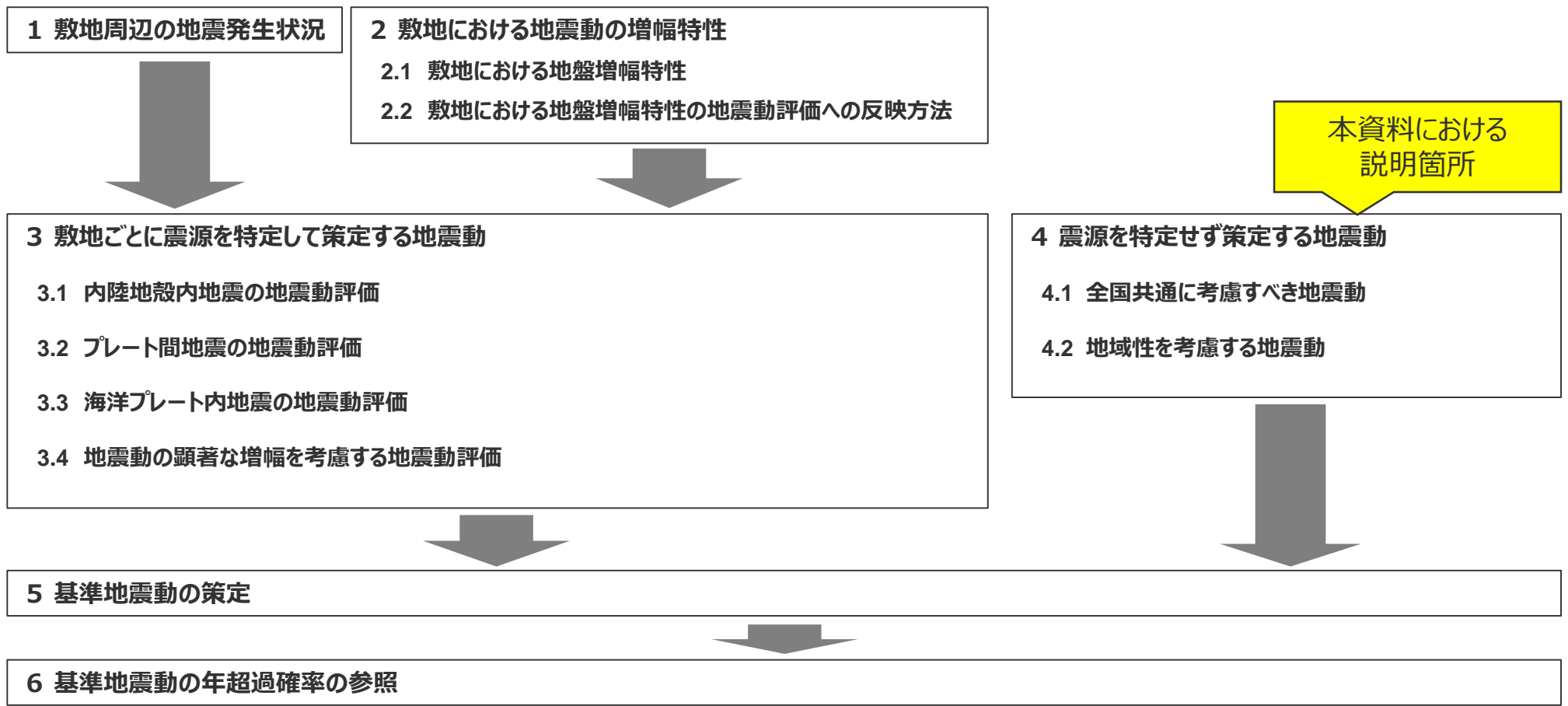




# 浜岡原子力発電所 震源を特定せず策定する地震動について (コメント回答)

2023年6月23日

# 基準地震動Ssの策定の全体像及び本資料における説明箇所



# 2022年4月15日 第1041回審査会合及び 2023年2月24日 第1117回審査会合コメント及び回答概要一覧

No.	コメント	回答概要	ページ
1	<p>震源を特定せず策定する地震動の標準応答スペクトルに基づく地震動に関する補正申請において、断層モデルを用いた手法による地震動評価で用いる地下構造モデルとは異なる地下構造モデルが用いられているが、先行サイトの審査でもコメントしているとおりその理由の説明が必要であり、地下構造モデルの審査以降に相応な調査や検討、分析の追加が新たに行われてなければ地下構造モデルを新たに設定する妥当性が言えないこと、もし新たなデータや知見が得られたことにより新しく設定した地下構造モデルを用いるということであれば、これまで審査してきた断層モデルを用いた手法の地下構造モデルや地震動評価結果についても再度審査する必要が生じ、審査の長期化に繋がる部分もあることも踏まえて、標準応答スペクトルに基づく地震動の評価方針を説明すること。</p>	<p>標準応答スペクトルに基づく地震動の評価方針については、標準応答スペクトルに基づく地震動の評価に用いる地下構造モデルについて、補正申請から変更し、断層モデルを用いた手法による地震動評価の統計的グリーン関数法で用いた地下構造モデル（SGFモデル）と同じものを用いることとする。</p> <p>また、先行サイトの審査を踏まえ、標準応答スペクトルに基づく地震動の評価に用いる模擬地震動についても、補正申請から変更し、振幅包絡線の経時変化をM7.0で設定して作成することとする。</p>	<p>第1117回 審査会合で 回答済</p>
2	<p>震源を特定せず策定する地震動でも、S波低速度層による地震動の増幅を考慮した地震動評価を行うこと。その際には、どの程度の増幅の考慮が必要かについても検討したうえで、反映方法を説明すること。</p>	<p>「標準応答スペクトルに基づく地震動」及び「2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動」について、S波低速度層による地震動の増幅を考慮することとし、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の断層モデルを用いた手法で採用した増幅係数を乗じる方法により、地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価を行う。</p> <p>考慮する増幅の程度に関し、増幅係数は、断層モデルを用いた手法で採用したもの（増幅の程度が最も大きく、信頼性の高い記録が得られた地震である、2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録を参考に設定）を用い、顕著な増幅を考慮しない解放基盤表面における地震動の評価結果に増幅係数を乗じることにより、顕著な増幅を考慮した地震動を評価する。</p>	<p>p.5,10,14, 16,17, 82~93, 136,138</p>
3	<p>地域性を考慮する地震動について、何を重視して観測記録の収集対象外とするのか、理由・考え方を整理して説明すること。</p>	<p>検討対象地震の震源域で事前に活断層の存在が指摘されていない主な要因に着目し、観測記録の収集対象外とする理由・考え方を整理して説明する。</p>	<p>p.5,11,12, 118,134</p>

# 目次

1 概要	……p.4~
2 全国共通に考慮すべき地震動	
2.1 標準応答スペクトルに基づく地震動	……p.19~
2.1.1 地下構造モデル及び地震基盤相当面の設定	……p.24~
2.1.2 解放基盤表面における標準応答スペクトルに基づく地震動の評価	……p.26~
2.2 2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動	……p.39~
2.2.1 2004年北海道留萌支庁南部の地震の観測記録	……p.44~
2.2.2 佐藤・他(2013)による基盤地震動の推定に関する知見	……p.50~
2.2.3 敷地の地盤物性を考慮した解放基盤表面における地震動の評価	……p.58~
2.3 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動	……p.82~
3 地域性を考慮する地震動	……p.95~
3.1 2008年岩手・宮城内陸地震	……p.97~
3.2 2000年鳥取県西部地震	……p.119~
4 震源を特定せず策定する地震動の策定	……p.135~
補足説明資料	……p.140~
参考資料	……p.187~

# 目次

1 概要	……p.4~
2 全国共通に考慮すべき地震動	
2.1 標準応答スペクトルに基づく地震動	……p.19~
2.1.1 地下構造モデル及び地震基盤相当面の設定	……p.24~
2.1.2 解放基盤表面における標準応答スペクトルに基づく地震動の評価	……p.26~
2.2 2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動	……p.39~
2.2.1 2004年北海道留萌支庁南部の地震の観測記録	……p.44~
2.2.2 佐藤・他(2013)による基盤地震動の推定に関する知見	……p.50~
2.2.3 敷地の地盤物性を考慮した解放基盤表面における地震動の評価	……p.58~
2.3 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動	……p.82~
3 地域性を考慮する地震動	……p.95~
3.1 2008年岩手・宮城内陸地震	……p.97~
3.2 2000年鳥取県西部地震	……p.119~
4 震源を特定せず策定する地震動の策定	……p.135~
補足説明資料	……p.140~
参考資料	……p.187~

<1 概要>

# 震源を特定せず策定する地震動の検討概要

- 「震源を特定せず策定する地震動」の策定に当たっては、「**全国共通に考慮すべき地震動（標準応答スペクトル、2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動）**」及び「**地域性を考慮する地震動（2008年岩手・宮城内陸地震、2000年鳥取県西部地震）**」を検討する。

## 震源を特定せず策定する地震動

### 全国共通に考慮すべき地震動

標準応答スペクトル

2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動

敷地の一次元地下構造モデルを用いて評価した地震動

顕著な増幅を考慮して評価した地震動

No.2コメント回答

### 地域性を考慮する地震動

2008年岩手・宮城内陸地震

2000年鳥取県西部地震

No.3コメント回答

震源域と浜岡の敷地及び敷地周辺との特徴比較  
⇒地域性が異なることから観測記録の収集対象外

- 震源を特定せず策定する地震動は、標準応答スペクトルと2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動について、**敷地の一次元地下構造モデルを用いて評価した地震動（顕著な増幅を考慮しない）**と**地震動の顕著な増幅を考慮する地震動**を考慮\*。

\* 5号炉周辺の観測点のみで地震動の顕著な増幅が見られる敷地の特徴を踏まえ、「地震動の顕著な増幅を考慮しない領域」（1～4号炉周辺）と「地震動の顕著な増幅を考慮する領域」（5号炉周辺）とを設定し、「地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価」と「地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価」を実施（p.6,7参照）。

# 震源を特定せず策定する地震動の検討概要

## (地震動の顕著な増幅を踏まえた地震動評価の方針)

・敷地における地盤増幅特性を踏まえた地震動評価の方針の詳細は、第1041回審査会合資料2-2-2 p.100~参照。

### 【敷地における地震動の増幅特性】

- 地震観測記録及び地下構造調査結果に基づき、敷地における地震動の増幅特性を分析。
- 5号炉周辺の観測点において、地震動の顕著な増幅は、①特定の到来方向（N30E～N70E）の地震波のみに、②短周期の特定の周期帯（フーリエスペクトルの周期0.2～0.5秒）では見られるが、その他の地震波到来方向では見られない。
- 1～4号炉周辺の観測点において、地震動の顕著な増幅は、いずれの地震波到来方向でも見られない。

### 【敷地における地震動評価】

- 敷地における地震動の増幅特性を踏まえ、「地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価」と「地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価」を実施することとし、観測点毎の地震動の顕著な増幅の有無（地震観測記録の分析）に基づき、S波低速度層の分布及び影響範囲（地下構造調査結果の分析）も踏まえて、「地震動の顕著な増幅を考慮しない領域」（1～4号炉周辺）と「地震動の顕著な増幅を考慮する領域」（5号炉周辺）とを設定する（次ページ及び第1041回審査会合資料2-2-2 p.100~参照）。
- 「地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価」は、敷地全体（「地震動の顕著な増幅を考慮しない領域」及び「地震動の顕著な増幅を考慮する領域」）を対象とする。
- 「地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価」は、2009年駿河湾の地震の地震波到来方向付近（N30E～N70E）で地震動の顕著な増幅が見られる「地震動の顕著な増幅を考慮する領域」（5号炉周辺）を対象とする。

浜岡原子力発電所

地震動の顕著な増幅を考慮しない領域（1～4号炉周辺）

地震動の顕著な増幅を考慮する領域（5号炉周辺）

地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価

地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価  
(地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向付近  
(N30E～N70E) に震源断層が位置する地震)

・敷地における地震動の増幅特性の分析は、補足説明資料①p.143～157参照。

< 1 概要 >

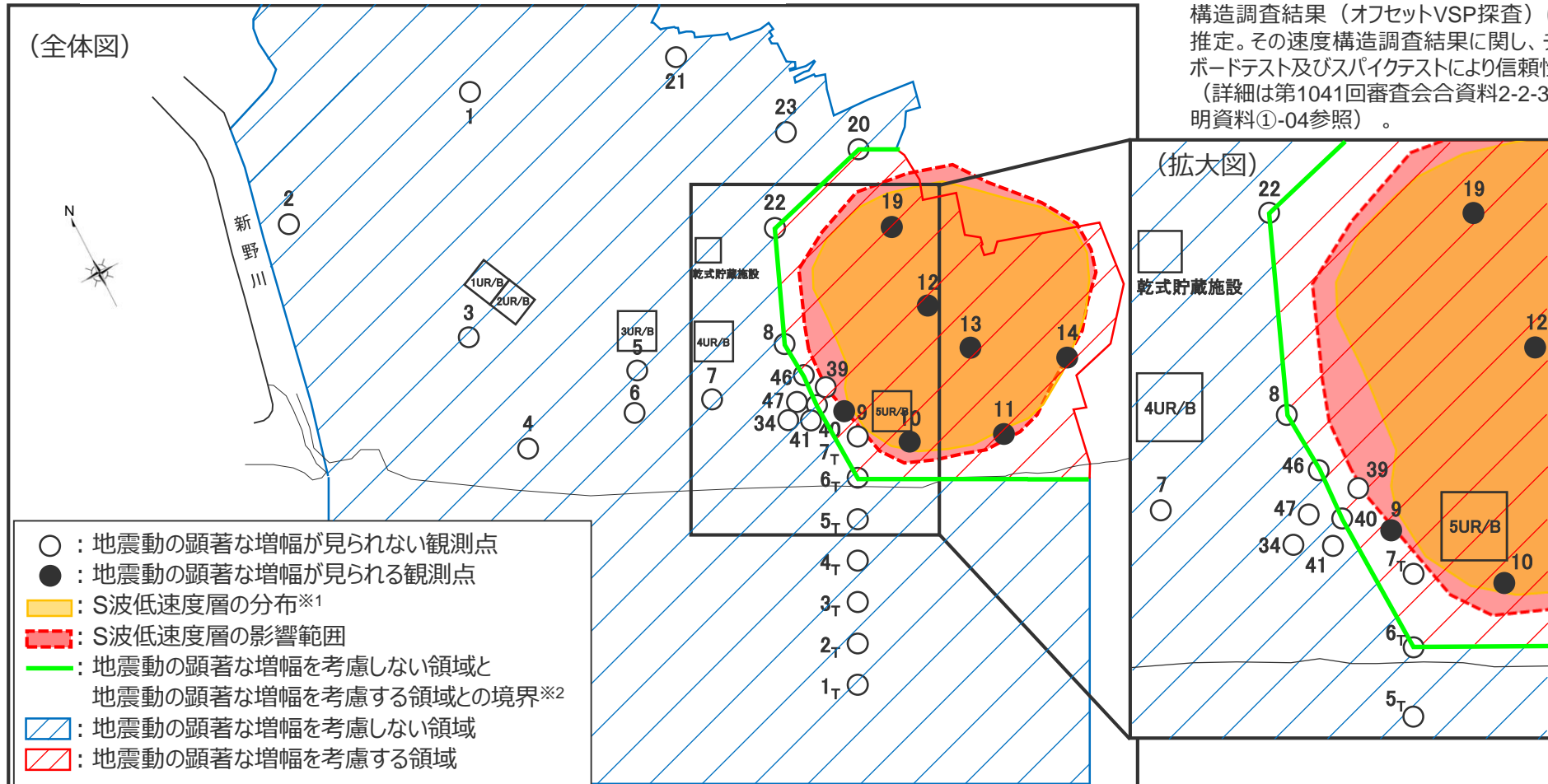
# 震源を特定せず策定する地震動の検討概要

(地震動の顕著な増幅を考慮しない領域と地震動の顕著な増幅を考慮する領域の設定)

・敷地における地盤増幅特性を踏まえた地震動評価の方針の詳細は、第1041回審査会合資料2-2-2 p.100~参照。

○観測点毎の地震動の顕著な増幅の有無（地震観測記録の分析）に基づき、S波低速度層の分布※1及び解析に基づく影響範囲（地下構造調査結果の分析）も踏まえて、地震動の顕著な増幅を考慮しない領域と地震動の顕著な増幅を考慮する領域を設定。

※1 S波低速度層の分布は、敷地近傍の複数の速度構造調査結果（オフセットVSP探査）に基づき推定。その速度構造調査結果に関し、チェッカーボードテスト及びスパイクテストにより信頼性を確認（詳細は第1041回審査会合資料2-2-3 補足説明資料①-04参照）。



※2「地震動の顕著な増幅を考慮しない領域と地震動の顕著な増幅を考慮する領域との境界」は、主に地震動の顕著な増幅が見られない観測点に基づき設定することとし、当該境界により設定される地震動の顕著な増幅を考慮する領域が、地震動の顕著な増幅が見られる観測点及びS波低速度層の分布・影響範囲を包絡することを確認。



< 1 概要 >

# 全国共通に考慮すべき地震動

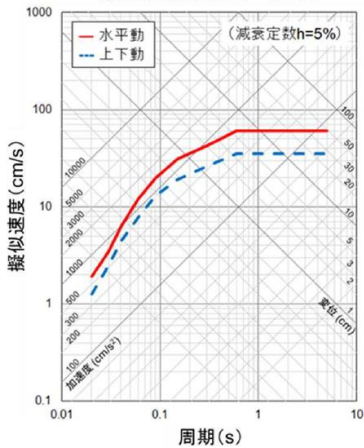
(標準応答スペクトルに基づく地震動)

## 【標準応答スペクトルに基づく地震動】

(敷地の一次元地下構造モデルを用いて評価した地震動 (顕著な増幅を考慮しない) )

- 標準応答スペクトルに基づく地震動は、**標準応答スペクトルに適合させて作成した模擬地震動**を、**敷地の一次元地下構造モデルにおける地震基盤相当面**に入力して、敷地の解放基盤表面における地震動を評価して設定。
- 敷地の一次元地下構造モデル**は、断層モデルを用いた手法による地震動評価における**統計的グリーン関数法**のために設定した**一次元地下構造モデル (SGFモデル)**を採用。
- 地震基盤相当面**は、敷地において $V_s=2200\text{m/s}$ 以上となる**T.P.-3550m ( $V_s=2470\text{m/s}$ )**に設定。

擬似速度応答スペクトル



<標準応答スペクトル>  
(実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈 別記 2による)

層	標高 (m)	$V_s$ (m/s)	$V_p$ (m/s)	$\rho$ ( $\text{g/cm}^3$ )	$Q_s, Q_p$
1	-14	740	2000	2.07	$100f^{0.7}$
2	-32	790	2030	2.08	$100f^{0.7}$
3	-62	830	2070	2.09	$100f^{0.7}$
4	-92	910	2140	2.11	$100f^{0.7}$
5	-192	960	2180	2.12	$100f^{0.7}$
6	-354	1100	2110	2.10	$100f^{0.7}$
7	-493	1230	2320	2.15	$100f^{0.7}$
8	-739	1420	2790	2.25	$100f^{0.7}$
9	-1094	1590	3060	2.31	$100f^{0.7}$
10	-2050	2150	3990	2.46	$100f^{0.7}$
11	-3550	2470	4470	2.53	$100f^{0.7}$

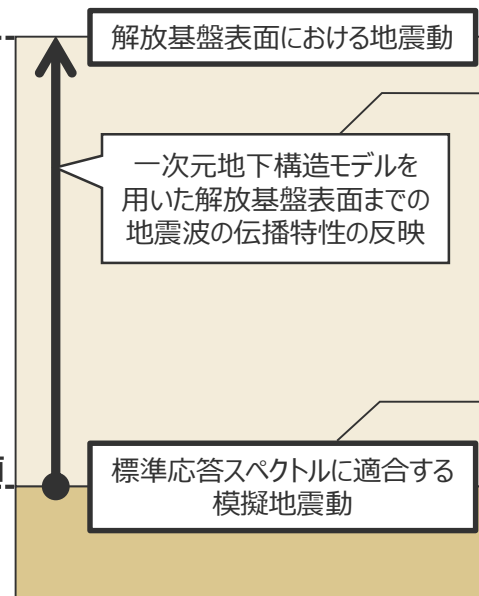
<一次元地下構造モデル (断層モデルを用いた手法の統計的グリーン関数法のために設定した一次元地下構造モデル) >

### ▼解放基盤表面

T.P.-14m  
( $V_s=740\text{m/s}$ )  
〔出力位置〕

### ▼地震基盤相当面

T.P.-3550m  
( $V_s=2470\text{m/s}$ )  
〔入力位置〕



### 【一次元地下構造モデル】

断層モデルを用いた手法による地震動評価における統計的グリーン関数法のために設定した一次元地下構造モデル (SGFモデル)

### 【模擬地震動の作成】

一様乱数の位相を用いた方法により作成  
(Noda et al.(2002)の方法で振幅包絡線を設定 (設定パラメータ:  $M7.0, X_{eq}=10\text{km}$ ))  
実観測記録の位相を用いた方法との比較を行い、一様乱数の位相を用いた方法による地震動を採用することの妥当性を確認

<標準応答スペクトルに基づく地震動の評価のイメージ>

・詳細は、「2.1 標準応答スペクトルに基づく地震動」参照。

< 1 概要 >

# 全国共通に考慮すべき地震動

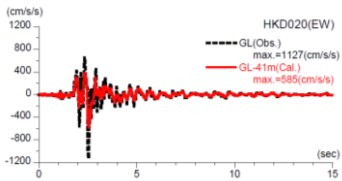
(2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動)

## 【2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動】

(敷地の一次元地下構造モデルを用いて評価した地震動 (顕著な増幅を考慮しない) )

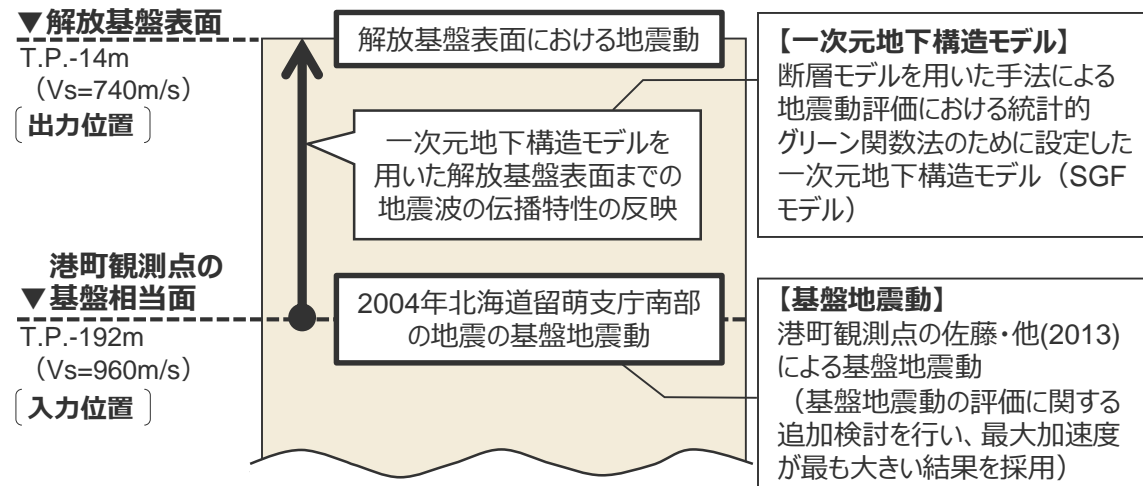
- 2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動は、**港町観測点 (K-NET HKD020) の基盤地震動**を、**敷地の一次元地下構造モデルにおける港町観測点の基盤相当面に入力**して、敷地の解放基盤表面における地震動を評価し、この評価結果にさらなる保守性を考慮して設定。
- 敷地の一次元地下構造モデルは、断層モデルを用いた手法による地震動評価における**統計的グリーン関数法のために設定した一次元地下構造モデル (SGFモデル)**を採用。
- 港町観測点の基盤相当面**は、敷地において港町観測点の基盤のVs=938m/s以上となる**T.P.-192m (Vs=960m/s)**に設定。

層	標高 (m)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	ρ (g/cm <sup>3</sup> )	Qs, Qp
1	-14	740	2000	2.07	100f <sup>0.7</sup>
2	-32	790	2030	2.08	100f <sup>0.7</sup>
3	-62	830	2070	2.09	100f <sup>0.7</sup>
4	-92	910	2140	2.11	100f <sup>0.7</sup>
5	-192	960	2180	2.12	100f <sup>0.7</sup>
6	-354	1100	2110	2.10	100f <sup>0.7</sup>
7	-493	1230	2320	2.15	100f <sup>0.7</sup>
8	-739	1420	2790	2.25	100f <sup>0.7</sup>
9	-1094	1590	3060	2.31	100f <sup>0.7</sup>
10	-2050	2150	3990	2.46	100f <sup>0.7</sup>
11	-3550	2470	4470	2.53	100f <sup>0.7</sup>



< 港町観測点の基盤地震動 (赤線) (水平動) >  
(佐藤・他(2013)による)

< 一次元地下構造モデル (断層モデルを用いた手法の統計的グリーン関数法のために設定した一次元地下構造モデル) >



< 2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動の評価のイメージ >

・詳細は、「2.2 2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動」参照。

# 全国共通に考慮すべき地震動

(顕著な増幅を考慮して評価した地震動)

## 【顕著な増幅を考慮して評価した地震動】

- 「標準応答スペクトルに基づく地震動」及び「2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動」について、S波低速層の影響により5号炉周辺の観測点のみで地震動の顕著な増幅が見られることを踏まえ、「地震動の顕著な増幅を考慮する領域」(5号炉周辺)を対象に、S波低速層による地震動の増幅を考慮することとし、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の断層モデルを用いた手法で採用した増幅係数を乗じる方法により、地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価を実施。
- 増幅係数は、断層モデルを用いた手法で採用したもの(増幅の程度が最も大きく、信頼性の高い記録が得られた地震である、2009年駿河湾の地震(本震)の観測記録を参考に設定)を用い、顕著な増幅を考慮しない解放基盤表面における地震動の評価結果に増幅係数を乗じることにより、顕著な増幅を考慮した地震動を評価※。

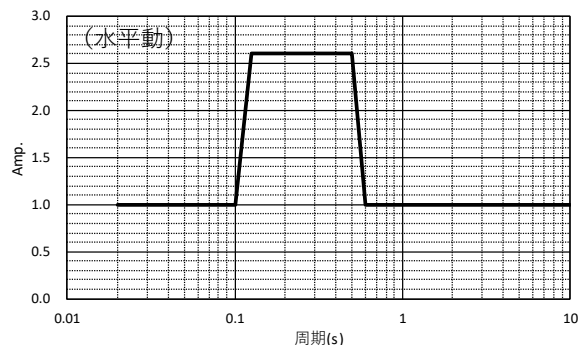
※ 地震動の顕著な増幅は特定の地震波到来方向(「増幅方向」)に限られるが、震源断層を設定せず行う評価では「増幅方向」にあたる範囲を検討できないことを踏まえ、震源断層から到来する地震波のすべてが顕著に増幅すると仮定した保守的な地震動評価を実施することとし、顕著な増幅を考慮しない評価結果に増幅係数を乗じる評価方法を採用。

敷地の一次元地下構造モデルを用いて評価した地震動  
(顕著な増幅を考慮しない解放基盤表面における地震動)

標準応答スペクトル

2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動

×



<増幅係数(フーリエスペクトル比、水平動)  
(p.88参照)>

(断層モデルを用いた手法で採用した増幅係数と同じ)

増幅係数について、増幅を考慮する周期帯と程度は、2009年駿河湾の地震(本震)(増幅の程度が最も大きく、信頼性の高い記録が得られた地震)の観測記録を参考として設定。

=

顕著な増幅を考慮して評価した  
解放基盤表面における地震動

標準応答スペクトル

2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動

・詳細は、「2.3 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動」参照。

# 地域性を考慮する地震動

(2008年岩手・宮城内陸地震の震源域との地域性の比較検討結果)

○ **上部に軟岩や火山岩、堆積層が厚く分布する地域で発生した地震**とされる2008年岩手・宮城内陸地震の震源域と、浜岡原子力発電所の敷地及び敷地周辺とについて、大局的な地体構造区分の違いを確認したうえで、地質分布、地形の特徴、活断層の分布、ひずみ集中帯、火山フロントとの位置関係等を比較し、特徴が類似する場合には、観測記録の収集対象とする。

○ 浜岡原子力発電所の敷地及び敷地周辺は、2008年岩手・宮城内陸地震の震源域で事前に活断層の存在が指摘されていなかった主な要因と考えられる特徴のうち、**堆積岩類が厚く分布することは類似しているものの、火山フロントからは離れており、火山岩類は分布していないこと、第四紀火山噴出物も分布していないことに地域性の違いが認められる。**

○ また、大局的な地体構造区分が異なり、逆断層及び褶曲構造が分布する点は類似するものの、活断層の存在の把握に資する断層変位基準となる第四紀の海成段丘面及び段丘堆積物が分布していること、プレートの沈み込みが直接影響する付加体地域の圧縮応力による逆断層及び褶曲構造が分布していること、ひずみ集中帯の指摘がない地域に位置することについても地域性の違いが認められる。

⇒ 主な要因の特徴及びそれ以外の項目の特徴は一部の特徴が類似するものの他の特徴は異なっていることから、**2008年岩手・宮城内陸地震の震源域と浜岡原子力発電所の敷地及び敷地周辺とは、地域性が異なると判断し、2008年岩手・宮城内陸地震は観測記録の収集対象外とした。**

【比較検討結果の凡例】 ○：類似性あり △：類似性低い～一部あり ×：類似性なし 【記載事項の凡例】 赤字：類似点 青字：相違点 太字下線：収集対象外との評価で重視した特徴

項目	比較検討結果	2008年岩手・宮城内陸地震の震源域	浜岡原子力発電所の敷地及び敷地周辺
地体構造区分 (基盤地質分類) (Wallis et al.(2020))	×	南部北上帯 (SK) (古生代～中生代の堆積岩を主体とし、古生代前期の低温高压型変成岩や花崗岩類を伴う。)	古第三紀～新第三紀の付加体 (P-N) (西南日本弧外帯の外弧全体に発達する古第三紀～新第三紀の付加体で、タービタイト起源の砂岩、泥岩を主体とする。)
地震地体構造区分 (垣見・他(2003))	×	東北日本弧内帯 (8C) (火山性内弧にあたり、脊梁山地・丘陵の火山帯とその間の盆地列からなり、活断層の密度は中、地震活動は高、主な地震として、M7クラスの内陸地殻内地震が複数報告されている。)	西南日本弧外帯 (10B2) (外弧隆起帯の安定域にあたり、活断層の密度は極小、地震活動は低、主な地震は2つほど報告されているが、敷地周辺ではM7クラスの内陸地殻内地震の報告はない。)
地質分布	△	<ul style="list-style-type: none"> <li>古第三紀～新第三紀の<b>火山岩類</b>及び<b>堆積岩類が厚く分布</b>するとともに、<b>第四紀火山噴出物</b>に覆われる。</li> <li>大規模地すべりを含め、地すべり地形が密集している。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>フィリピン海プレートの沈み込みにより<b>付加体が発達</b>し、古第三紀～第四紀前期の<b>堆積岩類が厚く分布</b>するが、<b>火山岩類は分布していない</b>。</li> <li>また、<b>第四紀火山噴出物も分布していない</b>。</li> <li>大規模な地すべり地形は分布していない。</li> </ul>
地形の特徴：第四系の分布・地形面の発達状況	×	断層変位基準となる第四紀の海成段丘面及び段丘堆積物は分布しない。	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>断層変位基準となる第四紀の海成段丘面及び段丘堆積物</b>が分布している。</li> </ul>
活断層の分布等	△	<ul style="list-style-type: none"> <li>東北日本弧内帯の東西圧縮応力による<b>逆断層及び褶曲構造</b>が主に分布。なお、震源域周辺には、活断層は示されていない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>西南日本弧外帯は活断層の密度が少ない地域だが、敷地周辺は、<b>プレートの沈み込みが直接影響する付加体地域の圧縮応力による逆断層及び褶曲構造</b>が主に分布する。</li> </ul>
ひずみ集中帯	×	「東北脊梁山地ひずみ集中帯」に位置する。	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>ひずみ集中帯の指摘はない</b>。</li> </ul>
火山フロントとの位置関係等	×	<ul style="list-style-type: none"> <li>火山フロントに近接しており、周囲には第四紀火山が分布し、多数のカルデラが認められる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>火山フロントからは離れており</b>、敷地周辺には第四紀火山はなくカルデラも認められない。</li> </ul>

・詳細は、「3.1 2008年岩手・宮城内陸地震」参照。

< 1 概要 >

# 地域性を考慮する地震動

## (2000年鳥取県西部地震の震源域との地域性の比較検討結果)

○ **活断層の密度が少なく活動度が低いと考えられる地域で発生した地震**とされる2000年鳥取県西部地震の震源域と、浜岡原子力発電所の敷地及び敷地周辺とについて、大局的な地体構造区分の違いを確認したうえで、地質分布、地形の特徴、活断層の分布、ひずみ集中帯、火山フロントとの位置関係等を比較し、特徴が類似する場合には、観測記録の収集対象とする。

○ 浜岡原子力発電所の敷地及び敷地周辺は、2000年鳥取県西部地震の震源域で事前に活断層の存在が指摘されていなかった主な要因と考えられる、**活断層の密度が少なく活動度が低いことについて、プレートの沈み込みが直接影響する付加体地域の圧縮応力による逆断層及び褶曲構造が分布していることに地域性の違いが認められる。**

○ また、大局的な地体構造区分が異なり、堆積岩が分布していること、断層変位基準となる第四紀の海成段丘面及び段丘堆積物が分布していること、ひずみ集中帯の指摘がない地域に位置すること、火山フロントから離れていることについても地域性の違いが認められる。

⇒ 主な要因の特徴及びそれ以外の項目の特徴はいずれも異なっていることから、**2000年鳥取県西部地震の震源域と浜岡原子力発電所の敷地及び敷地周辺とは、地域性が異なると判断し、2000年鳥取県西部地震は観測記録の収集対象外とした。**

【比較検討結果の凡例】 ○：類似性あり △：類似性低い～一部あり ×：類似性なし 【記載事項の凡例】 赤字：類似点 青字：相違点 太字下線：収集対象外との評価で重視した特徴

項目	比較検討結果	2000年鳥取県西部地震の震源域	浜岡原子力発電所の敷地及び敷地周辺
地体構造区分 (基盤地質分類) (Wallis et al.(2020))	×	飛騨-隠岐帯 (HO) (西南日本弧内帯の日本海側に位置し、主に古生代～中生代の花崗岩、片麻岩から構成される。)	古第三紀～新第三紀の付加体 (P-N) (西南日本弧外帯の外弧全体に発達する古第三紀～新第三紀の付加体で、タービダイト起源の砂岩、泥岩を主体とする。)
地震地体構造区分 (垣見・他(2003))	×	中国山地・瀬戸内海 (10C5) (北部は安定隆起域で火山が分布し、南部は沈降域にあたり、活断層の密度は小だが、地震活動は中(高)、主な地震として、M7クラスの内陸地殻内地震が複数報告されている。)	西南日本弧外帯 (10B2) (外弧隆起帯の安定域にあたり、活断層の密度は極小、地震活動は低、主な地震は2つほど報告されているが、敷地周辺ではM7クラスの内陸地殻内地震の報告はない。)
地質分布	×	・ 白亜紀から古第三紀の <b>花崗岩</b> を主体としており、新第三紀に貫入した <b>安山岩～玄武岩質の岩脈が頻繁に分布する。</b>	・ フィリピン海プレートの沈み込みにより付加体が発達し、古第三紀～第四紀前期の <b>堆積岩</b> が分布し、 <b>花崗岩や岩脈は分布していない。</b>
地形の特徴：第四系の分布・地形面の発達状況	×	・ <b>明瞭な断層変位基準の少ない地域</b> であるとされており、震源域周辺には断層変位基準となる <b>第四紀の海成段丘面及び段丘堆積物は分布していない。</b>	・ <b>断層変位基準となる第四紀の海成段丘面及び段丘堆積物</b> が分布している。
活断層の分布等	×	・ 西南日本弧内帯の東西圧縮応力による <b>横ずれ断層</b> が主に分布している地域だが、震源域周辺は、活断層の密度は少なく活動度が低い。なお、震源域には <b>褶曲構造は知られていない。</b>	・ 西南日本弧外帯は活断層の密度が少ない地域だが、敷地周辺は、 <b>プレートの沈み込みが直接影響する付加体地域の圧縮応力による褶曲構造及び逆断層</b> が主に分布する。
ひずみ集中帯	×	・ 「山陰地方のひずみ集中帯」に位置する。	・ <b>ひずみ集中帯の指摘はない。</b>
火山フロントとの位置関係等	×	・ <b>火山フロントに近接しており、周囲には第四紀火山が分布する。</b>	・ <b>火山フロントからは離れており、敷地周辺には第四紀火山はなくカルデラも認められない。</b>

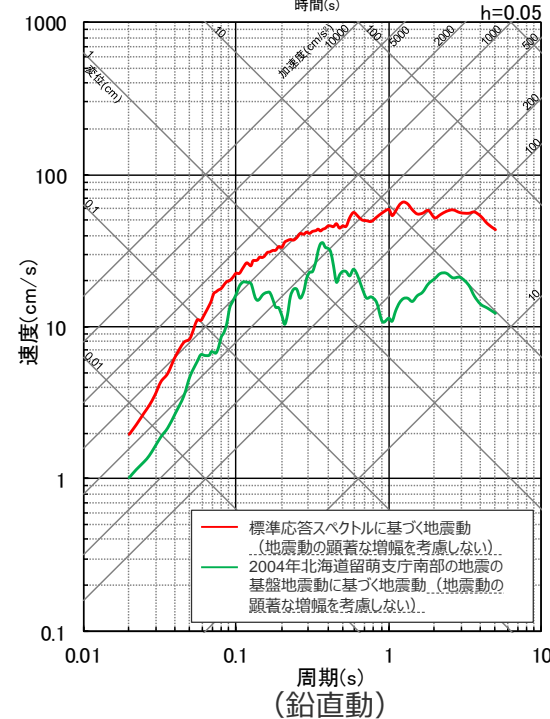
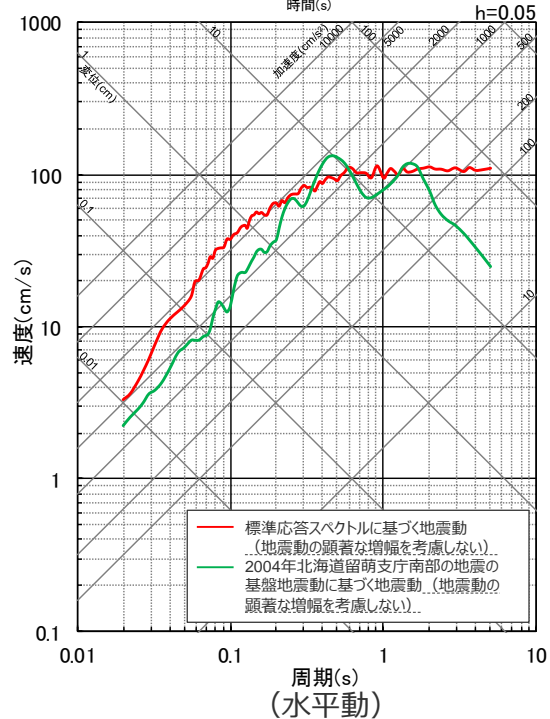
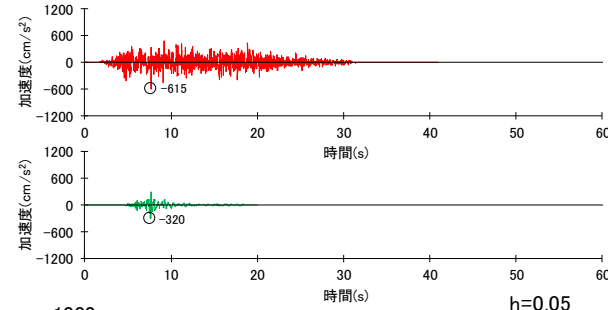
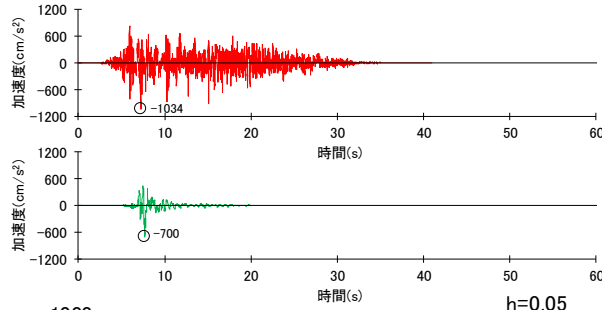
・ なお、2008年岩手・宮城内陸地震の震源域に見られるような大規模地すべり地形は2000年鳥取県西部地震の震源域と敷地及び敷地近傍のいずれにも分布していないことを確認している。  
・ 詳細は、「3.2 2000年鳥取県西部地震」参照。

< 1 概要 >

# 震源を特定せず策定する地震動

(評価結果 (地震動の顕著な増幅を考慮しない) )

○ 震源を特定せず策定する地震動 (地震動の顕著な増幅を考慮しない) として、標準応答スペクトルに基づく地震動 (水平成分 :  $1034\text{cm/s}^2$ 、鉛直成分 :  $615\text{cm/s}^2$ ) 及び2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動 (水平成分 :  $700\text{cm/s}^2$ 、鉛直成分 :  $320\text{cm/s}^2$ ) を考慮する。

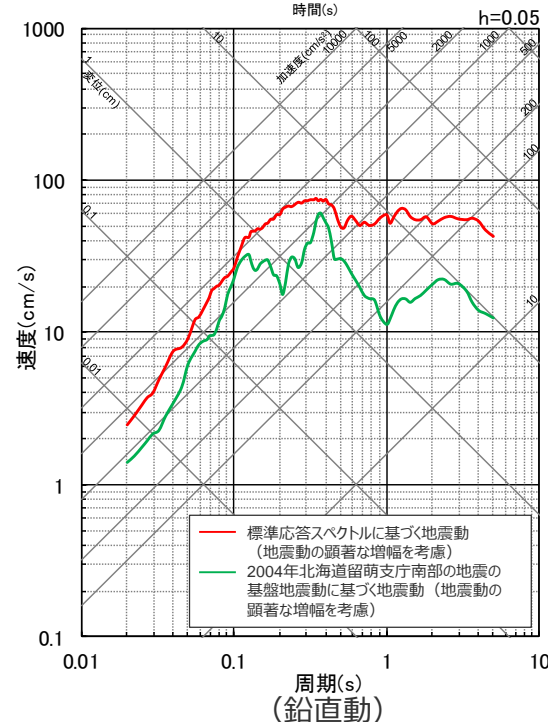
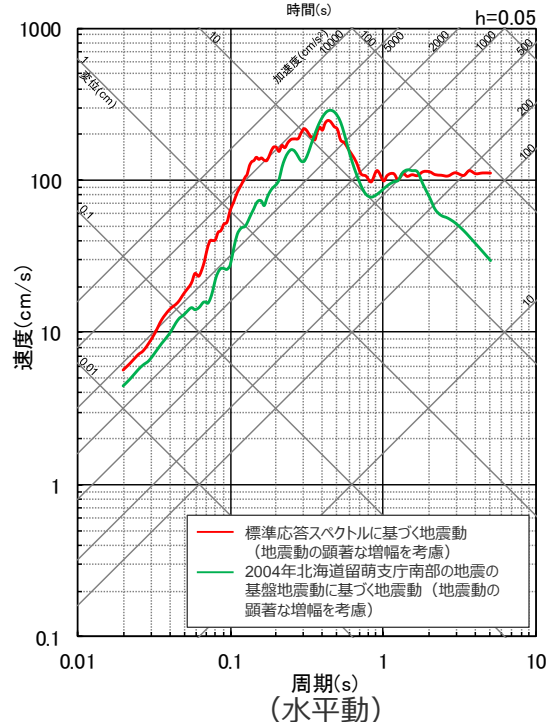
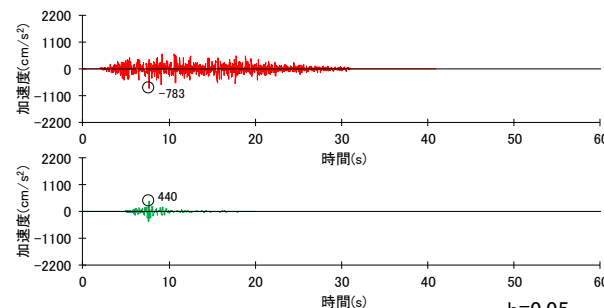
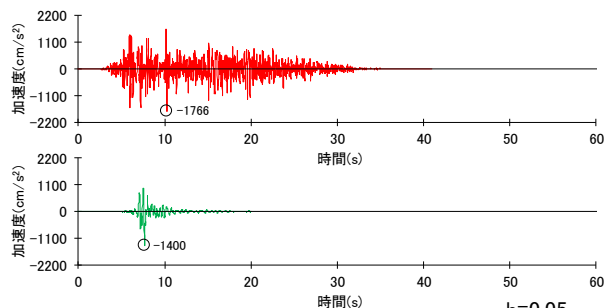


<震源を特定せず策定する地震動 (地震動の顕著な増幅を考慮しない) (上段 : 加速度時刻歴波形、下段 : 応答スペクトル) >

# 震源を特定せず策定する地震動

(評価結果 (地震動の顕著な増幅を考慮) )

- 震源を特定せず策定する地震動 (地震動の顕著な増幅を考慮) として、標準応答スペクトルに基づく地震動 (水平成分:  $1766\text{cm/s}^2$ 、鉛直成分:  $783\text{cm/s}^2$ ) 及び2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動 (水平成分:  $1400\text{cm/s}^2$ 、鉛直成分:  $440\text{cm/s}^2$ ) を考慮する。



<震源を特定せず策定する地震動 (地震動の顕著な増幅を考慮) (上段: 加速度時刻歴波形、下段: 応答スペクトル) >

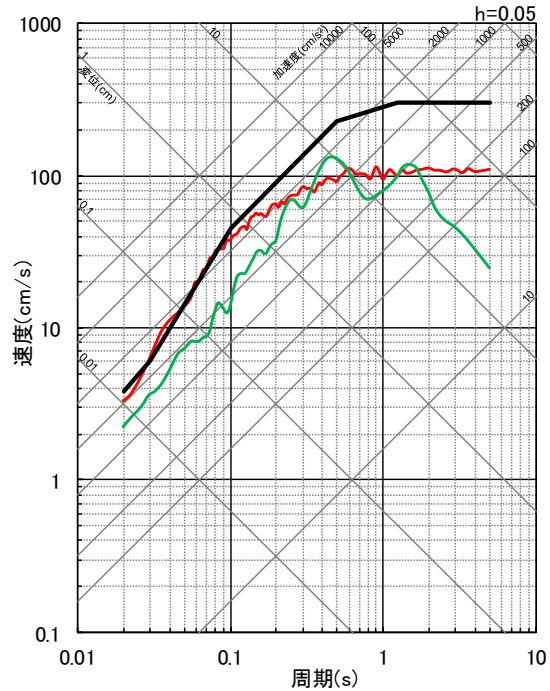
< 1 概要 >

# 震源を特定せず策定する地震動

( (参考) 応答スペクトルに基づく手法による基準地震動 (地震動の顕著な増幅を考慮しない領域) (当初申請) との比較)

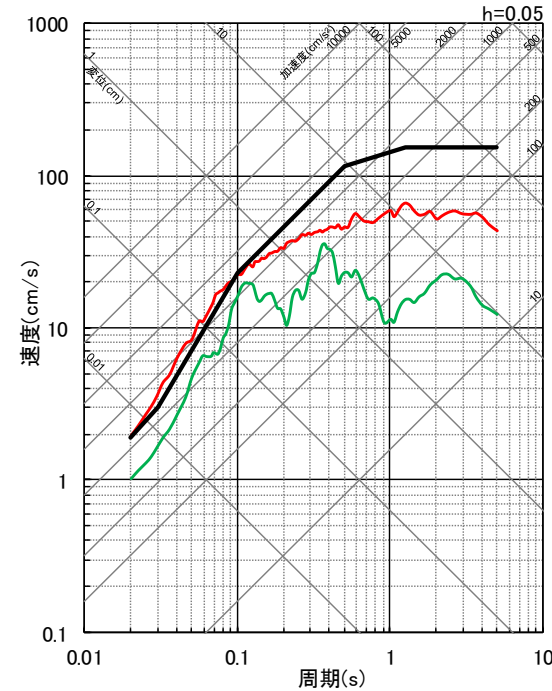
○震源を特定せず策定する地震動 (標準応答スペクトルに基づく地震動及び2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動) (地震動の顕著な増幅を考慮しない) について、応答スペクトルに基づく手法による基準地震動 (地震動の顕著な増幅を考慮しない領域) (Ss1-D) (当初申請) との比較は下図のとおり。

— 標準応答スペクトルに基づく地震動 (地震動の顕著な増幅を考慮しない)  
— 2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動 (地震動の顕著な増幅を考慮しない)  
— 応答スペクトルに基づく手法による基準地震動 (地震動の顕著な増幅を考慮しない領域) (Ss1-D) (当初申請)



(水平動)

— 標準応答スペクトルに基づく地震動 (地震動の顕著な増幅を考慮しない)  
— 2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動 (地震動の顕著な増幅を考慮しない)  
— 応答スペクトルに基づく手法による基準地震動 (地震動の顕著な増幅を考慮しない領域) (Ss1-D) (当初申請)



(鉛直動)

<震源を特定せず策定する地震動 (地震動の顕著な増幅を考慮しない) と応答スペクトルに基づく手法による基準地震動 (地震動の顕著な増幅を考慮しない領域) (Ss1-D) (当初申請) との比較 (応答スペクトル) >

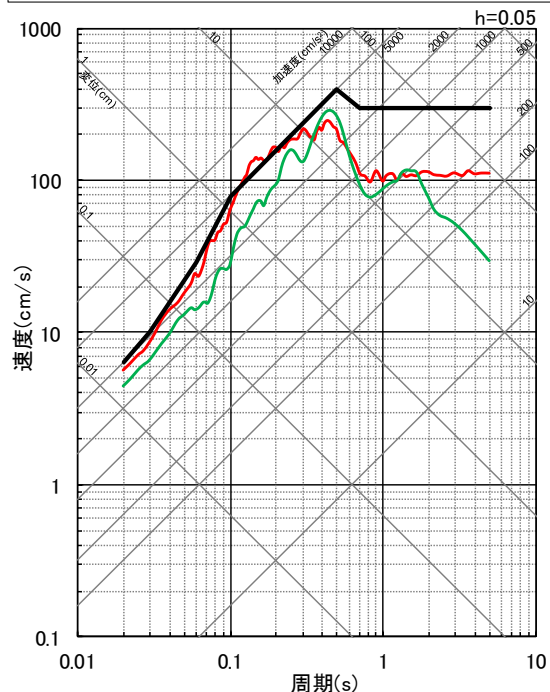
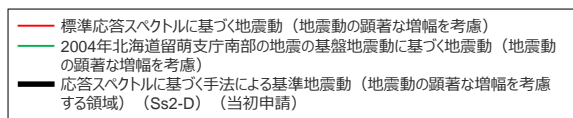


< 1 概要 >

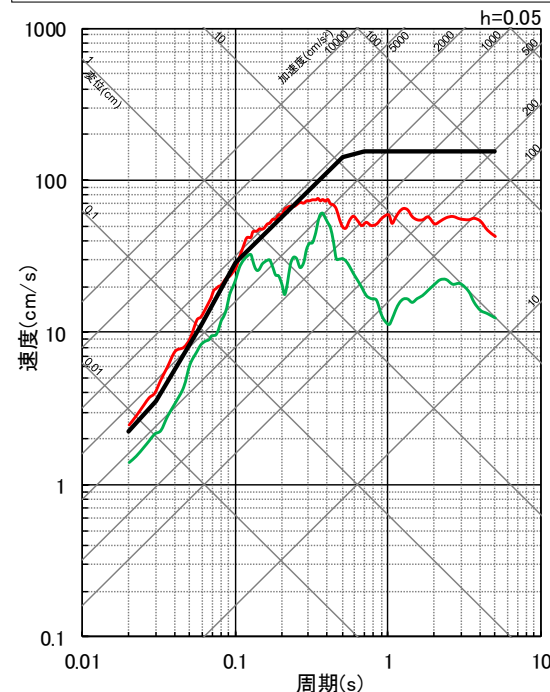
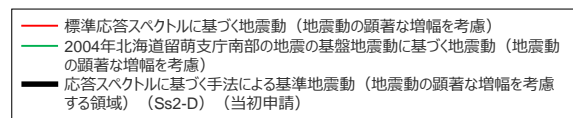
# 震源を特定せず策定する地震動

( (参考) 応答スペクトルに基づく手法による基準地震動 (地震動の顕著な増幅を考慮する領域) (当初申請) との比較)

○震源を特定せず策定する地震動 (標準応答スペクトルに基づく地震動及び2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動) (地震動の顕著な増幅を考慮) について、応答スペクトルに基づく手法による基準地震動 (地震動の顕著な増幅を考慮する領域) (Ss2-D) (当初申請) との比較は下図のとおり。



(水平動)



(鉛直動)

<震源を特定せず策定する地震動 (地震動の顕著な増幅を考慮) と応答スペクトルに基づく手法による基準地震動 (地震動の顕著な増幅を考慮する領域) (Ss2-D) (当初申請) との比較 (応答スペクトル) >

< 1 概要 >

# 震源を特定せず策定する地震動に係る当初申請からの変更点

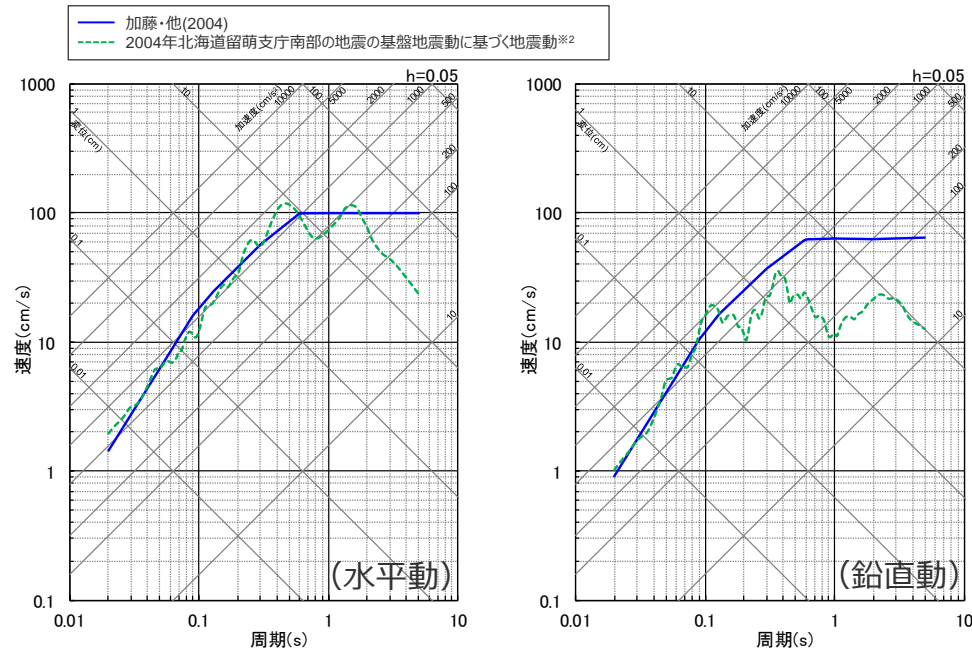
**【当初申請】**

- 国内外における震源近傍の地震観測記録に基づく震源を事前に特定できない地震の知見である加藤・他(2004)による**応答スペクトル**を考慮。
- **2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動** (K-NET HKD020 (港町) 観測点) を考慮 (敷地の地盤物性に応じた解放基盤表面までの地震波の伝播特性の反映なし)。

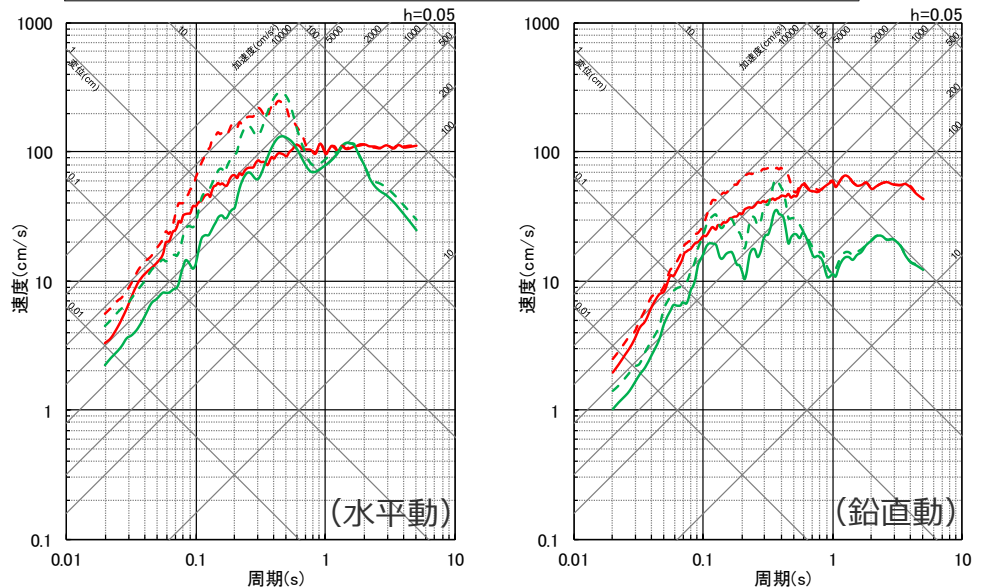
**【今回】**

- 震源近傍の多数の地震動記録に基づいて策定された**標準応答スペクトル**を考慮 (**敷地の地盤物性に応じた解放基盤表面までの地震波の伝播特性を反映**。加藤・他(2004)の応答スペクトルについては、「標準応答スペクトル」がこれを上回る地震動レベルとして策定されていることから、考慮しない)。
- **2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動** (K-NET HKD020 (港町) 観測点) を考慮 (**敷地の地盤物性に応じた解放基盤表面までの地震波の伝播特性を反映**)。
- これらについて、**地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価も実施**。

規則の  
解釈等  
の一部  
改正※1



- 標準応答スペクトルに基づく地震動 (地震動の顕著な増幅を考慮しない)
- 2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動 (地震動の顕著な増幅を考慮しない)
- - 標準応答スペクトルに基づく地震動 (地震動の顕著な増幅を考慮)
- - 2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動 (地震動の顕著な増幅を考慮)



< 震源を特定せず策定する地震動 (当初申請) (応答スペクトル) >

< 震源を特定せず策定する地震動 (今回) (応答スペクトル) >

※1 令和3年4月21日 原規技発第2104216号 原子力規制委員会決定 実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈等の一部改正について。

※2 当初申請では、「2004年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動」と記載。

---

余白

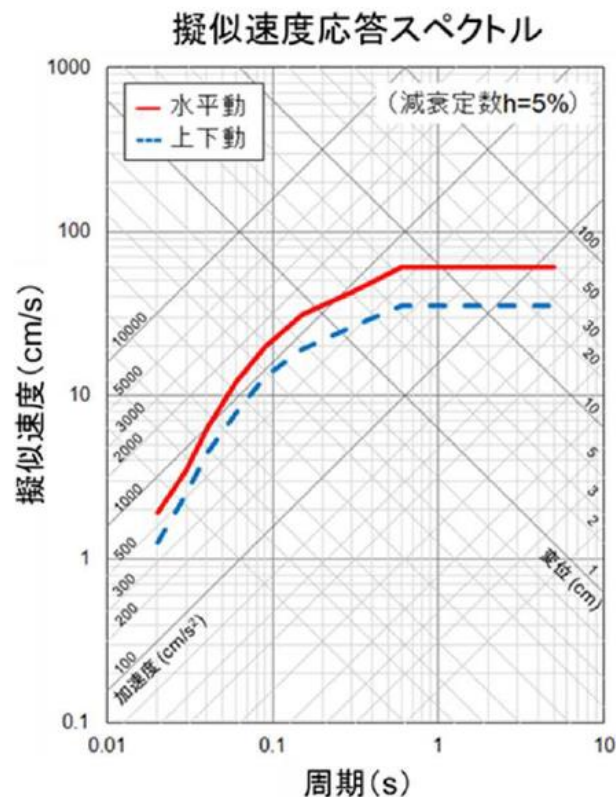
# 目次

1 概要	……p.4~
2 全国共通に考慮すべき地震動	
2.1 標準応答スペクトルに基づく地震動	……p.19~
2.1.1 地下構造モデル及び地震基盤相当面の設定	……p.24~
2.1.2 解放基盤表面における標準応答スペクトルに基づく地震動の評価	……p.26~
2.2 2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動	……p.39~
2.2.1 2004年北海道留萌支庁南部の地震の観測記録	……p.44~
2.2.2 佐藤・他(2013)による基盤地震動の推定に関する知見	……p.50~
2.2.3 敷地の地盤物性を考慮した解放基盤表面における地震動の評価	……p.58~
2.3 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動	……p.82~
3 地域性を考慮する地震動	……p.95~
3.1 2008年岩手・宮城内陸地震	……p.97~
3.2 2000年鳥取県西部地震	……p.119~
4 震源を特定せず策定する地震動の策定	……p.135~
補足説明資料	……p.140~
参考資料	……p.187~

<2.1 標準応答スペクトルに基づく地震動>

# 標準応答スペクトルに基づく地震動の評価の概要

- 「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」の別記2では、「全国共通に考慮すべき地震動」の策定に当たり、震源近傍の多数の地震動記録に基づいて策定された地震基盤相当面（せん断波速度 $V_s=2200\text{m/s}$ 以上の地層をいう。）における標準的な応答スペクトル（以下、「標準応答スペクトル」という。）を用いることが求められている。
- 以降では、標準応答スペクトルに基づき、敷地の解放基盤表面における地震動を評価する。



コントロールポイント

周期 (s)	水平動	上下動
	擬似速度 (cm/s)	擬似速度 (cm/s)
0.02	1.910	1.273
0.03	3.500	2.500
0.04	6.300	4.400
0.06	12.000	7.800
0.09	20.000	13.000
0.15	31.000	19.000
0.30	43.000	26.000
0.60	60.000	35.000
5.00	60.000	35.000

<標準応答スペクトル>

(実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈 別記2による)

<2.1 標準応答スペクトルに基づく地震動>

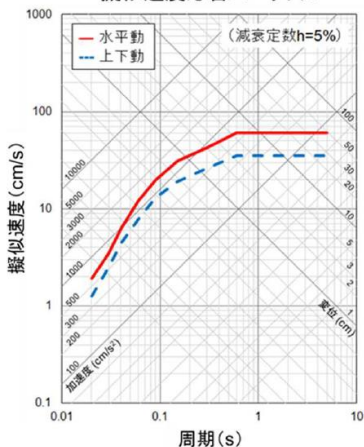
# 標準応答スペクトルに基づく地震動の評価の概要

## 【標準応答スペクトルに基づく地震動】

(敷地の一次元地下構造モデルを用いて評価した地震動 (顕著な増幅を考慮しない) )

- 標準応答スペクトルに基づく地震動は、**標準応答スペクトルに適合させて作成した模擬地震動**を、**敷地の一次元地下構造モデルにおける地震基盤相当面**に入力して、敷地の解放基盤表面における地震動を評価して設定。
- 敷地の一次元地下構造モデル**は、断層モデルを用いた手法による地震動評価における統計的グリーン関数法のために設定した**一次元地下構造モデル (SGFモデル)**を採用。
- 地震基盤相当面**は、敷地において $V_s=2200\text{m/s}$ 以上となる**T.P.-3550m ( $V_s=2470\text{m/s}$ )**に設定。

擬似速度応答スペクトル



<標準応答スペクトル>  
(実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈 別記 2 による)

層	標高 (m)	$V_s$ (m/s)	$V_p$ (m/s)	$\rho$ ( $\text{g/cm}^3$ )	$Q_s, Q_p$
1	-14	740	2000	2.07	$100f^{0.7}$
2	-32	790	2030	2.08	$100f^{0.7}$
3	-62	830	2070	2.09	$100f^{0.7}$
4	-92	910	2140	2.11	$100f^{0.7}$
5	-192	960	2180	2.12	$100f^{0.7}$
6	-354	1100	2110	2.10	$100f^{0.7}$
7	-493	1230	2320	2.15	$100f^{0.7}$
8	-739	1420	2790	2.25	$100f^{0.7}$
9	-1094	1590	3060	2.31	$100f^{0.7}$
10	-2050	2150	3990	2.46	$100f^{0.7}$
11	-3550	2470	4470	2.53	$100f^{0.7}$

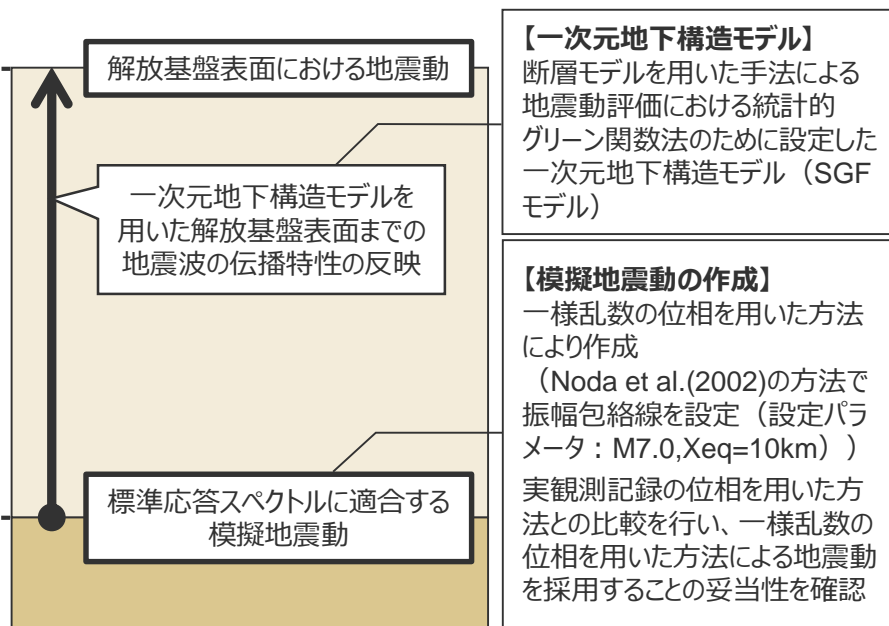
<一次元地下構造モデル (断層モデルを用いた手法の統計的グリーン関数法のために設定した一次元地下構造モデル) >

### ▼解放基盤表面

T.P.-14m  
( $V_s=740\text{m/s}$ )  
〔出力位置〕

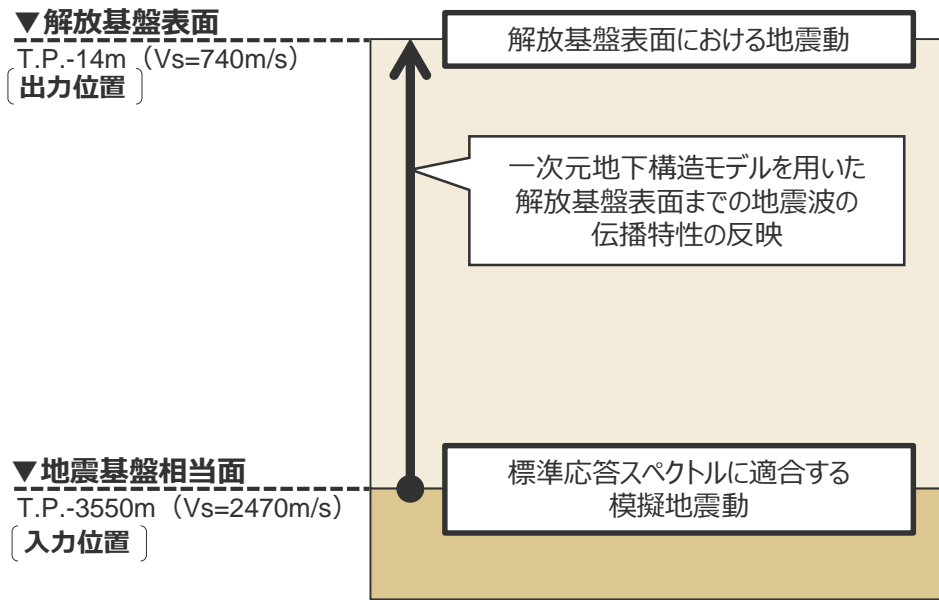
### ▼地震基盤相当面

T.P.-3550m  
( $V_s=2470\text{m/s}$ )  
〔入力位置〕



<標準応答スペクトルに基づく地震動の評価のイメージ>

# <2.1 標準応答スペクトルに基づく地震動> 標準応答スペクトルに基づく地震動の評価の概要 (評価フロー)



<標準応答スペクトルに基づく地震動の評価のイメージ>

## ①地下構造モデルの設定

- 断層モデルを用いた手法による地震動評価における統計的グリーン関数法のために設定した一次元地下構造モデル (SGFモデル) を採用。



## ②地震基盤相当面の設定

- 地震基盤相当面 (Vs=2200m/s以上の地層) は、敷地においてVs=2200m/s以上となる地層の上面であるT.P.-3550m (Vs=2470m/s) に設定。



## ③地震基盤相当面における模擬地震動の作成

- 地震基盤相当面における模擬地震動は、一樣乱数の位相を用いた方法により作成。振幅包絡線の経時変化はNoda et al.(2002)の方法により、M7.0、Xeq=10kmで設定。
- 模擬地震動の作成の複数の方法による検討として、実観測記録の位相を用いた方法による地震動との比較を行い、一樣乱数の位相を用いた方法による地震動を用いることの妥当性を確認。(一樣乱数の位相を用いた方法による解放基盤表面における地震動の評価のあとにご説明)。



## ④解放基盤表面における地震動の評価

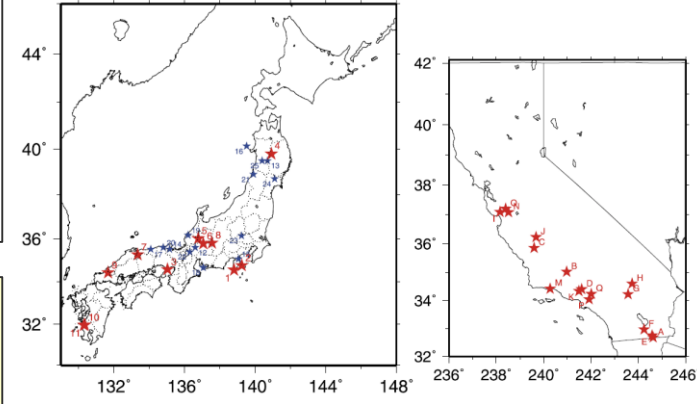
- 一次元地下構造モデルを用いて敷地の地盤物性に応じた解放基盤表面までの地震波の伝播特性を反映し、解放基盤表面における地震動を評価。

<標準応答スペクトルに基づく地震動の評価の流れ>

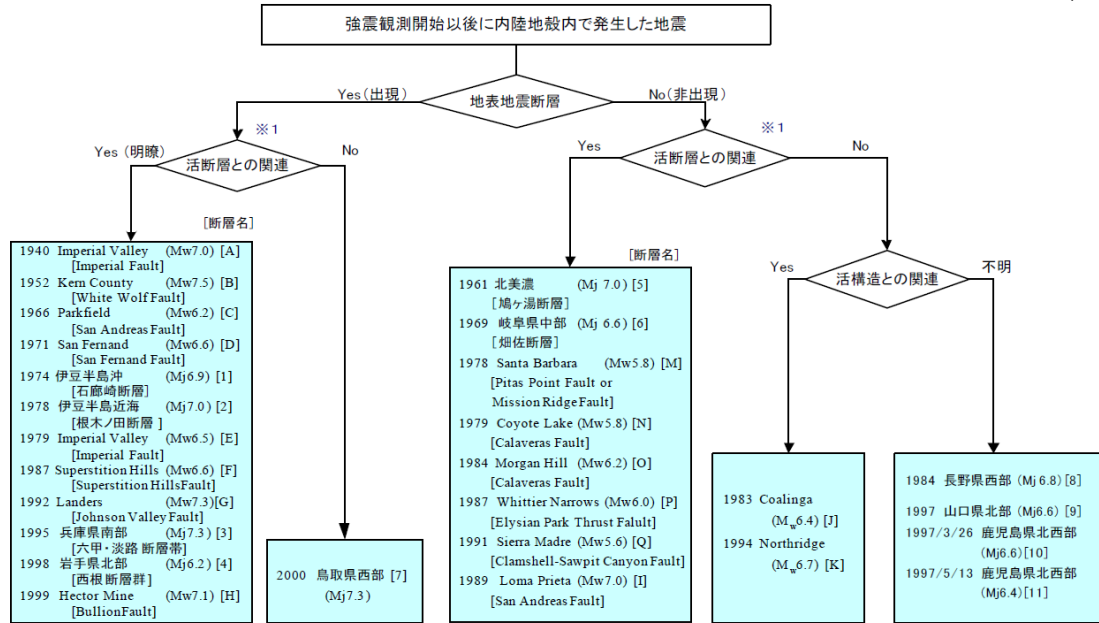
# <2.1 標準応答スペクトルに基づく地震動> 標準応答スペクトルに基づく地震動の評価の概要 (加藤・他(2004)による応答スペクトル)

- 加藤・他(2004)では、カリフォルニア及び日本で発生した内陸地殻内地震を対象に、震源を事前に特定できない内陸地殻内地震による地震動レベルを検討している。
- 詳細な地質学的調査によっても震源を事前に特定できない2地震、比較的規模が小さいながらも震源を特定できた可能性がある7地震の計9地震の震源近傍の硬質地盤における観測記録(計15記録、30水平成分)を用い、震源を事前に特定できない地震による水平方向の地震動の上限レベルを設定している。

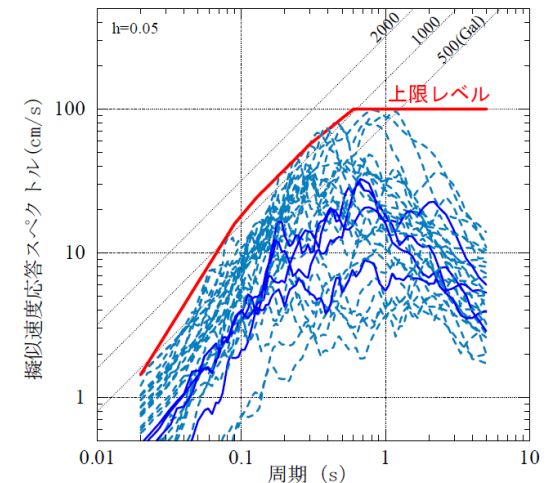
- 標準応答スペクトルの策定にあたり、全周期帯において加藤・他(2004)の応答スペクトルを上回ることが確認されている※ことを踏まえ、震源を特定せず策定する地震動として標準応答スペクトルを考慮することとし、加藤・他(2004)の応答スペクトルは考慮しない。



※震源を特定せず策定する地震動に関する検討チーム(2019)による。



## <検討対象地震の震央位置> (加藤・他(2004)による)



(実線は1997年鹿児島県北部地震の鶴田ダムのスペクトル、破線はスケールリングの観点から確実に事前に震源を特定できるとは断定できないと判断したMj6.5(Mw6.2)以下の7地震のスペクトル)

## <強震観測開始以後に発生した地震の分類> (加藤・他(2004)による)

## <震源を事前に特定できない地震による震源近傍の観測記録の水平動応答スペクトルとその上限レベル> (加藤・他(2004)による)



# 目次

1 概要	……p.4~
2 全国共通に考慮すべき地震動	
2.1 標準応答スペクトルに基づく地震動	……p.19~
2.1.1 地下構造モデル及び地震基盤相当面の設定	……p.24~
2.1.2 解放基盤表面における標準応答スペクトルに基づく地震動の評価	……p.26~
2.2 2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動	……p.39~
2.2.1 2004年北海道留萌支庁南部の地震の観測記録	……p.44~
2.2.2 佐藤・他(2013)による基盤地震動の推定に関する知見	……p.50~
2.2.3 敷地の地盤物性を考慮した解放基盤表面における地震動の評価	……p.58~
2.3 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動	……p.82~
3 地域性を考慮する地震動	……p.95~
3.1 2008年岩手・宮城内陸地震	……p.97~
3.2 2000年鳥取県西部地震	……p.119~
4 震源を特定せず策定する地震動の策定	……p.135~
補足説明資料	……p.140~
参考資料	……p.187~

<2.1.1 地下構造モデル及び地震基盤相当面の設定>

# 地下構造モデル及び地震基盤相当面

- 解放基盤表面までの地震波の伝播特性の反映は、敷地の一次元地下構造モデルを用い、 $V_s=2200\text{m/s}$ 以上の地層の上面を地震基盤相当面として標準応答スペクトルに適合させて作成した模擬地震動を入力し、敷地の解放基盤表面における地震動を評価することにより行う。
- 敷地の一次元地下構造モデル**は、地下構造調査により得られた詳細な地下構造データ等に基づき設定し、統計的グリーン関数法による敷地の観測記録の再現検討等を踏まえてその妥当性を確認した、断層モデルを用いた手法による地震動評価における**統計的グリーン関数法のために設定した一次元地下構造モデル（SGFモデル）**を用いる。
- 地震基盤相当面**は、「**实用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈**」の別記2において、「**地震基盤からの地盤増幅率が小さく地震動としては地震基盤面と同等とみなすことができる地盤の解放面で、せん断波速度 $V_s=2200\text{m/s}$ 以上の地層**」とされていることを踏まえ、**T.P.-3550m ( $V_s=2470\text{m/s}$ ) に設定**する。

・統計的グリーン関数法による地震動評価に用いる一次元地下構造モデルの設定は、p.166及び第1041回審査会合資料2-2-2 p.109~参照。

<一次元地下構造モデル>

層	標高 (m)	$V_s$ (m/s)	$V_p$ (m/s)	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	$Q_s, Q_p$
1	-14	740	2000	2.07	$100f^{0.7}$
2	-32	790	2030	2.08	$100f^{0.7}$
3	-62	830	2070	2.09	$100f^{0.7}$
4	-92	910	2140	2.11	$100f^{0.7}$
5	-192	960	2180	2.12	$100f^{0.7}$
6	-354	1100	2110	2.10	$100f^{0.7}$
7	-493	1230	2320	2.15	$100f^{0.7}$
8	-739	1420	2790	2.25	$100f^{0.7}$
9	-1094	1590	3060	2.31	$100f^{0.7}$
10	-2050	2150	3990	2.46	$100f^{0.7}$
11	-3550	2470	4470	2.53	$100f^{0.7}$

解放基盤表面 (出力位置) ▽

地震基盤相当面 (標準応答スペクトルに適合する模擬地震動の入力位置) ▽

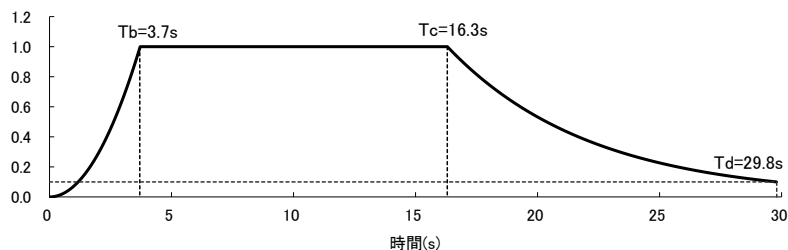
# 目次

1 概要	……p.4~
2 全国共通に考慮すべき地震動	
2.1 標準応答スペクトルに基づく地震動	……p.19~
2.1.1 地下構造モデル及び地震基盤相当面の設定	……p.24~
2.1.2 解放基盤表面における標準応答スペクトルに基づく地震動の評価	……p.26~
2.2 2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動	……p.39~
2.2.1 2004年北海道留萌支庁南部の地震の観測記録	……p.44~
2.2.2 佐藤・他(2013)による基盤地震動の推定に関する知見	……p.50~
2.2.3 敷地の地盤物性を考慮した解放基盤表面における地震動の評価	……p.58~
2.3 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動	……p.82~
3 地域性を考慮する地震動	……p.95~
3.1 2008年岩手・宮城内陸地震	……p.97~
3.2 2000年鳥取県西部地震	……p.119~
4 震源を特定せず策定する地震動の策定	……p.135~
補足説明資料	……p.140~
参考資料	……p.187~

<2.1.2 解放基盤表面における標準応答スペクトルに基づく地震動の評価>

# 地震基盤相当面における模擬地震動の作成

- 地震基盤相当面における標準応答スペクトルに適合する模擬地震動を作成する。
- 模擬地震動は、一様乱数の位相を用いた方法で作成するものとし、振幅包絡線の経時変化については、Noda et al.(2002)の方法に基づき、下図に示す形状とする。
- 振幅包絡線の経時変化の設定に必要なパラメータのうち地震規模Mについて、審査ガイドにおいて「全国共通に考慮すべき地震動」の規模はMw6.5程度未済と記載されており、Mw6.5をKanamori(1977)及び武村(1990)に基づきMに換算するとM6.949になるが、審査ガイドでは「Mw6.5程度未済」と幅を持って示されていることから換算式から求められるMについて幅を持たせ、模擬地震動の特に強震部の継続時間が長めとなるよう保守的にM7.0とする。また、等価震源距離 $X_{eq}$ は、敷地近傍で発生する地震を想定し、継続時間が長めとなるよう10kmとする。



$$E(T) = \begin{cases} (T/T_b)^2 & (0 < T \leq T_b) \\ 1.0 & (T_b < T \leq T_c) \\ e^{\frac{\ln 0.1}{T_d - T_c}(T - T_c)} & (T_c < T \leq T_d) \end{cases}$$

$$T_b = 10^{0.5M - 2.93}$$

$$T_c - T_b = 10^{0.3M - 1.0}$$

$$T_d - T_c = 10^{0.17M + 0.54 \log X_{eq} - 0.6}$$

$$M = 7.0$$

$$X_{eq} = 10.0$$

	最大加速度 (cm/s <sup>2</sup> )	継続時間 (s)	振幅包絡線の経時変化(s)		
			T <sub>b</sub>	T <sub>c</sub>	T <sub>d</sub>
水平動	600	29.8	3.7	16.3	29.8
鉛直動	400	29.8	3.7	16.3	29.8

<振幅包絡線の経時変化 (Noda et al.(2002)の方法に基づく) >

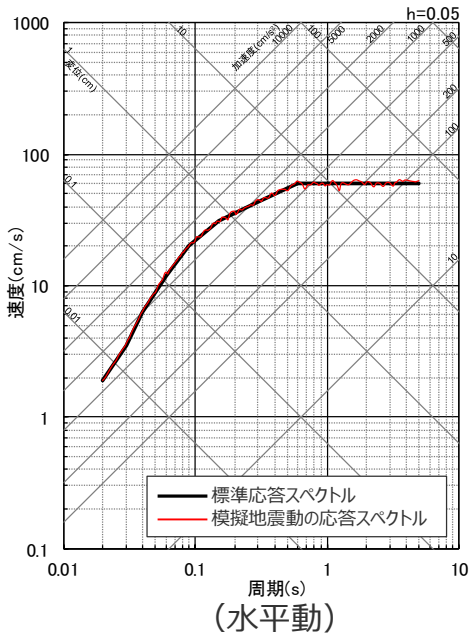
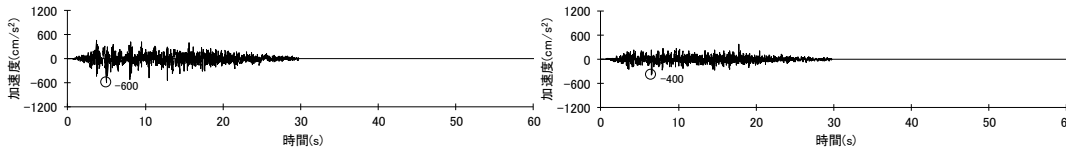
<2.1.2 解放基盤表面における標準応答スペクトルに基づく地震動の評価>

地震基盤相当面における模擬地震動の作成

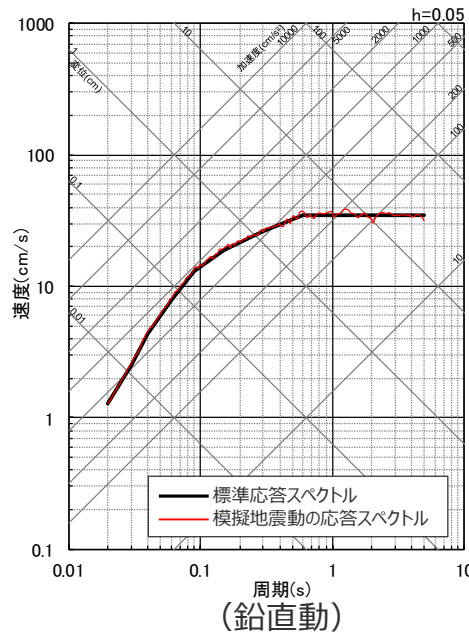
(作成した模擬地震動と日本電気協会(2015)による適合度の確認)

○作成した模擬地震動が、日本電気協会(2015)に示される以下の適合度の条件を満足していることを確認した。

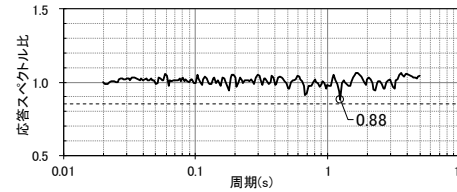
- 目標とする応答スペクトル値に対する模擬地震動の応答スペクトル値の比 (応答スペクトル比) が全周期帯で0.85以上
- 応答スペクトルの強度値の比 (SI比) が1.0以上



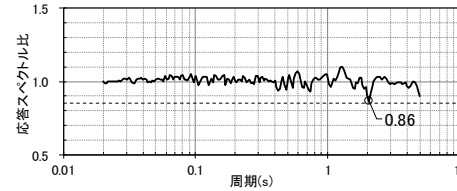
(水平動)



(鉛直動)



(水平動)



(鉛直動)

<応答スペクトル比>

<SI比>

模擬地震動	SI比 (周期0.1秒~2.5秒)
水平動	1.00
鉛直動	1.00

$$SI比 = \frac{\int_{0.1}^{2.5} S_v(T) dt}{\int_{0.1}^{2.5} \bar{S}_v(T) dt}$$

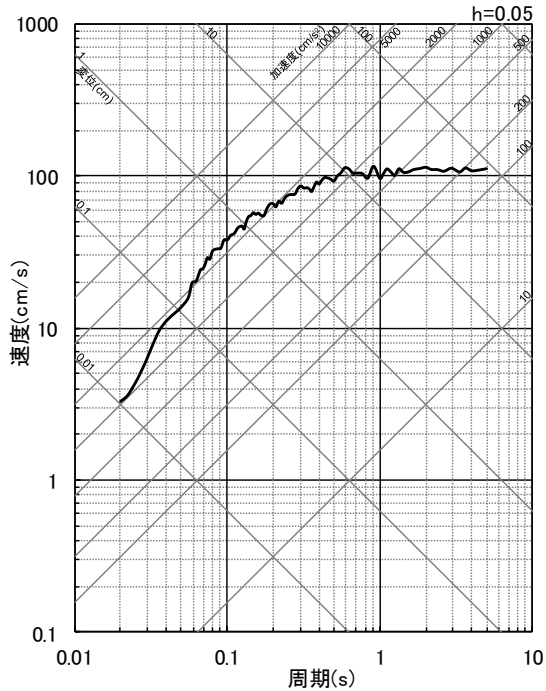
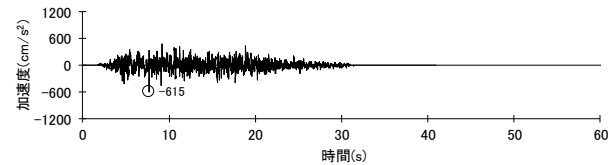
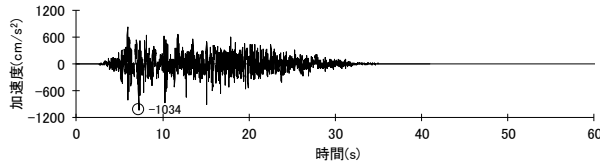
SI : 応答スペクトル強さ  
 $S_v(T)$  : 模擬地震動の応答スペクトル(cm/s)  
 $\bar{S}_v(T)$  : 目標とする応答スペクトル(cm/s)  
 $T$  : 固有周期(s)

<地震基盤相当面において作成した模擬地震動  
(上段：加速度時刻歴波形、下段：応答スペクトル) >

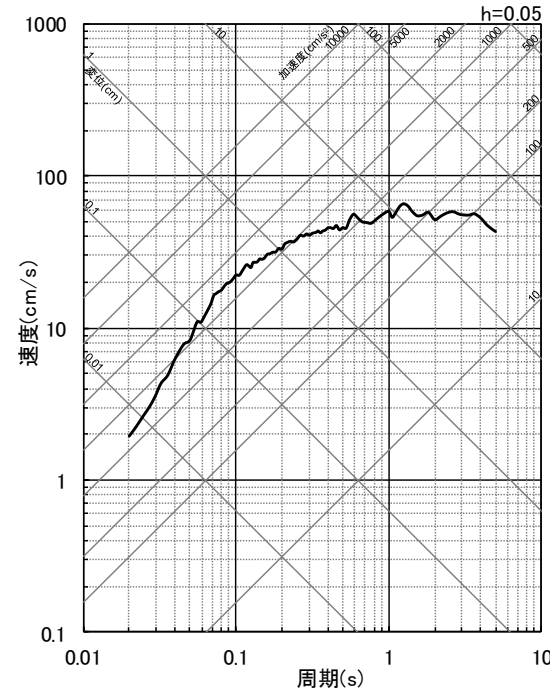
<2.1.2 解放基盤表面における標準応答スペクトルに基づく地震動の評価>

# 解放基盤表面における標準応答スペクトルに基づく地震動の評価結果

○作成した模擬地震動について、一次元地下構造モデル（SGFモデル）を用いて敷地の地盤物性に応じた解放基盤表面までの地震波の伝播特性を反映し、解放基盤表面における標準応答スペクトルに基づく地震動を評価した。



(水平動)



(鉛直動)

<解放基盤表面における標準応答スペクトルに基づく地震動（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の評価結果  
(上段：加速度時刻歴波形、下段：応答スペクトル) >

---

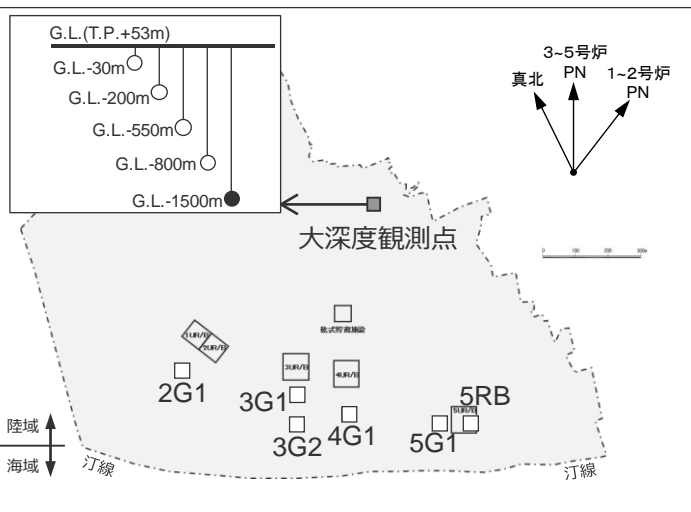
余白

# <2.1.2 解放基盤表面における標準応答スペクトルに基づく地震動の評価> 模擬地震動の作成の複数の方法による検討 (検討方針)

- 標準応答スペクトルに適合する模擬地震動は、一様乱数の位相を用いた方法により作成する。ここでは、審査ガイドにおいて、模擬地震動の作成に関し複数の方法による検討が求められていることを踏まえ、**実観測記録の位相を用いた方法により模擬地震動を作成し、それを用いた解放基盤表面における地震動との比較により、位相の違いが地震基盤相当面から解放基盤表面までの伝播の特性に与える影響を検討し、一様乱数の位相を用いた方法による地震動を採用することの妥当性を確認する。**

## 【実観測記録の位相を用いた模擬地震動の作成】

- 実観測記録の位相を用いた方法による模擬地震動の作成に用いる観測記録について、「震源を特定せず策定する地震動」は内陸地殻内地震の震源近傍の観測記録に基づくとしており、標準応答スペクトルに係る検討においてMw6.5程度の地震の断層が収まる半径10km程度の範囲を震源近傍としていることを踏まえ、**敷地近傍（敷地から10km以内）で発生したMw6.5程度の内陸地殻内地震における敷地の観測記録が理想的**と考え、内陸地殻内地震と考えられる震源深さ20km以浅で発生した地震規模がM6.0以上の敷地近傍の地震の観測記録を用いることを検討したが、**敷地近傍（敷地から10km以内）に、敷地の観測記録が得られているM6.0以上の内陸地殻内地震はない**。また、敷地から30km以内についても、敷地の観測記録が得られているM6.0以上の内陸地殻内地震はない。
- そこで、地震規模がM6.0より小さいM3.5以上の敷地近傍（敷地から10km以内）の地震の観測記録を用いることとし、敷地の観測記録が得られている2015年8月29日静岡県中部の地震（M3.6、震央距離4.5km）及び2015年9月1日静岡県中部の地震（M4.3、震央距離4.4km）のうち、地震規模が大きいこと、また敷地から近く最大加速度も大きいことを踏まえ、**2015年9月1日静岡県中部の地震（M4.3、震央距離4.4km）の敷地の観測記録**を用いて地震規模が小さいものの敷地の観測記録を重視して本検討を行うこととした（標準応答スペクトルが地震基盤相当面で策定されていることを踏まえ、敷地の最深部のG.L.-1500m（Vs=1590m/s※1）の観測記録を用いる）。なお、敷地から30km以内について、M3.5以上の地震として2007年6月1日静岡県西部の地震（M4.3、震央距離24.7km）において敷地の観測記録が得られているが、本検討に用いる地震より地震規模が大きいものはない。



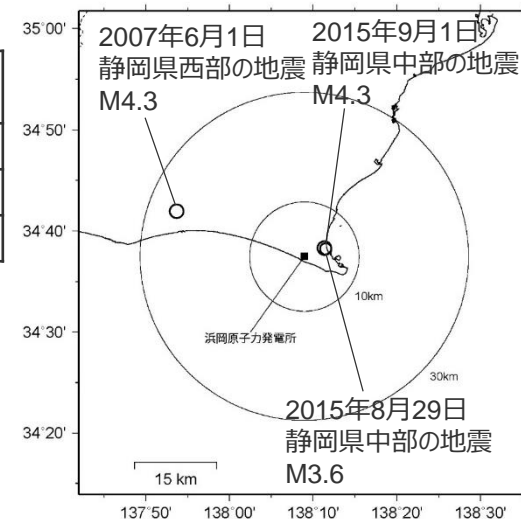
<地震計の配置>

## <敷地で記録が得られた地震※2（下記条件で抽出）>

発震日時	M	震央距離 (km)	震源深さ (km)	最大加速度 (cm/s <sup>2</sup> )
2007/6/1/11:42	4.3	24.7	13.3	3
2015/8/29/22:05	3.6	4.5	10.7	14
2015/9/1/0:29	4.3	4.4	10.4	22

## <抽出条件>

- ・観測期間：1969年9月～2021年12月
- ・震央距離：30km以内
- ・地震規模：M3.5以上
- ・震源深さ：20km以浅



<震央分布図>

※1 G.L.-1500m（T.P.-1447m）におけるVsは、大深度ボーリング調査（大深度観測点と同じ場所で実施）のPS検層結果及びそれに基づき一次元地下構造モデルに設定した値（p.166参照）。  
 ※2 各地震の諸元は、気象庁による。最大加速度は、大深度観測点（G.L.-1500m）の観測記録による。ただし、大深度観測点における観測開始前に発生した2007年6月1日静岡県西部の地震については、鉛直アレイ観測点（G.L.-100m）における観測記録による。

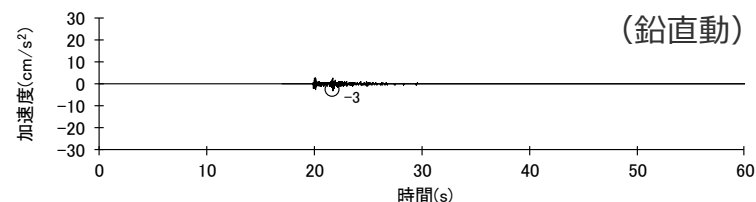
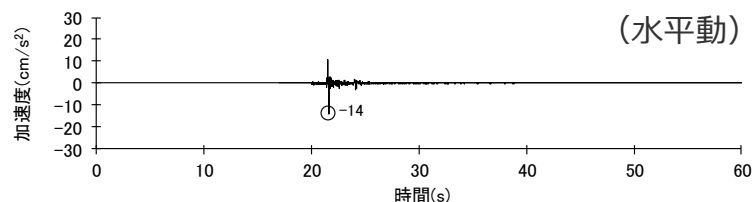


<2.1.2 解放基盤表面における標準応答スペクトルに基づく地震動の評価>

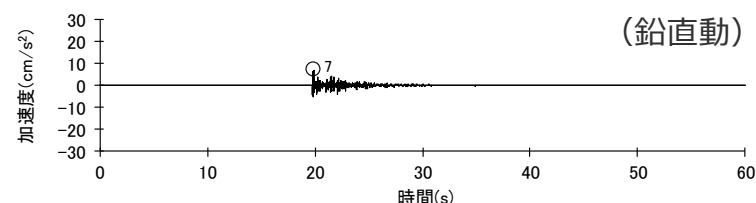
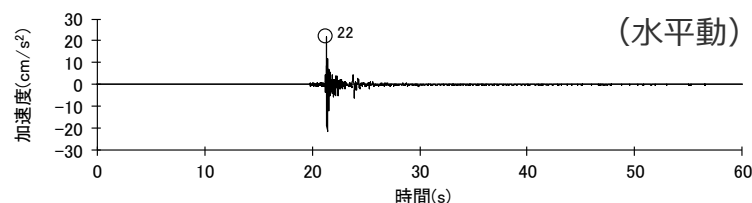
## 模擬地震動の作成の複数の方法による検討

(実観測記録の位相を用いた方法による模擬地震動の作成)

- 実観測記録の位相を用いた方法による模擬地震動の作成にあたり検討した、敷地近傍（敷地から10km以内）で発生したM3.5以上の内陸地殻内地震（震源深さ20km以浅）における敷地の観測記録は下図のとおり。
- 前述のとおり、2015年8月29日静岡県中部の地震（M3.6、震央距離4.5km）及び2015年9月1日静岡県中部の地震（M4.3、震央距離4.4km）のうち、地震規模が大きいこと、また敷地から近く最大加速度も大きいことを踏まえ、2015年9月1日静岡県中部の地震の敷地の観測記録を用いて、実観測記録の位相を用いた方法により模擬地震動を作成し、一様乱数の位相を用いた方法による地震動との比較を行い、位相の違いが地震基盤相当面から解放基盤表面までの伝播の特性に与える影響を検討する。



(2015年8月29日静岡県中部の地震 (M3.6、震央距離4.5km) )



(2015年9月1日静岡県中部の地震 (M4.3、震央距離4.4km) )

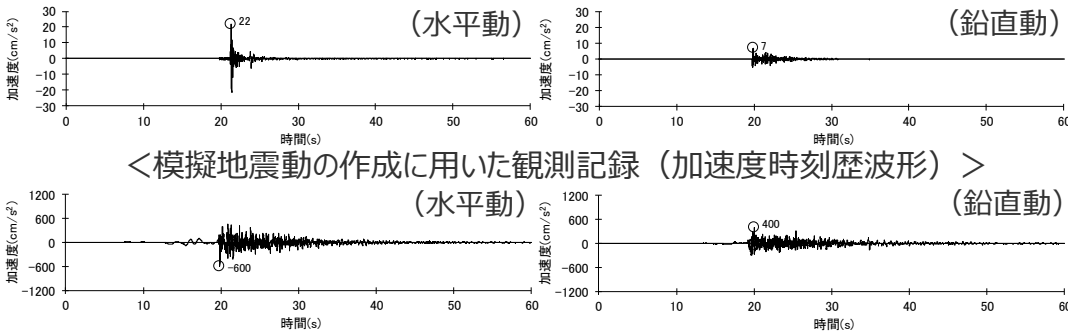
<敷地の観測記録（大深度観測点G.L.-1500m）（加速度時刻歴波形）>

<2.1.2 解放基盤表面における標準応答スペクトルに基づく地震動の評価>

模擬地震動の作成の複数の方法による検討

(実観測記録の位相を用いた方法による模擬地震動の作成)

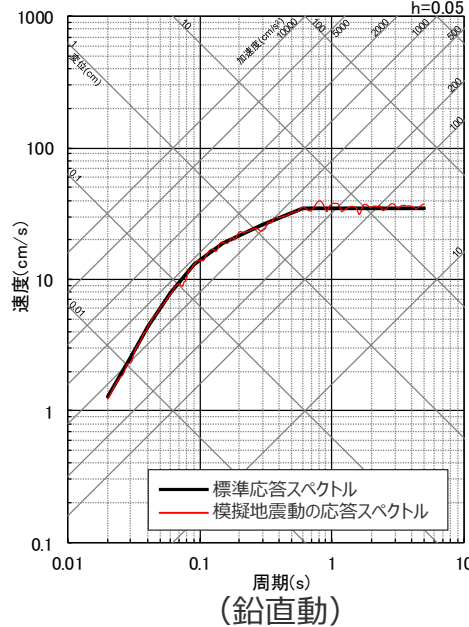
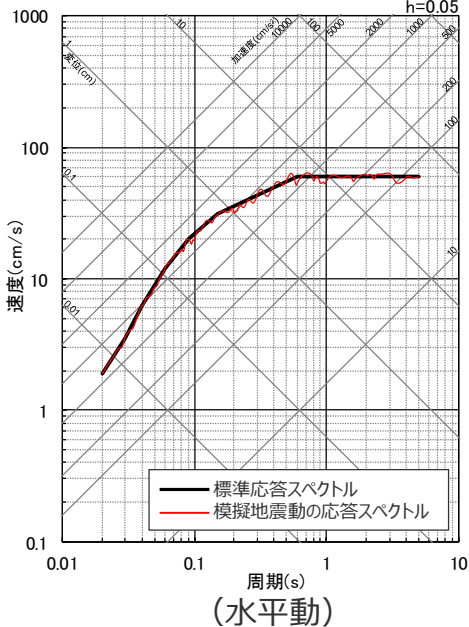
○実観測記録の位相を用いた方法により地震基盤相当面において作成した模擬地震動は下図のとおり。



○作成した模擬地震動が、日本電気協会(2015)に示される以下の適合度の条件を満足していることを確認した。

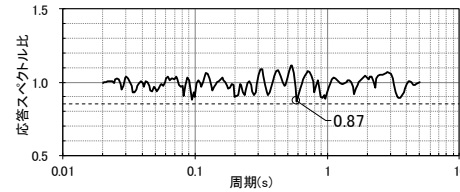
- 目標とする応答スペクトル値に対する模擬地震動の応答スペクトル値の比 (応答スペクトル比) が全周期帯で0.85以上
- 応答スペクトルの強度値の比 (SI比) が1.0以上

<地震基盤相当面において作成した模擬地震動 (加速度時刻歴波形)>

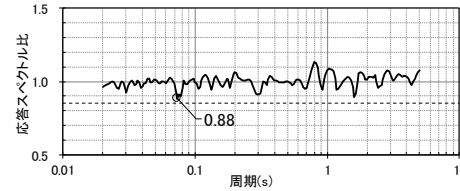


<SI比>

模擬地震動	SI比 (周期0.1秒~2.5秒)
水平動	1.00
鉛直動	1.01



(水平動)



(鉛直動)

$$SI比 = \frac{\int_{0.1}^{2.5} S_v(T) dt}{\int_{0.1}^{2.5} \bar{S}_v(T) dt}$$

SI : 応答スペクトル強さ  
 $S_v(T)$  : 模擬地震動の応答スペクトル(cm/s)  
 $\bar{S}_v(T)$  : 目標とする応答スペクトル(cm/s)  
 $T$  : 固有周期(s)

<応答スペクトル比>

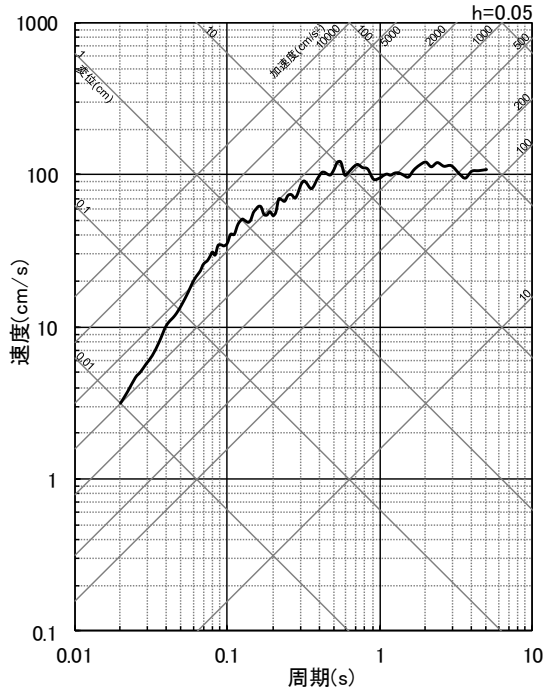
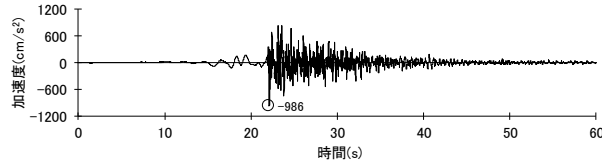
<地震基盤相当面において作成した模擬地震動 (応答スペクトル)>

<2.1.2 解放基盤表面における標準応答スペクトルに基づく地震動の評価>

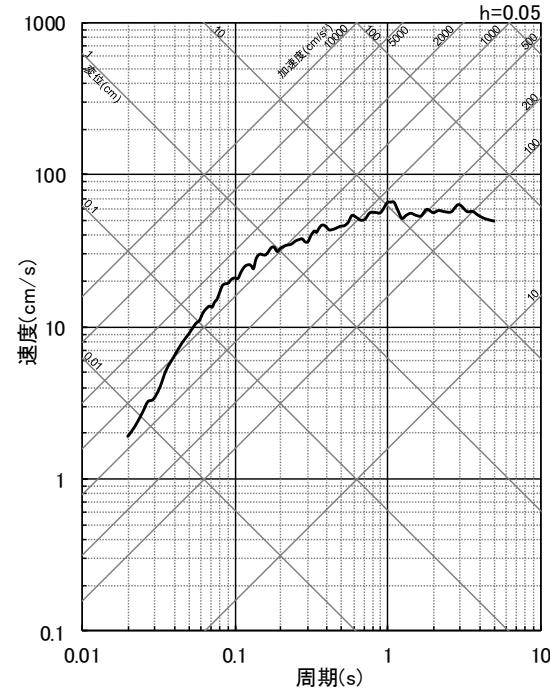
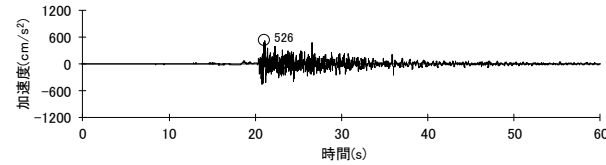
模擬地震動の作成の複数の方法による検討

(実観測記録の位相を用いた方法による解放基盤表面における地震動)

○実観測記録の位相を用いた方法により作成した模擬地震動について、一次元地下構造モデル（SGFモデル）を用いて敷地の地盤物性に応じた解放基盤表面までの地震波の伝播特性を反映し、解放基盤表面における標準応答スペクトルに基づく地震動を評価した。



(水平動)



(鉛直動)

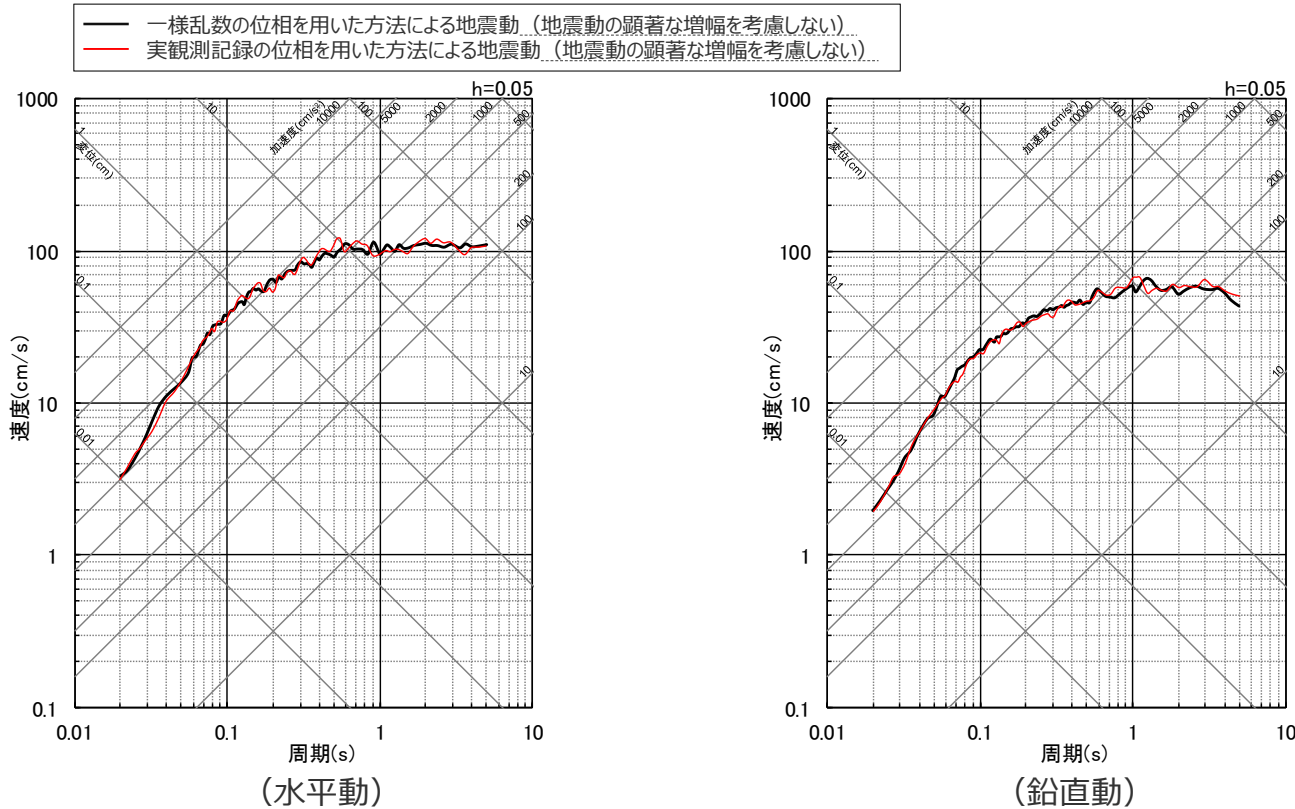
<解放基盤表面における標準応答スペクトルに基づく地震動（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の評価結果  
(上段：加速度時刻歴波形、下段：応答スペクトル) >

<2.1.2 解放基盤表面における標準応答スペクトルに基づく地震動の評価>

# 模擬地震動の作成の複数の方法による検討

(模擬地震動の作成の複数の方法の比較 (応答スペクトル) )

○解放基盤表面における応答スペクトルは、一様乱数の位相を用いた方法による地震動と実観測記録の位相を用いた方法による地震動で差異は認められない。



<解放基盤表面における標準応答スペクトルに基づく地震動 (地震動の顕著な増幅を考慮しない) の評価結果の比較 (応答スペクトル) >

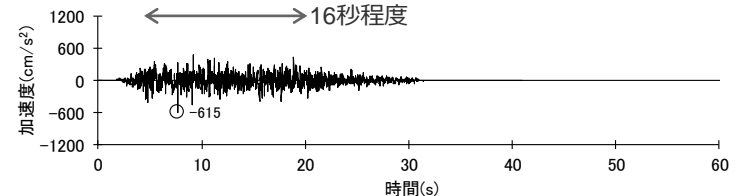
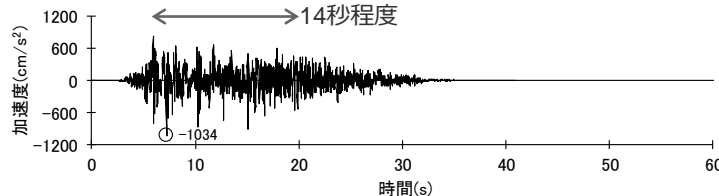
<2.1.2 解放基盤表面における標準応答スペクトルに基づく地震動の評価>

模擬地震動の作成の複数の方法による検討

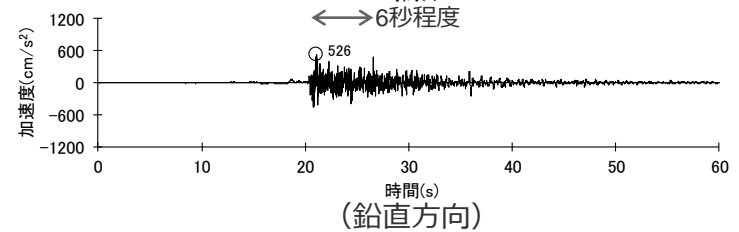
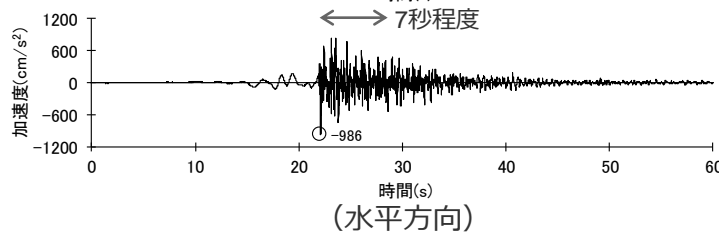
(模擬地震動の作成の複数の方法の比較 (加速度時刻歴波形))

- 加速度時刻歴波形の振幅包絡形状は、両方法 (一様乱数の位相を用いた方法と実観測記録の位相を用いた方法) による地震動のどちらも、地震基盤相当面と解放基盤表面とで傾向は大きく変わらない。
- 解放基盤表面における加速度時刻歴波形の強震部の継続時間は、一様乱数の位相を用いた方法による地震動の方が長い。
- 解放基盤表面における最大加速度は、一様乱数の位相を用いた方法による地震動の方がやや大きい。

一様乱数の位相を用いた方法

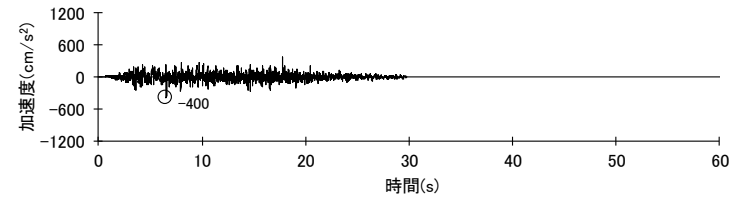
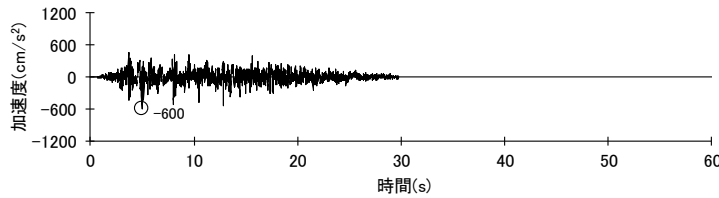


実観測記録の位相を用いた方法

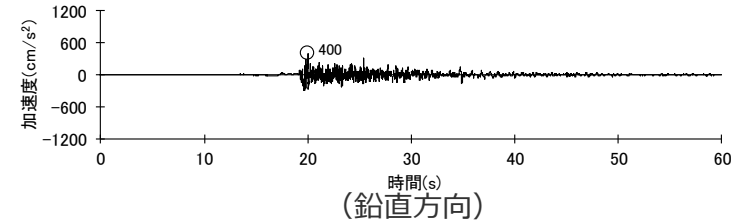
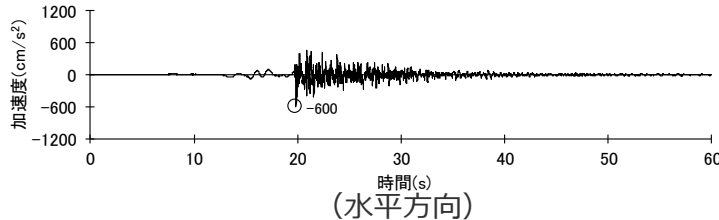


<解放基盤表面における標準応答スペクトルに基づく地震動 (地震動の顕著な増幅を考慮しない) の評価結果の比較 (加速度時刻歴波形)>

一様乱数の位相を用いた方法



実観測記録の位相を用いた方法



<地震基盤相当面において作成した模擬地震動の比較 (加速度時刻歴波形)>

←→ : 強震部 (概ね加速度が最大加速度の50%以上となる範囲)

- ・下線 ( ) は、一部修正箇所を示す。
- ・強震部の根拠が明確となるよう修正。
- ・強震部は、考察している解放基盤表面の地震動のみに示すよう修正。

<2.1.2 解放基盤表面における標準応答スペクトルに基づく地震動の評価>  
**模擬地震動の作成の複数の方法による検討**  
 (模擬地震動の作成の複数の方法の比較 (まとめ) )

○ 一様乱数の位相を用いた方法による地震動と実観測記録の位相を用いた方法による地震動とを比較した結果は下表のとおり。

<比較結果のまとめ>

比較項目	比較結果
応答スペクトル	○ 解放基盤表面における応答スペクトルは、一様乱数の位相を用いた方法による地震動と実観測記録の位相を用いた方法による地震動で差異は認められない。
時刻歴波形	○ 加速度時刻歴波形の振幅包絡形状は、両方法（一様乱数の位相を用いた方法と実観測記録の位相を用いた方法）による地震動のどちらも、地震基盤相当面と解放基盤表面とで傾向は大きく変わらない。 ○ 解放基盤表面における加速度時刻歴波形の強震部の継続時間は、一様乱数の位相を用いた方法による地震動の方が長い。 ○ 解放基盤表面における最大加速度は、一様乱数の位相を用いた方法による地震動の方がやや大きい。



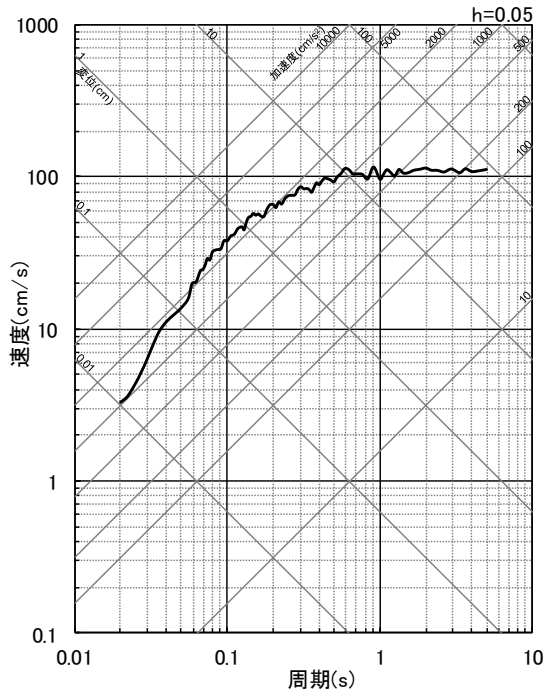
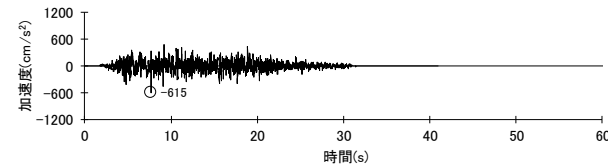
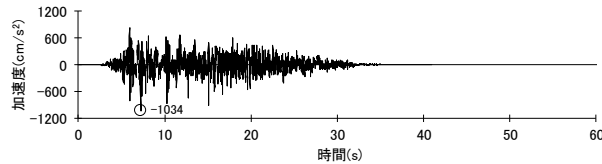
- 模擬地震動の作成の複数の方法による検討として、地震規模がM6.0より小さいものの、敷地近傍（敷地から10km以内）で発生した内陸地殻内地震における敷地の観測記録（2015年9月1日静岡県中部の地震（M4.3、震央距離4.4km））を用いて、実観測記録の位相を用いた方法により模擬地震動を作成して解放基盤表面における地震動を評価し、一様乱数の位相を用いた方法による地震動との比較を行い、位相の違いが地震基盤相当面から解放基盤表面までの伝播の特性に与える影響を検討した。
- その結果、一様乱数の位相を用いた方法による地震動に対し、実観測記録の位相を用いた方法による地震動を比較すると、解放基盤表面における応答スペクトルに差異は認められないこと、加速度時刻歴波形の振幅包絡形状は両方法による地震動のどちらも地震基盤相当面と解放基盤表面とで傾向は大きく変わらないことから、**両方法の模擬地震動の作成に用いる位相の違いが地震基盤相当面から解放基盤表面までの伝播の特性に与える影響はないと評価した。**
- また、一様乱数の位相を用いた方法による地震動は、実観測記録の位相を用いた方法による地震動と比べて、解放基盤表面における加速度時刻歴波形の強震部の継続時間が長く、解放基盤表面における最大加速度がやや大きいことから、**一様乱数の位相を用いた方法による地震動の方が保守性を有すると評価した。**
- **以上の検討結果から、標準応答スペクトルに基づく地震動（地震動の顕著な増幅を考慮しない）として、一様乱数の位相を用いた方法による地震動を採用する。**

<2.1.2 解放基盤表面における標準応答スペクトルに基づく地震動の評価>

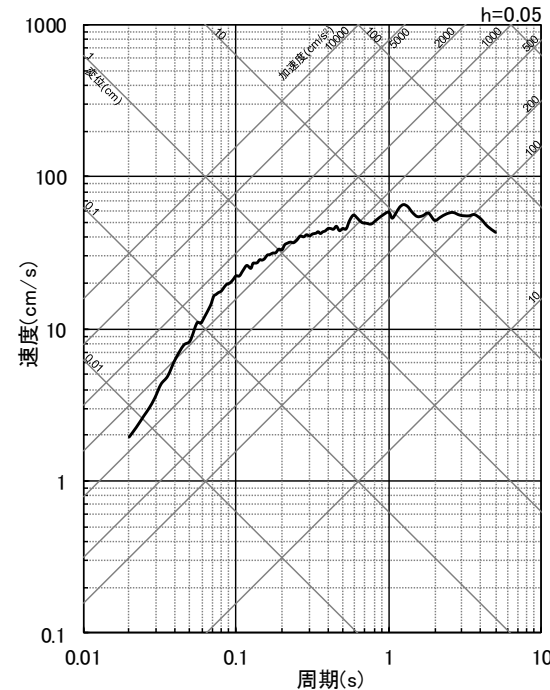
まとめ

(標準応答スペクトルに基づく地震動 (地震動の顕著な増幅を考慮しない) )

○地震基盤相当面において設定された「標準応答スペクトル」に基づき、敷地の地盤物性に応じて解放基盤表面までの地震波の伝播特性を反映した地震動を、「標準応答スペクトルに基づく地震動 (地震動の顕著な増幅を考慮しない)」とする。



(水平動)



(鉛直動)

<解放基盤表面における標準応答スペクトルに基づく地震動 (地震動の顕著な増幅を考慮しない) の評価結果 (上段：加速度時刻歴波形、下段：応答スペクトル) >

# 目次

1 概要	……p.4~
2 全国共通に考慮すべき地震動	
2.1 標準応答スペクトルに基づく地震動	……p.19~
2.1.1 地下構造モデル及び地震基盤相当面の設定	……p.24~
2.1.2 解放基盤表面における標準応答スペクトルに基づく地震動の評価	……p.26~
2.2 2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動	……p.39~
2.2.1 2004年北海道留萌支庁南部の地震の観測記録	……p.44~
2.2.2 佐藤・他(2013)による基盤地震動の推定に関する知見	……p.50~
2.2.3 敷地の地盤物性を考慮した解放基盤表面における地震動の評価	……p.58~
2.3 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動	……p.82~
3 地域性を考慮する地震動	……p.95~
3.1 2008年岩手・宮城内陸地震	……p.97~
3.2 2000年鳥取県西部地震	……p.119~
4 震源を特定せず策定する地震動の策定	……p.135~
補足説明資料	……p.140~
参考資料	……p.187~



<2.2 2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動>

## 2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動の評価の概要

- 「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」の別記2では、「全国共通に考慮すべき地震動」の策定に当たり、2004年北海道留萌支庁南部の地震において、防災科学技術研究所が運用する全国強震観測網の港町観測点における観測記録から推定した基盤地震動を用いることが求められている。
- 以降では、2004年北海道留萌支庁南部の地震における防災科学技術研究所が運用する全国強震観測網の港町観測点における観測記録から推定した基盤地震動について検討したうえで、敷地の解放基盤表面における地震動を評価する。

<2.2 2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動>

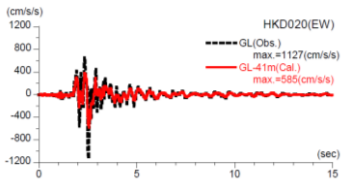
# 2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動の評価の概要

## 【2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動】

(敷地の一次元地下構造モデルを用いて評価した地震動 (顕著な増幅を考慮しない) )

- 2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動は、**港町観測点 (K-NET HKD020) の基盤地震動**を、**敷地の一次元地下構造モデルにおける港町観測点の基盤相当面に入力**して、敷地の解放基盤表面における地震動を評価し、この評価結果にさらなる保守性を考慮して設定。
- 敷地の一次元地下構造モデルは、断層モデルを用いた手法による地震動評価における**統計的グリーン関数法のために設定した一次元地下構造モデル (SGFモデル)**を採用。
- 港町観測点の基盤相当面**は、敷地において港町観測点の基盤のVs=938m/s以上となる**T.P.-192m (Vs=960m/s)**に設定。

層	標高 (m)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	ρ (g/cm <sup>3</sup> )	Qs, Qp
1	-14	740	2000	2.07	100f <sup>0.7</sup>
2	-32	790	2030	2.08	100f <sup>0.7</sup>
3	-62	830	2070	2.09	100f <sup>0.7</sup>
4	-92	910	2140	2.11	100f <sup>0.7</sup>
5	-192	960	2180	2.12	100f <sup>0.7</sup>
6	-354	1100	2110	2.10	100f <sup>0.7</sup>
7	-493	1230	2320	2.15	100f <sup>0.7</sup>
8	-739	1420	2790	2.25	100f <sup>0.7</sup>
9	-1094	1590	3060	2.31	100f <sup>0.7</sup>
10	-2050	2150	3990	2.46	100f <sup>0.7</sup>
11	-3550	2470	4470	2.53	100f <sup>0.7</sup>



<港町観測点の基盤地震動 (赤線) (水平動) >  
(佐藤・他(2013)による)

<一次元地下構造モデル (断層モデルを用いた手法の統計的グリーン関数法のために設定した一次元地下構造モデル) >

### ▼解放基盤表面

T.P.-14m  
(Vs=740m/s)

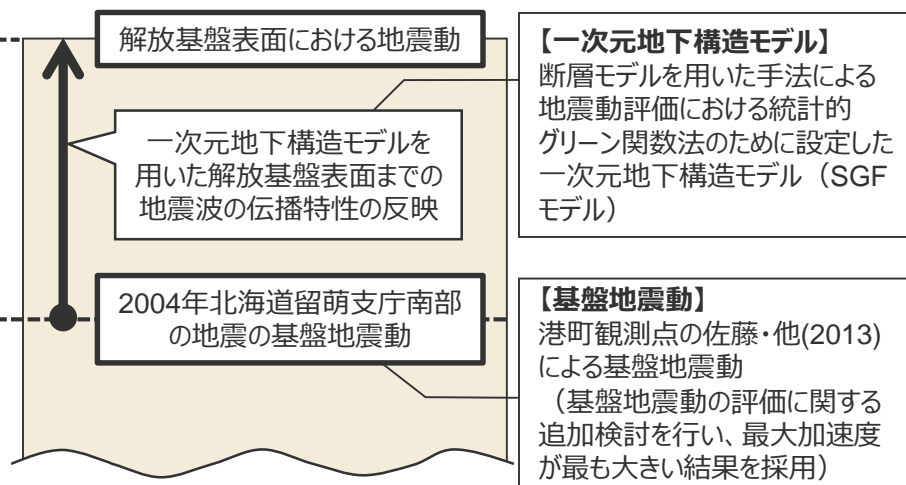
[出力位置]

### 港町観測点の

### ▼基盤相当面

T.P.-192m  
(Vs=960m/s)

[入力位置]



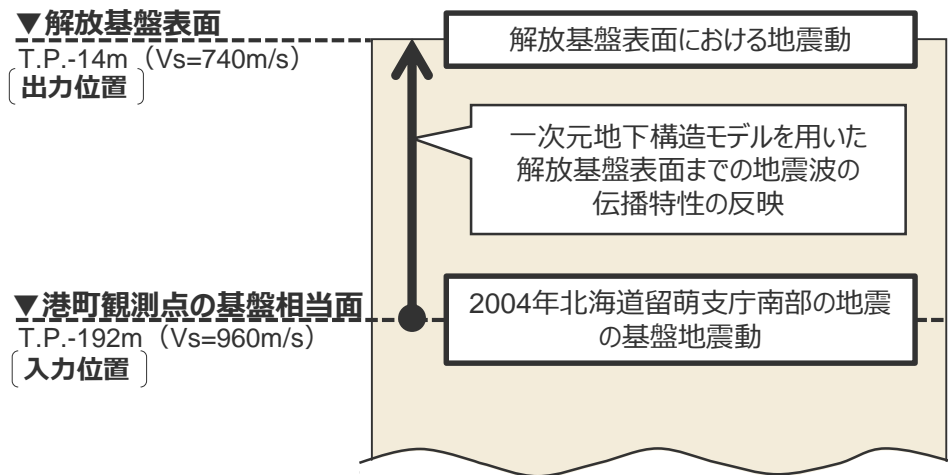
**【一次元地下構造モデル】**  
断層モデルを用いた手法による地震動評価における統計的グリーン関数法のために設定した一次元地下構造モデル (SGFモデル)

**【基盤地震動】**  
港町観測点の佐藤・他(2013)による基盤地震動 (基盤地震動の評価に関する追加検討を行い、最大加速度が最も大きい結果を採用)

<2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動の評価のイメージ>

<2.2 2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動>

# 2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動の評価の概要 (評価フロー)



<2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく  
地震動の評価のイメージ>

①2004年北海道留萌支庁南部の地震の港町観測点の基盤地震動

- 港町観測点の佐藤・他(2013)により評価されているG.L.-41mの基盤面における基盤地震動を採用。



②港町観測点の基盤地震動に係る追加検討

- 港町観測点の佐藤・他(2013)による基盤地震動について、妥当性を確認するため追加検討（室内試験結果、減衰定数の不確かさ、PS検層の再測定結果、地下水位の状況を踏まえた検討）を実施。



③地下構造モデルの設定

- 断層モデルを用いた手法による地震動評価における統計的グリーン関数法のために設定した一次元地下構造モデル（SGFモデル）を採用。



④港町観測点の基盤相当面の設定

- 基盤地震動（追加検討結果）を入力する港町観測点のVs=938m/s基盤面に相当する敷地の地層として、Vs=960m/sのT.P.-192mを基盤相当面と設定。



⑤解放基盤表面における地震動の評価

- 一次元地下構造モデルを用いて敷地の地盤物性に応じた解放基盤表面までの地震波の伝播特性を反映し、解放基盤表面における地震動を評価。

<2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく  
地震動の評価の流れ>

---

余白

# 目次

1 概要	……p.4~
2 全国共通に考慮すべき地震動	
2.1 標準応答スペクトルに基づく地震動	……p.19~
2.1.1 地下構造モデル及び地震基盤相当面の設定	……p.24~
2.1.2 解放基盤表面における標準応答スペクトルに基づく地震動の評価	……p.26~
2.2 2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動	……p.39~
2.2.1 2004年北海道留萌支庁南部の地震の観測記録	……p.44~
2.2.2 佐藤・他(2013)による基盤地震動の推定に関する知見	……p.50~
2.2.3 敷地の地盤物性を考慮した解放基盤表面における地震動の評価	……p.58~
2.3 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動	……p.82~
3 地域性を考慮する地震動	……p.95~
3.1 2008年岩手・宮城内陸地震	……p.97~
3.2 2000年鳥取県西部地震	……p.119~
4 震源を特定せず策定する地震動の策定	……p.135~
補足説明資料	……p.140~
参考資料	……p.187~

# <2.2.1 2004年北海道留萌支庁南部の地震の観測記録> 地震の概要

## ○地震発生日時（気象庁震度データベース他による）

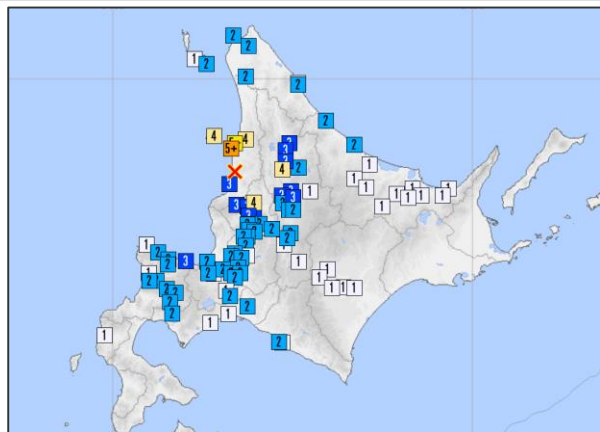
- ・発生日時：2004年12月14日 14時56分
- ・地震規模：M6.1（Mw5.7）
- ・震源深さ：9km
- ・震源位置：北緯44°04.6′、東経141°41.9′

## ○各地の震度（気象庁震度データベースによる）

- ・震度5強：苫前町旭（旧）
- ・震度5弱：羽幌町南3条
- ・震度4：秩父別町役場（旧）、剣淵町仲町（旧）、羽幌町焼尻、初山別村有明

## ○地震発生メカニズム（気象庁(2005)による）

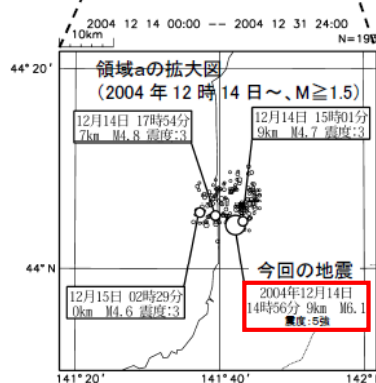
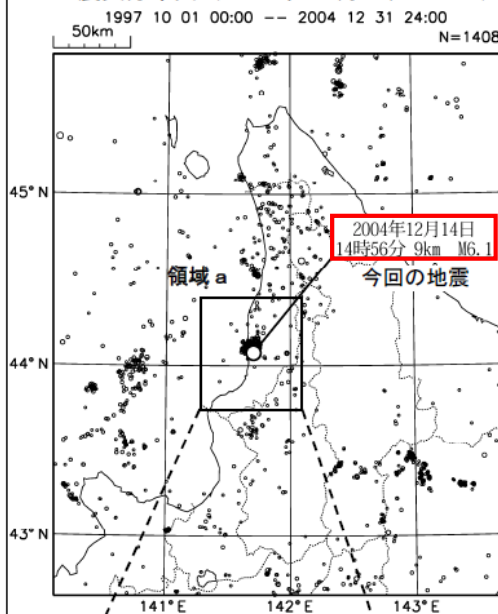
- ・発震機構解より、東南東-西北西方向に圧縮軸を持つ逆断層型の地震。
- ・本震位置より60km南方で1995年に発生したM5.9の地震の発震機構解は東西圧縮の逆断層型であり、この地域の東西圧縮の応力場と調和的である。
- ・北海道内陸西部では、やや規模の大きな地震は、歪み集中帯で発生するようである。



- × 震央
- 7 震度7
- 6+ 震度6強
- 6- 震度6弱
- 5+ 震度5強
- 5- 震度5弱
- 4 震度4
- 3 震度3
- 2 震度2
- 1 震度1

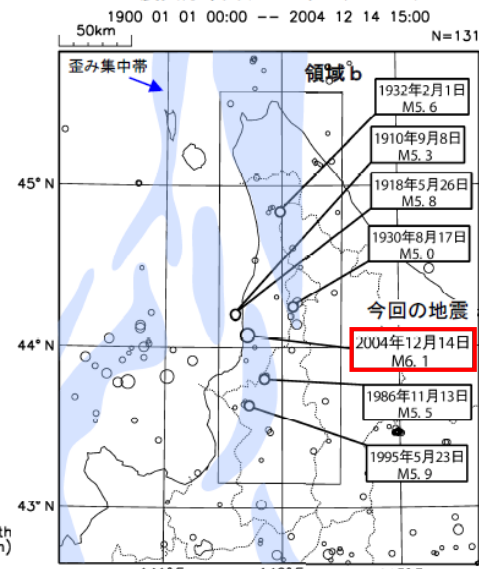
<震度分布図>  
(気象庁震度データベースによる)

## 震央分布図（1997年10月～、M≥1.5）



<震央分布図>  
(地震調査委員会(2005)に赤い四角を加筆)

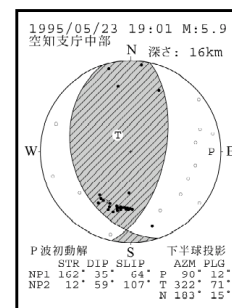
## 震央分布図（1900年～、M≥3.5）



※ 震央分布図に表記した歪み集中帯のデータは、「日本海東縁の活断層と地震テクトニクス」(東京大学出版会2002)を使用した。

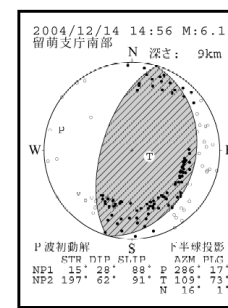
<震央分布図>  
(地震調査委員会(2005)に赤い四角を加筆)

## 1995年5月23日の地震



<発震機構（P波初動解）>  
(地震調査委員会(2005)に赤い四角を加筆)

## 今回の地震



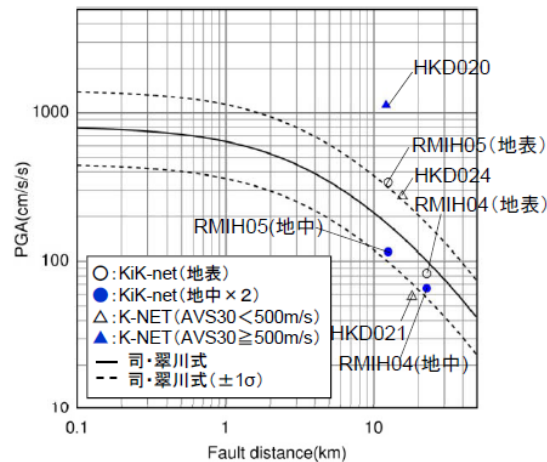
<2.2.1 2004年北海道留萌支庁南部の地震の観測記録>

震源近傍の観測記録

- 震源距離が30km以内の観測記録としては下表の5記録となる。
- 震源近傍に位置するHKD020（港町）観測点において、最大加速度1127.2cm/s<sup>2</sup>が観測されており、司・翠川(1999)の距離減衰式の+1σを上回る。

<断層最短距離が30km以内の観測記録>

観測点			震源距離 (km)	AVS30 (m/s)	最大加速度 (Gal)		
					水平(NS)	水平(EW)	鉛直(UD)
K-NET (地表)	HKD020	港町	12.1	562.7	535.7	1127.2	368.4
	HKD024	達布	15.6	337.2	184.9	274.0	73.5
	HKD021	留萌	18.1	302.0	57.5	44.6	20.0
KiK-net (地表・地中)	RMIH05	小平西	12.5	218.1	340.4 (57.8)	236.1 (36.8)	66.2 (27.4)
	RMIH04	小平東	22.8	543.3	83.0 (23.8)	81.8 (32.7)	36.5 (25.9)

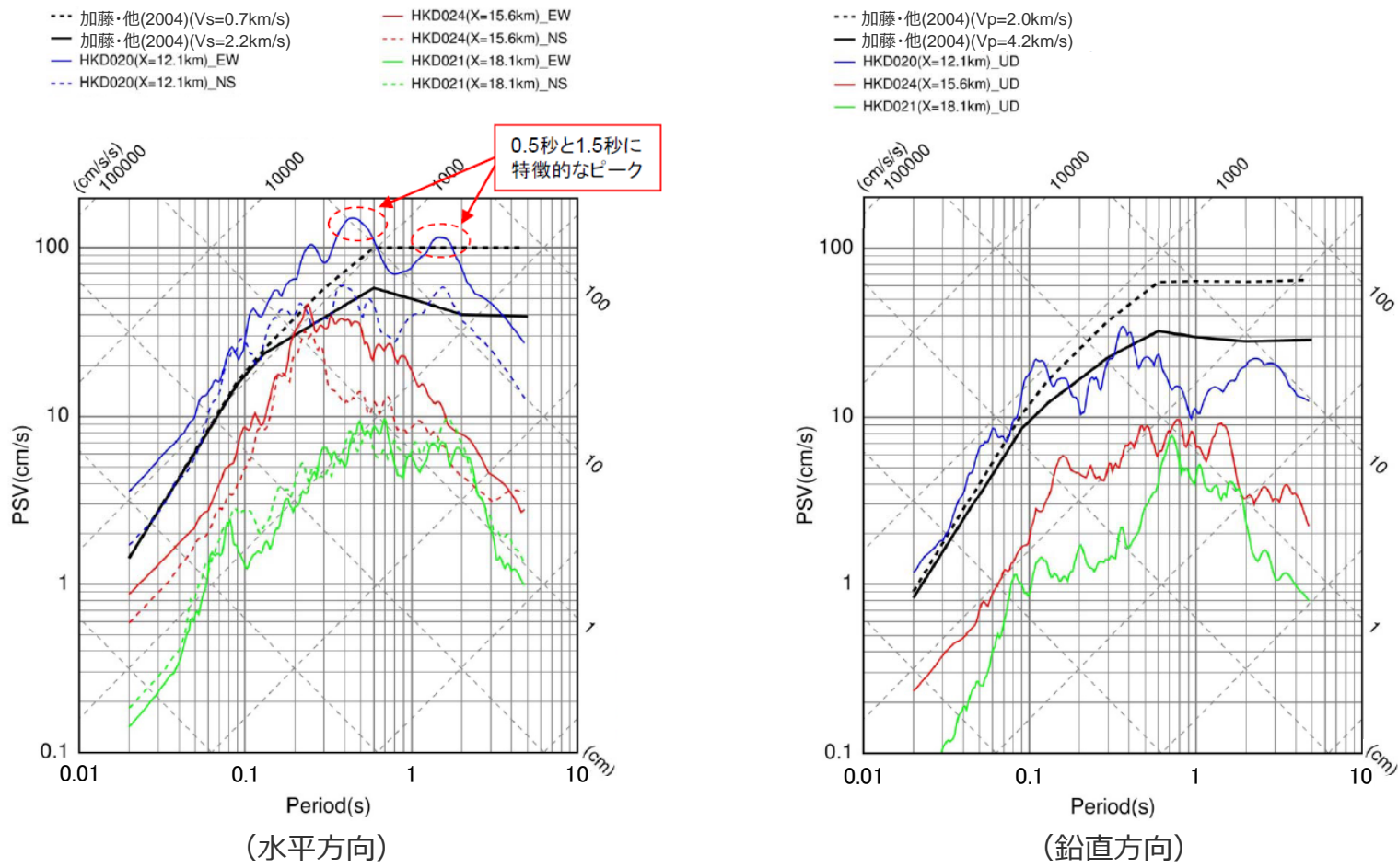


<司・翠川(1999)の距離減衰式との関係>

<2.2.1 2004年北海道留萌支庁南部の地震の観測記録>

# K-NET観測記録

○K-NET観測点の観測記録のうち、HKD020（港町）の観測記録の応答スペクトルは、強震記録を用いて震源を事前に特定できない地震の地震動レベルを設定した加藤・他(2004)の応答スペクトルを大きく上回る。また、HKD024（達布）及びHKD021（留萌）の観測記録の応答スペクトルは、HKD020（港町）におけるEW成分の応答スペクトルに包絡される。

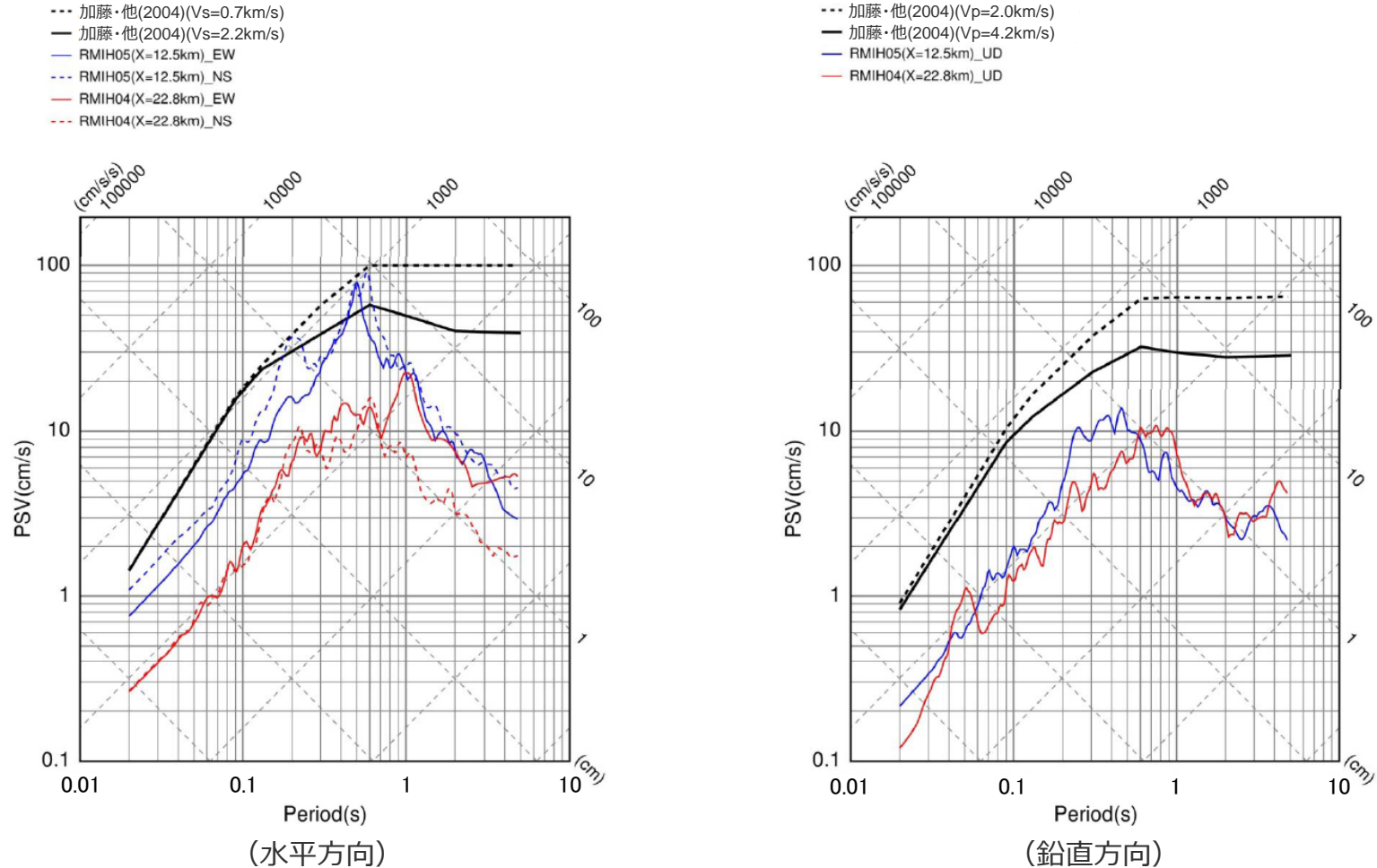


<K-NET各観測記録の応答スペクトルと加藤・他(2004)の応答スペクトルの比較>



<2.2.1 2004年北海道留萌支庁南部の地震の観測記録>  
KiK-net観測記録 (地表)

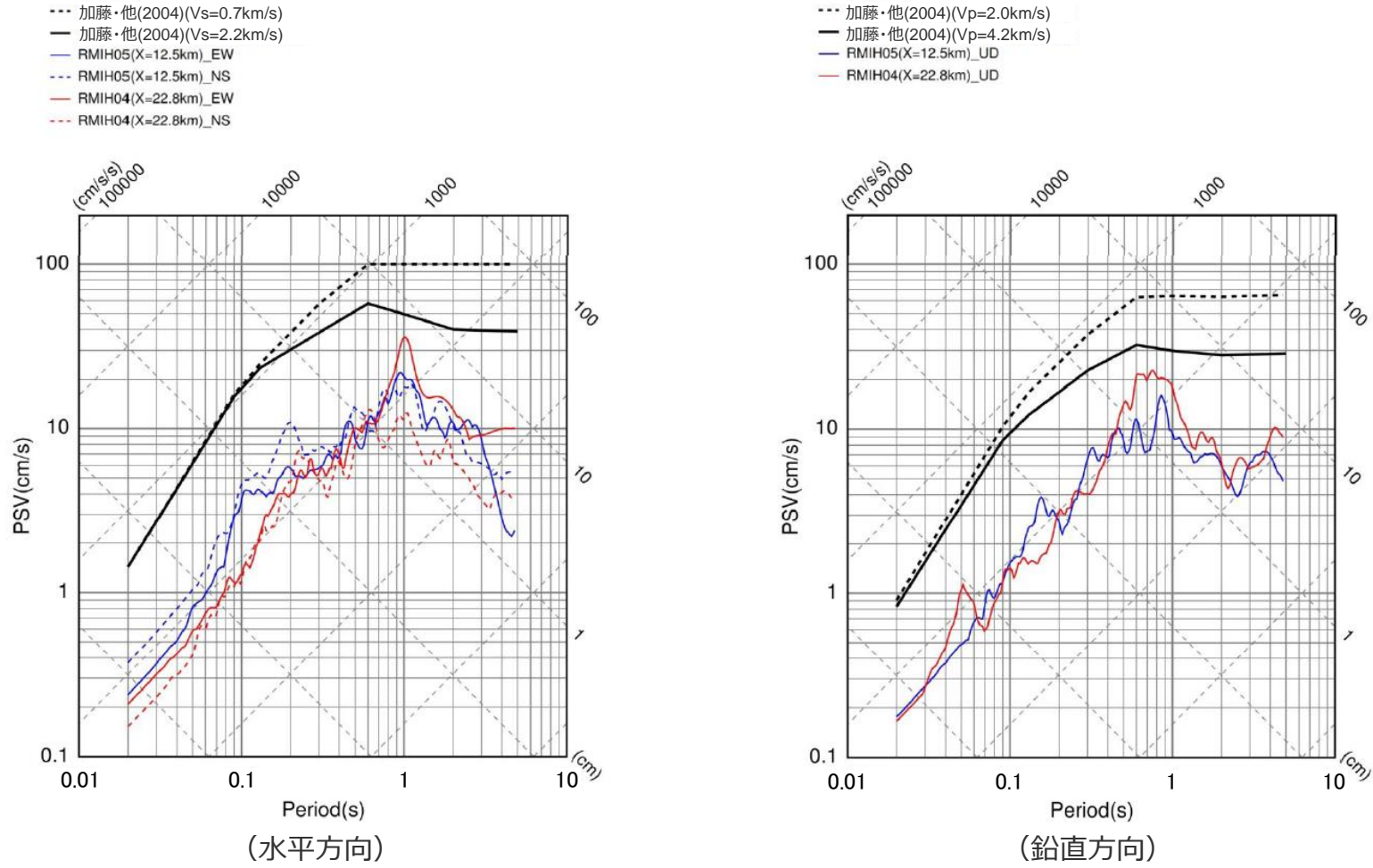
○KiK-net観測点であるRMIH05 (小平西) 及びRMIH04 (小平東) の地表観測記録の応答スペクトルは、加藤・他(2004)の応答スペクトルに包絡される。



<KiK-net各観測記録 (地表) の応答スペクトルと加藤・他(2004)の応答スペクトルの比較>

<2.2.1 2004年北海道留萌支庁南部の地震の観測記録>  
KiK-net観測記録 (地中)

○KiK-net観測点であるRMIH05 (小平西) 及びRMIH04 (小平東) の地中観測記録を2倍にした応答スペクトルは、加藤・他(2004)の応答スペクトルに包絡される。



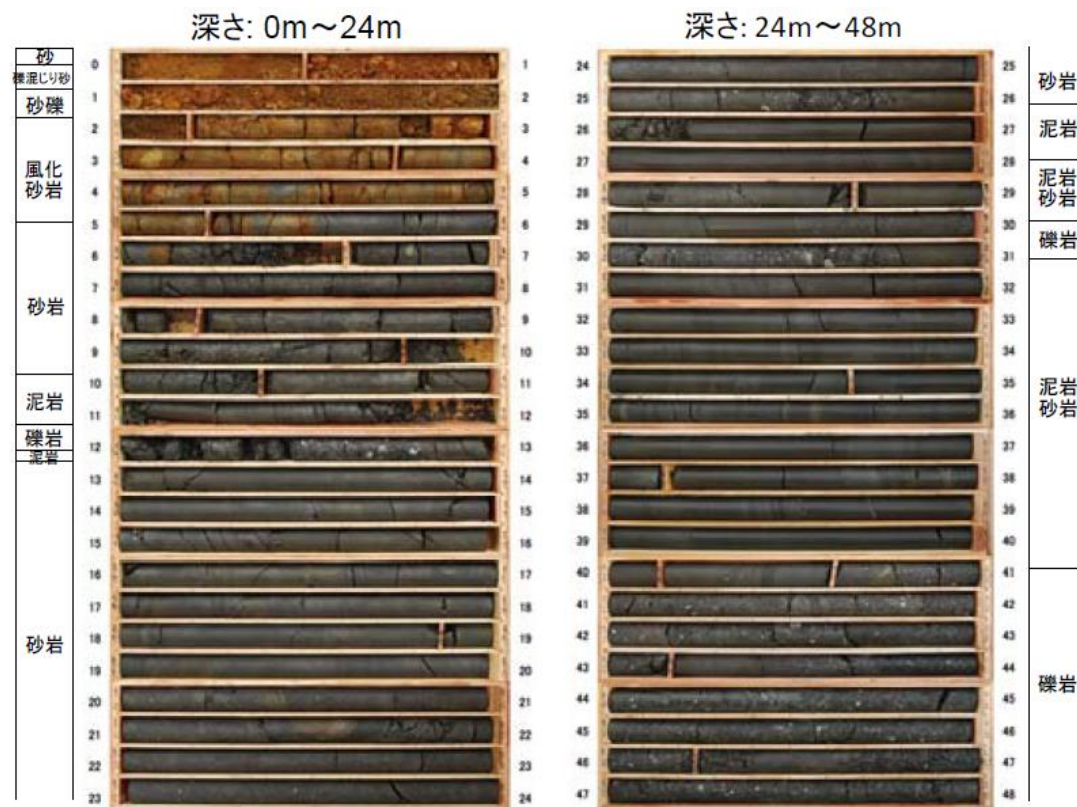
<KiK-net各観測記録 (地中×2) の応答スペクトルと加藤・他(2004)の応答スペクトルの比較>

# 目次

1 概要	……p.4~
2 全国共通に考慮すべき地震動	
2.1 標準応答スペクトルに基づく地震動	……p.19~
2.1.1 地下構造モデル及び地震基盤相当面の設定	……p.24~
2.1.2 解放基盤表面における標準応答スペクトルに基づく地震動の評価	……p.26~
2.2 2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動	……p.39~
2.2.1 2004年北海道留萌支庁南部の地震の観測記録	……p.44~
2.2.2 佐藤・他(2013)による基盤地震動の推定に関する知見	……p.50~
2.2.3 敷地の地盤物性を考慮した解放基盤表面における地震動の評価	……p.58~
2.3 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動	……p.82~
3 地域性を考慮する地震動	……p.95~
3.1 2008年岩手・宮城内陸地震	……p.97~
3.2 2000年鳥取県西部地震	……p.119~
4 震源を特定せず策定する地震動の策定	……p.135~
補足説明資料	……p.140~
参考資料	……p.187~

## <2.2.2 佐藤・他(2013)による基盤地震動の推定に関する知見> ボーリング調査による地質構造

- HKD020（港町）観測点の地質構造及び速度構造の把握を目的として、地震計設置地点の北西約5mの同一標高位置にて、深さ300m（G.L.-300m）までのボーリング掘削をオールコア採取で実施している。
- G.L.-13m付近の深さまでの岩盤は亀裂が多く、岩盤が脆いことを示唆している。また、それ以深の岩盤層については、泥岩・砂岩の互層が主体で、そのうちG.L.-30m付近、さらに、G.L.-41m以深に礫岩層が存在する構成となっている。

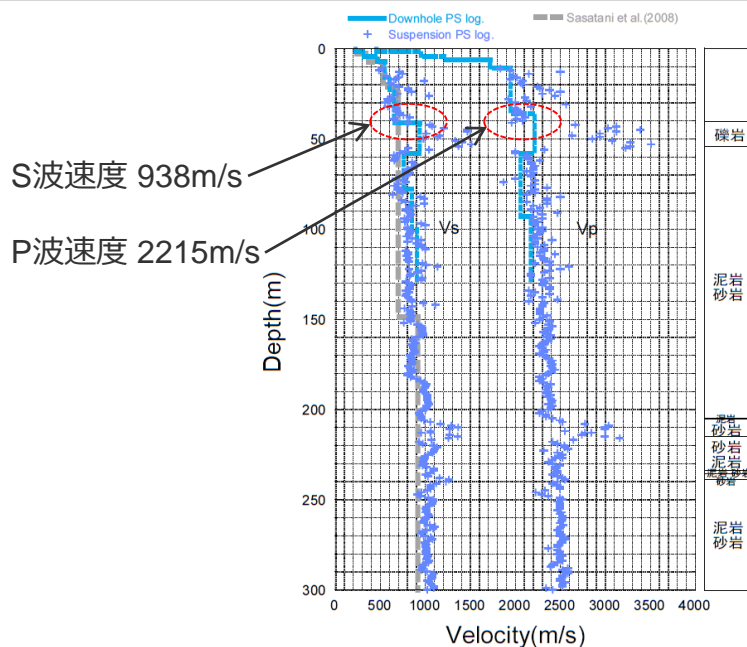


<HKD020（港町）におけるボーリングコア写真（左：深さ0m~24m、右：深さ24m~48m）>  
（佐藤・他(2013)による）

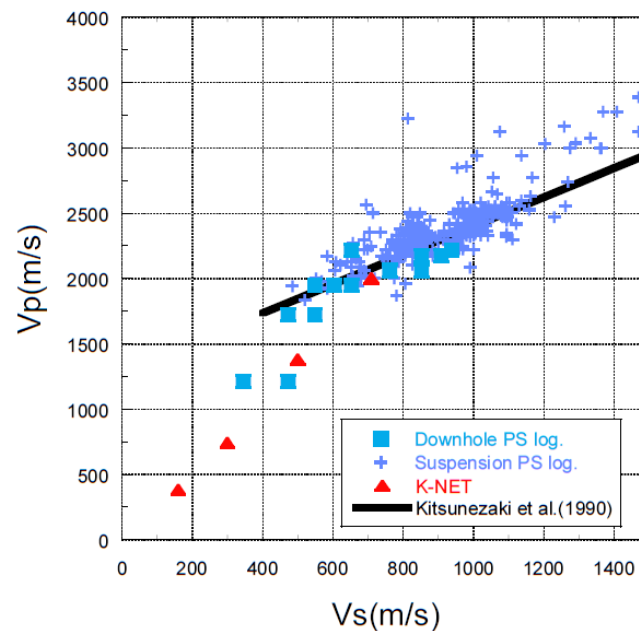
<2.2.2 佐藤・他(2013)による基盤地震動の推定に関する知見>

# PS検層による速度構造

- ボーリング孔を用いて、G.L.-150mまではダウンホール法とサスペンション法、G.L.-300mまではサスペンション法によるPS検層を実施している。
- G.L.-50m付近までは、笹谷・他(2008)による微動アレイ探査に基づくS波速度構造とPS検層によるS波速度構造は十分に対応していない。しかしながら、G.L.-58m以深の泥岩・砂岩互層が続く部分のS波速度構造については、大局的にサスペンション法によるS波速度構造とほぼ対応している。
- PS検層によるS波速度構造から、基盤層をS波速度が938m/sとなるG.L.-41mに設定している。また、その深さのP波速度は2215m/sであり、狐崎・他(1990)による既往の経験式においてS波速度が700m/s以上ではP波速度が2000m/sとなる観点から見ても基盤層の深さは妥当としている。



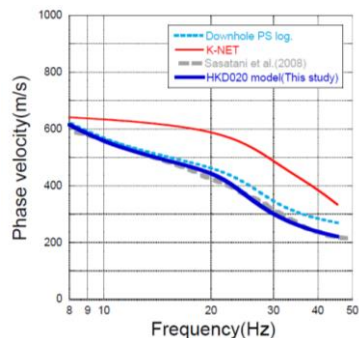
<HKD020 (港町) におけるPS検層結果と既往の研究によるS波速度構造モデル>  
(佐藤・他(2013)に速度値を加筆)



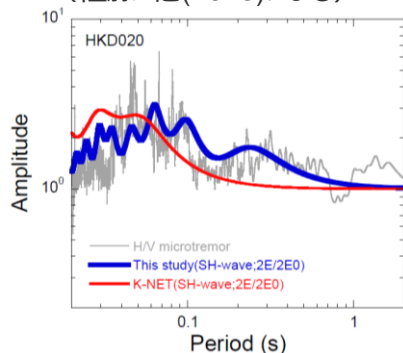
<HKD020 (港町) におけるPS検層結果によるVp-Vs関係と既往の経験式の比較>  
(佐藤・他(2013)による)

## <2.2.2 佐藤・他(2013)による基盤地震動の推定に関する知見> 地震動評価のための地盤モデルに関する検討

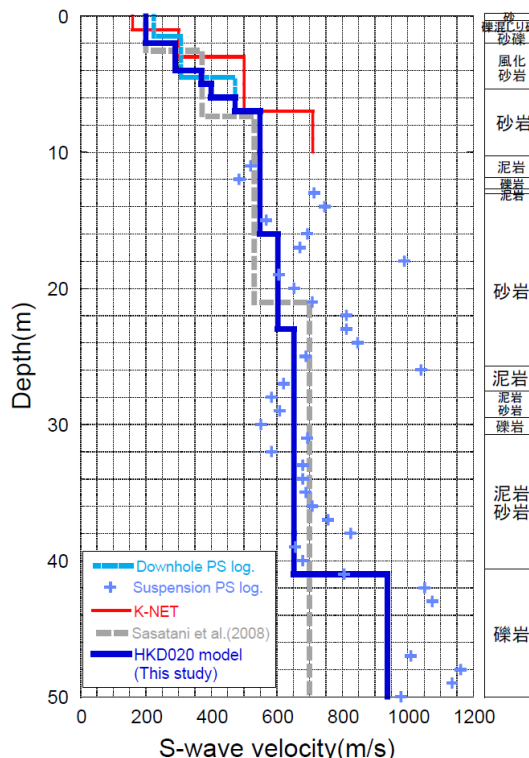
- ダウンホール法によるPS検層結果のVsが500m/s以下の深さ6mまでのS波速度を、笹谷・他(2008)による位相速度を説明できるように若干修正し、HKD020観測点の地盤モデルを作成している。
- HKD020（港町）観測点の地盤モデルによるSH波の理論増幅特性の卓越周期は、微動H/Vスペクトルの卓越周期と周期0.02秒程度のごく短周期までよく対応している。
- K-NET地盤情報によるSH波の理論増幅特性は、微動H/Vスペクトルの卓越を説明できない。
- 以上から、HKD020（港町）観測点の地盤モデルは、より妥当なモデルであると結論付けている。



<HKD020（港町）におけるレイリー波位相速度の比較>  
(佐藤・他(2013)による)



<HKD020（港町）における微動H/Vスペクトルと地盤モデルに基づくSH波の理論増幅特性の比較>  
(佐藤・他(2013)による)



<HKD020（港町）における地盤速度構造（S波速度構造）の比較>  
(佐藤・他(2013)による)

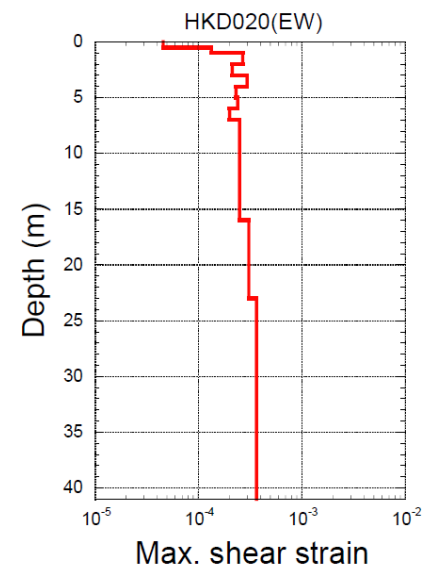
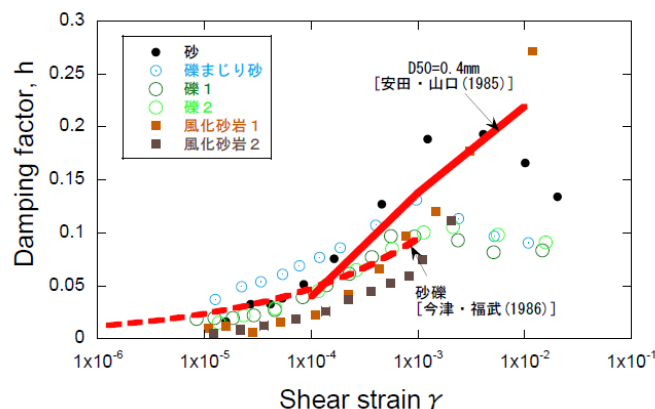
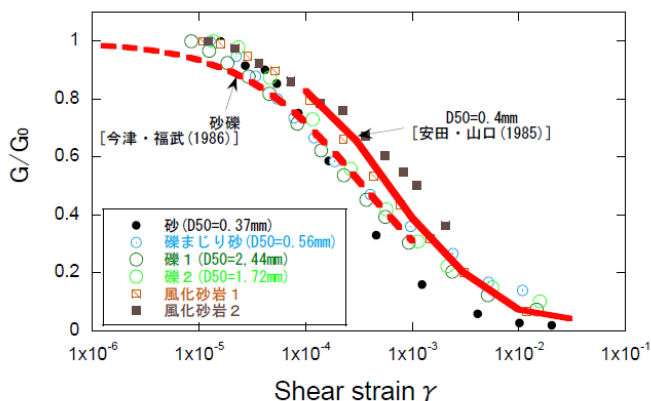
<HKD020（港町）における地震動評価モデル>  
(佐藤・他(2013)による)

上面深度 (m)	P波速度 Vp(m/s)	S波速度 Vs(m/s)	密度 $\rho$ ( $10^3 \text{kg/m}^3$ )	層厚 H(m)	減衰定数 h	非線形特性
0	457	200	1.90	0.5	0.02	砂
0.5		200	2.00	0.5	0.03	礫混じり砂
1	952	200	2.00	1.0	0.02	礫1
1.5		290	2.00	1.0	0.01	礫2
2			2.00	1.0	0.01	風化砂岩1
3			2.00	1.0	0.01	風化砂岩2
4	400	2.00	1.0	0.01	風化砂岩2	
5		400	2.00	1.0	0.01	風化砂岩2
6	1722	473	2.00	1.0	0.01	—
7		549	2.00	9.0	0.01	—
16		604	2.06	7.0	0.01	—
23		653	2.06	18.0	0.01	—
38						
41	2215	938	2.13	—	0.01	—

<2.2.2 佐藤・他(2013)による基盤地震動の推定に関する知見>

# 表層地盤における強震時の非線形特性に関する検討

- G.L.-6mまでの土質地盤の6点において、GPサンプリングにより試料採取し、0.2Hzの正弦波による繰り返し三軸試験によって地盤の剛性 $G$ 及び減衰 $h$ のひずみ $\gamma$ 依存性を取得している。
- ひずみレベルが $10^{-4}$ オーダーで $G/G_0$ が0.6程度、すなわち初期の剛性に比べて約6割程度の剛性に低下している。
- $G/G_0$ のひずみ依存性に関する既往の経験式との対応が良い。
- 室内試験を実施した砂、礫混じり砂、礫、風化砂岩に対応するG.L.-6m程度までの地盤は、強震時に非線形性を生じやすい特性であるとしている。



<HKD020 (港町) における表層地盤の $G/G_0$ のひずみ依存性と既往の経験式の比較>  
(佐藤・他(2013)による)

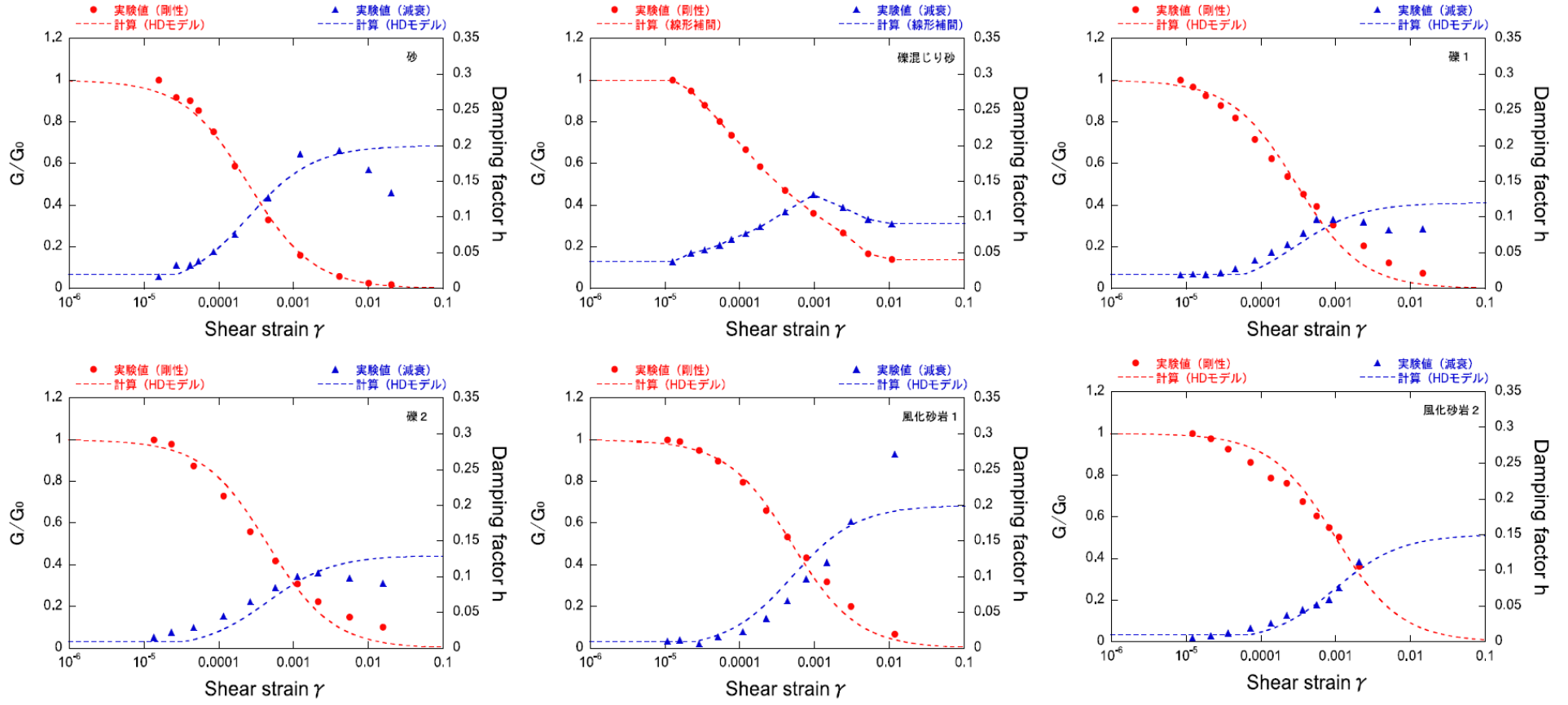
<HKD020 (港町) における表層地盤の減衰定数 $h$ のひずみ依存性と既往の経験式の比較>  
(佐藤・他(2013)による)

<2004年北海道留萌支庁南部の地震時の地盤の最大せん断ひずみの深さ分布の試算結果 (線形解析) >  
(佐藤・他(2013)による)

<2.2.2 佐藤・他(2013)による基盤地震動の推定に関する知見>

表層地盤における強震時の非線形特性に関する検討

○G.L.-6mまでの層については、室内試験結果を用いてHardin-Drnevichモデル（HDモデル）により非線形特性（ $G/G_0 \sim \gamma$ 、 $h \sim \gamma$ ）を設定した。

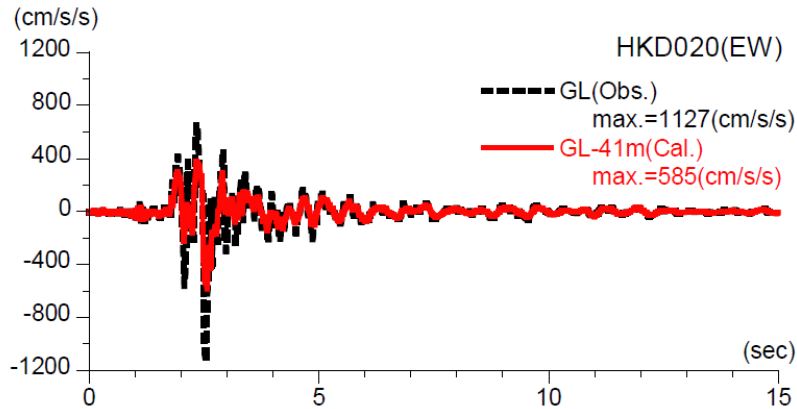


<等価線形解析において設定した地盤の非線形特性>  
(佐藤・他(2013)による)

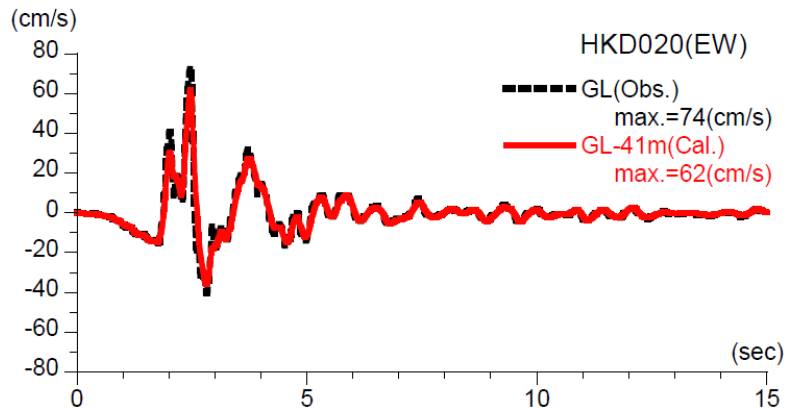


## <2.2.2 佐藤・他(2013)による基盤地震動の推定に関する知見> 基盤地震動評価結果 (EW成分)

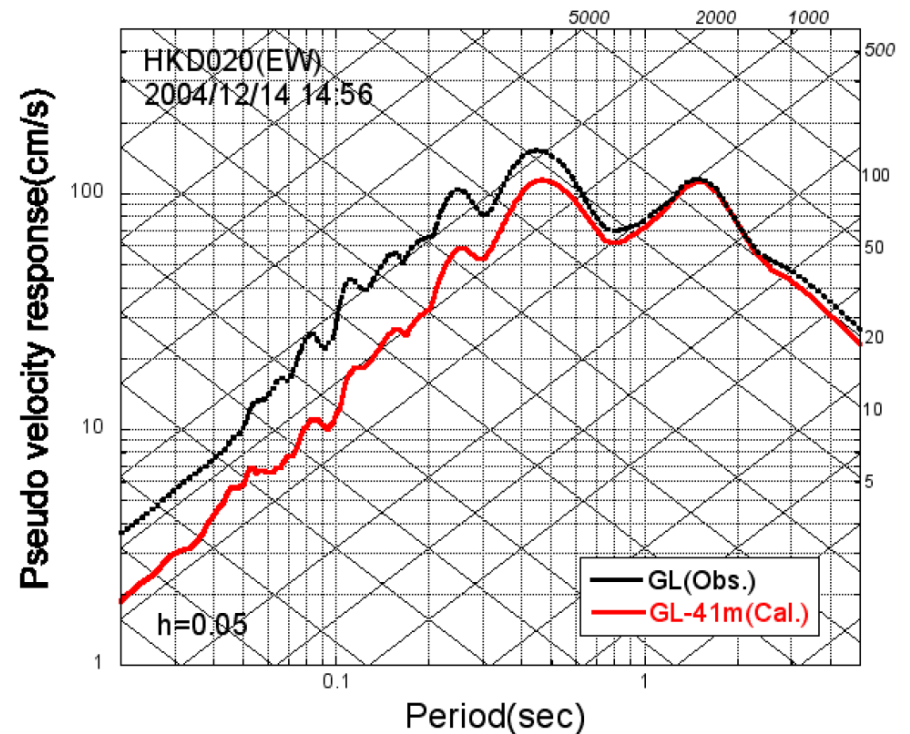
- 等価線形解析により、地表観測記録 (EW成分) からG.L.-41mの基盤地震動を評価している。
- はざとり結果の最大加速度は $585\text{cm/s}^2$ で、地表観測記録の1/2程度となっている。



<推計された基盤地震動と地表観測記録の比較>  
(佐藤・他(2013)による)



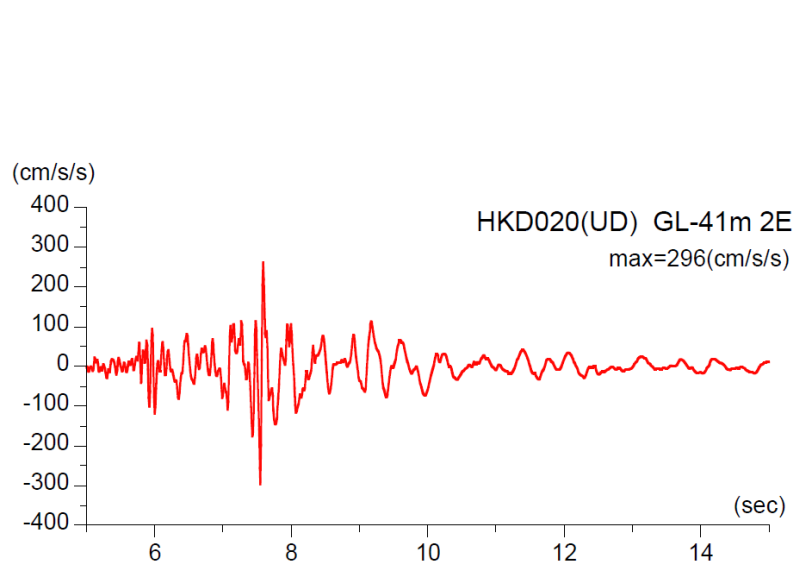
<速度に変換した基盤地震動と地表観測記録の比較>  
(佐藤・他(2013)による)



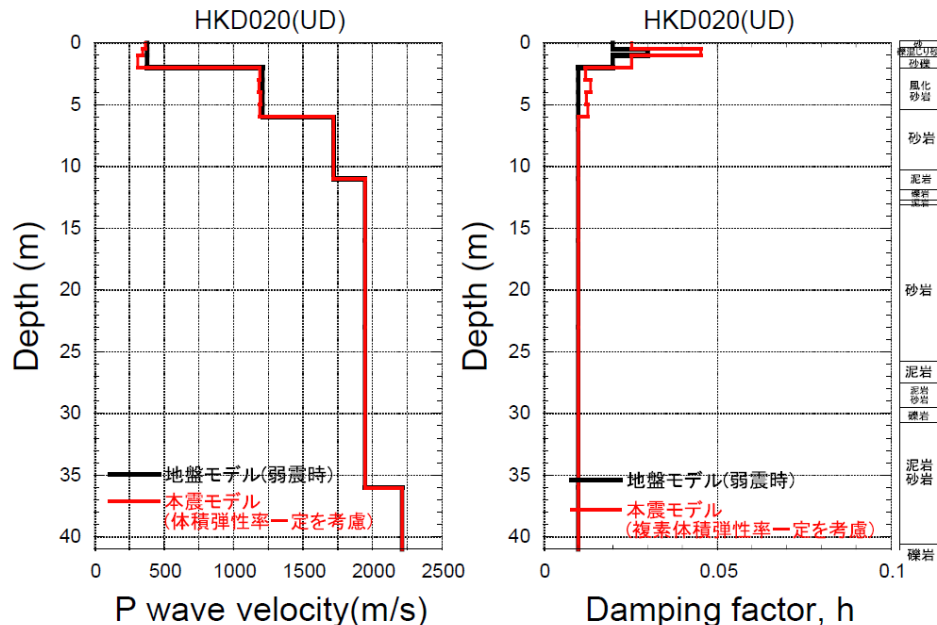
<擬似速度応答スペクトルの比較>  
(佐藤・他(2013)による)

## <2.2.2 佐藤・他(2013)による基盤地震動の推定に関する知見> 基盤地震動評価結果 (UD成分)

- 体積弾性率を一定と仮定した1次元波動論による線形解析により、地表観測記録 (UD成分) からG.L.-41mの基盤地震動を評価している。
- はざとり結果の最大加速度は296cm/s<sup>2</sup>となっている。



<鉛直成分の基盤地震動の推計結果>  
(佐藤・他(2013)による)



<2004年留萌地震時のP波速度と減衰定数 h>  
(佐藤・他(2013)による)

- 佐藤・他(2013)による基盤地震動評価は、用いた地盤モデルが既往の知見と整合的であるとともに、強震時の非線形性を踏まえた評価であり、観測事実と整合的であることから、2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動として震源を特定せず策定する地震動に反映する。

# 目次

1 概要	……p.4~
2 全国共通に考慮すべき地震動	
2.1 標準応答スペクトルに基づく地震動	……p.19~
2.1.1 地下構造モデル及び地震基盤相当面の設定	……p.24~
2.1.2 解放基盤表面における標準応答スペクトルに基づく地震動の評価	……p.26~
2.2 2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動	……p.39~
2.2.1 2004年北海道留萌支庁南部の地震の観測記録	……p.44~
2.2.2 佐藤・他(2013)による基盤地震動の推定に関する知見	……p.50~
2.2.3 敷地の地盤物性を考慮した解放基盤表面における地震動の評価	……p.58~
2.3 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動	……p.82~
3 地域性を考慮する地震動	……p.95~
3.1 2008年岩手・宮城内陸地震	……p.97~
3.2 2000年鳥取県西部地震	……p.119~
4 震源を特定せず策定する地震動の策定	……p.135~
補足説明資料	……p.140~
参考資料	……p.187~

## 評価方針

### (基盤地震動に関する追加検討)

- 佐藤・他(2013)では、K-NET観測点のHKD020（港町）について、G.L.-6mまでの室内試験結果を考慮した非線形解析を行い、G.L.-41mの基盤面における基盤地震動を評価している（G.L.-6m以深は線形解析を仮定し、減衰定数は1%に設定）。
- 上記の基盤地震動の評価結果について妥当性を確認するため、以下の追加検討を実施する。
  - ①佐藤・他(2013)の報告時点以降に得られた、G.L.-6mからG.L.-41mまでの室内試験結果を用い、G.L.-41mまでの非線形性を考慮して基盤地震動（水平方向）を評価する。
  - ②不確かさを考慮した評価として、G.L.-6mまで非線形、G.L.-6m以深は減衰定数3%として基盤地震動（水平方向）を評価する。
  - ③佐藤・他(2013)の報告時点以降に得られたPS検層の再測定結果から、地盤モデルを変更して基盤地震動（鉛直方向）を評価する（解析方法は佐藤・他(2013)と同様）。
  - ④HKD020（港町）における地下水位の状況を踏まえ、G.L.-6mまではポアソン比一定、G.L.-6m以深は体積弾性率一定として基盤地震動（鉛直方向）を評価する。
- 追加検討結果を踏まえ、敷地の地盤物性に応じて解放基盤表面までの地震波の伝播特性を反映した解放基盤表面における地震動を評価する。

<2.2.3 敷地の地盤物性を考慮した解放基盤表面における地震動の評価>

# 評価方針

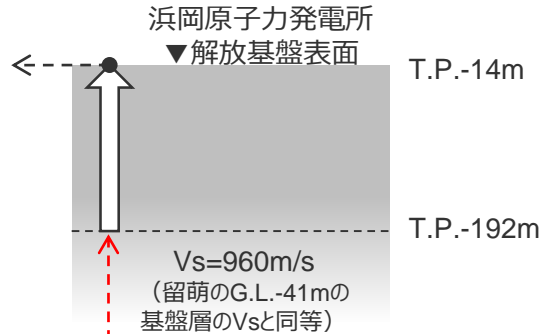
## (基盤地震動に関する追加検討)

- 佐藤・他(2013)による2004年北海道留萌支庁南部の地震の港町観測点 (K-NET HKD020) の基盤地震動について、下表に示す追加検討 (検討①～④) を実施する。
- 追加検討結果を踏まえ、最大加速度が最も大きくなった結果 (水平成分：609cm/s<sup>2</sup> (検討②)、鉛直成分：306cm/s<sup>2</sup> (検討③)) を用いて、敷地の地盤物性に応じた解放基盤表面までの地震波の伝播特性を反映して解放基盤表面における地震動を評価する。

	佐藤・他(2013)		検討①	検討②	検討③	検討④
	水平成分	鉛直成分				
G.L. 0m ～ G.L.-6m	室内試験結果を考慮した等価線形解析	体積弾性率一定と仮定した線形解析	室内試験結果を考慮した等価線形解析	室内試験結果を考慮した等価線形解析	表層部のPS検層を再実施し、地盤モデルに反映	地下水位の状況を踏まえポアソン比一定とした線形解析
G.L.-6m ～ G.L.-41m	減衰定数を一律1%とした線形解析					
最大加速度	585 cm/s <sup>2</sup>	—	561 cm/s <sup>2</sup>	609 cm/s <sup>2</sup>	—	—
	—	296 cm/s <sup>2</sup>	—	—	306 cm/s <sup>2</sup>	262 cm/s <sup>2</sup>

### 敷地の地盤物性の考慮

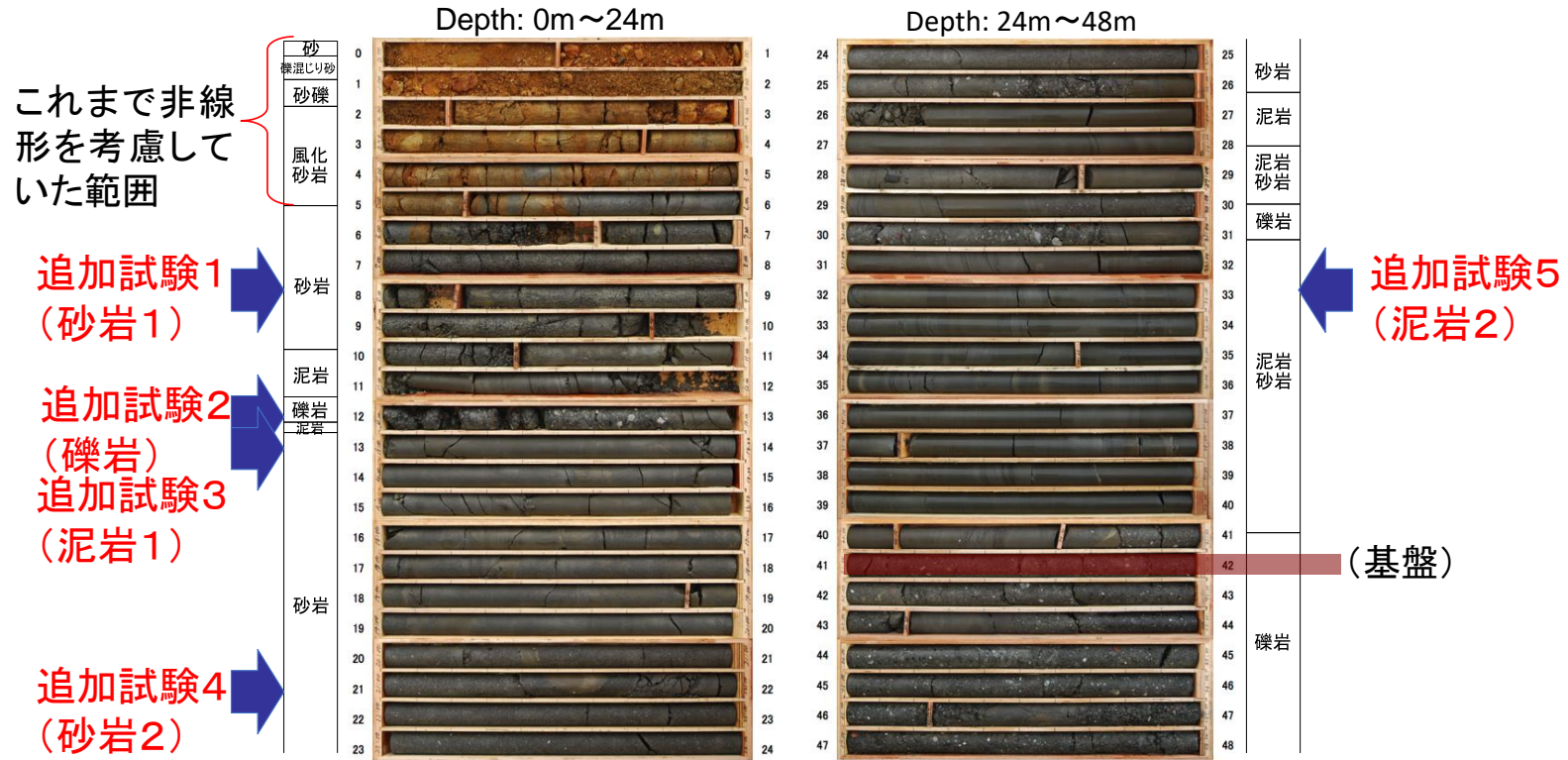
浜岡原子力発電所における地盤物性の影響を考慮した基盤地震動を評価



<2.2.3 敷地の地盤物性を考慮した解放基盤表面における地震動の評価>

# 検討①：G.L.-41mまで非線形性を考慮した基盤地震動評価 (追加試験の地震)

○G.L.-6mからG.L.-41mまでの5種類の地層における試料を対象に、室内試験を追加実施した。



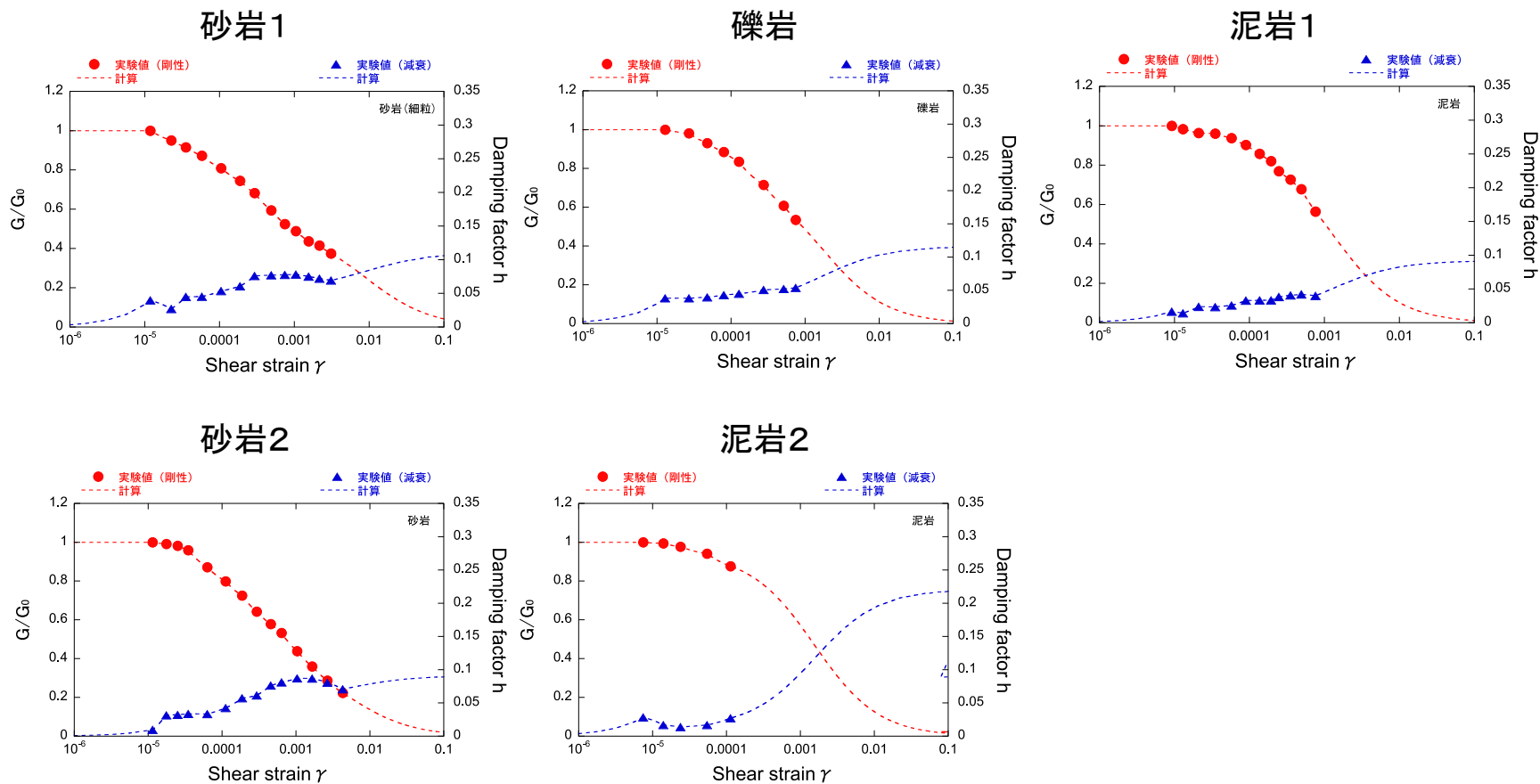
<追加の室内試験の実施位置>

<2.2.3 敷地の地盤物性を考慮した解放基盤表面における地震動の評価>

# 検討①：G.L.-41mまで非線形性を考慮した基盤地震動評価

(非線形特性の設定)

○追加の室内試験結果により非線形特性を設定した。



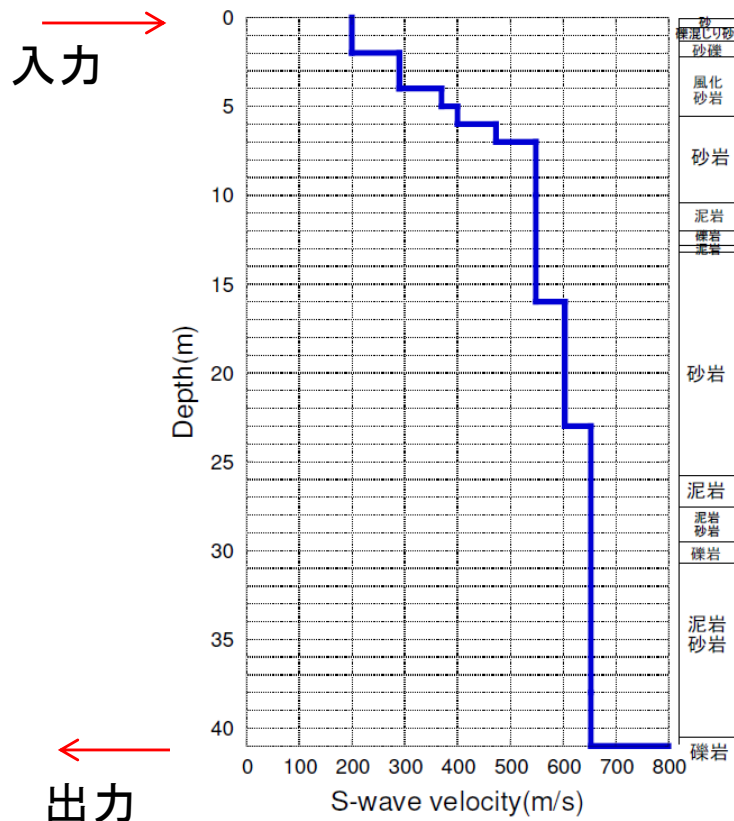
<追加の室内試験による地盤の非線形特性>

<2.2.3 敷地の地盤物性を考慮した解放基盤表面における地震動の評価>

# 検討①：G.L.-41mまで非線形性を考慮した基盤地震動評価 (等価線形解析条件)

○地表観測記録を入力として、G.L.-41mまで非線形性を考慮した等価線形解析から、G.L.-41m (Vs=938m/s) における基盤地震動を評価した。

- 有効ひずみ  $\gamma_{\text{eff}} = 0.65\gamma_{\text{max}}$
- 収束判定 (前のモデルとの差異) は1%以内
- 最大繰り返し計算回数は30回



S波速度 Vs(m/s)	密度 $\rho$ (1000kg/m <sup>3</sup> )	層厚 H(m)	減衰定数h (初期値)	非線形特性
200	1.9	0.5	0.02	砂
200	2.0	0.5	0.03	礫混じり砂
200	2.0	1	0.02	礫1
290	2.0	1	0.01	礫2
290	2.0	1	0.01	風化砂岩1
370	2.0	1	0.01	風化砂岩2
400	2.0	1	0.02	砂岩1
473	2.0	1	0.02	砂岩1
549	2.0	3	0.02	砂岩1
549	2.0	2	0.01	泥岩1
549	2.0	1	0.03	礫岩
549	2.0	0.5	0.01	泥岩1
549	2.0	2.5	0.01	砂岩2
604	2.06	7	0.01	砂岩2
653	2.06	18	0.015	泥岩2
938	2.13	17	0.01	—

<等価線形解析に用いる地盤モデル>

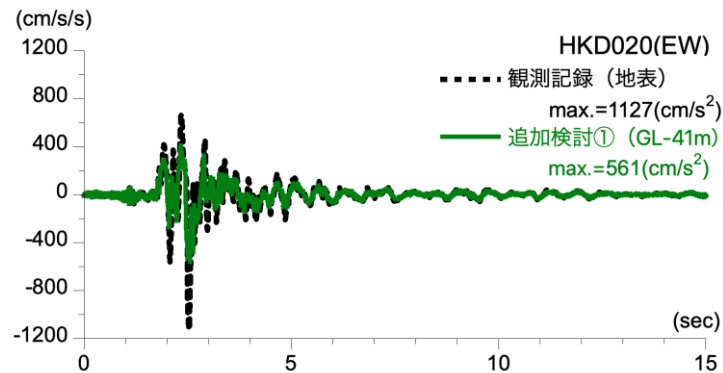


<2.2.3 敷地の地盤物性を考慮した解放基盤表面における地震動の評価>

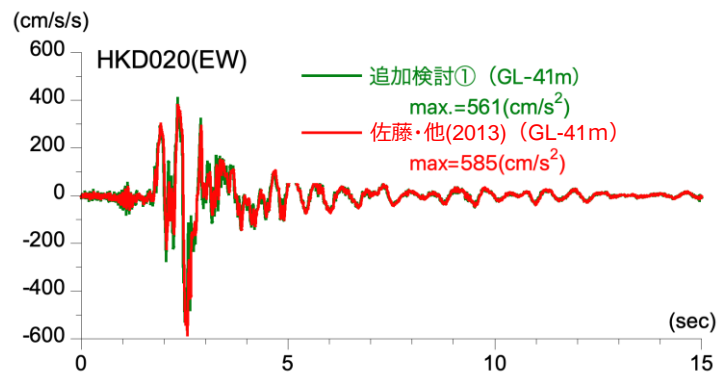
# 検討①：G.L.-41mまで非線形性を考慮した基盤地震動評価

(等価線形解析による基盤地震動評価結果 (加速度波形、加速度フーリエスペクトル))

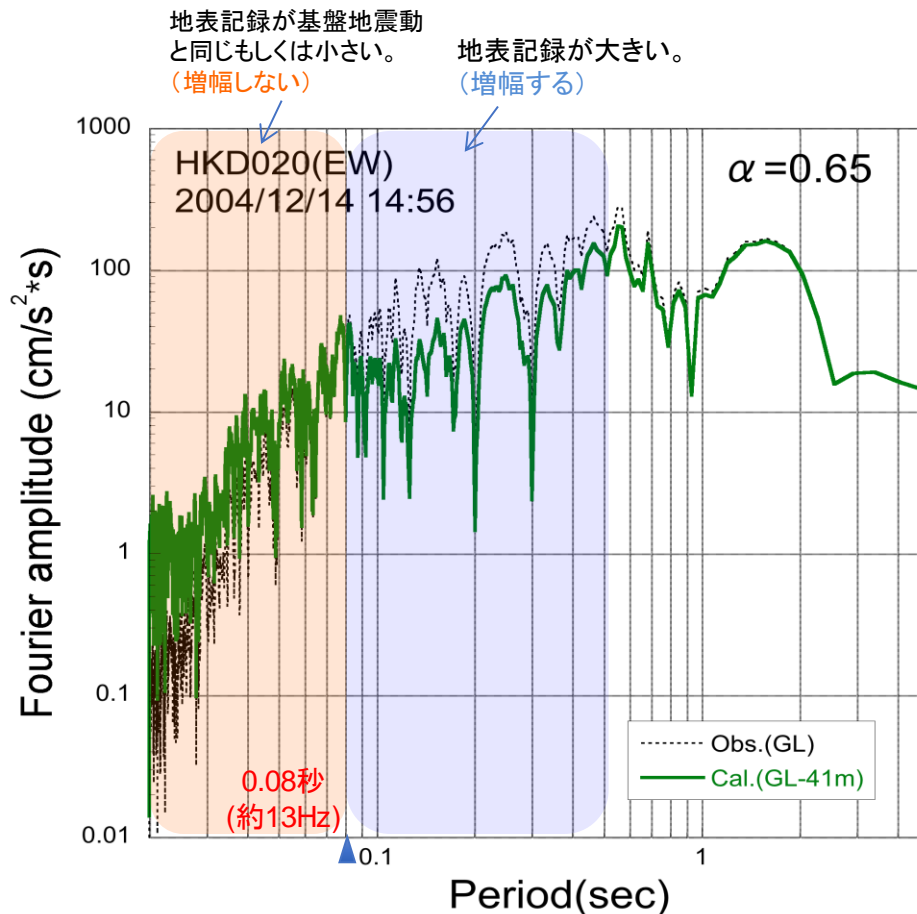
○G.L.-41mまで非線形性を考慮した基盤地震動の最大加速度は、561cm/s<sup>2</sup>となっており、佐藤・他(2013)による基盤地震動 (585cm/s<sup>2</sup>) と比較すると、やや小さく評価された。



<地表観測記録と基盤地震動の比較>



<非線形性を考慮した検討と佐藤・他(2013)の比較>

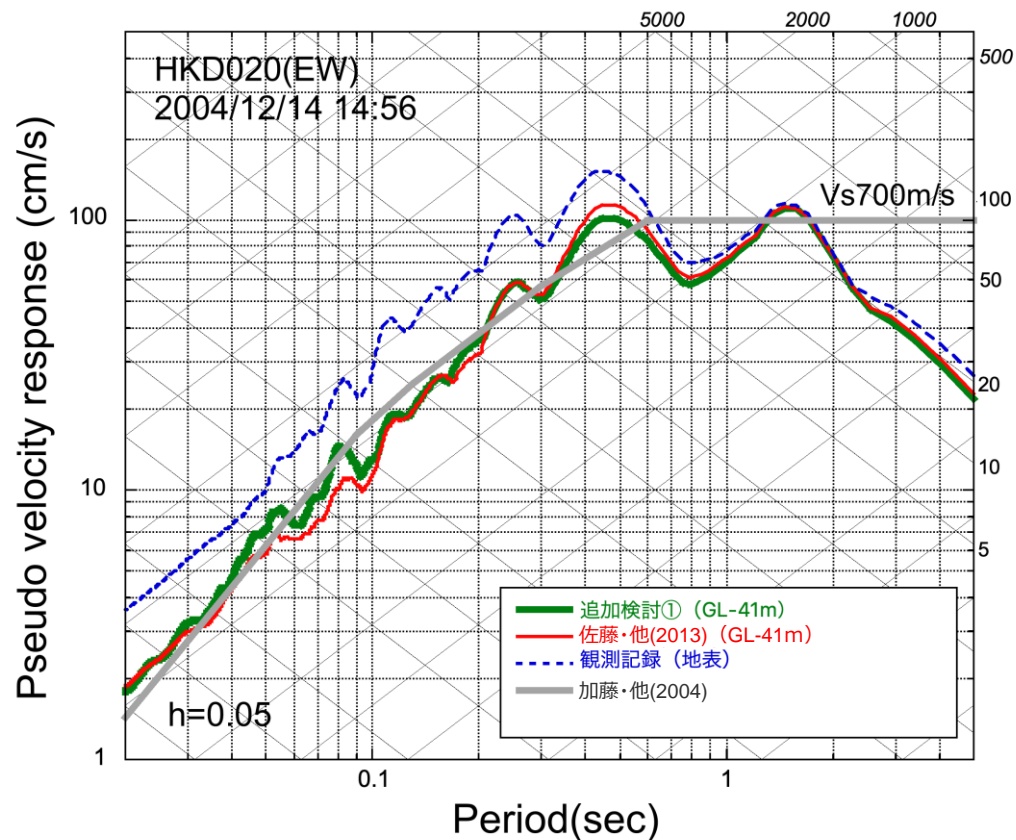


<基盤地震動と地表観測記録の加速度フーリエスペクトルの比較>

<2.2.3 敷地の地盤物性を考慮した解放基盤表面における地震動の評価>

# 検討①：G.L.-41mまで非線形性を考慮した基盤地震動評価 (等価線形解析による基盤地震動評価結果 (応答スペクトル) )

○G.L.-41mまで非線形性を考慮した基盤地震動の応答スペクトルは、佐藤・他(2013)による応答スペクトルとはほぼ同程度となっている。



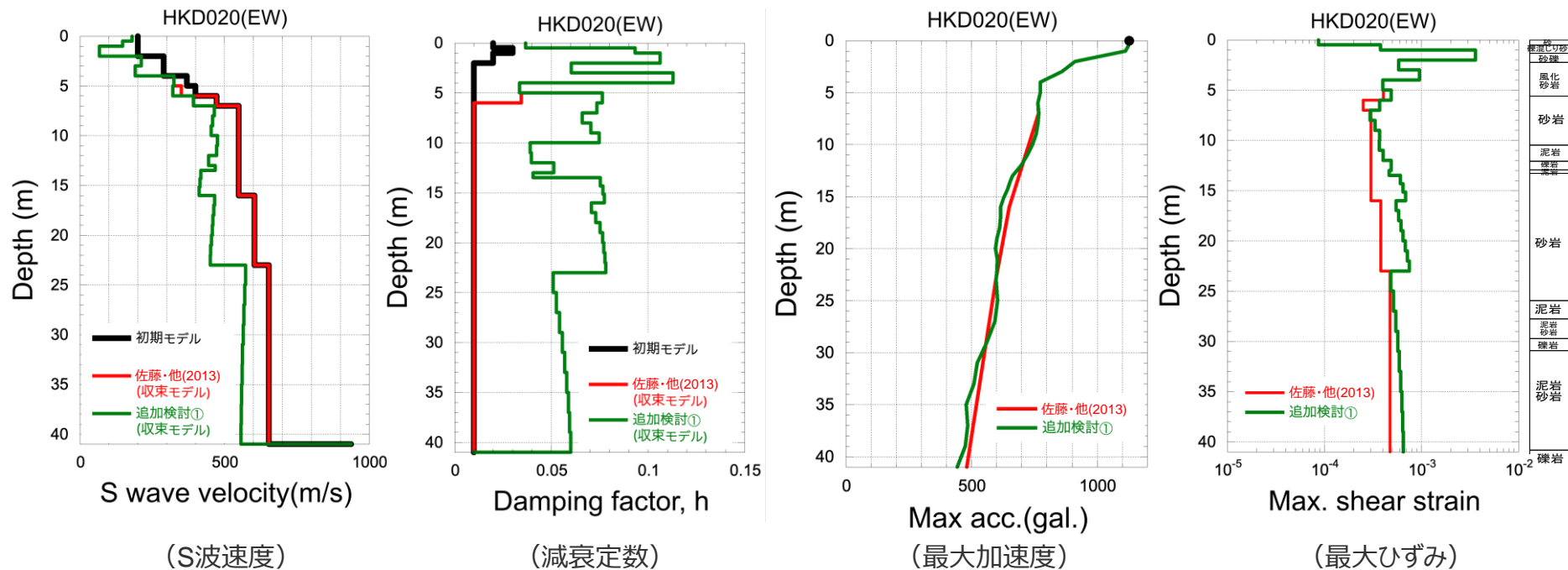
<擬似速度応答スペクトルの比較>

<2.2.3 敷地の地盤物性を考慮した解放基盤表面における地震動の評価>

# 検討①：G.L.-41mまで非線形性を考慮した基盤地震動評価

(等価線形解析による基盤地震動評価結果 (収束物性値) )

○収束物性値の深さ分布によると、G.L.-6m以深における減衰定数の収束物性値は、概ね5%程度となっている。

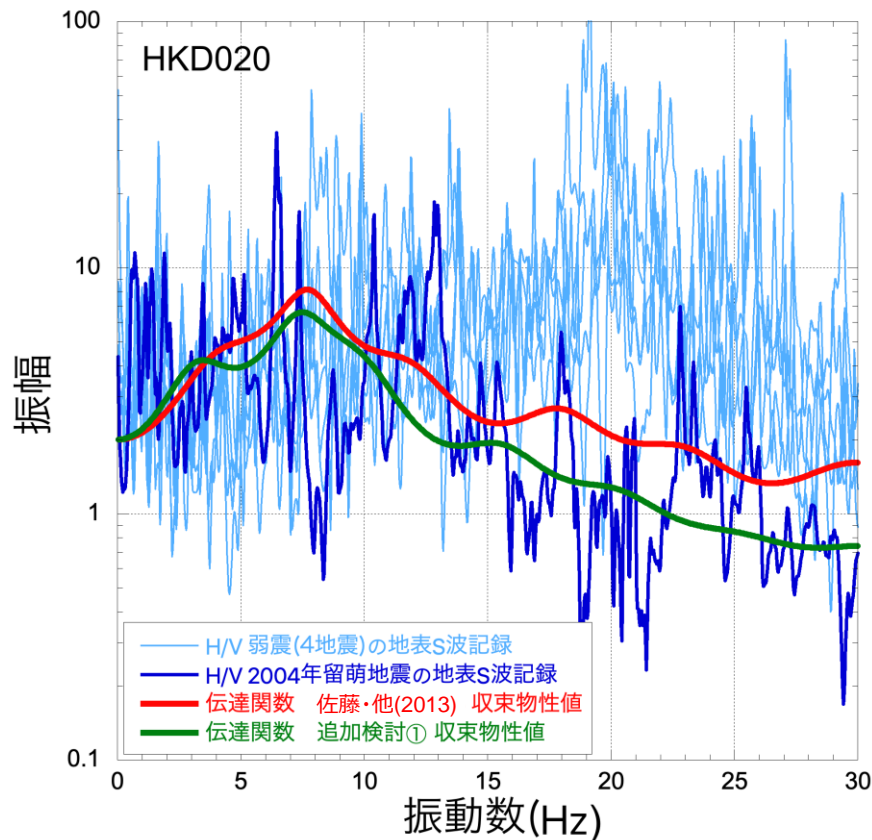


<収束物性値、最大加速度及び最大ひずみの深さ分布>

<2.2.3 敷地の地盤物性を考慮した解放基盤表面における地震動の評価>

# 検討①：G.L.-41mまで非線形性を考慮した基盤地震動評価 (等価線形解析による基盤地震動評価結果 (伝達関数))

○G.L.-41mまで非線形性を考慮した基盤地震動評価に用いた収束物性値による伝達関数は、佐藤・他(2013)の物性値による伝達関数と比較して、深部の減衰定数が1%から5%程度になったことにより、10Hzより高振動数側で小さくなっている。



<収束物性値による伝達関数とH/Vスペクトルの比較>

<2.2.3 敷地の地盤物性を考慮した解放基盤表面における地震動の評価>

## 検討①：G.L.-41mまで非線形性を考慮した基盤地震動評価

(まとめ)

### 検討①のまとめ

- 2004年北海道留萌支庁南部の地震における港町観測点（K-NET HKD020）の観測記録について、追加の室内試験結果を用いて、G.L.-41mまで非線形性を考慮した基盤地震動を評価した。
- 基盤地震動の最大加速度は $561\text{cm/s}^2$ となり、佐藤・他(2013)による基盤地震動（ $585\text{cm/s}^2$ ）と比較してやや小さく評価された。また、基盤地震動の応答スペクトルは、佐藤・他(2013)による応答スペクトルとほぼ同程度となっている。

<2.2.3 敷地の地盤物性を考慮した解放基盤表面における地震動の評価>

## 検討②：減衰定数の不確かさを考慮した基盤地震動評価

(等価線形解析条件)

○佐藤・他(2013)の地盤モデルに基づき、G.L.-6mまで非線形、G.L.-6m以深を減衰定数3%として基盤地震動を評価し、佐藤・他(2013)の評価結果と比較する。

<等価線形解析に用いる地盤モデル>

S波速度 Vs(m/s)	密度ρ (1000kg/m <sup>3</sup> )	層厚 H(m)	減衰定数h (初期値)	非線形特性
200	1.9	0.5	0.02	砂
200	2.0	0.5	0.03	礫混じり砂
200	2.0	1	0.02	礫1
290	2.0	1	0.01	礫2
290	2.0	1	0.01	風化砂岩1
370	2.0	1	0.01	風化砂岩2
400	2.0	1	0.01	風化砂岩2
473	2.0	1	0.03	—
549	2.0	3	0.03	—
549	2.0	2	0.03	—
549	2.0	1	0.03	—
549	2.0	0.5	0.03	—
549	2.0	2.5	0.03	—
604	2.06	7	0.03	—
653	2.06	18	0.03	—
938	2.13	17	0.03	—

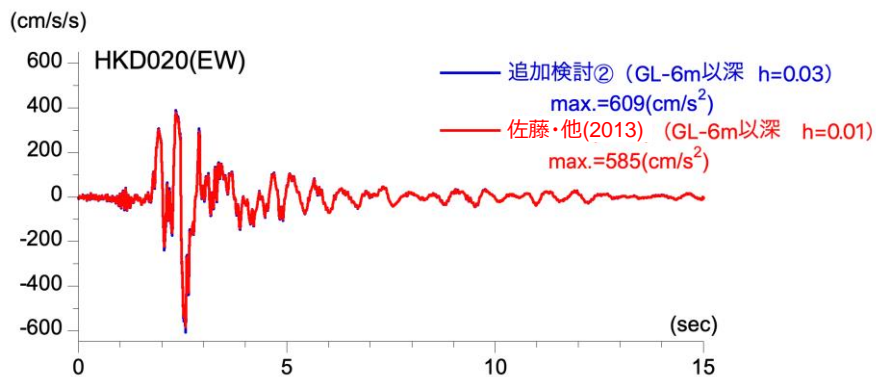
減衰定数3%として評価

<2.2.3 敷地の地盤物性を考慮した解放基盤表面における地震動の評価>

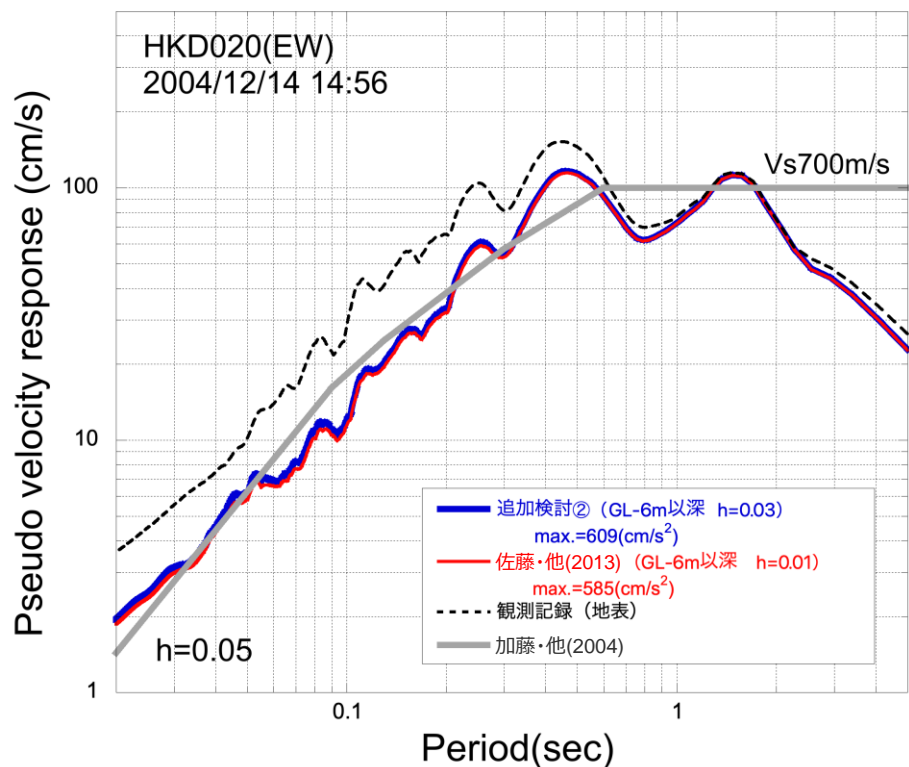
## 検討②：減衰定数の不確かさを考慮した基盤地震動評価

(等価線形解析による基盤地震動評価結果 (加速度波形、応答スペクトル) )

- 佐藤・他(2013)の地盤モデルに基づき、G.L.-6m以深を減衰定数3%とした基盤地震動の最大加速度は609cm/s<sup>2</sup>となり、佐藤・他(2013)による基盤地震動 (585cm/s<sup>2</sup>) と比較すると、やや大きく評価されている。また、応答スペクトルは、佐藤・他(2013)による応答スペクトルとほぼ同程度となっている。



<加速度時刻歴波形の比較>

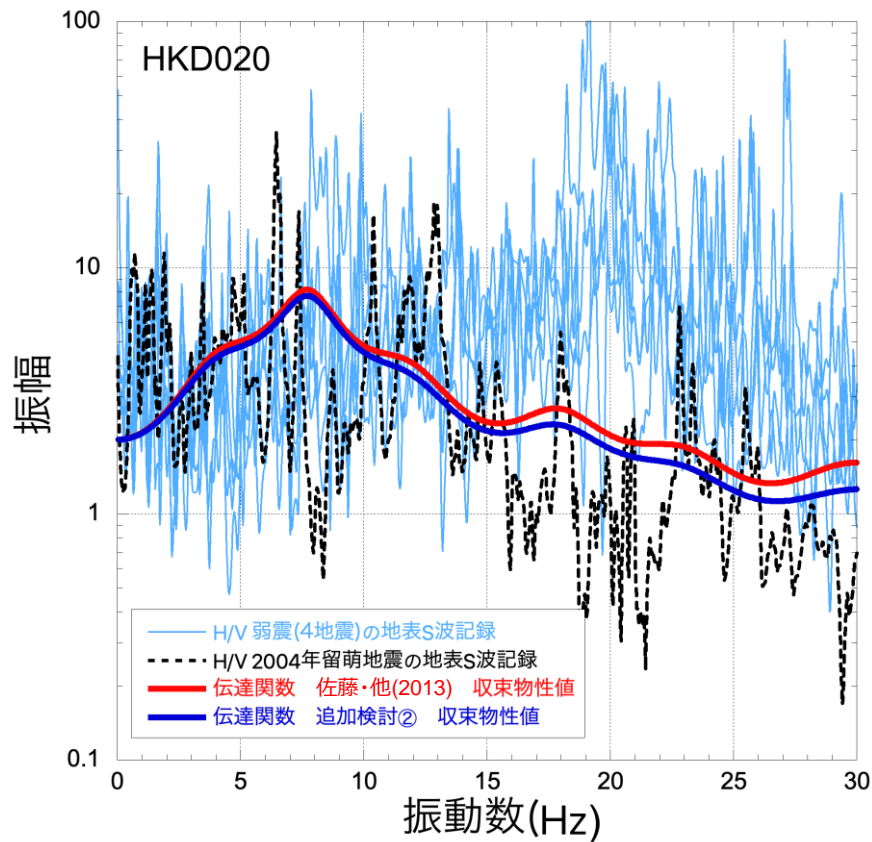


<擬似速度応答スペクトルの比較>

<2.2.3 敷地の地盤物性を考慮した解放基盤表面における地震動の評価>

## 検討②：減衰定数の不確かさを考慮した基盤地震動評価 (等価線形解析による基盤地震動評価結果 (伝達関数))

○収束物性値による伝達関数は、佐藤・他(2013)の物性値による伝達関数と同様に、本震時のH/Vスペクトルの特徴をよく再現しているものと考えられる。



<収束物性値による伝達関数とH/Vスペクトルの比較>



<2.2.3 敷地の地盤物性を考慮した解放基盤表面における地震動の評価>

## 検討②：減衰定数の不確かさを考慮した基盤地震動評価

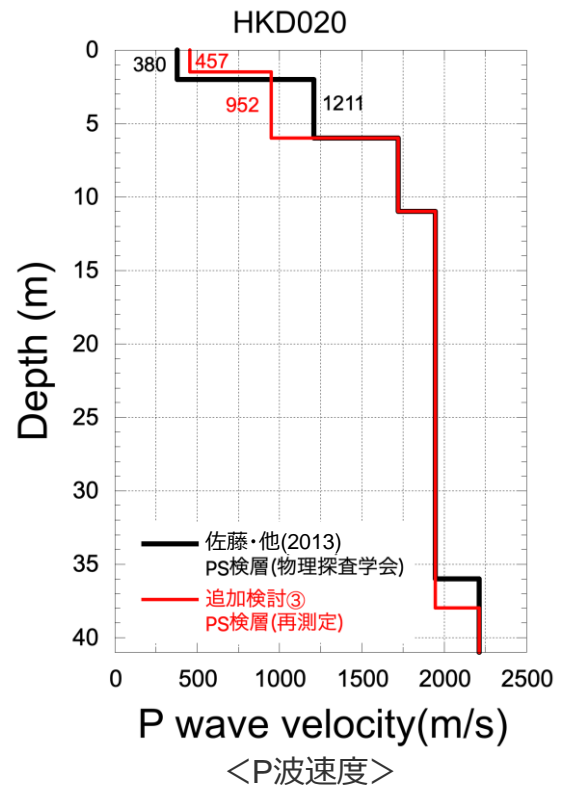
(まとめ)

### 検討②のまとめ

- 2004年北海道留萌支庁南部の地震における港町観測点（K-NET HKD020）の観測記録について、佐藤・他(2013)の地盤モデルに基づき、G.L.-6mまで非線形、G.L.-6m以深を減衰定数3%として基盤地震動を評価した。
- 基盤地震動の最大加速度は609cm/s<sup>2</sup>となり、佐藤・他(2013)による基盤地震動（585cm/s<sup>2</sup>）と比較してやや大きく評価された。また、基盤地震動の応答スペクトルは、佐藤・他(2013)による応答スペクトルとほぼ同程度となっている。
- 収束物性値による伝達関数は、佐藤・他(2013)の物性値による伝達関数と同様に、本震時のH/Vスペクトルの特徴をよく再現しているものと考えられる。

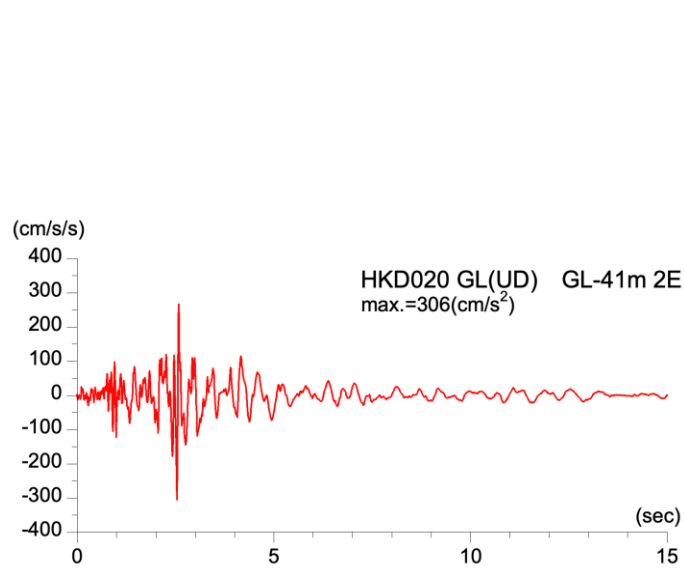
<2.2.3 敷地の地盤物性を考慮した解放基盤表面における地震動の評価>  
**検討③：鉛直成分の基盤地震動評価の再評価**  
 (地盤モデルの変更)

- 佐藤・他(2013)における鉛直成分の基盤地震動の評価結果は、2013年10月の物理探査学会時点でのモデルに基づいていたが、笹谷・他(2008)の位相速度を説明できないことから、佐藤・他(2013)の報告時点以降に、表層部分のPS検層を再測定している。
- 再設定結果によるG.L.-6mまでのP波速度は、佐藤・他(2013)の地盤モデルと異なるため、再測定結果を反映した地盤モデルにより、鉛直成分の基盤地震動を再評価した。
- ※再測定結果によるS波速度は、佐藤・他(2013)における地盤モデルとほぼ同様のため変更していない。

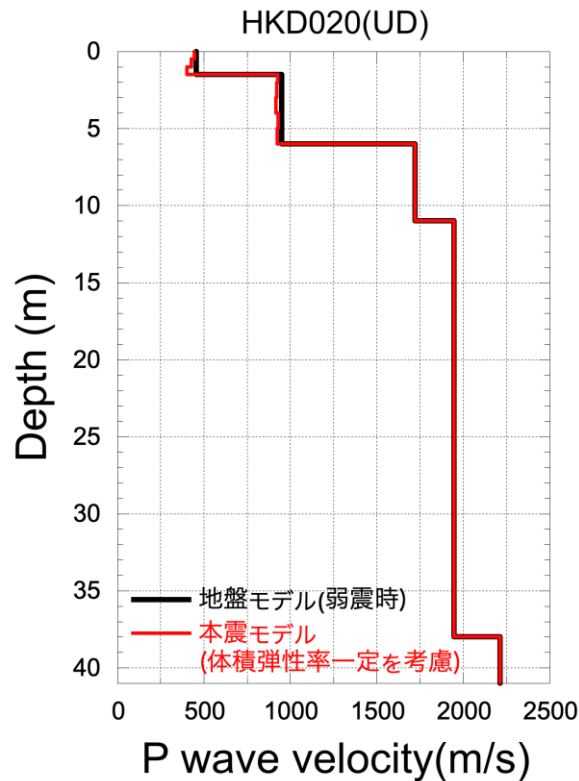


<2.2.3 敷地の地盤物性を考慮した解放基盤表面における地震動の評価>  
**検討③：鉛直成分の基盤地震動評価の再評価**  
 (基盤地震動評価結果)

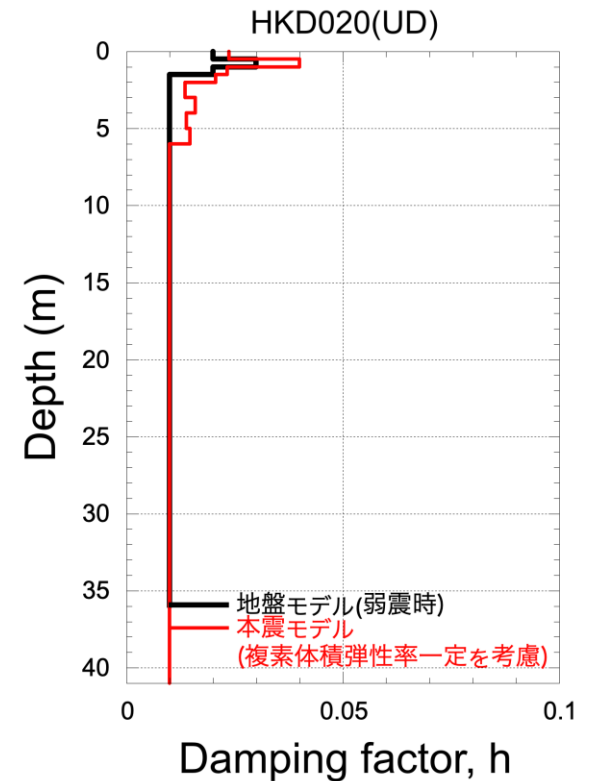
○PS検層の再測定結果を反映した地盤モデルを用い、体積弾性率一定としてG.L.-41mの鉛直成分の基盤地震動を評価した結果、その最大加速度は306cm/s<sup>2</sup>となり、佐藤・他(2013)による基盤地震動 (296cm/s<sup>2</sup>) と比較すると、やや大きく評価された。



<加速度時刻歴波形>



<P波速度>



<減衰定数>

<2.2.3 敷地の地盤物性を考慮した解放基盤表面における地震動の評価>

## 検討③：鉛直成分の基盤地震動評価の再評価

(まとめ)

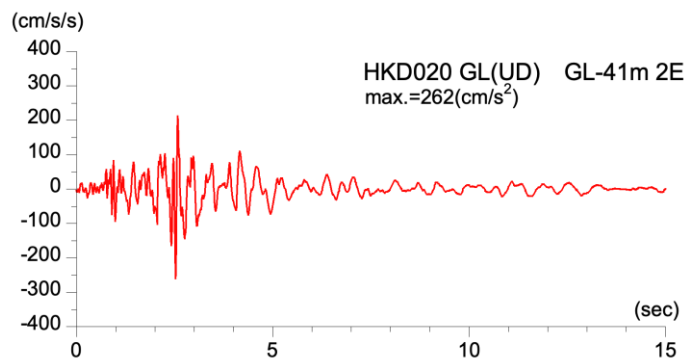
### 検討③のまとめ

- 佐藤・他(2013)の港町観測点 (K-NET HKD020) のP波速度モデルは、笹谷・他(2008)の位相速度を説明できないことから、表層部分のPS検層を再測定し、再測定結果を反映した地盤モデルを設定した。
- 上記地盤モデルを用い、体積弾性率一定としてG.L.-41mの鉛直成分の基盤地震動を評価した結果、最大加速度は $306\text{cm/s}^2$ となり、佐藤・他(2013)による基盤地震動 ( $296\text{cm/s}^2$ ) と比較すると、やや大きく評価された。

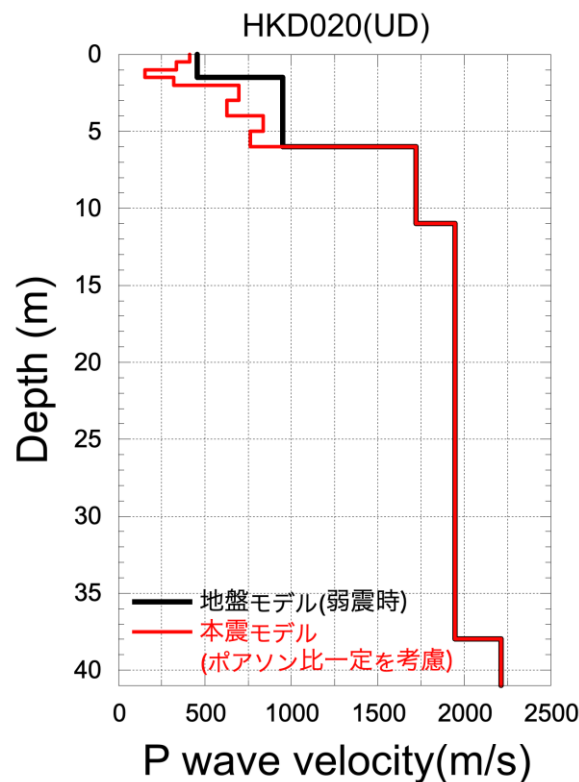
<2.2.3 敷地の地盤物性を考慮した解放基盤表面における地震動の評価>

# 検討④：G.L.-6mまでポアソン比一定とした鉛直成分の基盤地震動の評価

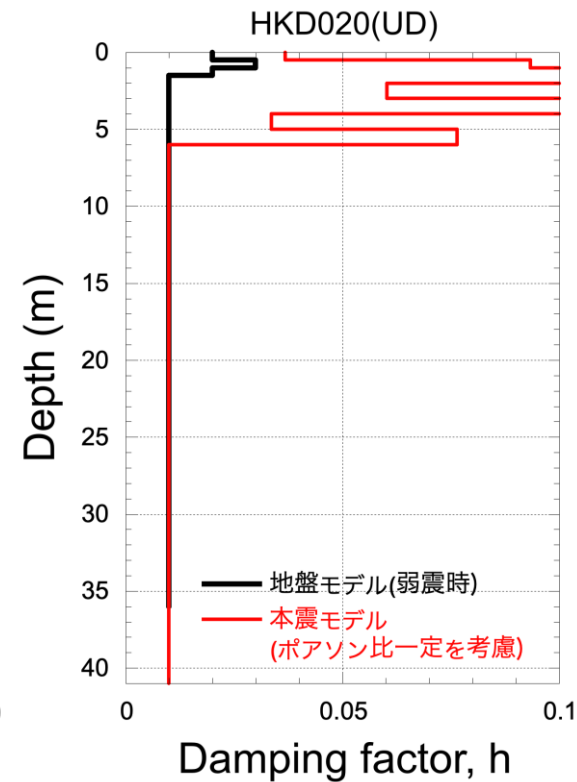
- 佐藤・他(2013)及び追加検討③における鉛直成分の基盤地震動は、体積弾性率一定として評価しているが、地下水位の状況を踏まえ、G.L.-6mまでポアソン比一定、G.L.-6m以深を体積弾性率一定とした場合の鉛直成分の基盤地震動を評価した。
- 体積弾性率一定とした場合と比較して、ポアソン比一定とした場合、S波速度の低下に伴ってP波速度も低下するため、最大加速度は小さくなっている。
- その結果、最大加速度は262cm/s<sup>2</sup>となり、体積弾性率一定と仮定した結果（306cm/s<sup>2</sup>）は保守的な結果となっている。



<加速度時刻歴波形>



<P波速度>



<減衰定数>

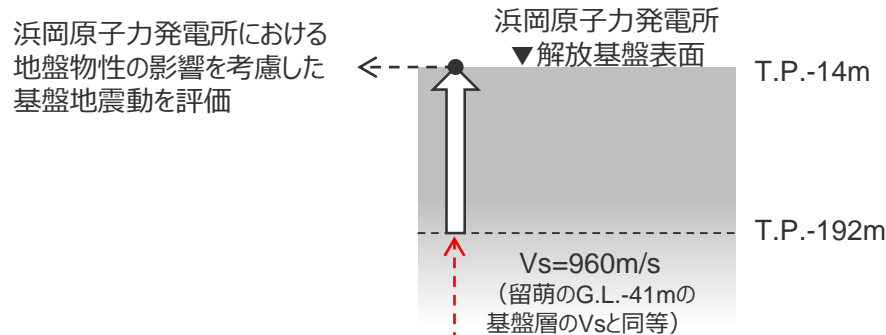
<2.2.3 敷地の地盤物性を考慮した解放基盤表面における地震動の評価>

# 敷地の地盤物性を考慮した解放基盤表面における地震動の評価の概要

- 佐藤・他(2013)による2004年北海道留萌支庁南部の地震の港町観測点（K-NET HKD020）の基盤地震動について行った追加検討（検討①～④）の結果は下表のとおり。
- 以降では、最大加速度が最も大きくなった結果（水平成分：609cm/s<sup>2</sup>（検討②）、鉛直成分：306cm/s<sup>2</sup>（検討③））を用いて、敷地の地盤物性に応じた解放基盤表面までの地震波の伝播特性を反映して解放基盤表面における地震動を評価する。

	佐藤・他(2013)		検討①	検討②	検討③	検討④
	水平成分	鉛直成分				
G.L. 0m ～ G.L.-6m	室内試験結果を考慮した等価線形解析	体積弾性率一定と仮定した線形解析	室内試験結果を考慮した等価線形解析	室内試験結果を考慮した等価線形解析	表層部のPS検層を再実施し、地盤モデルに反映	地下水位の状況を踏まえポアソン比一定とした線形解析
G.L.-6m ～ G.L.-41m	減衰定数を一律1%とした線形解析					
最大加速度	585 cm/s <sup>2</sup>	—	561 cm/s <sup>2</sup>	609 cm/s <sup>2</sup>	—	—
	—	296 cm/s <sup>2</sup>	—	—	306 cm/s <sup>2</sup>	262 cm/s <sup>2</sup>

## 敷地の地盤物性の考慮



## <2.2.3 敷地の地盤物性を考慮した解放基盤表面における地震動の評価> 敷地の解放基盤表面における地震動の評価

- 解放基盤表面までの地震波の伝播特性の反映は、敷地の一次元地下構造モデルを用い、2004年北海道留萌支庁南部の地震の港町観測点（K-NET HKD020）の基盤面に相当する敷地の地層（基盤相当面）に、追加検討結果を踏まえた2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動を入力し、敷地の解放基盤表面における地震動を評価することにより行う。
- 敷地の一次元地下構造モデル**は、地下構造調査により得られた詳細な地下構造データ等に基づき設定し、統計的グリーン関数法による敷地の観測記録の再現検討等を踏まえてその妥当性を確認した、断層モデルを用いた手法による地震動評価における**統計的グリーン関数法のために設定した一次元地下構造モデル（SGFモデル）**を用いる。
- 港町観測点の基盤相当面**は、港町観測点の佐藤・他(2013)により推定された基盤層（G.L.-41m）のVs（938m/s）を踏まえ、**T.P.-192m（Vs=960m/s）**に設定する。

・統計的グリーン関数法による地震動評価に用いる一次元地下構造モデルの設定は、p.166及び第1041回審査会合資料2-2-2 p.109~参照。

<一次元地下構造モデル>

層	標高 (m)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	Qs, Qp
1	-14	740	2000	2.07	100 <sup>f0.7</sup>
2	-32	790	2030	2.08	100 <sup>f0.7</sup>
3	-62	830	2070	2.09	100 <sup>f0.7</sup>
4	-92	910	2140	2.11	100 <sup>f0.7</sup>
5	-192	960	2180	2.12	100 <sup>f0.7</sup>
6	-354	1100	2110	2.10	100 <sup>f0.7</sup>
7	-493	1230	2320	2.15	100 <sup>f0.7</sup>
8	-739	1420	2790	2.25	100 <sup>f0.7</sup>
9	-1094	1590	3060	2.31	100 <sup>f0.7</sup>
10	-2050	2150	3990	2.46	100 <sup>f0.7</sup>
11	-3550	2470	4470	2.53	100 <sup>f0.7</sup>

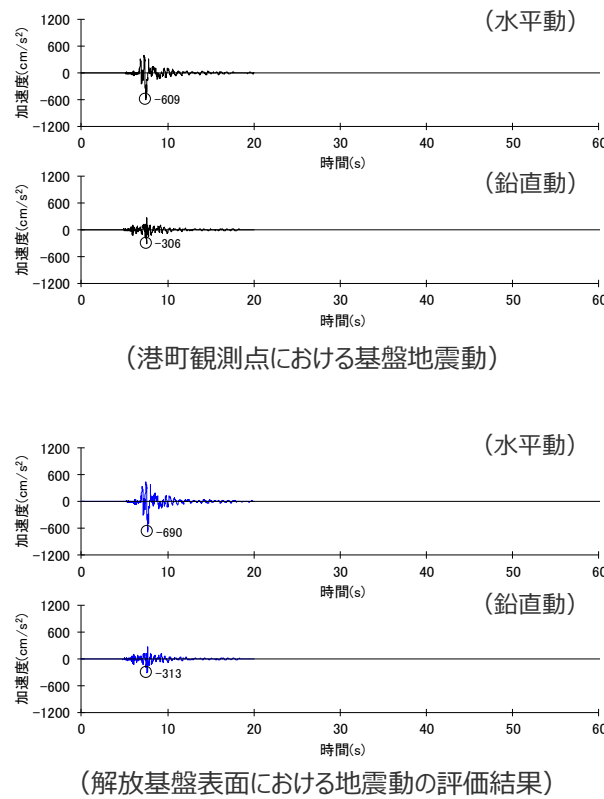
解放基盤表面  
(出力位置) ▽

港町観測点の基盤相当面  
2004年北海道留萌支庁南部の  
地震の基盤地震動の入力位置 ▽

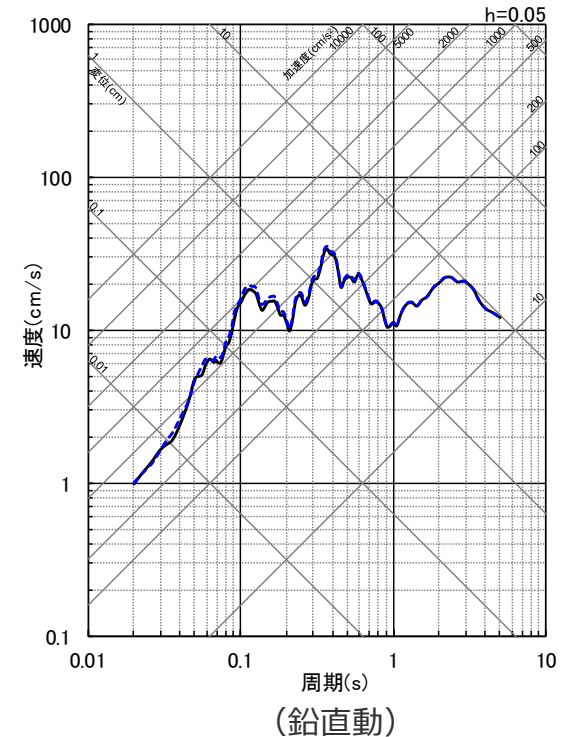
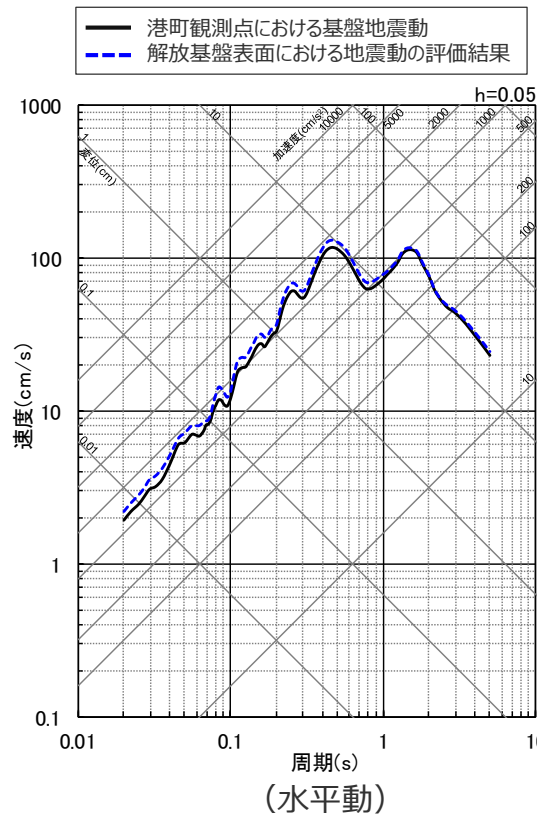
<2.2.3 敷地の地盤物性を考慮した解放基盤表面における地震動の評価>

# 敷地の地盤物性を考慮した解放基盤表面における地震動

- 2004年北海道留萌支庁南部の地震の港町観測点（K-NET HKD020）における基盤地震動を検討した結果のうち最大加速度が最も大きくなったケース（水平成分：609cm/s<sup>2</sup>（検討②）、鉛直成分：306cm/s<sup>2</sup>（検討③））に対し、一次元地下構造モデル（SGFモデル）を用いて敷地の地盤物性に応じた解放基盤表面までの地震波の伝播特性を反映し、解放基盤表面における地震動を評価した。
- 評価結果は下図のとおりであり、水平成分：690cm/s<sup>2</sup>、鉛直成分：313cm/s<sup>2</sup>と評価された。



<加速度時刻歴波形>



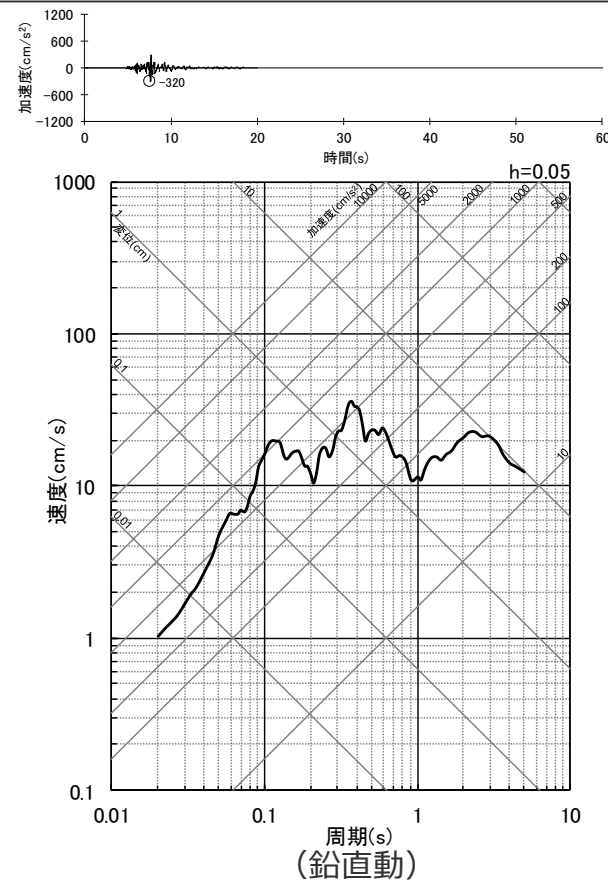
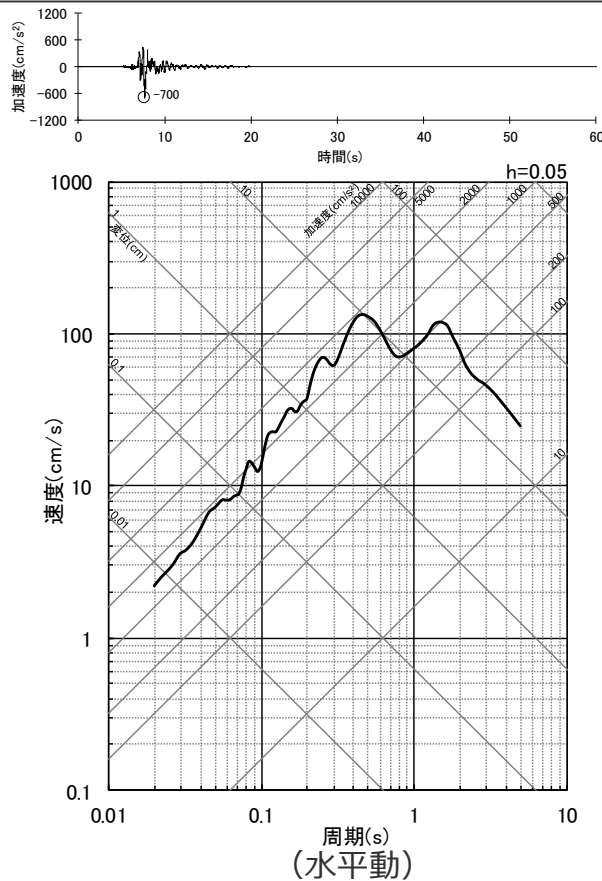
<応答スペクトル>



<2.2.3 敷地の地盤物性を考慮した解放基盤表面における地震動の評価>

2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動の評価結果

- 前述のとおり、2004年北海道留萌支庁南部の地震の港町観測点（K-NET HKD020）における基盤地震動を検討したケースのうち最大加速度が最も大きくなったケース（水平成分：609cm/s<sup>2</sup>（検討②）、鉛直成分：306cm/s<sup>2</sup>（検討③））に対し、一次元地下構造モデル（SGFモデル）を用いて敷地の地盤物性に応じた解放基盤表面までの地震波の伝播特性を反映し、解放基盤表面における地震動を評価した。
- この評価結果（水平成分：690cm/s<sup>2</sup>、鉛直成分：313cm/s<sup>2</sup>）にさらなる保守性を考慮し、水平成分：700cm/s<sup>2</sup>、鉛直成分：320cm/s<sup>2</sup>の地震動を、「2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動（地震動の顕著な増幅を考慮しない）」として採用する。



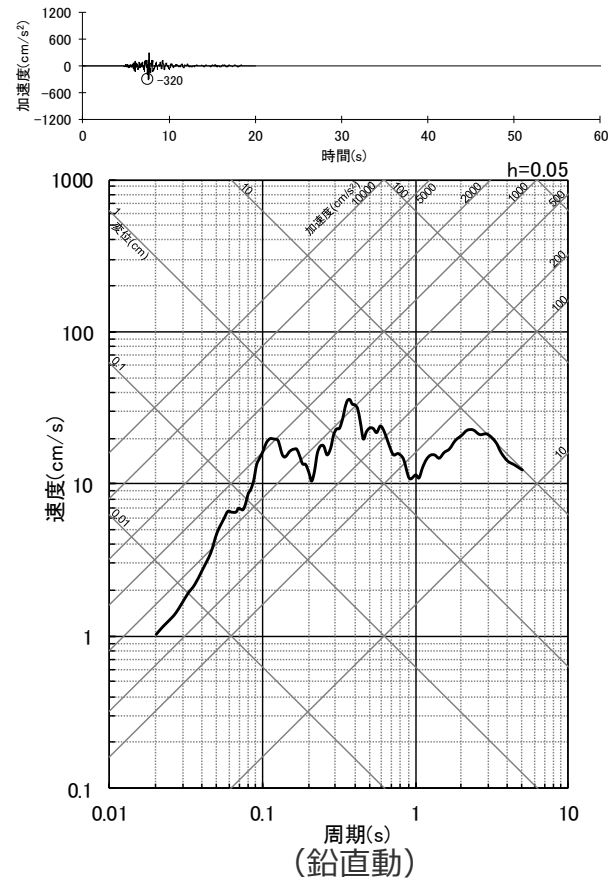
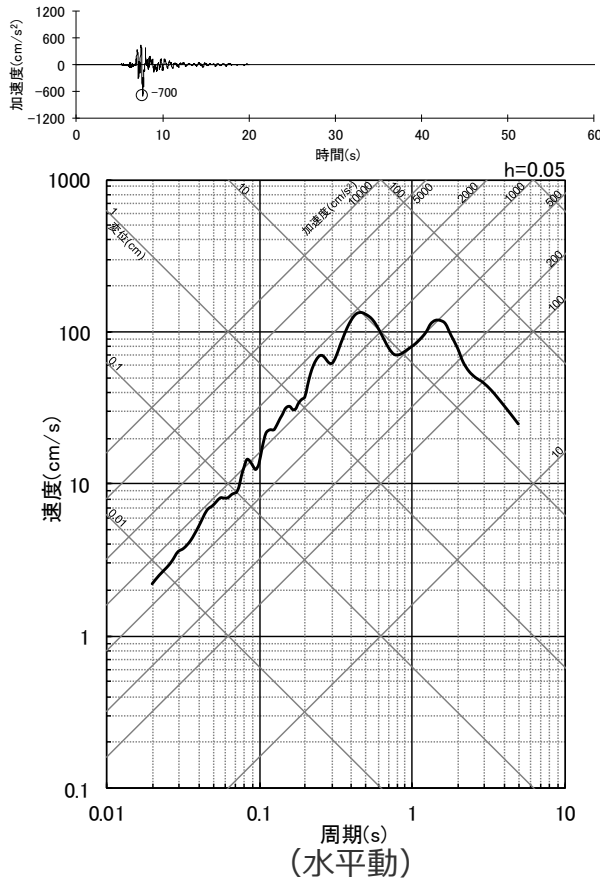
<2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動（地震動の顕著な増幅を考慮しない）  
（上段：加速度時刻歴波形、下段：応答スペクトル）>

<2.2.3 敷地の地盤物性を考慮した解放基盤表面における地震動の評価>

まとめ

(2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動 (地震動の顕著な増幅を考慮しない) )

○佐藤・他(2013)による2004年北海道留萌支庁南部の地震の港町観測点 (K-NET HKD020) における基盤地震動に対し、追加検討を実施したうえで、敷地の地盤物性に応じた解放基盤表面までの地震波の伝播特性を反映して解放基盤表面における地震動を評価し、この評価結果 (水平成分 :  $690\text{cm/s}^2$ 、鉛直成分 :  $313\text{cm/s}^2$ ) にさらなる保守性を考慮し、水平成分 :  $700\text{cm/s}^2$ 、鉛直成分 :  $320\text{cm/s}^2$  の地震動を、「2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動 (地震動の顕著な増幅を考慮しない)」とする。



<2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動 (地震動の顕著な増幅を考慮しない) (上段 : 加速度時刻歴波形、下段 : 応答スペクトル) >

# 目次

1 概要	……p.4~
2 全国共通に考慮すべき地震動	
2.1 標準応答スペクトルに基づく地震動	……p.19~
2.1.1 地下構造モデル及び地震基盤相当面の設定	……p.24~
2.1.2 解放基盤表面における標準応答スペクトルに基づく地震動の評価	……p.26~
2.2 2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動	……p.39~
2.2.1 2004年北海道留萌支庁南部の地震の観測記録	……p.44~
2.2.2 佐藤・他(2013)による基盤地震動の推定に関する知見	……p.50~
2.2.3 敷地の地盤物性を考慮した解放基盤表面における地震動の評価	……p.58~
2.3 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動	……p.82~
3 地域性を考慮する地震動	……p.95~
3.1 2008年岩手・宮城内陸地震	……p.97~
3.2 2000年鳥取県西部地震	……p.119~
4 震源を特定せず策定する地震動の策定	……p.135~
補足説明資料	……p.140~
参考資料	……p.187~

# 地震動の顕著な増幅を踏まえた地震動評価の方針

No.2コメント回答

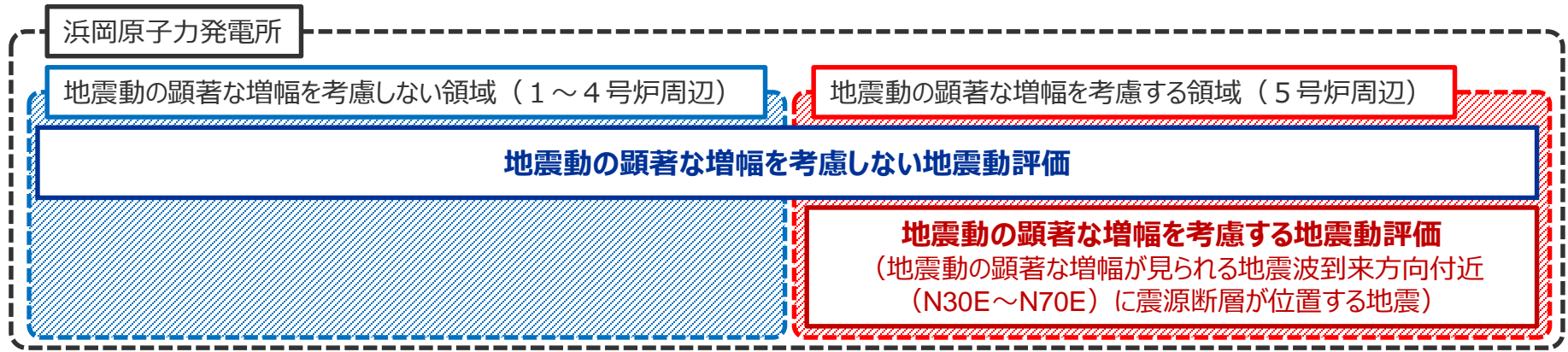
・敷地における地盤増幅特性を踏まえた地震動評価の方針の詳細は、第1041回審査会合資料2-2-2 p.100~参照。

## 【敷地における地震動の増幅特性】

- 地震観測記録及び地下構造調査結果に基づき、敷地における地震動の増幅特性を分析。
- 5号炉周辺の観測点において、地震動の顕著な増幅は、①特定の到来方向（N30E～N70E）の地震波のみに、②短周期の特定の周期帯（フーリエスペクトルの周期0.2～0.5秒）では見られるが、その他の地震波到来方向では見られない。
- 1～4号炉周辺の観測点において、地震動の顕著な増幅は、いずれの地震波到来方向でも見られない。

## 【敷地における地震動評価】

- 敷地における地震動の増幅特性を踏まえ、「地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価」と「地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価」を実施することとし、観測点毎の地震動の顕著な増幅の有無（地震観測記録の分析）に基づき、S波低速度層の分布及び影響範囲（地下構造調査結果の分析）も踏まえて、「地震動の顕著な増幅を考慮しない領域」（1～4号炉周辺）と「地震動の顕著な増幅を考慮する領域」（5号炉周辺）とを設定する（次ページ及び第1041回審査会合資料2-2-2 p.100~参照）。
- 「地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価」は、敷地全体（「地震動の顕著な増幅を考慮しない領域」及び「地震動の顕著な増幅を考慮する領域」）を対象とする。
- 「地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価」は、2009年駿河湾の地震の地震波到来方向付近（N30E～N70E）で地震動の顕著な増幅が見られる「地震動の顕著な増幅を考慮する領域」（5号炉周辺）を対象とする。



・敷地における地震動の増幅特性の分析は、補足説明資料①p.143～157参照。

# 地震動の顕著な増幅を踏まえた地震動評価の方針

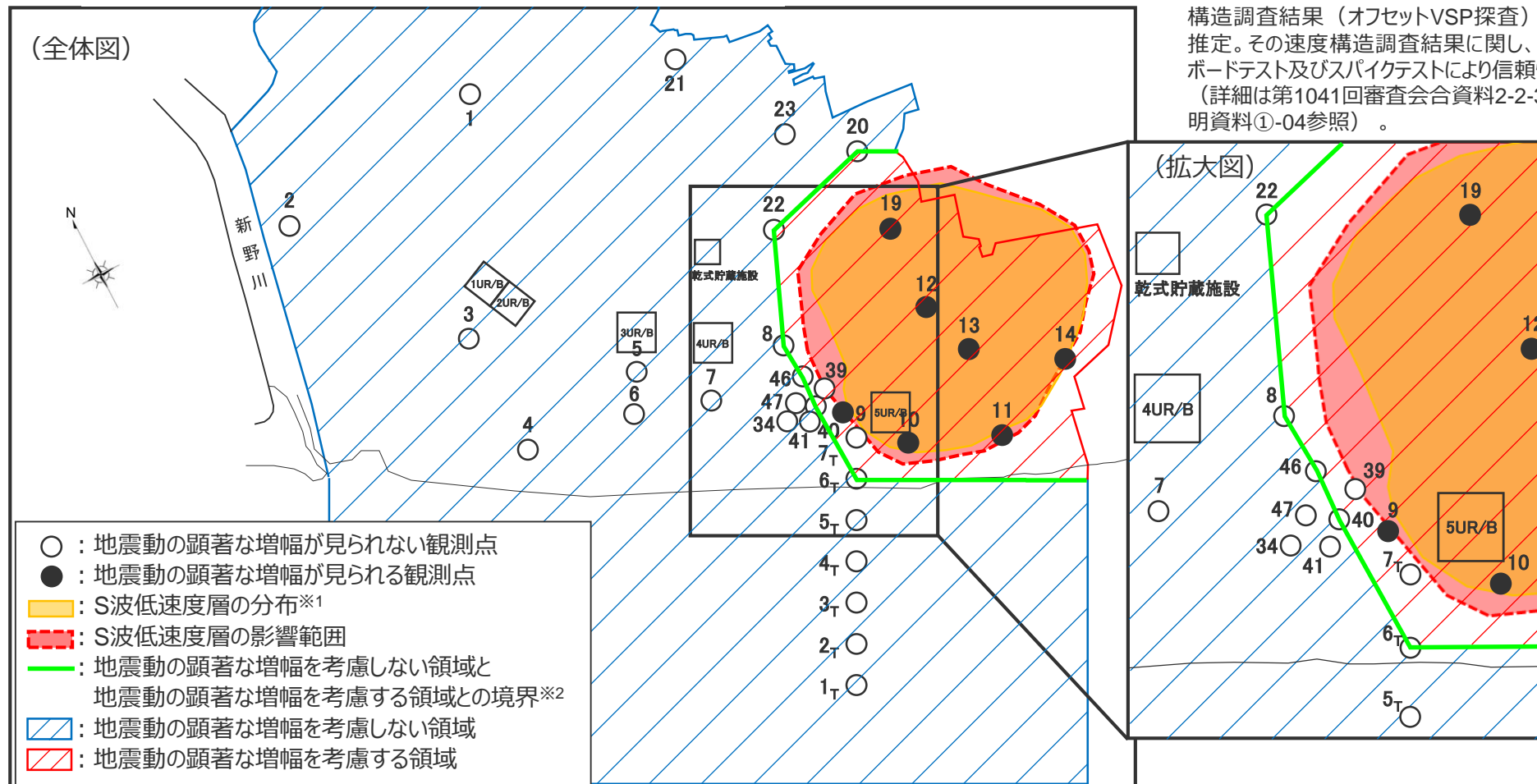
## (地震動の顕著な増幅を考慮しない領域と地震動の顕著な増幅を考慮する領域の設定)

No.2コメント回答

・敷地における地盤増幅特性を踏まえた地震動評価の方針の詳細は、第1041回審査会合資料2-2-2 p.100~参照。

○観測点毎の地震動の顕著な増幅の有無（地震観測記録の分析）に基づき、S波低速度層の分布※1及び解析に基づく影響範囲（地下構造調査結果の分析）も踏まえて、地震動の顕著な増幅を考慮しない領域と地震動の顕著な増幅を考慮する領域を設定。

※1 S波低速度層の分布は、敷地近傍の複数の速度構造調査結果（オフセットVSP探査）に基づき推定。その速度構造調査結果に関し、チェッカーボードテスト及びスパイクテストにより信頼性を確認（詳細は第1041回審査会合資料2-2-3 補足説明資料①-04参照）。



※2「地震動の顕著な増幅を考慮しない領域と地震動の顕著な増幅を考慮する領域との境界」は、主に地震動の顕著な増幅が見られない観測点に基づき設定することとし、当該境界により設定される地震動の顕著な増幅を考慮する領域が、地震動の顕著な増幅が見られる観測点及びS波低速度層の分布・影響範囲を包絡することを確認。

<2.3 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動>

震源を特定せず策定する地震動の評価と地震動の顕著な増幅との関係の検討

- S波低速度層の影響により特定の地震波到来方向（N30E～N70E）の地震における5号炉周辺の観測点のみで見られる地震動の顕著な増幅に関し、「震源を特定せず策定する地震動の評価」と「敷地における地盤増幅特性（地震観測記録及び地下構造調査結果に基づく分析結果）」との関係を検討。

【地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価（S波低速度層の影響による地震動の顕著な増幅の検討）】

震源を特定せず策定する地震動の評価

- 「震源を特定せず策定する地震動」は、震源断層を設定せず、震源と活断層を関連付けることが困難な過去の内陸地殻内の地震について得られた震源近傍における観測記録を基に評価を行う。

敷地における地盤増幅特性（地震観測記録及び地下構造調査結果に基づく分析結果）

- 地震観測記録及び地下構造調査結果に基づき、2009年駿河湾の地震における5号炉周辺の増幅要因や敷地における地震動の増幅特性を分析。

<5号炉周辺の増幅要因の分析>

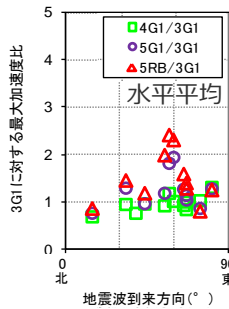
- 5号炉周辺の増幅要因は、5号炉から2009年駿河湾の地震の地震波到来方向である北東方向にかけて**局所的に分布する深さ数百mの浅部地盤のS波低速度層**であり、その増幅メカニズムは、S波低速度層による波面の屈曲により地震波が干渉して増幅するフォーカシング現象と分析。

<敷地における地震動の増幅特性>

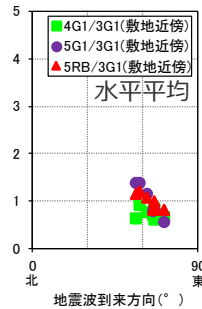
- 敷地における地震動の増幅特性は、**S波低速度層による影響の有無によって地震動の増幅特性が異なること**により、以下のとおり、特定の地震波到来方向（N30E～N70E、「増幅方向」）付近のみ地震動の顕著な増幅が見られる観測点と、地震動の顕著な増幅が見られない観測点とに分かれる。

- ・ 5号炉周辺の観測点において、地震動の顕著な増幅は、
  - ① 特定の到来方向（N30E～N70E）の地震波のみに、
  - ② 短周期の特定の周期帯（フーリエスペクトルの周期0.2～0.5秒）では見られるが、その他の地震波到来方向では見られない。「増幅方向」でも地震波の入射角が鉛直に近づく敷地近傍の地震ほど顕著な増幅は見られない傾向がある。
- ・ 1～4号炉周辺の観測点において、地震動の顕著な増幅は、いずれの地震波到来方向でも見られない。

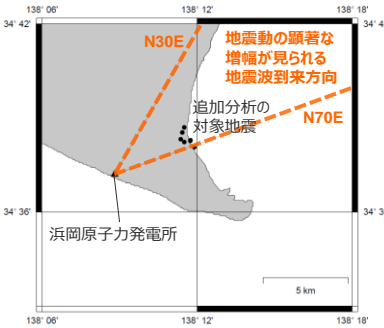
- 「震源を特定せず策定する地震動」の対象とする震源近傍の観測記録について、標準応答スペクトルに係る検討においてMw6.5程度の地震の断層が収まる半径10km程度の範囲を震源近傍としていることを踏まえて敷地の観測記録を分析。**震源近傍の観測記録に当たる、敷地近傍（敷地から10km以内）の地震の敷地の観測記録は、「増幅方向」も含め、地震動の顕著な増幅が見られない。**（敷地から10km以内の地震について、鉛直アレイ観測記録の追加分析を行い顕著な増幅が見られないことを確認。また、多点連続地震観測記録の分析結果も確認。右図）



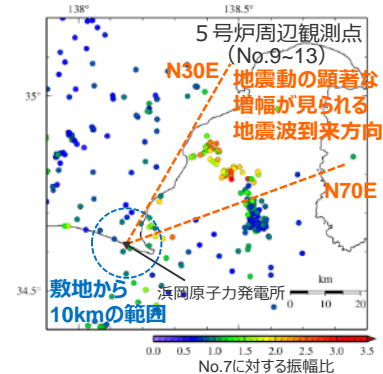
（既往分析）  
敷地近傍（敷地から10km以内）の地震は含まれていない



（追加分析）  
敷地近傍（敷地から10km以内）の地震



（追加分析の対象地震の震央位置）  
敷地近傍（敷地から10km以内）の地震



<5号炉周辺観測点における各地震の振幅比の震央分布図（多点連続地震観測）>

<地震波到来方向毎の最大加速度比（各号炉周辺の鉛直アレイ観測）>

・地震動の顕著な増幅の考慮を含めた敷地における地盤増幅特性と地震動評価への反映方法は、補足説明資料①参照。  
（敷地における地震動の増幅特性の分析はp.143～157、敷地近傍の地震に関する追加分析はp.174～176参照）

<2.3 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動>

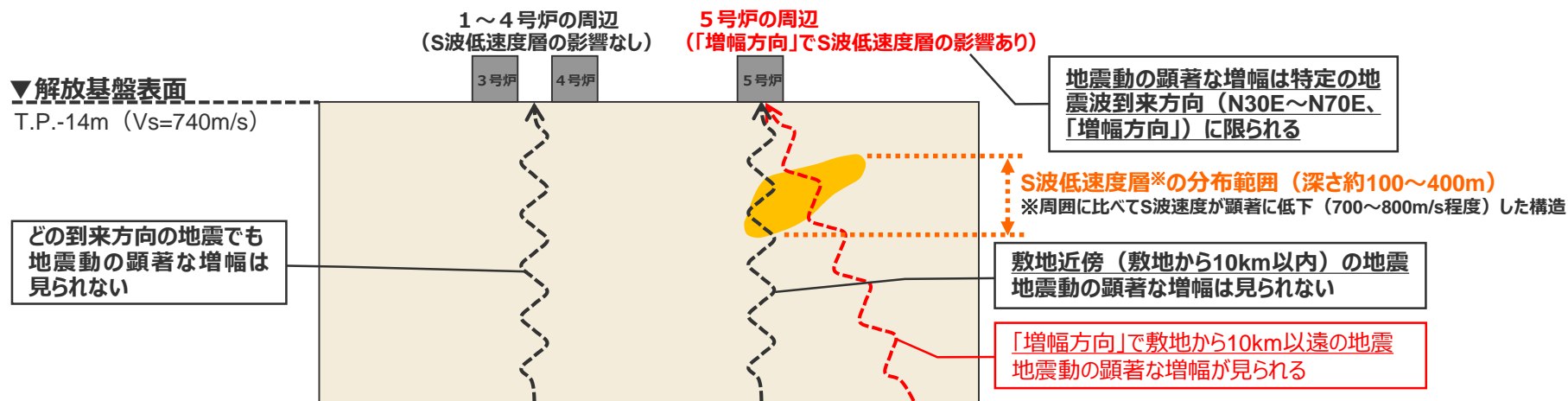
震源を特定せず策定する地震動の評価と地震動の顕著な増幅との関係の検討

【地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価（S波低速度層の影響による地震動の顕著な増幅の検討）】

「標準応答スペクトルに基づく地震動」及び「2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動」の地震動の顕著な増幅を考慮する評価について

○ 前述の「震源を特定せず策定する地震動の評価」と「敷地における地盤増幅特性（地震観測記録及び地下構造調査結果に基づく分析結果）」との関係を検討した結果、地震動の顕著な増幅は特定の地震波到来方向に限られ、そのうえ「震源を特定せず策定する地震動」で対象とする震源近傍の観測記録に当たる敷地の観測記録は地震動の顕著な増幅が見られないことから、震源断層を設定せず行う「震源を特定せず策定する地震動」の評価では、**地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価は行わず、前述の一次元地下構造モデル（SGFモデル）を用いた評価のみ行う**ことが考えられる。

○ しかしながら、5号炉の下にS波低速度層が分布しており、地震観測記録の分析等により敷地近傍の地震もS波低速度層による地震動の増幅の影響がないと評価できるものではないことから、「標準応答スペクトルに基づく地震動」及び「2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動」について、S波低速度層による地震動の増幅を考慮した地震動評価を行う。この評価に当たっては、地震観測記録が十分に得られていない領域もあることを踏まえ保守的な評価を行うこととし、**地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価を行う**（評価方法は次ページ参照）。



<地震動の顕著な増幅のイメージ（2009年駿河湾の地震の地震波到来方向の断面）>

・地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価を行うよう記載を修正。また、記載と整合するよう図を修正。

# 震源を特定せず策定する地震動における顕著な増幅の反映方法

No.2コメント回答

## 【顕著な増幅を考慮して評価した地震動】

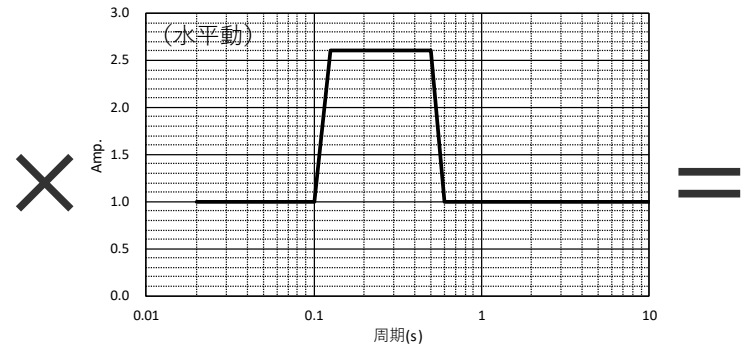
- 「標準応答スペクトルに基づく地震動」及び「2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動」について、S波低速層の影響により5号炉周辺の観測点のみで地震動の顕著な増幅が見られることを踏まえ、「地震動の顕著な増幅を考慮する領域」（5号炉周辺）を対象に、S波低速層による地震動の増幅を考慮することとし、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の断層モデルを用いた手法で採用した増幅係数を乗じる方法により、地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価を実施。
- 増幅係数は、断層モデルを用いた手法で採用したもの（増幅の程度が最も大きく、信頼性の高い記録が得られた地震である、2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録を参考に設定）を用い、顕著な増幅を考慮しない解放基盤表面における地震動の評価結果に増幅係数を乗じることにより、顕著な増幅を考慮した地震動を評価※。

※ 地震動の顕著な増幅は特定の地震波到来方向（「増幅方向」）に限られるが、震源断層を設定せず行う評価では「増幅方向」にあたる範囲を検討できないことを踏まえ、震源断層から到来する地震波のすべてが顕著に増幅すると仮定した保守的な地震動評価を実施することとし、顕著な増幅を考慮しない評価結果に増幅係数を乗じる評価方法を採用。

**敷地の一次元地下構造モデルを用いて評価した地震動  
（顕著な増幅を考慮しない解放基盤表面における地震動）**

標準応答スペクトル

2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動



<増幅係数（フーリエスペクトル比、水平動）  
（次ページ参照）>

（断層モデルを用いた手法で採用した増幅係数と同じ）

増幅係数について、増幅を考慮する周期帯と程度は、2009年駿河湾の地震（本震）（増幅の程度が最も大きく、信頼性の高い記録が得られた地震）の観測記録を参考として設定。

**顕著な増幅を考慮して評価した解放基盤表面における地震動**

標準応答スペクトル

2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動

・地震動の顕著な増幅の考慮を含めた敷地における地盤増幅特性と地震動評価への反映方法は、補足説明資料①参照。  
（「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」における顕著な増幅の反映方法は、p.167～171参照）



# <2.3 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動> 震源を特定せず策定する地震動における顕著な増幅の反映方法 (増幅係数)

- 増幅を考慮する周期帯は、2009年駿河湾の地震（本震）で5号炉周辺の顕著な増幅が見られた周期帯0.2～0.5秒を参考としてより広帯域に設定する。
- 増幅を考慮する程度は、2009年駿河湾の地震（本震）におけるはぎとり波の加速度フーリエスペクトル比（5G1/3G1, 5RB/3G1）及び周期別SI値比（周期0.02～0.5秒）を参考として設定する。
- 2009年駿河湾の地震（本震）は増幅の程度が最も大きく、信頼性の高い記録が得られた地震である。

<2009年駿河湾の地震（本震）における周期別SI値比※1>  
(周期0.02～0.5秒※2)

	NS	EW	UD
4G1/3G1	0.93	1.08	0.72
5G1/3G1	2.40	1.97	1.42
5RB/3G1	2.47	2.50	1.38

※1 建造物の応答に関連する指標であり、下記により定義される。

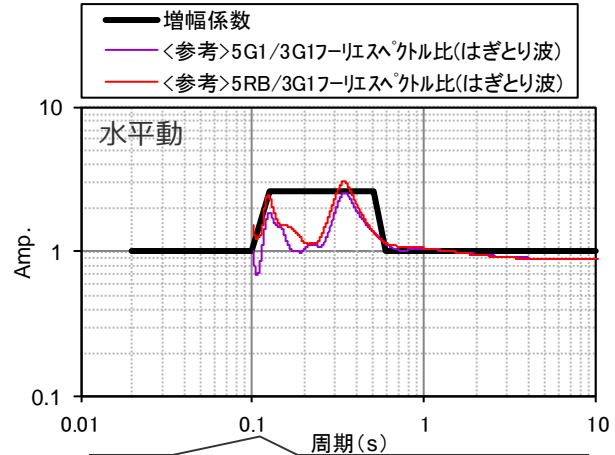
$$\text{周期別SI値} = \int_{T_1}^{T_2} S_v(T, h) dT$$

ここで、S<sub>v</sub> : 擬似速度応答スペクトル  
T : 周期  
h : 減衰定数 (5%とする)

※2 2009年駿河湾の地震（本震）の応答スペクトルにおいて5号炉周辺の顕著な増幅が見られた周期帯。

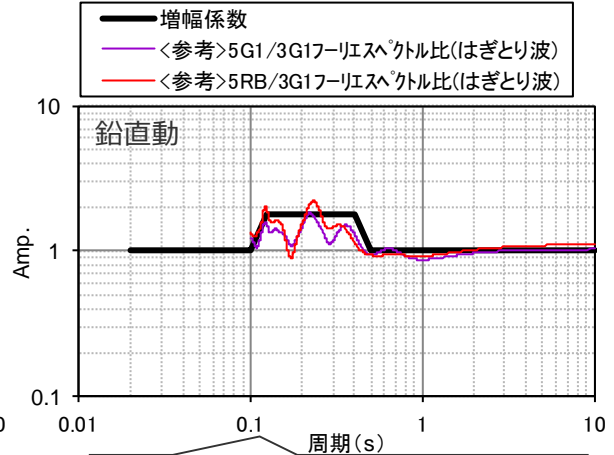
<増幅係数（フーリエスペクトル比）>

周期(s)	水平動	周期(s)	鉛直動
0.02	1	0.02	1
0.1	1	0.1	1
0.125	2.6	0.125	1.8
0.5	2.6	0.4	1.8
0.6	1	0.5	1
10	1	10	1



増幅係数及びフーリエスペクトル比の積分値に基づき、以下の比率を算出（周期0.1～0.6秒）。

- ・増幅係数 / (5G1/3G1フーリエスペクトル比) = 1.58
- ・増幅係数 / (5RB/3G1フーリエスペクトル比) = 1.39



増幅係数及びフーリエスペクトル比の積分値に基づき、以下の比率を算出（周期0.1～0.5秒）。

- ・増幅係数 / (5G1/3G1フーリエスペクトル比) = 1.28
- ・増幅係数 / (5RB/3G1フーリエスペクトル比) = 1.20

## <地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価で用いる増幅係数>

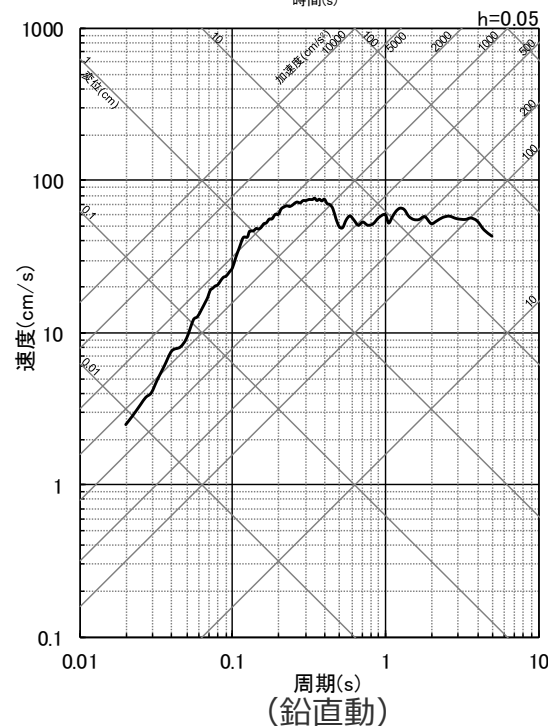
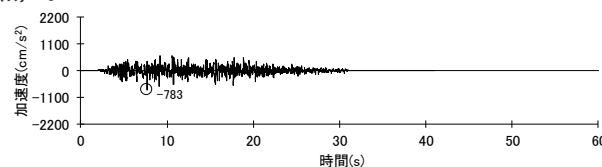
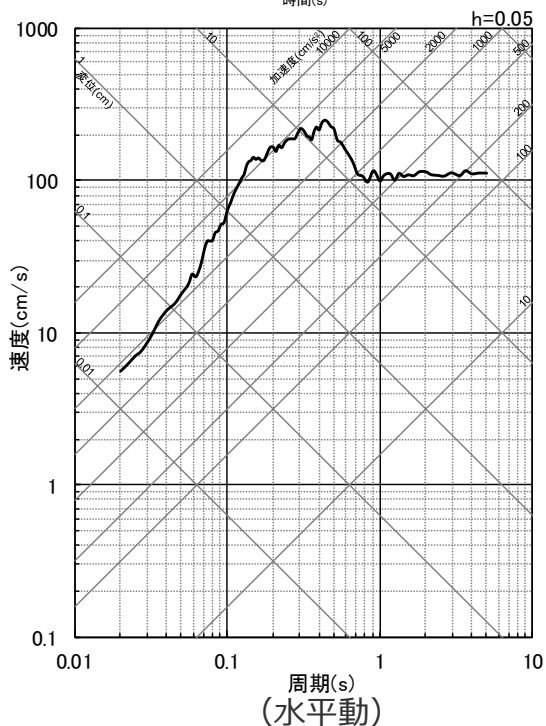
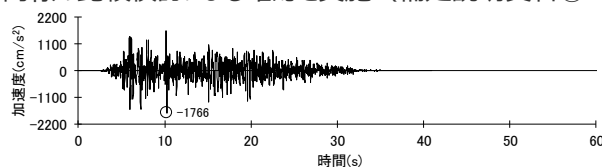
(断層モデルを用いた手法、標準応答スペクトル、2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動の評価)

# 標準応答スペクトルに基づく地震動（地震動の顕著な増幅を考慮）

（解放基盤表面における標準応答スペクトルに基づく地震動（地震動の顕著な増幅を考慮）の評価結果）

○ 標準応答スペクトルに基づく地震動について、解放基盤表面における地震動（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の評価結果（p.29参照）に増幅係数を乗じて、解放基盤表面における地震動（地震動の顕著な増幅を考慮）を評価した。

・ 解放基盤表面における標準応答スペクトルに基づく地震動（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の評価は、一様乱数の位相を用いた方法による地震動を採用し、模擬地震動の作成の複数の方法による検討として実観測記録の位相を用いた方法による地震動との比較検討による確認を行っているが、念のため、この標準応答スペクトルに基づく地震動（地震動の顕著な増幅を考慮）の評価についても、同様の比較検討による確認を実施（補足説明資料②（p.180~）参照）。

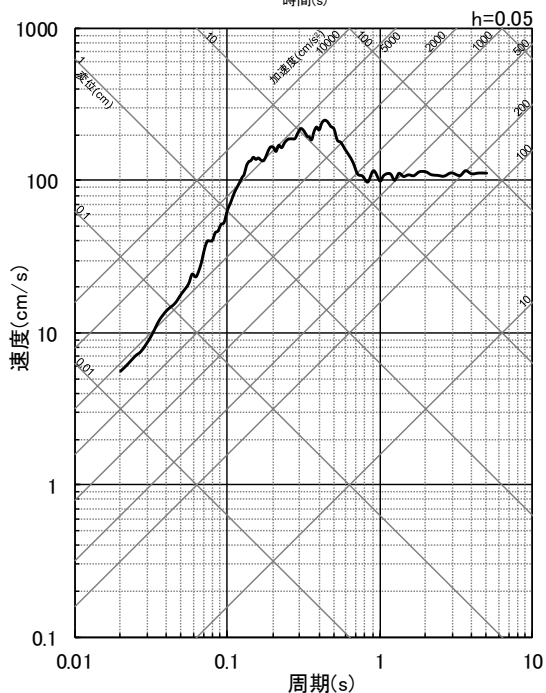
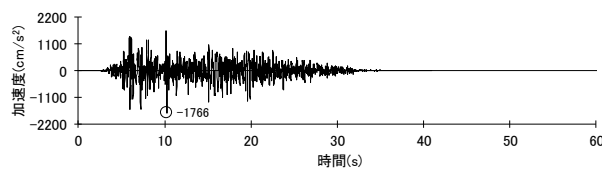


<解放基盤表面における標準応答スペクトルに基づく地震動（地震動の顕著な増幅を考慮）の評価結果（上段：加速度時刻歴波形、下段：応答スペクトル）>

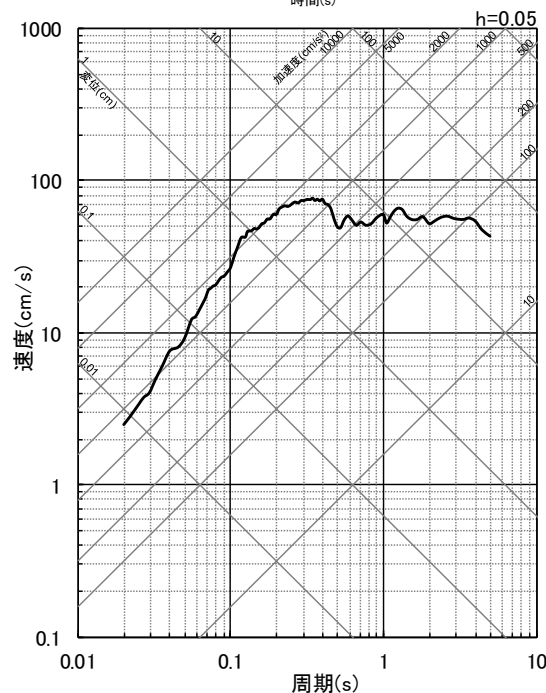
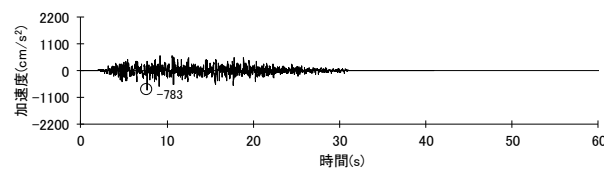
# 標準応答スペクトルに基づく地震動（地震動の顕著な増幅を考慮）

（まとめ）

○標準応答スペクトルに基づく地震動について、解放基盤表面における地震動（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の評価結果に増幅係数を乗じて評価した解放基盤表面における地震動（地震動の顕著な増幅を考慮）を、「標準応答スペクトルに基づく地震動（地震動の顕著な増幅を考慮）」とする。



（水平動）



（鉛直動）

<解放基盤表面における標準応答スペクトルに基づく地震動（地震動の顕著な増幅を考慮）の評価結果（上段：加速度時刻歴波形、下段：応答スペクトル）>

<2.3 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動>

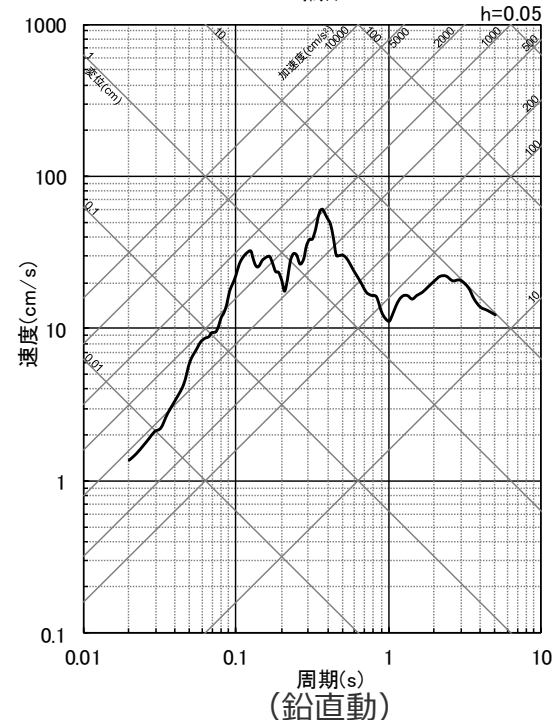
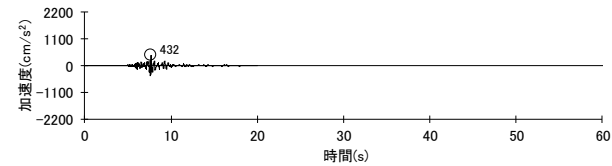
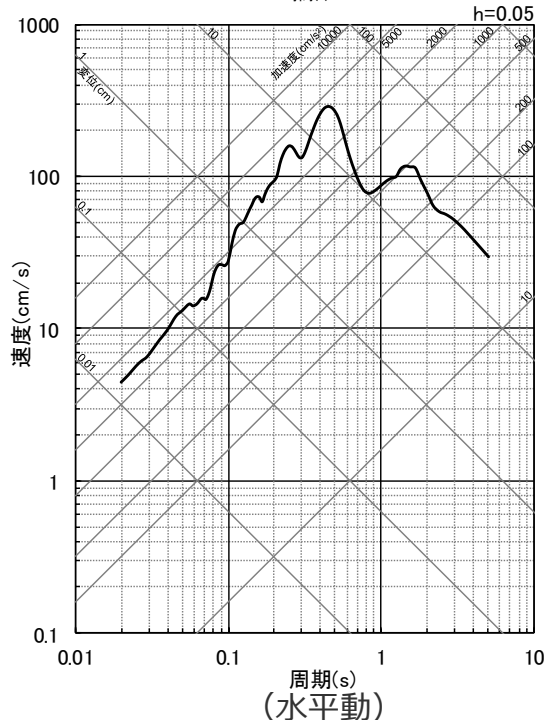
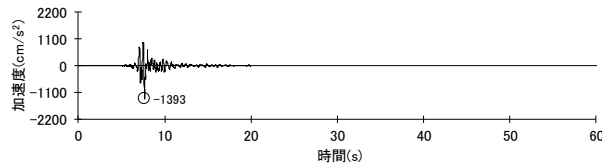
2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動（地震動の顕著な増幅を考慮）

（敷地の地盤物性を考慮した解放基盤表面における地震動）

No.2コメント回答

- 2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動について、解放基盤表面における地震動（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の評価結果（p.79参照）※に増幅係数を乗じて、解放基盤表面における地震動（地震動の顕著な増幅を考慮）を評価した。
- 評価結果は下図のとおりであり、水平成分：1393cm/s<sup>2</sup>、鉛直成分：432cm/s<sup>2</sup>と評価された。

※ さらなる保守性を考慮する前の地震動。



<解放基盤表面における地震動（地震動の顕著な増幅を考慮）の評価結果（上段：加速度時刻歴波形、下段：応答スペクトル）>

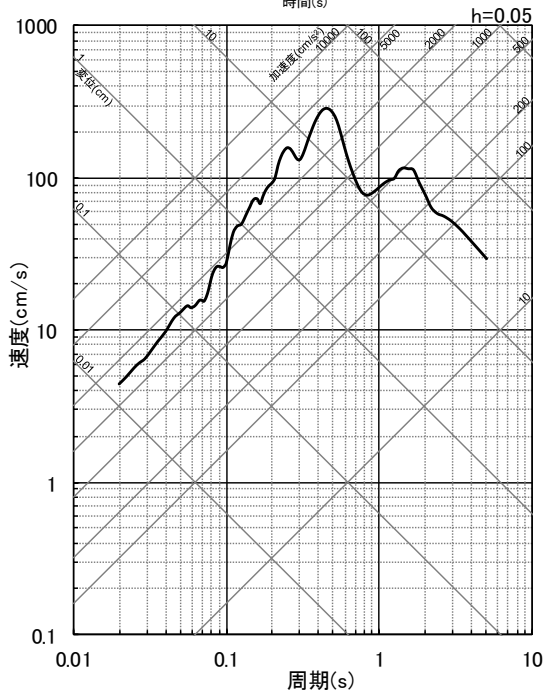
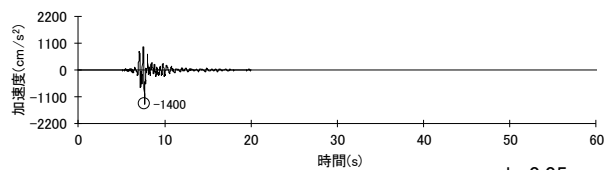
<2.3 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動>

2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動（地震動の顕著な増幅を考慮）

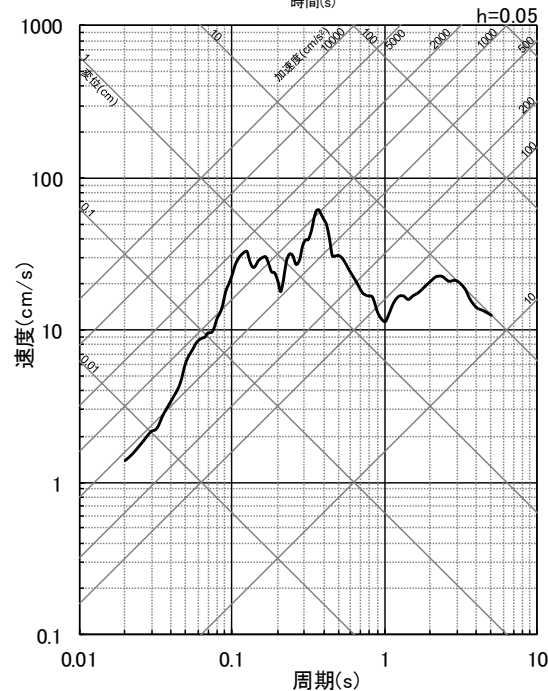
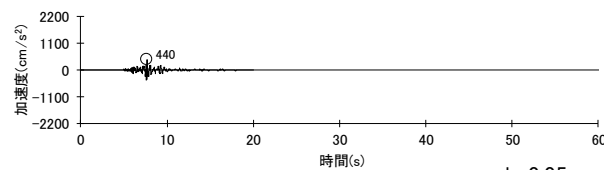
（2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動（地震動の顕著な増幅を考慮）の評価結果）

No.2コメント回答

○前述の解放基盤表面における地震動（地震動の顕著な増幅を考慮）の評価結果（水平成分：1393cm/s<sup>2</sup>、鉛直成分：432cm/s<sup>2</sup>）にさらなる保守性を考慮し、水平成分：1400cm/s<sup>2</sup>、鉛直成分：440cm/s<sup>2</sup>の地震動を、「2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動（地震動の顕著な増幅を考慮）」として採用する。



（水平動）



（鉛直動）

<2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動（地震動の顕著な増幅を考慮）（上段：加速度時刻歴波形、下段：応答スペクトル）>

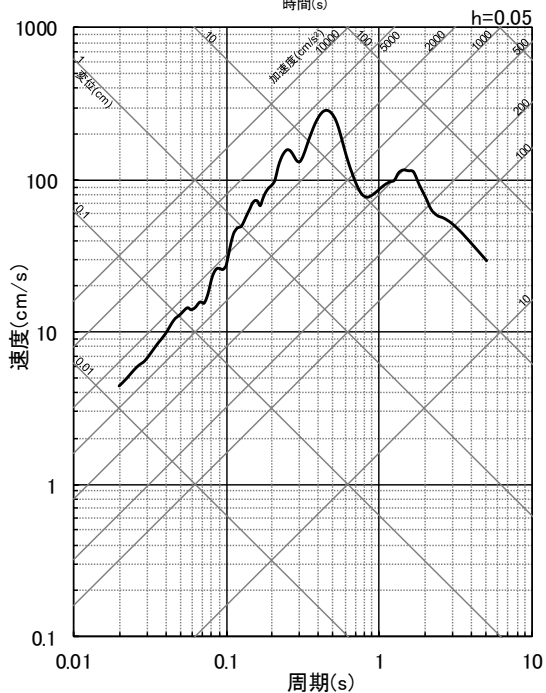
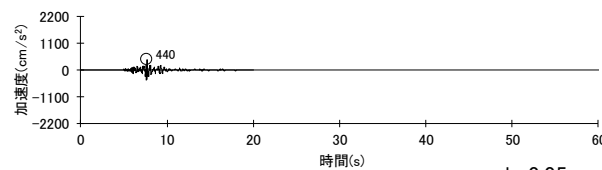
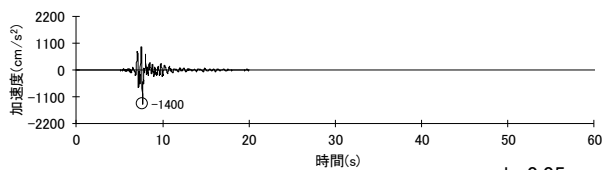
<2.3 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動>

2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動（地震動の顕著な増幅を考慮）

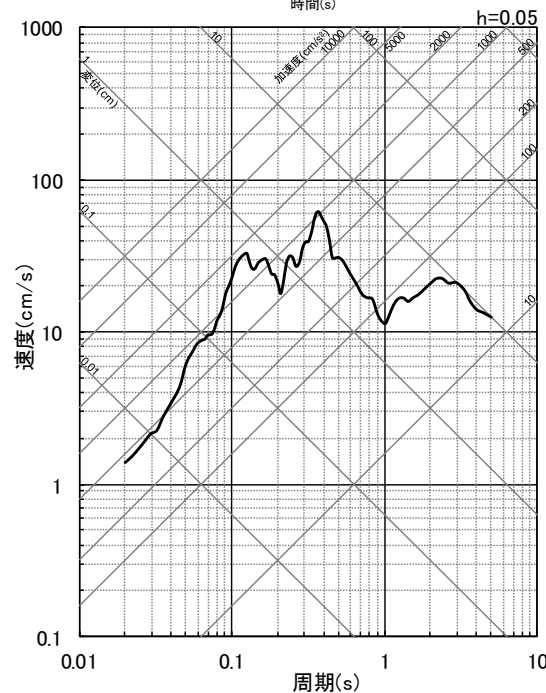
（まとめ）

No.2コメント回答

○2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動について、解放基盤表面における地震動（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の評価結果に増幅係数を乗じて解放基盤表面における地震動（地震動の顕著な増幅を考慮）を評価し、この評価結果（水平成分：1393cm/s<sup>2</sup>、鉛直成分：432cm/s<sup>2</sup>）にさらなる保守性を考慮し、水平成分：1400cm/s<sup>2</sup>、鉛直成分：440cm/s<sup>2</sup>の地震動を、「2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動（地震動の顕著な増幅を考慮）」とする。



（水平動）



（鉛直動）

<2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動（地震動の顕著な増幅を考慮）（上段：加速度時刻歴波形、下段：応答スペクトル）>

---

余白