

【参考資料】

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27年4月3日
東京電力株式会社



東京電力

目次

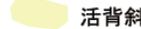
1. 新潟県中越沖地震の震源像
2. F-B断層の震源特性
3. F-B断層の再来期間
4. まとめ

-
1. 新潟県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

凡例

東京電力㈱

-  逆断層
-  伏在逆断層
-  活背斜
-  活撓曲

- 「佐渡島北方海底地質図」(1995)
- 「佐渡島南方海底地質図」(1994)
- 「能登半島東方海底地質図」(2002)

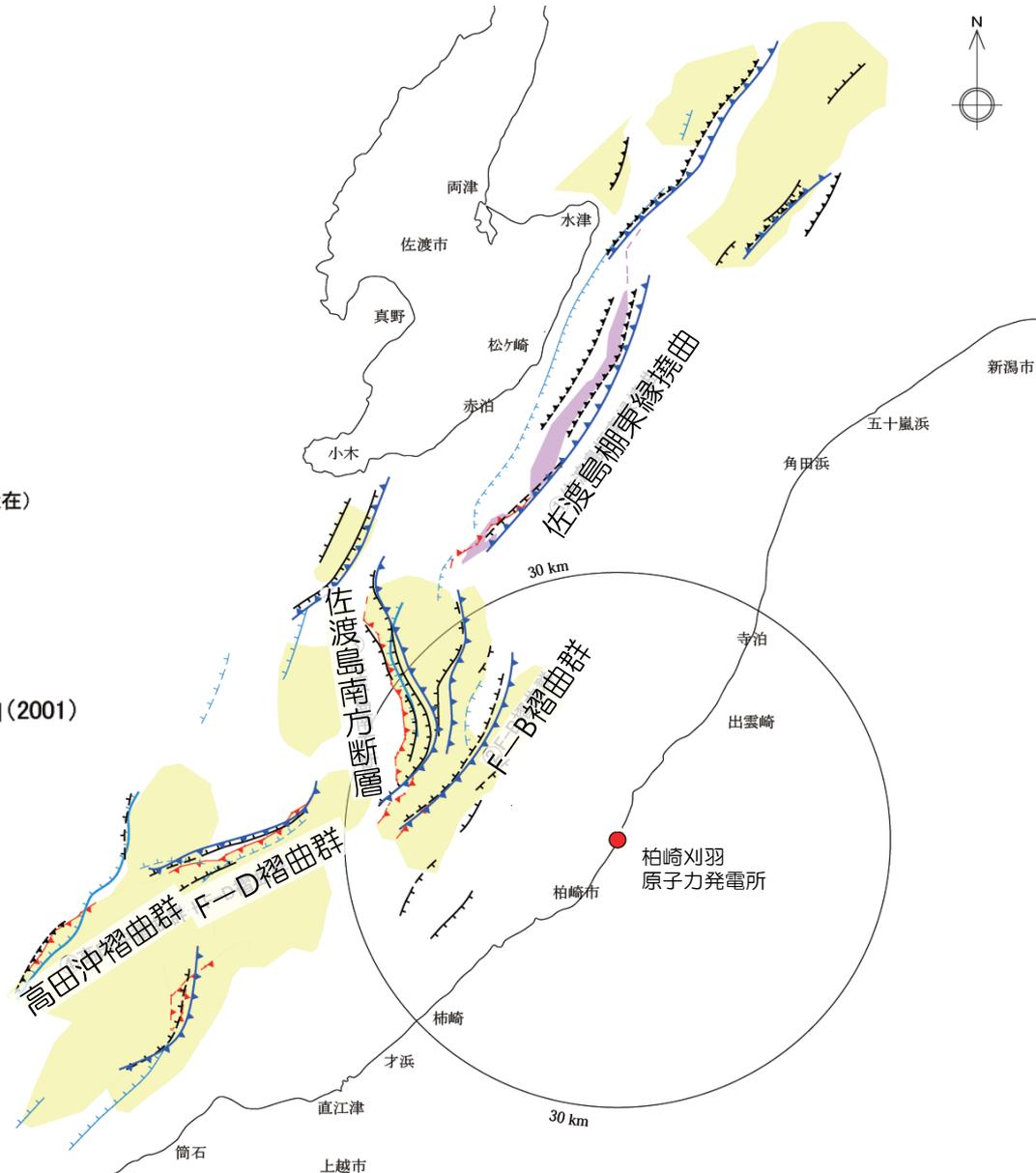
-  逆断層(破線は伏在)
-  正断層(破線は伏在)
-  未区分断層
- (ケバは落下側、破線は伏在)

新編 日本の活断層(1991)

-  活断層(比高200m以上)
-  活断層(比高200m以下)
-  推定断層(比高200m以上)
-  推定断層(比高200m以下)

「日本周辺海域の第四紀地質構造図」(2001)

-  逆断層



地震調査研究推進本部による新潟県中越沖地震の評価

平成20年1月11日の評価

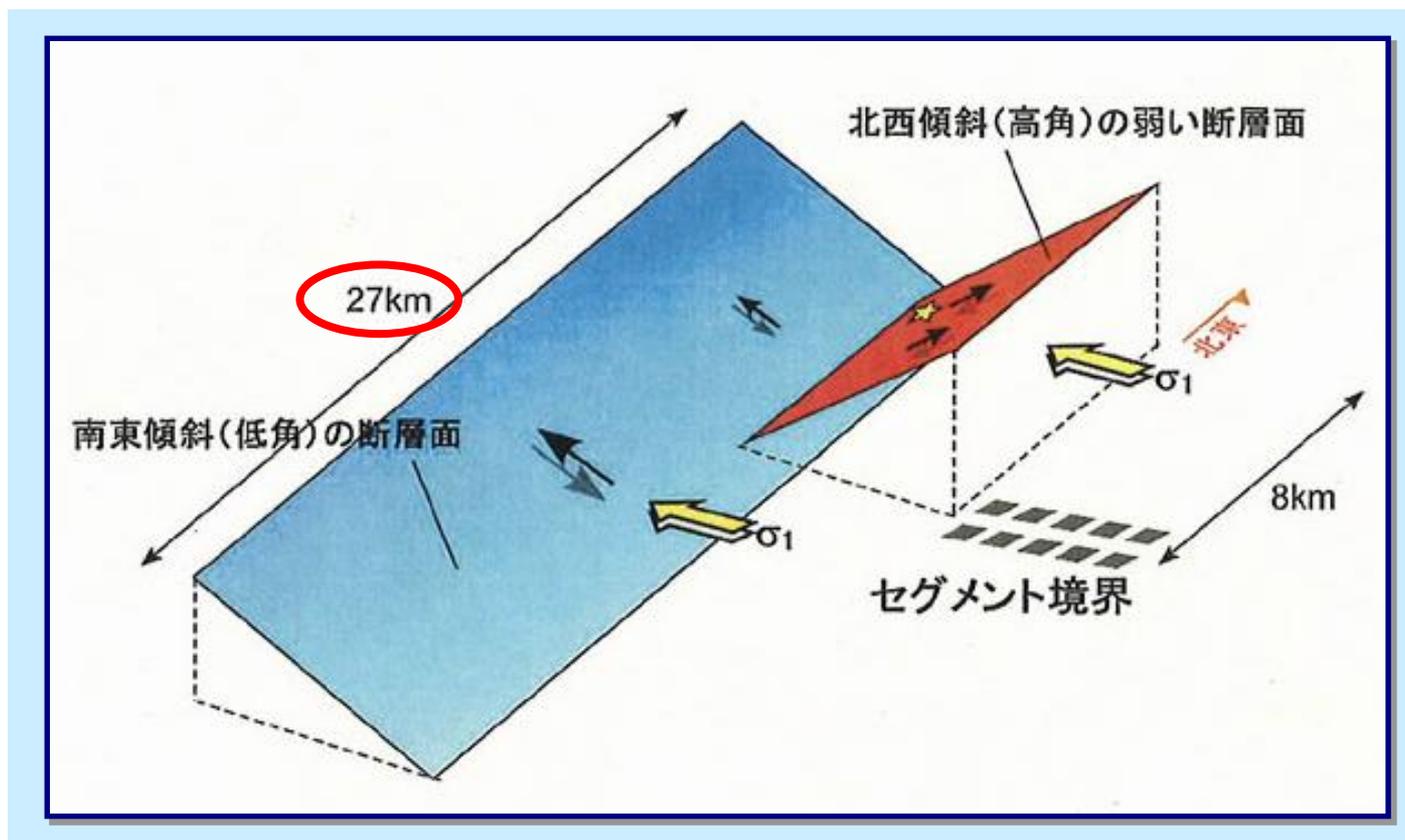
- 新潟県中越沖地震は、大局的には南東傾斜の逆断層運動により発生した。
- 余震分布から推定される南東傾斜の断層面の浅部延長は、既知の活断層に連続している可能性がある。
 - 臨時の海底及び陸上地震観測に基づき得られた詳細な震源分布によると、余震は、全体的な傾向としては、南東傾斜の断層面上で発生している。震源域北東部では、余震が北西傾斜の面上でも発生している。
 - 震源分布を参照した地殻変動解析結果でも、南東傾斜の断層に加え、震源域北東部に北西傾斜の断層を考慮することで、データをより良く説明できる。
 - 強震動波形データなどの解析から、大局的には南東傾斜面が震源断層面であると推定される。なお、この解析結果は、余震分布や地殻変動データ解析が示唆する震源域北東部の北西傾斜の断層の存在を否定しない。
 - 津波データ解析からだけでは、断層面が北西傾斜か南東傾斜かを決定するのは困難である。
 - 海域での構造探査によると、震源域北西側には、震源断層とほぼ同じ方向に延びる活断層や活褶曲構造が見られる。これらの活構造は、主に南東傾斜の逆断層運動によって形成されてきたと推定される。

新潟県中越沖地震の震源断層

● マグニチュード (Mj) : 6.8

● 断層長さ : 27km

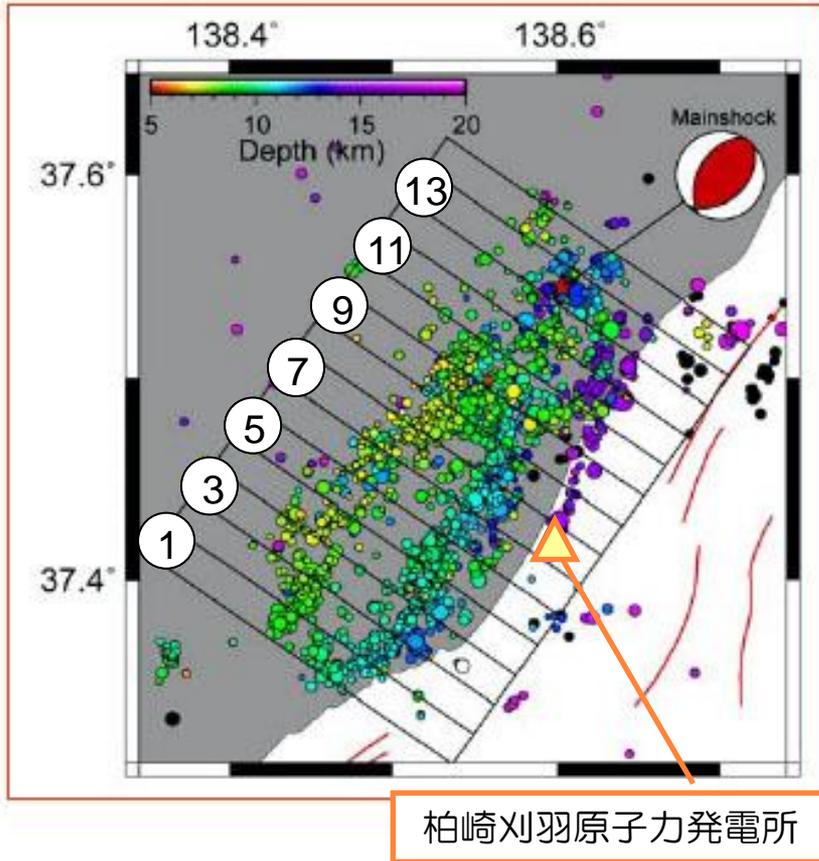
新潟県中越沖地震の震源断層 (断層形状・位置関係を示す概念図)



※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) より抜粋・一部加筆

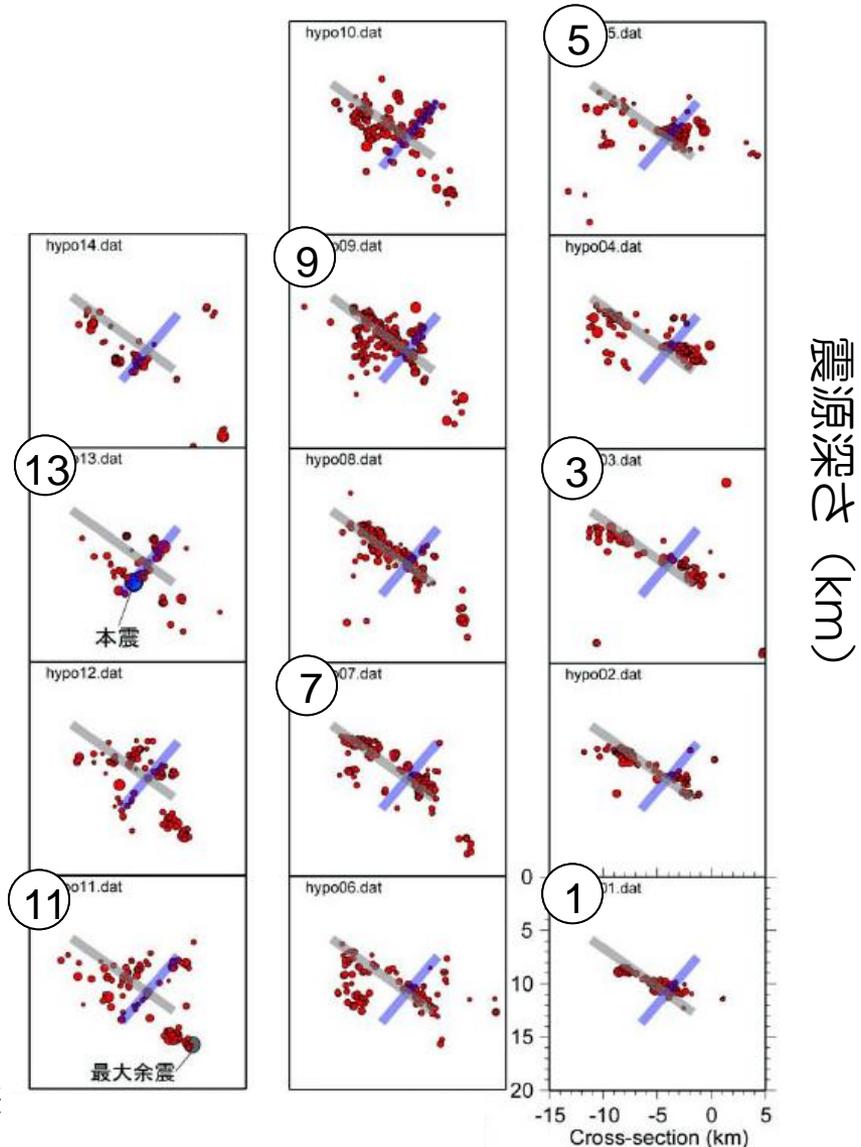
新潟県中越沖地震の精密余震分布

新潟県中越沖地震の精密余震分布



柏崎刈羽原子力発電所

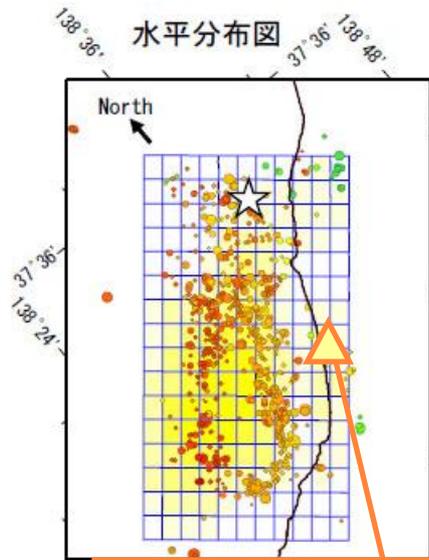
※東京大学地震研究所資料
(平成20年1月11日地震調査研究推進本部) に加筆



震源深さ (km)

■ 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



柏崎刈羽原子力発電所

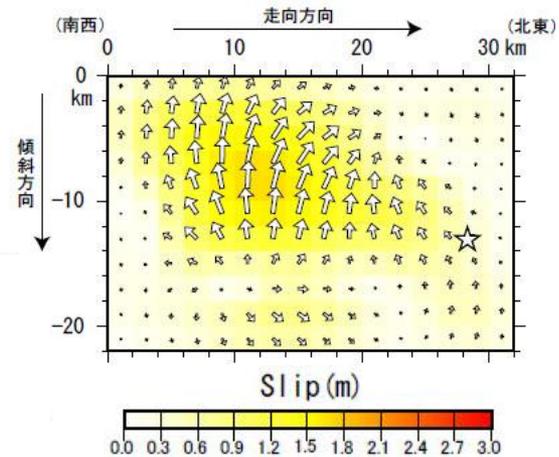
南東傾斜断層面上のすべり分布

矢印は、下盤に対する上盤の動きを表す。

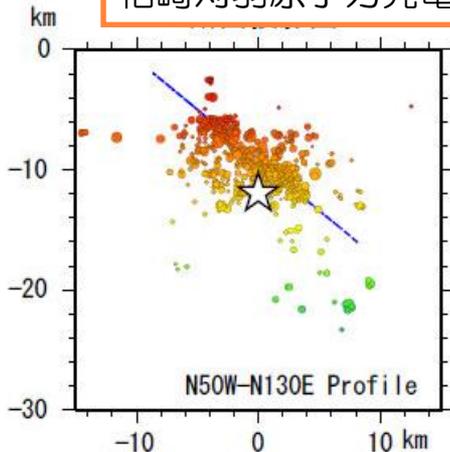
← 3m

M
○ 2
○ 4
○ 6

余震分布は
東京大学地震研究所による。



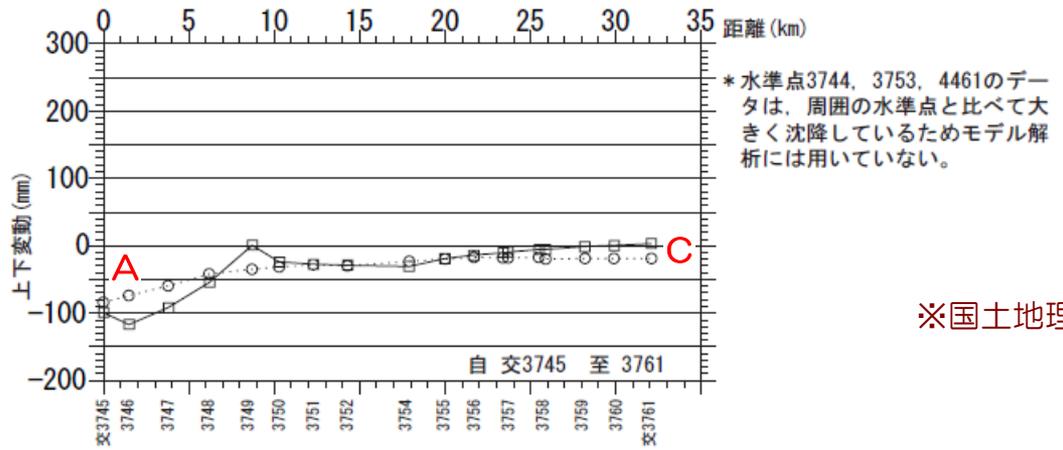
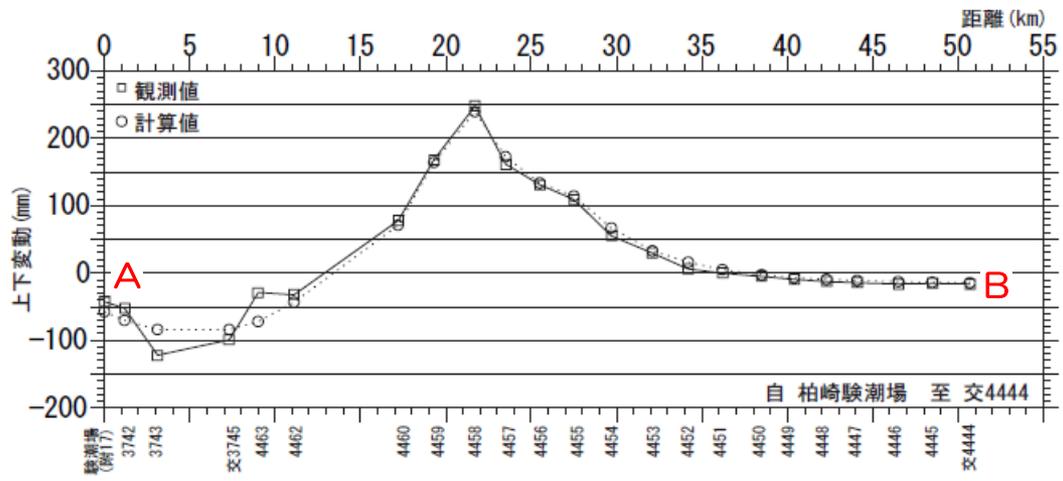
※国土地理院資料（平成20年1月11日地震調査研究推進本部）より抜粋・一部加筆



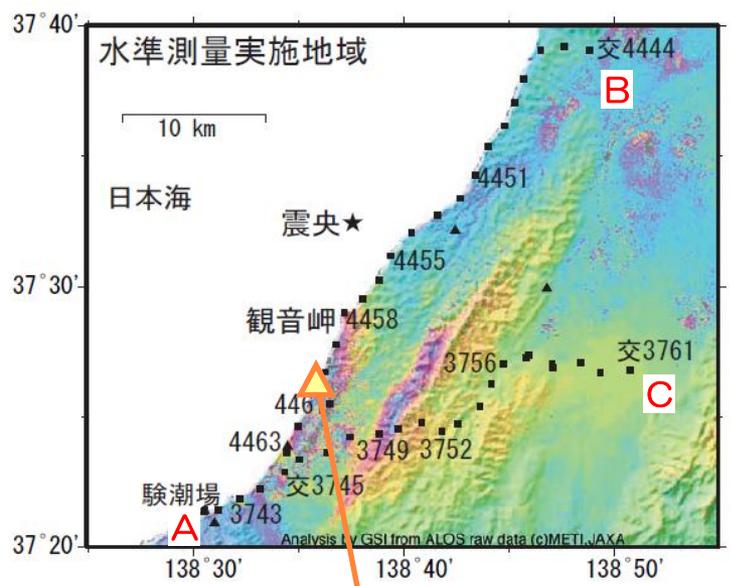
- 余震分布に基づき仮定された南東傾斜の断層面について、地殻変動データ（GPS, SAR, 水準測量）の解析結果から断層面上のすべり分布を推定している。
- 比較的単純なすべり分布により、地殻変動データがよく説明される。

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）



*水準点3744, 3753, 4461のデータは、周囲の水準点と比べて大きく沈降しているためモデル解析には用いていない。



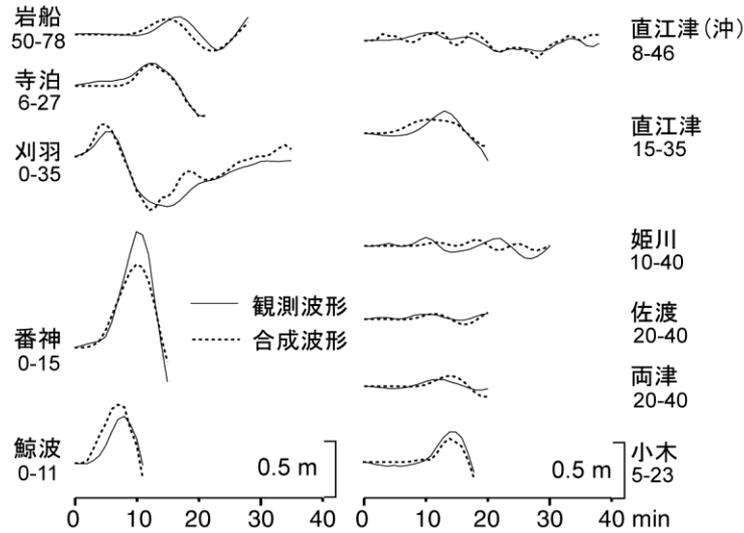
観測日：
平成19年7月20日～10月4日
前回観測：
平成18年9～10月

※国土地理院資料（平成20年1月11日公表）より抜粋・一部加筆

■ 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。

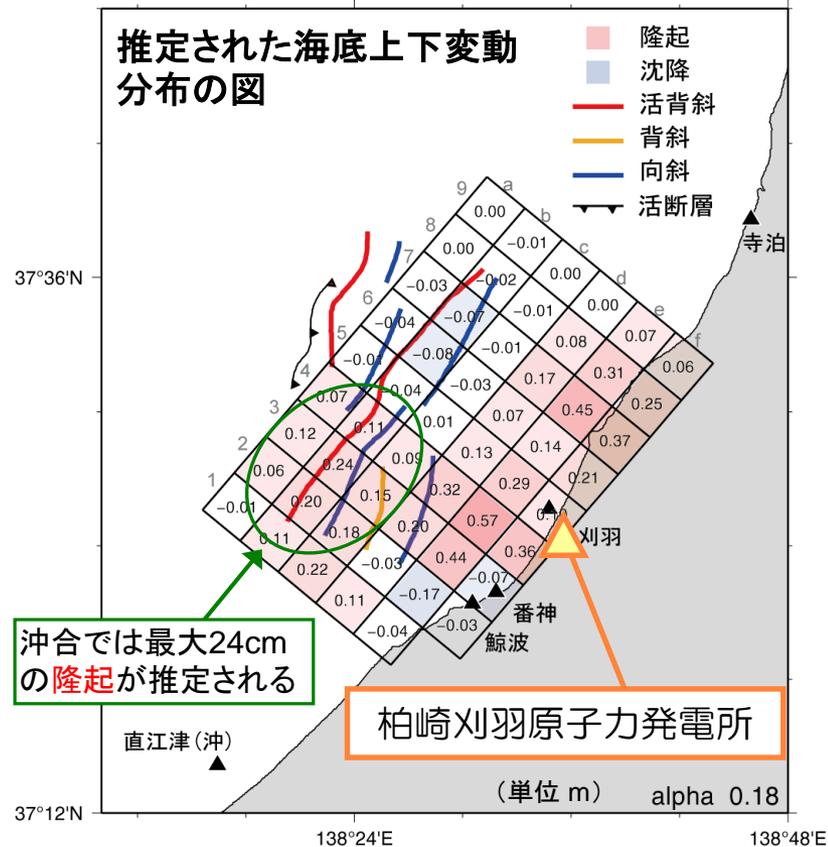
津波データにより推定される海底上下変動と断層モデル①

津波波形インバージョン解析により推定された海底上下変動



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



沖合では最大24cmの隆起が推定される

柏崎刈羽原子力発電所

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

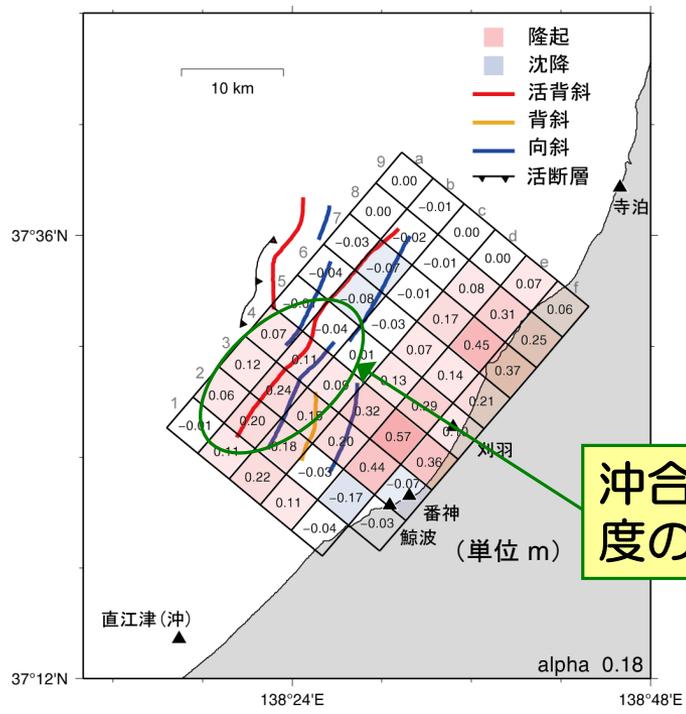
- 沖合の堆積層の背斜構造に沿って、海底が20cm程度盛り上がったことが推定される。

※津波観測記録による波源調査グループ資料（平成20年6月9日地震調査研究推進本部）に加筆

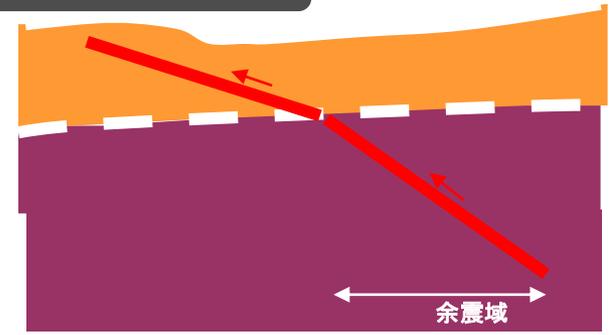
津波データにより推定される海底上下変動と断層モデル②

海底上下変動分布を説明する断層モデル

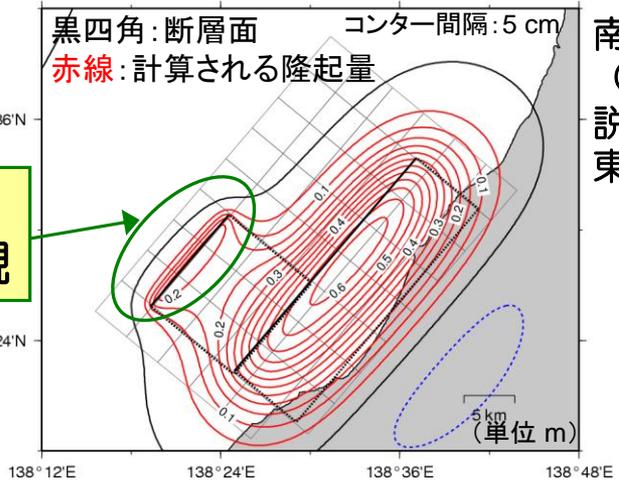
津波モデル



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

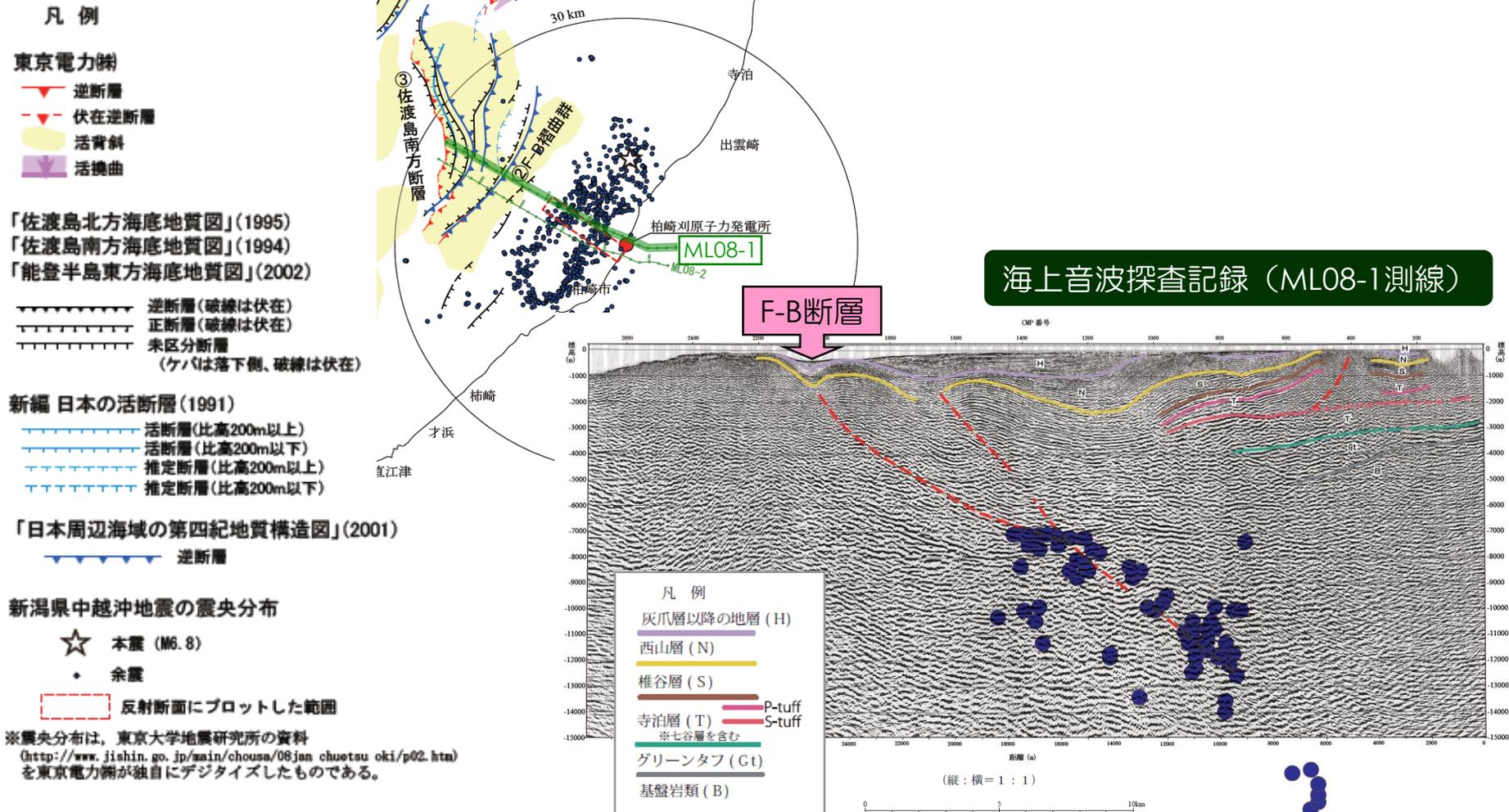
沖合の20cm程度の隆起を再現

- 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。

※津波観測記録による波源調査グループ資料 (平成20年6月9日地震調査研究推進本部) に加筆

新潟県中越沖地震と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新潟県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。



各研究機関による震源断層評価の変遷①

| 著者等 | 検討に用いたデータ | 震源断層の傾斜 |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Kato et al. (2008) | 余震分布 | [主]南東傾斜 + [副]北西傾斜 |
| Shinohara et al. (2008) | 余震分布 | 南東傾斜 |
| Mori (2008) | 余震分布 | 南東傾斜 |
| Yukutake et al. (2008) | 余震分布 | [主]南東傾斜 + [副]北西傾斜 |
| 倉橋ほか (2008) | 強震波形 | 南東傾斜 |
| 芝 (2008) | 強震波形 | 南東傾斜 |
| Aoi et al. (2008) | 強震波形 | 南東傾斜 or 北西傾斜 |
| Nozu (2008) | 強震波形 | 南東傾斜 |
| 山本・竹中 (2009) | 強震波形 | [南西部]南東傾斜 + [北東部]北西傾斜 |
| 川辺・釜江 (2010) | 強震波形 | 南東傾斜 |
| Miyake et al. (2010) | 強震波形, 余震分布, 構造探査結果 | 南東傾斜 |

- 余震分布や強震波形データに基づいた検討では、余震分布の精密化に伴い震源断層を南東傾斜とする評価が多く、地震調査研究推進本部の評価と大きく矛盾する知見はない。

各研究機関による震源断層評価の変遷②

| 著者等 | 検討に用いたデータ | 震源断層の傾斜 |
|-------------------------|----------------|-----------------------|
| 国土地理院 (2007) | 地殻変動 | [南西部]北西傾斜 + [北東部]北西傾斜 |
| Ohta et al. (2008) | 地殻変動, 余震分布 | [南西部]南東傾斜 + [北東部]北西傾斜 |
| Aoki et al. (2008) | 地殻変動, 余震分布 | [南西部]南東傾斜 + [北東部]北西傾斜 |
| Nishimura et al. (2008) | 地殻変動, 余震分布 | [南西部]南東傾斜 + [北東部]北西傾斜 |
| Ozawa (2008) | 地殻変動, 余震分布 | [南西部]南東傾斜 + [北東部]南東傾斜 |
| 国土地理院 (2008) | 地殻変動, 余震分布 | [主]南東傾斜 + [副]北西傾斜 |
| 今井ほか (2008) | 津波 | 南東傾斜 |
| Tabuchi et al. (2008) | 余震分布, 地殻変動, 津波 | [南西部]南東傾斜 + [北東部]南東傾斜 |
| Nishimura et al. (2010) | 地殻変動, 余震分布 | [主]南東傾斜 + [副]北西傾斜 |
| 西村 (2010) | 地殻変動, 余震分布 | [主]南東傾斜 + [副]北西傾斜 |
| 産業技術総合研究所 (2010) | 余震分布, 津波, 地殻変動 | 南東傾斜 |

- 地殻変動データに基づいた検討では、地殻変動データのみから震源断層の傾斜方向を推定することは難しかったが、精密な余震分布が得られた以降は、南東傾斜を主断層とする評価が多く、地震調査研究推進本部の評価と大きく矛盾する知見はない。

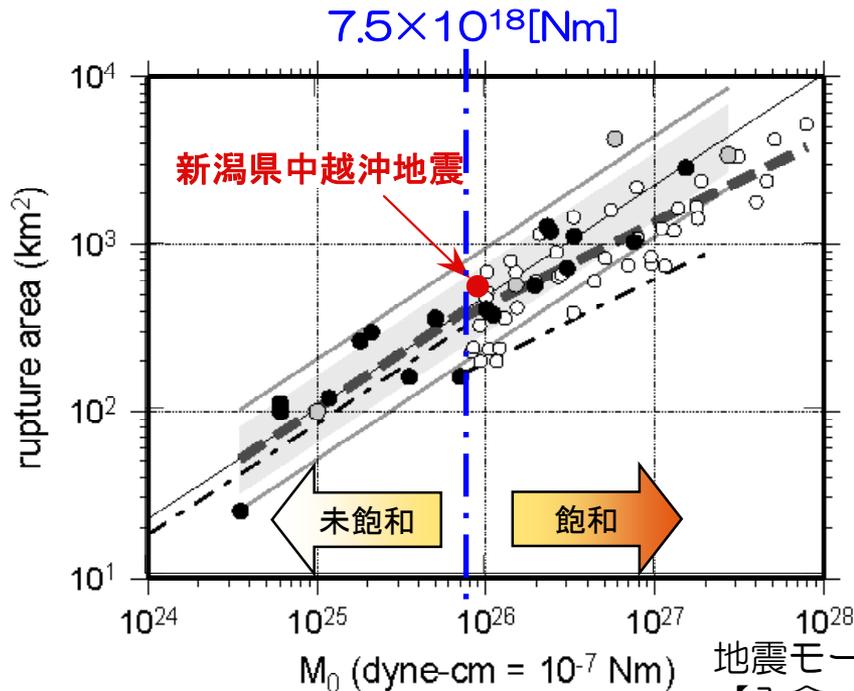
小 括

- 地震調査研究推進本部によると、新潟県中越沖地震は大局的には南東傾斜の逆断層運動により発生し、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として評価されている。
- 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、新潟県中越沖地震の精密余震分布とよく対応している。
- なお、各研究機関による研究においても、南東傾斜の震源断層モデルにより各種観測データを説明できるとされており、地震調査研究推進本部の評価と大きく矛盾しない。
- 以上のことから、F－B断層は新潟県中越沖地震の震源断層と考えられる。

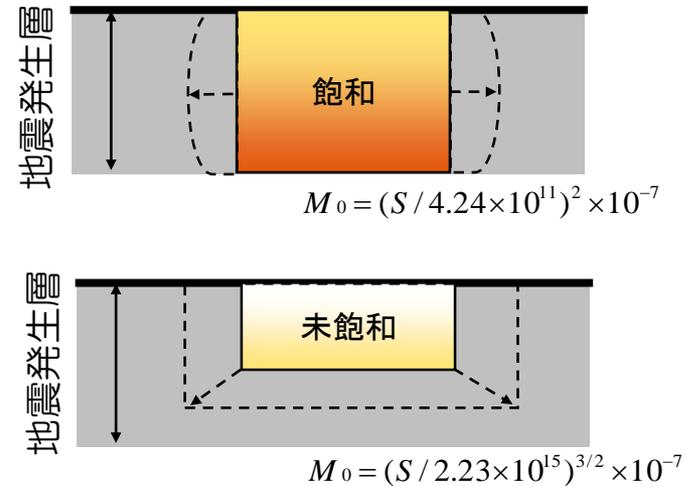
1. 新潟県中越沖地震の震源像
2. F-B断層の震源特性
3. F-B断層の再来期間
4. まとめ

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）

- 新潟県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。
- 新潟県中越沖地震の「 $M_0=9.3\times 10^{18}\text{Nm}$ （F-net），面積： 540km^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で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。新潟県中越沖地震の 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 の関係に着目した。
- 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，新潟県中越沖地震の「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。

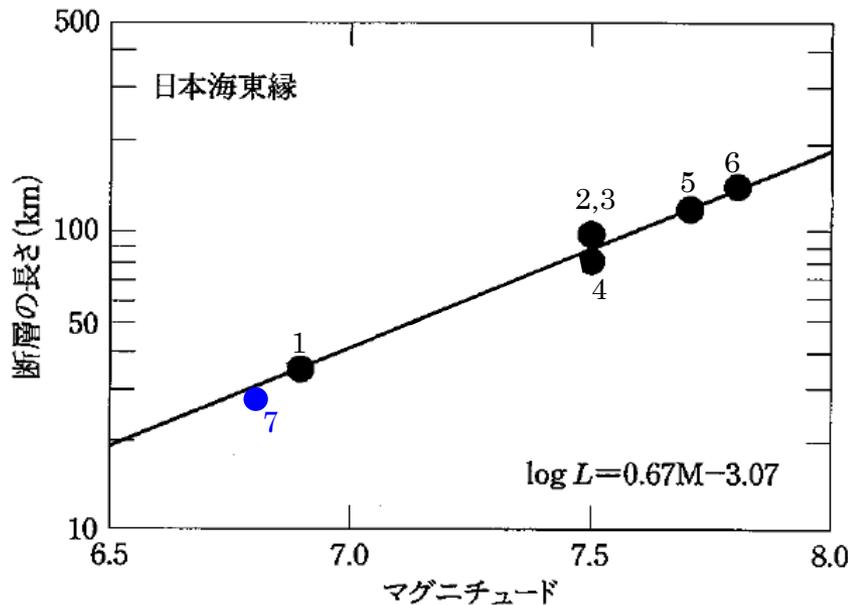


図 12.4 日本海東縁に発生した地震の規模 M と断層長 L (km) の関係

| 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 と断層長さの関係は既往の日本海東縁部での関係と整合していることから，新潟県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

大竹・他 (2002) の元となったデータ及び適用性について

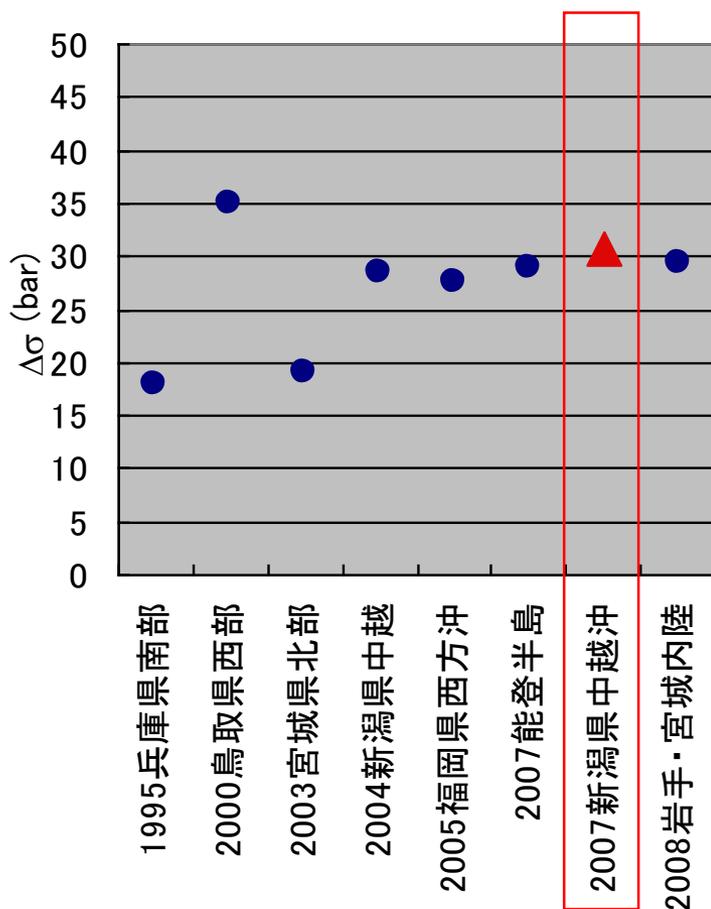
- 大竹・他では、以下の文献による断層長を採用しており、いずれも観測データを再現可能な解析結果をもとに検討が行われている。

| No. | 地震 | 出典 | 使用した主なデータ | 評価概要 |
|-----|--------------------|-----------------------|--------------------------|--|
| 1 | 1828年越後三条 (M6.9) | 宇佐美(1996) | 震度分布 | 震度分布をもとに断層長を推定 |
| 2 | 1833年庄内沖 (M7.5) | 相田(1989) | 津波波高 | 津波波高分布の再現計算 |
| 3 | 1940年積丹半島沖 (M7.5) | Satake(1986) | 津波記録 | 津波記録(時刻, 波形)の再現計算. 余震域なども考慮 |
| 4 | 1964年新潟 (M7.5) | Abe(1975) | 余震分布, 地殻変動 | 余震域から断層長を設定。地殻変動の再現により断層幅を含めた断層サイズを決定 |
| 5 | 1983年日本海中部 (M7.7) | Sato(1985) | 余震分布, 強震波形 | 余震域から概略の断層面を設定. 強震波形により詳細な震源過程を推定. 津波記録も参照 |
| 6 | 1993年北海道南西沖 (M7.8) | Tanioka et al. (1995) | 遠地地震波形, 余震分布, 地殻変動, 津波波高 | 遠地地震波形・余震分布による断層設定. 地殻変動・津波波高によるすべり分布推定 |

- 大竹・他の回帰式はM6.9~7.8の地震をデータとしており、新潟県中越沖地震 [M6.8] に対しても適用可能と考えられる。

日本で発生した地震の平均応力降下量との比較

- 新潟県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。
- 新潟県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：Ds（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

- 新潟県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, 新潟県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。
- 新潟県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。

-
1. 新潟県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。

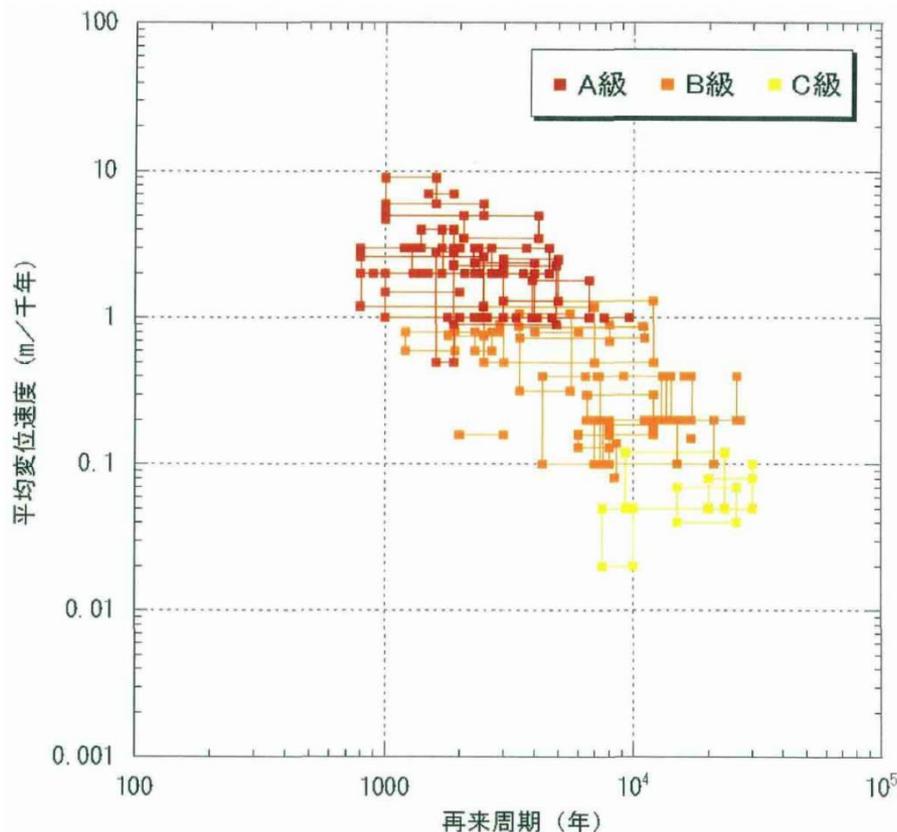


図-1 平均変位速度と再来期間の関係（トレンチ調査結果による）

表-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/siryoo6.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) |
| | 温見断層帯 北西部 | 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) |
| | 真厚山地東縁断層帯 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) |
| | 富士川断層系 | 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 | 7 | 左ずれ | A | 4.7-5.7 | 1483年前-1051年前 | 1900 | 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 (1986) |
| | 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 | 3930-5665 | 三浦ほか (2004b) |
| | 下門井断層 | 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-2600年前 | 4000-6000 |
| 讃岐山脈南縁~石鎚山脈北縁東部 | 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) |
| | 岡村断層 | 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 | 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 | 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) |
| 大分平野-湯布院断層帯 西部 | 大分平野-湯布院断層帯 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) |
| | 清平山-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 | 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) |
| | 阿寺断層帯 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 | 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 | 1658年 | 2300-2700 | 地震調査委員会 (2004-3) |
| 神縄-国府津-松田断層帯 | 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 | 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) |
| | 荒川断層 | 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/siry06.pdf>)

<参考> トレンチ調査結果 (2)

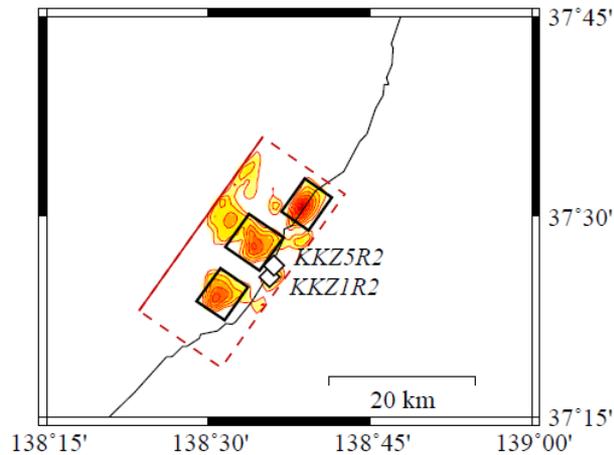
| | | | | | | | |
|---------------|-------|------|------|--------------------|-----------------|-------------|-------------------|
| 六甲・淡路島断層帯 | 71 | 右 | A | 2 | 16世紀 | 900-2800 | 地震調査委員会 (2004-1) |
| 六甲山地南縁～淡路島東岸 | | | | | | | |
| 三浦半島北断層帯 | 144 | 右ずれ | A | 0.9-2.3 | 6世紀-7世紀 | 1900-4900 | 地震調査委員会 (2002) |
| 衣笠・北武 | 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 | 1596年 | 1000-2000 | 地震調査委員会 (2001) |
| 有馬・高根橋酒線活断層系 | 51 | 左・上下 | A | 水平1.0, 上下0.1 | 868年 | 1300-2300 | 地震調査委員会 (2003-12) |
| 山崎断層帯 | 38 | 逆 | A | 1.0 | 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 | 7500-9600 | 地震調査委員会 (2005-2) |
| 会津盆地西縁断層帯 | 38 | 逆 | A | 1 | 2400年前-11世紀 | 2500-4700 | 地震調査委員会 (2005-3) |
| 雲仙断層帯 | 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 | 224 | 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-3000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 | 8000 | 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) |
| 邑知為断層帯 | 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 | 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 | 8 | 逆・右 | B | 0 | 5500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) |
| 砺波平野断層帯 | 21 | 逆 | B | 0.3-0.4 | 5世紀-18世紀初頃 | 5400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) |
| 喜那山一揆山北断層帯 | 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) |
| 水織断層帯 | 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) |
| 野幌一大麻堤曲帯 | 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 | 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 | 33 | 逆 | B | 0.15 | 28000年前-4000年前 | 17000 | 地震調査委員会 (2005-3) |
| 右引山地東縁断層帯 | 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 | 3100-9010 | 栗田 (2004) |
| 長町一利府線断層帯 | 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 | 10 | 右ずれ | B | - | 6000年前以降3回 | 2000-3000以下 | 金田ほか (2004) |
| 欽口断層 | 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・釜戸断層系 | 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 | 16000年前-5000年前 | 15000-26000 | 福岡県 (1997) |
| 豊田断層系 | 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 | ANA-トシほか (2000) |
| 茂徳延断層 | | | | | | | |

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/siry06.pdf>)

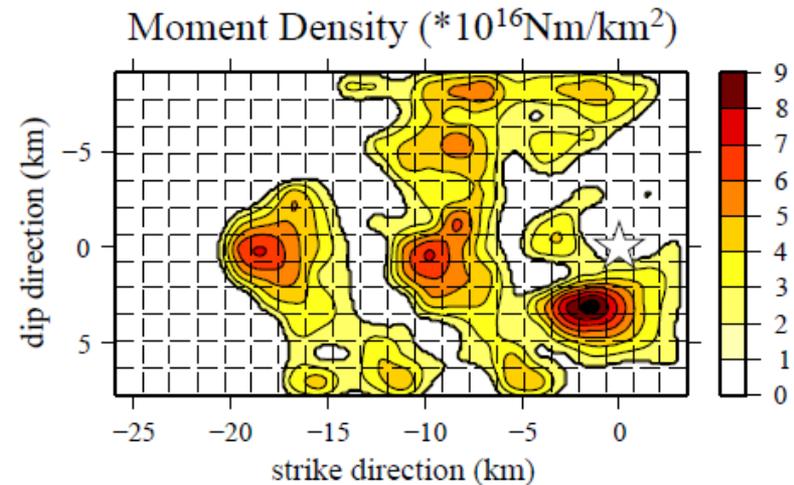
新潟県中越沖地震相当の地震の再来期間に関する検討①

- 新潟県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

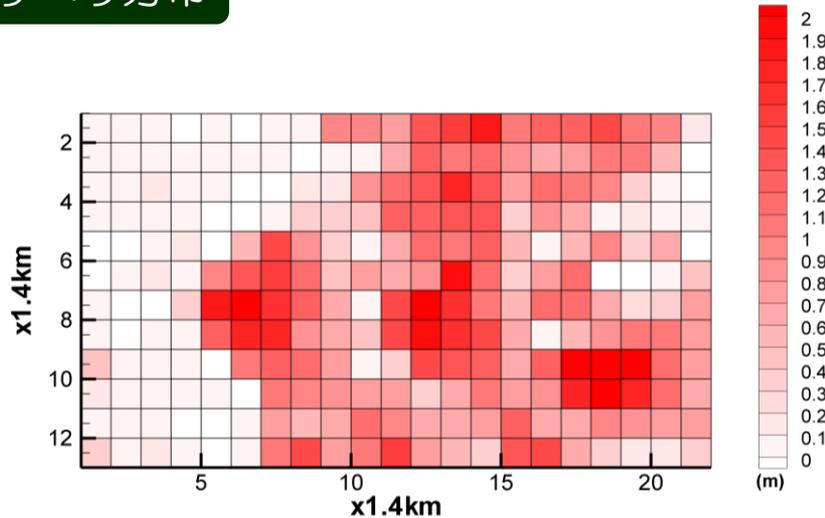


- 再来期間は、以下の2ケースについて計算した。
 - <ケース1> 平均変位速度に基づく再来期間：
「平均すべり量」÷「海上音波探査記録に基づく平均変位速度（垂直変位量に断層面の傾斜を考慮した換算値）」
 - <ケース2> 平均ひずみ速度に基づく再来期間：
「応力降下量」÷「GPS連続観測記録に基づく平均ひずみ速度から算出される蓄積せん断応力」

新潟県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

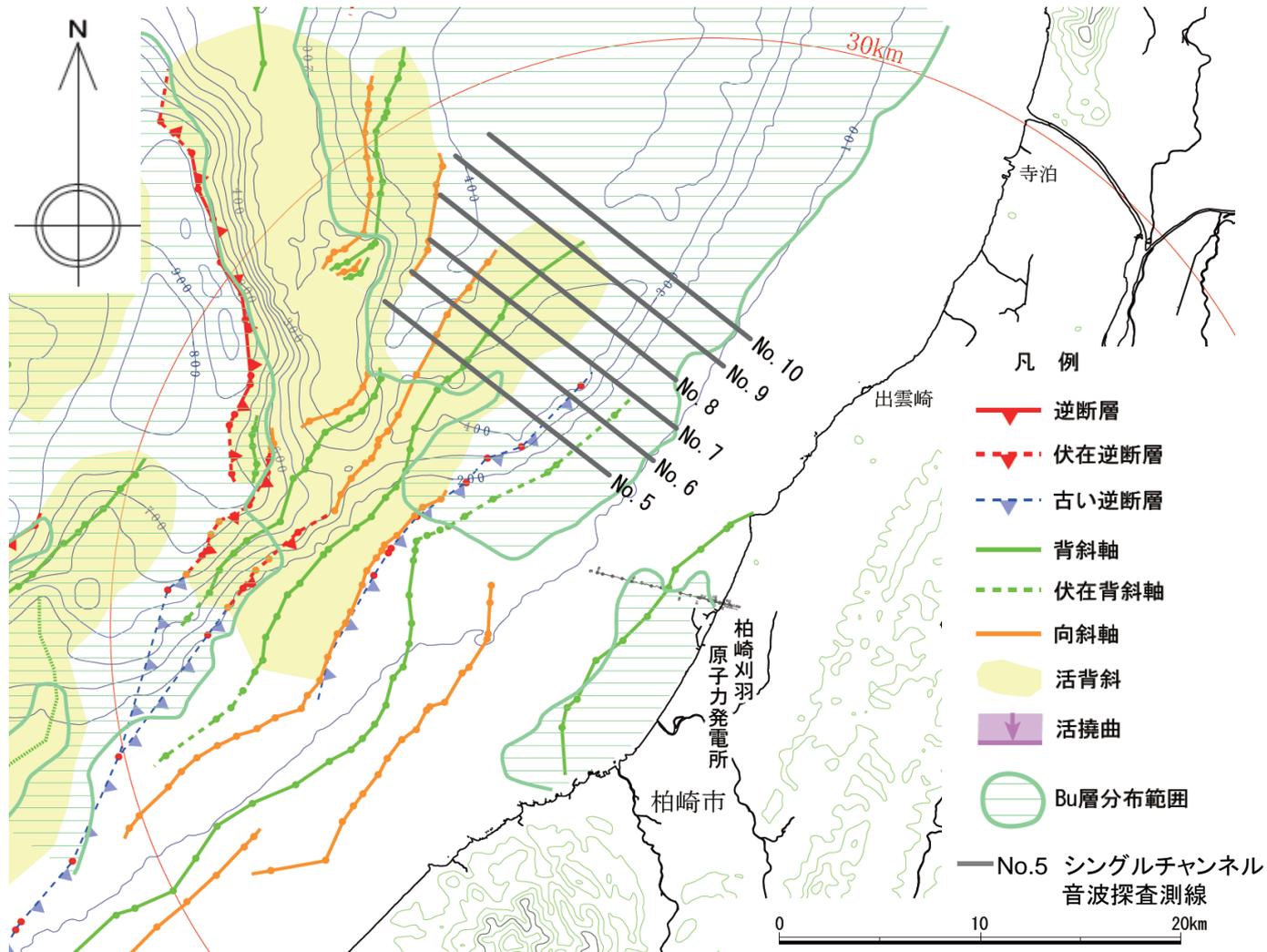
$$\Delta\sigma = \frac{7}{16} \times \frac{M_0}{R^3} \cong 30.7\text{bar}$$

ケース2の検討に使用

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

新潟県中越沖地震相当の地震の再来期間に関する検討③

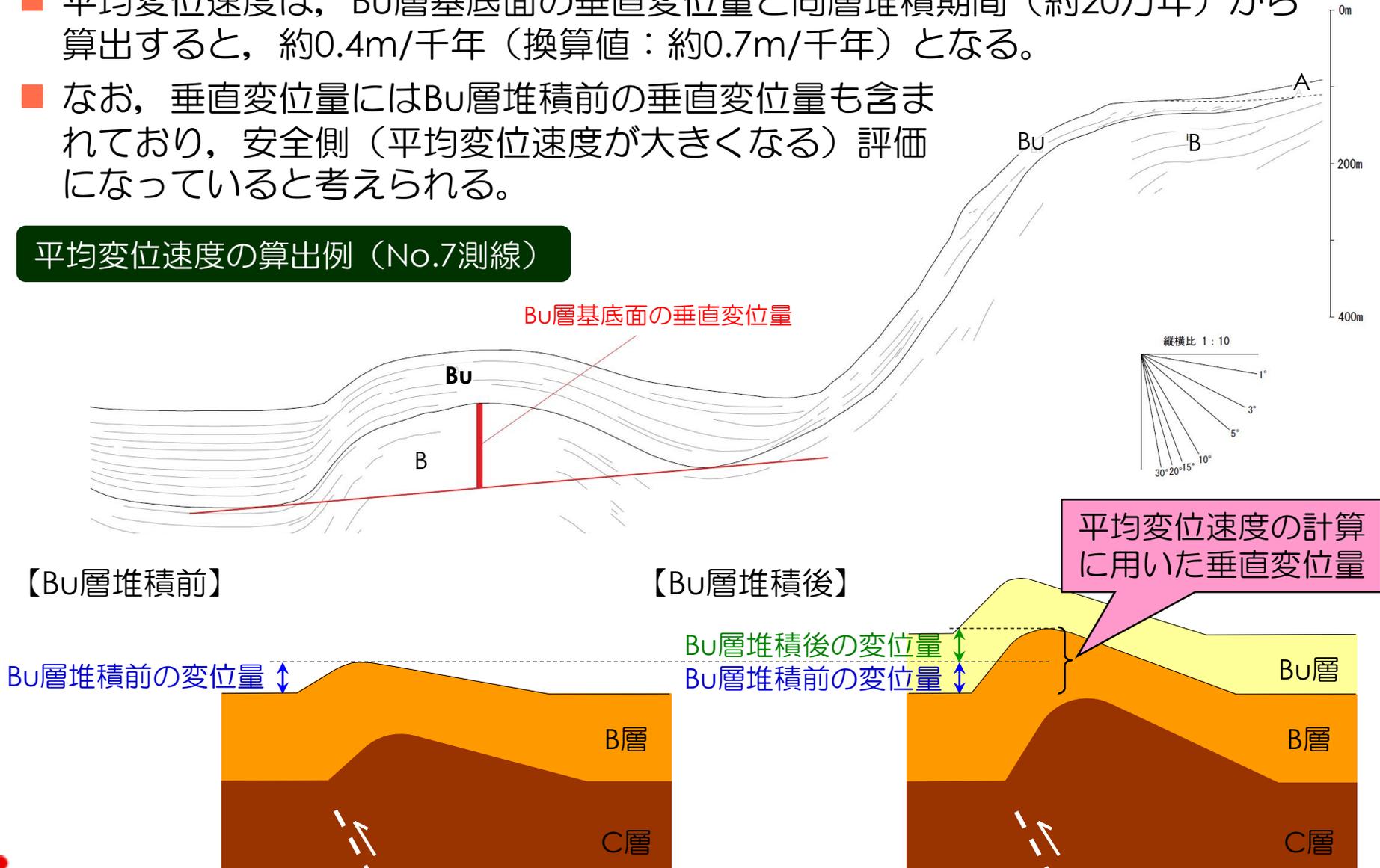
- 平均変位速度の算定には、新潟県中越沖地震の震源域付近において、Bu層が確認されている測線の海上音波探査記録（シングルチャンネル方式）を用いた。



新潟県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）

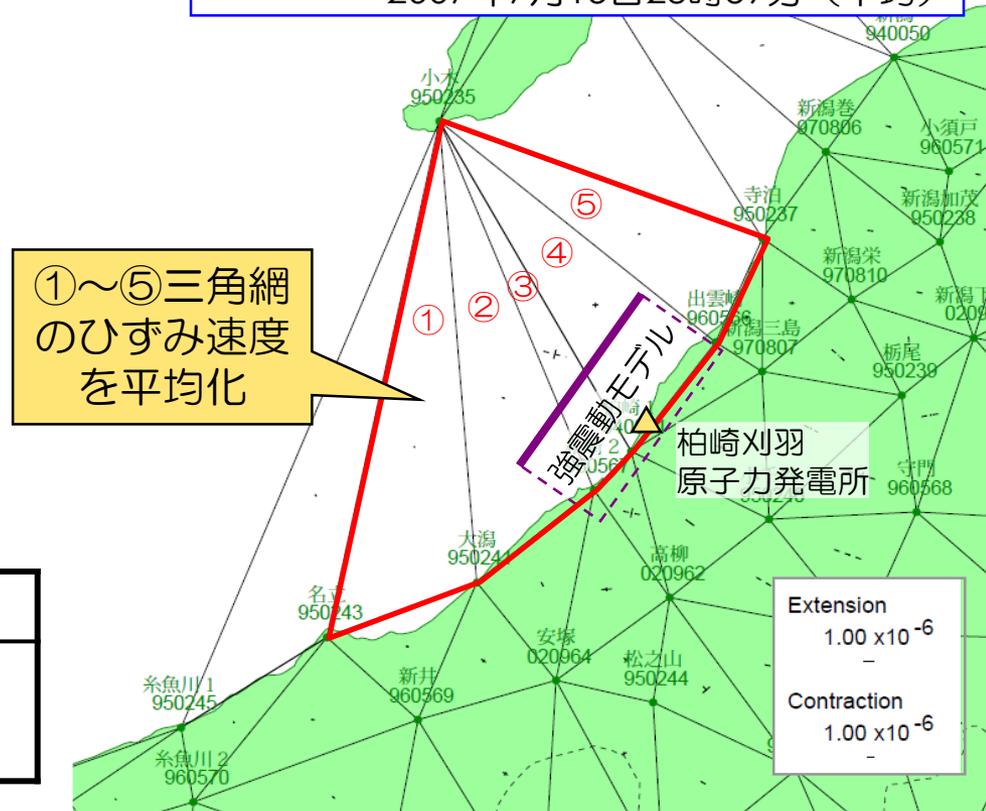


新潟県中越沖地震相当の地震の再来期間に関する検討⑤

- 平均ひずみ速度は、新潟県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）



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）」

新潟県中越沖地震相当の地震の再来期間に関する検討⑥

- 新潟県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 |

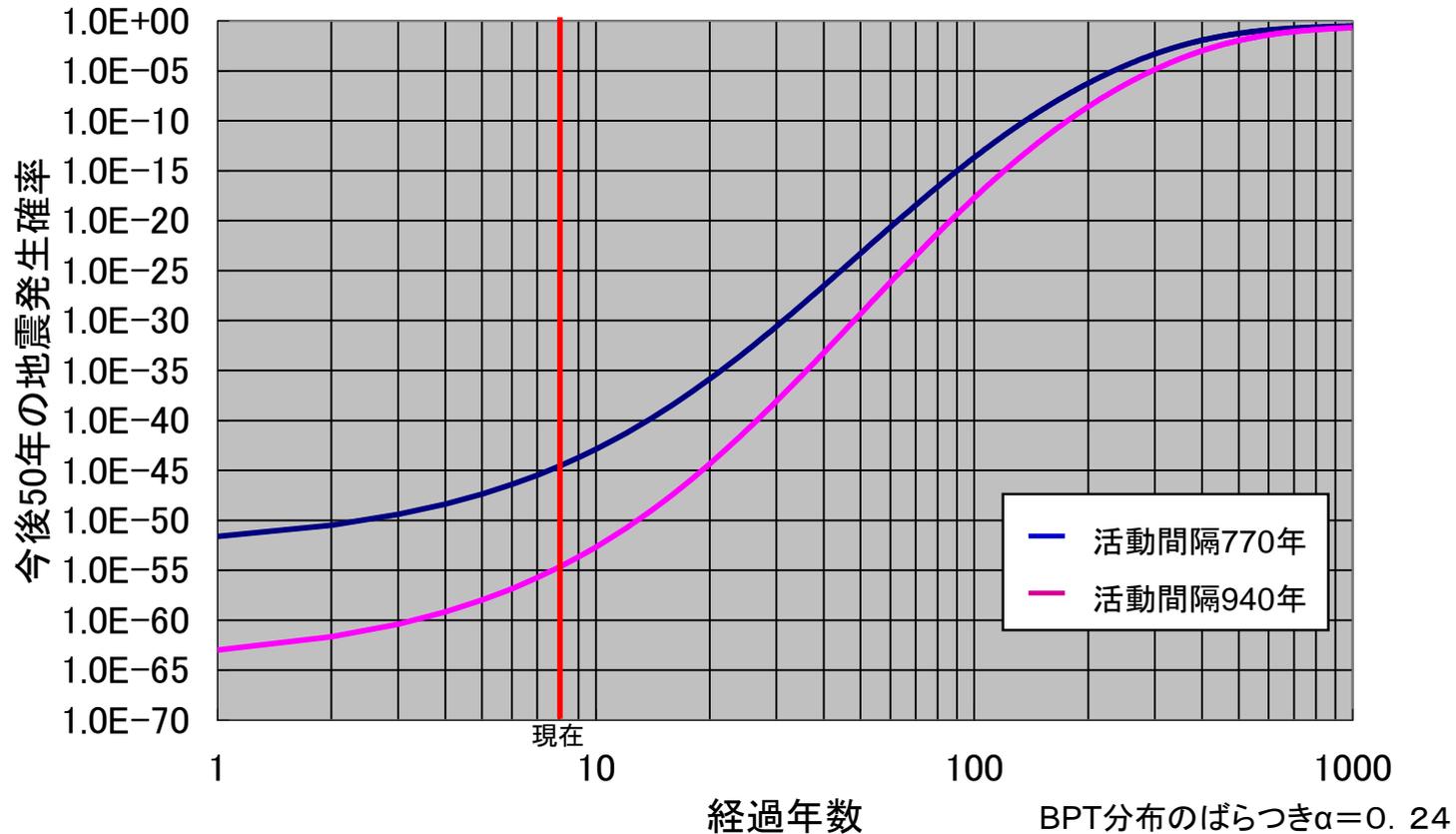
地震調査研究推進本部（2012）
による日本海東縁部の地震の
平均発生間隔

| 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：ボアゾン過程を適用 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 — |

新潟県中越沖地震相当の地震の再来期間に関する検討⑦

- 前述の再来期間に基づき、今後50年間のF-B断層による地震発生確率（※）を求めると極めて小さな値となる。

（※）地震調査研究推進本部の示す方法による



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新潟県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。
- 上記結果に基づき、今後50年間のF-B断層による地震発生確率（※）を算出するとほぼゼロである。

（※）地震調査研究推進本部の示す方法による

まとめ

- 新潟県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。
- 新潟県中越沖地震は、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断層は内陸地殻内地震の震源として特殊なものではないと考えられる。
- 地震調査研究推進本部の示す方法によって、今後50年間のF-B断層による地震発生確率を算出するとほぼゼロである。