

柏崎刈羽原子力発電所の透明性を確保する
地域の会「公開勉強会」
2007年11月17日／柏崎市市民プラザ

地震のしくみと 中越沖地震の諸問題

石橋 克彦

神戸大学・都市安全研究センター
同・大学院理学研究科地球惑星科学専攻

地震

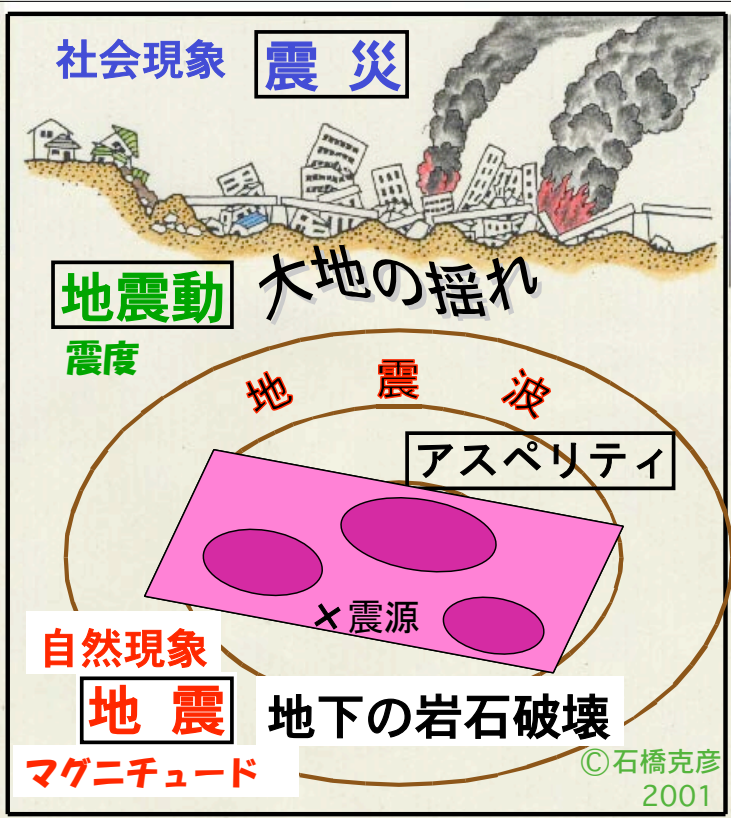
地震動

震災

を区別して
理解しよう

地震とは、地下の
岩盤が面状にズレ
破壊して地震波を
放出する現象

地震の大きさ
(マグニチュード M)
とは、おおまかには
震源断層面の大きさ
と考えてよい



地震の大きさ（マグニチュード M）とは
大略、震源断層面の大きさ（～長さ、ズレの量、破壊時間）

	震源断層面の長さ,	幅,	ズレの量,	破壊時間
M6 :	約 15 km,	約 5 km,	約 0.5 m,	約 5 秒
M7 :	30～50 km,	15～20 km,	約 2 m,	10～15 秒
M8 :	100～150 km,	約 50 km,	約 5 m,	約 1 分

（M7.8程度以上を「巨大地震」ということが多い）

震源断層面が広がっている地下の領域または
地図上の領域を「震源域」という

地震（＝震源断層運動）がもたらす諸現象

●岩盤のズレ（破断）の直撃

地表に達すれば地表地震断層の出現

●地震波（岩石の振動が伝わる波）

大地震であれば、地球全域に届く

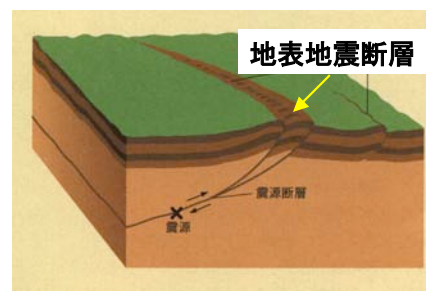
近地では強震動（強い地震動＝揺れ）

●広範囲の岩盤の変形（歪み、応力の変化）

近地では地殻変動（隆起沈降、水平移動）、海域だと津波

●震源域が浅いと無数の余震

大余震、誘発大地震もある



文部科学省地震調査研究課（2001）

活断層とは何か？

活断層研究会(編)『[新編]日本の活断層』(東大出版会, 1991)

最近の地質時代にくりかえし活動し、
将来も活動することが推定される断層

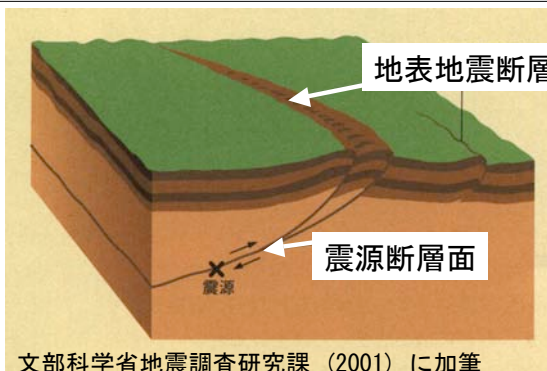
「最近の地質時代」とは、普通、最近約50万年～170万年程度

実際の「活断層」の調査や認定や記載は
地表の空中写真判読や地形地質調査によっている

中田・今泉(編)『活断層詳細デジタルマップ』(東大出版会, 2002)

最近数十万年間に概ね千年から数万年の間隔で
繰り返し活動し、その痕跡が地形に現れ、
今後も活動を繰り返すと考えられる断層

**活断層は、地震の本体（震源断層面）の一部を
示す場合があるに過ぎない**



文部科学省地震調査研究課 (2001) に加筆

累積すると
活断層として
認識される

地下への広がりを暗黙に
前提するが、地下の実態
は分からない

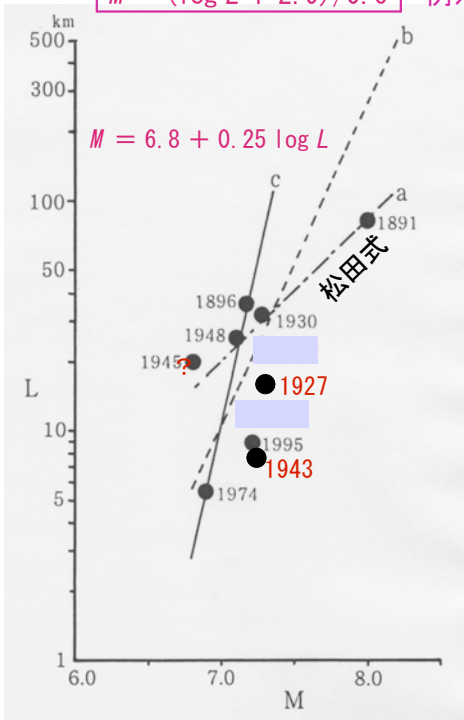
陸域の浅い大地震が（過去及び将来）繰り返し発生しても
活断層が認められないことが少なくない

- 1回ごとの大地震で地表地震断層が生じない場合
例：2000年鳥取県西部地震 (M 7.3)
- 次の大地震までの間に地表地震断層が浸食・消滅する場合
例：1927年北丹後地震 (M 7.3)

**活断層が無くても浅い大地震は起こりうる！
活断層が有れば一層要注意(短くても大地震が起こる)**

「松田式」(1975)は本人によって改訂された(1998)

$M = (\log L + 2.9) / 0.6$ 例え、 L 10 km \rightarrow M 6.5, L 20 km \rightarrow M 7.0



- 1894年庄内地震を削除.
1974年伊豆半島沖地震と1995年兵庫県南部地震を追加.
- M の値を気象庁の改定値に修正.
一部の L も修正.
- 最小二乗法で直線を当てはめた.
 M 8.0 の1891年濃尾地震を除くと
 $M = 6.8 + 0.25 \log L$
例え、 L 10 km で M 7.1
 L 20 km でも M 7.1
- まだ L の値に疑問あり.
- 改訂式も、活断層の長さとの関係ではない！ M 6.8~7.3 の範囲で、地表地震断層の長さは M とほとんど相関がないことを表わしている！

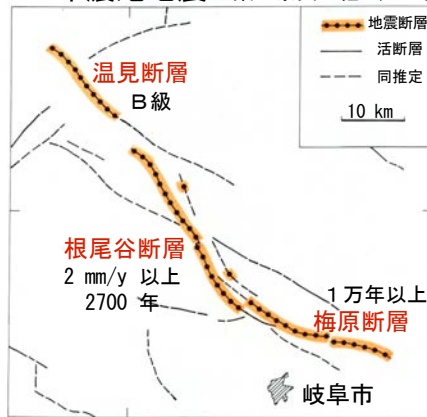
要するに、活断層の長さに対して単純に松田式を当てはめて地震のマグニチュードを算定してはいけない

総合的な考察によって地下の震源断層面を想定することが本質的

短くても活断層があれば M 7 級大地震が起こりうる；1927年の例

隣接する活断層が連動することも多い **活断層帯** **起震断層**

1891年濃尾地震 栗田泰夫・他 (1999)



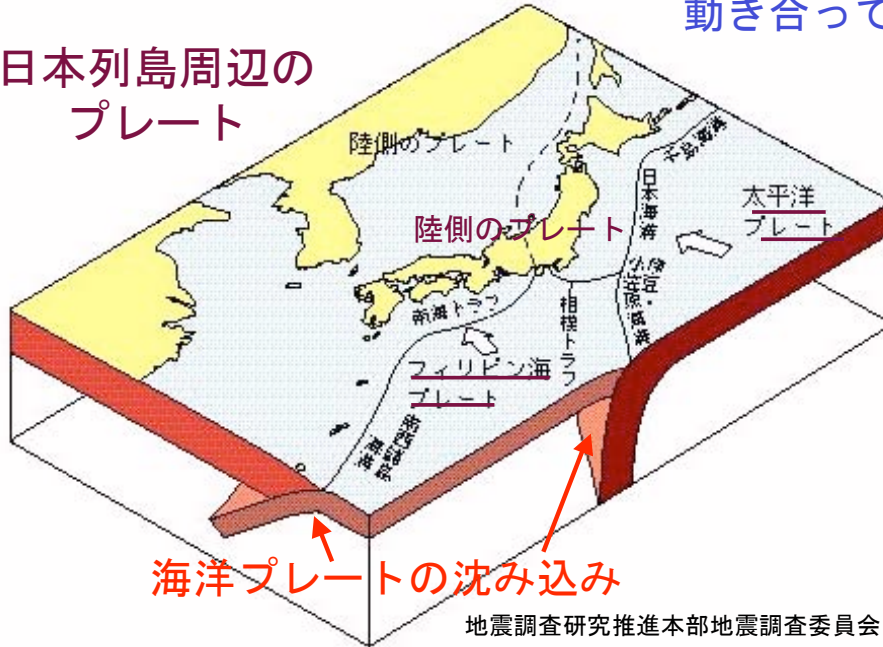
1995年兵庫県南部地震



地震調査研究推進本部地震調査委員会 (1999)

地震はなぜ起こる？：地球表層の岩石圏の水平運動
 何枚かの岩板（プレート）に分かれていて、着実に動き合っている

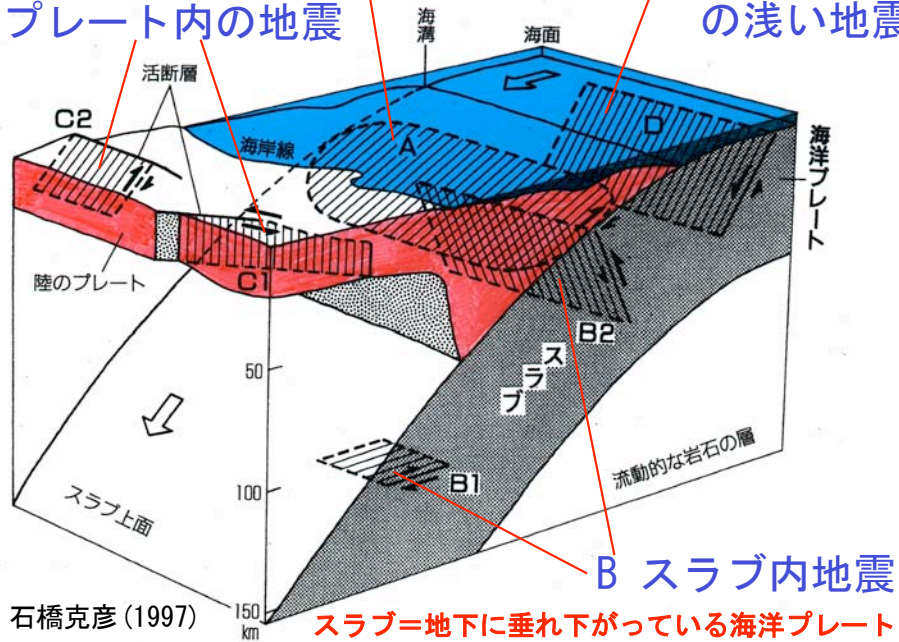
日本列島周辺のプレート



地震調査研究推進本部地震調査委員会 (1999)

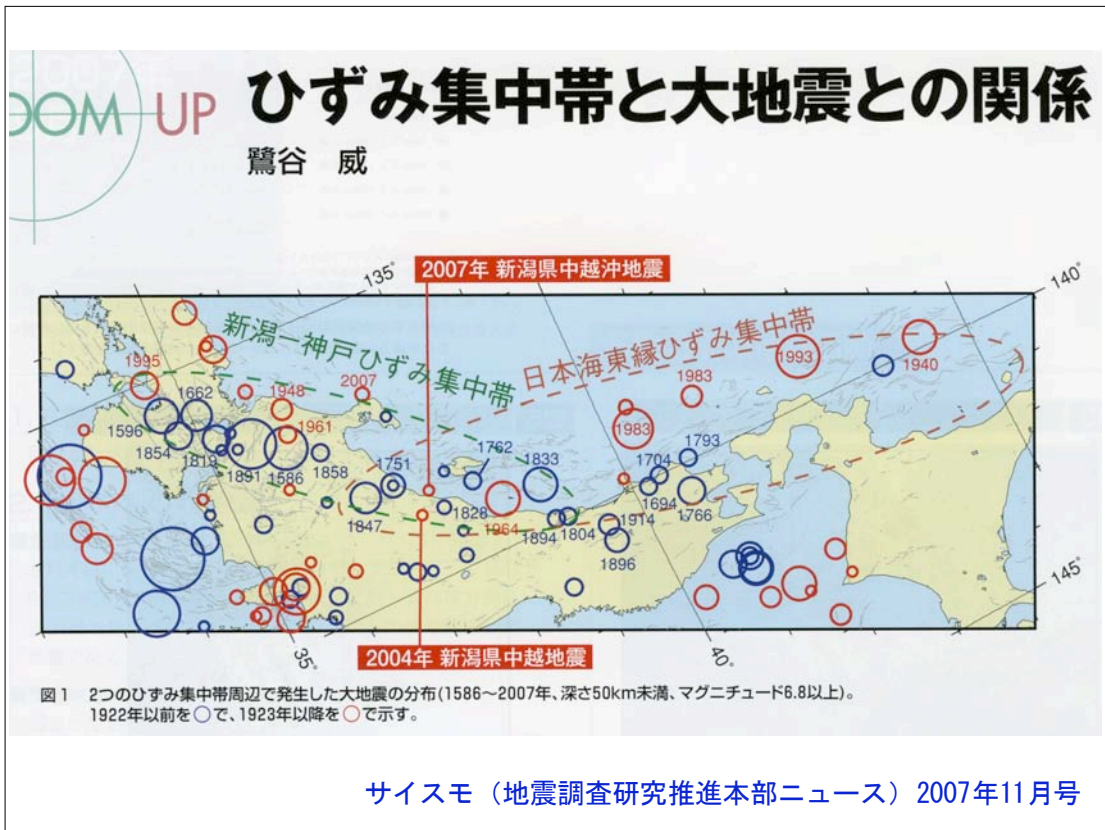
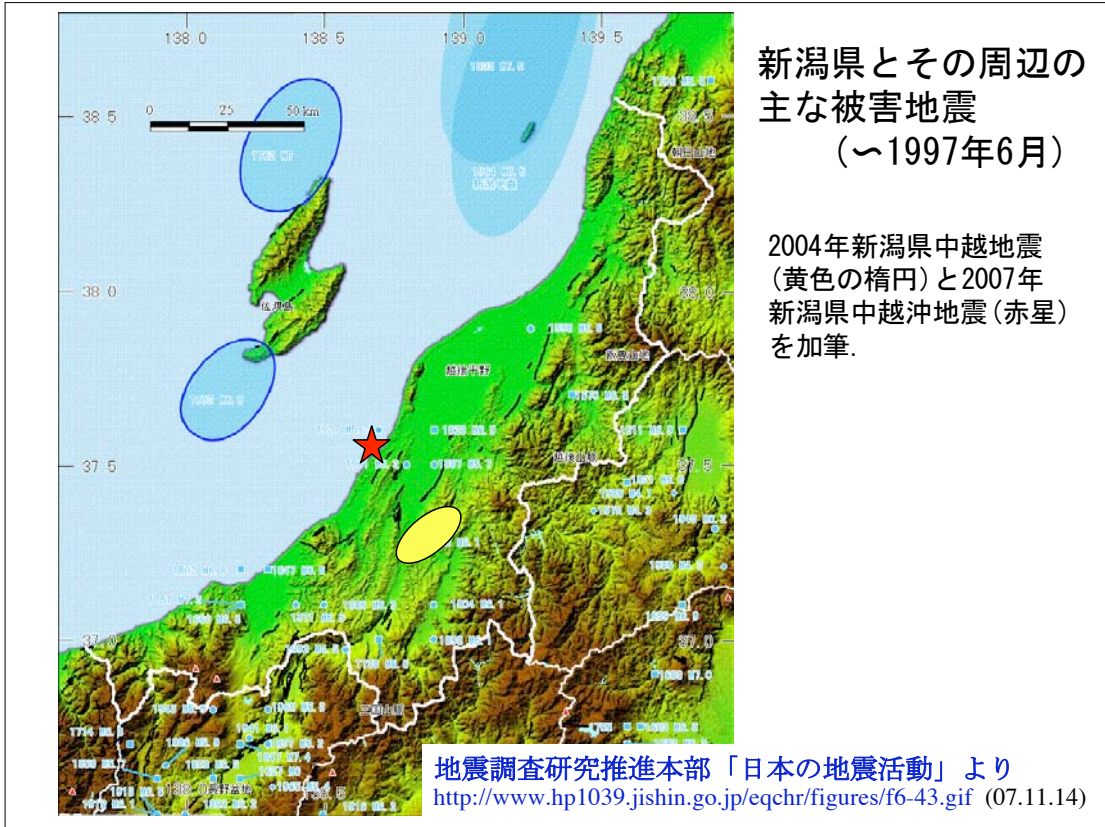
プレートテクトニクスから見た地震の分類

A プレート間地震 D 海洋プレート内の浅い地震
 C 陸のプレート内の地震



石橋克彦 (1997)

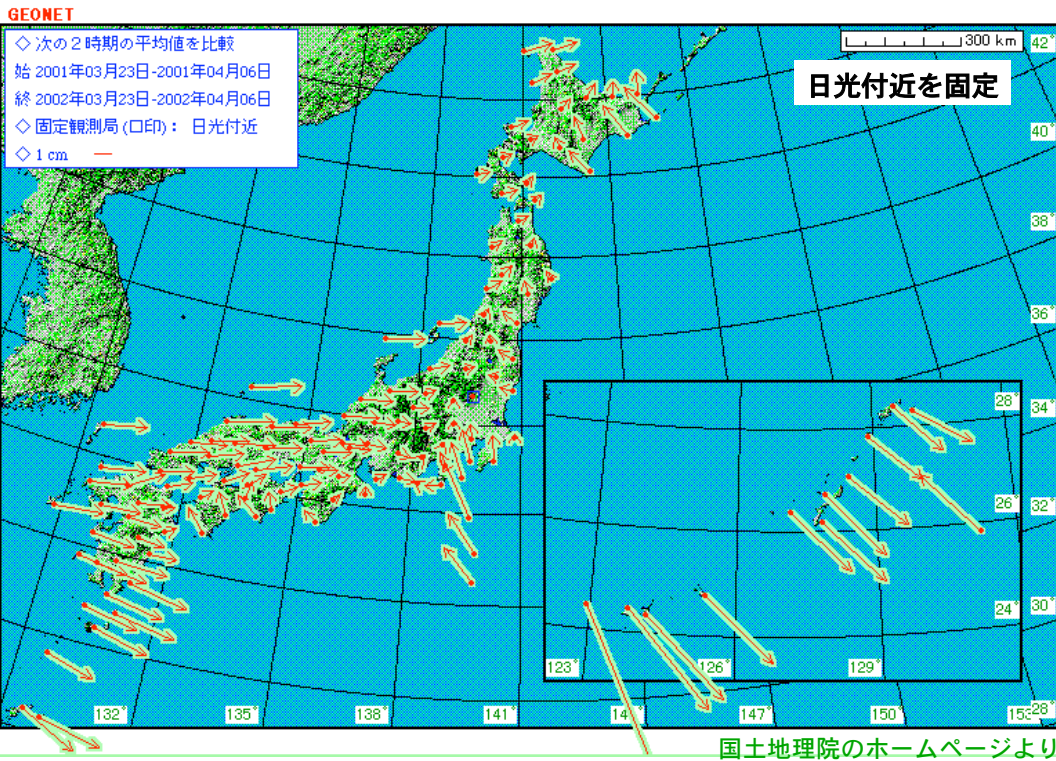
スラブ=地下に垂れ下がっている海洋プレート

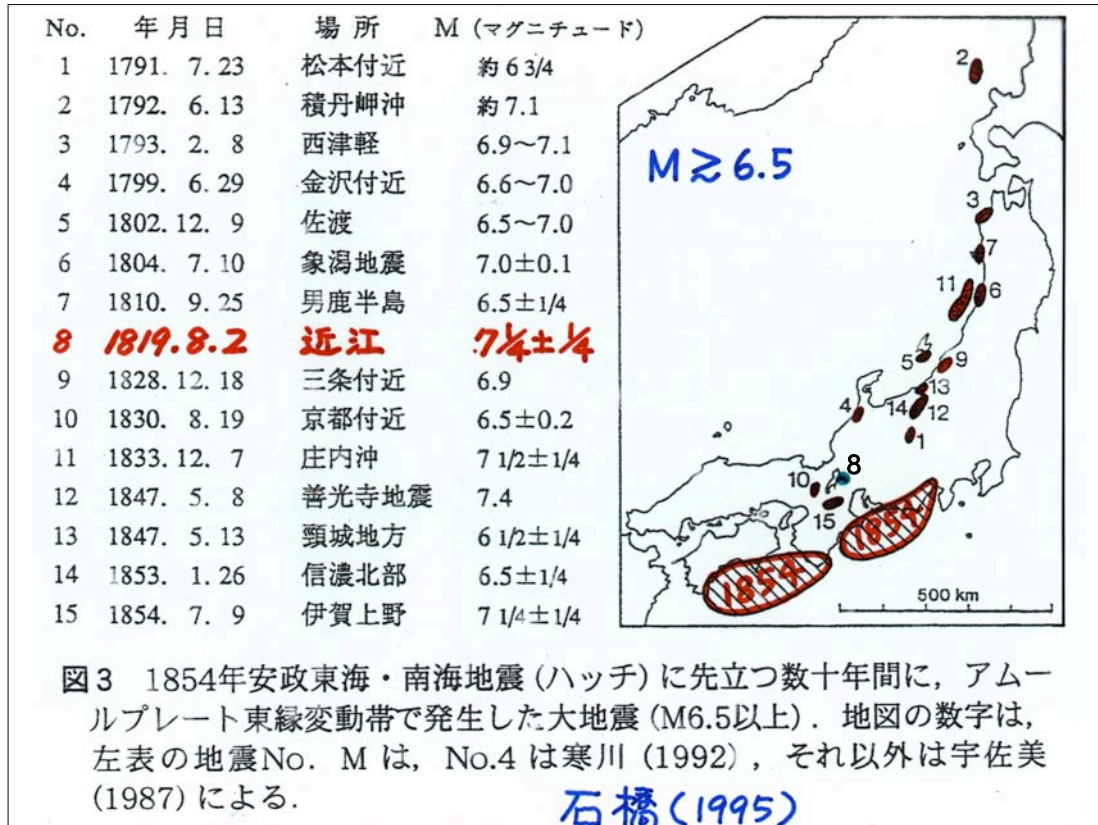


アムールプレート東縁変動帯
(作業仮説)



GPS連続観測網による2001年3/4月～2002年3/4月の日本列島の水平変動





地質ニュース490号, 14-21頁, 1995年6月
Chishitsu News no. 490, p. 14-21, June, 1995

石橋(1995)

「アムールプレート東縁変動帯」における 1995年兵庫県南部地震と広域地震活動(予報)

7. 今後の長期的予測

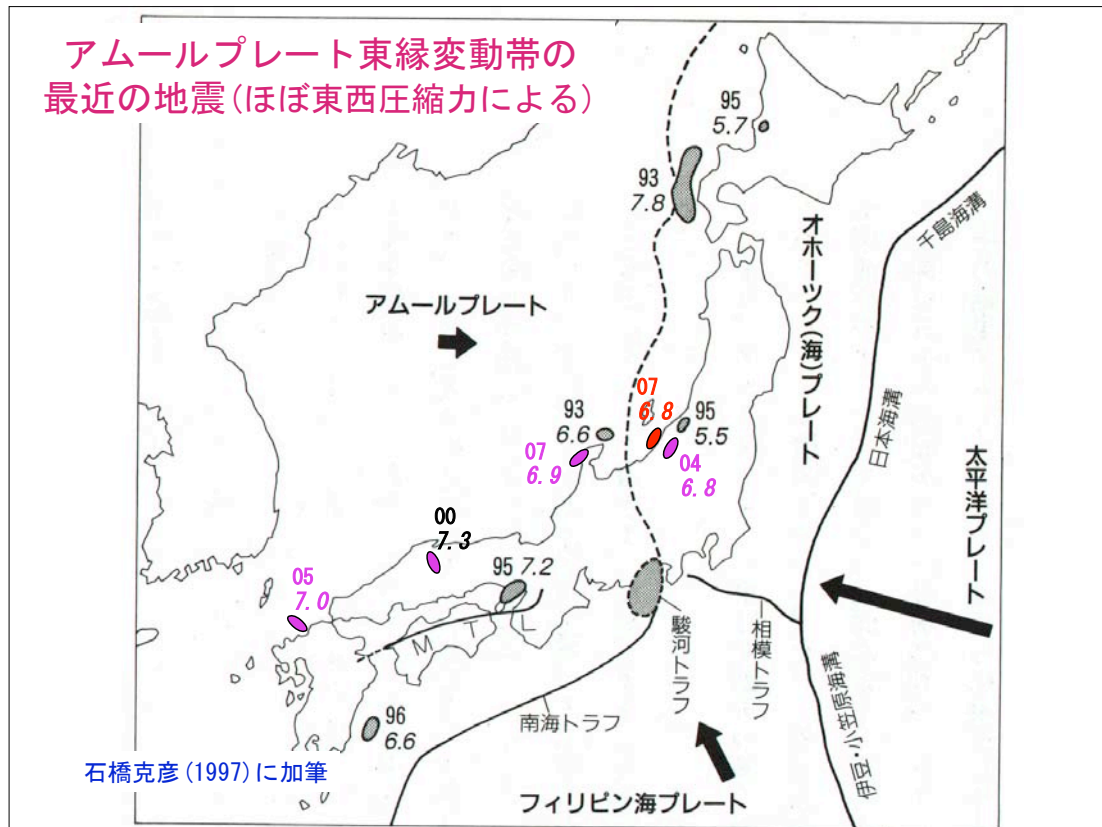
石橋 克彦¹⁾

兵庫県南部地震によって西南日本内帯衝突域の西部の一角が破壊したから、この衝突域の中に臨界状態の弱面があれば、その破壊も起こりやすくなるだろう。とくに、東西圧縮応力が効果的に効く弱面(NE-SW 走向の右横ずれ断層, NW-SE 走向の左横ずれ断層, N-S 走向の逆断層)に注意する必要がある。衝突域の主要部分は中部・北陸・近畿地方から山崎断層あたりまでだが、それ以西の中国地方や北部九州も視野に入れておくほうがよい。

2000年10月鳥取県西部地震,
2004年10月新潟県中越地震,
2005年3月福岡県西方沖地震,
2007年3月能登半島地震,
2007年7月新潟県中越沖地震

日本海東縁変動帯でもアムールプレートの東進が多少促進されると考えられるので、目下指摘されている秋田沖や北海道北西沖の地震空白域(大竹, 1992・石川, 1994)や、日温プシヤアノエ断層

この枠組で理解できる。



2002年9月16日／柏崎市民会館の講演会で映したスライド

2. 日本列島の地震情勢

長期的には、ほぼ日本列島全体が大地震活動期に入るだろう
特に首都圏と「アムールプレート東縁変動帯」

アムールプレート東縁変動帯

(サハリン～日本海東縁～中部・近畿衝突帯～駿河・南海トラフ)

- ・ 93年北海道南西沖 (M7.8) → 95年兵庫県南部 (M7.3) → 以後の活動
- ・ 1854年, 1944・46年の東海・南海巨大地震の前数十年間； 大地震続発
- ・ 今後数十年以内に次の東海・南海巨大地震が発生することはほぼ確実
- ・ 日本海東縁(海陸, 脊梁まで) ～信越～北陸～中部・西南日本～中央構造線～九州で大地震が起こりやすくなるだろう (どこで/いつ, は別問題)

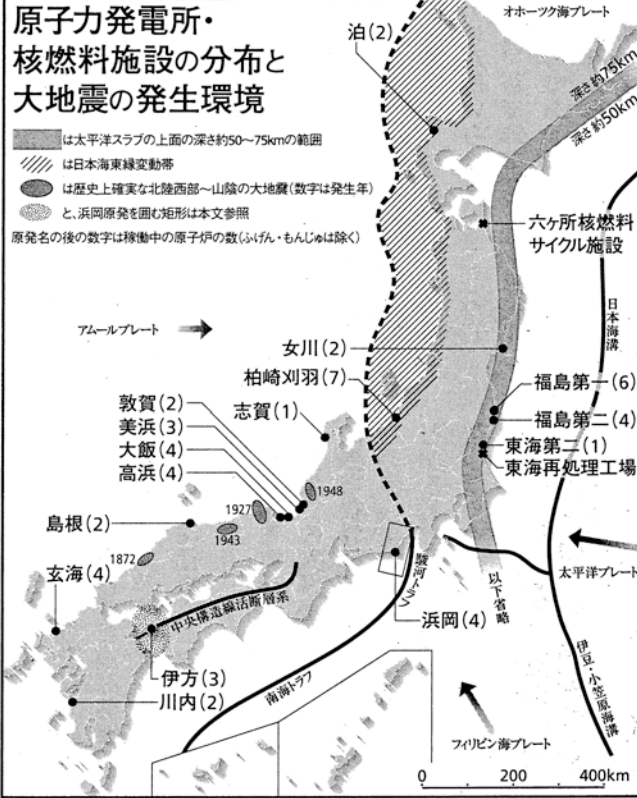
→ 東海・南海巨大地震につながる (今世紀半ばまで)

大地震直撃地に 集中する原発

週刊金曜日
1999年8月27日号

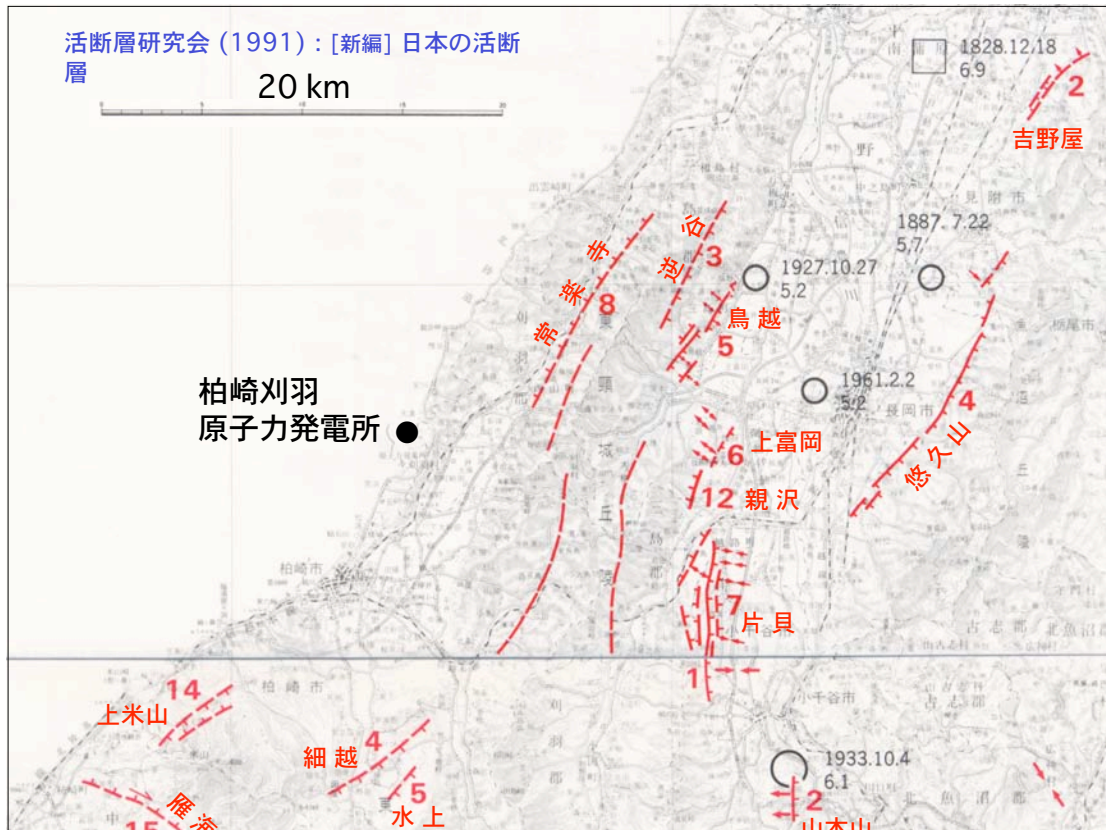
地震列島ニッポンを横切る五二基の発電用大型原子炉は、わざわざ大地震に直撃されやすい場所をねらったかのように配置されている。しかも地震の影響評価はあまりにも過小で、耐震性は不十分だ。いつ想定外の地震で「原発震災」が生じてもお不思議ではない。

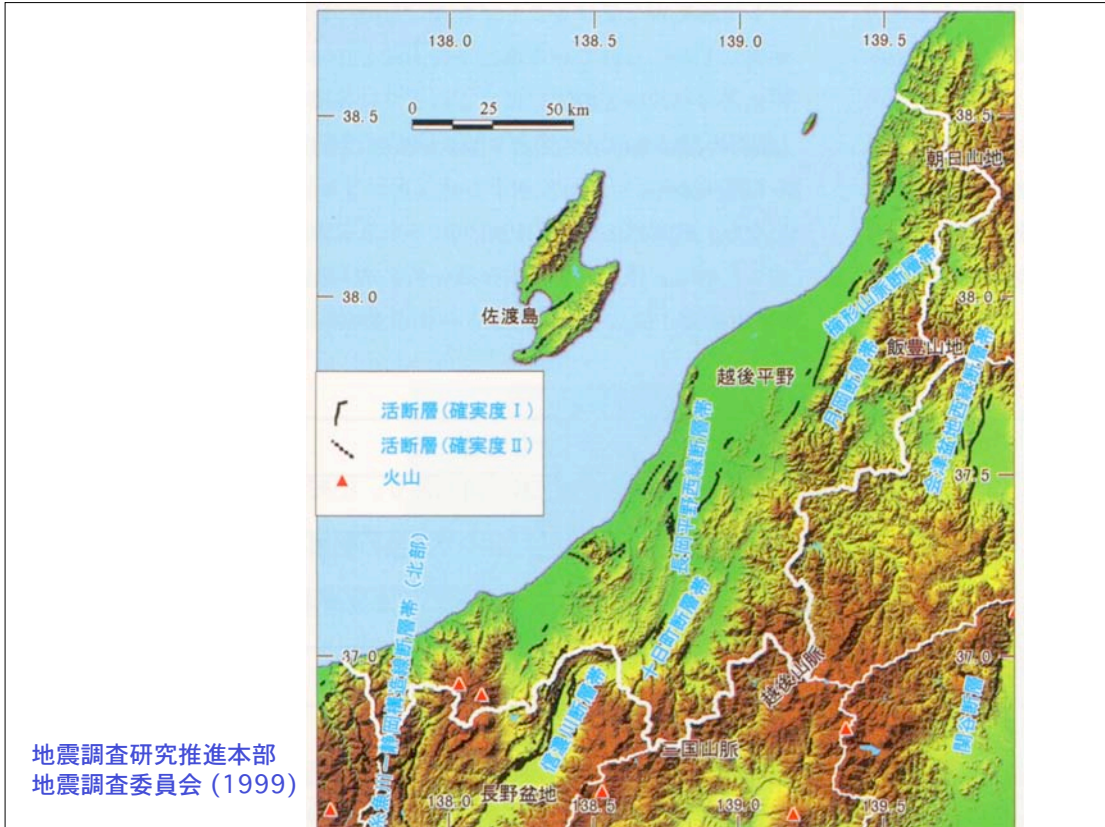
石橋克彦



大地震空白域で活断層が多いという点で、原発が密集している若狭湾地域もきわめて危険である。また柏崎刈羽原発(新潟県柏崎市)

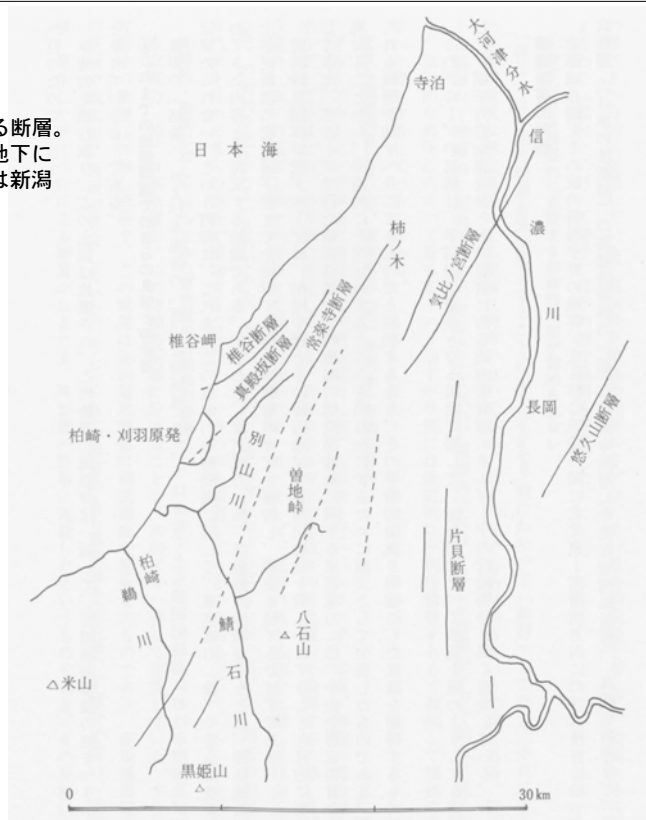
も、日本海東縁変動帯という地震多発地帯なのに歴史的大地震が知られておらず、しかも活断層もあるから、同様に危険である。





立石雅昭 (1997)

実線は設置許可申請書に記載されている断層。
点線は地層の撓曲構造から推定される地下
における断層の連続を示す。常楽寺断層は新潟
平野西縁断層とも呼ばれる。



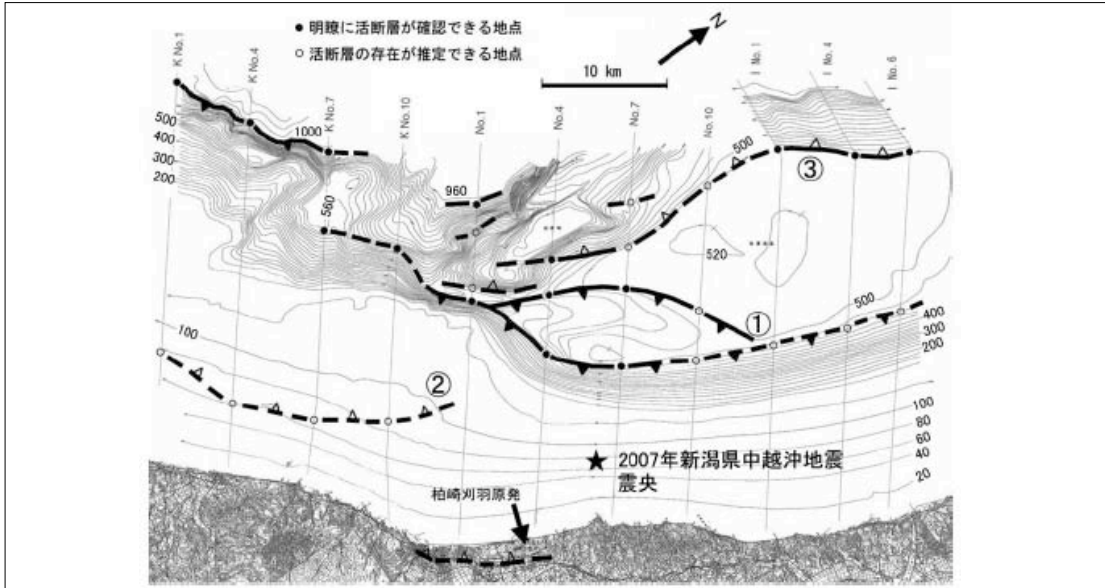


図1 柏崎沖の活構造(逆断層トレース)

東京電力(1996)の地形図に、断層トレース・文字・水深などを加筆した。海底の断層トレースは東京電力(1996)による音波探査記録(測線は番号付きの細実線)に、陸上の断層トレースは写真判読に基づき、発表者らの見解として示した。断層トレースは太実線・太破線(連続性がやや不明瞭)で示した。

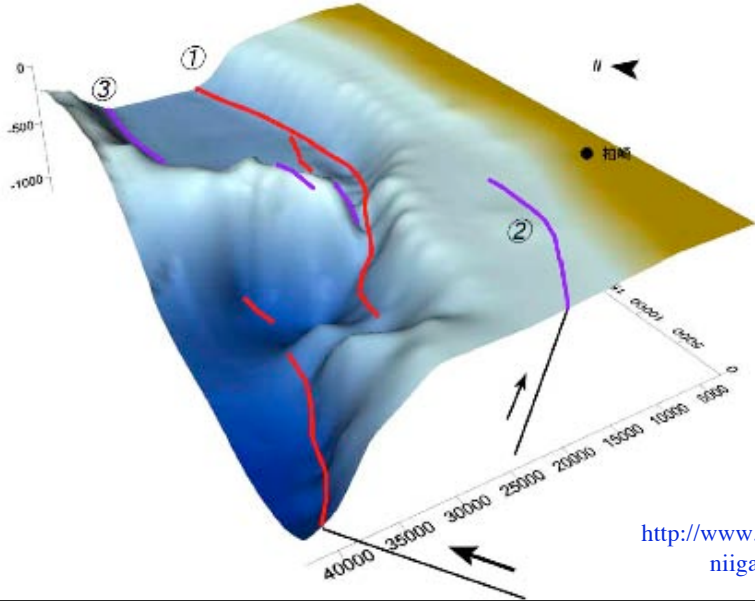
渡辺・鈴木・中田(2007)：日本第四紀学会2007年大会・緊急セッション講演予稿

<http://www.soc.nii.ac.jp/qr/meeting/2007/kinkyu/watanabefinal1.pdf>

2007年中越沖地震・震源海域の海底活断層の模式図

鈴木康弘(名古屋大学)・渡辺満久(東洋大学)・中田 高(広島工業大学)

この図は東電の設置許可申請書(公開版)に掲載された資料から容易に推定されるものであるが、原発設計時には全く考慮されていなかった。(変形の規模から、単に表層だけでなく深部数キロまで延長する断層構造が推定できる。傾斜角度については今後の探査結果を待つ必要がある。)



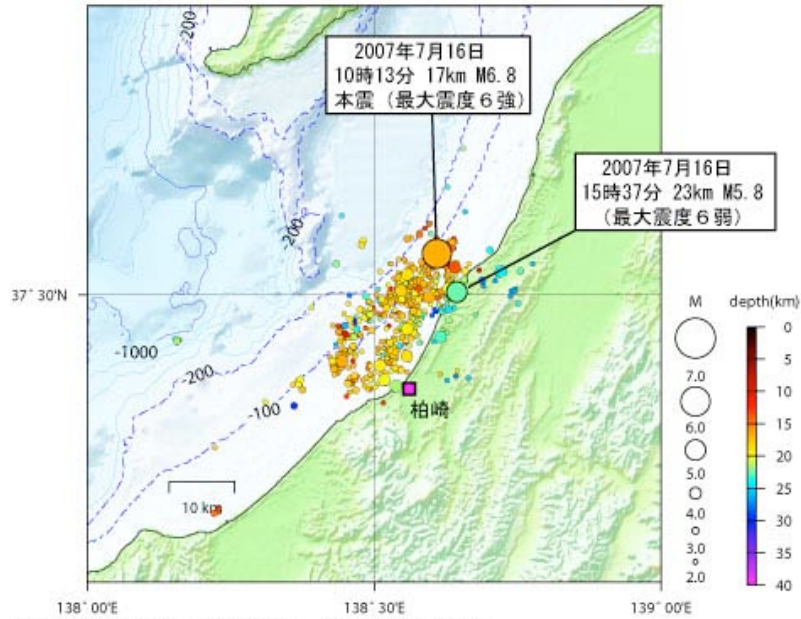
<http://www.seis.nagoya-u.ac.jp/INFO/niigata070716/katsudanso2.pdf>

2007年新潟県中越沖地震

気象庁

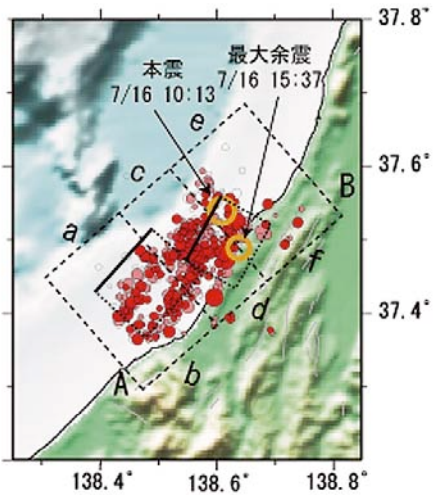
2007年8月17日6時現在

震央分布図 (2007年7月16日以降、深さ40km以浅、M \geq 2.0)



丸の大きさはマグニチュードの大きさを、色は震源の深さを表す。
地形データには国土地理院の数値地図50mメッシュ (標高) および日本海洋データセンターのJ-EG0500を使用。

http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2007_07_16_chuetu-oki/index.html (07.11.14)

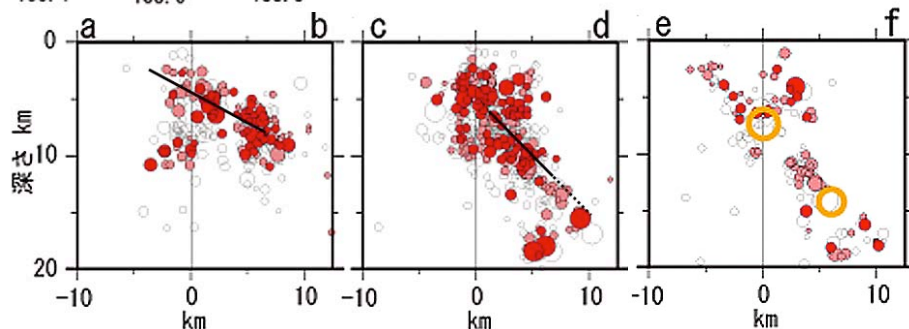


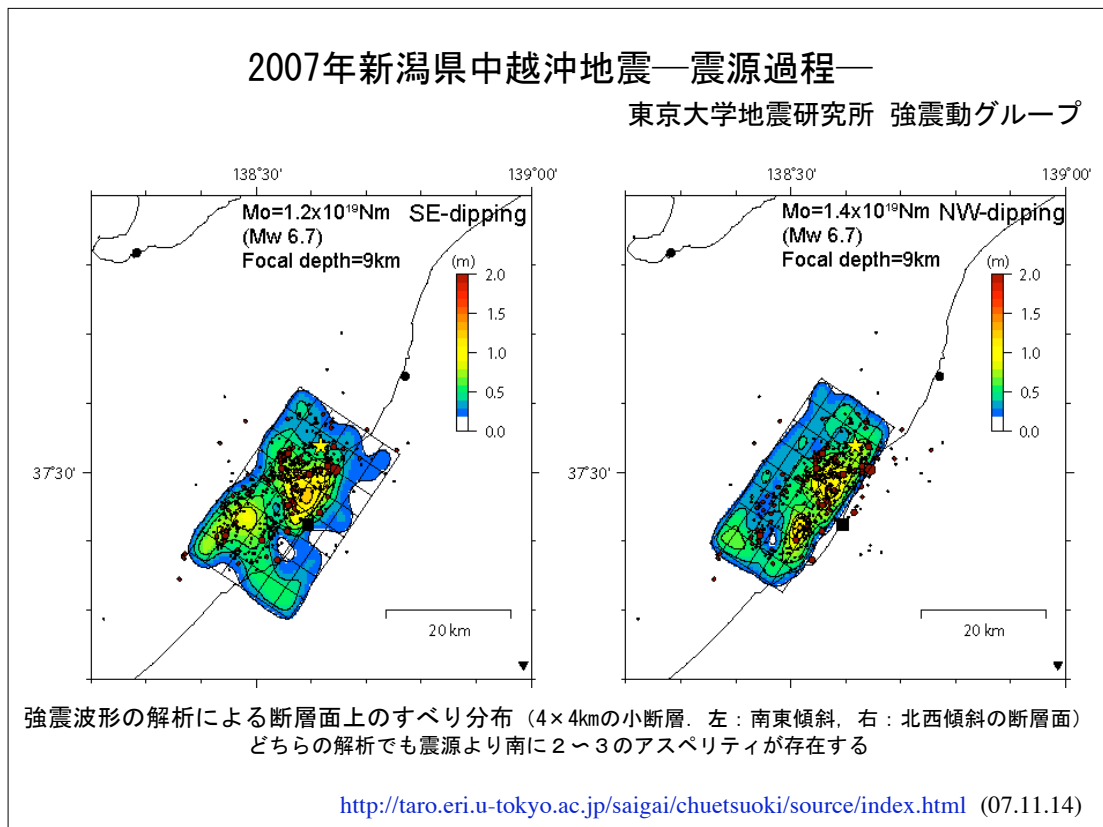
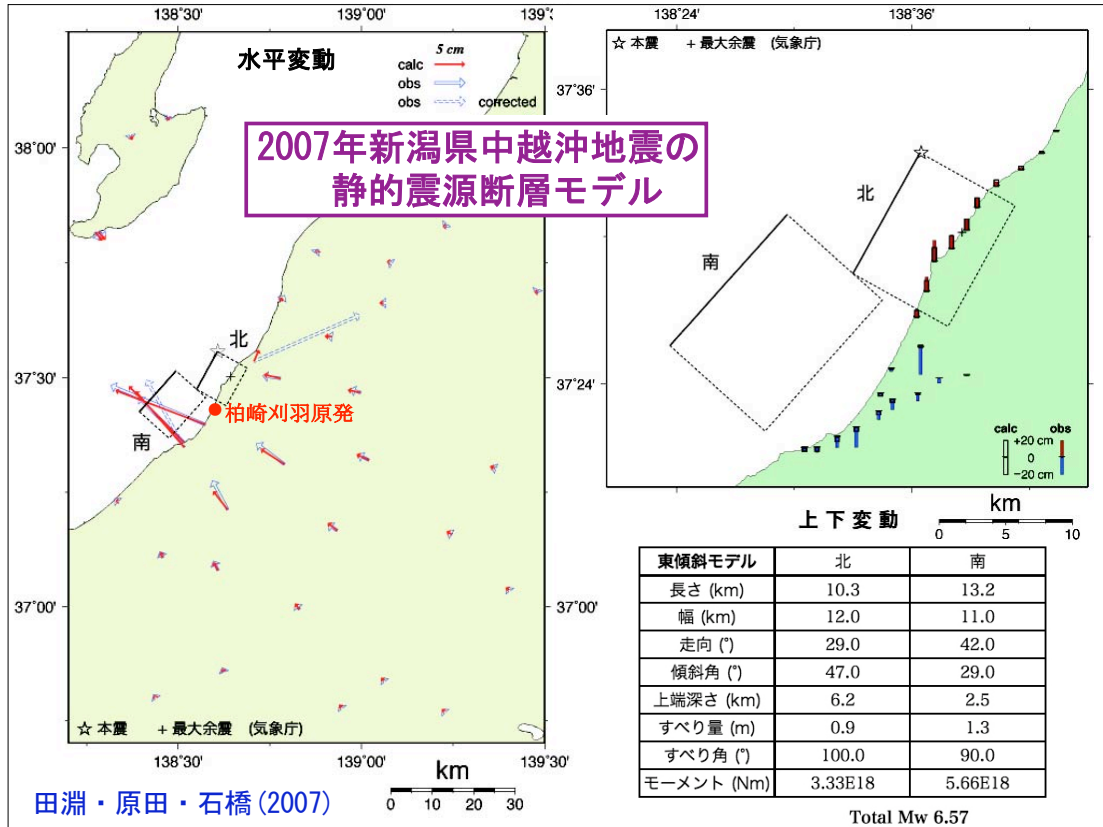
田淵裕司・原田智也・石橋克彦 (2007)
2007年新潟県中越沖地震の静的断層モデルの検討
—地殻変動・津波データとテクトニクスによる考察, 日本地震学会2007年度秋季大会, P1-091.

- ・震源断層面：2枚を仮定
- ・2枚とも南東傾斜がベター

防災科研の本震・余震の震源分布との比較

- 2007/07/16 10:13-
2007/07/16 15:36
- 2007/07/16 15:37-
2007/07/18 12:00



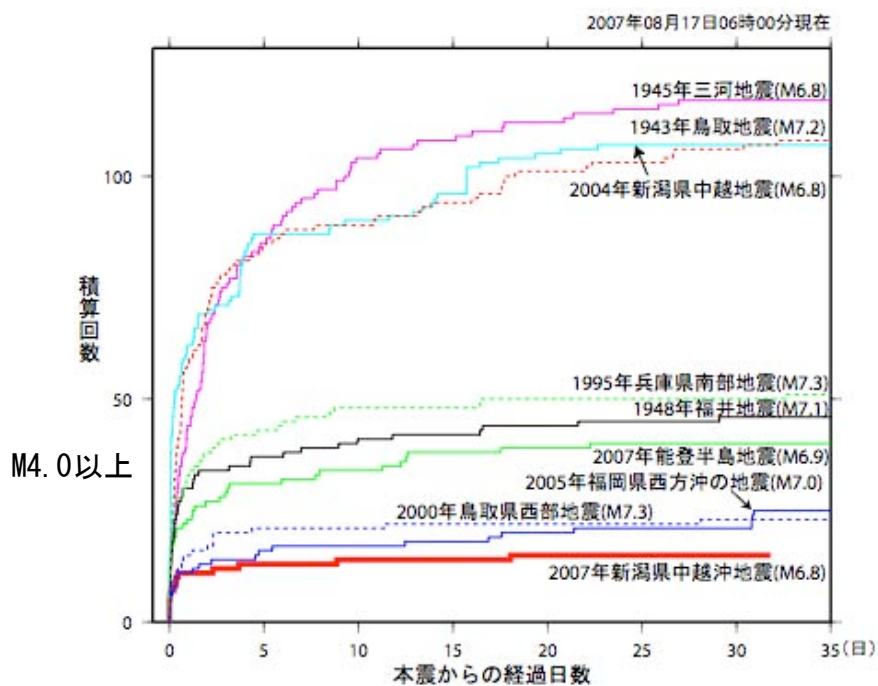


2007年新潟県中越沖地震の震源断層面がどちらに傾いているかは未確定だが、南東傾斜である可能性のほうが高そう
 その場合、海底への延長は佐渡海盆南東縁活断層付近になる
 今回の地震が佐渡海盆南東縁活断層の活動だったとしても、浅い部分は変位せず、海底地形の成長には寄与しなかった
 真殿坂断層が活動したという見解があるが、それは上盤内の二次的な活動ではないか？

一般に、活断層を特定しても、それによる基準地震動を適切に(安全側に)策定するのはむずかしい

変動地形学的調査によって活断層・活褶曲を含む活動度を正しく評価し、柏崎刈羽のように活動度が高い場合には「震源を特定せず策定する地震動」を十分大きく設定することが極めて重要であろう

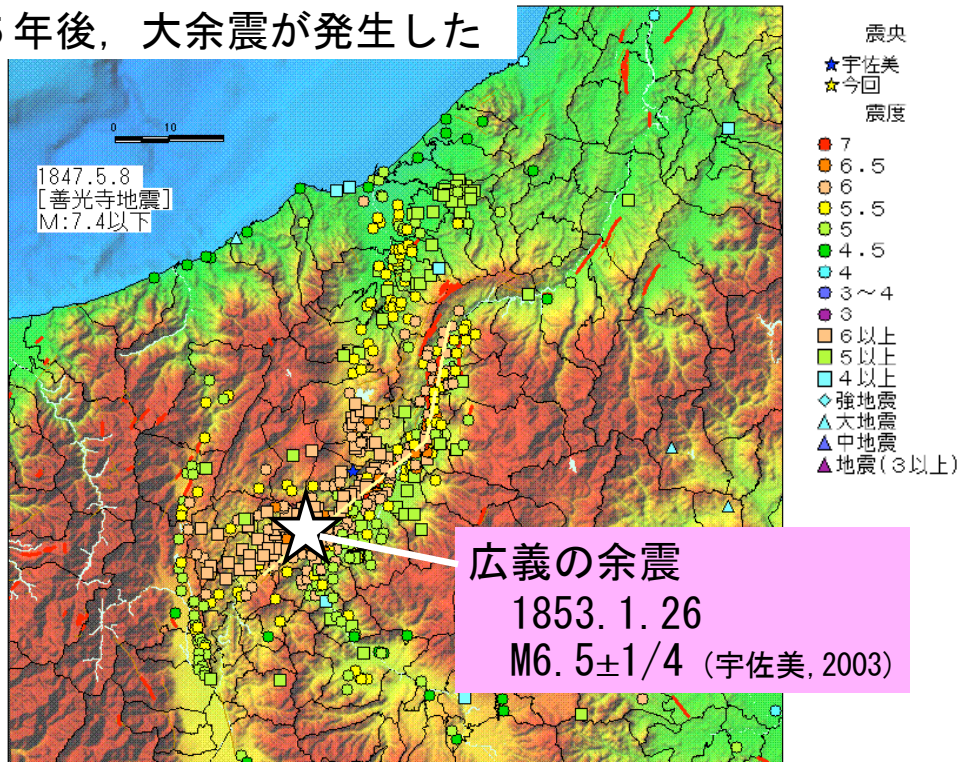
陸プレート内の浅い大地震の余震活動の比較 (気象庁による)



http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2007_07_16_chuetu-oki/yoshin_hikaku.pdf (07.11.14)

1847年善光寺地震 (M6.9~7.4) の5年後, 大余震が発生した

本震の震度分布 (松浦・他, 2003)



○発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針

平成18年9月19日/原子力安全委員会決定

3. 基本方針

(前略)

また、建物・構築物は、十分な支持性能をもつ地盤に設置されなければならない。

<http://www.shinsashishin-nsc.jp/pdf/1/si004.pdf> (07.11.14)

原子力安全基準・指針専門部会の見解

平成18年5月19日

耐震指針検討分科会においてとりまとめられた下記の見解について、原子力安全基準・指針専門部会として了承する。

記

耐震指針検討分科会の見解

1. 今回の指針改訂の趣旨等について

(前略)

さらに、旧指針の「重要な建物・構築物は岩盤に支持させなければならない」という規定については、今次改訂においては「建物・構築物は十分な支持性能をもつ地盤に設置されなければならない」に改めた。これについては、建物・構築物は、設計荷重に応じた十分な支持性能をもつ地盤に設置するのであれば、旧指針で規定されていたいわゆる「岩盤」に支持させなくとも十分な耐震安全性を確保することが可能であると考えられる。これに伴い、建物・構築物は必ずしもいわゆる「岩盤」に支持される必要性はないことになるが、ここで施設を構成する全ての建物・構築物はそれぞれの設計荷重に応じて十分な支持性能をもつ地盤に設置されるべきであるとの観点から、本規定の対象を「重要な建物・構築物」のみならず、全ての建物・構築物とすることとしたものである。

<http://www.nsc.go.jp/anzen/sonota/kettei/20060919-32.pdf> (07.11.14)