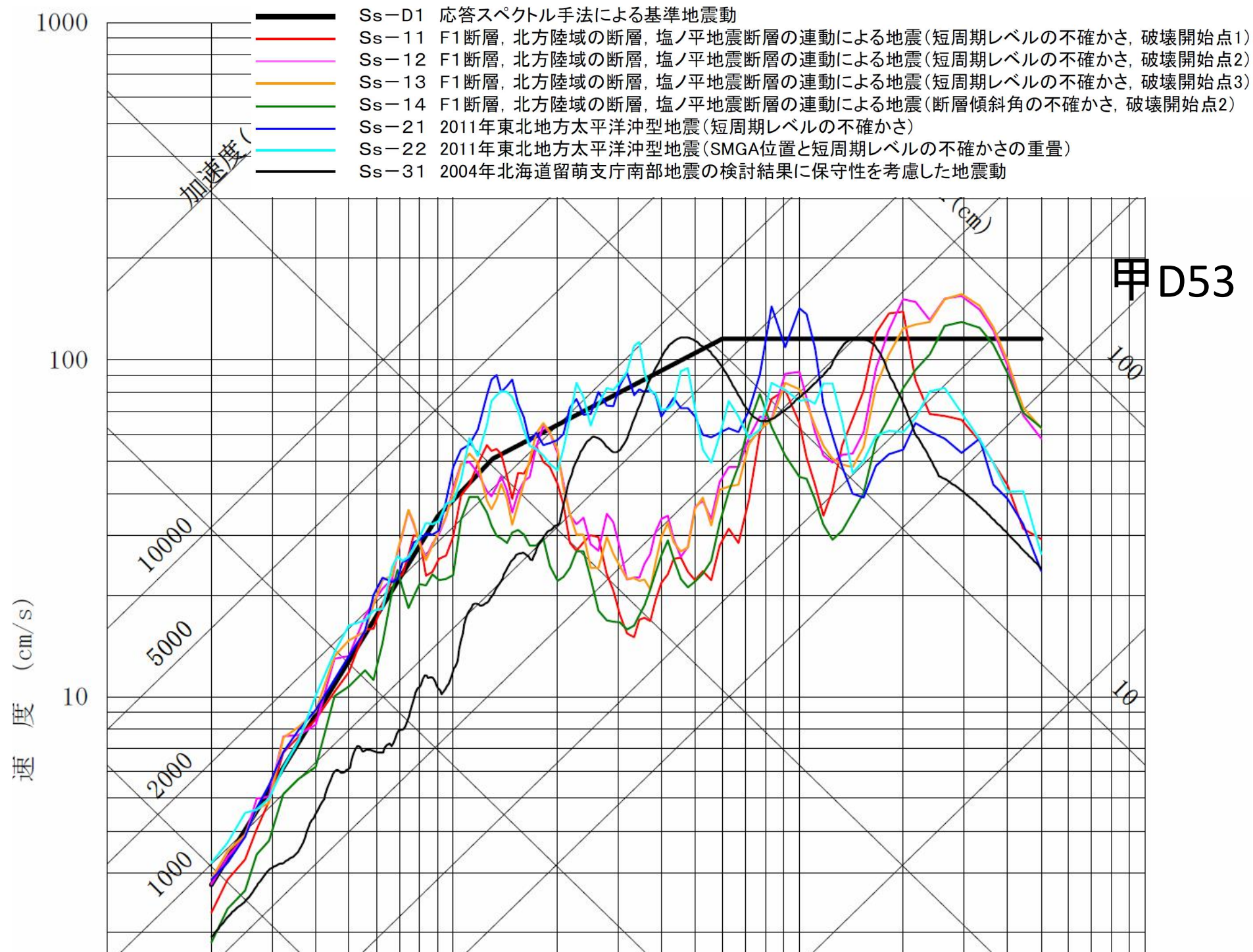


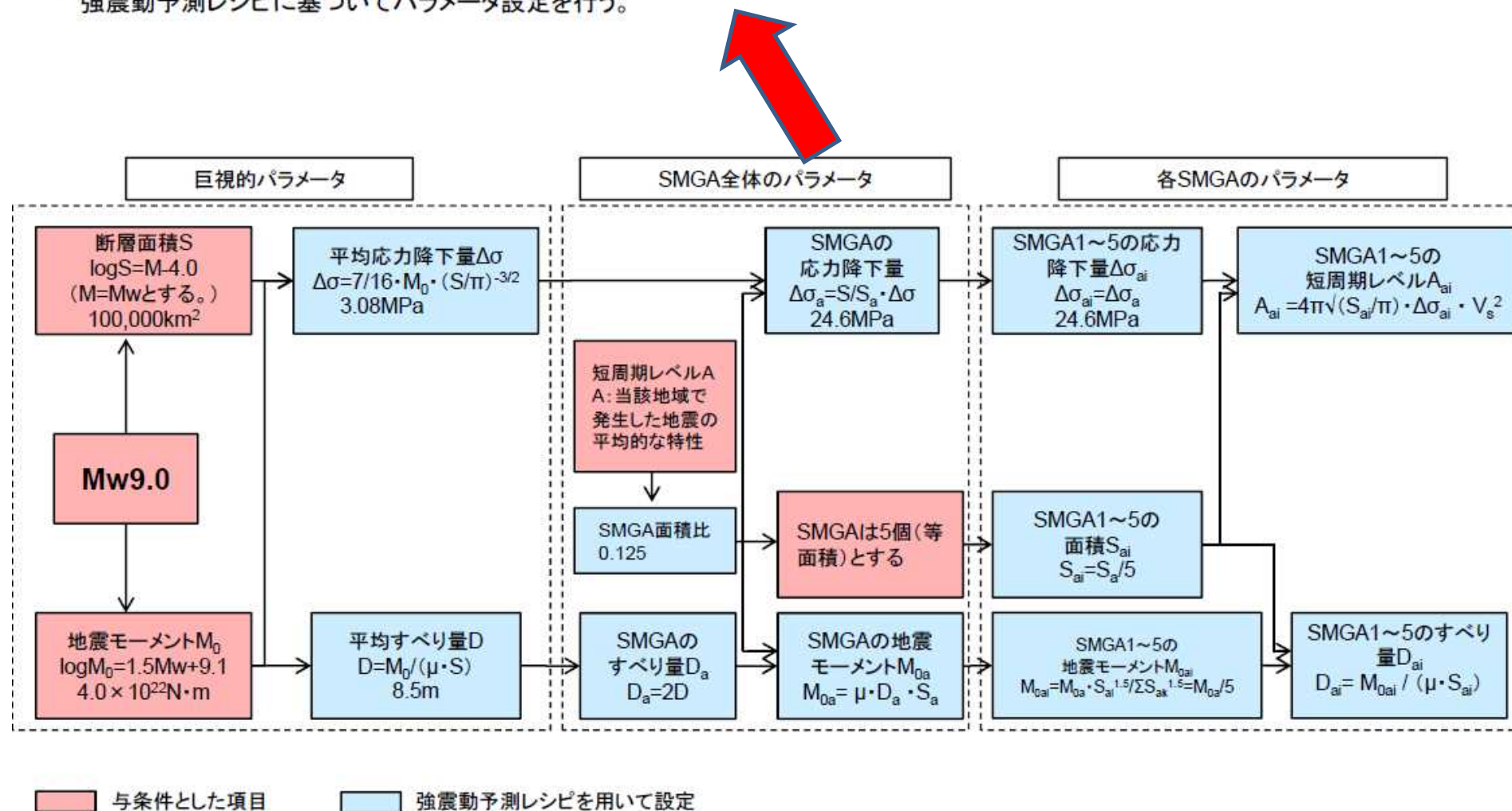
川里証人反対尋問書証つづり





基本震源モデルの設定フロー

■ 巨大プレート間地震に対し強震動予測レシピが適用できることは諸井ほか(2013)で示されている。よって基本震源モデルについて、強震動予測レシピに基づいてパラメータ設定を行う。



(SMGA: 強震動生成域)

標準的な強震動レシピに基づく東北地方太平洋沖巨大地震の強震動の再現

○諸井孝文¹⁾・広谷 浄²⁾・石川和也³⁾・水谷浩之⁴⁾・引間和人⁵⁾・川里 健⁶⁾・生玉真也⁷⁾・釜田正毅⁸⁾

1)正会員 (株)小堀鐸二研究所,東京都港区赤坂6-5-30,moroi@kobori-takken.co.jp,

2)非会員 東北電力(株),仙台市青葉区本町1-7-1,hirotani.kiyoshi.nv@tohoku-epco.co.jp, 3)同,ishikawa.kazuya.jp@tohoku-epco.co.jp,

4)非会員 東京電力(株),東京都千代田区内幸町1-1-3,mizutani.hiroyuki@tepc.co.jp, 5)正会員 同,hikima.kazuhito@tepc.co.jp,

6)正会員 日本原子力発電(株),東京都千代田区神田美土代町1-1,takeshi-kawasato@japc.co.jp, 7)同,shinya-ikutama@japc.co.jp,

8)非会員 鹿島建設(株),東京都港区赤坂 6-5-11,kamata-masaki@kajima.com

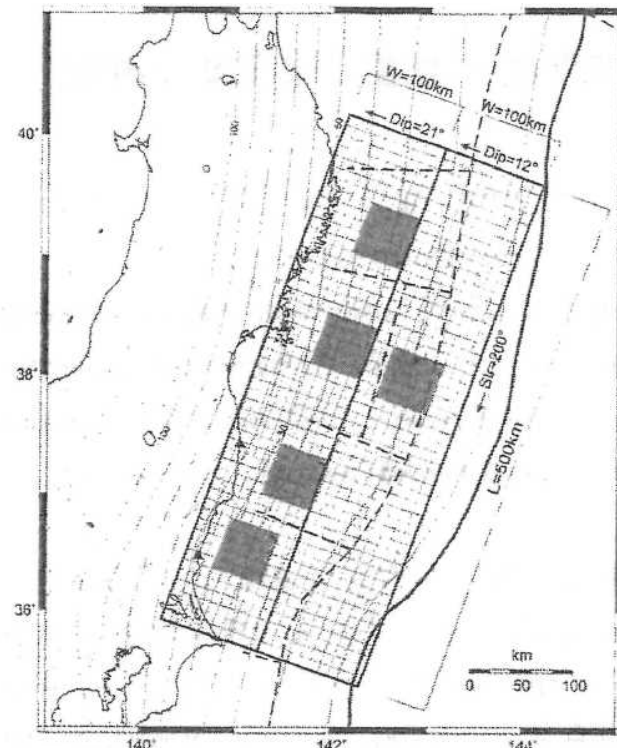


図 1 震源モデル (背景の太線は日本海溝, 破線は海溝型地震の発生領域, 点線はJ-SHISの太平洋プレート上面等深線)

表 1 断層パラメータ

	面積 $S(\text{km}^2)$	地震モーメント $M_0(\text{Nm})$	平均すべり量 $D(\text{m})$	応力降下量 $\Delta\sigma(\text{MPa})$	短周期レベル $A(\text{Nm/s}^2)$
断層全体	100,000	$4.0\text{E}+22$	8.5	3.08	$2.97\text{E}+20$
SMGA1個あたり	2,500	$2.0\text{E}+21$	17.1	24.6	$1.33\text{E}+20$
背景領域	87,500	$3.0\text{E}+22$	7.3	4.9	—

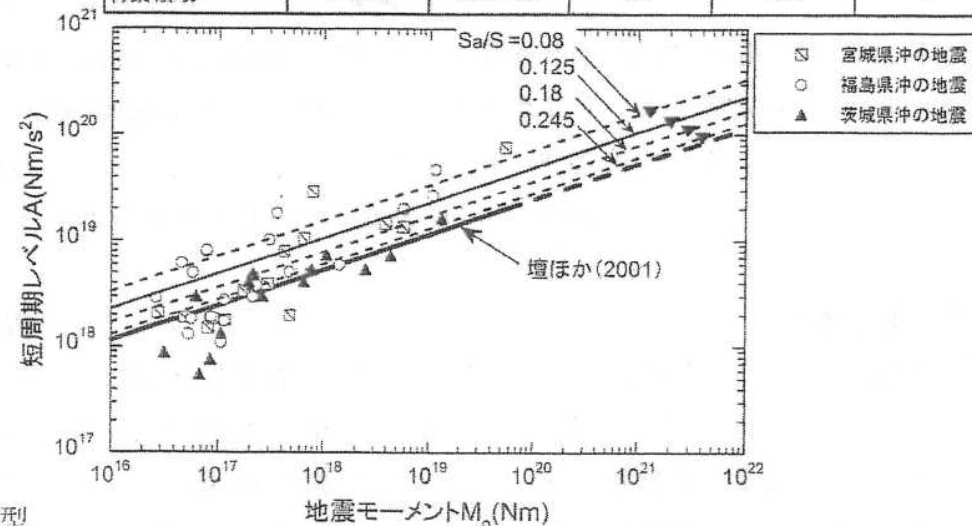
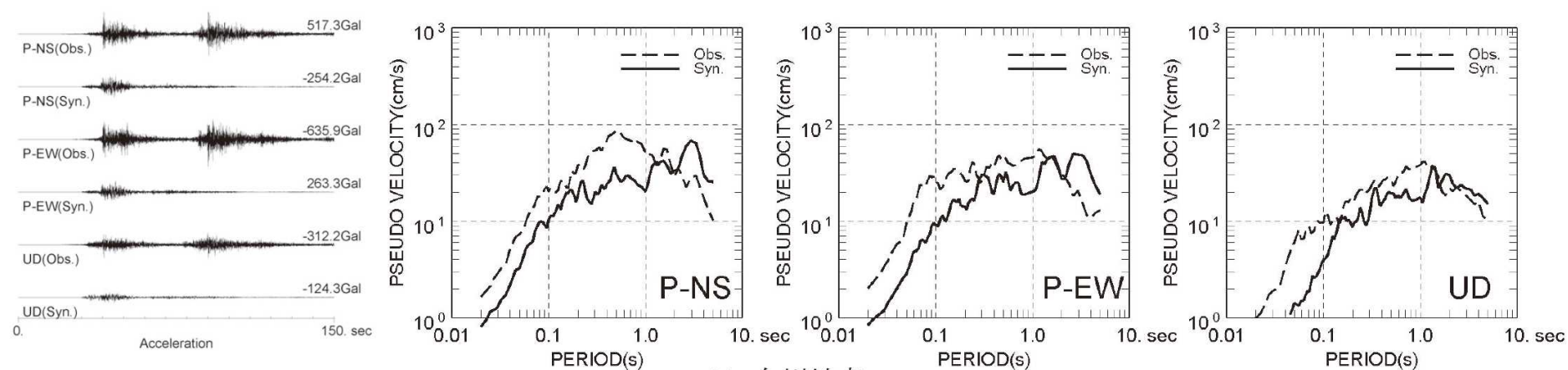


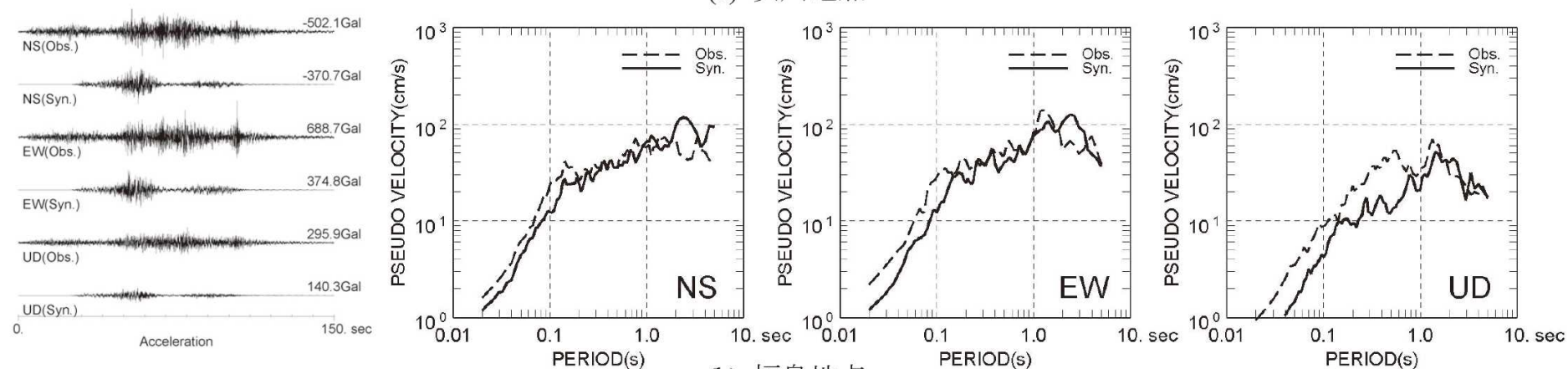
図 2 当該 3 地域の中小地震と SMGA の M_0-A 関係

図3(a) 女川地点

丙D44



(a) 女川地点



(b) 福島地点

図3(b) 福島地点

図3(c) 東海地点

丙D44

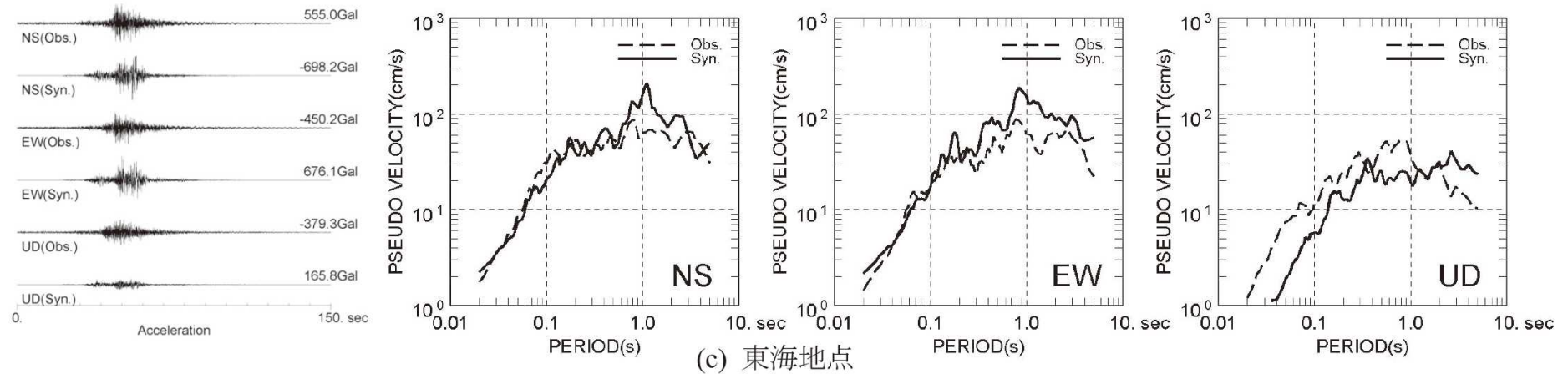


図3 標準的強震動レシビに基づく東北地方太平洋沖巨大地震の強震動(加速度波形と $h=5\%$ 擬似速度応答スペクトル)

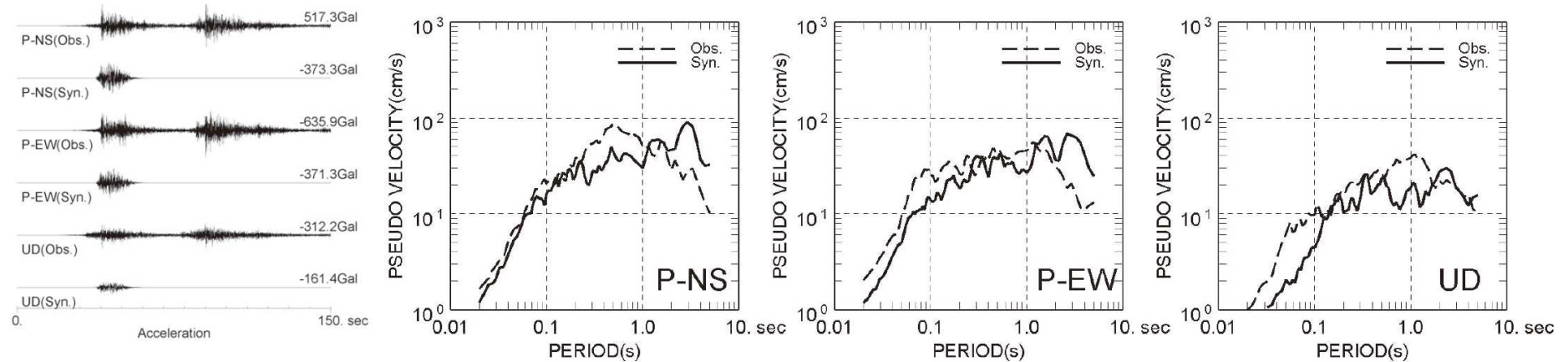


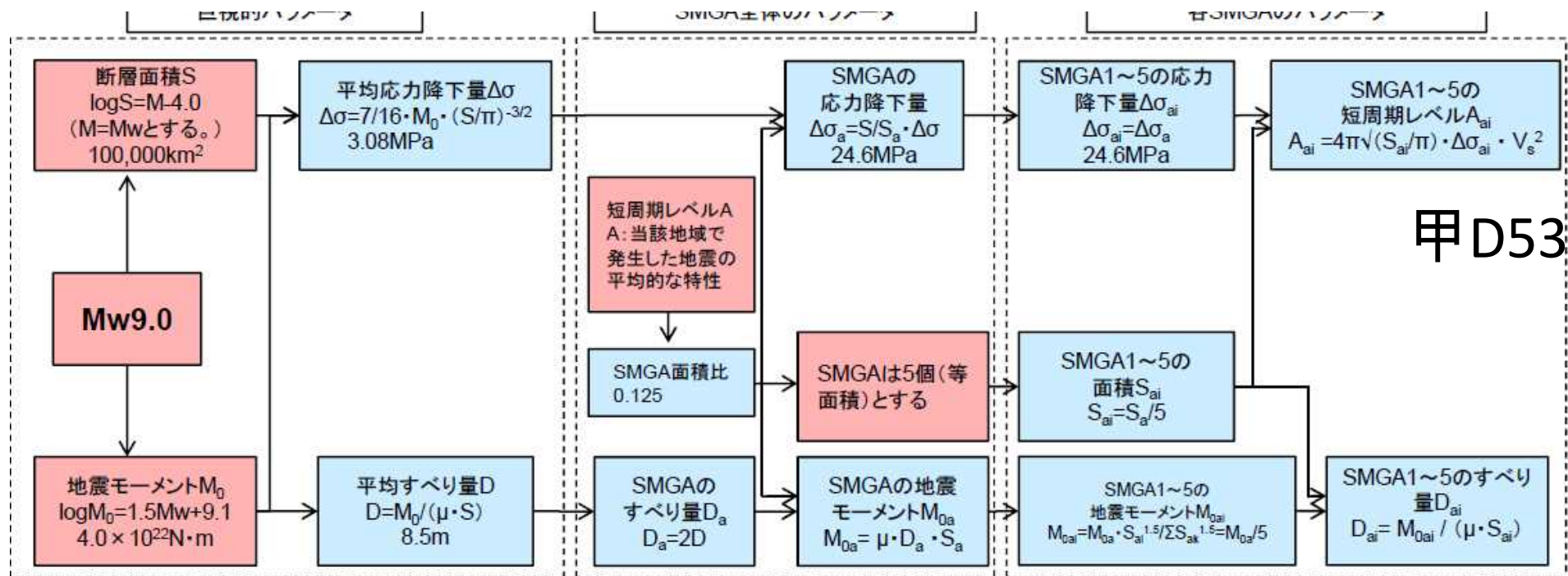
図4 震源の地域性を考慮した女川地点の強震動 (短周期レベルを 1.4 倍)

※宮城県沖 SMGA のみで評価

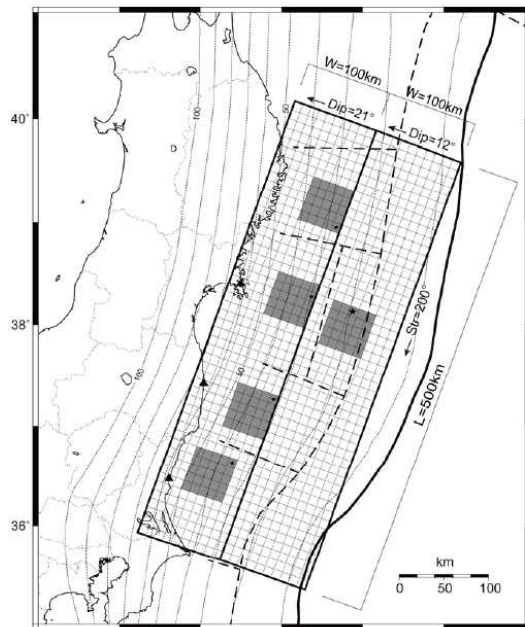
図4 女川地点(短周期レベル1.4倍)

1. はじめに

震源の特性化手続きに始まるいわゆる強震動予測レシピ¹⁾は、これまで地震の発生様式を問わず様々なタイプの地震の地震動評価に十分な効果を発揮してきた。その一方で2011年3月11日に東北地方太平洋沖地震というわが国観測史上最大規模の地震が発生し、強震動レシピの考え方がこの規模の地震にまで適用可能かどうかの検討が必要とされている。そこでここでは一昨年と同規模のプレート間巨大地震を想定し、地震前の先験情報に基づく標準的な強震動レシピを用いた震源のモデル化を行うことで、女川、福島第一、東海第二の各原子力発電所における露頭岩盤上の強震動の再現を統計的グリーン関数法により試みる。



与条件の項目 強震動予測パシピを用いて設定



(SMGA: 強震動生成域)

表1 断層パラメータ

	面積 S(km ²)	地震モーメント M ₀ (Nm)	平均すべり量 D(m)	応力降下量 Δσ(MPa)	短周期レベル A(Nm/s ²)
断層全体	100,000	4.0E+22	8.5	3.08	2.97E+20
SMGA1個あたり	2,500	2.0E+21	17.1	24.6	1.33E+20
背景領域	87,500	3.0E+22	7.3	4.9	—

丙D44

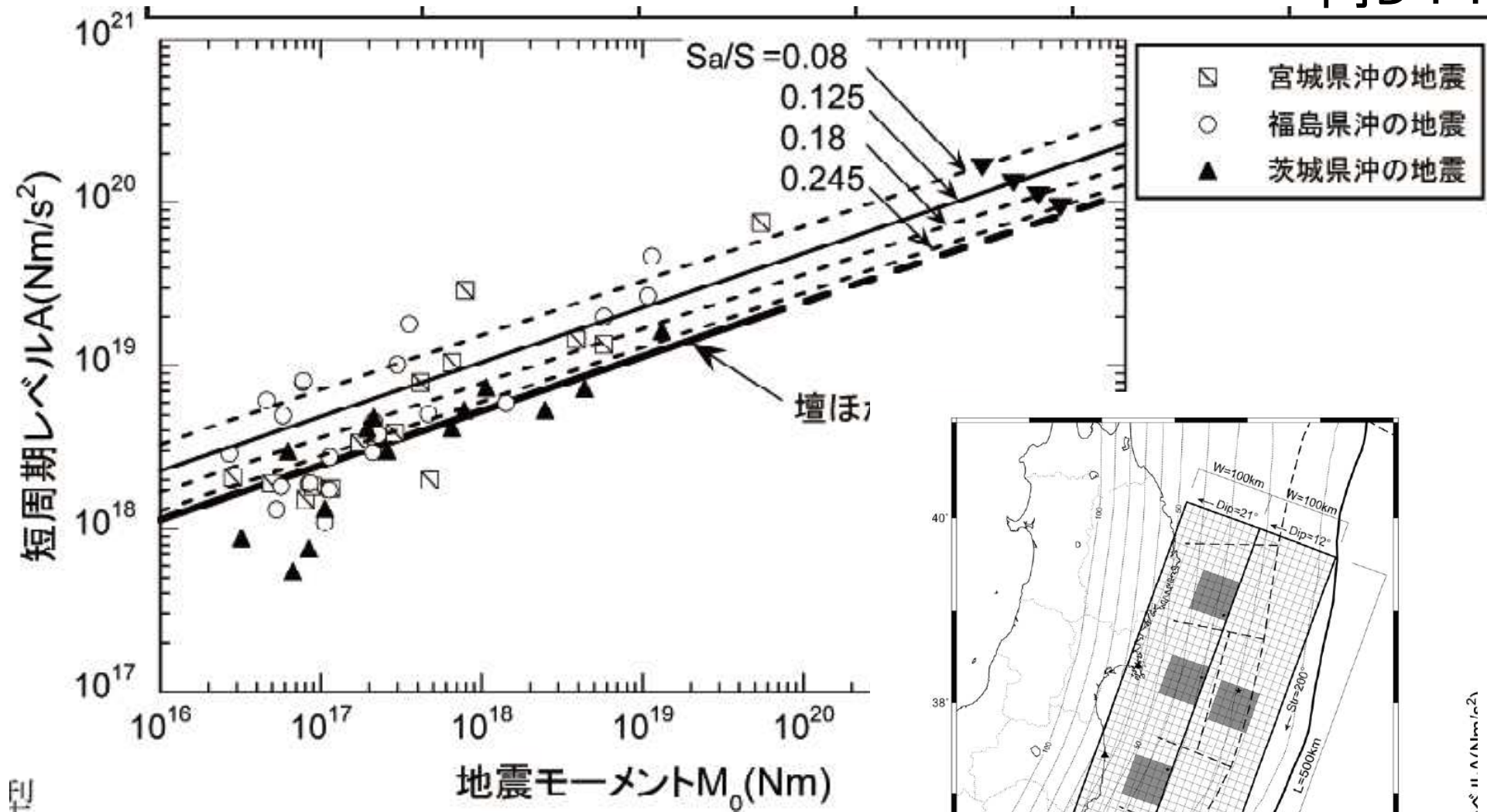


図2 当該3地域の中小地震

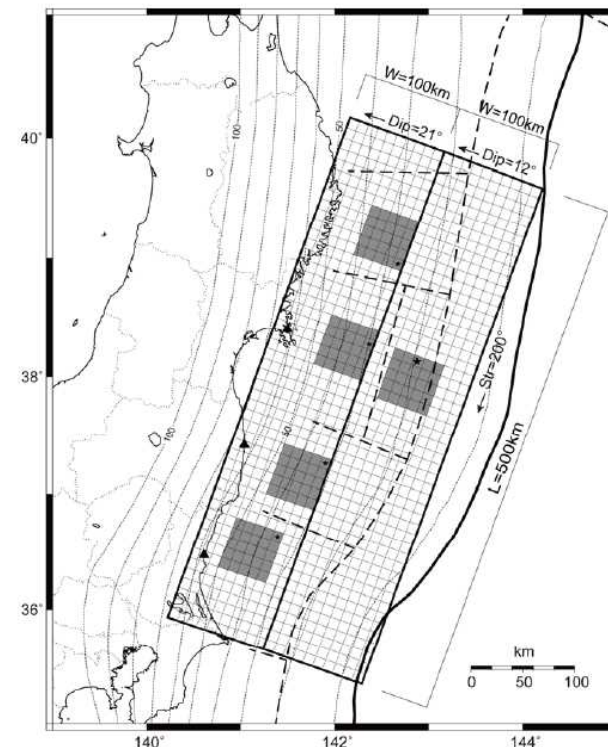


図1 震源モデル（背景の太線は日本海溝、破線は海溝型地震の発生領域、点線はJ-SHISの太平洋プレート上面等深線）

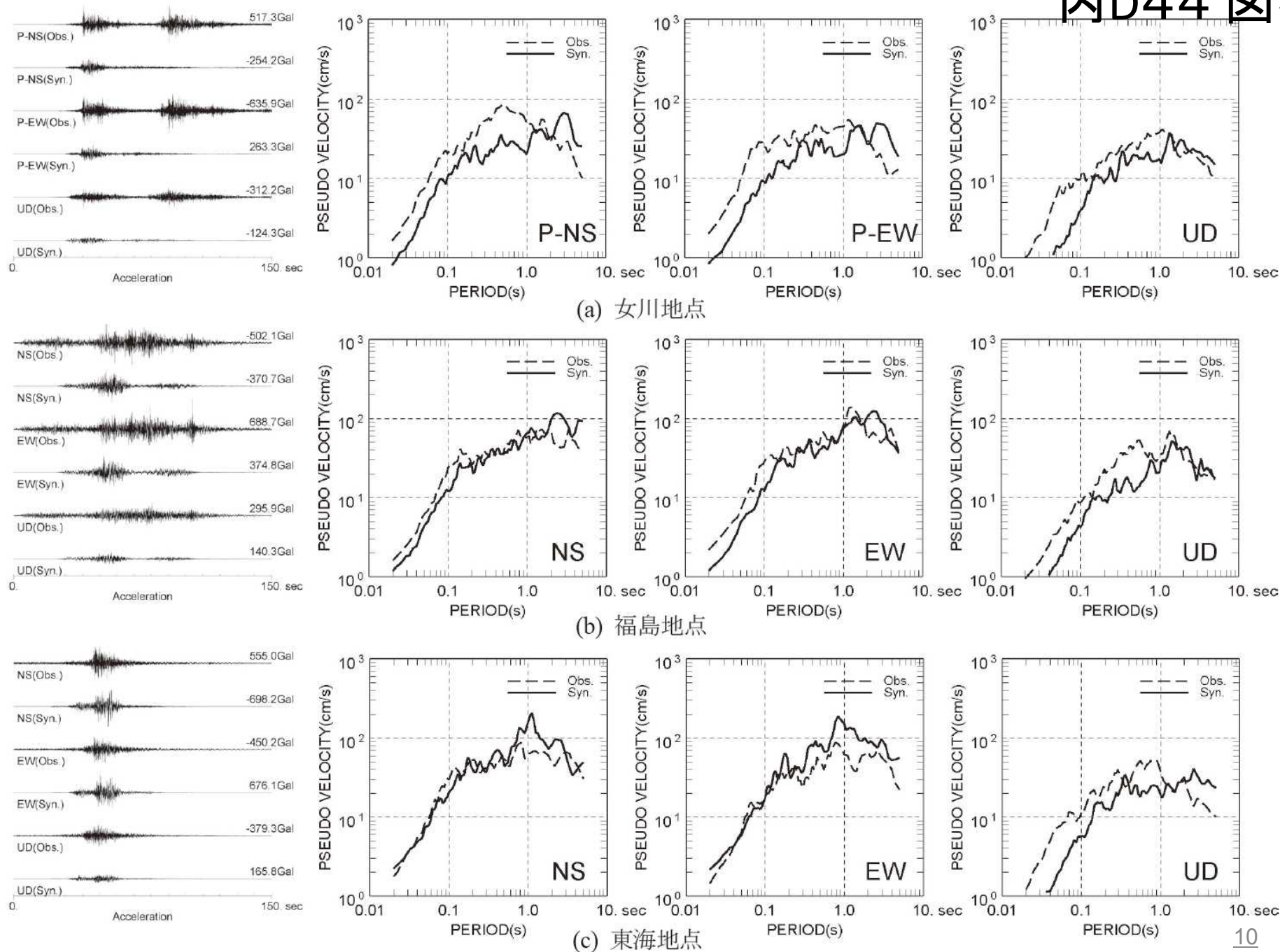
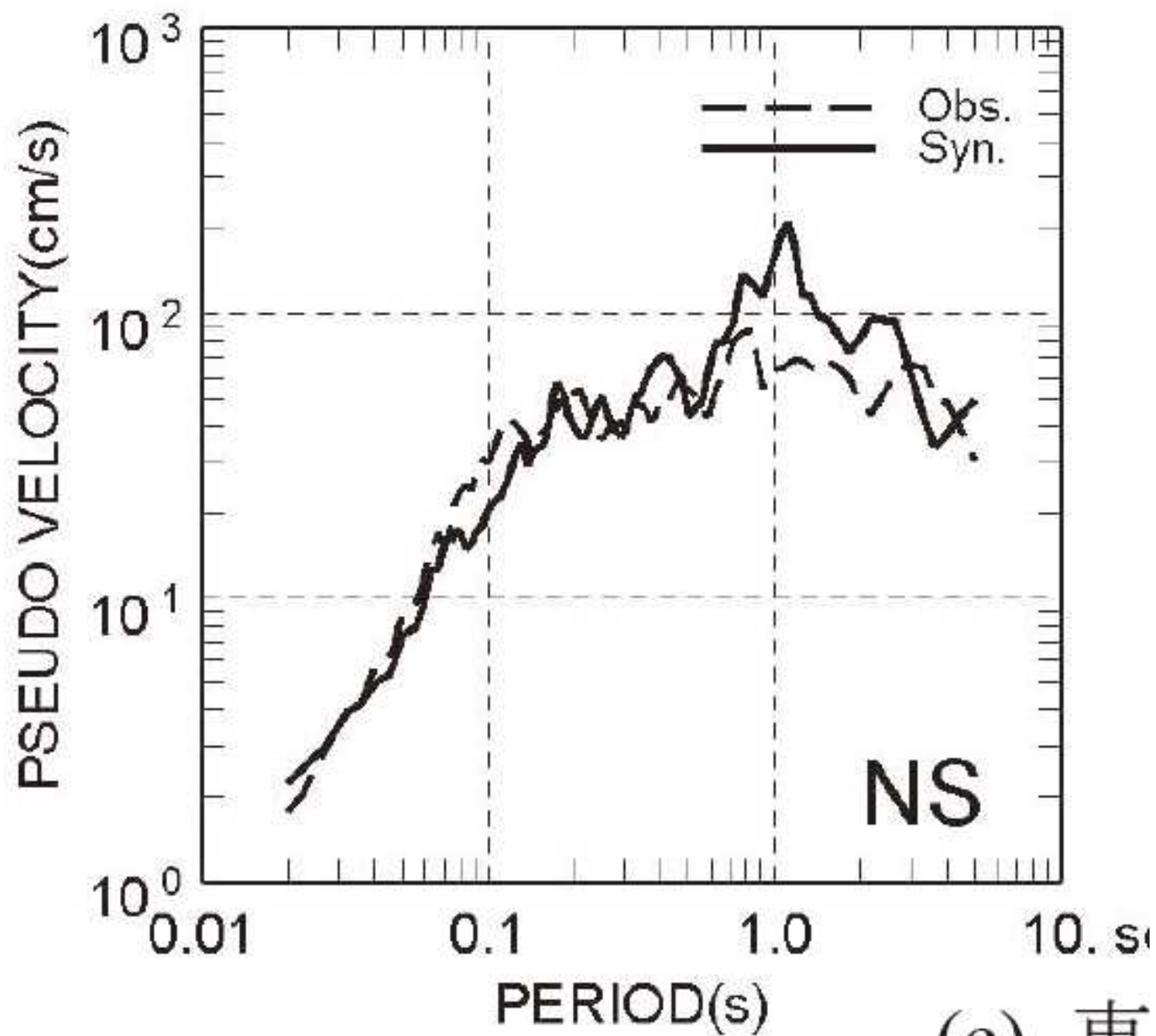


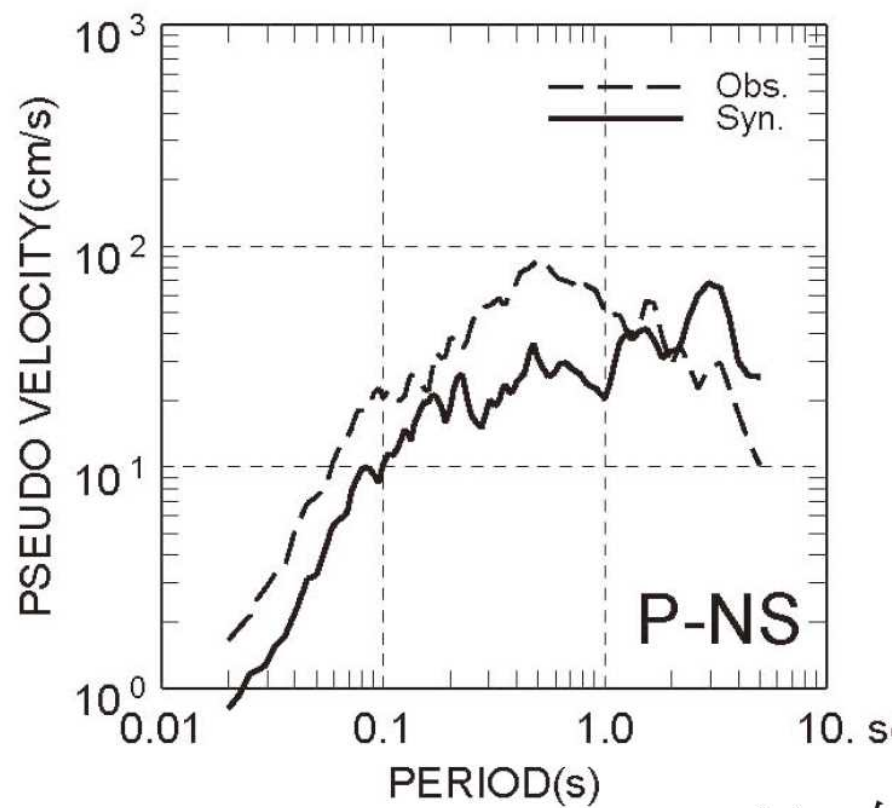
図3 標準的強震動レシポに基づく東北地方太平洋沖巨大地震の強震動(加速度波形と $h=5\%$ 擬似速度応答スペクトル)



丙D44
図3(c)東海

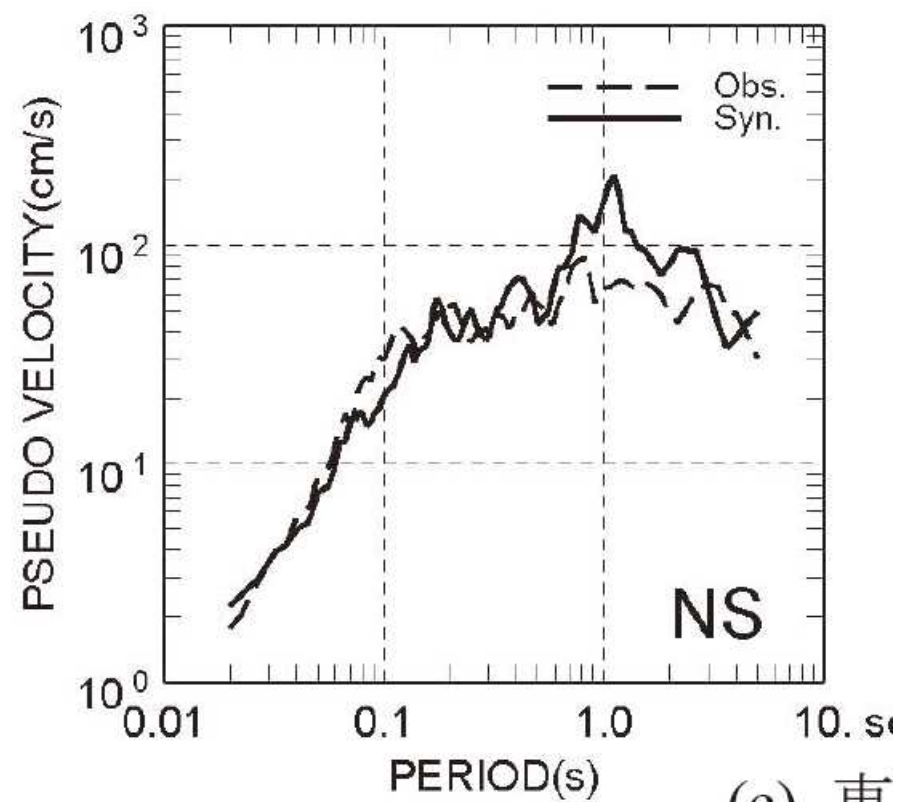
(c) 東

丙D44



(a) 女

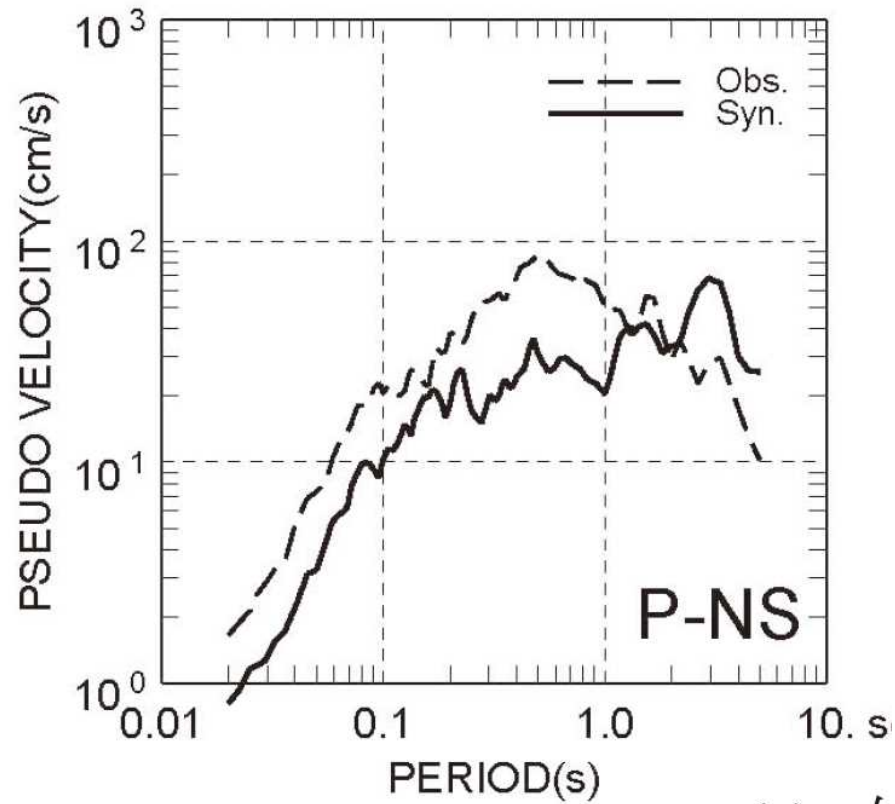
丙D44
図3(a) 女川



(c) 東

丙D44
図3(c) 東海

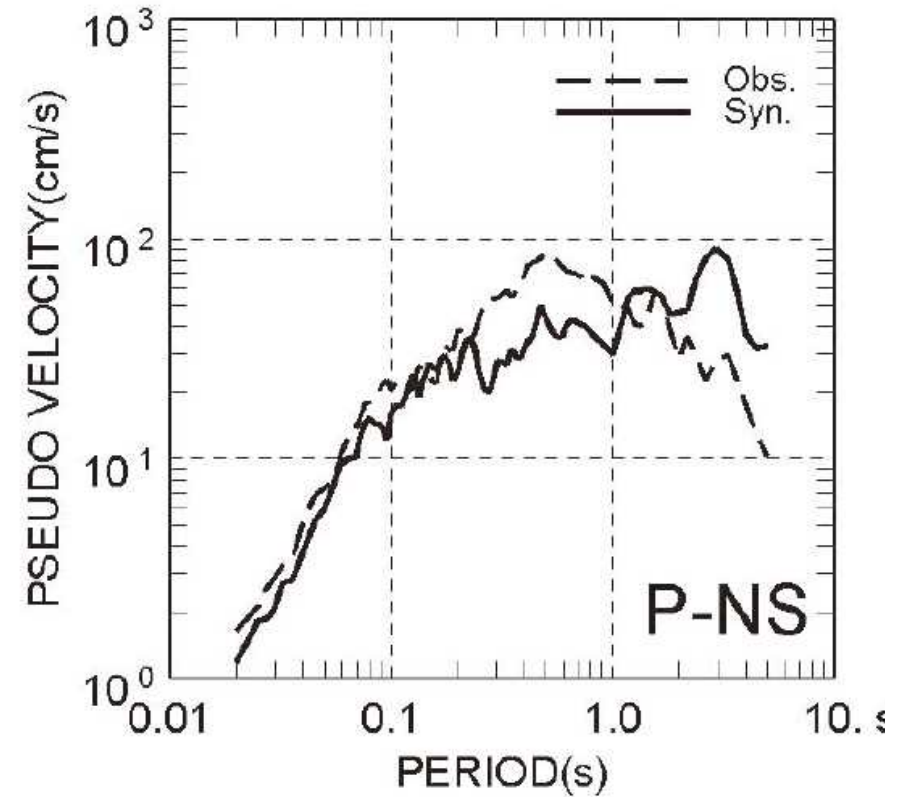
丙D44



(a) 女川
り地域性を考慮した女川地点の

丙D44

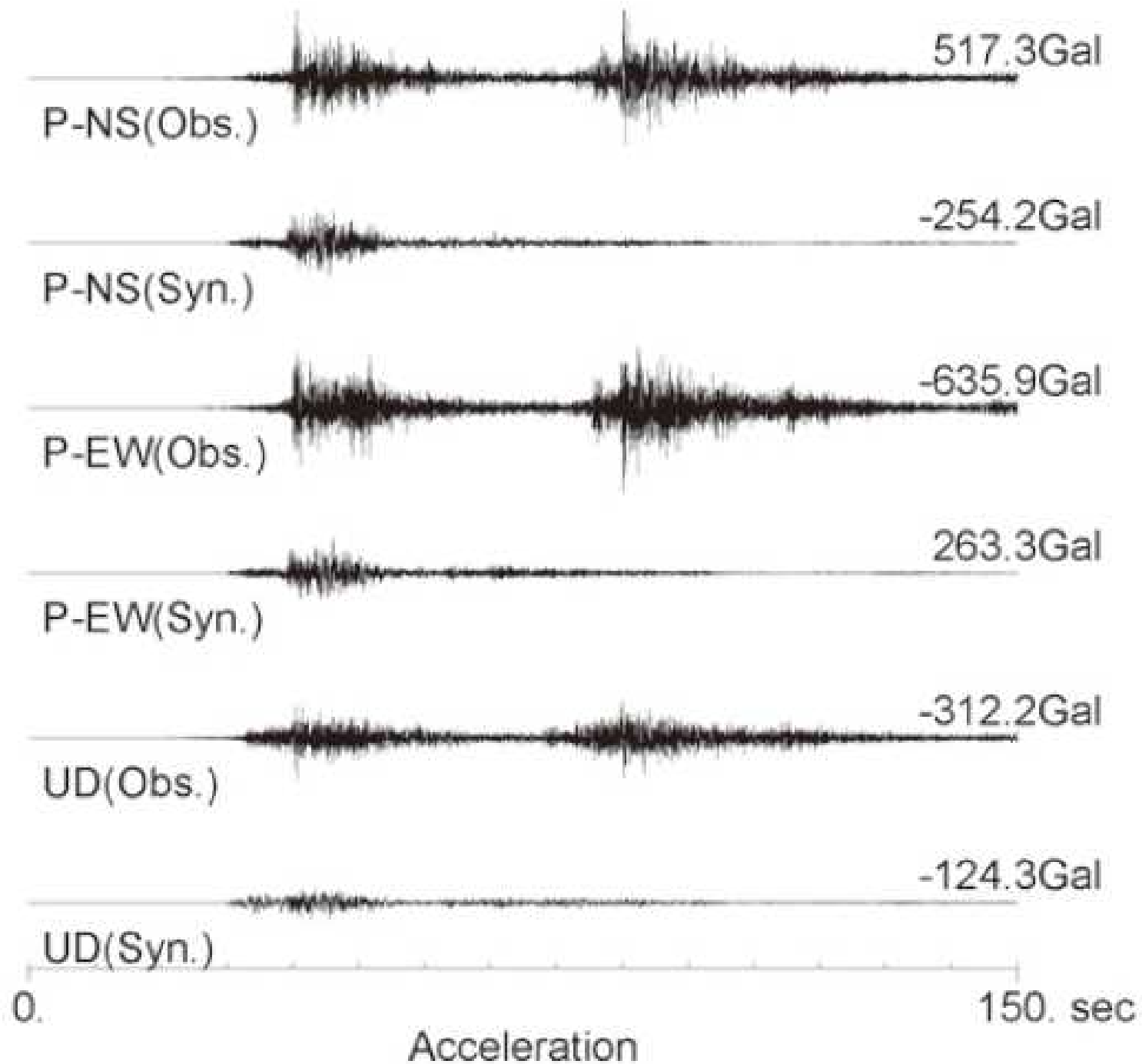
図3(a) 女川



丙D44

図4 女川(1, 4倍)

丙D44
3(a) 女J



SPGAモデル

東北地方太平洋沖地震をはじめとする海溝型巨大地震において特徴的な強震動パルスのパルス幅と調和的なサイズのサブイベント(SPGA)から構成される震源モデルであり、サブイベントのサイズは対象地震の場合一辺が数km程度.

SMGAモデル

より広い領域(対象地震の場合、一辺が数十km程度)からまんべんなく強震動が生成されるとする震源モデル.

甲D194野津意見書

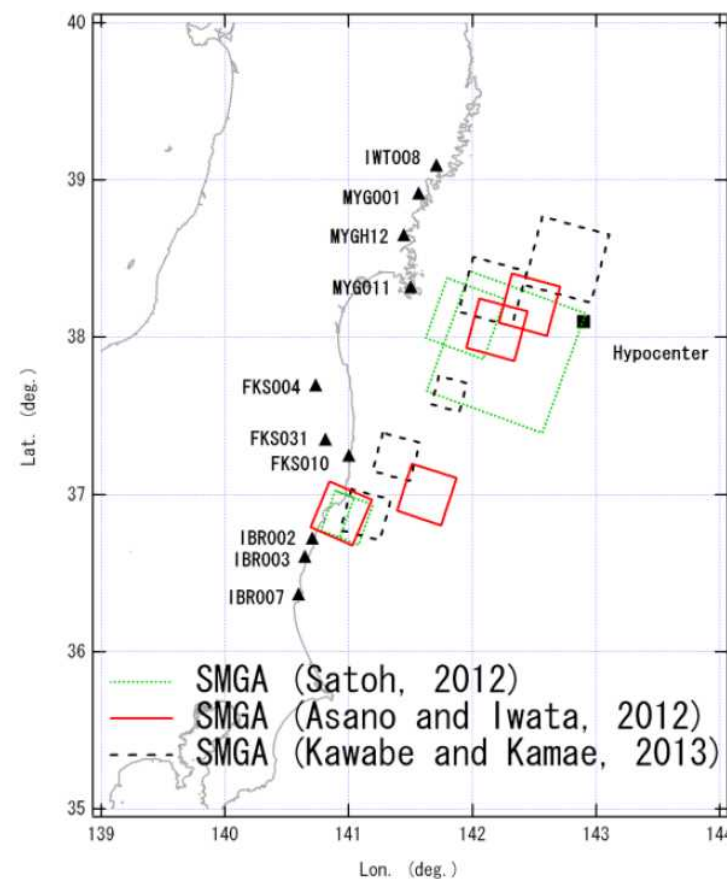
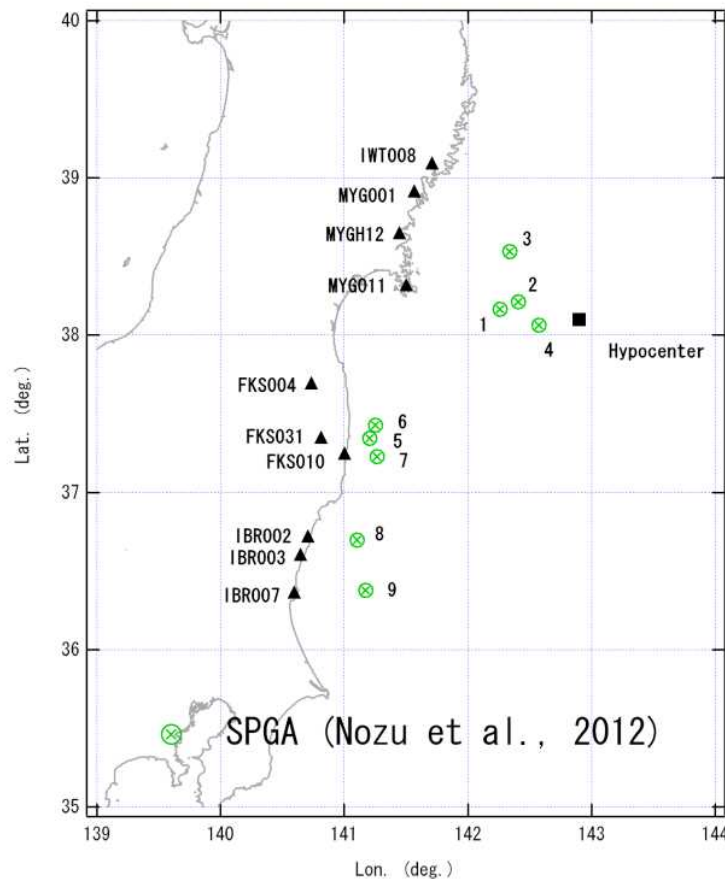


図 12 2011 年東北地方太平洋沖地震を対象とした SPGA モデルと SMGA モデルの比較

丙D44

図4女川

短周期レベル1. 4

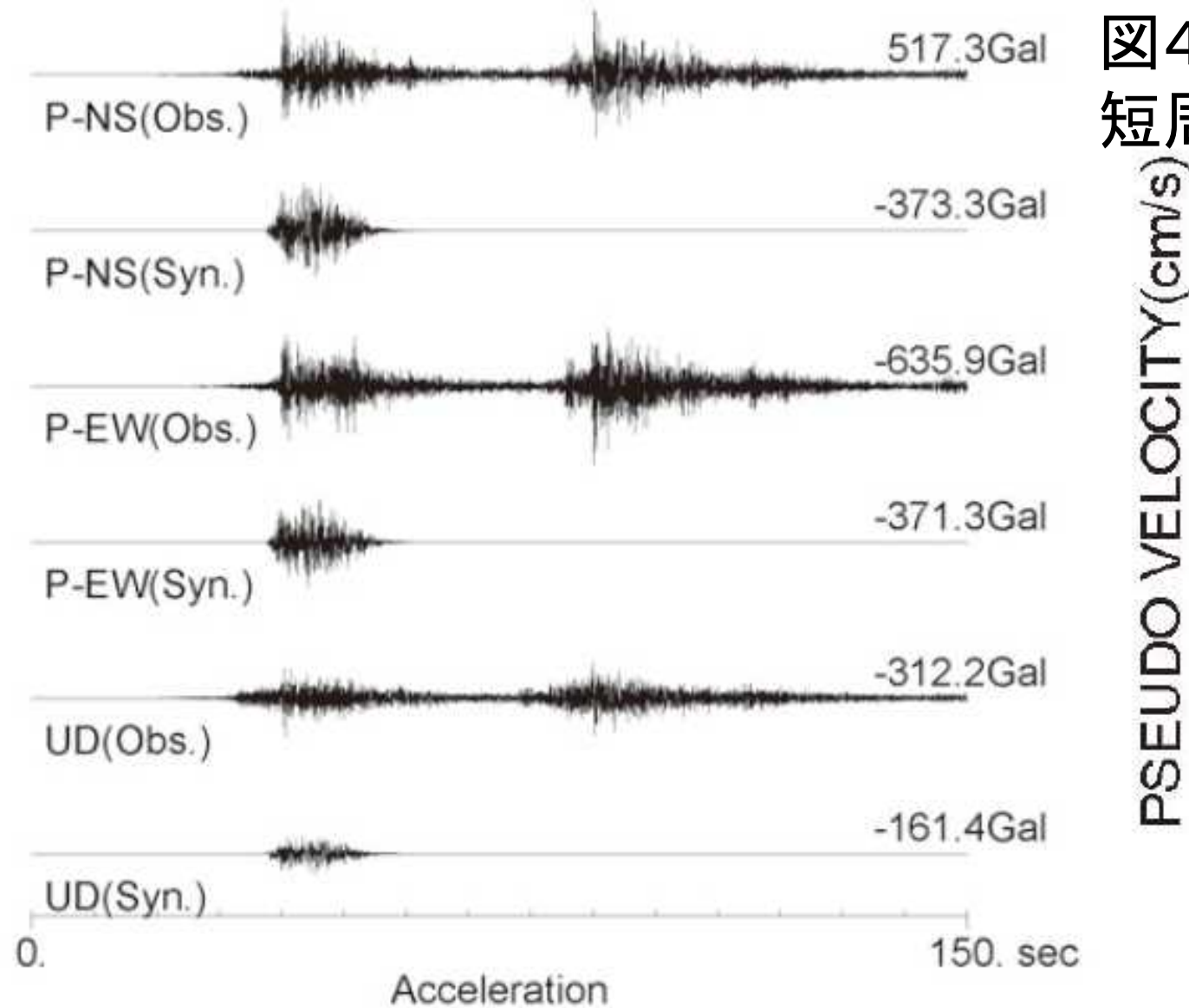


図4 震源の地

丙D44

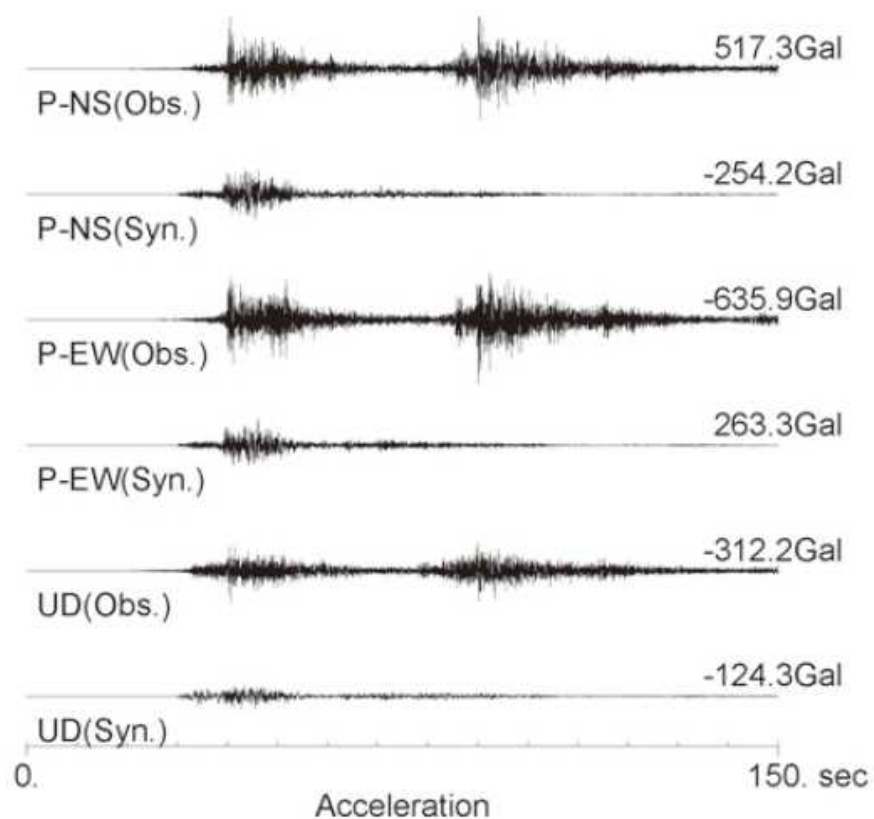


図3(a) 女川

丙D44

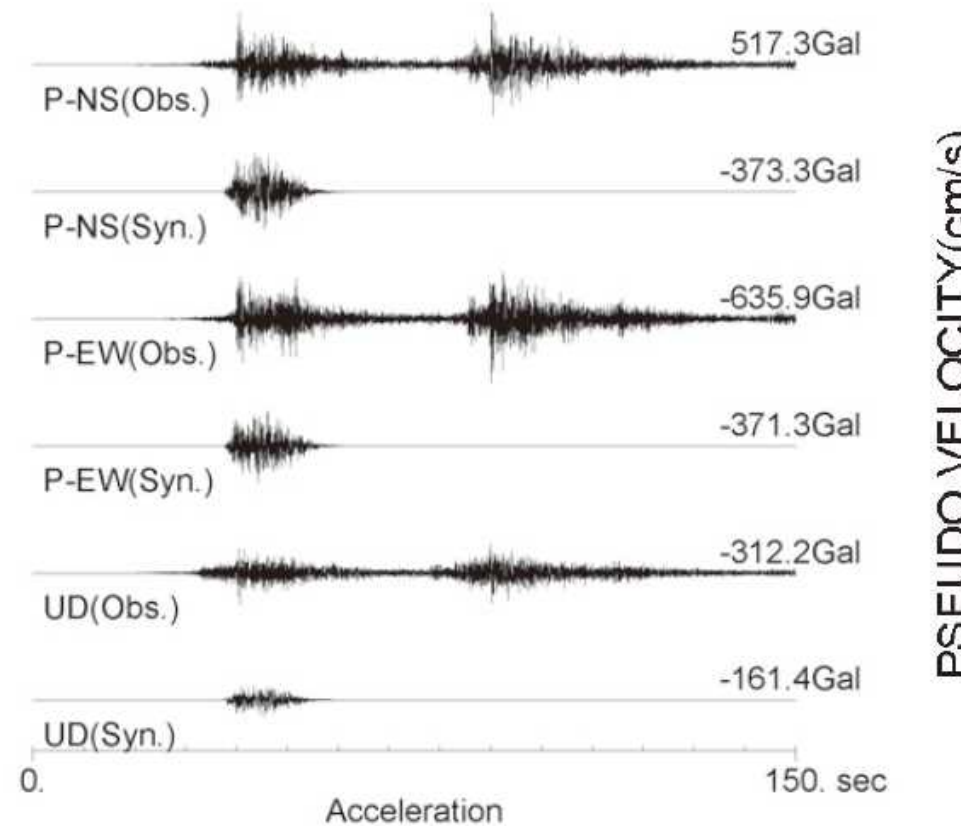


図4 震源の

図4 女川
短周期レベル1.4倍

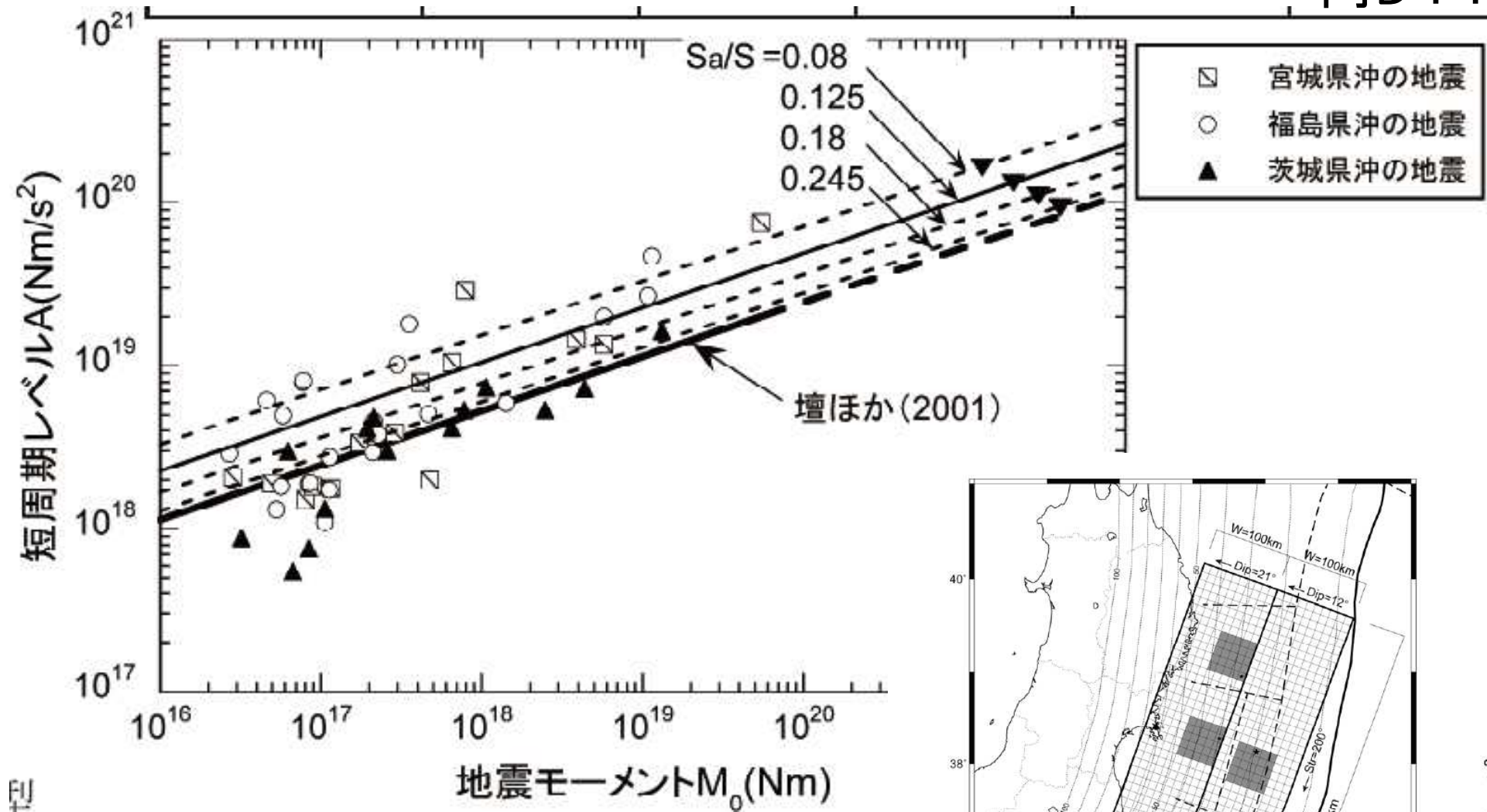


図2 当該3地域の中小地震

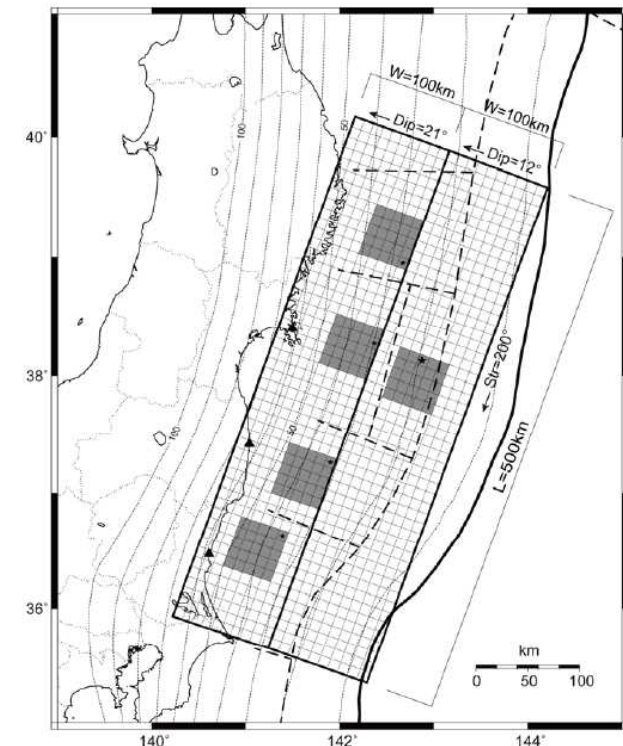


図1 震源モデル (背景の太線は日本海溝, 破線は海溝型)

SPGAモデル

東北地方太平洋沖地震をはじめとする海溝型巨大地震において特徴的な強震動パルスのパルス幅と調和的なサイズのサブイベント(SPGA)から構成される震源モデルであり、サブイベントのサイズは対象地震の場合一辺が数km程度.

SMGAモデル

より広い領域(対象地震の場合、一辺が数十km程度)からまんべんなく強震動が生成されるとする震源モデル.

甲D194野津意見書

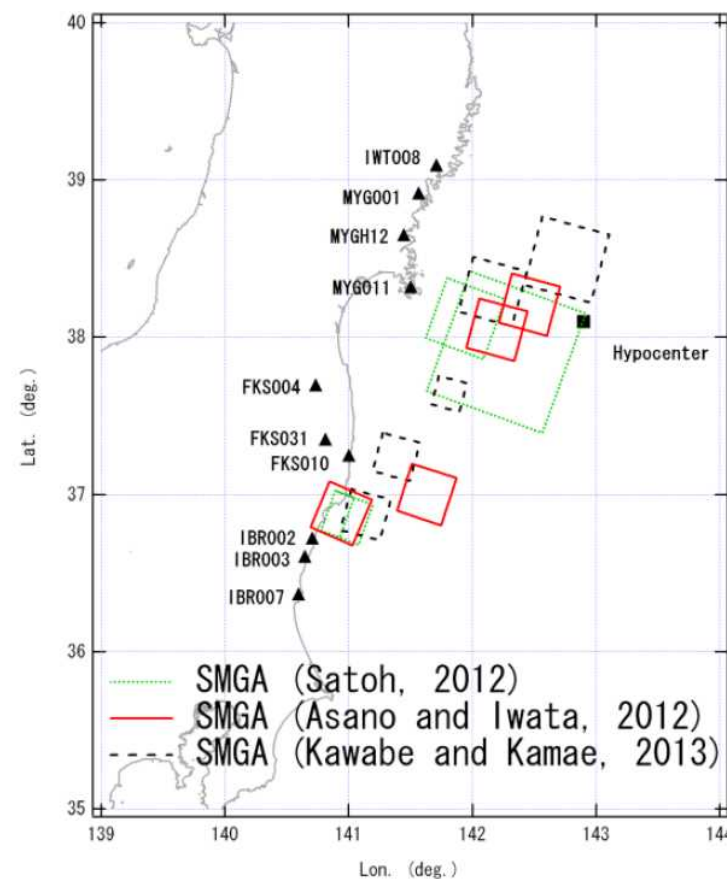
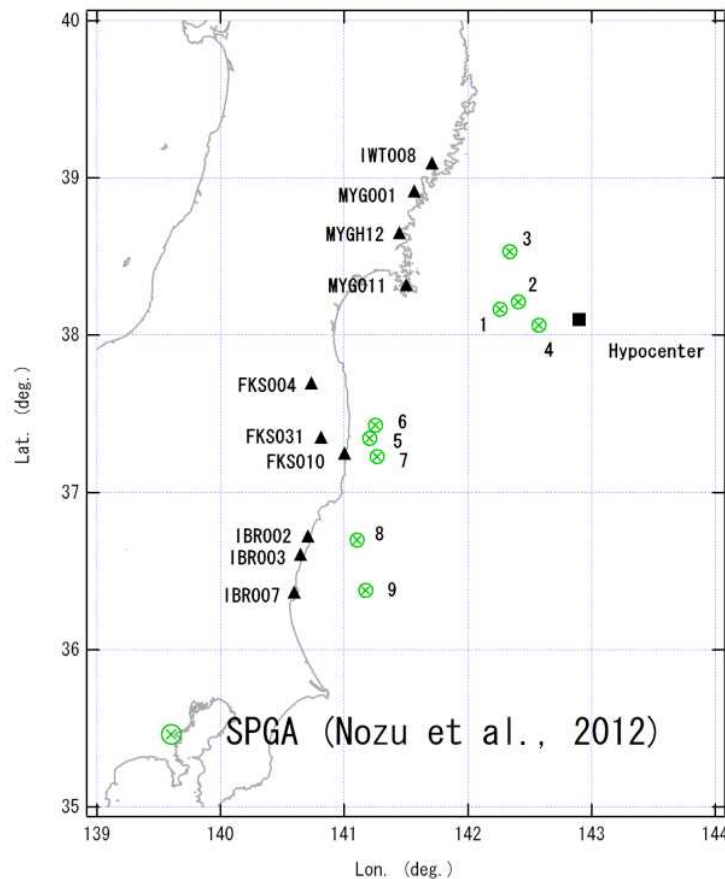


図 12 2011 年東北地方太平洋沖地震を対象とした SPGA モデルと SMGA モデルの比較

甲D194野津意見書

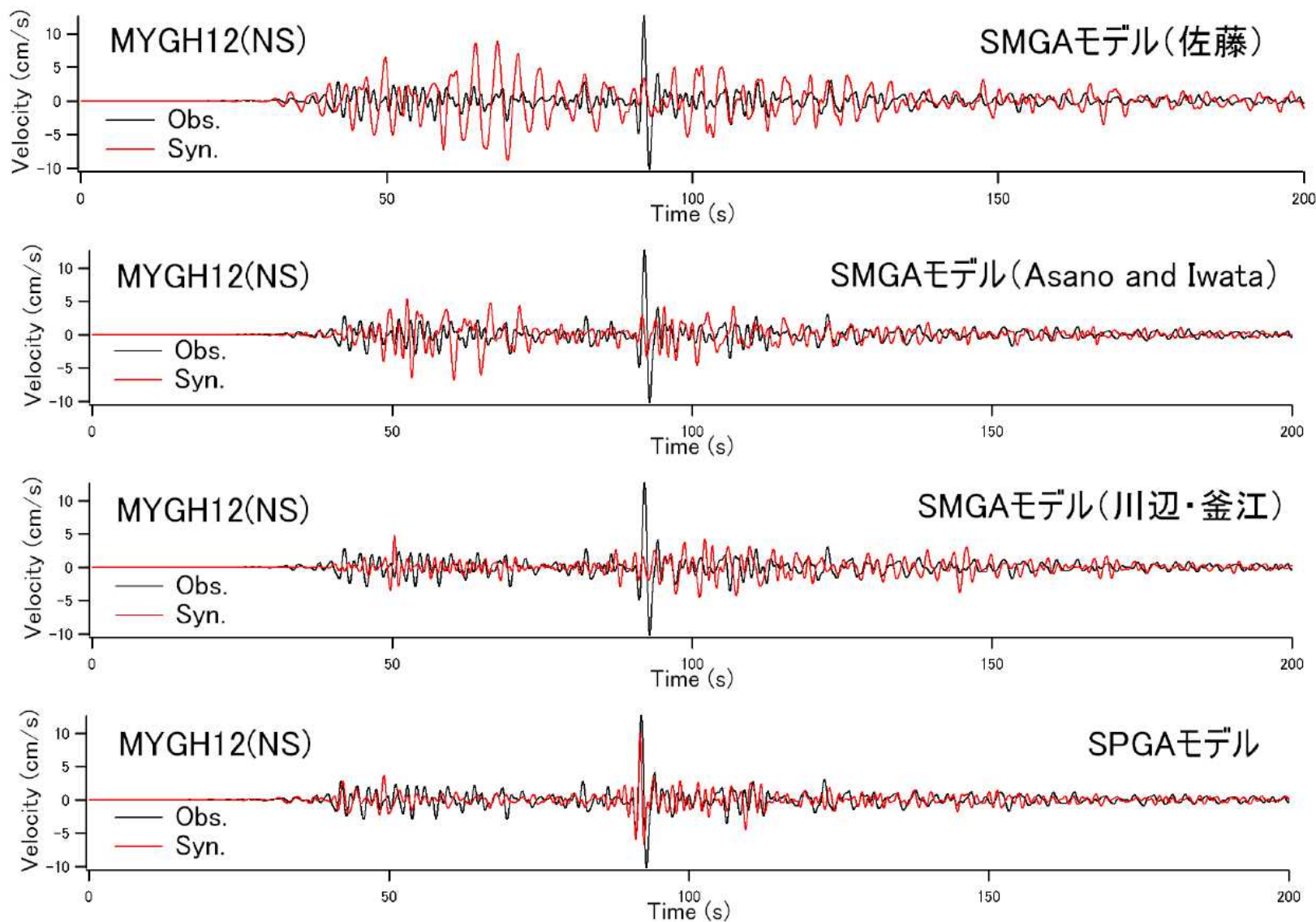


図 13 MYGH12 における速度波形 (0.2-1Hz) の観測結果 (—Obs.) と SMGA モデルおよび SPGA モデルによる計算結果 (—Syn.)

甲D123

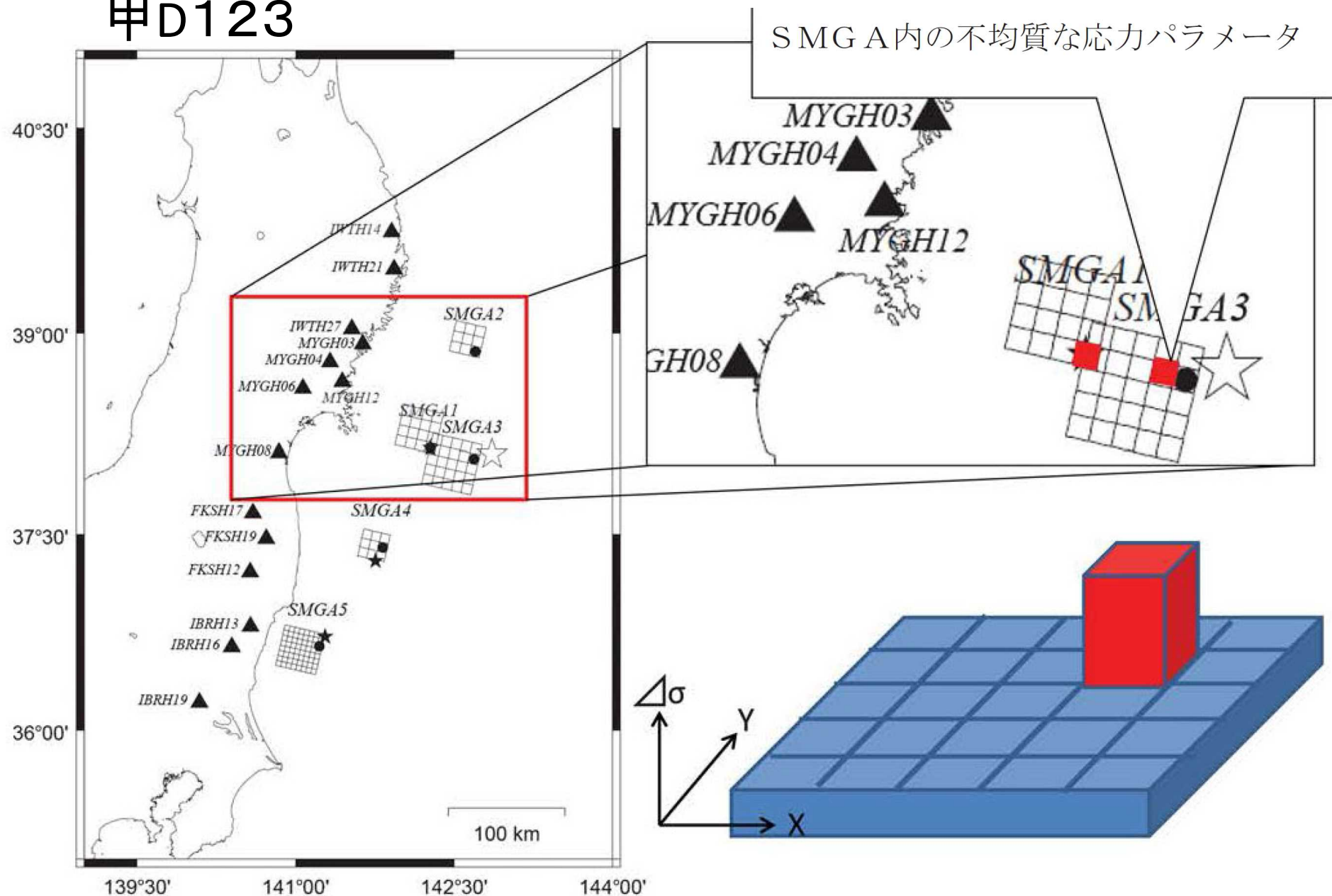


図 17. (左) この研究で使用された短周期震源モデル。(右上) 強震動生成域 1 (SMGA 1) と強震動生成域 3 (SMGA 3) の拡大図。より高い応力パラメータが赤枠内に含まれる。(右下) 空間的に様々な応力パラメータを入力した不均質 SMGA モデル。 21

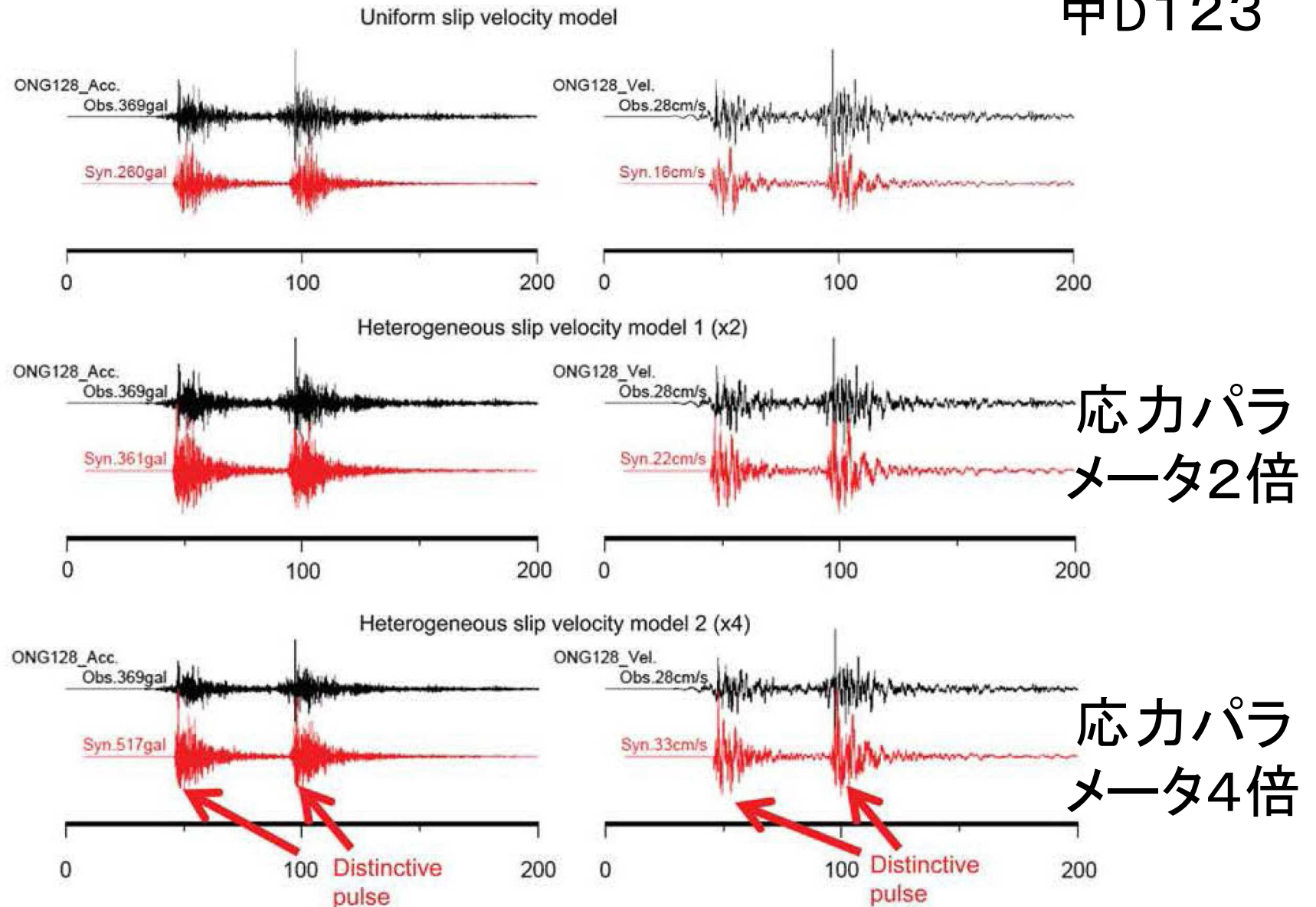
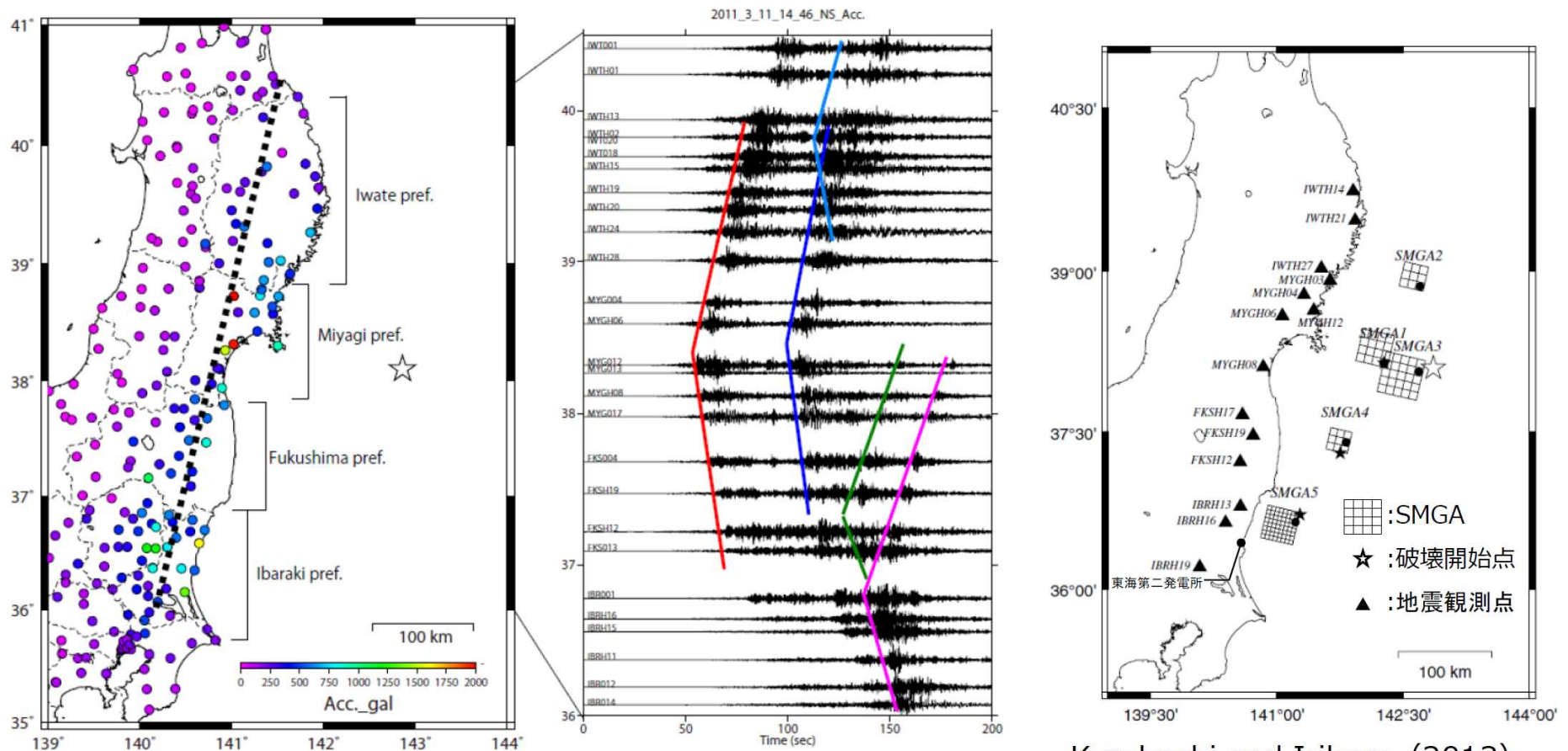


図 18. (ONG128 女川観測点での) 南北成分の速度の観測記録と合成記録の比較。均質なすべり速度モデル（上），応力パラメータを2倍に増加させた不均質なすべり速度モデル1（中），応力パラメータを4倍にした不均質なすべり速度モデル2（下）。（※訳注：中段，下段の不均質モデルで特徴的なパルス波が再現できている）

丙D159

基本震源モデルの設定－地震観測記録を説明する各研究者の震源モデルの知見①

○2011年東北地方太平洋沖地震では東北日本で多数の地震観測記録が得られており、この記録を再現する震源モデルが提案されている。



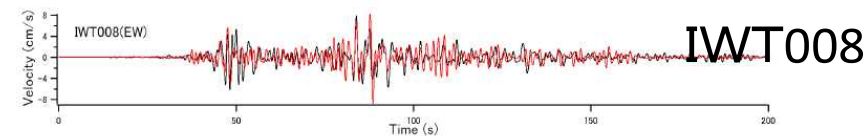
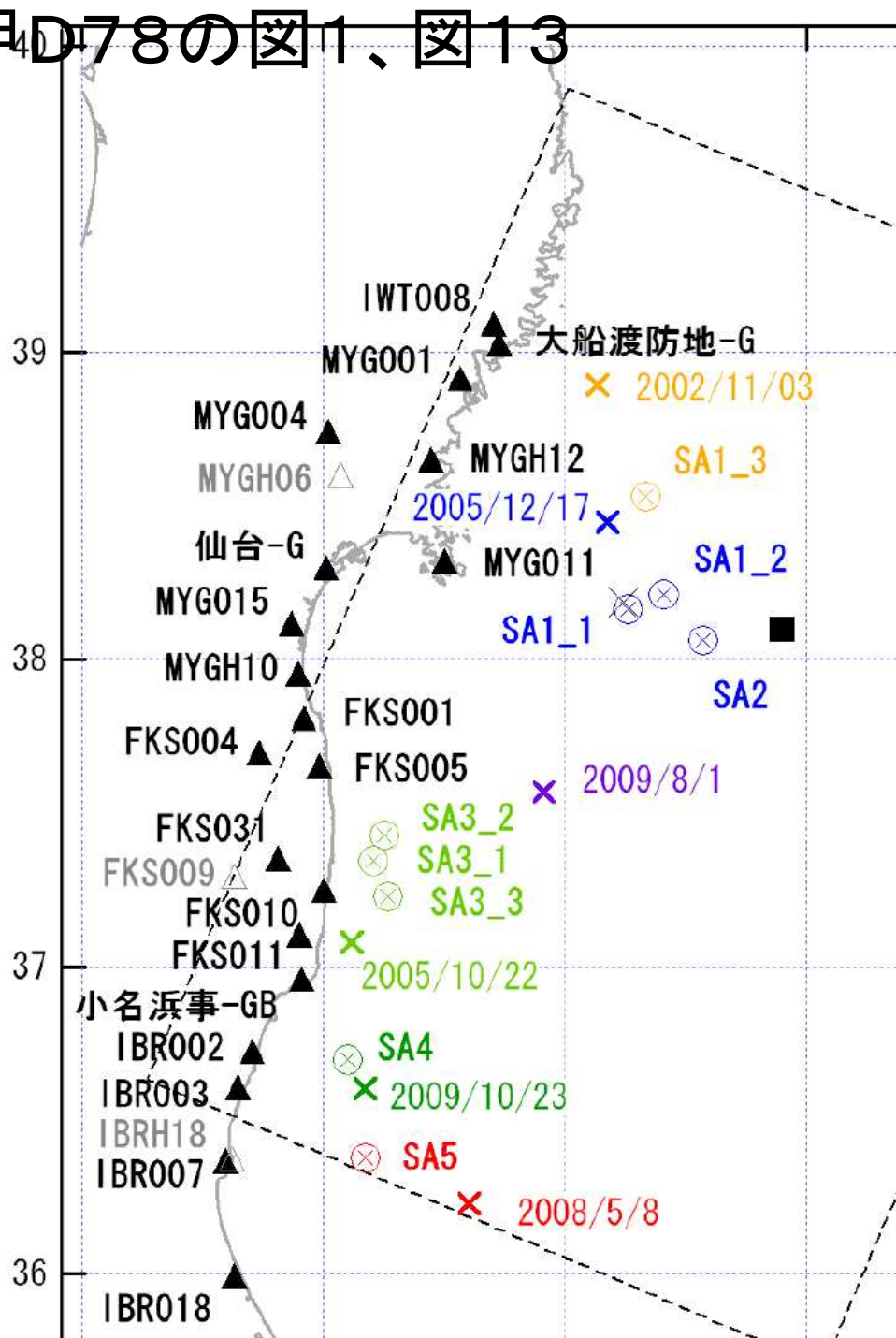
東北地方太平洋沖地震の地震観測記録

入倉・倉橋 (2012) より抜粋

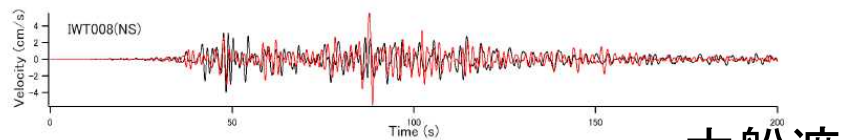
Kurahashi and Irikura (2013)

による震源モデル (一部加筆)

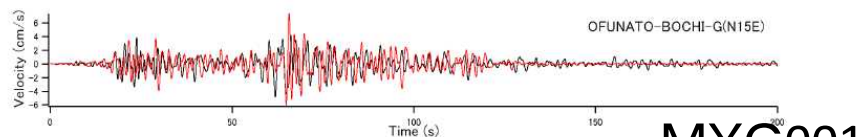
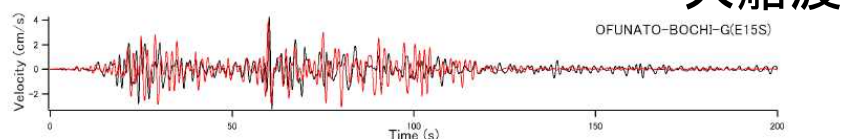
甲D78の図1、図13



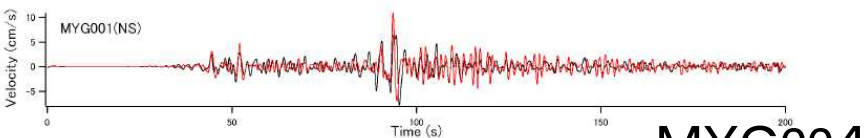
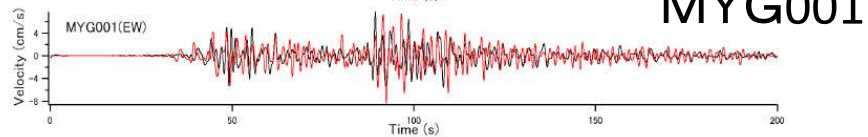
IWT008



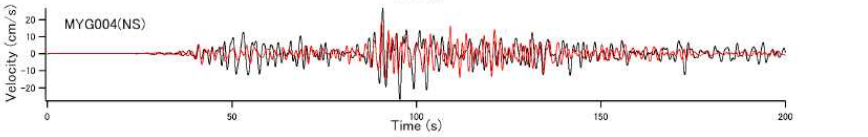
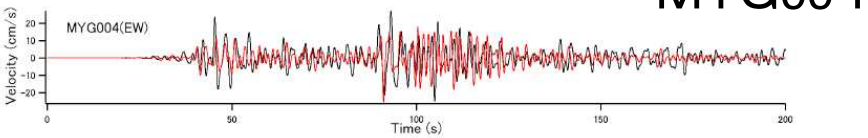
大船渡



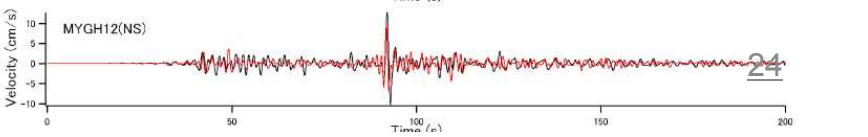
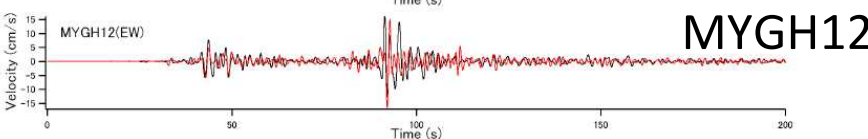
MYG001



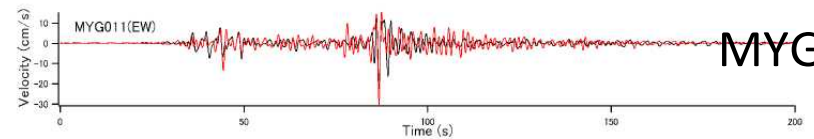
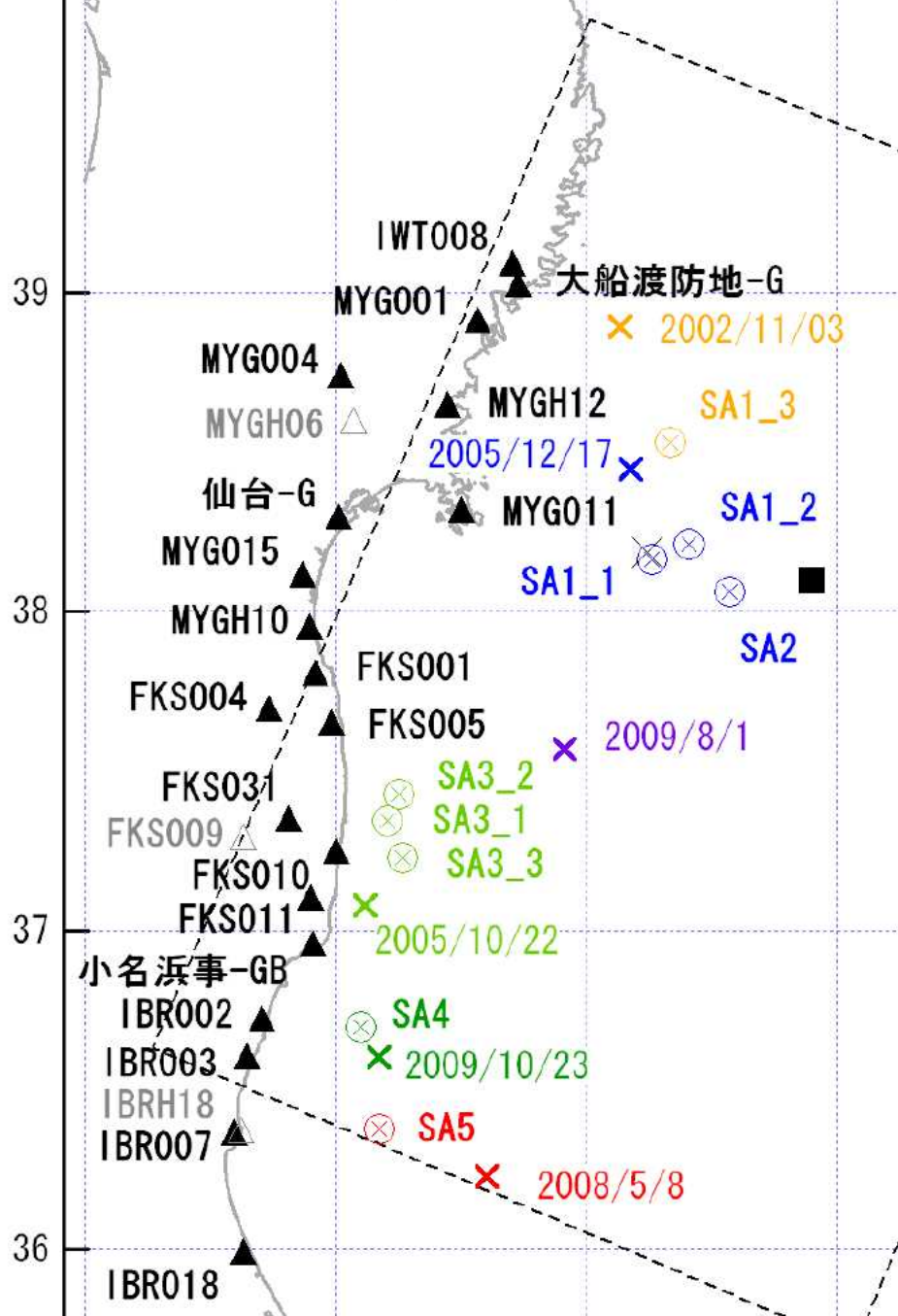
MYG004



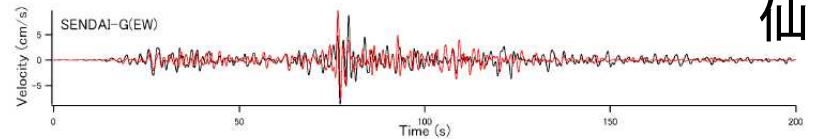
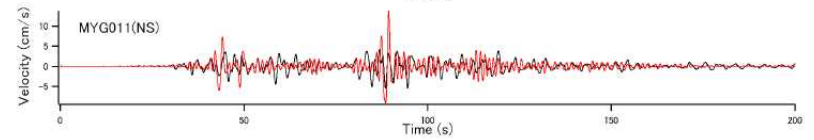
MYGH12



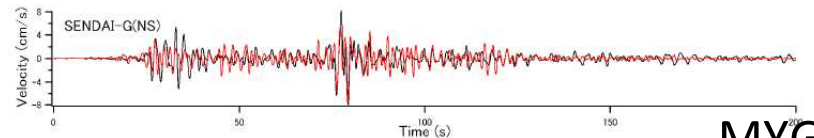
甲D78の図1、図13



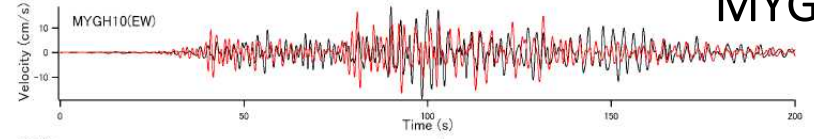
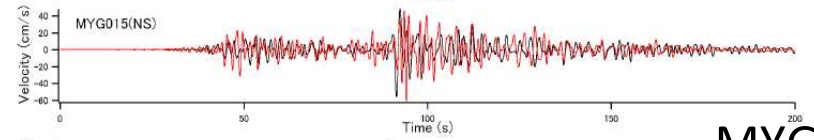
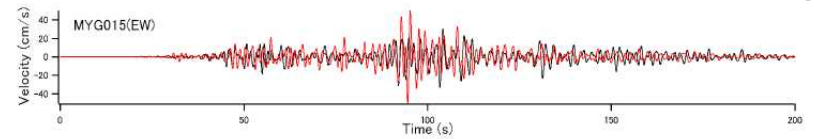
MYG011



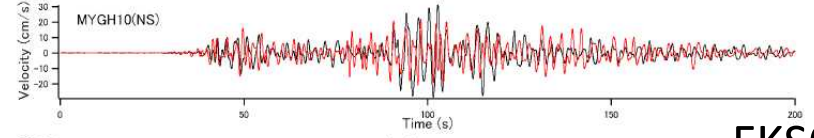
仙台



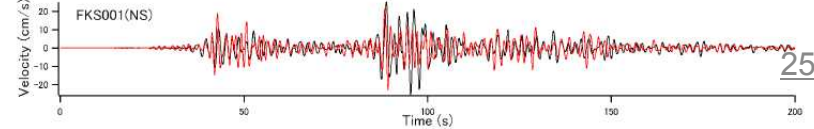
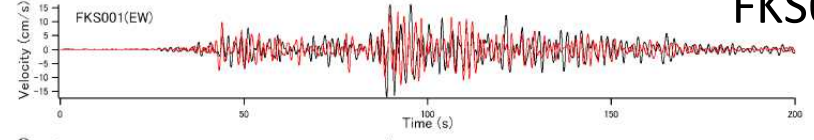
MYG015



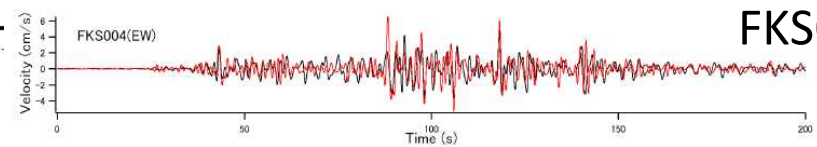
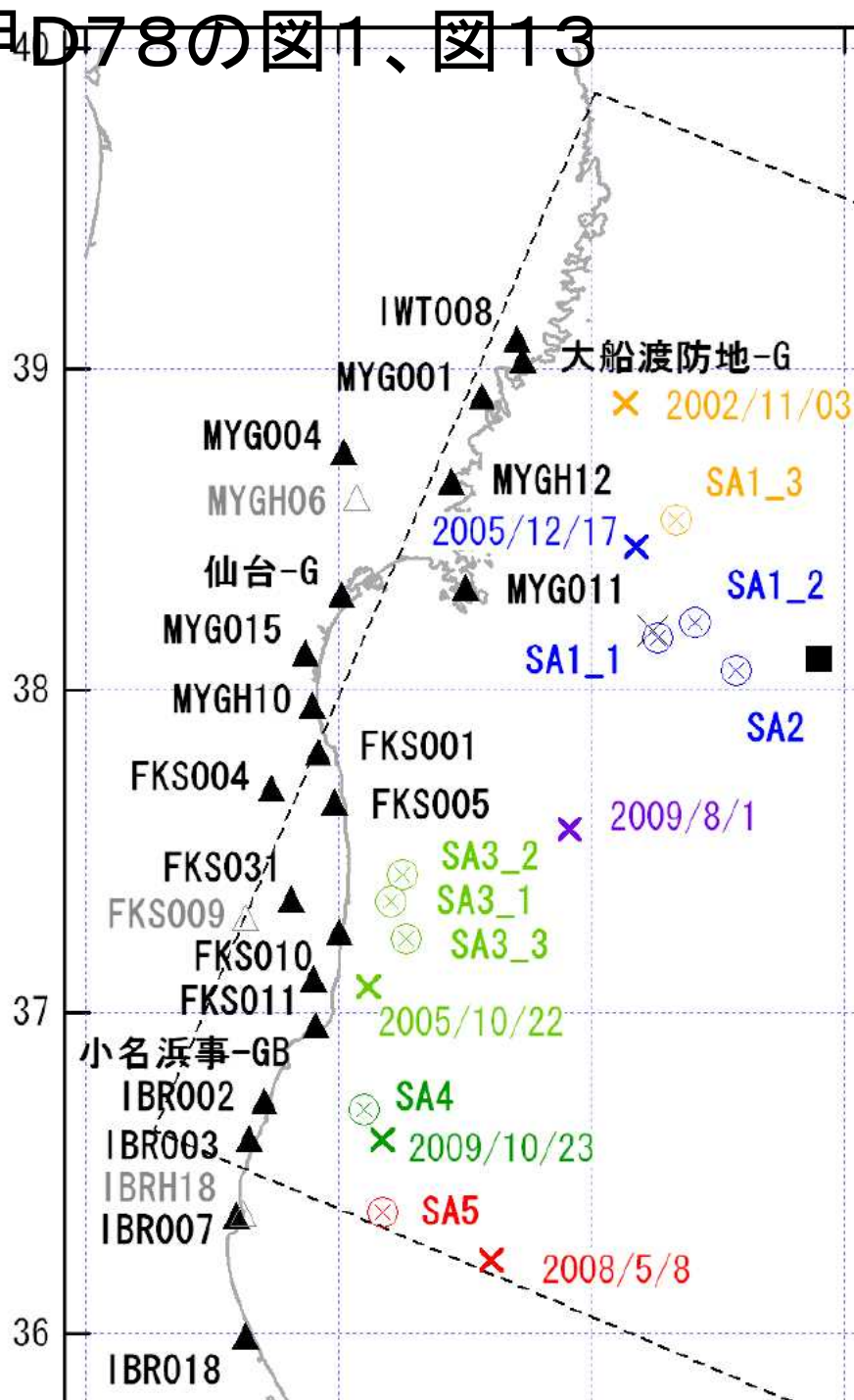
MYGH10



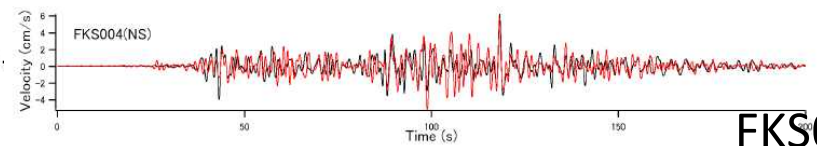
FKS001



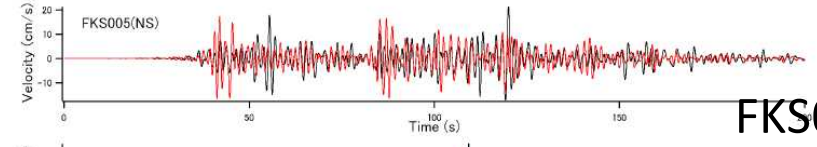
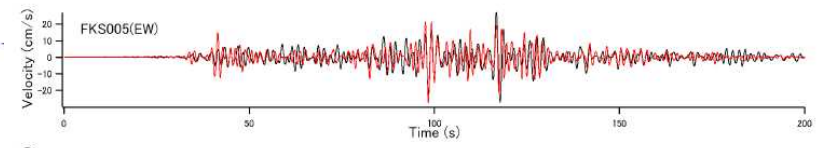
甲D78の図1、図13



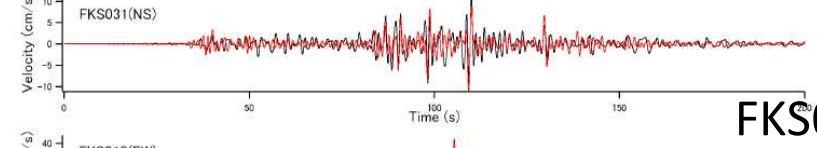
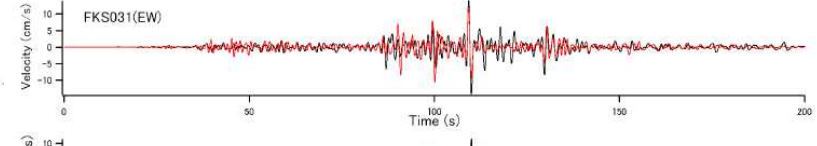
FKS004



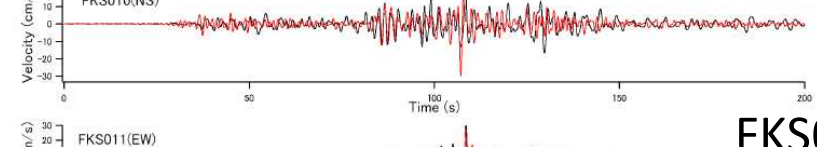
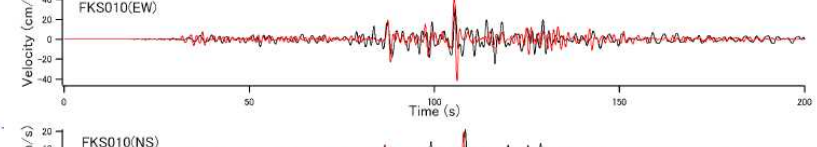
FKS005



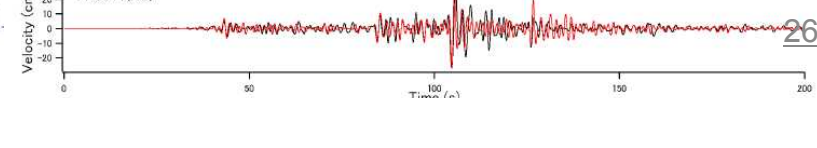
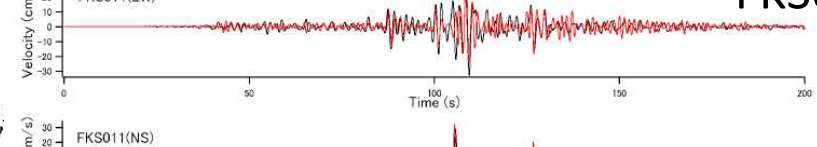
FKS031



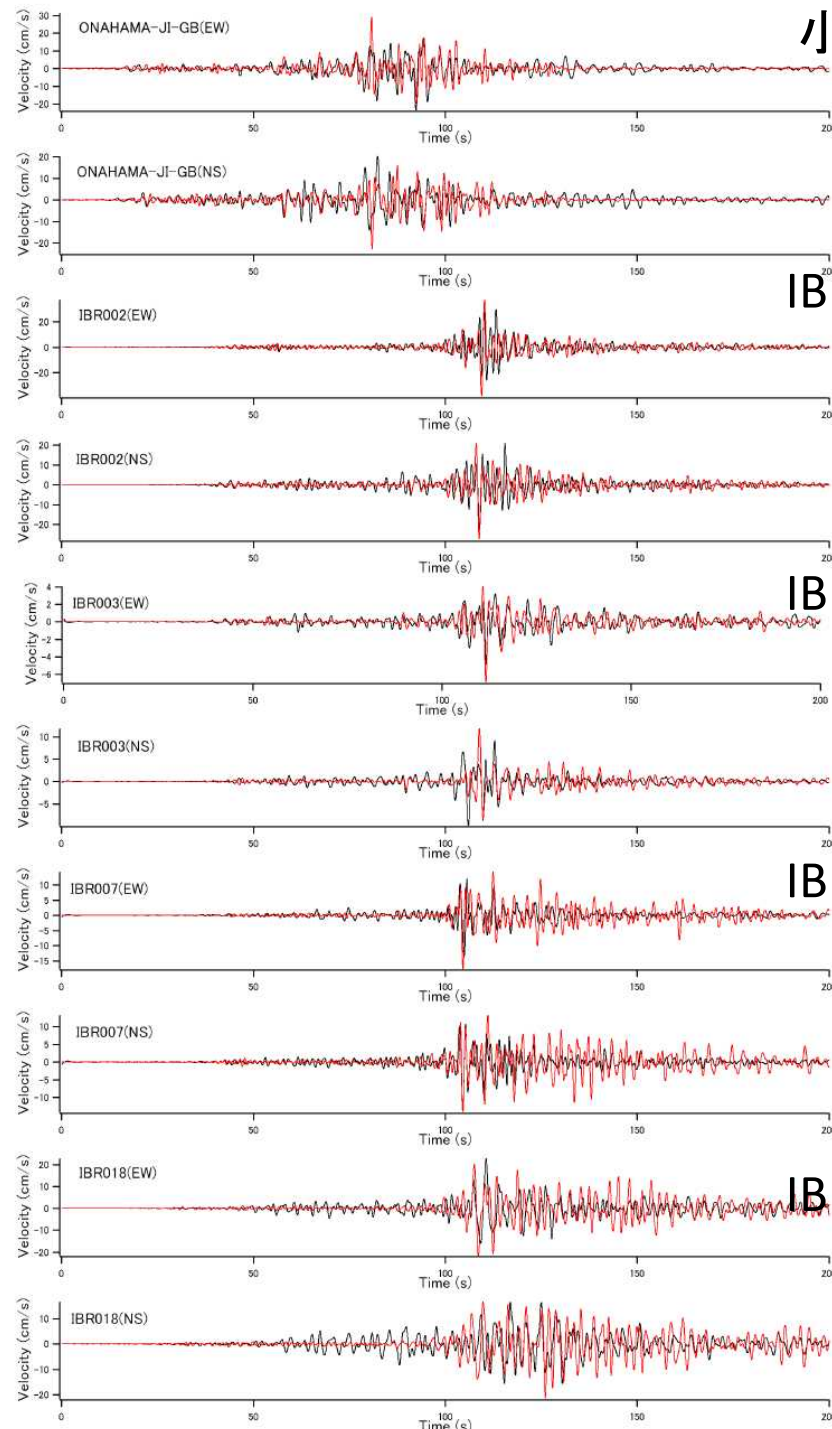
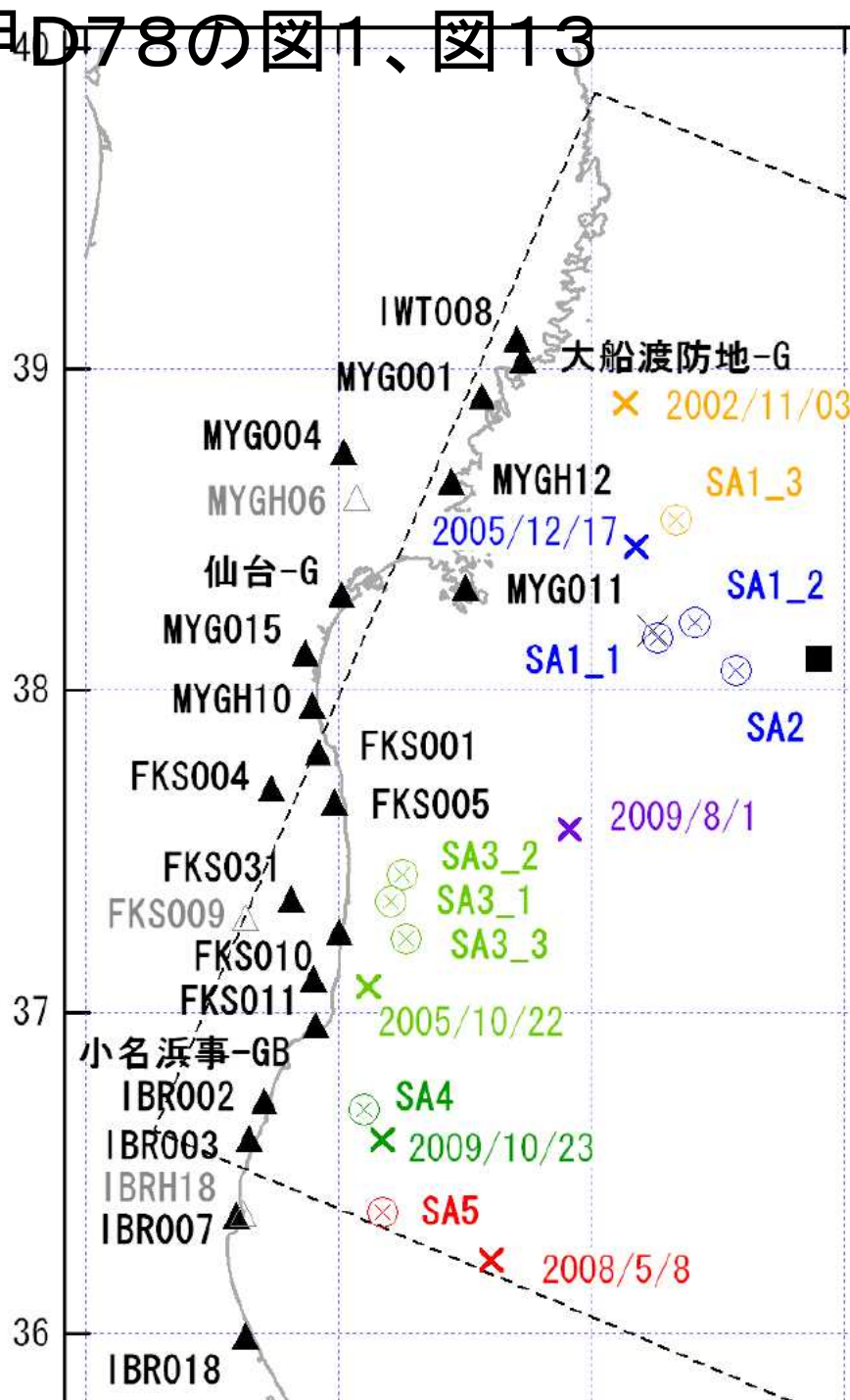
FKS010



FKS011



甲D78の図1、図13



小名浜

IBR002

IBR003

IBR007

IBR018

東北地方太平洋沖地震の知見を踏まえた東海第2原発を襲う可能性がある地震動

表1 SPGA4 のパラメタ

パラメタ	値
長さ×幅	3.5 km × 3.0 km
地震モーメント	2.1×10^{19} Nm
短周期レベル	5.23×10^{20} Nm/s ²
破壊伝播速度	3.0 km/s
ライズタイム	0.25 s
分割数	5×5×5

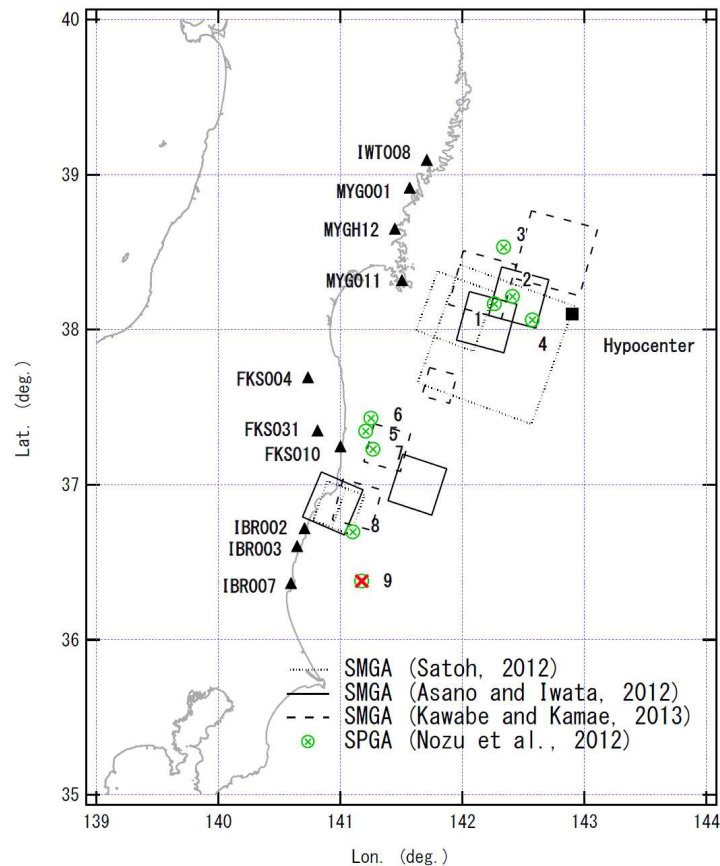


図15 地震動の計算に用いた SPGA の位置

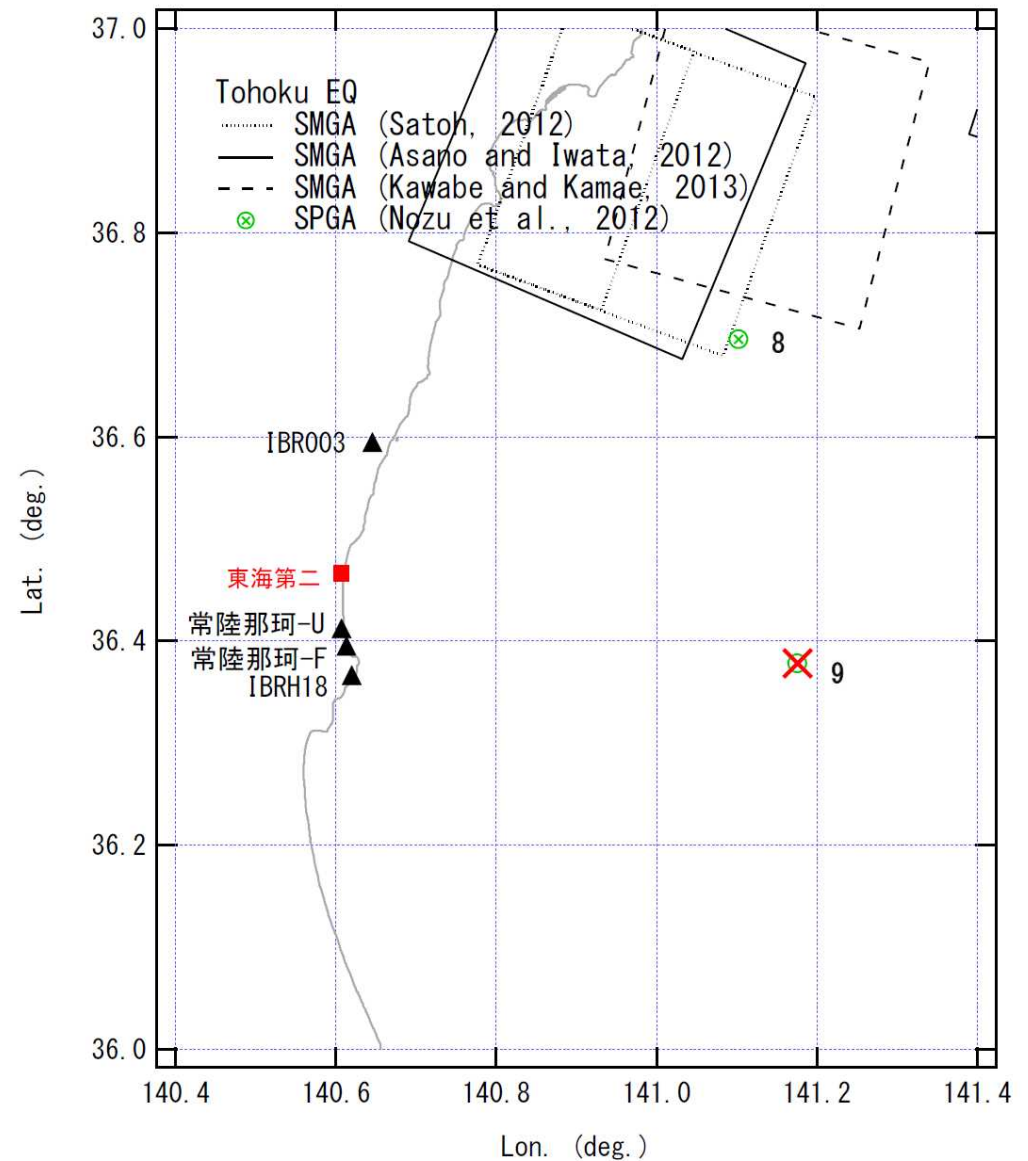
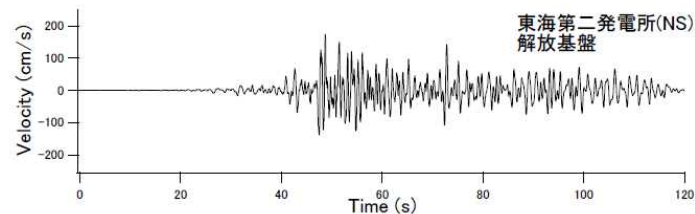
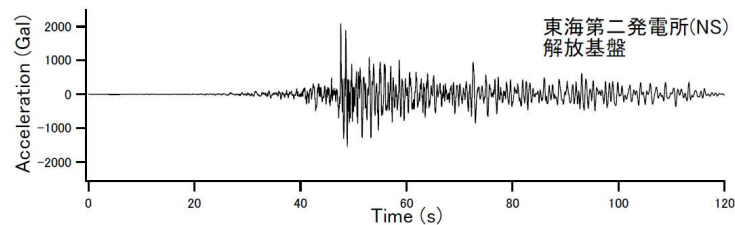
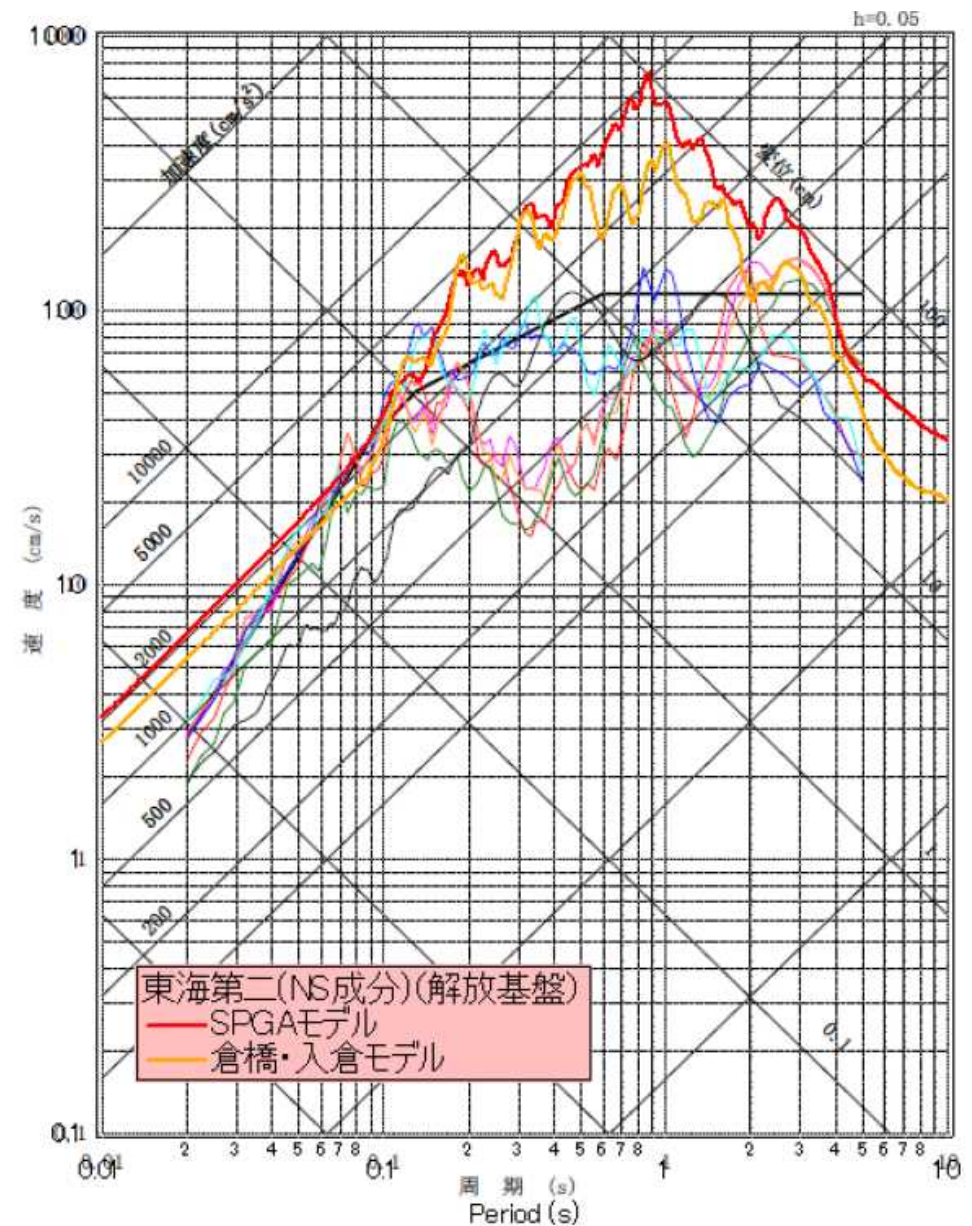


図16 地震動の計算に用いた SPGA の位置 (拡大図)

東北地方太平洋沖地震の知見を踏まえた東海第2原発を襲う可能性がある地震動



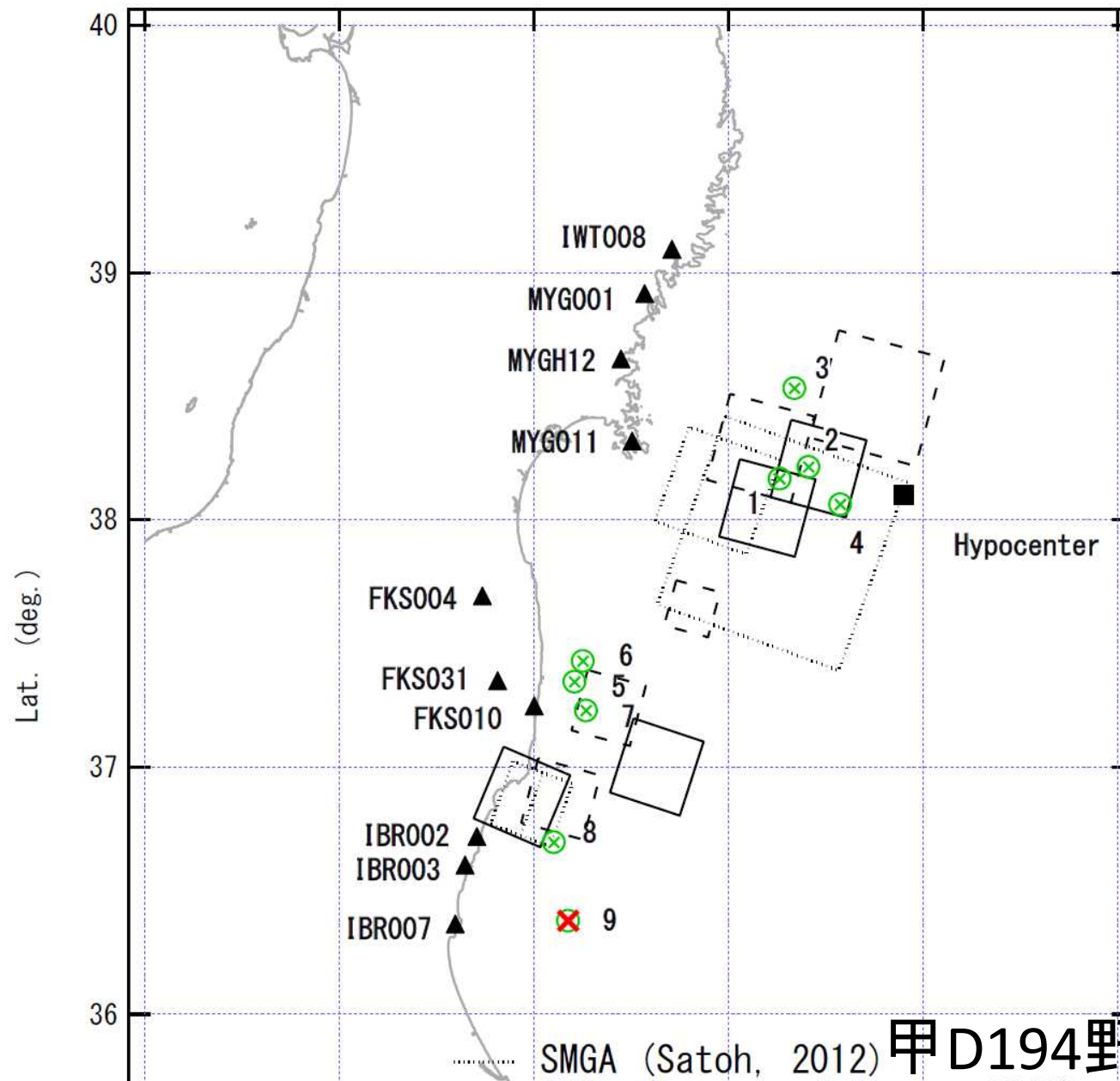
甲D194野津意見書



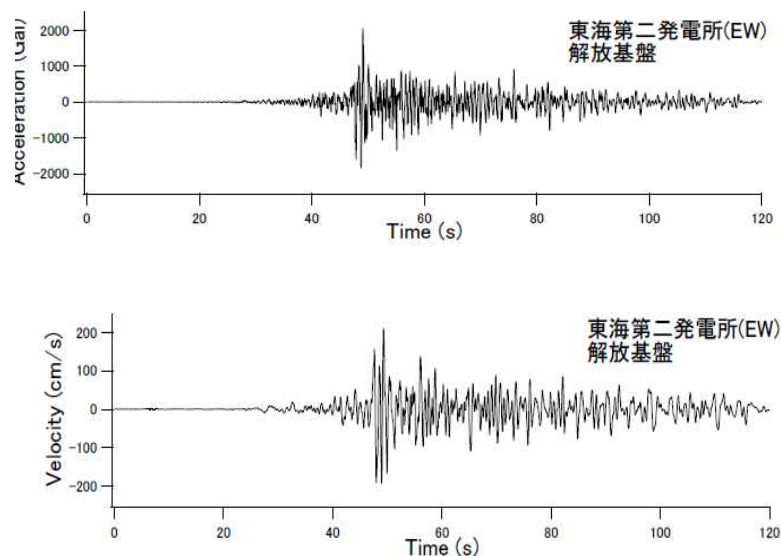
NS成分

図 20 応答スペクトル（減衰定数 5%）のトリバタイト表示（基準地震動と20比較 NS 成

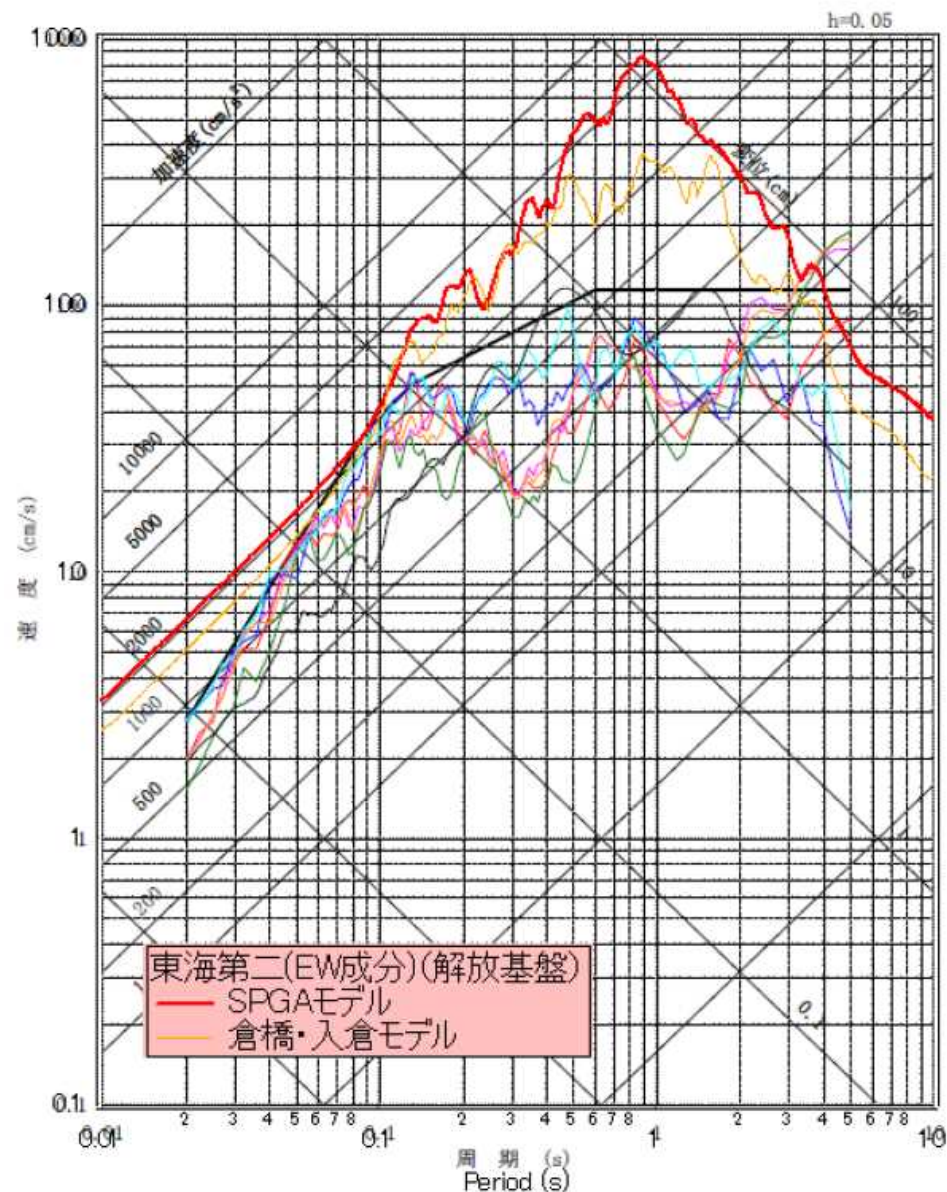
東北地方太平洋沖地震の知見を踏まえた東海第2原発を襲う可能性がある地震動



東北地方太平洋沖地震の知見を踏まえた東海第2原発を襲う可能性がある地震動



甲D194野津意見書



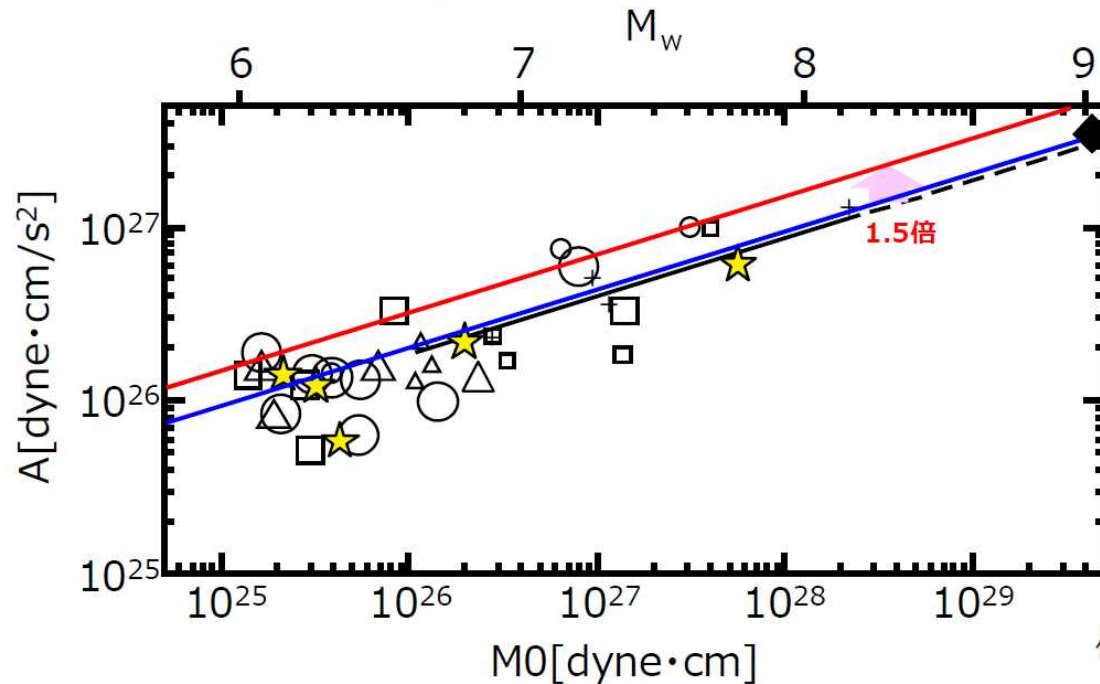
EW成分

図 21 応答スペクトル (減衰定数 5%) のトリパタイト表示 (基準地震動との比較 EW 成分)

不確かさの考慮② 短周期レベルの不確かさ

○不確かさとして考慮する短周期レベルについては、太平洋プレートの領域で発生する地震の短周期レベルを概ねカバーするように基本震源モデルの1.5倍を考慮する。

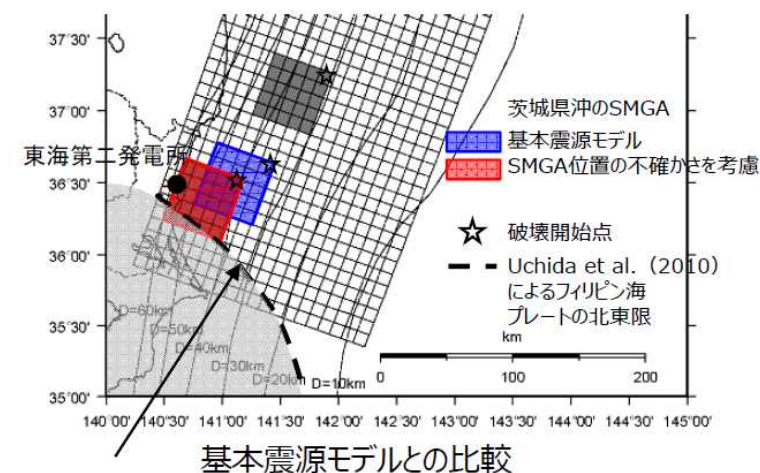
- 基本震源モデルのA-M₀関係 — 短周期レベルの不確かさケースのA-M₀関係
- 太平洋プレートのプレート境界地震の平均（佐藤（2012））
- ◆ 東北地方太平洋沖地震（佐藤（2012）） + 北海道沖（片岡他（2006）） □ 岩手県沖（佐藤（2012））
- 岩手県沖（片岡他（2006）） ○ 宮城県沖（佐藤（2012）） ○ 宮城県沖（佐藤（2004）、Sato（2006））
- △ 福島県沖（佐藤（2012）） △ 福島県沖（片岡他（2006）） ★ 茨城県沖（佐藤（2012）） ★ 茨城県沖（片岡他（2006））



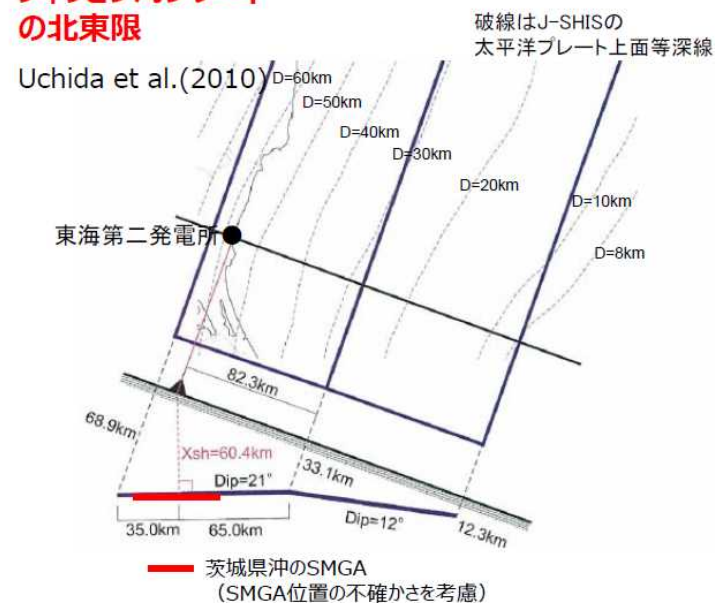
佐藤(2012)に基づき作成

佐藤（2012）における太平洋プレートのプレート間地震のAとM₀の関係

- 前述の通り、基本震源モデルのSMGA5の位置は、地震調査研究推進本部（2012）による茨城県沖で繰り返し発生する地震の領域や、他の研究者の震源モデルのSMGAに比べて本件発電所に近い位置としている。
- さらに、フィリピン海プレートの北東限が破壊のバリアとなるため、SMGA5がこれよりも敷地に近づくことは考えにくいが、敷地からの距離が最短となる位置までSMGA5を近づけたケースを考慮する。



フィリピン海プレートの北東限



SMGA位置（断面図）

基本震源モデル

甲D53

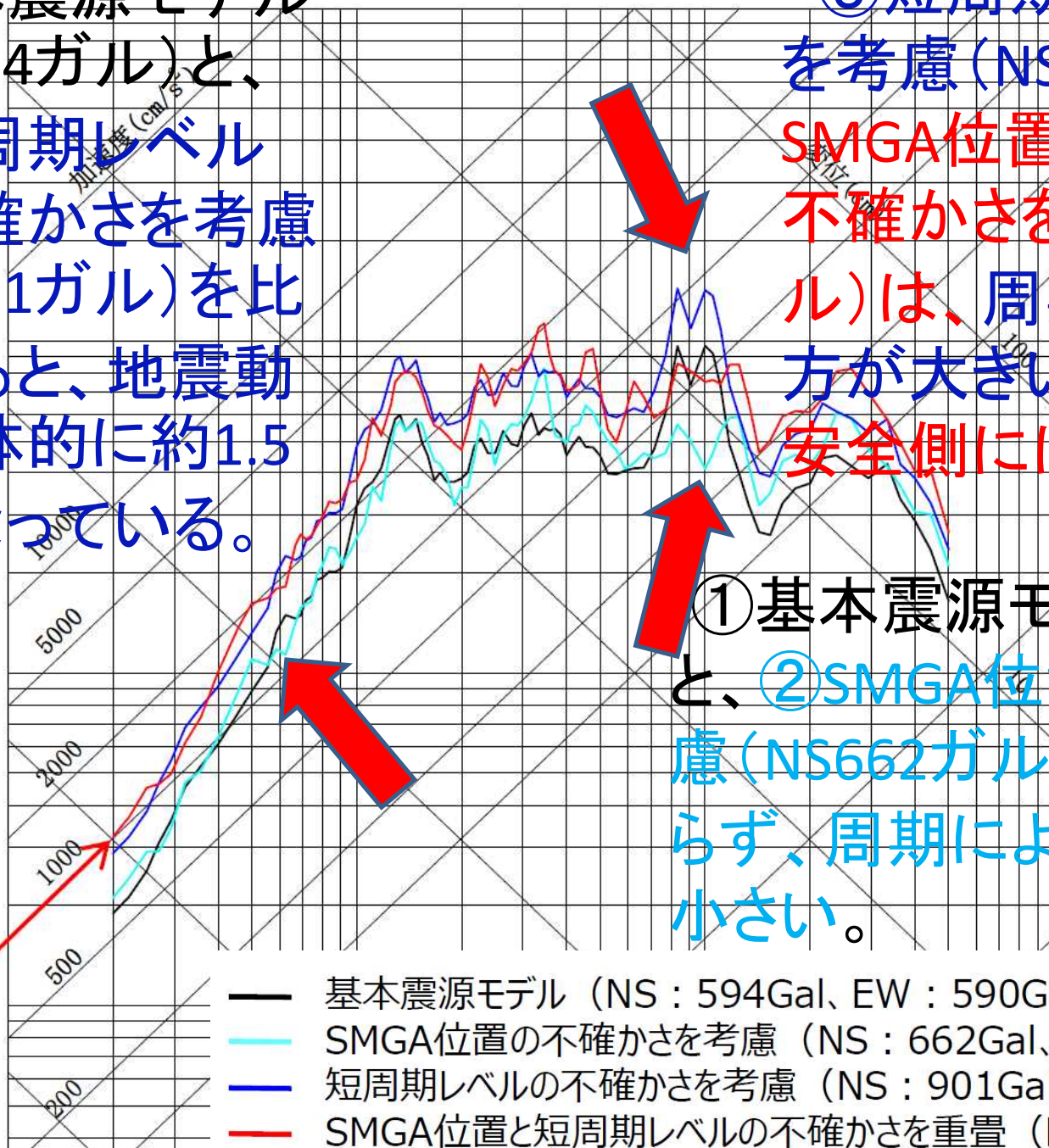
IS594ガル)と、
短周期レベル
不確かさを考慮
IS901ガル)を比
すると、地震動
全体的に約1.5
となっている。

③短周期レベルの不確かさを考慮(NS901ガル)と、④SMGA位置と短周期レベルの不確かさを重畳(NS1009ガル)は、周期によっては③の方が大きい。重畳させても、安全側にはなっていない。

①基本震源モデル(NS594ガル)と、②SMGA位置の不確かさを考慮(NS662ガル)はほとんど変わらず、周期によっては、②の方が小さい。

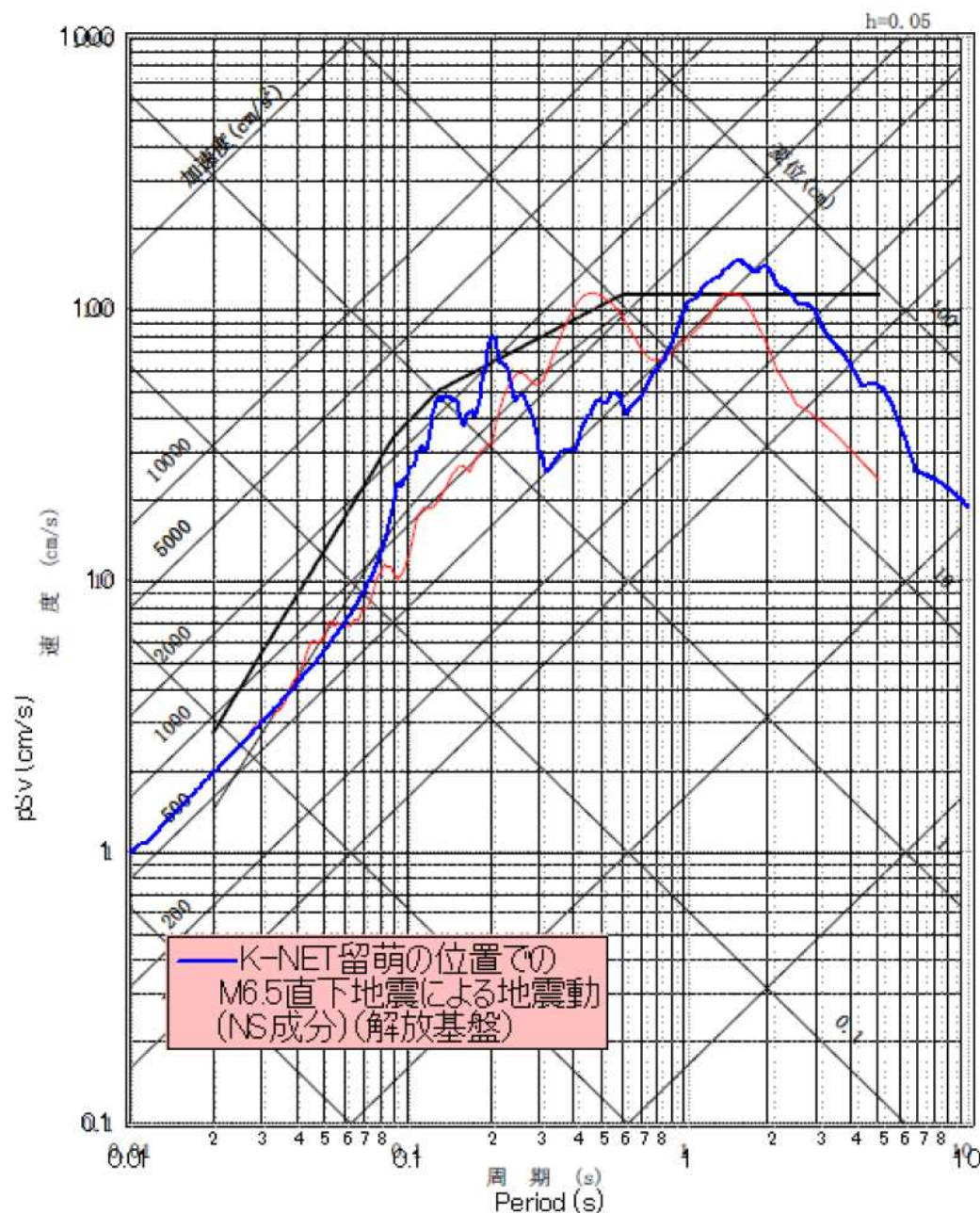
速度 (cm/s)

Gal



- 基本震源モデル (NS : 594Gal、EW : 590Gal、UD : 412Gal)
- SMGA位置の不確かさを考慮 (NS : 662Gal、EW : 591Gal、UD : 461Gal)
- 短周期レベルの不確かさを考慮 (NS : 901Gal、EW : 887Gal、UD : 620Gal)
- SMGA位置と短周期レベルの不確かさを重畳 (NS : 1009Gal、EW : 874Gal)

- Ss-D1 応答スペクトル手法による基準地震動
- Ss-31 2004年北海道留萌支庁南部地震の検討結果に保守性を考慮した地震動
- 加藤ほか(2004)による応答スペクトル



震源を特定せず策定する地震動

甲D194野津意見書

Step1 観測記録の収集

10/34

震源規模，震源距離が想定している地震動レベルと近く，地盤条件が良好である（基盤深度10m以内），大きな加速度が得られている記録を収集

甲D111の2の2

内陸活断層による地震（スペクトルII）

番号	地震名	発生年月日	Mj	Mw	記録数
1	兵庫県南部地震	1995/1/17 5:46	7.3	6.9	10
2	鳥取県西部地震	2000/10/06 13:30	7.3	6.8	34
3	新潟県中越地震	2004/10/23 17:56	6.8	6.7	22
4	新潟県中越地震(余震)	2004/10/23 18:34	6.5	6.4	24
5	福岡県西方沖地震	2005/3/20 10:53	7.0	6.7	30
6	能登半島地震	2007/3/25 9:42	6.9	6.7	10
7	新潟県中越沖地震	2007/7/16 10:13	6.8	6.6	22

計152記録

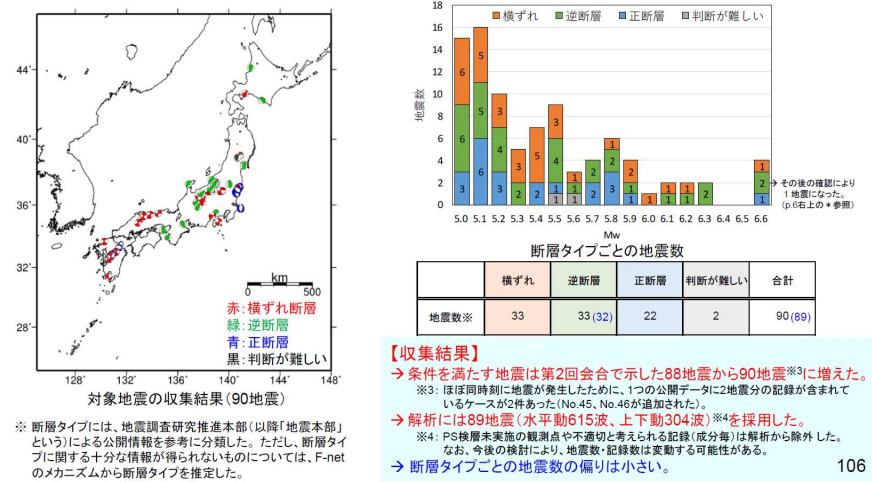
付録D：3. 観測地

対象地震一覧（1）
甲D116の2の2 資料2

（朱書き：予備検討で対象とした
審査ガイドに例示の9地震）

気

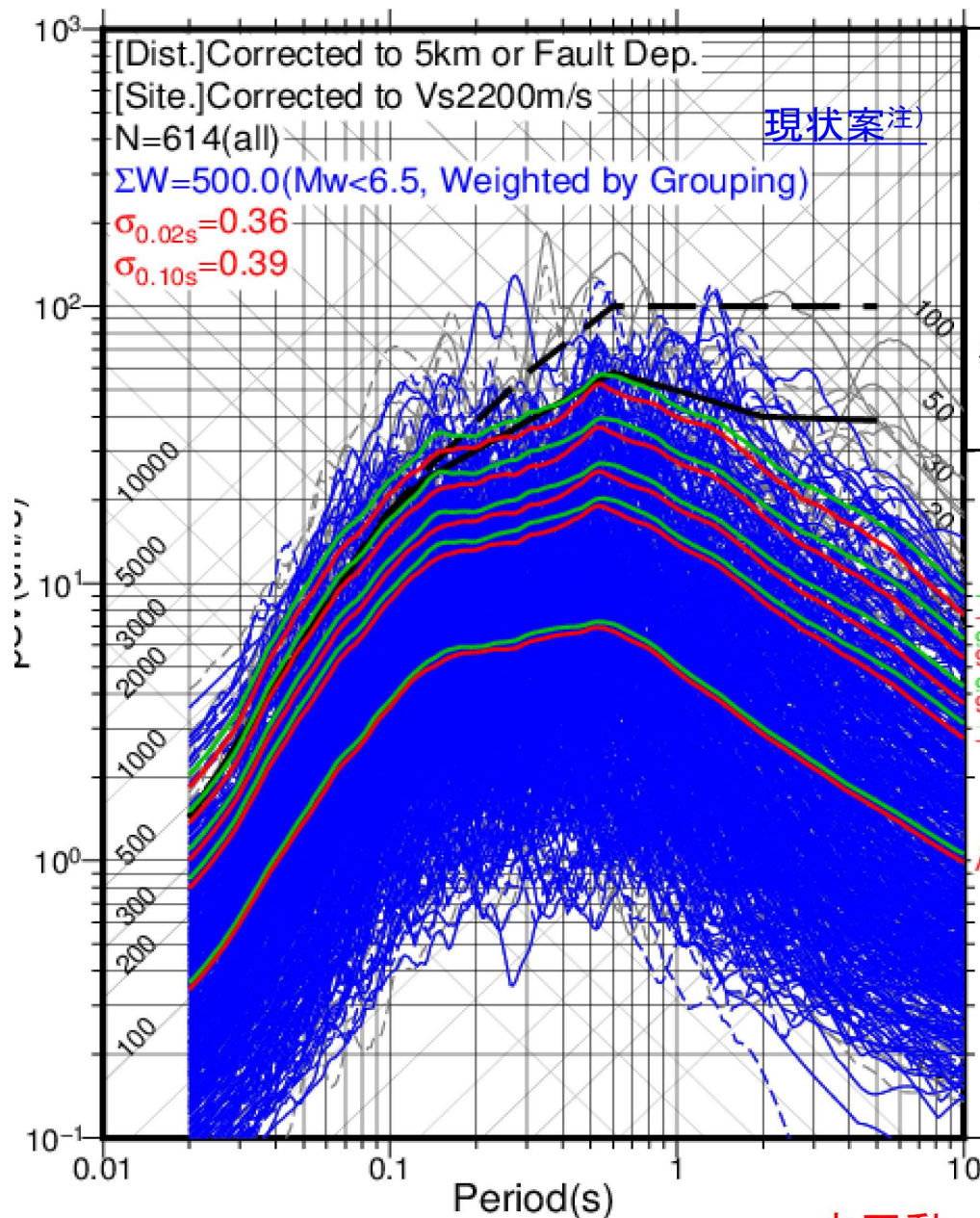
○地震規模： Mw5.0～6.6（F-netの震源メカニズム情報）
○震源深さ： 0～20km*（気象庁一元化震源） * 地殻内地震であることを気象庁資料を参考に確認。
○観測地震動記録： 震央距離30km以内にKiK-netによる記録がある



地震 No.	発生時刻	震央地名	緯度 (°)	経度 (°)	深さ (km)	Mj	Mw	M ₀ (N・m)	断層 タイプ
01	2000/10/06-13:30	鳥取県西部	35.2742	133.3490	8.96	7.3	6.6	8.62E+18	横ずれ
02	2000/10/08-13:17	鳥取県西部	35.1393	133.1502	6.80	5.6	5.1	4.65E+16	横ずれ
03	2000/10/08-20:51	鳥取県西部	35.3688	133.3107	8.30	5.2	5.0	3.11E+16	横ずれ
04	2001/01/04-13:18	新潟県中越地方	36.9565	138.7687	11.23	5.3	5.2	7.50E+16	逆断層
05	2001/01/12-08:00	兵庫県北部	35.4660	134.4900	10.59	5.6	5.2	7.11E+16	横ずれ
06	2001/03/31-06:09	栃木・群馬県境	36.8210	139.3750	4.73	5.2	5.0	3.28E+16	横ずれ
07	2002/09/16-10:10	鳥取県中・西部	35.3700	133.7393	9.64	5.5	5.1	5.43E+16	横ずれ
08	2003/07/26-00:13	宮城県北部	38.4345	141.1642	11.55	5.6	5.5	1.71E+17	逆断層
09	2003/07/26-07:13	宮城県北部	38.4050	141.1710	11.87	6.4	6.1	1.53E+18	逆断層
10	2003/07/26-16:56	宮城県北部	38.5003	141.1895	12.04	5.5	5.3	9.45E+16	逆断層

水平動

※重みをGroup A=1, B=1, C=0,
(グループ分けの詳細はp.7参照)



<本ケース>
赤色: 非超過確率別スペクトル
青色: 地中はぎとり波
実線: NS, 破線: EW

<ケース1 (全データ: 重みなし)>
緑色: 非超過確率別スペクトル
灰色: 地中はぎとり波
実線: NS, 破線: EW

黒色: 加藤スペクトル(水平動)
実線: Vs2.2km/s
破線: Vs0.7km/s

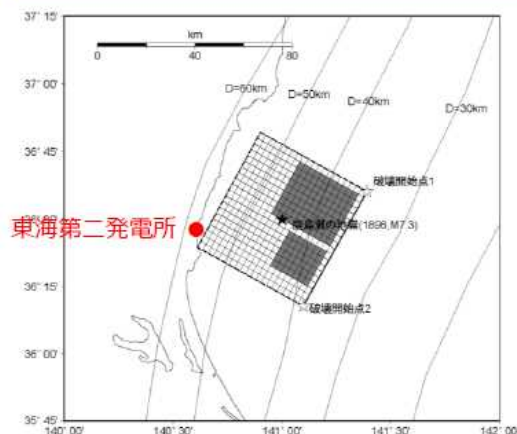
- 標準応答スペクトルは、非超過確率97.7% (平均+2 σ) のスペクトルに基づいて設定するという。

Ave. = 50.0%
+1 σ = 84.1%
+2 σ = 97.7%

甲D116の2の2 資料2

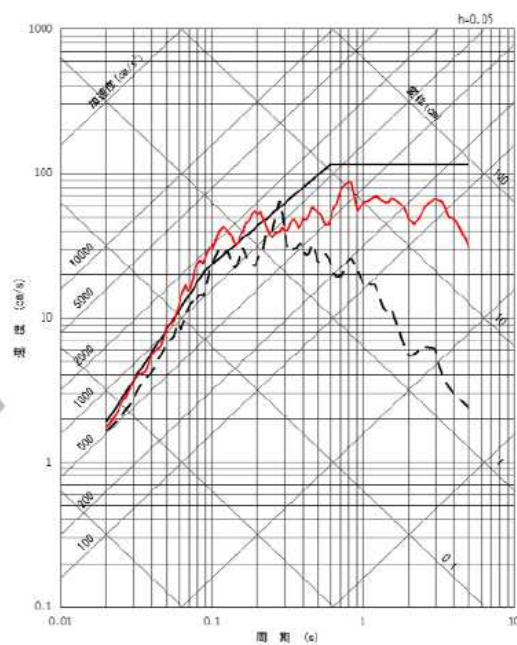
水平動

【参考】耐震バックチェック時点での地震動評価と現在の地震動評価① 丙D159



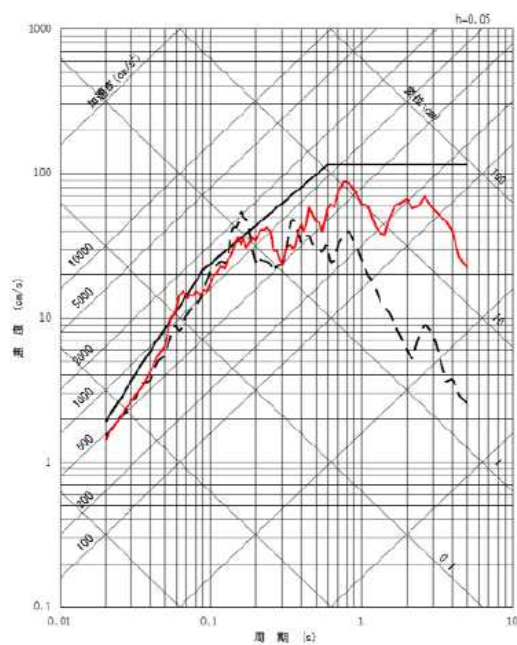
○東北地方太平洋沖地震発生当時、耐震バックチェックにおいて、プレート間地震である1896年鹿島灘の地震を検討用地震として選定し、その地震動評価を行っていた。

○短周期レベルの不確かさを考慮した鹿島灘の地震の断層モデルを用いた手法による基準地震動 S_S （水平方向 $S_S - 1_H$ ①・②、鉛直方向 $S_S - 1_V$ ）と、東北地方太平洋沖地震の本震のはざとり波とは、地震動の短周期成分で比較すると概ね同じレベルである。



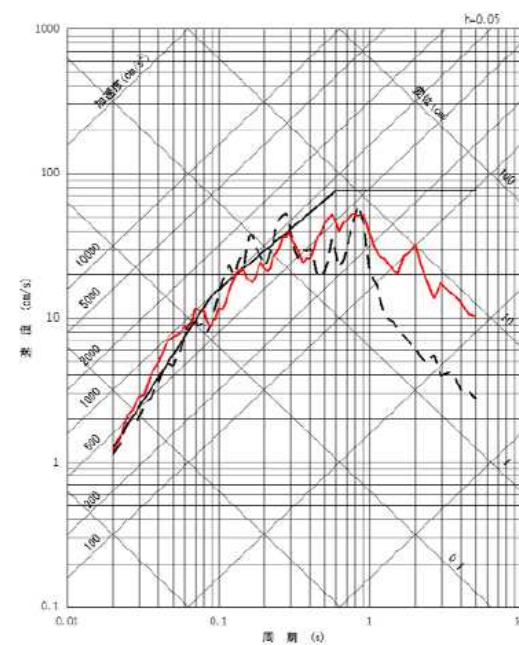
NS成分

— 基準地震動 $S_S - 1_H$
 - - 基準地震動 $S_S - 1_H$ ②
 — はざとり波



EW成分

— 基準地震動 $S_S - 1_H$
 - - 基準地震動 $S_S - 1_H$ ②
 — はざとり波



UD成分

— 基準地震動 $S_S - 1_V$
 - - 基準地震動 $S_S - 1_V$
 — はざとり波

丙D159陳述書1頁

昭和59年3月 東京理科大学工学部建築学科卒業

(鉄筋コンクリート構造物の研究)

昭和59年4月 戸田建設(株)

昭和61年1月 東京電力柏崎刈羽原発(5号機熱交換器建屋新設)

平成2年4月 日本原子力研究所(原子炉遮蔽体コンクリート解体)

平成6年9月 被告日本原電へ転籍(敦賀3、4号機増設)

基準地震動の策定、原子炉建屋等の耐震設計

「鋼板コンクリート構造を用いた厚肉円筒形壁の構造性能に関する研究」(自社研究)

「SD490鉄筋を用いたプレストレストコンクリート製格納容器の水平加力試験」(自社研究)

平成16年7月 開発計画室建築設計グループマネージャー

地震動評価及び建築設計全般

平成29年7月 開発計画室長代理(土木建築部長)

「若狭湾地域における地震発生層の推定」(日本地球惑星科学連合2007年)

「地表地震断層極近傍における地震動及び永久変位の評価のための震源モデルの設定」
(平成19年日本建築学会大会)

「3次元FEMを用いた建屋―地盤の基礎浮き上がり評価法の高度化に関する研究」
(平成16年日本建築学会大会)