

参考 1-1

平成26年3月20日原子力安全専門部会資料

伊方発電所3号機
新規制基準への適合性確認申請における
原子力安全専門部会の重点審議事項について
(耐震)

平成26年3月20日

四国電力株式会社

目次

1. 地震のメカニズム
2. 新規制基準およびその適合状況(基準地震動)
3. 基準地震動の策定方針
4. 基準地震動の策定フロー
5. 敷地に影響を及ぼす地震のリストアップ
6. 検討用地震の選定
7. 応答スペクトル法を用いた地震動評価
8. 断層モデルを用いた手法による地震動評価
(内陸地殻内地震)
9. 断層モデルを用いた手法による地震動評価
(海洋プレート内地震)
10. 断層モデルを用いた手法による地震動評価
(プレート間地震)
11. 震源を特定せず策定する地震動
12. 基準地震動
13. 耐震設計方針

今回ご説明

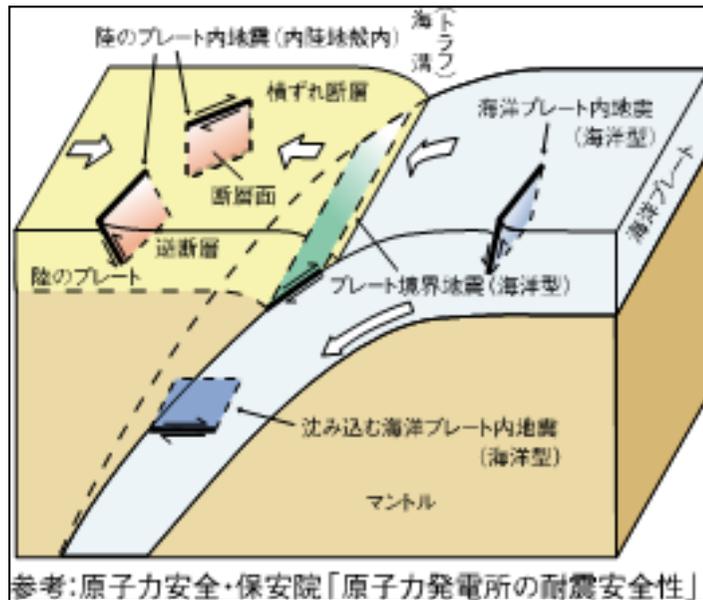
次回以降
ご説明

参考1:用語集

参考2:平成26年3月14日 伊予灘の地震

1. 地震のメカニズム

【地震のメカニズム】

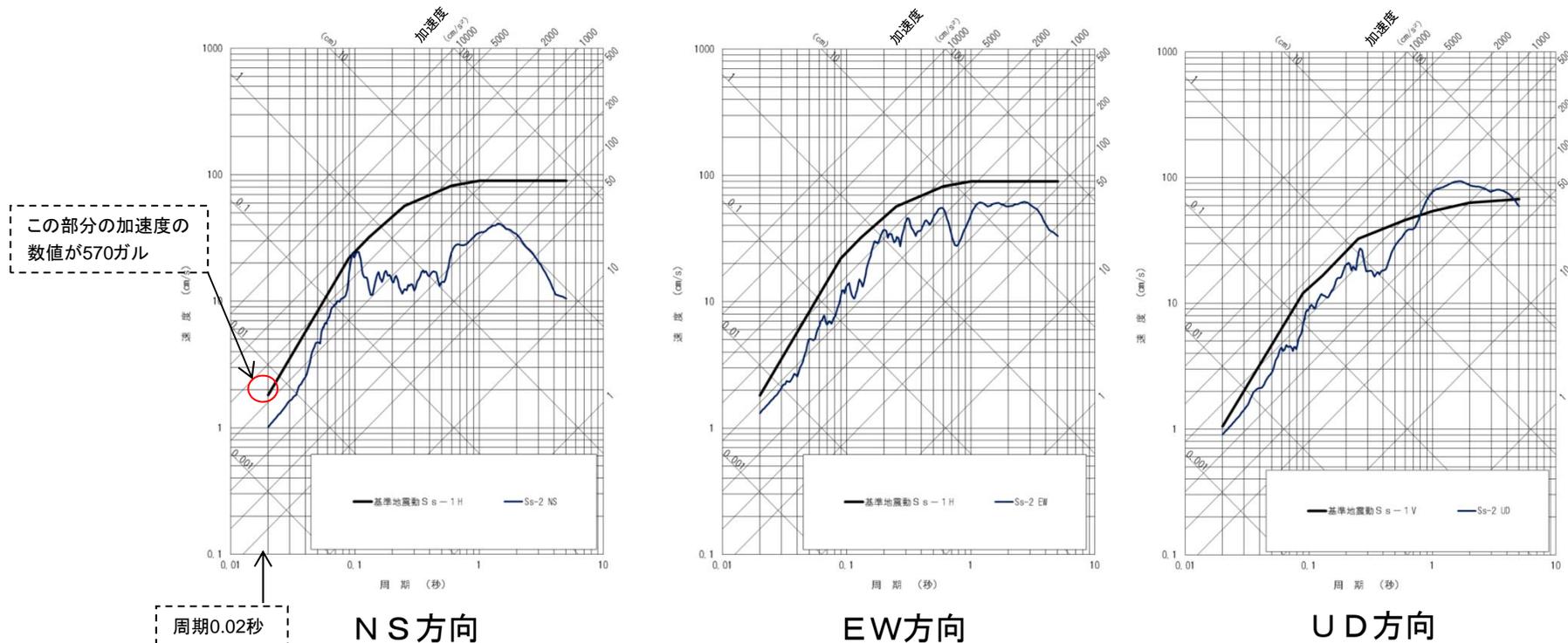


地震には、大きく分けて**海洋型地震**と**内陸地殻内地震**があります。
海洋型地震は、2つのプレートの境界面で発生するプレート境界地震(プレート間地震)と、沈み込む海洋プレート内部で発生する地震(海洋プレート(スラブ)内地震)などがあります。
内陸地殻内地震は、プレートのぶつかり合いで、陸側プレート内部の岩盤が壊れ、ずれることで生じる地震をいいます。

2. 新規制基準およびその適合状況(基準地震動)

【基準地震動とは】

- 基準地震動とは、発電所敷地周辺の地質・地質構造並びに地震活動性等の地震学及び地震工学的見地から、施設の供用期間中に極めてまれではあるが発生する可能性があり、施設に大きな影響を与えるおそれがあると想定することが適切なものとして策定する地震動であり、立地特性等から発電所毎に異なる。
- 伊方発電所における基準地震動は、耐震バックチェック時点で応答スペクトル法に基づく Ss-1、断層モデルに基づく Ss-2 にて策定しており、新規制基準適合性確認申請では、評価した結果変更なしにて申請している。
- 伊方発電所の基準地震動を570ガルと言うのは、従来より便宜上、Ss-1の最も短い周期(0.02秒)における加速度の数値を指している。



2. 新規制基準およびその適合状況(基準地震動)

伊方3号機発電用原子炉設置変更許可申請書(平成25年7月)

添付書類八「変更後における発電用原子炉施設の安全設計に関する説明書

1.5.7.7「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備に関する規則」に対する適合
(基準地震動部分抜粋)

新規制基準の項目※1	適合状況
<p>設計基準対象施設は、地震力に十分に耐えることができるものでなければならない。</p> <p>地震力は、地震の発生によって生ずるおそれがある設計基準対象施設の安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度に応じて算定しなければならない。</p>	<p>基準地震動S_sは、最新の科学的・技術的知見を踏まえ、敷地及び敷地周辺の地質・地質構造、地盤構造並びに地震活動性等の地震学及び地震工学的見地から想定することが適切なものを策定する。</p>

※1：「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」第四条（地震による損傷の防止）

3. 基準地震動の策定方針

【基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイドより(一部追記)】

(2. 基準地震動の策定における基本方針)

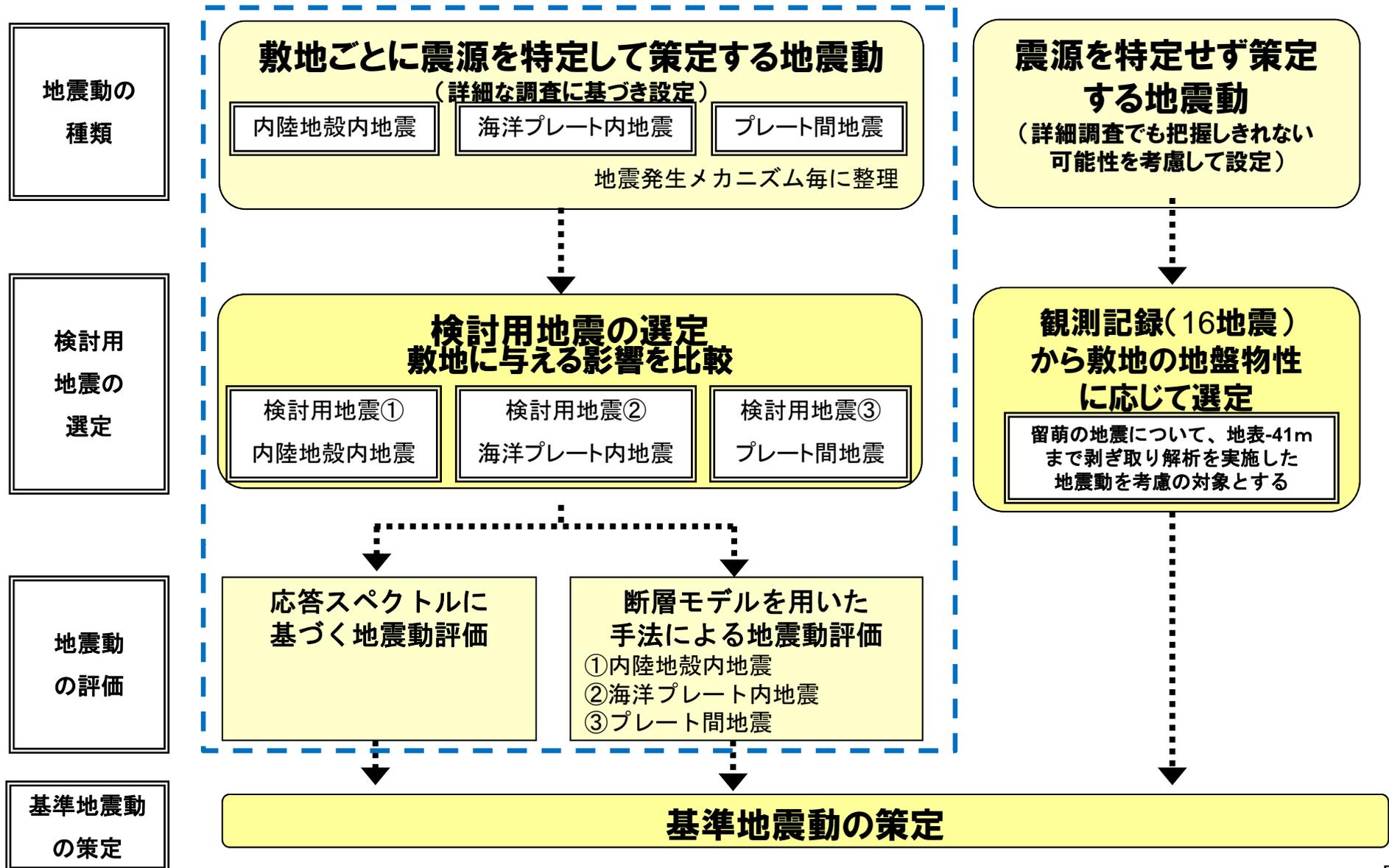
○基準地震動の策定における基本方針は以下の通りである。

- (1)基準地震動は、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」(今回ご説明)及び「震源を特定せず策定する地震動」(次回以降ご説明)について、それぞれ解放基盤表面における水平方向及び鉛直方向の地震動として策定されていること。
- (2)「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」は、内陸地殻内地震(p7)、プレート間地震(p10)及び海洋プレート内地震(p8、p9)について、敷地に大きな影響を与えると予想される地震(以下「検討用地震」という。)を複数選定し(p12~p15)、選定した検討用地震ごとに不確かさを考慮(内陸地殻内地震:p33,34、プレート間地震:p63、海洋プレート内地震:p56)して、応答スペクトルに基づく地震動評価(p16~p28)及び断層モデルを用いた手法による地震動評価(p29~p69)により、それぞれの解放基盤表面までの地震波の伝播特性を反映して策定されていること。
不確かさの考慮については、敷地における地震動評価に大きな影響を与えると考えられる支配的なパラメータについて分析した上で、必要に応じて不確かさを組み合わせるなどの適切な手法を用いて評価すること。
- (3)「震源を特定せず策定する地震動」は、震源と活断層を関連づけることが困難な過去の内陸地殻内の地震について得られた震源近傍における観測記録を収集し、これらを基に各種の不確かさを考慮して、敷地の地盤物性に応じた応答スペクトルを設定して策定されていること。(次回以降ご説明)
- (4)「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」を相補的に考慮することによって、敷地に発生する可能性のある地震動全体を考慮した地震動として策定されていること。(次回以降ご説明)

上記方針に基づき基準地震動を策定

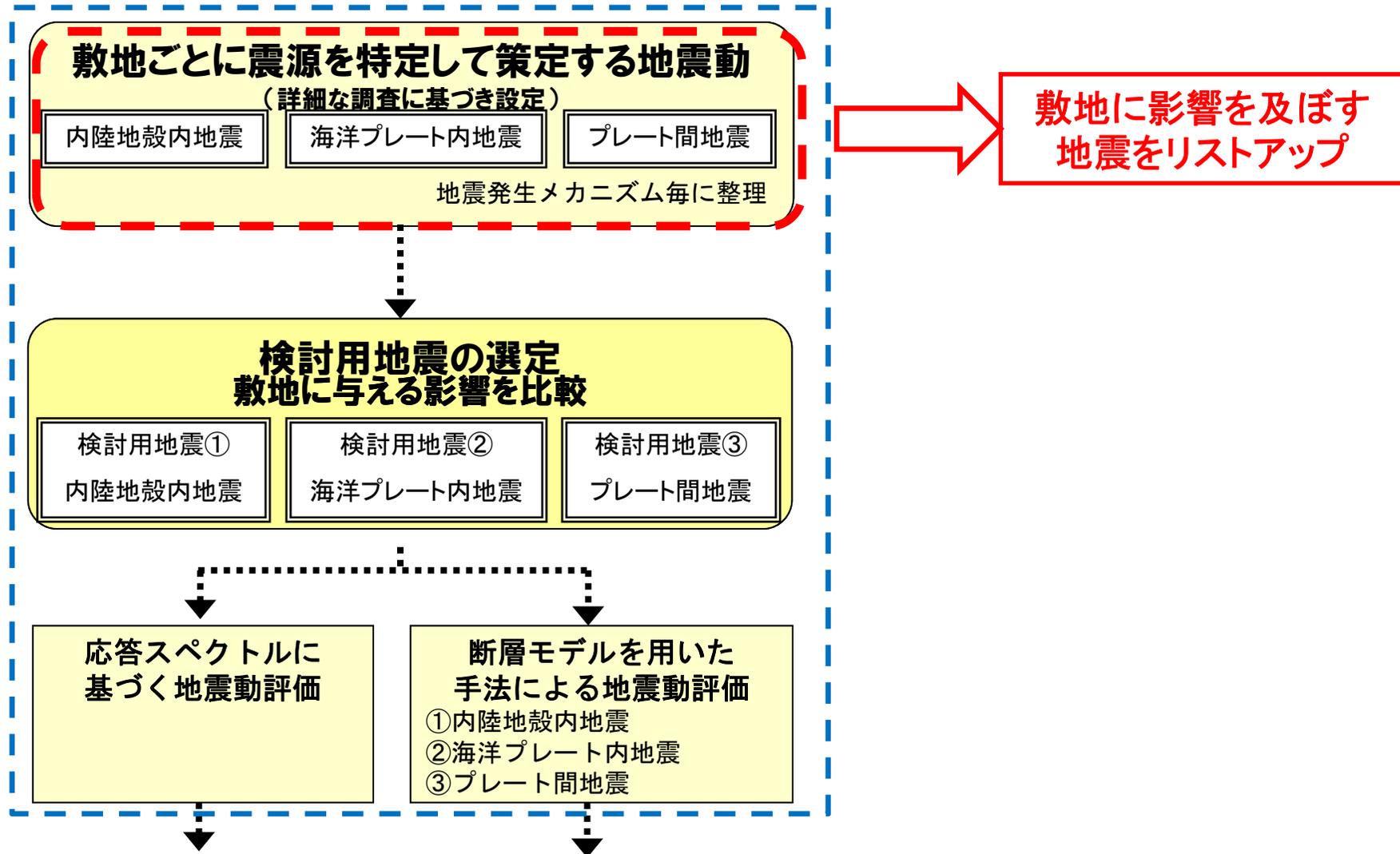
4. 基準地震動の策定フロー

 : 今回ご説明する内容



5. 敷地に影響を及ぼす地震のリストアップ

 : 今回ご説明する内容



5. 敷地に影響を及ぼす地震のリストアップ

【敷地に影響を及ぼす地震(内陸地殻内地震)のリストアップ】

■ 当社の調査に基づく敷地周辺30km内の活断層*

- ・ 敷地前面海域の断層群
(中央構造線断層帯 L=54km 断層最短距離 8km) ①
- ・ 宇和海F-21断層 (L=22km 断層最短距離 16km) ⑫
- ・ 五反田断層 (L=15km 断層最短距離 9km) ⑬

五反田断層は地質評価上の長さは2kmであるが、地震動評価上は、長さ15kmとした

■ 敷地から離れた主な活断層*

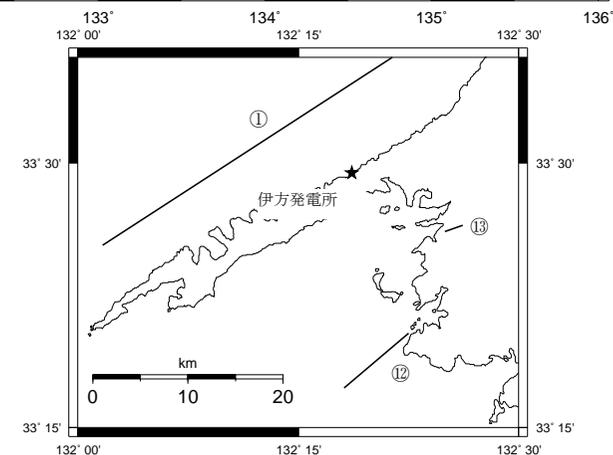
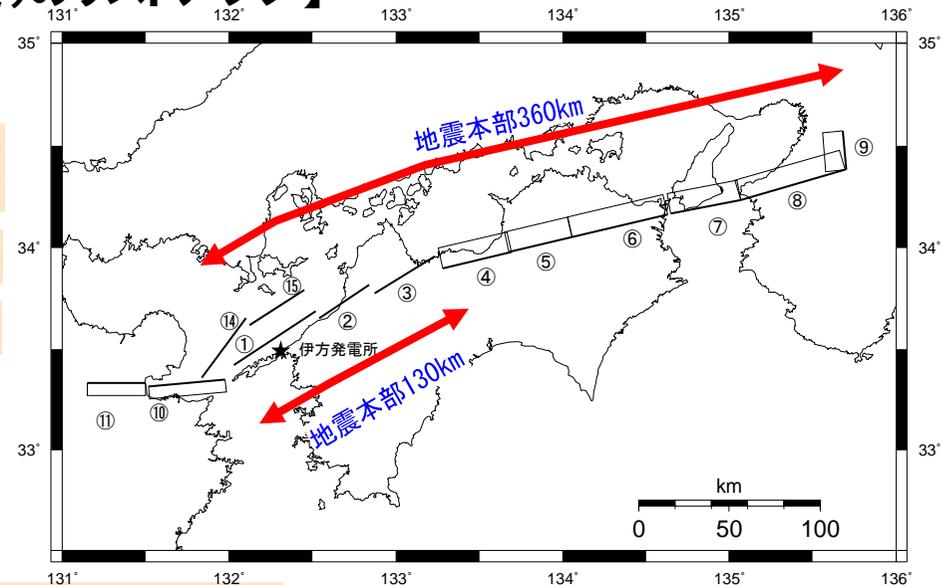
<当社調査に基づくもの>

- ・ 伊予断層 (中央構造線断層帯 L=33km 断層最短距離 28km) ②

<その他機関での評価に基づくもの>

活断層の長期評価において、地震調査研究推進本部が評価結果を公表(2003)

- ・ 中央構造線断層帯 (金剛山地東縁-伊予灘 L=約360km) ①②③④⑤⑥⑦⑧⑨
- ・ 中央構造線断層帯 (石鎚山脈北縁西部-伊予灘 L=約130km) ①②③
- ・ 別府湾-日出生断層帯 (L=76km 断層最短距離 36km) ⑩⑪
- ・ 上関断層 (F-15) (L=48km 断層最短距離 32km) ⑭
- ・ 上関断層 (F-16) (L=32km 断層最短距離 22km) ⑮



敷地周辺拡大図

網掛け  は敷地に影響を及ぼす可能性のある活断層

* :耐震設計技術指針(JEAG4601-2008)に「敷地周辺調査の範囲は、敷地から少なくとも半径30kmの範囲としなければならない。半径30km以遠であつても文献等によって耐震設計上敷地への影響が大きいと考えられる活断層の存在が確認される場合は、当該活断層を含む範囲を調査範囲としなければならない」とされており、これに基づき30km内、および30km外の範囲について調査を実施

5. 敷地に影響を及ぼす地震のリストアップ

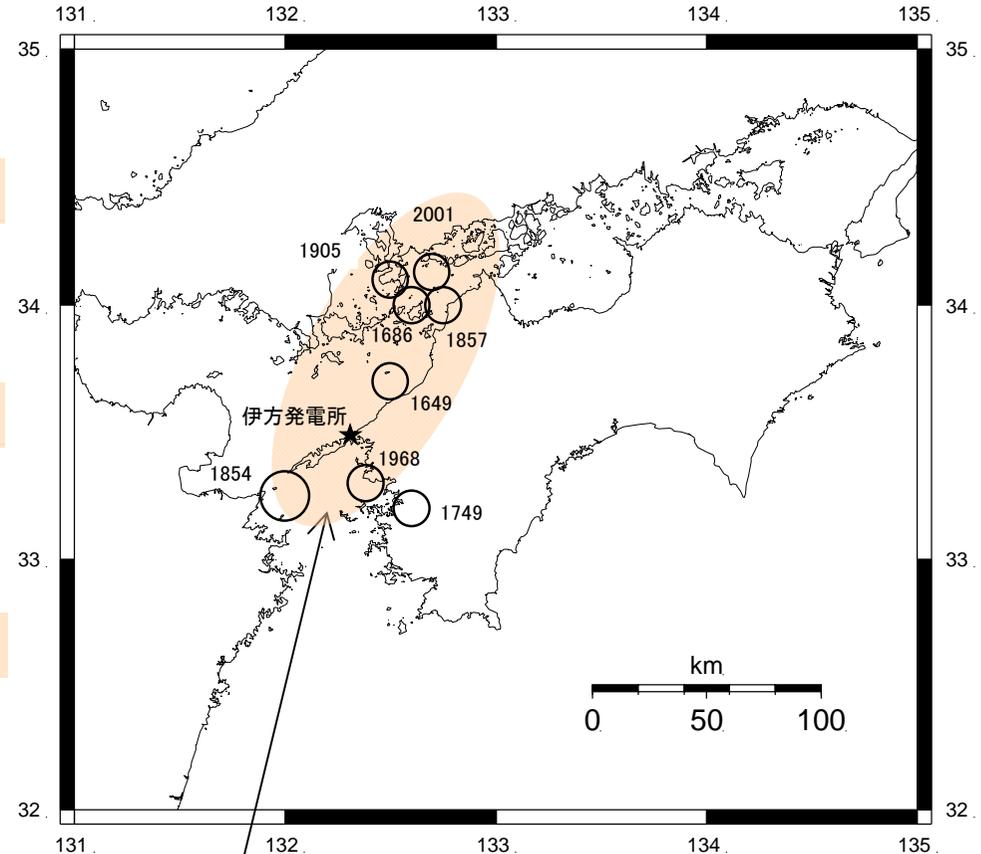
【敷地に影響を及ぼす地震(海洋プレート内地震)のリストアップ】

■ 主な被害地震

- ・ 1649年 安芸・伊予 (M 6.9 震央距離 約29km)
- ・ 1686年 安芸・伊予 (M 6.9 震央距離 約63km)
- ・ 1749年 伊予宇和島 (M 6.7 震央距離 約42km)
- ・ 1854年 伊予西部 (M 7.0 震央距離 約39km)
- ・ 1857年 伊予・安芸 (M 6.8 震央距離 約70km)
- ・ 1905年 芸予地震 (M 6.7 震央距離 約70km)
- ・ 1968年 豊後水道 (M 6.6 震央距離 約22km)
- ・ 2001年 芸予地震 (M 6.7 震央距離 約80km)

網掛け  は、敷地での震度が5程度以上の地震
地震規模は地震カタログを比較して設定

震度5以上と考えられる3地震 
を検討用地震の候補として選定



海洋プレート内地震

南海トラフから安芸灘～伊予灘～豊後水道の方向（西北西）に沈み込んだフィリピン海プレート内において海洋プレート内地震が発生しているため、敷地への影響の観点から、安芸灘～伊予灘～豊後水道の地域で調査を実施

5. 敷地に影響を及ぼす地震のリストアップ

地震本部による地域区分の観点から以下の3地震を検討用地震の候補として選定した。

日向灘の浅い地震 (M7.4 震央距離 約77km)

1769年の地震は、プレート間地震である可能性もあるが、浅いプレート内の地震である可能性も完全には否定できないこと、領域2の範囲では発生する位置を予め特定することは困難であると考えられることから、プレート上面等深線に沿ってスライドさせて領域2の北東端に想定する。

九州の深い地震 (M7.3 震央距離 約59km)

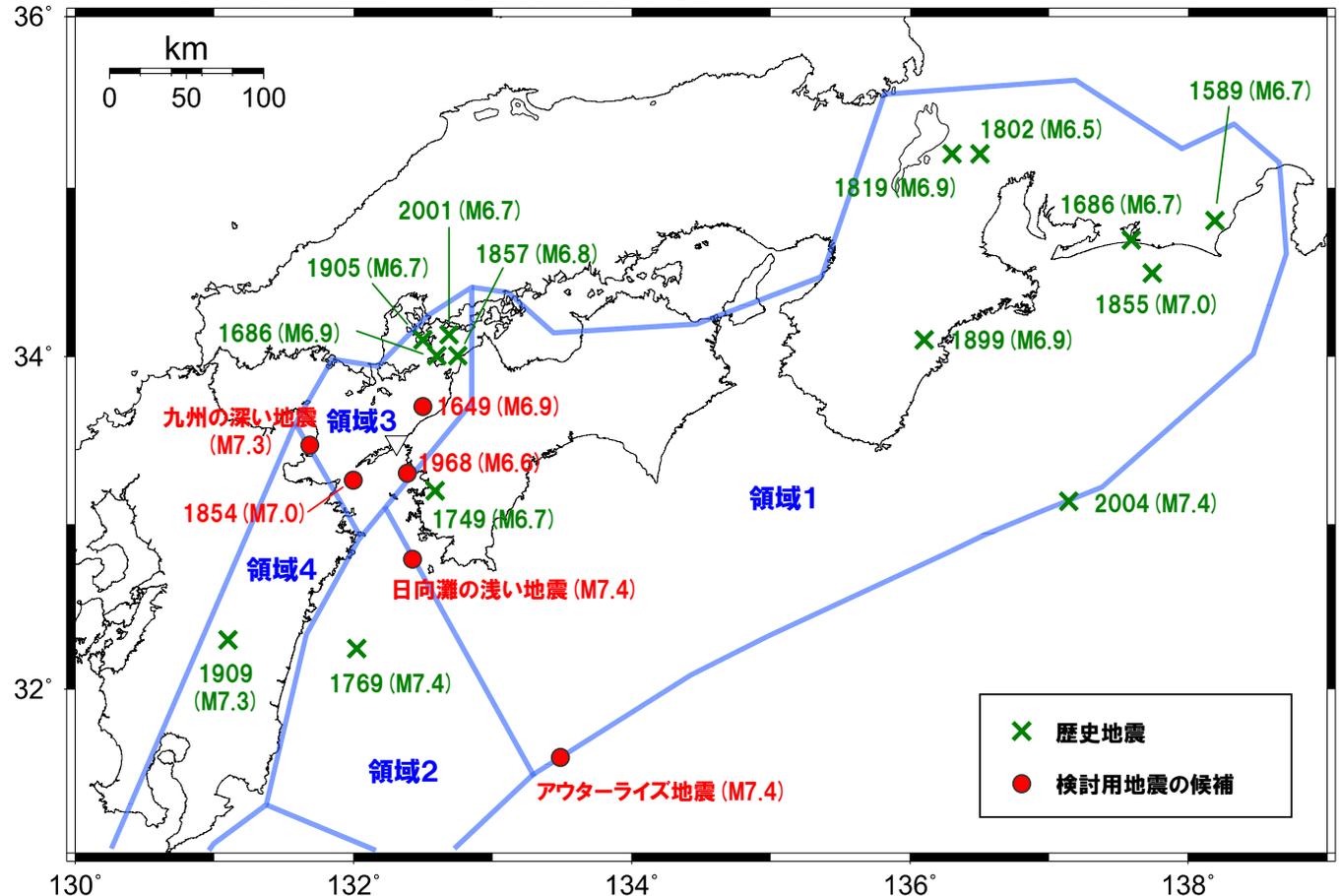
1909年の地震をプレート上面等深線に沿ってスライドさせて領域4の北東端に想定する。

アウターライズ地震

(M7.4 震央距離 約225km)

2004年紀伊半島沖地震M7.4を海溝軸沿いにスライドさせて四国沖に想定する。

領域：国の地震調査研究推進本部が示した「全国地震動予測地図(2009)」にて定めた、プレート内地震規模を分けたエリア



5. 敷地に影響を及ぼす地震のリストアップ

【敷地に影響を及ぼす地震(プレート間地震)のリストアップ】

南海トラフ沿いのプレート間地震

M8クラスのプレート間地震が過去に繰り返し発生

■ 主な被害地震

- ・ 684年 土佐その他南海・東海・西海諸道
(M8 1/4 震央距離 約198km)
- ・ 1707年 宝永地震 (M8.6 震央距離 約335km)
- ・ 1854年 安政南海地震 (M8.4 震央距離 約256km)

■ その他機関での評価に基づくもの

- ・ 想定南海地震 (地震調査研究推進本部 M8.4)
- ・ 想定南海地震 (中央防災会議 M8.6)
- ・ 南海トラフの巨大地震 (内閣府検討会 M9.0)

日向灘のプレート間地震

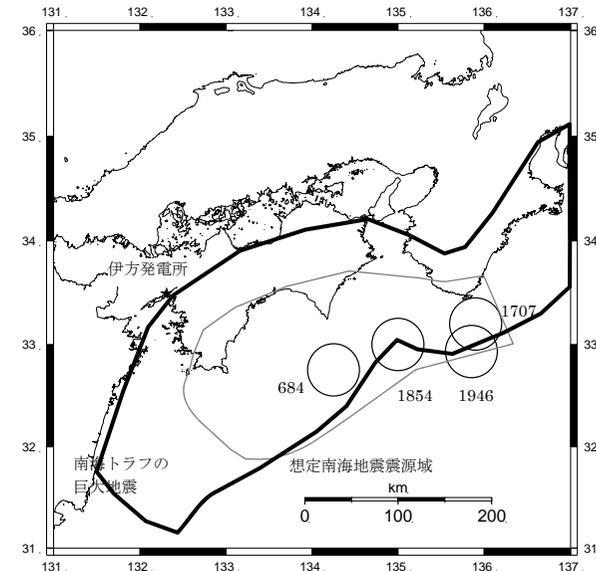
日向灘沖のフィリピン海プレートと陸側のプレートの境界面においてM7クラスのプレート間地震が繰り返し発生

■ 主な被害地震

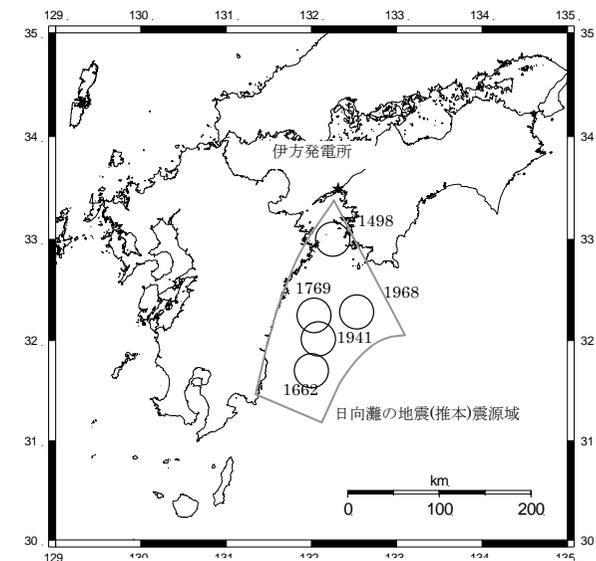
- ・ 1498年 日向灘 (M7 1/4 震央距離 約55km)
- ・ 1769年 日向・豊後 (M7.2 震央距離 約140km)

■ その他機関での評価に基づくもの

- ・ 日向灘の地震 (地震調査研究推進本部 M7.6)



南海トラフ沿いの地震

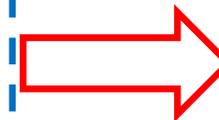
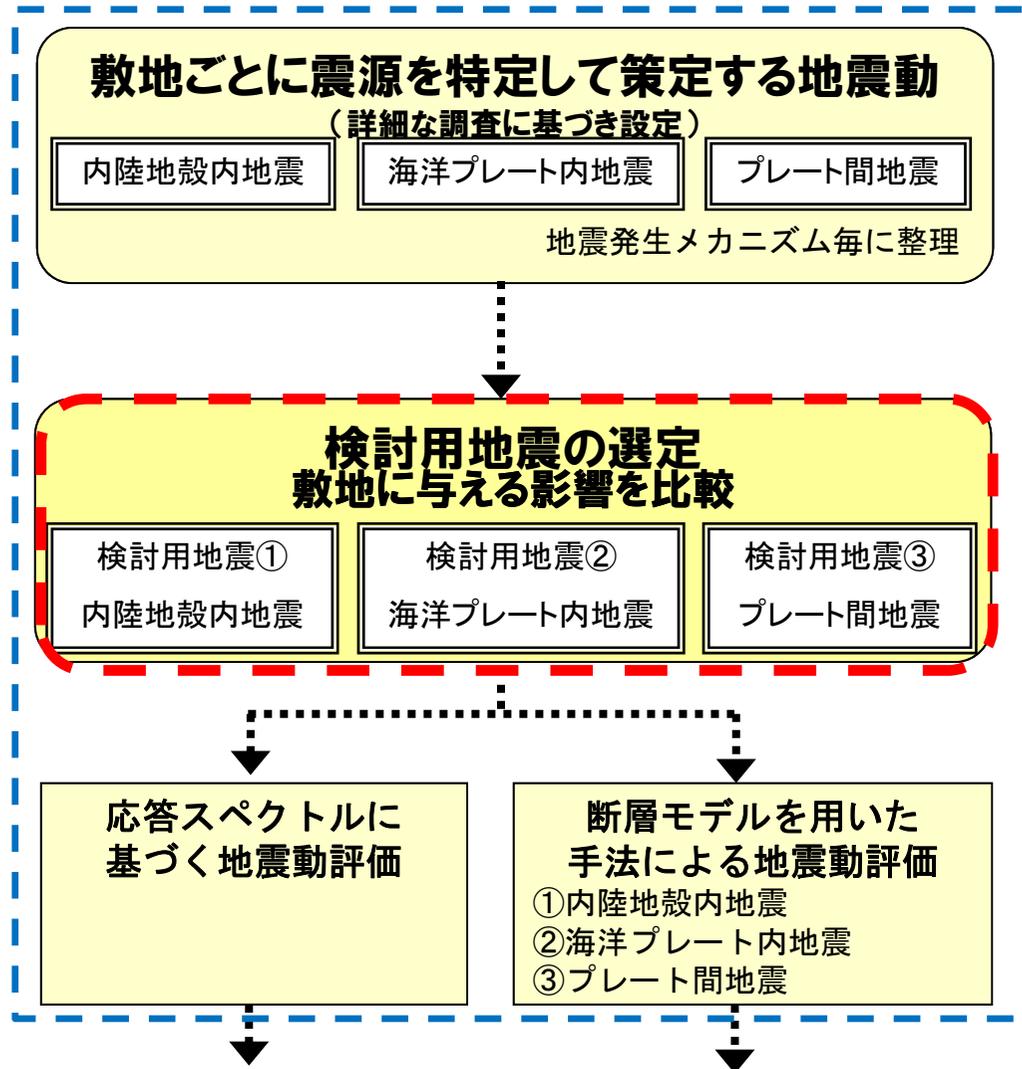


日向灘の地震

網掛け は、敷地での震度が5程度以上の地震、または敷地に影響を及ぼす可能性のある地震

6. 検討用地震の選定

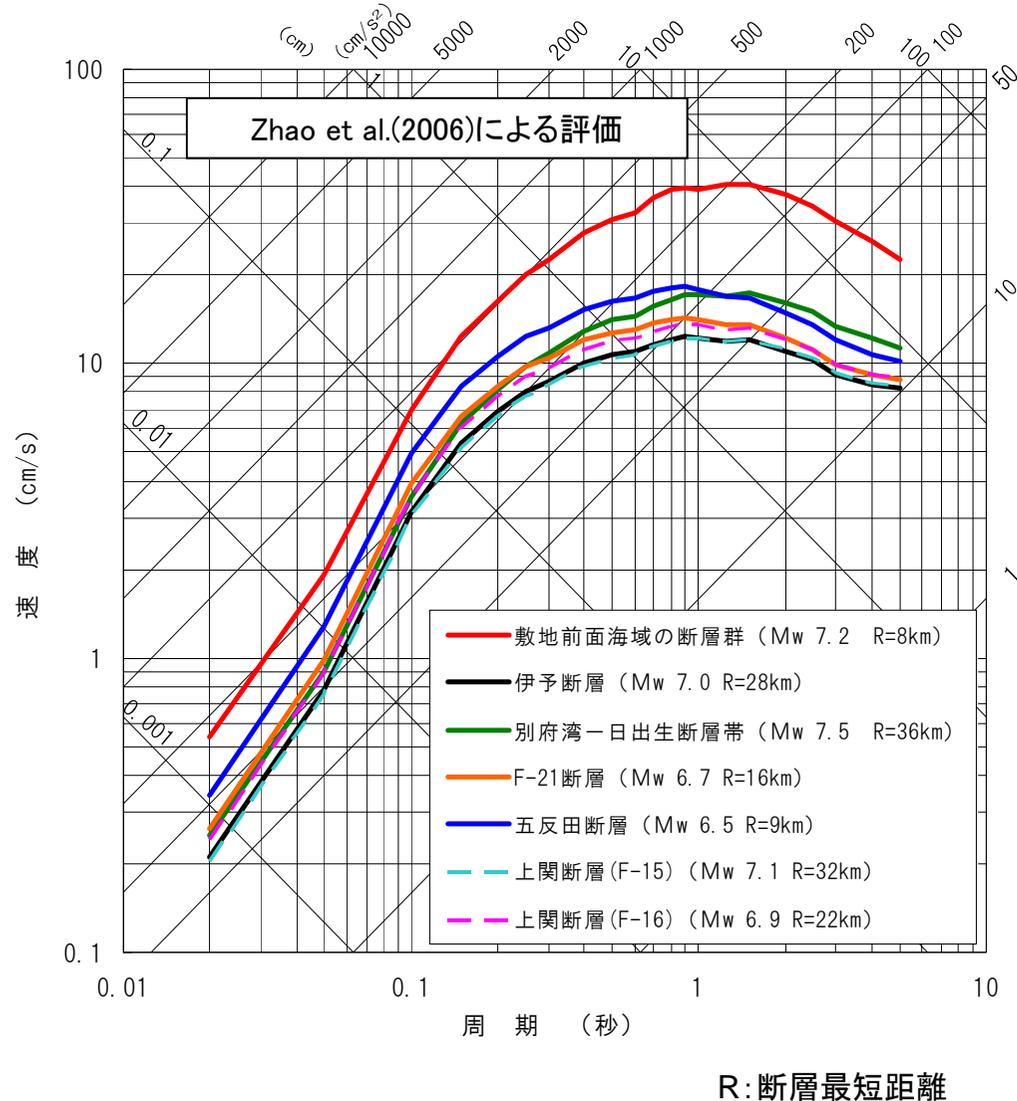
 : 今回ご説明する内容



3種類の地震毎に
最も影響の
大きい地震を検討用
地震として選定
(応答スペクトル法)

6. 検討用地震の選定

敷地への影響の度合いの比較【内陸地殻内地震】



地震ごとの影響度合いを比較検討するため、応答スペクトル法にて各地震による伊方発電所での地震動を求めて敷地への影響を評価

中央構造線断層帯による地震は、敷地前面海域の断層群(L=54km)で代表させて検討

五反田断層は、審査ガイドに示される「震源を特定せず策定する地震動」の考え方に鑑み、 $M_w 6.5$, $M_0 = 7.5 \times 10^{18} [N \cdot m]$ の地震規模を想定することとした。



敷地前面海域の断層群 (L=54km) による地震が、五反田断層やF-21断層による地震など、他の敷地周辺の断層による地震と比較して、敷地により大きな影響を与えることを確認。

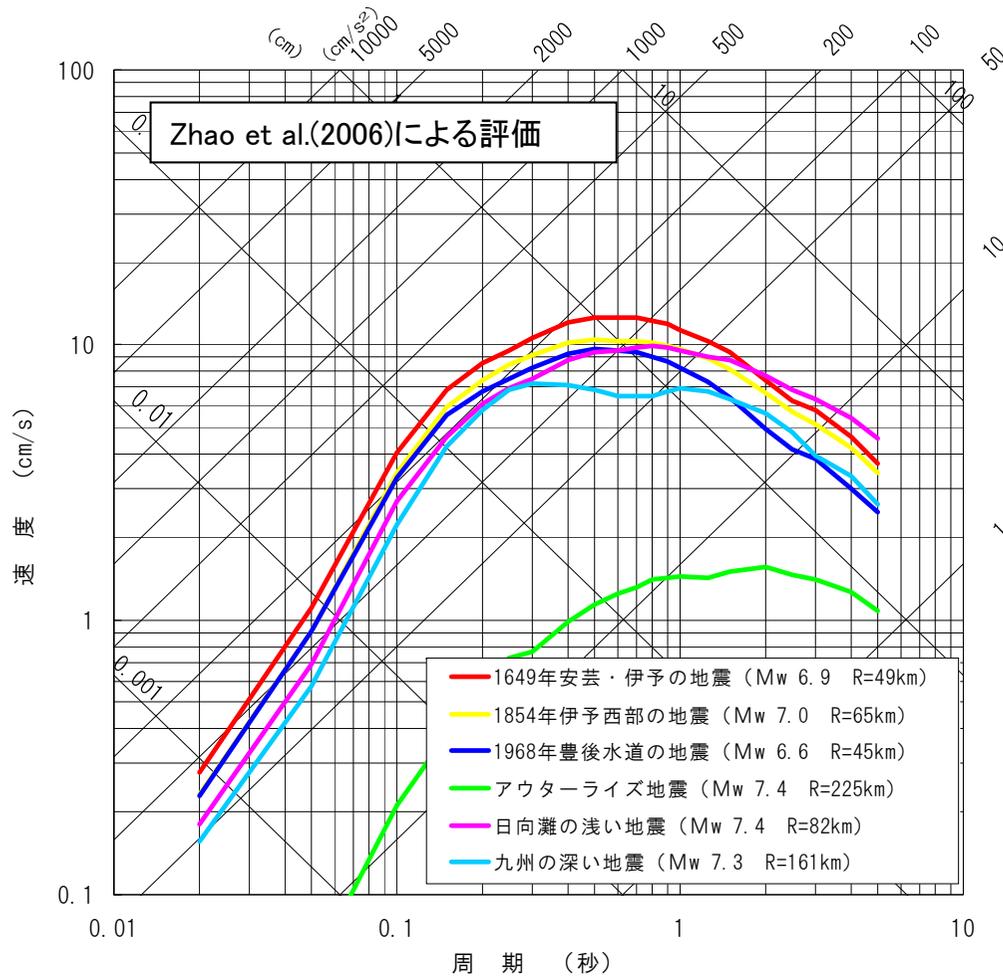


敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯)による地震
を検討用地震として選定

6. 検討用地震の選定

敷地への影響の度合いの比較【海洋プレート内地震】

地震ごとの影響度合いを比較検討するため、応答スペクトル法にて各地震による伊方発電所での地震動を求めて敷地への影響を評価



R:断層最短距離

過去に安芸灘～伊予灘～豊後水道海域にて発生したと考えられる、あるいは発生する可能性のある海洋プレート内地震について評価を実施

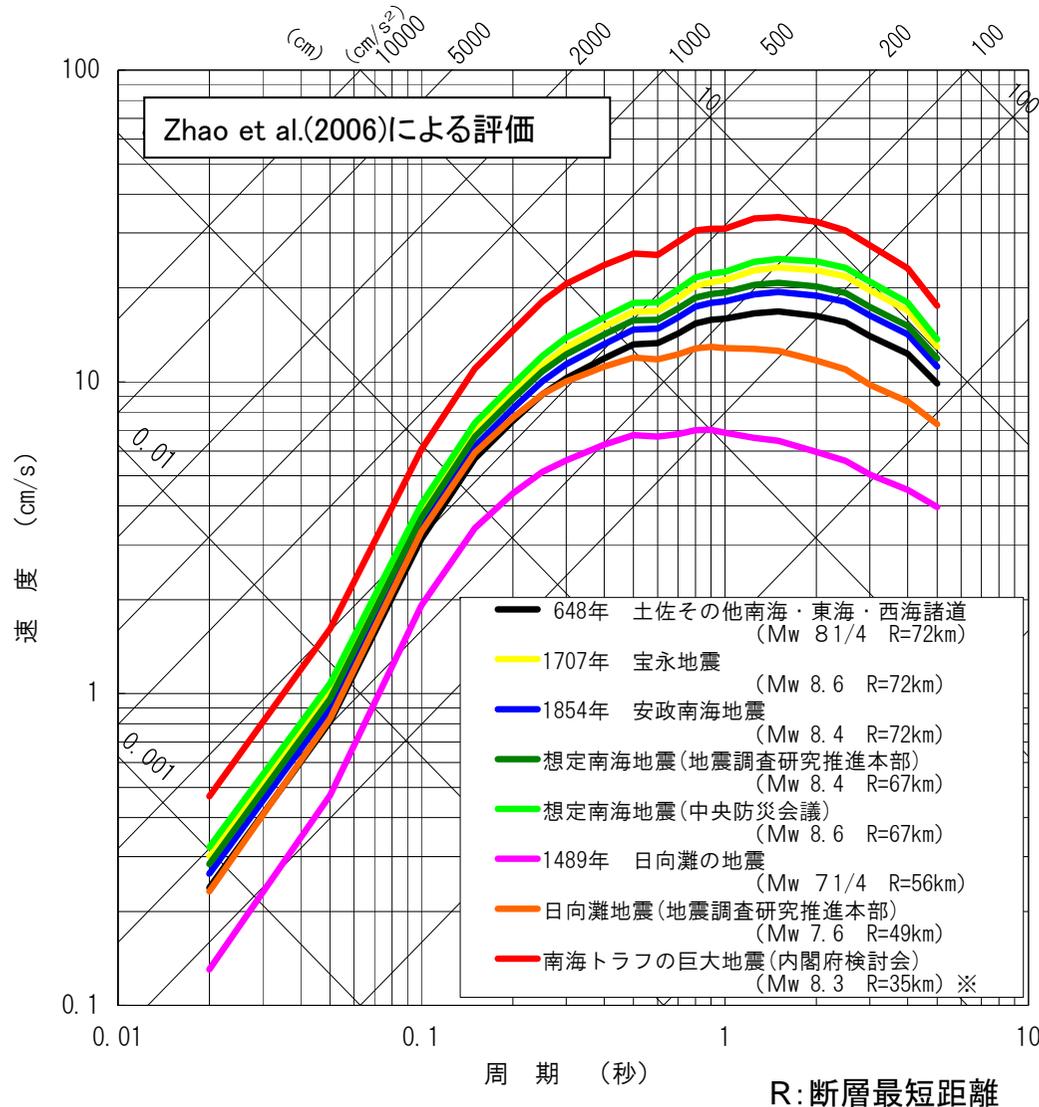


1649年安芸・伊予の地震が敷地に与える地震動が短周期側で最も大きいため、これを検討用地震として選定する。

1649年 安芸・伊予の地震
を検討用地震として選定

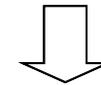
6. 検討用地震の選定

敷地への影響の度合いの比較【プレート間地震】



地震ごとの影響度合いを比較検討するため、応答スペクトル法にて各地震による伊方発電所での地震動を求めて敷地への影響を評価

過去に発生した南海トラフ沿い、日向灘のプレート間地震および他機関で評価している当該地域のプレート間地震について地震動評価を実施



**南海トラフの巨大地震
(内閣府検討会)
を検討用地震として選定**

※ 南海トラフの巨大地震のマグニチュードは9.0であるが、内閣府検討会は東北地方太平洋沖地震の震度分布が8.3でよく説明されたとして、南海トラフの巨大地震の経験的手法(応答スペクトル手法)で8.3を採用していることから、ここでも8.3を採用した。なお、断層モデル評価においては、9.0を設定して詳細評価を行った。

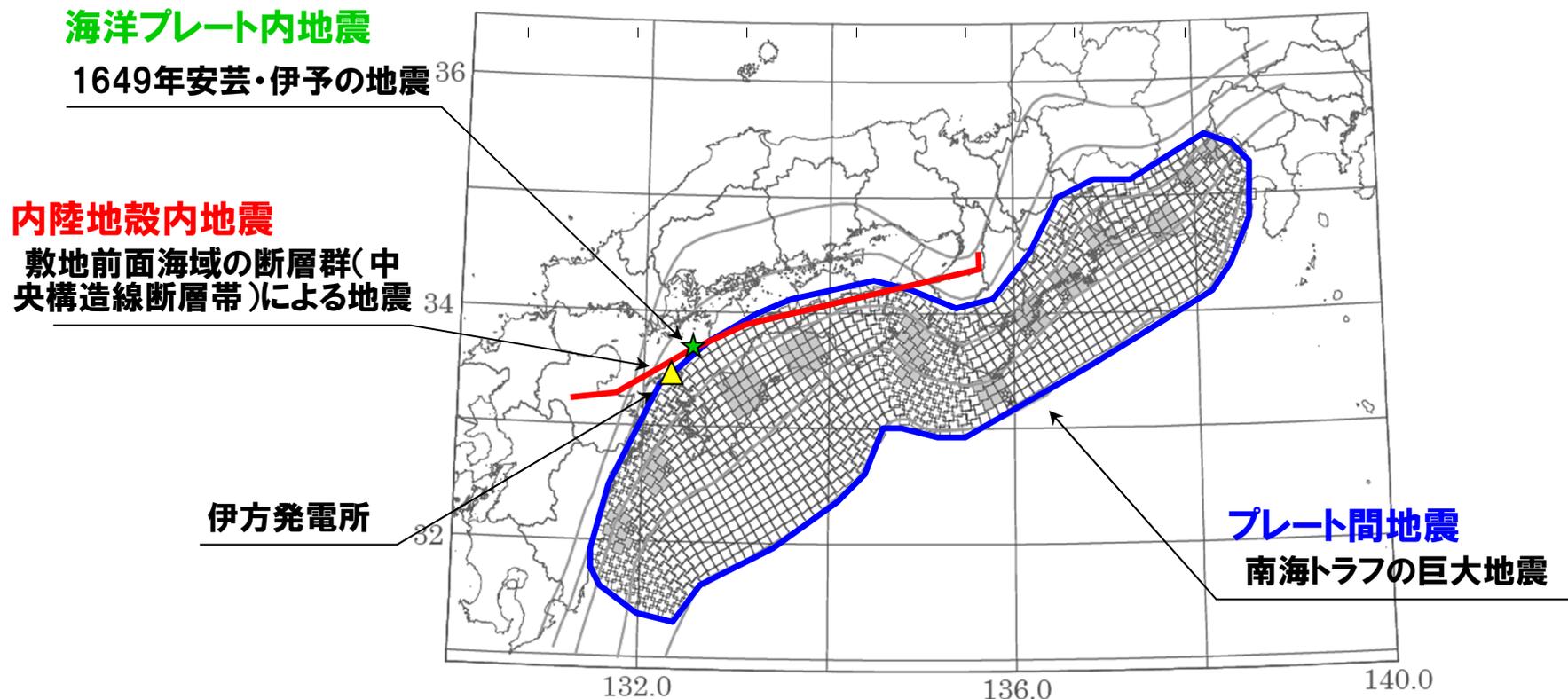
内閣府検討会(第二次報告)[平成24年8月29日]

『Mw9.0の2011年東北地方太平洋沖地震の震度分布に適用されている経験式的パラメータMwは8.2~8.3であることから、第一次報告と同じく、南海トラフの巨大地震の検討に用いる経験的手法のパラメータMwは8.3と設定した。』

6. 検討用地震の選定

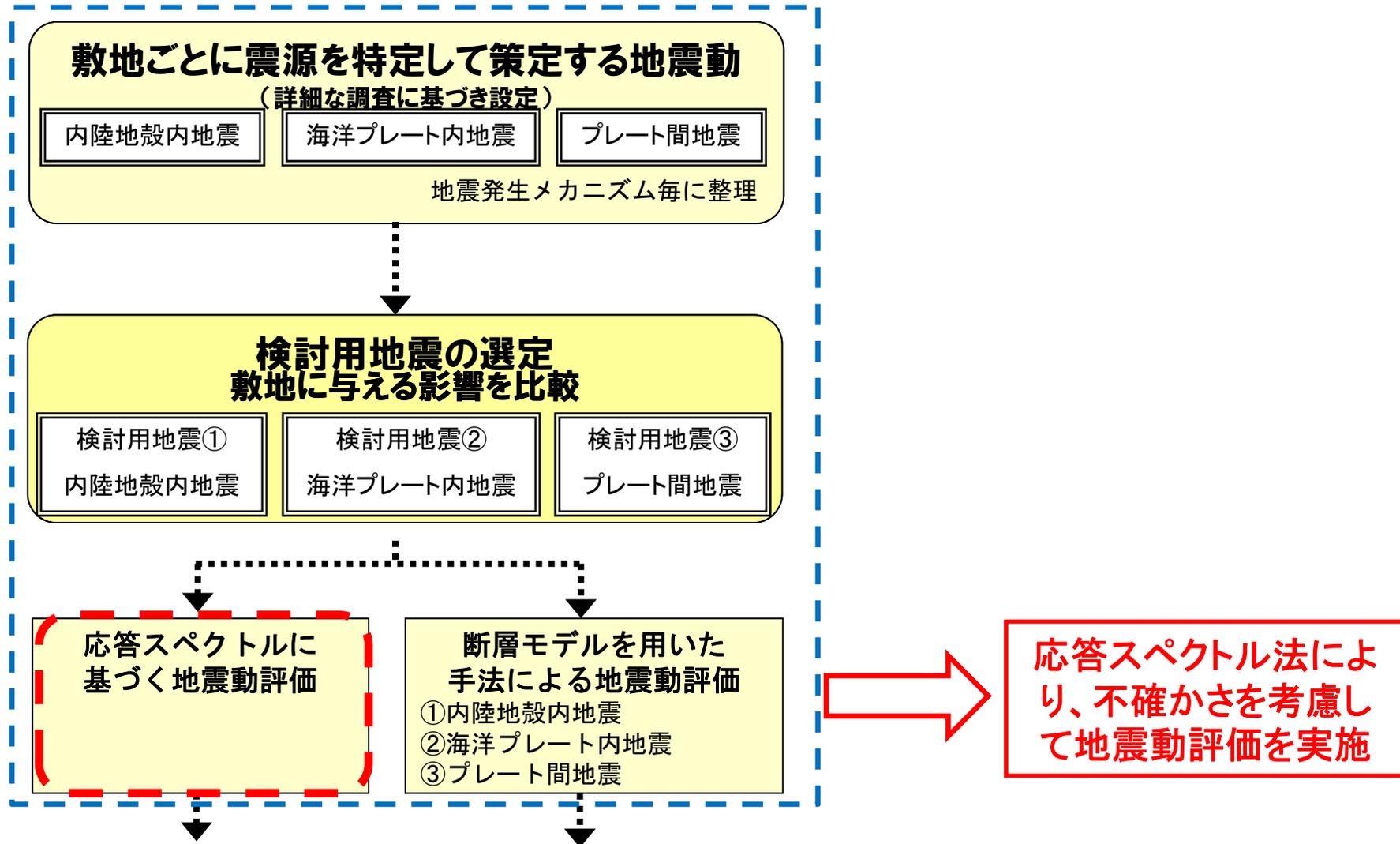
【検討用地震の選定結果】

内陸地殻内地震	: 敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯)による地震
海洋プレート内地震	: 1649年安芸・伊予の地震(M6.9)
プレート間地震	: 南海トラフの巨大地震(内閣府検討会 M9.0 陸側ケース)



7. 応答スペクトル法を用いた地震動評価

 : 今回ご説明する内容



7. 応答スペクトル法を用いた地震動評価

【地震動評価に用いる応答スペクトル手法の選定】

本検討における応答スペクトル手法の採用条件を以下のように考えて、各々の距離減衰式を評価する。

- 解放基盤表面における地震動評価ができること
- 水平及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)が考慮できること

距離減衰式	距離減衰式の採用条件			
	解放基盤表面における地震動評価ができること	水平及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)が考慮できること
耐専スペクトル [Noda et al.(2002)]	○ (Vs=2200m/s)	○	○	○
Kanno et al.(2006)	○ (Vs30=1400m/s)	— (水平のみ)	△	○
Zhao et al.(2006)	○ (Vs=2000m/s)	— (水平のみ)	△	○
内山・翠川(2006)	△※ (Vs30=500m/s)	— (水平のみ)	△	○
Abrahamson and Silva(2008)	○ (Vs30=2000m/s)	— (水平のみ)	△	○
Boore and Atkinson(2008)	○ (Vs30=1300m/s)	— (水平のみ)	△	○
Campbell and Bozorgnia(2008)	○ (Vs30=1500m/s)	— (水平のみ)	△	○
Chiou and Youngs(2008)	○ (Vs30=1500m/s)	— (水平のみ)	△	○
Idriss(2008)	○ (Vs30=900m/s)	— (水平のみ)	△	○

※: 松岡・翠川(1994)の増幅度を用いることによりVs30=1500m/sでの評価が可能

これより、耐専スペクトル(日本電気協会原子力発電耐震設計専門部会(耐専)にて策定された距離減衰式に基づく地震動の経験的評価法)を基本的に用いる。

7. 応答スペクトル法を用いた地震動評価

【耐専スペクトル (Noda et al. (2002)) に用いる補正係数】

■ 内陸地殻内地震

敷地周辺の観測記録がないため観測記録による補正は行わない。

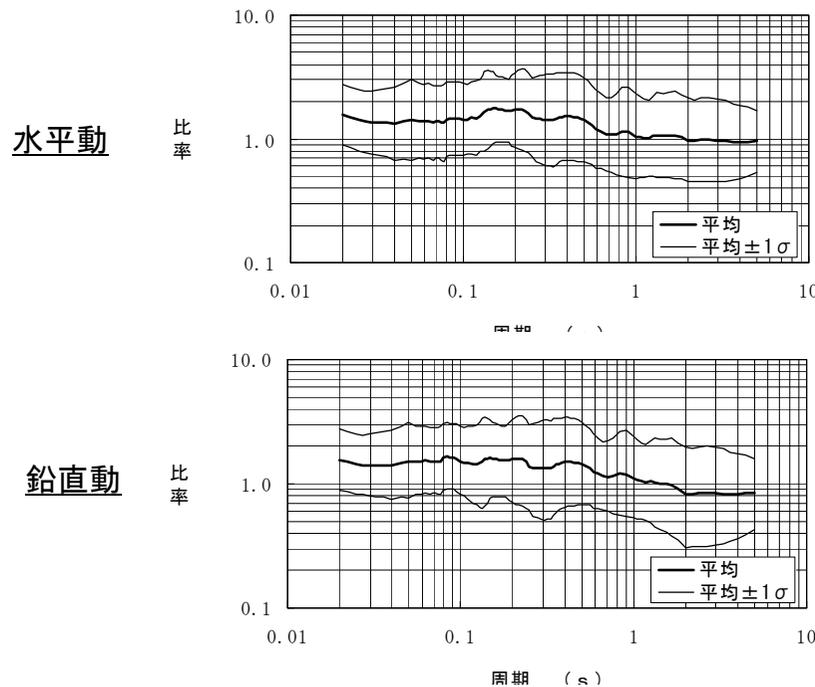
また、敷地前面海域の断層群の地震動評価にあたっては、その他距離減衰式を用いた評価結果や断層モデルによる結果と比較した結果、内陸補正を適用した評価が適切であると判断されるため内陸補正を適用する。

■ プレート間地震

敷地周辺およびさらに範囲を広げても観測記録がないため観測記録による補正は行わない

■ 海洋プレート内地震

敷地周辺に比較的規模の大きい観測記録(下表)があるため、解放基盤表面のはぎとり波の応答スペクトルを求め、それらをNoda et al.(2002)により求めた応答スペクトルで除して補正係数とした



補正係数の算定に用いたM5.1以上の海洋プレート内地震

番号	震央位置 または地震名	発生日時	M	深さ (km)	震央 距離 (km)
1	周防灘	1979年7月13日	6.0	70	47
2	大分県北部	1983年8月26日	6.6	116	66
3	愛媛県南予	1985年5月13日	6.0	39	61
4	伊予灘	1988年7月29日	5.1	53	28
5	伊予灘	1991年1月4日	5.3	58	6
6	愛媛県南予	1993年8月14日	5.3	47	27
7	伊予灘	1993年8月31日	5.1	62	19
8	2001年芸予地震	2001年3月24日	6.7	46	80
9	安芸灘	2001年3月26日	5.2	46	78
10	豊後水道	2001年4月25日	5.7	39	77

7. 応答スペクトル法を用いた地震動評価

【敷地が断層近傍に位置する場合】

しかしながら、敷地が前面海域の断層群の近傍に位置することから…



○新耐震指針に基づく既設原子力施設の耐震安全性の評価結果に対するワーキング・グループとしての検討のポイントについて(案)

耐特委第20-2-5号(平成21年6月12日)

『応答スペクトルによる手法は経験的手法であり、用いられたデータの質・量によってその適用範囲を慎重に吟味することが重要である。特に震源が敷地に近い場合にはより慎重な対応が必要となる。』

『震源が敷地に近い場合の地震動評価に際しては、適用可能な各種の応答スペクトルによる手法を用いた評価結果や断層モデルに基づく地震動評価結果等を踏まえ、総合的な判断を行う必要がある。』



回帰データと評価条件を照らし合わせて適用性を吟味した上で、各種の応答スペクトルによる手法や断層モデルの結果と比較し、総合的に応答スペクトル評価を行う。

7. 応答スペクトル法を用いた地震動評価

【距離・地震規模の適用性の検証例①】

【耐専スペクトル】

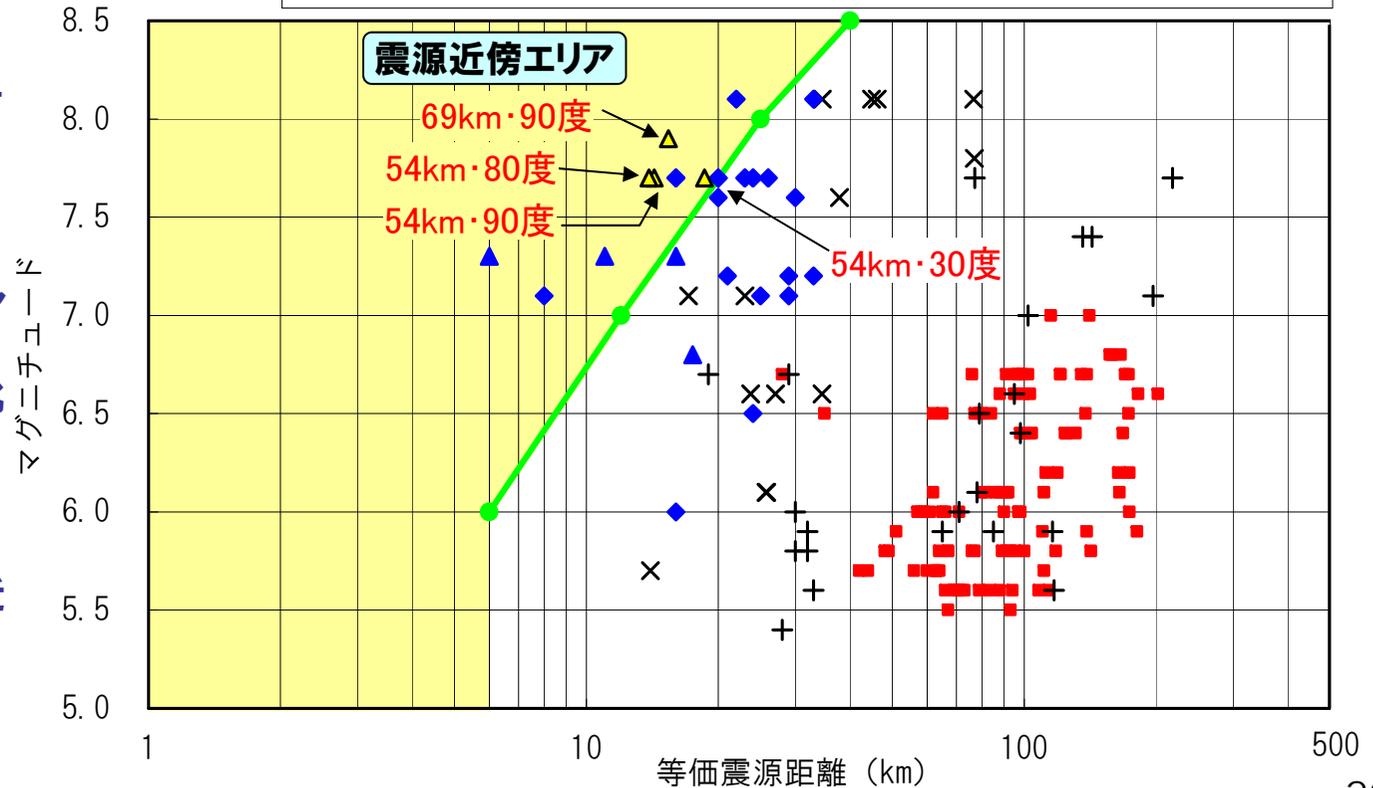
回帰式作成に用いたデータ (■)と比較すると中央構造線断層帯における検討ケースは大幅な外挿となる

コントロールポイントが示されている極近距離までは適用可能と考えられるが、今回の検討ケースはこれを外れる

全ケースとも、震源近傍エリアとなるため、その他の距離減衰式や断層モデルの結果と比較して適用性を検証する

54km・90度, 69km・90度, 54km・80度のケースは、極近距離のラインとの乖離が大きく、かつ震源近傍の適用性の検討を行った観測記録(◆, ▲)もない範囲である

- 耐専回帰式作成に用いた観測記録 (107記録)
- + 耐専の適用性検討に用いた他地点観測記録 (国内: 23記録)
- × 耐専の適用性検討に用いた他地点観測記録 (海外: 14記録)
- ▲ 震源近傍の適用性検討記録 (国内: 4記録)
- ◆ 震源近傍の適用性検討記録 (海外: 22記録)
- 耐専スペクトル極近距離
- ▲ 伊方



7. 応答スペクトル法を用いた地震動評価

【距離・地震規模の適用性の検証例②】

【Abrahamson and Silva (2008)】

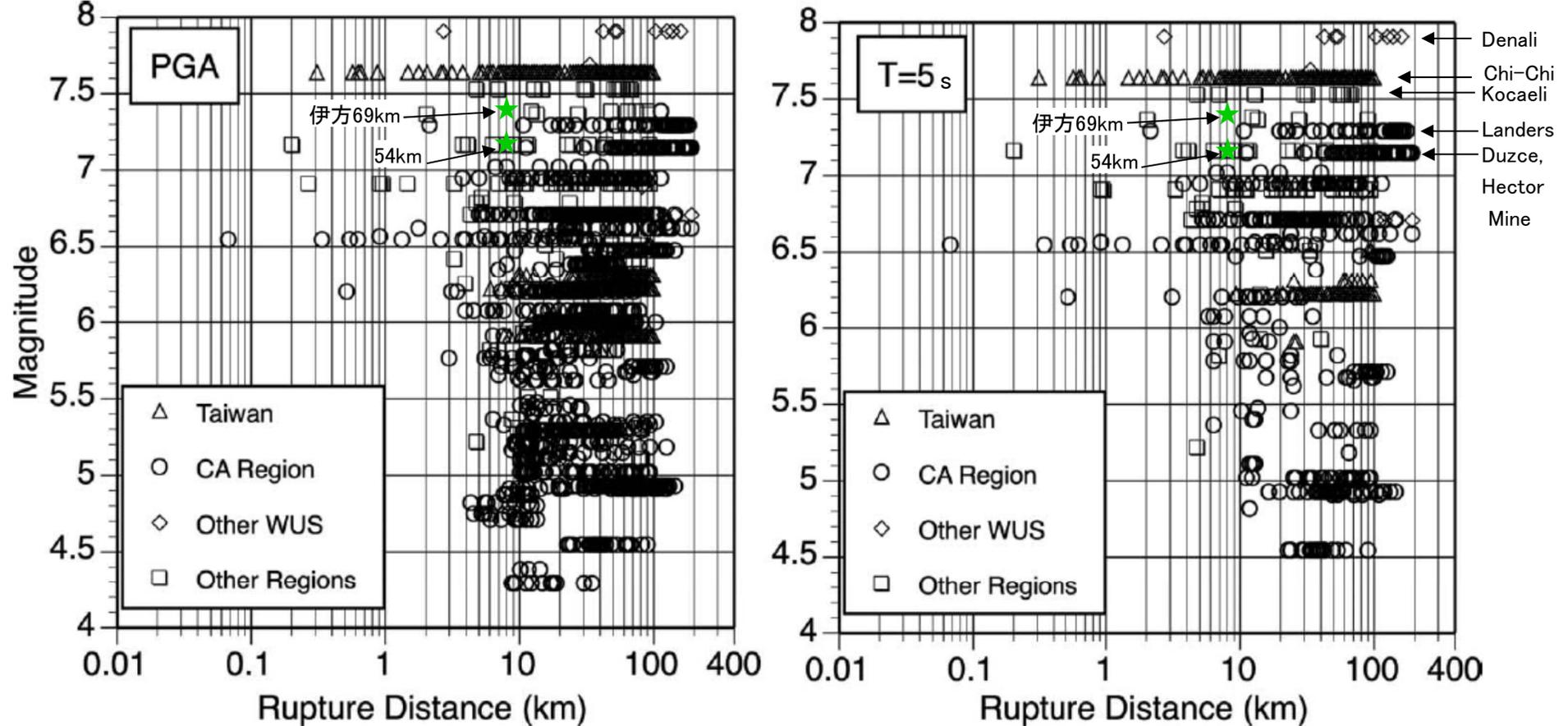


Figure 2. Distribution of magnitude-distance pairs for PGA and T=5 sec.

7. 応答スペクトル法を用いた地震動評価

【距離と地震規模の観点から評価した適用性】

	基本ケース (54km・90度)	不確かさ考慮① (54km・90度・1.5倍)	不確かさ考慮② (54km・30度)	不確かさ考慮③ (54km・80度)	不確かさ考慮④ (69km・90度)
耐専スペクトル	△	※	△	△	△
Kanno et al.(2006)	○	※	○	○	○
Zhao et al.(2006)	○	※	○	○	○
内山・翠川(2006)	△	※	△	△	△
Abrahamson and Silva(2008)	◎	※	◎	◎	◎
Boore and Atkinson(2008)	◎	※	◎	◎	◎
Campbell and Bozorgnia(2008)	◎	※	◎	◎	◎
Chiou and Youngs(2008)	◎	※	◎	◎	◎
Idriss(2008)	◎	※	◎	◎	◎

◎:適用可(データが比較的豊富), ○:適用可, △:外挿となるため慎重な検証が必要

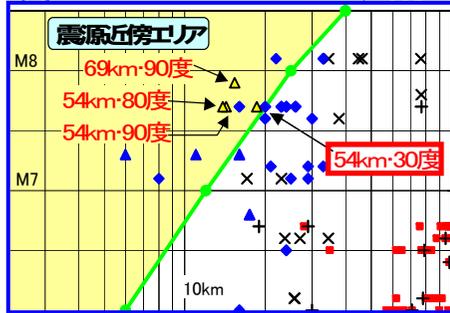
※:応力降下量を説明変数に組み込んでいないため考慮した評価ができない

なお, 不確かさ考慮⑤(正面ケース)は基本ケースと同じ評価

7. 応答スペクトル法を用いた地震動評価

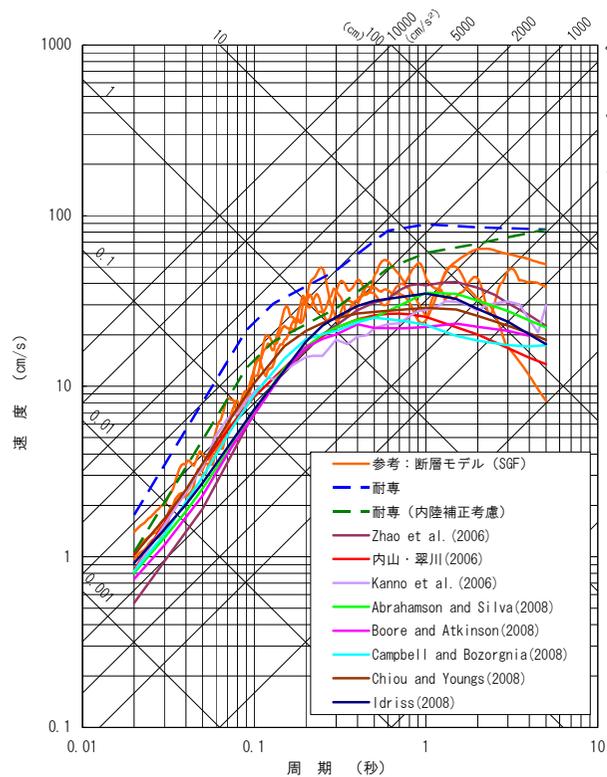
【地震動レベルの検証例① 54km・30度】

まず、震源近傍エリアではあるが耐専スペクトルが適用できる可能性が最も高いと考えられる54km・30度のケースについて、耐専スペクトルの適用性の検証を行う

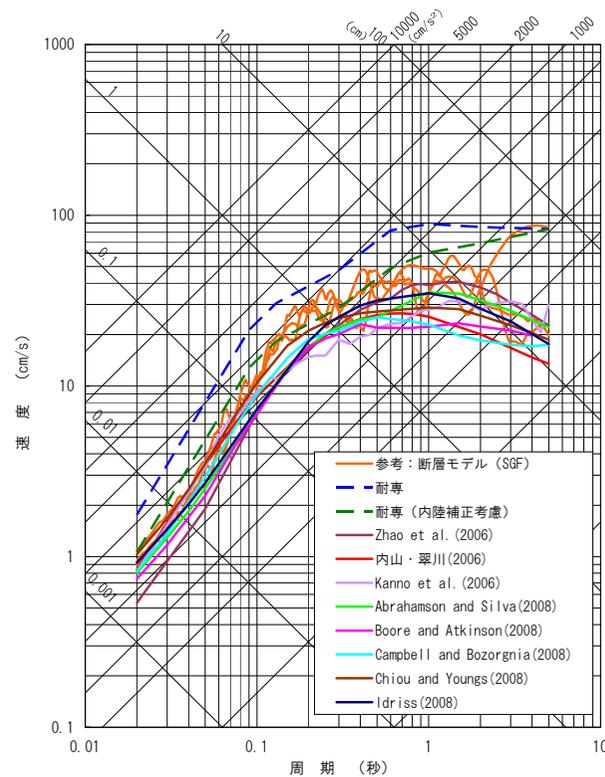


○敷地前面海域の断層群の評価において、54km・30度のケースで適用性を検証したところ、耐専による評価は、内陸補正を考慮してもその他距離減衰式よりもやや大きめの地震動を与える結果となった。

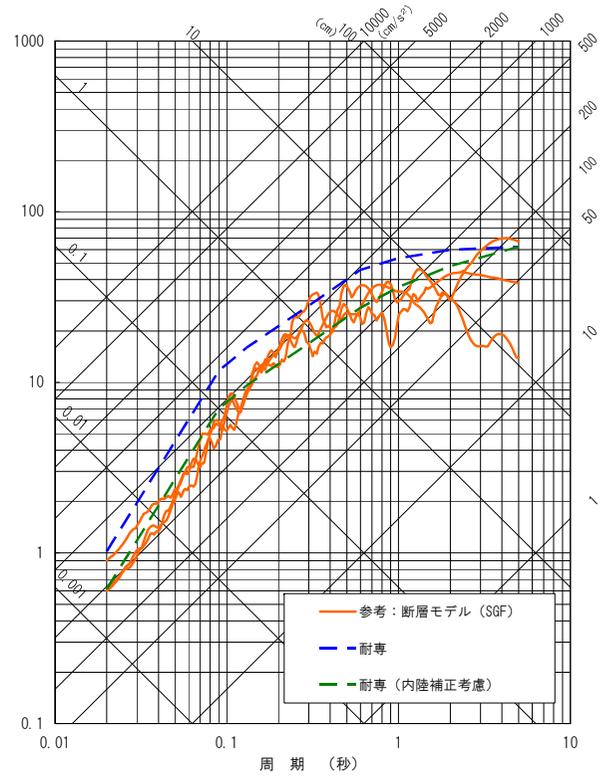
○その他距離減衰式の結果は、断層モデル(統計的グリーン関数法)の結果ともほぼ整合的である。



NS方向



EW方向

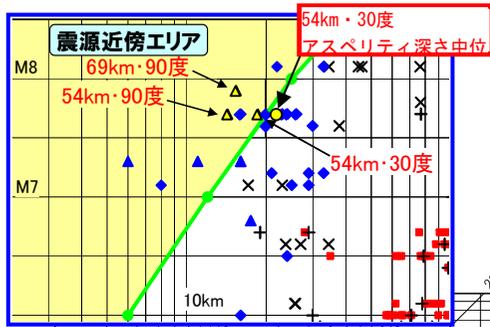


UD方向

7. 応答スペクトル法を用いた地震動評価

【地震動レベルの検証例② 54km・30度（アスペリティ深さ中位）】

次に、54km・30度ケースでアスペリティ深さを中位とすると、耐専スペクトルの適用が可能と思われる条件となるため、このケースについて適用性の検証を行う

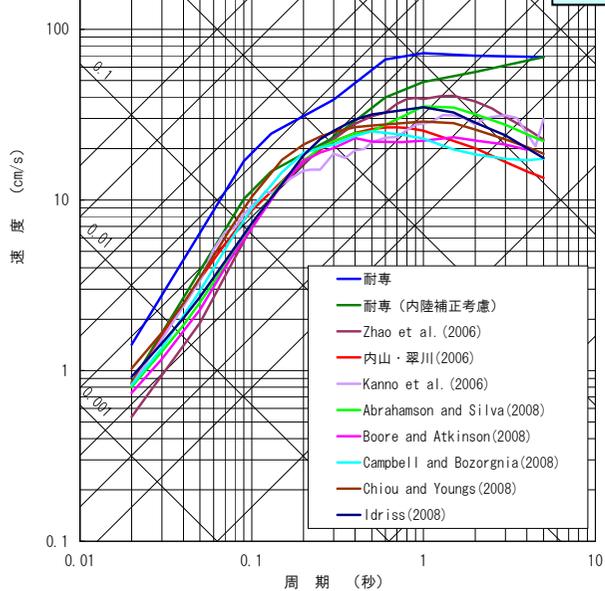


○54km・30度・アスペリティ深さ中位のケースにおいて、耐専スペクトルによる地震動（内陸補正を考慮）はその他距離減衰式と整合的な結果となった。

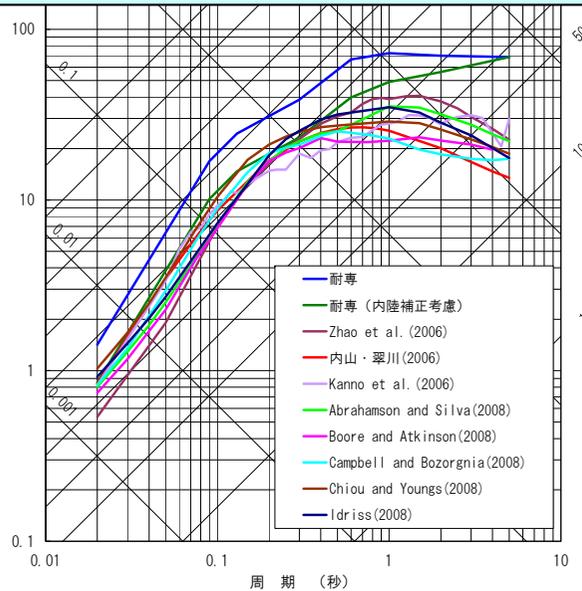
○原子力安全委員会会合※において、『断層近傍の観測記録に対する耐専スペクトルの適用性を検証したところ、内陸補正を適用すると概ね観測記録を説明できた』との報告がなされている。

※：原子力安全委員会 耐震安全性評価特別委員会 地震・地震動評価委員会 「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 資料第1-2号

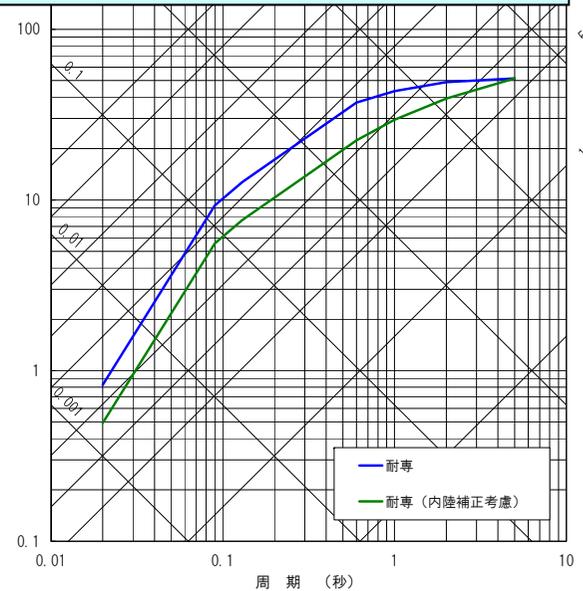
○これらより、敷地前面海域の断層群の耐専スペクトル評価においては内陸補正を適用した評価が適切であると判断する。



NS方向



EW方向

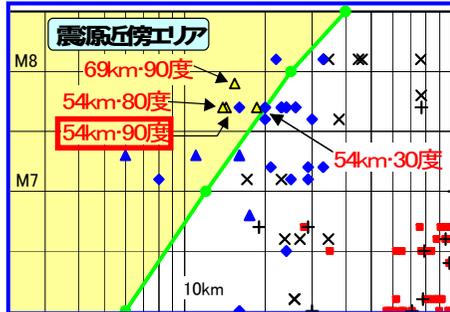


UD方向

7. 応答スペクトル法を用いた地震動評価

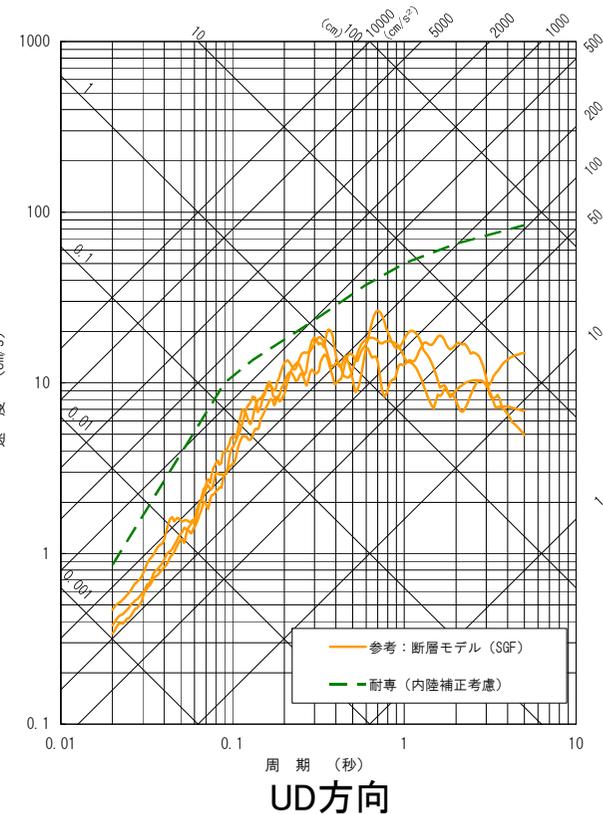
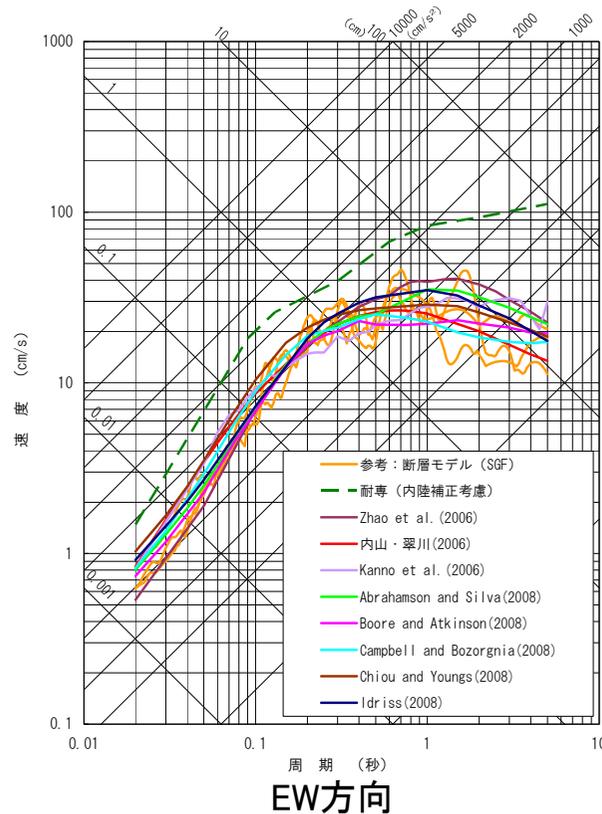
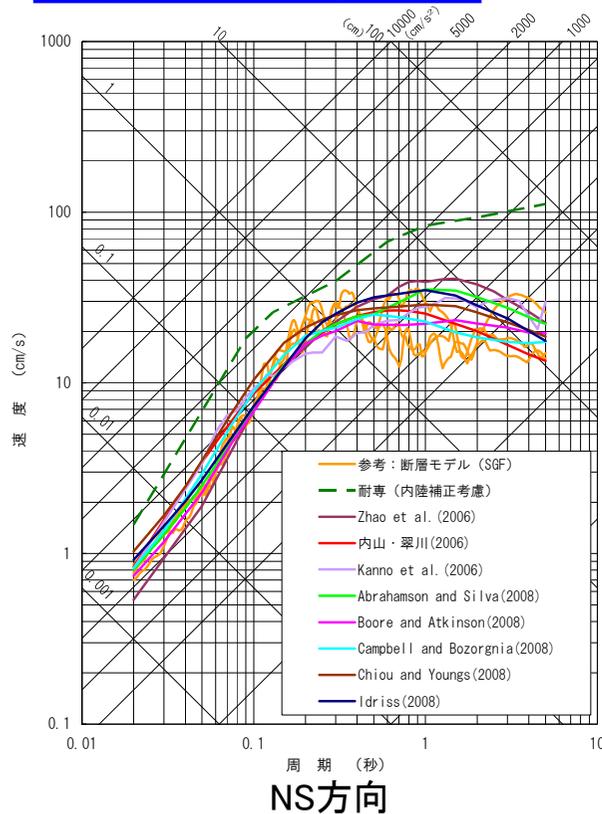
【地震動レベルの検証例③ 54km・90度】

内陸補正を適用して、90度ケースの適用性検証を行う



○耐専スペクトルによる評価は、その他距離減衰式よりも大きい地震動が算出され、過大評価となっており、適用は適切ではないと考えられる。これは、54km・30度のケースよりも敷地がより震源に近い位置での評価となるためと考えられる。

○その他距離減衰式の結果は、断層モデル(統計的グリーン関数法)の結果ともほぼ整合的である。



7. 応答スペクトル法を用いた地震動評価

【適用性の検証結果】

応答スペクトル手法(距離減衰式)の適用性の検証結果を以下にまとめる。

耐専スペクトルについては、敷地前面海域の断層群の評価には内陸補正を適用する。

	54km・90度	54km・90度・1.5倍	54km・30度	54km・80度	69km・90度
耐専スペクトル (内陸補正考慮)	×	×	○	×	×
Kanno et al.(2006)	○	※	○	○	○
Zhao et al.(2006)	○	※	○	○	○
内山・翠川(2006)	○	※	○	○	○
Abrahamson and Silva(2008)	○	※	○	○	○
Boore and Atkinson(2008)	○	※	○	○	○
Campbell and Bozorgnia(2008)	○	※	○	○	○
Chiou and Youngs(2008)	○	※	○	○	○
Idriss(2008)	○	※	○	○	○

○:適用可, ×:適用不可

※:応力降下量を説明変数に組み込んでいないため考慮した地震動評価ができない。54km・90度のケースでは、断層モデルとその他距離減衰式の結果が整合的であることから、応答スペクトル手法で応力降下量1.5倍を考慮した地震動レベルは、応力降下量1.5倍を考慮した断層モデルの結果とほぼ同レベルと推定される。

なお、不確かさ考慮⑤(正面ケース)は基本ケースと同じ評価 26

7. 応答スペクトル法を用いた地震動評価

【地震動評価に用いる応答スペクトル手法】

応答スペクトルに基づく地震動評価には以下の手法を採用することとする。

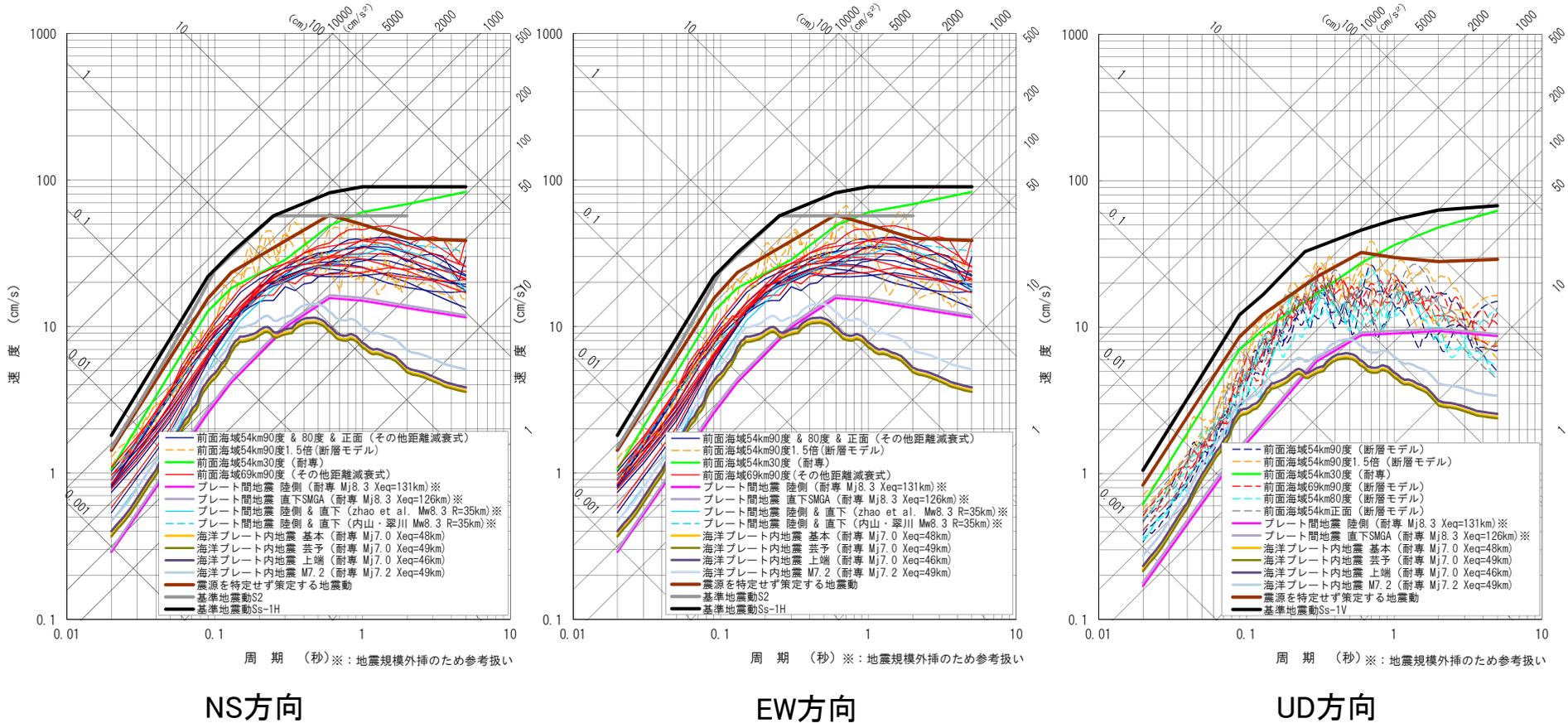
検討ケース		採用する手法	
		水平動の評価	鉛直動の評価
基本ケース	54km・90度	その他距離減衰式	なし (断層モデルを参考)
不確かさ考慮①	54km・90度・ 応力降下量1.5倍	なし (断層モデルを参考)	なし (断層モデルを参考)
不確かさ考慮②	54km・30度	耐専スペクトル (内陸補正を考慮する)	耐専スペクトル (内陸補正を考慮する)
不確かさ考慮③	54km・80度	その他距離減衰式	なし (断層モデルを参考)
不確かさ考慮④	69km・90度	その他距離減衰式	なし (断層モデルを参考)
不確かさ考慮⑤	54km・90度・正面	その他距離減衰式	なし (断層モデルを参考)

○その他距離減衰式: Kanno et al.(2006), Zhao et al.(2006), 内山・翠川(2006), Abrahamson and Silva(2008), Boore and Atkinson(2008), Campbell and Bozorgnia(2008), Chiou and Youngs(2008), Idriss(2008)

○適用できる応答スペクトル手法がない場合には、断層モデルによる結果を参考とする

7. 応答スペクトル法を用いた地震動評価

【応答スペクトル法による評価結果】



NS方向

EW方向

UD方向

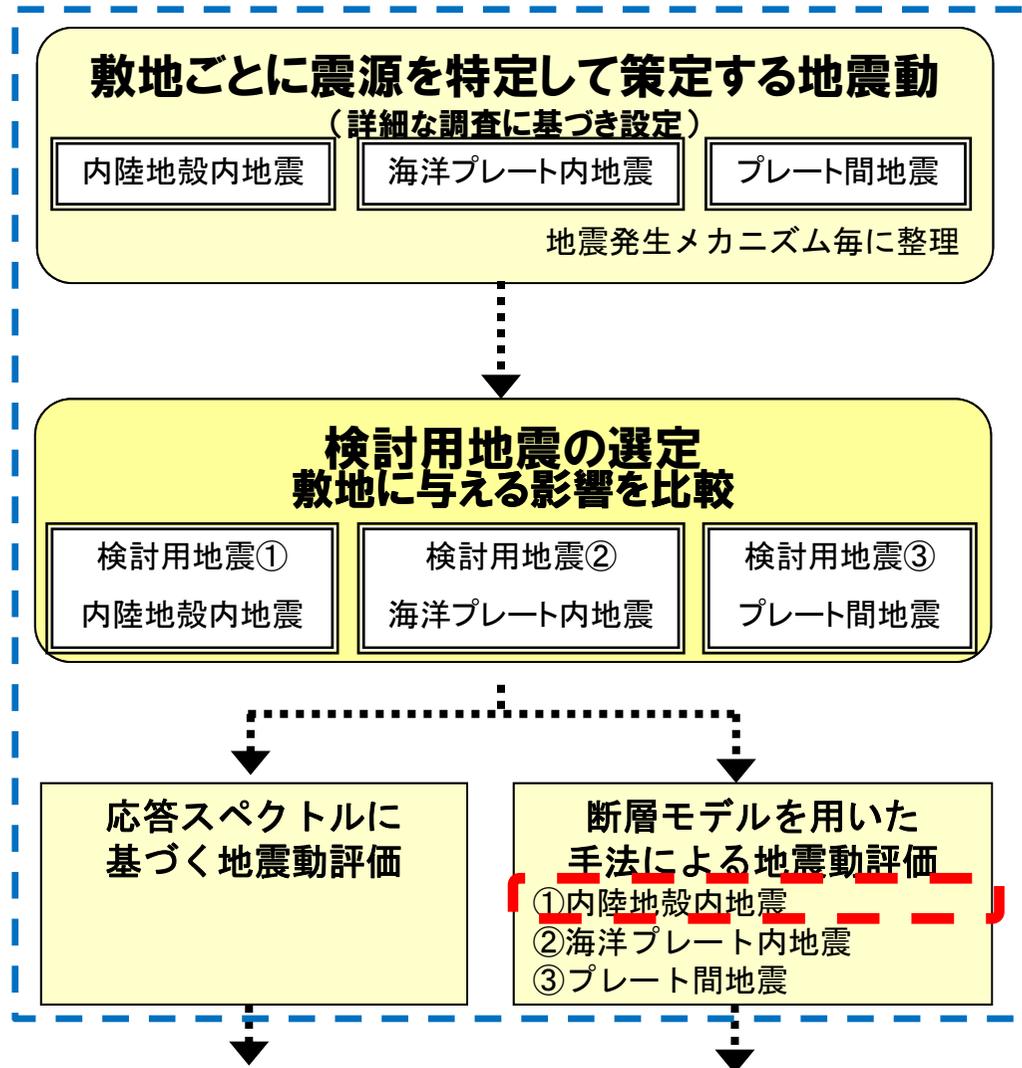
※ 南海トラフの巨大地震のマグニチュードは9.0であるが、応答スペクトル手法による地震動評価に用いる地震規模は内閣府検討会による8.3を用いた。

内閣府検討会(第二次報告)[平成24年8月29日]

『Mw9.0の2011年東北地方太平洋沖地震の震度分布に適用されている経験式的パラメータMwは8.2~8.3であることから、第一次報告と同じく、南海トラフの巨大地震の検討に用いる経験的手法のパラメータMwは8.3と設定した。』

8. 断層モデルを用いた手法による地震動評価(内陸地殻内地震)

 : 今回ご説明する内容



内陸地殻内地震
(敷地前面海域の断層群)の断層モデルを構築し、不確かさも考慮して地震動評価を実施

8. 断層モデルを用いた手法による地震動評価(内陸地殻内地震)

【基本ケースの設定】

○地震本部の知見からは,

⇒中央構造線断層帯の6区間が個別に活動する可能性や, 複数の区間が同時に活動する可能性, 断層帯全体が同時に活動する可能性, さらにはこれら6つの区間とは異なる範囲が活動する可能性も否定できない。また, 別府-万年山断層帯との連動も否定できない。

○古文書や古地震調査に基づく過去の活動履歴のほか, 断層線の著しい屈曲や不連続, 分岐形状に関する知見からは,

⇒敷地前面海域の断層群(54km)が地震動評価上の基本震源モデルと考えられる。



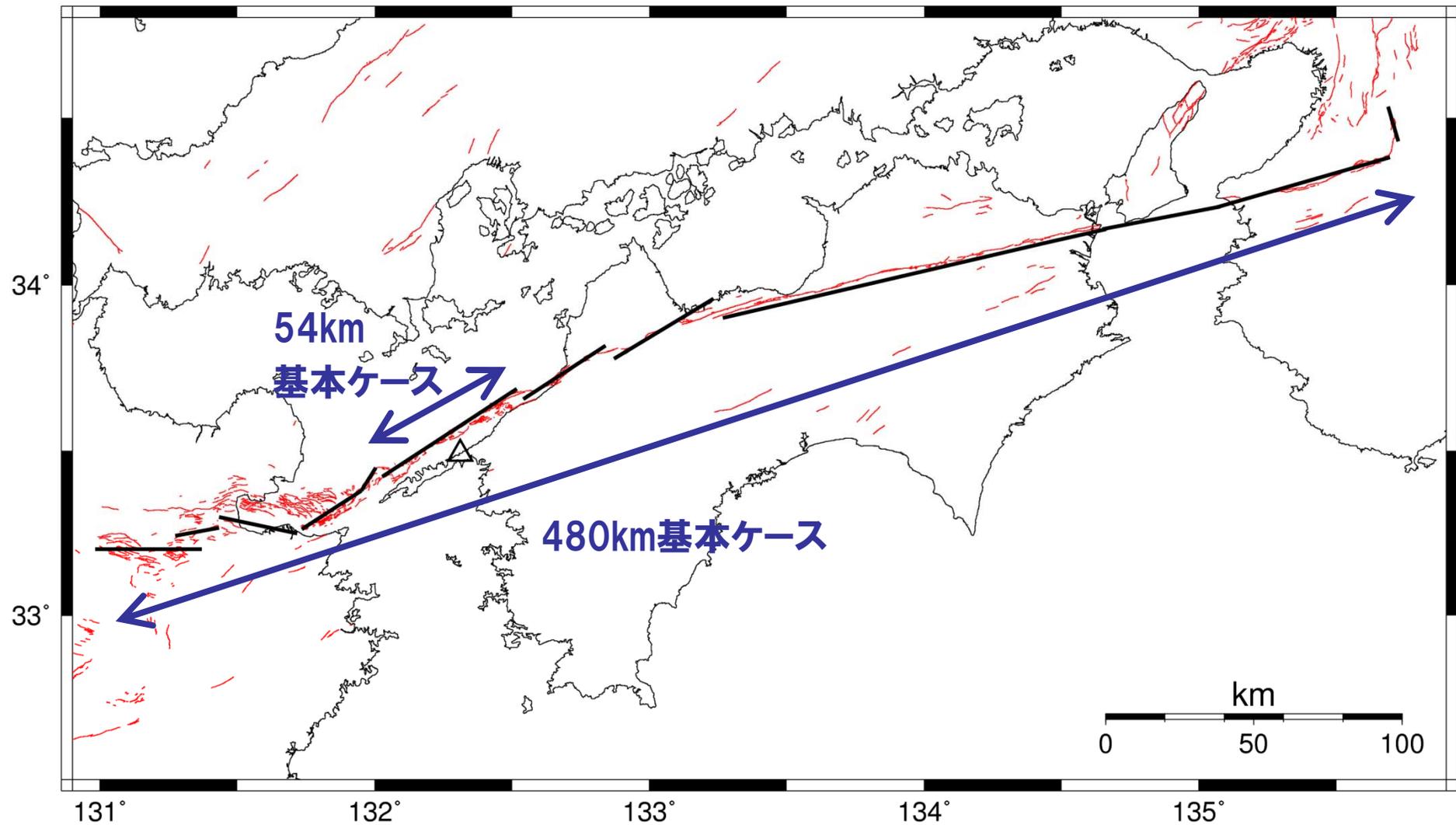
相反するため
基本ケースの長さを特定することが困難



- そこで, 基本ケースとして, 最大の長さである『480km(中央構造線断層帯と別府-万年山帯断層帯の連動)』を採用した場合の検討を行う。
- さらに, 長大断層ではすべり量が飽和する傾向を示すため, 長大断層と短い断層では地震規模と断層面積の関係(スケーリング則)が異なることから『54km(敷地前面海域の断層群)』の単独の活動も, 基本ケースとして想定することとする。

8. 断層モデルを用いた手法による地震動評価(内陸地殻内地震)

【基本ケースの断層長さ】



8. 断層モデルを用いた手法による地震動評価(内陸地殻内地震)

【不確かさ考慮の考え方(内陸地殻内地震)】

* 審査ガイドにて、「不確かさの考慮については、敷地における地震動評価に大きな影響を与えと考えられる支配的なパラメータについて分析した上で、必要に応じて不確かさを組み合わせるなどの適切な手法を用いて評価すること」とされており、上記方針に基づき不確かさを考慮するパラメータを選定する。

○不確かさを考慮するパラメータを以下のとおりとする。この不確かさを考慮した地震動は、対象地震の基本モデルよりも大きな値となり、施設に作用する応力自体も大きくなることから、地震動自体が安全性を考慮した保守的なものになっている。

①応力降下量

2007年新潟県中越沖地震の知見を反映し、応力降下量を1.5倍した検討を行う。更に、480kmケースにおいては敷地前面海域セグメントについて、応力降下量を1.5倍した値よりも保守的に20MPaとした検討を行う。

②断層傾斜角

中央構造線が北へ傾斜する可能性を完全に否定できないことから、北傾斜30°とした場合の検討を行う。
なお、角度のばらつきを考慮し、南傾斜80°とした場合の検討も行う。

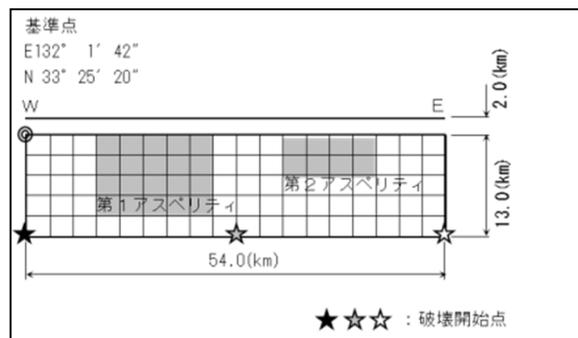
③破壊伝播速度

世界の長大断層について破壊伝播速度(V_r)がS波速度(V_s)を超える知見も確認されているので、 V_r が V_s 以上である場合の検討も実施する。

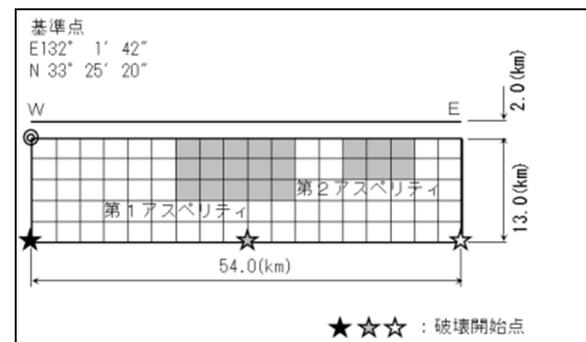
④アスペリティ位置

54km基本ケースにおいて、念のためジョグとして評価している発電所敷地正面にアスペリティを置いた場合についても検討を行う。

◎ (54km基本モデル)



(アスペリティ正面モデル)



8. 断層モデルを用いた手法による地震動評価(内陸地殻内地震)

【不確かさ考慮の考え方(内陸地殻内地震: 480km基本ケース)】

No.	検討ケース	震源モデルの設定条件			不確かさを考慮するパラメータ				Mj	貢
		アスペリティ 深さ	アスペリティ 平面位置	破壊開始点	断層長さ (km)	応力降下量	断層 傾斜角	破壊伝播 速度		
—	検討用地震 敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯)	—	—	—	54km	—	—	—	—	—
0	基本震源モデル 中央構造線断層帯+別府-万年山断層帯	断層上端	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	3ケース	480km	壇・他(2011)	90度	0.72Vs	8.3	37
1	不確かさ考慮① 応力降下量の不確かさ 中央構造線断層帯+別府-万年山断層帯	断層上端	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	3ケース	480km	壇・他(2011) ×1.5倍	90度	0.72Vs	8.3	38
1-2						20MPa				40
2	不確かさ考慮② 地質境界断層の知見考慮 中央構造線断層帯+別府-万年山断層帯	断層上端	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	3ケース	480km	Fujii and Matsuura(2000)	北傾斜	0.72Vs	8.6	42
3	不確かさ考慮③ 破壊伝播速度の不確かさ 中央構造線断層帯+別府-万年山断層帯	断層上端	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	東下端	480km	壇・他(2011)	90度	Vs	8.3	44, 45

破壊開始点3ケースは、断層西下端、中央下端、東下端。

: 予め基本震源モデルに織り込む不確かさ

: 不確かさを考慮するパラメータ

8. 断層モデルを用いた手法による地震動評価(内陸地殻内地震)

【不確かさ考慮の考え方(内陸地殻内地震: 54km基本ケース)】

No.	検討ケース	基本震源モデルの設定条件		不確かさを考慮するパラメータ				Mj		貢
		アスペリティ 深さ	破壊 開始点	応力 降下量	断層 傾斜角	断層長さ (km)	アスペリティ 平面位置	松田式	入倉・三宅	
-	検討用地震 敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯)	-	-	-	-	54	-	-	-	-
0	基本震源モデル	断層上端	3ケース	レシピ	90°	54	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	7.7	7.3	46
1	不確かさ考慮① 応力降下量の不確かさ考慮	断層上端	3ケース	レシピ×1.5 倍	90°	54	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	7.7	7.3	47
2	不確かさ考慮② 地質境界断層の知見考慮	断層上端	3ケース	レシピ	北傾斜30°	54	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	7.7	7.8	48
3	不確かさ考慮③ 角度のばらつきを考慮	断層上端	3ケース	レシピ	南傾斜80°	54	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	7.7	7.3	49
4	不確かさ考慮④ 断層長さの不確かさ考慮	断層上端	3ケース	レシピ	90°	69	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	7.9	7.5	50
5	不確かさ考慮⑤ アスペリティを敷地正面に配置	断層上端	3ケース	レシピ	90°	54	大きい方のアスペリティ を敷地正面に配置	7.7	7.3	51

破壊開始点3ケースは、断層西下端、中央下端、東下端。

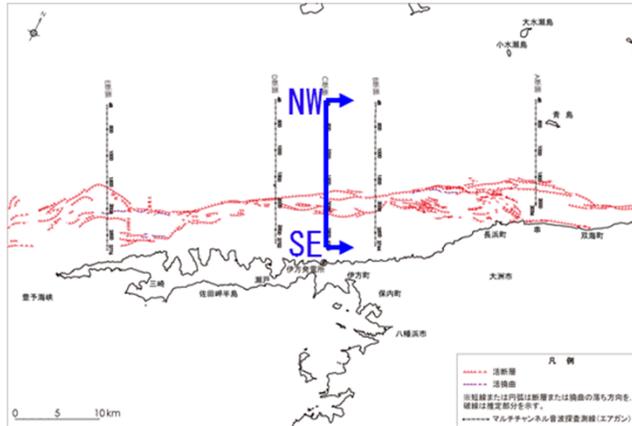
レシピ: 地震調査研究推進本部が示す強震動予測手法。本手法に基づき算出した応力降下量は54km基本ケースでは11.8MPaとなる。

: 予め基本震源モデルに織り込む不確かさ

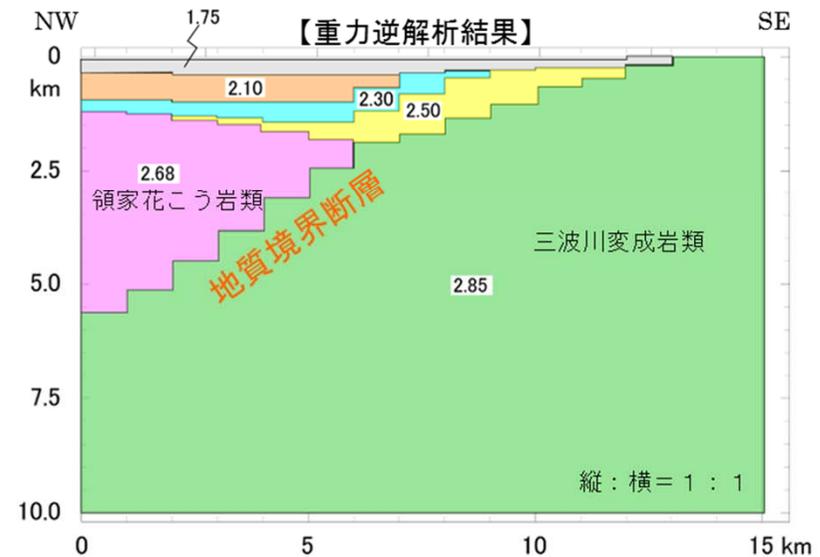
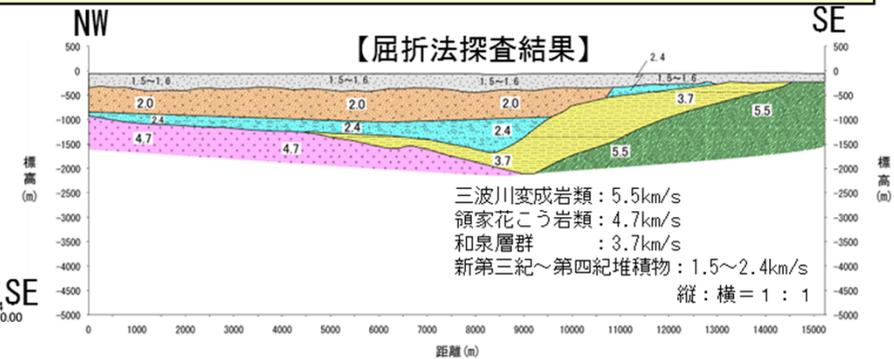
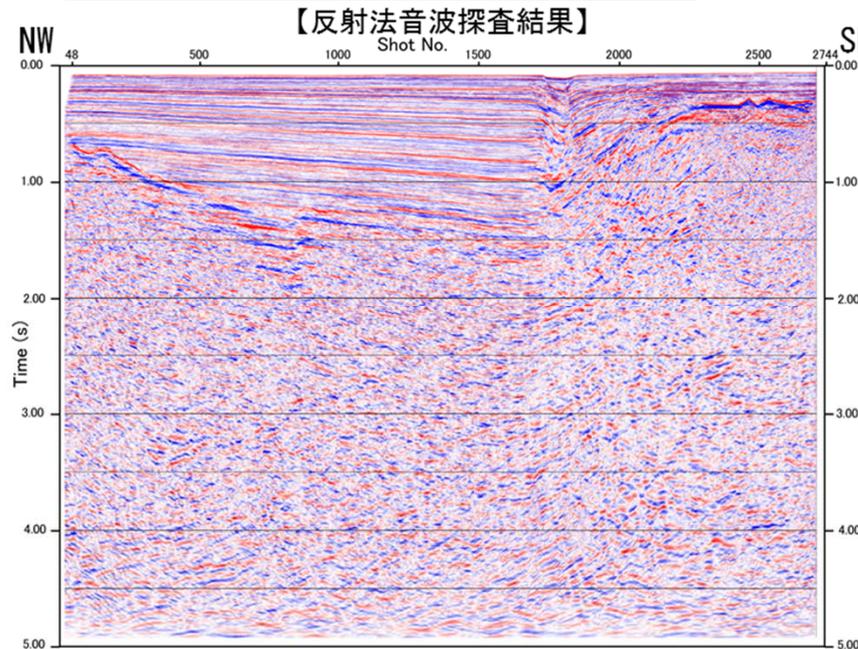
: 不確かさを考慮するパラメータ

8. 断層モデルを用いた手法による地震動評価(内陸地殻内地震)

【不確かさとして北傾斜30° を実施している根拠】



○反射法探査, 屈折法探査の結果を基に重力逆解析を実施した結果, 地質境界断層は30~40度で北傾斜しているものと評価される。震源断層が, 北傾斜する地質境界断層と一致する可能性も考えられる。

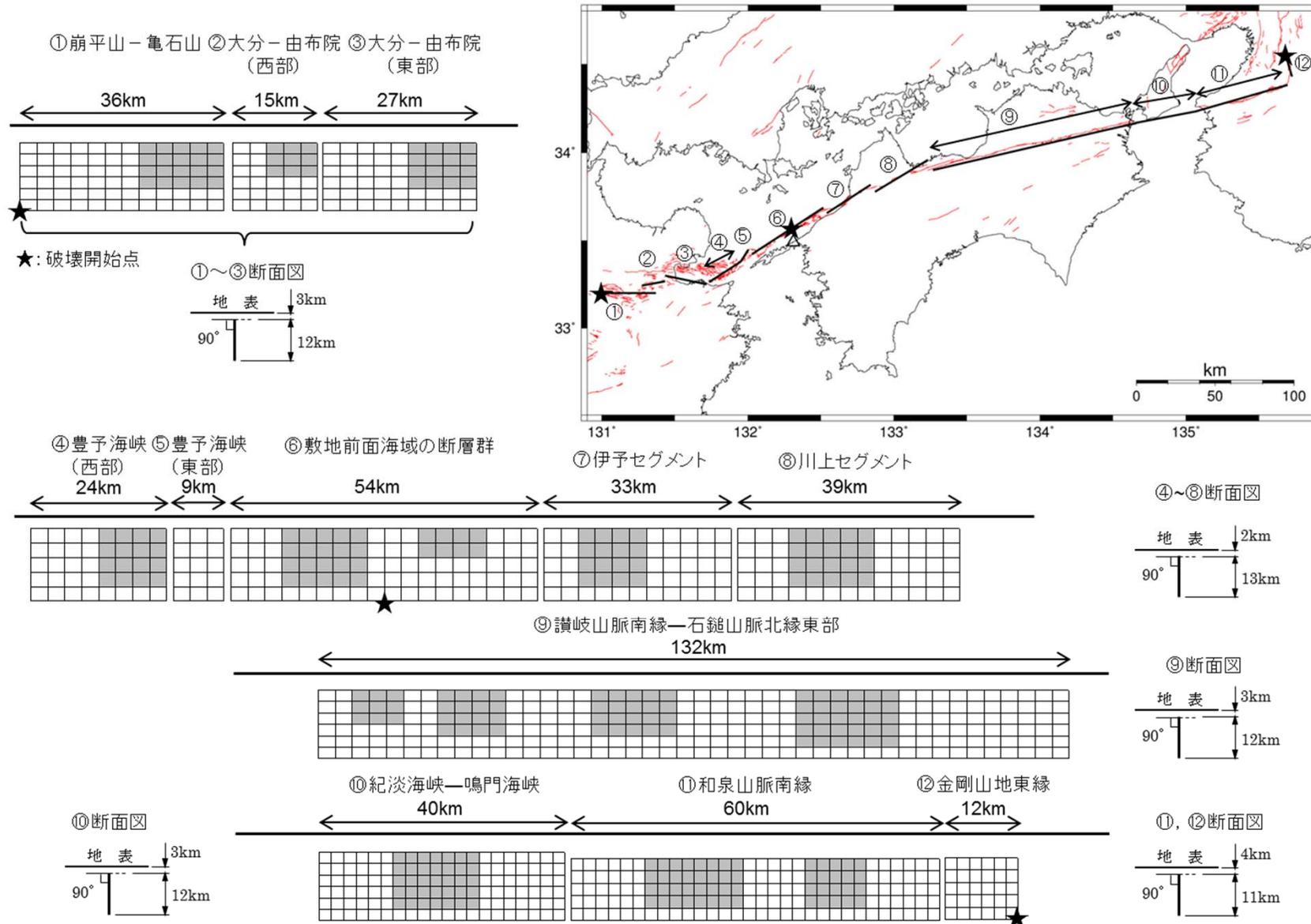


地質境界断層は30~40° で北傾斜しているものと評価されるため、不確かさとして採用 (54kmでは念のため南傾斜80° も評価)

8. 断層モデルを用いた手法による地震動評価(内陸地殻内地震)

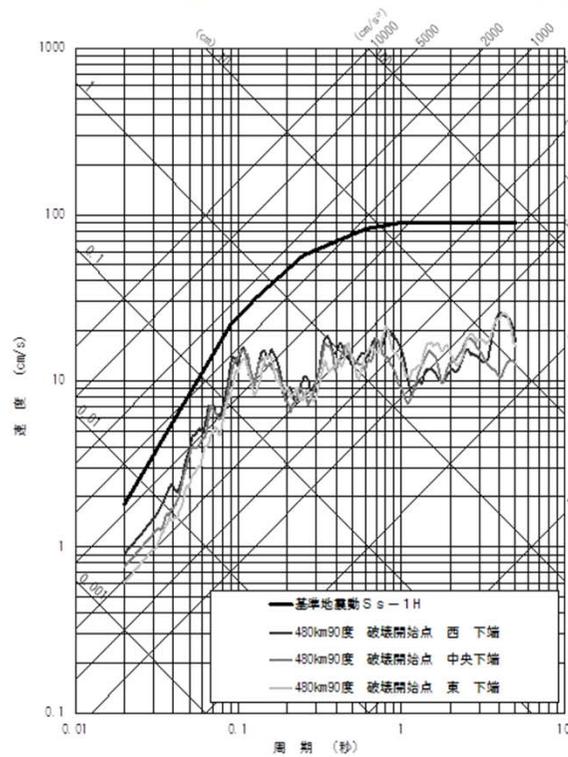
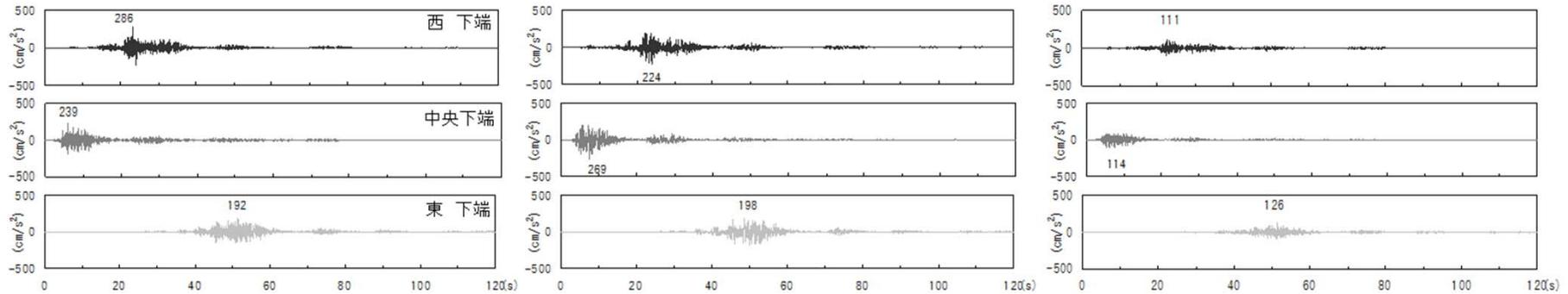
【480km 断層モデル (基本ケース、応力降下量1.5倍)】

*:アスペリティの配置位置は、ジョグ以外の区間で保守的に発電所敷地にとって大きな地震動となる位置に配置あるいは過去の論文(堤・後藤(2006))に示される地表変位量の大きいところに配置

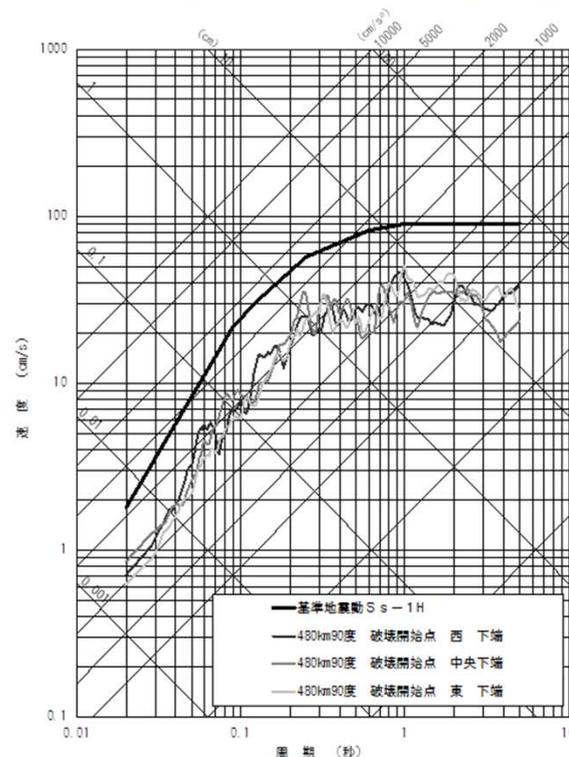


8. 断層モデルを用いた手法による地震動評価(内陸地殻内地震)

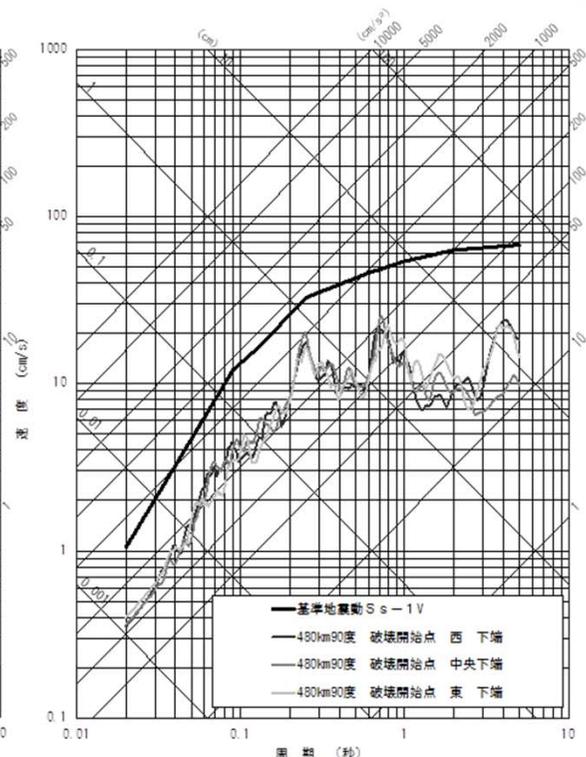
【480km 評価結果 (基本ケース) 経験的グリーン関数法】



NS



EW

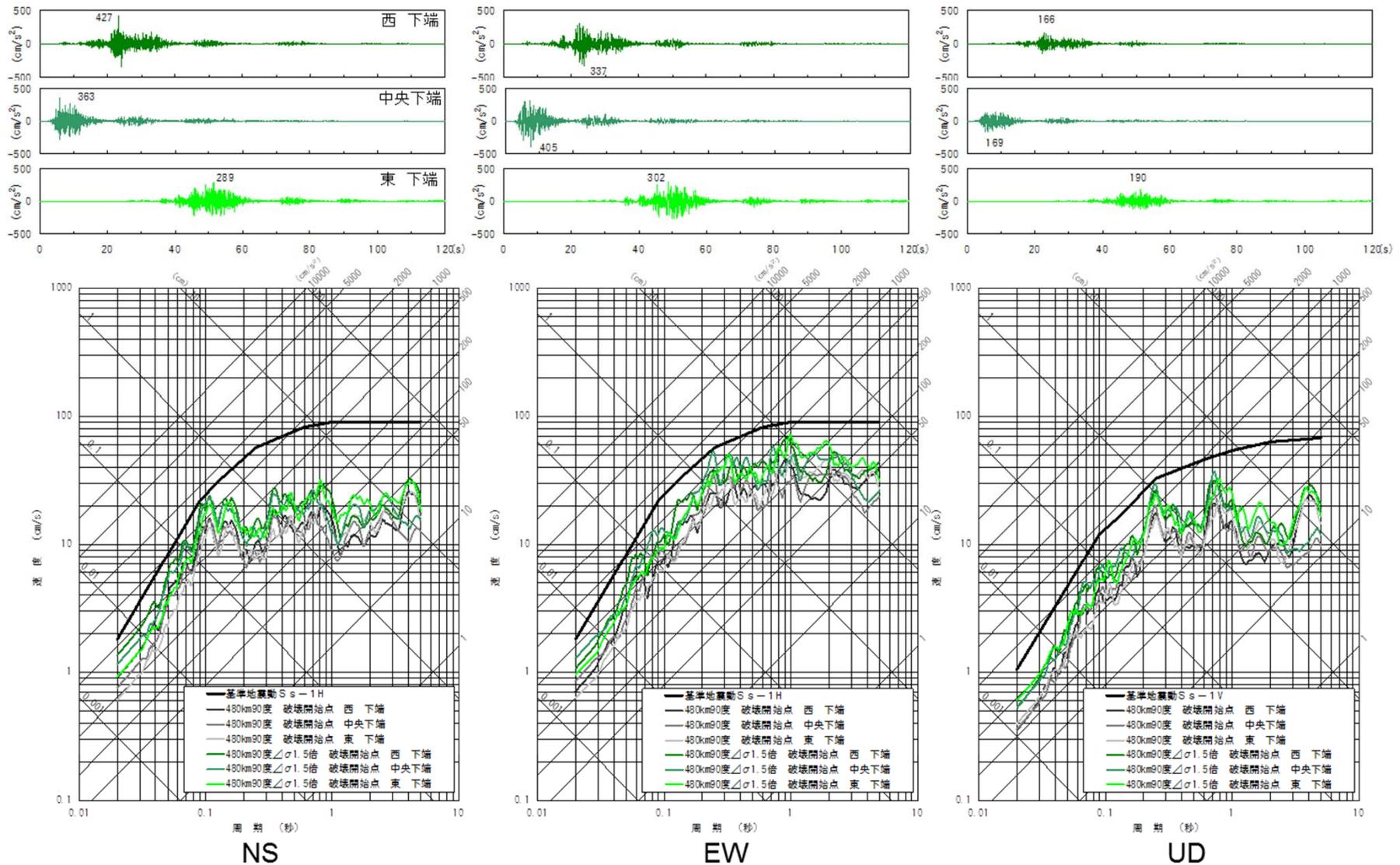


UD

8. 断層モデルを用いた手法による地震動評価(内陸地殻内地震)

【480km 評価結果 (応力降下量1.5倍) 経験的グリーン関数法】

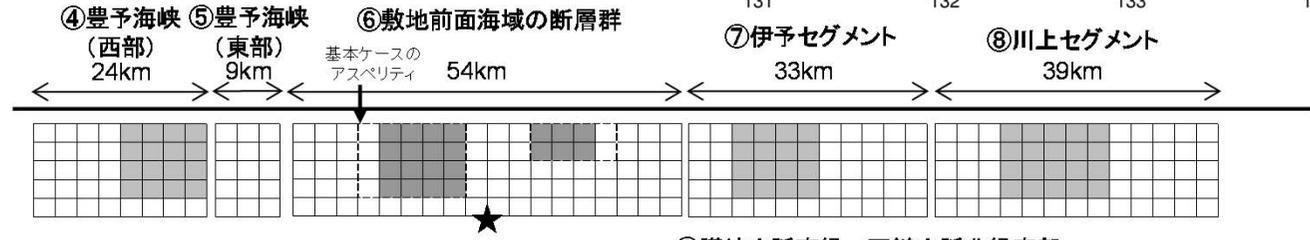
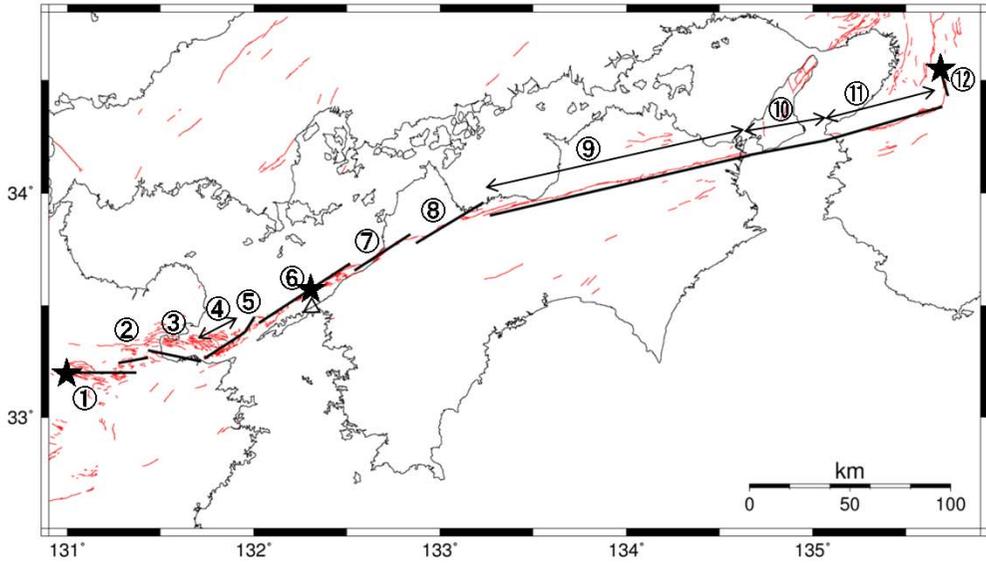
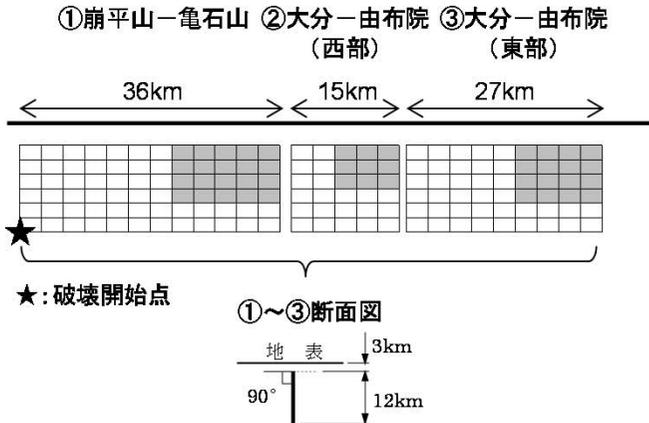
全体的にひとまわり大きい地震動となっているが、基準地震動Ss-1には包絡されている。



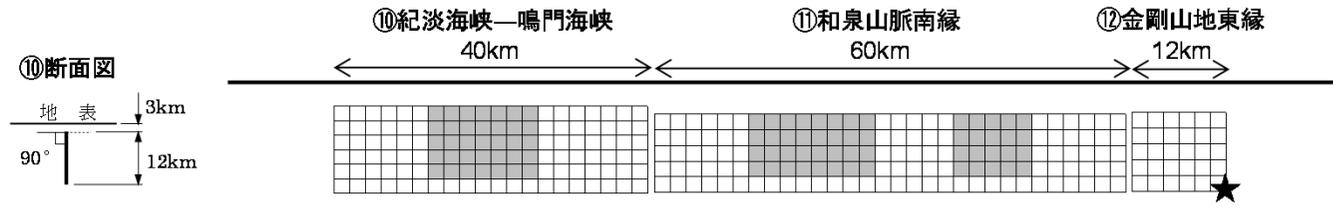
8. 断層モデルを用いた手法による地震動評価(内陸地殻内地震)

【480km 断層モデル (応力降下量1.5倍 20MPa)】

*:アスペリティの配置位置は、ジョグ以外の区間で保守的に発電所敷地にとって大きな地震動となる位置に配置あるいは過去の論文(堤・後藤(2006))に示される地表変位量の大きいところに配置

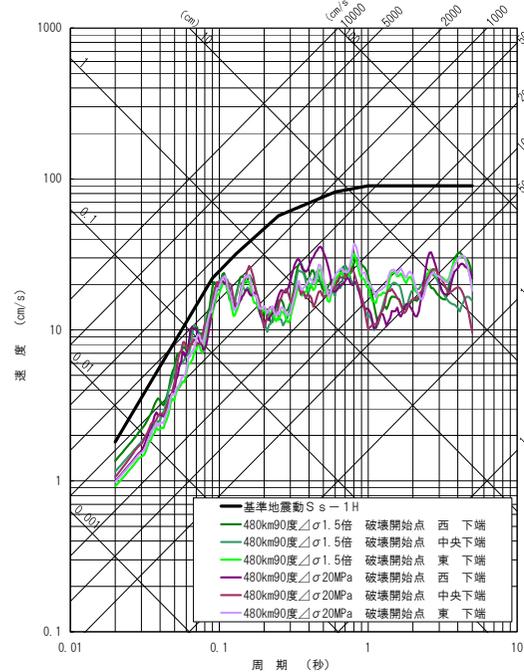
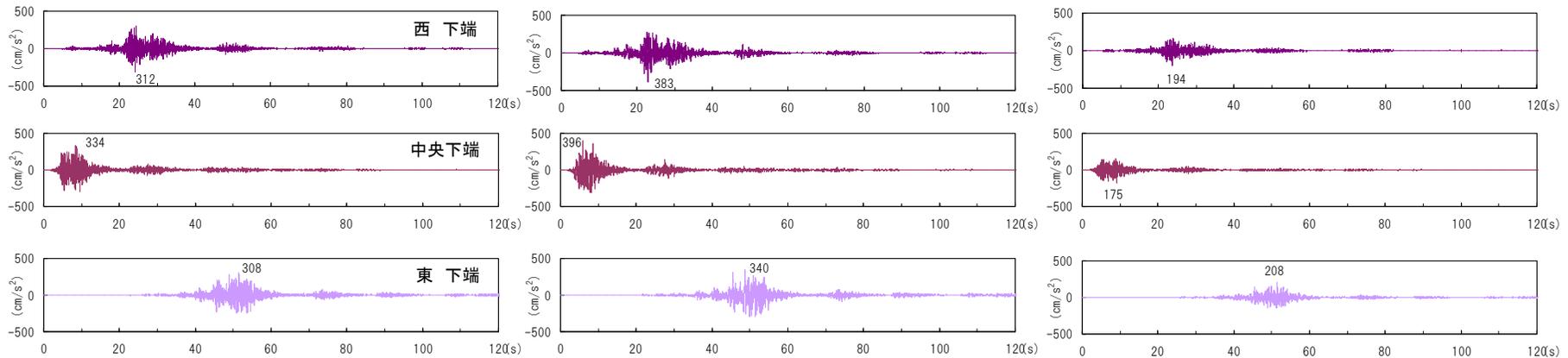


敷地前面海域セグメントについて、アスペリティの応力降下量が20MPaとなるようにアスペリティの面積を調整した。

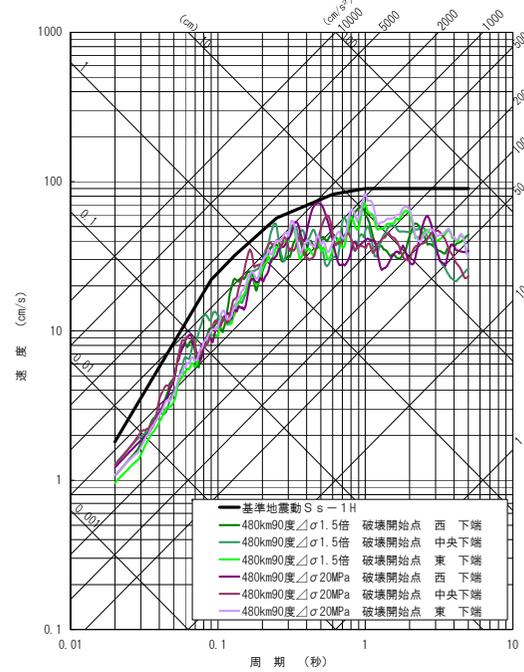


8. 断層モデルを用いた手法による地震動評価(内陸地殻内地震)

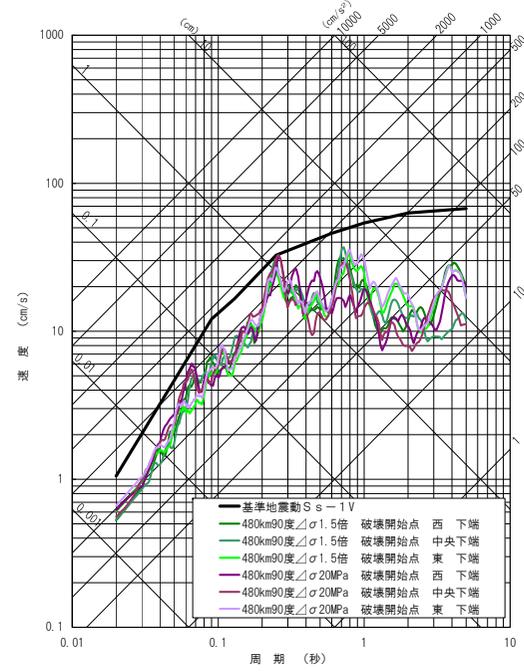
【480km 評価結果 (応力降下量1.5倍 20MPa) 経験的グリーン関数法】



NS方向



EW方向



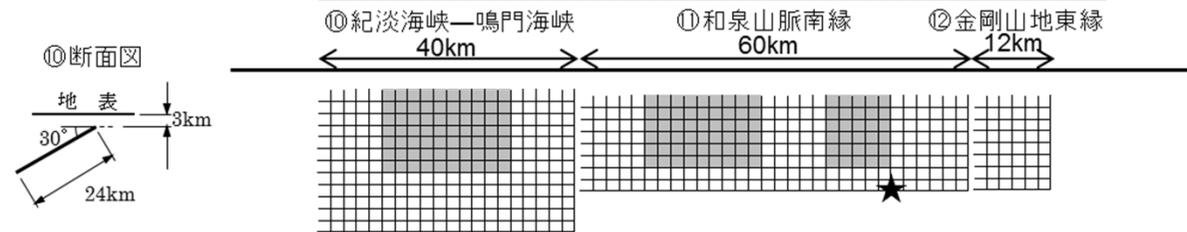
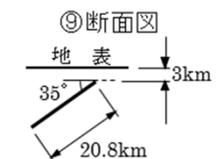
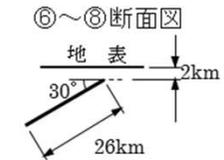
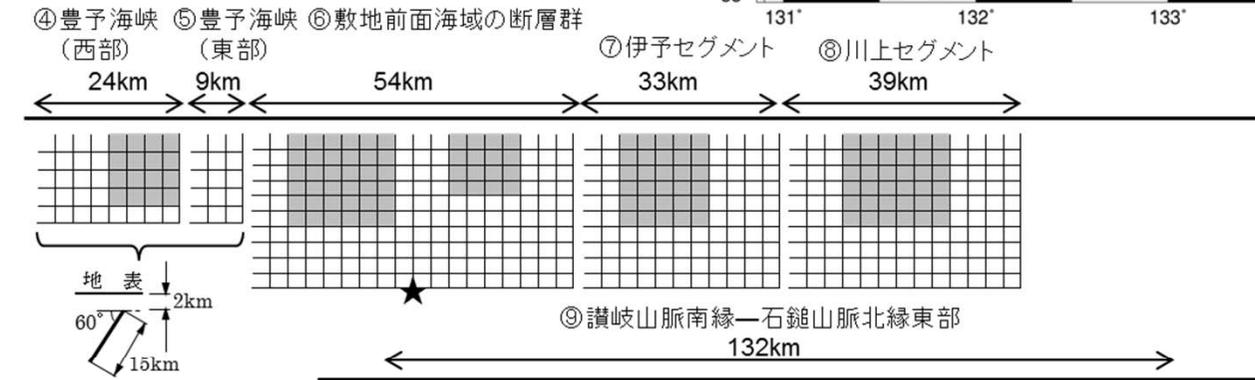
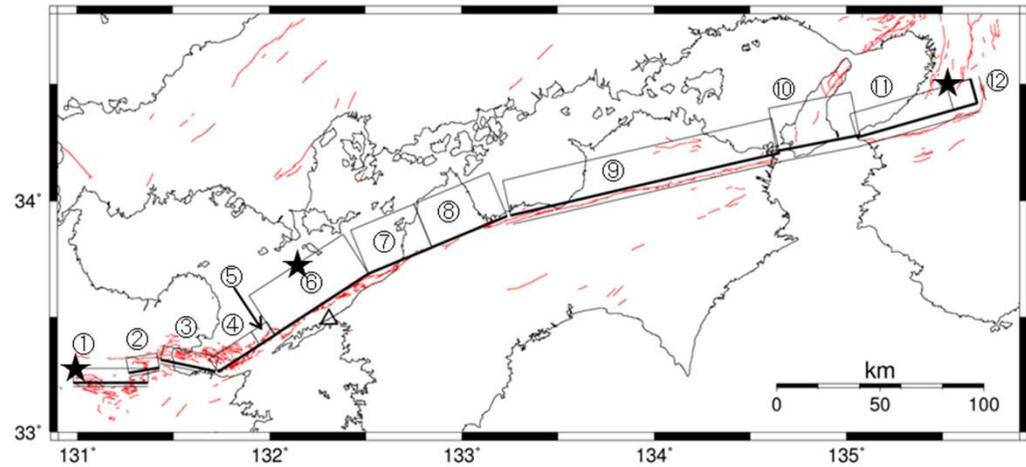
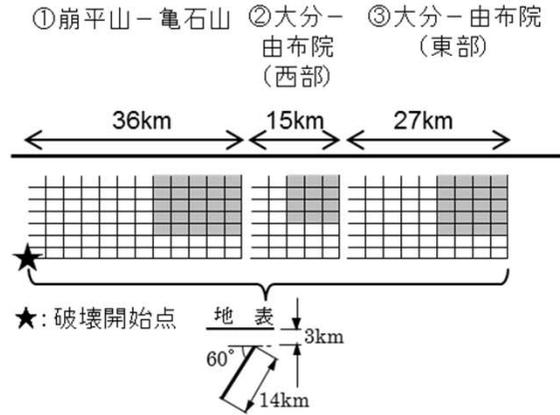
UD方向

20MPaとした評価は、壇・ほか(2011)を1.5倍した結果とほぼ同レベルの結果となり、基準地震動Ss-1に包絡される。

8. 断層モデルを用いた手法による地震動評価(内陸地殻内地震)

【480km 断層モデル (北傾斜)】

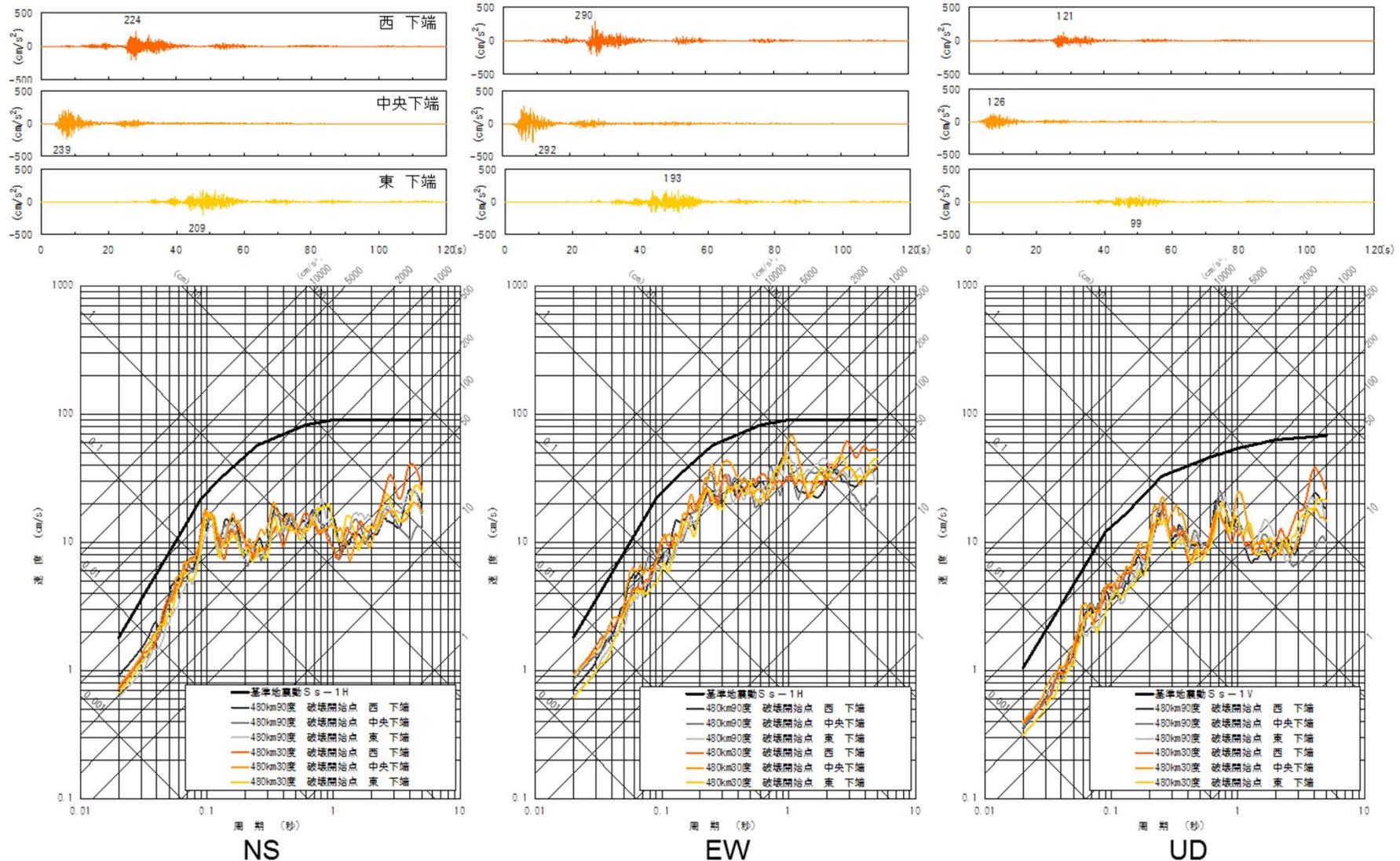
* :アスペリティの配置位置は、保守的にジョグ以外の区間で発電所敷地にとつて大きな地震動となる位置に配置あるいは過去の論文(堤・後藤(2006))に示される地表変位量の大きいところに配置



8. 断層モデルを用いた手法による地震動評価(内陸地殻内地震)

【480km 評価結果 (北傾斜) 経験的グリーン関数法】

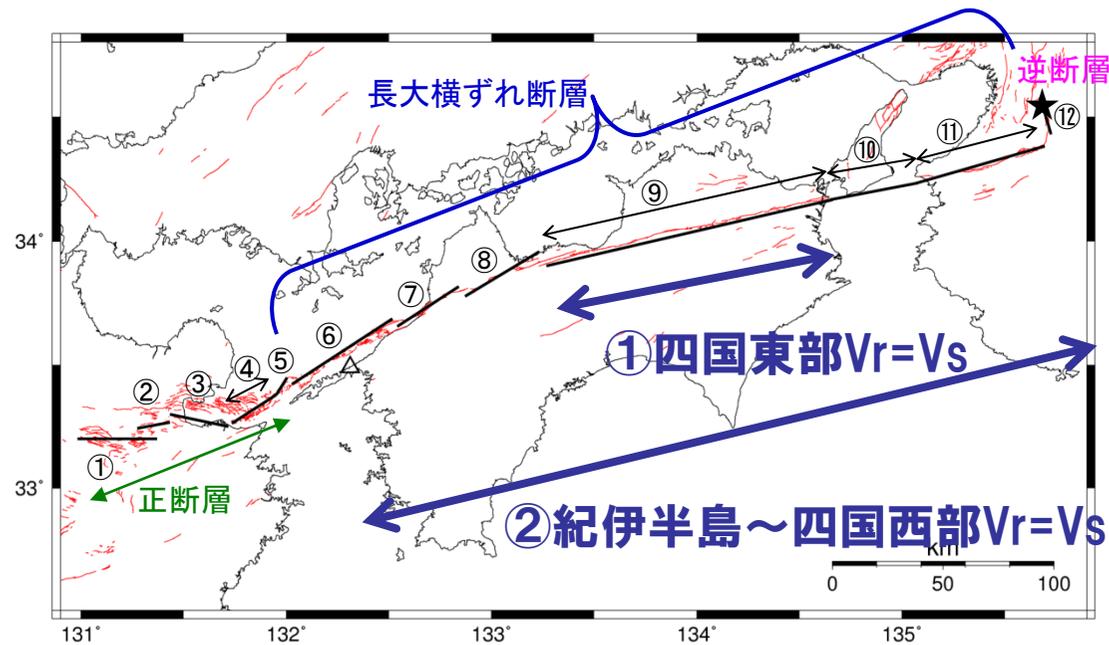
北傾斜ケースは基本ケースとほぼ同じレベルとなった。地震規模は大きくなるが、断層面が遠くなるため相殺され、同レベルとなったと考えられる。



8. 断層モデルを用いた手法による地震動評価(内陸地殻内地震)

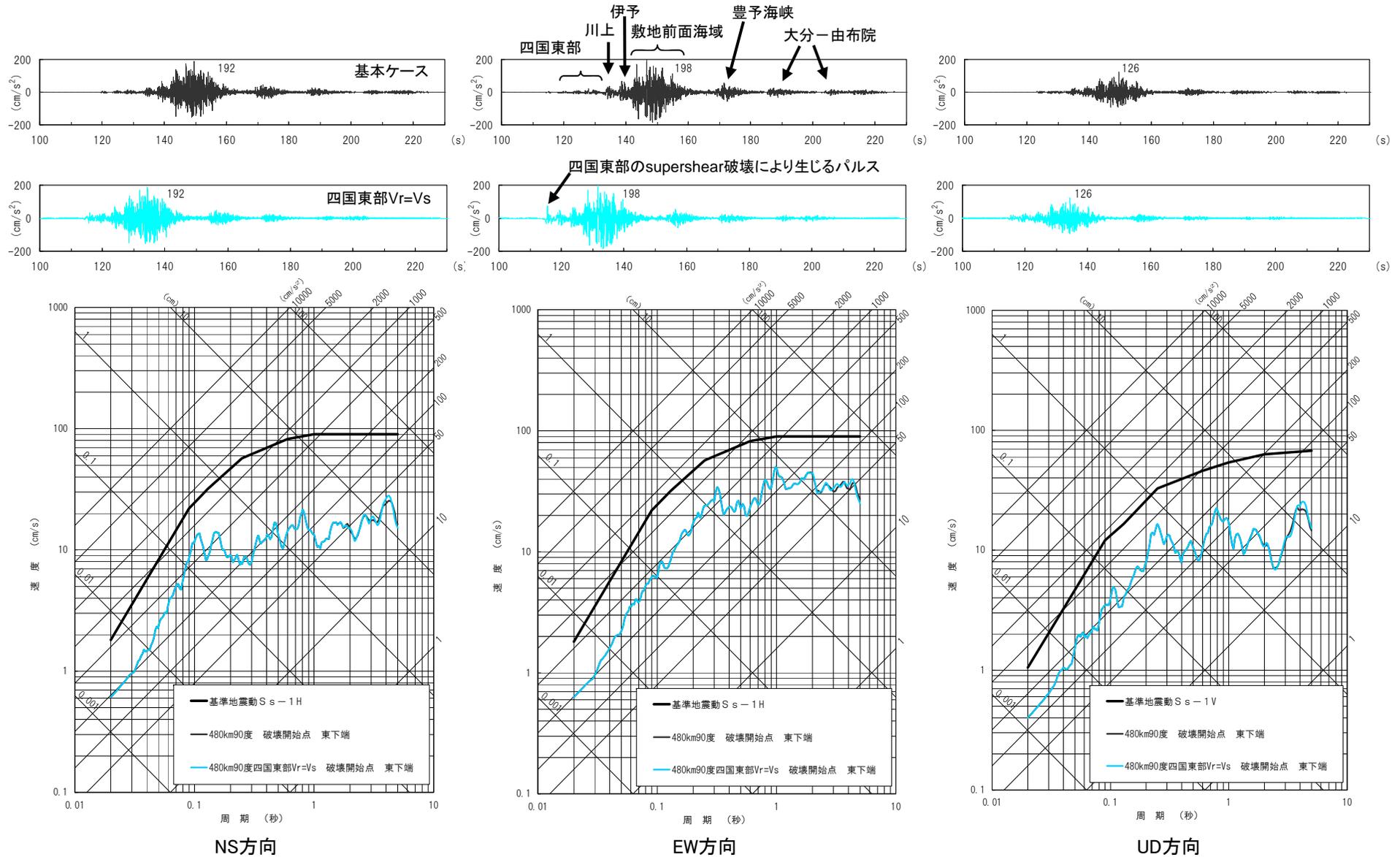
【480km 断層モデル (破壊伝播速度)】

- ①: 速い破壊伝播速度が想定されるのは、断層トレースが直線的ですべり量が多い区間と考え、四国東部の讃岐-石鎚セグメントの破壊伝播速度 V_r を V_s と等しくした。(その他区間は $0.72V_s$)
- ②: 紀伊半島から敷地前面海域セグメントまでを $V_r=V_s$ とした。(正断層、逆断層は $0.72V_s$)



8. 断層モデルを用いた手法による地震動評価(内陸地殻内地震)

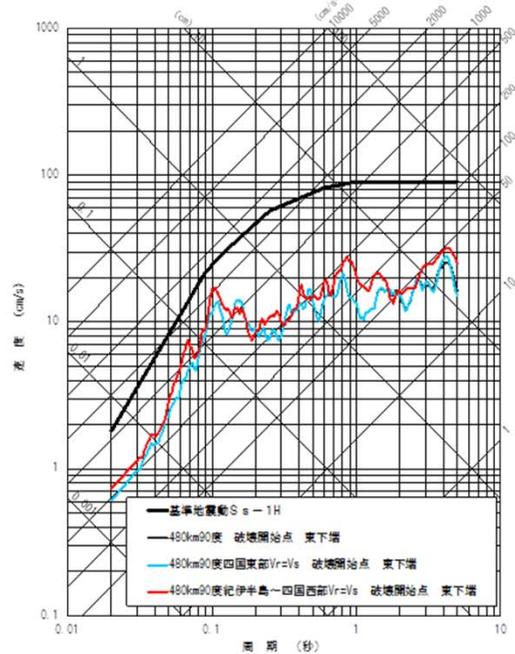
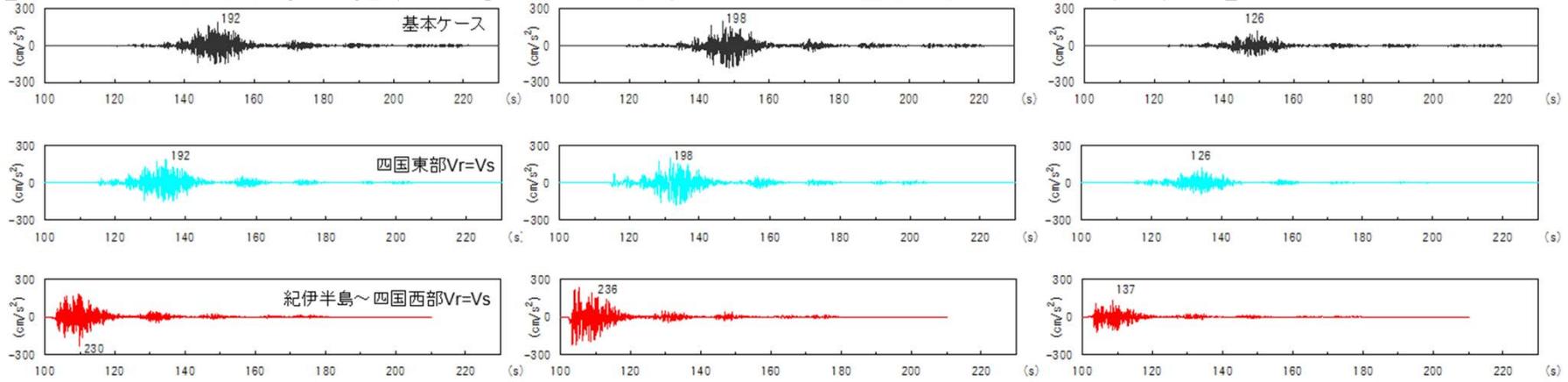
【480km 評価結果 (四国東部 $V_r=V_s$) 経験的グリーン関数法】



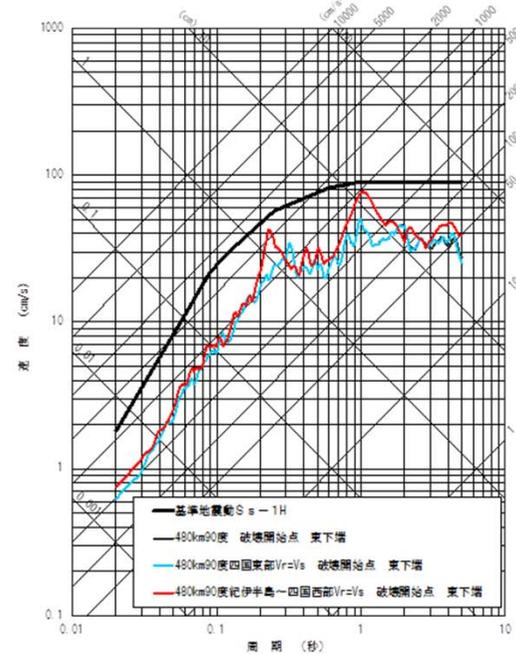
四国東部の讃岐-石鎚セグメントのsupershear破壊により励起される地震動は、前面海域セグメントから励起される地震動とは重ならず、基準地震動 S_s-1 に包絡される。

8. 断層モデルを用いた手法による地震動評価(内陸地殻内地震)

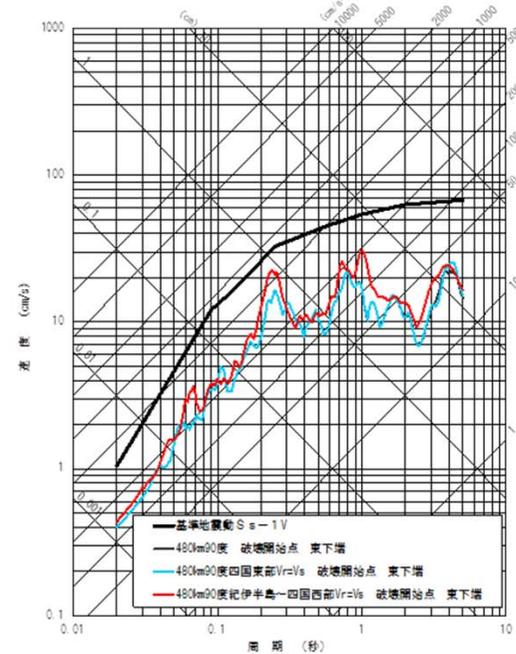
【480km 評価結果 (紀伊半島～四国西部 Vr=Vs) 経験的グリーン関数法】



NS方向



EW方向



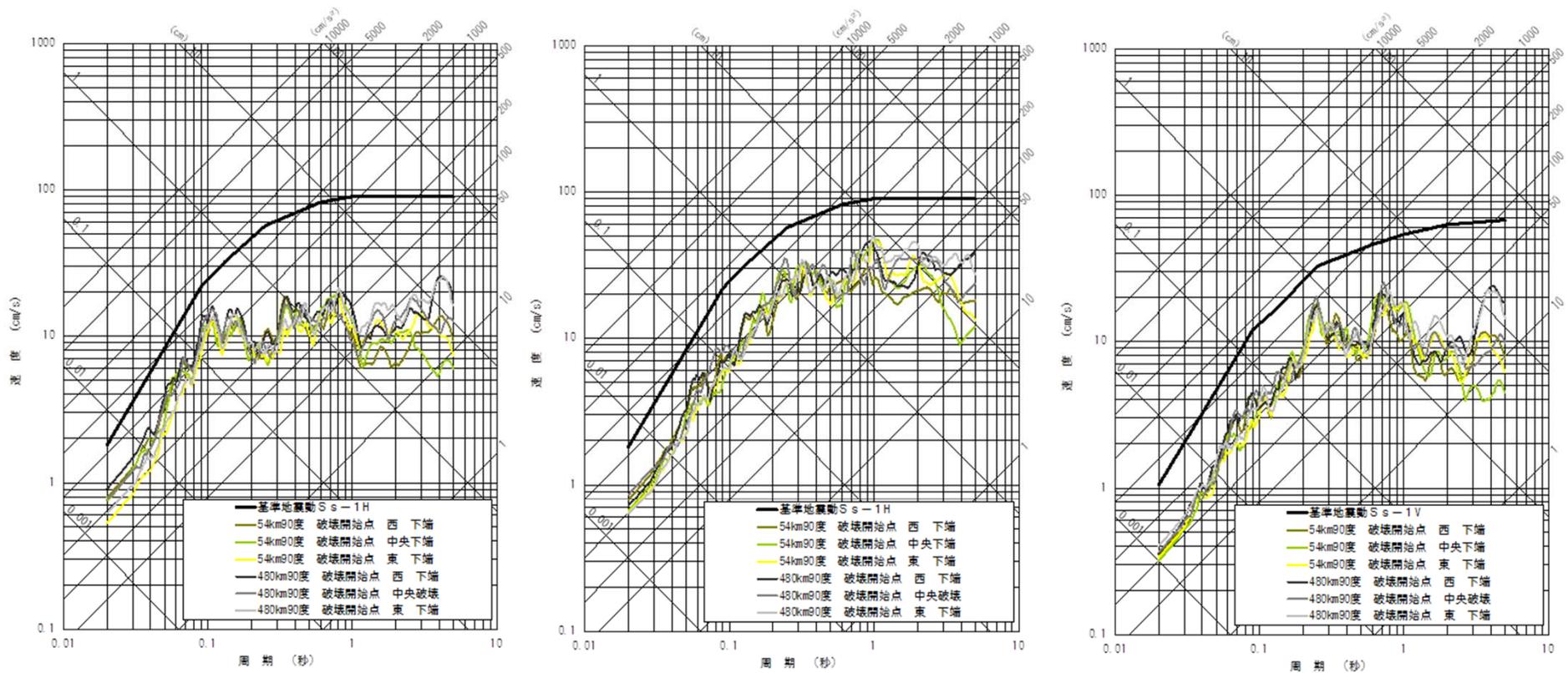
UD方向

長周期側の地震動が大きい結果となったが、基準地震動Ss-1に包絡される。

8. 断層モデルを用いた手法による地震動評価(内陸地殻内地震)

【54kmケースとの比較(基本ケース・経験的手法)】

断層傾斜角が90度のケースについて、54km基本ケースにおける地震動と、480km基本ケースにおける地震動を比較したところ、短周期側の地震動レベルはほぼ同レベルであり、長周期側では480kmの方が大きい結果となった。



NS

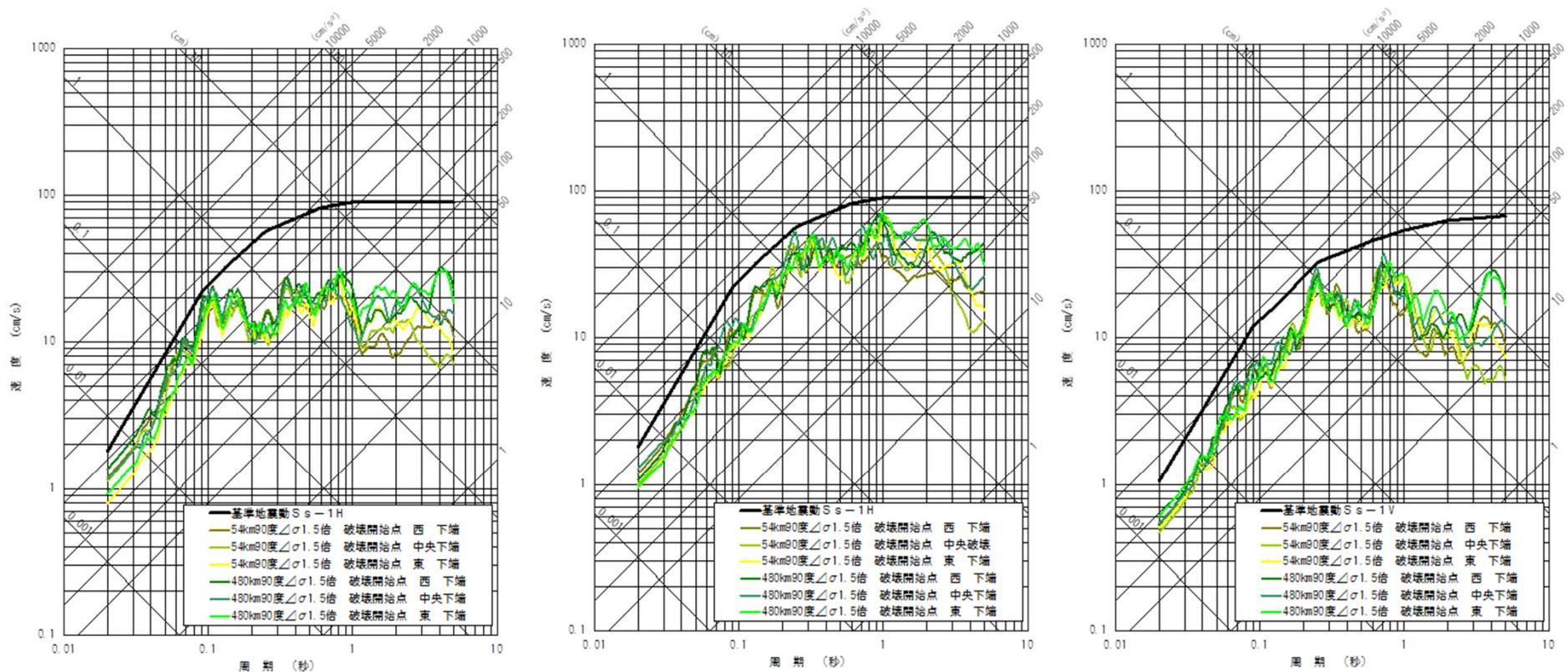
EW

UD

8. 断層モデルを用いた手法による地震動評価(内陸地殻内地震)

【54kmケースとの比較(応力降下量1.5倍・経験的手法)】

応力降下量1.5倍のケースについても、54kmの結果と480kmの結果を比較したところ、短周期側の地震動レベルはほぼ同レベルであり、長周期側では480kmの方が大きい結果となった。



NS

EW

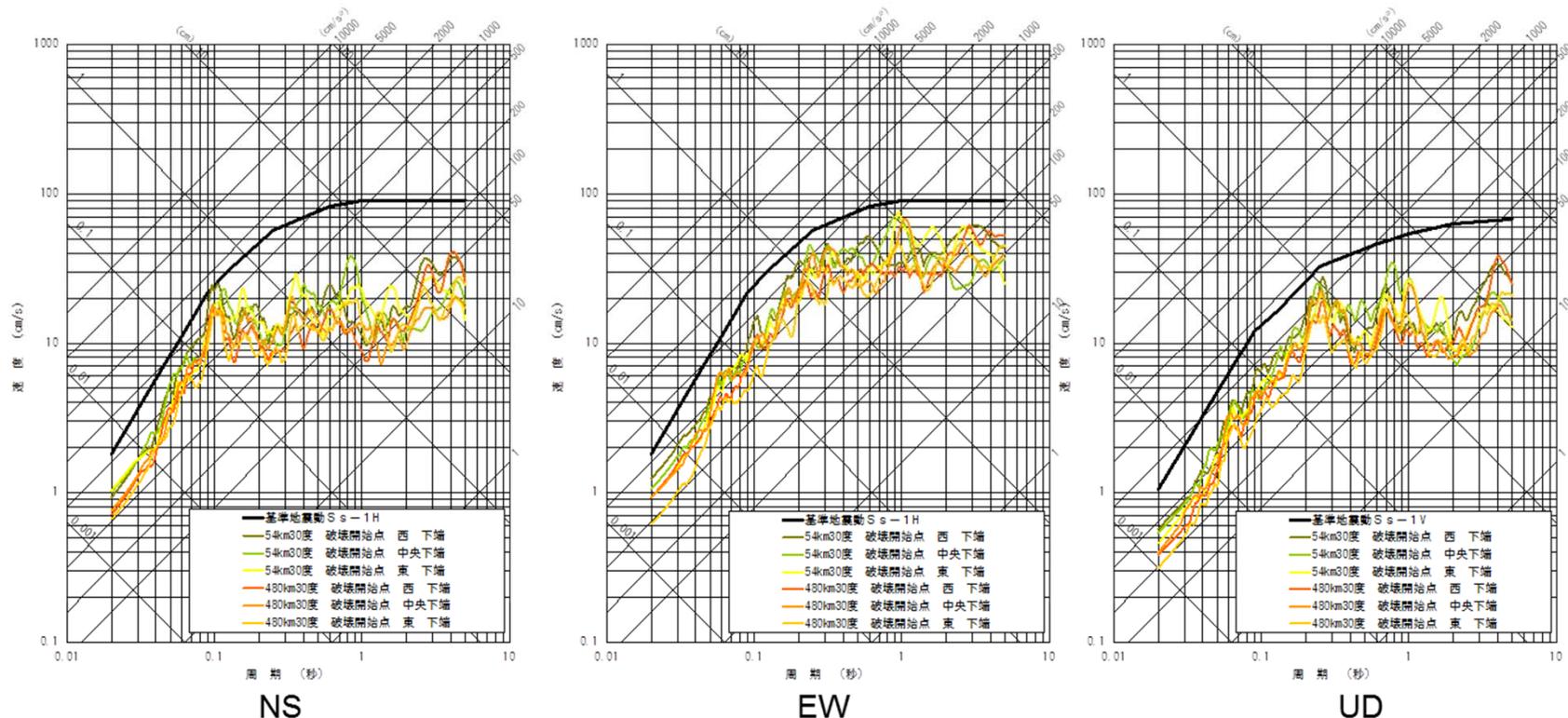
UD

8. 断層モデルを用いた手法による地震動評価(内陸地殻内地震)

【54kmケースとの比較(北傾斜・経験的手法)】

北傾斜ケースについては、短周期側では54kmの結果の方がやや大きく、長周期側ではほぼ同レベルの地震動となっている。

北傾斜ケースの場合、断層幅は基本ケースの2倍になる(13km→26km)。つまり断層面積が2倍となる。Murotani et al.(2010)のスケーリング則では地震モーメントが断層面積に比例するため、北傾斜ケースは基本ケースの2倍の地震モーメントを持つこととなる。一方、入倉・三宅(2001)は地震モーメントが断層面積の2乗に比例することから、北傾斜ケースの地震モーメントは基本ケースの4倍となる。54km北傾斜ケースの場合、敷地の前に大きなエネルギーを置いたケースを想定していることになり、このため保守的な評価になっていると考える。

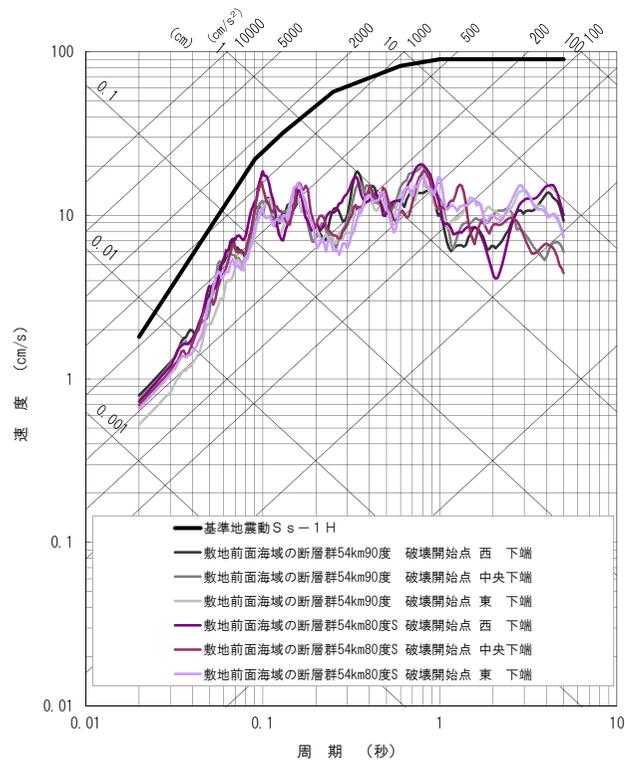


8. 断層モデルを用いた手法による地震動評価(内陸地殻内地震)

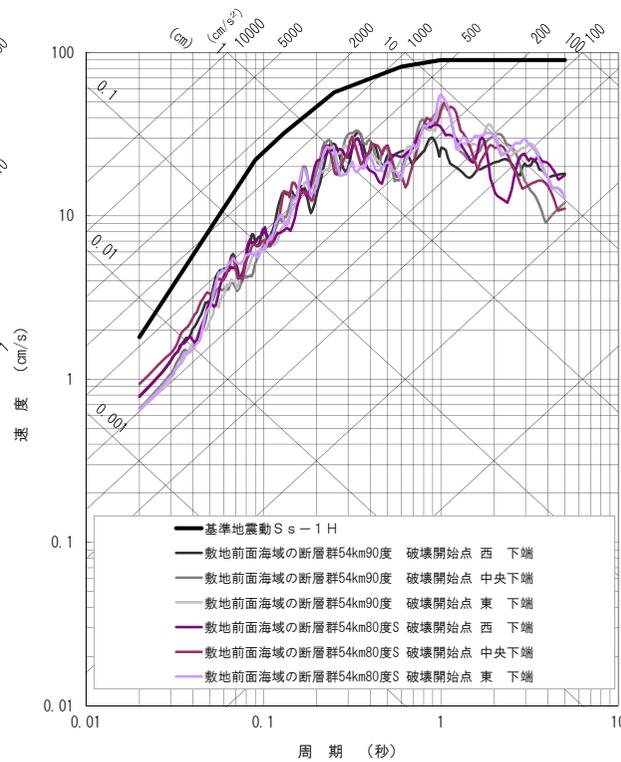
【54kmケースとの比較(南傾斜80度)】

念のため南傾斜80°にて評価した結果、鉛直(90°)と殆ど差異はなかった。

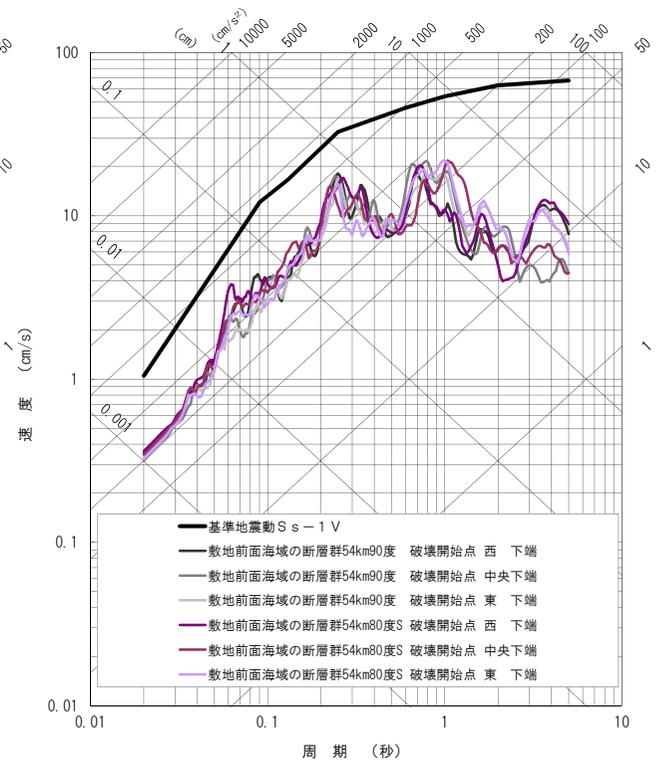
仮に480kmケースを南傾斜80°にて評価した場合でも、他の不確かさケースを見る限り、殆ど差異は無いと思われる。



NS方向



EW方向

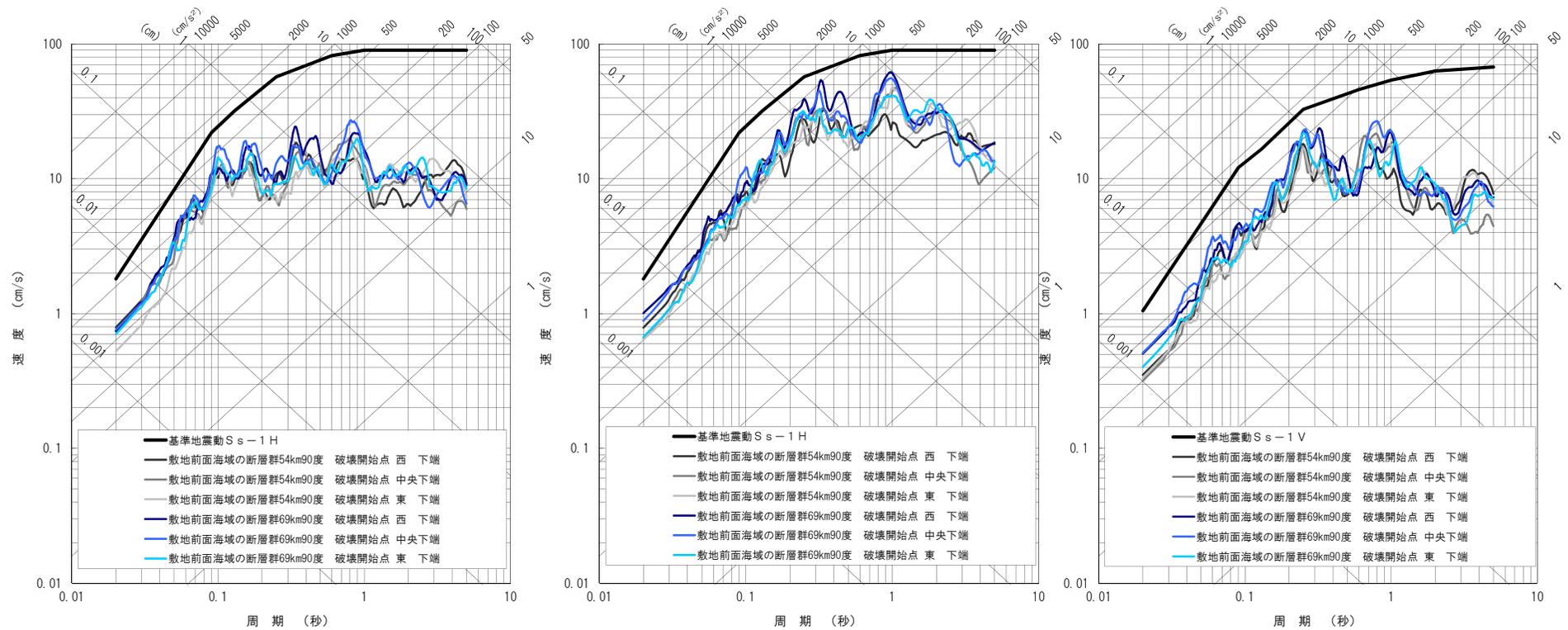


UD方向

8. 断層モデルを用いた手法による地震動評価(内陸地殻内地震)

【54kmケースとの比較(長さ69km)】

69kmに延長した結果、短周期側の地震動レベルはほぼ同レベルであり、長周期側では69kmのほうが大きい結果となった。



NS方向

EW方向

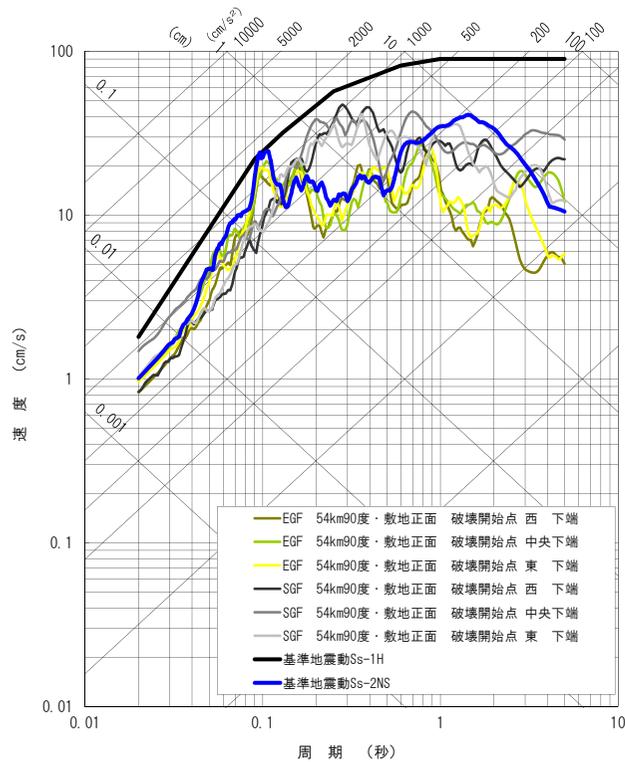
UD方向

8. 断層モデルを用いた手法による地震動評価(内陸地殻内地震)

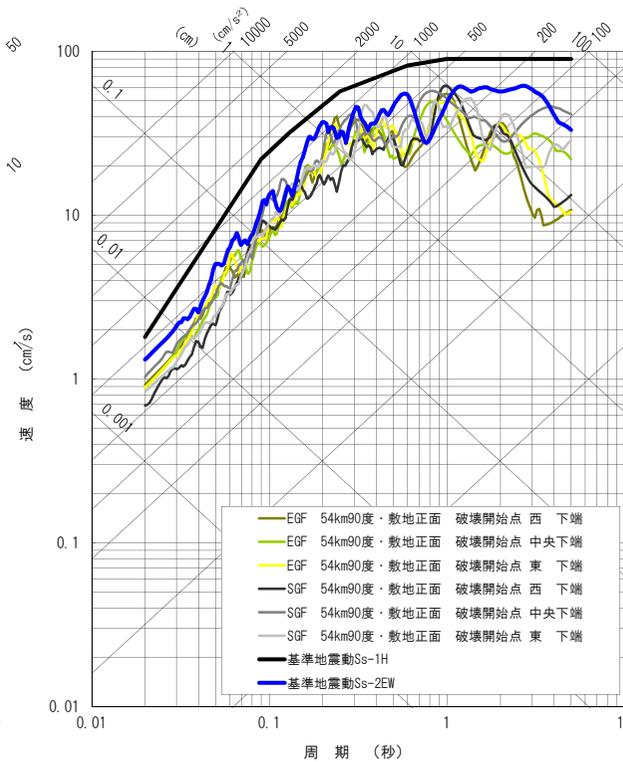
【54kmケース (アスペリティ正面モデル)】

アスペリティを敷地正面に想定した場合においても、基準地震動 S_s-1 を下回る。

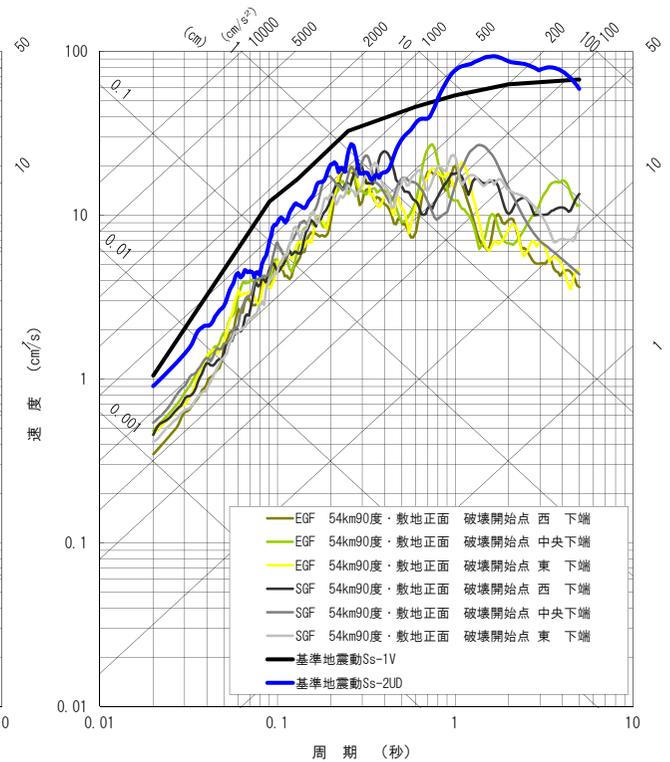
基本ケース(傾斜90度)における54kmと480kmの地震動評価結果から、480kmにおける評価結果は54kmの評価結果と同レベルと判断される。



NS方向



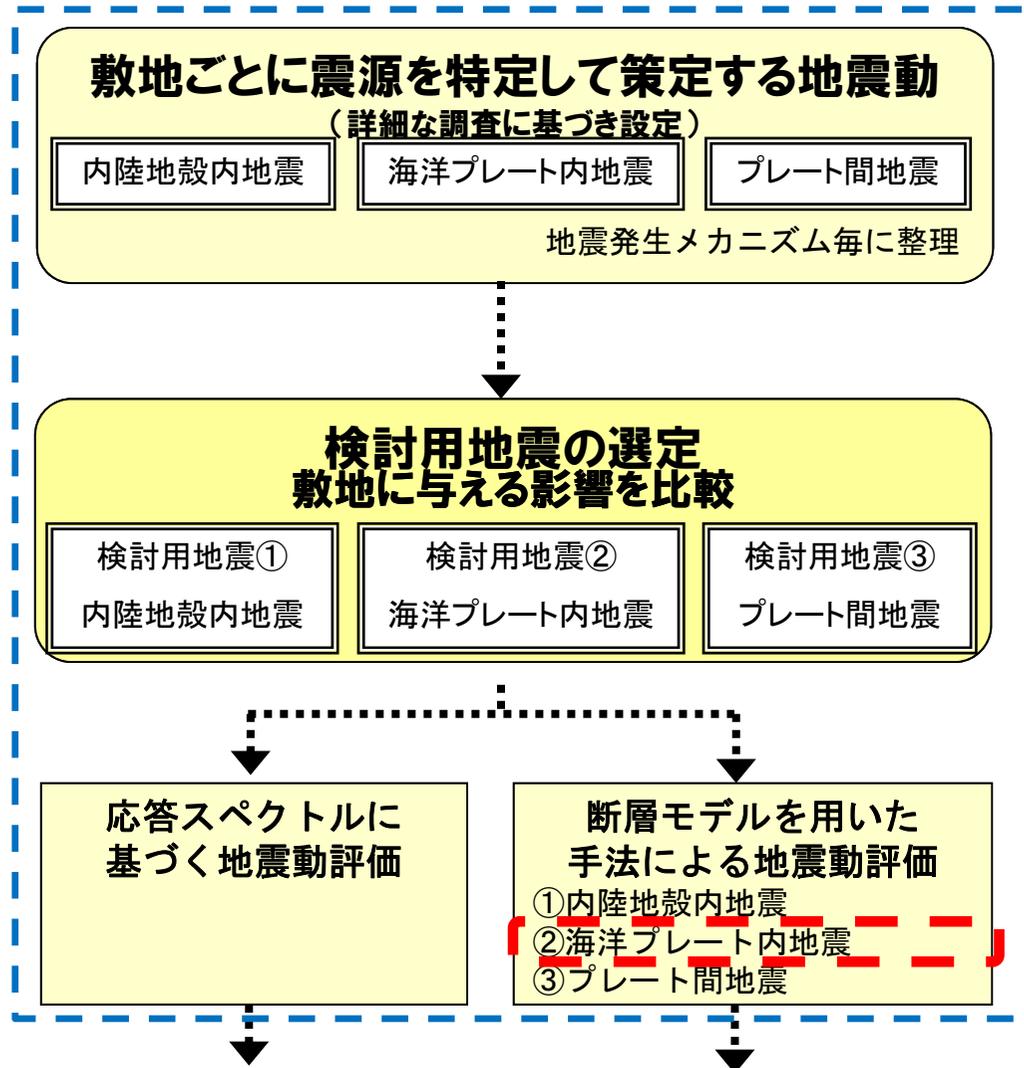
EW方向



UD方向

9. 断層モデルを用いた手法による地震動評価(海洋プレート内地震)

 : 今回ご説明する内容

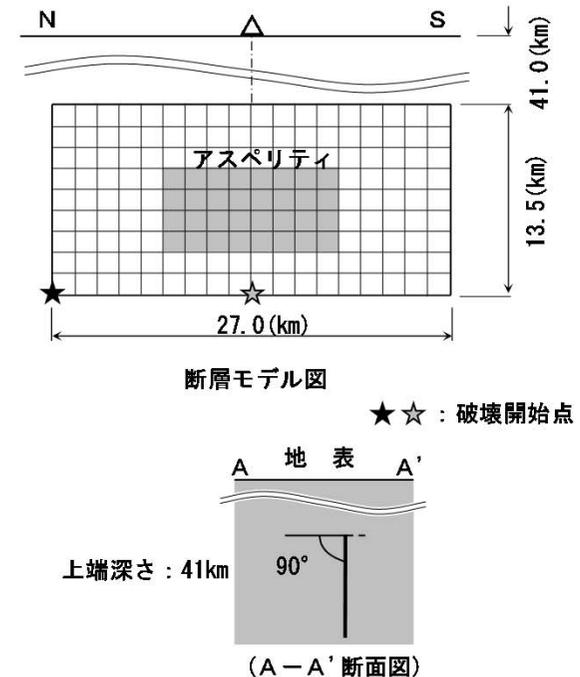
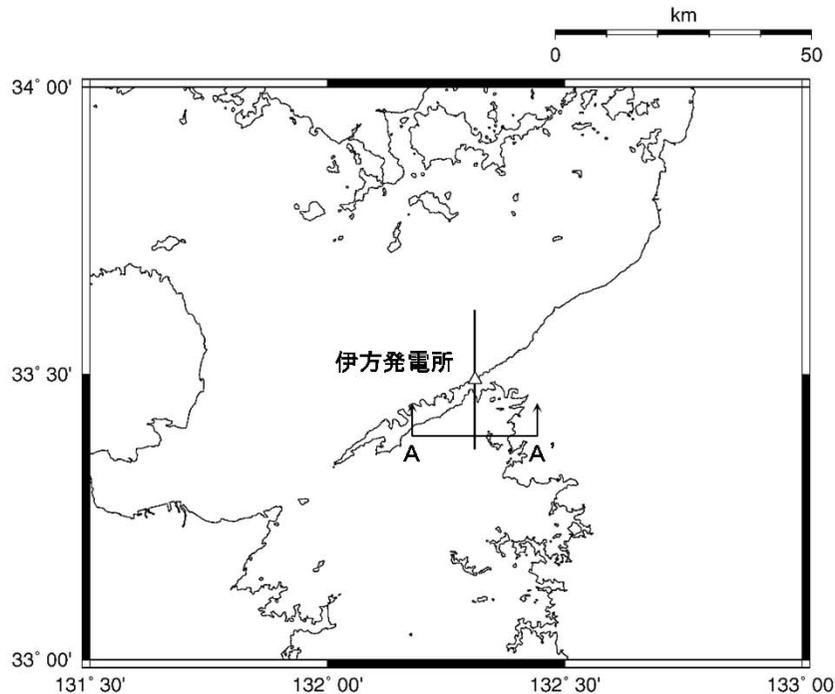


海洋プレート内地震
(1649年安芸・伊予の地震)の断層モデルを構築し、不確かさも考慮して地震動評価を実施

9. 断層モデルを用いた手法による地震動評価(海洋プレート内地震)

【地震動評価の基本震源モデル】

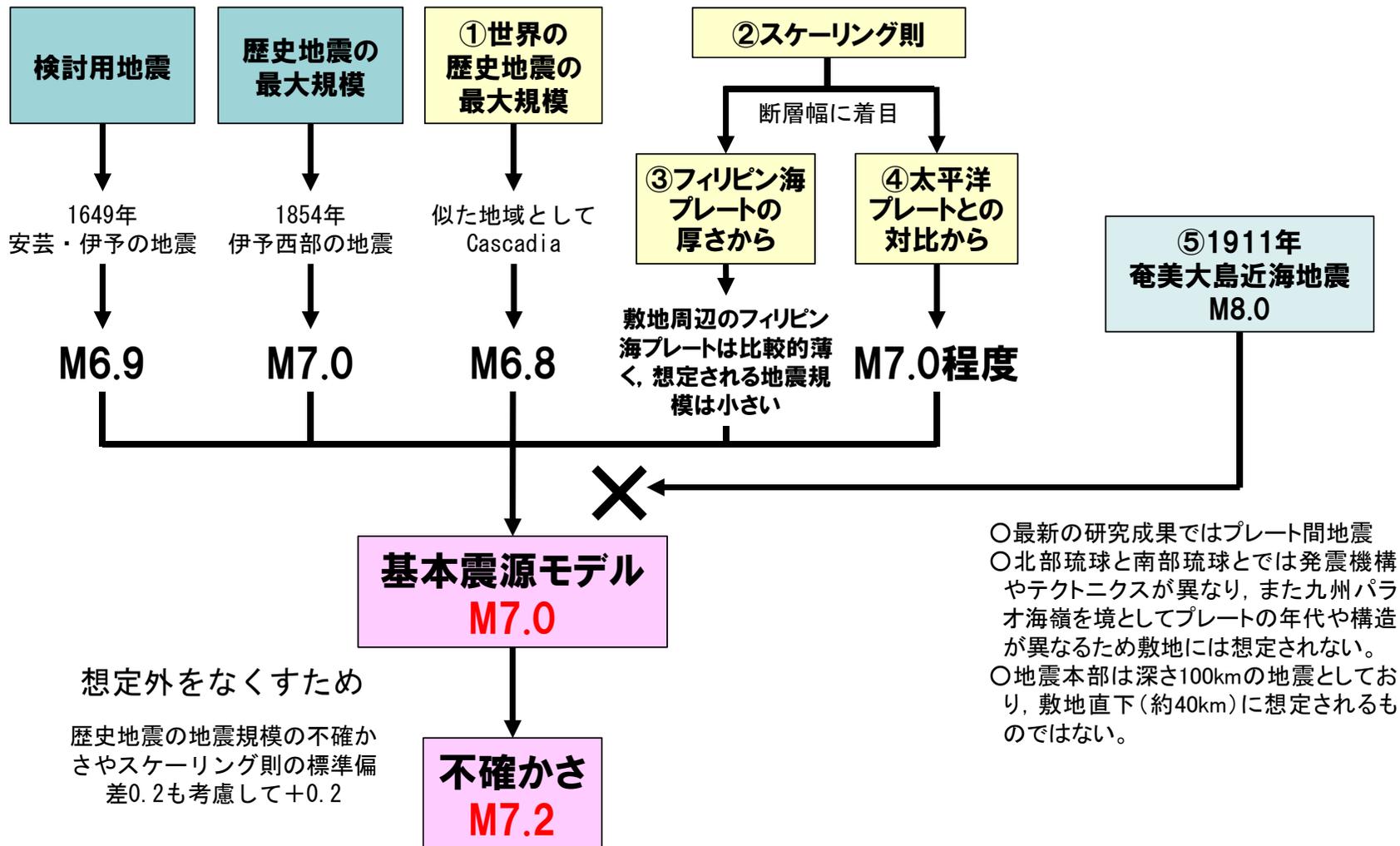
地震動評価においては、海洋プレート内地震が発生する位置を事前に特定することは困難との観点から、検討用地震として選定した1649年の地震(M6.9)を敷地直下に想定することとし、さらに規模についても、伊方発電所近傍(伊予灘:P9の領域3に該当)の歴史地震の中で最大の規模であるM7.0を想定し、これを基本震源モデルとした。



9. 断層モデルを用いた手法による地震動評価(海洋プレート内地震)

【敷地周辺に想定される地震の最大規模の考え方】

敷地周辺や世界の歴史地震, スケーリング則, プレート厚さ等に基づいて基本震源モデルの規模を設定し, さらに不確かさも考慮して最大規模を設定する。



9. 断層モデルを用いた手法による地震動評価(海洋プレート内地震)

【不確かさ考慮の考え方(海洋プレート内地震)】

* 審査ガイドにて、「不確かさの考慮については、敷地における地震動評価に大きな影響を与えると考えられる支配的なパラメータについて分析した上で、必要に応じて不確かさを組み合わせるなどの適切な手法を用いて評価すること」とされており、上記方針に基づき不確かさを考慮するパラメータを選定する。

○不確かさを考慮するパラメータを以下のとおりとする。この不確かさを考慮した地震動は、対象地震の基本モデルよりも大きな値となり、施設に作用する応力自体も大きくなることから、地震動自体が安全性を考慮した保守的なものになっている。

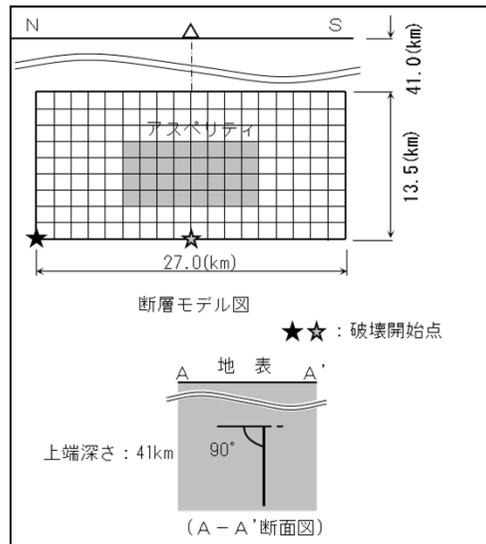
①アスペリティ位置

アスペリティ位置を海洋マントル上端から、海洋性地殻の上端に配置(4~5km程度上昇)した検討を行う。

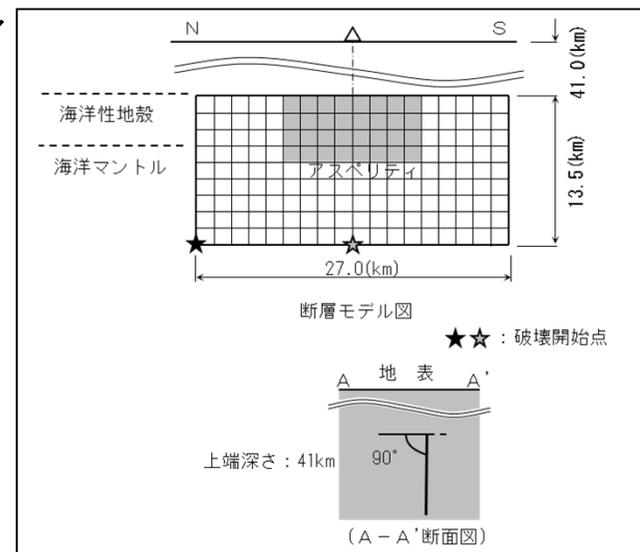
②地震規模

過去の敷地近傍の歴史地震の最大規模であるM7.0に対し、歴史地震の不確かさやスケーリング則の標準偏差0.2も考慮してM7.2とした検討を行う

◎ (基本モデル)



(アスペリティ 上端モデル)



9. 断層モデルを用いた手法による地震動評価(海洋プレート内地震)

【不確かさの考慮の考え方(海洋プレート内地震)】

No.	検討ケース	震源モデルの設定条件					備考	頁
		地震規模	断層面の位置	破壊開始点	アスペリティの位置	傾斜角		
-	検討用地震 1649年安芸・伊予の地震	M6.9	1649年の地震の震央位置	- ※	- ※	- ※		-
0	基本震源モデル 想定スラブ内地震	M7.0 既往最大	敷地真下	破壊開始点 2箇所	海洋マントル上端に 配置	90°		57
1	芸予地震の知見を反映 芸予地震モデル	M7.0 既往最大	敷地真下	破壊開始点 3箇所	2001年芸予地震の知見 2001芸予 2001芸予 55° W		2001年芸予地震の知見 反映(アスペリティの位置及 び断層傾斜角55° W)	58
2	アスペリティ深さの不確かさ アスペリティ上端モデル	M7.0 既往最大	敷地真下	破壊開始点 2箇所	アスペリティを断層 上端(海洋性地殻上 端)に配置	90°		59
3	地震規模の不確かさ M7.2モデル	M7.2	敷地真下	破壊開始点 2箇所	海洋マントル上端に 配置	90°		60

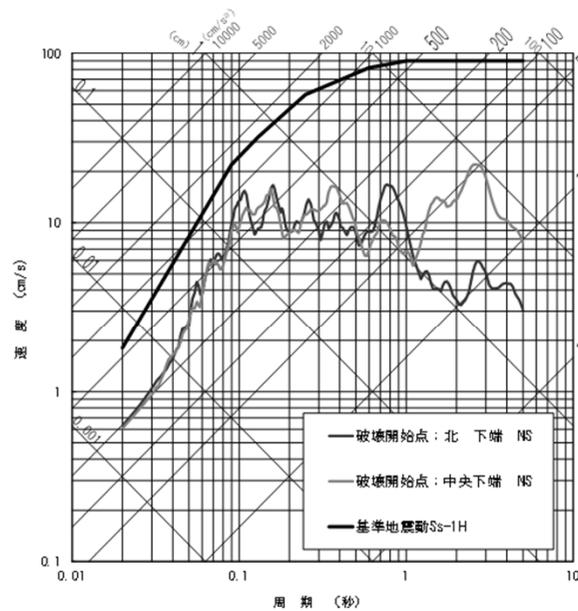
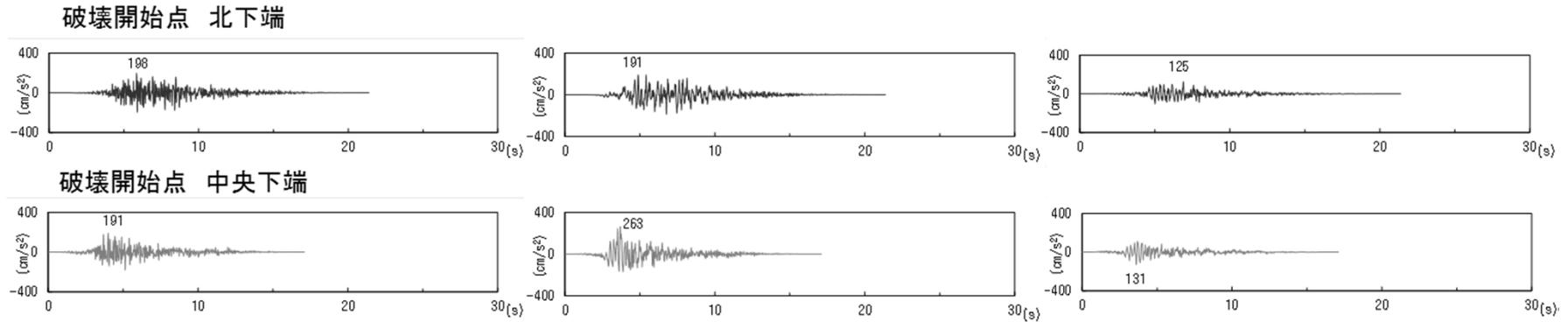
※: 検討用地震の選定では断層最短距離を用いた距離減衰式で影響評価を行ったため想定していない

: 予め基本震源モデルに織り込む不確かさ

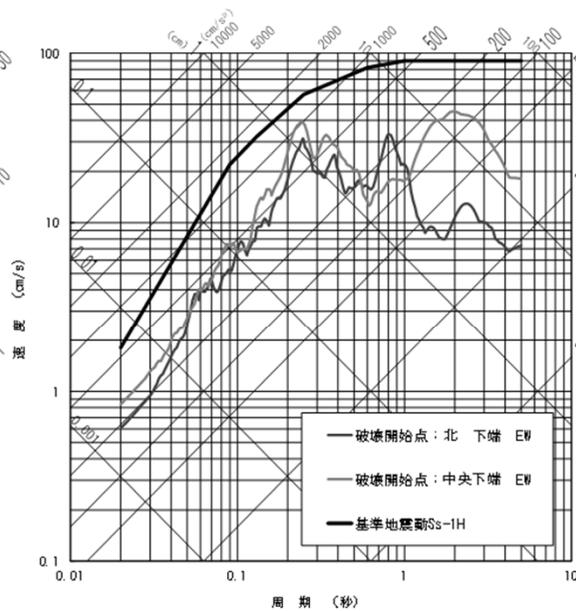
: 不確かさを考慮するパラメータ

9. 断層モデルを用いた手法による地震動評価(海洋プレート内地震)

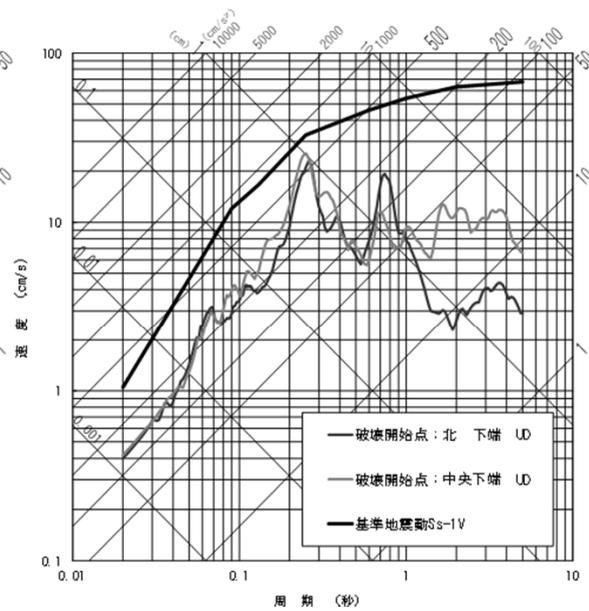
【基本ケース 評価結果】



NS方向



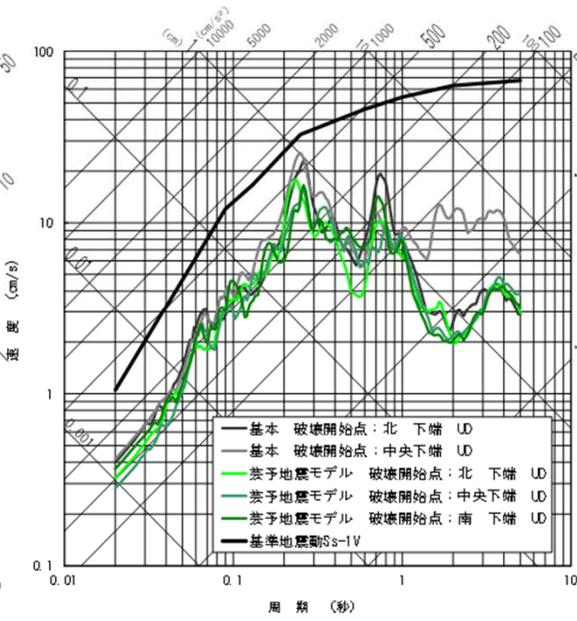
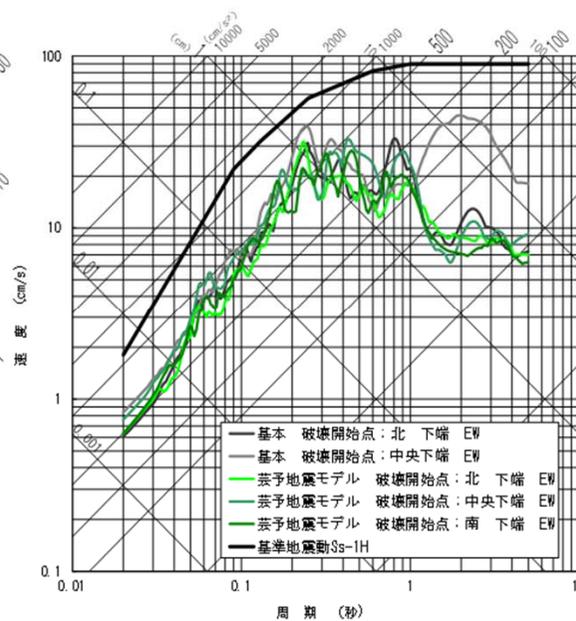
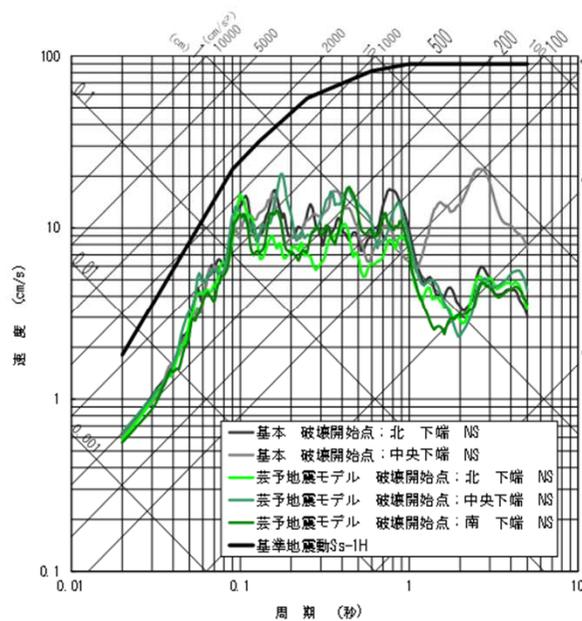
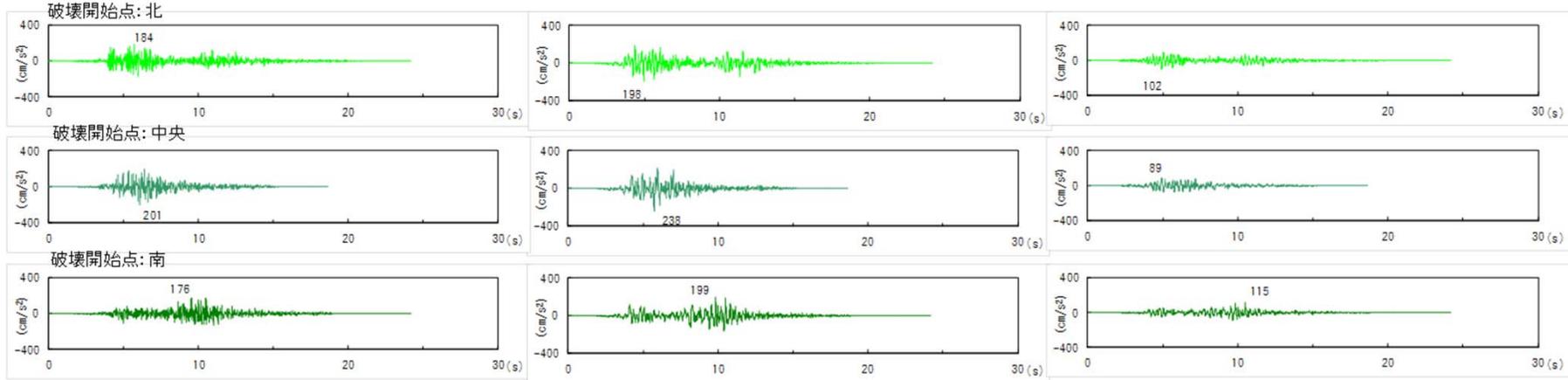
EW方向



UD方向

9. 断層モデルを用いた手法による地震動評価(海洋プレート内地震)

【芸予地震モデル 評価結果】



NS方向

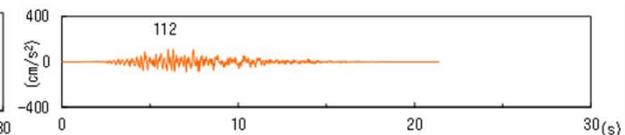
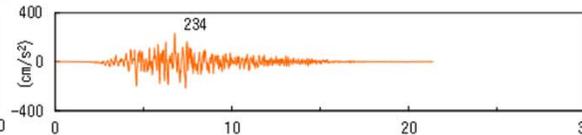
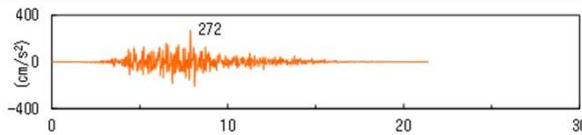
EW方向

UD方向

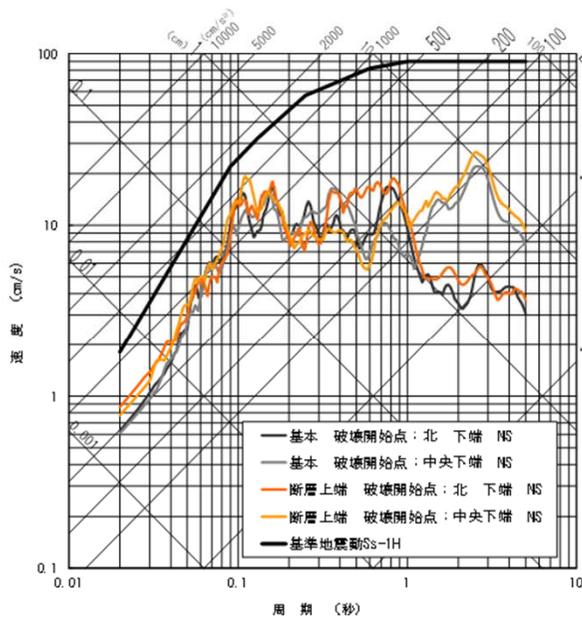
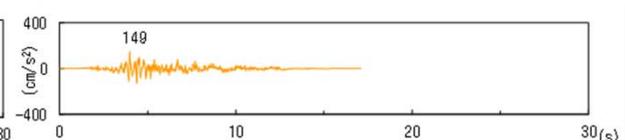
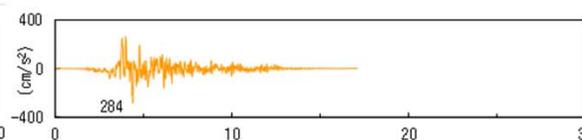
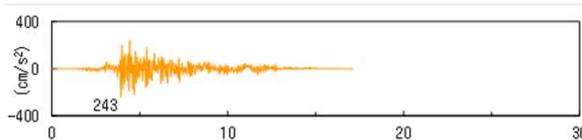
9. 断層モデルを用いた手法による地震動評価(海洋プレート内地震)

【アスペリティ上端モデル 評価結果】

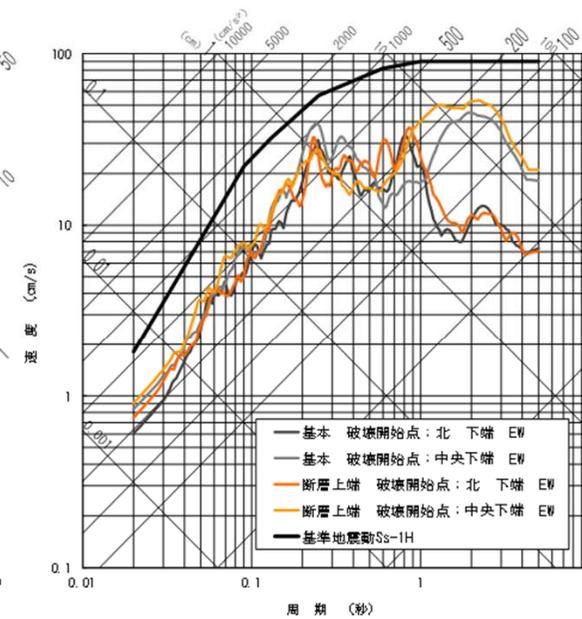
破壊開始点 北下端



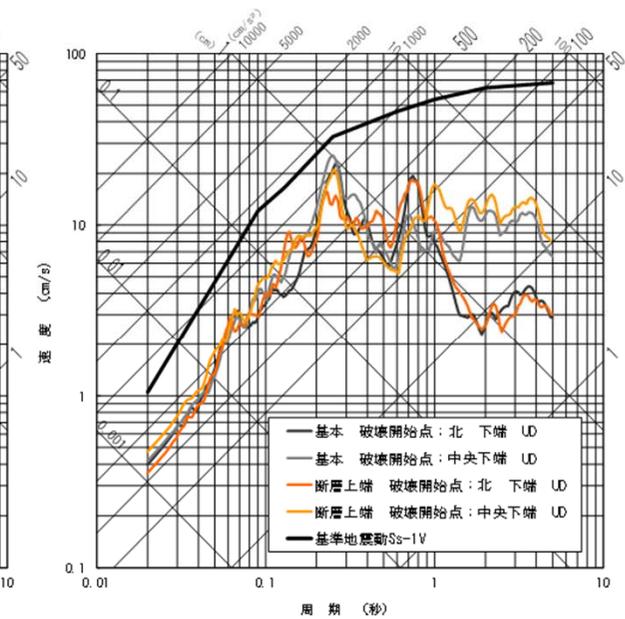
破壊開始点 中央下端



NS方向



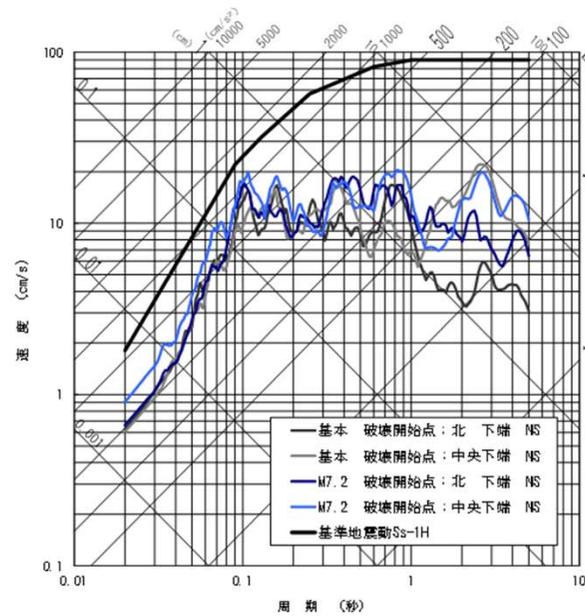
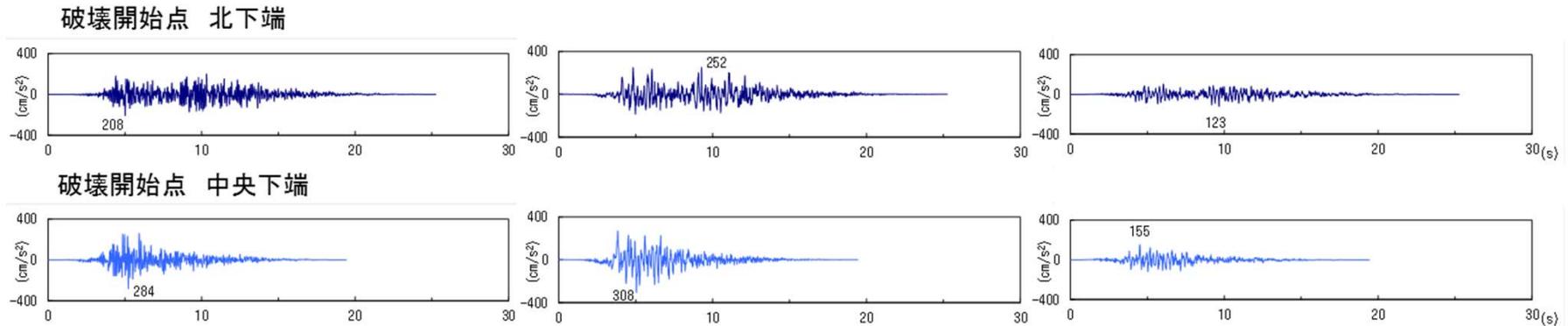
EW方向



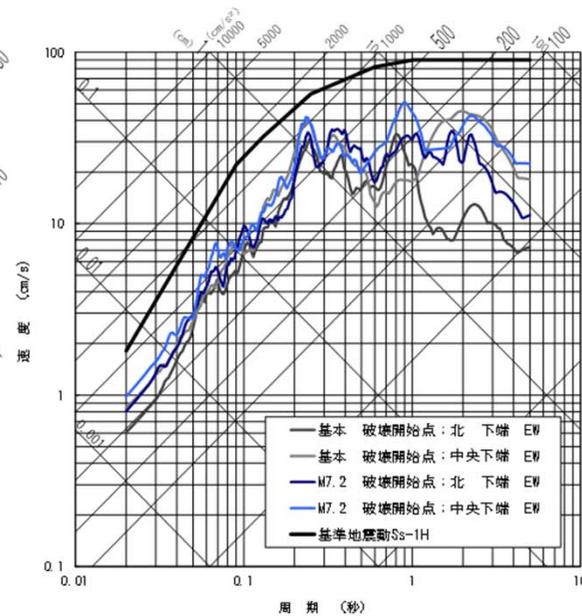
UD方向

9. 断層モデルを用いた手法による地震動評価(海洋プレート内地震)

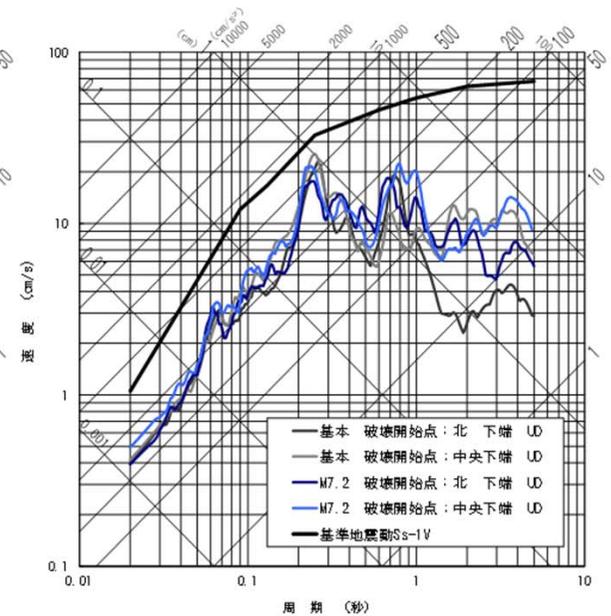
【M7.2モデル 評価結果】



NS方向



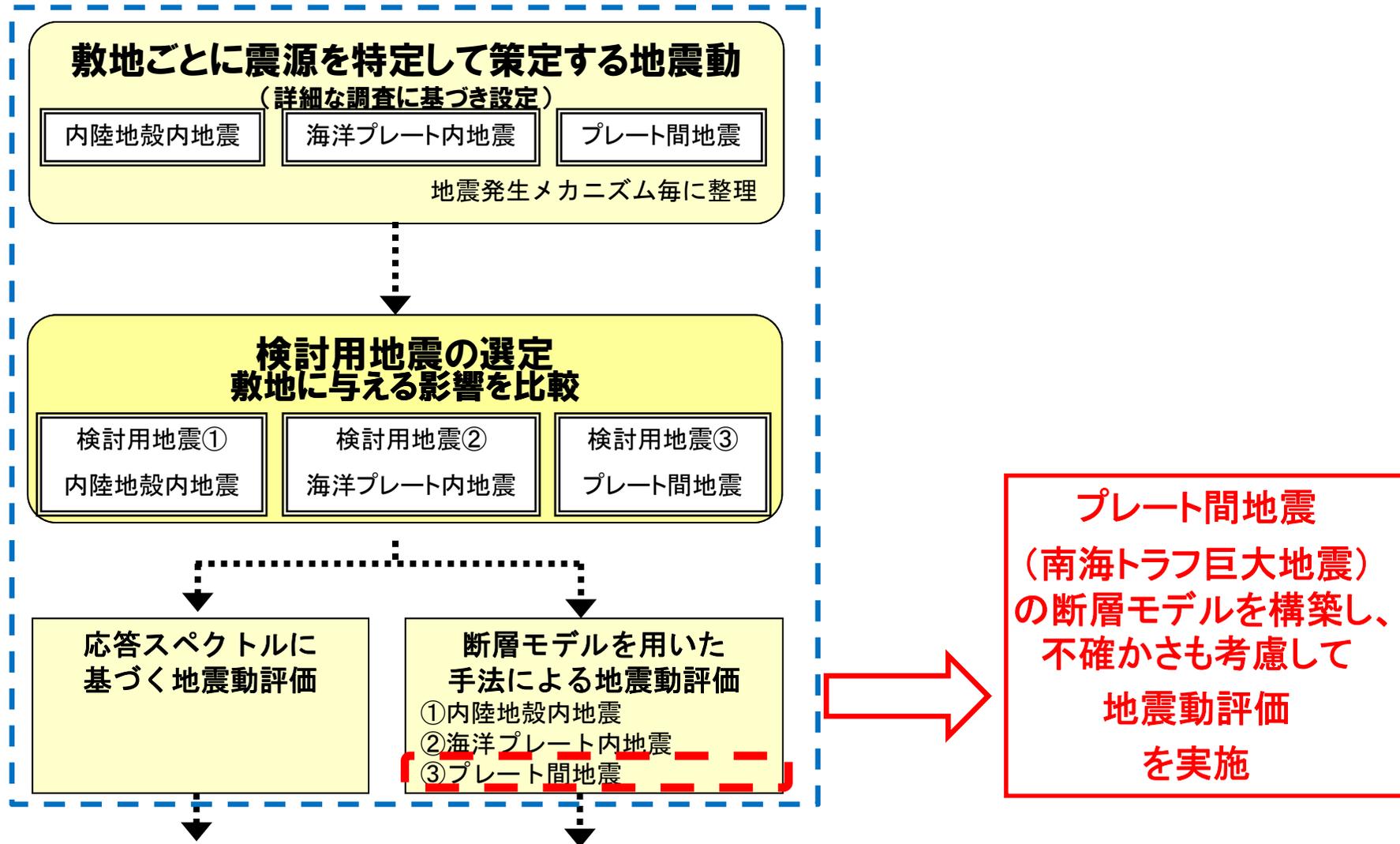
EW方向



UD方向

10. 断層モデルを用いた手法による地震動評価(プレート間地震)

今回ご説明する内容



10. 断層モデルを用いた手法による地震動評価(プレート間地震)

【不確かさの考慮の考え方(プレート間地震)】

* 審査ガイドにて、「不確かさの考慮については、敷地における地震動評価に大きな影響を与えると考えられる支配的なパラメータについて分析した上で、必要に応じて不確かさを組み合わせるなどの適切な手法を用いて評価すること」とされており、上記方針に基づき不確かさを考慮するパラメータを選定する。

○不確かさを考慮するパラメータを以下のとおりとする。この不確かさを考慮した地震動は、対象地震の基本モデルよりも大きな値となり、施設に作用する応力自体も大きくなることから、地震動自体が安全性を考慮した保守的なものになっている。

①強震動生成域(SMGA)の位置

内閣府検討会(2012)の南海トラフ巨大地震は計4つのケースが設定されているが、そのうち敷地に最も影響の大きい陸側ケースを基本ケースとし、不確かさの考慮として、SMGAを発電所直下に追加配置した場合の検討を行う。

10. 断層モデルを用いた手法による地震動評価(プレート間地震)

【不確かさの考慮の考え方(プレート間地震)】

No.	検討ケース	震源モデルの設定条件				備考	頁
		地震規模	断層面の位置	破壊開始点	アスペリティの位置		
—	検討用地震 南海トラフの巨大地震 (内閣府検討会による断層モデル)	M9.0	内閣府検討会による断層モデル	— ※	— ※		—
0	基本震源モデル 南海トラフの巨大地震 (内閣府検討会による断層モデル)	M9.0	内閣府検討会による断層モデル	内閣府検討会による 破壊開始点 :1箇所	陸側ケース		66
1	SMGA位置の不確かさ 直下SMGA追加ケース	M9.0	内閣府検討会による断層モデル	内閣府検討会による 破壊開始点 :1箇所	陸側ケース + 敷地直下に配置		68

: 予め基本震源モデルに織り込む不確かさ

: 不確かさを考慮するパラメータ

※: 検討用地震の選定では断層最短距離を用いた距離減衰式で影響評価を行ったため想定していない

10. 断層モデルを用いた手法による地震動評価(プレート間地震)

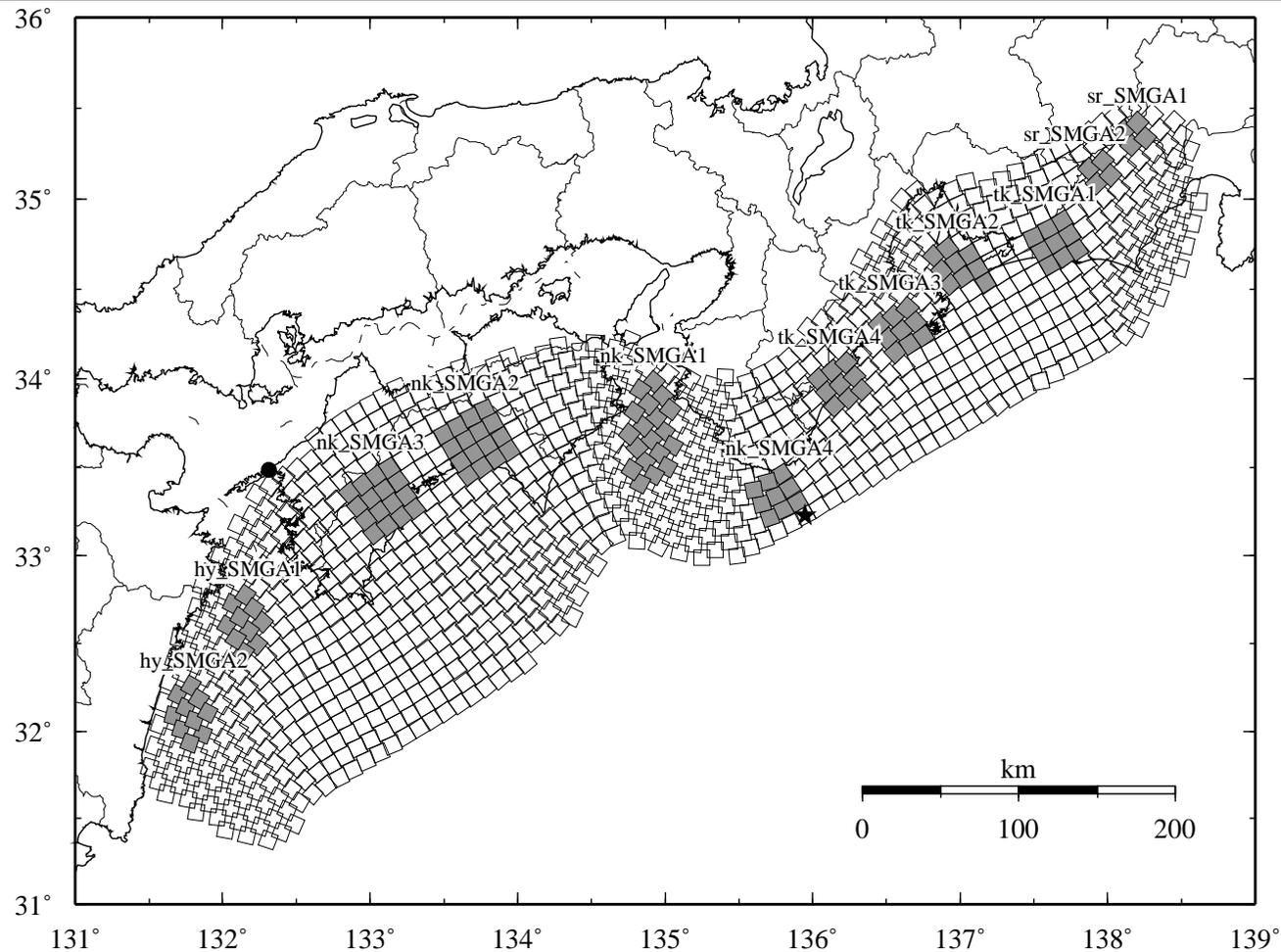
【南海トラフ巨大地震に対する内閣府検討会の地震動モデルの設定ケース】

- 震源断層の基本モデルは、強震動生成域(SMGA)の位置が過去の地震時のSMGA域と概ね同じ場所に位置する可能性があることから設定されている。
- SMGAの位置については、少し位置が変わる可能性や、やや深い場所にある可能性もあることから、基本ケースに加えて次の3つのケースが設定されている。
 - ①基本ケース
 - ②東側ケース:基本ケースの強震動生成域を、やや東側(トラフ軸から見て、トラフ軸に概ね平行に右側)の場所に設定したもの
 - ③西側ケース:基本ケースの強震動生成域を、やや西側(トラフ軸から見て、トラフ軸に概ね平行に左側)の場所に設定したもの
 - ④陸側ケース:基本ケースの強震動生成域を、可能性がある範囲で最も陸域側(プレート境界面の深い側)の場所に設定したもの
- 上記ケースにおけるSMGAの具体的な設定に当たっては、深部低周波地震の発生領域及び長期的ゆっくりすべりの領域は、プレートがある程度固着しているものの、特に強い地震波を発生させるような断層すべりが起きる可能性は低いと考えられることから、これらの領域を避けるよう配慮されている。

10. 断層モデルを用いた手法による地震動評価(プレート間地震)

【評価方針】

4つのケースのうち伊方発電所への影響が大きいと考えられる「陸側ケース」を基本ケースとした。

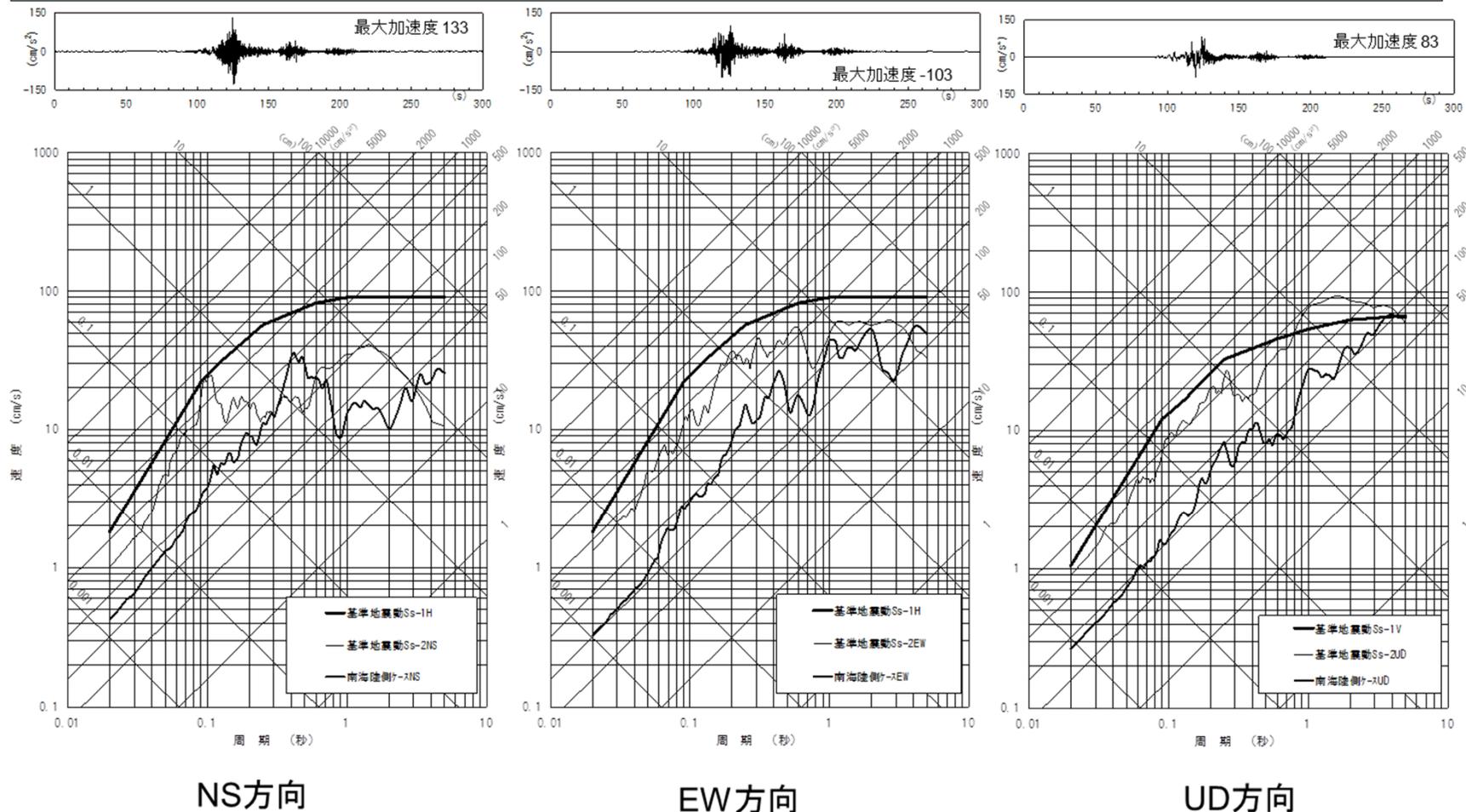


伊方発電所での地震動評価モデル (陸側ケース)

10. 断層モデルを用いた手法による地震動評価(プレート間地震)

【評価結果 (基本ケース)】

短周期側:統計的グリーン関数法と長周期側:理論計算を接続周期2.5秒でハイブリッド合成した。最大加速度は、基準地震動Ss-1(570ガル)に対して3方向とも下回っている。応答スペクトルは、基準地震動Ss-1に対してUD方向の長周期帯の一部で若干上回る結果となった。



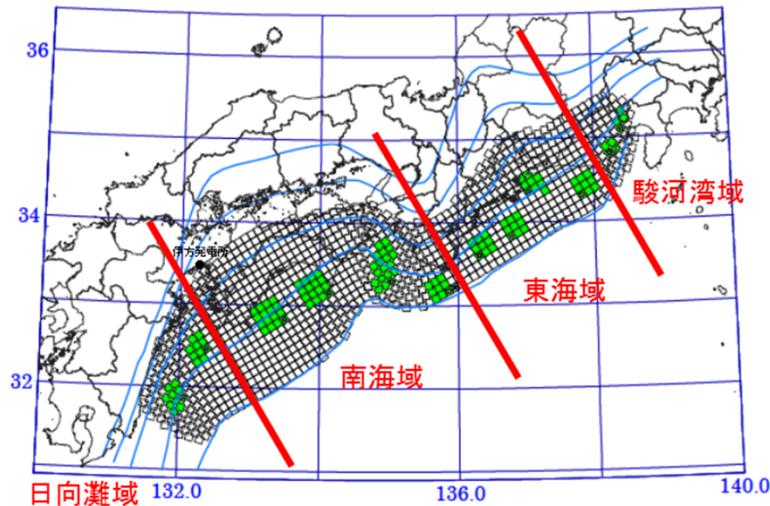
10. 断層モデルを用いた手法による地震動評価(プレート間地震)

【不確かさ考慮ケース(陸側+SMGA追加ケース)】

平成24年4月18日の技術専門部会
において委員コメントを受け実施

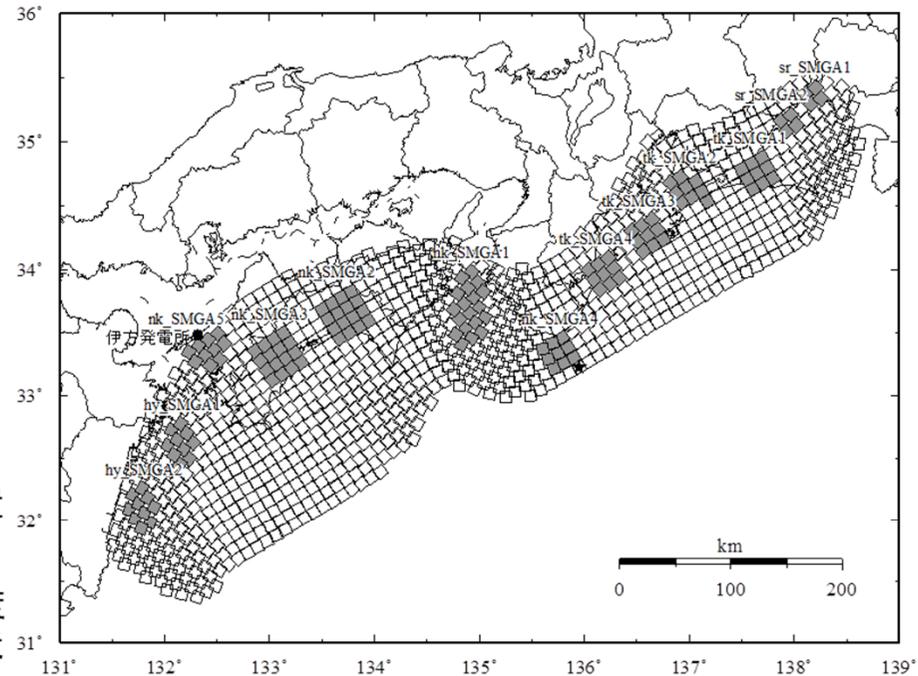
敷地に最も近い日向灘のSMGAを敷地近傍に追加配置した。

内閣府検討会の基本ケース(緑格子: SMGA)



追加検討モデル

陸側+直下SMGA追加ケース



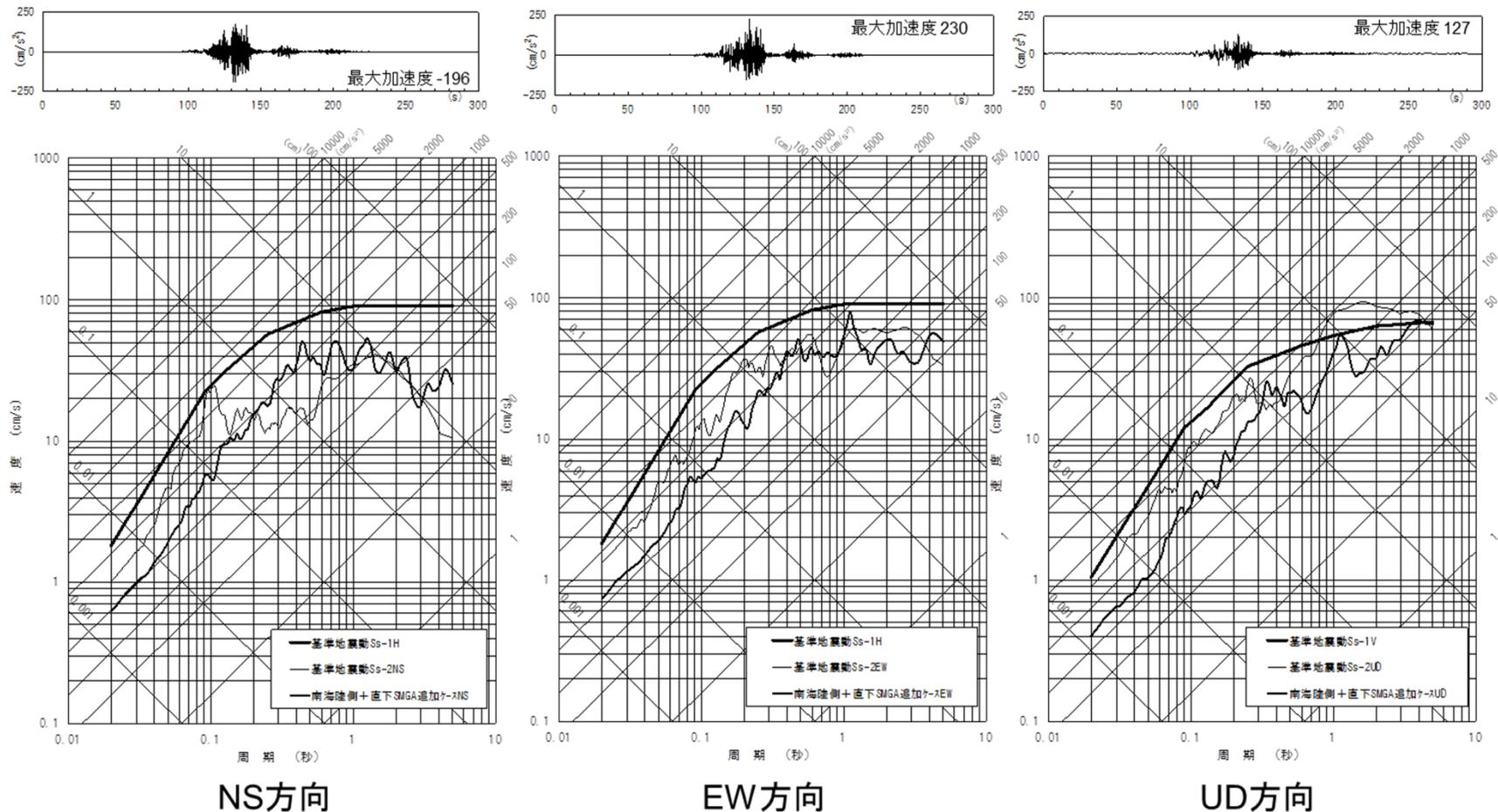
発電所直下に配置するSMGAの考え方

1. 基本ケースのSMGAと伊方発電所との平面位置関係は、日向灘域のSMGAに近い
2. 沈み込むフィリピン海プレートの形状(青い等深度線)から判断すると、伊方発電所直下の深さに近いのは日向灘域のSMGA
3. 南海域のSMGAはプレートの傾斜がきつくなる前の領域に配置されており、形状がフラットで面積が広いのに対し、日向灘域のSMGAは傾斜がきつくなり始めた領域に位置しており、プレートの湾曲を考慮した形状となっている。
4. 以上のことから発電所直下に配置するSMGAは、日向灘域のSMGAを参照して設定することとし、安全側の評価となるよう陸側ケースに追加して配置した(右図)。

10. 断層モデルを用いた手法による地震動評価(プレート間地震)

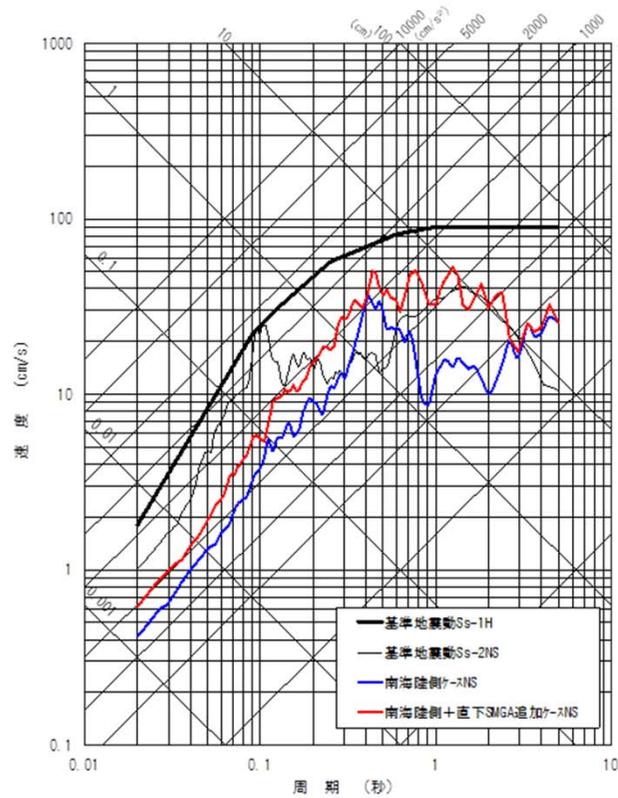
【評価結果 (陸側+SMGA追加ケース)】

短周期側地震動(統計的グリーン関数法)と長周期側地震動(理論計算)を接続周期2.5秒でハイブリッド合成した。最大加速度は、基準地震動Ss-1(570ガル)に対して3方向とも下回っている。応答スペクトルは、基準地震動Ss-1に対してUD方向の長周期帯の一部で若干上回る結果となった。

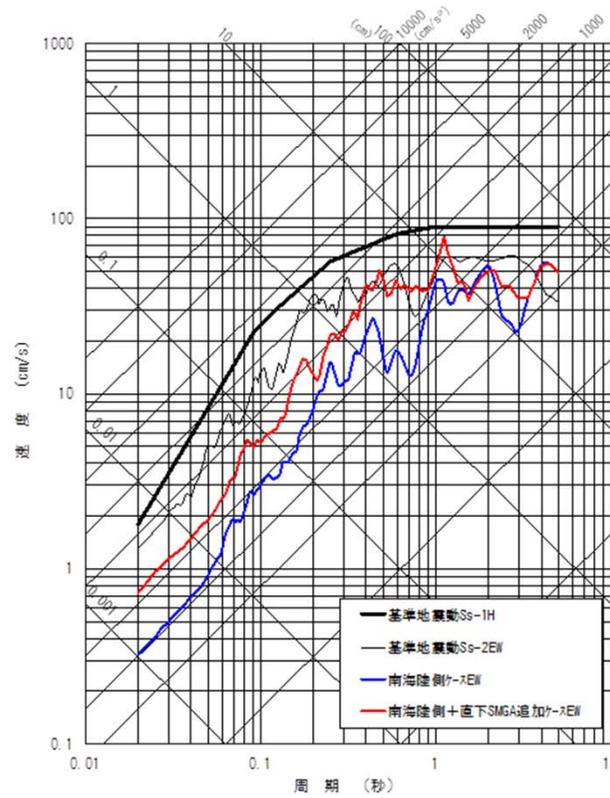


10. 断層モデルを用いた手法による地震動評価(プレート間地震)

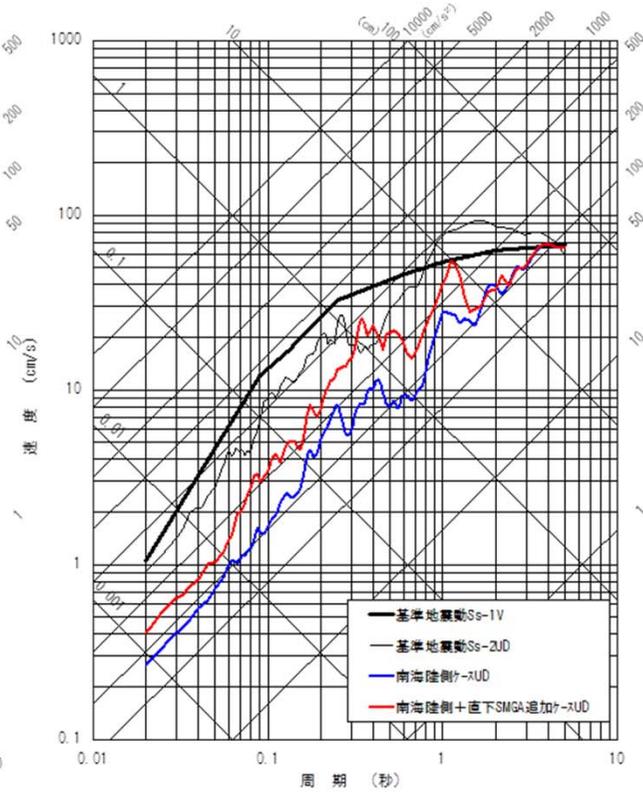
【基本ケースと不確かさケースの比較】



NS方向



EW方向



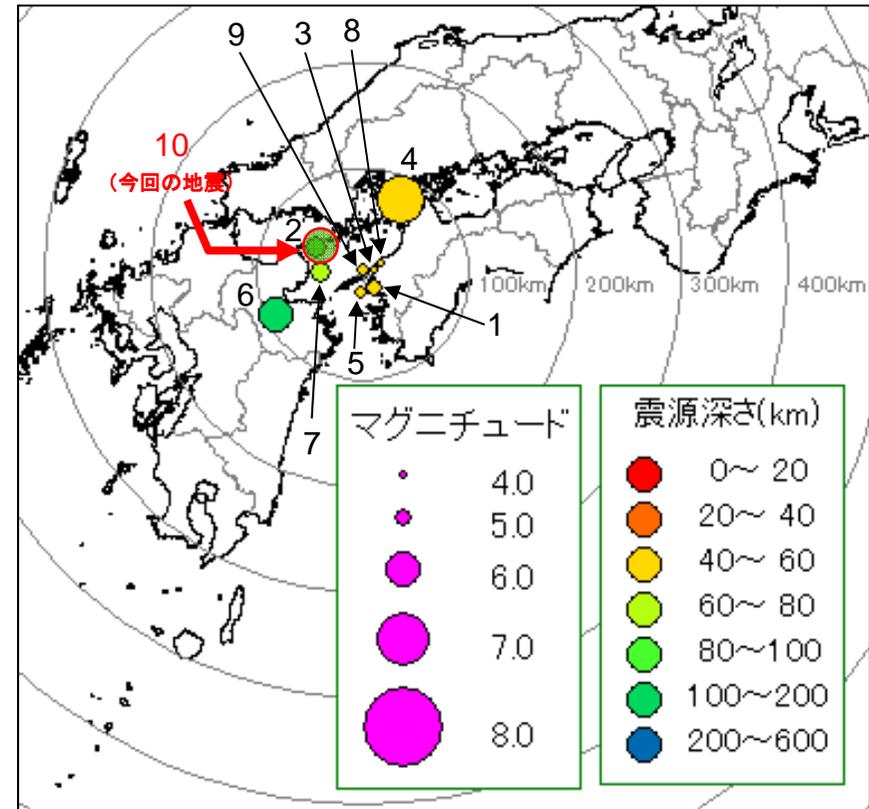
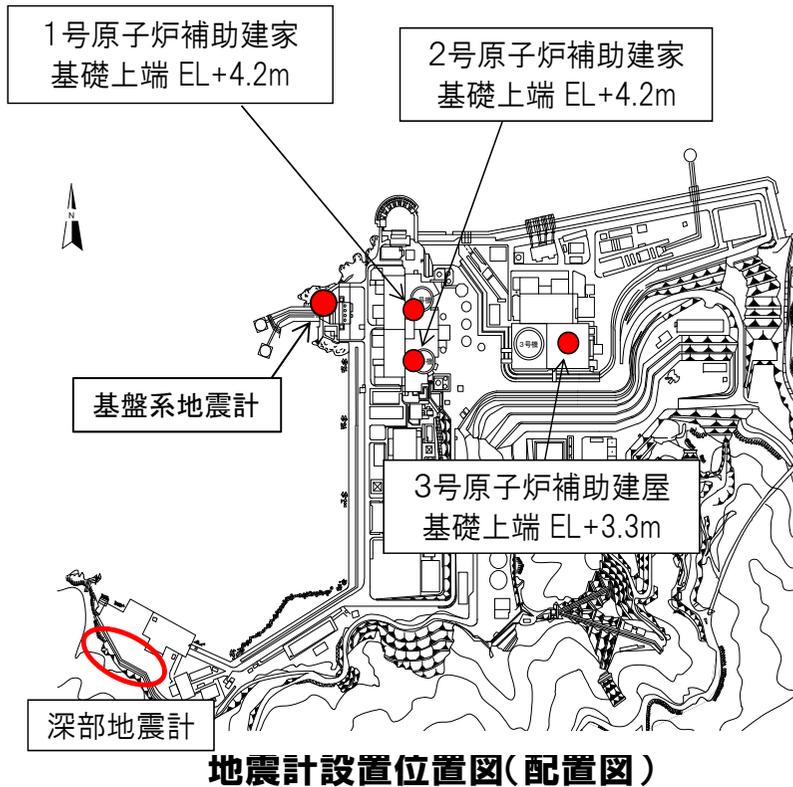
UD方向

【参考:1】用語集

- アスペリティ：地震断層面のうち、通常は強く固着し、ある時急激にずれて地震波を出す領域
- 強震動生成域 (SMGA)：断層面内で、応力降下量が特に大きく、強震動を出す領域。アスペリティと同じように使われる。
- M (マグニチュード)：地震が発するエネルギーの大きさを対数で表した指標値。地震規模を直接測定する手段が無く、なんらかの方法で推定するしかないため、いくつかの定義がある。
- M_w (モーメントマグニチュード)：地震規模を物理的に定義するために提唱された地震モーメントM₀ (断層の面積、断層の平均すべり量、断層周辺の岩盤の変形しやすさの指標である剛性率の積)を用いて、従来のマグニチュードの数値と合致するように換算して得られるマグニチュード。 $\log M_0 = 1.5M_w + 16.1$
- M_j (気象庁マグニチュード)：気象庁が地震を観測した際に発表するマグニチュード。
- V_s：地震によって発生する横波 (S波) の速度
- V_p：地震によって発生する縦波 (P波) の速度
- V_r：断層面の破壊が進んで行く速度(破壊伝播速度)
- 応力降下量：地震によって固着した断層面から解放されるエネルギー量
- 経験的グリーン関数法：地震動を評価する手法の一つで、小規模地震観測記録から、大規模地震動の波形を合成して作り出す方法
- セグメント：一連の活断層を単位となる区間に分けたもの
- ジョグ：活断層トレースは、屈曲、分岐、ステップなどの形状を有する。このような非直線性の構造をジョグという。
- ジョグは断層破壊の停止域であり、ジョグからは強い地震動は生じないと考えられている。

【参考:2】平成26年3月14日 伊予灘の地震

【地震観測記録】



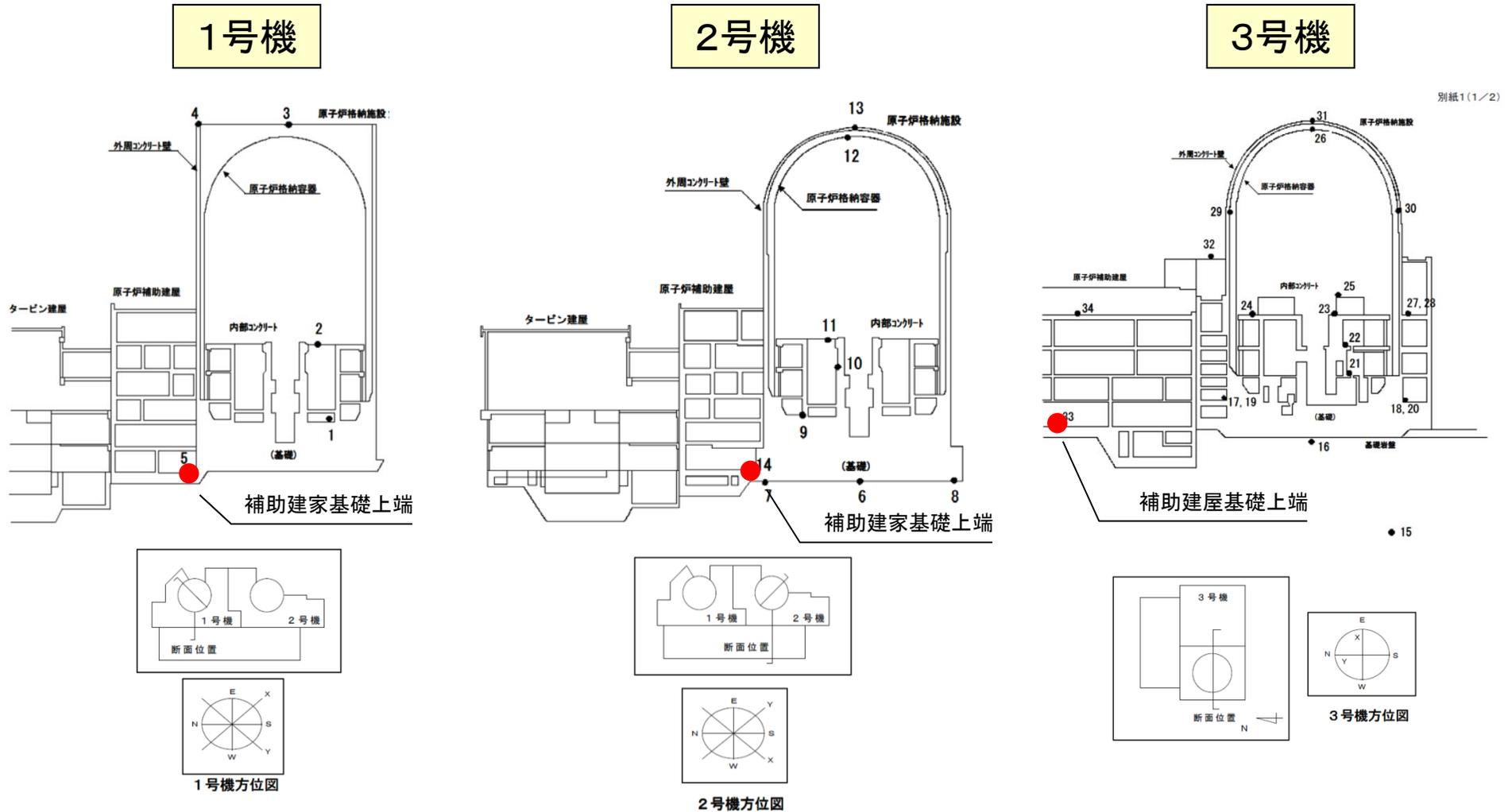
NO.	年月日	時刻	震央地名	Mj	深さ(km)	震央距離(km)	震源距離(km)	水平最大加速度(Gal)		
								1号	2号	3号
1	1997/4/3	6:47	愛媛県南西部	4.9	52	17	55	9	11	12
2	1998/5/23	4:49	伊予灘	5.3	86	49	99	12	12	9
3	1998/5/28	8:09	愛媛県南西部	4.1	44	12	46	5	6	10
4	2001/3/24	15:27	安芸灘(2001年芸予地震)	6.7	51	79	94	53	64	48
5	2005/5/25	20:31	豊後水道	4.6	54	19	57	17	17	24
6	2006/6/12	5:01	大分県西部	6.2	145	90	170	22	21	24
7	2006/9/26	7:03	伊予灘	5.3	70	40	81	12	11	9
8	2010/4/17	5:34	南予	4.3	43	20	48	11	11	9
9	2012/12/22	15:15	伊予灘	4.5	47	3	47	6	5	13
10	2014/3/14	2:07	伊予灘	6.2	78	45	90	56	55	45

今回の地震 ⇒

【参考:2】平成26年3月14日 伊予灘の地震

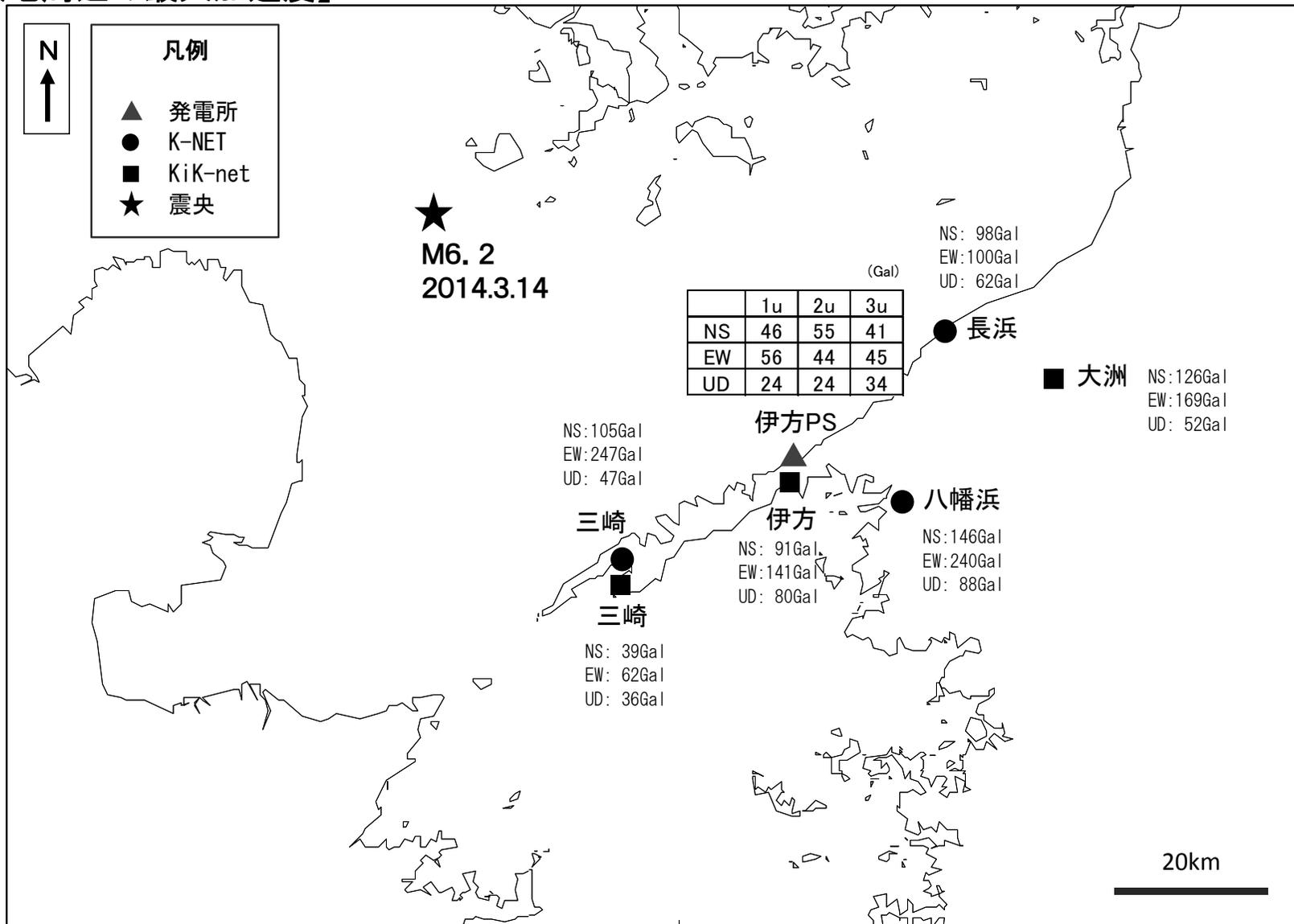
【地震計設置位置】

各号機に設置している原子炉補助建屋基礎上端の地震計位置を以下に示す。



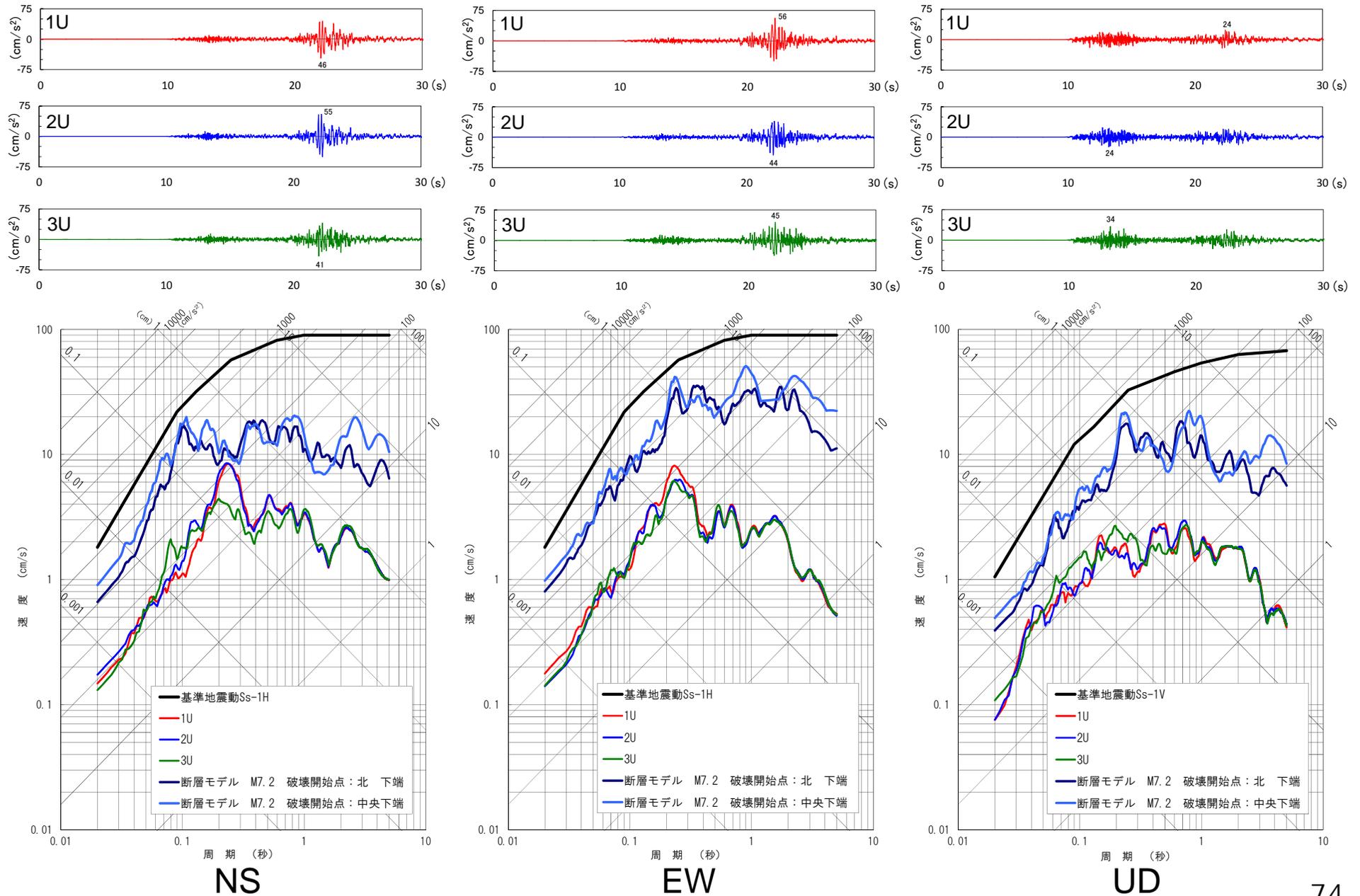
【参考:2】平成26年3月14日 伊予灘の地震

【敷地周辺の最大加速度】



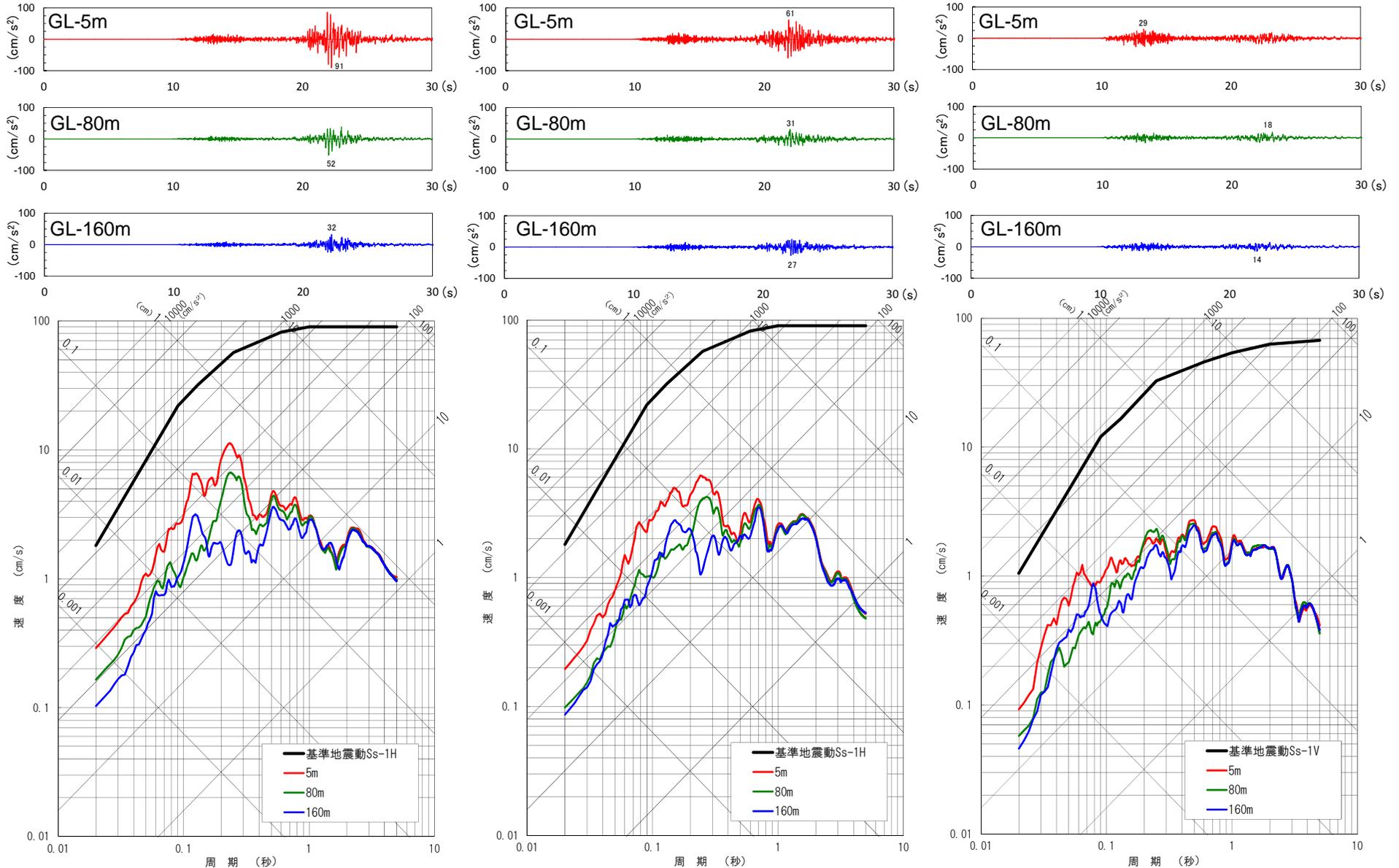
【参考:2】平成26年3月14日 伊予灘の地震

No.10 2014.3.14 伊予灘の地震 M6.2 (原子炉補助建屋基礎上端)



【参考:2】平成26年3月14日 伊予灘の地震

No.10 2014.3.14 伊予灘の地震 M6.2 (基盤系地震計)



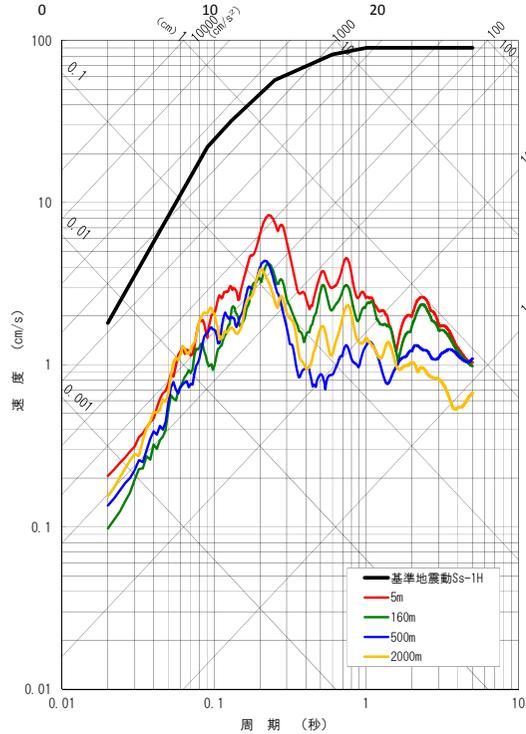
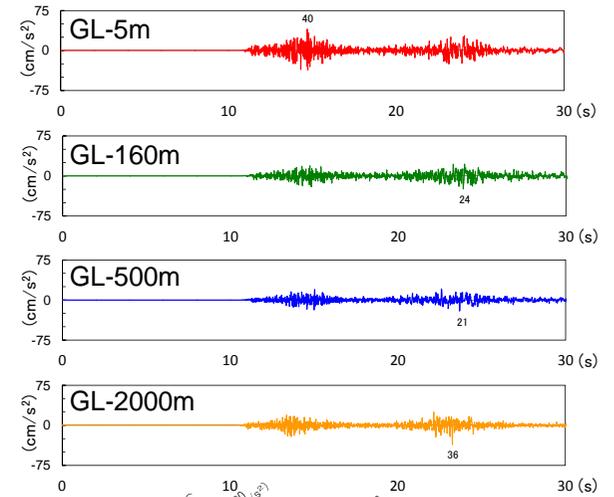
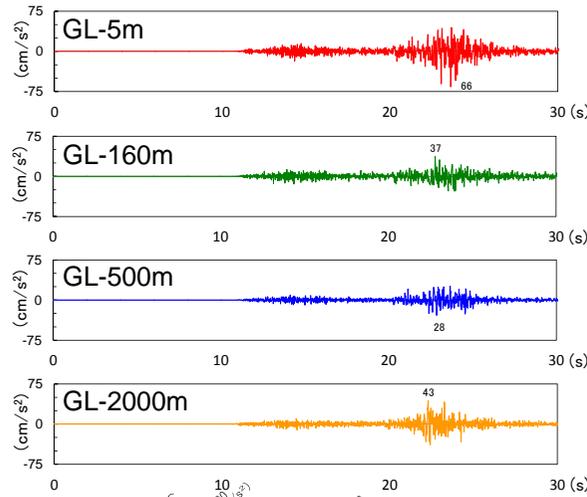
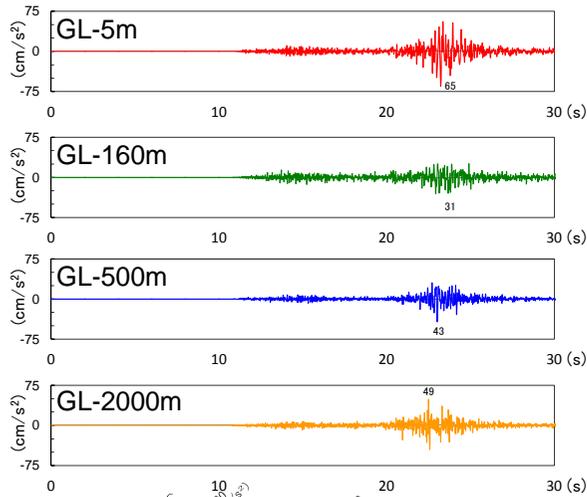
NS

EW

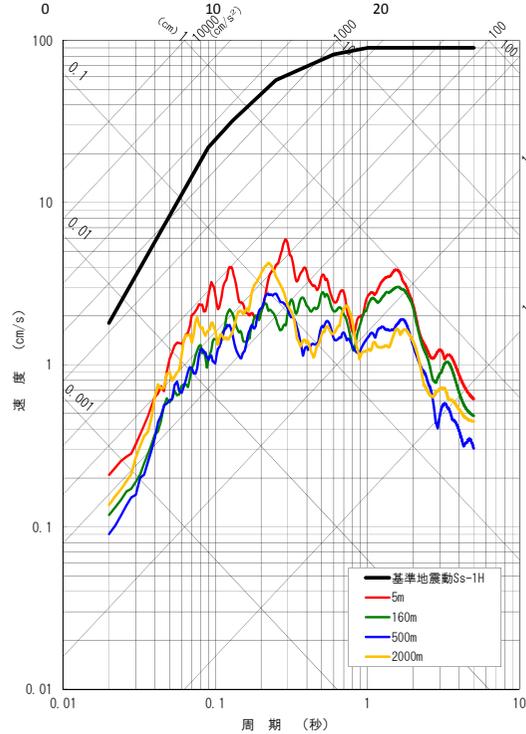
UD

【参考:2】平成26年3月14日 伊予灘の地震

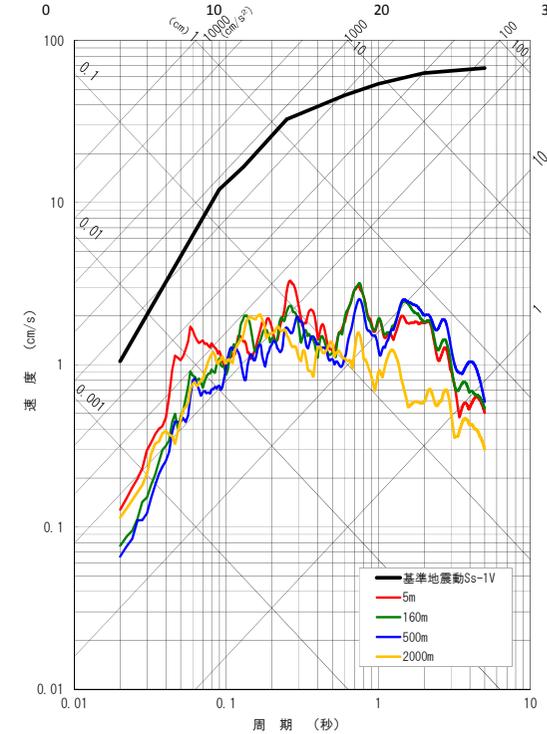
No.10 2014.3.14 伊予灘の地震 M6.2 (深部地震計)



NS



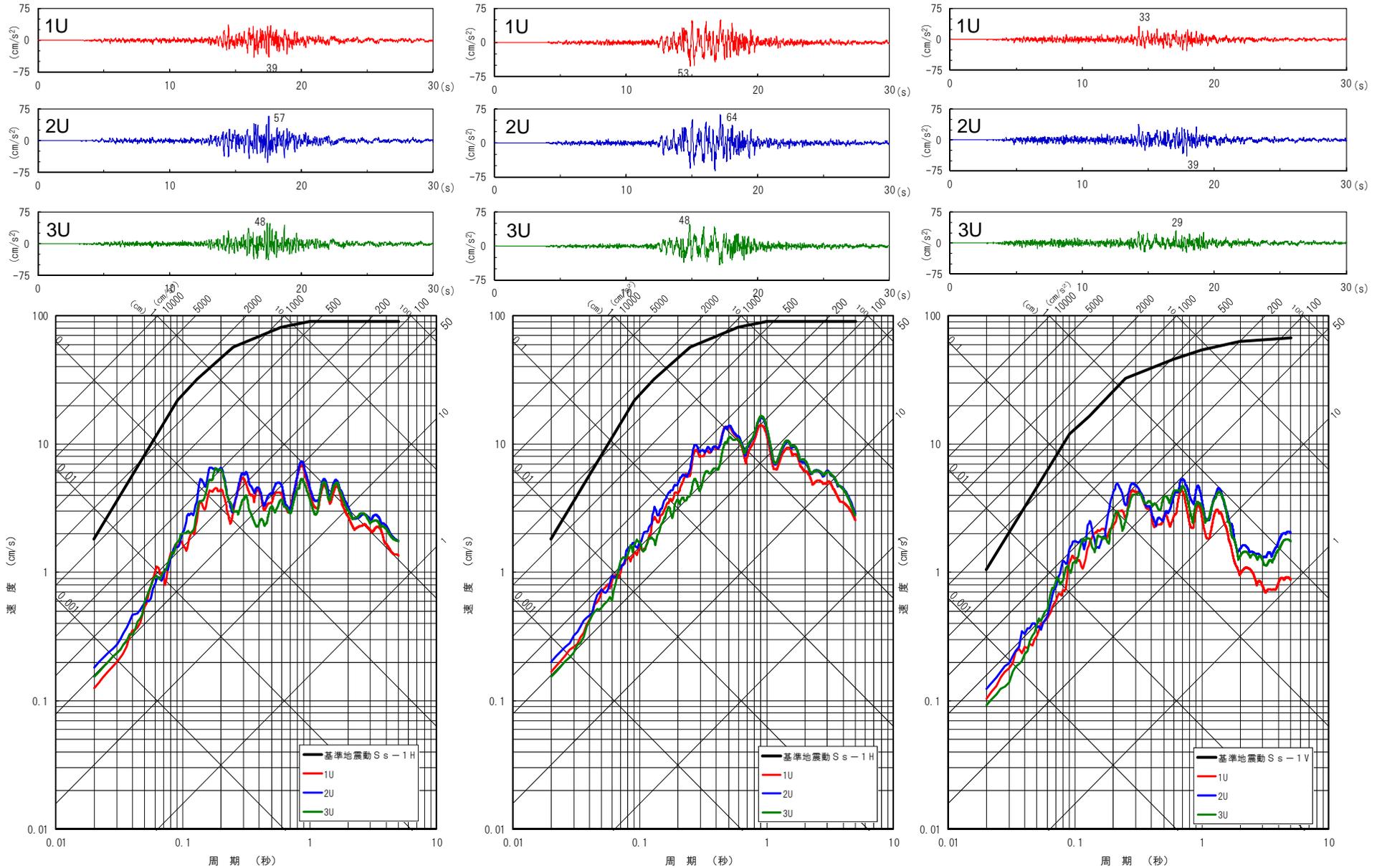
EW



UD

【参考:2】平成26年3月14日 伊予灘の地震

【参考】 No.4 2001.3.24 芸予地震 M6.7



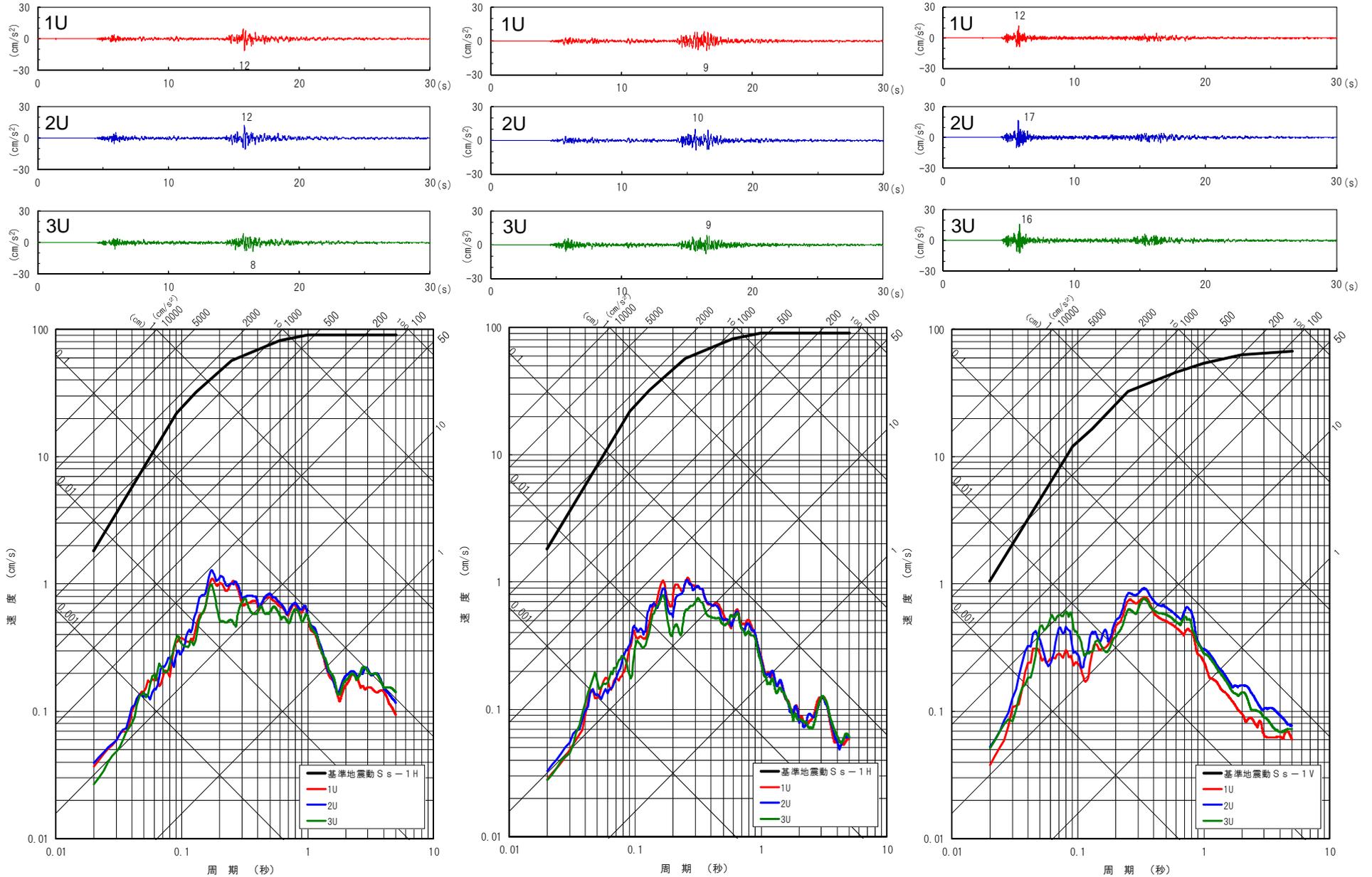
NS

EW

UD

【参考:2】平成26年3月14日 伊予灘の地震

【参考】 No.2 1998.5.23 伊予灘の地震 M5.3



NS

EW

UD