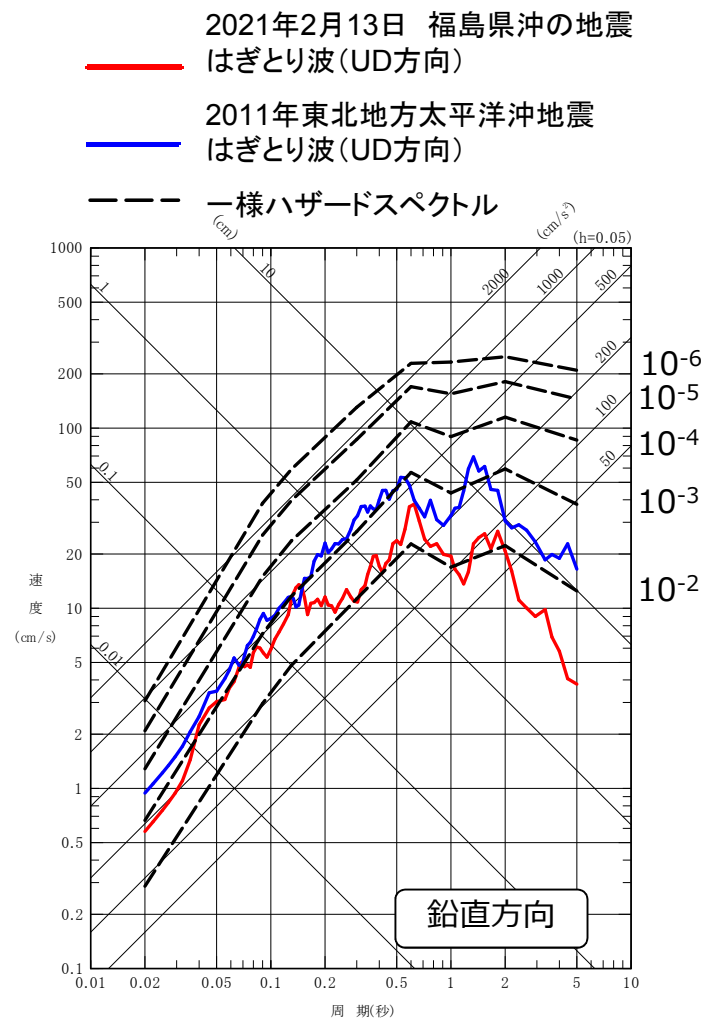
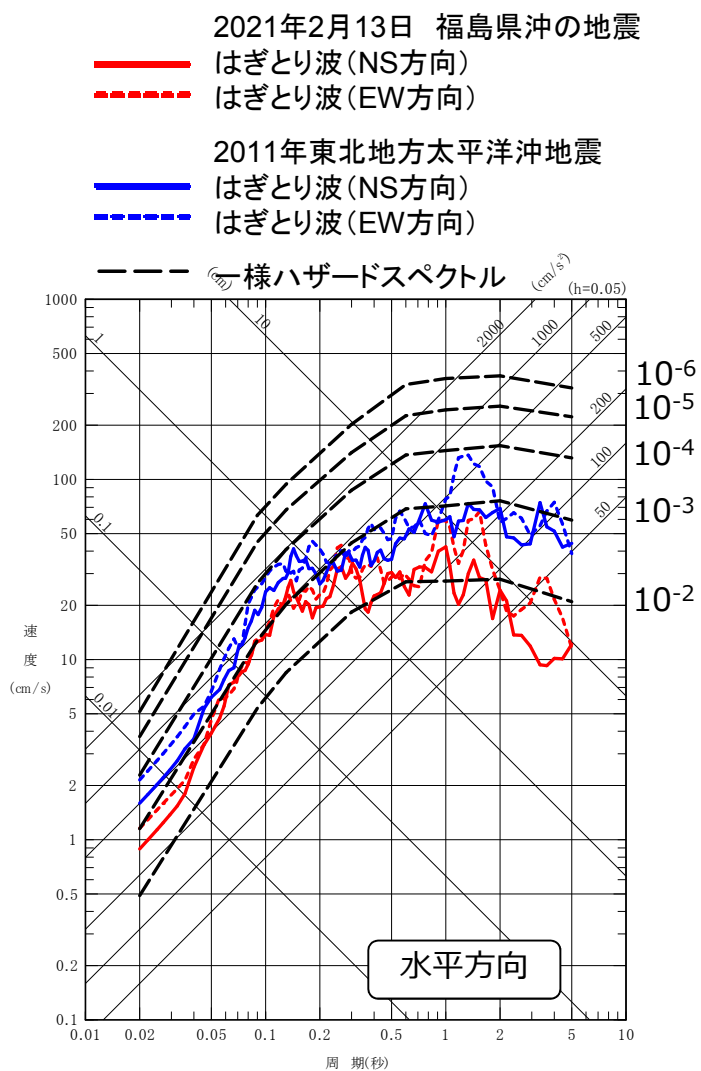
- 2011年東北地方太平洋沖地震の知見や新規制基準を踏まえ作成した一様ハザードスペクトル[※]との比較を示す。
- 2021年2月13日福島県沖の地震による地震動レベルは、長周期側では 10^{-2} 程度、短周期側では $10^{-2} \sim 10^{-3}$ 程度の年超過確率に相当することを確認した。

※)東京電力株式会社(2014), 資料2 東京電力福島第一原子力発電所の外部事象に対する防護の検討について, 特定原子力施設監視・評価検討会(第27回), <https://www.nsr.go.jp/data/000051144.pdf>



- 2011年東北地方太平洋沖地震の知見や新規制基準を踏まえ作成した一様ハザードスペクトル[※]との比較を示す。
- 2021年2月13日福島県沖の地震による地震動レベルは、長周期側では 10^{-2} 程度、短周期側では $10^{-2} \sim 10^{-3}$ 程度の年超過確率に相当することを確認した。

※)東京電力株式会社(2014), 資料2 東京電力福島第一原子力発電所の外部事象に対する防護の検討について, 特定原子力施設監視・評価検討会(第27回), <https://www.nsr.go.jp/data/000051144.pdf>



以下、参考資料

2021年2月13日福島県沖地震 はぎとり波の詳細とSs, Sdとの比較

2021年5月27日

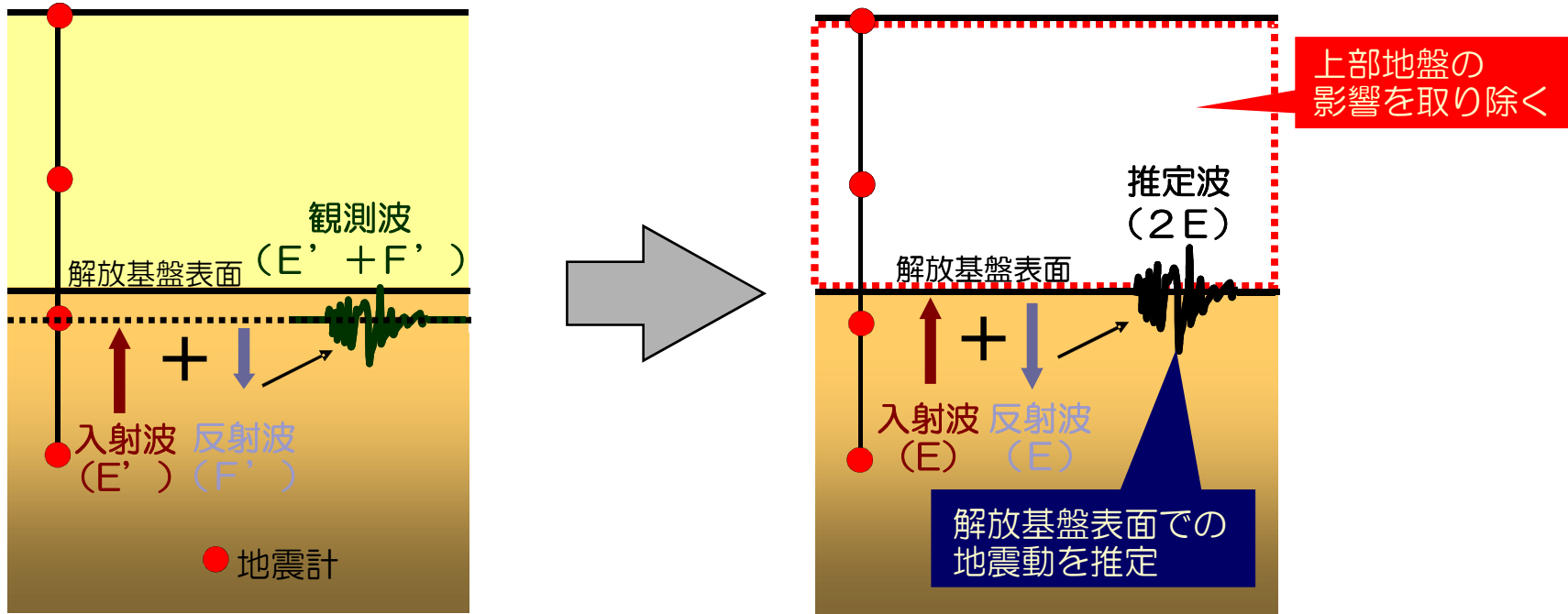
TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

本資料中におけるO.P.表記は震災前の「旧O.P.表記」を指す。
T.P.表記に換算する際は、震災後の地盤沈下量(-709mm)とO.P.から
T.P.への読替値(-727mm)を用いて、下式に基づき換算する。
<換算式> T.P.=旧O.P.-1,436mm

はぎとり解析の目的

地盤中の記録から，上部地盤の影響を取り除き，解放基盤表面の地震動を推定する。
なお，解放基盤表面の地震動を「はぎとり波」と呼ぶ。



はぎとり解析の概念図

地盤中の記録から，上部地盤の影響を取り除き，はぎとり波を推定する。はぎとり波は，最も観測記録が多く得られている自由地盤系北地点の水平動の分析結果を踏まえ，以下の検討フローに基づき推定する。

①地盤モデル同定

最も観測記録が多く得られている自由地盤系北地点の水平動を対象に，今回の地震観測記録を用いて評価した伝達関数を対象に逆解析を実施し，地盤モデル（以下，今回モデル）を同定。

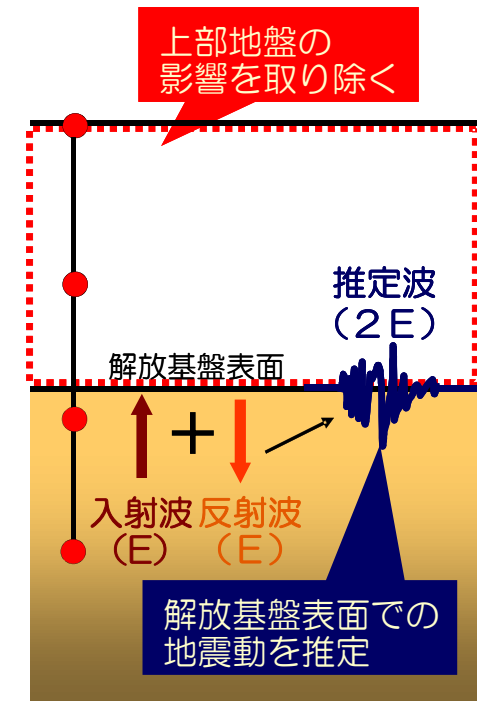
- ・ 逆解析手法はG Aを採用
- ・ 同定の対象としたパラメータ S波速度・減衰
- ・ 層厚，密度についてはPS検層結果を参考に固定

②はぎとり解析用の地盤モデルの設定

①で求めた今回モデルと2011年東北地方太平洋沖地震の観測記録を用いて同定した地盤モデル（以下，既往モデル）を比較。両モデルのS波速度・減衰，理論伝達関数，及びはぎとり波がほぼ同等となることから，既往モデルを用いることが妥当と考えられる。なお，北地点（水平動）については，今回の記録を用いて適切に地盤同定ができたことから今回モデルを用いる。

③はぎとり波推定

②で設定した地盤モデルを用いて，はぎとり波を推定



①地盤モデル同定（今回モデル）

自由地盤系北地点 地盤モデルの同定（水平方向）

- S波の鉛直入射を仮定した次元波動論に基づく理論地盤伝達特性を当てはめる逆解析により同定
- 観測記録による伝達関数は、方向による差異が無いことを確認後、NS・EW方向の平均で評価
- 同定対象は、S波速度及び減衰（層厚、密度はPS検層結果で固定）
- 探索範囲は以下の通り設定
 - 【S波速度】
O.P.+14.2m～O.P.+0.2m
・・・初期モデルの0.25～1.2倍
上記以外・・・初期モデルの0.8～1.2倍
 - 【減衰】
 $h(f) = h_0 \times f^{-\alpha}$ $0 \leq h(f) \leq 1$
探索範囲は h_0, α とも $0 \sim 1$
- 遺伝的アルゴリズムを用い、初期乱数を変えた10回の試行計算を実施。最小誤差を与える地盤モデルを採用。

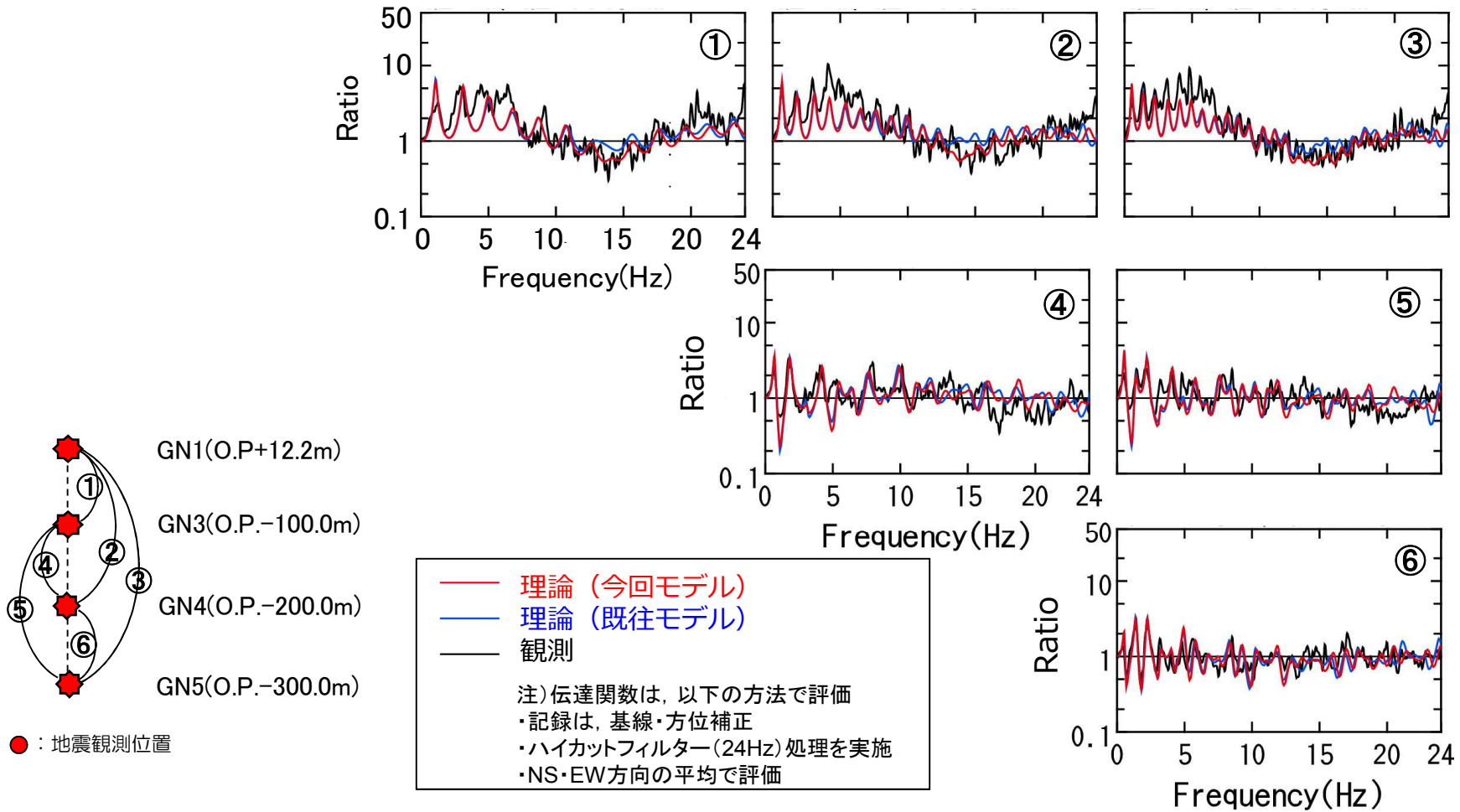
地盤モデルの同定結果（水平方向）

固定パラメータ			初期モデル	同定結果		
O.P. (m)	層厚 (m)	密度 (g/cm ³)	S波速度 (m/s)	S波速度 (m/s)	減衰 $h(f)=h_0 \times f^{-\alpha}$	
					h_0	α
+14.2						
	2.0	1.70	150	111	0.193	0.26
+12.2	12.0	1.80	430	318		
+0.2	5.2	1.68	470	455	0.149	1.00
-5.0	66.8	1.68				
-71.8	22.0	1.70	570	535	0.063	0.87
-93.8	6.2	1.78	610	572		
-100.0	85.8	1.78				
-185.8	10.2	1.83	780	735		
-196.0	4.0	1.83				
-200.0	100.0	1.83				
-300.0	—	1.83				

●：地震観測位置
※固定パラメータPS検層結果による。

②はぎとり解析用の地盤モデルの設定

- ・今回モデルの理論伝達関数は観測記録による伝達関数を再現。
- ・今回モデルと既往モデルの理論伝達関数はほぼ同等。



今回モデルの理論伝達関数 (赤) , 既往モデルの理論伝達関数 (青) ,
 及び観測記録による伝達関数 (黒) の比較

②はぎとり解析用の地盤モデルの設定

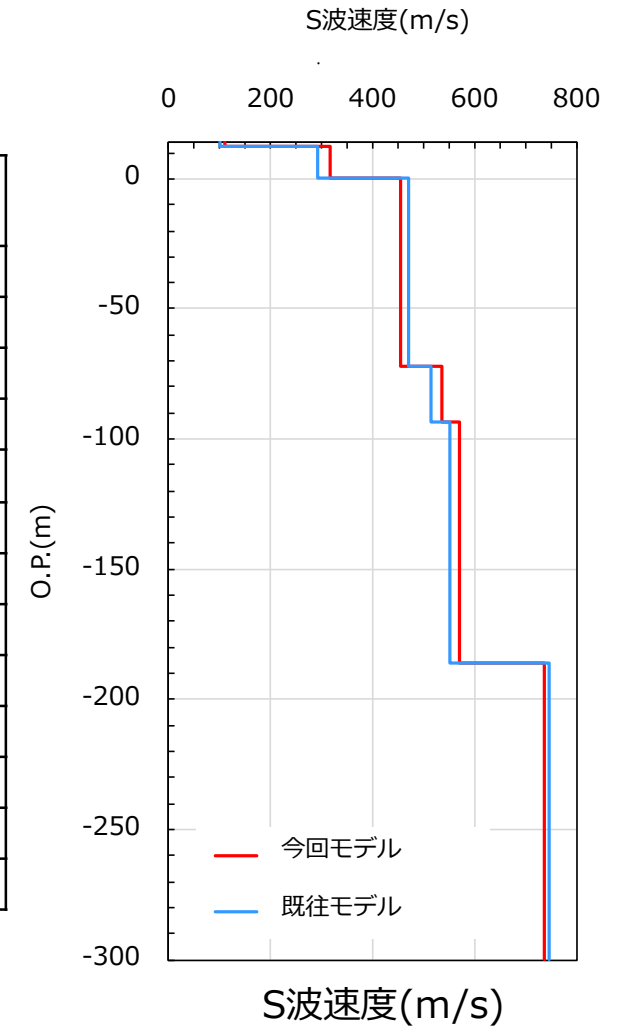
- ・ 同定された今回モデルのS波速度と減衰は既往モデルとほぼ同等。

今回モデル

O.P. (m)	層厚 (m)	S波速度 (m/s)	減衰 $h(f)=h_0 \times f^{-\alpha}$	
			h_0	α
+14.2				
	2.0	111	0.193	0.26
+12.2	12.0	318	0.193	0.26
+0.2	5.2	455	0.149	1.00
-5.0	66.8	455	0.149	1.00
-71.8	22.0	535	0.063	0.87
-93.8	6.2	572	0.063	0.87
-100.0	85.8	572	0.063	0.87
-185.8	10.2	735	0.063	0.87
-196.0	4.0	735	0.063	0.87
-200.0	100.0	735	0.063	0.87
-300.0	—	735	0.063	0.87

既往モデル

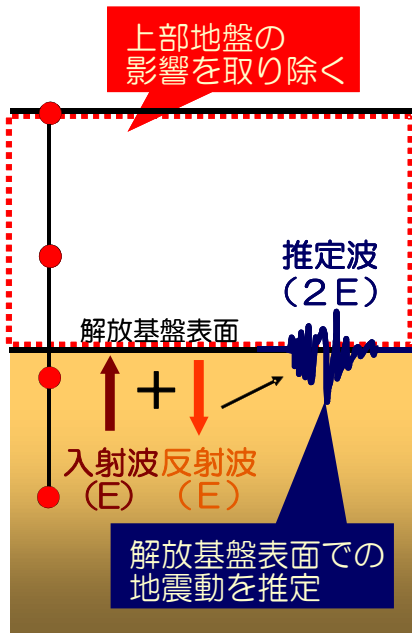
O.P. (m)	層厚 (m)	S波速度 (m/s)	減衰 $h(f)=h_0 \times f^{-\alpha}$	
			h_0	α
+14.2				
	2.0	103	1.000	0.59
+12.2	12.0	294	0.363	0.53
+0.2	5.2	471	0.127	1.00
-5.0	66.8	471	0.127	1.00
-71.8	22.0	515	0.070	0.94
-93.8	6.2	551	0.070	0.94
-100.0	85.8	551	0.070	0.94
-185.8	10.2	746	0.070	0.94
-196.0	4.0	746	0.070	0.94
-200.0	100.0	746	0.070	0.94
-300.0	—	746	0.070	0.94



今回モデルと既往モデルのS波速度と減衰の比較

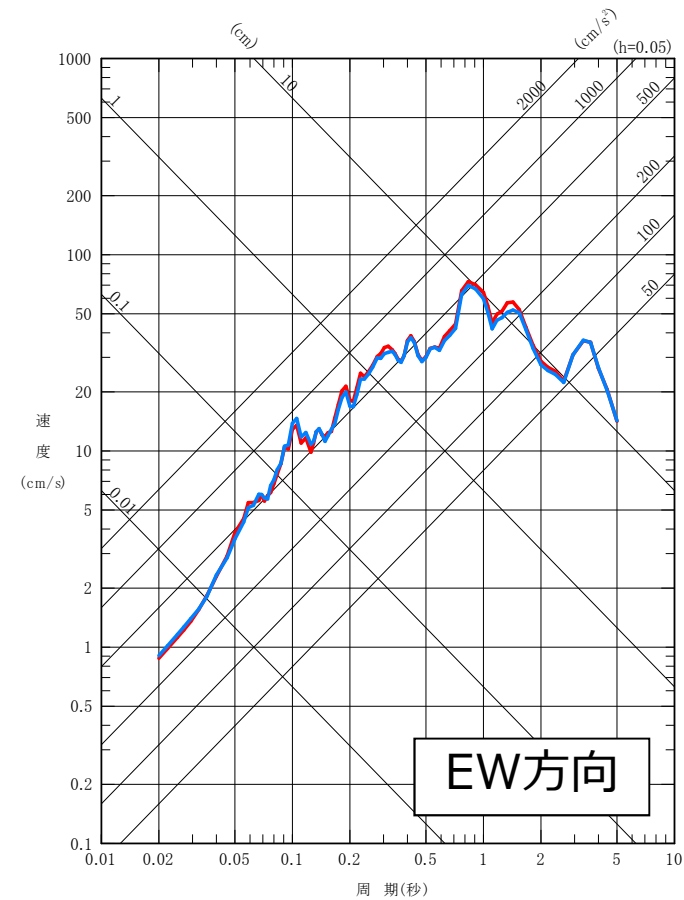
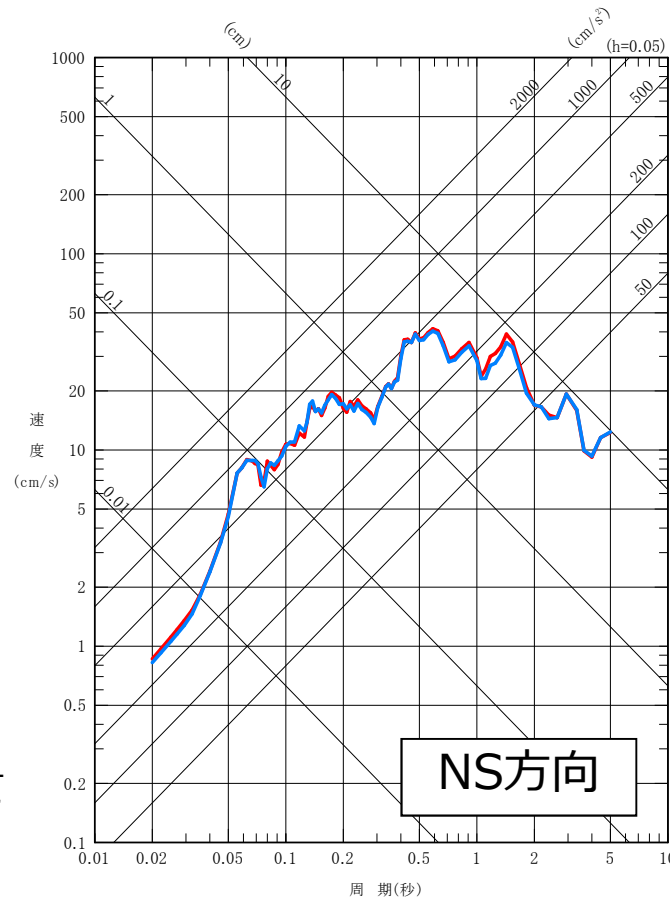
②はぎとり解析用の地盤モデルの設定

- ・今回モデルによるはぎとり波は既往モデルによるはぎとり波とほぼ同等。



※解放基盤表面 (O.P.-196m) に最も近いO.P.-200mの位置に設置されている地震計の記録を用いて、はぎとり波を推定。

— : 今回モデル
— : 既往モデル



今回モデルによるはぎとり波 (赤) と既往モデルによるはぎとり波 (青)

②はぎとり解析用の地盤モデルの設定

地盤モデルの設定方針

今回モデルと既往モデルのS波速度・減衰，理論伝達関数，及びはぎとり波がほぼ同等となることから，既往モデルを用いることが妥当と考えられる。なお，北地点（水平動）については，今回の記録を用いて適切に地盤同定ができたことから今回モデルを用いる。

北地点（水平方向）今回モデル

O.P. (m)	層厚 (m)	密度 (g/cm ³)	S波速度 (m/s)	減衰 $h(f)=h_0 \times f^{-\alpha}$	
				h_0	α
+14.2					
	2.0	1.70	111	0.193	0.26
+12.2	12.0	1.80	318	0.193	0.26
+0.2	5.2	1.68	455	0.149	1.00
-5.0	66.8	1.68	455	0.149	1.00
-71.8	22.0	1.70	535	0.063	0.87
-93.8	6.2	1.78	572	0.063	0.87
-100.0	85.8	1.78	572	0.063	0.87
-185.8	10.2	1.83	735	0.063	0.87
-196.0	4.0	1.83	735	0.063	0.87
-200.0	100.0	1.83	735	0.063	0.87
-300.0	—	1.83	735	0.063	0.87

北地点（上下方向）既往モデル

O.P. (m)	層厚 (m)	密度 (g/cm ³)	P波速度 (m/s)	減衰 $h(f)=h_0 \times f^{-\alpha}$	
				h_0	α
+14.2					
	2.0	1.70	1229	0.382	0.40
+12.2	12.0	1.80	1229	0.382	0.40
+0.2	5.2	1.68	1803	0.582	1.00
-5.0	66.8	1.68	1803	0.582	1.00
-71.8	22.0	1.70	1803	0.582	1.00
-93.8	6.2	1.78	1879	0.266	1.00
-100.0	85.8	1.78	1879	0.266	1.00
-185.8	10.2	1.83	1982	0.196	1.00
-196.0	4.0	1.83	1982	0.196	1.00
-200.0	100.0	1.83	1982	0.196	1.00
-300.0	—	1.83	1982	0.196	1.00

②はぎとり解析用の地盤モデルの設定

南地点（水平方向） 既往モデル

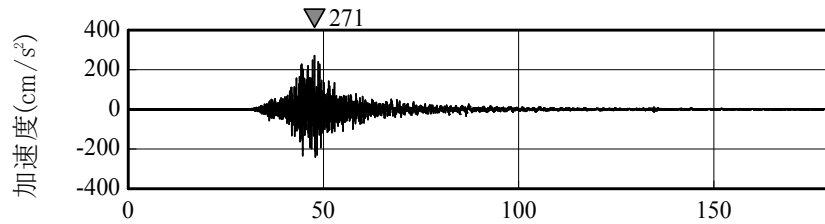
O.P. (m)	層厚 (m)	密度 (g/cm ³)	S波速度 (m/s)	減衰 $h(f)=h_0 \times f^{-\alpha}$	
				h_0	α
+34.9					
	2.0	2.10	285	0.291	0.25
+32.9	6.0	2.10	285	0.291	0.25
+26.9	8.0	2.00	252	0.274	1.00
+18.9	22.0	1.73	400	0.274	1.00
-3.1	1.9	1.73	486	0.107	0.67
-5.0	44.1	1.73	486	0.107	0.67
-49.1	24.0	1.80	486	0.107	0.67
-73.1	24.0	1.80	592	0.107	0.67
-97.1	2.9	1.77	592	0.107	0.67
-100.0	9.1	1.77	592	0.107	0.67
-109.1	46.0	1.77	659	0.063	1.00
-155.1	40.0	1.76	659	0.063	1.00
-195.1	0.9	1.76	740	0.063	1.00
-196.0	4.0	1.76	740	0.063	1.00
-200.0	10.1	1.76	740	0.063	1.00
-210.1	89.9	1.81	740	0.063	1.00
-300.0	—	1.81	740	0.063	1.00

南地点（上下方向） 既往モデル

O.P. (m)	層厚 (m)	密度 (g/cm ³)	P波速度 (m/s)	減衰 $h(f)=h_0 \times f^{-\alpha}$	
				h_0	α
+34.9					
	2.0	2.10	366	0.139	0.55
+32.9	6.0	2.10	366	0.139	0.55
+26.9	8.0	2.00	1042	1.000	0.71
+18.9	22.0	1.73	1502	1.000	0.71
-3.1	1.9	1.73	1823	0.627	1.00
-5.0	44.1	1.73	1823	0.627	1.00
-49.1	24.0	1.80	1823	0.627	1.00
-73.1	24.0	1.80	1823	0.627	1.00
-97.1	2.9	1.77	1823	0.627	1.00
-100.0	9.1	1.77	1823	0.627	1.00
-109.1	46.0	1.77	1907	0.252	1.00
-155.1	40.0	1.76	1907	0.252	1.00
-195.1	0.9	1.76	2108	0.252	1.00
-196.0	4.0	1.76	2108	0.252	1.00
-200.0	10.1	1.76	2108	0.252	1.00
-210.1	89.9	1.81	2108	0.252	1.00
-300.0	—	1.81	2108	0.252	1.00

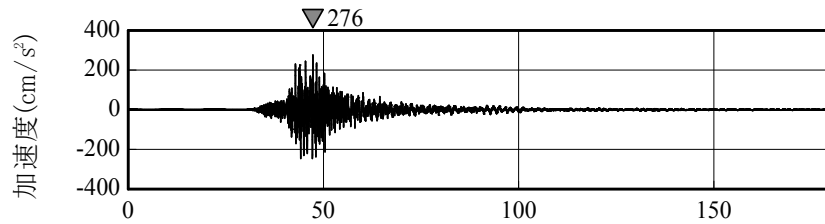
③自由地盤系北地点 はぎとり波の推定（加速度時刻歴波形）

解放基盤表面（O.P.-196m）に最も近いO.P.-200mの位置に設置されている地震計の記録を用いて、はぎとり波を推定。



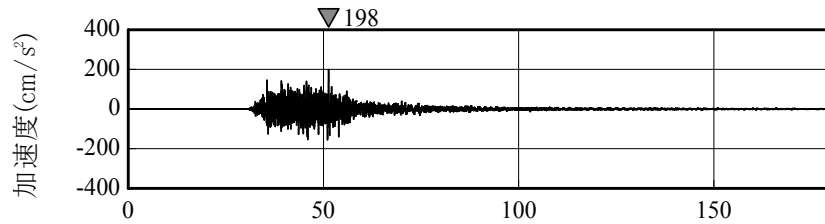
時間(秒)

はぎとり波(NS方向)



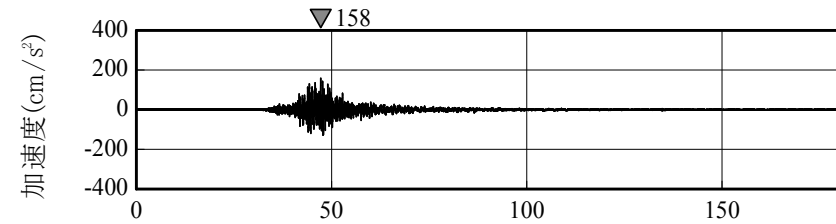
時間(秒)

はぎとり波(EW方向)



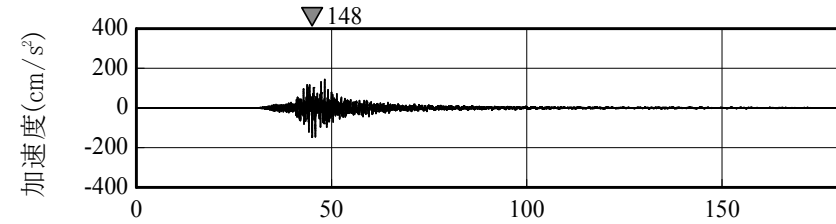
時間(秒)

はぎとり波(UD方向)



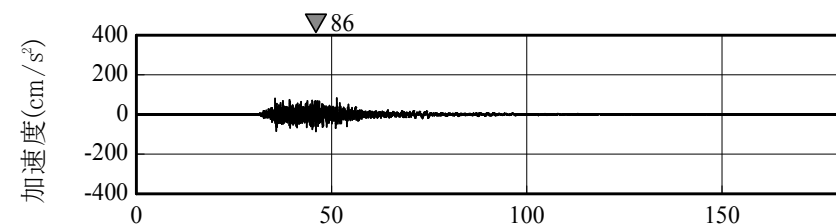
時間(秒)

O.P.-200m観測記録(NS方向)



時間(秒)

O.P.-200m観測記録(EW方向)



時間(秒)

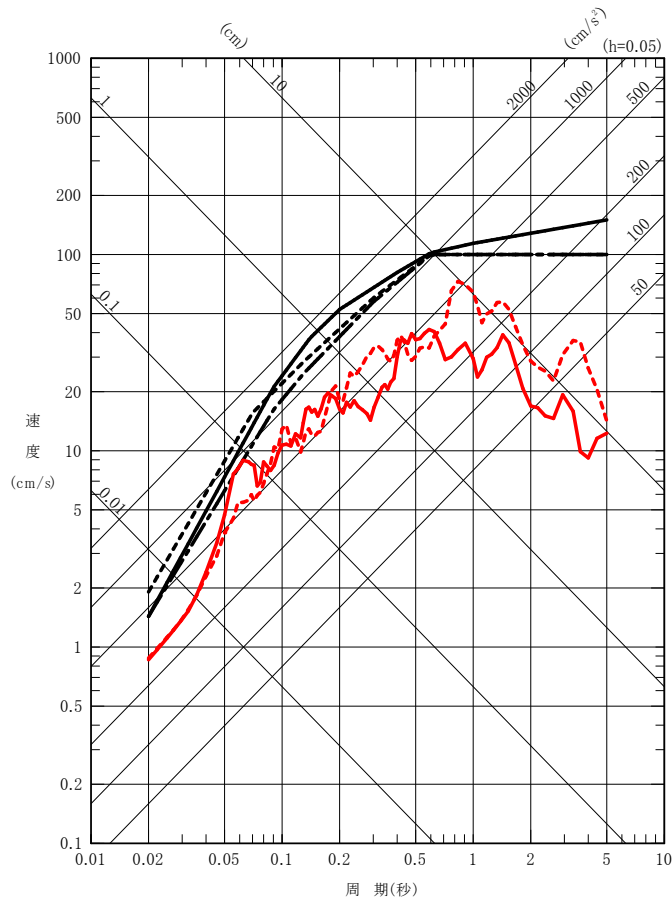
O.P.-200m観測記録(UD方向)

③自由地盤系北地点 はぎとり波の推定 (擬似速度応答スペクトル)

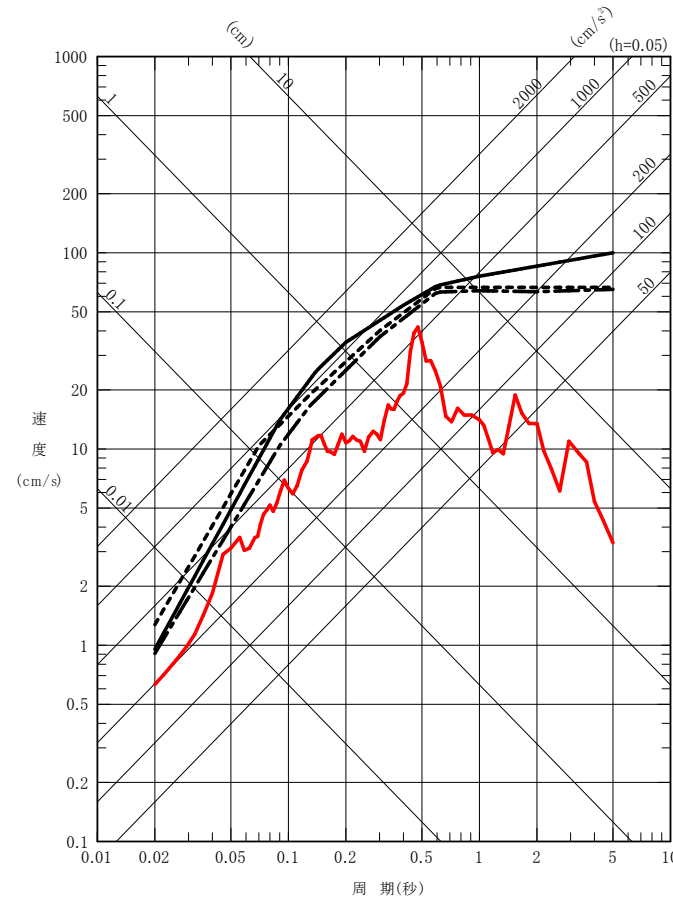


- 基準地震動Ss-1H
- - - 基準地震動Ss-2H
- · - 基準地震動Ss-3H
- はぎとり波(NS方向)
- · - はぎとり波(EW方向)

- 基準地震動Ss-1V
- - - 基準地震動Ss-2V
- · - 基準地震動Ss-3V
- はぎとり波



はぎとり波と基準地震動Ssの比較(水平方向)

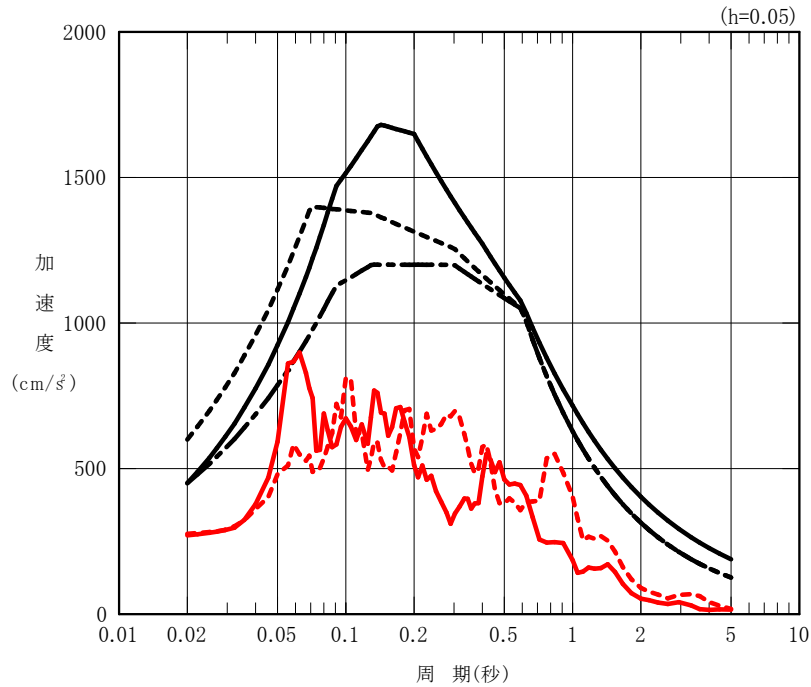


はぎとり波と基準地震動Ssの比較(鉛直方向)

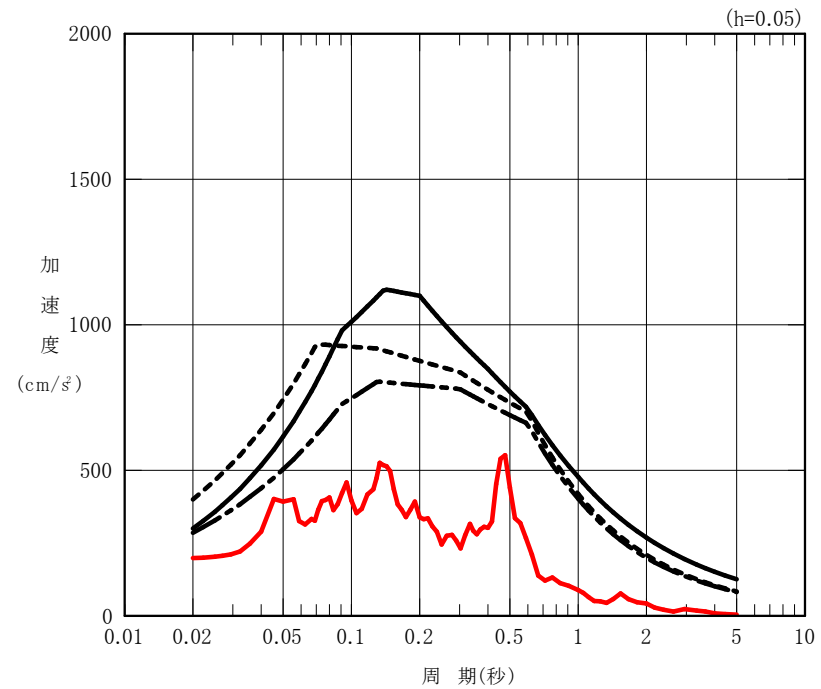
③自由地盤系北地点 はぎとり波の推定 (加速度応答スペクトル)

- 基準地震動Ss-1H
- - - 基準地震動Ss-2H
- · - 基準地震動Ss-3H
- はぎとり波(NS方向)
- · - はぎとり波(EW方向)

- 基準地震動Ss-1V
- - - 基準地震動Ss-2V
- · - 基準地震動Ss-3V
- はぎとり波



はぎとり波と基準地震動Ssの比較(水平方向)



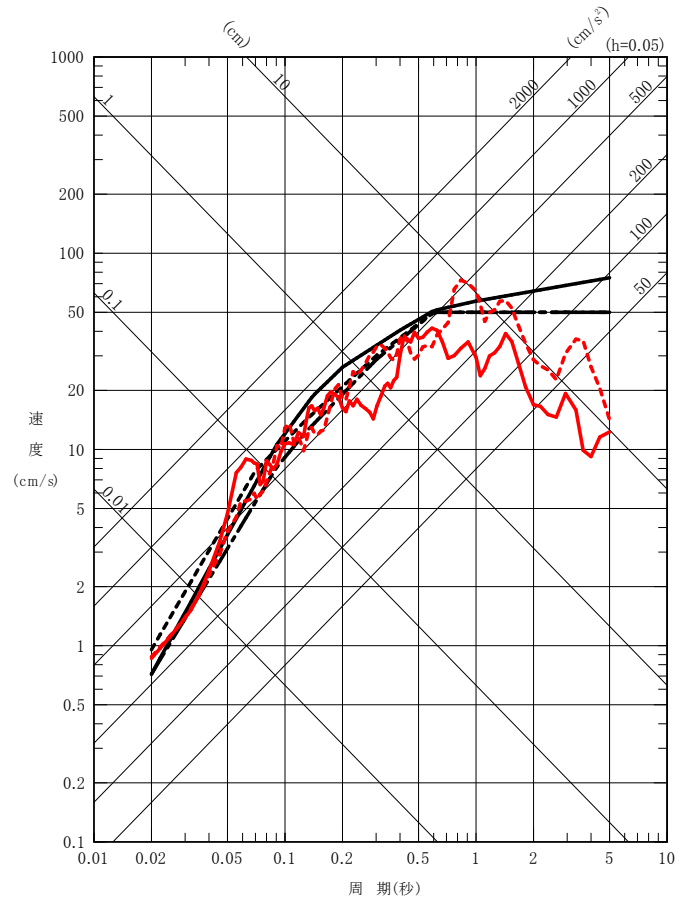
はぎとり波と基準地震動Ssの比較(鉛直方向)

③自由地盤系北地点 はぎとり波の推定 (擬似速度応答スペクトル)

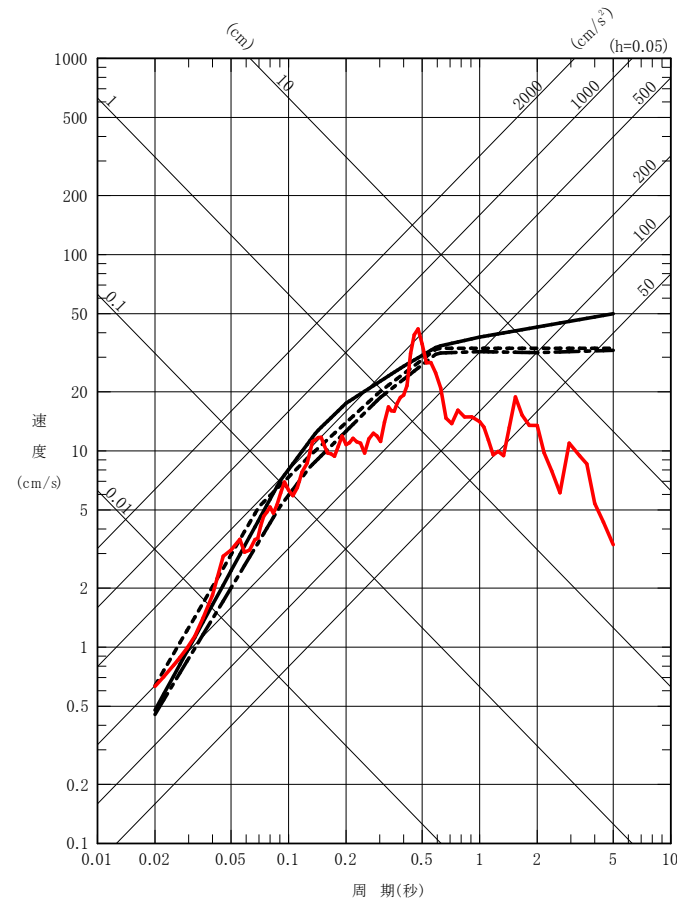


- 弾性設計用地震動Sd-1H
- - - 弾性設計用地震動Sd-2H
- · - 弾性設計用地震動Sd-3H
- はぎとり波(NS方向)
- · - はぎとり波(EW方向)

- 弾性設計用地震動Sd-1V
- - - 弾性設計用地震動Sd-2V
- · - 弾性設計用地震動Sd-3V
- はぎとり波



はぎとり波と弾性設計用地震動Sdの比較(水平方向)

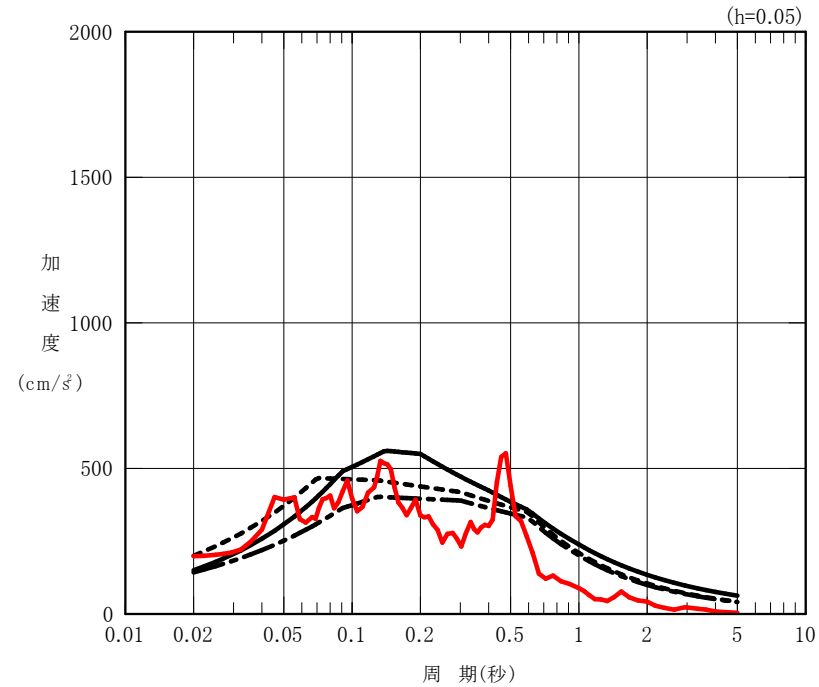
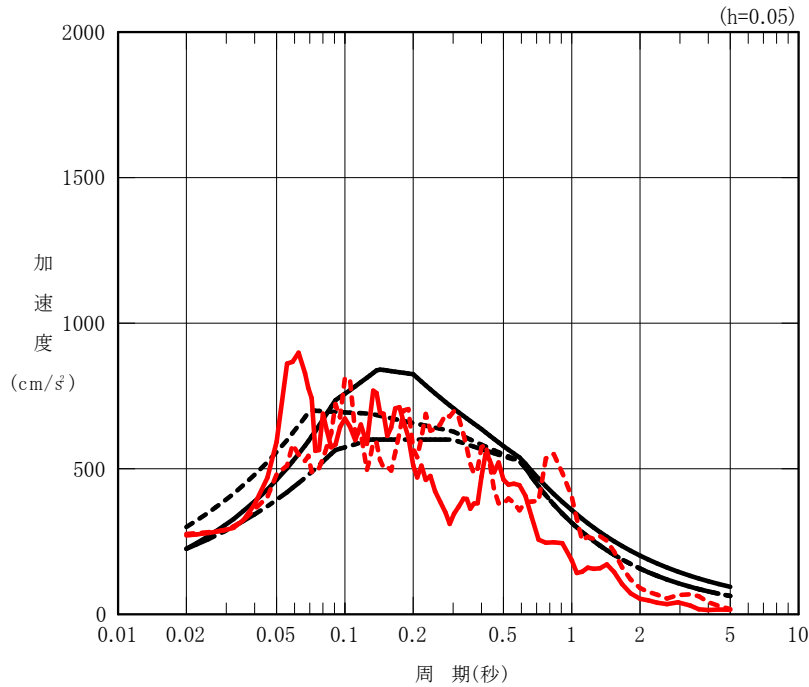


はぎとり波と弾性設計用地震動Sdの比較(鉛直方向)

③自由地盤系北地点 はぎとり波の推定 (加速度応答スペクトル)

- 弾性設計用地震動Sd-1H
- - - 弾性設計用地震動Sd-2H
- · - 弾性設計用地震動Sd-3H
- はぎとり波(NS方向)
- · - はぎとり波(EW方向)

- 弾性設計用地震動Sd-1V
- - - 弾性設計用地震動Sd-2V
- · - 弾性設計用地震動Sd-3V
- はぎとり波

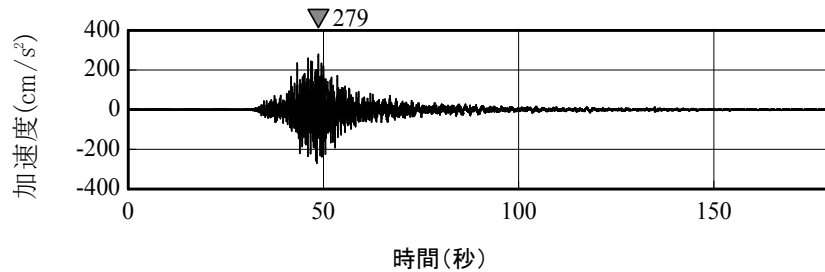


はぎとり波と弾性設計用地震動Sdの比較(水平方向)

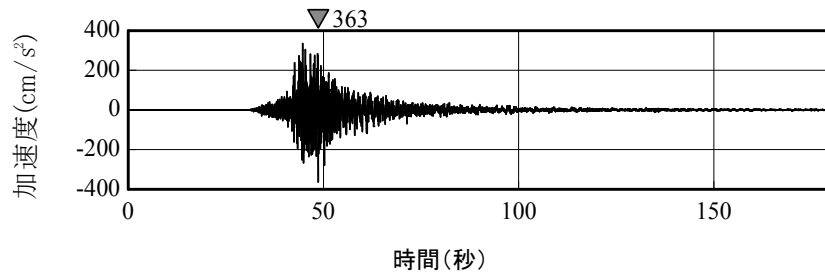
はぎとり波と弾性設計用地震動Sdの比較(鉛直方向)

③自由地盤系南地点 はぎとり波の推定（加速度時刻歴波形）

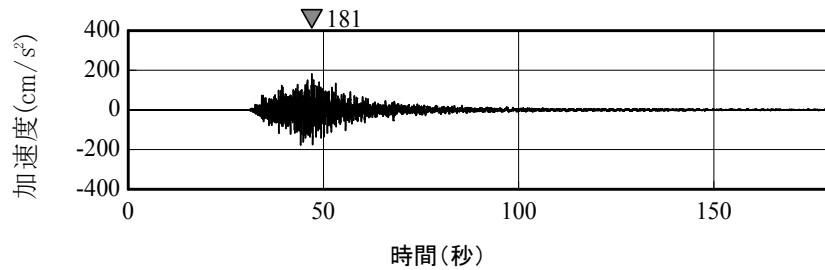
解放基盤表面（O.P.-196m）に最も近いO.P.-200mの位置に設置されている地震計の記録を用いて、はぎとり波を推定。



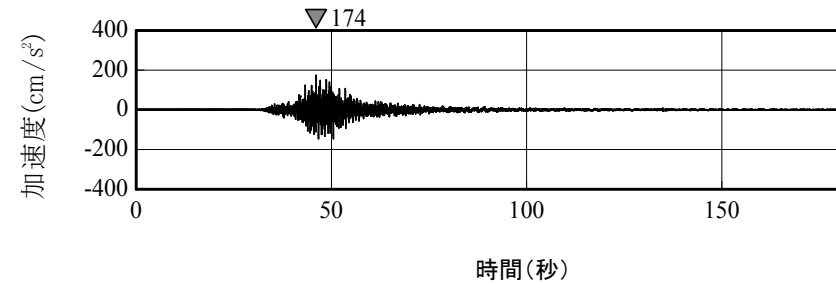
はぎとり波(NS方向)



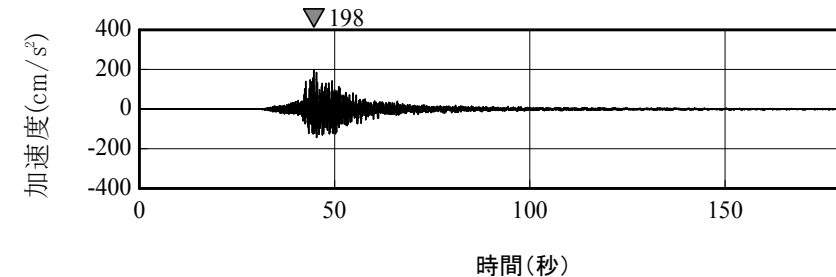
はぎとり波(EW方向)



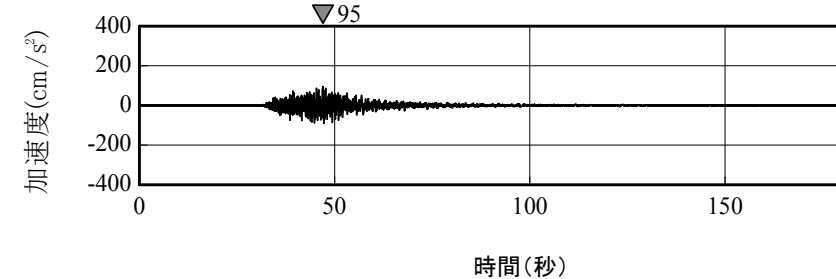
はぎとり波(UD方向)



O.P.-200m観測記録(NS方向)



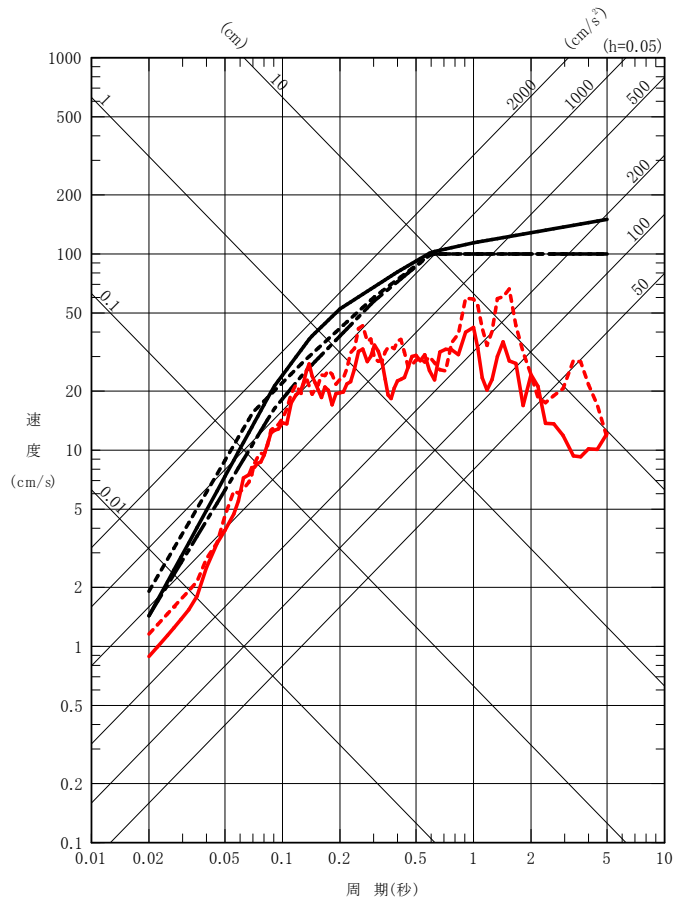
O.P.-200m観測記録(EW方向)



O.P.-200m観測記録(UD方向)

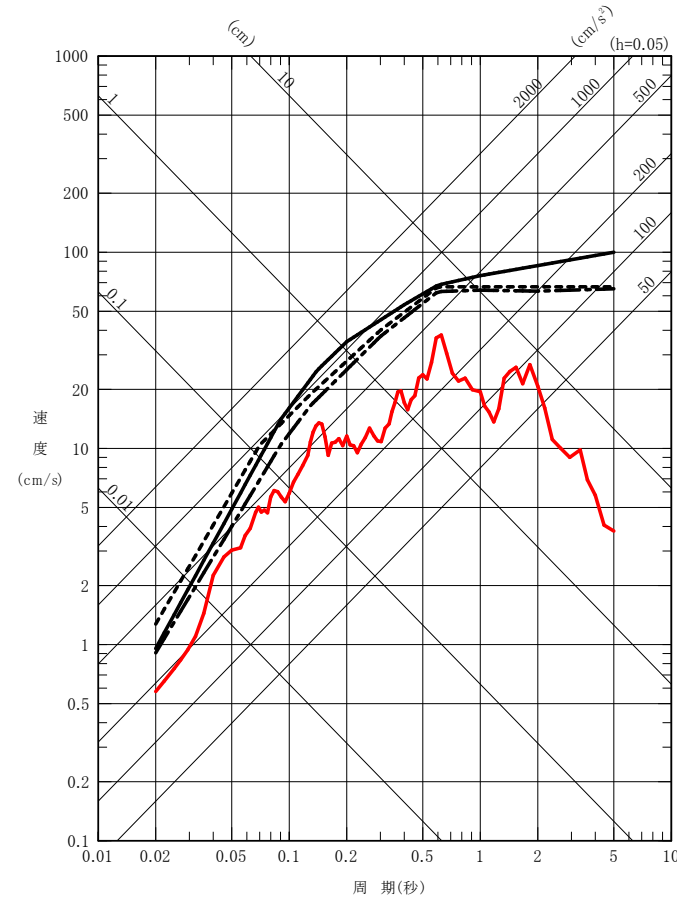
③自由地盤系南地点 はぎとり波の推定 (擬似速度応答スペクトル)

- 基準地震動Ss-1H
- - - 基準地震動Ss-2H
- · - 基準地震動Ss-3H
- はぎとり波(NS方向)
- · - はぎとり波(EW方向)



はぎとり波と基準地震動Ssの比較(水平方向)

- 基準地震動Ss-1V
- - - 基準地震動Ss-2V
- · - 基準地震動Ss-3V
- はぎとり波

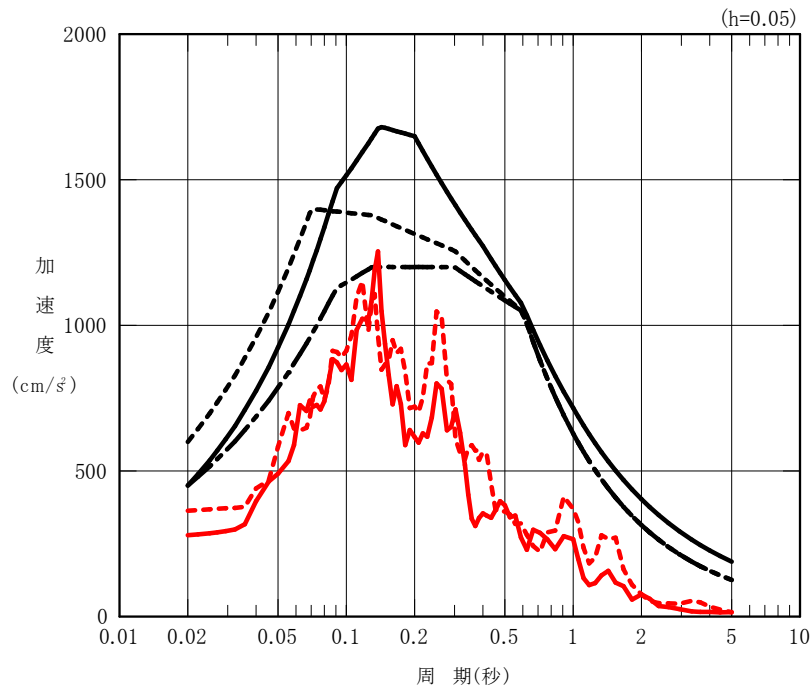


はぎとり波と基準地震動Ssの比較(鉛直方向)

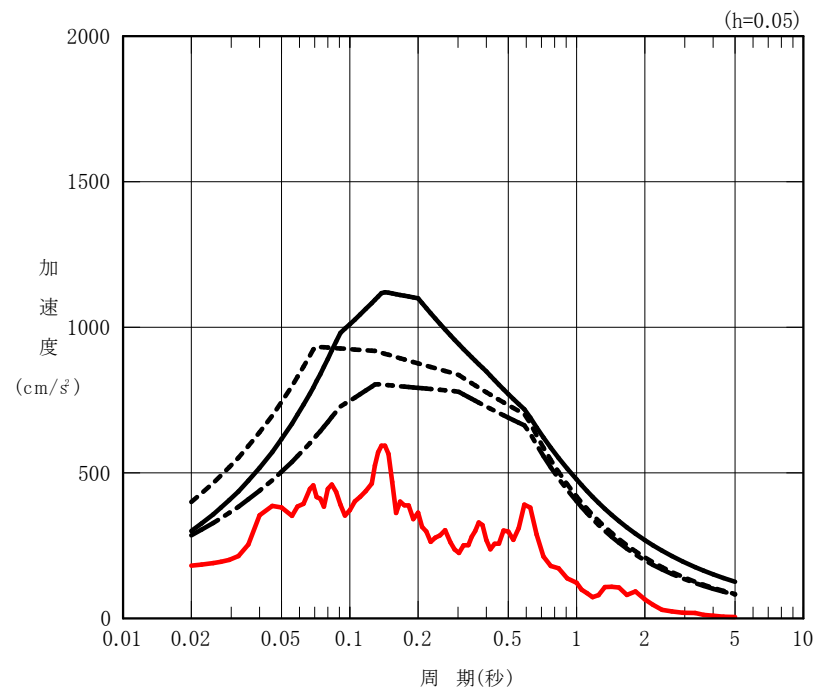
③自由地盤系南地点 はぎとり波の推定 (加速度応答スペクトル)

- 基準地震動Ss-1H
- - - 基準地震動Ss-2H
- · - 基準地震動Ss-3H
- はぎとり波(NS方向)
- · - はぎとり波(EW方向)

- 基準地震動Ss-1V
- - - 基準地震動Ss-2V
- · - 基準地震動Ss-3V
- はぎとり波



はぎとり波と基準地震動Ssの比較(水平方向)



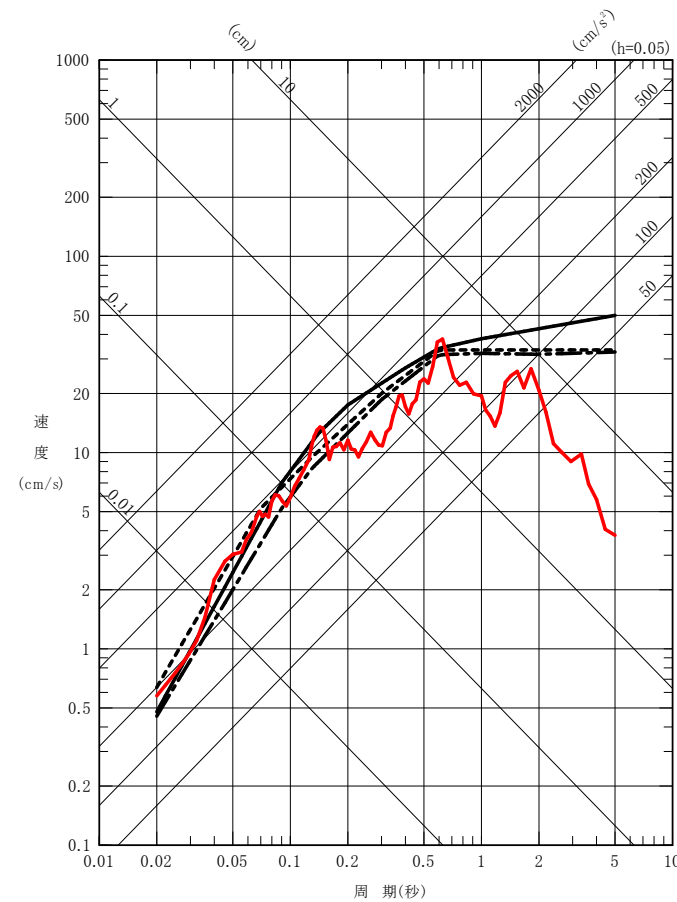
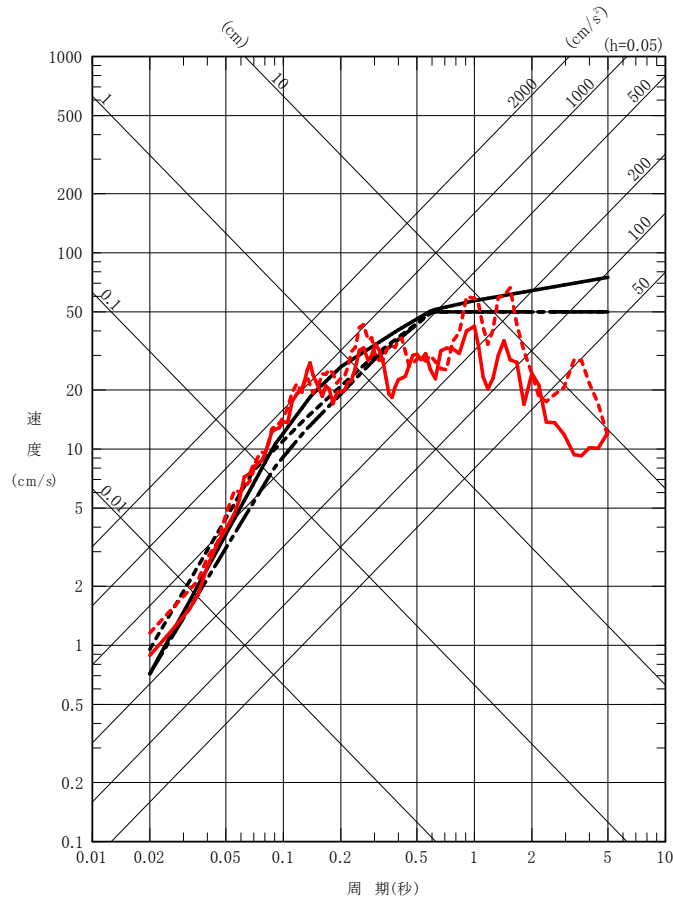
はぎとり波と基準地震動Ssの比較(鉛直方向)

③自由地盤系南地点 はぎとり波の推定 (擬似速度応答スペクトル)



- 弾性設計用地震動Sd-1H
- - - 弾性設計用地震動Sd-2H
- · - 弾性設計用地震動Sd-3H
- はぎとり波(NS方向)
- · - はぎとり波(EW方向)

- 弾性設計用地震動Sd-1V
- - - 弾性設計用地震動Sd-2V
- · - 弾性設計用地震動Sd-3V
- はぎとり波



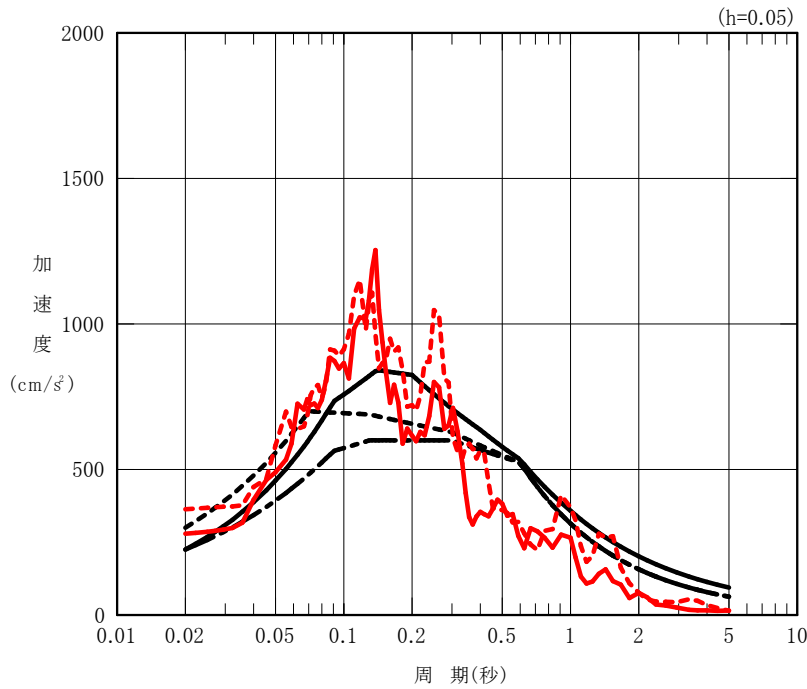
はぎとり波と弾性設計用地震動Sdの比較(水平方向)

はぎとり波と弾性設計用地震動Sdの比較(鉛直方向)

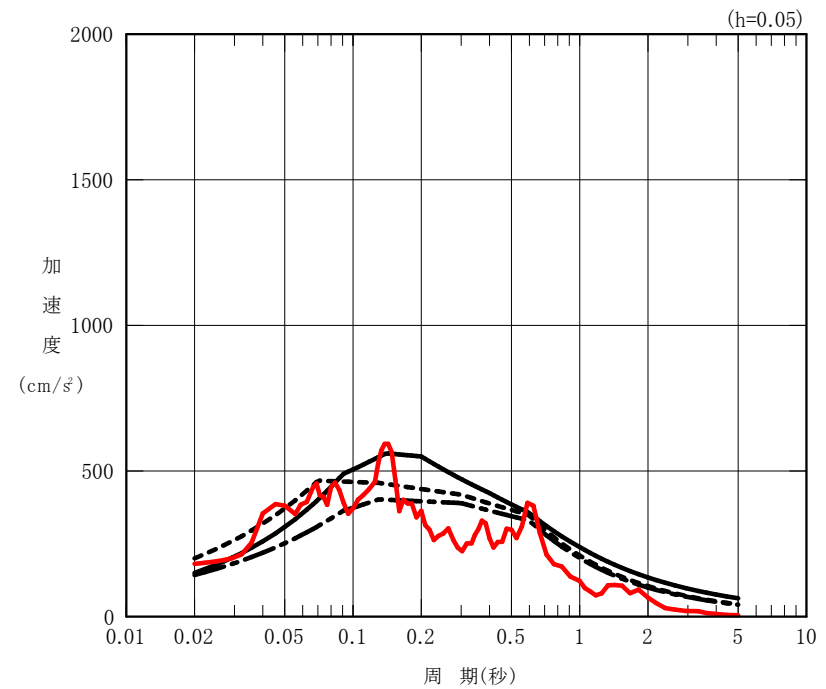
③自由地盤系南地点 はぎとり波の推定 (加速度応答スペクトル)

- 弾性設計用地震動Sd-1H
- - - 弾性設計用地震動Sd-2H
- · - 弾性設計用地震動Sd-3H
- はぎとり波(NS方向)
- · - はぎとり波(EW方向)

- 弾性設計用地震動Sd-1V
- - - 弾性設計用地震動Sd-2V
- · - 弾性設計用地震動Sd-3V
- はぎとり波



はぎとり波と弾性設計用地震動Sdの比較(水平方向)



はぎとり波と弾性設計用地震動Sdの比較(鉛直方向)