

玄海原子力発電所3号炉、4号炉審査資料

資料番号

TTG-003

提出年月日

2021年9月29日

## 玄海原子力発電所3号炉及び4号炉

標準応答スペクトルを考慮した地震動評価における  
川内原子力発電所との評価内容の比較について  
【参考資料】

2021年9月29日  
九州電力株式会社

<p>玄海</p>	<p style="text-align: right;">資料1</p> <p style="text-align: center;">玄海原子力発電所3号炉及び4号炉 標準応答スペクトルを考慮した地震動の確認結果</p> <p style="text-align: center;">2021年6月18日 九州電力株式会社</p>
<p>川内</p>	<p style="text-align: right;">資料1-2</p> <p style="text-align: center;">川内原子力発電所1号炉及び2号炉 標準応答スペクトルを考慮した評価の概要について 〔参考資料〕</p> <p style="text-align: center;">2021年6月11日 九州電力株式会社</p>

# 1. 地下構造モデル (1/17)

<p>玄海</p>	<p><b>3. 地下構造モデルの設定</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>○ 既許可（平成29年1月18日許可）以降、更なる安全性・信頼性の向上を目的に、継続的に敷地地盤における地震観測を実施するとともに、最新の技術的知見やデータの取得に努めてきた。</li><li>○ これらの既許可以降に取得した地震観測記録や最新の技術的知見等も含めた多面的な検討により、地下構造モデルを精緻化。</li><li>○ なお、標準応答スペクトルを考慮した地震動評価では、短周期側も対象とした地盤減衰の設定が必要。</li><li>○ 次頁以降で以下の検討及び検証を行い、標準応答スペクトルを考慮した地震動評価に用いる地下構造モデルを設定。</li></ul> <ul style="list-style-type: none"><li>① 敷地地盤の鉛直アレイ観測記録による検討及び検証<ul style="list-style-type: none"><li>・ 伝達関数による検討</li><li>・ 地震波干渉法による検討</li><li>・ 応答スペクトルによる検証</li></ul></li><li>② 精緻化範囲の設定及び検証<ul style="list-style-type: none"><li>・ 原子炉設置位置付近の速度層断面による設定</li><li>・ 地震観測記録に基づく地盤増幅率による検証</li></ul></li></ul> <p style="text-align: right;">8</p>
<p>川内</p>	<p><b>3. 地下構造モデルの設定</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>○ 既許可（平成26年9月10日許可）以降、更なる安全性・信頼性の向上を目的に、継続的に敷地地盤における地震観測を実施するとともに、最新の技術的知見やデータの取得に努めてきた。</li><li>○ これらの既許可以降に取得した地震観測記録や最新の技術的知見等も含めた多面的な検討により、地下構造モデルを精緻化。</li><li>○ なお、標準応答スペクトルを考慮した地震動評価では、短周期側も対象とした地盤減衰の設定が必要。</li><li>○ 次頁以降で以下の検討及び検証を行い、標準応答スペクトルを考慮した地震動評価に用いる地下構造モデルを設定。</li></ul> <ul style="list-style-type: none"><li>① 敷地地盤の鉛直アレイ観測記録による検討及び検証<ul style="list-style-type: none"><li>・ 伝達関数による検討</li><li>・ 地震波干渉法による検討</li><li>・ 応答スペクトルによる検証</li></ul></li><li>② 精緻化範囲の設定及び検証<ul style="list-style-type: none"><li>・ 原子炉設置位置付近の速度層断面による設定</li><li>・ 地震観測記録に基づく地盤増幅率による検証</li></ul></li></ul> <p style="text-align: right;">8</p>

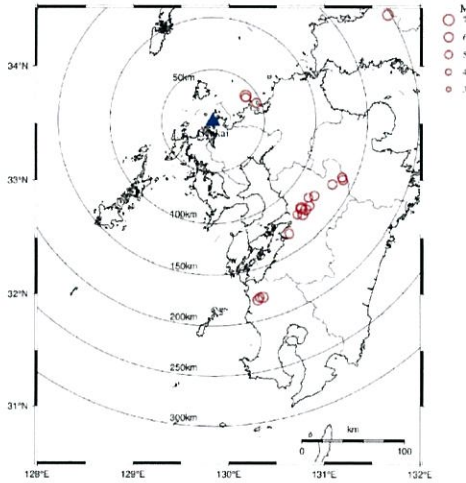


# 1. 地下構造モデル (2/17)

玄海

## 3. 地下構造モデルの設定

○ 既許可時審査と同様の観点 (M5.4以上、震央距離200km以内) で、既許可時審査以降に取得した地震観測記録を加えた計19地震の観測記録の伝達関数に対して、地盤減衰の同定を実施。



伝達関数による地盤減衰の同定に用いた地震の震央位置 (計19地震)

伝達関数による地盤減衰の同定に用いた地震諸元 (計19地震)

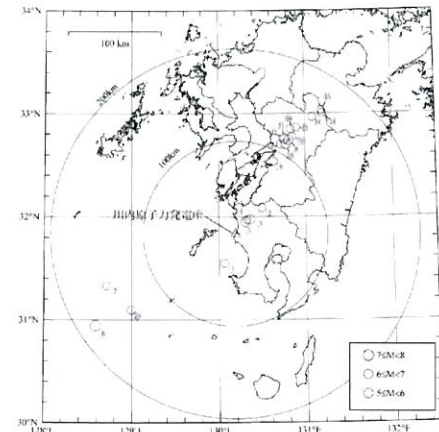
番号	地震名	発生日	M	震央距離 (km)
①	鹿児島県北西部	1997年3月26日	6.6	178
②	鹿児島県北西部	1997年4月3日	5.7	178
③	鹿児島県北西部	1997年5月13日	6.1	179
④	山口県	1997年6月25日	6.6	198
⑤	九州北西沖	2005年3月20日	7.0	40
⑥	九州北西沖	2005年3月22日	5.4	39
⑦	福岡県中部	2005年4月20日	5.8	46
⑧	熊本県熊本地方	2016年4月14日	6.5	125
⑨	熊本県熊本地方	2016年4月14日	5.8	126
⑩	熊本県熊本地方	2016年4月15日	6.1	126
⑪	熊本県熊本地方	2016年4月16日	7.3	121
⑫	熊本県熊本地方	2016年4月16日	5.4	121
⑬	熊本県熊本地方	2016年4月16日	5.9	123
⑭	熊本県阿蘇地方	2016年4月16日	5.9	132
⑮	熊本県阿蘇地方	2016年4月16日	5.8	138
⑯	熊本県熊本地方	2016年4月16日	5.4	119
⑰	熊本県熊本地方	2016年4月16日	5.4	123
⑱	熊本県阿蘇地方	2016年4月18日	5.8	140
⑲	熊本県熊本地方	2016年4月19日	5.5	132

既許可時審査  
→ 今回新たに追加

川内

## 3. 地下構造モデルの設定

○ 既許可時審査と同様の観点 (M5.4以上、震央距離200km以内) で、既許可時審査以降に取得した地震観測記録を加えた計20地震の観測記録の伝達関数に対して、地盤減衰の同定を実施。



伝達関数による地盤減衰の同定に用いた地震の震央位置 (計20地震)

伝達関数による地盤減衰の同定に用いた地震諸元 (計20地震)

番号	地震名	発生日	M	震央距離 (km)
①	九州西側海城	1984年8月15日	5.5	34
②	鹿児島県北西部	1994年2月13日	5.7	40
③	鹿児島県北西部	1997年3月26日	6.6	22
④	鹿児島県北西部	1997年4月3日	5.7	20
⑤	鹿児島県北西部	1997年5月13日	6.4	17
⑥	薩摩半島西方沖	2015年11月14日	7.1	181
⑦	薩摩半島西方沖	2015年11月15日	5.9	151
⑧	熊本県熊本地方	2016年4月14日	6.5	116
⑨	熊本県熊本地方	2016年4月14日	5.8	122
⑩	熊本県熊本地方	2016年4月15日	6.1	111
⑪	熊本県熊本地方	2016年4月16日	7.3	116
⑫	熊本県熊本地方	2016年4月16日	5.4	115
⑬	熊本県熊本地方	2016年4月16日	5.9	132
⑭	熊本県阿蘇地方	2016年4月16日	5.9	151
⑮	熊本県阿蘇地方	2016年4月16日	5.8	162
⑯	熊本県熊本地方	2016年4月16日	5.4	125
⑰	熊本県熊本地方	2016年4月16日	5.4	108
⑱	熊本県阿蘇地方	2016年4月18日	5.8	161
⑲	熊本県熊本地方	2016年4月19日	5.5	88
⑳	薩摩半島西方沖	2016年5月7日	5.5	140

既許可時審査  
→ 今回新たに追加

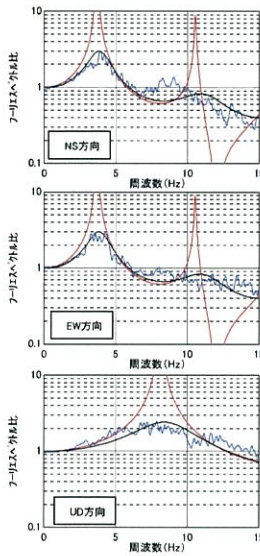


# 1. 地下構造モデル (3/17)

玄海

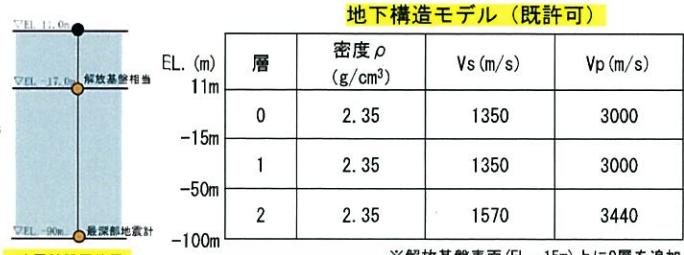
## 3. 地下構造モデルの設定

- 地震観測記録 (19地震) による平均伝達関数
- 理論伝達関数 (今回同定結果)
- 理論伝達関数 (既許可地下構造モデル)

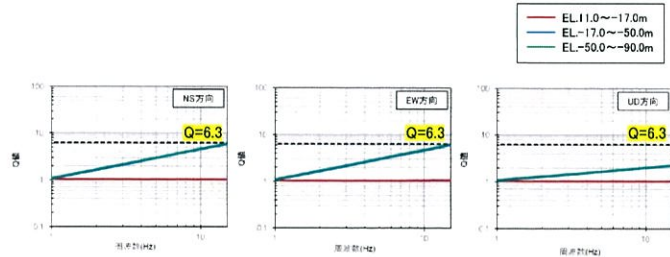


今回の伝達関数の比較 (EL=-17m/EL=-90m)

- 層厚、密度、S波速度Vs及びP波速度Vpは、既許可の地下構造モデルの値を参照し、地盤減衰(Q値)を同定。
- 同定された地盤減衰(Q値)の下限はQ=6.3程度。



※解放基盤表面 (EL. -15m) 上に0層を追加



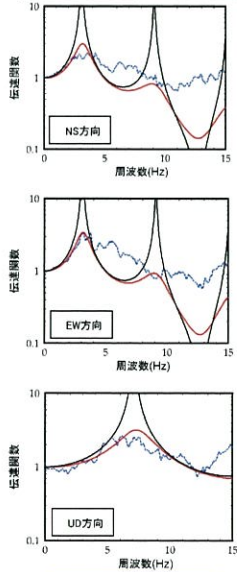
伝達関数により同定された地盤減衰(EL+11m~EL-90m)

14

川内

## 3. 地下構造モデルの設定

- 地震観測記録 (20地震) による平均伝達関数
- 理論伝達関数 (今回同定結果)
- 理論伝達関数 (既許可地下構造モデル)

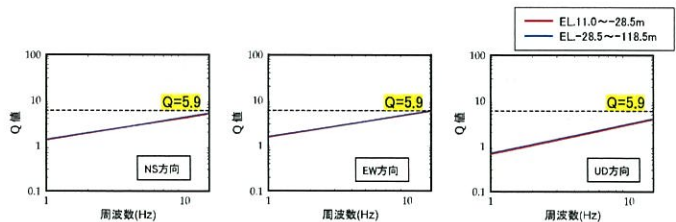


今回の伝達関数の比較 (EL=-18.5m/EL=-118.5m)

- 層厚、密度、S波速度Vs及びP波速度Vpは、既許可の地下構造モデルの値を参照し、地盤減衰(Q値)を同定。
- 同定された地盤減衰(Q値)の下限はQ=5.9程度。



※解放基盤表面 (EL. -18.5m) 上に0層を追加



伝達関数により同定された地盤減衰(EL.11.0m~EL.-118.5m)

14

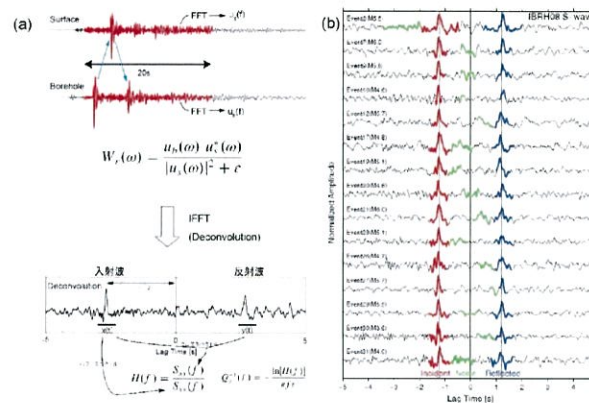
# 1. 地下構造モデル (4/17)

玄海

## 3. 地下構造モデルの設定

地震波干渉法による検討

- 既許可時審査以降の最新の技術的知見として、地下構造モデルを用いず、鉛直アレイ地震観測記録から直接地盤減衰 (Q値) を推定可能な地震波干渉法<sup>1),2)</sup>を用いた検討を実施。
- 地中の地震観測記録には、鉛直下方から入射された波動が地表で反射し、反射波が記録されるため、地表の観測記録に対して地中記録をデコンボリューションすると、入射波と反射波が分離。
- この入射波に対する反射波の振幅の比率に基づき、地盤減衰 (Q値) を推定。



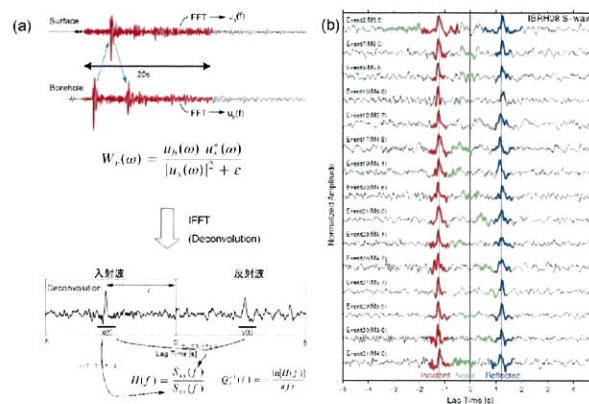
Fukushima et al.(2016) (一部加筆)

川内

## 3. 地下構造モデルの設定

地震波干渉法による検討

- 既許可時審査以降の最新の技術的知見として、地下構造モデルを用いず、鉛直アレイ地震観測記録から直接地盤減衰 (Q値) を推定可能な地震波干渉法<sup>1),2)</sup>を用いた検討を実施。
- 地中の地震観測記録には、鉛直下方から入射された波動が地表で反射し、反射波が記録されるため、地表の観測記録に対して地中記録をデコンボリューションすると、入射波と反射波が分離。
- この入射波に対する反射波の振幅の比率に基づき、地盤減衰 (Q値) を推定。



Fukushima et al.(2016) (一部加筆)



# 1. 地下構造モデル (5/17)

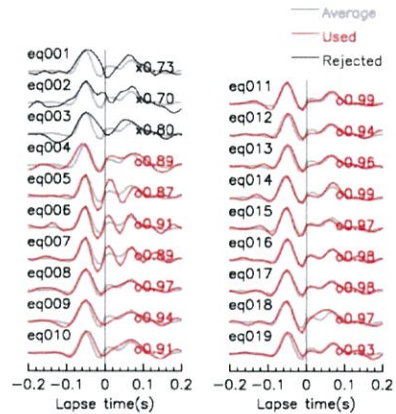
玄海

## 3. 地下構造モデルの設定

- 地震波干渉法による地盤減衰の推定は、伝達関数による地盤減衰の同定に用いた計19地震の観測記録を対象として実施。
- 地盤減衰の推定にあたっては、Anderson (2004)<sup>3)</sup>による指標を基に、全地震の波形の平均と各地震の波形の相関がよいものを抽出。

地震波干渉法による地盤減衰の推定に用いた地震諸元  
(計19地震)

番号	地震名	発生日	M	震央距離 (km)
①	鹿児島県北西部	1997年3月26日	6.6	178
②	鹿児島県北西部	1997年1月3日	5.7	178
③	鹿児島県北西部	1997年5月13日	6.4	179
④	山口県	1997年6月25日	6.6	198
⑤	九州北西部	2005年3月20日	7.0	49
⑥	九州北西部	2005年3月22日	5.4	39
⑦	福岡県中部	2005年4月20日	5.8	46
⑧	熊本県熊本地方	2016年4月14日	6.5	125
⑨	熊本県熊本地方	2016年4月14日	5.8	126
⑩	熊本県熊本地方	2016年4月15日	6.4	126
⑪	熊本県熊本地方	2016年4月16日	7.3	121
⑫	熊本県熊本地方	2016年4月16日	5.4	121
⑬	熊本県熊本地方	2016年4月16日	5.9	123
⑭	熊本県阿蘇地方	2016年4月16日	5.9	132
⑮	熊本県阿蘇地方	2016年4月16日	5.8	138
⑯	熊本県熊本地方	2016年4月16日	5.4	119
⑰	熊本県熊本地方	2016年4月16日	5.4	123
⑱	熊本県阿蘇地方	2016年4月18日	5.8	140
⑲	熊本県熊本地方	2016年4月19日	5.5	132



全地震の波形の平均と各地震の波形の相関 16

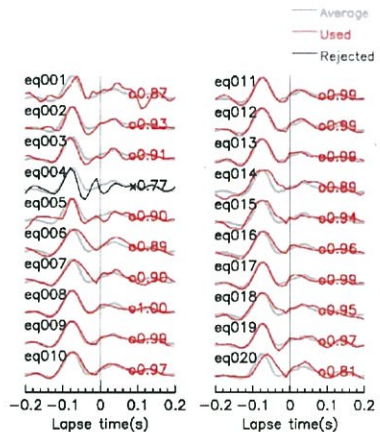
川内

## 3. 地下構造モデルの設定

- 地震波干渉法による地盤減衰の推定は、伝達関数による地盤減衰の同定に用いた計20地震の観測記録を対象として実施。
- 地盤減衰の推定にあたっては、Anderson (2004)<sup>3)</sup>による指標を基に、全地震の波形の平均と各地震の波形の相関がよいものを抽出。

地震波干渉法による地盤減衰の推定に用いた地震諸元  
(計20地震)

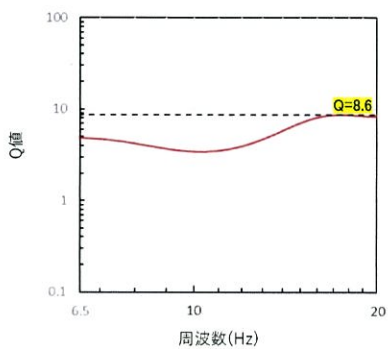
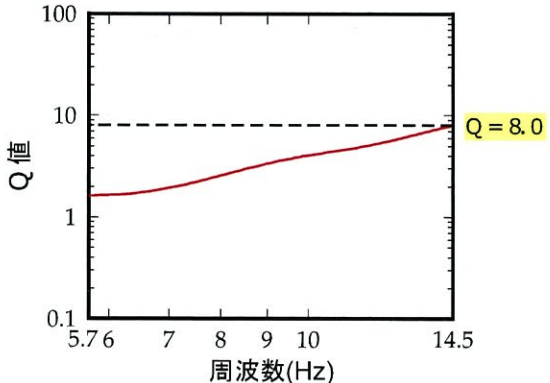
番号	地震名	発生日	M	震央距離 (km)
①	九州西側海域	1984年8月15日	5.5	34
②	鹿児島県北西部	1994年2月13日	5.7	49
③	鹿児島県北西部	1997年3月26日	6.6	22
④	鹿児島県北西部	1997年4月3日	5.7	20
⑤	鹿児島県北西部	1997年5月13日	6.4	17
⑥	薩摩半島西方沖	2015年11月14日	7.1	181
⑦	薩摩半島西方沖	2015年11月15日	5.9	151
⑧	熊本県熊本地方	2016年1月14日	6.5	116
⑨	熊本県熊本地方	2016年4月14日	5.8	122
⑩	熊本県熊本地方	2016年1月15日	6.4	111
⑪	熊本県熊本地方	2016年4月16日	7.3	116
⑫	熊本県熊本地方	2016年4月16日	5.4	115
⑬	熊本県熊本地方	2016年4月16日	5.9	132
⑭	熊本県阿蘇地方	2016年4月16日	5.9	151
⑮	熊本県阿蘇地方	2016年1月16日	5.8	162
⑯	熊本県熊本地方	2016年4月16日	5.4	128
⑰	熊本県熊本地方	2016年1月16日	5.4	108
⑱	熊本県阿蘇地方	2016年4月18日	5.8	161
⑲	熊本県熊本地方	2016年4月19日	5.5	88
⑳	薩摩半島西方沖	2016年5月7日	5.5	140



全地震の波形の平均と各地震の波形の相関 16



# 1. 地下構造モデル (6/17)

<p>玄海</p>	<p><b>3. 地下構造モデルの設定</b></p> <p>○ 地震波干渉法により推定された地盤減衰 (Q値) の下限はQ=8.6程度。</p>  <p>地震波干渉法により同定された地盤減衰 (EL.11m~EL-90m)</p> <p>17</p>
<p>川内</p>	<p><b>3. 地下構造モデルの設定</b></p> <p>○ 地震波干渉法により推定された地盤減衰 (Q値) の下限はQ=8.0程度。</p>  <p>地震波干渉法により同定された地盤減衰 (EL.11.0m~EL-118.5m)</p> <p>17</p>

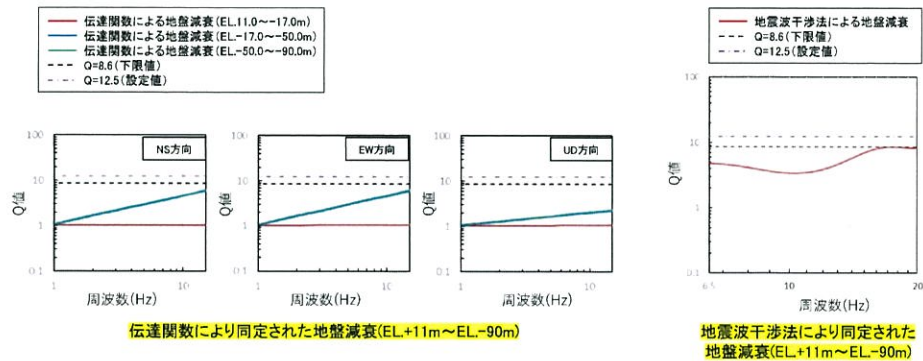
# 1. 地下構造モデル (7/17)

玄海

## 3. 地下構造モデルの設定

### 地盤減衰 (Q値) の設定

- 敷地地盤の鉛直アレイ地震観測記録に基づく伝達関数による地盤減衰の同定結果及び地震波干渉法による地盤減衰の推定結果によると、地盤減衰 (Q値) の下限は **Q=8.6程度**。
- 地盤減衰の不確かさを考慮し、鉛直アレイ地震観測記録に基づく地盤減衰を **Q=12.5**と設定。

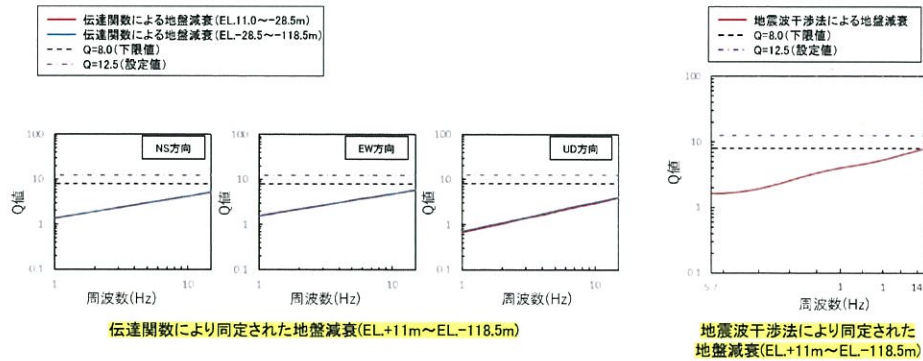


川内

## 3. 地下構造モデルの設定

### 地盤減衰 (Q値) の設定

- 敷地地盤の鉛直アレイ地震観測記録に基づく伝達関数による地盤減衰の同定結果及び地震波干渉法による地盤減衰の推定結果によると、地盤減衰 (Q値) の下限は **Q=8.0程度**。
- 地盤減衰の不確かさを考慮し、鉛直アレイ地震観測記録に基づく地盤減衰を **Q=12.5**と設定。



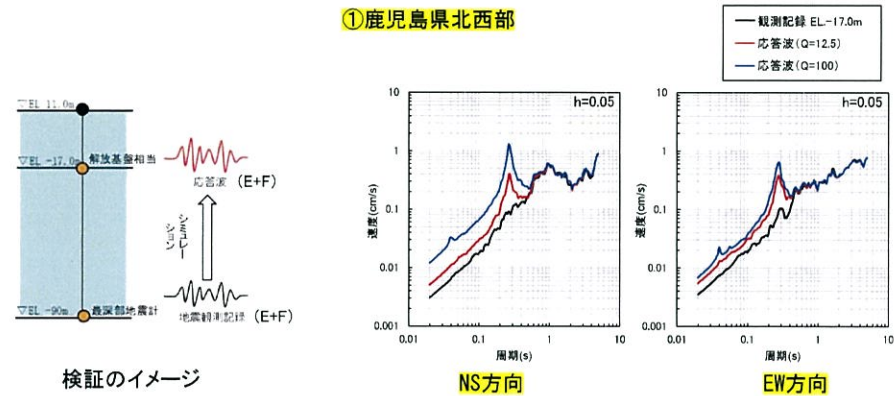
# 1. 地下構造モデル (8/17)

玄海

## 3. 地下構造モデルの設定

応答スペクトルによる検証

- 鉛直アレイ地震観測記録に基づき、不確かさを考慮して設定した地盤減衰 ( $Q=12.5$ ) の検証のため、**最深部地震計 (EL.-90.0m)** で得られた地震観測記録を入力とし、上記地盤減衰を設定した地下構造モデルによる1次元波動論に基づき、推定した解放基盤の深さ (EL.-15.0m) における応答波の応答スペクトルと**同位置の地震計 (EL.-17.0m)** で得られた地震観測記録の応答スペクトルとの比較を実施。
- その結果、上記地盤減衰を設定した地下構造モデルを用いて推定した応答波の応答スペクトルは、地震観測記録の応答スペクトルより大きい傾向。

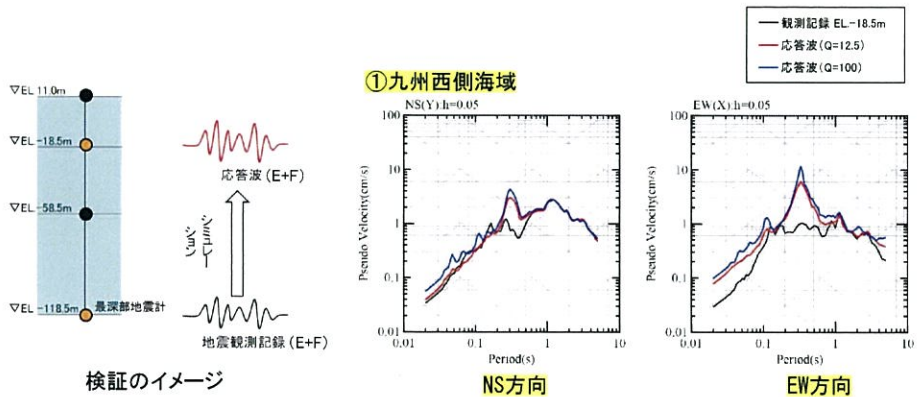


川内

## 3. 地下構造モデルの設定

応答スペクトルによる検証

- 鉛直アレイ地震観測記録に基づき、不確かさを考慮して設定した地盤減衰 ( $Q=12.5$ ) の検証のため、**最深部地震計 (EL.-118.5m)** で得られた地震観測記録を入力とし、上記地盤減衰を設定した地下構造モデルによる1次元波動論に基づき、推定した解放基盤の深さ (EL.-18.5m) における応答波の応答スペクトルと**同位置の地震計 (EL.-18.5m)** で得られた地震観測記録の応答スペクトルとの比較を実施。
- その結果、上記地盤減衰を設定した地下構造モデルを用いて推定した応答波の応答スペクトルは、地震観測記録の応答スペクトルより大きい傾向。





# 1. 地下構造モデル (9/17)

### 3. 地下構造モデルの設定

検証のイメージ

- 観測記録 EL-17.0m
- 応答波 (Q=12.5)
- 応答波 (Q=100)

②鹿児島県北西部

NS方向

③鹿児島県北西部

EW方向

②鹿児島県北西部

NS方向

③鹿児島県北西部

EW方向

20

### 3. 地下構造モデルの設定

検証のイメージ

- 観測記録 EL-18.5m
- 応答波 (Q=12.5)
- 応答波 (Q=100)

②鹿児島県北西部

NS(Y) h=0.05

③鹿児島県北西部

EW(X) h=0.05

②鹿児島県北西部

NS(Y) h=0.05

③鹿児島県北西部

EW(X) h=0.05

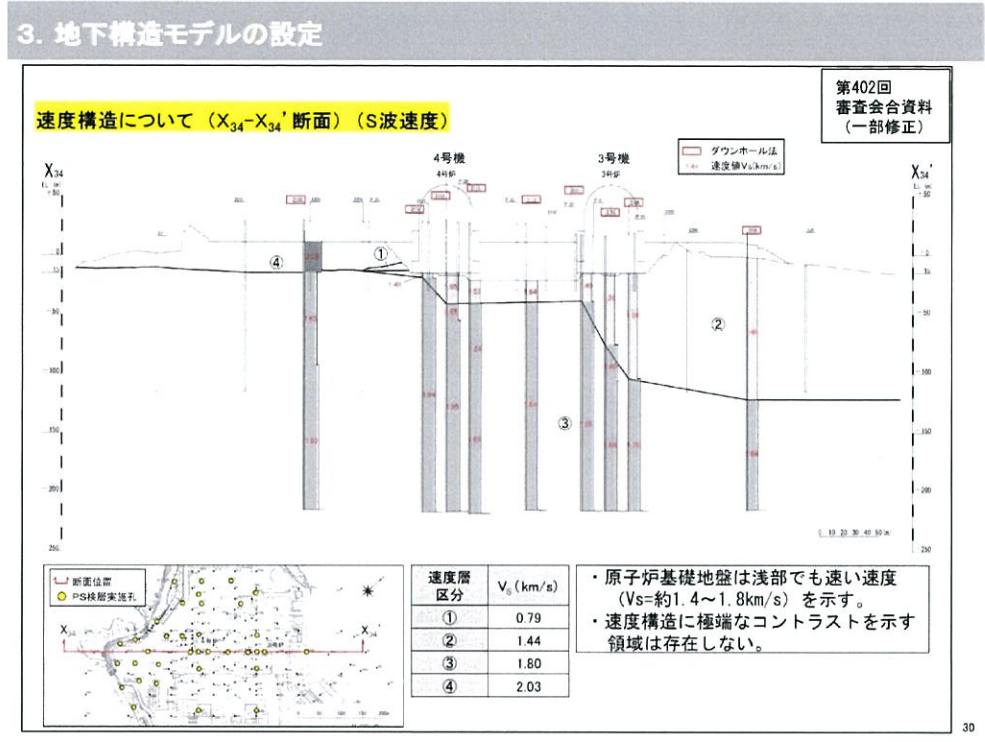
20

# 1. 地下構造モデル (10/17)

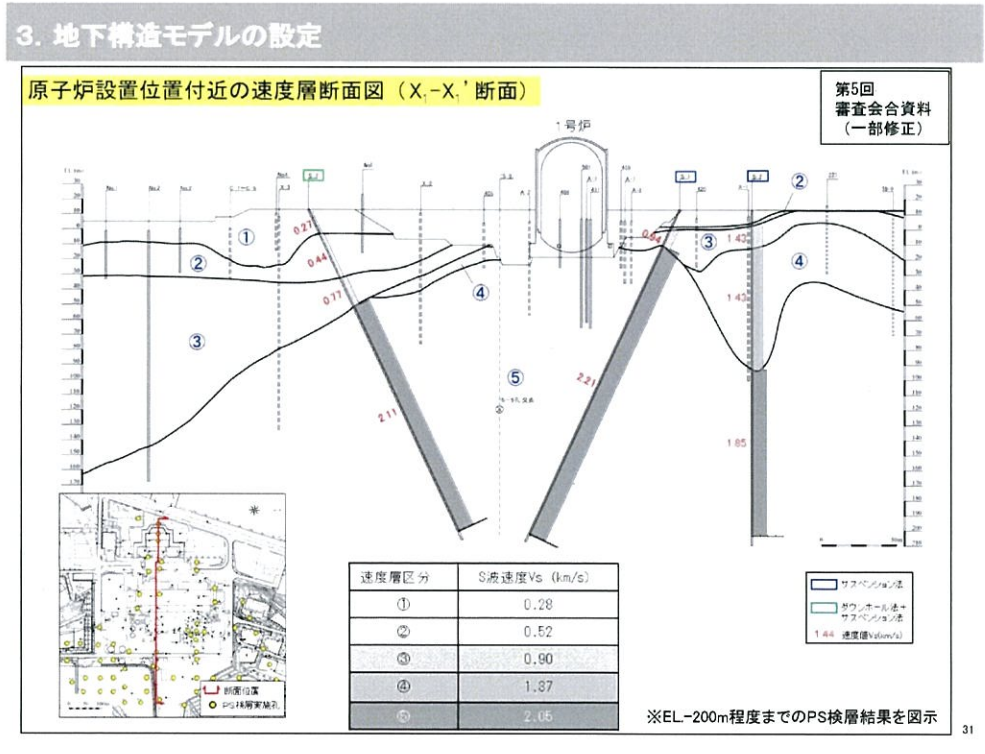
<p>玄海</p>	<p><b>3. 地下構造モデルの設定</b></p> <p>②精緻化範囲の設定及び検証 原子炉設置位置付近の速度層断面による設定</p> <ul style="list-style-type: none"><li>○ 30～32頁に示す速度層断面より、鉛直アレイ地震計が設置されるEL.-90.0mより浅部と、EL.-90.0mからEL.-200.0mまでの速度層に大きな差異が見られないことから、鉛直アレイ地震観測記録により設定した地盤減衰(Q値)をEL.-200mまで設定。</li></ul> <p>29</p>
<p>川内</p>	<p><b>3. 地下構造モデルの設定</b></p> <p>②精緻化範囲の設定及び検証 原子炉設置位置付近の速度層断面による設定</p> <ul style="list-style-type: none"><li>○ 31～33頁に示す速度層断面より、鉛直アレイ地震計が設置されるEL.-118.5mより浅部と、EL.-118.5mからEL.-200.0mまでの速度層に大きな差異が見られないことから、鉛直アレイ地震観測記録により設定した地盤減衰(Q値)をEL.-200mまで設定。</li></ul> <p>30</p>

# 1. 地下構造モデル (11/17)

玄海



川内





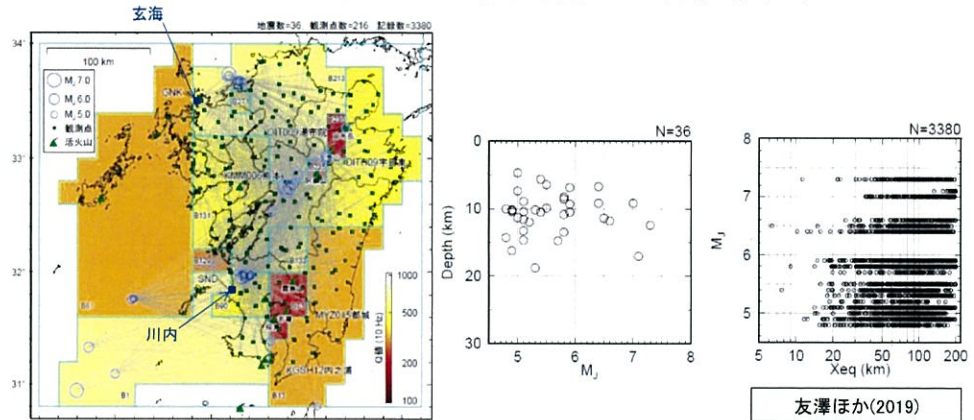
# 1. 地下構造モデル (12/17)

## 3. 地下構造モデルの設定

地震観測記録に基づく地盤増幅率による検証

- 友澤ほか(2019)<sup>4),5)</sup>では、九州地域周辺で発生した地震におけるK-NET、KiK-net、川内原子力発電所及び玄海原子力発電所の観測記録を用いて、九州地域の震源特性・伝播経路特性・サイト増幅特性をブロックインバージョン解析により推定。
- ブロックインバージョン解析では、伝播経路特性の不均質性を考慮。

玄海



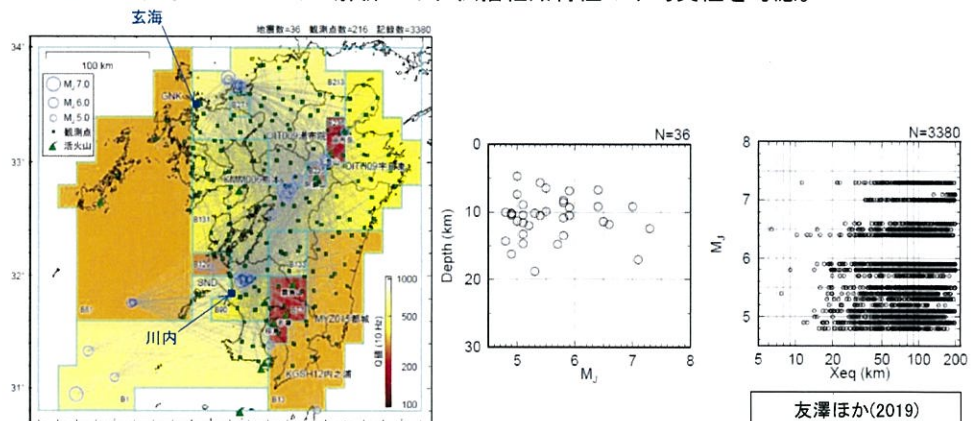
検討に用いた地震の震央分布及び観測点位置

## 3. 地下構造モデルの設定

地震観測記録に基づく地盤増幅率による検証

- 友澤ほか(2019)<sup>4),5)</sup>では、九州地域周辺で発生した地震におけるK-NET、KiK-net、川内原子力発電所及び玄海原子力発電所の観測記録を用いて、九州地域の震源特性・伝播経路特性・サイト増幅特性をブロックインバージョン解析により推定。
- ブロックインバージョン解析では、伝播経路特性の不均質性を考慮。

川内



検討に用いた地震の震央分布及び観測点位置

# 1. 地下構造モデル (13/17)

玄海

## 3. 地下構造モデルの設定

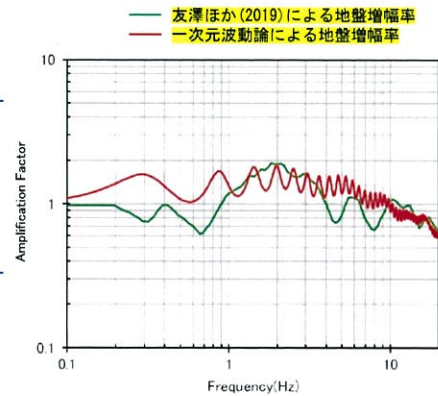
地震観測記録に基づく地盤増幅率による検証

- 友澤ほか(2019)では、地中観測点が地震基盤とみなせるOITH09(宇目東)とKGS12(内之浦)を基準点としており、推定されたサイト増幅特性は $V_s=3000\text{m/s}$ 程度からの地盤増幅率と見なせる。
- 友澤ほか(2019)では、**玄海原子力発電所のサイト増幅特性**が推定されており、前出の地下構造モデルにおける $V_s=3000\text{m/s}$ 相当の層上面から地表まで一次元波動論に基づく算出した地盤増幅率との比較を実施した結果、友澤ほか(2019)による地盤増幅率より大きい傾向。

標準応答スペクトルを考慮した地震動評価に用いる  
一次元地下構造モデル

EL. (m)	層	密度 $\rho$ ( $\text{g/cm}^3$ )	$V_s$ (m/s)	Q値
+11m	0	2.35	1350	12.5
-15m	1	2.35	1350	12.5
-50m	2	2.35	1570	12.5
-100m	3	2.35	1730	12.5
-150m	4	2.35	1770	12.5
-200m	5	2.40	2100	200
-1804m	6	2.60	3100	300
-3015m	7	2.70	3500	300
-20015m	8	3.00	3800	500
-33015m	9	3.30	4300	500

解放基盤表面(EL. -15m)上に0層を追加



34

川内

## 3. 地下構造モデルの設定

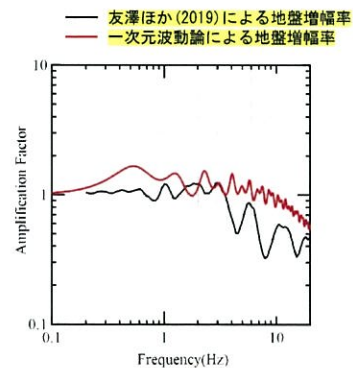
地震観測記録に基づく地盤増幅率による検証

- 友澤ほか(2019)では、地中観測点が地震基盤とみなせるOITH09(宇目東)とKGS12(内之浦)を基準点としており、推定されたサイト増幅特性は $V_s=3000\text{m/s}$ 程度からの地盤増幅率と見なせる。
- 友澤ほか(2019)では、**川内原子力発電所のサイト増幅特性**が推定されており、前出の地下構造モデルにおける $V_s=3000\text{m/s}$ 相当の層上面から地表まで一次元波動論に基づく算出した地盤増幅率との比較を実施した結果、友澤ほか(2019)による地盤増幅率より大きい傾向。

標準応答スペクトルを考慮した地震動評価に用いる  
一次元地下構造モデル

EL. (m)	層	密度 $\rho$ ( $\text{g/cm}^3$ )	$V_s$ (m/s)	Q値
+11.0m	0	2.70	1500	12.5
-18.5m	1	2.70	1500	12.5
-28.5m	2	2.70	1600	12.5
-200m	2'	2.70	1600	100
-480m	3	2.70	2150	200
-1018.5m	4	2.70	3010	200
-2018.5m	5	2.70	3240	300
-3018.5m	6	2.70	3500	300
-17018.5m	7	3.00	3800	500
-33018.5m	8	3.30	4300	500

解放基盤表面(EL. -18.5m)上に0層を追加



35



# 1. 地下構造モデル (14/17)

玄海

### 3. 地下構造モデルの設定

- 以上を踏まえ、既許可の長周期帯の理論的方法に用いる一次元地下構造モデルを  
 基に、EL. -200mから解放基盤表面 (EL. -15.0m) までの地盤減衰を $Q=12.5$ と設定し  
 た地下構造モデルを用いて、標準応答スペクトルを考慮した地震動評価を実施。

#### 標準応答スペクトルを考慮した地震動評価に用いる一次元地下構造モデル

EL. (m)	層	層上面 (km)	密度 $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Q値
解放基盤表面						
-15m	1	0.0	2.35	1350	3000	12.5
-50m	2	-0.035	2.35	1570	3440	12.5
-100m	3	-0.085	2.35	1730	3470	12.5
-150m	4	-0.135	2.35	1770	3650	12.5
-200m	5	-0.185	2.40	2100	4000	200
-1804m	6	-1.789	2.60	3100	5500	300
-3015m	7	-3.0	2.70	3500	5900	300
-20015m	8	-20.0	3.00	3800	6600	500
-33015m	9	-33.0	3.30	4300	7600	500

35

川内

### 3. 地下構造モデルの設定

- 以上を踏まえ、既許可の長周期帯の理論的方法に用いる一次元地下構造モデルを  
 基に、EL. -200mから解放基盤表面 (EL. -18.5m) までの地盤減衰を $Q=12.5$ と設定し  
 た地下構造モデルを用いて、標準応答スペクトルを考慮した地震動評価を実施。

#### 標準応答スペクトルを考慮した地震動評価に用いる一次元地下構造モデル

EL. (m)	層	層上面 (km)	密度 $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Q値
解放基盤表面						
-18.5m	1	0.0	2.70	1500	3200	12.5
-28.5m	2	-0.01	2.70	1600	3700	12.5
-200m	2'	-0.182	2.70	1600	3700	100
-480m	3	-0.462	2.70	2150	4400	200
-1018.5m	4	-1.0	2.70	3010	5200	200
-2018.5m	5	-2.0	2.70	3240	5600	300
-3018.5m	6	-3.0	2.70	3500	5900	300
-17018.5m	7	-17.0	3.00	3800	6600	500
-33018.5m	8	-33.0	3.30	4300	7600	500

36



## 1. 地下構造モデル (15/17)

<p style="text-align: center; font-size: 24pt; font-weight: bold;">玄海</p>	<div style="background-color: #e0e0e0; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p><b>【参考3】敷地ごとに震源を特定して策定する地震動への影響評価</b></p> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 標準応答スペクトルを考慮した地震動を評価するにあたり、既許可の地下構造モデルの地盤減衰を精緻化したことに伴い、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の影響評価を実施。</li> <li>・ 現行の基準地震動<math>S_s-2</math>及び<math>S_s-3</math>は、経験的グリーン関数法による地震動評価結果を採用しているが、長周期帯においては理論的方法による地震動評価も実施。 ⇒ 標準応答スペクトルを考慮した地震動評価に用いる地下構造モデルを用いて、<b>再度、理論的方法による地震動評価を実施</b>(66、67頁参照)。</li> <li>・ 既許可時審査においては、経験的グリーン関数法による地震動評価の妥当性確認のため、統計的グリーン関数法による地震動評価を実施(68、69頁参照)。 ⇒ 標準応答スペクトルを考慮した地震動評価に用いる地下構造モデルを用いて、<b>再度、統計的グリーン関数法による地震動評価を実施</b>(70、71頁参照)。</li> <li>○ 以上より、既許可の地下構造モデルの地盤減衰を精緻化したことが、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」に与える影響がないことを確認。</li> </ul> <p style="text-align: right; font-size: 10pt;">65</p>
<p style="text-align: center; font-size: 24pt; font-weight: bold;">川内</p>	<div style="background-color: #e0e0e0; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p><b>【参考3】敷地ごとに震源を特定して策定する地震動への影響評価</b></p> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 標準応答スペクトルを考慮した地震動を評価するにあたり、既許可の地下構造モデルの地盤減衰を精緻化したことに伴い、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の影響評価を実施。</li> <li>・ 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において、経験的グリーン関数法と理論的方法によるハイブリッド合成法を実施。 ⇒ 標準応答スペクトルを考慮した地震動評価に用いる地下構造モデルを用いて、<b>再度、理論的方法による地震動評価を実施し、経験的グリーン関数法とのハイブリッド合成法による評価を実施</b>(65、66頁参照)。</li> <li>・ 既許可時審査においては、経験的グリーン関数法による地震動評価の妥当性確認のため、経験的グリーン関数法と理論的方法のハイブリッド合成法(以下、「EGF+理論」とする。)による地震動評価と統計的グリーン関数法と理論的方法のハイブリッド合成法(以下、「SGF+理論」とする。)による地震動評価の比較を実施(67、68頁参照)。 ⇒ 標準応答スペクトルを考慮した地震動評価に用いる地下構造モデルを用いて、<b>再度、EGF+理論による地震動評価とSGF+理論による地震動評価の比較を実施</b>(69、70頁参照)。</li> <li>○ 以上より、既許可の地下構造モデルの地盤減衰を精緻化したことが、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」に与える影響がないことを確認。</li> </ul> <p style="text-align: right; font-size: 10pt;">64</p>

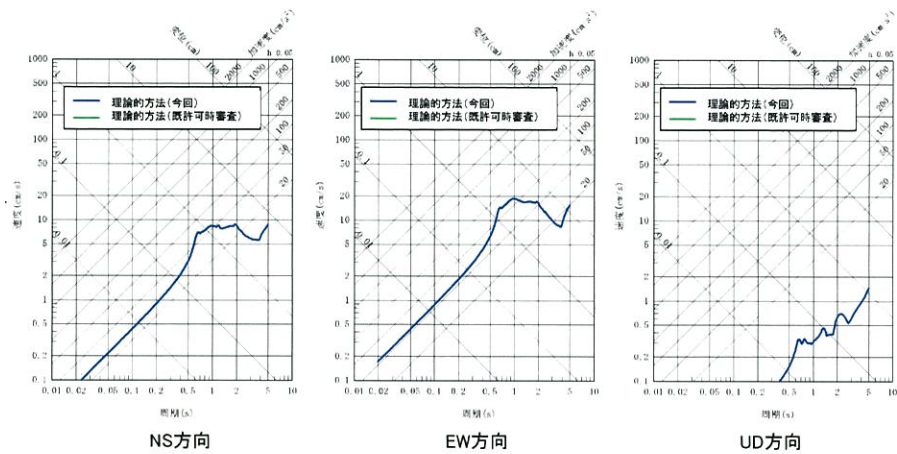
# 1. 地下構造モデル (16/17)

玄海

## 【参考3】敷地ごとに震源を特定して策定する地震動への影響評価

○ 標準応答スペクトルを考慮した地震動評価に用いる地下構造モデルを用いて、再度、理論的方法による地震動評価を実施した結果、既許可の理論的方法による地震動評価結果と同等であることを確認。

「竹木場断層による地震」：断層傾斜角の不確かさを考慮したケース

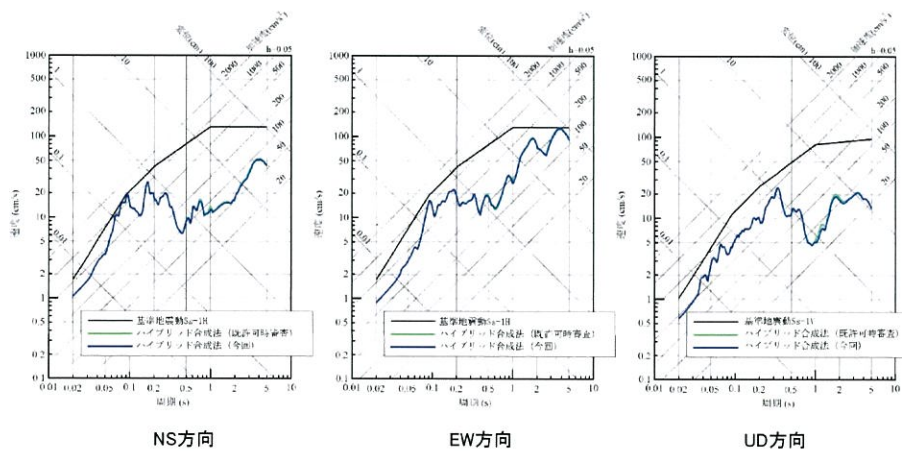


川内

## 【参考3】敷地ごとに震源を特定して策定する地震動への影響評価

○ 標準応答スペクトルを考慮した地震動評価に用いる地下構造モデルを用いて、再度、理論的方法による地震動評価を実施し、経験的グリーン関数法とのハイブリッド合成法による評価を実施した結果、既許可のハイブリッド合成法による地震動評価結果と同等であることを確認。

「飯断層帯區間による地震」：応力降下量の不確かさを考慮したケース（破壊開始点：巨視的断層面下端）



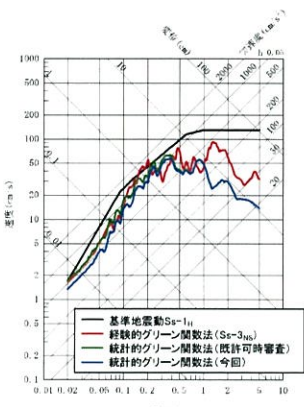
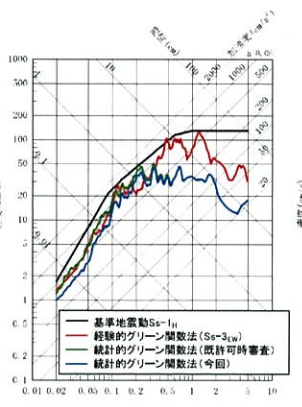
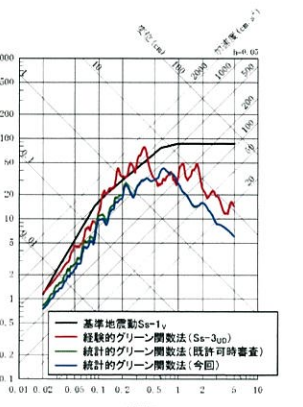


# 1. 地下構造モデル (17/17)

**【参考3】敷地ごとに震源を特定して策定する地震動への影響評価**

○ 標準応答スペクトルを考慮した地震動評価に用いる地下構造モデルを用いて、再度、統計的グリーン関数法による地震動評価を実施した結果、既許可の経験的グリーン関数法による地震動評価結果の妥当性を再確認。

「竹木場断層による地震」：断層傾斜角の不確かさを考慮したケース

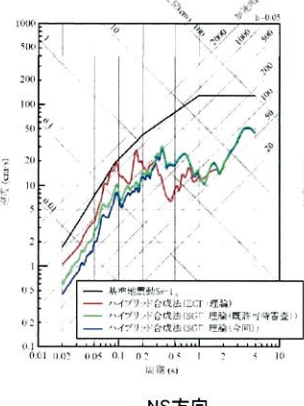
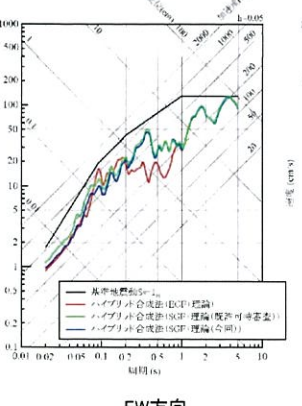
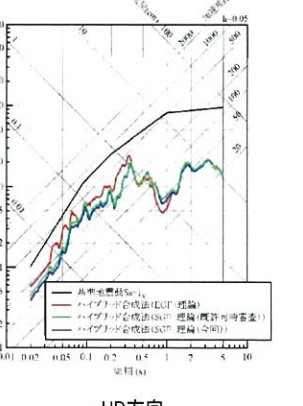
NS方向                      EW方向                      UD方向

70

**【参考3】敷地ごとに震源を特定して策定する地震動への影響評価**

○ 標準応答スペクトルを考慮した地震動評価に用いる地下構造モデルを用いて、再度、EGF+理論による地震動評価とSGF+理論による地震動評価の比較を実施した結果、既許可の経験的グリーン関数法による地震動評価結果の妥当性を再確認。

「飯断層帯飯区間による地震」：応力降下量の不確かさを考慮したケース（破壊開始点：巨視的断層面下端）

NS方向                      EW方向                      UD方向

69

玄海

川内



## 2. 地震基盤相当面 (1/5)

玄海	<p><b>4. 地震基盤相当面の設定</b></p> <p>○ 前頁での解釈を踏まえ、<b>玄海原子力発電所の地震基盤相当面</b>は、標準応答スペクトルを考慮した地震動評価に用いる一次元地下構造モデルにおける<b><math>V_s=2100\text{m/s}</math></b>の層上面 (EL. <b>-200m</b>) に設定。</p>																																																																												
	<p>標準応答スペクトルを考慮した地震動評価に用いる一次元地下構造モデル</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>EL. (m)</th> <th>層</th> <th>層上面 (km)</th> <th>密度 <math>\rho</math> (<math>\text{g/cm}^3</math>)</th> <th><math>V_s</math> (m/s)</th> <th><math>V_p</math> (m/s)</th> <th>Q値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>解放基盤表面</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>-15m</td> <td>1</td> <td>0.0</td> <td>2.35</td> <td>1350</td> <td>3000</td> <td>12.5</td> </tr> <tr> <td>-50m</td> <td>2</td> <td>-0.035</td> <td>2.35</td> <td>1570</td> <td>3440</td> <td>12.5</td> </tr> <tr> <td>-100m</td> <td>3</td> <td>-0.085</td> <td>2.35</td> <td>1730</td> <td>3470</td> <td>12.5</td> </tr> <tr> <td>-150m</td> <td>4</td> <td>-0.135</td> <td>2.35</td> <td>1770</td> <td>3650</td> <td>12.5</td> </tr> <tr> <td>-200m</td> <td>5</td> <td>-0.185</td> <td>2.40</td> <td>2100</td> <td>4000</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>-1804m</td> <td>6</td> <td>-1.789</td> <td>2.60</td> <td>3100</td> <td>5500</td> <td>300</td> </tr> <tr> <td>-3015m</td> <td>7</td> <td>-3.0</td> <td>2.70</td> <td>3500</td> <td>5900</td> <td>300</td> </tr> <tr> <td>-20015m</td> <td>8</td> <td>-20.0</td> <td>3.00</td> <td>3800</td> <td>6600</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>-33015m</td> <td>9</td> <td>-33.0</td> <td>3.30</td> <td>4300</td> <td>7600</td> <td>500</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">▼地震基盤相当面</p>	EL. (m)	層	層上面 (km)	密度 $\rho$ ( $\text{g/cm}^3$ )	$V_s$ (m/s)	$V_p$ (m/s)	Q値	解放基盤表面							-15m	1	0.0	2.35	1350	3000	12.5	-50m	2	-0.035	2.35	1570	3440	12.5	-100m	3	-0.085	2.35	1730	3470	12.5	-150m	4	-0.135	2.35	1770	3650	12.5	-200m	5	-0.185	2.40	2100	4000	200	-1804m	6	-1.789	2.60	3100	5500	300	-3015m	7	-3.0	2.70	3500	5900	300	-20015m	8	-20.0	3.00	3800	6600	500	-33015m	9	-33.0	3.30	4300	7600
EL. (m)	層	層上面 (km)	密度 $\rho$ ( $\text{g/cm}^3$ )	$V_s$ (m/s)	$V_p$ (m/s)	Q値																																																																							
解放基盤表面																																																																													
-15m	1	0.0	2.35	1350	3000	12.5																																																																							
-50m	2	-0.035	2.35	1570	3440	12.5																																																																							
-100m	3	-0.085	2.35	1730	3470	12.5																																																																							
-150m	4	-0.135	2.35	1770	3650	12.5																																																																							
-200m	5	-0.185	2.40	2100	4000	200																																																																							
-1804m	6	-1.789	2.60	3100	5500	300																																																																							
-3015m	7	-3.0	2.70	3500	5900	300																																																																							
-20015m	8	-20.0	3.00	3800	6600	500																																																																							
-33015m	9	-33.0	3.30	4300	7600	500																																																																							
川内	<p><b>4. 地震基盤相当面の設定</b></p> <p>○ 前頁での解釈を踏まえ、<b>川内原子力発電所の地震基盤相当面</b>は、標準応答スペクトルを考慮した地震動評価に用いる一次元地下構造モデルにおける<b><math>V_s=2150\text{m/s}</math></b>の層上面 (EL. <b>-480m</b>) に設定。</p>																																																																												
	<p>標準応答スペクトルを考慮した地震動評価に用いる一次元地下構造モデル</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>EL. (m)</th> <th>層</th> <th>層上面 (km)</th> <th>密度 <math>\rho</math> (<math>\text{g/cm}^3</math>)</th> <th><math>V_s</math> (m/s)</th> <th><math>V_p</math> (m/s)</th> <th>Q値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>解放基盤表面</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>-18.5m</td> <td>1</td> <td>0.0</td> <td>2.70</td> <td>1500</td> <td>3200</td> <td>12.5</td> </tr> <tr> <td>-28.5m</td> <td>2</td> <td>-0.01</td> <td>2.70</td> <td>1600</td> <td>3700</td> <td>12.5</td> </tr> <tr> <td>-200m</td> <td>2'</td> <td>-0.182</td> <td>2.70</td> <td>1600</td> <td>3700</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>-480m</td> <td>3</td> <td>-0.462</td> <td>2.70</td> <td>2150</td> <td>4400</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>-1018.5m</td> <td>4</td> <td>-1.0</td> <td>2.70</td> <td>3010</td> <td>5200</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>-2018.5m</td> <td>5</td> <td>-2.0</td> <td>2.70</td> <td>3240</td> <td>5600</td> <td>300</td> </tr> <tr> <td>-3018.5m</td> <td>6</td> <td>-3.0</td> <td>2.70</td> <td>3500</td> <td>5900</td> <td>300</td> </tr> <tr> <td>-17018.5m</td> <td>7</td> <td>-17.0</td> <td>3.00</td> <td>3800</td> <td>6600</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>-33018.5m</td> <td>8</td> <td>-33.0</td> <td>3.30</td> <td>4300</td> <td>7600</td> <td>500</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">▼地震基盤相当面</p>	EL. (m)	層	層上面 (km)	密度 $\rho$ ( $\text{g/cm}^3$ )	$V_s$ (m/s)	$V_p$ (m/s)	Q値	解放基盤表面							-18.5m	1	0.0	2.70	1500	3200	12.5	-28.5m	2	-0.01	2.70	1600	3700	12.5	-200m	2'	-0.182	2.70	1600	3700	100	-480m	3	-0.462	2.70	2150	4400	200	-1018.5m	4	-1.0	2.70	3010	5200	200	-2018.5m	5	-2.0	2.70	3240	5600	300	-3018.5m	6	-3.0	2.70	3500	5900	300	-17018.5m	7	-17.0	3.00	3800	6600	500	-33018.5m	8	-33.0	3.30	4300	7600
EL. (m)	層	層上面 (km)	密度 $\rho$ ( $\text{g/cm}^3$ )	$V_s$ (m/s)	$V_p$ (m/s)	Q値																																																																							
解放基盤表面																																																																													
-18.5m	1	0.0	2.70	1500	3200	12.5																																																																							
-28.5m	2	-0.01	2.70	1600	3700	12.5																																																																							
-200m	2'	-0.182	2.70	1600	3700	100																																																																							
-480m	3	-0.462	2.70	2150	4400	200																																																																							
-1018.5m	4	-1.0	2.70	3010	5200	200																																																																							
-2018.5m	5	-2.0	2.70	3240	5600	300																																																																							
-3018.5m	6	-3.0	2.70	3500	5900	300																																																																							
-17018.5m	7	-17.0	3.00	3800	6600	500																																																																							
-33018.5m	8	-33.0	3.30	4300	7600	500																																																																							

## 2. 地震基盤相当面 (2/5)

### 玄海

#### 【参考1】仮想的な地震基盤相当面の設定及び検討

- 37頁に示す通り、**玄海原子力発電所の地震基盤相当面**は、標準応答スペクトルを考慮した地震動評価に用いる一次元地下構造モデルにおける **$V_s=2100\text{m/s}$ の層上面 (EL. -200m)**に設定。
- ただし、上記設定における **$V_s=2100\text{m/s}$** は、設置許可基準規則解釈別記2に示される **$V_s=2200\text{m/s}$ 以上**を下回るため、次頁以降で、仮想的に、 **$V_s=2200\text{m/s}$ の層**を設定し、解放基盤表面までの地盤増幅率の検討を実施。

#### 標準応答スペクトルを考慮した地震動評価に用いる一次元地下構造モデル

EL. (m)	層	層上面 (km)	密度 $\rho$ ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	$V_s$ (m/s)	$V_p$ (m/s)	Q値
解放基盤表面						
-15m	1	0.0	2.35	1350	3000	12.5
-50m	2	-0.035	2.35	1570	3440	12.5
-100m	3	-0.085	2.35	1730	3470	12.5
-150m	4	-0.135	2.35	1770	3650	12.5
-200m	5	-0.185	2.40	2100	4000	200
-1804m	6	-1.789	2.60	3100	5500	300
-3015m	7	-3.0	2.70	3500	5900	300
-20015m	8	-20.0	3.00	3800	6600	500
-33015m	9	-33.0	3.30	4300	7600	500

▼地震基盤相当面

48

### 川内

#### 【参考1】仮想的な地震基盤相当面の設定及び検討

- 38頁に示す通り、**川内原子力発電所の地震基盤相当面**は、標準応答スペクトルを考慮した地震動評価に用いる一次元地下構造モデルにおける **$V_s=2150\text{m/s}$ の層上面 (EL. -480m)**に設定。
- ただし、上記設定における **$V_s=2150\text{m/s}$** は、設置許可基準規則解釈別記2に示される **$V_s=2200\text{m/s}$ 以上**を下回るため、次頁以降で、仮想的に、 **$V_s=2200\text{m/s}$ の層**を設定し、解放基盤表面までの地盤増幅率の検討を実施。

#### 標準応答スペクトルを考慮した地震動評価に用いる一次元地下構造モデル

EL. (m)	層	層上面 (km)	密度 $\rho$ ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	$V_s$ (m/s)	$V_p$ (m/s)	Q値
解放基盤表面						
-18.5m	1	0.0	2.70	1500	3200	12.5
-28.5m	2	-0.01	2.70	1600	3700	12.5
-200m	2'	-0.182	2.70	1600	3700	100
-480m	3	-0.462	2.70	2150	4400	200
-1018.5m	4	-1.0	2.70	3010	5200	200
-2018.5m	5	-2.0	2.70	3240	5600	300
-3018.5m	6	-3.0	2.70	3500	5900	300
-17018.5m	7	-17.0	3.00	3800	6600	500
-33018.5m	8	-33.0	3.30	4300	7600	500

▼地震基盤相当面

47

## 2. 地震基盤相当面 (3/5)

玄海

### 【参考1】仮想的な地震基盤相当面の設定及び検討

- 既許可時審査の微動アレイ観測に基づくせん断波速度の同定結果における $V_s=2110\text{m/s}$ の層(第5層)を2分割し、新たに地震基盤相当面に対応する層(第5'層: $V_s=2200\text{m/s}$ 、 $V_p=4200\text{m/s}$ )を設け、この層の上面の深度を変数とした再同定を実施。

既許可時審査における同定モデル				
	層	密度 $\rho$ ( $\text{g/cm}^3$ )	$V_s$ ( $\text{m/s}$ )	$V_p$ ( $\text{m/s}$ )
EL. 11m	0	2.35	1000	2760
-15m	1	2.35	1030	2780
-50m	2	2.35	1290	3050
-100m	3	2.35	1500	3260
-150m	4	2.35	1830	3640
-200m	5	2.40	2110	3990
-1000m	6	2.40	2630	4700
-1804m	7	2.60	2950	5180



再同定に用いるモデル				
	層	密度 $\rho$ ( $\text{g/cm}^3$ )	$V_s$ ( $\text{m/s}$ )	$V_p$ ( $\text{m/s}$ )
EL. 11m	0	2.35	1000	2760
-15m	1	2.35	1030	2780
-50m	2	2.35	1290	3050
-100m	3	2.35	1500	3260
-150m	4	2.35	1830	3640
-200m	5	2.40	2110	3990
-●m	5'	2.40	2200	4200
-1000m	6	2.40	2630	4700
-1804m	7	2.60	2950	5180

50

川内

### 【参考1】仮想的な地震基盤相当面の設定及び検討

- 既許可の地下構造モデルにおける $V_s=2150\text{m/s}$ の層(第3層)を2分割し、新たに地震基盤相当面に対応する層(第3'層: $V_s=2200\text{m/s}$ 、 $V_p=4400\text{m/s}$ )を設け、この層の上面の深度を変数とした再同定を実施。

既許可地下構造モデル				
	層	密度 $\rho$ ( $\text{g/cm}^3$ )	$V_s$ ( $\text{m/s}$ )	$V_p$ ( $\text{m/s}$ )
EL. 11.0m	0	2.70	1500	3200
-18.5m	1	2.70	1500	3200
-28.5m	2	2.70	1600	3700
-480m	3	2.70	2150	4400
-1018.5m	4	2.70	3010	5200



再同定に用いるモデル				
	層	密度 $\rho$ ( $\text{g/cm}^3$ )	$V_s$ ( $\text{m/s}$ )	$V_p$ ( $\text{m/s}$ )
EL. 11.0m	0	2.70	1500	3200
-18.5m	1	2.70	1500	3200
-28.5m	2	2.70	1600	3700
-480m	3	2.70	2150	4400
-●m	3'	2.70	2200	4400
-1018.5m	4	2.70	3010	5200

解放基盤表面(EL. -18.5m)上に0層を追加

49



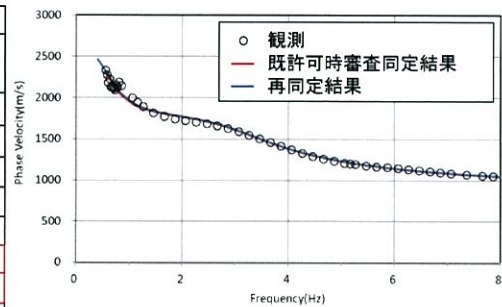
## 2. 地震基盤相当面 (4/5)

玄海

### 【参考1】仮想的な地震基盤相当面の設定及び検討

- 仮想的に、新たに地震基盤相当面に対応する層(第5'層:  $V_s=2200\text{m/s}$ 、 $V_p=4200\text{m/s}$ )を設定し、微動アレイ観測結果に基づく再同定を実施した結果、第5'層の上面の深度はEL. -884mとなった。

層	再同定結果			
	密度 $\rho$ ( $\text{g/cm}^3$ )	$V_s$ ( $\text{m/s}$ )	$V_p$ ( $\text{m/s}$ )	
EL. 11m	0	2.35	1000	2760
-15m	1	2.35	1030	2780
-50m	2	2.35	1290	3050
-100m	3	2.35	1500	3260
-150m	4	2.35	1830	3640
-200m	5	2.40	2110	3990
-884m	5'	2.40	2200	4200
-1000m	6	2.40	2630	4700
-1804m	7	2.60	2950	5180



理論位相速度と観測位相速度の比較

51

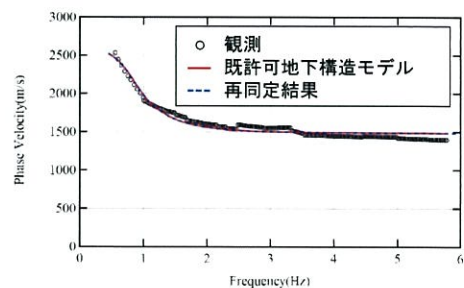
川内

### 【参考1】仮想的な地震基盤相当面の設定及び検討

- 仮想的に、新たに地震基盤相当面に対応する層(第3'層:  $V_s=2200\text{m/s}$ 、 $V_p=4400\text{m/s}$ )を設定し、微動アレイ観測結果に基づく再同定を実施した結果、第3'層の上面の深度はEL. -999.5mとなった。

層	再同定結果			
	密度 $\rho$ ( $\text{g/cm}^3$ )	$V_s$ ( $\text{m/s}$ )	$V_p$ ( $\text{m/s}$ )	
EL. 11.0m	0	2.70	1500	3200
-18.5m	1	2.70	1500	3200
-28.5m	2	2.70	1600	3700
-480m	3	2.70	2150	4400
-999.5m	3'	2.70	2200	4400
-1018.5m	4	2.70	3010	5200

解放基盤表面 (EL. -18.5m) 上に0層を追加



理論位相速度と観測位相速度の比較

50

## 2. 地震基盤相当面 (5/5)

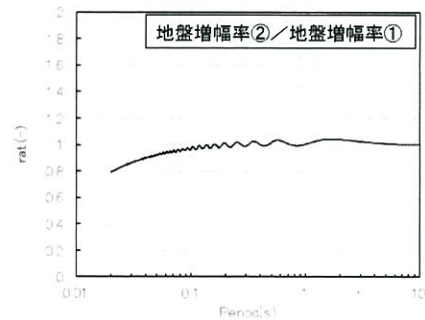
玄海

### 【参考1】仮想的な地震基盤相当面の設定及び検討

- 前頁の検討結果を、35頁に示す標準応答スペクトルを考慮した地震動評価に用いる一次元地下構造モデルに反映した仮想的な地下構造モデルを設定。
- 今回の標準応答スペクトルを考慮した地震動評価に用いる地下構造モデルの  $V_s=2100\text{m/s}$  の層上面から解放基盤表面までの地盤増幅率 (①) と仮想的な地下構造モデルの  $V_s=2200\text{m/s}$  の層上面から解放基盤表面までの地盤増幅率 (②) を比較した結果、短周期側では、仮想的な地下構造モデルの地盤増幅率 (②) のほうが小さい傾向。
- これを踏まえ、37頁に示すとおり、標準応答スペクトルを考慮した地震動評価に用いる地下構造モデルにおける  $V_s=2100\text{m/s}$  の層上面に地震基盤相当面を設定。

比較に用いる地下構造モデル

EL. (m)	層	密度 $\rho$ ( $\text{g/cm}^3$ )	$V_s$ ( $\text{m/s}$ )	$V_p$ ( $\text{m/s}$ )	Q値
-15m	1	2.35	1350	3000	12.5
-50m	2	2.35	1570	3440	12.5
-100m	3	2.35	1730	3470	12.5
-150m	4	2.35	1770	3650	12.5
-200m	5	2.40	2100	4000	200
-884m	5'	2.40	2200	4200	200



地盤増幅率の比較

52

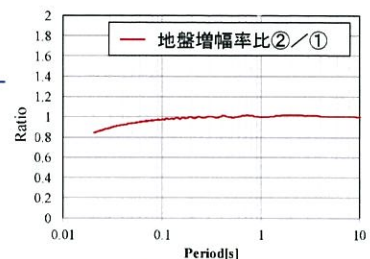
川内

### 【参考1】仮想的な地震基盤相当面の設定及び検討

- 前頁の検討結果を、36頁に示す標準応答スペクトルを考慮した地震動評価に用いる一次元地下構造モデルに反映した仮想的な地下構造モデルを設定。
- 今回の標準応答スペクトルを考慮した地震動評価に用いる地下構造モデルの  $V_s=2150\text{m/s}$  の層上面から解放基盤表面までの地盤増幅率 (①) と仮想的な地下構造モデルの  $V_s=2200\text{m/s}$  の層上面から解放基盤表面までの地盤増幅率 (②) を比較した結果、短周期側では、仮想的な地下構造モデルの地盤増幅率 (②) のほうが小さい傾向。
- これを踏まえ、38頁に示すとおり、標準応答スペクトルを考慮した地震動評価に用いる地下構造モデルにおける  $V_s=2150\text{m/s}$  の層上面に地震基盤相当面を設定。

比較に用いる地下構造モデル

EL. (m)	層	密度 $\rho$ ( $\text{g/cm}^3$ )	$V_s$ ( $\text{m/s}$ )	$V_p$ ( $\text{m/s}$ )	Q値
-18.5m	1	2.70	1500	3200	12.5
-28.5m	2	2.70	1600	3700	12.5
-200m	2'	2.70	1600	3700	100
-480m	3	2.70	2150	4400	200
-999.5m	3'	2.70	2200	4400	200
-1018.5m	4	2.70	3010	5200	200



地盤増幅率の比較

51

### 3. 模擬地震波作成 (1/10)

玄海

5. 地震基盤相当面における模擬地震波の作成

模擬地震波の作成結果(水平方向)

	作成結果
① 応答スペクトル比R(T)	0.87 ≥ 0.85
② SI比	1.00 ≥ 1.0

①  $R(T) = \frac{S_{v1}(T)}{S_{v2}(T)} \geq 0.85 \quad (0.02 \leq T)$

T : 周期 (s)  
 $S_{v1}(T)$  : 模擬地震波の応答スペクトル値  
 $S_{v2}(T)$  : 目標とする応答スペクトル値

②  $SI比 = \frac{\int_{0.1}^{2.5} S_v(T) dt}{\int_{0.1}^{2.5} \bar{S}_v(T) dt} \geq 1.0$

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

40

川内

5. 地震基盤相当面における模擬地震波の作成

模擬地震波の作成結果(水平方向)

	作成結果
① 応答スペクトル比R(T)	0.87 ≥ 0.85
② SI比	1.00 ≥ 1.0

①  $R(T) = \frac{S_{v1}(T)}{S_{v2}(T)} \geq 0.85 \quad (0.02 \leq T)$

T : 周期 (s)  
 $S_{v1}(T)$  : 模擬地震波の応答スペクトル値  
 $S_{v2}(T)$  : 目標とする応答スペクトル値

②  $SI比 = \frac{\int_{0.1}^{2.5} S_v(T) dt}{\int_{0.1}^{2.5} \bar{S}_v(T) dt} \geq 1.0$

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

41



### 3. 模擬地震波作成 (2/10)

玄海

#### 6. 解放基盤表面における地震動の設定

- 地震基盤相当面における模擬地震波を用いて、一次元波動論により、標準応答スペクトルを考慮した地震動評価に用いる地下構造モデルの $V_s=2100\text{m/s}$ の層上面から解放基盤表面までの地震波の伝播特性を反映し、解放基盤表面における標準応答スペクトルを考慮した地震動を設定。

標準応答スペクトルを考慮した地震動評価に用いる一次元地下構造モデル

EL. (m)	層	層上面 (km)	密度 $\rho$ ( $\text{g/cm}^3$ )	$V_s$ (m/s)	$V_p$ (m/s)	Q値
解放基盤表面 -15m	1	0.0	2.35	1350	3000	12.5
-50m	2	-0.035	2.35	1570	3440	12.5
-100m	3	-0.085	2.35	1730	3470	12.5
-150m	4	-0.135	2.35	1770	3650	12.5
地震基盤相当面 -200m	5	-0.185	2.40	2100	4000	200

一次元波動論による地震波の伝播特性の反映

42

川内

#### 6. 解放基盤表面における地震動の設定

- 地震基盤相当面における模擬地震波を用いて、一次元波動論により、標準応答スペクトルを考慮した地震動評価に用いる地下構造モデルの $V_s=2150\text{m/s}$ の層上面から解放基盤表面までの地震波の伝播特性を反映し、解放基盤表面における標準応答スペクトルを考慮した地震動を設定。

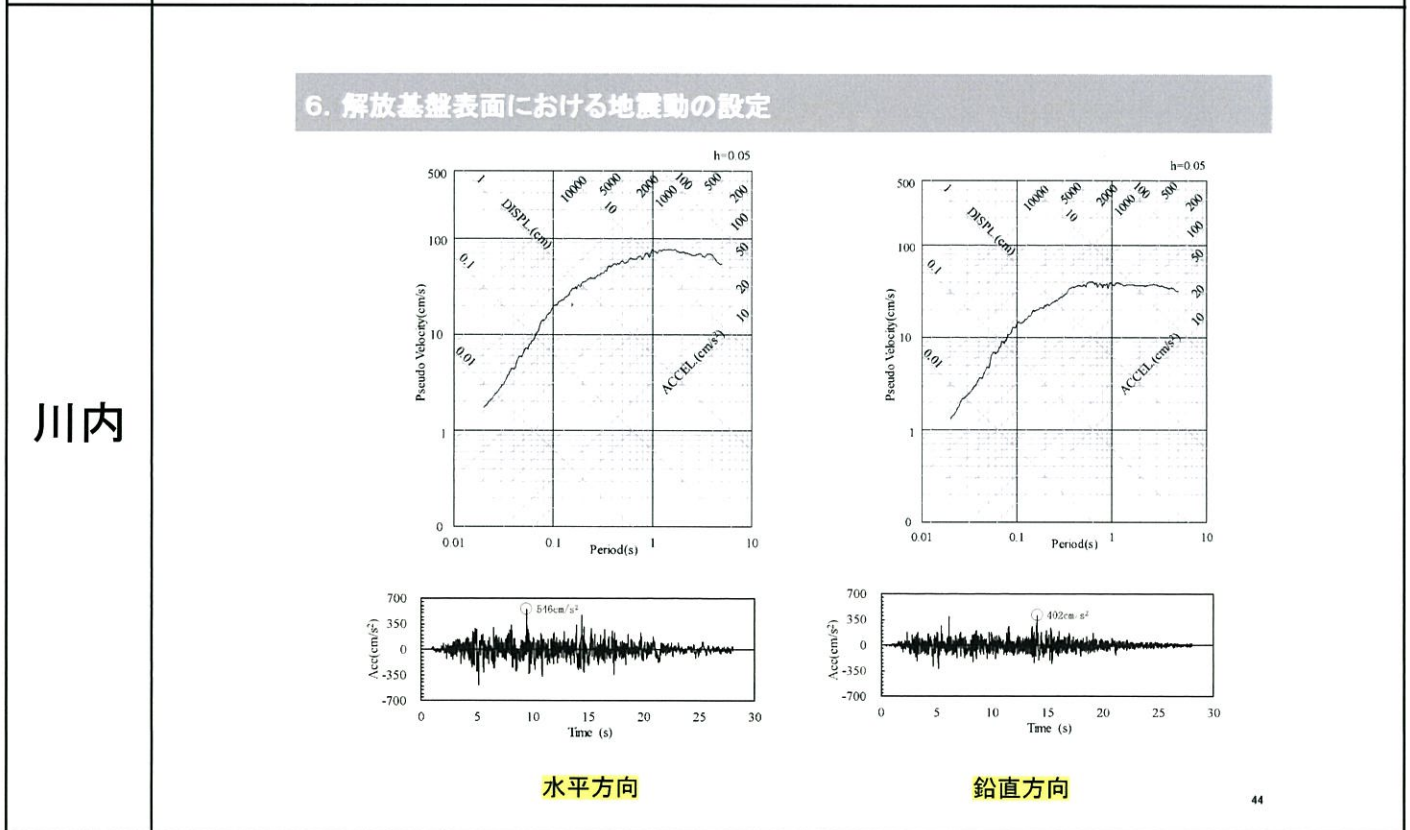
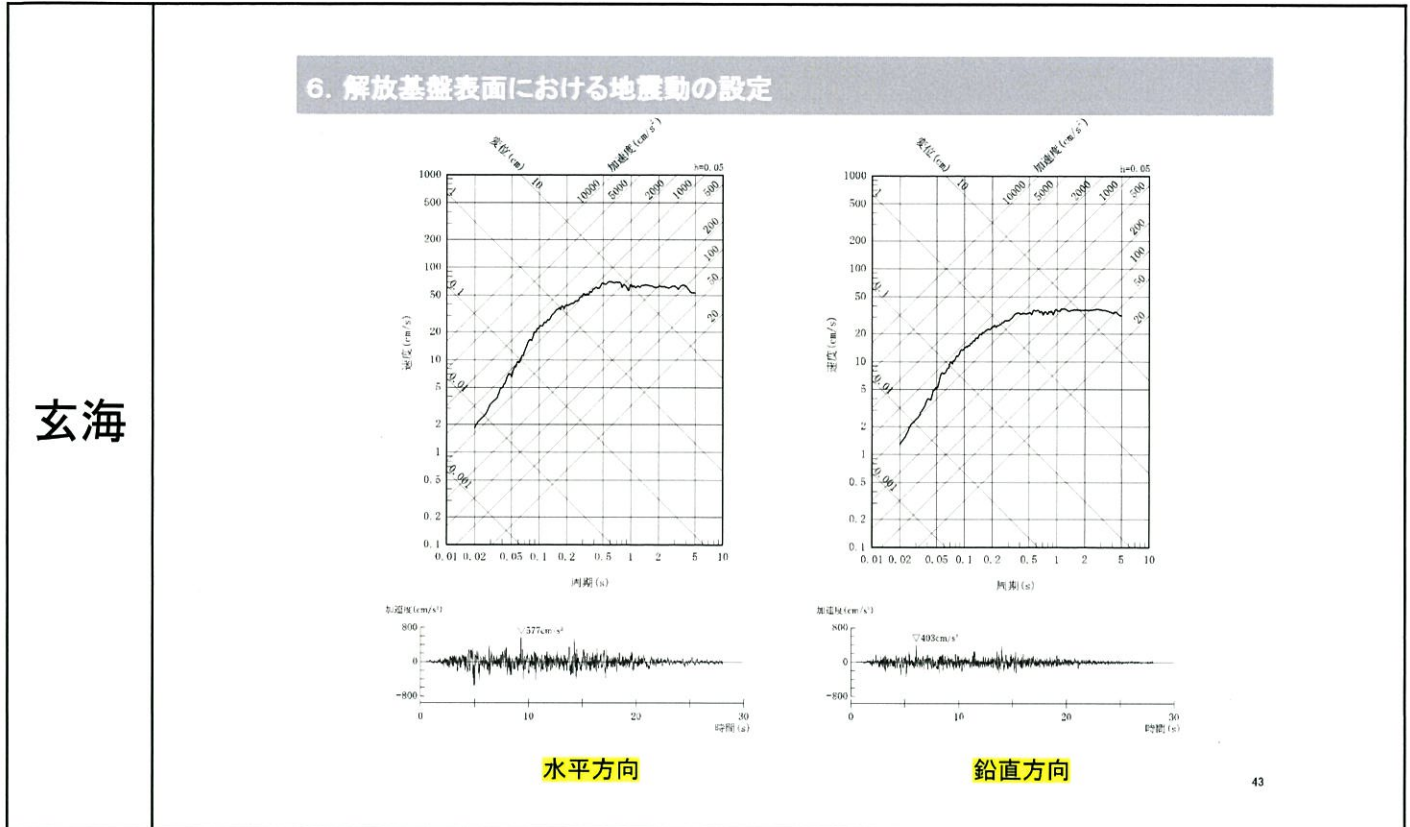
標準応答スペクトルを考慮した地震動評価に用いる一次元地下構造モデル

EL. (m)	層	層上面 (km)	密度 $\rho$ ( $\text{g/cm}^3$ )	$V_s$ (m/s)	$V_p$ (m/s)	Q値
解放基盤表面 -18.5m	1	0.0	2.70	1500	3200	12.5
-28.5m	2	-0.01	2.70	1600	3700	12.5
-200m	2'	-0.182	2.70	1600	3700	100
-480m	3	-0.462	2.70	2150	4400	200
-1018.5m	4	-1.0	2.70	3010	5200	200
-2018.5m	5	-2.0	2.70	3240	5600	300
-3018.5m	6	-3.0	2.70	3500	5900	300
-17018.5m	7	-17.0	3.00	3800	6600	500
-33018.5m	8	-33.0	3.30	4300	7600	500

一次元波動論による地震波の伝播特性の反映

43

### 3. 模擬地震波作成 (3/10)



### 3. 模擬地震波作成 (4/10)

玄海

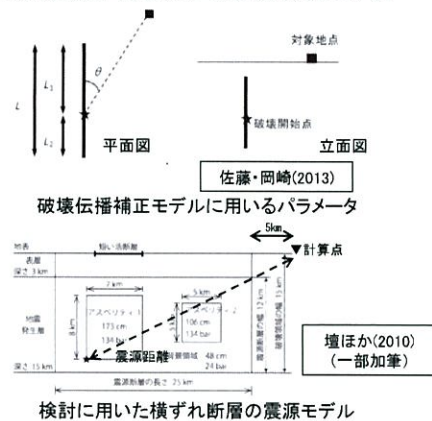
#### 【参考2】複数の方法による模擬地震波の検討

方法A～Cに基づく模擬地震波の作成方針

- 方法A：正弦波の重ね合わせによる位相を用いる方法 (38～41頁参照)
- 方法B：実観測記録の位相を用いる方法
  - ・ 2005年4月20日福岡県西方沖地震最大余震における敷地地盤における地震観測記録の実位相を採用。
- 方法C：断層破壊過程を考慮した群遅延時間を与える方法
  - ・ 壇ほか(2010)<sup>11)</sup>の横ずれ断層を想定した震源モデルを用い、佐藤・岡崎(2013)<sup>12)</sup>による群遅延時間を考慮した手法を用いた経時特性モデルを採用。

2005年福岡県西方沖地震 地震諸元

発生日時	2005年3月20日 本震	2005年4月20日 最大余震
マグニチュード	7.0	5.8
Mw	6.5	5.4
震源深さ	9.24km	13.50 km
震央距離	40km	46 km
震源距離	41km	48 km



検討に用いた横ずれ断層の震源モデル

川内

#### 【参考2】複数の方法による模擬地震波の検討

方法A～Cに基づく模擬地震波の作成方針

- 方法A：正弦波の重ね合わせによる位相を用いる方法 (39～42頁参照)
- 方法B：実観測記録の位相を用いる方法
  - ・ 1997年5月13日鹿児島県北西部地震本震における敷地地盤における地震観測記録の実位相を採用。
- 方法C：断層破壊過程を考慮した群遅延時間を与える方法
  - ・ 壇ほか(2010)<sup>11)</sup>の横ずれ断層を想定した震源モデルを用い、佐藤・岡崎(2013)<sup>12)</sup>による群遅延時間を考慮した手法を用いた経時特性モデルを採用。

1997年鹿児島県北西部地震 地震諸元

発生日時	1997年3月26日 本震	1997年5月13日 本震
マグニチュード	6.6	6.4
震源深さ	11.85km	9.24 km
震央距離	22km	17 km
震源距離	25km	19 km



検討に用いた横ずれ断層の震源モデル

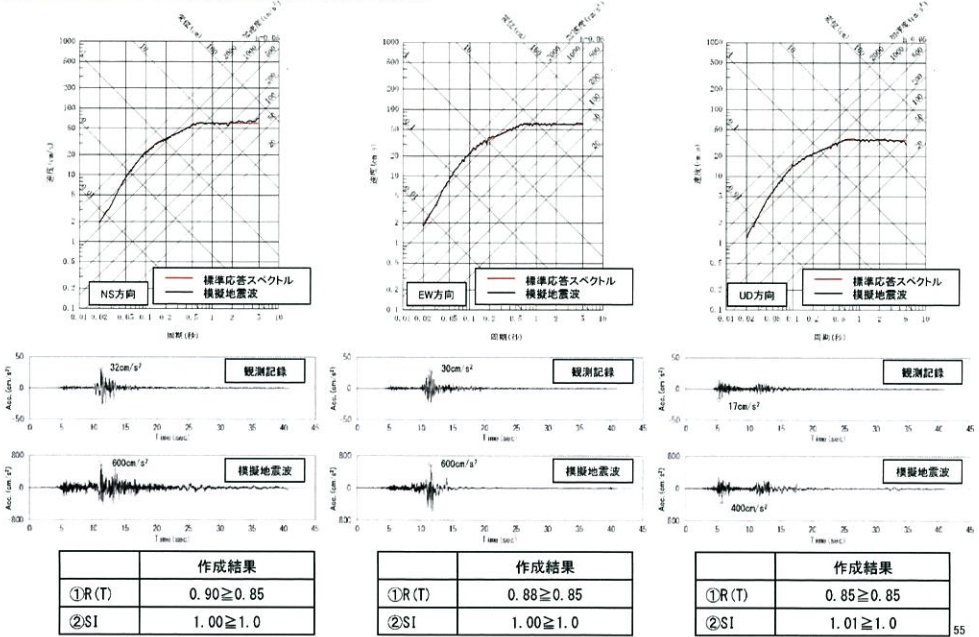


### 3. 模擬地震波作成 (5/10)

玄海

#### 【参考2】複数の方法による模擬地震波の検討

#### 方法Bに基づく模擬地震波の作成結果

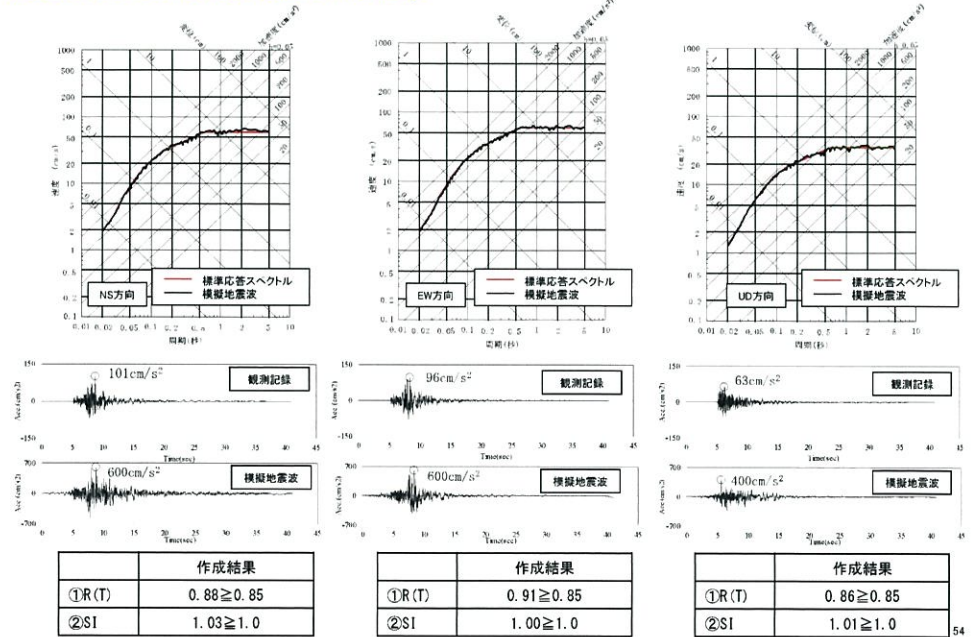


55

川内

#### 【参考2】複数の方法による模擬地震波の検討

#### 方法Bに基づく模擬地震波の作成結果



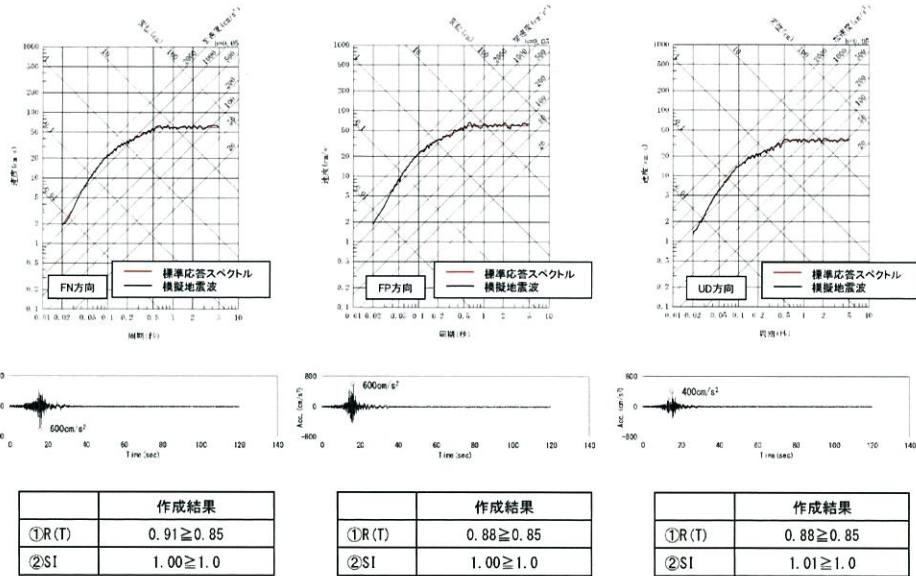
54

### 3. 模擬地震波作成 (6/10)

玄海

#### 【参考2】複数の方法による模擬地震波の検討

方法Cに基づく模擬地震波の作成結果

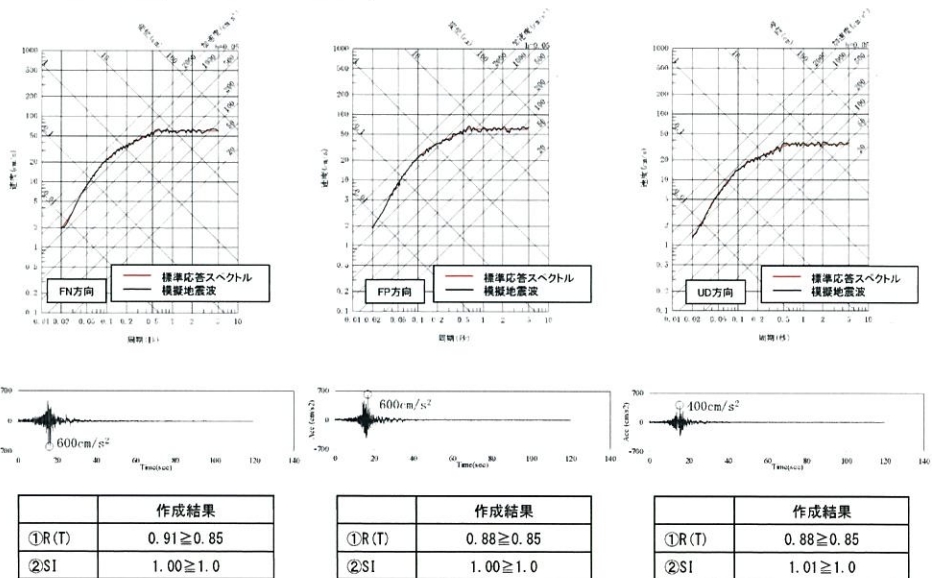


56

川内

#### 【参考2】複数の方法による模擬地震波の検討

方法Cに基づく模擬地震波の作成結果



55

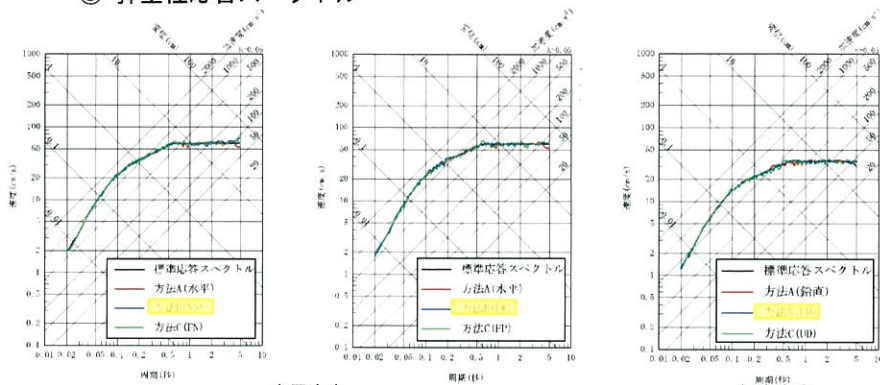
### 3. 模擬地震波作成 (7/10)

玄海

#### 【参考2】複数の方法による模擬地震波の検討

##### 方法A～Cに基づく模擬地震波の比較・検討

- 方法A～Cに基づく模擬地震波は、標準応答スペクトルに適合するよう作成していることから、応答スペクトルでは大きな差異は見られない。
- 応答スペクトル以外の以下に示す指標を用いて、構造物への影響の観点から比較・検討を実施。
  - ① 累積絶対速度 (CAV値)
  - ② 地震入力エネルギースペクトル
  - ③ 弾塑性応答スペクトル



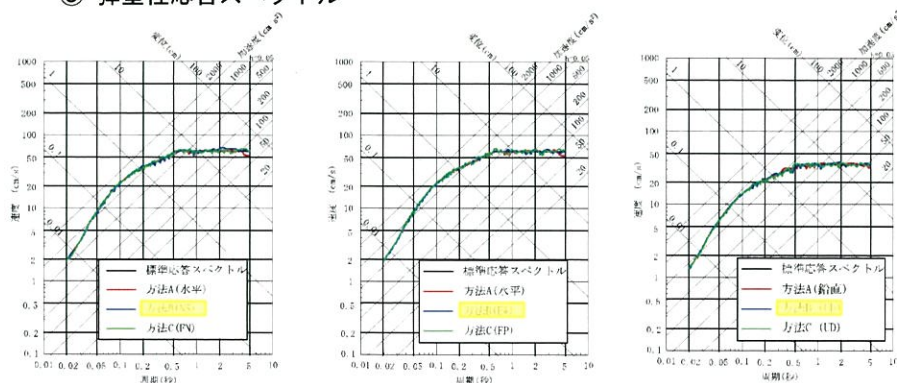
水平方向  
鉛直方向  
方法A～Cに基づく模擬地震波の応答スペクトル

川内

#### 【参考2】複数の方法による模擬地震波の検討

##### 方法A～Cに基づく模擬地震波の比較・検討

- 方法A～Cに基づく模擬地震波は、標準応答スペクトルに適合するよう作成していることから、応答スペクトルでは大きな差異は見られない。
- 応答スペクトル以外の以下に示す指標を用いて、構造物への影響の観点から比較・検討を実施。
  - ① 累積絶対速度 (CAV値)
  - ② 地震入力エネルギースペクトル
  - ③ 弾塑性応答スペクトル



水平方向  
鉛直方向  
方法A～Cに基づく模擬地震波の応答スペクトル



### 3. 模擬地震波作成 (8/10)

玄海

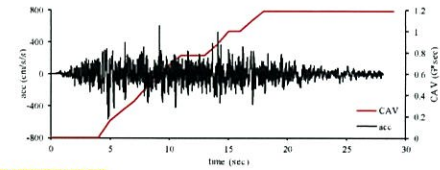
#### 【参考2】複数の方法による模擬地震波の検討

○ 前頁に基づき算出したCAV値は、方法Aが方法B及び方法Cより大きい。

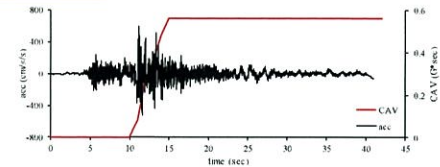
方法A～Cに基づく模擬地震波の  
CAV値算出結果

模擬地震波	CAV値[G・秒]
方法A 水平動	1.19
方法B NS方向	0.56
方法B EW方向	0.25
方法C FN方向	0.30
方法C FP方向	0.39

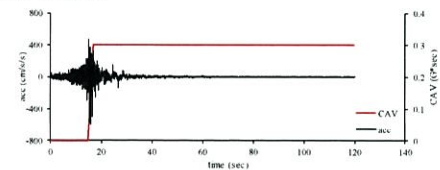
【方法A】(水平動)



【方法B】(NS方向)



【方法C】(FN方向)



方法A～Cに基づく模擬地震波のCAV値算出結果の例

59

川内

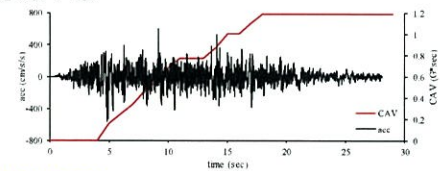
#### 【参考2】複数の方法による模擬地震波の検討

○ 前頁に基づき算出したCAV値は、方法Aが方法B及び方法Cより大きい。

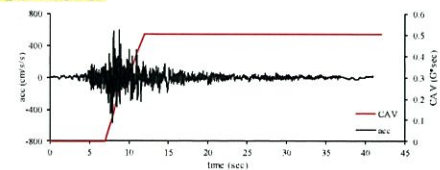
方法A～Cに基づく模擬地震波の  
CAV値算出結果

模擬地震波	CAV値[G・秒]
方法A 水平動	1.19
方法B NS方向	0.51
方法B EW方向	0.31
方法C FN方向	0.30
方法C FP方向	0.39

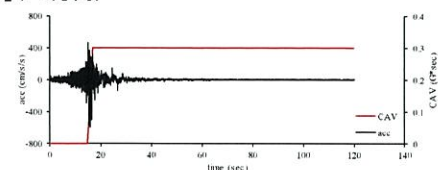
【方法A】(水平動)



【方法B】(NS方向)



【方法C】(FN方向)



方法A～Cに基づく模擬地震波のCAV値算出結果の例

58

### 3. 模擬地震波作成 (9/10)

<p>玄海</p>	<div data-bbox="399 398 1380 452" style="background-color: #cccccc; padding: 2px;"> <p>【参考2】複数の方法による模擬地震波の検討</p> </div> <p>○ 前頁に基づき算出した地震入力エネルギースペクトルは、短周期側（1秒程度以下）において、方法Aが方法B及び方法Cより大きい。</p> <div data-bbox="603 555 1157 1012"> </div> <p style="text-align: center;">方法A～Cに基づく模擬地震波の入力エネルギースペクトル</p>
<p>川内</p>	<div data-bbox="399 1236 1380 1290" style="background-color: #cccccc; padding: 2px;"> <p>【参考2】複数の方法による模擬地震波の検討</p> </div> <p>○ 前頁に基づき算出した地震入力エネルギースペクトルは、短周期側（1秒程度以下）において、方法Aが方法B及び方法Cより大きい。</p> <div data-bbox="577 1370 1168 1854"> </div> <p style="text-align: center;">方法A～Cに基づく模擬地震波の入力エネルギースペクトル</p>

### 3. 模擬地震波作成 (10/10)

