

2007年新潟県中越沖地震の震源像と震源特性について

平成24年4月23日
東京電力株式会社

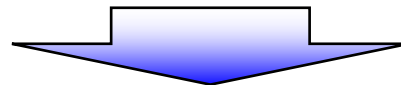


東京電力

ご説明内容の概要

＜保安院の見解；第15回地震・津波に関する意見聴取会（平成24年3月28日）＞
（要検討事項）F－B褶曲群については、2007年新潟県中越沖地震の発生により応力解放されたとの考えもあり、連動の対象に含めるか否か検討が必要。

1. 2007年新潟県中越沖地震（以下「中越沖地震」）の震源像は明らかになっており、F－B断層が中越沖地震の震源断層と考えられる
 - 地震調査研究推進本部による評価を中心にご説明
2. F－B断層は震源として特殊なものではなく、また応力が解放されていると考えられる
 - 既往のスケーリング則との比較などをご説明
3. F－B断層が発電所の供用期間中に再度活動する可能性は低いと考えられる
 - 一般的な活断層の再来期間に関する既往知見やF－B断層に着目した再来期間に関する検討をご説明



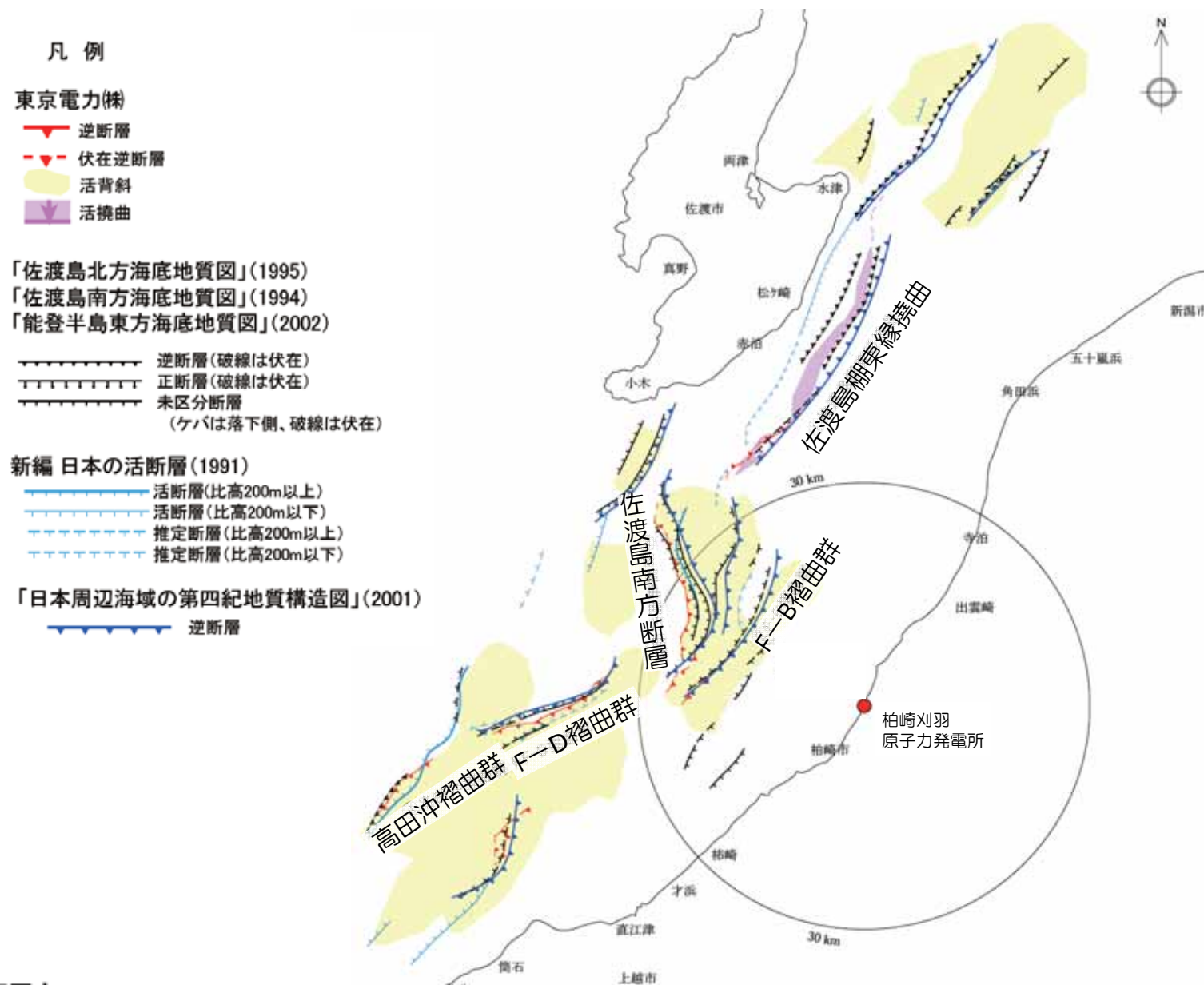
F－B断層と周辺の活断層との連動を考える必要はないと考える

目 次

1. 中越沖地震の震源像
2. F－B断層の震源特性
3. F－B断層の再来期間
4. まとめ

-
1. 中越沖地震の震源像
 2. F－B断層の震源特性
 3. F－B断層の再来期間
 4. まとめ

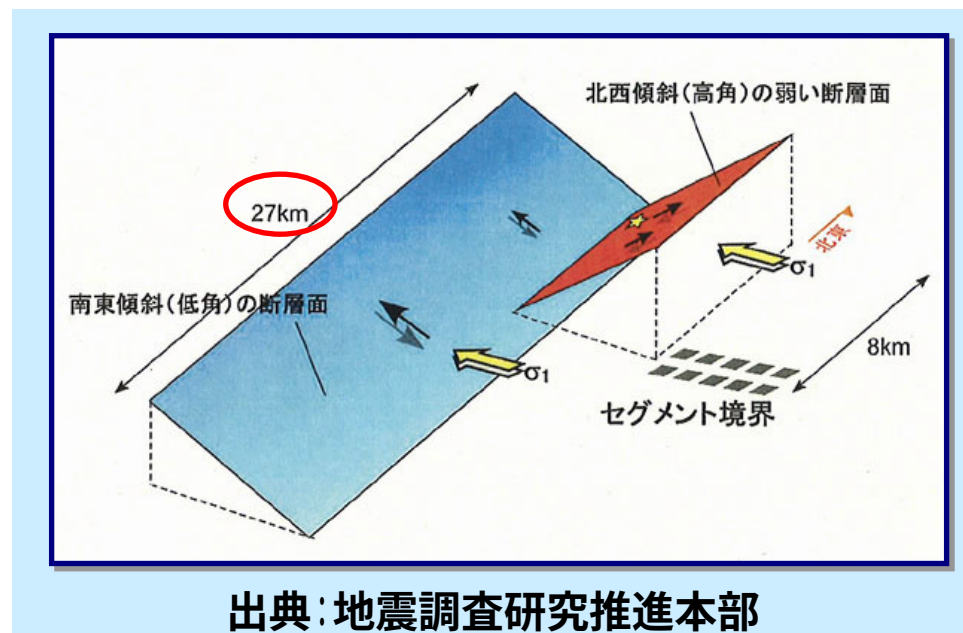
柏崎刈羽原子力発電所周辺の海域活断層



中越沖地震の震源断層

地震調査研究推進本部による評価の概要

- マグニチュード (M_j) : 6.8
- 断層長さ : 27km



- 大局的には南東傾斜の逆断層により発生した。
- 余震分布から推定される南東傾斜の断層面の浅部延長は、既知の活断層に連続している可能性がある。

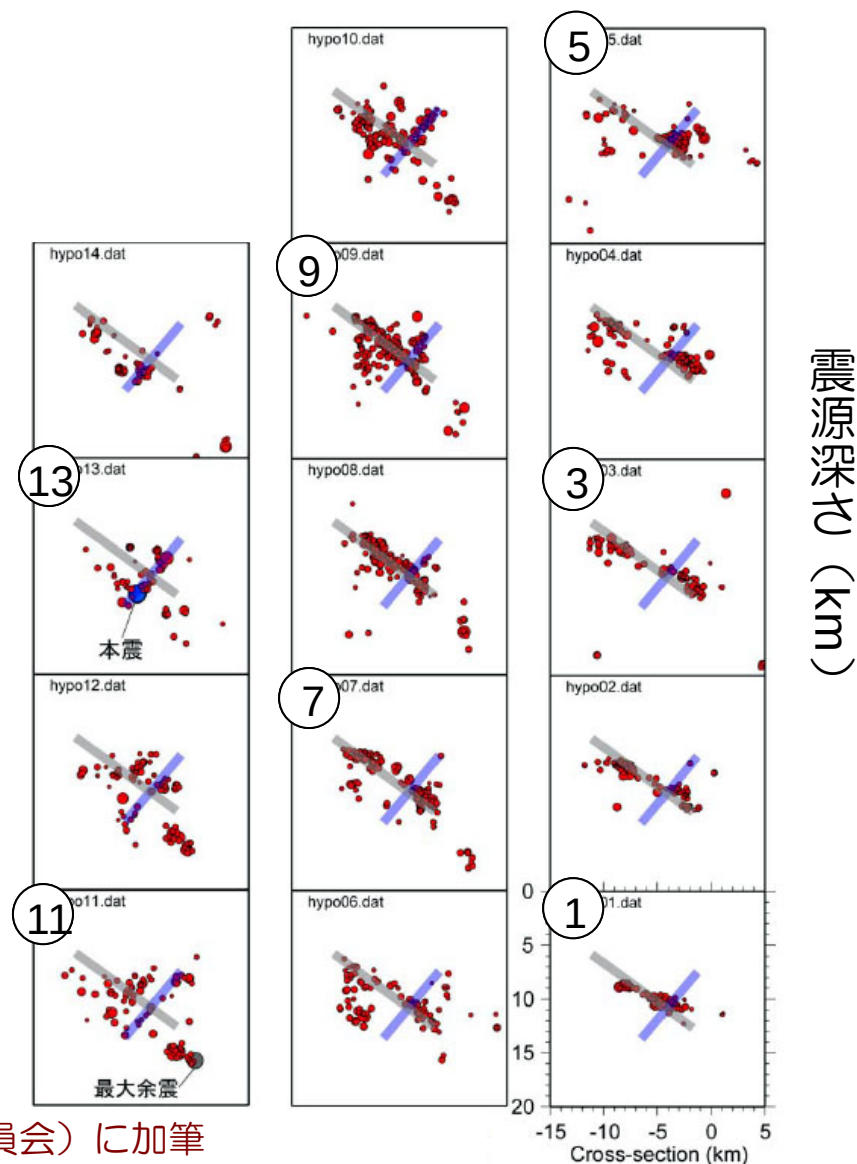
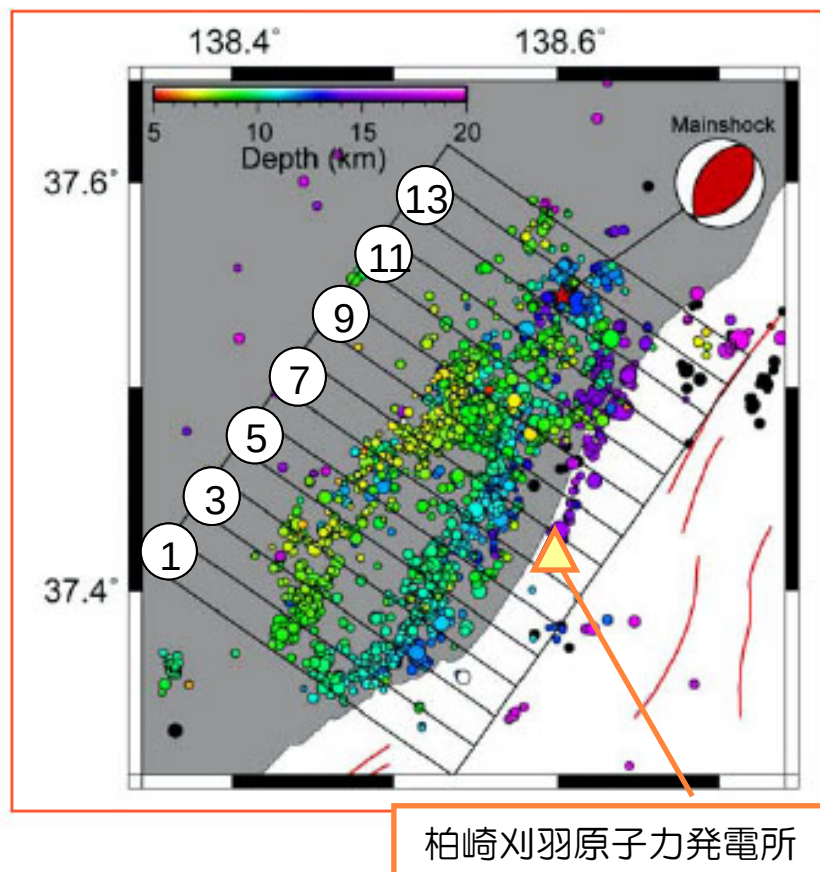
地震調査研究推進本部の評価文より

評価に使用された以下の解析結果を次ページ以降に示す

- 精密余震分布
- 断層すべり分布
- 津波波形データの解析結果

中越沖地震の精密余震分布

中越沖地震の余震分布



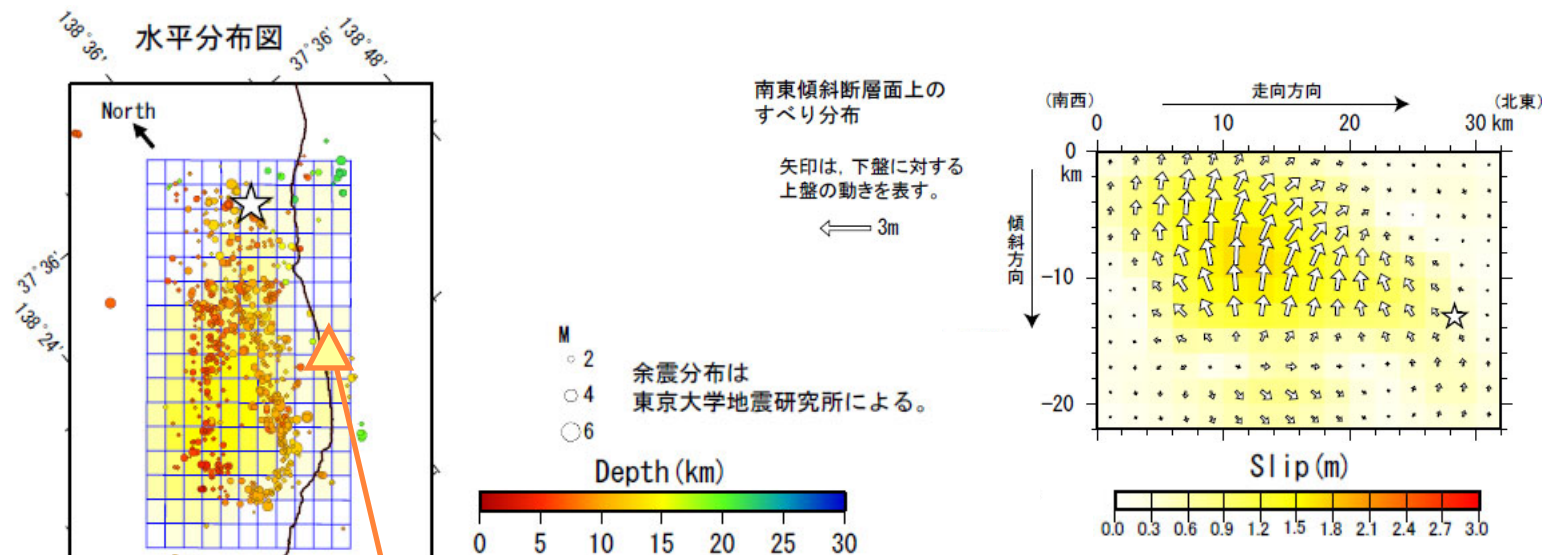
※東京大学地震研究所資料

(平成20年1月11日地震調査研究推進本部地震調査委員会) に加筆

■ 全体的な傾向として、余震は南東傾斜の断層面上で発生している。

地殻変動データから求められた断層すべりモデル①

- GPS、SAR（合成開口レーダ）、水準測量による地殻変動データの解析結果から推定された南東傾斜の断層面におけるすべり分布



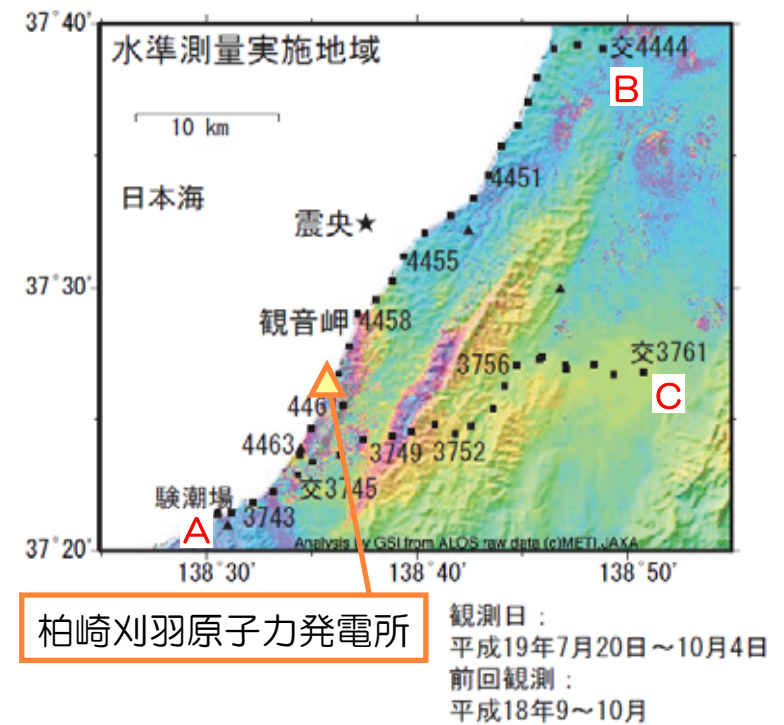
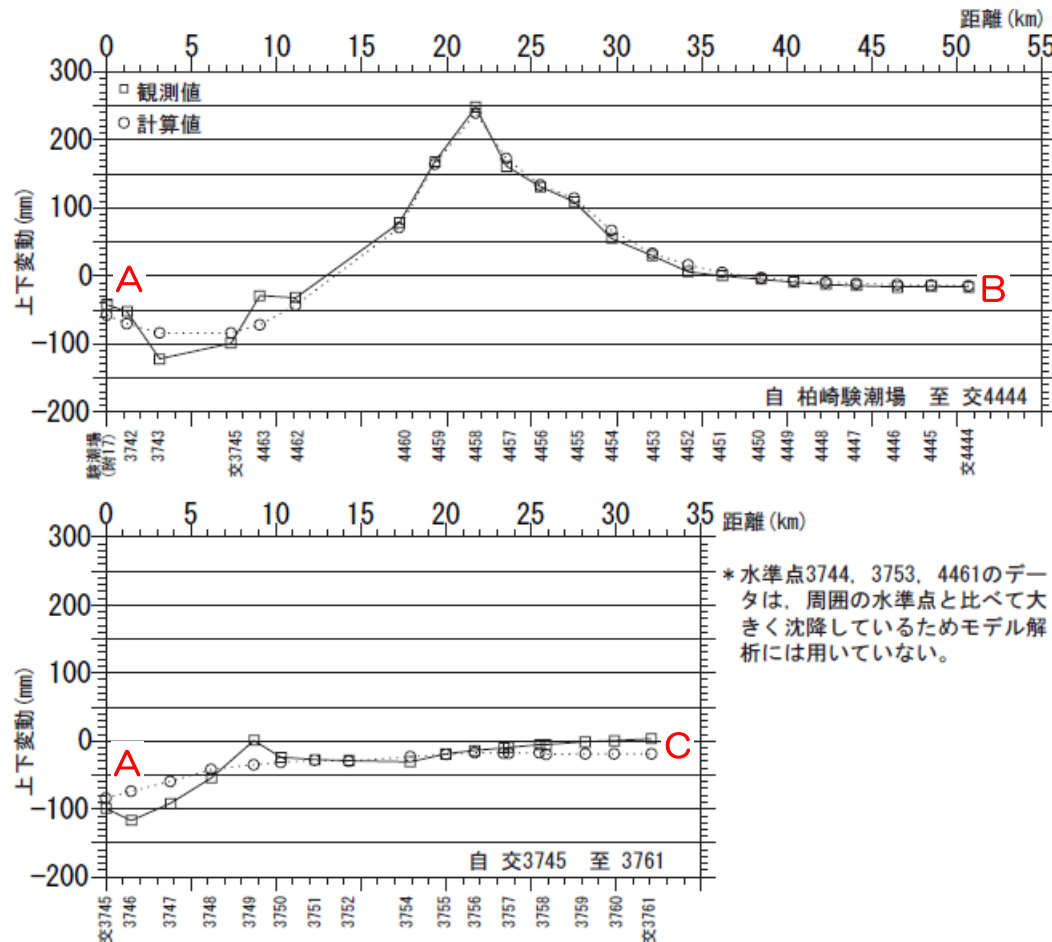
柏崎刈羽原子力発電所

※国土地理院資料に加筆

- 余震分布をもとに仮定された南東傾斜の断層面について、地殻変動データの解析結果から断層面上のすべり分布を推定
- 比較的単純なすべり分布により、地殻変動データがよく説明される

地殻変動データから求められた断層すべりモデル②

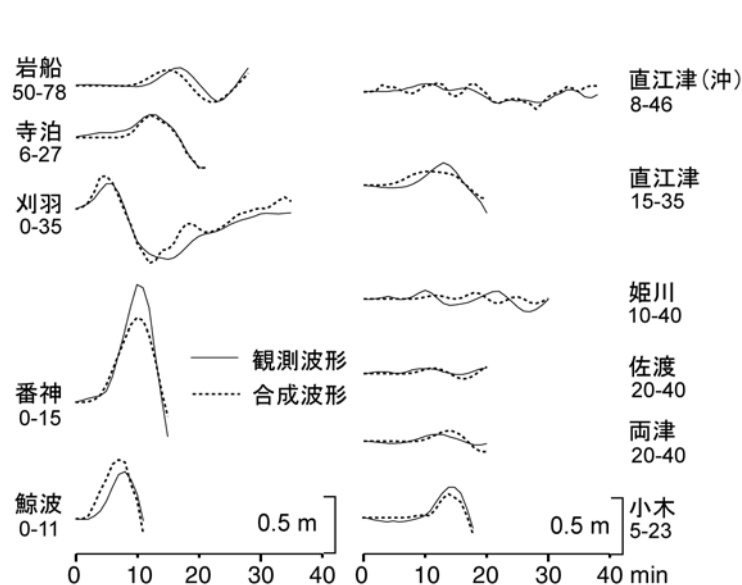
■地殻変動データの解析例（水準測量）



■南東傾斜の断層面により、水準測量の観測データがよく説明される。

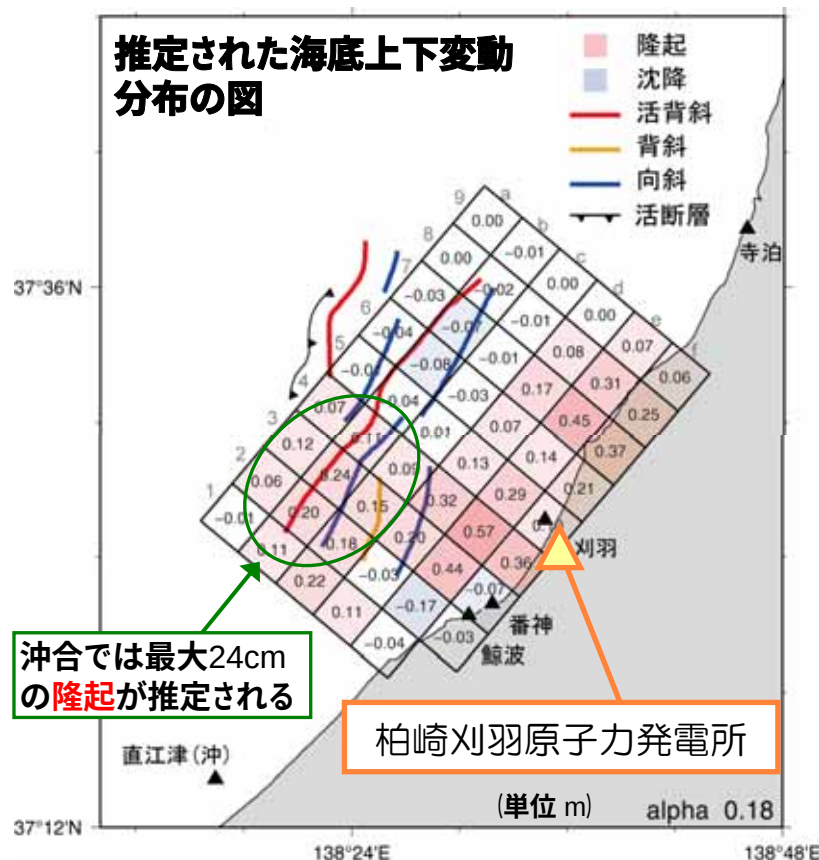
津波データにより推定される海底上下変動と断層モデル①

■津波波形インバージョンより海底上下変動分布が推定された



観測津波波形と計算波形の比較

インバージョン解析により、観測された津波波形を再現するような、海底上下変動分布が推定された



岡村他(2008)による背斜軸・向斜軸・活断層の位置と海底上下変動の比較

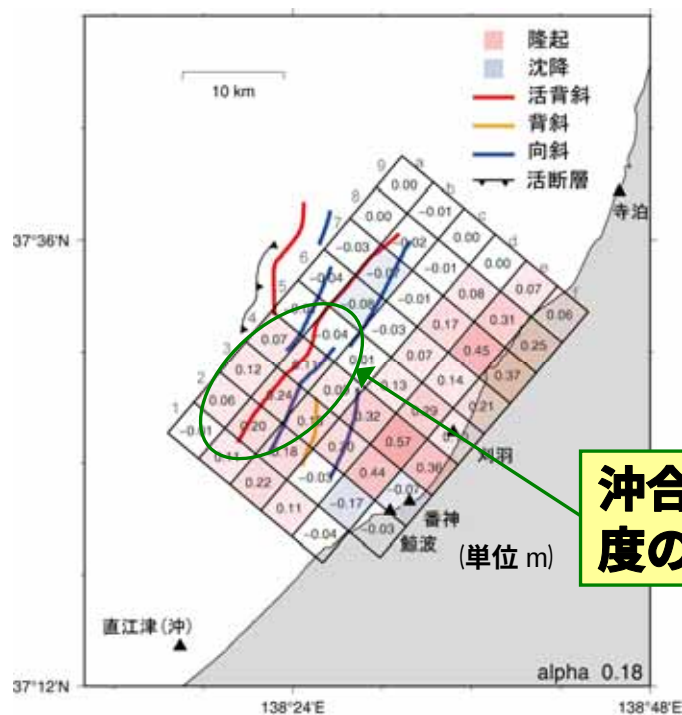
■沖合の堆積層の背斜構造に沿って、海底が20cm程度盛り上がったことが推定される。

※津波観測記録による波源調査グループ資料（地震調査研究推進本部）に加筆

津波データにより推定される海底上下変動と断層モデル②

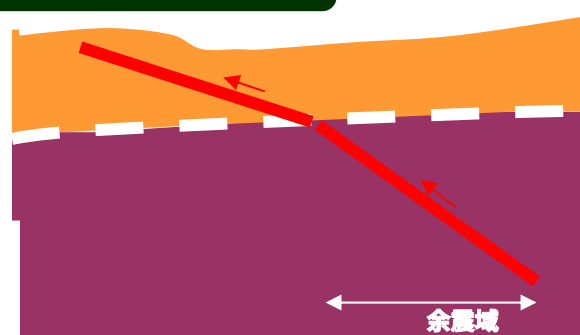
■海底上下変動分布を説明する断層モデル

津波モデル

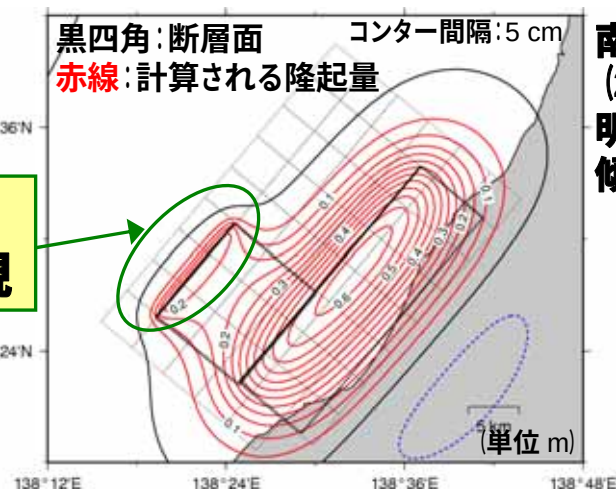


沖合の20cm程
度の隆起を再現

南東傾斜の断層モデル



断層モデル
の概念図
(断面図)

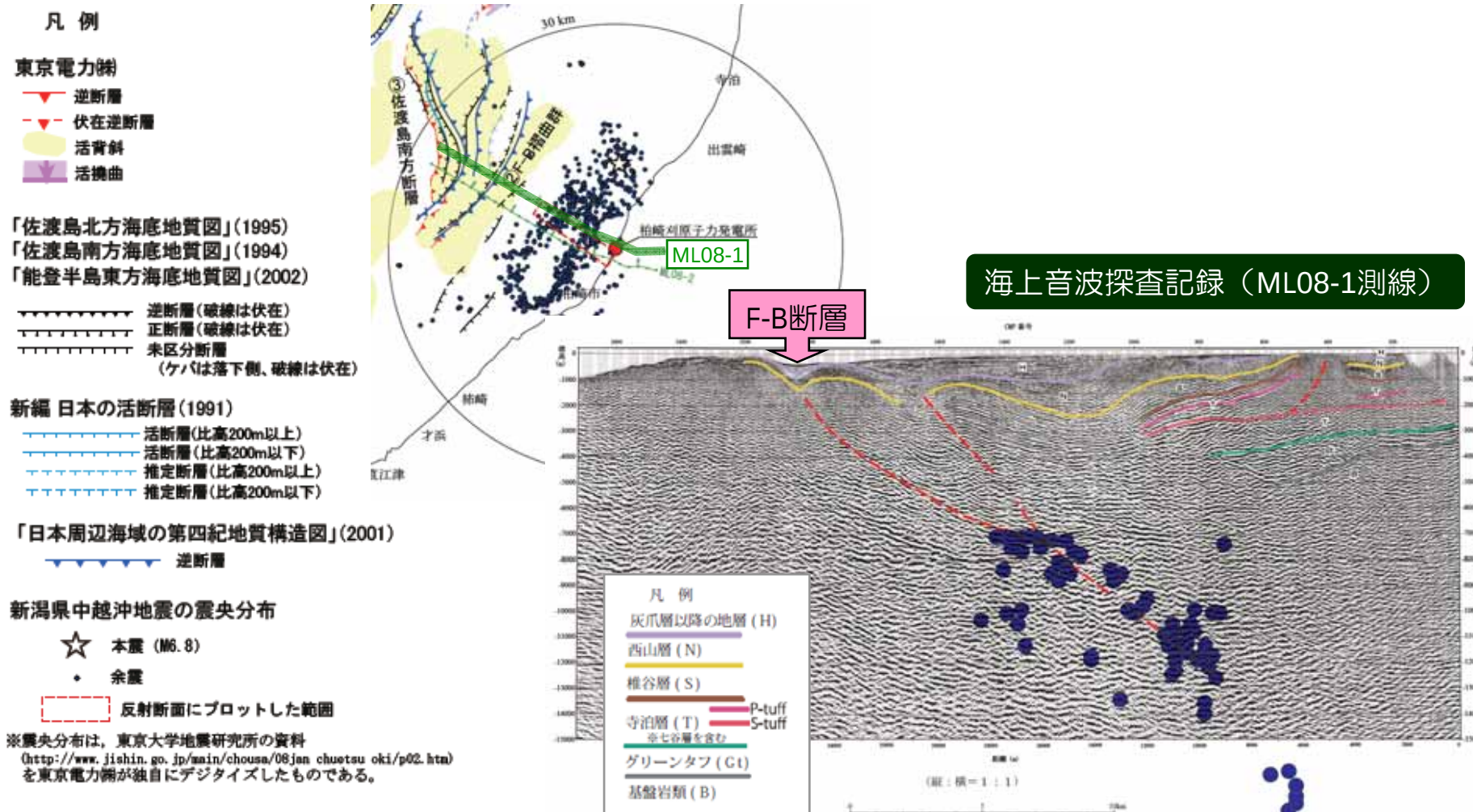


南側・海側の隆起
(20cm程度)を説
明するための南東
傾斜断層モデル

■津波データにより推定される海底上下変動と南東傾斜の断層面から推定される海底上下変動は調和的である。

中越沖地震とF-B断層との関係

- F-B断層は、海上音波探査結果に基づき南東傾斜の逆断層と評価している。
- 断層面は、海域・陸域臨時地震観測網に基づく中越沖地震の精密余震分布（7月16日10時13分～8月29日）とよく対応している。



小 括

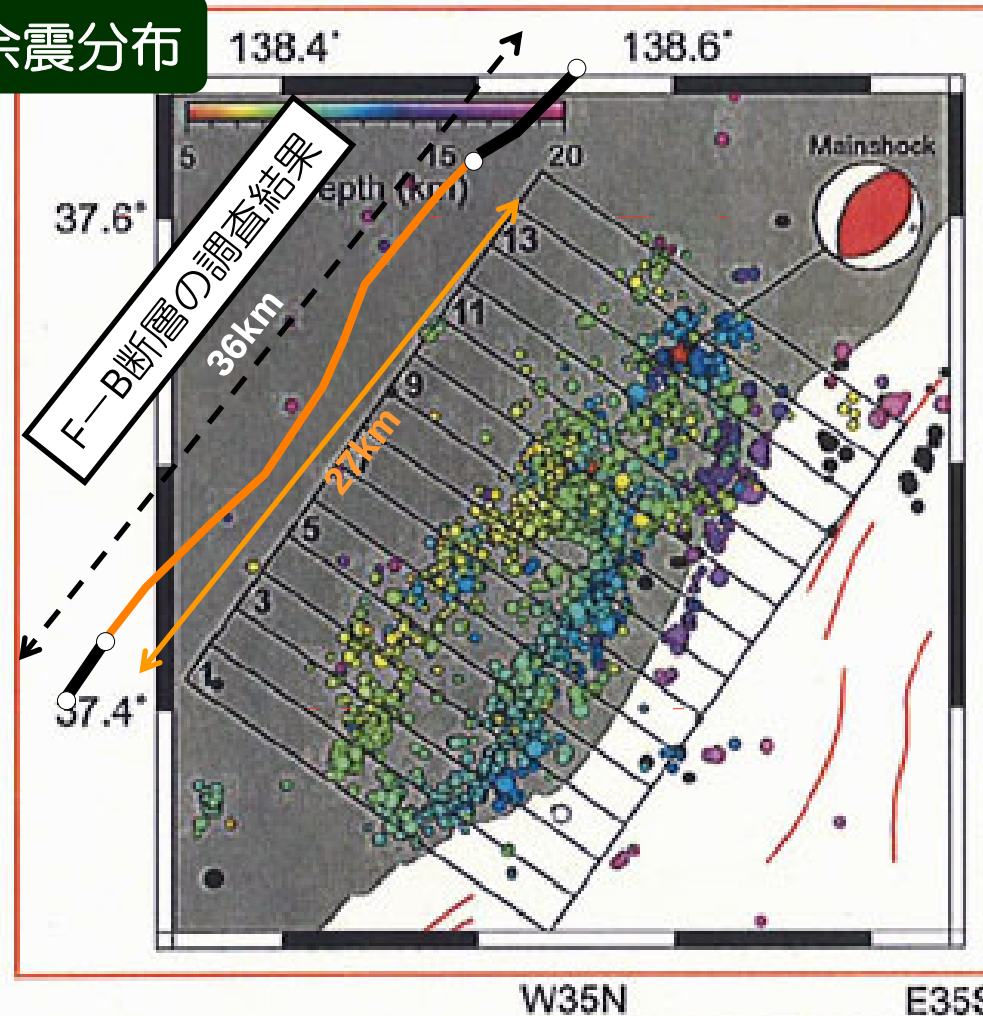
- 地震調査研究推進本部によると、中越沖地震の精密余震分布、地殻変動、津波波形等のデータに基づき、震源断層は大局的には長さ27kmの南東傾斜の逆断層と推定されている。
- 当社が海上音波探査結果に基づき評価したF-B断層は、南東傾斜の逆断層であり、中越沖地震の精密余震分布とよく対応していることから、中越沖地震の震源断層と考えられる。

-
1. 中越沖地震の震源像
 2. F－B断層の震源特性
 3. F－B断層の再来期間
 4. まとめ

F-B断層と地層の累積変形との関係①

- F-B断層の長さは、海上音波探査結果に基づき地層の累積変形などが認められる範囲までの36kmと評価している。

中越沖地震の余震分布



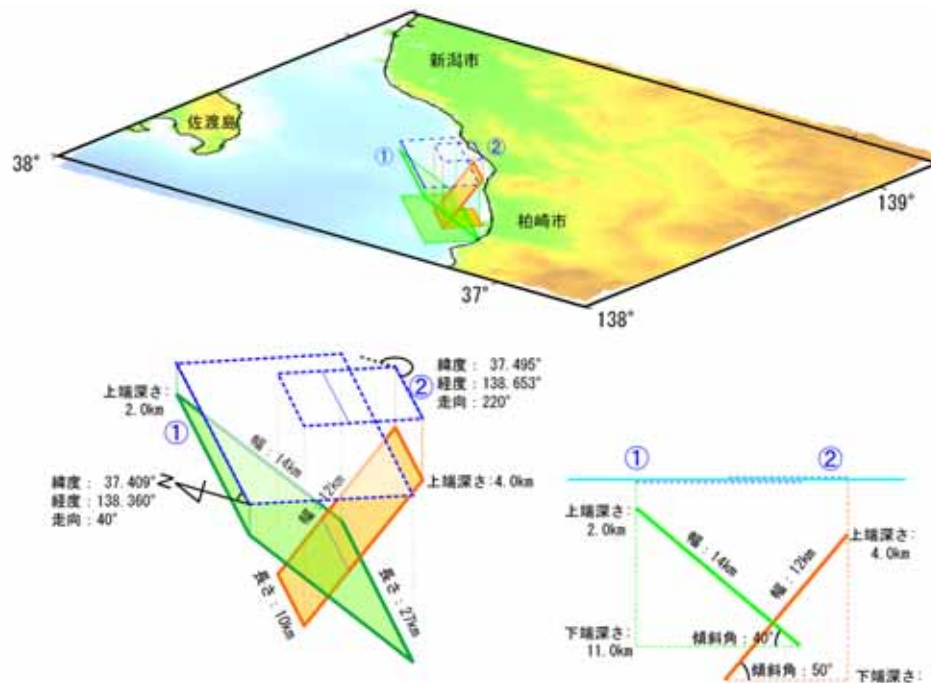
東京電力

※東京大学地震研究所資料（平成20年1月11日地震調査研究推進本部地震調査委員会）に加筆

F-B断層と地層の累積変形との関係②

- 中越沖地震時の地殻変動については、国土地理院から長さ27kmの南東傾斜の断層モデルなどを用いたくいちがいの弾性論による解析結果が提示されており、敷地前面の海域は全体的に隆起する傾向にある。

＜解析に用いた主要な滑り面の概念図＞



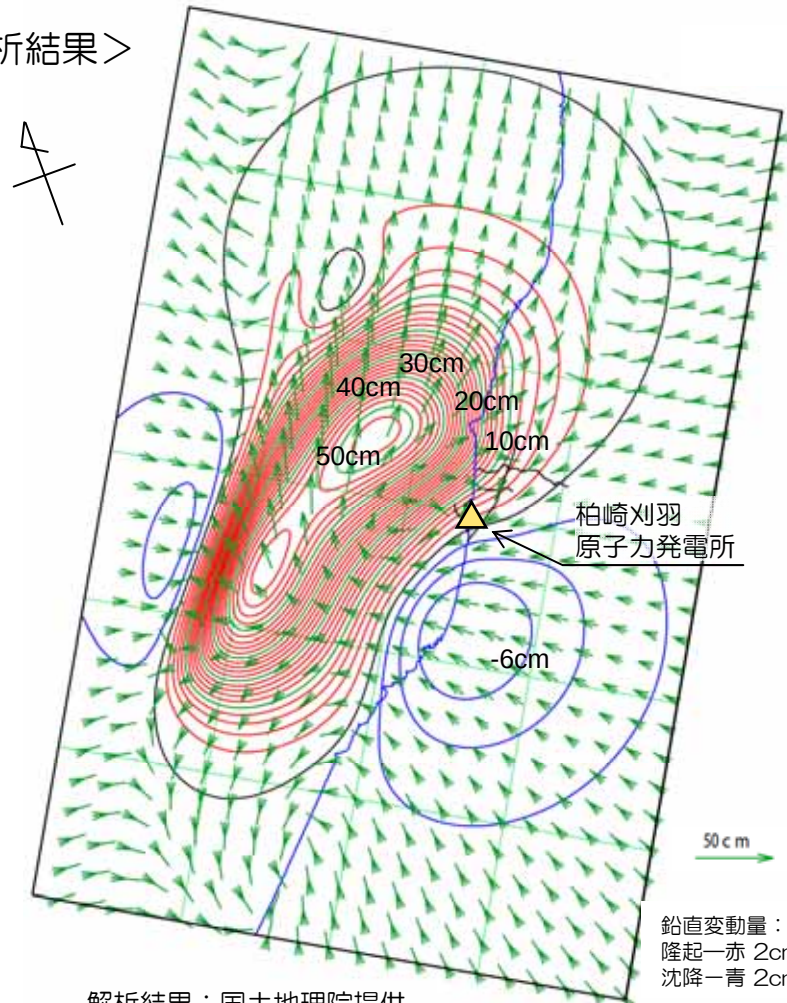
断層面の概略パラメータ

	緯度	経度	上端深さ	長さ	幅	走向	傾斜角	モーメントマグニチュード
①	37.409°	138.360°	2.0km	27km	14km	40°	40°	6.64
②	37.495°	138.653°	4.0km	10km	12km	220°	50°	6.24

Total Mw 6.70

国土地理院HP

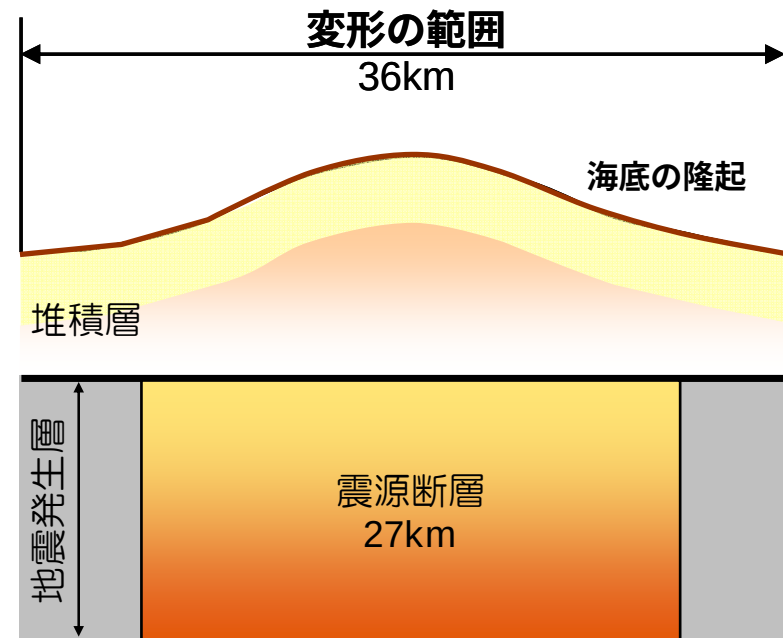
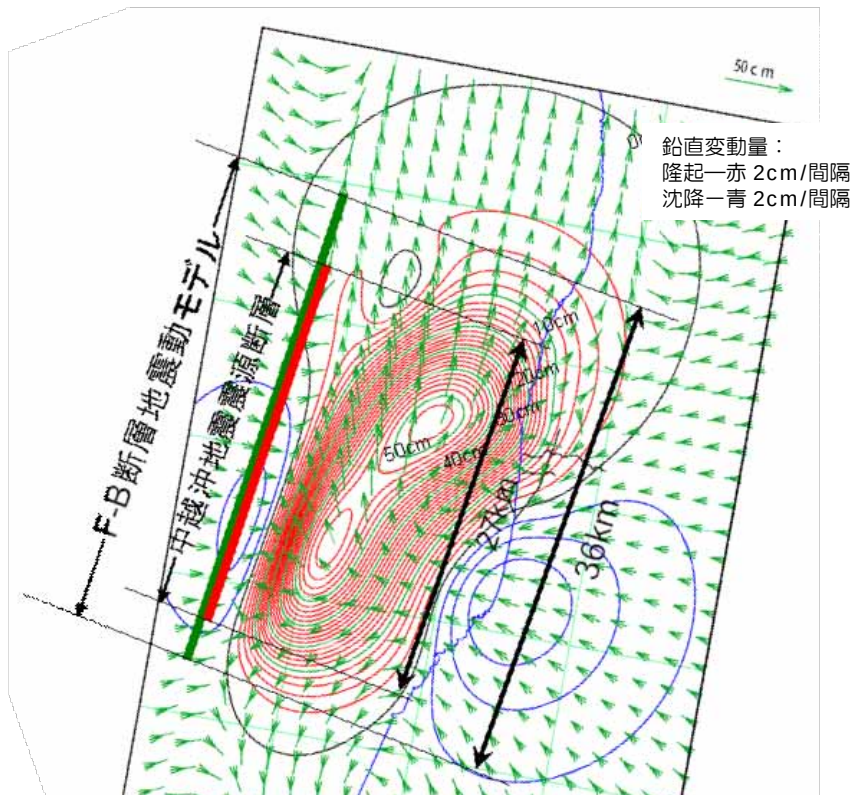
＜解析結果＞



鉛直変動量：
隆起—赤 2cm/間隔
沈降—青 2cm/間隔

解析結果：国土地理院提供

F-B断層と地層の累積変形との関係③

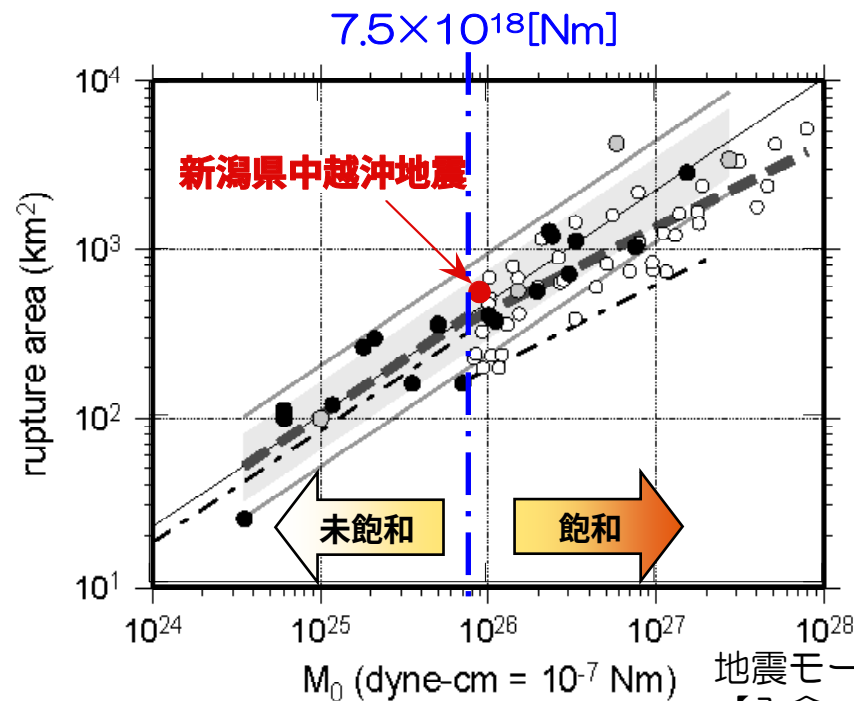


中越沖地震震源断層と地層の変形範囲に関する概念図

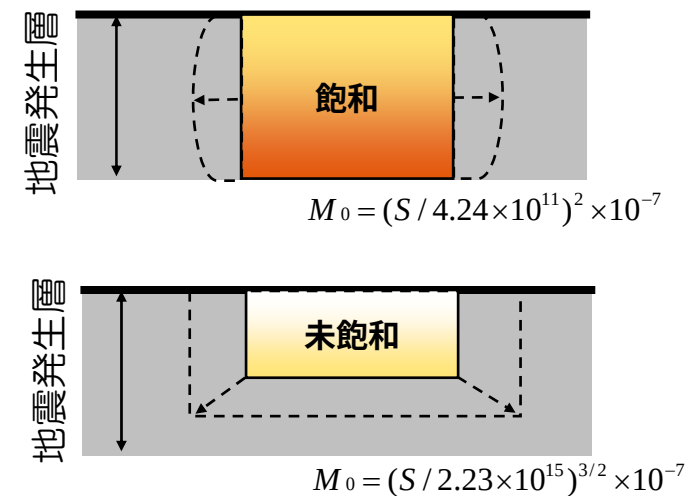
- 中越沖地震の震源断層は27kmと評価されている。
- 一方で、基準地震動Ssの策定にあたっては地層の変形範囲に基づき、震源モデル（36km）を評価している。
- 両者に差が認められるが、国土地理院モデル（27km）による地層の変形範囲と震源モデル（36km）として評価した範囲はおおよそ一致している。
- すなわち、中越沖地震の震源断層（27km）と同程度の活動の累積によって36kmの範囲の地層の変形が形成されてきたと推定される。

既存のスケーリング則との比較①（内陸地震の M_0 と S の関係）

- 中越沖地震について、内陸地震に関する既往のスケーリング則（地震モーメント M_0 と震源断層の面積 S の関係）との比較を行った。
- 中越沖地震の「 $M_0=9.3\times 10^{18}\text{Nm}$ (F-net), 面積：540 km^2 」は既存のスケーリングと整合しており、平均的な地震であると言える。



地震モーメントと断層面積の関係
【入倉・三宅（2001）に加筆】



- また、 M_0 と S の関係は断層幅が飽和することによって変化することが知られており、その目安は地震モーメント $7.5 \times 10^{18} [\text{Nm}]$ であるとされている。中越沖地震の M_0 からは概ね断層幅が飽和した地震であると考えられる。

既存のスケーリング則との比較②（日本海東縁での M_j と L の関係）

- 「日本海東縁の活断層と地震テクトニクス」（大竹・他, 2002）に示される, 気象庁マグニチュード M_j と断層長さ L の關係に着目した。
- 日本海東縁部で発生した地震のマグニチュード M_j と断層長さの間には相関が認められ, 中越沖地震の「断層長さ27km : M_j 6.8」は, 既往地震の傾向とよく整合している。

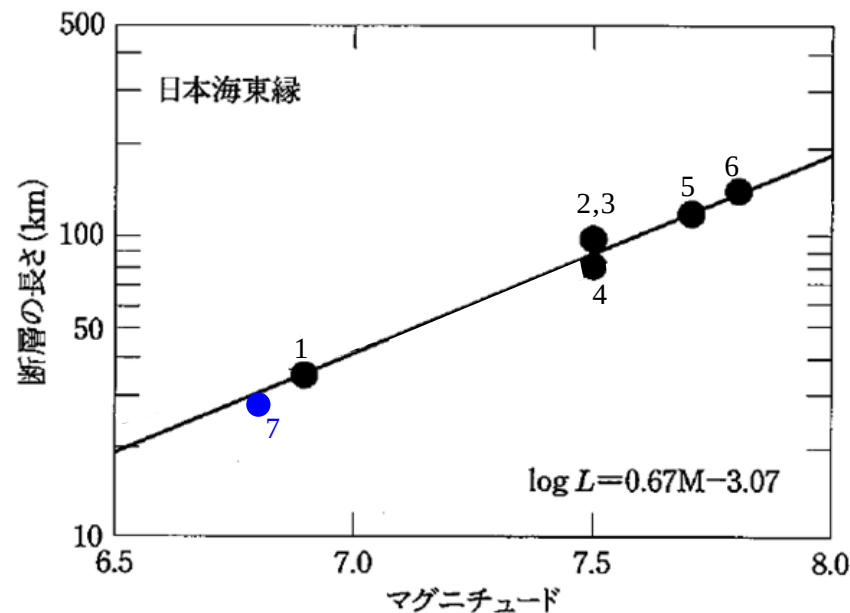


図 12.4 日本海東縁に発生した地震の規模 M と断層長 L (km) の関係

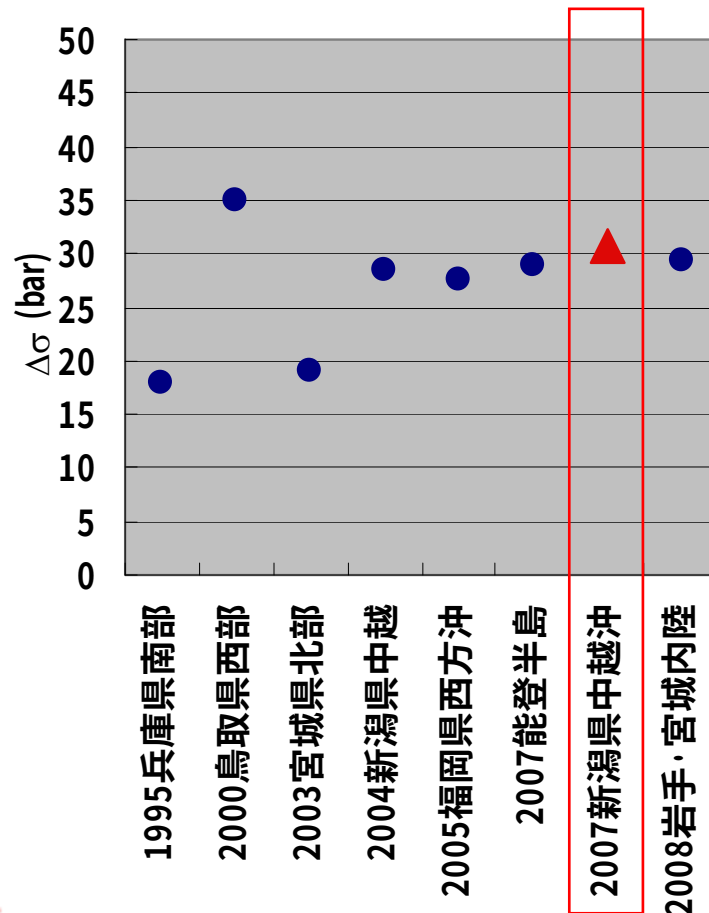
※「日本海東縁の活断層と地震テクトニクス」p.182 図12.4
に加筆・修正

No	地 震	M	L(km)	出 典
1	1828年越後三条地震	6.9	約35	宇佐美(1996)
2	1833年庄内沖地震	7.5	100	相田(1989)
3	1940年積丹半島沖地震	7.5	100	Satake(1986)
4	1964年新潟地震	7.5	80	Abe(1975)
5	1983年日本海中部地震	7.7	120	Sato(1985)
6	1993年北海道南西沖地震	7.8	139	Tanioka et al. (1995)
7	2007年新潟県中越沖地震	6.8	27	各機関公表値

- M_j と断層長さの關係は既往の日本海東縁部での關係と整合していることから, 中越沖地震はこの地域で断層長さから想定される規模の地震であったと考えられる。

日本で発生した地震の平均応力降下量との比較

- 中越沖地震の平均応力降下量を，近年日本周辺で発生した内陸地震での値と比較した。
- 中越沖地震の震源解析結果から計算される値（約31bar）は他の内陸地震の値とほぼ同じであり，同程度の応力解放があったと考えられる。



地震	Mw	M ₀ (Nm)	L (km)	W (km)	S (km ²)	Δσ ^{*1} (bar)	出典
1995兵庫県南部	6.8	2.20E+19	60	16	960	18	Yoshida et al.(1996)
2000鳥取県西部	6.8	2.10E+19	34	18	598	35	堀川・他(2001)
2003宮城県北部	6.1	1.90E+18	18	10	180	19	Hikima&Koketsu(2004)
2004新潟県中越	6.6	8.80E+18	24	16	384	28	Hikima&Koketsu(2005)
2005福岡県西方沖	6.6	1.15E+19	26	18	468	28	Asano&Iwata(2006)
2007能登半島	6.6	1.10E+19	22	20	440	29	Horikawa(2008)
2007新潟県中越沖	6.6	1.04E+19	24	17	408	31	芝(2008)
2008岩手・宮城内陸	6.9	2.50E+19	42	18	756	29	引間・他(2008)

計算条件を揃えるため，それぞれの地震のパラメータは強震波形インバージョンにより推定された値を使用した。

*1：Δσ（応力降下量）は円形クラックの式により，SとM₀から計算した。

$$\Delta\sigma = \frac{7}{16} \times \frac{M_0}{R^3}, \quad S = \pi R^2$$

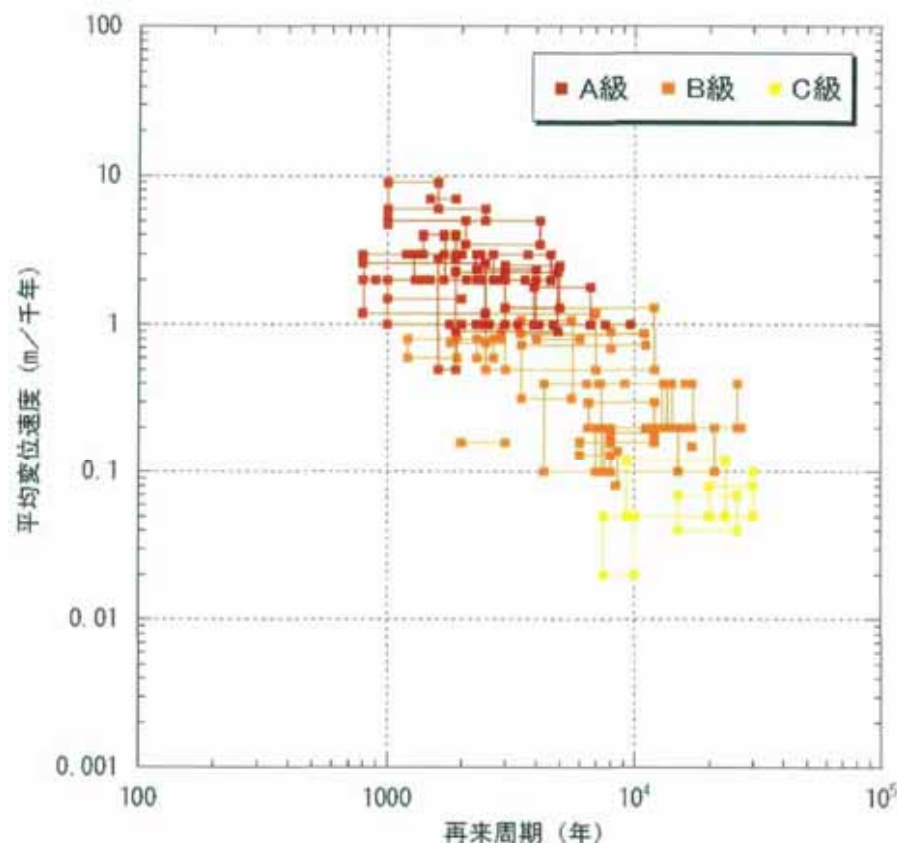
小 括

- 基準地震動Ssの震源モデルの設定根拠とした地層の変形範囲（36km）は、中越沖地震の震源断層（27km）の活動によって生じる地層の変形範囲と同程度である。
- 中越沖地震の地震規模と震源の大きさとの関係（ M_0 とSとの関係、 M_j とLとの関係）は、既往地震の一般的な傾向とよく整合しており、特殊なものではない。またその地震規模（ M_0 ）から、中越沖地震は概ね断層幅が飽和した地震であると考えられる。
- 中越沖地震の平均応力降下量は、国内の内陸地殻内地震の平均的な値とほぼ同じであることから、地震時の応力解放もこれらの内陸地殻内地震とほぼ同程度であったと考えられる。
- 以上のことから、中越沖地震の際にF－B断層周辺の応力はほぼ解放されたと考えられる。

-
1. 中越沖地震の震源像
 2. F－B断層の震源特性
 3. F－B断層の再来期間
 4. まとめ

一般的な活断層の再来期間

- トレンチ調査等によって求められた活断層の再来期間の平均値は、A級活断層で約2,700年（最も短いもので約700年）、B級活断層で約9,200年、C級活断層で約17,000年となっており、原子力発電所の供用期間よりも長い。



図ー1 平均変位速度と再来期間の関係（トレンチ調査結果による）

表ー2 再来周期の統計処理結果（対数正規分布※1）

活動度（級）	標本数	平均値（年）	標準偏差 σ
A	39	2,708	1.612
B	39	9,262	2.065
C	7	17,068	1.780
A～C	85	6,825	2.418

50000年は何 σ か（A～C級）→

2.255

※1 対数正規分布の平均値及び標準偏差は常数に直したものである。

したがって、No値は、平均値×（標準偏差）Nで計算される。

※2 統計処理にあたっては、再来周期の下限値及び上限値が明らかなデータのみを用いた。

原子力安全基準・指針専門部会 耐震指針検討分科会 第19回会合（平成17年5月27日）震分第19-6号（震震W第4-4号改）より抜粋（<http://www.nsc.go.jp/senmon/shidai/taisinbun/taisinbun019/siryo6.pdf>）

<参考>トレンチ調査結果 (1)

表-1 トレンチ調査結果

【歴史地震名】断層名 (地区)	長さ (km)	断層型	活動度	平均変位速度 (m/1000年)	最新活動年	再来期間 (年)	文献
【濃尾地震】							
根尾谷断層帯	30	左ずれ	A	2	1891年	2100-3600	地震調査委員会 (2005-1)
梅原断層帯	36	左・上下	B, C	-	1891年	14000-15000	地震調査委員会 (2005-1)
温見断層 西北部	16	左・上下	A, B	-	1891年	2200-2400	地震調査委員会 (2005-1)
【陸羽地震】							
横手盆地東縁断層帯 北部	26	逆	A	1	1896年	3400	地震調査委員会 (2005-3)
奥旨山地東縁断層 北部	14-21	逆	B	-	1898年	6300-31000	地震調査委員会 (2005-3)
【北丹後地震】							
山田地震断層	5	左ずれ	B	0.16	1927年	4500以上	佃ほか (1993)
郷村地震断層	15	左ずれ	B	0.5以下	1927年	6000以上	佃 (1989)
【北伊豆地震】							
北伊豆断層帯	32	左ずれ	A	2	1930年	1400-1500	地震調査委員会 (2005-2)
【鳥取地震】							
鹿野地震断層	8	右ずれ	C	-	1943年	4000-8000	岡田 (1986)
【三河地震】							
深溝地震断層	17	逆	C	0.05-0.08	1945年	20000-30000	上田ほか (1998)
【兵庫県南部地震】							
六甲淡路島断層帯 淡路島西岸	23	右・逆	B	水平0.7, 上下0.3	1995年	1800-2500	地震調査委員会 (2005-1)
宮土川断層系	20	逆	A	7	2100年前-1000年前	1500-1900	地震調査委員会 (1998)
大宮断層	6	正	A	2.2-6.0	3000年前	7000以下	下川ほか (1996)
芝川断層	10	逆	A	2.0-2.3	4500年前-2900年前	3000-4000	静岡県 (1997)
系魚川-静岡構造線活断層系 北部セグメント	45	逆	A	3	1500年前-1000年前	2000	地震調査委員会 (1996)
中部							
牛伏寺断層	7	左ずれ	A	4.7-5.7	1483年前-1051年前	1000	三浦ほか (2002)
赤木山断層	2	逆	B	-	1280年前-6480年前	16000-22000	三浦ほか (2004a)
岡谷断層群	12	鉛直	A	-	1700年前	3500	東郷ほか (1988)
釜無山断層群北部	9.3	左ずれ	A	1.3-2.5	1630年前-1010年前	3000-5000	三浦ほか (2001)
釜無山断層群南部	-	左ずれ	A	1.0-2.0	1900年前-1500年前	1000-4000	三浦ほか (2000) 等
白州断層	10	左・逆	A	1.0-1.8	2720年前-1695年前	3930-6665	三浦ほか (2004b)
下内井断層	12	逆	B	0.5-1.2	2400年前-1400年前	2500-7000	三浦ほか (1999)
市之瀬断層群	8	逆	A	3.5-5	1275年前-665年前	2085-4145	三浦ほか (2002)
中央構造線							
紀淡海峡～鳴門海峡	43-51	右・上下	B	上下0.8	3100年前-2500年前	4000-6000	地震調査委員会 (2002-2)
讃岐山脈南縁～							
石鎚山脈北縁東部	130	右ずれ	A	6-9	16世紀	1000-1600	地震調査委員会 (2003-2)
石鎚山脈北縁西部	130	右ずれ	A	-	16世紀	1000-2900	地震調査委員会 (2003-2)
～伊予灘							
阿村断層	30	右ずれ	A	5-6	16世紀	1000-2500	地震調査委員会 (2003-2)
養老～桑名～四日市断層帯	60	逆	A	3-4	13世紀-16世紀	1400-1900	地震調査委員会 (2001)
別府～万年山断層帯							
別府湾～日出生断層帯 東部	43	正	A	3	1596年	1300-1700	地震調査委員会 (2005-3)
大分平野～湯布院断層帯 東部	27	正	A	2.4	2200年前-1400年前	2300-3000	地震調査委員会 (2005-3)
西部	14	正	-	-	2000年前-18世紀初頭に2回	700-1700	地震調査委員会 (2005-3)
瀬平山～亀石山断層帯	34	正	B	0.1-0.4	13世紀以降	4300-7300	地震調査委員会 (2005-3)
阿寺断層帯 北部	17	左ずれ	A	-	3400年前-3000年前	1800-2500	地震調査委員会 (2004-12)
南部	15	左ずれ	A	2.0-4.0	1586年	1700	地震調査委員会 (2004-12)
長岡平野西縁断層帯	83	逆	A	3	13世紀以降	1200-3700	地震調査委員会 (2004-10)
跡津川断層	69	右ずれ	A	2.0-3.0	1650年	2300-2700	地震調査委員会 (2004-9)
神縄～国府津～松田断層帯	25+	逆	A	2.0-3.0	12世紀初頭-14世紀前半	800-1300	地震調査委員会 (2005-3)
庄内平野東縁断層帯	38	逆	A	2-3	3000年前-18世紀	2400-4600	地震調査委員会 (2005-4)
長野盆地西縁断層帯	58	逆	A	1.2-2.6	1847年	800-2500	地震調査委員会 (2001)
荒坂断層	6	逆	B	-	1847年	2300	佃ほか (1995)

原子力安全基準・指針専門部会 耐震指針検討分科会 第19回会合 (平成17年5月27日) 震分第19-6号 (震震W第4-4号改) より抜粋 (<http://www.nsc.go.jp/senmon/shidai/taisinbun/taisinbun019/siryo6.pdf>)

<参考>トレンチ調査結果 (2)

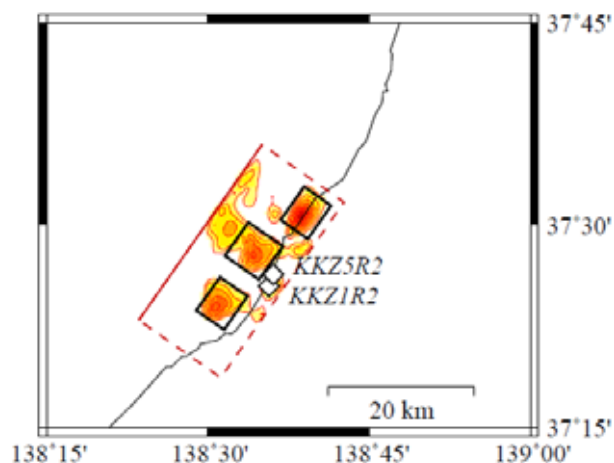
六甲・淡路島断層帯	71	右	A	2	16世紀	900-2800	地震調査委員会 (2004-1)
六甲山地南縁～淡路島東岸	144	右ずれ	A	0.9-2.3	6世紀～7世紀	1900-4900	地震調査委員会 (2002)
三浦半島北断層群	111	右ずれ	A	0.5-2.8	2300年前～1900年前	1600-1900	地震調査委員会 (2002)
武山断層	60	逆	A	1-2	6000年前以降	3000	地震調査委員会 (2002)
山形盆地断層帯	55	右ずれ	A	1.5	1586年	1000-2000	地震調査委員会 (2001)
有馬・高槻構造線活断層系	51	左・上下	A	水平1.0, 上下0.1	868年	1800-2300	地震調査委員会 (2003-12)
山崎断層帯 北西部	38	逆	A	1	14世紀～17世紀	2600-4100	地震調査委員会 (2004-5)
関谷断層	9	逆	A	1.0	2740年前～2670年前	2000-4000	伊藤ほか (1982)
平山断層	34	逆	A	1	1611年	7600-9600	地震調査委員会 (2006-2)
会津盆地西縁断層帯	38	正	A	1	2400年前～11世紀	2500-4700	地震調査委員会 (2005-3)
雲仙断層群 南西部	47	左ずれ	A,B	-	4800年前～3世紀	1800-5900	地震調査委員会 (2005-1)
境峠・神谷断層帯	54	右ずれ	A,B	-	11世紀～12世紀	5000-7100	地震調査委員会 (2005-3)
牛首断層帯	221	逆	B	0.8-0.9	1694年	1900-2900	地震調査委員会 (2005-4)
能代断層	49	逆	B	0.5-1.3	6500年前～300年前	3000-12000	地震調査委員会 (2002)
伊那谷断層帯	57	逆	B	0.7-0.9	2200年前～3世紀	8800	地震調査委員会 (2005-4)
福島盆地西縁断層帯	44	逆	B	0.6-0.8	3200年前～9世紀	1200-1900	地震調査委員会 (2005-3)
邑知河断層帯	48	逆	B	0.6-0.8	17世紀	2300-2700	地震調査委員会 (2004-1)
柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯主部 北部	42	左・逆	B	水平0.3-1, 上下0.1-0.4	2400年前～2世紀	3500-5600	地震調査委員会 (2005-2)
京都西山断層帯	27	右ずれ	B	水平0.2	1200年前～1500年前	11000-27000	地震調査委員会 (2002)
布田川・日奈久断層帯北東部	47	右ずれ	B	水平0.7, 上下0.2-0.5	7500年前～2200年前	3500-11000	地震調査委員会 (2002)
中部	40	逆・右	B	0.4	13世紀頃	6400-9100	地震調査委員会 (2004-11)
木曾山脈西縁断層帯 北部	8	逆・右	B	-	6500年前～3800年前	4500-24000	地震調査委員会 (2004-11)
南部	26	逆	B	0.3-0.4以上	6900年前～2700年前	5000-12000	地震調査委員会 (2002-12)
坂波平野断層帯 西部	21	逆	B	0.3-0.4	5世紀～18世紀初頭	6400以上	地震調査委員会 (2004-3)
伊勢原断層	51	逆・右	B	0.2-0.4	7600年前～5400年前	7200-14000	地震調査委員会 (2004-10)
喜那山・猿投山北断層帯	62	逆	B	0.2-0.4	4500年前	16000-26000	地震調査委員会 (2001)
北上低地西縁断層帯	24	逆	B	0.2-0.4	14000年前以降	13000-17000	地震調査委員会 (2001)
函館平野西縁断層帯	34-47	逆	B	0.2-0.3	3500年前～2800年前	6500-12000	地震調査委員会 (2004-4)
鈴鹿東縁断層帯	26	正	B	0.2	679年	14000	地震調査委員会 (2004-6)
水堀断層帯	16-40	左・上下	B	水平0.15, 上下0.05-0.1	2400年前～1800年前	8000-12000	地震調査委員会 (2005-4)
双葉断層	4	逆	B	0.16	2500年前以降	2000-3000	北海道 (2002)
野幌・大森崎曲帯	20	逆	B	0.1-0.2	11000年前～2200年前	7500-15000	地震調査委員会 (2003-11)
当別断層	26	逆	B	0.1-0.2	21000年前以降に2回	7000-21000	地震調査委員会 (2005-4)
十勝平野断層帯 光地断層	7.5	逆	B	0.13-0.16	1800年前～1600年前	6000-8000	北海道 (2004)
富良野断層帯 御料断層	33	逆	B	0.15	28000年前～400年前	17000	地震調査委員会 (2006-3)
右引山地東縁断層帯 西部	20	正・右	B	0.1-0.2	7300年前～2400年前	8000	地震調査委員会 (2004-10)
出水断層帯	17	逆	B	-	2400年前以降	3100-9610	栗田 (2004)
長町～利府線断層帯	20	右・上下	B	-	2800年前～6世紀	4200-6500	地震調査委員会 (2003-3)
花折断層帯 中部	10	右ずれ	B	-	6000年前以降3回	2000-3000以下	金田ほか (2004)
駄口断層	20	左ずれ	B	-	2000年前～1000年前	700-2900	吉岡ほか (2003)
揖斐川断層	67	左ずれ	B	-	11世紀～16世紀	3600-6900	地震調査委員会 (2004-9)
庄川断層帯	10	右	B	-	1596年	6900-14500	兵庫県 (2003)
六甲断層	10.5	逆	B	-	4000年前～15000年前	15000	兵庫県 (2004)
淡河断層	44	右ずれ	B	-	11000年前～10000年前	9000-18000	地震調査委員会 (2004-2)
岩国断層帯	17	右ずれ	B	0.08-0.14	2200年前	8500	北九州市 (1997)
小倉東断層	13	逆	C	0.05-0.12	6500年前～3600年前	9250-23200	鳥取県 (1999)
雨滝・金戸断層系	24	逆	C	0.05-0.1	9世紀～16世紀	30000	地震調査委員会 (2003-9)
長尾断層	18.5	左ずれ	C	0.04-0.07	15000年前～5000年前	15000-26000	福岡県 (1997)
宮田断層系	29	左ずれ	C	0.02-0.05	6300年前～2000年前	7500-10000	宮崎ほか (1999)
西山断層系	23	右ずれ	C	-	310年前以降	13000	AGA・T・ほか (2000)
茂佐延断層							

原子力安全基準・指針専門部会 耐震指針検討分科会 第19回会合 (平成17年5月27日) 震分第19-6号 (震震W第4-4号改) より抜粋 (<http://www.nsc.go.jp/senmon/shidai/taisinbun/taisinbun019/siryo6.pdf>)

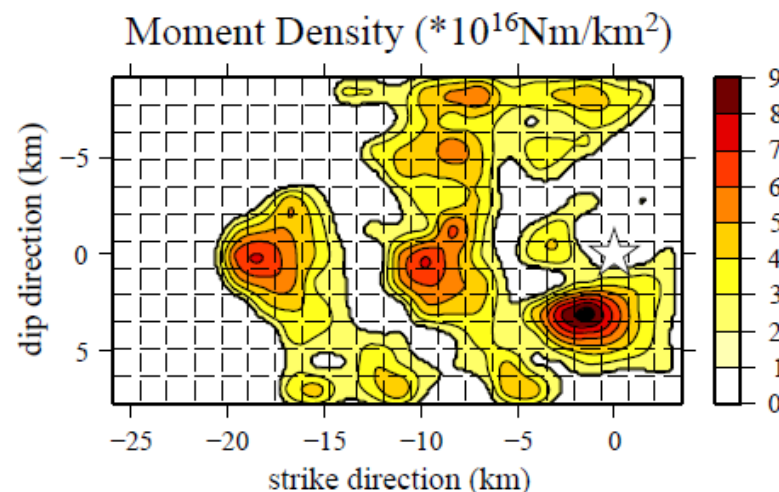
中越沖地震相当の地震の再来期間に関する検討①

- 中越沖地震相当の地震が再び発生するまでの期間の目安を把握するため、強震動モデル（芝、2008）に示される緒元等に基づき、概略検討した。

強震動モデル



地震モーメント分布

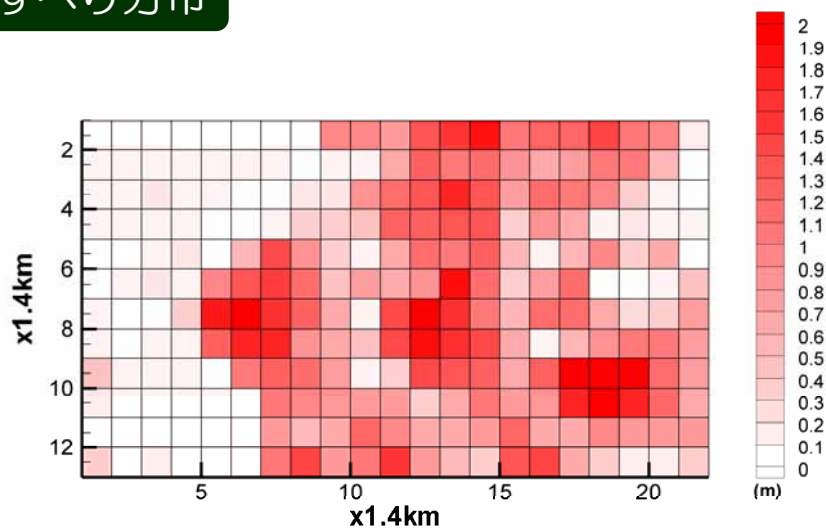


- 再来期間は、以下の2ケースについて計算した。
 - <ケース1> 平均変位速度に基づく再来期間：
「平均すべり量」÷「海上音波探査記録に基づく平均変位速度（垂直変位量に断層面の傾斜を考慮した換算値）」
 - <ケース2> 平均ひずみ速度に基づく再来期間：
「応力降下量」÷「GPS連続観測記録に基づく平均ひずみ速度から算出される蓄積せん断応力」

中越沖地震相当の地震の再来期間に関する検討②

- 強震動モデル（芝、2008）に基づく平均すべり量は約0.66m、応力降下量は約31barとそれぞれ算定される。

すべり分布



平均すべり量：約0.66m

ケース1の検討に使用

応力降下量

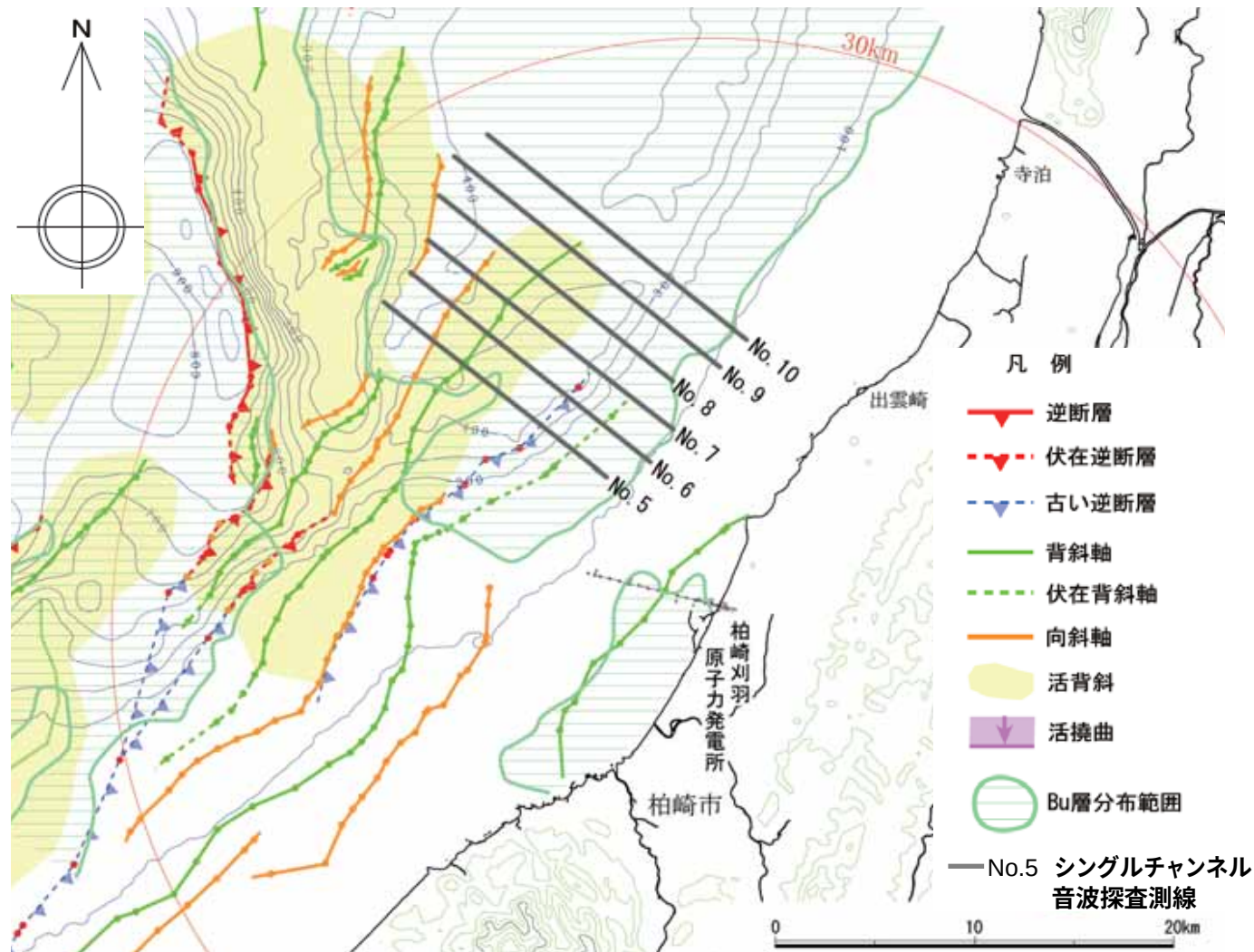
$$\Delta\sigma = \frac{7}{16} \times \frac{M_0}{R^3} \doteq 30.7\text{bar}$$

ケース2の検討に使用

項 目	設定値
地震モーメント M_0	$1.04 \times 10^{19} \text{ Nm}$
特性化震源モデルの断層面積 S	408 km^2
円形断層を仮定したときの断層半径 R	11.4 km

中越沖地震相当の地震の再来期間に関する検討③

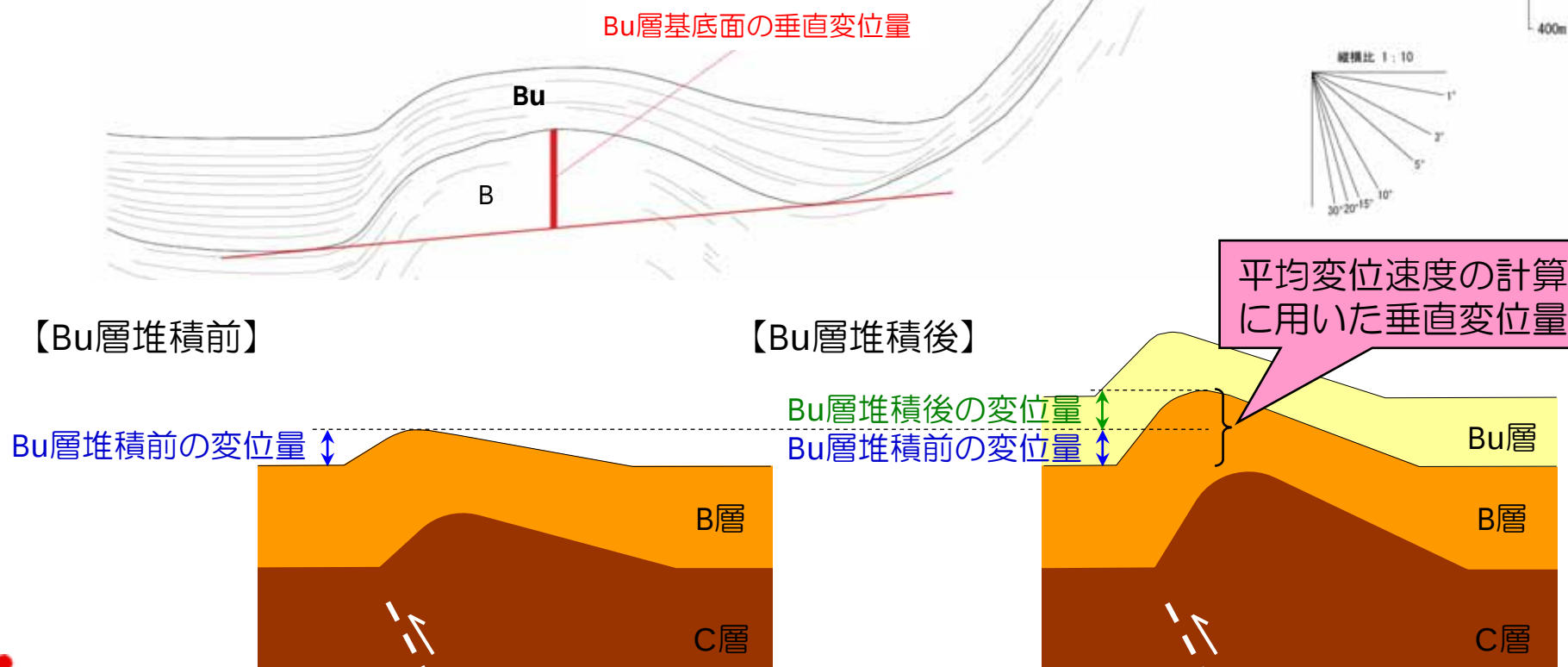
- 平均変位速度の算定には、中越沖地震の震源域付近において、Bu層が確認されている測線の海上音波探査記録（シングルチャンネル方式）を用いた。



中越沖地震相当の地震の再来期間に関する検討④

- 平均変位速度は、Bu層基底面の垂直変位量と同層堆積期間（約20万年）から算出すると、約0.4m/千年（換算値：約0.7m/千年）となる。
- なお、垂直変位量にはBu層堆積前の垂直変位量も含まれており、安全側（平均変位速度が大きくなる）評価になっていると考えられる。

平均変位速度の算出例（No.7測線）



中越沖地震相当の地震の再来期間に関する検討⑤

- 平均ひずみ速度は、中越沖地震前の震源域周辺海域（**赤枠**の範囲）におけるGPS三角網の連続観測記録を用いて算出した。
- この平均ひずみ速度を用いると、強震動モデルの走向・傾斜角（ともに 35° ）及びすべり角 90° （逆断層を仮定）に対応する1年間あたりに蓄積されるせん断応力は、約 0.04bar/年 と算出される。

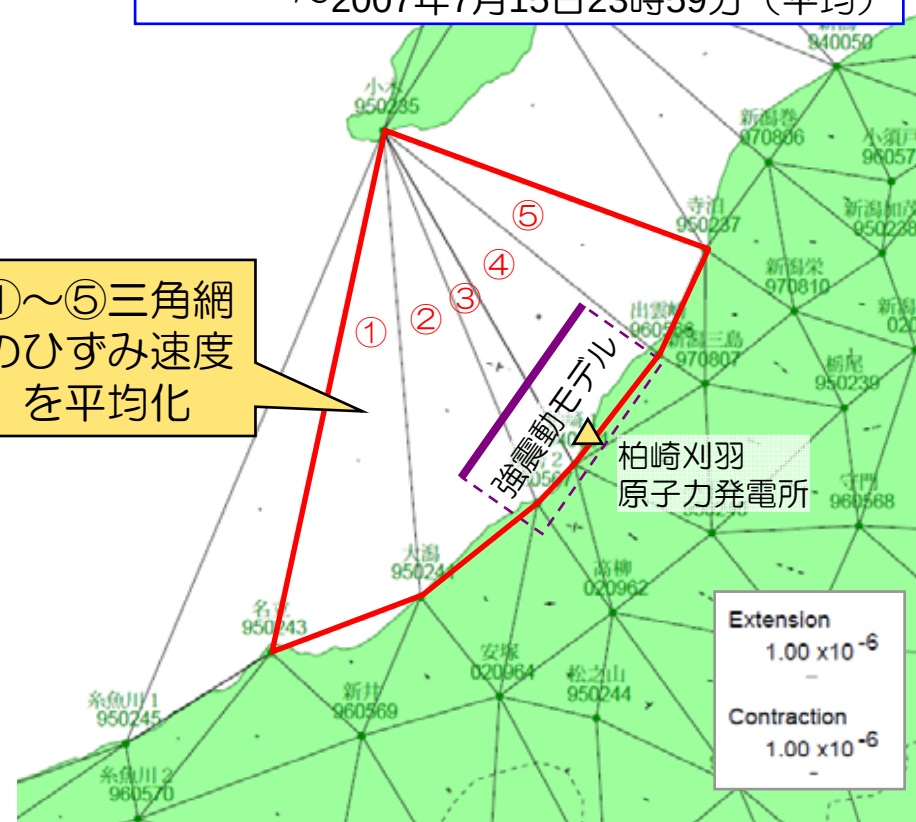
平均ひずみ速度の算出範囲及び主ひずみ分布

基準値：2004年10月24日00時00分
 ～2004年11月2日23時59分（平均）
 比較値：2007年7月6日00時00分
 ～2007年7月15日23時59分（平均）

①～⑤三角網
 のひずみ速度
 を平均化

地盤条件

	設定値	備考
弾性係数	$8.0 \times 10^5 \text{ bar}$	上部地殻の一般的な値
ポアソン比	0.25	



「この地図の作成にあたっては、国土地理院長の承認を得て、同院発行の300万分の1日本とその周辺及び100万分の1日本を使用したものである。（承認番号 平20業使、第226号）」

中越沖地震相当の地震の再来期間に関する検討⑥

- 中越沖地震相当の地震の再来期間は、ケース1が約940年、ケース2が770年であり、地震調査研究推進本部（2012）による日本海東縁部の地震の平均発生間隔と調和的な結果となっている。

No.	項 目		再来期間
1	平均すべり量：約0.66m	平均変位速度： 約0.7m/千年	約940年
2	応力降下量：約31bar	蓄積せん断応力： 約0.04bar/年	約770年

地震調査研究推進本部（2012）
による日本海東縁部の地震の
平均発生間隔

領域または地震名		長期評価で予想した 地震規模 (マグニチュード)	地震発生確率 ^(注1)			地震後 経過率 ^(注2)	平均発生間隔 ^(注1) (上段)
			10年以内	30年以内	50年以内		最新発生時期 (下段：ポアソン過程を適用 したものを除く)
日本海東縁部の地震	北海道北西沖の地震	7.8程度	0.002%～ 0.04%	0.006%～ 0.1%	0.01%～ 0.2%	0.54	3900年程度 約2100年前
	北海道西方沖の地震	7.5前後	ほぼ0%	ほぼ0%	ほぼ0%	0.02～0.05	1400～3900年程度 71.4年前
	北海道南西沖の地震	7.8前後	ほぼ0%	ほぼ0%	ほぼ0%	0.01～0.04	500～1400年程度 18.5年前
	青森県西方沖の地震	7.7前後	ほぼ0%	ほぼ0%	ほぼ0%	0.02～0.06	500～1400年程度 28.6年前
	秋田県沖の地震	7.5程度	1%程度以下	3%程度以下	5%程度以下	—	1000年程度以上 —
	山形県沖の地震	7.7前後	ほぼ0%	ほぼ0%	ほぼ0%	0.18以下	1000年程度以上 178.1年前
	新潟県北部沖の地震	7.5前後	ほぼ0%	ほぼ0%	ほぼ0%	0.05以下	1000年程度以上 47.5年前
	佐渡島北方沖の地震	7.8程度	1%～2%	3%～6%	5%～10%	—	500～1000年程度 —

小 括

- 一般的な活断層の再来期間は、短いものでも約700年であり、原子力発電所の供用期間よりも長い。
- F-B断層が、再び応力を蓄積して中越沖地震相当の地震を発生させるためには、海上音波探査記録に基づく平均変位速度やGPS連続観測記録に基づく平均ひずみ速度から算出すると、1000年弱の期間を要すると考えられる。

-
1. 中越沖地震の震源像
 2. F－B断層の震源特性
 3. F－B断層の再来期間
 4. まとめ

まとめ

- 中越沖地震の震源断層は、地震調査研究推進本部の評価や当社の地質調査結果から、F－B断層に対応しており、震源像は明らかになっていると考えられる。
- 中越沖地震は、既往のスケーリング則などと調和的であることから、F－B断層は震源として特殊なものではなく、応力が解放されていると考えられる。
- 一般的な活断層の再来期間やF－B断層の再来期間に関する検討結果から、F－B断層が発電所の供用期間中に再度活動する可能性は低いと考えられる。
- 以上のことから、F－B断層と周辺の活断層との連動を考える必要はないと考える。