

高浜発電所・大飯発電所
震源を特定せず策定する地震動について
コメント回答

平成26年1月24日
関西電力株式会社

指摘事項		指摘場所	項
1	2000年鳥取県西部地震について、高浜・大飯との地域差を改めて整理すること。	審査会合 (12/25)	2 ~ 23
2	留萌のはぎとり解析の不確かさについて、地盤物性値や手法の適用範囲を考慮したうえで、手法による違いを整理すること。	審査会合 (12/25)	24 ~ 33

指摘事項

2000年鳥取県西部地震について、高浜・大飯との地域差を改めて整理すること。

基準地震動及び耐震設計方針に係るガイド

4. 震源を特定せず策定する地震動

4.2 地震動評価

4.2.1 検討対象地震の選定と震源近傍の観測記録の収集

- (1) 震源と活断層を関連付けることが困難な過去の内陸地殻内の地震を検討対象地震として適切に選定し、それらの地震時に得られた震源近傍における観測記録を適切かつ十分に収集していることを確認する。
- (2) 検討対象地震の選定においては、地震規模のスケールリング（スケールリング則が不連続となる地震規模）の観点から、「地表地震断層が出現しない可能性がある地震」を適切に選定していることを確認する。
- (3) また、検討対象地震の選定の際には、「事前に活断層の存在が指摘されていなかった地域において発生し、地表付近に一部の痕跡が確認された地震」についても検討を加え、必要に応じて選定していることを確認する。

【解説】

- (1) 「地表地震断層が出現しない可能性がある地震」は、断層破壊領域が地震発生層の内部に留まり、国内においてどこでも発生すると考えられる地震で、震源の位置も規模もわからない地震として地震学的検討から全国共通に考慮すべき地震（震源の位置も規模も推定できない地震（Mw6.5未満の地震））であり、震源近傍において強震動が観測された地震を対象とする。
- (2) 「事前に活断層の存在が指摘されていなかった地域において発生し、地表付近に一部の痕跡が確認された地震」は、震源断層がほぼ地震発生層の厚さ全体に広がっているものの、地表地震断層としてその全容を表すまでには至っていない地震（震源の規模が推定できない地震（Mw6.5以上の地震））であり、孤立した長さの短い活断層による地震が相当する。なお、活断層や地表地震断層の出現要因の可能性として、地域によって活断層の成熟度が異なること、上部に軟岩や火山岩、堆積層が厚く分布する場合や地質体の違い等の地域差があることが考えられる。このことを踏まえ、観測記録収集対象の地震としては、以下の地震を個別に検討する必要がある。

- ① 孤立した長さの短い活断層による地震
 - ② 活断層の密度が少なく活動度が低いと考えられる地域で発生した地震
 - ③ 上部に軟岩や火山岩、堆積層が厚く分布する地域で発生した地震
- (3) 震源を特定せず策定する地震動の評価において、収集対象となる内陸地殻内の地震の例を表-1に示す。

表-1 収集対象となる内陸地殻内の地震の例

No	地震名	日時	規模
1	2008年岩手・宮城内陸地震	2008/06/14, 08:43	Mw6.9
2	2000年鳥取県西部地震	2000/10/06, 13:30	Mw6.6
3	2011年長野県北部地震	2011/03/12, 03:59	Mw6.2
4	1997年3月鹿児島県西北部地震	1997/03/26, 17:31	Mw6.1
5	2003年宮城県北部地震	2003/07/26, 07:13	Mw6.1
6	1996年宮城県北部（鬼首）地震	1996/08/11, 03:12	Mw6.0
7	1997年5月鹿児島県西北部地震	1997/05/13, 14:38	Mw6.0
8	1998年岩手県内陸北部地震	1998/09/03, 16:58	Mw5.9
9	2011年静岡県東部地震	2011/03/15, 22:31	Mw5.9
10	1997年山口県北部地震	1997/06/25, 18:50	Mw5.8
11	2011年茨城県北部地震	2011/03/19, 18:56	Mw5.8
12	2013年栃木県北部地震	2013/02/25, 16:23	Mw5.8
13	2004北海道留萌支庁南部地震	2004/12/14, 14:56	Mw5.7
14	2005年福岡県西方沖地震の最大余震	2005/04/20, 06:11	Mw5.4
15	2012年茨城県北部地震	2012/03/10, 02:25	Mw5.2
16	2011年和歌山県北部地震	2011/07/05, 19:18	Mw5.0

「2000年鳥取県西部地震（以下、鳥取県西部地震）」について、活断層や地表地震断層の出現要因として、その発生地域の特徴を整理し、「高浜・大飯発電所」との地域差の比較検討結果より、観測記録収集対象の要否について検討する。

1. 鳥取県西部地震の概要と特徴

2. 「鳥取県西部地震震源周辺」と「高浜・大飯発電所周辺」との地域性の比較

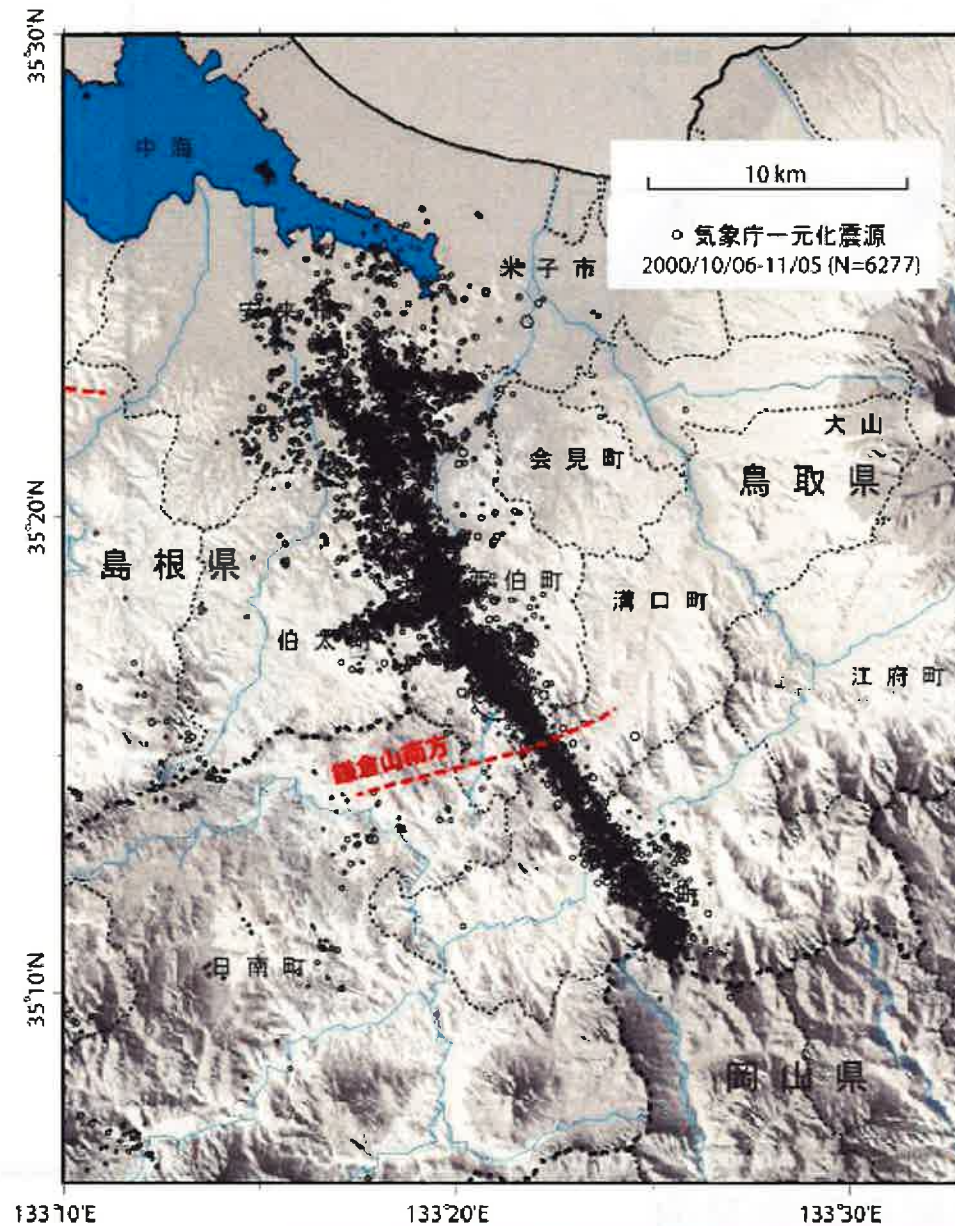
1. 鳥取県西部地震の概要と特徴

2. 「鳥取県西部地震震源周辺」と「高浜・大飯発電所周辺」との地域性の比較

鳥取県西部地震 概要

平成25年12月25日
審査会合資料再掲

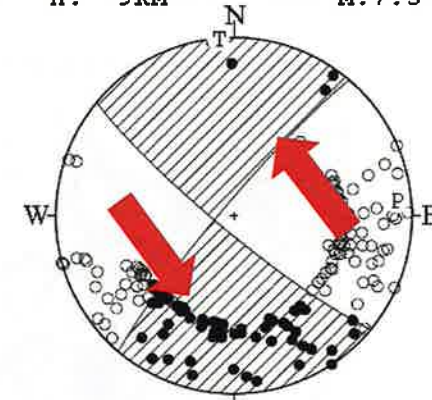
6



2000年10月6日 13:30
MJ=7.3

メカニズム解(気象庁の初動解)

06 OCT. 2000 13:30:17.9
WESTERN TOTTORI PREF
35°16.4'N 133°20.9'E
H: 9KM M:7.3



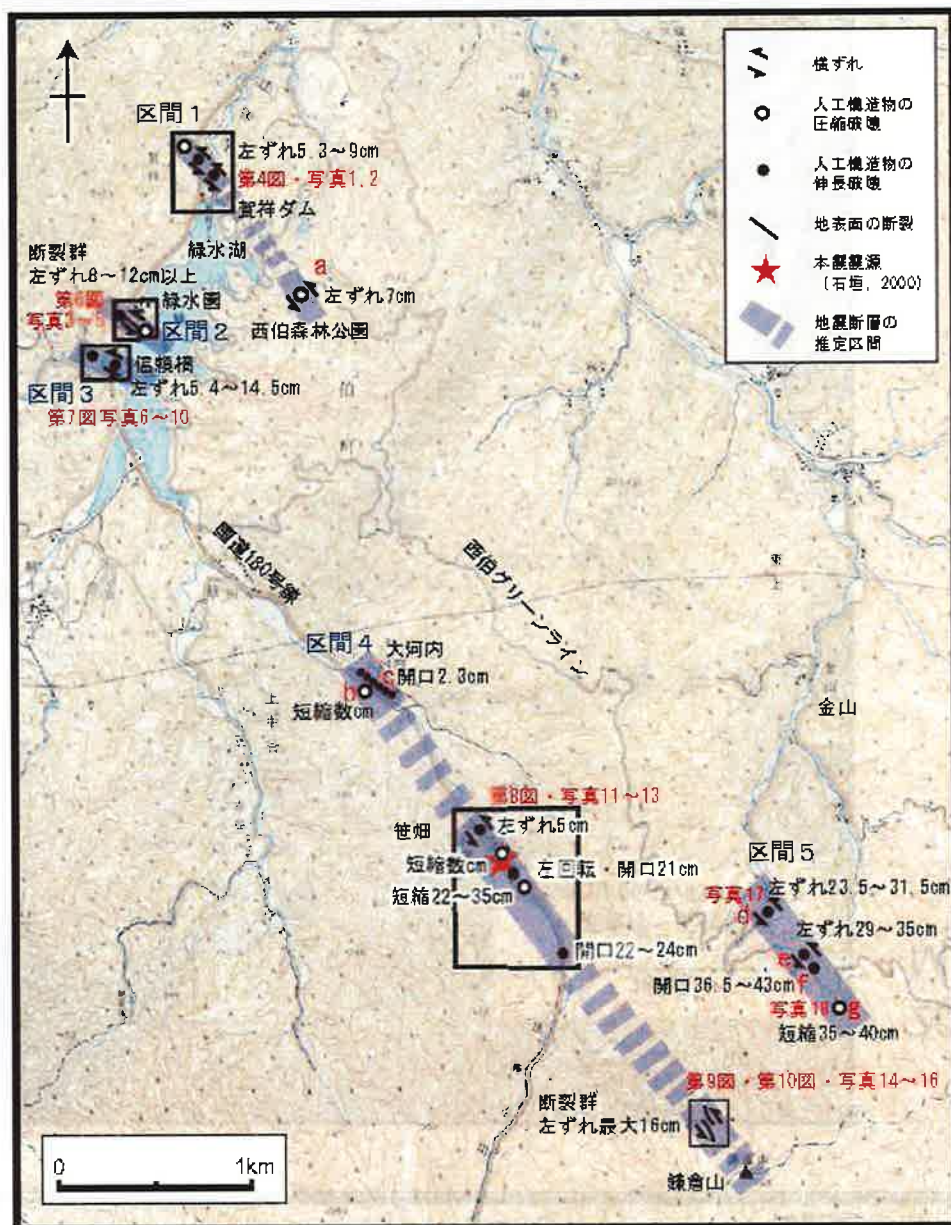
	STR.	DIP.	SLIP.		AZM.	PLG.
NP1	130°	83°	-6°	P	85°	9°
NP2	220°	84°	-173°	T	355°	1°
N:186	SCORE		97%	N	259°	81°

北西－南東走向の横ずれ(左横ずれ)断層による地震である。

鳥取県西部地震 地表地震断層(伏島ほか,2001)

平成25年12月25日
審査会合資料再掲

7



第1図 調査範囲の概要と調査範囲 国土地理院発行2万5千分の1地形図「井尻」を使用。
Fig. 1. Outline of the study area. The map is based on the 1:25,000 topographic map "Iizumi" published by the Geographical Institute of Japan.

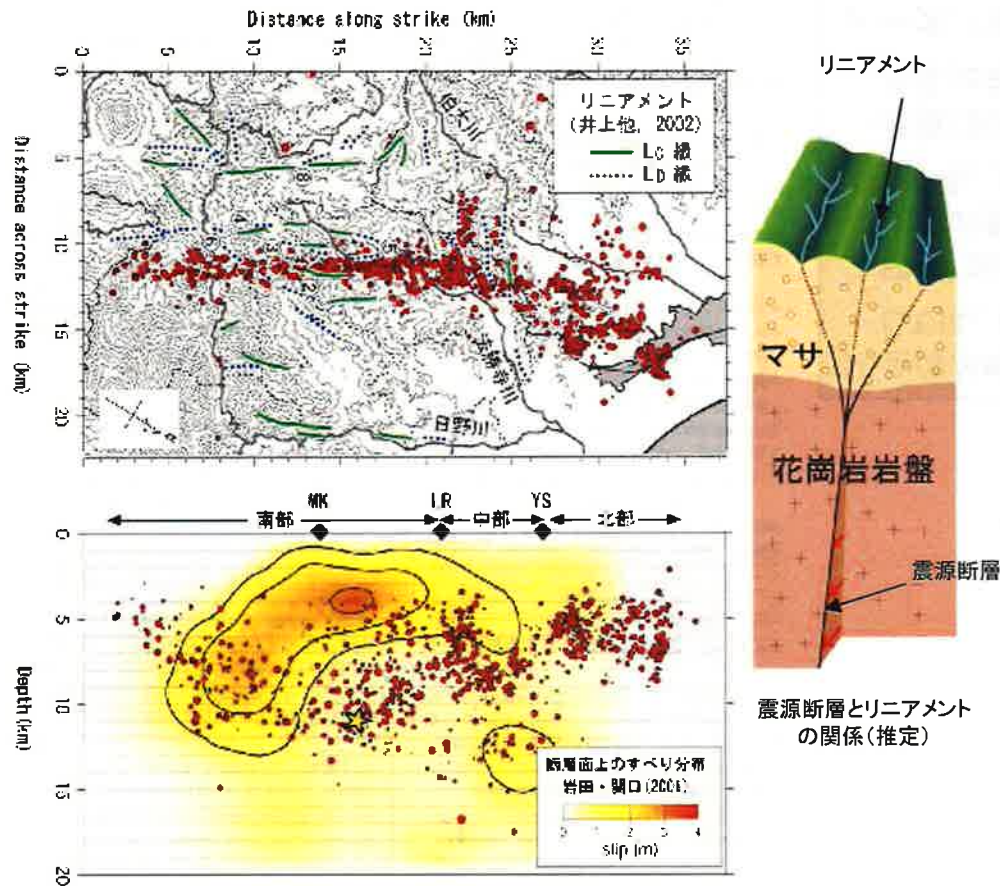
地表断層および人工構造物の破壊・変形

- ・北西-南東方向に直線状に配列 (余震域の延びの方向と調和的)
- ・本震震央の北西側約4km~南東側約2km, 幅1km強の帯状の地域に5つ認められた。
- ・地表面の断裂は $N40 \pm 25^\circ W$ の走向
- ・数cm~10数cmの左横ずれ走向隔離

第2図 調査結果の概要。国土地理院発行2万5千分の1地形図「井尻」を使用。
Fig. 2. Map showing the outline of the results of our investigation.

伏島ほか(2001):鳥取県西部地震の地震断層調査, 活断層・古地震研究報告, No. 1, p. 1-26.

リニアメントと本震時のすべり分布・余震分布との対応、重力異常図



青柳ほか(2004)

- ・地震前に撮影した空中写真で判読されるリニアメントの方向は、余震分布の形態に対応している。
- ・アスペリティの位置は、リニアメントの分布密度が高い領域と一致している。

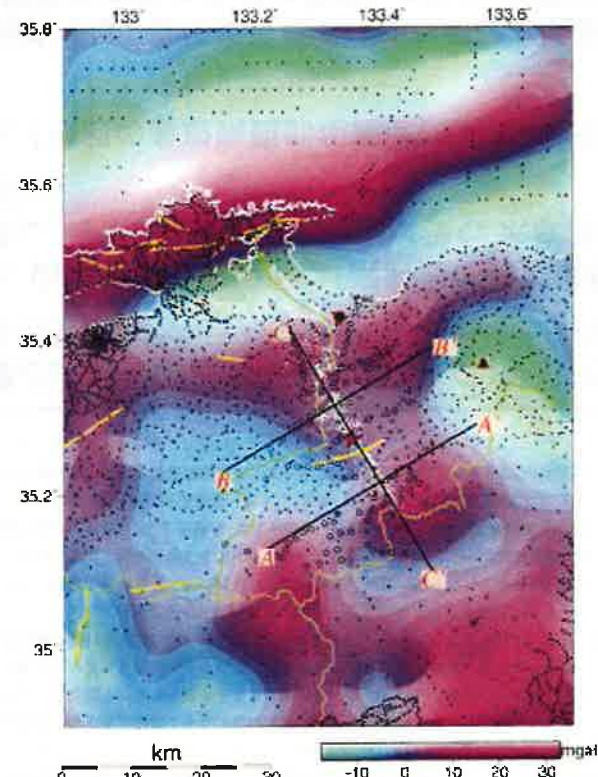


Fig. 2. Bouguer anomaly map of the Wajima earthquake area. The map is overlaid with a grid of latitude and longitude. A scale bar indicates 0 to 30 km. The map shows a prominent linear anomaly along the strike of the earthquake.

本多ほか(2002)

- ・ブーゲ異常の変化部は単なる地質構造の境界ではなく基盤の断層構造、すなわち地殻内の弱線構造を反映していると考えられる。(省略)北北西-南南東方向の地殻内の既存の弱線を利用して発生したと考えられる。
- ・震源断層の南北には西南日本特有の海溝軸に沿った大規模な地質構造が存在するため、震源断層サイズは弱線構造のサイズ、つまり南端の花崗岩地域以北までに制限されていた可能性が考えられる。

➤ 詳細な調査を実施すれば、事前にある程度の規模の予測が可能と考えられるが、地表地震断層としては全体が現れておらず、震源が特定しにくい地震であった。

・垣見俊弘, 2002, 「活断層地震」と「バックグラウンド地震」のはざまの地震—鳥取県西部地震を例として—, 災害の研究第33巻 損害保険料率算定会, p113-125

【鳥取県西部地震の概要と特徴】

- 鳥取県西部地震は、北西－南東走向の活断層の左横ずれ活動による気象庁マグニチュード7.3の規模の地震である。
- 震源位置は、活断層があまり知られていない地域であるが、地震後に地表地震断層が現れており、地震前の航空写真判読からも複数のリニアメントが確認できる等から、詳細な調査を実施すれば、事前に活断層との関連が確認できる地震である。
- しかしながら、震源が特定しにくい理由としては、文献に指摘のあるとおり、活断層が未成熟な地域であることが考えられ、ガイドにおける「活断層の密度が少なく活動度が低いと考えられる地域で発生した地震」に相当する。



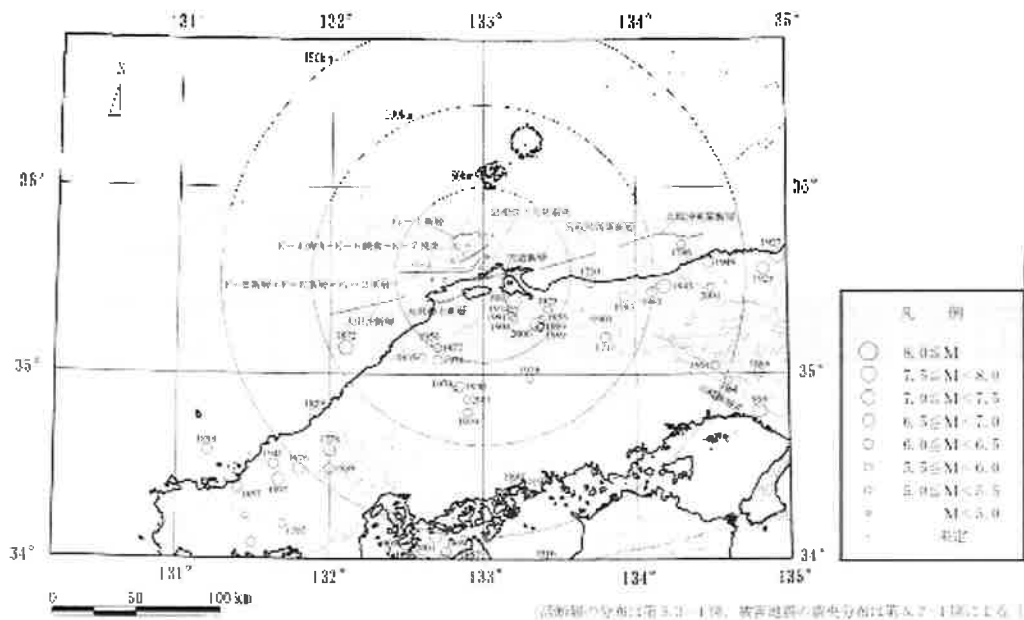
- ・鳥取県西部地震において、全体が地表地震断層として現れず、震源が特定しにくかった要因として、活断層が未成熟な地域性によるものが考えられるため、高浜・大飯発電所の周辺が同様の地域性がないか検討する。
- ・検討にあたっては、「地震活動」と「活断層分布・活動度」から両地域の地域性について比較検討を行う。

1. 鳥取県西部地震の概要と特徴

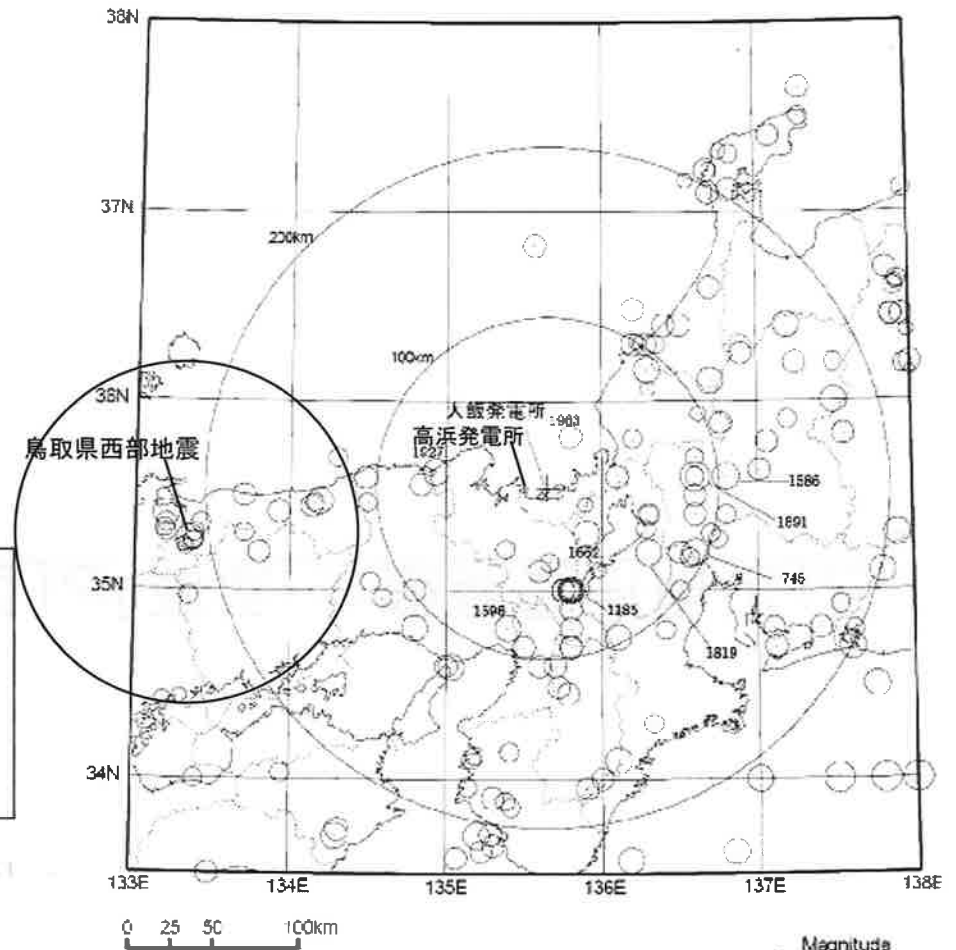
2. 「鳥取県西部地震震源周辺」と「高浜・大飯発電所周辺」と の地域性の比較

地震活動の検討 (歴史被害地震の比較)

13



中国電力株式会社, 2013年12月25日, 鳥根発電所2号機 設置変更許可申請書



地震諸元は、「最新版 日本被害地震総覧」(1884年以前),「宇津カタログ」(1885年~1922年),「気象庁地震カタログ」(1923年以降)による

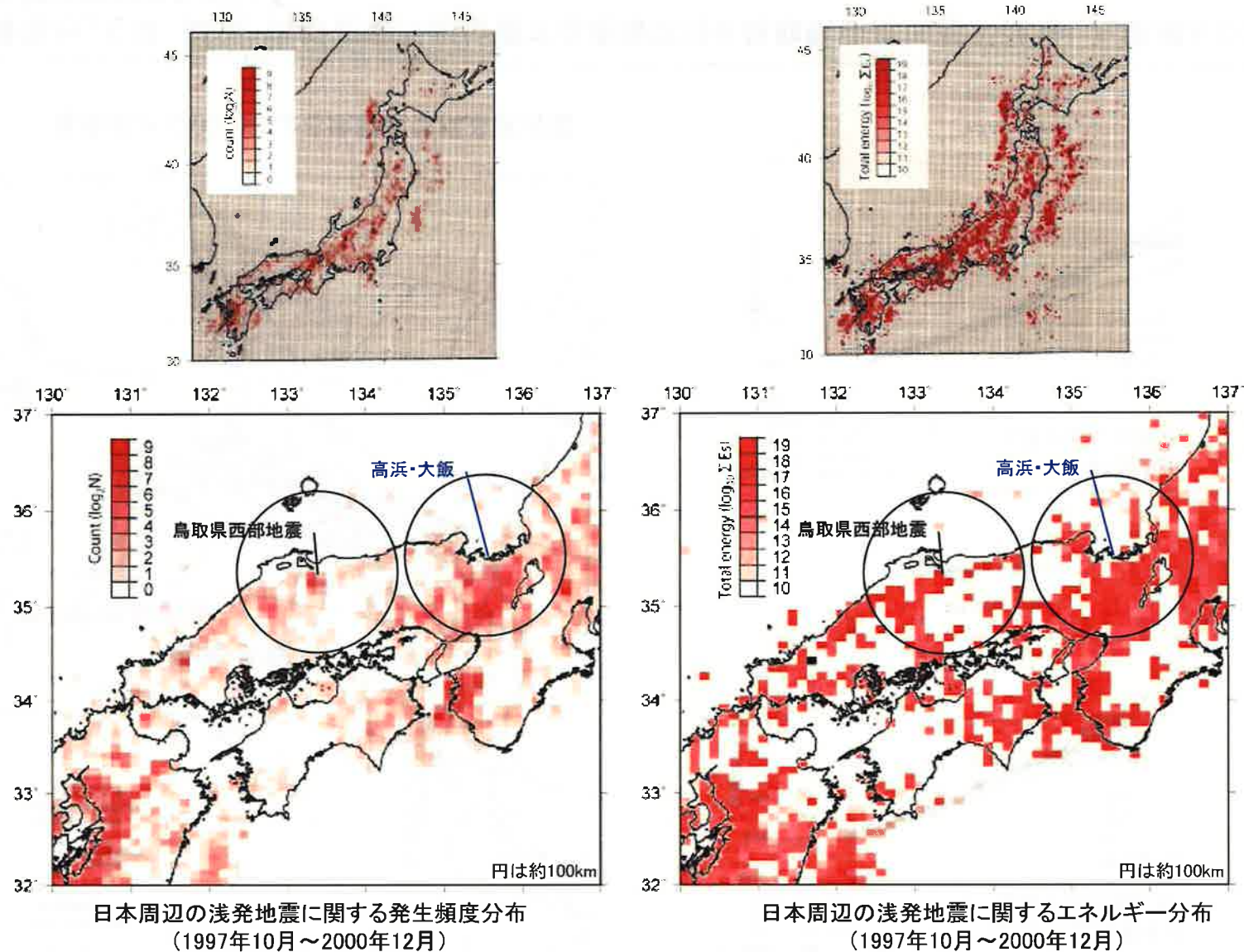
Magnitude
 8.0 ≤ M
 7.0 ≤ M < 8.0
 6.0 ≤ M < 7.0
 5.0 ≤ M < 6.0
 4.0 ≤ M < 5.0
 M < 4.0

関西電力株式会社, 2013年7月8日, 大飯発電所3・4号機 設置変更許可申請書

- ・鳥取県西部地震周辺地域では、その震源近傍や出雲地方近傍で繰り返し地震が発生している。
- ・高浜・大飯発電所周辺地域では、活断層に関連付けられる地震が数多く見られる。

地震活動の検討 (発生頻度とエネルギーの比較)

14



・青柳ほか(2005)より、それぞれの地域における浅発地震に関する発生頻度及びエネルギー分布を比較した結果、高浜・大飯発電所周辺地域においては山陰地方と比較しても比較的多くの地震が発生している。

地震活動の検討 (地震地体構造区分、b値の比較)

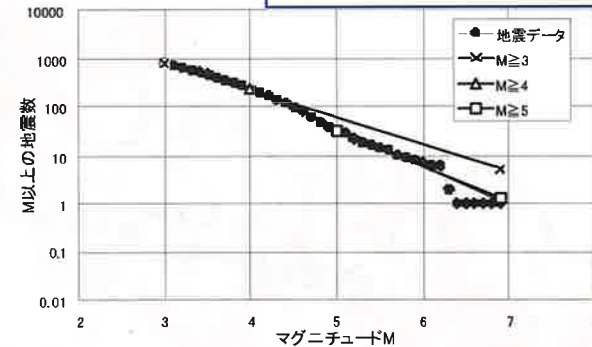
15



垣見ほか(2003)による地震地体構造区分図

データ期間: 1926 ~ 2007
 $M \geq 3$ $b = 0.562$
 $M \geq 4$ $b = 0.787$
 $M \geq 5$ $b = 0.738$

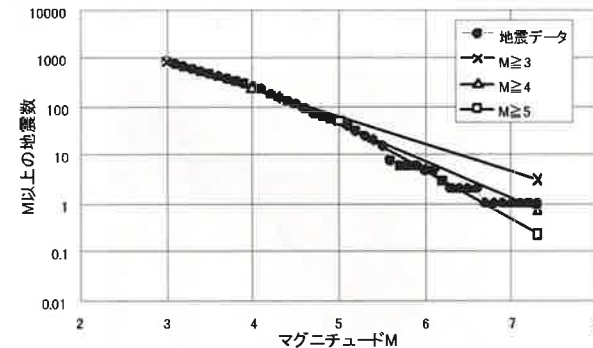
高浜・大飯発電所が
位置する地域区分



10C4領域のb値評価

データ期間: 1926 ~ 2007
 $M \geq 3$ $b = 0.563$
 $M \geq 4$ $b = 0.760$
 $M \geq 5$ $b = 1.023$

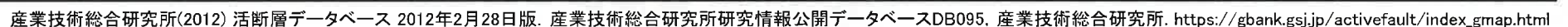
鳥取県西部地震が
位置する地域区分



10C5領域のb値評価

- 地震地体構造としては、高浜・大飯発電所が位置する地域区分と鳥取県西部地震が発生した地域とは、山崎断層を境に区分されている。
- 1926年～2007年の気象庁地震カタログを用いてb値を確認した結果、中小地震について差はなかったものの、M5以上では鳥取県西部地震(M7.3)の影響により差が生じている。

16



活断層分布の検討 (活断層詳細デジタルマップ)

17



・活断層詳細デジタルマップ(2002)を確認した結果、高浜・大飯発電所周辺地域と比較しても、鳥取県西部地震周辺地域は活断層の密度が少ないと考えられる地域である。

活断層分布の検討 (新編日本の活断層)

18



・新編日本の活断層(1991)を確認した結果、高浜・大飯発電所周辺地域と比較しても、鳥取県西部地震周辺地域は活断層の密度が少ないと考えられる地域である。

活断層分布の検討 (分布密度の比較)

平成25年12月25日
審査会合資料に加筆修正

19

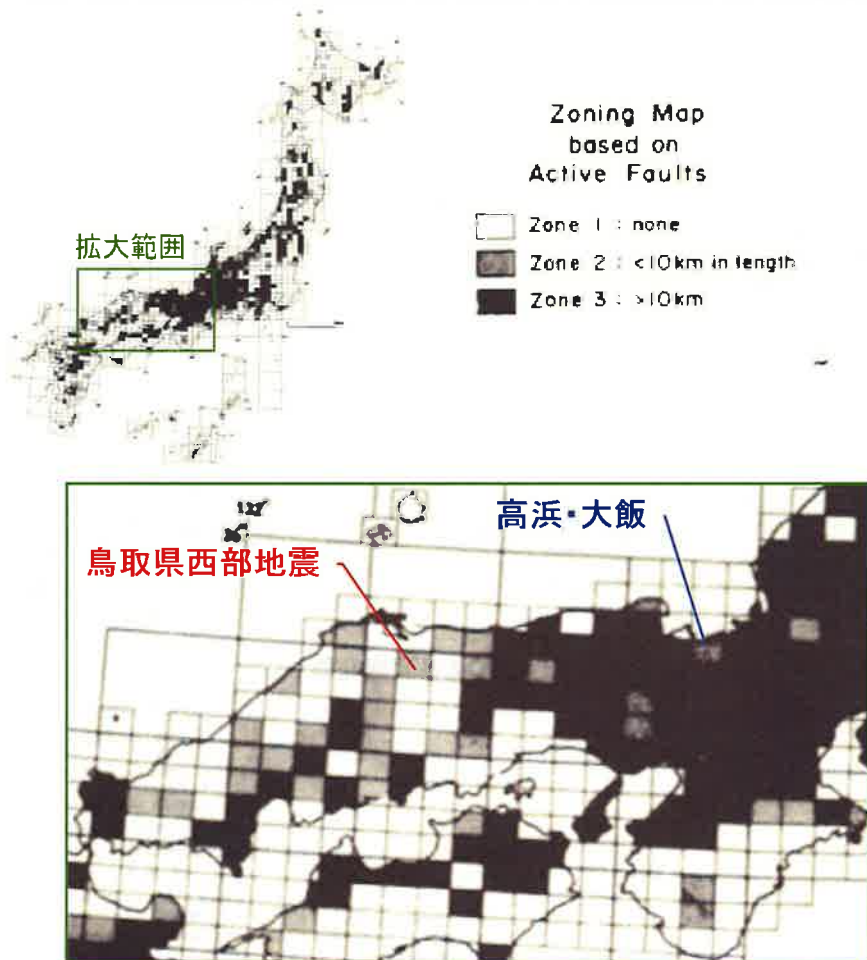
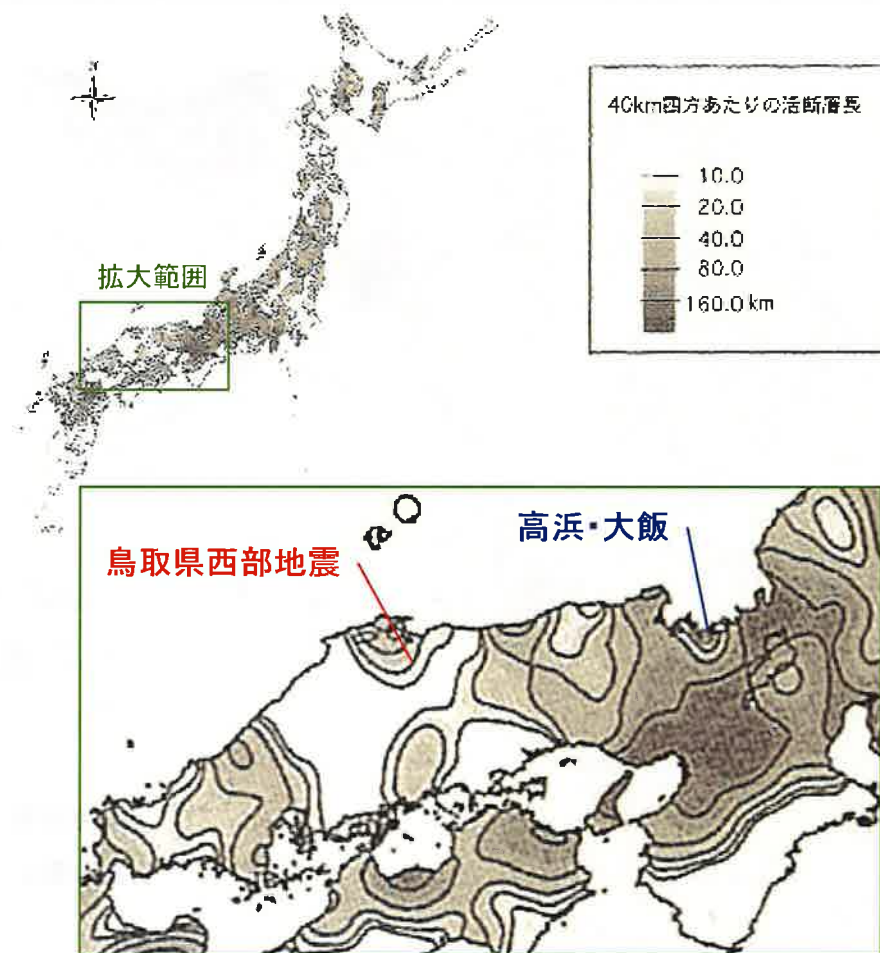


図4 日本列島陸地の活断層分布地図 (Matsumoto, 1992)
黒色域はその地域内の活断層線の総延長が10km を超える地域。白色域は活断層のない地域。明神川等の1.5km以内の活断層 (M=6.5, h=30km) の2/3は黒色域で生じている。
(松田(1992))



40km平方あたりの活断層長の分布
(200万分の1活断層図編纂ワーキンググループ(2000))

➤松田(1992)及び200万分の1活断層図編纂ワーキンググループ(2000)の活断層長の分布図より、鳥取県西部地震周辺地域では高浜・大飯発電所周辺地域に比べて活断層の分布密度は少ない地域である。

・松田時彦, 1992, 活断層の活動予測, 地学雑誌Journal of Geography101(6), p442-452

・200万分の1活断層図編纂ワーキンググループ, 2000, 「200万文の1日本列島活断層図」—過去数十万年間の断層活動の特徴—, 活断層研究No.19, p3-12

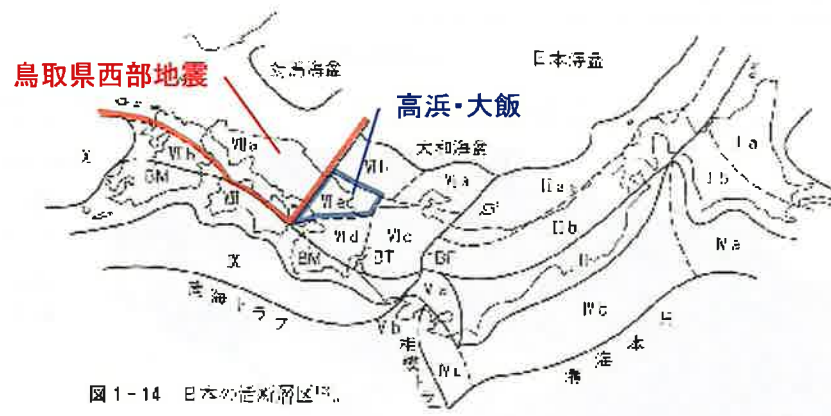
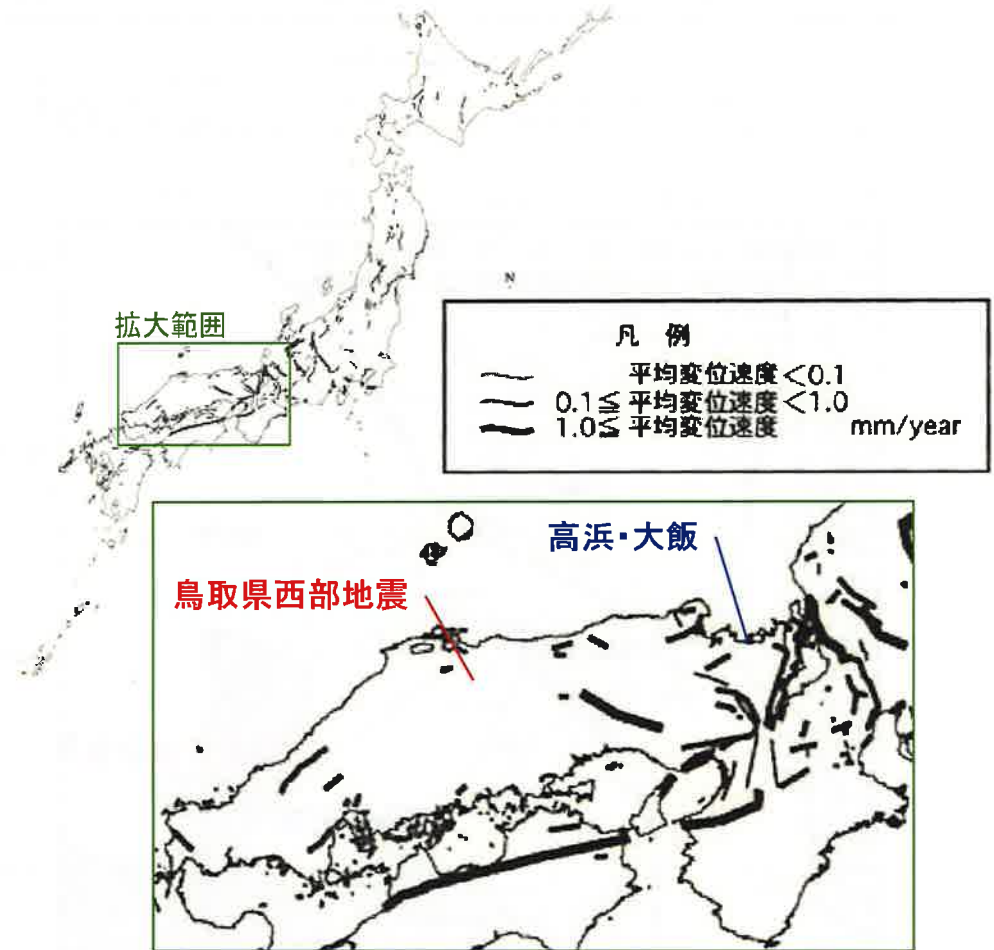


図1-14 日本の活断層区分

表1-2 活断層研究会(1980)による活断層区分と各活断層区の特徴。各区分の代表例は、図1-14に示されている。

大区分	小区分	活断層	主要な活断層の長さ	主要な活断層の頻度	活断層のタイプ	備考
(略)						
Ⅴ 西日本内帯西部	a	花巻半島周縁	小	小	B・C	陸上活断層
	b	熊鷹山・五ヶ所	中	中	B・C	陸上活断層
	c	中野川	大	大	A	陸上活断層
	BT	大飯・高浜・伊勢湾	大	中	A・B	陸上活断層
Ⅵ 西日本内帯西部	d	三波川	大	中	B・A	陸上活断層
	e	三波川	中	中	B	陸上活断層
	f	三波川	小	小	B・C	陸上活断層
Ⅶ 西日本内帯西部	g	三波川	大	中	B	陸上活断層
	h	三波川	小	小	B	陸上活断層

* 小: 30km以下, 中: 30~50km, 大: 50km以上。海陸と陸上は元の資料から。† 活断層研究会(1980)による。活断層研究会(1980)



活断層タイプごとの分布図とその頻度(活断層は確かな活断層のみを抽出)
(200万分の1活断層図編纂ワーキンググループ(2000))

➤活断層研究会(1980)による活断層区分と各活断層区の特徴より、鳥取県西部地震周辺地域では高浜・大飯発電所周辺地域に比べて活断層の活動度が低い地域である。

➤また、この傾向は、200万分の1活断層図編纂ワーキンググループ(2000)とも整合的である。

・活断層研究会, 日本の活断層一分布図と資料, 東京大学出版会, 363p., 1980.

・200万分の1活断層図編纂ワーキンググループ, 2000, 「200万の1日本列島活断層図」ー過去数十万年間の断層活動の特徴ー, 活断層研究No.19, p3-12

活断層の活動度の検討 (GPSによるひずみ速度の分析結果: Sagiya(2004))

平成25年12月25日
審査会合資料に加筆修正

21

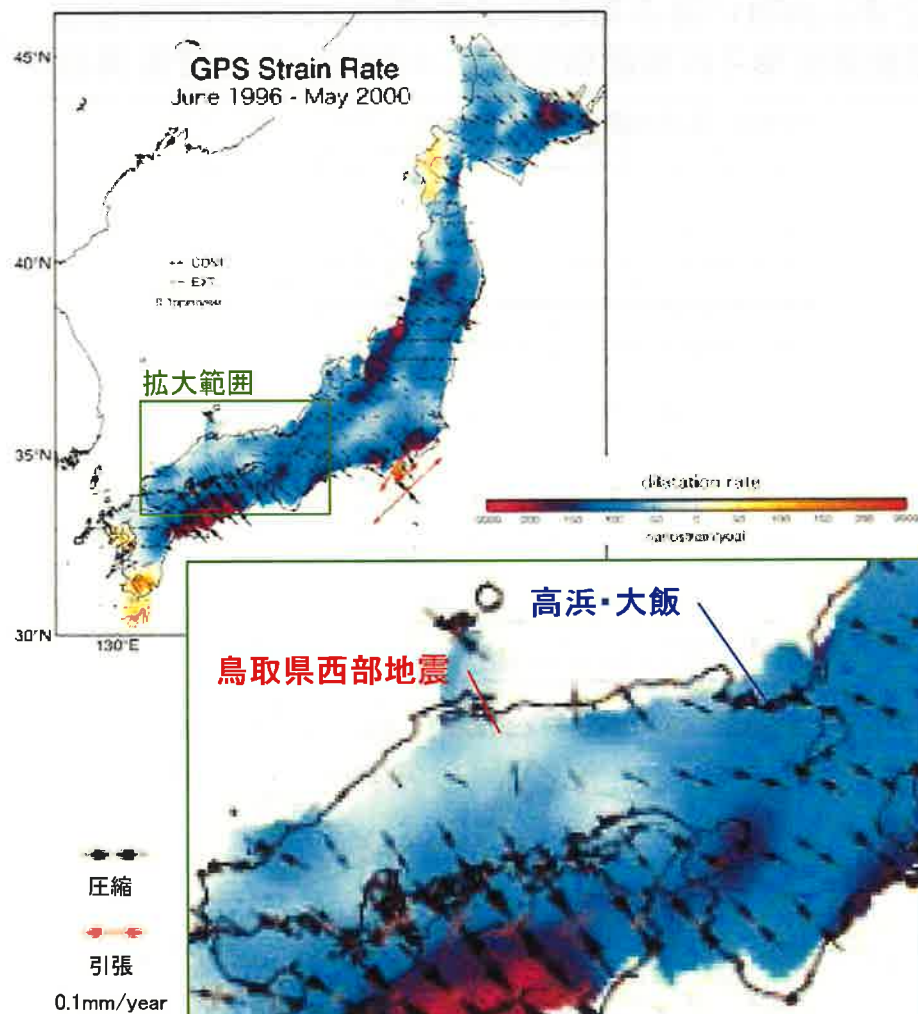


Fig. 3. Strain rate of the Japanese Islands obtained from GEONET data. Strain rate was calculated in the same way as Sagiya et al. (2000), using the velocity data from June 1996 to May 2000. Dilatation rate is shown in color. Arrows denote principal strain rate axes.

Sagiya(2004)

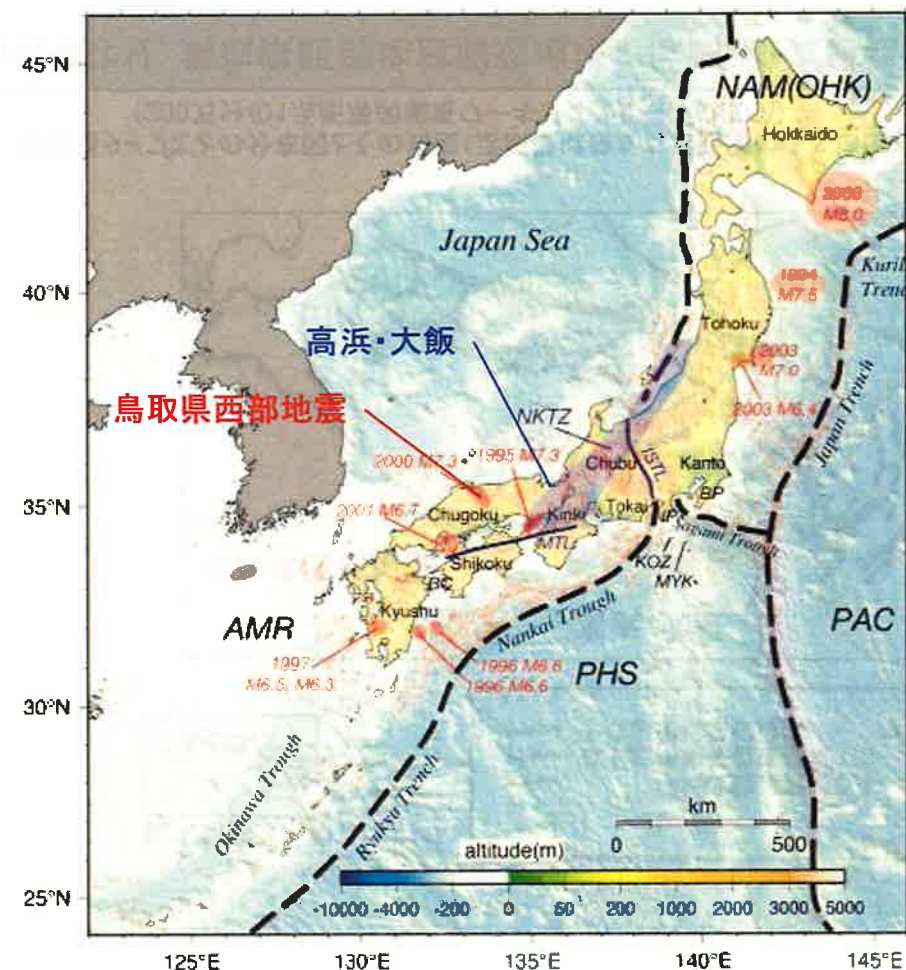


Fig. 4. Index map of the Japanese Islands. Source regions of conspicuous earthquakes during 1994-2003 are shown in red. PAC: Pacific Plate, PHS: Philippine Sea Plate, AMR: American Plate, NAM: North American Plate, OHK: Okhotsk Plate, NKTZ: Nigata-Kobe Tectonic Zone (Sagiya et al. 2000), ISTL: Itoya-Shizuoka Tectonic Line, MTL: Median Tectonic Line, BP: Boso Peninsula, IP: Izu Peninsula, BC: Bungo Channel, KOZ: Kozushima, MYK: Miyake-jima.

Sagiya(2004)

➤鳥取県西部地震周辺地域では、高浜・大飯発電所周辺地域に比べてひずみ速度が小さい地域である。

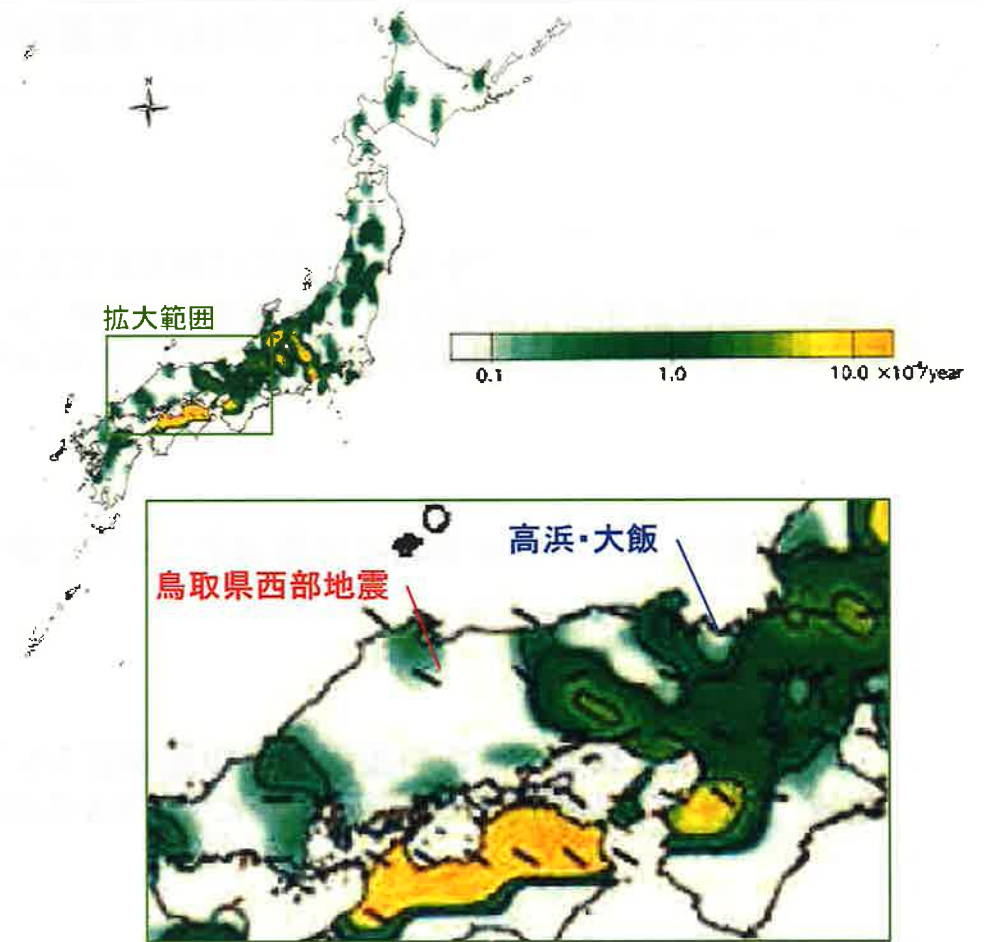
活断層の活動度の検討 (活断層の分布の平均変位速度から求めた分析結果:野原ほか(2000))

22



第4図 活断層帯のタイプと平均変位速度

計算に用いた活断層帯の線分を、断層のタイプおよび平均変位速度別に示している。断層のタイプは卓越する方向とした。



第5図 活断層による水平変位速度分布

0.1×10⁴/yr以上の領域をカラーで示している。黒線は活断層から推定される水平主応力の方向を示す。

野原ほか(2000)

➤野原ほか(2000)によると、「活断層による歪速度とGPSによる歪速度の地域性の傾向は、太平洋沿岸地域など一部を除くとほぼ一致している。特に、信越ー飛騨ー近畿ー四国に連なる値の大きい地域は共通する」、「歪速度の小さい地域は北海道北東部、太平洋沿岸部、中国地方などである」とされている。

【地震活動】

歴史地震を含め地震の活動状況を比較した結果、近年の地震活動に大きな違いは見られなかった。

【活断層分布】

新編日本の活断層、活断層データベース及び活断層詳細デジタルマップ等の複数の文献を確認した結果、鳥取県西部地震周辺地域では高浜・大飯発電所周辺地域に比べて活断層の分布密度は少ない地域である。

【活断層活動度】

鳥取県西部地震周辺地域では、高浜・大飯発電所周辺地域に比べて活断層の活動度が低く、ひずみ速度が小さい地域である。

➤近年の地震活動については両地域で大きな違いは認められなかったが、活断層の分布や活動度から見ると、活断層が未成熟とされている鳥取県西部地震周辺地域に比べ、高浜・大飯発電所周辺地域は活断層密度、活動度が高く、活断層が成熟している地域と考えられ、両地域では大きな違いが認められる。



高浜・大飯発電所周辺地域は活断層が成熟しており震源が特定しにくい地域ではないことから、

鳥取県西部地震は観測記録収集対象外とする。