

甲D567の2

柏崎刈羽原子力発電所
佐渡島南方断層～魚津断層帯の連動を考慮した
地震動評価について

平成24年5月29日
東京電力株式会社



東京電力

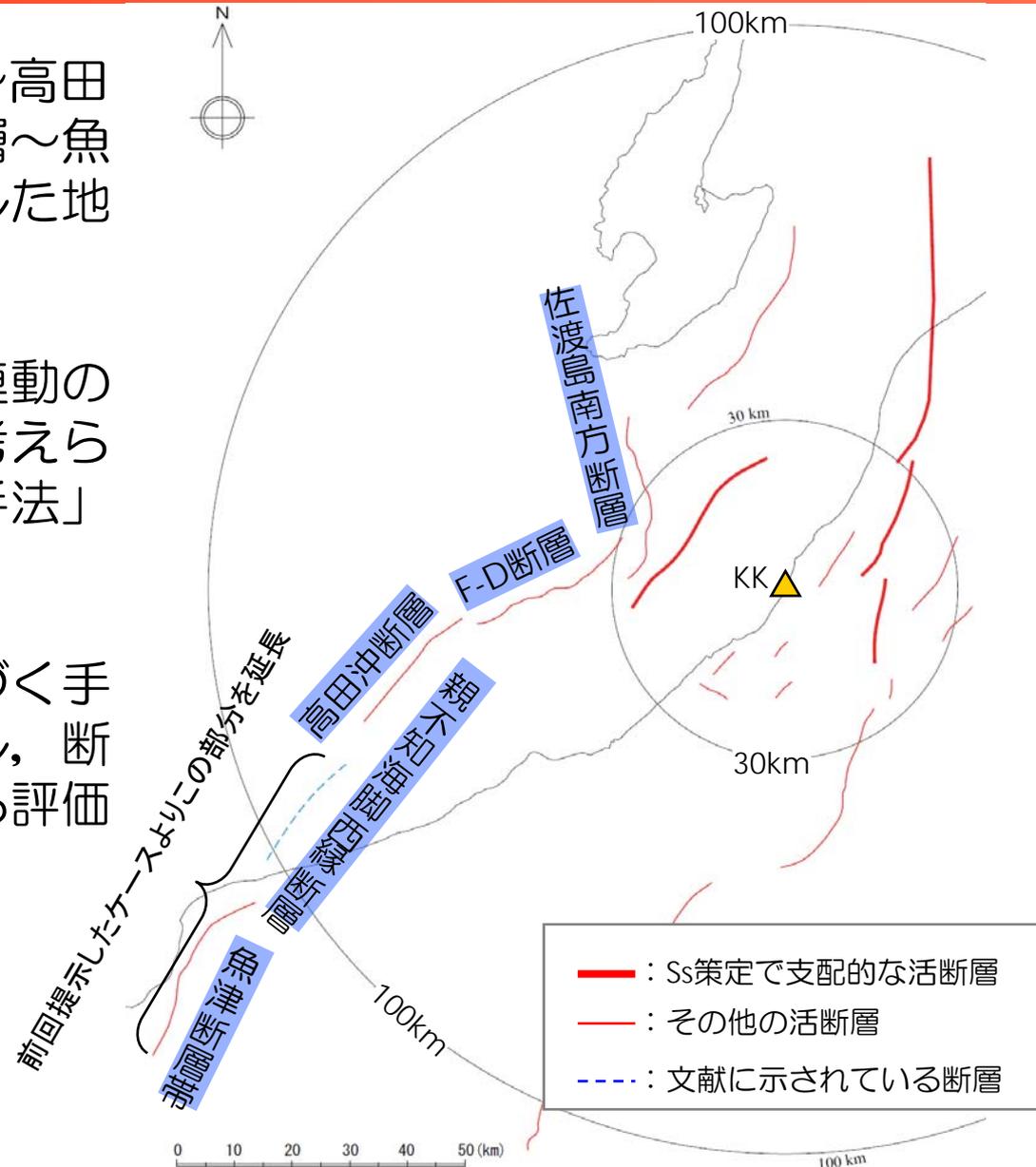
ご説明内容

- 地震・津波に関する意見聴取会（地震動関係）（第2回）における以下のコメントに対し、ご説明する。

コメント	ご説明事項
<ul style="list-style-type: none">・ 高田沖断層南西方に陸地が続く形状が類似した構造がある。既に佐渡島南方断層，F-D断層及び高田沖断層を連動させて評価しており，おそらくこの南西方の断層を連動させても地震動評価を大きく変えるものではないと思われるが，活断層の連動に係る一連のシナリオを考えるとこの連動を考慮し，その結果を示しておくべき。	<ul style="list-style-type: none">・ ご指摘を踏まえ，佐渡島南方断層～F-D断層～高田沖断層～親不知海脚西縁断層～魚津断層帯までの連動を考慮した地震動評価結果についてお示しする。

魚津断層帯までの連動を考慮した地震動評価結果について

- 佐渡島南方断層～F-D断層～高田沖断層～親不知海脚西縁断層～魚津断層帯までの連動を考慮した地震動評価を実施。
- 評価にあたっては，長大な連動の効果を適切に評価できると考えられる「断層モデルを用いた手法」により実施。
- 一方，応答スペクトルに基づく手法による評価も併せて実施し，断層モデルを用いた手法による評価結果の妥当性を確認。

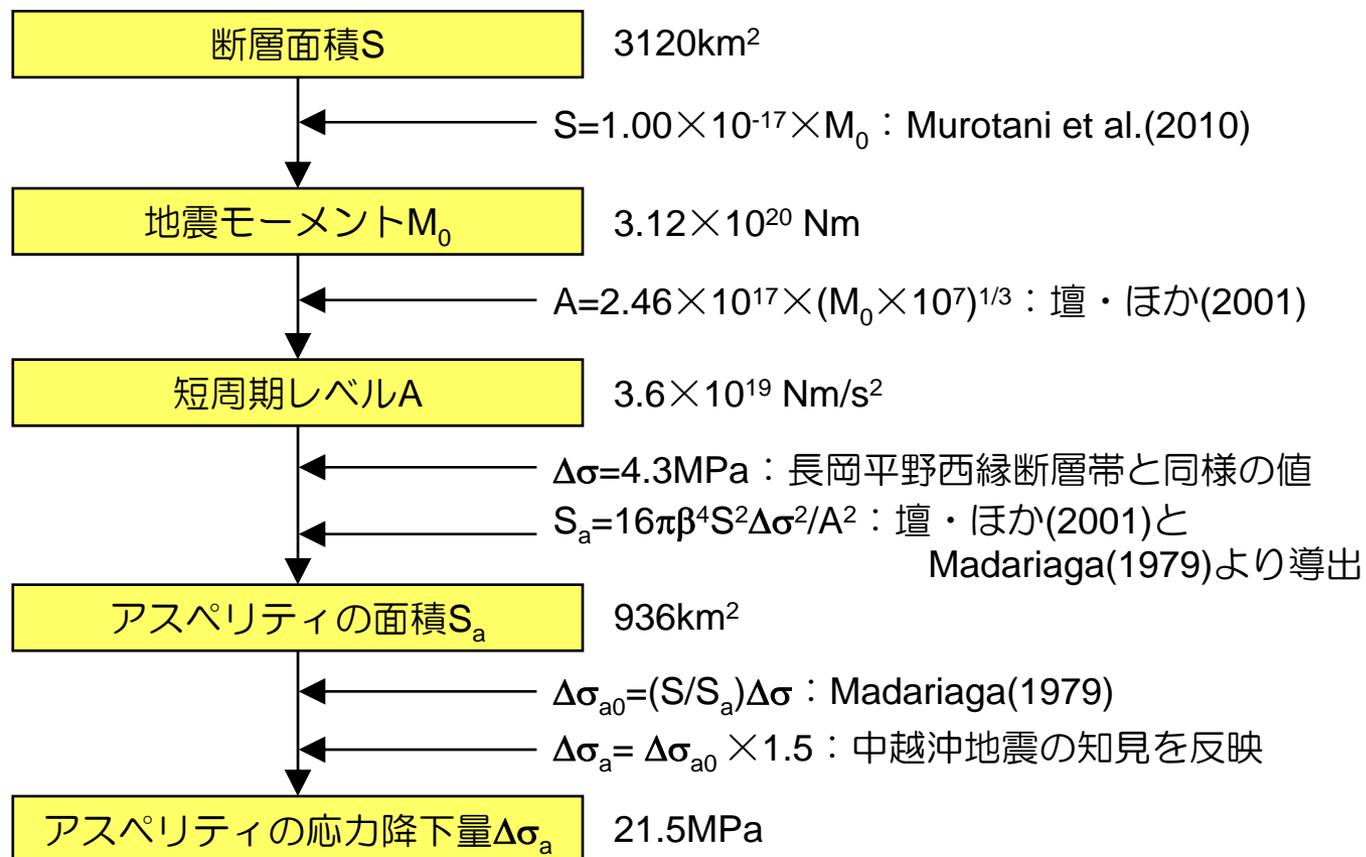


断層モデルの設定方針

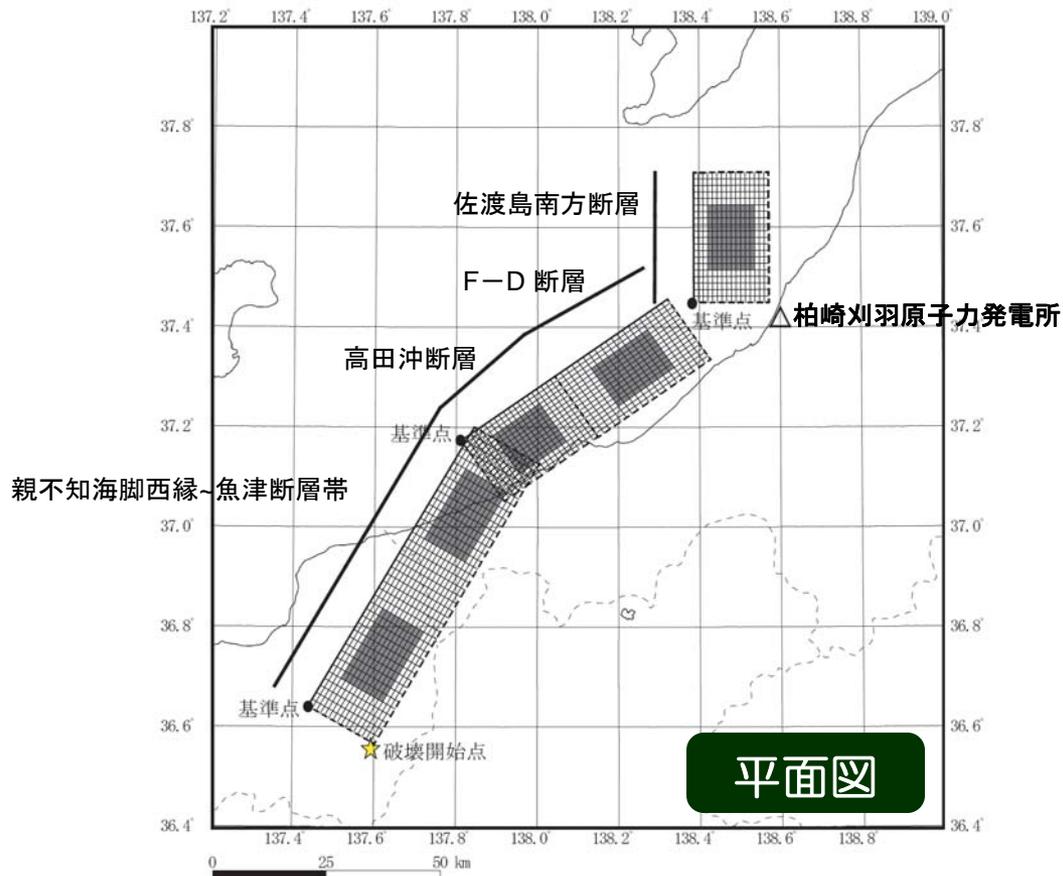
- 断層の連動活動を考慮してスケーリングモデルで評価。
- 巨視的断層パラメータのうち、断層の位置・断層長さ（156km）については地質調査結果等に基づき設定。
- 断層の傾斜角は、地質調査結果等に基づき 35° と設定。
- 断層幅は、地震発生層を飽和するように、傾斜角と地震発生層厚さに基づき20kmと設定。
- 地震発生層（厚さ11km）は、敷地周辺の微小地震分布等に基づき、上端深さを6km、下端深さを17kmと設定。
- 微視的断層パラメータは、これまで海域で想定していたケースと比較し、著しく長大となっていることから、陸域の連動評価で採用した方法で設定。
- 経験的グリーン関数法を用いた断層モデルによる地震動評価を実施。

断層パラメータの設定手順

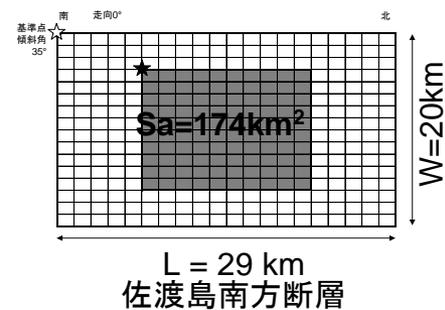
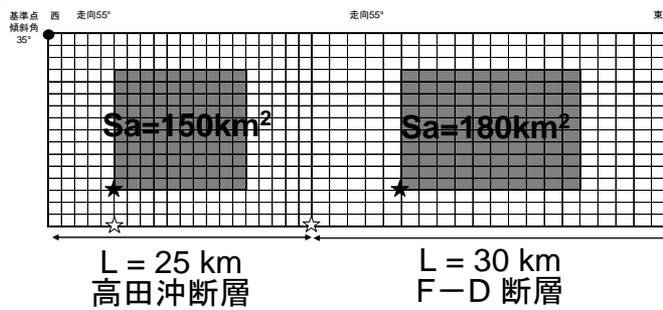
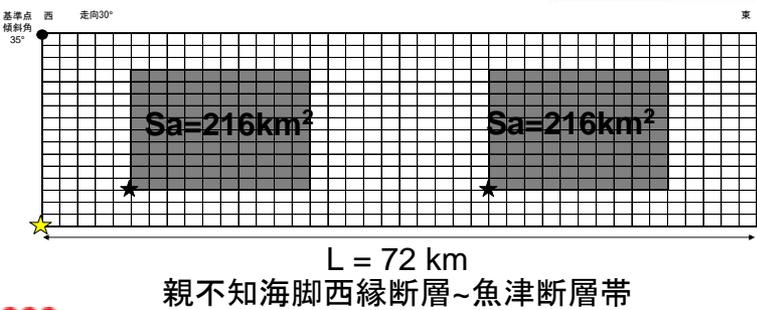
- 微視的断層パラメータは、地震調査研究推進本部（2009）による強震動予測レシピおよび以下の考え方にに基づき設定。
 - ① 長大断層を対象としているMurotani et al.(2010)のスケーリングを採用。
 - ② 地震調査研究推進本部の長大断層の評価と同様、平均応力降下量を一定値と仮定。長岡平野西縁断層帯の評価で採用した4.3MPaと設定。



断層モデル



断面図



設定した断層パラメータ

項目			設定値				
			全体	佐渡島南方断層	F-D断層	高田沖断層	親不知～魚津断層帯
巨視的断層面	基準点	東経 (°)	—	138.39	137.81		137.44
		北緯 (°)	—	37.45	37.17		36.64
	断層上端深さ (km)		6				
	断層長さ (km)		156	29	30	25	72
	断層幅 (km)		20				
	断層面積 (km ²)		3120	580	600	500	1440
	走向 (°)		—	0	55		30
	傾斜角 (°)		35				
	S波速度 (km/s)		3.4				
	破壊伝播速度 (km/s)		2.4				
	地震モーメント (N・m)		3.12×10^{20}	5.80×10^{19}	6.00×10^{19}	5.00×10^{19}	1.44×10^{20}

: 地質調査結果等に基づく

: 地震調査研究推進本部 (2009) による強震動予測レシピに基づく

: Murotani et al.(2010)に基づく

設定した断層パラメータ（つづき）

項目		設定値				
		全体	佐渡島南方断層	F-D断層	高田冲断層	親不知～魚津断層帯
アスペリティ	面積 (km ²)	936	174	180	150	432
	地震モーメント (N・m)	1.87×10 ²⁰	3.48×10 ¹⁹	3.60×10 ¹⁹	3.00×10 ¹⁹	8.64×10 ¹⁹
	平均すべり量 (cm)	641				
	応力降下量 (MPa)	1.5倍	21.5			
背景領域	面積 (km ²)	2184	406	420	350	1008
	地震モーメント (N・m)	1.25×10 ²⁰	2.32×10 ¹⁹	2.40×10 ¹⁹	2.00×10 ¹⁹	5.76×10 ¹⁹
	平均すべり量 (cm)	183				
	実効応力 (MPa)	1.5倍	5.1	4.1	4.1	3.8

: 地震調査研究推進本部（2009）による強震動予測レシピに基づく

: 中越沖地震の知見を反映し、設定した応力降下量の1.5倍を考慮

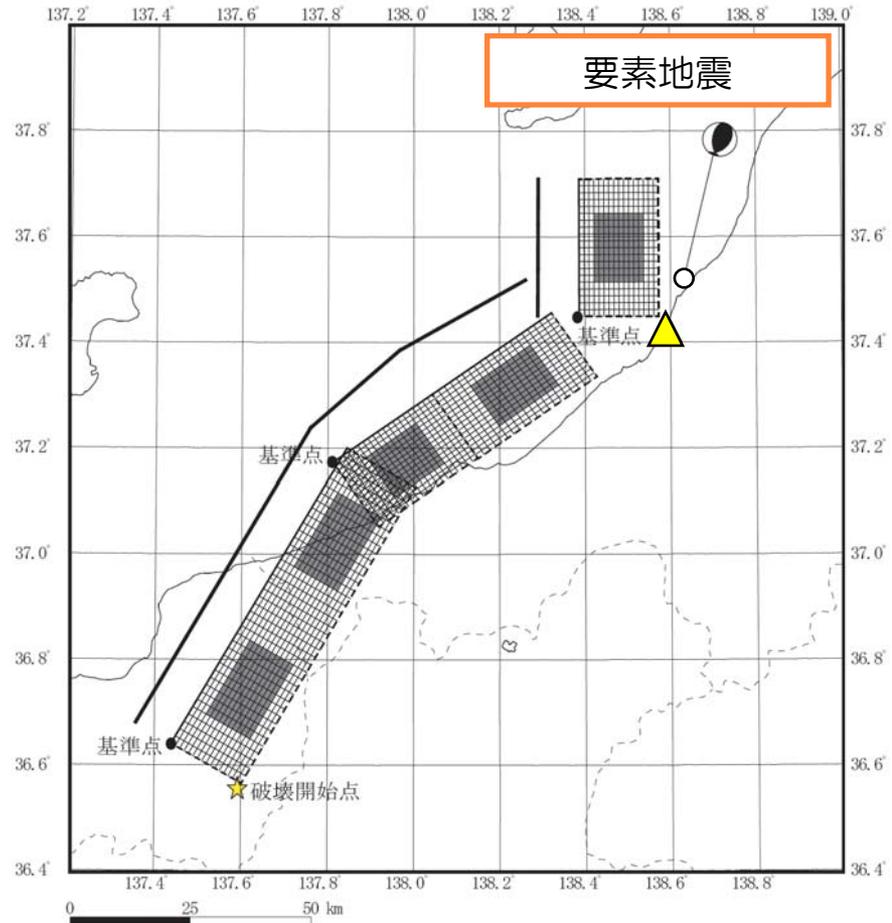
経験的グリーン関数法に用いる要素地震

- 経験的グリーン関数法に用いる要素地震は、想定する地震の震源域で発生した中越沖地震の余震を採用。

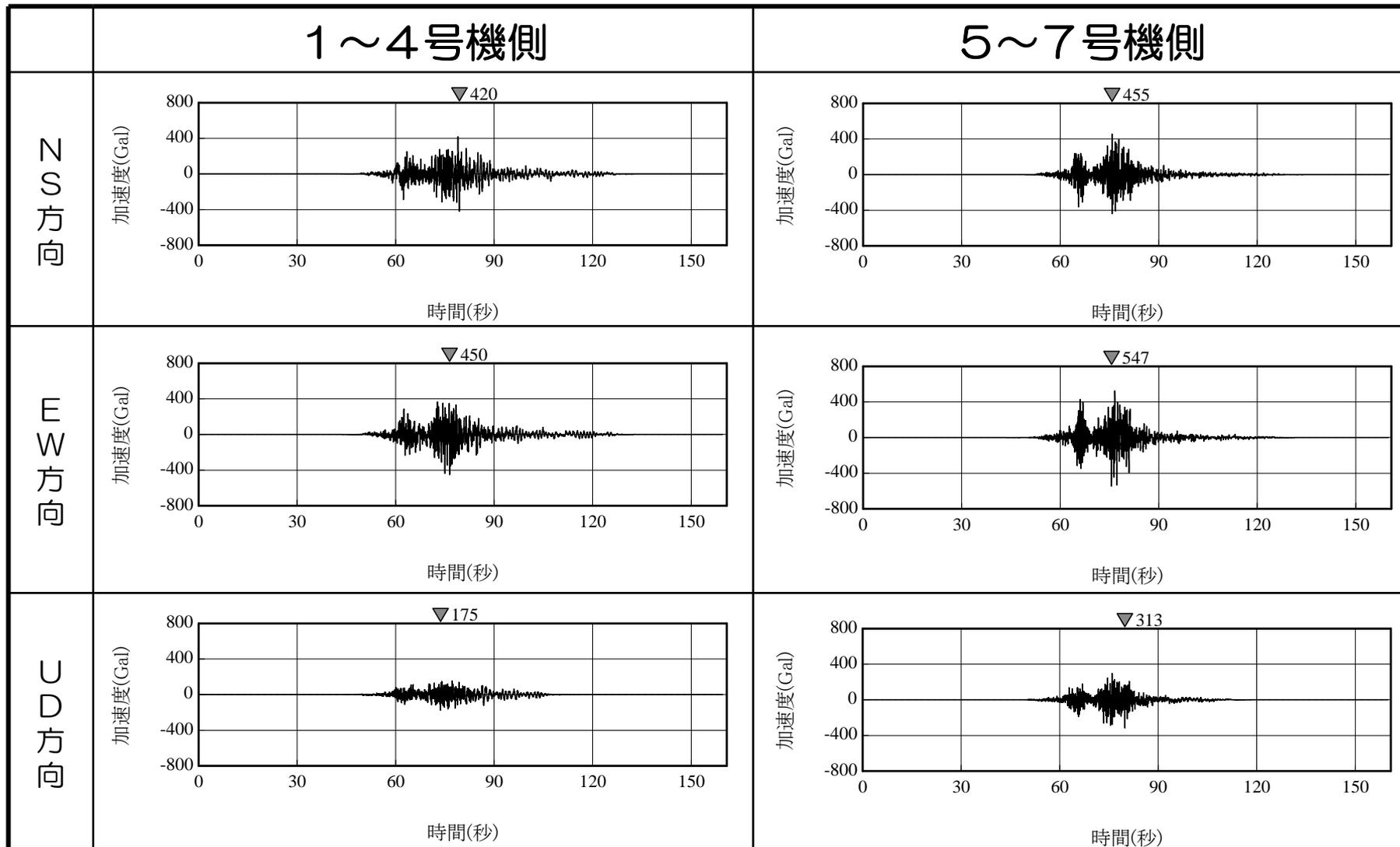
【要素地震】 2007年7月16日21時08分の地震 (M4.4)

震源パラメータ

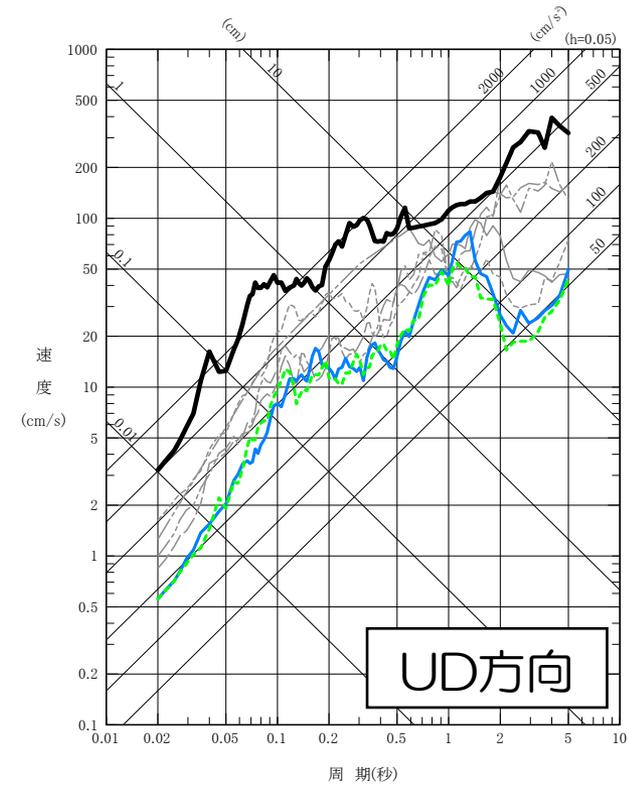
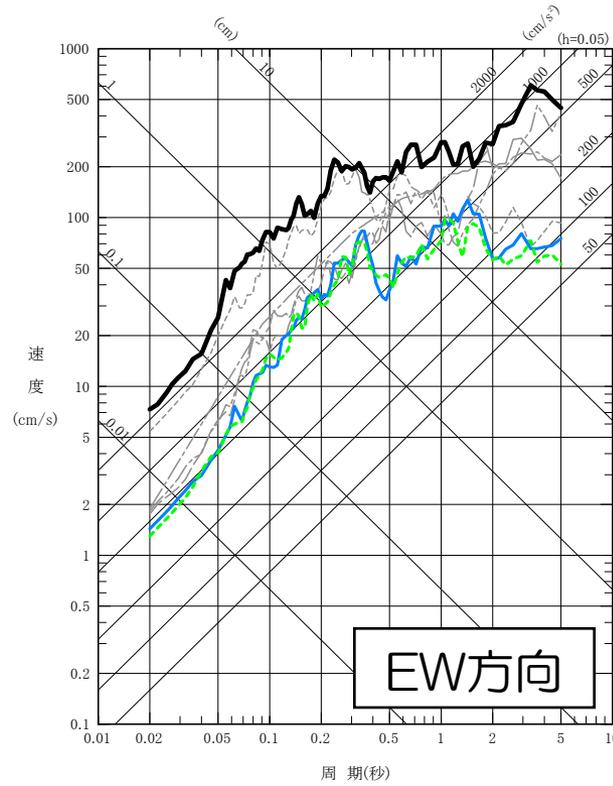
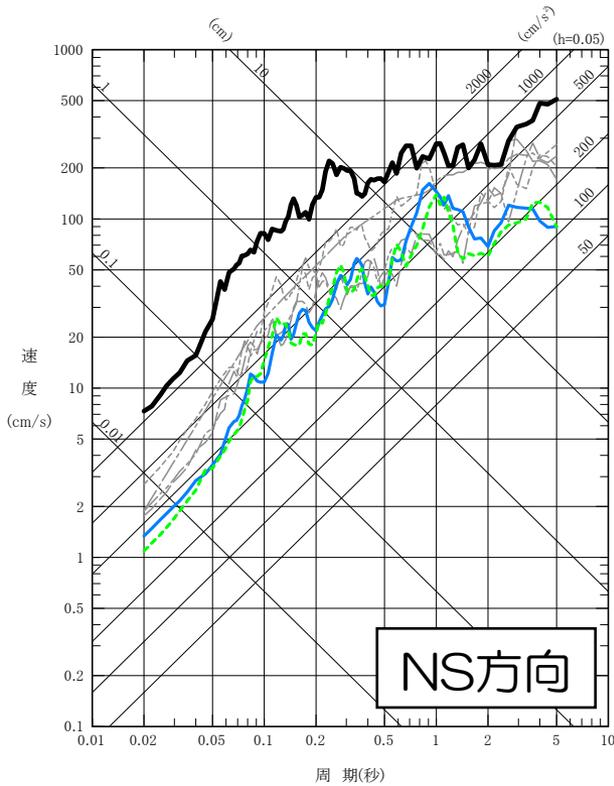
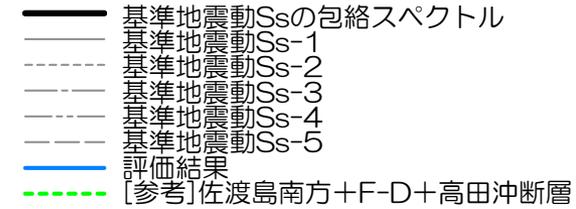
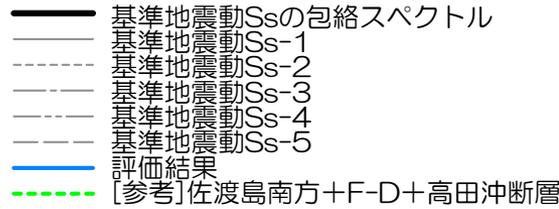
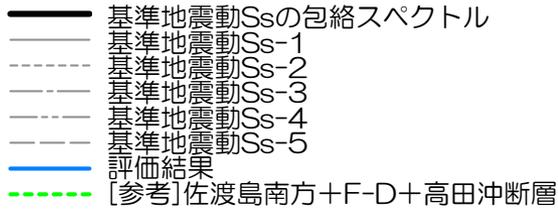
発震時	[年月日]	2007/7/16, 21:08	
マグニチュード		4.4	
震源位置	北緯	[° N]	37.509
	東経	[° E]	138.630
	深さ	[km]	13.6
	走向	[°]	187:39
	傾斜	[°]	54:41
	すべり角	[°]	70:115
地震モーメント	[N・m]	5.21×10^{15}	
臨界振動数	[Hz]	1.65	
断層長さ	[km]	1.40	
断層幅	[km]	1.40	
平均すべり量	[cm]	8.0	
実効応力	[Mpa]	4.6	
剛性率	[N/m ²]	3.31×10^{10}	
せん断波速度	[km/s]	3.5	
単位体積重量	[g/cm ³]	2.7	



地震動評価結果 (加速度時刻歴波形)



地震動評価結果 擬似速度応答スペクトル (1~4号機側)



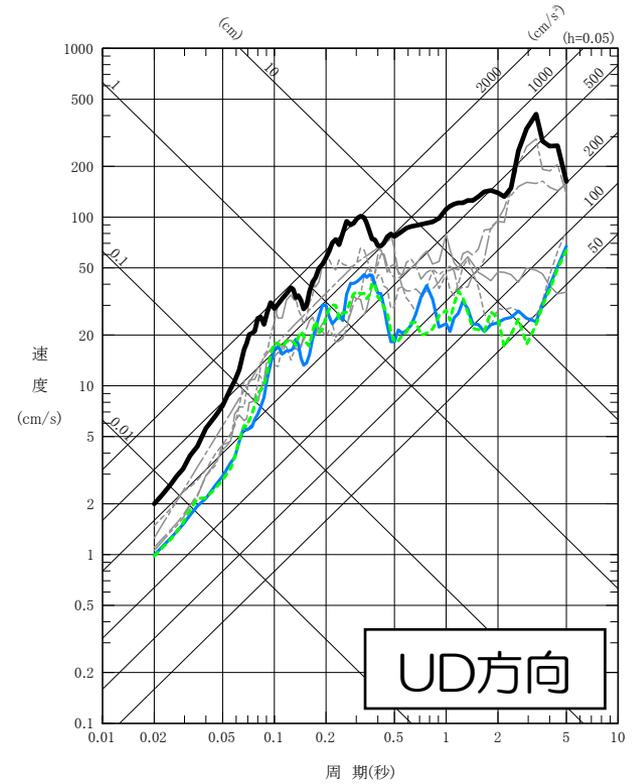
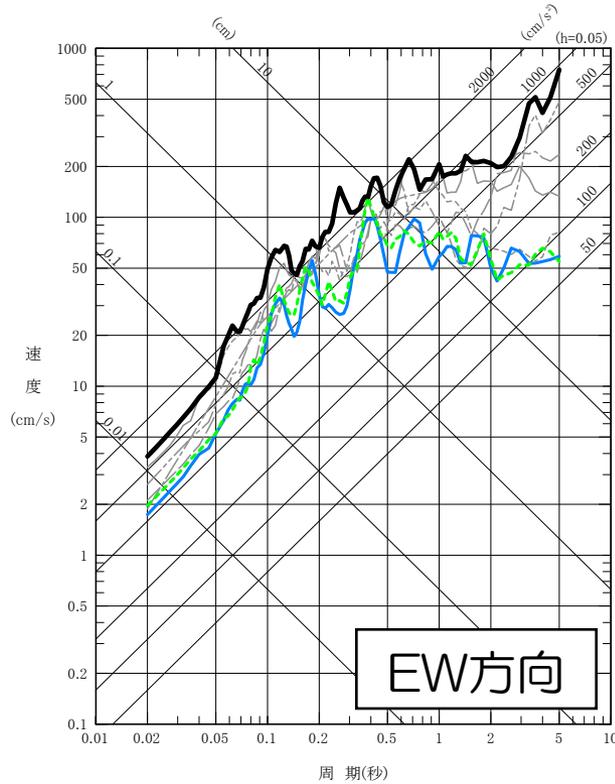
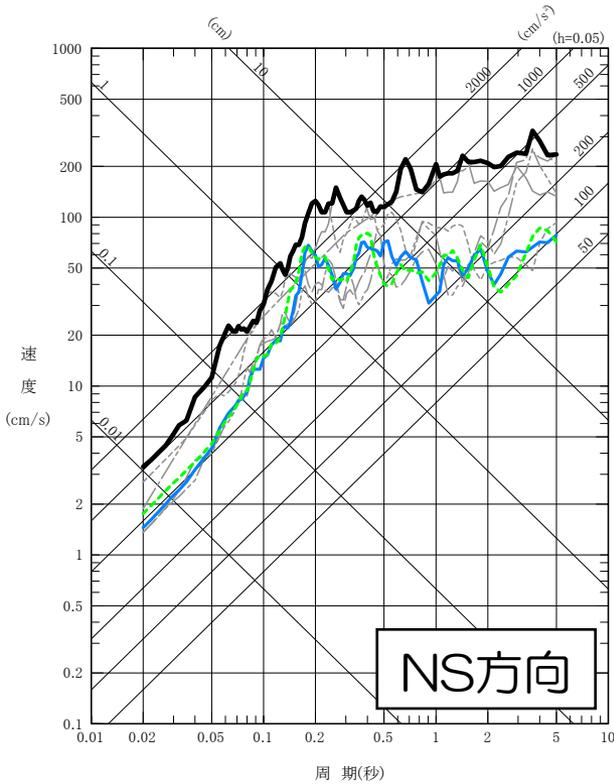
断層モデルを用いた手法による地震動評価の結果，連動を考慮した場合においても，基準地震動Ssを下回ることを確認。

地震動評価結果 擬似速度応答スペクトル (5~7号機側)

- 基準地震動Ssの包絡スペクトル
- 基準地震動Ss-1
- 基準地震動Ss-2
- 基準地震動Ss-3
- 基準地震動Ss-4
- 基準地震動Ss-5
- 評価結果
- [参考]佐渡島南方+F-D+高田沖断層

- 基準地震動Ssの包絡スペクトル
- 基準地震動Ss-1
- 基準地震動Ss-2
- 基準地震動Ss-3
- 基準地震動Ss-4
- 基準地震動Ss-5
- 評価結果
- [参考]佐渡島南方+F-D+高田沖断層

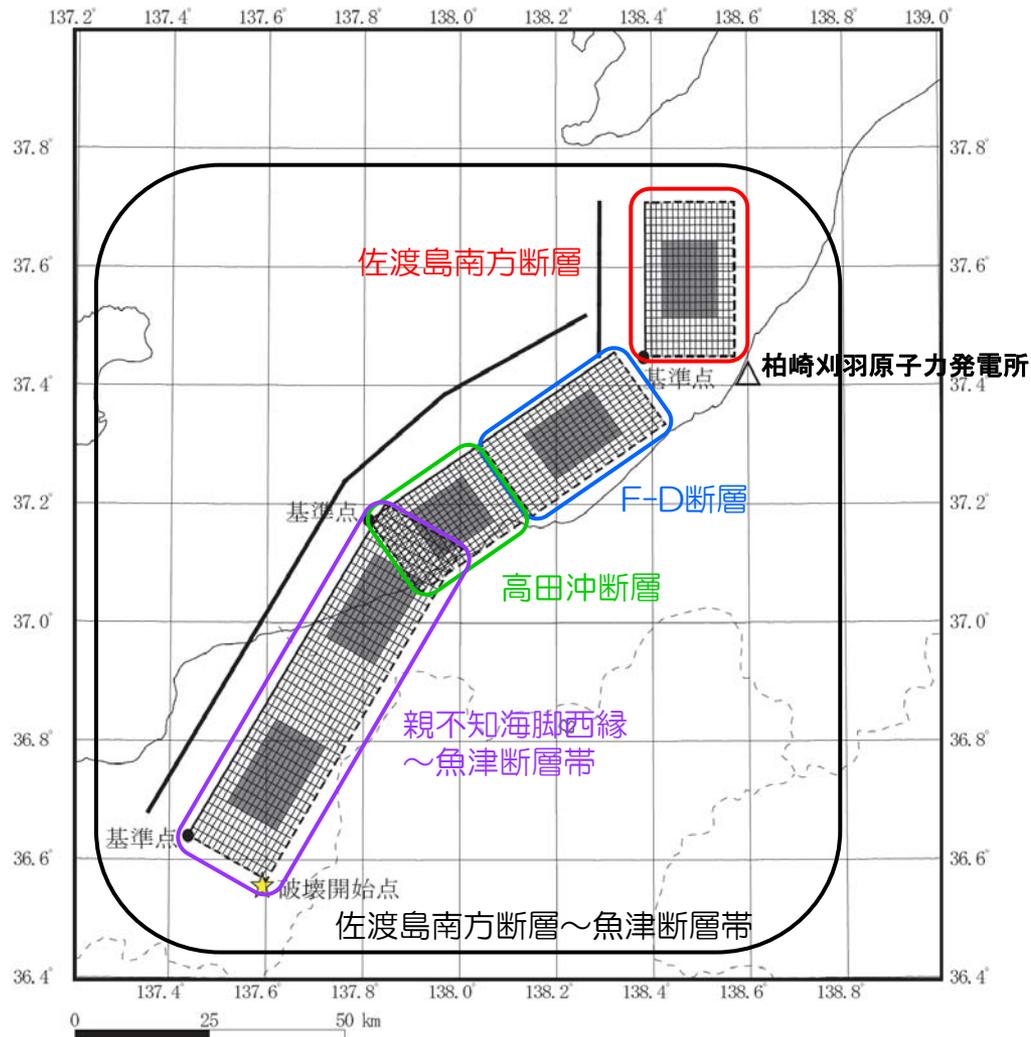
- 基準地震動Ssの包絡スペクトル
- 基準地震動Ss-1
- 基準地震動Ss-2
- 基準地震動Ss-3
- 基準地震動Ss-4
- 基準地震動Ss-5
- 評価結果
- [参考]佐渡島南方+F-D+高田沖断層



断層モデルを用いた手法による地震動評価の結果，連動を考慮した場合においても，基準地震動Ssを下回ることを確認。

親不知海脚西縁～魚津断層帯の敷地への影響確認

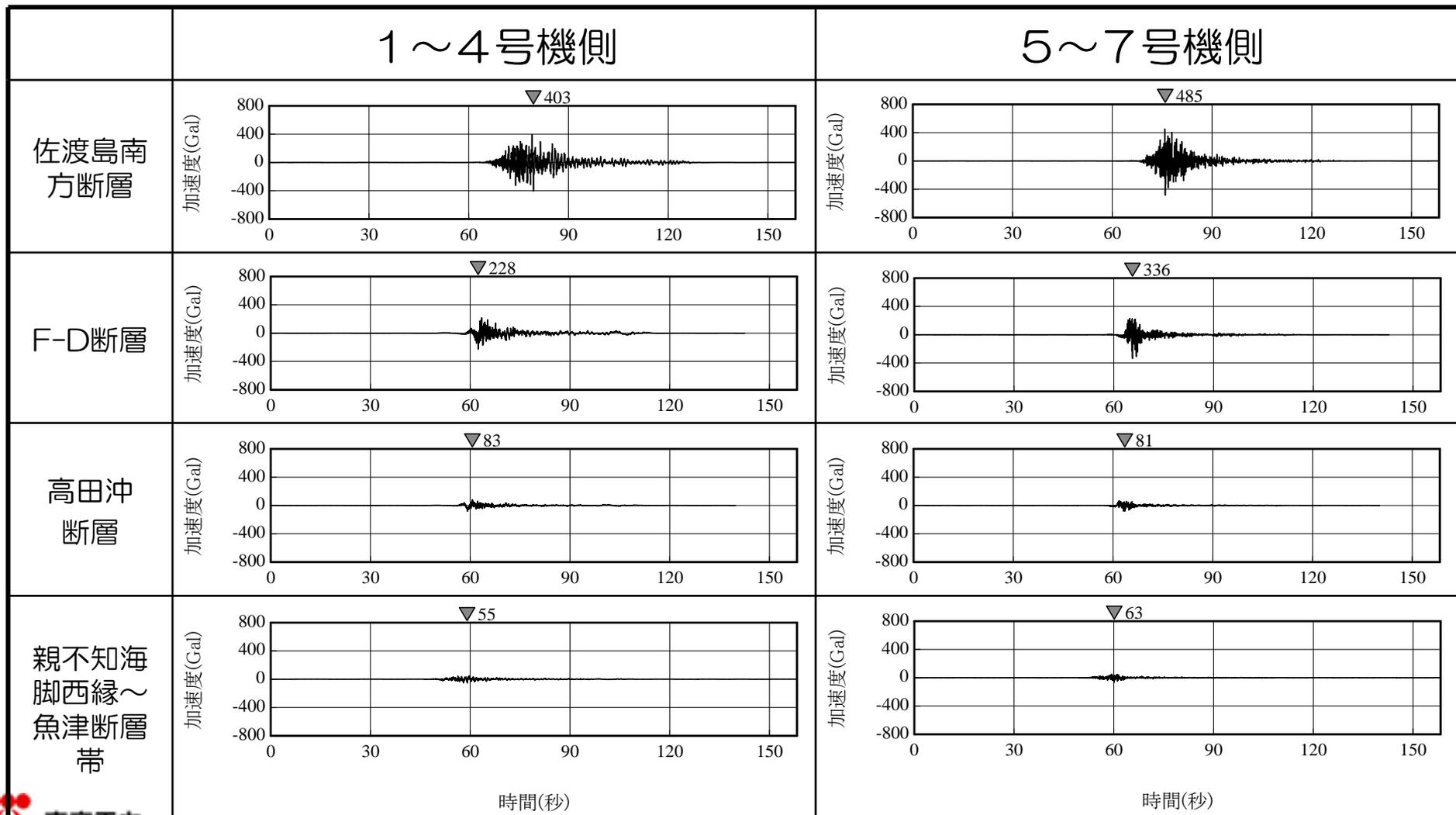
個々のセグメントから到来する地震動の比較



親不知海脚西縁～魚津断層帯の敷地への影響確認

■ 各セグメントからの影響を確認。

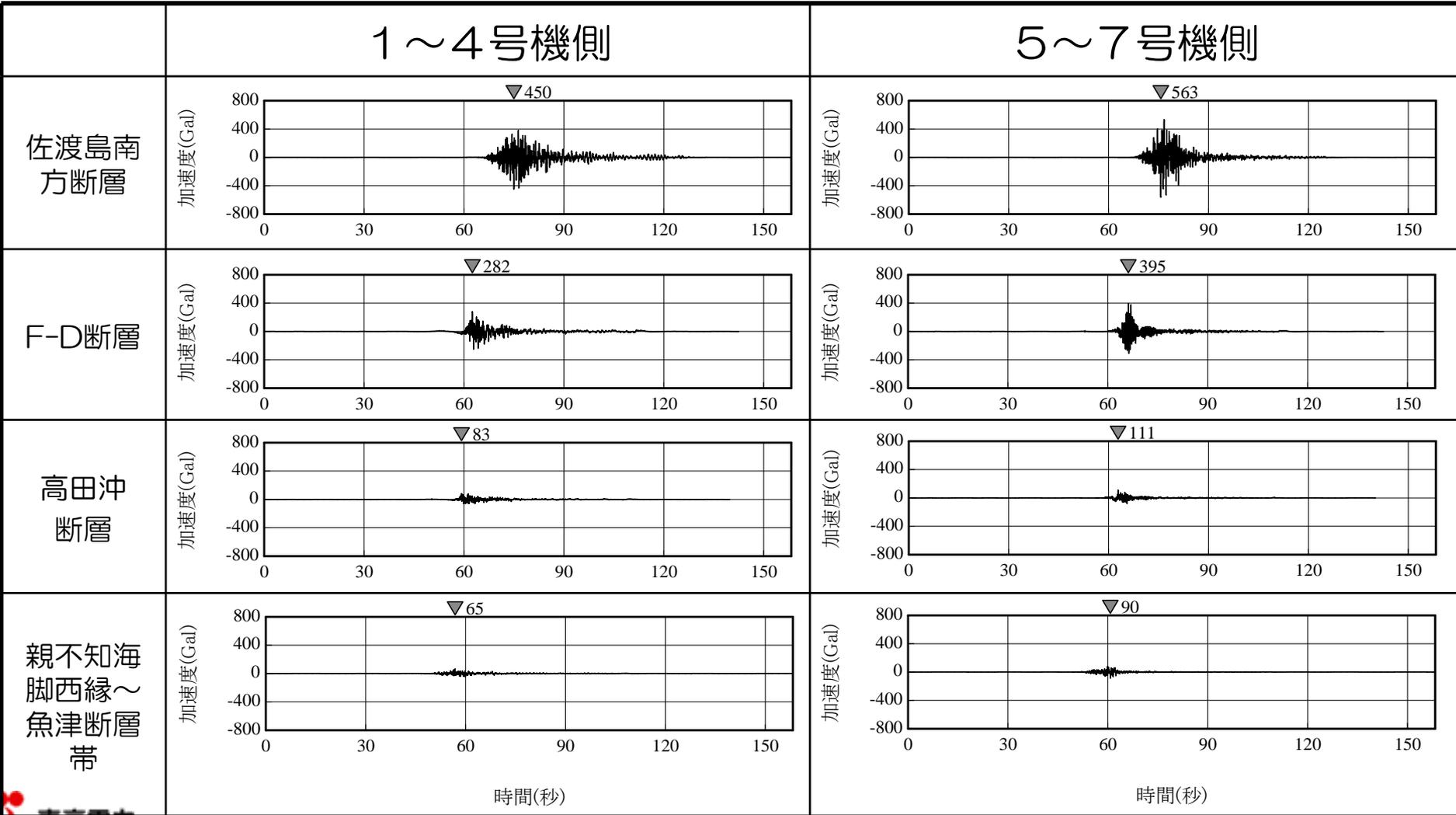
NS方向 (加速度時刻歴波形)



親不知海脚西縁～魚津断層帯の敷地への影響確認

■ 各セグメントからの影響を確認。

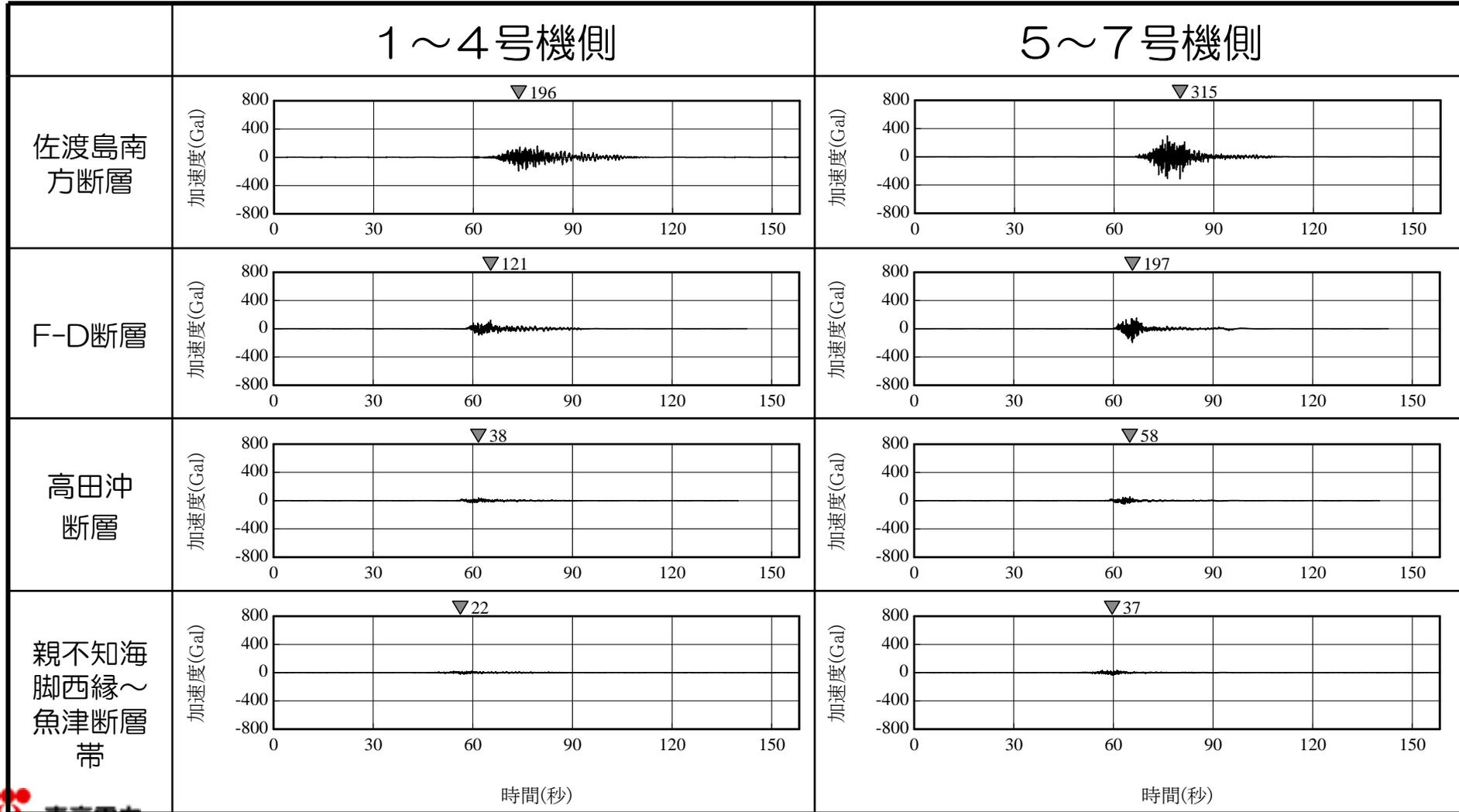
EW方向 (加速度時刻歴波形)



親不知海脚西縁～魚津断層帯の敷地への影響確認

■ 各セグメントからの影響を確認。

UD方向 (加速度時刻歴波形)

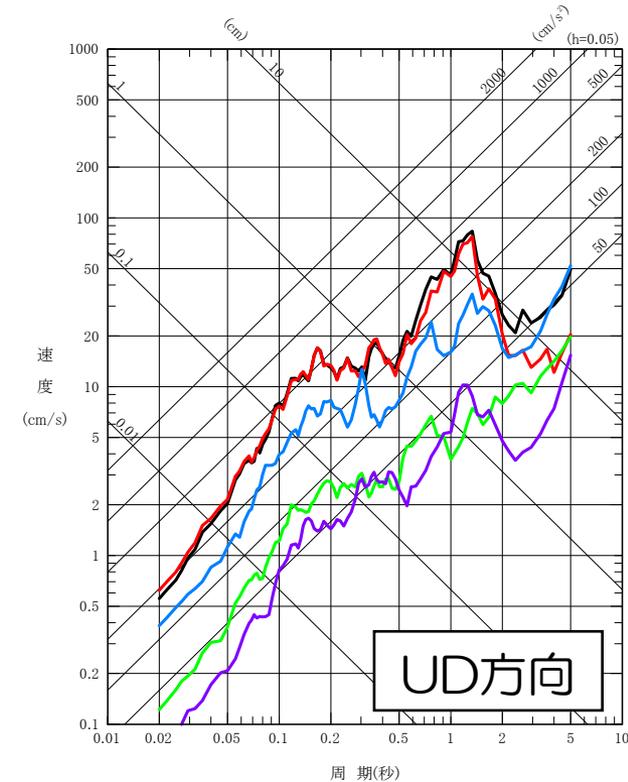
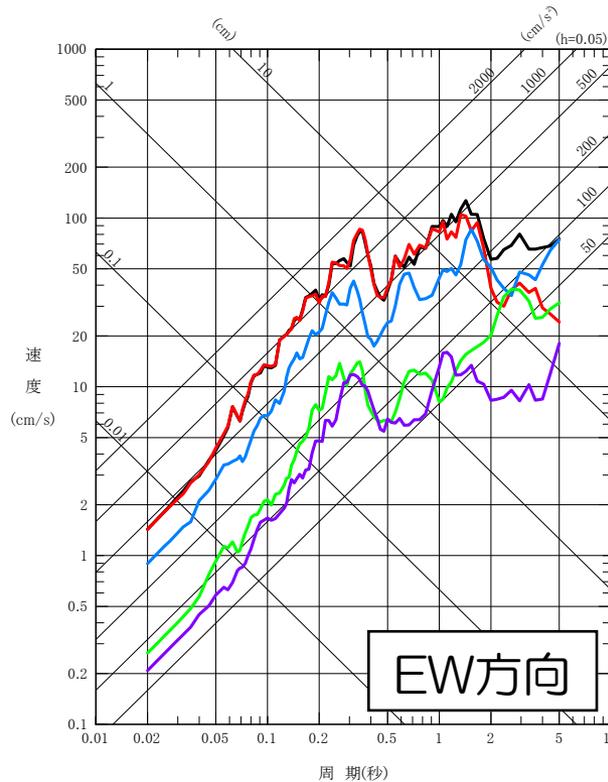
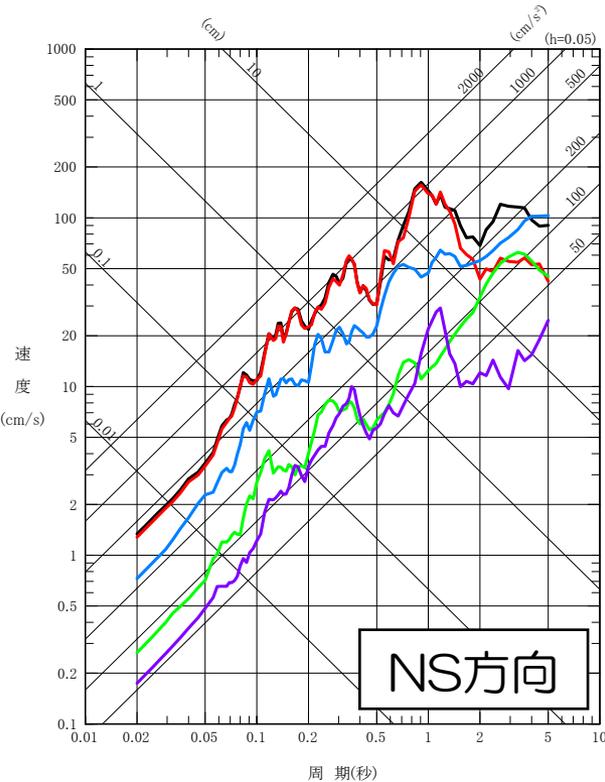


親不知海脚西縁～魚津断層帯の敷地への影響確認

各セグメントからの影響を確認。

1～4号機側（擬似速度応答スペクトル）

- 佐渡島南方断層～魚津断層帯 評価結果
- 佐渡島南方断層～魚津断層帯の内、佐渡島南方断層
- 佐渡島南方断層～魚津断層帯の内、F-D断層
- 佐渡島南方断層～魚津断層帯の内、高田冲断層
- 佐渡島南方断層～魚津断層帯の内、親不知海脚西縁～魚津断層帯

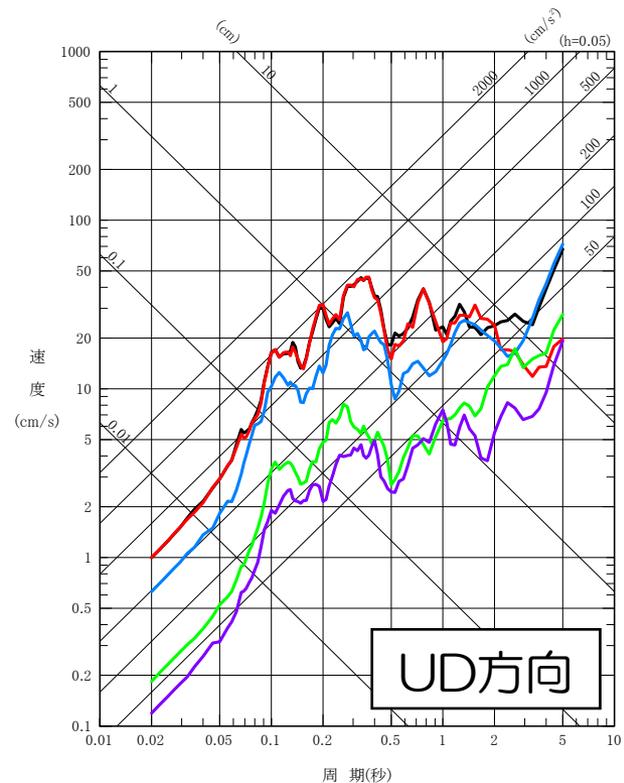
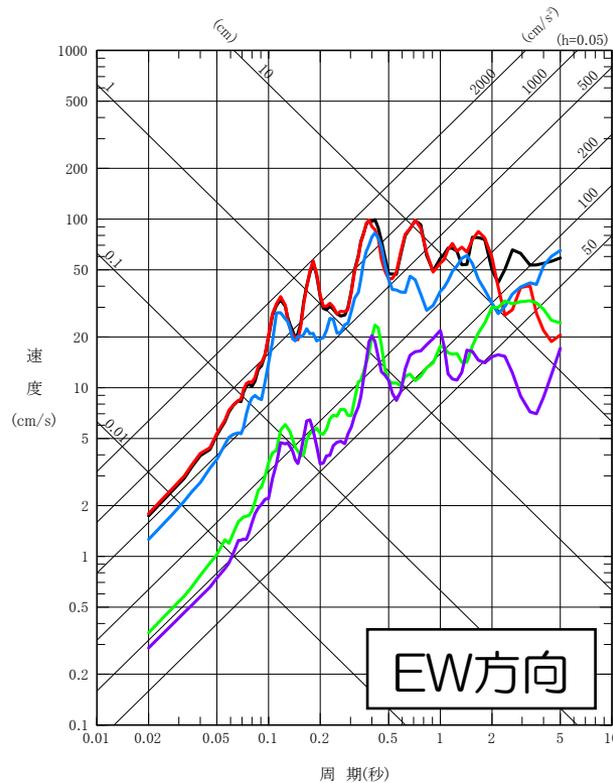
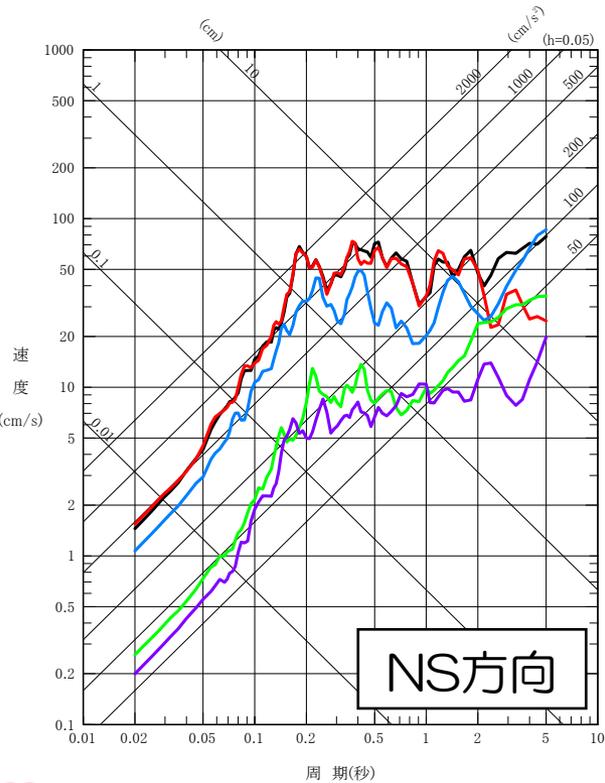


親不知海脚西縁～魚津断層帯の敷地への影響確認

各セグメントからの影響を確認。

5～7号機側（擬似速度応答スペクトル）

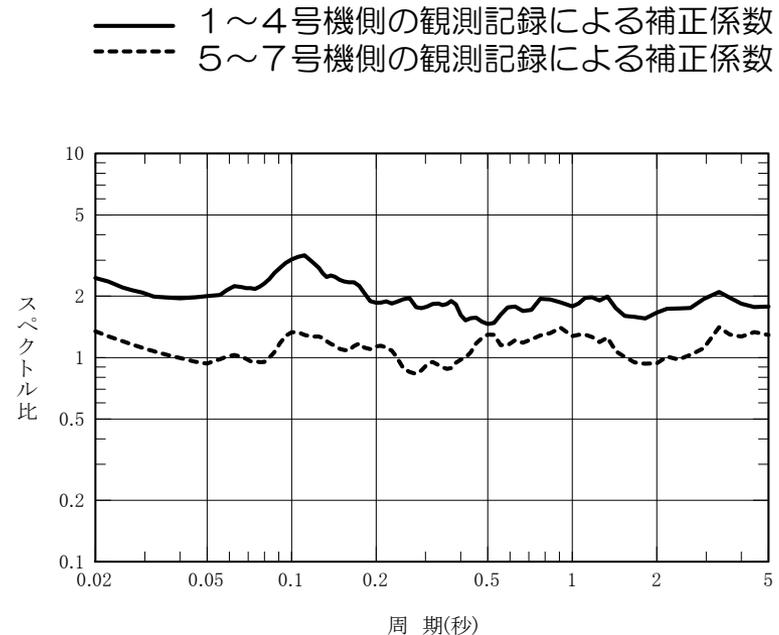
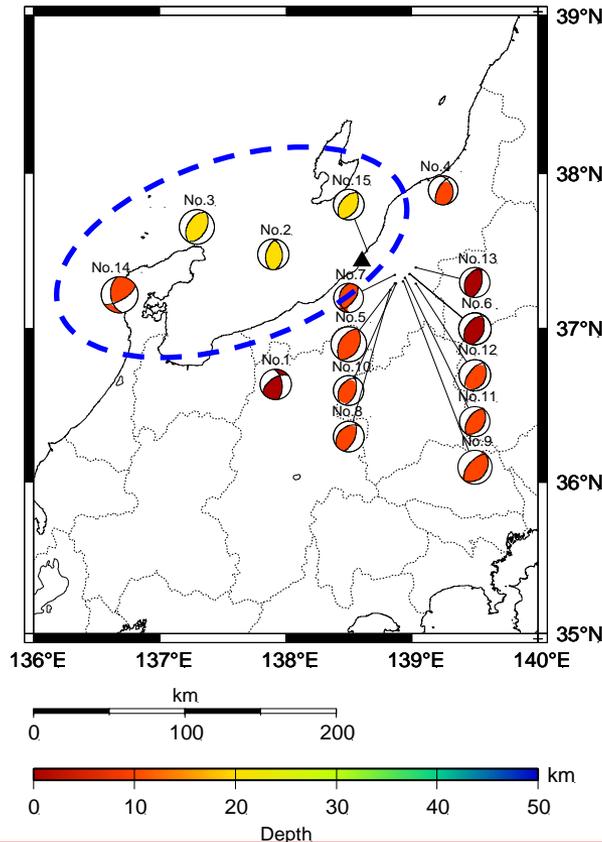
- 佐渡島南方断層～魚津断層帯 評価結果
- 佐渡島南方断層～魚津断層帯の内, 佐渡島南方断層
- 佐渡島南方断層～魚津断層帯の内, F-D断層
- 佐渡島南方断層～魚津断層帯の内, 高田冲断層
- 佐渡島南方断層～魚津断層帯の内, 親不知海脚西縁～魚津断層帯



応答スペクトルに基づく地震動評価

- 評価手法：Noda et al. (2002) による手法
- 観測記録による補正係数：想定する地震と同一方向の海域で発生した地震の解放基盤波とNoda et al. (2002) による応答スペクトルの比（1～4号機側，5～7号機側で評価）

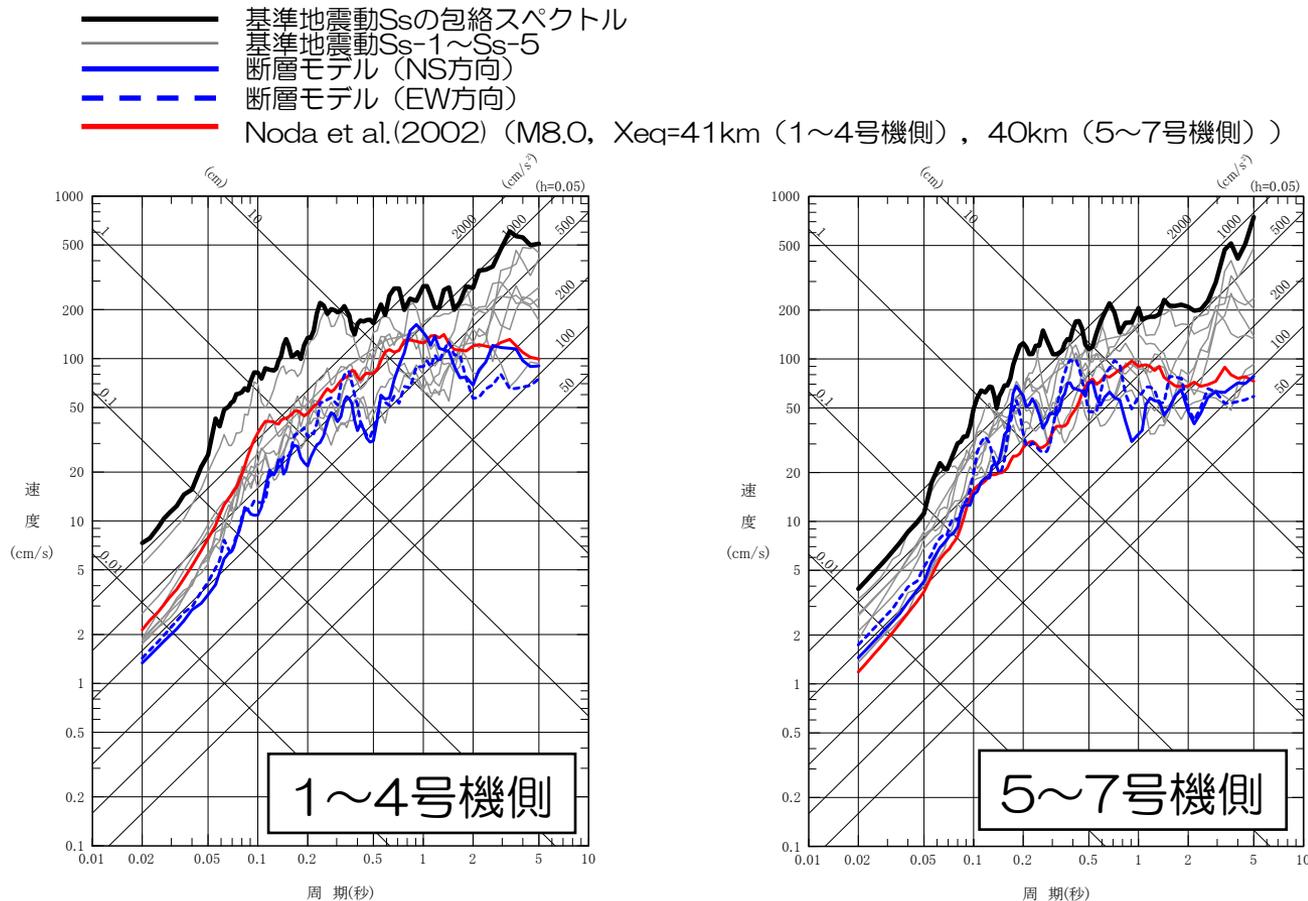
補正係数の算定に用いた地震の震央分布



Noda et al.(2002)の手法で用いる
観測記録による補正係数

応答スペクトルに基づく地震動評価

- 応答スペクトルに基づく手法により評価を実施。
- 評価結果は、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果と調和的である。



応答スペクトルによる手法と断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較 (水平方向)

まとめ

- 『佐渡島南方断層～F-D断層～高田沖断層～親不知海脚西縁断層～魚津断層帯』について、連動を考慮した地震動評価を実施した。
- 『佐渡島南方断層～F-D断層～高田沖断層～親不知海脚西縁断層～魚津断層帯』の連動を考慮した地震動は、基準地震動 S_s を下回ることを確認した。
- 敷地における地震動評価においては、『佐渡島南方断層』の影響が支配的であり、『親不知海脚西縁断層～魚津断層帯』の影響は小さいことを確認した。

参考文献

- (1) 東京電力（2008）：柏崎刈羽原子力発電所における平成19年新潟県中越沖地震時に取得された地震観測データの分析及び基準地震動に係る報告書
- (2) 地震調査研究推進本部（2008）：平成19年（2007年）新潟県中越沖地震の評価，平成20年1月11日，地震調査委員会資料
- (3) 地震調査研究推進本部（2009）：「全国地震動予測地図」報告書（強震動予測レシピ）
- (4) Murotani, S, S. Matsushima, T. Azuma, K. Irikura, S. Kitagawa (2010): Scaling relations of earthquakes on inland active mega-fault systems, 2010 AGU Fall Meeting, S51A-1911.
- (5) 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，vol.110, No.6
- (6) Somerville, P.G., K. Irikura, R. Graves, S. Sawada, D. Wald, N. Abrahamson, Y. Iwasaki, T. Kagawa, N. Smith, and A. Kowada (1999) : Characterizing crustal earthquake slip models for the prediction of strong ground motion, Seismological Research Letters, 70.
- (7) 入倉孝次郎、倉橋奨（2010）：長大な活断層に発生する地震に対する強震動予測のためのレシピの高度化，第13回日本地震工学シンポジウム，講演資料，<http://www.kojiro-irikura.jp/pdf/jishinkougaku2010.pdf>
- (8) 芝良昭（2008）：2007年新潟県中越沖地震の震源過程の解明と広帯域強震動評価，電力中央研究所報告，研究報告NO8007
- (9) 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定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，第545号
- (10) Madariaga, R. (1979) : On the relation between seismic moment and stress drop in the presence of stress and strength heterogeneity, Journal of Geophysical Research, 84.
- (11) KAZUO DAN, TAKAHIDE WATANABE and TEIJI TANAKA (1989) : A SEMI-EMPIRICAL METHOD TO SYNTHESIZE EARTHQUAKE GROUND MOTIONS BASED ON APPROXIMATE FAR-FIELD SHEAR-WAVE DISPLACEMENT, 日本建築学会構造系論文報告集，第396号
- (12) Noda, S., K.Yashiro, K.Takahashi, M.Takemura, S.Ohno, M.Tohdo and T.Watanabe (2002) : RESPONSE SPECTRA FOR DESIGN PURPOSE OF STIFF STRUCTURES ON ROCK SITES, OECD-NEA Workshop on the Relations between Seismological DATA and Seismic Engineering, Oct.16-18, Istanbul.
- (13) 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—地震断層の影響および地震被害との関連—，地震2，51