

東通原子力発電所 基準地震動の策定のうち 震源を特定せず策定する地震動について

2024年3月8日
東北電力株式会社

基準地震動の策定全体フローと本資料の説明範囲

敷地周辺の地震発生状況

- ・ 被害地震
- ・ 敷地周辺で発生したM5.0以上の地震
- ・ 敷地周辺で発生したM5.0以下の地震
- ・ 震源として考慮する活断層



敷地地盤の振動特性及び地下構造モデルの策定

- ・ 地質調査, 観測記録等による敷地地盤の振動特性の検討
- ・ 経験的グリーン関数法に用いる地下構造モデル(はぎとり地下構造モデル)の設定
- ・ 統計的グリーン関数法に用いる地下構造モデルの設定
- ・ 理論的手法に用いる地下構造モデルの設定



敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

①検討用地震の選定, 断層モデルの設定

プレート間地震

海洋プレート内地震

内陸地殻内地震

②地震動評価

断層モデル手法を用いた地震動評価

応答スペクトルに基づく地震動評価



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

2004年北海道
留萌支庁南部の地震

標準応答スペクトル

地域性を
考慮する
地震動



基準地震動の策定

「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」と「震源を特定せず策定する地震動」の評価結果を踏まえて策定



基準地震動の超過確率の参照

特定震源モデル及び領域震源モデルに基づき地震ハザード評価を実施

凡例 : 本資料の説明箇所 : 説明済の箇所 : 今後の説明箇所

目次

1. 全国共通に考慮すべき地震動	3
2. 地域性を考慮する地震動	21
参考文献	40

1. 全国共通に考慮すべき地震動

- 1. 1 検討方針
- 1. 2 2004年北海道留萌支庁南部の地震における基盤地震動の知見を用いた評価
- 1. 3 標準応答スペクトルに基づく地震動の評価
- 1. 4 全国共通に考慮すべき地震動の評価結果

1. 1 検討方針

(1) 基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイドを踏まえた評価方針

基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイドの記載	評価方針
<ul style="list-style-type: none"> • 「全国共通に考慮すべき地震動」の検討対象地震の選定においては、地震規模のスケーリング(スケーリング則が不連続となる地震規模)の観点から、「地表地震断層が出現しない可能性がある地震」が適切に選定されていることを確認する。 • 「全国共通に考慮すべき地震動」については、設置許可基準規則解釈別記2第4条第5項第3号②に掲げる知見を用いて解放基盤表面における応答スペクトル(地震動レベル)が設定されていること。 <div style="border: 1px dashed black; padding: 10px; margin-top: 10px;"> <p>【設置許可基準規則解釈別記2 第4条第5項第3号②】</p> <p>②上記の「全国共通に考慮すべき地震動」の策定に当たっては、震源近傍における観測記録を基に得られた次の知見をすべて用いること。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 • 震源近傍の多数の地震動記録に基づいて策定した地震基盤相当面(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。)として次の図に示すもの </div>	<ul style="list-style-type: none"> • 2004年北海道留萌支庁南部の地震について、佐藤ほか(2013)による評価を踏まえた地震動を評価する。 • 標準応答スペクトルに対し、地震基盤相当面から解放基盤表面までの地盤増幅率を考慮した地震動を評価する。

(2) 全国共通に考慮すべき地震動の評価フロー

全国共通に考慮すべき地震動の評価

2004年北海道留萌支庁南部の地震における 基盤地震動の知見を用いた評価

2004年北海道留萌支庁南部の地震に
関する知見

佐藤ほか(2013)による基盤地震動

佐藤ほか(2013)以降の追加検討

震源を特定せず策定する地震動に
考慮する地震動

標準応答スペクトルに基づく地震動の評価

標準応答スペクトル

模擬地震波の作成
(地震基盤相当面)

解放基盤表面位置における応答評価

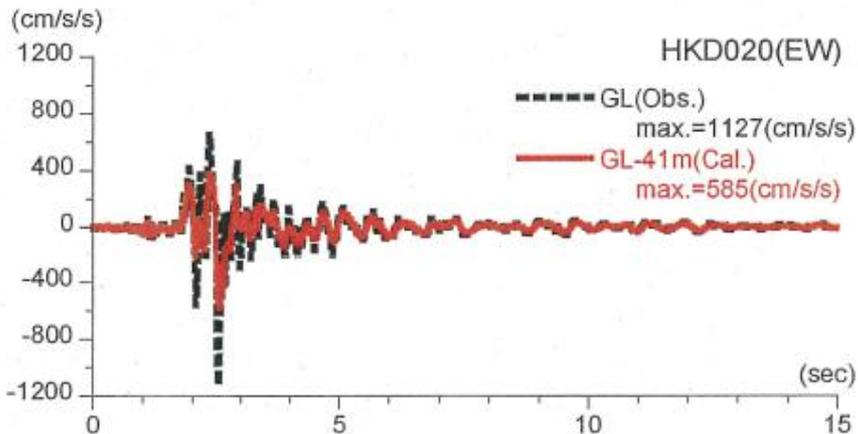
全国共通に考慮すべき地震動の評価結果

1. 全国共通に考慮すべき地震動

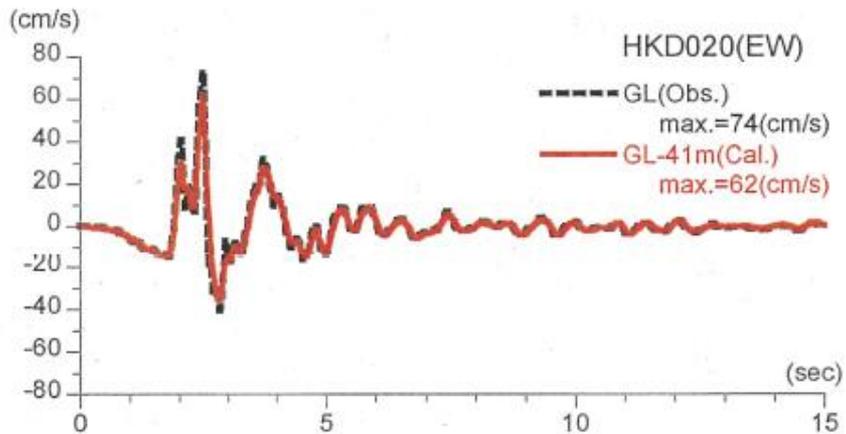
1.2 2004年北海道留萌支庁南部の地震における基盤地震動の知見を用いた評価

(1) 佐藤ほか(2013)による基盤地震動 HKD020観測点の基盤地震動評価 ①基盤地震動評価(EW成分)

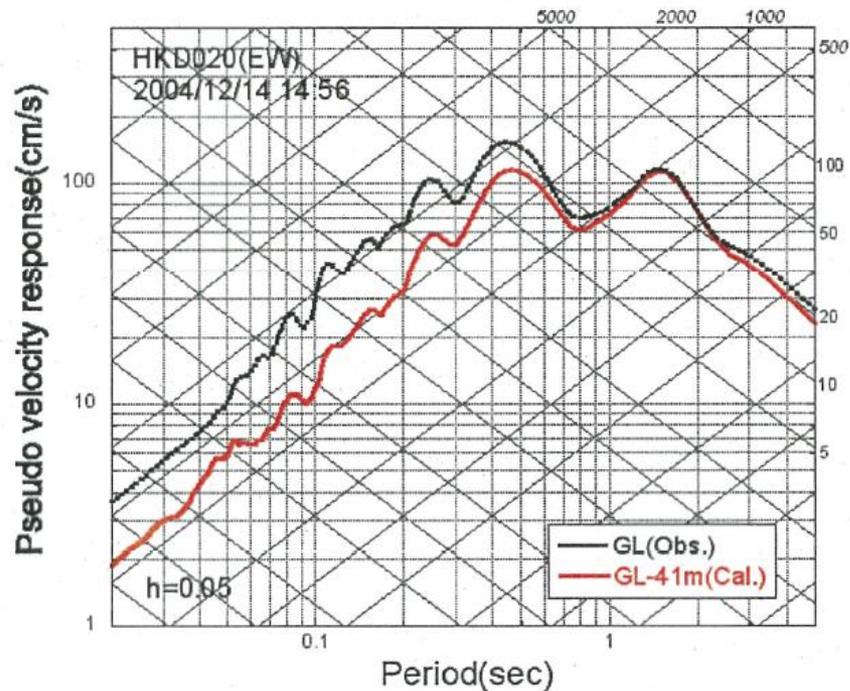
- 等価線形解析により、地表観測記録(EW成分)からG.L.-41mの基盤地震動を評価している。
- はざとり結果の最大加速度は585cm/s²で、地表観測記録の約1/2となっている。



推計された基盤地震動と地表観測記録の比較



速度に変換した基盤地震動と地表観測記録の比較



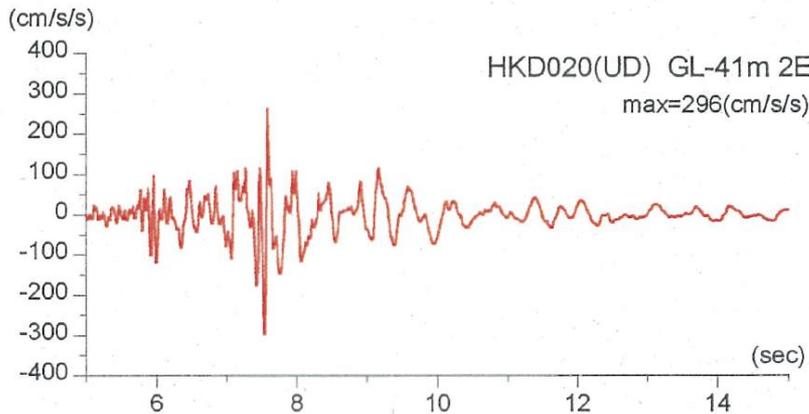
擬似速度応答スペクトルの比較

1. 全国共通に考慮すべき地震動

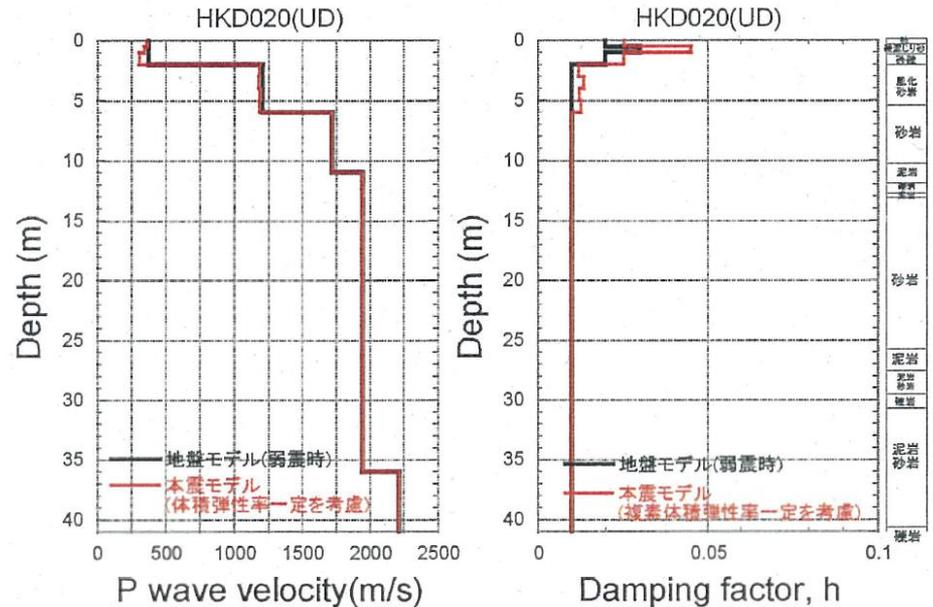
1.2 2004年北海道留萌支庁南部の地震における基盤地震動の知見を用いた評価

(1) 佐藤ほか(2013)による基盤地震動 HKD020観測点の基盤地震動評価 ②基盤地震動評価(UD成分)

- 体積弾性率一定を仮定した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。
- はぎとり結果の最大加速度は 296cm/s^2 となっている。



推定された基盤地震動



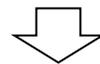
2004年北海道留萌支庁南部の地震時のP波速度と減衰定数

1. 全国共通に考慮すべき地震動

1.2 2004年北海道留萌支庁南部の地震における基盤地震動の知見を用いた評価

(2) 震源を特定せず策定する地震動の評価に反映する基盤地震動

- 佐藤ほか(2013)による2004年北海道留萌支庁南部の地震におけるHKD020(港町)の基盤地震動評価について、以下の追加検討を実施した。
 - ① G.L.-41m以浅に非線形性を考慮した基盤地震動評価(水平方向)
 - ② G.L.-6m~G.L.-41mの減衰定数を3%とした基盤地震動評価(水平方向)
 - ③ 再測定されたPS検層結果を踏まえた基盤地震動評価(鉛直方向)
 - ④ 地下水位の状況を踏まえG.L.-6m以浅をポアソン比一定とした基盤地震動評価(鉛直方向)
- 上記の①~④の検討結果によると、HKD020(港町)の基盤地震動は水平方向については追加検討②の結果(609cm/s²)、鉛直方向については追加検討③の結果(306cm/s²)が最も大きいものとなった。



震源を特定せず策定する地震動の評価に反映する基盤地震動として、水平方向は最大加速度609cm/s²の基盤地震動、鉛直方向は最大加速度306cm/s²の基盤地震動を採用する。

1. 全国共通に考慮すべき地震動

1.2 2004年北海道留萌支庁南部の地震における基盤地震動の知見を用いた評価

(3) 基盤地震動を踏まえた地震動の設定

- 「震源を特定せず策定する地震動」の評価に反映する2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動として、水平方向は最大加速度609cm/s²の基盤地震動、鉛直方向は最大加速度306cm/s²の基盤地震動を採用する。
- なお、下表のとおり、PS検層結果から得られているHKD020(港町)の基盤層(G.L.-41m)におけるS波速度は938m/s、P波速度は2215m/sであり、一方、東通原子力発電所の解放基盤表面の振動特性を代表する位置※におけるS波速度は1300m/s、P波速度は2250m/sである。
- 東通原子力発電所のS波速度及びP波速度は、HKD020(港町)の基盤層のS波速度及びP波速度をそれぞれ上回っているため、本検討結果は地盤条件的に保守性のあるものとなっている。

※:解放基盤表面の位置は、原子炉建屋設置レベルであるT.P.-16.3mに設定しているが、解放基盤表面の振動特性は、建屋の影響を受けず、振幅が原子炉建屋設置レベルと同等以上である自由地盤の岩盤上部の地震観測点(T.P.+2.0m)で代表している。
[東通原子力発電所 基準地震動の策定のうち敷地ごとに震源を特定して策定する地震動について(コメント回答)2章3. 1(1)参照]

基盤におけるS波及びP波速度の比較

	HKD020(港町)の基盤層(G.L.-41m)	東通原子力発電所の解放基盤表面の振動特性を代表する位置
S波速度	938m/s	1300m/s
P波速度	2215m/s	2250m/s



「震源を特定せず策定する地震動」に考慮する地震動として、更なる保守性を考慮し、水平方向の最大加速度620cm/s²、鉛直方向の最大加速度320cm/s²の地震動を設定する。

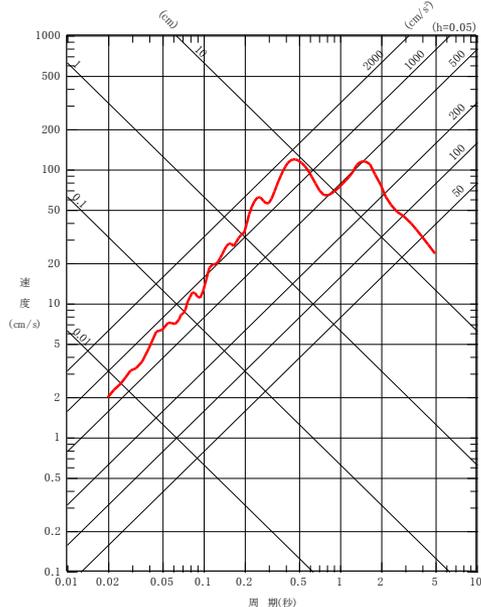
1. 全国共通に考慮すべき地震動

1.2 2004年北海道留萌支庁南部の地震における基盤地震動の知見を用いた評価

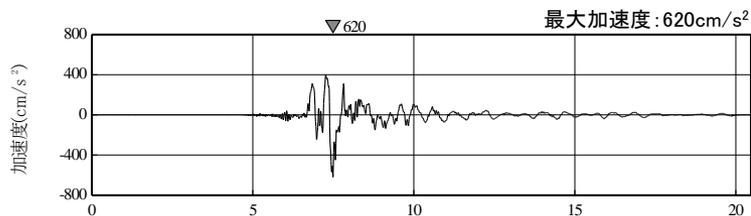
(4) 震源を特定せず策定する地震動に考慮する地震動 応答スペクトル, 加速度波形

- 2004年北海道留萌支庁南部の地震の知見に基づき設定した「震源を特定せず策定する地震動」に考慮する地震動の応答スペクトル及び加速度波形を示す。

— : 2004年北海道留萌支庁南部の地震の知見に基づき設定した「震源を特定せず策定する地震動」に考慮する地震動(水平)

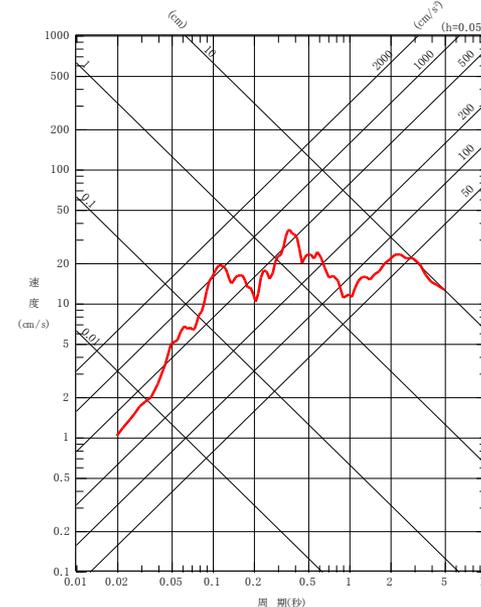


応答スペクトル

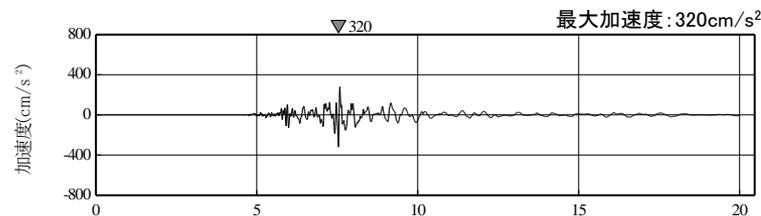


時間(秒)
加速度波形(水平)
水平方向

— : 2004年北海道留萌支庁南部の地震の知見に基づき設定した「震源を特定せず策定する地震動」に考慮する地震動(鉛直)



応答スペクトル



時間(秒)
加速度波形(鉛直)
鉛直方向

1. 全国共通に考慮すべき地震動

1.3 標準応答スペクトルに基づく地震動の評価

(1) 標準応答スペクトルの概要と評価方針

- 地震基盤相当面(せん断波速度 $V_s=2200\text{m/s}$ 以上)で定義された標準応答スペクトルに基づき、解放基盤表面(せん断波速度 $V_s=1300\text{m/s}$)における地震動を評価する。

➤ 標準応答スペクトルの概要

震源近傍の多数の地震動記録に基づいて策定した地震基盤相当面(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。)として次の図に示すもの。

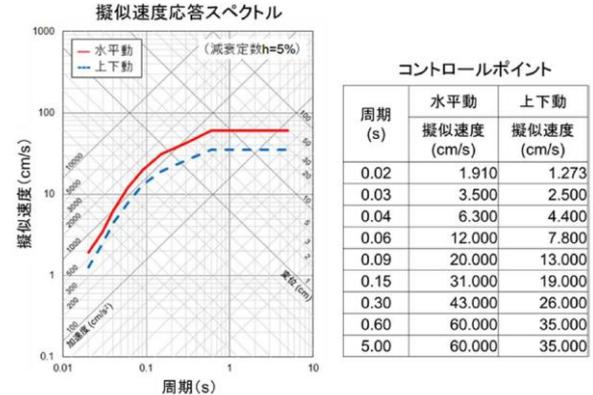


図 地震基盤相当面における標準応答スペクトル

改正 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」による。



東通原子力発電所	評価方針
解放基盤表面※1の せん断波速度 V_s 1300m/s	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 標準応答スペクトルに適合した模擬地震波を作成し、地下構造モデルによって地震基盤相当面から解放基盤表面までの地盤補正を考慮する。 ➤ 審査ガイド※2を踏まえ、模擬地震波は、複数の方法によることが望ましいが、敷地での適切な観測記録が得られていないこと等から一様乱数の位相特性を持つ正弦波の重ね合わせによる方法により作成する。

※1: 解放基盤表面の位置は、原子炉建屋設置レベルであるT.P.(東京湾平均海面)-16.3m。
解放基盤表面の振動特性は、自由地盤の岩盤上部の地震観測点(T.P.+2.0m)で代表する。

※2: 審査ガイド(基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド 5.基準地震動)では、「震源を特定せず策定する地震動による基準地震動は、設定された応答スペクトル(地震動レベル)に対して、地震動の継続時間及び振幅包絡線の経時的変化等の特性が適切に考慮されていることを確認する。また、設定された応答スペクトルに基づいて模擬地震動を作成する場合には、複数の方法(例えば、正弦波の重ね合わせによる位相を用いる方法、実観測記録の位相を用いる方法等)により検討が行われていることを確認する。」とされている。

1. 全国共通に考慮すべき地震動

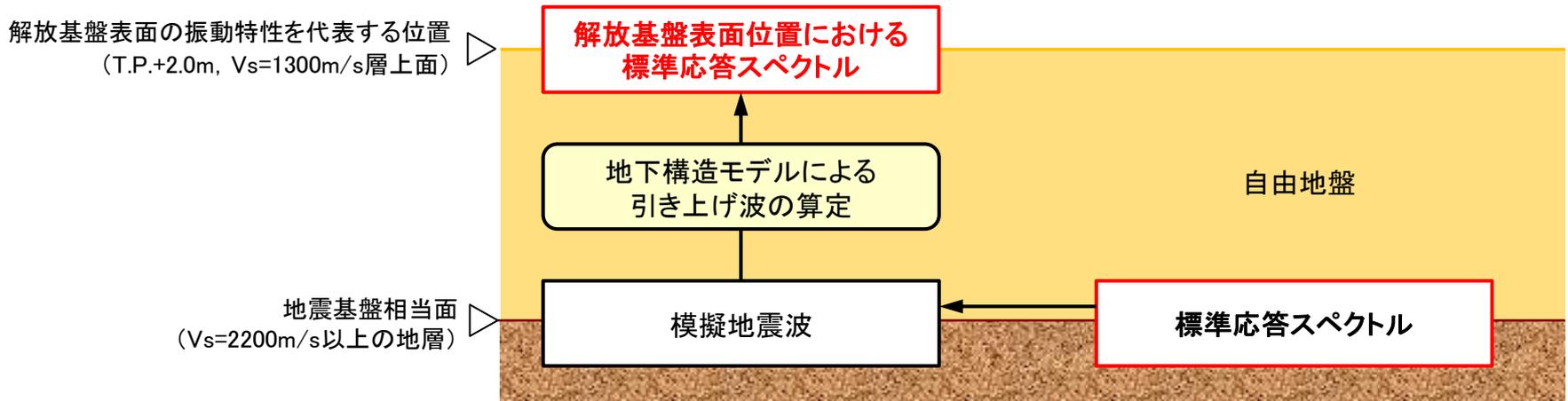
1.3 標準応答スペクトルに基づく地震動の評価

(2) 解放基盤表面位置における標準応答スペクトルの評価概要

- ▶ 地震基盤相当面において作成した標準応答スペクトルに対し所定の適合度[※]を有する模擬地震波を、統計的グリーン関数法による地震動評価に用いる地下構造モデルにより解放基盤表面位置まで引き上げる。

※:原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-2015(日本電気協会, 2016)に示される以下の適合度の条件を満足するように作成する。

- ①目標とする応答スペクトル値に対する模擬地震波の応答スペクトル値の比が全周期帯で0.85以上
- ②目標とする応答スペクトル強さに対する模擬地震波の応答スペクトル強さの比(SI比, 周期0.1~2.5秒)が1.0以上



評価概要図

1. 全国共通に考慮すべき地震動

1.3 標準応答スペクトルに基づく地震動の評価

(3) 一様乱数の位相特性を用いた模擬地震波による評価 ①模擬地震波の作成方法

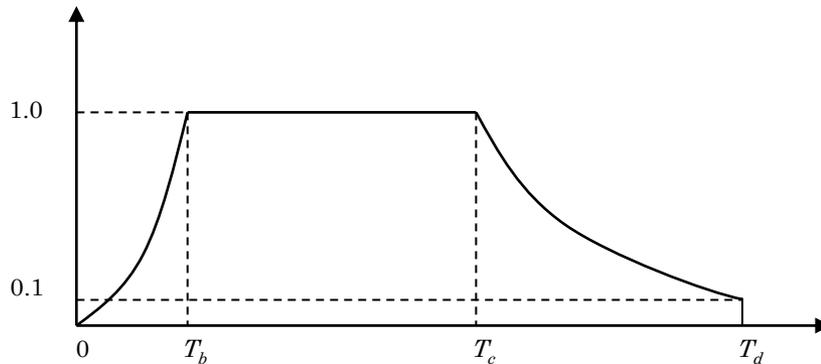
➤ 一様乱数の位相特性を持つ正弦波の重ね合わせによって作成する模擬地震波の振幅包絡線の経時的変化は、以下の諸元を用いてNoda et al.(2002)の方法により評価する。

・振幅包絡線の経時的変化算定の諸元: マグニチュード7.0, 等価震源距離10km

地震規模は、武村(1990)の M_0 - M 関係及びKanamori(1977)の M_0 - M_w 関係から導かれる経験式($M_w=0.78M+1.08$)と、全国共通に考慮すべき地震動の地震規模(M_w 6.5程度未満)との関係から、 M_w 6.5の場合の M は約6.95となることから M 7.0に設定。

また、等価震源距離は、敷地近傍(半径10km程度以内の領域)で発生する地震を想定し、継続時間が長めとなるよう10kmに設定。

マグニチュード M	等価震源距離 X_{eq} (km)	振幅包絡線の経時的変化(s)		
		T_b	T_c	T_d (継続時間)
7.0	10	3.72	16.31	29.80



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

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

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

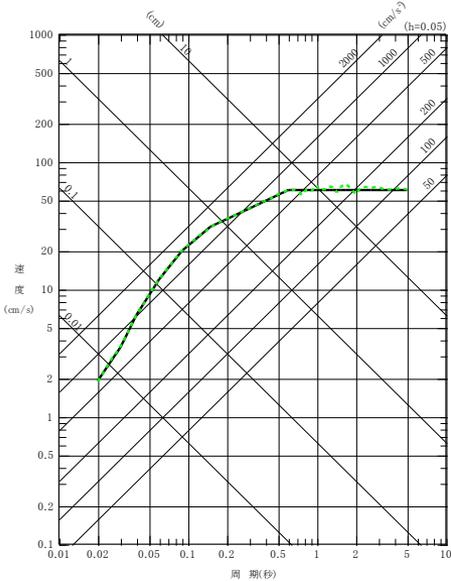
振幅包絡線の経時的変化

1. 全国共通に考慮すべき地震動

1.3 標準応答スペクトルに基づく地震動の評価

(3) 一様乱数の位相特性を用いた模擬地震波による評価 ② 模擬地震波の作成結果

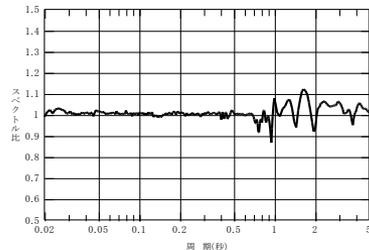
— : 標準応答スペクトル(目標スペクトル)(水平)
- - - : 模擬地震波(水平)



適合度(水平)

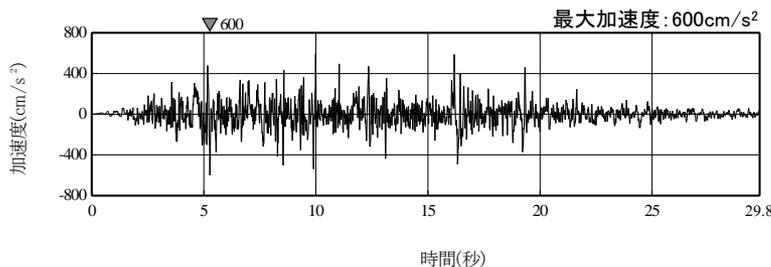
① 応答スペクトル比の最小値	0.87
② SI比 (周期0.1~2.5秒)	1.02

— : 応答スペクトル比(水平)
(模擬地震波/標準応答スペクトル)



標準応答スペクトルと
模擬地震波の応答スペクトル(水平)

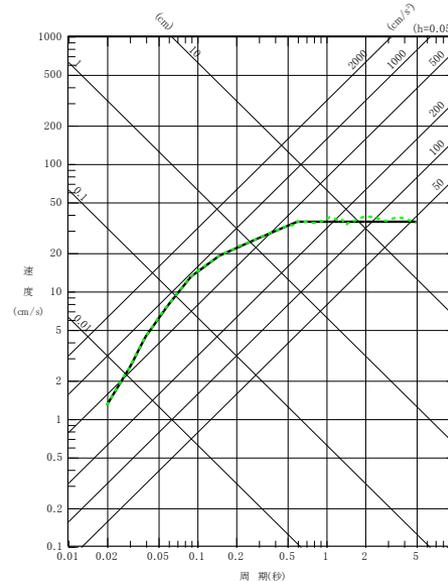
標準応答スペクトルに対する
模擬地震波の応答スペクトル比(水平)



加速度波形(水平)

水平方向

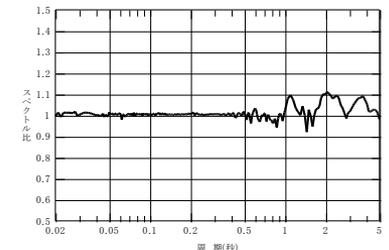
— : 標準応答スペクトル(目標スペクトル)(鉛直)
- - - : 模擬地震波(鉛直)



適合度(鉛直)

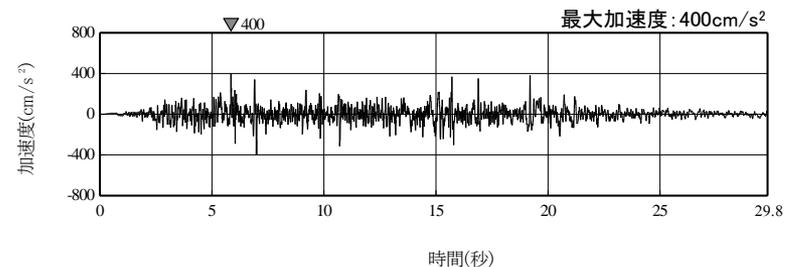
① 応答スペクトル比の最小値	0.92
② SI比 (周期0.1~2.5秒)	1.03

— : 応答スペクトル比(鉛直)
(模擬地震波/標準応答スペクトル)



標準応答スペクトルと
模擬地震波の応答スペクトル(鉛直)

標準応答スペクトルに対する
模擬地震波の応答スペクトル比(鉛直)



加速度波形(鉛直)

鉛直方向

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波

1. 全国共通に考慮すべき地震動

1.3 標準応答スペクトルに基づく地震動の評価

(3) 一様乱数の位相特性を用いた模擬地震波による評価 ③解放基盤表面位置における地震動の評価方法

- 地盤補正には、統計的グリーン関数法に用いる地下構造モデルを用いる。
[東通原子力発電所 基準地震動の策定のうち敷地ごとに震源を特定して策定する地震動について(コメント回答)2章4. 4(2)参照]
- 当該地下構造モデルを採用した場合、地震基盤相当面 ($V_s=2200\text{m/s}$ を上回る V_s の値を示す層)の要件を満たす層はT.P.-282.8m以深の層が該当するが、模擬地震波の入力位置は、この該当層の中から、東通の地下構造モデルの特徴並びに算定される解放基盤表面位置での応答スペクトルの傾向を踏まえ、以下の2箇所を選定する。
 - ①T.P. -282.8m: $V_s=2200\text{m/s}$ を上回る最も浅い位置(当該レベルではPS検層により $V_s=2200\text{m/s}$ 以上の地層が確認されていることを考慮)。
 - ②T.P.-2987.8m: $V_p=4200\text{m/s}$ を上回る位置[Noda et al.(2002)で示される地震基盤として、 $V_{sb}=2200\text{m/s}$ の他に $V_{pb}=4200\text{m/s}$ が挙げられていることを考慮]。
- 作成した模擬地震波に対して、各入力位置から解放基盤表面[基準地震動の振動特性を代表する位置(T.P.+2.0m, $V_s=1300\text{m/s}$, $V_p=2250\text{m/s}$ 層上面)]までの地盤補正を行い、T.P.-282.8mを入力位置とした場合の解放基盤表面における地震動(以下、「標準応答スペクトルに基づく地震動A」という。)と、T.P.-2987.8mを入力位置とした場合の解放基盤表面における地震動(以下、「標準応答スペクトルに基づく地震動B」という。)を評価する。

地盤補正に用いる地下構造モデル

T.P. (m)	層厚 (m)	密度 (t/m^3)	V_s (m/s)	V_p (m/s)	Q_s	Q_p
+2.0	—	—	—	—	—	—
-7.0	9.0	2.24	1300	2250	1.23 $f^{0.74}$	2.33 $f^{0.50}$
-62.0	55.0	2.24	1790	3060	1.23 $f^{0.74}$	2.33 $f^{0.50}$
-82.8	20.8	2.72	1800	3340	1.23 $f^{0.74}$	2.33 $f^{0.50}$
-106.0	23.2	2.72	1800	3340	1.23 $f^{0.74}$	2.33 $f^{0.50}$
-166.0	60.0	2.30	1910	3350	8.91 $f^{0.94}$	5.55 $f^{0.50}$
-190.0	24.0	2.30	2030	3360	8.91 $f^{0.94}$	5.55 $f^{0.50}$
-252.0	62.0	2.30	2100	3390	8.91 $f^{0.94}$	5.55 $f^{0.50}$
-282.8	30.8	2.33	2090	3690	8.91 $f^{0.94}$	5.55 $f^{0.50}$
-574.8	292.0	2.44	2390	3690	100	100
-1495.8	921.0	2.45	2460	3750	100	100
-2441.8	946.0	2.48	2590	3960	100	100
-2987.8	546.0	2.50	2680	4160	100	100
	∞	2.63	3340	5800	150	150

解放基盤表面の振動特性を代表する位置

標準応答スペクトルに基づく地震動Aの入力位置
($V_s=2390\text{m/s}$, $V_p=3690\text{m/s}$ 層上面)

標準応答スペクトルに基づく地震動Bの入力位置
(地震基盤位置)
($V_s=3340\text{m/s}$, $V_p=5800\text{m/s}$ 層上面)

□: 地震観測点位置を示す。

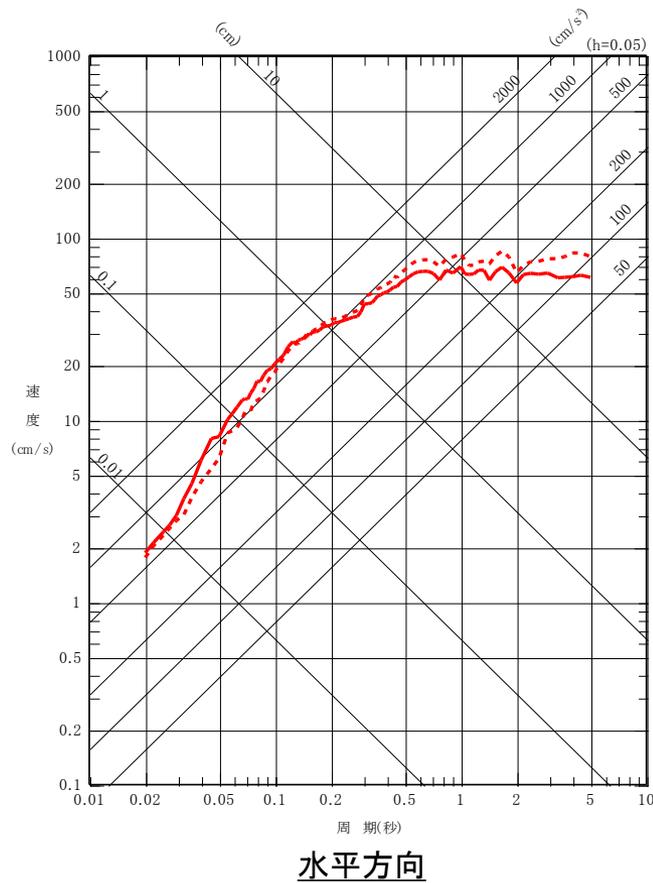
1. 全国共通に考慮すべき地震動

1.3 標準応答スペクトルに基づく地震動の評価

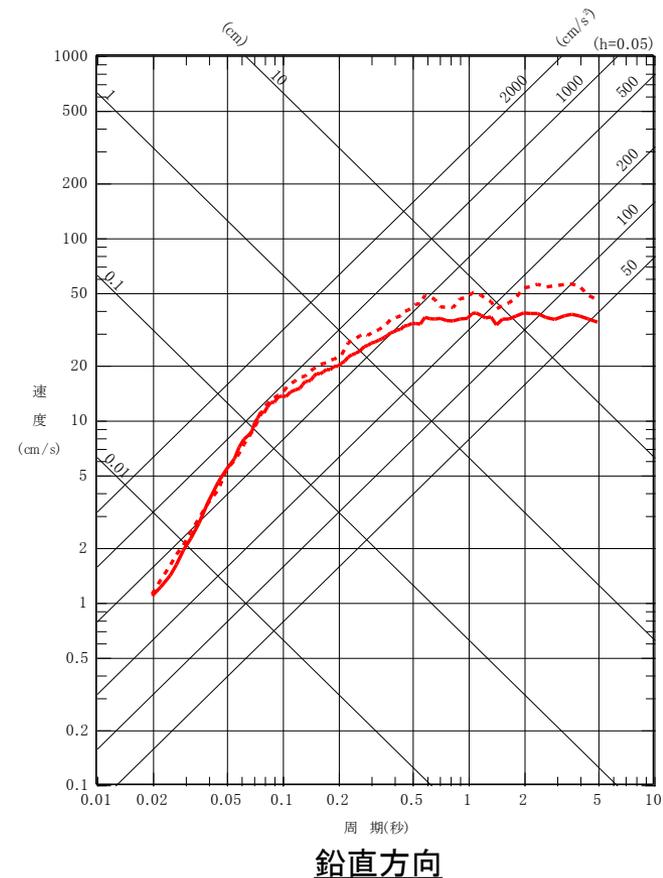
(3) 一様乱数の位相特性を用いた模擬地震波による評価 ④解放基盤表面位置における地震動の評価結果(応答スペクトル)

➤ 敷地において適切な内陸地殻内地震の観測記録が得られておらず、また、下北半島では他機関においても内陸地殻内地震震源近傍の大きな観測記録は得られていないことから、標準応答スペクトルに基づく地震動は一様乱数の位相特性を用いた模擬地震波による評価結果(標準応答スペクトルに基づく地震動A及びB)を採用する。標準応答スペクトルに基づく地震動の評価結果として応答スペクトルを示す。

— : 標準応答スペクトルに基づく地震動A(水平)
- - : 標準応答スペクトルに基づく地震動B(水平)



— : 標準応答スペクトルに基づく地震動A(鉛直)
- - : 標準応答スペクトルに基づく地震動B(鉛直)

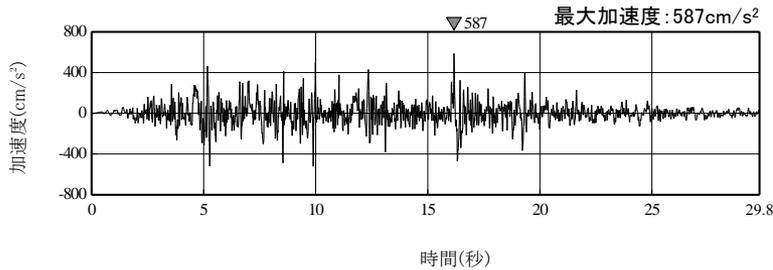


1. 全国共通に考慮すべき地震動

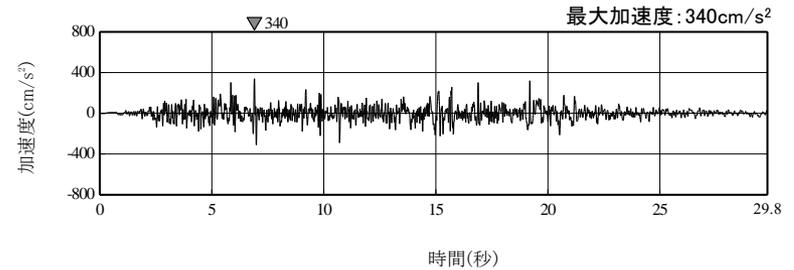
1.3 標準応答スペクトルに基づく地震動の評価

(3) 一様乱数の位相特性を用いた模擬地震波による評価 ⑤解放基盤表面位置における地震動の評価結果(加速度波形)

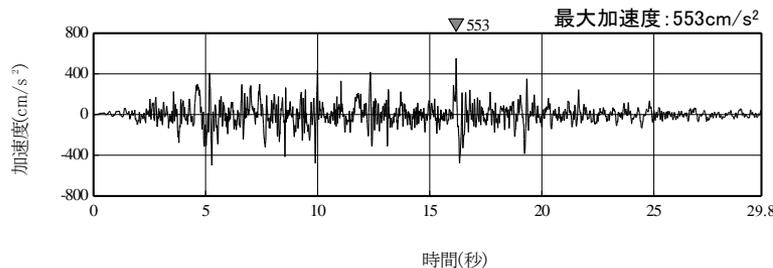
▶ 標準応答スペクトルに適合する模擬地震波(一様乱数)を地下構造モデルを用いて各入力位置から解放基盤表面位置($V_s=1300\text{m/s}$)に引き上げた地震動(標準応答スペクトルに基づく地震動A及びB)について、加速度波形を示す。



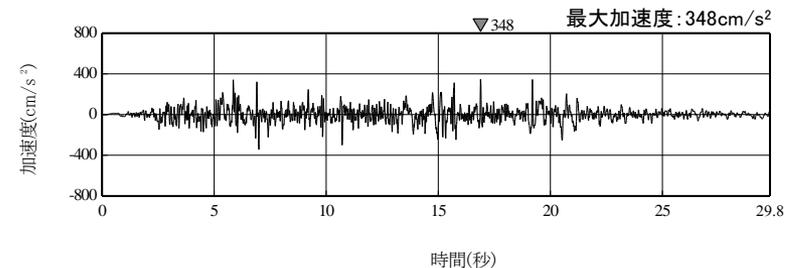
標準応答スペクトルに基づく地震動A
(T.P.-282.8m入力, 水平)



標準応答スペクトルに基づく地震動A
(T.P.-282.8m入力, 鉛直)



標準応答スペクトルに基づく地震動B
(T.P.-2987.8m入力, 水平)



標準応答スペクトルに基づく地震動B
(T.P.-2987.8m入力, 鉛直)

水平方向

鉛直方向

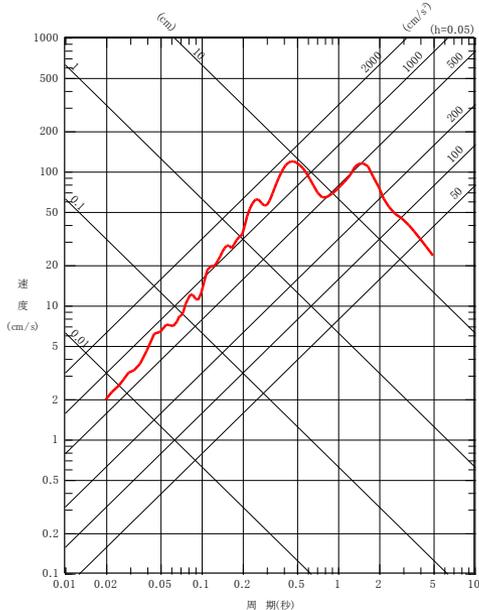
1. 全国共通に考慮すべき地震動

1.4 全国共通に考慮すべき地震動の評価結果

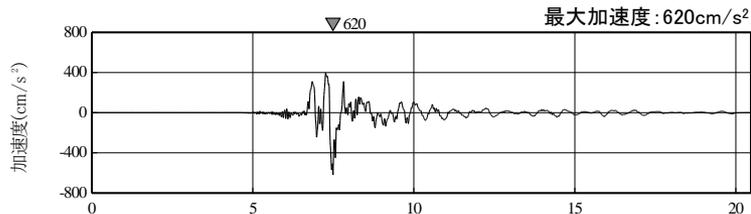
(1) 2004年北海道留萌支庁南部の地震の知見に基づき設定した「震源を特定せず策定する地震動」に考慮する地震動

- 全国共通に考慮すべき地震動のうち、2004年北海道留萌支庁南部の地震の知見に基づき設定した「震源を特定せず策定する地震動」に考慮する地震動は以下のとおり設定する。

— : 2004年北海道留萌支庁南部の地震の知見に基づき設定した「震源を特定せず策定する地震動」に考慮する地震動(水平)



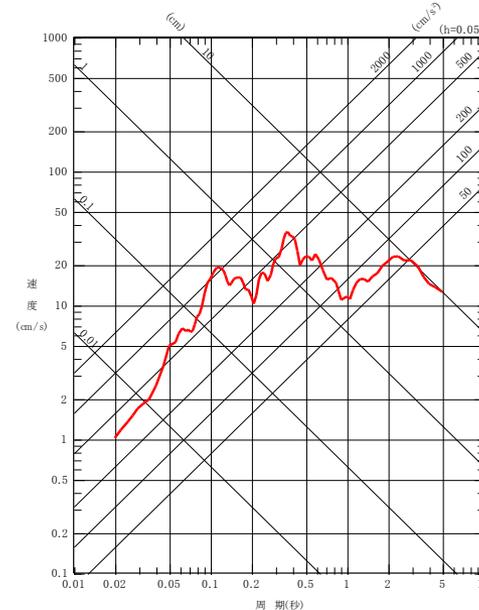
応答スペクトル(水平)



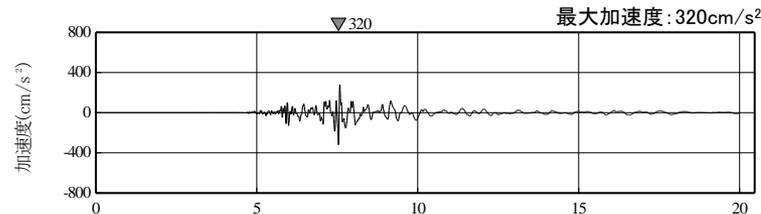
時間(秒)
加速度波形(水平)

水平方向

— : 2004年北海道留萌支庁南部の地震の知見に基づき設定した「震源を特定せず策定する地震動」に考慮する地震動(鉛直)



応答スペクトル(鉛直)



時間(秒)
加速度波形(鉛直)

鉛直方向

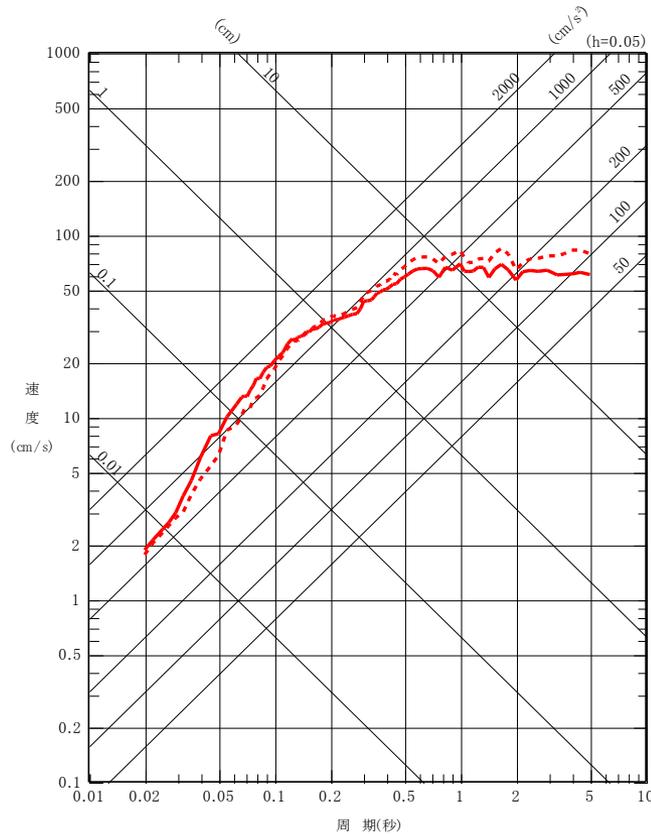
1. 全国共通に考慮すべき地震動

1.4 全国共通に考慮すべき地震動の評価結果

(2) 標準応答スペクトルに基づく地震動 ① 応答スペクトル

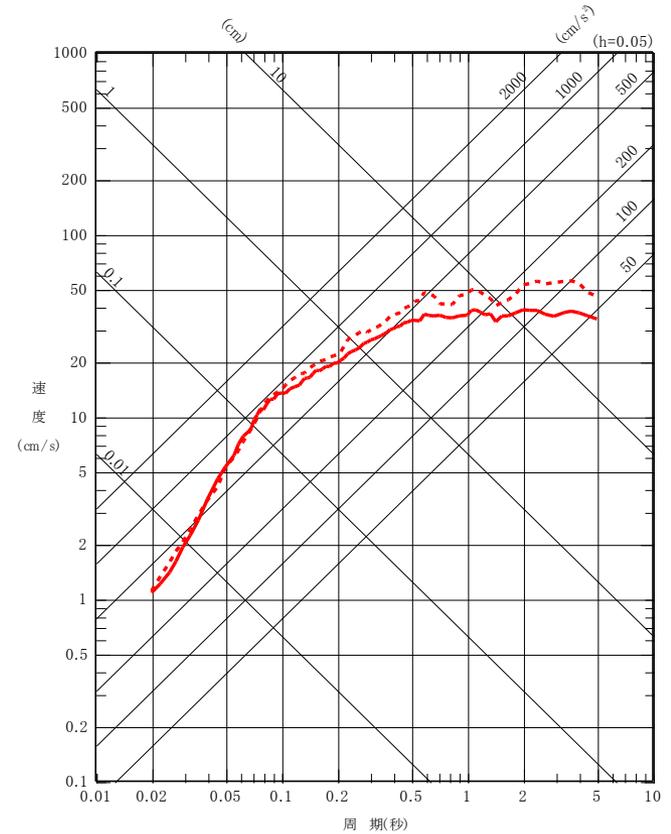
➤ 全国共通に考慮すべき地震動のうち、標準応答スペクトルに基づく地震動の応答スペクトルを以下のとおり設定する。

— : 標準応答スペクトルに基づく地震動A(水平)
- - : 標準応答スペクトルに基づく地震動B(水平)



水平方向

— : 標準応答スペクトルに基づく地震動A(鉛直)
- - : 標準応答スペクトルに基づく地震動B(鉛直)



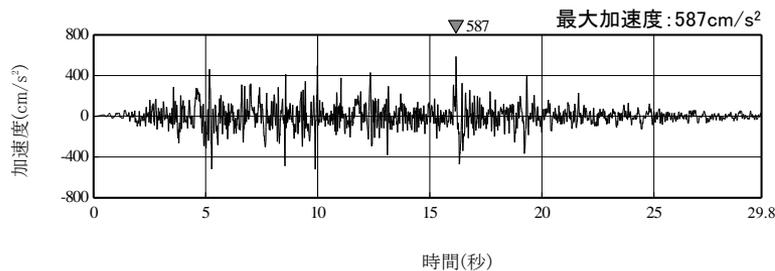
鉛直方向

1. 全国共通に考慮すべき地震動

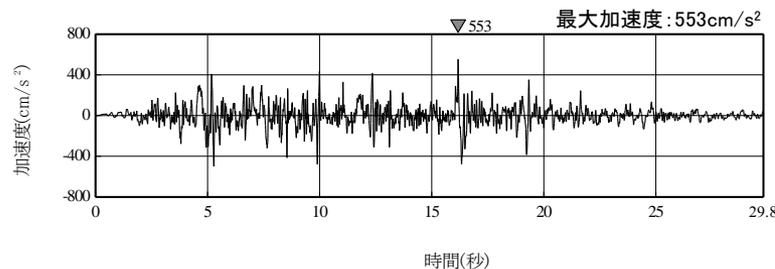
1.4 全国共通に考慮すべき地震動の評価結果

(2) 標準応答スペクトルに基づく地震動 ② 加速度波形

➤ 全国共通に考慮すべき地震動のうち、標準応答スペクトルに基づく地震動の加速度波形を以下のとおり設定する。

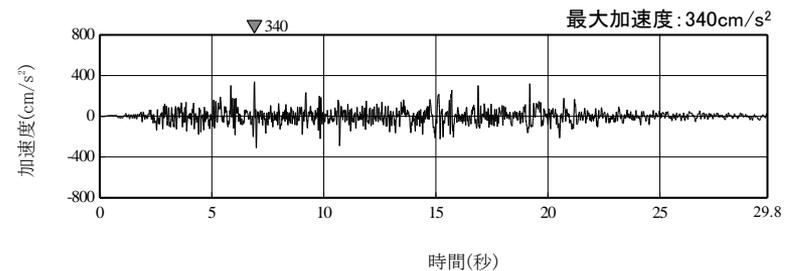


標準応答スペクトルに基づく地震動A
(T.P.-282.8m入力, 水平)

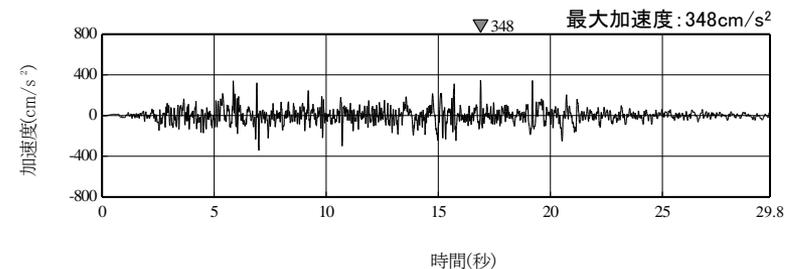


標準応答スペクトルに基づく地震動B
(T.P.-2987.8m入力, 水平)

水平方向



標準応答スペクトルに基づく地震動A
(T.P.-282.8m入力, 鉛直)



標準応答スペクトルに基づく地震動B
(T.P.-2987.8m入力, 鉛直)

鉛直方向

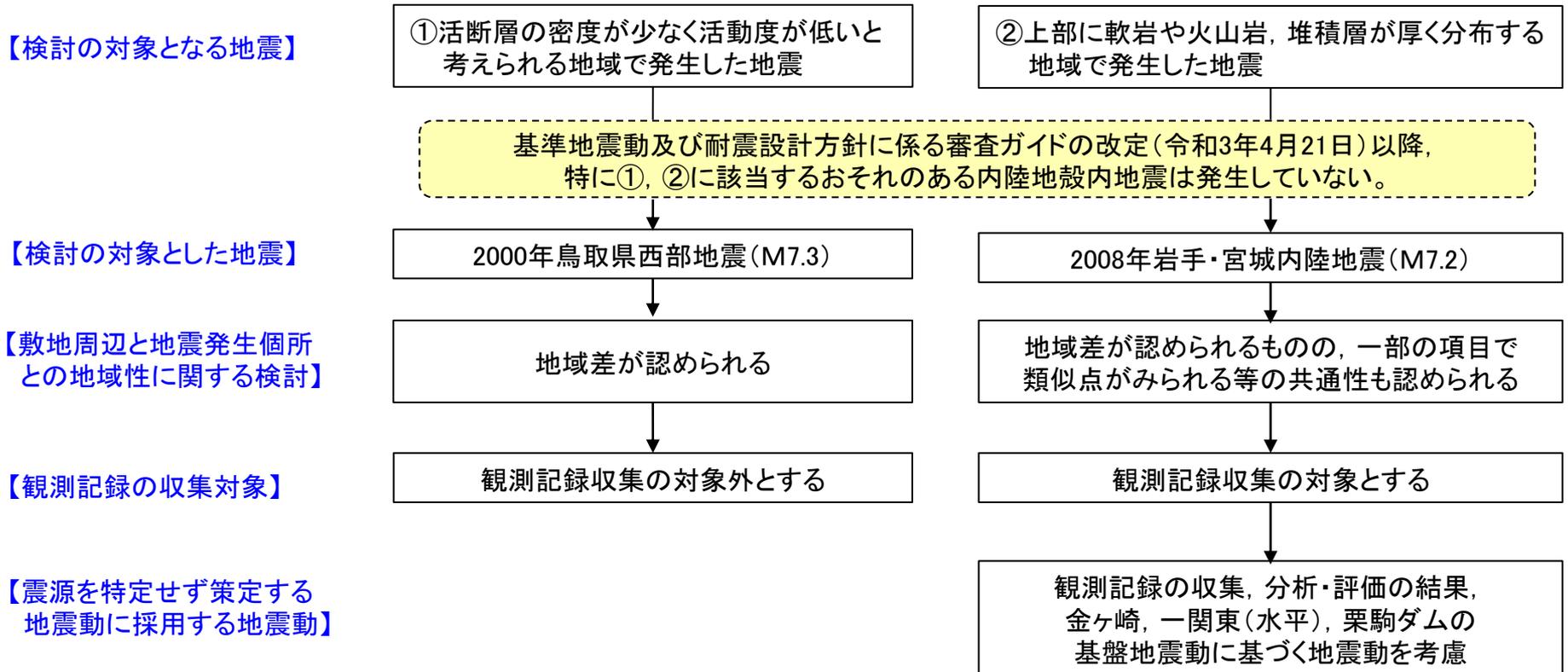
2. 地域性を考慮する地震動

- 2. 1 検討概要
- 2. 2 2000年鳥取県西部地震震源域との地域性の比較・検討結果
- 2. 3 2008年岩手・宮城内陸地震震源域との地域性の比較・検討結果
- 2. 4 2008年岩手・宮城内陸地震の地震動に関する検討
- 2. 5 地域性を考慮する地震動の評価結果

2. 地域性を考慮する地震動

2.1 検討概要

- 「事前に活断層の存在が指摘されていなかった地域において発生し、地表付近に一部の痕跡が確認された地震」について、「①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」として2000年鳥取県西部地震を対象に、「②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」として2008年岩手・宮城内陸地震を対象に敷地周辺との地域差について検討を行った。
- 検討の結果、東通原子力発電所においては、2008年岩手・宮城内陸地震と敷地周辺には、地域差は認められるものの、地質・地質構造において類似点が認められるほか、地震地体構造に一部類似するといった共通性も認められることから、2008年岩手・宮城内陸地震を観測記録収集対象として選定する。
- 2008年岩手・宮城内陸地震について、対象となる地震観測記録を収集し、分析・評価した結果、KiK-net金ヶ崎、KiK-net一関東(水平)、栗駒ダムの基盤地震動に基づく地震動を考慮する。



2. 地域性を考慮する地震動

2.2 2000年鳥取県西部地震震源域との地域性の比較・検討結果

[凡例] ○:類似性有り, △:類似性低い～一部有り, ×類似性なし

項目	類似性	鳥取県西部地震の震源域	東通原子力発電所敷地周辺
①地質・地質構造	×	<ul style="list-style-type: none"> • WNW-ESE方向の圧縮応力による横ずれ断層型。 • 白亜紀から古第三紀の花崗岩を主体としており、新第三紀中新世に貫入した安山岩～玄武岩質の岩脈が頻繁に分布。 	<ul style="list-style-type: none"> • 東西圧縮応力による逆断層型。 • 主に新第三紀の火山岩類、堆積岩類や第四紀の段丘堆積物等が分布し、大規模な岩脈の分布は認められない。
②第四系の分布・地形等	×	<ul style="list-style-type: none"> • 明瞭な断層変位基準の少ない地域である。 • 文献[岡田(2002)]では、震源域周辺に活断層は記載されていない。 • 第四紀中期以降に新たな断層面が形成され活断層が発達しつつある(活断層の成熟度が低い)。 	<ul style="list-style-type: none"> • 変位基準となる海成段丘面が広く認められる。 • 敷地周辺には横浜断層等が認められ、地形-地質調査等から活断層の認定が可能。
③地震地体構造	×	<ul style="list-style-type: none"> • [内帯] 中国山地・瀬戸内海(10C5):安定隆起域 	<ul style="list-style-type: none"> • [外帯] 東北日本弧外帯(8B):外弧隆起帯の安定域
④ひずみ集中帯	×	<ul style="list-style-type: none"> • 地質学的ひずみ集中帯, 測地学的ひずみ集中帯の領域内に分布する。 	<ul style="list-style-type: none"> • 地質学的ひずみ集中帯, 測地学的ひずみ集中帯の領域外に分布する。



2000年鳥取県西部地震は、その震源域と敷地周辺について、地域差の観点で整理を実施した結果、横ずれ断層型と逆断層型の違いや活断層の成熟度の違い等、地域差が認められると判断されることから、観測記録収集対象外の地震とする。

2. 地域性を考慮する地震動

2.3 2008年岩手・宮城内陸地震震源域との地域性の比較・検討結果

- 2008年岩手・宮城内陸地震震源域と敷地周辺との地域性の比較・検討にあたっては、地表に明瞭な痕跡を示さない震源断層に起因する震源近傍の地震動について、各種の不確かさを考慮した評価が求められていることを踏まえて、各評価項目に十分な保守性を考慮して、総合的に評価を行った。

[凡例] ○:類似性有り, △:類似性一部有り, ×類似性なし

項目	類似性	岩手・宮城内陸地震震源域	東通原子力発電所敷地周辺
①地質・地質構造	○	<ul style="list-style-type: none"> 東西圧縮応力による逆断層型 山間部に位置する。 主に新第三紀以降の火山岩類及び堆積岩類が分布し、褶曲構造の分布が認められる。 	<ul style="list-style-type: none"> 東西圧縮応力による逆断層型 主として台地からなる。 主に新第三紀の火山岩類及び堆積岩類が分布し、顕著な褶曲構造の分布は認められない。
②第四系の分布・地形等	×	<ul style="list-style-type: none"> 第四系の分布は限られており河川沿いに河成段丘面等が分布する。 大規模地すべり地形が密集している。 	<ul style="list-style-type: none"> 変位基準となる海成段丘面が広く認められる。 大規模な地すべり地形の密集は認められない。
③地震地体構造垣見ほか(2003)	△	<ul style="list-style-type: none"> (8C)東北日本弧内帯 火山性内弧、隆起優勢、脊梁山地 	<ul style="list-style-type: none"> (8B)東北日本弧外帯 (8C)東北日本弧内帯との境界に近接している。 外弧隆起帯の安定域
④ひずみ集中帯	×	<ul style="list-style-type: none"> 地質学的ひずみ集中帯、測地学的ひずみ集中帯の領域内に位置する。 	<ul style="list-style-type: none"> 地質学的ひずみ集中帯、測地学的ひずみ集中帯の領域外に分布する。
⑤火山フロントとの位置関係	×	<ul style="list-style-type: none"> 火山フロントに位置しており、多数のカルデラに囲まれ、第四紀火山噴出物に覆われる。 	<ul style="list-style-type: none"> 火山フロントの海溝側に位置しており、付近にカルデラは認められず、顕著な火山噴出物は認められない。
⑥震源断層の伏在による地表変形の広範囲化	×	<ul style="list-style-type: none"> 震源域全体に西側が相対的に隆起する西傾斜の逆断層が伏在し、地表付近はブロードな幅広い変形帯となっている。 	<ul style="list-style-type: none"> 地下深部に伏在する震源断層を示唆するような変形は認められない。



2008年岩手・宮城内陸地震震源域と敷地周辺について、地域性の比較・検討を実施した結果、地域差は認められるものの、①地質・地質構造において類似点が認められるほか、③地震地体構造に一部類似するといった共通性も認められることから、2008年岩手・宮城内陸地震を観測記録収集対象として選定する。

2. 地域性を考慮する地震動

2.4 2008年岩手・宮城内陸地震の地震動に関する検討

(1)地震動に関する検討①

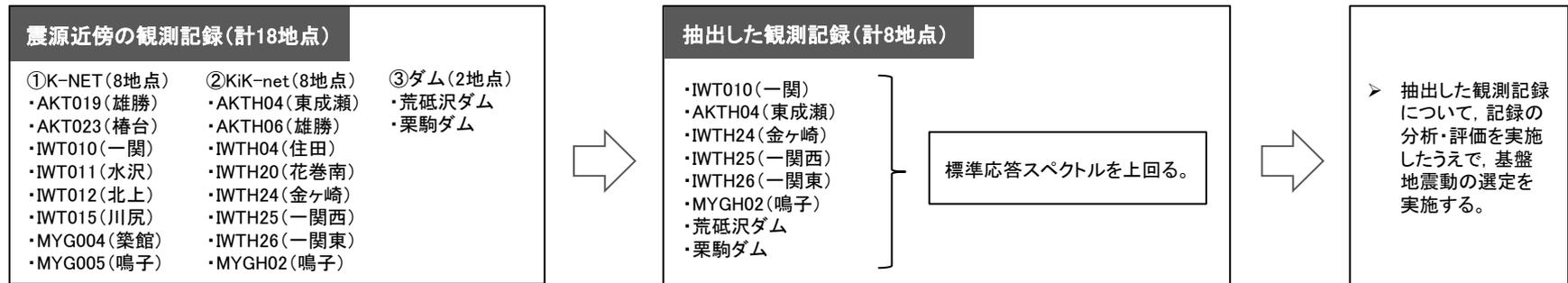
(1)2008年岩手・宮城内陸地震に関する知見

- 岩手・宮城内陸地震に関する地震学的特徴を把握するため、震源域内の余震分布及びインバージョン解析・フォワード解析等の震源特性に関する要素に着目し、知見を収集・整理する。
 - ・ 浅い位置でエネルギーの放出が行われたことが、震源域近傍のいくつかの観測点で大加速度が観測された大きな要因のひとつになっている可能性がある
 - ・ 一方で、震源等のモデル化に関して、観測記録の再現性の向上や複雑な破壊過程の要因特定などの課題が示されている知見もある
- ⇒安全側の評価として、岩手・宮城内陸地震で得られた観測記録の収集・分析を実施する。



(2)地震観測記録の収集

- 以下の条件で地震観測記録を収集する。
 - ・ 防災科学技術研究所のK-NET観測点及びKiK-net観測点のうち、断層最短距離30km以内の観測点における観測記録(16地点)
 - ・ 岩手・宮城内陸地震の震源近傍に位置する荒砥沢ダム及び栗駒ダムの観測記録(2地点)
- 収集した観測記録について、以下の観点で抽出し、考察する。
 - ・ 標準応答スペクトル※を上回る記録
 - ・ K-NET観測点については、上記の観点に加え、 $AVS30 \geq 500\text{m/s}$ となる記録



※地震基盤相当面(せん断波速度 $V_s=2200\text{m/s}$ 以上)で定義された標準応答スペクトル

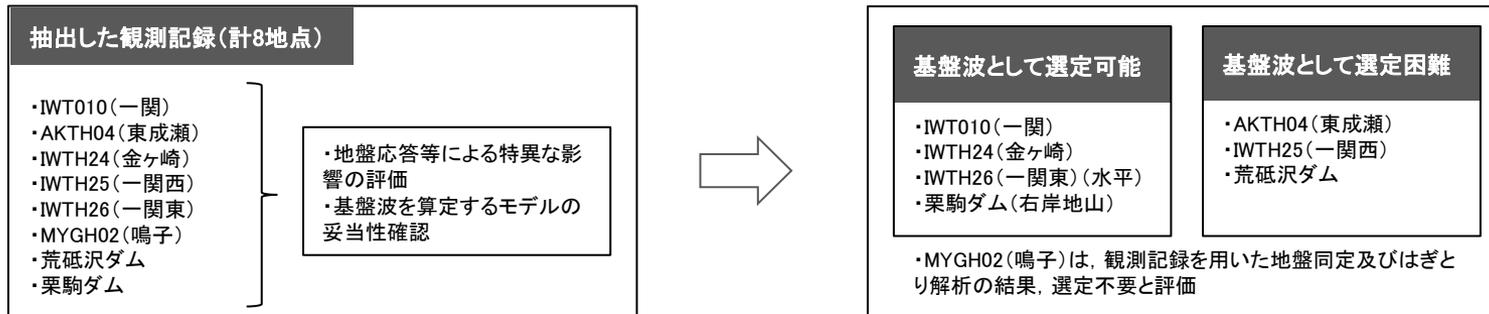
2. 地域性を考慮する地震動

2.4 2008年岩手・宮城内陸地震の地震動に関する検討

(1)地震動に関する検討②

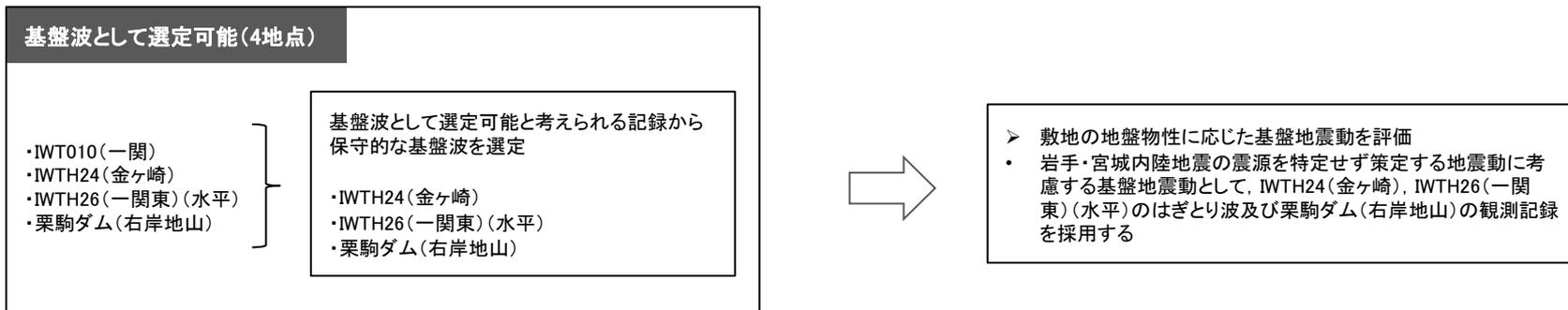
(3)地震観測記録の分析・評価

- 観測記録を収集した結果、敷地に影響が大きいと考えられるものとして抽出した観測記録について、以下の記録の分析・評価を実施する。
 - 地盤応答等による特異な影響の評価
地盤情報の収集、各種知見の収集・整理、相対的地盤増幅率の評価、地質及び速度構造に関する検討、地形の影響に関する評価
 - 基盤地震動を算定するモデルの妥当性確認
観測記録を用いた地盤同定及びはぎとり解析、地盤同定に関する検討(再現性の確認、探索範囲等の変更、中小地震を用いた検討)



(4)基盤波の選定

- 基盤波として選定可能なIWT010(一関)、IWTH24(金ヶ崎)、IWTH26(一関東)(水平)及び栗駒ダム(右岸地山)の観測記録の比較により、保守的な基盤波を選定する。



2. 地域性を考慮する地震動

2.4 2008年岩手・宮城内陸地震の地震動に関する検討

(1)地震動に関する検討③

(5)震源を特定せず策定する地震動に反映する地震動

これまでの検討結果を踏まえ、IWITH24(金ヶ崎)、IWITH26(一関東)(水平)及び栗駒ダム(右岸地山)の基盤地震動を震源を特定せず策定する地震動に反映する。

《審査ガイド》審査の方針
震源近傍における観測記録を基に、各種の不確かさを考慮して敷地の地盤物性に応じた応答スペクトルの設定を確認する。

IWITH26(一関東)のはざとり解析には、地盤の非線形性の影響、周辺地形の影響が含まれていることも踏まえ、IWITH26(一関東)(水平)の基盤地震動については、基盤地震動の最大加速度とはざとり地震動(10ケース)の最大加速度の平均+1σとの比(1.03)を考慮する。震源を特定せず策定する地震動としては、施設の重要性を鑑み、さらに保守性を考慮する。
IWITH24(金ヶ崎)及び栗駒ダム(右岸地山)の基盤地震動についても、安全側の対応として同様の保守性を考慮する。

《参考》採用する地震動の観測点の方位性の確認
反映する観測記録が、震源の北側・東側に限られることから、震源域北側・東側と南側・西側の地震動を比較する。

観測点	基盤地震動 最大加速度(Gal)			ばらつきを 考慮	ばらつきを考慮した地震動 最大加速度(Gal)			保守性を 考慮	震源を特定せず策定する地震動 ^{※4} 最大加速度(Gal)		
	水平		鉛直		水平		鉛直		水平		鉛直
	NS方向	EW方向			NS方向	EW方向			NS方向	EW方向	
IWITH24(金ヶ崎)	401	370	279	⇒	413	381	287	⇒	430	400	300
IWITH26(一関東)	511	476	— ^{※3}	⇒	528	490	— ^{※3}	⇒	540	500	— ^{※3}
栗駒ダム(右岸地山)	421 ^{※1}	463 ^{※2}	298	⇒	434 ^{※1}	477 ^{※2}	307	⇒	450 ^{※1}	490 ^{※2}	320

※1:ダム軸方向

※2:上下流方向

※3:IWITH26(一関東)の鉛直方向は観測記録の伝達関数を再現できていないことから、信頼性の高い基盤地震動の評価は困難である。

※4:それぞれの基盤地震動の加速度時刻歴波形について、基盤地震動の最大加速度と保守性を考慮した最大加速度との比を用いて係数倍する。(位相特性を変更せずに振幅特性のみを変更)

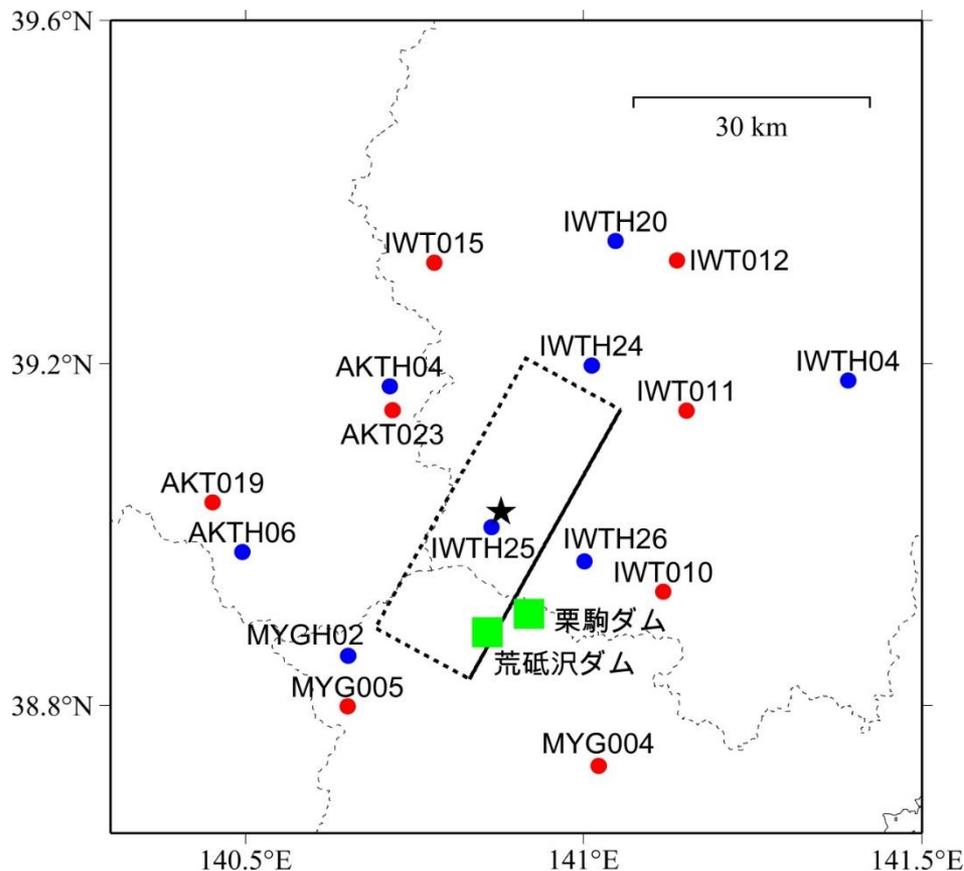
2. 地域性を考慮する地震動

2.4 2008年岩手・宮城内陸地震の地震動に関する検討

(2) 地震観測記録の収集対象

- 防災科学技術研究所のK-NET及びKiK-net観測点のうち、断層最短距離30km以内の観測点を対象に収集する(16地点)。
- あわせて、本地震の震源近傍に位置している荒砥沢ダム、栗駒ダムの地震観測記録※も収集する(2地点)。

※: ダム観測記録は宮城県より受領



観測地点名	
K-NET (8地点)	AKT019 雄勝
	AKT023 樺台
	IWT010 一関
	IWT011 水沢
	IWT012 北上
	IWT015 川尻
	MYG004 築館
	MYG005 鳴子
KiK-net (8地点)	AKTH04 東成瀬
	AKTH06 雄勝
	IWTH04 住田
	IWTH20 花巻南
	IWTH24 金ヶ崎
	IWTH25 一関西
	IWTH26 一関東
	MYGH02 鳴子
ダム (2地点)	- 荒砥沢ダム
	- 栗駒ダム

2008年岩手・宮城内陸地震の震央位置と周辺観測点

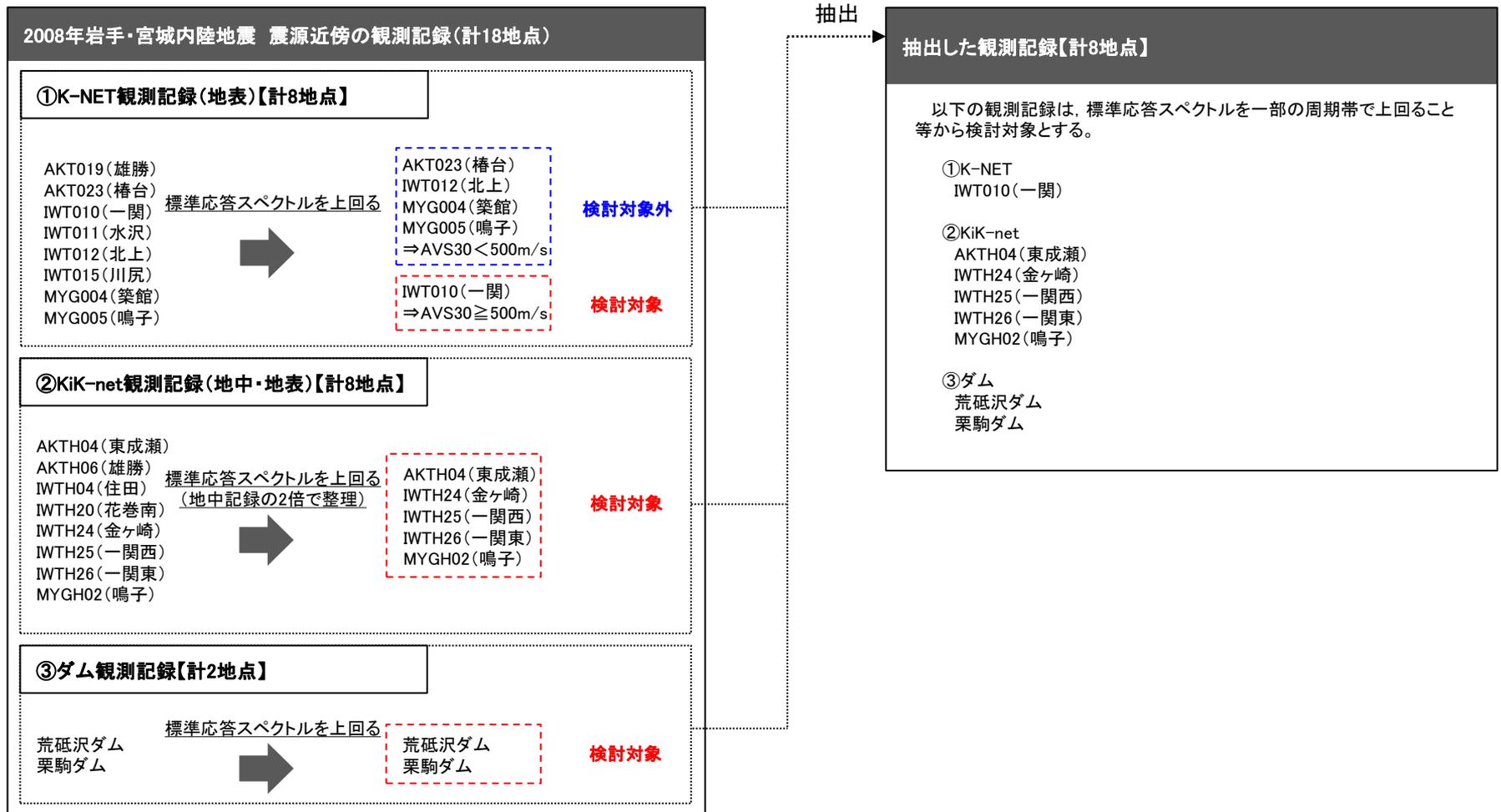
2. 地域性を考慮する地震動

2.4 2008年岩手・宮城内陸地震の地震動に関する検討

(3) 地震観測記録の収集

➤ 収集した観測記録について、以下の観点で抽出し、考察を行う。

- 標準応答スペクトルを上回る記録(KiK-net観測点の記録は、地中記録の2倍で整理)
- K-NET観測点については、上記の観点に加えAVS30が500m/sを上回っている観測点における記録

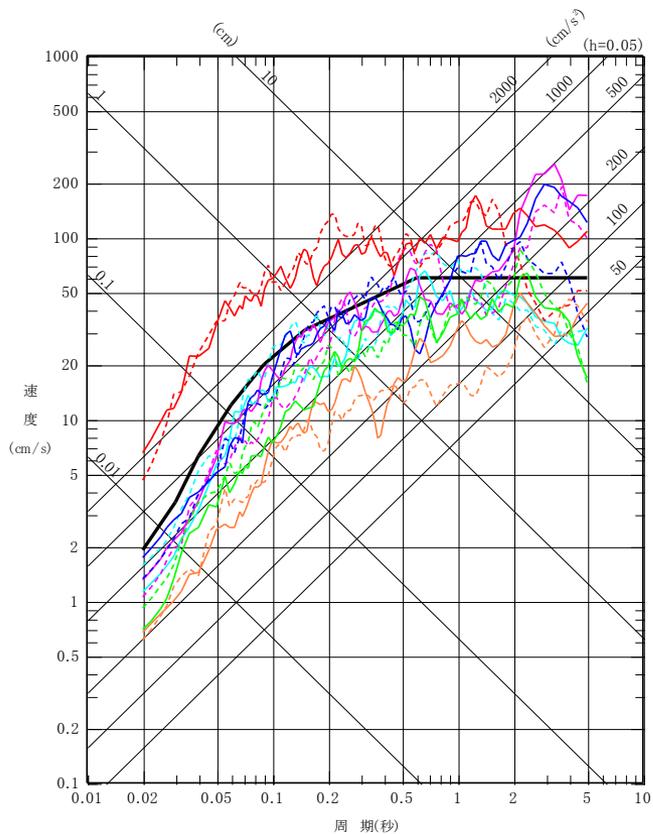


2. 地域性を考慮する地震動

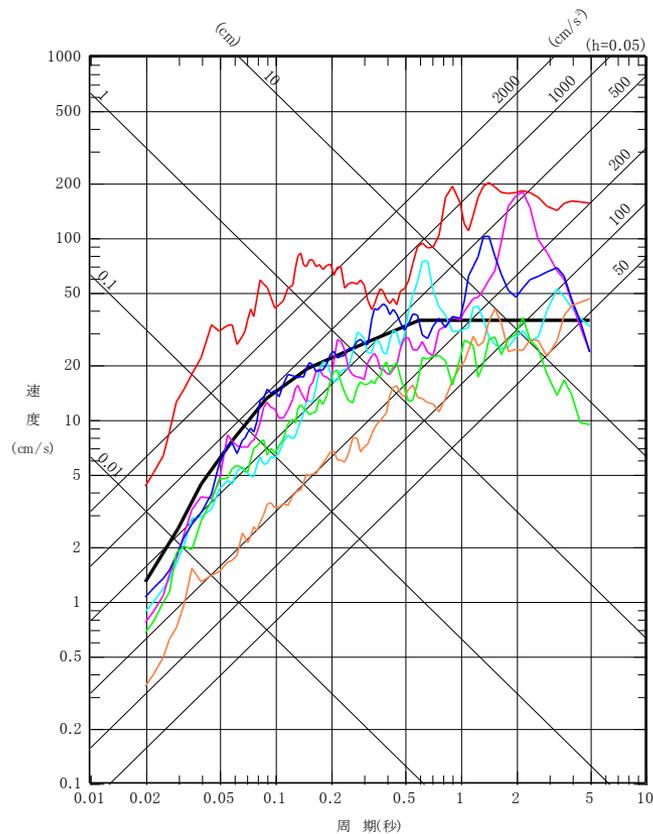
2.4 2008年岩手・宮城内陸地震の地震動に関する検討

(4) K-NET観測点及びKiK-net観測点より抽出した地震観測記録のまとめ

➤ K-NET観測点及びKiK-net観測点より抽出された観測記録と標準応答スペクトルについて比較する。



水平方向



鉛直方向

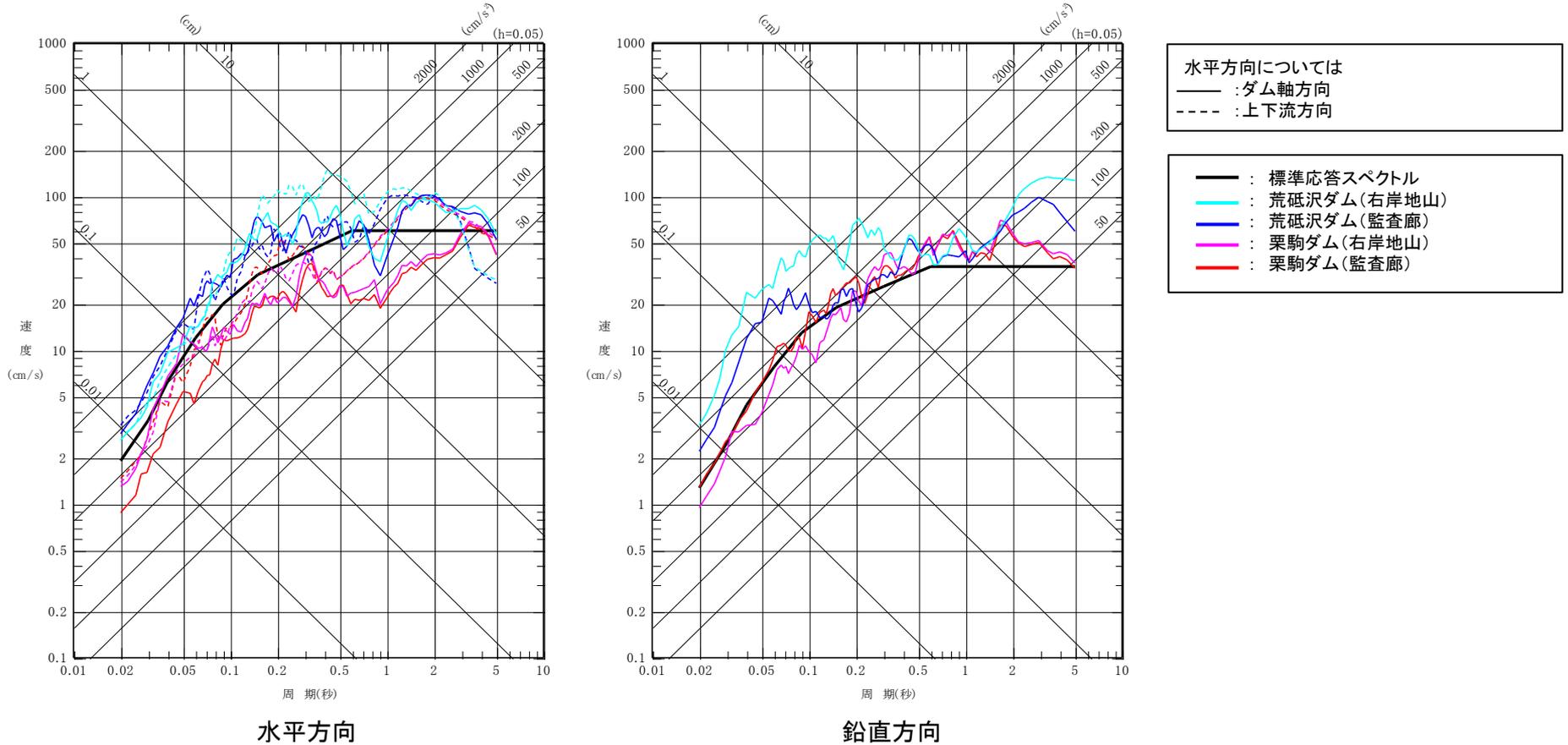
- 水平方向については
- : NS方向
 - - - : EW方向
- : 標準応答スペクトル
- : IWT010(一関)
 - : AKTH04(東成瀬)(地中×2)
 - : IWTH24(金ヶ崎)(地中×2)
 - : IWTH25(一関西)(地中×2)
 - : IWTH26(一関東)(地中×2)
 - : MYGH02(鳴子)(地中×2)

2. 地域性を考慮する地震動

2.4 2008年岩手・宮城内陸地震の地震動に関する検討

(5) 荒砥沢ダム及び栗駒ダムより抽出した地震観測記録のまとめ

➤ 荒砥沢ダム及び栗駒ダムより抽出された観測記録と標準応答スペクトルについて比較する。



観測記録(ダム)と標準応答スペクトルとの比較

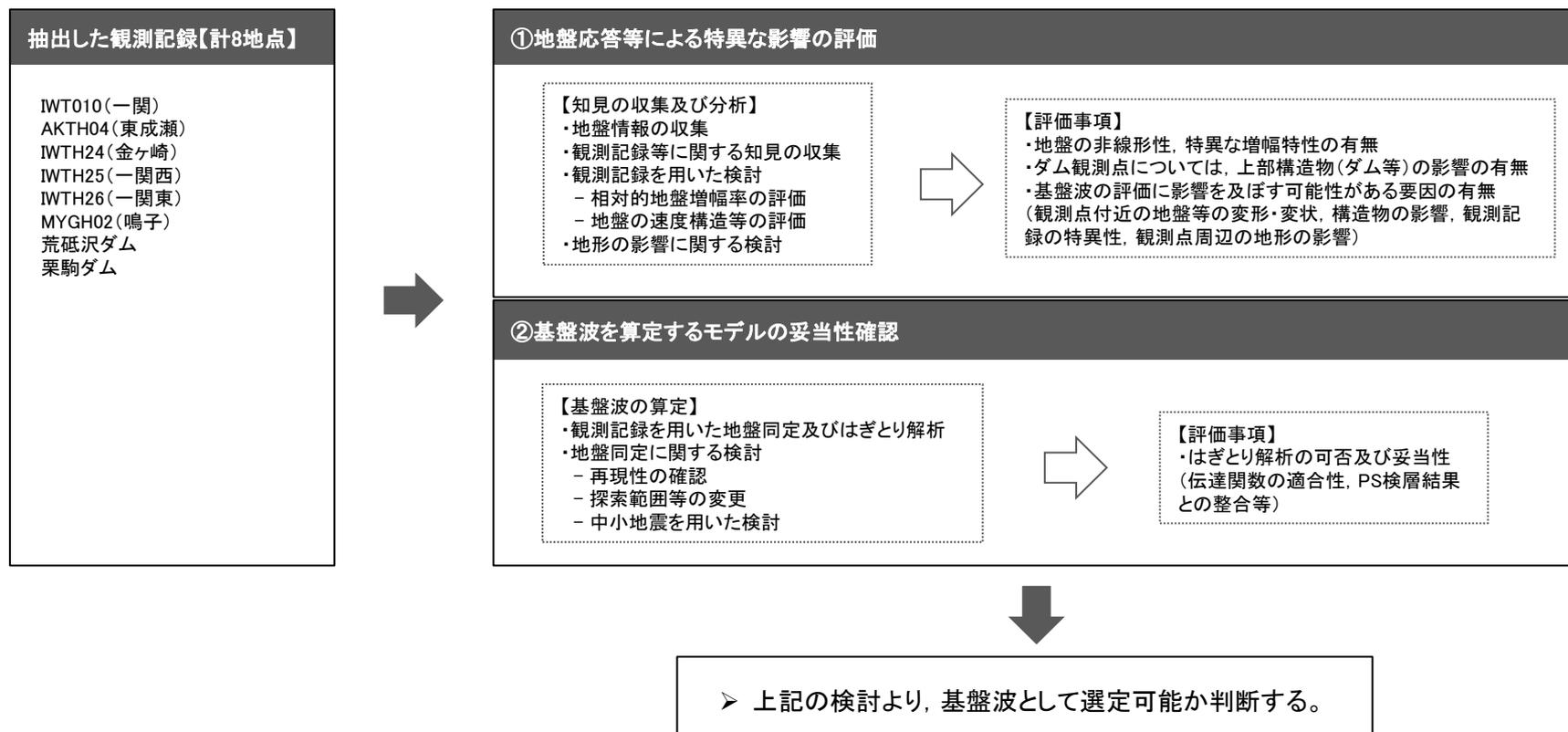
➤ IWT010(一関), AKTH04(東成瀬), IWTH24(金ヶ崎), IWTH25(一関西), IWTH26(一関東), MYGH02(鳴子), 荒砥沢ダム, 栗駒ダムの観測記録は, 標準応答スペクトルを一部の周期帯で上回る。

2. 地域性を考慮する地震動

2.4 2008年岩手・宮城内陸地震の地震動に関する検討

(6) 抽出した地震観測記録の分析・評価の概要

- 前項の観測記録の収集において、敷地に及ぼす影響が大きいと考えられるものとして抽出した観測記録について、以下の観点で記録の分析・評価を実施する。
- 地盤応答等による特異な影響の評価(地盤情報の収集, 各種知見の収集・整理, 相対的地盤増幅率の評価, 地質及び速度構造に関する検討, 地形の影響に関する検討)
 - 基盤波を算定するモデルの妥当性確認[観測記録を用いた地盤同定及びはぎとり解析, 地盤同定に関する検討(再現性の確認, 探索範囲等の変更, 中小地震を用いた検討)]



2. 地域性を考慮する地震動

2.4 2008年岩手・宮城内陸地震の地震動に関する検討

(7) 抽出した地震観測記録の分析・評価のまとめ①

- IWT010(一関)は、表層の V_s は430m/sであるが、深さ4mで $V_s=730$ m/sの層となっており、観測記録の応答スペクトルは、一部の周期帯で標準応答スペクトルを上回る。
- KiK-net観測点のうち、IWTH25(一関西)については、地表記録にトランポリン効果、ロッキング振動の影響などが含まれており、観測記録の伝達関数を用いた地盤同定によるはざとり波の算定は困難と考えられること、IWTH25(一関西)が本震震源域南部で発生する地震に対して、他の観測点よりも大きく増幅する地域と考えられることから、信頼性の高い基盤地震動の評価は困難である。
- AKTH04(東成瀬)は、観測記録に地盤の非線形性の影響、周辺地形による影響が含まれており、観測記録と整合する地盤モデルが同定できず、地表記録も再現できていないことから、信頼性の高い基盤地震動の評価は困難である。
- MYGH02(鳴子)は、鉛直方向において概ね妥当な地盤モデルを作成でき、はざとり解析を実施した結果、全周期帯で標準応答スペクトルを下回る結果となった。なお、水平方向においては、観測記録(地中記録の2倍)が標準応答スペクトルを下回る。
- IWTH24(金ヶ崎)は、概ね妥当な地盤モデルを作成でき、はざとり解析を実施した結果、一部の周期帯で標準応答スペクトルを上回る結果となった。
- IWTH26(一関東)は、観測記録に地盤の非線形性の影響、周辺地形による影響が含まれており、鉛直方向において観測記録の伝達関数を再現できていないことから、信頼性の高い基盤地震動の評価は困難である。しかしながら、水平方向は、本震記録による伝達関数に一定の整合がみられ、地表記録を概ね再現できている。
- 荒砥沢ダムについては、岩手・宮城内陸地震の本震記録に地盤の非線形性の影響、ロックフィルダム堤体の強非線形性や変形による影響が含まれていると考えられること、荒砥沢ダムが本震震源域南部で発生する地震に対して、他の観測点よりも大きく増幅する地域と考えられることから、信頼性の高い基盤地震動の評価は困難である。
- 栗駒ダム(右岸地山)の観測記録は、基盤地震動として評価可能と考えられ、監査廊の観測記録には、ダム堤体の影響が含まれていると考えられることから、栗駒ダムの観測記録は、右岸地山を採用する。



- IWT010(一関)、IWTH24(金ヶ崎)、及び栗駒ダムは、基盤波として選定可能である。
- IWTH26(一関東)の水平方向は、本震記録による伝達関数に一定の整合がみられ、地表記録を概ね再現できていることから、はざとり解析を実施した結果、一部の周期帯で標準応答スペクトルを上回るため基盤波として選定可能と判断する。
- 上記以外のAKTH04(東成瀬)、IWTH25(一関西)及び荒砥沢ダムは、各々の観測点において観測記録に特異な傾向等がみられることから、信頼性の高い基盤地震動の評価は困難である。

2. 地域性を考慮する地震動

2.4 2008年岩手・宮城内陸地震の地震動に関する検討

(7) 抽出した地震観測記録の分析・評価のまとめ②

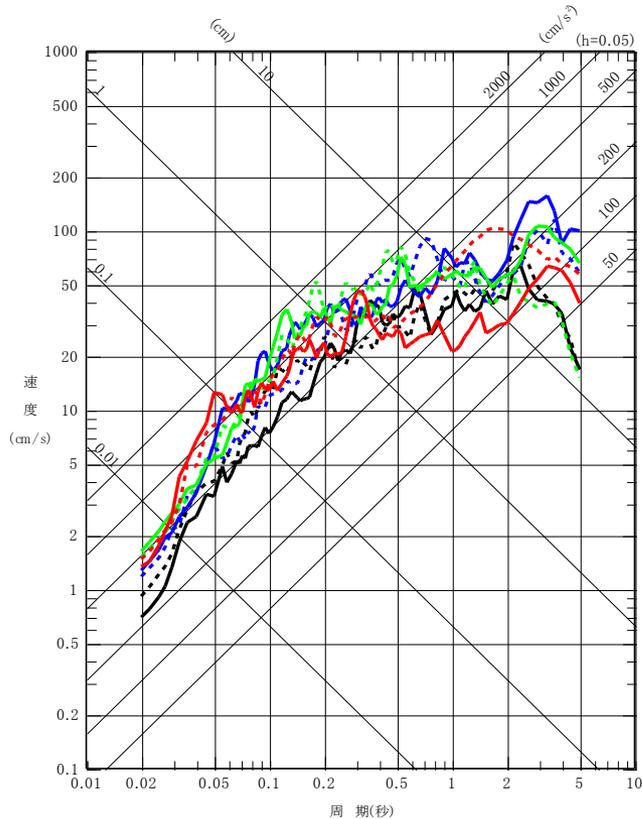
		IWT010 (一関)	AKTH04 (東成瀬)	IWTH24 (金ヶ崎)	IWTH25 (一関西)	IWTH26 (一関東)	荒砥沢ダム	栗駒ダム
地盤情報 (基盤相当のVs)		730m/s	1500m/s	540m/s	1810m/s	680m/s	600m/s (J-SHIS)	700m/s 程度以上
地盤応答等による特異な影響	地盤の非線形性、特異な増幅特性の有無	—	・地表記録に地盤の非線形性の影響が含まれている	—	・本震震源域南部で発生する地震に対して他の観測点よりも大きく増幅する地域	・地表記録に地盤の非線形性の影響が含まれている	・右岸地山の観測記録に地盤の非線形性の影響が含まれている ・本震震源域南部で発生する地震に対して他の観測点よりも大きく増幅する地域	—
	上部構造物の影響の有無						・監査廊の観測記録にダム堤体の影響が含まれている	・監査廊の観測記録にダム堤体の影響が含まれている
	其他要因の有無	特になし	・地表記録に観測点周辺の地形の影響が含まれている	特になし	・地表記録にトランポリン効果、ロッキング振動等の影響が含まれている	・地表記録に観測点周辺の地形の影響が一部含まれていると考えられる	・右岸地山付近に地表の変状がみられる	特になし
基盤波を算定するモデルの妥当性	はざとり解析の可否及び妥当性	・地盤状況を踏まえ、観測記録を採用	・水平方向は、表層のVsが極端に小さい ・鉛直方向は、観測記録の伝達関数を再現できていない ⇒観測記録に地盤の非線形性、周辺地形による影響が含まれており、地表記録を再現できていないことから、はざとり解析は困難	・概ね妥当な地盤モデルが作成でき、はざとり解析が可能	・観測記録にトランポリン効果等の影響がみられることから、はざとり解析は困難	・水平方向は、本震記録による伝達関数などに一定の整合がみられる ・鉛直方向は、観測記録の伝達関数を再現できていない ⇒観測記録に地盤の非線形性、周辺地形による影響が含まれているものの、水平方向は、地表記録を概ね再現できることから、はざとり解析を実施	・観測記録にダム堤体等の非線形性の影響がみられることから、はざとり解析は困難	・右岸地山の観測点は、硬質な岩盤の地表面に設置 ・右岸地山は、特異な増幅傾向を示していない地域 ⇒右岸地山の観測記録を採用
基盤波としての評価		・基盤波として選定可能	・信頼性の高い基盤地震動の評価は困難	・基盤波として選定可能	・信頼性の高い基盤地震動の評価は困難	・水平方向は、基盤波として選定可能と判断	・信頼性の高い基盤地震動の評価は困難	・右岸地山は、基盤波として選定可能

2. 地域性を考慮する地震動

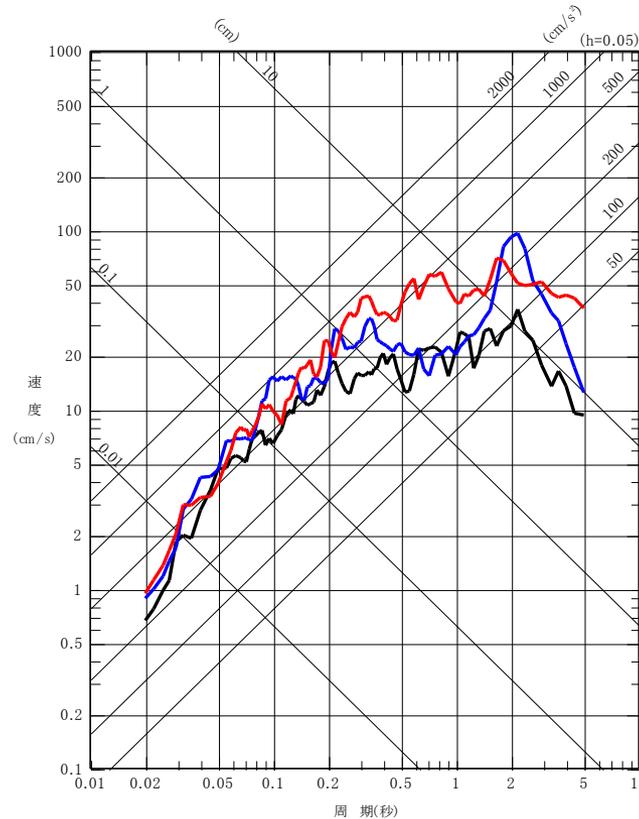
2.4 2008年岩手・宮城内陸地震の地震動に関する検討

(8) 基盤波の選定①

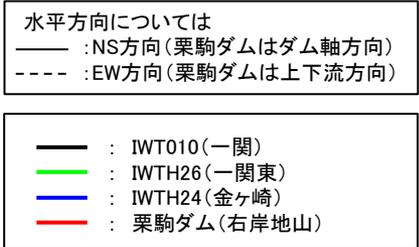
- 基盤波として選定可能なIWT010(一関), IWTH24(金ヶ崎), IWTH26(一関東)(水平)及び栗駒ダム(右岸地山)の観測記録(応答スペクトル)の比較を示す。
- 比較した結果, 保守的な基盤波として, IWTH24(金ヶ崎), IWTH26(一関東)(水平)及び栗駒ダム(右岸地山)を選定する。



水平方向



鉛直方向



2. 地域性を考慮する地震動

2.4 2008年岩手・宮城内陸地震の地震動に関する検討

(8) 基盤波の選定②

- 基盤波として選定したIWTH24(金ヶ崎), IWTH26(一関東)(水平)及び栗駒ダム(右岸地山)について, 敷地の地盤物性に応じた基盤地震動を評価する。



- IWTH24(金ヶ崎)について, はぎとり波算定位置の V_s は, PS検層では540m/s, 観測記録に基づく地盤同定結果では V_s は584m/sとなっており, 原子力発電所の解放基盤表面における $V_s=700$ m/s以上と比べると速度の遅い岩盤上の地震動であると考えられる。

⇒IWTH24(金ヶ崎)のはぎとり波は, 安全側の判断として地盤物性による補正をせず基盤地震動に採用

- IWTH26(一関東)(水平)について, はぎとり波算定位置の V_s は, PS検層では680m/sとなっており, 原子力発電所の解放基盤表面における $V_s=700$ m/s以上と比べると速度の遅い岩盤上の地震動であると考えられる。

⇒IWTH26(一関東)(水平)のはぎとり波は, 安全側の判断として地盤物性による補正をせず基盤地震動に採用

- 栗駒ダムの地震観測点の地盤については, 地質及び速度構造から相応の硬さの地盤であると考えられる。また, 栗駒ダム(右岸地山)については, Noda et al.(2002)で評価可能であり, 特異な増幅傾向を示していない地域であると考えられる。

⇒栗駒ダム(右岸地山)の観測記録は, 基盤地震動に採用



- 岩手・宮城内陸地震の震源を特定せず策定する地震動に考慮する基盤地震動として, IWTH24(金ヶ崎), IWTH26(一関東)(水平)のはぎとり波及び栗駒ダム(右岸地山)の観測記録を採用する。

2. 地域性を考慮する地震動

2.4 2008年岩手・宮城内陸地震の地震動に関する検討

(9) 震源を特定せず策定する地震動への反映

- IWTH26(一関東)の観測記録には、地盤の非線形性の影響や観測点周辺の地形の影響が含まれていることを踏まえ、ばらつきを考慮する。IWTH26(一関東)(水平)のはぎとり解析に用いる地盤モデル及びはぎとり地震動については、ばらつきが小さい結果となっているものの、採用地震動の最大加速度とはぎとり地震動の最大加速度の平均+1σとの比(1.03)を考慮する。さらに、震源を特定せず策定する地震動としては、施設の重要性を鑑み、さらに保守性を考慮する。
- 加えて、安全側の対応として、岩手・宮城内陸地震において採用するすべての地震動に同様の保守性を考慮する。
- また、これまでの審査において、IWTH26(一関東)鉛直方向での評価用地震動設定の実績があることから、同様に以下の方針にて評価用地震動を設定する。
 - IWTH26(一関東)は、鉛直方向の信頼性の高い基盤波を評価することが困難なこと(本震記録を用いて、観測記録のはぎとり解析のための地盤同定を実施したが、得られた地盤モデルは観測記録の伝達関数を再現できない)から、水平方向の地震動のみ設定しているものであり、鉛直方向の地震動については、震源を特定せず策定する地震動として考慮しない。
 - IWTH26(一関東)(水平)の地震動を基準地震動とする場合には、水平方向及び鉛直方向の同時入力を行う影響評価(基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価等)並びに水平方向と鉛直方向の地震力を組み合わせた影響評価に用いる鉛直方向の地震動として、新たに評価用地震動を設定する。

観測点	基盤地震動 最大加速度(Gal)			ばらつきを 考慮	ばらつきを考慮した地震動 最大加速度(Gal)			保守性を 考慮	震源を特定せず策定する地震動※4 最大加速度(Gal)		
	水平		鉛直		水平		鉛直		水平		鉛直
	NS方向	EW方向			NS方向	EW方向			NS方向	EW方向	
IWTH24(金ヶ崎)	401	370	279	⇒	413	381	287	⇒	430	400	300
IWTH26(一関東)	511	476	—※3	⇒	528	490	—※3	⇒	540	500	—※3
栗駒ダム(右岸地山)	421※1	463※2	298	⇒	434※1	477※2	307	⇒	450※1	490※2	320

※1:ダム軸方向

※2:上下流方向

※3:IWTH26(一関東)の鉛直方向は観測記録の伝達関数を再現できていないことから、信頼性の高い基盤地震動の評価は困難である。

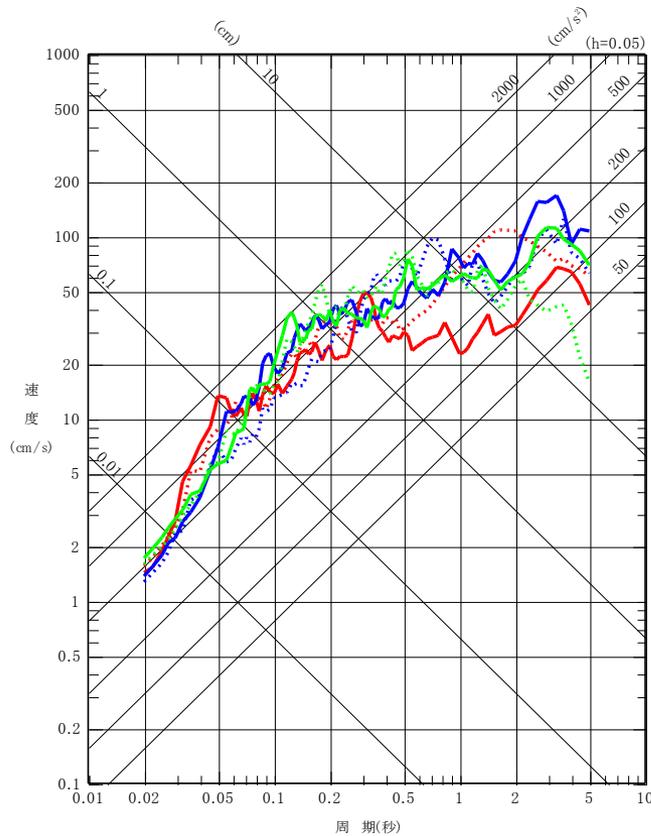
※4:それぞれの基盤地震動の加速度時刻歴波形について、基盤地震動の最大加速度と保守性を考慮した最大加速度との比を用いて係数倍する。
(位相特性を変更せずに振幅特性のみを変更)

2. 地域性を考慮する地震動

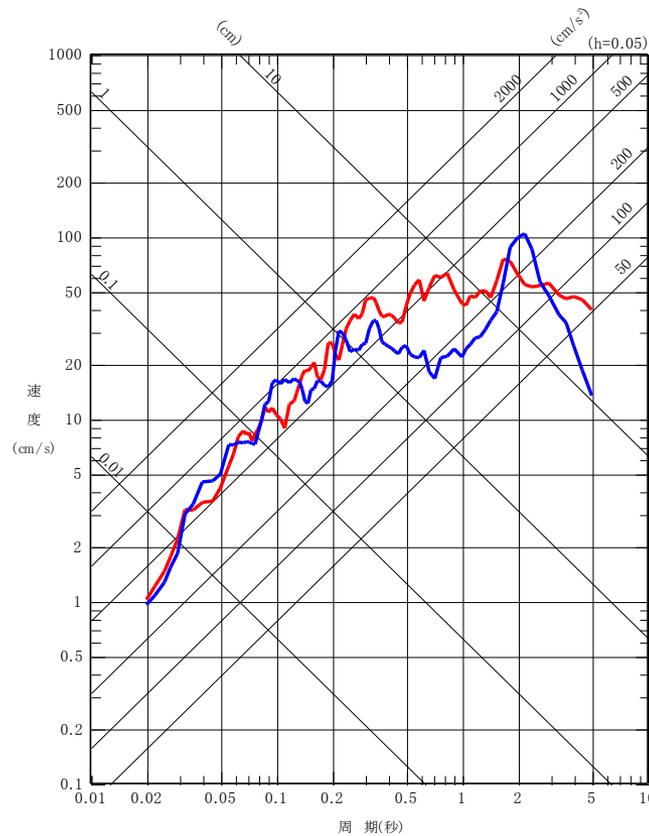
2.5 地域性を考慮する地震動の評価結果

(1) 震源を特定せず策定する地震動に考慮する地震動 ① 応答スペクトル

- 震源を特定せず策定する地震動として、IWTH24(金ヶ崎)、IWTH26(一関東)(水平)及び栗駒ダム(右岸地山)の基盤地震動に基づく地震動を考慮する。



水平方向



鉛直方向

水平方向については

- : NS方向(栗駒ダムはダム軸方向)
- - - : EW方向(栗駒ダムは上下流方向)

— : 栗駒ダム(右岸地山)

— : IWTH24(金ヶ崎)

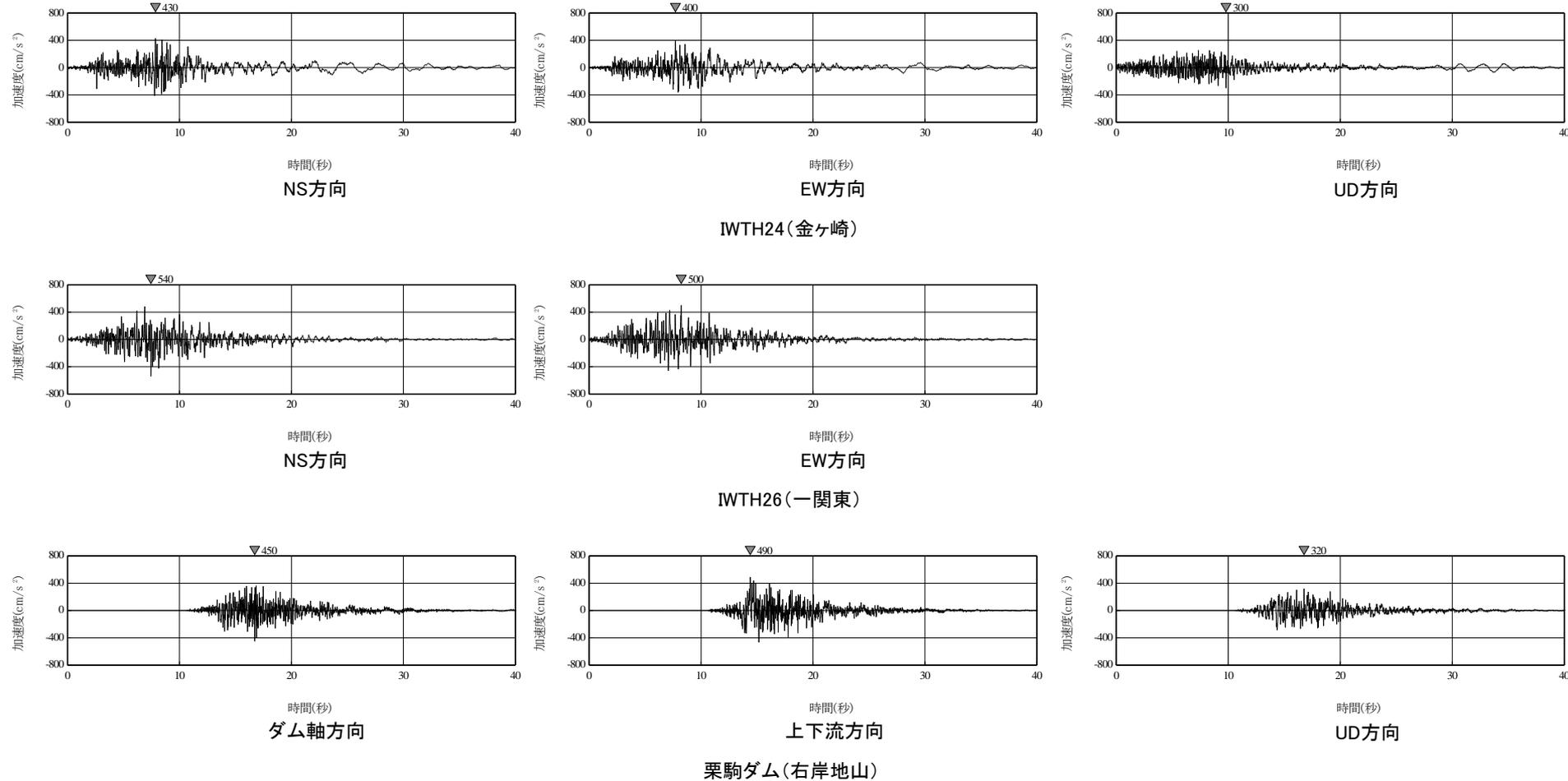
— : IWTH26(一関東)

2. 地域性を考慮する地震動

2.5 地域性を考慮する地震動の評価結果

(1) 震源を特定せず策定する地震動に考慮する地震動 ② 加速度波形

➤ 震源を特定せず策定する地震動として, IWTH24(金ヶ崎), IWTH26(一関東)(水平)及び栗駒ダム(右岸地山)の基盤地震動に基づく地震動を考慮する。



参考文献

1. 全国共通に考慮すべき地震動

1. 佐藤浩章, 芝良昭, 東貞成, 功刀卓, 前田宜浩, 藤原広行(2013):物理探査・室内試験に基づく2004年留萌支庁南部の地震によるK-NET港町観測点(HKD020)の基盤地震動とサイト特性評価, 電力中央研究所報告, 2013年12月
2. 日本電気協会(2016):原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-2015
3. Noda, S., K. Yashiro, K. Takahashi, M. Takemura, S. Ohno, M. Tohdo and T. Watanabe (2002):RESPONSE SPECTRA FOR DESIGN PURPOSE OF STIFF STRUCTURES ON ROCK SITES, OECD-NEA Workshop on the Relations Between Seismological Data and Seismic Engineering Analysis. Oct. 16-18, Istanbul
4. 武村雅之(1990):日本列島およびその周辺地域に起こる浅発地震のマグニチュードと地震モーメントの関係, 地震 第2輯 第43巻
5. Kanamori H. (1977):The Energy Release in Great Earthquakes, Journal of Geophysical Research Vol.82 No.20

2. 地域性を考慮する地震動

1. 岡田篤正(2002):山陰地方の活断層の諸特徴,活断層研究, No.22,17-32.
2. 垣見俊弘・松田時彦・相田勇・衣笠善博(2003):日本列島と周辺海域の地震地体構造区分, 地震第2輯, 第55巻, 389-406.