1
無断複製・転載等禁止

資料１－１

泊発電所３号炉
敷地ごとに震源を特定して策定する
地震動について

令和３年１０月２２日
北海道電力株式会社

ほくでん

令和3年7月30日審査会合における指摘事項

2

○令和3年7月30日審査会合における指摘事項および指摘事項に対する回答方針を以下に示す。

No.	指摘事項	回答方針	ページ
1	地震のマグニチュード－震央距離図において，震度の記載位置を適正化すること。	○地震のマグニチュード－震央距離図において，震度の記載位置を変更した。	14,53
2	解放基盤表面の設定を明確にすること。	○地震動評価における解放基盤表面の設定位置を明確にした。	20,35
3	積丹半島北西沖の断層における走向による地震動評価結果の比較において，鉛直方向についても主要設備の固有周期を記載すること。	○積丹半島北西沖の断層における「走向による地震動評価結果の比較」において，鉛直方向にも主要設備の固有周期を追記した。	137
4	積丹半島北西沖の断層について，走向40°についても検討ケースとして選定し，不確かさを考慮した検討を行うこと。	○積丹半島北西沖の断層の走向について，基本震源モデルとして走向0°，走向20°に加えて，走向40°を考慮することとし，走向0°，走向20°と同様に不確かさを考慮して検討した。	135,136, 138,139, 146～152, 171～181, 230～235
5	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ついて，基本震源モデルを用いてアスペリティの影響を確認すること。 ・すべての検討用地震について，最浅部のアスペリティ1列の寄与度を確認すること ・積丹半島北西沖の断層について，敷地に近い深さ方向のアスペリティ1列の寄与度を確認すること ・アスペリティが複数ある断層について，各アスペリティの寄与度を確認すること	○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ついて，基本震源モデルを用いてアスペリティの影響を確認し，参考資料として追加した。	255～273

令和3年7月30日審査会合における指摘事項

3

○令和3年7月30日審査会合における指摘事項および指摘事項に対する回答方針を以下に示す。

No.	指摘事項	回答方針	ページ
6	F_B－2断層による地震において，経験的グリーン関数法に用いる要素地震の適用性および検証に関する記載を適正化するとともに，経験的グリーン関数法を採用している理由を適正化すること。	○F_B－2断層による地震において，経験的グリーン関数法に用いる要素地震の適用性および検証に関する記載を修正した。 ○経験的グリーン関数法を採用している理由を修正した。	64,210, 216,247, 251
7	検討用地震の地震動評価結果の比較を参考ではなく検討結果として記載すること。	○検討用地震の地震動評価結果の比較を参考ではなく検討結果とした。	227

目次

4

1. 敷地周辺の地震発生状況 …… 13
1．1 敷地周辺の被害地震 …… 14
1．2 敷地周辺の地震活動 …… 16

2. 敷地周辺の活断層の分布 …… 17

3. 敷地地盤の振動特性 …… 19
3．1 解放基盤表面の設定 …… 20
3．2 地震動評価に用いる地下構造モデルの設定 …… 24
3．3 敷地地盤の振動特性に関する検討 …… 36
3．4 地震動評価に用いる地下構造モデルの検討 …… 49

4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 …… 50
4．1 検討用地震の選定 …… 51
4．2 地震発生層の設定 …… 57
4．3 検討用地震の地震動評価 …… 64
（1）尻別川断層による地震 …… 70
（2）F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震 …… 95
（3）積丹半島北西沖の断層による地震 …… 128
（4）F_B－2断層による地震 …… 182

5. 参考資料 …… 229
5．1 積丹半島北西沖の断層による地震の比較 …… 230
5．2 F_B－2断層による地震の比較 …… 236
5．3 平成30年北海道胆振東部地震に関する検討 …… 240
5．4 F_B－2断層による地震の地震動評価結果に関する考察 …… 247
5．5 アスペリティの影響に関する検討 …… 255

参考文献 …… 274

既往評価からの変更点

再掲（R3.7.30審査会合資料）

既往評価（平成27年12月25日審査会合）からの変更点について

○平成27年12月25日の第314回審査会合において，敷地ごとに震源を特定して策定する地震動について説明を行っており，概ね妥当な検討がなされているとの評価をいただいた。

- ➢「敷地周辺の地震発生状況」，「敷地周辺の活断層の分布」を踏まえ，敷地に大きな影響を及ぼすと考えられる地震を検討用地震として選定
  - ・尻別川断層による地震
  - ・F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震
  - ・F_B－2断層による地震
- ➢検討用地震の地震動評価は，「応答スペクトルに基づく地震動評価」および「断層モデルを用いた手法による地震動評価」の双方を実施

○既往評価（平成27年12月25日審査会合）以降における審査会合での指摘事項や新たな知見，他社の審査実績

- ➢平成29年7月28日審査会合において，積丹半島北西沖に断層を仮定し，地震動を想定することとした。これに対し，「より安全側の評価となるよう検討すること」との指摘
- ➢平成29年7月28日審査会合における「検討用地震の地震動評価に用いているレシピを最新のものに対応させること」との指摘
- ➢地震調査委員会「レシピ」の見直し
- ➢平成30年北海道胆振東部地震の発生，他社の審査実績等

○審査会合での指摘事項や新たな知見，他社の審査実績を踏まえ，既往評価から以下を変更している。

- ➢積丹半島西岸の地形および地質・地質構造に関する評価を踏まえ，積丹半島北西沖の断層による地震を敷地ごとに震源を特定して策定する地震動として考慮することとし，安全側の評価となるよう地震動評価を実施
- ➢検討用地震について，地震調査委員会「レシピ」（2020）を考慮した断層パラメータが既往の地震動評価に与える影響について検討した上で，地震動評価を実施
- ➢敷地周辺で発生した被害地震である平成30年北海道胆振東部地震を「敷地周辺の被害地震」において考慮する等，新たな知見を反映
- ➢応答スペクトルに基づく地震動評価における地震規模の算定方法について整理する等，他社の審査実績を反映

既往評価からの変更点

6

再掲（R3.7.30審査会合資料）

既往評価（平成27年12月25日審査会合）からの変更点について

○敷地に大きな影響を及ぼすと考えられる地震として，以下の4つの地震を検討用地震として選定している。
○平成30年北海道胆振東部地震については，マグニチュードー震央距離図の関係等から，敷地に影響を及ぼす地震ではない。
○選定している4つの検討用地震について，前頁を踏まえた整理結果を示す。

【尻別川断層による地震】
○既往の地震動評価で用いている断層パラメータの設定方法と地震調査委員会「レシピ」（2020）による断層パラメータの設定方法は同じである。

【F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震】
○既往の地震動評価で用いている断層パラメータの設定方法と地震調査委員会「レシピ」（2020）による断層パラメータの設定方法に差異が生じる。
○ただし，主要な断層パラメータを比較した結果，既往の地震動評価で用いている断層パラメータの方が，地震調査委員会「レシピ」（2020）による断層パラメータよりも地震動評価に与える影響が大きい。
⇒既往の設定方法を採用する。

【積丹半島北西沖の断層による地震】
○敷地ごとに震源を特定して策定する地震動として考慮し，断層位置等を安全側に設定した上で，地震調査委員会「レシピ」（2020）により地震動評価を実施する。
○平成29年7月28日審査会合における地震動評価と比較を行い，より安全側の評価となっていることを確認している。（参考資料5．1）

【F_B－2断層による地震】
○既往の地震動評価で用いている断層パラメータの設定方法と地震調査委員会「レシピ」（2020）による断層パラメータの設定方法に差異が生じる。
○主要な断層パラメータを比較した結果，地震調査委員会「レシピ」（2020）による断層パラメータの方が，既往の地震動評価で用いている断層パラメータよりも地震動評価に与える影響が大きいと考えられる。
⇒地震調査委員会「レシピ」（2020）を採用し，地震動評価を実施する。
○平成27年12月25日審査会合における地震動評価と比較を行い，安全側の評価となっていることを確認している。（参考資料5．2）

既往評価からの変更点

7

再掲（R3.7.30審査会合資料）

積丹半島北西沖の断層による地震の対応に関する概要

○既往の地震動評価（平成27年12月25日審査会合）では，各種調査・検討の結果，敷地および敷地近傍を含む積丹半島西岸には，活構造は認められないと判断されることから，積丹半島北西沖に断層を考慮していない。

○平成28年7月1日現地調査を踏まえて，主に積丹半島の海岸地形についての整理および追加の調査・検討を実施し，地震性隆起地域との特徴の差異について説明してきたが，平成29年3月10日審査会合において，積丹半島北西沖には，下に凸状の海底面形状等も認められることから地震性隆起の可能性は否定できないとの指摘を受けた。

○平成29年3月10日審査会合を踏まえて，平成29年7月28日審査会合において，敷地および敷地近傍を含む積丹半島西岸には活構造を示唆する特徴は認められないことから，活構造が存在する可能性は十分小さいと考えられるものの，安全側の判断として，測線iにおいて下に凸状の海底面形状が認められる位置に断層を仮定し，当該断層による地震動を想定することとした。

○積丹半島北西沖に仮定した断層による地震は，敷地に大きな影響を及ぼすと考えられることから，検討用地震として選定する。

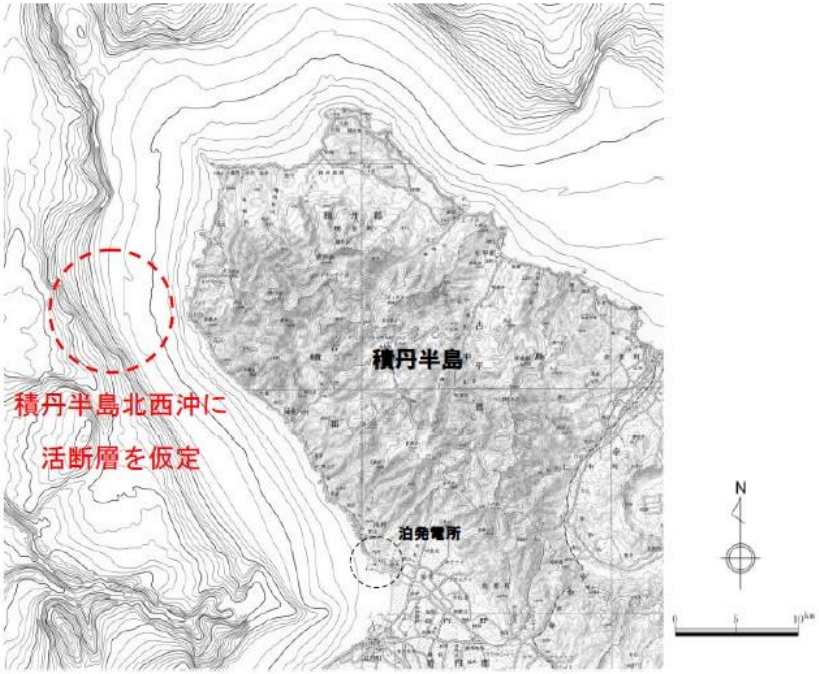
○積丹半島西岸の地形および地質・地質構造に関する評価を踏まえ，「孤立した短い活断層」として地震動を評価する。

○断層の位置については，敷地に近く安全側となるように断層面を設定する。

○断層の設定自体が不確かさを考慮した十分安全側なものとなっていることを踏まえ，断層の走向については，得られている情報に基づく比較検討により影響の大きいものを選定する。

○断層パラメータは，地震調査委員会「レシピ」に基づき設定する。

○地震動評価における不確かさも考慮することとし，検討ケースを設定する。



活断層の仮定位置

既往評価からの変更点

8

再掲（R3.7.30審査会合資料）

地震調査委員会レシピ（2020）の対応に関する概要

○既往の地震動評価（平成27年12月25日審査会合）では，地震調査委員会「レシピ」（2009）を用いて，検討用地震の地震動評価における断層パラメータを設定している。

○地震調査委員会「レシピ」は，2016年6月，2016年12月，2017年4月および2020年3月に順次見直しが行われている。
○地震調査委員会「レシピ」（2020）は，2016年6月，2016年12月，2017年4月の見直しも反映されている最新の地震動予測手法である。
○地震調査委員会「レシピ」（2020）は，地震調査委員会「レシピ」（2009）と比較して主に以下が変更されている。
- ➢震源断層が80kmを超え断層幅と平均すべり量が飽和する断層にも対応できるように見直し
  - ・震源断層の面積と地震モーメントの関係について，入倉・三宅（2001）の適用範囲を変更，Murotani et al.（2015）を追加
- ➢その他，スラブ内地震のための手法を新たに追加，地下構造モデルの作成の変更

○平成29年7月28日審査会合における「検討用地震の地震動評価に用いているレシピを最新のものに対応させること」との指摘を踏まえて，地震調査委員会「レシピ」（2020）における震源断層の面積と地震モーメントの関係を地震動評価に考慮する。
○地震調査委員会「レシピ」（2020）を考慮した場合を含めた複数の方法により断層パラメータを評価し，主要な断層パラメータの比較から，地震動評価に与える影響が大きいと考えられる方法を採用する。
○ただし，尻別川断層による地震および積丹半島北西沖の断層による地震については，地震調査委員会「レシピ」（2009）による断層パラメータの設定方法と地震調査委員会「レシピ」（2020）による断層パラメータの設定方法は同じである。

検討概要(１／４)

9

【１．敷地周辺の地震発生状況】

○敷地周辺で過去に発生した被害地震
- ➢敷地での震度がⅤ程度以上と推定される地震：1993年北海道南西沖地震
- ➢震度Ⅴに準ずる地震(震度Ⅳの領域)：1792年後志の地震，1905年神威岬沖の地震，1940年神威岬沖の地震

○敷地周辺の地震活動
- ➢気象庁で観測された地震の震央分布および震源鉛直分布から敷地周辺の地震活動状況を整理

【２．敷地周辺の活断層の分布】

○敷地周辺の活断層の分布
- ➢文献調査等に基づき，敷地および敷地周辺の活断層の分布を把握
- ➢敷地に震度Ⅴ程度以上の影響を及ぼすおそれのある活断層による地震：神威海脚西側の断層，F_D－１断層～岩内堆北方の断層，F_S－１０断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜，寿都海底谷の断層，F_A－２断層，F_B－２断層および黒松内低地帯の断層

１章・２章の整理を踏まえ，４章の「検討用地震の選定」において，地震動評価に用いる検討用地震を選定する。

検討概要（２／４）

10

【３．敷地地盤の振動特性】

○解放基盤表面の設定
- ➢ボーリング孔で実施したPS検層結果等から，敷地に広く分布する神恵内層を解放基盤表面として設定

○地震動評価に用いる地下構造モデルの設定
- ➢敷地内・敷地周辺の調査結果・地震観測記録および他機関評価結果等に基づき地下構造モデルを設定

○敷地地盤の振動特性に関する検討
- ➢設定した地下構造モデルを用いて地震動評価を実施するにあたり，敷地内・敷地周辺で実施した調査結果も踏まえて，敷地地盤の振動特性に関する検討を実施

【地震観測記録を用いた検討】
泊発電所の地震観測記録を分析し，地震の到来方向や敷地地盤の傾斜構造等による特異な増幅がないことを確認

【解析による検討】
敷地の傾斜構造や地震波の入射角・入射方向等による振動特性への影響を地下構造を考慮した地盤モデルを用いて検討し，敷地地盤の特異な増幅がないことを確認

また，泊発電所を含む敷地周辺の深部地下構造をモデル化した2次元FEM解析により，特異な増幅がないことを確認

○地震動評価に用いる地下構造モデルの検討
- ➢敷地全体モデルを地震動評価に用いる地下構造モデルとして採用

４章の「地震動評価」では，３章の検討結果を反映した地下構造モデルを用いる。

検討概要（３／４）

11

【４．敷地ごとに震源を特定して策定する地震動】（１／２）

○検討用地震の選定

「１．敷地周辺の地震発生状況」，「２．敷地周辺の活断層の分布」を踏まえ，敷地に特に大きな影響を及ぼすと考えられる地震を選定

【内陸地殻内地震】
- 尻別川断層による地震
- F_S－１０断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震
- 積丹半島北西沖の断層による地震

【内陸地殻内地震（日本海東縁部の地震）】
- F_B－２断層による地震

○基本震源モデルの設定

➢内陸地殻内地震

【尻別川断層による地震】（４．３（１））
震源断層が地震発生層の上端から下端まで拡がっており，断層幅と同じ断層長さを持つと仮定し，長さ22.6kmを基本震源モデルの断層長さとして設定

【F_S－１０断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震】（４．３（２））
地質調査結果を踏まえ，基本震源モデルの断層長さとして100.4kmと設定

【積丹半島北西沖の断層による地震】（４．３（３））
震源断層が地震発生層の上端から下端まで拡がっており，断層幅と同じ断層長さを持つと仮定し，長さ22.6kmを基本震源モデルの断層長さとして設定

➢内陸地殻内地震（日本海東縁部の地震）

【F_B－２断層による地震】（４．３（４））
地質調査結果を踏まえ，基本震源モデルの断層長さとして98.7kmと設定

検討概要（４／４）

12

【４．敷地ごとに震源を特定して策定する地震動】（２/２）

○地震動評価（審査ガイドに従い，種々の不確かさを考慮して評価）

➢内陸地殻内地震

【尻別川断層による地震】（４．３（１））

・応答スペクトルに基づく評価
Noda et al.(2002)により評価を実施

・断層モデルを用いた手法による評価
短周期領域は統計的グリーン関数法，長周期領域は理論的手法（波数積分法）を用いて評価し，それぞれを組み合わせることによって評価するハイブリッド合成法を用いて実施

【F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震】（４．３（２））

・応答スペクトルに基づく評価
Noda et al.(2002)により評価を実施

・断層モデルを用いた手法による評価
短周期領域は統計的グリーン関数法，長周期領域は理論的手法（波数積分法）を用いて評価し，それぞれを組み合わせることによって評価するハイブリッド合成法を用いて実施

【積丹半島北西沖の断層による地震】（４．３（３））

・応答スペクトルに基づく評価
Noda et al.(2002)により評価を実施

・断層モデルを用いた手法による評価
短周期領域は統計的グリーン関数法，長周期領域は理論的手法（波数積分法）を用いて評価し，それぞれを組み合わせることによって評価するハイブリッド合成法を用いて実施

➢内陸地殻内地震（日本海東縁部の地震）

【F_B－２断層による地震】（４．３（４））

・応答スペクトルに基づく評価
Noda et al.(2002)により評価を実施

・断層モデルを用いた手法による評価
短周期領域は統計的グリーン関数法，長周期領域は理論的手法（波数積分法）を用いて評価し，それぞれを組み合わせることによって評価するハイブリッド合成法を用いて実施
また，経験的グリーン関数法による評価も実施

13

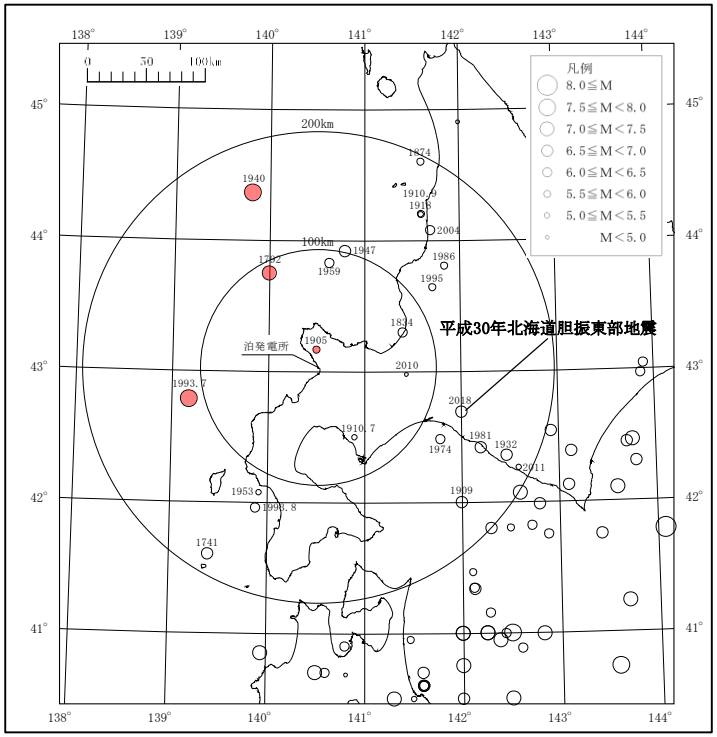
1. 敷地周辺の地震発生状況

1. 敷地周辺の地震発生状況
1．1　敷地周辺の被害地震

一部加筆修正（H27.12.25審査会合資料）

被害地震

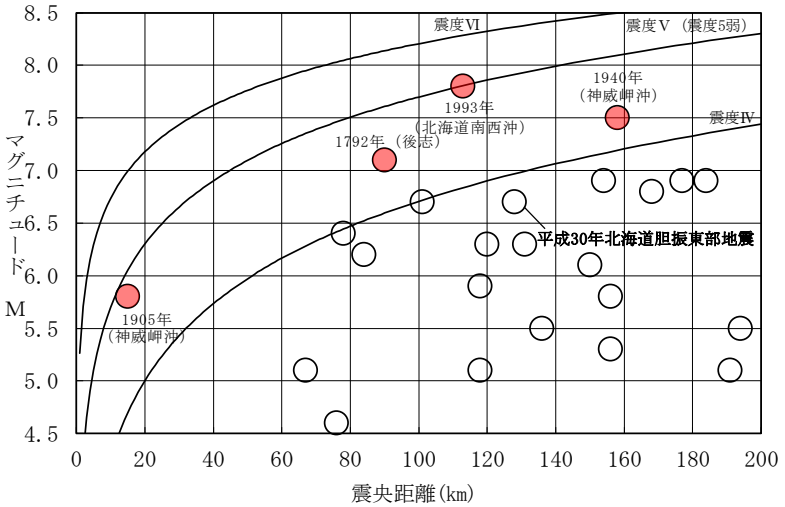
敷地周辺の被害地震の震央分布



※敷地から200km程度以内の被害地震

1884年以前　宇佐美ほか（2013）
1885年～1922年　茅野・宇津カタログ（2001）
ただし，1905年神威岬沖の地震については，「日本附近におけるおもな地震の規模表」による
1923年以降　気象庁地震カタログ
ただし，平成30年北海道胆振東部地震については，気象庁ホームページによる

敷地周辺の被害地震のマグニチュードー震央距離図



Ⅳ，Ⅴ，Ⅵは旧気象庁震度階級で，震度の境界線は村松（1969），勝又ほか（1971）による

敷地に影響を及ぼす地震

地震の名称	ﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞM	震央距離Δ（km）
1792年後志	7.1	90
1905年神威岬沖	5.8	15
1940年神威岬沖	7.5	158
1993年北海道南西沖地震	7.8	113

※上記の震央位置は，左記の震央分布図に赤丸として示す。

○敷地での震度がⅤ程度以上と推定される地震として，1993年北海道南西沖地震がある。また，震度Ⅳの領域にあって震度Ⅴに準ずる地震として，1792年後志の地震，1905年神威岬沖の地震および1940年神威岬沖の地震がある。
○平成30年北海道胆振東部地震については，マグニチュードー震央距離図の関係から，敷地に影響を及ぼす地震ではない。

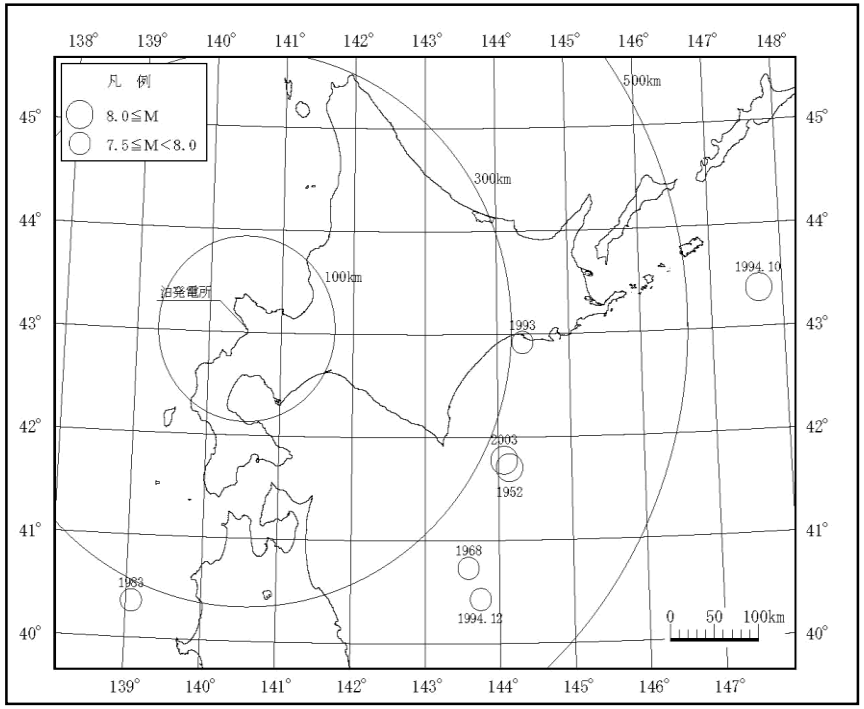
1. 敷地周辺の地震発生状況

1．1　敷地周辺の被害地震

一部加筆修正（H27.12.25審査会合資料）

被害地震

北海道周辺の主な被害地震の震央分布



※敷地から200km以遠のM7.5以上の主な被害地震

1884年以前　　宇佐美ほか（2013）
1885年～1922年　茅野・宇津カタログ（2001）
1923年以降　　気象庁地震カタログ

北海道周辺の主な被害地震

地震の名称	ﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞM	震央距離Δ（km）
1952年十勝沖地震	8.2	334
1968年十勝沖地震	7.9	361
1983年日本海中部地震	7.7	320
1993年釧路沖地震	7.5	313
1994年北海道東方沖地震	8.2	583
1994年三陸はるか沖地震	7.6	395
2003年十勝沖地震	8.0	325

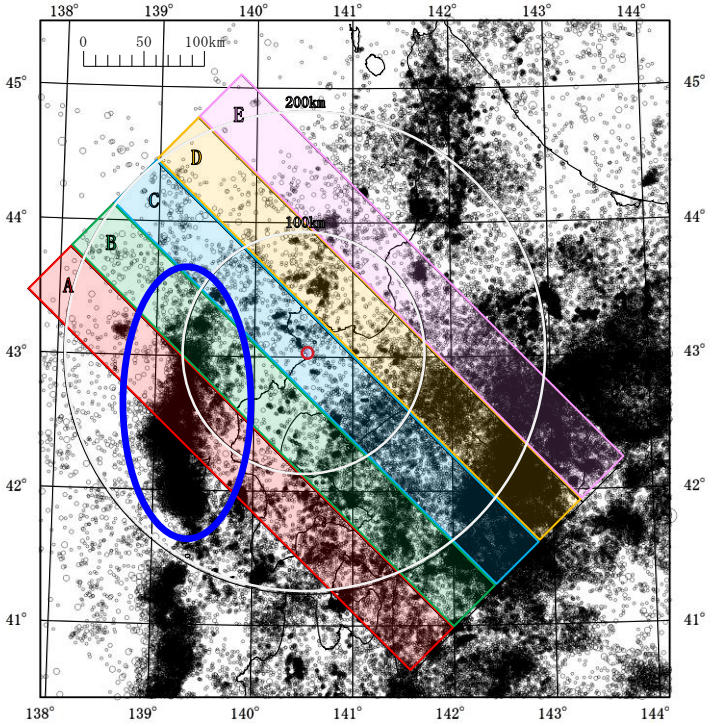
○敷地から300km以上離れているが，北海道周辺で以下のようなM7.5以上の地震が発生している。

・日本海海域
　日本海東縁部において1983年日本海中部地震が発生している。

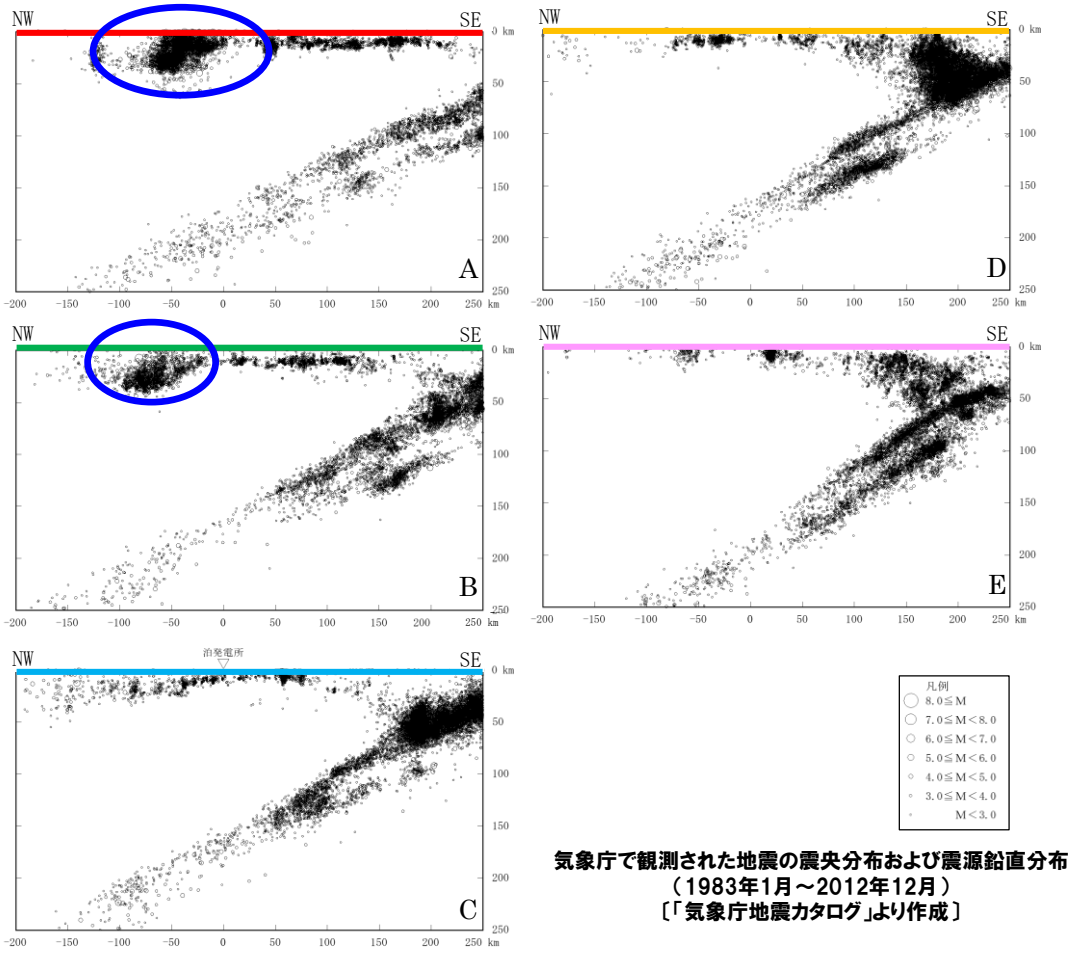
・太平洋海域
　プレート間地震である1952年十勝沖地震，1968年十勝沖地震，1994年三陸はるか沖地震および2003年十勝沖地震ならびに海洋プレート内地震である1993年釧路沖地震および1994年北海道東方沖地震が発生している。

一部加筆修正（H27.12.25審査会合資料）

敷地周辺の地震活動



：1993年北海道南西沖地震の本震および余震
：泊発電所



気象庁で観測された地震の震央分布および震源鉛直分布
（1983年1月～2012年12月）
〔「気象庁地震カタログ」より作成〕

- 敷地周辺の内陸側は，地震の発生頻度が低い。
- 日本海側では，1993年北海道南西沖地震の本震および余震がみられる。
- 太平洋側では，地震の発生頻度が高く，震源は太平洋プレートの沈み込みに沿って分布しており，陸に近づくにつれて深くなっている。
- 太平洋プレートの沈み込みに伴う地震は，敷地周辺では，約150km以深で発生している。

17

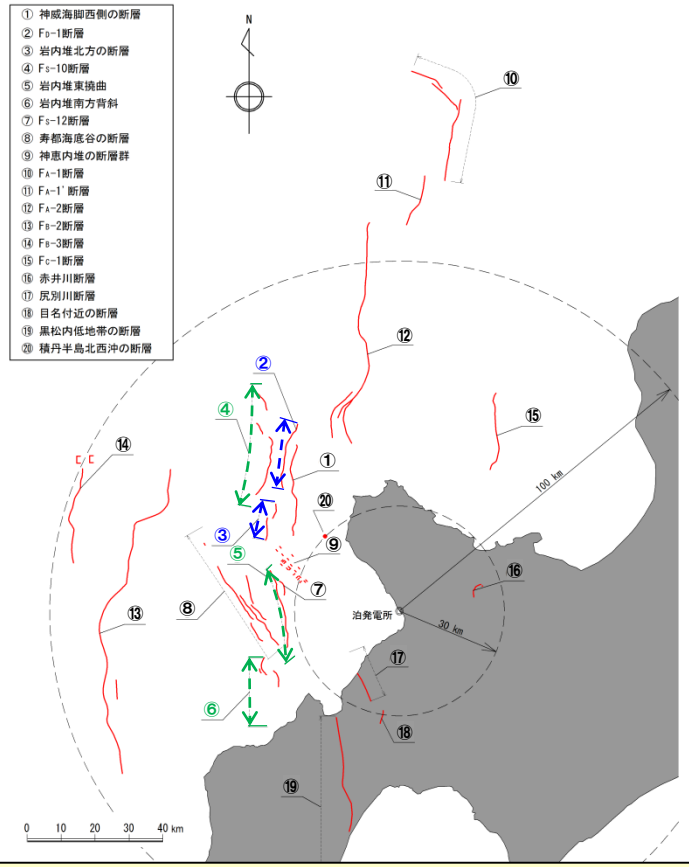
2. 敷地周辺の活断層の分布

2. 敷地周辺の活断層の分布

18

一部加筆修正（H27.12.25審査会合資料）

敷地周辺の活断層分布



○F_D－1断層および岩内堆北方の断層については，調査結果に基づき，「F_D－1断層～岩内堆北方の断層」を一括して評価する。また，F_S－10断層，岩内堆東撓曲および岩内堆南方背斜については，調査結果に基づき，「F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜」までを連動の対象として評価する。

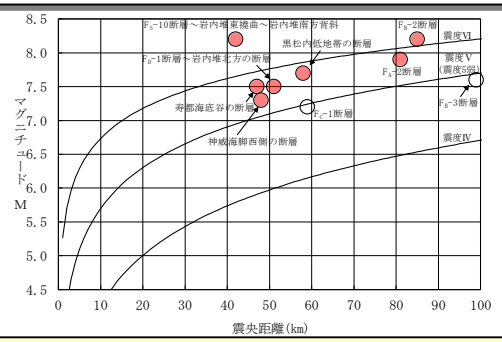
○なお，F_A－1断層およびF_A－1'断層については，調査結果に基づき一括して評価するものの，敷地から100km以遠にあり，断層長さ48km，マグニチュード7.6であることから敷地に大きな影響を及ぼすものではない。

敷地周辺の主な活断層

断層の名称	断層長さ（km）	ﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞ※1 M	震央距離 Δ（km）
①神威海脚西側の断層	31.5	7.3	48
②F_D－1断層～③岩内堆北方の断層	39	7.5	51
④F_S－10断層～⑤岩内堆東撓曲～⑥岩内堆南方背斜	98	8.2	42
⑦F_S－12断層※2	6.7	6.2	34
⑧寿都海底谷の断層	42	7.5	47
⑨神恵内堆の断層群※2	－	－	34
⑫F_A－2断層	65	7.9	81
⑬F_B－2断層	101	8.2	85
⑭F_B－3断層	45	7.6	99
⑮F_C－1断層	27	7.2	59
⑯赤井川断層※2	5	6.0	23
⑰尻別川断層※2	16	6.8	22
⑱目名付近の断層※2	5	6.0	31
⑲黒松内低地帯の断層	51	7.7	58
⑳積丹半島北西沖の断層※2，※3	－	－	30

※1：マグニチュードは松田（1975）による断層長さと地震のマグニチュードの関係式による
※2：孤立した短い活断層として評価する
※3：安全側の判断として，積丹半島北西沖に断層を仮定
※：赤字は，敷地に震度Ⅴ程度以上の影響を及ぼすおそれのある活断層

敷地周辺の活断層から想定される地震のマグニチュード－震央距離図



Ⅳ，Ⅴ，Ⅵは旧気象庁震度階級で，震度の境界線は村松（1969），勝又ほか（1971）による

○敷地に震度Ⅴ程度以上の影響を及ぼすおそれのある活断層による地震として神威海脚西側の断層，F_D－1断層～岩内堆北方の断層，F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜，寿都海底谷の断層，F_A－2断層，F_B－2断層および黒松内低地帯の断層による地震がある。

19

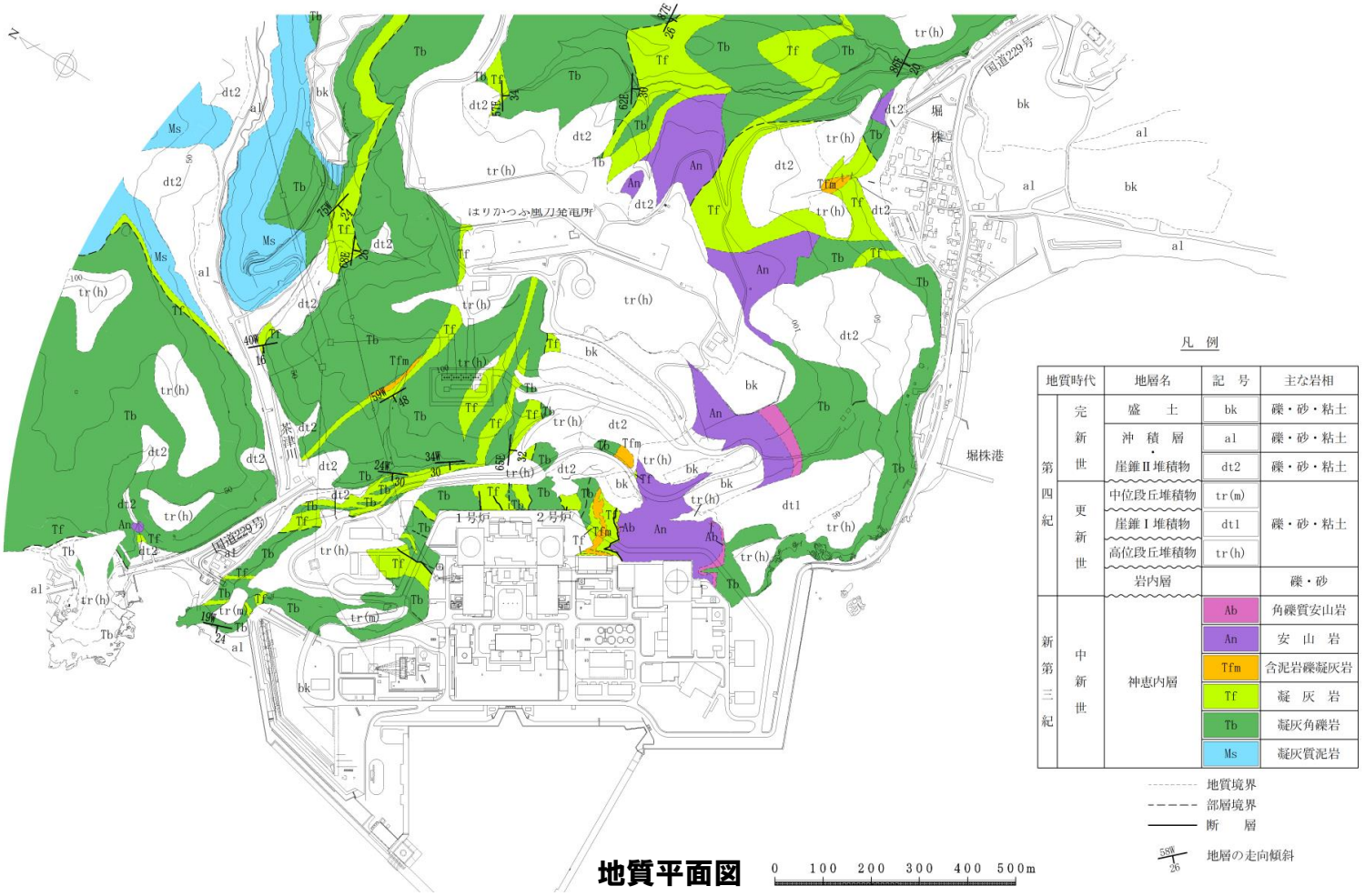
3. 敷地地盤の振動特性

3. 1 解放基盤表面の設定

一部加筆修正 (H27.12.25審査会合資料)

解放基盤表面の設定

○敷地に広く分布する神恵内層は，ボーリング孔で実施したPS検層結果等により，S波速度が0.7km/s以上であることから，この神恵内層（原子炉建屋基礎底面付近）の標高0mを解放基盤表面として設定する。
○1・2号原子炉建屋基礎底面位置（標高+2.3m）のS波速度は，1.4km/s程度，3号原子炉建屋基礎底面位置（標高+2.8m）のS波速度は，1.8km/s程度である。



地質時代		地層名	記 号	主な岩相
第四紀	完新世	盛 土	bk	礫・砂・粘土
		沖積層・崖錐II堆積物	al	礫・砂・粘土
			dt2	礫・砂・粘土
	更新世	中位段丘堆積物	tr(m)	礫・砂・粘土
		崖錐I堆積物	dt1	
		高位段丘堆積物	tr(h)	
		岩内層		礫・砂
新第三紀	中新世	神恵内層	Ab	角礫質安山岩
			An	安 山 岩
			Tfm	含泥岩礫凝灰岩
			Tf	凝 灰 岩
			Tb	凝灰角礫岩
			Ms	凝灰質泥岩

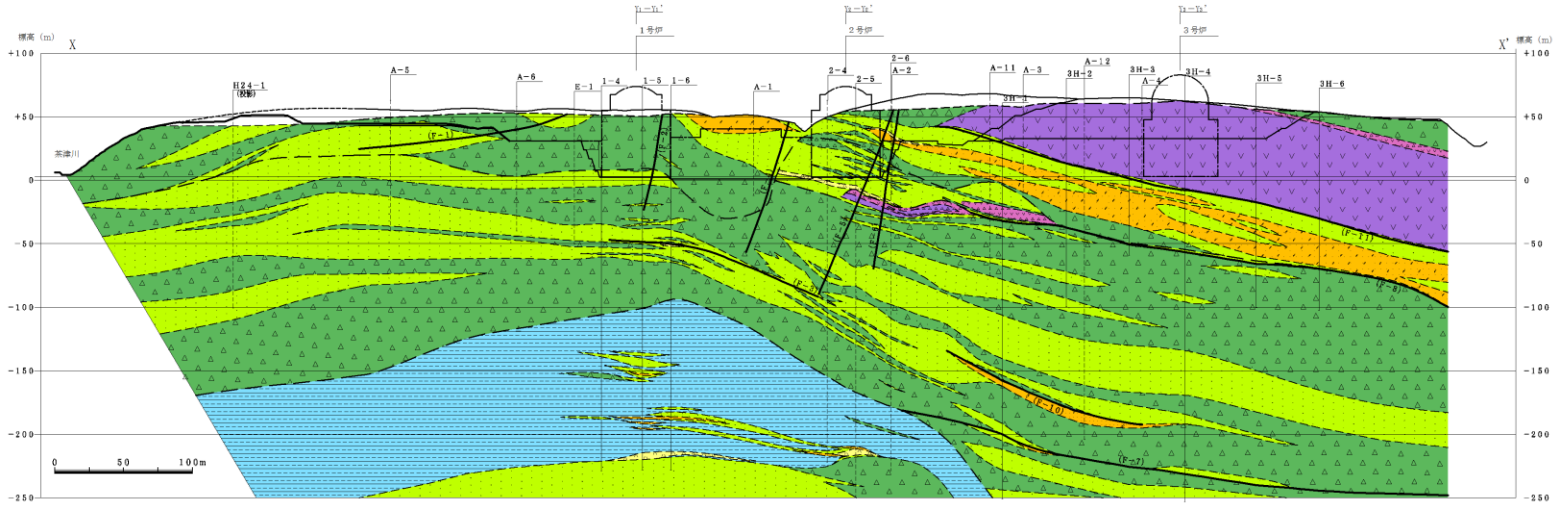
地質平面図

3. 敷地地盤の振動特性

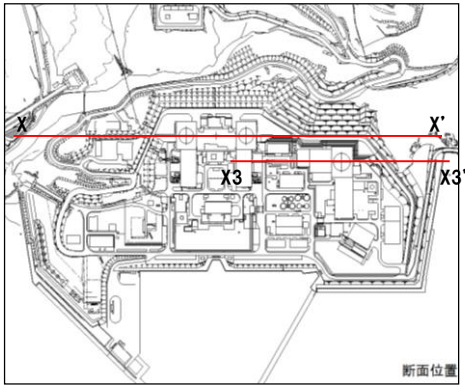
3．1　解放基盤表面の設定

再掲（H27.12.25審査会合資料）

地質断面図

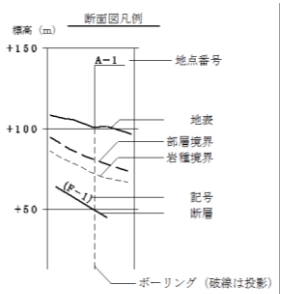


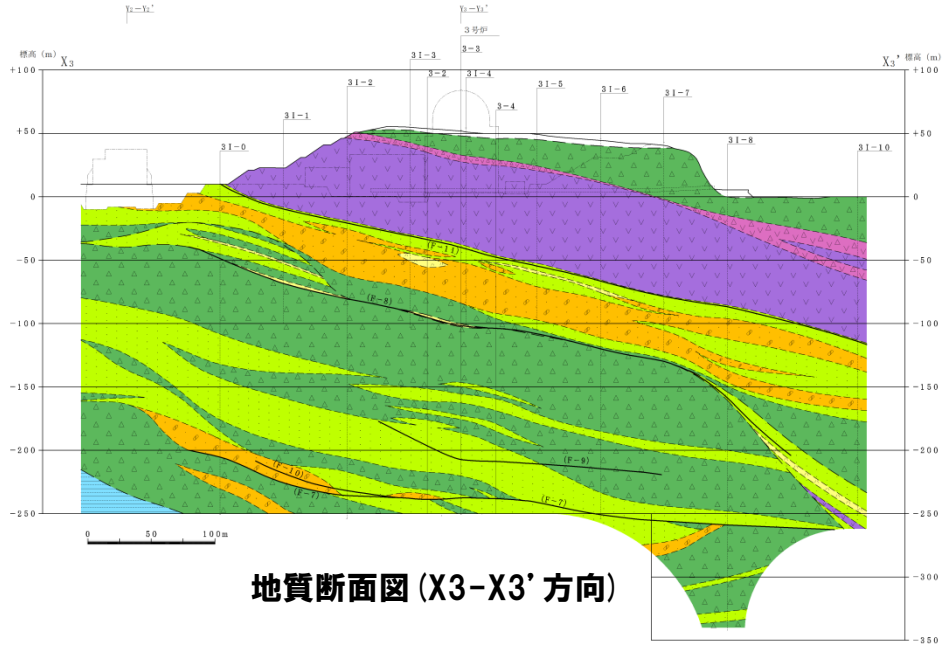
地質断面図（X-X’方向）



岩種区分凡例

地層名	岩種区分
段丘堆積物，崖錐堆積物 岩内層等	礫・砂・粘土
神恵内層	角礫質安山岩
	安山岩
	含泥岩礫凝灰岩
	軽石凝灰岩
	凝灰岩
	凝灰角礫岩
	凝灰質泥岩





地質断面図（X3-X3’方向）

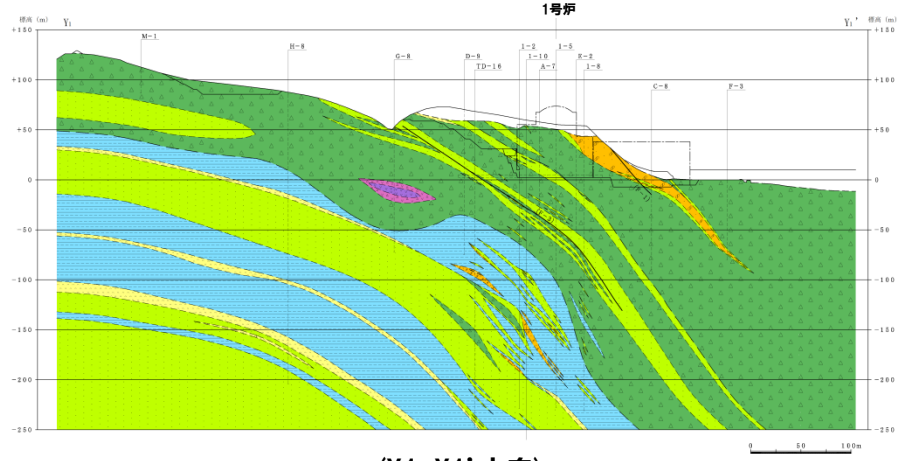
3. 敷地地盤の振動特性

3．1　解放基盤表面の設定

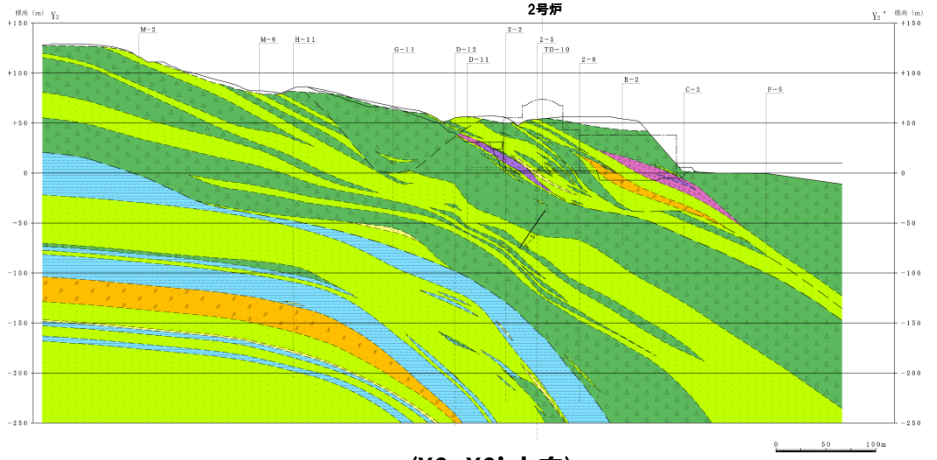
22

再掲（H27.12.25審査会合資料）

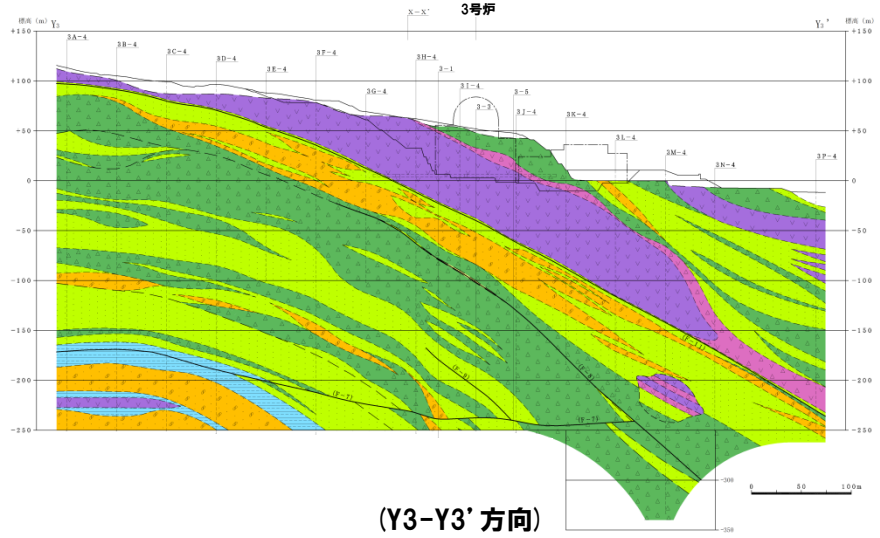
地質断面図



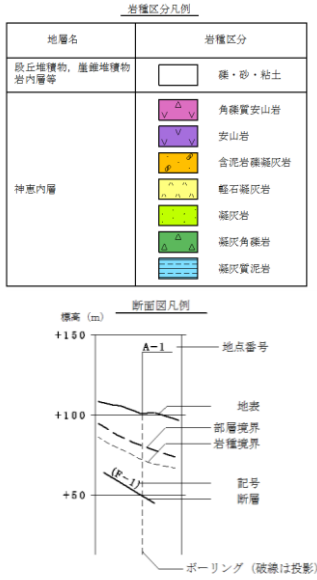
（Y1-Y1’方向）

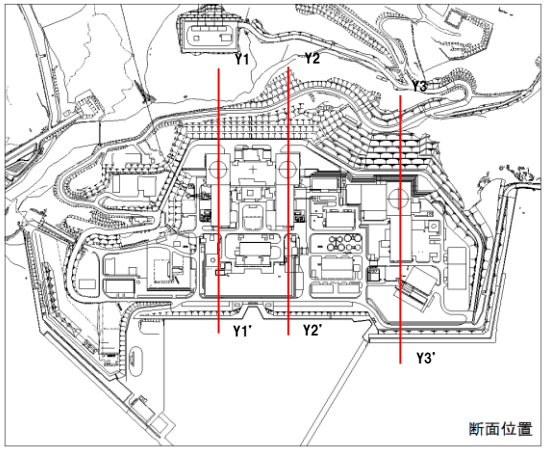


（Y2-Y2’方向）



（Y3-Y3’方向）





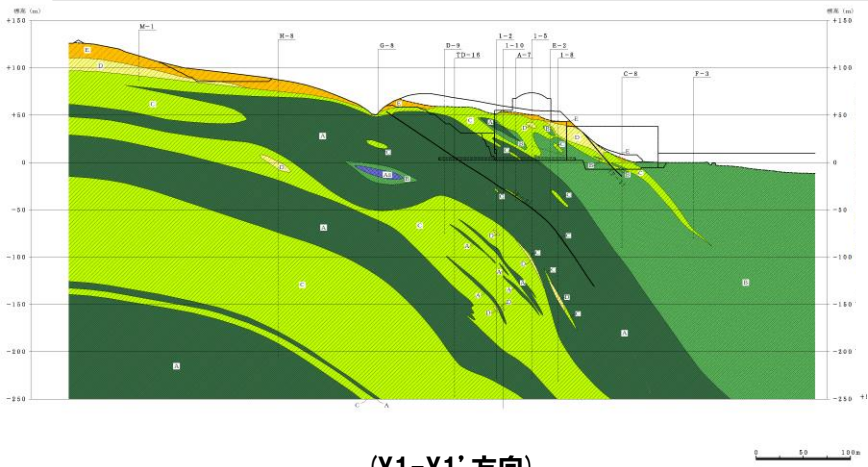
地質断面図（Y-Y’方向）

3. 敷地地盤の振動特性

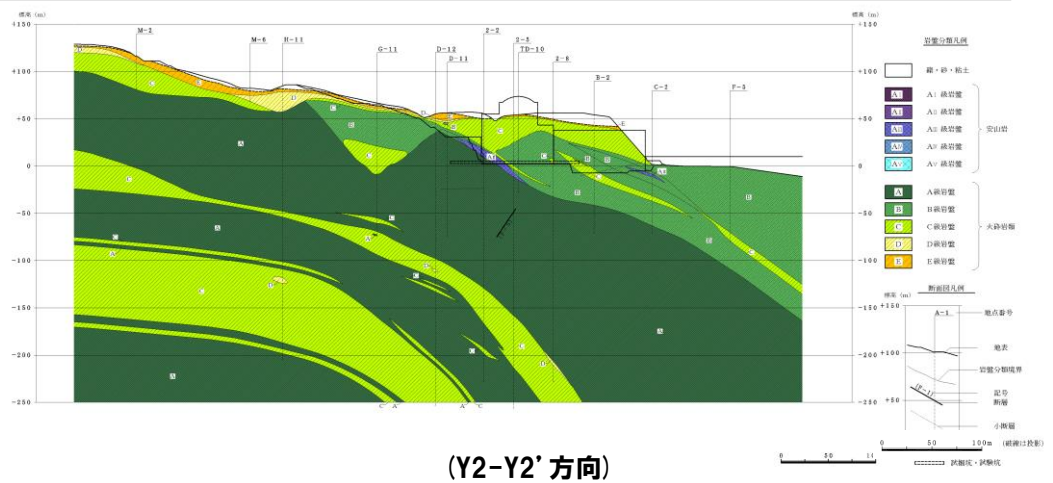
3．1　解放基盤表面の設定

再掲（H27.12.25審査会合資料）

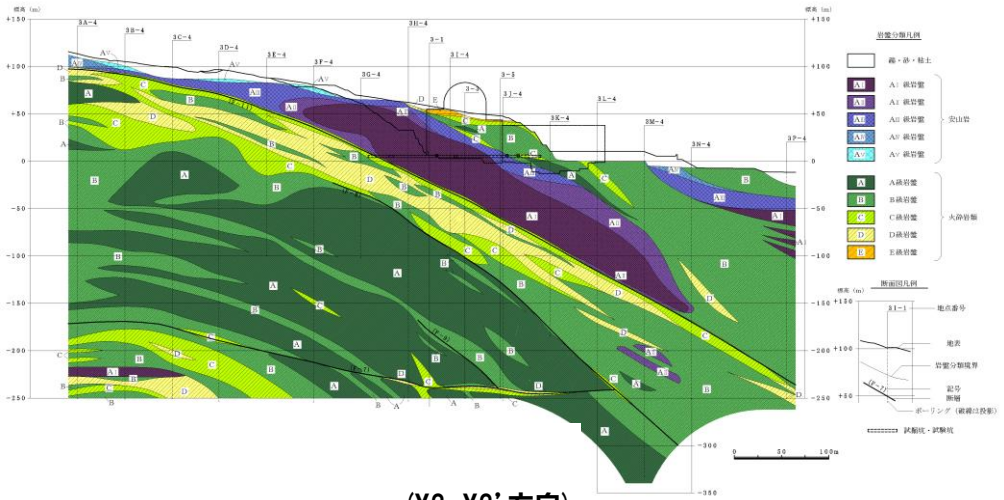
岩盤分類図



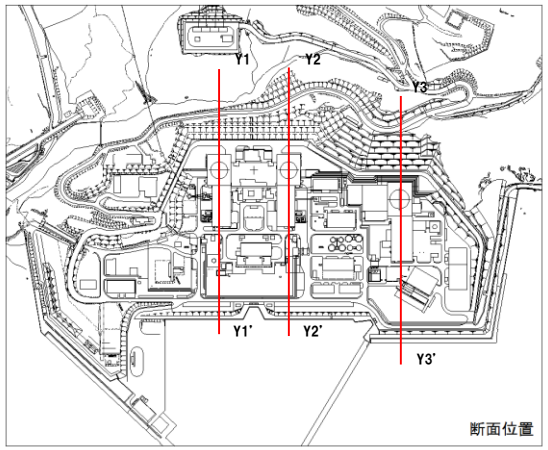
（Y1-Y1’方向）



（Y2-Y2’方向）



（Y3-Y3’方向）



○1・2号炉付近については，標高－250m程度までのボーリング孔を利用したPS検層結果から，主体となる岩盤（岩級A～C）のS波速度は，A級1.5km/s，B級1.3km/s，C級1.1km/s程度である。

○3号炉付近については，3号炉側の地盤上部に分布する安山岩（岩級AⅠ～AⅢ）のS波速度は，AⅠ級1.8km/s，AⅡ級1.7km/s，AⅢ級1.4km/s，火砕岩類（岩級A～D）のS波速度は，A級1.4km/s，B級1.3km/s，C級1.2km/s，D級1.1km/sである。

3. 敷地地盤の振動特性

3．2　地震動評価に用いる地下構造モデルの設定

再掲（H27.12.25審査会合資料）

地下構造モデルの設定方法（統計的グリーン関数法）

○敷地内・敷地周辺の調査結果・地震観測記録を活用して設定
○調査結果等がない場合，他機関の地下構造モデル等に基づき設定

①標高　　0m～　-250m　：地震観測点におけるボーリング調査・地震観測記録による同定解析
②標高　-250m～　-990m　：1号機原子炉建屋位置におけるボーリング調査
③標高　-990m～-2000m　：弾性波探査・文献
④標高-2000m～　：他機関の地下構造モデル

標高 (m)	層厚 (m)		密度 ρ (g/cm^3)	S波速度 Vs (m/s)	P波速度 Vp (m/s)	Q値
0～-56	56	地震観測点 PS 検層結果	地震観測点 ボーリングデータ	地震観測記録による同定解析結果（初期値は PS 検層結果）		地震観測記録による同定解析結果を基に安全側に設定
-56～-250	194					
-250～-430	180	1号機原子炉建屋 PS 検層結果	1号機原子炉建屋 ボーリングデータ	1号機原子炉建屋 PS 検層結果		標高-250m 以浅の設定値を用いる
-430～-990	560					
-990～-2000	1010	弾性波 探査結果	$\rho = 0.31 Vp^{1/4}$ 物理探査ハンドブック（1999）	Vp と Vs の関係式により設定 太田ほか（1985）	弾性波 探査結果	
-2000～	－	－	防災科学技術研究所（2005）			

3. 敷地地盤の振動特性

3．2　地震動評価に用いる地下構造モデルの設定

再掲（H27.12.25審査会合資料）

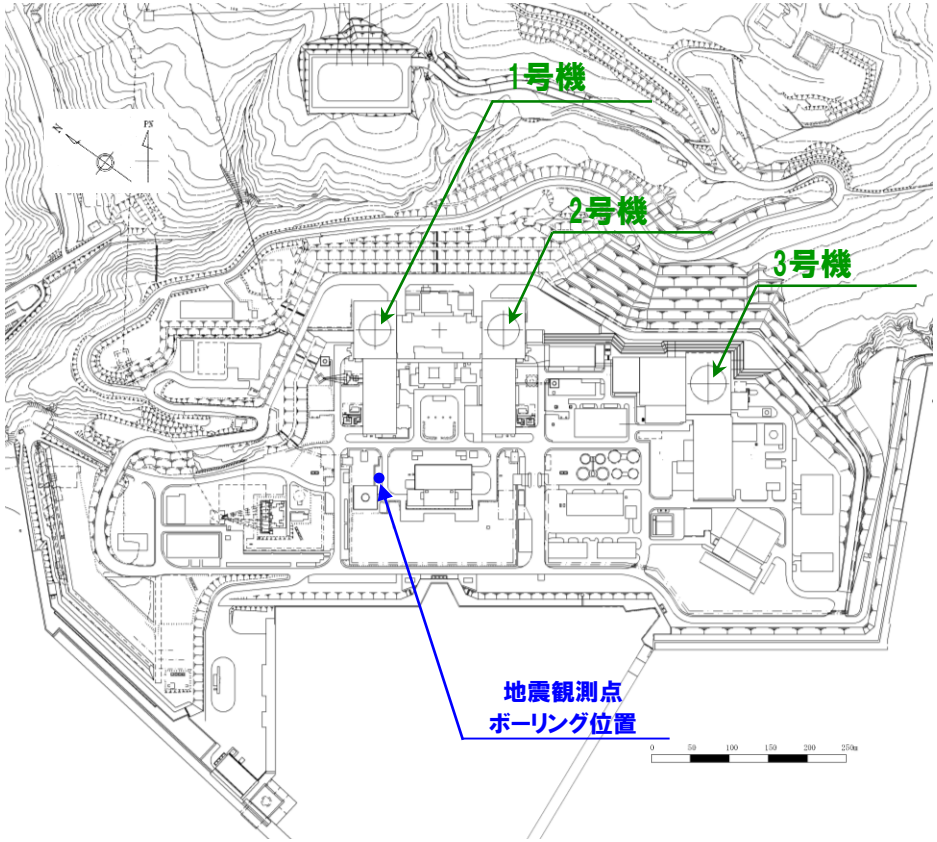
地下構造モデルの設定（標高0m～標高-250m）

○標高0m～-250mについては，以下の赤枠に示した方法により地盤モデルの諸元を設定している。次頁以降に設定に用いた検討結果を示す。

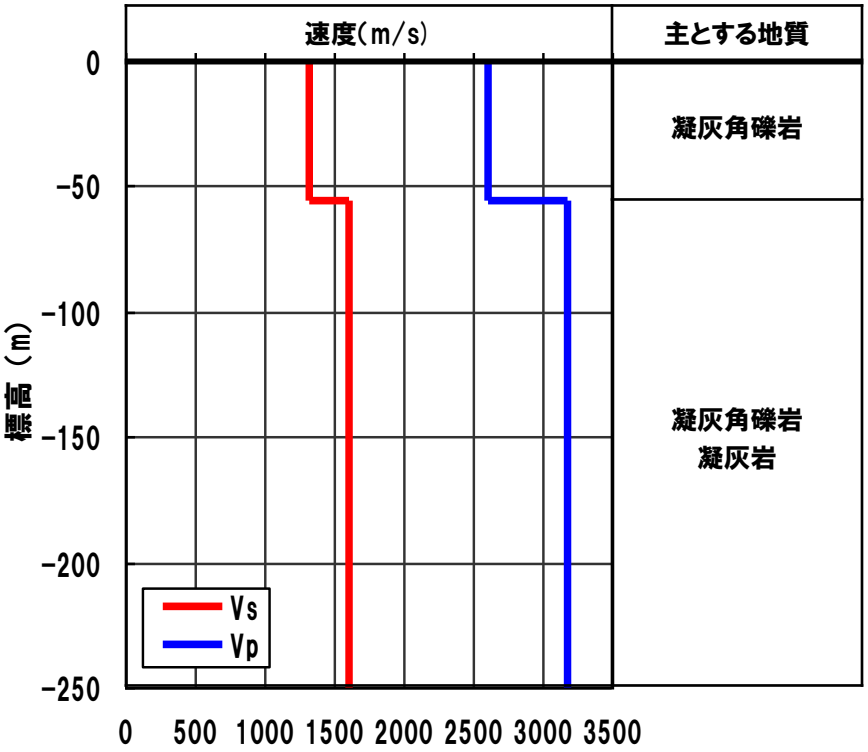
<table>
<tr><th>標高
(m)</th><th colspan="2">層厚
(m)</th><th>密度 ρ
(g/cm^3)</th><th>S波速度
Vs (m/s)</th><th>P波速度
Vp (m/s)</th><th>Q値</th></tr>
<tr><td>0～
-56</td><td>56</td><td rowspan="2">地震観測点
PS 検層結果</td><td rowspan="2">地震観測点
ボーリングデータ</td><td colspan="2" rowspan="2">地震観測記録による同定解析結果
（初期値は PS 検層結果）</td><td rowspan="2">地震観測記録による
同定解析結果を基に
安全側に設定</td></tr>
<tr><td>-56～
-250</td><td>194</td></tr>
<tr><td>-250～
-430</td><td>180</td><td rowspan="2">1号機原子炉建屋
PS 検層結果</td><td rowspan="2">1号機原子炉建屋
ボーリングデータ</td><td colspan="2" rowspan="2">1号機原子炉建屋 PS 検層結果</td><td rowspan="3">標高-250m 以浅
の設定値を用いる</td></tr>
<tr><td>-430～
-990</td><td>560</td></tr>
<tr><td>-990～
-2000</td><td>1010</td><td>弾性波
探査結果</td><td>ρ＝0.31Vp$^{1/4}$
物理探査
ハンドブック
（1999）</td><td>Vp と Vs の関係式
により設定
太田ほか（1985）</td><td>弾性波
探査結果</td></tr>
<tr><td>-2000
～</td><td>－</td><td>－</td><td colspan="4">防災科学技術研究所（2005）</td></tr>
</table>

3．2　地震動評価に用いる地下構造モデルの設定

地震観測点PS検層結果



ボーリング位置図



地震観測点PS検層結果

3. 敷地地盤の振動特性

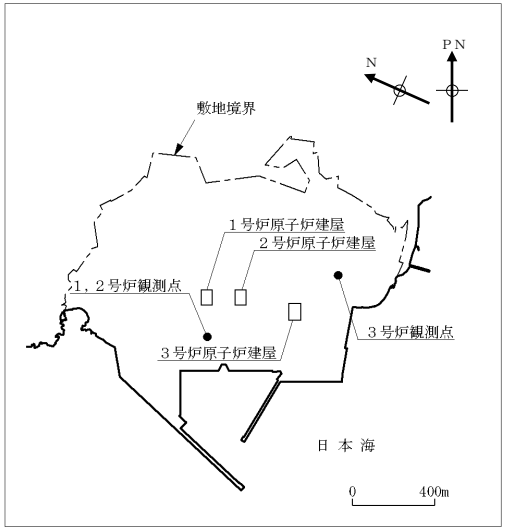
3．2　地震動評価に用いる地下構造モデルの設定

一部加筆修正（H27.12.25審査会合資料）

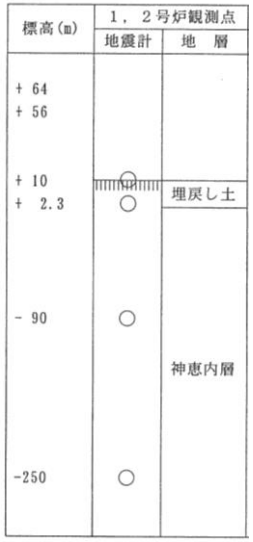
地震観測記録を用いた地盤の同定解析

○標高0m～-250mは地震観測記録を用いた同定解析により地下構造モデル（P波速度，S波速度）を設定［初期値はPS検層結果］

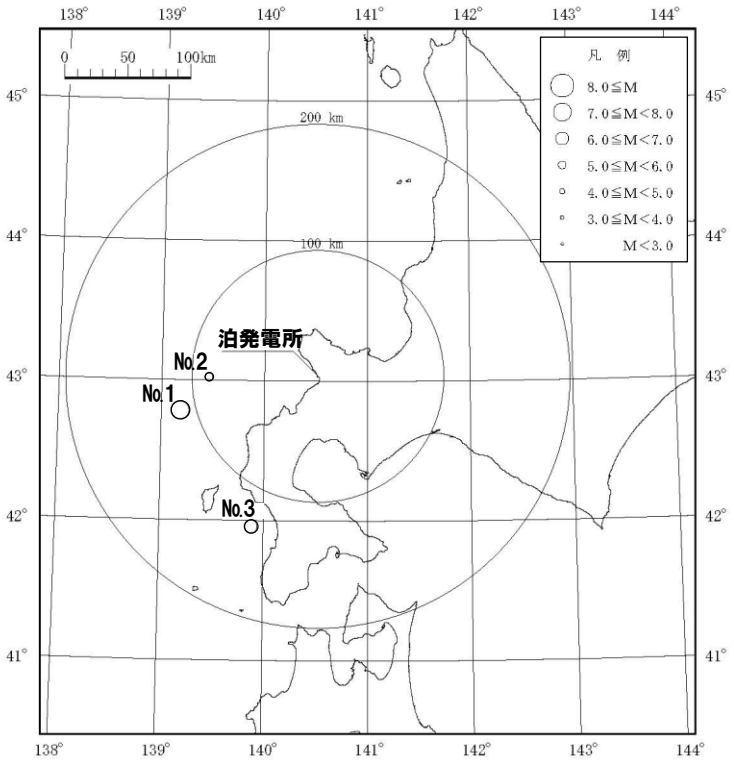
同定解析に用いた地震観測記録



配置図



地震計の設置レベル



No	発生年月日	震央位置		深さ (km)	マグニチュード M	震央距離 (km)	地　名（地震名）
		東経（°）	北緯（°）				
1	1993. 7.12	139.180°	42.782°	35	7.8	113	北海道南西沖（1993年北海道南西沖地震）
2	1993. 7.12	139.457°	43.022°	35	5.4	86	北海道南西沖（1993年北海道南西沖地震・余震）
3	1993. 8. 8	139.882°	41.958°	24	6.3	131	北海道南西沖（1993年北海道南西沖地震・最大余震）

※ 1，2号炉観測点で観測
※ 地震の諸元は気象庁地震カタログ

3. 敷地地盤の振動特性

3．2　地震動評価に用いる地下構造モデルの設定

再掲（H27.12.25審査会合資料）

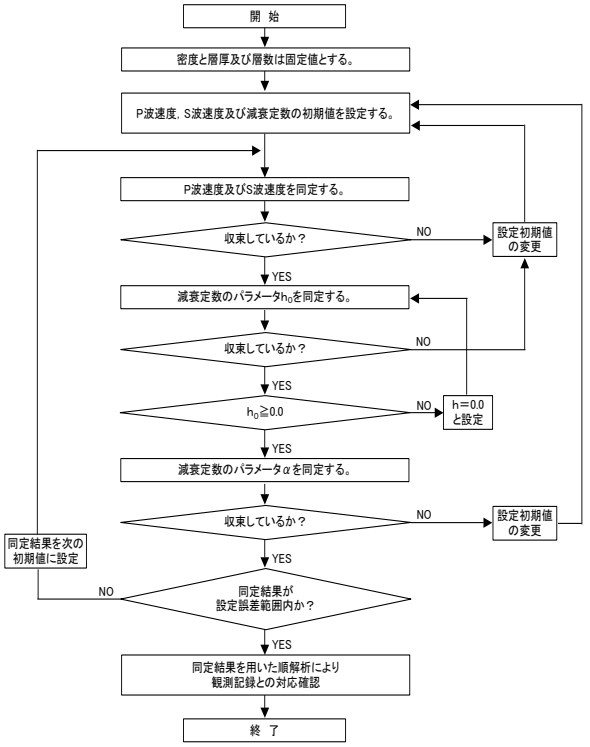
地震観測記録を用いた地盤の同定解析

○標高0m～-250mのP波速度，S波速度および減衰定数について，地震観測記録の観測点間のフーリエ振幅スペクトル比に適合するように同定
○解析手法は，佐藤他（1994）による
○密度はボーリングデータ，層厚および層数はPS検層結果に基づき設定
○P波速度およびS波速度の初期値はPS検層結果に基づき設定
○減衰定数は周波数依存型減衰

$h(f)=h_0\times f^{-\alpha}$　　f　：周波数
h_0：1Hzにおける減衰定数
α　：周波数依存の度合い

標高（m）	層厚（m）	S波速度（m/s）	P波速度（m/s）	密度（g/cm3）	観測点
＋ 10					標高＋10m
＋ 2.3	10	480	1250	1.8	標高＋ 2.3m
± 0.0					
	56	1320	2600	2.1	
－ 56					
－ 90					標高－ 90m
	194	1600	3170	2.2	
－250					標高－250m
	－				

同定解析に用いた地盤モデル［初期値］



P波速度，S波速度および減衰定数の同定解析手順

標高（m）	層厚（m）	S波速度（m/s）	P波速度（m/s）	密度（g/cm3）	観測点
＋ 10					標高＋10m
＋ 2.3	10	480	1250	1.8	標高＋ 2.3m
± 0.0					
	56	1175	2660	2.1	
－ 56					
－ 90					標高－ 90m
	194	1935	3230	2.2	
－250					標高－250m
	－				

同定解析結果による地盤モデル

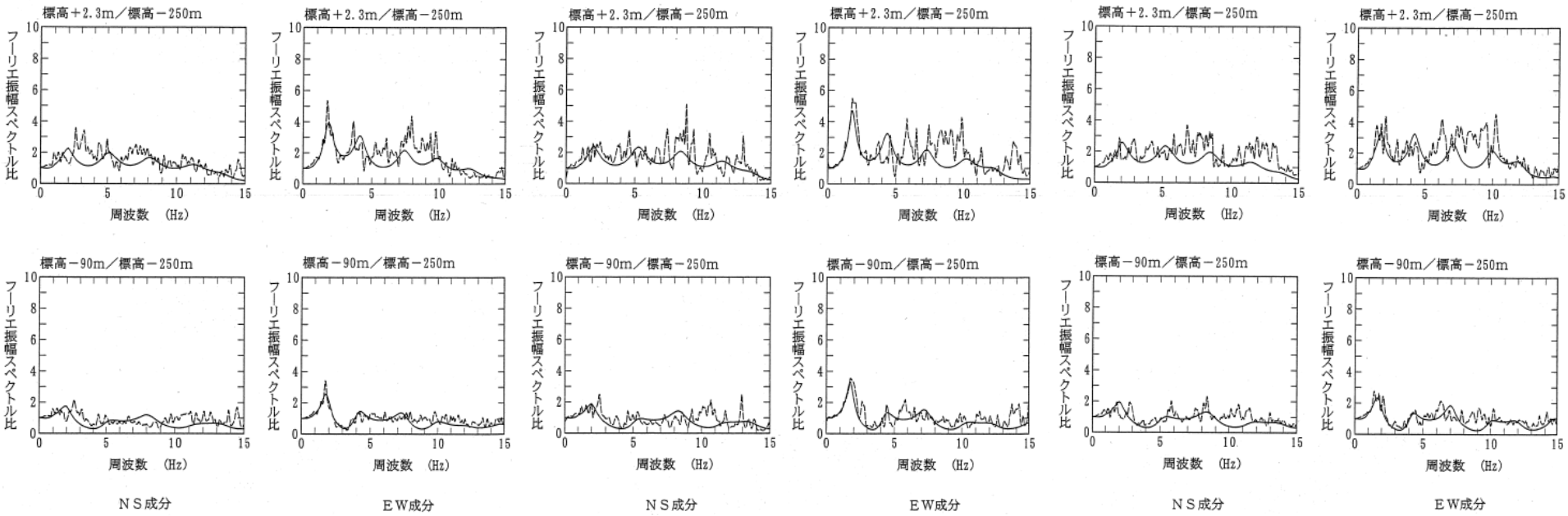
3. 敷地地盤の振動特性

3．2　地震動評価に用いる地下構造モデルの設定

29

再掲（H27.12.25審査会合資料）

地震観測記録を用いた地盤の同定解析（フーリエ振幅スペクトル比）



No.1 1993年北海道南西沖地震
同定された地盤モデル

No.2 1993年北海道南西沖地震・余震
同定された地盤モデル

No.3 1993年北海道南西沖地震・最大余震
同定された地盤モデル

同定結果（No.1　1993年北海道南西沖地震）

同定結果（No.2　1993年北海道南西沖地震・余震）

同定結果（No.3　1993年北海道南西沖地震・最大余震）

○3地震について成分毎に同定された地盤モデルによるフーリエ振幅スペクトル比は，観測記録のフーリエ振幅比と傾向は対応している。

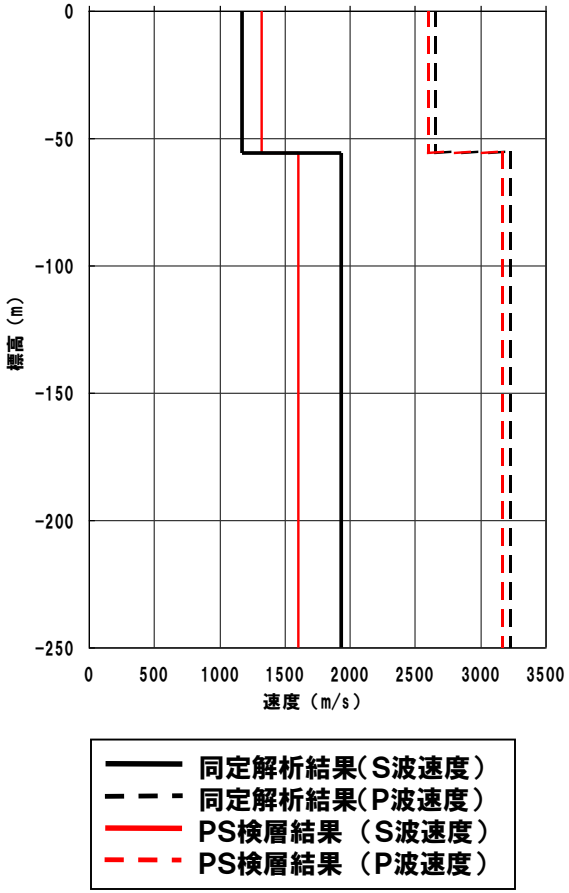
3. 敷地地盤の振動特性

3．2　地震動評価に用いる地下構造モデルの設定

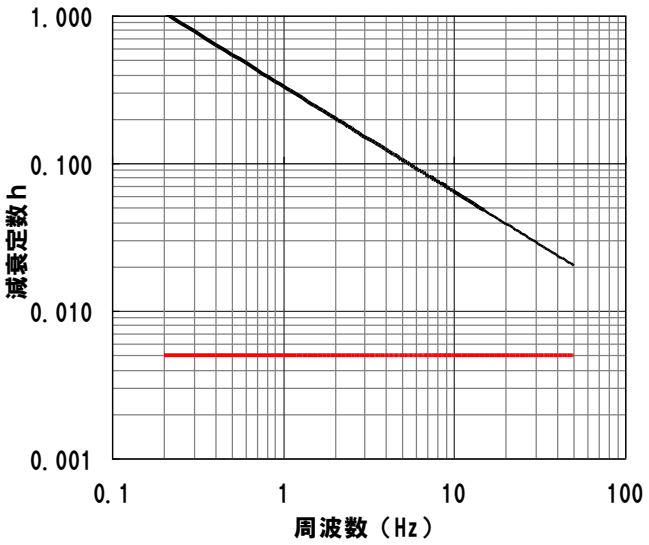
再掲（H27.12.25審査会合資料）

地震観測記録を用いた地盤の同定解析

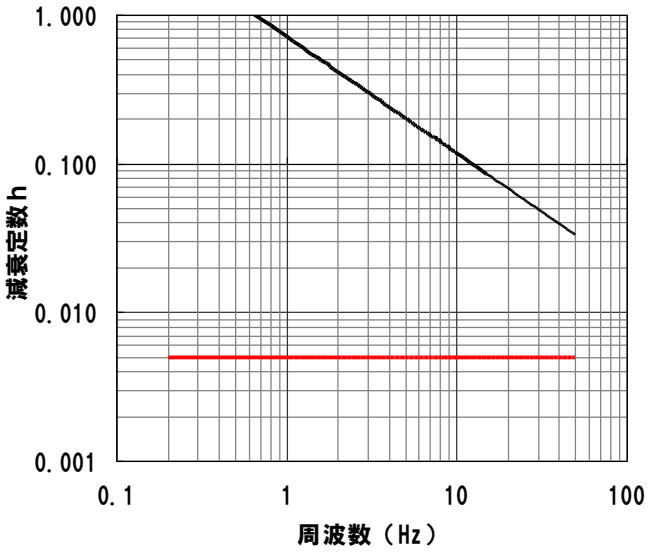
P波速度，S波速度



減衰定数h（水平）



減衰定数h（鉛直）



○同定解析によるP波速度・S波速度の傾向は，PS検層結果と概ね整合
○同定解析によるP波速度・S波速度を用いて，標高－250m以浅の地下構造モデルを設定

○同定解析により得られた減衰定数は大きめの値となっている
○地下構造モデルの設定では，同定解析により得られた減衰定数を基に，地震動評価上安全側にQ値＝100（減衰定数h＝0.005）としている

3. 敷地地盤の振動特性

3．2　地震動評価に用いる地下構造モデルの設定

再掲（H27.12.25審査会合資料）

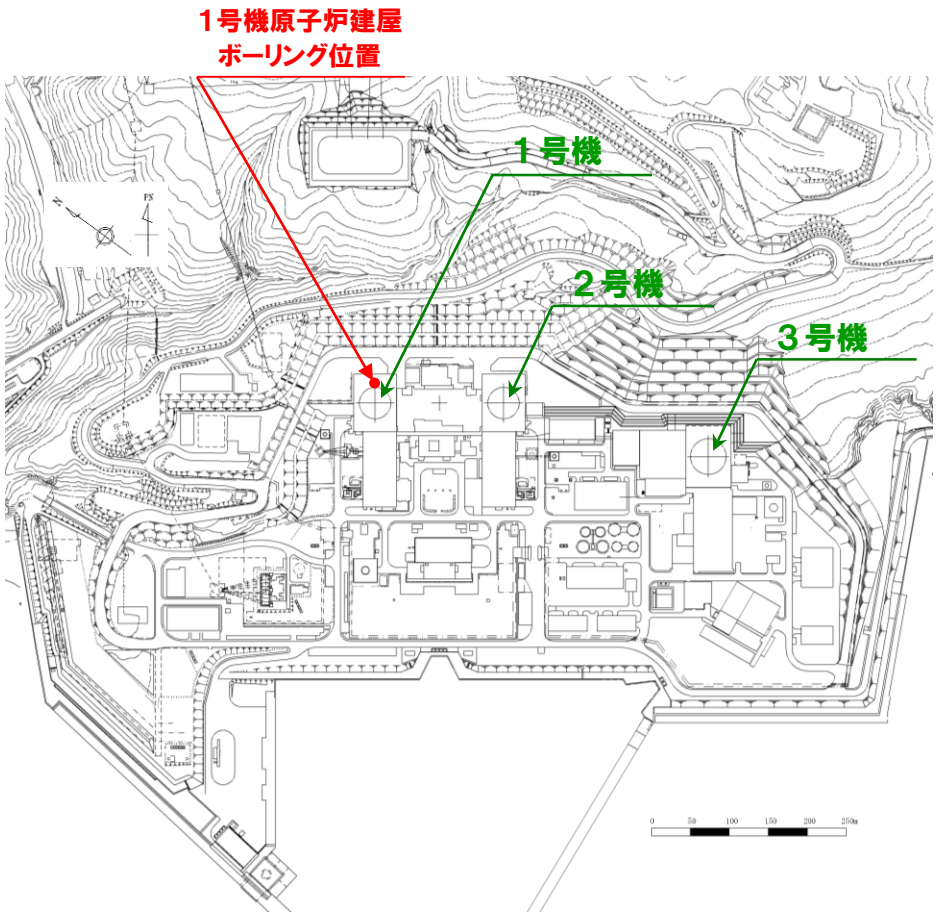
地下構造モデルの設定方法（標高-250m～標高-990m）

○標高-250m～-990mについては，以下の赤枠に示した方法により地盤モデルの諸元を設定している。次頁以降に設定に用いた検討結果を示す。

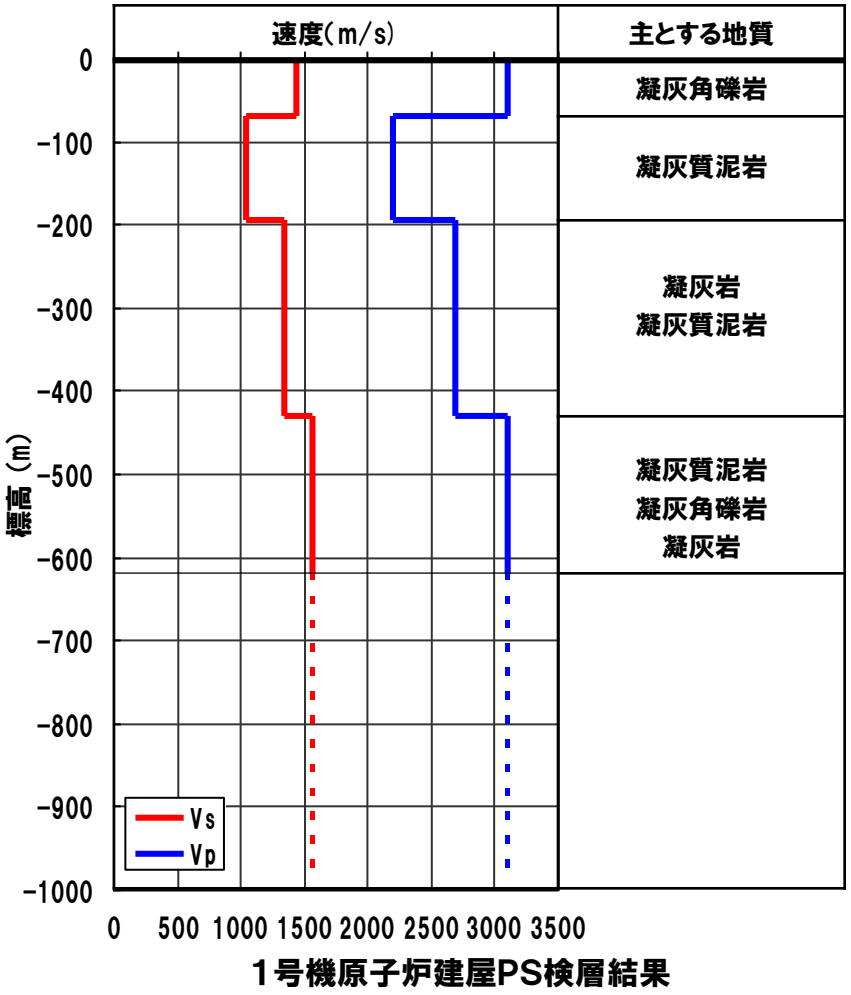
標高 (m)	層厚 (m)		密度 ρ (g/cm^3)	S波速度 Vs (m/s)	P波速度 Vp (m/s)	Q値
0～-56	56	地震観測点 PS 検層結果	地震観測点 ボーリングデータ	地震観測記録による同定解析結果（初期値は PS 検層結果）		地震観測記録による同定解析結果を基に安全側に設定
-56～-250	194					
-250～-430	180	1号機原子炉建屋 PS 検層結果	1号機原子炉建屋 ボーリングデータ	1号機原子炉建屋 PS 検層結果		標高-250m 以浅の設定値を用いる
-430～-990	560					
-990～-2000	1010	弾性波 探査結果	ρ＝0.31Vp$^{1/4}$ 物理探査 ハンドブック（1999）	Vp と Vs の関係式により設定 太田ほか（1985）	弾性波 探査結果	標高-250m 以浅の設定値を用いる
-2000～	－	－	防災科学技術研究所（2005）			

3. 2 地震動評価に用いる地下構造モデルの設定

1号機原子炉建屋PS検層結果



ボーリング位置図



1号機原子炉建屋PS検層結果

○地下構造モデルの設定においては，PS検層結果の最下層(標高-430m～-620m)のP波速度3100m/sが弾性波探査によるP波速度3000m/s層(～標高-990m)と整合していることを確認し，標高-990mまで続くものとして設定している。

3. 2 地震動評価に用いる地下構造モデルの設定

再掲(H27.12.25審査会合資料)

地下構造モデルの設定方法(標高-990m～標高-2000m)

○標高-990m～-2000mについては，以下の赤枠に示した方法により地盤モデルの諸元を設定している。次頁以降に設定に用いた検討結果を示す。

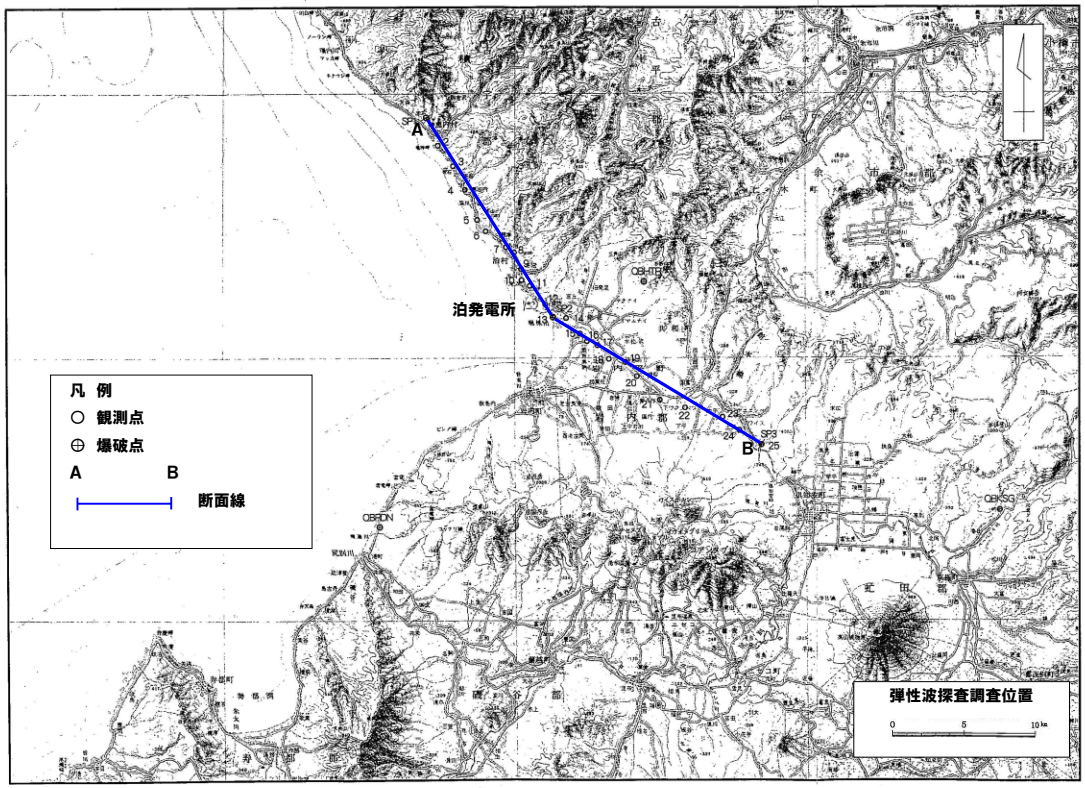
標高 (m)	層厚 (m)		密度 ρ (g/cm^3)	S波速度 Vs (m/s)	P波速度 Vp (m/s)	Q値
0～-56	56	地震観測点 PS 検層結果	地震観測点 ボーリングデータ	地震観測記録による同定解析結果（初期値は PS 検層結果）		地震観測記録による同定解析結果を基に安全側に設定
-56～-250	194					
-250～-430	180	1号機原子炉建屋 PS 検層結果	1号機原子炉建屋 ボーリングデータ	1号機原子炉建屋 PS 検層結果		標高-250m 以浅の設定を用いる
-430～-990	560					
-990～-2000	1010	弾性波探査結果	ρ＝0.31Vp$^{1/4}$ 物理探査ハンドブック（1999）	Vp と Vs の関係式により設定 太田ほか(1985)	弾性波探査結果	標高-250m 以浅の設定を用いる
-2000～	－	－	防災科学技術研究所(2005)			

3. 敷地地盤の振動特性

3．2　地震動評価に用いる地下構造モデルの設定

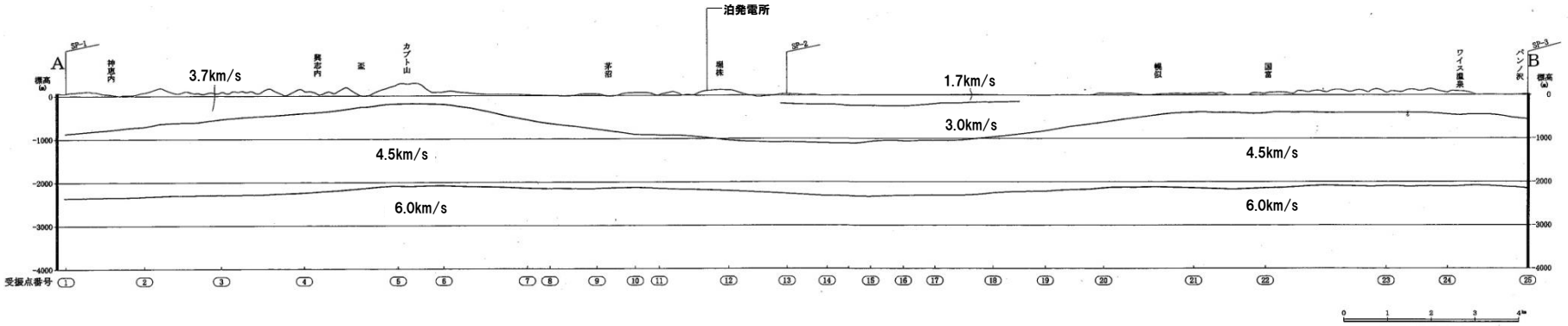
再掲（H27.12.25審査会合資料）

敷地周辺で実施した弾性波探査結果



測線長	：約33km
観測点数	：25点
観測点間隔	：中央部約1km，周辺部約2km

○標高－2200mで地震基盤とみなせるP波速度6.0km/sの層がみられるものの，後段で示す地震発生層の検討結果を踏まえて，標高－2000mを地震基盤と設定する。



3. 2 地震動評価に用いる地下構造モデルの設定

一部加筆修正 (H27.12.25審査会合資料)

統計的グリーン関数法に用いた地下構造モデル

○PS検層結果，弾性波探査結果等を基に，敷地の地震観測記録に基づき設定

標高 (m)	層厚 (m)	密度 ρ (g/cm^3)	S波速度 Vs (m/s)	P波速度 Vp (m/s)	Q値	
0～-56	56	2.1	1175	2660	100	◁ 解放基盤表面
-56～-250	194	2.2	1935	3230	100	
-250～-430	180	1.9	1350	2700	100	
-430～-990	560	1.9	1560	3100	100	
-990～-2000※1	1010	2.5	2400	4500	100	◁ 地震基盤
-2000※1～	－	2.8※2	3500※2	6400※2	150※2	

※1 弾性波探査結果から標高-2200mが地震基盤(地震発生層上端)と考えられるが，安全側に-2000mに設定
※2 -2000m以深の物性値については(独)防災科学技術研究所(2005)による

理論的手法(波数積分法)に用いた地下構造モデル

○標高-2000m以浅については，統計的グリーン関数法に用いる地下構造モデルと同様
○内陸地殻内地震の評価に用いる地下構造モデルの標高-2000m以深については，(独) 防災科学技術研究所(2005)による強震動評価において作成された地下構造モデルを参考に設定
○内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)の評価に用いる地下構造モデルの標高-2000m以深については，(独) 防災科学技術研究所(2005)による強震動評価において作成された地下構造モデルおよび1993年北海道南西沖地震の知見であるMendoza and Fukuyama (1996)を参考に設定

内陸地殻内地震

標高 (m)	層厚 (m)	密度 ρ (g/cm^3)	S波速度 Vs (m/s)	P波速度 Vp (m/s)	Q値	
0～-56	56	2.1	1175	2660	100	◁ 解放基盤表面
-56～-250	194	2.2	1935	3230	100	
-250～-430	180	1.9	1350	2700	100	
-430～-990	560	1.9	1560	3100	100	
-990～-2000※1	1010	2.5	2400	4500	100	◁ 地震基盤
-2000※1～-20000	18000	2.8※2	3500※2	6400※2	150※2	
-20000※2～-30000	10000	3.0※2	3800※2	6900※2	150※2	
-30000※2～	－	3.4※2	4500※2	8000※2	600※2	

※1 弾性波探査結果から標高-2200mが地震基盤(地震発生層上端)と考えられるが，安全側に-2000mに設定
※2 (独)防災科学技術研究所(2005)による

内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)

標高 (m)	層厚 (m)	密度 ρ (g/cm^3)	S波速度 Vs (m/s)	P波速度 Vp (m/s)	Q値	
0～-56	56	2.1	1175	2660	100	◁ 解放基盤表面
-56～-250	194	2.2	1935	3230	100	
-250～-430	180	1.9	1350	2700	100	
-430～-990	560	1.9	1560	3100	100	
-990～-2000※1	1010	2.5	2400	4500	100	◁ 地震基盤
-2000※1～-5000	3000	2.8※2	3500※2	6400※2	150※2	
-5000※3～-40000	35000	2.9※3	3800※3	6900※2	150※2	
-40000※3～	－	3.4※2	4500※2	8000※2	600※2	

※1 弾性波探査結果から標高-2200mが地震基盤(地震発生層上端)と考えられるが，安全側に-2000mに設定
※2 (独)防災科学技術研究所(2005)による　※3 Mendoza and Fukuyama(1996)による

3. 敷地地盤の振動特性

3. 3 敷地地盤の振動特性に関する検討

一部加筆修正（H27.12.25審査会合資料）

○敷地内・敷地周辺の調査結果・地震観測記録等を活用して設定した地下構造モデルを用いて地震動評価を実施するにあたり，敷地地盤の振動特性を以下の検討フローに基づき検討した。

【地下構造に関する調査結果】
○地震基盤とみなせるP波速度6.0km/sの層は，敷地周辺では標高－2200m程度で大局的には平坦
○敷地は，凝灰角礫岩および凝灰岩等を主体（3号炉側に一部安山岩が分布）とした地質構造であり，ほぼ海岸線に平行する走向で，海山方向へ傾斜する傾斜構造
○敷地地盤は硬質で，速度構造に極端なコントラストのある部分が存在していない

【地震観測記録を用いた検討】

【① Noda et al.（2002）による応答スペクトルとの比較検討】
・観測された地震の特異な増幅特性の有無を確認
・深部地盤を含めた敷地における増幅特性の有無を確認

【② 地震の到来方向による影響検討】
・地震の到来方向による特異な増幅特性の有無を確認することで，敷地地盤の傾斜構造による特異な増幅特性の有無を確認

【③ 安山岩等による影響検討】
・3号炉側に分布する安山岩等を含む観測点間のフーリエスペクトル比を評価し，安山岩等による特異な増幅特性の有無を確認

【④ 1号炉観測点と3号炉観測点との比較】
・号機間の増幅特性の差異を確認

【解析による検討】

【地質構造を考慮した解析による検討】

【⑤ 傾斜構造，入射角，入射方位角による影響検討】
・傾斜構造，入射角，入射方位角が伝達関数へ与える影響を確認

【⑥ 観測記録と解析による検討の比較】
・2次元地盤モデルにより解析的に評価した伝達関数の妥当性を確認

【深部凹構造による振動特性に関する検討】

【⑦ フォーカシングに関する検討】
・泊発電所敷地を含む領域のレンズ状の凹構造による特異な増幅特性の有無を確認

※平成30年北海道胆振東部地震については，敷地において観測記録が得られており，敷地地盤の振動特性に関する検討結果（平成26年3月12日審査会合）に影響を与えるものではないことを確認している。（参考資料5．3）

【地震動評価に用いる地下構造モデルの検討】

【地震動評価に用いる地下構造モデルの検討】
・敷地地盤の地質構造による特性を踏まえた地震動評価モデルを設定
・地震動評価に用いる地下構造モデルの妥当性を確認

3. 敷地地盤の振動特性

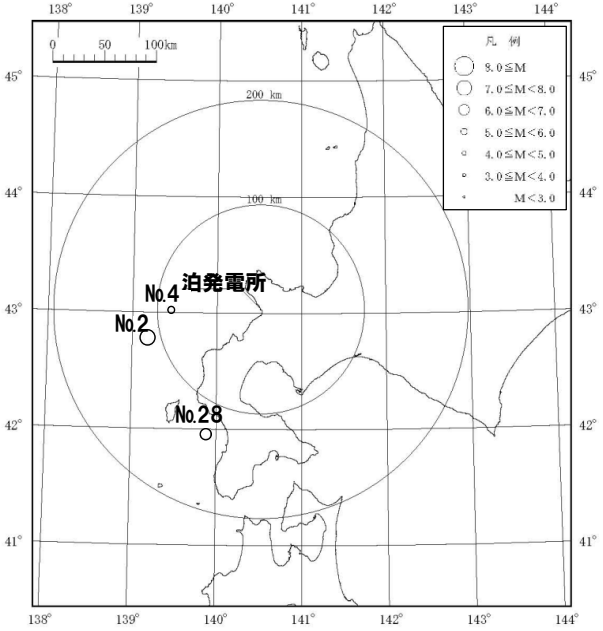
3.3 敷地地盤の振動特性に関する検討

一部加筆修正（H26.3.12審査会合資料）

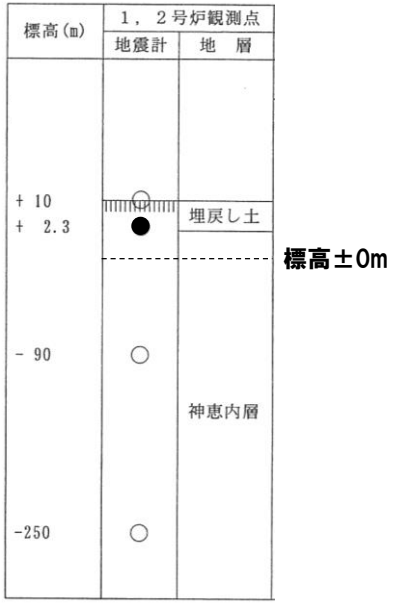
① Noda et al.(2002)による応答スペクトルとの比較検討

○1993年北海道南西沖地震およびその余震，最大余震について，標高±0mから上部の影響を取り除いた応答スペクトルとNoda et al.(2002)による応答スペクトルとの比較を実施した。

No.	年月日	震央位置		深さ (km)	マグニチュード M	震央距離 (km)	地　名（地震名）
		東経(°)	北緯(°)				
2	1993. 7.12	139.180°	42.782°	35	7.8	113	北海道南西沖（1993年北海道南西沖地震）
4	1993. 7.12	139.457°	43.022°	35	5.4	86	北海道南西沖（1993年北海道南西沖地震・余震）
28	1993. 8. 8	139.882°	41.958°	24	6.3	131	北海道南西沖（1993年北海道南西沖地震・最大余震）



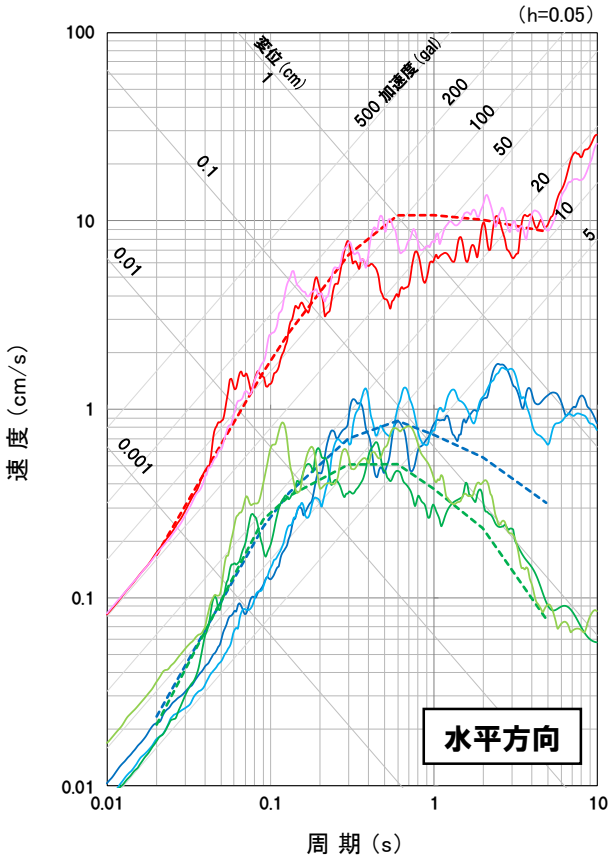
※ 1，2号炉観測点で観測
※ 地震の諸元は気象庁地震カタログ

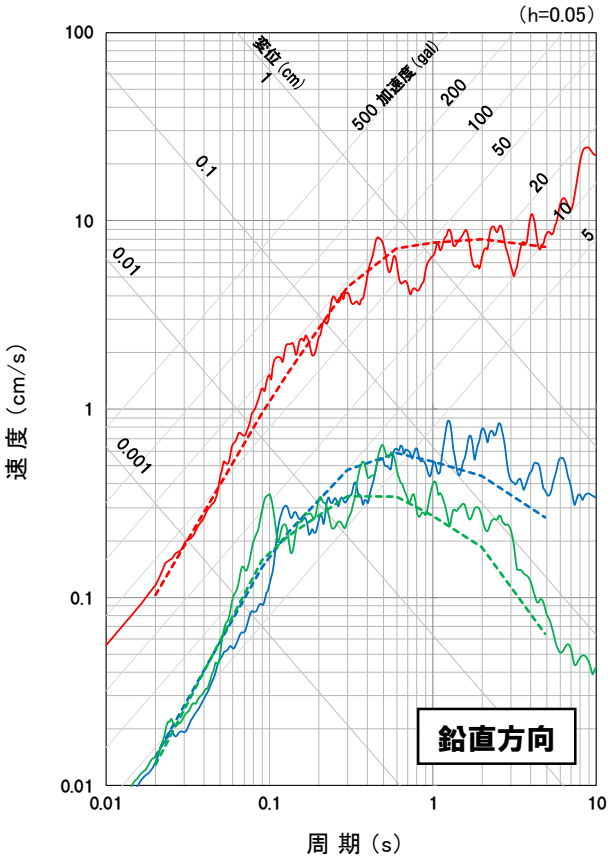


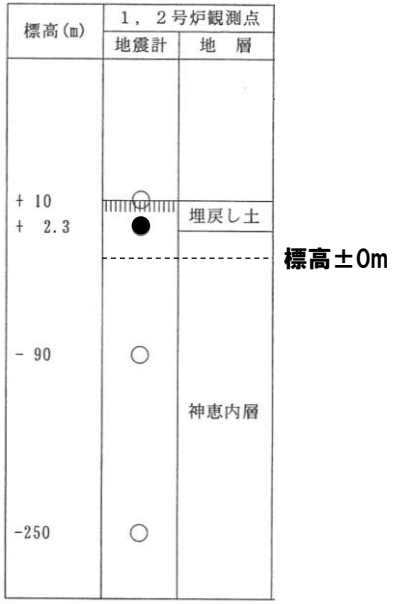
3. 3 敷地地盤の振動特性に関する検討

一部加筆修正（H26.3.12審査会合資料）

① Noda et al.（2002）による応答スペクトルとの比較検討







1993年北海道南西沖地震（M7．8，Δ＝113km）
- 標高±0m（NS方向）※1
- 標高±0m（EW方向）※1
- Noda et al.（2002）※2

1993年北海道南西沖地震・余震（M5．4，Δ＝86km）
- 標高±0m（NS方向）※1
- 標高±0m（EW方向）※1
- Noda et al.（2002）※2

1993年北海道南西沖地震・最大余震（M6．3，Δ＝131km）
- 標高±0m（NS方向）※1
- 標高±0m（EW方向）※1
- Noda et al.（2002）※2

1993年北海道南西沖地震（M7．8，Δ＝113km）
- 標高±0m（UD方向）※1
- Noda et al.（2002）※2

1993年北海道南西沖地震・余震（M5．4，Δ＝86km）
- 標高±0m（UD方向）※1
- Noda et al.（2002）※2

1993年北海道南西沖地震・最大余震（M6．3，Δ＝131km）
- 標高±0m（UD方向）※1
- Noda et al.（2002）※2

※1 標高±0mより上部の地盤の影響を取り除いた応答スペクトル
※2 Noda et al.（2002）による応答スペクトルは，Vs=1.4km/s，Vp=2.7km/sとして算定

○Noda et al.（2002）による応答スペクトルと概ね同様の傾向にある。

3. 3 敷地地盤の振動特性に関する検討

一部加筆修正 (H26.3.12審査会合資料)

② 地震の到来方向による影響検討

○1，2号炉観測点，3号炉観測点における地震観測記録を用いて，鉛直アレー観測点間の応答スペクトルの比およびフーリエスペクトルの比による分析を行い，地震の到来方向による特異な増幅傾向の有無および敷地地盤の傾斜構造による特異な増幅傾向の有無について確認する。

検討対象地震の諸元

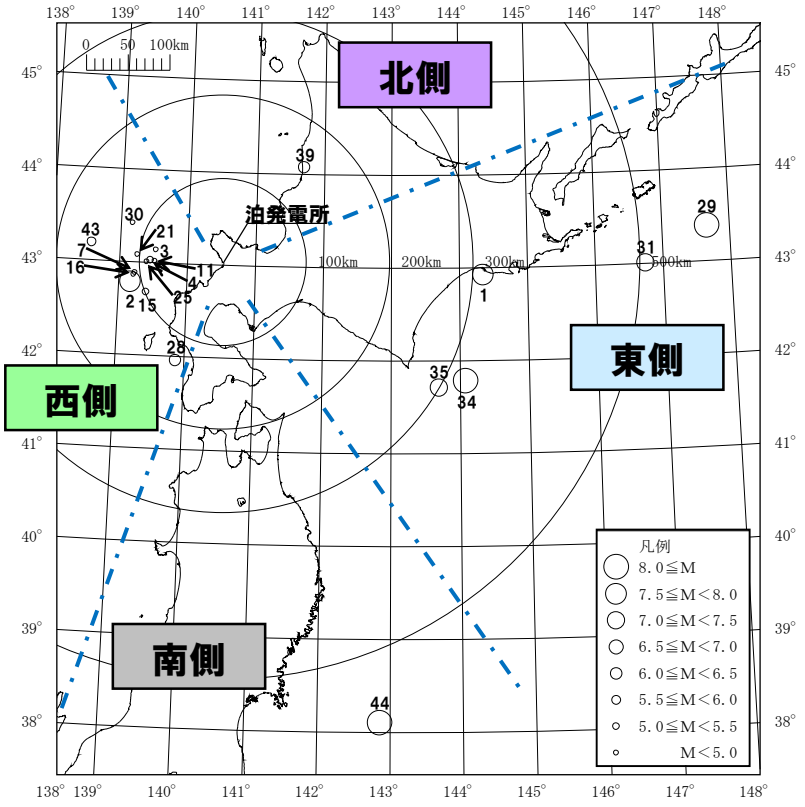
1，2号炉観測点

No.	方位	地名または地震名	M	震央距離 (km)	最大加速度(Gal) 1，2号炉観測点 (標高+2.3m) NS	EW	UD
44	南	東北地方太平洋沖地震	9.0	583	3	2	2
1	東	1993年釧路沖地震	7.5	313	11	5	7
34		2003年十勝沖地震	8.0	325	7	8	6
29		1994年北海道東方沖地震	8.2	583	4	5	4
35		十勝沖	7.1	299	3	3	2
31		根室半島沖	7.0	506	2	1	1
39	北	留萌支庁南部	6.1	150	1	2	1
2	西	1993年北海道南西沖地震	7.8	113	49	54	35
28		1993年北海道南西沖地震最大余震	6.3	131	7	5	4
4		積丹半島北西沖	5.4	86	5	11	4
15		北海道南西沖	5.2	98	3	5	2
30		1999年積丹半島北西沖	4.5	116	2	1	2
25		積丹半島北西沖	3.8	90	2	4	1
43		北海道南西沖	5.8	158	2	3	1
7		北海道南西沖	4.8	106	2	2	1
21		積丹半島北西沖	4.3	102	2	4	2
16		北海道南西沖	4.7	107	1	2	1
3		積丹半島北西沖	4.7	81	1	2	1
11		積丹半島北西沖	4.1	81	1	2	0.4

3号炉観測点

No.	方位	地名または地震名	M	震央距離(km)	最大加速度(Gal) 3号炉観測点 (標高+2.3m) NS	EW	UD
44	南	東北地方太平洋沖地震	9.0	583	2	2	2
34	東	2003年十勝沖地震	8.0	325	9	8	7
35		十勝沖	7.1	299	3	3	3
31		根室半島沖	7.0	506	1	1	1
39	北	留萌支庁南部	6.1	150	1	1	1
43	西	北海道南西沖	5.8	158	1	1	1
30		1999年積丹半島北西沖	4.5	116	0.5	0.2	1

検討対象地震の震央分布図

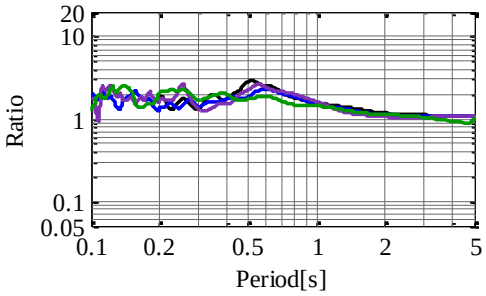


3. 3 敷地地盤の振動特性に関する検討

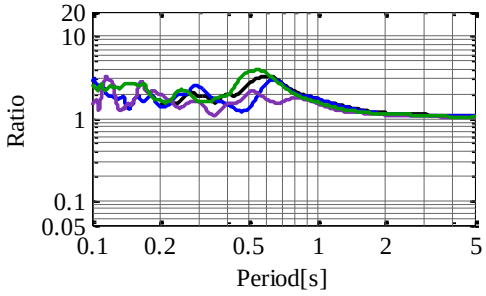
一部加筆修正（H26.3.12審査会合資料）

② 地震の到来方向による影響検討

〔到来方向別〕鉛直アレー観測点間のフーリエスペクトル比（1，2号炉観測点）

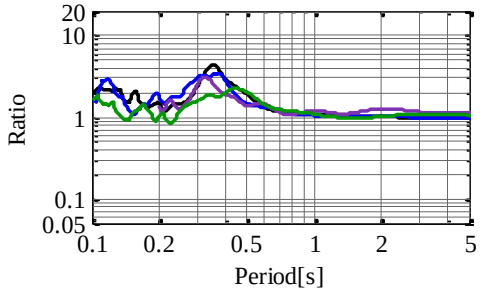


NS方向



EW方向

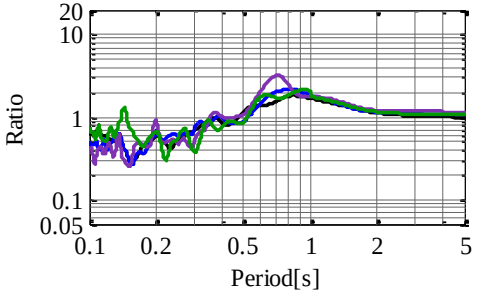
標高+2.3m/標高-250m



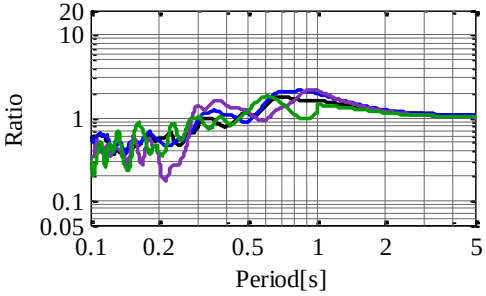
UD方向

南 東 北 西

〔到来方向別〕鉛直アレー観測点間のフーリエスペクトル比（3号炉観測点）

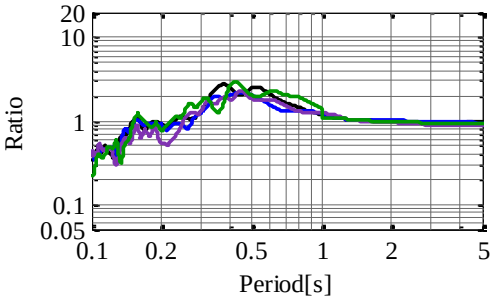


NS方向



EW方向

標高+2.3m/標高-250m



UD方向

南 東 北 西

○1，2号炉観測点および3号炉観測点において，地震の到来方向による特異な増幅傾向および敷地地盤の傾斜構造による特異な増幅傾向はみられないものと考えられる。

3. 3 敷地地盤の振動特性に関する検討

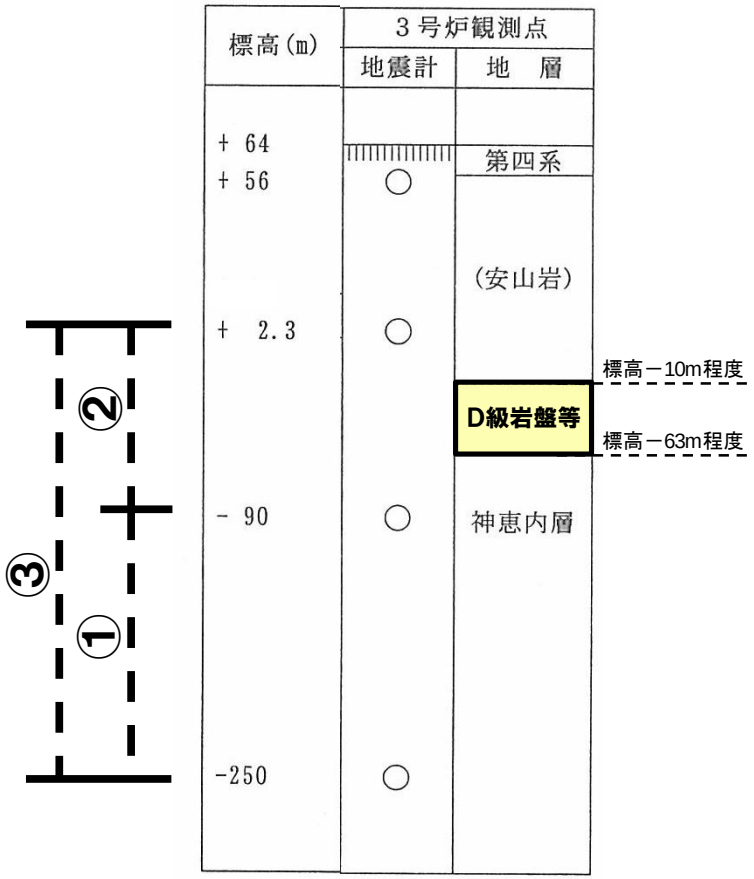
一部加筆修正（H26.3.12審査会合資料）

③ 安山岩等による影響検討

○3号炉観測点における地震観測記録を用いて，鉛直アレー観測点間のフーリエスペクトルの比による地盤の増幅特性に関する分析を行い，3号炉側の地盤に分布している安山岩およびD級岩盤による特異な増幅傾向の有無について確認する。

3号炉観測点における地質の状況

○3号炉観測点では，安山岩は，標高＋58m程度から標高－10m程度に分布している。また，標高－10m程度から標高－63m程度の間にD級岩盤を含む相対的に速度の低い層が分布しており，3号原子炉建屋直下の安山岩以深と同様の構成となっている。

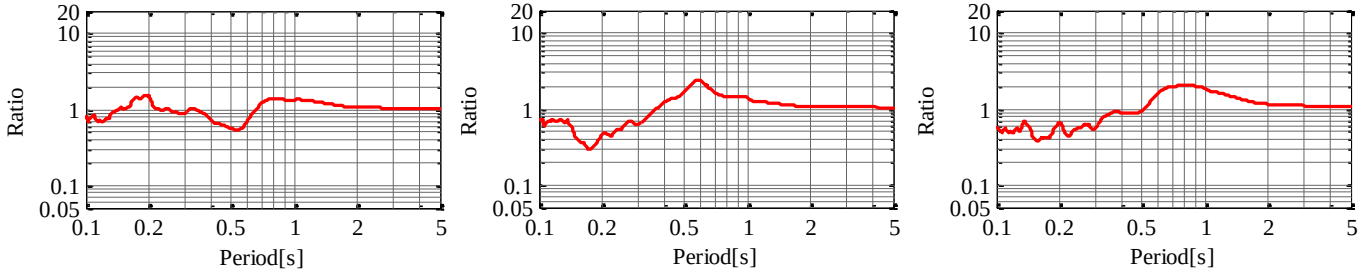


3. 3 敷地地盤の振動特性に関する検討

一部加筆修正（H26.3.12審査会合資料）

③ 安山岩等による影響検討

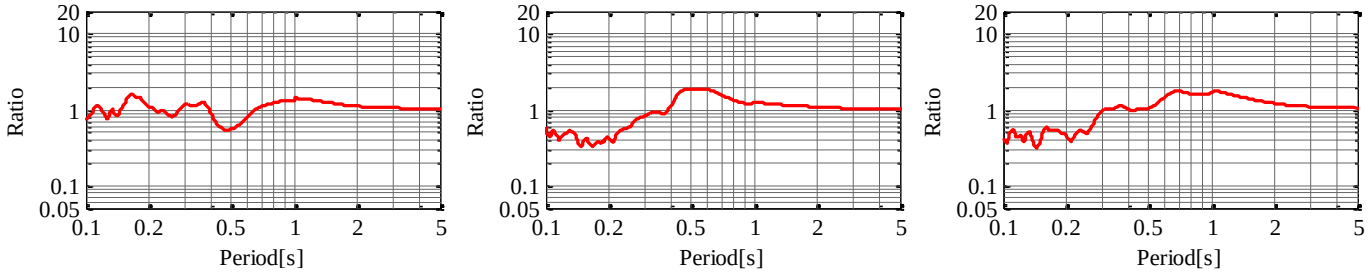
NS方向



①標高－90m/標高－250m　②標高＋2.3m/標高－90m　③標高＋2.3m/標高－250m

フーリエスペクトル比平均

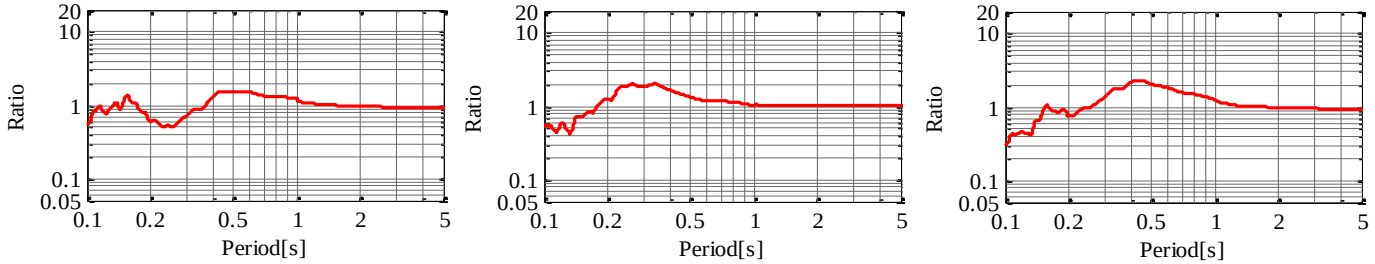
EW方向



①標高－90m/標高－250m　②標高＋2.3m/標高－90m　③標高＋2.3m/標高－250m

フーリエスペクトル比平均

UD方向



①標高－90m/標高－250m　②標高＋2.3m/標高－90m　③標高＋2.3m/標高－250m

フーリエスペクトル比平均

○3号炉側の地盤に分布している安山岩およびD級岩盤により短周期側の地震動が増幅しないことを確認した。

3号炉観測点　鉛直アレー観測点間のフーリエスペクトル比

3. 3 敷地地盤の振動特性に関する検討

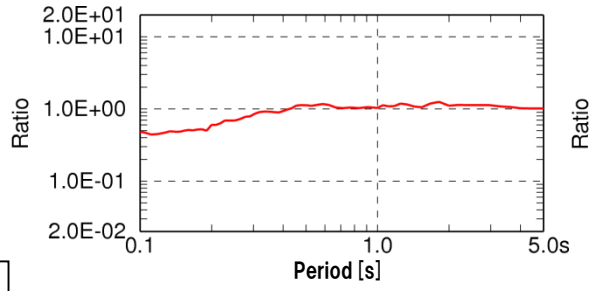
一部加筆修正（H26.3.12審査会合資料）

④ 1号炉観測点と3号炉観測点との比較

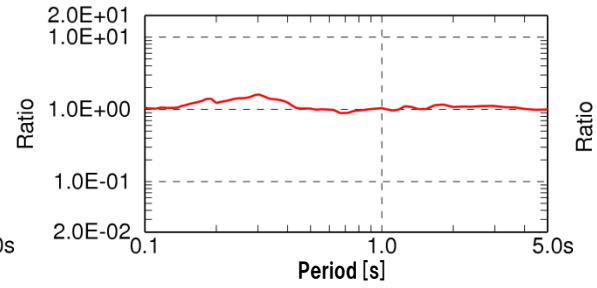
○1，2号炉および3号炉の両観測点で観測された7地震の地震記録に基づき，同深度観測点の応答スペクトルの比較を行い，両観測点の地震動の関係を確認する。

深度別応答スペクトル比

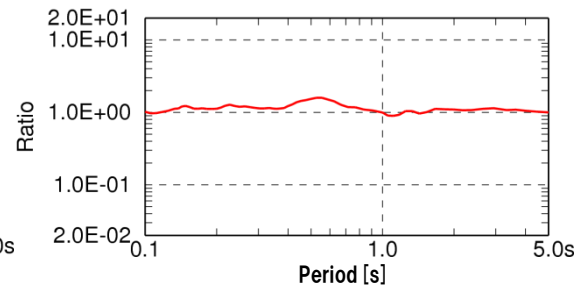
水平方向



標高＋2.3m

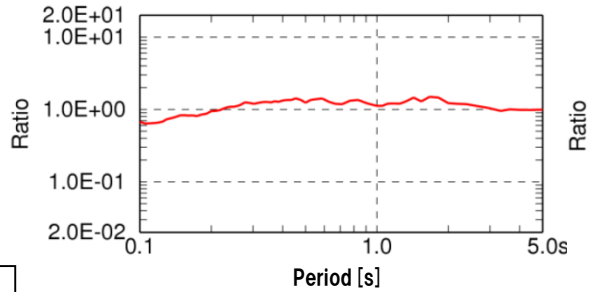


標高－90m

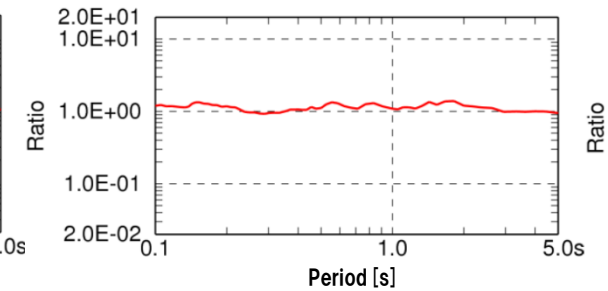


標高－250m

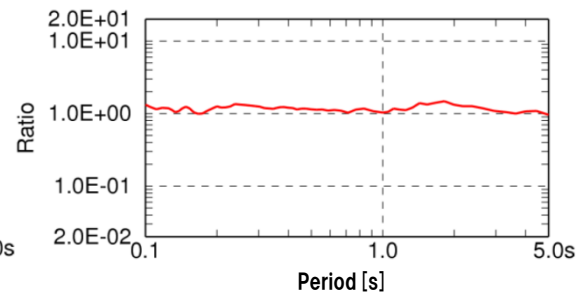
鉛直方向



標高＋2.3m



標高－90m



標高－250m

※ 深度別応答スペクトル比
（3号炉観測点/1，2号炉観測点）の平均

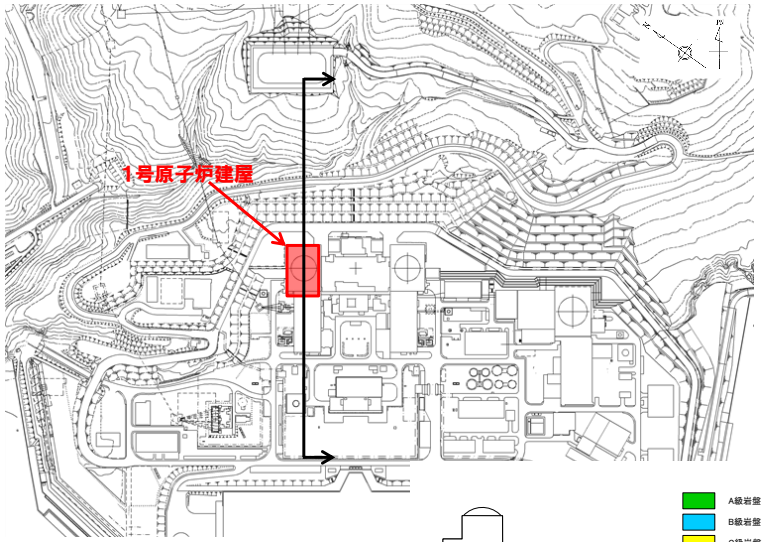
○1，2号炉観測点および3号炉観測点の応答スペクトル比より，標高－250m観測点および標高－90m観測点では，両観測点の応答スペクトルは，ほぼ同程度と考えられる。
○また，標高＋2.3m観測点では，安山岩中である3号炉観測点の短周期側の地震動が増幅しないものと考えられる。

3. 3 敷地地盤の振動特性に関する検討

一部加筆修正（H26.3.12審査会合資料）

⑤ 傾斜構造，入射角，入射方位角による影響検討

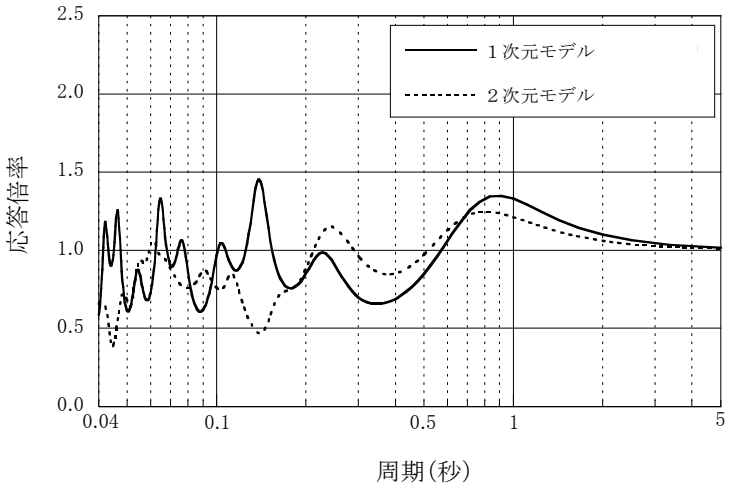
○傾斜構造となっている1号原子炉建屋を通る海山断面について，1次元地盤モデルおよび2次元地盤モデルの伝達関数は，ほぼ同程度か，短周期側で1次元地盤モデルの伝達関数が大きめとなっていることから，敷地地盤の傾斜構造による振動特性の影響は若干あると思われるが，地震動評価に大きな影響を及ぼすものではないと考えられる。



1次元地盤モデル

2次元地盤モデル

※速度は，Vsを表す
※側面の境界条件：エネルギー伝達境界
※底面の境界条件：粘性境界



1号炉心直下　伝達関数

地盤物性値

	密度ρ (g/cm³)	S波速度 Vs(km/s)	P波速度 Vp(km/s)	Q値
A級岩盤	2.2	1.5	3.2	100
B級岩盤	2.1	1.3	2.7	100
C級岩盤	1.9	1.1	2.4	100
D級岩盤	1.9	0.76	1.7	100

3. 3 敷地地盤の振動特性に関する検討

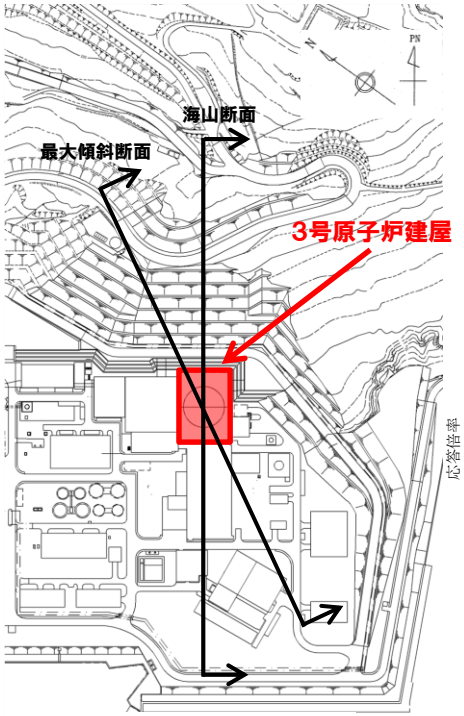
一部加筆修正（H26.3.12審査会合資料）

⑤ 傾斜構造，入射角，入射方位角による影響検討

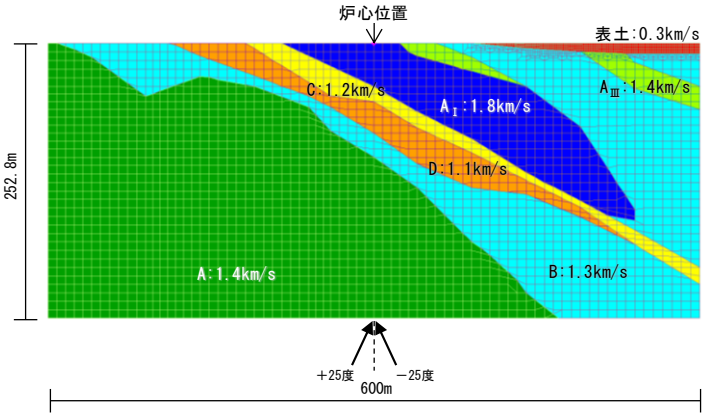
○3号炉地盤における振動特性について，海山断面モデルと最大傾斜断面モデルの2次元地盤モデルを用いて伝達関数を比較した結果，海山断面と最大傾斜断面には特異な増幅特性はみられず，ほぼ同様の振動特性を示している。

地盤物性値

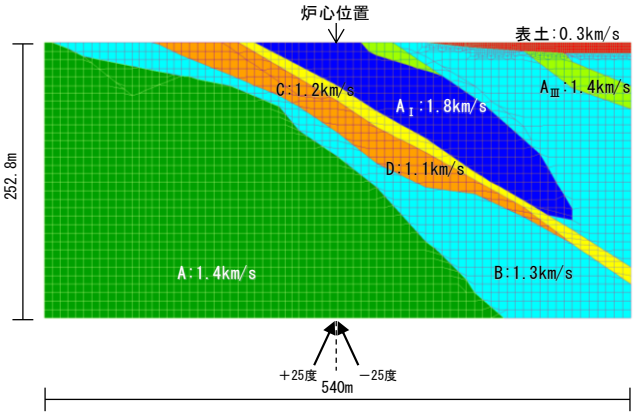
	密度ρ (g/cm³)	S波速度 Vs(km/s)	P波速度 Vp(km/s)	Q値
A_I級岩盤	2.67	1.8	3.8	100
A_{III}級岩盤	2.62	1.4	2.9	100
A級岩盤	2.20	1.4	3.0	100
B級岩盤	2.19	1.3	2.7	100
C級岩盤	2.01	1.2	2.5	100
D級岩盤	1.81	1.1	2.4	100
表土	1.81	0.3	0.73	50



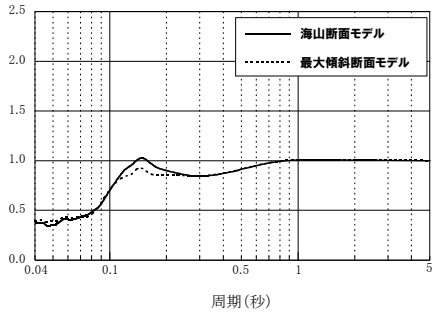
3号炉地盤モデル（断面位置）



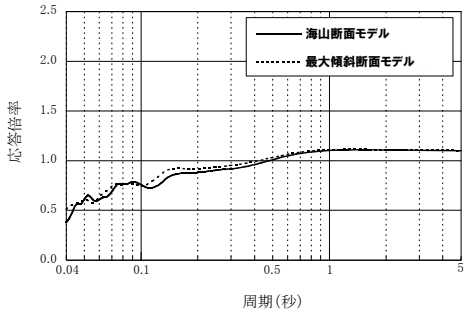
2次元地盤モデル（海山断面）



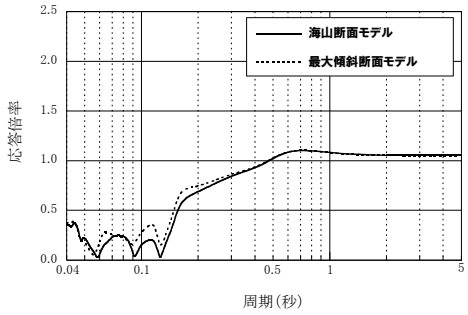
2次元地盤モデル（最大傾斜断面）



3号炉心直下 伝達関数（鉛直入射）



3号炉心直下 伝達関数（＋25度）



3号炉心直下 伝達関数（－25度）

3. 敷地地盤の振動特性

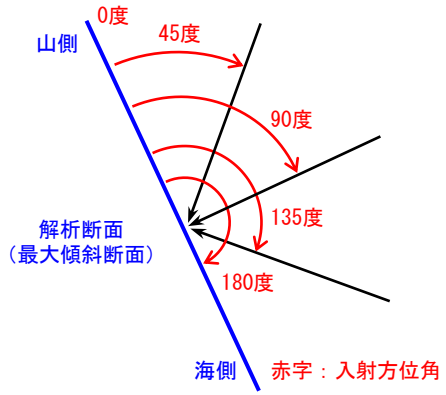
3.3 敷地地盤の振動特性に関する検討

46

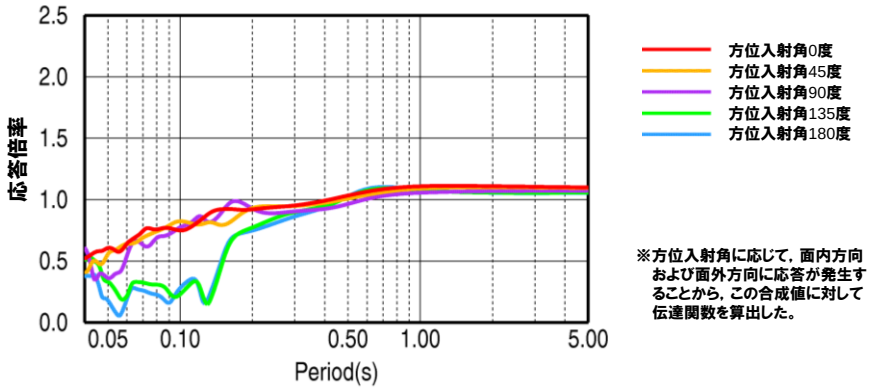
一部加筆修正（H26.3.12審査会合資料）

⑤ 傾斜構造，入射角，入射方位角による影響検討

○3号原子炉建屋を通る最大傾斜断面の2次元地盤モデルを用いて，入射角および方位入射角を同時に考慮し，SV波におけるモデル下端に対する炉心直下地表面の伝達関数（2E／2E）を算出して比較検討した結果，方位入射を全周に亘って考慮した場合，振動特性に違いはあるものの，方位入射の影響により応答が大きく増幅する傾向はみられない。

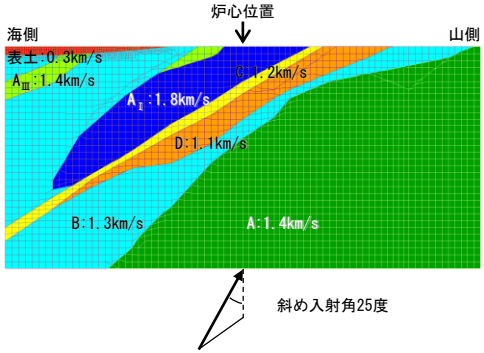


方位入射角



※方位入射角に応じて，面内方向および面外方向に応答が発生することから，この合成値に対して伝達関数を算出した。

SV波入射　伝達関数



※速度は，Vsを表す
※側面の境界条件：エネルギー伝達境界
※底面の境界条件：粘性境界

地盤モデル（最大傾斜断面）

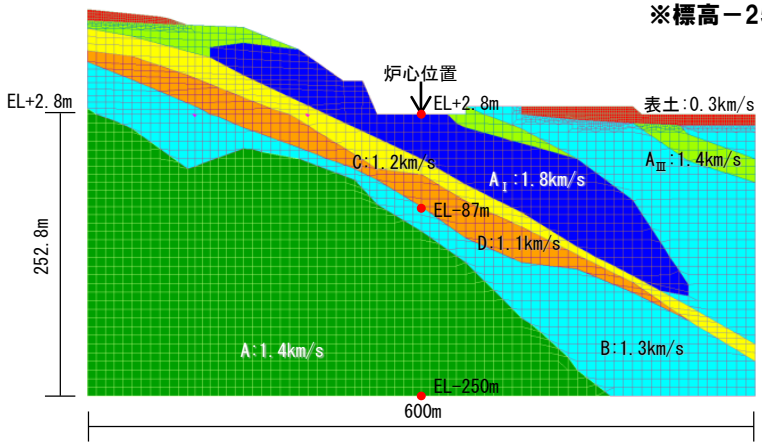
3. 3 敷地地盤の振動特性に関する検討

一部加筆修正（H26.3.12審査会合資料）

⑥ 観測記録と解析による検討の比較

○3号原子炉建屋を通る海山断面に3号炉後背斜面を考慮した2次元地盤モデルを用いて，地震計設置位置に対応する伝達関数（E＋F／E＋F※）と観測記録より得られる伝達関数（E＋F／E＋F）を比較検討した結果，3号炉2次元地盤モデルは，解析上，ピーク値等の特性が顕著に表れる傾向にあるが，観測記録の特徴を概ね捉えられているものと考えられる。

※標高－250m位置のE＋Fは，境界条件（粘性境界）による影響が小さいことから，モデル下端でのE＋Fとした。



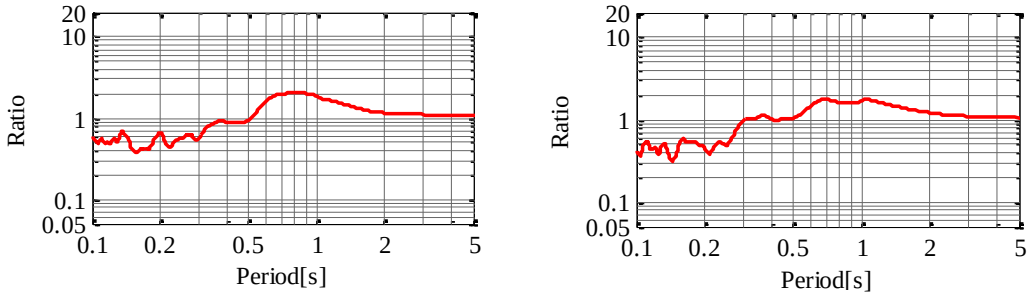
2次元地盤モデル
（後背斜面モデル）

※速度は，Vsを表す
※側面の境界条件：エネルギー伝達境界
※底面の境界条件：粘性境界
※入射角は，鉛直入射とする

地盤物性値

	密度ρ (g/cm^3)	S波速度 Vs(km/s)	P波速度 Vp(km/s)	Q値
A$_{I}$級岩盤	2.67	1.8	3.8	100
A$_{III}$級岩盤	2.62	1.4	2.9	100
A級岩盤	2.20	1.4	3.0	100
B級岩盤	2.19	1.3	2.7	100
C級岩盤	2.01	1.2	2.5	100
D級岩盤	1.81	1.1	2.4	100
表土	1.81	0.3	0.73	50

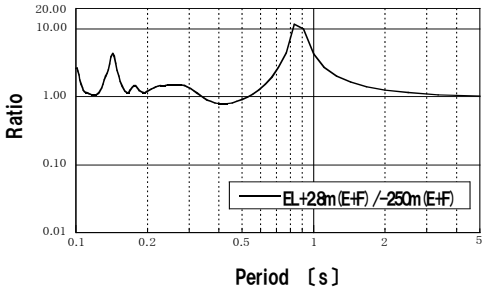
観測記録による伝達関数



NS方向　　EW方向

3号観測点　フーリエスペクトル比（標高＋2.3m/－250m）

3号炉地盤モデルによる伝達関数



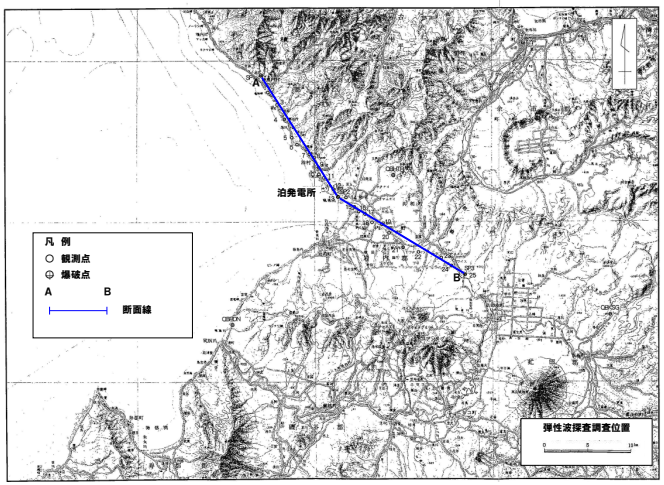
3号炉地盤モデル（後背斜面モデル）伝達関数

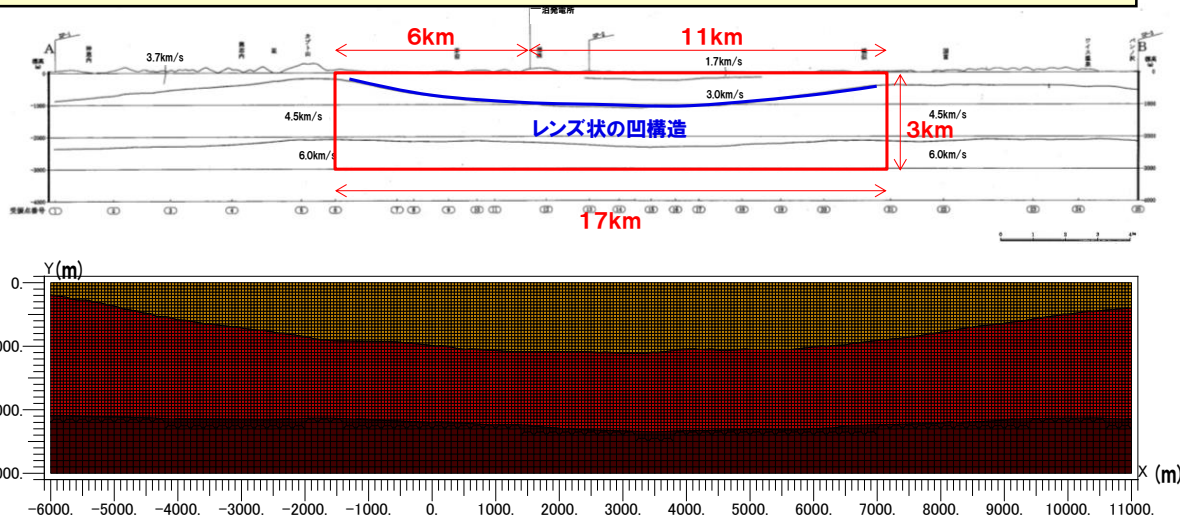
3. 3 敷地地盤の振動特性に関する検討

一部加筆修正（H26.3.12審査会合資料）

⑦ フォーカシングに関する検討

○泊発電所敷地を含む領域のP波速度3.0km/s層と4.5km/s層の境界において，緩やかな傾斜ではあるがレンズ状の凹構造の地盤がみられることから，敷地周辺で実施した弾性波探査結果による断面を用いて2次元地盤モデルによる解析検討を実施した。

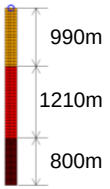




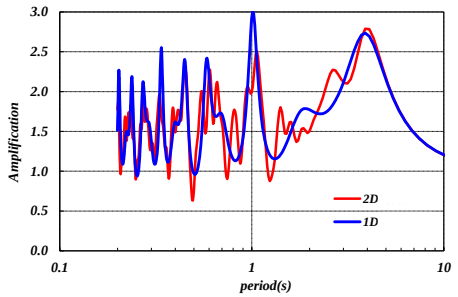
泊発電所

2次元FEMモデル

	P波速度 Vp（m/s）	S波速度 Vs（m/s）	密度 ρ（g/cm3）	Q値
	3000	1300	2.3	100
	4500	2400	2.5	100
	6000	3700	2.7	150
―	6000	3700	2.7	150



泊発電所位置
1次元モデル



伝達関数

○2次元FEMモデルと1次元モデルを比較した結果，泊発電所位置での水平方向の伝達関数は同様の傾向となっており，レンズ状の凹構造による特異な傾向はみられない。

3. 敷地地盤の振動特性

3．4　地震動評価に用いる地下構造モデルの検討

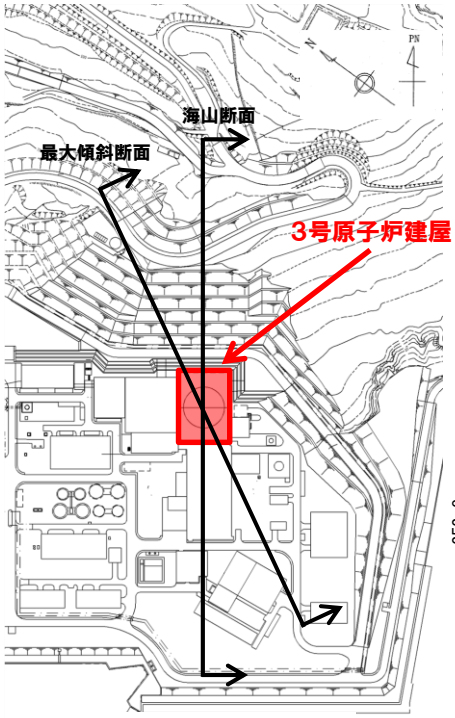
再掲（H27.12.25審査会合資料）

敷地地盤の振動特性に関する検討　まとめ

○地震動評価に用いる地下構造モデルとして，敷地全体に分布する火砕岩類に基づいた1次元モデルを設定した。
○しかしながら，敷地全体に傾斜構造がみられること，3号炉地盤に安山岩およびD級岩盤が局所的に存在することから，観測記録を用いた振動特性に関する検討，および，2次元FEMにより敷地地盤をモデル化し，振動特性に関する検討を実施した。

○敷地地盤の構造の特徴（傾斜構造，安山岩等の分布）を踏まえ，振動特性評価を実施した結果，地質構造の特徴，入射方向等による振動特性への影響はみられるものの，特異な増幅はみられないことを確認した。
○特に安山岩により短周期側の応答が低減されることを確認した。

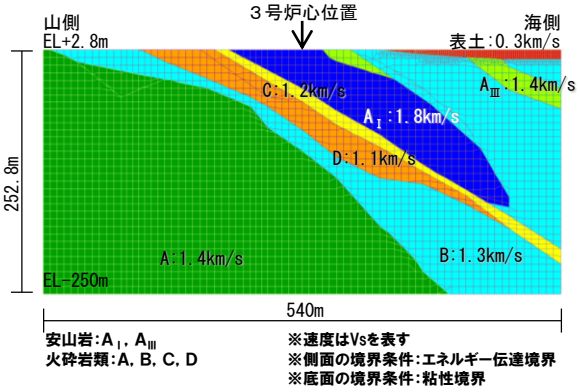
地震動評価モデルへの展開



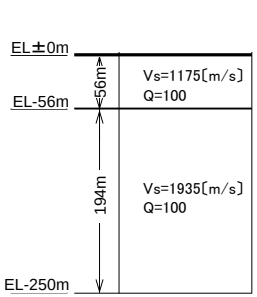
3号炉地盤モデル（断面位置）

○地震動評価に用いる地盤モデルは，安全側の配慮として，「3号炉地盤に局所的に存在する安山岩による応答の低減効果」を考慮しない。

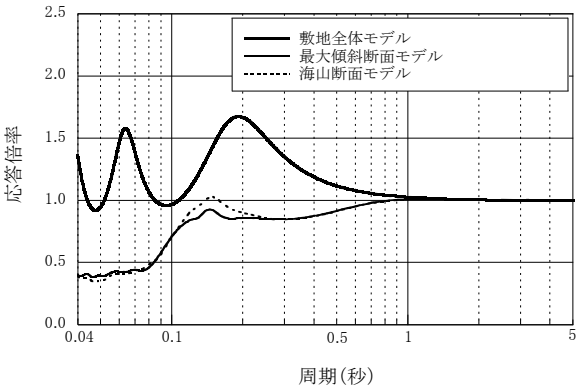
○2次元FEMにより敷地地盤をモデル化した最大傾斜断面モデルの伝達関数は，1次元モデル（敷地全体モデル）の伝達関数と比較して，概ね同程度以下となっている。
○敷地全体に分布する火砕岩類に基づいた1次元モデル（敷地全体モデル）を安全側のモデルとして採用する。



3号炉地盤モデル（最大傾斜断面）



敷地全体モデル



各地盤モデルによる伝達関数

50

４．敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

4. 1 検討用地震の選定

51

一部加筆修正（H27.12.25審査会合資料）

検討用地震の選定方針

＜敷地に大きな影響を及ぼす地震の選定＞

○被害地震および活断層による地震を以下の地震発生様式毎に分類し，敷地に大きな影響を及ぼす地震を選定

- 内陸地殻内地震
- 内陸地殻内地震（日本海東縁部の地震）※
- 海洋プレート内地震
- プレート間地震
- 火山性の地震

↓

＜敷地に与える影響を比較＞

○地震発生様式毎に距離減衰式を用いて，敷地で想定される地震動を比較

○距離減衰式には，Noda et al.（2002）を使用

↓

＜検討用地震の選定＞

○地震発生様式を考慮して敷地に特に大きな影響を及ぼすと考えられる地震を検討用地震として選定

- 応答スペクトルに基づく地震動評価
- 断層モデルを用いた手法による地震動評価

※地震調査委員会（2003）における北海道北西沖から佐渡島北方沖にかかる領域の地震を対象とする。日本海東縁部で発生する地震は，防災科学技術研究所他によって行われたひずみ集中帯の重点的調査観測・研究プロジェクトおよび染井ほか（2010）において，内陸地殻内地震と震源特性について類似性が指摘されていることから，内陸地殻内地震として分類し，1993年北海道南西沖地震の震源域等の知見を地震動評価において考慮することとして，内陸地殻内地震（日本海東縁部の地震）とする。

4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

4. 1 検討用地震の選定

一部加筆修正 (H27.12.25審査会合資料)

敷地に大きな影響を及ぼす地震の選定

○地震の分類

「1. 敷地周辺の地震発生状況」および「2. 敷地周辺の活断層の分布」で整理した被害地震および活断層を「内陸地殻内地震」，「内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)」，「海洋プレート内地震およびプレート間地震」，「火山性の地震」に分類する。

○敷地に大きな影響を及ぼす地震の選定

気象庁震度階級関連解説表によると，地震により建物等に被害が発生するのは震度5弱(1996年以前は，震度Ⅴ)程度以上であることから，敷地に大きな影響を及ぼす地震として，敷地周辺における揺れが震度5弱(震度Ⅴ)程度以上のものを選定する。

● 木造建物（住宅）の状況

震度階級	木造建物(住宅)	
	耐震性が高い	耐震性が低い
5弱	—	壁などに軽微なひび割れ・亀裂がみられることがある。
5強	—	壁などにひび割れ・亀裂がみられることがある。
6弱	壁などに軽微なひび割れ・亀裂がみられることがある。	壁などのひび割れ・亀裂が多くなる。 壁などに大きなひび割れ・亀裂が入ることがある。 瓦が落下したり，建物が傾いたりすることがある。倒れるものもある。
6強	壁などにひび割れ・亀裂がみられることがある。	壁などに大きなひび割れ・亀裂が入るものが多くなる。 傾くものや，倒れるものが多くなる。
7	壁などのひび割れ・亀裂が多くなる。 まれに傾くことがある。	傾くものや，倒れるものがさらに多くなる。

(注1) 木造建物(住宅)の耐震性により2つに区分けした。耐震性は、建築年代の新しいものほど高い傾向があり、概ね昭和56年(1981年)以前は耐震性が低く、昭和57年(1982年)以降には耐震性が高い傾向がある。しかし、構法の違いや壁の配置などにより耐震性に幅があるため、必ずしも建築年代が古いというだけで耐震性の高低が決まるものではない。既存建築物の耐震性は、耐震診断により把握することができる。

(注2) この表における木造の壁のひび割れ、亀裂、損壊は、土壁(割り竹下地)、モルタル仕上壁(ラス、金網下地を含む)を想定している。下地の弱い壁は、建物の変形が少ない状況でも、モルタル等が剥離し、落下しやすくなる。

(注3) 木造建物の被害は、地震の際の地震動の周期や継続時間によって異なる。平成20年(2008年)岩手・宮城内陸地震のように、震度に比べ建物被害が少ない事例もある。

● 鉄筋コンクリート造建物の状況

震度階級	鉄筋コンクリート造建物	
	耐震性が高い	耐震性が低い
5強	—	壁、梁(はり)、柱などの部材に、ひび割れ・亀裂が入ることがある。
6弱	壁、梁(はり)、柱などの部材に、ひび割れ・亀裂が入ることがある。	壁、梁(はり)、柱などの部材に、ひび割れ・亀裂が多くなる。
6強	壁、梁(はり)、柱などの部材に、ひび割れ・亀裂が多くなる。	壁、梁(はり)、柱などの部材に、斜めや X 状のひび割れ・亀裂がみられることがある。 1階あるいは中間階の柱が崩れ、倒れるものがある。
7	壁、梁(はり)、柱などの部材に、ひび割れ・亀裂がさらに多くなる。 1階あるいは中間階が変形し、まれに傾くものがある。	壁、梁(はり)、柱などの部材に、斜めや X 状のひび割れ・亀裂が多くなる。 1階あるいは中間階の柱が崩れ、倒れるものが多くなる。

(注1) 鉄筋コンクリート造建物では、建築年代の新しいものほど耐震性が高い傾向があり、概ね昭和56年(1981年)以前は耐震性が低く、昭和57年(1982年)以降は耐震性が高い傾向がある。しかし、構造形式や平面的、立面的な耐震壁の配置により耐震性に幅があるため、必ずしも建築年代が古いというだけで耐震性の高低が決まるものではない。既存建築物の耐震性は、耐震診断により把握することができる。

(注2) 鉄筋コンクリート造建物は、建物の主体構造に影響を受けていない場合でも、軽微なひび割れがみられることがある。

気象庁震度階級関連解説表
気象庁，消防庁(2009)より抜粋

4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

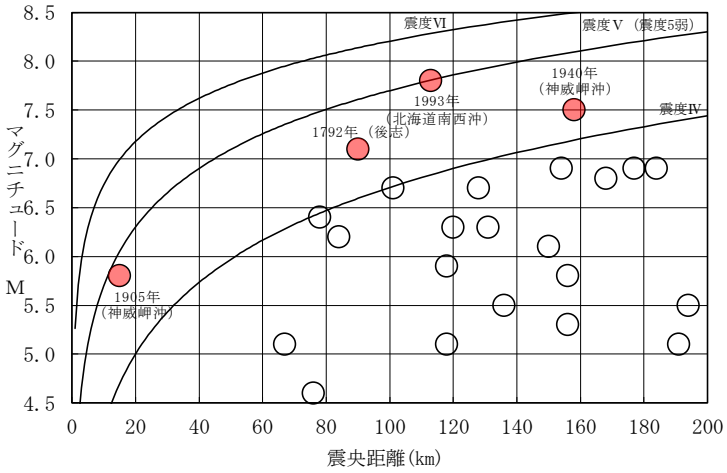
4. 1 検討用地震の選定

一部加筆修正（H27.12.25審査会合資料）

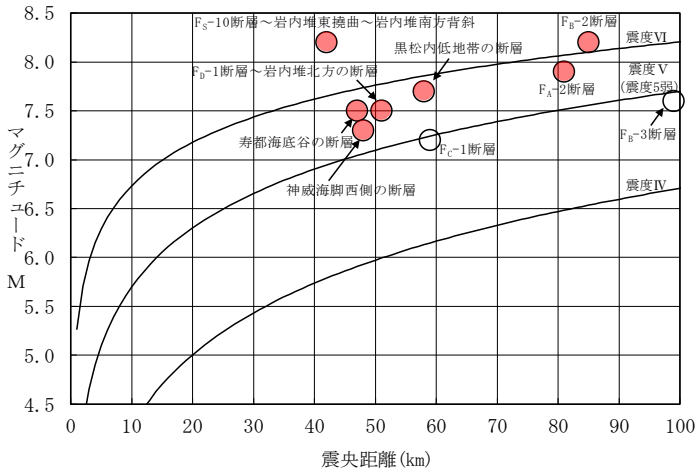
地震の分類

○敷地に大きな影響を及ぼす地震

気象庁震度階級関連解説表より震度5弱（1996年以前は，震度Ⅴ）程度以上の地震を発生様式別に分類して選定する。



敷地周辺の被害地震のマグニチュード－震央距離図



敷地周辺の活断層から想定される地震のマグニチュード－震央距離図

○内陸地殻内地震

被害地震については，地震の規模と震央距離との関係から敷地での震度がⅤ程度以上と推定される内陸地殻内地震はみられないが，震度Ⅳの領域にあって震度Ⅴに準ずる地震として1792年後志の地震および1905年神威岬沖の地震がある。

また，敷地に影響を及ぼすおそれのある活断層による地震として，神威海脚西側の断層，寿都海底谷の断層，黒松内低地帯の断層，F_A－2断層，F_S－10～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜およびF_D－1断層～岩内堆北方の断層による地震がある。

○内陸地殻内地震（日本海東縁部の地震）

被害地震については，地震の規模と震央距離との関係から敷地での震度がⅤ程度以上と推定される日本海東縁部の地震として，1993年北海道南西沖地震がある。また，震度Ⅳの領域にあって震度Ⅴに準ずる地震として1940年神威岬沖の地震がある。

敷地に影響を及ぼすおそれのある活断層による地震としてF_B－2断層による地震がある。

○プレート間地震および海洋プレート内地震

敷地での震度がⅤ程度以上と推定されるプレート間地震および海洋プレート内地震はみられない。

なお，過去に2003年十勝沖地震のようなプレート間地震および1993年釧路沖地震のような海洋プレート内の地震が発生しているが，敷地から300km以遠で発生した地震であり，敷地に影響を及ぼすような地震ではない。

また，太平洋プレートの沈み込みに伴う地震は，敷地周辺では約150km以深で発生している。

これらのことから，敷地周辺で発生するプレート間地震および海洋プレート内地震は，敷地に及ぼす影響が内陸地殻内地震および日本海東縁部の地震を上回るものではないと考えられる。

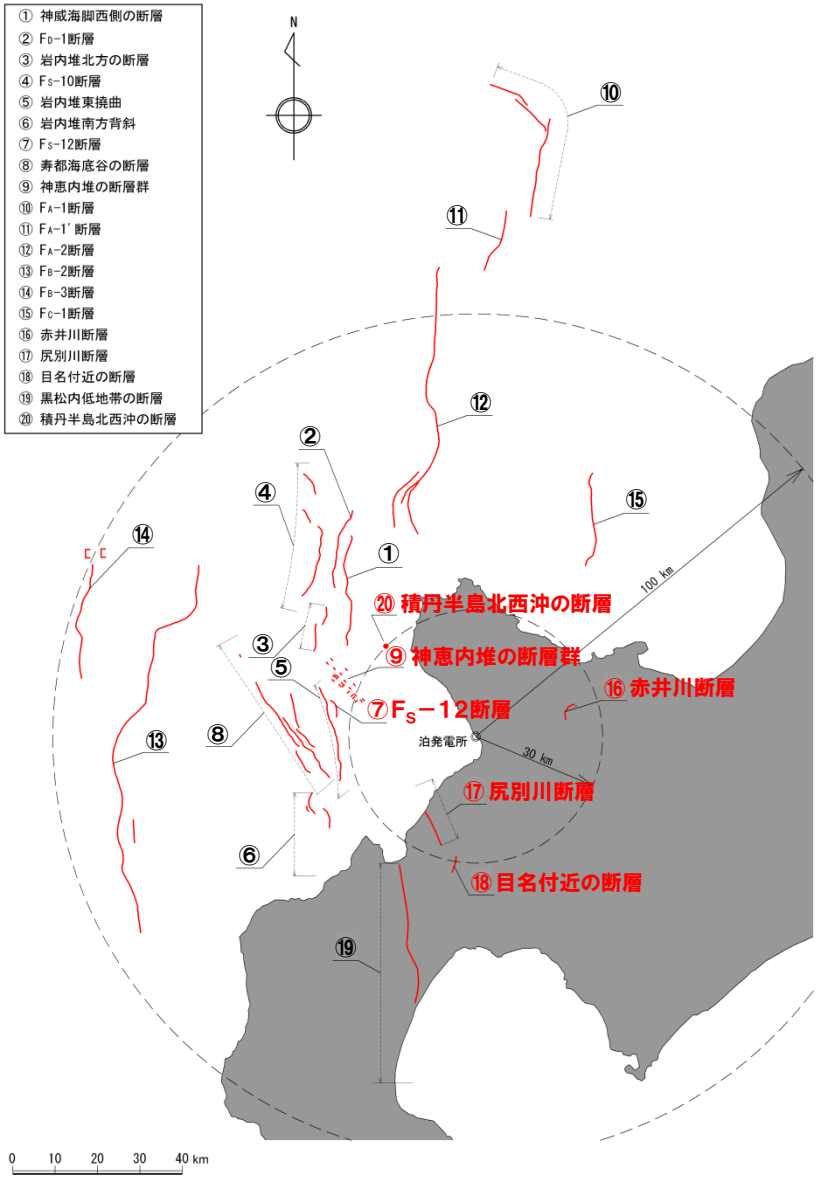
○火山性の地震

被害地震については，敷地周辺で過去に有珠山の噴火に関連すると想定されている1910年有珠山の地震が発生しているが，マグニチュード5.1，震央距離67kmの地震であり，敷地において震度Ⅳ未満の地震と推定されることから，敷地に影響を及ぼすような地震ではない。

4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動
4. 1 検討用地震の選定

一部加筆修正（H27.12.25審査会合資料）

孤立した短い活断層の取り扱い



【敷地内および敷地周辺の地質・地質構造調査に係る審査ガイド】
○孤立した短い活断層については，地表で認められる活断層長さが震源断層の長さを示さないことから，対象地域での地震発生層の厚さ，重力異常や地質断層を参考とした地下構造，地質構造を十分に考慮して，断層長さが設定される必要がある。

※地震発生層の上端深さを2km，下端深さを18km，その厚さを16kmとし，断層傾斜角45°を仮定した場合，地震発生層を飽和した震源断層の断層幅は，22.6kmとなる。したがって，ここでは，断層長さが22.6km以下の活断層を『孤立した短い活断層』として整理する。

○審査ガイドを踏まえて，ここでは，断層長さが22.6km以下の活断層を『孤立した短い活断層』として整理する。

断層の名称	断層長さ（km）	ﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞ※1 M	震央距離 Δ（km）
⑦FS－12断層	6.7	6.2	34
⑨神恵内堆の断層群	－	－	34
⑯赤井川断層	5	6.0	23
⑰尻別川断層	16	6.8	22
⑱目名付近の断層	5	6.0	31
⑳積丹半島北西沖の断層	－	－	30

※1：マグニチュードは松田（1975）による断層長さと地震のマグニチュードの関係式による
※：左図赤字は，孤立した短い活断層として整理する活断層

4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

4. 1 検討用地震の選定

一部加筆修正 (H27.12.25審査会合資料)

検討用地震の選定

○敷地に影響を及ぼす地震の発生様式は，内陸地殻内地震であり，逆断層を想定している。
○地震の規模と震央距離との関係から選定された内陸地殻内地震(「孤立した短い活断層」を含む。)および内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)について，Noda et al.(2002)の手法を用い，応答スペクトルに基づく地震動評価を行い，敷地に特に大きな影響を及ぼすと考えられる地震を検討用地震として選定する。
○なお，評価にあたっては，Noda et al.(2002)による内陸地殻内地震の補正係数は，考慮しない。

検討用地震選定のための内陸地殻内地震の諸元

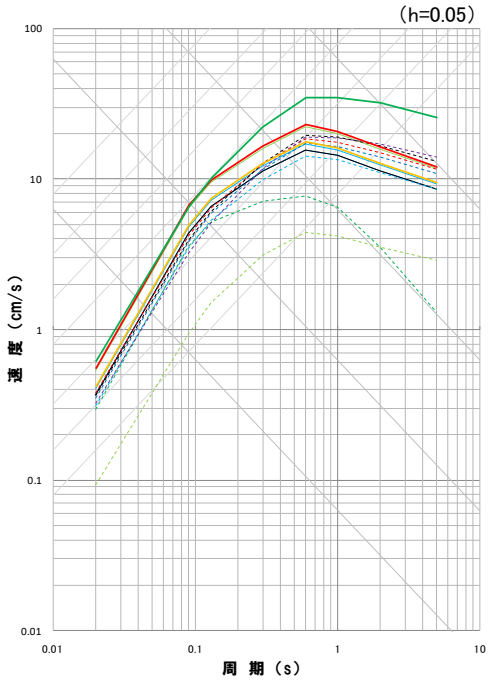
名称			断層長さ(km)	傾斜方向※1	マグニチュードM	震央距離Δ(km)	等価震源距離(km)※2
内陸地殻内地震		1905年神威岬沖の地震	—	—	5.8	15	16
		1792年後志の地震	—	—	7.1	90	92
		神威海脚西側の断層による地震	31.5	西傾斜	7.3※3	48	53
		F_D-1断層～岩内堆北方の断層による地震※4	39	—	7.5※3	51	57
		寿都海底谷の断層による地震	42	概ね東傾斜	7.5※3	47	54
		黒松内低地帯の断層による地震	51	西傾斜	7.7※3	58	66
		F_A-2断層による地震	65	西傾斜	7.9※3	81	90
		F_S-10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震※4	98	西傾斜	8.2※3	42	67
	孤立した短い活断層	赤井川断層による地震	22.6 (5)※5	—	7.1※3	23	29
		目名付近の断層による地震	22.6 (5)※5	西傾斜	7.1※3	31	36
		F_S-12断層による地震	22.6 (6.7)※5	西傾斜	7.1※3	34	38
		尻別川断層による地震	22.6 (16)※5	西傾斜	7.1※3	22	28
		神恵内堆の断層群による地震	22.6 (—)※5	—	7.1※3	34	38
		積丹半島北西沖の断層による地震	22.6 (—)※5	東傾斜	7.1※3	30	35
	日本海東縁部の地震	1940年神威岬沖の地震	—	—	7.5	158	159
		1993年北海道南西沖地震	—	—	7.8	113	122
		F_B-2断層による地震	101	西傾斜	8.2※3	85	100

※1 地質調査結果および各種知見より傾斜方向を推定
※2 円形断層を仮定して算定
※3 活断層による地震のマグニチュードは，松田(1975)による断層長さと地震のマグニチュードの関係式による
※4 一括もしくは連動の対象として評価
※5 ( )内は，地質調査結果に基づく断層長さ

4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動
4. 1 検討用地震の選定

一部加筆修正（H27.12.25審査会合資料）

内陸地殻内地震の応答スペクトルの比較



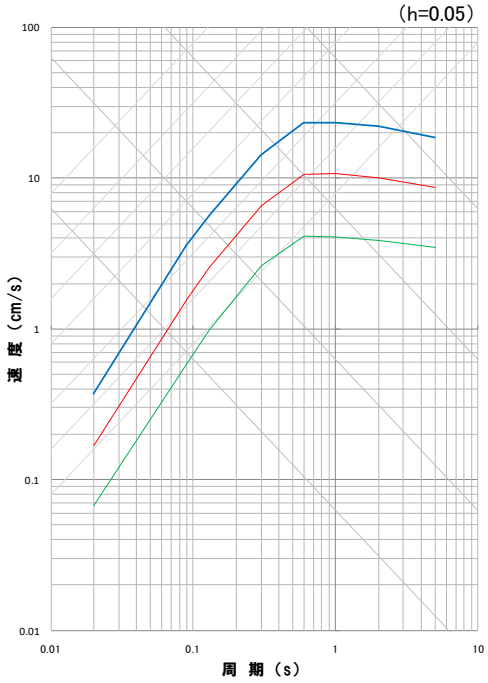
「尻別川断層による地震」および「F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震」の応答スペクトルが全周期帯で他の評価結果を包絡していることから，上記の2地震を検討用地震として選定する。

また，「積丹半島北西沖の断層による地震」の応答スペクトルが比較的大きく，断層の傾斜方向が敷地側であることから，この地震についても，上記の2地震に加えて検討用地震として選定する。

- 1905年神威岬沖の地震
- 1792年後志の地震
- 神威海脚西側の断層による地震
- F_D－1断層～岩内堆北方の断層による地震
- 寿都海底谷の断層による地震
- 黒松内低地帯の断層による地震
- F_A－2断層による地震
- F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震
- 赤井川断層による地震
- 目名付近の断層による地震
- F_S－12断層による地震
- 尻別川断層による地震
- 神恵内堆の断層群による地震
- 積丹半島北西沖の断層による地震

※ Noda et al.(2002)による応答スペクトルは，Vs=1.4km/sとして算定

内陸地殻内地震（日本海東縁部の地震）の応答スペクトルの比較



「F_B－2断層による地震」の応答スペクトルが全周期帯で他の評価結果を包絡していることから，上記の地震を検討用地震として選定する。

- 1940年神威岬沖の地震
- 1993年北海道南西沖地震
- F_B－2断層による地震

※ Noda et al.(2002)による応答スペクトルは，Vs=1.4km/sとして算定

4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

4. 2 地震発生層の設定

57

再掲（R3.7.30審査会合資料）

地震発生層の設定方針

内陸地殻内地震については，弾性波探査結果，微小地震分布等を総合的に判断して設定する。

○内陸地殻内地震
- 敷地周辺で実施した弾性波探査結果
- 地震調査委員会（2014）
- 敷地周辺のキュリー点深度（大久保（1984））
- 微小地震分布（敷地周辺におけるD10－D90評価）

内陸地殻内地震（日本海東縁部の地震）については，日本海東縁部の地震に関する知見が得られており，内陸地殻内地震とは異なる傾向であることから，その知見や微小地震分布を踏まえて設定する。

○内陸地殻内地震（日本海東縁部の地震）
- 1993年北海道南西沖地震における断層モデル（Mendoza and Fukuyama（1996））
- 微小地震分布（F_B－2断層周辺におけるD10－D90評価）

4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

4. 2 地震発生層の設定

58

一部加筆修正（H27.12.25審査会合資料）

地震発生層の設定（内陸地殻内地震）

○地震発生層の設定にあたっては，敷地周辺で実施した弾性波探査結果，微小地震分布等を総合的に判断して設定する。

○敷地周辺で実施した弾性波探査結果
地震基盤とみなせる層の上端深さ 2.2km

○地震調査委員会（2014）※黒松内低地断層帯の評価を参照
地震発生層上端深さ ： 2km
地震発生層下端深さ ：15km

○敷地周辺のキュリー点深度（大久保（1984））
地震発生層の下端の目安とされる，キュリー点深度の1.5倍の深度：約10～15km

○微小地震分布（敷地周辺におけるD10－D90評価）
D10：3.9km，D90：13.8km

↓

○敷地周辺の地震発生層
上端深さ3km程度，下端深さ15km程度と想定

↓

※上端深さについては，地震動評価においては2.2kmと考えられるが，地震調査委員会（2014）を踏まえ，2kmと設定

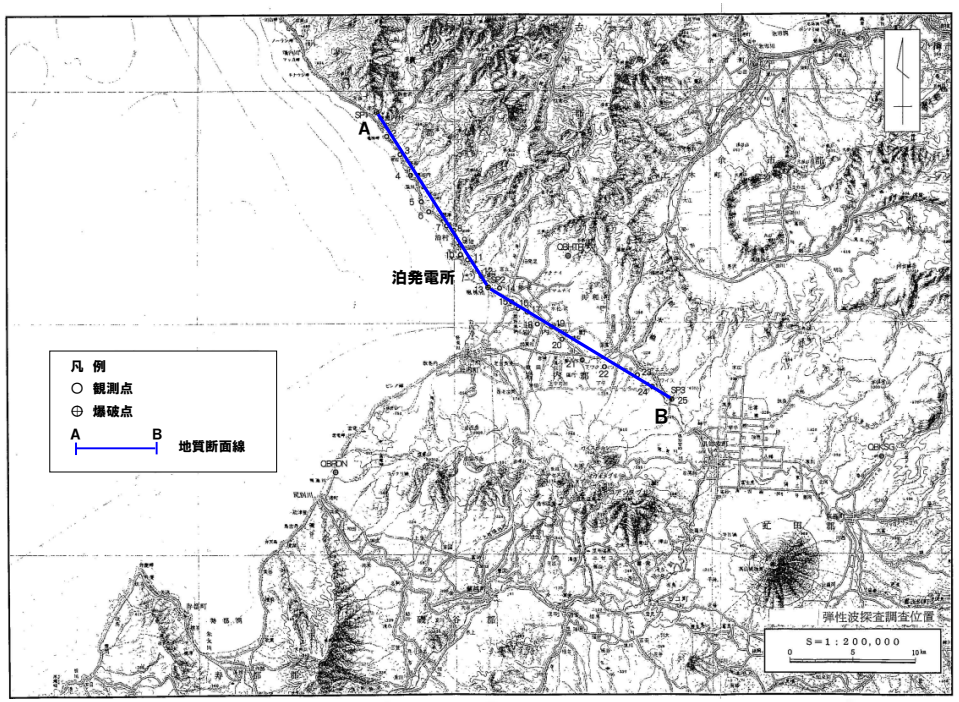
※下端深さについては，孤立した短い活断層において，傾斜角45°を仮定した場合，M_0＝7.5×10^{18}N･mを下回ることから，これを上回るように安全側に18kmと設定

○地震動評価においては，安全側に上端深さ2km，下端深さ18kmと設定
（地震発生層厚さ16km）

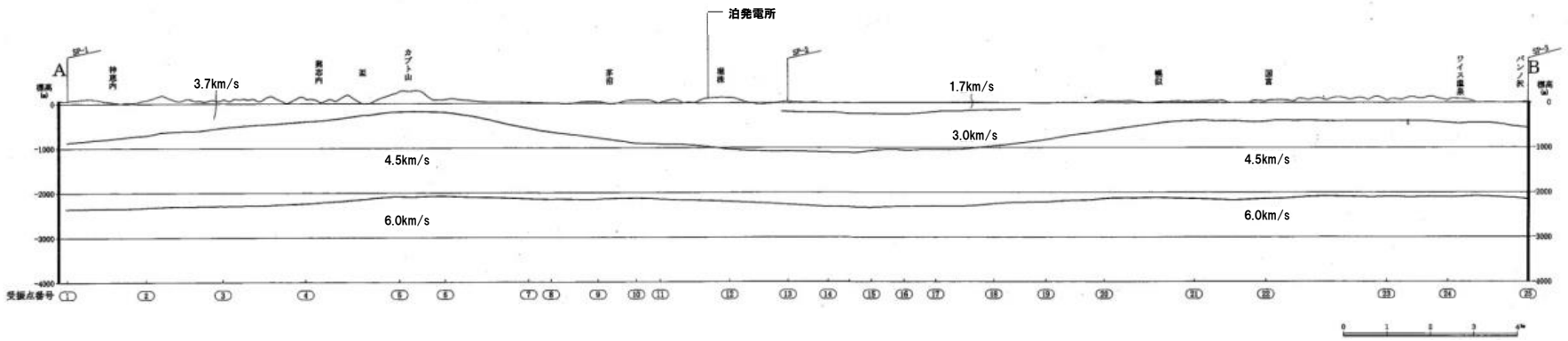
4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動
4．2　地震発生層の設定

再掲（H27.12.25審査会合資料）

敷地周辺で実施した弾性波探査結果



○地震基盤とみなせる層の上端深さ
標高－2200mで地震基盤とみなせるP波速度6km/s（S波速度3.7km/s相当）の層に到達

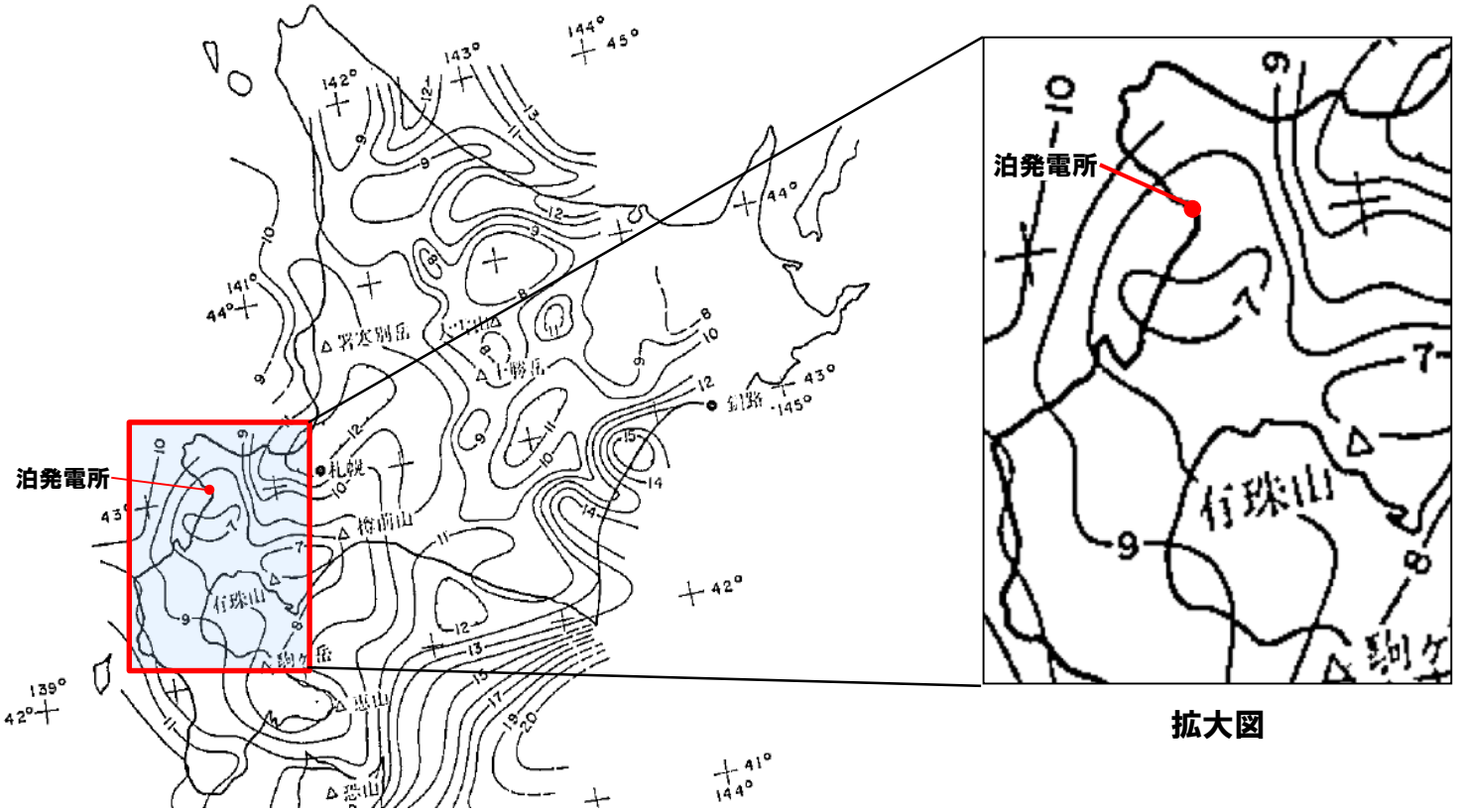


4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

4. 2 地震発生層の設定

再掲（H27.12.25審査会合資料）

キュリー点深度分布（大久保（1984）より抜粋）



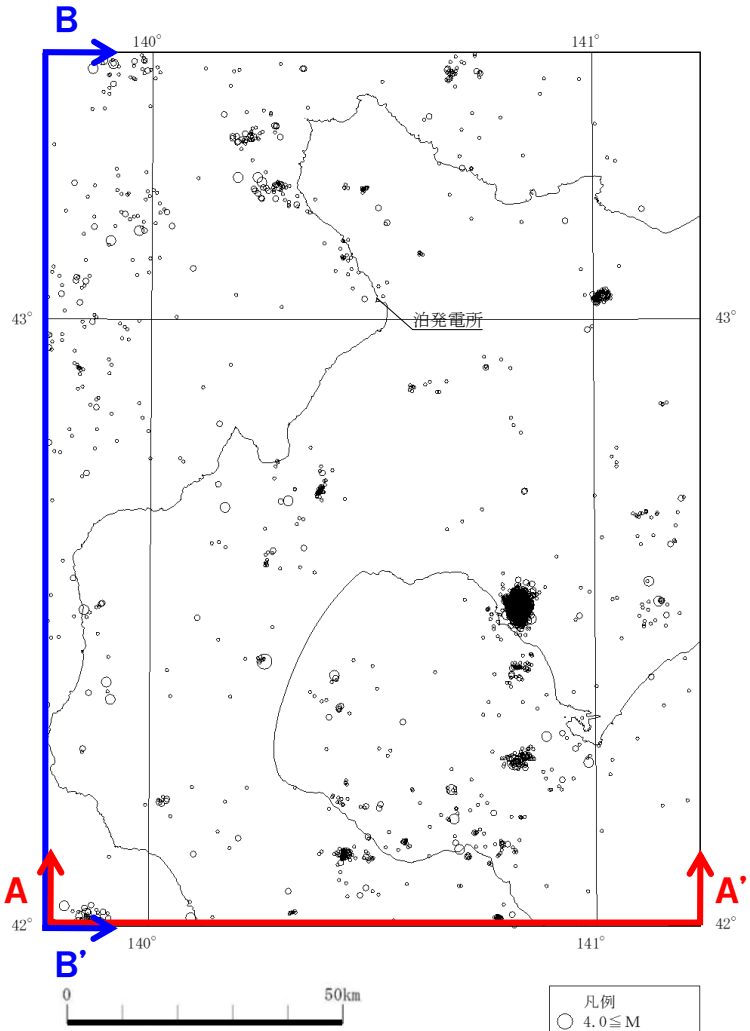
キュリー点深度分布（大久保（1984）に一部加筆）

○敷地周辺のキュリー点深度
敷地周辺のキュリー点深度：約7～10km程度
⇒キュリー点深度の1.5倍の深度：約10～15km程度

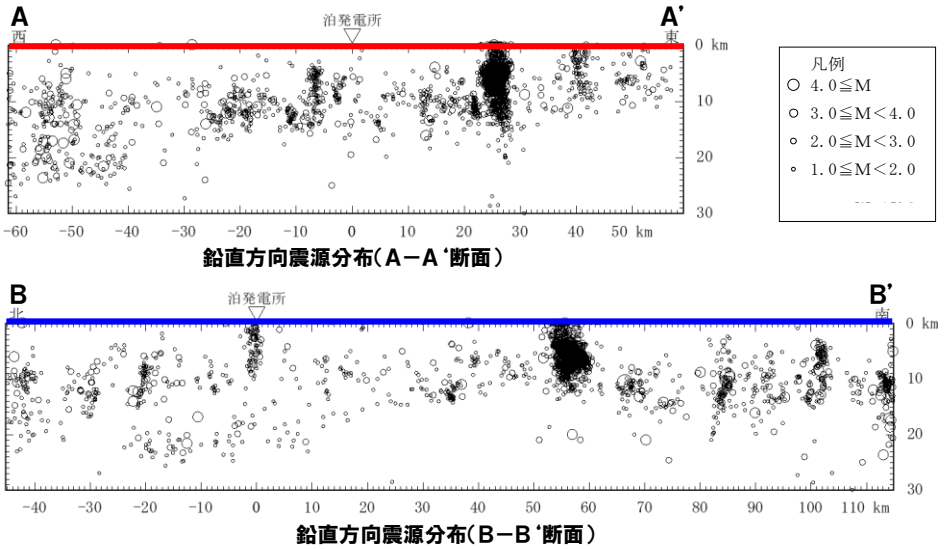
4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動
4．2　地震発生層の設定

一部加筆修正（H27.12.25審査会合資料）

敷地周辺におけるD10－D90評価

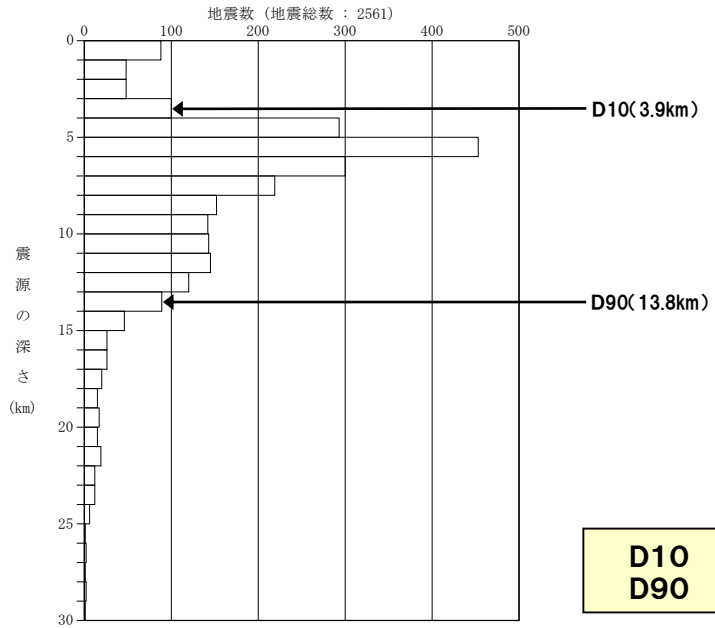


気象庁で観測された地震の震央分布および震源鉛直分布
（深さ30km以浅，M≧1）
（1983年1月～2012年12月）
〔「気象庁地震カタログ」より作成〕



鉛直方向震源分布（A－A'断面）

鉛直方向震源分布（B－B'断面）



D10	3.9km
D90	13.8km

4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

4. 2 地震発生層の設定

62

再掲（R3.7.30審査会合資料）

地震発生層の設定（内陸地殻内地震（日本海東縁部の地震））

○地震発生層の設定にあたっては，日本海東縁部の地震に関する知見および微小地震分布を踏まえて設定する。

○1993年北海道南西沖地震における断層モデル（Mendoza and Fukuyama（1996））
地震発生層上端深さ ： 5km
地震発生層下端深さ ：40km

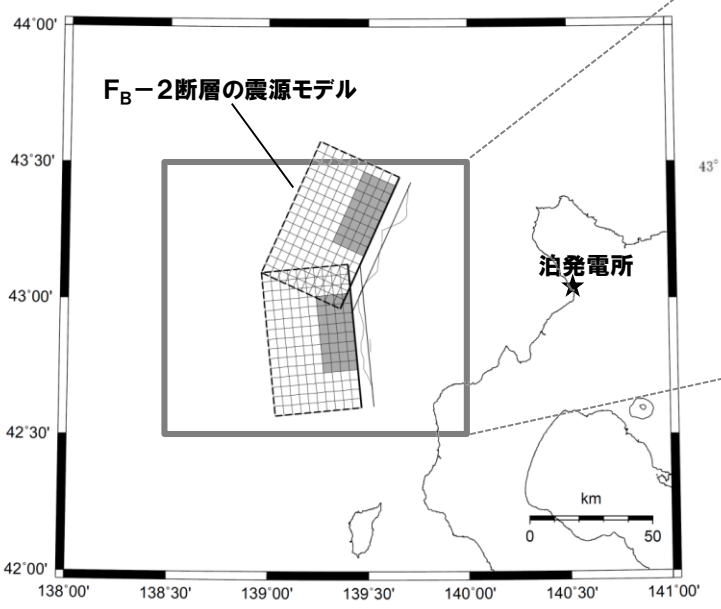
○微小地震分布（F_B－2断層周辺におけるD10－D90評価）
D10：7.0km，D90：33.0km

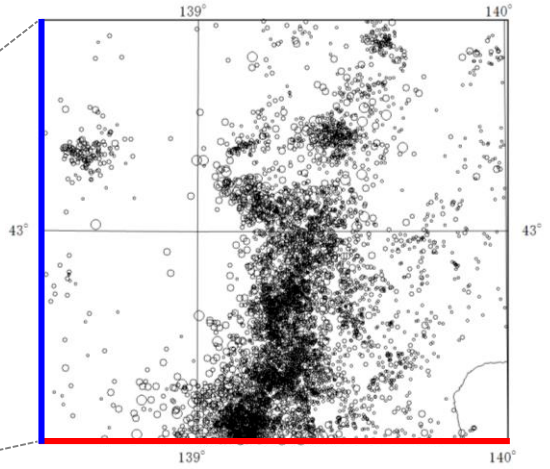
↓

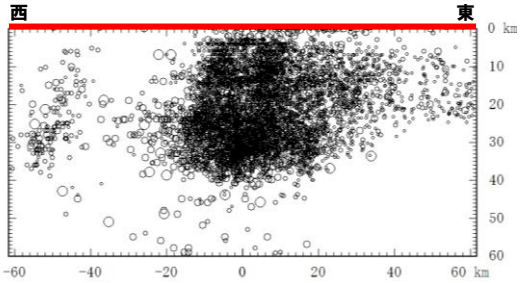
○地震動評価においては，上端深さ5km，下端深さ40kmと設定
（地震発生層厚さ35km）

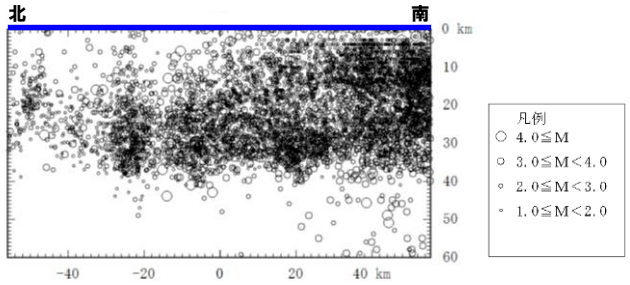
一部加筆修正（H27.12.25審査会合資料）

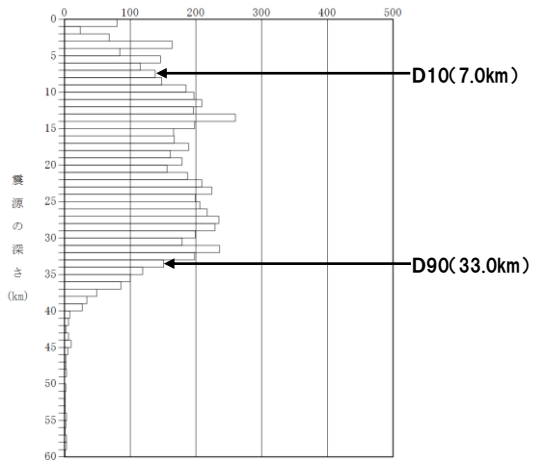
F_B－2断層周辺におけるD10－D90評価











気象庁で観測された地震の震央分布および震源鉛直分布
（深さ60km以浅，M≧1）
（1983年1月～2012年12月）
［「気象庁地震カタログ」より作成］

D10	7.0km
D90	33.0km

4. 3 検討用地震の地震動評価

一部加筆修正 (H27.12.25審査会合資料)

検討用地震の地震動評価手法

検討用地震の地震動評価は，「応答スペクトルに基づく地震動評価」および「断層モデルを用いた手法による地震動評価」の双方を実施

○基本震源モデルの設定にあたっては，複数の方法により断層パラメータを評価し，主要な断層パラメータの比較から，地震動評価に与える影響が大きいと考えられる方法を採用する。

○応答スペクトルに基づく地震動評価手法について

- 解放基盤表面における水平および鉛直方向の地震動評価ができること，震源の拡がりを考慮できること，地震観測記録を用いて諸特性（地域特性等）を考慮できることから，Noda et al.（2002）の方法を用いる。
- 内陸地殻内地震については，内陸地殻内で発生した適切な地震観測記録が得られていないことから，Noda et al.（2002）の方法に従って求めた地盤増幅率を用いて応答スペクトルを補正する。なお，内陸地殻内地震の補正係数は安全側に考慮しない。
- 内陸地殻内地震（日本海東縁部の地震）については，日本海東縁部で発生した1993年北海道南西沖地震等の地震観測記録が得られていることから，観測記録を基にNoda et al.（2002）による応答スペクトルに対する比率を求め，日本海東縁部の地震の補正係数として用いる。
- 地震規模は，松田式により算定するが，異なる関係式により算定した結果も踏まえて評価する。

○断層モデルを用いた手法による地震動評価手法について

- 評価する断層の近傍で発生した地震で要素地震として適切な観測記録が得られていないことから※，短周期側を統計的グリーン関数法（Dan et al.（1989）），長周期側を理論的手法（波数積分法）を適用したハイブリッド合成法により評価する。
- PS検層結果，弾性波探査結果等を基に，敷地の地震観測記録に基づき設定した地下構造モデルを用いて評価する。
- なお，地震動評価においては，プラントノースを基準としたNS，EW方向として評価する。

※「尻別川断層による地震」，「F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震」および「積丹半島北西沖の断層による地震」については，断層近傍で発生した地震が観測されていない。また，「F_B－2断層による地震」については，F_B－2断層の位置する日本海東縁部で発生した1993年北海道南西沖地震およびその余震に関して，要素地震として適切な地震規模等の地震ではないものの，敷地で地震観測記録が得られていることから，審査会合での指摘事項を踏まえ，地震規模等を再度確認した上で，この地震観測記録を要素地震とする経験的グリーン関数法を用いた地震動評価も実施する。

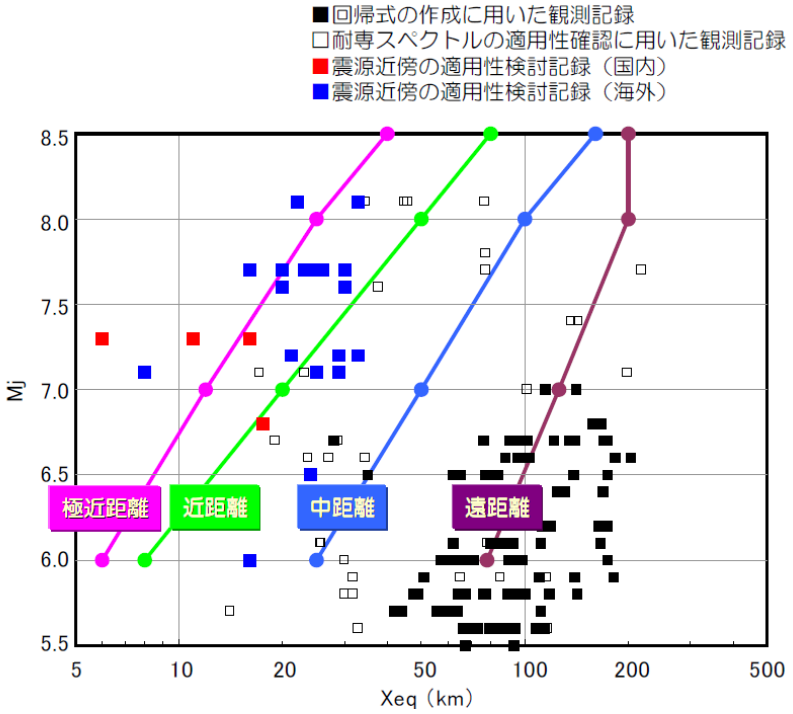
Noda et al.（2002）について

○応答スペクトルに基づく地震動評価で用いているNoda et al.（2002）は，国内で観測された地震観測記録に基づき，下表のとおり，極近距離，近距離，中距離，遠距離毎にマグニチュード（M）と等価震源距離（Xeq）に応じてコントロールポイントを定めている。

Noda et al.（2002）のコントロールポイント

	M	X_{eq}	コントロールポイントの座標 $_pS_v$(cm/s)							
			A	B	C	D	E	F	G	H
			T_A(s)	T_B(s)	T_C(s)	T_D(s)	T_E(s)	T_F(s)	T_G(s)	T_H(s)
		(km)	0.02	0.09	0.13	0.30	0.60	1.00	2.00	5.00
極近距離	8.5	40	1.62	18.44	27.32	47.87	68.05	64.66	53.52	40.06
	8	25	1.69	20.05	28.96	48.22	67.80	65.25	52.51	38.35
	7	12	1.40	17.20	24.84	33.86	43.42	36.42	25.15	17.85
	6	6	1.04	12.82	18.51	21.84	23.17	17.41	9.64	3.88
近距離	8.5	80	0.73	7.36	11.43	22.92	34.79	32.58	27.60	21.96
	8	50	0.67	7.45	11.17	20.05	28.65	27.06	22.70	17.19
	7	20	0.78	9.44	13.64	19.10	24.83	20.69	14.46	10.37
	6	8	0.77	9.45	13.65	16.23	17.18	12.73	7.16	2.89
中距離	8.5	160	0.26	2.22	3.67	9.45	15.17	14.83	13.64	12.26
	8	100	0.32	3.08	4.86	10.27	16.04	14.96	12.73	10.37
	7	50	0.23	2.65	4.01	6.02	7.64	6.68	4.87	3.64
	6	25	0.21	2.49	3.60	4.54	4.84	3.98	2.07	0.86
遠距離	8.5	200	0.18	1.44	2.43	6.87	11.17	11.17	10.67	10.04
	8	200	0.10	0.80	1.35	3.82	6.21	6.21	5.93	5.58
	7	125	0.046	0.43	0.70	1.34	1.81	1.59	1.26	1.05
	6	78	0.041	0.45	0.65	0.95	1.03	0.80	0.49	0.22

$_pS_v$の値は，減衰定数5%の擬似速度応答スペクトルの絶対値



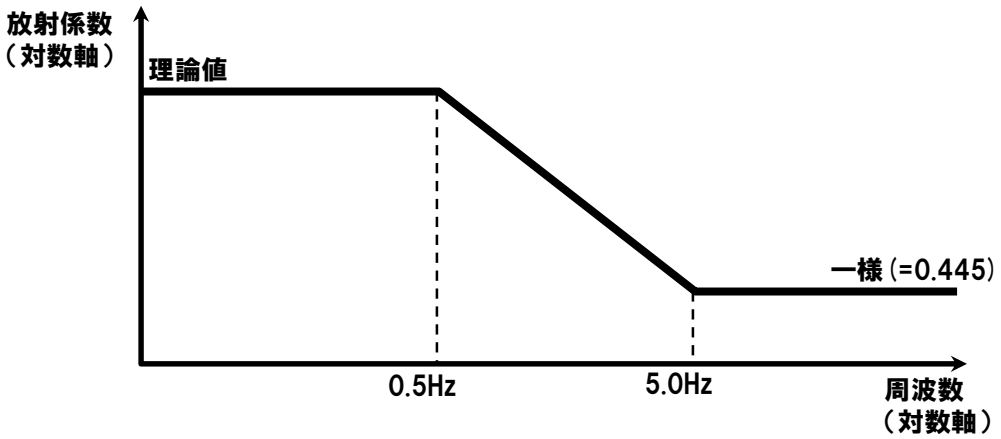
Noda et al.（2002）の地震データの比較 （東京電力（2009））

○Noda et al.（2002）の検討データ
- マグニチュード（M）：5.5≦M≦7.0
- 震源深さ（h）：h≦60km
- 等価震源距離（Xeq）：28km≦Xeq≦202km

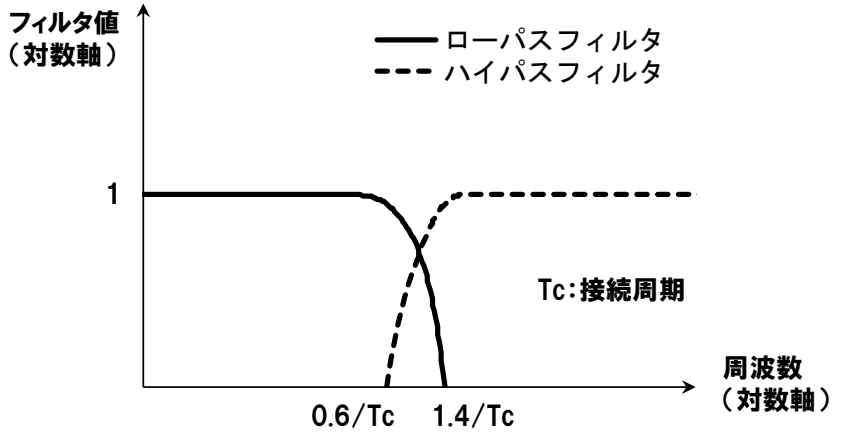
○観測記録を用いて距離減衰式の適用性について検討した際に用いた地震の諸元
- マグニチュード（M）：5.4≦M≦8.1
- 震源深さ（h）：h≦60km
- 等価震源距離（Xeq）：14km≦Xeq≦218km

断層モデルを用いた手法について（放射係数およびマッチングフィルタ）

○放射係数は，Kamae and Irikura（1992）および香川（2004）を参考に，以下のとおり設定している。
0.5Hz以下：Aki and Richards（1980）により，要素断層とサイトの位置関係およびすべり方向により算定
5.0Hz以上：Boore and Boatwright（1984）による等方的な値
0.5～5Hz：両対数軸上で直線補間

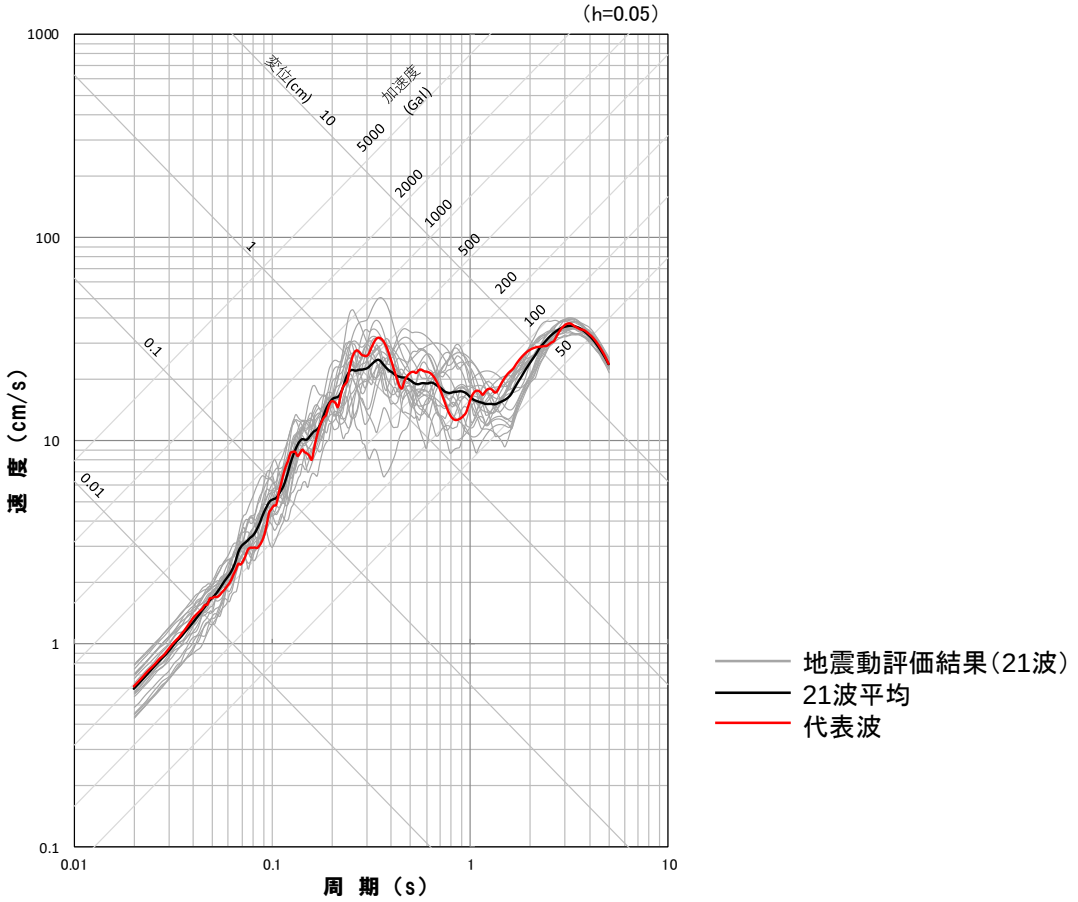


○ハイブリッド合成時のフィルタは，遷移周期帯で相補的に低減するマッチングフィルタを用いる。



断層モデルを用いた手法について（代表波の選定）

○統計的グリーン関数法による地震動評価においては，要素地震の位相の乱数を変えて21通りの波形合成を行い，21波の応答スペクトルの平均値との残差が最小となるものを代表波として選定する。例として，尻別川断層による地震（基本震源モデル）の代表波の選定について以下に示す。



尻別川断層による地震（基本震源モデル）

代表波の選定例

一部加筆修正（H27.12.25審査会合資料）

不確かさを考慮する断層パラメータ

不確かさを考慮する断層パラメータの基本的な考え方

○不確かさを考慮したモデルにおける断層パラメータの設定については，基本震源モデルと同じ設定方法により設定する。

○不確かさを考慮するパラメータ

① 断層傾斜角 ② 応力降下量 ③ 破壊伝播速度※	認識論的不確かさに分類されるもので， 事前の詳細な調査や経験式等に基づき設定できるもの
④ アスペリティの位置 ⑤ 破壊開始点	偶然的な不確かさに分類されるもので， 事前の詳細な調査や経験式からは特定が困難なもの

※破壊伝播速度は，断層長さが長い断層の地震動評価において影響が大きいと考えられることから，「F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震」，「F_B－2断層による地震」の地震動評価において，不確かさを考慮する。

○不確かさの重畳について

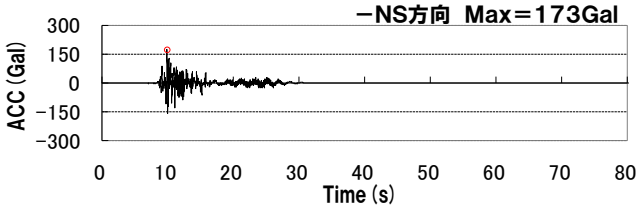
- 「事前の詳細な調査や経験式等に基づき設定できるもの」については，それぞれ独立させて不確かさを考慮する。
- 「事前の詳細な調査や経験式からは特定が困難なもの」については，事前に把握することが困難であるため，「事前の詳細な調査や経験式等に基づき設定できるもの」と重畳させて考慮する。

4. 3 検討用地震の地震動評価

69

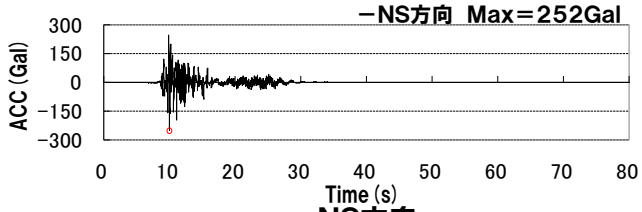
断層モデルを用いた手法について（応力降下量の不確かさ考慮モデルの計算方法）

○断層モデルを用いた手法による地震動評価において，応力降下量の不確かさ考慮モデルでは，基本震源モデルから地震モーメントを変えずに短周期レベルおよび応力降下量を1.5倍することで，短周期領域のフーリエスペクトルが基本震源モデルの1.5 倍となるように地震動評価を行う。例として，尻別川断層による地震の基本震源モデルに対する応力降下量の不確かさ考慮モデルのフーリエスペクトル比について以下に示す。



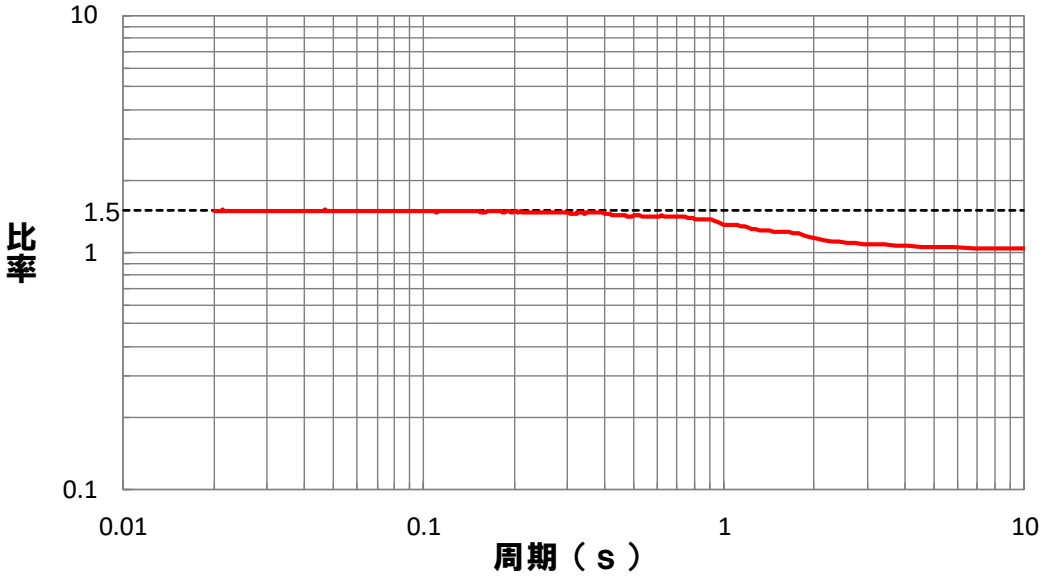
NS方向

尻別川断層による地震（基本震源モデル，破壊開始点１）



NS方向

尻別川断層による地震（不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点１）



尻別川断層による地震　フーリエスペクトル比
（不確かさ考慮モデル（応力降下量）／基本震源モデル）

4．3 検討用地震の地震動評価

（１） 尻別川断層による地震

一部加筆修正（H27.12.25審査会合資料）

断層パラメータの設定フロー

○地震調査委員会「レシピ」（2009，2020）に基づき設定
（地震調査委員会「レシピ」（2009）と地震調査委員会「レシピ」（2020）において，尻別川断層による地震の断層パラメータの設定方法は同じである。）

地質調査結果等

- ・地質調査結果
- ・「孤立した短い活断層」
- ・地震発生層上下端深さ

「断層モデルを用いた手法」

巨視的パラメータ

- 断層長さL〔km〕
- 断層幅W〔km〕
- 断層面積S〔km²〕（松田（1975））
- 地震モーメントM_0〔Nm〕（入倉・三宅（2001））
- 平均応力降下量Δσ〔MPa〕（式（1））

「応答スペクトルに基づく手法」

- マグニチュードM
- 等価震源距離Xeq
- 震源断層の拡がりを考慮
- 短周期レベルA〔Nm/s^2〕（壇ほか（2001））

微視的パラメータ（式（2）・（3））

- アスペリティの面積S_a〔km^2〕
- アスペリティ応力降下量$\Delta\sigma_a$〔MPa〕
- その他のパラメータ

その他のパラメータ

- 破壊形式・破壊開始点等
- すべり速度時間関数（中村・宮武（2000））
- 経時特性（Boore（1983））

関係式
（地震調査委員会（2009，2020））

$$\Delta\sigma = \frac{7}{16}\frac{M_0}{(S/\pi)^{1.5}} \quad \text{式（1）}$$

$$\Delta\sigma_a = \left(\frac{S}{S_a}\right)\Delta\sigma \quad \text{式（2）}$$

$$A = 4\pi\sqrt{\frac{S_a}{\pi}}\Delta\sigma_a\beta^2 \quad \text{式（3）}$$

4．3 検討用地震の地震動評価

（1） 尻別川断層による地震

71

一部加筆修正（H27.12.25審査会合資料）

不確かさを考慮するパラメータ

	基本震源モデルのパラメータ	不確かさ考慮モデルのパラメータ
断層の傾斜角	当社および他機関の地質調査結果を踏まえた黒松内低地断層帯の傾斜角から60°程度と想定されるが，地震調査委員会（2009，2020）を踏まえて45°と設定。	地震規模（地震モーメント）が大きくなるように基本震源モデルより低角の傾斜角を考慮することとし，周辺の断層において低角という知見がないことから，地震調査委員会（2009，2020）を踏まえて30°と設定。
アスペリティの応力降下量	地震調査委員会（2009，2020）に基づき設定。	応力降下量について十分な知見が得られていないことから，2007年新潟県中越沖地震の知見を踏まえ，地震調査委員会（2009，2020）による値の1.5倍の応力降下量を考慮。
アスペリティの位置，数	地質調査結果に基づき評価した断層長さ16kmの中央位置が基本と考えているが，安全側の評価として，地質調査結果に基づき評価した活断層の範囲内で，敷地に近い位置の地表付近に1個設定。	
破壊開始点	不確かさをあらかじめ考慮することとし，破壊の進行方向が敷地へ向かうように複数の位置に設定。	

4．3 検討用地震の地震動評価

（1） 尻別川断層による地震

一部加筆修正（H27.12.25審査会合資料）

傾斜角の設定

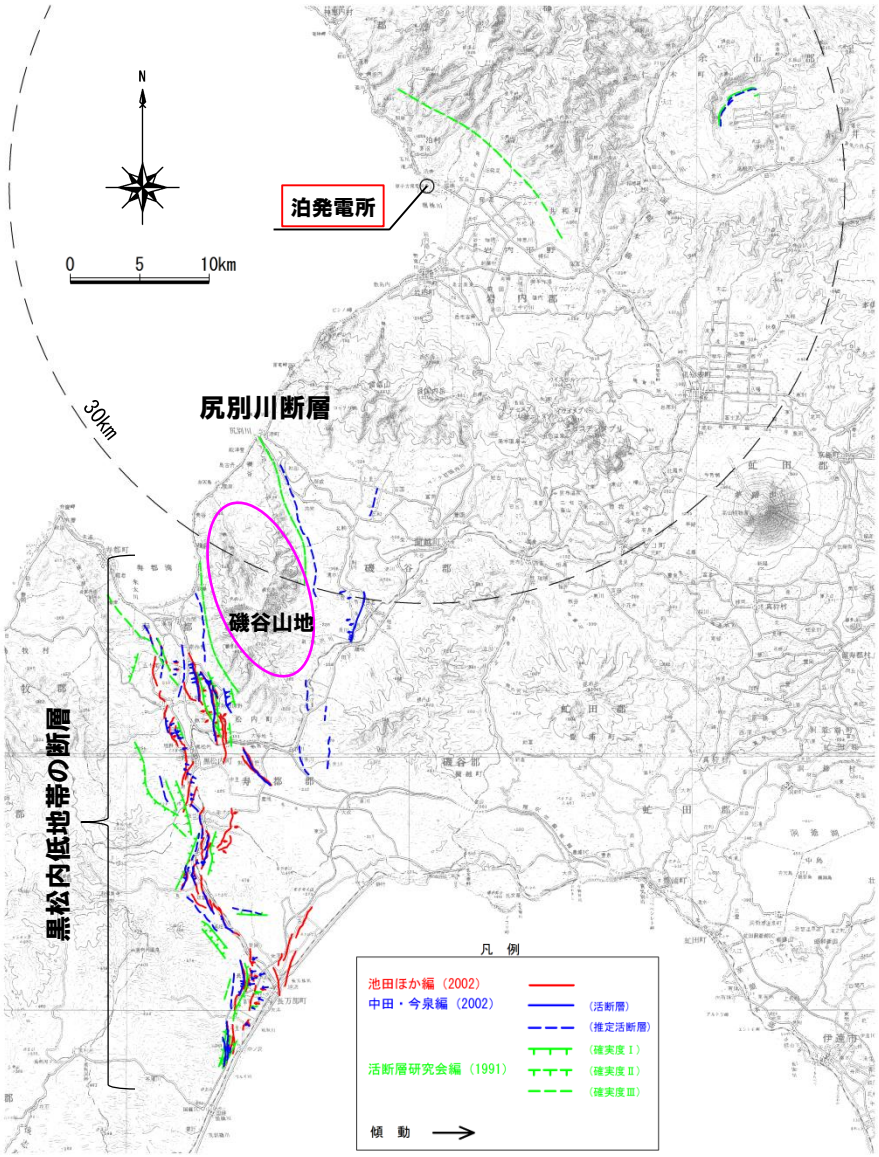
○尻別川断層の断層モデルにおける傾斜角は，近接する黒松内低地帯の断層の特徴等を踏まえて設定した。
○尻別川断層は，NNW-SSE走向で西側隆起の逆断層と推定される。
○黒松内低地帯の断層は，N-S走向およびNW-SE走向で西側隆起の逆断層とされている。
○両断層は，磯谷山地を挟み，比較的近接した位置に分布する。
○両断層が分布する北海道南西部は，太平洋プレートの沈み込みにより東西圧縮の応力場にあるため，そこに分布する活断層は，ほぼ南北の走向を持つ逆断層が多いとされている。
○当社地表地質踏査結果では，尻別川周辺の地質構造は，新第三系上部中新統の磯谷層および新第三系鮮新統～第四系下部更新統の尻別川層との地質境界付近に急傾斜構造（約80°）が認められる。

↓

○尻別川断層は，黒松内低地帯の断層と大局的に走向および傾斜の向きが同様であること，比較的近接した位置であること，応力場が同様と考えられることおよび急傾斜を呈する地質構造が認められることから，黒松内低地帯の断層と同様に傾斜角は比較的高角であると考えられる。
○以上より，当社の判断として尻別川断層の傾斜角は60°程度と想定している。

↓

○しかしながら，尻別川断層の傾斜角に関する直接的な知見がないことを踏まえ，安全側の判断として，地震調査委員会（2009，2020）において，逆断層で一般的に想定される45°と設定する。



敷地周辺陸域の文献断層分布図

4．3 検討用地震の地震動評価

（１） 尻別川断層による地震

一部加筆修正（H27.12.25審査会合資料）

地震動評価検討ケース

震源モデル	断層長さ（km）	断層幅（km）	断層の傾斜角（°）	応力降下量	アスペリティ位置	破壊開始点	備考
（地質調査結果）	16	－	－	－	－	－	○地質調査結果により断層長さ16km ○地震動評価は基本震源モデルにて代表
基本震源モデル	22.6	22.6	45	地震調査委員会（2009，2020）	敷地に近い位置の地表付近※1	アスペリティ下端中央 アスペリティ下端端部 巨視的断層面下端中央 巨視的断層面下端端部	○地震調査委員会（2009，2020）等を参考に，震源断層が地震発生層の上端から下端まで拡がっており，断層幅と同じ断層長さをもつ断層面を仮定し，断層長さ22.6kmを考慮したモデル ○M7.2，Xeq＝28km※2
不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）	32.0	32.0	30	地震調査委員会（2009，2020）	敷地に近い位置の地表付近※1	アスペリティ下端中央 アスペリティ下端端部 巨視的断層面下端中央 巨視的断層面下端端部	○基本震源モデルの傾斜角について，不確かさを考慮して30°としたモデル ○M7.3，Xeq＝34km※2
不確かさ考慮モデル（応力降下量）	22.6	22.6	45	地震調査委員会（2009，2020）×1.5	敷地に近い位置の地表付近※1	アスペリティ下端中央 アスペリティ下端端部 巨視的断層面下端中央 巨視的断層面下端端部	○基本震源モデルの応力降下量について，不確かさを考慮してアスペリティと背景領域の応力降下量をいずれも1.5倍したモデル

：不確かさを考慮して設定するパラメータ（認識論的な不確かさ）

：全てのケースにおいて共通的に考慮するパラメータ（偶然的な不確かさ）

※1 地質調査結果に基づき評価した断層長さ16kmの中央位置が基本と考えているが，安全側の評価として，地質調査結果に基づき評価した活断層の範囲内で，敷地に近い位置の地表付近に1個設定

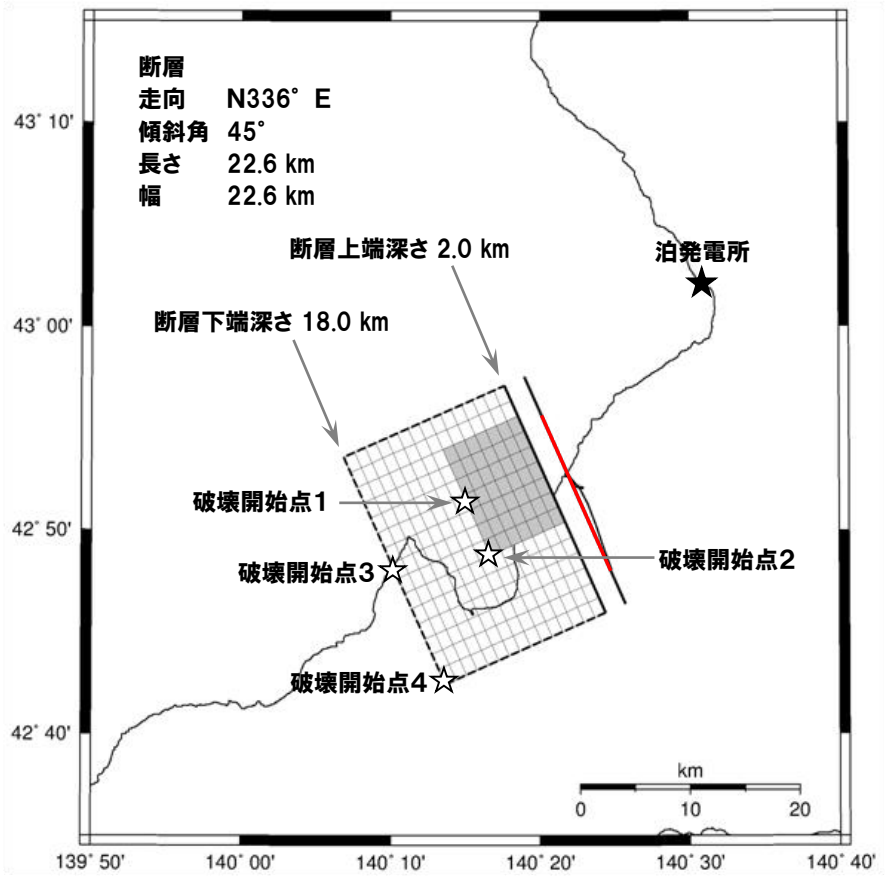
※2 応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる諸元

4．3 検討用地震の地震動評価

（1） 尻別川断層による地震

一部加筆修正（H27.12.25審査会合資料）

震源モデル図，断層パラメータ（基本震源モデル）



地質調査結果に基づき評価した活断層範囲

基本震源モデル

※モデル上のアスペリティ面積 111.2km²

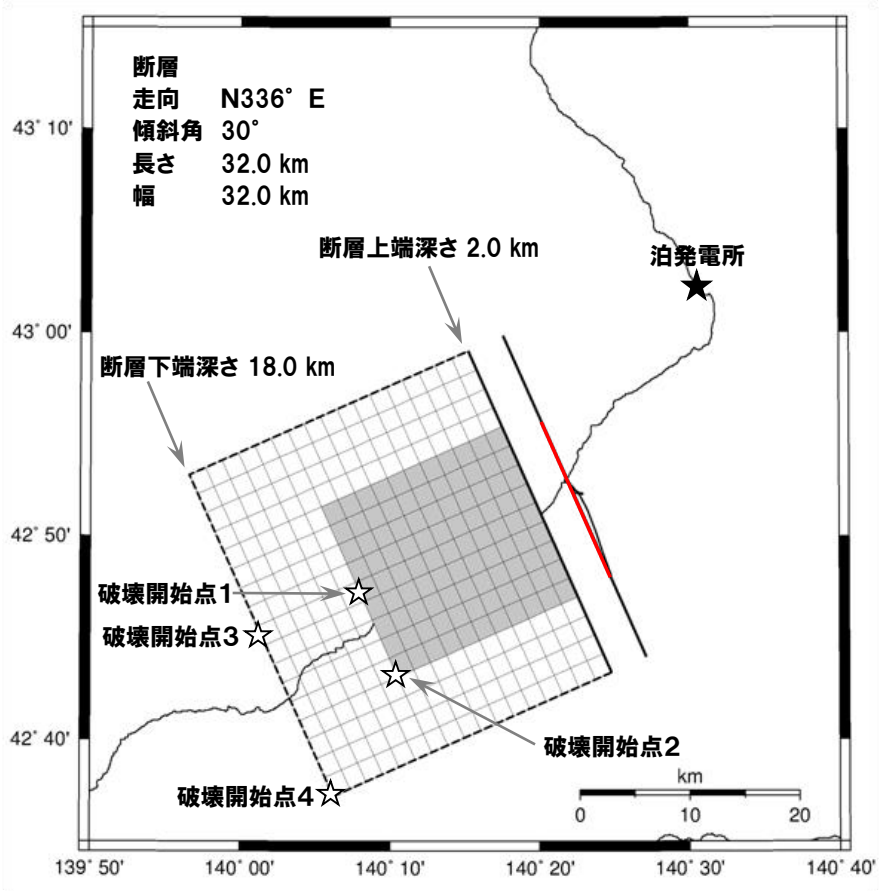
項　目		設定値	設定方法
断層原点（地表トレース原点）		北緯 42.773° 東経 140.428°	地質調査結果による尻別川断層両端より均等に延長して定めたモデル地表トレース南端
走　向		N336° E	地質調査結果による断層南端～北端
傾斜角		45°	地震調査委員会（2009，2020）を参考に 45° と設定
断層長さ		22.6km	L＝W と設定
断層幅		22.6km	断層上下端深さと傾斜角より設定
断層面積		510.8km²	S＝L×W
断層上端深さ		2km	調査結果等を踏まえて設定
断層下端深さ		18km	調査結果等を参考に設定
地震モーメント		1.45E＋19N・m	$M_0=\{S/(4.24\times10^{-11})\}^2$（入倉・三宅（2001））
モーメントマグニチュード		6.7	$LogM_0$ (N・m) ＝1.5×M_W＋9.1
平均応力降下量		3.1MPa	$\Delta\sigma=(7/16)\times M_0/R^3$
剛性率		3.43E＋10N/m²	μ＝ρ×β²，ρ＝2.8g/cm³：防災科研（2005）に基づき設定
平均すべり量		82.8cm	D＝M_0/（μ×S）
S波速度		3.5km/s	β＝3.5km/s：防災科研（2005）に基づき設定
破壊伝播速度		2.5km/s	V_R＝0.72×βkm/s（Geller（1976））
破壊伝播様式		破壊開始点から同心円状	地震調査委員会（2009，2020）に基づき設定
破壊開始点		アスペリティ下端中央（破壊開始点1）	破壊の進行方向が敷地へ向かうように破壊開始点を設定
		アスペリティ下端端部（破壊開始点2）	
		巨視的断層面下端中央（破壊開始点3）	
		巨視的断層面下端端部（破壊開始点4）	
短周期レベル		1.29E＋19N・m/s²	$A=2.46\times10^{10}\times(M_0\times10^7)^{1/3}$
高周波遮断特性		6Hz	地震調査委員会（2009，2020）に基づき設定
Q値		110$f^{0.69}$	$Q=110\times f^{0.69}$（佐藤ほか（1994））
アスペリティ	位置	敷地に近い位置の地表付近	地質調査結果に基づき評価した活断層の範囲で，敷地に近い位置の地表付近に設定
	数	1個	1セグメントに1個設定
	総面積	110.4km²	$S_a=\pi\times r^2$，$r=(7\times\pi/4)\times\{M_0/(A\times R)\}\times\beta^2$，$R=(S/\pi)^{0.5}$
	平均すべり量	165.7cm	$D_a=\gamma_D\times D$
	地震モーメント	6.28E＋18N・m	$M_{0a}=\mu\times S_a\times D_a$
	応力降下量	14.2MPa	$\Delta\sigma_a=(7/16)\times M_0/(r^2\times R)$
背景領域	地震モーメント	8.24E＋18N・m	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$
	面積	400.3km²	$S_b=S-S_a$
	平均すべり量	60.0cm	$D_b=M_{0b}/(\mu\times S_b)$
	実効応力	2.4MPa	$\sigma_b=(D_b/W_b)/(D_a/W_a)\times\sigma_a$

4．3 検討用地震の地震動評価

（1） 尻別川断層による地震

一部加筆修正（H27.12.25審査会合資料）

震源モデル図，断層パラメータ（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角））



不確かさ考慮モデル
（断層の傾斜角）

※モデル上のアスペリティ面積
350.8km²

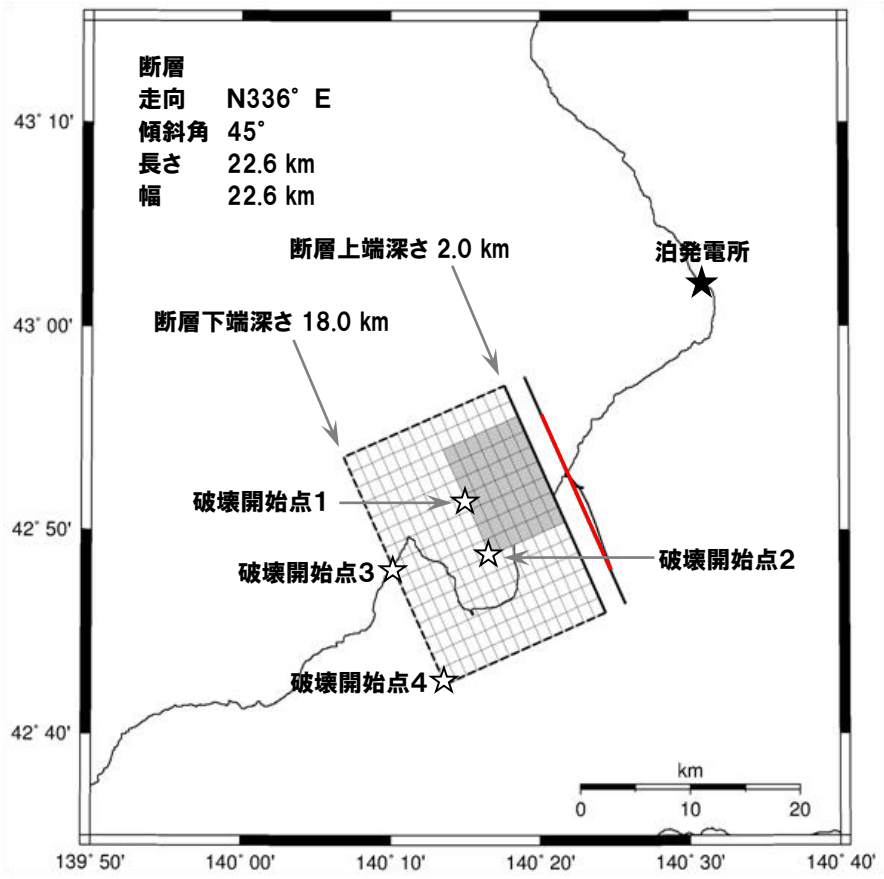
項　目		設定値	設定方法
断層原点（地表トレース原点）		北緯 42.734° 東経 140.451°	地質調査結果による尻別川断層両端より均等に延長して定めたモデル地表トレース南端
走　向		N336° E	地質調査結果による断層南端～北端
傾斜角		30°	不確かさを考慮し，念のため 30° と設定
断層長さ		32.0km	L＝W と設定
断層幅		32.0km	断層上下端深さと傾斜角より設定
断層面積		1024.0km²	S＝L×W
断層上端深さ		2km	調査結果等を踏まえて設定
断層下端深さ		18km	調査結果等を参考に設定
地震モーメント		5.83E＋19N・m	$M_0=\{S/(4.24\times10^{-11})\}^2$（入倉・三宅（2001））
モーメントマグニチュード		7.1	$LogM_0$（N・m）＝1.5×M_W＋9.1
平均応力降下量		4.3MPa	$\Delta\sigma=(7/16)\times M_0/R^3$
剛性率		3.43E＋10N/m²	μ＝ρ×β²，ρ＝2.8g/cm³：防災科研（2005）に基づき設定
平均すべり量		166.1cm	D＝M_0/（μ×S）
S波速度		3.5km/s	β＝3.5km/s：防災科研（2005）に基づき設定
破壊伝播速度		2.5km/s	V_R＝0.72×βkm/s（Geller（1976））
破壊伝播様式		破壊開始点から同心円状	地震調査委員会（2009，2020）に基づき設定
破壊開始点		アスペリティ下端中央（破壊開始点1）	破壊の進行方向が敷地へ向かうように破壊開始点を設定
		アスペリティ下端端部（破壊開始点2）	
		巨視的断層面下端中央（破壊開始点3）	
		巨視的断層面下端端部（破壊開始点4）	
短周期レベル		2.06E＋19N・m/s²	$A=2.46\times10^{10}\times(M_0\times10^7)^{1/3}$
高周波遮断特性		6Hz	地震調査委員会（2009，2020）に基づき設定
Q値		$110f^{0.69}$	$Q=110\times f^{0.69}$（佐藤ほか（1994））
アスペリティ	位置	敷地に近い位置の地表付近	地質調査結果に基づき評価した活断層の範囲で，敷地に近い位置の地表付近に設定
	数	1個	1セグメントに1個設定
	総面積	352.0km²	$S_a=\pi\times r^2$，$r=(7\times\pi/4)\times\{M_0/(A\times R)\}\times\beta^2$，$R=(S/\pi)^{0.5}$
	平均すべり量	332.1cm	$D_a=\gamma_D\times D$
	地震モーメント	4.01E＋19N・m	$M_{0a}=\mu\times S_a\times D_a$
	応力降下量	12.6MPa	$\Delta\sigma_a=(7/16)\times M_0/(r^2\times R)$
背景領域	地震モーメント	1.82E＋19N・m	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$
	面積	672.0km²	$S_b=S-S_a$
	平均すべり量	79.1cm	$D_b=M_{0b}/(\mu\times S_b)$
	実効応力	1.8MPa	$\sigma_b=(D_b/W_b)/(D_a/W_a)\times\sigma_a$

4．3 検討用地震の地震動評価

（1） 尻別川断層による地震

一部加筆修正（H27.12.25審査会合資料）

震源モデル図，断層パラメータ（不確かさ考慮モデル（応力降下量））



地質調査結果に基づき評価した活断層範囲

不確かさ考慮モデル
（応力降下量）
震源モデル図は基本震源モデルと同様

※モデル上のアスペリティ面積
111.2km²

項　目		設定値	設定方法
断層原点（地表トレース原点）		北緯 42.773° 東経 140.428°	地質調査結果による尻別川断層両端より均等に延長して定めたモデル地表トレース南端
走　向		N336° E	地質調査結果による断層南端～北端
傾斜角		45°	地震調査委員会（2009，2020）を参考に 45° と設定
断層長さ		22.6km	L＝W と設定
断層幅		22.6km	断層上下端深さと傾斜角より設定
断層面積		510.8km²	S＝L×W
断層上端深さ		2km	調査結果等を踏まえて設定
断層下端深さ		18km	調査結果等を参考に設定
地震モーメント		1.45E＋19N・m	$M_0=\{S/(4.24\times10^{-11})\}^2$（入倉・三宅（2001））
モーメントマグニチュード		6.7	$LogM_0$（N・m）＝1.5×M_W＋9.1
平均応力降下量		3.1MPa	$\Delta\sigma=(7/16)\times M_0/R^3$
剛性率		3.43E＋10N/m²	μ＝ρ×β²，ρ＝2.8g/cm³：防災科研（2005）に基づき設定
平均すべり量		82.8cm	D＝M_0/（μ×S）
S波速度		3.5km/s	β＝3.5km/s：防災科研（2005）に基づき設定
破壊伝播速度		2.5km/s	V_R＝0.72×βkm/s（Geller（1976））
破壊伝播様式		破壊開始点から同心円状	地震調査委員会（2009，2020）に基づき設定
破壊開始点		アスペリティ下端中央（破壊開始点1）	破壊の進行方向が敷地へ向かうように破壊開始点を設定
		アスペリティ下端端部（破壊開始点2）	
		巨視的断層面下端中央（破壊開始点3）	
		巨視的断層面下端端部（破壊開始点4）	
短周期レベル		1.29E＋19N・m/s²	A＝2.46×10¹⁰×（M_0×10⁷）$^{1/3}$
高周波遮断特性		6Hz	地震調査委員会（2009，2020）に基づき設定
Q値		110$f^{0.69}$	Q＝110×$f^{0.69}$（佐藤ほか（1994））
アスペリティ	位置	敷地に近い位置の地表付近	地質調査結果に基づき評価した活断層の範囲で，敷地に近い位置の地表付近に設定
	数	1個	1セグメントに1個設定
	総面積	110.4km²	$S_a=\pi\times r^2$，$r=(7\times\pi/4)\times\{M_0/(A\times R)\}\times\beta^2$，$R=(S/\pi)^{0.5}$
	平均すべり量	165.7cm	$D_a=\gamma_D\times D$
	地震モーメント	6.28E＋18N・m	$M_{0a}=\mu\times S_a\times D_a$
	応力降下量	21.2MPa	$\Delta\sigma_a=1.5\times(7/16)\times M_0/(r^2\times R)$
背景領域	地震モーメント	8.24E＋18N・m	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$
	面積	400.3km²	$S_b=S-S_a$
	平均すべり量	60.0cm	$D_b=M_{0b}/(\mu\times S_b)$
	実効応力	3.6MPa	$\sigma_b=(D_b/W_b)/(D_a/W_a)\times\sigma_a$

4．3 検討用地震の地震動評価

（１） 尻別川断層による地震

応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる地震規模の評価
（孤立した短い活断層に用いる地震規模の評価）

○応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる地震規模については，松田（1975）により算定するが，安全側に設定した断層面に基づく地震モーメントを用いた武村（1990）により算定したケースと比較したうえで設定する。
○尻別川断層は孤立した短い活断層として扱うこととしており，孤立した短い活断層として設定する基本震源モデルでは，松田（1975）による地震規模Mと武村（1990）による地震規模Mは同程度だが，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）では，両者に大きな差異がある。
○これを踏まえ，孤立した短い活断層として想定すべき地震規模M等を確認したうえで応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる地震規模Mを設定する。

孤立した短い活断層による地震の規模

地震動評価ケース	断層長さ (km)	傾斜角 (°)	断層幅 (km)	地震モーメント (N･m)	地震規模M	
					松田式※1	武村式※2
基本震源モデル	22.6	45	22.6	1.45×10^{19}	7.1	7.2
不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）	32.0	30	32.0	5.83×10^{19}	7.3	7.7

※1：松田（1975）による断層長さと地震規模Mの関係式により算定
※2：武村（1990）による地震モーメントと地震規模Mの関係式により算定

4．3 検討用地震の地震動評価

（1） 尻別川断層による地震

再掲（R3.7.30審査会合資料）

応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる地震規模の評価
（孤立した短い活断層に用いる地震規模の評価）

○地震調査委員会「レシピ」（2020）および入倉・三宅（2001）では，地震モーメントM_0=7.5×10^{18}N・mを閾値として，これ以上のM_0となる地震を断層幅が飽和する地震（断層破壊が地震発生層全体に拡がり，地表地震断層が現れる地震）としている。
○M_0=7.5×10^{18}N・mに相当する断層面積は368km^{2}となる。

Step 3. Seismic Moment M₀

Seismic Moment is estimated from the empirical relation,

M₀ vs Rupture Area (S = LW)

$S = 2.23\times10^{-15} \times M_0^{2/3}$
for $M_0 < 7.5\times10^{25}$ dyne-cm

$S = 4.24\times10^{-11} \times M_0^{1/2}$
for $M_0 >= 7.5\times10^{25}$ dyne-cm

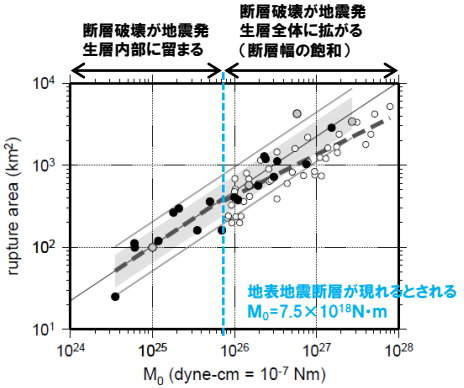


図 8 震源特性化の手続き−その 1：巨視的断層パラメータの設定．
Step 1 は断層長さ L を定義，Step 2 は断層長さ L と断層幅 W の関係（太点線），Step 3 は断層面積（S=LW）と地震モーメント M_0 の関係（太点線）を与える．この結果，シナリオ地震の地震モーメントが与えられる．

断層面積と地震モーメントM_0との関係（入倉・三宅（2001）に加筆）

○断層面積368km^{2}となる断層長さは19.2km（断層長さ＝断層幅を仮定）となり，松田（1975）による地震規模Mは7.0である。
○地震モーメントM_0=7.5×10^{18}N・mでの武村（1990）による地震規模Mは7.0である。
⇒孤立した短い活断層の地震規模は，M7.0程度と考えられる。

孤立した短い活断層による地震の規模

地震動評価ケース	地震モーメント（N・m）	断層面積（km^2）	断層長さ（=断層幅）（km）	地震規模M	
				松田式※1	武村式※2
M_0=7.5×10^{18}N・mの場合	7.5×10^{18}	368	19.2	7.0	7.0

※1：松田（1975）による断層長さと地震規模Mの関係式により算定
※2：武村（1990）による地震モーメントと地震規模Mの関係式により算定

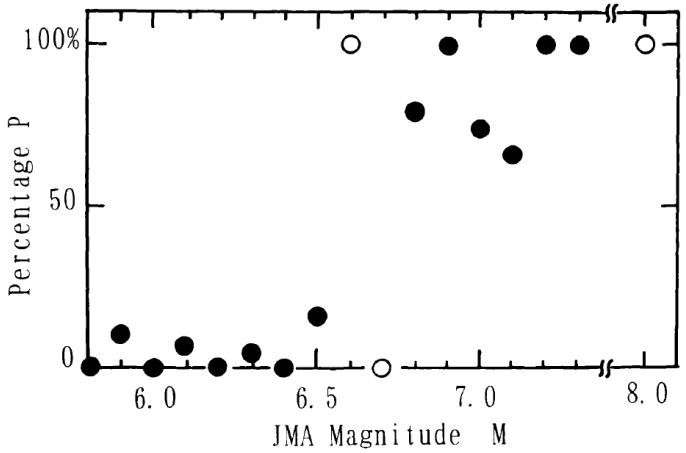
4．3 検討用地震の地震動評価

（１） 尻別川断層による地震

79

応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる地震規模の評価
（孤立した短い活断層に用いる地震規模の評価）

○武村（1998）では，地殻内地震の性質として地震規模と地表断層の出現との関係を大局的に把握するため，地震規模Mと地表断層との関連性がある地震の発生率Pを整理しており，M≦6.5の地震とM≧6.8の地震では様子が異なるとしている。
○武村（1998）によると，地震規模M7.2以上の地震は，全ての地震において地表断層との関連性が認められる。
○孤立した短い活断層に相当する，地表断層としてその全容を表すまでには至っていない地震（震源の規模が推定できない地震）は，地震規模Mが6.8～7.2程度と考えられ，地震調査委員会「レシピ」（2020）および入倉・三宅（2001）から想定される孤立した短い活断層の地震規模と同程度である。



地表断層を特定するパーセンテージPと
地震規模Mとの関係（武村（1998））

4．3 検討用地震の地震動評価

（１） 尻別川断層による地震

応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる地震規模の評価
（孤立した短い活断層に用いる地震規模の評価）

○地震調査委員会「レシピ」（2020）および入倉・三宅（2001），武村（1998）を踏まえると，孤立した短い活断層の地震規模は，M6.8～7.2程度と考えられる。

【基本震源モデル】
○基本震源モデル（L=W=22.6km）による地震規模は，松田（1975）による地震規模がM7.1，武村（1990）による地震規模がM7.2であり，孤立した短い活断層の地震規模（M6.8～7.2程度）と同程度となっている。

【不確かさ考慮モデル】
○不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）（L=W=32.0km）による地震規模は，松田（1975）による地震規模がM7.3，武村（1990）による地震規模がM7.7である。
○松田（1975）による地震規模Mは，孤立した短い活断層の地震規模（M6.8～7.2程度）と比較して同程度となっているが，武村（1990）による地震規模Mは，孤立した短い活断層の地震規模や松田（1975）による地震規模Mから大きく乖離しており，孤立した短い活断層の地震規模として適切に求められていないと考えられる。

孤立した短い活断層による地震の規模

地震動評価ケース	地震モーメント（N･m）	断層面積（km^2）	断層長さ（=断層幅）（km）	地震規模M	
				松田式※1	武村式※2
M_0=7.5×10^{18}N･mの場合	7.5×10^{18}	368	19.2	7.0	7.0
基本震源モデル	1.45×10^{19}	510.8	22.6	7.1	7.2
不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）	5.83×10^{19}	1024.0	32.0	7.3	7.7

※1：松田（1975）による断層長さと地震規模Mの関係式により算定
※2：武村（1990）による地震モーメントと地震規模Mの関係式により算定

4．3 検討用地震の地震動評価

（１） 尻別川断層による地震

81

再掲（R3.7.30審査会合資料）

応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる地震規模の評価
（孤立した短い活断層に用いる地震規模の評価）

○不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）（L=W=32.0km）による地震規模が孤立した短い活断層の地震規模として適切に求められていないと考えられる。

- 断層幅は地震発生層を飽和した震源断層を考慮して設定しており，微小地震分布等を総合的に判断して想定される地震発生層下端深さ15kmを安全側に18kmとして，基本震源モデルにおいて$M_0=7.5\times10^{18}$N･mを上回るように設定している。
- 不確かさ考慮モデルにおいては，地震発生層下端深さが15kmでも$M_0=2.54\times10^{19}$N･mとなり，$M_0=7.5\times10^{18}$N･mを上回るが，地震発生層下端を基本震源モデルで設定した18kmをそのまま採用している。

↓

○地震発生層下端深さ15kmによる地震発生層厚さ13kmと仮定し，断層の傾斜角を30°（L=W=26.0km）として地震規模を評価すると，松田（1975）による地震規模はM7.2，武村（1990）による地震規模はM7.4となる。
⇒地震発生層厚さを13kmとして地震規模を評価すると，やや大きめではあるものの，孤立した短い活断層の地震規模と整合する傾向にある。

↓

○不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）（L=W=32.0km）による地震規模M7.7は，断層幅の設定に用いている地震発生層を大きく設定していることが影響していると考えられる。

↓

○不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）（L=W=32.0km）による地震規模Mは，孤立した短い活断層の地震規模や松田（1975）による地震規模Mおよび断層幅を見直した地震規模から大きく乖離しており，孤立した短い活断層の地震規模としては採用しない。

4．3 検討用地震の地震動評価

（１） 尻別川断層による地震

応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる地震規模の評価
（孤立した短い活断層に用いる地震規模の評価）

○基本震源モデルにおいては，松田（1975）および武村（1990）による地震規模Mが，孤立した短い活断層の地震規模（M6.8～7.2程度）と同程度であり，適切に評価できていると考えられるため，武村（1990）によるM7.2を採用する。

○不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）においては，松田（1975）による地震規模Mが，基本震源モデルの地震規模Mを上回るとともに孤立した短い活断層としての地震規模を安全側かつ適切に評価できており，武村（1990）による地震規模Mは，孤立した短い活断層としての地震規模Mから大きく乖離しているため，松田（1975）によるM7.3を採用する。

○以上を踏まえ，孤立した短い活断層である尻別川断層による地震については，基本震源モデルはM7.2，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）はM7.3として評価する。

尻別川断層による地震の諸元

地震動評価ケース	地震規模M		Xeq（km）
	松田式※1	武村式※2	
基本震源モデル	7.1	7.2	28
不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）	7.3	（7.7）	34

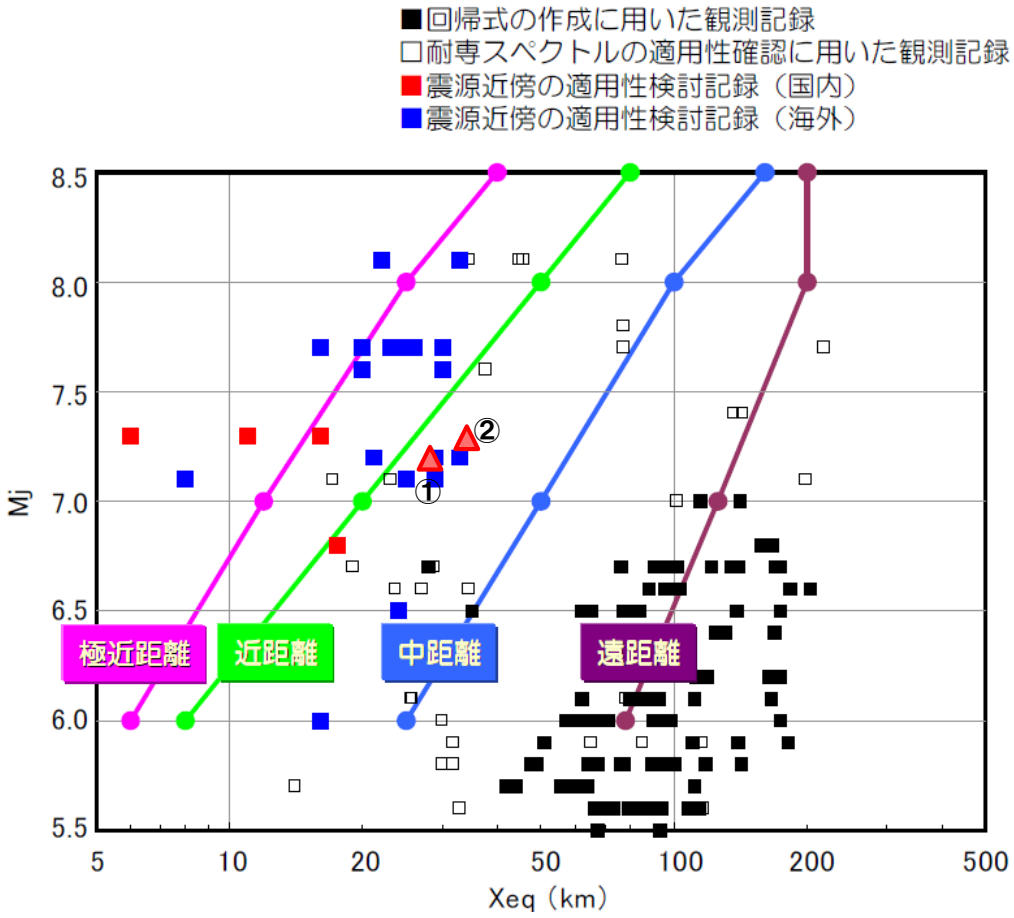
※1：松田（1975）による断層長さと地震規模Mの関係式により算定
※2：武村（1990）による地震モーメントと地震規模Mの関係式により算定

4．3 検討用地震の地震動評価

（１） 尻別川断層による地震

Noda et al.（2002）の適用性の検討

○尻別川断層による地震について，Noda et al.（2002）による方法の適用性を検討した結果，適用範囲内にあることを確認した。



Noda et al.（2002）による方法の適用性（東京電力（2009）に加筆）

△尻別川断層による地震

①尻別川断層による地震
（基本震源モデル（M7.2，Xeq＝28km））

②尻別川断層による地震
（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）
（M7.3，Xeq＝34km））

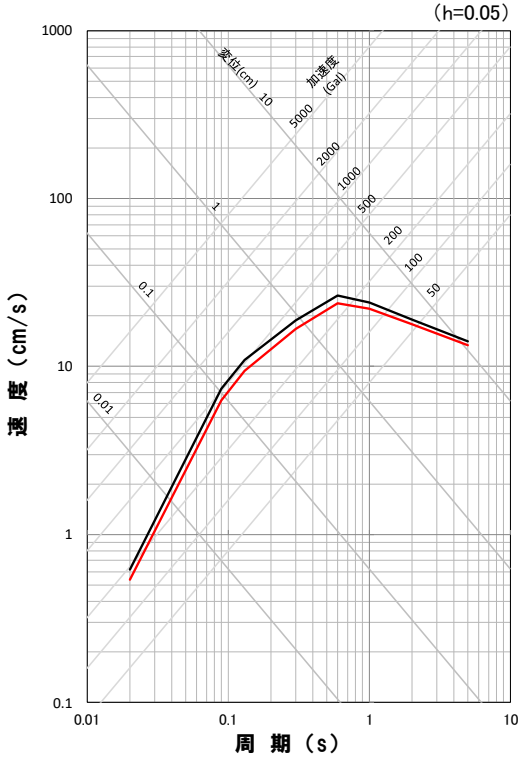
4．3 検討用地震の地震動評価

（1） 尻別川断層による地震

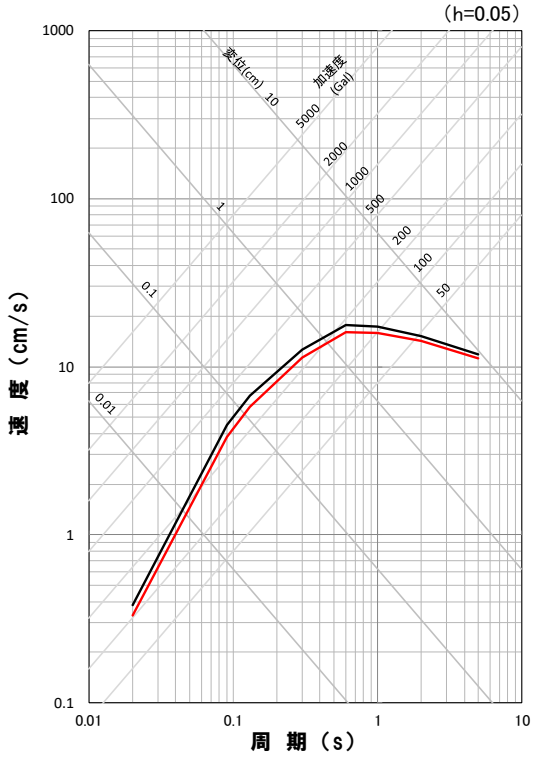
再掲（R3.7.30審査会合資料）

応答スペクトルに基づく地震動評価結果

	コントロールポイント ${}_pS_V$（cm/s）							
	T_A (s)	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)	T_E (s)	T_F (s)	T_G (s)	T_H (s)
	0.02	0.09	0.13	0.30	0.60	1.00	2.00	5.00
基本震源モデル　水平方向	0.62	7.40	10.96	18.76	26.35	24.03	19.10	14.16
不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）　水平方向	0.54	6.30	9.42	16.75	23.83	22.07	17.93	13.46
基本震源モデル　鉛直方向	0.38	4.50	6.71	12.70	17.68	17.25	15.14	11.81
不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）　鉛直方向	0.33	3.83	5.76	11.35	15.99	15.84	14.22	11.23



応答スペクトル図（水平方向）



応答スペクトル図（鉛直方向）

基本震源モデル
不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）

※ 基本モデル（M7.2，Xeq＝28km）の評価結果は，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）（M7.3，Xeq＝34km）の評価結果を包絡していることから，基本モデルの評価結果で代表させる。

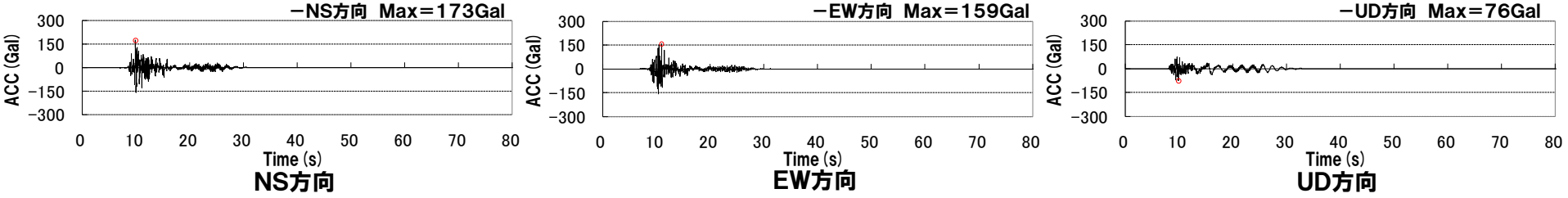
4．3 検討用地震の地震動評価

（１） 尻別川断層による地震

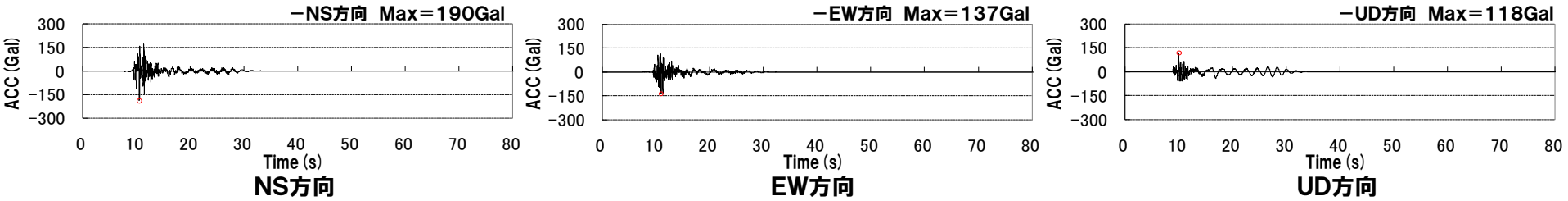
再掲（R3.7.30審査会合資料）

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（基本震源モデル）
加速度波形

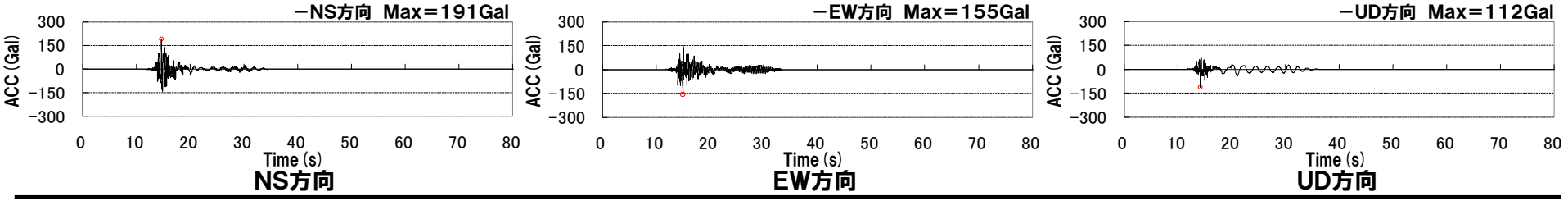
尻別川断層による地震（基本震源モデル，破壊開始点１）



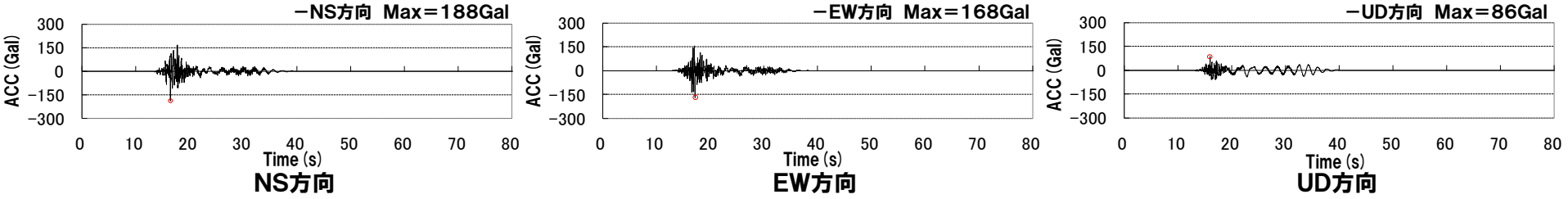
尻別川断層による地震（基本震源モデル，破壊開始点２）



尻別川断層による地震（基本震源モデル，破壊開始点３）



尻別川断層による地震（基本震源モデル，破壊開始点４）



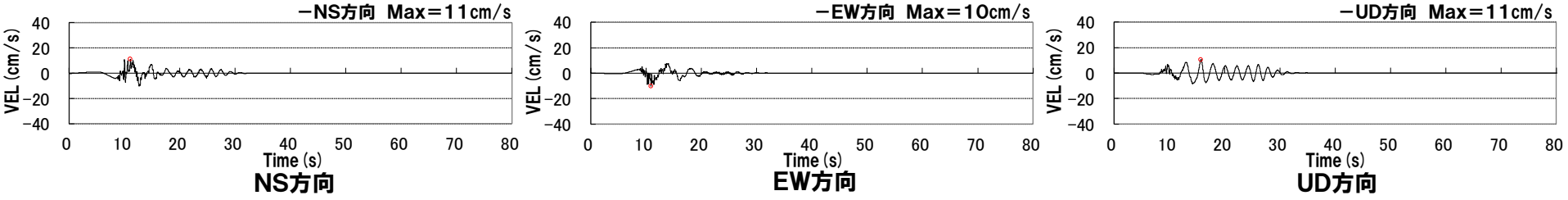
4．3 検討用地震の地震動評価

（１） 尻別川断層による地震

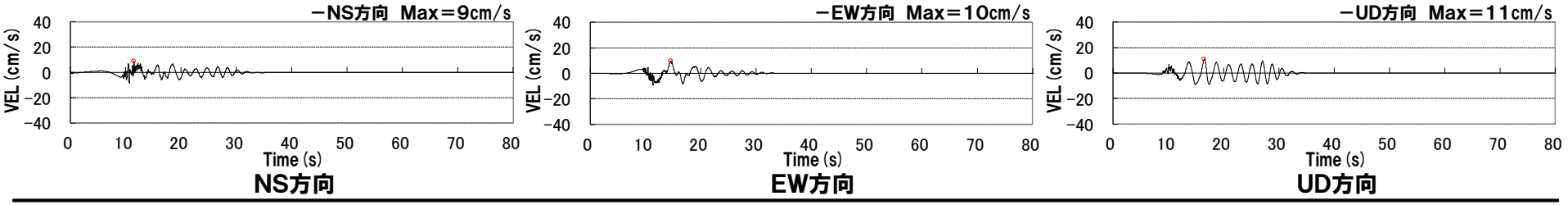
再掲（R3.7.30審査会合資料）

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（基本震源モデル）
速度波形

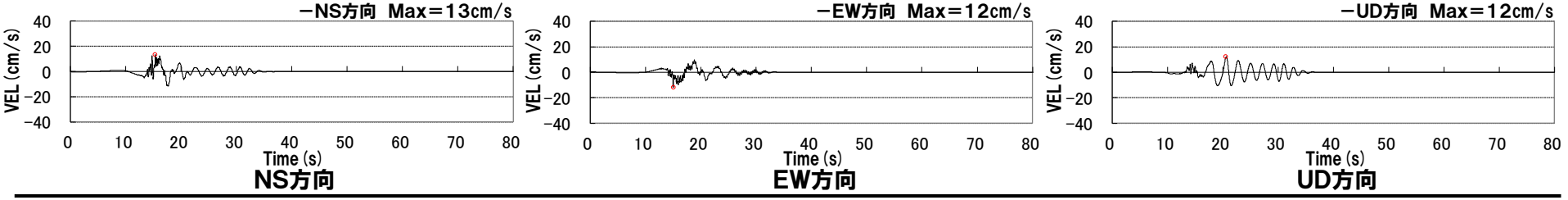
尻別川断層による地震（基本震源モデル，破壊開始点１）



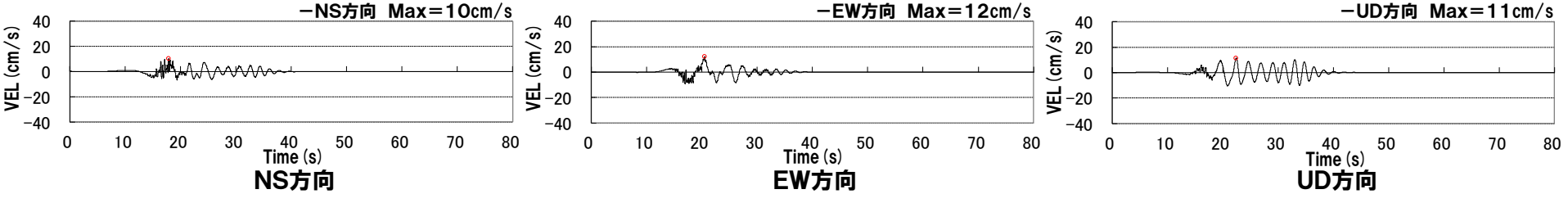
尻別川断層による地震（基本震源モデル，破壊開始点２）



尻別川断層による地震（基本震源モデル，破壊開始点３）



尻別川断層による地震（基本震源モデル，破壊開始点４）

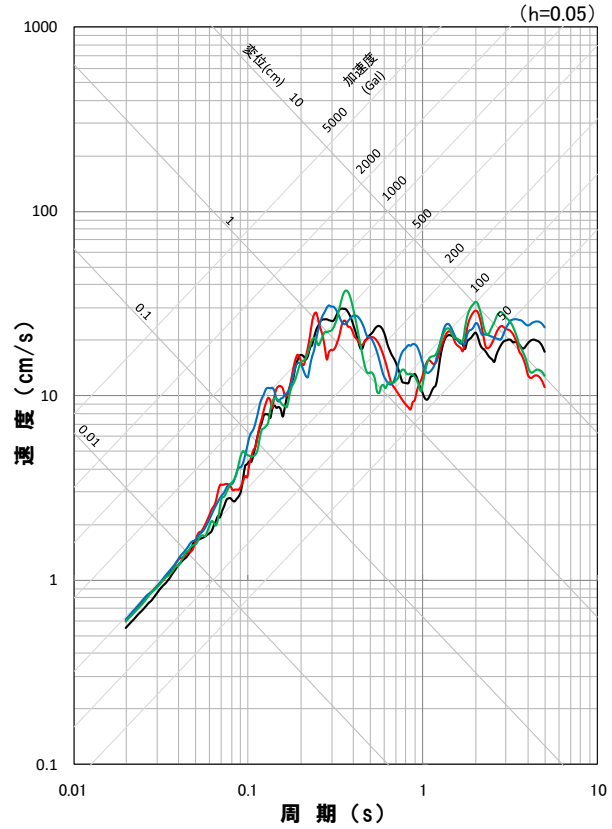


4．3　検討用地震の地震動評価

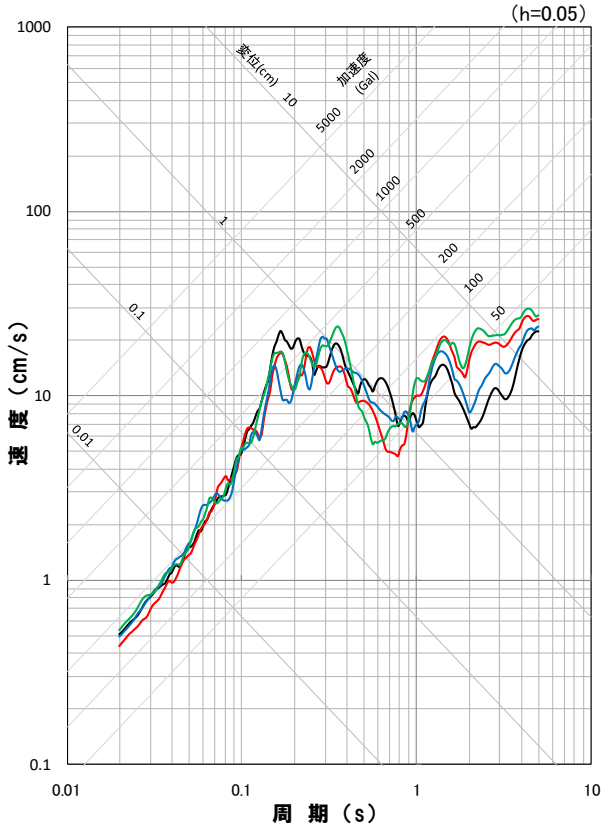
（１）　尻別川断層による地震

再掲（H27.12.25審査会合資料）

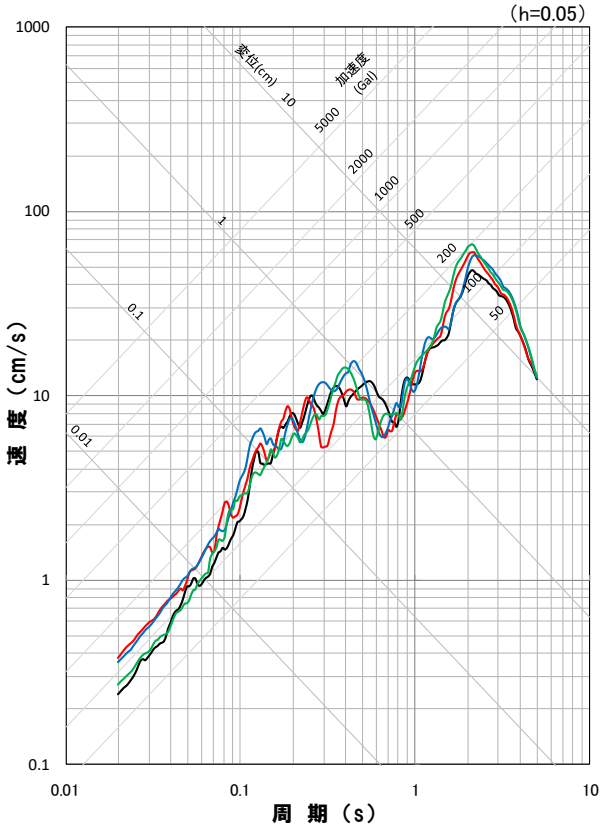
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（基本震源モデル）
応答スペクトル



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）



応答スペクトル図（UD方向）

地震動評価結果
- 基本震源モデル,破壊開始点1
- 基本震源モデル,破壊開始点2
- 基本震源モデル,破壊開始点3
- 基本震源モデル,破壊開始点4

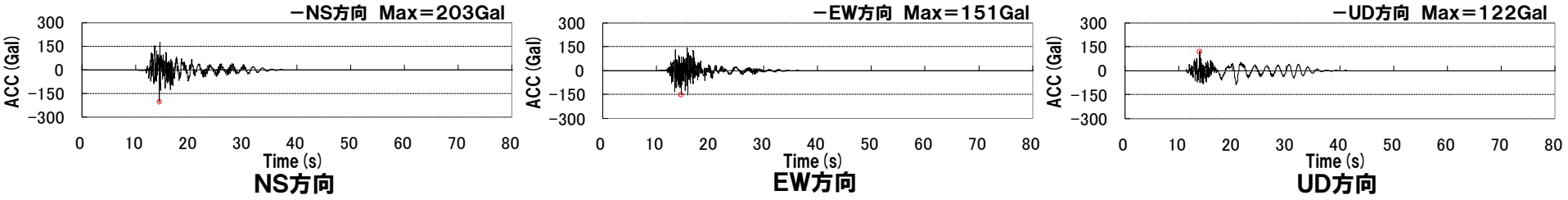
※ハイブリッド合成法における接続周期：1秒

4．3　検討用地震の地震動評価

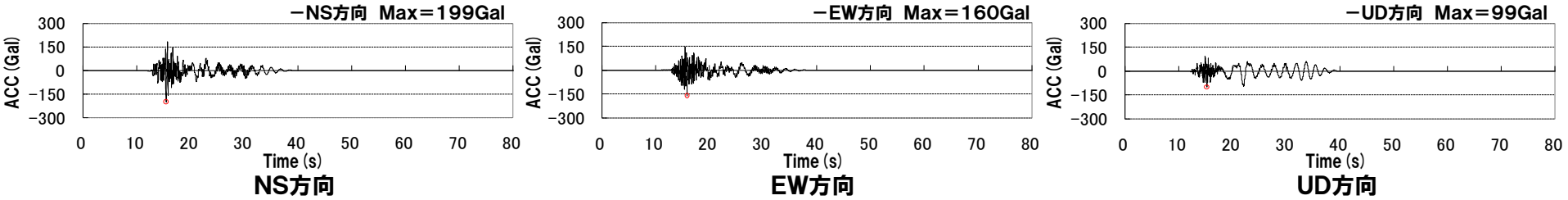
（１）尻別川断層による地震

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角））
加速度波形

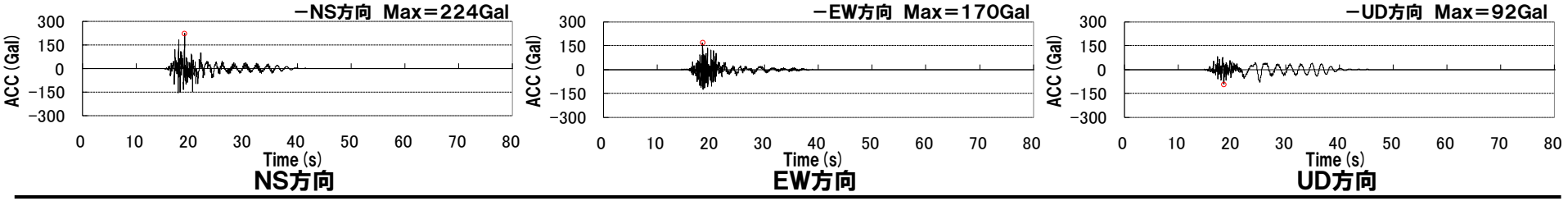
尻別川断層による地震（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点１）



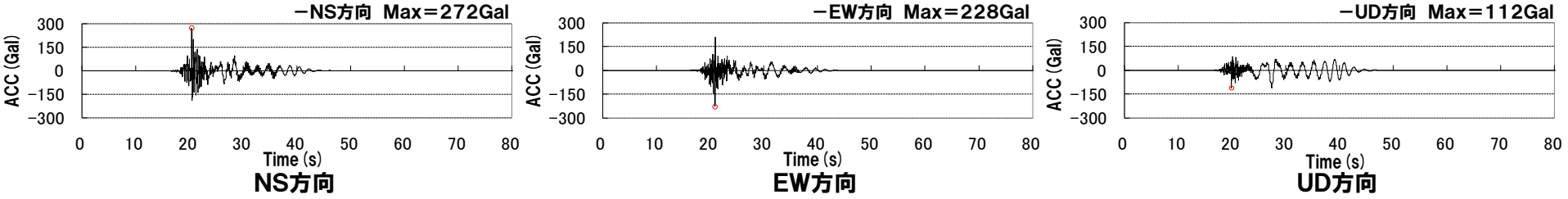
尻別川断層による地震（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点２）



尻別川断層による地震（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点３）



尻別川断層による地震（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点４）



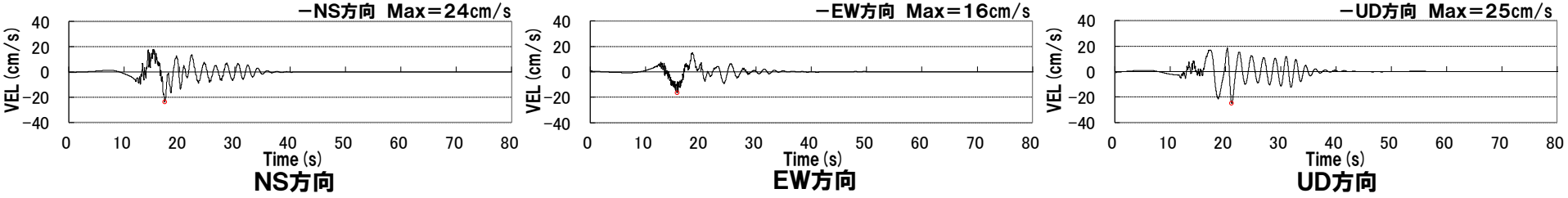
4．3 検討用地震の地震動評価

（１） 尻別川断層による地震

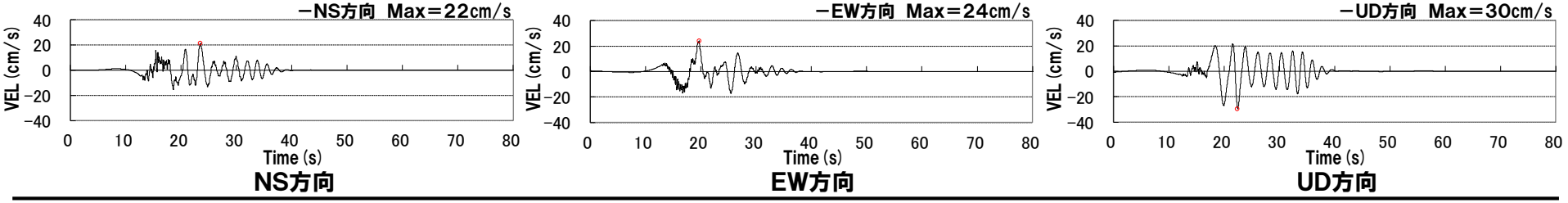
再掲（R3.7.30審査会合資料）

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角））
速度波形

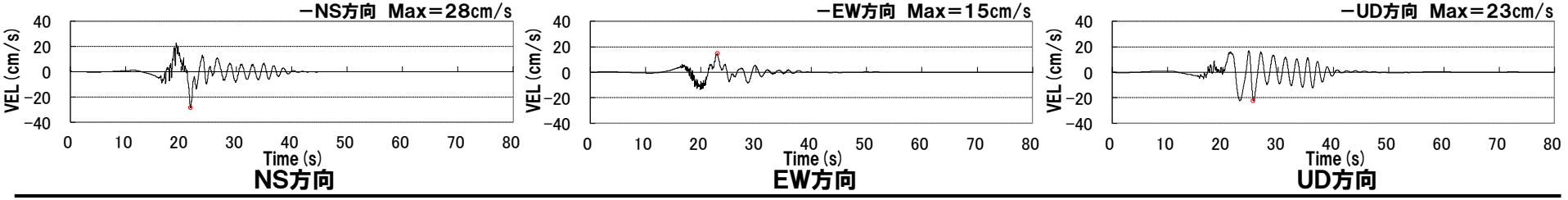
尻別川断層による地震（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点１）



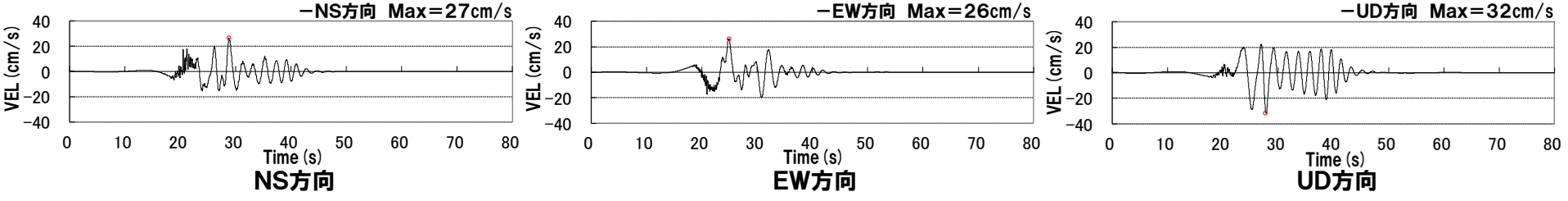
尻別川断層による地震（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点２）



尻別川断層による地震（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点３）



尻別川断層による地震（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点４）

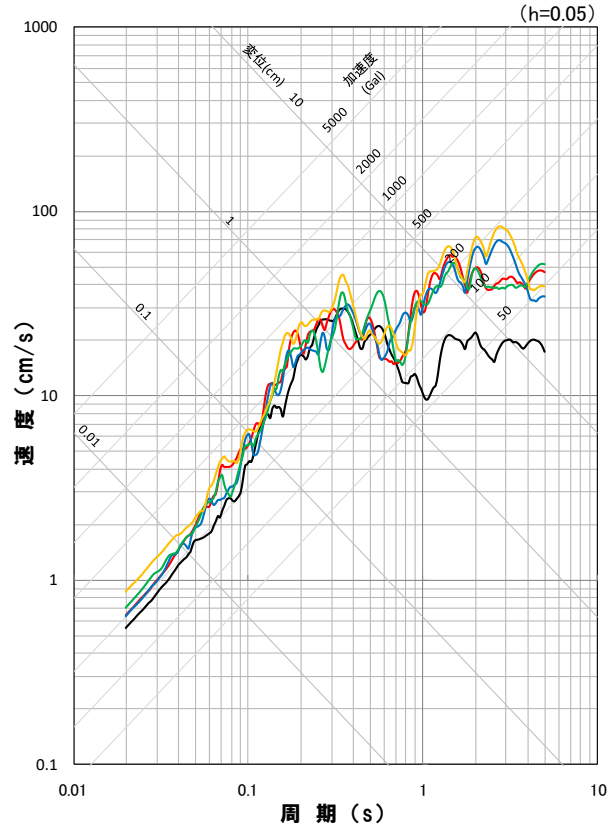


4．3 検討用地震の地震動評価

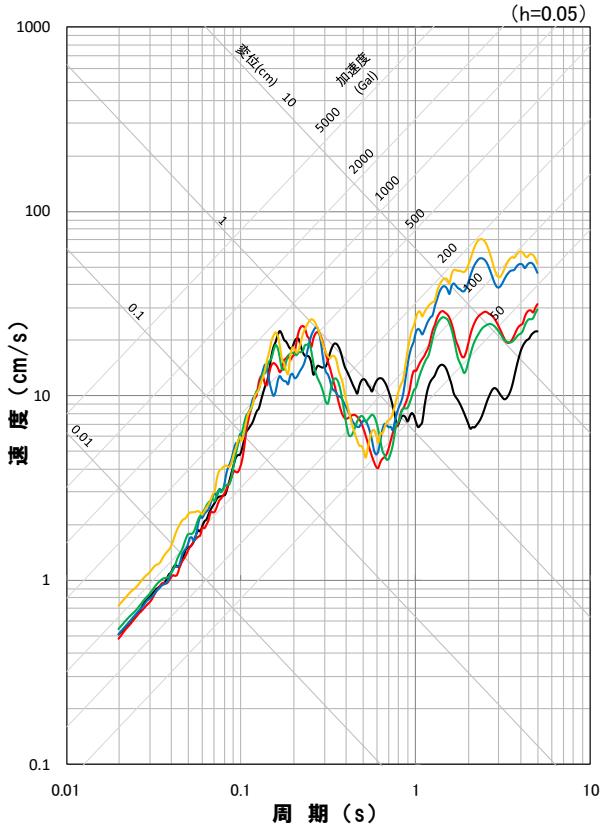
（1） 尻別川断層による地震

再掲（H27.12.25審査会合資料）

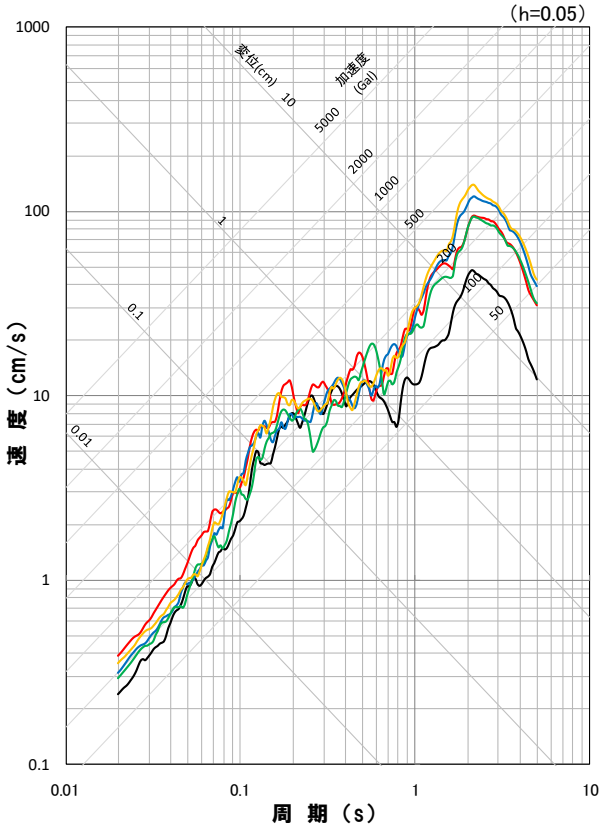
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角））
応答スペクトル



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）



応答スペクトル図（UD方向）

地震動評価結果
- 基本震源モデル,破壊開始点1
- 不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）,破壊開始点1
- 不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）,破壊開始点2
- 不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）,破壊開始点3
- 不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）,破壊開始点4

※ハイブリッド合成法における接続周期：1秒

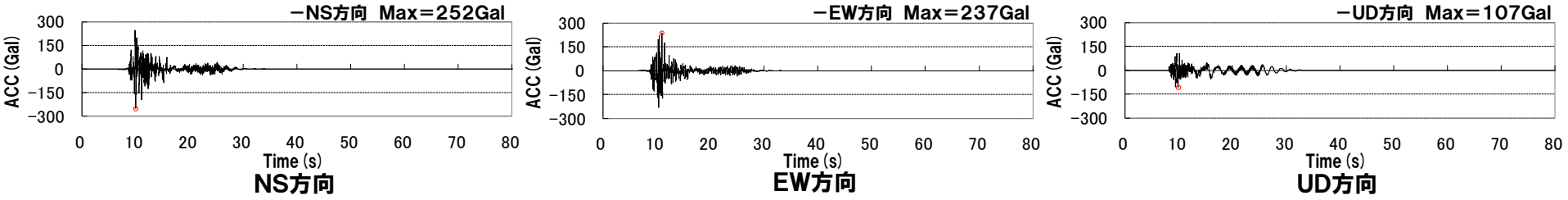
4．3 検討用地震の地震動評価

（１） 尻別川断層による地震

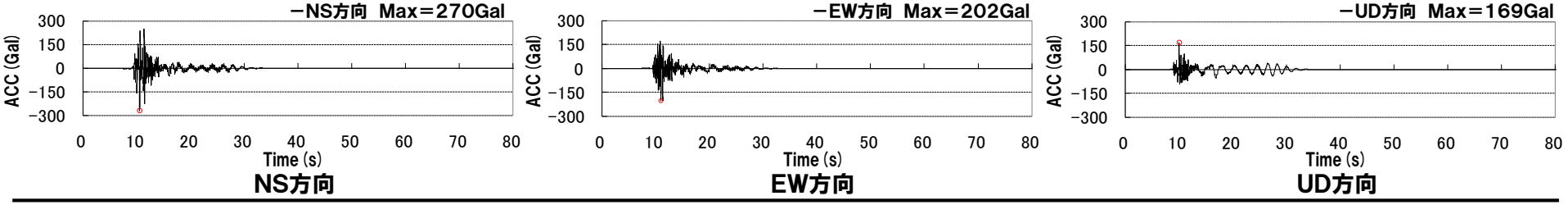
再掲（R3.7.30審査会合資料）

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（応力降下量））
加速度波形

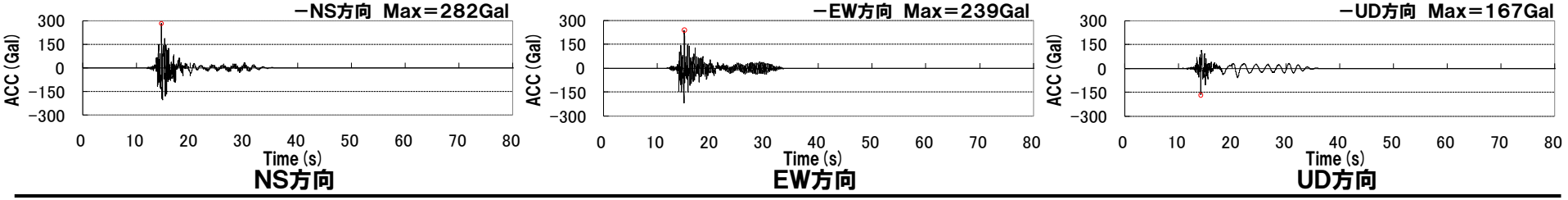
尻別川断層による地震（不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点１）



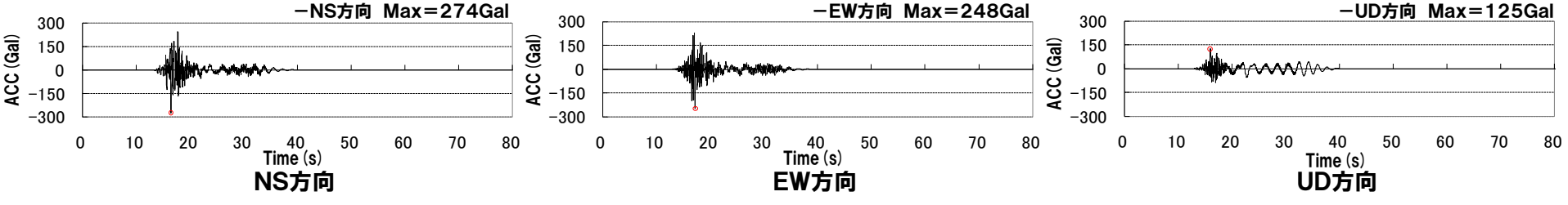
尻別川断層による地震（不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点２）



尻別川断層による地震（不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点３）



尻別川断層による地震（不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点４）



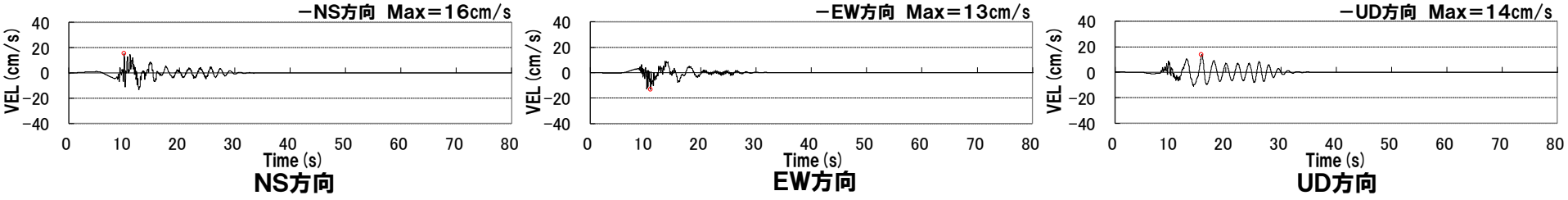
4．3 検討用地震の地震動評価

（１） 尻別川断層による地震

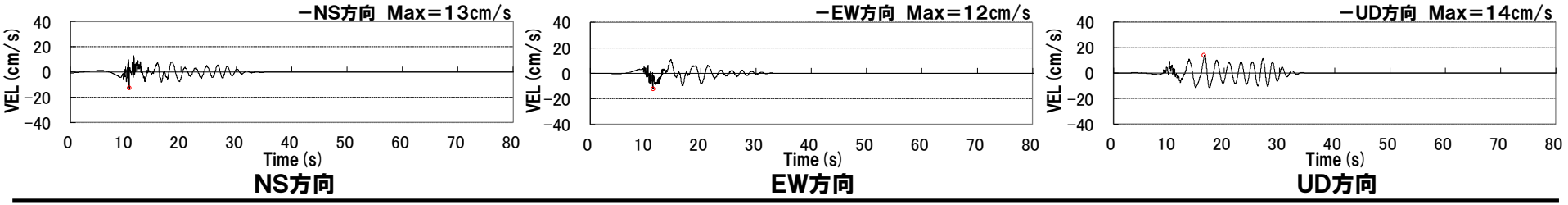
再掲（R3.7.30審査会合資料）

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（応力降下量））
速度波形

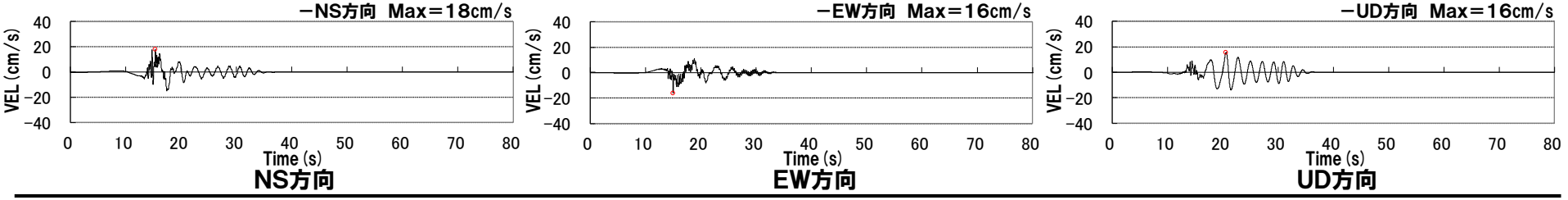
尻別川断層による地震（不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点１）



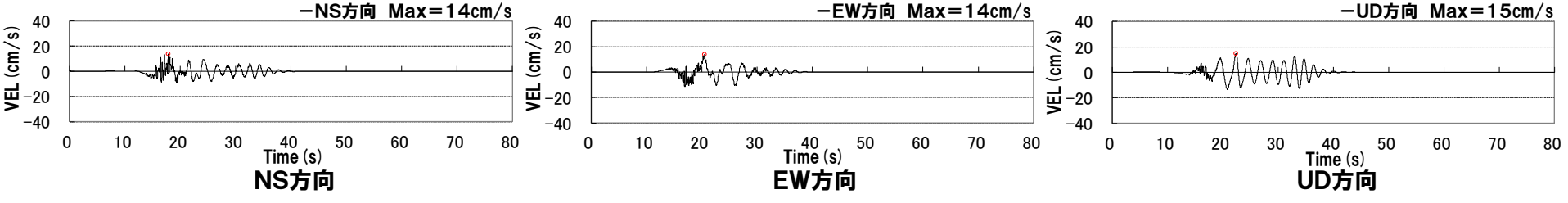
尻別川断層による地震（不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点２）



尻別川断層による地震（不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点３）



尻別川断層による地震（不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点４）

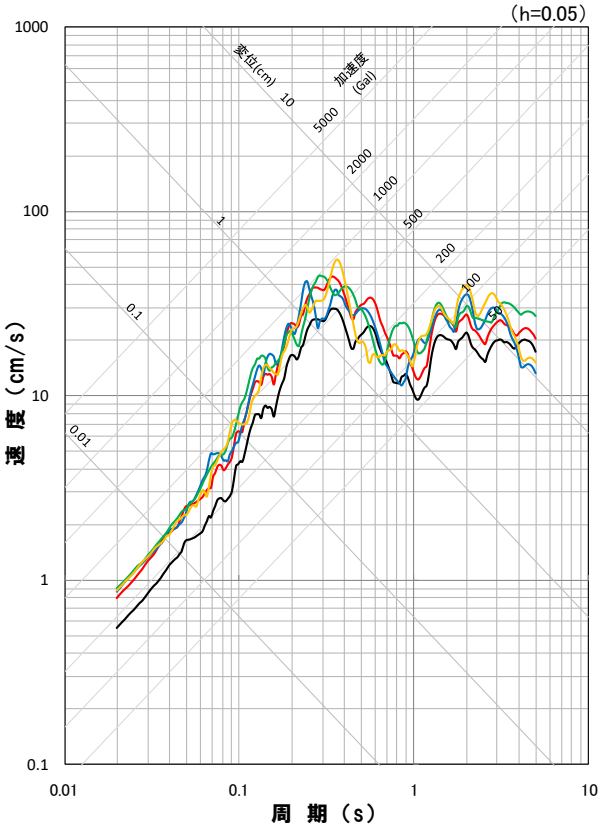


4．3　検討用地震の地震動評価

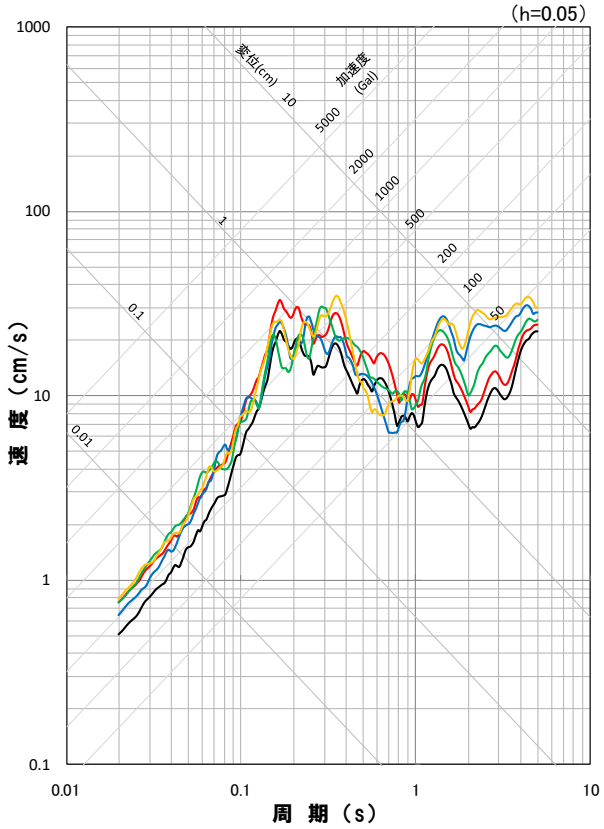
（１）　尻別川断層による地震

再掲（H27.12.25審査会合資料）

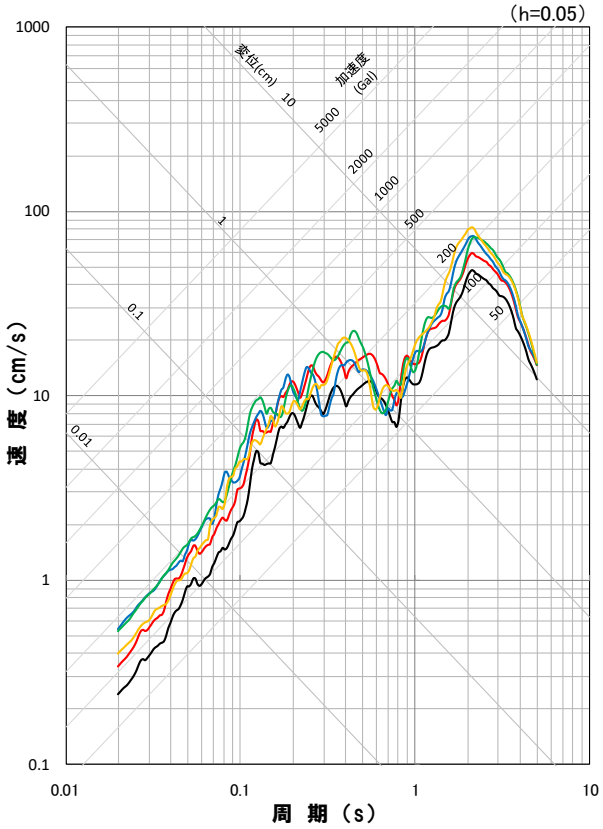
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（応力降下量））
応答スペクトル



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）



応答スペクトル図（UD方向）

地震動評価結果
- 基本震源モデル,破壊開始点１
- 不確かさ考慮モデル（応力降下量）,破壊開始点１
- 不確かさ考慮モデル（応力降下量）,破壊開始点２
- 不確かさ考慮モデル（応力降下量）,破壊開始点３
- 不確かさ考慮モデル（応力降下量）,破壊開始点４

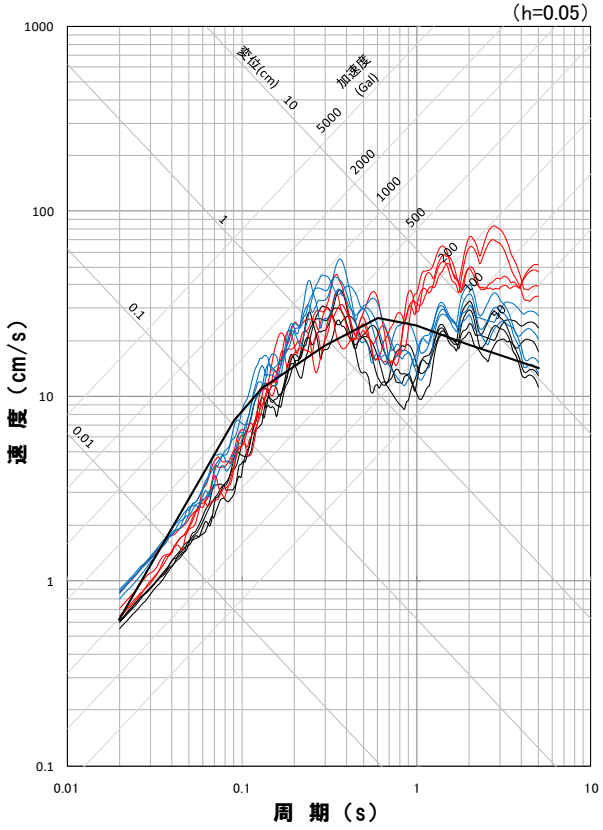
※ハイブリッド合成法における接続周期：1秒

4．3　検討用地震の地震動評価

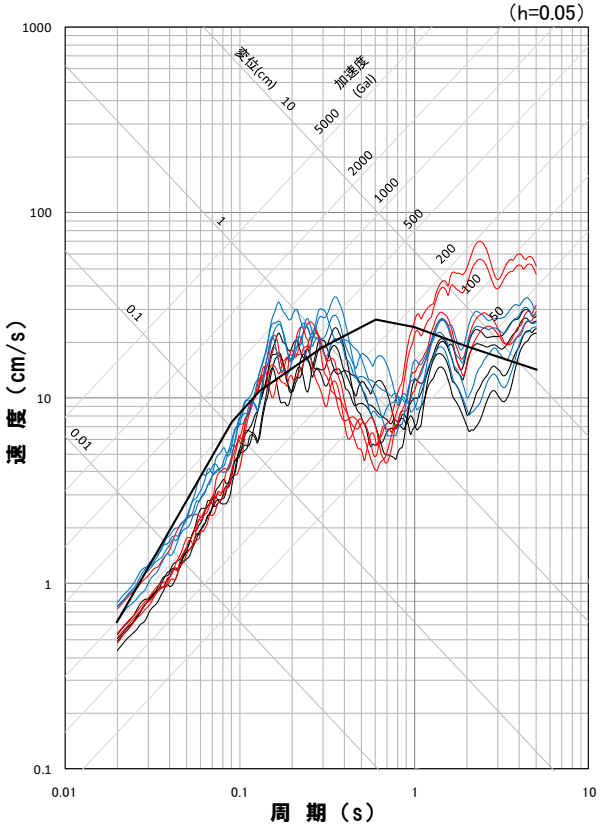
（１）　尻別川断層による地震

一部加筆修正（H27.12.25審査会合資料）

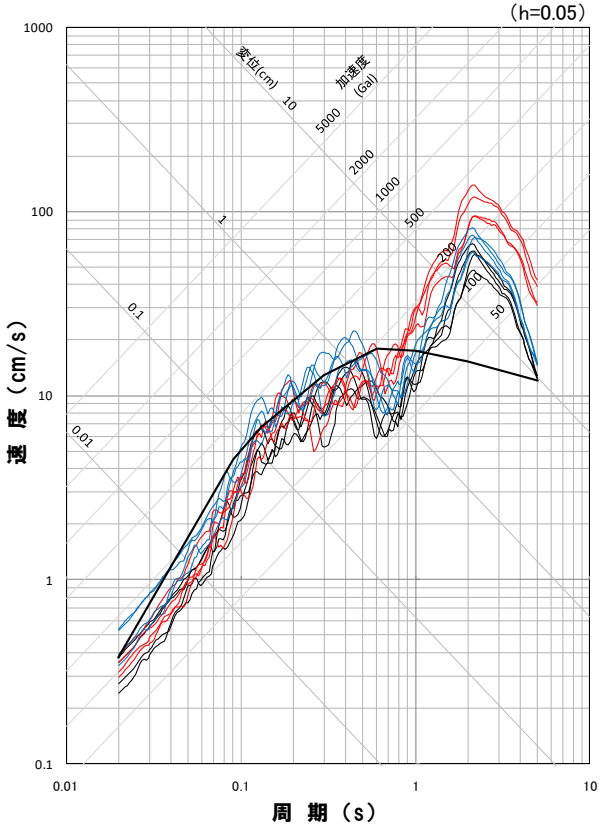
地震動評価結果



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）



応答スペクトル図（UD方向）

地震動評価結果
- 基本震源モデル
- 不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）
- 不確かさ考慮モデル（応力降下量）

※太線は応答スペクトルに基づく地震動評価結果

4．3　検討用地震の地震動評価

95

（2）F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震

一部加筆修正（H27.12.25審査会合資料）

断層パラメータの設定方法

○F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震について，断層幅に対する断層長さの比が5以上であることを踏まえた複数の方法で主要な断層パラメータを設定し，地震動レベルに与える影響の大きい地震モーメントおよび短周期レベルに着目して採用する方法を選定する。

○方法2（既往の設定方法）は，方法4と比べて地震モーメントが同程度で，短周期レベルが大きくなっている。なお，方法1はアスペリティ面積比（15～27％程度）が31％と若干大きくなっており，方法3は地震モーメントおよび短周期レベルが方法2より小さくなっている。

⇒方法2（既往の設定方法）を採用する。

	方法1	方法2 （既往設定方法）	方法3	方法4
	地震調査委員会（2009） ただし， ・平均応力降下量は無限長縦ずれ断層の式（Starr（1928））	地震調査委員会（2009） ただし， ・平均応力降下量は無限長縦ずれ断層の式（Starr（1928）） ・アスペリティ面積比は22％ （Somerville et al.（1999））	壇ほか（2015）	地震調査委員会（2020） ・地震モーメントは Murotani et al.（2015） ・平均応力降下量は Fujii and Matsu'ura（2000） ・アスペリティ面積比は22％ （Somerville et al.（1999））
断層長さ	100.4km	100.4km	100.4km	100.4km
断層幅	18.5km	18.5km	18.5km	18.5km
断層面積	1817.9km^2	1817.9km^2	1817.9km^2	1817.9km^2
地震モーメント	1.84E+20N・m	1.84E+20N・m	1.78E+20N・m	1.82E+20N・m
平均応力降下量	4.5MPa	4.5MPa	2.4MPa	3.1MPa
短周期レベル	3.01E+19N・m/s^2	3.59E+19N・m/s^2	2.48E+19N・m/s^2	2.45E+19N・m/s^2
アスペリティ面積	566.0km^2	399.9km^2	233.3km^2	399.9km^2
アスペリティ応力降下量	14.6MPa	20.6MPa	18.7MPa	14.1MPa
アスペリティ面積比	0.31	0.22	0.13	0.22

4．3　検討用地震の地震動評価

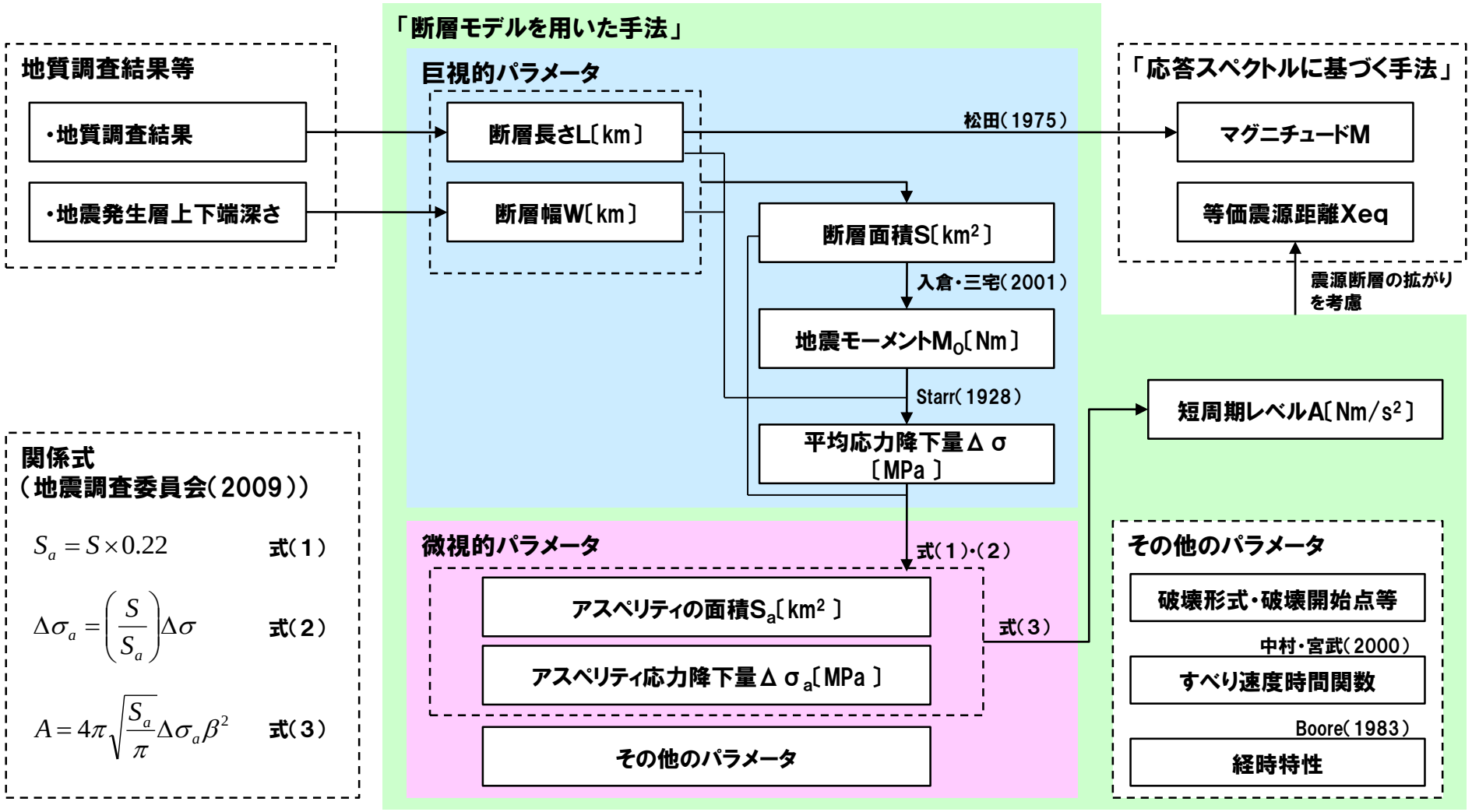
96

（2）F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震

一部加筆修正（H27.12.25審査会合資料）

断層パラメータの設定フロー

○地震調査委員会「レシピ」（2009）に基づき設定
○断層幅に対して断層長さが長いことから平均応力降下量については，無限長縦ずれ断層の式であるStarr（1928）に基づき設定
○また，アスペリティ面積をSomerville et al.（1999）に基づき，震源断層全体の面積の22％で設定



4．3　検討用地震の地震動評価

97

（2）F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震

一部加筆修正（H27.12.25審査会合資料）

不確かさを考慮するパラメータ

	基本震源モデルのパラメータ	不確かさ考慮モデルのパラメータ
断層の傾斜角	当社の地質調査結果から 傾斜角を60°と設定。	地震規模（地震モーメント）が大きくなるように 基本震源モデルより低角の傾斜角を 考慮することとし，地震調査委員会（2009）を 踏まえて45°と設定。
アスペリティの 応力降下量	地震調査委員会（2009）に基づき設定。	応力降下量について十分な知見が 得られていないことから， 2007年新潟県中越沖地震の知見を踏まえ， 地震調査委員会（2009）による値の 1.5倍の応力降下量を考慮。
破壊伝播速度	地震調査委員会（2009）に基づき設定。 Vr=0.72Vs	宮腰ほか（2003）の知見を参考に設定。 Vr=0.87Vs
アスペリティの 位置，数	地質調査結果等に基づき評価した活断層の範囲内で， 敷地に近い位置の地表付近に4個設定。	
破壊開始点	不確かさをあらかじめ考慮することとし， 破壊の進行方向が敷地へ向かうように複数の位置に設定。	

4．3　検討用地震の地震動評価

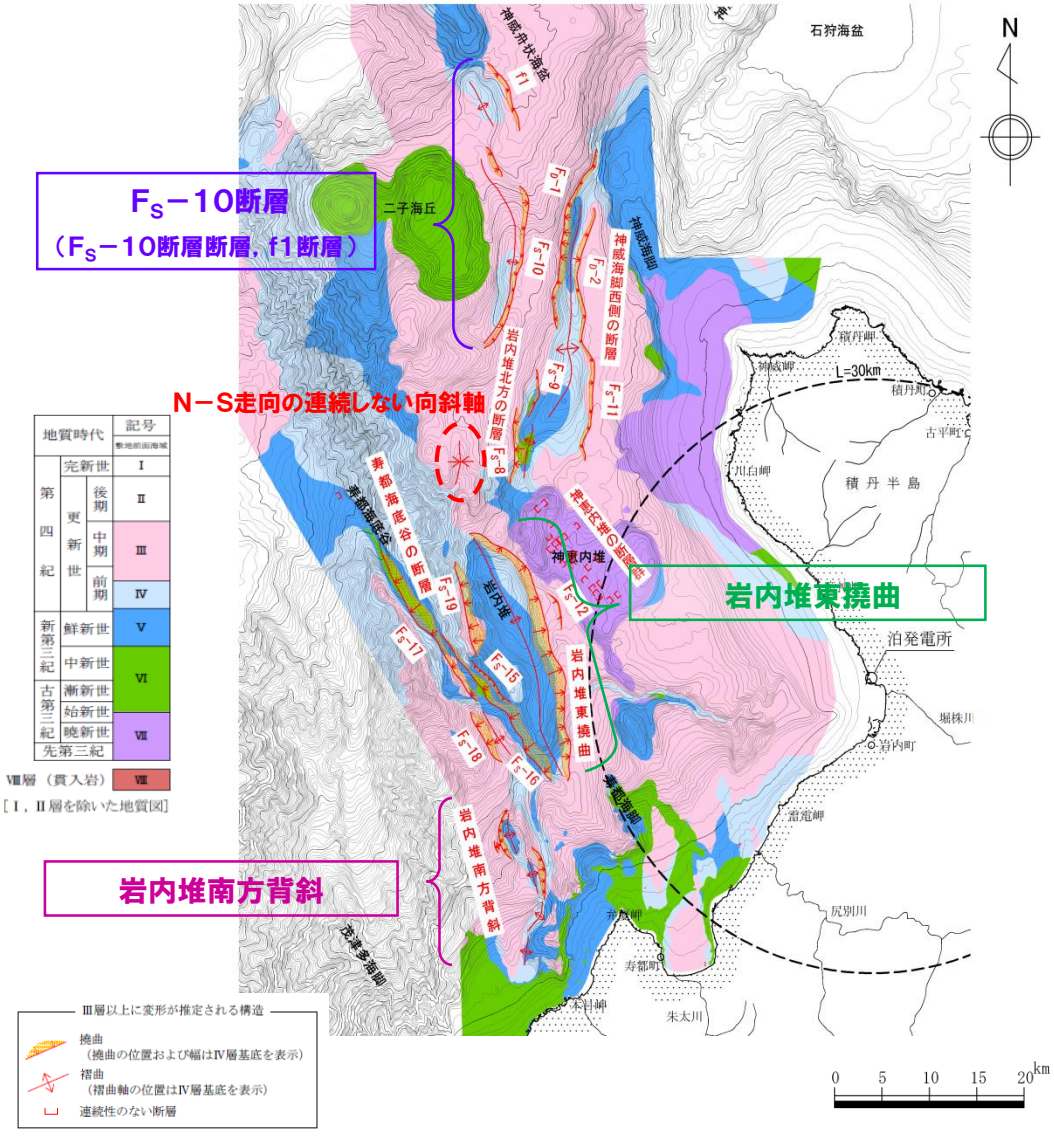
（2）F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震

再掲（H27.12.25審査会合資料）

傾斜角の設定

○敷地前面海域で連動を考慮する断層は，F_S－10断層（F_S－10断層，f1断層），岩内堆東撓曲および岩内堆南方背斜である。
○F_S－10断層（F_S－10断層，f1断層）および岩内堆東撓曲は，大局的にN－S走向で西側隆起の構造と推定される。
○F_S－10断層と岩内堆東撓曲の間には，長さの短い連続しない向斜軸が認められる。
○岩内堆東撓曲の南西方には，大局的に西傾斜の伏在断層が推定される岩内堆南方背斜が分布する。
○これらの構造については，連続しないものの，ほぼ同走向で西傾斜の構造が断続的に分布すること等から，安全評価上，連動の対象として評価している。
○敷地前面海域で連動を考慮する断層の断層モデルにおける傾斜角は，当社海上音波探査記録の検討を踏まえて設定した。

○敷地前面海域で連動を考慮する断層の傾斜角は，断層の主部であるF_S－10断層および岩内堆東撓曲の海上音波探査記録から，比較的高角であると考えられる。
○したがって，断層モデルの傾斜角には60°を設定した。



敷地前面海域における震源として考慮する活断層分布図

4．3 検討用地震の地震動評価

99

（2）F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震

一部加筆修正（H27.12.25審査会合資料）

地震動評価検討ケース

震源モデル	断層長さ（km）	断層幅（km）	断層の傾斜角（°）	応力降下量	破壊伝播速度（km/s）	アスペリティ位置	破壊開始点	備考
（地質調査結果）	98	－	－	－	－	－	－	○地質調査結果により断層長さ98km ○地震動評価は基本震源モデルにて代表
基本震源モデル	100.4	18.5	60	地震調査委員会（2009）	0.72Vs	敷地に近い位置の地表付近	北断層：アスペリティ下端中央 南断層：アスペリティ下端中央 北断層：アスペリティ下端端部 南断層：アスペリティ下端端部 北断層：巨視的断層面下端端部 南断層：巨視的断層面下端端部	○地質調査結果を基に，矩形断層面を設定し，断層長さ100.4kmを考慮したモデル ○M8.2（L＝100.4km），Xeq＝46km※
不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）	100.0	22.6	45	地震調査委員会（2009）	0.72Vs	敷地に近い位置の地表付近	北断層：アスペリティ下端中央 南断層：アスペリティ下端中央 北断層：アスペリティ下端端部 南断層：アスペリティ下端端部 北断層：巨視的断層面下端端部 南断層：巨視的断層面下端端部	○基本震源モデルの傾斜角について，不確かさを考慮して45°としたモデル ○M8.3（L＝100.0km），Xeq＝49km※
不確かさ考慮モデル（応力降下量）	100.4	18.5	60	地震調査委員会（2009）×1.5	0.72Vs	敷地に近い位置の地表付近	北断層：アスペリティ下端中央 南断層：アスペリティ下端中央 北断層：アスペリティ下端端部 南断層：アスペリティ下端端部 北断層：巨視的断層面下端端部 南断層：巨視的断層面下端端部	○基本震源モデルの応力降下量について，不確かさを考慮してアスペリティと背景領域の応力降下量をいずれも1.5倍したモデル
不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度）	100.4	18.5	60	地震調査委員会（2009）	0.87Vs	敷地に近い位置の地表付近	北断層：アスペリティ下端中央 南断層：アスペリティ下端中央 北断層：アスペリティ下端端部 南断層：アスペリティ下端端部 北断層：巨視的断層面下端端部 南断層：巨視的断層面下端端部	○基本震源モデルの破壊伝播速度について，不確かさを考慮して0.87Vsとしたモデル

：不確かさを考慮して設定するパラメータ（認識論的な不確かさ）

：全てのケースにおいて共通的に考慮するパラメータ（偶然的な不確かさ）

※ 応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる諸元

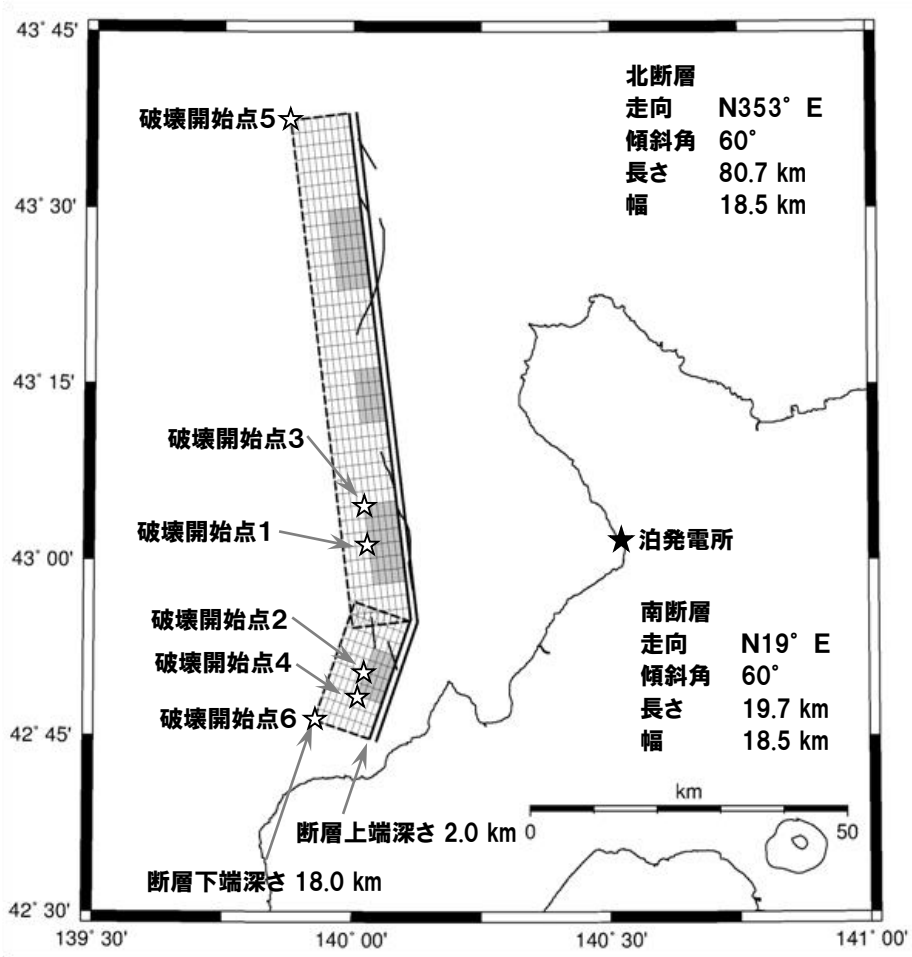
4．3 検討用地震の地震動評価

100

（2）F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震

一部加筆修正（H27.12.25審査会合資料）

震源モデル図，断層パラメータ（基本震源モデル）



基本震源モデル

※モデル上のアスペリティ面積 396.6km²

項 目		設定値	設定方法
断層原点（地表トレース原点）		北緯 42.912° 東経 140.127° 北緯 42.741° 東経 140.047°	地質調査結果による北断層南端 地質調査結果による南断層南端
走 向		北断層：N353° E 南断層：N19° E	地質調査結果による北断層の南端～北端 地質調査結果による南断層の南端～北端
傾斜角		60°	当社の地質調査結果を踏まえ 60° に設定
断層長さ		100.4km（80.7km+19.7km）	地質調査結果に基づき矩形断層として設定
断層幅		18.5km	断層上下端深さと傾斜角より設定
控除面積		39.5km²	$\Delta S=W^2\times\cos\delta\times\tan\{(\theta_S-\theta_N)/2\}$
断層面積		1817.9km²	$S=L\times W-\Delta S$
断層上端深さ		2km	調査結果等を踏まえて設定
断層下端深さ		18km	調査結果等を参考に設定
地震モーメント		1.84E+20N・m	$M_0=\{S/(4.24\times10^{-11})\}^2$（入倉・三宅（2001））
モーメントマグニチュード		7.4	$LogM_0(N\cdot m)=1.5\times M_W+9.1$
平均応力降下量		4.5MPa	$\Delta\sigma=8/(3\times\pi)\times M_0/(L\times W_{max}^2)$
剛性率		3.43E+10N/m²	$\mu=\rho\times\beta^2$，$\rho=2.8g/cm^3$：防災科研（2005）に基づき設定
平均すべり量		294.8cm	$D=M_0/(\mu\times S)$
S波速度		3.5km/s	$\beta=3.5km/s$：防災科研（2005）に基づき設定
破壊伝播速度		2.5km/s	$V_R=0.72\times\beta km/s$（Geller（1976））
破壊伝播様式		破壊開始点から同心円状	地震調査委員会（2009）に基づき設定
破壊開始点		北断層アスペリティ下端中央（破壊開始点1）	破壊の進行方向が敷地へ向かうように破壊開始点を設定
		南断層アスペリティ下端中央（破壊開始点2）	
		北断層アスペリティ下端端部（破壊開始点3）	
		南断層アスペリティ下端端部（破壊開始点4）	
		北断層巨視的断層面下端端部（破壊開始点5）	
		南断層巨視的断層面下端端部（破壊開始点6）	
短周期レベル		3.59E+19N・m/s²	$A=4\times\pi\times(S_a/\pi)^{0.5}\times\Delta\sigma_a\times\beta^2$
高周波遮断特性		6Hz	地震調査委員会（2009）に基づき設定
Q値		110f^0.69	$Q=110\times f^{0.69}$（佐藤ほか（1994））
アスペリティ	位置	敷地に近い位置の地表付近	地質調査結果を踏まえた上で，敷地に近い位置の地表付近に設定
	数	4 個	地質調査結果を踏まえた上で，4 個設定
	総面積	399.9km²	$S_a=0.22\times S$
	平均すべり量	589.6cm	$D_a=\gamma_D\times D$
	地震モーメント	8.09E+19N・m	$M_{0a}=\mu\times S_a\times D_a$
	応力降下量	20.6MPa	$\Delta\sigma_a=(S/S_a)\times\Delta\sigma$
背景領域	地震モーメント	1.03E+20N・m	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$
	面積	1418.0km²	$S_b=S-S_a$
	平均すべり量	211.7cm	$D_b=M_{0b}/(\mu\times S_b)$
	実効応力	4.1MPa	$\sigma_b=(D_b/W_b)\times(\pi^{0.5}/D_a)\times r\times\Sigma\gamma_i^3\times\sigma_a$

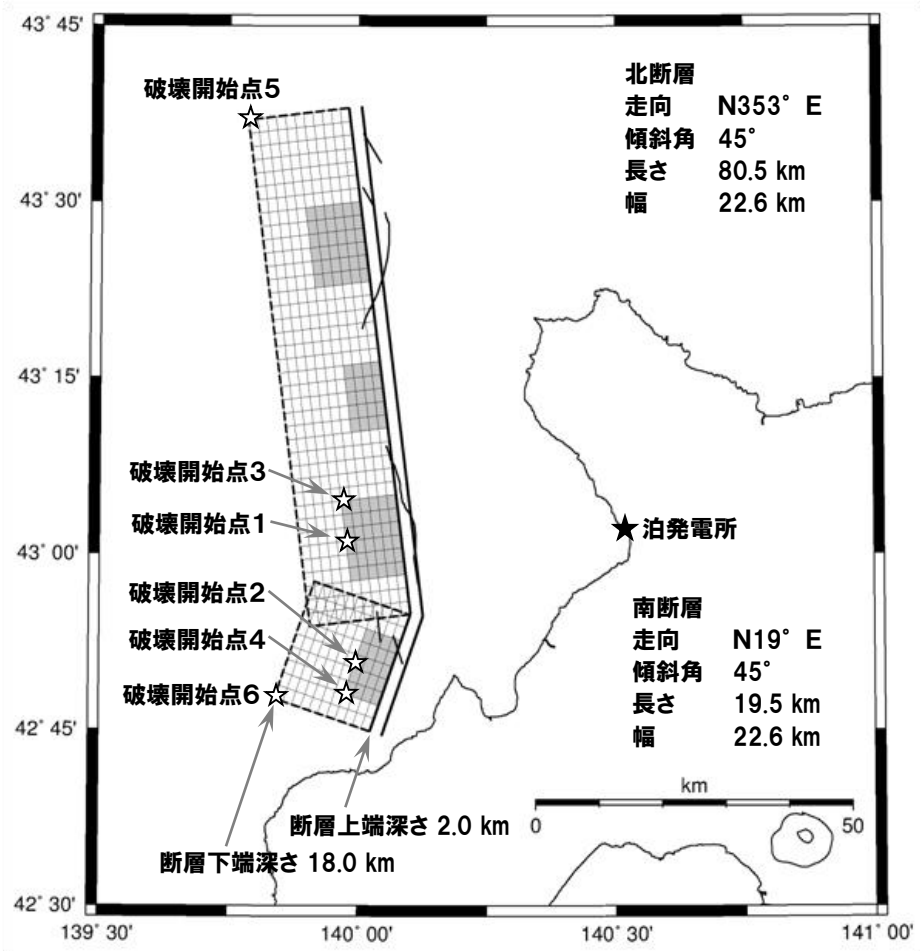
4．3 検討用地震の地震動評価

101

（2）F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震

一部加筆修正（H27.12.25審査会合資料）

震源モデル図，断層パラメータ（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角））



不確かさ考慮モデル
（断層の傾斜角）

※モデル上のアスペリティ面積
489.5km²

項 目		設定値	設定方法
断層原点（地表トレース原点）		北緯 42.912° 東経 140.127° 北緯 42.741° 東経 140.047°	地質調査結果による北断層南端 地質調査結果による南断層南端
走 向		北断層：N353° E 南断層：N19° E	地質調査結果による北断層の南端～北端 地質調査結果による南断層の南端～北端
傾斜角		45°	不確かさを考慮し，念のため 45° と設定
断層長さ		100.0km（80.5km+19.5km）	地質調査結果に基づき矩形断層として設定
断層幅		22.6km	断層上下端深さと傾斜角より設定
控除面積		83.4km²	$\Delta S=W^2\times\cos\delta\times\tan\{(\theta_S-\theta_N)/2\}$
断層面積		2176.6km²	$S=L\times W-\Delta S$
断層上端深さ		2km	調査結果等を踏まえて設定
断層下端深さ		18km	調査結果等を参考に設定
地震モーメント		2.64E+20N・m	$M_0=\{S/(4.24\times10^{-11})\}^2$（入倉・三宅（2001））
モーメントマグニチュード		7.5	$LogM_0(N\cdot m)=1.5\times M_W+9.1$
平均応力降下量		4.4MPa	$\Delta\sigma=8/(3\times\pi)\times M_0/(L\times W_{max}^2)$
剛性率		3.43E+10N/m²	$\mu=\rho\times\beta^2$，$\rho=2.8g/cm^3$：防災科研（2005）に基づき設定
平均すべり量		353.0cm	$D=M_0/(\mu\times S)$
S波速度		3.5km/s	$\beta=3.5km/s$：防災科研（2005）に基づき設定
破壊伝播速度		2.5km/s	$V_R=0.72\times\beta km/s$（Geller（1976））
破壊伝播様式		破壊開始点から同心円状	地震調査委員会（2009）に基づき設定
破壊開始点		北断層アスペリティ下端中央（破壊開始点1）	破壊の進行方向が敷地へ向かうように破壊開始点を設定
		南断層アスペリティ下端中央（破壊開始点2）	
		北断層アスペリティ下端端部（破壊開始点3）	
		南断層アスペリティ下端端部（破壊開始点4）	
		北断層巨視的断層面下端端部（破壊開始点5）	
		南断層巨視的断層面下端端部（破壊開始点6）	
短周期レベル		3.78E+19N・m/s²	$A=4\times\pi\times(S_a/\pi)^{0.5}\times\Delta\sigma_a\times\beta^2$
高周波遮断特性		6Hz	地震調査委員会（2009）に基づき設定
Q値		110f^0.69	$Q=110\times f^{0.69}$（佐藤ほか（1994））
アスペリティ	位置	敷地に近い位置の地表付近	地質調査結果を踏まえた上で，敷地に近い位置の地表付近に設定
	数	4 個	地質調査結果を踏まえた上で，4 個設定
	総面積	478.9km²	$S_a=0.22\times S$
	平均すべり量	706.0cm	$D_a=\gamma_D\times D$
	地震モーメント	1.16E+20N・m	$M_{0a}=\mu\times S_a\times D_a$
	応力降下量	19.9MPa	$\Delta\sigma_a=(S/S_a)\times\Delta\sigma$
背景領域	地震モーメント	1.48E+20N・m	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$
	面積	1697.8km²	$S_b=S-S_a$
	平均すべり量	253.4cm	$D_b=M_{0b}/(\mu\times S_b)$
	実効応力	3.6MPa	$\sigma_b=(D_b/W_b)\times(\pi^{0.5}/D_a)\times r\times\Sigma\gamma_i^3\times\sigma_a$

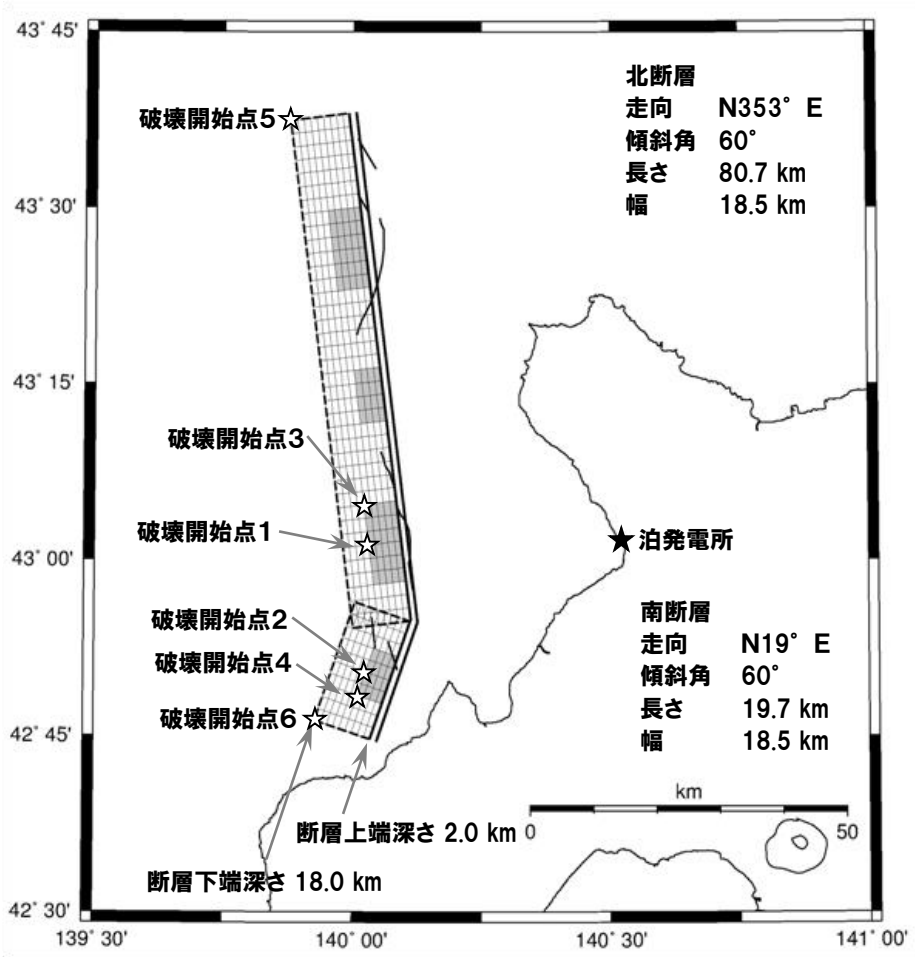
4．3 検討用地震の地震動評価

102

（2）F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震

一部加筆修正（H27.12.25審査会合資料）

震源モデル図，断層パラメータ（不確かさ考慮モデル（応力降下量））



不確かさ考慮モデル
（応力降下量）
震源モデル図は基本震源モデルと同様

※モデル上のアスペリティ面積
396.6km²

項 目		設定値	設定方法
断層原点 （地表トレース原点）		北緯 42.912° 東経 140.127° 北緯 42.741° 東経 140.047°	地質調査結果による北断層南端 地質調査結果による南断層南端
走 向		北断層：N353° E 南断層：N19° E	地質調査結果による北断層の南端～北端 地質調査結果による南断層の南端～北端
傾斜角		60°	当社の地質調査結果を踏まえ 60° に設定
断層長さ		100.4km（80.7km+19.7km）	地質調査結果に基づき矩形断層として設定
断層幅		18.5km	断層上下端深さと傾斜角より設定
控除面積		39.5km²	$\Delta S=W^2\times\cos\delta\times\tan\{(\theta_S-\theta_N)/2\}$
断層面積		1817.9km²	$S=L\times W-\Delta S$
断層上端深さ		2km	調査結果等を踏まえて設定
断層下端深さ		18km	調査結果等を参考に設定
地震モーメント		1.84E+20N・m	$M_0=\{S/(4.24\times10^{-11})\}^2$（入倉・三宅（2001））
モーメントマグニチュード		7.4	$LogM_0(N\cdot m)=1.5\times M_W+9.1$
平均応力降下量		4.5MPa	$\Delta\sigma=8/(3\times\pi)\times M_0/(L\times W_{max}^2)$
剛性率		3.43E+10N/m²	$\mu=\rho\times\beta^2$，$\rho=2.8g/cm^3$：防災科研（2005）に基づき設定
平均すべり量		294.8cm	$D=M_0/(\mu\times S)$
S波速度		3.5km/s	$\beta=3.5km/s$：防災科研（2005）に基づき設定
破壊伝播速度		2.5km/s	$V_R=0.72\times\beta km/s$（Geller（1976））
破壊伝播様式		破壊開始点から同心円状	地震調査委員会（2009）に基づき設定
破壊開始点		北断層アスペリティ下端中央（破壊開始点1）	破壊の進行方向が敷地へ向かうように破壊開始点を設定
		南断層アスペリティ下端中央（破壊開始点2）	
		北断層アスペリティ下端端部（破壊開始点3）	
		南断層アスペリティ下端端部（破壊開始点4）	
		北断層巨視的断層面下端端部（破壊開始点5）	
		南断層巨視的断層面下端端部（破壊開始点6）	
短周期レベル		5.38E+19N・m/s²	$A=4\times\pi\times(S_a/\pi)^{0.5}\times\Delta\sigma_a\times\beta^2$
高周波遮断特性		6Hz	地震調査委員会（2009）に基づき設定
Q値		110f^0.69	$Q=110\times f^{0.69}$（佐藤ほか（1994））
アスペリティ	位置	敷地に近い位置の地表付近	地質調査結果を踏まえた上で，敷地に近い位置の地表付近に設定
	数	4 個	地質調査結果を踏まえた上で，4 個設定
	総面積	399.9km²	$S_a=0.22\times S$
	平均すべり量	589.6cm	$D_a=\gamma_D\times D$
	地震モーメント	8.09E+19N・m	$M_{0a}=\mu\times S_a\times D_a$
	応力降下量	31.0MPa	$\Delta\sigma_a=1.5\times(S/S_a)\times\Delta\sigma$
背景領域	地震モーメント	1.03E+20N・m	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$
	面積	1418.0km²	$S_b=S-S_a$
	平均すべり量	211.7cm	$D_b=M_{0b}/(\mu\times S_b)$
	実効応力	6.2MPa	$\sigma_b=(D_b/W_b)\times(\pi^{0.5}/D_a)\times r\times\Sigma\gamma_i^3\times\sigma_a$

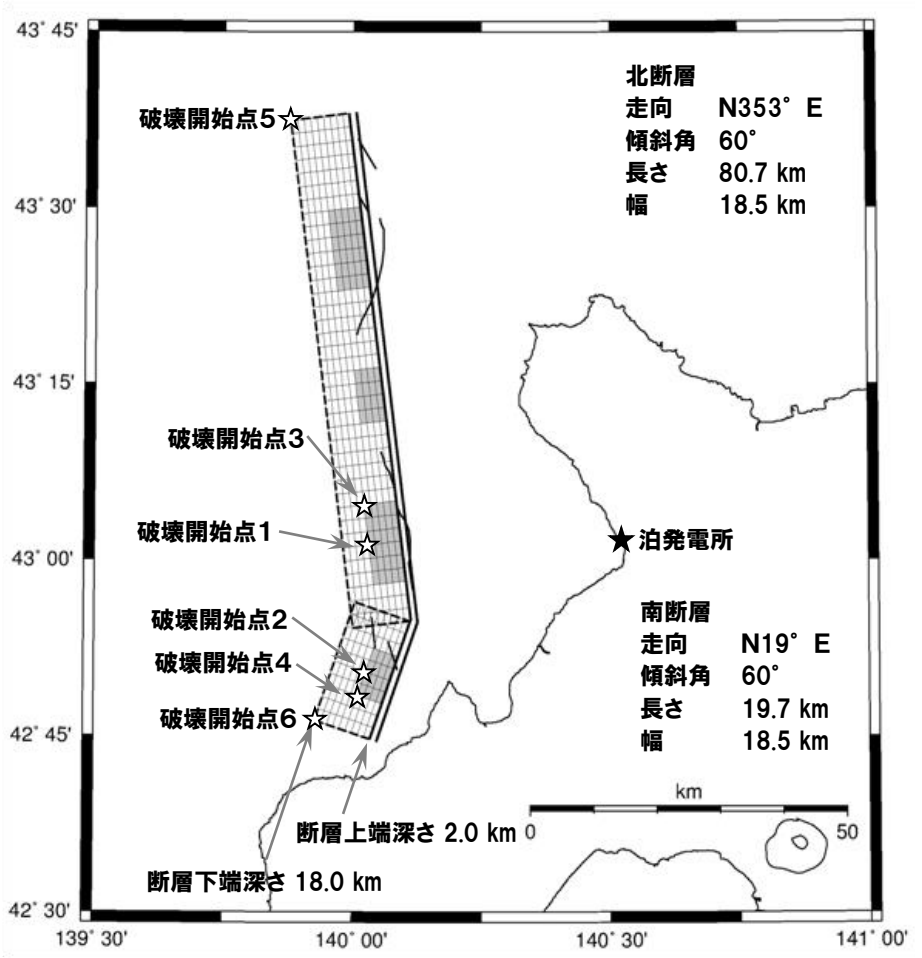
4．3 検討用地震の地震動評価

103

（2）F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震

一部加筆修正（H27.12.25審査会合資料）

震源モデル図，断層パラメータ（不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度））



不確かさ考慮モデル
（破壊伝播速度）
震源モデル図は基本震源モデルと同様

※モデル上のアスペリティ面積
396.6km²

項 目		設定値	設定方法
断層原点（地表トレース原点）		北緯 42.912° 東経 140.127° 北緯 42.741° 東経 140.047°	地質調査結果による北断層南端 地質調査結果による南断層南端
走 向		北断層：N353° E 南断層：N19° E	地質調査結果による北断層の南端～北端 地質調査結果による南断層の南端～北端
傾斜角		60°	当社の地質調査結果を踏まえ 60° に設定
断層長さ		100.4km（80.7km+19.7km）	地質調査結果に基づき矩形断層として設定
断層幅		18.5km	断層上下端深さと傾斜角より設定
控除面積		39.5km²	$\Delta S=W^2\times\cos\delta\times\tan\{(\theta_S-\theta_N)/2\}$
断層面積		1817.9km²	$S=L\times W-\Delta S$
断層上端深さ		2km	調査結果等を踏まえて設定
断層下端深さ		18km	調査結果等を参考に設定
地震モーメント		1.84E+20N・m	$M_0=\{S/(4.24\times10^{-11})\}^2$（入倉・三宅（2001））
モーメントマグニチュード		7.4	$LogM_0(N\cdot m)=1.5\times M_W+9.1$
平均応力降下量		4.5MPa	$\Delta\sigma=8/(3\times\pi)\times M_0/(L\times W_{max}^2)$
剛性率		3.43E+10N/m²	$\mu=\rho\times\beta^2$，$\rho=2.8g/cm^3$：防災科研（2005）に基づき設定
平均すべり量		294.8cm	$D=M_0/(\mu\times S)$
S波速度		3.5km/s	$\beta=3.5km/s$：防災科研（2005）に基づき設定
破壊伝播速度		3.0km/s	$V_R=0.87\times\beta km/s$
破壊伝播様式		破壊開始点から同心円状	地震調査委員会（2009）に基づき設定
破壊開始点		北断層アスペリティ下端中央（破壊開始点1）	破壊の進行方向が敷地へ向かうように破壊開始点を設定
		南断層アスペリティ下端中央（破壊開始点2）	
		北断層アスペリティ下端端部（破壊開始点3）	
		南断層アスペリティ下端端部（破壊開始点4）	
		北断層巨視的断層面下端端部（破壊開始点5）	
		南断層巨視的断層面下端端部（破壊開始点6）	
短周期レベル		3.59E+19N・m/s²	$A=4\times\pi\times(S_a/\pi)^{0.5}\times\Delta\sigma_a\times\beta^2$
高周波遮断特性		6Hz	地震調査委員会（2009）に基づき設定
Q値		110f^0.69	$Q=110\times f^{0.69}$（佐藤ほか（1994））
アスペリティ	位置	敷地に近い位置の地表付近	地質調査結果を踏まえた上で，敷地に近い位置の地表付近に設定
	数	4 個	地質調査結果を踏まえた上で，4 個設定
	総面積	399.9km²	$S_a=0.22\times S$
	平均すべり量	589.6cm	$D_a=\gamma_D\times D$
	地震モーメント	8.09E+19N・m	$M_{0a}=\mu\times S_a\times D_a$
	応力降下量	20.6MPa	$\Delta\sigma_a=(S/S_a)\times\Delta\sigma$
背景領域	地震モーメント	1.03E+20N・m	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$
	面積	1418.0km²	$S_b=S-S_a$
	平均すべり量	211.7cm	$D_b=M_{0b}/(\mu\times S_b)$
	実効応力	4.1MPa	$\sigma_b=(D_b/W_b)\times(\pi^{0.5}/D_a)\times r\times\Sigma\gamma_i^3\times\sigma_a$

4．3 検討用地震の地震動評価

104

（2）F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震

再掲（R3.7.30審査会合資料）

応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる地震規模の評価

○応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる地震規模については，松田（1975）により算定するが，安全側に設定した断層面に基づく地震モーメントを用いた武村（1990）により算定したケースと比較したうえで設定する。
○F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震については，基本震源モデルはM8.2，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）はM8.3として評価する。

F_S-10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震の諸元

地震動評価ケース	地震規模M		Xeq（km）
	松田式※1	武村式※2	
基本震源モデル	8.2	8.2	46
不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）	8.2	8.3	49

※1：松田（1975）による断層長さと地震規模Mの関係式により算定
※2：武村（1990）による地震モーメントと地震規模Mの関係式により算定

4．3 検討用地震の地震動評価

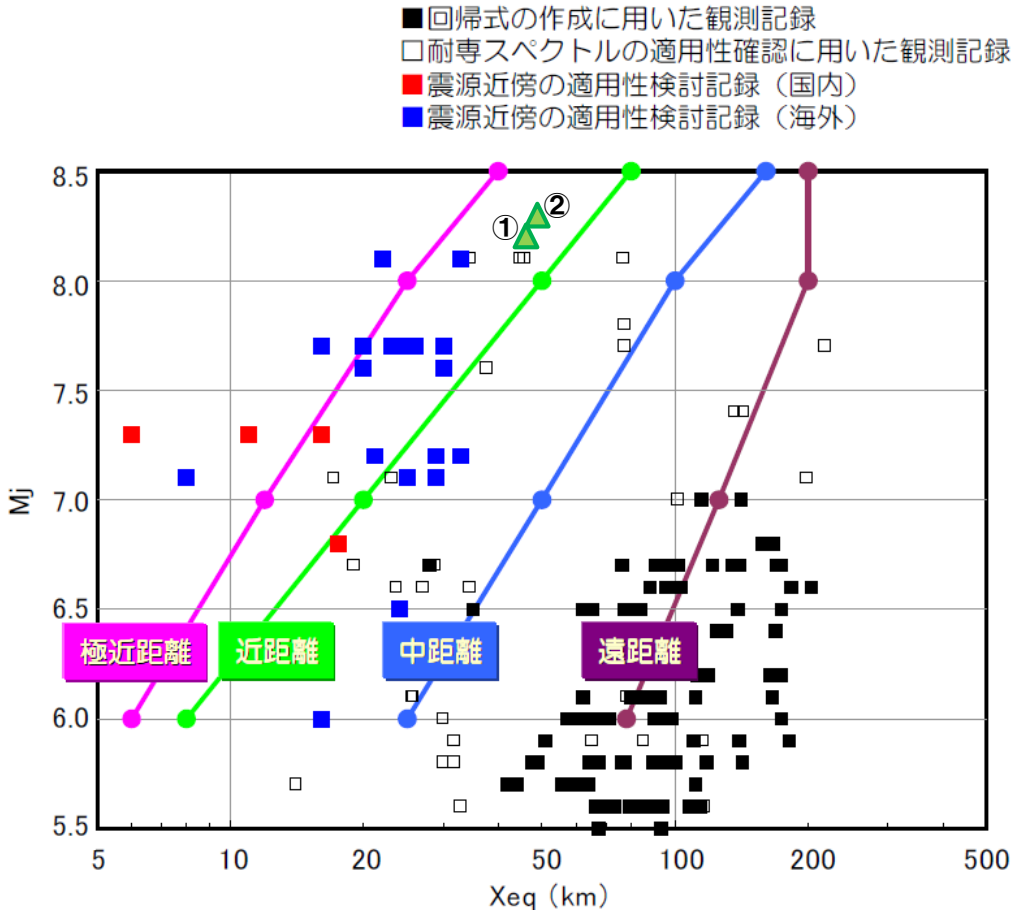
105

（2）F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震

再掲（R3.7.30審査会合資料）

Noda et al.（2002）の適用性の検討

○F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震について，Noda et al.（2002）による方法の適用性を検討した結果，適用範囲内にあることを確認した。



Noda et al.（2002）による方法の適用性（東京電力（2009）に加筆）

△ F_S－10断層～岩内堆東撓曲
～岩内堆南方背斜による地震

①F_S－10断層～岩内堆東撓曲
～岩内堆南方背斜による地震
（基本震源モデル（M8.2，Xeq＝46km））

②F_S－10断層～岩内堆東撓曲
～岩内堆南方背斜による地震
（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）
（M8.3，Xeq＝49km））

4．3　検討用地震の地震動評価

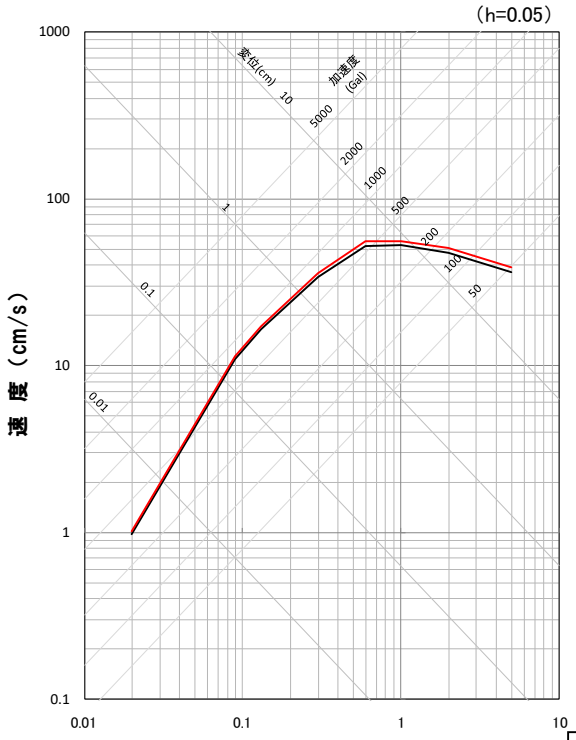
106

（2）F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震

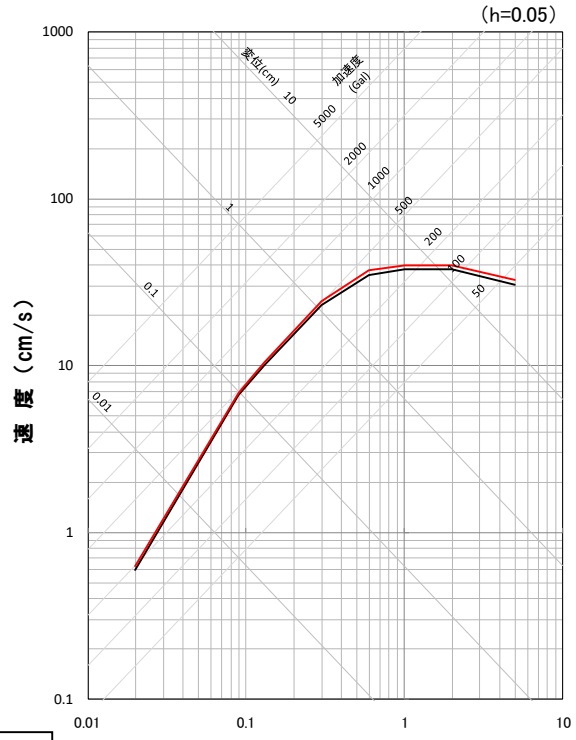
一部加筆修正（H27.12.25審査会合資料）

応答スペクトルに基づく地震動評価結果

	コントロールポイント $_PS_V$（cm/s）							
	T_A（s）	T_B（s）	T_C（s）	T_D（s）	T_E（s）	T_F（s）	T_G（s）	T_H（s）
	0.02	0.09	0.13	0.30	0.60	1.00	2.00	5.00
基本震源モデル　水平方向	0.98	10.95	16.53	34.17	52.31	52.57	47.60	36.60
不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）水平方向	1.02	11.33	17.18	35.96	55.39	55.59	50.44	39.00
基本震源モデル　鉛直方向	0.60	6.66	10.12	23.14	35.10	37.74	37.74	30.53
不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）鉛直方向	0.62	6.90	10.52	24.35	37.16	39.91	39.98	32.54



応答スペクトル図（水平方向）



応答スペクトル図（鉛直方向）

基本震源モデル
不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）

4．3 検討用地震の地震動評価

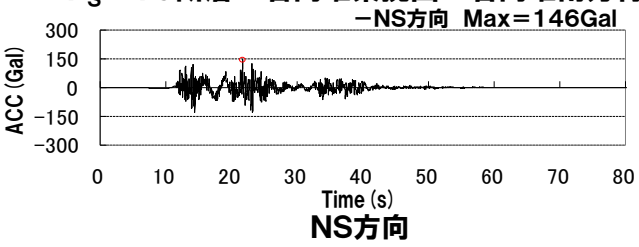
107

（2）F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震

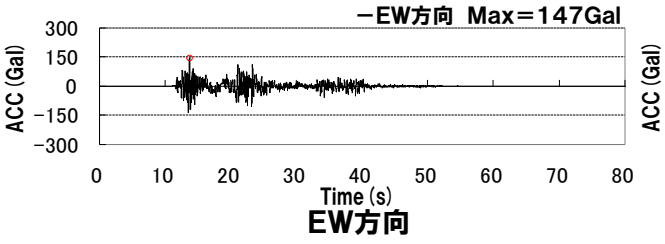
再掲（R3.7.30審査会合資料）

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（基本震源モデル）
加速度波形

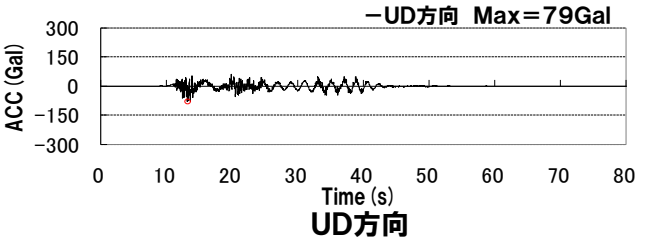
F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（基本震源モデル，破壊開始点１）



NS方向

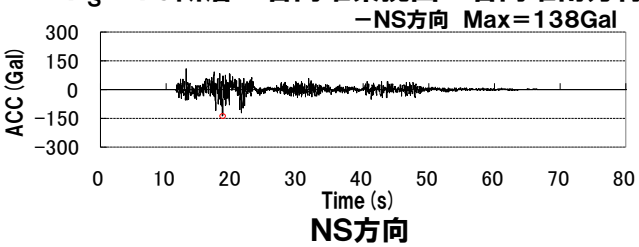


EW方向

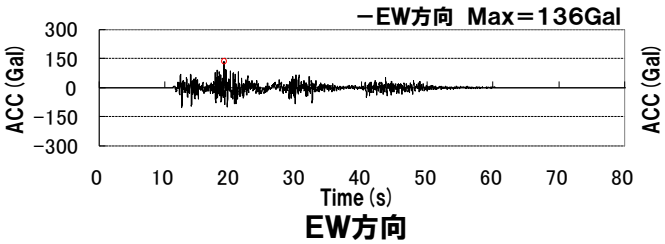


UD方向

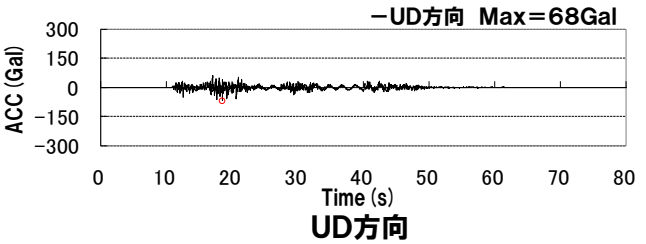
F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（基本震源モデル，破壊開始点２）



NS方向

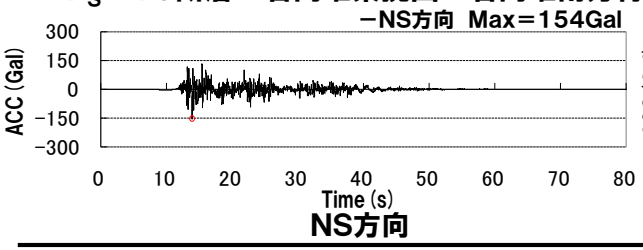


EW方向

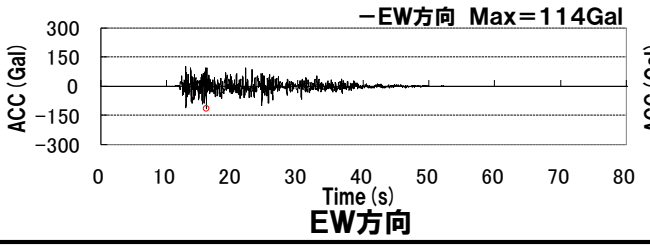


UD方向

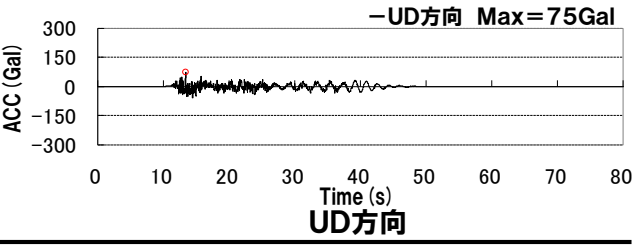
F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（基本震源モデル，破壊開始点３）



NS方向

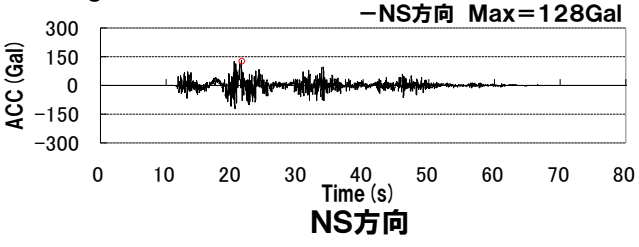


EW方向

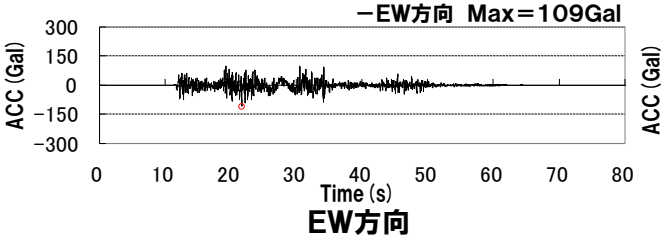


UD方向

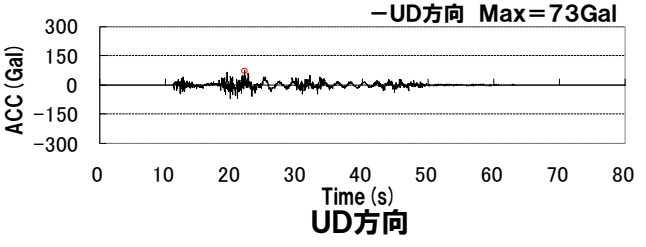
F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（基本震源モデル，破壊開始点４）



NS方向



EW方向



UD方向

4．3 検討用地震の地震動評価

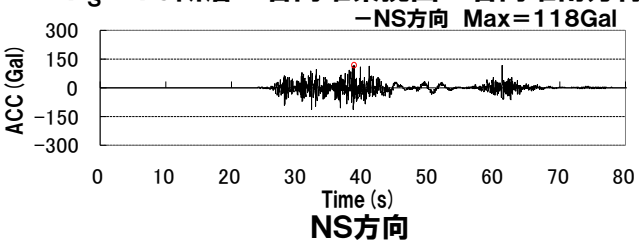
108

（2）F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震

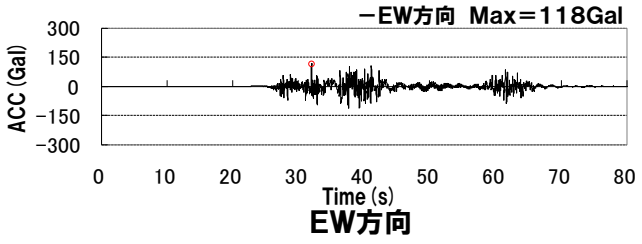
再掲（R3.7.30審査会合資料）

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（基本震源モデル）
加速度波形

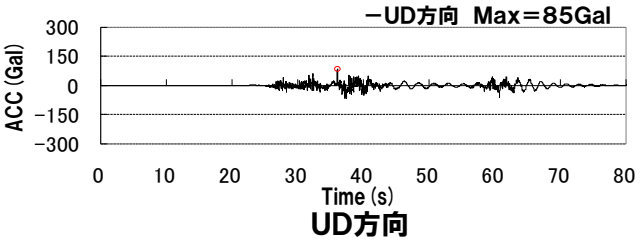
F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（基本震源モデル，破壊開始点５）



NS方向

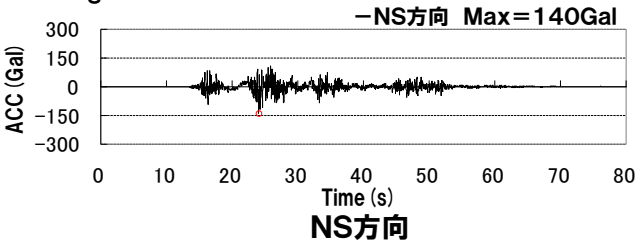


EW方向

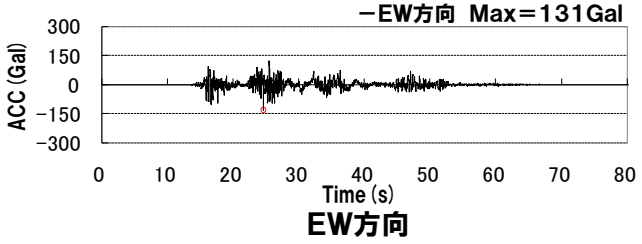


UD方向

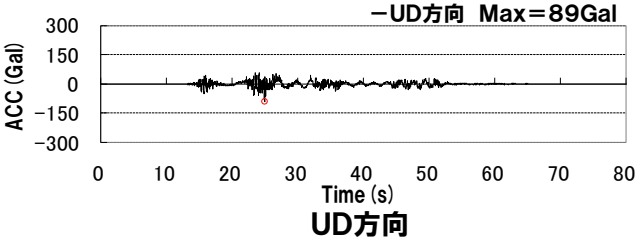
F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（基本震源モデル，破壊開始点６）



NS方向



EW方向



UD方向

4．3　検討用地震の地震動評価

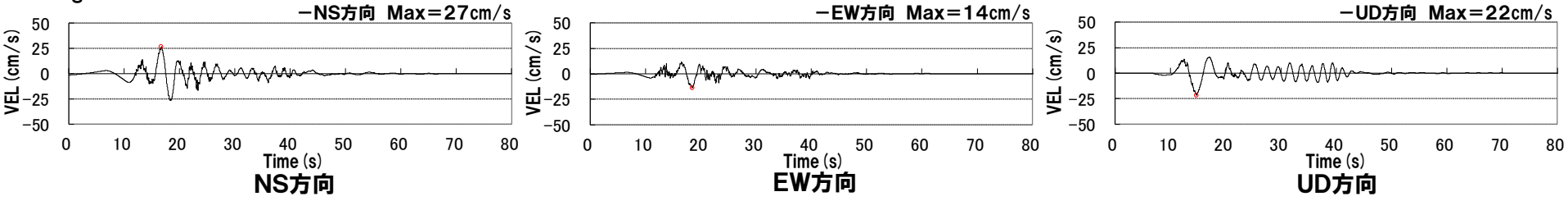
109

（2）F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震

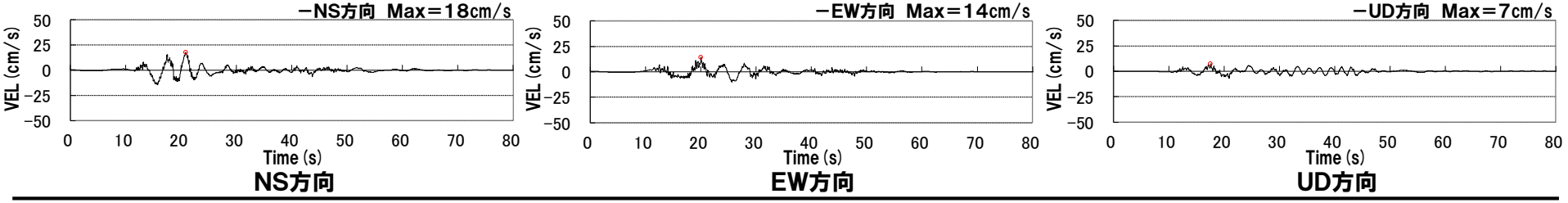
再掲（R3.7.30審査会合資料）

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（基本震源モデル）
速度波形

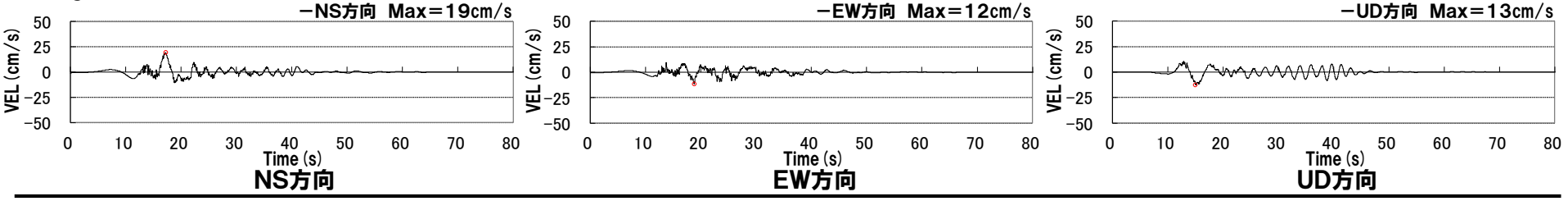
F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（基本震源モデル，破壊開始点１）



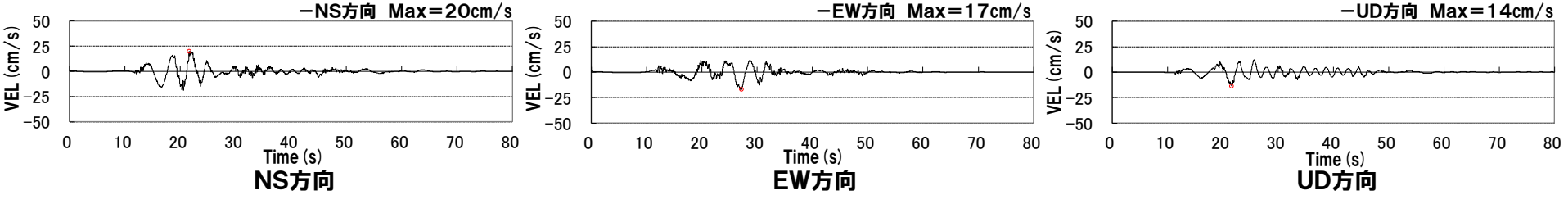
F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（基本震源モデル，破壊開始点２）



F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（基本震源モデル，破壊開始点３）



F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（基本震源モデル，破壊開始点４）



4．3 検討用地震の地震動評価

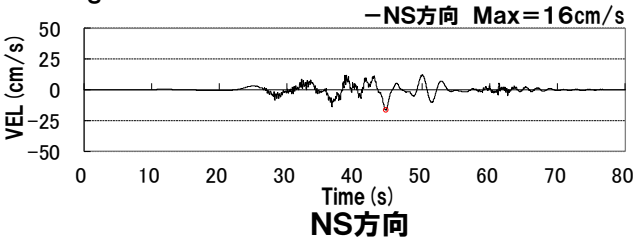
110

（2）F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震

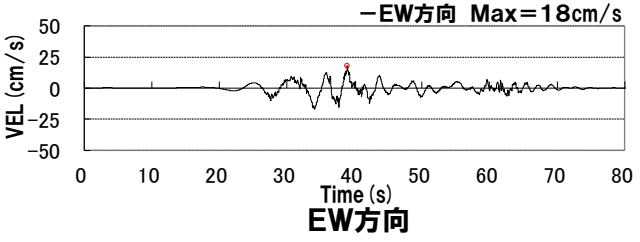
再掲（R3.7.30審査会合資料）

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（基本震源モデル）
速度波形

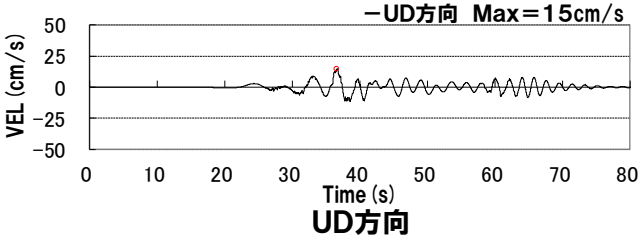
F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（基本震源モデル，破壊開始点５）



NS方向

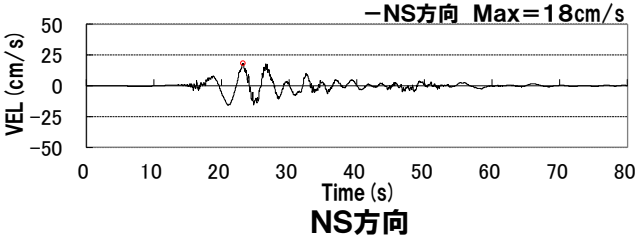


EW方向

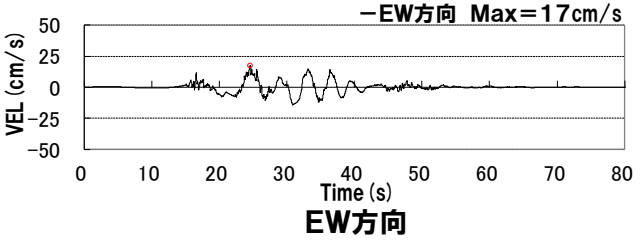


UD方向

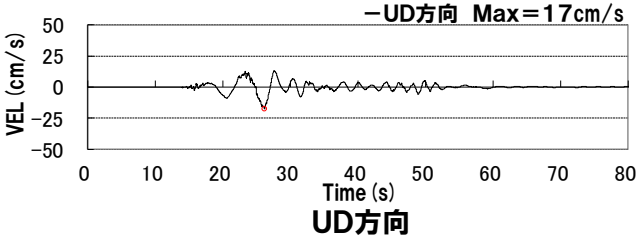
F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（基本震源モデル，破壊開始点６）



NS方向



EW方向



UD方向

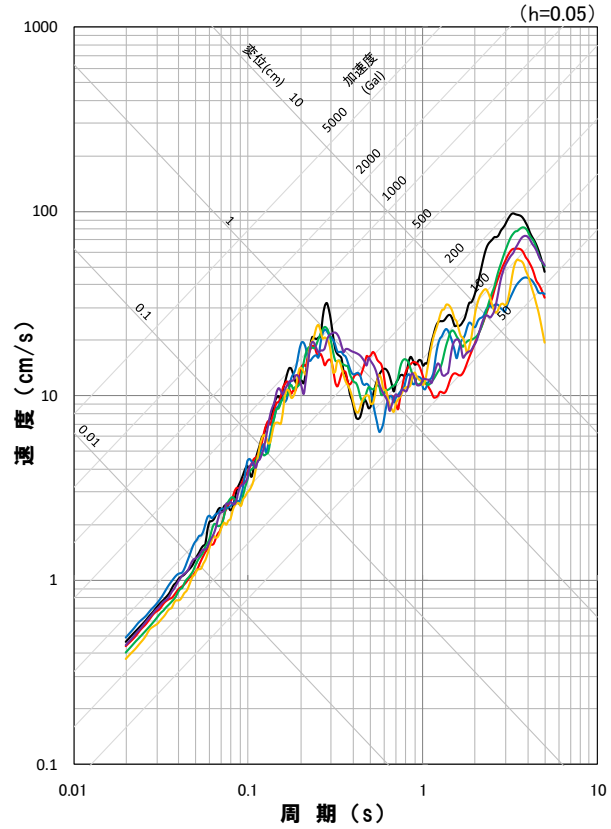
4．3　検討用地震の地震動評価

（2）F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震

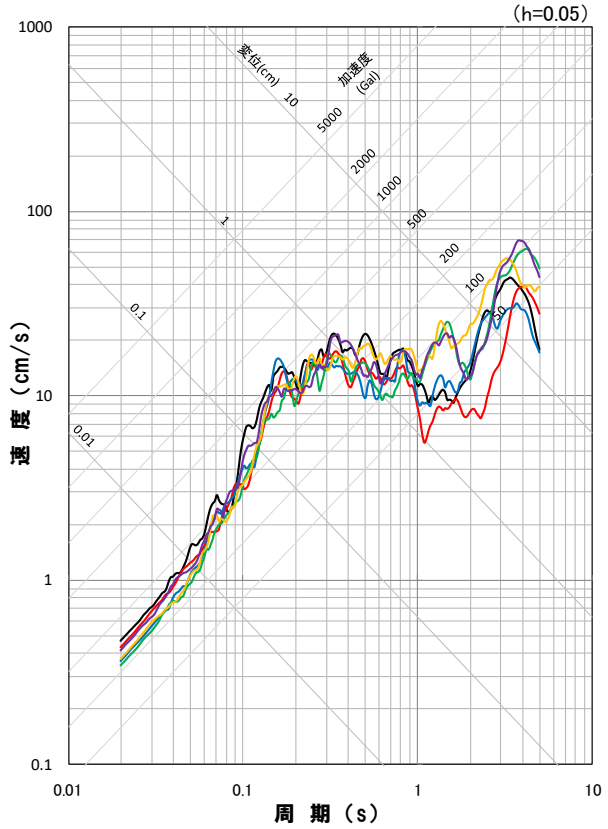
111

再掲（H27.12.25審査会合資料）

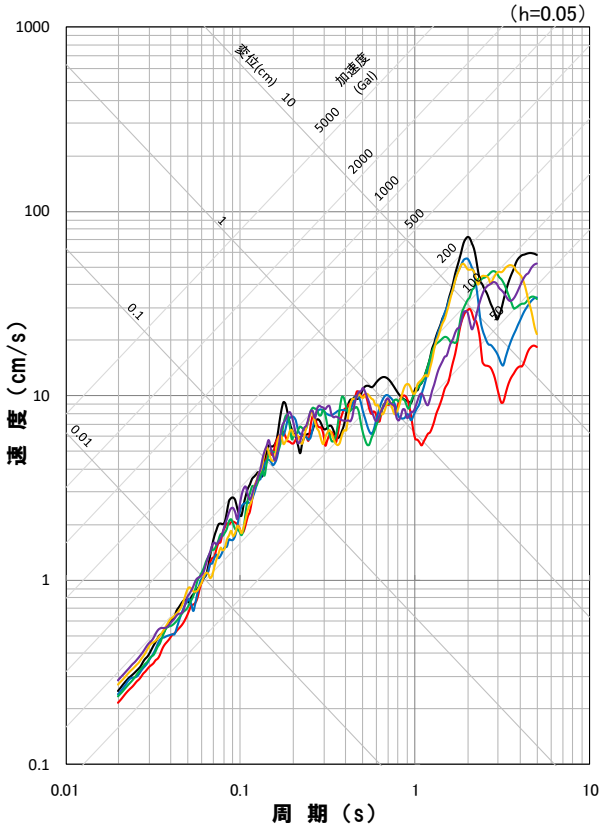
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（基本震源モデル）
応答スペクトル



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）



応答スペクトル図（UD方向）

地震動評価結果
- 基本震源モデル,破壊開始点1
- 基本震源モデル,破壊開始点2
- 基本震源モデル,破壊開始点3
- 基本震源モデル,破壊開始点4
- 基本震源モデル,破壊開始点5
- 基本震源モデル,破壊開始点6

※ハイブリッド合成法における接続周期：1秒

4．3　検討用地震の地震動評価

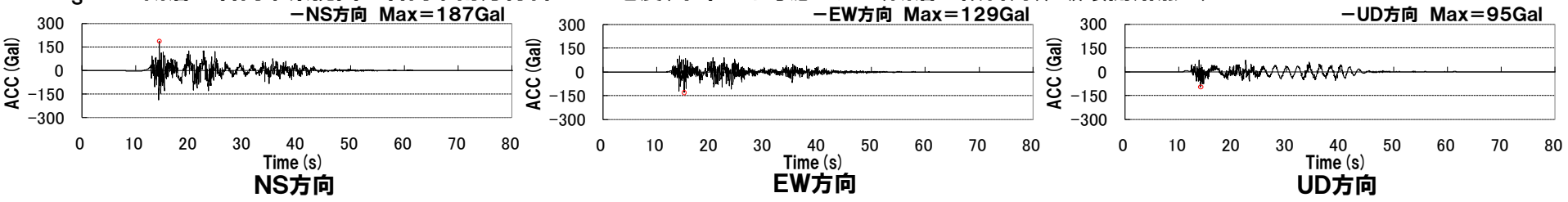
112

（2）F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震

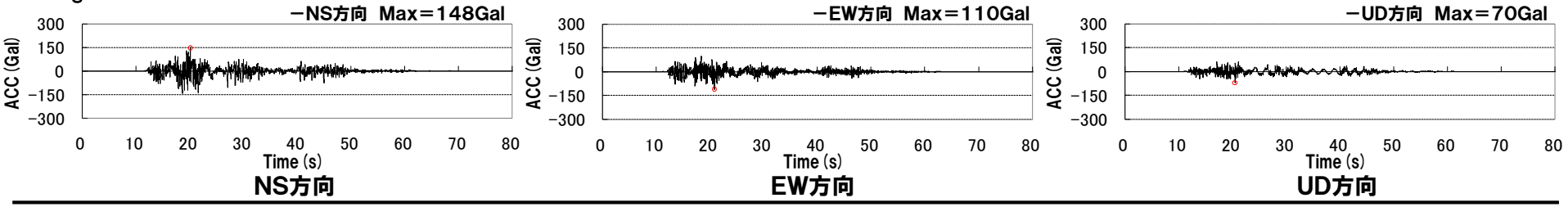
再掲（R3.7.30審査会合資料）

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角））
加速度波形

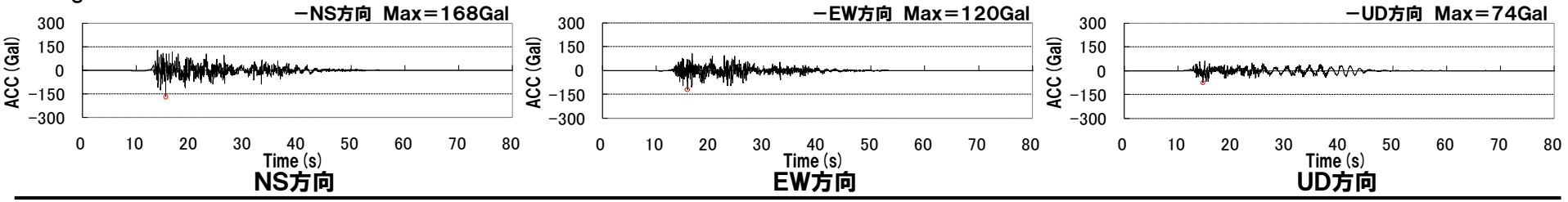
F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点１）



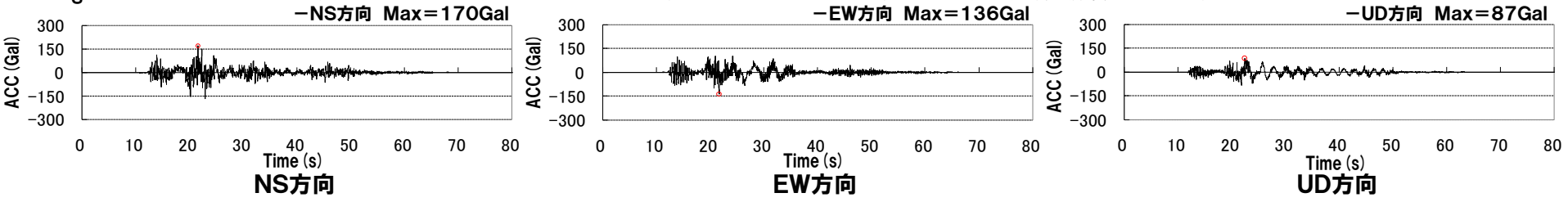
F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点２）



F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点３）



F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点４）



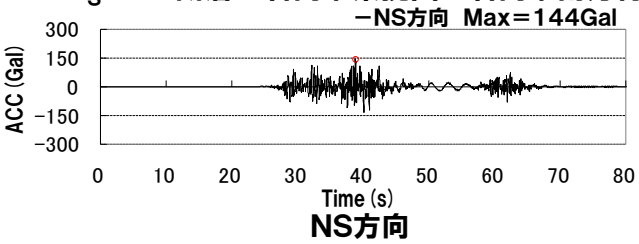
4．3 検討用地震の地震動評価

113

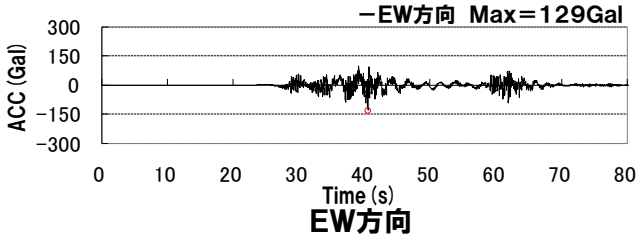
（2）F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角））
加速度波形

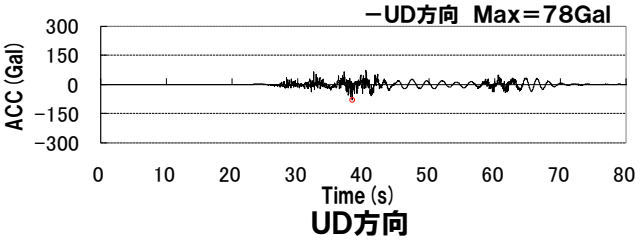
F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点５）



NS方向

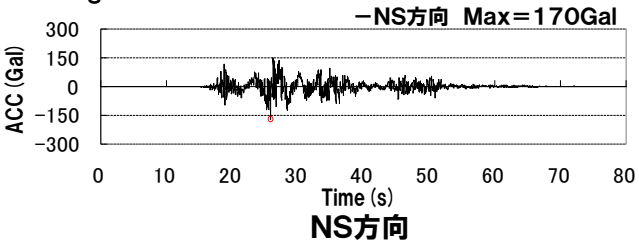


EW方向

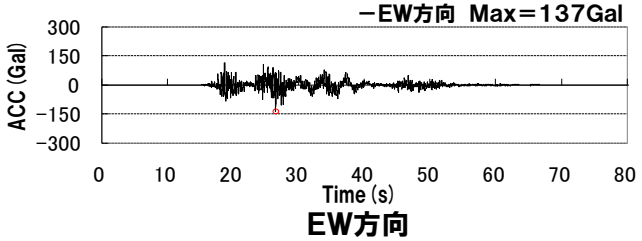


UD方向

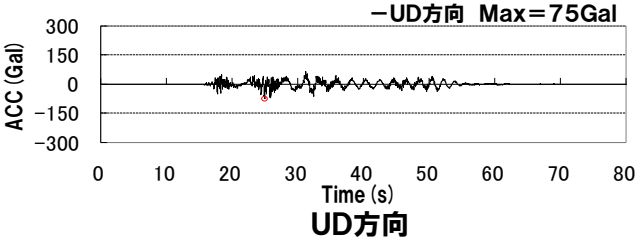
F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点６）



NS方向



EW方向



UD方向

4．3 検討用地震の地震動評価

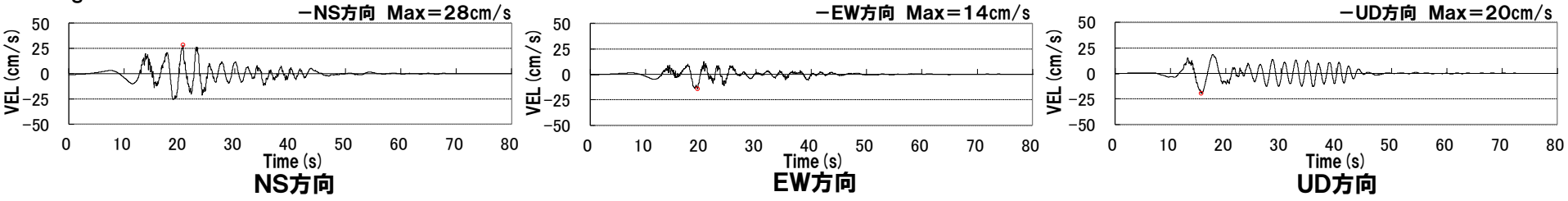
114

（2）F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震

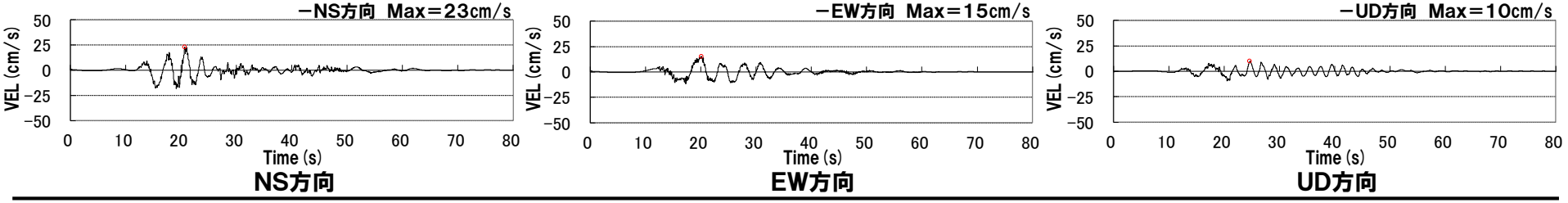
再掲（R3.7.30審査会合資料）

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角））
速度波形

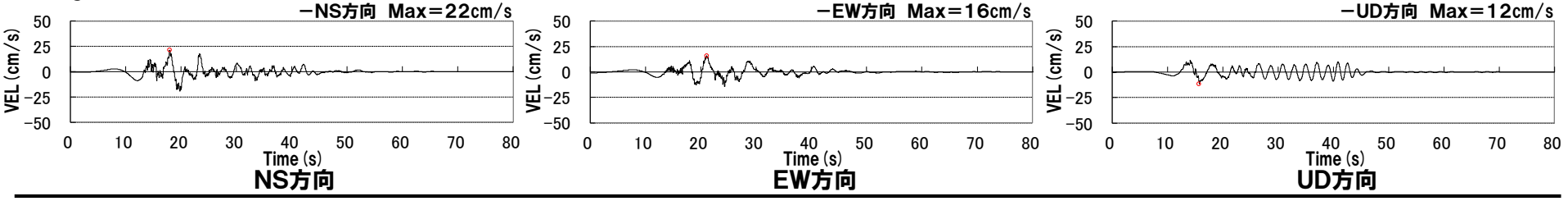
F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点１）



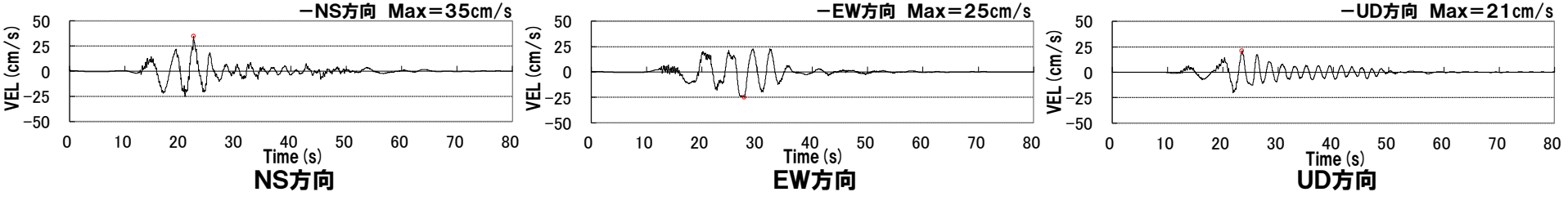
F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点２）



F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点３）



F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点４）



4．3 検討用地震の地震動評価

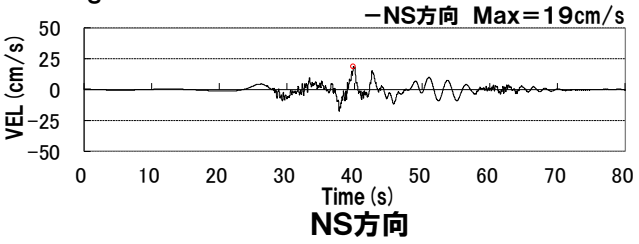
115

（2）F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震

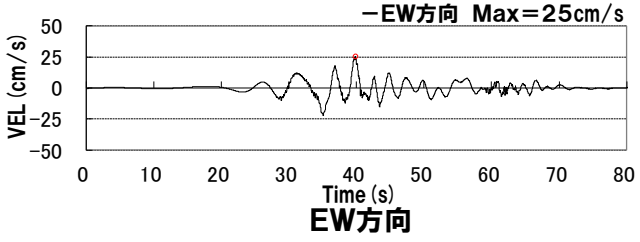
再掲（R3.7.30審査会合資料）

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角））
速度波形

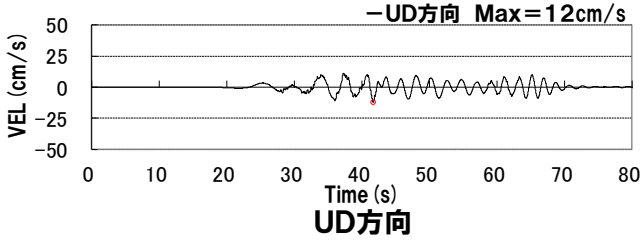
F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点５）



NS方向

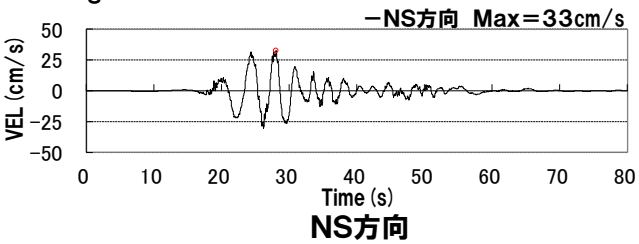


EW方向

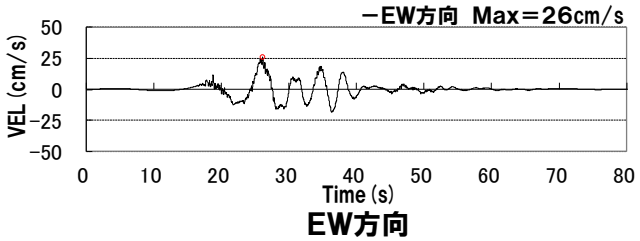


UD方向

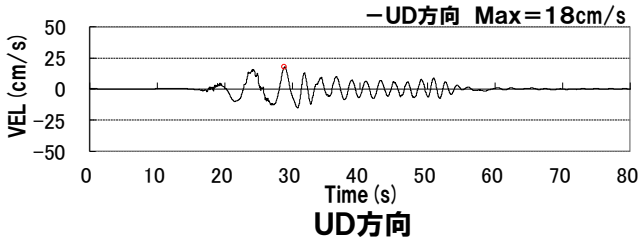
F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点６）



NS方向



EW方向



UD方向

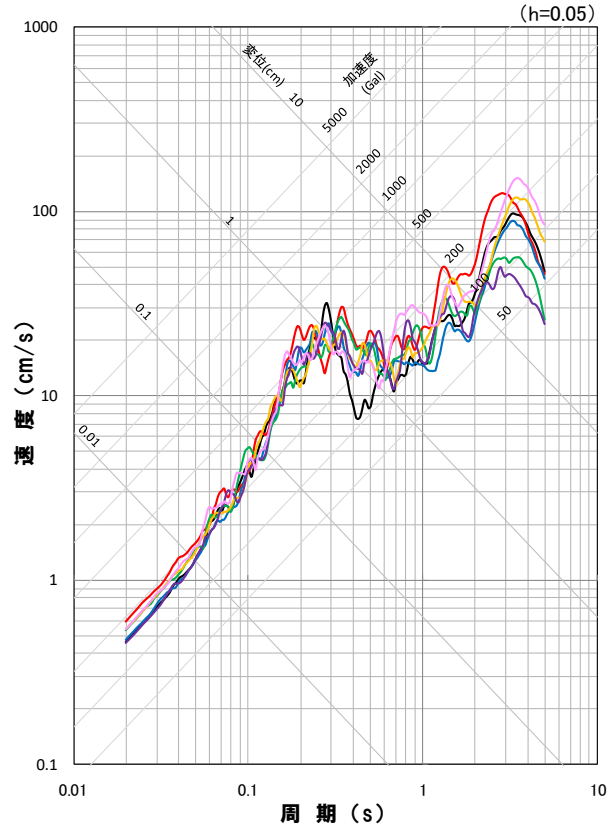
4．3　検討用地震の地震動評価

（2）F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震

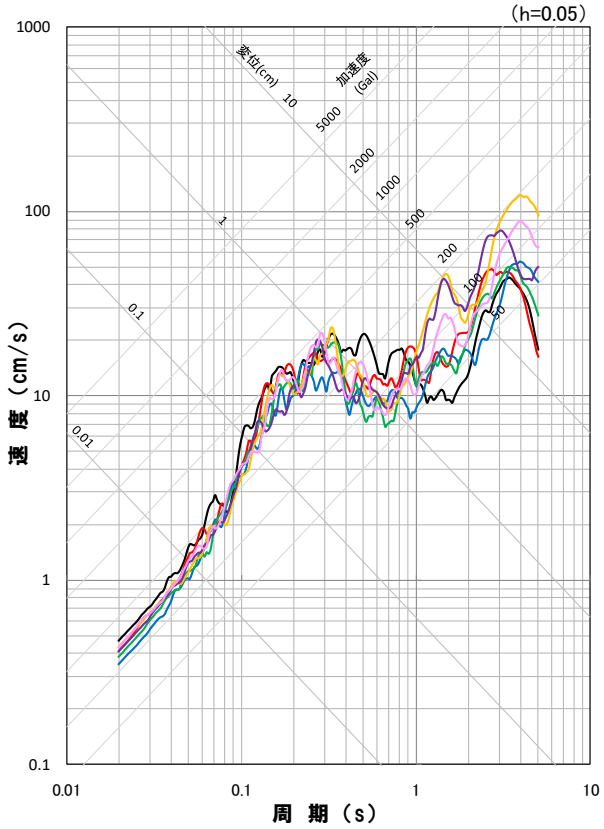
116

再掲（H27.12.25審査会合資料）

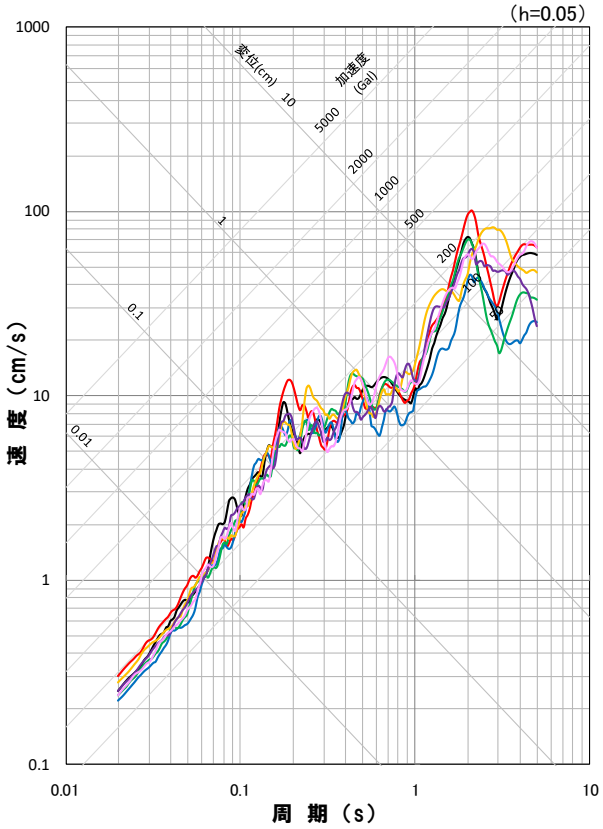
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角））
応答スペクトル



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）



応答スペクトル図（UD方向）

地震動評価結果
- 基本震源モデル,破壊開始点1
- 不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）,破壊開始点1
- 不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）,破壊開始点2
- 不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）,破壊開始点3
- 不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）,破壊開始点4
- 不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）,破壊開始点5
- 不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）,破壊開始点6

※ハイブリッド合成法における接続周期：1秒

4．3　検討用地震の地震動評価

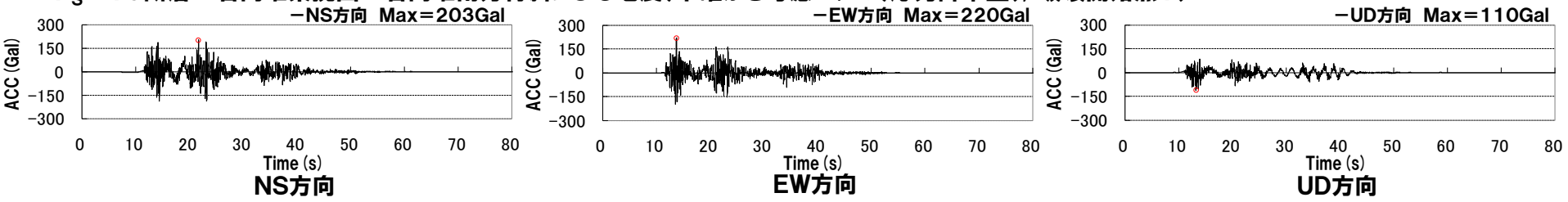
117

（2）F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震

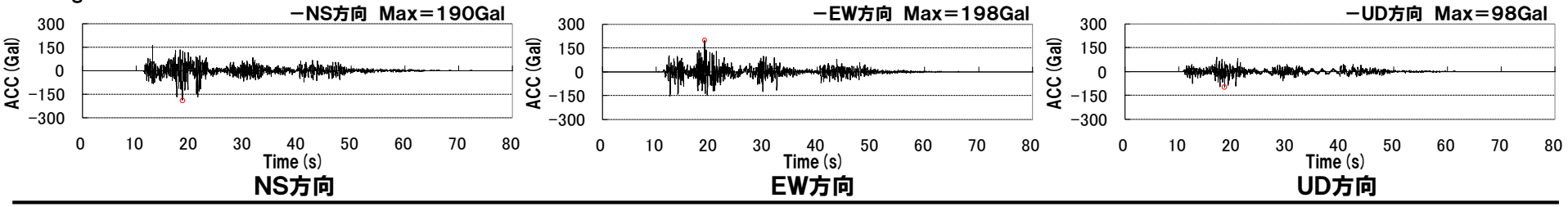
再掲（R3.7.30審査会合資料）

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（応力降下量））
加速度波形

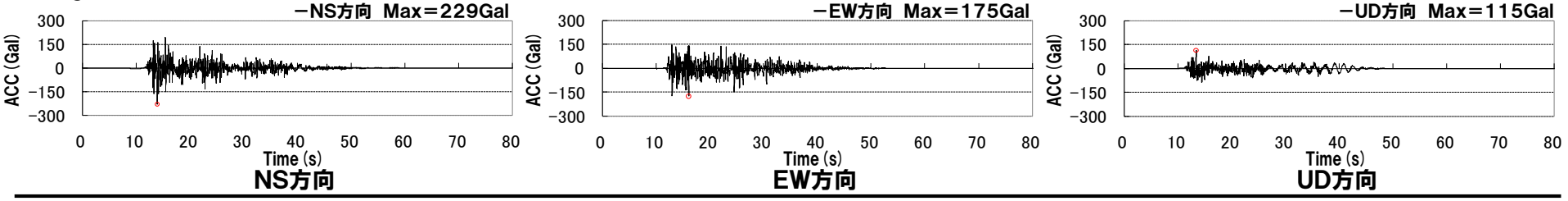
F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点１）



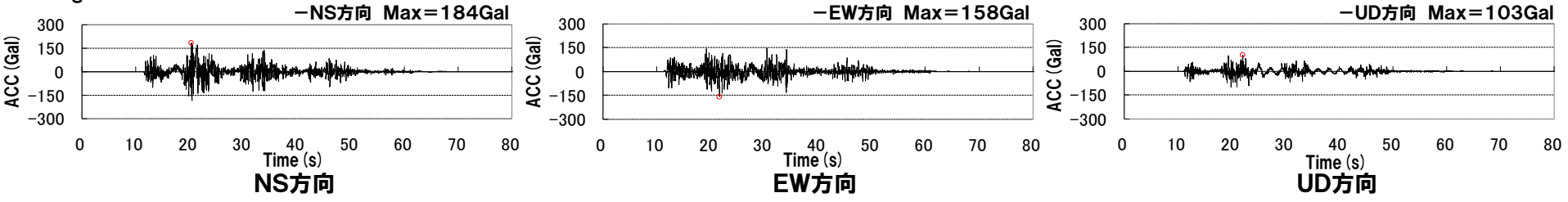
F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点２）



F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点３）



F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点４）



4．3 検討用地震の地震動評価

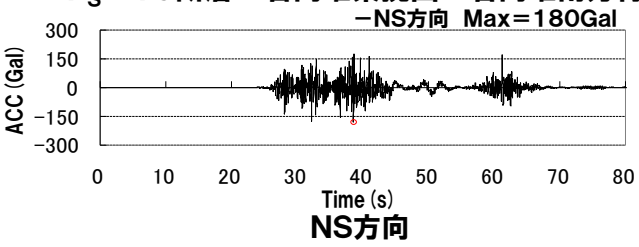
118

（2）F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震

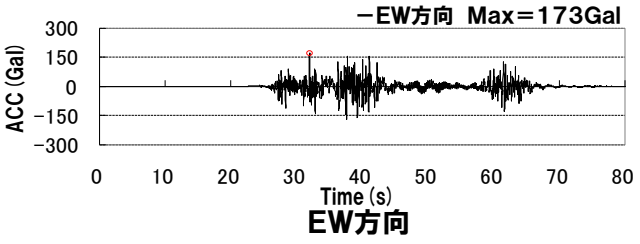
再掲（R3.7.30審査会合資料）

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（応力降下量））
加速度波形

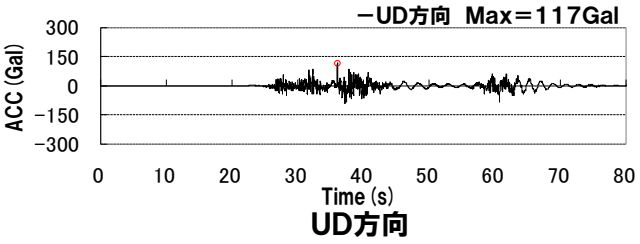
F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点５）



NS方向

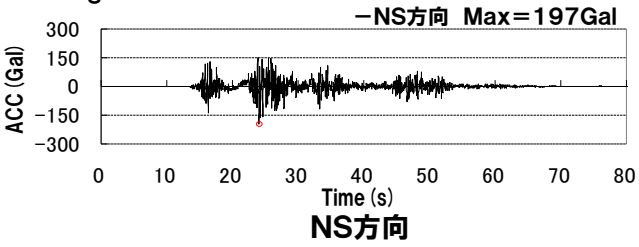


EW方向

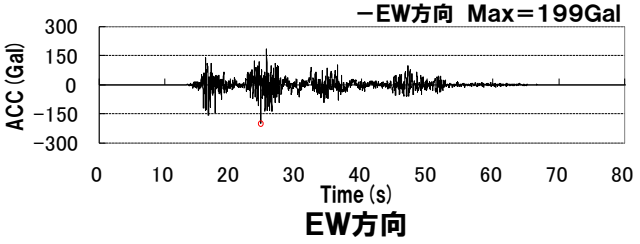


UD方向

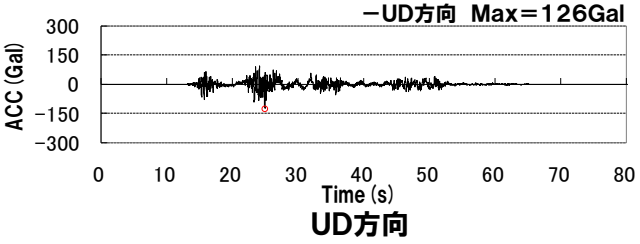
F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点６）



NS方向



EW方向



UD方向

4．3 検討用地震の地震動評価

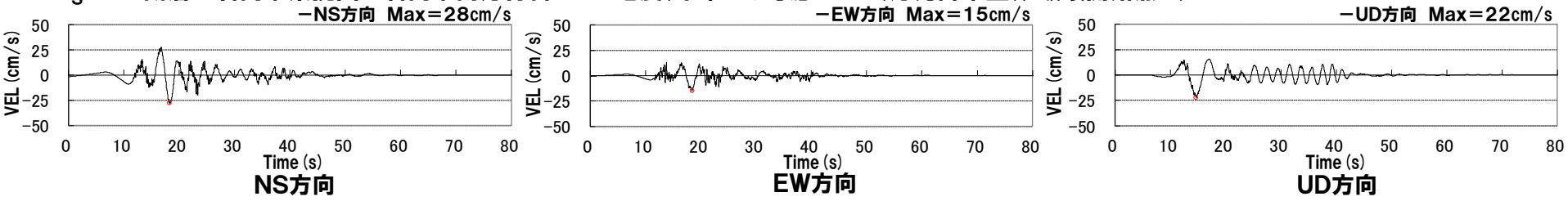
119

（2）F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震

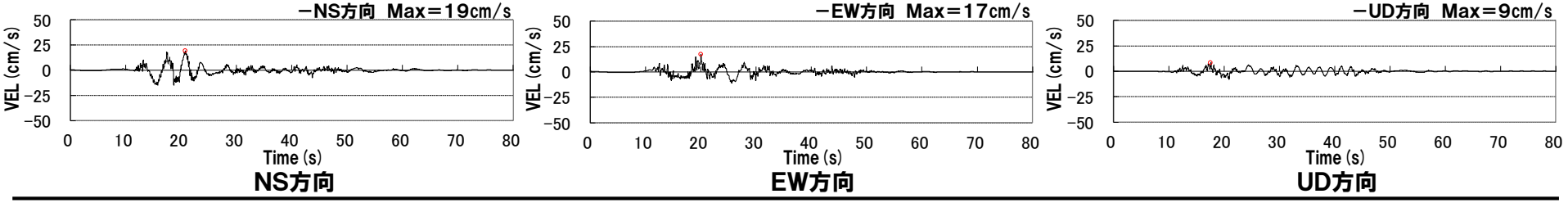
再掲（R3.7.30審査会合資料）

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（応力降下量））
速度波形

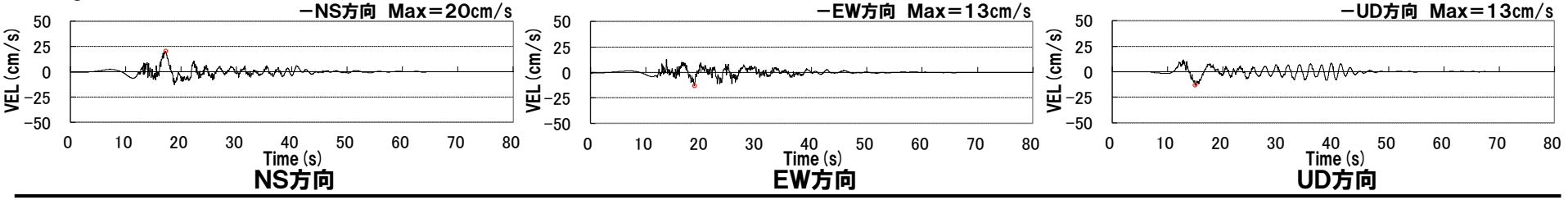
F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点１）



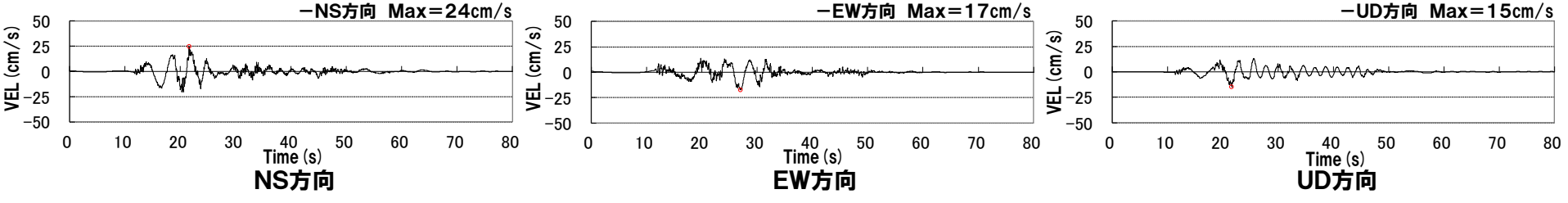
F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点２）



F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点３）



F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点４）



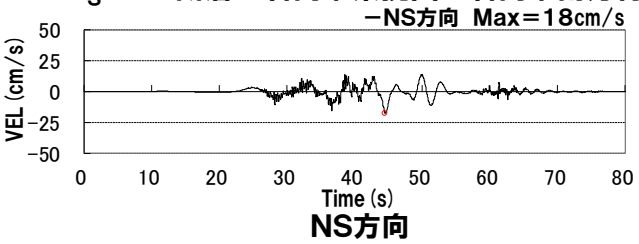
4．3 検討用地震の地震動評価

120

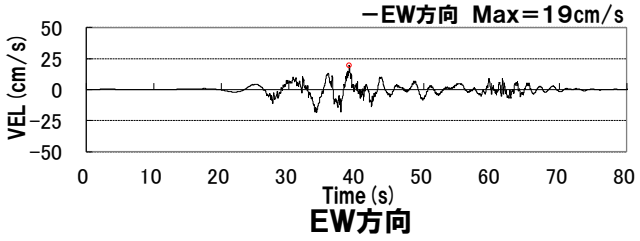
（2）F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（応力降下量））
速度波形

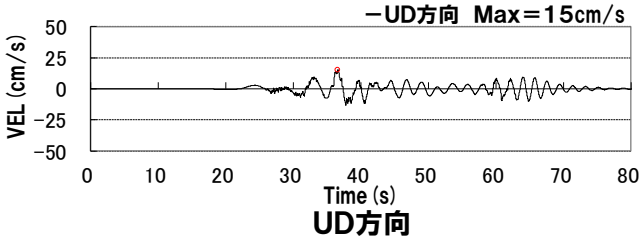
F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点５）



NS方向

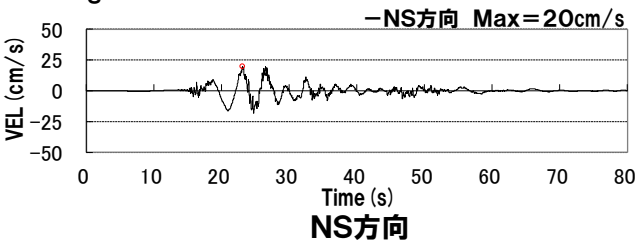


EW方向

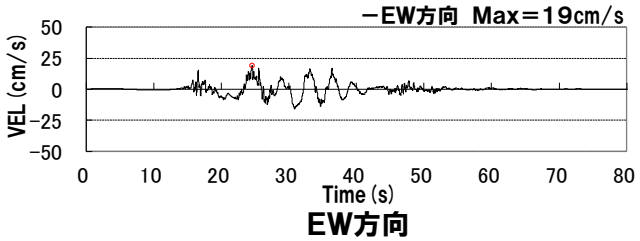


UD方向

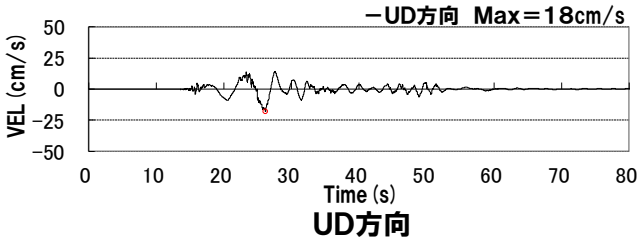
F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点６）



NS方向



EW方向



UD方向

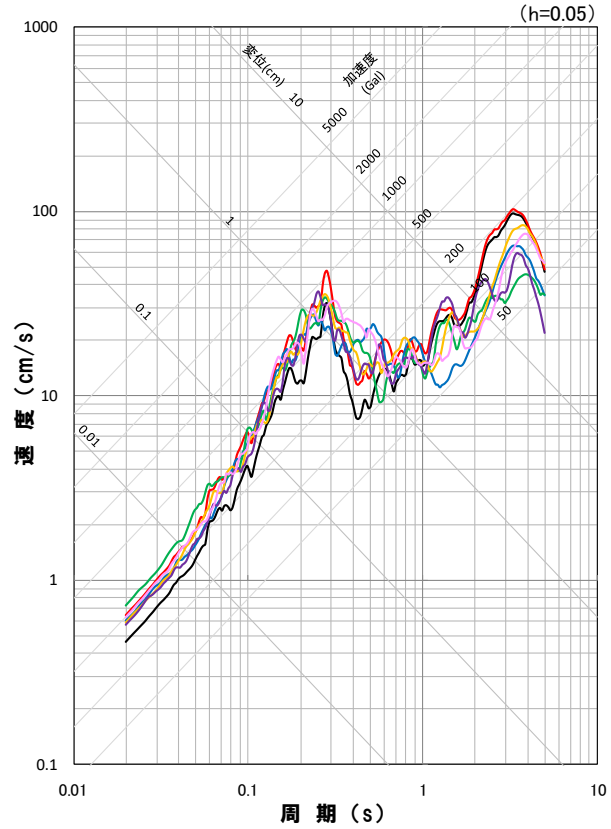
4．3　検討用地震の地震動評価

121

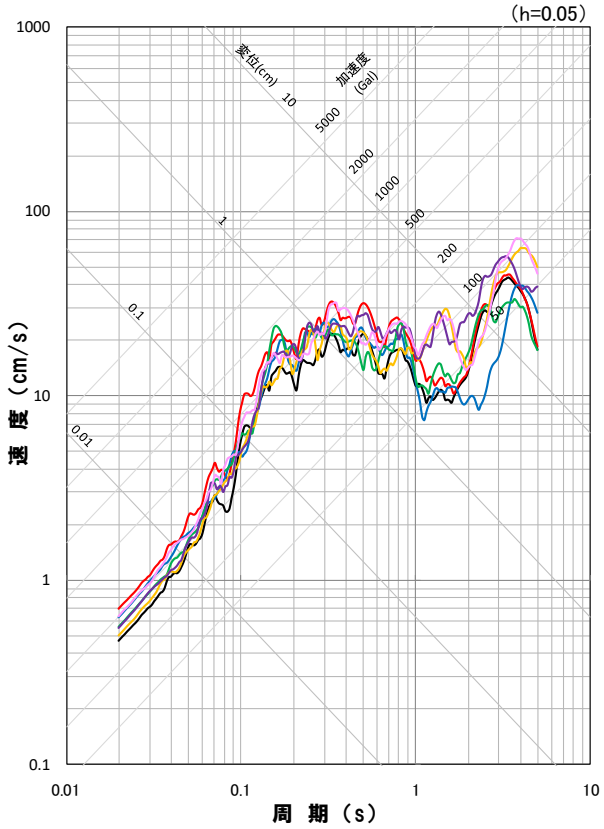
（2）F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震

再掲（H27.12.25審査会合資料）

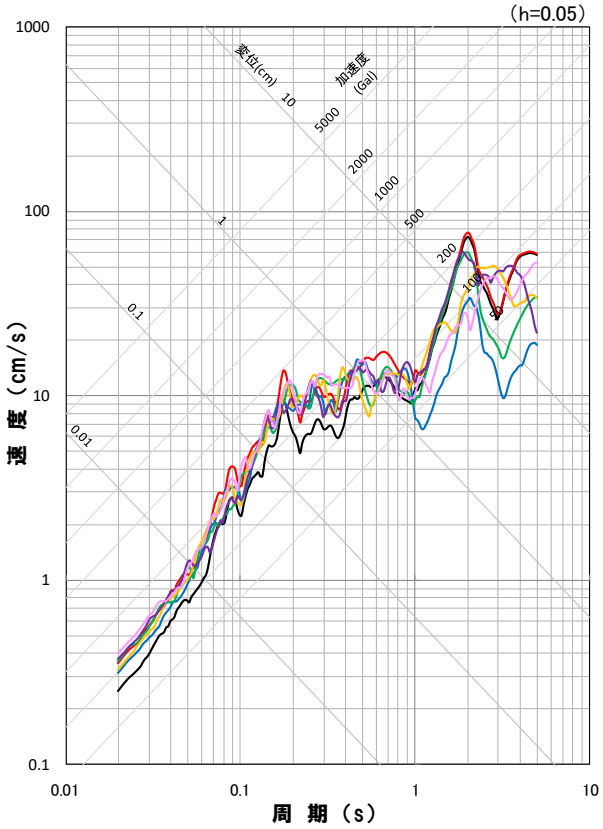
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（応力降下量））
応答スペクトル



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）



応答スペクトル図（UD方向）

地震動評価結果
- 基本震源モデル,破壊開始点1
- 不確かさ考慮モデル（応力降下量）,破壊開始点1
- 不確かさ考慮モデル（応力降下量）,破壊開始点2
- 不確かさ考慮モデル（応力降下量）,破壊開始点3
- 不確かさ考慮モデル（応力降下量）,破壊開始点4
- 不確かさ考慮モデル（応力降下量）,破壊開始点5
- 不確かさ考慮モデル（応力降下量）,破壊開始点6

※ハイブリッド合成法における接続周期：1秒

4．3 検討用地震の地震動評価

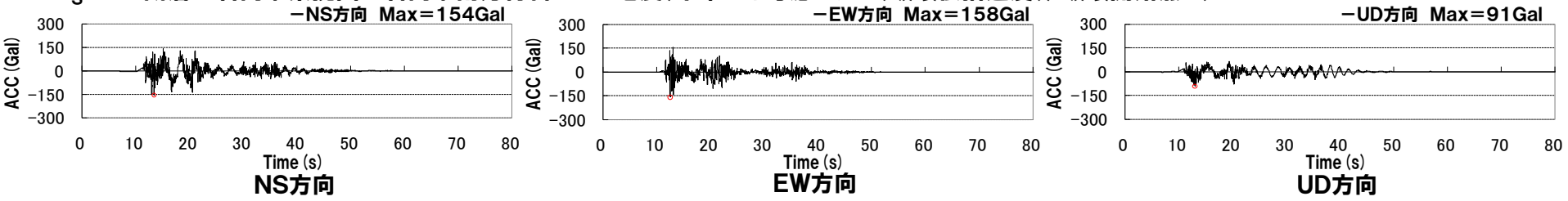
122

（2）F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震

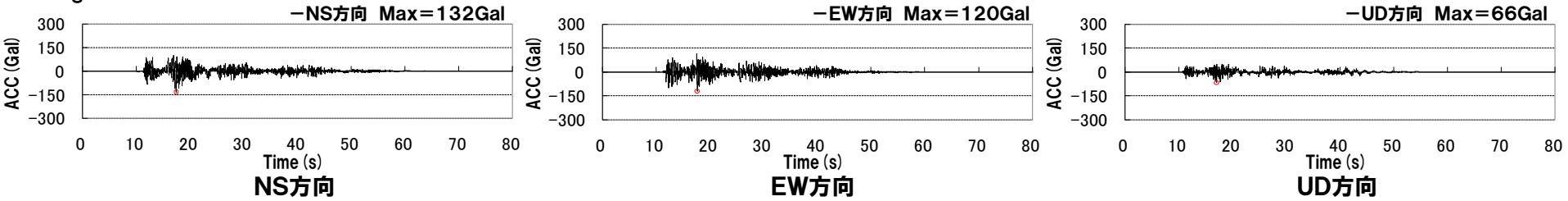
再掲（R3.7.30審査会合資料）

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度））
加速度波形

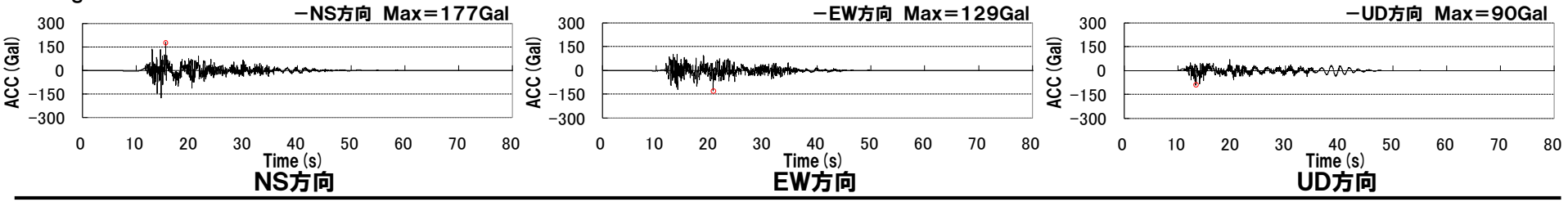
F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度），破壊開始点１）



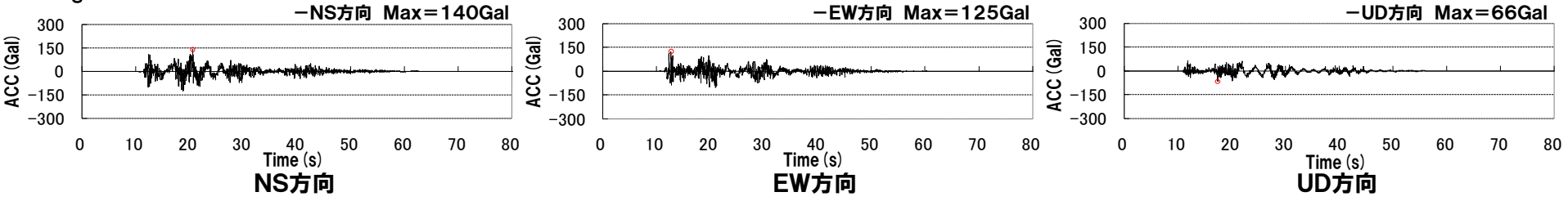
F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度），破壊開始点２）



F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度），破壊開始点３）



F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度），破壊開始点４）



4．3 検討用地震の地震動評価

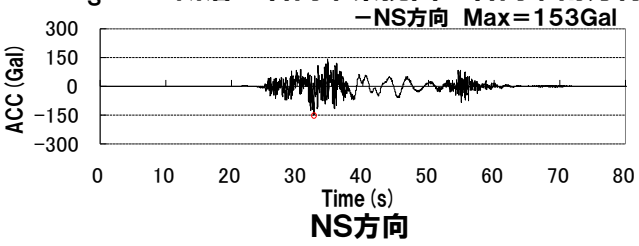
123

（2）F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震

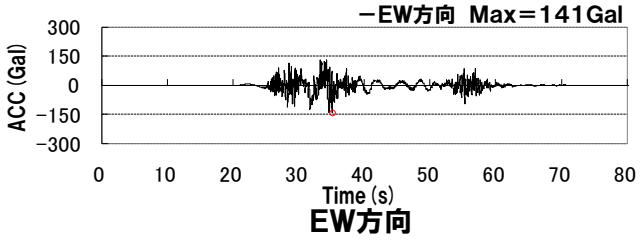
再掲（R3.7.30審査会合資料）

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度））
加速度波形

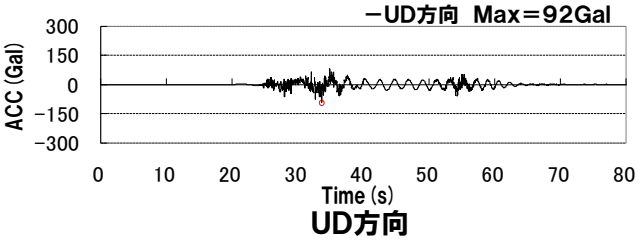
F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度），破壊開始点５）



NS方向

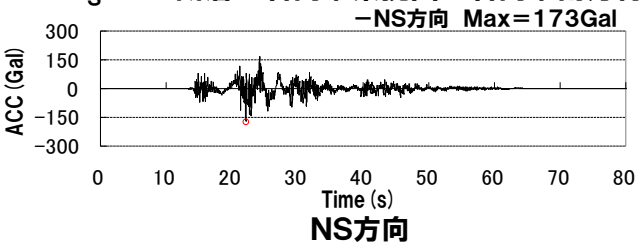


EW方向

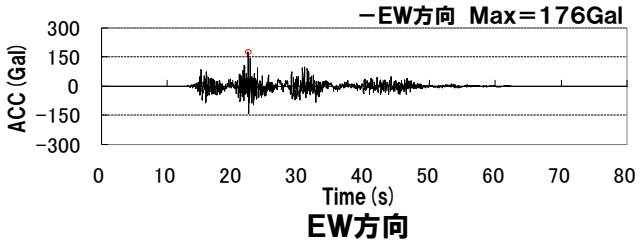


UD方向

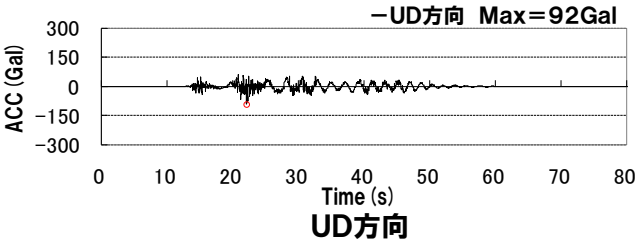
F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度），破壊開始点６）



NS方向



EW方向



UD方向

4．3 検討用地震の地震動評価

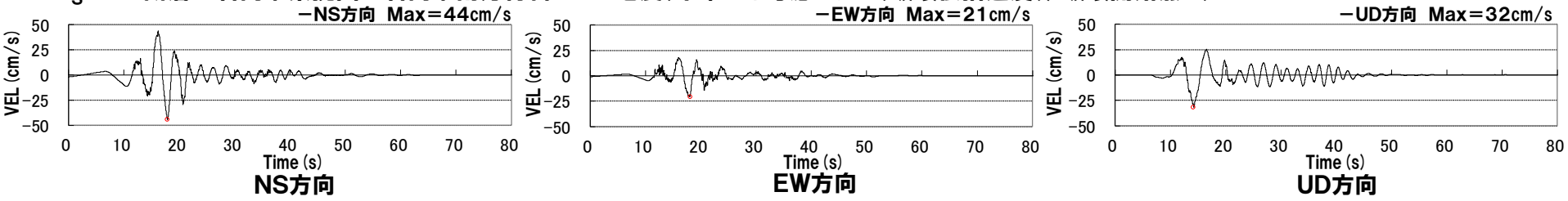
124

（2）F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震

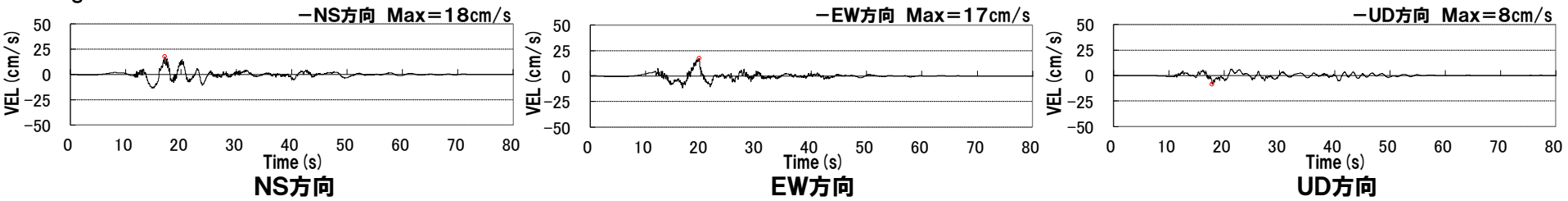
再掲（R3.7.30審査会合資料）

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度））
速度波形

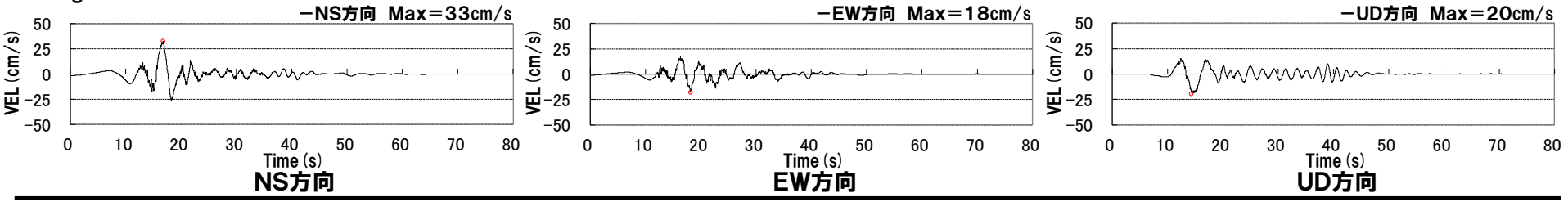
F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度），破壊開始点１）



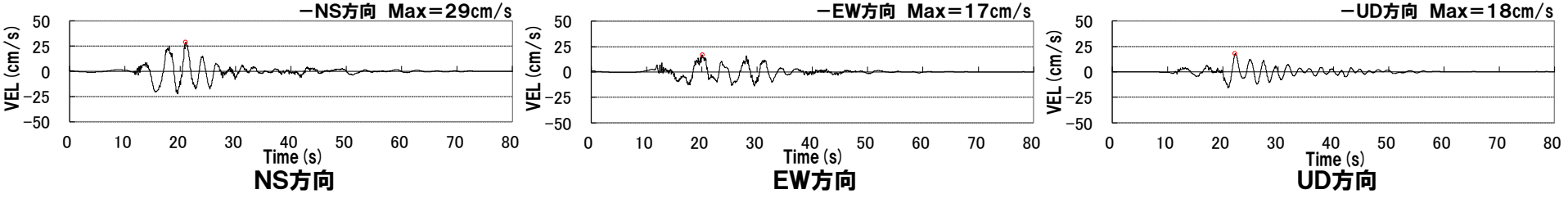
F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度），破壊開始点２）



F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度），破壊開始点３）



F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度），破壊開始点４）



4．3 検討用地震の地震動評価

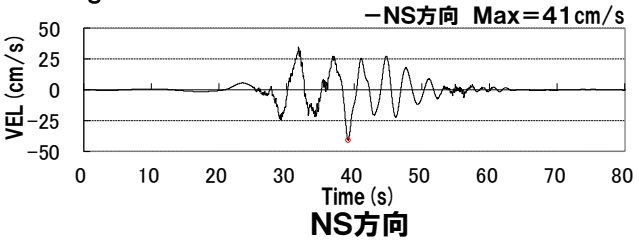
125

（2）F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震

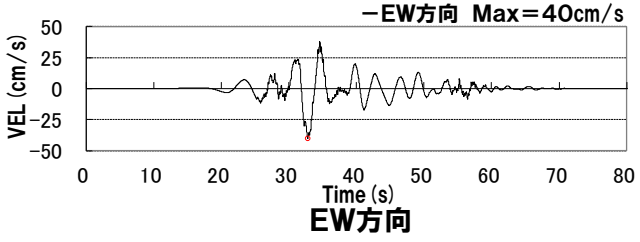
再掲（R3.7.30審査会合資料）

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度））
速度波形

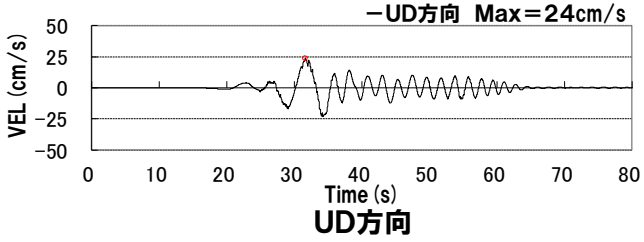
F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度），破壊開始点５）



NS方向

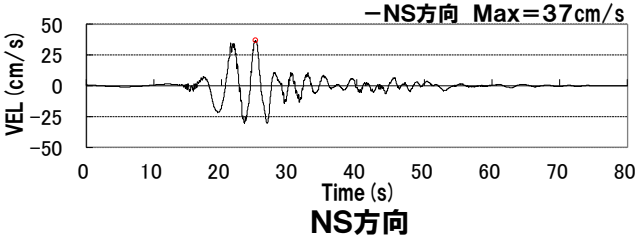


EW方向

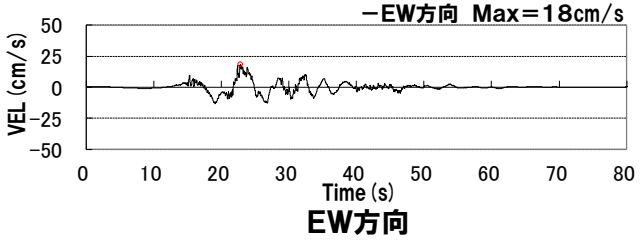


UD方向

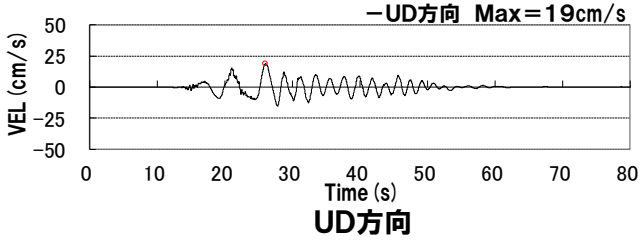
F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度），破壊開始点６）



NS方向



EW方向



UD方向

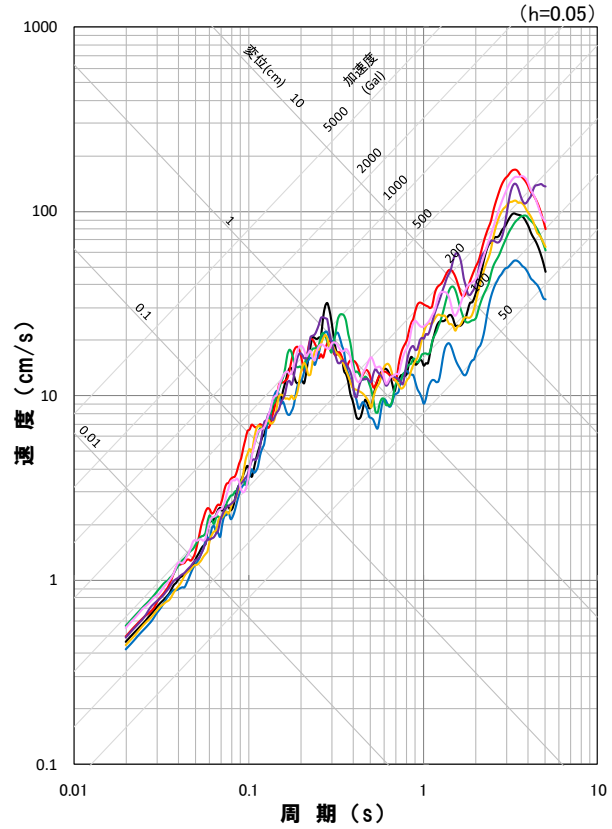
4．3　検討用地震の地震動評価

126

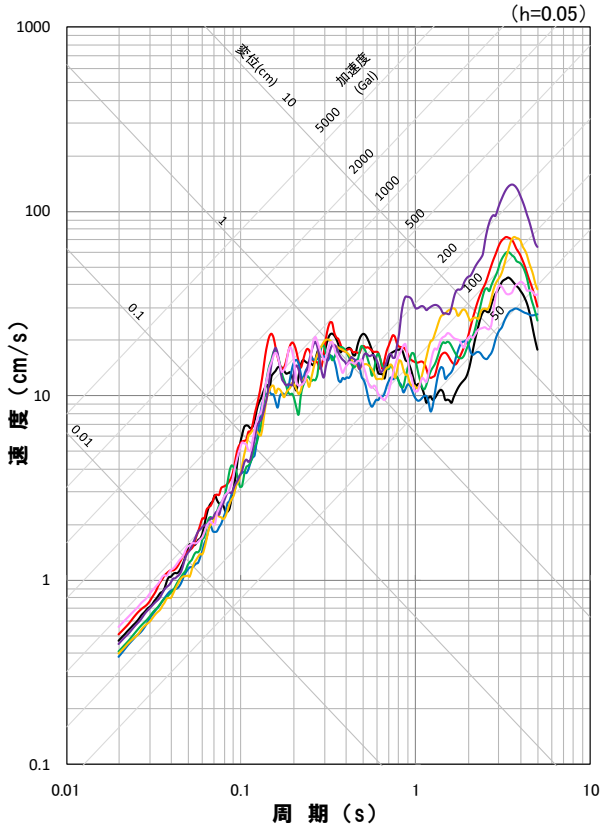
（2）F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震

再掲（H27.12.25審査会合資料）

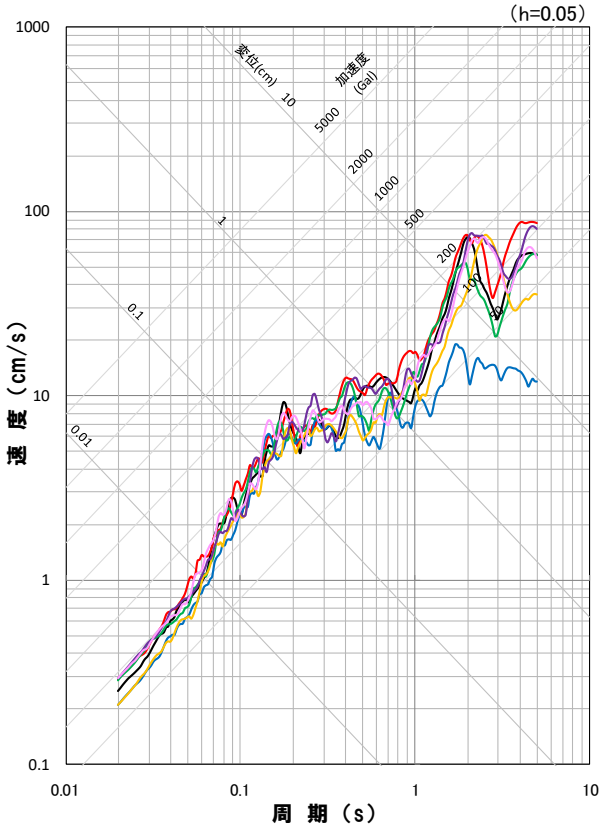
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度））応答スペクトル



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）



応答スペクトル図（UD方向）

地震動評価結果
- 基本震源モデル,破壊開始点1
- 不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度）,破壊開始点1
- 不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度）,破壊開始点2
- 不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度）,破壊開始点3
- 不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度）,破壊開始点4
- 不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度）,破壊開始点5
- 不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度）,破壊開始点6

※ハイブリッド合成法における接続周期：1秒

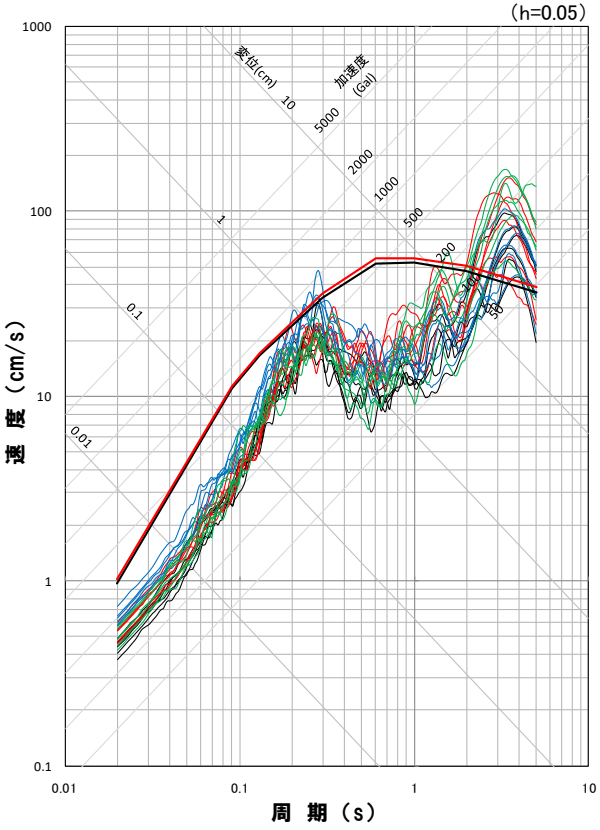
4．3 検討用地震の地震動評価

127

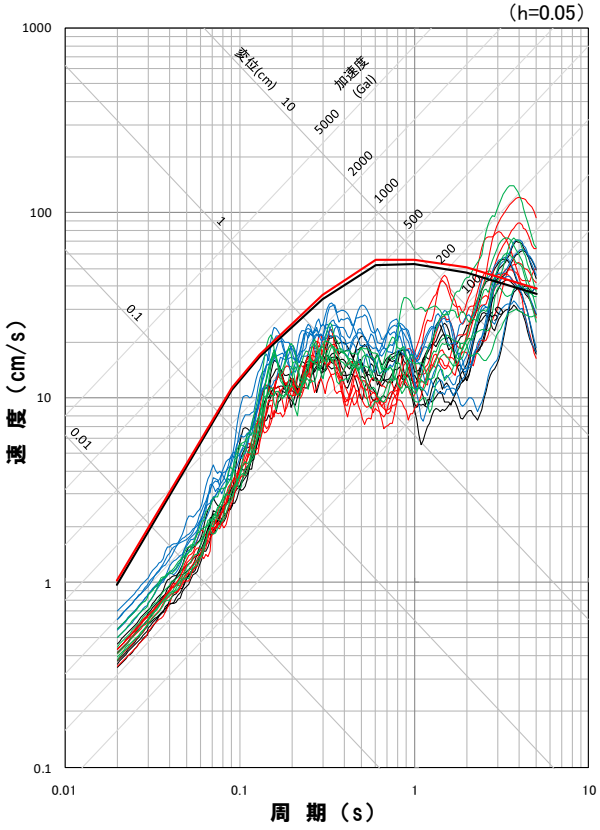
（2）F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震

一部加筆修正（H27.12.25審査会合資料）

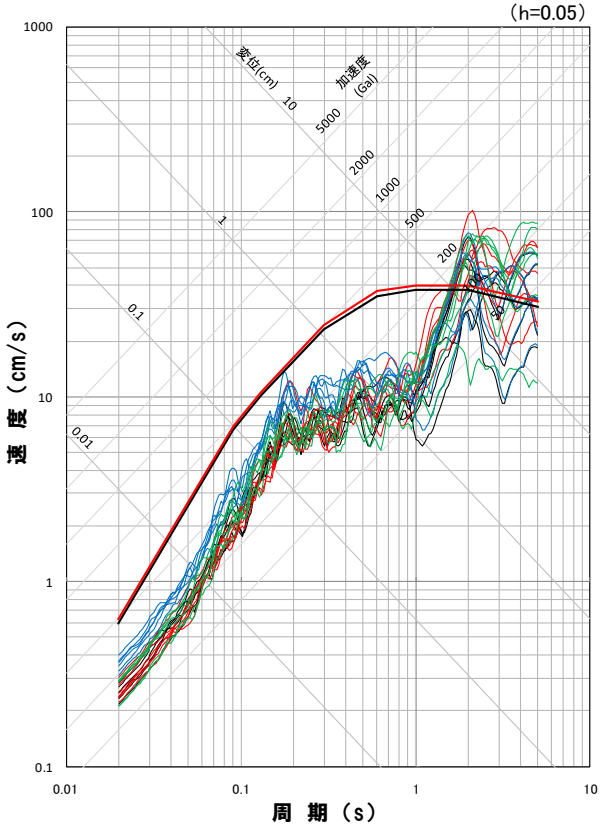
地震動評価結果



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）



応答スペクトル図（UD方向）

地震動評価結果
- 基本震源モデル
- 不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）
- 不確かさ考慮モデル（応力降下量）
- 不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度）

※太線は応答スペクトルに基づく地震動評価結果

4．3 検討用地震の地震動評価

（3） 積丹半島北西沖の断層による地震

128

再掲（R3.7.30審査会合資料）

積丹半島西岸の地形および地質・地質構造の評価結果

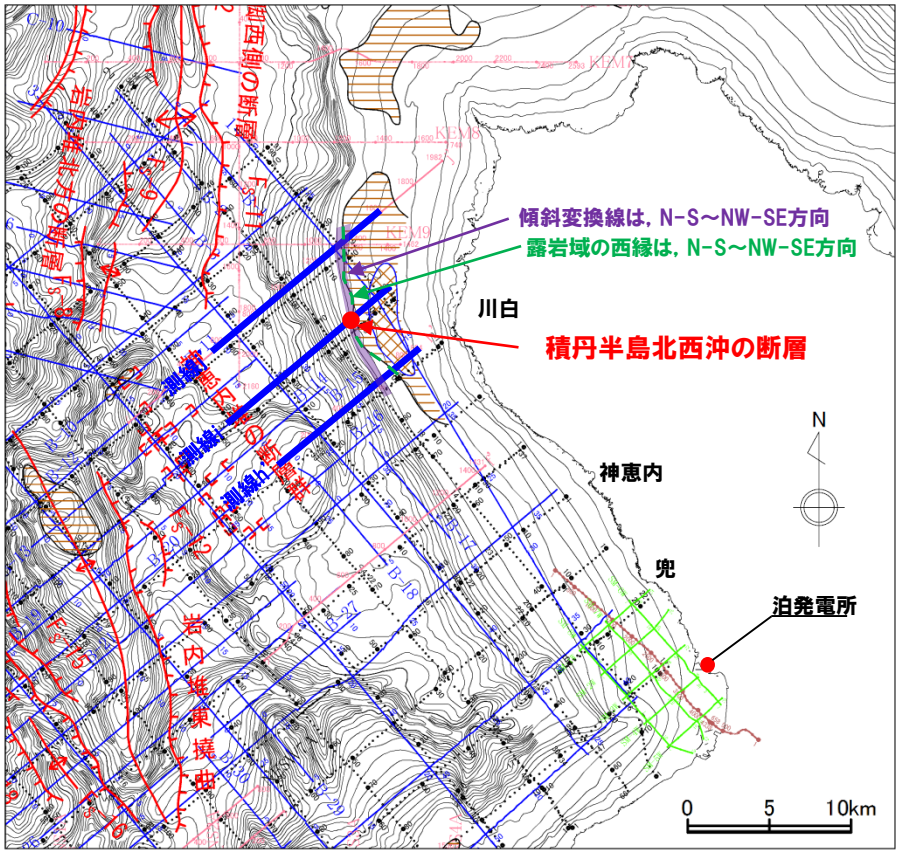
○敷地および敷地近傍を含む積丹半島西岸には，活構造を示唆する特徴は認められないことから，活構造が存在する可能性は十分小さいと考えられるものの，安全側の判断として，測線iにおいて下に凸状の海底面形状が認められる位置に規模の小さい断層を仮定し（隣接する測線j’，h’には連続しない），当該断層による地震動を想定

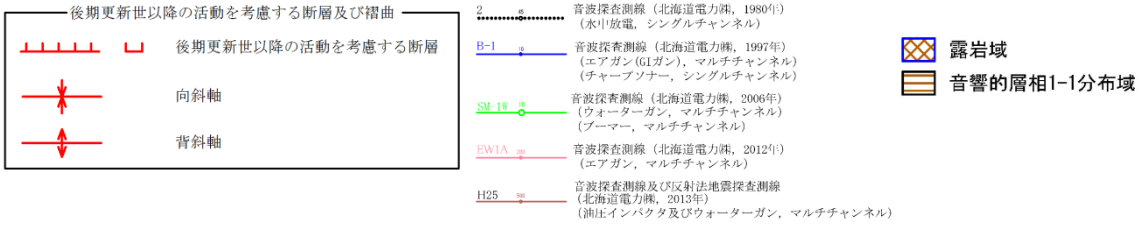
○走向はN-S～NW-SE

- 測線i付近の露岩域の西縁はN-S～NW-SE方向
- 測線i付近の大陸棚外縁から大陸斜面への傾斜変換線はN-S～NW-SE方向

○傾斜方向は東傾斜

- 約8Ma以降，積丹半島周辺の応力場は「東西圧縮」
- 測線iにおいて認められる下に凸状の海底面形状は，相対的に陸側が高く，露岩域の西縁に位置





位置図

4．3 検討用地震の地震動評価

（３）積丹半島北西沖の断層による地震

地震動評価方針

【断層面の設定】

○断層を仮定

・敷地および敷地近傍を含む積丹半島西岸には，活構造を示唆する特徴は認められないことから，活構造が存在する可能性は十分小さいと考えられるものの，安全側の判断として，測線iにおいて下に凸状の海底面形状が認められる位置に断層を仮定し，当該断層による地震動を想定することとする。

○「孤立した短い活断層」として設定

・積丹半島西岸の地形および地質・地質構造に関する評価を踏まえ，安全側に「孤立した短い活断層」として地震動を評価する。

⇒地震動評価における基本震源モデルとしては，内陸地殻内地震の地震発生層として設定している上端深さ2km，下端深さ18km，その厚さ16kmおよび断層傾斜角45°を考慮し，震源断層が地震発生層を飽和する断層幅と同じ断層長さをもつ断層面を仮定して，断層長さ22.6kmと設定する。

○断層位置を安全側に設定

・断層の位置については，測線iの情報のみであり，断層の位置を設定するための十分な情報が得られていないことから，測線iを含む範囲の中で，断層位置が敷地に近く安全側となるよう，測線iから敷地側に断層面を設定する。

○以上を踏まえ，断層の走向については比較検討により代表を選定

・測線i以外の隣接する測線には活構造を仮定しうる状況は認められず，１点のみの情報から拡張して設定した断層であり，断層の設定自体が不確かさを考慮した十分安全側なものとなっていることを踏まえ，断層の走向については，得られている情報に基づく比較検討により影響の大きいものを選定する。

【地震動評価】

○断層パラメータは，地震調査委員会「レシピ」に基づき設定する。

○地震動評価における不確かさも考慮することとし，検討ケースを設定する。

4．3 検討用地震の地震動評価

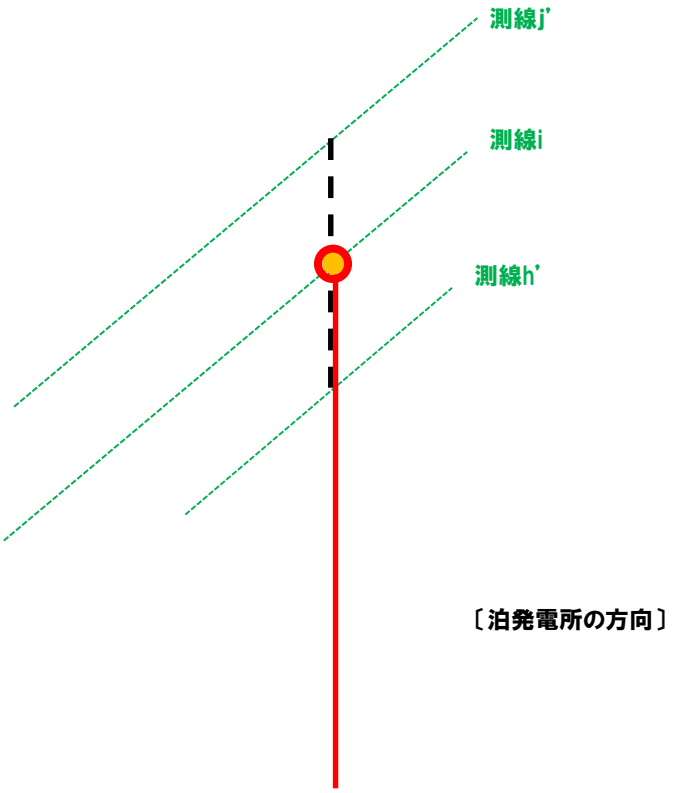
（３）積丹半島北西沖の断層による地震

地質・地質構造に関する評価を踏まえた断層の位置の設定

○測線iにおいて下に凸状の海底面形状が認められる位置に積丹半島北西沖に断層を仮定し，当該断層による地震動を想定する。

【断層の位置】
○測線iにおいて下に凸状の海底面形状（●）が認められるものの，隣接する測線j’，h’には連続しないことから，測線j’～測線h’間において，断層を仮定する。（黒破線）
○ただし，その位置については，測線i（●）の情報のみであり，断層の位置を設定するための十分な情報が得られていないことから，測線iを含む範囲の中で，断層位置が敷地に近く安全側となるよう，測線i（○）から敷地側に断層面を設定する。（赤線）

【アスペリティの位置】
○アスペリティの位置は，測線iにおいて下に凸状の海底面形状が認められることを踏まえ，測線iを含む範囲の中で敷地に近く安全側となるよう測線iから敷地側に設定する。



断層位置のイメージ

4．3 検討用地震の地震動評価

（３）積丹半島北西沖の断層による地震

131

再掲（R3.7.30審査会合資料）

断層パラメータの設定フロー

○地震調査委員会「レシピ」（2009，2020）に基づき設定
（地震調査委員会「レシピ」（2009）と地震調査委員会「レシピ」（2020）において，積丹半島北西沖の断層による地震の断層パラメータの設定方法は同じである。）

地質調査結果等

- ・地質調査結果
- ・「孤立した短い活断層」
- ・地震発生層上下端深さ

「断層モデルを用いた手法」

巨視的パラメータ

- 断層長さL〔km〕
- 断層幅W〔km〕
- 断層面積S〔km²〕
- 地震モーメントM_0〔Nm〕
- 平均応力降下量Δσ〔MPa〕

松田（1975）

入倉・三宅（2001）

式（1）

「応答スペクトルに基づく手法」

- マグニチュードM
- 等価震源距離Xeq

震源断層の拡がりを考慮

壇ほか（2001）

- 短周期レベルA〔Nm/s^2〕

微視的パラメータ

式（2）・（3）

- アスペリティの面積S_a〔km^2〕
- アスペリティ応力降下量$\Delta\sigma_a$〔MPa〕
- その他のパラメータ

その他のパラメータ

- 破壊形式・破壊開始点等
- 中村・宮武（2000）
- すべり速度時間関数
- Boore（1983）
- 経時特性

関係式
（地震調査委員会（2009，2020））

$$\Delta\sigma = \frac{7}{16}\frac{M_0}{(S/\pi)^{1.5}} \quad \text{式（1）}$$

$$\Delta\sigma_a = \left(\frac{S}{S_a}\right)\Delta\sigma \quad \text{式（2）}$$

$$A = 4\pi\sqrt{\frac{S_a}{\pi}}\Delta\sigma_a\beta^2 \quad \text{式（3）}$$

4．3 検討用地震の地震動評価

（3） 積丹半島北西沖の断層による地震

震源モデルの設定根拠

	震源モデルの設定根拠
断層長さ	地質調査結果により「孤立した短い活断層」として地震動を評価する。 地震動評価における震源モデルとしては，震源断層が地震発生層の上端から下端まで拡がっており，断層幅と同じ断層長さをもつ断層面を仮定して，断層長さ22.6kmと設定。
断層幅	地震発生層上下端深さおよび断層の傾斜角に基づき，断層幅22.6kmと設定。
断層の傾斜角	当社の調査結果を踏まえた敷地前面海域にあるFs－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜が比較的高角であることから高角の断層を想定することが適切と考えられるが，地震調査委員会（2009，2020）を踏まえて45°と設定。
アスペリティの応力降下量	地震調査委員会（2009，2020）に基づき設定。
アスペリティの位置，数	地質調査結果より十分な情報が得られていないことから，安全側の評価として測線iから敷地側に配置することとし，地表付近に1個設定。
破壊開始点	不確かさをあらかじめ考慮することとし，複数の位置に設定。

4．3 検討用地震の地震動評価

（3）積丹半島北西沖の断層による地震

震源モデルの走向の設定①

○震源モデルの走向は，地質調査結果より，露岩域の西縁がN－S（約0°）～NW－SE（約40°）を呈していること，大陸棚外縁から大陸斜面への傾斜変換線がN－S（約0°）～NW－SE（約40°）を呈していることから，N－S（0°）～NW－SE（40°）と考えられる。

○N－S方向からNW－SE方向の震源モデルを用いて，断層と敷地との距離および地震動を比較して，基本震源モデルの走向を設定する。

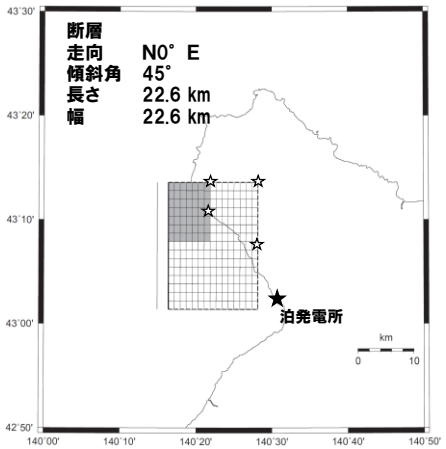
○検討に用いる震源モデルは，地質調査結果を踏まえた走向0°，走向40°および中間の走向20°を考慮し，さらにその中間の走向10°および走向30°の5ケースとした。

4．3 検討用地震の地震動評価

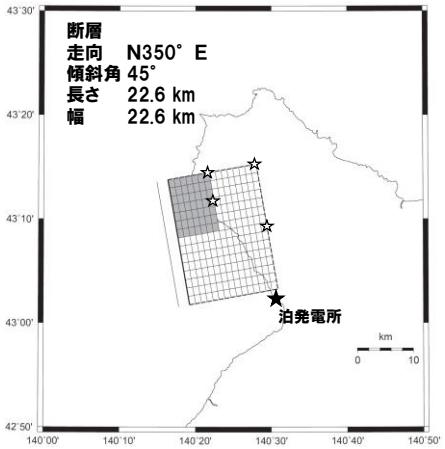
（3）積丹半島北西沖の断層による地震

再掲（R3.7.30審査会合資料）

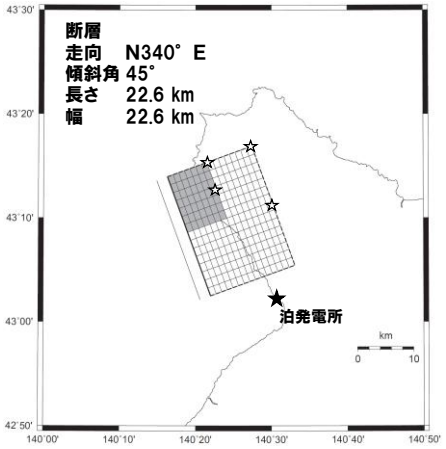
震源モデルの走向の設定②



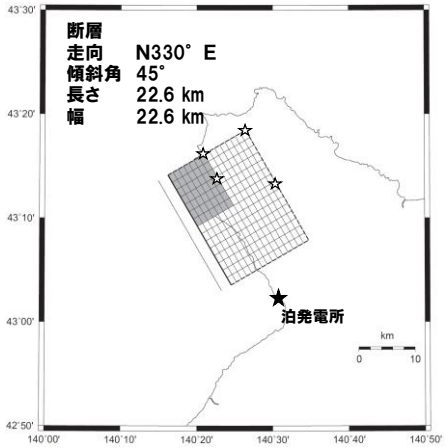
N－S（N0° E（走向0° ））



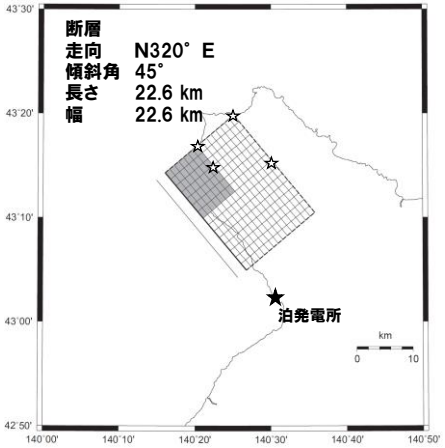
N350° E（走向10° ）



N340° E（走向20° ）



N330° E（走向30° ）



N320° E（走向40° ）

震源モデル図

震源モデル	等価震源距離 Xeq（km）	断層最短距離 （km）	アスペリティ最短距離 （km）
走向0°	21 (21.3)	15 (15.3)	19 (18.6)
走向10°	21 (20.8)	13 (12.6)	19 (18.6)
走向20°	21 (20.8)	10 (10.3)	19 (19.0)
走向30°	21 (21.3)	9 (8.6)	19 (19.3)
走向40°	23 (22.5)	8 (7.7)	20 (19.5)

○等価震源距離は走向0° から30° で同程度，走向40° で若干大きくなっている。アスペリティ最短距離は等価震源距離と同様の傾向であるのに対し，断層最短距離は走向0° から40° になるにつれて小さくなっている。

○断層と敷地との距離による地震動への影響は，評価する距離により傾向が異なることから明確ではない。

4．3 検討用地震の地震動評価

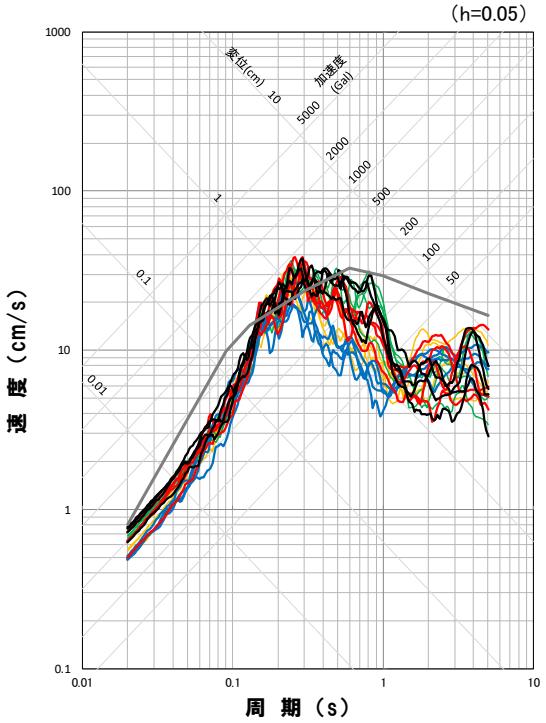
（３）積丹半島北西沖の断層による地震

135

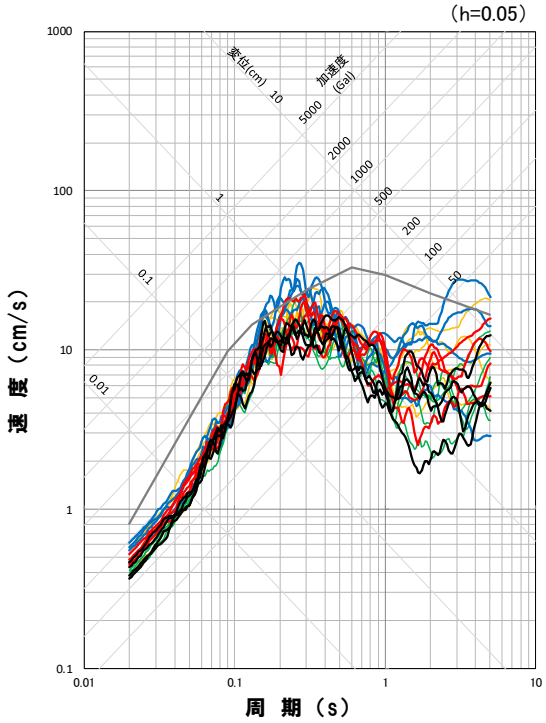
一部加筆修正（R3.7.30審査会合資料）

震源モデルの走向の設定③

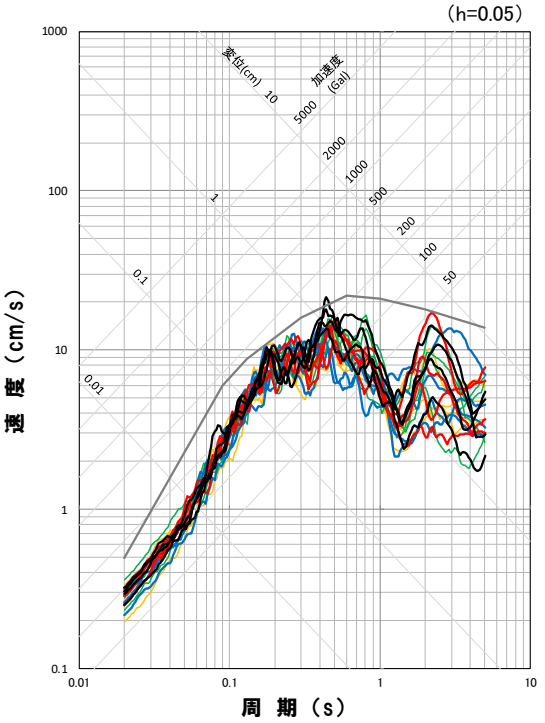
○N－S方向からNW－SE方向に震源モデルを設定した場合の断層モデルを用いた手法による地震動を比較した結果，水平方向ではNS方向が大きい傾向であり，NS方向，鉛直方向とも走向0°の地震動が他の地震動と同等以上の傾向となっている。
○断層モデルを用いた手法による地震動とNoda et al.（2002）による応答スペクトルを比較した結果，水平方向の周期0.1～0.5秒を除き，Noda et al.（2002）による応答スペクトルが断層モデルを用いた手法による地震動を概ね上回っていることを踏まえ，断層モデルを用いた手法による地震動がNoda et al.（2002）による応答スペクトルを上回る水平方向の周期0.1～0.5秒に着目すると，NS方向では，走向0°の地震動が他の地震動と同等以上の傾向となっている。
○NS方向の周期0.2～0.3秒の一部において，走向20°の地震動が大きくなっている。
○EW方向の周期0.1秒～0.5秒において，走向40°の地震動が大きくなっている。



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）



応答スペクトル図（UD方向）

地震動評価結果
N－S（走向0°） 走向10° 走向20° 走向30° 走向40°

※灰太線は応答スペクトルに基づく地震動評価結果（M7.1，Xeq=21km）

4．3 検討用地震の地震動評価

（３）積丹半島北西沖の断層による地震

136

一部加筆修正（R3.7.30審査会合資料）

震源モデルの走向の設定④

○N－S方向からNW－SE方向に震源モデルを設定した場合の断層モデルを用いた手法による地震動を用いて，応答スペクトル強さ（SI）を比較した結果，水平方向，鉛直方向とも走向0°が大きい。
○水平方向において断層モデルを用いた手法による地震動がNoda et al.（2002）による応答スペクトルを上回る周期0.1～0.5秒の応答スペクトルを用いて，応答スペクトル強さ（SI）と同様の手法により評価した結果においても，水平方向，鉛直方向とも走向0°が大きい。
○水平方向のうちEW方向では，応答スペクトル強さ（SI）は走向40°が大きい。

SI（周期0.1～2.5秒）

震源モデル	SI（cm）		
	水平方向		鉛直方向
	NS	EW	
走向0°	22.1	11.3	11.6
走向10°	22.0	11.2	10.8
走向20°	20.5	15.4	10.9
走向30°	16.8	17.8	10.5
走向40°	16.1	21.1	10.0

SI（周期0.1～0.5秒）

震源モデル	SI（cm）		
	水平方向		鉛直方向
	NS	EW	
走向0°	5.3	2.7	2.3
走向10°	5.1	2.7	2.0
走向20°	4.9	3.1	2.0
走向30°	4.1	3.3	2.0
走向40°	3.3	4.2	1.9

○断層モデルを用いた手法による地震動および応答スペクトル強さ（SI）を比較した結果から，断層モデルを用いた手法による地震動および応答スペクトル強さ（SI）が水平方向，鉛直方向ともに大きい走向0°を考慮する。
○断層モデルを用いた手法による地震動の一部周期帯で走向20°が大きいことから，走向20°についても考慮する。
○EW方向において，断層モデルを用いた手法による地震動および応答スペクトル強さ（SI）が大きい走向40°についても考慮する。

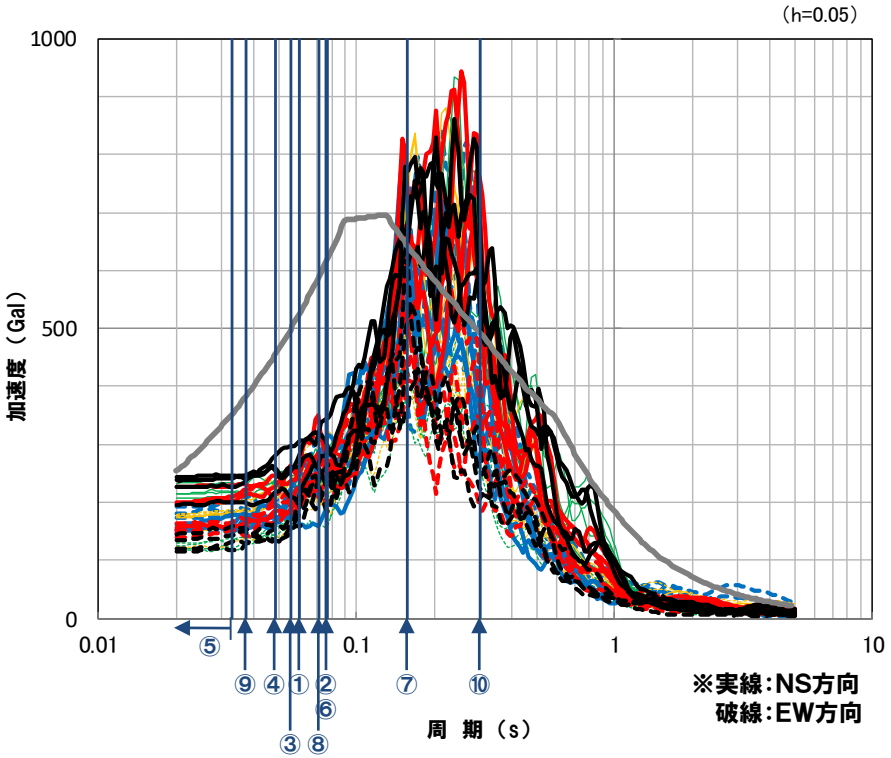
○積丹半島北西沖の断層の地震動評価においては，走向0°，走向20°および走向40°を考慮することとし，それぞれ「走向0°ケース」，「走向20°ケース」，「走向40°ケース」とする。

4．3 検討用地震の地震動評価

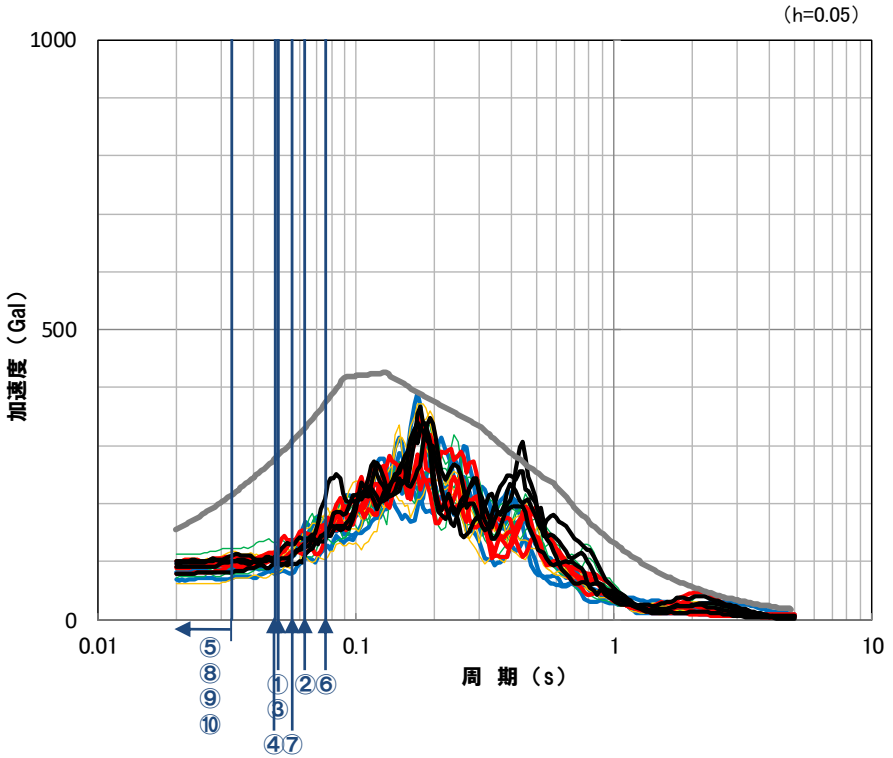
（３） 積丹半島北西沖の断層による地震

一部加筆修正（R3.7.30審査会合資料）

【参考】走向による地震動評価結果の比較



応答スペクトル図（水平方向）



応答スペクトル図（鉛直方向）

主要設備固有周期
① 原子炉容器
② 蒸気発生器
③ 炉内構造物
④ 一次冷却材管
⑤ 余熱除去ポンプ
⑥ 余熱除去設備配管
⑦ 原子炉格納容器
⑧ 制御棒挿入性（制御棒駆動装置）
⑨ 制御棒挿入性（制御棒クラスタ案内管）
⑩ 制御棒挿入性（燃料集合体）

地震動評価結果
- N－S（走向0°）
- 走向10°
- 走向20°
- 走向30°
- 走向40°

※灰太線は応答スペクトルに基づく地震動評価結果（M7.1，Xeq=21km）

4．3 検討用地震の地震動評価

（3） 積丹半島北西沖の断層による地震

138

一部加筆修正（R3.7.30審査会合資料）

不確かさを考慮するパラメータ

	基本震源モデルのパラメータ	不確かさ考慮モデルのパラメータ
断層の傾斜角	当社の調査結果を踏まえた敷地前面海域にある Fs-10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜が 比較的高角であることから高角の断層を想定することが 適切と考えられるが，地震調査委員会（2009，2020）を 踏まえて45°と設定。	地震規模（地震モーメント）が大きくなるように 基本震源モデルより低角の傾斜角を 考慮することとし，周辺の断層において 低角という知見がないことから， 地震調査委員会（2009，2020）を 踏まえて30°と設定。
アスペリティの 応力降下量	地震調査委員会（2009，2020）に基づき設定。	応力降下量について十分な知見が 得られていないことから， 2007年新潟県中越沖地震の知見を踏まえ， 地震調査委員会（2009，2020）による値の 1.5倍の応力降下量を考慮。
アスペリティの 位置，数	地質調査結果より十分な情報が得られていないことから， 安全側の評価として測線iから敷地側に配置することとし，地表付近に1個設定。	
破壊開始点	不確かさをあらかじめ考慮することとし，複数の位置に設定。	

※走向0°ケース，走向20°ケースと走向40°ケースのパラメータは同様に設定する。

4．3 検討用地震の地震動評価

（3） 積丹半島北西沖の断層による地震

一部加筆修正（R3.7.30審査会合資料）

地震動評価検討ケース

震源モデル		断層長さ（km）	断層幅（km）	断層の傾斜角（°）	応力降下量	アスペリティ位置	破壊開始点	備考
（地質調査結果）		－	－	－	－	－	－	○地震動評価は基本震源モデルにて代表
走向0°ケース	基本震源モデル	22.6	22.6	45	地震調査委員会（2009，2020）	敷地に近い位置の地表付近※1	アスペリティ下端中央 アスペリティ下端端部 巨視的断層面下端中央 巨視的断層面下端端部	○地震調査委員会（2009，2020）等を参考に，震源断層が地震発生層の上端から下端まで拡がっており，断層幅と同じ断層長さをもつ断層面を仮定し，断層長さ22.6kmを考慮したモデル ○M7.2，Xeq＝21km※2
	不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）	32.0	32.0	30	地震調査委員会（2009，2020）	敷地に近い位置の地表付近※1	アスペリティ下端中央 アスペリティ下端端部 巨視的断層面下端中央 巨視的断層面下端端部	○基本震源モデルの傾斜角について，不確かさを考慮して30°としたモデル ○M7.3，Xeq＝17km※2
	不確かさ考慮モデル（応力降下量）	22.6	22.6	45	地震調査委員会（2009，2020）×1.5	敷地に近い位置の地表付近※1	アスペリティ下端中央 アスペリティ下端端部 巨視的断層面下端中央 巨視的断層面下端端部	○基本震源モデルの応力降下量について，不確かさを考慮してアスペリティと背景領域の応力降下量をいずれも1.5倍したモデル
走向20°ケース	基本震源モデル	22.6	22.6	45	地震調査委員会（2009，2020）	敷地に近い位置の地表付近※1	アスペリティ下端中央 アスペリティ下端端部 巨視的断層面下端中央 巨視的断層面下端端部	○地震調査委員会（2009，2020）等を参考に，震源断層が地震発生層の上端から下端まで拡がっており，断層幅と同じ断層長さをもつ断層面を仮定し，断層長さ22.6kmを考慮したモデル ○M7.2，Xeq＝21km※2
	不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）	32.0	32.0	30	地震調査委員会（2009，2020）	敷地に近い位置の地表付近※1	アスペリティ下端中央 アスペリティ下端端部 巨視的断層面下端中央 巨視的断層面下端端部	○基本震源モデルの傾斜角について，不確かさを考慮して30°としたモデル ○M7.3，Xeq＝17km※2
	不確かさ考慮モデル（応力降下量）	22.6	22.6	45	地震調査委員会（2009，2020）×1.5	敷地に近い位置の地表付近※1	アスペリティ下端中央 アスペリティ下端端部 巨視的断層面下端中央 巨視的断層面下端端部	○基本震源モデルの応力降下量について，不確かさを考慮してアスペリティと背景領域の応力降下量をいずれも1.5倍したモデル
走向40°ケース	基本震源モデル	22.6	22.6	45	地震調査委員会（2009，2020）	敷地に近い位置の地表付近※1	アスペリティ下端中央 アスペリティ下端端部 巨視的断層面下端中央 巨視的断層面下端端部	○地震調査委員会（2009，2020）等を参考に，震源断層が地震発生層の上端から下端まで拡がっており，断層幅と同じ断層長さをもつ断層面を仮定し，断層長さ22.6kmを考慮したモデル ○M7.2，Xeq＝23km※2
	不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）	32.0	32.0	30	地震調査委員会（2009，2020）	敷地に近い位置の地表付近※1	アスペリティ下端中央 アスペリティ下端端部 巨視的断層面下端中央 巨視的断層面下端端部	○基本震源モデルの傾斜角について，不確かさを考慮して30°としたモデル ○M7.3，Xeq＝20km※2
	不確かさ考慮モデル（応力降下量）	22.6	22.6	45	地震調査委員会（2009，2020）×1.5	敷地に近い位置の地表付近※1	アスペリティ下端中央 アスペリティ下端端部 巨視的断層面下端中央 巨視的断層面下端端部	○基本震源モデルの応力降下量について，不確かさを考慮してアスペリティと背景領域の応力降下量をいずれも1.5倍したモデル

：不確かさを考慮して設定するパラメータ（認識論的な不確かさ）

：全てのケースにおいて共通的に考慮するパラメータ（偶然的な不確かさ）

※1 地質調査結果より十分な情報が得られていないことから，安全側の評価として測線iから敷地側に配置することとし，地表付近に1個設定

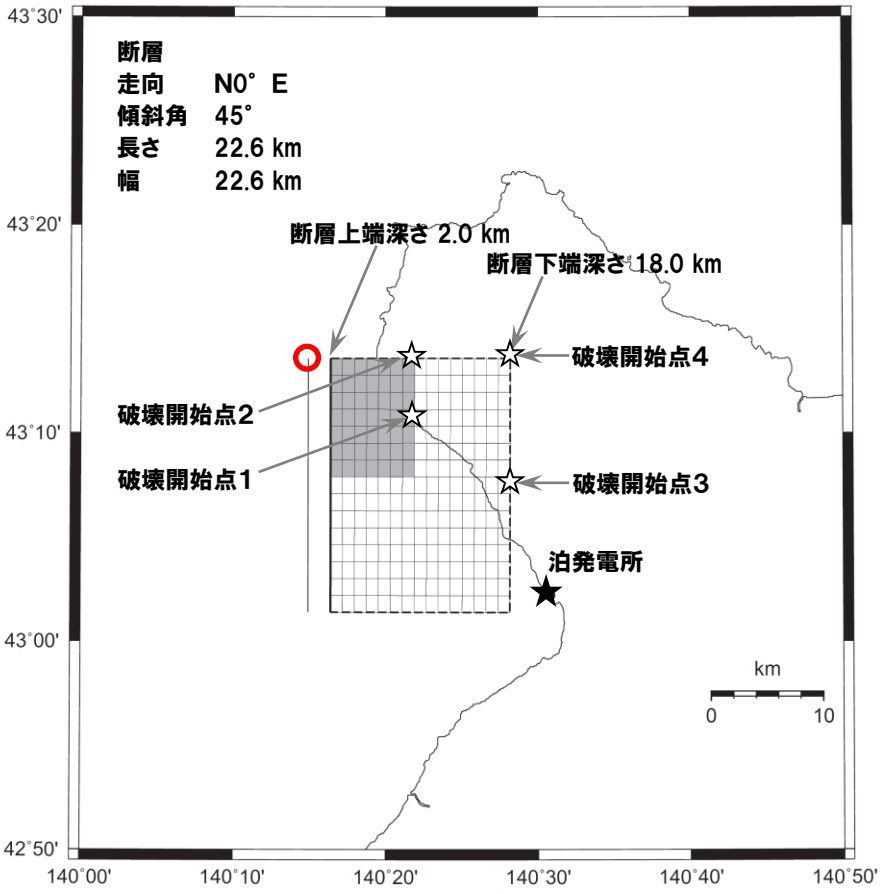
※2 応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる諸元（走向0°ケースと走向20°ケースは同一）

4．3 検討用地震の地震動評価

（3）積丹半島北西沖の断層による地震

再掲（R3.7.30審査会合資料）

走向0°ケース 震源モデル図，断層パラメータ（基本震源モデル）



○ 地質調査結果に基づき仮定した断層位置

走向0° ケース
基本震源モデル

※モデル上のアスペリティ面積
111.2km²

項 目		設定値	設定方法
断層原点（地表トレース原点）		北緯 43.023° 東経 140.249°	積丹半島北西沖の断層位置（測線 i）より敷地側に延長して定めたモデル地表トレース南端
走 向		N0° E	断層南端～北端
傾斜角		45°	地震調査委員会（2009，2020）を参考に 45° と設定
断層長さ		22.6km	L＝W と設定
断層幅		22.6km	断層上下端深さと傾斜角より設定
断層面積		510.8km²	S＝L×W
断層上端深さ		2km	調査結果等を踏まえて設定
断層下端深さ		18km	調査結果等を参考に設定
地震モーメント		1.45E＋19N・m	$M_0=\{S/(4.24\times10^{-11})\}^2$（入倉・三宅（2001））
モーメントマグニチュード		6.7	$LogM_0$（N・m）＝1.5×M_W＋9.1
平均応力降下量		3.1MPa	$\Delta\sigma=(7/16)\times M_0/R^3$
剛性率		3.43E＋10N/m²	$\mu=\rho\times\beta^2$，ρ＝2.8g/cm³：防災科研（2005）に基づき設定
平均すべり量		82.8cm	$D=M_0/(\mu\times S)$
S波速度		3.5km/s	β＝3.5km/s：防災科研（2005）に基づき設定
破壊伝播速度		2.5km/s	V_R＝0.72×βkm/s（Geller（1976））
破壊伝播様式		破壊開始点から同心円状	地震調査委員会（2009，2020）に基づき設定
破壊開始点		アスペリティ下端中央（破壊開始点1）	複数の位置に破壊開始点を設定
		アスペリティ下端端部（破壊開始点2）	
		巨視的断層面下端中央（破壊開始点3）	
		巨視的断層面下端端部（破壊開始点4）	
短周期レベル		1.29E＋19N・m/s²	$A=2.46\times10^{10}\times(M_0\times10^7)^{1/3}$
高周波遮断特性		6Hz	地震調査委員会（2009，2020）に基づき設定
Q値		$110f^{0.69}$	$Q=110\times f^{0.69}$（佐藤ほか（1994））
アスペリティ	位置	敷地に近い位置の地表付近	地質調査結果より十分な情報が得られていないことから，安全側の評価として測線 i から敷地側に配置することとし，地表付近に 1 個設定
	数	1 個	1 セグメントに 1 個設定
	総面積	110.4km²	$S_a=\pi\times r^2$，$r=(7\times\pi/4)\times\{M_0/(A\times R)\}\times\beta^2$，$R=(S/\pi)^{0.5}$
	平均すべり量	165.7cm	$D_a=\gamma_D\times D$
	地震モーメント	6.28E＋18N・m	$M_{0a}=\mu\times S_a\times D_a$
	応力降下量	14.2MPa	$\Delta\sigma_a=(7/16)\times M_0/(r^2\times R)$
背景領域	地震モーメント	8.24E＋18N・m	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$
	面積	400.3km²	$S_b=S-S_a$
	平均すべり量	60.0cm	$D_b=M_{0b}/(\mu\times S_b)$
	実効応力	2.4MPa	$\sigma_b=(D_b/W_b)/(D_a/W_a)\times\sigma_a$

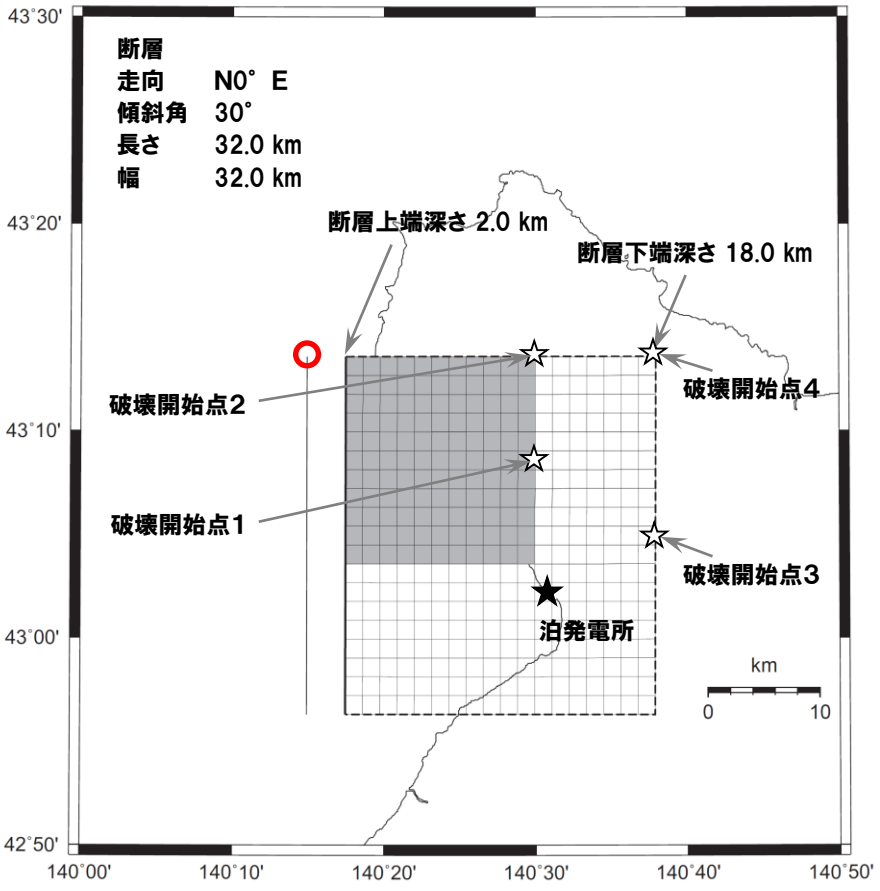
4．3 検討用地震の地震動評価

（3）積丹半島北西沖の断層による地震

141

再掲（R3.7.30審査会合資料）

走向0°ケース 震源モデル図，断層パラメータ（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角））



○ 地質調査結果に基づき仮定した断層位置

走向0°ケース
不確かさ考慮モデル
（断層の傾斜角）

※モデル上のアスペリティ面積
362.3km²

項 目		設定値	設定方法
断層原点（地表トレース原点）		北緯 42.939° 東経 140.249°	積丹半島北西沖の断層位置（測線 i）より敷地側に延長して定めたモデル地表トレース南端
走 向		N0° E	断層南端～北端
傾斜角		30°	不確かさを考慮し，念のため 30° と設定
断層長さ		32.0km	L＝W と設定
断層幅		32.0km	断層上下端深さと傾斜角より設定
断層面積		1024.0km²	S＝L×W
断層上端深さ		2km	調査結果等を踏まえて設定
断層下端深さ		18km	調査結果等を参考に設定
地震モーメント		5.83E＋19N・m	$M_0=\{S/(4.24\times10^{-11})\}^2$（入倉・三宅（2001））
モーメントマグニチュード		7.1	$LogM_0(N\cdot m)=1.5\times M_w+9.1$
平均応力降下量		4.3MPa	$\Delta\sigma=(7/16)\times M_0/R^3$
剛性率		3.43E＋10N/m²	$\mu=\rho\times\beta^2$，ρ＝2.8g/cm³：防災科研（2005）に基づき設定
平均すべり量		166.1cm	$D=M_0/(\mu\times S)$
S波速度		3.5km/s	β＝3.5km/s：防災科研（2005）に基づき設定
破壊伝播速度		2.5km/s	V_R＝0.72×βkm/s（Geller（1976））
破壊伝播様式		破壊開始点から同心円状	地震調査委員会（2009，2020）に基づき設定
破壊開始点		アスペリティ下端中央（破壊開始点1）	複数の位置に破壊開始点を設定
		アスペリティ下端端部（破壊開始点2）	
		巨視的断層面下端中央（破壊開始点3）	
		巨視的断層面下端端部（破壊開始点4）	
短周期レベル		2.06E＋19N・m/s²	$A=2.46\times10^{10}\times(M_0\times10^7)^{1/3}$
高周波遮断特性		6Hz	地震調査委員会（2009，2020）に基づき設定
Q値		110f$^{0.69}$	Q＝110×f$^{0.69}$（佐藤ほか（1994））
アスペリティ	位置	敷地に近い位置の地表付近	地質調査結果より十分な情報が得られていないことから，安全側の評価として測線 i から敷地側に配置することとし，地表付近に 1 個設定
	数	1 個	1 セグメントに 1 個設定
	総面積	352.0km²	$S_a=\pi\times r^2$，$r=(7\times\pi/4)\times\{M_0/(A\times R)\}\times\beta^2$，$R=(S/\pi)^{0.5}$
	平均すべり量	332.1cm	$D_a=\gamma_D\times D$
	地震モーメント	4.01E＋19N・m	$M_{0a}=\mu\times S_a\times D_a$
	応力降下量	12.6MPa	$\Delta\sigma_a=(7/16)\times M_0/(r^2\times R)$
背景領域	地震モーメント	1.82E＋19N・m	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$
	面積	672.0km²	$S_b=S-S_a$
	平均すべり量	79.1cm	$D_b=M_{0b}/(\mu\times S_b)$
	実行応力	1.8MPa	$\sigma_b=(D_b/W_b)/(D_a/W_a)\times\sigma_a$

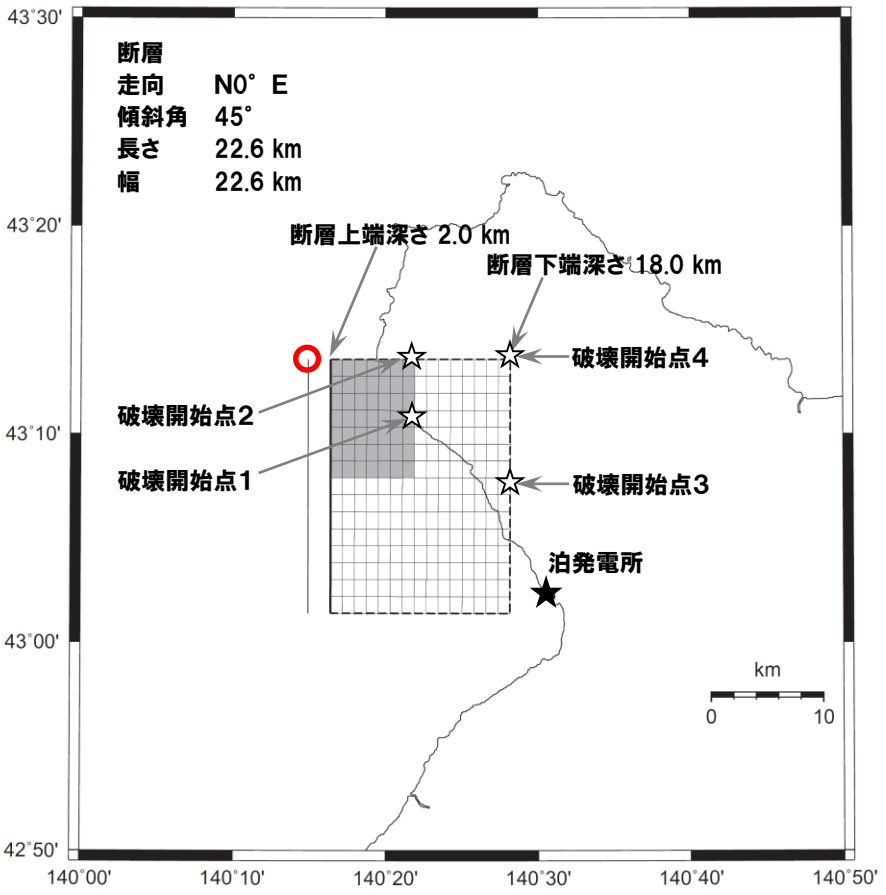
4．3 検討用地震の地震動評価

（3）積丹半島北西沖の断層による地震

142

再掲（R3.7.30審査会合資料）

走向0°ケース 震源モデル図，断層パラメータ（不確かさ考慮モデル（応力降下量））



○ 地質調査結果に基づき仮定した断層位置

走向0°ケース
不確かさ考慮モデル
（応力降下量）
震源モデル図は基本震源モデルと同様

※モデル上のアスペリティ面積 111.2km²

項 目		設定値	設定方法
断層原点（地表トレース原点）		北緯 43.023° 東経 140.249°	積丹半島北西沖の断層位置（測線 i）より敷地側に延長して定めたモデル地表トレース南端
走 向		N0° E	断層南端～北端
傾斜角		45°	地震調査委員会（2009，2020）を参考に 45° と設定
断層長さ		22.6km	L＝W と設定
断層幅		22.6km	断層上下端深さと傾斜角より設定
断層面積		510.8km²	S＝L×W
断層上端深さ		2km	調査結果等を踏まえて設定
断層下端深さ		18km	調査結果等を参考に設定
地震モーメント		1.45E＋19N・m	$M_0=\{S/(4.24\times10^{-11})\}^2$（入倉・三宅（2001））
モーメントマグニチュード		6.7	$LogM_0$（N・m）＝1.5×M_W＋9.1
平均応力降下量		3.1MPa	$\Delta\sigma=(7/16)\times M_0/R^3$
剛性率		3.43E＋10N/m²	$\mu=\rho\times\beta^2$，ρ＝2.8g/cm³：防災科研（2005）に基づき設定
平均すべり量		82.8cm	$D=M_0/(\mu\times S)$
S波速度		3.5km/s	β＝3.5km/s：防災科研（2005）に基づき設定
破壊伝播速度		2.5km/s	V_R＝0.72×βkm/s（Geller（1976））
破壊伝播様式		破壊開始点から同心円状	地震調査委員会（2009，2020）に基づき設定
破壊開始点		アスペリティ下端中央（破壊開始点1）	複数の位置に破壊開始点を設定
		アスペリティ下端端部（破壊開始点2）	
		巨視的断層面下端中央（破壊開始点3）	
		巨視的断層面下端端部（破壊開始点4）	
短周期レベル		1.29E＋19N・m/s²	$A=2.46\times10^{10}\times(M_0\times10^7)^{1/3}$
高周波遮断特性		6Hz	地震調査委員会（2009，2020）に基づき設定
Q値		$110f^{0.69}$	$Q=110\times f^{0.69}$（佐藤ほか（1994））
アスペリティ	位置	敷地に近い位置の地表付近	地質調査結果より十分な情報が得られていないことから，安全側の評価として測線 i から敷地側に配置することとし，地表付近に 1 個設定
	数	1 個	1 セグメントに 1 個設定
	総面積	110.4km²	$S_a=\pi\times r^2$，$r=(7\times\pi/4)\times\{M_0/(A\times R)\}\times\beta^2$，$R=(S/\pi)^{0.5}$
	平均すべり量	165.7cm	$D_a=\gamma_D\times D$
	地震モーメント	6.28E＋18N・m	$M_{0a}=\mu\times S_a\times D_a$
	応力降下量	21.2MPa	$\Delta\sigma_a=1.5\times(7/16)\times M_0/(r^2\times R)$
背景領域	地震モーメント	8.24E＋18N・m	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$
	面積	400.3km²	$S_b=S-S_a$
	平均すべり量	60.0cm	$D_b=M_{0b}/(\mu\times S_b)$
	実効応力	3.6MPa	$\sigma_b=(D_b/W_b)/(D_a/W_a)\times\sigma_a$

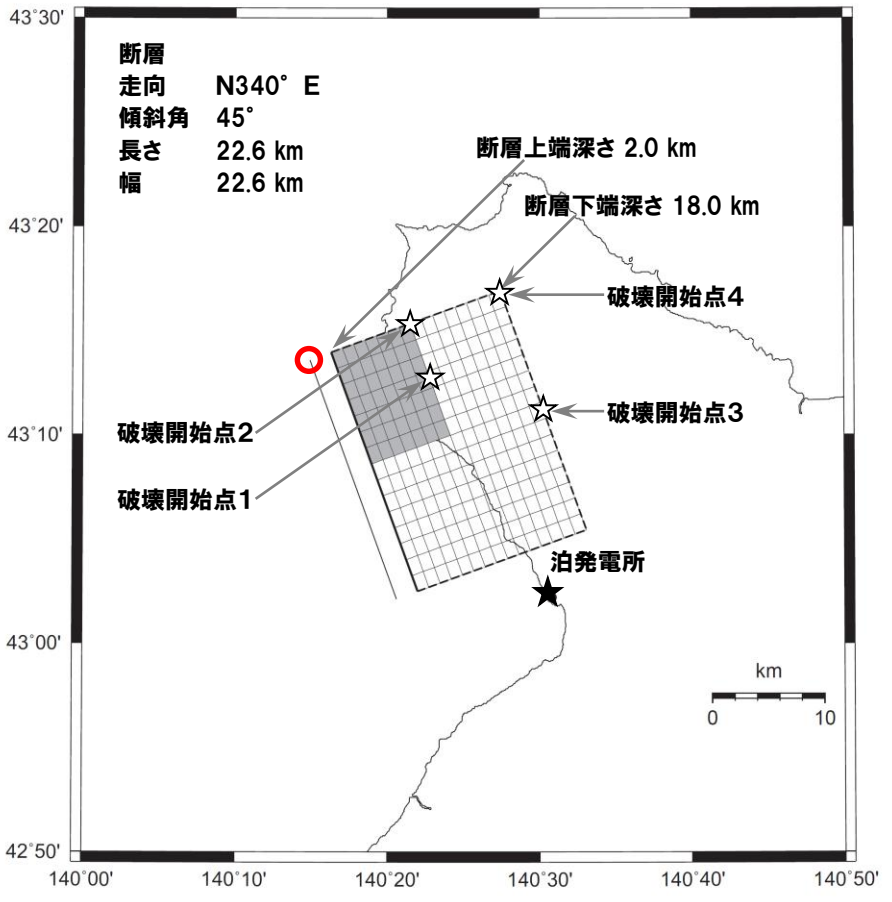
4．3 検討用地震の地震動評価

（3）積丹半島北西沖の断層による地震

143

再掲（R3.7.30審査会合資料）

走向20° ケース 震源モデル図，断層パラメータ（基本震源モデル）



○ 地質調査結果に基づき仮定した断層位置

走向20° ケース
基本震源モデル

※モデル上のアスペリティ面積
111.2km²

項 目		設定値	設定方法
断層原点（地表トレース原点）		北緯 43.035° 東経 140.344°	積丹半島北西沖の断層位置（測線 i）より敷地側に延長して定めたモデル地表トレース南端
走 向		N340° E	断層南端～北端
傾斜角		45°	地震調査委員会（2009，2020）を参考に 45° と設定
断層長さ		22.6km	L＝W と設定
断層幅		22.6km	断層上下端深さと傾斜角より設定
断層面積		510.8km²	S＝L×W
断層上端深さ		2km	調査結果等を踏まえて設定
断層下端深さ		18km	調査結果等を参考に設定
地震モーメント		1.45E＋19N・m	$M_0=\{S/(4.24\times10^{-11})\}^2$（入倉・三宅（2001））
モーメントマグニチュード		6.7	$LogM_0$（N・m）＝1.5×M_W＋9.1
平均応力降下量		3.1MPa	$\Delta\sigma=(7/16)\times M_0/R^3$
剛性率		3.43E＋10N/m²	μ＝ρ×β²，ρ＝2.8g/cm³：防災科研（2005）に基づき設定
平均すべり量		82.8cm	D＝M_0/（μ×S）
S波速度		3.5km/s	β＝3.5km/s：防災科研（2005）に基づき設定
破壊伝播速度		2.5km/s	V_R＝0.72×βkm/s（Geller（1976））
破壊伝播様式		破壊開始点から同心円状	地震調査委員会（2009，2020）に基づき設定
破壊開始点		アスペリティ下端中央（破壊開始点1）	複数の位置に破壊開始点を設定
		アスペリティ下端端部（破壊開始点2）	
		巨視的断層面下端中央（破壊開始点3）	
		巨視的断層面下端端部（破壊開始点4）	
短周期レベル		1.29E＋19N・m/s²	$A=2.46\times10^{10}\times(M_0\times10^7)^{1/3}$
高周波遮断特性		6Hz	地震調査委員会（2009，2020）に基づき設定
Q値		110$f^{0.69}$	$Q=110\times f^{0.69}$（佐藤ほか（1994））
アスペリティ	位置	敷地に近い位置の地表付近	地質調査結果より十分な情報が得られていないことから，安全側の評価として測線 i から敷地側に配置することとし，地表付近に 1 個設定
	数	1 個	1 セグメントに 1 個設定
	総面積	110.4km²	$S_a=\pi\times r^2$，$r=(7\times\pi/4)\times\{M_0/(A\times R)\}\times\beta^2$，$R=(S/\pi)^{0.5}$
	平均すべり量	165.7cm	$D_a=\gamma_D\times D$
	地震モーメント	6.28E＋18N・m	$M_{0a}=\mu\times S_a\times D_a$
	応力降下量	14.2MPa	$\Delta\sigma_a=(7/16)\times M_0/(r^2\times R)$
背景領域	地震モーメント	8.24E＋18N・m	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$
	面積	400.3km²	$S_b=S-S_a$
	平均すべり量	60.0cm	$D_b=M_{0b}/(\mu\times S_b)$
	実効応力	2.4MPa	$\sigma_b=(D_b/W_b)/(D_a/W_a)\times\sigma_a$

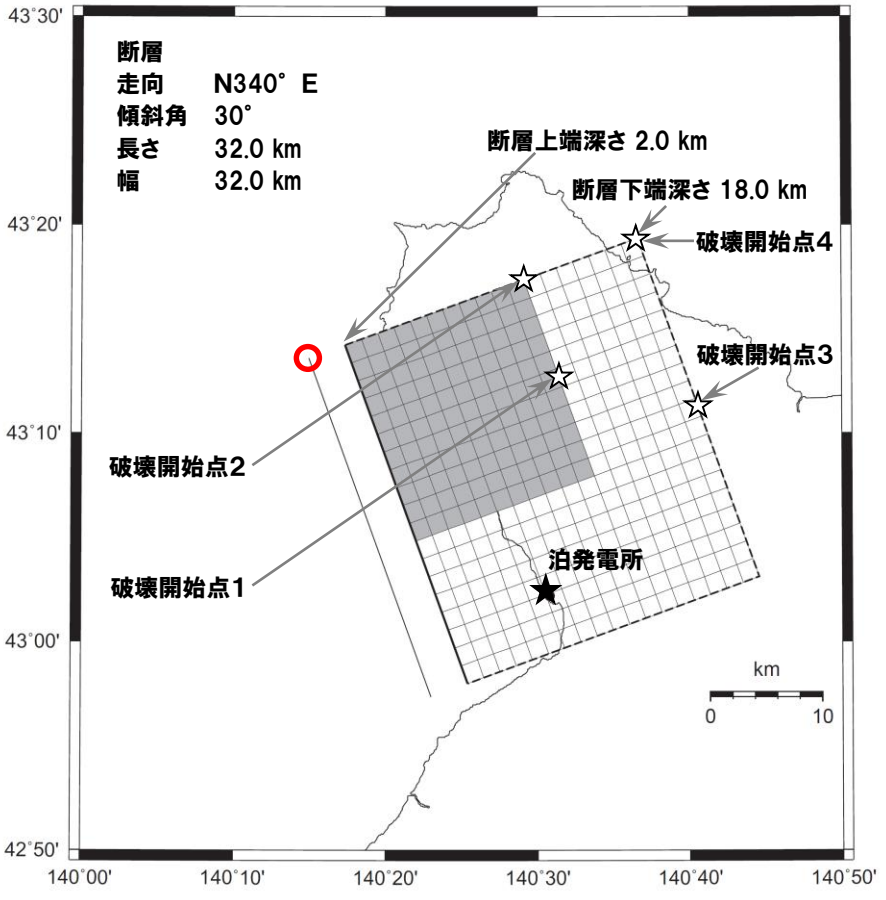
4．3 検討用地震の地震動評価

（3）積丹半島北西沖の断層による地震

144

再掲（R3.7.30審査会合資料）

走向20°ケース 震源モデル図，断層パラメータ（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角））



○ 地質調査結果に基づき仮定した断層位置

走向20°ケース
不確かさ考慮モデル
（断層の傾斜角）

※モデル上のアスペリティ面積 362.3km²

項 目		設定値	設定方法
断層原点（地表トレース原点）		北緯 42.956° 東経 140.383°	積丹半島北西沖の断層位置（測線 i）より敷地側に延長して定めたモデル地表トレース南端
走 向		N340° E	断層南端～北端
傾斜角		30°	不確かさを考慮し，念のため 30° と設定
断層長さ		32.0km	L＝W と設定
断層幅		32.0km	断層上下端深さと傾斜角より設定
断層面積		1024.0km²	S＝L×W
断層上端深さ		2km	調査結果等を踏まえて設定
断層下端深さ		18km	調査結果等を参考に設定
地震モーメント		5.83E＋19N・m	$M_0=\{S/(4.24\times10^{-11})\}^2$（入倉・三宅（2001））
モーメントマグニチュード		7.1	$LogM_0$（N・m）＝1.5×M_W＋9.1
平均応力降下量		4.3MPa	$\Delta\sigma=(7/16)\times M_0/R^3$
剛性率		3.43E＋10N/m²	μ＝ρ×β²，ρ＝2.8g/cm³：防災科研（2005）に基づき設定
平均すべり量		166.1cm	$D=M_0/(\mu\times S)$
S波速度		3.5km/s	β＝3.5km/s：防災科研（2005）に基づき設定
破壊伝播速度		2.5km/s	V_R＝0.72×βkm/s（Geller（1976））
破壊伝播様式		破壊開始点から同心円状	地震調査委員会（2009，2020）に基づき設定
破壊開始点		アスペリティ下端中央（破壊開始点1）	複数の位置に破壊開始点を設定
		アスペリティ下端端部（破壊開始点2）	
		巨視的断層面下端中央（破壊開始点3）	
		巨視的断層面下端端部（破壊開始点4）	
短周期レベル		2.06E＋19N・m/s²	$A=2.46\times10^{10}\times(M_0\times10^7)^{1/3}$
高周波遮断特性		6Hz	地震調査委員会（2009，2020）に基づき設定
Q値		$110f^{0.69}$	$Q=110\times f^{0.69}$（佐藤ほか（1994））
アスペリティ	位置	敷地に近い位置の地表付近	地質調査結果より十分な情報が得られていないことから，安全側の評価として測線 i から敷地側に配置することとし，地表付近に 1 個設定
	数	1 個	1 セグメントに 1 個設定
	総面積	352.0km²	$S_a=\pi\times r^2$，$r=(7\times\pi/4)\times\{M_0/(A\times R)\}\times\beta^2$，$R=(S/\pi)^{0.5}$
	平均すべり量	332.1cm	$D_a=\gamma_D\times D$
	地震モーメント	4.01E＋19N・m	$M_{0a}=\mu\times S_a\times D_a$
	応力降下量	12.6MPa	$\Delta\sigma_a=(7/16)\times M_0/(r^2\times R)$
背景領域	地震モーメント	1.82E＋19N・m	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$
	面積	672.0km²	$S_b=S-S_a$
	平均すべり量	79.1cm	$D_b=M_{0b}/(\mu\times S_b)$
	実行応力	1.8MPa	$\sigma_b=(D_b/W_b)/(D_a/W_a)\times\sigma_a$

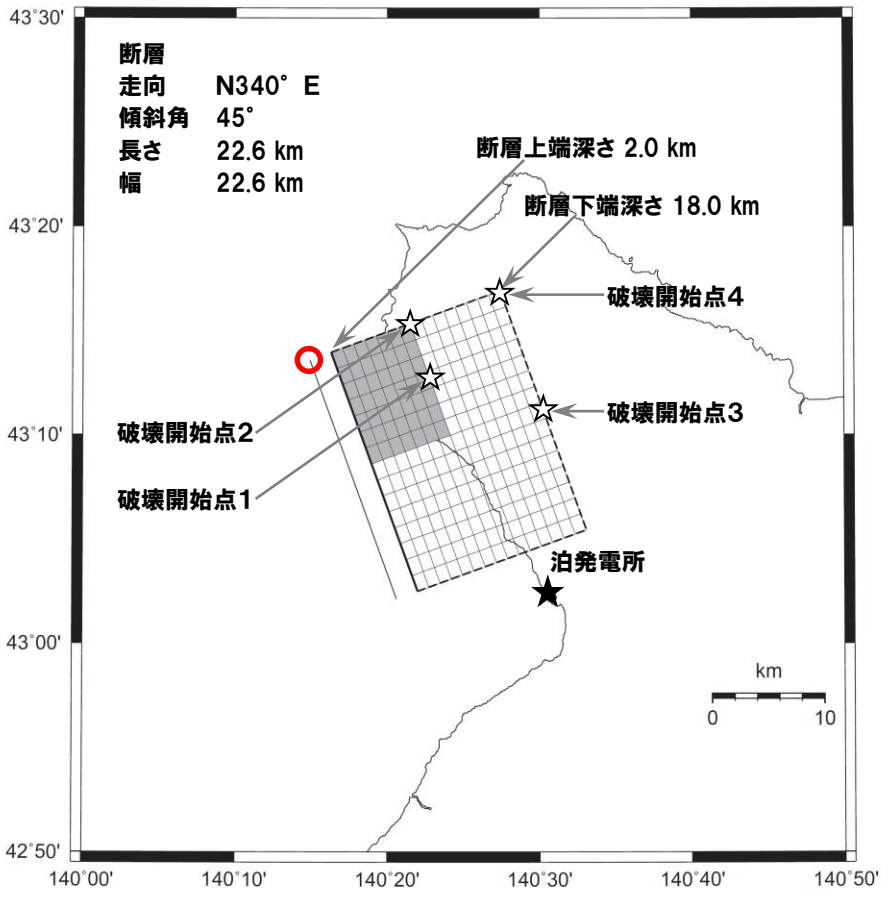
4．3 検討用地震の地震動評価

（3）積丹半島北西沖の断層による地震

145

再掲（R3.7.30審査会合資料）

走向20° ケース 震源モデル図，断層パラメータ（不確かさ考慮モデル（応力降下量））



○ 地質調査結果に基づき仮定した断層位置

走向20° ケース
不確かさ考慮モデル
（応力降下量）
震源モデル図は基本震源モデルと同様

※モデル上のアスペリティ面積 111.2km²

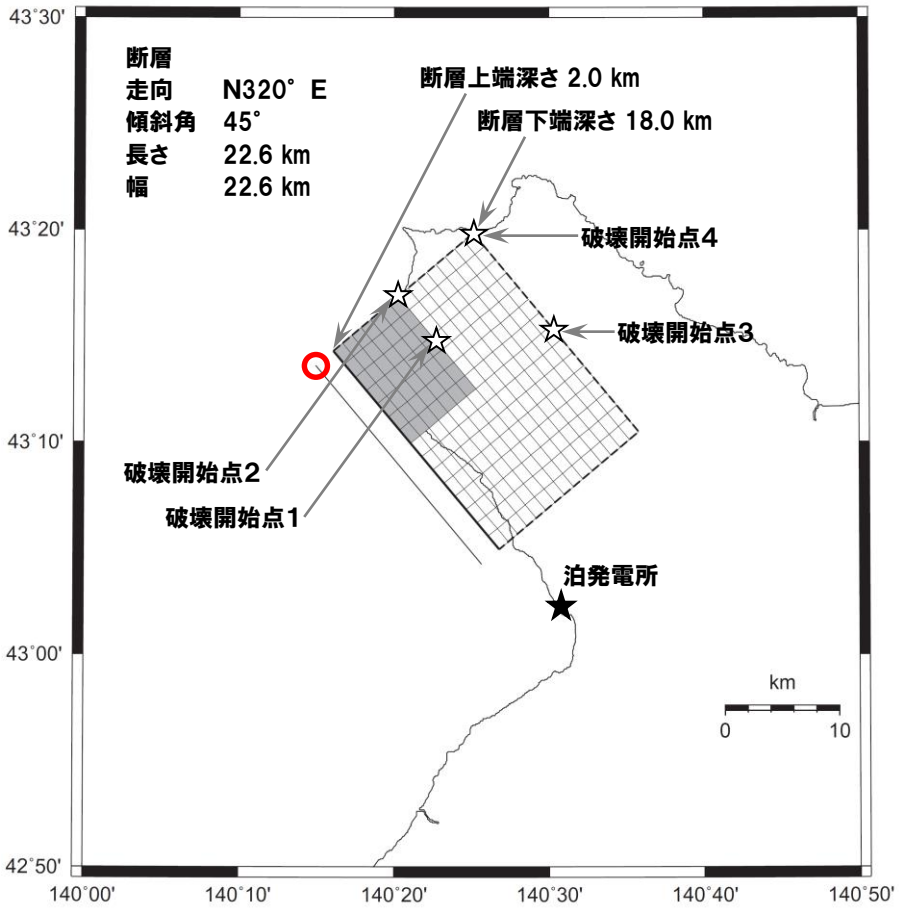
項 目		設定値	設定方法
断層原点（地表トレース原点）		北緯 43.035° 東経 140.344°	積丹半島北西沖の断層位置（測線 i）より敷地側に延長して定めたモデル地表トレース南端
走 向		N340° E	断層南端～北端
傾斜角		45°	地震調査委員会（2009，2020）を参考に 45° と設定
断層長さ		22.6km	L＝W と設定
断層幅		22.6km	断層上下端深さと傾斜角より設定
断層面積		510.8km²	S＝L×W
断層上端深さ		2km	調査結果等を踏まえて設定
断層下端深さ		18km	調査結果等を参考に設定
地震モーメント		1.45E＋19N・m	$M_0=\{S/(4.24\times10^{-11})\}^2$（入倉・三宅（2001））
モーメントマグニチュード		6.7	$LogM_0$（N・m）＝1.5×M_W＋9.1
平均応力降下量		3.1MPa	$\Delta\sigma=(7/16)\times M_0/R^3$
剛性率		3.43E＋10N/m²	μ＝ρ×β²，ρ＝2.8g/cm³：防災科研（2005）に基づき設定
平均すべり量		82.8cm	D＝M_0/（μ×S）
S波速度		3.5km/s	β＝3.5km/s：防災科研（2005）に基づき設定
破壊伝播速度		2.5km/s	V_R＝0.72×βkm/s（Geller（1976））
破壊伝播様式		破壊開始点から同心円状	地震調査委員会（2009，2020）に基づき設定
破壊開始点		アスペリティ下端中央（破壊開始点1）	複数の位置に破壊開始点を設定
		アスペリティ下端端部（破壊開始点2）	
		巨視的断層面下端中央（破壊開始点3）	
		巨視的断層面下端端部（破壊開始点4）	
短周期レベル		1.29E＋19N・m/s²	$A=2.46\times10^{10}\times(M_0\times10^7)^{1/3}$
高周波遮断特性		6Hz	地震調査委員会（2009，2020）に基づき設定
Q値		110$f^{0.69}$	Q＝110×$f^{0.69}$（佐藤ほか（1994））
アスペリティ	位置	敷地に近い位置の地表付近	地質調査結果より十分な情報が得られていないことから，安全側の評価として測線 i から敷地側に配置することとし，地表付近に 1 個設定
	数	1 個	1 セグメントに 1 個設定
	総面積	110.4km²	$S_a=\pi\times r^2$，$r=(7\times\pi/4)\times\{M_0/(A\times R)\}\times\beta^2$，$R=(S/\pi)^{0.5}$
	平均すべり量	165.7cm	$D_a=\gamma_D\times D$
	地震モーメント	6.28E＋18N・m	$M_{0a}=\mu\times S_a\times D_a$
	応力降下量	21.2MPa	$\Delta\sigma_a=1.5\times(7/16)\times M_0/(r^2\times R)$
背景領域	地震モーメント	8.24E＋18N・m	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$
	面積	400.3km²	$S_b=S-S_a$
	平均すべり量	60.0cm	$D_b=M_{0b}/(\mu\times S_b)$
	実効応力	3.6MPa	$\sigma_b=(D_b/W_b)/(D_a/W_a)\times\sigma_a$

4．3 検討用地震の地震動評価

（3）積丹半島北西沖の断層による地震

146

走向40° ケース 震源モデル図，断層パラメータ（基本震源モデル）



○ 地質調査結果に基づき仮定した断層位置

走向40° ケース
基本震源モデル

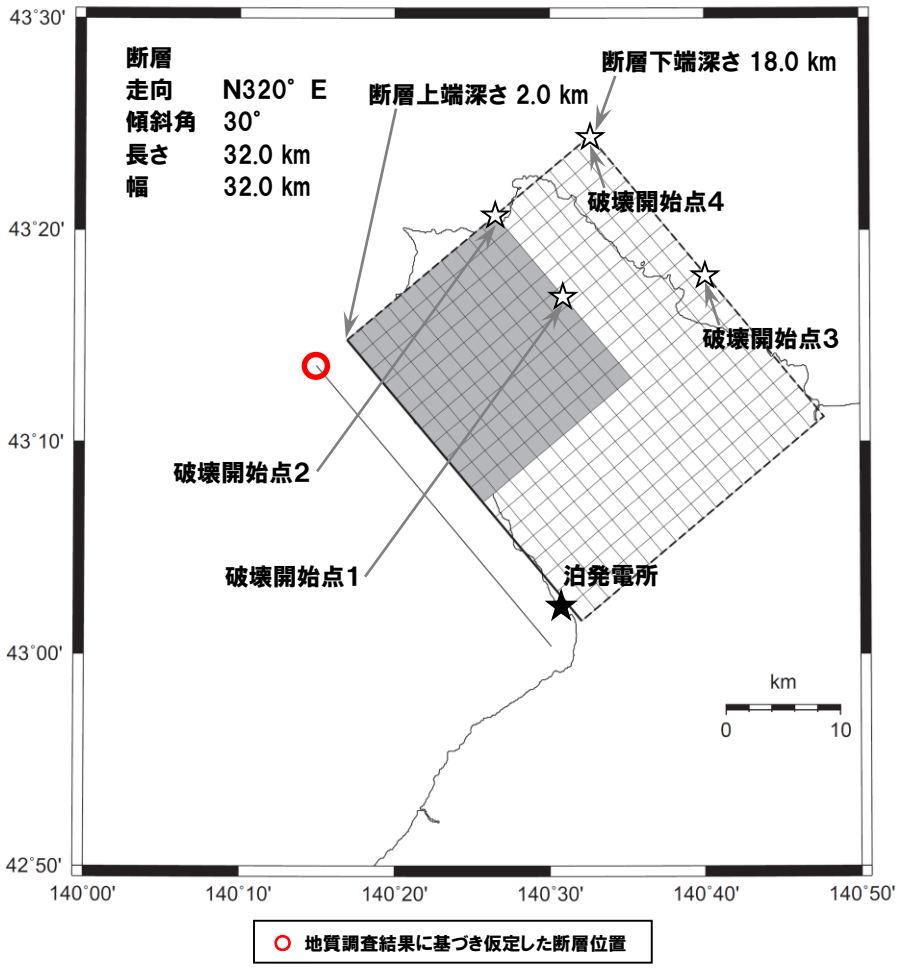
※モデル上のアスペリティ面積
111.2km²

項 目		設定値	設定方法
断層原点（地表トレース原点）		北緯 43.071° 東経 140.427°	積丹半島北西沖の断層位置（測線 i）より敷地側に延長して定めたモデル地表トレース南端
走 向		N320° E	断層南端～北端
傾斜角		45°	地震調査委員会（2009，2020）を参考に 45° と設定
断層長さ		22.6km	L＝W と設定
断層幅		22.6km	断層上下端深さと傾斜角より設定
断層面積		510.8km²	S＝L×W
断層上端深さ		2km	調査結果等を踏まえて設定
断層下端深さ		18km	調査結果等を参考に設定
地震モーメント		1.45E＋19N・m	$M_0=\{S/(4.24\times10^{-11})\}^2$（入倉・三宅（2001））
モーメントマグニチュード		6.7	$LogM_0$ (N・m) ＝1.5×M_w＋9.1
平均応力降下量		3.1MPa	$\Delta\sigma=(7/16)\times M_0/R^3$
剛性率		3.43E＋10N/m²	μ＝ρ×β²，ρ＝2.8g/cm³：防災科研（2005）に基づき設定
平均すべり量		82.8cm	$D=M_0/(\mu\times S)$
S波速度		3.5km/s	β＝3.5km/s：防災科研（2005）に基づき設定
破壊伝播速度		2.5km/s	V_R＝0.72×βkm/s（Geller（1976））
破壊伝播様式		破壊開始点から同心円状	地震調査委員会（2009，2020）に基づき設定
破壊開始点		アスペリティ下端中央（破壊開始点1）	複数の位置に破壊開始点を設定
		アスペリティ下端端部（破壊開始点2）	
		巨視的断層面下端中央（破壊開始点3）	
		巨視的断層面下端端部（破壊開始点4）	
短周期レベル		1.29E＋19N・m/s²	$A=2.46\times10^{10}\times(M_0\times10^7)^{1/3}$
高周波遮断特性		6Hz	地震調査委員会（2009，2020）に基づき設定
Q値		$110f^{0.69}$	$Q=110\times f^{0.69}$（佐藤ほか（1994））
アスペリティ	位置	敷地に近い位置の地表付近	地質調査結果より十分な情報が得られていないことから，安全側の評価として測線 i から敷地側に配置することとし，地表付近に 1 個設定
	数	1 個	1 セグメントに 1 個設定
	総面積	110.4km²	$S_a=\pi\times r^2$，$r=(7\times\pi/4)\times\{M_0/(A\times R)\}\times\beta^2$，$R=(S/\pi)^{0.5}$
	平均すべり量	165.7cm	$D_a=\gamma_D\times D$
	地震モーメント	6.28E＋18N・m	$M_{0a}=\mu\times S_a\times D_a$
	応力降下量	14.2MPa	$\Delta\sigma_a=(7/16)\times M_0/(r^2\times R)$
背景領域	地震モーメント	8.24E＋18N・m	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$
	面積	400.3km²	$S_b=S-S_a$
	平均すべり量	60.0cm	$D_b=M_{0b}/(\mu\times S_b)$
	実効応力	2.4MPa	$\sigma_b=(D_b/W_b)/(D_a/W_a)\times\sigma_a$

4．3 検討用地震の地震動評価

（3）積丹半島北西沖の断層による地震

走向40°ケース 震源モデル図，断層パラメータ（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角））



○ 地質調査結果に基づき仮定した断層位置

走向40° ケース
不確かさ考慮モデル
（断層の傾斜角）

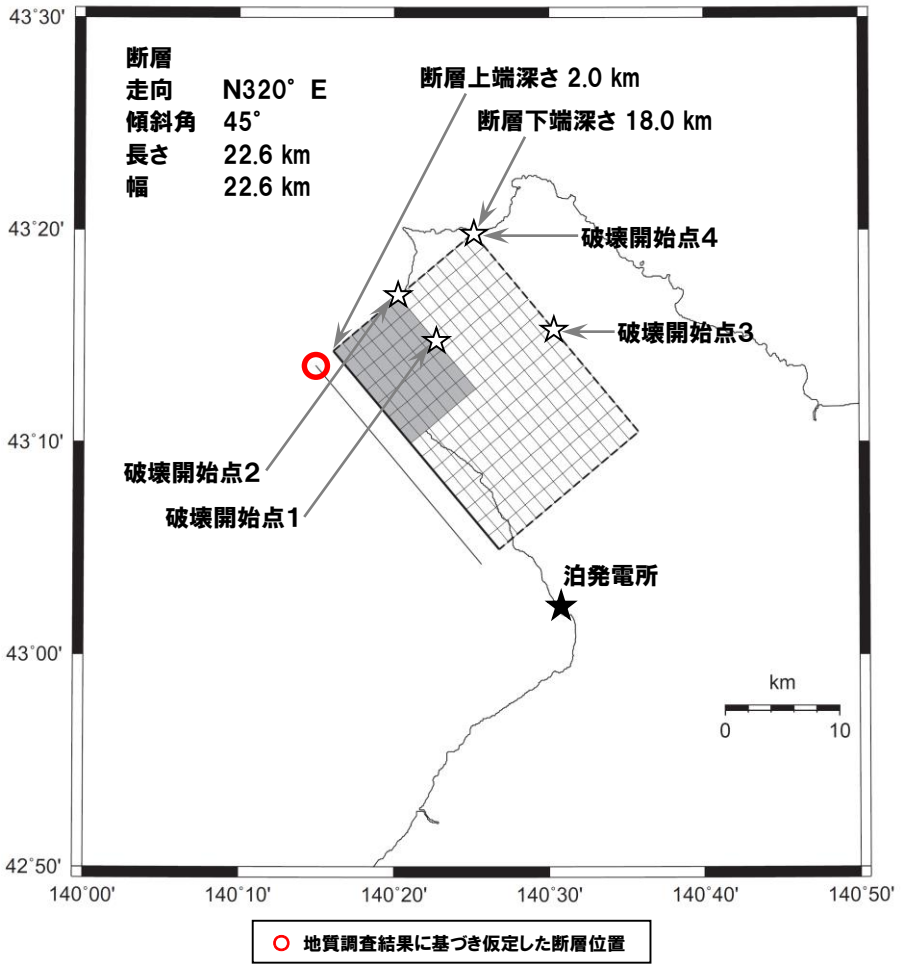
※モデル上のアスペリティ面積
362.3km²

項 目		設定値	設定方法
断層原点（地表トレース原点）		北緯 43.006° 東経 140.502°	積丹半島北西沖の断層位置（測線 i）より敷地側に延長して定めたモデル地表トレース南端
走 向		N320° E	断層南端～北端
傾斜角		30°	不確かさを考慮し，念のため 30° と設定
断層長さ		32.0km	L＝W と設定
断層幅		32.0km	断層上下端深さと傾斜角より設定
断層面積		1024.0km²	S＝L×W
断層上端深さ		2km	調査結果等を踏まえて設定
断層下端深さ		18km	調査結果等を参考に設定
地震モーメント		5.83E＋19N・m	$M_0=\{S/(4.24\times10^{-11})\}^2$（入倉・三宅（2001））
モーメントマグニチュード		7.1	$LogM_0$ (N・m) ＝1.5×M_W＋9.1
平均応力降下量		4.3MPa	$\Delta\sigma=(7/16)\times M_0/R^3$
剛性率		3.43E＋10N/m²	μ＝ρ×β²，ρ＝2.8g/cm³：防災科研（2005）に基づき設定
平均すべり量		166.1cm	D＝M_0/（μ×S）
S波速度		3.5km/s	β＝3.5km/s：防災科研（2005）に基づき設定
破壊伝播速度		2.5km/s	V_R＝0.72×βkm/s（Geller（1976））
破壊伝播様式		破壊開始点から同心円状	地震調査委員会（2009，2020）に基づき設定
破壊開始点		アスペリティ下端中央（破壊開始点1）	複数の位置に破壊開始点を設定
		アスペリティ下端端部（破壊開始点2）	
		巨視的断層面下端中央（破壊開始点3）	
		巨視的断層面下端端部（破壊開始点4）	
短周期レベル		2.06E＋19N・m/s²	A＝2.46×10¹⁰×(M_0×10⁷)$^{1/3}$
高周波遮断特性		6Hz	地震調査委員会（2009，2020）に基づき設定
Q値		110$f^{0.69}$	Q＝110×$f^{0.69}$（佐藤ほか（1994））
アスペリティ	位置	敷地に近い位置の地表付近	地質調査結果より十分な情報が得られていないことから，安全側の評価として測線 i から敷地側に配置することとし，地表付近に 1 個設定
	数	1 個	1 セグメントに 1 個設定
	総面積	352.0km²	$S_a=\pi\times r^2$，$r=(7\times\pi/4)\times\{M_0/(A\times R)\}\times\beta^2$，$R=(S/\pi)^{0.5}$
	平均すべり量	332.1cm	$D_a=\gamma_D\times D$
	地震モーメント	4.01E＋19N・m	$M_{0a}=\mu\times S_a\times D_a$
	応力降下量	12.6MPa	$\Delta\sigma_a=(7/16)\times M_0/(r^2\times R)$
背景領域	地震モーメント	1.82E＋19N・m	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$
	面積	672.0km²	$S_b=S-S_a$
	平均すべり量	79.1cm	$D_b=M_{0b}/(\mu\times S_b)$
	実行応力	1.8MPa	$\sigma_b=(D_b/W_b)/(D_a/W_a)\times\sigma_a$

4．3 検討用地震の地震動評価

（3）積丹半島北西沖の断層による地震

走向40°ケース 震源モデル図，断層パラメータ（不確かさ考慮モデル（応力降下量））



○ 地質調査結果に基づき仮定した断層位置

走向40°ケース
不確かさ考慮モデル
（応力降下量）
震源モデル図は基本震源モデルと同様

※モデル上のアスペリティ面積
111.2km²

項 目		設定値	設定方法
断層原点（地表トレース原点）		北緯 43.071° 東経 140.427°	積丹半島北西沖の断層位置（測線 i）より敷地側に延長して定めたモデル地表トレース南端
走 向		N320° E	断層南端～北端
傾斜角		45°	地震調査委員会（2009，2020）を参考に 45° と設定
断層長さ		22.6km	L＝W と設定
断層幅		22.6km	断層上下端深さと傾斜角より設定
断層面積		510.8km²	S＝L×W
断層上端深さ		2km	調査結果等を踏まえて設定
断層下端深さ		18km	調査結果等を参考に設定
地震モーメント		1.45E＋19N・m	$M_0=\{S/(4.24\times10^{-11})\}^2$（入倉・三宅（2001））
モーメントマグニチュード		6.7	$LogM_0(N\cdot m)=1.5\times M_W+9.1$
平均応力降下量		3.1MPa	$\Delta\sigma=(7/16)\times M_0/R^3$
剛性率		3.43E＋10N/m²	$\mu=\rho\times\beta^2$，$\rho=2.8g/cm^3$：防災科研（2005）に基づき設定
平均すべり量		82.8cm	$D=M_0/(\mu\times S)$
S波速度		3.5km/s	β＝3.5km/s：防災科研（2005）に基づき設定
破壊伝播速度		2.5km/s	$V_R=0.72\times\beta$ km/s（Geller（1976））
破壊伝播様式		破壊開始点から同心円状	地震調査委員会（2009，2020）に基づき設定
破壊開始点		アスペリティ下端中央（破壊開始点1）	複数の位置に破壊開始点を設定
		アスペリティ下端端部（破壊開始点2）	
		巨視的断層面下端中央（破壊開始点3）	
		巨視的断層面下端端部（破壊開始点4）	
短周期レベル		1.29E＋19N・m/s²	$A=2.46\times10^{10}\times(M_0\times10^7)^{1/3}$
高周波遮断特性		6Hz	地震調査委員会（2009，2020）に基づき設定
Q値		$110f^{0.69}$	$Q=110\times f^{0.69}$（佐藤ほか（1994））
アスペリティ	位置	敷地に近い位置の地表付近	地質調査結果より十分な情報が得られていないことから，安全側の評価として測線 i から敷地側に配置することとし，地表付近に 1 個設定
	数	1 個	1 セグメントに 1 個設定
	総面積	110.4km²	$S_a=\pi\times r^2$，$r=(7\times\pi/4)\times\{M_0/(A\times R)\}\times\beta^2$，$R=(S/\pi)^{0.5}$
	平均すべり量	165.7cm	$D_a=\gamma_D\times D$
	地震モーメント	6.28E＋18N・m	$M_{0a}=\mu\times S_a\times D_a$
	応力降下量	21.2MPa	$\Delta\sigma_a=1.5\times(7/16)\times M_0/(r^2\times R)$
背景領域	地震モーメント	8.24E＋18N・m	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$
	面積	400.3km²	$S_b=S-S_a$
	平均すべり量	60.0cm	$D_b=M_{0b}/(\mu\times S_b)$
	実効応力	3.6MPa	$\sigma_b=(D_b/W_b)/(D_a/W_a)\times\sigma_a$

4．3 検討用地震の地震動評価

（３）積丹半島北西沖の断層による地震

149

一部加筆修正（R3.7.30審査会合資料）

応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる地震規模の評価

○孤立した短い活断層である積丹半島北西沖の断層による地震については，尻別川断層による地震と同様に，基本震源モデルはM7.2，不確かさ考慮モデルはM7.3として評価する。

積丹半島北西沖の断層による地震の諸元

地震動評価ケース		地震規模M		Xeq（km）
		松田式※1	武村式※2	
走向0°ケース	基本震源モデル	7.1	7.2	21
	不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）	7.3	（7.7）	17
走向20°ケース	基本震源モデル	7.1	7.2	21
	不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）	7.3	（7.7）	17
走向40°ケース	基本震源モデル	7.1	7.2	23
	不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）	7.3	（7.7）	20

※1：松田（1975）による断層長さと地震規模Mの関係式により算定
※2：武村（1990）による地震モーメントと地震規模Mの関係式により算定

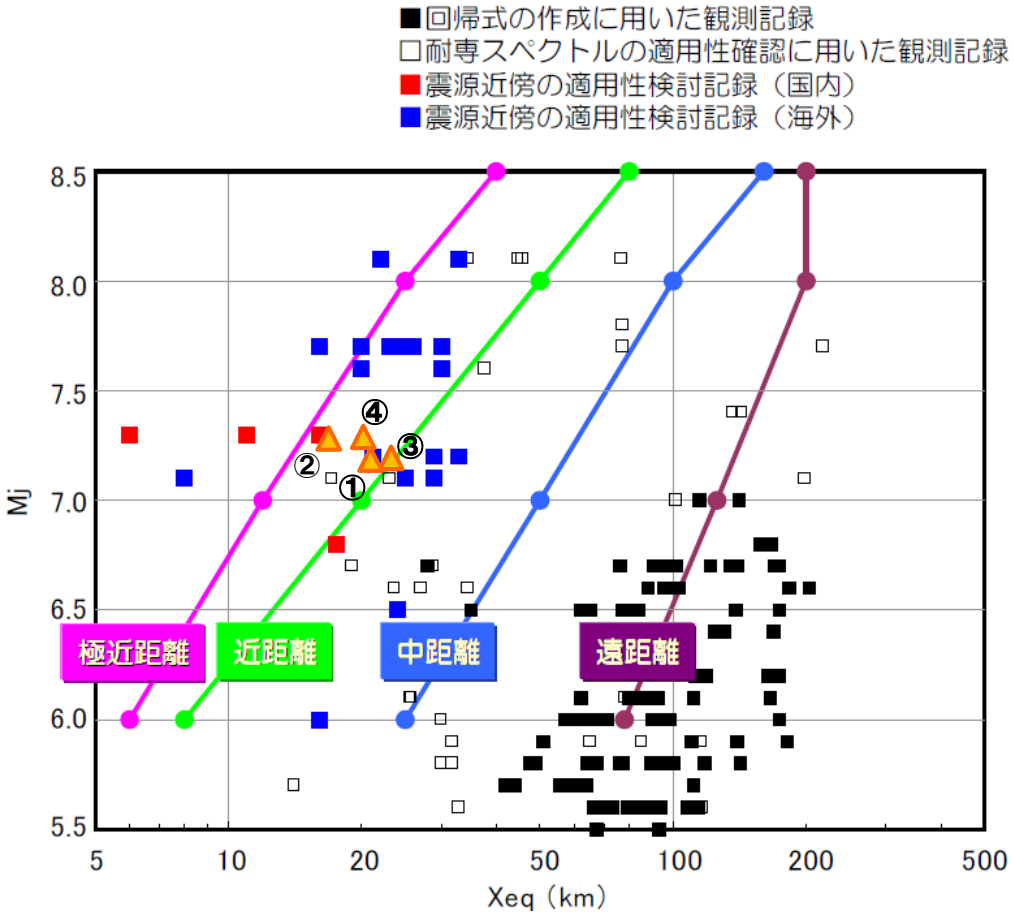
4．3 検討用地震の地震動評価

（３）積丹半島北西沖の断層による地震

一部加筆修正（R3.7.30審査会合資料）

Noda et al.（2002）の適用性の検討

○積丹半島北西沖の断層による地震について，Noda et al.（2002）による方法の適用性を検討した結果，適用範囲内にあることを確認した。



Noda et al.（2002）による方法の適用性（東京電力（2009）に加筆）

▲積丹半島北西沖の断層による地震

○走向0°ケース，走向20°ケース※
①積丹半島北西沖の断層による地震
（基本震源モデル（M7.2，Xeq＝21km））

②積丹半島北西沖の断層による地震
（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）
（M7.3，Xeq＝17km））

○走向40°ケース
③積丹半島北西沖の断層による地震
（基本震源モデル（M7.2，Xeq＝23km））

④積丹半島北西沖の断層による地震
（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）
（M7.3，Xeq＝20km））

※走向0°ケースと走向20°ケースは同一

4．3 検討用地震の地震動評価

（3） 積丹半島北西沖の断層による地震

151

一部加筆修正（R3.7.30審査会合資料）

応答スペクトルに基づく地震動評価結果

		コントロールポイント ${}_pS_V$（cm/s）							
		T_A（s）	T_B（s）	T_C（s）	T_D（s）	T_E（s）	T_F（s）	T_G（s）	T_H（s）
		0.02	0.09	0.13	0.30	0.60	1.00	2.00	5.00
走向0°ケース，走向20°ケース	基本震源モデル 水平方向	0.89	10.78	15.80	26.40	36.96	33.56	26.40	19.32
	不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角） 水平方向	1.27	15.52	22.68	37.94	53.22	49.22	38.96	28.39
	基本震源モデル 鉛直方向	0.54	6.56	9.67	17.88	24.80	24.10	20.92	16.12
	不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角） 鉛直方向	0.78	9.45	13.88	25.69	35.70	35.33	30.89	23.68
走向40°ケース	基本震源モデル 水平方向	0.80	9.63	14.14	23.76	33.34	30.24	23.85	17.50
	不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角） 水平方向	1.04	12.63	18.52	31.35	55.34	60.27	60.15	59.37
	基本震源モデル 鉛直方向	0.49	5.86	8.65	16.09	22.37	21.71	18.91	14.60
	不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角） 鉛直方向	0.64	7.69	11.33	21.23	29.62	29.23	25.70	19.81

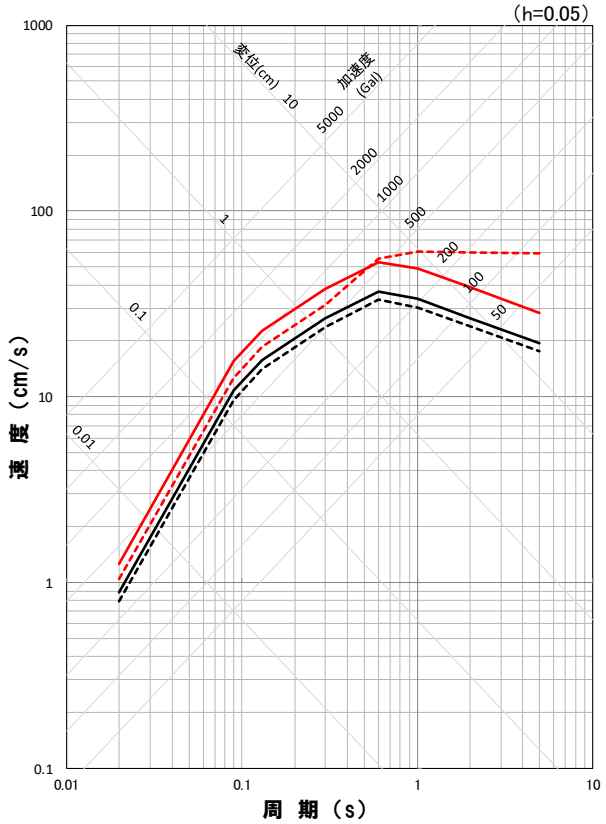
※応答スペクトルに基づく地震動評価結果は走向0°ケースと走向20°ケースで同一
※走向40°ケース 不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）はNFRD効果を考慮

4．3 検討用地震の地震動評価

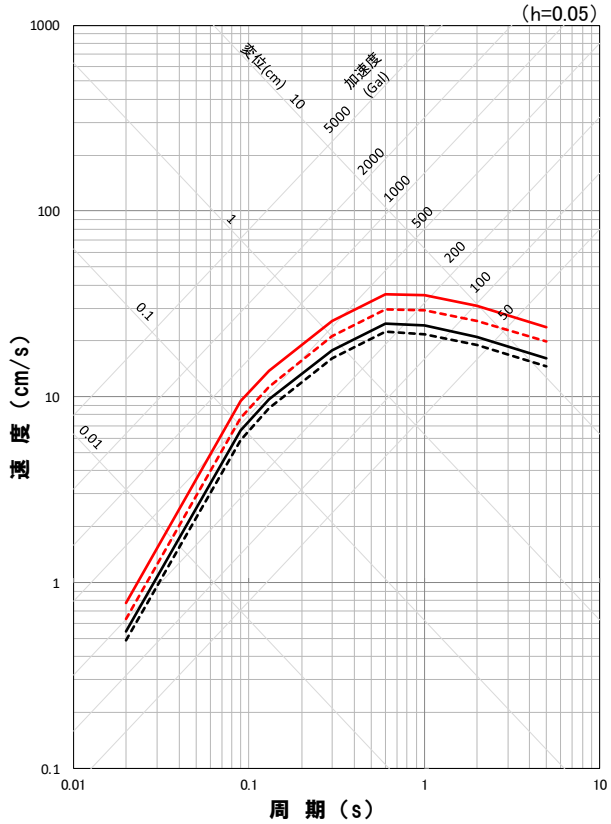
（3） 積丹半島北西沖の断層による地震

一部加筆修正（R3.7.30審査会合資料）

応答スペクトルに基づく地震動評価結果



応答スペクトル図（水平方向）



応答スペクトル図（鉛直方向）

地震動評価結果
○走向0°ケース，走向20°ケース
━━ 基本震源モデル　　━━ 不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）
○走向40°ケース
┅┅ 基本震源モデル　　┅┅ 不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）

※応答スペクトルに基づく地震動評価結果は走向0°ケースと走向20°ケースで同一
※走向40°ケース　不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）はNFRD効果を考慮

4．3 検討用地震の地震動評価

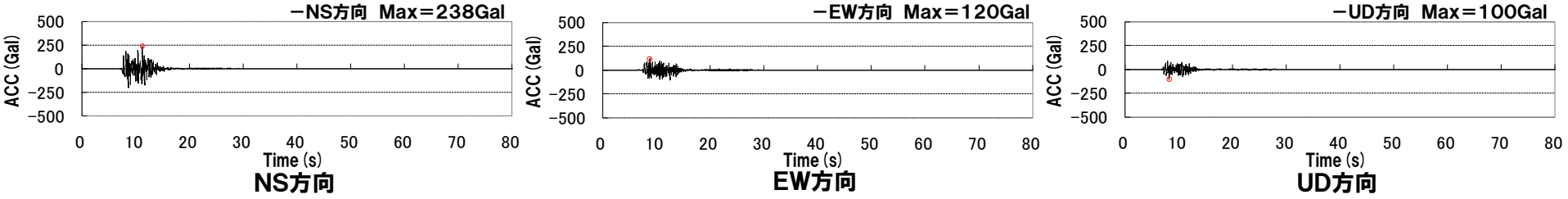
（３）積丹半島北西沖の断層による地震

153

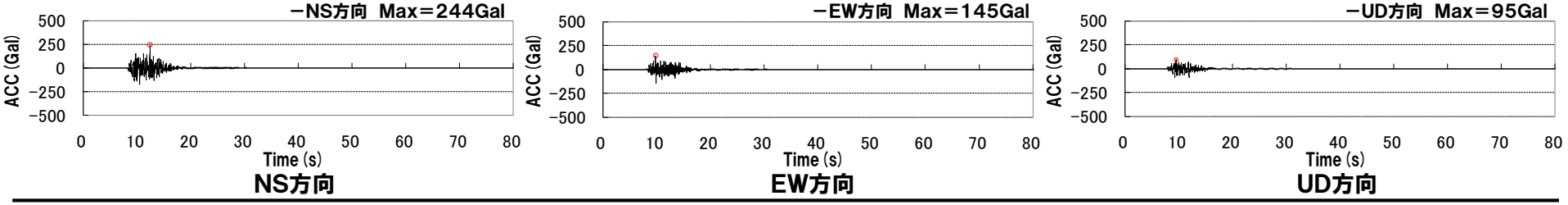
再掲（R3.7.30審査会合資料）

走向0°ケース 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（基本震源モデル）加速度波形

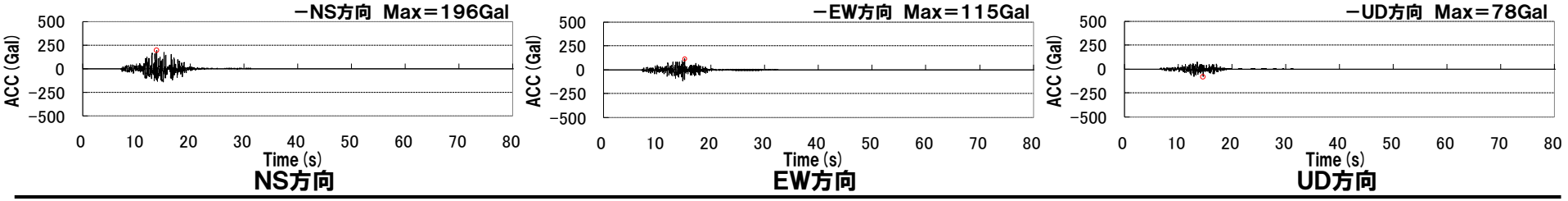
積丹半島北西沖の断層による地震（走向0°ケース，基本震源モデル，破壊開始点１）



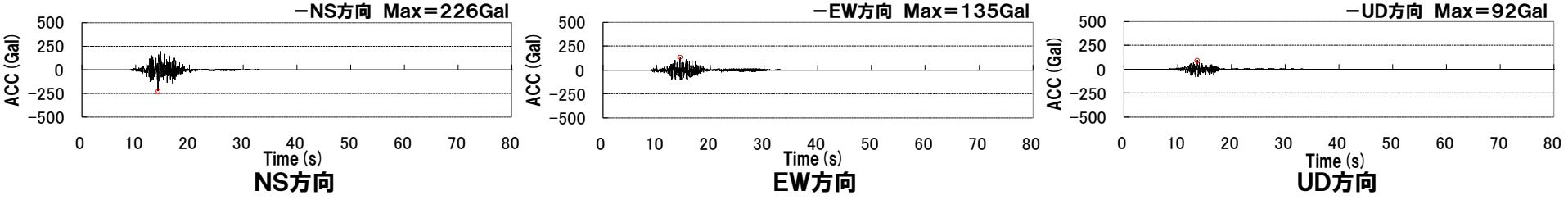
積丹半島北西沖の断層による地震（走向0°ケース，基本震源モデル，破壊開始点２）



積丹半島北西沖の断層による地震（走向0°ケース，基本震源モデル，破壊開始点３）



積丹半島北西沖の断層による地震（走向0°ケース，基本震源モデル，破壊開始点４）



4．3 検討用地震の地震動評価

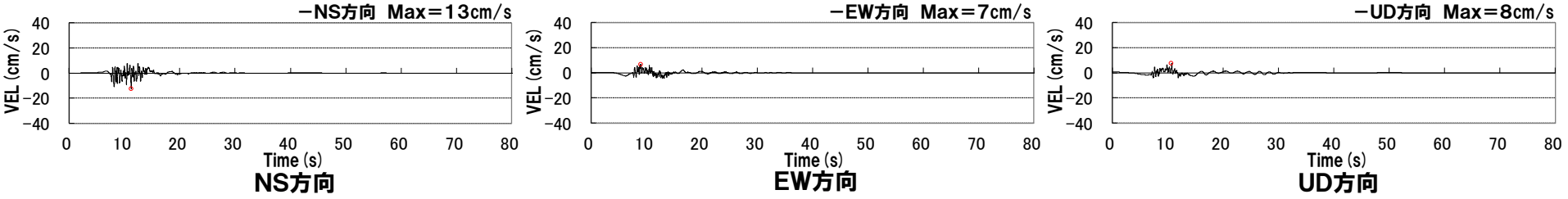
（３）積丹半島北西沖の断層による地震

154

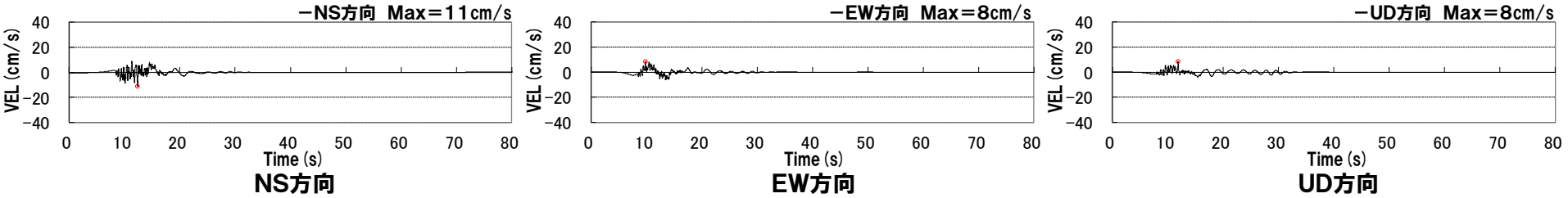
再掲（R3.7.30審査会合資料）

走向0°ケース 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（基本震源モデル）速度波形

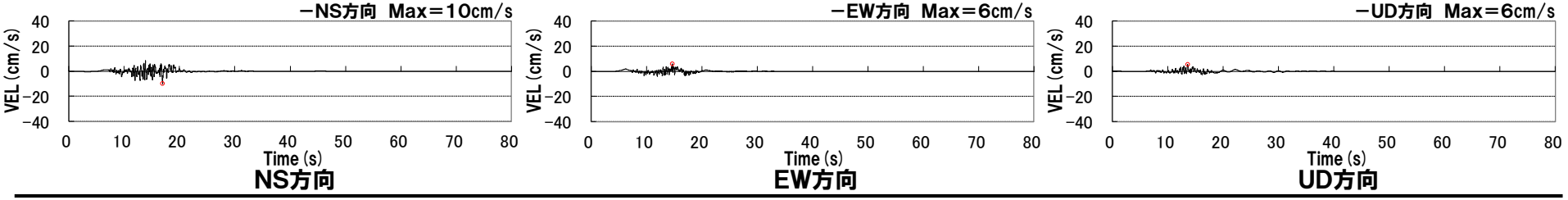
積丹半島北西沖の断層による地震（走向0°ケース，基本震源モデル，破壊開始点１）



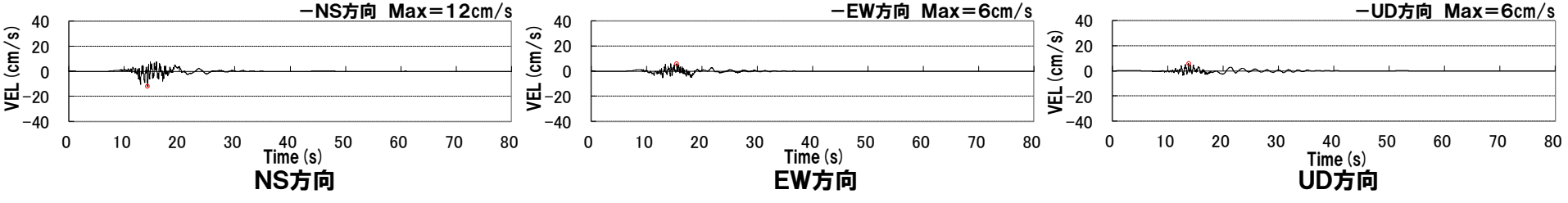
積丹半島北西沖の断層による地震（走向0°ケース，基本震源モデル，破壊開始点２）



積丹半島北西沖の断層による地震（走向0°ケース，基本震源モデル，破壊開始点３）



積丹半島北西沖の断層による地震（走向0°ケース，基本震源モデル，破壊開始点４）

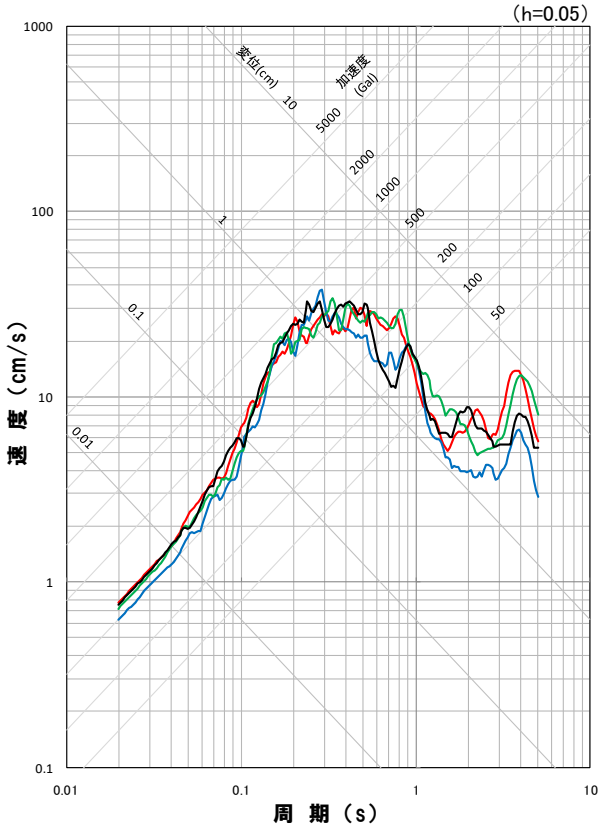


4．3 検討用地震の地震動評価

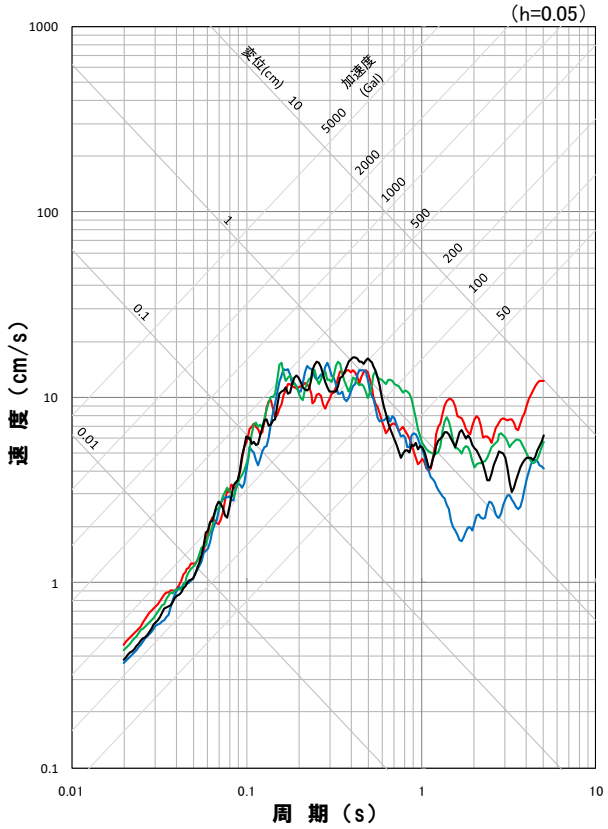
（３）積丹半島北西沖の断層による地震

再掲（R3.7.30審査会合資料）

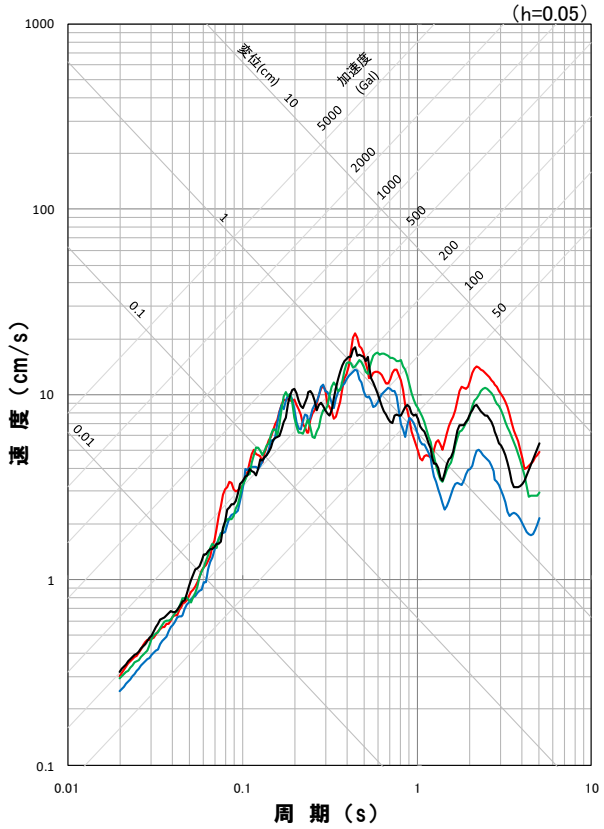
走向0°ケース 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（基本震源モデル）応答スペクトル



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）



応答スペクトル図（UD方向）

地震動評価結果
- 走向0°ケース，基本震源モデル,破壊開始点1
- 走向0°ケース，基本震源モデル,破壊開始点2
- 走向0°ケース，基本震源モデル,破壊開始点3
- 走向0°ケース，基本震源モデル,破壊開始点4

※ハイブリッド合成法における接続周期：1秒

4．3 検討用地震の地震動評価

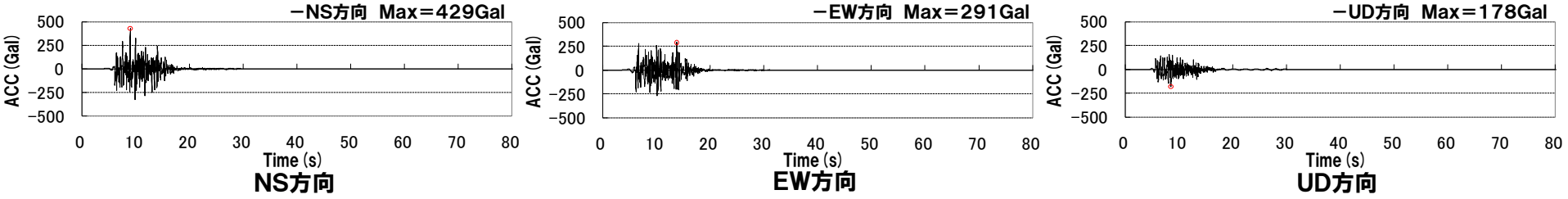
（３）積丹半島北西沖の断層による地震

156

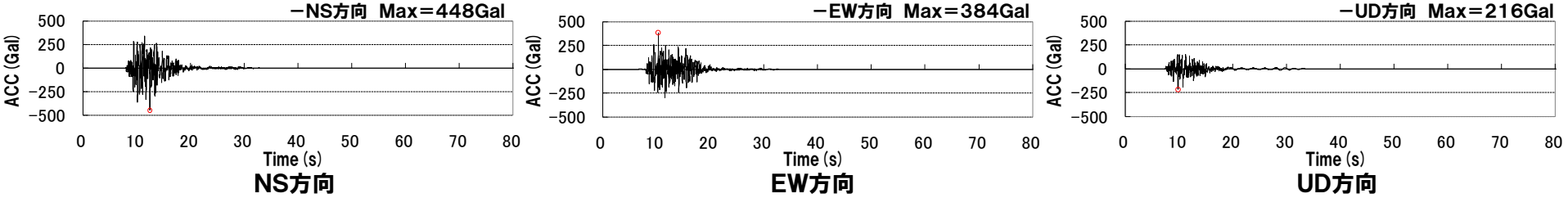
再掲（R3.7.30審査会合資料）

走向0°ケース 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）） 加速度波形

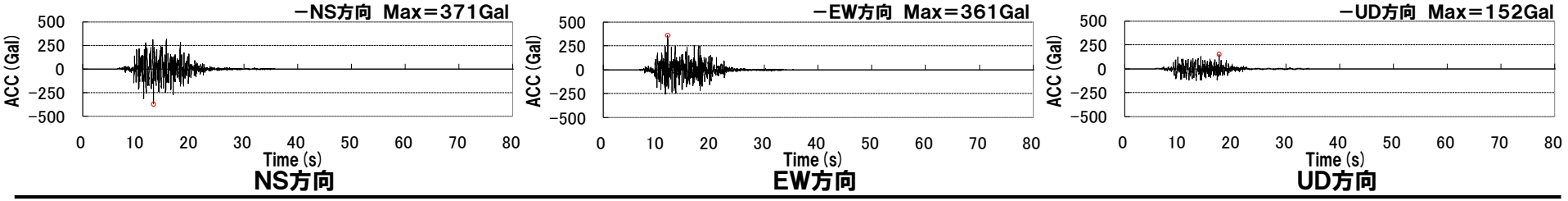
積丹半島北西沖の断層による地震（走向0°ケース，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点１）



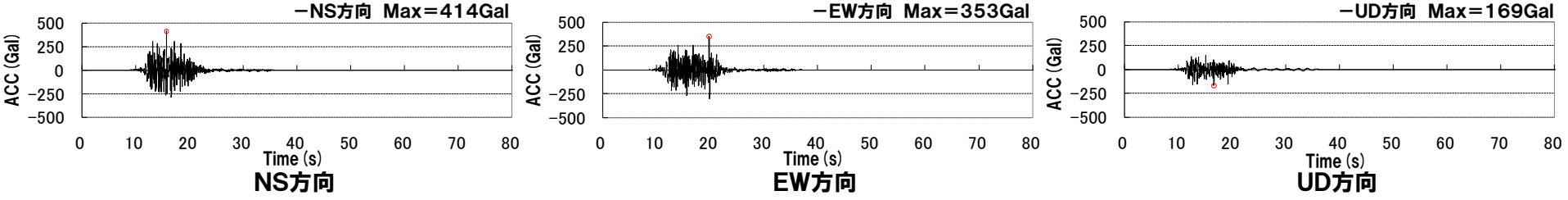
積丹半島北西沖の断層による地震（走向0°ケース，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点２）



積丹半島北西沖の断層による地震（走向0°ケース，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点３）



積丹半島北西沖の断層による地震（走向0°ケース，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点４）



4．3 検討用地震の地震動評価

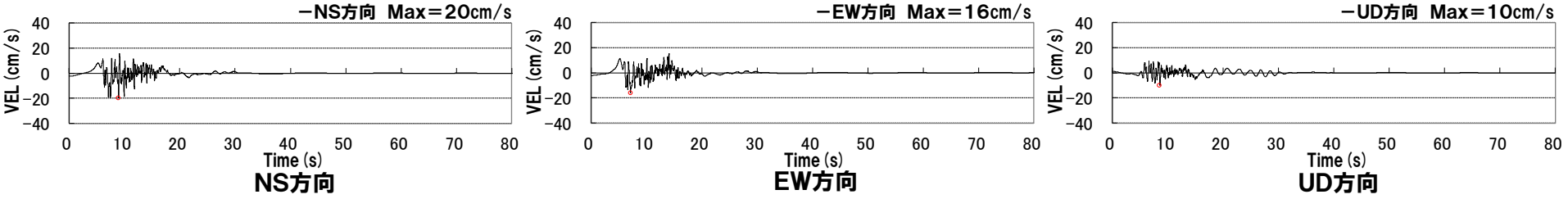
（３）積丹半島北西沖の断層による地震

157

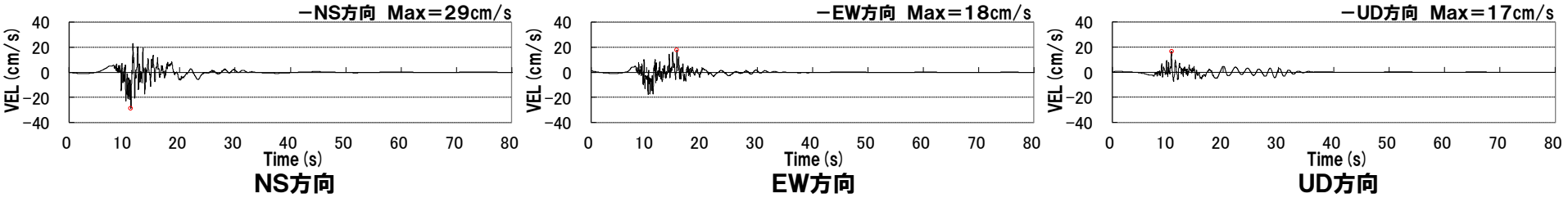
再掲（R3.7.30審査会合資料）

走向0°ケース　断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角））速度波形

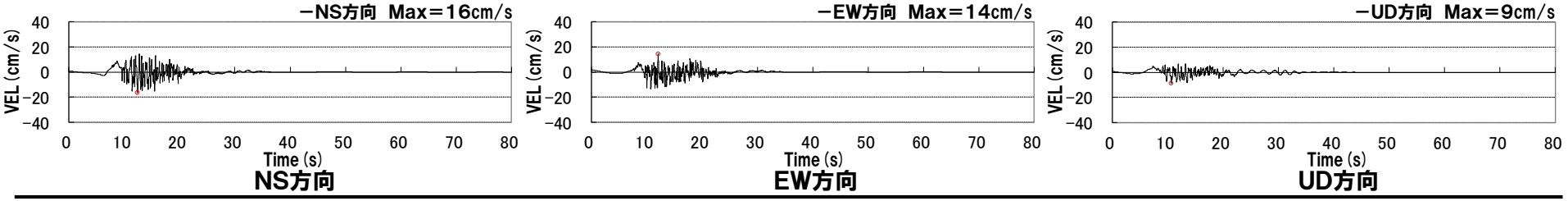
積丹半島北西沖の断層による地震（走向0°ケース，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点１）



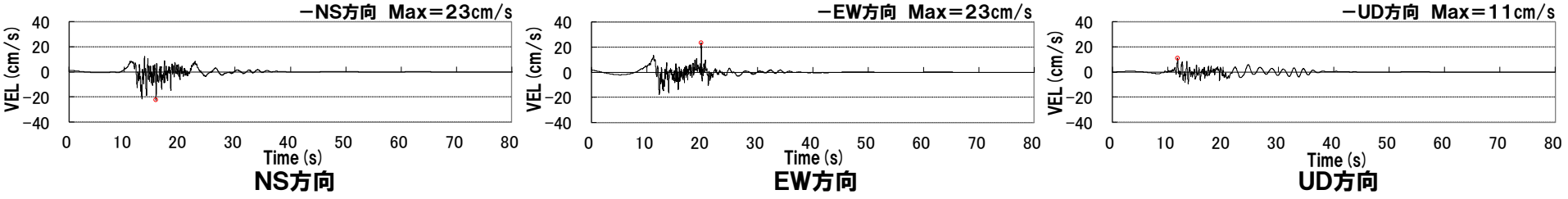
積丹半島北西沖の断層による地震（走向0°ケース，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点２）



積丹半島北西沖の断層による地震（走向0°ケース，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点３）



積丹半島北西沖の断層による地震（走向0°ケース，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点４）



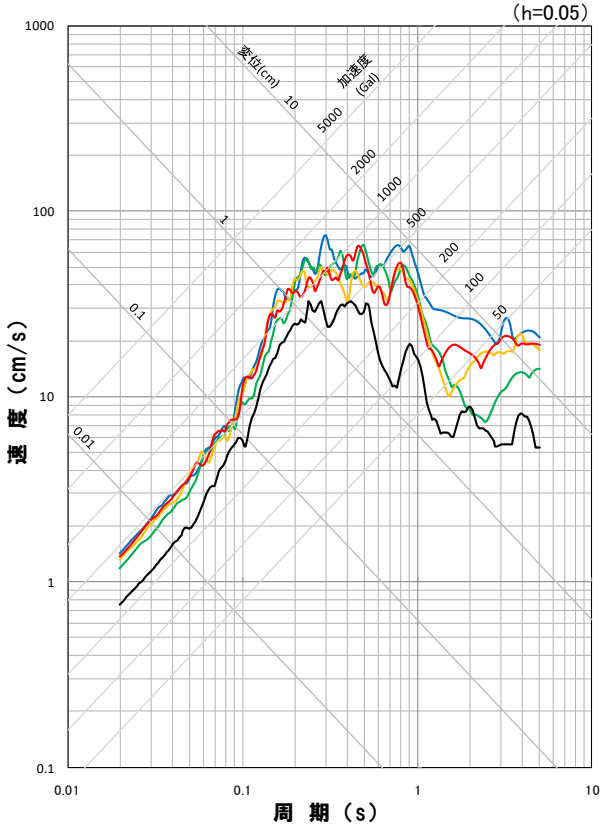
4．3 検討用地震の地震動評価

（３）積丹半島北西沖の断層による地震

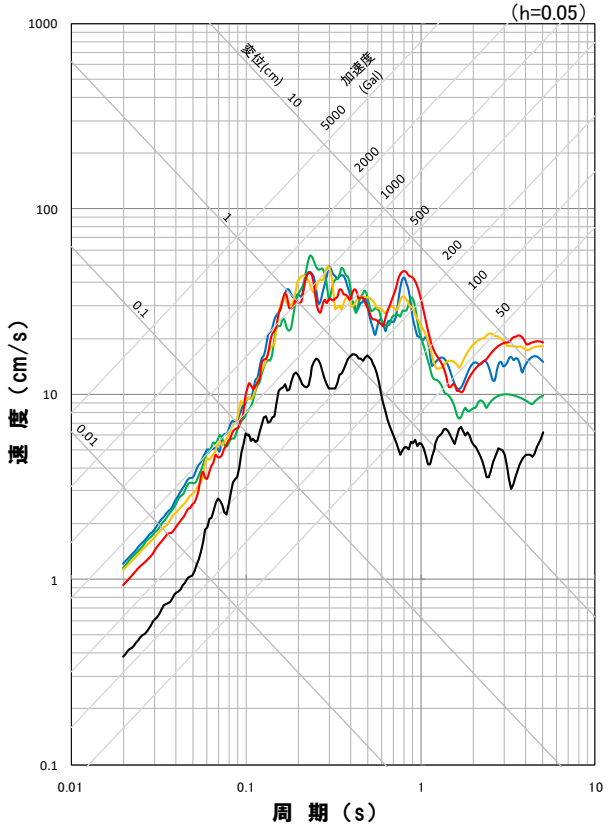
158

再掲（R3.7.30審査会合資料）

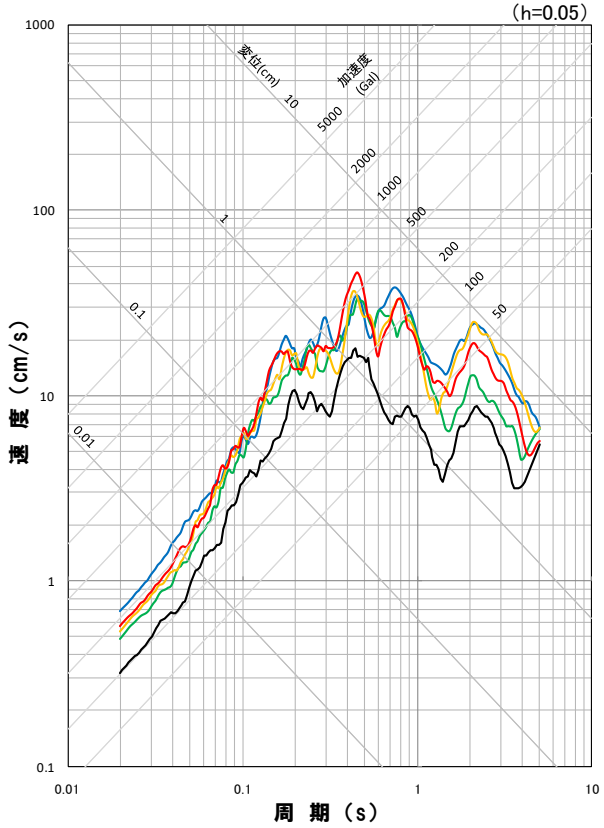
走向0°ケース 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）） 応答スペクトル



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）



応答スペクトル図（UD方向）

地震動評価結果
- 走向0°ケース，基本震源モデル,破壊開始点1
- 走向0°ケース，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）,破壊開始点1
- 走向0°ケース，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）,破壊開始点2
- 走向0°ケース，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）,破壊開始点3
- 走向0°ケース，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）,破壊開始点4

※ハイブリッド合成法における接続周期：1秒

4．3 検討用地震の地震動評価

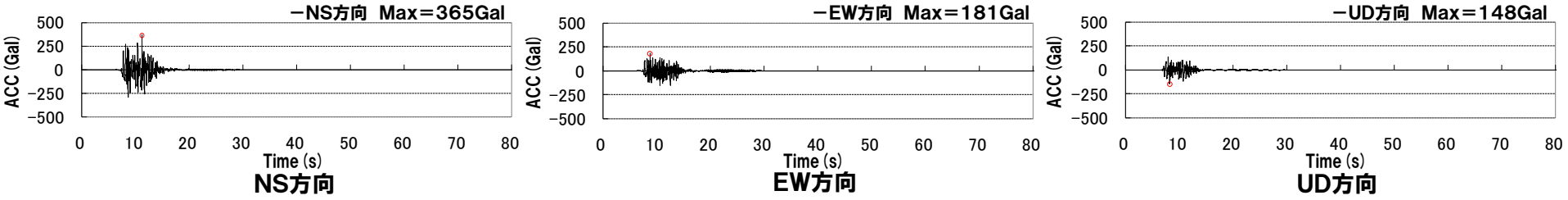
（３）積丹半島北西沖の断層による地震

159

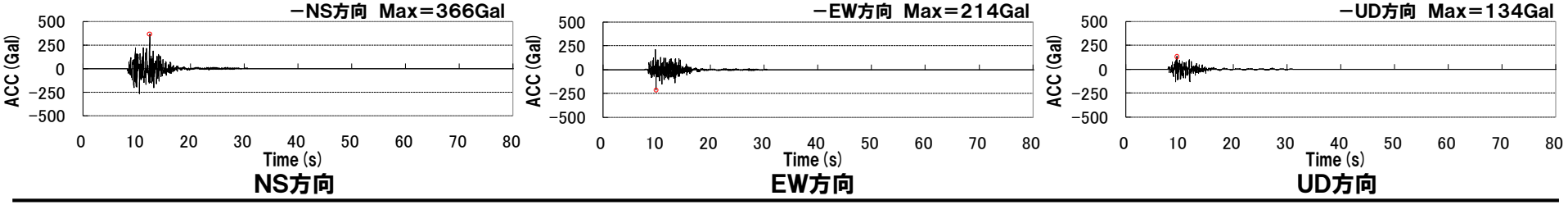
再掲（R3.7.30審査会合資料）

走向0°ケース　断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（応力降下量））　加速度波形

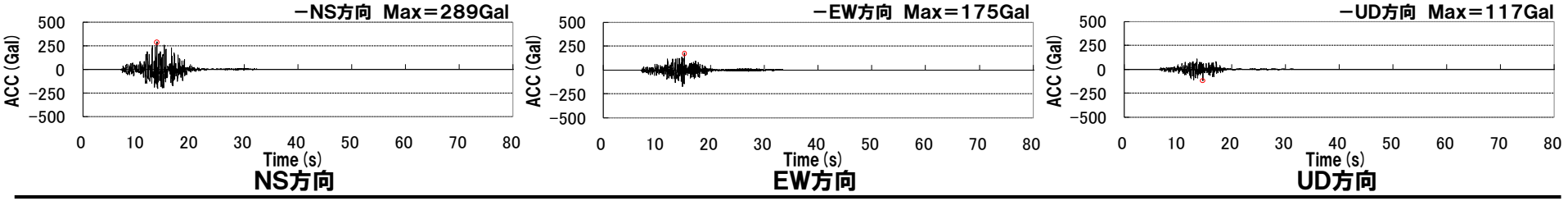
積丹半島北西沖の断層による地震（走向0°ケース，不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点１）



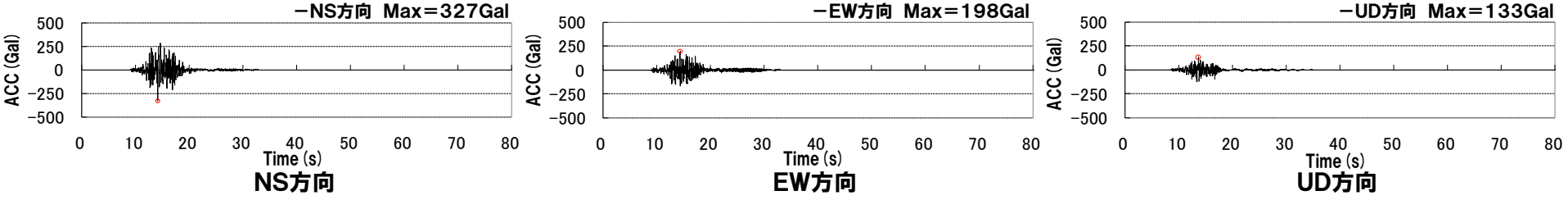
積丹半島北西沖の断層による地震（走向0°ケース，不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点２）



積丹半島北西沖の断層による地震（走向0°ケース，不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点３）



積丹半島北西沖の断層による地震（走向0°ケース，不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点４）



4．3 検討用地震の地震動評価

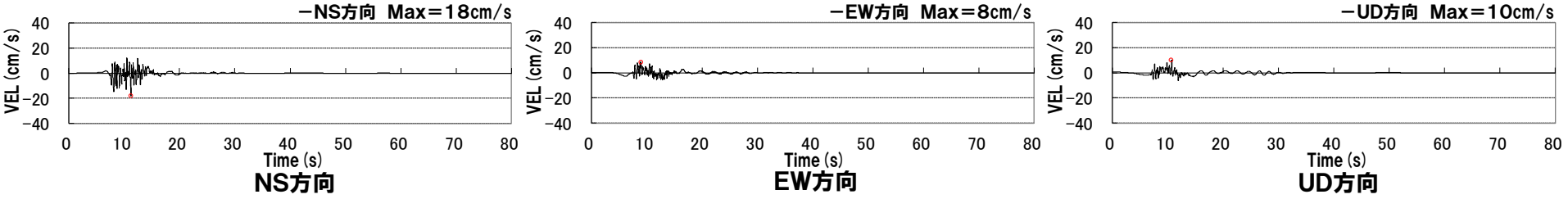
（３）積丹半島北西沖の断層による地震

160

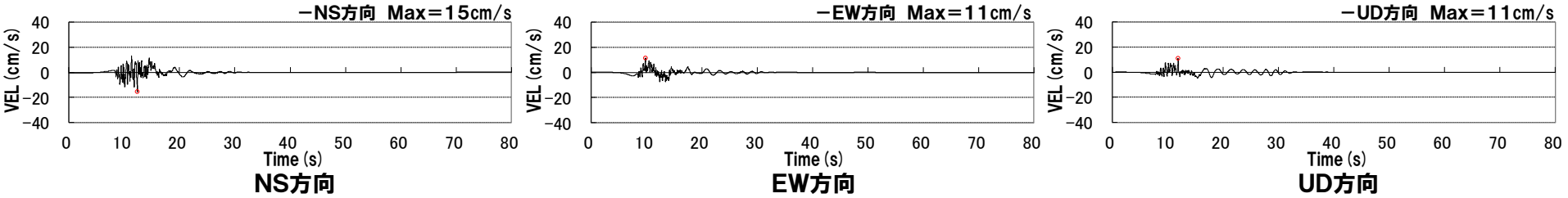
再掲（R3.7.30審査会合資料）

走向0°ケース　断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（応力降下量））速度波形

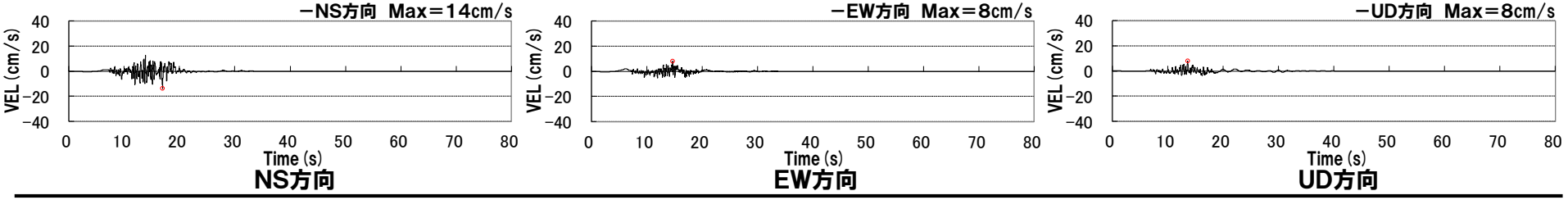
積丹半島北西沖の断層による地震（走向0°ケース，不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点１）



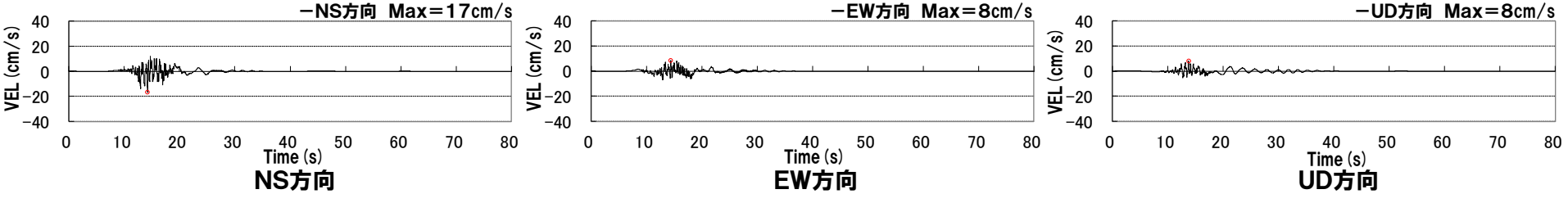
積丹半島北西沖の断層による地震（走向0°ケース，不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点２）



積丹半島北西沖の断層による地震（走向0°ケース，不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点３）



積丹半島北西沖の断層による地震（走向0°ケース，不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点４）



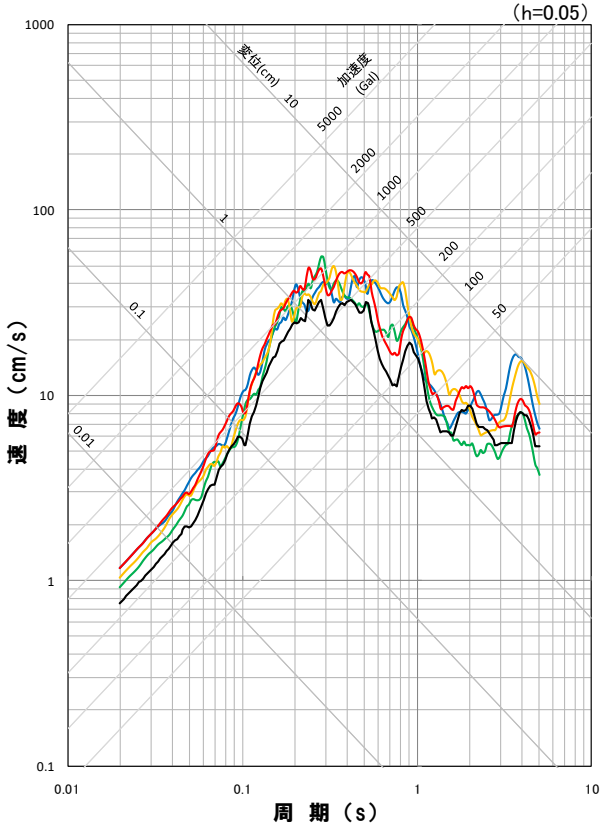
4．3 検討用地震の地震動評価

（３）積丹半島北西沖の断層による地震

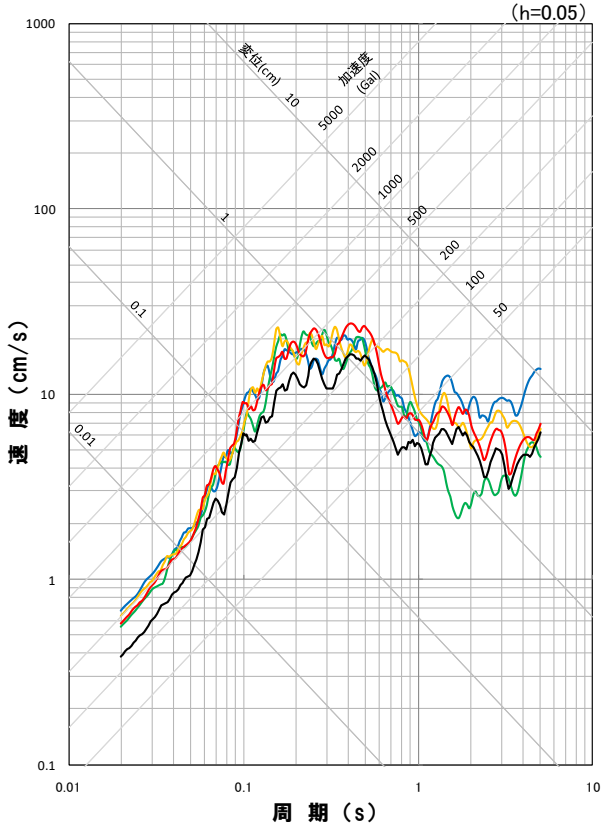
161

再掲（R3.7.30審査会合資料）

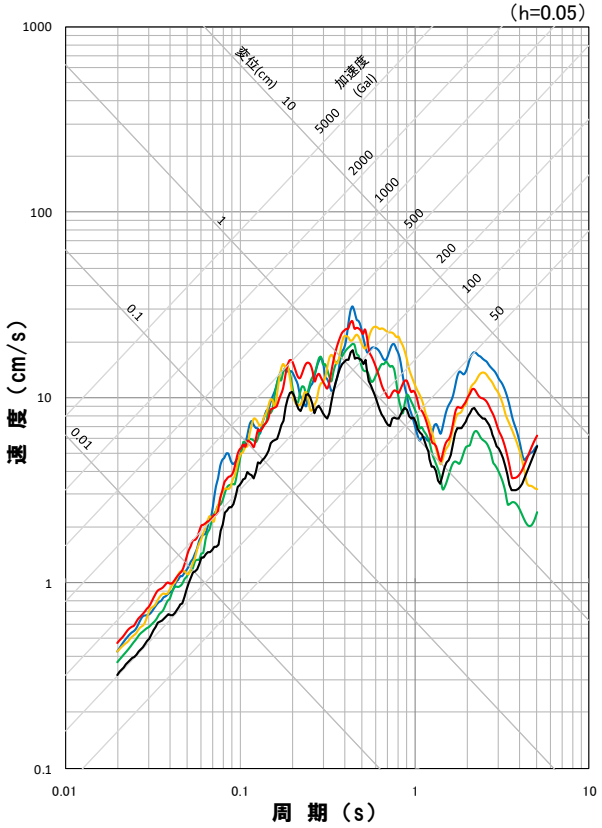
走向0°ケース　断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
（不確かさ考慮モデル（応力降下量））応答スペクトル



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）



応答スペクトル図（UD方向）

地震動評価結果
- 走向0°ケース，基本震源モデル,破壊開始点1
- 走向0°ケース，不確かさ考慮モデル（応力降下量）,破壊開始点1
- 走向0°ケース，不確かさ考慮モデル（応力降下量）,破壊開始点2
- 走向0°ケース，不確かさ考慮モデル（応力降下量）,破壊開始点3
- 走向0°ケース，不確かさ考慮モデル（応力降下量）,破壊開始点4

※ハイブリッド合成法における接続周期：1秒

4．3 検討用地震の地震動評価

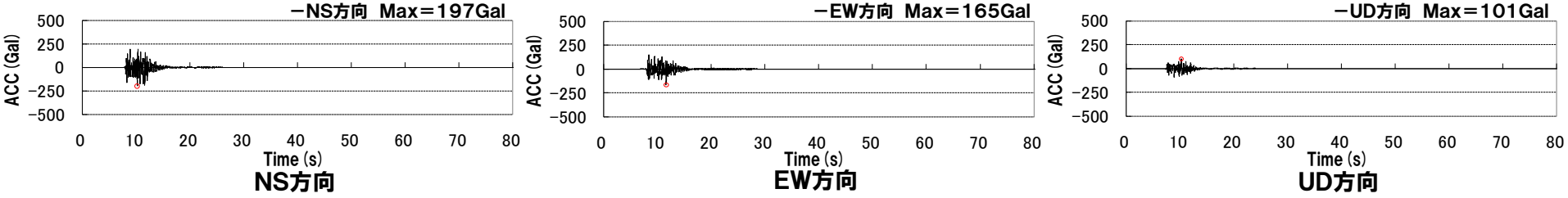
（３）積丹半島北西沖の断層による地震

162

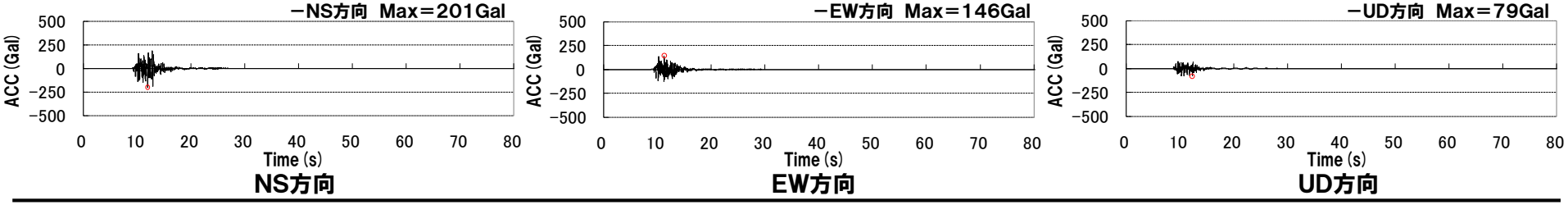
再掲（R3.7.30審査会合資料）

走向20°ケース 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（基本震源モデル）加速度波形

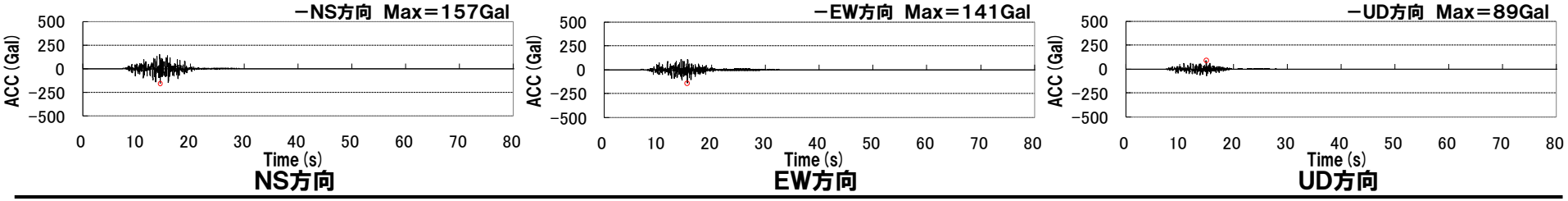
積丹半島北西沖の断層による地震（走向20°ケース，基本震源モデル，破壊開始点１）



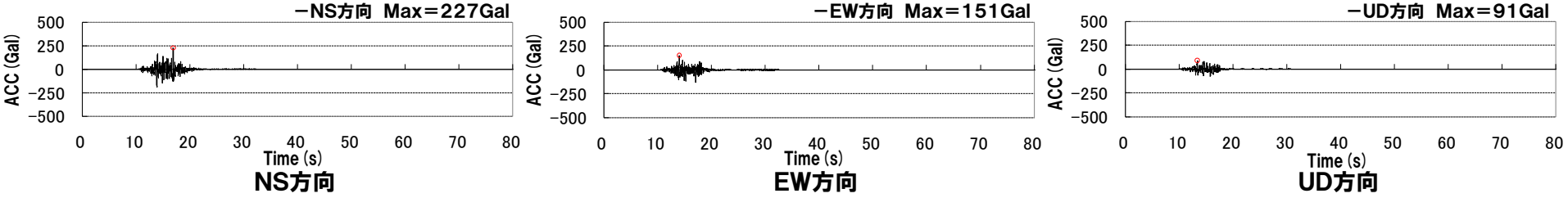
積丹半島北西沖の断層による地震（走向20°ケース，基本震源モデル，破壊開始点２）



積丹半島北西沖の断層による地震（走向20°ケース，基本震源モデル，破壊開始点３）



積丹半島北西沖の断層による地震（走向20°ケース，基本震源モデル，破壊開始点４）



4．3 検討用地震の地震動評価

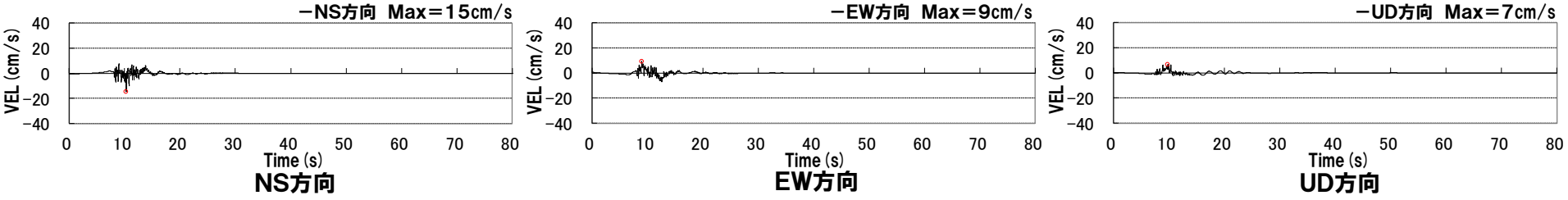
（３）積丹半島北西沖の断層による地震

163

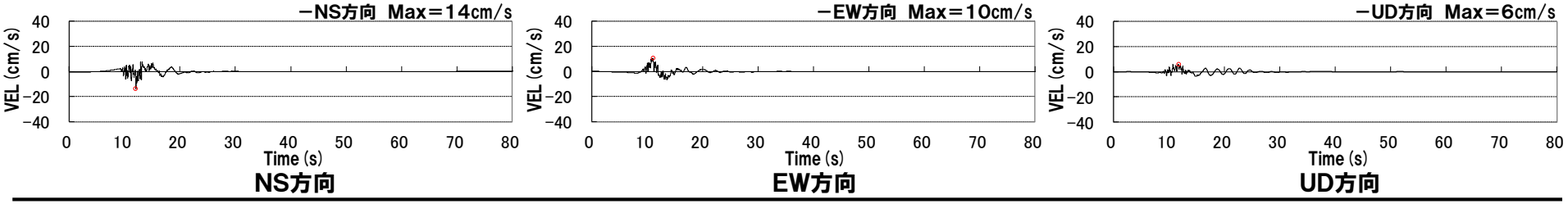
再掲（R3.7.30審査会合資料）

走向20°ケース 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（基本震源モデル）速度波形

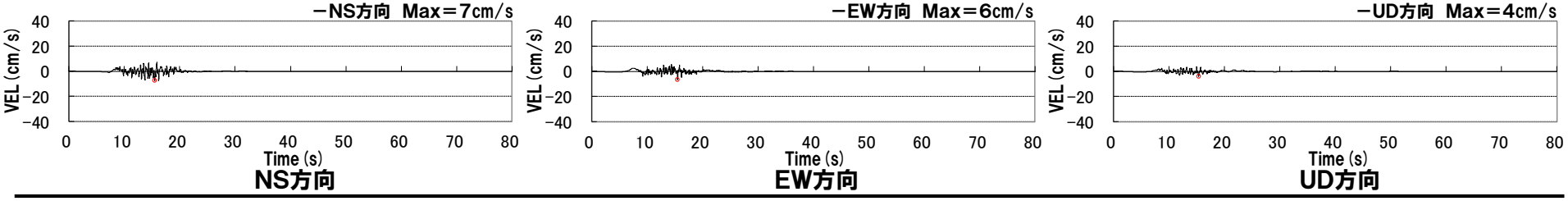
積丹半島北西沖の断層による地震（走向20°ケース，基本震源モデル，破壊開始点１）



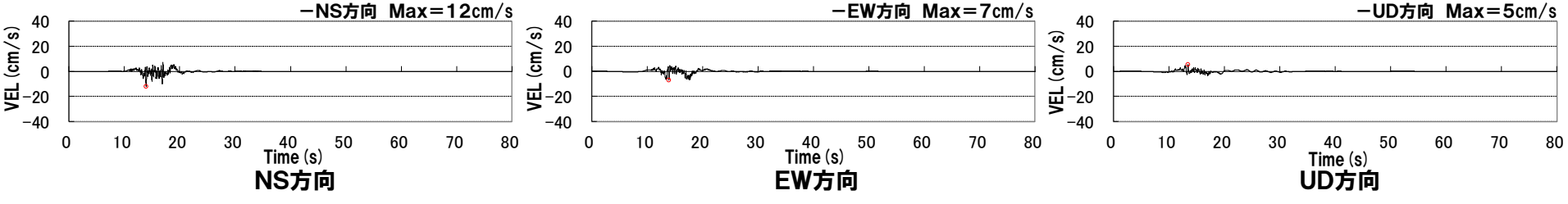
積丹半島北西沖の断層による地震（走向20°ケース，基本震源モデル，破壊開始点２）



積丹半島北西沖の断層による地震（走向20°ケース，基本震源モデル，破壊開始点３）



積丹半島北西沖の断層による地震（走向20°ケース，基本震源モデル，破壊開始点４）



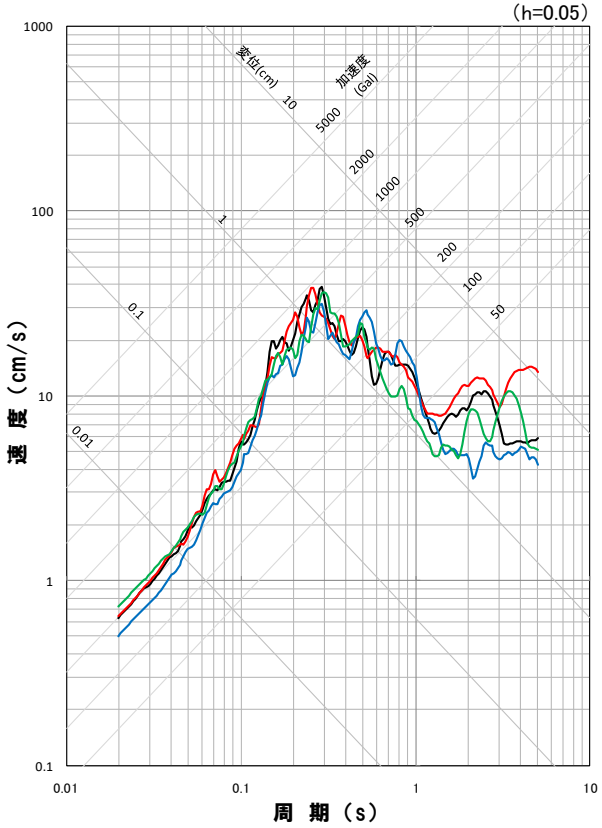
4．3 検討用地震の地震動評価

（３）積丹半島北西沖の断層による地震

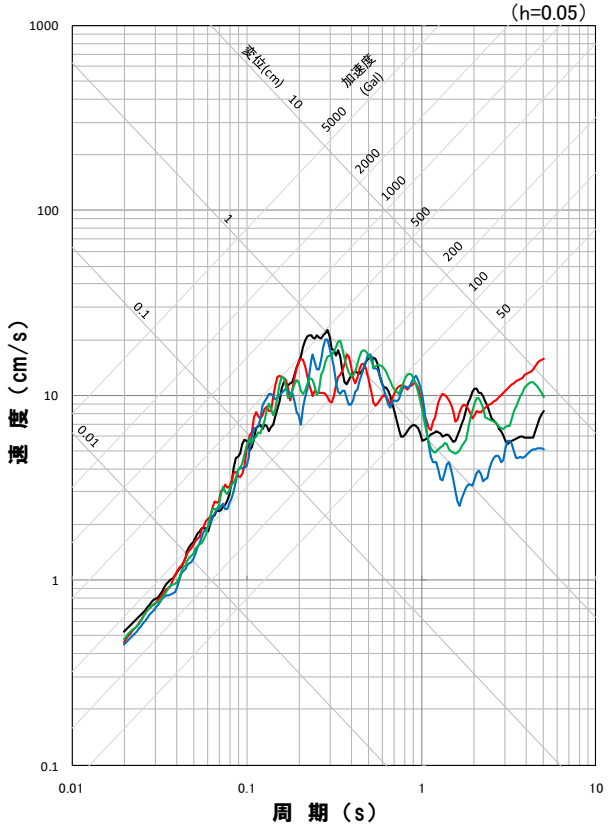
164

再掲（R3.7.30審査会合資料）

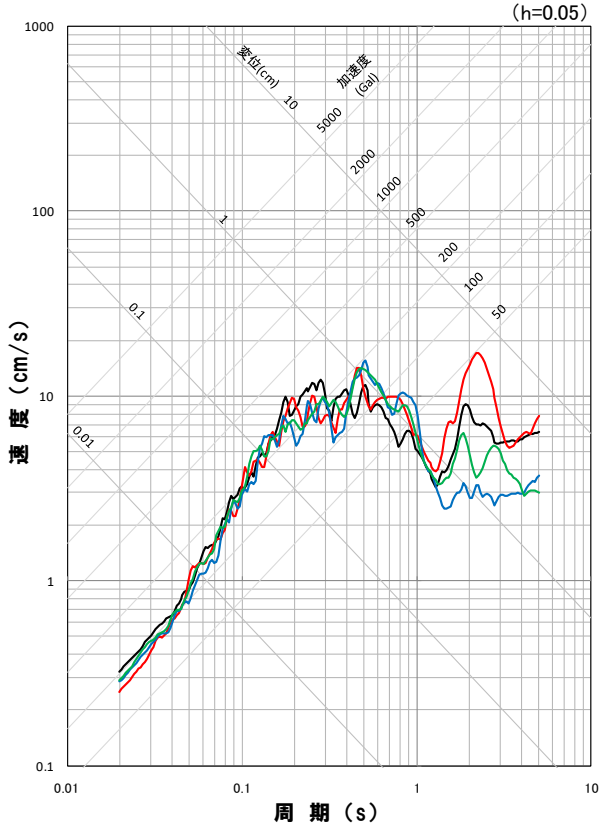
走向20°ケース　断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（基本震源モデル）応答スペクトル



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）



応答スペクトル図（UD方向）

地震動評価結果
- 走向20°ケース，基本震源モデル,破壊開始点1
- 走向20°ケース，基本震源モデル,破壊開始点2
- 走向20°ケース，基本震源モデル,破壊開始点3
- 走向20°ケース，基本震源モデル,破壊開始点4

※ハイブリッド合成法における接続周期：1秒

4．3 検討用地震の地震動評価

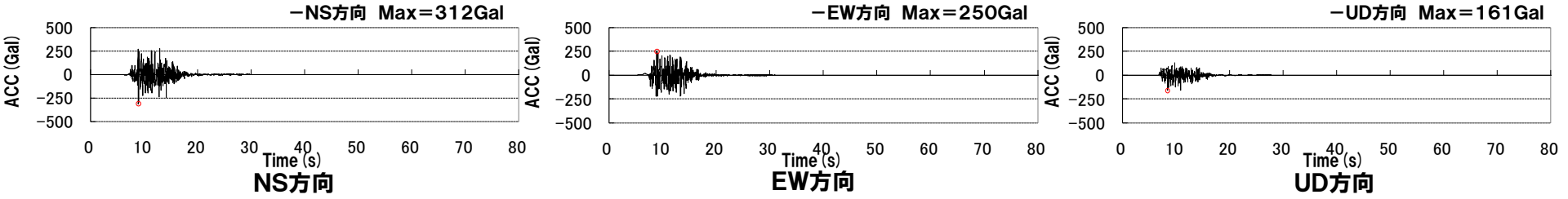
（３）積丹半島北西沖の断層による地震

165

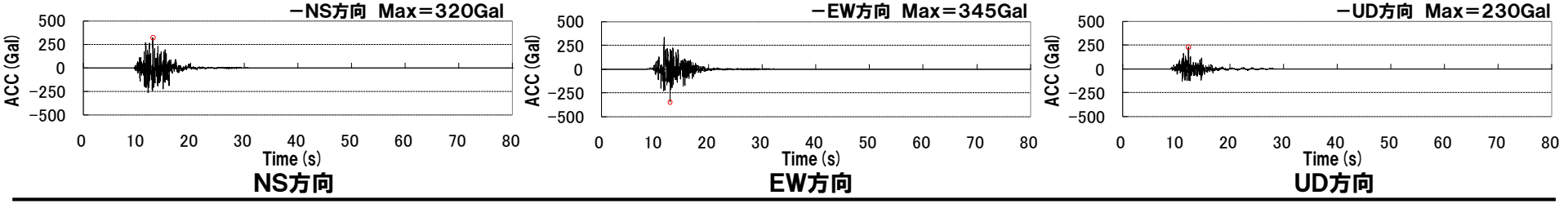
再掲（R3.7.30審査会合資料）

走向20°ケース　断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角））　加速度波形

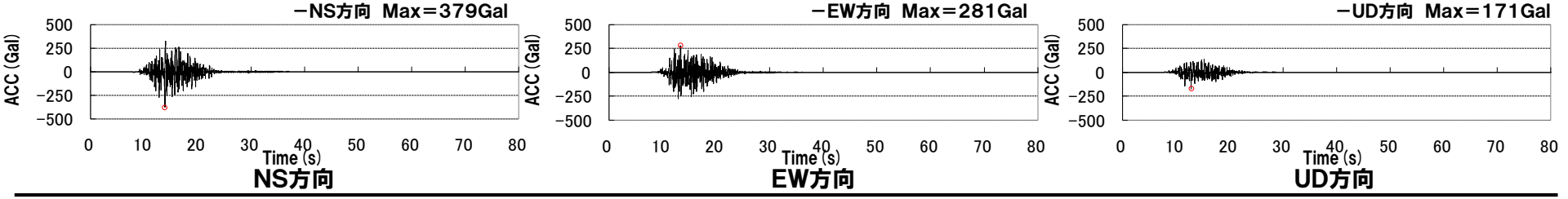
積丹半島北西沖の断層による地震（走向20°ケース，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点１）



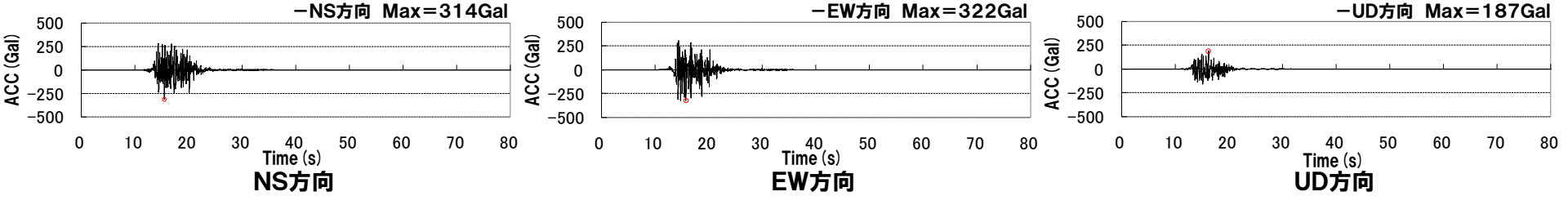
積丹半島北西沖の断層による地震（走向20°ケース，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点２）



積丹半島北西沖の断層による地震（走向20°ケース，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点３）



積丹半島北西沖の断層による地震（走向20°ケース，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点４）



4．3 検討用地震の地震動評価

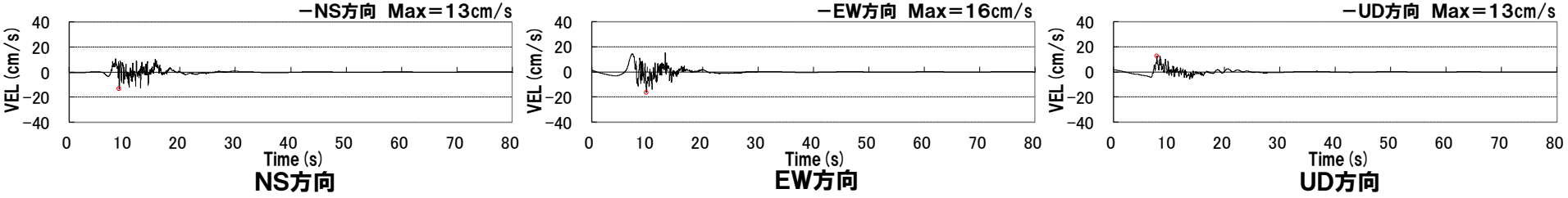
（３）積丹半島北西沖の断層による地震

166

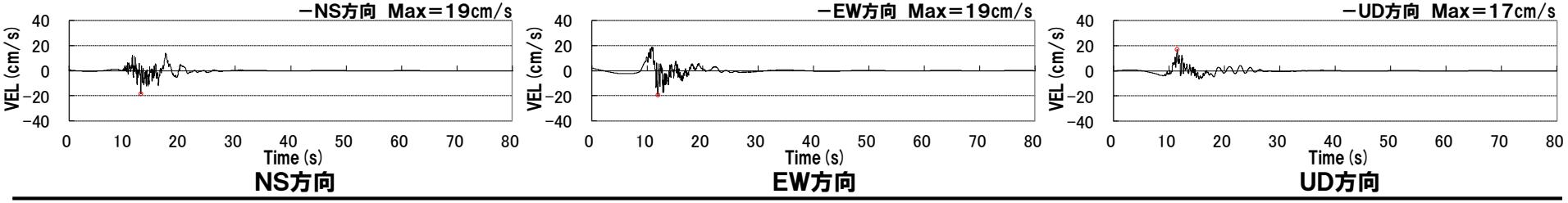
再掲（R3.7.30審査会合資料）

走向20°ケース　断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角））　速度波形

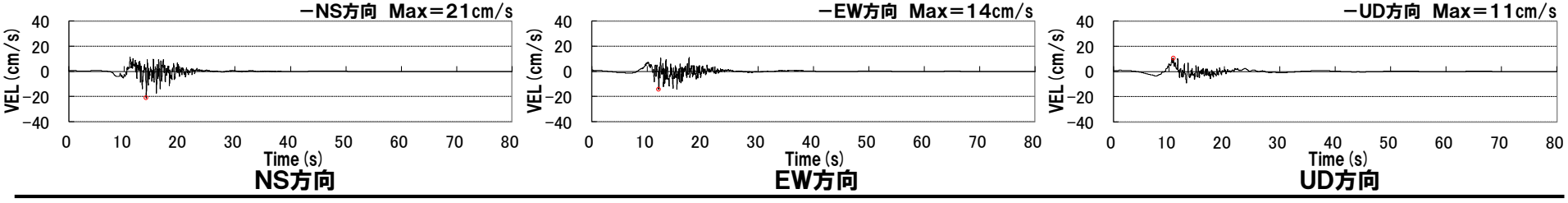
積丹半島北西沖の断層による地震（走向20°ケース，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点１）



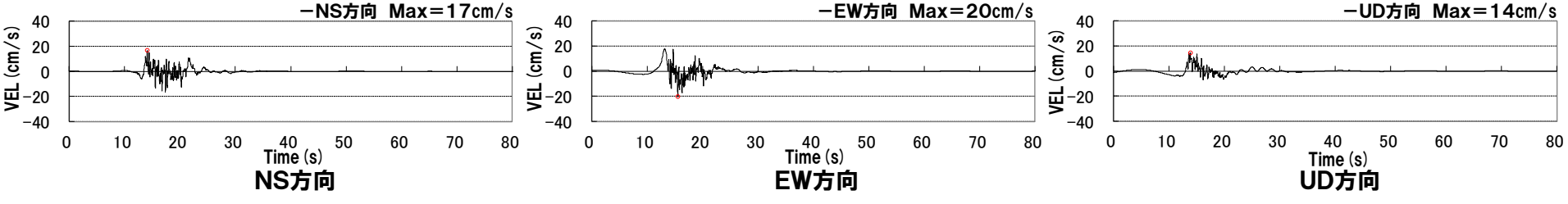
積丹半島北西沖の断層による地震（走向20°ケース，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点２）



積丹半島北西沖の断層による地震（走向20°ケース，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点３）



積丹半島北西沖の断層による地震（走向20°ケース，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点４）



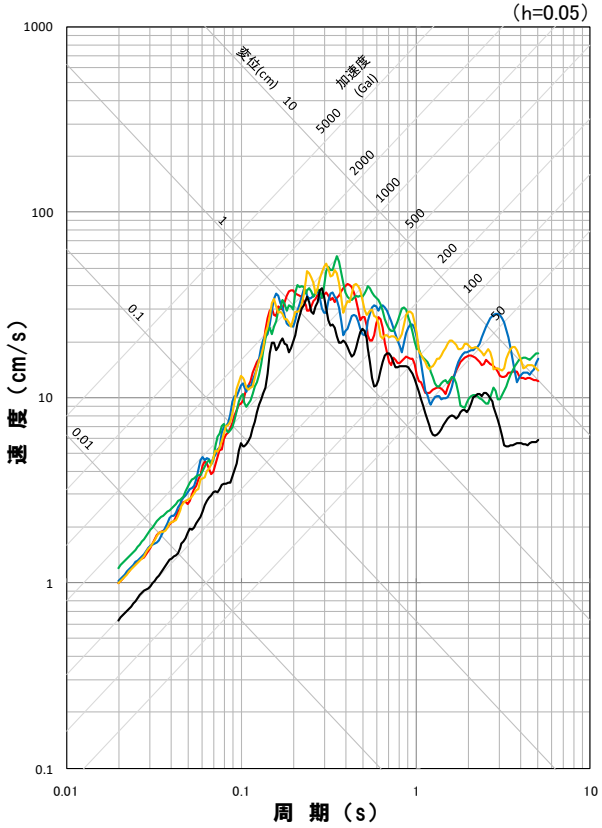
4．3 検討用地震の地震動評価

（３）積丹半島北西沖の断層による地震

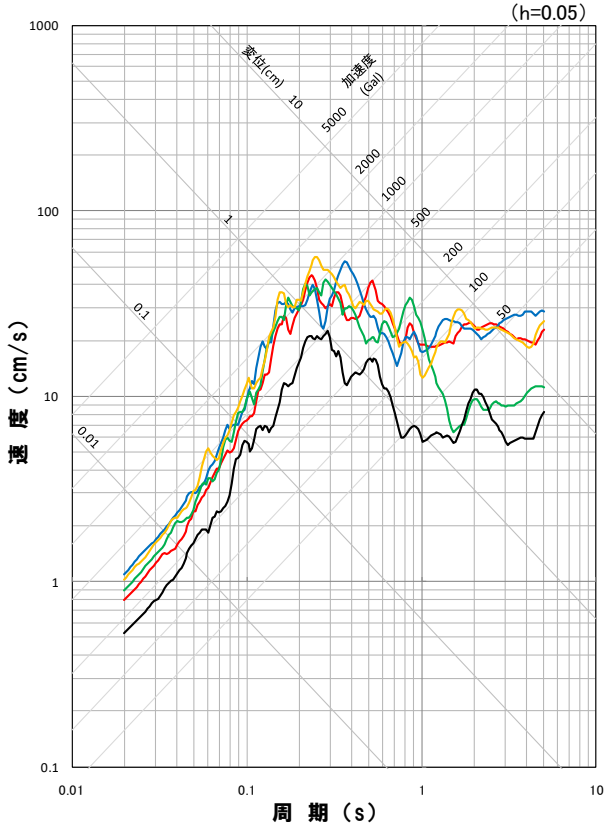
167

再掲（R3.7.30審査会合資料）

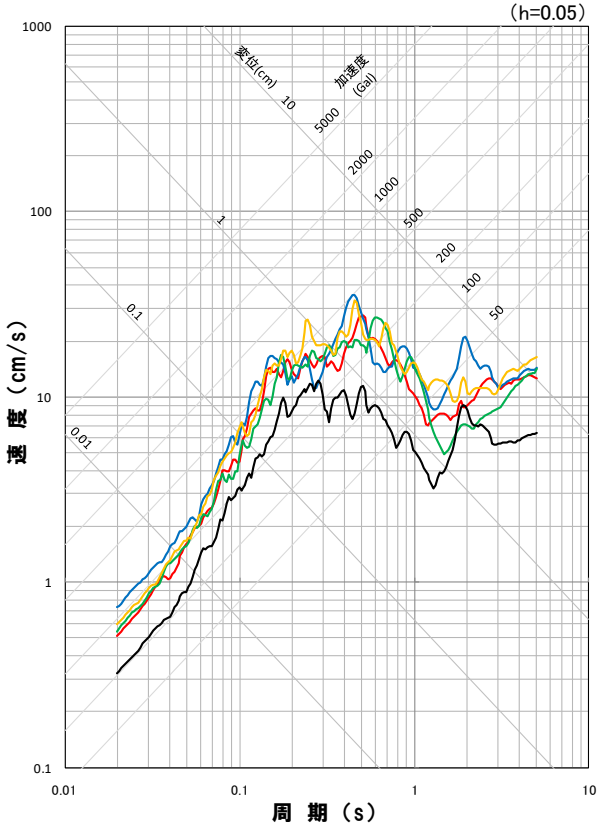
走向20°ケース　断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角））応答スペクトル



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）



応答スペクトル図（UD方向）

地震動評価結果

- 走向20°ケース，基本震源モデル,破壊開始点1
- 走向20°ケース，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）,破壊開始点1
- 走向20°ケース，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）,破壊開始点2
- 走向20°ケース，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）,破壊開始点3
- 走向20°ケース，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）,破壊開始点4

※ハイブリッド合成法における接続周期：1秒

4．3 検討用地震の地震動評価

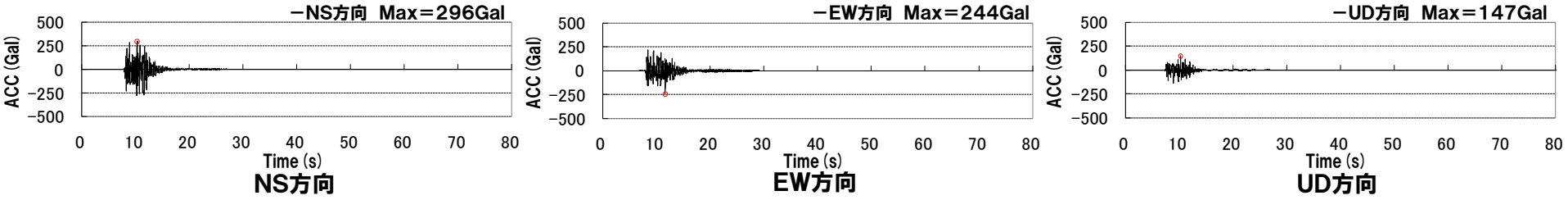
（３）積丹半島北西沖の断層による地震

168

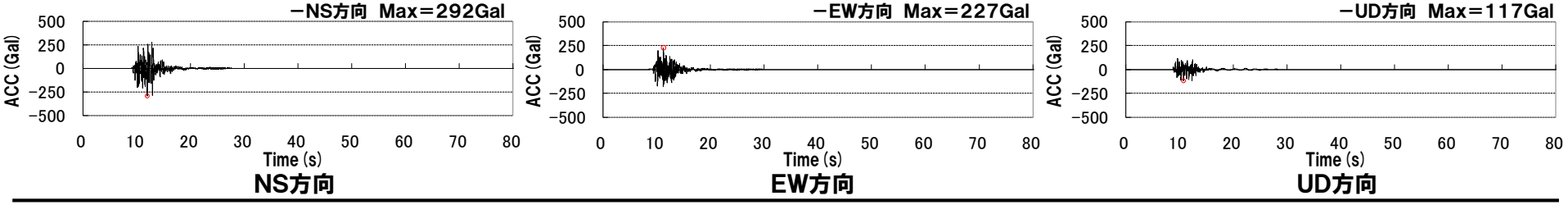
再掲（R3.7.30審査会合資料）

走向20°ケース 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（応力降下量）） 加速度波形

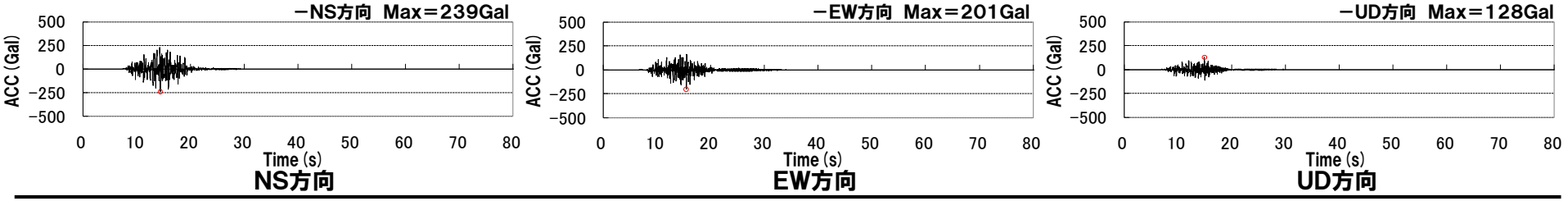
積丹半島北西沖の断層による地震（走向20°ケース，不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点１）



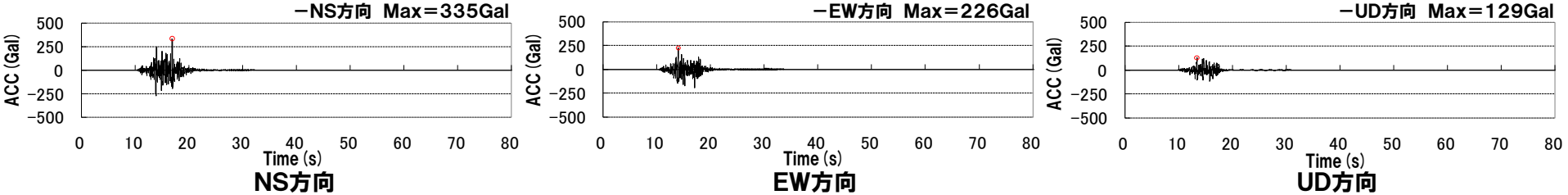
積丹半島北西沖の断層による地震（走向20°ケース，不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点２）



積丹半島北西沖の断層による地震（走向20°ケース，不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点３）



積丹半島北西沖の断層による地震（走向20°ケース，不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点４）



4．3 検討用地震の地震動評価

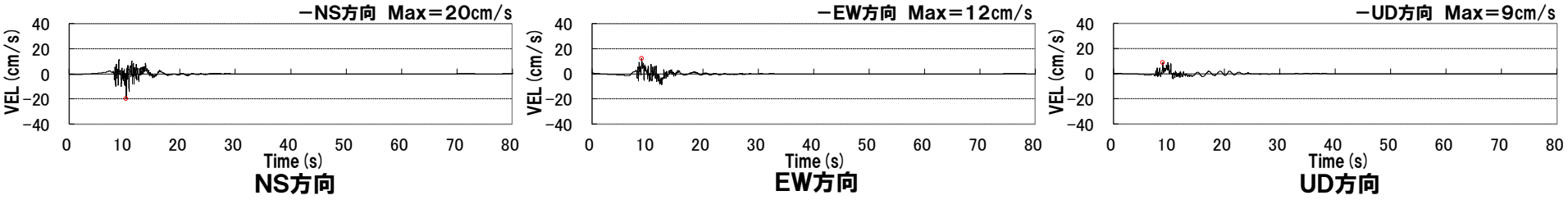
（３）積丹半島北西沖の断層による地震

169

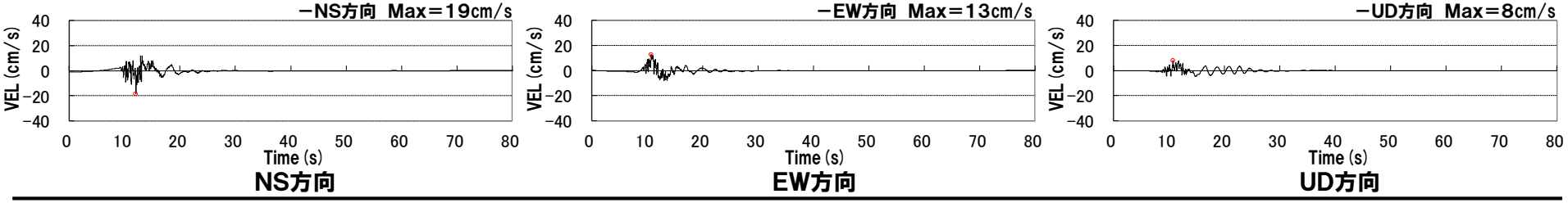
再掲（R3.7.30審査会合資料）

走向20°ケース　断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（応力降下量））速度波形

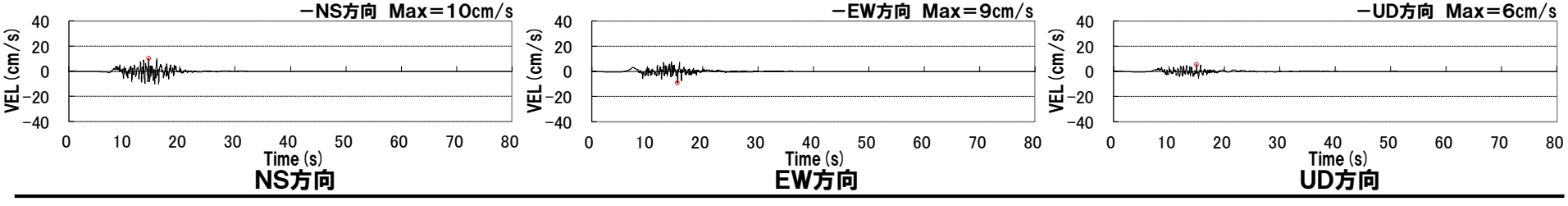
積丹半島北西沖の断層による地震（走向20°ケース，不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点１）



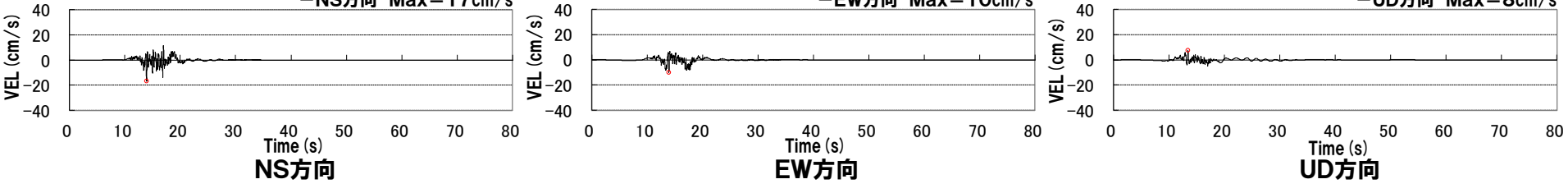
積丹半島北西沖の断層による地震（走向20°ケース，不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点２）



積丹半島北西沖の断層による地震（走向20°ケース，不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点３）



積丹半島北西沖の断層による地震（走向20°ケース，不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点４）



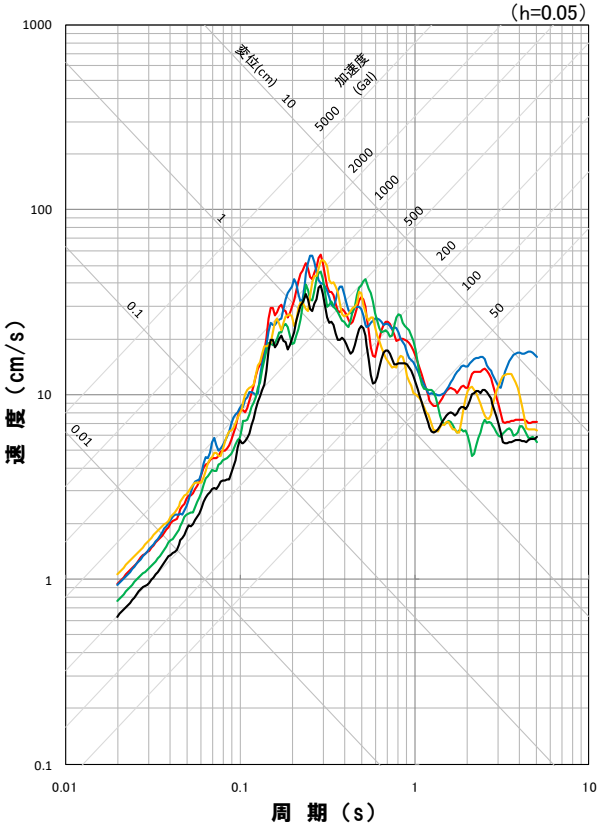
4．3 検討用地震の地震動評価

（３）積丹半島北西沖の断層による地震

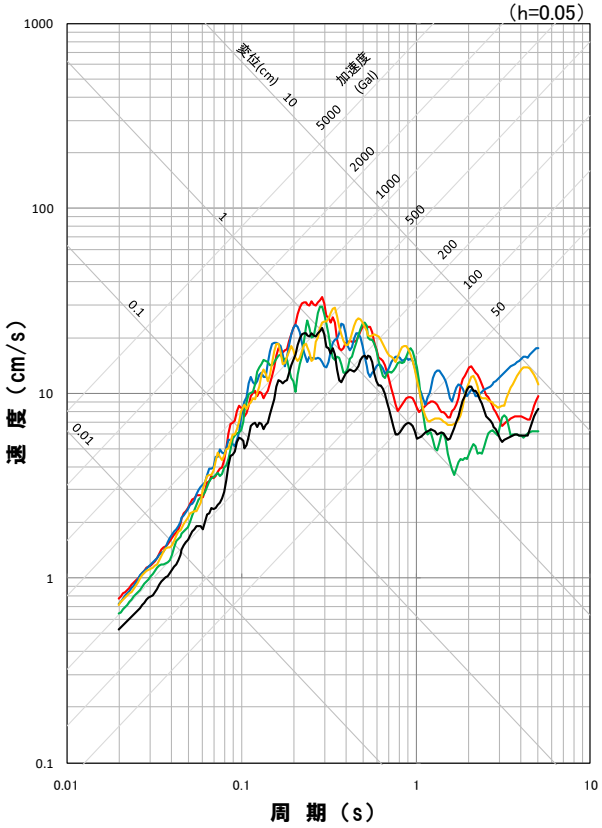
170

再掲（R3.7.30審査会合資料）

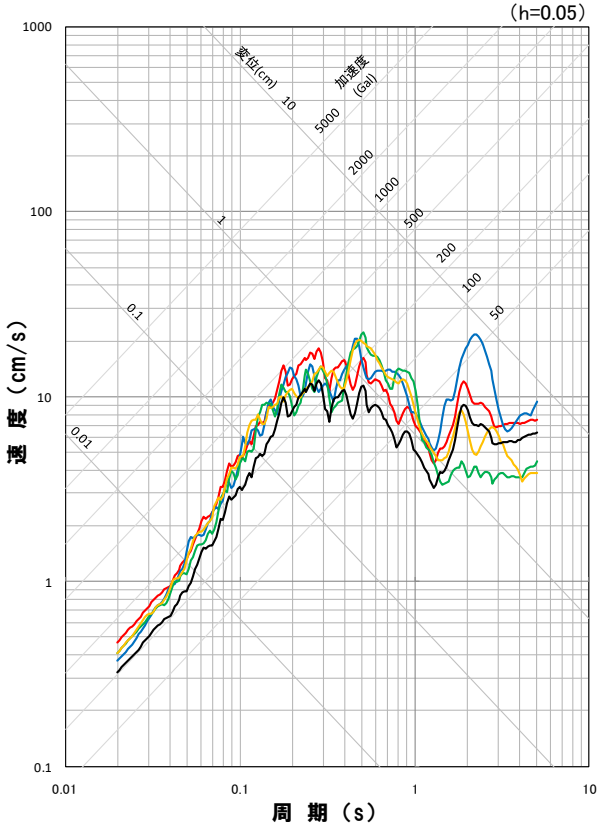
走向20°ケース　断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
（不確かさ考慮モデル（応力降下量））応答スペクトル



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）



応答スペクトル図（UD方向）

地震動評価結果
- 走向20°ケース，基本震源モデル,破壊開始点1
- 走向20°ケース，不確かさ考慮モデル（応力降下量）,破壊開始点1
- 走向20°ケース，不確かさ考慮モデル（応力降下量）,破壊開始点2
- 走向20°ケース，不確かさ考慮モデル（応力降下量）,破壊開始点3
- 走向20°ケース，不確かさ考慮モデル（応力降下量）,破壊開始点4

※ハイブリッド合成法における接続周期：1秒

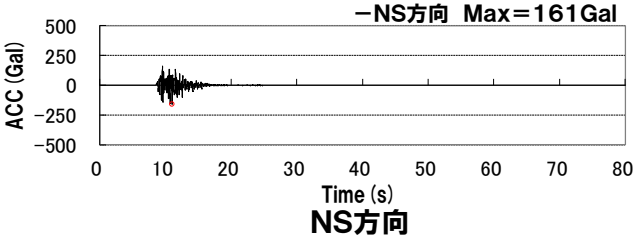
4．3 検討用地震の地震動評価

（３）積丹半島北西沖の断層による地震

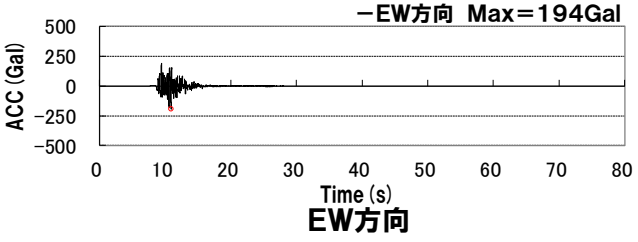
171

走向40°ケース 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（基本震源モデル）加速度波形

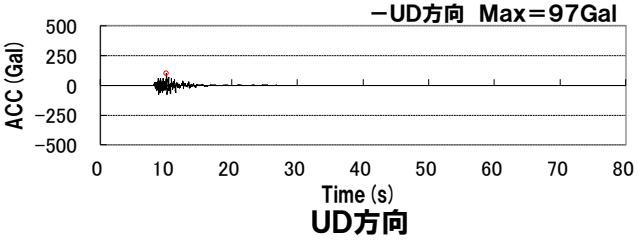
積丹半島北西沖の断層による地震（走向40°ケース，基本震源モデル，破壊開始点１）



NS方向

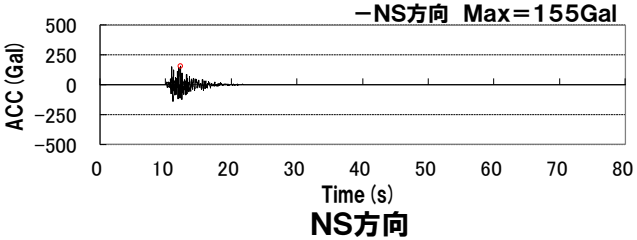


EW方向

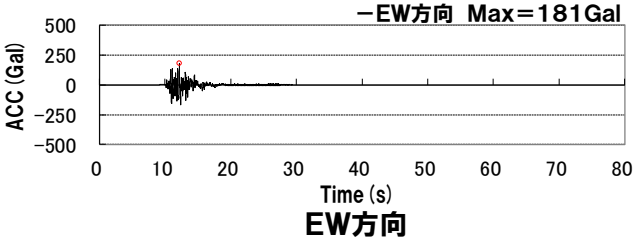


UD方向

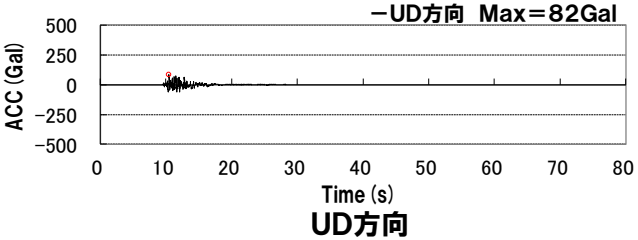
積丹半島北西沖の断層による地震（走向40°ケース，基本震源モデル，破壊開始点２）



NS方向

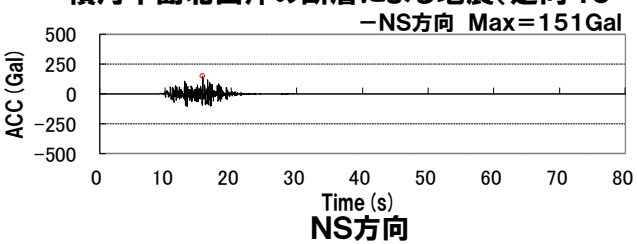


EW方向

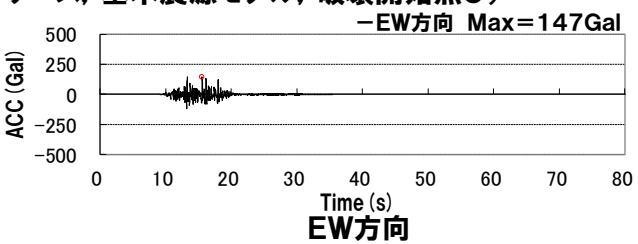


UD方向

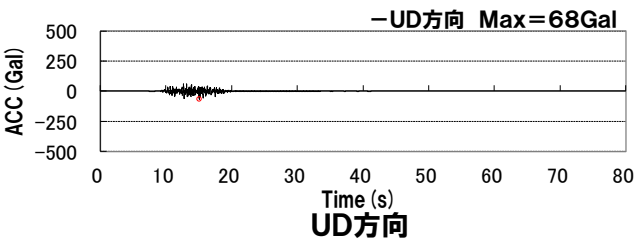
積丹半島北西沖の断層による地震（走向40°ケース，基本震源モデル，破壊開始点３）



NS方向

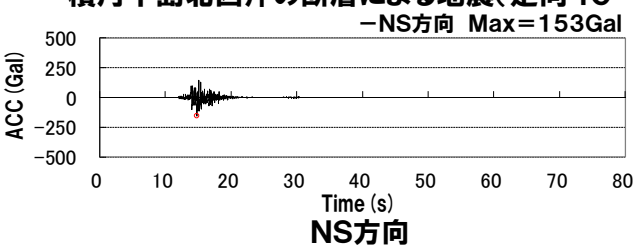


EW方向

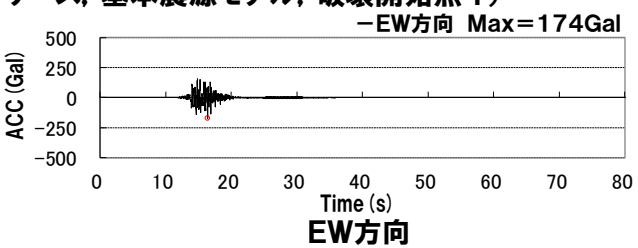


UD方向

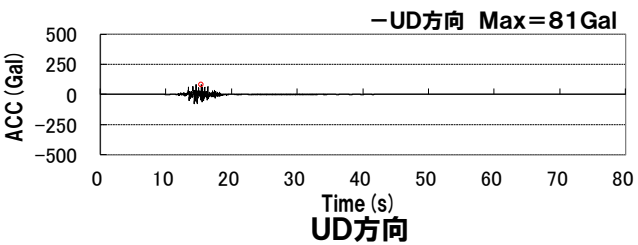
積丹半島北西沖の断層による地震（走向40°ケース，基本震源モデル，破壊開始点４）



NS方向



EW方向



UD方向

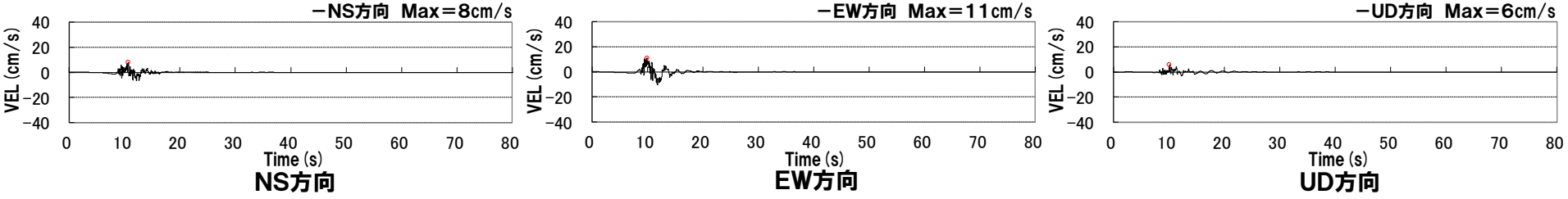
4．3 検討用地震の地震動評価

（３）積丹半島北西沖の断層による地震

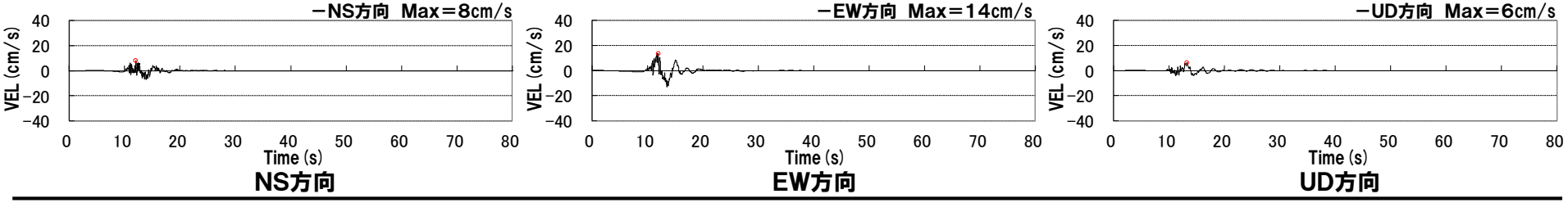
172

走向40°ケース 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（基本震源モデル） 速度波形

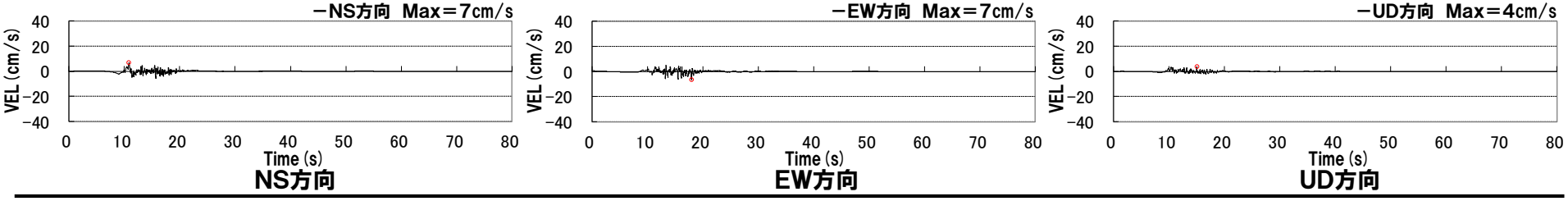
積丹半島北西沖の断層による地震（走向40°ケース，基本震源モデル，破壊開始点１）



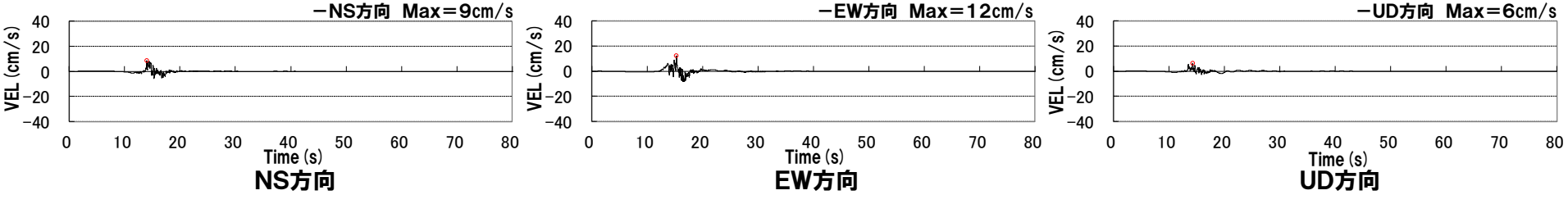
積丹半島北西沖の断層による地震（走向40°ケース，基本震源モデル，破壊開始点２）



積丹半島北西沖の断層による地震（走向40°ケース，基本震源モデル，破壊開始点３）



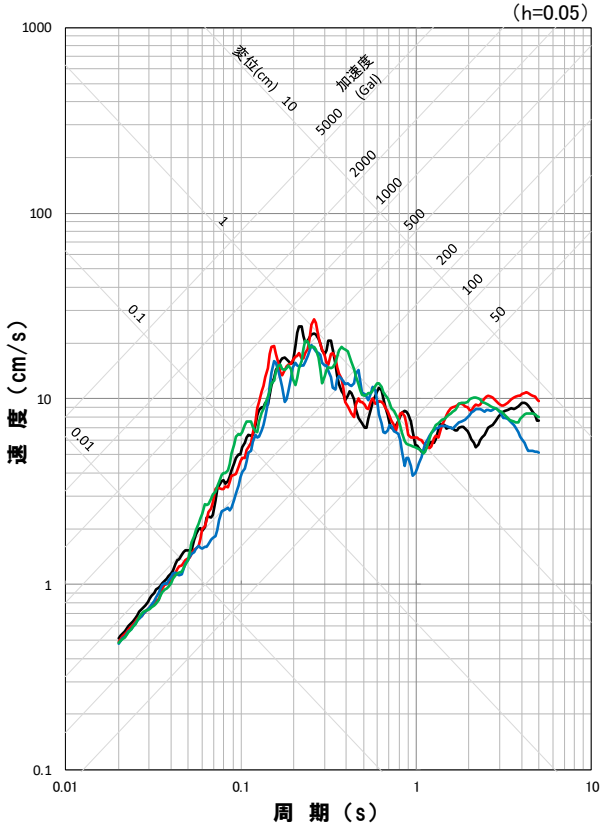
積丹半島北西沖の断層による地震（走向40°ケース，基本震源モデル，破壊開始点４）



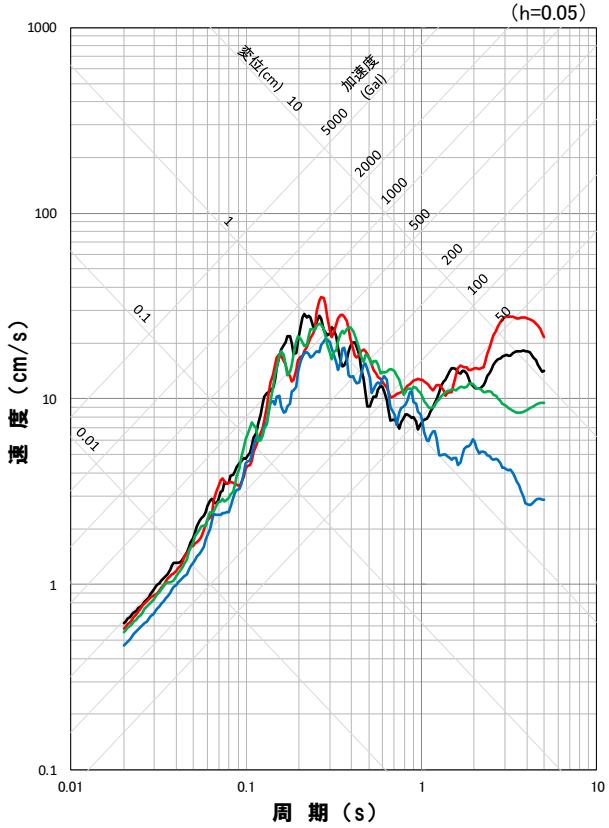
4．3 検討用地震の地震動評価

（３）積丹半島北西沖の断層による地震

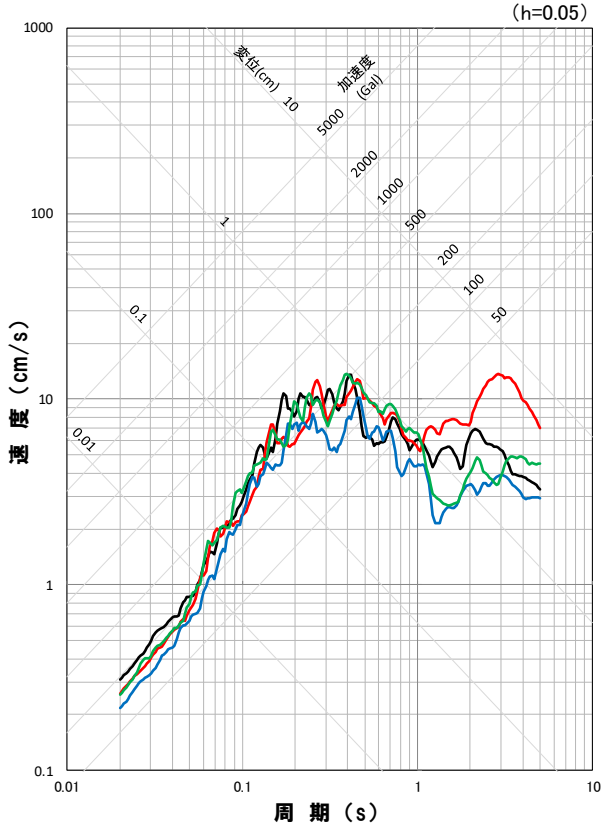
走向40°ケース　断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
（基本震源モデル）応答スペクトル



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）



応答スペクトル図（UD方向）

地震動評価結果
- 走向40°ケース，基本震源モデル,破壊開始点1
- 走向40°ケース，基本震源モデル,破壊開始点2
- 走向40°ケース，基本震源モデル,破壊開始点3
- 走向40°ケース，基本震源モデル,破壊開始点4

※ハイブリッド合成法における接続周期：1秒

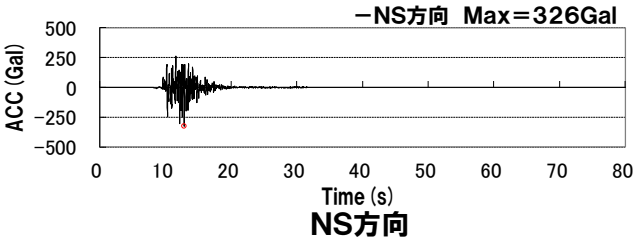
4．3 検討用地震の地震動評価

（３）積丹半島北西沖の断層による地震

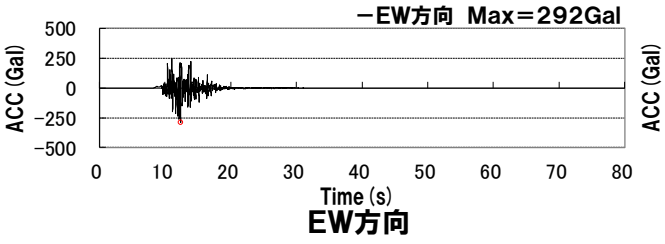
174

走向40°ケース　断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角））加速度波形

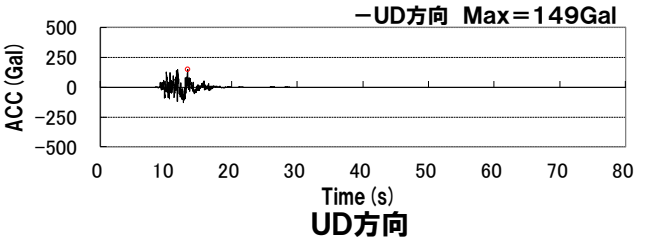
積丹半島北西沖の断層による地震（走向40°ケース，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点１）



NS方向

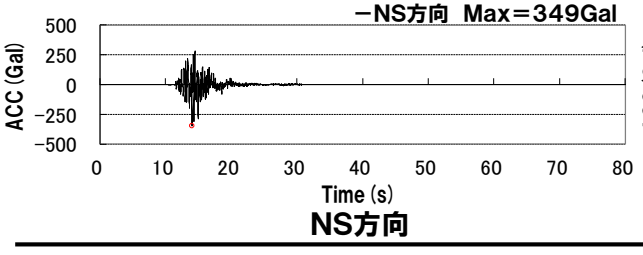


EW方向

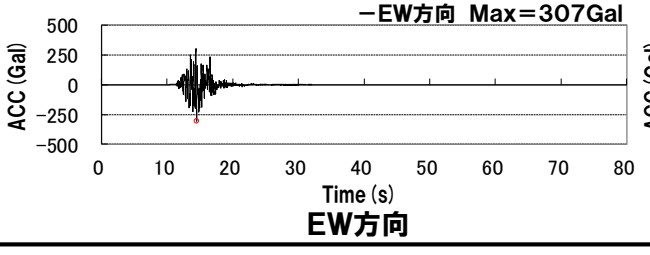


UD方向

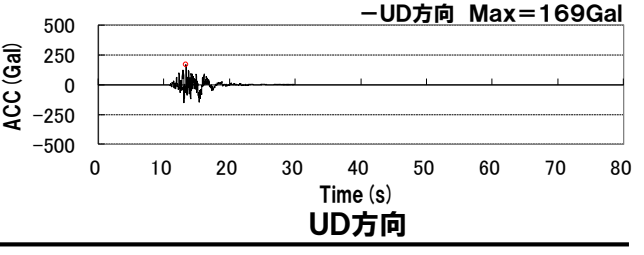
積丹半島北西沖の断層による地震（走向40°ケース，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点２）



NS方向

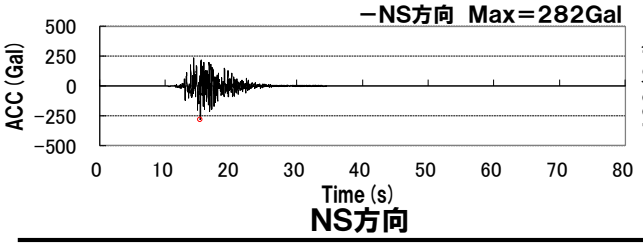


EW方向

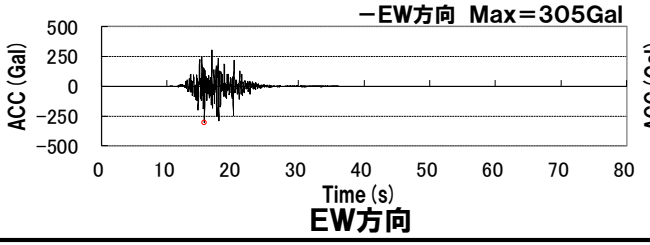


UD方向

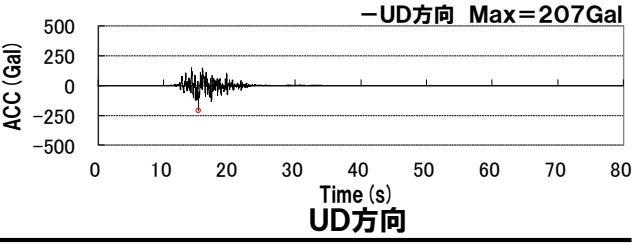
積丹半島北西沖の断層による地震（走向40°ケース，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点３）



NS方向

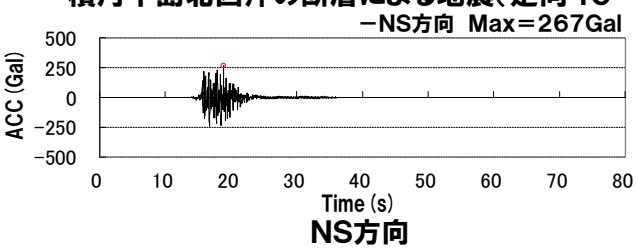


EW方向

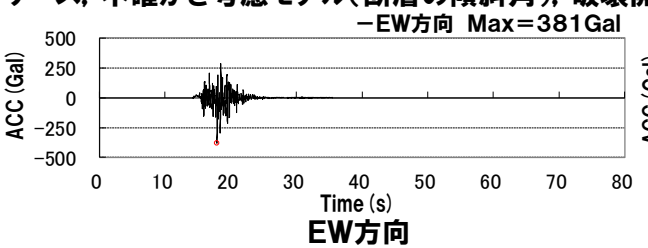


UD方向

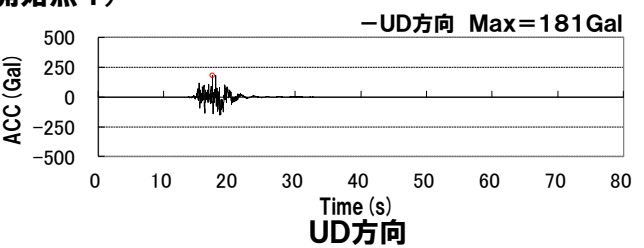
積丹半島北西沖の断層による地震（走向40°ケース，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点４）



NS方向



EW方向



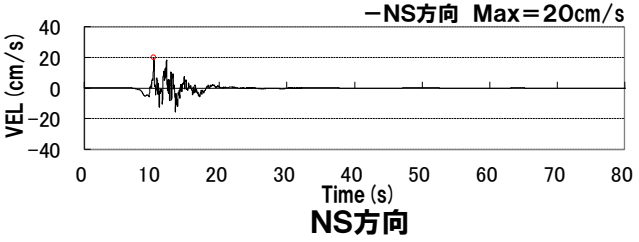
UD方向

4．3 検討用地震の地震動評価

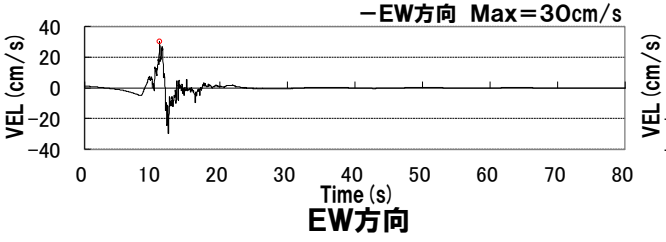
（３）積丹半島北西沖の断層による地震

走向40°ケース　断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角））速度波形

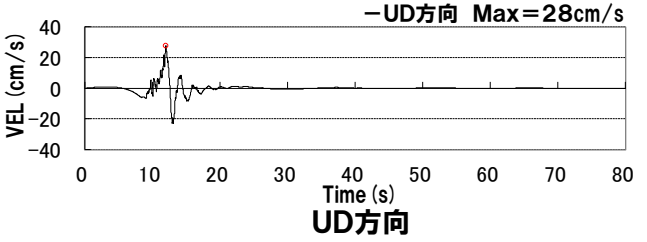
積丹半島北西沖の断層による地震（走向40°ケース，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点１）



NS方向

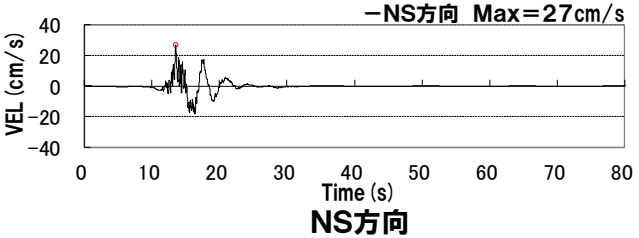


EW方向

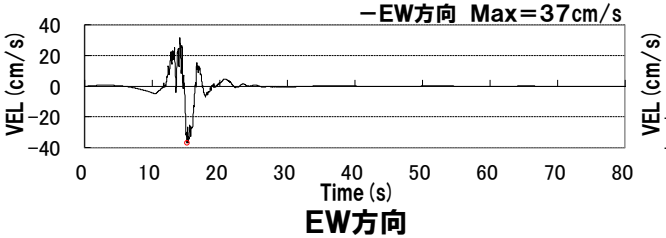


UD方向

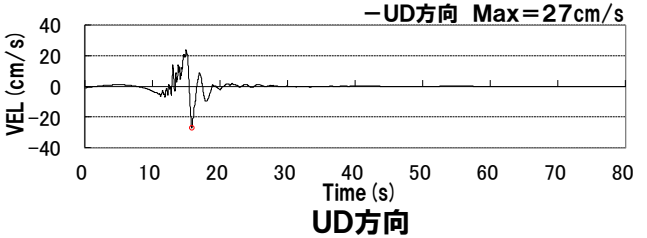
積丹半島北西沖の断層による地震（走向40°ケース，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点２）



NS方向

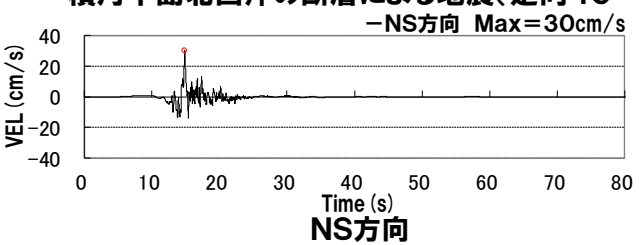


EW方向

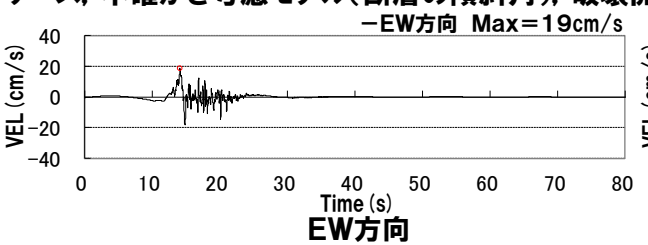


UD方向

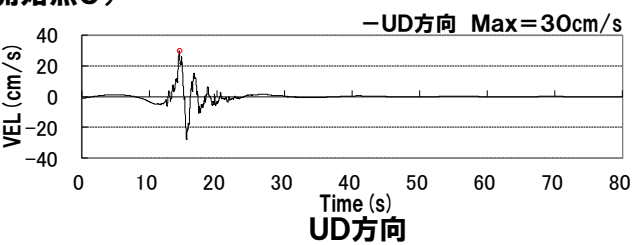
積丹半島北西沖の断層による地震（走向40°ケース，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点３）



NS方向

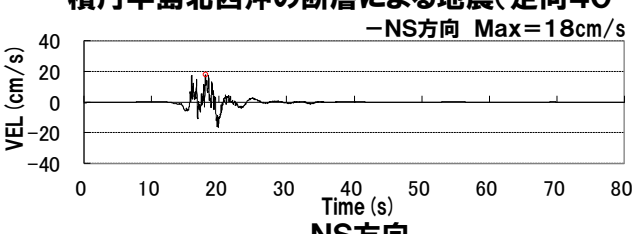


EW方向

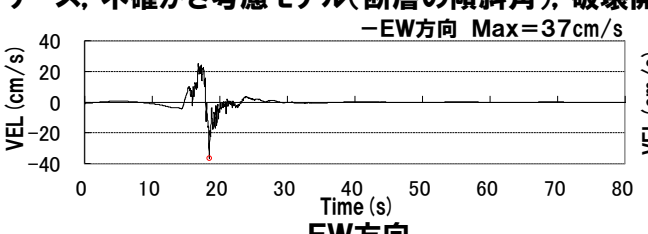


UD方向

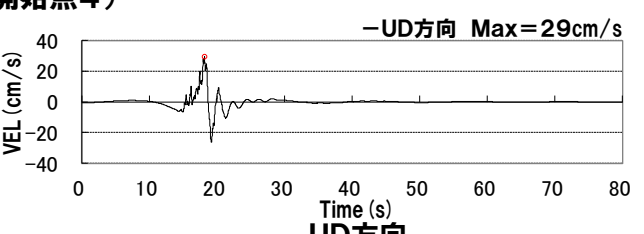
積丹半島北西沖の断層による地震（走向40°ケース，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点４）



NS方向



EW方向

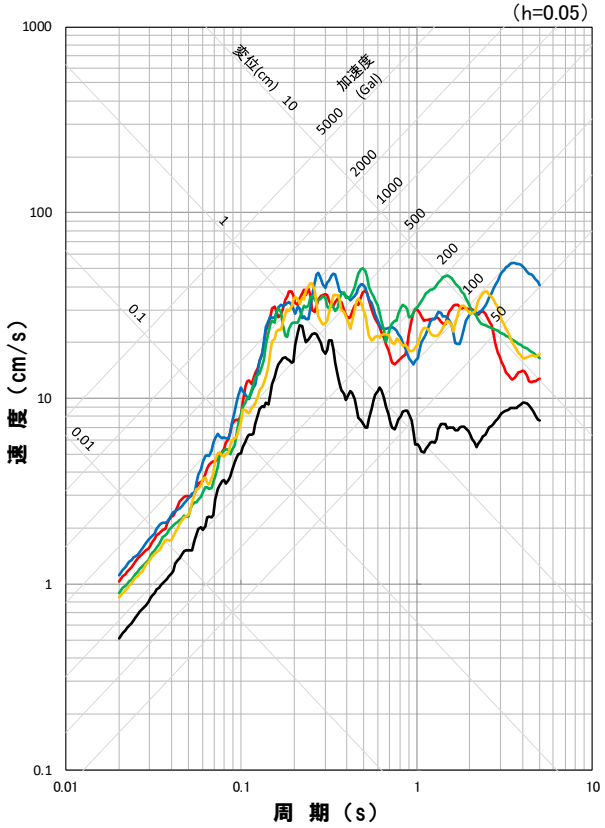


UD方向

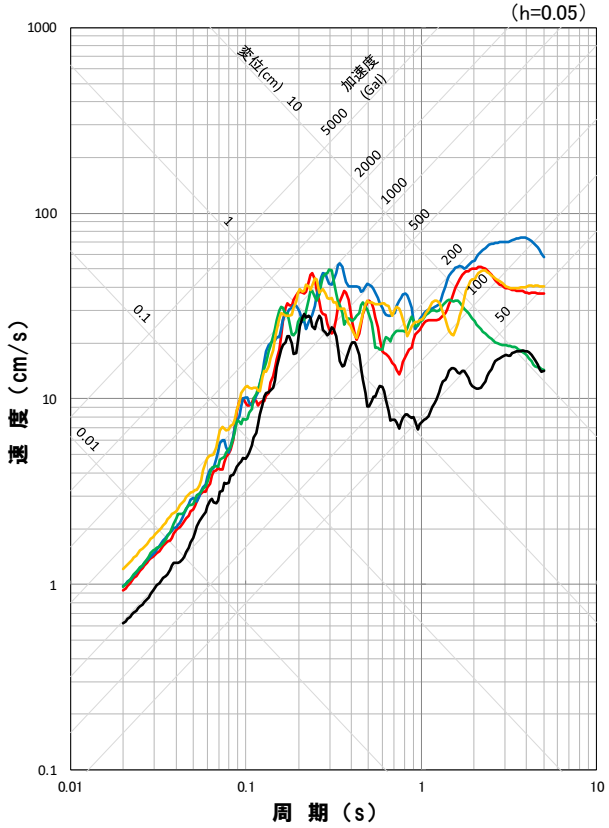
4．3 検討用地震の地震動評価

（3）積丹半島北西沖の断層による地震

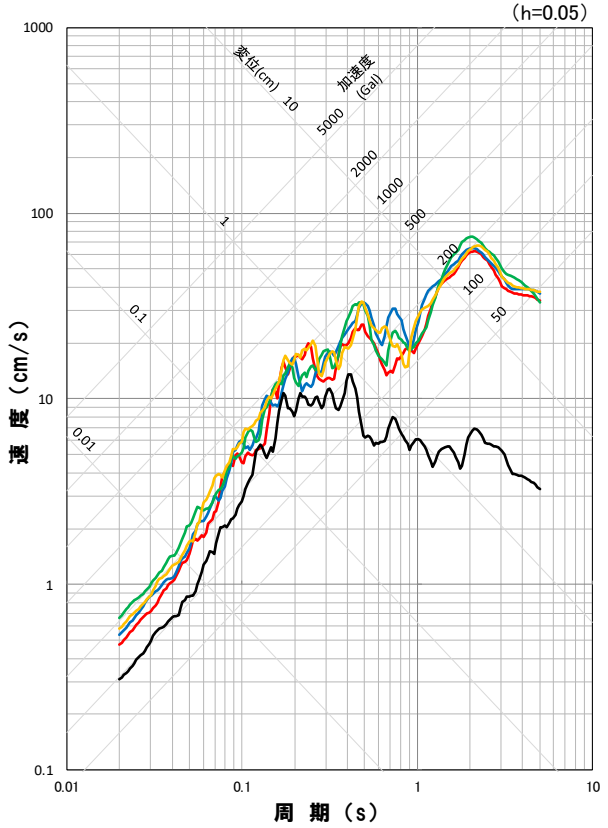
走向40°ケース　断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角））応答スペクトル



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）



応答スペクトル図（UD方向）

地震動評価結果

- 走向40°ケース，基本震源モデル,破壊開始点1
- 走向40°ケース，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）,破壊開始点1
- 走向40°ケース，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）,破壊開始点2
- 走向40°ケース，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）,破壊開始点3
- 走向40°ケース，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）,破壊開始点4

※ハイブリッド合成法における接続周期：1秒

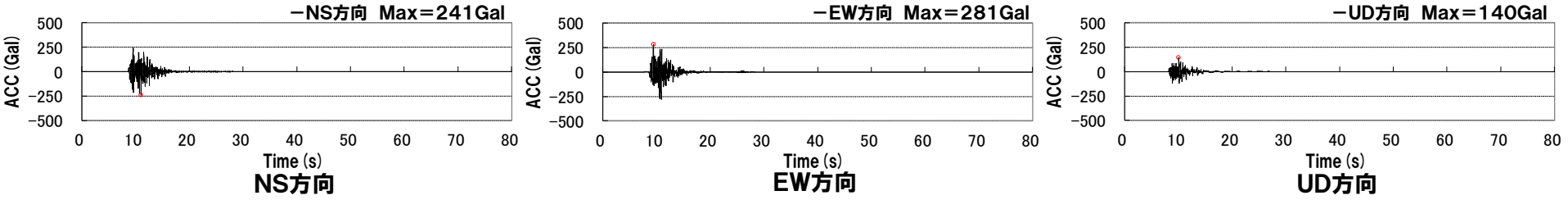
4．3 検討用地震の地震動評価

（３）積丹半島北西沖の断層による地震

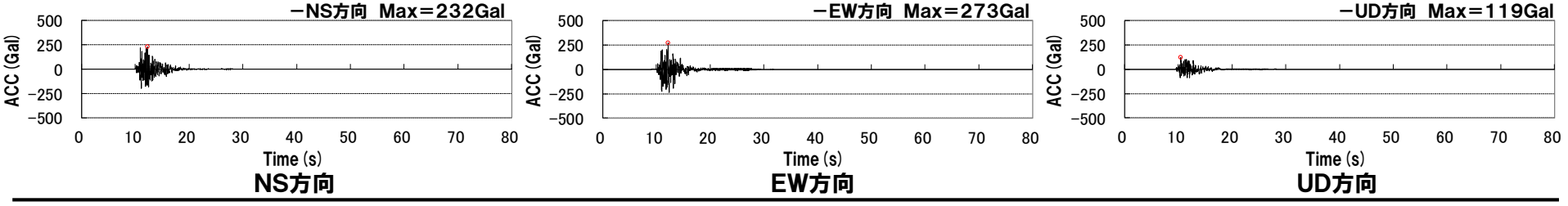
177

走向40°ケース　断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（応力降下量））加速度波形

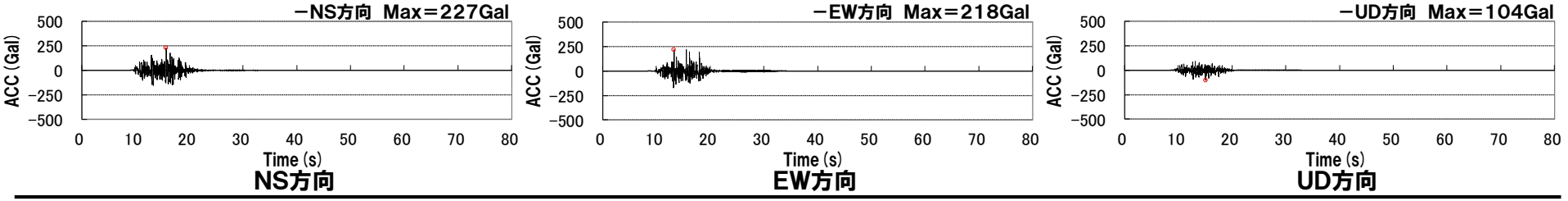
積丹半島北西沖の断層による地震（走向40°ケース，不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点１）



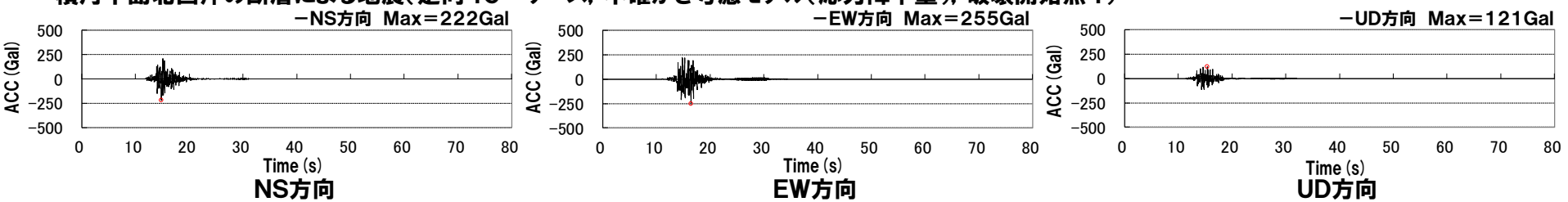
積丹半島北西沖の断層による地震（走向40°ケース，不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点２）



積丹半島北西沖の断層による地震（走向40°ケース，不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点３）



積丹半島北西沖の断層による地震（走向40°ケース，不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点４）



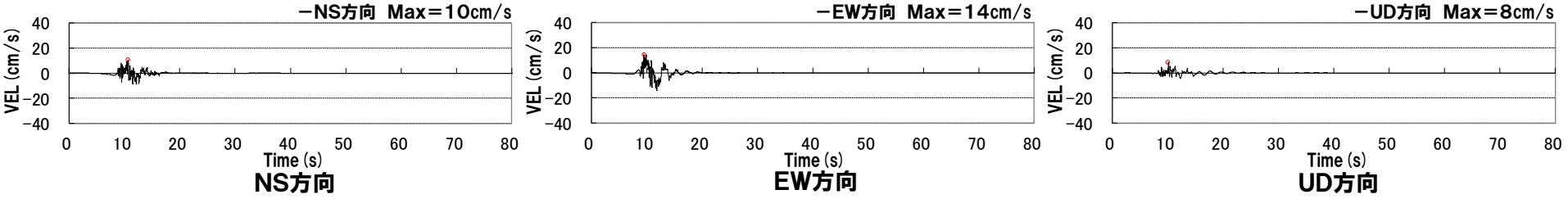
4．3 検討用地震の地震動評価

（３）積丹半島北西沖の断層による地震

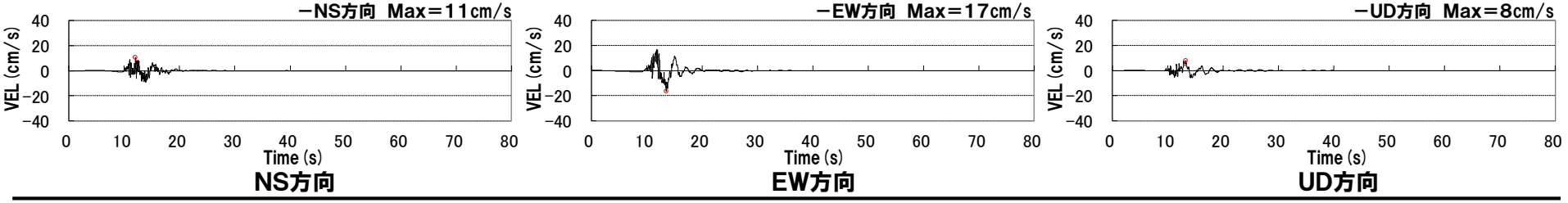
178

走向40°ケース　断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
（不確かさ考慮モデル（応力降下量））速度波形

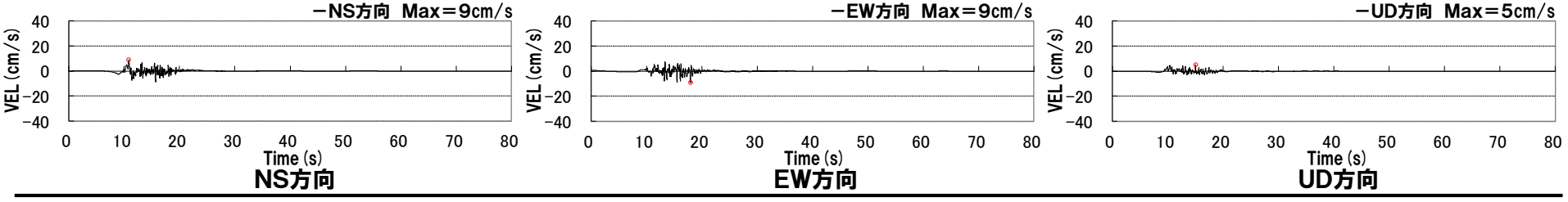
積丹半島北西沖の断層による地震（走向40°ケース，不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点１）



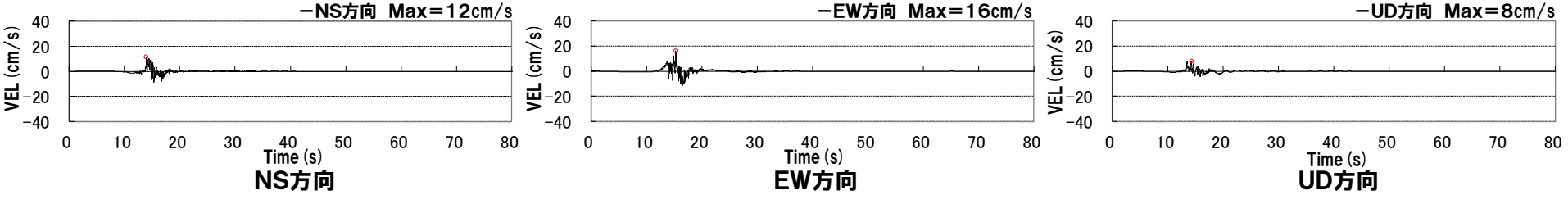
積丹半島北西沖の断層による地震（走向40°ケース，不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点２）



積丹半島北西沖の断層による地震（走向40°ケース，不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点３）



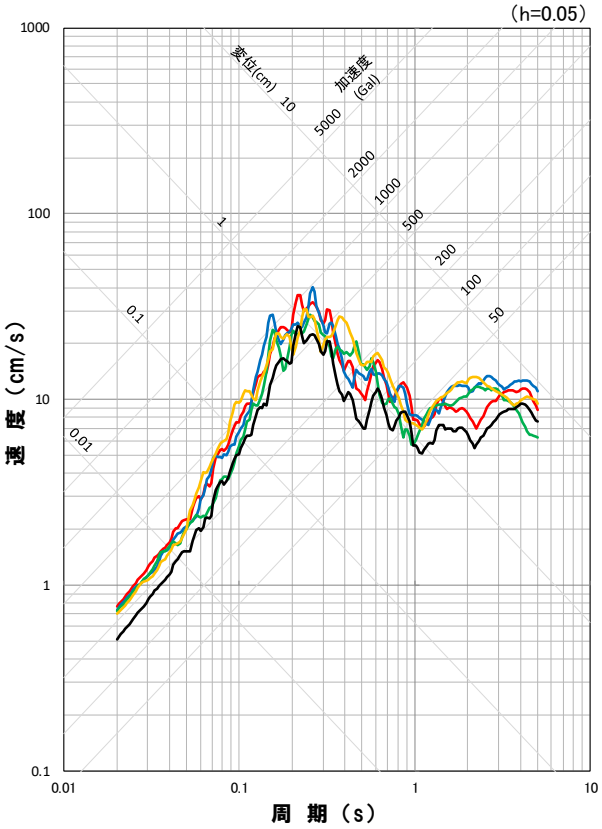
積丹半島北西沖の断層による地震（走向40°ケース，不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点４）



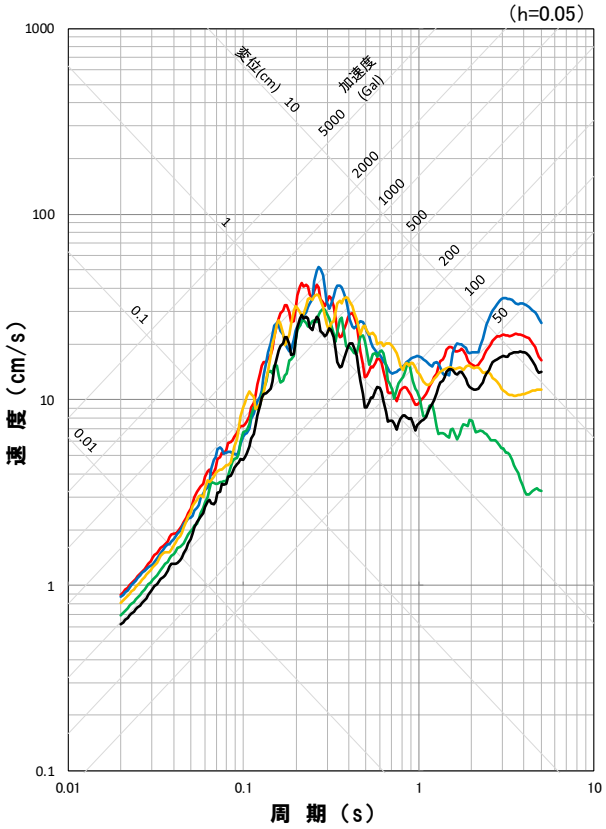
4．3 検討用地震の地震動評価

（3） 積丹半島北西沖の断層による地震

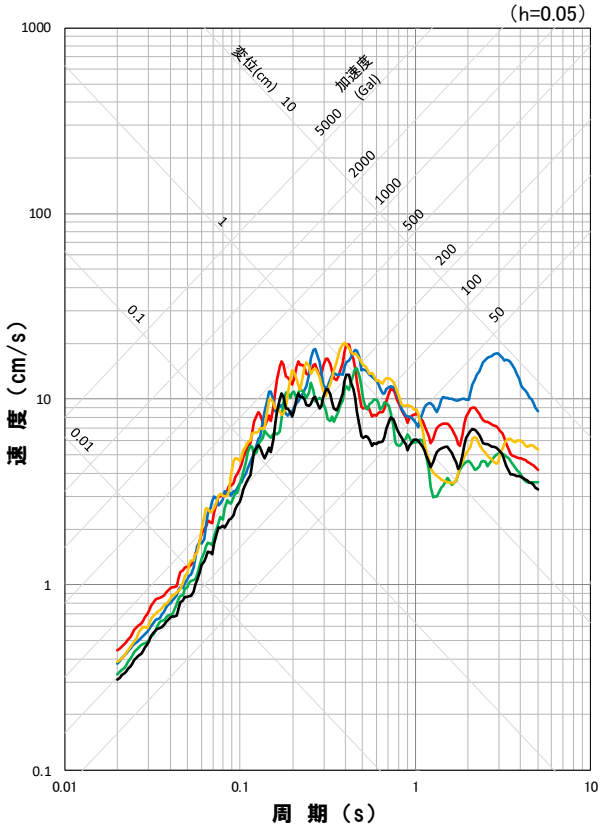
走向40° ケース 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
（不確かさ考慮モデル（応力降下量）） 応答スペクトル



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）



応答スペクトル図（UD方向）

地震動評価結果
- 走向40° ケース，基本震源モデル,破壊開始点1
- 走向40° ケース，不確かさ考慮モデル（応力降下量）,破壊開始点1
- 走向40° ケース，不確かさ考慮モデル（応力降下量）,破壊開始点2
- 走向40° ケース，不確かさ考慮モデル（応力降下量）,破壊開始点3
- 走向40° ケース，不確かさ考慮モデル（応力降下量）,破壊開始点4

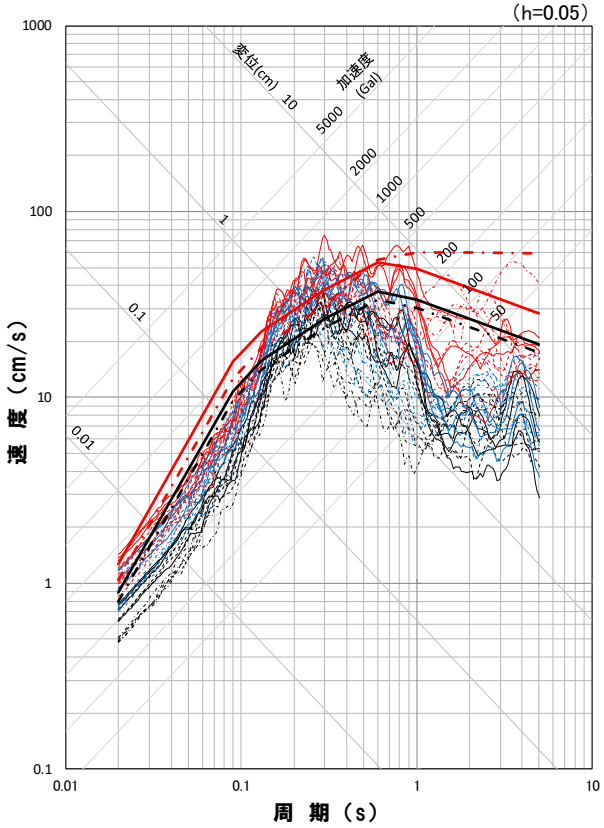
※ハイブリッド合成法における接続周期：1秒

4．3 検討用地震の地震動評価

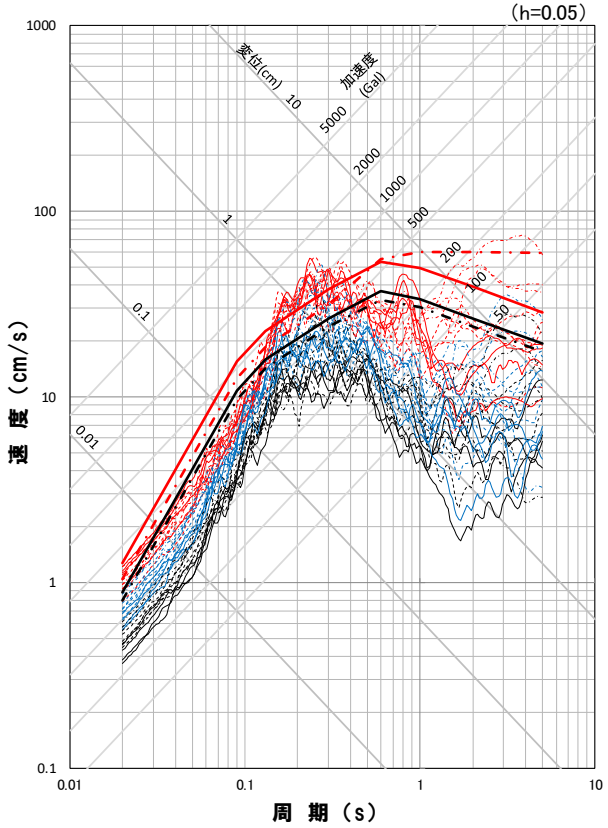
（3） 積丹半島北西沖の断層による地震

一部加筆修正（R3.7.30審査会合資料）

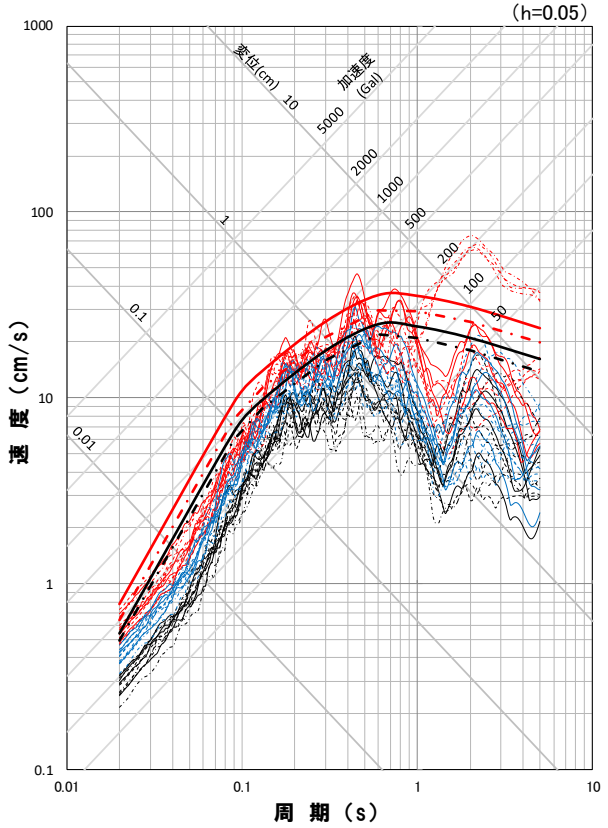
地震動評価結果



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）



応答スペクトル図（UD方向）

地震動評価結果

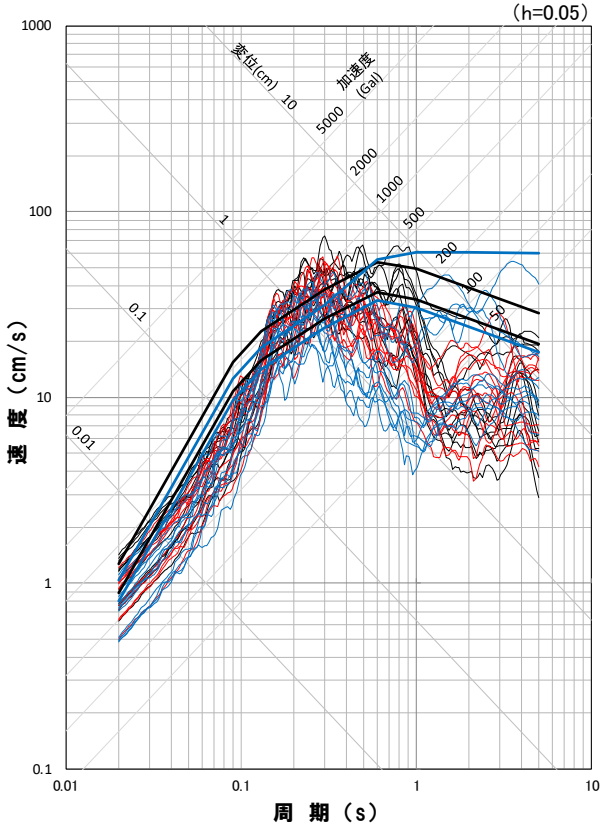
基本震源モデル	走向0°ケース	走向20°ケース	走向40°ケース
不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）	走向0°ケース	走向20°ケース	走向40°ケース
不確かさ考慮モデル（応力降下量）	走向0°ケース	走向20°ケース	走向40°ケース

※太線は応答スペクトルに基づく地震動評価結果，応答スペクトルに基づく地震動評価結果は走向0°ケースと走向20°ケースで同一

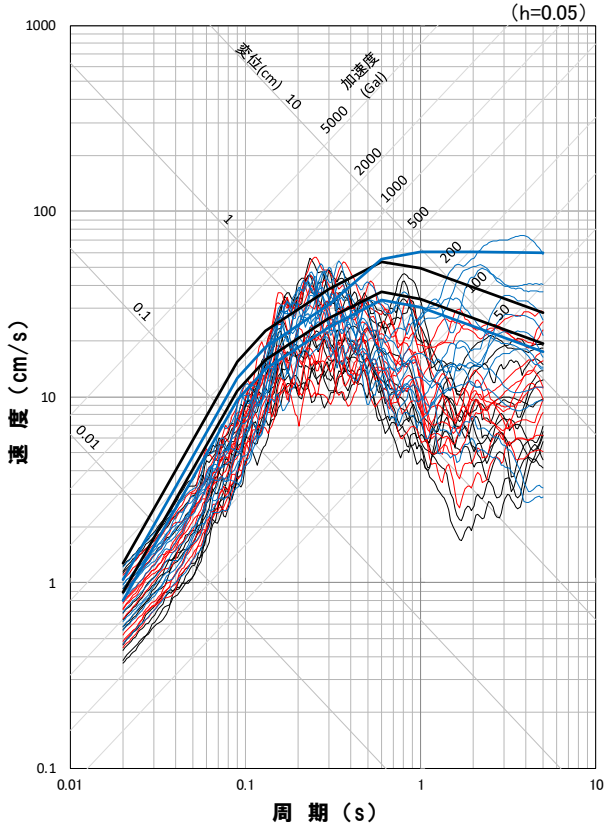
4．3 検討用地震の地震動評価

（3）積丹半島北西沖の断層による地震

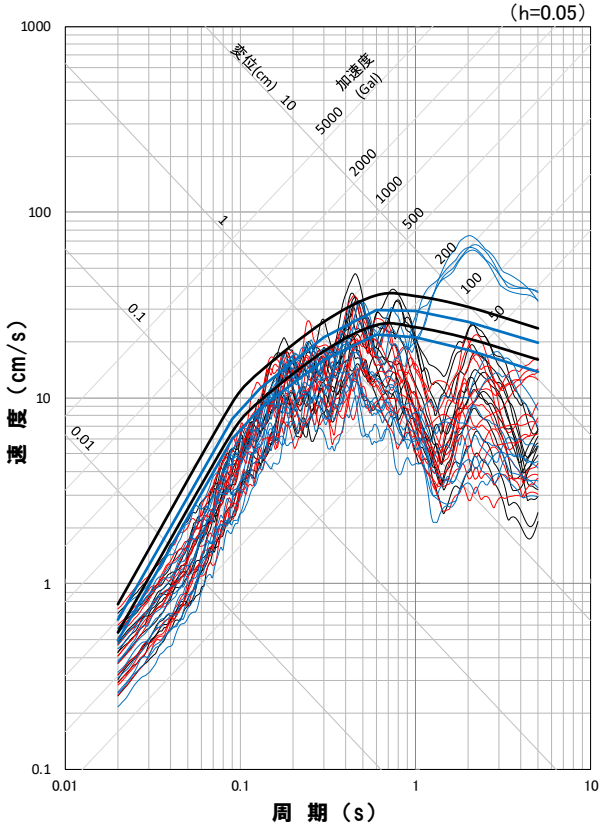
地震動評価結果（走向による地震動評価結果の比較）



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）



応答スペクトル図（UD方向）

地震動評価結果
- 走向0°ケース （基本震源モデル，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），不確かさ考慮モデル（応力降下量））
- 走向20°ケース （基本震源モデル，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），不確かさ考慮モデル（応力降下量））
- 走向40°ケース （基本震源モデル，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），不確かさ考慮モデル（応力降下量））

※太線は応答スペクトルに基づく地震動評価結果，応答スペクトルに基づく地震動評価結果は走向0°ケースと走向20°ケースで同一

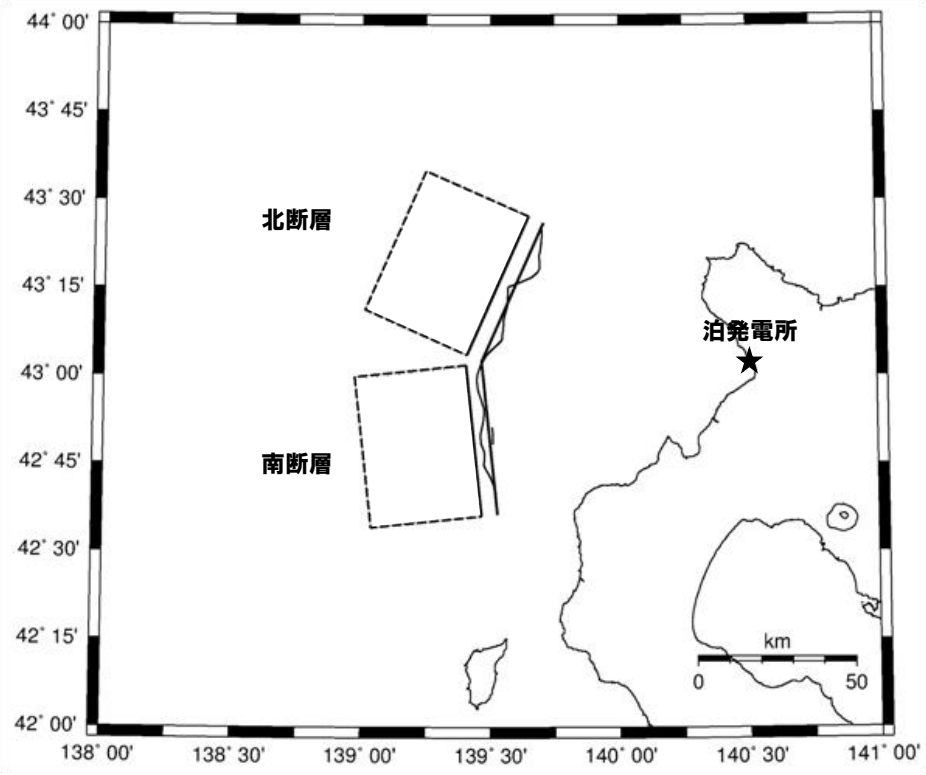
4．3 検討用地震の地震動評価

（4）F_B－2断層による地震

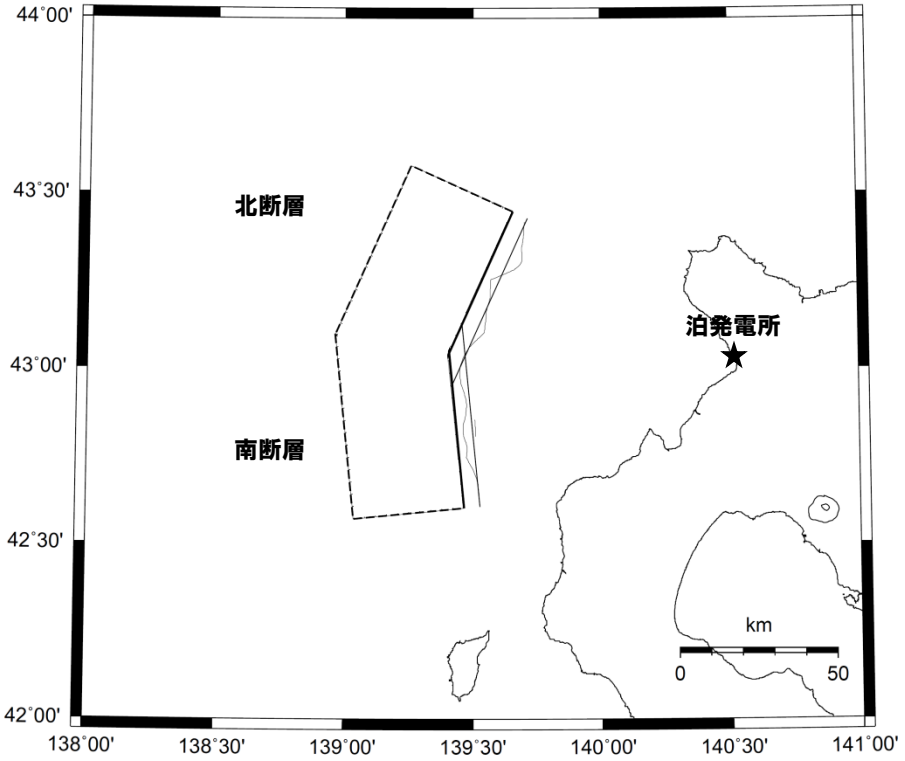
一部加筆修正（H27.12.25審査会合資料）

断層パラメータの設定方法

○F_B－2断層による地震について，日本海東縁部で発生した地震の知見も踏まえた複数の方法で主要な断層パラメータを設定し，採用する方法を選定する。なお，既往の評価では，北断層と南断層の2つの矩形断層とし，両断層間に空間を設けていたが，地震調査委員会「レシピ」（2020）を用いる際には，断層を接合する場合も含めて主要な断層パラメータを設定し，地震動レベルに与える影響の大きい地震モーメントおよび短周期レベルに着目して採用する方法を選定する。



北断層と南断層の間に
空間を設ける場合
（既往評価モデル）



北断層と南断層を接合する場合
（接合モデル）

4．3 検討用地震の地震動評価

（4）F_B－2断層による地震

一部加筆修正（H27.12.25審査会合資料）

断層パラメータの設定方法

○方法3’（接合モデル）は，方法2（既往の設定方法）および方法3と比べて地震モーメントが大きく，短周期レベルは方法2と同程度，方法3より大きくなっている。また，方法1はアスペリティ面積比（15～27％程度）が33％と若干大きくなっている。
⇒方法3’（接合モデル）を採用する。

	方法1	方法2 （既往設定方法）	方法3	方法3’ （接合モデル）
	地震調査委員会（2009） ただし， ・平均応力降下量は Satake（1986）	地震調査委員会（2009） ただし， ・平均応力降下量は Satake（1986） ・アスペリティ面積比は22％ （Somerville et al.（1999））	地震調査委員会（2020） ・地震モーメントは Murotani et al.（2015） ・平均応力降下量は Fujii and Matsu’ura（2000） ・アスペリティ面積比は22％ （Somerville et al.（1999））	地震調査委員会（2020） ・地震モーメントは Murotani et al.（2015） ・平均応力降下量は Fujii and Matsu’ura（2000） ・アスペリティ面積比は22％ （Somerville et al.（1999））
断層長さ	96.0km	96.0km	96.0km	98.7km
断層幅	50.0km	50.0km	50.0km	50.0km
断層面積	4800.0km^2	4800.0km^2	4800.0km^2	5406.4km^2
地震モーメント	4.51E+20N・m	4.51E+20N・m	4.80E+20N・m	5.41E+20N・m
平均応力降下量	3.3MPa	3.3MPa	3.1MPa	3.1MPa
短周期レベル	4.06E+19N・m/s^2	4.99E+19N・m/s^2	4.69E+19N・m/s^2	4.98E+19N・m/s^2
アスペリティ面積	1590.4km^2	1056.0km^2	1056.0km^2	1189.4km^2
アスペリティ応力降下量	10.0MPa	15.0MPa	14.1MPa	14.1MPa
アスペリティ面積比	0.33	0.22	0.22	0.22

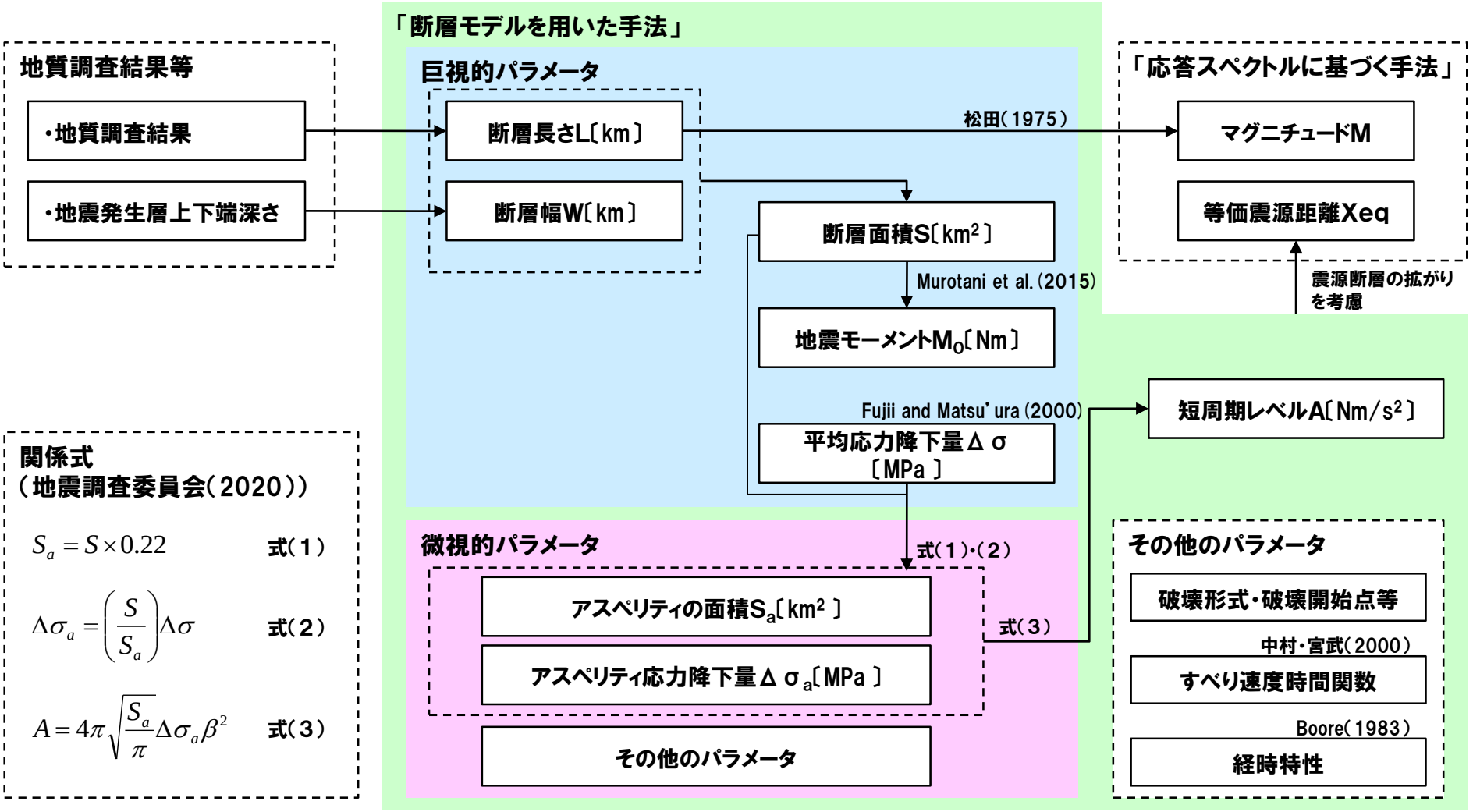
4．3 検討用地震の地震動評価

（4）F_B－2断層による地震

再掲（R3.7.30審査会合資料）

断層パラメータの設定フロー

○地震調査委員会「レシピ」（2020）に基づき設定
○地震モーメントはMurotani et al.（2015），平均応力降下量はFujii and Matsu’ura（2000）に基づき設定
○また，アスペリティ面積をSomerville et al.（1999）に基づき，震源断層全体の面積の22％で設定



4．3 検討用地震の地震動評価

（4）F_B－2断層による地震

一部加筆修正（H27.12.25審査会合資料）

不確かさを考慮するパラメータ

	基本震源モデルのパラメータ	不確かさ考慮モデルのパラメータ
断層の傾斜角	断層周辺において発生した地震における傾斜角を参考に45°と設定。	断層の傾斜角の不確かさを考慮し，1993年北海道南西沖地震における断層モデル等を参考に，念のため30°を考慮。
アスペリティの応力降下量	地震調査委員会（2020）に基づき設定。	応力降下量について十分な知見が得られていないことから，2007年新潟県中越沖地震の知見を踏まえ，地震調査委員会（2020）による値の1.5倍の応力降下量を考慮。
破壊伝播速度	地震調査委員会（2020）に基づき設定。 Vr=0.72Vs	宮腰ほか（2003）の知見を参考に設定。 Vr=0.87Vs
アスペリティの位置，数	地質調査結果等に基づき評価した活断層の範囲内で，敷地に近い位置の地表付近に2個設定。	
破壊開始点	不確かさをあらかじめ考慮することとし，破壊の進行方向が敷地へ向かうように複数の位置に設定。	

4．3 検討用地震の地震動評価
（4）F_B－2断層による地震

再掲（H27.12.25審査会合資料）

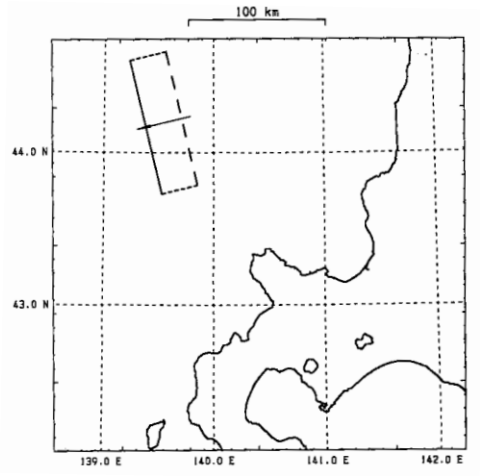
日本海東縁部の地震に関する知見

○日本海東縁部の地震に関する主な知見を以下に示す。

【Satake（1986）】

○1940年神威岬沖の地震について，津波数値実験により断層モデルを設定している。主要な断層パラメータおよび断層モデル図は，以下の通り。

主要な震源パラメータ	
断層長さ[km]	100
断層幅[km]	35
傾斜角[°]	40
地震モーメントM_0[N·m]	2.4×10^{20}
応力降下量$\Delta\sigma$[Mpa]	3.3
すべり量[cm]	150

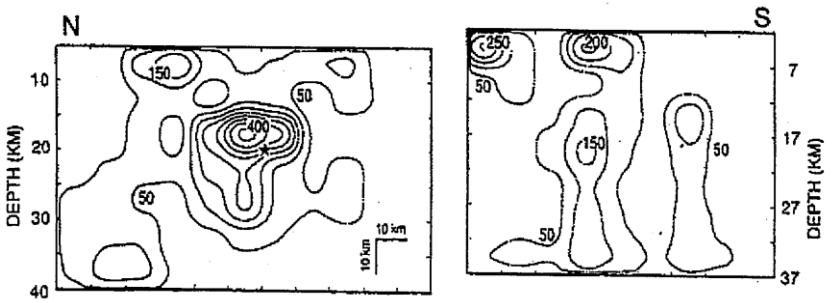


断層モデル図

【Mendoza and Fukuyama（1996）】

○1993年北海道南西沖地震について，地震観測記録のインバージョン解析を実施し，断層面とすべり量分布を求めている。主要な断層パラメータおよび断層モデル図は，以下の通り。

主要な震源パラメータ	北側面	南側面
断層長さ[km]	110	90
断層幅[km]	70	70
傾斜角[°]	30	30
地震モーメントM_0[N·m]	3.41×10^{20}	



すべり量分布

4．3 検討用地震の地震動評価

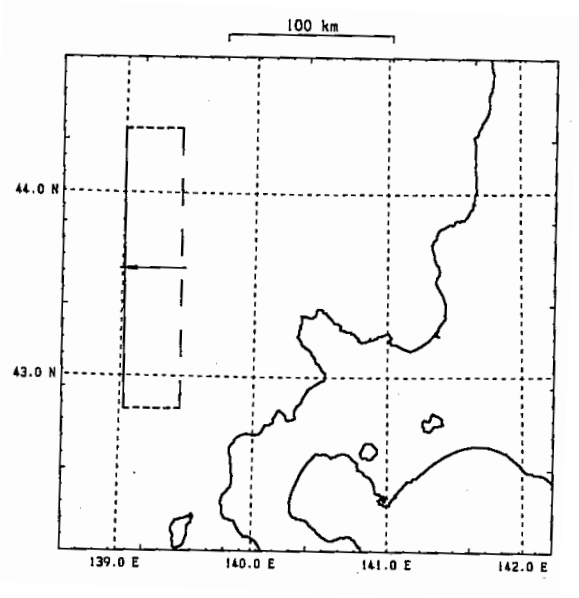
（4）F_B－2断層による地震

再掲（H27.12.25審査会合資料）

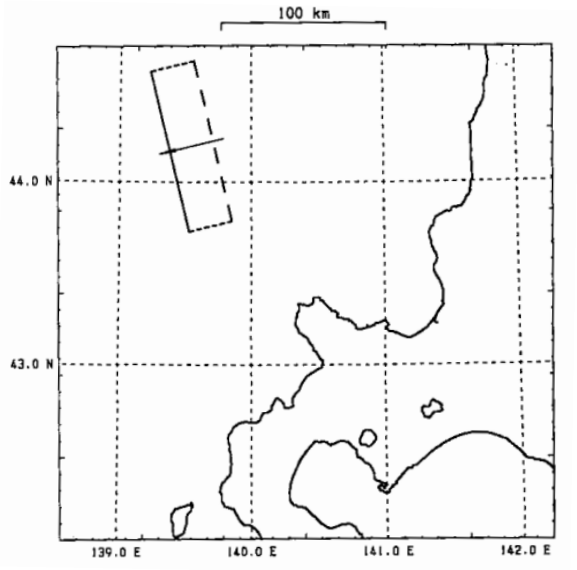
傾斜角の設定

○日本海東縁部の地震（F_B－2断層による地震）の断層モデルにおける傾斜角は，断層周辺において発生した1940年神威岬沖の地震および1993年北海道南西沖地震の断層モデルの検討結果における傾斜角が30°～55°となっていることから，基本震源モデルを45°とし，断層の傾斜角の不確かさ考慮モデルとして30°として設定する。

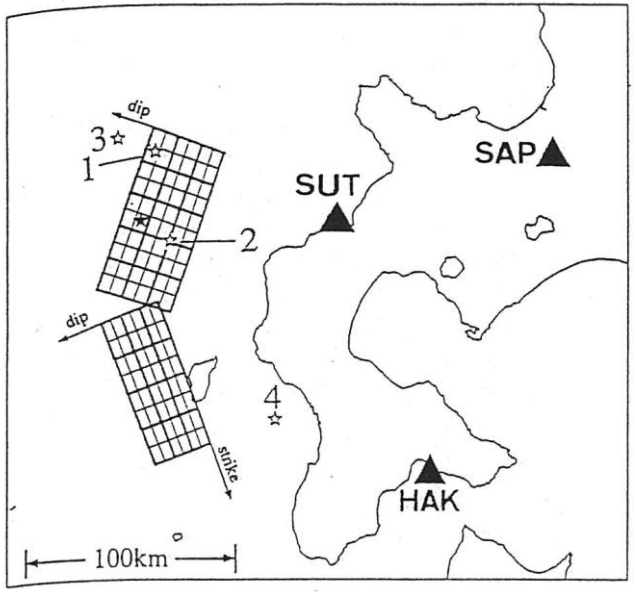
	1940年神威岬沖の地震		1993年北海道南西沖地震
	Fukao and Furumoto（1975）	Satake（1986）	Kakehi and Irikura（1997）
傾斜角	46°	40°	北断層30° 南断層55°



Fukao and Furumoto（1975）



Satake（1986）



Kakehi and Irikura（1997）

4．3 検討用地震の地震動評価

（4）F_B－2断層による地震

一部加筆修正（H27.12.25審査会合資料）

地震動評価検討ケース

震源モデル	断層長さ（km）	断層幅（km）	断層の傾斜角（°）	応力降下量	破壊伝播速度（km/s）	アスペリティ位置	破壊開始点	備考
（地質調査結果）	101	－	－	－	－	－	－	○地質調査結果により断層長さ101km ○地震動評価は基本震源モデルにて代表
基本震源モデル	98.7	50	45	地震調査委員会（2020）	0.72Vs	敷地に近い位置の地表付近	北断層：アスペリティ下端中央 南断層：アスペリティ下端中央 北断層：巨視的断層面下端中央 南断層：巨視的断層面下端中央	○地質調査結果を基に，矩形断層面を設定し，断層長さ98.7kmを考慮したモデル ○M8.2（L＝101km），Xeq＝98km※
不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）	100.7	70	30	地震調査委員会（2020）	0.72Vs	敷地に近い位置の地表付近	北断層：アスペリティ下端中央 南断層：アスペリティ下端中央 北断層：巨視的断層面下端中央 南断層：巨視的断層面下端中央	○基本震源モデルの傾斜角について，不確かさを考慮して30°としたモデル ○M8.2（L＝101km），Xeq＝107km※
不確かさ考慮モデル（応力降下量）	98.7	50	45	地震調査委員会（2020）×1.5	0.72Vs	敷地に近い位置の地表付近	北断層：アスペリティ下端中央 南断層：アスペリティ下端中央 北断層：巨視的断層面下端中央 南断層：巨視的断層面下端中央	○基本震源モデルの応力降下量について，不確かさを考慮してアスペリティと背景領域の応力降下量をいずれも1.5倍したモデル
不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度）	98.7	50	45	地震調査委員会（2020）	0.87Vs	敷地に近い位置の地表付近	北断層：アスペリティ下端中央 南断層：アスペリティ下端中央 北断層：巨視的断層面下端中央 南断層：巨視的断層面下端中央	○基本震源モデルの破壊伝播速度について，不確かさを考慮して0.87Vsとしたモデル

：不確かさを考慮して設定するパラメータ（認識論的な不確かさ）

：全てのケースにおいて共通的に考慮するパラメータ（偶然的な不確かさ）

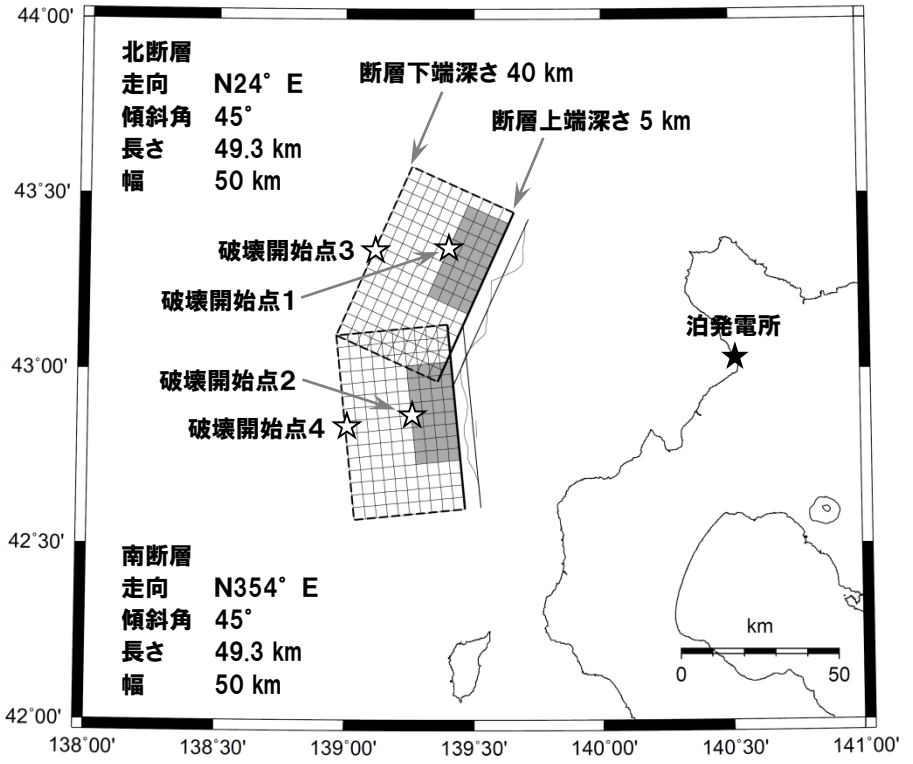
※ 応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる諸元

4．3 検討用地震の地震動評価

（4）F_B－2断層による地震

再掲（R3.7.30審査会合資料）

震源モデル図，断層パラメータ（基本震源モデル）



基本震源モデル

※モデル上のアスペリティ面積 1254.4km²

項 目		設定値	設定方法
断層原点（地表トレース原点）		北緯 43.036° 東経 139.470° 北緯 42.606° 東経 139.527°	地質調査結果による北断層南端 地質調査結果による南断層南端
走向		北断層：N 24° E 南断層：N354° E	地質調査結果による北断層の南端～北端 地質調査結果による南断層の南端～北端
傾斜角		45°	断層周辺において発生した地震における傾斜角を参考に 45° と設定
断層長さ		98.7km（49.3km×2）※	地質調査結果に基づき矩形断層として設定
断層幅		50km	断層上下端深さと傾斜角から設定
拡張面積		473.7 km²	$\Delta S=W\times\cos\delta\times\tan(\Delta\theta/2)$，$\Delta\theta=\theta_N-360+\theta_S$
断層面積		5406.4km²	$S=L\times W+\Delta S$
断層上端深さ		5km	Mendoza and Fukuyama（1996）等を参考に設定
断層下端深さ		40km	Mendoza and Fukuyama（1996）等を参考に設定
地震モーメント		5.41E＋20N・m	$M_0=S\times10^{17}$（Murotani et al.（2015））
モーメントマグニチュード		7.8	$LogM_0$（N・m）＝$1.5\times M_W+9.1$
平均応力降下量		3.1MPa	Fujii and Matsu 'ura（2000）
剛性率		4.19E＋10N/m²	$\mu=\rho\times\beta^2$ ρ＝2.9g/cm³：Mendoza and Fukuyama（1996）に基づき設定
平均すべり量		238.7cm	$D=M_0/(\mu\times S)$
S波速度		3.8km/s	β＝3.8km/s：Mendoza and Fukuyama（1996）に基づき設定
破壊伝播速度		2.7km/s	$V_R=0.72\times\beta$km/s（Geller（1976））
破壊伝播様式		破壊開始点から同心円状	地震調査委員会（2020）に基づき設定
破壊開始点		北断層アスペリティ下端中央（破壊開始点1）	破壊の進行方向が敷地へ向かうように破壊開始点を設定
		南断層アスペリティ下端中央（破壊開始点2）	
		北断層巨視的断層面下端中央（破壊開始点3）	
		南断層巨視的断層面下端中央（破壊開始点4）	
短周期レベル		4.98E＋19N・m/s²	$A=4\times\pi\times(S_a/\pi)^{0.5}\times\Delta\sigma_a\times\beta^2$
高周波遮断特性		6Hz	地震調査委員会（2020）に基づき設定
Q値		110$f^{0.69}$	$Q=110\times f^{0.69}$（佐藤ほか（1994））
アスペリティ	位置	敷地に近い位置の地表付近	地質調査結果を踏まえた上で，敷地に近い位置の地表付近に設定
	数	2 個	北断層及び南断層にそれぞれ 1 個設定
	総面積	1189.4km²	$S_a=0.22\times S$
	平均すべり量	477.3cm	$D_a=\gamma_D\times D$
	地震モーメント	2.38E＋20N・m	$M_{0a}=\mu\times S_a\times D_a$
	応力降下量	14.1MPa	$\Delta\sigma_a=S/S_a\times\Delta\sigma$
背景領域	地震モーメント	3.03E＋20N・m	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$
	面積	4217.0km²	$S_b=S-S_a$
	平均すべり量	171.3cm	$D_b=M_{0b}/(\mu\times S_b)$
	実効応力	2.5MPa	$\sigma_b=(D_b/W_b)\times(\pi^{0.5}/D_a)\times r\times\Sigma\gamma_i^3\times\sigma_a$

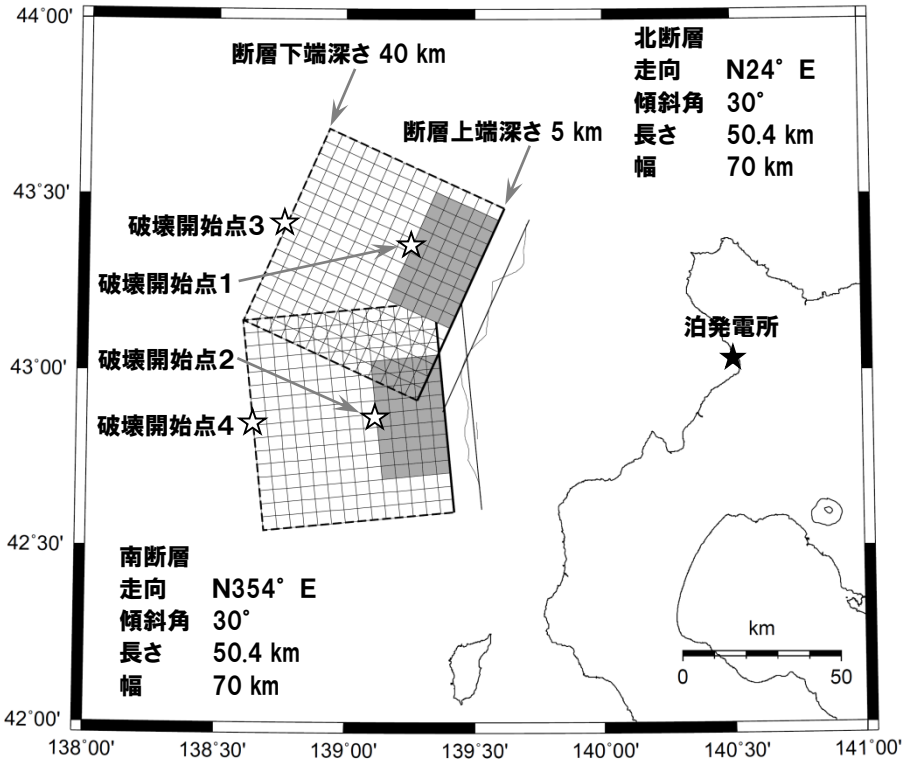
※ 応答スペクトルに基づく手法による地震動評価においては，地質調査結果による断層長さ101kmから松田（1975）による断層長さと地震のマグニチュードの関係式により，M8.2を用いる。

4．3 検討用地震の地震動評価

（4）F_B－2断層による地震

再掲（R3.7.30審査会合資料）

震源モデル図，断層パラメータ（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角））



不確かさ考慮モデル
（断層の傾斜角）

※モデル上のアスペリティ面積
1873.1km²

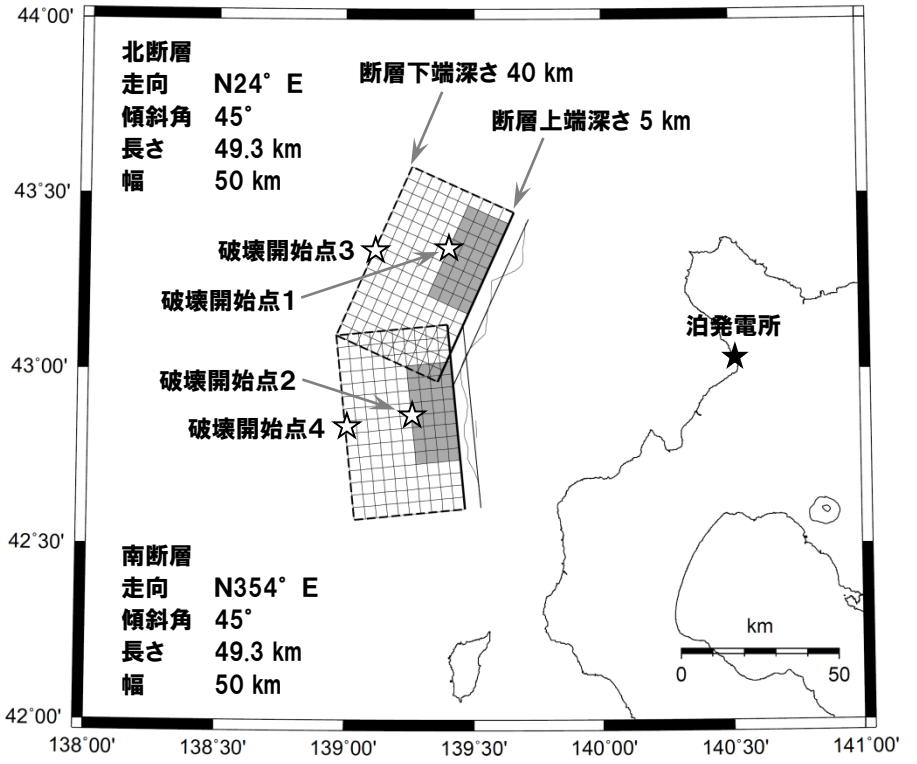
項 目		設定値	設定方法
断層原点 （地表トレース原点）		北緯 43.036° 東経 139.470° 北緯 42.606° 東経 139.527°	地質調査結果による北断層南端 地質調査結果による南断層南端
走向		北断層：N 24° E 南断層：N354° E	地質調査結果による北断層の南端～北端 地質調査結果による南断層の南端～北端
傾斜角		30°	不確かさを考慮し，念のため 30° と設定
断層長さ		100.7km（50.4km×2）※	地質調査結果に基づき矩形断層として設定
断層幅		70km	断層上下端深さと傾斜角から設定
拡張面積		1137.1 km²	$\Delta S=W\times\cos\delta\times\tan(\Delta\theta/2)$，$\Delta\theta=\theta_N-360+\theta_S$
断層面積		8186.9km²	$S=L\times W+\Delta S$
断層上端深さ		5km	Mendoza and Fukuyama（1996）等を参考に設定
断層下端深さ		40km	Mendoza and Fukuyama（1996）等を参考に設定
地震モーメント		8.19E＋20N・m	$M_0=S\times10^{17}$（Murotani et al.（2015））
モーメントマグニチュード		7.9	$LogM_0$（N・m）＝1.5×M_W＋9.1
平均応力降下量		3.1MPa	Fujii and Matsu 'ura（2000）
剛性率		4.19E＋10N/m²	$\mu=\rho\times\beta^2$ ρ＝2.9g/cm³：Mendoza and Fukuyama（1996）に基づき設定
平均すべり量		238.7cm	$D=M_0/(\mu\times S)$
S波速度		3.8km/s	β＝3.8km/s：Mendoza and Fukuyama（1996）に基づき設定
破壊伝播速度		2.7km/s	V_R＝0.72×βkm/s（Geller（1976））
破壊伝播様式		破壊開始点から同心円状	地震調査委員会（2020）に基づき設定
破壊開始点		北断層アスペリティ下端中央（破壊開始点1）	破壊の進行方向が敷地へ向かうように破壊開始点を設定
		南断層アスペリティ下端中央（破壊開始点2）	
		北断層巨視的断層面下端中央（破壊開始点3）	
		南断層巨視的断層面下端中央（破壊開始点4）	
短周期レベル		6.12E＋19N・m/s²	$A=4\times\pi\times(S_a/\pi)^{0.5}\times\Delta\sigma_a\times\beta^2$
高周波遮断特性		6Hz	地震調査委員会（2020）に基づき設定
Q値		110$f^{0.69}$	$Q=110\times f^{0.69}$（佐藤ほか（1994））
アスペリティ	位置	敷地に近い位置の地表付近	地質調査結果を踏まえた上で，敷地に近い位置の地表付近に設定
	数	2 個	北断層及び南断層にそれぞれ 1 個設定
	総面積	1801.1km²	$S_a=0.22\times S$
	平均すべり量	477.3cm	$D_a=\gamma_D\times D$
	地震モーメント	3.60E＋20N・m	$M_{0a}=\mu\times S_a\times D_a$
	応力降下量	14.1MPa	$\Delta\sigma_a=S/S_a\times\Delta\sigma$
背景領域	地震モーメント	4.58E＋20N・m	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$
	面積	6385.8km²	$S_b=S-S_a$
	平均すべり量	171.3cm	$D_b=M_{0b}/(\mu\times S_b)$
	実効応力	2.2MPa	$\sigma_b=(D_b/W_b)\times(\pi^{0.5}/D_a)\times r\times\Sigma\gamma_i^3\times\sigma_a$

※ 応答スペクトルに基づく手法による地震動評価においては，地質調査結果による断層長さ101kmから松田（1975）による断層長さと地震のマグニチュードの関係式により，M8.2を用いる。

4．3 検討用地震の地震動評価
（4）F_B－2断層による地震

再掲（R3.7.30審査会合資料）

震源モデル図，断層パラメータ（不確かさ考慮モデル（応力降下量））



不確かさ考慮モデル
（応力降下量）
震源モデル図は基本震源モデルと同様

※モデル上のアスペリティ面積
1254.4km²

項 目		設定値	設定方法
断層原点（地表トレース原点）		北緯 43.036° 東経 139.470° 北緯 42.606° 東経 139.527°	地質調査結果による北断層南端 地質調査結果による南断層南端
走向		北断層：N 24° E 南断層：N354° E	地質調査結果による北断層の南端～北端 地質調査結果による南断層の南端～北端
傾斜角		45°	断層周辺において発生した地震における傾斜角を参考に 45° と設定
断層長さ		98.7km（49.3km×2）※	地質調査結果に基づき矩形断層として設定
断層幅		50km	断層上下端深さと傾斜角から設定
拡張面積		473.7 km²	$\Delta S=W\times\cos\delta\times\tan(\Delta\theta/2)$，$\Delta\theta=\theta_N-360+\theta_S$
断層面積		5406.4km²	$S=L\times W+\Delta S$
断層上端深さ		5km	Mendoza and Fukuyama（1996）等を参考に設定
断層下端深さ		40km	Mendoza and Fukuyama（1996）等を参考に設定
地震モーメント		5.41E+20N・m	$M_0=S\times10^{17}$（Murotani et al.（2015））
モーメントマグニチュード		7.8	$LogM_0$（N・m）$=1.5\times M_W+9.1$
平均応力降下量		3.1MPa	Fujii and Matsu 'ura（2000）
剛性率		4.19E+10N/m²	$\mu=\rho\times\beta^2$ ρ＝2.9g/cm³：Mendoza and Fukuyama（1996）に基づき設定
平均すべり量		238.7cm	$D=M_0/(\mu\times S)$
S波速度		3.8km/s	β＝3.8km/s：Mendoza and Fukuyama（1996）に基づき設定
破壊伝播速度		2.7km/s	$V_R=0.72\times\beta$km/s（Geller（1976））
破壊伝播様式		破壊開始点から同心円状	地震調査委員会（2020）に基づき設定
破壊開始点		北断層アスペリティ下端中央（破壊開始点1）	破壊の進行方向が敷地へ向かうように破壊開始点を設定
		南断層アスペリティ下端中央（破壊開始点2）	
		北断層巨視的断層面下端中央（破壊開始点3）	
		南断層巨視的断層面下端中央（破壊開始点4）	
短周期レベル		7.46E+19N・m/s²	$A=4\times\pi\times(S_a/\pi)^{0.5}\times\Delta\sigma_a\times\beta^2$
高周波遮断特性		6Hz	地震調査委員会（2020）に基づき設定
Q値		$110f^{0.69}$	$Q=110\times f^{0.69}$（佐藤ほか（1994））
アスペリティ	位置	敷地に近い位置の地表付近	地質調査結果を踏まえた上で，敷地に近い位置の地表付近に設定
	数	2 個	北断層及び南断層にそれぞれ 1 個設定
	総面積	1189.4km²	$S_a=0.22\times S$
	平均すべり量	477.3cm	$D_a=\gamma_D\times D$
	地震モーメント	2.38E+20N・m	$M_{0a}=\mu\times S_a\times D_a$
	応力降下量	21.1MPa	$\Delta\sigma_a=1.5\times S/S_a\times\Delta\sigma$
背景領域	地震モーメント	3.03E+20N・m	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$
	面積	4217.0km²	$S_b=S-S_a$
	平均すべり量	171.3cm	$D_b=M_{0b}/(\mu\times S_b)$
	実効応力	3.7MPa	$\sigma_b=(D_b/W_b)\times(\pi^{0.5}/D_a)\times r\times\Sigma\gamma_i^3\times\sigma_a$

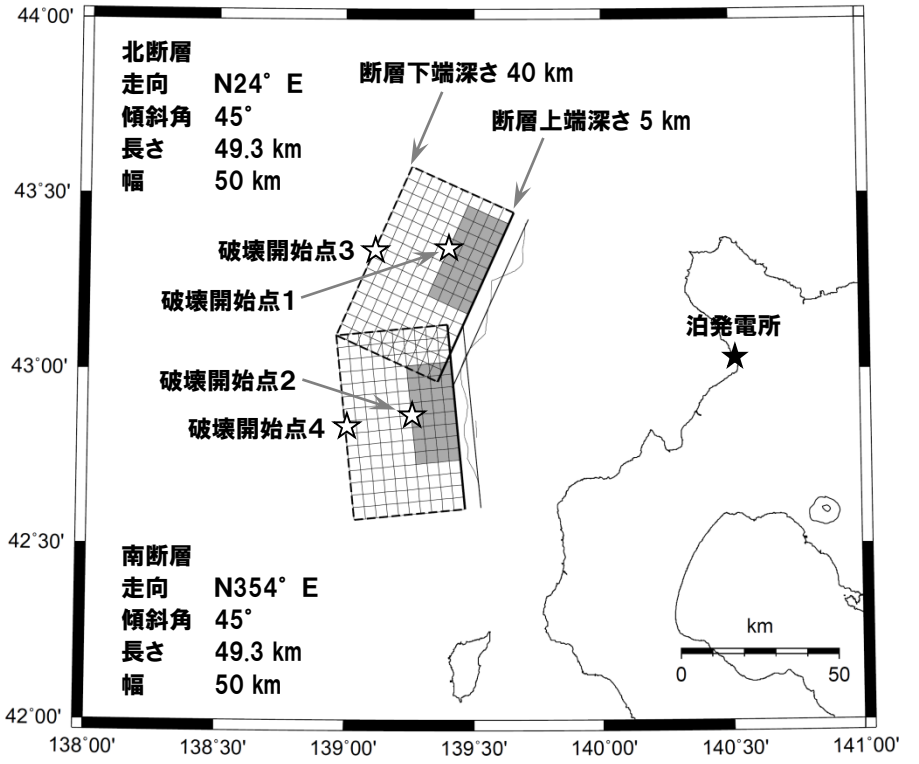
※ 応答スペクトルに基づく手法による地震動評価においては，地質調査結果による断層長さ101kmから松田（1975）による断層長さと地震のマグニチュードの関係式により，M8.2を用いる。

4．3 検討用地震の地震動評価

（4）F_B－2断層による地震

再掲（R3.7.30審査会合資料）

震源モデル図，断層パラメータ（不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度））



不確かさ考慮モデル
（破壊伝播速度）
震源モデル図は基本震源モデルと同様

※モデル上のアスペリティ面積
1254.4km²

項 目		設定値	設定方法
断層原点（地表トレース原点）		北緯 43.036° 東経 139.470° 北緯 42.606° 東経 139.527°	地質調査結果による北断層南端 地質調査結果による南断層南端
走向		北断層：N 24° E 南断層：N354° E	地質調査結果による北断層の南端～北端 地質調査結果による南断層の南端～北端
傾斜角		45°	断層周辺において発生した地震における傾斜角を参考に 45° と設定
断層長さ		98.7km（49.3km×2）※	地質調査結果に基づき矩形断層として設定
断層幅		50km	断層上下端深さと傾斜角から設定
拡張面積		473.7 km²	$\Delta S=W\times\cos\delta\times\tan(\Delta\theta/2)$，$\Delta\theta=\theta_N-360+\theta_S$
断層面積		5406.4km²	$S=L\times W+\Delta S$
断層上端深さ		5km	Mendoza and Fukuyama（1996）等を参考に設定
断層下端深さ		40km	Mendoza and Fukuyama（1996）等を参考に設定
地震モーメント		5.41E＋20N・m	$M_0=S\times10^{17}$（Murotani et al.（2015））
モーメントマグニチュード		7.8	$LogM_0$（N・m）＝1.5×M_W＋9.1
平均応力降下量		3.1MPa	Fujii and Matsu 'ura（2000）
剛性率		4.19E＋10N/m²	$\mu=\rho\times\beta^2$ ρ＝2.9g/cm³：Mendoza and Fukuyama（1996）に基づき設定
平均すべり量		238.7cm	$D=M_0/(\mu\times S)$
S波速度		3.8km/s	β＝3.8km/s：Mendoza and Fukuyama（1996）に基づき設定
破壊伝播速度		3.3km/s	$V_R=0.87\times\beta$ km/s
破壊伝播様式		破壊開始点から同心円状	地震調査委員会（2020）に基づき設定
破壊開始点		北断層アスペリティ下端中央（破壊開始点1）	破壊の進行方向が敷地へ向かうように破壊開始点を設定
		南断層アスペリティ下端中央（破壊開始点2）	
		北断層巨視的断層面下端中央（破壊開始点3）	
		南断層巨視的断層面下端中央（破壊開始点4）	
短周期レベル		4.98E＋19N・m/s²	$A=4\times\pi\times(S_a/\pi)^{0.5}\times\Delta\sigma_a\times\beta^2$
高周波遮断特性		6Hz	地震調査委員会（2020）に基づき設定
Q値		110$f^{0.69}$	$Q=110\times f^{0.69}$（佐藤ほか（1994））
アスペリティ	位置	敷地に近い位置の地表付近	地質調査結果を踏まえた上で，敷地に近い位置の地表付近に設定
	数	2 個	北断層及び南断層にそれぞれ 1 個設定
	総面積	1189.4km²	$S_a=0.22\times S$
	平均すべり量	477.3cm	$D_a=\gamma_D\times D$
	地震モーメント	2.38E＋20N・m	$M_{0a}=\mu\times S_a\times D_a$
	応力降下量	14.1MPa	$\Delta\sigma_a=S/S_a\times\Delta\sigma$
背景領域	地震モーメント	3.03E＋20N・m	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$
	面積	4217.0km²	$S_b=S-S_a$
	平均すべり量	171.3cm	$D_b=M_{0b}/(\mu\times S_b)$
	実効応力	2.5MPa	$\sigma_b=(D_b/W_b)\times(\pi^{0.5}/D_a)\times r\times\Sigma\gamma_i^3\times\sigma_a$

※ 応答スペクトルに基づく手法による地震動評価においては，地質調査結果による断層長さ101kmから松田（1975）による断層長さと地震のマグニチュードの関係式により，M8.2を用いる。

4．3 検討用地震の地震動評価

（4）F_B－2断層による地震

応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる地震規模の評価

○応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる地震規模については，松田（1975）により算定するが，大竹ほか（2002）による日本海東縁部で発生した地震の断層長さLと地震規模Mの関係式により算定したケースや，武村（1990）により算定したケースと比較したうえで設定する。

○基本震源モデルの地震規模は，松田式でM8.2，大竹式でM7.6，武村式でM8.6となっている。
○F_B－2断層と同じ日本海東縁部のデータに基づく大竹ほか（2002）の断層長さLと地震規模Mの関係は，1983年日本海中部地震では，断層長さ120km，地震規模M7.7，1993年北海道南西沖地震では，断層長さ139km，地震規模M7.8であり，F_B－2断層で考慮している約100kmの断層では，松田式から算定される地震規模M8.2を採用することで十分安全側の設定となっている。

○以上のことから，F_B－2断層による地震については，基本震源モデル，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）ともM8.2として評価する。

F_B－2断層による地震の諸元

地震動評価ケース	地震規模M			Xeq（km）
	松田式※1	大竹式※2	武村式※3	
基本震源モデル	8.2※4	7.6※4	（8.6）	98
不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）	8.2※4	7.6※4	（8.7）	107

※1：松田（1975）による断層長さと地震規模Mの関係式により算定
※2：大竹ほか（2002）による断層長さと地震規模Mの関係式により算定
※3：武村（1990）による地震モーメントと地震規模Mの関係式により算定
※4：地質調査結果に基づく断層長さ101kmにより算定

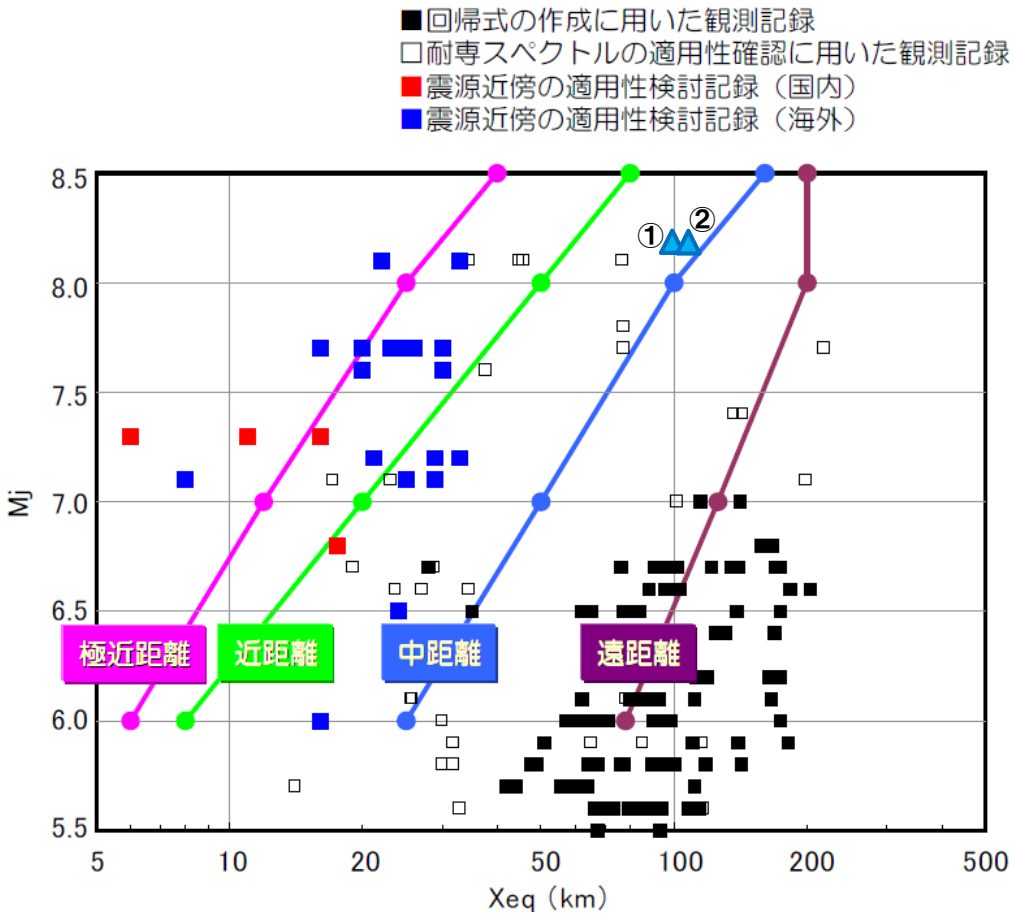
4．3 検討用地震の地震動評価

（4）F_B－2断層による地震

再掲（R3.7.30審査会合資料）

Noda et al.（2002）の適用性の検討

○F_B－2断層による地震について，Noda et al.（2002）による方法の適用性を検討した結果，適用範囲内にあることを確認した。



▲ F_B－2断層による地震

①F_B－2断層による地震
（基本震源モデル（M8.2，Xeq＝98km））

②F_B－2断層による地震
（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）
（M8.2，Xeq＝107km））

Noda et al.（2002）による方法の適用性（東京電力（2009）に加筆）

4．3 検討用地震の地震動評価
（4）F_B－2断層による地震

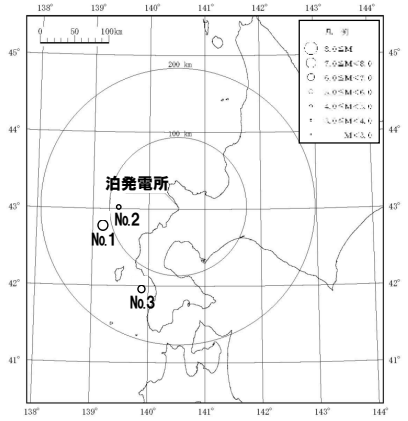
一部加筆修正（H27.12.25審査会合資料）

応答スペクトルに基づく地震動評価（日本海東縁部の地震の補正係数）

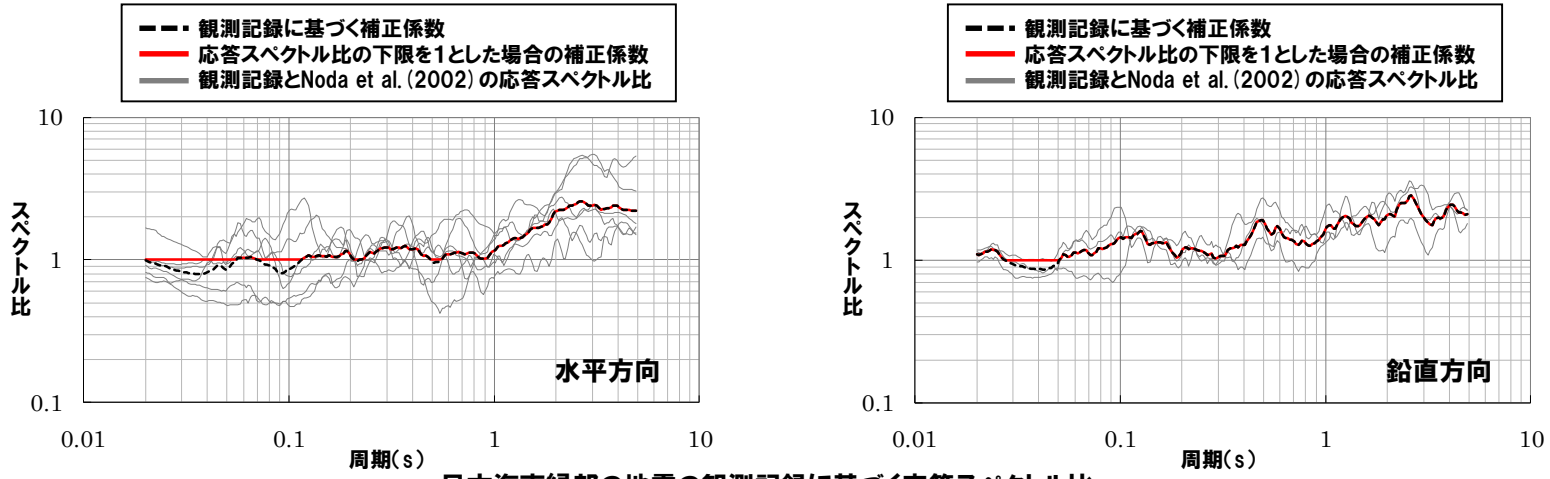
○敷地で観測された代表的な観測記録である1993年北海道南西沖地震の観測記録を基に，Noda et al.（2002）による応答スペクトルに対する比率を求め，それらの平均値を日本海東縁部の地震の「応答スペクトルに基づく地震動評価」における補正係数とする。
○なお，一部の周期帯で補正係数が1を下回ることから，安全側の評価として補正係数の下限を1とする。
○補正係数の評価に用いた観測記録の諸元，評価された補正係数を以下に示す。

No	発生年月日	震央位置		深さ (km)	マグニチュード M	震央距離 (km)	地　名（地震名）
		東経（°）	北緯（°）				
1	1993. 7.12	139.180°	42.782°	35	7.8	113	北海道南西沖（1993年北海道南西沖地震）
2	1993. 7.12	139.457°	43.022°	35	5.4	86	北海道南西沖（1993年北海道南西沖地震・余震）
3	1993. 8. 8	139.882°	41.958°	24	6.3	131	北海道南西沖（1993年北海道南西沖地震・最大余震）

※ 地震の諸元は気象庁地震カタログ



震央分布図



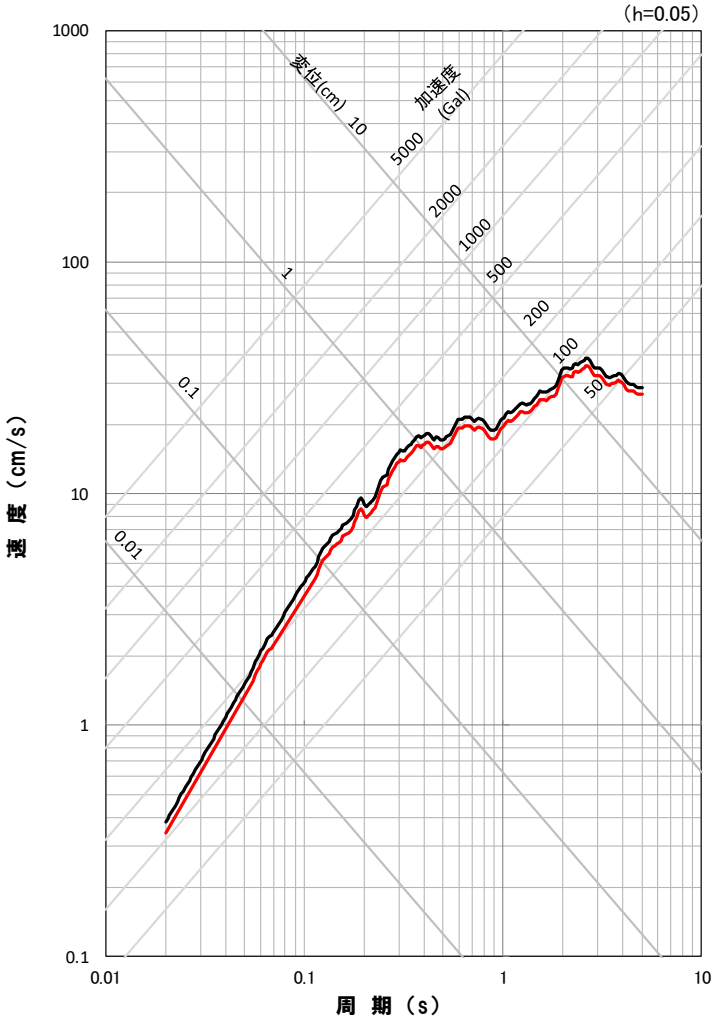
日本海東縁部の地震の観測記録に基づく応答スペクトル比
（「応答スペクトルに基づく地震動評価」における補正係数）

4．3 検討用地震の地震動評価

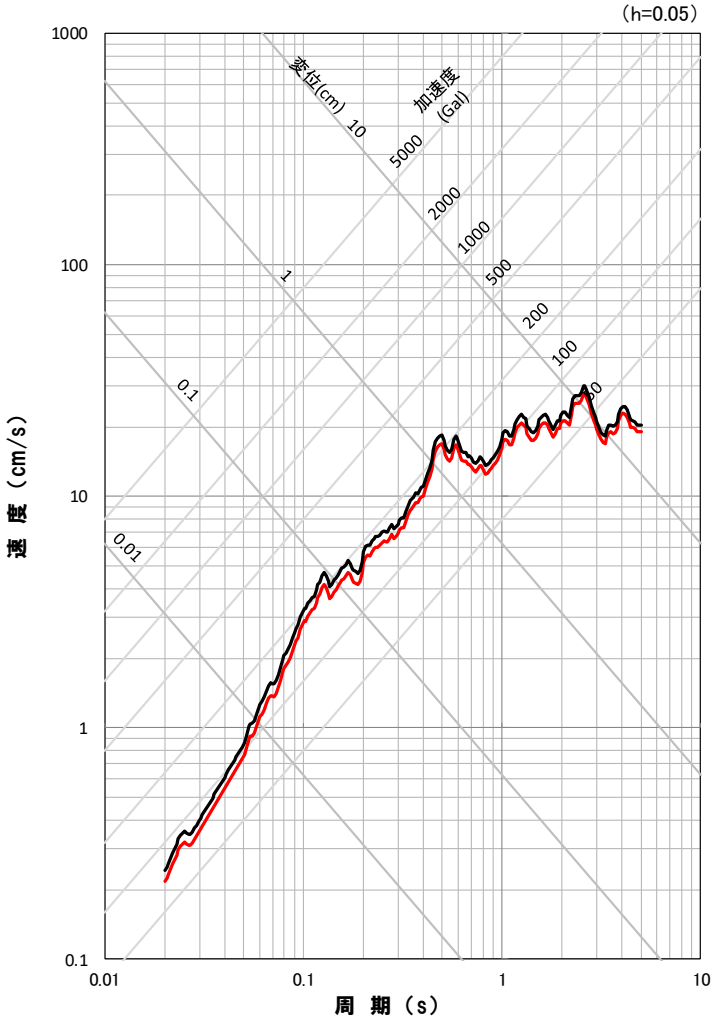
（4）F_B－2断層による地震

再掲（R3.7.30審査会合資料）

応答スペクトルに基づく地震動評価結果



応答スペクトル図（水平方向）



応答スペクトル図（鉛直方向）

基本震源モデル
不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）

※ 基本モデル（M8.2，Xeq＝98km）の評価結果は，不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）（M8.2，Xeq＝107km）の評価結果を包絡していることから，基本モデルの評価結果で代表させる。

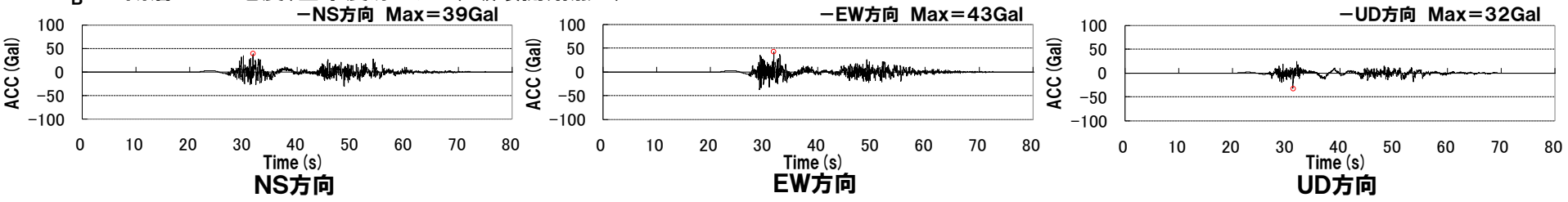
4．3 検討用地震の地震動評価

（4）F_B－2断層による地震

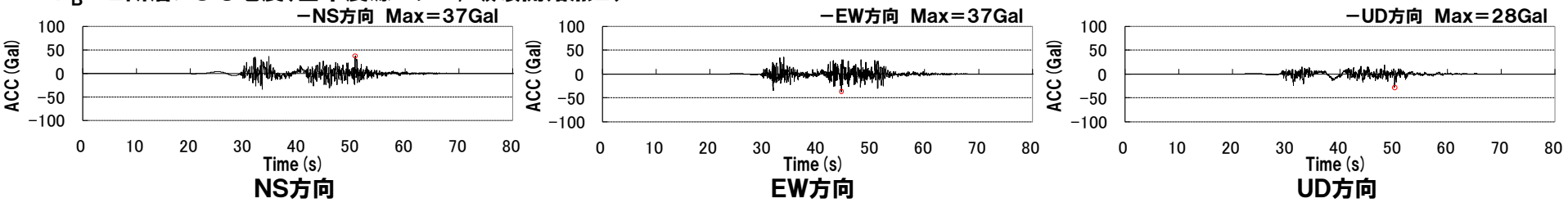
再掲（R3.7.30審査会合資料）

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（基本震源モデル）
加速度波形

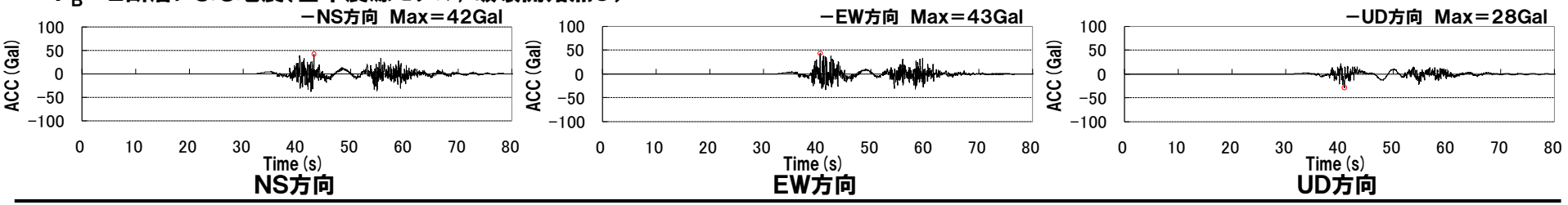
F_B－2断層による地震（基本震源モデル，破壊開始点１）



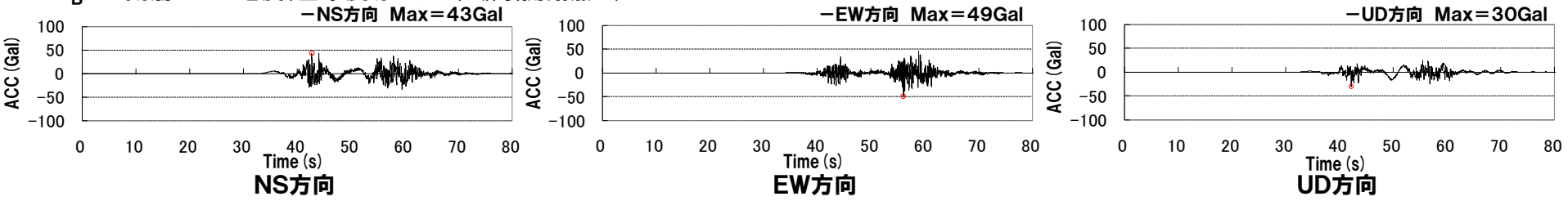
F_B－2断層による地震（基本震源モデル，破壊開始点２）



F_B－2断層による地震（基本震源モデル，破壊開始点３）



F_B－2断層による地震（基本震源モデル，破壊開始点４）



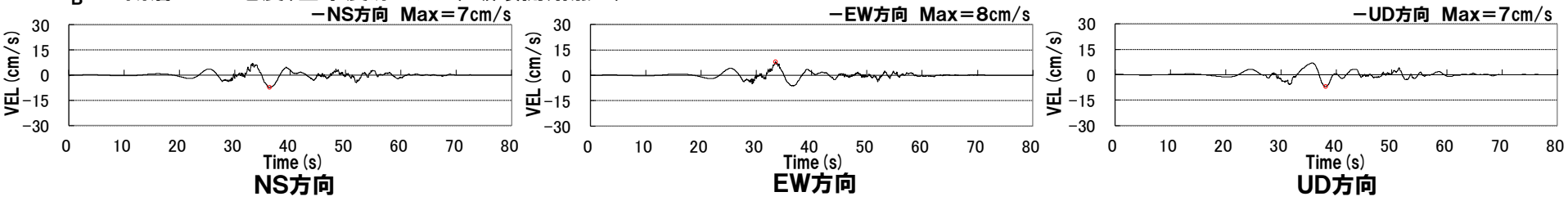
4．3 検討用地震の地震動評価

（4）F_B－2断層による地震

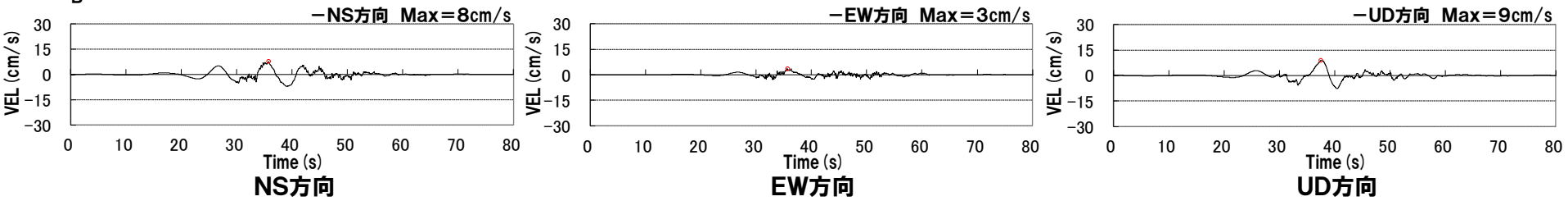
再掲（R3.7.30審査会合資料）

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（基本震源モデル）
速度波形

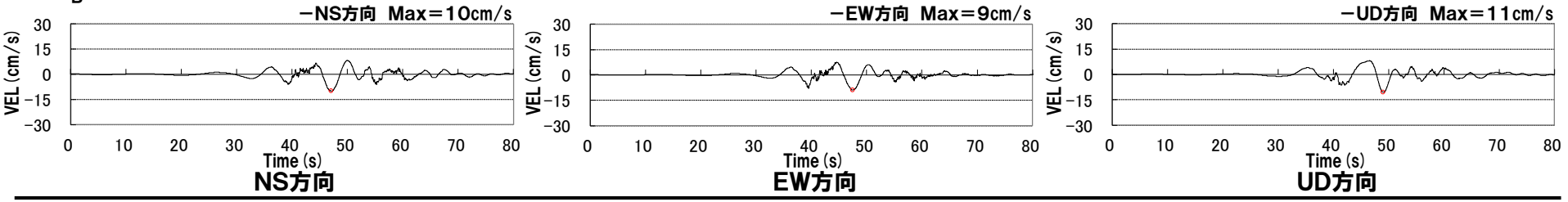
F_B－2断層による地震（基本震源モデル，破壊開始点１）



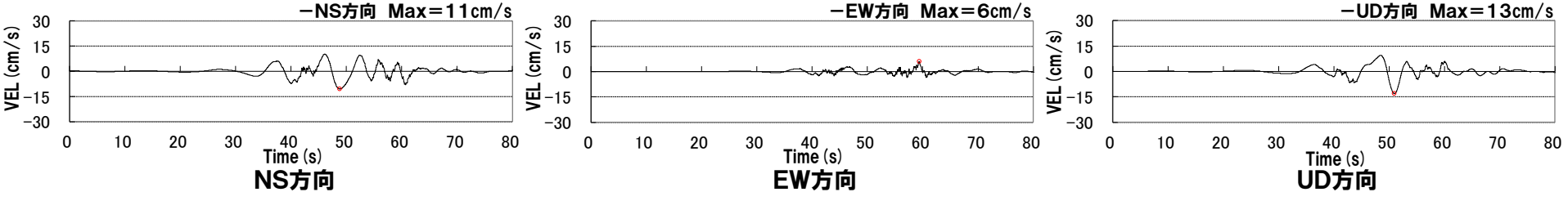
F_B－2断層による地震（基本震源モデル，破壊開始点２）



F_B－2断層による地震（基本震源モデル，破壊開始点３）



F_B－2断層による地震（基本震源モデル，破壊開始点４）

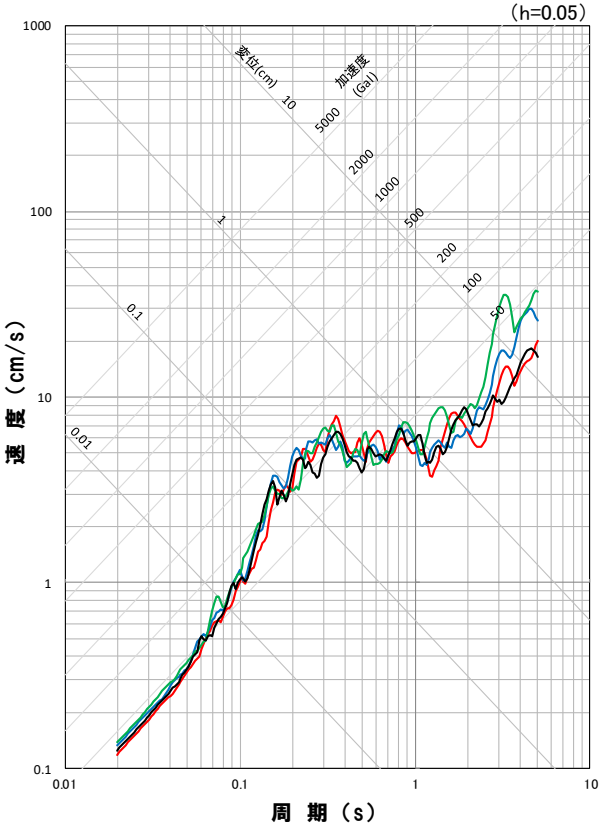


4．3 検討用地震の地震動評価

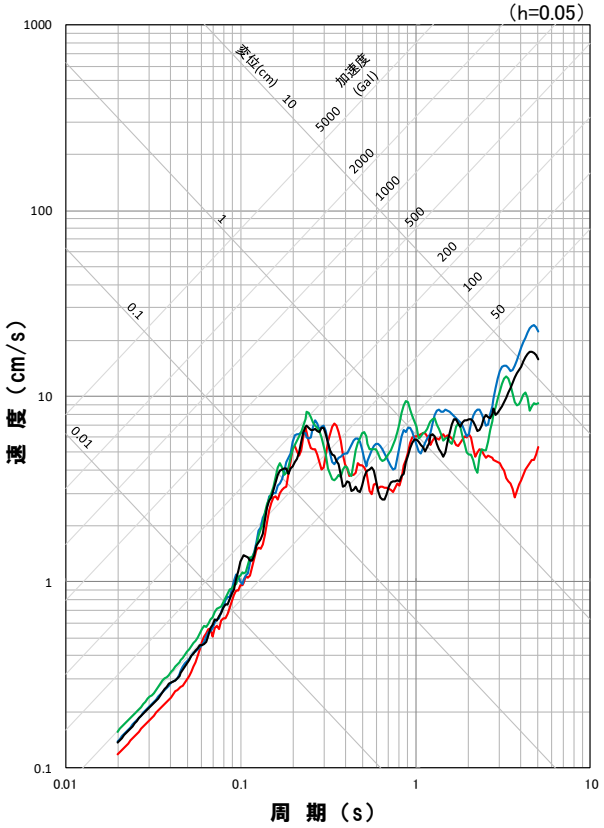
（4）F_B－2断層による地震

再掲（R3.7.30審査会合資料）

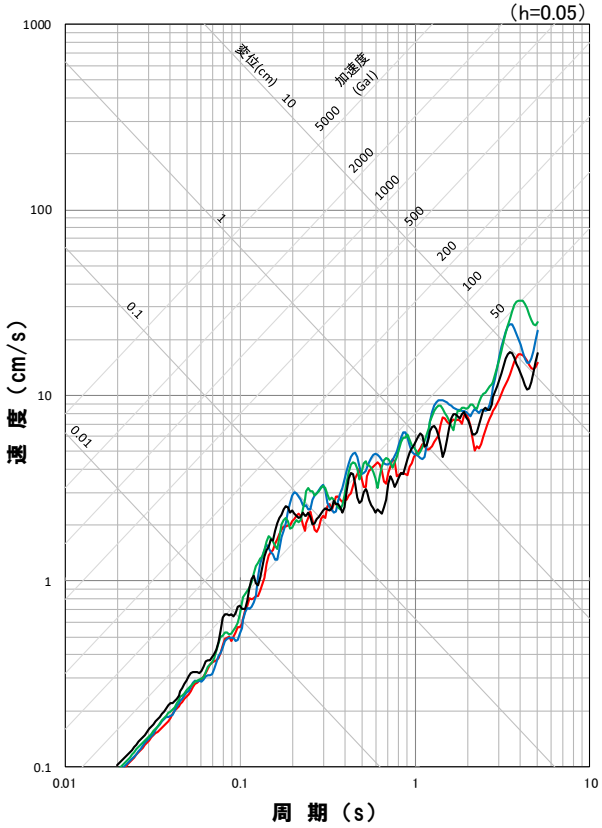
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（基本震源モデル）
応答スペクトル



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）



応答スペクトル図（UD方向）

地震動評価結果
- 基本震源モデル,破壊開始点1
- 基本震源モデル,破壊開始点2
- 基本震源モデル,破壊開始点3
- 基本震源モデル,破壊開始点4

※ハイブリッド合成法における接続周期：2.5秒
（統計的グリーン関数法による地震動評価結果と波数積分法による地震動評価結果を踏まえて，接続周期を2.5秒とした）

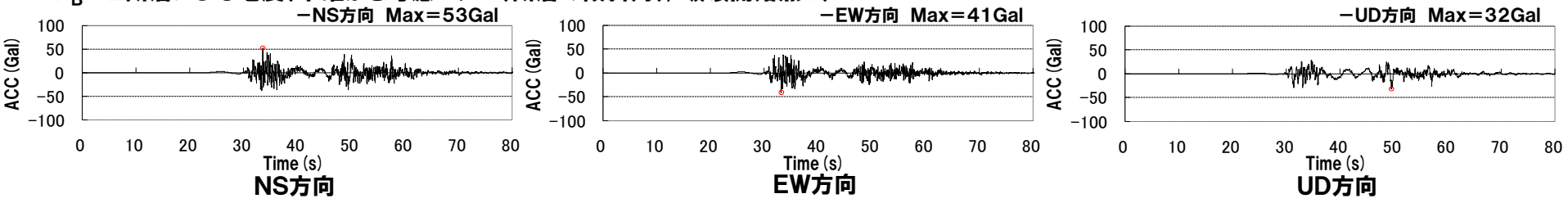
4．3 検討用地震の地震動評価

（4）F_B－2断層による地震

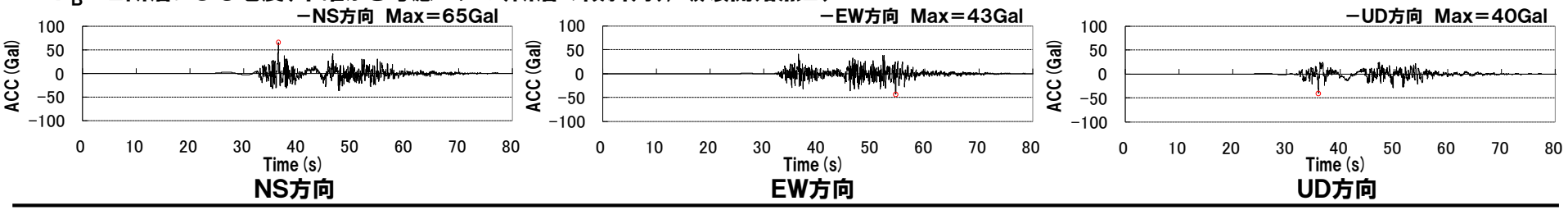
再掲（R3.7.30審査会合資料）

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角））
加速度波形

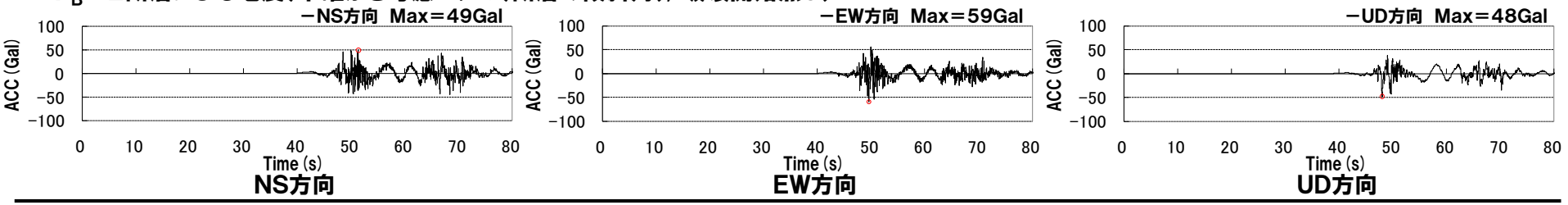
F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点１）



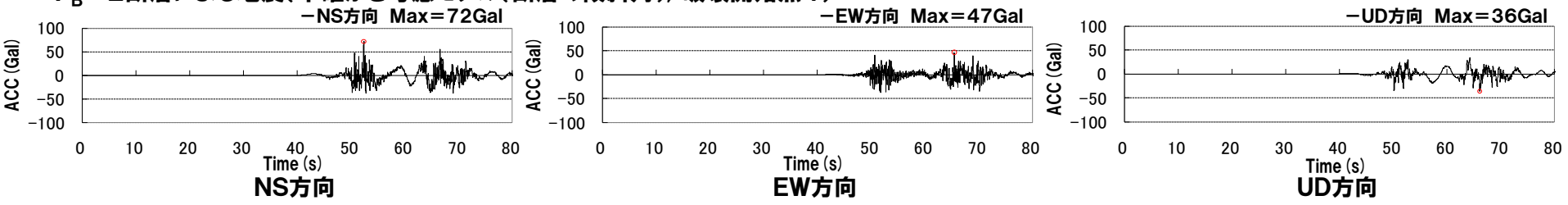
F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点２）



F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点３）



F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点４）



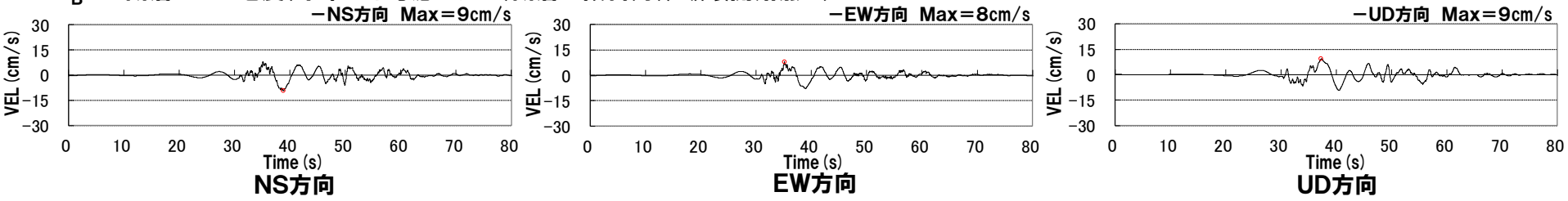
4．3 検討用地震の地震動評価

（4）F_B－2断層による地震

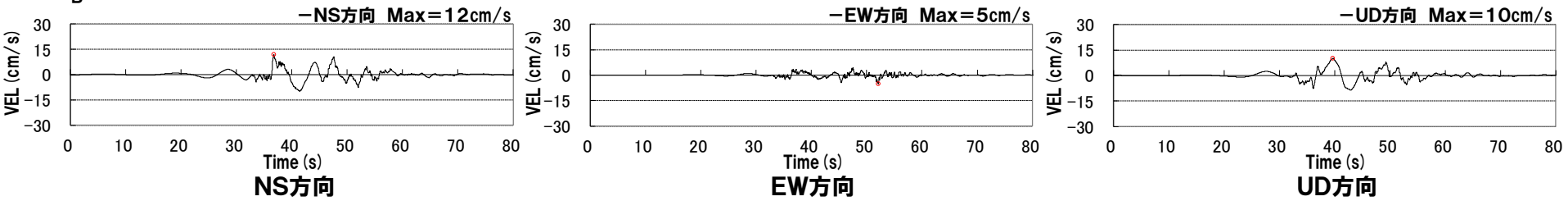
再掲（R3.7.30審査会合資料）

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角））
速度波形

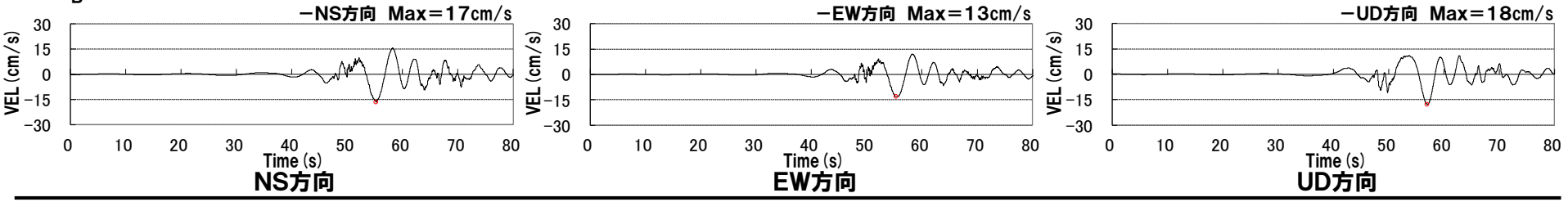
F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点１）



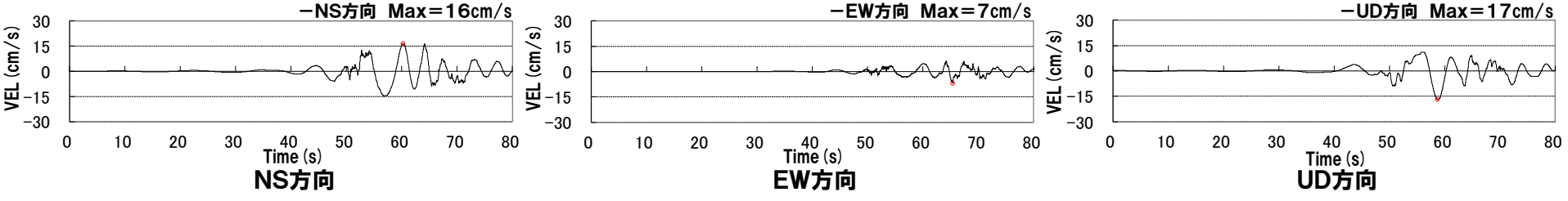
F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点２）



F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点３）



F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点４）

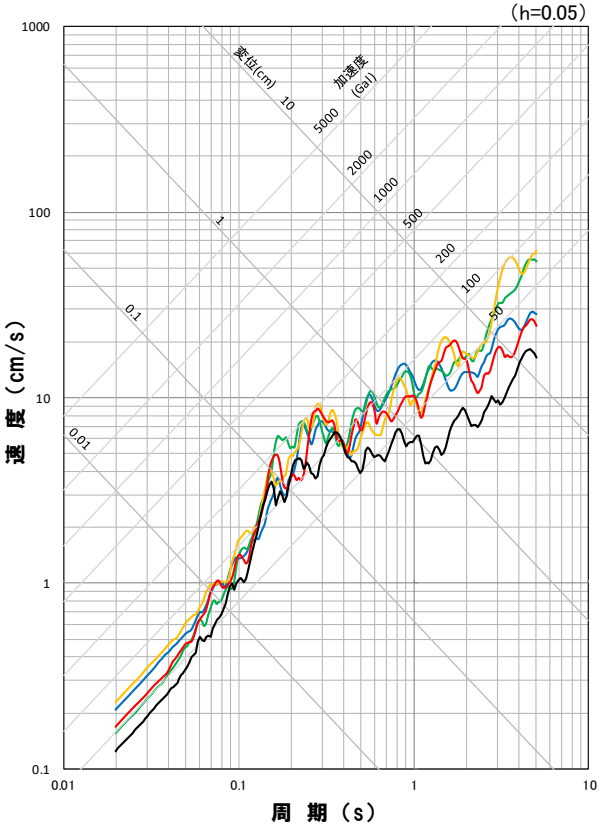


4．3 検討用地震の地震動評価

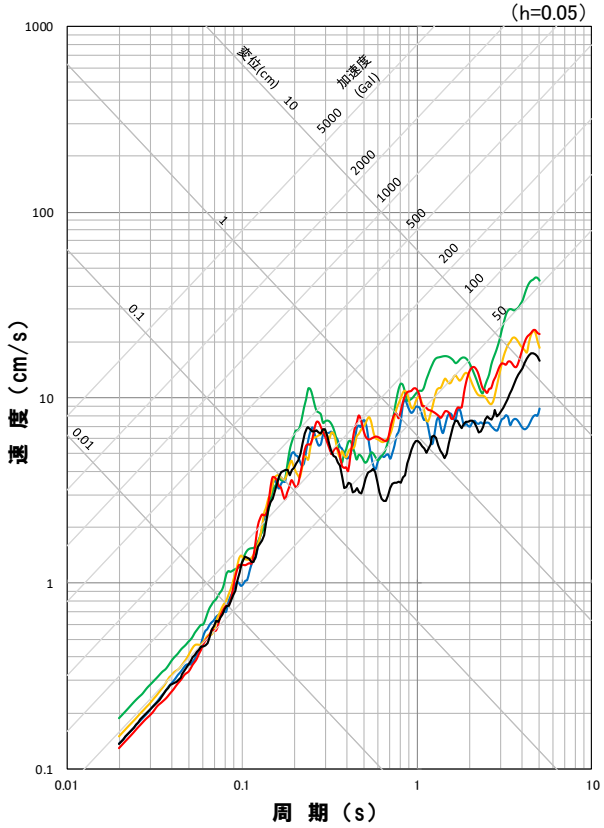
（4）F_B－2断層による地震

再掲（R3.7.30審査会合資料）

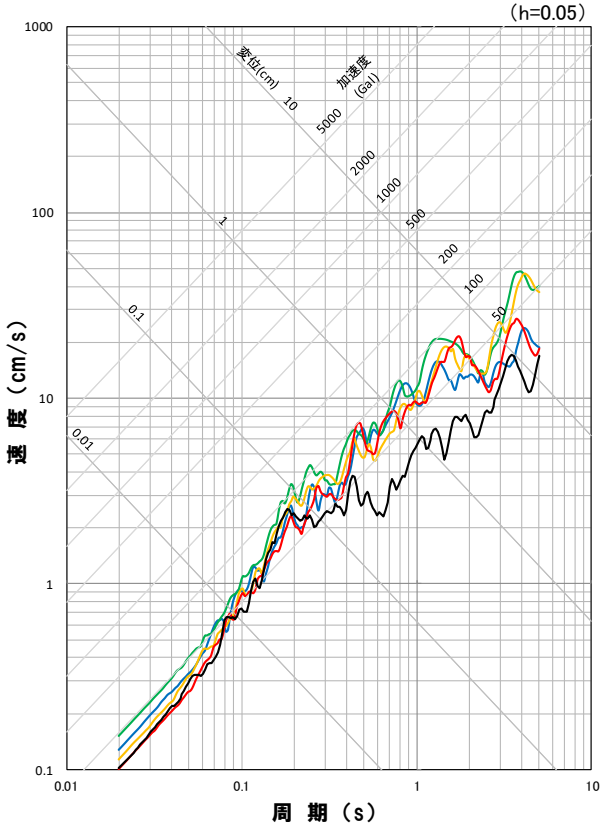
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角））
応答スペクトル



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）



応答スペクトル図（UD方向）

地震動評価結果
- 基本震源モデル,破壊開始点1
- 不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）,破壊開始点1
- 不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）,破壊開始点2
- 不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）,破壊開始点3
- 不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）,破壊開始点4

※ハイブリッド合成法における接続周期：2.5秒
（統計的グリーン関数法による地震動評価結果と波数積分法による地震動評価結果を踏まえて，接続周期を2.5秒とした）

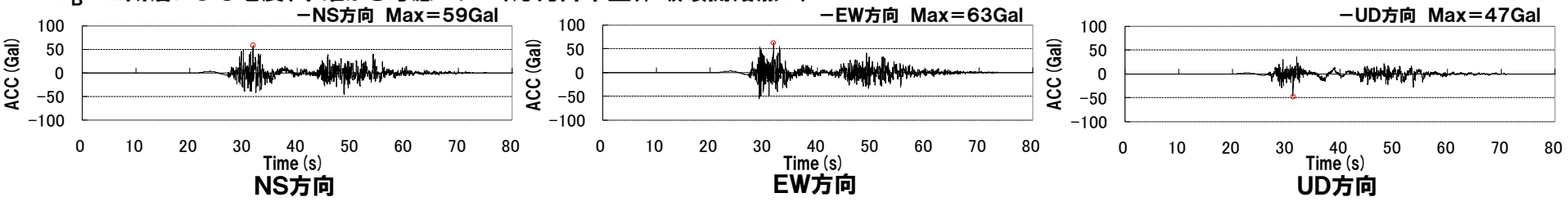
4．3 検討用地震の地震動評価

（4）F_B－2断層による地震

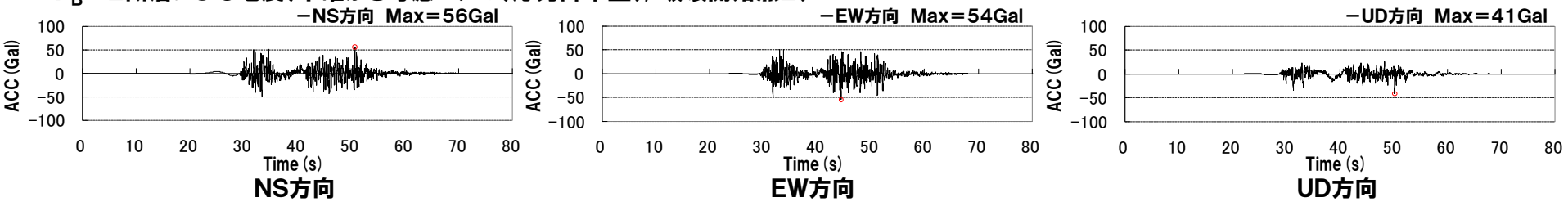
再掲（R3.7.30審査会合資料）

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（応力降下量））
加速度波形

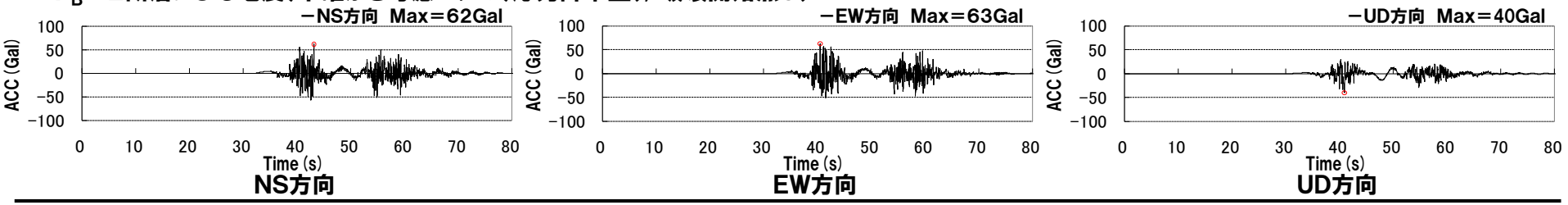
F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点１）



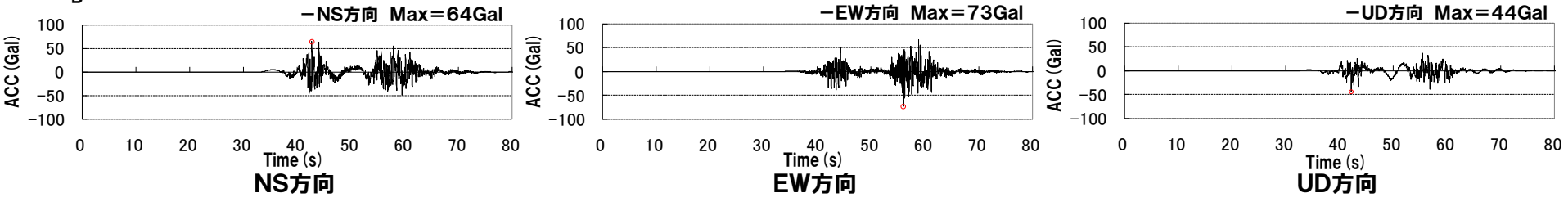
F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点２）



F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点３）



F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点４）



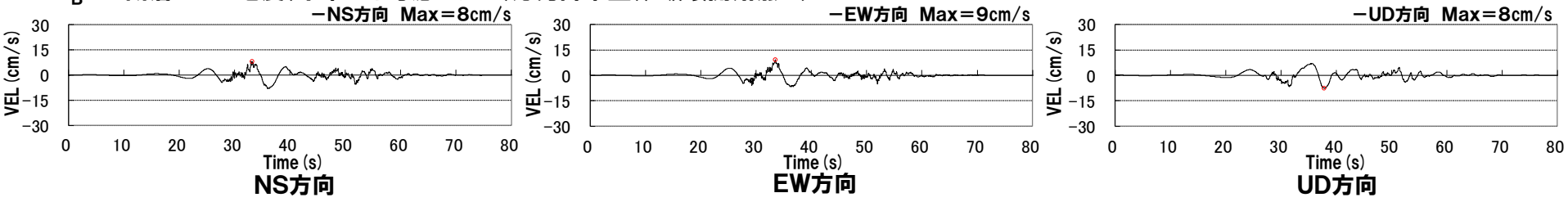
4．3 検討用地震の地震動評価

（4）F_B－2断層による地震

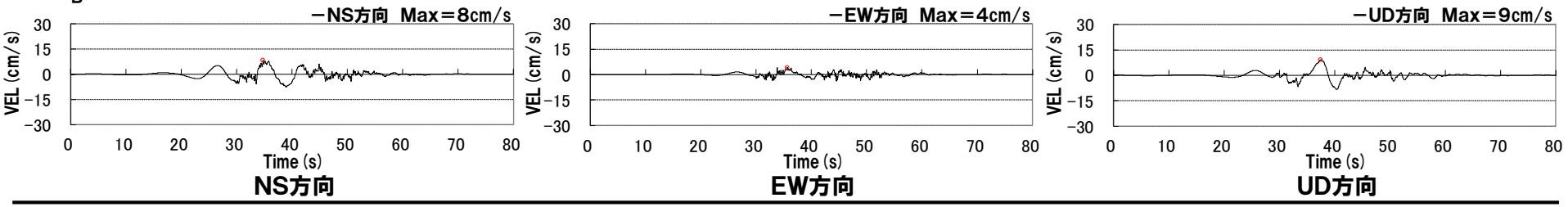
再掲（R3.7.30審査会合資料）

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（応力降下量））
速度波形

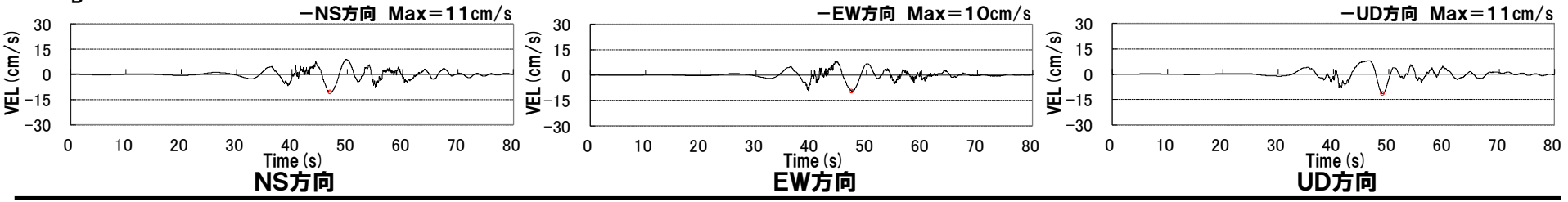
F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点１）



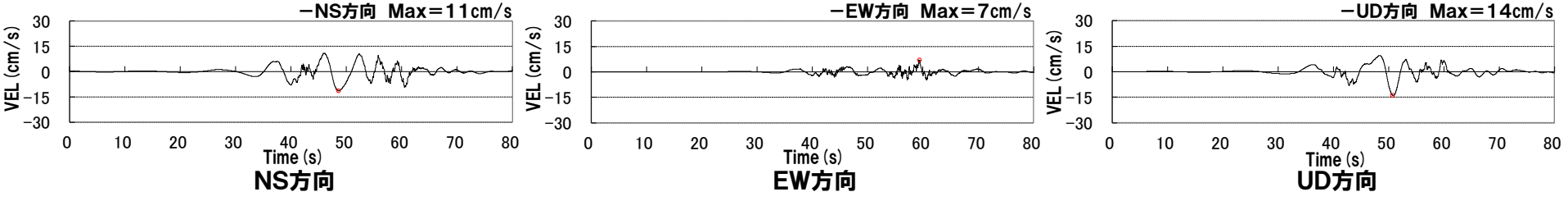
F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点２）



F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点３）



F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点４）

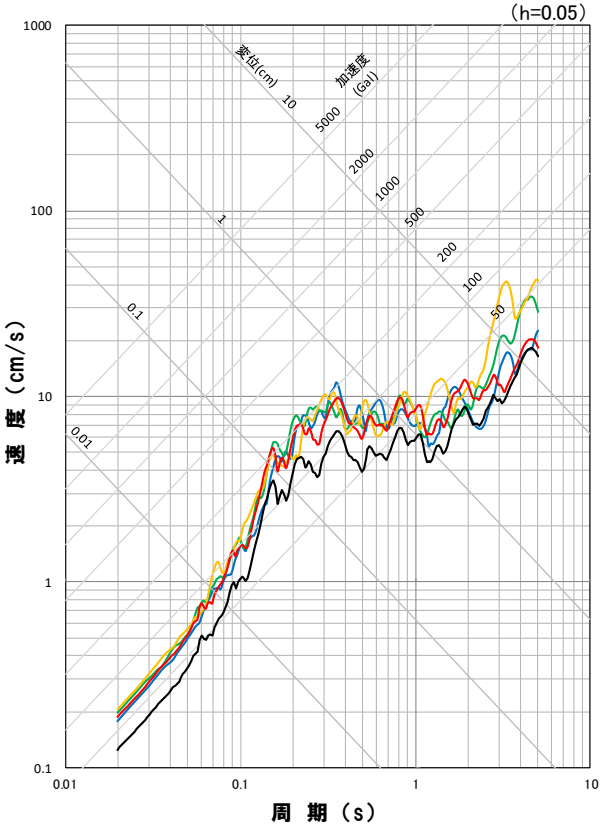


4．3 検討用地震の地震動評価

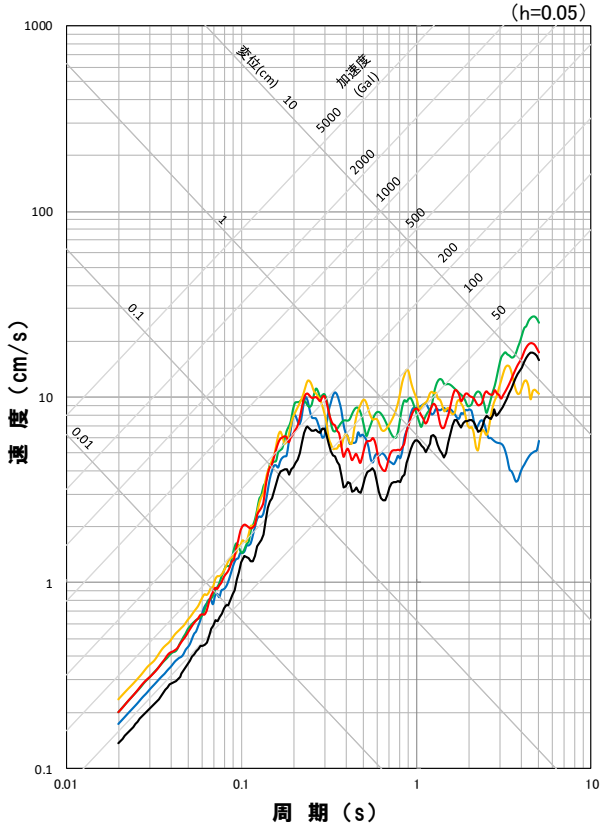
（4）F_B－2断層による地震

再掲（R3.7.30審査会合資料）

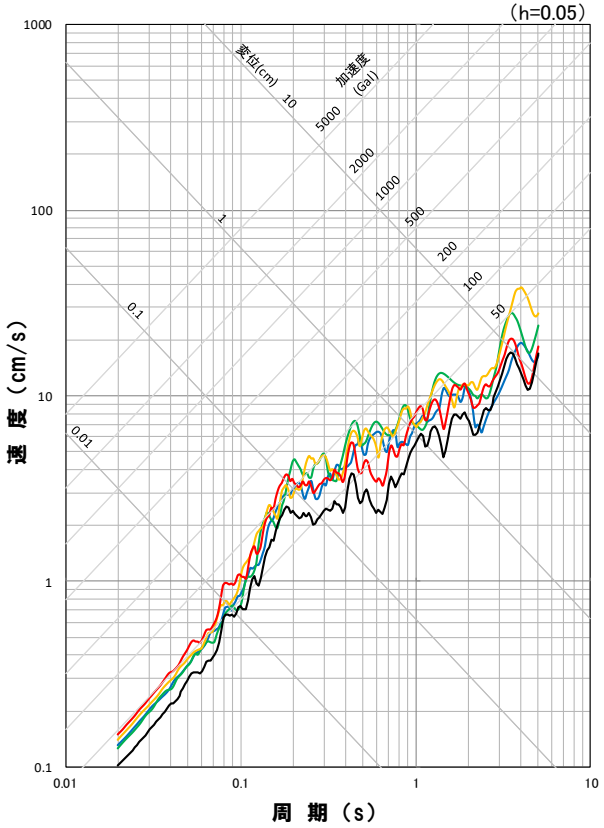
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（応力降下量））
応答スペクトル



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）



応答スペクトル図（UD方向）

地震動評価結果
- 基本震源モデル,破壊開始点1
- 不確かさ考慮モデル（応力降下量）,破壊開始点1
- 不確かさ考慮モデル（応力降下量）,破壊開始点2
- 不確かさ考慮モデル（応力降下量）,破壊開始点3
- 不確かさ考慮モデル（応力降下量）,破壊開始点4

※ハイブリッド合成法における接続周期：2.5秒
（統計的グリーン関数法による地震動評価結果と波数積分法による地震動評価結果を踏まえて，接続周期を2.5秒とした）

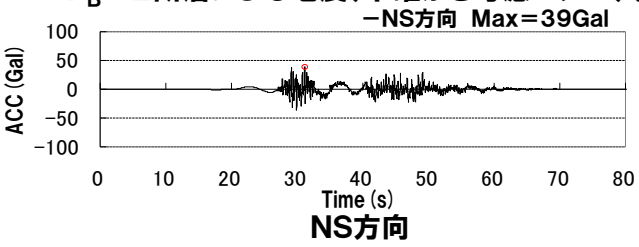
4．3 検討用地震の地震動評価

（4）F_B－2断層による地震

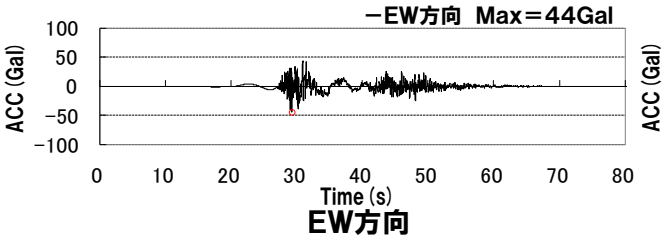
再掲（R3.7.30審査会合資料）

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度））
加速度波形

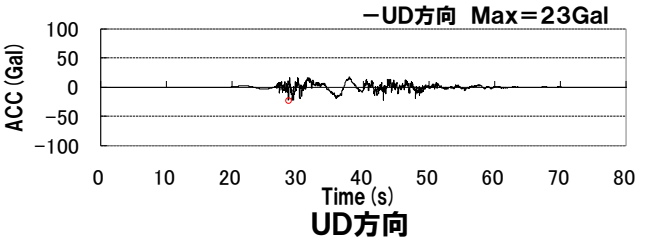
F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度），破壊開始点１）



NS方向

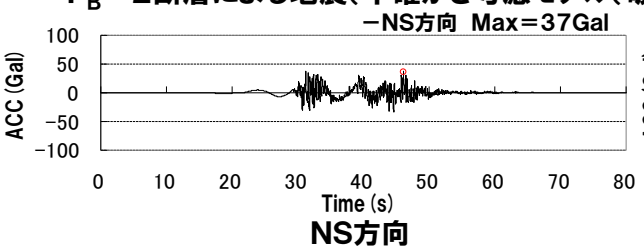


EW方向

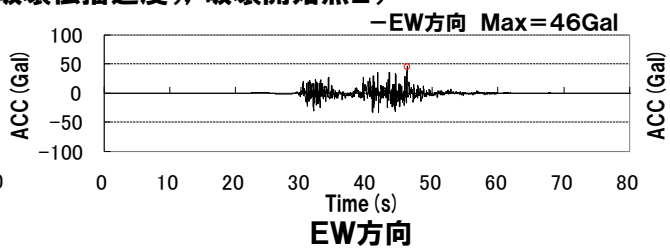


UD方向

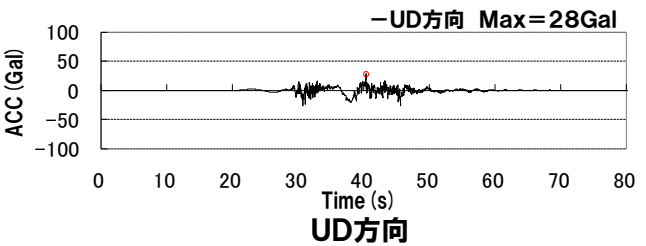
F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度），破壊開始点２）



NS方向

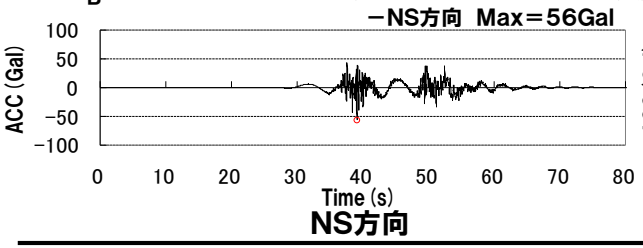


EW方向

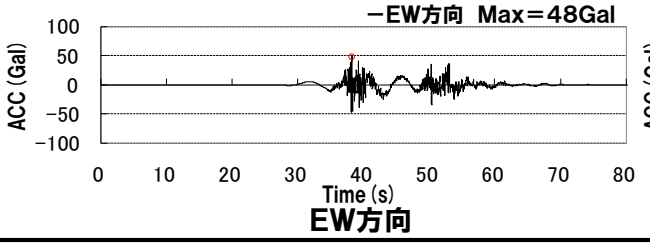


UD方向

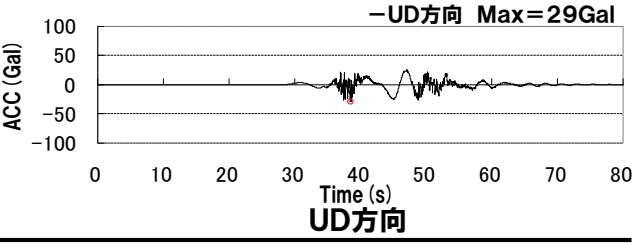
F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度），破壊開始点３）



NS方向

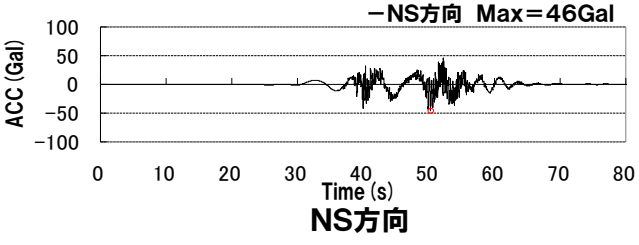


EW方向

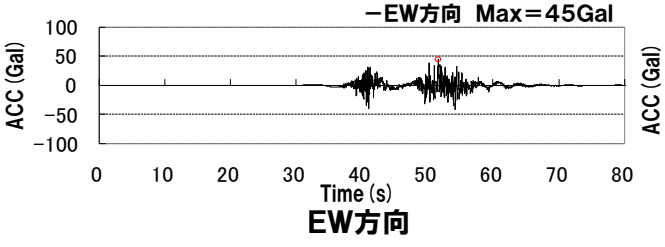


UD方向

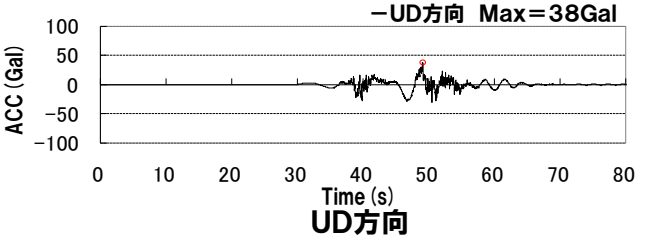
F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度），破壊開始点４）



NS方向



EW方向



UD方向

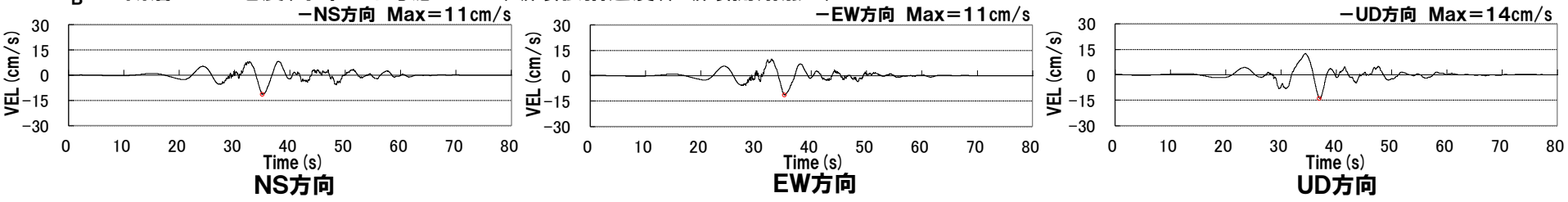
4．3 検討用地震の地震動評価

（4）F_B－2断層による地震

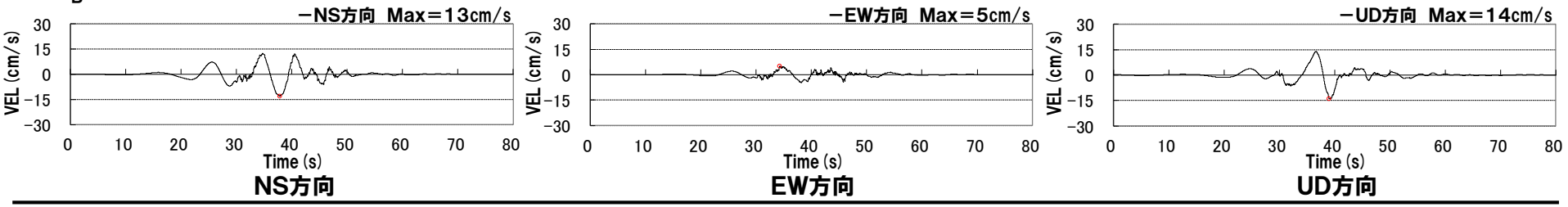
再掲（R3.7.30審査会合資料）

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度））
速度波形

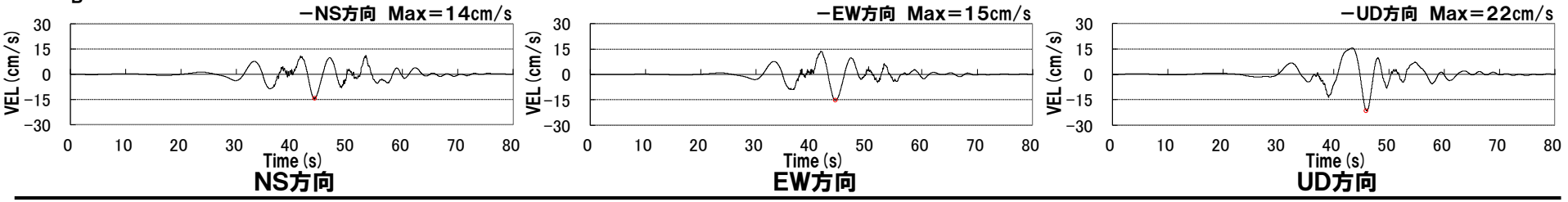
F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度），破壊開始点１）



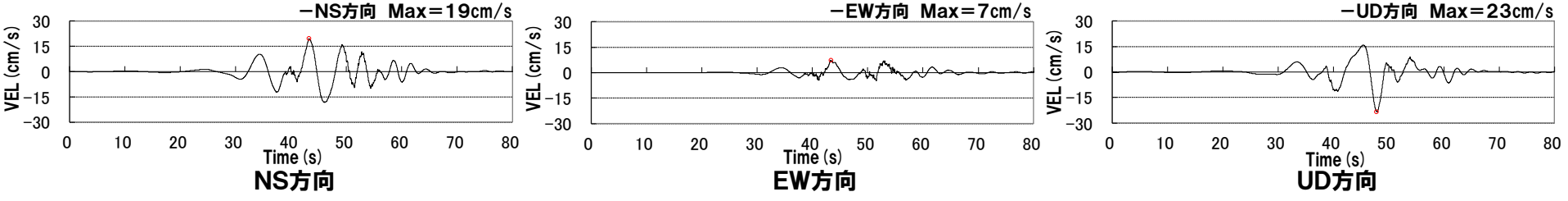
F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度），破壊開始点２）



F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度），破壊開始点３）



F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度），破壊開始点４）

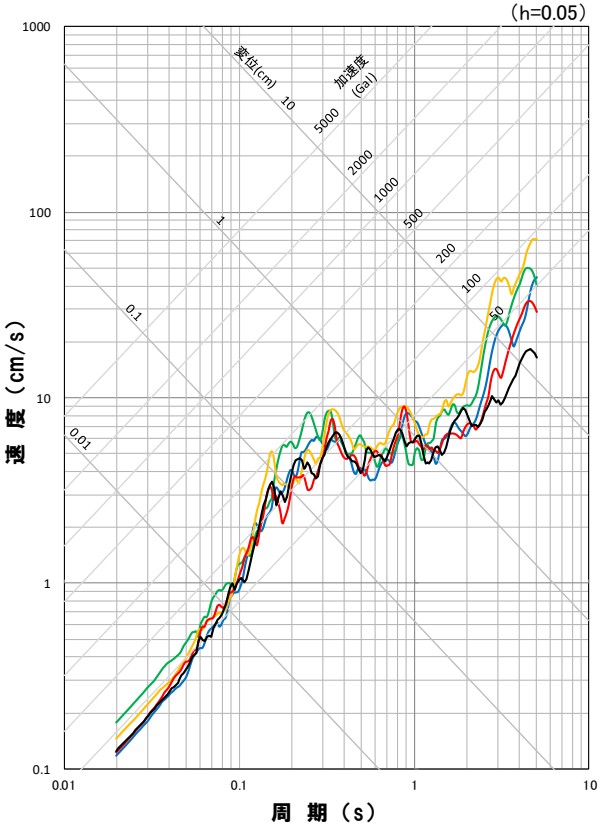


4．3 検討用地震の地震動評価

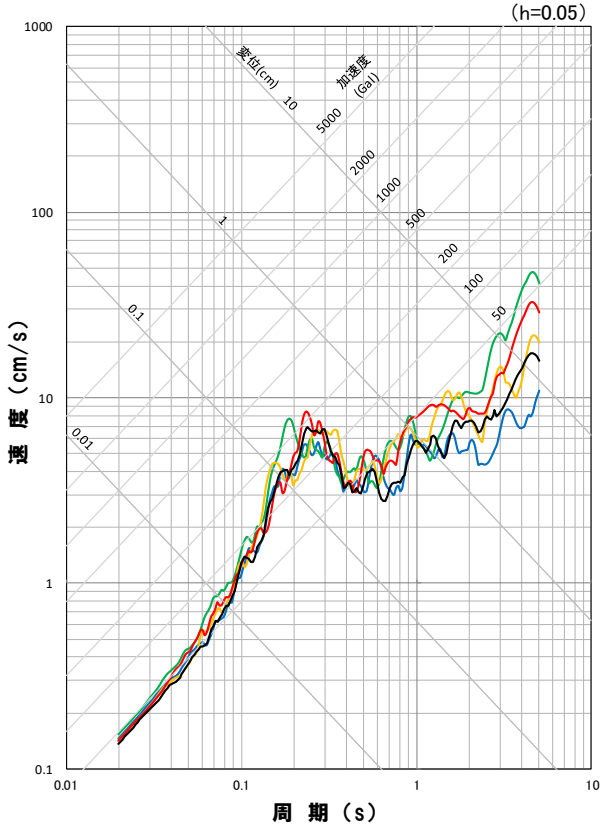
（4）F_B－2断層による地震

再掲（R3.7.30審査会合資料）

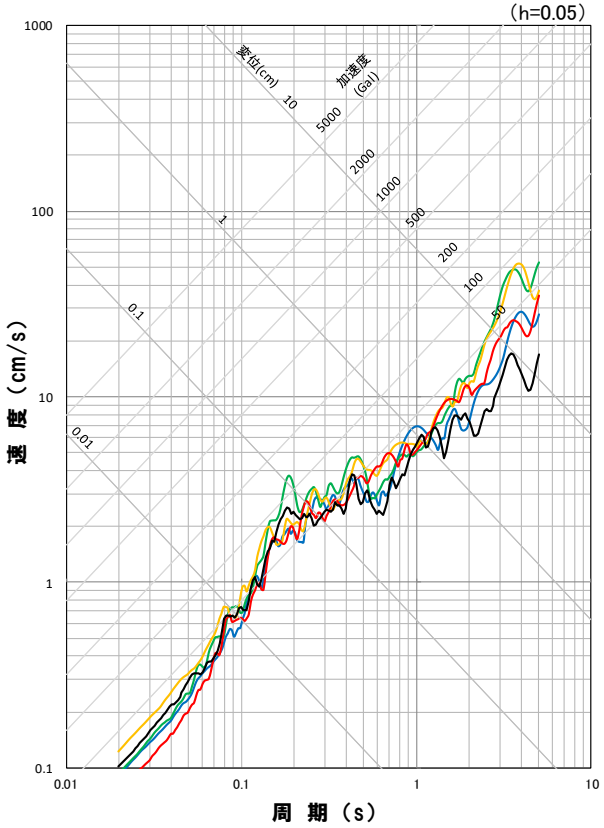
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度））
応答スペクトル



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）



応答スペクトル図（UD方向）

地震動評価結果
- 基本震源モデル,破壊開始点1
- 不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度）,破壊開始点1
- 不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度）,破壊開始点2
- 不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度）,破壊開始点3
- 不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度）,破壊開始点4

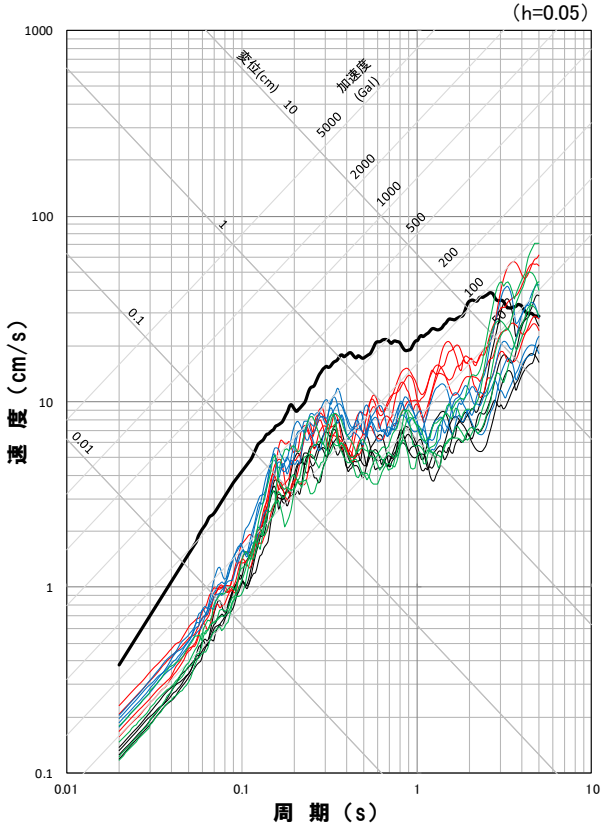
※ハイブリッド合成法における接続周期：2.5秒
（統計的グリーン関数法による地震動評価結果と波数積分法による地震動評価結果を踏まえて，接続周期を2.5秒とした）

4．3 検討用地震の地震動評価

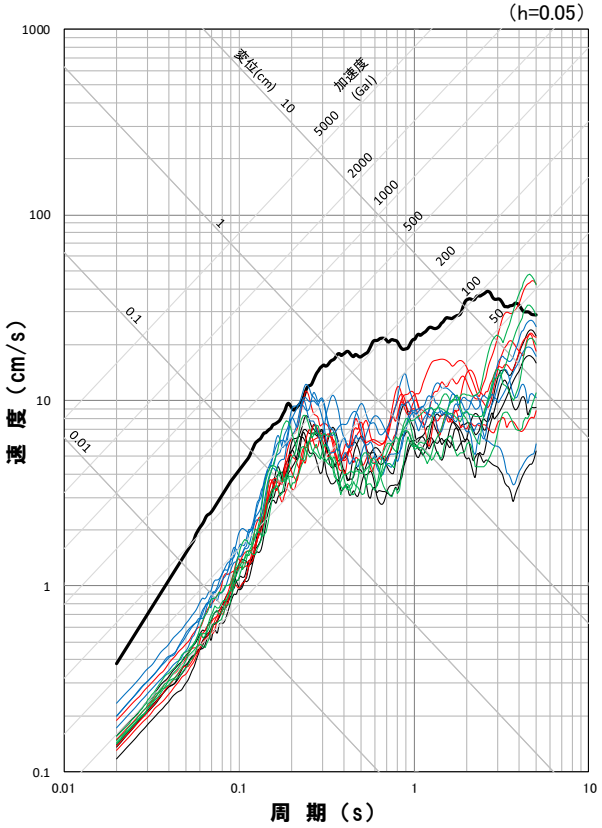
（4）F_B－2断層による地震

再掲（R3.7.30審査会合資料）

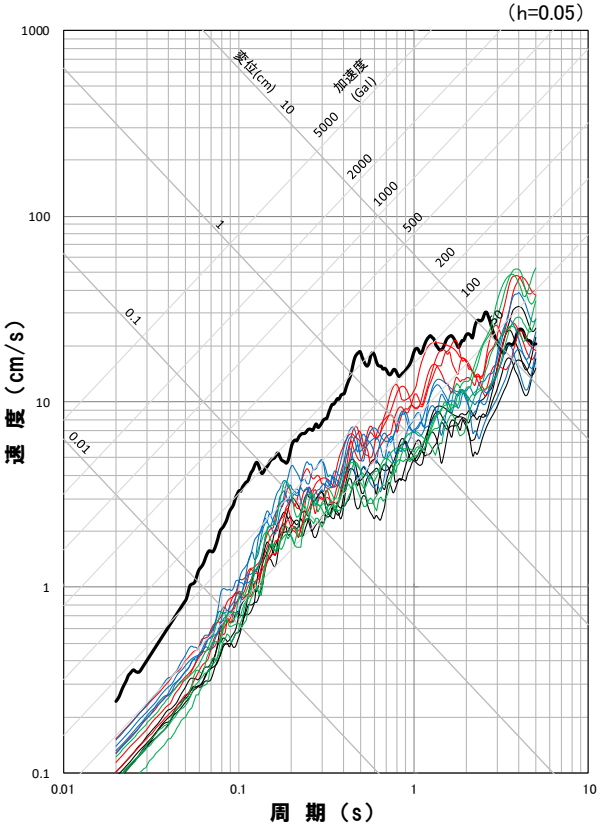
地震動評価結果



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）



応答スペクトル図（UD方向）

地震動評価結果
- 基本震源モデル
- 不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）
- 不確かさ考慮モデル（応力降下量）
- 不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度）

※太線は応答スペクトルに基づく地震動評価結果

4．3 検討用地震の地震動評価

（4）F_B－2断層による地震

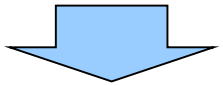
210

一部加筆修正（H27.12.25審査会合資料）

経験的グリーン関数法を用いた地震動評価方針

○「F_B－2断層による地震」の地震動評価
断層モデルを用いた手法による地震動評価においては，要素地震として適切な観測記録が得られていないことから，以下の手法に基づき地震動評価を実施している。

・ハイブリッド合成法
　・短周期領域は統計的グリーン関数法
　・長周期領域は理論的手法



○F_B－2断層の位置する日本海東縁部で発生した1993年北海道南西沖地震およびその余震については，要素地震として適切な地震規模等の地震ではないものの，敷地で地震観測記録が得られていることから，審査会合での指摘事項を踏まえ，地震規模等を再度確認した上で，この地震観測記録を要素地震とする，F_B－2断層による地震の経験的グリーン関数法を用いた地震動評価も実施する。

4．3 検討用地震の地震動評価

（4）F_B－2断層による地震

一部加筆修正（H27.12.25審査会合資料）

要素地震の選定

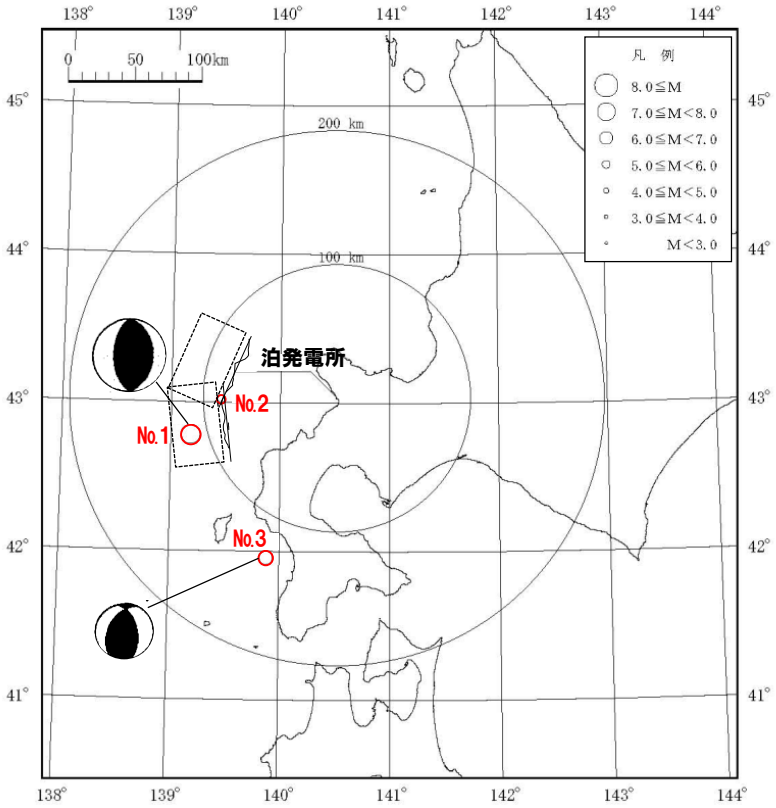
○敷地で観測された，1993年北海道南西沖地震およびその余震を用いて，経験的グリーン関数法を用いた地震動評価を実施する。
○要素地震は，適切な規模の地震であること，F_B－2断層の近傍で発生した地震であることを考慮して選定する。

・No.1：「F_B－2断層による地震」と規模が同等であることから，要素地震として選定しない。

・No.2：要素地震としては規模がやや小さく適切ではないと考えられるものの，この地震を要素地震とする経験的グリーン関数法を用いた地震動評価を実施する。

・No.3：震央位置が「F_B－2断層による地震」の断層面から離れていることから，要素地震として選定しない。

敷地における地震観測記録



No.	年月日	震央位置		深さ (km)	マグニチュード M	震央距離 (km)	地　名（地震名）
		東経（°）	北緯（°）				
1	1993. 7.12	139.180°	42.782°	35	7.8	113	北海道南西沖（1993年北海道南西沖地震）
2	1993. 7.12	139.457°	43.022°	35	5.4	86	北海道南西沖（1993年北海道南西沖地震・余震）
3	1993. 8. 8	139.882°	41.958°	24	6.3	131	北海道南西沖（1993年北海道南西沖地震・最大余震）

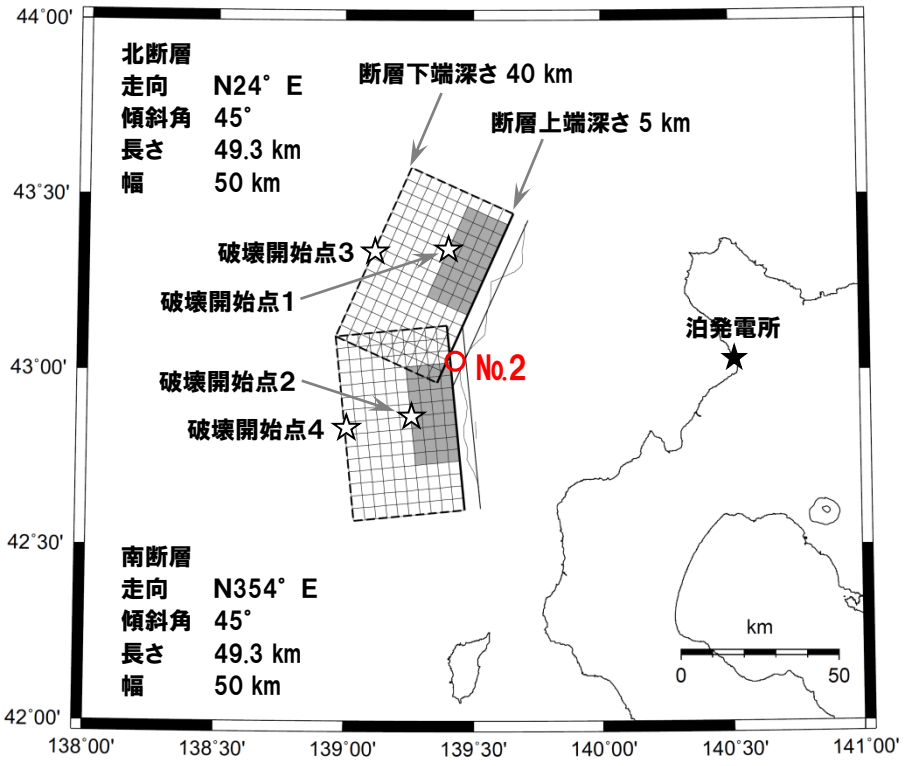
※ 地震の諸元は気象庁地震カタログ

※ メカニズム解：No.1は，ハーバード大学，No.3は，岩田ほか（1994）による。
なお，No.2は，メカニズム解に関する知見はない。

4．3 検討用地震の地震動評価
（4）F_B－2断層による地震

再掲（R3.7.30審査会合資料）

経験的グリーン関数法を用いた地震動評価（震源モデル，断層パラメータ）



※モデル上のアスペリティ面積
1254.4km²

項 目		設定値	設定方法
断層原点（地表トレース原点）		北緯 43.036° 東経 139.470° 北緯 42.606° 東経 139.527°	地質調査結果による北断層南端 地質調査結果による南断層南端
走向		北断層：N 24° E 南断層：N354° E	地質調査結果による北断層の南端～北端 地質調査結果による南断層の南端～北端
傾斜角		45°	断層周辺において発生した地震における傾斜角を参考に 45° と設定
断層長さ		98.7km（49.3km×2）※	地質調査結果に基づき矩形断層として設定
断層幅		50km	断層上下端深さと傾斜角から設定
拡張面積		473.7 km²	$\Delta S=W\times\cos\delta\times\tan(\Delta\theta/2)$，$\Delta\theta=\theta_N-360+\theta_S$
断層面積		5406.4km²	$S=L\times W+\Delta S$
断層上端深さ		5km	Mendoza and Fukuyama（1996）等を参考に設定
断層下端深さ		40km	Mendoza and Fukuyama（1996）等を参考に設定
地震モーメント		5.41E＋20N・m	$M_o=S\times10^{17}$（Murotani et al.（2015））
モーメントマグニチュード		7.8	$LogM_o$（N・m）＝$1.5\times M_w+9.1$
平均応力降下量		3.1MPa	Fujii and Matsu 'ura（2000）
剛性率		4.19E＋10N/m²	$\mu=\rho\times\beta^2$ ρ＝2.9g/cm³：Mendoza and Fukuyama（1996）に基づき設定
平均すべり量		238.7cm	$D=M_o/(\mu\times S)$
S波速度		3.8km/s	β＝3.8km/s：Mendoza and Fukuyama（1996）に基づき設定
破壊伝播速度		2.7km/s	$V_R=0.72\times\beta$ km/s（Geller（1976））
破壊伝播様式		破壊開始点から同心円状	地震調査委員会（2020）に基づき設定
破壊開始点		北断層アスペリティ下端中央（破壊開始点1）	破壊の進行方向が敷地へ向かうように破壊開始点を設定
		南断層アスペリティ下端中央（破壊開始点2）	
		北断層巨視的断層面下端中央（破壊開始点3）	
		南断層巨視的断層面下端中央（破壊開始点4）	
短周期レベル		4.98E＋19N・m/s²	$A=4\times\pi\times(S_a/\pi)^{0.5}\times\Delta\sigma_a\times\beta^2$
アスペリティ	位置	敷地に近い位置の地表付近	地質調査結果を踏まえた上で，敷地に近い位置の地表付近に設定
	数	2 個	北断層及び南断層にそれぞれ 1 個設定
	総面積	1189.4km²	$S_a=0.22\times S$
	平均すべり量	477.3cm	$D_a=\gamma_D\times D$
	地震モーメント	2.38E＋20N・m	$M_{oa}=\mu\times S_a\times D_a$
	応力降下量	14.1MPa	$\Delta\sigma_a=S/S_a\times\Delta\sigma$
背景領域	地震モーメント	3.03E＋20N・m	$M_{ob}=M_o-M_{oa}$
	面積	4217.0km²	$S_b=S-S_a$
	平均すべり量	171.3cm	$D_b=M_{ob}/(\mu\times S_b)$
	実効応力	2.5MPa	$\sigma_b=(D_b/W_b)\times(\pi^{0.5}/D_a)\times r\times\Sigma\gamma_i^3\times\sigma_a$

※ 震源モデルおよび断層パラメータは，ハイブリッド合成法に用いたものと同様。

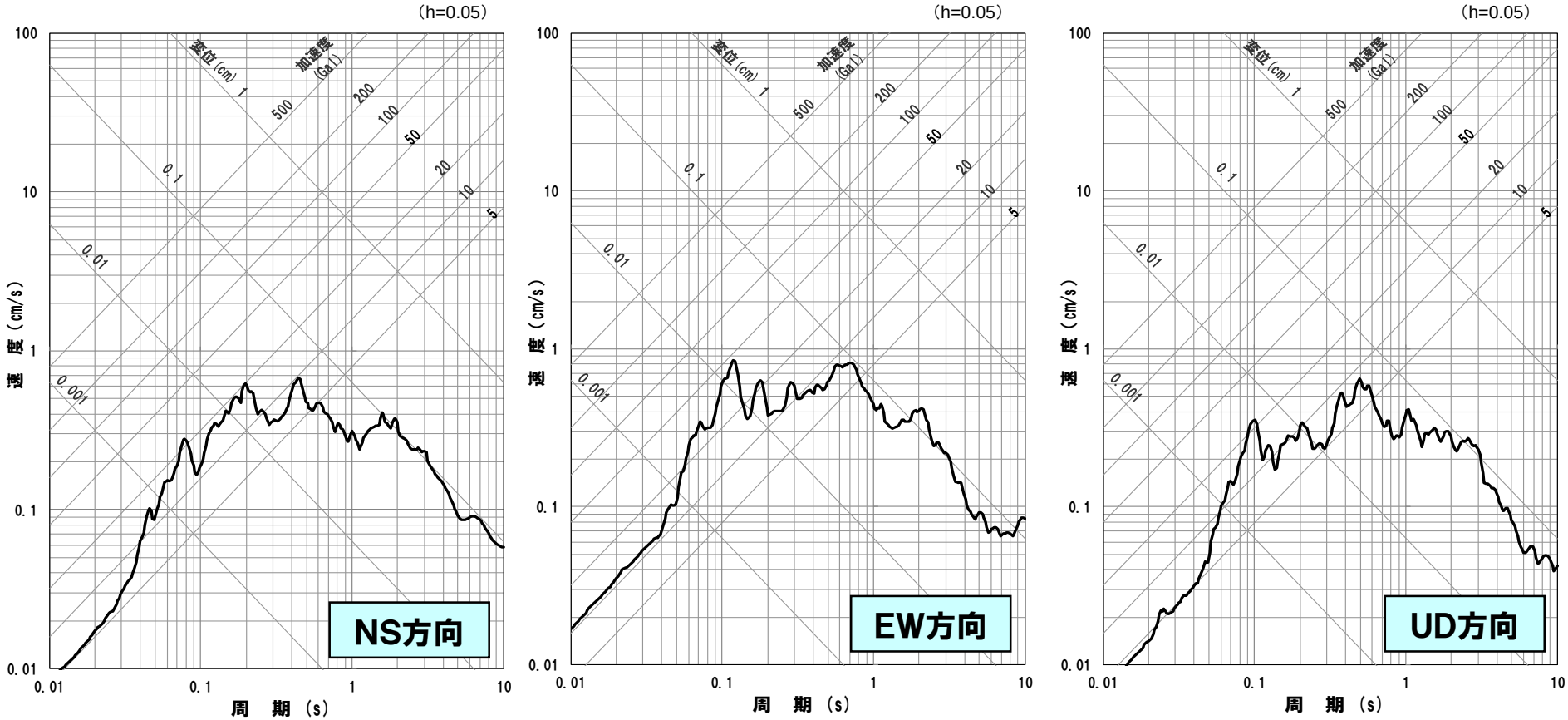
4．3 検討用地震の地震動評価

（4）F_B－2断層による地震

再掲（H27.12.25審査会合資料）

経験的グリーン関数法を用いた地震動評価（要素地震の応答スペクトル）

○1993年北海道南西沖地震の余震（M5.4，Δ＝86km）の地震観測記録のはぎとり波（標高±0mより上部の地盤の影響を取り除いた波）を要素地震とする。



※1　標高±0mより上部の地盤の影響を取り除いた応答スペクトル

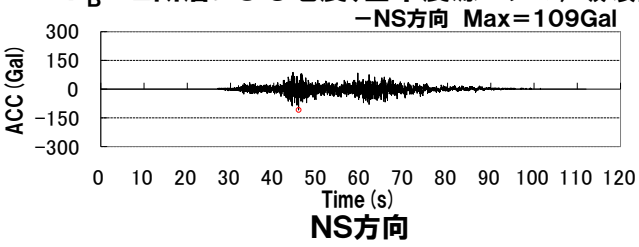
4．3 検討用地震の地震動評価

（4）F_B－2断層による地震

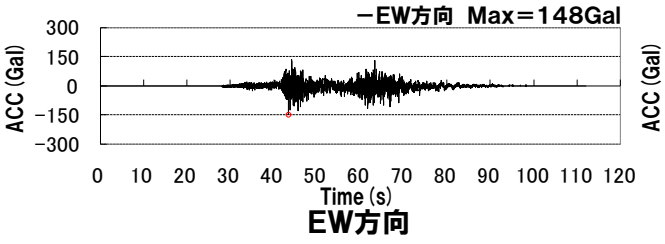
再掲（R3.7.30審査会合資料）

経験的グリーン関数法を用いた地震動評価結果（基本震源モデル）
加速度波形

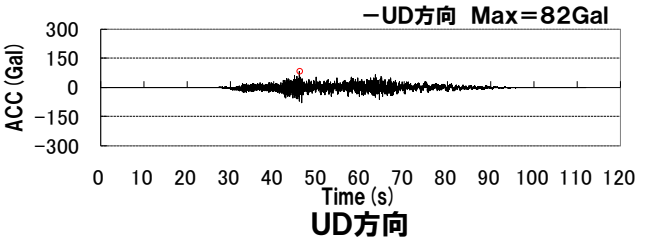
F_B－2断層による地震（基本震源モデル，破壊開始点１）（経験的グリーン関数法）



NS方向

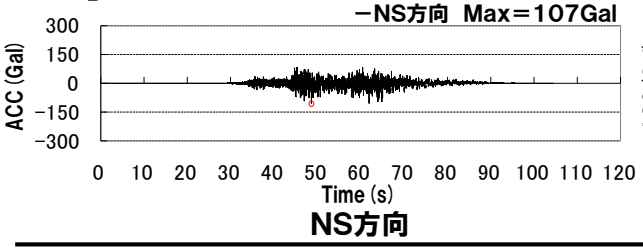


EW方向

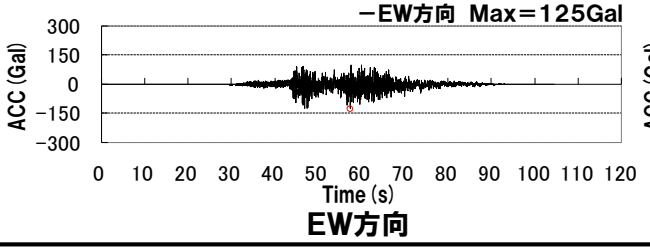


UD方向

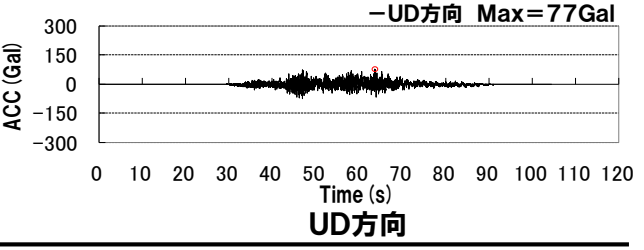
F_B－2断層による地震（基本震源モデル，破壊開始点２）（経験的グリーン関数法）



NS方向

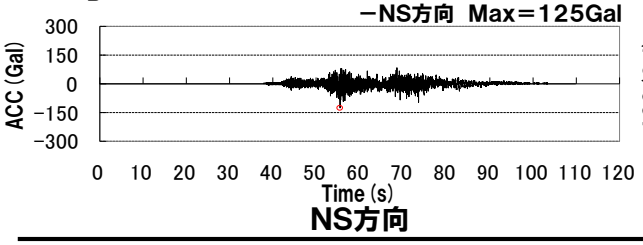


EW方向

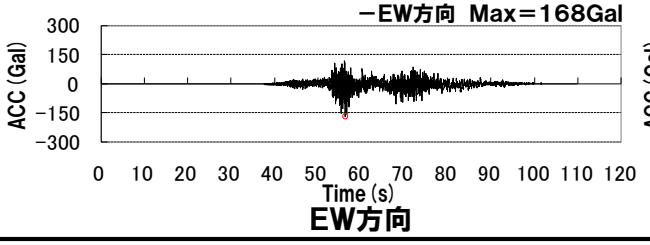


UD方向

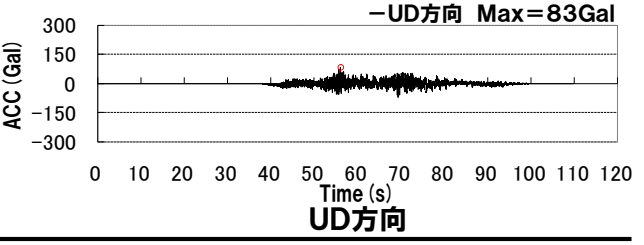
F_B－2断層による地震（基本震源モデル，破壊開始点３）（経験的グリーン関数法）



NS方向

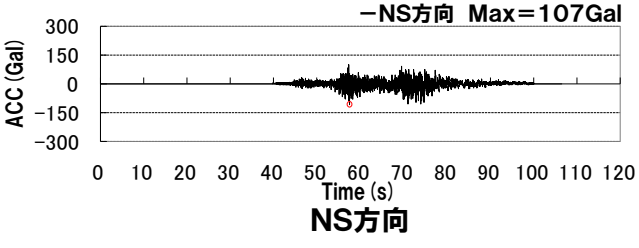


EW方向

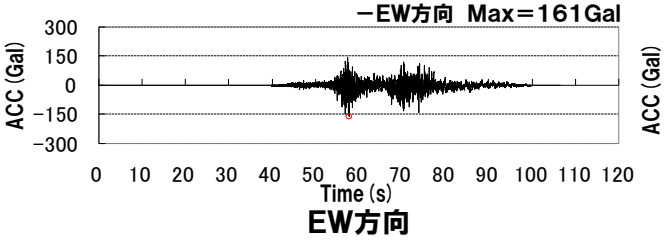


UD方向

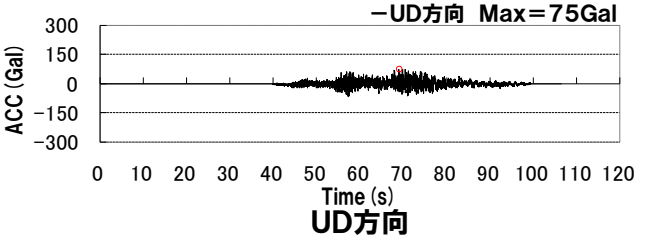
F_B－2断層による地震（基本震源モデル，破壊開始点４）（経験的グリーン関数法）



NS方向



EW方向



UD方向

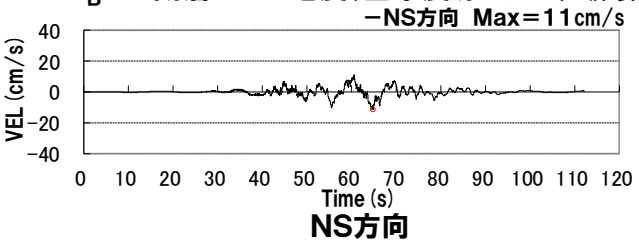
4．3 検討用地震の地震動評価

（4）F_B－2断層による地震

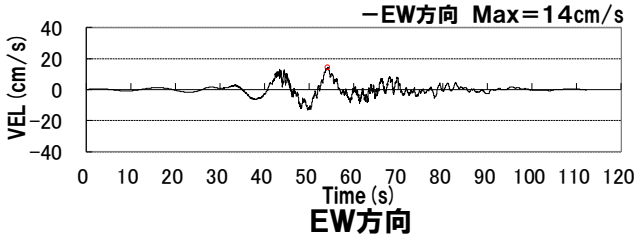
再掲（R3.7.30審査会合資料）

経験的グリーン関数法を用いた地震動評価結果（基本震源モデル）
速度波形

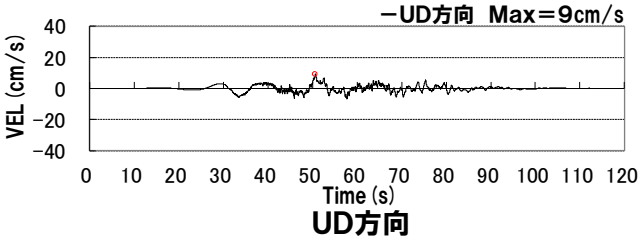
F_B－2断層による地震（基本震源モデル，破壊開始点１）（経験的グリーン関数法）



NS方向

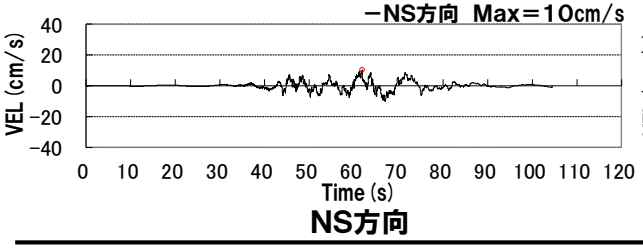


EW方向

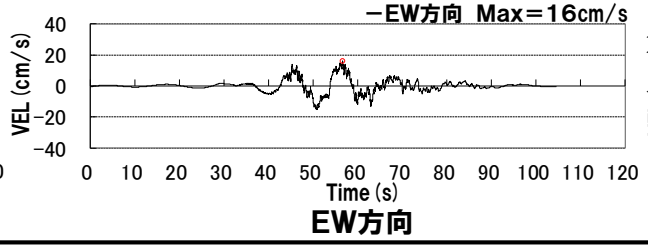


UD方向

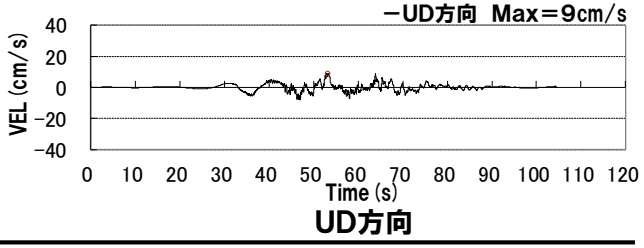
F_B－2断層による地震（基本震源モデル，破壊開始点２）（経験的グリーン関数法）



NS方向

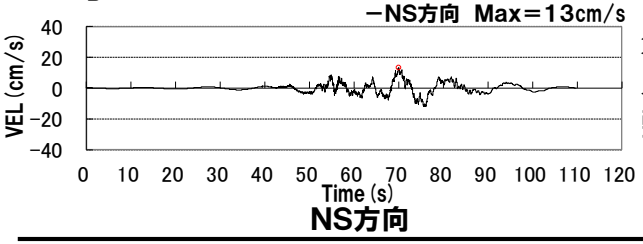


EW方向

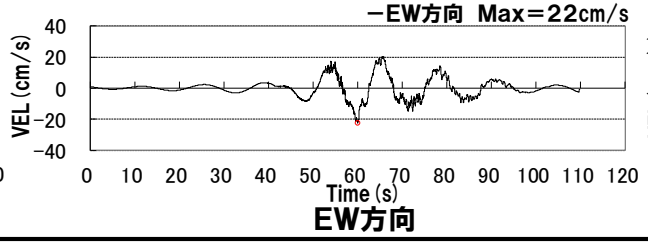


UD方向

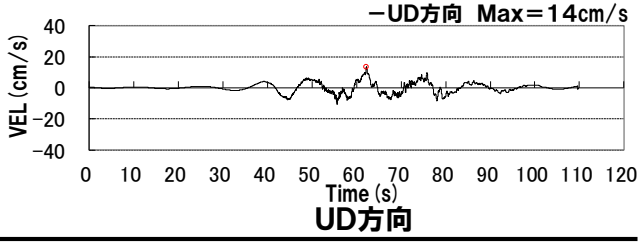
F_B－2断層による地震（基本震源モデル，破壊開始点３）（経験的グリーン関数法）



NS方向

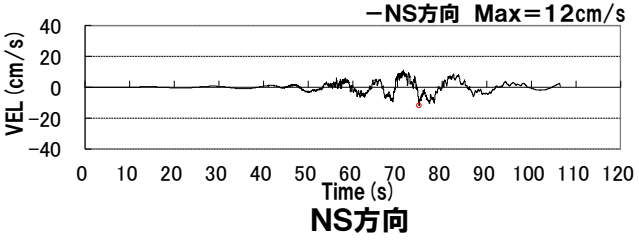


EW方向

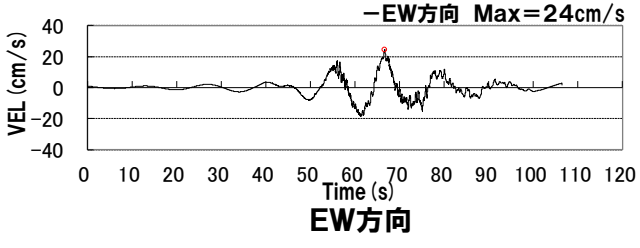


UD方向

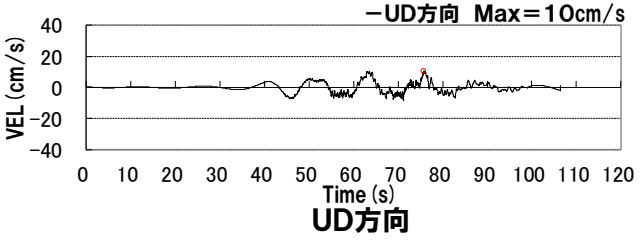
F_B－2断層による地震（基本震源モデル，破壊開始点４）（経験的グリーン関数法）



NS方向



EW方向



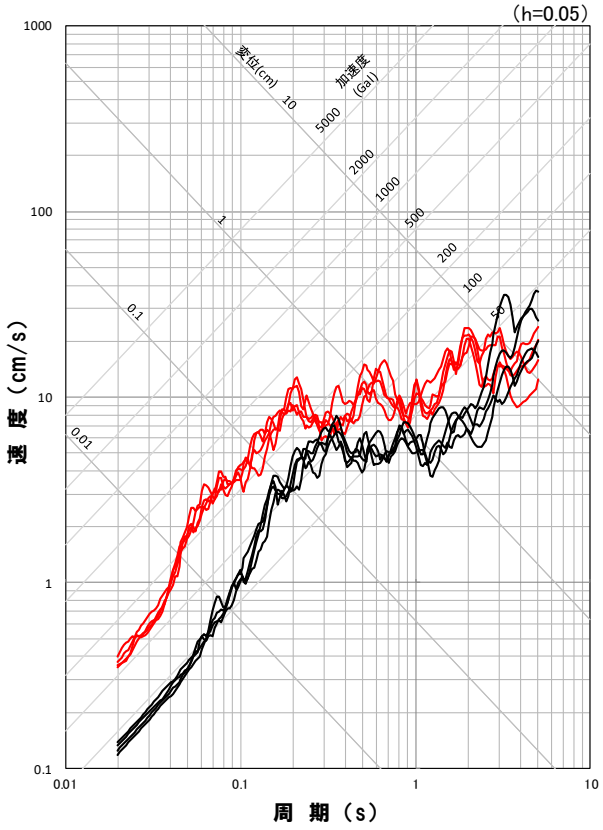
UD方向

4．3 検討用地震の地震動評価

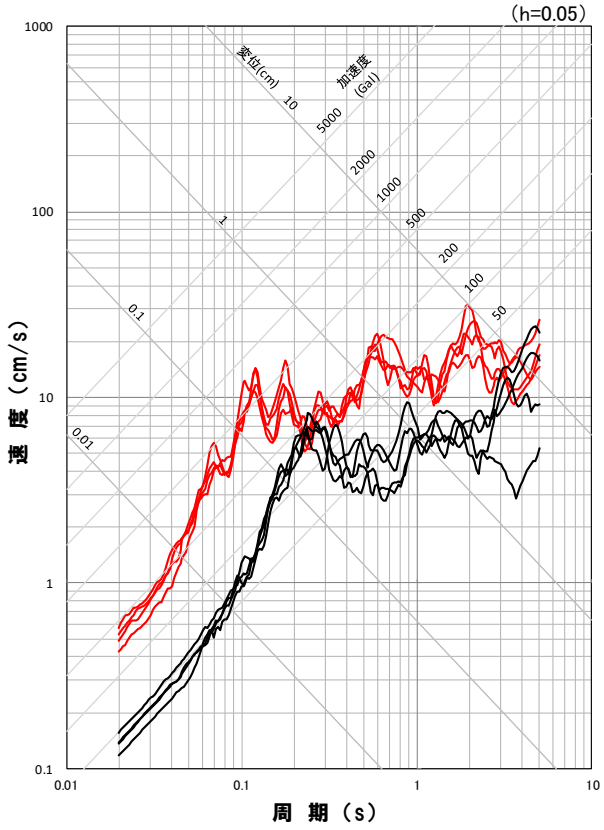
（4）F_B－2断層による地震

一部加筆修正（R3.7.30審査会合資料）

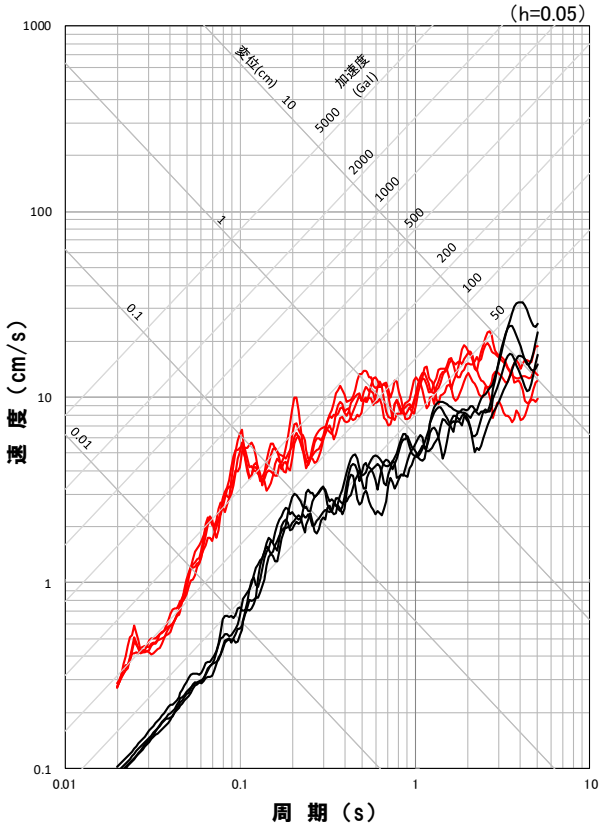
経験的グリーン関数法を用いた地震動評価結果（基本震源モデル）
応答スペクトル



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）



応答スペクトル図（UD方向）

地震動評価結果　——ハイブリッド合成法　——経験的グリーン関数法

○経験的グリーン関数法を用いた地震動評価の結果は，ハイブリッド合成法を用いた地震動評価結果より大きい結果となった。
○F_B－2断層による地震については，要素地震として適切な観測記録が得られていないものの，経験的グリーン関数法による地震動評価結果もF_B－2断層による地震の地震動評価結果として採用することとし，不確かさ考慮モデルでの地震動を評価する。

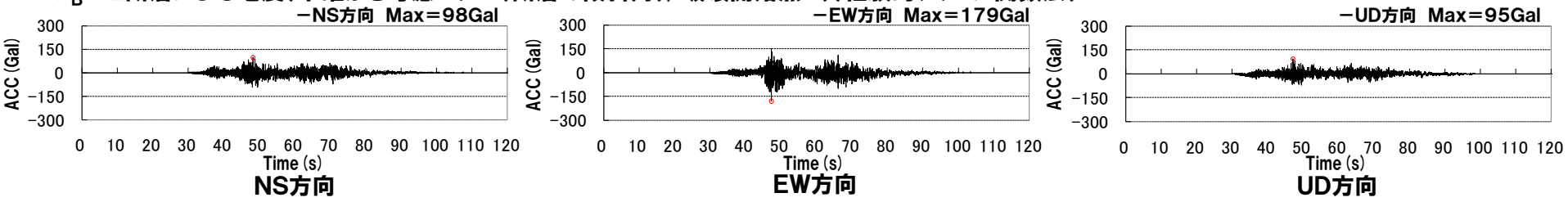
4．3 検討用地震の地震動評価

（4）F_B－2断層による地震

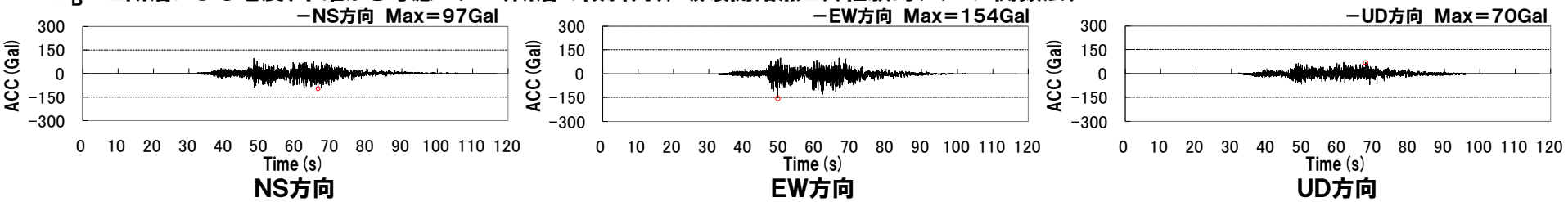
再掲（R3.7.30審査会合資料）

経験的グリーン関数法を用いた地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角））
加速度波形

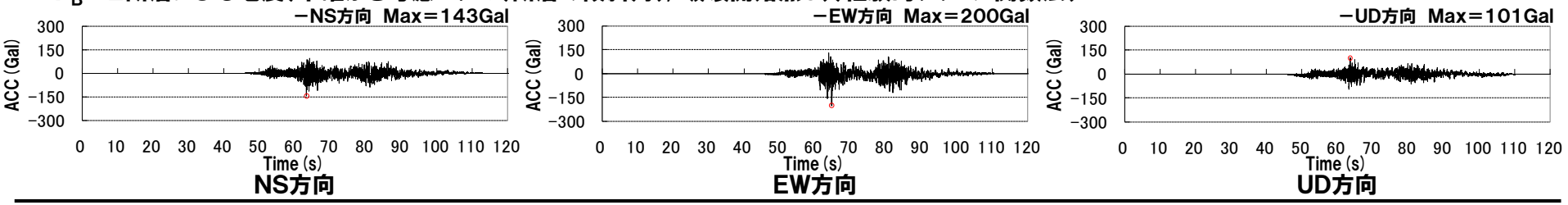
F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点１）（経験的グリーン関数法）



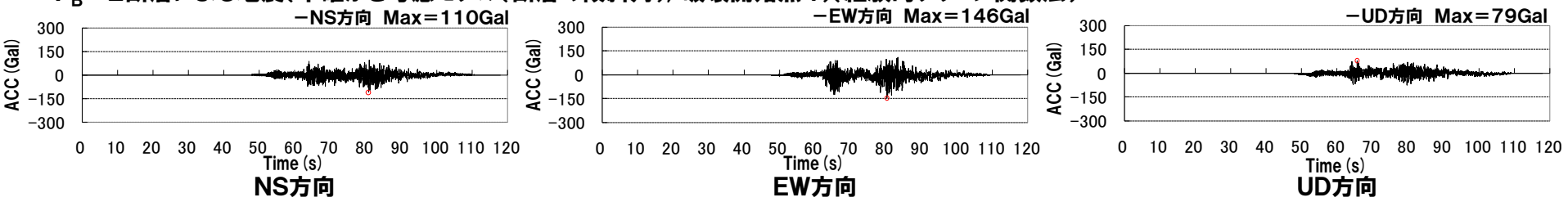
F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点２）（経験的グリーン関数法）



F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点３）（経験的グリーン関数法）



F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点４）（経験的グリーン関数法）



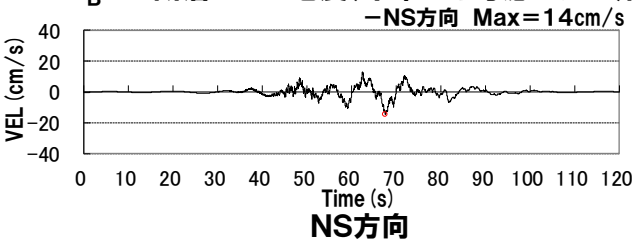
4．3 検討用地震の地震動評価

（4）F_B－2断層による地震

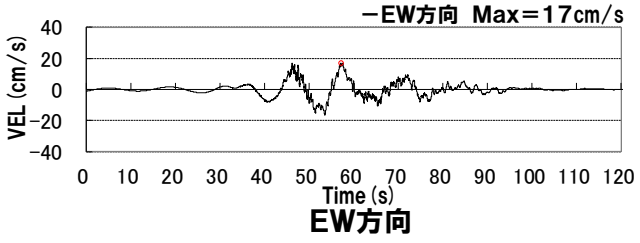
再掲（R3.7.30審査会合資料）

経験的グリーン関数法を用いた地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角））
速度波形

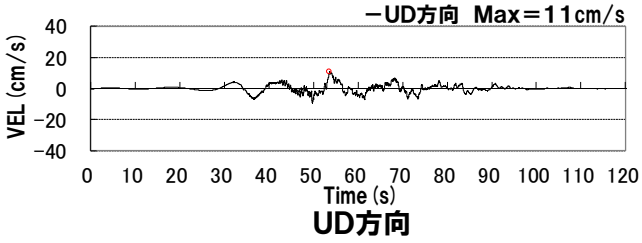
F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点１）（経験的グリーン関数法）



NS方向

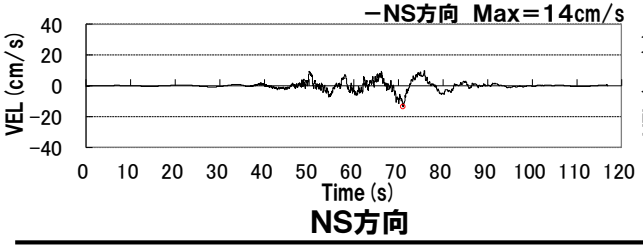


EW方向

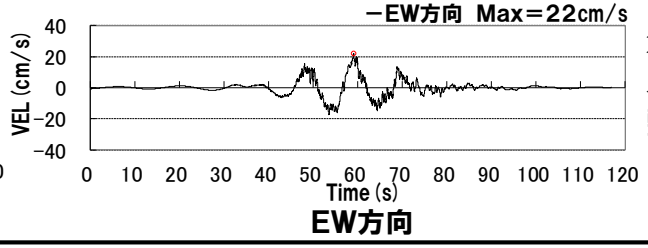


UD方向

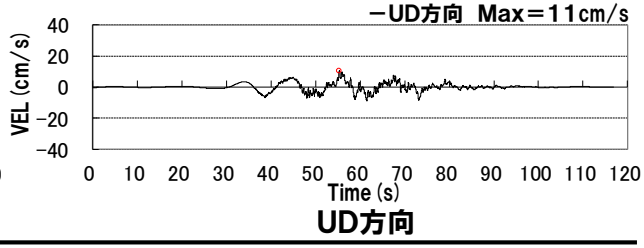
F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点２）（経験的グリーン関数法）



NS方向

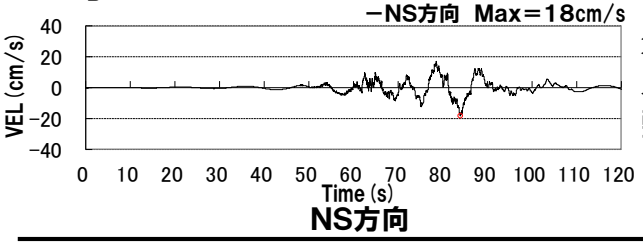


EW方向

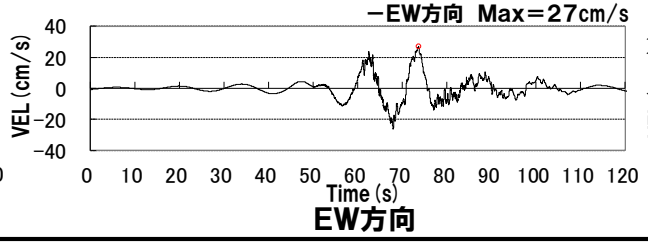


UD方向

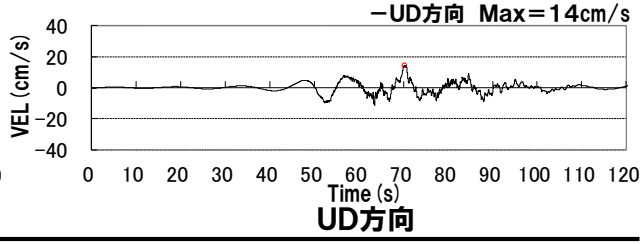
F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点３）（経験的グリーン関数法）



NS方向

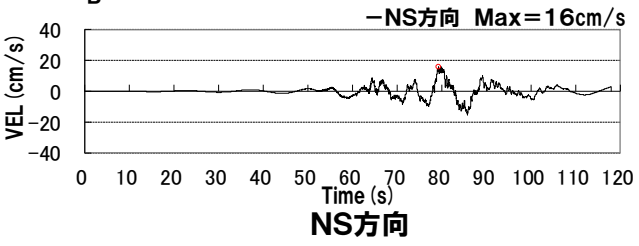


EW方向

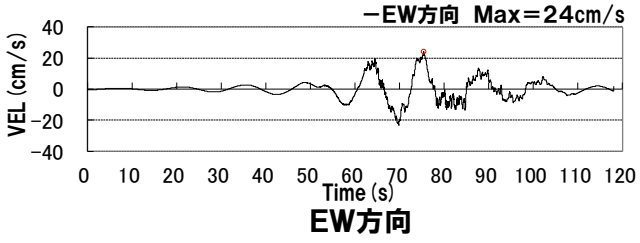


UD方向

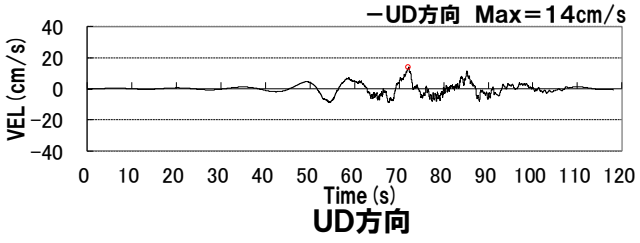
F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角），破壊開始点４）（経験的グリーン関数法）



NS方向



EW方向



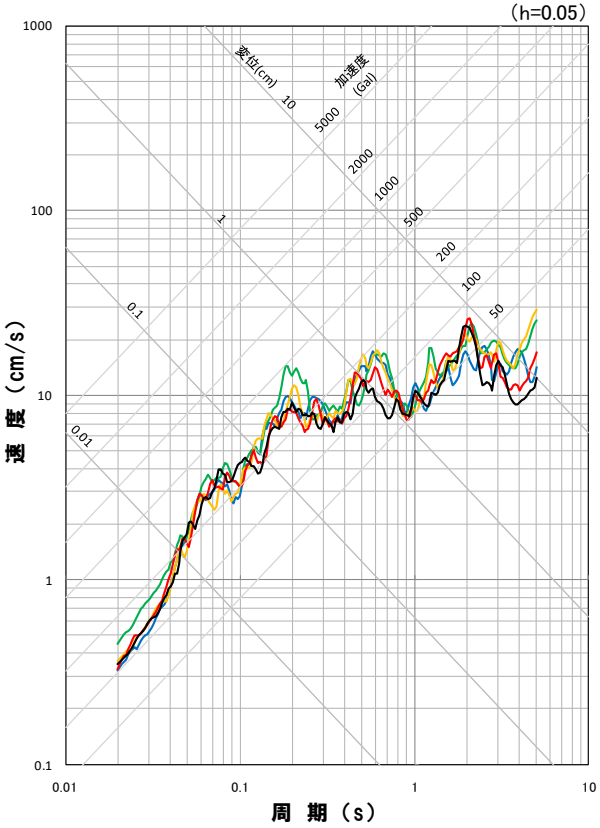
UD方向

4．3 検討用地震の地震動評価

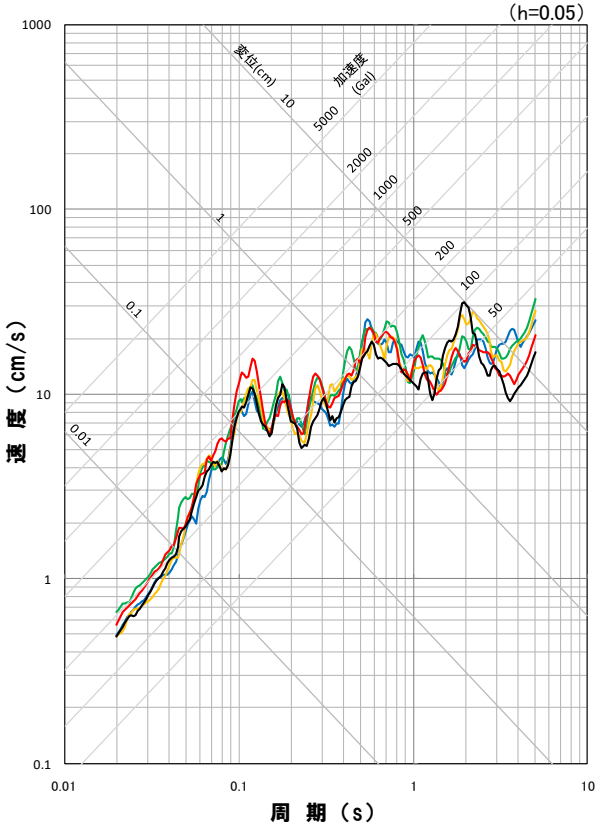
（4）F_B－2断層による地震

再掲（R3.7.30審査会合資料）

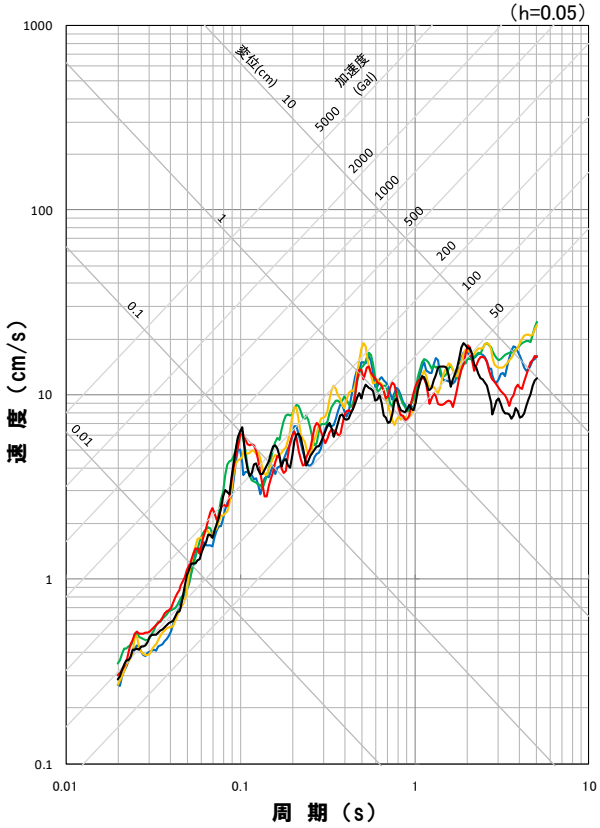
経験的グリーン関数法を用いた地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角））
応答スペクトル



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）



応答スペクトル図（UD方向）

地震動評価結果
- 基本震源モデル,破壊開始点1
- 不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）,破壊開始点1
- 不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）,破壊開始点2
- 不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）,破壊開始点3
- 不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）,破壊開始点4

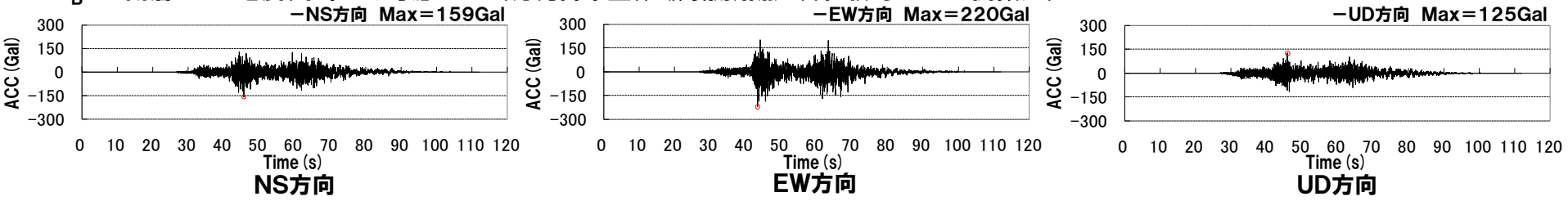
4．3 検討用地震の地震動評価

（4）F_B－2断層による地震

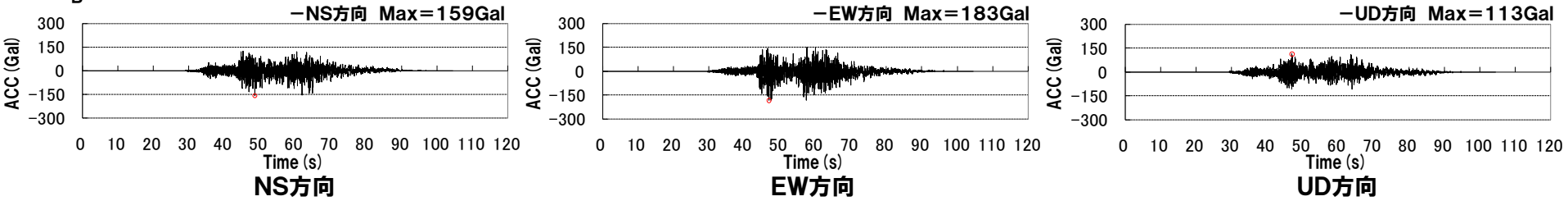
再掲（R3.7.30審査会合資料）

経験的グリーン関数法を用いた地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（応力降下量））
加速度波形

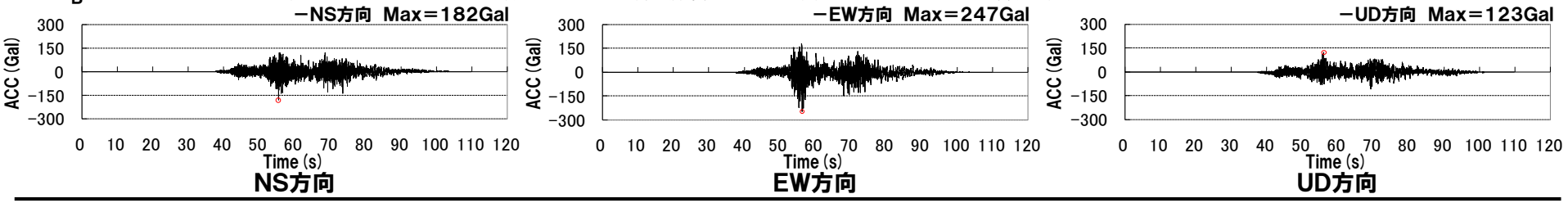
F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点１）（経験的グリーン関数法）



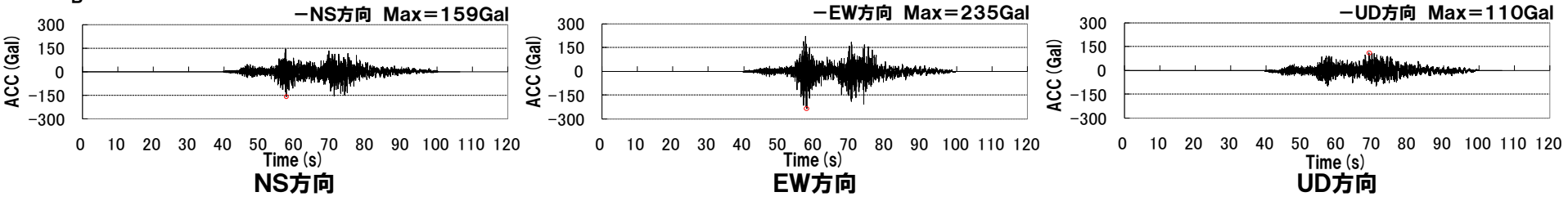
F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点２）（経験的グリーン関数法）



F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点３）（経験的グリーン関数法）



F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点４）（経験的グリーン関数法）



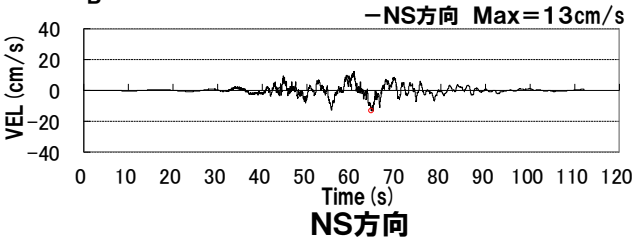
4．3 検討用地震の地震動評価

（4）F_B－2断層による地震

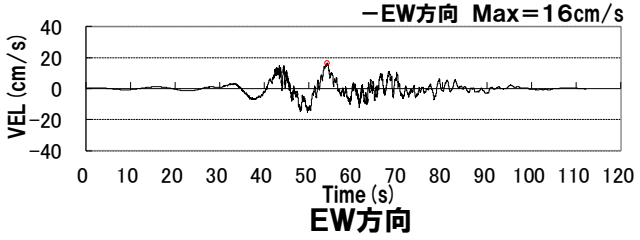
再掲（R3.7.30審査会合資料）

経験的グリーン関数法を用いた地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（応力降下量））
速度波形

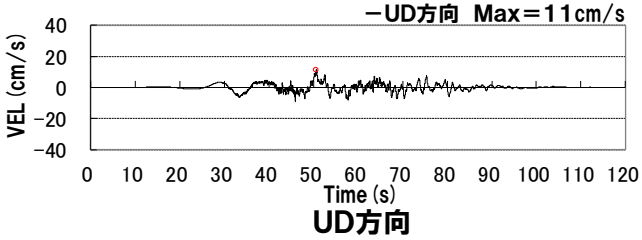
F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点１）（経験的グリーン関数法）



NS方向

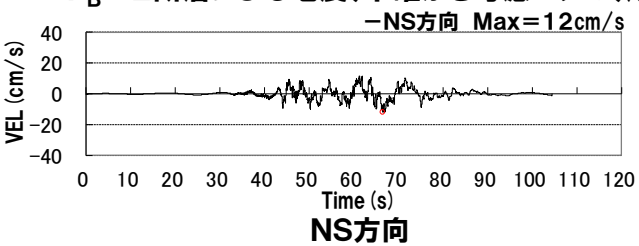


EW方向

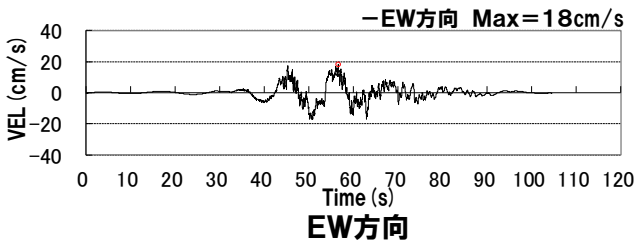


UD方向

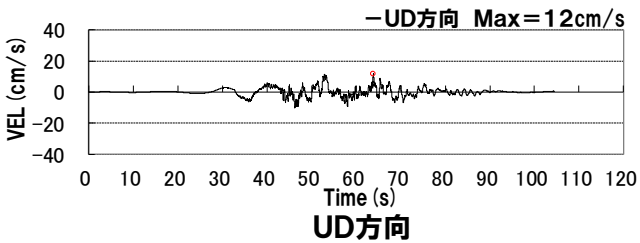
F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点２）（経験的グリーン関数法）



NS方向

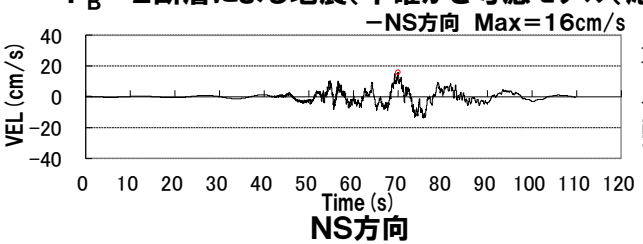


EW方向

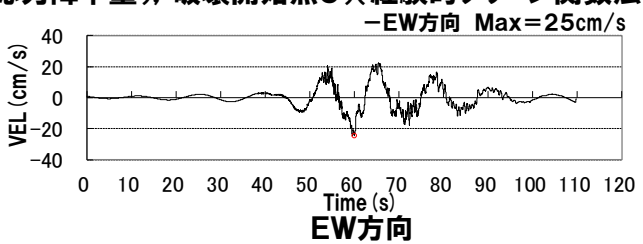


UD方向

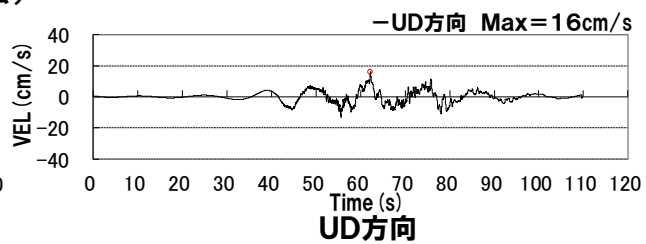
F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点３）（経験的グリーン関数法）



NS方向

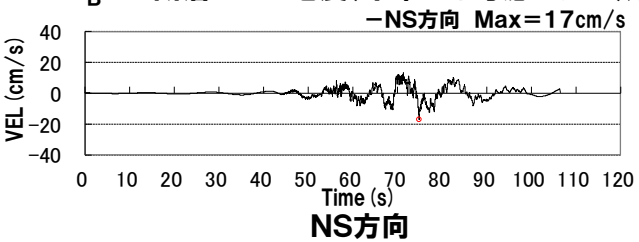


EW方向

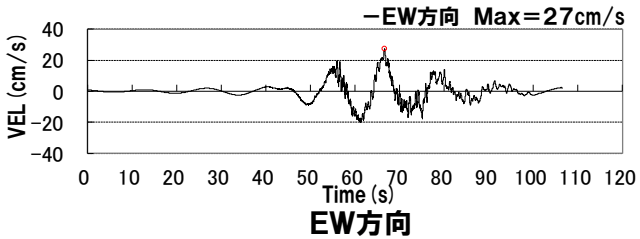


UD方向

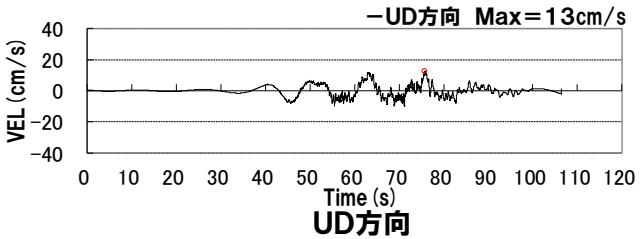
F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（応力降下量），破壊開始点４）（経験的グリーン関数法）



NS方向



EW方向



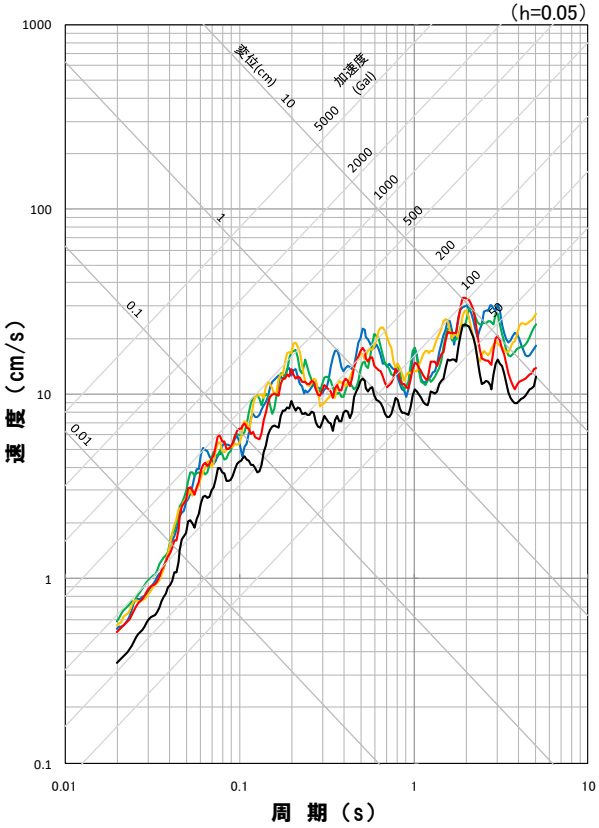
UD方向

4．3 検討用地震の地震動評価

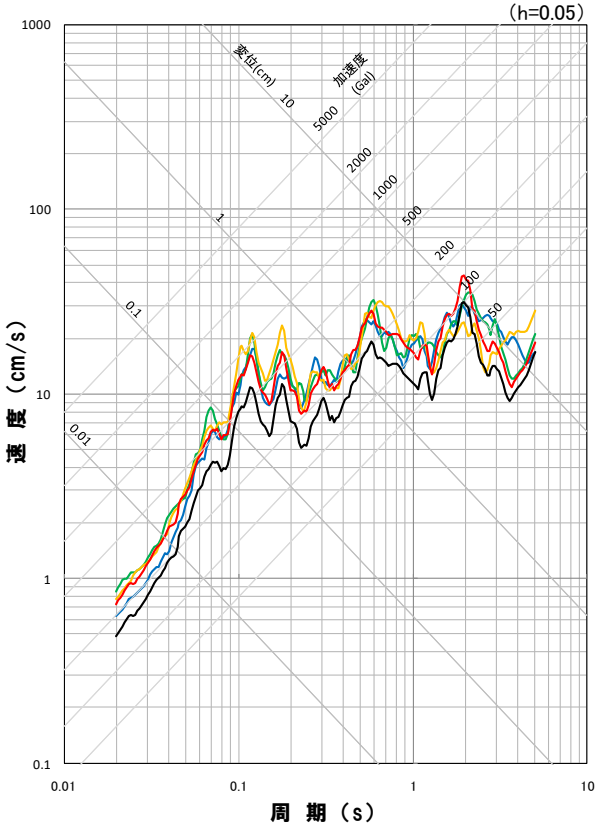
（4）F_B－2断層による地震

再掲（R3.7.30審査会合資料）

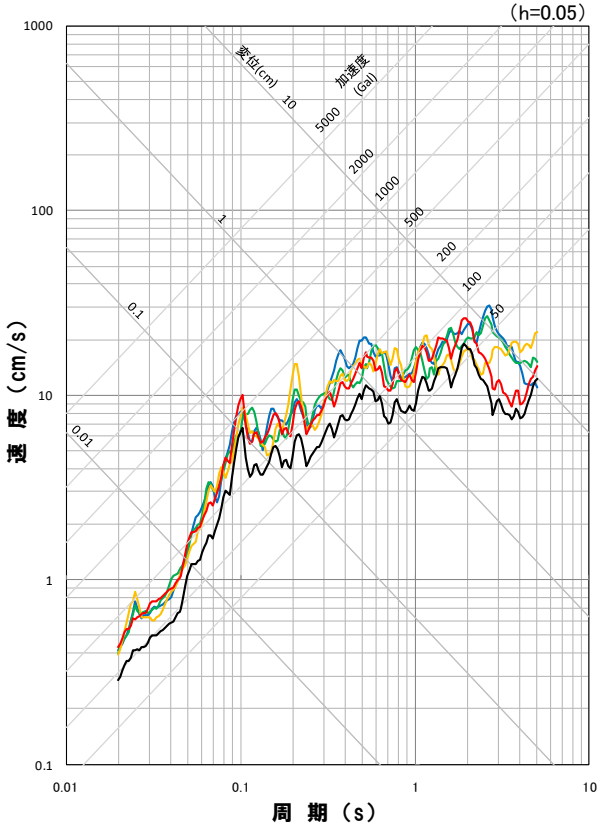
経験的グリーン関数法を用いた地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（応力降下量））
応答スペクトル



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）



応答スペクトル図（UD方向）

地震動評価結果
- 基本震源モデル,破壊開始点1
- 不確かさ考慮モデル（応力降下量）,破壊開始点1
- 不確かさ考慮モデル（応力降下量）,破壊開始点2
- 不確かさ考慮モデル（応力降下量）,破壊開始点3
- 不確かさ考慮モデル（応力降下量）,破壊開始点4

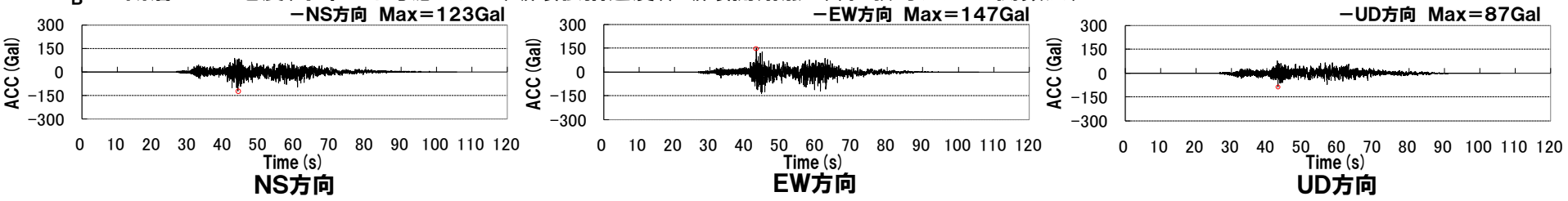
4．3 検討用地震の地震動評価

（4）F_B－2断層による地震

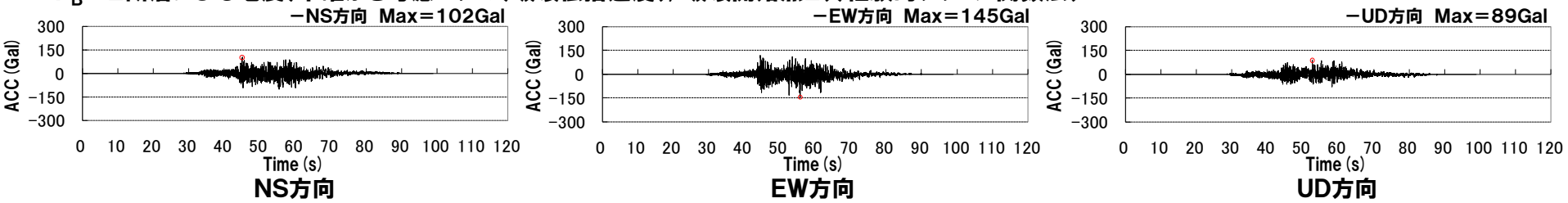
再掲（R3.7.30審査会合資料）

経験的グリーン関数法を用いた地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度））
加速度波形

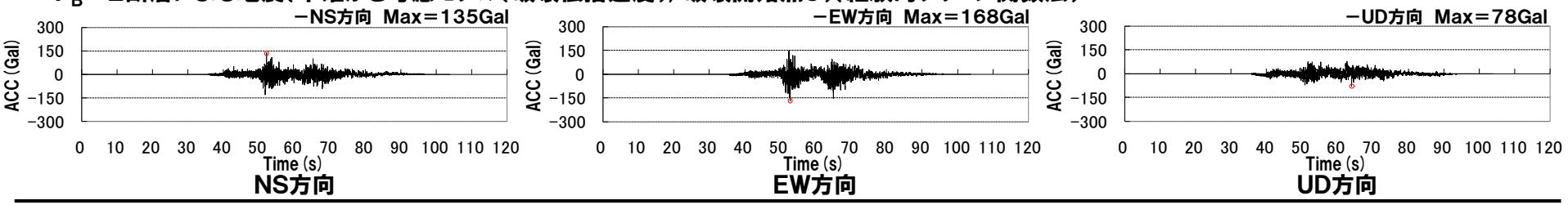
F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度），破壊開始点１）（経験的グリーン関数法）



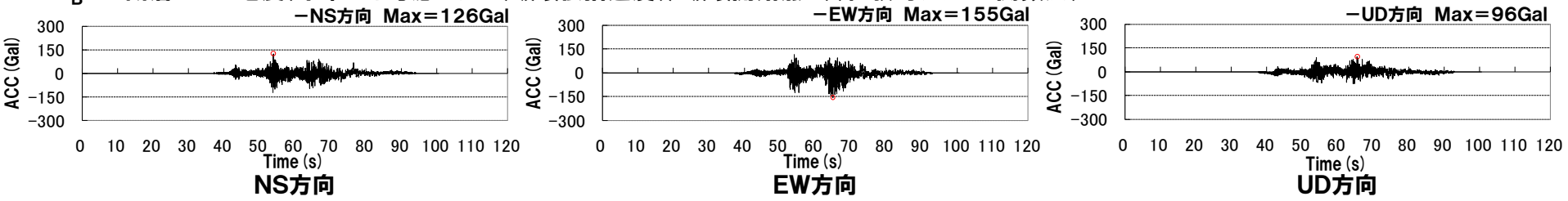
F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度），破壊開始点２）（経験的グリーン関数法）



F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度），破壊開始点３）（経験的グリーン関数法）



F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度），破壊開始点４）（経験的グリーン関数法）



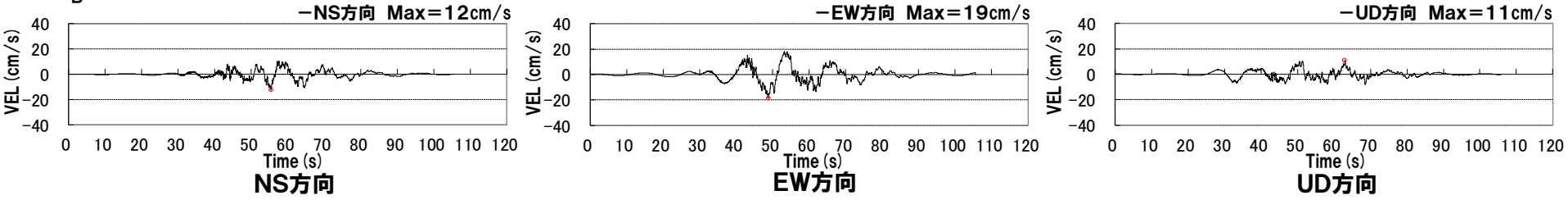
4．3 検討用地震の地震動評価

（4）F_B－2断層による地震

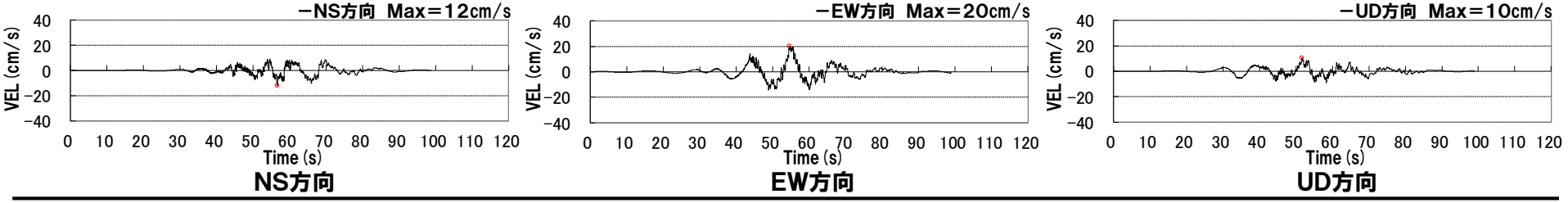
再掲（R3.7.30審査会合資料）

経験的グリーン関数法を用いた地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度））
速度波形

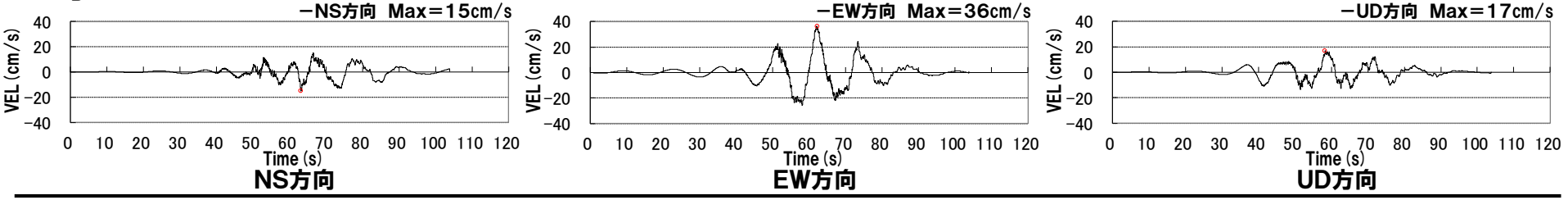
F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度），破壊開始点１）（経験的グリーン関数法）



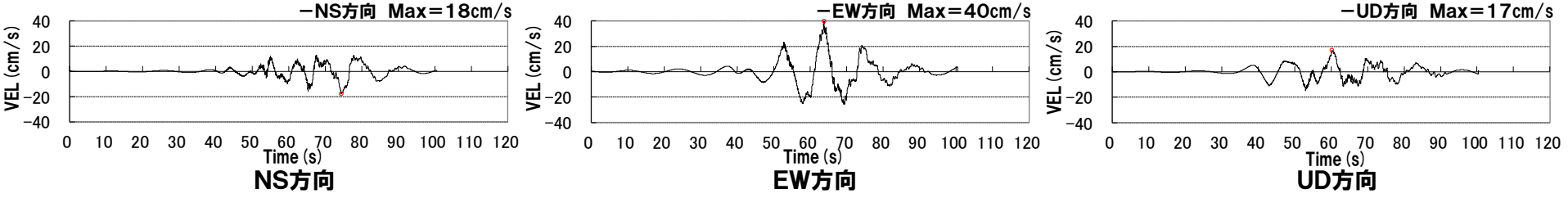
F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度），破壊開始点２）（経験的グリーン関数法）



F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度），破壊開始点３）（経験的グリーン関数法）



F_B－2断層による地震（不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度），破壊開始点４）（経験的グリーン関数法）

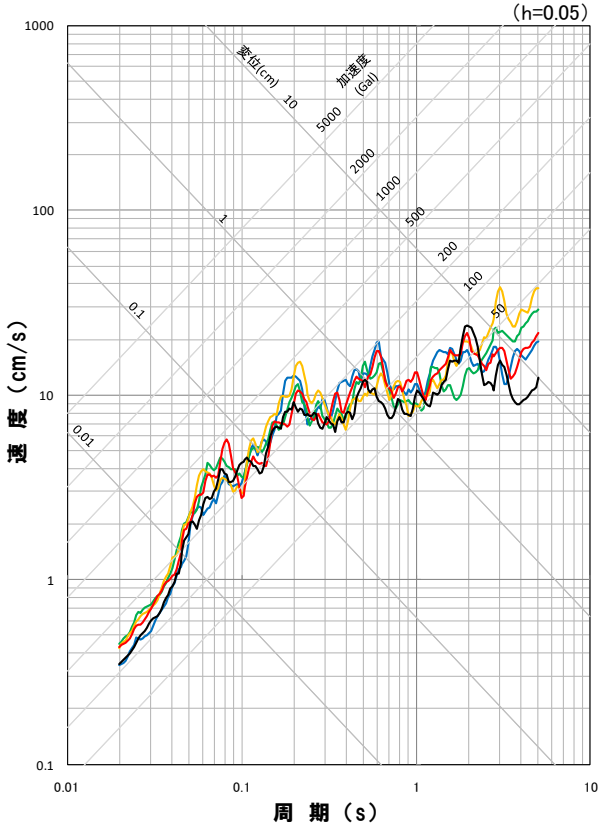


4．3 検討用地震の地震動評価

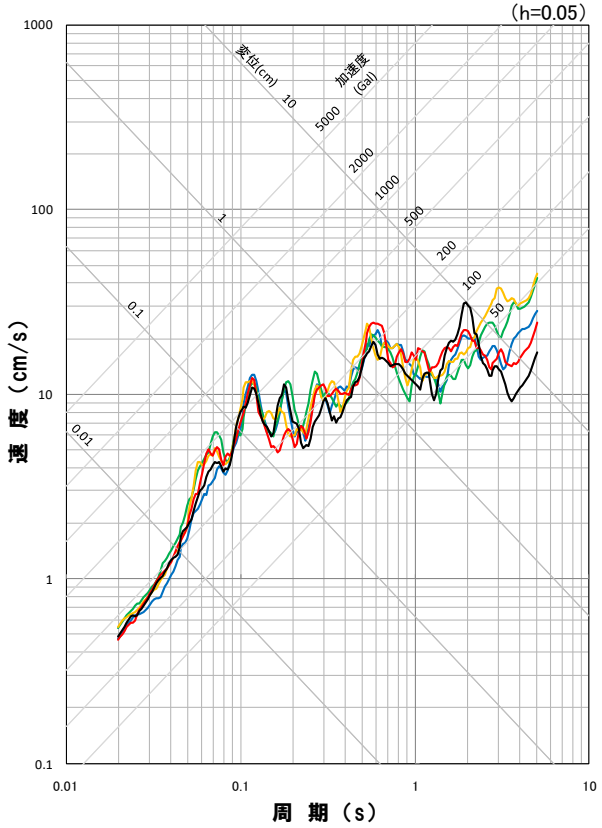
（4）F_B－2断層による地震

再掲（R3.7.30審査会合資料）

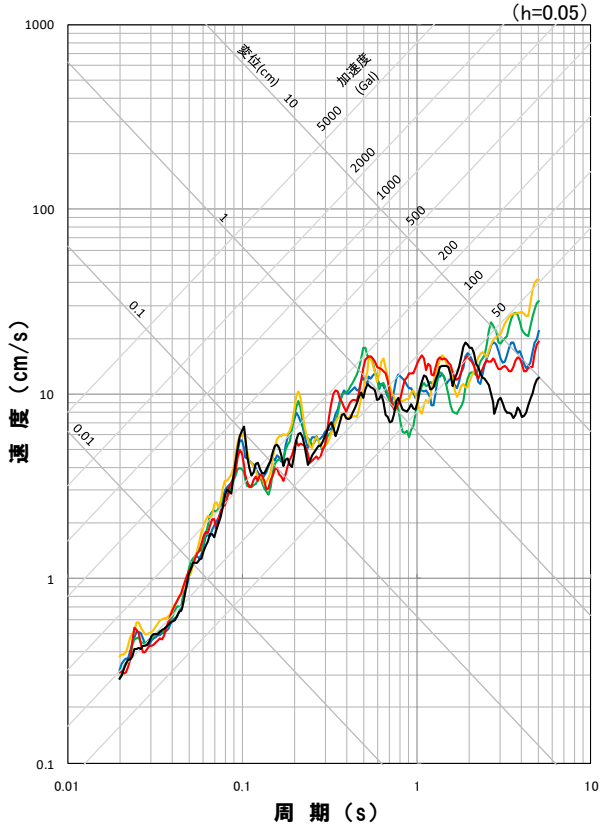
経験的グリーン関数法を用いた地震動評価結果（不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度））
応答スペクトル



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）



応答スペクトル図（UD方向）

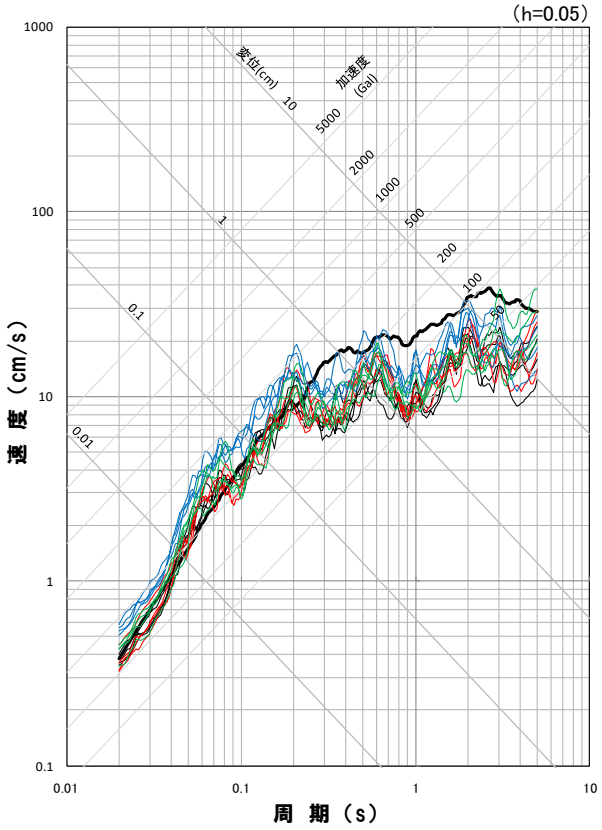
地震動評価結果
- 基本震源モデル,破壊開始点1
- 不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度）,破壊開始点1
- 不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度）,破壊開始点2
- 不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度）,破壊開始点3
- 不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度）,破壊開始点4

4．3 検討用地震の地震動評価

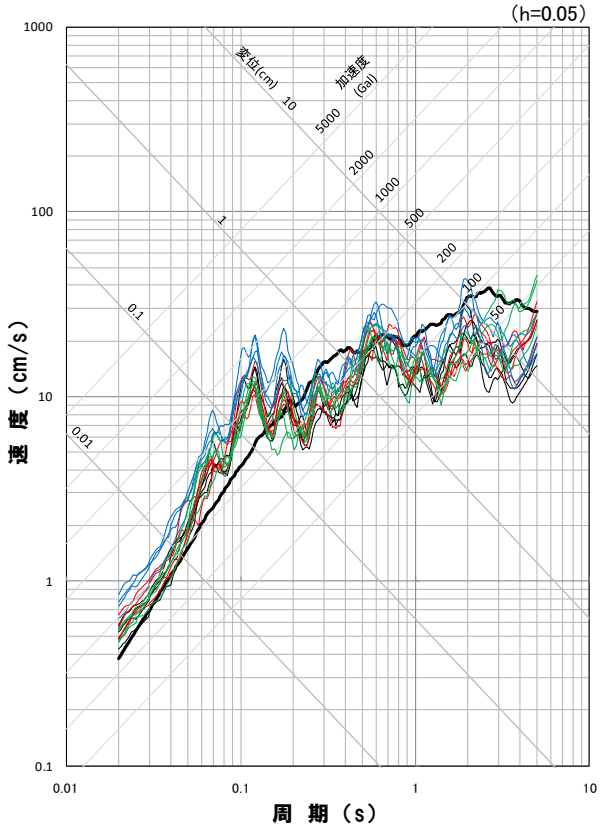
（4）F_B－2断層による地震

再掲（R3.7.30審査会合資料）

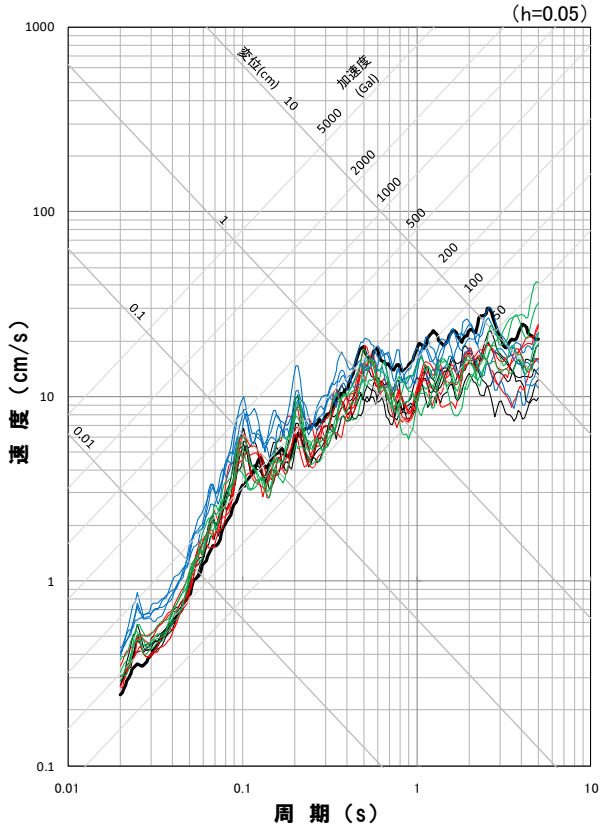
経験的グリーン関数法を用いた地震動評価結果



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）



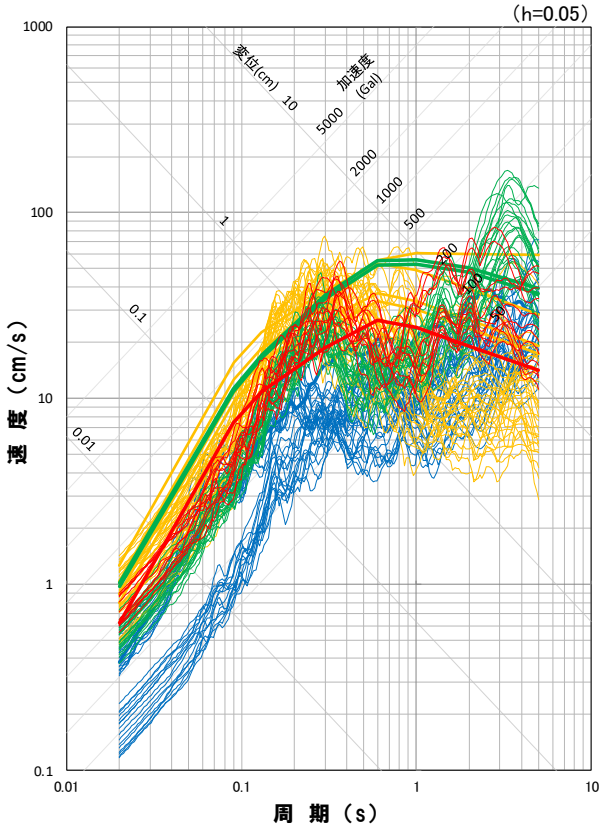
応答スペクトル図（UD方向）

地震動評価結果
- 基本震源モデル
- 不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）
- 不確かさ考慮モデル（応力降下量）
- 不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度）

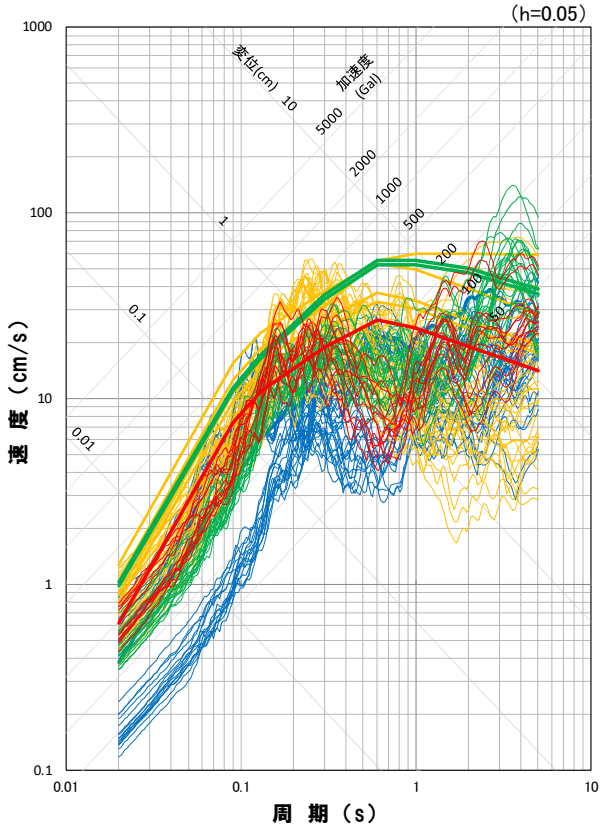
※太線は応答スペクトルに基づく地震動評価結果

一部加筆修正（R3.7.30審査会合資料）

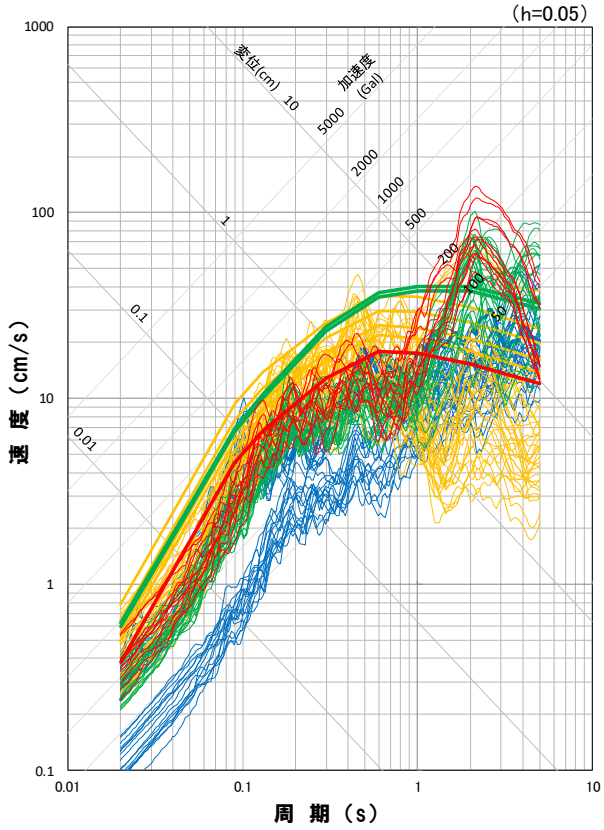
検討用地震の地震動評価結果の比較



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）



応答スペクトル図（UD方向）

地震動評価結果
- 尻別川断層による地震
- F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震
- 積丹半島北西沖の断層による地震
- F_B－2断層による地震

※太線は応答スペクトルに基づく地震動評価結果

228

余白

229

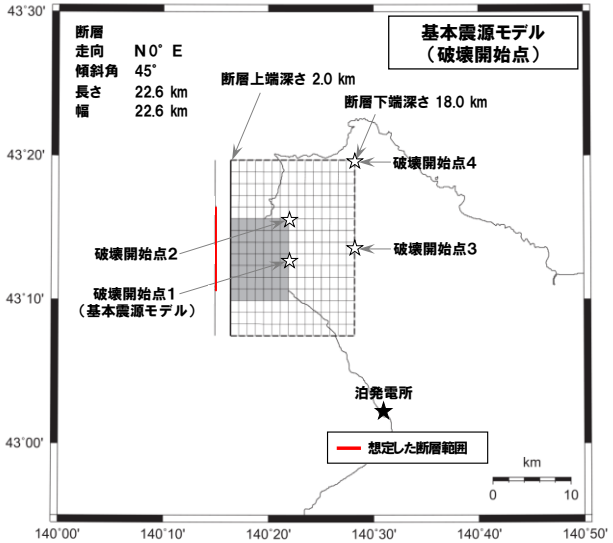
5. 参考資料

5. 1 積丹半島北西沖の断層による地震の比較

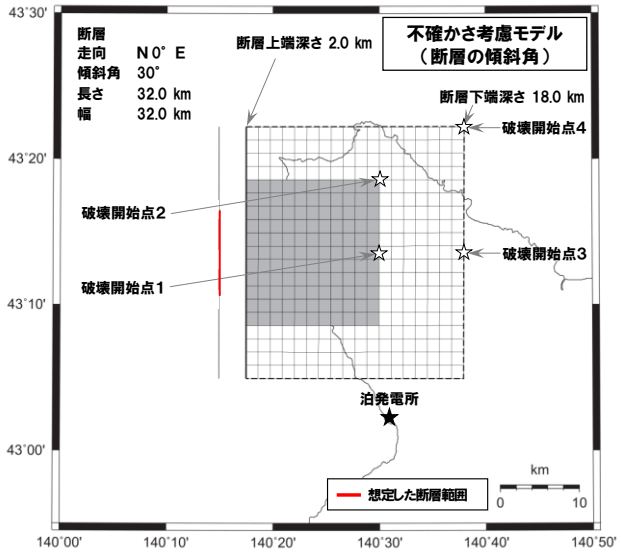
再掲（R3.7.30審査会合資料）

○平成29年7月28日審査会合における地震動評価と比較を行い，より安全側の評価となっていることを確認する。

震源モデル（平成29年7月28日審査会合）



等価震源距離　26km



等価震源距離　23km

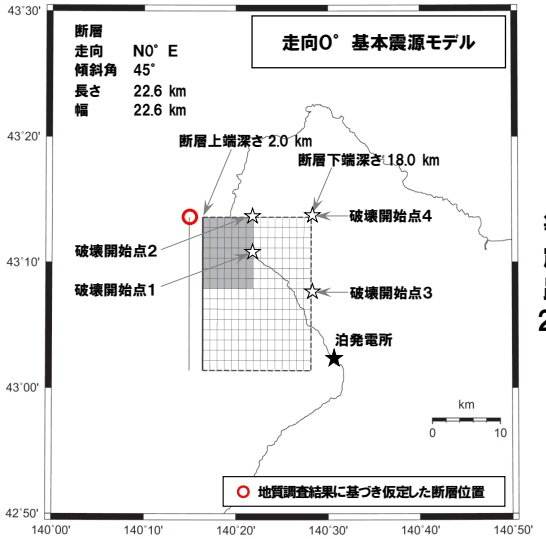
（平成29年7月28日審査会合）

5. 参考資料

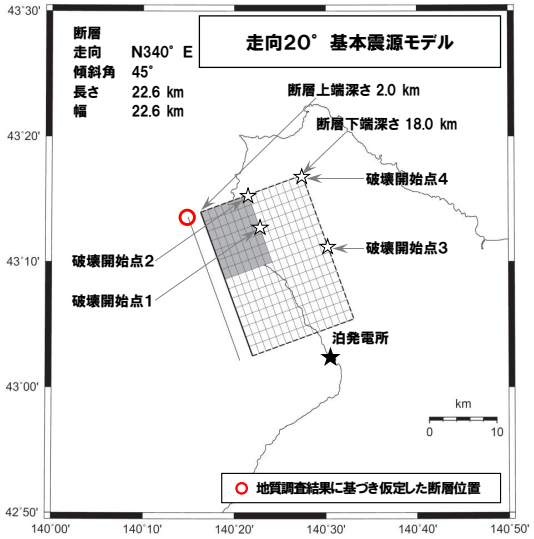
5．1　積丹半島北西沖の断層による地震の比較

一部加筆修正（R3.7.30審査会合資料）

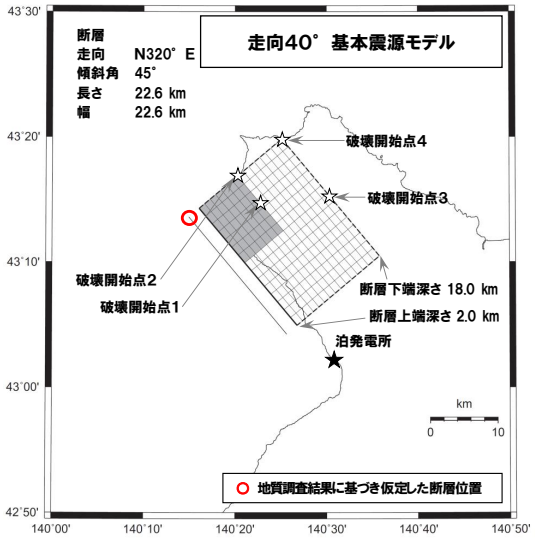
震源モデル（今回評価）



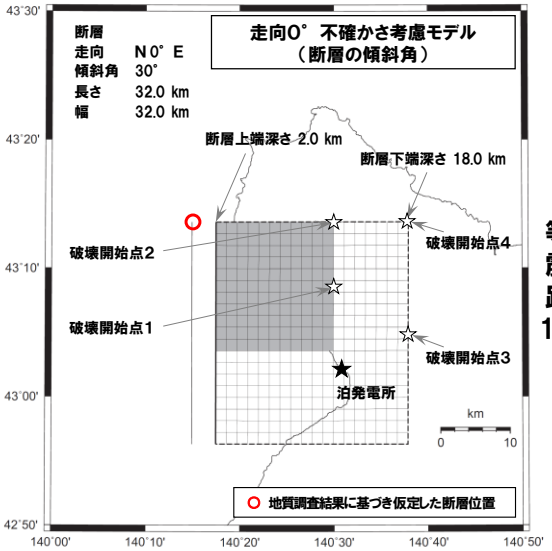
等価震源距離 21km



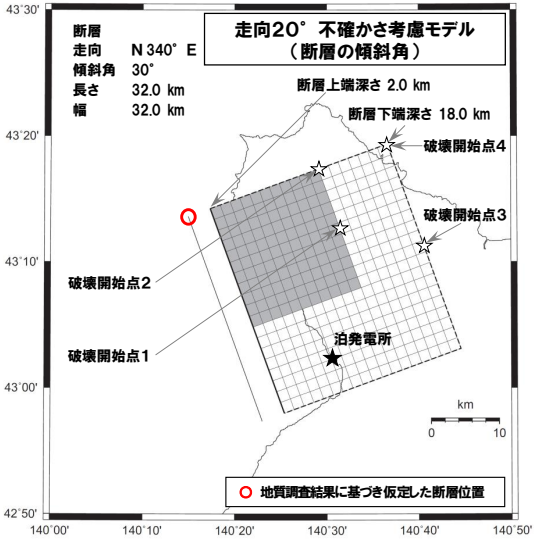
等価震源距離 21km



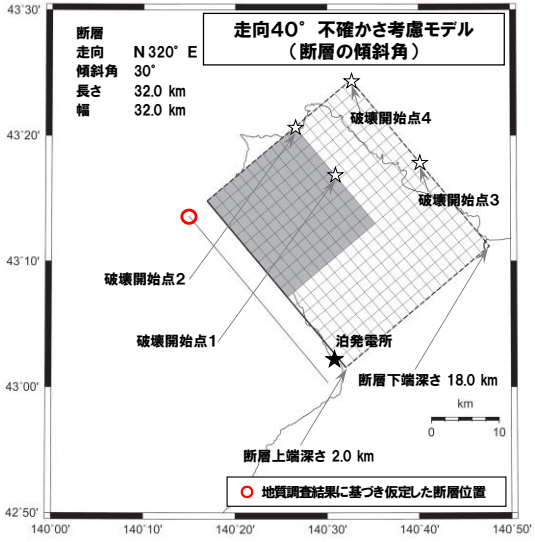
等価震源距離 23km



等価震源距離 17km



等価震源距離 17km



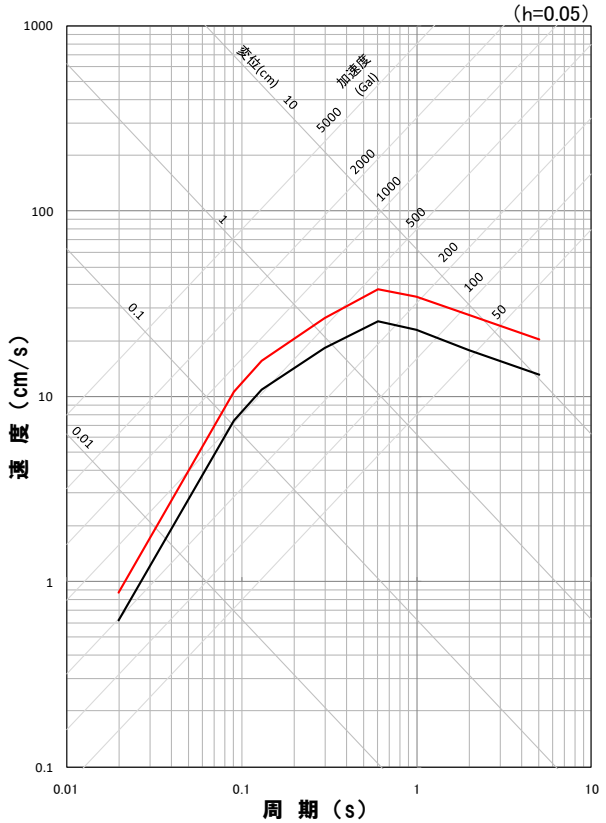
等価震源距離 20km

○地震動評価における断層面を安全側に敷地に近づくように設定したことで等価震源距離が近づくとともに，地震動評価への影響を考慮して複数ケースの走向を設定することとした。

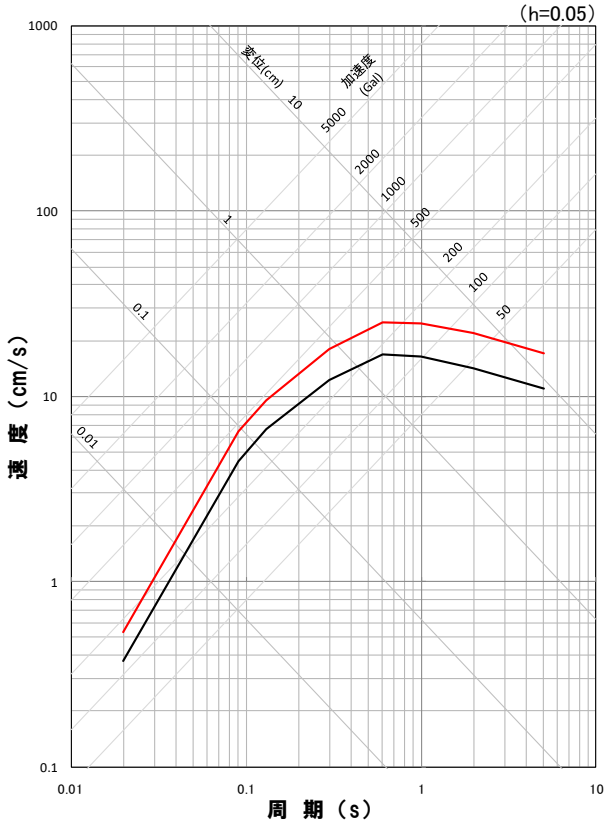
5. 1 積丹半島北西沖の断層による地震の比較

再掲（R3.7.30審査会合資料）

応答スペクトルに基づく地震動評価結果（平成29年7月28日審査会合）



応答スペクトル図（水平方向）



応答スペクトル図（鉛直方向）

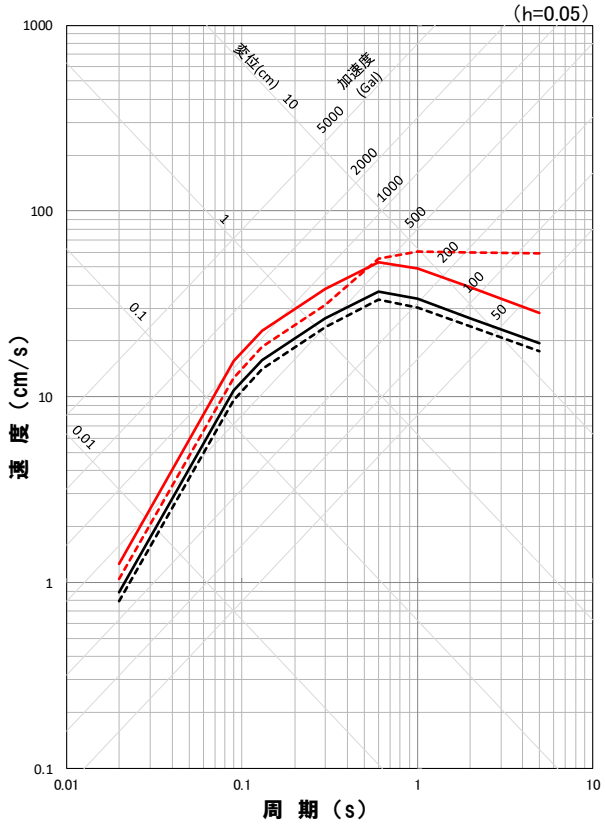
基本震源モデル
不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）

（平成29年7月28日審査会合）

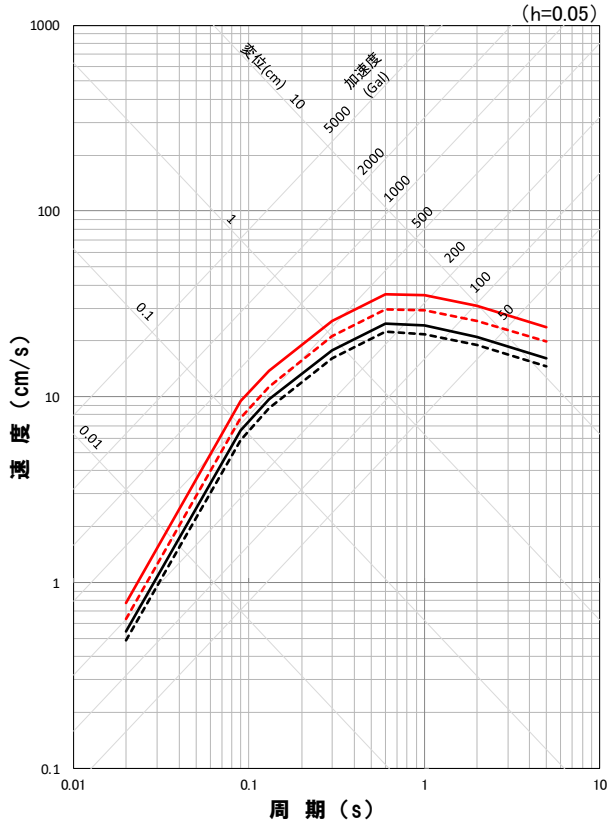
5. 1 積丹半島北西沖の断層による地震の比較

一部加筆修正（R3.7.30審査会合資料）

応答スペクトルに基づく地震動評価結果（今回評価）



応答スペクトル図（水平方向）



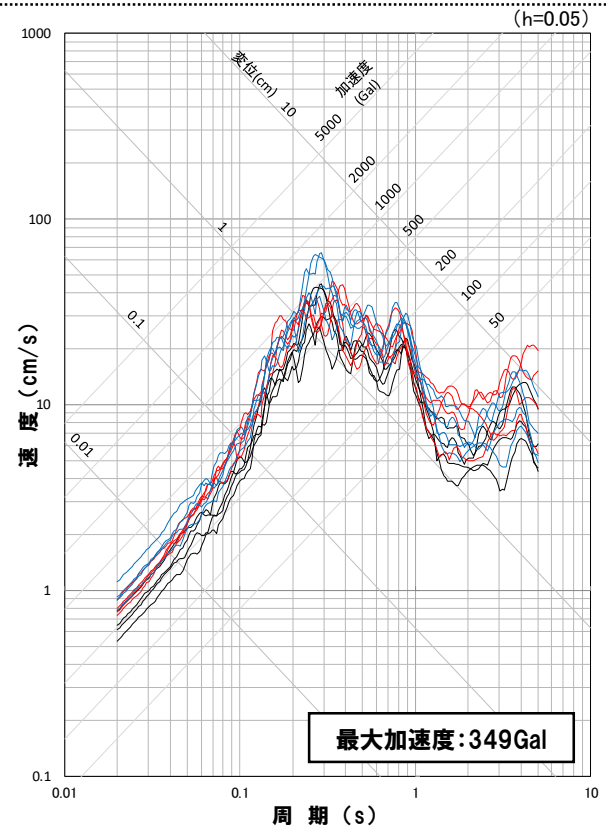
応答スペクトル図（鉛直方向）

地震動評価結果
○走向0°ケース，走向20°ケース
━━ 基本震源モデル　　━━ 不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）
○走向40°ケース
┅┅ 基本震源モデル　　┅┅ 不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）

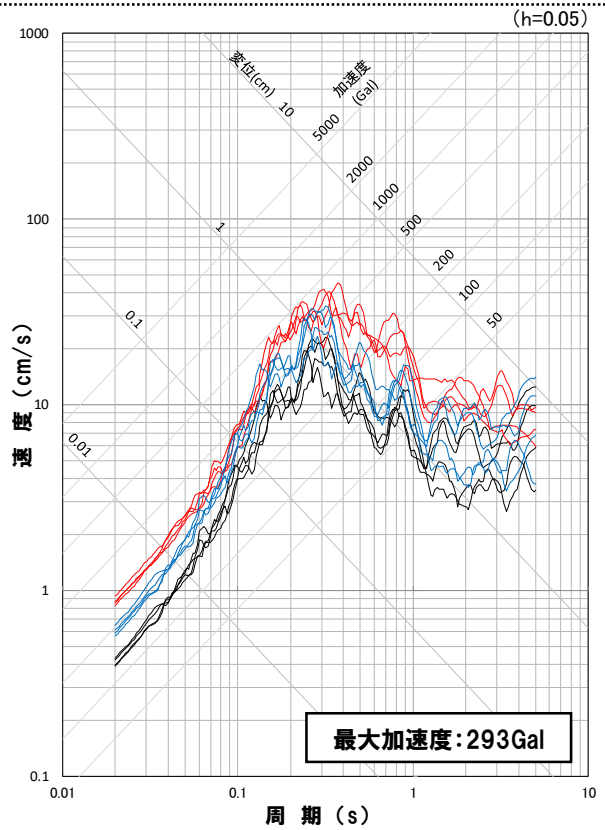
※応答スペクトルに基づく地震動評価結果は走向0°ケースと走向20°ケースで同一
※走向40°ケース　不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）はNFRD効果を考慮

5. 1 積丹半島北西沖の断層による地震の比較

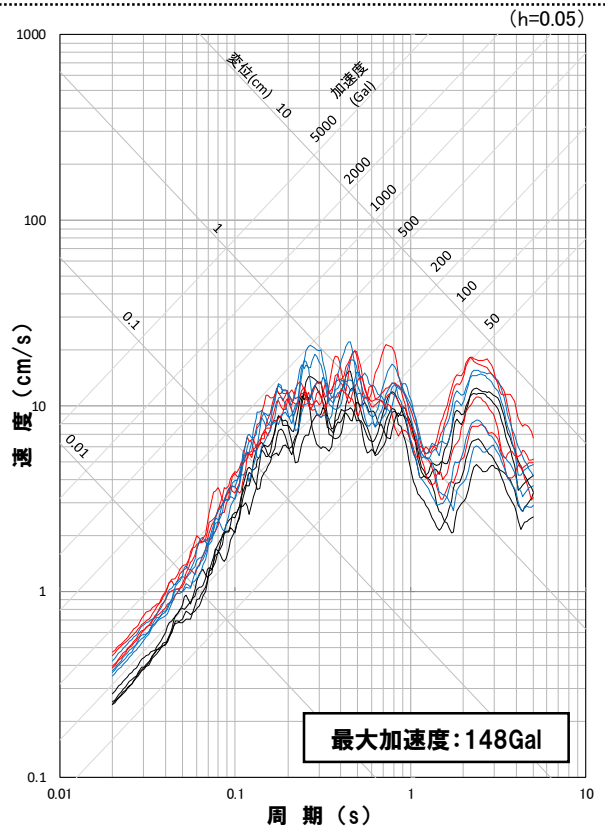
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（平成29年7月28日審査会合）



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）



応答スペクトル図（UD方向）

地震動評価結果
- 基本震源モデル
- 不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）
- 不確かさ考慮モデル（応力降下量）

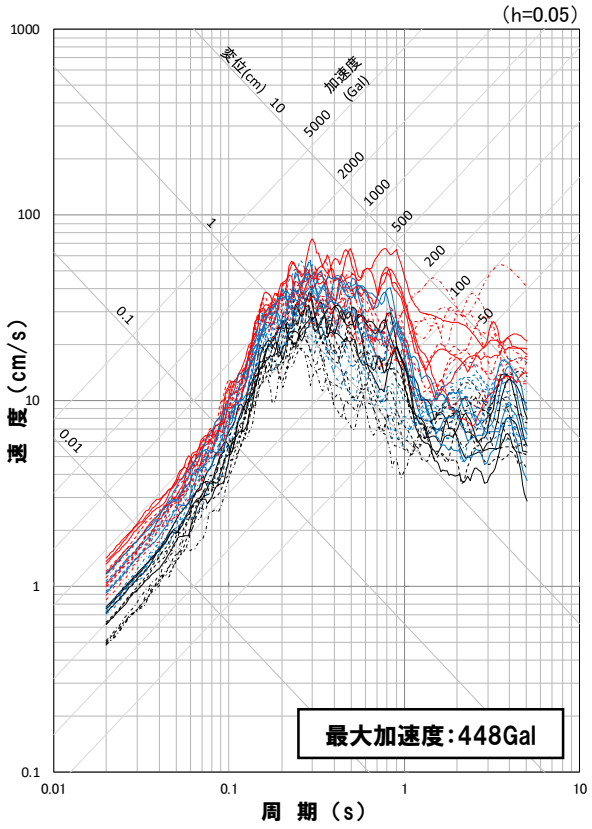
（平成29年7月28日審査会合）

5. 参考資料

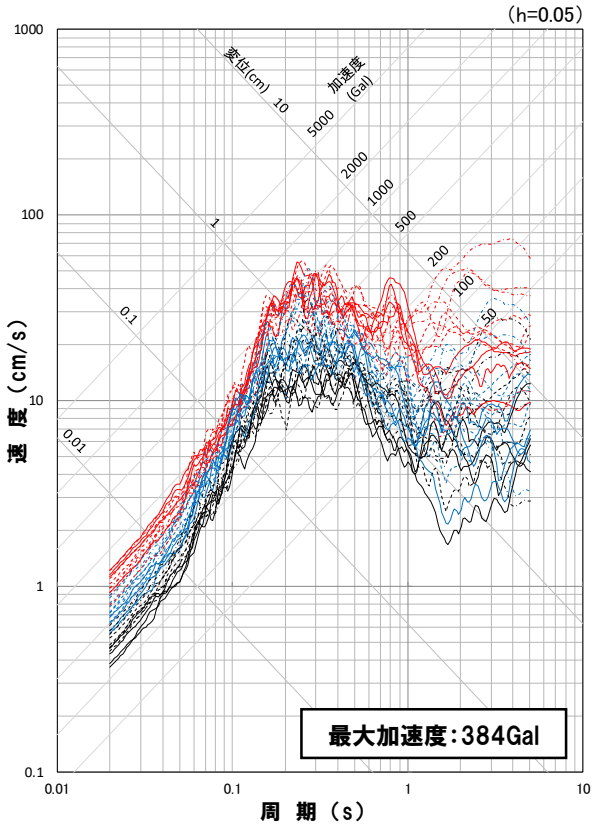
5．1　積丹半島北西沖の断層による地震の比較

一部加筆修正（R3.7.30審査会合資料）

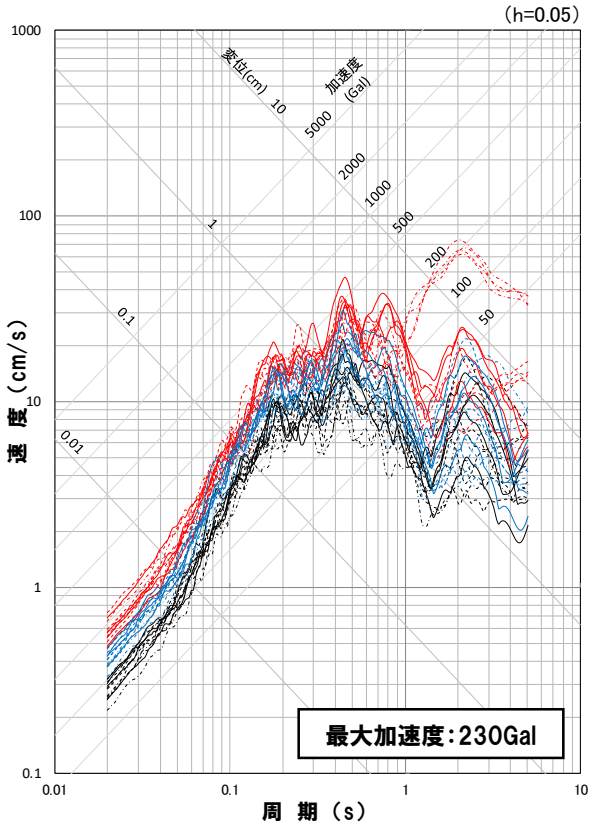
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（今回評価）



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）



応答スペクトル図（UD方向）

地震動評価結果
- 基本震源モデル　走向0°ケース　走向20°ケース　走向40°ケース
- 不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）　走向0°ケース　走向20°ケース　走向40°ケース
- 不確かさ考慮モデル（応力降下量）　走向0°ケース　走向20°ケース　走向40°ケース

○断層面を安全側に設定したことで応答スペクトルおよび最大加速度が大きくなった。（最大加速度で1.3～1.6倍）

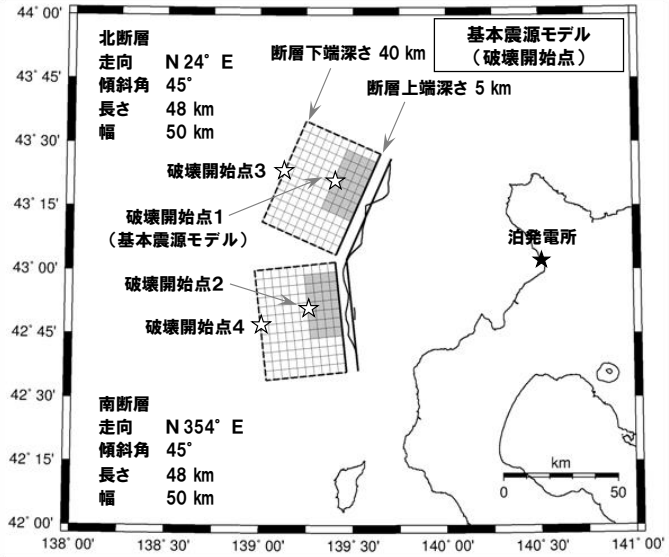
5. 参考資料

5．2 F_B－2断層による地震の比較

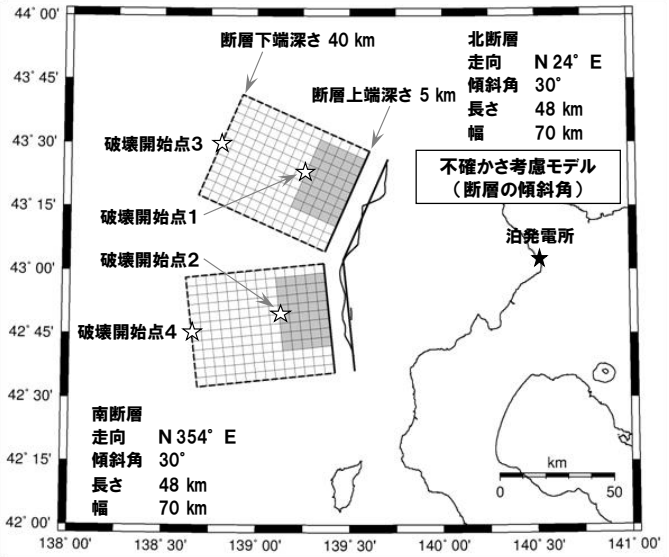
再掲（R3.7.30審査会合資料）

○平成27年12月25日審査会合における地震動評価と比較を行い，安全側の評価となっていることを確認する。

震源モデル（平成27年12月25日審査会合）



断層面積　4800.0km²

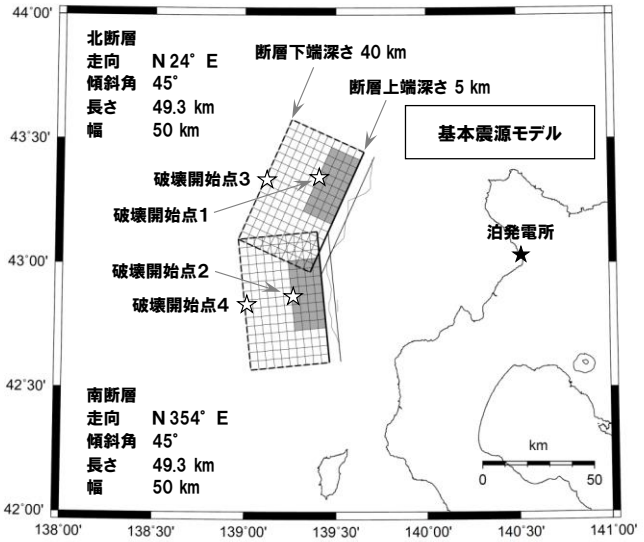


断層面積　6720.0km²

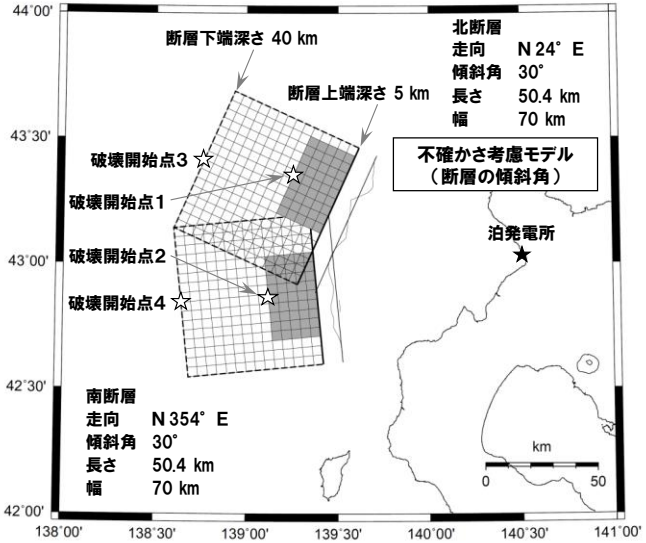
（平成27年12月25日審査会合）

5. 2 F_B－2断層による地震の比較

震源モデル（今回評価）



断層面積　5406.4km^2



断層面積　8186.9km^2

○北断層と南断層の断層間に断層を拡張して接合する接合モデルを採用することで断層面積が1.1～1.2倍となった。

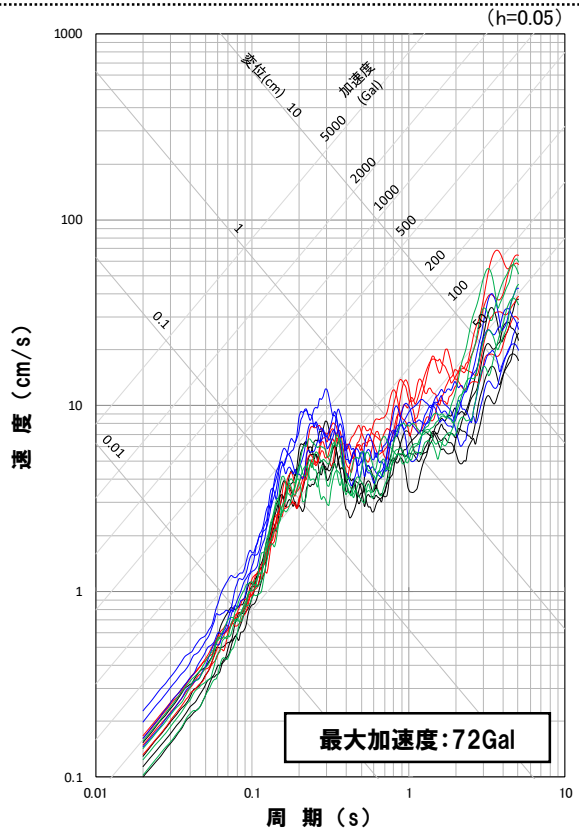
5. 参考資料

5．2 F_B－2断層による地震の比較

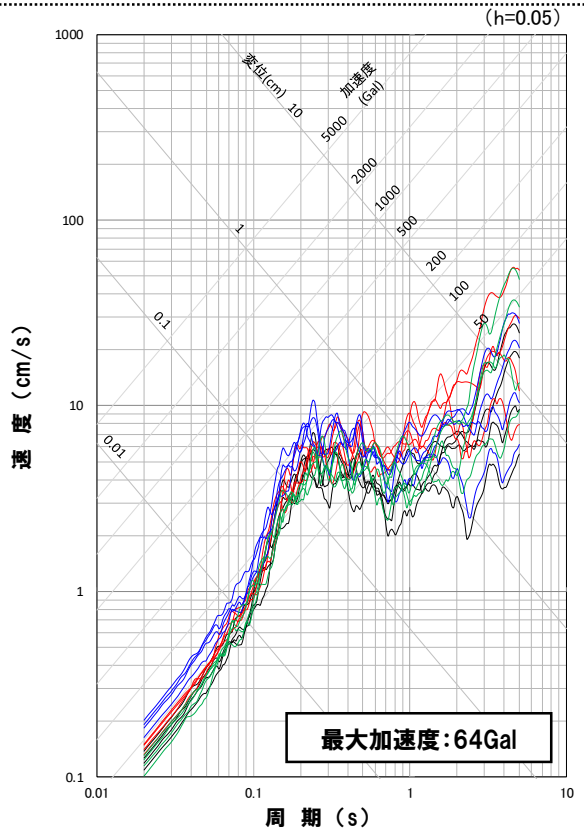
238

再掲（R3.7.30審査会合資料）

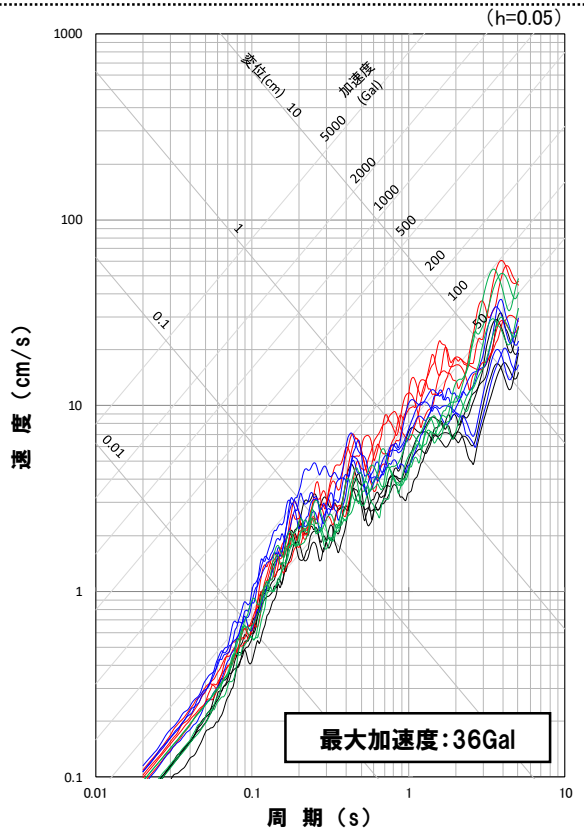
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（平成27年12月25日審査会合）



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）



応答スペクトル図（UD方向）

地震動評価結果
- 基本震源モデル
- 不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）
- 不確かさ考慮モデル（応力降下量）
- 不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度）

（平成27年12月25日審査会合）

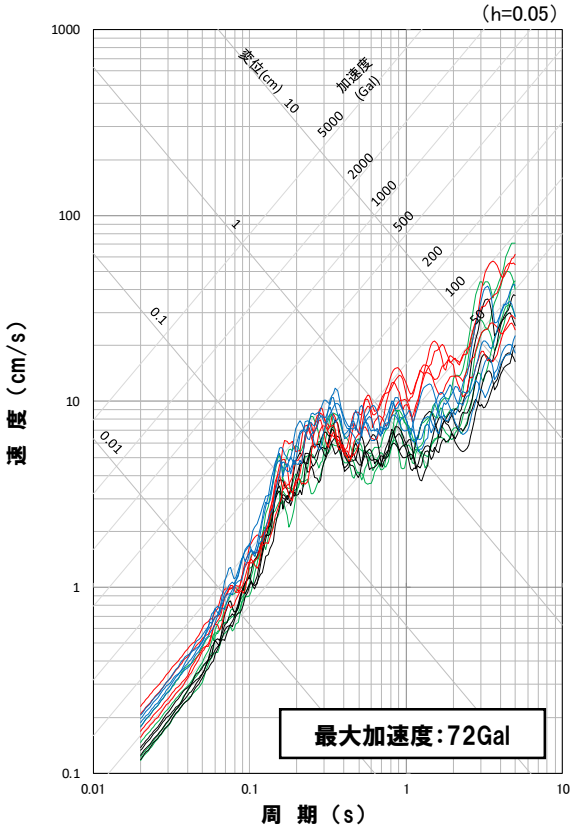
5. 参考資料

5．2 F_B－2断層による地震の比較

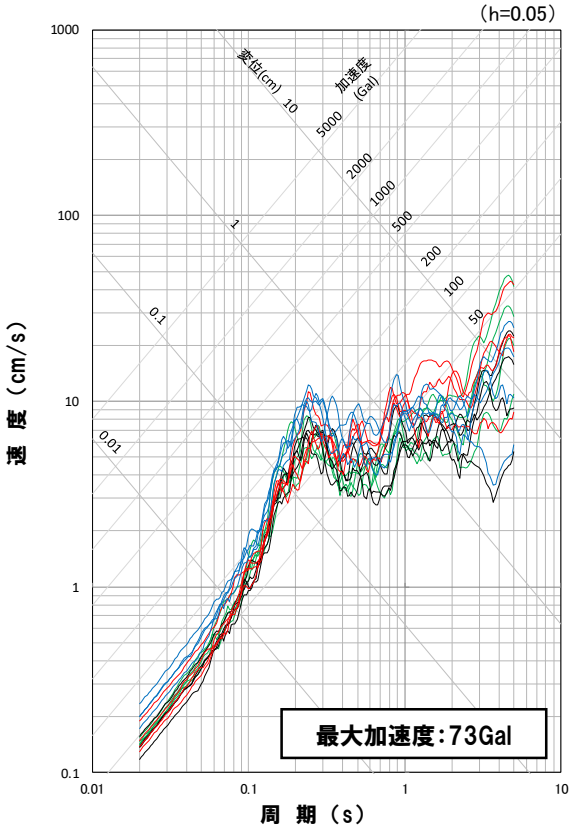
239

再掲（R3.7.30審査会合資料）

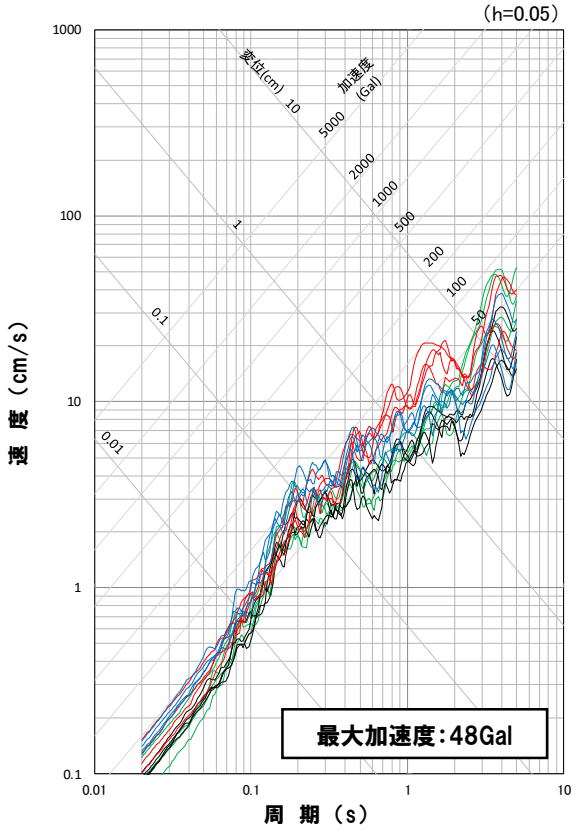
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（今回評価）



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）



応答スペクトル図（UD方向）

地震動評価結果
- 基本震源モデル
- 不確かさ考慮モデル（断層の傾斜角）
- 不確かさ考慮モデル（応力降下量）
- 不確かさ考慮モデル（破壊伝播速度）

○接合モデルに「レシピ」（2020）を適用し，応答スペクトルおよび最大加速度が大きくなった。（最大加速度で1.0～1.3倍）

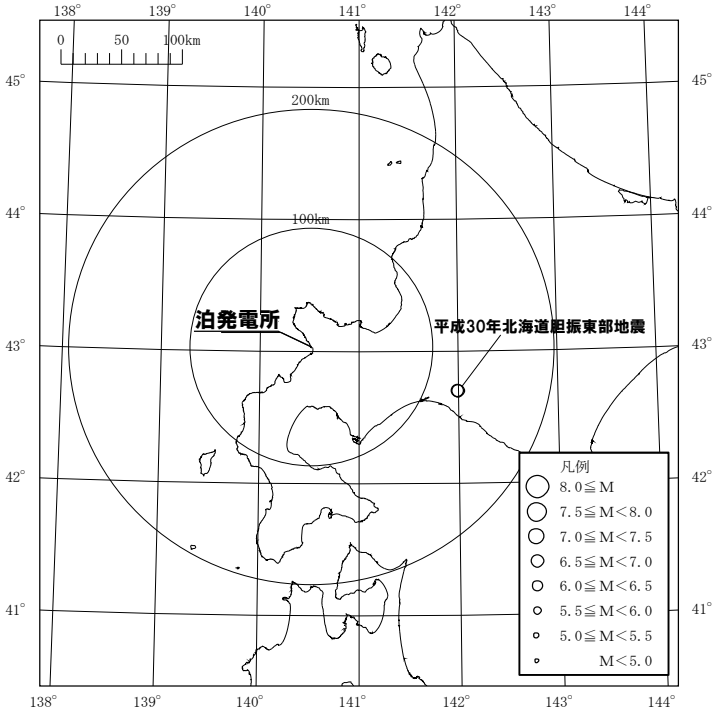
5. 3 平成30年北海道胆振東部地震に関する検討

再掲（R3.7.30審査会合資料）

○平成30年北海道胆振東部地震の観測記録を用いて，敷地地盤の振動特性に関する検討結果（平成26年3月12日審査会合）との比較を行う。

平成30年北海道胆振東部地震の概要

地震名	発生年月日	震央位置		深さ (km)	マグニチュード M	震央距離 (km)
		東経（°）	北緯（°）			
平成30年北海道胆振東部地震	2018.9.6	142.007°	42.690°	37	6.7	128



※ 地震の諸元は気象庁ホームページ

観測記録の最大加速度

	1，2号炉観測点 最大加速度（Gal）		
	NS	EW	UD
標高＋10m	9	9	－
標高＋2.3m	7	7	5
標高－90m	4	5	4
標高－250m	－※	－※	4

	3号炉観測点 最大加速度（Gal）		
	NS	EW	UD
標高＋2.3m	5	8	6
標高－90m	6	5	6
標高－250m	6	5	5

※標高－250m観測点のNS，EW方向は欠測

5. 参考資料

5. 3 平成30年北海道胆振東部地震に関する検討

再掲（R3.7.30審査会合資料）

○1，2号炉観測点，3号炉観測点における地震観測記録を用いて，鉛直アレー観測点間のフーリエスペクトルの比による分析を行い，地震の到来方向による特異な増幅傾向の有無および敷地地盤の傾斜構造による特異な増幅傾向の有無について確認する。

地震の到来方向による影響検討

検討対象地震の諸元

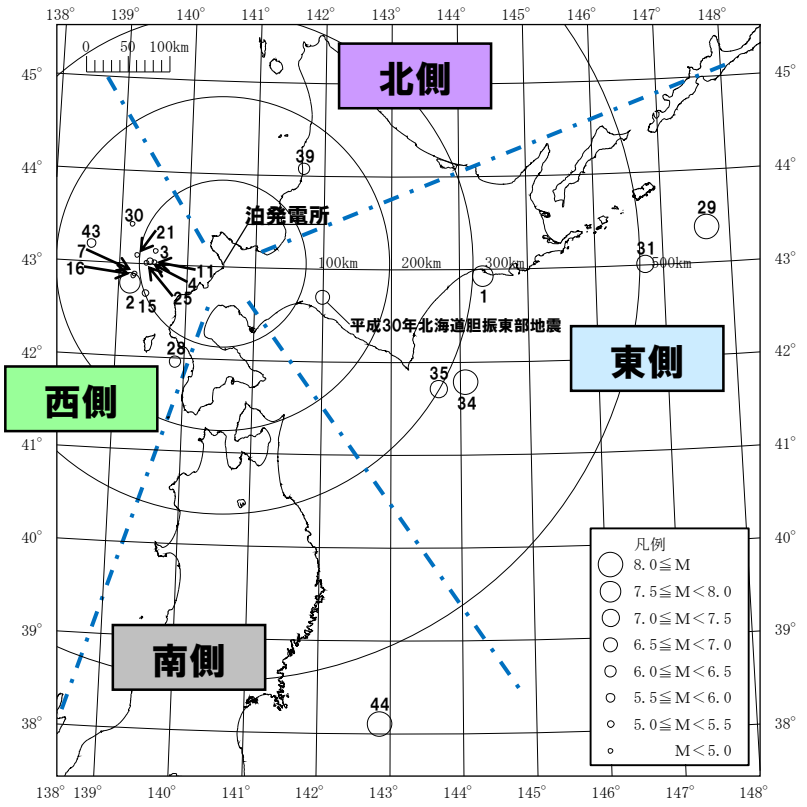
1，2号炉観測点

No.	方位	地名または地震名	M	震央距離(km)	最大加速度(Gal) 1，2号炉観測点（標高+2.3m） NS	EW	UD
44	南	東北地方太平洋沖地震	9.0	583	3	2	2
1	東	1993年釧路沖地震	7.5	313	11	5	7
34	東	2003年十勝沖地震	8.0	325	7	8	6
29	東	1994年北海道東方沖地震	8.2	583	4	5	4
35	東	十勝沖	7.1	299	3	3	2
31	東	根室半島沖	7.0	506	2	1	1
39	北	留萌支庁南部	6.1	150	1	2	1
2	西	1993年北海道南西沖地震	7.8	113	49	54	35
28	西	1993年北海道南西沖地震最大余震	6.3	131	7	5	4
4	西	積丹半島北西沖	5.4	86	5	11	4
15	西	北海道南西沖	5.2	98	3	5	2
30	西	1999年積丹半島北西沖	4.5	116	2	1	2
25	西	積丹半島北西沖	3.8	90	2	4	1
43	西	北海道南西沖	5.8	158	2	3	1
7	西	北海道南西沖	4.8	106	2	2	1
21	西	積丹半島北西沖	4.3	102	2	4	2
16	西	北海道南西沖	4.7	107	1	2	1
3	西	積丹半島北西沖	4.7	81	1	2	1
11	西	積丹半島北西沖	4.1	81	1	2	0.4
	東	平成30年北海道胆振東部地震	6.7	128	7	7	5

3号炉観測点

No.	方位	地名または地震名	M	震央距離(km)	最大加速度(Gal) 3号炉観測点（標高+2.3m） NS	EW	UD
44	南	東北地方太平洋沖地震	9.0	583	2	2	2
34	東	2003年十勝沖地震	8.0	325	9	8	7
35	東	十勝沖	7.1	299	3	3	3
31	東	根室半島沖	7.0	506	1	1	1
39	北	留萌支庁南部	6.1	150	1	1	1
43	西	北海道南西沖	5.8	158	1	1	1
30	西	1999年積丹半島北西沖	4.5	116	0.5	0.2	1
	東	平成30年北海道胆振東部地震	6.7	128	5	8	6

検討対象地震の震央分布図

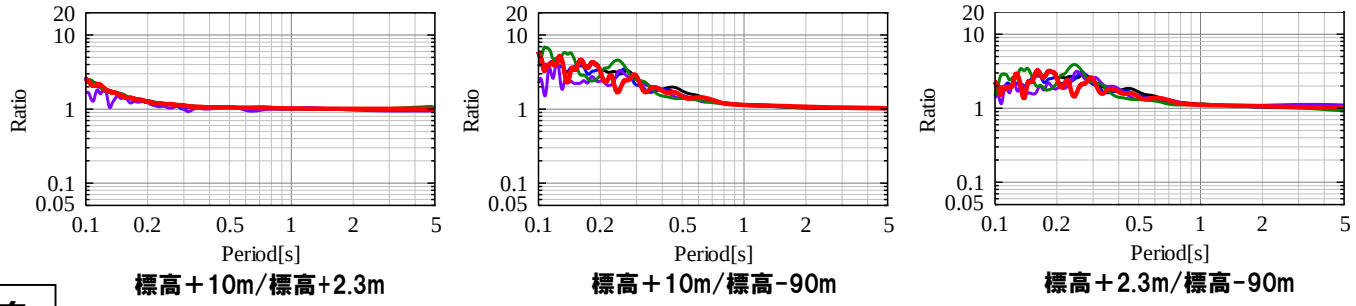


5. 3 平成30年北海道胆振東部地震に関する検討

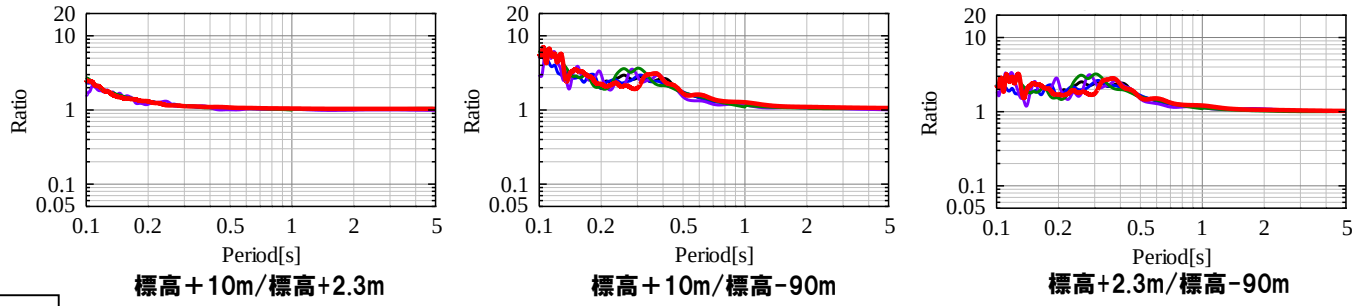
再掲（R3.7.30審査会合資料）

地震の到来方向による影響検討（鉛直アレー観測点間のフーリエスペクトル比（１，２号炉観測点））

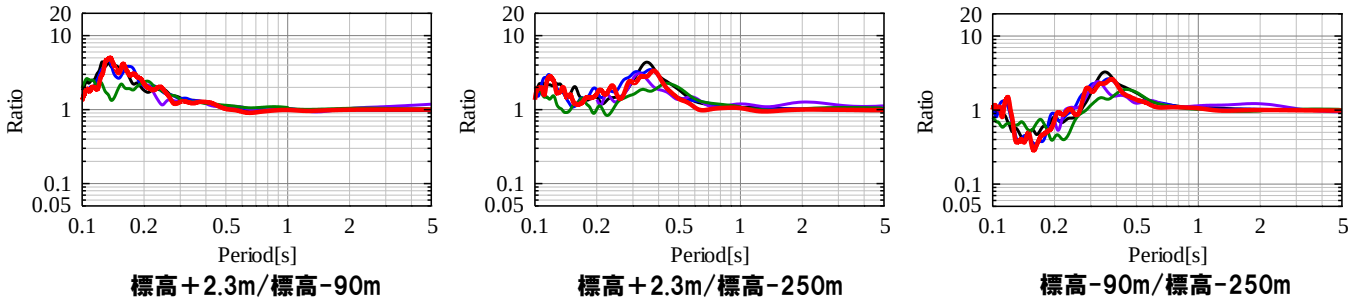
NS方向



EW方向



UD方向

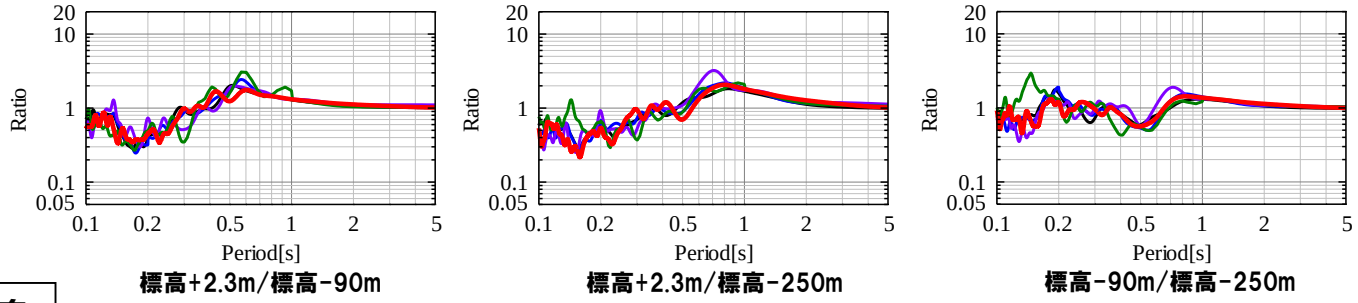


5. 3 平成30年北海道胆振東部地震に関する検討

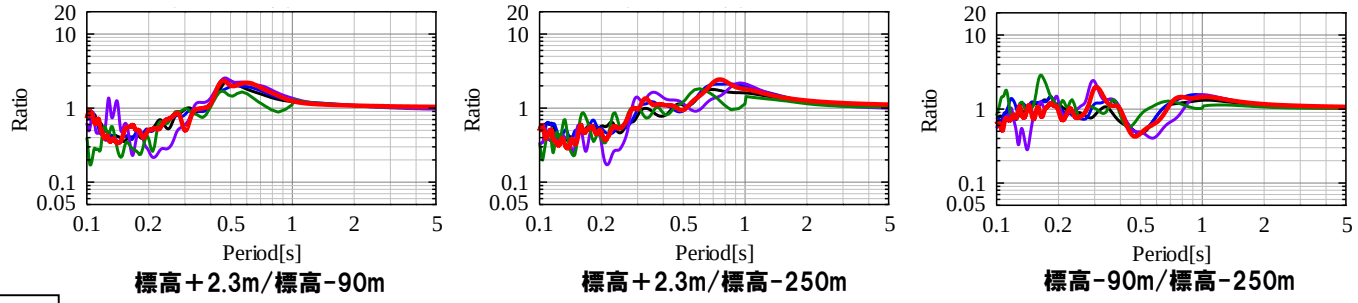
再掲（R3.7.30審査会合資料）

地震の到来方向による影響検討（鉛直アレー観測点間のフーリエスペクトル比（３号炉観測点））

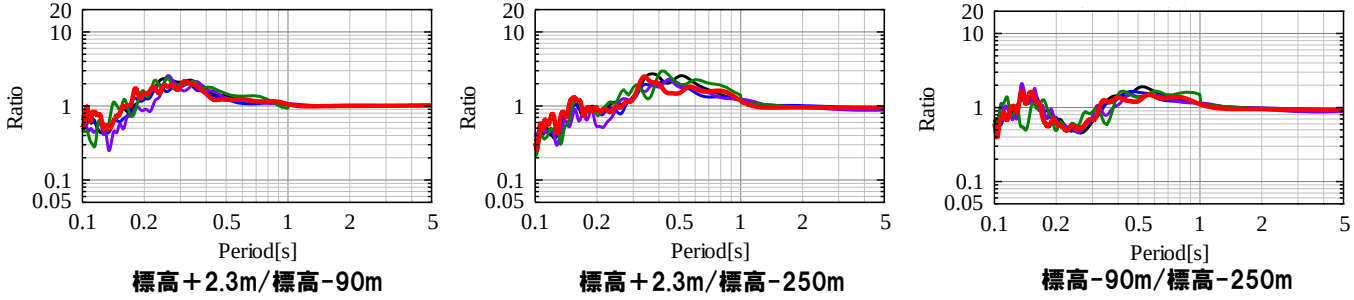
NS方向



EW方向



UD方向



○1，2号炉観測点，3号炉観測点とも平成30年北海道胆振東部地震は，既往の検討結果と同様の傾向を示している。

5. 3 平成30年北海道胆振東部地震に関する検討

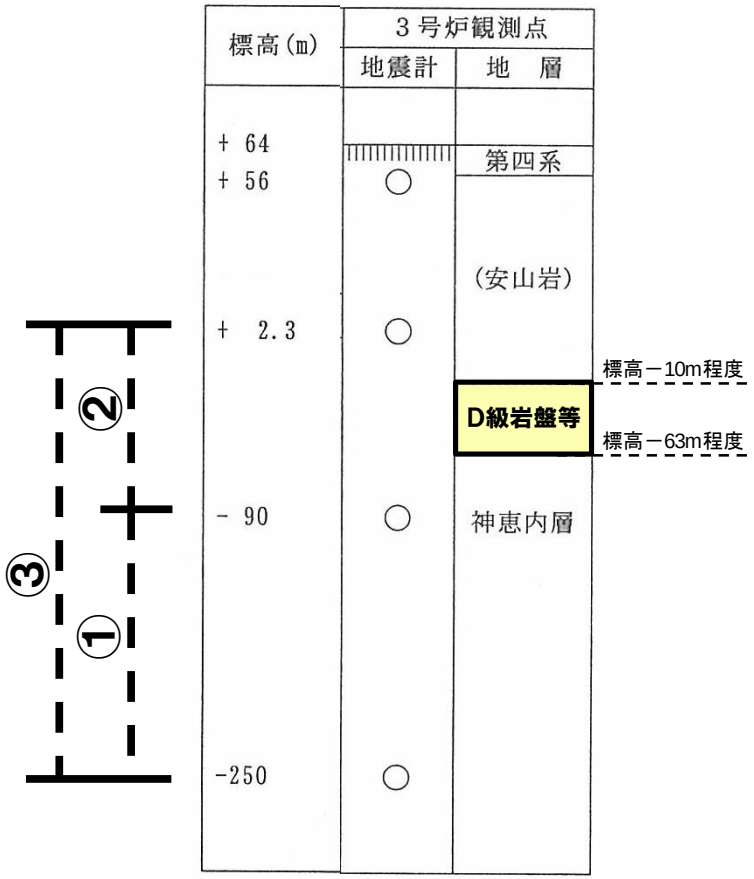
再掲（R3.7.30審査会合資料）

安山岩等による影響検討

○3号炉観測点における地震観測記録を用いて，鉛直アレー観測点間のフーリエスペクトルの比による地盤の増幅特性に関する分析を行い，3号炉側の地盤に分布している安山岩およびD級岩盤による特異な増幅傾向の有無について確認する。

3号炉観測点における地質の状況

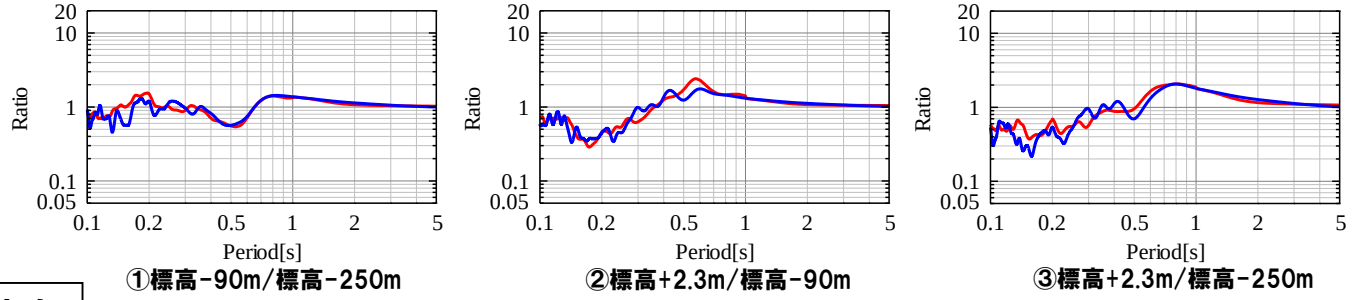
○3号炉観測点では，安山岩は，標高＋58m程度から標高－10m程度に分布している。また，標高－10m程度から標高－63m程度の間にD級岩盤を含む相対的に速度の低い層が分布しており，3号原子炉建屋直下の安山岩以深と同様の構成となっている。



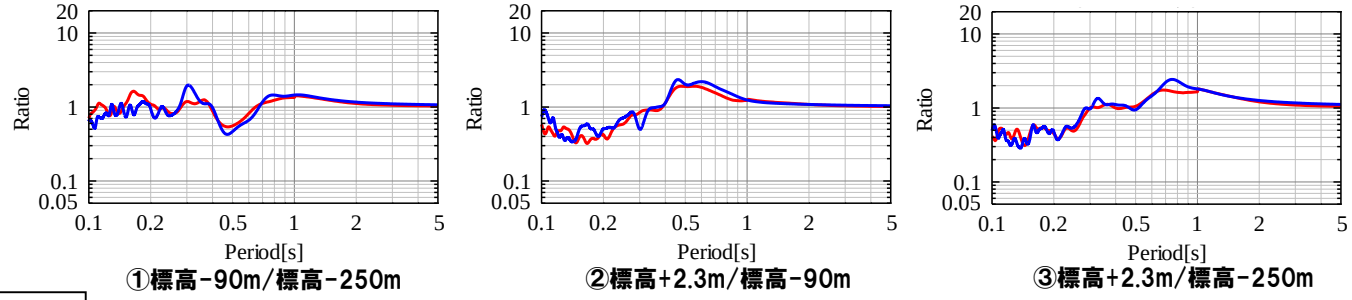
5. 3 平成30年北海道胆振東部地震に関する検討

安山岩等による影響検討

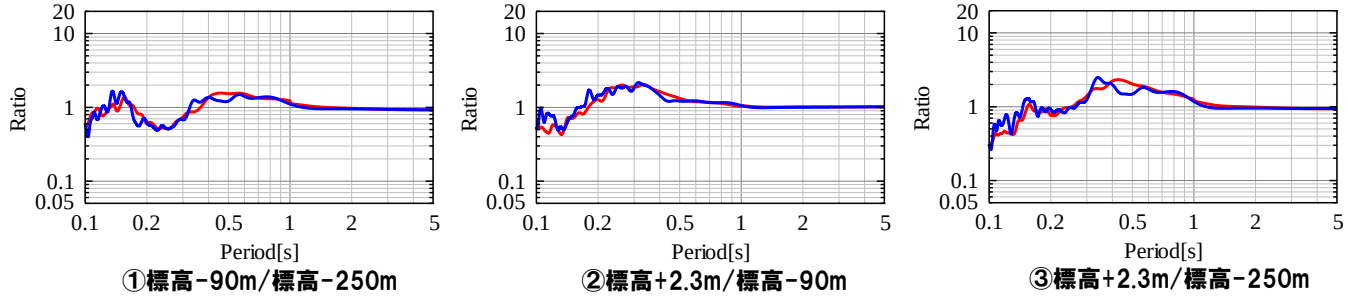
NS方向



EW方向



UD方向



○平成30年北海道胆振東部地震は，既往の検討結果と同様の傾向を示している。

5. 3 平成30年北海道胆振東部地震に関する検討

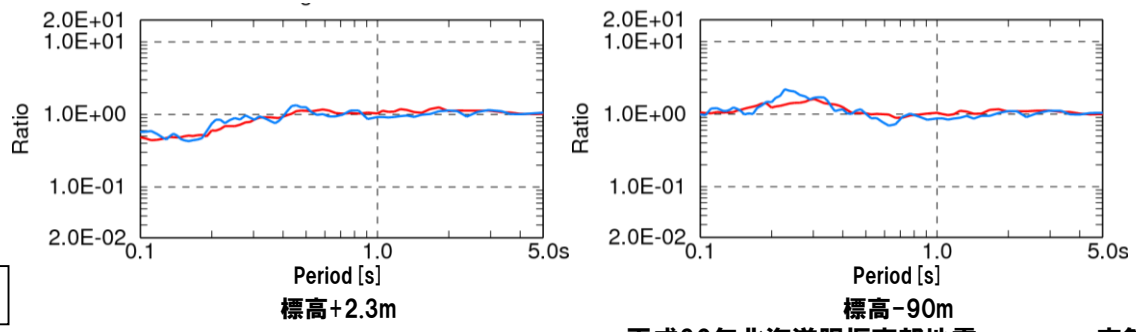
再掲（R3.7.30審査会合資料）

1，2号炉観測点および3号炉観測点との応答スペクトルの比較

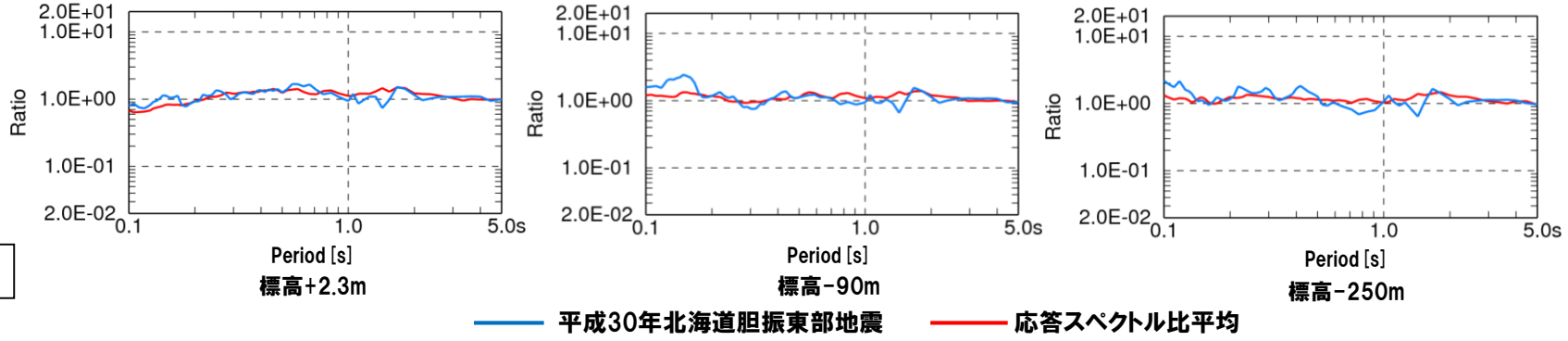
○1，2号炉および3号炉における地震観測記録に基づき，同深度観測点の応答スペクトルの比較を行い，両観測点の地震動の関係を確認する。

深度別応答スペクトル比（（3号炉観測点／1，2号炉観測点）の平均）

水平方向



鉛直方向



○平成30年北海道胆振東部地震は，既往の検討と同様の傾向を示している。

○以上のことから，平成30年北海道胆振東部地震は，いずれの検討においても既往の検討結果と同様の傾向を示しており，敷地地盤の振動特性に関する評価結果に影響を与えないことを確認した。

一部加筆修正（R3.7.30審査会合資料）

経験的グリーン関数法とハイブリッド合成法の考察

○F_B－2断層による地震の地震動評価
断層モデルを用いた手法による地震動評価においては，要素地震として適切な観測記録が得られていないことから，以下の手法に基づき地震動評価を実施している。

ハイブリッド合成法
・短周期領域は統計的グリーン関数法
・長周期領域は理論的手法

○F_B－2断層の位置する日本海東縁部で発生した1993年北海道南西沖地震およびその余震については，要素地震として適切な地震規模等の地震ではないものの，敷地で地震観測記録が得られていることから，審査会合での指摘事項を踏まえ，地震規模等を再度確認した上で，この地震観測記録を要素地震とする，F_B－2断層による地震の経験的グリーン関数法を用いた地震動評価も実施している。

○F_B－2断層による地震について，経験的グリーン関数法を用いた地震動評価とハイブリッド合成法を用いた地震動評価において差異が生じている。

○経験的グリーン関数法を用いた地震動評価とハイブリッド合成法を用いた地震動評価における差異については，経験的グリーン関数法に用いる要素地震に関する以下のような理由により生じていると考えられる。
①F_B－2断層による地震の地震規模M8.2に対して，要素地震の地震規模M5.4がやや小さいこと
②要素地震が，Noda et al.（2002）による応答スペクトルに比べ，全体的にやや大きめであり，周期帯によってピークがみられること
③要素地震の震源情報に関する知見が得られていないことから，要素地震の震源パラメータが適切に評価できていない可能性があること

一部加筆修正（H27.12.25審査会合資料）

経験的グリーン関数法とハイブリッド合成法の考察 ①要素地震の規模

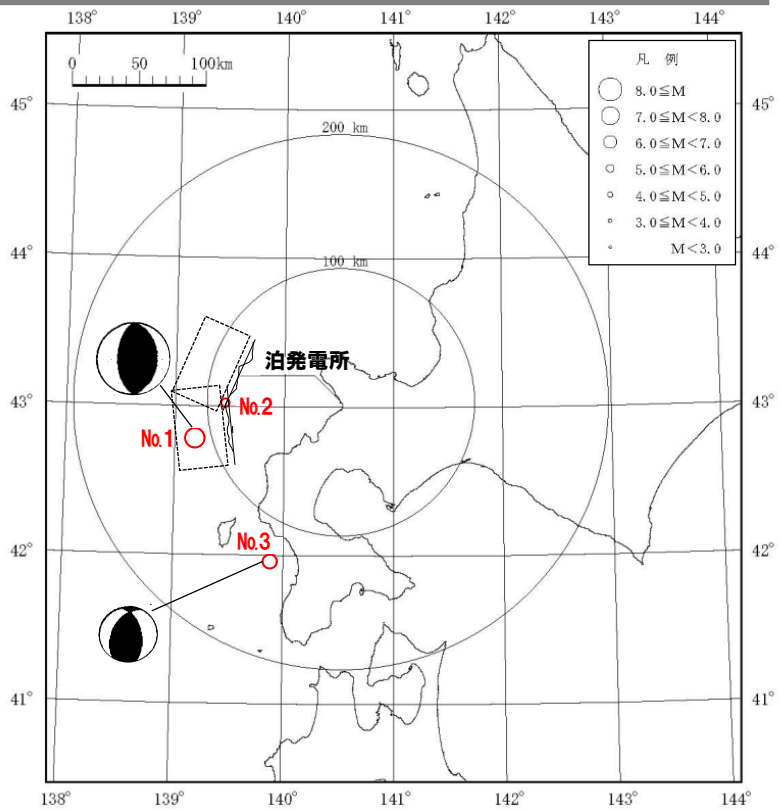
要素地震の選定

○敷地で観測された，1993年北海道南西沖地震およびその余震を用いて，経験的グリーン関数法を用いた地震動評価を実施している。
○要素地震は，適切な規模の地震であること，F_B－2断層の近傍で発生した地震であることを考慮して選定している。

・No.1：F_B－2断層による地震と規模が同等であることから，要素地震として選定していない。

・No.2：要素地震としては規模がやや小さく適切ではないと考えられるものの，この地震を要素地震とする経験的グリーン関数法を用いた地震動評価を実施している。

・No.3：震央位置がF_B－2断層による地震の断層面から離れていることから，要素地震として選定していない。



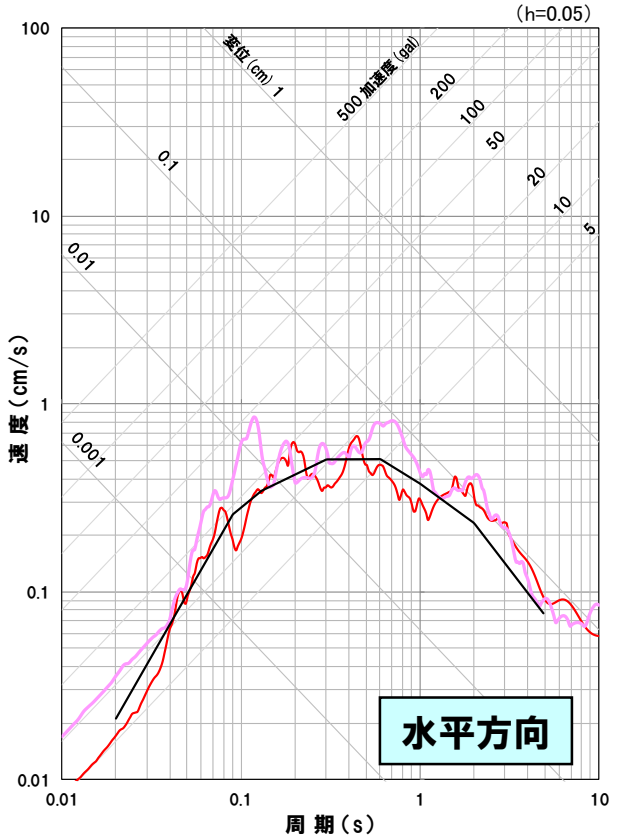
No.	年月日	震央位置		深さ (km)	マグニチュード M	震央距離 (km)	地　名（地震名）
		東経（°）	北緯（°）				
1	1993. 7.12	139.180°	42.782°	35	7.8	113	北海道南西沖（1993年北海道南西沖地震）
2	1993. 7.12	139.457°	43.022°	35	5.4	86	北海道南西沖（1993年北海道南西沖地震・余震）
3	1993. 8. 8	139.882°	41.958°	24	6.3	131	北海道南西沖（1993年北海道南西沖地震・最大余震）

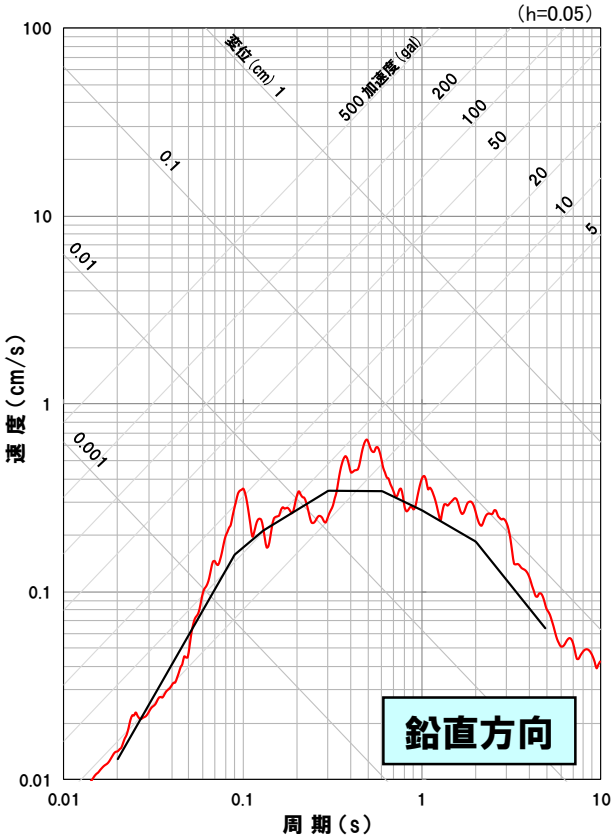
※ メカニズム解：No.1は，ハーバード大学，No.3は，岩田ほか（1994）による。
なお，No.2は，メカニズム解に関する知見はない。

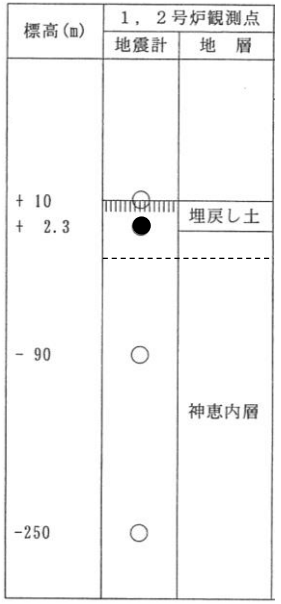
※ 地震の諸元は気象庁地震カタログ

経験的グリーン関数法とハイブリッド合成法の考察
②要素地震の特徴

○F_B－2断層による地震の地震動評価で用いた要素地震について，Noda et al.（2002）による応答スペクトルとの比較を示す。
○Noda et al.（2002）による応答スペクトルと概ね同様の傾向であるものの，全体的にやや大きめであり，周期帯によってピークがみられる特徴がある。







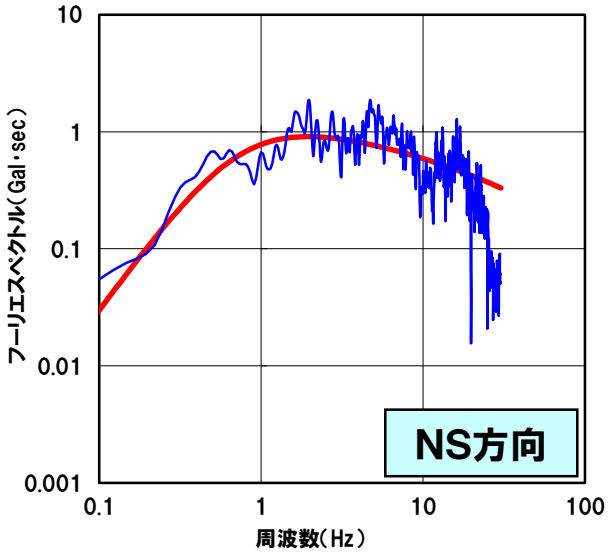
※1 標高±0mより上部の地盤の影響を取り除いた応答スペクトル
※2 Noda et al.（2002）による応答スペクトルは，Vs=1.4km/s，Vp=2.7km/sとして算定

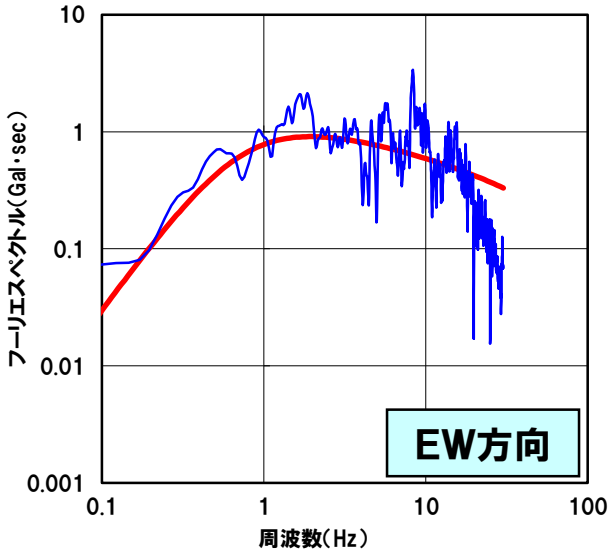
1993年北海道南西沖地震・余震（M5．4，Δ＝86km）
標高±0m（NS方向）※1
標高±0m（EW方向）※1
Noda et al.（2002）※2

1993年北海道南西沖地震・余震（M5．4，Δ＝86km）
標高±0m（UD方向）※1
Noda et al.（2002）※2

経験的グリーン関数法とハイブリッド合成法の考察
③要素地震の震源パラメータ

○F_B－2断層による地震の地震動評価で用いた要素地震について，理論スペクトルと観測記録のフーリエスペクトルとの比較を示す。
○評価した理論スペクトルは，観測記録のフーリエスペクトルと概ね同様の傾向である。
○しかしながら，理論スペクトルは，メカニズム解や地震モーメントに関する知見はなく，限られた情報により評価したものであり，要素地震の震源パラメータが適切に評価できていない可能性も考えられる。
○F_B－2断層による地震の地震動評価で用いた要素地震は，1993年の地震であり，他の地点で得られている観測記録が少ないこと，震源情報に関する知見が得られていないことから，詳細な検討は難しいと考えられる。





※震源パラメータの見積り
地震モーメント：$M_0 = 1.0 \times 10^{17}$N・m
応力降下量：$\Delta\sigma = 5.0$MPa

1993年北海道南西沖地震・余震
フーリエスペクトル
理論スペクトル

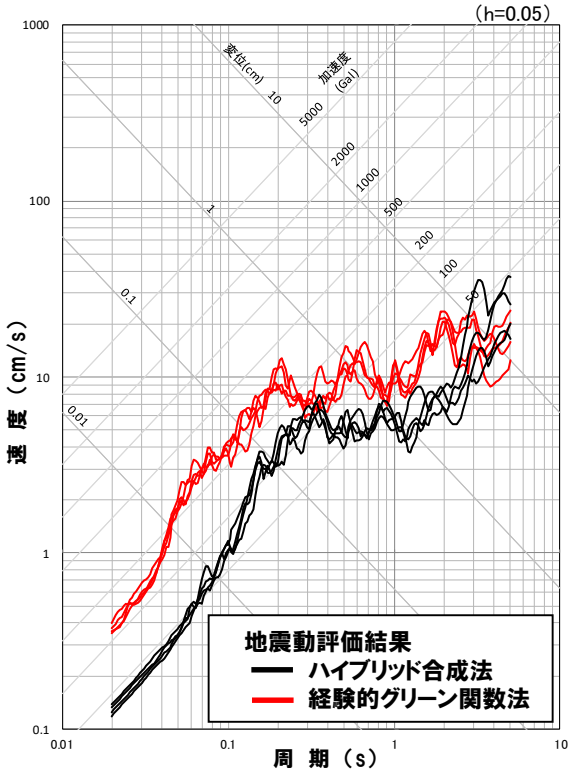
5. 参考資料

5．4 F_B－2断層による地震の地震動評価結果に関する考察

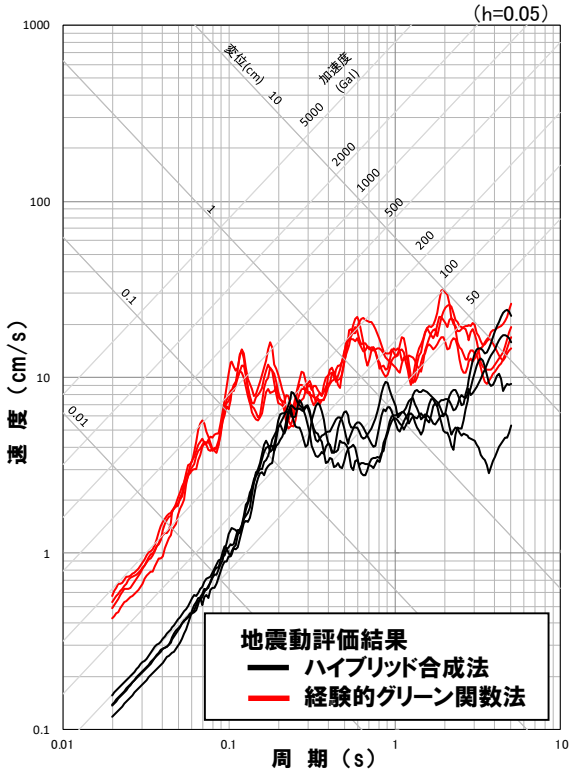
一部加筆修正（R3.7.30審査会合資料）

経験的グリーン関数法とハイブリッド合成法の考察

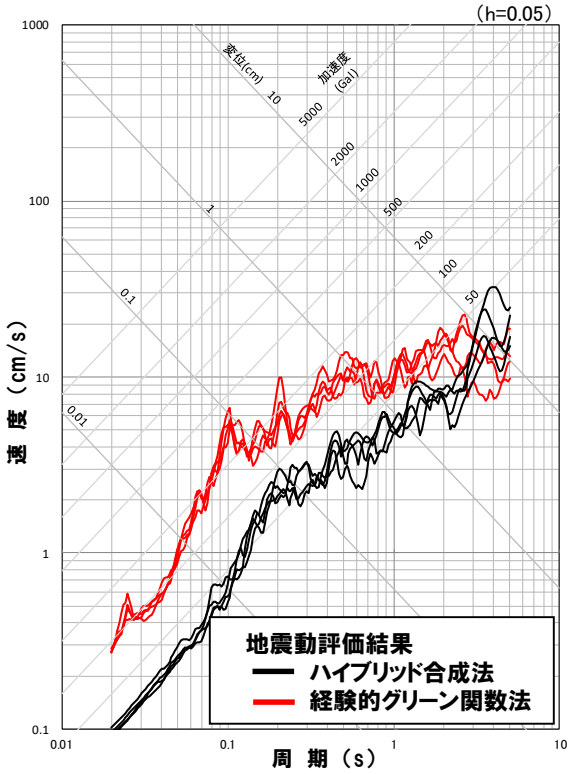
○経験的グリーン関数法を用いた地震動評価とハイブリッド合成法を用いた地震動評価における差異については，経験的グリーン関数法に用いる要素地震に関する以下のような理由により生じていると考えられる。
①F_B－2断層による地震の地震規模M8.2に対して，要素地震の地震規模M5.4がやや小さいこと
②要素地震が，Noda et al.（2002）による応答スペクトルに比べ，全体的にやや大きめであり，周期帯によってピークがみられること
③要素地震の震源情報に関する知見が得られていないことから，要素地震の震源パラメータが適切に評価できていない可能性があること
○F_B－2断層による地震については，経験的グリーン関数法による地震動評価結果もF_B－2断層による地震の地震動評価結果として採用することとしている。



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）



応答スペクトル図（UD方向）

応答スペクトルとハイブリッド合成法の考察

○F_B－2断層による地震について，応答スペクトルに基づく地震動評価とハイブリッド合成法を用いた地震動評価において差異が生じている。

↓

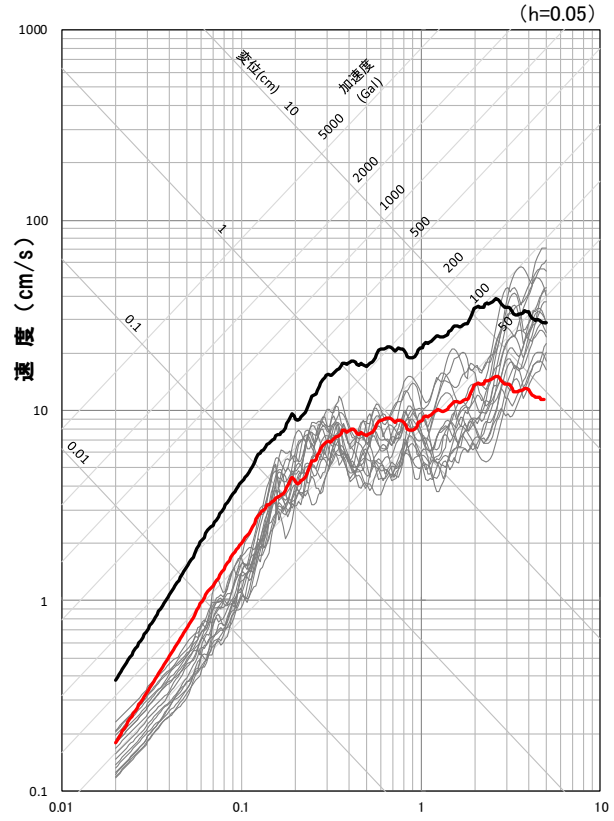
○応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる地震規模については，大竹ほか（2002）による日本海東縁部で発生した地震の断層長さLと地震規模Mの関係式により算定したケースや，武村（1990）により算定したケースと比較し，松田（1975）により設定している。
○大竹ほか（2002）を踏まえると，F_B－2断層で考慮している約100kmの断層は，地震規模M7.6となる。
○応答スペクトルに基づく地震動評価において，安全側の設定として松田式から算定される地震規模M8.2を採用していることが，差異の要因と考えられる。

↓

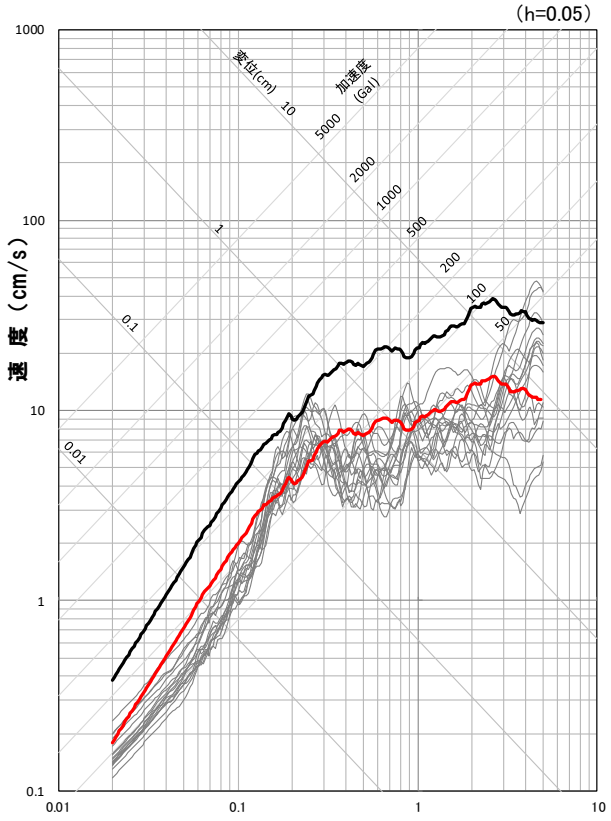
○応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる地震規模を，日本海東縁部のデータに基づく大竹ほか（2002）から算定される地震規模M7.6と仮定し，地震動レベルを確認する。

応答スペクトルとハイブリッド合成法の考察

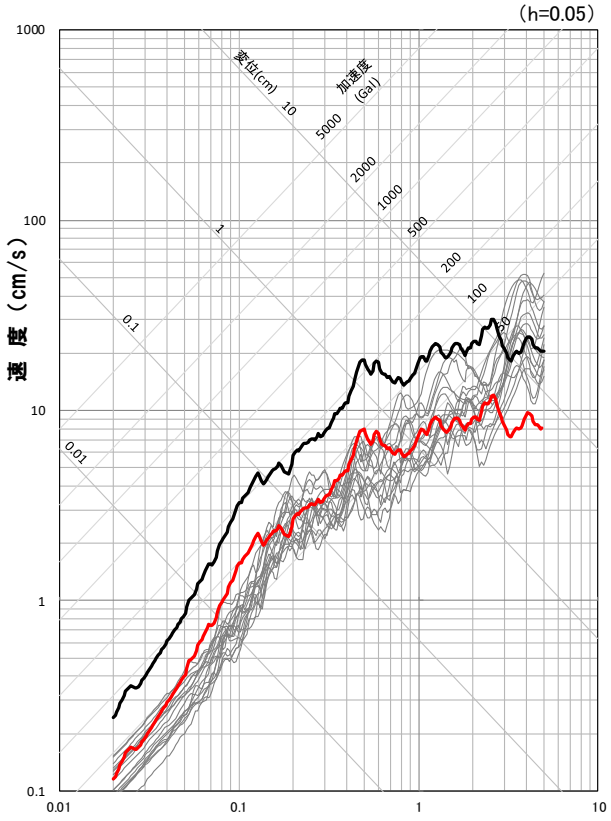
○大竹ほか（2002）から算定される地震規模M7.6を用いて地震動レベルを確認すると，ハイブリッド合成法を用いた地震動評価と整合する傾向にある。
○応答スペクトルに基づく地震動評価において，安全側の設定として松田式から算定される地震規模M8.2を採用していることが，差異の要因と考えられる。



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）



応答スペクトル図（UD方向）

地震動評価結果
応答スペクトルに基づく地震動評価（M8.2）　応答スペクトルに基づく地震動評価（M7.6）　ハイブリット合成法

254

余白

5. 5 アスペリティの影響に関する検討

アスペリティの影響に関する検討

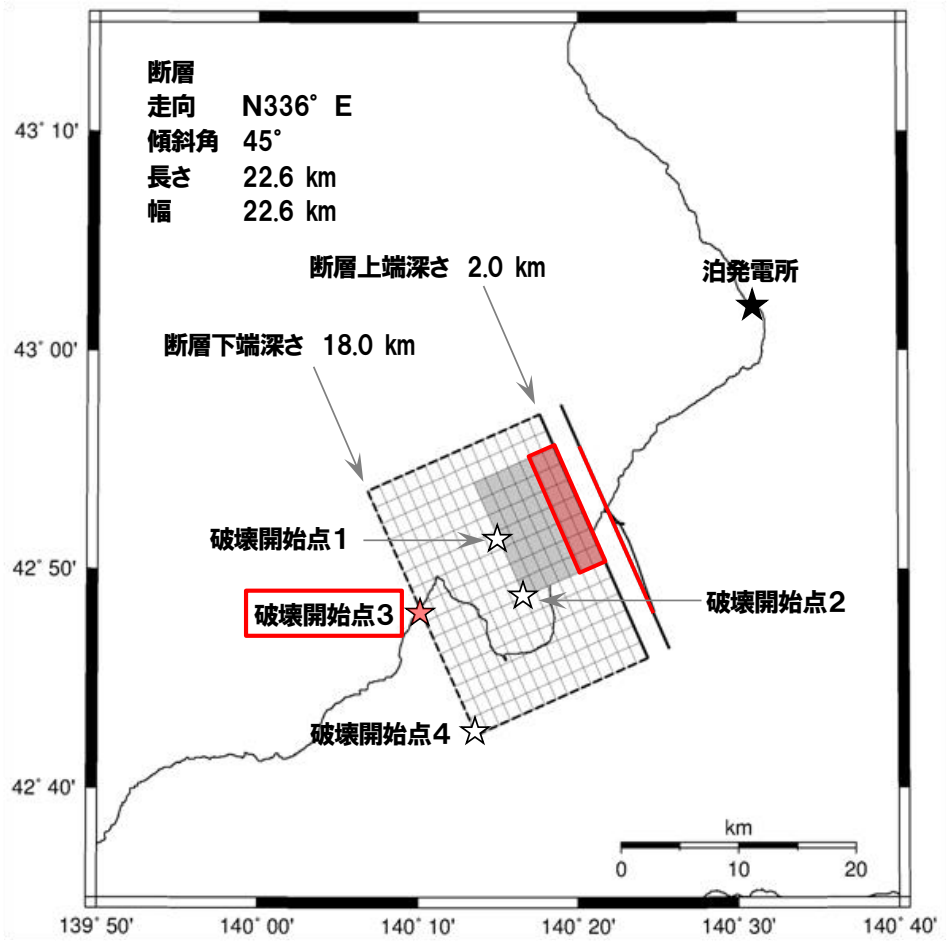
○検討用地震の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果について，基本震源モデルにおいて最大加速度が大きいケースを用いてアスペリティの影響を検討する。
○なお，アスペリティの影響を検討するための地震動評価は，短周期側の地震動を対象として，統計的グリーン関数法を用いることとする。（応答スペクトル図は接続周期を考慮して表示する。）

（１）アスペリティ最浅部の影響
- 地震動評価結果に対するアスペリティ最浅部１列の影響について検討する。
- 積丹半島北西沖の断層による地震については，最南部１列の影響についても検討する。
- なお，尻別川断層による地震では最浅部２列まで，積丹半島北西沖の断層による地震では最浅部２列までおよび最南部２列までの影響についても検討する。

（２）各アスペリティの影響
- アスペリティを複数設定しているF_S－１０断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震およびF_B－２断層による地震について，地震動評価結果に対する各アスペリティの影響について検討する。

5. 5 アスペリティの影響に関する検討

（１）アスペリティ最浅部の影響　尻別川断層による地震



地質調査結果に基づき評価した活断層範囲

基本震源モデル

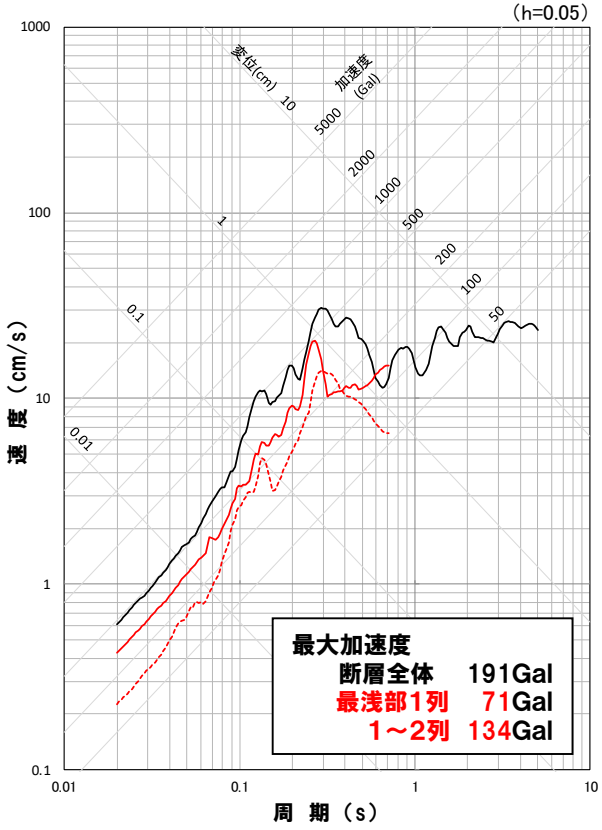
5. 参考資料

5．5 アスペリティの影響に関する検討

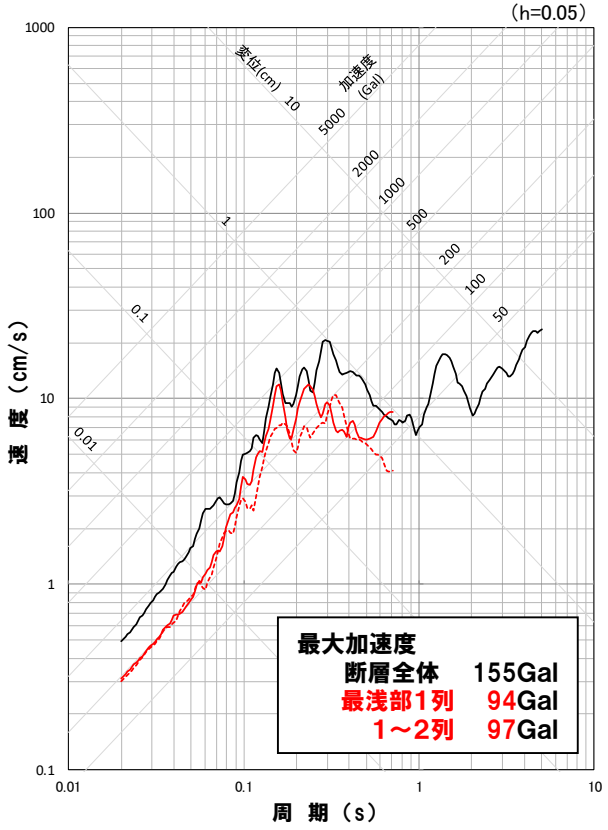
257

（１）アスペリティ最浅部の影響　尻別川断層による地震

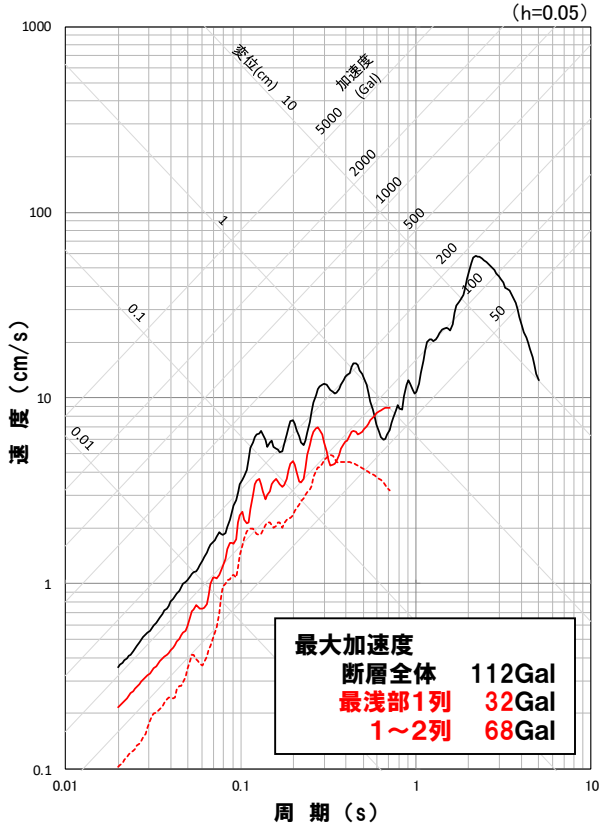
○尻別川断層による地震（基本震源モデル，破壊開始点３）について，地震動評価結果に対するアスペリティ最浅部１列および最浅部２列までの影響を検討した結果，方向および周期により若干傾向は異なるが，最浅部２列までの最大加速度比では約６～７割となっており，深さ方向に７列あるアスペリティのうち２列を抜き出した評価としては影響が大きいと考えられる。



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）

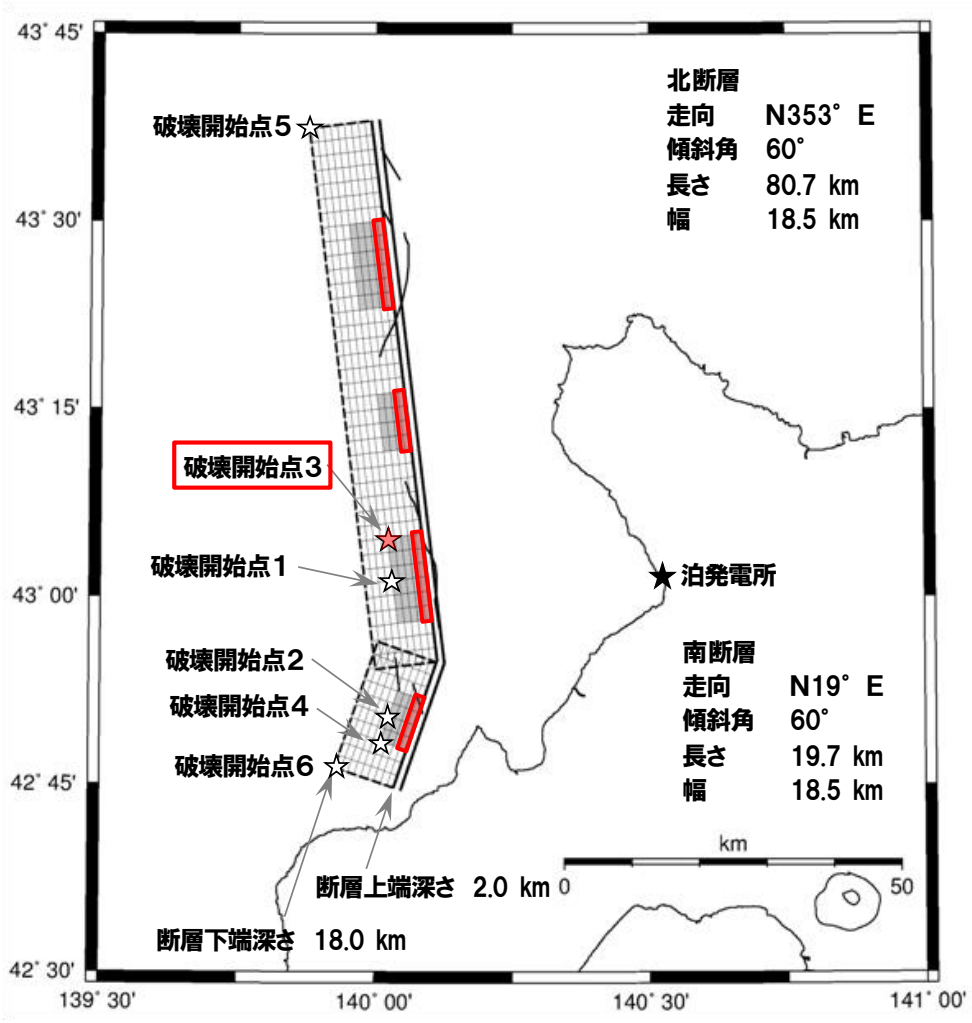


応答スペクトル図（UD方向）

地震動評価結果
- 断層全体
- アスペリティ最浅部１列
- アスペリティ最浅部１～２列

5. 5 アスペリティの影響に関する検討

（1）アスペリティ最浅部の影響　F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震

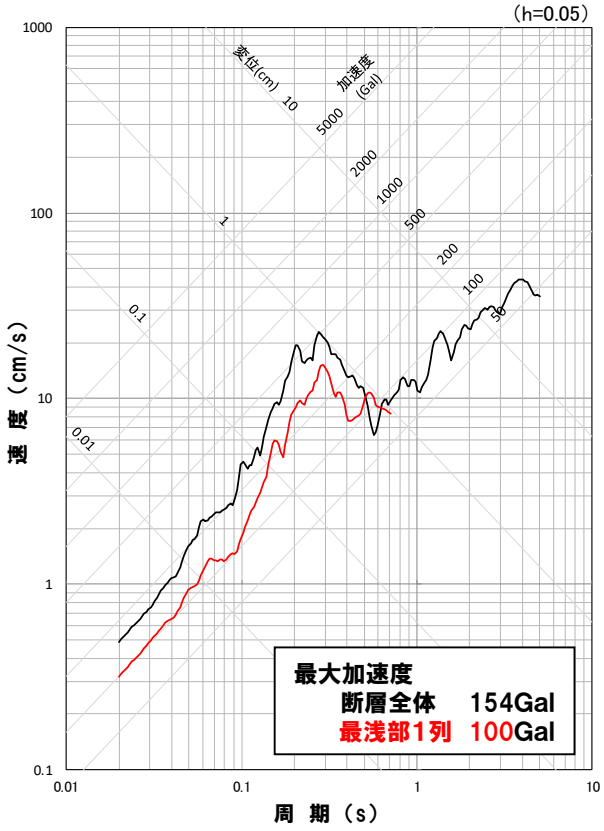


基本震源モデル

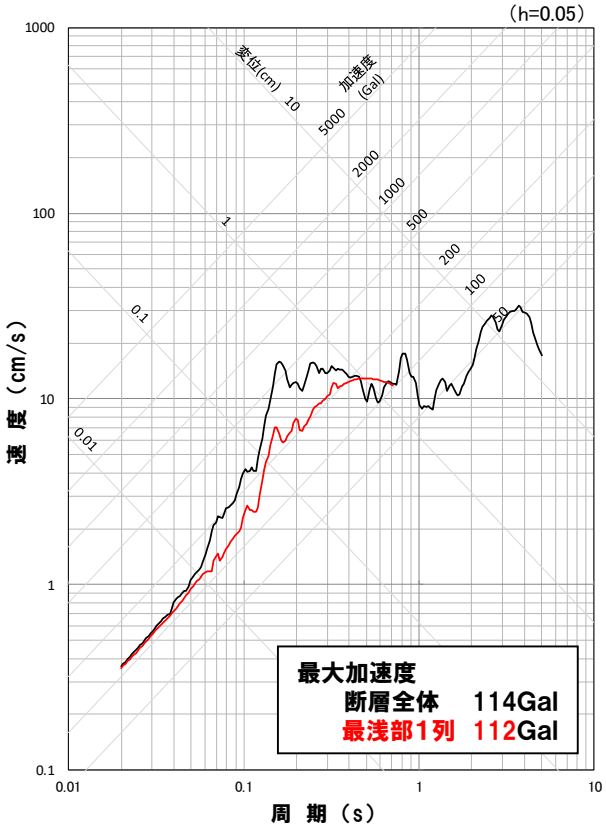
5. 5 アスペリティの影響に関する検討

（1）アスペリティ最浅部の影響　F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震

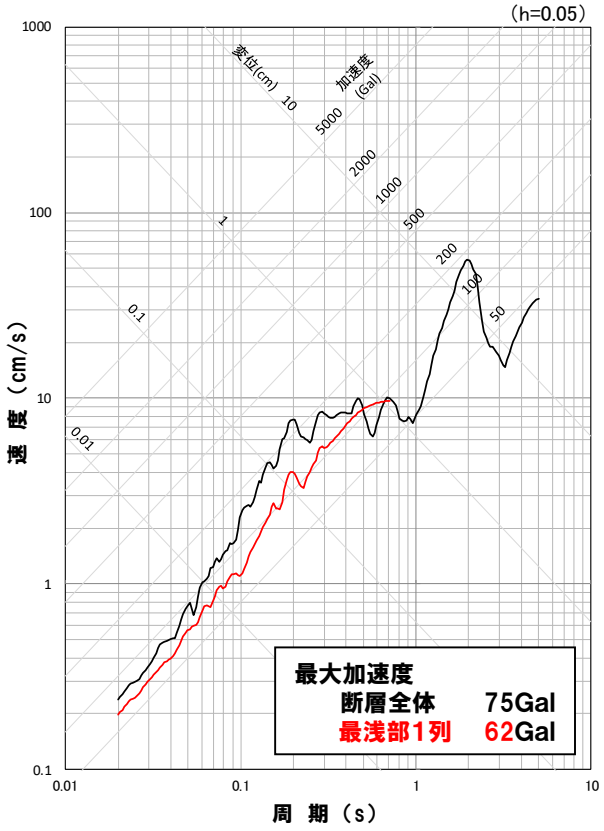
○F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（基本震源モデル，破壊開始点3）について，地震動評価結果に対するアスペリティ最浅部1列の影響を検討した結果，いずれの方向においても，アスペリティ最浅部1列の影響が大きいと考えられる。



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）

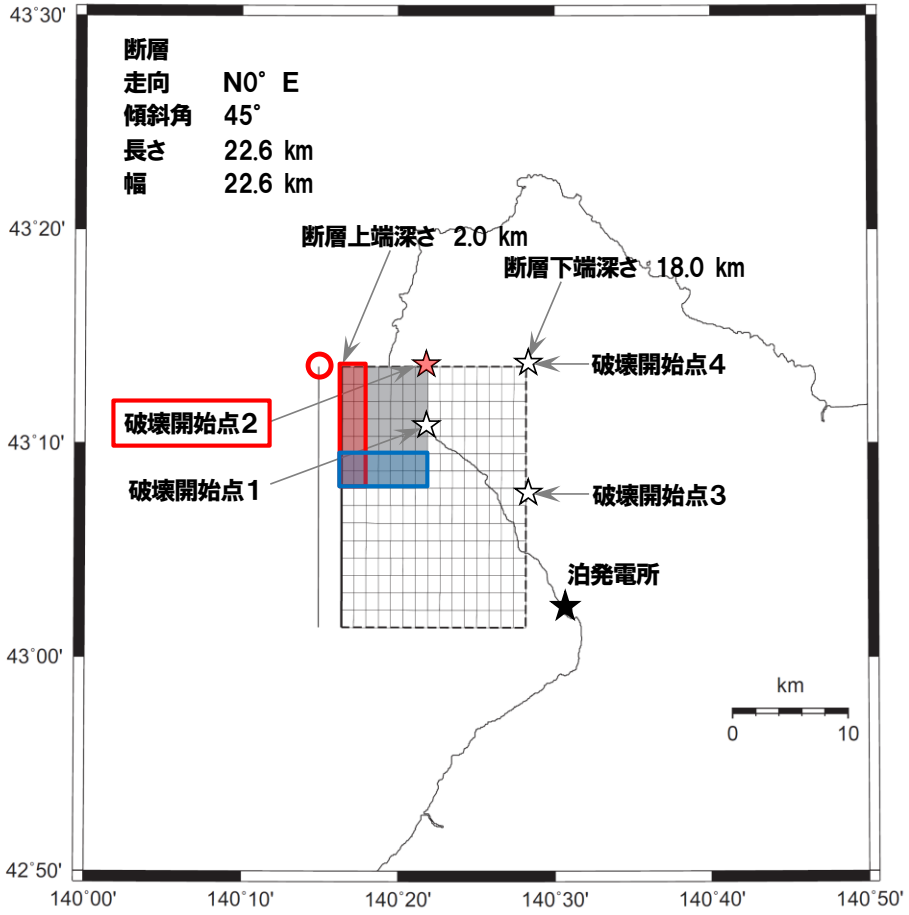


応答スペクトル図（UD方向）

地震動評価結果
断層全体
アスペリティ最浅部1列

5. 5 アスペリティの影響に関する検討

（１）アスペリティ最浅部の影響　積丹半島北西沖の断層による地震（走向0°　ケース）



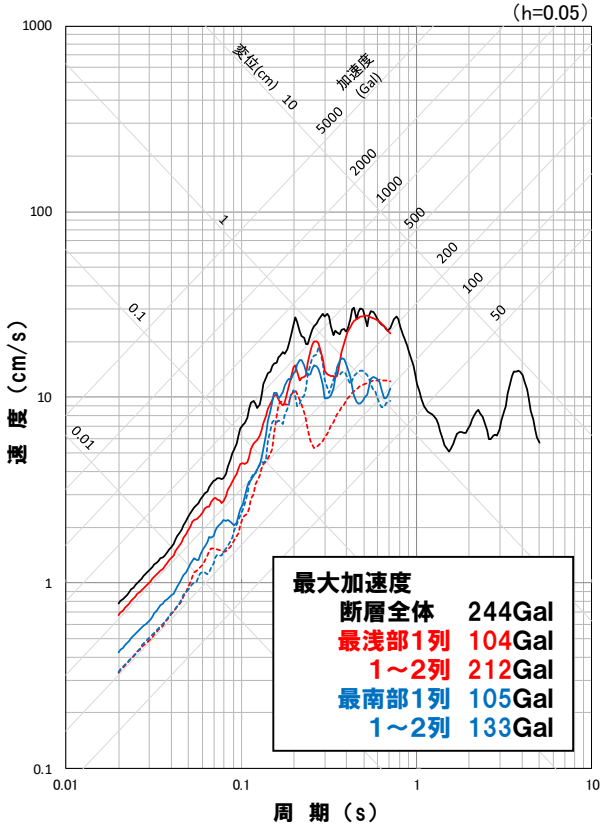
○ 地質調査結果に基づき仮定した断層位置

走向0° ケース
基本震源モデル

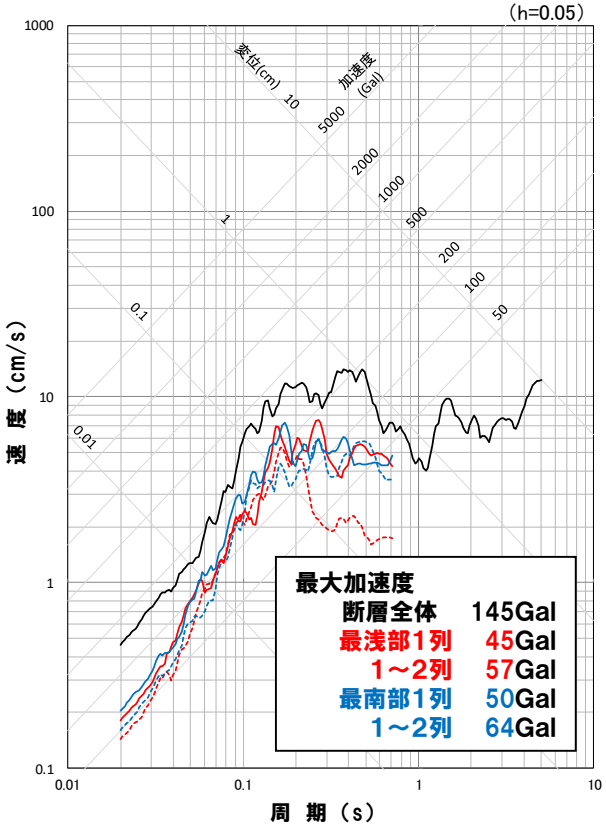
5. 5 アスペリティの影響に関する検討

（１）アスペリティ最浅部の影響　積丹半島北西沖の断層による地震（走向0°ケース）

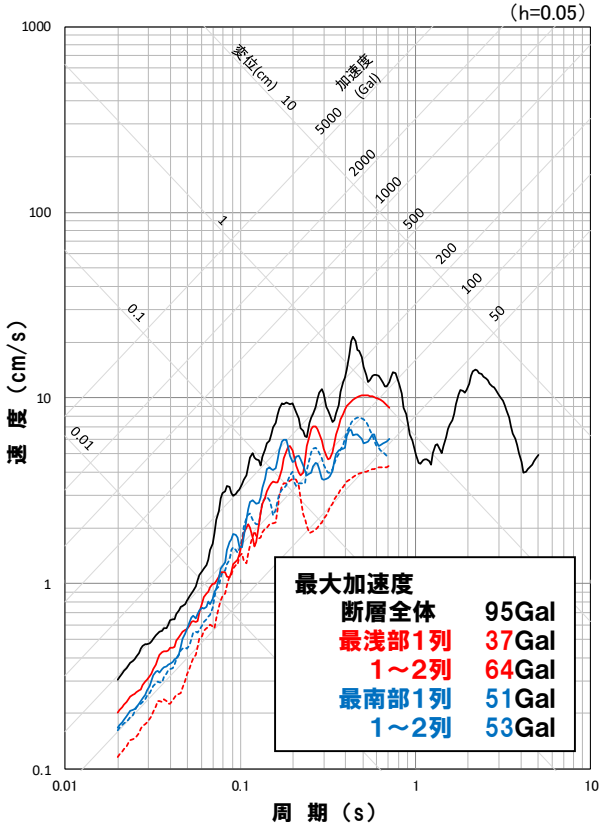
○積丹半島北西沖の断層による地震（走向0°ケース，基本震源モデル，破壊開始点２）について，地震動評価結果に対するアスペリティ最浅部１列および最浅部２列までならびに最南部１列および最南部２列までの影響を検討した結果，方向および周期により若干傾向は異なるが，NS方向では最浅部２列までの影響が大きく，EW方向およびUD方向でも最浅部２列までの最大加速度比では約４～７割となっていることから，７列あるアスペリティのうち２列を抜き出した評価としては影響が大きいと考えられる。
○また，アスペリティ最浅部２列までと最南部２列までの地震動は同程度となっている。



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）

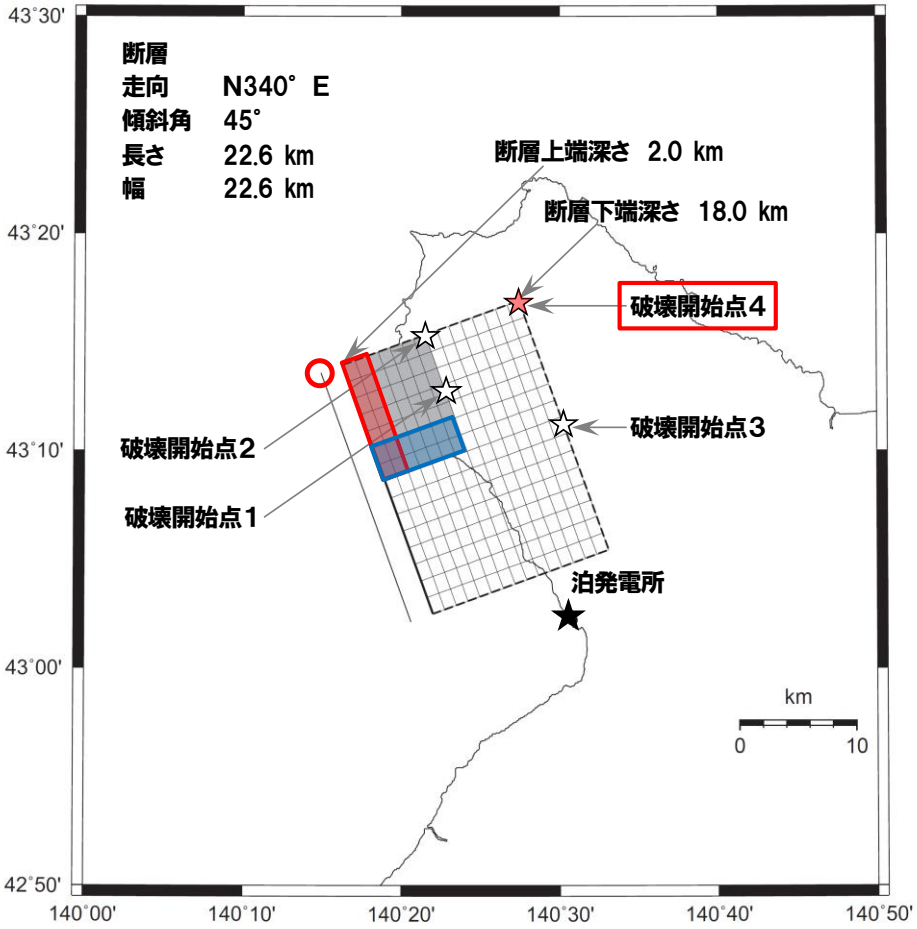


応答スペクトル図（UD方向）

地震動評価結果
断層全体　アスペリティ最浅部１列　アスペリティ最南部１列　アスペリティ最浅部１～２列　アスペリティ最南部１～２列

5. 5 アスペリティの影響に関する検討

（１）アスペリティ最浅部の影響　積丹半島北西沖の断層による地震（走向20°ケース）



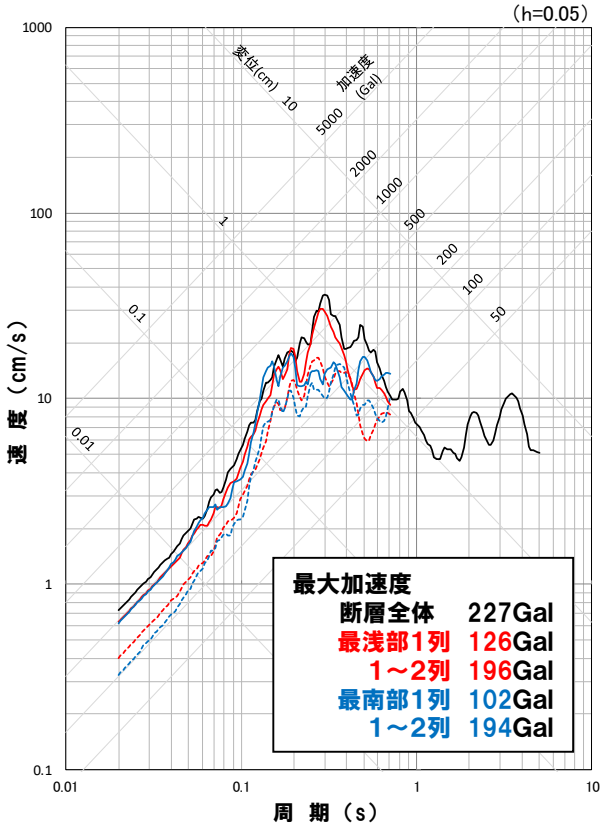
○ 地質調査結果に基づき仮定した断層位置

走向20° ケース
基本震源モデル

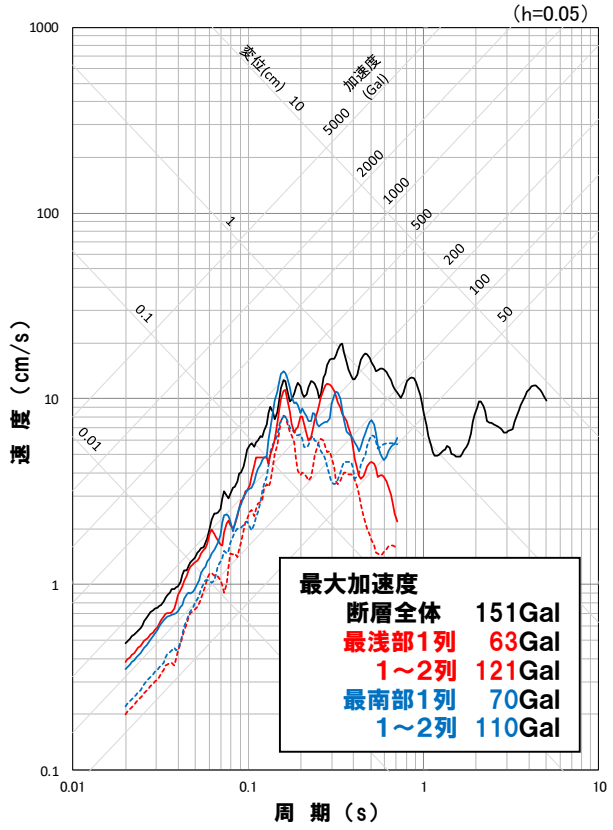
5. 5 アスペリティの影響に関する検討

（１）アスペリティ最浅部の影響　積丹半島北西沖の断層による地震（走向20°ケース）

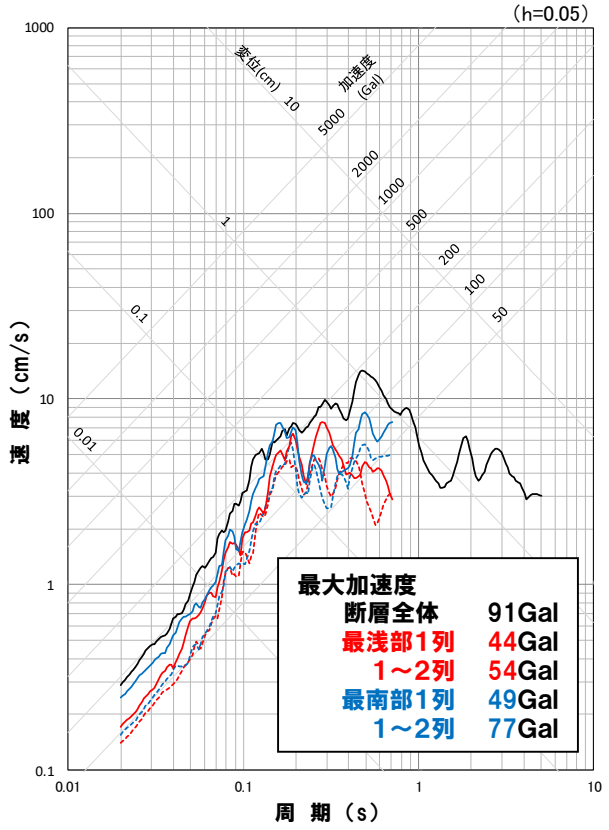
○積丹半島北西沖の断層による地震（走向20°ケース，基本震源モデル，破壊開始点４）について，地震動評価結果に対するアスペリティ最浅部１列および最浅部２列までならびに最南部１列および最南部２列までの影響を検討した結果，いずれの方向においても，アスペリティ最浅部２列までおよび最南部２列までの影響が大きいと考えられる。



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）

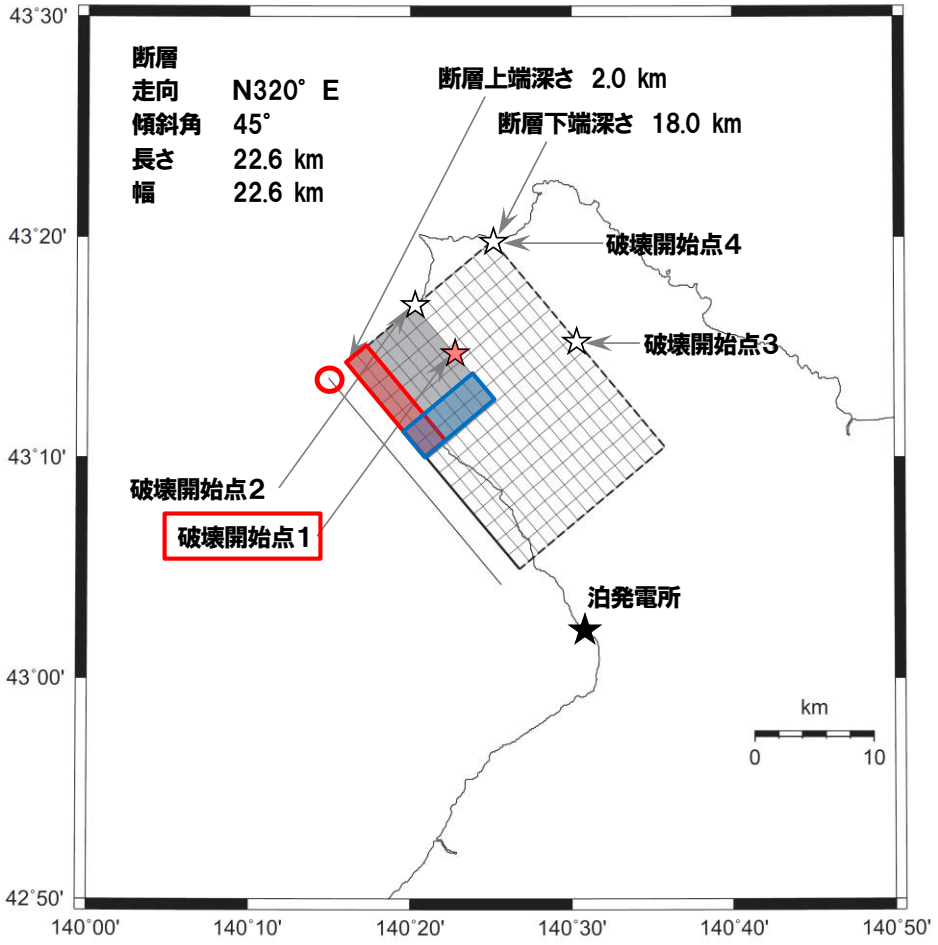


応答スペクトル図（UD方向）

地震動評価結果
断層全体　アスペリティ最浅部１列　アスペリティ最南部１列　アスペリティ最浅部１～２列　アスペリティ最南部１～２列

5. 5 アスペリティの影響に関する検討

（１）アスペリティ最浅部の影響　積丹半島北西沖の断層による地震（走向40°ケース）



○ 地質調査結果に基づき仮定した断層位置

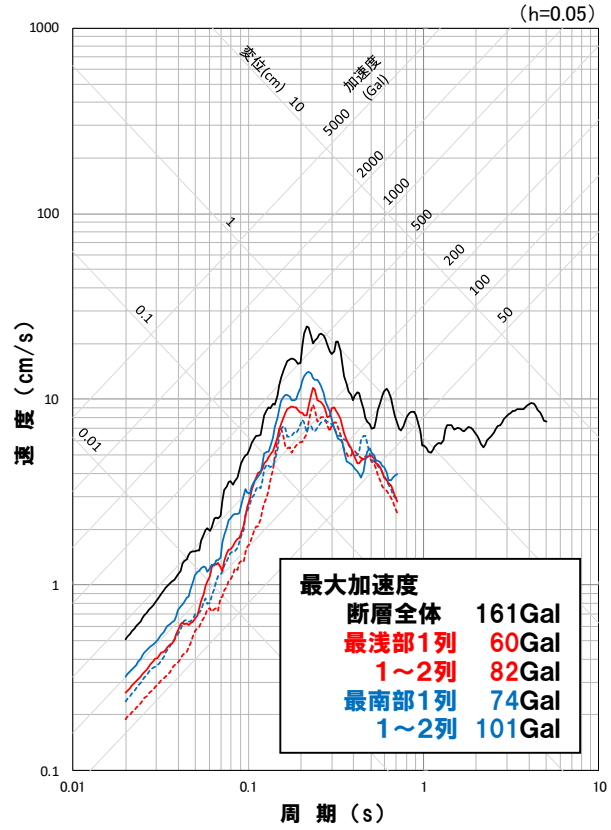
走向40°ケース
基本震源モデル

5. 参考資料

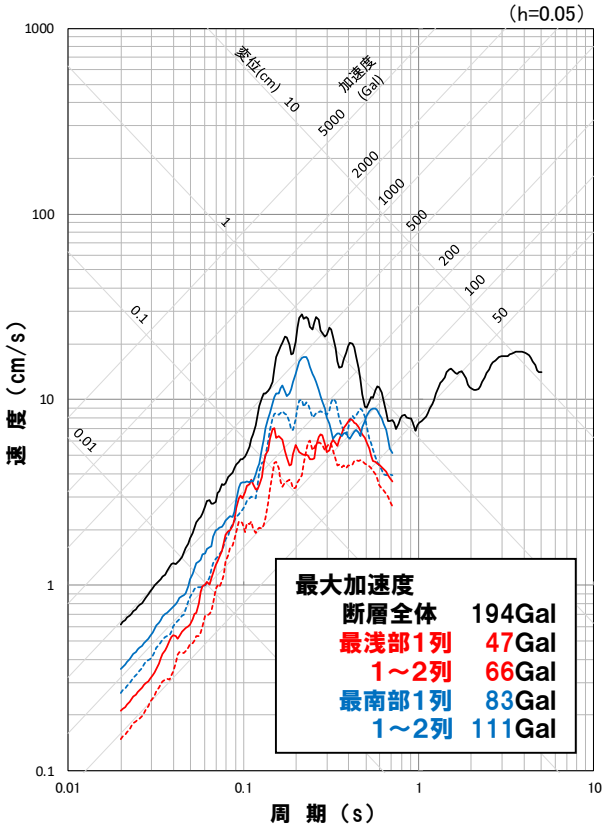
5．5 アスペリティの影響に関する検討

（１）アスペリティ最浅部の影響　積丹半島北西沖の断層による地震（走向40°ケース）

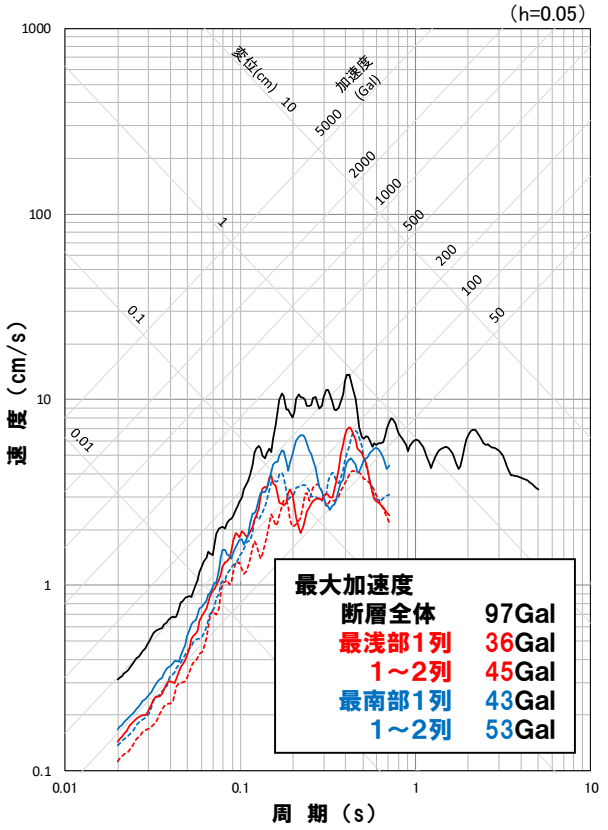
○積丹半島北西沖の断層による地震（走向40°ケース，基本震源モデル，破壊開始点１）について，地震動評価結果に対するアスペリティ最浅部１列および最浅部２列までならびに最南部１列および最南部２列までの影響を検討した結果，方向および周期により若干傾向は異なるが，最南部２列までの最大加速度比では約５～６割となっており，７列あるアスペリティのうち２列を抜き出した評価としては影響が大きいと考えられる。
○アスペリティ最浅部２列までは最南部２列までの影響よりも小さくなっている。



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）

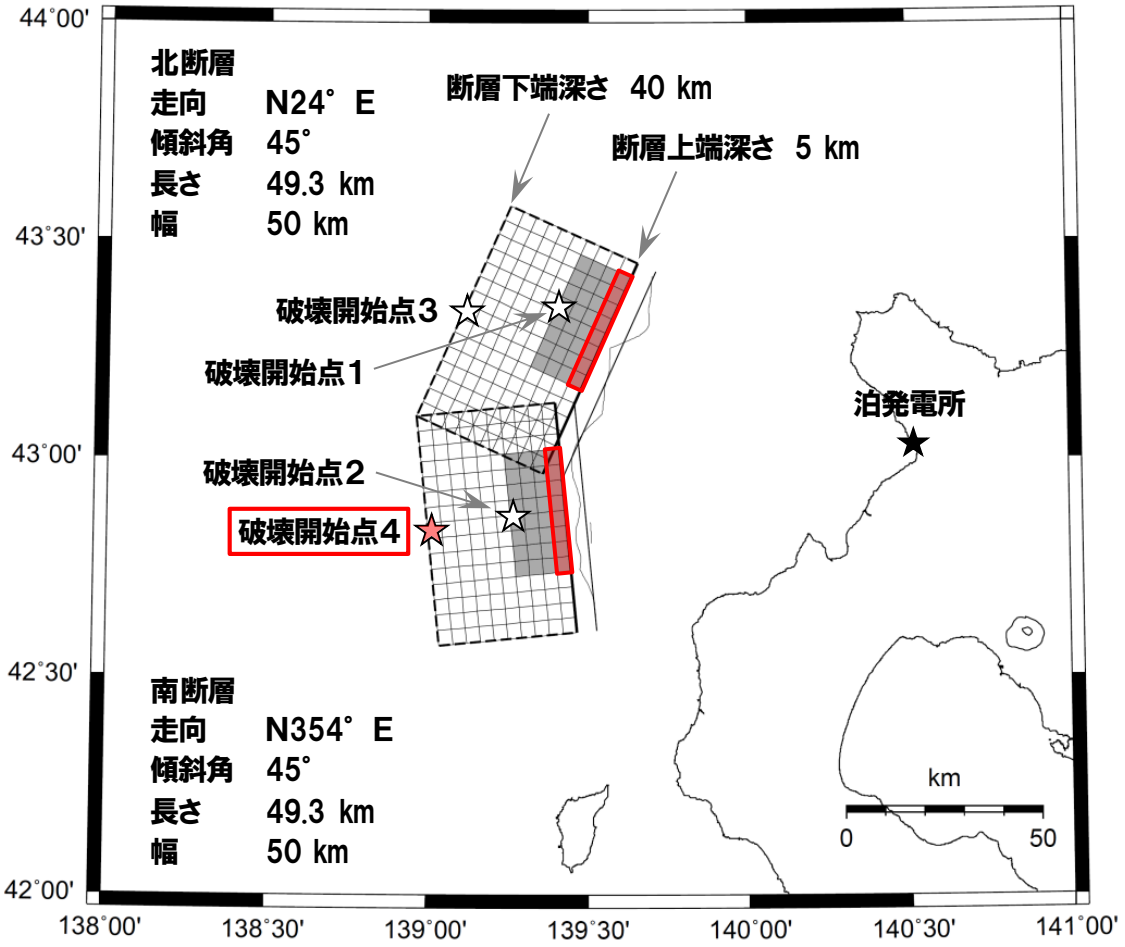


応答スペクトル図（UD方向）

地震動評価結果
断層全体　アスペリティ最浅部１列　アスペリティ最南部１列　アスペリティ最浅部１～２列　アスペリティ最南部１～２列

5. 5 アスペリティの影響に関する検討

（１）アスペリティ最浅部の影響　F_B－２断層による地震

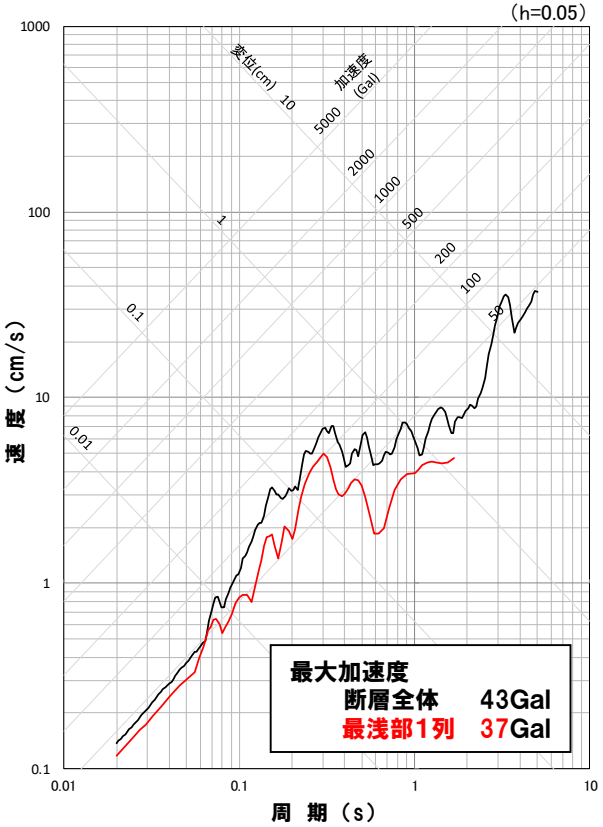


基本震源モデル

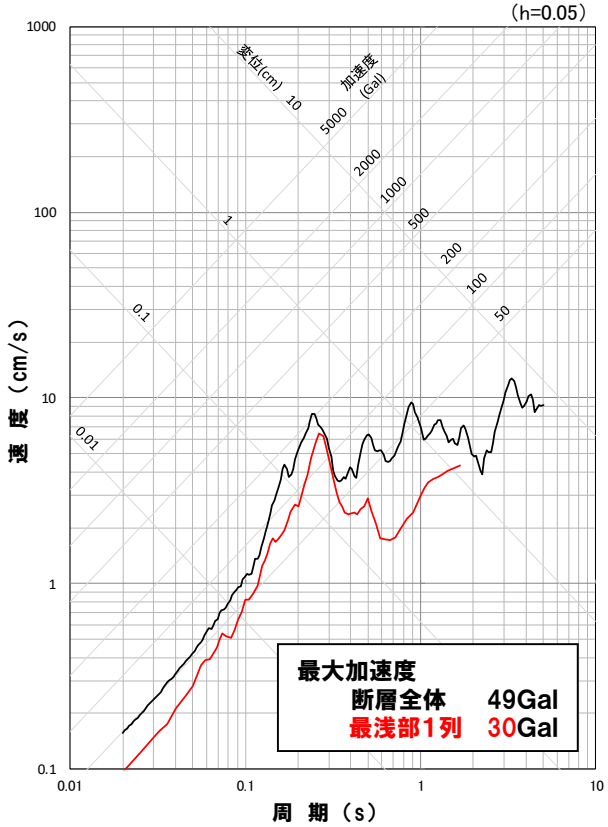
5. 5 アスペリティの影響に関する検討

（１）アスペリティ最浅部の影響　F_B－２断層による地震

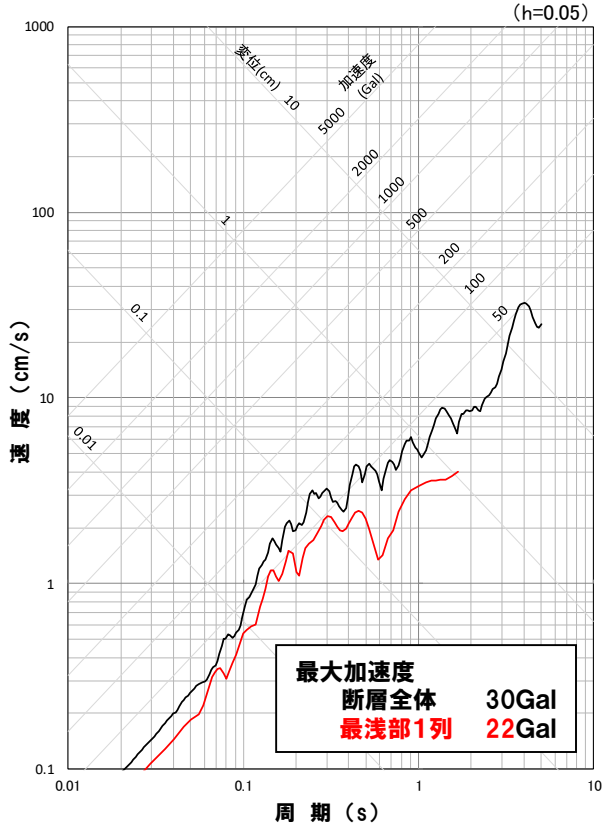
○F_B－２断層による地震（基本震源モデル，破壊開始点４）について，地震動評価結果に対するアスペリティ最浅部１列の影響を検討した結果，いずれの方向においても，アスペリティ最浅部１列の影響が大きいと考えられる。



応答スペクトル図（NS方向）



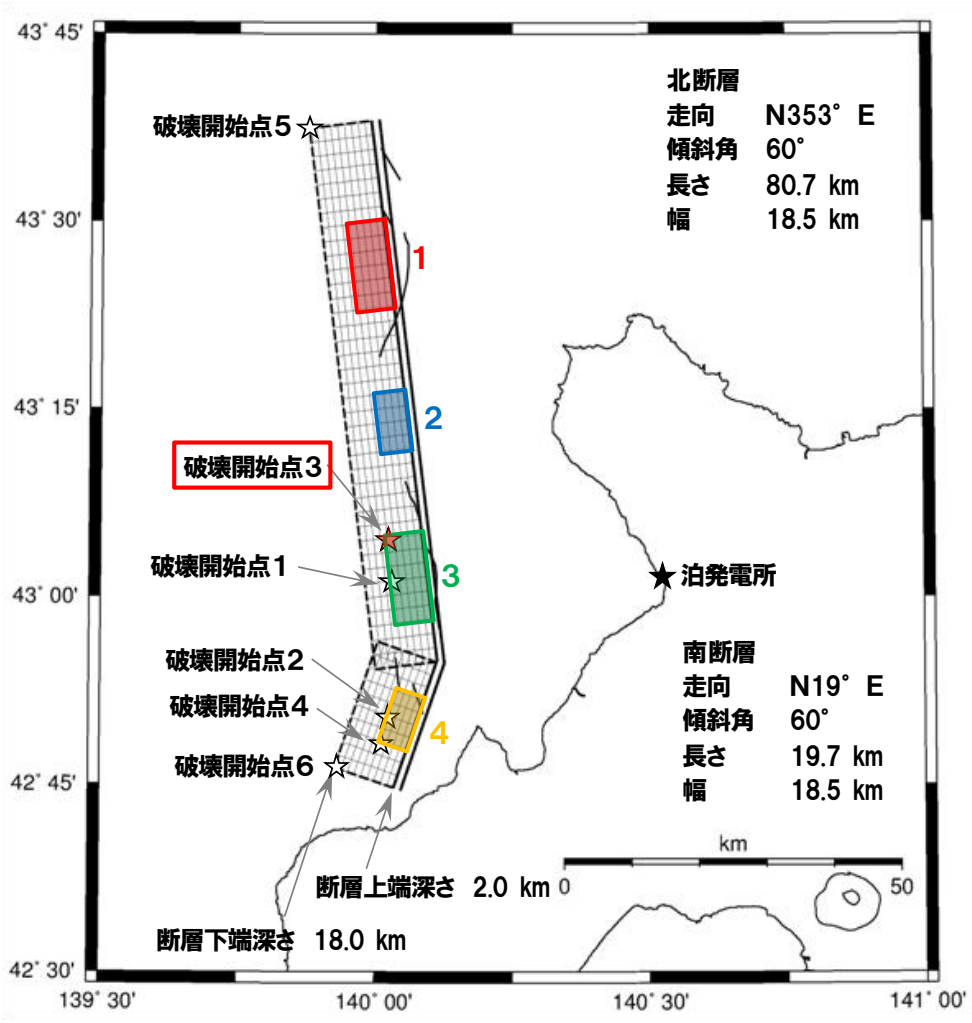
応答スペクトル図（EW方向）



応答スペクトル図（UD方向）

地震動評価結果
断層全体
アスペリティ最浅部１列

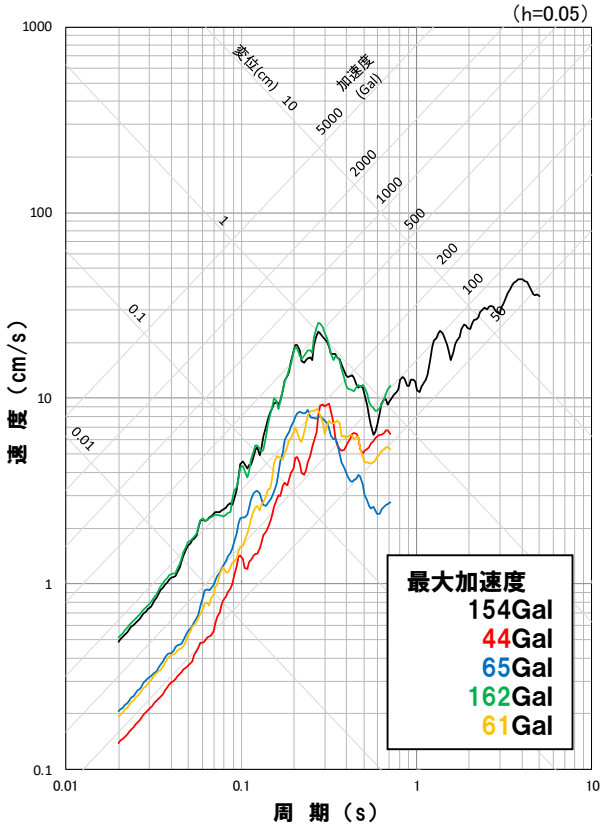
（２）各アスペリティの影響　F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震



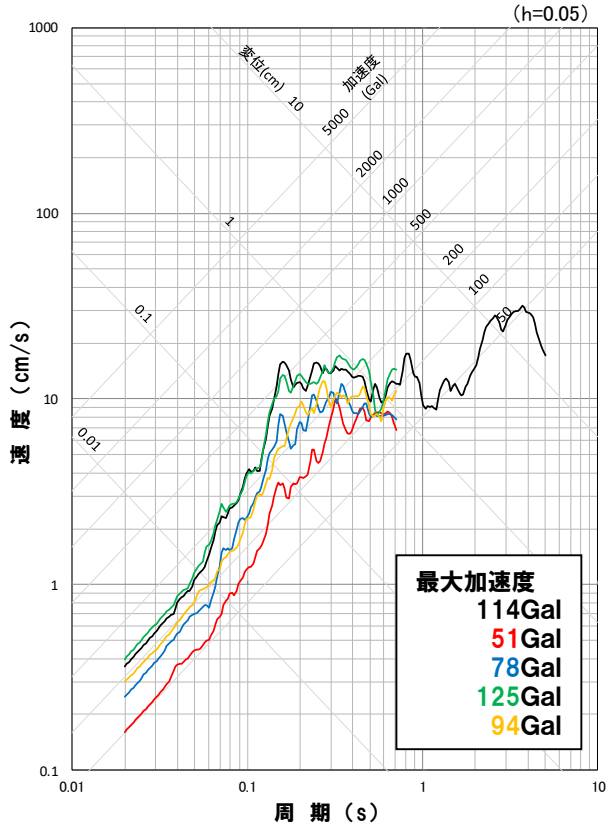
基本震源モデル

（２）各アスペリティの影響　F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震

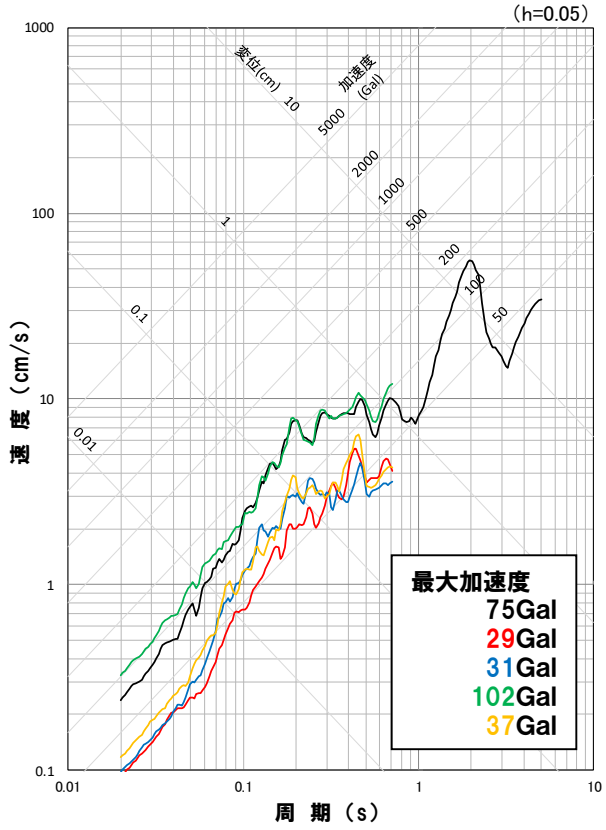
○F_S－10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（基本震源モデル，破壊開始点３）について，地震動評価結果に対する各アスペリティの影響を検討した結果，いずれの方向においても，敷地に近い位置のアスペリティ（アスペリティ３）の影響が大きいと考えられる。



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）

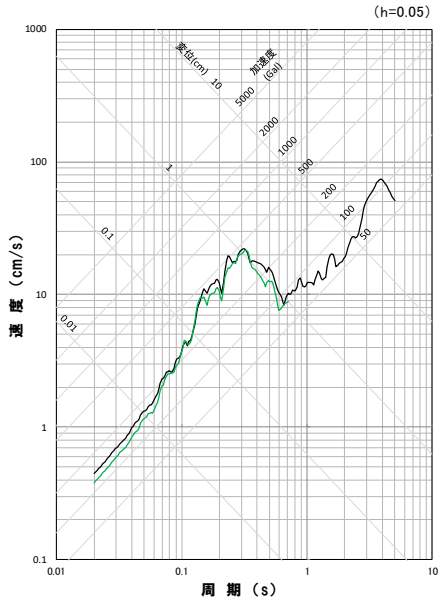


応答スペクトル図（UD方向）

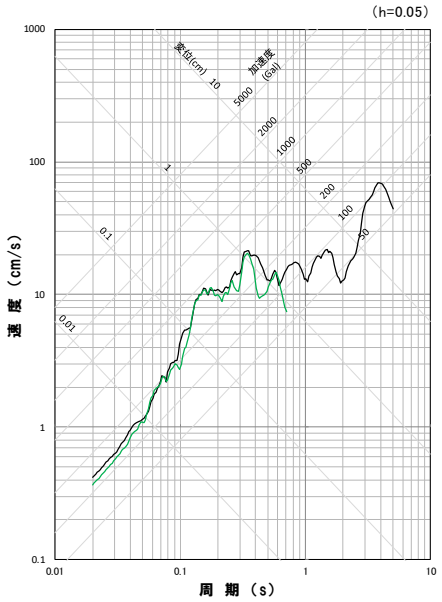
地震動評価結果
断層全体　アスペリティ1　アスペリティ2　アスペリティ3　アスペリティ4

（２）各アスペリティの影響　F_S－１０断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震

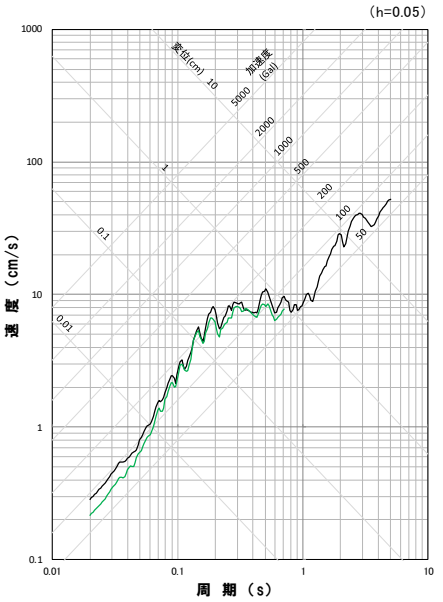
○F_S－１０断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（基本震源モデル，破壊開始点３）における，地震動評価結果に対する各アスペリティの影響を検討した結果について，敷地に近い位置のアスペリティ（アスペリティ３）が断層全体を一部の周期帯で若干上回っている。
○これは，アスペリティ3のみを抜き出した地震動と断層全体の地震動が同程度となる場合において，断層全体の地震動における波の干渉により生じうるものである。
　⇒下図に示すように，他の破壊開始点（破壊開始点６）では，断層全体の地震動が大きくなるケースもある。
○また，アスペリティ3の地震動については，断層全体の地震動評価モデルの一部を抜き出した結果であって，断層全体に対する影響確認の位置付けに留まるものであり，検討用地震の地震動評価としては，断層全体でモデル化・パラメータ設定した地震動評価結果を用いている。



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）



応答スペクトル図（UD方向）

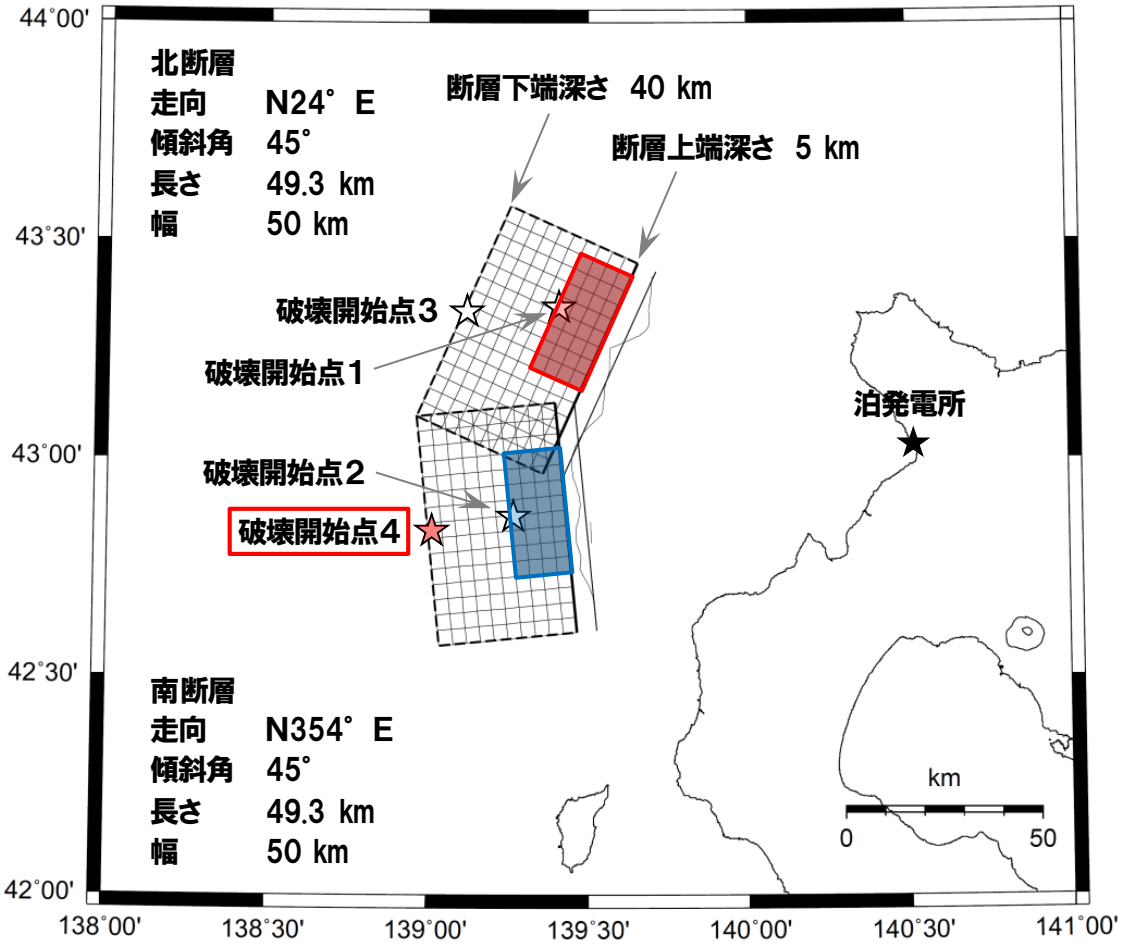
地震動評価結果
―― 断層全体　―― アスペリティ3

［参考］F_S－１０断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震（基本震源モデル，破壊開始点６）について地震動評価結果に対する敷地に近いアスペリティ（アスペリティ３）の影響を検討した結果

271

余白

（２）各アスペリティの影響　F_B－２断層による地震



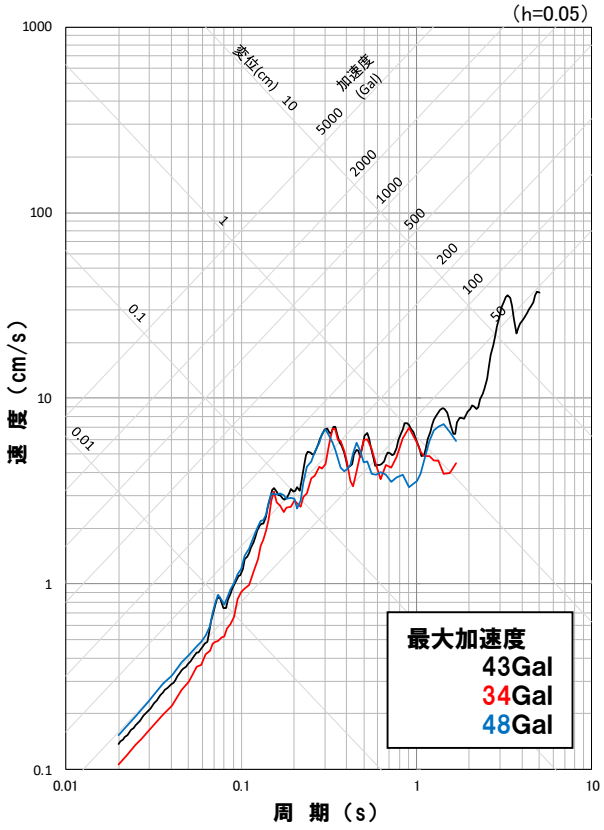
基本震源モデル

5. 5 アスペリティの影響に関する検討

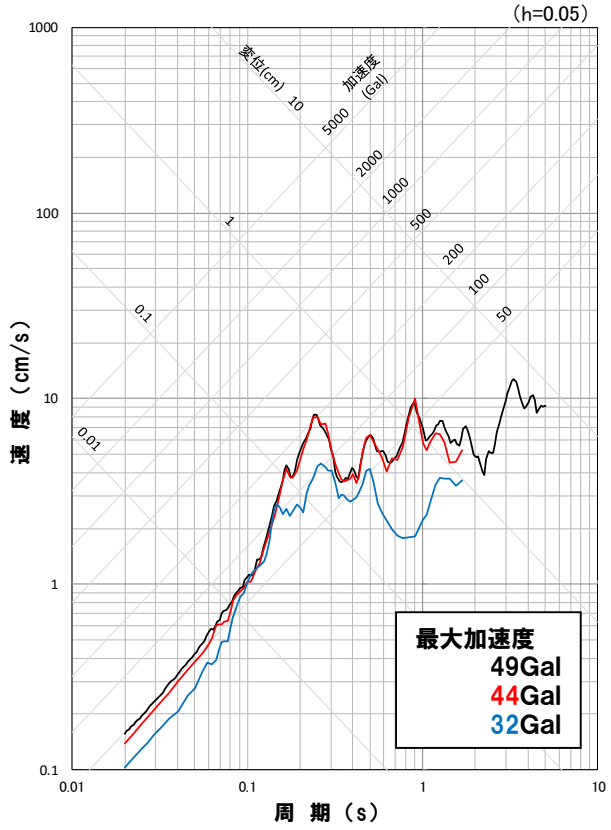
273

（２）各アスペリティの影響　F_B－２断層による地震

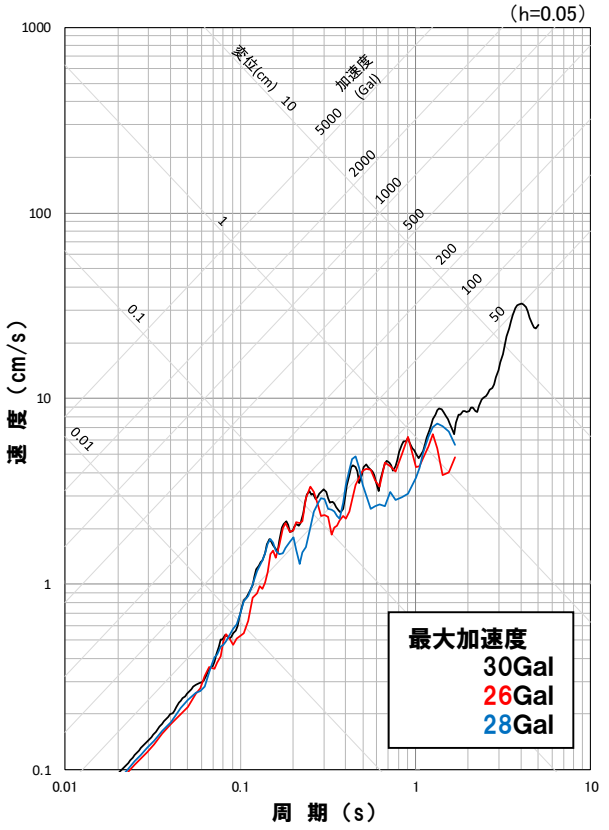
○F_B－２断層による地震（基本震源モデル，破壊開始点４）について，地震動評価結果に対する各アスペリティの影響を検討した結果，いずれの方向においても，北断層アスペリティと南断層アスペリティの地震動は断層全体と概ね同程度となっており，影響が大きいと考えられる。



応答スペクトル図（NS方向）



応答スペクトル図（EW方向）



応答スペクトル図（UD方向）

地震動評価結果
断層全体　北断層アスペリティ　南断層アスペリティ

参考文献

274

- 地震調査委員会(2020):震源断層を特定した地震の強震動予測手法(「レシピ」)(令和2年3月6日), 地震調査研究推進本部
- 地震調査委員会(2009):「全国地震動予測地図」技術報告書, 地震調査研究推進本部
- 入倉孝次郎・三宅弘恵(2001):シナリオ地震の強震動予測, 地学雑誌, 110, 849-875
- Murotani,S., S.Matsushima, T.Azuma, K.Irikura, and S.Kitagawa (2015):Scaling relations of source parameters of earthquakes occurring on inland crustal mega-fault systems, Pure and Applied Geophysics, 172, 1371-1381
- S.Noda , K.Yashiro , K.Takahashi , M.Takemura , S.Ohno , M.Tohdo and T.Watanabe(2002):RESPONSE SPECTRA FOR DESIGN PURPOSE OF STIFF STRUCTURES ON ROCK SITES,OECD Workshop on the Relations Between Seismological DATA and Seismic Engineering,Oct.16-18,Istanbul,399－408
- 宇佐美龍夫・石井寿・今村隆正・武村雅之・松浦律子(2013):日本被害地震総覧　599-2012, 東京大学出版会
- 宇津徳治・嶋悦三・吉井敏尅・山科健一郎編(2001):地震の事典[第2版], 朝倉書店
- 気象庁:地震年報(1923～2012)
- 気象庁ホームページ:各種データ・資料「https://www.jma.go.jp/jma/menu/menureport.html」
- 村松郁栄(1969):震度分布と地震のマグニチュードとの関係, 岐阜大学教育学部研究報告, 自然科学, 第4巻, 第3号, 168－176
- 勝又譲・徳永規一(1971):震度Ⅳの範囲と地震の規模および震度と加速度の対応, 験震時報, 第36巻, 第3, 4号, 1－8
- 松田時彦(1975):活断層から発生する地震の規模と周期について, 地震　第2輯, 第28巻, 269－283
- 物理探査ハンドブック(1999):公益社団法人物理探査学会
- 太田外気晴・丹羽正徳・高橋克也・八幡夏恵子(1985):物理探査と室内試験から評価されるVp, Vs及びポアソン比の関係, 日本地震学会講演予稿集, 1985年春季大会, B12, 108
- 独立行政法人　防災科学技術研究所(2005):石狩低地東縁断層帯の地震を想定した地震動予測地図作成手法の検討, 防災科学技術研究所研究資料　第283号
- 佐藤智美・川瀬博・佐藤俊明(1994a):ボアホール観測記録を用いた表層地盤同定手法による工学的基盤波の推定及びその統計的経時特性, 日本建築学会構造系論文集, 461, 19-28
- Mendoza,C.,and E.Fukuyama(1996):The July 12,1993,Hokkaido- Nansei-Oki,Japan,earthquake : coseismic slip pattern from strong- motion and teleseismic recordings, Journal of Geophysical Research,Vol.101, No.B1,pp.791-801,1996
- 地震調査委員会(2003):日本海東縁部の地震活動の長期評価, 地震調査研究推進本部
- 染井一寛・浅野公之・岩田知孝(2010):ひずみ集中帯内外で発生した地殻内地震系列間の震源特性の比較, 第13回日本地震工学シンポジウム
- 気象庁, 消防庁(2009):震度に関する検討会報告書
- 地震調査委員会(2014):「全国地震動予測地図2014年版～全国の地震動ハザードを概観して～」, 地震調査研究推進本部
- 大久保泰邦(1984):全国のキュリー点解析結果, 地質ニュース, 362-10, 12-17

参考文献

275

- K.Dan, T.Watanabe and T.Tanaka(1989):A SEMI-EMPIRICAL METHOD TO SYNTHESIZE EARTHQUAKE GROUND MOTIONS BASED ON APPROXIMATE FAR-FIELD SHEAR-WAVE DISPLACEMENT,Journal Of Structural and Construction Engineering (Transactions of AIJ) ,No.396,27-36
- 東京電力株式会社(2009):「第1－2号 耐震スペクトルの適用性検討」『原子力安全委員会「応答スペクトルに基づく地震動評価」に関する専門家との意見交換会』
- Kamae,K and K.Irikura(1992):Prediction of site-specific strong ground motion using semi-empirical methods, Proceeding of the 10th W.C.E.E., Vol.2, pp.801-806
- 香川敬生(2004):ハイブリッド合成法に用いる統計的グリーン関数法の長周期帯域への拡張, 日本地震工学会論文集, 第4巻, 第2号
- Aki, K., and P.G.Richards(1980):"Quantiative seimology, Theory and Methods", Volume II, W.H.Freeman and Company, San Francisco, pp.803-805
- Boore, D.M.and Boatwright, J.(1984):Average Body-wave Radiation Coefficients, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.74, No.5, pp.1615-1621
- 壇一男・渡辺基史・佐藤俊明・石井透(2001):断層の非一様すべり破壊モデルから算出される短周期レベルと半経験的波形合成法による強震動予測のための震源断層のモデル化, 日本建築学会構造系論文集, 545, 51-62
- 中村洋光・宮武隆(2000):断層近傍強震動シミュレーションのための滑り速度時間関数の近似式, 地震, 第2輯, 第53巻, 1-9
- David M.Boore(1983):Stochastic Simulation of High-Frequency Ground Motions based on Seismological Models of the Radiated Spectra. Bulletin of Seismological Society of America, Vol.73, pp.1865-1894
- Geller, R.J.(1976):Scaling relations for earthquake source parameters and magnitudes, Bulletin of the Seismological Society of America, 66, 1501-1523
- 佐藤智美・川瀬博・佐藤俊明(1994b):表層地盤の影響を取り除いた工学的基盤波の統計的スペクトル特性, 仙台地域のボアホールで観測された多数の中小地震記録を用いた解析, 日本建築学会構造系論文集, 462, 79-89
- 武村雅之(1990):日本列島およびその周辺に起こる浅発地震のマグニチュードと地震モーメントの関係, 地震, 第2報, 第43巻, 257-265
- 武村雅之(1998):日本列島における地殻内地震のスケーリング則ー地震断層の影響および地震被害との関連ー, 地震, 第2報, 第51巻, 221-228
- Starr,A.T.(1928):Slip in a crystal and rupture in a solid due to shear, Proceedings of the Cambridge Philosophical Society, Vol.24, 489-501
- Paul Somerville, Kojiro Irikura, Robert Graves, Sumio Sawada, David Wald, Norman Abrahamson, Yoshinori Iwasaki, Takao Kagawa, Nancy Smith, and Akira Kowada(1999):Characterizing Crustal Earthquake Slip Model for the Prediction of Strong Ground Motion. Seismological Research Letters, Vol.70, No.1, pp.59-80

参考文献

276

- 壇一男・入江紀嘉・具典淑・島津奈緒未・鳥田晴彦(2015):長大な逆断層による内陸地震の断層パラメータの設定方法の提案, 日本建築学会構造系論文集, 707, 47-57
- Fujii,Y. and M.Matsu'ura,(2000):Regional Difference in Scaling Laws for Large Earthquakes and its Tectonic Implication, Pure and Applied Geophysics, 157, 2283-2302
- 宮腰研・PETUKHIN Anatoly(2003):すべりの時空間的不均質性のモデル化, 科学技術振興調整費報告書「地震災害軽減のための強震動予測マスターモデルに関する研究」
- Satake,K(1986):Re-examination of the 1940 Shakotan-Oki earthquake and the fault parameters of the earthquakes along the eastern margin of the Japan Sea, Phys. Earth Planet. Inter., 43, 137-147
- Fukao,Y. and M.Furumoto(1975):MECHANISM OF LARGE EARTHQUAKES ALONG THE EASTERN MARGIN OF THE JAPAN SEA. Tectonophysics,25,247-266
- Yasumaro Kakehi and Kojiro Irikura(1997):High-Frequency Radiation Process during Earthquake Faulting — Envelope Inversion of Acceleration Seismograms from the 1993 Hokkaido-Nansei-Oki, Japan, Earthquake. Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.87, No.4, pp.904-917
- 大竹政和・平朝彦・太田陽子(2002):日本海東縁の活断層と地震テクトニクス, 東京大学出版会
- 岩田知孝・釜江克宏・入倉孝次郎(1994):近地強震記録を用いた1993年北海道南西沖地震最大余震(1993/8/8 M_{JMA}6.3)の震源過程, 月刊海洋, 号外No.7, 80-87