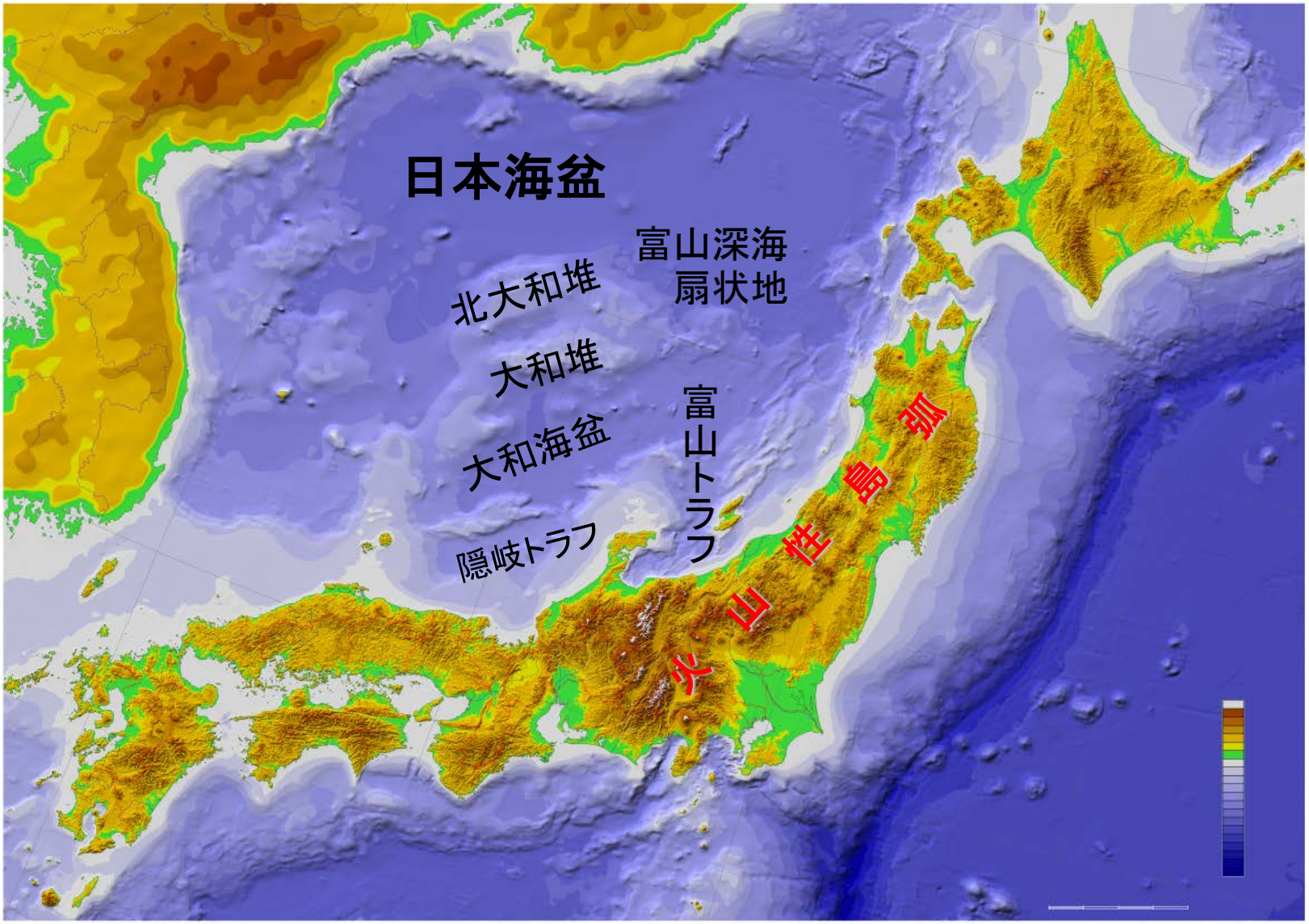
列島日本海側、北陸地方の地震発生の仕組みと履歴、そして防災・減災のあり方

(1)　日本列島での北陸地方の地学的位置
(2)　北陸地方の中央部は構造境界
(3)　北陸地方での地震発生のしくみ
(4)　北陸地方でおきる地震と津波
(5)　北陸地方での地震津波防災

富山大学　竹内　章

日本列島における 北陸地方の地学的位置



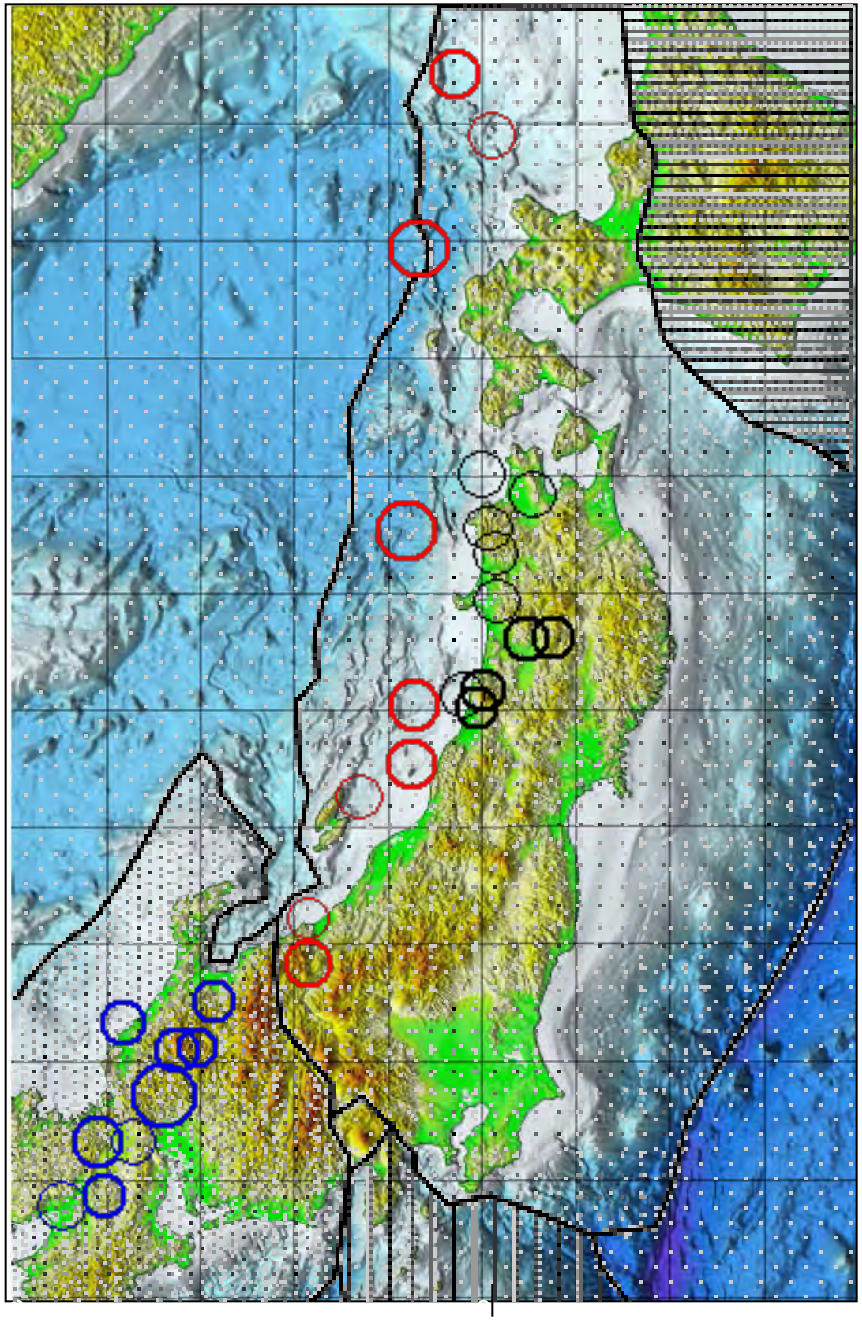
富山深海海底谷（深海長谷）もある

日本列島の地質編集委員会（1996）

東日本側の地形的特徴

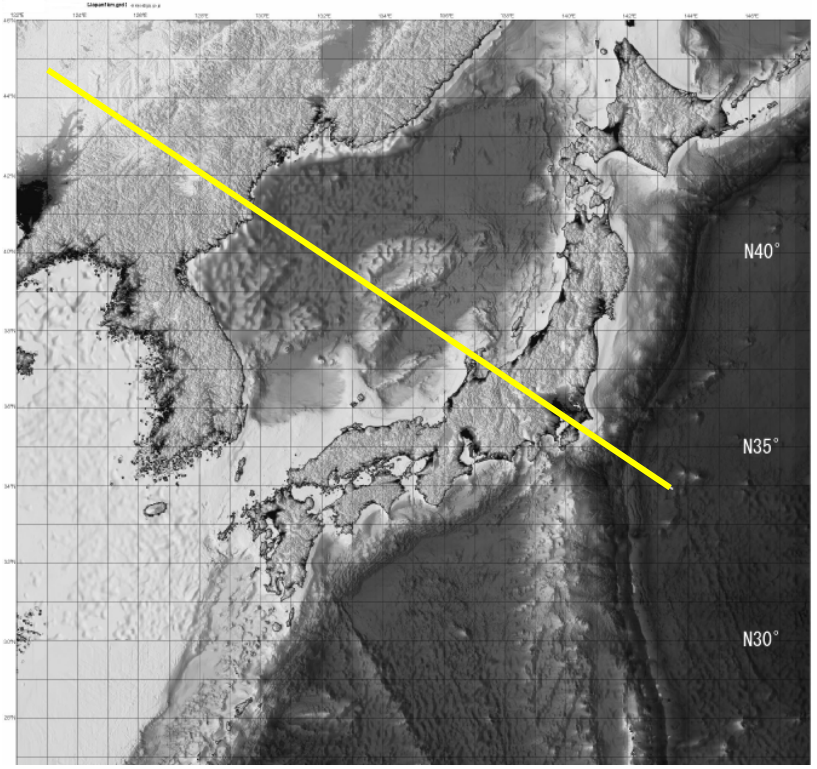
- 細長い海嶺や海盆が平行に連なる地形が顕著
- 地下の断層を反映する

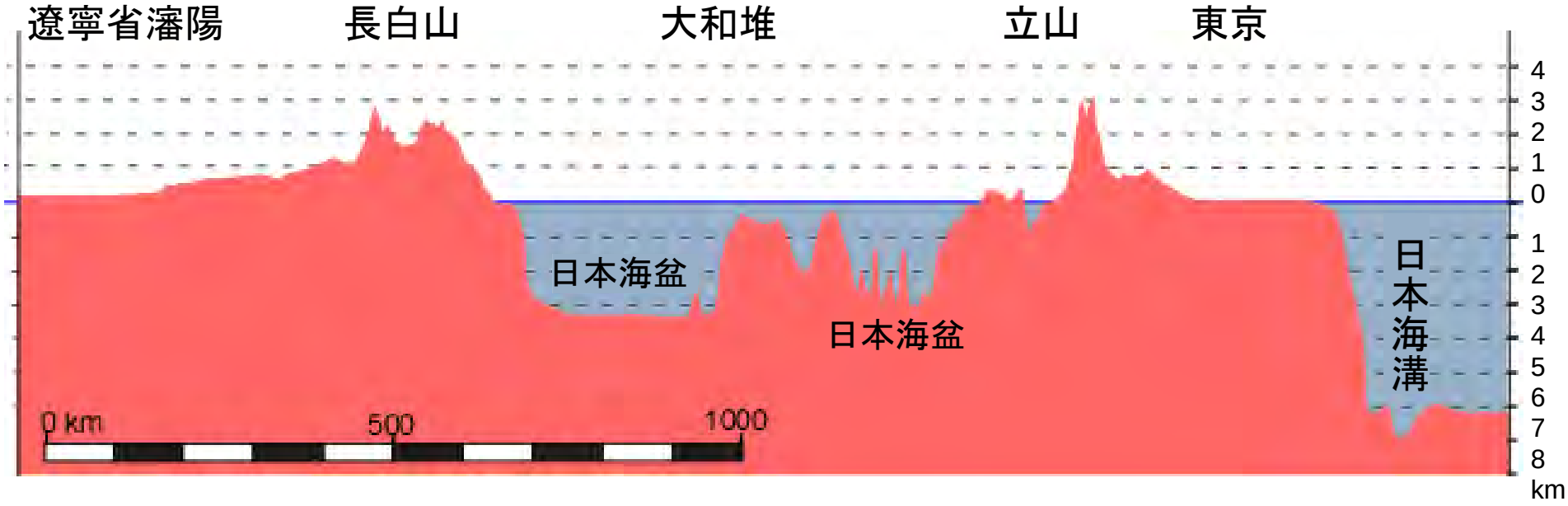
歴史地震	19世紀以降	それ以前
日本海東縁部	○	○
東北日本側	○	○
西南日本側	○	○



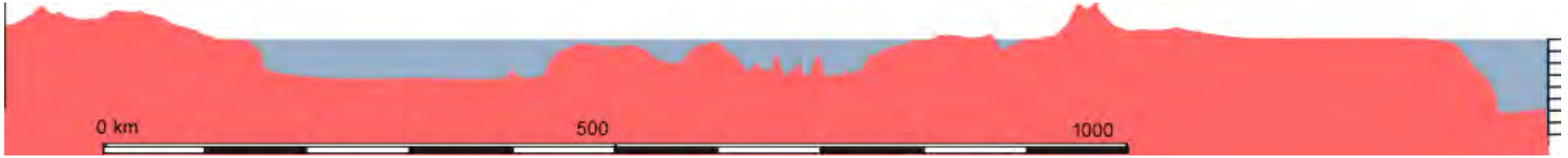
日本海断面図

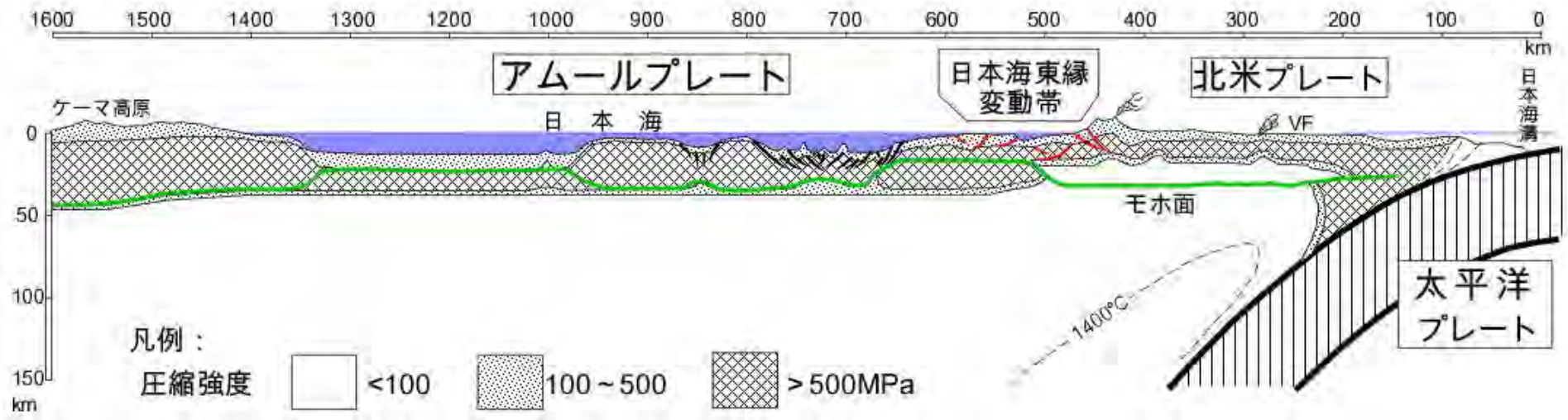
全長2150km

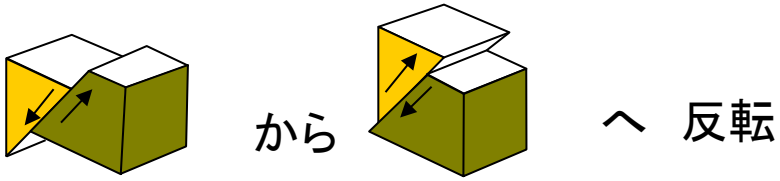




日本海と本州弧



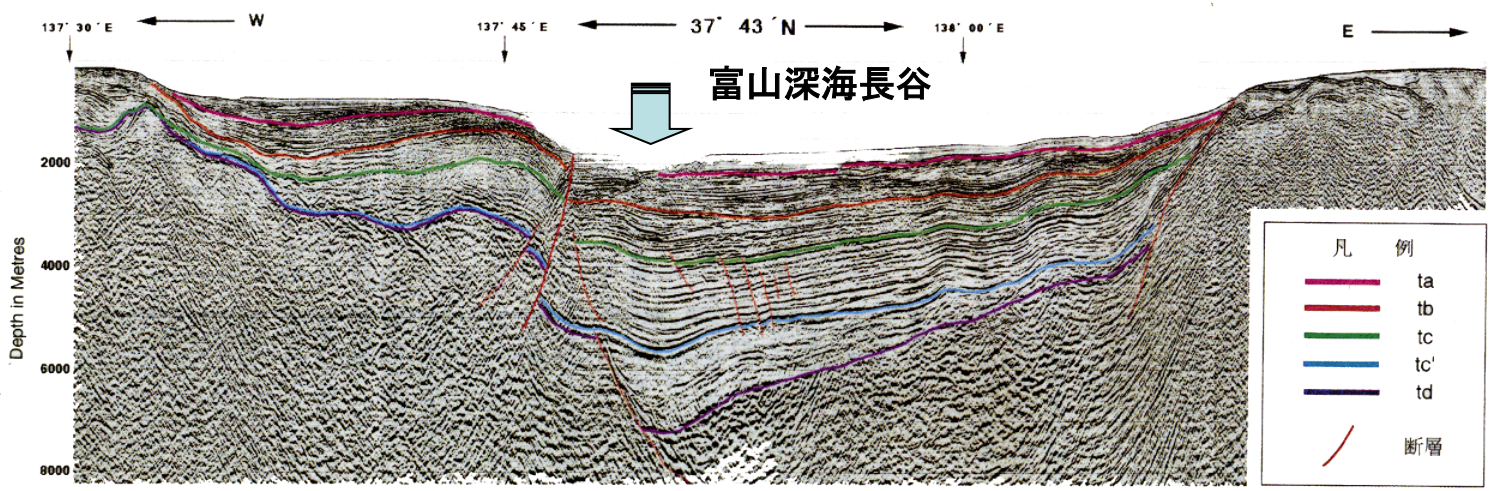




正断層　から　逆断層　へ　反転

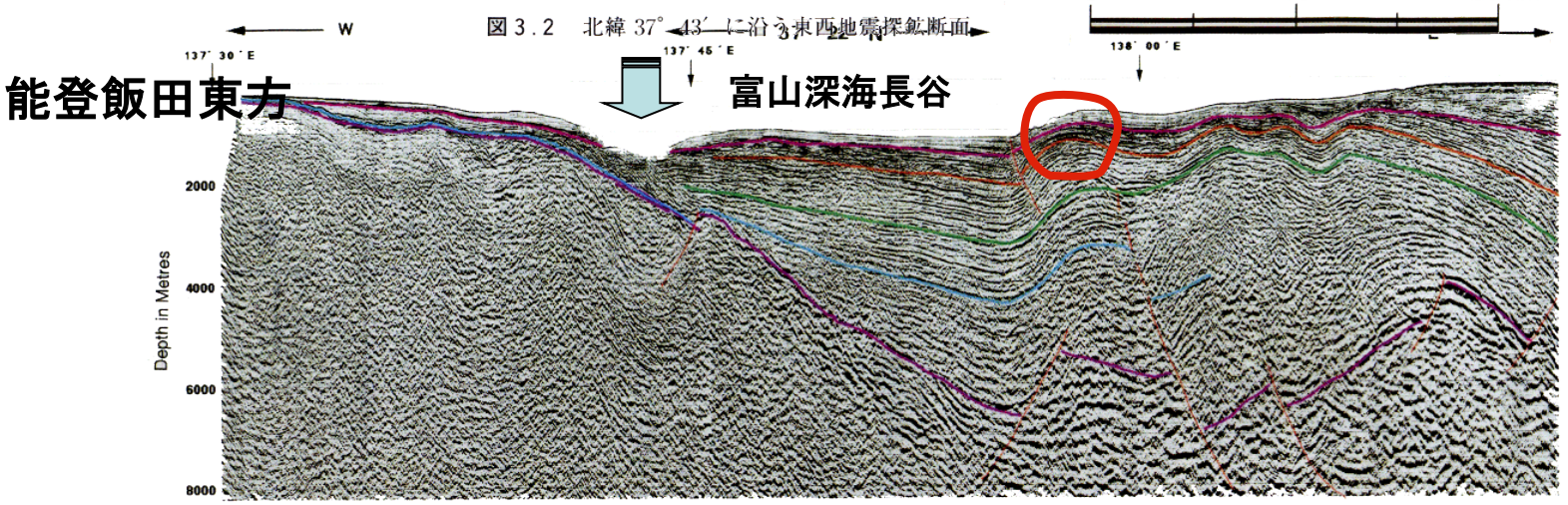
東西日本の構造境界

富山トラフの地質構造断面図



佐渡小木西方

図３．２　北緯 37° 43′ に沿う東西地震探鉱断面



能登飯田東方

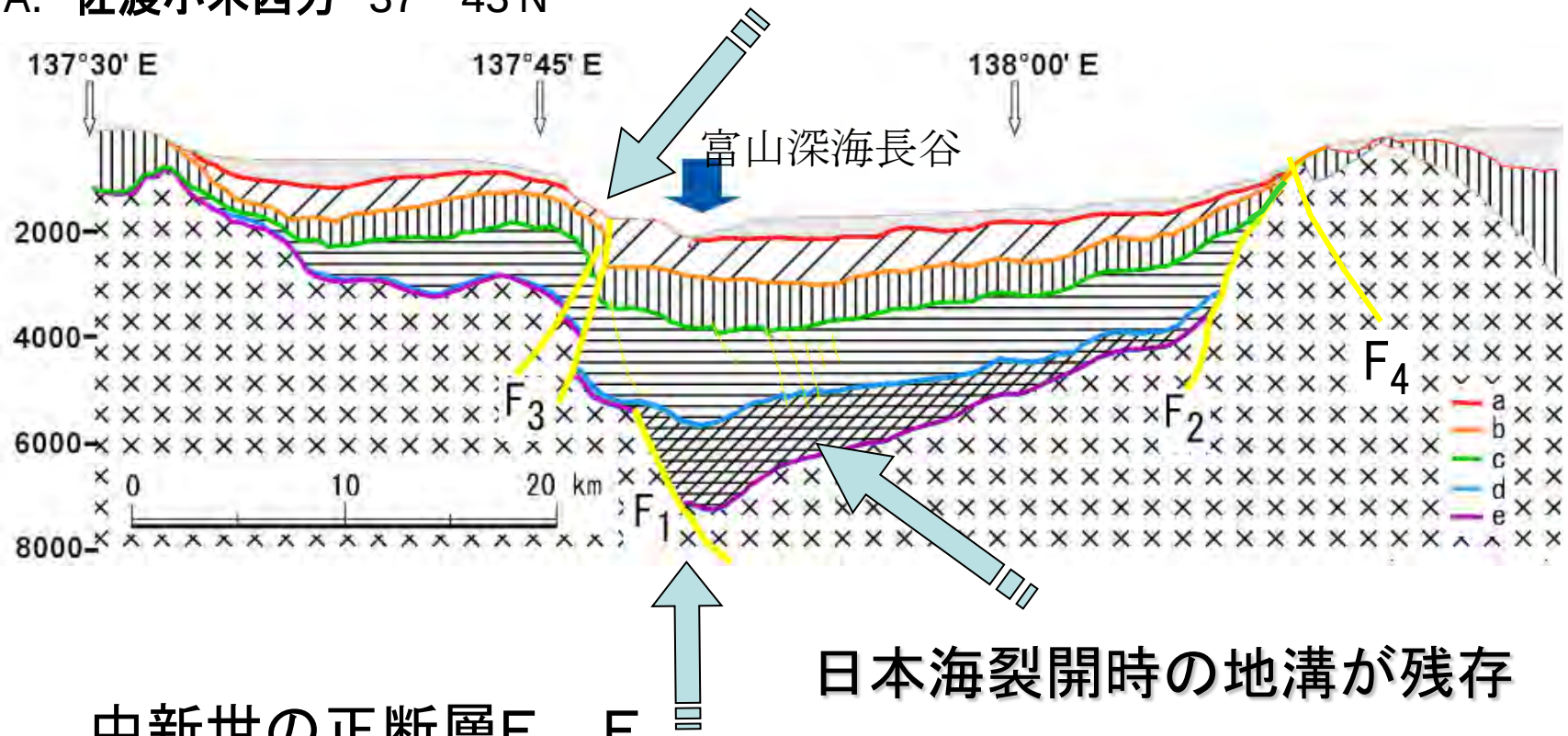
図３．１　北緯 37° 22′ に沿う東西地震探鉱断面

石田聖（1996）より

厚い地層の堆積と断層褶曲変形

鮮新世以降の逆断層F_3, F_4 ：海底活断層

A. **佐渡小木西方**　37°　43'N



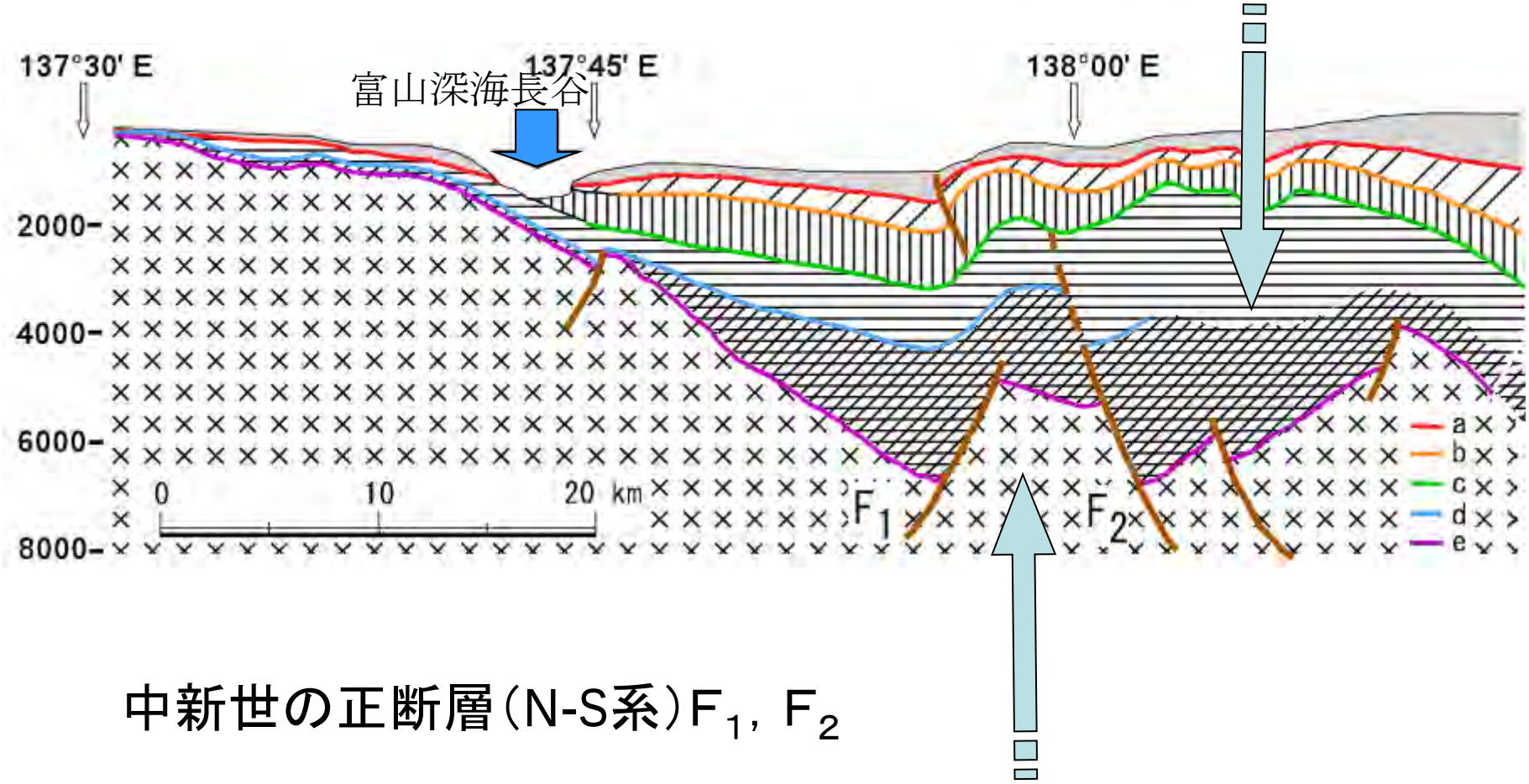
中新世の正断層F_1, F_2

日本海裂開時の地溝が残存

南北系と北東ー南西方向が交差

佐渡海嶺南西延長部
（NE-SW系断層褶曲）

B. **能登飯田東方**　37°　22'N

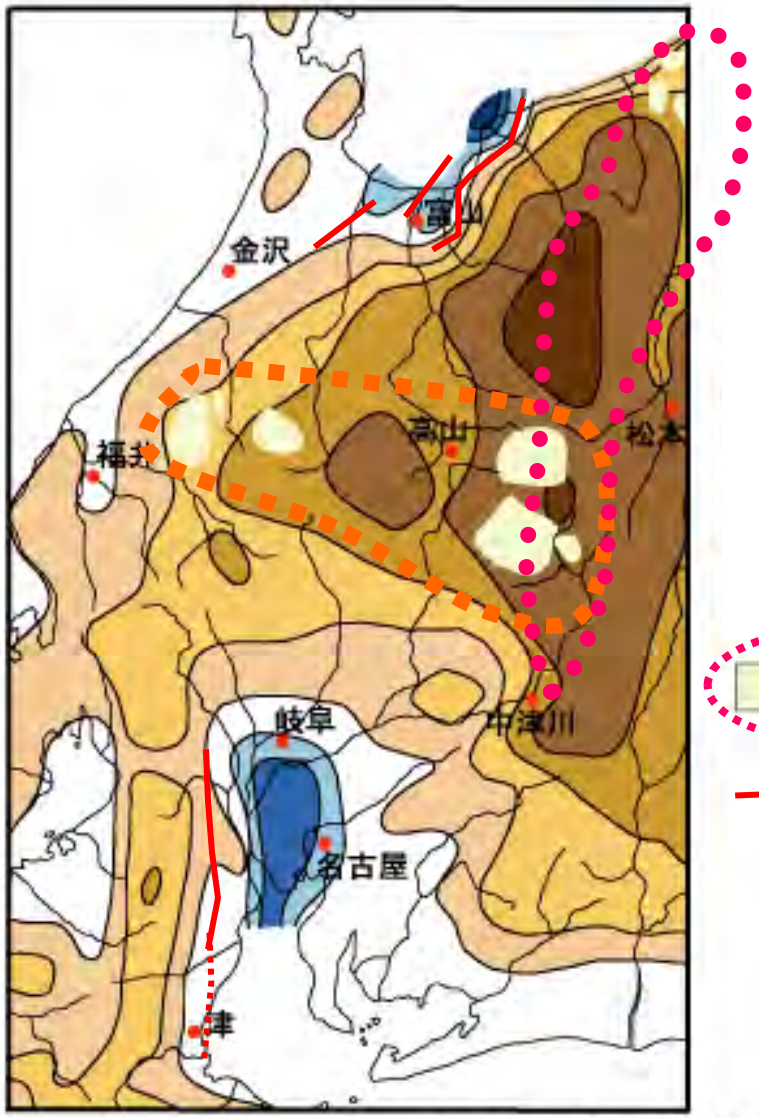


中新世の正断層（N-S系）F_1，F_2

中部山岳と海岸平野

（1）地質構造境界
（フォッサマグナの枝分れ，
背弧リフト・堆積盆の縁）

（2）著しい隆起沈降の境界
（上下変位量の大きい活断層）



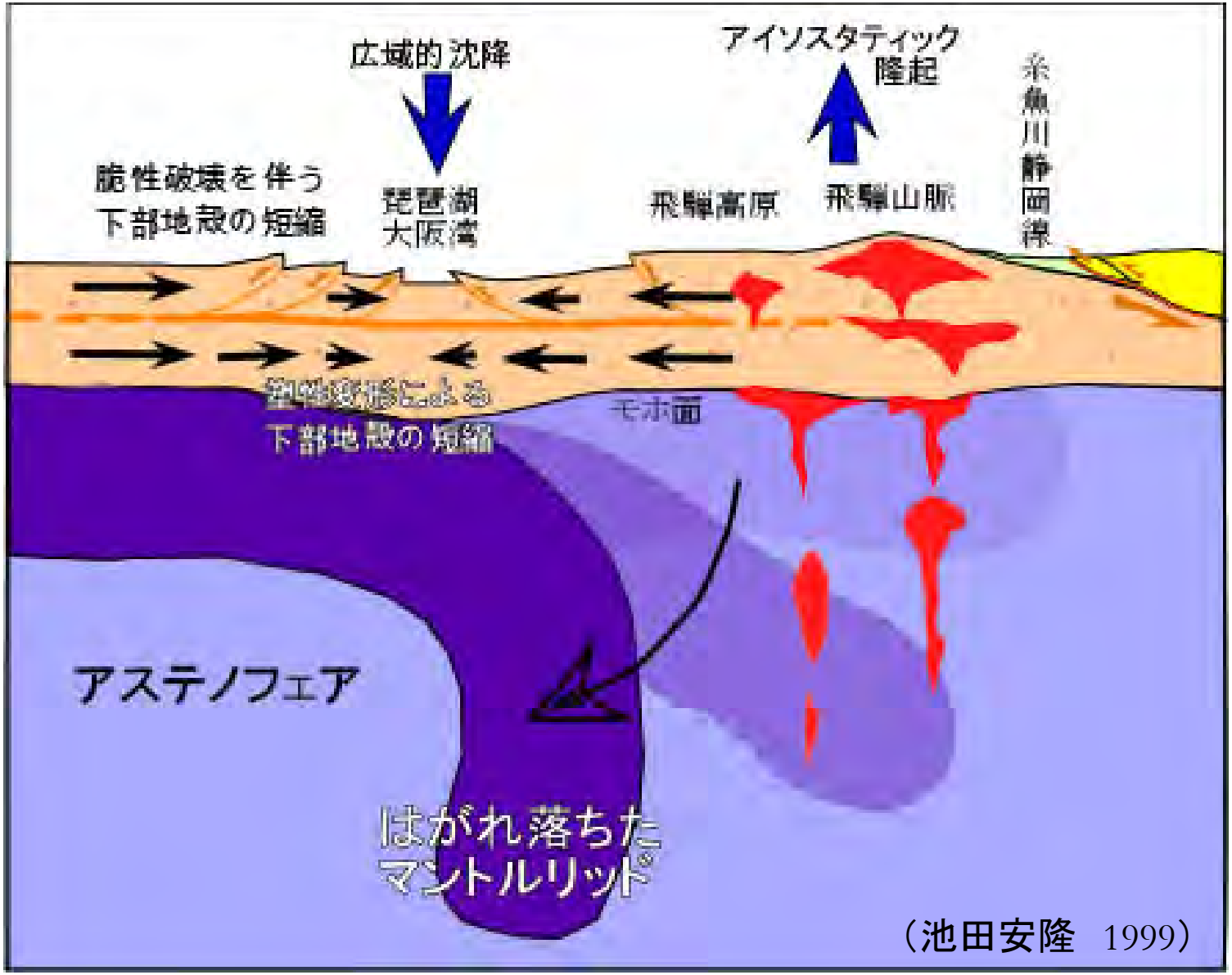
火山体　火山帯（隆起の原因）

活断層

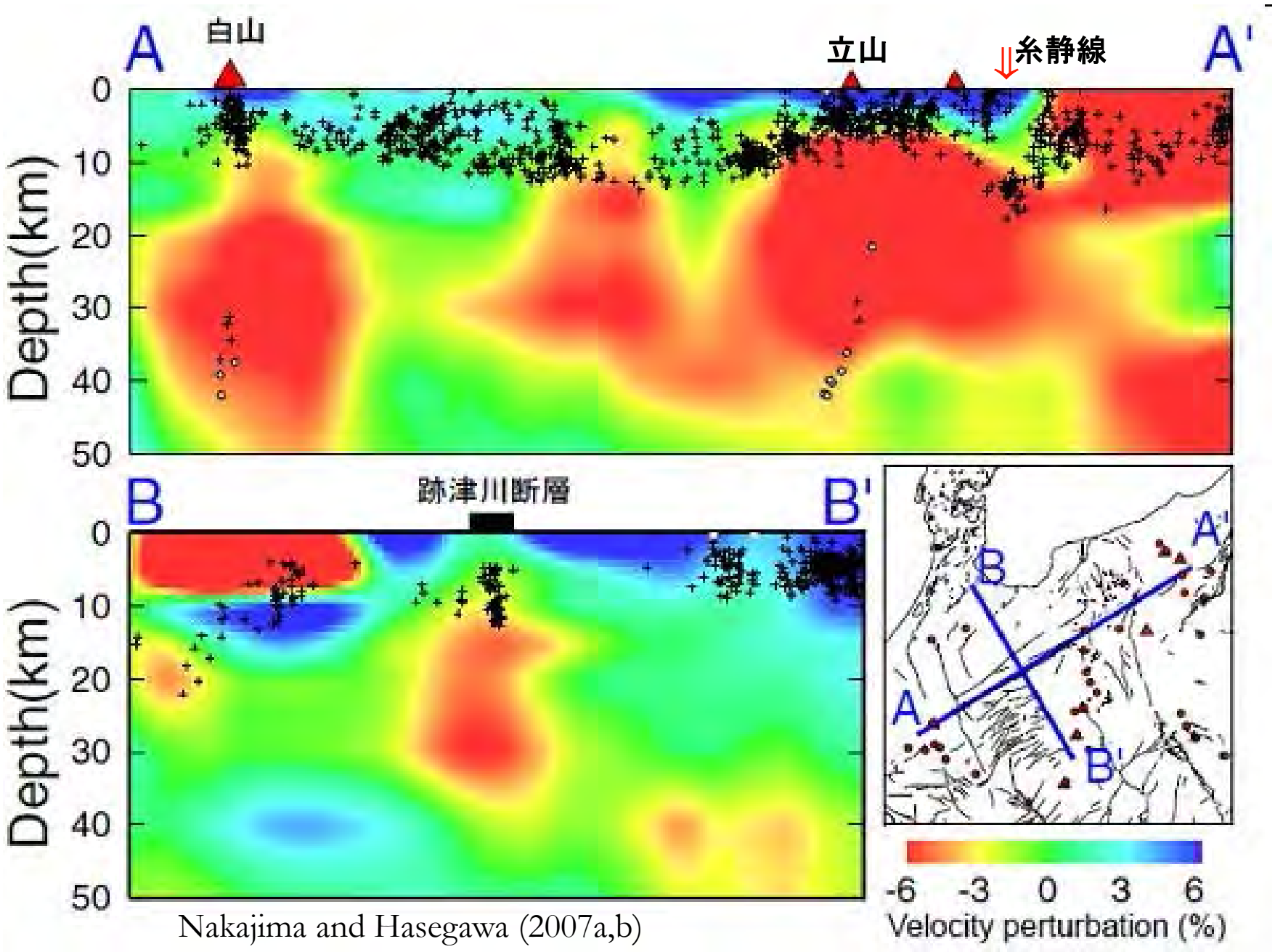
では、沈降の原因は？
アムールプレート東縁ならではの
強圧縮か

中部地方における第四紀の隆起沈降量
国立防災科学技術センター(1969)による

中部地方の地下では何が起きているのか



第2章　北陸地方の中央部は構造境界



Nakajima and Hasegawa (2007a,b)

北陸地方のプレートの運動と地殻変動

ポイント:

1. 2500万-2000万年前に形成された地質構造（＝日本海拡大軸末端のトランスフォーム断層）の再活動

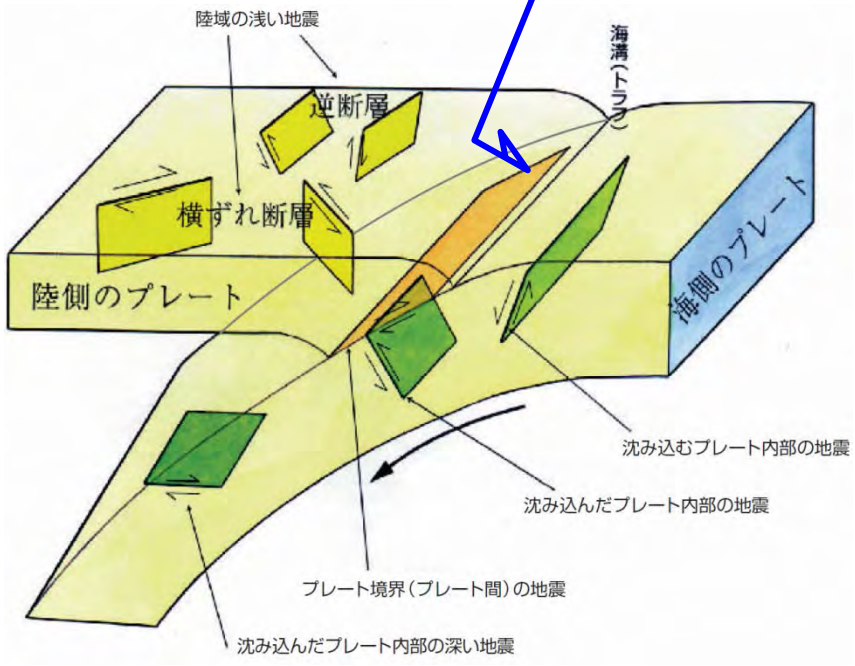
2. 1500万年前ころまでに日本列島内部にできていた断層構造が500万年前ころから再活動

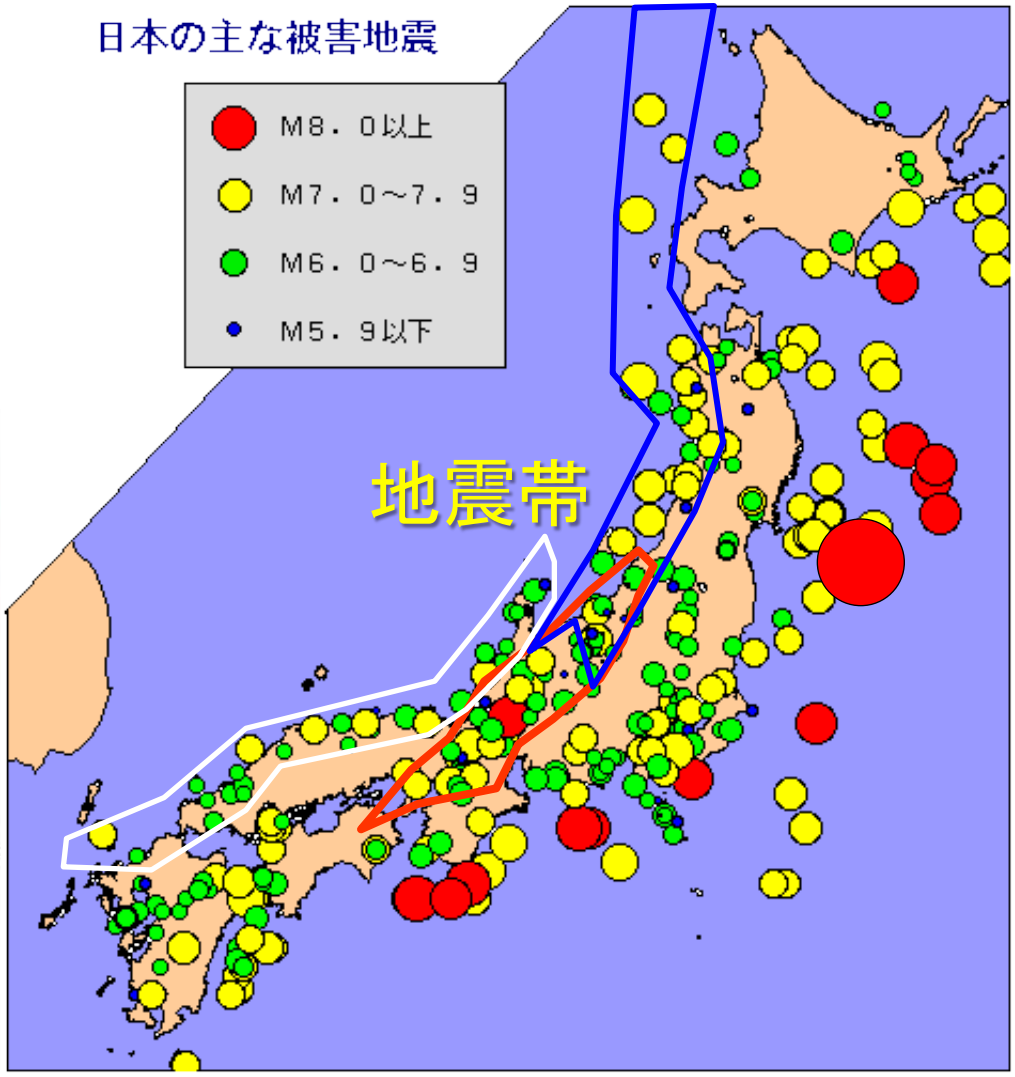
3. ２箇所でプレート境界三重会合点がある中央日本は現行地殻変動が活発で、北陸はその北半部を占める

4. 加越能地区はアムールプレート東縁に、信越地区は北米プレート西縁に位置し、北陸地方はプレート相対運動の調節地帯accomodation zoneになっている

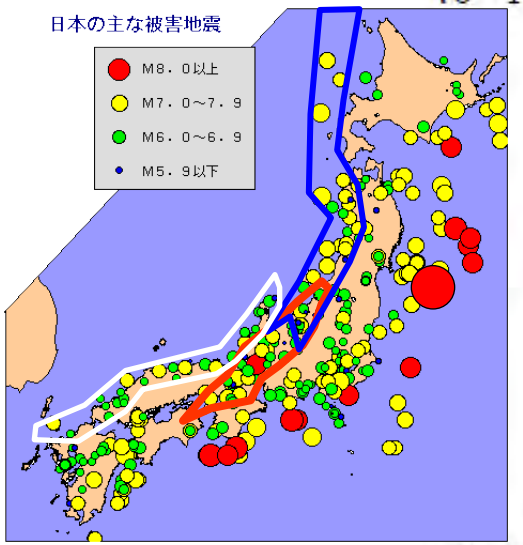
北陸地方の地震発生のしくみ

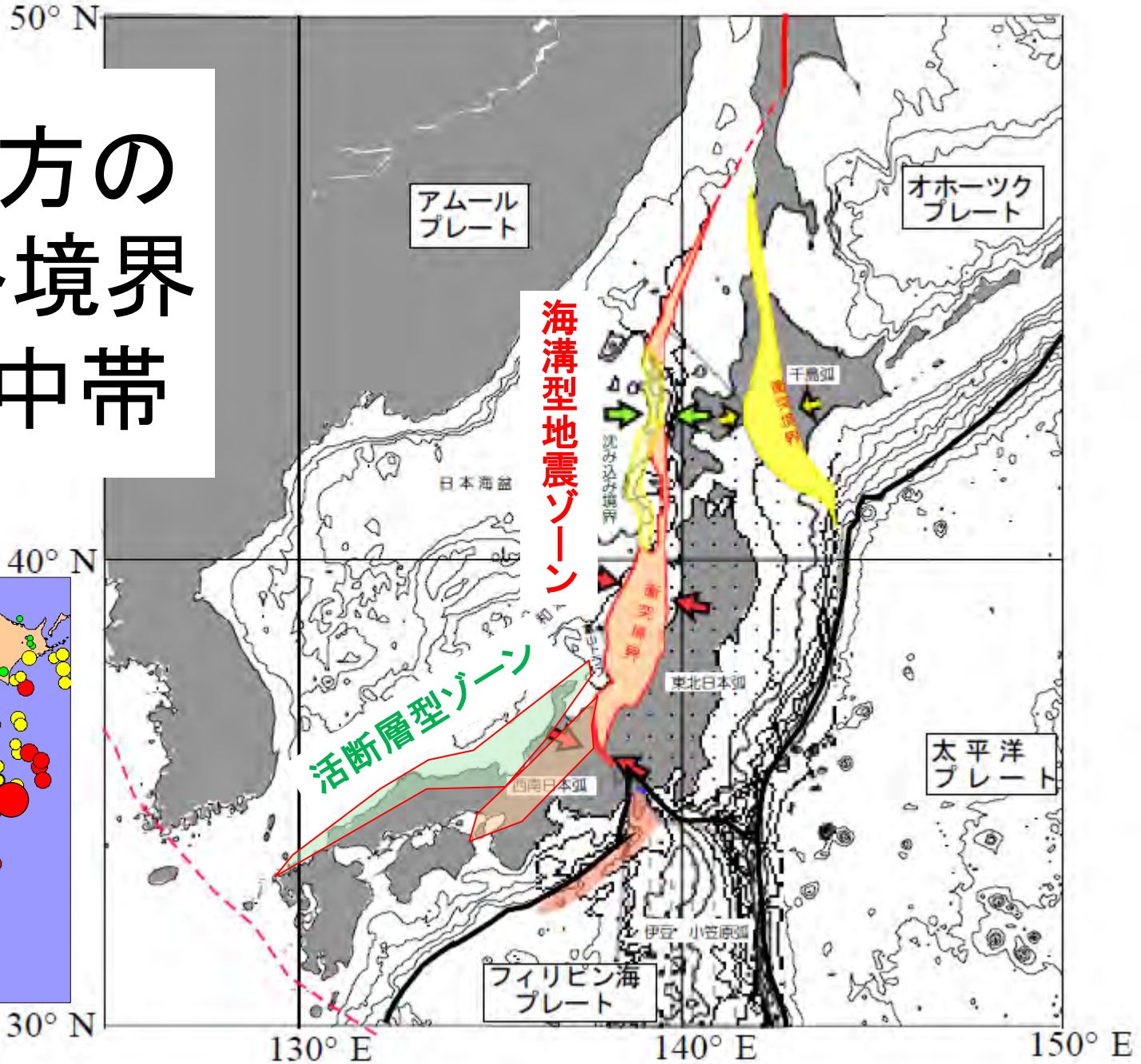
- 海の地震
  巨大地震
- 陸の地震
  直下型



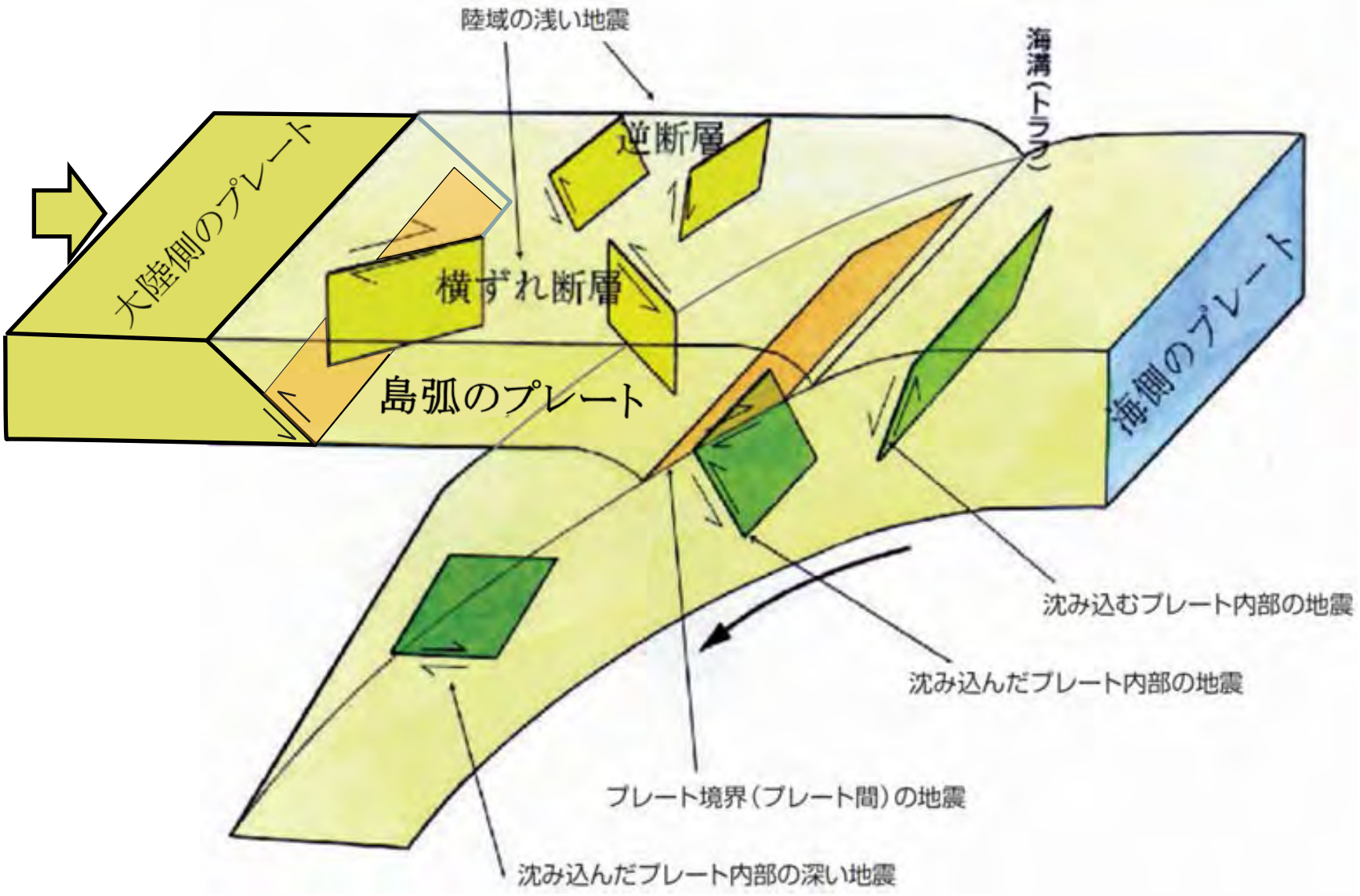


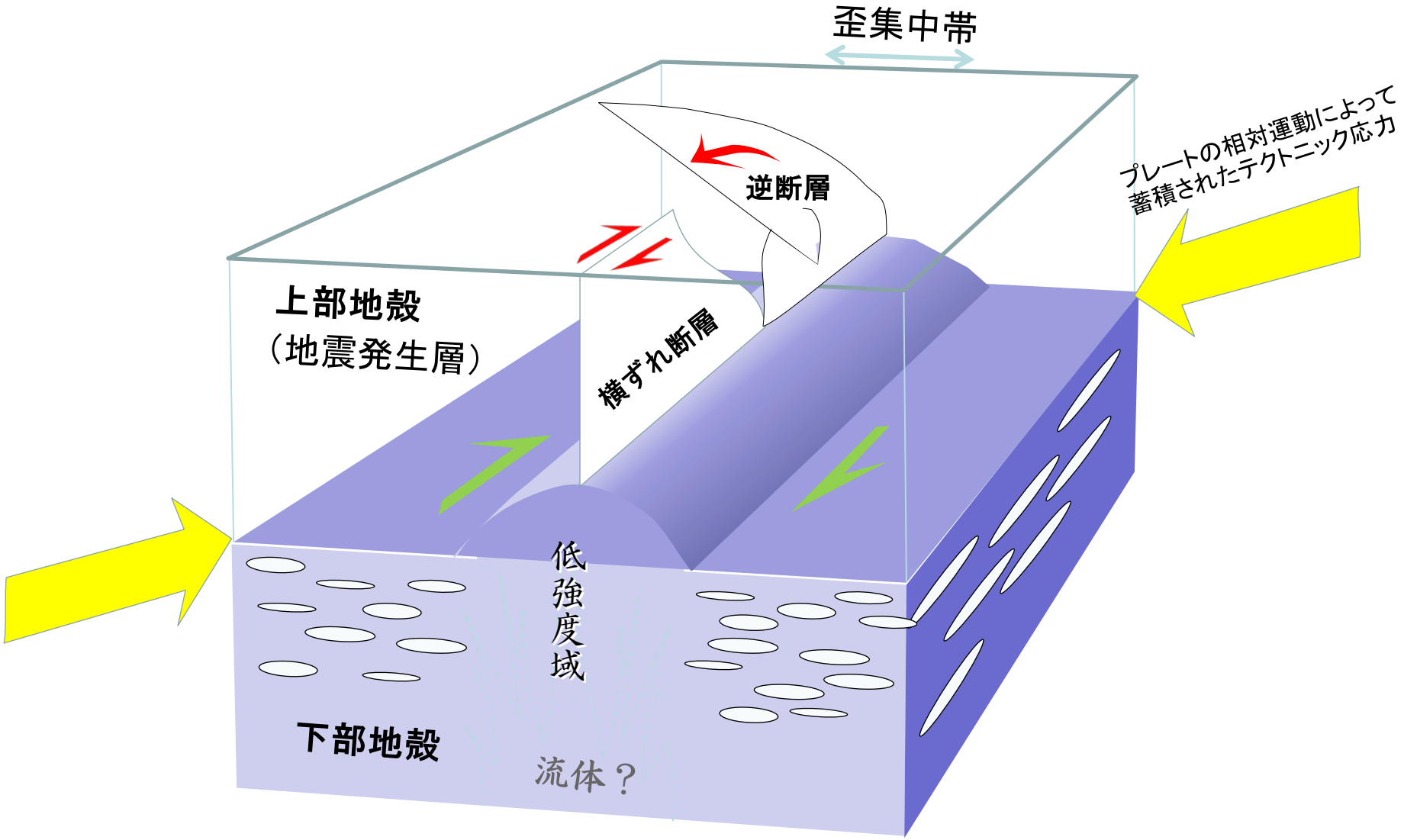
北陸地方のプレート境界と歪集中帯



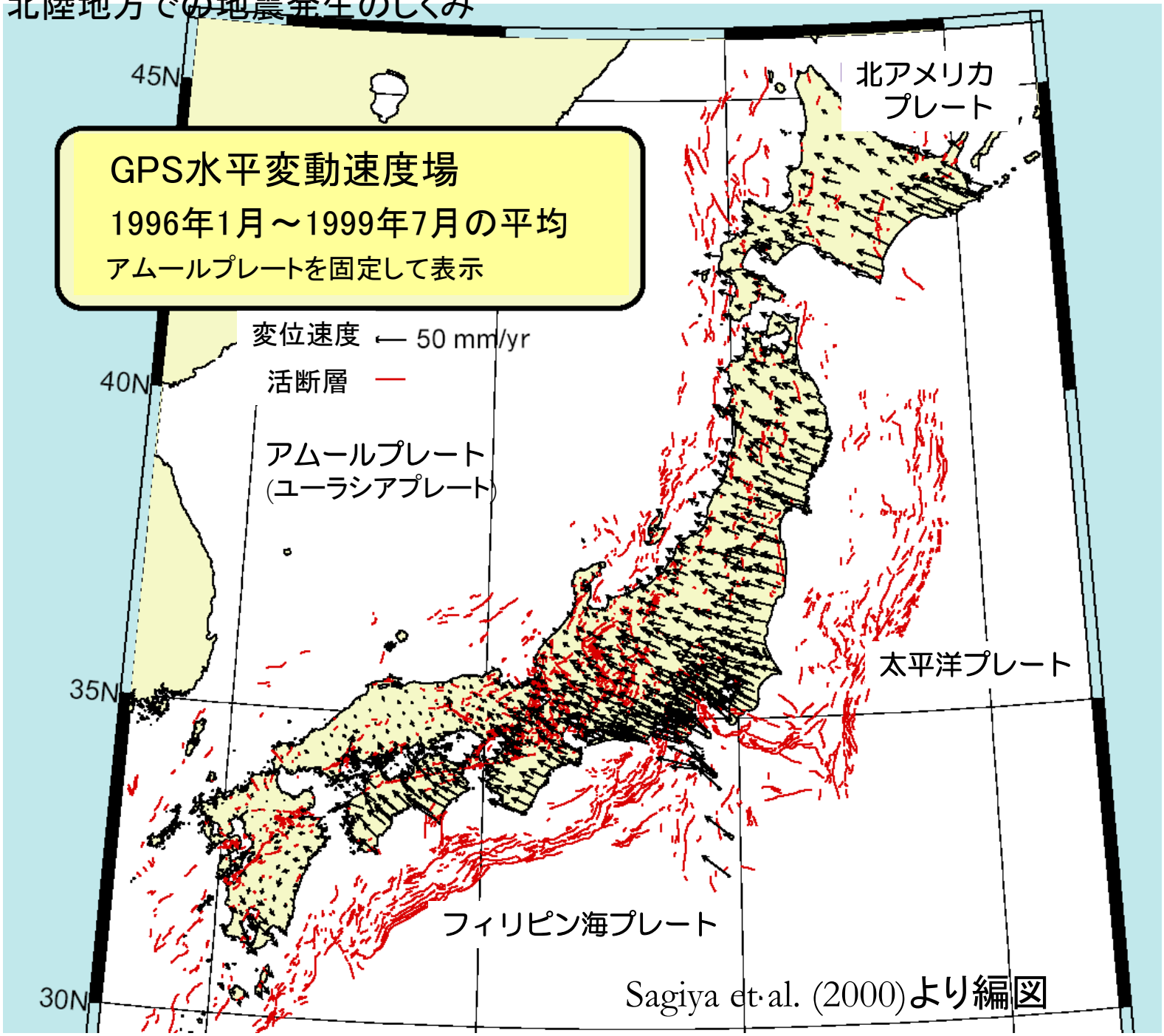


中央日本での地震発生の仕組み

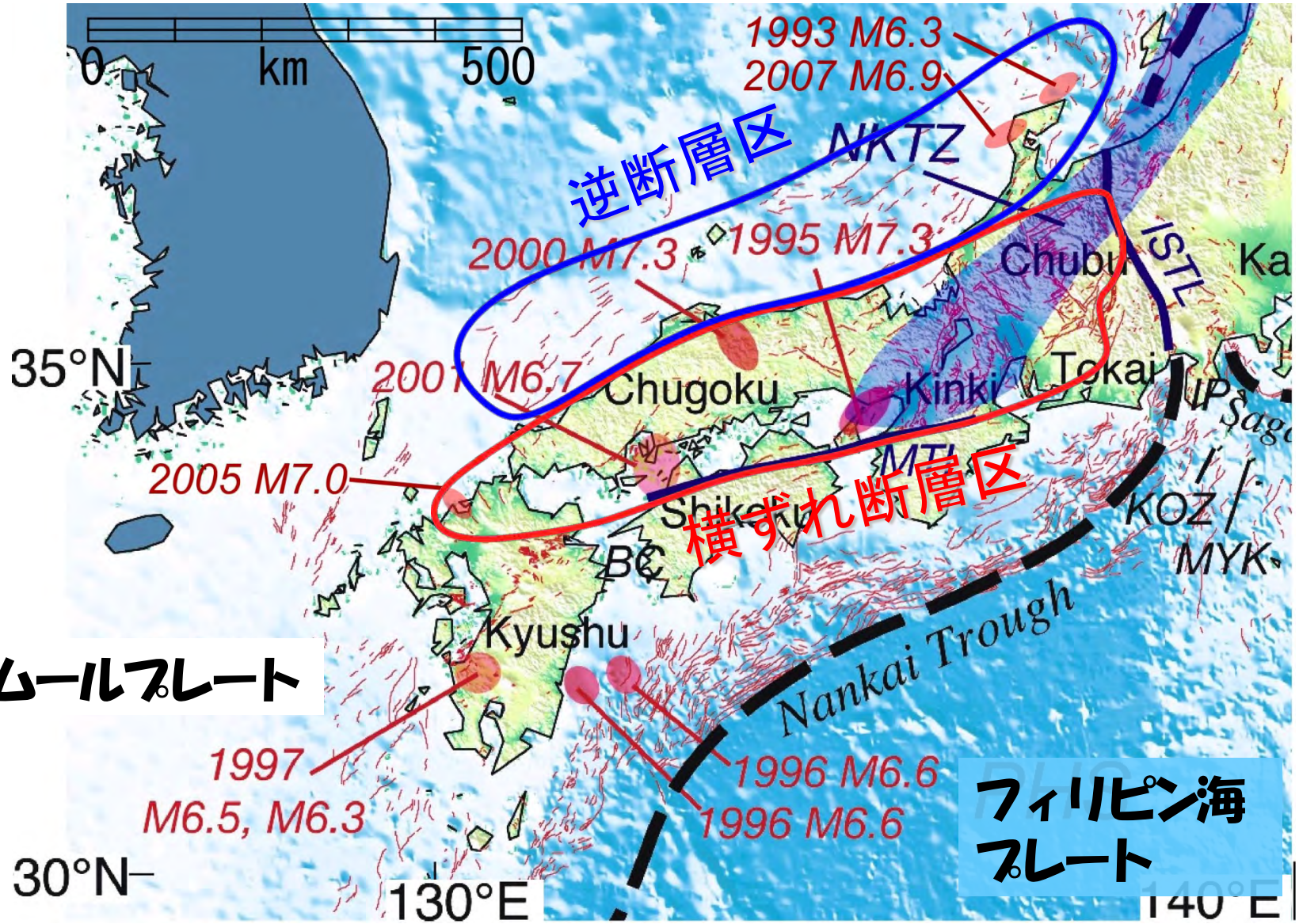




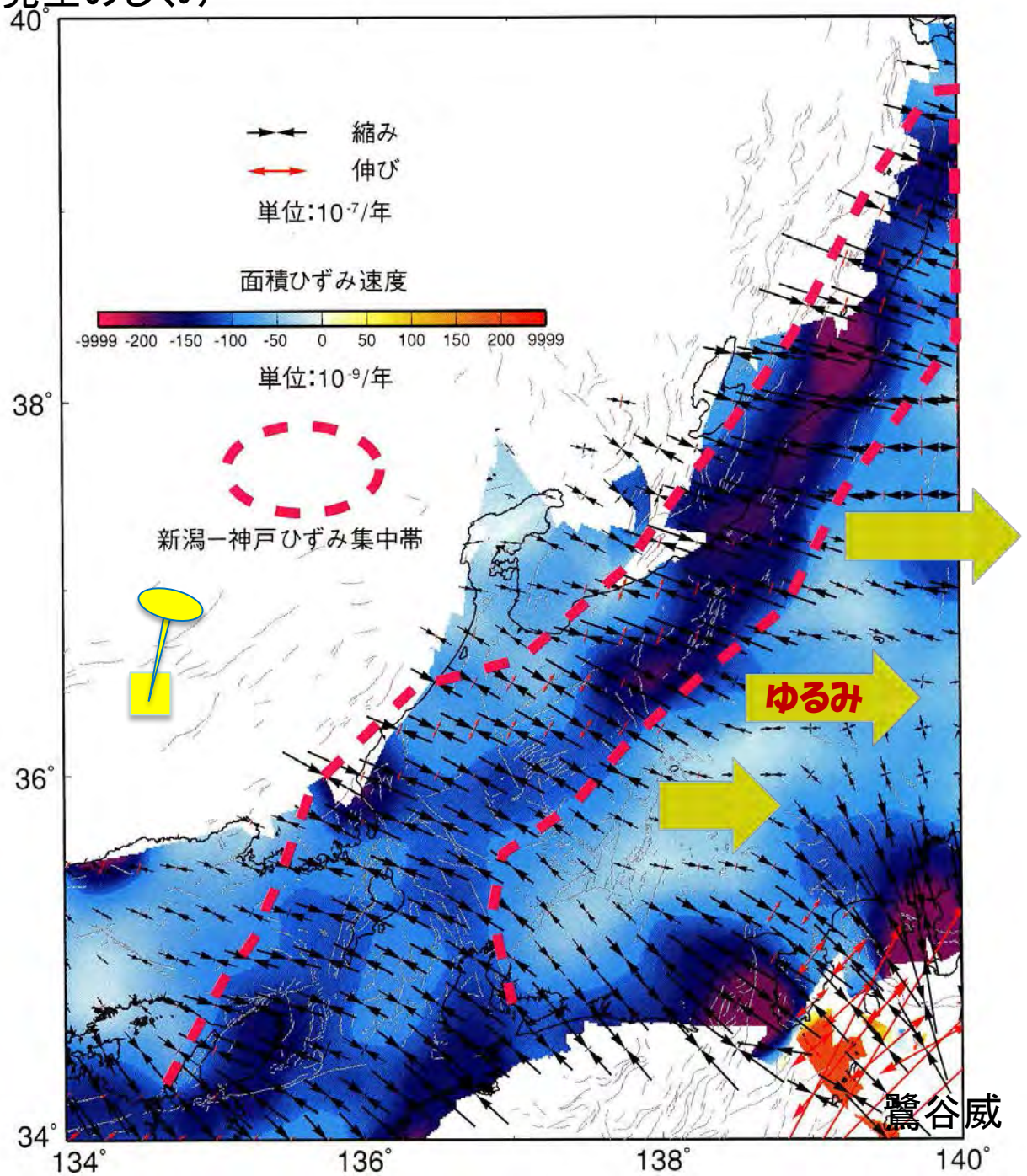
トランスフォーム断層型準プレート境界（新潟神戸構造帯）における歪集中帯の模式図


GPS水平変動速度場
1996年1月～1999年7月の平均
アムールプレートを固定して表示
変位速度 ⟵ 50 mm/yr
活断層
45N
40N
35N
30N
北アメリカ
プレート
アムールプレート
(ユーラシアプレート)
太平洋プレート
フィリピン海プレート
Sagiya et al. (2000)より編図

西日本の地震と新潟-神戸 構造帯

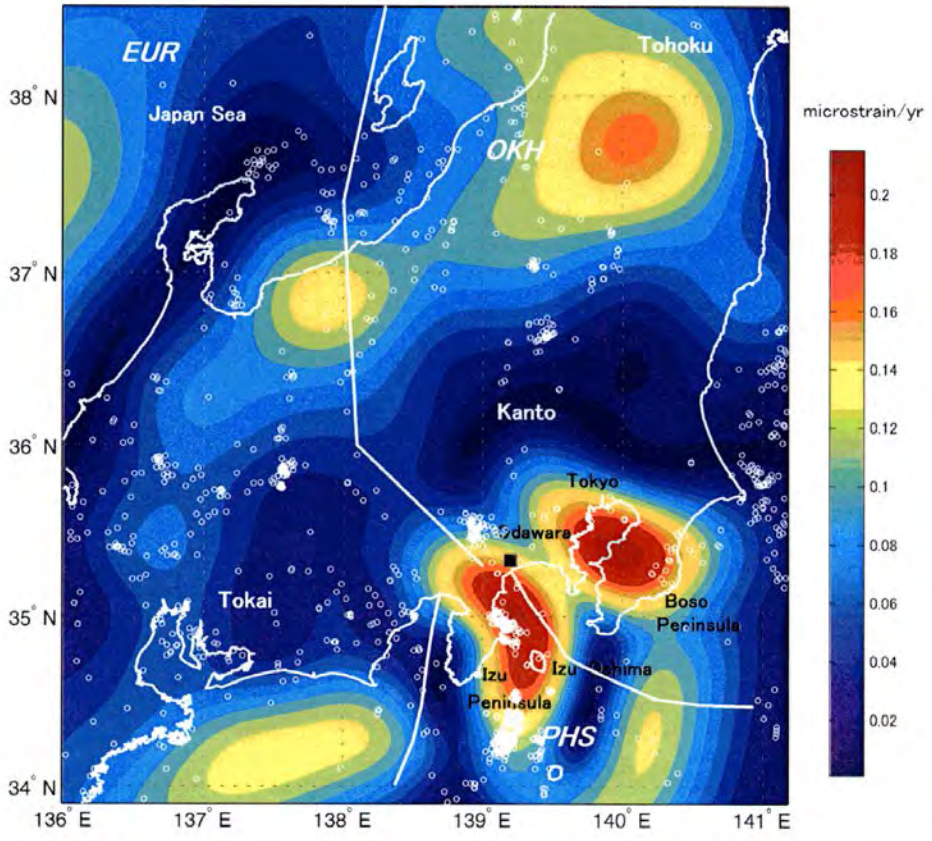


新潟－神戸ひずみ帯



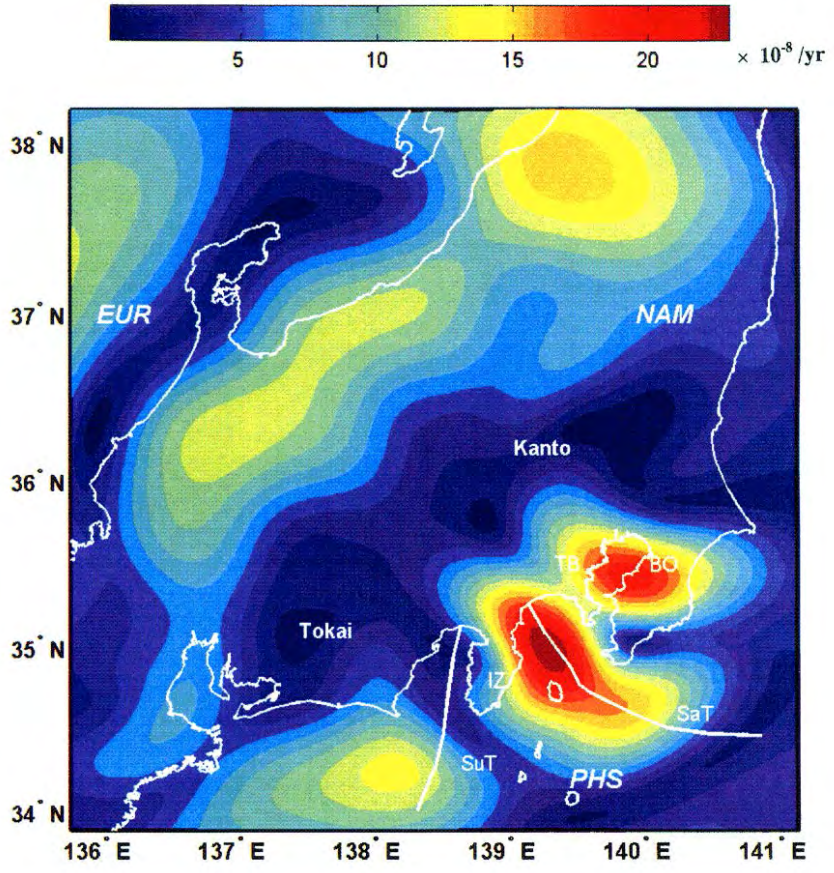
鷺谷威

中部日本のひずみ集中域



最大剪断ひずみ速度分布

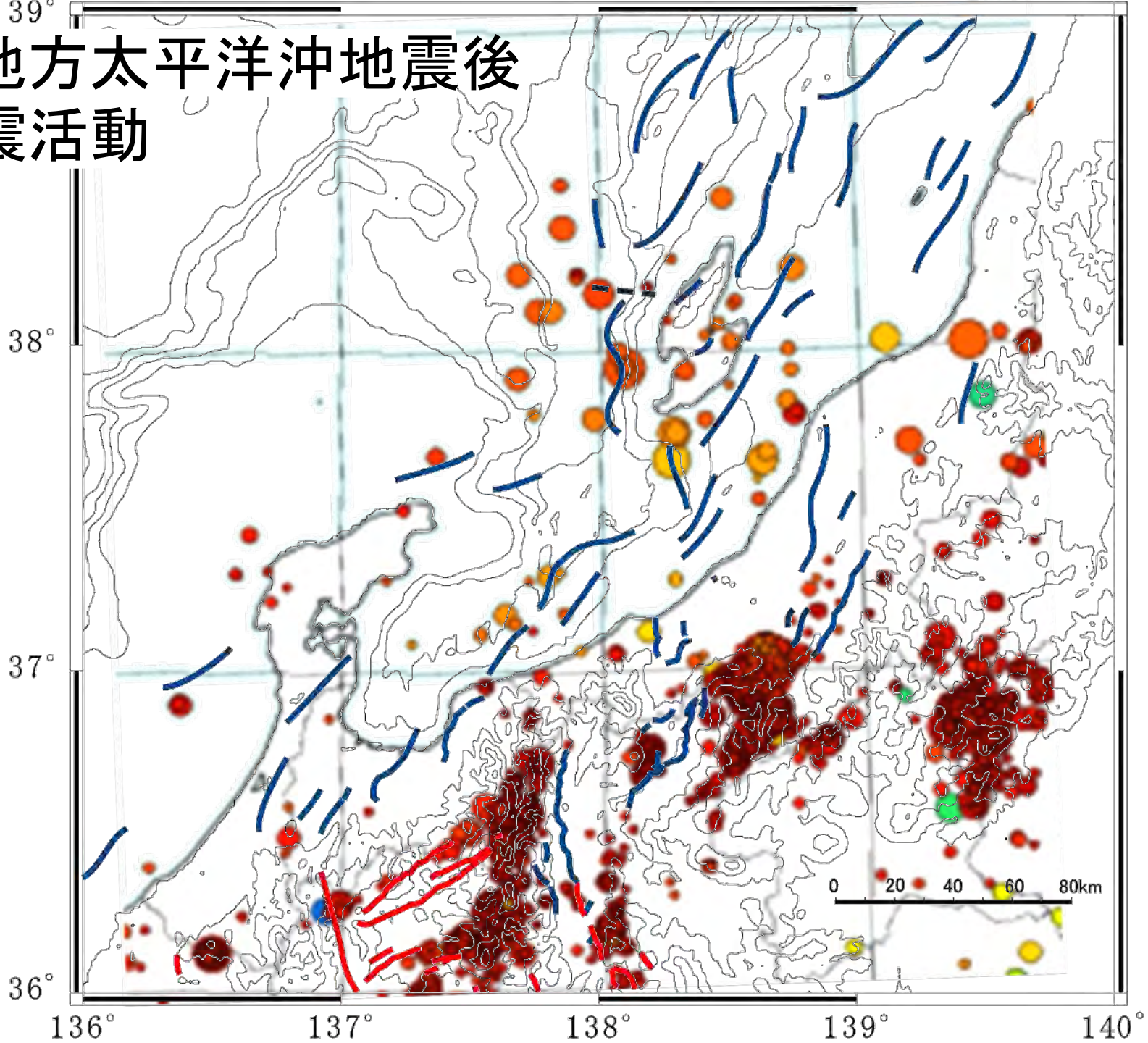
1996年4月 ～1998年3月（Li et al., 2003）



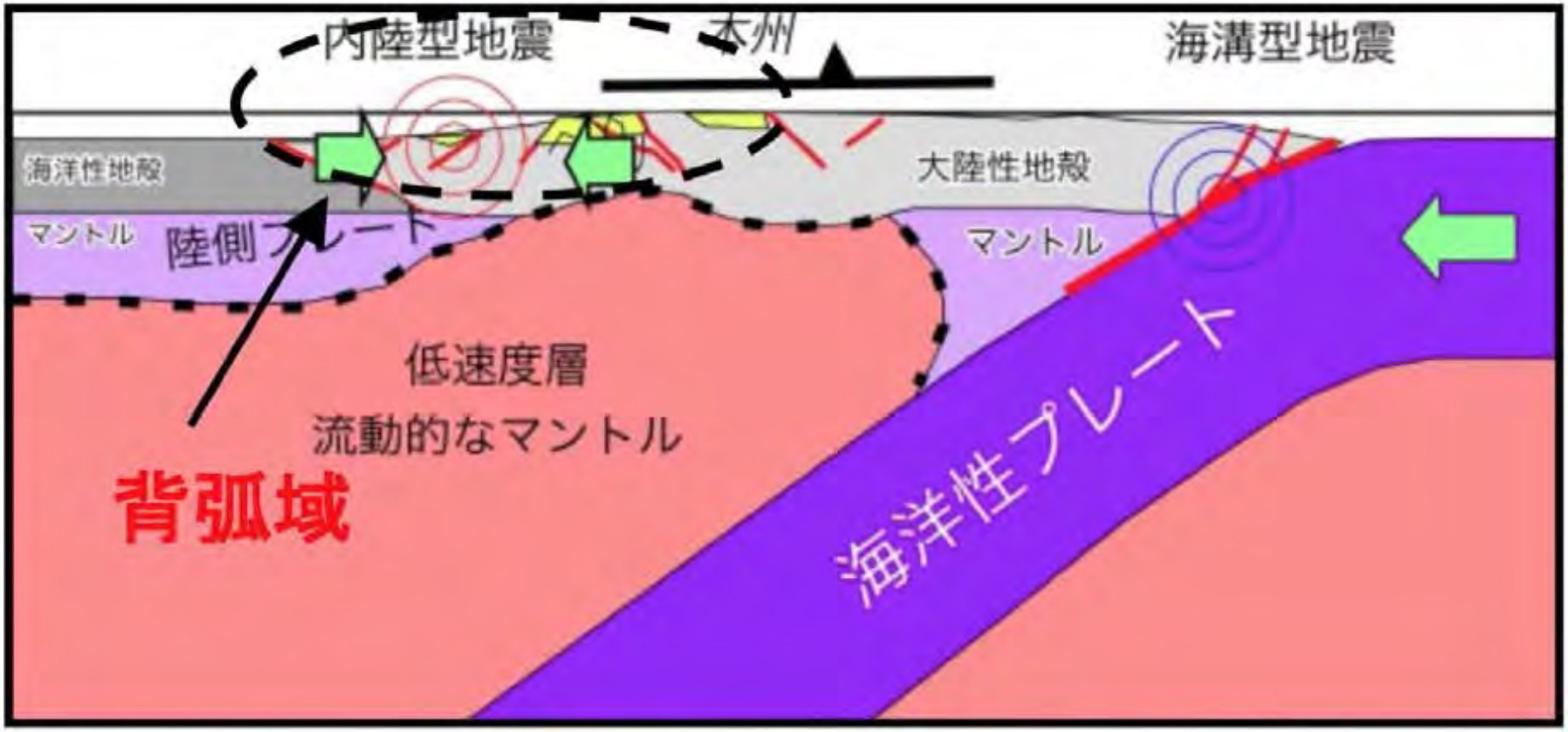
最大剪断ひずみ速度分布

1996年4月 ～1999年12月（Kumar et al., 2002 ）

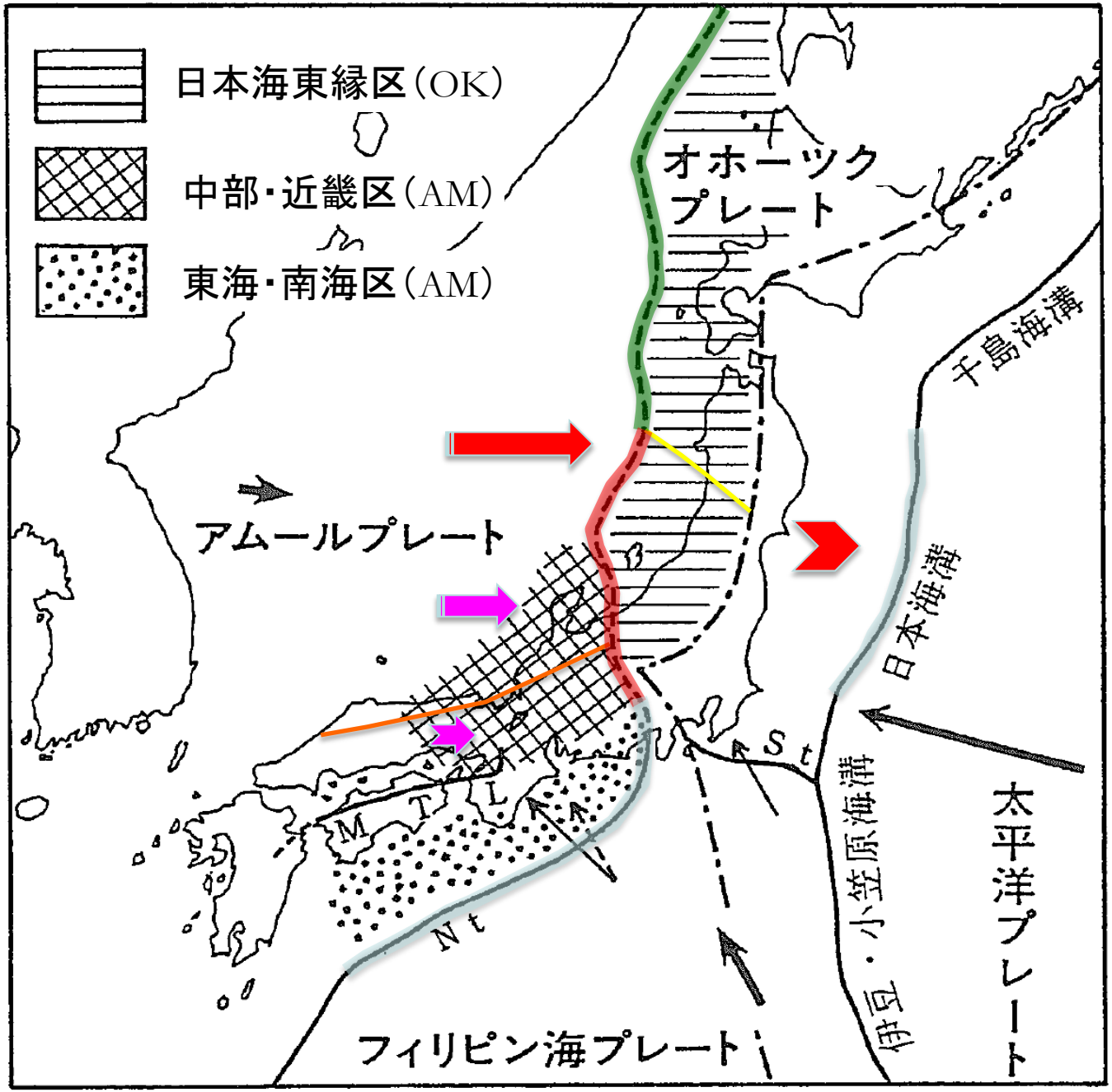
東北地方太平洋沖地震後の地震活動



海溝型巨大地震と内陸地震の関係



文部科学省日本海地震・津波プロジェクトのホームページから



アムールプレート東進説

石橋克彦（1995）

安政飛越地震にかかわる地震の連鎖

前駆活動：
新潟 - 神戸ゾーン
　安政の伊賀上野地震（1854.7.9　$M7\frac{1}{4}$ ）
白川断層帯と跡津川断層
　白川荻町付近の地震（ 1855.3.18　*M6.8*）

安政飛越地震（1858.4.9　*M7.3～7.6*）

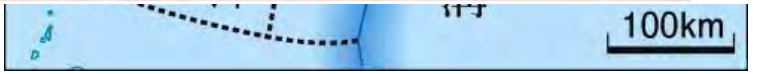
誘発：跡津川断層と糸魚川 - 静岡線
飛越地震の2週間後にM5.7±0.2の地震
信濃大町組（長野県美麻村千見付近）

東海地震　1854年12月23日8 - 9時頃／安政南海地震1854年12月24日16時頃）

海溝型地震の発生想定領域

	予想規模		30年以内に発生する確率
三陸沖北部	M8.0		10%
三陸沖中部	死傷者が出た地震は知られていない		
宮城県沖	M7.5	M8.0	99%
三陸沖南部海溝寄り	M7.7		90%
福島県沖	M7.4		7%
茨城県沖	M7.2		90%
房総沖	過去の地震で被害なく評価せず		

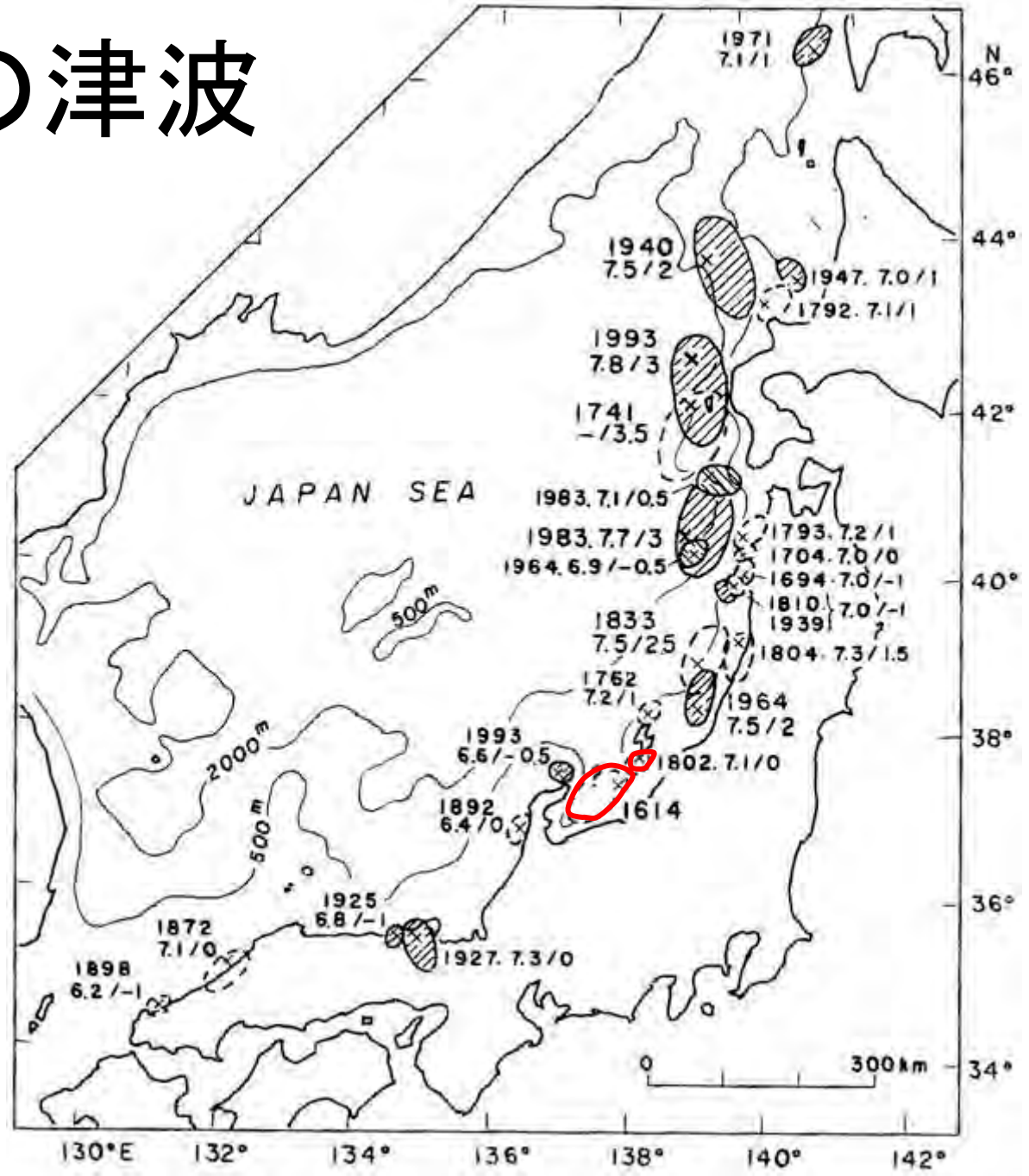
東日本大震災の震源域



日本海側の津波

近代の津波波源域

羽鳥（1995）



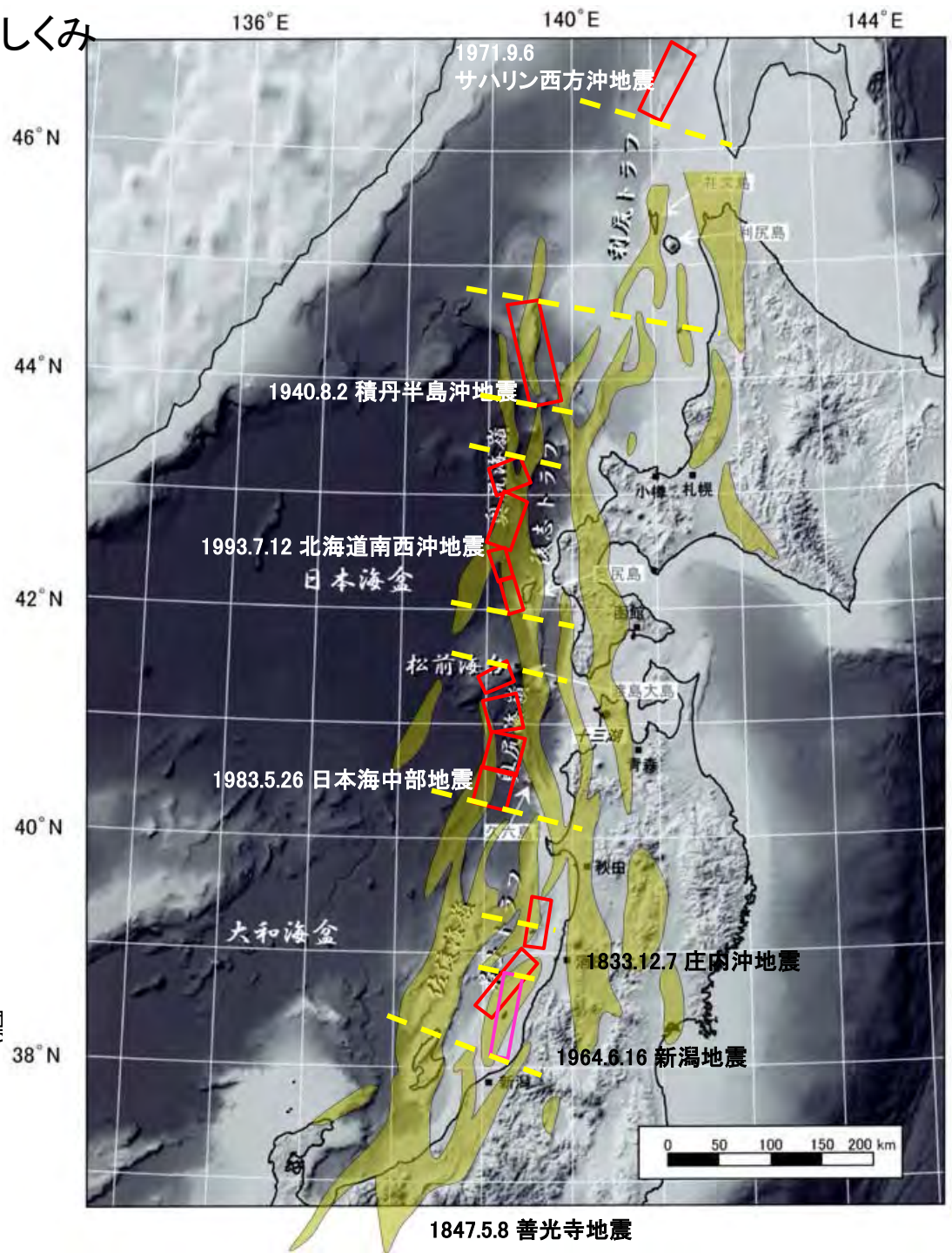
日本海東縁部の地震

- 歪集中帯で発生
  ＝活断層帯

- 19世紀以降、
  M7.4～M7.8の地震が直線的に配列

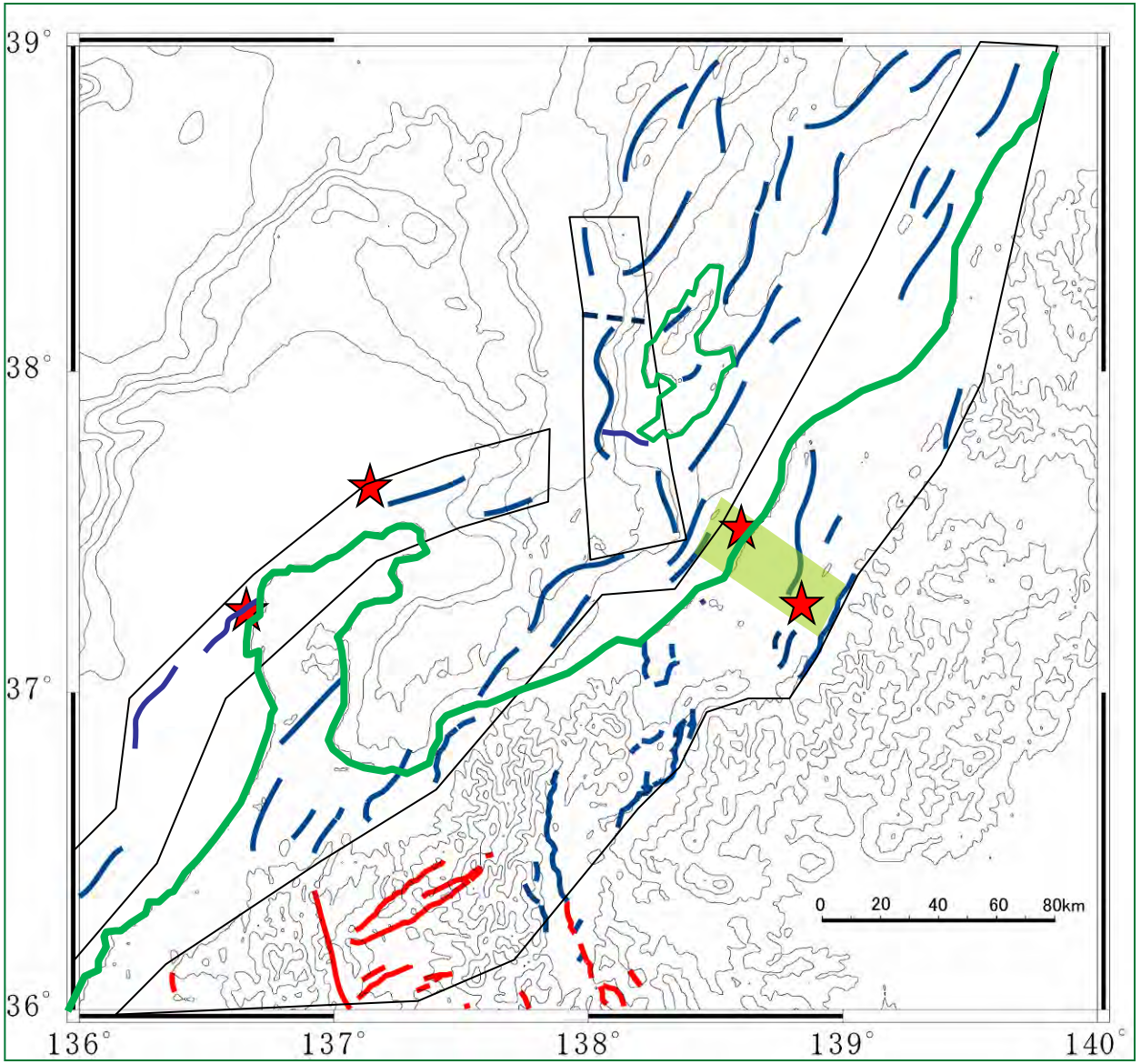
- 空白域が存在

富山湾は日本海東縁部最南端の地震空白域



北陸地方の活断層帯

- 海域・沿岸に逆断層
- 西南日本側の内陸部に横ずれ断層

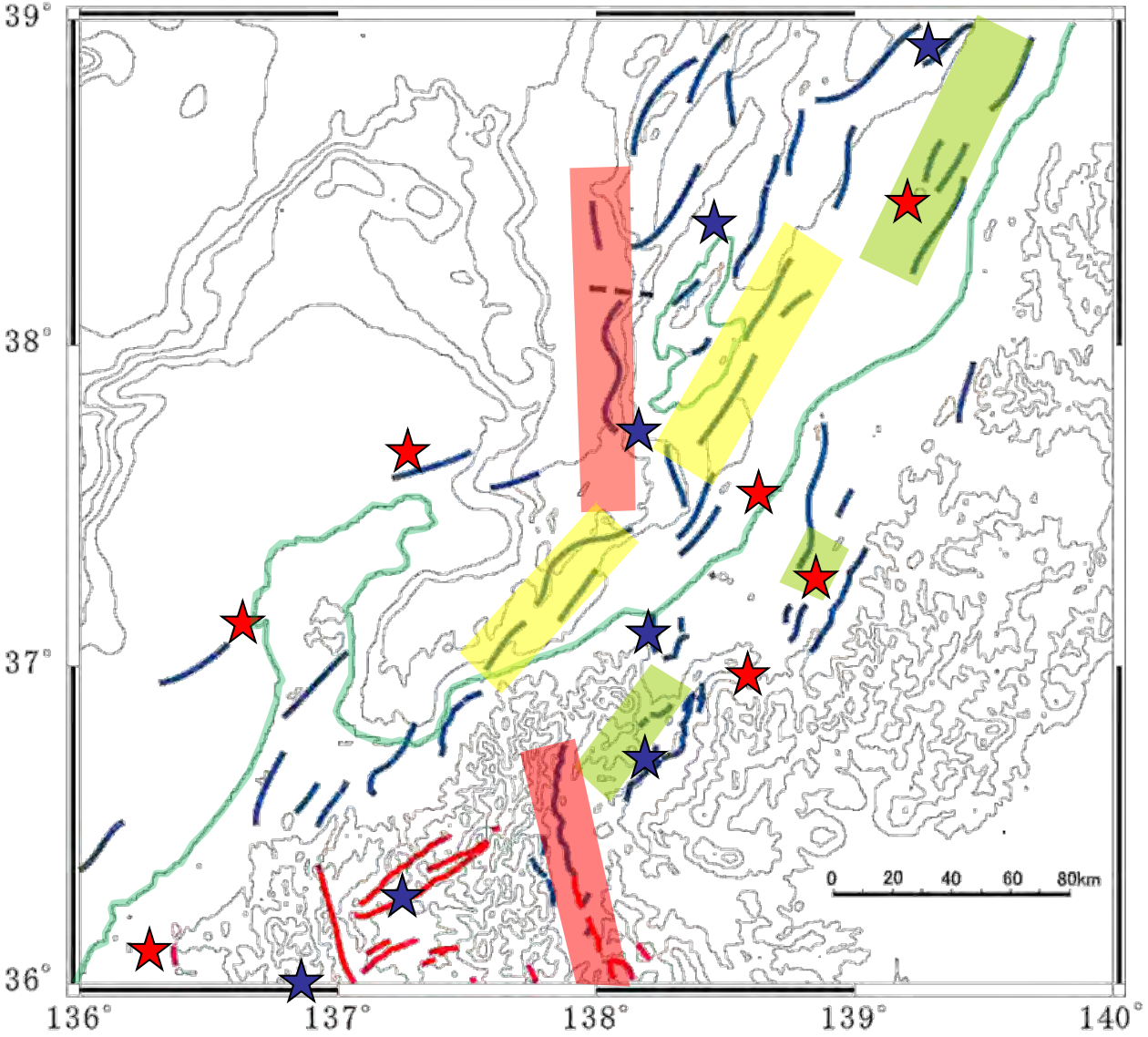


活断層分布は活断層研究会（1991），中田・今泉（2002）による

北陸を取巻く活断層帯

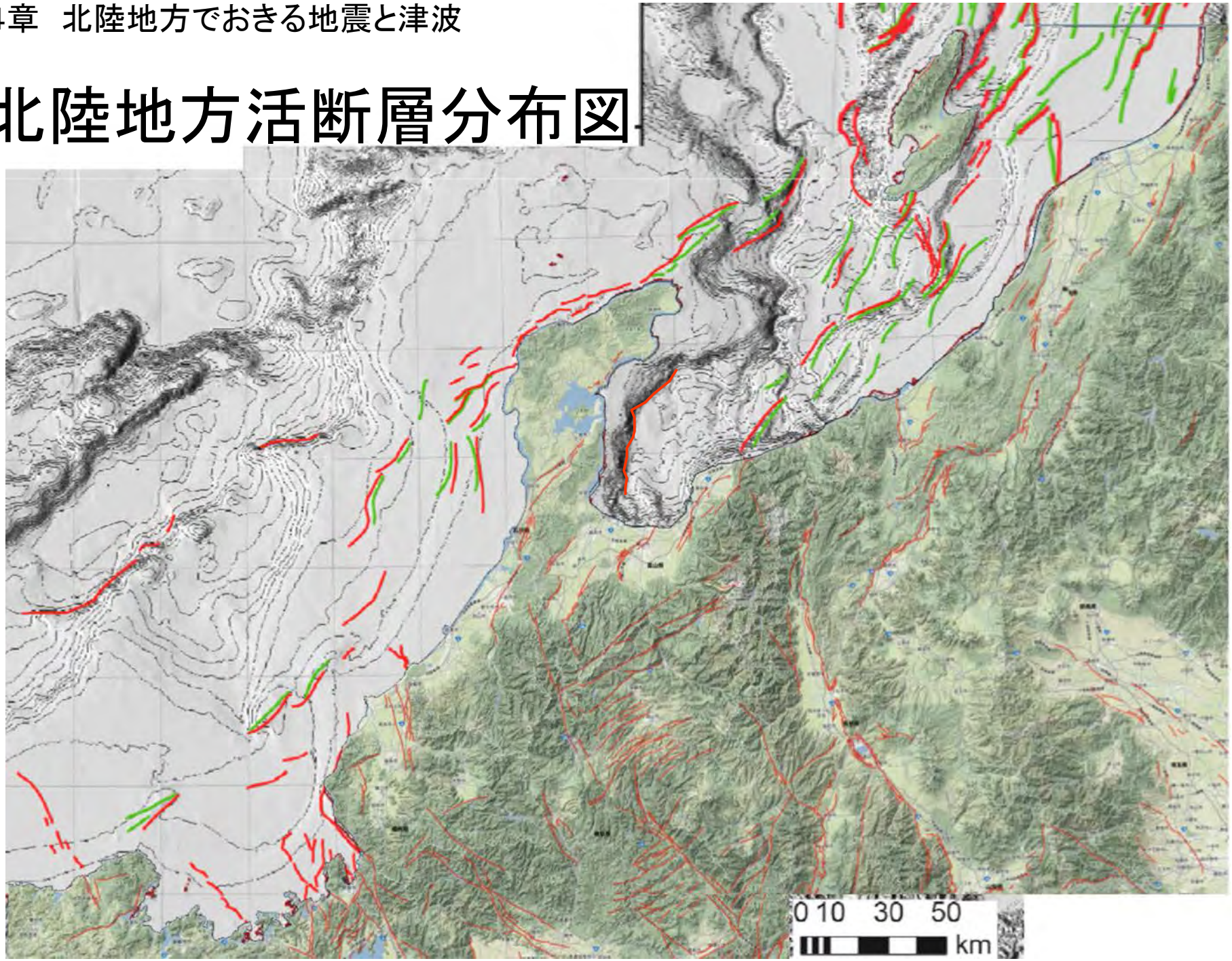
- **糸魚川-静岡構造線断層帯**は横綱級の内陸活断層（30年確率14%）、再来周期は千年

- 海域（富山トラフ）にも、陸域と同じ2方向がある
  - 佐渡海嶺境界断層帯
  - 親不知沖断層帯

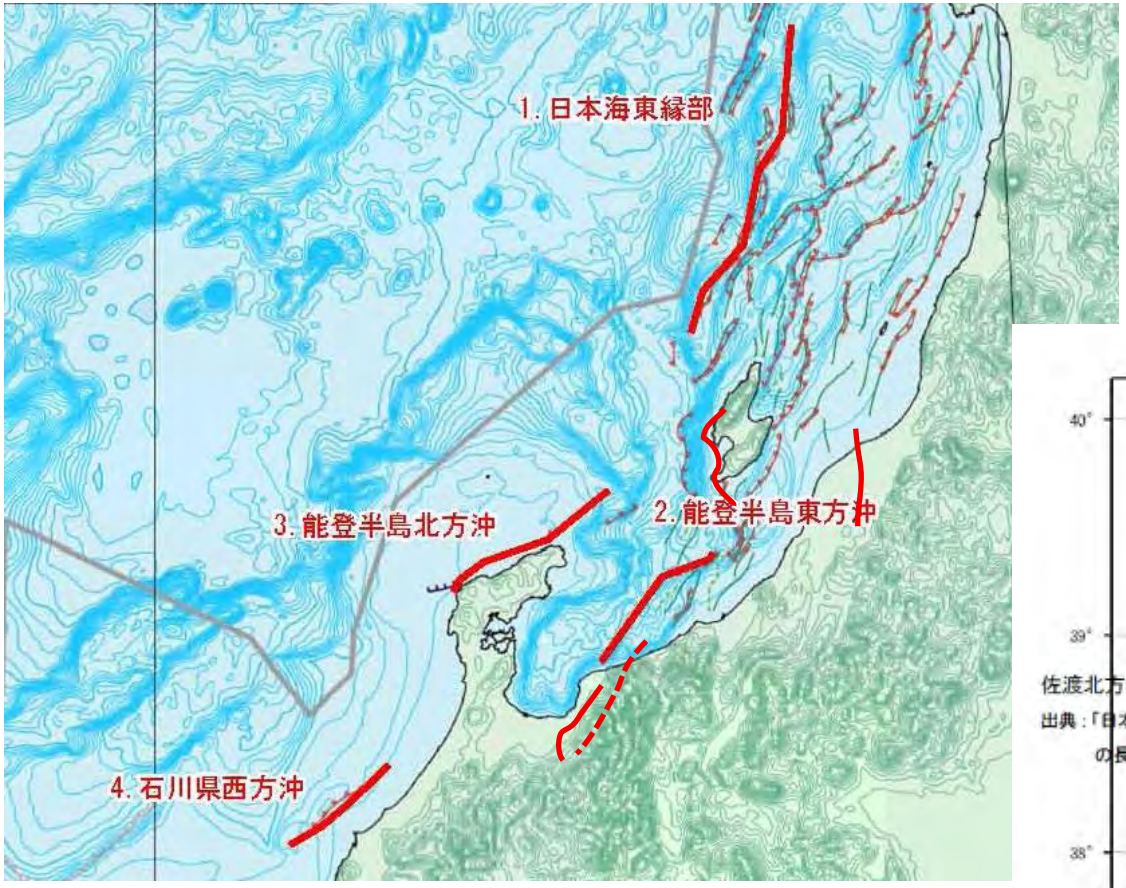


活断層分布は活断層研究会（1991），中田・今泉（2002）による

北陸地方活断層分布図

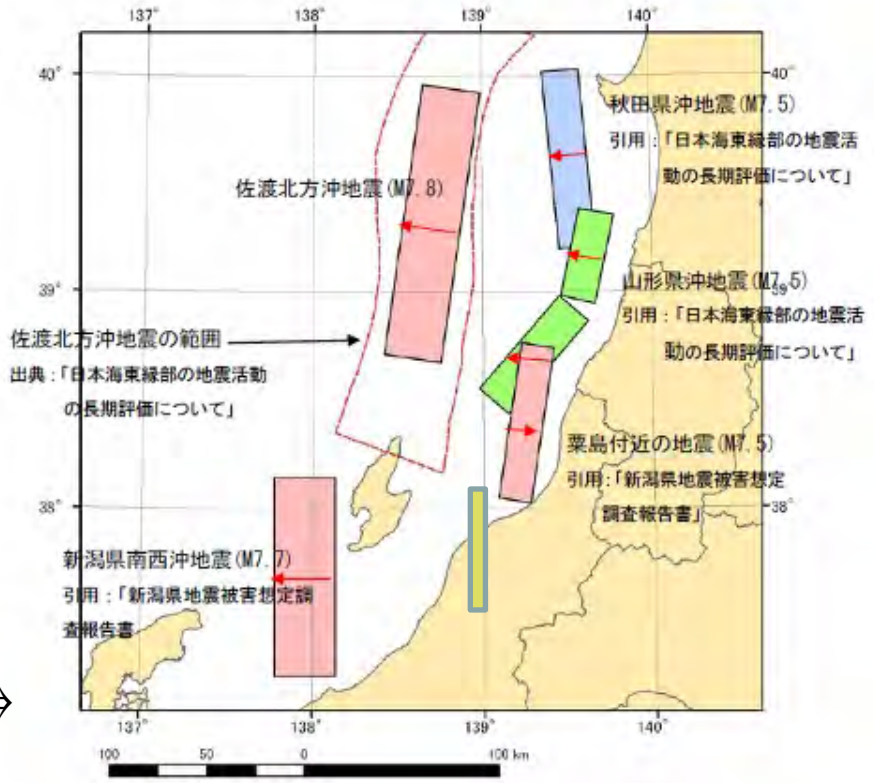


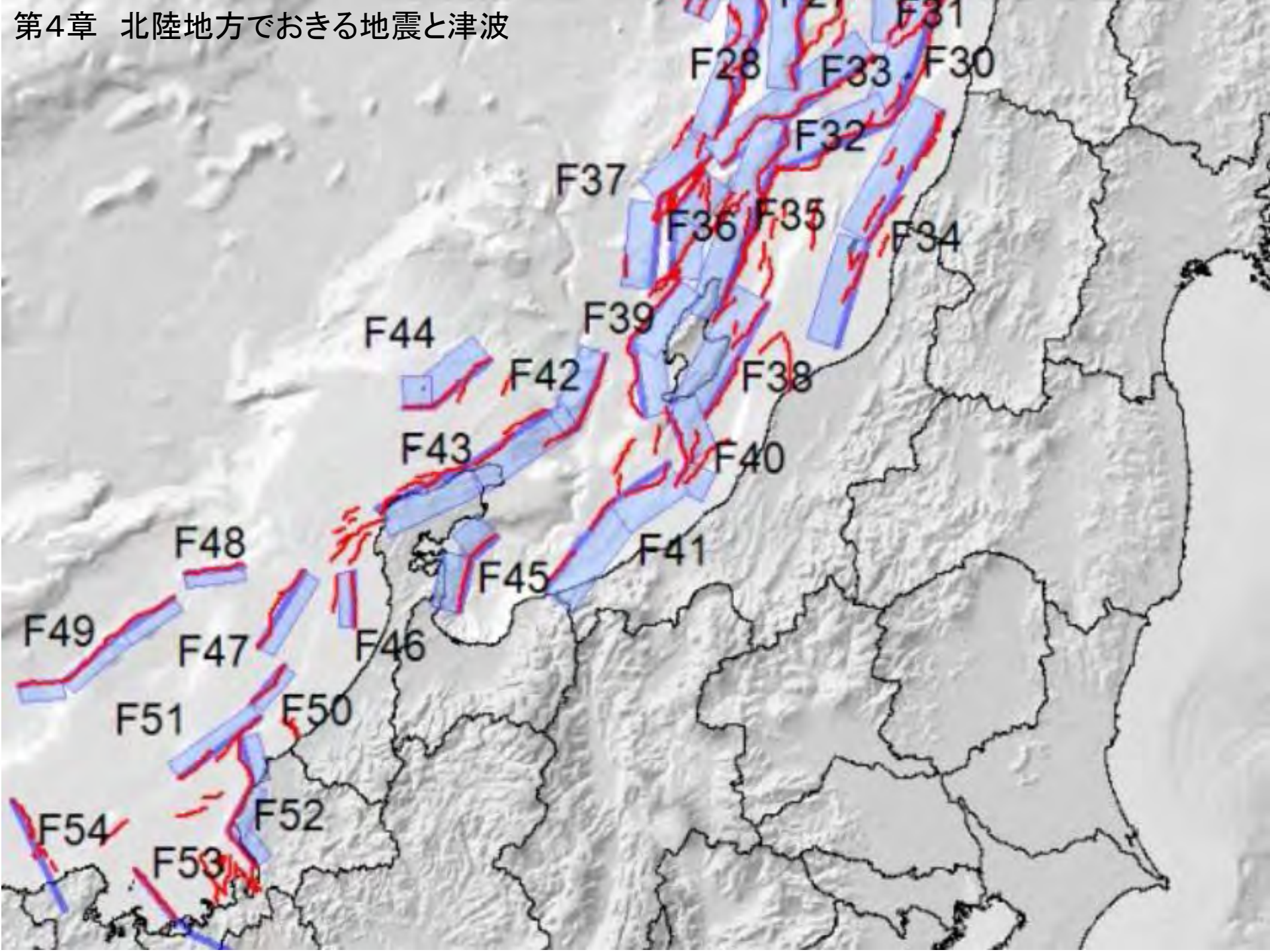
北陸地方の想定津波波源域



↑　石川県・富山県が想定している津波波源断層

新潟県による想定　⇒




F28
F33
F30
F32
F37
F36
F35
F34
F44
F39
F42
F38
F43
F40
F48
F41
F45
F49
F47
F46
F51
F50
F52
F54
F53

【平地】

60断層による最大津波高

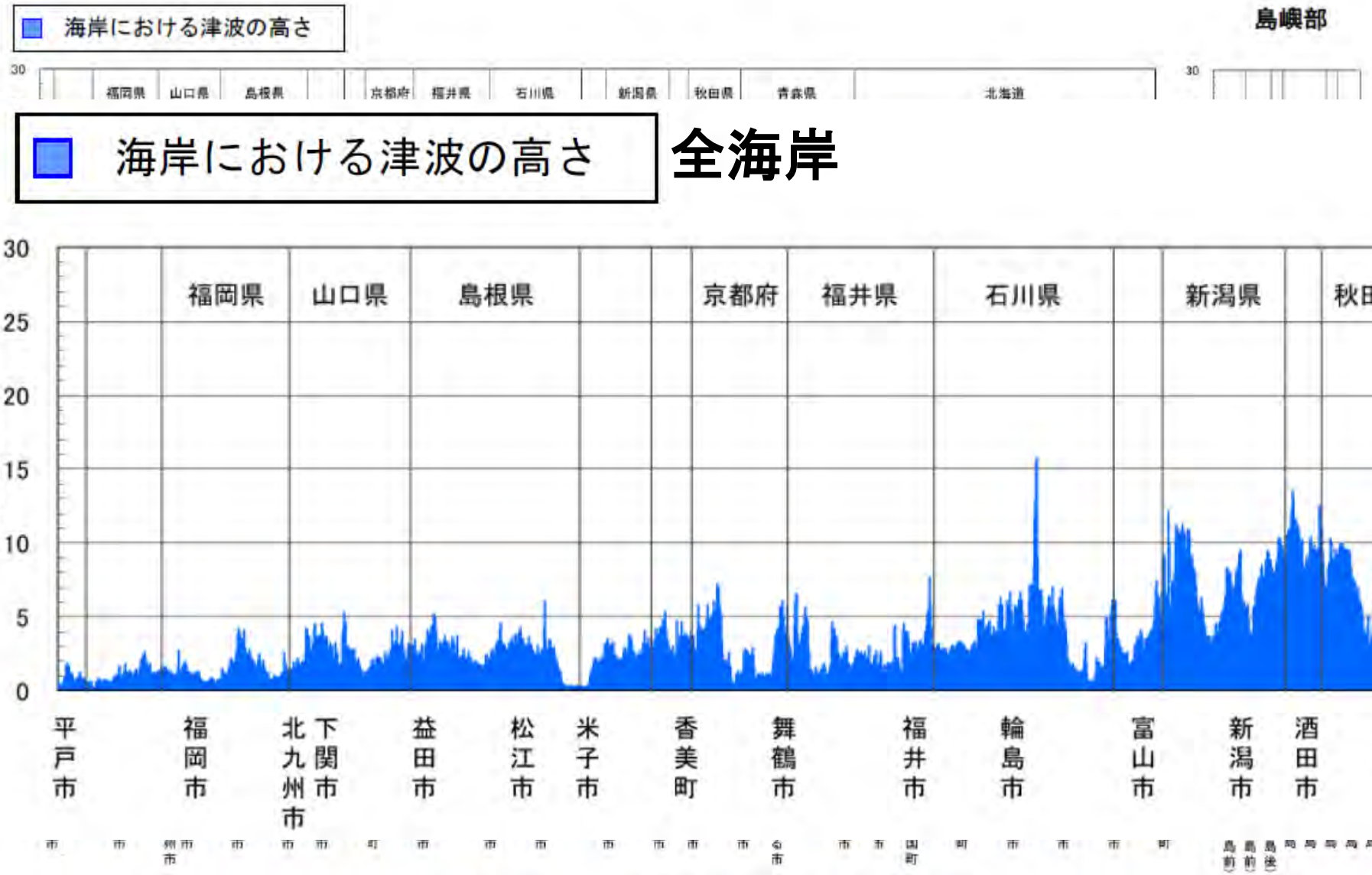
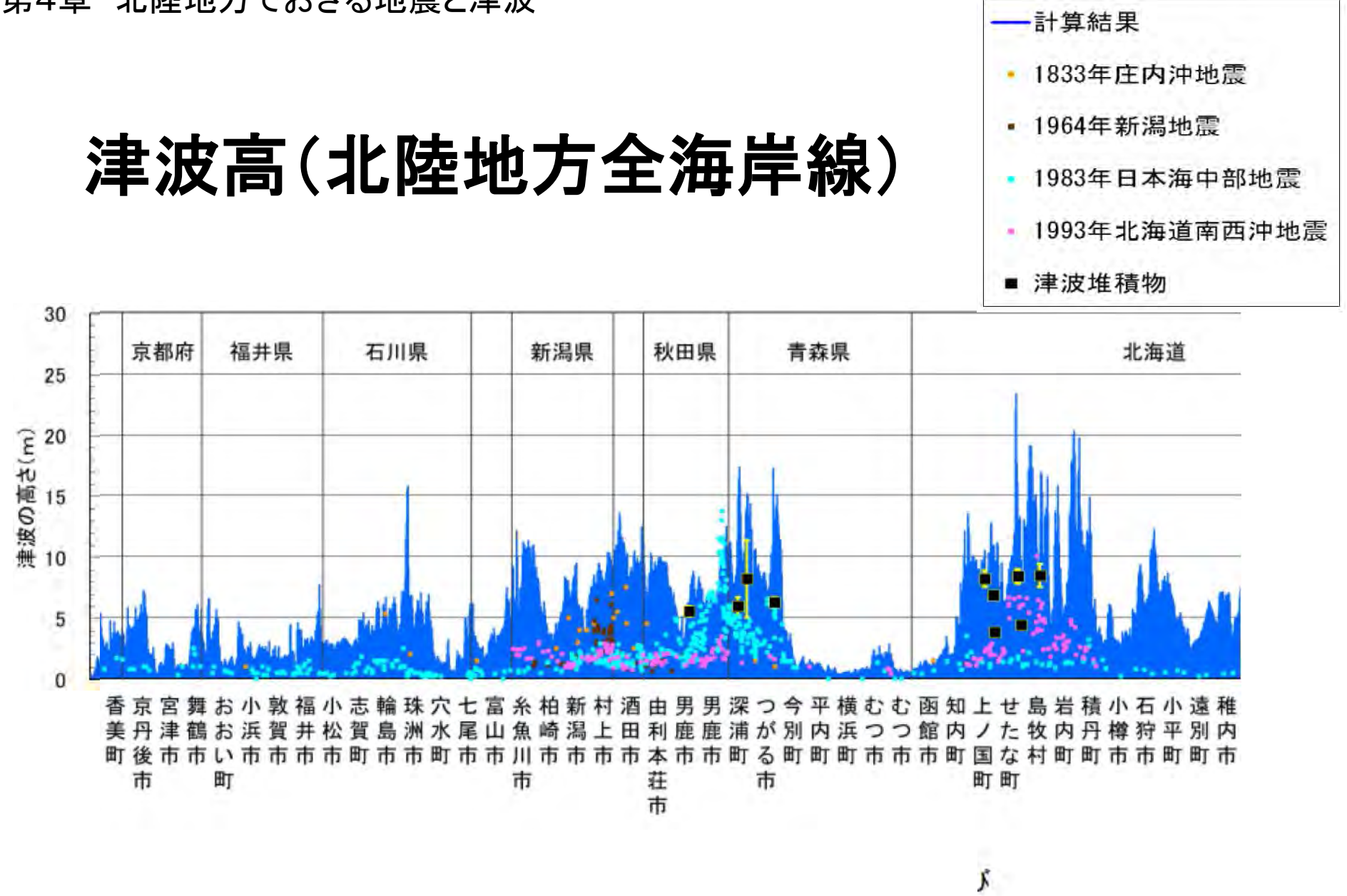


図56－2　60断層による全海岸線における最大津波高

日本海における大規模地震に関する調査検討会報告書(2014.8)より

津波高（北陸地方全海岸線）

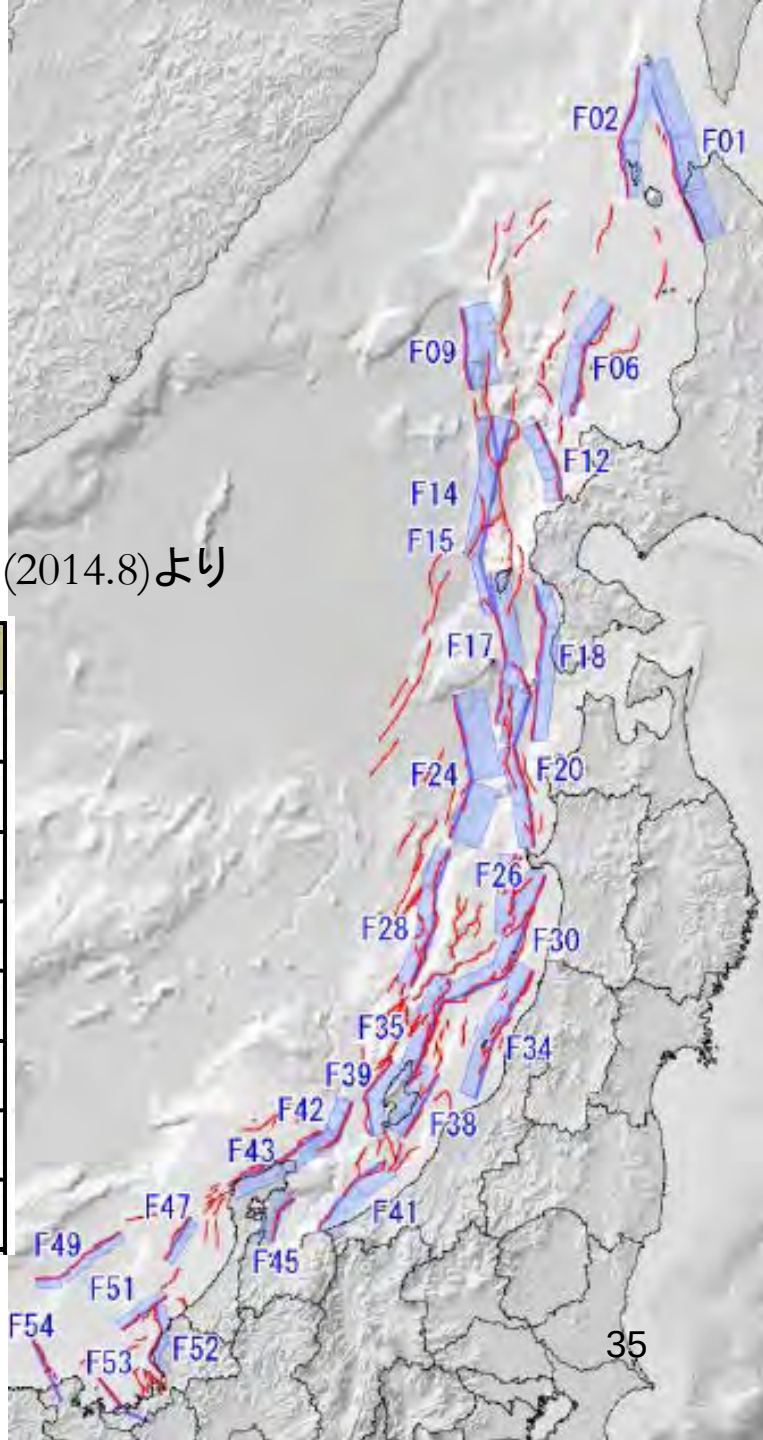


日本海における大規模地震に関する調査検討会報告書(2014.8)より

県内市町村の平均津波高が最大となる断層

日本海における大規模地震に関する調査検討会報告書(2014.8)より

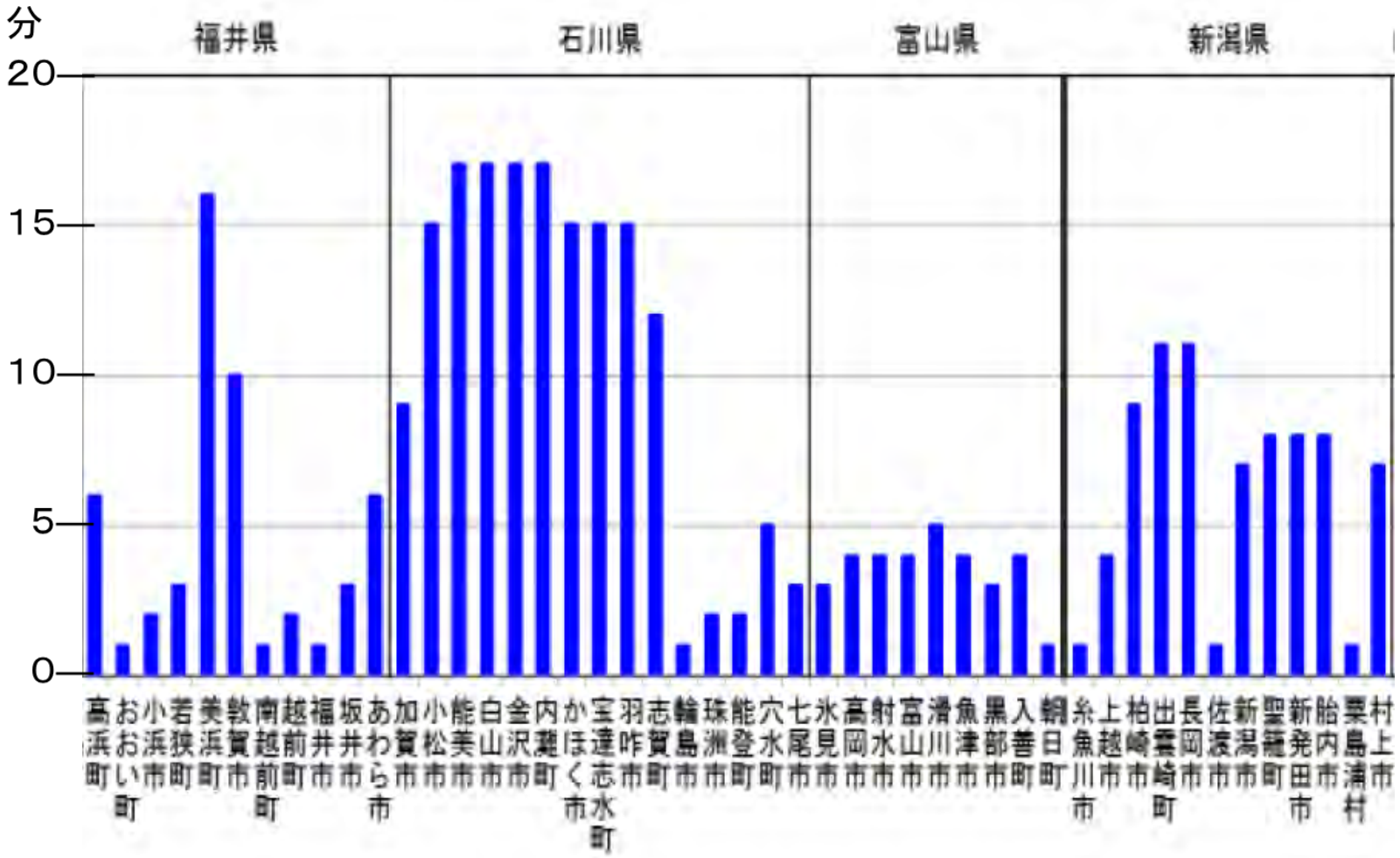
道府県	影響の大きい断層
北海道	F01，F02，F06，F09，F12，F14，F15，F17，F18
青森県	F18，F20，F24，F30※1
秋田県	F20，F24※2，F26※2，F30
山形県	F30，F34※1
新潟県	F30，F34，F38，F39※2，F41，F42※1
富山県	F41，F45
石川県	F35※2，F41，F42，F43，F47，F49
福井県	F49，F51，F52，F53



地震の規模に比べて津波が高く、
津波到達までの時間が早い

市町村の津波最短到達時間

断層モデルの津波到達時間の最小値（平地における30cmの津波の到達時間）[分単位]



近海～沿岸活断層による津波は、到達時間が早い

日本海における大規模地震に関する調査検討会報告書(2014.8)より

日本海で発生する津波の特徴

50mメッシュでの津波概略計算結果

居住地の多い平地の沿岸での津波の高さ

・日本海沿岸東部（北海道から福井）：高いところで概ね5～12m
・日本海沿岸西部（京都から九州北部）：高いところでも概ね3～4m

全海岸線での津波の高さ：島嶼部等で15m以上

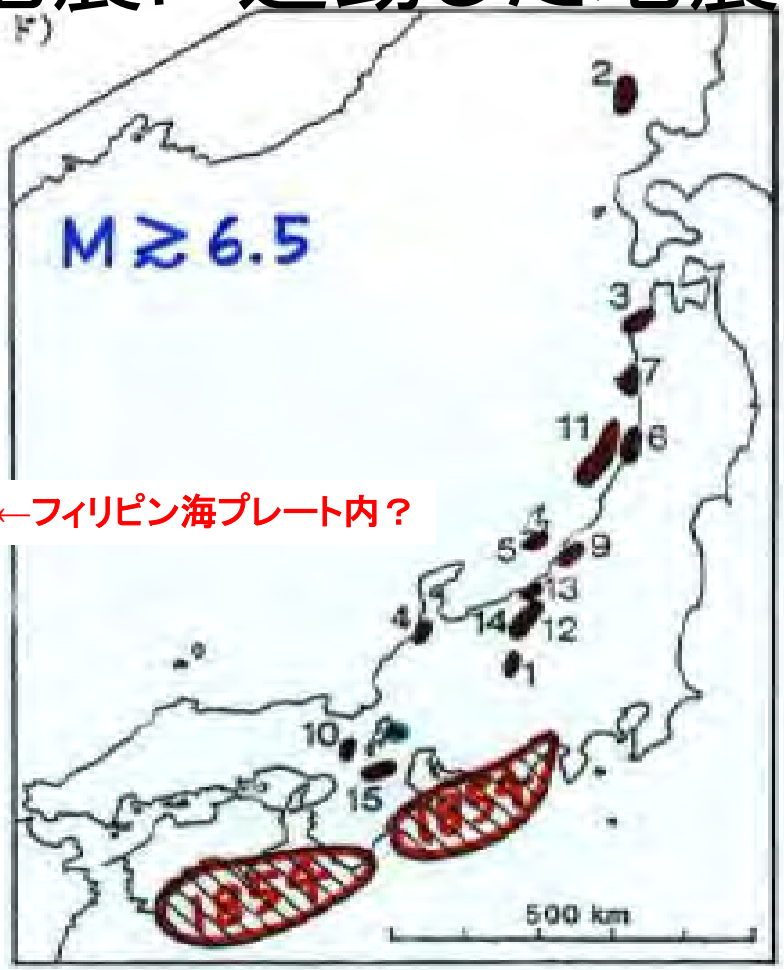
・断層が浅く高角であるため地震の規模に比べて津波が高い
・断層が陸地に近いため津波到達までの時間が短い
　　地震発生から2～3分以内に津波が到達

日本海における大規模地震に関する調査検討会報告書(2014.8)より

1854年安政東海・南海地震に連動した地震

No.	年 月 日	場 所	M (マグニチュード)
1	1791. 7. 23	松本付近	約 6 3/4
2	1792. 6. 13	積丹岬沖	約 7.1
3	1793. 2. 8	西津軽	6.9～7.1
4	1799. 6. 29	金沢付近	6.6～7.0
5	1802. 12. 9	佐渡	6.5～7.0
6	1804. 7. 10	象潟地震	7.0±0.1
7	1810. 9. 25	男鹿半島	6.5±1/4
8	1819. 8. 2	近江	7 1/4±1/4
9	1828. 12. 18	三条付近	7.2～7.3
10	1830. 8. 19	京都付近	6.5±0.2
11	1833. 12. 7	庄内沖	7 1/2±1/4
12	1847. 5. 8	善光寺地震	7.4
13	1847. 5. 13	顎城地方	6 1/2±1/4
14	1853. 1. 26	信濃北部	6.5±1/4
15	1854. 7. 9	伊賀上野	7 1/4±1/4

←フィリピン海プレート内？



◎ 1854 12 23・24　畿内・東海・東山・北陸・南海・山陰・山陽道　M8.4

16	1855 3 18	飛騨白川・金沢	6.75
17	1857 7 8	萩	≒6.0
18	1857 10 12	伊予・安芸	7.25
19	1858 4 9	飛騨・越中・加賀・越前	7.0～7.1
20	1858 4 9	丹後宮津	
21	1858 4 23	信濃北西部	5.7

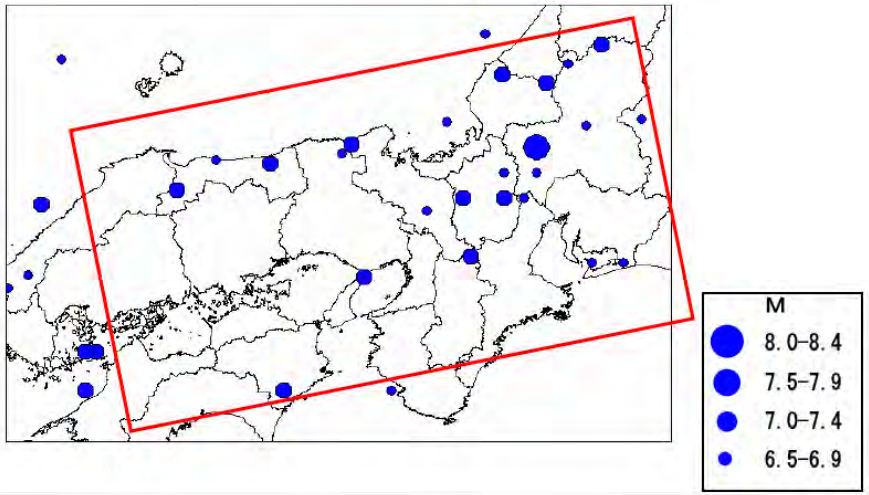
出典：　石橋克彦：2003年12月12日
京都大学原子炉実験所
第95回原子力安全問題ゼミ「原発震災」
【1855年以降は竹内が加筆】

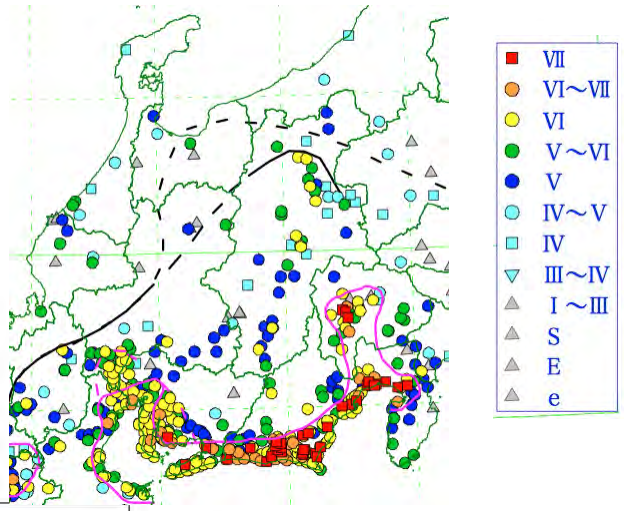
西　暦 （和暦）	地域 『地震の名称』	M	越中富山での主な被害	被害の 出典
762/6/9 （天平宝字6）	美濃・飛騨・信濃	不明	美濃・飛騨・信濃などの国で地震の罹災者に対し 1戸につき穀物 2斛を賜った．被害不詳．	被害地震総覧 理科年表
863/7/10 （貞観 5）	越中越後等国	不明	山崩れ，谷埋まり，水湧き，民家破壊し，圧死多数．（大規模な津波や地盤の隆起・沈降があった．）	被害地震総覧 地震の事典
887/8/2 （仁和3年7月6日）	越後西部	6.5	越後国で地震、津波を伴い、溺死者数千という．信濃で地震数日．	被害地震総覧
1092/9/13 （寛治6年8月3日）	佐渡海峡か	不明	柏崎−岩船・海府浦・親不知で大津波．地震の状況不詳．	理科年表
1448 （文安5年8月）	富山湾？	不明	8月より地震、大雨のみあり、放生津の海に津波あり、浜かけ流れ、家納屋取り去られ、放生津より東の方海浜にも津波あり、家土地流出の由．	富山湾海難史 富山県気象災異誌
1502/1/28 （文亀2年12月10日）	高田平野西縁断層海域部分	M6.8	越後の国府（現直江津）で潰家、死多数。会津でも強く揺れた。	羽鳥 1984 理科年表
1586/1/18 （天正13年11月29日）	畿内・東海・東山・北陸諸道 天正白川地震	7.8	西砺波郡福岡町の木船城が崩壊し，圧死者多数． 飛騨白川谷で大山崩れ，帰雲山城，民家300余戸埋没し，死多数．	被害地震総覧
1614/11/26 (慶長19年10月25日)	越後高田? 京都府南部	7.7	直江津沖の地震．越後高田藩では地震と津波により死者多数．震域は会津、伊豆、紀伊、山城、松山諸国まで及んだ．	羽鳥 1984 被害地震総覧 理科年表
1668/6/14 （寛文 8年 5月 5日）	越中	不明	伏木・放生津・小杉で損家があった。高岡城の橋潰れる。	理科年表
1751/5/21 （宝暦 14月26日）	越後・越中 糸魚川沖地震	7～7.4	鉢崎・糸魚川間の谷で山崩れ多く，圧死多数．富山・金沢でも強く感じ感じ，日光で有感．全体で死1500以上．越中・越後・信濃で被害や津波があった	理科年表
1802/12/9 （享和2年11月15日）	佐渡島小木沖	6.5～7	佐渡3郡潰730余焼失300余死19．沢崎−赤泊間隆起、小木約2m隆起し60～70間干潟となった．	被害地震総覧
1833/12/7 (天保4年10月26日)	羽前・羽後・越後・佐渡	7.5	庄内地方で特に被害が大きく潰家475，死45，津波が本荘から新潟に至る海岸と佐渡を襲い，能登で大破流出家役345，死約100． 氷見で津波１～２ｍ．	理科年表 被害津波総覧
1858/4/9 （安政5年2月26日）	飛騨・越中・加賀・越前 安政飛越地震	7.3～7.6	飛騨北部・越中で被害が大きく，飛騨で潰家319，死203． 山崩れも多く，常願寺川の上流が堰止められ，後に決壊して 流出および潰家1600余，溺死140の被害を出した． 地震時に四方、水橋で津波被害．氷見上庄川に津波遡上．	被害地震総覧 都司2004 松浦ほか2006 地水見聞録 應響雑記

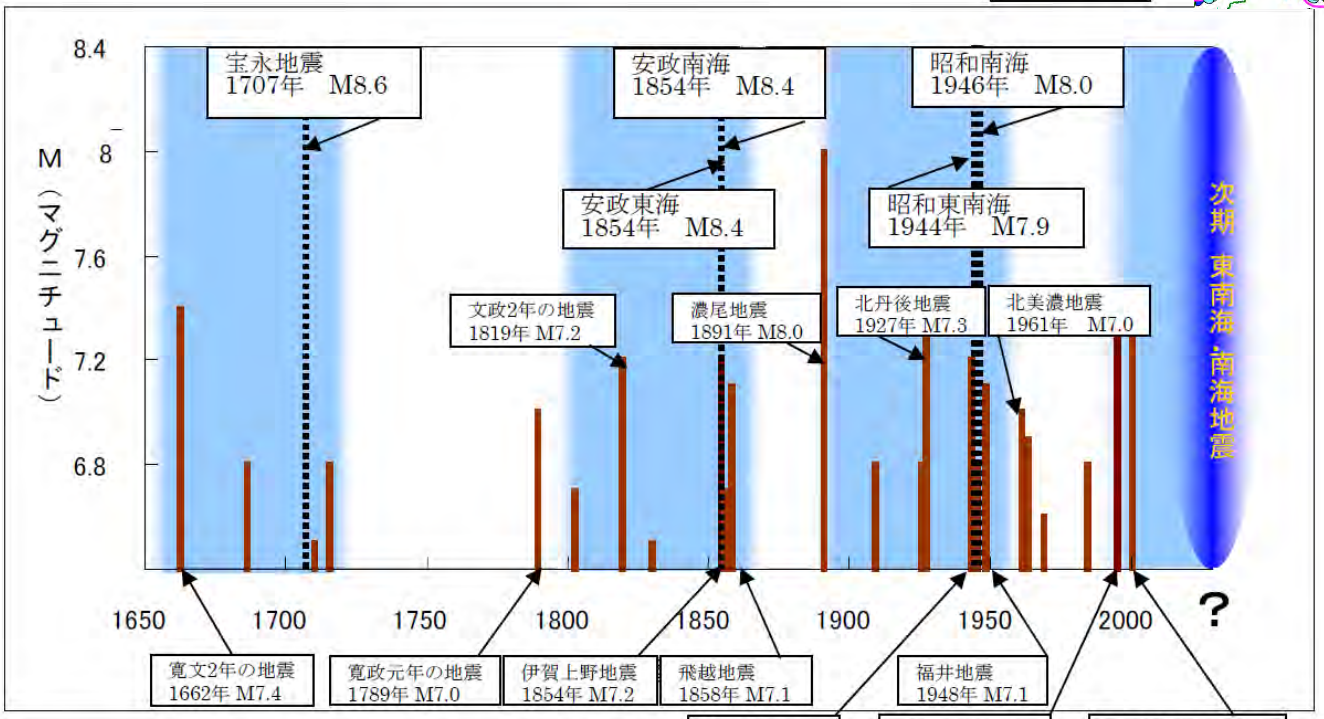
西日本の内陸で発生した地震の震央分布

中部圏、近畿圏直下の地震の震度分布の公表について　平成18年12月7日内閣府（防災担当）

西日本の内陸で発生した地震の震央分布（1650年以降、深さ30km以浅、M6.5以上）







領域内で発生した地震
高さはＭの大きさ

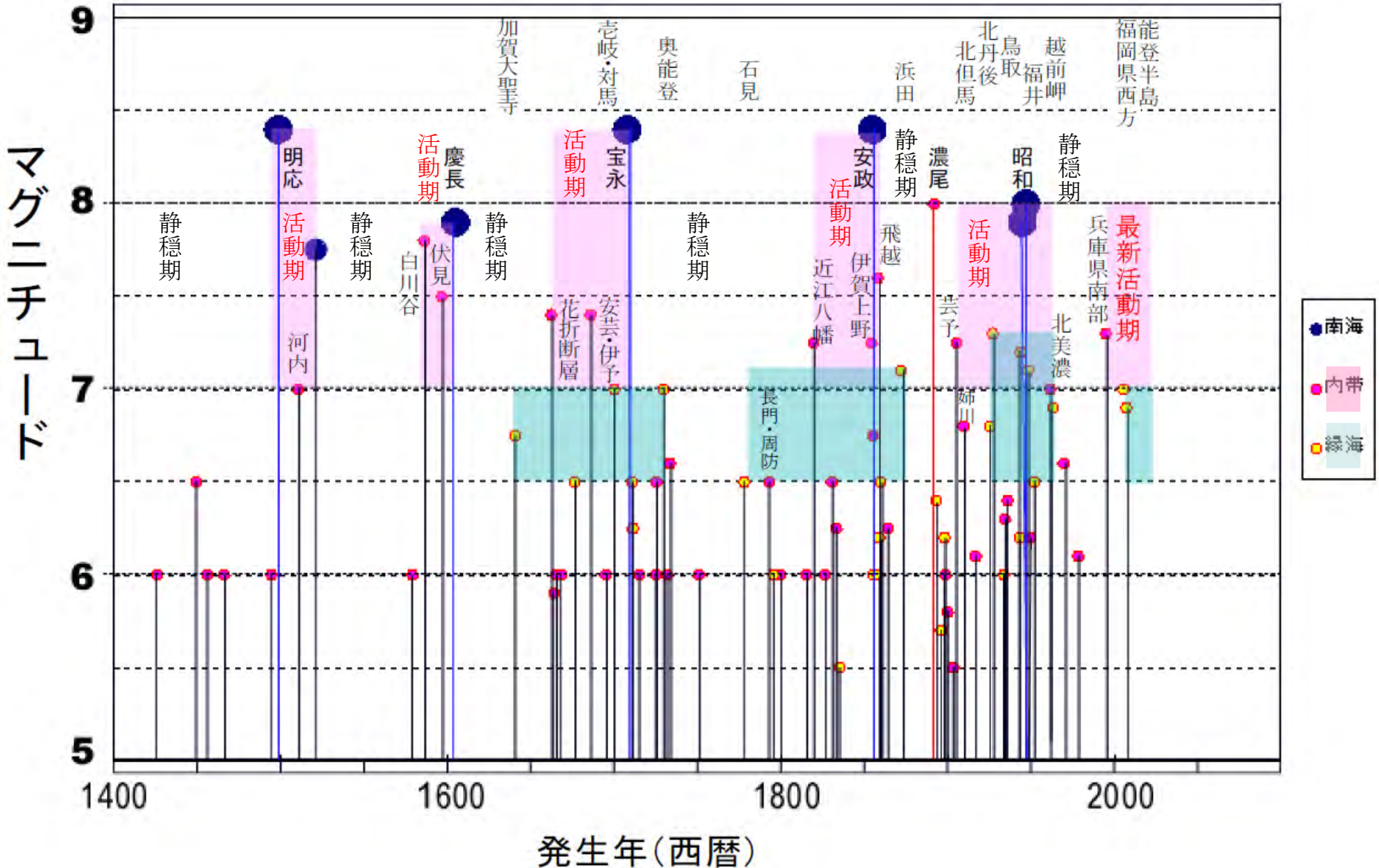
東南海、南海地震の発生年

東南海、南海地震の発生前後に、内陸の地震活動が活発化していると想定される概ねの期間（約６０年間）

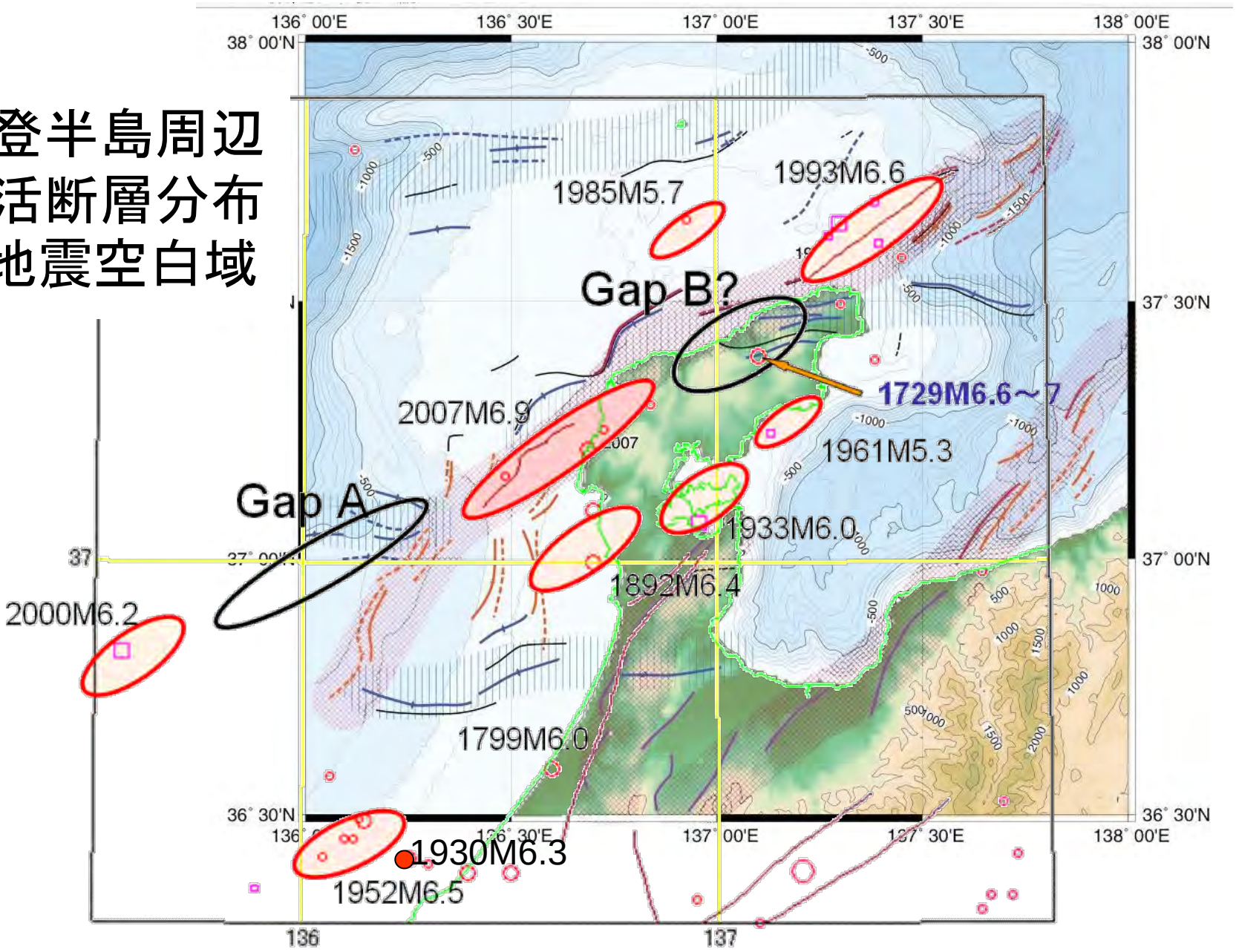
中央防災会議資料

活断層は **いつ地震** を起こすのか

南海トラフの巨大地震の発生前後に内陸の地震活動が活発化し、M7級地震を発生



能登半島周辺の活断層分布と地震空白域



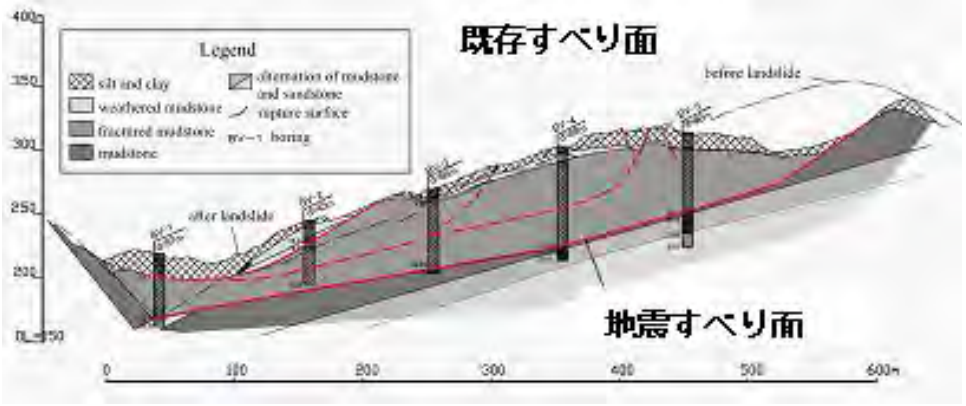
岡村行信（2007）・石川有三（2007）から編図

2004新潟県中越地震の爪あと

- 平成16(2004)年10月23日17時56分頃、新潟県中越地方、深さ約10km、マグニチュードM6.8
- 震度計観測初の最大震度7

国土交通省北陸地方整備局湯沢砂防事務所
芋川災害復旧砂防事業パンフレットより

2004年中越地震　塩谷神沢川地すべり



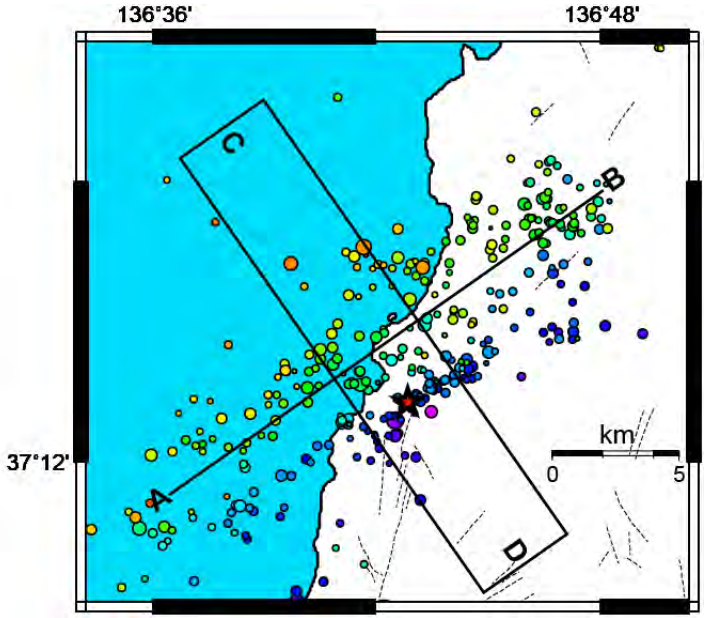
不安定な土砂の残る芋川流域

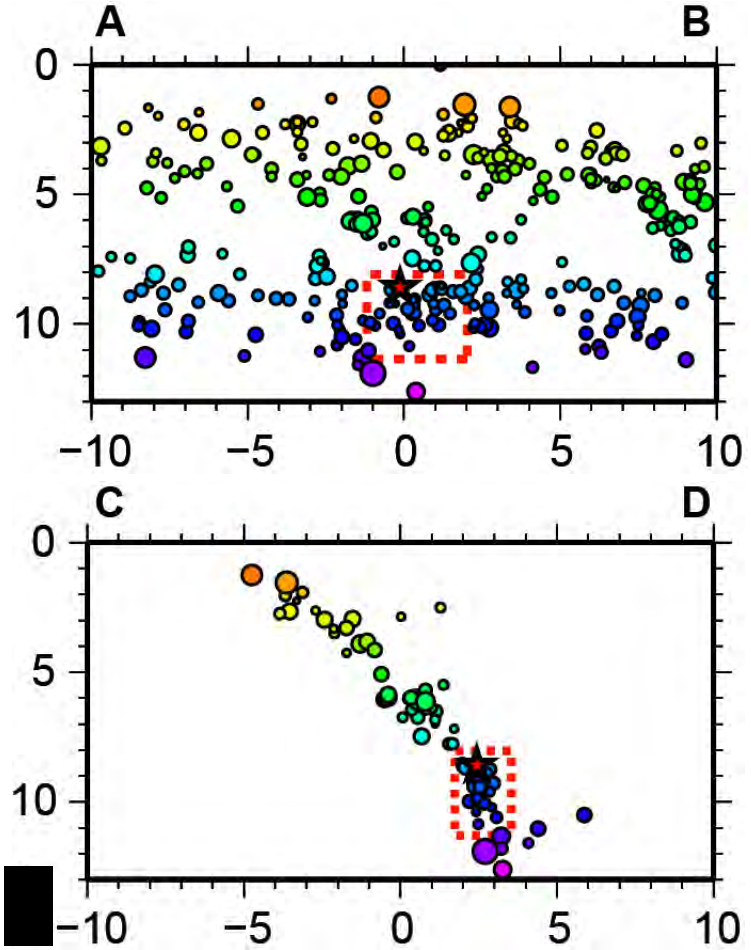
芋川災害復旧砂防事業パンフより

雪崩・地すべり研究センターだよりNo.36，39より

2007能登半島地震

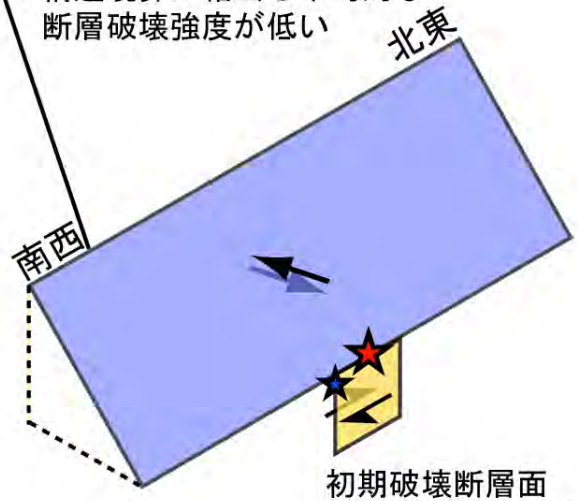
震源断層の姿





余震:(07/03/25-07/03/29)

主破壊断層面
：構造境界に相当し平均的な
断層破壊強度が低い



初期破壊断層面
：広域応力場に調和的

第172回地震予知連絡会資料
（東京大学地震研究所）

北陸地方に想定される震源断層

金沢－富山－新潟地区は中越地震と同じ地震発生構造

活断層の地震発生30年確率

地震調査研究推進本部による主要活断層帯の
長期評価（算定基準日 平成26年（2014年）1月1日）

富山平野直下型地震の想定震源断層

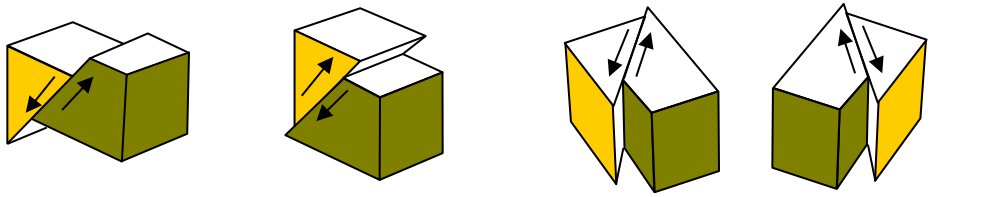
①森本-富樫断層帯（M7.2程度，ほぼ0～6%）
②呉羽山断層（7.4程度，暫定*0.6～5%*）
③邑知潟断層帯（7.6程度，暫定*2%*）
④砺波平野断層帯（M7.3程度，0.05～6%）
⑤魚津断層帯（7.3程度，0.4%以上）

周辺山間地域の想定震源断層

⑥庄川断層帯（7.9程度，ほぼ0%）
⑦牛首断層・跡津川断層（7.9程度，ほぼ0%）
⑧糸魚川-静岡構造線断層帯（8±.5，14%）
⑨境峠・神谷断層帯（7.6程度，13%）

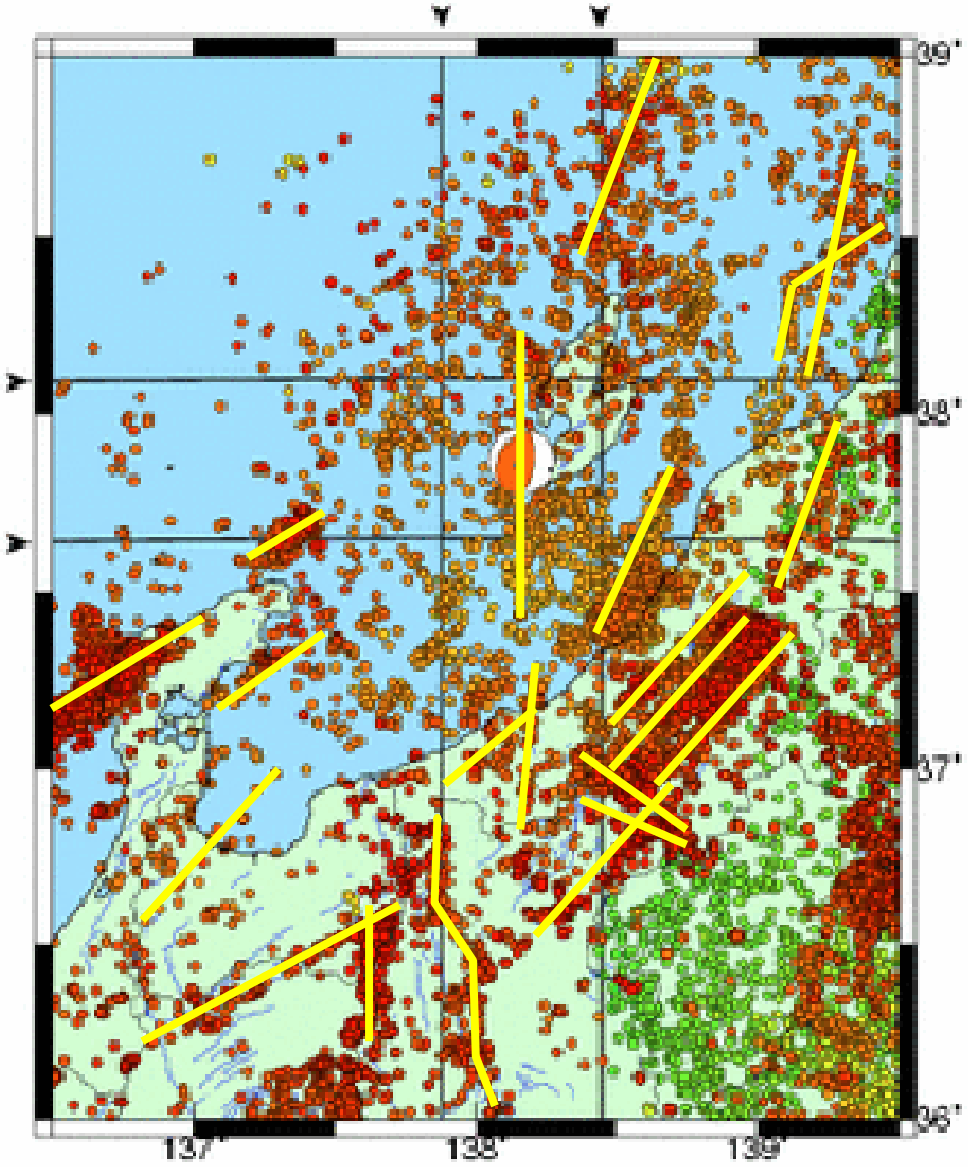
新潟平野直下型地震の想定震源断層

①櫛形山脈断層帯（M6.8程度，0.3~5%）
②月岡断層帯（7.3程度，ほぼ0～1*%*）
③長岡平野西縁断層帯（8.0程度，2*%*以下）
④十日町断層帯西部（M7.4程度，3%以上）
⑤十日町断層帯東部（7.0程度，暫定0.4～0.7%）
⑥高田平野東縁断層帯（7.2程度，ほぼ0～8%）
⑦高田平野西縁断層帯（7.3程度，ほぼ0%）
⑧六日町断層帯北部（7.1程度，0.4～0.9%）
⑨六日町断層帯南部（ 7.3程度，ほぼ0～0.01%）
⑩長野盆地西縁断層帯（ 7.4～7.8程度，ほぼ0%）



正断層　逆断層　左横ずれ断層　右横ずれ断層

活発化している地震活動から断層を診る



■ 震源情報
震源地：佐渡島近海
震源時：2012/02/08 21:01:38.12
震源緯度：37.87N
震源経度：138.16E
震源深さ：11km
マグニチュード：5.7

糸静線は線状（高角断層を示唆）

事前防災行動計画について

10月13日PM5　JR大阪駅

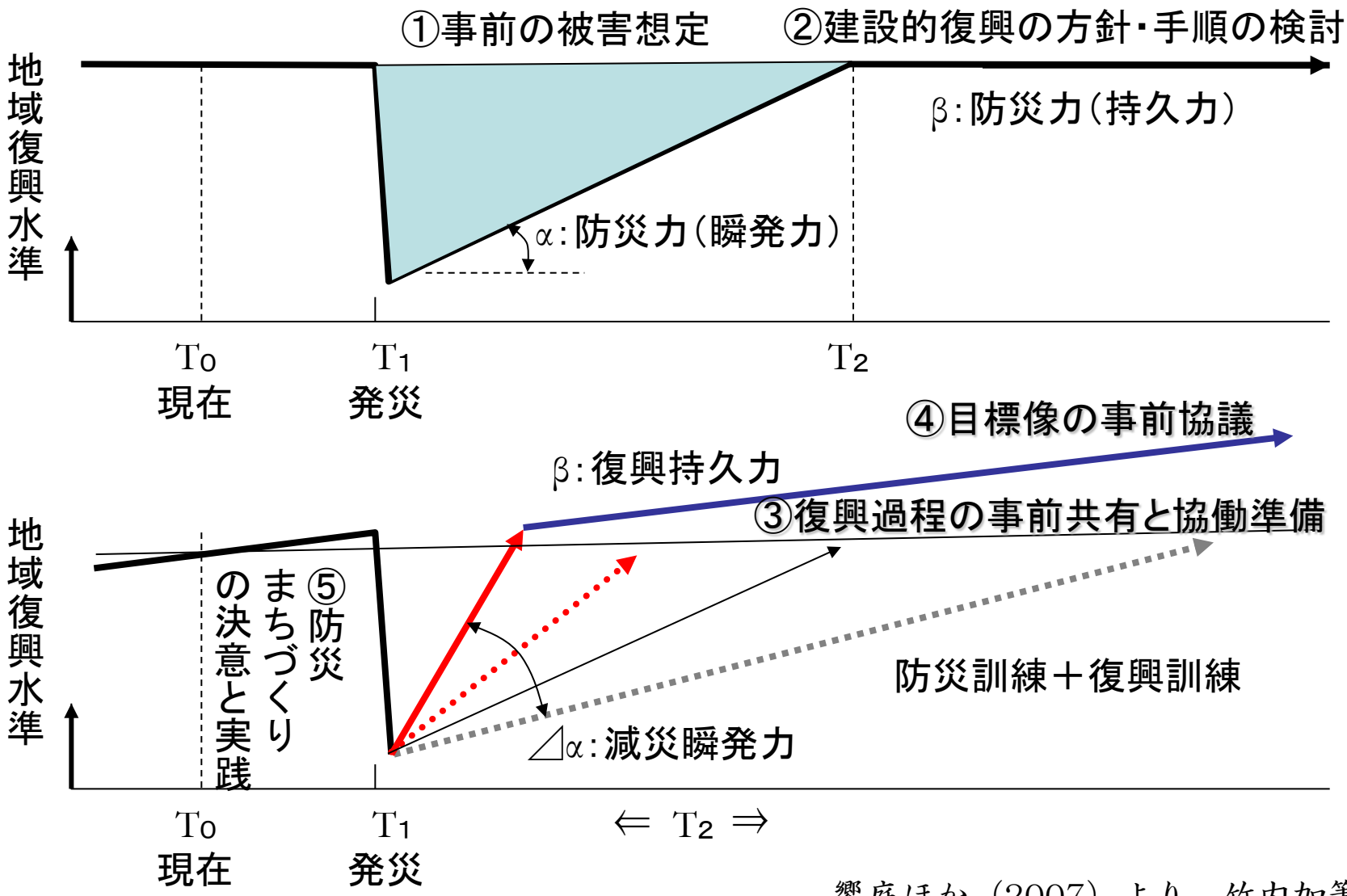
- ✓ 台風など事前予測可能な災害に適用
- ✓ ゼロアワー（発災時）には全員避難

首都圏等におけるリーディング・プロジェクトの実施

	災害の特徴	
	事前予測可能な災害	事後対応の災害
大規模都市水害	事前行動計画（**タイムライン式**対応計画）	応急活動計画
地震災害	事前復興計画	地震版応急活動

国土交通省　水災害に関する防災・減災対策本部の資料より

事前復興にもとづく創造的減災戦略



饗庭ほか（2007）より，竹内加筆

まとめ

北陸地方の生立ちと将来

・地形の骨格は、日本海誕生時の地殻変動の化石
・日本海陸棚　東北部と西南部の境界に富山トラフが存在
・日本海東縁変動帯（地震・津波）＝新生プレート境界仮説
　　新生プレート境界は線ではなく幅のある地帯
　　現在の地形はひずみ集中帯の活動が蓄積した結果
　　現行の地殻変動は始まったばかりなので今後も長く続く
・ユーラシアプレートの東部（アムールプレート）が東へ移動
・地震情勢　**A/O**プレート境界での地震活動の活発化

地震防災・減災への視点
・海溝型地震と内陸直下型地震の連動性に留意する
・津波防災は、地震防災と洪水対策の両輪で進める
・事前防災行動計画（タイムライン）の活用と事前復興の運用