

島根原子力発電所 基準地震動の策定について

令和3年4月30日
中国電力株式会社

目次

- 概要(基準地震動の策定)3
- 申請時(H25.12.25)からの主な変更内容4
- 第579回審査会合(H30.6.1)からの変更内容13

- 1. 敷地周辺の地震発生状況14
 - 1.1 地震発生状況15
 - 1.2 被害地震17
 - 1.3 活断層の分布状況22

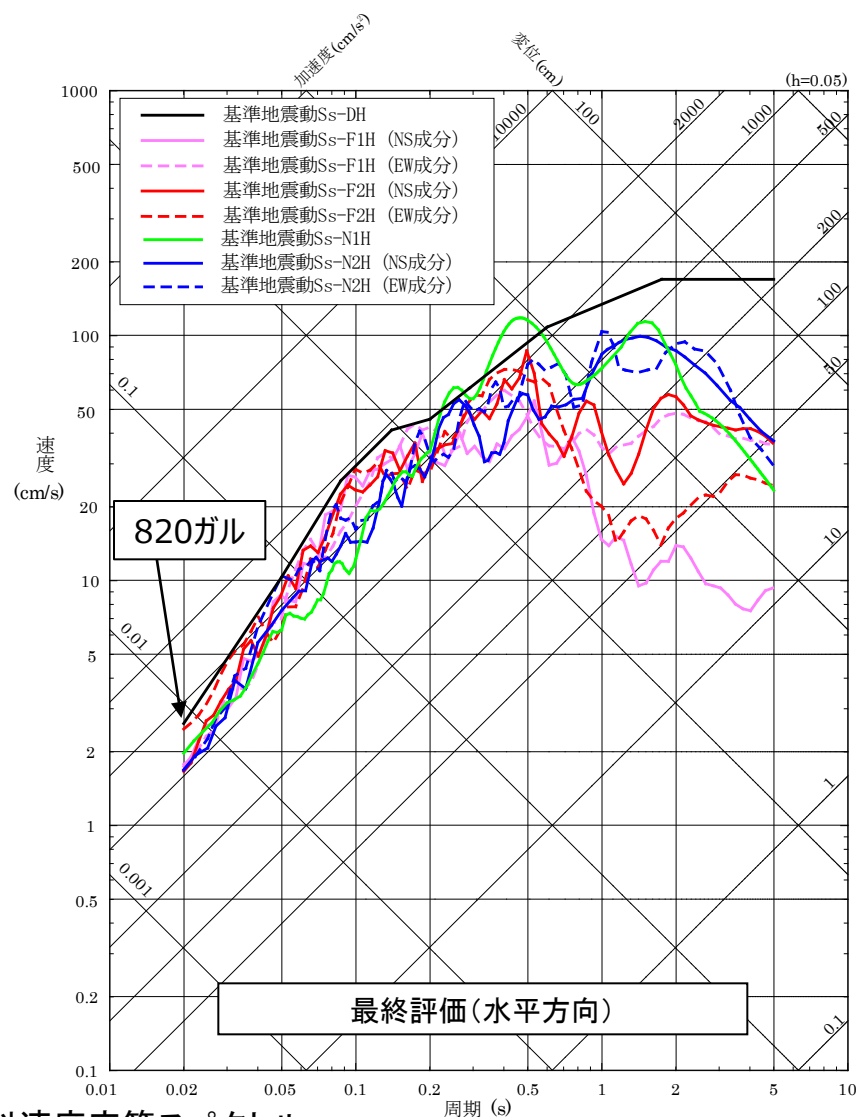
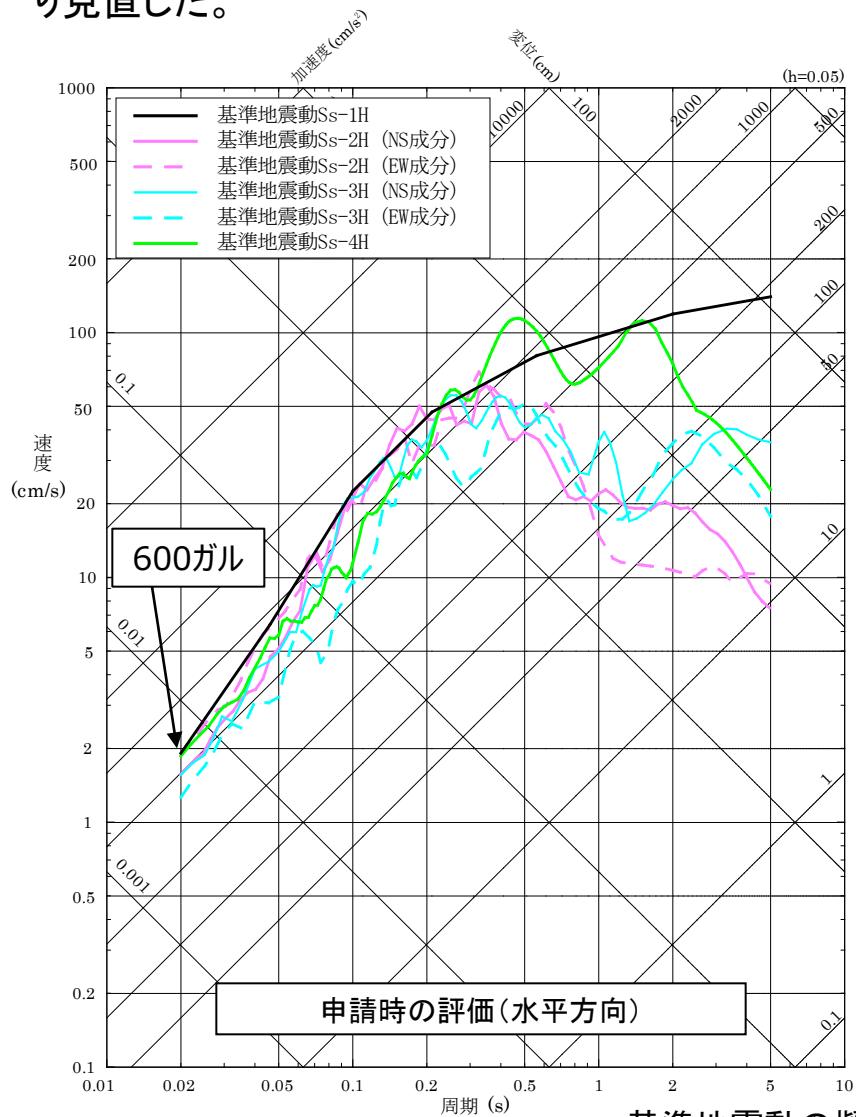
- 2. 敷地地盤の振動特性及び地下構造モデルの設定23
 - 2.1 敷地及び敷地周辺の地質・地質構造の調査25
 - 2.2 解放基盤表面の設定33
 - 2.3 観測記録及び物理探査に基づく検討35
 - 2.4 傾斜構造を考慮した解析による検討62
 - 2.5 地下構造モデルの設定81
 - 2.6 地震動評価に用いる地下構造モデルの設定95

- 3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動102
 - 3.1 地震発生層の設定103
 - 3.2 検討用地震の選定116
 - 3.3 地震動評価の基本方針120
 - 3.4 宍道断層による地震の地震動評価123
 - 3.5 F-Ⅲ断層＋F-Ⅳ断層＋F-V断層による地震の地震動評価148

4. 震源を特定せず策定する地震動	174
4.1 Mw6.5以上の地震(2地震)に関する検討	176
4.2 Mw6.5未満の地震(14地震)に関する検討	182
4.3 「震源を特定せず策定する地震動」の策定	188
5. 基準地震動の策定	189
5.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による基準地震動	190
5.2 震源を特定せず策定する地震動による基準地震動	197
5.3 基準地震動の策定のまとめ	199
6. 基準地震動の年超過確率の参照	202
6.1 確率論的地震ハザードの評価方針	203
6.2 特定震源モデル	204
6.3 領域震源モデル	210
6.4 地震動伝播モデル	212
6.5 ロジックツリー	213
6.6 地震ハザード評価結果	217
6.7 年超過確率の参照	222

概要(基準地震動の策定)

■ これまでの審査会合での検討及び先行プラントの審査を踏まえ、地下構造モデル、地震発生層、地震動評価における不確かさケース及び震源を特定せず策定する地震動等を変更し、基準地震動を以下のとおり見直した。



基準地震動の擬似速度応答スペクトル

申請時(H25.12.25)からの主な変更内容(1/9)

敷地地盤の振動特性及び地下構造モデルの設定

項目	申請時の評価(H25.12.25)	申請後の検討・反映事項(審査会合での主な議論)	最終評価	該当頁
地下構造モデルの変更	<ul style="list-style-type: none"> 敷地及び敷地周辺の地下構造が水平成層構造であることを仮定して、地震観測記録を用いた同定解析及び文献に基づき地下構造モデルを設定 	<ul style="list-style-type: none"> 敷地の地下構造について特異な傾向の有無を確認することを求められ、大深度ボーリング孔を用いた物理探査や地震観測記録を用いた到来方向別のH/Vスペクトル比の検討等により敷地の地下構造を把握 敷地の傾斜構造を水平成層構造とみなすことについて説明することを求められ、2次元地下構造モデルを用いて南北方向の傾斜構造を考慮した検討を実施 大深度ボーリングを用いた調査結果にみられる高速度層について検討することを求められ、高速度層を考慮した地下構造モデルを作成 設定した地下構造モデルの妥当性を観測記録を用いて示すことを求められ、地震観測記録によるシミュレーション解析や微動アレイ観測結果との整合性の検討を実施 	<ul style="list-style-type: none"> 各種調査結果より、敷地の地下構造は特異な構造ではないことを確認 2次元地下構造モデルを用いた解析的な検討により、敷地及び敷地周辺の地下構造が水平成層構造とみなせることを確認 2号地盤及び3号地盤それぞれについて大深度ボーリングにみられる高速度層を反映した地下構造モデルを設定し、更に、減衰定数を安全側に考慮すること等により、敷地全体の地震動を安全側に評価することができる地下構造モデルを設定 設定した地下構造モデルの妥当性を地震観測記録によるシミュレーション解析や微動アレイ観測結果との比較等により確認 	23~101

申請時(H25.12.25)からの主な変更内容(2/9)

敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

項目	申請時の評価(H25.12.25)	申請後の検討・反映事項(審査会合での主な議論)	最終評価	該当頁
断層長さの変更	宍道断層:22km F-Ⅲ断層+F-Ⅳ断層+F _K -2断層:51.5km	<ul style="list-style-type: none"> 敷地周辺の地質・地質構造の審査結果を反映 	宍道断層:39km F-Ⅲ断層+F-Ⅳ断層+F-Ⅴ断層:48km	123 ~125, 148
地震発生層の変更	上限深さ:2km 下限深さ:15km	<ul style="list-style-type: none"> 地震発生層の下限深さについて震源インバージョン解析結果や微小地震の分布状況を踏まえて再検討することを求められ、2000年鳥取県西部地震の震源インバージョン解析結果や気象庁一元化データによる敷地周辺の震源分布、地震調査研究推進本部による中国地域の長期評価における知見等を参考に下限深さを検討 	各種知見から下限深さは15kmと考えられるが、安全側に20kmと設定(上限深さ:2km, 下限深さ:20km)	103~ 115
不確かさの変更	宍道断層による地震	<ul style="list-style-type: none"> すべり角の不確かさについて検討することを求められ、トレンチ調査結果による鉛直方向の変位を考慮して不確かさケースとしてすべり角150°のケースを実施 先行プラントにおける審査を踏まえ、不確かさケースとして破壊伝播速度に標準偏差1σを考慮したケース、アスペリティを一塊にしたケース(正方形、縦長)を実施 震源が敷地に極めて近いことから、先行プラントにおける審査を踏まえ、不確かさを組み合わせたケースを実施 不確かさの組合せケースの設定根拠を示すことを求められ、地震動に与える影響が大きい不確かさケースの組合せを検討 	申請当初の不確かさケース(断層傾斜角、中越沖地震の短周期レベル、破壊開始点)に加え、以下のケースを追加 <ul style="list-style-type: none"> すべり角 破壊伝播速度 アスペリティ個数・位置(一塊:正方形、一塊:縦長) 断層傾斜角と破壊伝播速度の組合せ 断層傾斜角と横ずれ断層の短周期レベルの組合せ 破壊伝播速度と横ずれ断層の短周期レベルの組合せ 	123 ~138
	F-Ⅲ断層+F-Ⅳ断層+F-Ⅴ断層による地震	<ul style="list-style-type: none"> 断層傾斜角の不確かさについて、地質調査結果(海上音波探査による約35°)を踏まえて検討することを求められ、不確かさケースとして南側へ35°傾斜したケースを実施 すべり角の不確かさについて検討することを求められ、宍道断層による地震の不確かさと同様に不確かさケースとしてすべり角150°のケースを実施 先行プラントにおける審査を踏まえ、不確かさケースとして破壊伝播速度に標準偏差1σを考慮したケース、アスペリティを一塊・縦長にしたケースを実施 F-Ⅲ断層及びF-Ⅳ断層と地下深部で収斂していると考えられるF-①断層及びF-②断層を考慮したケースを検討することを求められ、不確かさケースとしてF-①断層及びF-②断層とF-Ⅴ断層の連動を考慮した位置に断層面を設定したケースを実施 	申請当初の不確かさケース(アスペリティ一塊・横長、中越沖地震の短周期レベル、破壊開始点)に加え、以下のケースを追加 <ul style="list-style-type: none"> アスペリティ個数・位置(一塊:縦長) 断層傾斜角 すべり角 破壊伝播速度 断層位置 	148 ~161

申請時(H25.12.25)からの主な変更内容(3/9)

震源を特定せず策定する地震動

項目	申請時の評価(H25.12.25)	申請後の検討・反映事項(審査会合での主な議論)	最終評価	該当頁
震源を特定せず策定する地震動の変更	<ul style="list-style-type: none"> 2004年北海道留萌支庁南部地震(K-NET港町)の検討結果 加藤ほか(2004)による応答スペクトル 	<ul style="list-style-type: none"> 審査ガイドに示される16地震について整理 先行プラントにおける審査を踏まえ、2004年北海道留萌支庁南部地震の観測記録に関する追加検討を実施し、検討結果に保守性を考慮したうえで震源を特定せず策定する地震動として採用 先行プラントにおける審査を踏まえ、2000年鳥取県西部地震の観測記録について分析し、賀祥ダム(監査廊)の記録を震源を特定せず策定する地震動として採用 	<ul style="list-style-type: none"> 2004年北海道留萌支庁南部地震(K-NET港町)の検討結果に保守性を考慮した地震動 2000年鳥取県西部地震の賀祥ダム(監査廊)の観測記録 加藤ほか(2004)による応答スペクトル 	174 ~188

基準地震動Ssの策定

項目	申請時の評価(H25.12.25)	申請後の検討・反映事項(審査会合での主な議論)	最終評価	該当頁
基準地震動の変更	<p>【敷地ごとに震源を特定して策定する地震動】</p> <p>○応答スペクトル手法</p> <ul style="list-style-type: none"> 基準地震動Ss-1(応答スペクトル手法による地震動評価結果を包絡:600Gal) <p>○断層モデル手法</p> <ul style="list-style-type: none"> 基準地震動Ss-2(宍道断層による地震の地震動評価結果:586Gal) 基準地震動Ss-3(F-Ⅲ断層+ F-Ⅳ断層+ F_K-2断層による地震の地震動評価結果:489Gal) <p>【震源を特定せず策定する地震動】</p> <ul style="list-style-type: none"> 基準地震動Ss-4(2004年北海道留萌支庁南部地震(K-NET港町)の検討結果:585Gal) 	<ul style="list-style-type: none"> 検討用地震の応答スペクトル手法による地震動評価結果を全て包絡させて基準地震動Ss-Dを設定 検討用地震の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果は全て基準地震動Ss-Dに包絡されているが、「震源が敷地に近く、その破壊過程が地震動評価に大きな影響を与えると考えられる地震については、断層モデルを用いた手法を重視すること」という審査ガイドの記載を踏まえ、断層モデル手法による基準地震動の追加を検討 「断層モデルを用いた手法による基準地震動は、施設に与える影響の観点から地震動の諸特性を考慮して、別途評価した応答スペクトルとの関係を踏まえつつ複数の地震動評価結果から策定すること」という審査ガイドの記載を踏まえ、応答スペクトルのピークが基準地震動Ss-Dに近接しており、地震動レベル(主要な施設の固有周期が存在する周期帯における応答スペクトル比(断層モデル/Ss-D)及び剛な機器の耐震設計において着目する最大加速度値)が大きいケースを基準地震動Ss-F1、Ss-F2として設定 先行プラントにおける審査を踏まえて設定した震源を特定せず策定する地震動と基準地震動Ss-Dを比較し、Ss-N1とSs-N2を設定 	<p>【敷地ごとに震源を特定して策定する地震動】</p> <p>○応答スペクトル手法</p> <ul style="list-style-type: none"> 基準地震動Ss-D(応答スペクトル手法による地震動評価結果を包絡:820Gal) <p>○断層モデル手法</p> <ul style="list-style-type: none"> 基準地震動Ss-F1(宍道断層による地震の地震動評価結果:560Gal) 基準地震動Ss-F2(宍道断層による地震の地震動評価結果:777Gal) <p>【震源を特定せず策定する地震動】</p> <ul style="list-style-type: none"> 基準地震動Ss-N1(2004年北海道留萌支庁南部地震の検討結果に保守性を考慮した地震動:620Gal) 基準地震動Ss-N2(2000年鳥取県西部地震の賀祥ダムの観測記録:531Gal) 	189 ~201

申請時(H25.12.25)からの主な変更内容(4/9)

■ 応答スペクトルに基づく地震動評価

項目	申請時の評価	最終評価
地下構造モデルの変更	地震観測記録を用いた同定解析及び文献に基づき設定	大深度ボーリング等の検討結果を反映
断層長さの変更	宍道断層: 22km F-Ⅲ断層+F-Ⅳ断層+F _K -2断層: 51.5km	宍道断層: 39km F-Ⅲ断層+F-Ⅳ断層+F-Ⅴ断層: 48km
地震発生層の変更	地震発生層厚さ: 13km(上限深さ: 2km, 下限深さ: 15km)	地震発生層厚さ: 18km(上限深さ: 2km, 下限深さ: 20km)
不確かさの変更	下図凡例のとおり	下図凡例のとおり
評価結果		

申請時(H25.12.25)からの主な変更内容(5/9)

■ 断層モデルを用いた手法による地震動評価(宍道断層による地震)

項目	申請時の評価	最終評価
地下構造モデルの変更	地震観測記録を用いた同定解析及び文献に基づき設定	大深度ボーリング等の検討結果を反映
断層長さの変更	宍道断層: 22km	宍道断層: 39km
地震発生層の変更	地震発生層厚さ: 13km(上限深さ: 2km, 下限深さ: 15km)	地震発生層厚さ: 18km(上限深さ: 2km, 下限深さ: 20km)
不確かさの変更	下図凡例のとおり	下図凡例のとおり
評価結果	<p>速度 (cm/s)</p> <p>周期 (s)</p> <p>水平方向</p> <p> <ul style="list-style-type: none"> 基本震源モデル, 破壊開始点の不確かさケース 断層傾斜角の不確かさケース 中越沖地震の短周期レベルの不確かさケース </p>	<p>速度 (cm/s)</p> <p>周期 (s)</p> <p>水平方向</p> <p> <ul style="list-style-type: none"> 基本震源モデル, 破壊開始点の不確かさケース 断層傾斜角の不確かさケース 破壊伝播速度の不確かさケース すべり角の不確かさケース アスペリティの不確かさケース (一塊: 正方形) アスペリティの不確かさケース (一塊: 縦長) 中越沖地震の短周期レベルの不確かさケース 断層傾斜角と破壊伝播速度の不確かさの組合せケース 断層傾斜角と横ずれ断層の短周期レベルの不確かさの組合せケース 破壊伝播速度と横ずれ断層の短周期レベルの不確かさの組合せケース </p>

申請時(H25.12.25)からの主な変更内容(6/9)

■ 断層モデルを用いた手法よる地震動評価(F-Ⅲ断層+F-Ⅳ断層+F-Ⅴ断層による地震)

項目	申請時の評価	最終評価
地下構造モデルの変更	地震観測記録を用いた同定解析及び文献に基づき設定	大深度ボーリング等の検討結果を反映
断層長さの変更	F-Ⅲ断層+F-Ⅳ断層+F _K -2断層:51.5km	F-Ⅲ断層+F-Ⅳ断層+F-Ⅴ断層:48km
地震発生層の変更	地震発生層厚さ:13km(上限深さ:2km, 下限深さ:15km)	地震発生層厚さ:18km(上限深さ:2km, 下限深さ:20km)
不確かさの変更	下図凡例のとおり	下図凡例のとおり
評価結果	<p>速度 (cm/s)</p> <p>周期 (s)</p> <p>水平方向</p>	<p>速度 (cm/s)</p> <p>周期 (s)</p> <p>水平方向</p>

申請時(H25.12.25)からの主な変更内容(7/9)

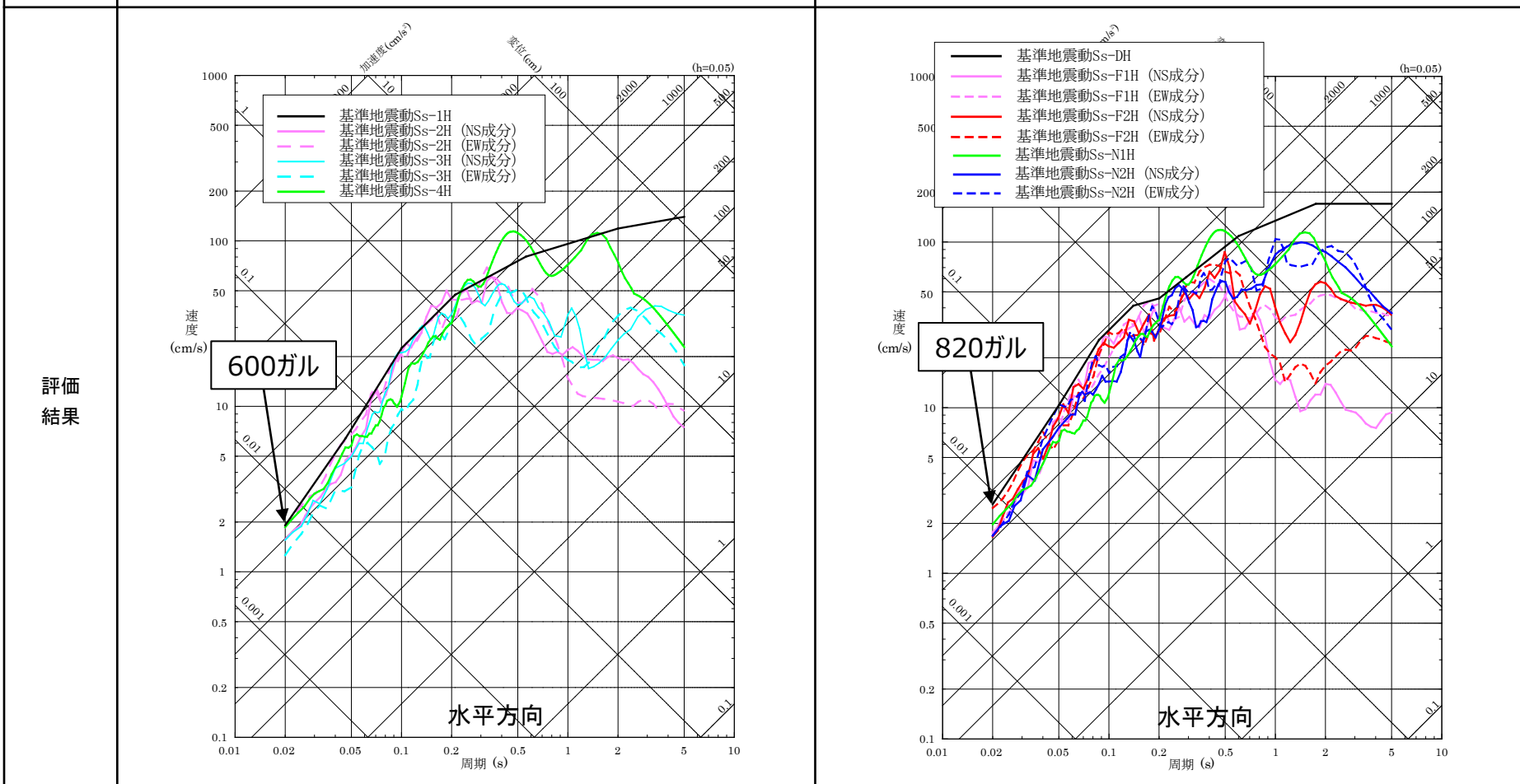
■ 震源を特定せず策定する地震動

項目	申請時の評価	最終評価
震源を特定せず策定する地震動の変更	<ul style="list-style-type: none"> 2004年北海道留萌支庁南部地震(K-NET港町)の検討結果 加藤ほか(2004)による応答スペクトル 	<ul style="list-style-type: none"> 2004年北海道留萌支庁南部地震(K-NET港町)の検討結果に保守性を考慮した地震動 2000年鳥取県西部地震の賀祥ダム(監査廊)の観測記録 加藤ほか(2004)による応答スペクトル
評価結果		

申請時(H25.12.25)からの主な変更内容(8/9)

■ 基準地震動の策定

項目	申請時の評価	最終評価
基準地震動の変更	<ul style="list-style-type: none"> ・Ss-1:600Gal, 応答スペクトル手法(宍道断層, F-Ⅲ断層+F-Ⅳ断層+F_K-2断層) ・Ss-2:586Gal, 断層モデル手法(宍道断層) ・Ss-3:489Gal, 断層モデル手法(F-Ⅲ断層+F-Ⅳ断層+F_K-2断層) ・Ss-4:585Gal, 2004年北海道留萌支庁南部地震の検討結果 	<ul style="list-style-type: none"> ・Ss-D:820Gal, 応答スペクトル手法(宍道断層, F-Ⅲ断層+F-Ⅳ断層+F-Ⅴ断層) ・Ss-F1:560Gal, 断層モデル手法(宍道断層) ・Ss-F2:777Gal, 断層モデル手法(宍道断層) ・Ss-N1:620Gal, 2004年北海道留萌支庁南部地震の検討結果に保守性を考慮 ・Ss-N2:531Gal, 2000年鳥取県西部地震の賀祥ダムの観測記録



申請時(H25.12.25)からの主な変更内容(9/9)

■ 基準地震動の最大加速度

項目	申請時の評価				最終評価			
	基準地震動		最大加速度 (ガル)		基準地震動		最大加速度 (ガル)	
			水平 方向	鉛直 方向			水平 方向	鉛直 方向
基準地震動の変更	Ss-1	応答スペクトル手法による基準地震動	600	400	Ss-D	応答スペクトル手法による基準地震動	820	547
	Ss-2	断層モデル手法による基準地震動 (宍道断層による地震の中越沖地震の短周期レベルの不確かさ)	(NS) 493	155	Ss-F1	断層モデル手法による基準地震動 (宍道断層による地震の中越沖地震の短周期レベルの不確かさ:破壊開始点5)	(NS) 549	337
			(EW) 586				(EW) 560	
	Ss-3	断層モデル手法による基準地震動 (F-Ⅲ断層+F-Ⅳ断層+F _K -2断層による地震の中越沖地震の短周期レベルの不確かさ)	(NS) 489	330	-	-	(NS) 522	426
			(EW) 396				(EW) 777	
	Ss-4	2004年北海道留萌支庁南部地震(K-NET港町)の検討結果	585	296	Ss-N1	2004年北海道留萌支庁南部地震(K-NET港町)の検討結果に保守性を考慮した地震動	620	320
-	-	-	-	Ss-N2	2000年鳥取県西部地震の賀祥ダム(監査廊)の観測記録	(NS) 528 (EW) 531	485	

第579回審査会合(H30.6.1)からの変更内容

No.	第579回審査会合(H30.6.1)からの変更内容	頁
1	最新の地震情報の反映	15～17, 19, 46, 47, 49, 55, 56, 107, 108, 211 補足説明 3, 102～104, 164～166

1. 敷地周辺の地震発生状況

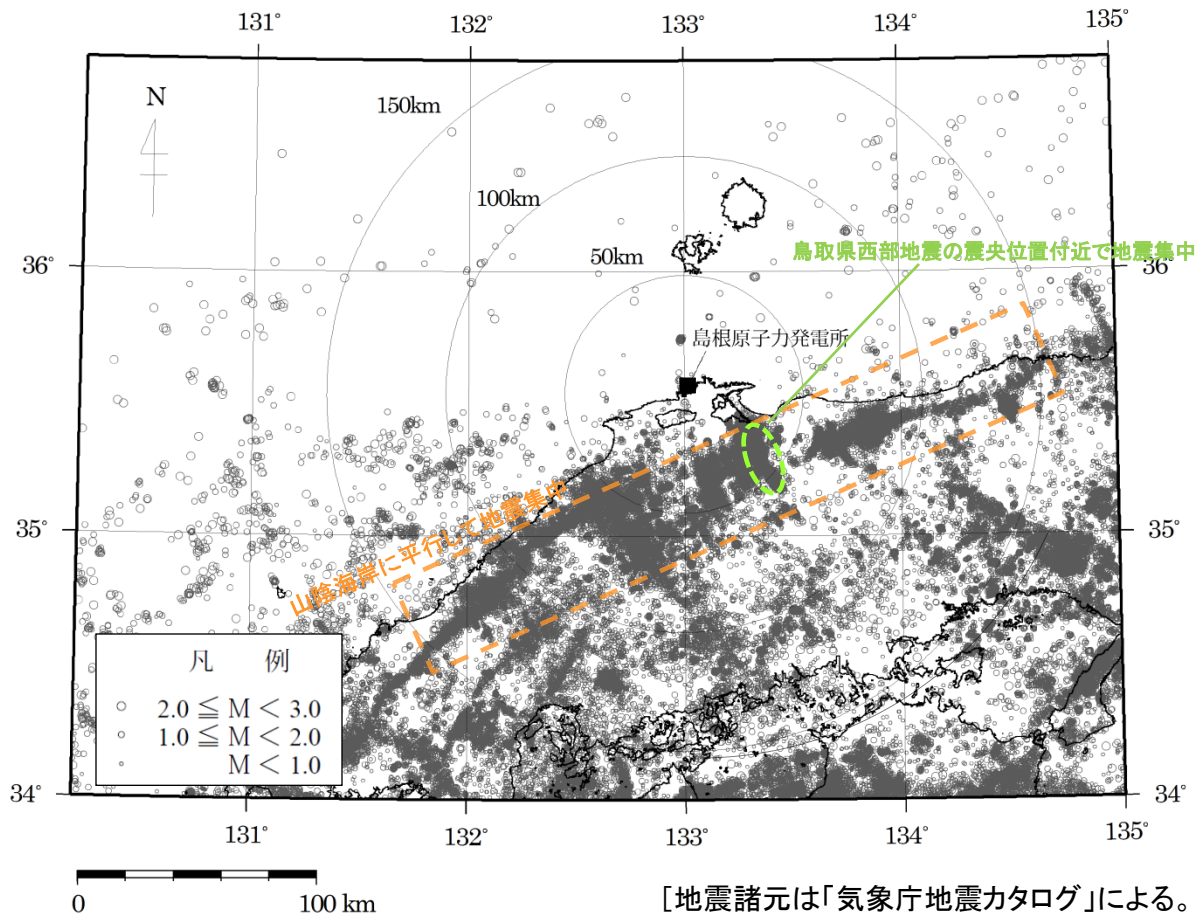
1. 1 地震発生状況

1. 2 被害地震

1. 3 活断層の分布状況

敷地周辺における地震活動(M<3) 1/2

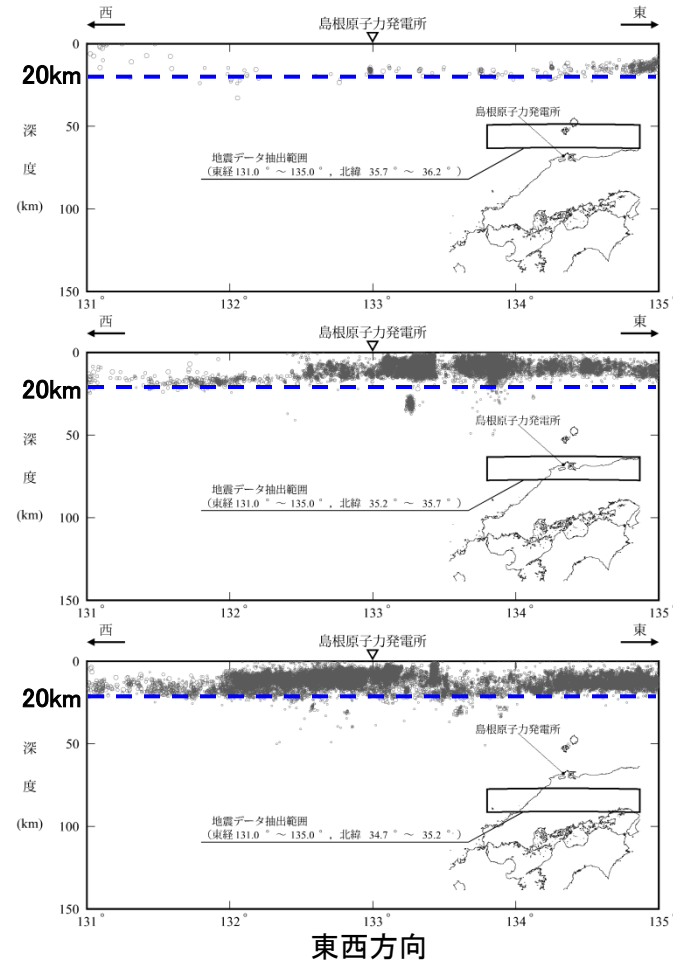
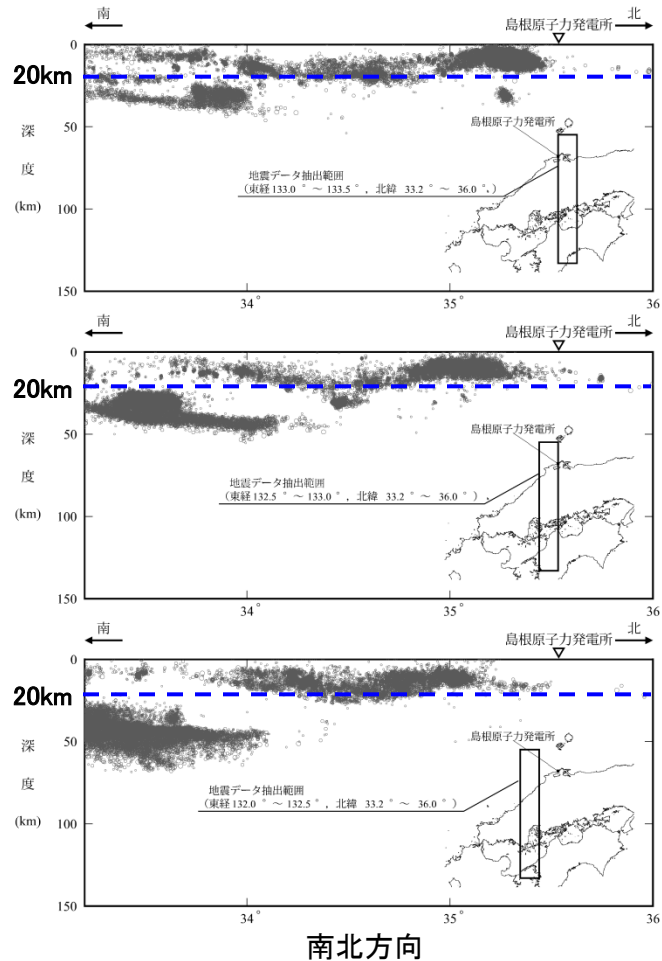
- 敷地周辺におけるM3未満の地震の震央分布によると、敷地から半径50kmの範囲では鳥取県西部地震の震央位置付近で地震の集中がみられ、半径150kmの範囲では山陰海岸に平行して地震の集中がみられる。



敷地周辺における地震(M<3)の震央分布(1997年10月～2019年8月)

敷地周辺における地震活動(M<3) 2/2

- 震源鉛直分布によると、敷地周辺で発生する地震の震源深さは、大部分が20km以浅である。なお、発電所の南東方向の深さ約30kmの位置に地震の集中がみられるが、これらの地震は大見ほか(2004)によると、鳥取県西部地震の震源域で本震後に活動が活発化した深部低周波地震で、これは水等の流体の移動を示唆するもので、通常の地震とは異なるとされている。また、四国付近では敷地を含む山陰地域とは異なり、フィリピン海プレートの潜り込みによると考えられる震源深さが約30~70kmの地震が発生している。

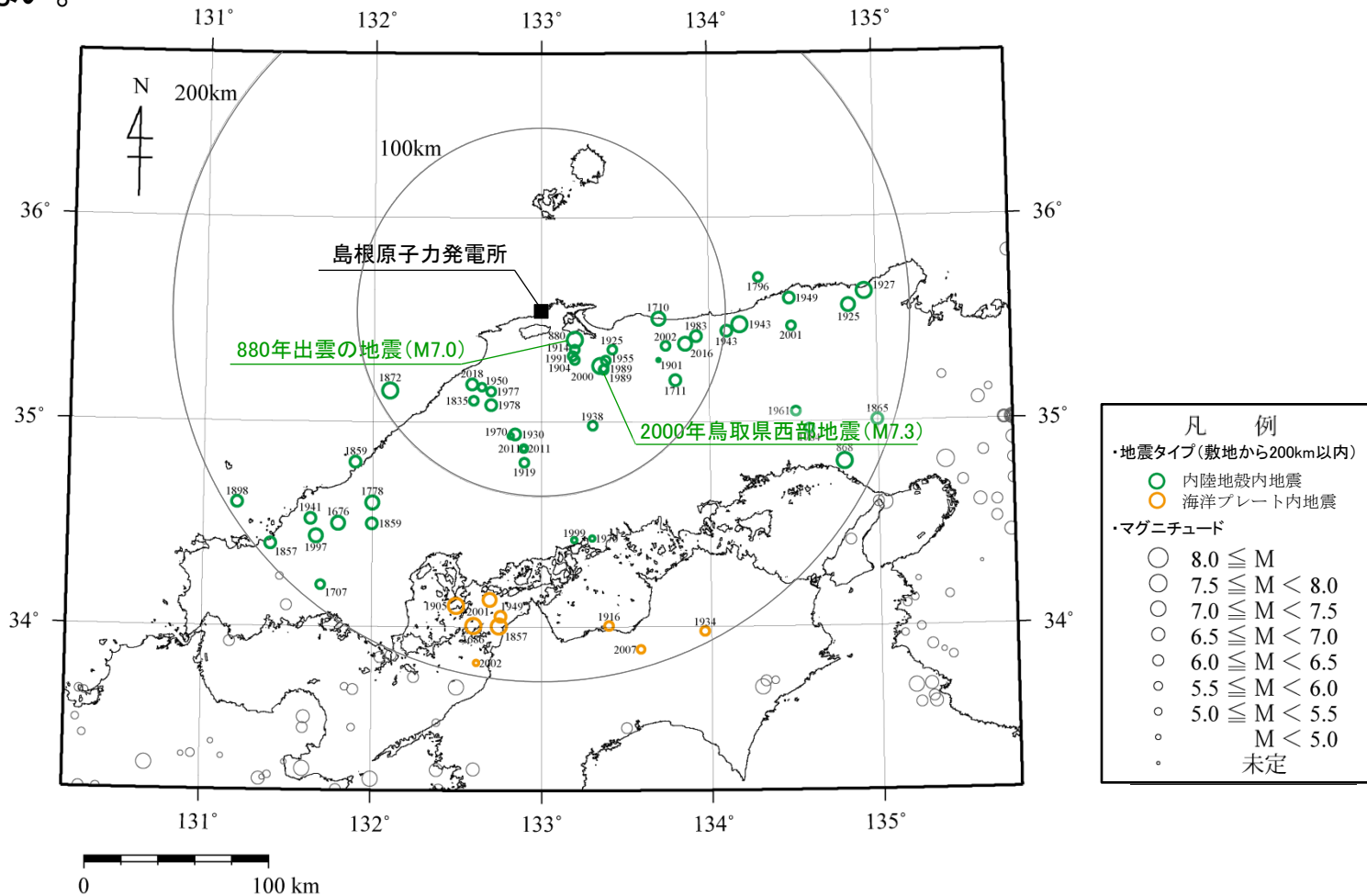


[地震諸元は「気象庁地震カタログ」による。]

敷地周辺における地震(M<3)の震源鉛直分布(1997年10月~2019年8月)

被害地震(内陸地殻内地震, 海洋プレート内地震) 1/3

- 敷地から200km以内の範囲で発生した内陸地殻内地震及び海洋プレート内地震の被害地震を対象として、敷地及び敷地周辺への影響について検討した。
- 上記被害地震の震央分布図を見ると、敷地周辺ではM8クラスの地震は発生しておらず、M7クラスの地震の発生も少ない。

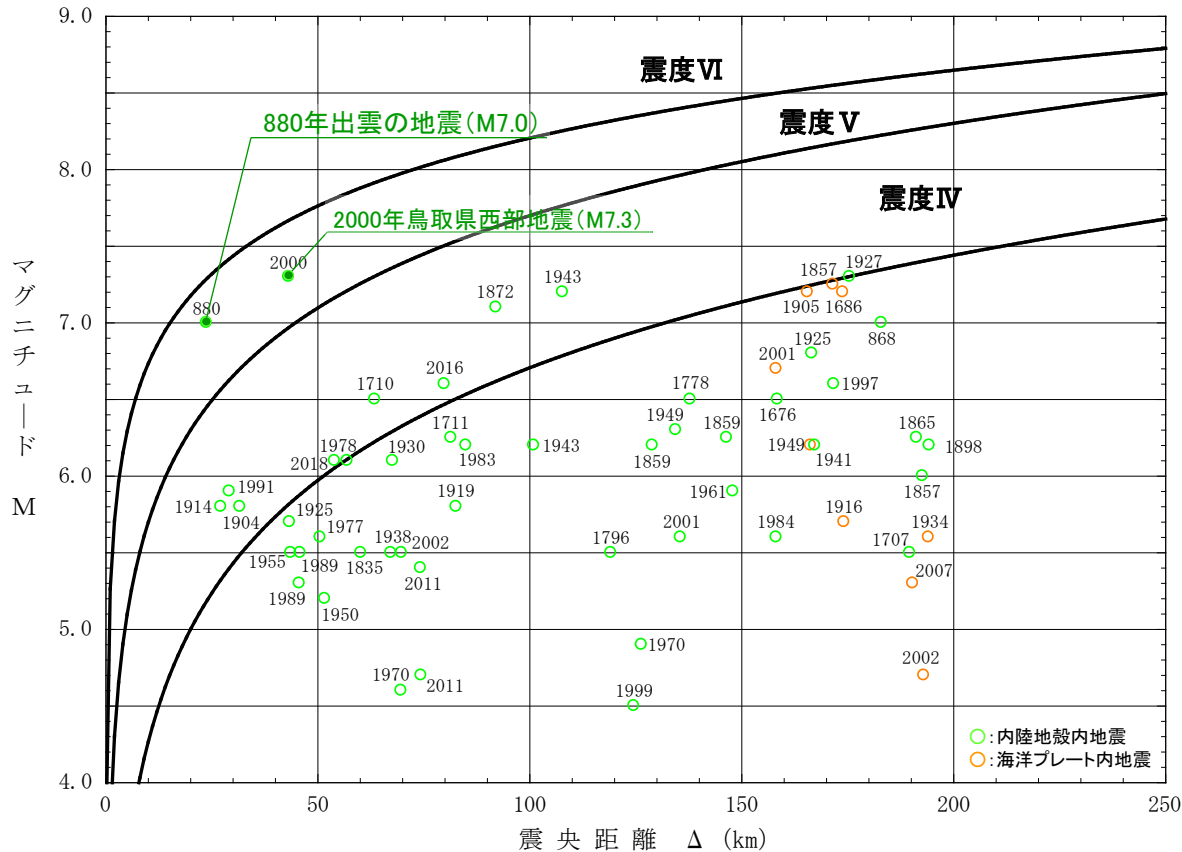


[地震諸元は宇佐美ほか(2013)及び「気象庁地震カタログ」による(補足説明資料3ページ)。]

被害地震の震央分布(内陸地殻内地震, 海洋プレート内地震)(~2019年8月)

被害地震(内陸地殻内地震, 海洋プレート内地震) 3/3

- また、Mと震央距離及び敷地で推定される震度の関係図(以下「M-Δ図」という。)に基づき、前記被害地震の敷地における震度を推定すると、敷地の揺れが震度5弱(震度V)程度以上と推定される地震としては、内陸地殻内地震の880年出雲の地震(M7.0)及び2000年鳥取県西部地震(M7.3)がある。なお、海洋プレート内地震については、敷地から遠方に位置することから、敷地に震度5弱(震度V)程度以上の影響を及ぼすと考えられる地震はない。



地震諸元は宇佐美ほか(2013)及び「気象庁地震カタログ」による(補足説明資料3ページ)。
IV, V, VIは旧気象庁震度階級で、震度の境界線は村松(1969)及び勝又・徳永(1971)による。

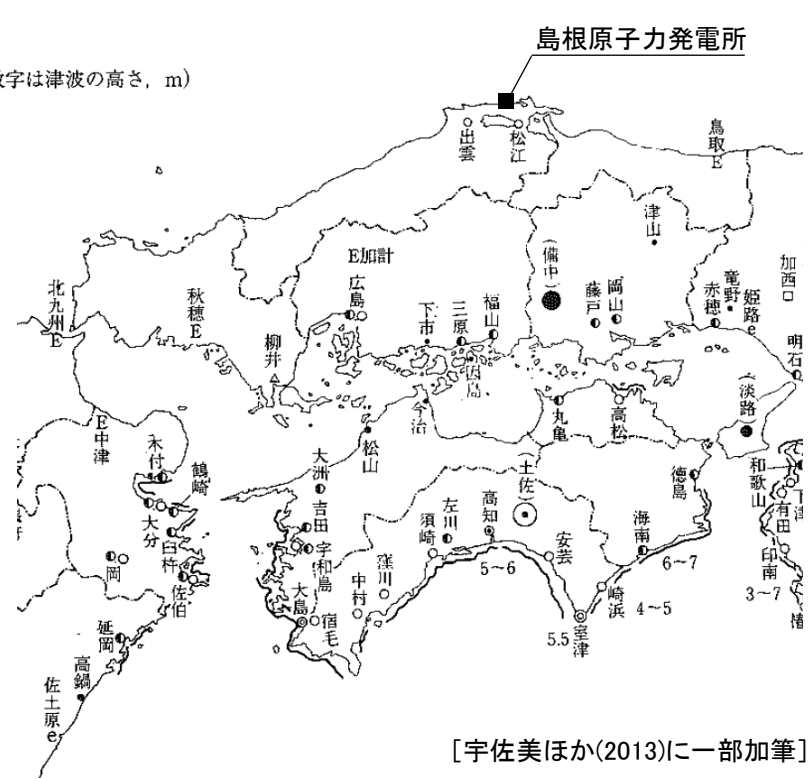
M-Δ図(～2019年8月)

1. 敷地周辺の地震発生状況 1.2 被害地震

被害地震(プレート間地震) 1/2

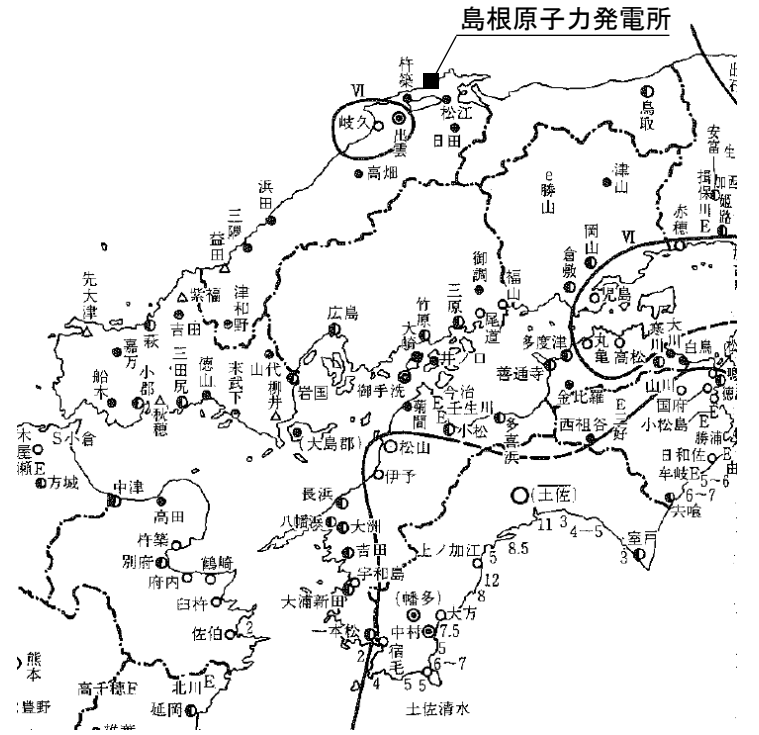
- 次に、南海トラフ沿いで発生したプレート間地震の被害地震を対象として、敷地及び敷地周辺への影響について検討した。
- 宇佐美ほか(2013)の震度分布図に基づき、上記被害地震の敷地周辺における震度を調査すると、敷地周辺の揺れが震度5弱(震度V)程度以上と推定される地震としては、1707年宝永地震(M8.6)及び1854年安政南海地震(M8.4)があるが、地震本部によると「島根県でも沖積層の厚い平野部では、南海トラフ沿いで発生した巨大地震によって、強く長い揺れによる被害を受けることがある。」とされており、地盤条件による特異な震害と考えられる。

S : 強地震
 E : 大地震
 e : 地震
 ~ : 津波 (数字は津波の高さ, m)
 ▽ III~IV
 □ IV
 △ IV~V
 ● V
 ○ V~VI
 ⊙ VI~VII
 ⊗ VII



[宇佐美ほか(2013)に一部加筆]

1707年宝永地震(M8.6)の震度分布図

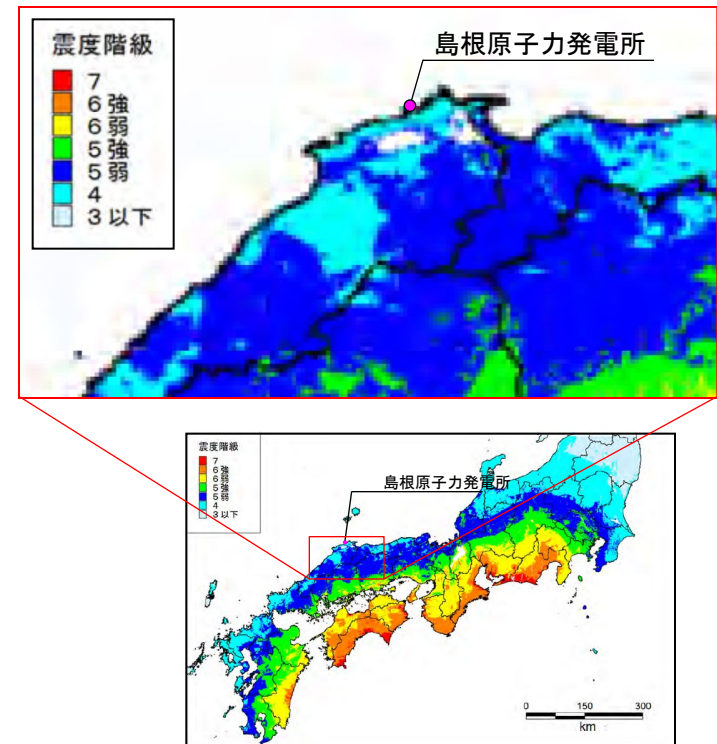
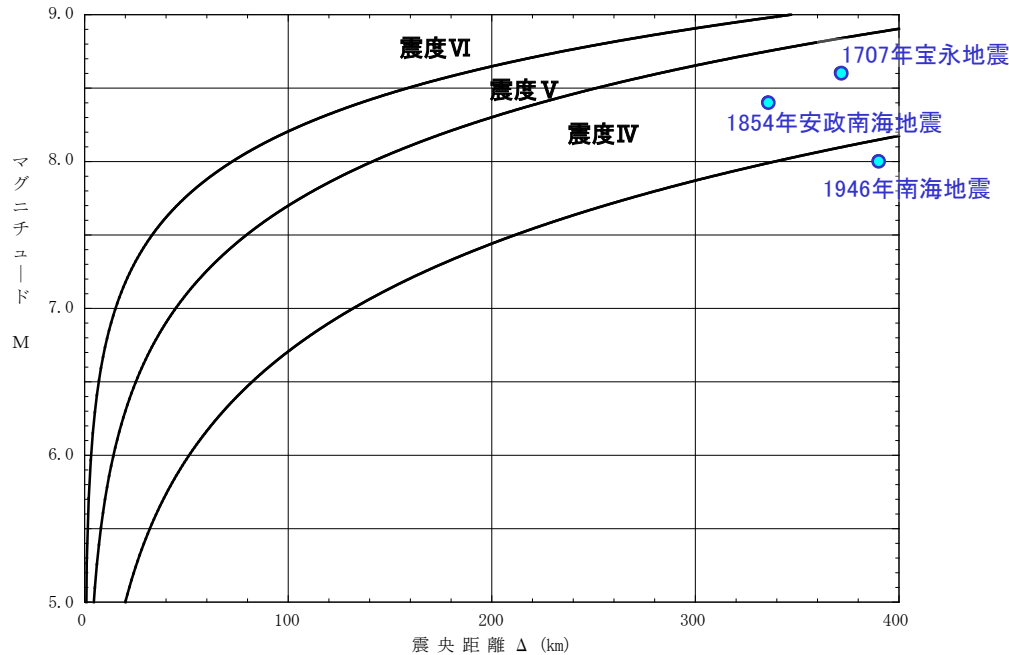


[宇佐美ほか(2013)に一部加筆]

1854年安政南海地震(M8.4)の震度分布図

被害地震(プレート間地震) 2/2

- 敷地周辺に影響を与えたと考えられるプレート間地震の被害地震について、M-Δ図に基づき敷地における震度を推定すると、敷地の揺れが震度5弱(震度V)程度以上と推定される地震はない。
- また、プレート間地震に関する最新の知見である南海トラフの巨大地震に関する内閣府(2012)の検討結果(統計的グリーン関数法及び距離減衰式に基づき震度を評価)によると、発電所が位置する島根半島は概ね震度4とされている。
- 以上より、プレート間地震については、敷地に震度5弱(震度V)程度以上の影響を及ぼすと考えられる地震はない。



地震諸元は宇佐美ほか(2013)及び「気象庁地震カタログ」による。
IV, V, VIは旧気象庁震度階級で、震度の境界線は村松(1969)及び勝又・徳永(1971)による。

[内閣府(2012)に一部加筆]

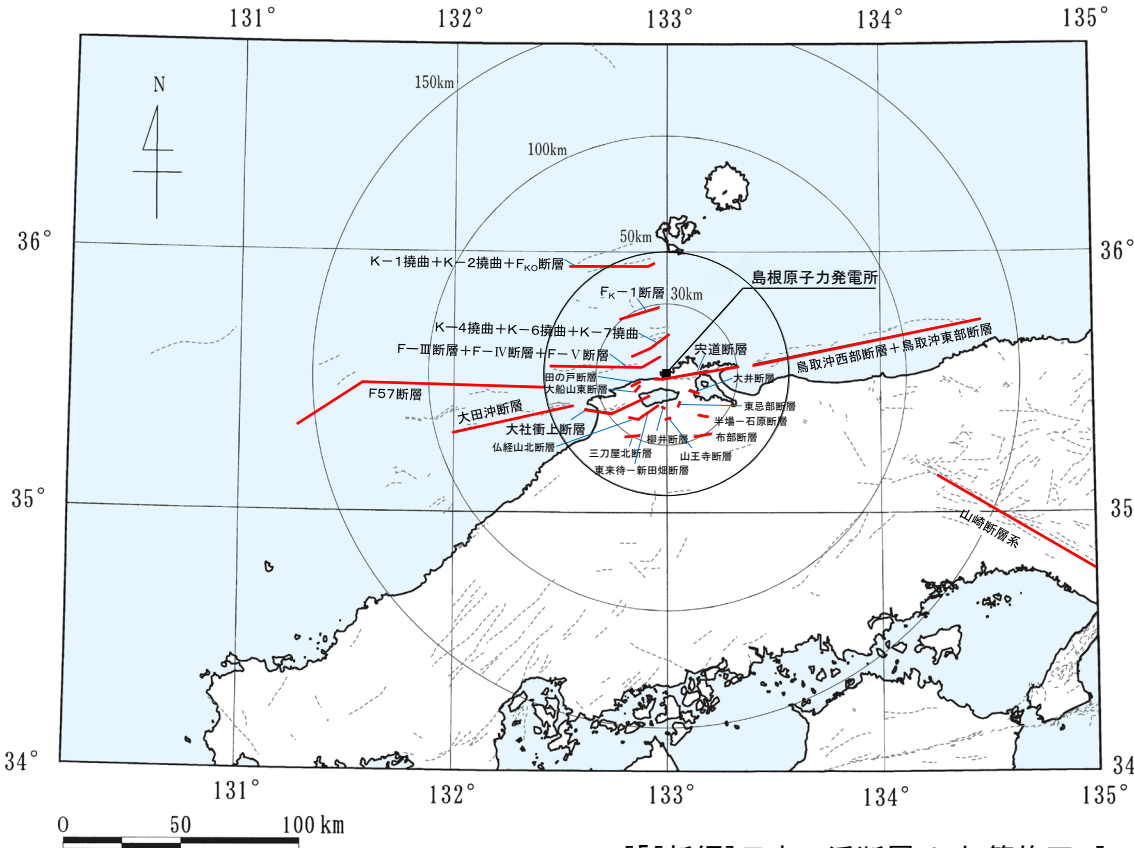
M-Δ図

南海トラフの巨大地震モデル検討会における震度の最大分布

活断層の分布状況

- 敷地周辺の地質・地質構造の調査結果によると、敷地周辺の考慮する活断層のうち、陸域の主な活断層としては、敷地から30km程度の範囲に宍道断層及び大社衝上断層があり、敷地から約150km程度の位置に山崎断層系がある。
- また、海域の主な活断層としては、敷地から30km程度の範囲にF_K-1断層、連動を考慮したF-Ⅲ断層＋F-Ⅳ断層＋F-Ⅴ断層及びK-4撓曲＋K-6撓曲＋K-7撓曲があり、敷地から約50km程度の位置に大田沖断層及びF57断層、連動を考慮した鳥取沖西部断層＋鳥取沖東部断層がある。

敷地周辺の考慮する活断層



[[新編]日本の活断層]に加筆修正。]

断層名	断層長さ(km)	震央距離※(km)
しんじ 宍道断層	39	12.2
たいしゃしょうじょう 大社衝上断層	28	24.6
やまさき 山崎断層系	79	162.1
F-Ⅲ断層＋F-Ⅳ断層＋F-Ⅴ断層	48	25.1
F _K -1断層	19	29.3
K-4撓曲＋K-6撓曲＋K-7撓曲	19	13.8
K-1撓曲＋K-2撓曲＋F _{K0} 断層	36	51.5
とっとりおきせいぶ とっとりおきとうぶ 鳥取沖西部断層＋鳥取沖東部断層	98	85.0
おおたおき 大田沖断層	53	67.6
F57断層	108	103.6
た と 田の戸断層	5	14.0
おおふなやまひがし 大船山東断層	4	13.6
ぶつきょうざんきた 仏経山北断層	5	22.8
ひがしきまち しんたぼた 東来待一新田畑断層	11	17.4
やない 柳井断層	2	13.7
みとやきた 三刀屋北断層	7	29.4
はんば いしほら 半場一石原断層	5	23.3
ふべ 布部断層	8	29.3
ひがしんべ 東忌部断層	3	13.6
きんのうじ 山王寺断層	3	18.1
おおい 大井断層	5	13.7

※ 断層中央までの距離

敷地周辺における活断層の分布

2. 敷地地盤の振動特性及び地下構造モデルの設定

- 2. 1 敷地及び敷地周辺の地質・地質構造の調査
- 2. 2 解放基盤表面の設定
- 2. 3 観測記録及び物理探査に基づく検討
- 2. 4 傾斜構造を考慮した解析による検討
- 2. 5 地下構造モデルの設定
- 2. 6 地震動評価に用いる地下構造モデルの設定

2. 敷地地盤の振動特性及び地下構造モデルの設定

敷地地盤の振動特性及び地下構造モデルの設定の概要

2.1 敷地及び敷地周辺の地質・地質構造の調査

◆ 敷地及び敷地周辺の地質図，ボーリングデータ等を調査

2.3 観測記録及び物理探査に基づく検討

- ◆ 敷地地盤の地震観測記録を用い，到来方向による増幅特性等の傾向を確認
- ◆ 敷地地盤の微動観測記録を用い，空間分布による増幅特性の傾向を確認
- ◆ 原子炉建物基礎上端の地震観測記録を比較
- ◆ 物理探査(大深度ボーリング，PS検層，反射法探査，オフセットVSP探査，微動アレイ探査)により，敷地及び敷地近傍の地下構造を把握

2.4 傾斜構造を考慮した解析による検討

◆ 南北方向の傾斜構造を考慮した2次元地下構造モデルを用い，その影響を解析的に検討

2.5 地下構造モデルの設定

◆ 水平成層構造を仮定して敷地の地下構造モデルを設定

2.6 地震動評価に用いる地下構造モデルの設定

◆ 設定した2号及び3号地下構造モデルに基づき，敷地の地震動評価に用いる地下構造モデルを設定

2.2 解放基盤表面の設定

◆ 解放基盤表面は $V_s=700\text{m/s}$ 以上の硬質岩盤が水平に拡がりを持つ位置に設定

- 【検討結果】 -

- 敷地及び敷地周辺の東西方向の地下構造は水平成層構造であり，南北方向の地下構造は北に傾斜している
- 敷地内の各観測点の地盤増幅特性に違いはなく，敷地の地下構造に特異な構造はみられない

➢ 南北方向の傾斜構造が敷地の地震動評価に与える影響はほとんどないことから，南北方向の地下構造は水平成層構造とみなすことができる

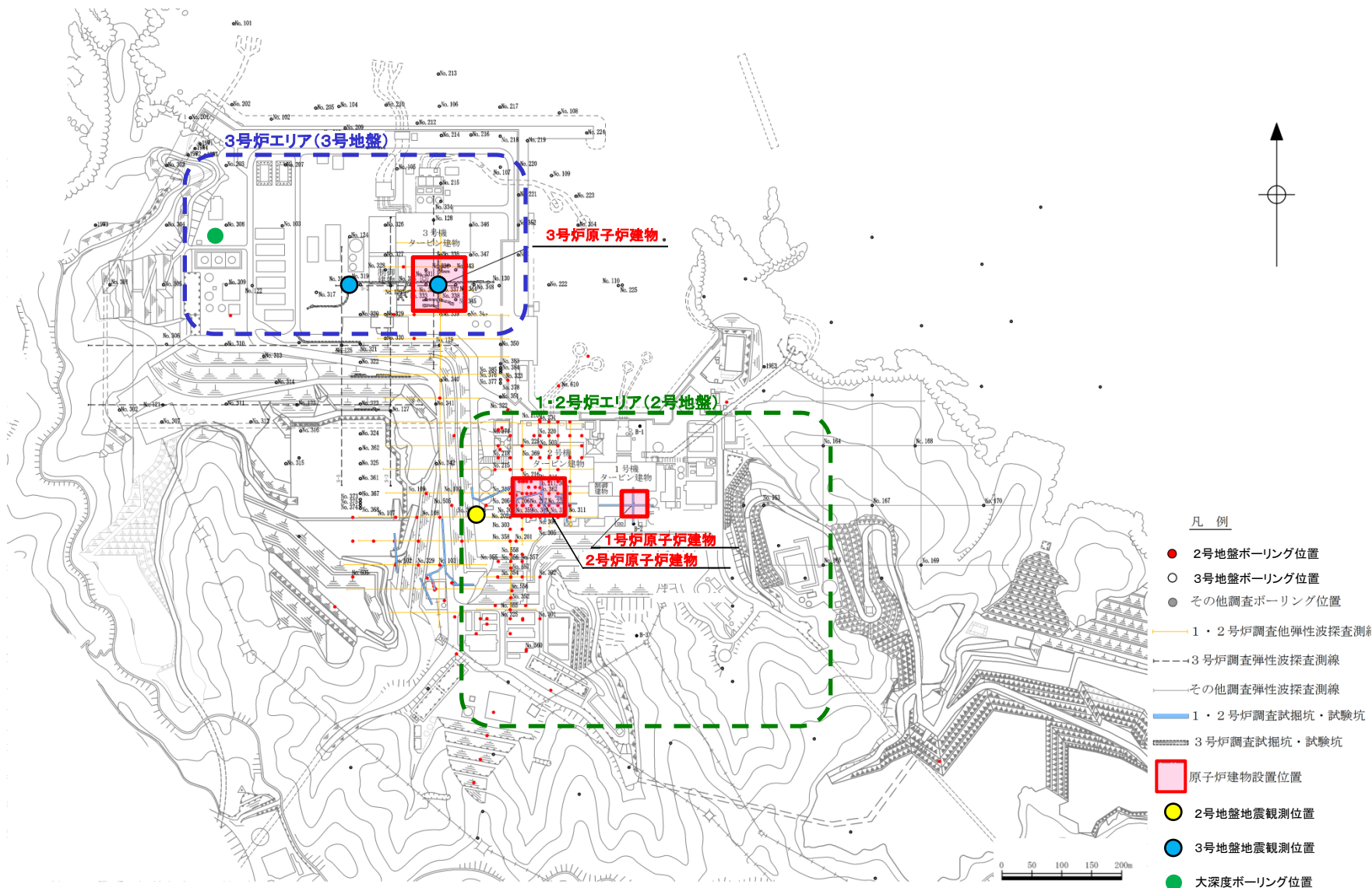
➢ 敷地地盤の物理探査結果及び地震観測記録等に基づき，2号及び3号の1次元地下構造モデルを設定

➢ 敷地の地震動を安全側に評価できるように，地盤増幅特性が若干大きい3号地下構造モデルの速度値等の物性値を用い，減衰定数は地震観測記録に基づく減衰定数の同定結果及び大深度ボーリング孔におけるQ値測定結果を考慮して安全側に設定

(2) 敷地地盤の地質・地質構造(敷地地盤の位置関係)

第204回審査会合資料1 P12 加筆・修正

■ 敷地は1・2号炉が位置するエリアと3号炉が位置するエリアに分かれ、それぞれでボーリング調査及び地震観測を行っており、前者を「2号地盤」、後者を「3号地盤」とする。



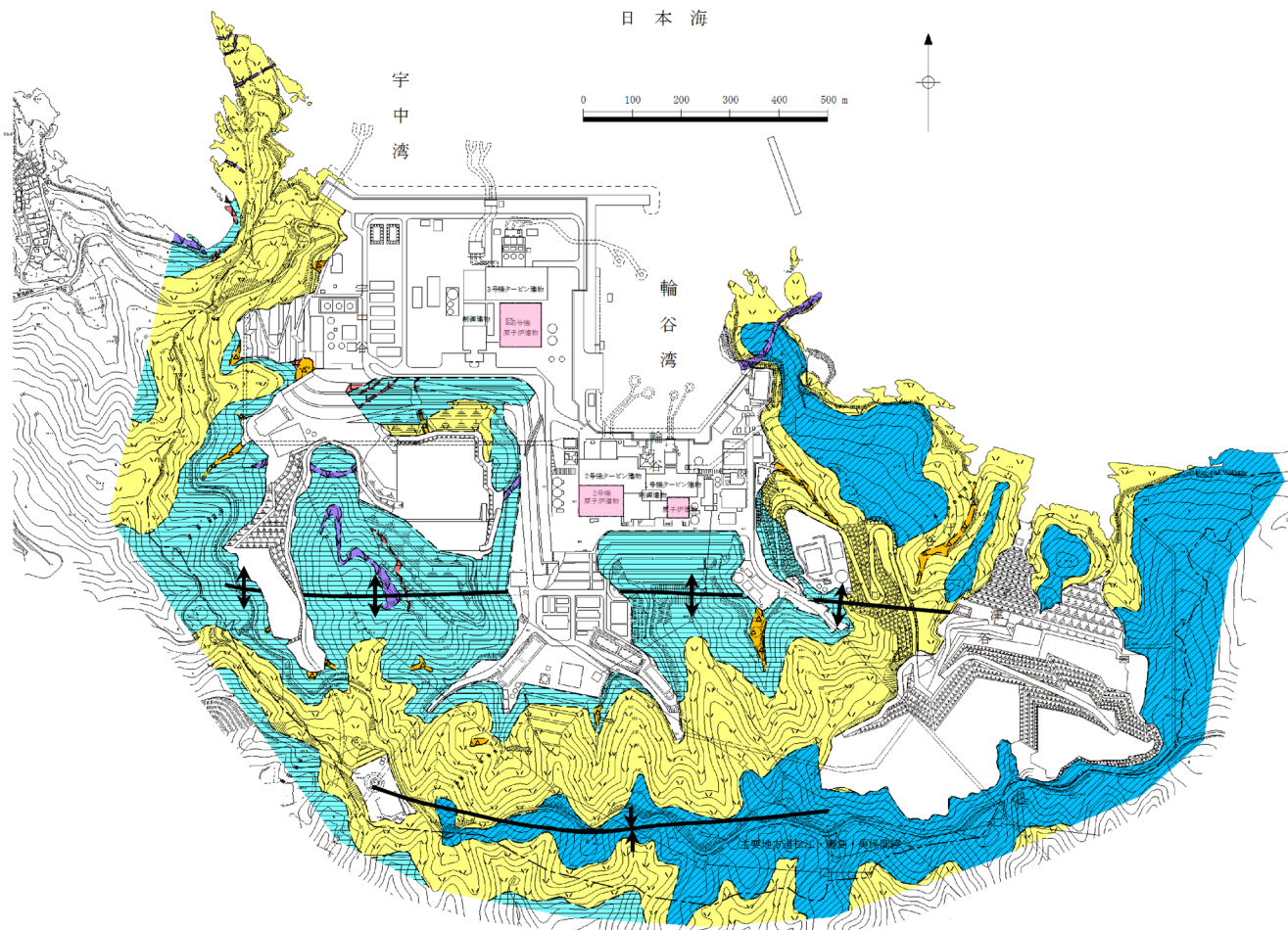
凡例

- 2号地盤ボーリング位置
- 3号地盤ボーリング位置
- その他調査ボーリング位置
- 1・2号炉調査他弾性波探査測線
- - - 3号炉調査弾性波探査測線
- その他調査弾性波探査測線
- 1・2号炉調査試験坑・試験坑
- 3号炉調査試験坑・試験坑
- 原子炉建物設置位置
- 2号地盤地震観測位置
- 3号地盤地震観測位置
- 大深度ボーリング位置

(2) 敷地地盤の地質・地質構造(地質調査)

第204回審査会合資料1 P13 加筆・修正

- 敷地地盤の地質は、新第三紀中新世の堆積岩類から成る成相寺層と貫入岩類及びそれらを覆う第四紀の崖錐堆積物等から構成される。
- 敷地の南部には、ほぼ東西方向の軸を持つ背斜構造が認められ、敷地地盤を構成する成相寺層は、北に約 10° ~ 30° で傾斜している。



凡 例

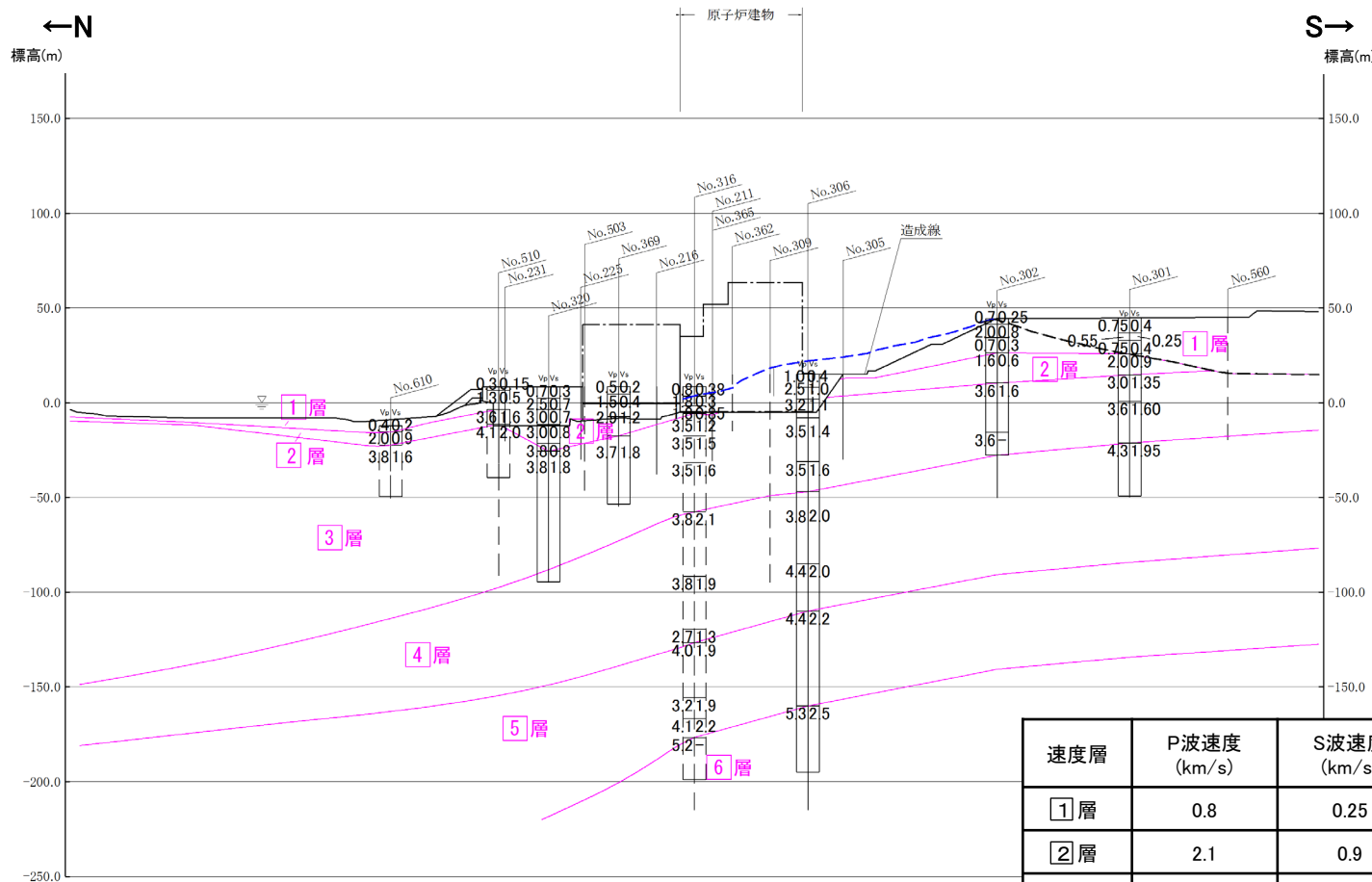
地質時代	地層名	主要構成地質		
第四紀	被覆層	盛土	礫混り砂質土・礫混り粘性土	
	崖錐堆積物	礫混り砂質土・礫混り粘性土	▲ ▲ ▲	
新第三紀	貫入岩類	安山岩	V V V	
		ドレライト	L L L	
	成相寺層	上部頁岩部層	黒色頁岩	■ ■ ■
	下部頁岩部層	凝灰岩・凝灰角礫岩	V V V	
		下部頁岩部層	黒色頁岩・凝灰質頁岩	■ ■ ■

- 地質境界線
- 敷地境界線
- ↑ ↓ 背斜軸
- ↓ ↑ 向斜軸
- 原子炉建物設置位置

(2) 敷地地盤の地質・地質構造(2号地盤の速度層断面図:南北断面)

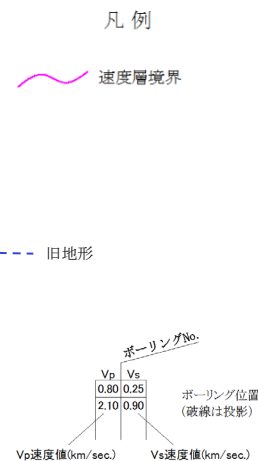
第204回審査会合資料1 P17 加筆・修正

■ 2号地盤の南北断面における速度層区分より, 2号地盤の南北方向の地下構造は北に傾斜している※。(ガスタービン発電機建物が位置する地盤の速度構造を補足説明資料5ページに示す)

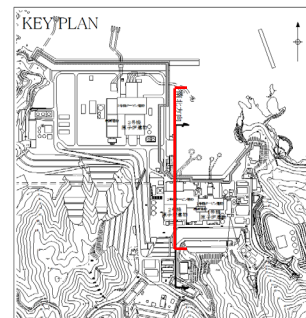


PS検層実施時の地形が確認できるように旧地形を表示 (造成線は設置許可申請時(2013. 12)の形状)

※ 後述の傾斜構造を考慮した解析による検討により, 傾斜構造が敷地の地震動評価に与える影響はほとんどないことを確認している。(62~80ページ参照)



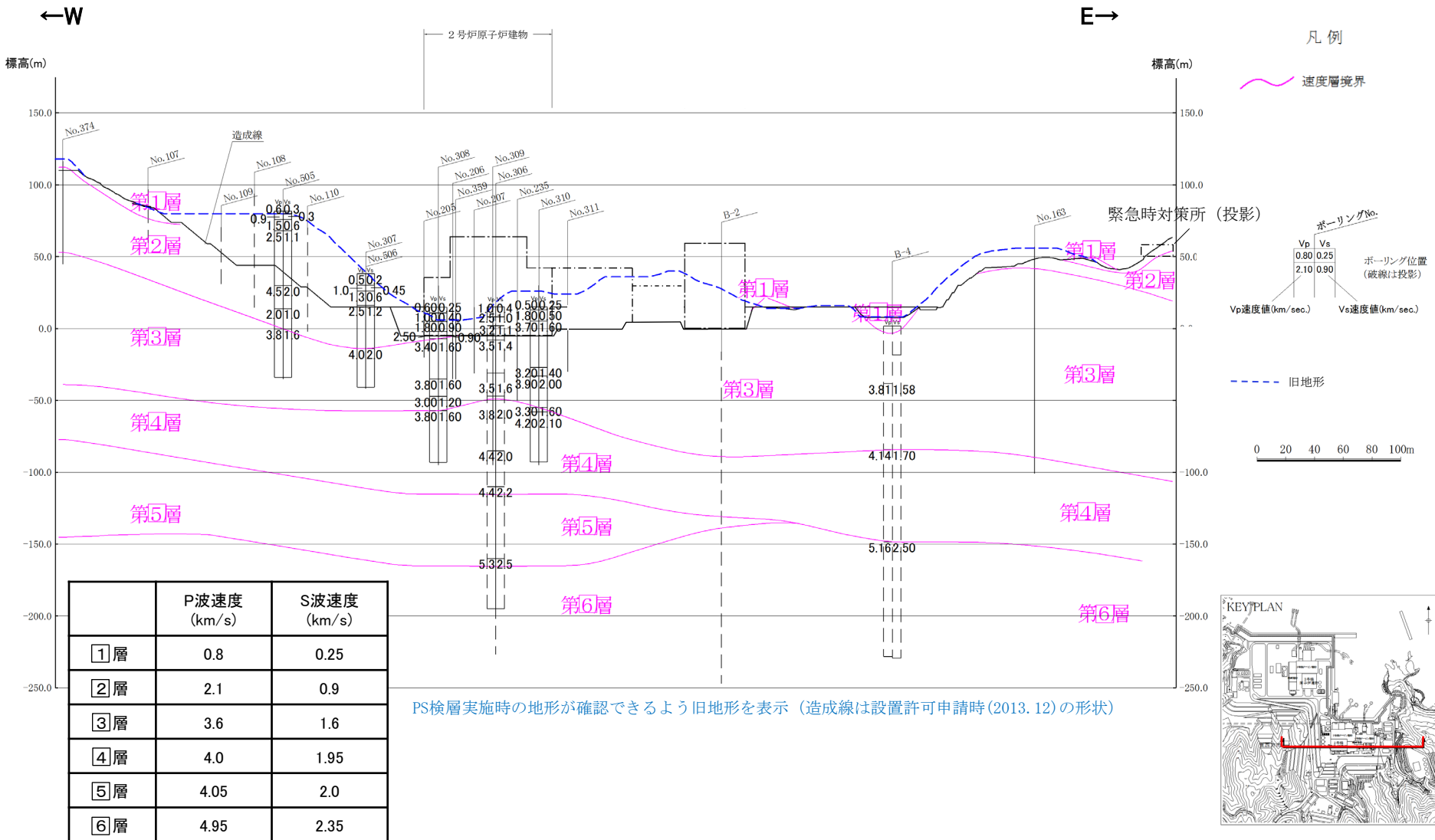
0 20 40 60 80 100m



(2) 敷地地盤の地質・地質構造(2号地盤の速度層断面図:東西断面)

第204回審査会合資料1 P18 加筆・修正

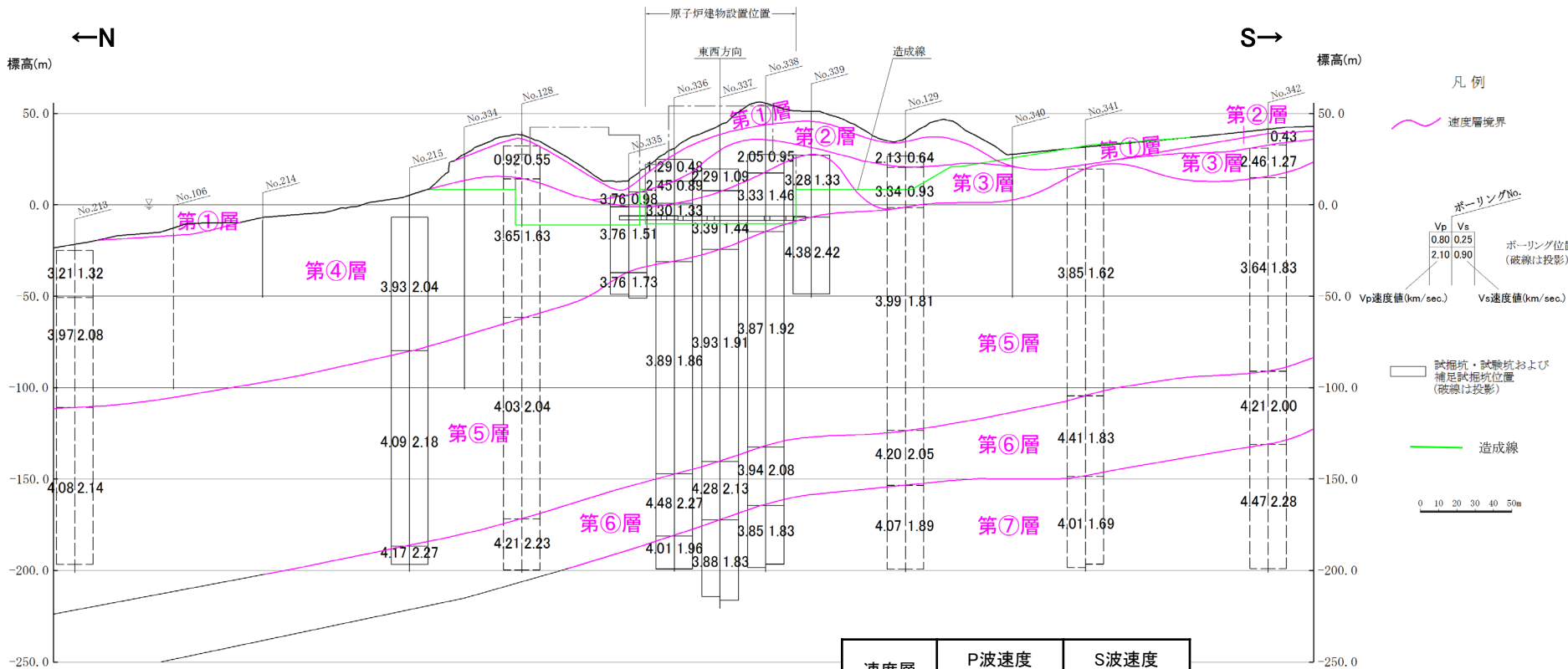
■ 2号地盤の東西断面における速度層区分より, 2号地盤の東西方向の地下構造は, ほぼ水平成層である。(緊急時対策所が位置する地盤を含む)



(2) 敷地地盤の地質・地質構造(3号地盤の速度層断面図:南北断面)

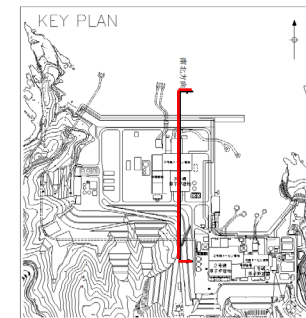
第204回審査会合資料1 P19 加筆・修正

■ 3号地盤の南北断面における速度層区分より、3号地盤の南北方向の地下構造は北に緩やかに傾斜している※。



PS検層実施時の地形が確認できる旧地形を表示 (造成線は設置許可申請時(2013.12)の形状)

速度層	P波速度 (km/s)	S波速度 (km/s)
①層	0.52	0.27
②層	1.71	0.62
③層	2.27	0.96
④層	3.24	1.52
⑤層	3.86	1.90
⑥層	4.15	2.10
⑦層	3.80	1.77

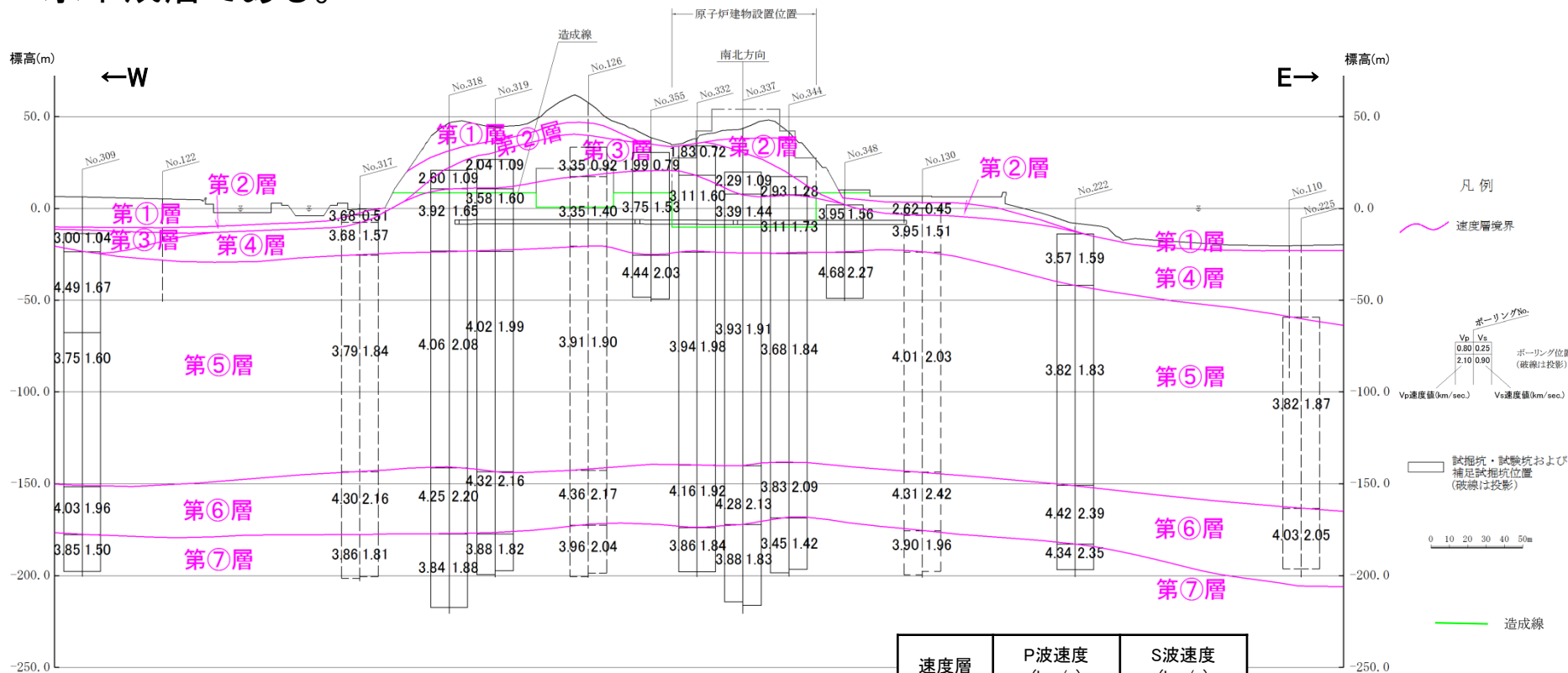


※ 後述の傾斜構造を考慮した解析による検討により、傾斜構造が敷地の地震動評価に与える影響はほとんどないことを確認している。(62~80ページ参照)

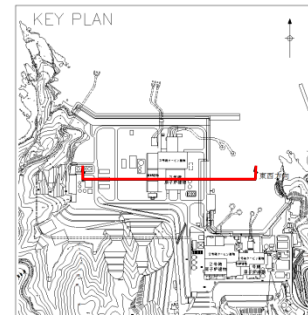
(2) 敷地地盤の地質・地質構造(3号地盤の速度層断面図:東西断面)

第204回審査会合資料1 P20加筆・修正

■ 3号地盤の東西断面における速度層区分より、3号地盤の東西方向の地下構造はほぼ水平成層である。



PS検層実施時の地形が確認できるように旧地形を表示 (造成線は設置許可申請時(2013.12)の形状)



地質・地質構造の調査のまとめ

- 敷地周辺の地質調査結果より、敷地付近には第三紀中新世の成相寺層が分布し、北（日本海側）に傾斜している。
 - 文献調査等の結果より、敷地付近の成相寺層は、標高約-900m以深まで分布するものと推定される。
 - 敷地内の地質調査結果より、敷地の南部には、ほぼ東西方向の軸を持つ背斜構造が認められ、敷地地盤を構成する成相寺層は北に傾斜している。
 - 2号及び3号地盤の速度層区分より、敷地の東西方向の地下構造はほぼ水平成層であり、南北方向の地下構造は北に緩やかに傾斜しているが、敷地全体では大局的に見てほぼ水平な構造とみなすことができる。
- 以上の検討結果から、敷地の地下構造としては、硬質な成相寺層が敷地の地下深部まで十分な拡がりをもって分布しており、東西方向はほぼ水平成層であり、南北方向は北に緩やかに傾斜しているが、大局的に見てほぼ水平な構造とみなすことができる。

解放基盤表面

「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」における「解放基盤表面」の定義

「解放基盤表面」とは、基準地震動を策定するために基盤面上の表層や構造物が無いものとして仮想的に設定する自由表面であって、著しい高低差がなく、ほぼ水平で相当な拡がりを持って想定される基盤の表面^③をいう。ここでいう「基盤」とは、概ねせん断波速度 $V_s=700\text{m/s}$ 以上^①の硬質地盤であって、著しい風化を受けていない^②ものをいう。

①せん断波速度 $V_s=700\text{m/s}$ 以上

- ・炉心周辺ボーリングのPS検層結果等に基づき設定した速度層断面(34ページ)によると、敷地地盤の標高-10m以深は、 $V_s=700\text{m/s}$ 以上となることが確認できる。
- ・原子炉建物基礎地盤における弾性波速度は $V_s=1.5\sim 1.6\text{km/s}$ 程度であり、堅硬な岩盤が平面的に拡がりを持って分布している。(補足説明資料14～15ページ)

②著しい風化を受けていない

- ・敷地地盤の標高-10m以深は、ボーリングコア等から著しい風化を受けていないことを確認している。

③著しい高低差がなく、ほぼ水平で相当な拡がりを持って想定される基盤の表面

- ・速度層区分によると、敷地全体では大局的に見てほぼ水平な構造とみなすことができる。

解放基盤表面の設定

解放基盤表面は、敷地地盤において $V_s=700\text{m/s}$ 以上の著しい風化を受けていない硬質岩盤が、著しい高低差がなく、ほぼ水平で相当な拡がりを持つ標高-10mの位置に設定した。

解放基盤表面

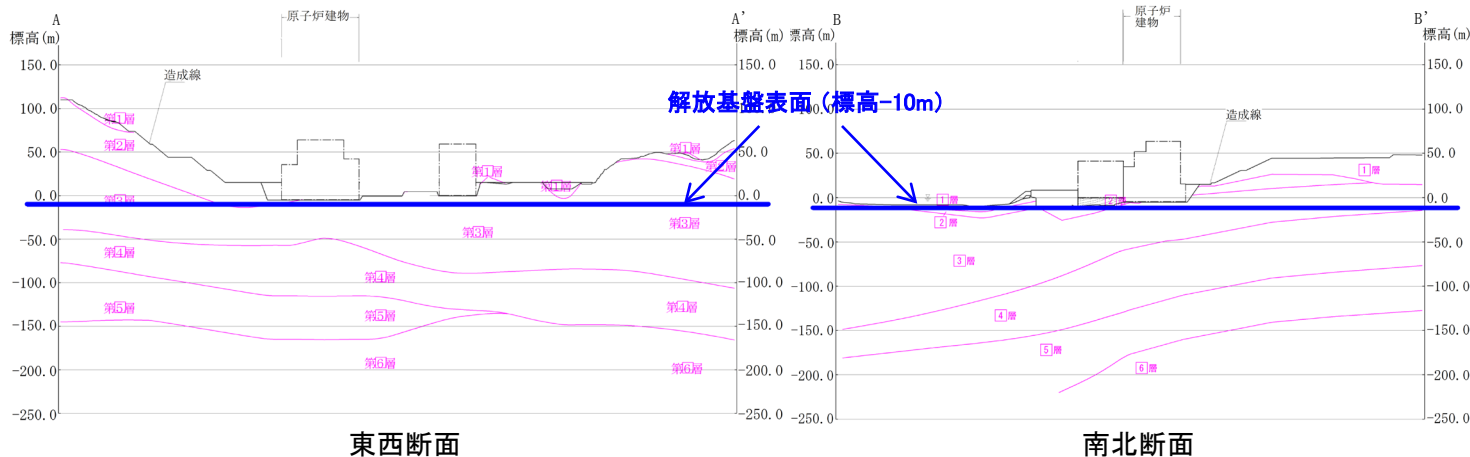
■ 解放基盤表面は、標高-10mの位置に設定した。

P波速度及びS波速度(2号周辺地盤)

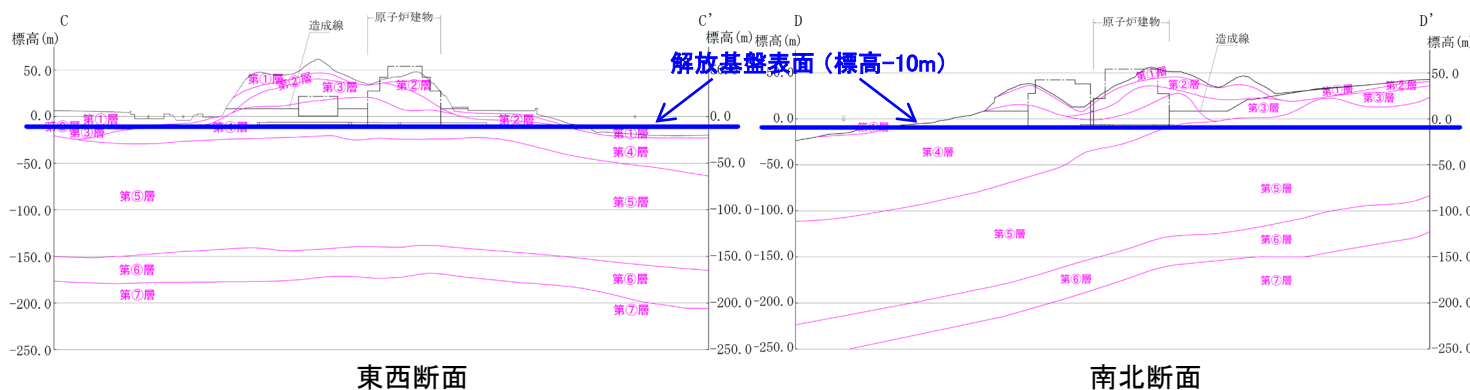
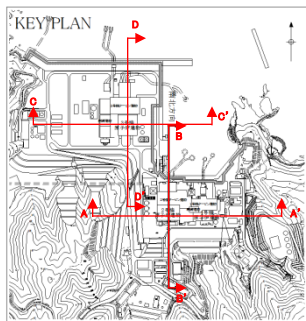
速度層	P波速度(m/s)	S波速度(m/s)
①層	800	250
②層	2100	900
③層	3600	1600
④層	4000	1950
⑤層	4050	2000
⑥層	4950	2350

P波速度及びS波速度(3号周辺地盤)

速度層	P波速度(m/s)	S波速度(m/s)
①層	520	270
②層	1710	620
③層	2270	960
④層	3240	1520
⑤層	3860	1900
⑥層	4150	2100
⑦層	3800	1770



速度層断面図(2号地盤)



速度層断面図(3号地盤)

※ 造成線は設置許可申請時(2013. 12)の形状

観測記録及び物理探査に基づく検討内容

(1) 敷地地盤の地震観測記録による検討

敷地の地盤系の地震観測点としては、2号及び3号観測点の2地点があるため、各観測点の地震観測記録を用い、**岩盤内の深度別応答スペクトル及び解放基盤表面におけるはぎとり波による増幅特性の傾向を確認する。**また、**地震波の到来方向による増幅特性の傾向を確認する。**

(2) 敷地地盤の微動観測記録による検討

敷地地盤の微動観測記録を用い、敷地内の空間分布による増幅特性の傾向を確認する。

(3) 原子炉建物基礎上端の地震観測記録による検討

各号炉の原子炉建物基礎上端の地震観測記録を用い、それぞれの建物の応答を比較する。なお、1～3号炉原子炉建物のうち、1号炉と2号炉原子炉建物は隣接しているため2号炉原子炉建物で代表させ、検討においては2号炉と3号炉原子炉建物基礎上端の地震観測記録を用いる。

(4) 反射法探査及びオフセットVSP探査による検討

敷地内において反射法探査及びオフセットVSP探査を実施し、敷地地盤の地下構造の反射面や速度構造を把握する。

(5) 微動アレイ探査による検討

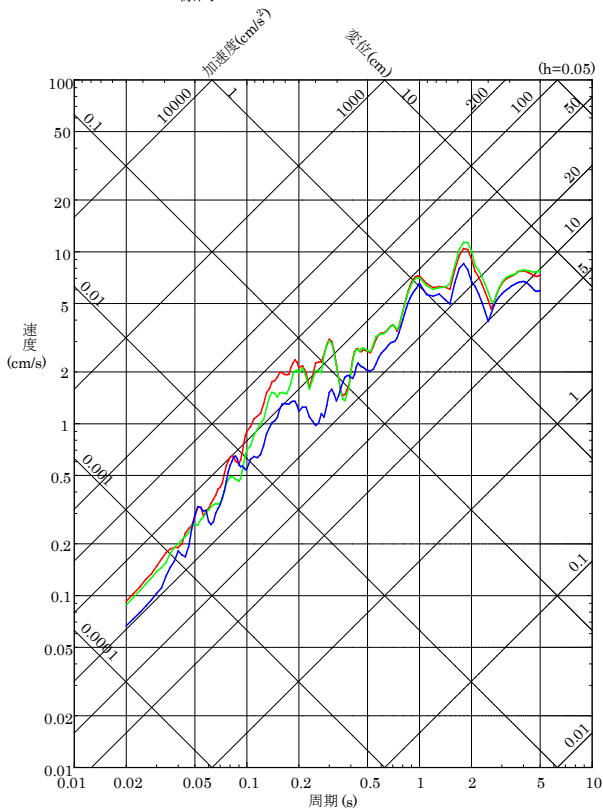
敷地及び敷地**近傍**において微動アレイ探査を実施し、敷地及び敷地**近傍**地盤の速度構造を把握する。

(1) 敷地地盤の地震観測記録による検討(敷地地盤で観測された主な地震No.1:2号)

- 2号観測点のA地点で観測された2000年鳥取県西部地震の地震観測記録によると岩盤内で応答スペクトルの顕著な増幅はみられない。

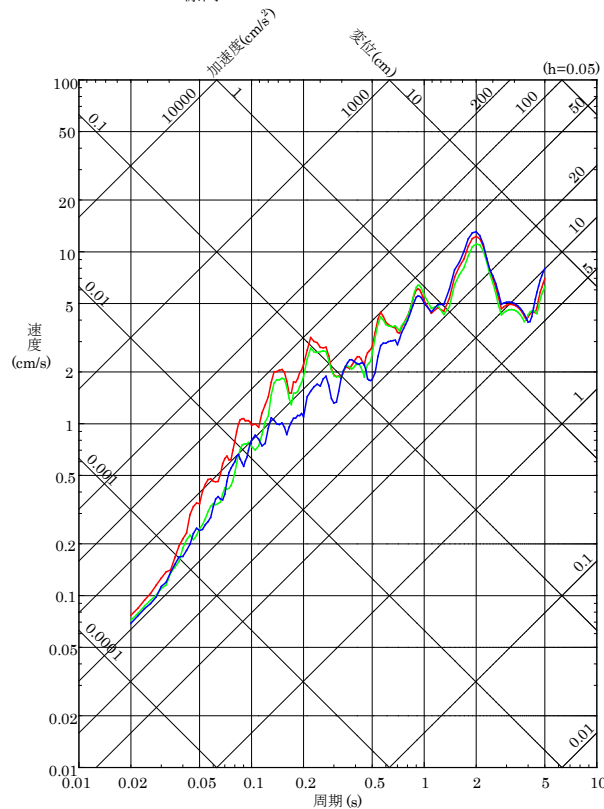
〔NS成分〕

— 標高 + 10m
— 標高 - 5m
— 標高 - 135m



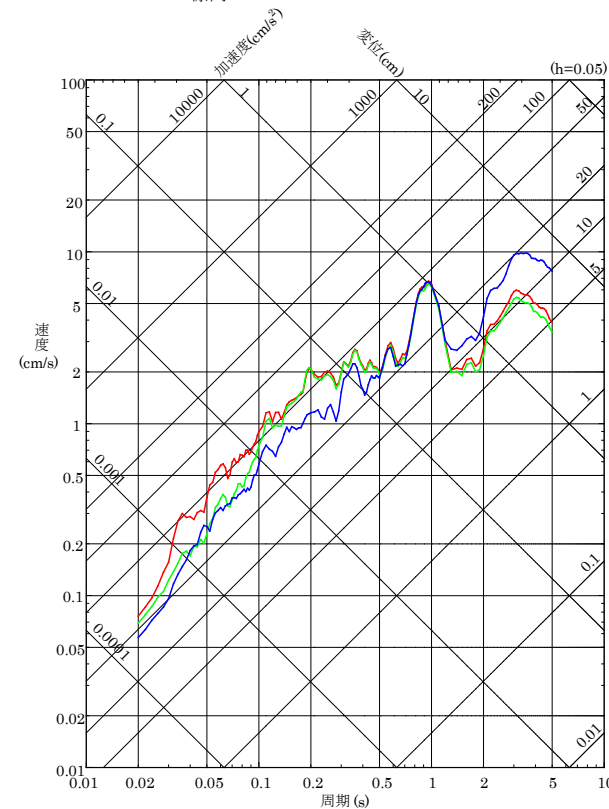
〔EW成分〕

— 標高 + 10m
— 標高 - 5m
— 標高 - 135m



〔UD成分〕

— 標高 + 10m
— 標高 - 5m
— 標高 - 135m



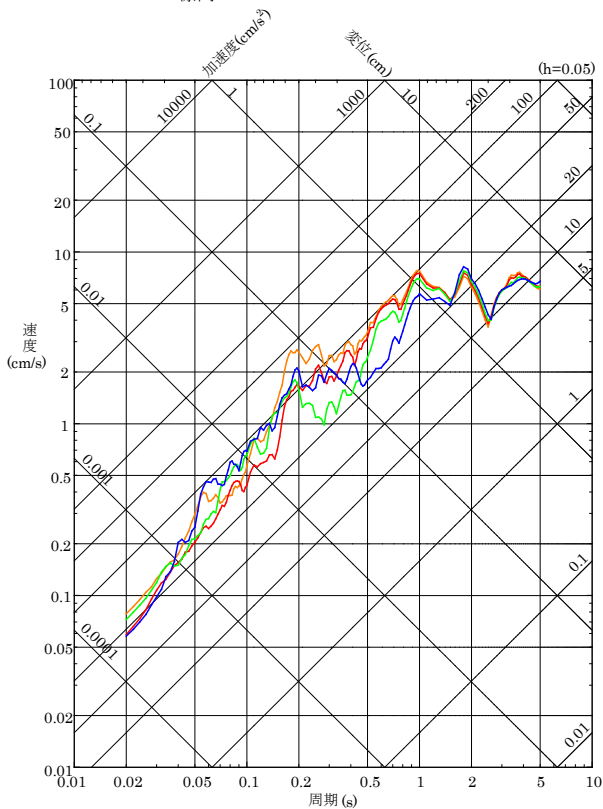
深度別応答スペクトル(2000年鳥取県西部地震(M7.3), 観測点:A地点)

(1) 敷地地盤の地震観測記録による検討(敷地地盤で観測された主な地震No.1 : 3号)

- 3号観測点のB地点で観測された2000年鳥取県西部地震の地震観測記録によると岩盤内で応答スペクトルの顕著な増幅はみられない。

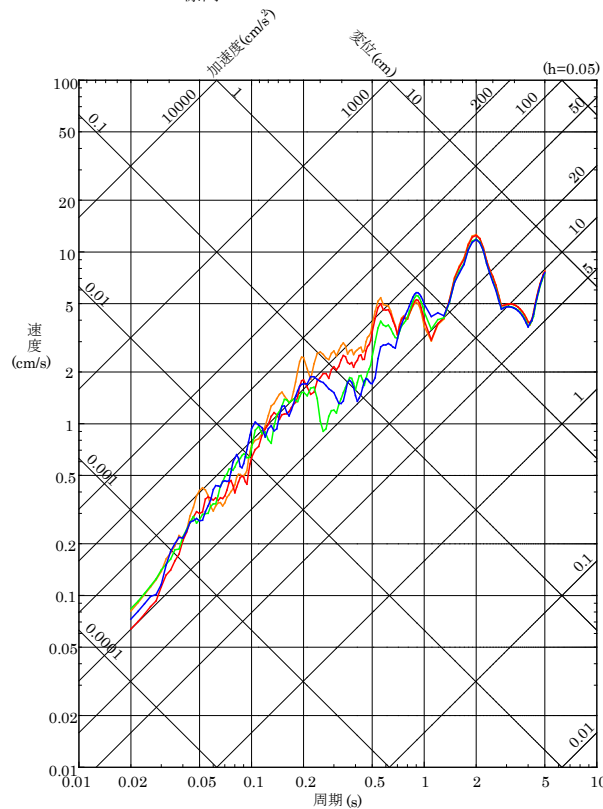
〔NS成分〕

— 標高 + 8m
— 標高 - 13m
— 標高 - 100m
— 標高 - 221m



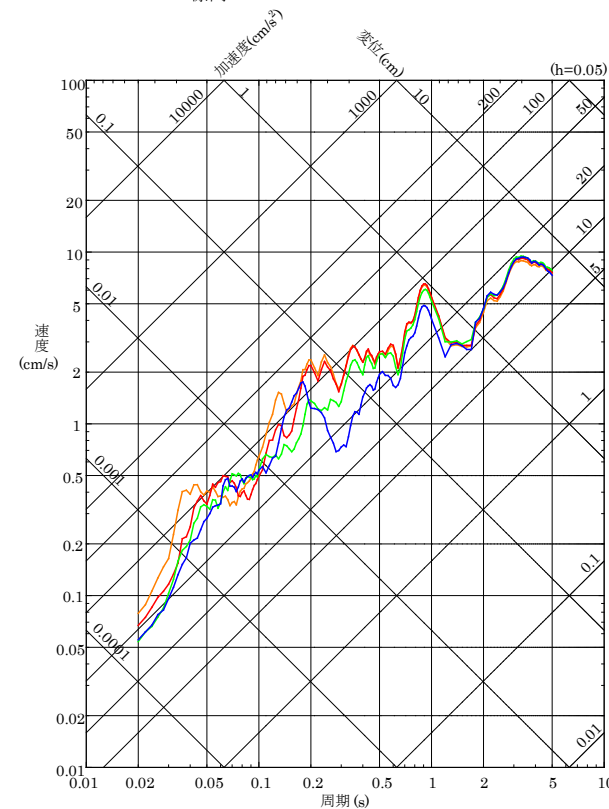
〔EW成分〕

— 標高 + 8m
— 標高 - 13m
— 標高 - 100m
— 標高 - 221m



〔UD成分〕

— 標高 + 8m
— 標高 - 13m
— 標高 - 100m
— 標高 - 221m



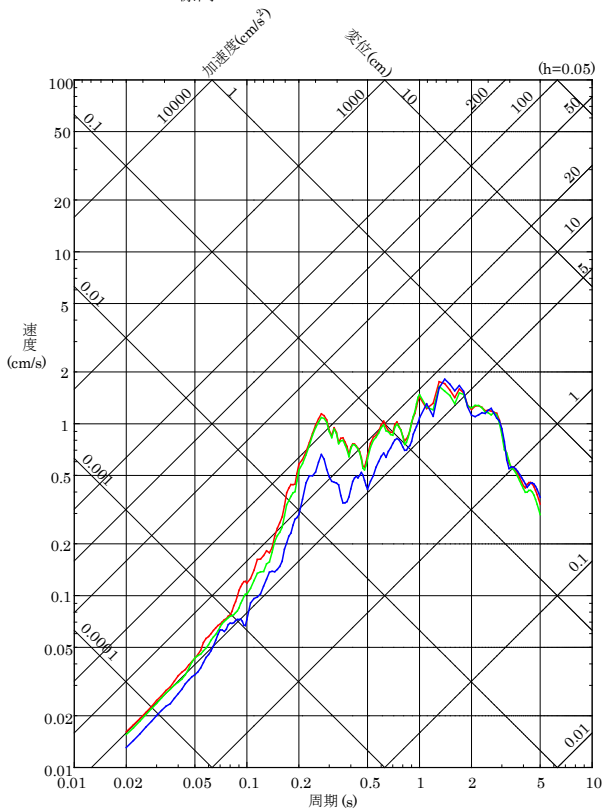
深度別応答スペクトル(2000年鳥取県西部地震(M7.3), 観測点:B地点)

(1) 敷地地盤の地震観測記録による検討(敷地地盤で観測された主な地震No.2:2号)

- 2号観測点のA地点で観測された2001年芸予地震の地震観測記録によると岩盤内で応答スペクトルの顕著な増幅はみられない。

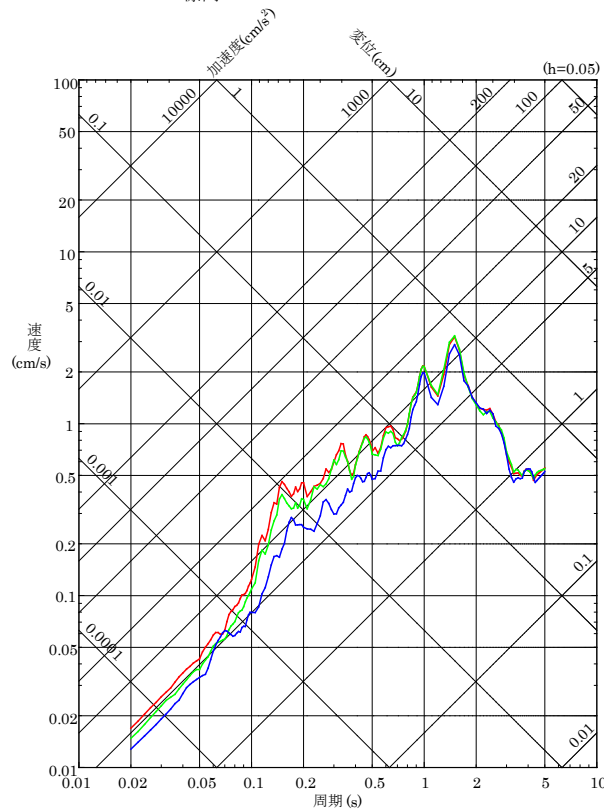
〔NS成分〕

— 標高 + 10m
— 標高 - 5m
— 標高 - 135m



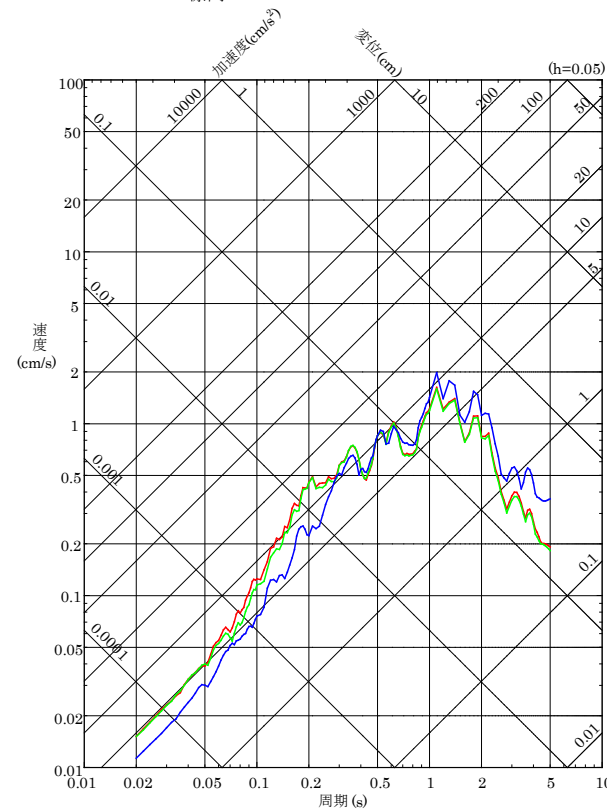
〔EW成分〕

— 標高 + 10m
— 標高 - 5m
— 標高 - 135m



〔UD成分〕

— 標高 + 10m
— 標高 - 5m
— 標高 - 135m



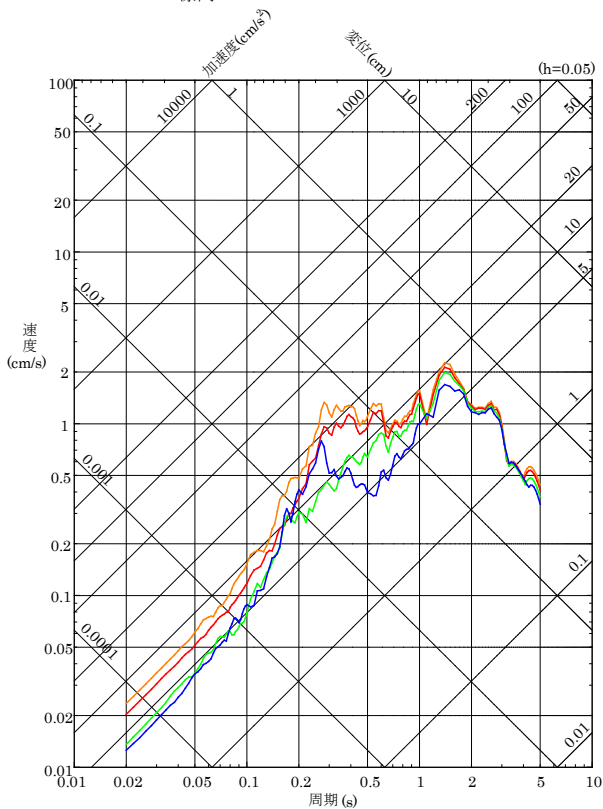
深度別応答スペクトル(2001年芸予地震(M6.7), 観測点:A地点)

(1) 敷地地盤の地震観測記録による検討(敷地地盤で観測された主な地震No.2:3号)

- 3号観測点のB地点で観測された2001年芸予地震の地震観測記録によると岩盤内で応答スペクトルの顕著な増幅はみられない。

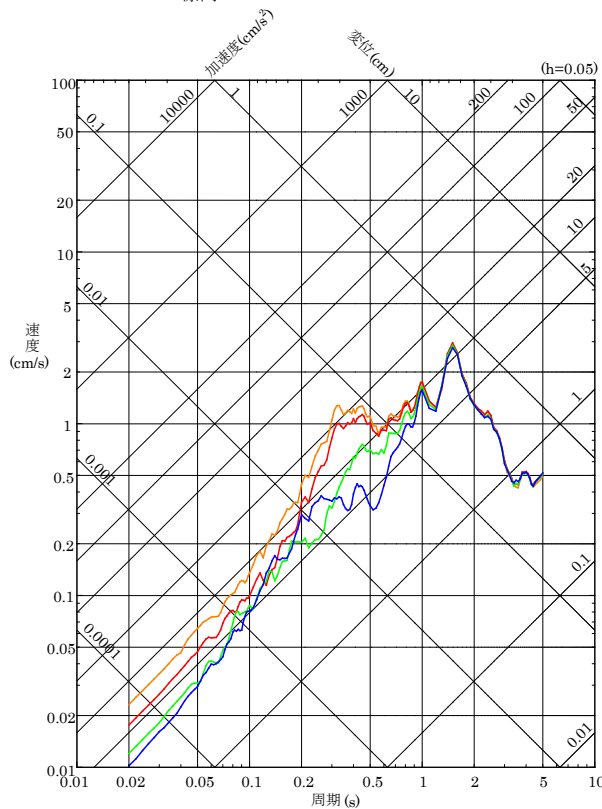
〔NS成分〕

— 標高 + 8m
— 標高 - 13m
— 標高 - 100m
— 標高 - 221m



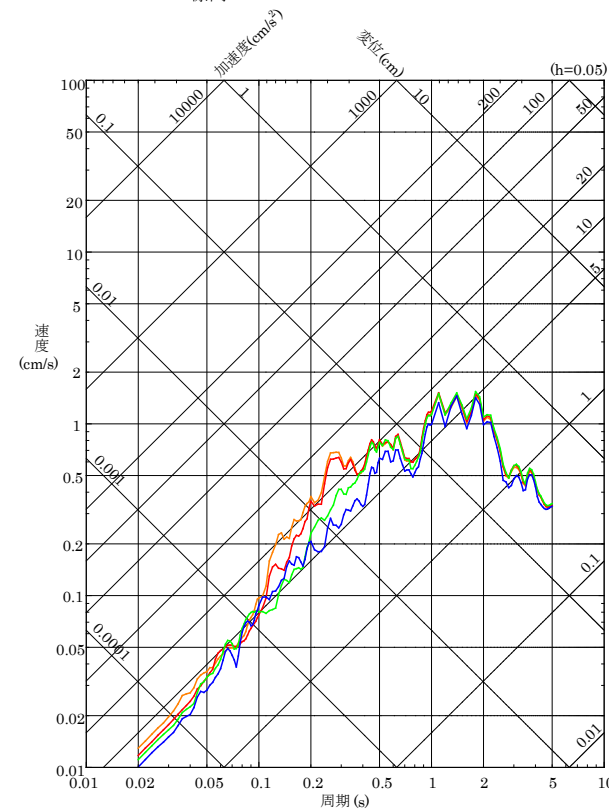
〔EW成分〕

— 標高 + 8m
— 標高 - 13m
— 標高 - 100m
— 標高 - 221m



〔UD成分〕

— 標高 + 8m
— 標高 - 13m
— 標高 - 100m
— 標高 - 221m



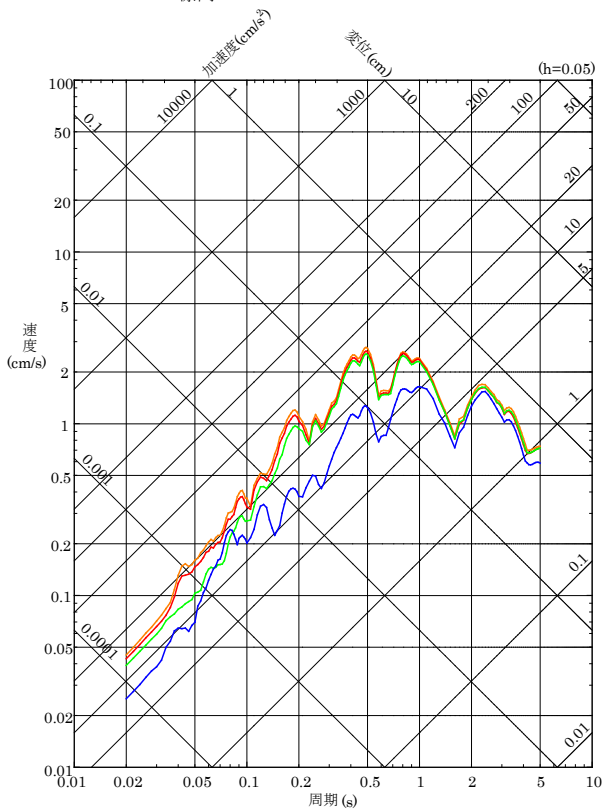
深度別応答スペクトル(2001年芸予地震(M6.7), 観測点:B地点)

(1) 敷地地盤の地震観測記録による検討(敷地地盤で観測された主な地震No.3:2号)

- 2号観測点のA地点で観測された2016年鳥取県中部の地震の地震観測記録によると岩盤内で応答スペクトルの顕著な増幅はみられない。

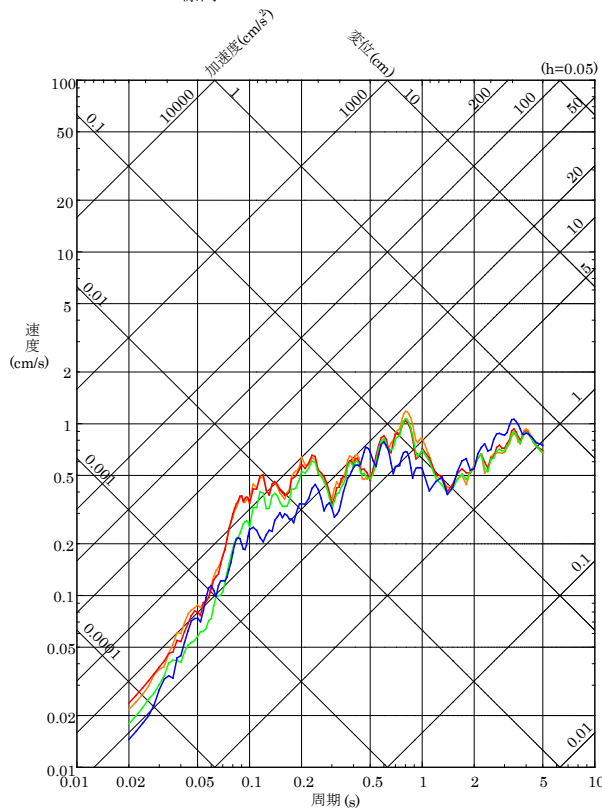
〔NS成分〕

— 標高 +15m
— 標高 +10m
— 標高 -6m
— 標高 -135m



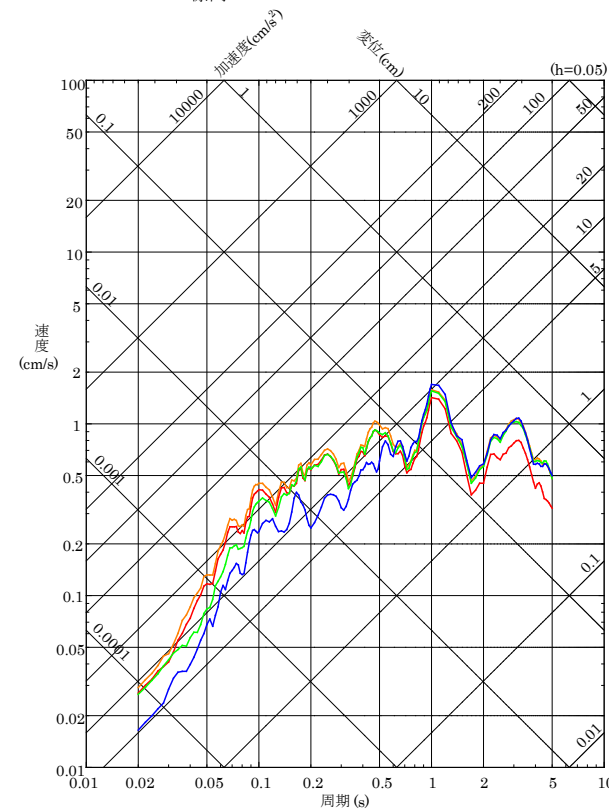
〔EW成分〕

— 標高 +15m
— 標高 +10m
— 標高 -6m
— 標高 -135m



〔UD成分〕

— 標高 +15m
— 標高 +10m
— 標高 -6m
— 標高 -135m



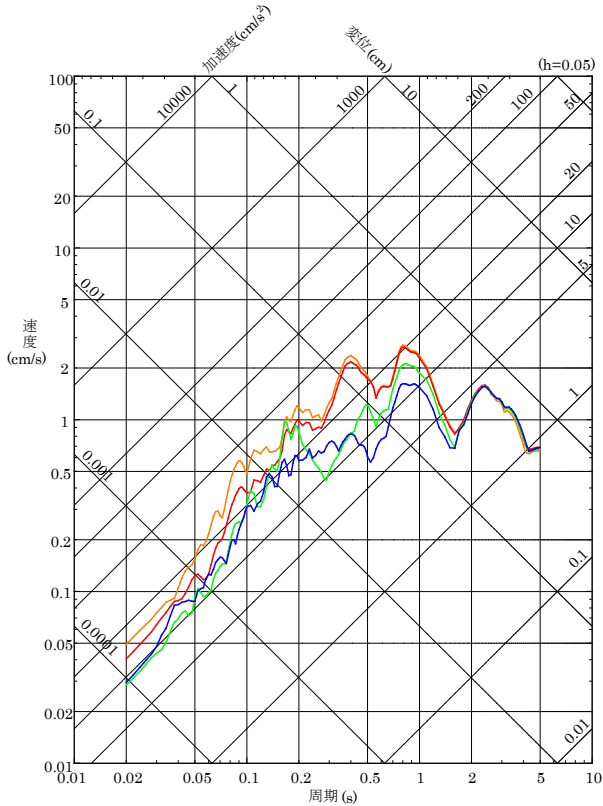
深度別応答スペクトル(2016年鳥取県中部の地震(M6.6), 観測点:A地点)

(1) 敷地地盤の地震観測記録による検討(敷地地盤で観測された主な地震No.3: 3号)

- 3号観測点のC地点で観測された2016年鳥取県中部の地震の地震観測記録によると岩盤内で応答スペクトルの顕著な増幅はみられない。

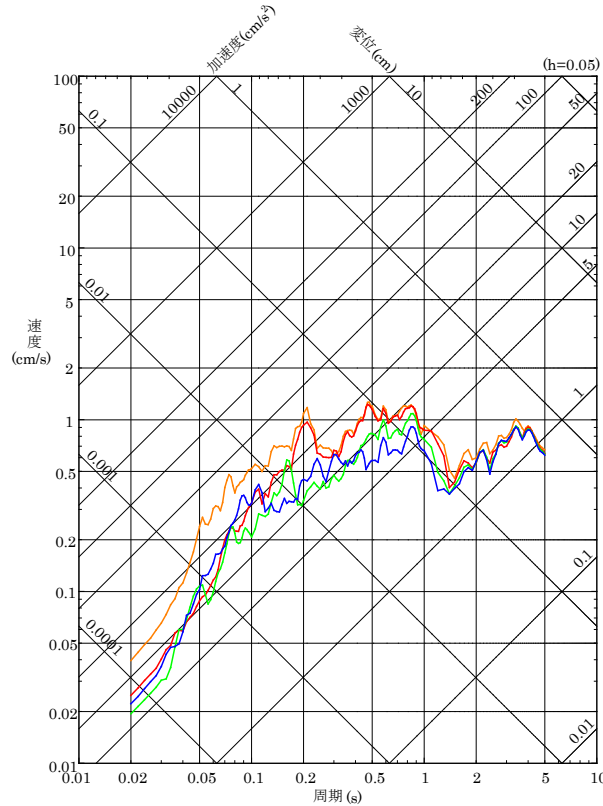
〔NS成分〕

— 標高 +8.5m
— 標高 -10m
— 標高 -135m
— 標高 -215m



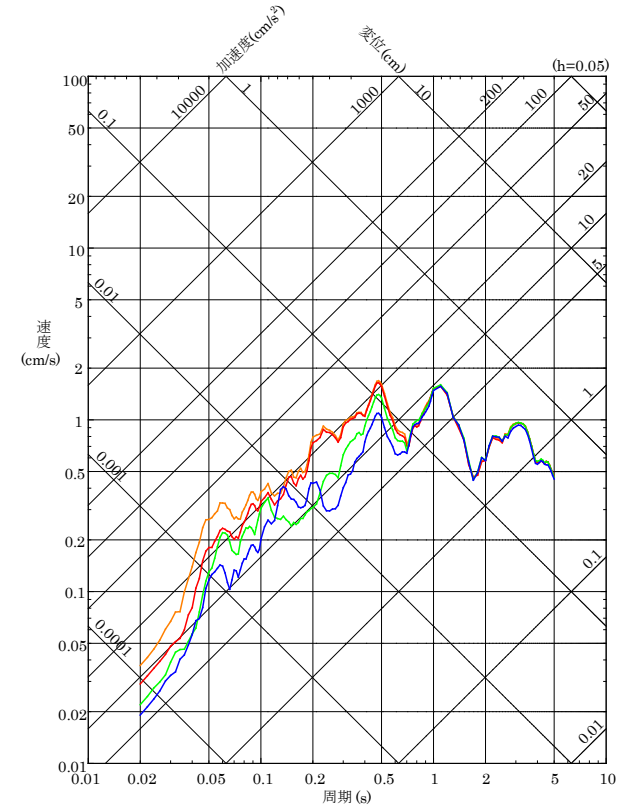
〔EW成分〕

— 標高 +8.5m
— 標高 -10m
— 標高 -135m
— 標高 -215m



〔UD成分〕

— 標高 +8.5m
— 標高 -10m
— 標高 -135m
— 標高 -215m



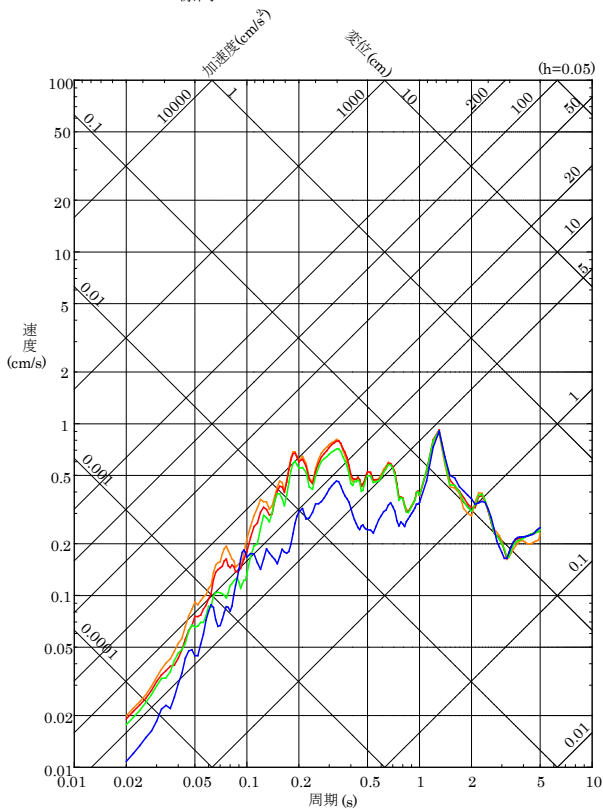
深度別応答スペクトル(2016年鳥取県中部の地震(M6.6), 観測点:C地点)

(1) 敷地地盤の地震観測記録による検討(敷地地盤で観測された主な地震No.4:2号)

- 2号観測点のA地点で観測された2018年島根県西部の地震の地震観測記録によると岩盤内で応答スペクトルの顕著な増幅はみられない。

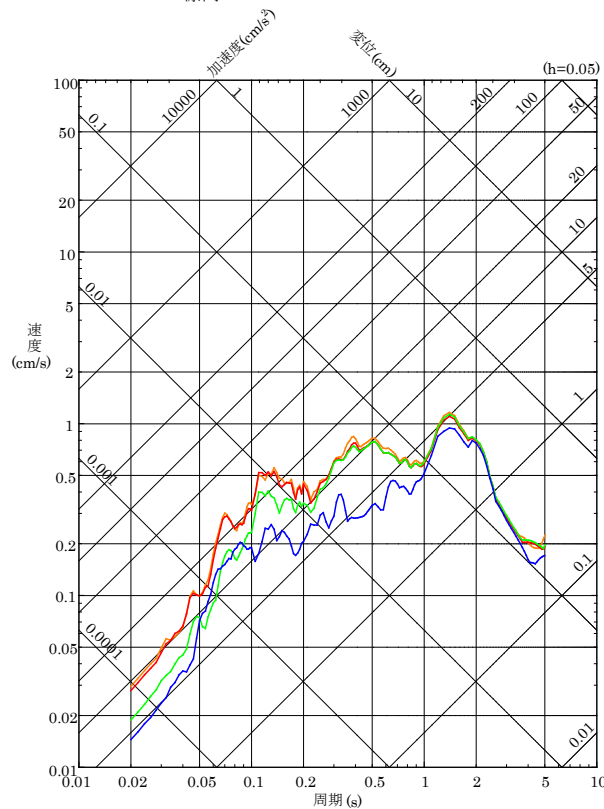
〔NS成分〕

— 標高 +15m
— 標高 +10m
— 標高 -6m
— 標高 -135m



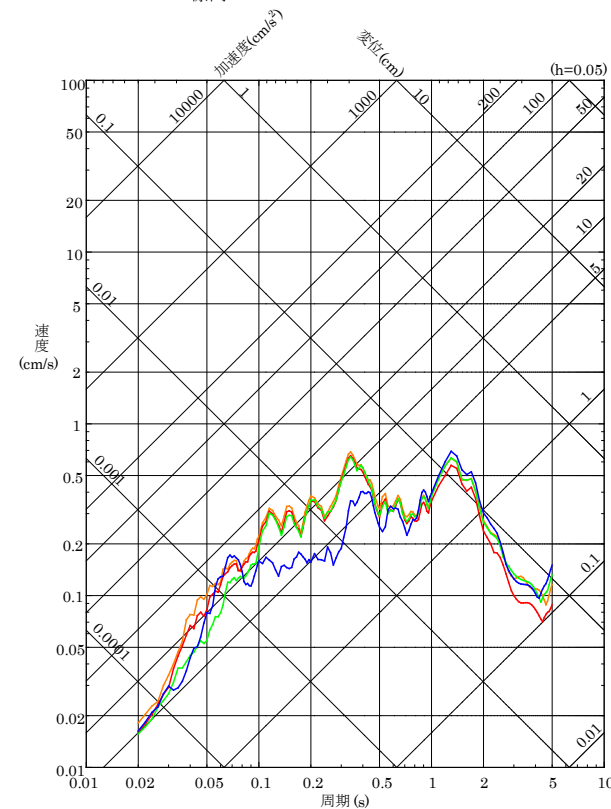
〔EW成分〕

— 標高 +15m
— 標高 +10m
— 標高 -6m
— 標高 -135m



〔UD成分〕

— 標高 +15m
— 標高 +10m
— 標高 -6m
— 標高 -135m



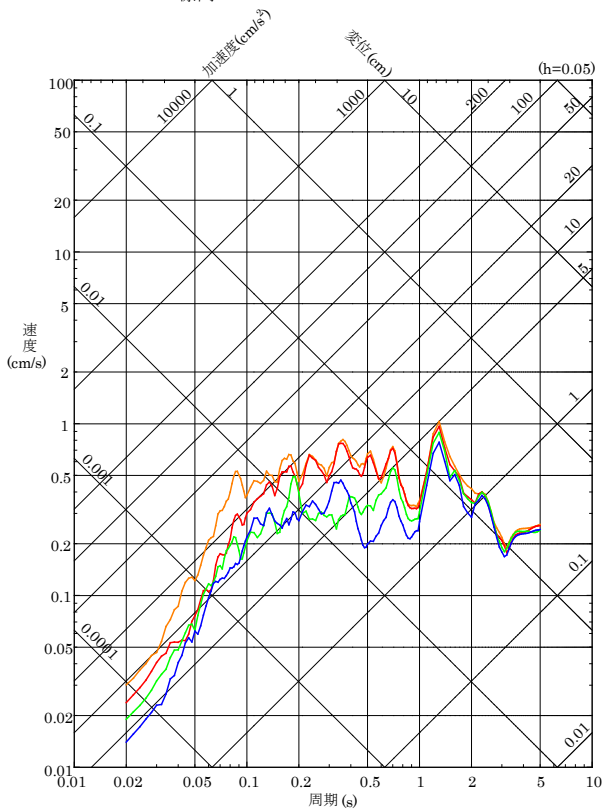
深度別応答スペクトル(2018年島根県西部の地震(M6.1), 観測点:A地点)

(1) 敷地地盤の地震観測記録による検討(敷地地盤で観測された主な地震No.4:3号)

- 3号観測点のC地点で観測された2018年島根県西部の地震の地震観測記録によると岩盤内で応答スペクトルの顕著な増幅はみられない。

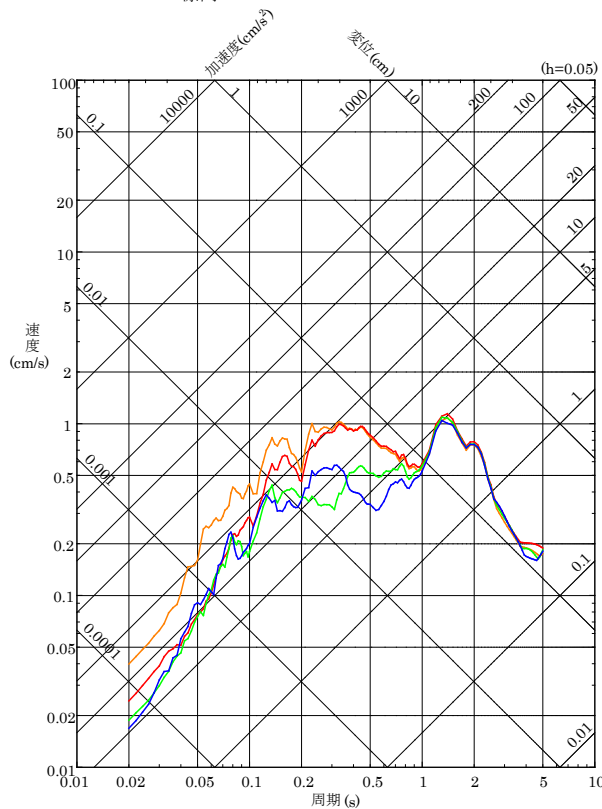
〔NS成分〕

— 標高 +8.5m
— 標高 -10m
— 標高 -135m
— 標高 -215m



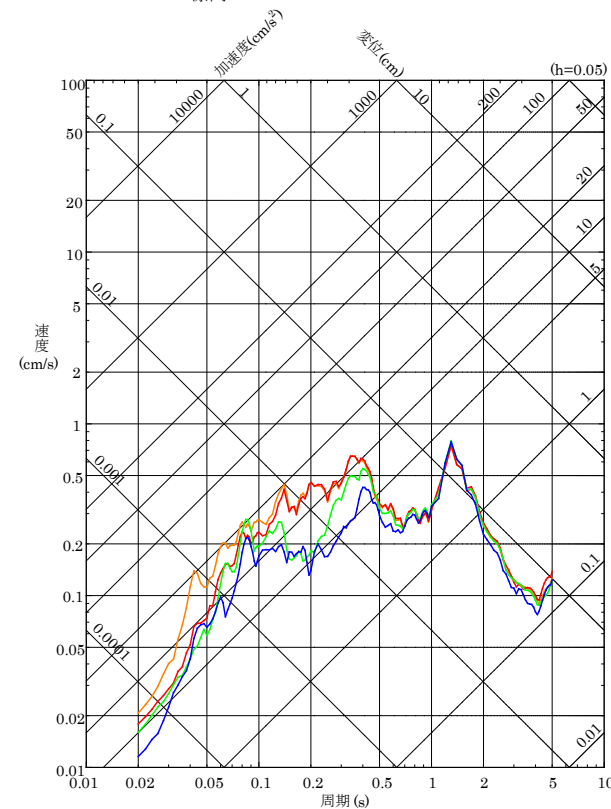
〔EW成分〕

— 標高 +8.5m
— 標高 -10m
— 標高 -135m
— 標高 -215m



〔UD成分〕

— 標高 +8.5m
— 標高 -10m
— 標高 -135m
— 標高 -215m

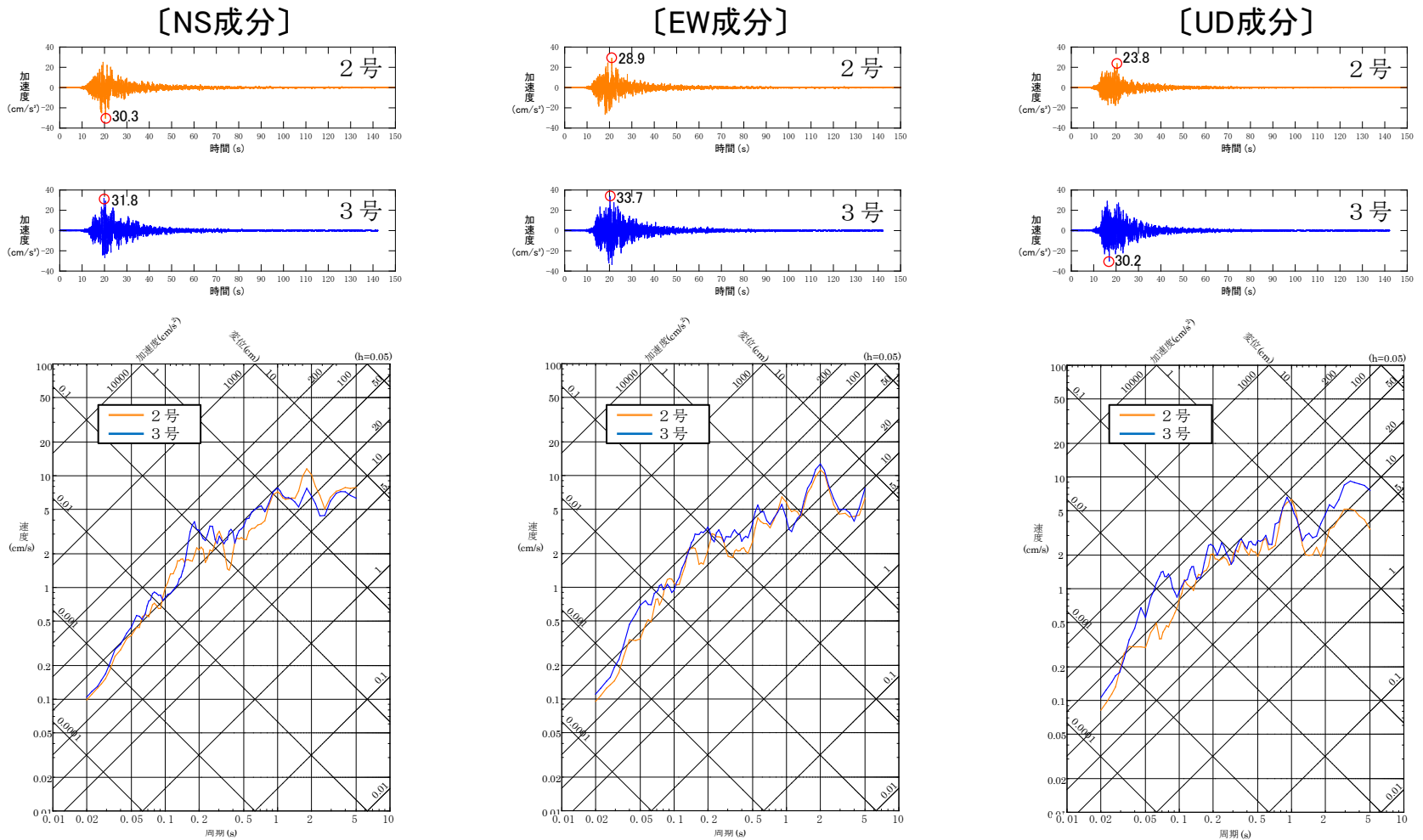


深度別応答スペクトル(2018年島根県西部の地震(M6.1), 観測点:C地点)

(1) 敷地地盤の地震観測記録による検討(はぎとり波の比較)

第204回審査会合資料1 P33 再掲

■ 2号観測点(A地点)及び3号観測点(B地点)における2000年鳥取県西部地震の地震観測記録に基づき、解放基盤表面(標高-10m)におけるはぎとり波※を求めると、応答スペクトルは同程度である。



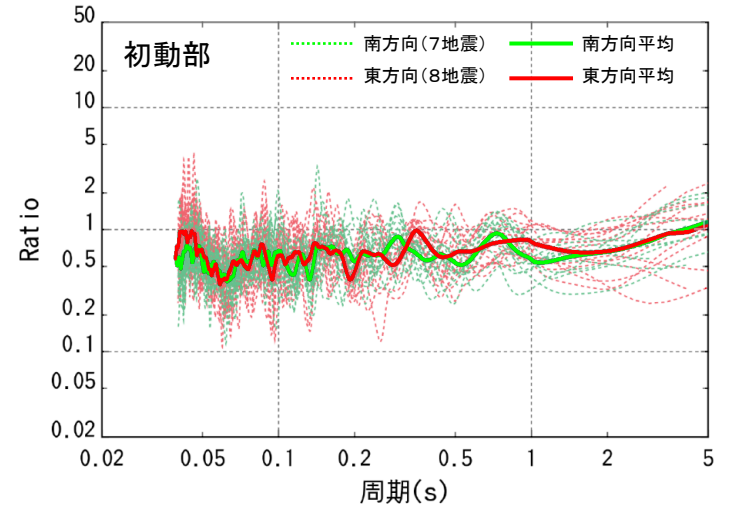
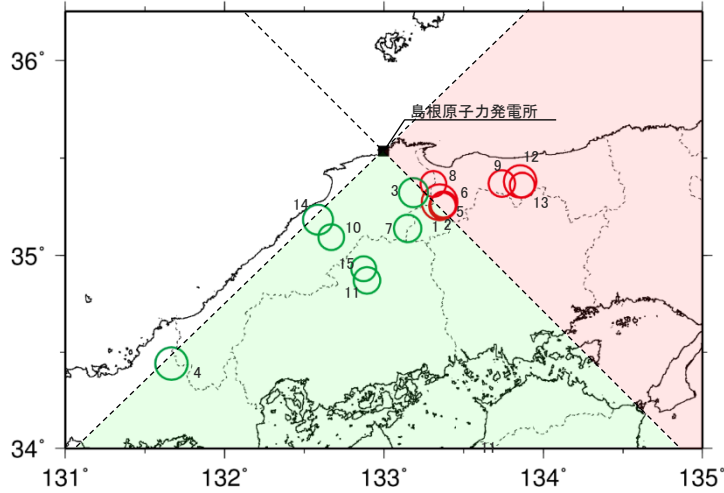
2000年鳥取県西部地震の解放基盤表面(標高-10m)におけるはぎとり波の比較

※ はぎとり波は後述する2号及び3号地下構造モデルを用いて算定。

(1) 敷地地盤の地震観測記録による検討(到来方向別:2号)

第204回審査会合資料1 P31 加筆・修正

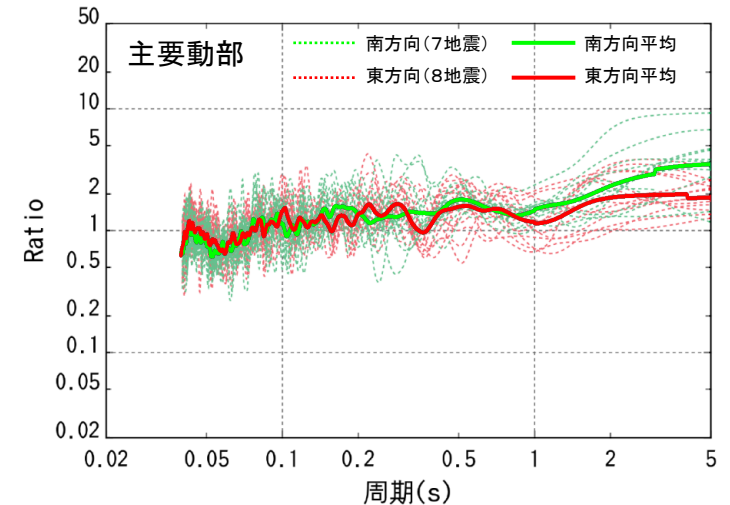
■ M5以上の内陸地殻内地震の観測記録(標高+10m)に基づき評価した水平／上下スペクトル比(以下「H/Vスペクトル比」という。)を到来方向別に比較すると、検討対象地震の到来方向は東と南の2方向となり、方向別で顕著な差異はみられない。なお、検討対象地震がない方向については、後述の傾斜構造を考慮した解析による検討により、特異な傾向がないことを確認している。(62～80ページ参照)



No.	年月日	時刻	震央地名	深さ (km)	M	震央距離 (km)	方位角 (°)	入射角 (°)
1	1989. 10. 27	07:41	鳥取県西部	13	5.3	45.7	131	74
2	1989. 11. 2	04:57	鳥取県西部	15	5.5	45.9	132	72
3	1991. 8. 28	10:29	島根県東部	13	5.9	29.2	143	65
4	1997. 6. 25	18:50	山口・島根県境	8	6.6	171.8	225	87
5	1997. 9. 4	05:15	鳥取県西部	9	5.5	45.7	131	79
6	2000. 10. 6	13:30	鳥取県西部	9	7.3	43.2	132	78
7	2000. 10. 8	13:17	鳥取県西部	7	5.6	45.8	162	82
8	2000. 10. 8	20:51	鳥取県西部	8	5.2	33.7	123	76
9	2002. 9. 16	10:10	鳥取県東部	10	5.5	69.7	105	82
10	2011. 6. 4	01:57	島根県東部	11	5.2	57.2	212	80
11	2011. 11. 21	19:16	広島県北部	12	5.4	74.3	187	81
12	2016. 10. 21	14:07	鳥取県中部	11	6.6	79.8	102	82
13	2016. 10. 21	14:53	鳥取県中部	9	5.0	81.4	104	84
14	2018. 4. 9	1:32	島根県西部	12	6.1	54.0	224	77
15	2018. 6. 26	17:00	広島県北部	12	5.0	68.1	190	80

■ : 南方向
■ : 東方向

検討対象地震

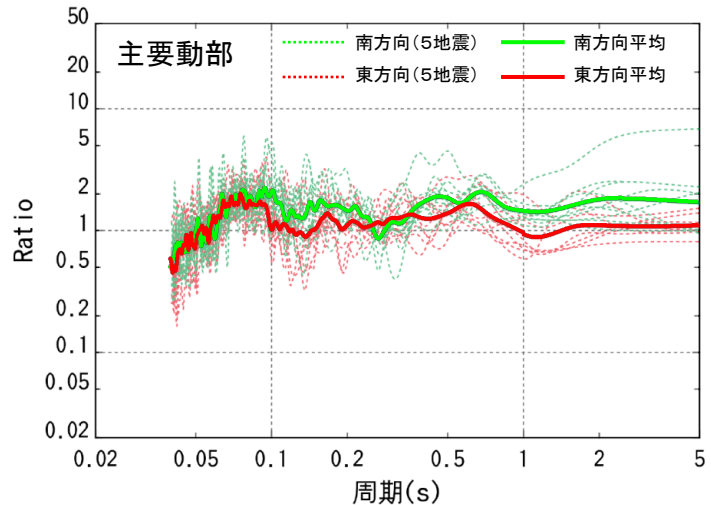
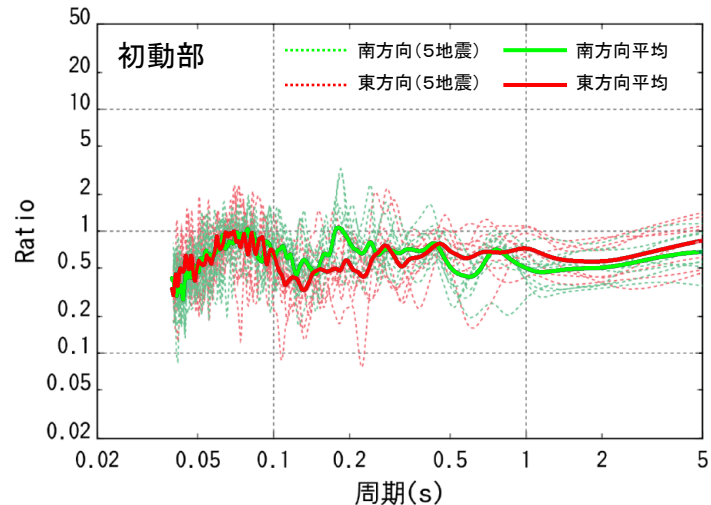
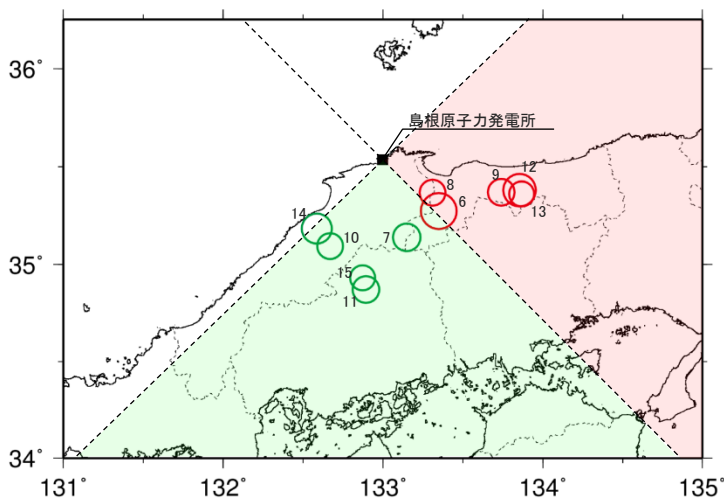


H/Vスペクトル比(A地点: 標高+10m)

(1) 敷地地盤の地震観測記録による検討(到来方向別:3号)

第204回審査会合資料1 P32 加筆・修正

■ M5以上の内陸地殻内地震の観測記録(B地点:標高+8m, C地点:標高+8.5m)に基づき評価したH/Vスペクトル比を到来方向別に比較すると、検討対象地震の到来方向は東と南の2方向となり、方向別で顕著な差異はみられない。なお、検討対象地震がない方向については、後述の傾斜構造を考慮した解析による検討により、特異な傾向がないことを確認している。(62~80ページ参照)



No.	年月日	時刻	震央地名	深さ (km)	M	震央距離 (km)	方位角 (°)	入射角 (°)
6	2000. 10. 6	13:30	鳥取県西部	9	7.3	43.2	132	78
7	2000. 10. 8	13:17	鳥取県西部	7	5.6	45.8	162	82
8	2000. 10. 8	20:51	鳥取県西部	8	5.2	33.7	123	76
9	2002. 9. 16	10:10	鳥取県東部	10	5.5	69.7	105	82
10	2011. 6. 4	01:57	島根県東部	11	5.2	57.2	212	80
11	2011. 11. 21	19:16	広島県北部	12	5.4	74.3	187	81
12	2016. 10. 21	14:07	鳥取県中部	11	6.6	79.8	102	82
13	2016. 10. 21	14:53	鳥取県中部	9	5.0	81.4	104	84
14	2018. 4. 9	1:32	島根県西部	12	6.1	54.0	224	77
15	2018. 6. 26	17:00	広島県北部	12	5.0	68.1	190	80

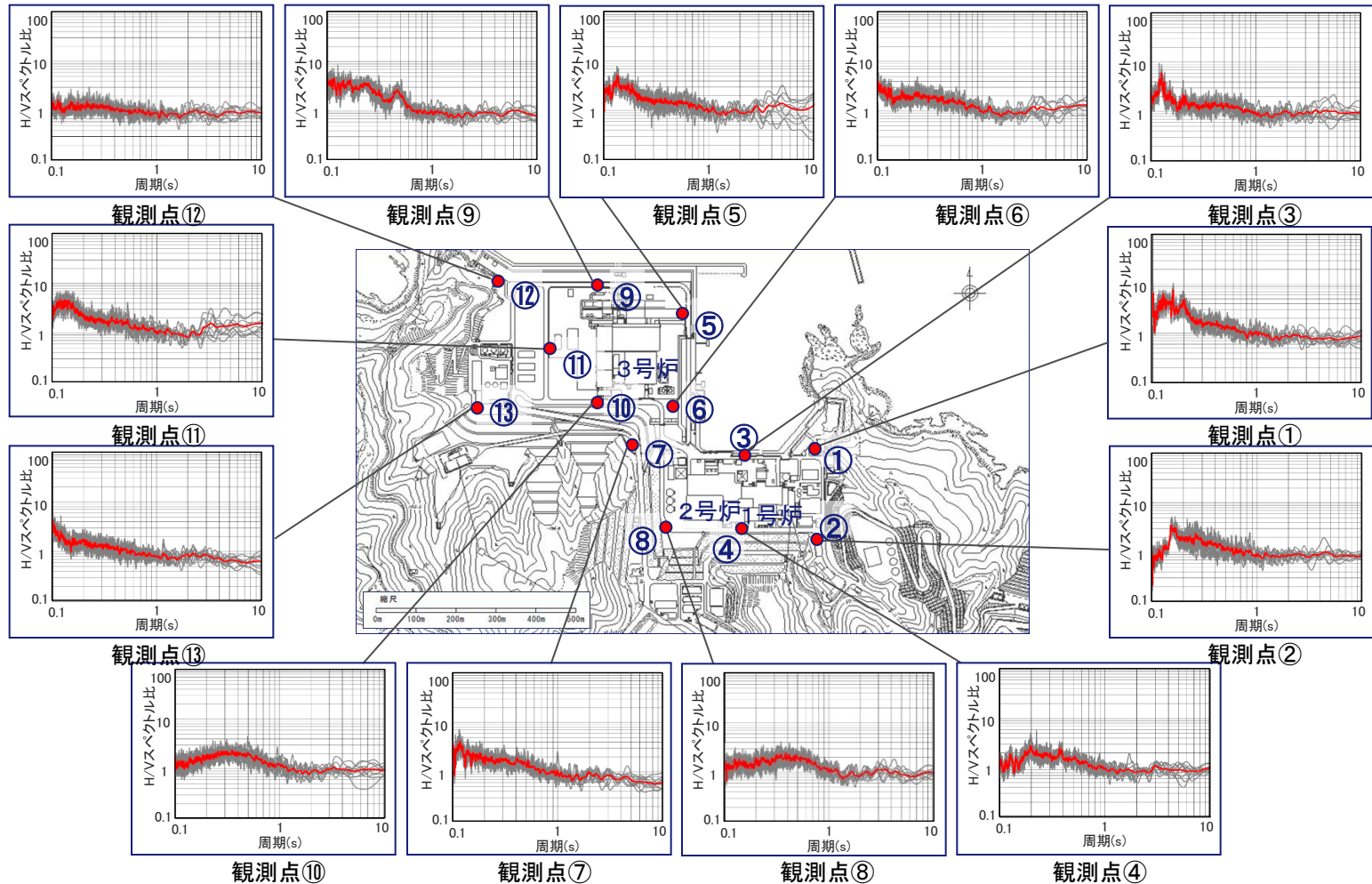
■ : 南方向
■ : 東方向

検討対象地震

H/Vスペクトル比(B地点:標高+8m, C地点:標高+8.5m)

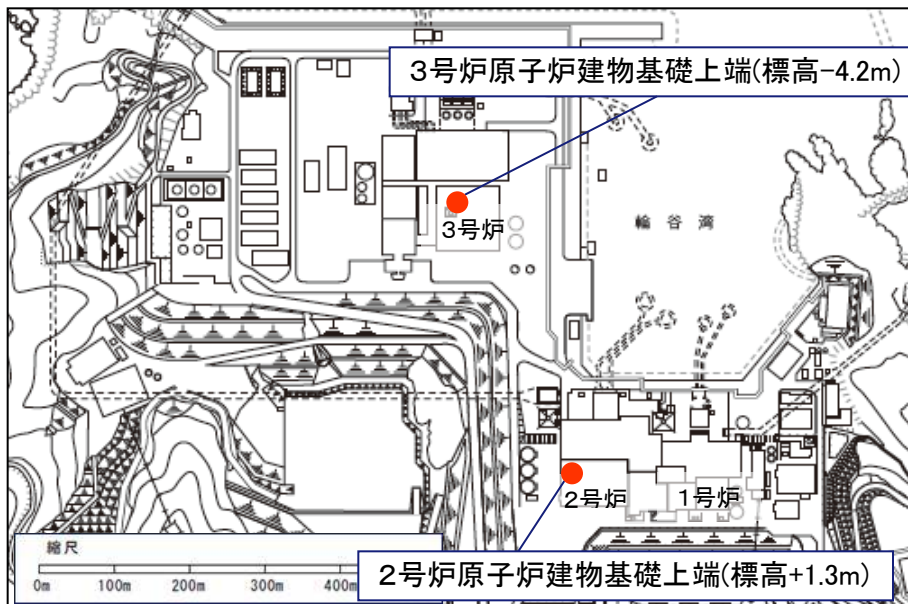
(2) 敷地地盤の微動観測記録による検討(各観測点の評価結果)

- 発電所敷地内の13箇所(200m間隔)で微動観測を実施し、その観測記録に基づき評価したH/Vスペクトル比の空間分布を確認した。
- 0.25秒以下の短周期側は表層(盛土・埋土)の影響により若干違いはあるが、1秒以上の長周期側は一様にフラットであり、敷地内の深部構造に大きな違いはないことを確認した。

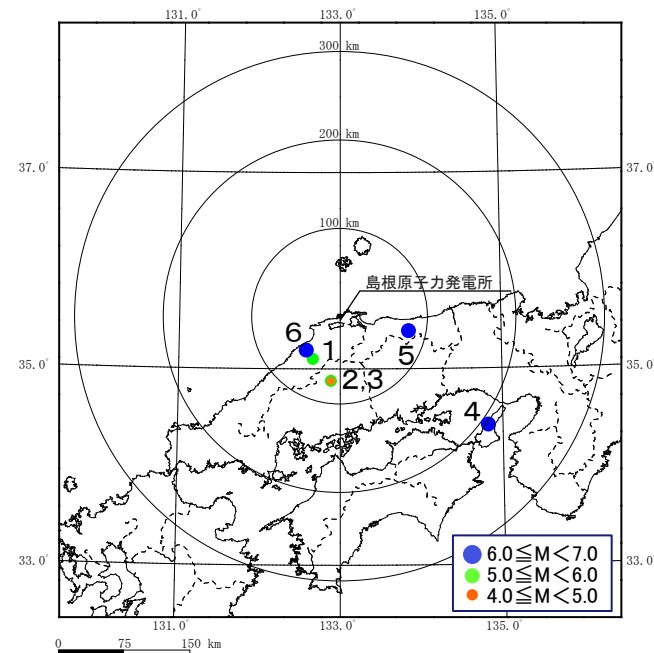


(3) 原子炉建物基礎上端の地震観測記録による検討(検討対象地震)

■ 2号炉及び3号炉原子炉建物基礎上端の地震観測記録のうち、最大加速度が 1 cm/s^2 以上で、各建物で同時に観測された6地震を検討対象とした。



地震計設置位置



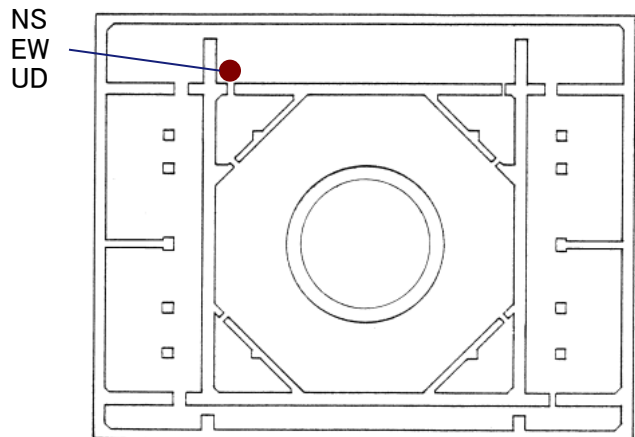
検討対象地震の震央分布

検討対象地震の諸元

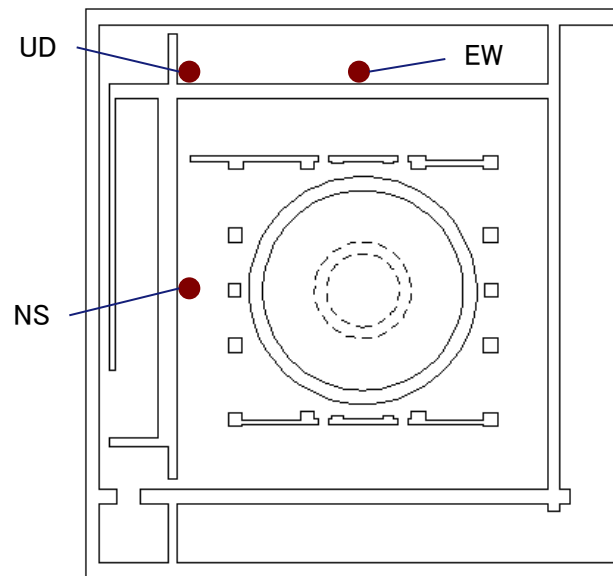
No.	年月日	時刻	震央地名	M	震源深さ (km)	方位角 (°)	入射角 (°)	水平最大加速度(cm/s^2)	
								2号	3号
1	2011. 6. 4	01:57	島根県東部	5.2	11	212	80	2.1	2.1
2	2011.11.21	19:16	広島県北部	5.4	12	187	81	2.6	1.5
3	2011.11.25	04:35	広島県北部	4.7	12	187	80	1.2	1.7
4	2013. 4. 13	05:33	淡路島付近	6.3	15	126	86	1.8	1.8
5	2016.10.21	14:07	鳥取県中部	6.6	11	102	82	13.4	12.8
6	2018. 4. 9	01:32	島根県西部	6.1	12	224	77	6.1	8.7

(3) 原子炉建物基礎先端の地震観測記録による検討(地震計設置位置)

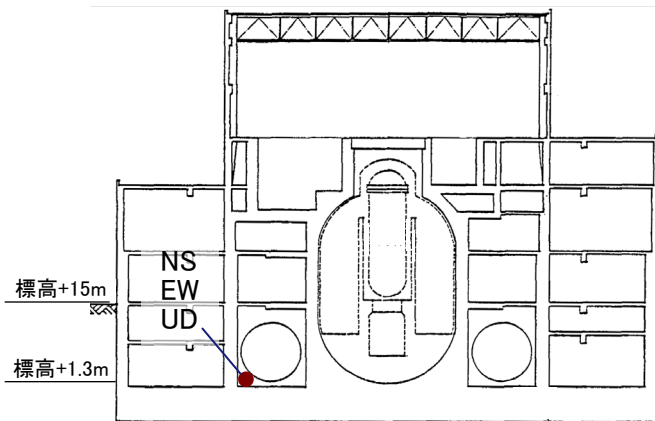
■ 2号炉及び3号炉原子炉建物基礎先端の地震計設置位置を以下に示す。



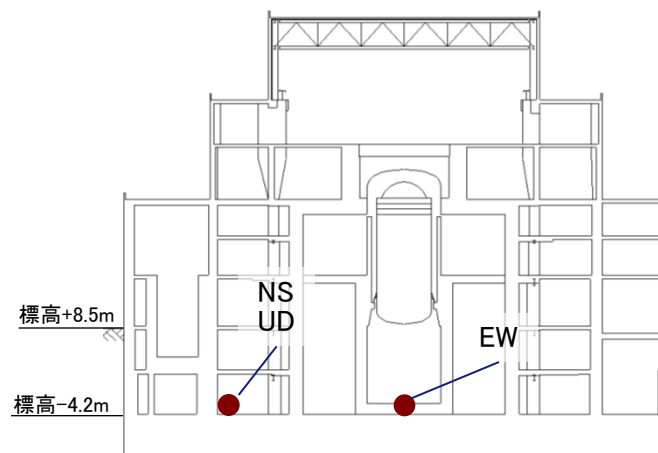
2号炉原子炉建物概略平面



3号炉原子炉建物概略平面



2号炉原子炉建物概略断面



3号炉原子炉建物概略断面

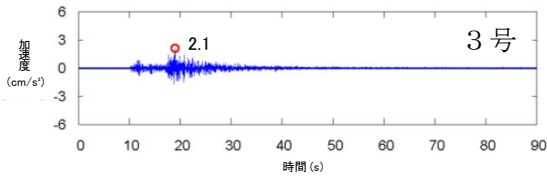
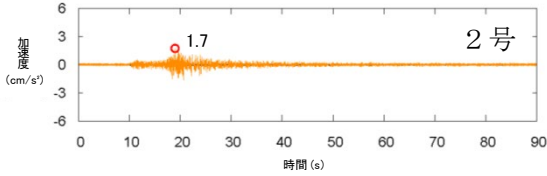
2号炉及び3号炉原子炉建物基礎先端の地震計設置位置

● : 地震計設置位置

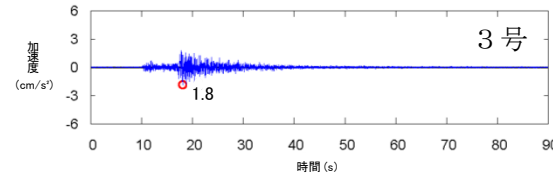
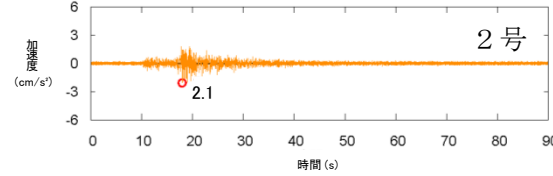
(3) 原子炉建物基礎上端の地震観測記録による検討(観測記録:No.1地震)

■ 2011年島根県東部の地震(M5.2)の観測記録の応答スペクトルは同程度である。

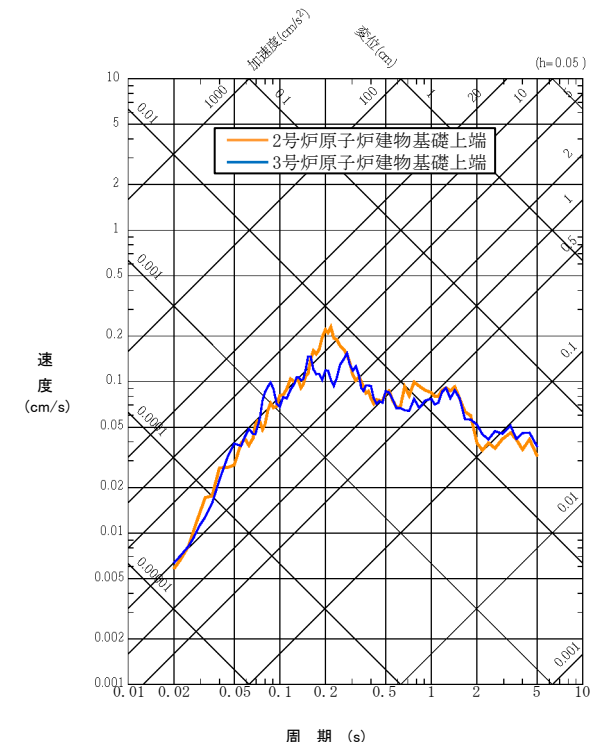
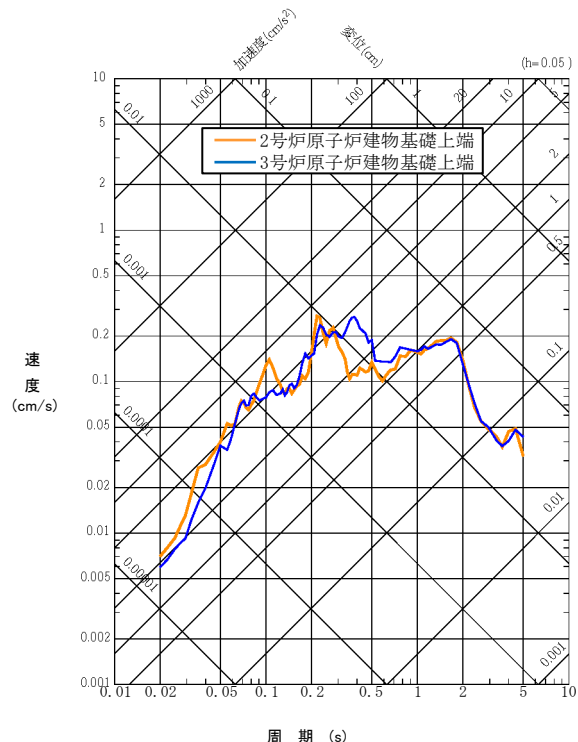
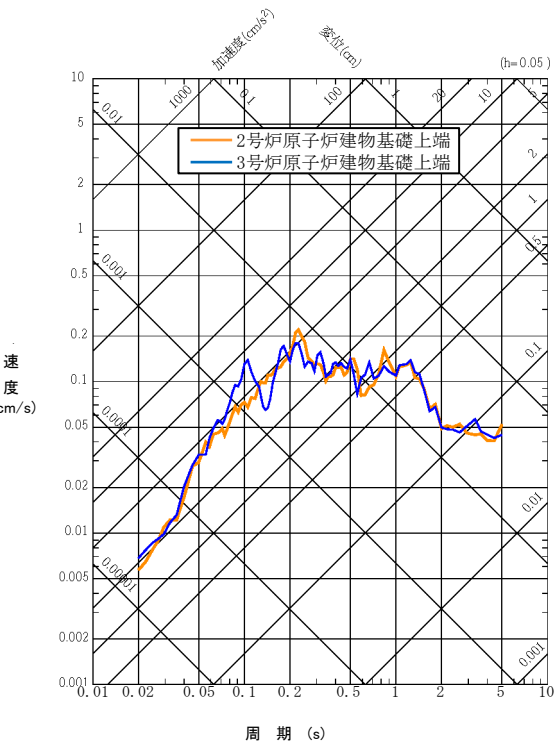
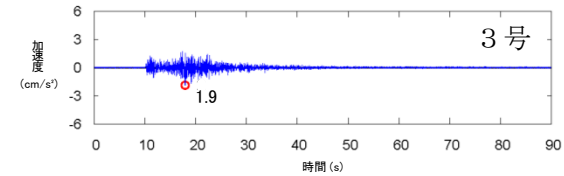
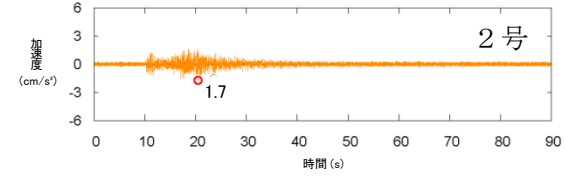
〔NS成分〕



〔EW成分〕

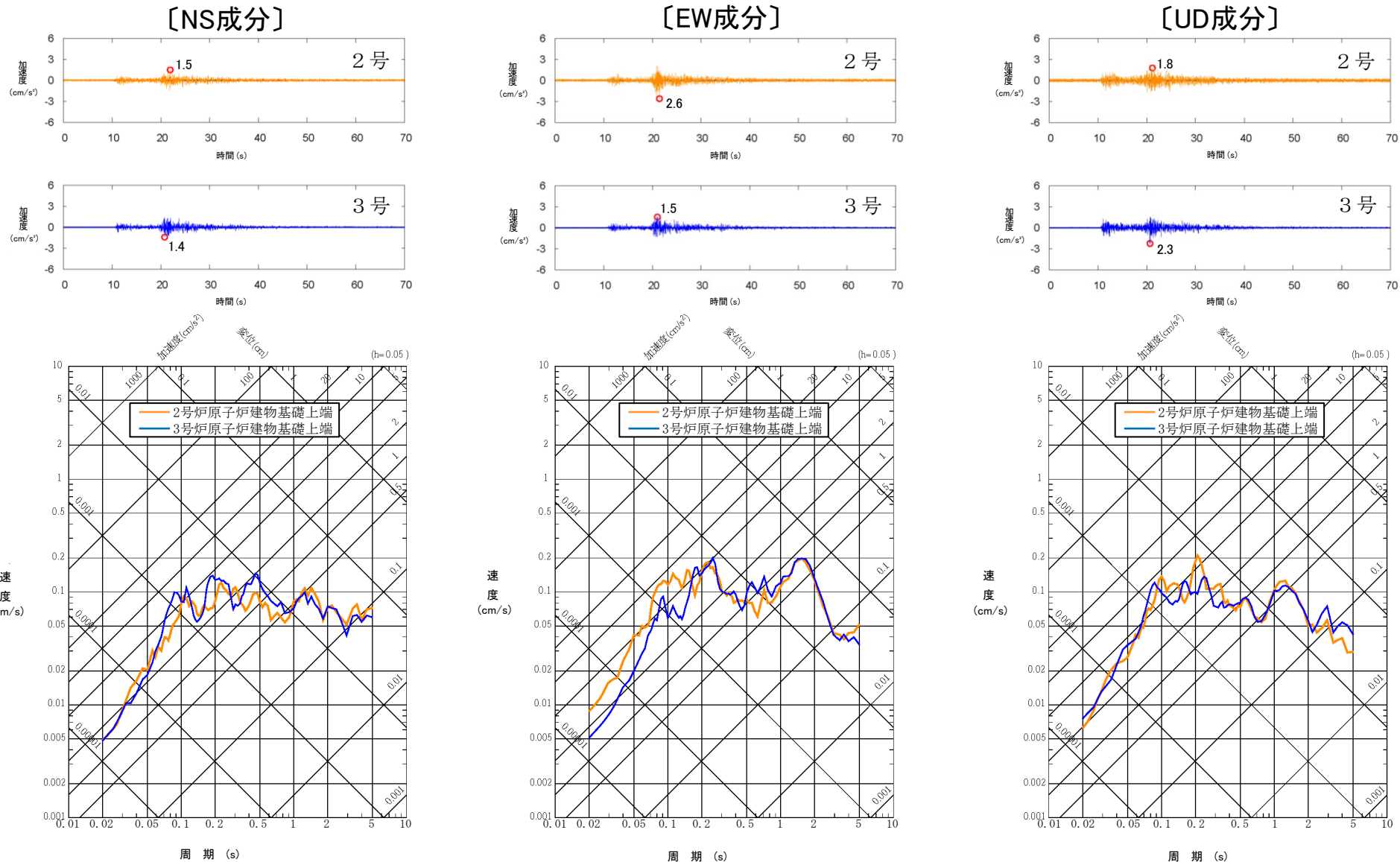


〔UD成分〕



(3) 原子炉建物基礎上端の地震観測記録による検討(観測記録:No.2地震)

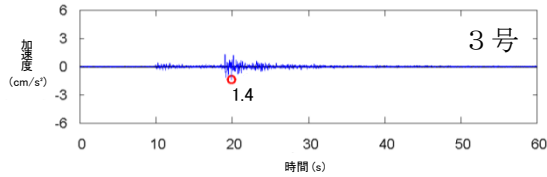
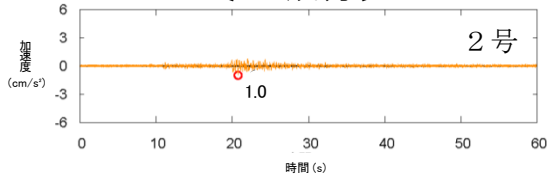
■ 2011年広島県北部の地震(M5.4)の観測記録の応答スペクトルは同程度である。



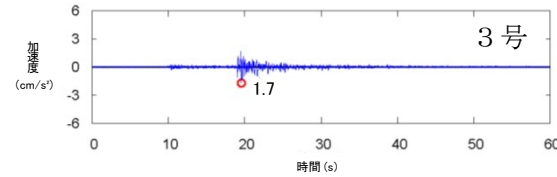
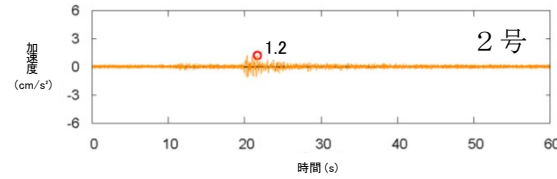
(3) 原子炉建物基礎上端の地震観測記録による検討(観測記録:No.3地震)

■ 2011年広島県北部の地震(M4.7)の観測記録の応答スペクトルは同程度である。

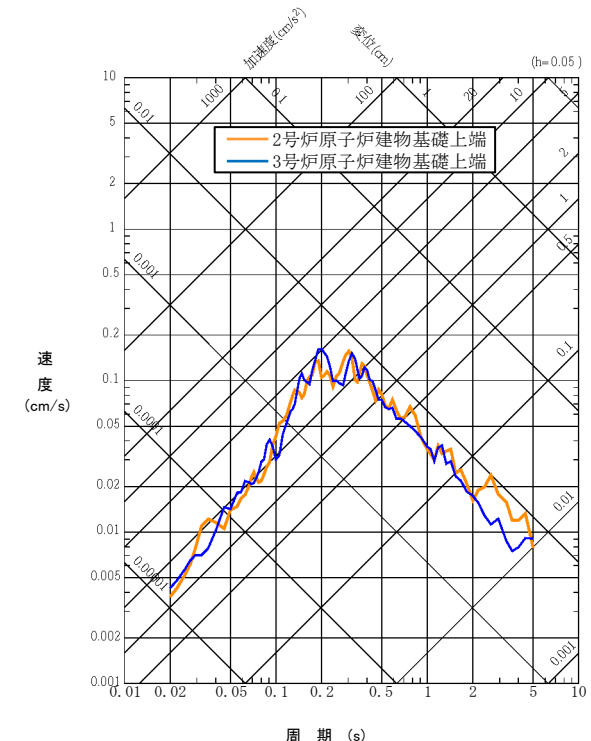
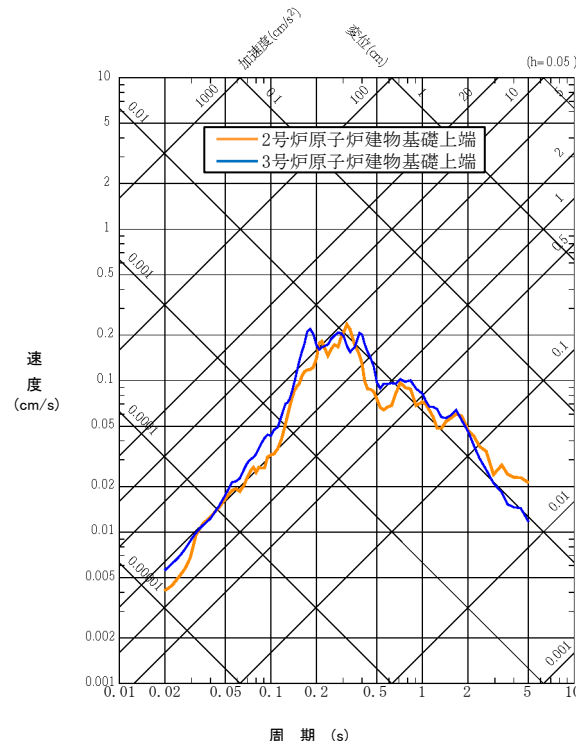
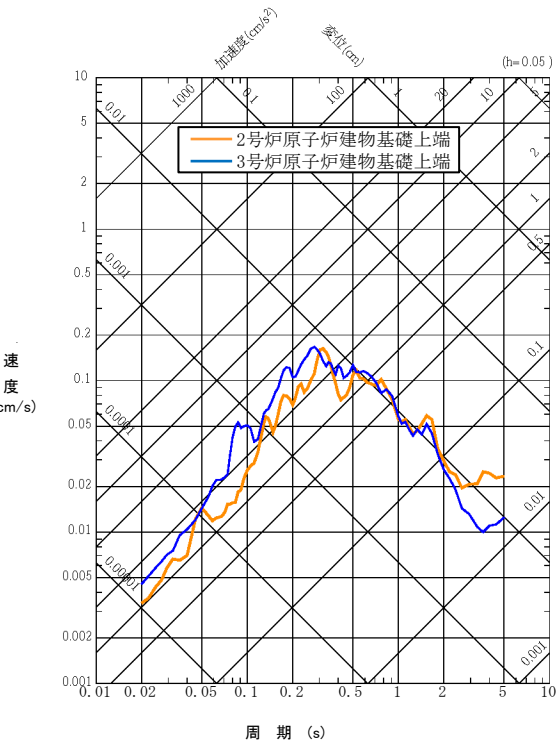
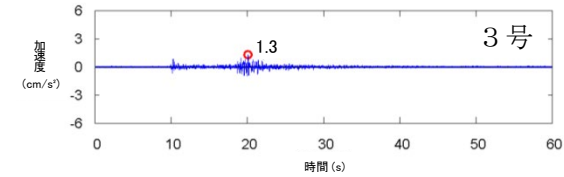
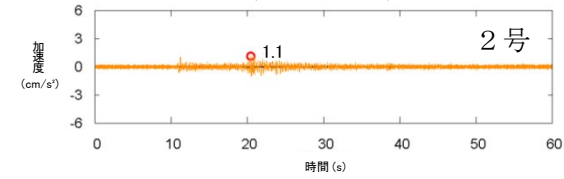
[NS成分]



[EW成分]



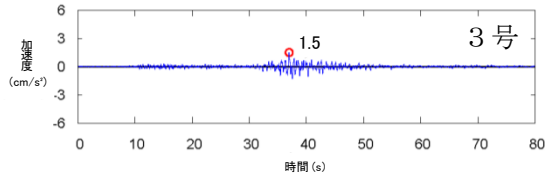
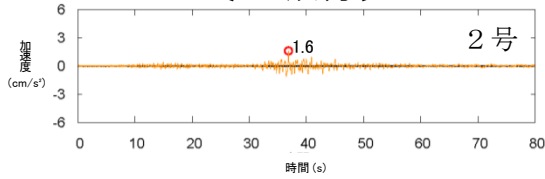
[UD成分]



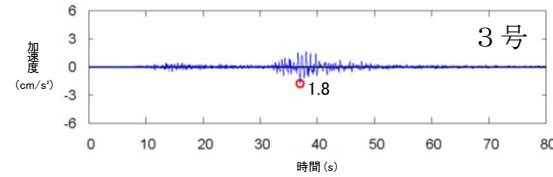
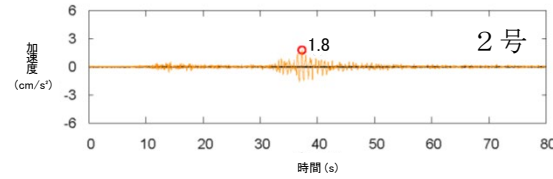
(3) 原子炉建物基礎上端の地震観測記録による検討(観測記録:No.4地震)

■ 2013年淡路島付近の地震(M6.3)の観測記録の応答スペクトルは同程度である。

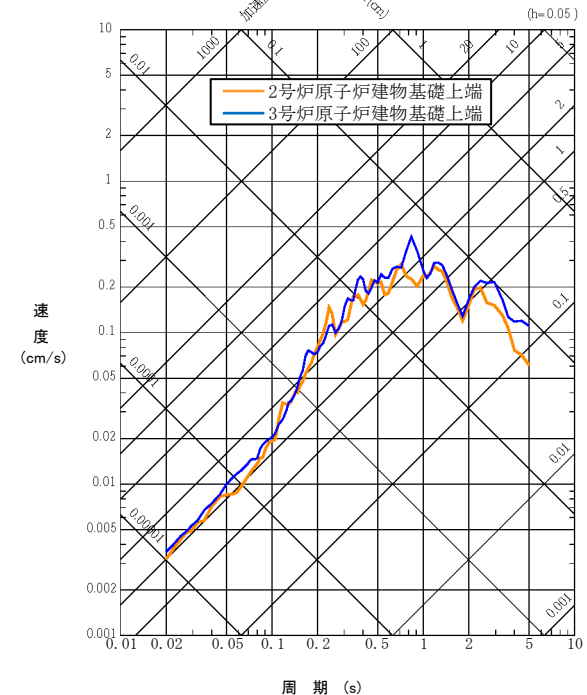
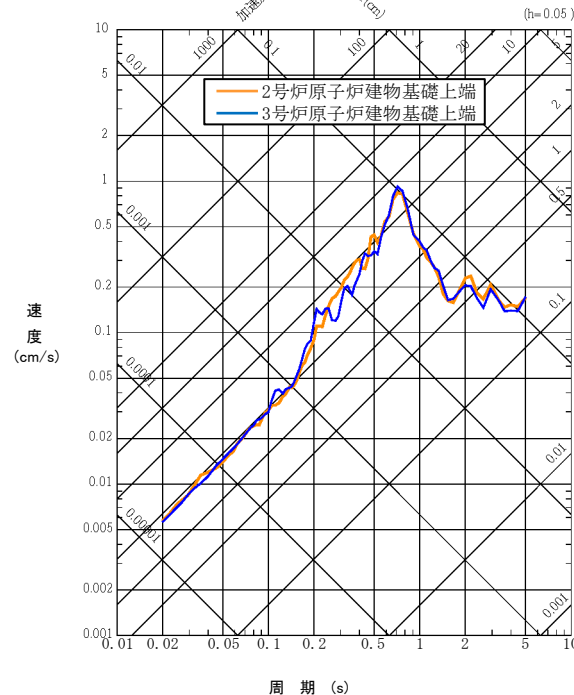
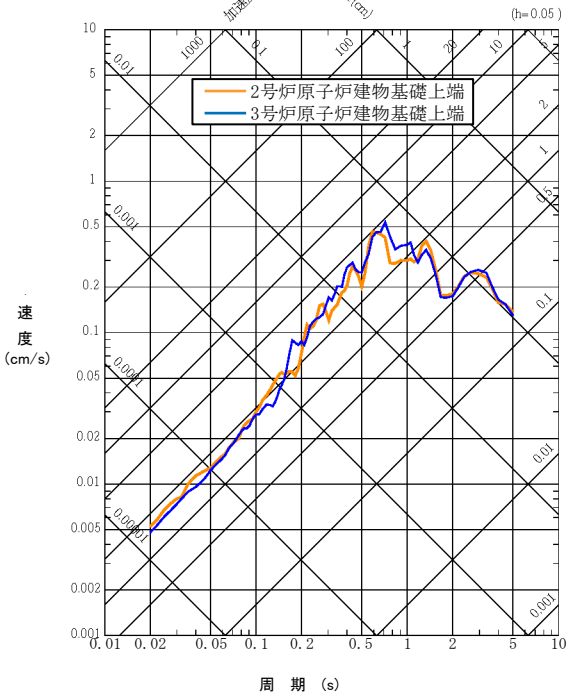
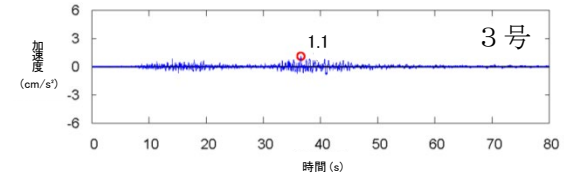
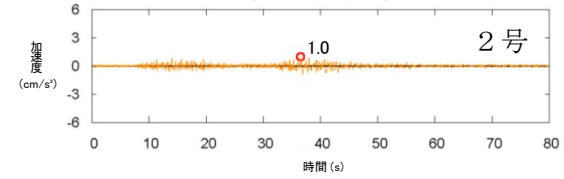
〔NS成分〕



〔EW成分〕



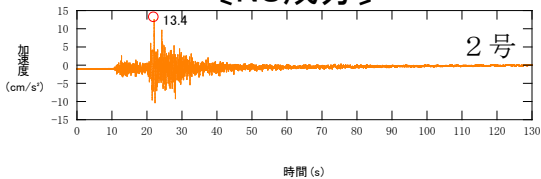
〔UD成分〕



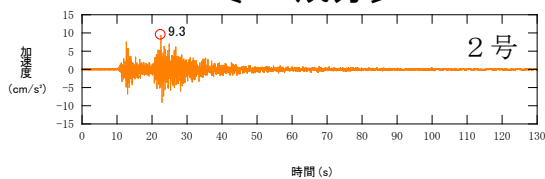
(3) 原子炉建物基礎上端の地震観測記録による検討(観測記録:No.5地震)

■ 2016年鳥取県中部の地震(M6.6)の観測記録の応答スペクトルは同程度である。

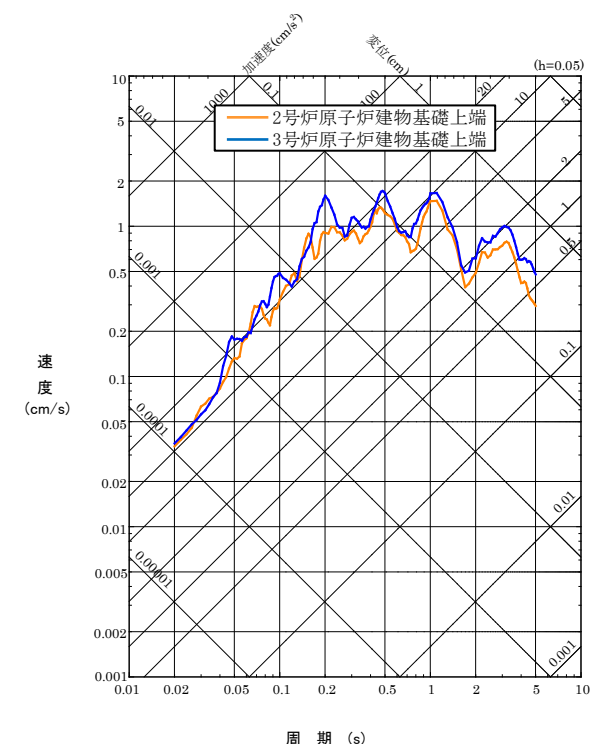
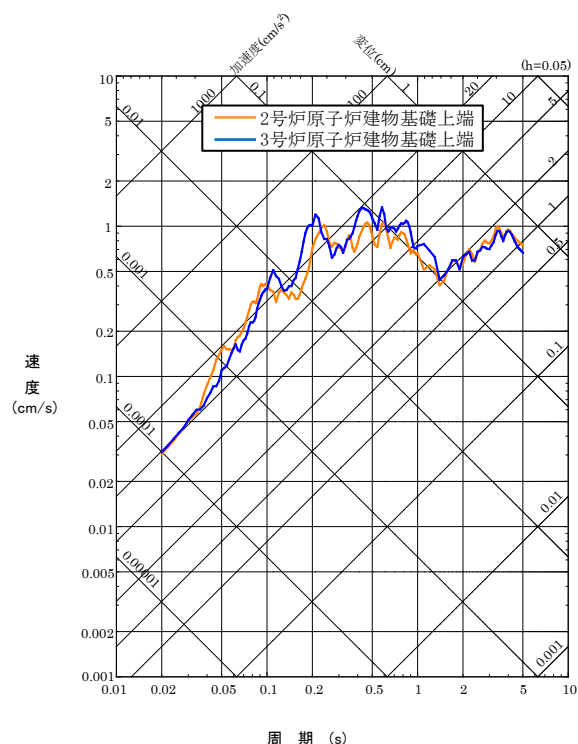
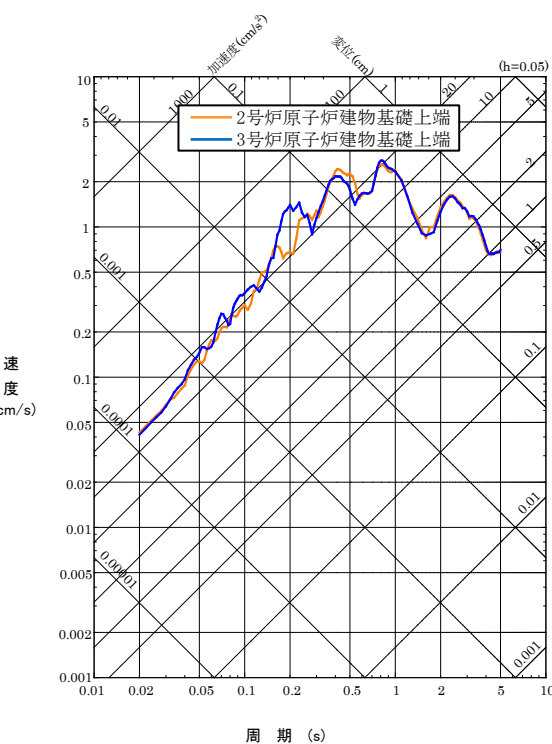
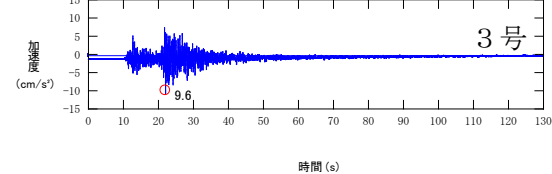
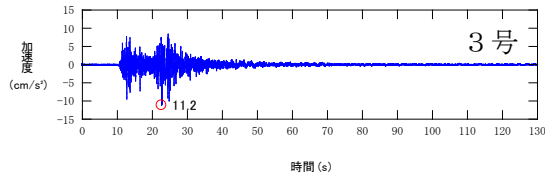
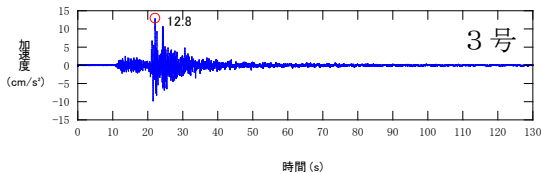
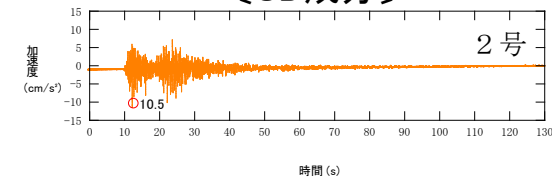
[NS成分]



[EW成分]



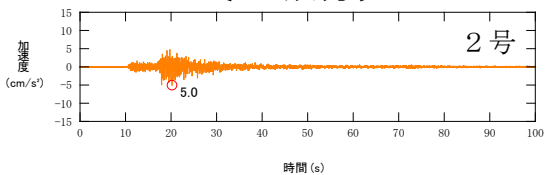
[UD成分]



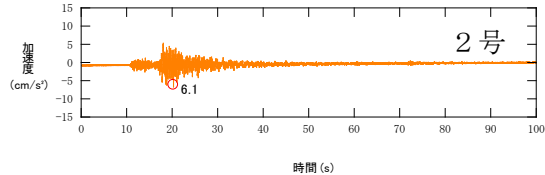
(3) 原子炉建物基礎上端の地震観測記録による検討(観測記録:No.6地震)

■ 2018年島根県西部の地震(M6.1)の観測記録の応答スペクトルは同程度である。

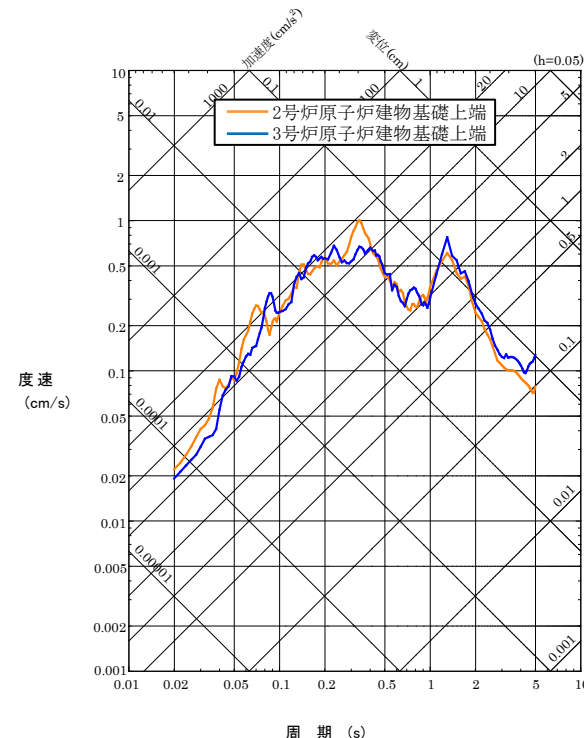
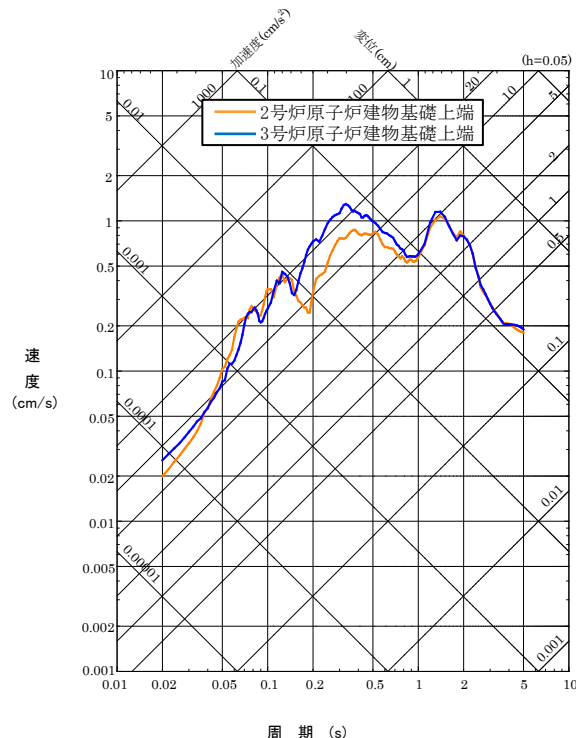
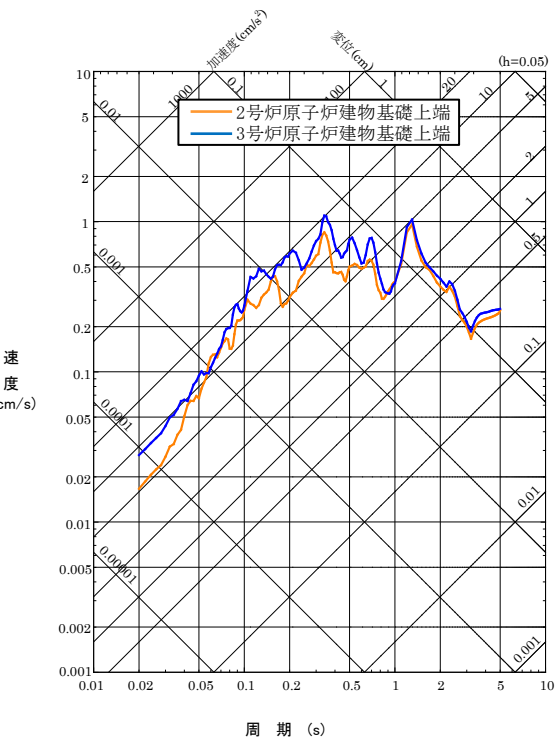
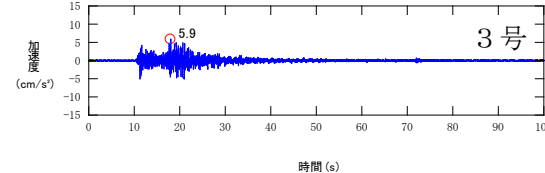
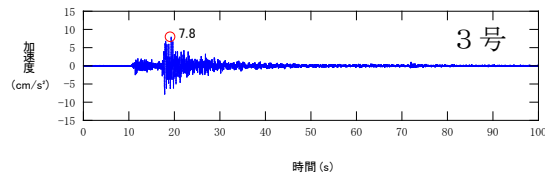
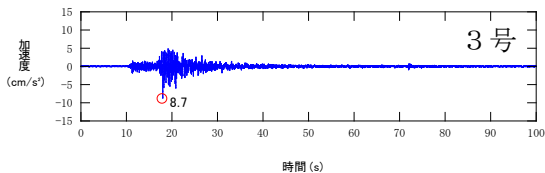
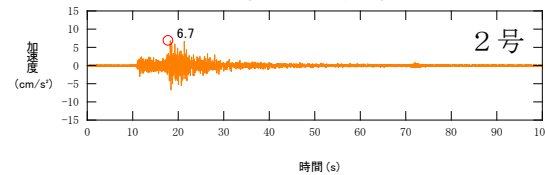
[NS成分]



[EW成分]

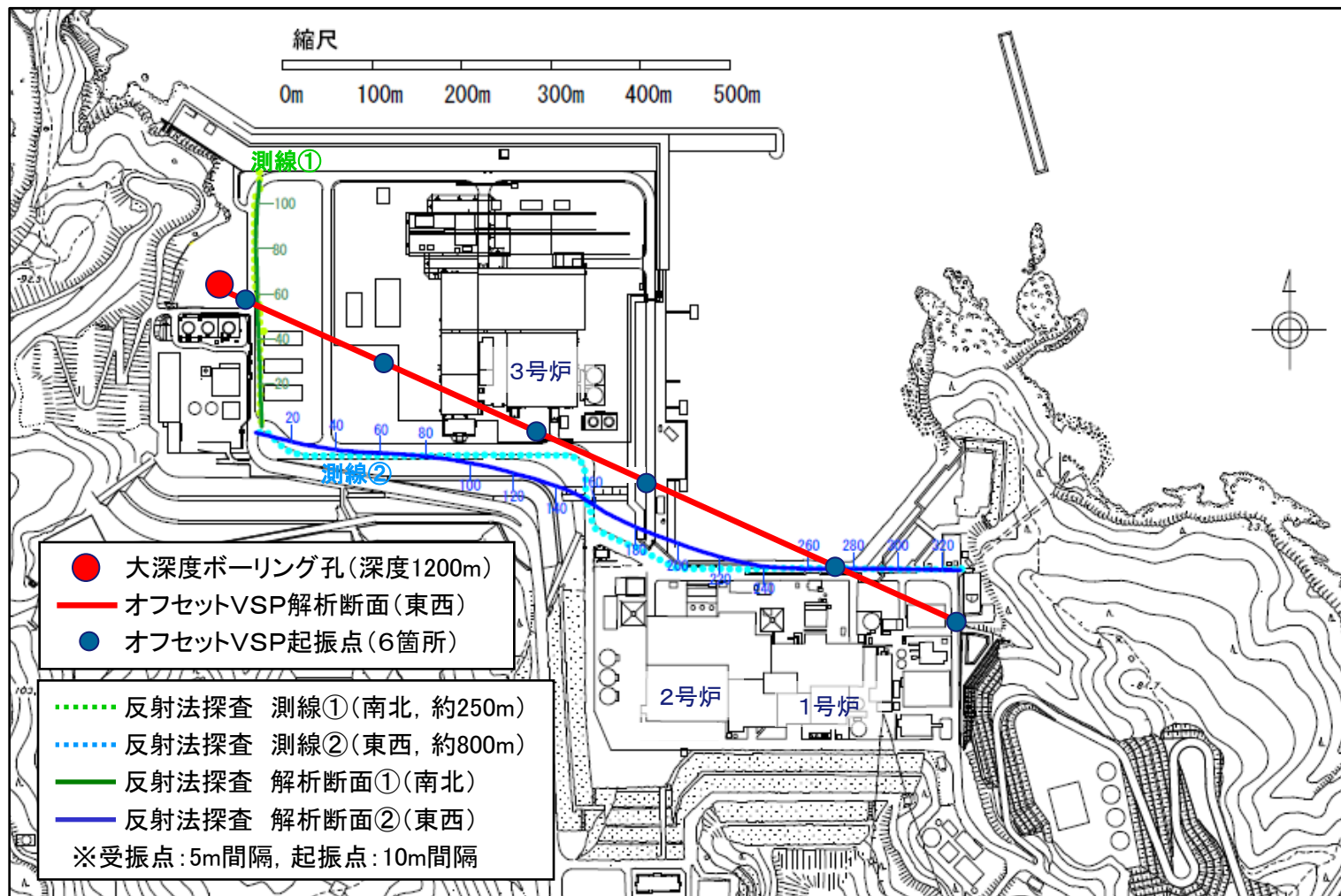


[UD成分]



(4) 反射法探査及びオフセットVSP探査による検討(解析断面)

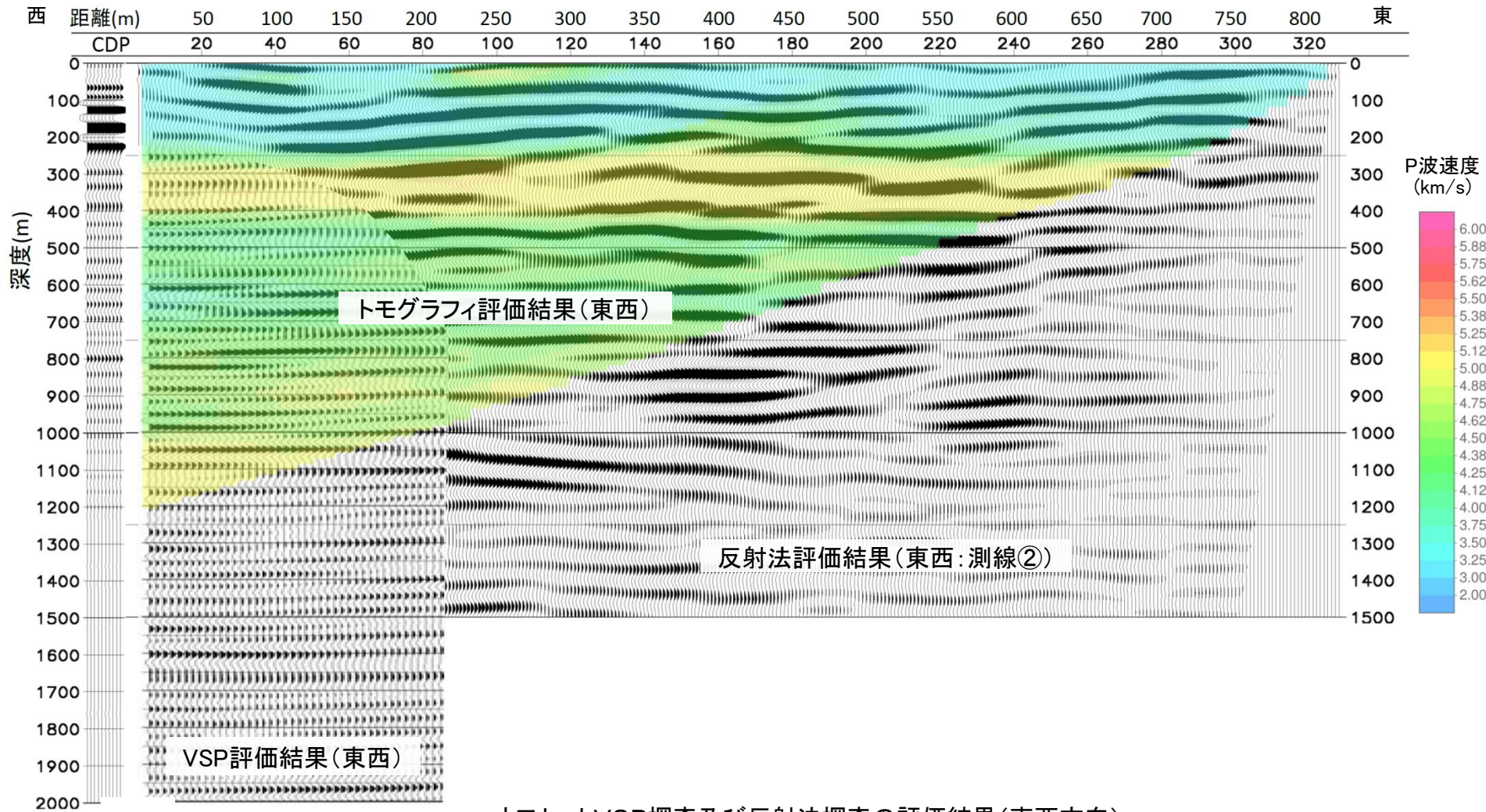
- 深度1200mの大深度ボーリングを実施し、大深度ボーリング孔から2号炉方向へ伸びる東西方向でオフセットVSP探査を実施した。また、南北・東西方向の構内道路沿い(2測線)で反射法探査を実施した。



反射法探査及びオフセットVSP探査の解析断面

(4) 反射法探査及びオフセットVSP探査による検討(検討結果:東西方向)

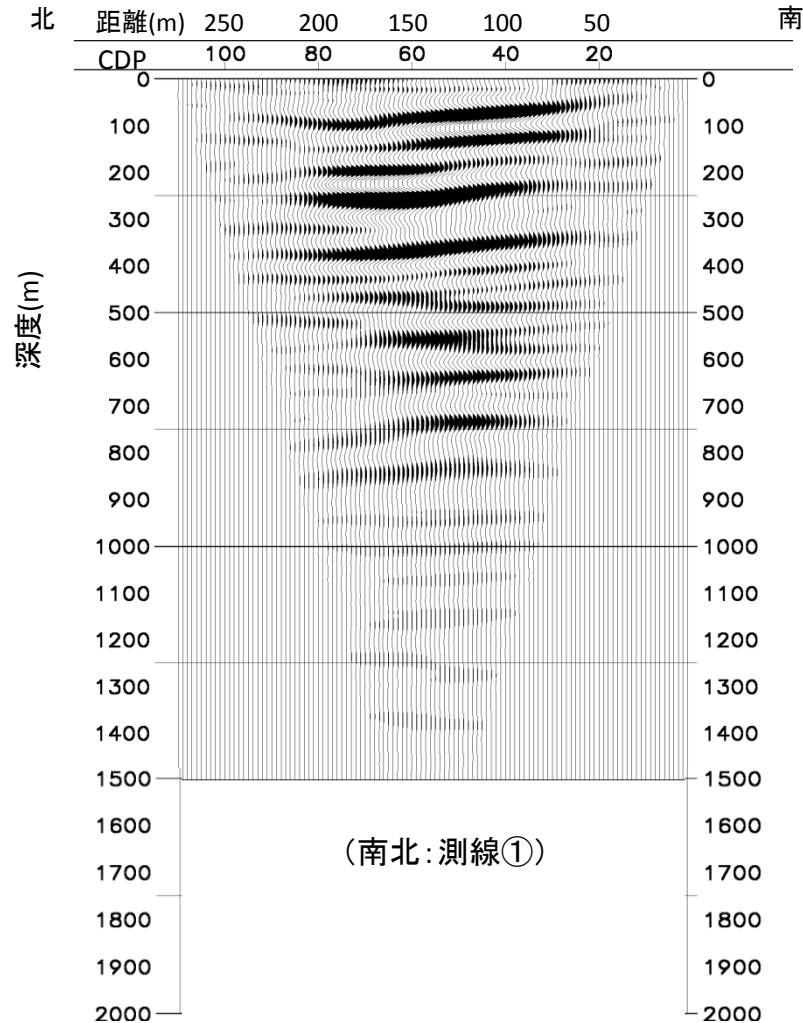
- 東西方向の反射面は地下深部までほぼ水平に連続しており、特異な構造はみられない。
- 深度1200mまでのP波速度は $V_p=3.5\sim 5\text{km/s}$ 程度であり、低速度域はみられない。



オフセットVSP探査及び反射法探査の評価結果(東西方向)

(4) 反射法探査及びオフセットVSP探査による検討(検討結果:南北方向)

■ 南北方向の反射面は北に向かって緩やかに傾斜しているが、特異な構造はみられない。

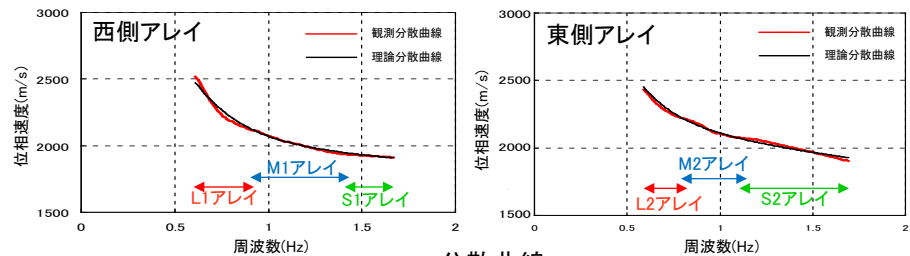


反射法探査の評価結果(南北方向)

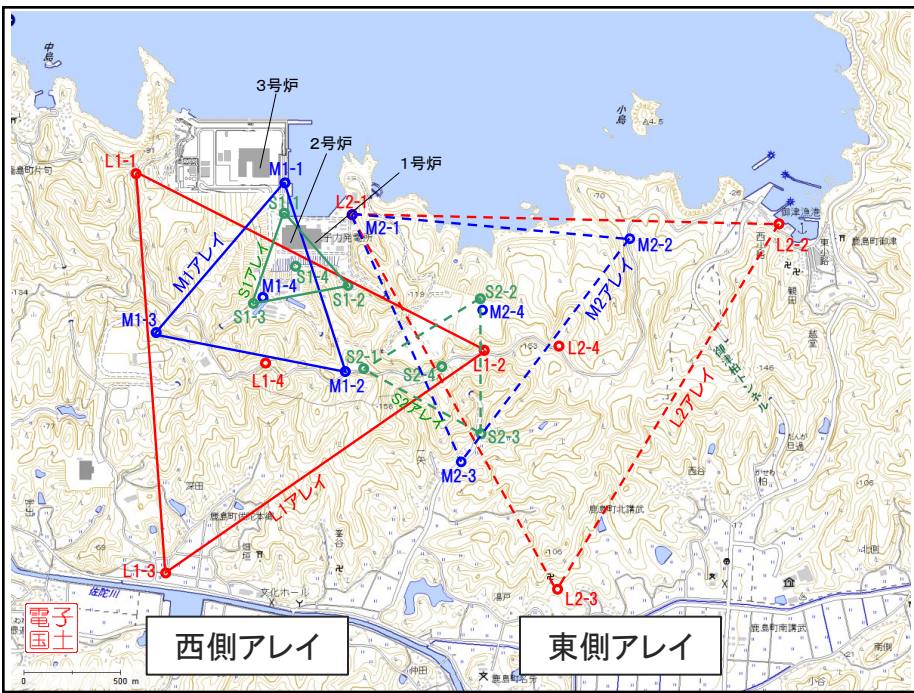
(5) 微動アレイ探査による検討(アレイ配置及び評価結果)

- 敷地及び敷地近傍における微動アレイ探査(西側・東側アレイ)により, 速度構造を推定した。
- それぞれのアレイにおける速度構造の同定結果を比較すると, 概ね同程度の深さに同程度の速度層が分布している。

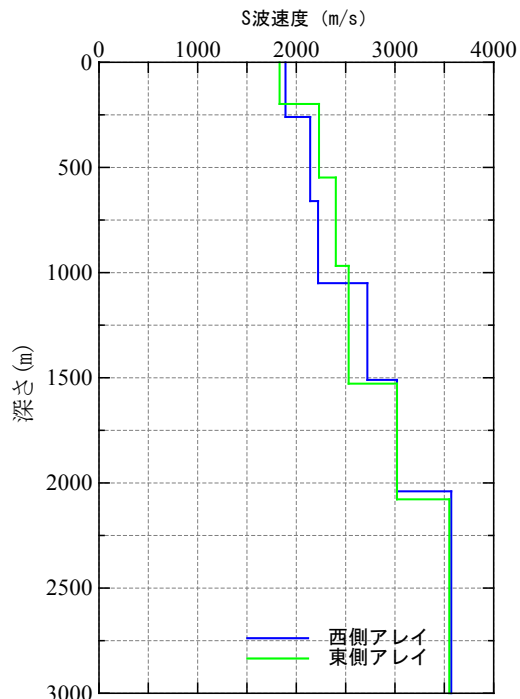
観測点	底辺長 (km)	標高 (m)								
		L1-1	71	L1-2	129	L1-3	1	L1-4	148	
西側	L1アレイ	2.0	L1-1	71	L1-2	129	L1-3	1	L1-4	148
	M1アレイ	1.0	M1-1	25	M1-2	147	M1-3	134	M1-4	56
	S1アレイ	0.5	S1-1	14	S1-2	46	S1-3	55	S1-4	50
東側	L2アレイ	2.2	L2-1	13	L2-2	7	L2-3	30	L2-4	145
	M2アレイ	1.4	M2-1	14	M2-2	72	M2-3	25	M2-4	85
	S2アレイ	0.7	S2-1	158	S2-2	85	S2-3	41	S2-4	142



分散曲線



アレイ配置



微動アレイ探査により同定されたS波速度構造

観測記録及び物理探査に基づく検討のまとめ

(1) 敷地地盤の地震観測記録による検討

敷地で観測された主な4地震について、岩盤内の各深さで得られた観測記録の応答スペクトルに顕著な増幅がみられないことを確認した。また、2号観測点及び3号観測点の解放基盤表面におけるはざとり波が同程度であることを確認した。

さらに、M5以上の内陸地殻内地震(15地震)の到来方向は東と南の2方向となり、方向別で増幅特性に違いはみられないことを確認した。

(2) 敷地地盤の微動観測記録による検討

H/Vスペクトル比の1秒以上の長周期側が各観測点で一様にフラットであり、敷地の深部構造に大きな違いはないことを確認した。なお、H/Vスペクトル比の0.25秒以下の短周期側が各観測点で異なるのは、表層(盛土・埋土)の影響によるものと考えられる。

(3) 原子炉建物基礎上端の地震観測記録による検討

2号炉及び3号炉の原子炉建物基礎上端で同時に観測された6地震について、各建物の応答スペクトルが同程度であり、号炉間で差異がないことを確認した。

(4) 反射法探査及びオフセットVSP探査による検討

南北方向の反射面が北に向かって緩やかに傾斜し、東西方向の反射面が地下深部までほぼ水平に連続しており、特異な構造ではないことを確認した。また、深度1200mまでのP波速度は $V_p=3.5\sim 5\text{km/s}$ 程度であり、低速度域がみられないことを確認した。

(5) 微動アレイ探査による検討

西側及び東側アレイにおける速度構造の同定結果から、西側と東側では概ね同程度の深さに同程度の速度層が分布していることを確認した。

- 以上より、観測記録及び物理探査に基づく検討結果から、敷地の地下構造は南北方向は北に緩やかに傾斜し、東西方向は水平成層であり特異な構造はみられないことを確認した。

傾斜構造を考慮した解析による検討内容

■ 傾斜構造を考慮した解析による検討

敷地及び敷地周辺の地質・地質構造の調査結果及び反射法探査の検討結果より、敷地の南北方向の地下構造は北に緩やかに傾斜しているため、傾斜構造を考慮した2次元地下構造モデルを用い、その影響を解析的に検討する。

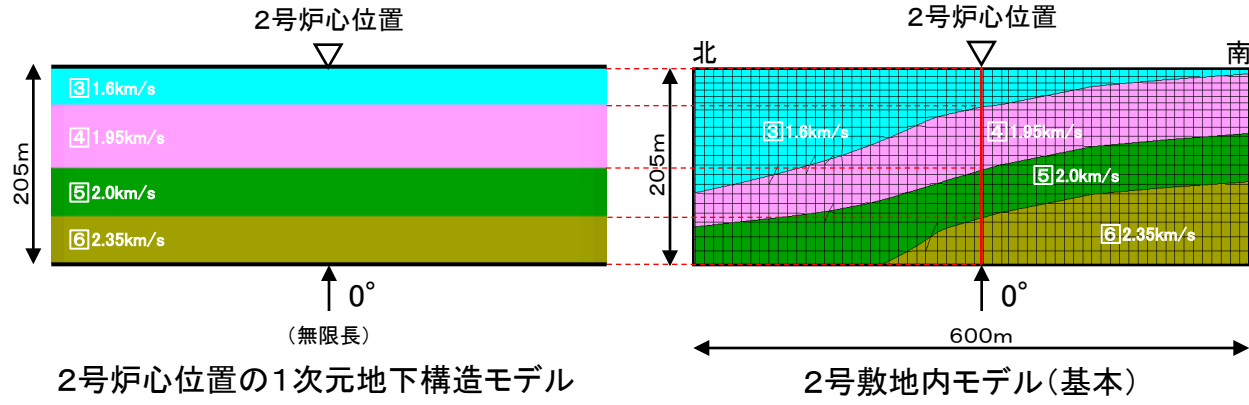
検討モデル一覧

検討モデル	2号	3号	設定方法
敷地内モデル(基本)	○	○	敷地内の速度層断面図に基づき設定
広域モデル(基本)	○	○	敷地内モデル(基本)の範囲を拡大して設定
敷地内モデル(ドレライト考慮)	○※	—	敷地内モデル(基本)に敷地内の地質断面図にみられるドレライトを考慮して設定
広域モデル(ドレライト考慮)	○※	—	敷地内モデル(ドレライト考慮)の範囲を拡大して設定
広域モデル(背斜・向斜考慮)	○※	○※	広域モデル(基本)に敷地周辺の地質断面図にみられる背斜・向斜構造を考慮して設定

※ 検討結果は補足説明資料16～51ページに記載

(1) 2号敷地内モデルの検討(基本: 1次元と2次元による増幅特性の比較)

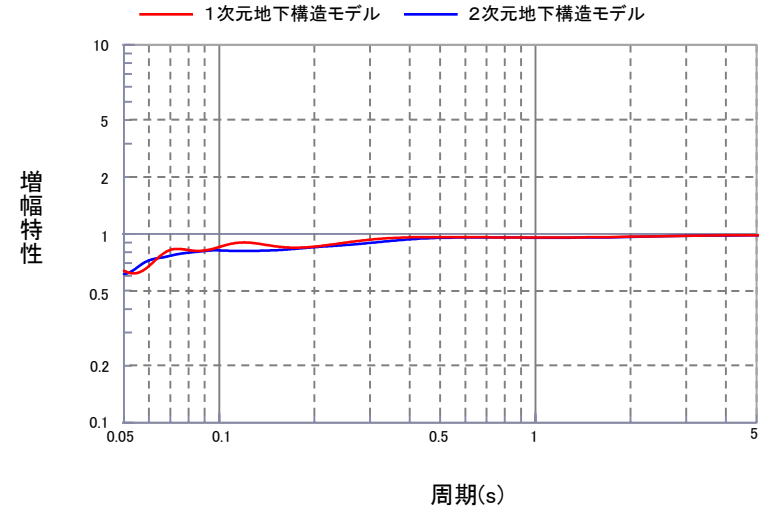
■ 2号炉心位置における1次元地下構造モデルの地盤増幅特性が、2号敷地内モデルの地盤増幅特性(鉛直入射)と比較して、同程度またはそれ以上となっており、1次元と2次元の増幅傾向に違いはみられない。



2号炉心位置の1次元地下構造モデル

2号敷地内モデル(基本)

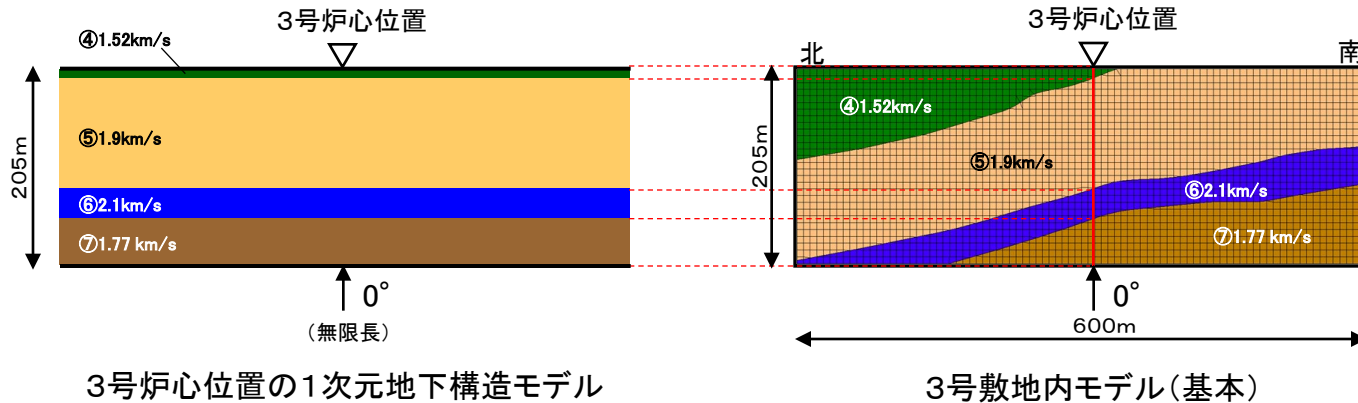
※速度はVsを表す



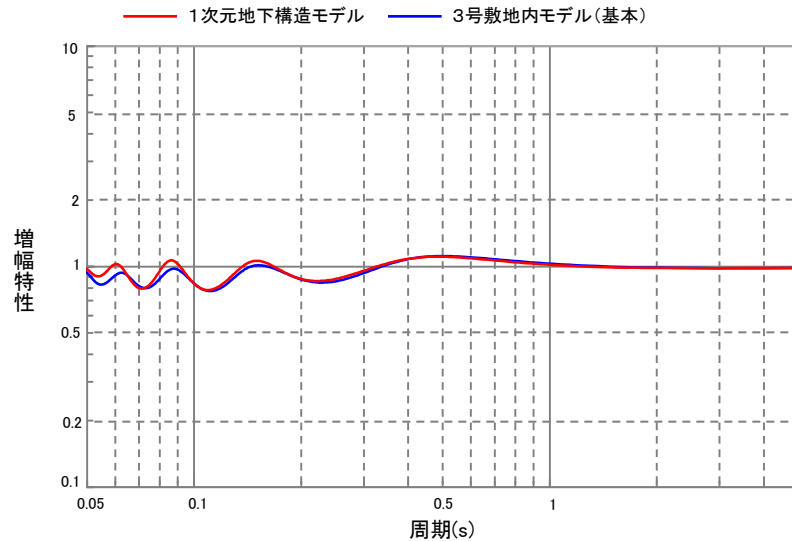
地盤増幅特性の比較(2号炉心位置)

(1) 3号敷地内モデルの検討(基本: 1次元と2次元による増幅特性の比較)

■ 3号炉心位置における1次元地下構造モデルの地盤増幅特性が、3号敷地内モデルの地盤増幅特性(鉛直入射)と比較して、同程度またはそれ以上となっており、1次元と2次元の増幅傾向に違いはみられない。



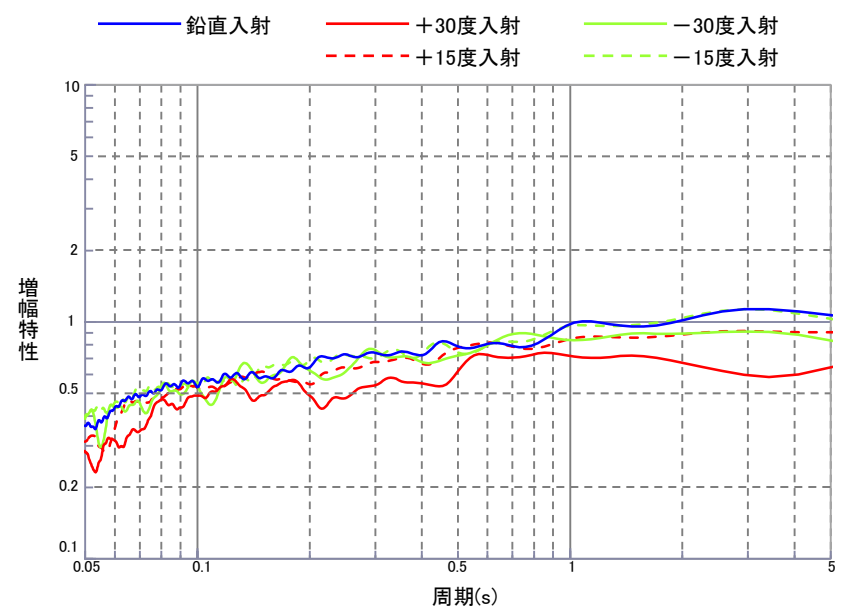
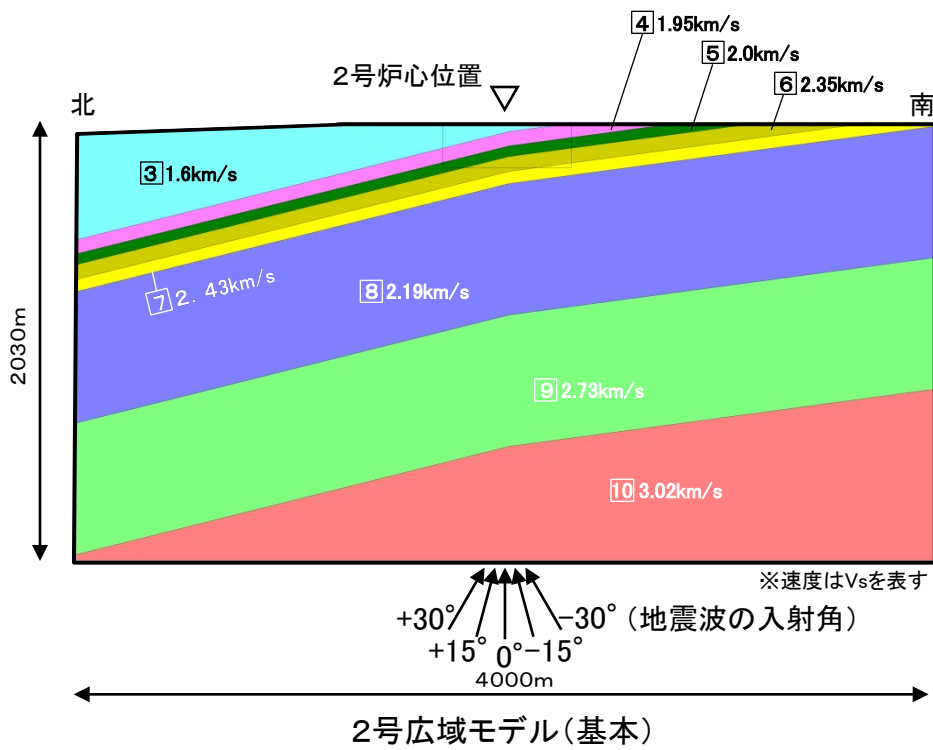
※速度はVsを表す



地盤増幅特性の比較(3号炉心位置)

(1) 2号広域モデルの検討(基本:入射角の違いによる増幅特性の比較)

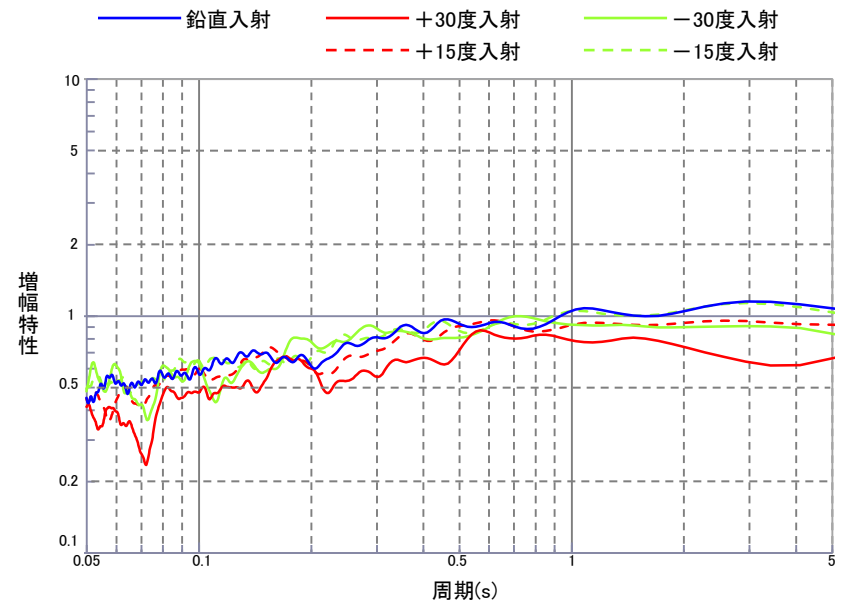
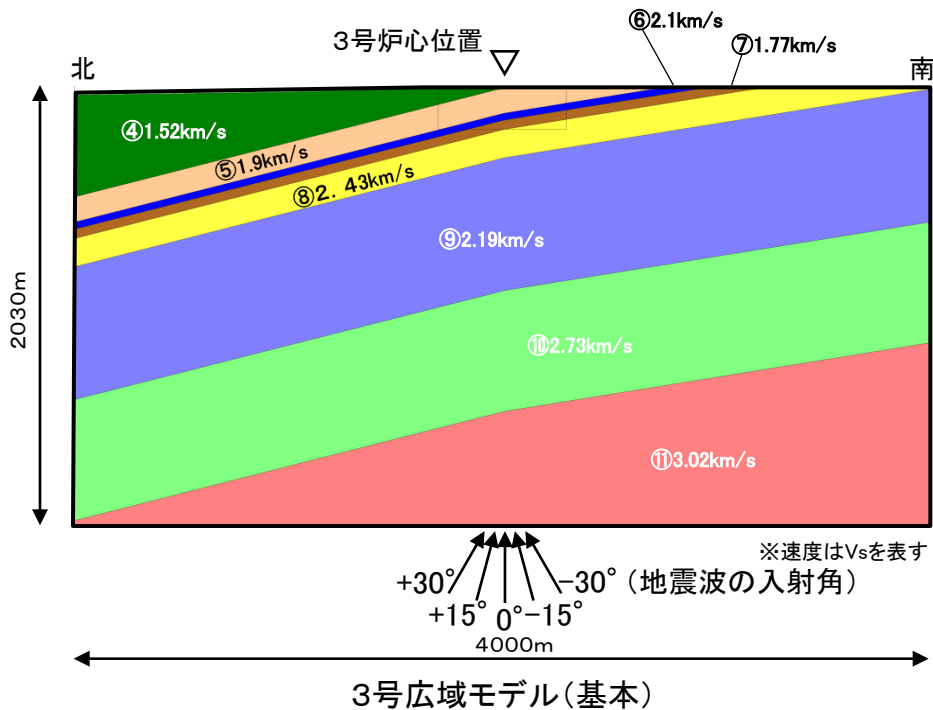
■ 2号広域モデルに地震波を鉛直(0°)及び斜め(±15°, ±30°)に入射すると, 鉛直入射の地盤増幅特性が, 斜め入射の地盤増幅特性と比較して, 同程度またはそれ以上となっており, 斜め入射を考慮しても傾斜構造による特異な増幅傾向はみられない。



地盤増幅特性の比較(2号炉心位置)

(1) 3号広域モデルの検討(基本:入射角の違いによる増幅特性の比較)

■ 3号広域モデルに地震波を鉛直(0°)及び斜め(±15°, ±30°)に入射すると, 鉛直入射の地盤増幅特性が, 斜め入射の地盤増幅特性と比較して, 同程度またはそれ以上となっており, 斜め入射を考慮しても傾斜構造による特異な増幅傾向はみられない。



地盤増幅特性の比較(3号炉心位置)

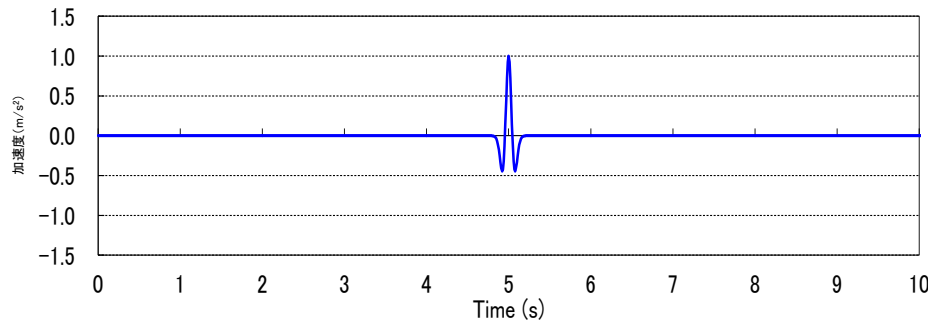
(2) 広域モデルの検討(伝播特性の検討に用いるRicker波)

第204回審査会合資料1 P70 再掲

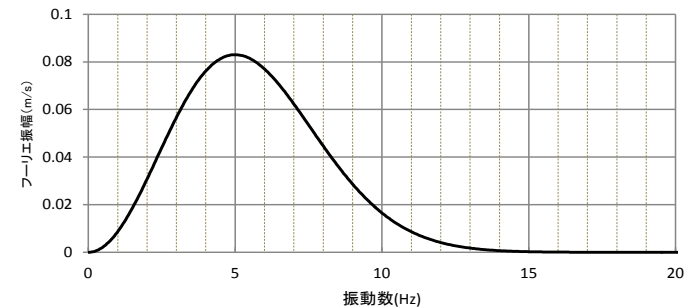
- 下式のRicker波(最大加速度:1.0m/s², 中心周期:0.2s, 最大値生起時刻:5.0s)を用い, 2次元地下構造モデルに対して地震波(SV波)を鉛直(0°)及び斜め(±30°)に入射して伝播特性を比較する。
- Ricker波は, 振幅が特定の周波数帯に比較的均一に分布しており, 波の形状が単純で波形の比較に適している。
- Ricker波の中心周期は, 島根サイトでは特徴的な周期帯を持つ地震記録が観測されていないことから, 建物の固有周期(約0.2s)付近の周期としている。

$$f(t) = (1 - 2A)\exp(-A)$$

$$A = \frac{\pi^2(t - t_M)^2}{t_C^2} = (f_C \pi)^2 (t - t_M)^2$$

 t_C : 中心周期 f_C : 中心振動数 t_M : 最大値生起時刻

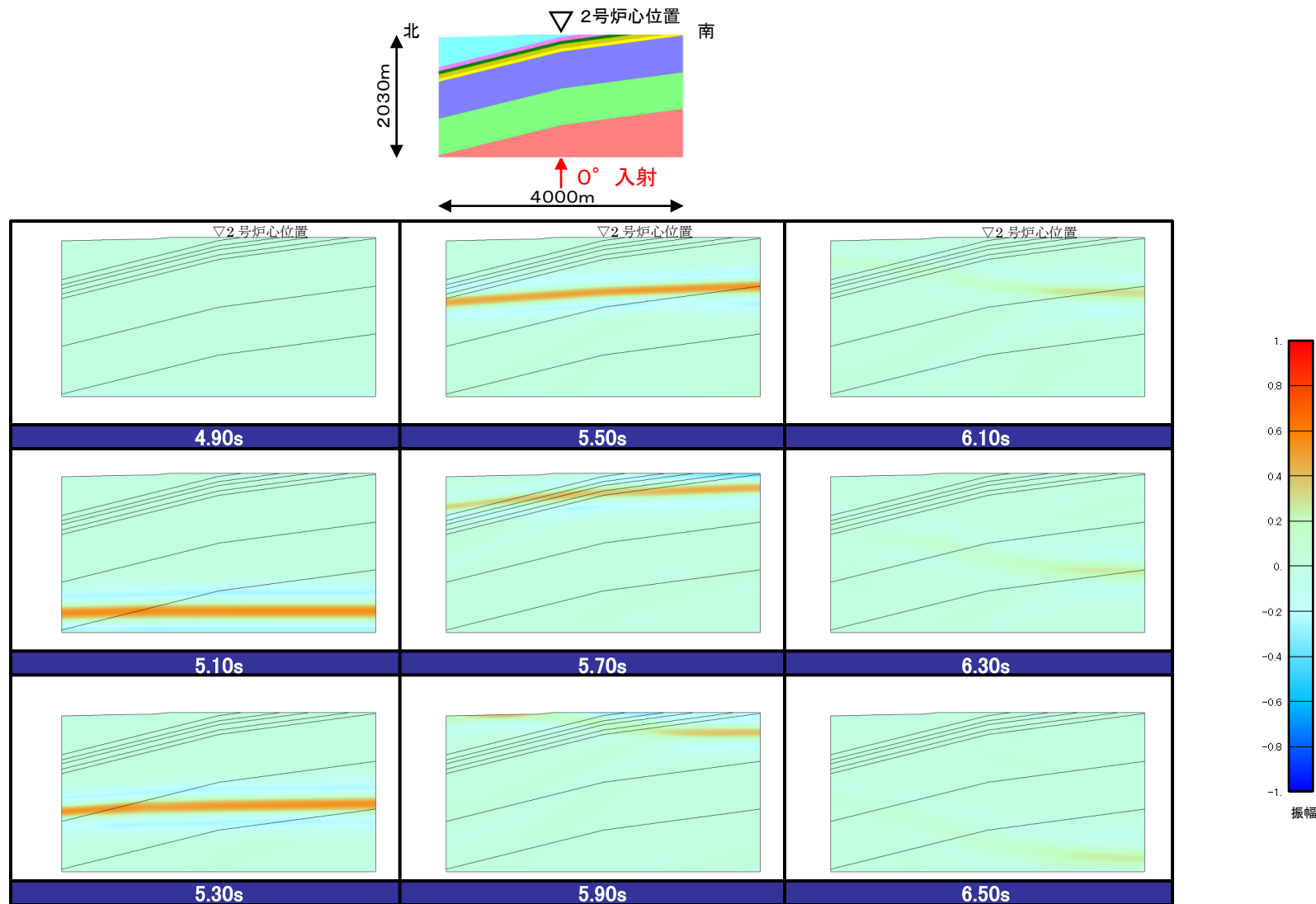
リッカー波の時刻歴波形



リッカー波のフーリエスペクトル

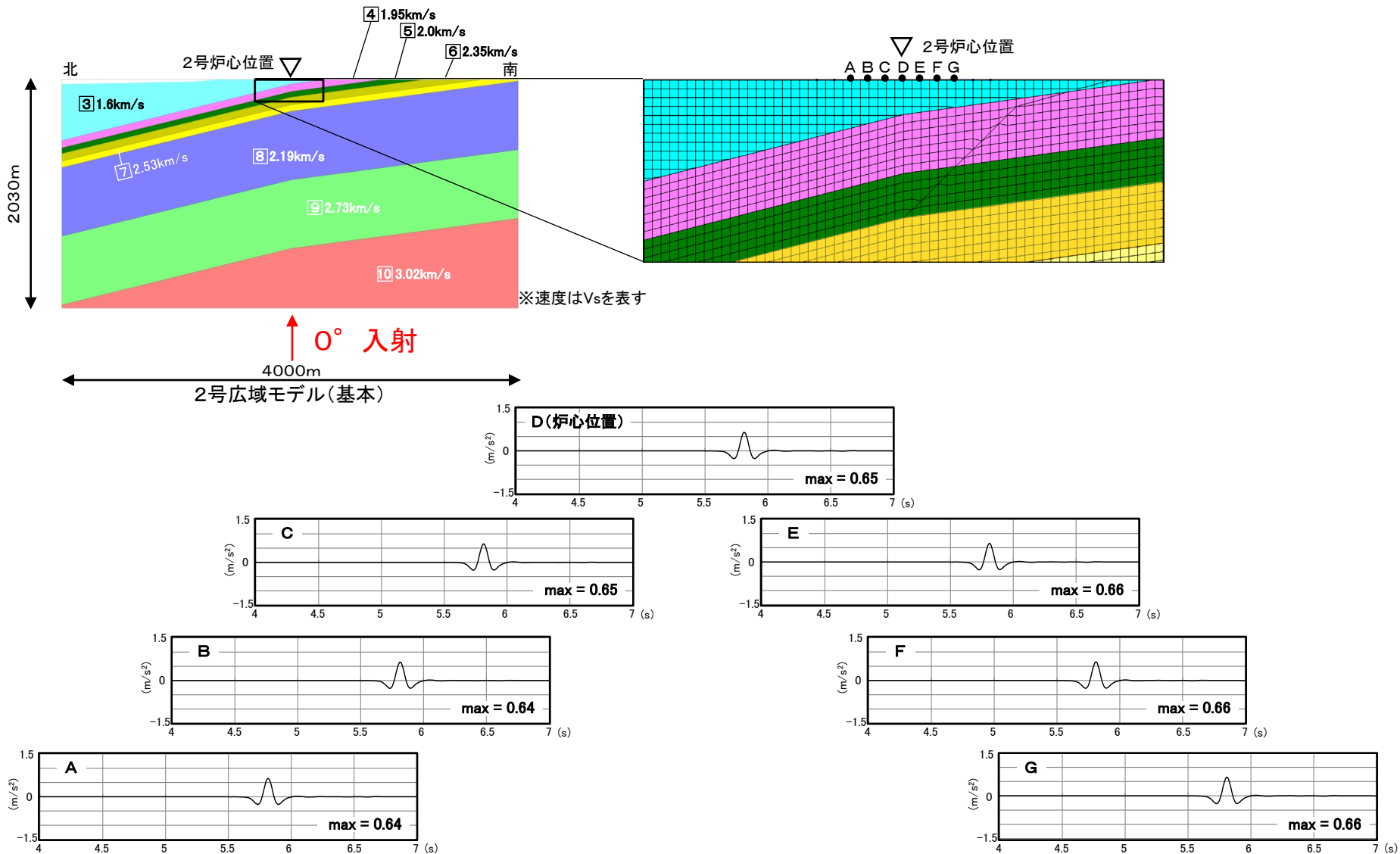
(2) 2号広域モデルの検討(基本:入射角の違いによるRicker波の検討)

- 2号広域モデルに地震波を鉛直(0°)に入射した検討結果(スナップショット)によると、傾斜構造による特異な伝播傾向はみられない。

Ricker波による検討結果(0° 入射)

(2) 2号広域モデルの検討(基本:入射角の違いによるRicker波の検討)

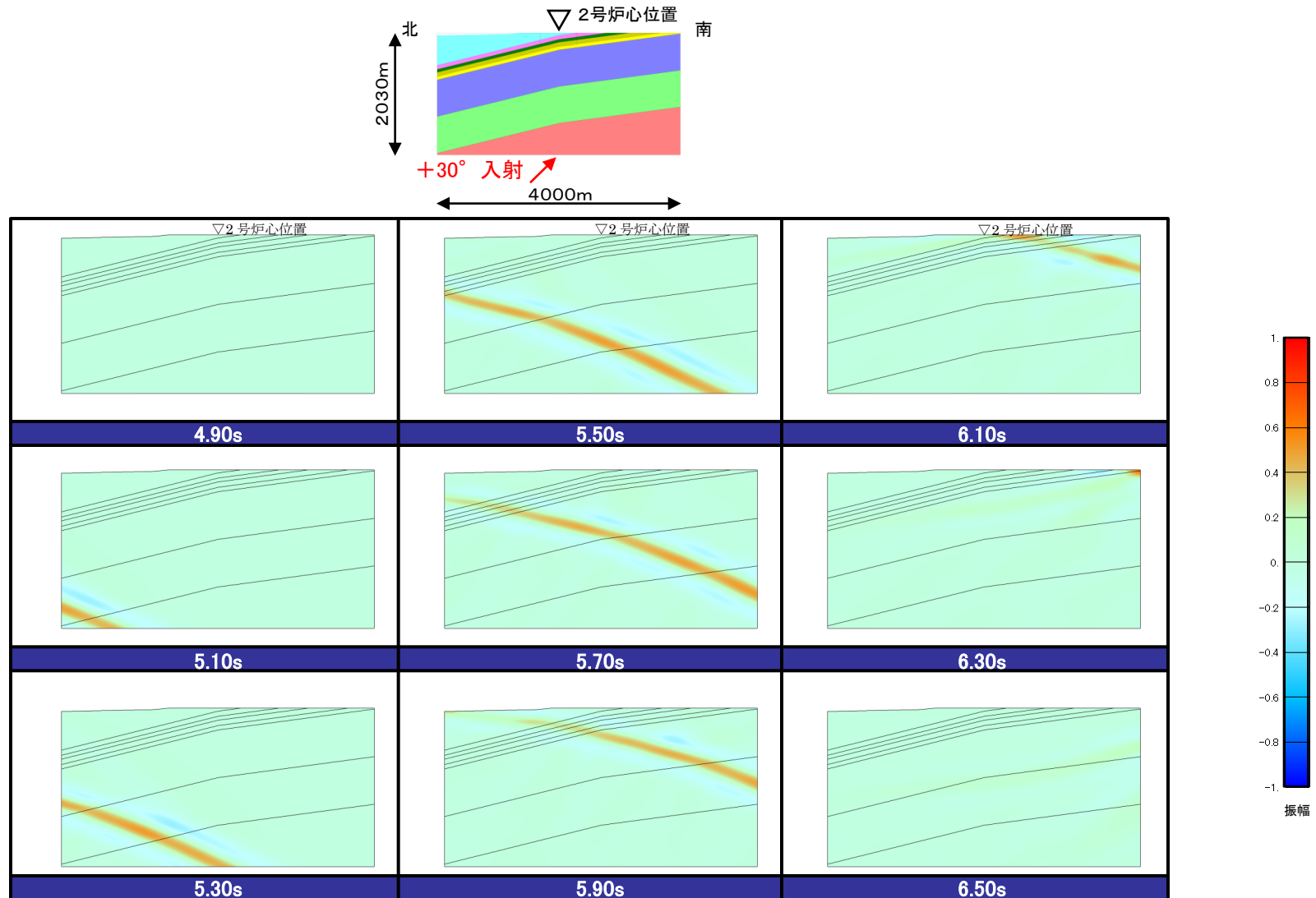
■ 2号広域モデルに地震波を鉛直(0°)に入射した検討結果(炉心及び炉心から約20m, 40m, 60mの加速度波形)によると, 傾斜構造による特異な伝播傾向はみられない。



炉心及び炉心周辺(モデル上端)の加速度波形(0° 入射)

(2) 2号広域モデルの検討(基本:入射角の違いによるRicker波の検討)

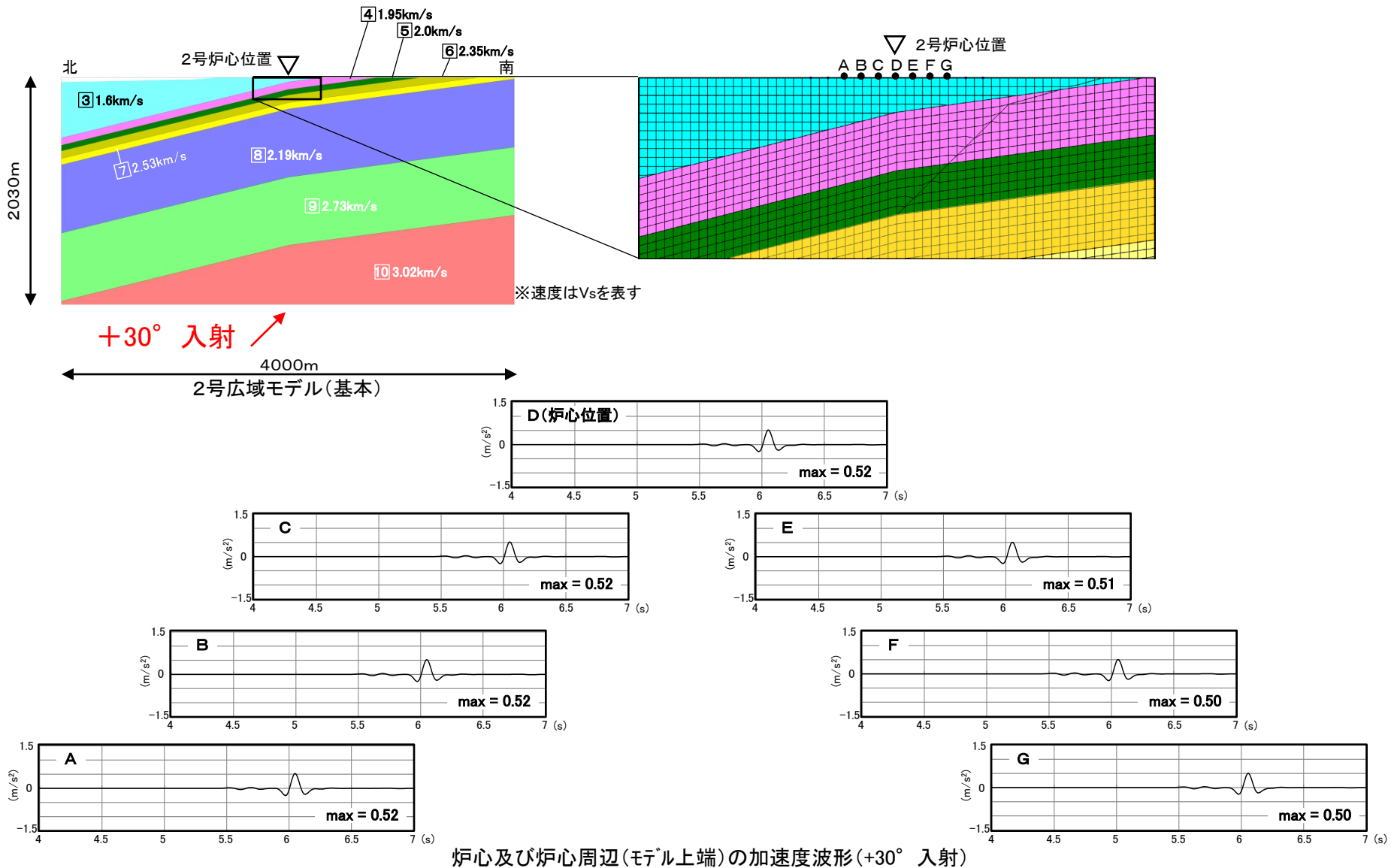
- 2号広域モデルに地震波を斜め(+30°)に入射した検討結果(スナップショット)によると、傾斜構造による特異な伝播傾向はみられない。



Ricker波による検討結果(+30° 入射)

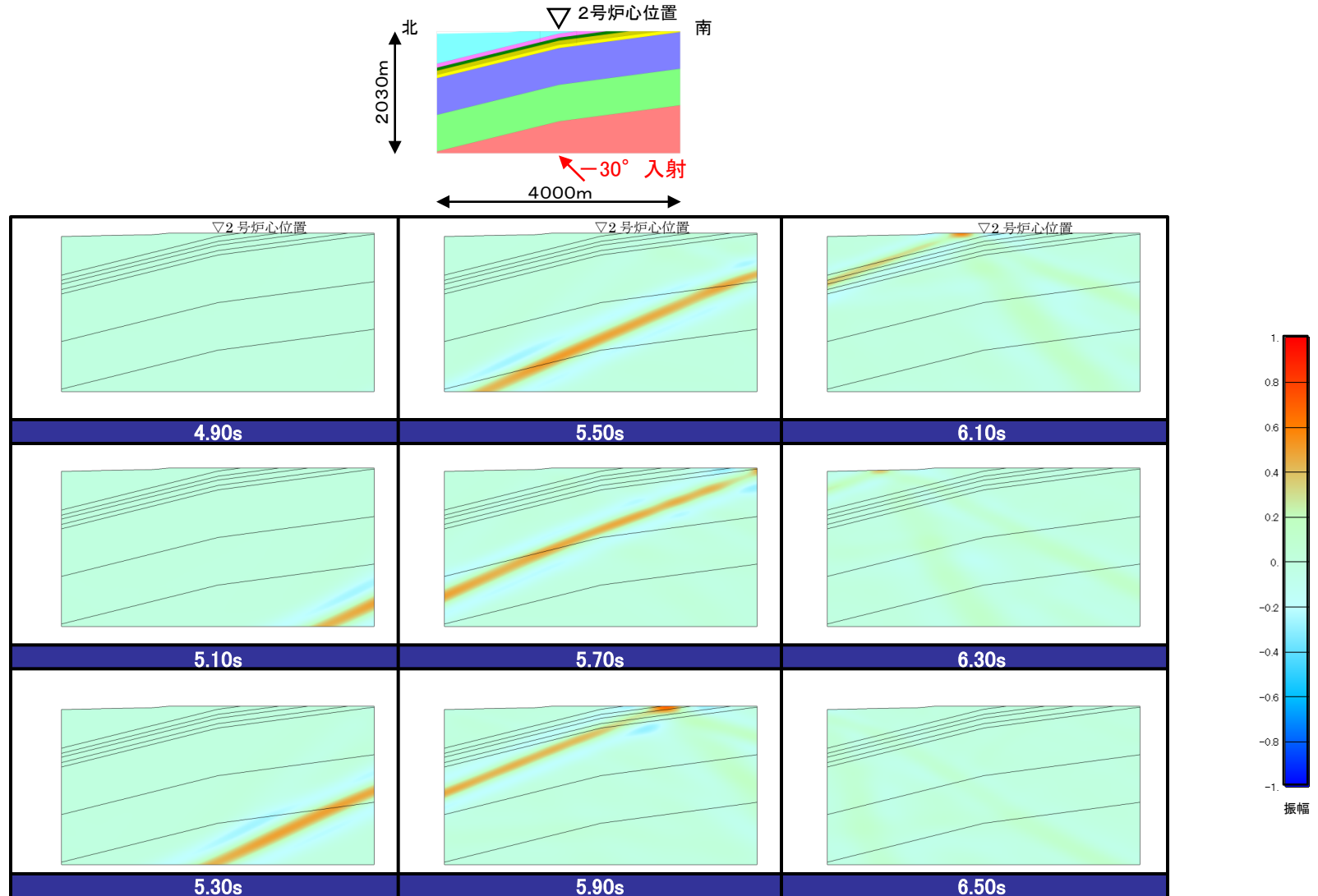
(2) 2号広域モデルの検討(基本:入射角の違いによるRicker波の検討)

■ 2号広域モデルに地震波を斜め(+30°)に入射した検討結果(炉心及び炉心から約20m, 40m, 60mの加速度波形)によると, 傾斜構造による特異な伝播傾向はみられない。



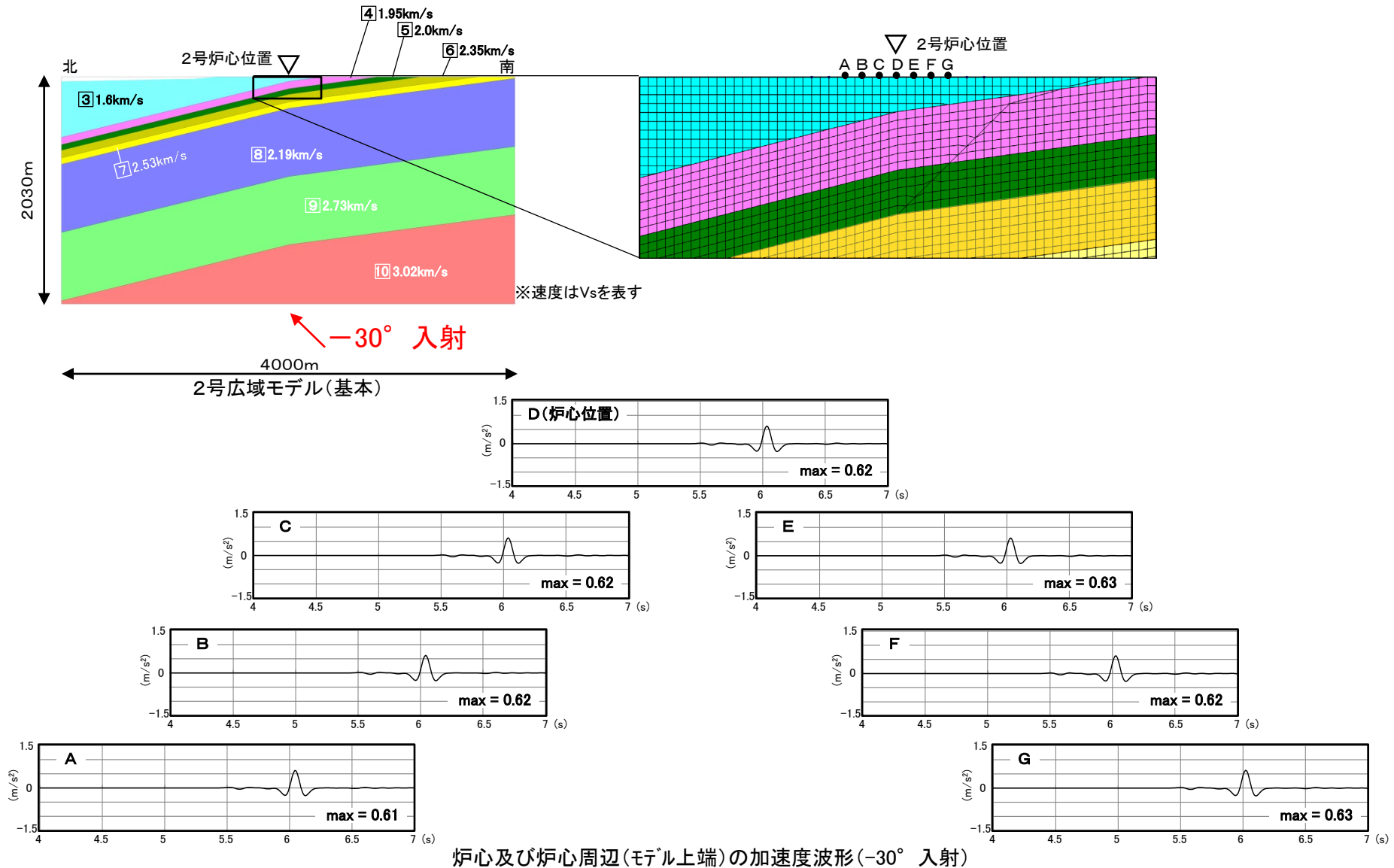
(2) 2号広域モデルの検討(基本:入射角の違いによるRicker波の検討)

- 2号広域モデルに地震波を斜め(-30°)に入射した検討結果(スナップショット)によると、傾斜構造による特異な伝播傾向はみられない。

Ricker波による検討結果(-30° 入射)

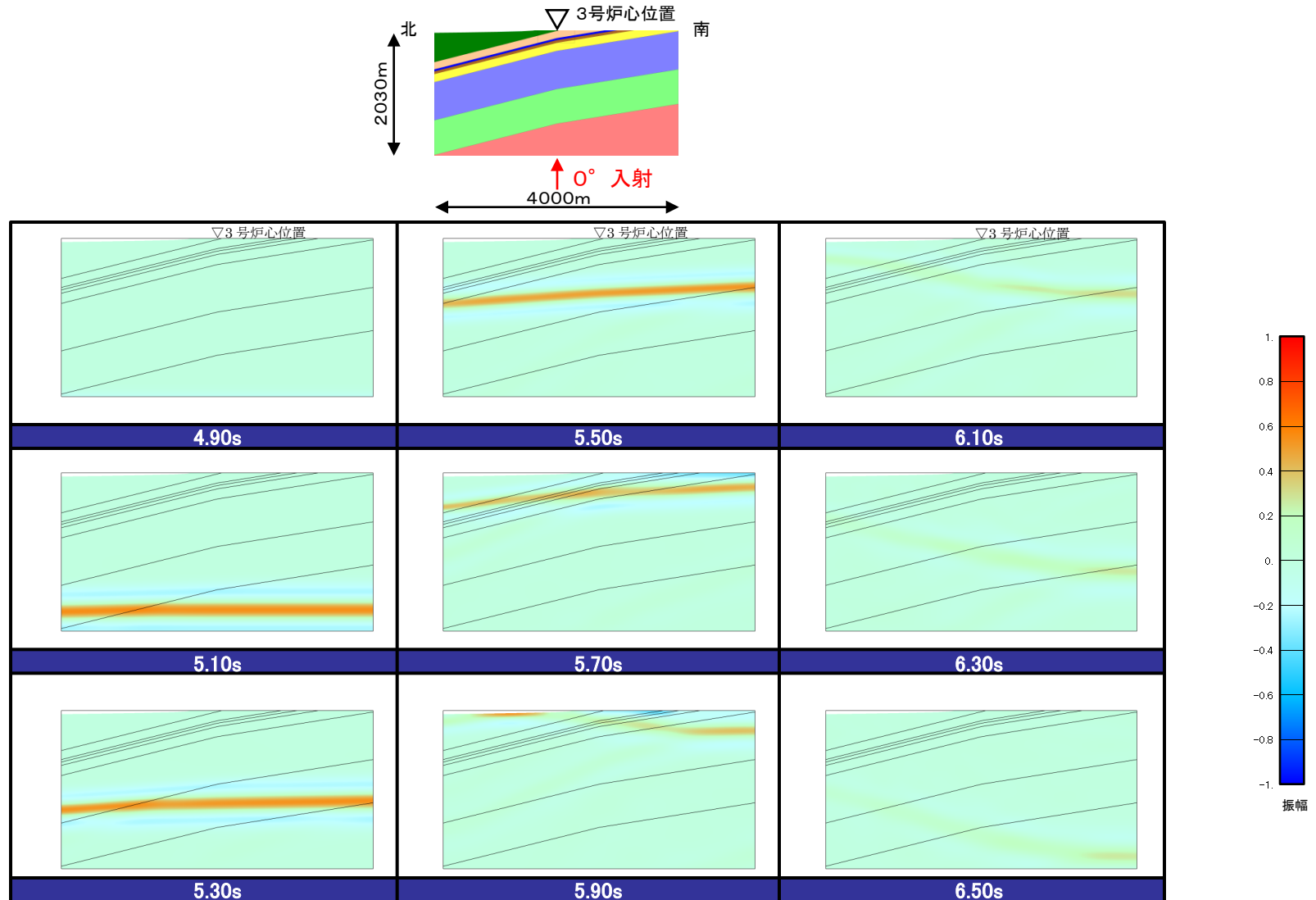
(2) 2号広域モデルの検討(基本:入射角の違いによるRicker波の検討)

■ 2号広域モデルに地震波を斜め(-30°)に入射した検討結果(炉心及び炉心から約20m, 40m, 60mの加速度波形)によると, 傾斜構造による特異な伝播傾向はみられない。



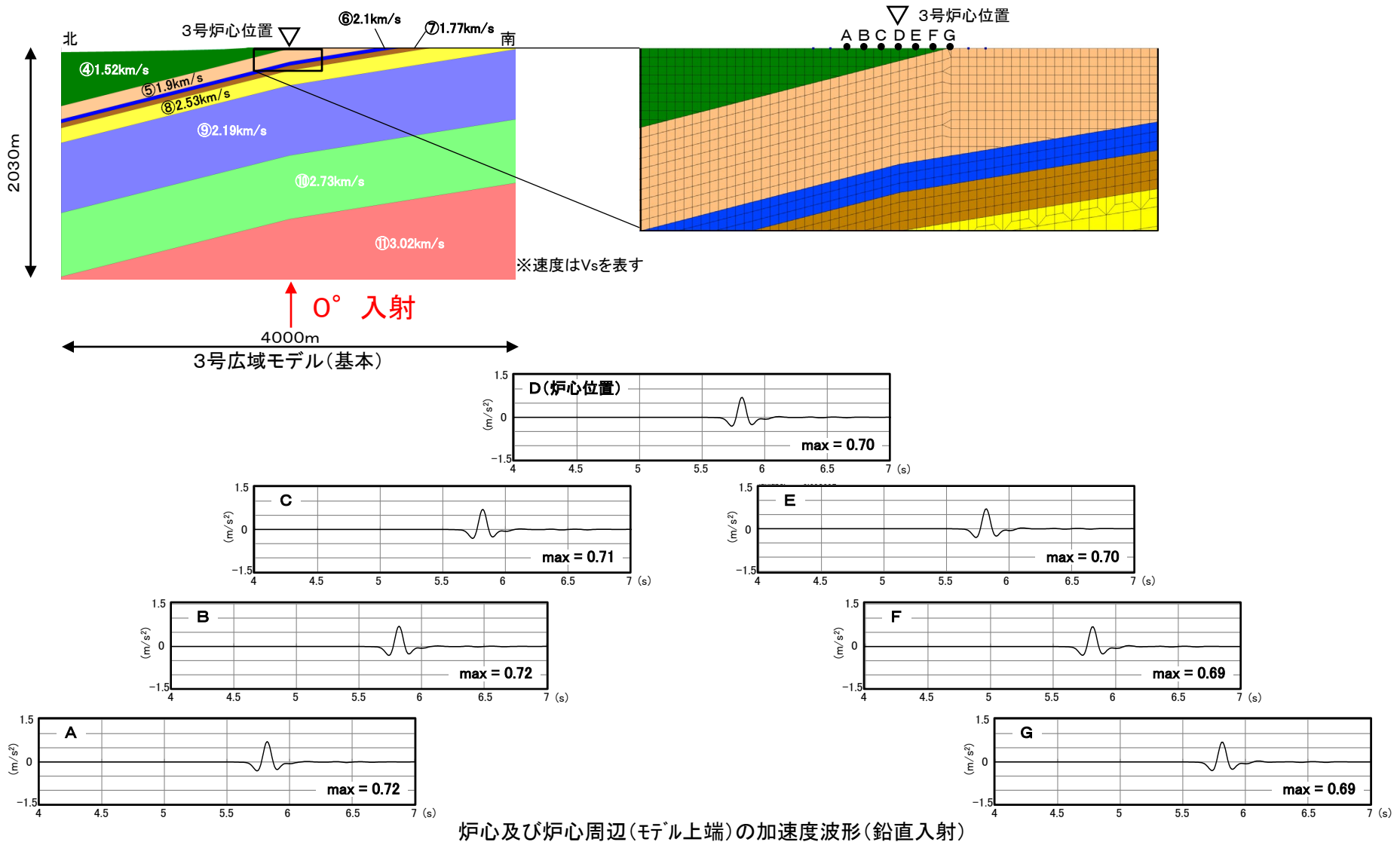
(2) 3号広域モデルの検討(基本:入射角の違いによるRicker波の検討)

- 3号広域モデルに地震波を鉛直(0°)に入射した検討結果(スナップショット)によると、傾斜構造による特異な伝播傾向はみられない。

Ricker波による検討結果(0° 入射)

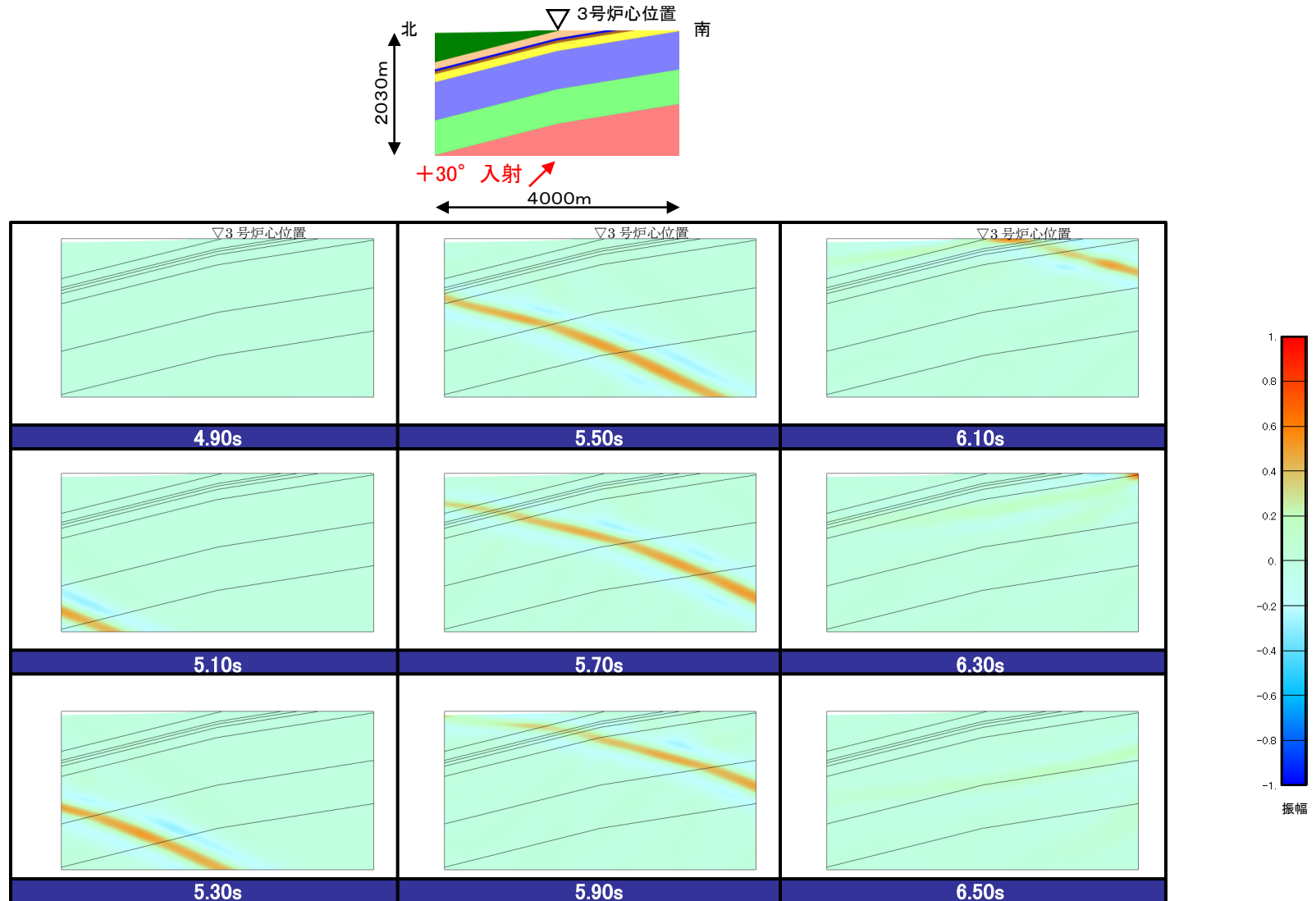
(2) 3号広域モデルの検討(基本:入射角の違いによるRicker波の検討)

■ 3号広域モデルに地震波を鉛直(0°)に入射した検討結果(炉心及び炉心から約20m, 40m, 60mの加速度波形)によると, 傾斜構造による特異な伝播傾向はみられない。



(2) 3号広域モデルの検討(基本:入射角の違いによるRicker波の検討)

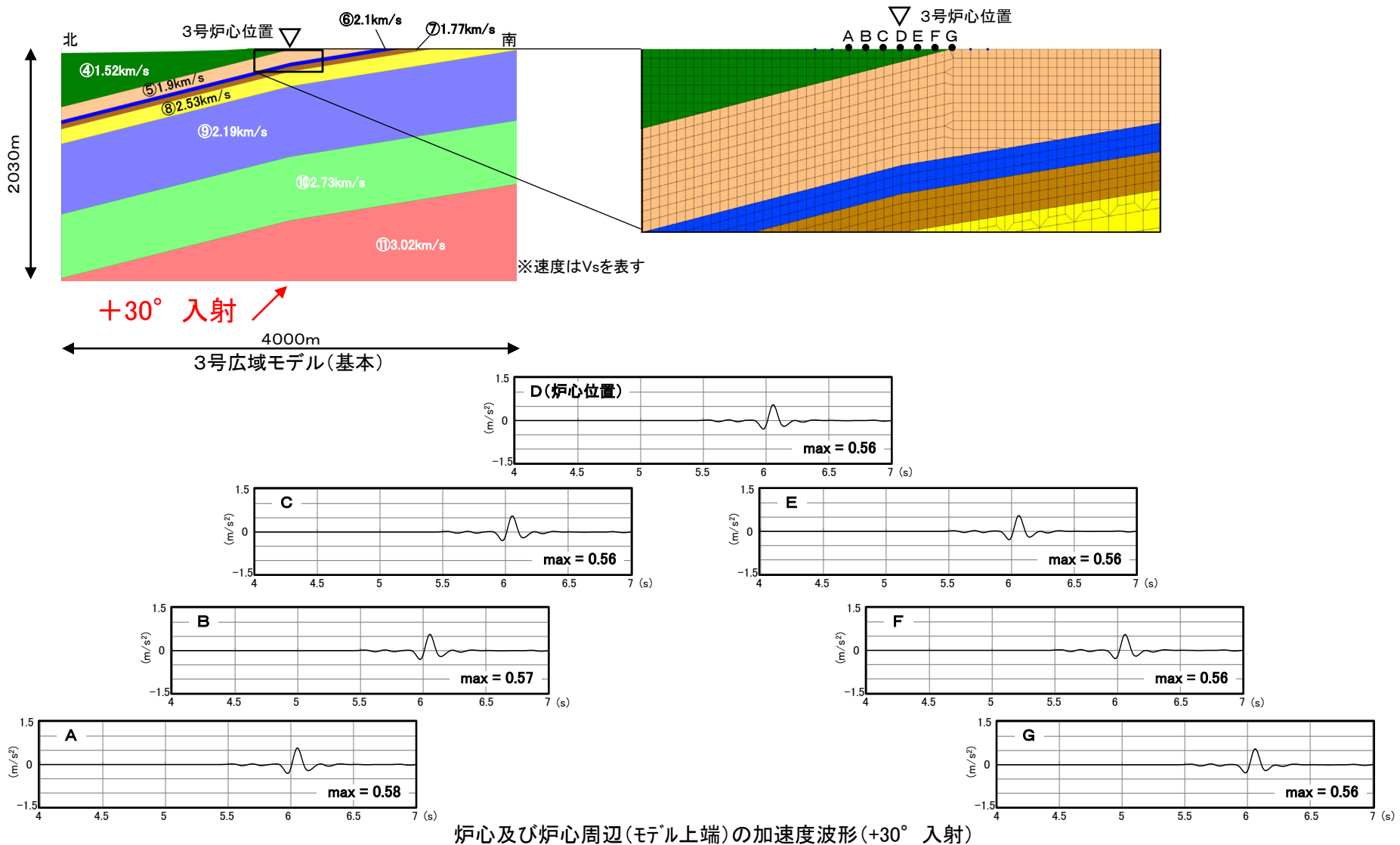
- 3号広域モデルに地震波を斜め(+30°)に入射した検討結果(スナップショット)によると、傾斜構造による特異な伝播傾向はみられない。



Ricker波による検討結果(+30° 入射)

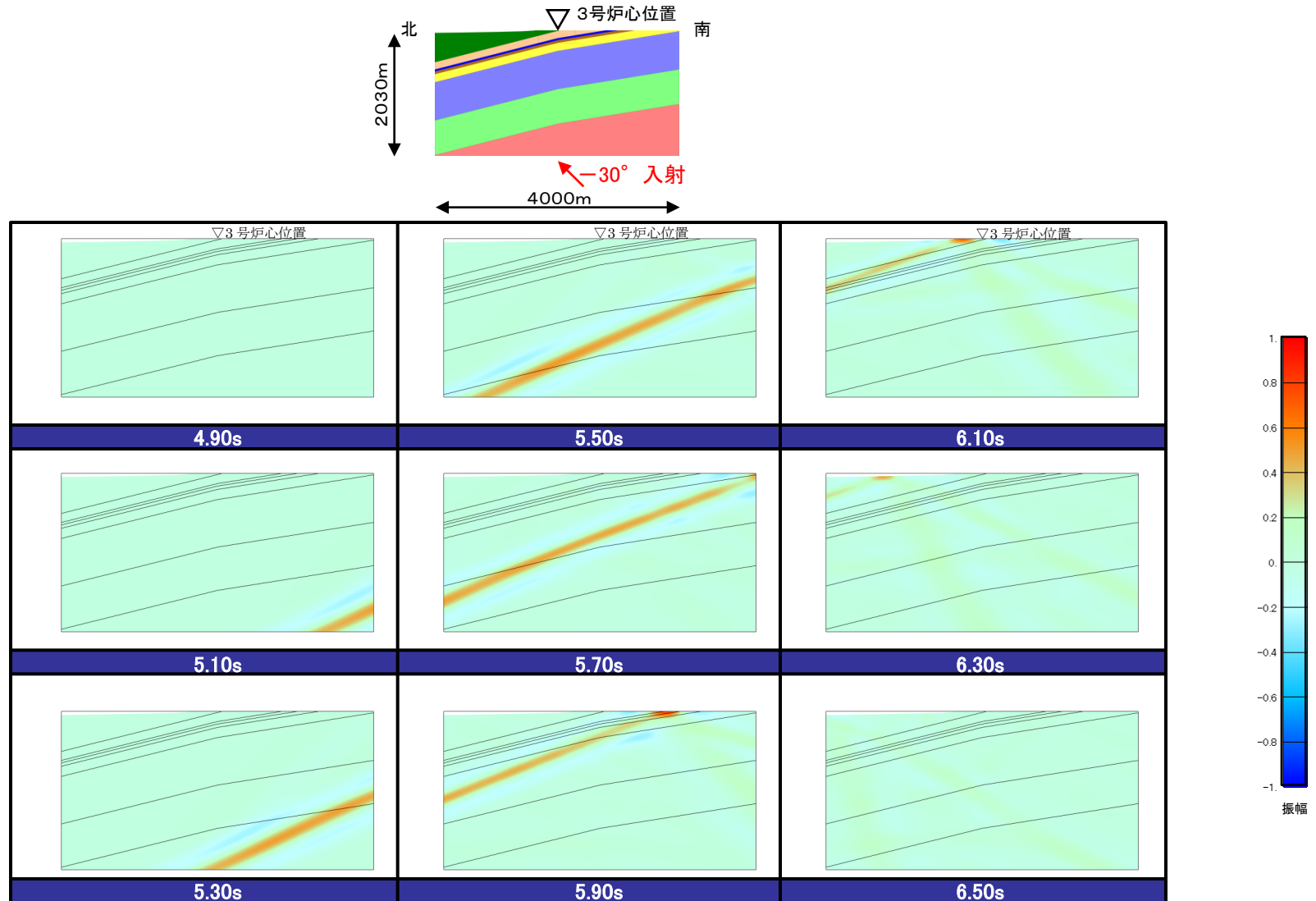
(2) 3号広域モデルの検討(基本:入射角の違いによるRicker波の検討)

■ 3号広域モデルに地震波を斜め(+30°)に入射した検討結果(炉心及び炉心から約20m, 40m, 60mの加速度波形)によると, 傾斜構造による特異な伝播傾向はみられない。



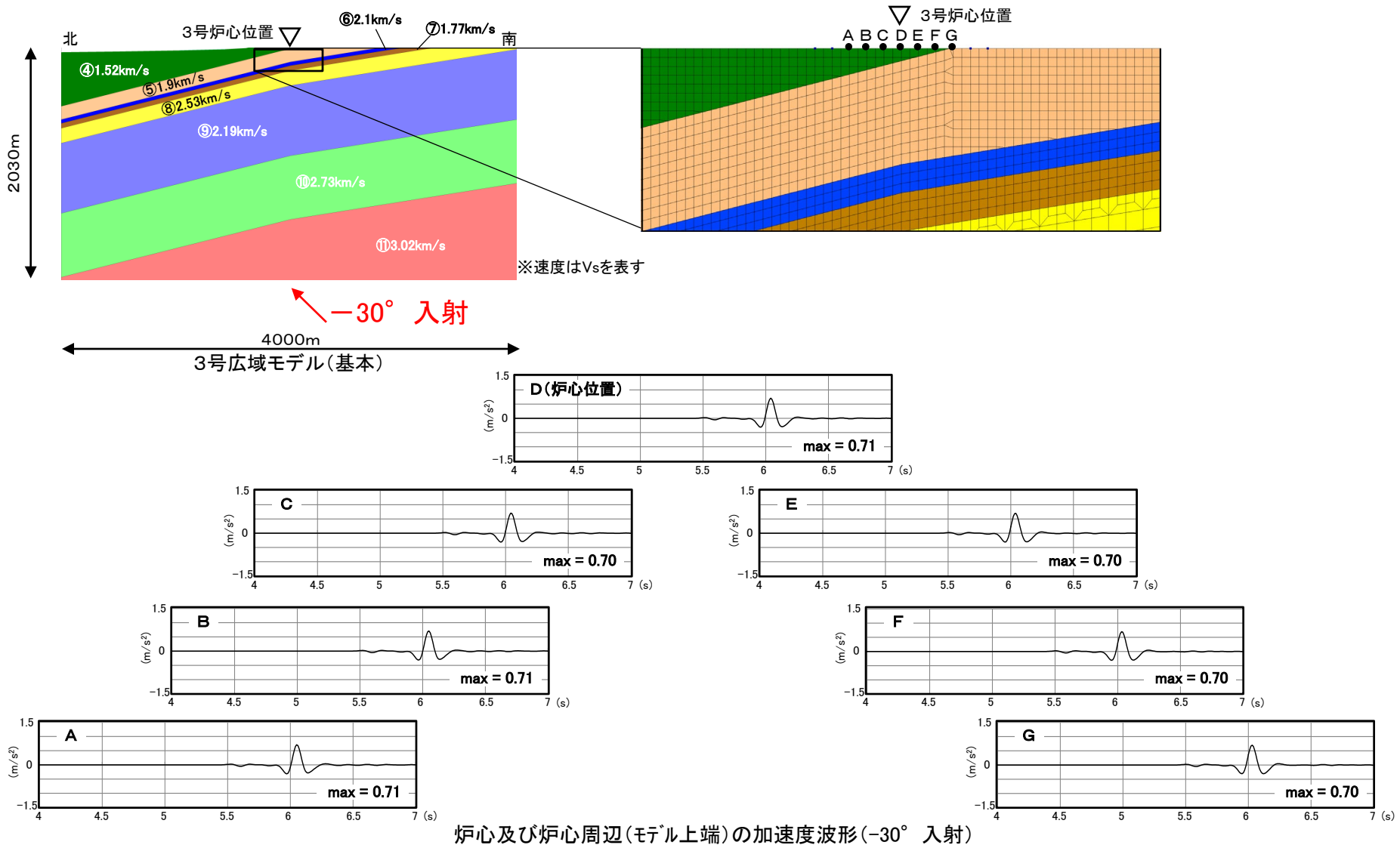
(2) 3号広域モデルの検討(基本:入射角の違いによるRicker波の検討)

- 3号広域モデルに地震波を斜め(-30°)に入射した検討結果(スナップショット)によると、傾斜構造による特異な伝播傾向はみられない。

Ricker波による検討結果(-30° 入射)

(2) 3号広域モデルの検討(基本:入射角の違いによるRicker波の検討)

■ 3号広域モデルに地震波を斜め(-30°)に入射した検討結果(炉心及び炉心から約20m, 40m, 60mの加速度波形)によると, 傾斜構造による特異な伝播傾向はみられない。



傾斜構造を考慮した解析による検討のまとめ

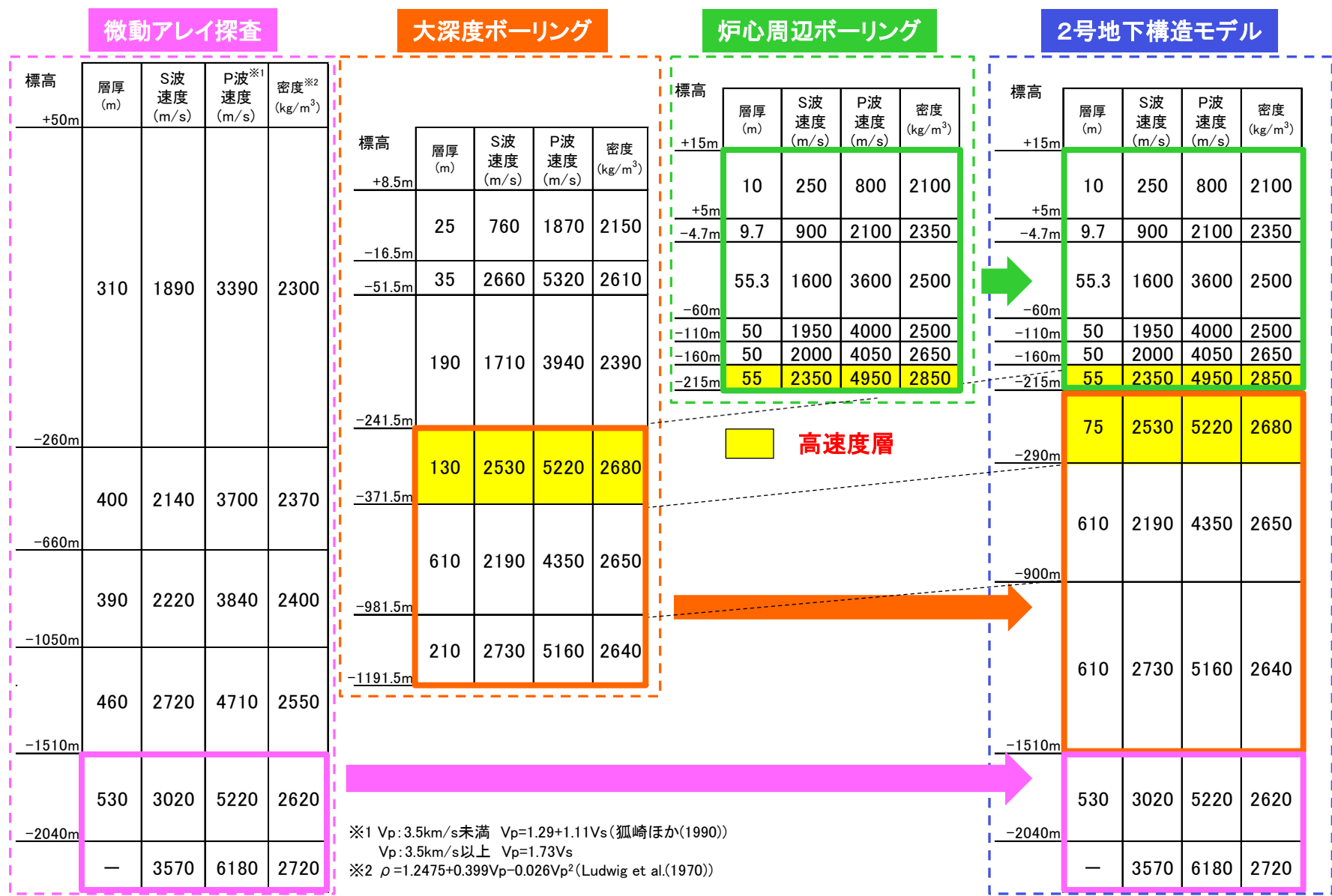
- 傾斜構造を考慮した2次元地下構造モデルとして、2号及び3号地盤の敷地内モデル、広域モデルを設定し、地震波の入射角の違いによる地盤増幅特性への影響を検討した。その結果、全ての検討モデルにおいて、鉛直入射の地盤増幅特性が、斜め入射の地盤増幅特性と比較して、同程度またはそれ以上となり、斜め入射を考慮しても傾斜構造による特異な増幅傾向はみられなかった。
 - 1次元地下構造モデルによる地盤増幅特性と、上記の2次元地下構造モデルの鉛直入射の地盤増幅特性を比較すると、全ての検討モデルにおいて、1次元地下構造モデルの増幅特性が、2次元地下構造モデルの増幅特性と同程度またはそれ以上となり、1次元と2次元の増幅傾向に違いはみられなかった。
 - 2次元地下構造モデルにRicker波を入射して、地震波の入射角の違いによる伝播特性への影響を検討すると、全ての検討モデルにおいて、地盤の傾斜構造による特異な伝播傾向はみられなかった。
- 以上より、南北方向の傾斜構造が敷地の地震動評価に与える影響はほとんどないことを確認できた(結果的に保守的な評価となる)ことから、南北方向の地下構造は水平成層構造とみなすことができると判断した。

地下構造モデルの設定(設定方針)

- 敷地及び敷地周辺の地質・地質構造の調査結果, 観測記録及び物理探査に基づく検討結果より, 東西方向の地下構造は水平成層構造であることを確認した。
- 敷地及び敷地周辺の地質・地質構造の調査結果より, 南北方向の地下構造は北に緩やかに傾斜しているため, 2次元地下構造モデル(南北方向)を用いて検討したところ, 傾斜構造が敷地の地震動評価に与える影響はほとんどないことを確認できたことから, 南北方向の地下構造は水平成層構造とみなすことができると判断した。
- 以上より, 敷地の地震動評価に用いる地下構造モデルは, 東西・南北方向ともに水平成層構造として, 敷地地盤の物理探査結果及び地震観測記録等に基づき, 2号及び3号の1次元地下構造モデルを設定する。

(1) 2号地下構造モデルの設定(速度値, 密度の設定)

■ 2号地下構造モデルのS波・P波速度, 密度については, 各種調査結果に基づき設定した。

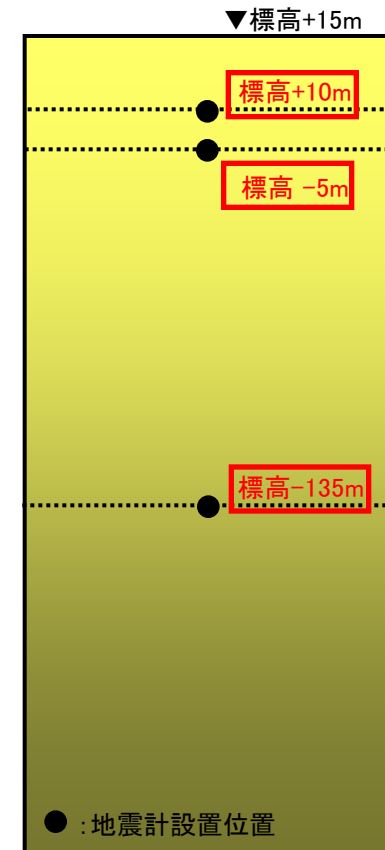


(1) 2号地下構造モデルの設定(同定解析:解析条件)

- 2号地下構造モデルの設定において、減衰定数については、A地点で観測された5地震の観測記録を用いて、伝達関数及びH/Vスペクトル比に基づく同定解析により設定した。

検討対象地震

No.	地震 (年月日・時刻)	M	震源 深さ (km)	震央 距離 (km)	方位角 (°)	入射角 (°)
1	鳥取県西部の地震 (2000.7.17 8:00)	4.4	16	42.3	115	69
2	鳥取県西部の地震 (2000.10.6 14:52)	4.5	8	34.1	124	77
3	鳥取県西部の地震 (2000.10.7 6:38)	4.4	8	33.2	125	76
4	鳥取県西部の地震 (2000.10.7 12:03)	4.3	9	33.3	121	75
5	鳥取県西部の地震 (2000.10.8 20:51)	5.2	8	33.7	123	76

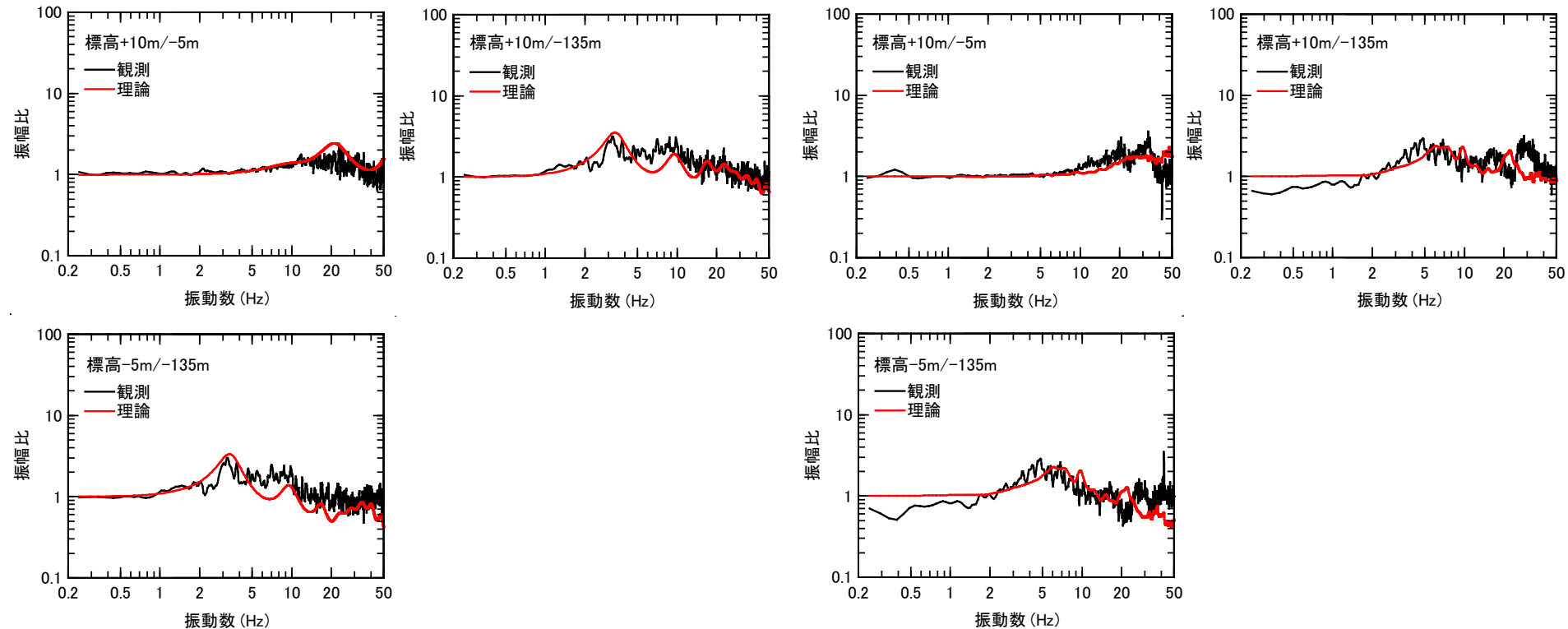


□ : 同定解析に用いる観測記録のレベル

A地点地震計設置位置

(1) 2号地下構造モデルの設定(同定解析:伝達関数)

■ 観測記録に基づき評価した平均伝達関数と、同定解析により設定した2号地下構造モデルによる理論伝達関数は良く整合している。

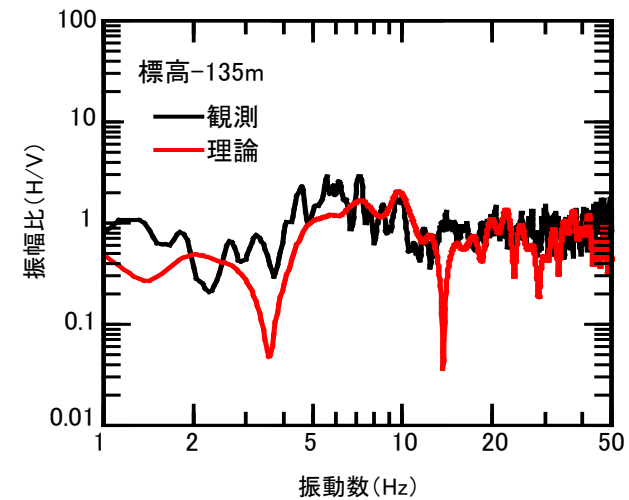
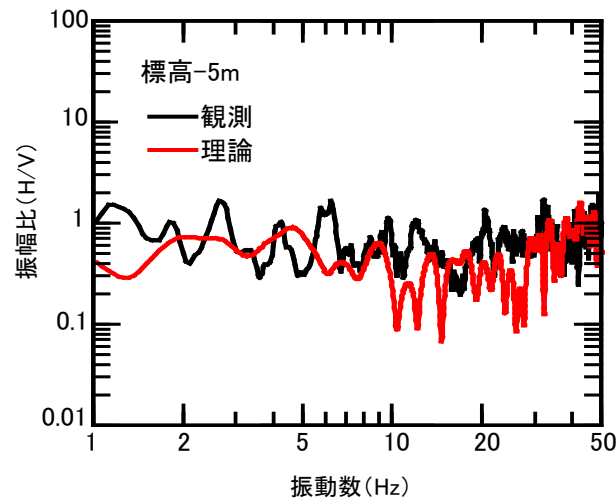
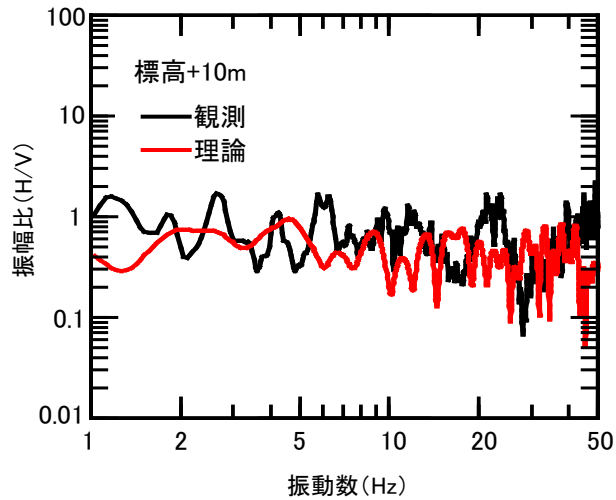


伝達関数の比較(水平方向)

伝達関数の比較(鉛直方向)

(1) 2号地下構造モデルの設定(同定解析:H/Vスペクトル比)

- 観測記録に基づき評価した平均H/Vスペクトル比と、同定解析により設定した2号地下構造モデルによる理論H/Vスペクトル比は良く整合している。



H/Vスペクトル比の比較

(1) 2号地下構造モデルの設定(モデル設定値)

- 2号地下構造モデルを以下のとおり設定した。なお、標高-1510m以深の減衰については岩田・関口(2002)で用いられている地下構造モデル※1の値を用いている。

2号地下構造モデル

層番号	標高 (m)	層厚 (m)	S波 速度 (m/s)	P波 速度 (m/s)	密度 (kg/m ³)	減衰定数(%)									
						h _s					h _p				
						h(f) ^{※2}	0.05s	0.1s	0.2s	0.5s	h(f) ^{※2}	0.05s	0.1s	0.2s	0.5s
1	+15	5	250	800	2100	75.8f ^{-0.003}	75.12	75.28	75.43	75.64	77.0f ^{-0.003}	76.31	76.47	76.63	76.84
2	+10	8.8	900	2100	2350	54.6f ^{-0.319}	21.00	26.19	32.68	43.77	70.4f ^{-0.319}	27.07	33.77	42.13	56.43
3	+1.2	61.2	1600	3600	2500	46.0f ^{-0.987}	2.39	4.74	9.39	23.21	83.2f ^{-0.987}	4.33	8.57	16.99	41.98
4	-60	50	1950	4000	2500	27.3f ^{-0.539}	5.43	7.89	11.47	18.79	77.4f ^{-0.539}	15.40	22.37	32.51	53.27
5	-110	50	2000	4050	2650	48.4f ^{-0.582}	8.47	12.67	18.97	32.33	82.9f ^{-0.582}	14.50	21.70	32.49	55.38
6	-160	73.5	2350	4950	2850	7.62f ^{-0.363}	2.57	3.30	4.25	5.92	8.53f ^{-0.363}	2.88	3.70	4.76	6.63
7	-233.5 ^{※3}	56.5	2530	5220	2680	7.62f ^{-0.363}	2.57	3.30	4.25	5.92	8.53f ^{-0.363}	2.88	3.70	4.76	6.63
8	-290	610	2190	4350	2650	5.01f ^{-0.497}	1.13	1.60	2.25	3.55	5.40f ^{-0.497}	1.22	1.72	2.43	3.83
9	-900	610	2730	5160	2640	9.46f ^{-0.920}	0.60	1.14	2.15	5.00	9.67f ^{-0.920}	0.61	1.16	2.20	5.11
10	-1510	530	3020	5220	2620	0.250					0.125				
11	-2040	∞	3570	6180	2720	0.185					0.091				

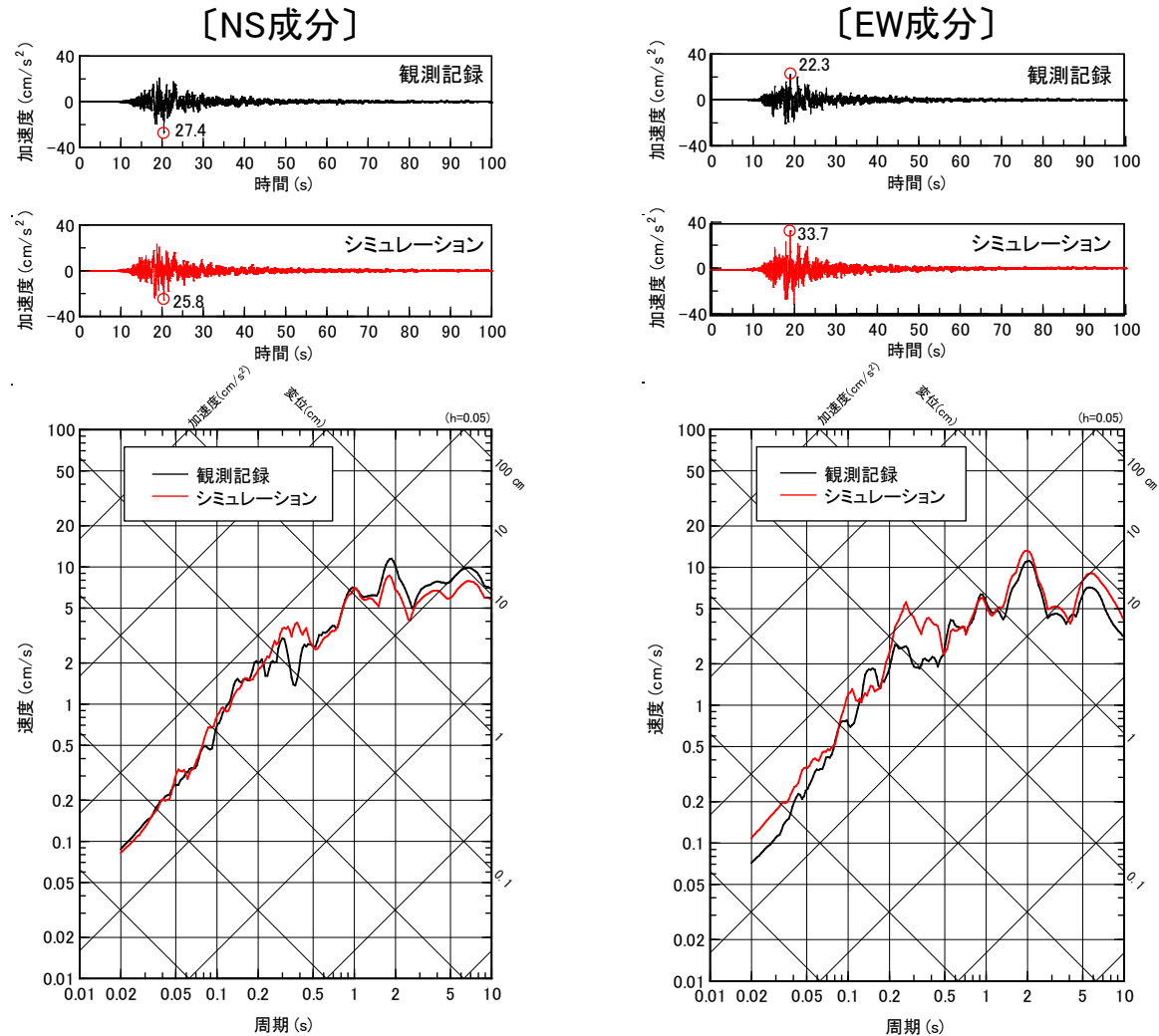
※1 京都大学防災研究所地震予知センター鳥取地震観測所が震源決定に用いている速度構造(P波速度)を参考に設定された地下構造モデルで、2000年鳥取県西部地震の震源インバージョン及び強震動シミュレーションに用いられており、強震動シミュレーション結果は観測記録と良く対応することが確認されている。

※2 fは振動数を表す。

※3 炉心周辺ボーリング及び大深度ボーリングのPS検層結果の接続部分であり、PS検層では境界を把握できないため同定解析により設定。

(1) 2号地下構造モデルの設定(モデルの妥当性確認)

■ 2号地下構造モデルを用いた2000年鳥取県西部地震の地盤応答解析結果(標高-135m→標高-5m)と観測記録(標高-5m)を比較すると、同程度となっていることから、2号地下構造モデルは妥当であることを確認した。

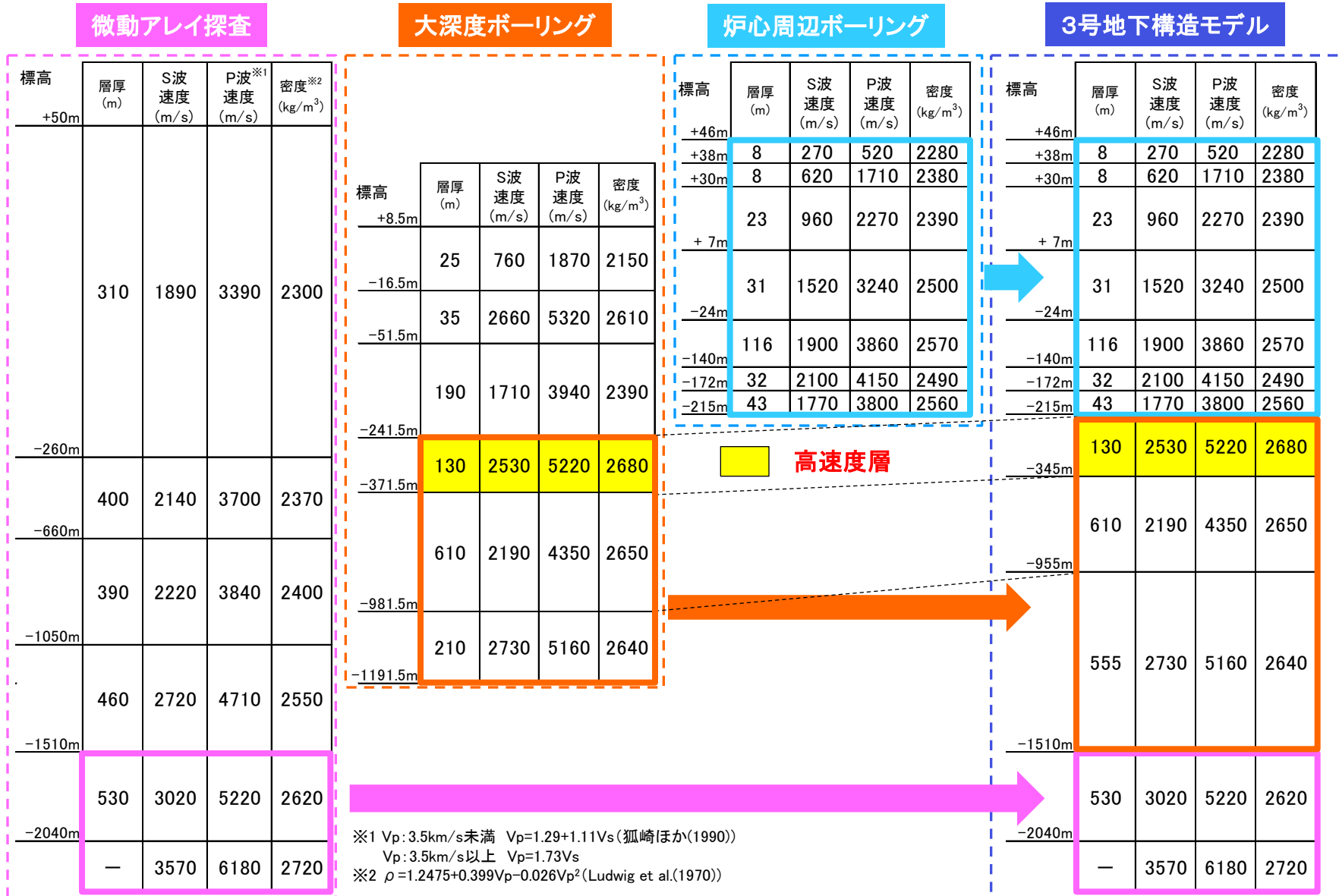


2号地下構造モデルによる地盤応答解析結果と観測記録の比較(2000年鳥取県西部地震)

(2) 3号地下構造モデルの設定(速度値, 密度の設定)

第204回審査会合資料1 P135 再掲

■ 3号地下構造モデルのS波・P波速度, 密度については, 各種調査結果に基づき設定した。

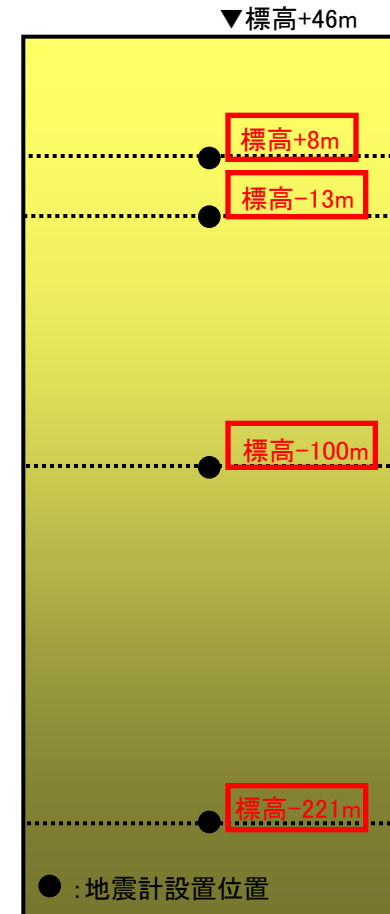


(2) 3号地下構造モデルの設定(同定解析:解析条件)

- 3号地下構造モデルの設定において、減衰定数については、B地点で観測された5地震の観測記録を用いて、伝達関数及びH/Vスペクトル比に基づく同定解析により設定した。

検討対象地震

No.	地震 (年月日・時刻)	M	震源 深さ (km)	震央 距離 (km)	方位角 (°)	入射角 (°)
1	鳥取県西部の地震 (2000.7.17 8:00)	4.4	16	42.3	115	69
2	鳥取県西部の地震 (2000.10.6 14:52)	4.5	8	34.1	124	77
3	鳥取県西部の地震 (2000.10.7 6:38)	4.4	8	33.2	125	76
4	鳥取県西部の地震 (2000.10.7 12:03)	4.3	9	33.3	121	75
5	鳥取県西部の地震 (2000.10.8 20:51)	5.2	8	33.7	123	76



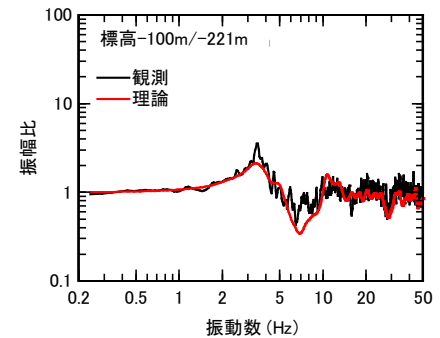
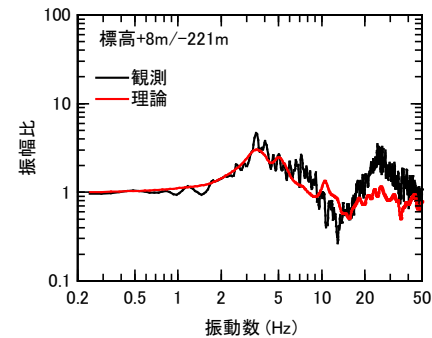
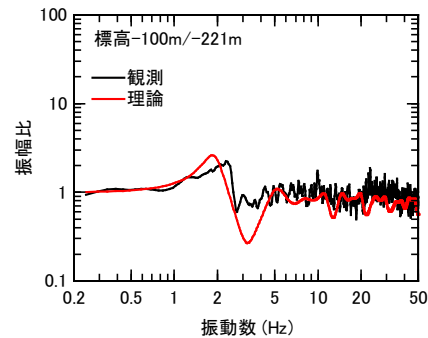
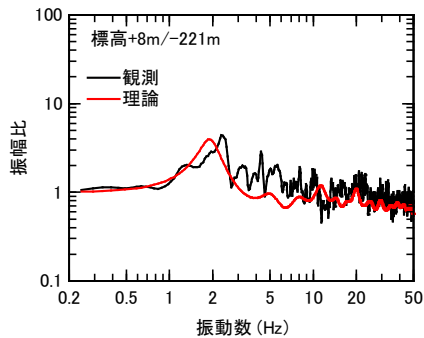
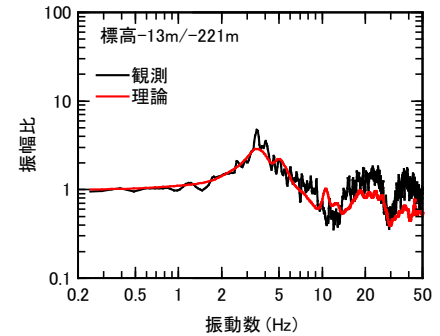
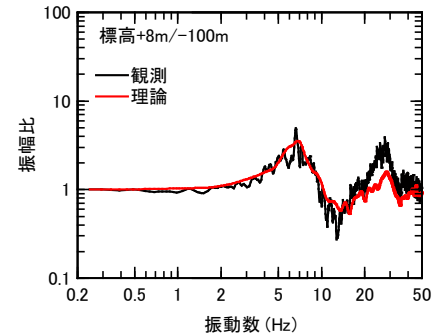
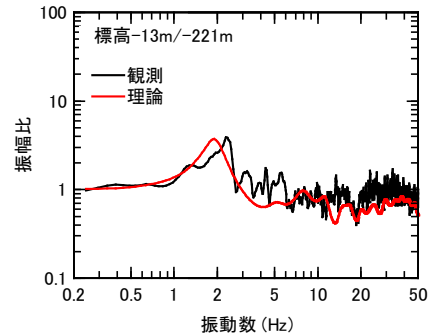
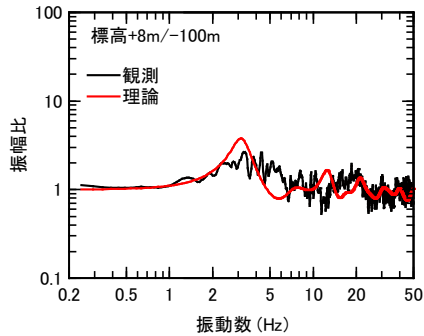
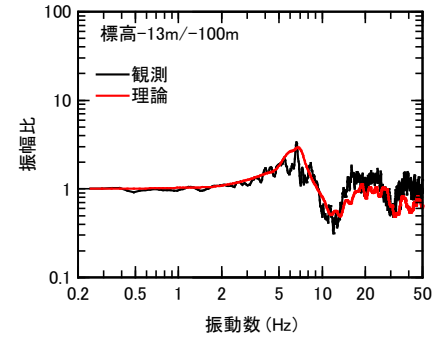
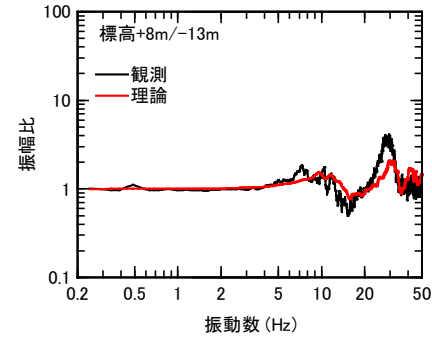
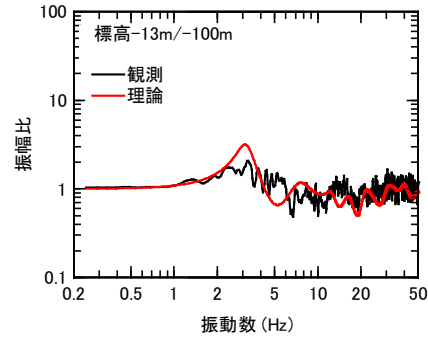
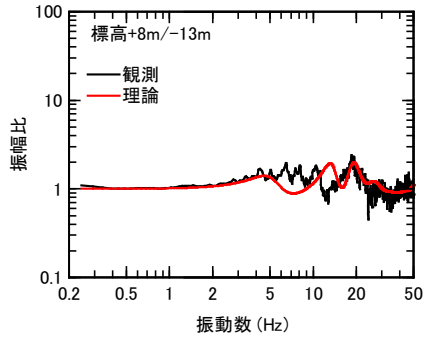
● : 地震計設置位置

□ : 同定解析に用いる観測記録のレベル

B地点地震計設置位置

(2) 3号地下構造モデルの設定(同定解析:伝達関数)

- 観測記録に基づき評価した平均伝達関数と、同定解析により設定した3号地下構造モデルによる理論伝達関数は良く整合している。

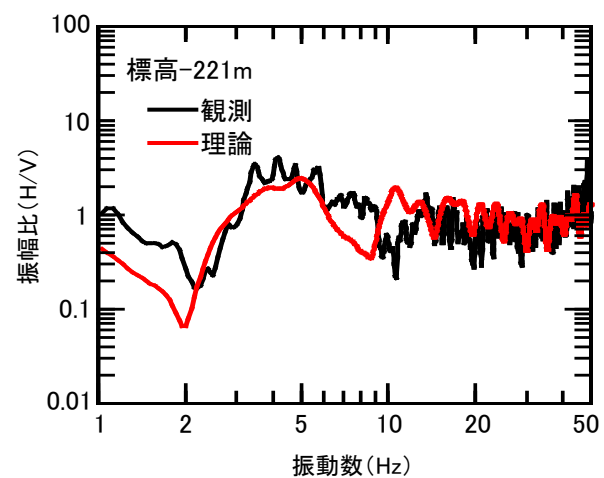
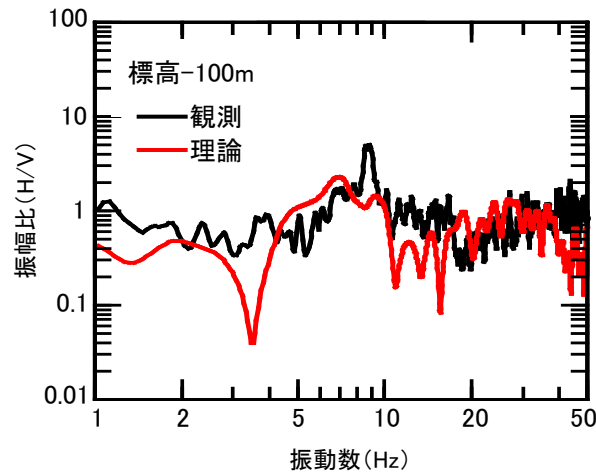
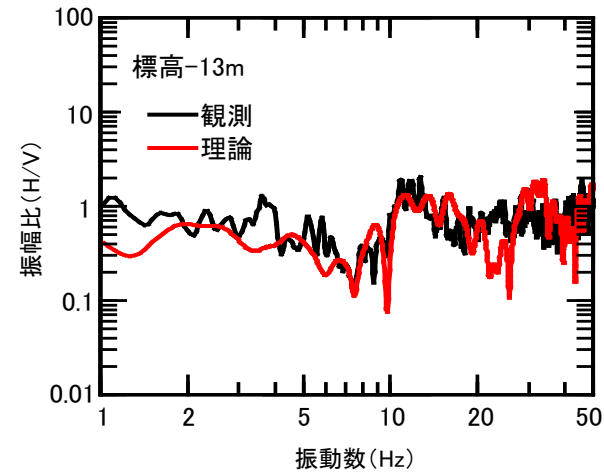
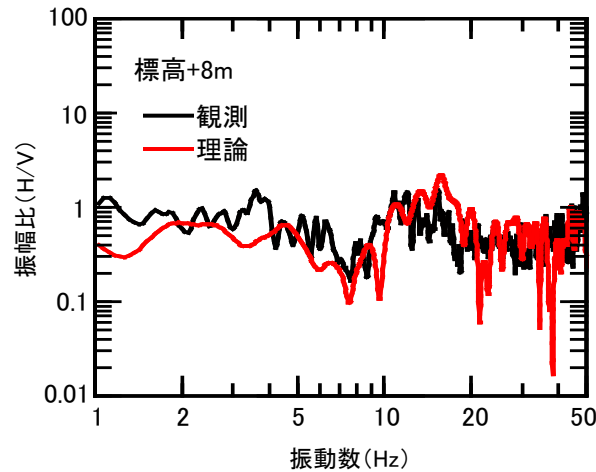


伝達関数の比較(水平方向)

伝達関数の比較(鉛直方向)

(2) 3号地下構造モデルの設定(同定解析:H/Vスペクトル比)

- 観測記録に基づき評価した平均H/Vスペクトル比と、同定解析により設定した3号地下構造モデルによる理論H/Vスペクトル比は良く整合している。



H/Vスペクトル比の比較

(2) 3号地下構造モデルの設定(モデル設定値)

- 3号地下構造モデルを以下のとおり設定した。なお、標高-1510m以深の減衰については岩田・関口(2002)で用いられている地下構造モデル※1の値を用いている。

3号地下構造モデル

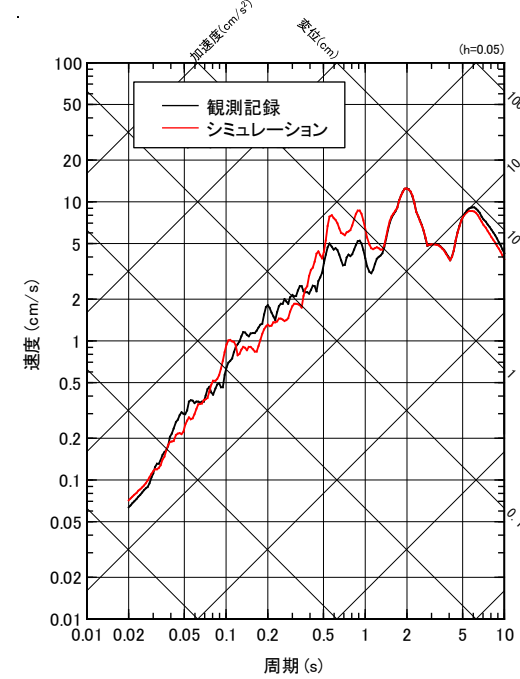
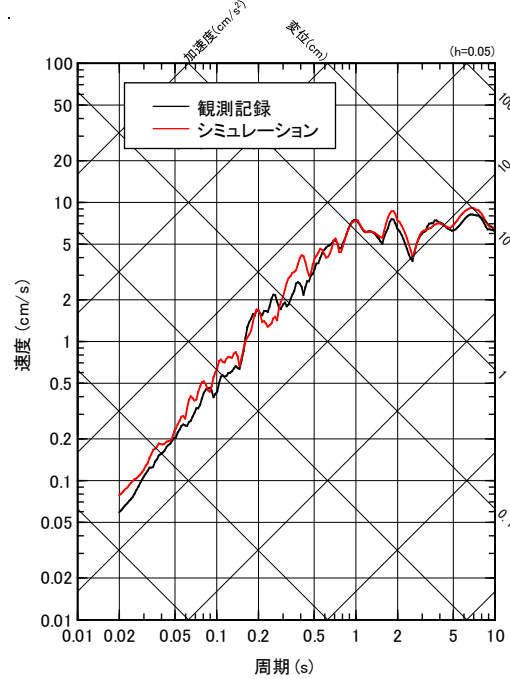
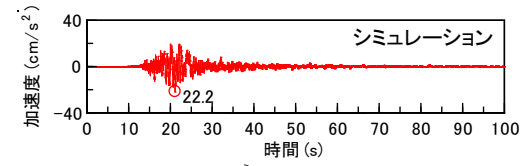
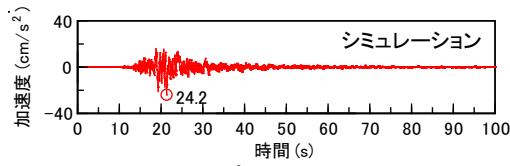
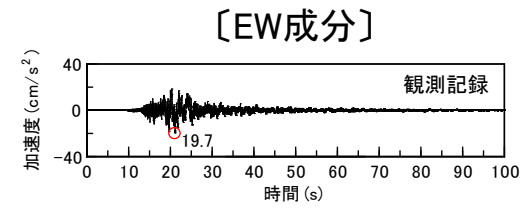
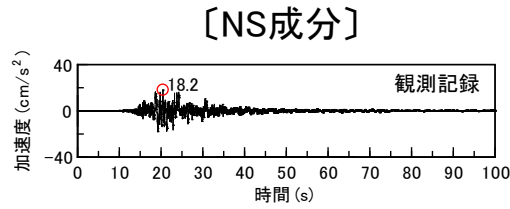
層番号	標高 (m)	層厚 (m)	S波 速度 (m/s)	P波 速度 (m/s)	密度 (kg/m ³)	減衰定数(%)									
						h _s					h _p				
						h(f) ^{※2}	0.05s	0.1s	0.2s	0.5s	h(f) ^{※2}	0.05s	0.1s	0.2s	0.5s
①	+46	3.3	270	520	2280	15.7f ^{-0.887}	1.10	2.04	3.77	8.49	24.9f ^{-0.887}	1.75	3.23	5.97	13.46
②	+42.7	6.4	620	1710	2380	8.92f ^{-0.845}	0.71	1.27	2.29	4.97	12.5f ^{-0.845}	0.99	1.79	3.21	6.96
③	+36.3	29.3	960	2270	2390	62.9f ^{-0.263}	28.61	34.33	41.19	52.42	64.5f ^{-0.263}	29.34	35.20	42.24	53.75
④	+7	31	1520	3240	2500	24.7f ^{-0.733}	2.75	4.57	7.59	14.86	62.0f ^{-0.733}	6.90	11.47	19.06	37.30
⑤	-24	116	1900	3860	2570	13.1f ^{-0.463}	3.27	4.51	6.22	9.50	26.9f ^{-0.463}	6.72	9.26	12.77	19.52
⑥	-140	32	2100	4150	2490	22.8f ^{-0.739}	2.49	4.16	6.94	13.66	33.8f ^{-0.739}	3.69	6.16	10.29	20.25
⑦	-172	43	1770	3800	2560	25.9f ^{-0.817}	2.24	3.95	6.95	14.70	27.8f ^{-0.817}	2.40	4.24	7.46	15.78
⑧	-215	130	2530	5220	2680	7.62f ^{-0.363}	2.57	3.30	4.25	5.92	8.53f ^{-0.363}	2.88	3.70	4.76	6.63
⑨	-345	610	2190	4350	2650	5.01f ^{-0.497}	1.13	1.60	2.25	3.55	5.40f ^{-0.497}	1.22	1.72	2.43	3.83
⑩	-955	555	2730	5160	2640	9.46f ^{-0.920}	0.60	1.14	2.15	5.00	9.67f ^{-0.920}	0.61	1.16	2.20	5.11
⑪	-1510	530	3020	5220	2620	0.250					0.125				
⑫	-2040	∞	3570	6180	2720	0.185					0.091				

※1 京都大学防災研究所地震予知センター鳥取地震観測所が震源決定に用いている速度構造(P波速度)を参考に設定された地下構造モデルで、2000年鳥取県西部地震の震源インバージョン及び強震動シミュレーションに用いられており、強震動シミュレーション結果は観測記録と良く対応することが確認されている。

※2 fは振動数を表す。

(2) 3号地下構造モデルの設定(モデルの妥当性確認)

■ 3号地下構造モデルを用いた2000年鳥取県西部地震の地盤応答解析結果(標高-221m→標高-13m)と観測記録(標高-13m)を比較すると、同程度となっていることから、3号地下構造モデルは妥当であることを確認した。



3号地下構造モデルによる地盤応答解析結果と観測記録の比較(2000年鳥取県西部地震)

地下構造モデルの設定のまとめ

- 敷地の傾斜構造を考慮した解析による検討を踏まえ、2号及び3号観測点における地震観測記録及び物理探査結果に基づき、2号及び3号地下構造モデルを設定した。
- 設定した2号及び3号地下構造モデルに基づき算定した理論伝達関数及びH/Vスペクトル比については、観測記録によるものと良く整合していること、及び2000年鳥取県西部地震の地盤応答解析結果と観測記録を比較すると、同程度となることから、2号及び3号地下構造モデルは妥当であることを確認した。

地震動評価に用いる地下構造モデルの設定の検討内容

- 敷地地盤の物理探査結果及び地震観測記録等に基づき設定した2号及び3号地下構造モデルより、敷地の地震動評価に用いる地下構造モデルを設定する。
- 敷地の地震動評価に用いる地下構造モデルとしては、敷地の地震動を安全側に評価するように、速度値及び減衰定数等の物性値を設定する。

地震動評価に用いる地下構造モデル(速度値等の物性値)

第204回審査会合資料1 P144 再掲

■ 2号及び3号地下構造モデルの地盤増幅特性(解放基盤表面／地震基盤面)を比較すると、同程度となるが、3号地下構造モデルの方が若干大きくなるため、地震動評価に用いる地下構造モデルの速度値等の物性値は、3号地下構造モデルのものを用了。

2号地下構造モデル

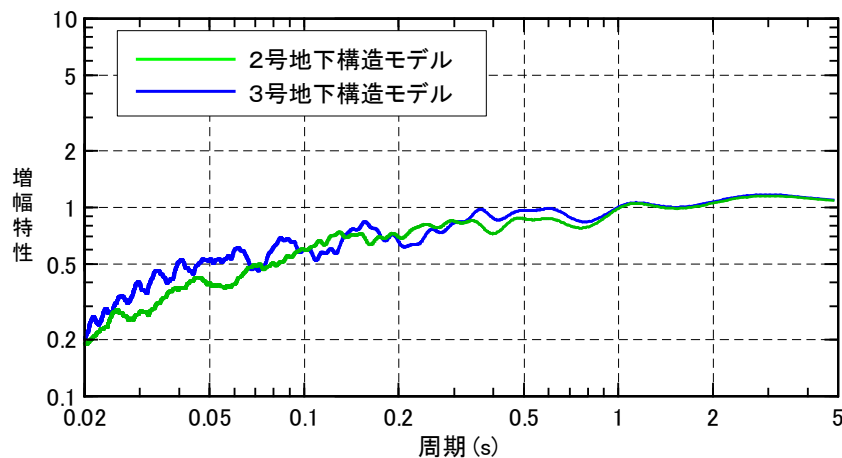
層番号	標高 (m)	層厚 (m)	S波速度 (m/s)	P波速度 (m/s)	密度 (kg/m ³)	減衰定数 (%)
1	+15	5.0	250	800	2100	75.8f ^{-0.003}
2	+10	8.8	900	2100	2350	54.6f ^{-0.319}
3	+1.2	61.2	1600	3600	2500	46.0f ^{-0.987}
4	-60	50.0	1950	4000	2500	27.3f ^{-0.539}
5	-110	50.0	2000	4050	2650	48.4f ^{-0.582}
6	-160	73.5	2350	4950	2850	7.62f ^{-0.363}
7	-233.5	56.5	2530	5220	2680	7.62f ^{-0.363}
8	-290	610.0	2190	4350	2650	5.01f ^{-0.497}
9	-900	610.0	2730	5160	2640	9.46f ^{-0.920}
10	-1510	530.0	3020	5220	2620	0.250
11	-2040	∞	3570	6180	2720	0.185

f: 振動数

3号地下構造モデル

層番号	標高 (m)	層厚 (m)	S波速度 (m/s)	P波速度 (m/s)	密度 (kg/m ³)	減衰定数 (%)
①	+46	3.3	270	520	2280	15.7f ^{-0.887}
②	+42.7	6.4	620	1710	2380	8.92f ^{-0.845}
③	+36.3	29.3	960	2270	2390	62.9f ^{-0.263}
④	+7	31.0	1520	3240	2500	24.7f ^{-0.733}
⑤	-24	116.0	1900	3860	2570	13.1f ^{-0.463}
⑥	-140	32.0	2100	4150	2490	22.8f ^{-0.739}
⑦	-172	43.0	1770	3800	2560	25.9f ^{-0.817}
⑧	-215	130.0	2530	5220	2680	7.62f ^{-0.363}
⑨	-345	610.0	2190	4350	2650	5.01f ^{-0.497}
⑩	-955	555.0	2730	5160	2640	9.46f ^{-0.920}
⑪	-1510	530.0	3020	5220	2620	0.250
⑫	-2040	∞	3570	6180	2720	0.185

f: 振動数



地震動評価に用いる地下構造モデルに採用

地盤増幅特性(解放基盤表面／地震基盤面)の比較

地震動評価に用いる地下構造モデル(減衰定数の設定)

■ 地震動評価に用いる地下構造モデルの減衰定数は、地震観測記録に基づく3号地盤の減衰定数の同定解析結果及び大深度ボーリング孔におけるQ値測定結果を考慮し、地盤増幅特性が安全側になるように設定した。なお、8層以深の減衰定数も浅部と比較すると、設定自体は安全側の評価(減衰定数が小さいので地盤増幅特性に対する感度は小さい)となっている。

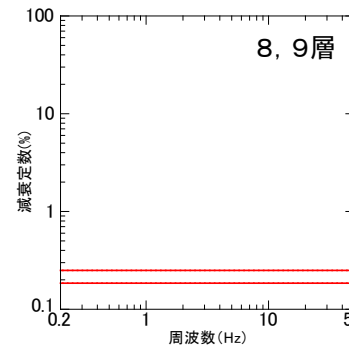
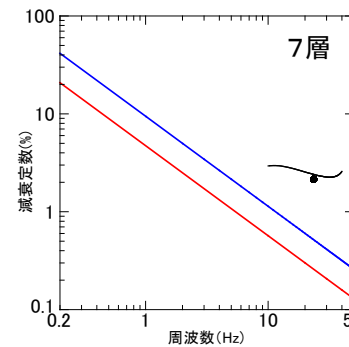
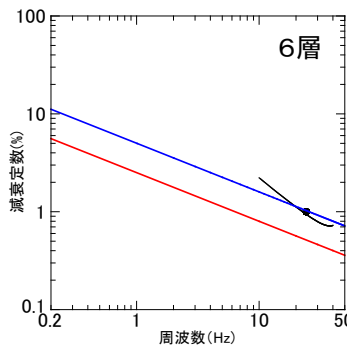
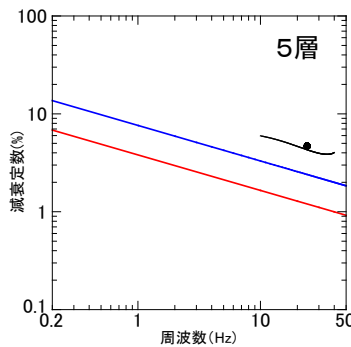
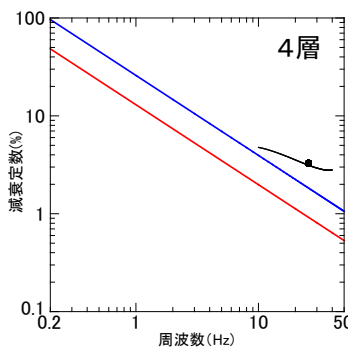
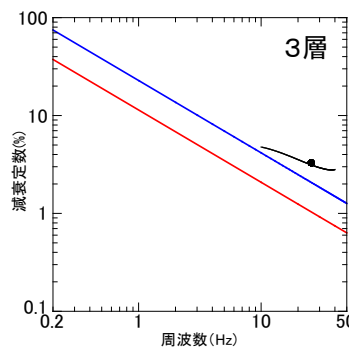
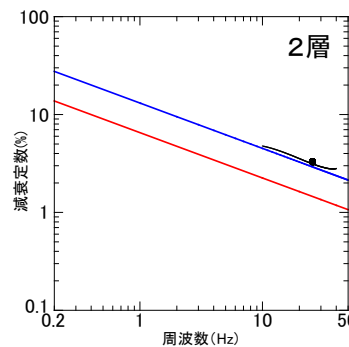
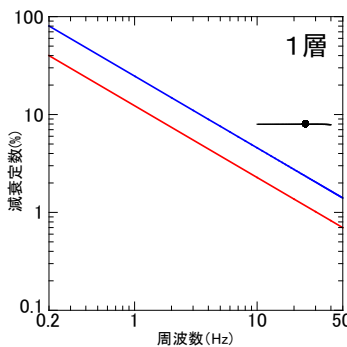
3号地下構造モデル

層番号	標高 (m)	S波速度 (m/s)	P波速度 (m/s)	密度 (kg/m ³)	減衰定数 (%)
1	-10	1520	3240	2500	24.7f ^{-0.733}
2	-24	1900	3860	2570	13.1f ^{-0.463}
3	-140	2100	4150	2490	22.8f ^{-0.739}
4	-172	1770	3800	2560	25.9f ^{-0.817}
5	-215	2530	5220	2680	7.62f ^{-0.363}
6	-345	2190	4350	2650	5.01f ^{-0.497}
7	-955	2730	5160	2640	9.46f ^{-0.920}
8	-1510	3020	5220	2620	0.250
9	-2040	3570	6180	2720	0.185

安全側に設定

12.3f ^{-0.733}
6.53f ^{-0.463}
11.4f ^{-0.739}
13.0f ^{-0.817}
3.81f ^{-0.363}
2.51f ^{-0.497}
4.73f ^{-0.920}
0.250
0.185

- Q値測定結果(最大振幅法)
- Q値測定結果(振幅スペクトル法)
- 3号地下構造モデルの減衰定数
- 地震動評価に用いる地下構造モデルの減衰定数



f: 振動数

減衰定数の設定結果

地震動評価に用いる地下構造モデル(モデル設定値)

第204回審査会合資料1 P146 加筆・修正

- 地震動評価に用いる地下構造モデルを以下のとおり設定した。なお、深部の物性値(モデルの網掛け箇所)は岩田・関口(2002)で用いられている地下構造モデル※¹の値を用いている。

地震動評価に用いる地下構造モデル

層番号	標高 (m)	層厚 (m)	S波 速度 (m/s)	P波 速度 (m/s)	密度 (kg/m ³)	減衰定数(%)									
						h _s					h _p				
						h(f) ^{※2}	0.05s	0.1s	0.2s	0.5s	h(f) ^{※2}	0.05s	0.1s	0.2s	0.5s
1	-10	14	1520	3240	2500	12.3f ^{-0.733}	1.37	2.27	3.78	7.40	31.1f ^{-0.733}	3.46	5.75	9.56	18.71
2	-24	116	1900	3860	2570	6.53f ^{-0.463}	1.63	2.25	3.10	4.74	13.5f ^{-0.463}	3.37	4.65	6.41	9.79
3	-140	32	2100	4150	2490	11.4f ^{-0.739}	1.25	2.08	3.47	6.83	16.9f ^{-0.739}	1.85	3.08	5.14	10.13
4	-172	43	1770	3800	2560	13.0f ^{-0.817}	1.12	1.98	3.49	7.38	13.9f ^{-0.817}	1.20	2.12	3.73	7.89
5	-215	130	2530	5220	2680	3.81f ^{-0.363}	1.28	1.65	2.12	2.96	4.27f ^{-0.363}	1.44	1.85	2.38	3.32
6	-345	610	2190	4350	2650	2.51f ^{-0.497}	0.57	0.80	1.13	1.78	2.70f ^{-0.497}	0.61	0.86	1.21	1.91
7	-955	555	2730	5160	2640	4.73f ^{-0.920}	0.30	0.57	1.08	2.50	4.84f ^{-0.920}	0.31	0.58	1.10	2.56
8	-1510	530	3020	5220	2620	0.250					0.125				
9	-2040	13960	3570	6180	2720	0.185					0.091				
10	-16000	22000	3870	6700	2800	0.125					0.063				
11	-38000	∞	4510	7800	3100	0.100					0.050				

↑ 統計的グリーン関数法
↓ 理論的手法

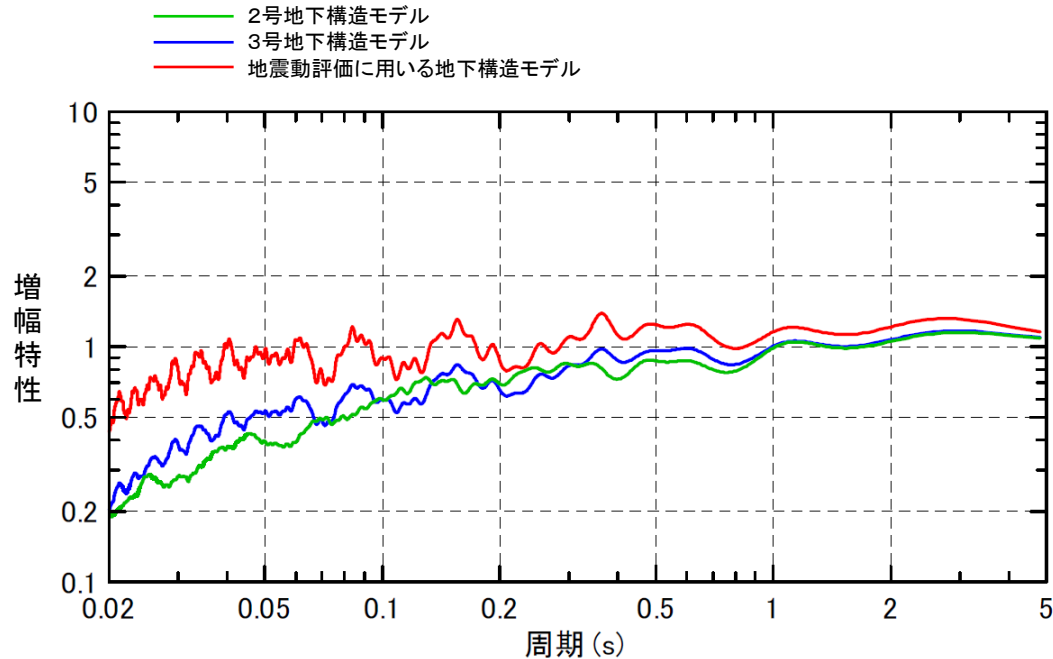
※¹ 京都大学防災研究所地震予知センター鳥取地震観測所が震源決定に用いている速度構造(P波速度)を参考に設定した地下構造モデルで、2000年鳥取県西部地震の震源インバージョン及び強震動シミュレーションに用いられており、強震動シミュレーション結果は観測記録と良く対応することが確認されている。

※² fは振動数を表す。

地震動評価に用いる地下構造モデル(地盤増幅特性)

第204回審査会合資料1 P147 再掲

- 地震動評価に用いる地下構造モデルの地盤増幅特性は、2号及び3号地下構造モデルの地盤増幅特性より大きくなり、敷地の地震動を安全側に評価する地下構造モデルを設定した。

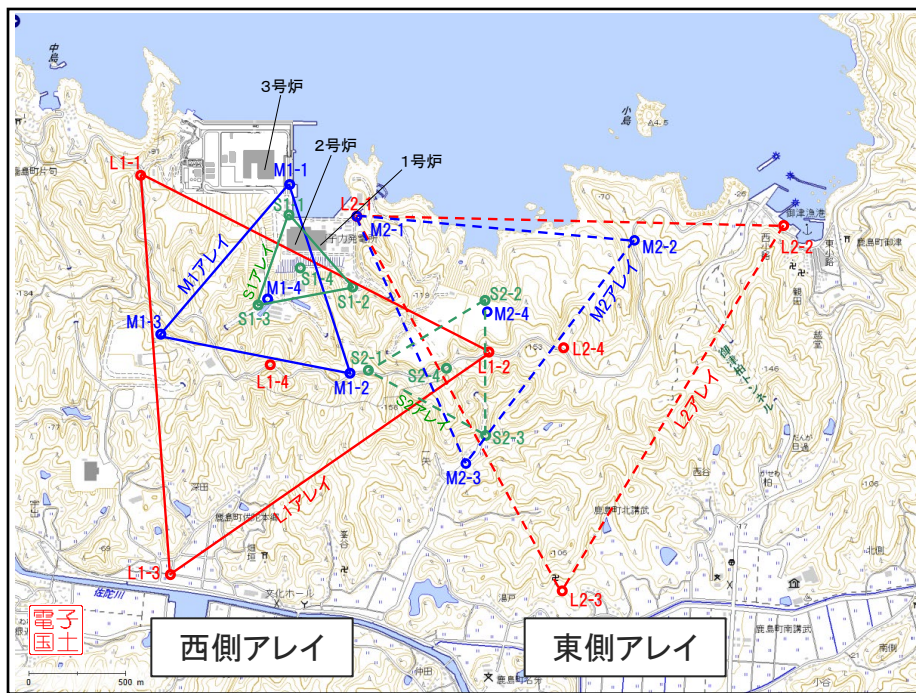


地盤増幅特性(解放基盤表面／地震基盤面)の比較

地震動評価に用いる地下構造モデル(物性値の妥当性確認)

第204回審査会合資料1 P148 加筆・修正

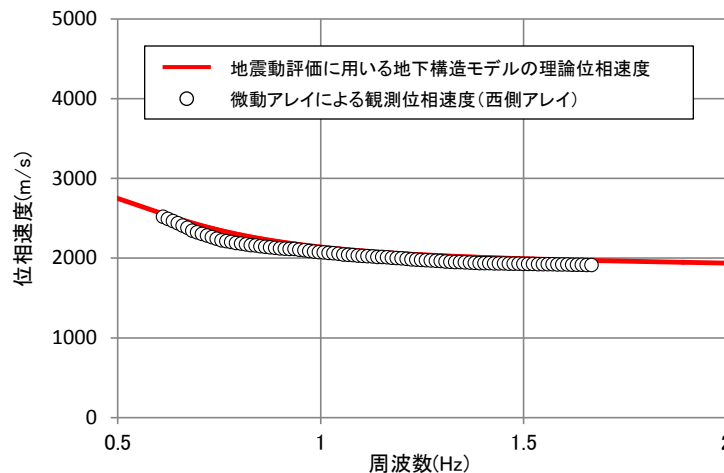
■ 地震動評価に用いる地下構造モデルから求めた理論位相速度と、微動アレイ観測記録(西側アレイ)から求めた位相速度を比較すると、同程度となっていることから、地震動評価に用いる地下構造モデルの深さ2km程度までの物性値は妥当であることを確認した。



微動アレイ探査配置図

地震動評価に用いる地下構造モデル

層番号	標高 (m)	層厚 (m)	S波速度 (m/s)	P波速度 (m/s)	密度 (kg/m ³)
1	-10	14	1520	3240	2500
2	-24	116	1900	3860	2570
3	-140	32	2100	4150	2490
4	-172	43	1770	3800	2560
5	-215	130	2530	5220	2680
6	-345	610	2190	4350	2650
7	-955	555	2730	5160	2640
8	-1510	530	3020	5220	2620
9	-2040	∞	3570	6180	2720



理論位相速度と観測位相速度の比較

地震動評価に用いる地下構造モデルの設定のまとめ

第204回審査会合資料1 P150 加筆・修正

- 2号及び3号地下構造モデルの地盤増幅特性は同程度であるが、3号地下構造モデルの方が若干大きくなるため、地震動評価に用いる地下構造モデルの速度値等の物性値は、3号地下構造モデルの値を用いて設定した。
 - 地震動評価に用いる地下構造モデルの減衰定数は、地震観測記録に基づく3号地盤の減衰定数の同定解析結果及び大深度ボーリング孔におけるQ値測定結果を考慮し、地盤増幅特性が安全側になるように設定した。
 - 地震動評価に用いる地下構造モデルから求めた理論位相速度と、微動アレイ観測記録から求めた位相速度を比較すると、同程度となることから、地震動評価に用いる地下構造モデルの深さ2km程度までの物性値は妥当であることを確認した。
 - 地震動評価に用いる地下構造モデルの減衰定数を安全側に設定することにより、地盤増幅特性は十分な保守性を有していることから、2次元地下構造モデルの深部構造のモデル設定において不確かさがあるとしても、安全側に地震動を評価できるものと考えている。
- 以上より、敷地全体の地震動を安全側に評価することができる地下構造モデルを設定した。