

岡村 眞（おかむら まこと）

現職：高知大学名誉教授、
高知大学防災推進センター客員教授
専門分野：地震地質学、巨大地震予測研究

経歴：
昭和24年（1949年）2月5日 佐賀県生まれ
昭和47年 3月 鹿児島大学理学部地学科卒業
昭和49年 3月 東北大学大学院理学研究科
修士課程修了（理学修士）
昭和51年12月 東北大学大学院理学研究科
博士課程退学
昭和52年 1月 熊本大学助手教育学部
昭和54年10月 高知大学助手理学部
平成 2年 2月 理学博士（東北大学）
平成 6年 4月 高知大学教授理学部
平成24年 4月 高知大学名誉教授
高知大学総合研究センター
防災部門特任教授
平成30年 4月 高知大学防災推進センター
客員教授

外部委員経歴：
内閣府中央防災会議「東北地方太平洋沖地震を
教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会」
委員、内閣府「南海トラフの巨大地震モデル検討
有識者会議」委員、原子力規制委員会原子力規
制庁有識者（海底活断層）、文科省委託「南海ト
ラフ巨大地震連動性評価研究」研究推進委員会
委員、国土交通省高知空港港湾事務所「南海地
震津波検討委員会」委員、高知県南海トラフ地
震対策推進本部アドバイザー、高知市南海地震
対応アドバイザー、福岡県、熊本県、長崎県、大
分県、福岡市、広島市などの活断層検討委員会
委員、高知県南海地震条例づくり検討会会長、
高知県南海地震長期浸水対策検討会委員など

受賞歴：
平成25年 日本地質学会表彰
平成29年 高新大賞受賞

現在の地震の科学の現状

中央構造線と伊方原発

将来の震源断層を「把握」できるか

具体的な基準地震動策定の問題点

個々のパラメータの過小評価

(1) 断層との距離

(2) 断層の傾斜角

スケーリング則の問題

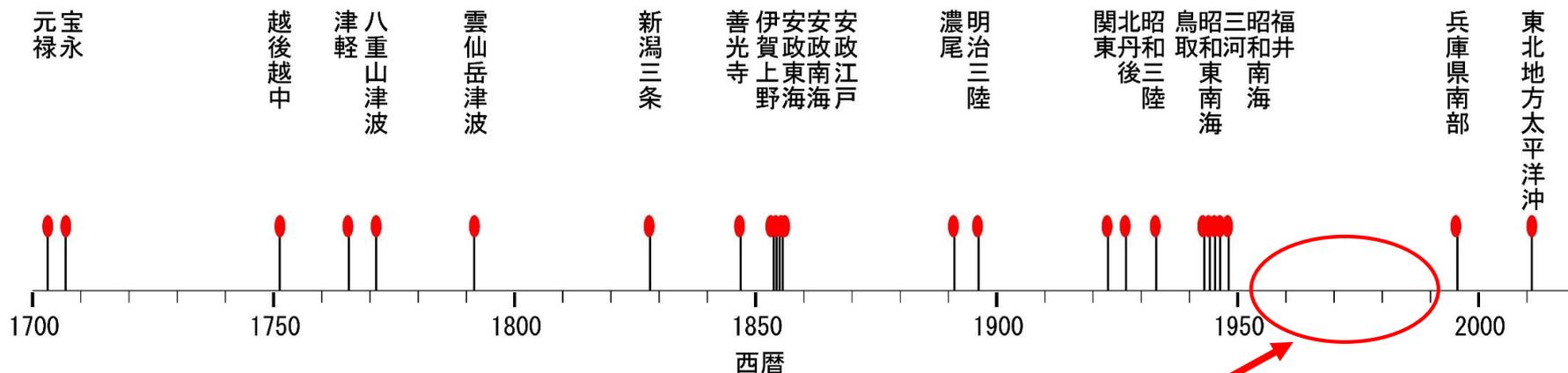
650ガルは妥当か

松山地裁決定の問題点

2018年6月5日 岡村 眞

現在の地震の科学の現状

過去約300年間に国内で、死者1000人以上の被害をもたらした地震（データ理科年表より）



現在の社会も、原発も、
戦後の「地震空白期間」につくられた

- ・1995年 兵庫県南部地震 → 活断層が社会的に認知される
→ 全国に強震計ネットワークが構築される

2004年12月14日 北海道留萌支庁南部の地震(M6.1) 1127 gal (E-W成分)
2008年6月14日 岩手・宮城内陸地震(M7.2) 4022 gal (3成分合成)

このような強い揺れは、
強震計ネットワークによりはじめて明らかにされた。

2016年4月14日 熊本地震(M6.5) 1580 gal
4月16日 熊本地震(M7.3) 1362 gal
6月16日 内浦湾の地震(M5.3) 976 gal
10月21日 鳥取県中部の地震(M6.6) 1494 gal (いずれも3成分合成)

1000 gal は、もはや珍しいことではない

被害地震はすべて「想定外」といわれた
地震がおこるたびに新しい事実を知る

1891年 濃尾地震(M8.0)

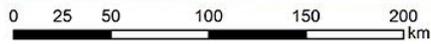
国内で発生した最大の、活断層による地震



根尾谷断層
(Koto, 1893)

M8クラスの活断層の地震は、妄想ではなく歴史的事実。

しかし、私たちはこの地震の揺れをまだ知らない。



中央構造線と伊方原発

— 活断層 (陸域活断層: 中田・今泉 編、2002
— 推定活断層 (活断層詳細デジタルマップ)
(海域活断層は伊予灘・別府湾のみ)

○ 南海トラフ地震の想定震源域
(中央防災会議、2011)

● 2016年4月14-21日の震源
(気象庁一元化震源データ)

2000/10/6
鳥取県西部地震

1995/1/17
兵庫県南部地震

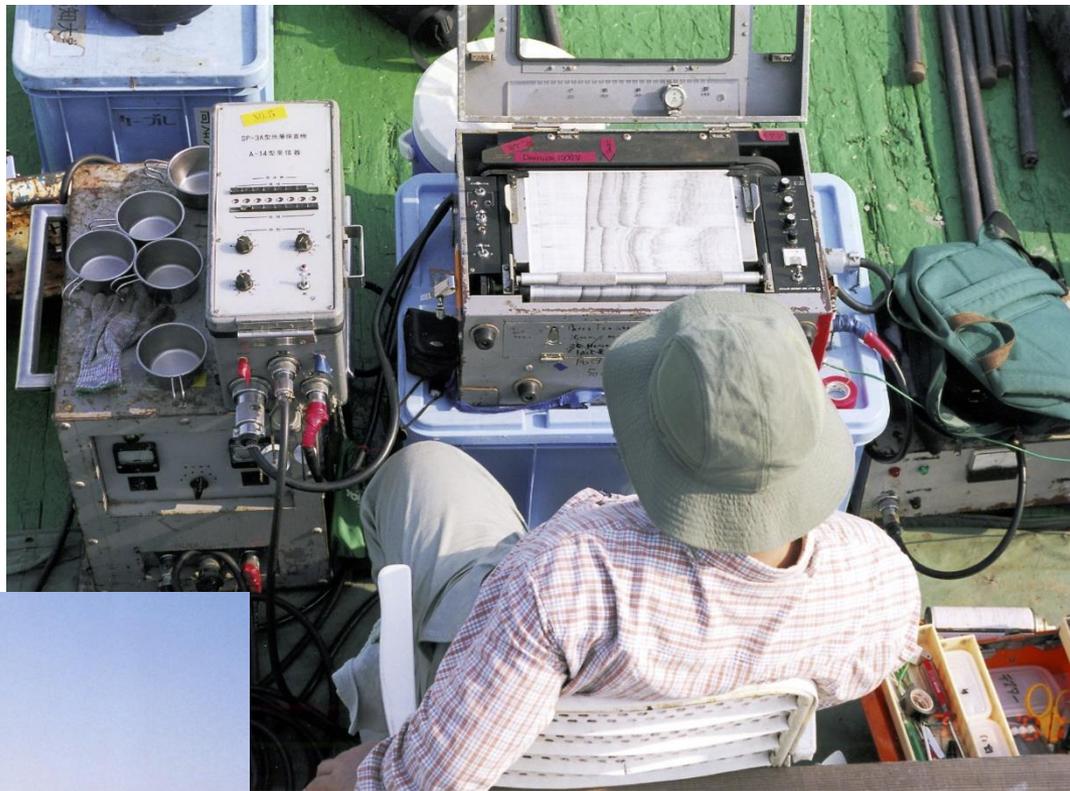
2005/3/20
福岡県西方沖の地震

2016/4/16
熊本地震

伊予灘
別府湾

海底活断層の音波探査

(音波探査の漁船
1994年7月 伊予灘、郡中港)



(音波探査機器 別府湾)



コンパクトな機材で
漁船を使用して調査可能

伊予灘の海底活断層分布図

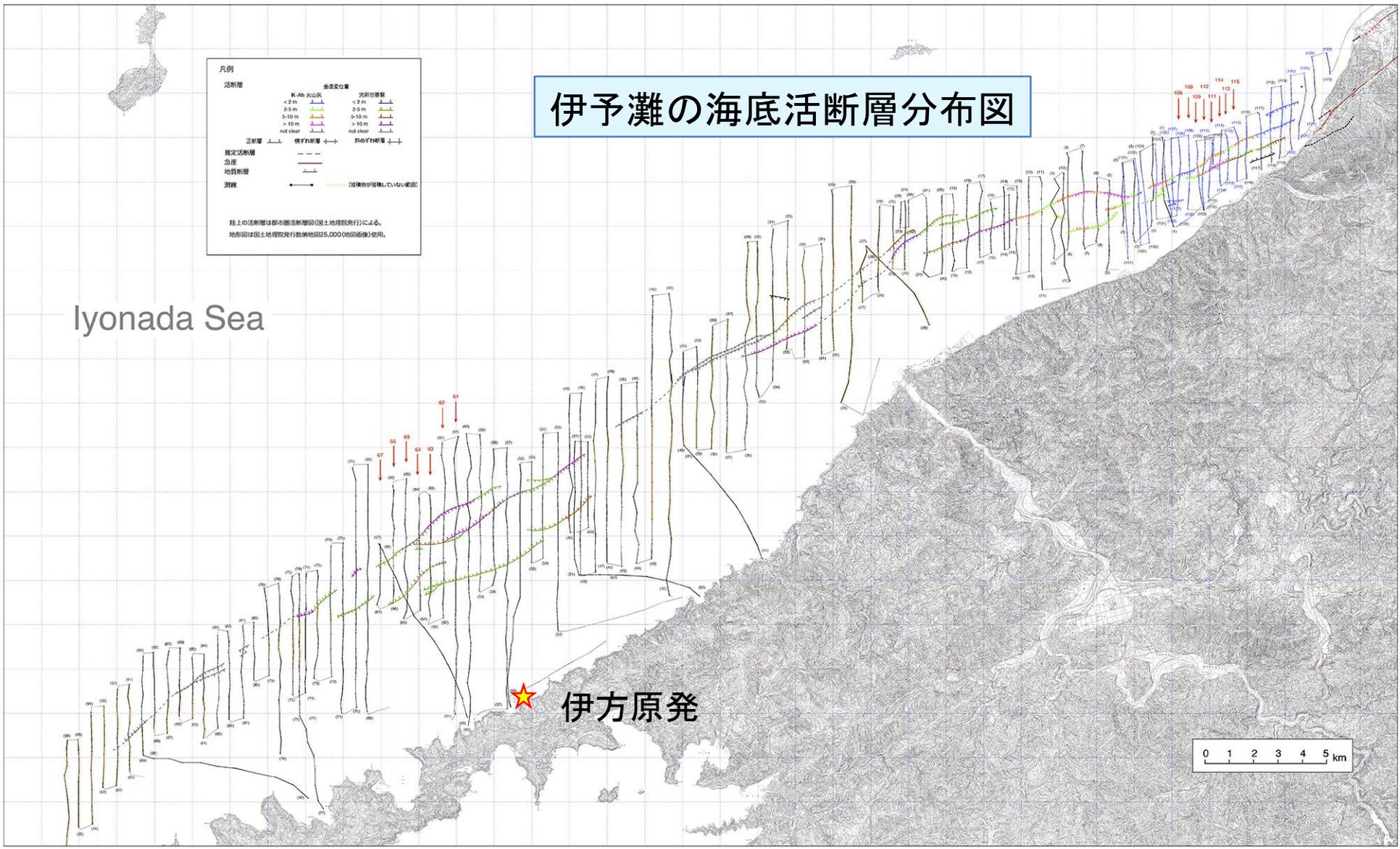
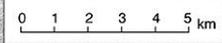
凡例

活断層	赤湯灰の層 K-Ah 火山灰 <2 m 2-5 m 5-10 m >10 m not clear	活断層の向き 活断層の向き 活断層の向き 活断層の向き 活断層の向き
正断層	↘	↙
逆断層	↙	↘
急崖	—	—
地質断層	—	—
選線	—	—

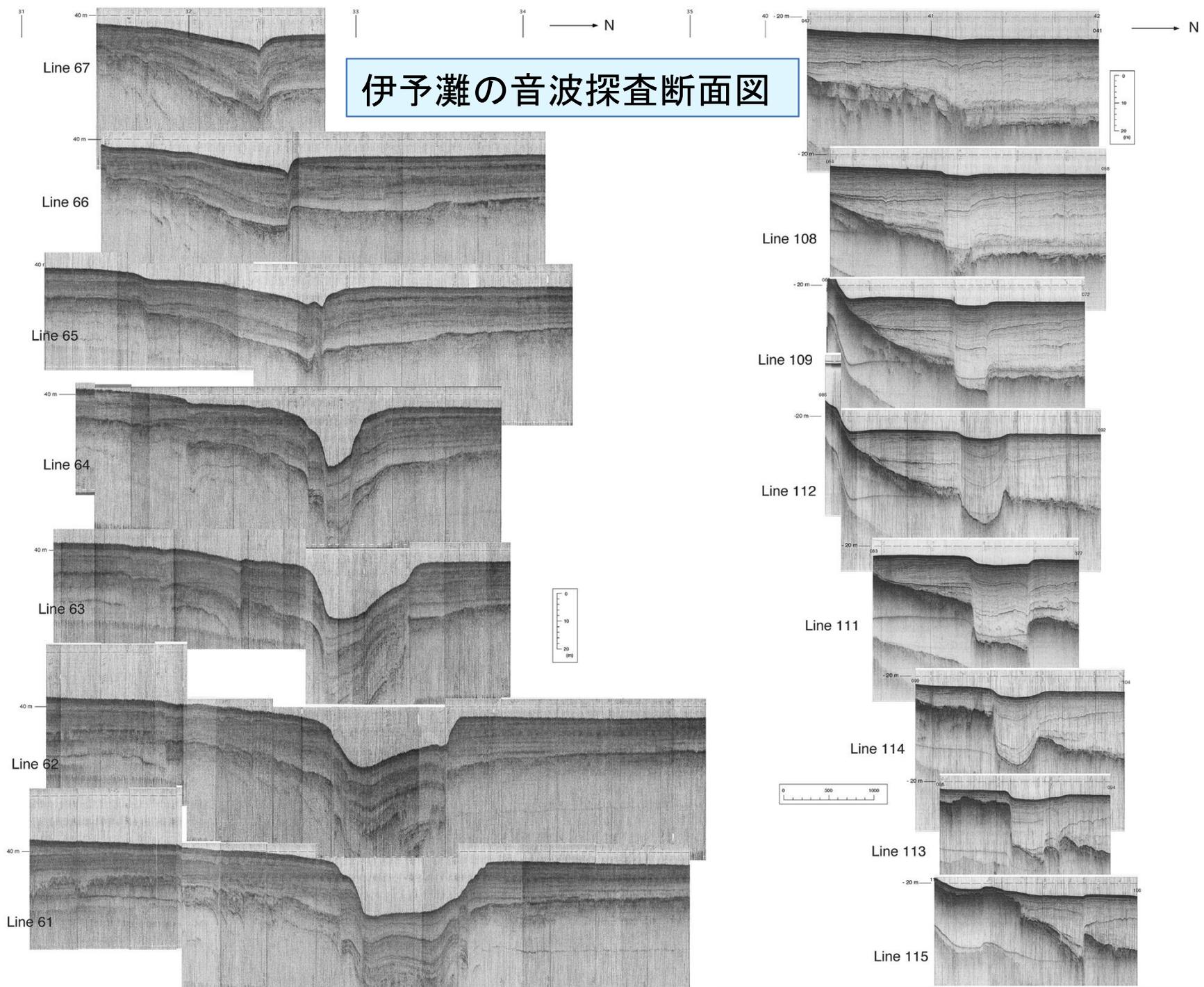
段上の活断層は都市圏活断層図(国土地理院発行)による。
地形図は国土地理院発行数値地形図25,000(地形画像)使用。

Iyonada Sea

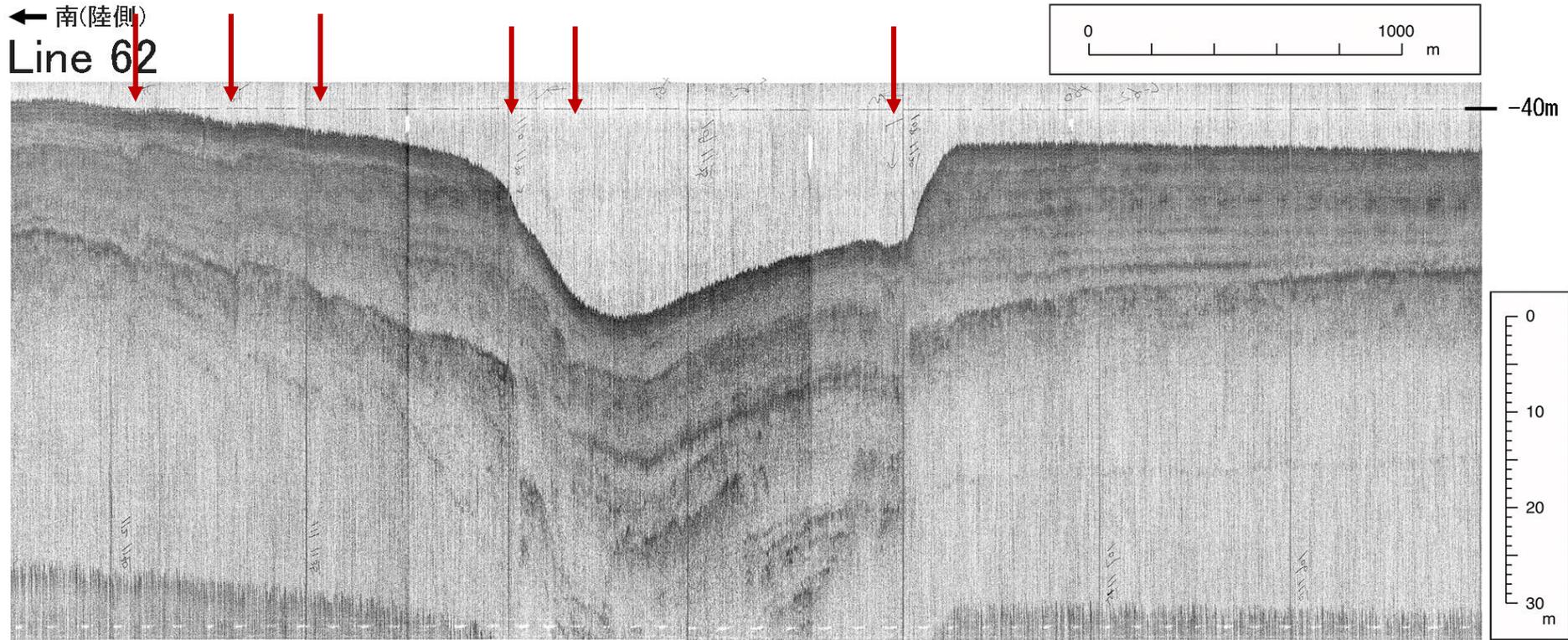
★ 伊方原発



伊予灘の音波探査断面図



伊方原発付近の音波探査断面図



海底の音波探査は1970年代から活発に行われたが、当時は活断層という認識が低く、また主流だったスパーカー方式では活断層を見分けるのは困難だった。海底活断層の調査が進むのは1980年頃からである。

1986年には国土地理院が周防灘、私たちが別府湾でのSP-3探査機を用いた鮮明な海底活断層の調査結果を「活断層研究」に発表した。

四国陸上と別府湾が活断層であれば、伊予灘も活断層である可能性はかなり高い。SP-3探査機は特別な機器ではなく、四国電力が調査を行うことは容易であったはずである。

しかし、四国電力は敷地前の断層は1万年間動いた形跡がない(活断層ではない)として、1986年(昭和61年)5月26日、ランクの低い耐震設計で伊方3号炉の設置変更許可を得た。

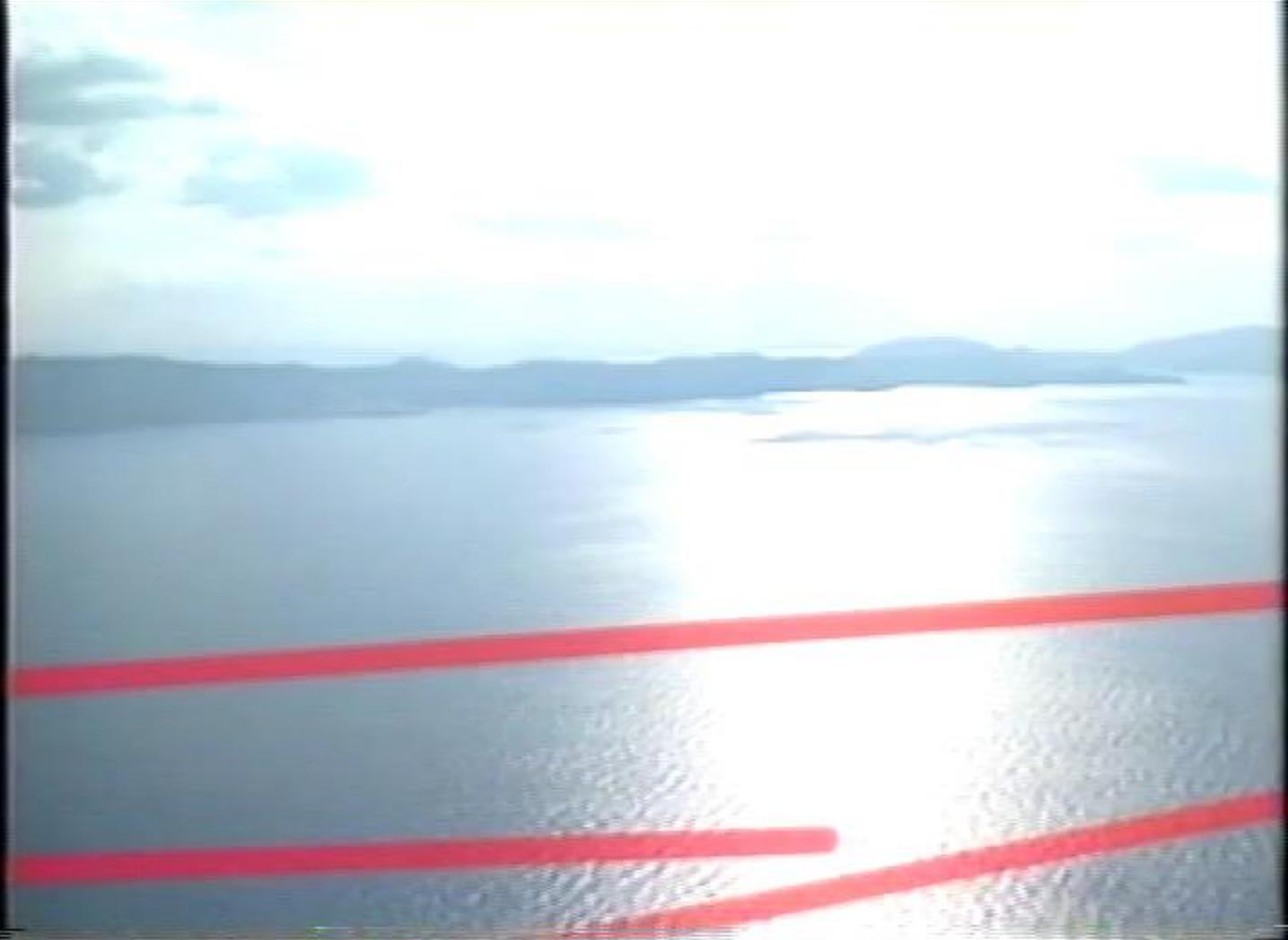
私たちは伊予灘北東部の断層が活断層であることを1990年に「活断層研究」(堤 他、1990)、1992年に「地質学論集」(小川 他、1992)で報告し、1996年には敷地前の断層群が活断層であることを「えひめ雑誌」で明らかにした。四国電力はそれでも敷地前断層群が活断層であることを認めようとはしなかった(少なくとも1997年1月までは)。

その四国電力が、今日においては「中央構造線断層帯の性状を十分に把握した上で、地震に伴う地震動を評価している」と主張することに、強い疑問を感じる。

四国電力は、敷地前断層群が活断層であることについて、事実を知ろうとする努力、あるいは明らかにしようとする努力(もしくはその両方)を怠ったことは、歴史的事実である。

いずれにしても、敷地前断層群は活断層ではないとされて、伊方原発は建造された。

認められなかった海底活断層



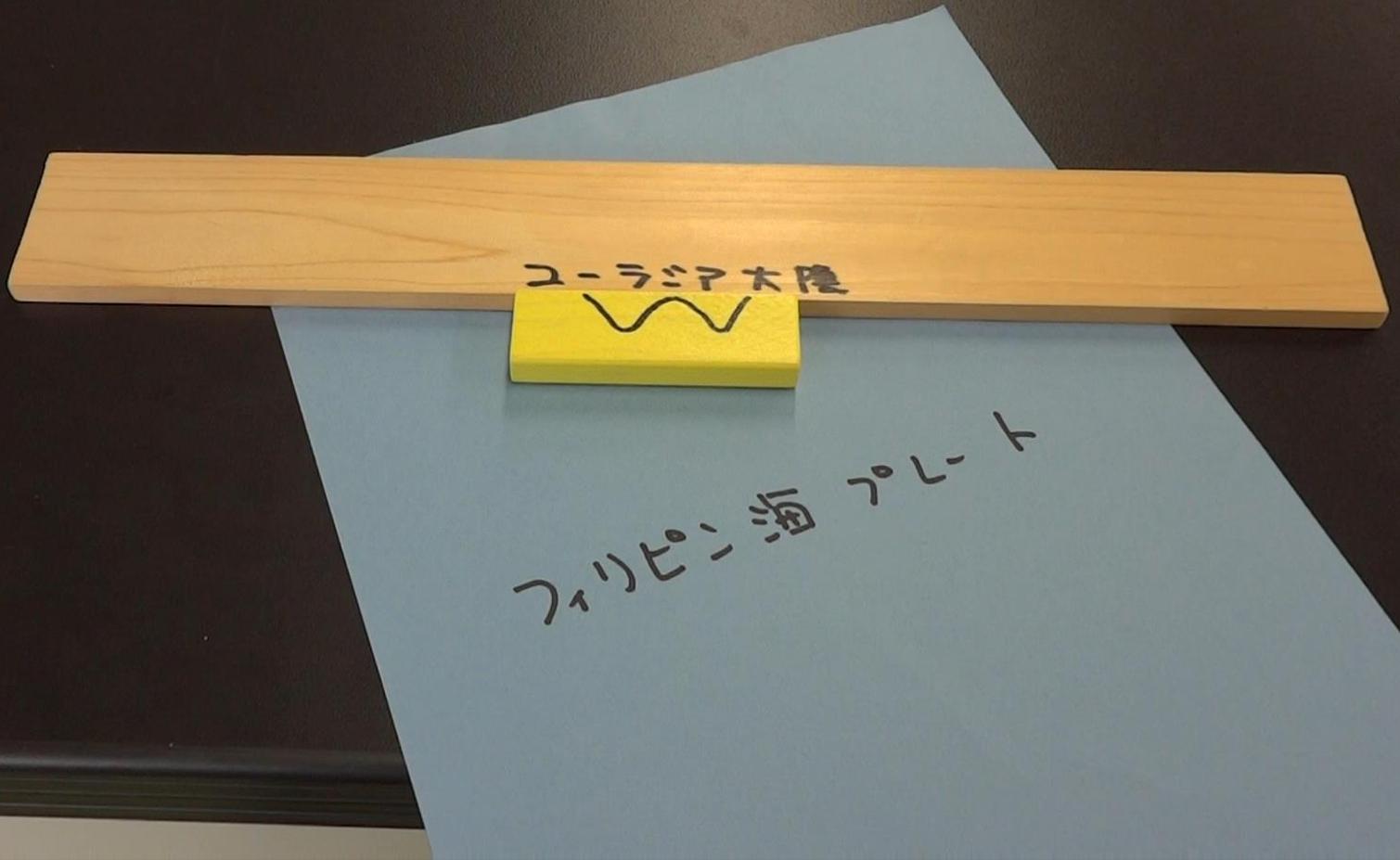
1997年1月12日放送 TBS 製作
報道特別番組 日本列島の活断層 一阪神大震災から2年一

日本列島周辺の プレート分布図



日本列島周辺のプレート分布図





フィリピン海プレートの斜め沈み込みにともなう、中央構造線の横ずれ運動

歴史的事実：16世紀末に別府湾と六甲が連動して活動した。
四国も同時期に活動したと考えられている。

慶長伏見地震
1596年9月5日
有馬-高槻断層帯もしくは
六甲-淡路島断層帯

慶長豊後地震
1596年9月1日(4日?)
別府湾-日出生断層帯

9月5日? 16世紀以降に活動?

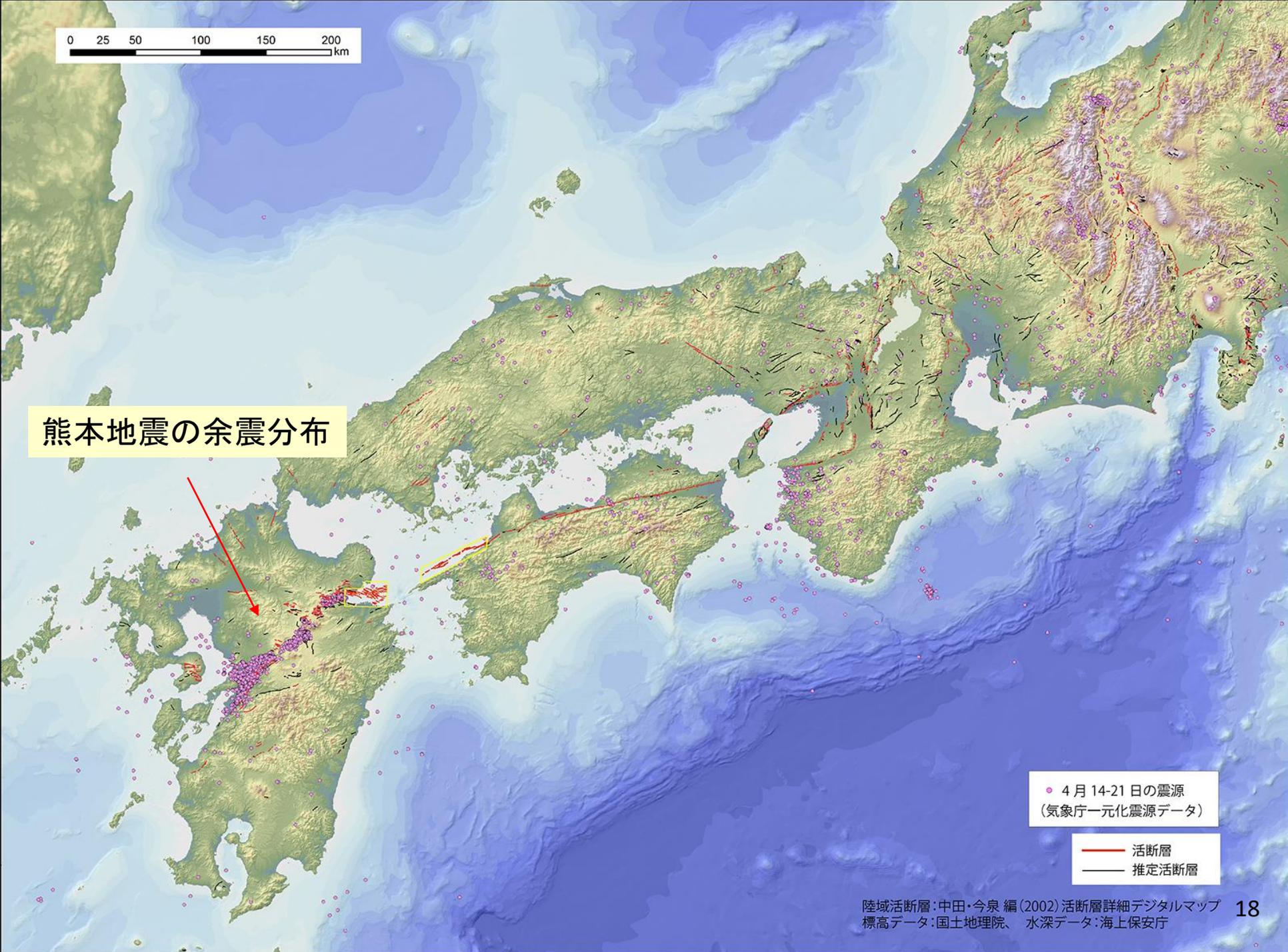
慶長伊予地震?
1596年9月1日?4日?

伊方原発は、近畿から九州に延びる大きな活構造線
に位置していることは否定できない。

— 活断層
— 推定活断層

0 25 50 100 150 200 km

熊本地震の余震分布



● 4月14-21日の震源
(気象庁一元化震源データ)

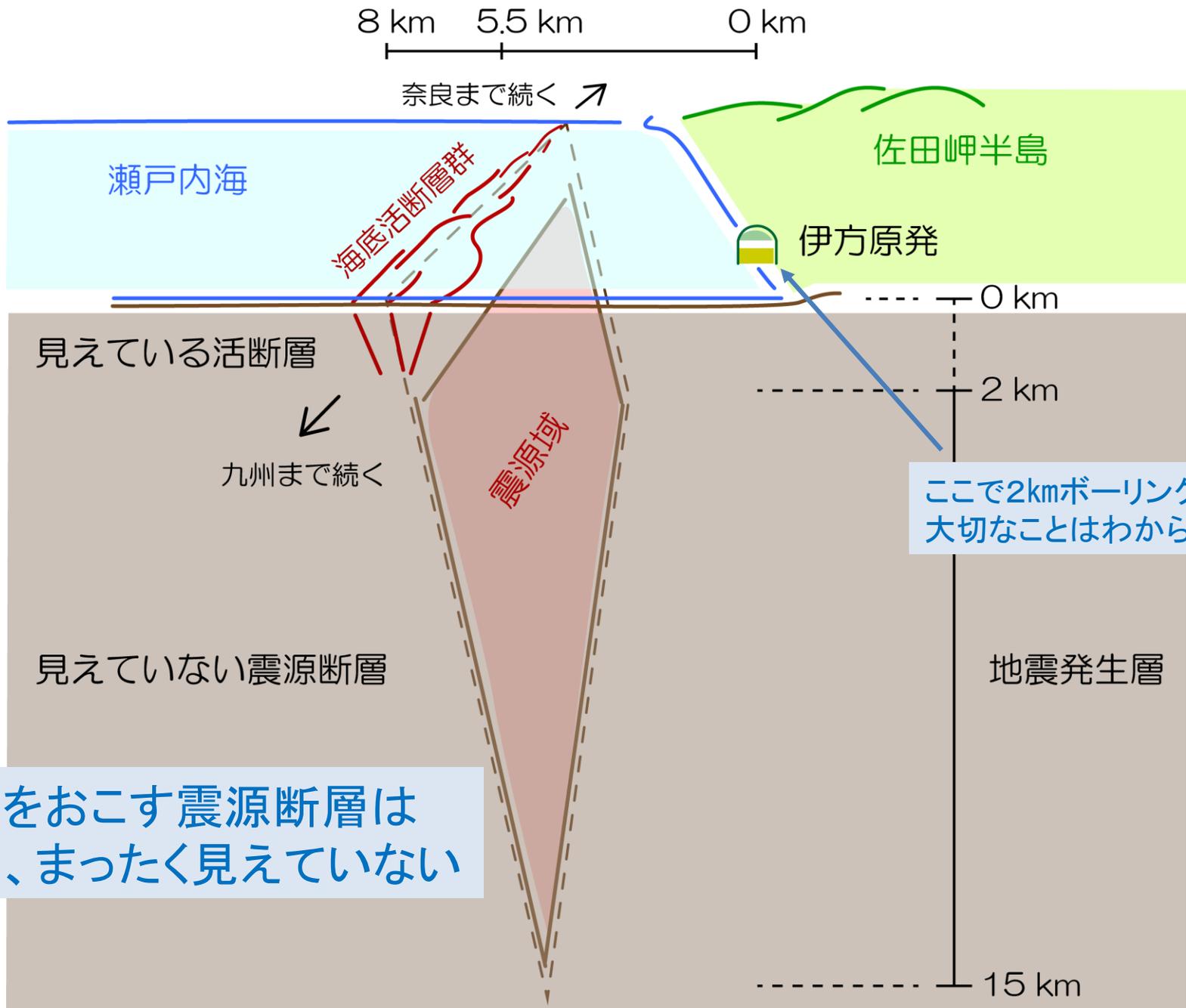
— 活断層
— 推定活断層

将来の震源断層は「把握」できるか

四国電力は、「中央構造線断層帯の性状を十分に把握した上で、中央構造線断層帯による地震に伴う地震動を評価している」旨主張している。

しかし、伊方沖の海底活断層はいわば地震のしっぽに過ぎない。実際に地震を発生させる地下深くの震源断層は、これまでの調査で一度も確認できていない。さらに、その震源断層がどのような広がりを持ち、どのような地震動を生むのか、現在の科学の力では今後発生する地震を正確に予測することは不可能である。

兵庫県南部地震においても、淡路島の野島断層は活断層として研究者には知られていたが、それが神戸市街地の地下まで連続した震源断層となることは誰も想定していなかった。



主要な被害地震の活断層の事前認定状況

- 1995年兵庫県南部地震 (M7.3) 野島断層ほか15km活断層→50kmの震源断層
- 2000年鳥取県西部地震 (M7.3) 未発見
- 2004年新潟県中越地震 (M6.8) 未発見 (出現せず)
- 2005年福岡県西方沖の地震 (M7.0) 未発見 (出現せず)
- 2007年能登半島地震 (M6.9) 海底活断層15km→25kmの震源断層
- 2007年新潟県中越沖地震 (M6.8) F-B断層? (震源断層が特定できていない)
- 2008年岩手・宮城内陸地震 (M7.2) 未発見
- 2011年長野・新潟県境の地震 (M6.7) 未発見 (出現せず)
- 2011年福島県浜通りの地震 (M7.0) 井戸沢断層ほか15km→30kmの震源断層
- 2014年長野県北部の地震 (M6.7) 神城断層ほか50km→10-20kmの震源断層
- 2016年熊本地震 (M7.3) 布田川断層ほか25km→50kmの震源断層

既知の活断層が、そのままの位置と長さで
震源断層として活動したことはない

しかも、青字の神城断層を除いて、過小評価をしていたか、未知の断層だった

2007年新潟県中越沖地震(M6.8) 柏崎原発で記録された揺れ

東京電力はもちろん「詳細な調査」を行っていたが、
1号機と5号機の旧基準地震動は小さいだけでなく、同じだった。
こんなに大きく揺れることも、違うことも、地震後に始めて明らかに。

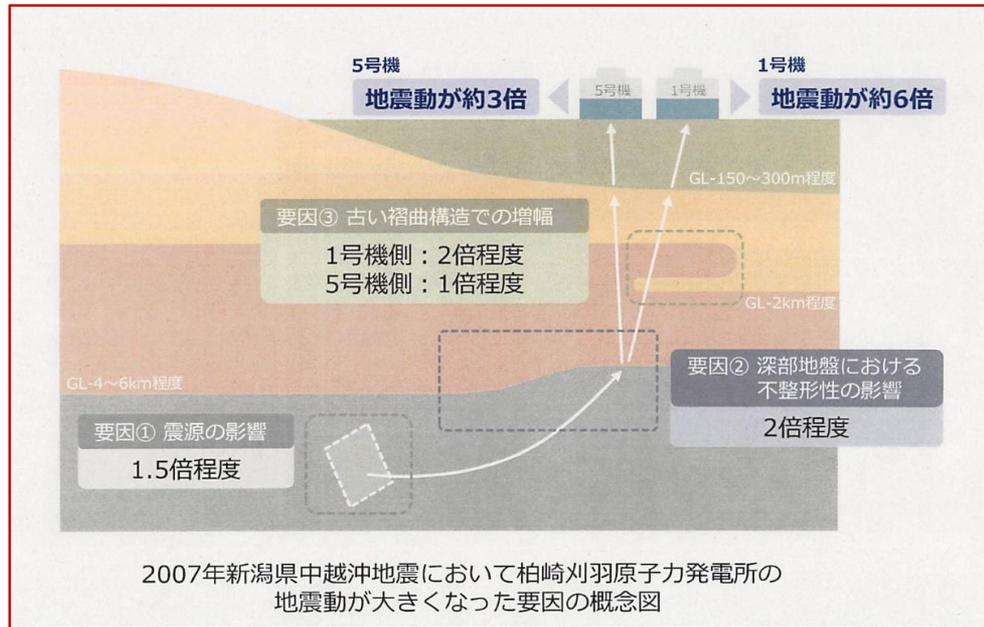
旧基準地震動S2 420ガル(1~7号機)

(実際は...)

5号機
766ガル

(解放基盤面)

基準地震動Ss
1209ガルへ
(5~7号機)



(実際は...)

1号機
1699ガル

(解放基盤面)

基準地震動Ss
2300ガルへ
(1~4号機)

(四国電力 乙第227号証より)

柏崎の事例から、地震を理解したなどと思っただけでなく、
わからないことが、よくわかっただけである。

0 5 10 20 30 40 50 km

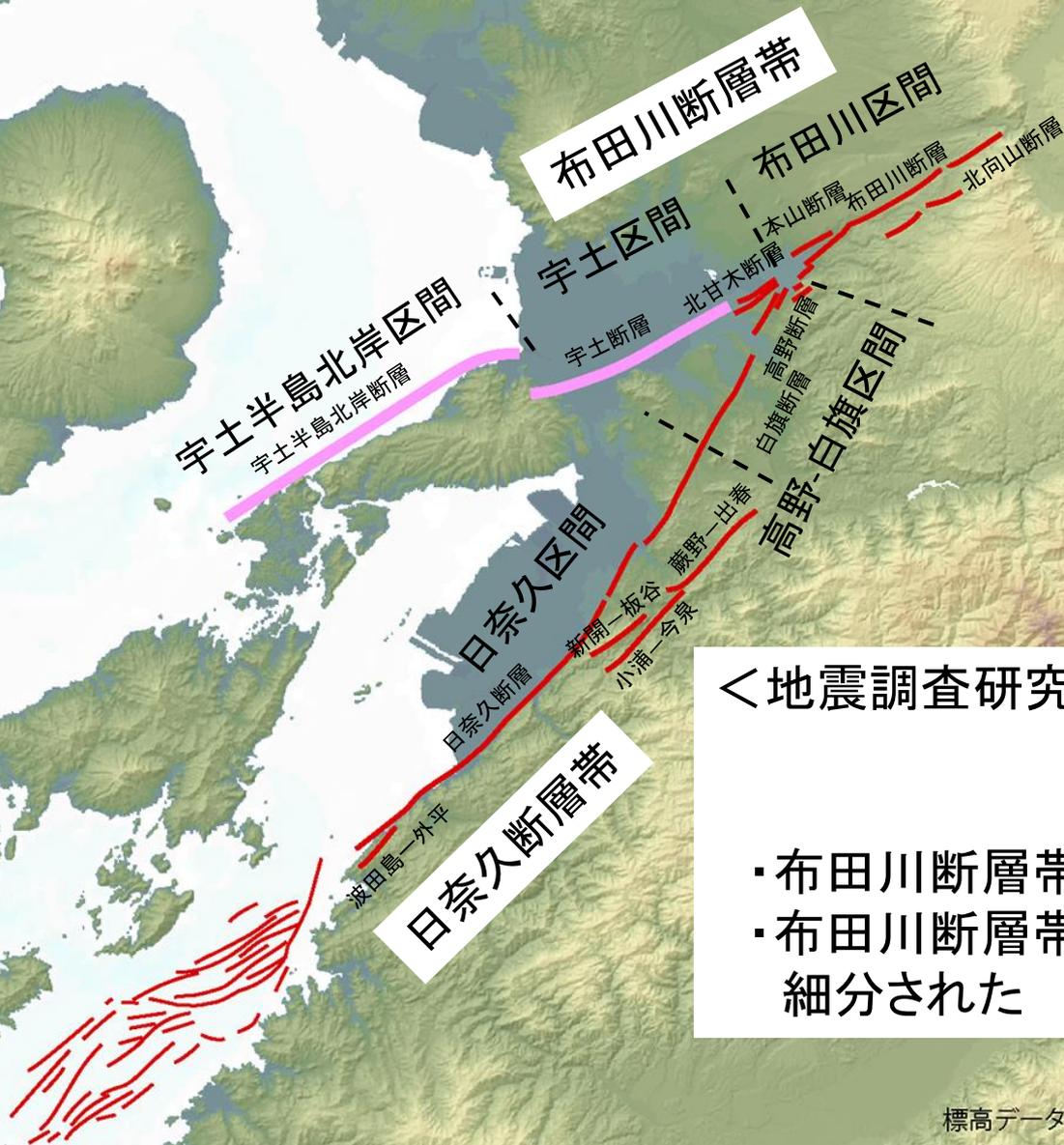
熊本地震と活断層

布田川・日奈久断層帯

〈地震調査研究推進本部(2002)
による断層分布〉

「布田川・日奈久断層帯」として評価された

0 5 10 20 30 40 50 km

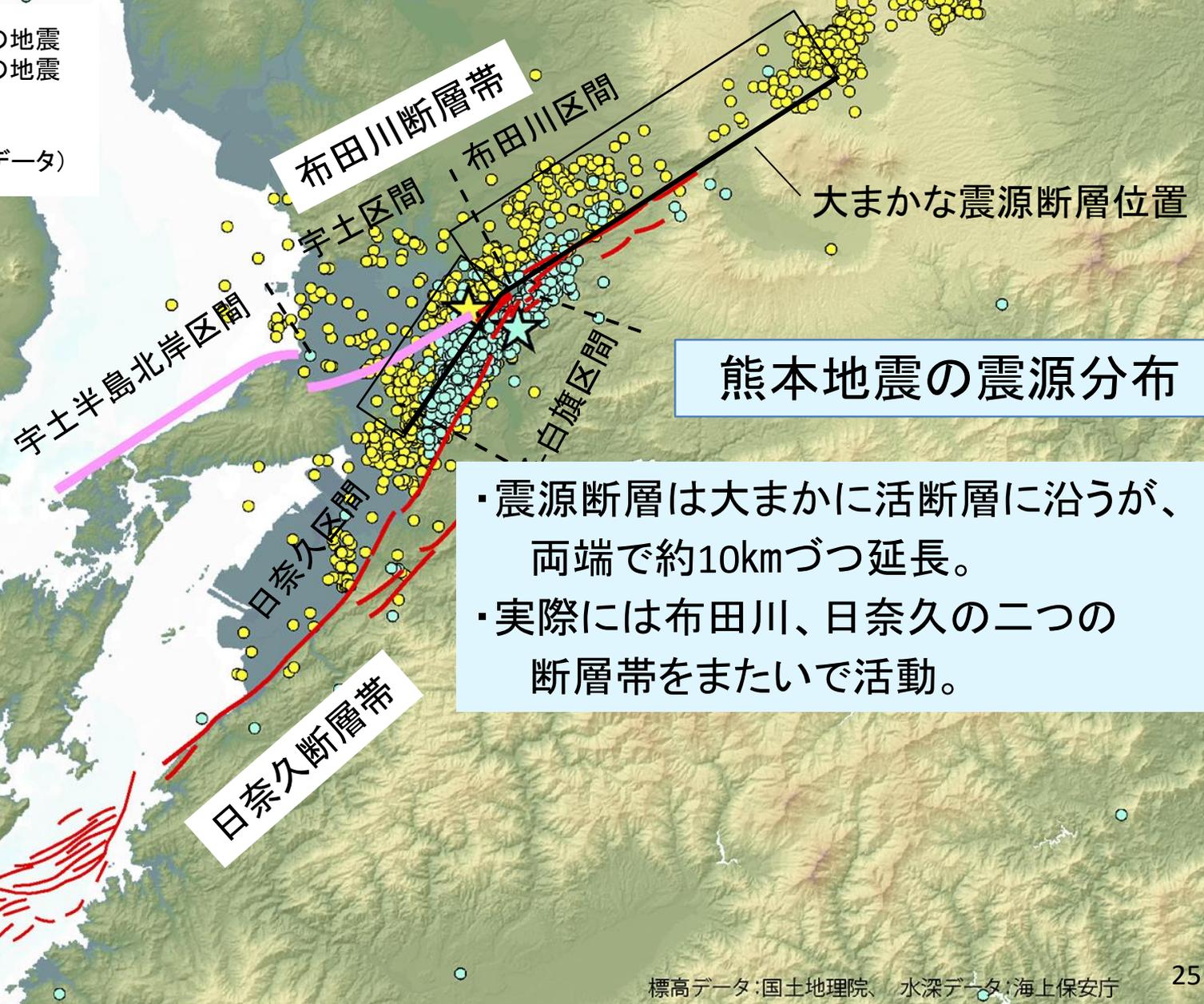


＜地震調査研究推進本部(2013)
による断層分布＞

- ・布田川断層帯と、日奈久断層帯に
- ・布田川断層帯はさらに、3つの区間に
細分された



- ★ 4月14日 M6.5の地震
 - ★ 4月16日 M7.3の地震
 - 4月14日～15日
 - 4月16日～18日
- (気象庁一元化震源データ)



熊本地震の震源分布

- ・震源断層は大まかに活断層に沿うが、両端で約10kmづつ延長。
- ・実際には布田川、日奈久の二つの断層帯をまたいで活動。



宇土半島北岸区間・宇土区間・布田川区間
布田川断層帯
日奈久断層帯

・さらに、南西ではなく、北東側に連動

- ★ 4月14日 M6.5の地震
 - ★ 4月16日 M7.3の地震
 - 4月14日～15日
 - 4月16日～18日
- (気象庁一元化震源データ)

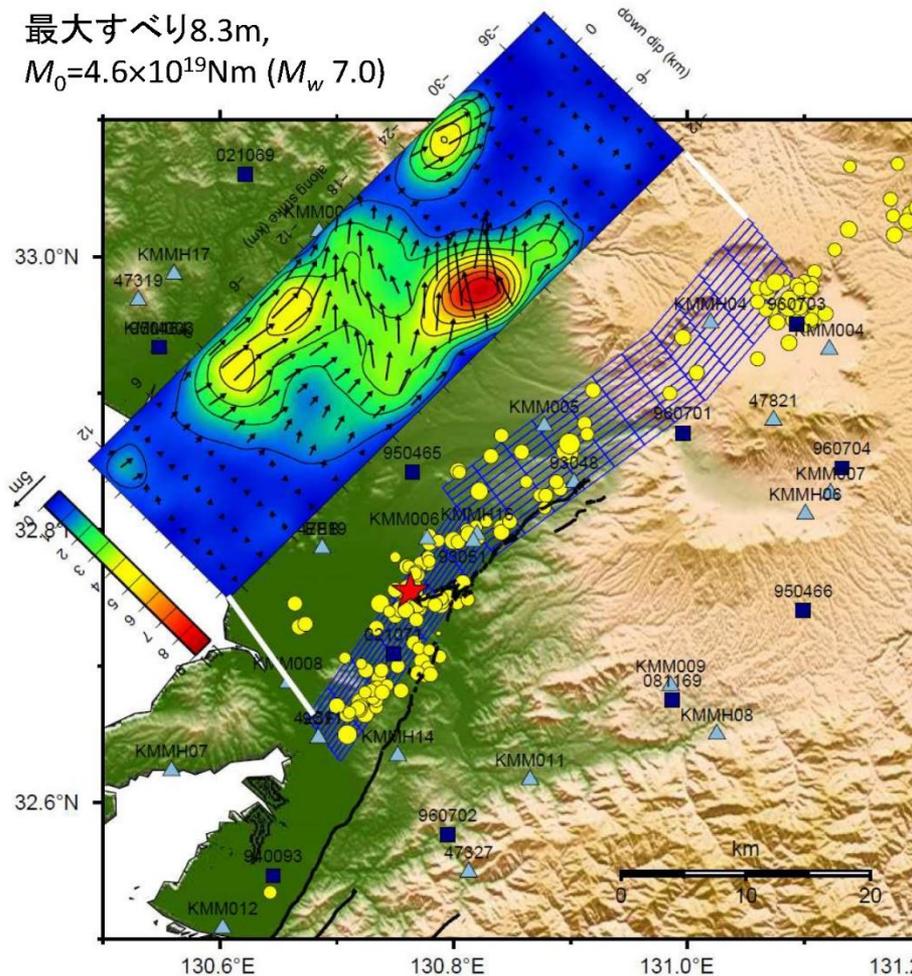
熊本地震においても、推本はこの断層帯をわざわざ布田川断層帯と日奈久断層帯の二つに、さらにそれぞれを細分していた。ところが熊本地震(本震)の震源断層は、この区分を無視し、二つの断層帯をまたいで活動した。震源断層は、布田川断層帯・布田川区間においては活断層の位置とほぼ一致したが、活断層の見つかっていなかった北東側へさらに10km以上延長し、南西側も推本の宇土区間と白旗区間の中間の活断層がないところに10km程度延長した。

次頁以降に、いくつかの熊本地震の震源断層モデルを示す。多くの研究者(研究機関)がモデルの発表を行うのは、地震を発生させた震源断層の位置、大きさ、すべり量分布等について、それぞれ異なった見解を持つからである。正確に計測可能であれば、震度や震源のように気象庁が発表し、研究対象とはならない。

地震後においてさえ、震源断層の正確な姿は、実はわからない

強震・遠地・測地データのジョイントインバージョン結果

最大すべり8.3m,
 $M_0=4.6 \times 10^{19} \text{Nm}$ (M_w 7.0)

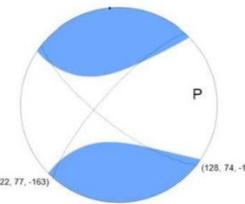


最終すべり量とそのベクトルの分布.

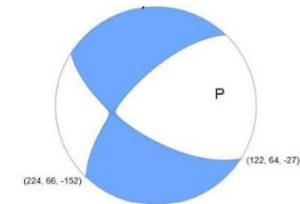
1. 大きなすべりは破壊開始点から阿蘇カルデラ入り口まで.
2. 特に大きなすべりは西原村付近の浅い部分.
3. 横ずれ成分だけでなく、かなりの正断層成分を持つ.
4. そのため、断層直交方向ではなく、斜交する方向の東西成分が大きな揺れとなった.

かなりの正断層成分を持つことは

1. GCMTやUSGSのCMT解
2. 地表地震断層の一部
3. 余震メカニズムの一部と整合的である.



GCMT



USGS W phase 9

(平成28年5月13日 地震調査研究推進本部地震調査委員会「平成28年熊本地震の評価」より、東京大学地震研究所提出資料、瀨瀬一起・小林広明・三宅弘恵)

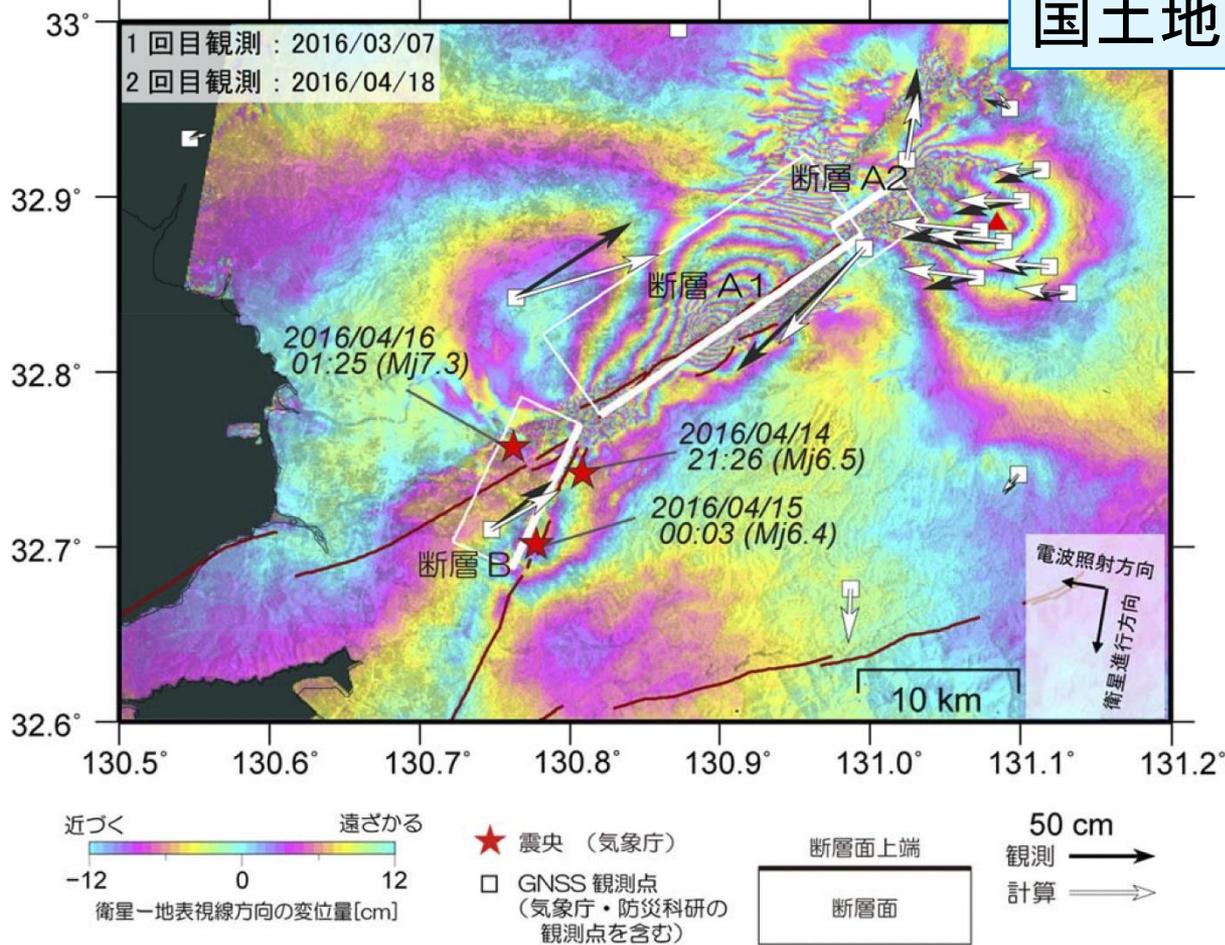


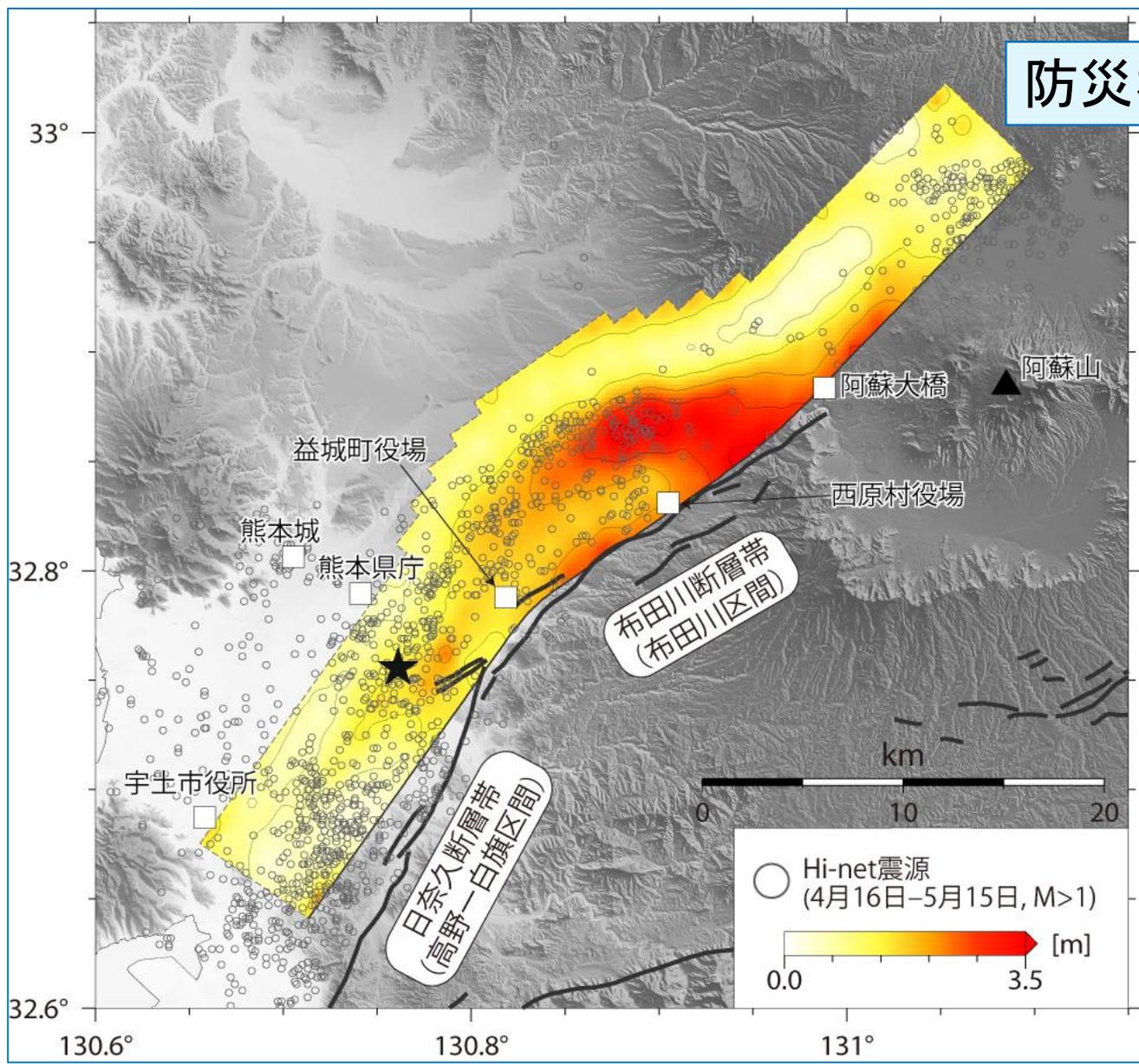
図1 干渉 SAR (観測値) と GNSS(観測値・計算値)

	経度	緯度	上端深さ	長さ	幅	走向	傾斜	滑り角	滑り量	M _w
	[°]	[°]	[km]	[km]	[km]	[°]	[°]	[°]	[m]	
断層 A1	130.996	32.878	0.6	20.0	12.5	235	60	209	4.1	6.96
断層 A2	130.975	32.883	0.2	5.1	6.6	56	62	178	3.8	6.36
断層 B	130.807	32.770	0.8	10.2	13.0	205	72	176	2.7	6.65

※矩形断層 3 枚での推定結果。位置は断層の左上端を示す。

(平成28年5月13日
地震調査研究推進本部
地震調査委員会「平成28年
熊本地震の評価」より、
国土地理院提出資料)

防災科研の断層モデル

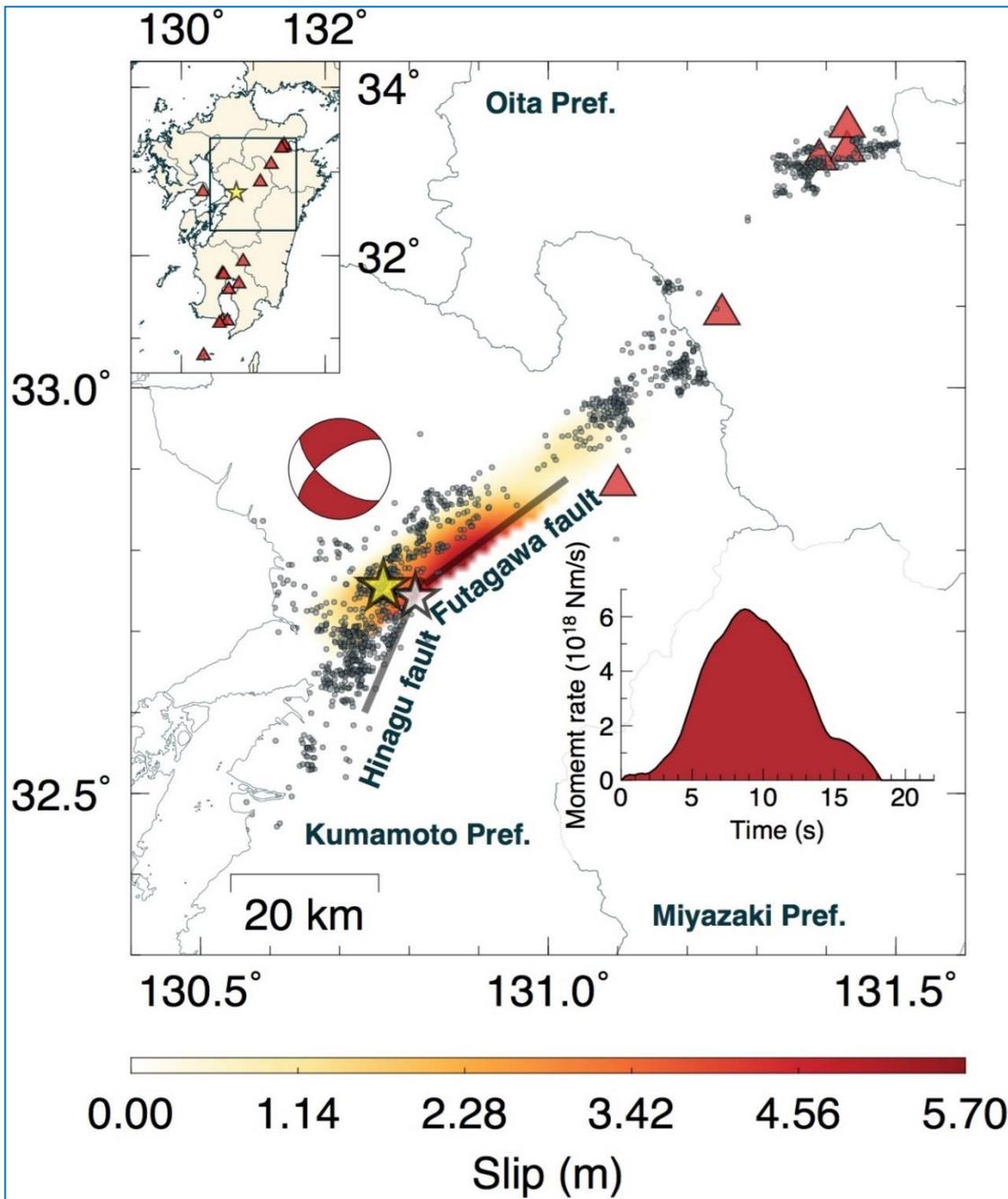


すべり分布の地表投影

最大すべり量 3.8m
地震モーメント
 $5.5 \times 10^{19} \text{Nm}$ (Mw 7.1)

(防災科研ホームページより 久保久彦、鈴木亘、青井真、防災科学技術研究所)
関口春子、京都大学防災研究所)

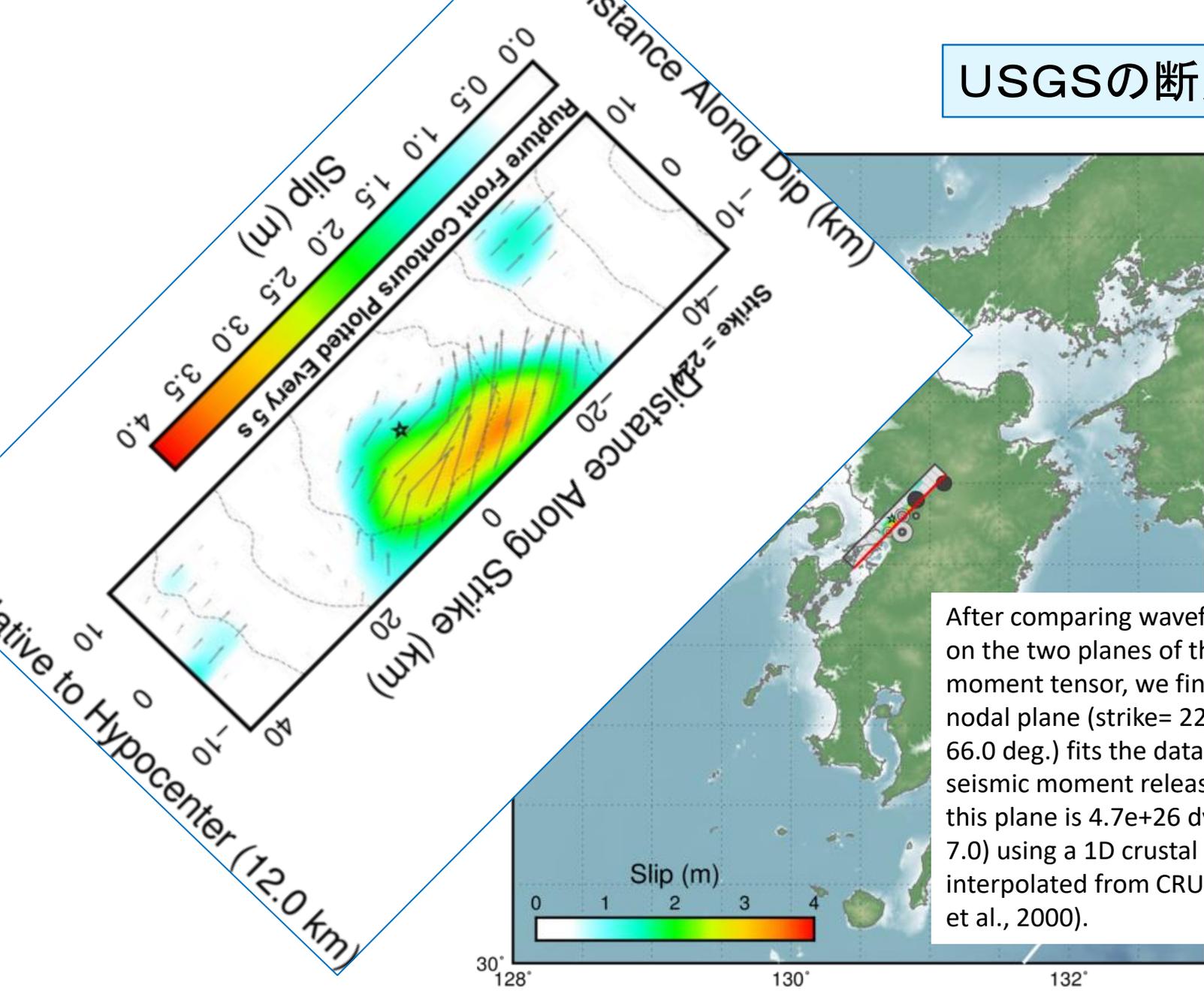
Yagi et al., (2016) の
断層モデル



strike, dip, rake :
 234° , 64° , -148°
 effective slip area : 40 x 15 km
 maximum slip : 5.7 m
 seismic moment :
 5.1×10^{19} Nm ($M_w = 7.1$)

(Yagi et al., 2016)

USGSの断層モデル



After comparing waveform fits based on the two planes of the input moment tensor, we find that the nodal plane (strike= 224.0 deg., dip= 66.0 deg.) fits the data better. The seismic moment release based upon this plane is 4.7×10^{26} dyne.cm ($M_w = 7.0$) using a 1D crustal model interpolated from CRUST2.0 (Bassin et al., 2000).

(USGS:アメリカ地質調査所ホームページより)

具体的な基準地震動策定の問題点

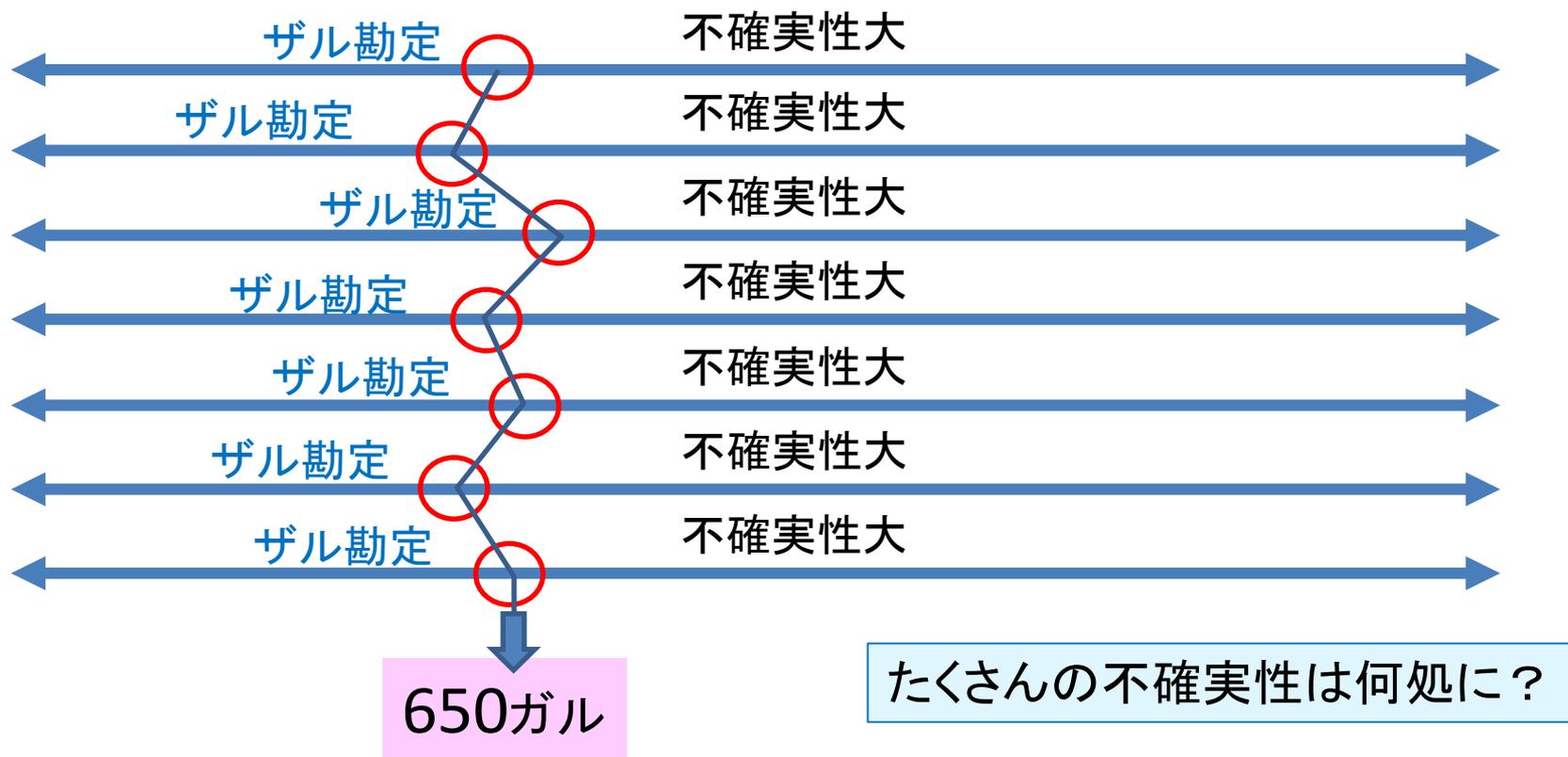
(1) 「基本ケース」を用いた過小評価の積み重ねと「あらゆる地震」の検討

地震を想定するためには、まず調査によって
断層の位置、長さ、幅、傾斜角、すべり方向を決める。
さらにその断層の
すべり量と地震モーメントを求める
強い地震波を発生させるアスペリティの位置と面積、
応力降下量を決めるだけでなく、
地盤の剛性率や、破壊伝搬方向、破壊伝搬速度等も想定する。

一見すると科学的なように見えるが、これらはほとんど地盤の中の出来事であり、すでに発生した地震でも正確な値を求めることは難しい。
また、地震は不均等な地盤における破壊運動なので、多様性が大きい。
従って、これらは不確実性の積み重ねでしかなく、**実際はザル勘定**である。

(1) 「基本ケース」を用いた過小評価の積み重ねと「あらゆる地震」の検討

四国電力の「基本ケース」は、これら多くのパラメーターについて、少しずつ厳しくない値を採用する。この過小評価の積み重ねにより、最終的な結果はかなり厳しくない値となる。これが「たくさんパラメーターマジック」である。



(1) 「基本ケース」を用いた過小評価の積み重ねと「あらゆる地震」の検討

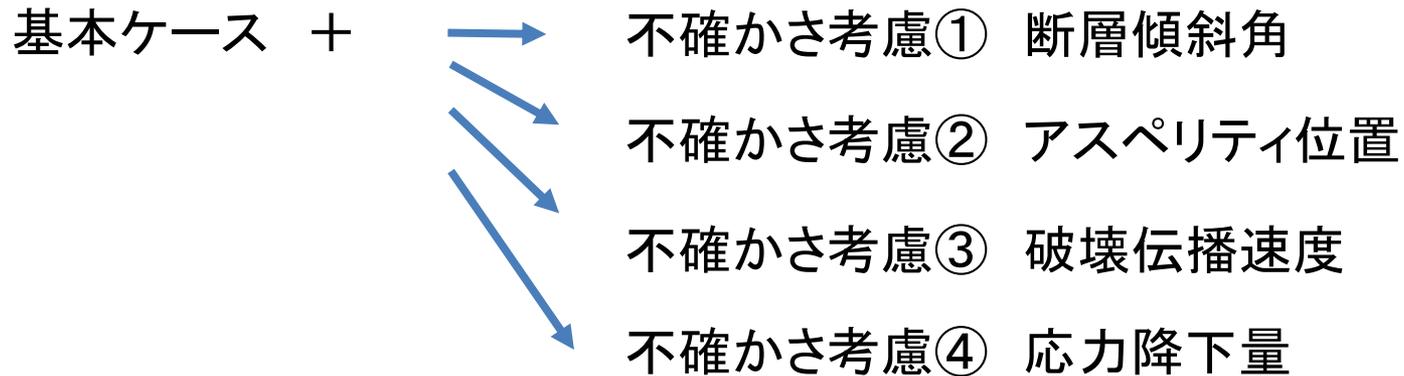
3. あらゆる地震を想定した設計

伊方発電所の耐震設計は、過去の地震や敷地周辺の活断層・地質等について詳細に調査を行い、考えられる最大の地震を想定し、設計の基準となる地震動(基準地震動)を決定しています。

(四国電力のホームページより http://www.yonden.co.jp/energy/atom/ikata/page_08.html)

しかし、実際には、少しずつ厳しくない値を集めた「基本ケース」を決め、いくつかのパラメータを、**ひとつずつだけ**を変化させて「不確かさの考慮」を行っているにすぎない。

(1) 「基本ケース」を用いた過小評価の積み重ねと「あらゆる地震」の検討



厳しい値をとっているパラメータはひとつだけ！

このような手法を、日本語で「あらゆる地震を想定した」とは言わない。
さらに、「考えられる最大の地震」に程遠いことは言うまでもない。

また、断層の位置(距離)、断層の幅、などは一切不確かさが考慮されていない。

(2)-1 個々のパラメータの過小評価 <断層との距離>

科学的で詳細な調査が行われても、地震波を発生させる震源断層は、実際はまったく見えていない。

地震波を発生させるのは、深さ約2kmよりも深い部分である。原発周辺で確認されているのは、表層付近の活断層(地震波を発生させない部分)と、地層境界としての中央構造線(過去の断層)だけである。従って、最も簡単に思える**原発と震源断層との距離さえ、実は正確にはわからない。**

四国電力は断層位置として、伊方沖の測線の解釈にもとづいた約8kmを採用している。肝心な震源断層は見えていないにもかかわらず、**伊方沖のみの測線の解釈を採用し、不確かさの確認もしていない。**

(2) -1 個々のパラメータの過小評価 <断層との距離>

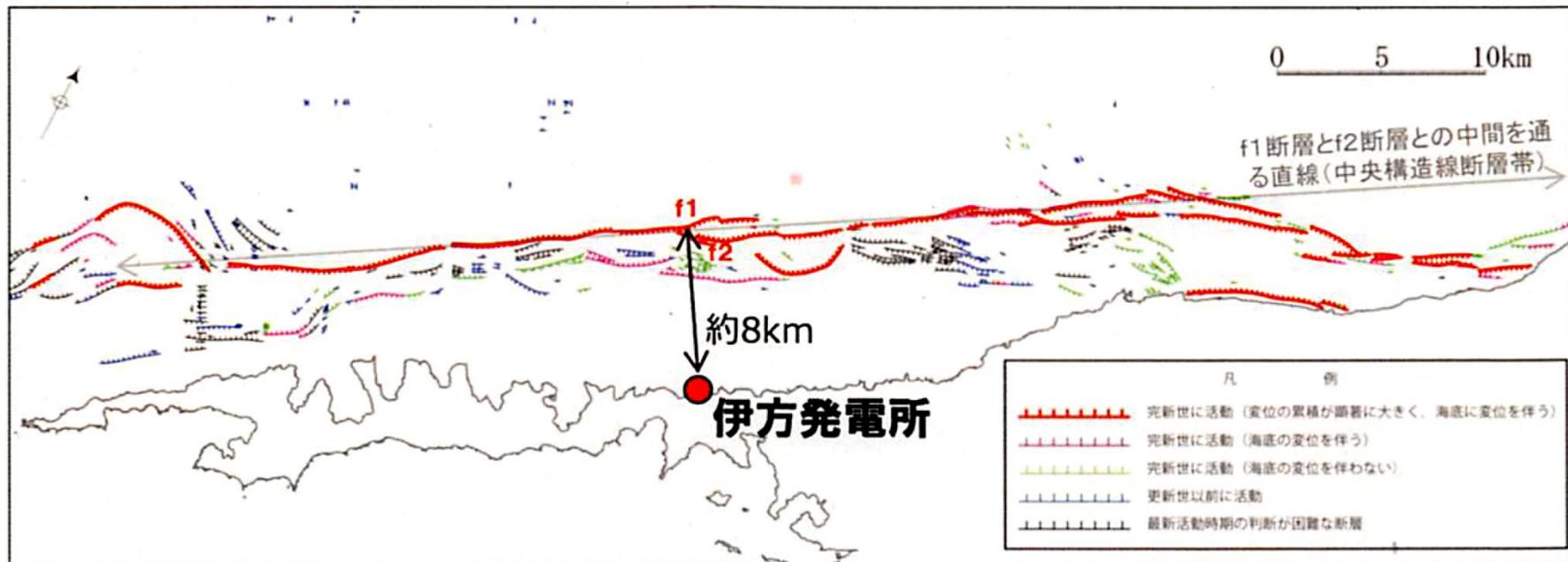


図9 中央構造線断層帯の震源断層の位置について

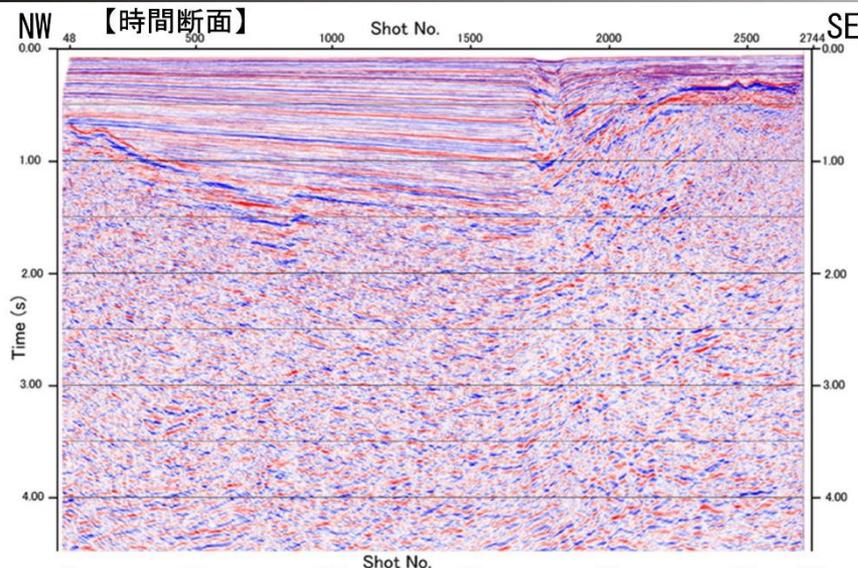
(四国電力 松山準備書面(17))

四国電力はf1とf2の中間点を震源断層の位置としている

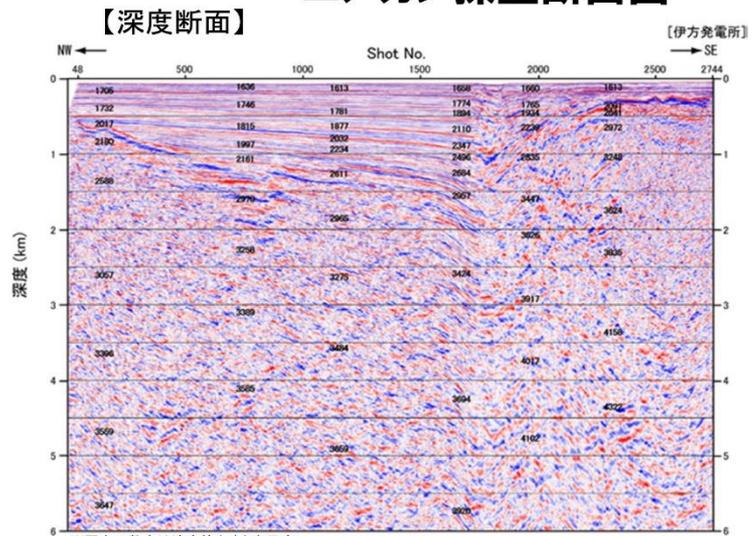
III. 中央構造線断層帯の評価

エアガンによる探査断面図③ <伊方沖>

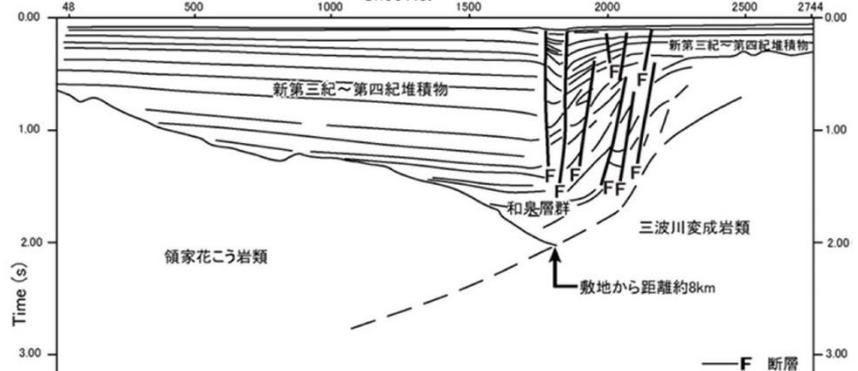
平成25年7月31日
審査会合資料再掲



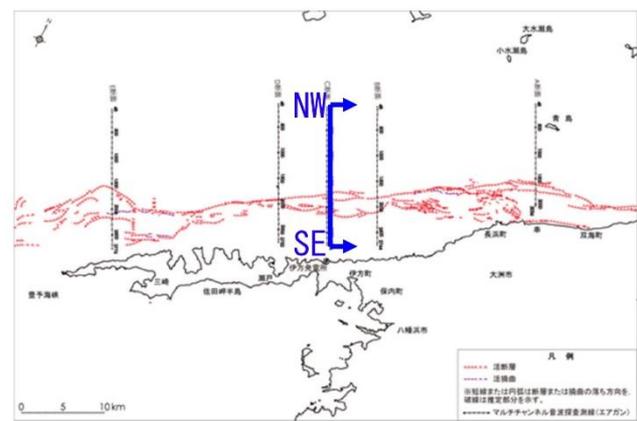
エアガン探査断面図



※図中の数字は速度値 (m/s) を示す。

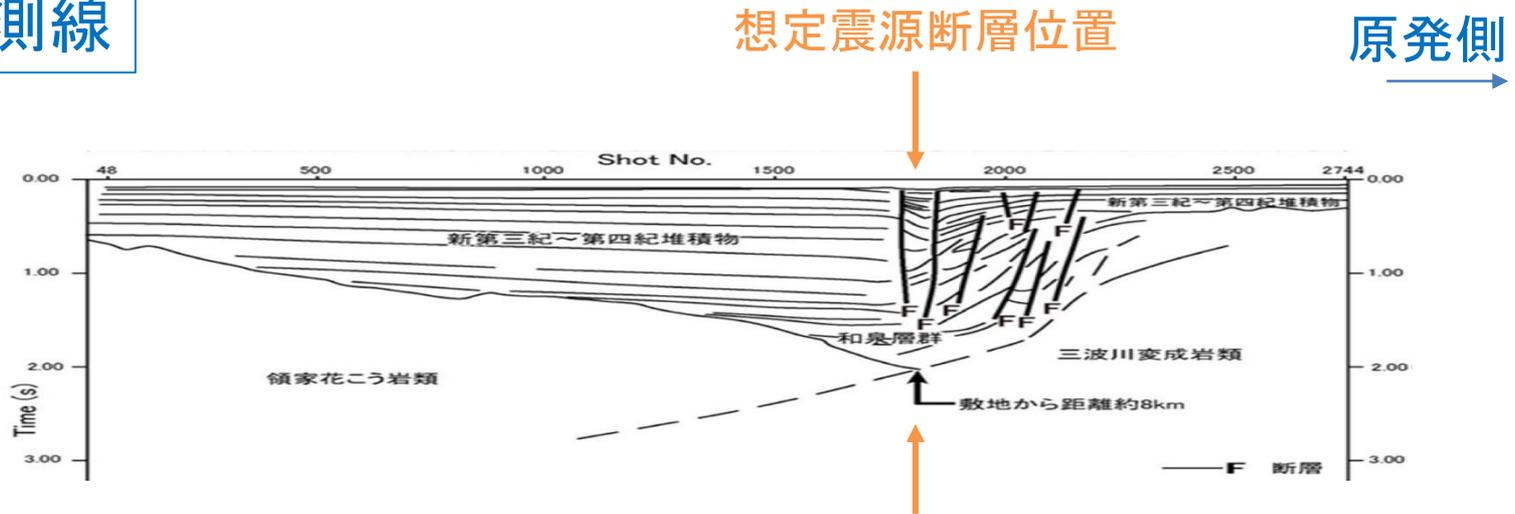


○地下浅部で幅を持って雁行配列する活断層はいずれも堆積層内で高角度であり，三波川変成岩類と領家花こう岩類の会合地点へ収斂する。



(2) -1 個々のパラメータの過小評価 <断層との距離>

伊方沖測線



(四国電力 H27年3月20日 資料3-3 P48 一部抜粋、縦横比改変、推定断層位置追加)

実際に近づけるために、縦横比を1/2にした。
活断層は領家花崗岩と三波川変成岩類の「会合点」に収れんするとされているが、この「会合点」の位置はあくまで解釈である。次頁に示した保安院によるほぼ同位置の調査の解釈図では、「会合点」は見えていない。

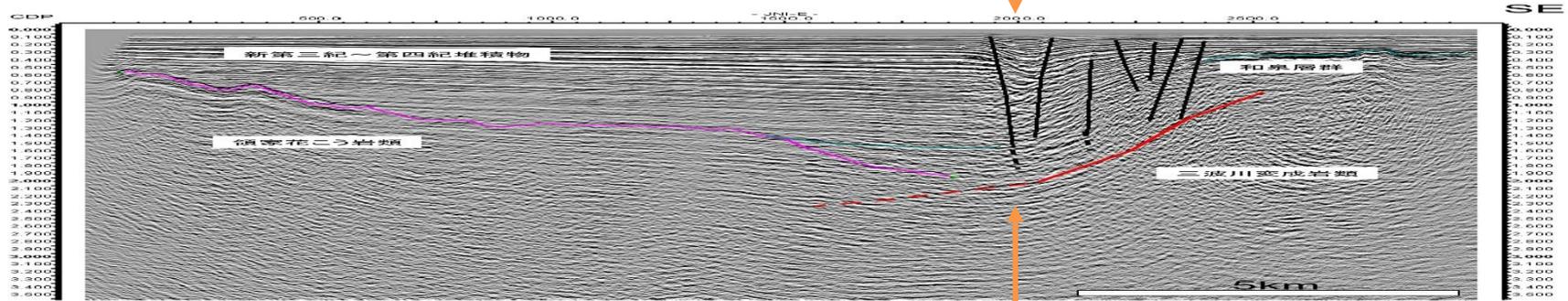
(2) -1 個々のパラメータの過小評価

<断層との距離>

保安院測線(伊方沖)

想定震源断層位置

原発側
→



(原子力安全・保安院 H21年11月6日原安委WG3第38 資料4 P10
一部抜粋、縦横比をほぼ等倍に改変、想定震源断層位置加筆)

この測線および解釈は、原子力安全・保安院が、前頁の測線とほぼ同じ位置で調査したものである。

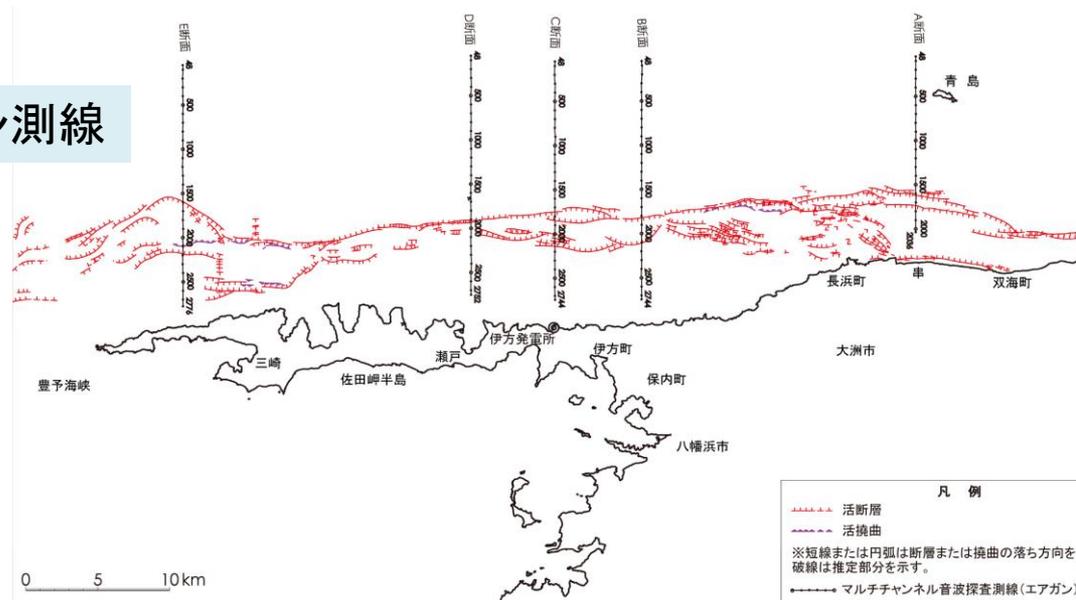
この断面では、四国電力の想定した震源断層は原発から想定できる最も遠い位置となる。

(2) -1 個々のパラメータの過小評価 <断層との距離>

震源断層は地下2kmよりも深いことから、エアガンによる比較的深い地層の探査が重要となる。四国電力は総延長6700kmにおよぶ海上音波探査を行ったというが、敷地近辺のエアガン測線はたった3本しかなく（公表されている限りでは）、しかも測線間隔は5km以上も離れている。

これは明らかに調査不足であり、これらの測線の間にもう1本ずつ測線を入れるべきである。特に原発正面は、四国電力が「ジョグ」と呼ぶことからわかるように、活断層がステップしており、周辺を広く調査する必要がある。

伊方沖のエアガン測線



(2) -1 個々のパラメータの過小評価 <断層との距離>

さらに、保内沖と瀬戸沖の測線では、活断層が収斂する位置は、四国電力が示した原発から8kmの断層線(下図中の細黒線)より明らかに原発よりに位置している。

瀬戸沖 伊方沖 保内沖

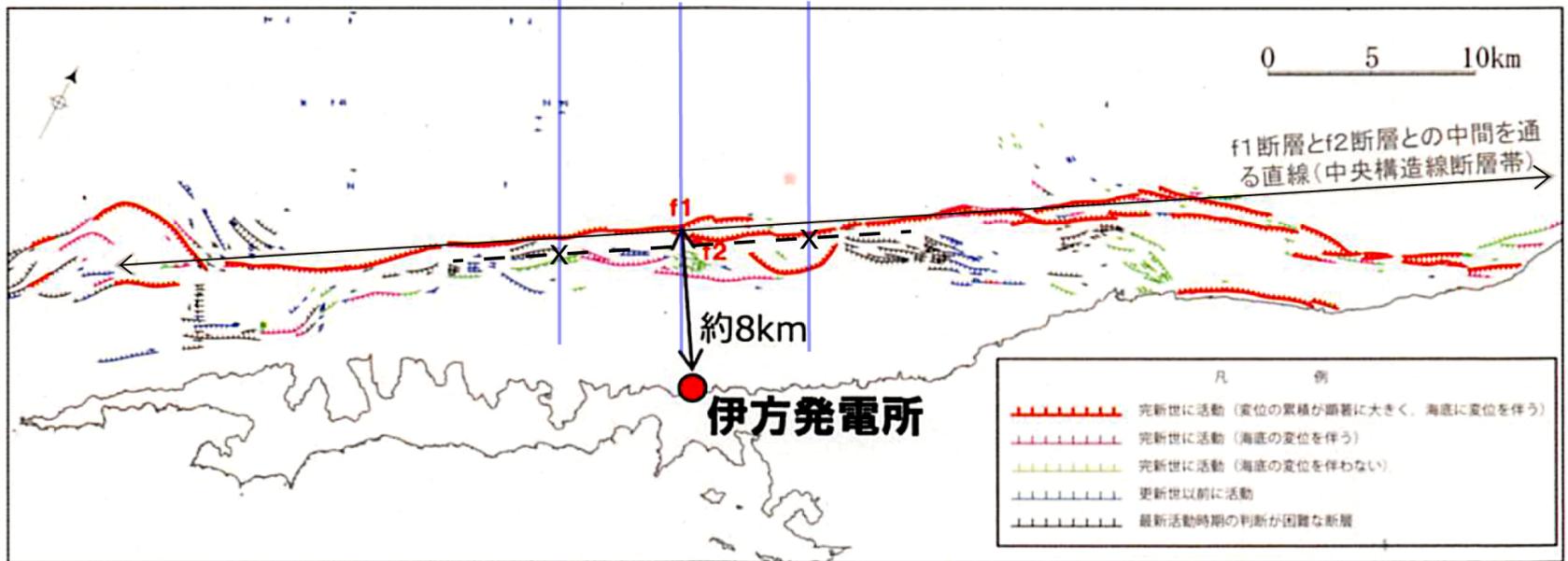


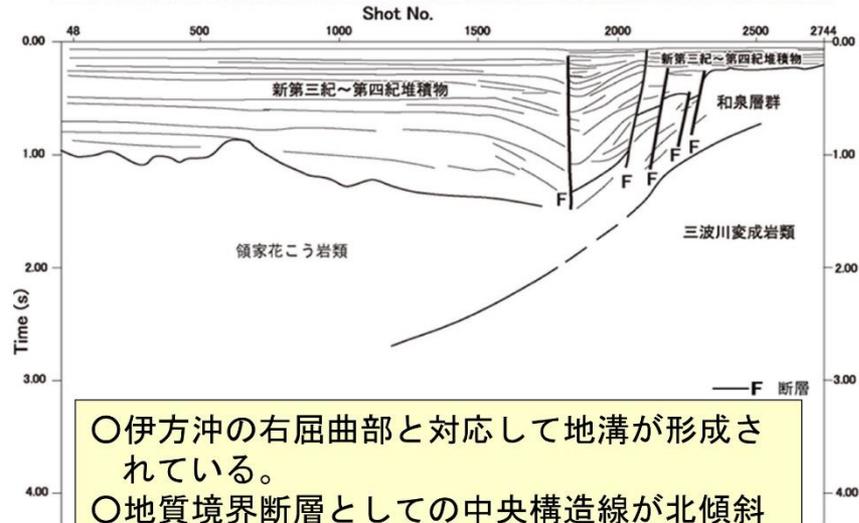
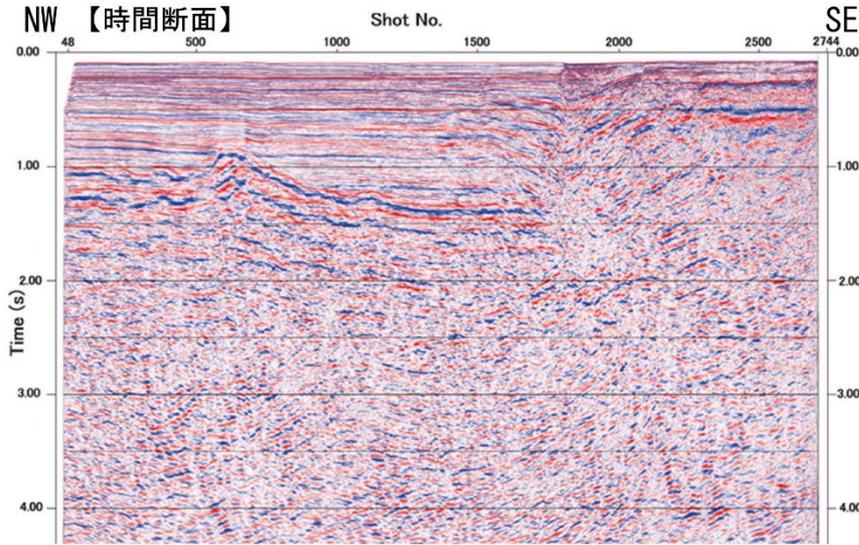
図9 中央構造線断層帯の震源断層の位置について
(四国電力 松山準備書面(17))

エアガン測線の位置(青線)、保内沖と瀬戸沖の解釈図から推定される活断層の収斂位置(x)とそれを結ぶ線(黒点線)を加筆

(2) -1 個々のパラメータの過小評価 <断層との距離>

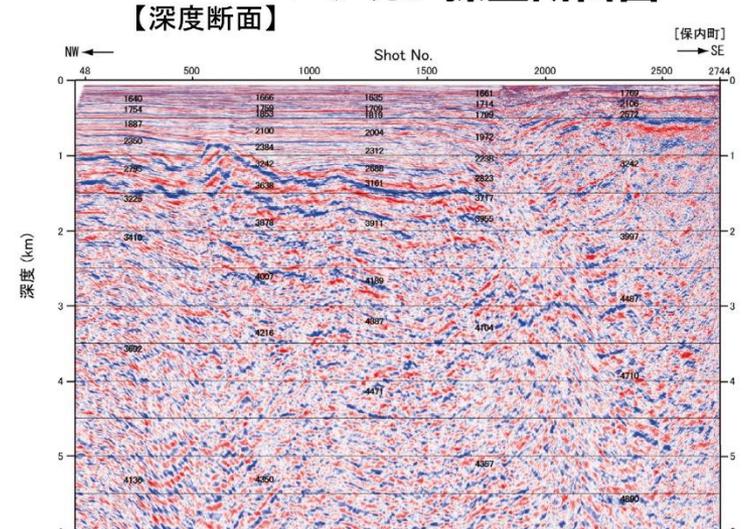
III. 中央構造線断層帯の評価

エアガンによる探査断面図②<保内沖>

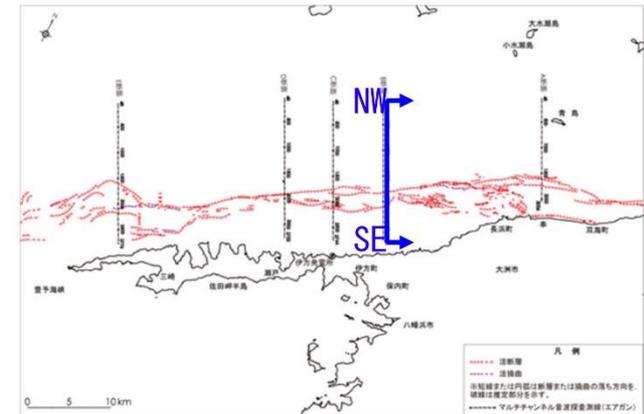


○伊方沖の右屈曲部と対応して地溝が形成されている。
 ○地質境界断層としての中央構造線が北傾斜であることが示唆される。

エアガン探査断面図

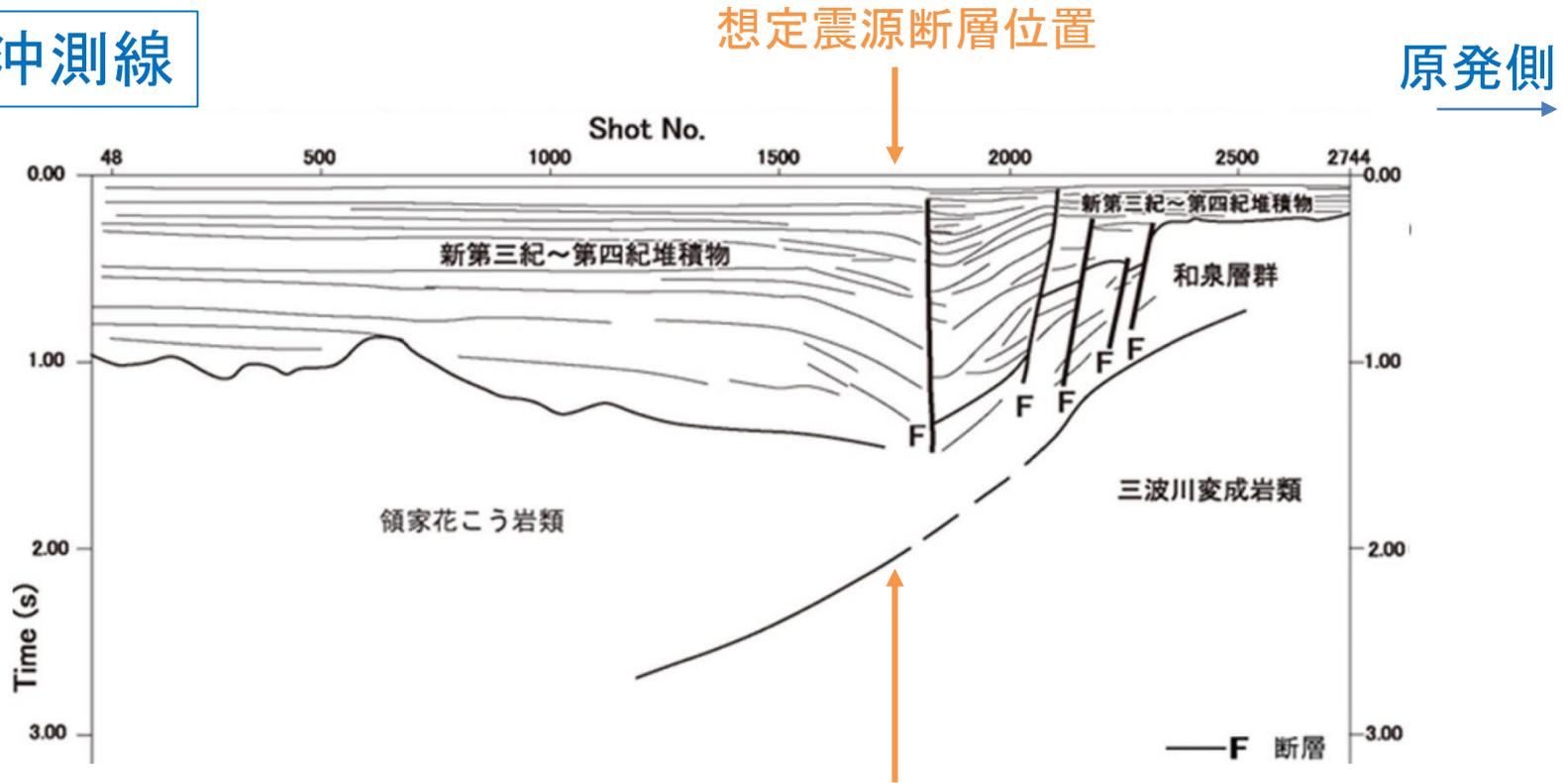


※図中の数字は速度値 (m/s) を示す。



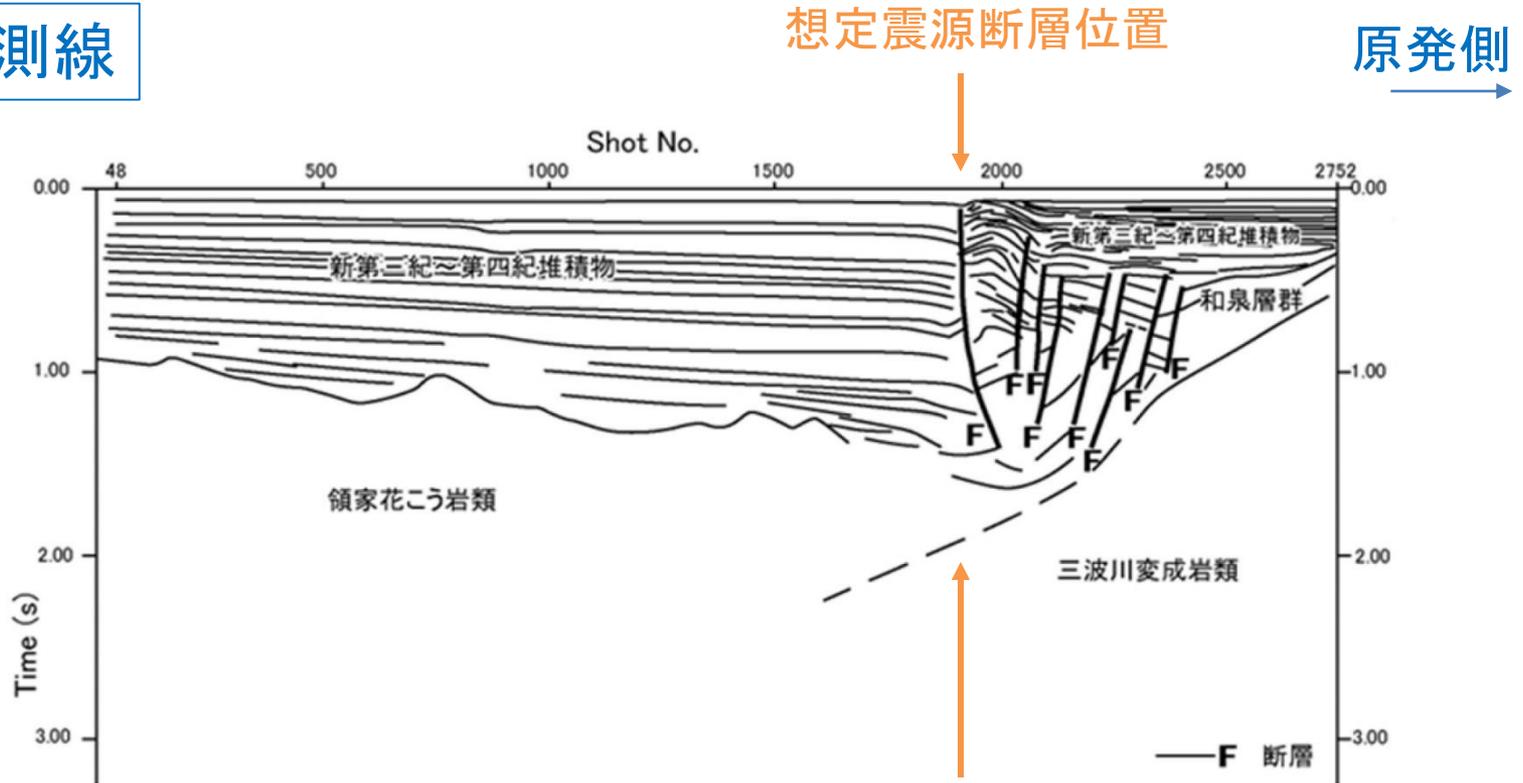
(2) -1 個々のパラメータの過小評価 <断層との距離>

保内沖測線



保内沖測線の活断層群は(四国電力による解釈でも)、想定震源断層の位置ではなく、原発側に収斂している。

瀬戸沖測線



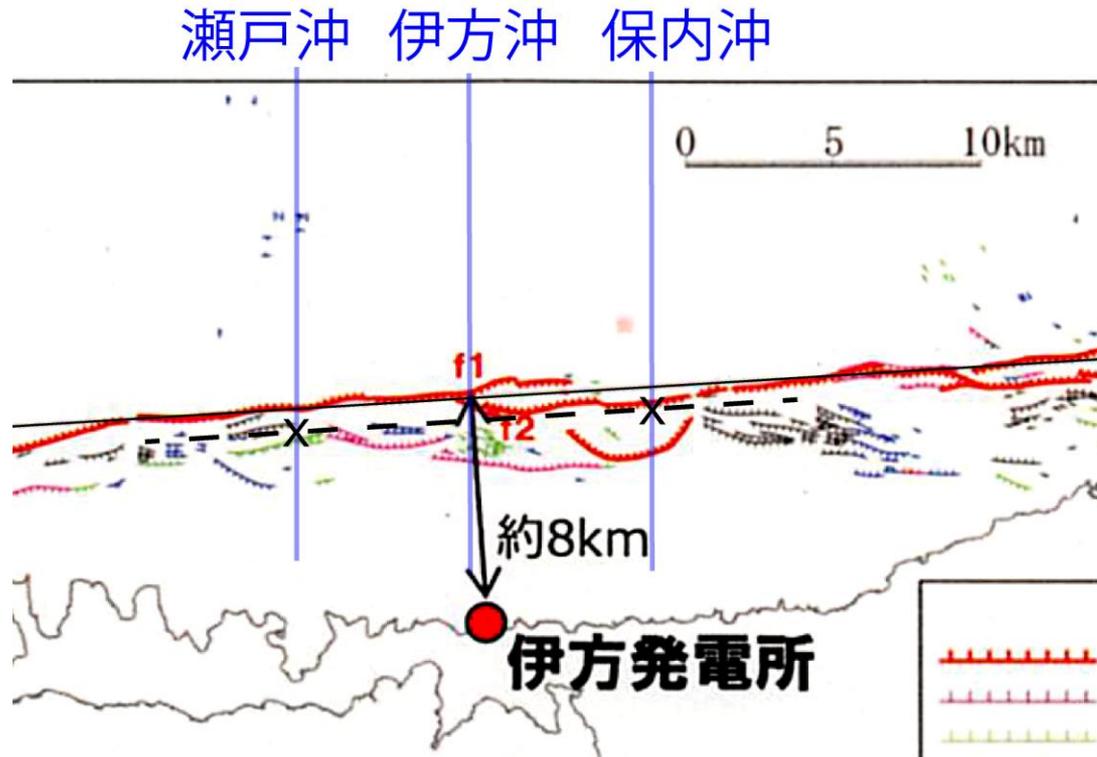
瀬戸沖測線でも活断層群は「三波川変成岩類と領家花崗岩の会合点に収斂する」とされているが、その位置は想定震源断層とは明らかに一致せず、1km以上原発側にある。

四国電力は、エアガン伊方沖測線の結果が、浅部のブーマーによる探査結果と整合的であることから震源断層の位置は特定でき、**不確かさの確認は必要ないと主張する。**

浅部と深部は整合しなければ問題だが、整合したところで、もっと深い震源断層の位置の確証とはならない。それよりも、隣接する保内沖と瀬戸沖の測線との整合性の方が重要である。

海底音波探査の基本として、断層位置は測線をいくつか並べて広い範囲を見ながら決定するものであり、**都合のいいデータしか見ない態度**は科学的とは言い難い。また本当に真実が知りたければ、測線間隔を埋める努力をすべきである。

(2) -1 個々のパラメータの過小評価 <断層との距離>



P43図一部拡大 四国電力 松山準備書面(17)に、エアガン測線の位置(青線)、保内沖と瀬戸沖の解釈図から推定される活断層の収斂位置(x)とそれを結ぶ線(黒点線)を加筆

瀬戸沖と保内沖の測線では、活断層の収斂位置は、原発側に約1km以上近いことから、震源断層の距離は最低でも7kmとすべきである。

さらに、活断層の収斂する位置が震源断層として動く確証はなく、特に活断層は最短で5.5kmの距離で分布していることから、5～6km程度での不確かさの確認は絶対に必要である。

基本的な物理法則では、発生するエネルギーは距離の2乗に反比例し、震源からの距離に応じて、例えば4kmと8kmではそのエネルギーは4倍の差となって表れる。6kmと8kmでは距離の違いは2kmに過ぎないがそのエネルギーは1.78倍となる。震源からの僅かな距離の違いで、地震動に大きな影響を与えることになる。

8kmよりも少しでも近い距離における不確かさの確認ですら、強固に拒否する四国電力の態度は、伊方原発の危うさを示す。

断層傾斜角については詳細は省略するが、2017年12月19日の地震調査研究推進本部の「中央構造線断層帯(金剛山地東縁ー湯布院)の長期評価(第二判)においていくつかの点で記述が更新された。

「本断層帯深部での傾斜を最終的に解明するためには、断層の深部延長をボーリング調査などによって直接確認することが望ましい」とされた(4頁)。

推本においても、傾斜は「わからない」ことが明確に示された。

また、平均的な変位速度に関して、「伊予灘区間では、南側隆起0.2m/千年程度の可能性がある」(37頁)としており、南傾斜を支持する。

(2) 個々のパラメータの過小評価 <断層傾斜角>

さらに、この地震調査研究推進本部による長期評価では「今後に向けて」という、いわば最後のまとめの冒頭に、

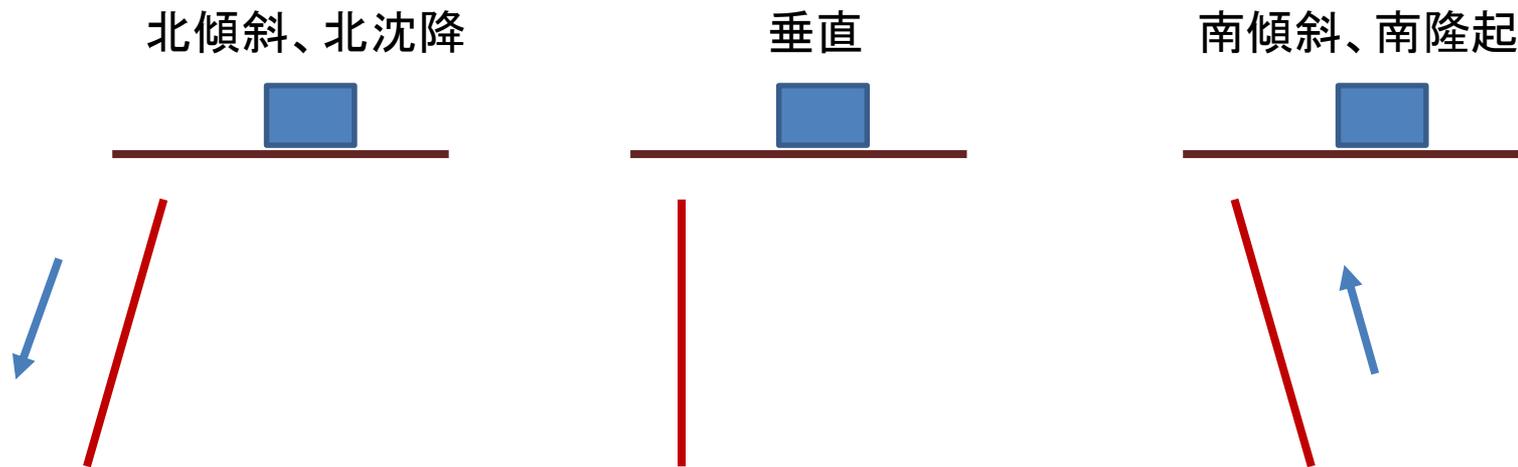
「中央構造線断層帯は、国内でも最大の規模と活動度を持つ活断層の一つである。そのためこれまで数多くの調査研究が行われてきた。しかし、**本断層帯の深部形状や活動様式は十分に解明されているとは言えず、この断層帯で発生する地震像にも不明な点が多い**」(60頁)

と述べられている。これは地震を研究する者の真意である。

四国電力の「**中央構造線断層帯の性状を十分に把握した上で、中央構造線断層帯による地震に伴う地震動を評価している**」との主張とは相容れない。

(2)-2 個々のパラメータの過小評価 <断層傾斜角>

断層の傾斜角によって地震が原発に与える影響は大きく異なる。伊方原発の場合は垂直な横ずれ断層と比較して、南傾斜・南隆起の場合、断層との距離が近づくとともに、断層の面積が広く、地震の規模も大きくなる。さらに、断層の動きが原発に向かう方向になるため、より強い揺れが想定される。



(2)-2 個々のパラメータの過小評価 <断層傾斜角>

四国電力は「基本ケース」として断層の傾斜角を垂直としている。しかし、震源断層は調査結果では見えておらず、断層の傾斜角はわからない。詳細な調査を行っても、「震源断層は高角度であることが示唆」されただけで、垂直である証拠はない。

横ずれ断層は通常は高角度であることから、震源断層の傾斜角を高角度と考えることは問題ない。しかし、実際の断層は垂直ではなく、どちらかに70～90度程度の傾斜を持つことが多い。

横ずれ断層では地下深部よりも地表付近で高角度になることも多く、表層の活断層の傾斜がほぼ垂直であるからといって、地下深部がほぼ垂直であるとは限らない。

断層傾斜角⑥

敷地前面海域の断層群における調査結果（まとめ）

敷地前面海域に分布する中央構造線については、

○活断層としての中央構造線

- ・音波探査記録からは震源断層面を特定できないが堆積層内で高角であり、鉛直変位がほとんどなく横ずれの卓越する断層と推定されることから、高角度の震源断層面が示唆される

○地質境界としての中央構造線

- ・四国中東部と同様に北に30-40度傾斜する構造が確認される

と整理される。

活断層としての中央構造線と地質境界としての中央構造線の関係については、断定的な結論を導くことはできないものの、アトリビュート解析結果によると、北傾斜する地質境界断層が高角度の断層によって変位を受けている可能性を示唆する結果が得られた。

断層傾斜角⑥

敷地前面海域の断層群における調査結果（まとめ）

敷地前面海域に分布する中央構造線については、

結論はこれ、「高角度が示唆される」だけ

○活断層としての中央構造線

- ・音波探査記録からは震源断層面を特定できないが堆積層内で高角度であり、鉛直変位がほとんどなく横ずれの卓越する断層と推定されることから、高角度の震源断層面が示唆される

アトリビュート解析は、名前は科学的なように思えるが実は「可能性を示唆する」だけで、たいした意味はない。こうやって惑わすのが常套手段。

活断層としての中央構造線と地質境界としての中央構造線の関係については、断定的な結論を導くことはできないものの、アトリビュート解析結果によると、北傾斜する地質境界断層が高角度の断層によって変位を受けている可能性を示唆する結果が得られた。

(2)-2 個々のパラメータの過小評価 <断層傾斜角>

推本による中央構造線活断層帯の傾斜角

讃岐山脈南縁：北傾斜 30° -40° (深さ 5 km 以浅)
石鎚山脈北縁-愛媛北西部： 高角度 (地表及び海底付近)
伊予灘： 高角度 北傾斜 (深さ 2 km 以浅)

中央構造線断層帯(金剛山地東縁-伊予灘)
の評価(一部改訂)
平成23年2月18日 地震調査研究推進本部
地震調査委員会 より抜粋 赤線加筆

推本による布田川断層の傾斜角

一般走向	
全体	N62° E
布田川区間	N55° E
宇土区間	N62° E
宇土半島北岸区間	N61° E
上端の深さ	0 km
傾斜	高角 (地表付近) 北西傾斜 (地下)

布田川断層帯・日奈久断層帯の評価(一部改訂)
平成25年2月1日 地震調査研究推進本部
地震調査委員会 より抜粋 赤線加筆

断層の傾斜角が、地表付近と深部で必ずしも同じではないことは、この推本による傾斜角の記述方法がよく表している。伊予灘については震源断層となる深部の傾斜は示されていない。

熊本地震の布田川断層は、地表付近は高角、地下は北西傾斜とされており、今回の地震の震源断層は60～75度程度であった。

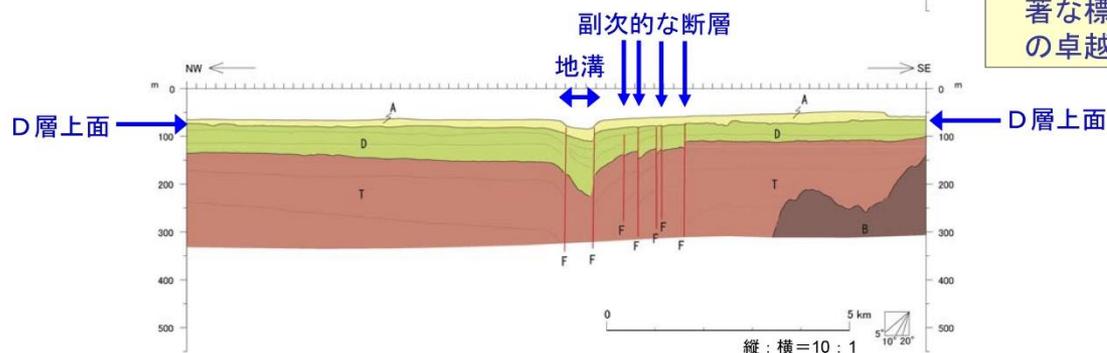
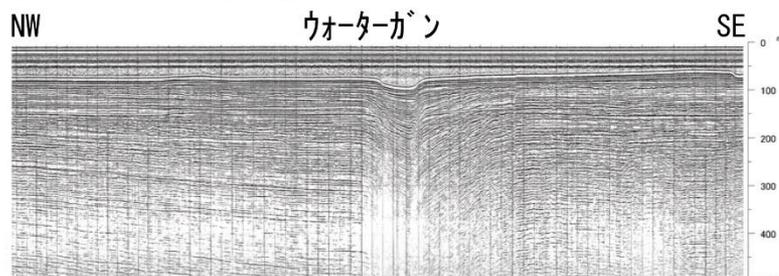
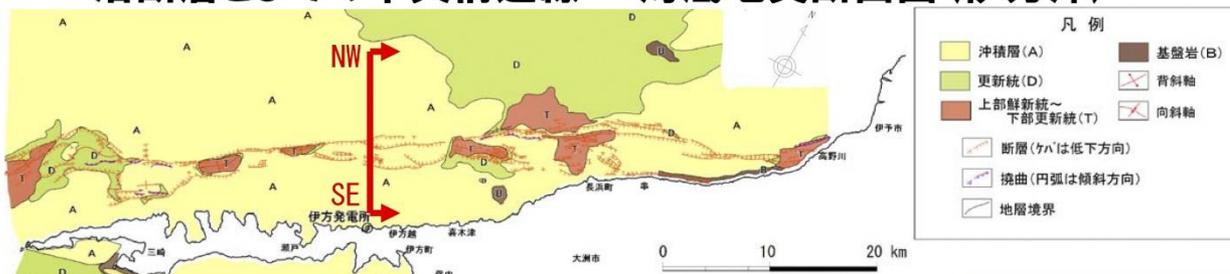
注：伊予灘の「北傾斜」は、大野ほか(1997)にもとづいて書かれているが、地下浅部の活断層が北傾斜とは言えないことは、前掲の断面図からも明らか。

(2)-2 個々のパラメータの過小評価 <断層傾斜角>

さらに、以下にあげるいくつかの証拠から、南傾斜南隆起である可能性が示されている。

断層傾斜角②

敷地前面海域の断層群における調査結果 活断層としての中央構造線 海底地質断面図(伊方沖)

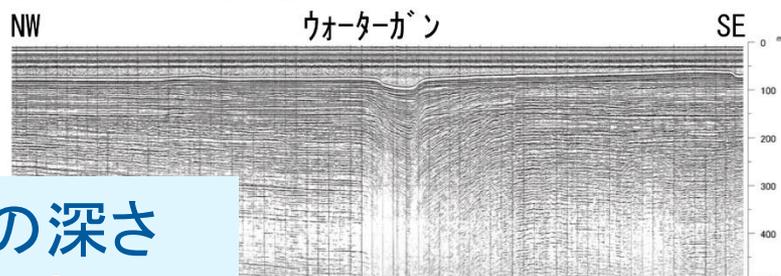


- 中央構造線断層帯は、沖積層を変位させ、海底面にも変形を与える高角の活断層として認められる。
- 活断層の分布域には、横ずれ断層変位に伴って形成された地溝やバルジがみられる。
- 断層分布域の南北でD層上面に顕著な標高差は認められず、横ずれの卓越する断層運動が推定される。

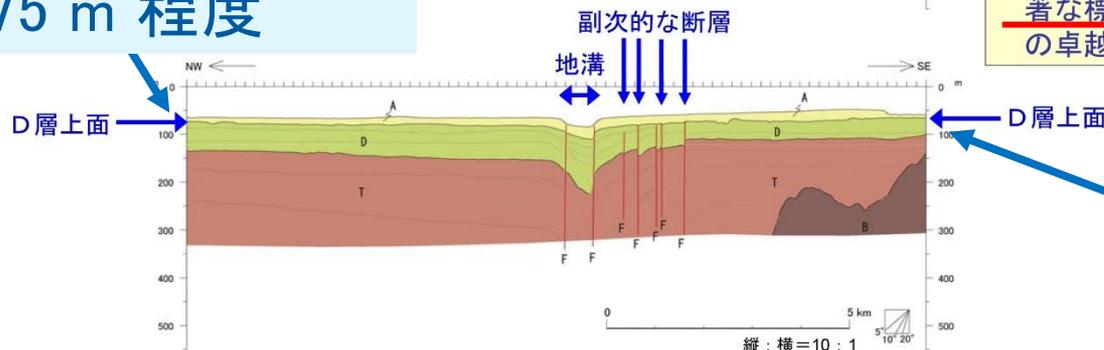
断層傾斜角②

敷地前面海域の断層群における調査結果
活断層としての中央構造線 海底地質断面図 (伊方沖)

「標高差はない」としているが、
5-10m程度あり、しかも累積性が認められる。



海面からの深さ
75 m 程度



- 中央構造線断層帯は、沖積層を変位させ、海底面にも変形を与える高角の活断層として認められる。
- 活断層の分布域には、横ずれ断層変位に伴って形成された地溝やバルジがみられる。
- 断層分布域の南北でD層上面に顕著な標高差は認められず、横ずれの卓越する断層運動が推定される。

海面からの深さ
65~70 m 程度

(2)-2 個々のパラメータの過小評価 <断層傾斜角>

四国電力は敷地沖の海底地質断面図から標高差はない(つまり、隆起はない)と簡単に結論づけた。

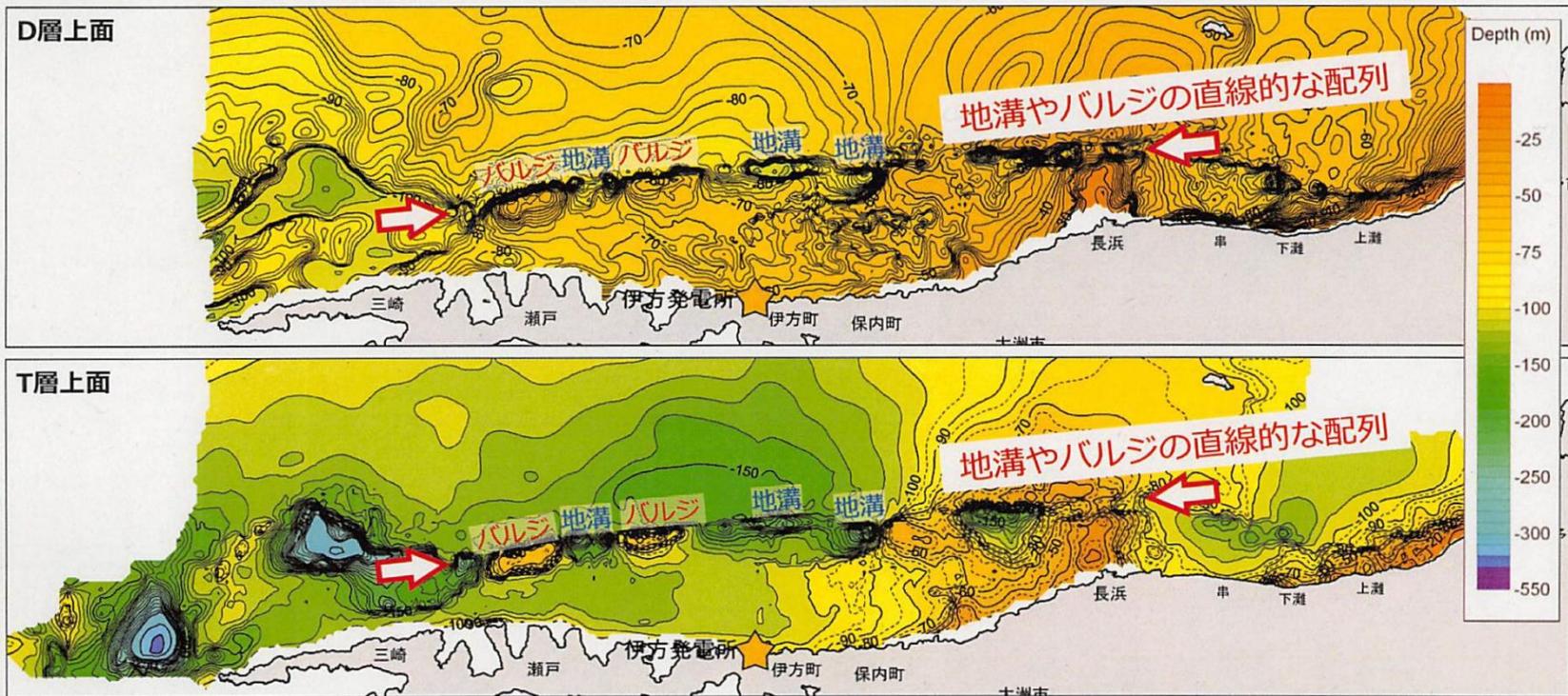
しかし、この図をよくみると5~10mの標高差がある。

D層上面つまり過去1万年間としては、これは十分顕著な標高差であり(日本最大級の隆起量を示す室戸岬でも、1万年間では15m程度)、この縮尺の図で検討すべきではない。

(2)-2 個々のパラメータの過小評価 <断層傾斜角>

中央構造線断層帯の断層型と傾斜角

- 敷地前面海域の断層群の分布域は地溝やバルジが配列していることから、横ずれ断層。
- 更に、それらが非常に直線的な配列を示すことから、少なくとも地下浅部における活断層はほぼ鉛直。
震源断層もほぼ鉛直。



(四国電力 乙第227号証 P23)

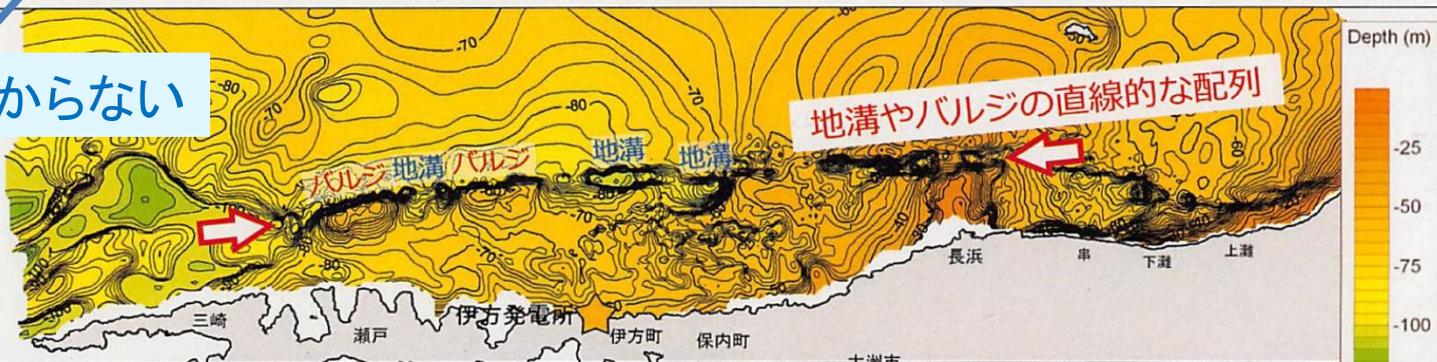
(2)-2 個々のパラメータの過小評価 <断層傾斜角>

高角度

中央構造線断層帯の断層型と傾斜角

- 敷地前面海域の断層群の分布域は地溝やバルジが配列していることから、横ずれ断層。
- 更に、それらが非常に直線的な配列を示すことから、少なくとも地下浅部における活断層はほぼ鉛直。
震源断層もほぼ鉛直。

D層上面



それは、わからない

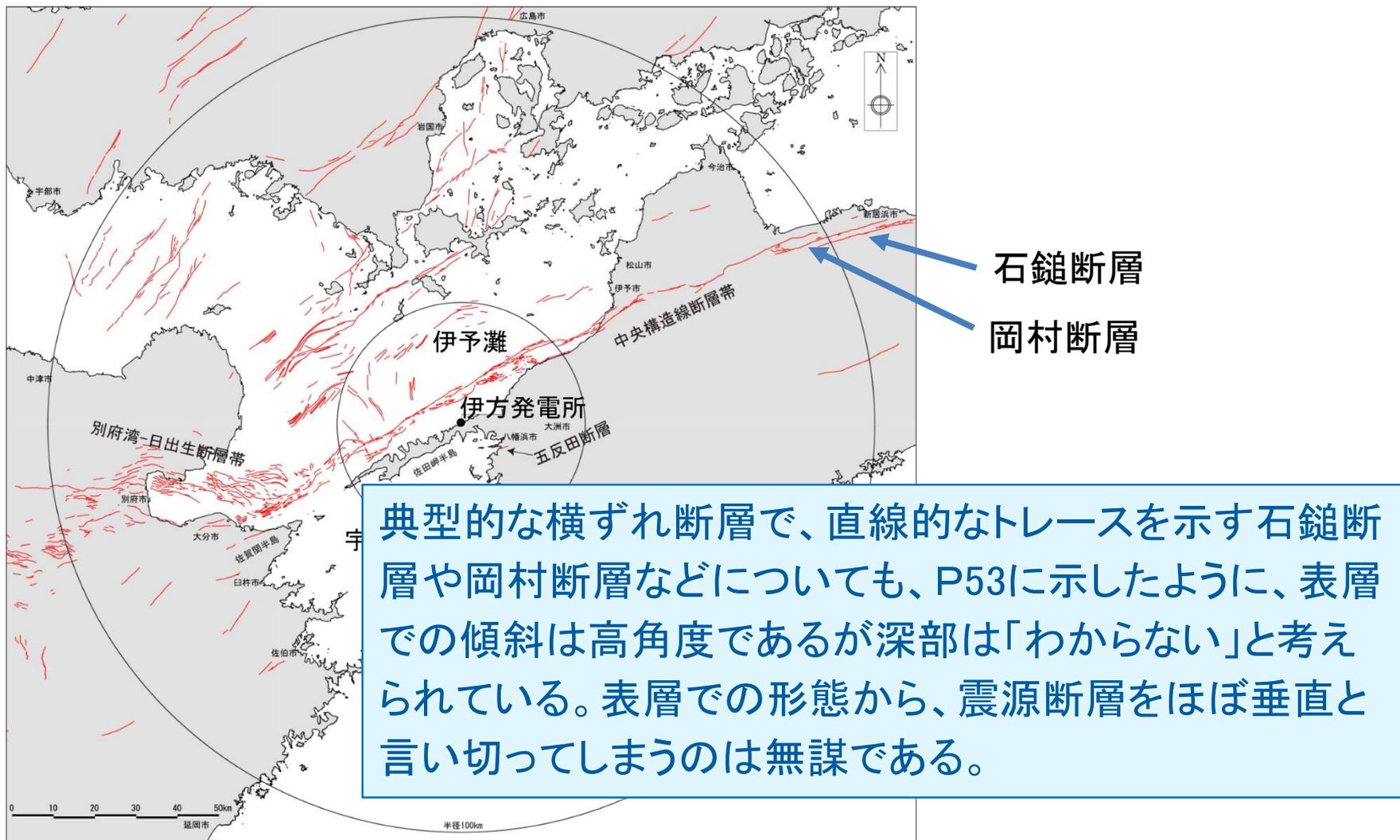
T層上面



(四国電力 乙第227号証 P23に加筆)

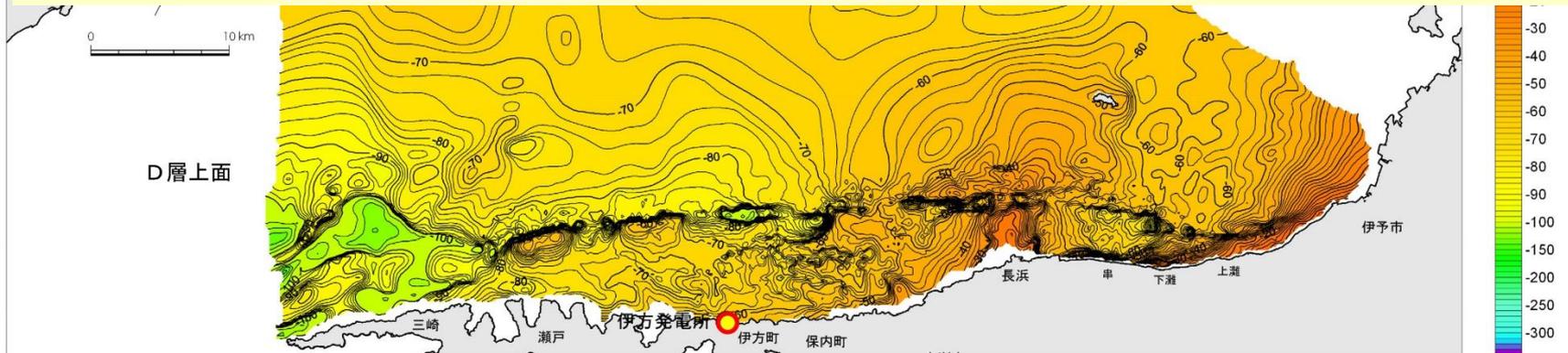
この矢印を結ぶと、原発からの距離は 約7 km

(2)-2 個々のパラメータの過小評価 <断層傾斜角>

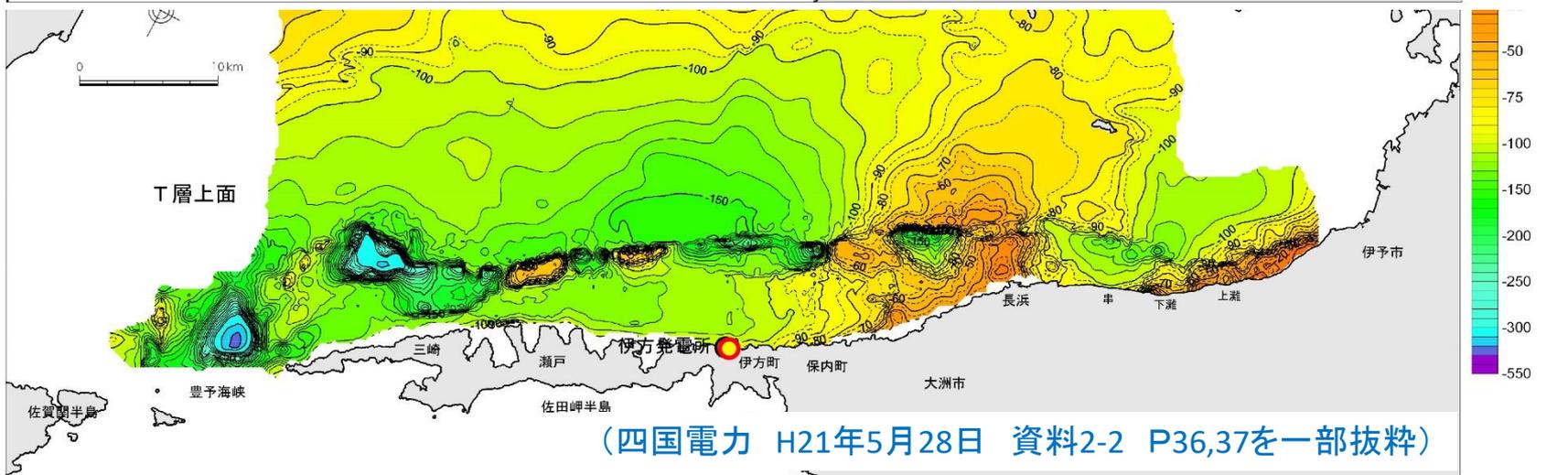


(四国電力 H27年3月20日 資料3-3 P10 一部抜粋)

(2)-2 個々のパラメータの過小評価 <断層傾斜角>



D層上面の標高差は歴然であり、断層より南側が累積的に高い



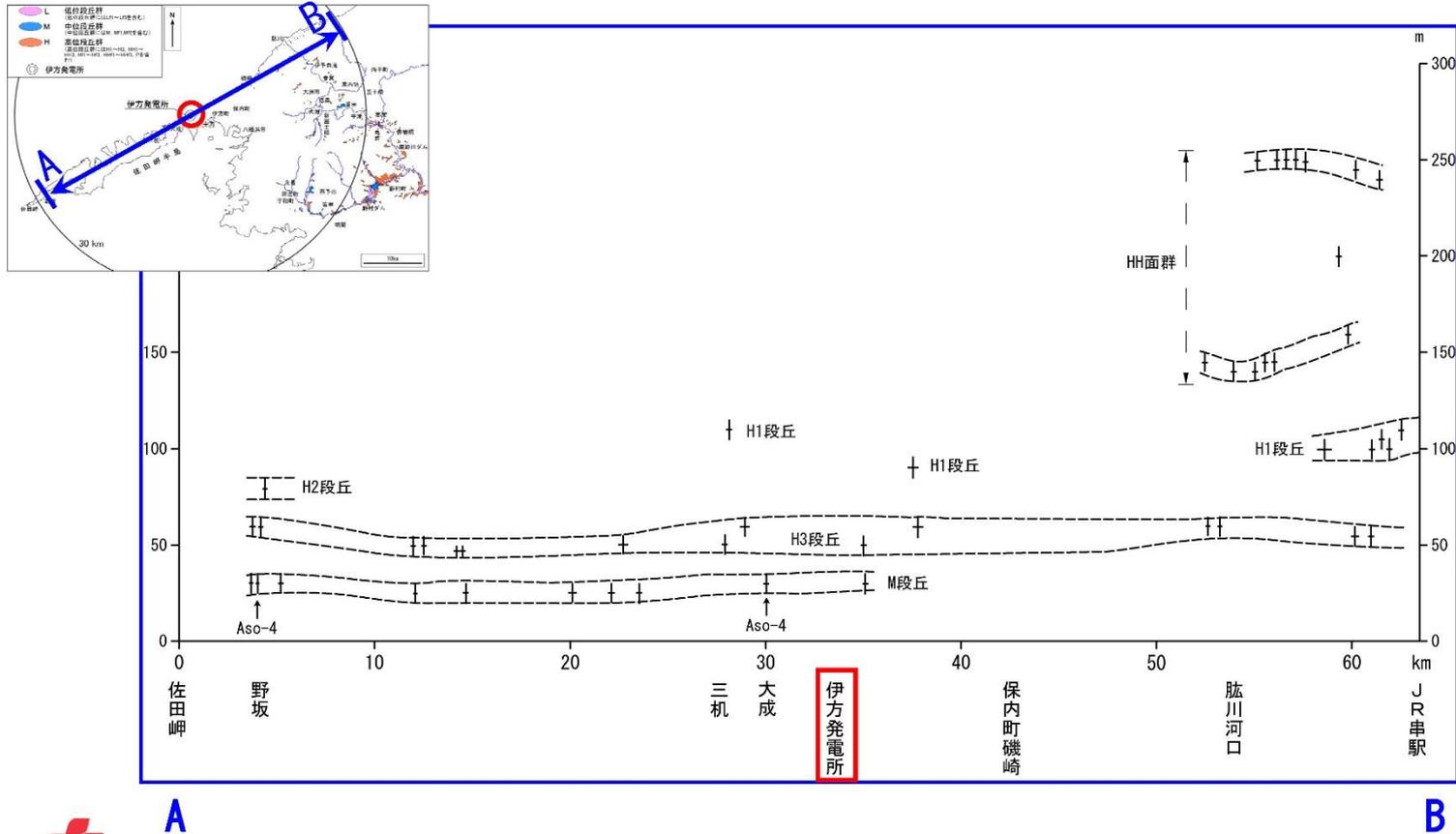
(四国電力 H21年5月28日 資料2-2 P36,37を一部抜粋)

断層線は直線的であるが、明らかに北に凸の地形変位を示す

(2)-2 個々のパラメータの過小評価 <断層傾斜角>

佐田岬半島沿いの段丘面高度

○伊予灘沿岸部に佐田岬半島に沿って配列する海成段丘面に急な高度差はみられない。

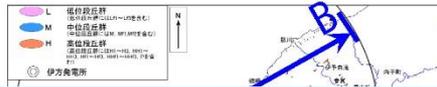


(四国電力 H21年4月21日 WG3-16-2-5)

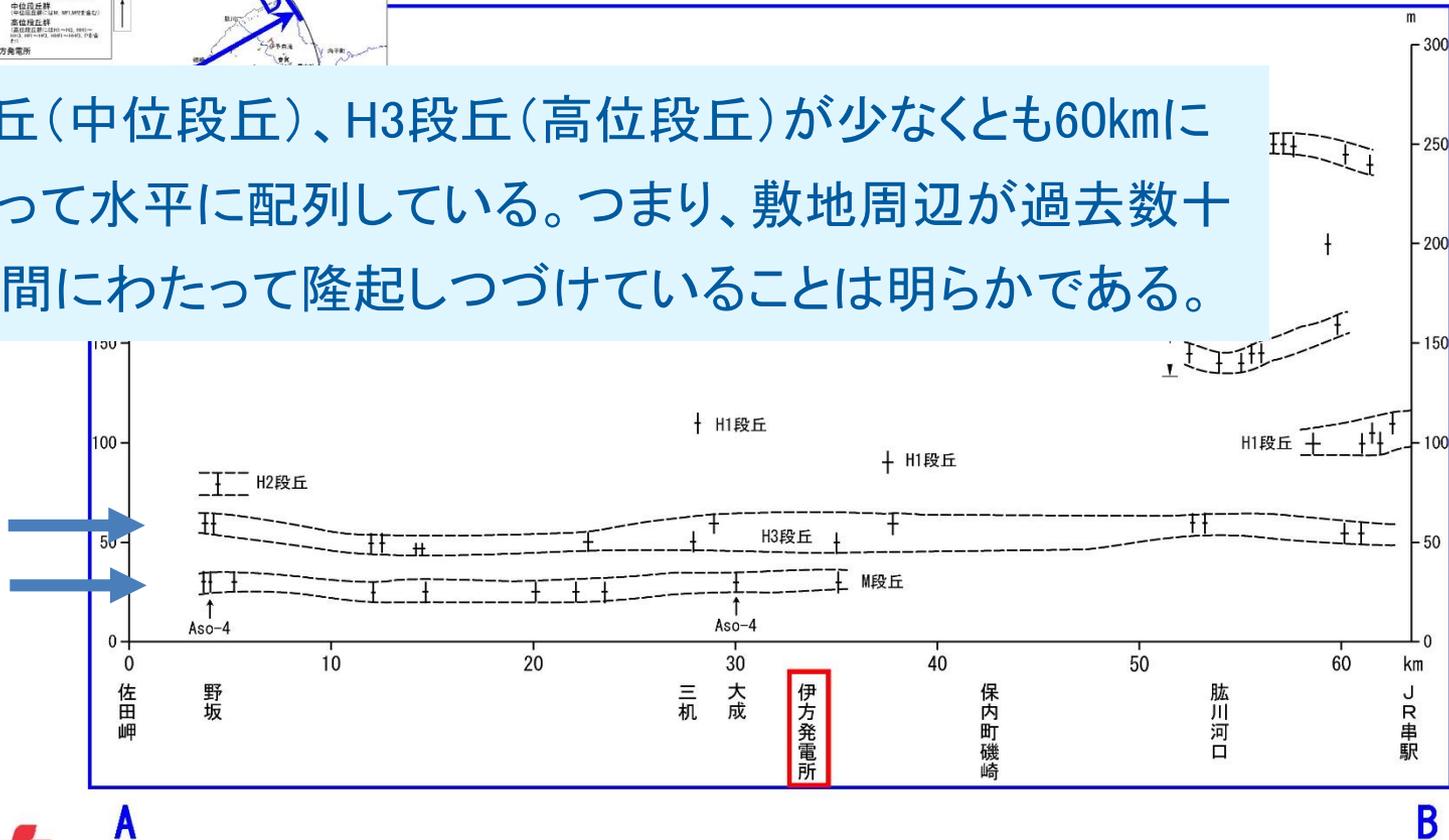
(2)-2 個々のパラメータの過小評価 <断層傾斜角>

佐田岬半島沿いの段丘面高度

○伊予灘沿岸部に佐田岬半島に沿って配列する海成段丘面に急な高度差はみられない。



M段丘(中位段丘)、H3段丘(高位段丘)が少なくとも60kmにわたって水平に配列している。つまり、敷地周辺が過去数十万年間にわたって隆起しつづけていることは明らかである。



(四国電力 H21年4月21日 WG3-16-2-5に加筆)

(2)-2 個々のパラメータの過小評価 <断層傾斜角>

傾斜角は高角度であると考えられること、断層南側が累積的に隆起していることから、断層傾斜角としては南傾斜70度までの確認をおこなうべきである。なぜならば、高角度といわれる横ずれ断層は、70度程度まで見られるからである。

四国電力は断層が南傾斜についても検討しているとしているが、純粹な横ずれに対して逆断層成分が加わった場合の揺れの違いを、正しく評価できているのかは疑問である。

スケーリング則の問題

基準地震動の策定に必要なデータを決定する上で、過小評価が積み重ねられていることを示してきた。しかしながら、このような詳細な議論は、実は、あまり意味がない。

なぜならば、震源断層から発生する地震動を評価する段階で、決定的な過小評価が行われているからである。

伊方原発では、断層のスケーリング則として檀他(2011)が使用されている。簡単に言えば、この檀式は「断層が50~60km以上になると、あとはどれだけ大きくなっても同じ」という式だからである。

480kmになろうが、南傾斜になろうが、この式を使用している限り、地震動はたいして大きくなりません。

これが、伊方原発の「安全性」を一身に背負った 檀 他(2011)のデータ

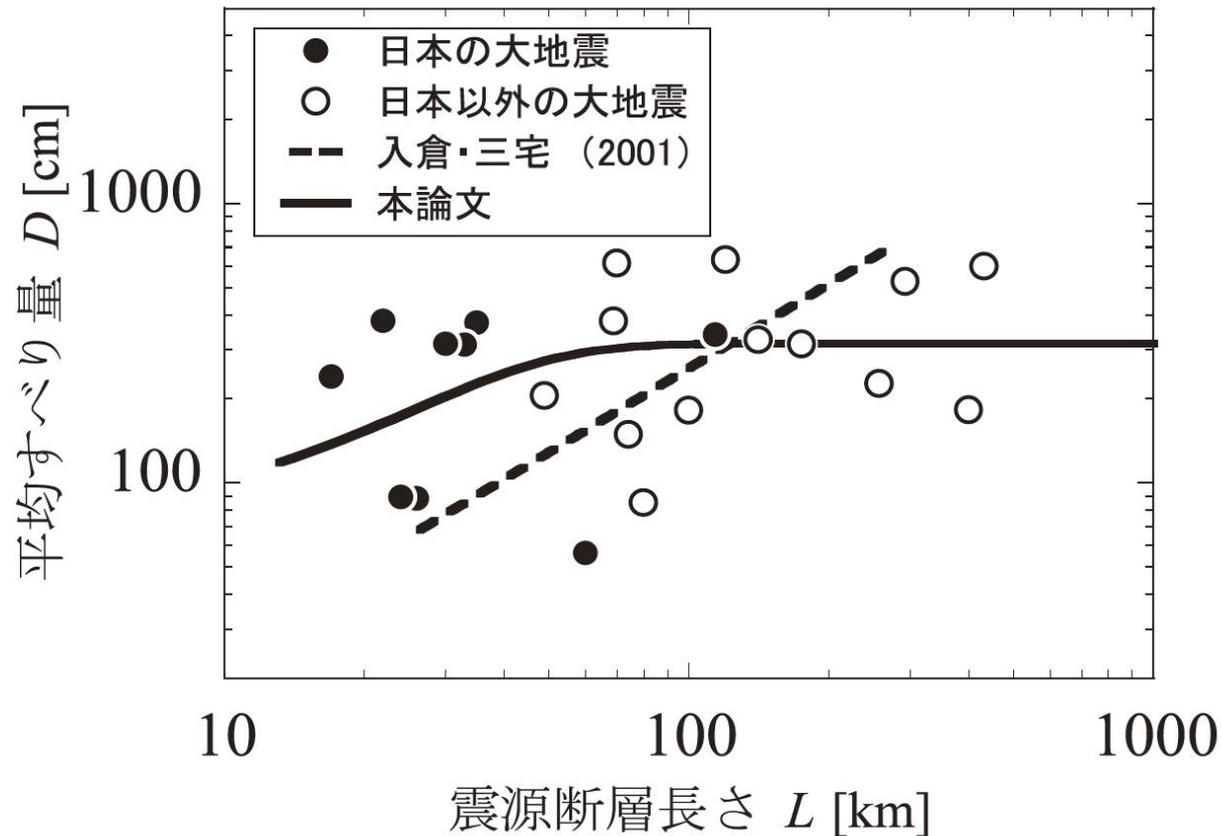


図7 平均すべり量と震源断層長さとの関係 (檀 他, 2011)

式の線を除けば、とても60km程度で一定になるとは思えない
(もちろん、データが少なすぎるが…)

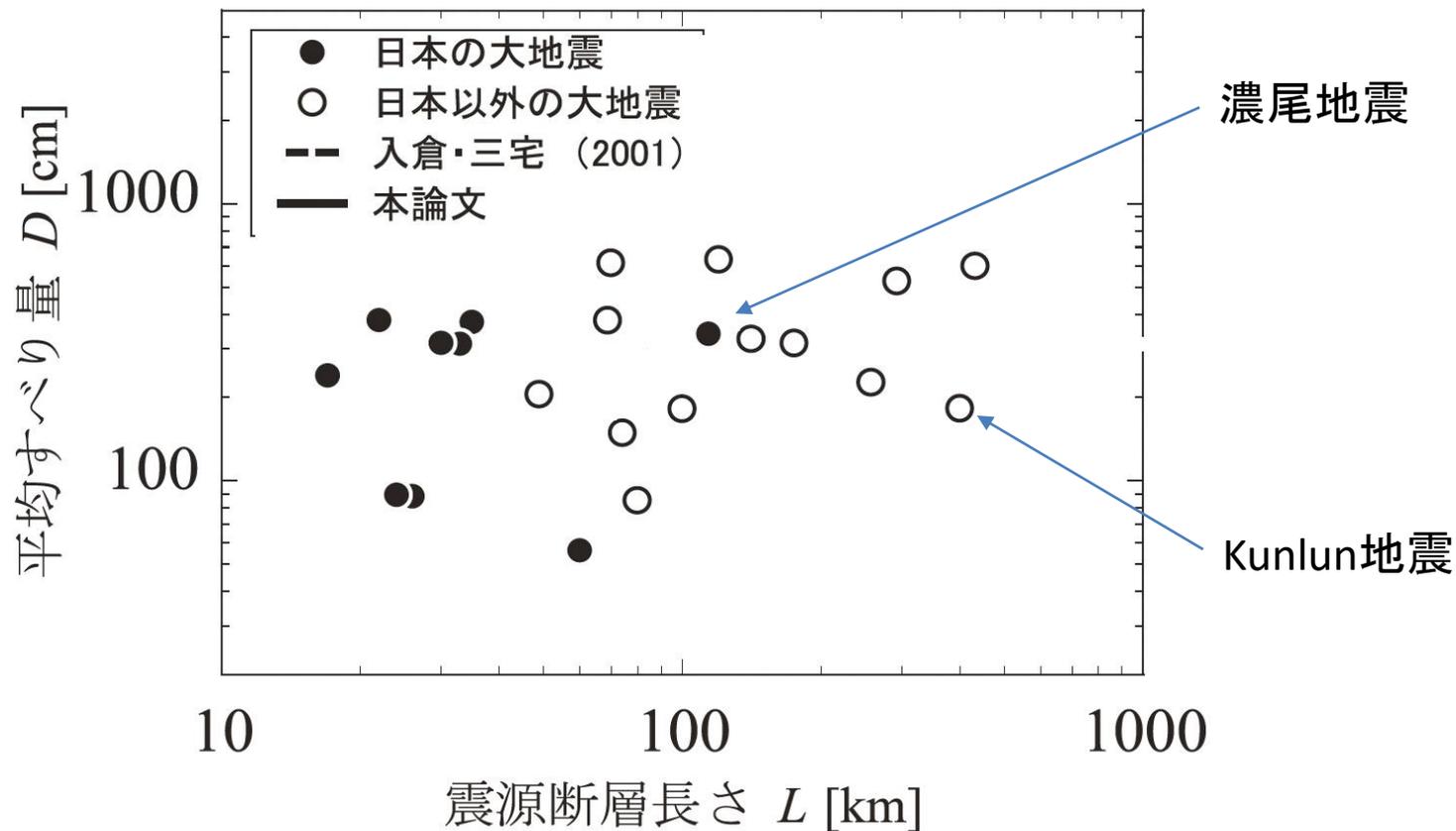


図7 平均すべり量と震源断層長さとの関係 (檀 他, 2011)

両対数表示での大きなバラつきは、統計的手法の限界を示す

地震動の評価でもっとも重要なパラメータのひとつである地震モーメント（つまり、地震の発生させる力の大きさ）は、
簡単には断層の「面積 \times すべり量 \times 剛性率」で表すことができる。
従って、すべり量は重要な値である。

断層が長くなっても、原発からは遠ざかる。従って断層が長くなり、地震の規模が大きくなっても、それだけなら実は大きな問題はない。
問題は、断層が長い（規模の大きい）地震は、すべり量も大きくなることにある。

原発の前にある断層のすべり量がどの程度大きくなるのかが問題であり、それを決めるのがスケーリング則と呼ばれる入倉・三宅(2001)の式や檀ほか(2011)の式である。

檀の式は、50~60kmを超えると、すべり量はほぼ同じ。
つまりこの式を採用する限り、54kmも480kmもたいして変わらない。

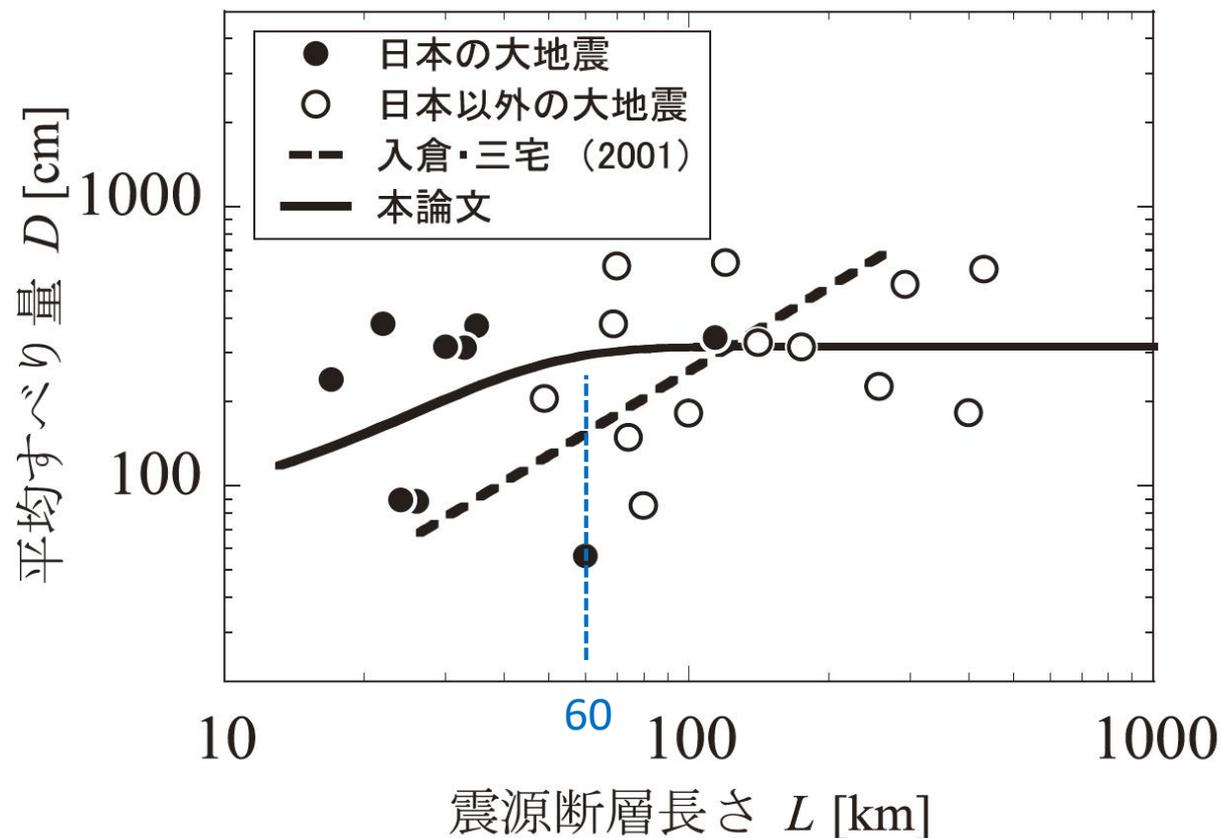


図7 平均すべり量と震源断層長さとの関係 (檀 他, 2011)

約100km以上では、入倉式より過小評価

この表からは、断層の長さが同じでも
すべり量が10倍近く違うこともわかる
(つまり想定は困難、ザル勘定)。

伊方の2.6mは、ここのすべての
地震のなかでも半分より下

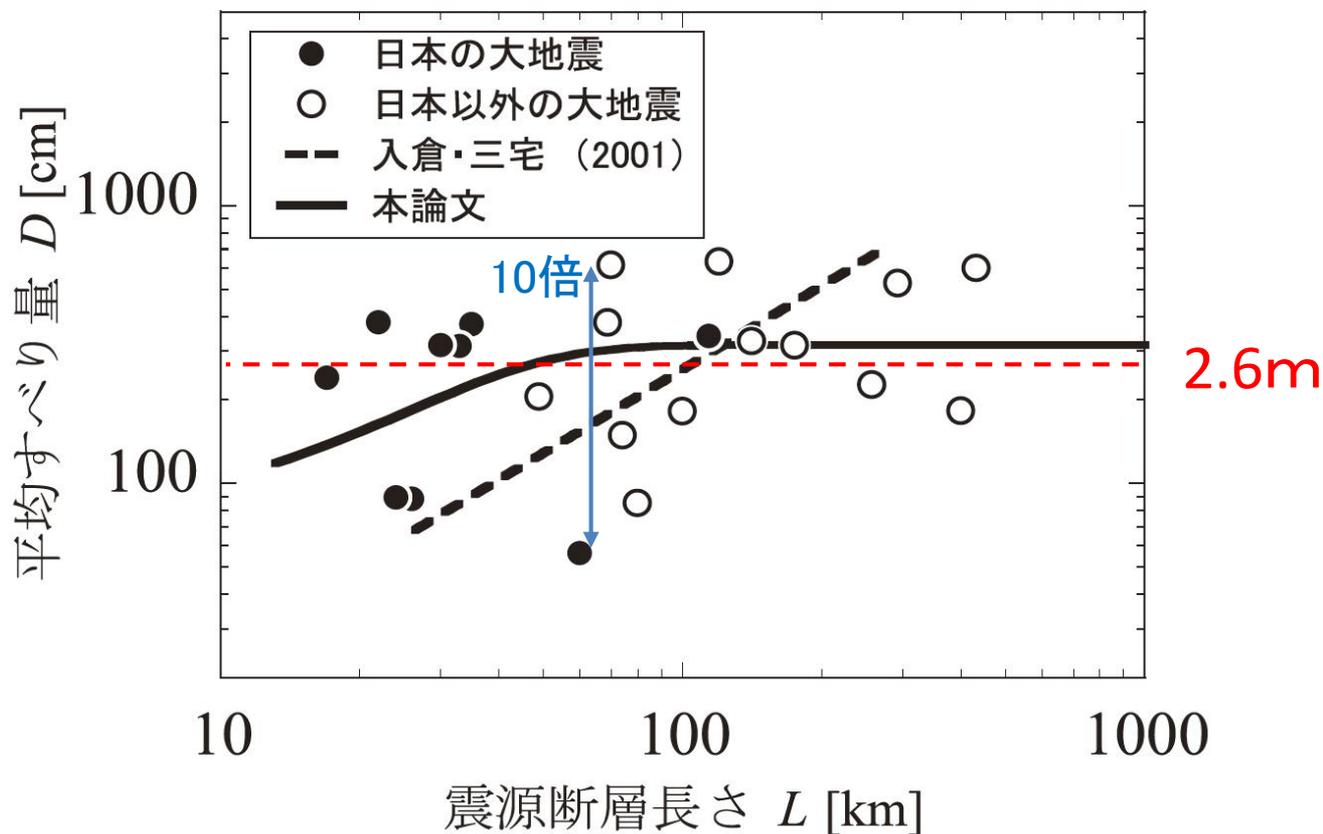


図7 平均すべり量と震源断層長さとの関係 (檀 他, 2011)

逆断層ではないので、平均的な値でよいというのは、あてはまらない。
檀ほか(2011)の論文題名は、
「長大横ずれ断層による内陸地震の平均動的応力降下量の推定と
強震動予測のためのアスペリティモデルの設定方法への応用」
つまり、横ずれ断層しか扱っていない(横ずれ断層の平均以下)。

入倉式の過小評価の問題は、伊方では檀式を使用しているので
関係ないというのもあてはまらない。

入倉式が過小評価になるのは、主に海外のデータを使用しているため
である。檀式のデータも100km以上は9個しかないが、そのなかで国内は
1個(濃尾地震)だけであり、同様の問題があることは明白。

原発の安全基準として使用するのであれば、式はこれらのデータの点の上限を通るべきである(赤線)。その時のすべり量は7mとなる。しかも、経験則にもかかわらずデータが少ないことから、この赤線がもっと右上がりになることは十分想定されなければならない。

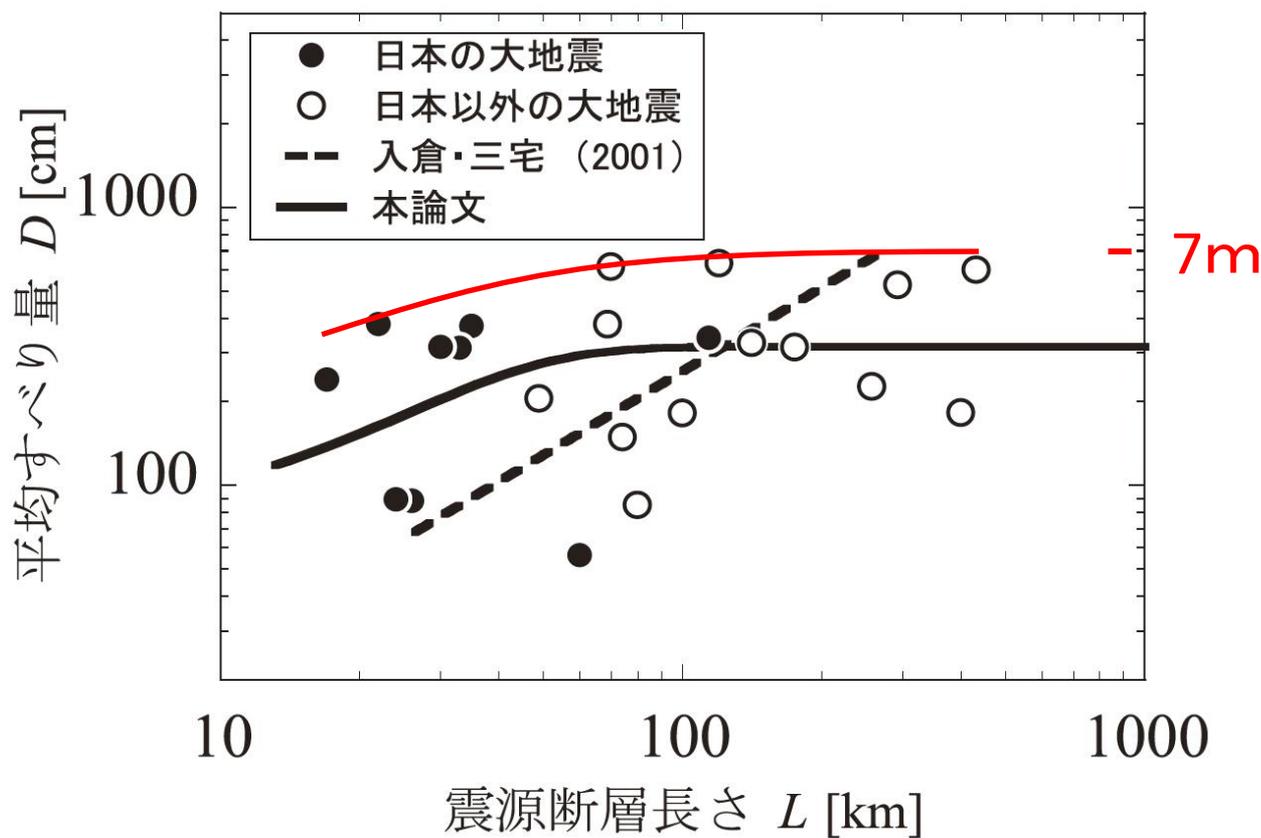


図7 平均すべり量と震源断層長さとの関係 (檀 他, 2011)

四国電力は、檀ほか(2011)を用いた手法(すべり量2.6m)だけでなく、Fujii & Matsu'ura (2000)の手法(すべり量5.8m)も用いて十分に保守的な評価も行っていると主張している。

まず、手法によってすべり量が2倍も異なること自体が問題である。すべり量は重要な値であり、どちらが正しいにしても、地震動評価の手法というものが、いかに不確かなものかをよく示している。

また、Fujii & Matsu'ura (2000)の論文では、100km以上の長大断層のデータはわずか3個しかなく(檀 他、2011は9個)、すべてアラスカの同じ断層帯のものである。北米のデータを日本国内に使用することは過小評価になるといわれているが、それ以上に、経験則としてデータ数が少なすぎる。

原発の安全審査のための地震動評価が、データ9個とか3個とかの経験則を用いて行われているなど、誰が想像できるだろうか。

私たち科学者は、わからないことだらけの地震について、その真実を明らかにしようと努力している。論文として、様々な事実とその解釈が提唱されるが、必ずしも完全なものではないし、正しいわけでもない。試行錯誤を繰り返しながら、より真実に近づこうと努力するのが科学である。

ところが電力会社はあるひとつの論文に書かれていることをまるで真実のように扱い、都合のよい結論を導き出そうとする。この「**わからなさ**」を**排除した態度は科学になじまない**。

論文の査読は原発の安全審査を想定して行われているわけではない。学問的な議論に耐える基準と、現実に原発を建設し運転するための基準が同じで良いはずがない。論文があるからといってその背景を顧みず、都合のよい結果だけを使用するのは、危険極まりない行為であり、科学に対する冒瀆でもある。

基準地震動650 ガルは妥当か

基準地震動は3つの方法で求められている

- ・震源を特定して策定(中央構造線活断層系)

Ss-1 応答スペクトル(断層長69km) 650 ガル

Ss-2 断層モデル(断層長480km) 579 ガル

(一部でSs-1超え)

- ・震源を特定せず策定

Ss-3 2004年留萌の地震(M6.1) 620 ガル

(一部でSs-1超え)

480kmの断層を用いて計算した断層モデルの地震動が、断層長69kmの応答スペクトルの69kmよりも小さいという結果になるのは、断層モデルでは、スケーリング則として檀他(2011)を使用しているためである。

しかし、もっと大きな矛盾は、震源を特定せず策定する地震である。これは、詳細な調査を行っても活断層を見つけられない場合に備えたもので、**地表に活断層が現れないような小規模の地震**を想定している。

ところが、このM6.1の小規模な地震の地震動は620ガルと、日本最大の活断層の650ガルと遜色ないだけでなく、一部帯域では超過している。このことは、伊方原発においていかに過小評価が行われているかを証明しているに他ならない。

このM6.1の地震の地震動は全国原発で使用され、敷地周辺に活断層が見つからない原発における、いわば最後の砦となっている。つまり、伊方原発の耐震性は、国内最低のレベルにあると言える。

2000年鳥取県西部地震のように、M7.3でも活断層が見つかっていない場所で発生した地震もあることから、このM6.1の地震は「特定せずの地震」として小さすぎるとの批判も多い。

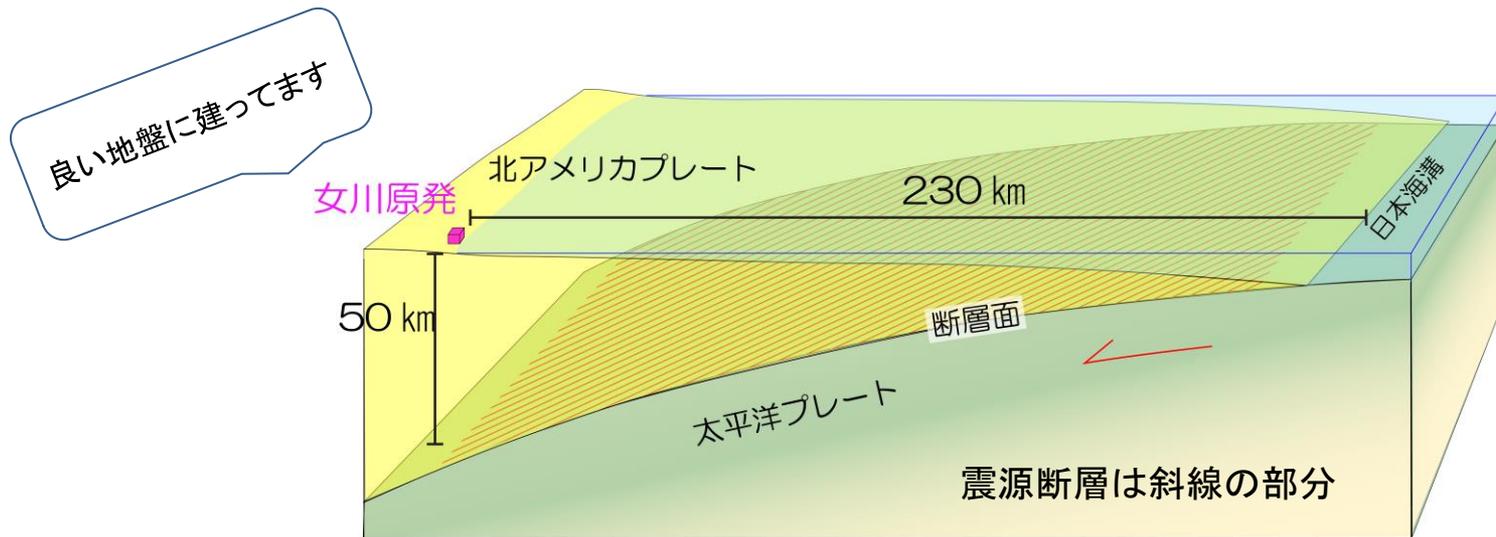
伊方原発は、私たちが議論している中央構造線断層帯ではなく、特定できないような**想定外の小物の地震**にも耐えられないかもしれない。

2011年東北地方太平洋沖地震 女川原発で記録された揺れ

3.11 本震 636 ガル
4.07 最大余震 554 ガル

女川では普通の民家も
壊れない程度の揺れ

→ 基準地震動 580 から1000 ガルへ引き上げ



女川原発と震源断層の距離は50 km以上離れている

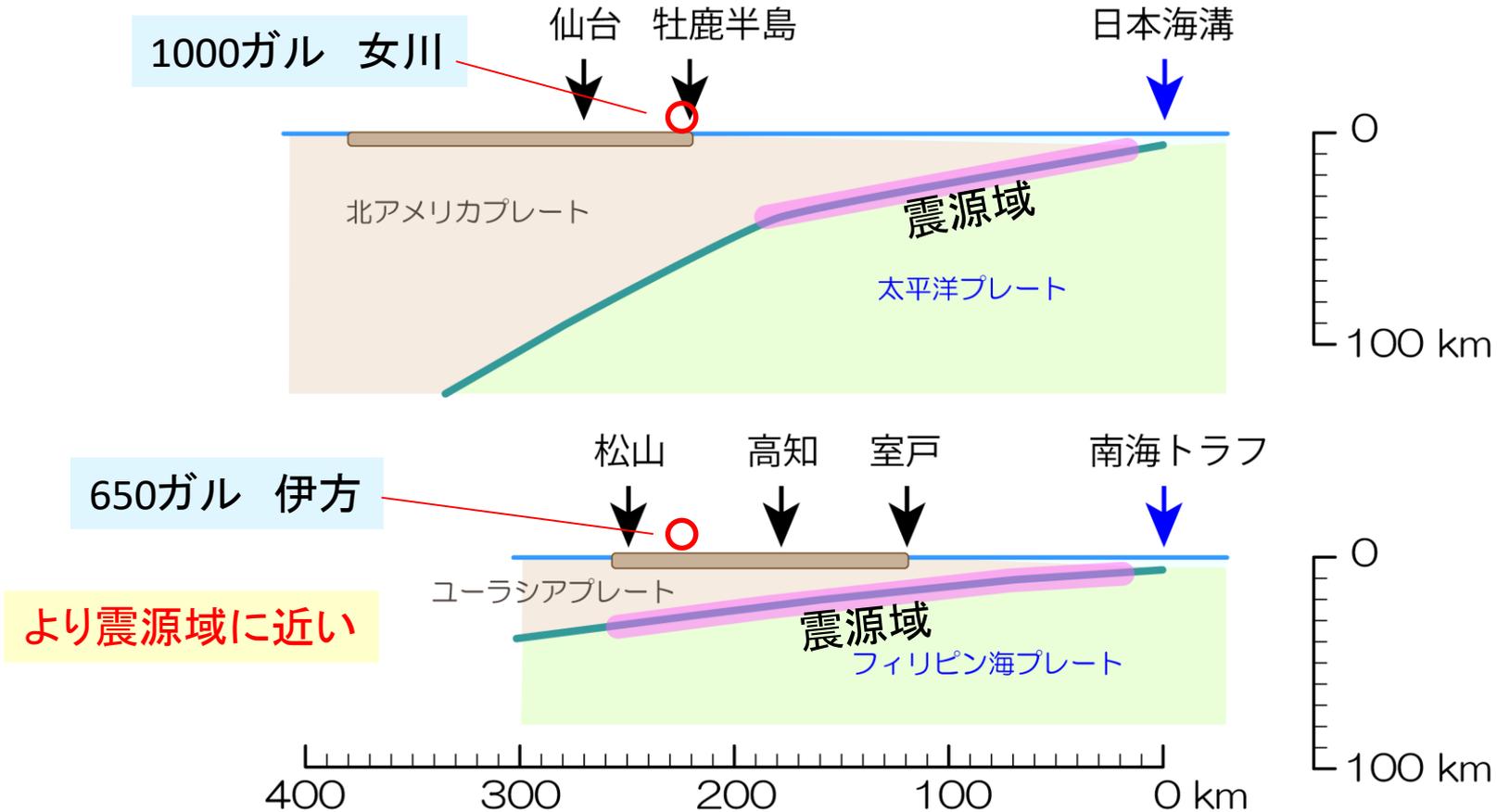
伊方原発は四国電力の主張でも8 km !

東北地方太平洋沖地震において、女川原発では基準地震動580ガルに対して636ガル(開放基盤表面)が記録された。

女川町では津波により甚大な被害を受けたが、地震動ではそれほど大きな被害を受けていない。636ガルとは、周辺の民家が大きな被害を受けない程度の揺れにすぎない。地震規模は小さくとも、兵庫県南部地震や熊本地震の揺れの方が強いことは誰が見ても明らかであり、日本最大の活断層帯に立地する伊方原発が650ガルで十分であるはずがない。

女川原発は基準地震動を1000ガルに引き上げたが、主に海溝型地震を想定している女川原発よりも、日本最大の活断層を想定しなければならない伊方原発の基準地震動の方が低くて良い理由はない。

さらに、中央構造線断層帯ではなく、南海トラフ地震についても震源域は伊方原発の方が明らかに距離が近い。



女川および伊方原発と海溝型地震の震源域の距離を示す模式断面図

伊方原発が女川原発よりも基準地震動が低くて良い理由はない

松山地裁決定の問題点

3.あらゆる地震を想定した設計

伊方発電所の耐震設計は、過去の地震や敷地周辺の活断層・地質等について詳細に調査を行い、考えられる最大の地震を想定し、設計の基準となる地震動(基準地震動)を決定しています。

(四国電力のホームページよりhttp://www.yonden.co.jp/energy/atom/ikata/page_08.html)

このホームページの文言は、福島事故前も現在も変わらない。原発事業者として変えてはいけない態度であることを、四国電力は知っているからである。

ところが...

松山地裁決定は、

「改正原子炉等規制法は、最新の科学的、専門技術的知見をふまえて合理的に予測される規模の自然災害を想定した発電用原子炉施設の安全性の確保を求めるものと解される」(43頁)とした上、「『発生し得る最大限度の自然災害』を想定した安全性の確保を求めるものではない」(98頁) としている。

つまり、四国電力は「考えられる最大の地震を想定」など実はまったくしていない、ということを松山地裁決定は認めているに他ならない。

では、「合理的に予測される規模」とは何なのか？

考えられる最大の津波を予測せず、合理的と考えられる津波に対応したことによって福島事故は起きた。

合理的に予測することが可能ならば、福島事故は起こるはずもなかったという事実を、松山地裁はもう、忘れてしまったのか？