

「中央構造線断層帯（金剛山地東縁一由布院）の長期評価（第二版）」の知見に関する技術情報検討会の検討結果等について

令和2年3月4日
原子力規制庁

第67回原子力規制委員会（令和2年2月26日）において、更田委員長から、「中央構造線断層帯（金剛山地東縁一由布院）の長期評価（第二版）」（平成29年12月19日地震調査研究推進本部。以下「第二版」という。）の知見に関する技術情報検討会の検討結果について原子力規制委員会に報告するよう指示があったので、これを報告するとともに、併せて伊方発電所3号炉の使用済燃料乾式貯蔵施設の設置に係る原子炉設置変更許可申請の審査における当該知見の取扱いについても報告する。

1. 第二版のポイント

活断層に関する新しい知見（文部科学省研究開発局・国立大学法人京都大学防災研究所（2015）¹、文部科学省研究開発局・国立大学法人京都大学大学院理学研究科（2017）²等）に基づき、中央構造線断層帯の全域にわたり断層帯の諸特性が改訂された。

新しい知見に基づく改訂のポイントは、「中央構造線断層帯（金剛山地東縁一伊予灘）の長期評価（一部改訂）について」（平成23年2月18日地震調査研究推進本部。以下「第一版」という。）から、①断層帯の全長が87km延び約444kmとされたこと、②活動区間が6区間から10区間とされたこと、及び③断層帯（金剛山地東縁区間を除く）の傾斜角が鉛直から中角度と高角度の両論併記とされたことである。

2. 技術情報検討会における検討結果

地震・津波研究部門及び地震・津波審査部門は、第二版の知見に関する規制への影響について、第30回技術情報検討会（平成30年2月21日）にて以

¹ 中央構造線断層帯（金剛山地東縁一和泉山脈南縁）における重点的な調査観測 平成26年度 成果報告書

² 別府一万年山断層帯（大分平野一由布院断層帯東部）における重点的な調査観測 平成26～28年度成果報告書

下の内容を説明し、確定された（第 31 回技術情報検討会（平成 30 年 4 月 16 日）において確定版を参考配付：参考 1 参照）。

- ・伊方発電所の新規制基準適合性審査における中央構造線断層帯の地震動の評価では、断層の長さ（連動により約 480km）、傾斜角の不確かさ（北傾斜）の考慮等を確認しており、今回収集した第二版の知見における評価はこれに包含されている。
- ・一方で、断層の活動区間の細分化、傾斜角の両論併記（中角度及び高角度）等の変更が、四国電力株式会社が今後実施する安全性向上評価の際に、確率論的ハザード評価における認識論的不確実性の一つとして用いられる可能性はある。
- ・今後、当該情報が、確率論的ハザード評価において適切に用いられることを確認していく。

なお、第二版の「伊予灘南縁、佐田岬半島沿岸の中央構造線については現在までのところ探査がなされていないために活断層と認定されていない。今後の詳細な調査が求められる。」の記載に関しては、第二版のうち、中央構造線断層帯の諸特性としてではなく、「(説明)」の部分に記載されているものであり、活断層と認定される根拠（引用文献）も示されていないことから、最新知見とは考えなかった。

3. 設置変更許可申請の審査における第二版の知見の取扱いについて

第二版の内容について、事業者は、既許可³の基準地震動に影響しないことから、使用済燃料乾式貯蔵施設の設置に係る当初の設置変更許可申請に含めていなかった。新規制基準適合性審査チーム（以下「審査チーム」という。）は、審査の過程において、第二版の内容が伊方発電所 3 号炉の基準地震動に影響しないことについて説明を求め、以下の（1）及び（2）について確認した。

その他の申請事項も含め、当該設置変更許可申請に係る地震・津波関係の審査については、第 741 回審査会合（令和元年 7 月 5 日）において、石渡委員から「これで概ね妥当な検討がなされた」とされ、一通り審議は終了している。

（1）中央構造線断層帯としての評価

審査チームは、第二版において、第一版のうち「断層全長」「断層の活動区分」「断層傾斜角」が変更されているが、以下により既許可の基準地震動に影響がないことを確認した。

³平成 27 年 7 月 15 日伊方発電所（3 号炉）設置変更許可

①断層全長

(第二版の内容)

別府－万年山断層帯はその名称も含め断層の再編がなされ⁴、当該断層帯の一部であった豊予海峡－由布院区間が中央構造線断層帯の一部として評価が改訂されたため、断層全長が第一版の 360 km から 444 km に変更された。

(事業者の説明内容)

既許可では、当時別の断層としていた別府－万年山断層帯と中央構造線断層帯の連動を考慮し、全長 480 km として評価している。これに対して、改訂内容では、別府－万年山断層帯の再編が含まれ、連動する断層の構成は変更されるものの、全長 480 km の端部には変更がないことから、既許可の評価に包含されていることを示した（参考 2 参照）。

②断層の活動区分

(第二版の内容)

第一版の 6 区間から 10 区間に変更された。また、伊方発電所の敷地前面区間については、石鎚山脈北縁西部－伊予灘区間約 130 km から、伊予灘区間約 88 km に見直された。

(事業者の説明内容)

既許可では、全長 480 km のケースに加え、敷地前面での部分破壊を考慮し、第一版を踏まえた断層長さ 130 km のケース及び敷地前面の断層群 54 km のケースを想定し、第二版 (88 km) より長い場合も短い場合も両方考慮しており、改訂内容は既許可の評価に包含されていることを示した（参考 2 参照）。

③断層傾斜角

(第二版の内容)

第一版の“鉛直”から“中角度（約 40°）あるいは高角度（ないしほぼ鉛直）の両論を併記するが、中角度の可能性が高い”に改訂された。

(事業者の説明内容)

既許可では、基本ケースでは鉛直としており、さらに不確かさケースの一つとして、地質境界断層の可能性を踏まえた北傾斜 30° のケースを評価している。

北傾斜 30° のケースは、中角度（約 40°）のケースよりも、地震規模

⁴ 別府－万年山断層帯は、その一部であった豊予海峡－由布院区間が中央構造線断層帯に取り込まれ、残りの区間は「万年山－崩平山断層帯」と「日出生断層帯」に再編されている。

(断層面積)が大きくなることから、第二版よりも保守的な条件となることを示した。また、今回、敷地前面区間の伊予灘区間を考慮した北傾斜 40° のケースについても地震動評価を実施し、基本ケース(480 km鉛直)とほぼ同程度で、全周期帯で基準地震動を下回ることを示した。さらに、既許可以降の新知見として、文部科学省研究開発局・国立大学法人京都大学大学院理学研究科(2017)において、“北傾斜の地質境界断層が高角の断層によって変位を受けていること”が確認できる観測結果(J測線の調査結果)が得られており、事業者の反射法探査結果による評価と変わらないことから、「震源断層もほぼ鉛直である可能性が考えられる」という既許可の評価に影響しないことを示した(参考2参照)。

(2) 地質境界断層としての中央構造線(敷地近傍)の評価

既許可では、以下に示す地形調査(敷地前面の海底谷の調査)、海上音波探査等の結果をもとに、中央構造線断層帯は少なくとも地下浅部ではほぼ鉛直であり、また、敷地近傍には、後期更新世以降の地層に変位を及ぼすような活断層が存在していないと判断した(参考2参照)。

(既許可でなされた調査)

○地形調査(海底谷の調査)

- ・地質境界としての中央構造線が地表に現れる付近において音響測深、変動地形等に着目した海底地形判読を実施

○海上音波探査

- ・四国電力及び他機関(国土地理院、大学研究グループ、産業技術総合研究所)の海上音波探査により海域の詳細な地質・地質構造を把握(敷地西岸の入り組んだ湾構造となっている一部の箇所では地質境界としての中央構造線が確認できる位置まで探査を実施)

また、審査チームは、当該設置変更許可申請の審査において、既許可以降の新知見として、(1)③に示した文部科学省研究開発局・国立大学法人京都大学大学院理学研究科(2017)を確認した結果、中央構造線断層帯は深部までほぼ鉛直であり、地質境界としての中央構造線は活断層ではないとする既許可の審査結果を肯定する内容があることを確認した。

なお、後期更新世以降の地層への変位の評価にあたっては、面的に地質構造や変形構造を把握できる海上音波探査、変動地形調査等の結果を踏まえ実施することが必要である。既許可で実施されている調査は、評価に必要な数量が実施され、必要な結果も得られていることから、追加調査の必要はなく、改めて事業者に対して指示する必要はないと考えている。また、未調査活断

層の活動度（活断層か否かの判断を含む）や活動履歴の把握が主たる目的であるボーリング等による海底堆積物調査は、今回の評価においては、後期更新世以降の地層への変位の有無を確認するための海上音波探査等の記録が十分取得できているため、必要はないものと考えている。

4. 参考資料

（参考1）第31回技術情報検討会資料

（参考2）事業者提出資料

平成 30 年 4 月 16 日

長官官房 技術基盤グループ 地震・津波研究部門
原子力規制部 審査グループ 地震・津波審査部門

地震調査委員会「四国地域の活断層の長期評価（第一版）」及び
「中央構造線断層帯（金剛山地東縁—由布院）の長期評価（第二版）」
について
第 30 回技術情報検討会提出資料確定版

長期評価の概要：

- 地震調査研究推進本部地震調査委員会は、地域単位で活断層を評価する「活断層の地域評価」を行っており、平成 29 年 12 月 19 日に「四国地域の活断層の長期評価（第一版）」を公表した。
- また、当該地域評価に併せて、従前の「中央構造線断層帯（金剛山地東縁—伊予灘）の長期評価」（以下「旧評価」という。）を改訂した「中央構造線断層帯（金剛山地東縁—由布院）の長期評価（第二版）」（以下「改訂評価」という。）を同時に公表した。
- 改訂評価では、中央構造線断層帯の西端が九州地方の由布院断層まで延長（断層帯の全長は従来の評価よりも延び、約 444km）されたほか、活断層区間についても見直しが行われ、旧評価の 6 区間から 10 区間に変更されている。
- また、活断層帯全体の傾斜角については、改訂評価では、中角度と高角度の両論が併記され、中角度の可能性が高いとされている。

当該情報と規制又は安全研究との関係：

- 中央構造線断層帯による地震は、伊方発電所の基準地震動を策定する際の検討用地震の一つである。新規制基準適合性審査における中央構造線活断層帯の地震動の評価では、断層の長さ（連動により約 460km）、傾斜角の不確かさ（北傾斜）の考慮等を確認しており、今回収集した改訂評価の知見における評価はこれに包含されている。
- 一方で、断層の活動区間の細分化、傾斜角の両論併記（中角度及び高角度）等の変更により、四国電力が今後実施する安全性向上評価の際に、確率論的ハザード評価における認識論的不確実性の一つとして用いられる可能性はある。

今後の対応：

- 引き続き、他地域における活断層の地域評価等、地震調査委員会が公表する知見の収集を進めていく。
- 今後、当該情報が、確率論的ハザード評価において適切に用いられることを確認していく。

1. 活断層の長期評価

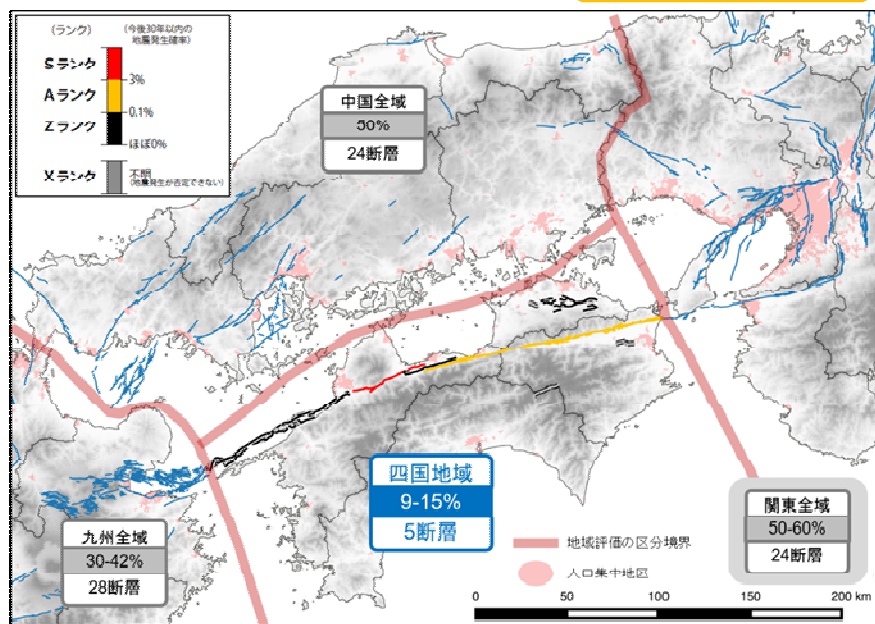
地震調査研究推進本部の下に設置されている地震調査委員会は、防災対策の基礎となる情報を提供するため、地震の規模、発生間隔等の長期予測(長期評価)を実施しています。

従来、陸域の主要な活断層帯(M7以上の地震を想定)を対象として個別に評価を行ってきましたが、M7未満の地震でも被害が生じること、地域によって活断層の特性に共通性があること等から、評価対象を広げ、地域単位で活断層を評価する「地域評価」を行うこととしています。

九州地域(平成25年)、関東地域(平成27年)、中国地域(平成28年)の地域評価に引き続き、このたび、四国地域を対象として地域評価を実施しました。

3. 評価対象とした活断層

5活断層



※青細線は評価で扱っていない活断層

2. これまでの活断層の評価と地域評価の主な違い

		従来の活断層評価	新たな地域評価
対象活断層	規模	M7.0以上	M6.8以上
	場所	陸域のみ	陸域・沿岸海域
	範囲	地表に現れている部分のみ	地下の延長部も推定して評価
評価方法		個別に活断層を評価	・個別に活断層を評価 ・地域単位で活断層を評価

個々の活断層の評価だけではなく、地域内で発生する活断層による地震の傾向が見えるようにする。

4. 四国地域の活断層で発生する地震の特徴・確率

四国地域は、被害を及ぼすような陸域の浅い地震活動は低調であり、該当すると考えられる史料も少ない。

一方で、国内最大の活断層である中央構造線断層帯が地域を横断し、その全長の半分を超える区間が、S・Aランクに該当する。また、活動履歴から、複数の隣接区間が連動する可能性がある。

	M6.8以上の地震が30年以内に発生する確率 ※	活断層	区域内の最大の地震の規模(マグニチュード)
全域	9-15%	中央構造線断層帯 長尾断層帯 上法軍寺断層 上浦-西月ノ宮断層 網附森断層	M8.0程度もしくはそれ以上 (中央構造線断層帯)

※ これらの確率は、区域内の最大規模の地震が発生する確率を表すものではない

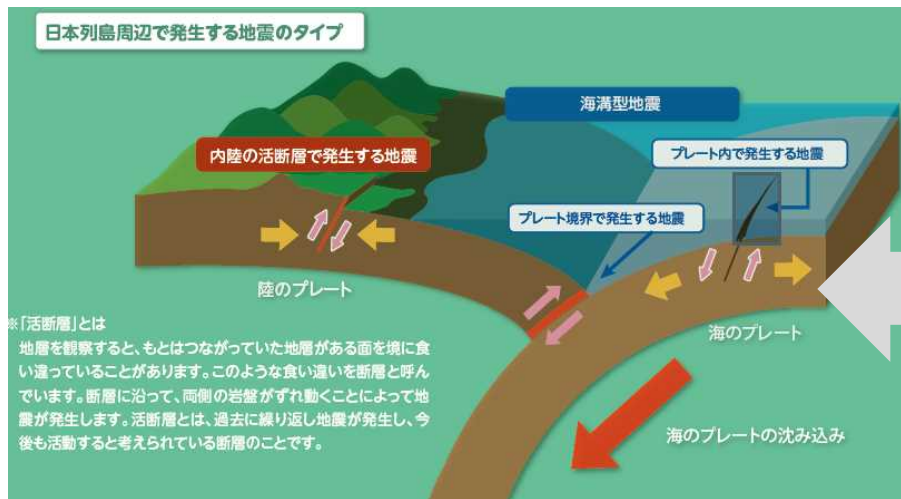
四国地域の活断層の長期評価 (第一版)概要

～中央構造線断層帯(第二版)の改訂を中心として～

平成29年12月

地震調査研究推進本部 事務局

活断層の地域評価の位置づけ



地震について知りたいこと

南海トラフの地震の切迫性・影響は？

自分の町・地域に活断層があるの？

どの箇所から優先的に耐震化を進めるか？
最適な資源の分配は？

行政

個人

この家に住みつけなくても大丈夫？

〇〇地震ではどの範囲にまで被害が及ぶ？
応急対策・復旧戦略は？

〇〇地震が来ても、十分耐えられるようにしたい。

地震本部の成果

内陸の活断層で発生する地震

主要活断層帯の長期評価
断層長 20km以上、規模 ≥ M7.0
位置・規模・動き方・発生確率

短い活断層の長期評価
断層長 20km未満、規模 ≥ M6.8
位置・規模・動き方・発生確率
陸域から延長する沿岸海域の活断層や、地下に伏在する部分も含み検討

活断層の地域評価

- 被害を起こす可能性のある活断層を細かく検討
- 地域ごとの発生確率値

海溝型地震

海溝型地震の長期評価
位置・規模・動き方・発生確率

地震動予測地図

確率論的地震動予測地図
今後30年間に震度6弱以上の揺れに見舞われる確率

震源断層を特定した地震動予測地図
ある断層が動いたときの周囲の震度分布

長期評価を基に作成

どんな地震が将来想定されるか？

想定される地震によってどんな揺れに見舞われるか？



評価の経緯

従来の活断層の長期評価(～H17)

■ 基盤的調査観測対象の活断層帯(主要活断層帯)を対象

- 確実度Ⅱ以上、地表の長さ20km(マグニチュード7.0に相当)以上、活動度B級(0.1m～1m/千年)以上が基本的な選定の基準
- 個々の主要活断層帯ごとに評価

現在113断層帯
※2017年2月時点

■ 課題

- 主要活断層帯以外(地表の長さが短い活断層、沿岸海域)で被害地震が発生
- M7未満の地震でも被害が生じている
 - 例) H16 新潟県中越地震(M6.8) H19 能登半島地震(M6.9) H19 新潟県中越沖地震(M6.8)
H26 長野県北部を震源とする地震(M6.7)

従来の長期評価では
カバーできない地震規模

「活断層の長期評価手法」(暫定版) (H22)

- 地域評価の導入
- 評価対象とする活断層の見直し 等

個々の断層毎の評価では、地域で起こる活断層による地震の傾向が良く見えない

被害地震を発生させる活断層をなるべく拾う

地域の活断層評価(H25～)

- 九州地域(平成25年2月)
- 関東地域(平成27年4月)
- 中国地域(平成28年7月)

四国地域の
活断層の長期評価

活断層による地域のハザード情報
「XX年に1回程度の頻度で、活断層やそれ以外の陸域の浅い地震に見舞われるおそれがある」ことを示すことができる。

地域評価の特徴

■ 評価する活断層の対象を拡大

- 地表の断層長さ20km以上(主文・説明文・特性表) → 15km以上(主文・特性表)を評価、**15km未満を簡便評価(特性表)**
- 活動度B級(0.1~1m/千年)以上 → 活動度C級も評価
- 陸域の活断層に加え、**沿岸海域**の活断層も評価
- 地表に現れている部分だけでなく、地質や地球物理学的情報に基づき、**地下の断層面**の長さを評価

■ 個々の活断層だけでなく、**地域単位**で評価を実施

- 地質構造や地殻変動、地震活動等の情報も利用
- 地域に存在する活断層、地域単位での特徴、地震発生確率を評価

■ 主要活断層帯の評価との主な違い

		主要活断層帯の評価	地域評価
対象 活断層	規模	20km以上(主文・説明文・特性表)	15km以上(主文・特性表) 15km未満(特性表)
	場所	陸域	陸域・沿岸海域
	範囲	地表に現れている部分のみ	地下の延長部も推定して評価
評価方法		個別に活断層を評価	・個別に活断層を評価 ・地域単位で活断層を評価

熊本地震を契機とした地震発生確率のランクの導入

熊本地震発生前の長期評価概要

評価対象	布田川断層帯(布田川区間)
地震の規模	M7.0程度
ずれの量	右ずれを主体として 全体で2m程度
30年以内の地震発生確率	ほぼ0% - 0.9% [BPT]
地震後経過率	0.08 - 0.9

熊本地震の発生

熊本地震発生で分かったこと

一方、文部科学省が2016年熊本地震の後に、被災地で実施したアンケート調査によると、約7割の人が、地域に活断層のあることを認知していなかったと答え、さらに、認知している人の約半数は、活断層があることは知っていたが大きな地震が発生するとは考えていなかったと回答している[28, 29]。この結果は、都市部では地震発生の可能性を認知して耐震化がある程度進んでいたが、人口過疎地域では認知も進まず耐震化を含めた防災対策も遅れていたことを示唆している[30]。宇土市でも、住宅の耐震化率が51%（2016年度）と低かった[23]。これらの事実は、地震本部の調査研究の成果が、被災地の住民の防災リテラシー（災害に立ち向かうために必要な能力[31]）の向上には限定的にしか役立っていなかったことを示している。

Hirata (2017) 一抜粋部

熊本地震後、長期評価について以下のような指摘

- ✓ 防災を担う自治体担当者や一般国民に、正しく危険性を伝えられていない
- ✓ あたかも降水確率を見るかのように、「起こらない確率」が高く見えてしまい、かえって安心情報になっている

熊本地震の教訓を踏まえ、国民が活断層のリスクを正しく理解し、最終的には適切な防災・減災行動につながるように、より分かりやすい表記に見直す必要がある。

地震発生可能性を表すランクについて

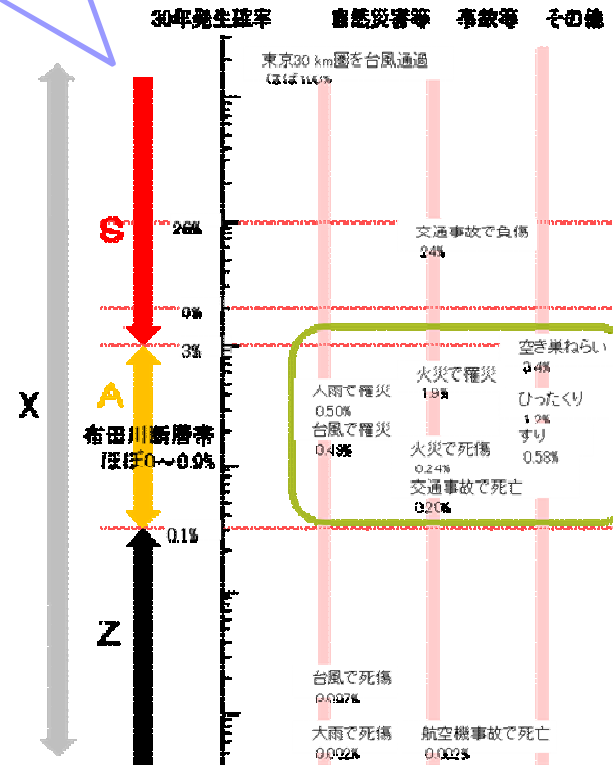
- Sランク(高い): 30年以内の地震発生確率が3%以上
- Aランク(やや高い): 30年以内の地震発生確率が0.1~3%
- Zランク: 30年以内の地震発生確率が0.1%未満
- Xランク: 地震発生確率が不明
(すぐに地震が起こることが否定できない)

地震後経過率※が0.7以上である活断層は、ランクに*を付記する。



※ 地震後経過率とは、現時点の地震発生の切迫度を示す数字です。1に近づく、次の地震がいつ起きてもおかしくない状態と言えます。

新たな試み



評価手順

① 四国地域内の評価対象活断層の洗い出し

- 専門家による活断層の位置の判読や活動度・既存の研究成果等を参照し、以下のように分類

①評価対象活断層

②評価対象としなかった構造(可能性のある構造/可能性の低い構造)

② 四国地域内の区分

- 活断層の特性や地質構造などに基づき、**地域内は一つの区分とした**

③ 既存の活断層改訂・新たな活断層の評価

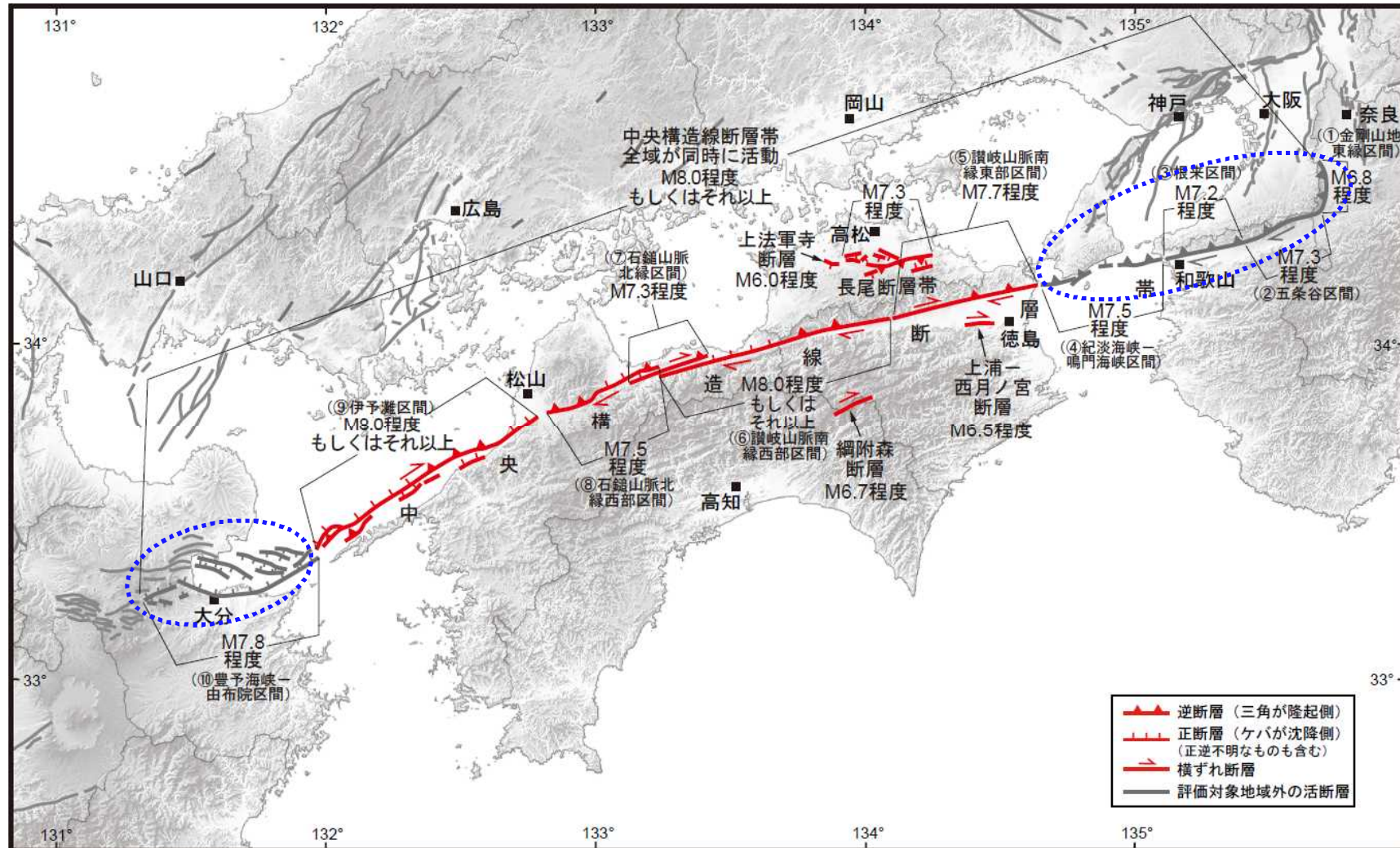
- 既存の主要活断層帯は、前回評価以後、得られた新たな知見を取り入れて評価を見直し
- 新たに評価対象となった活断層の地震発生確率等を評価

④ 四国地域の活断層で発生する地震の長期評価

- 個別の活断層の評価結果をもとに、四国地域で「活断層の活動によって今後30年以内にM6.8以上の地震が起きる確率」を計算
- 最近の地震活動から統計的経験則(G-R則)に基づき計算した確率と比較

①四国地域内の評価対象活断層の洗い出し

①評価対象活断層



中央構造線断層帯の一部だが、四国地域外であるため地域評価では扱わない範囲

四国地域内で、評価対象を主要活断層帯(断層長20km以上)以外の活断層にも広げているが、全ての活断層を評価の対象にできたわけではない。→②評価対象としなかった構造



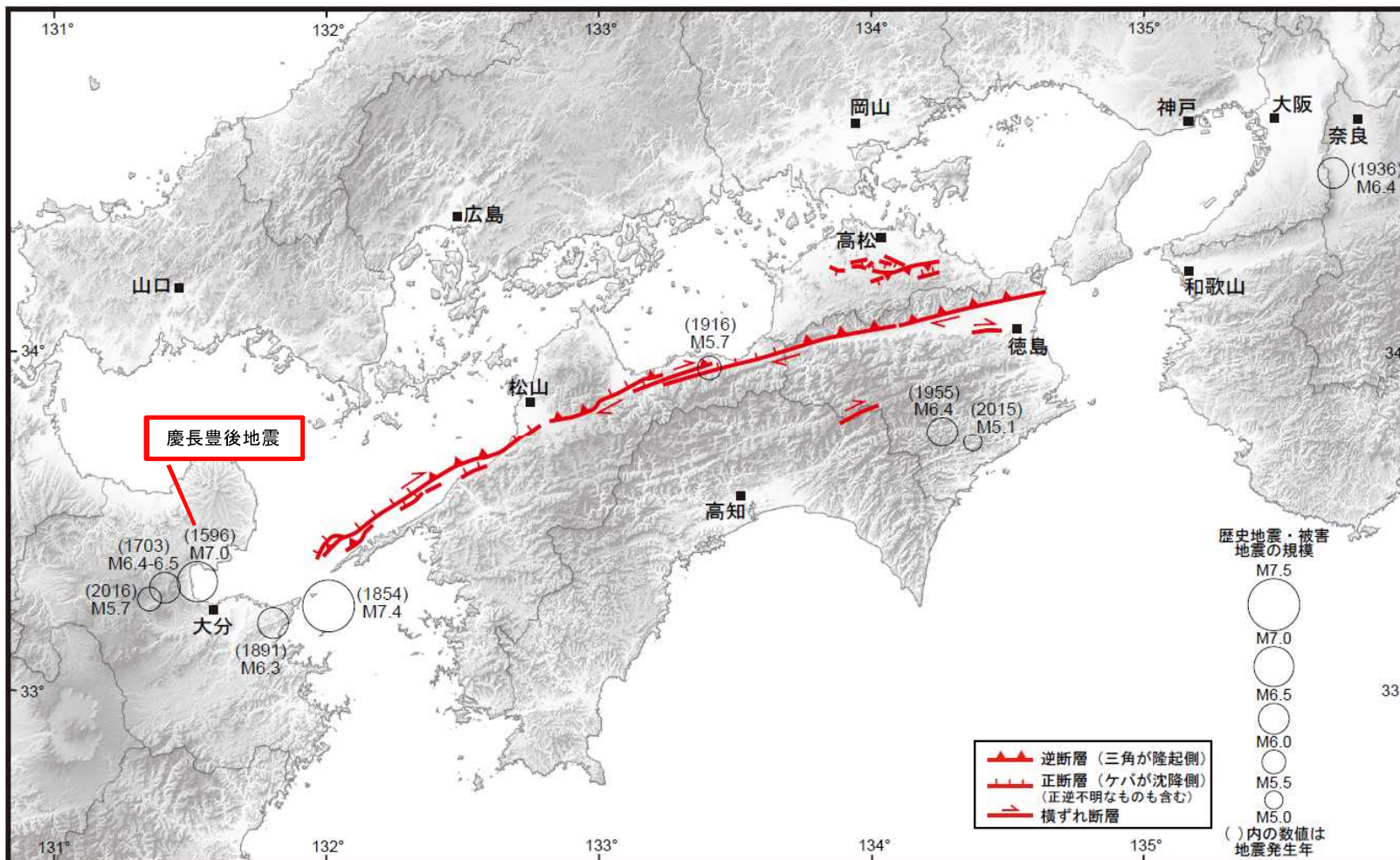
①四国地域内の評価対象活断層の洗い出し

①評価対象活断層

評価区分	図中番号	断層帯名
主要活断層帯 20km以上 (主文・説明文・特性表)	1-①～⑩	(改訂)中央構造線断層帯
	2	<small>ながお</small> (改訂)長尾断層帯
主要活断層以外 ≥概ね15km (主文・特性表)	(本評価での該当なし)	
主要活断層以外 概ね15km未満 (特性表のみ)	3	<small>かみほうぐんじ</small> (新規)上法軍寺断層
	4	<small>かみうら にしつきのみや</small> (新規)上浦一西月ノ宮断層
	5	<small>つなつけもり</small> (新規)綱附森断層

①四国地域内の評価対象活断層の洗い出し

①評価対象活断層と、四国地域およびその周辺で発生したと考えられる主な被害地震



- ✓ 被害地震について、1596年の伊予の地震(いわゆる慶長伊予地震)は発生地域や地震規模が不明なため示していない。また、1789年の阿波の地震は浅い地震ではないため示していない。
- ✓ 伊予・安芸ではいくつかの被害を伴う地震の記録はあるが、平成13年芸予地震と同様の、やや深い沈み込むプレート内で発生する(スラブ内)地震であると考えられるため、ここではそれらを示していない。



③ 既存の活断層帯の改訂・新たな活断層の評価

(1) 中央構造線断層帯(H15.2公表、H23.2一部改訂)(改訂)

従来の活断層帯(約360km, M8.0もしくはそれ以上)の範囲を西方へ延長

活動時期の知見の増加による活動区間の見直し

→⑩豊予海峡—由布院区間(約61km, M7.8)の追加

→全体(約444km, M8.0程度もしくはそれ以上)

※従来6区間を10区間に分割

震源断層全体の傾斜についての見解の提示

なが お

(2) 長尾断層帯(H15.9公表)(改訂)

従来の活断層帯(約24 km, M7.1)の範囲を西方へ延長

→全体約30km, M7.3程度

かみ ほう ぐん じ

(3) 上法軍寺断層(新規)

→長尾断層帯の西方に隣接するも、
形状等から別の断層として評価

かみ うえら にしつき の みや

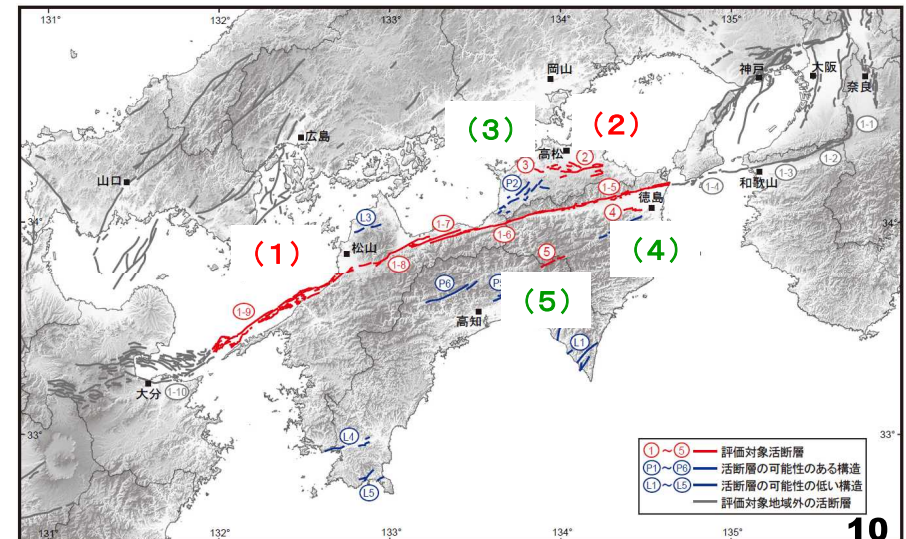
(4) 上浦—西月ノ宮断層(新規)

→「上浦断層」、「西月ノ宮断層」相当

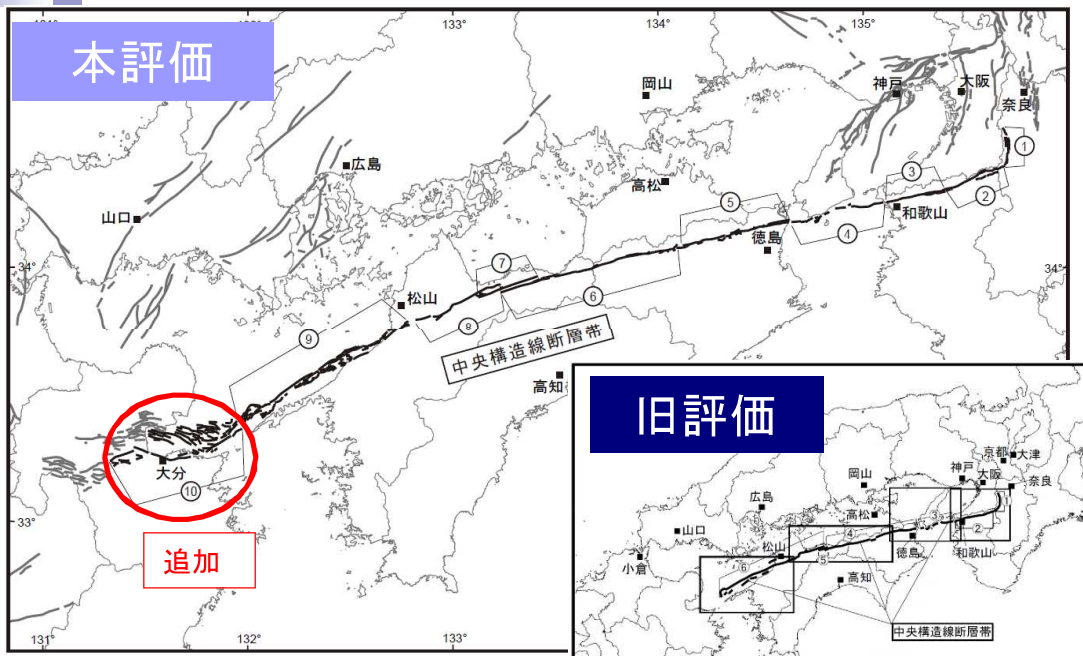
つな つけ もり

(5) 綱附森断層(新規)

→「綱付森断層」相当



③中央構造線断層帯の改訂のポイント



●【区間の追加】⑩豊予海峡—由布院区間
 ・西端は由布院断層まで延長 →約61km
 全長約360km→約444km

●【区間の再整理】活動区間・発生確率
 ・近年のトレンチ調査等による活動履歴を整理
 →従来6区間を10区間に変更
 →⑧石鎚山脈北縁西部区間で
 30年発生確率: ほぼ0-11%

●【活断層帯の全体像】傾斜角
 ②五条谷区間～⑩豊予海峡—由布院区間に
 ついては、**中角度と高角度の両論を併記。ただし、中角度の可能性が高い、と判断。**
 →評価文に両角度の主張を記載(p.31)

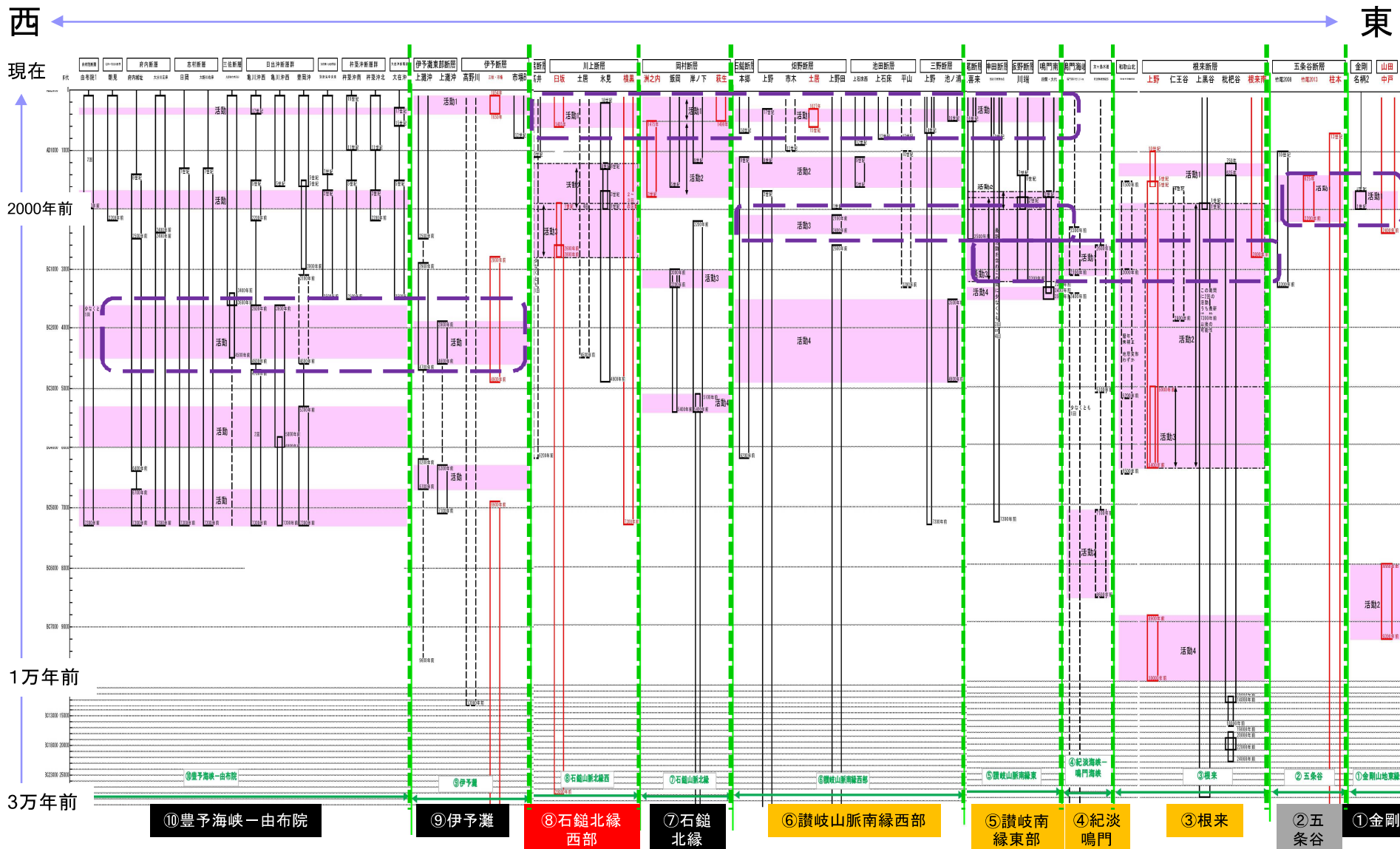
区間	規模(M)	発生確率のランク	備考
①金剛山地東縁	6.8程度	Z	平均活動間隔: 6-7.6千年 地震後経過率: 0.2-0.3
②五条谷	7.3程度	X	最新活動時期: 約2千2百年前以後、7世紀以前
③根来	7.2程度	A	平均活動間隔: 2.5-2.9千年 地震後経過率: 0.4-0.6
④紀淡海峡—鳴門海峡	7.5程度	A*	平均活動間隔: 4-6千年 地震後経過率: 0.4- 0.8
⑤讃岐山脈南縁東部	7.7程度	A	平均活動間隔: 0.9-1.2千年 地震後経過率: 0.6以下
⑥讃岐山脈南縁西部	8.0程度もしくはそれ以上	A	平均活動間隔: 1-1.5千年 地震後経過率: 0.2-0.5
⑦石鎚山脈北縁	7.3程度	Z	平均活動間隔: 1.5-1.8千年 地震後経過率: 0.4以下
⑧石鎚山脈北縁西部	7.5程度	S*	平均活動間隔: 0.7-1.3 千年 地震後経過率: 0.2- 0.9
⑨伊予灘	8.0程度もしくはそれ以上	Z	平均活動間隔: 2.9-3.3千年 地震後経過率: 0.04-0.1
⑩豊予海峡—由布院	7.8程度	Z	平均活動間隔: 1.6-1.7千年 地震後経過率: 0.2-0.3

トレンチ調査等で得られた過去の活動履歴と活動区間の関係

長期評価で認定した過去の活動時期

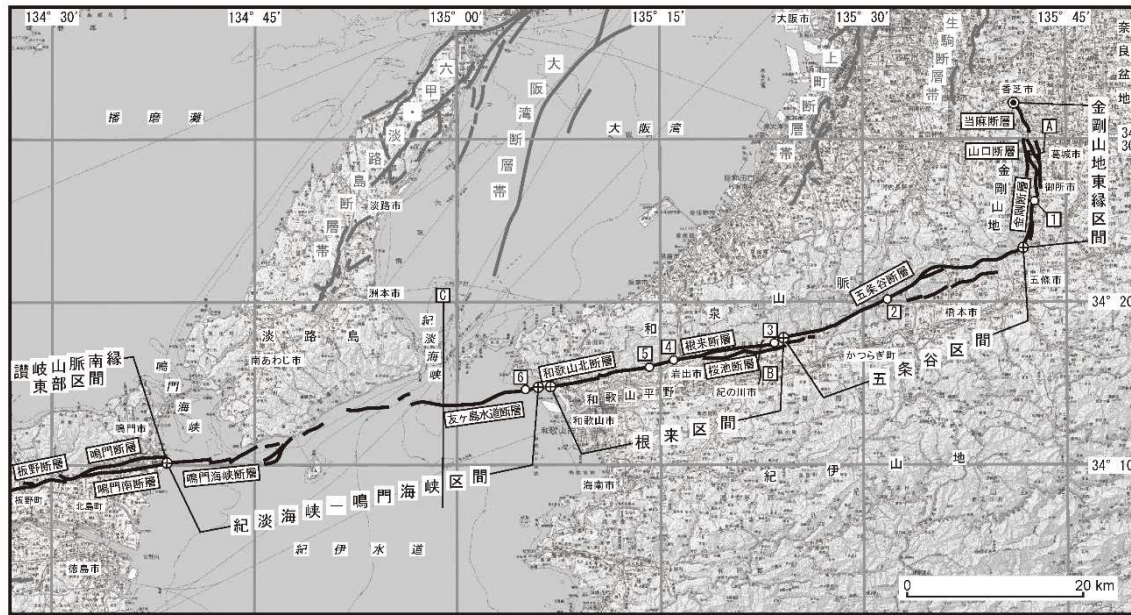
本評価で新たに取り入れたデータ

隣接区間で活動時期が重なる範囲の事例



単独区間での地震発生だけではなく、複数区間が同時に活動する可能性

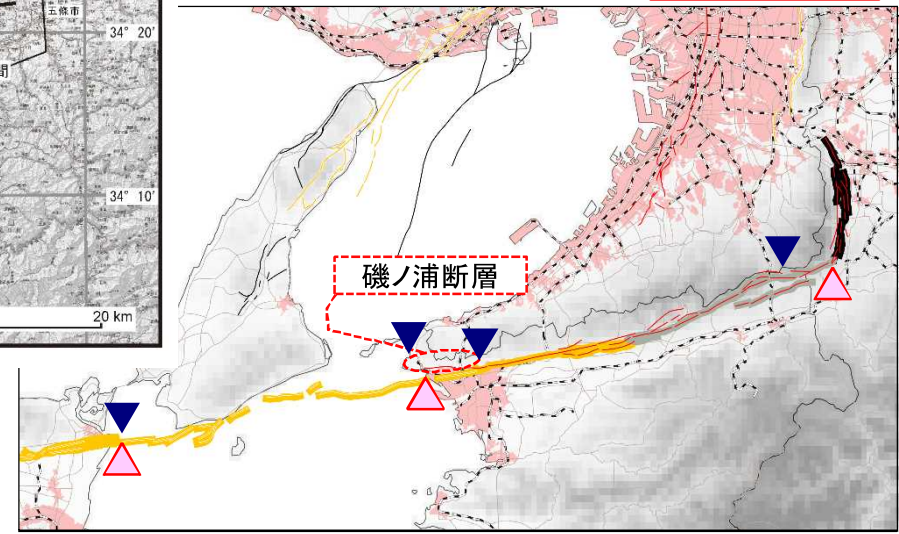
③ 中央構造線断層帯 (①金剛山地東縁～④紀淡海峡－鳴門海峡*)



外枠: 今回評価の発生ランク地表トレース

*①～④の区間は、四国の地域評価内では扱わない。

内線: 旧評価の発生ランク地表トレース

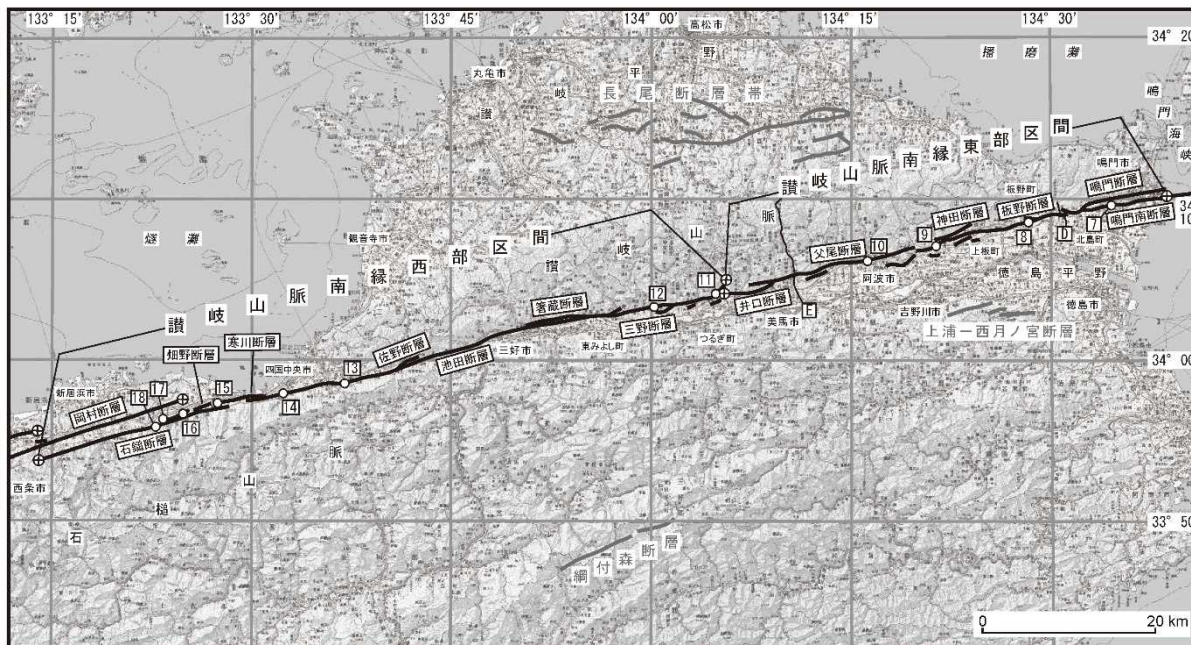


- 中央構造線断層帯の重点調査観測 (平成25～27年度)
- ✓ 活動履歴データの蓄積から、活動区間・活動度を再整理
- ✓ 磯ノ浦断層に変位地形が見られないことから、和歌山市内から紀淡海峡に活断層が抜ける位置を、南側の根来断層の延長線上の和歌山北断層とした。

▼ 旧評価での区間端点の概略位置
 ▲ 本評価での区間端点の概略位置

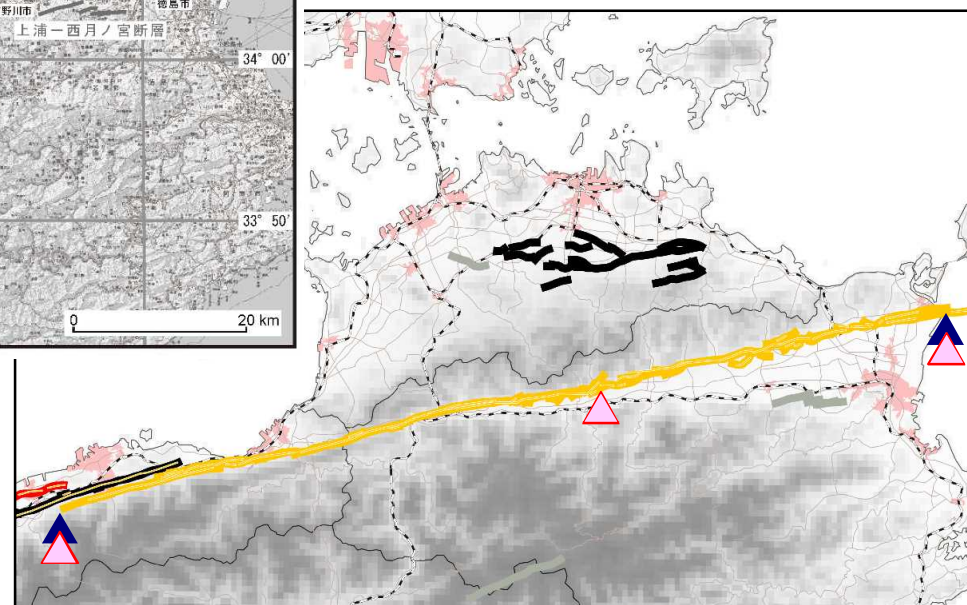
新区間名	規模 (M)	発生確率のランク	評価改訂の理由	旧評価
① 金剛山地東縁 (約16km)	6.8程度	Z	2回の活動履歴から平均活動間隔の推定幅の大幅な向上	金剛山地東縁 6.9程度 (約23km)
② 五条谷 (約29km)	7.3程度	X	最新活動時期の推定幅の向上、根来区間と異なる活動時期	和泉山脈南縁 7.6-7.7程度 (約44～52km)
③ 根来 (約27km)	7.2程度	A	複数の活動履歴から平均活動間隔の推定幅の向上、構成断層の変更	紀淡海峡－鳴門海峡 7.6-7.7程度 (約43～51km)
④ 紀淡海峡－鳴門海峡 (約42km)	7.5程度	A*	活動履歴は従前通り、構成断層の変更(区間の東端位置の変更)	

③ 中央構造線断層帯 (⑤讃岐山脈南縁東部・⑥讃岐山脈南縁西部)



外枠: 今回評価の
発生ランク
地表トレース

内線: 旧評価の
発生ランク
地表トレース

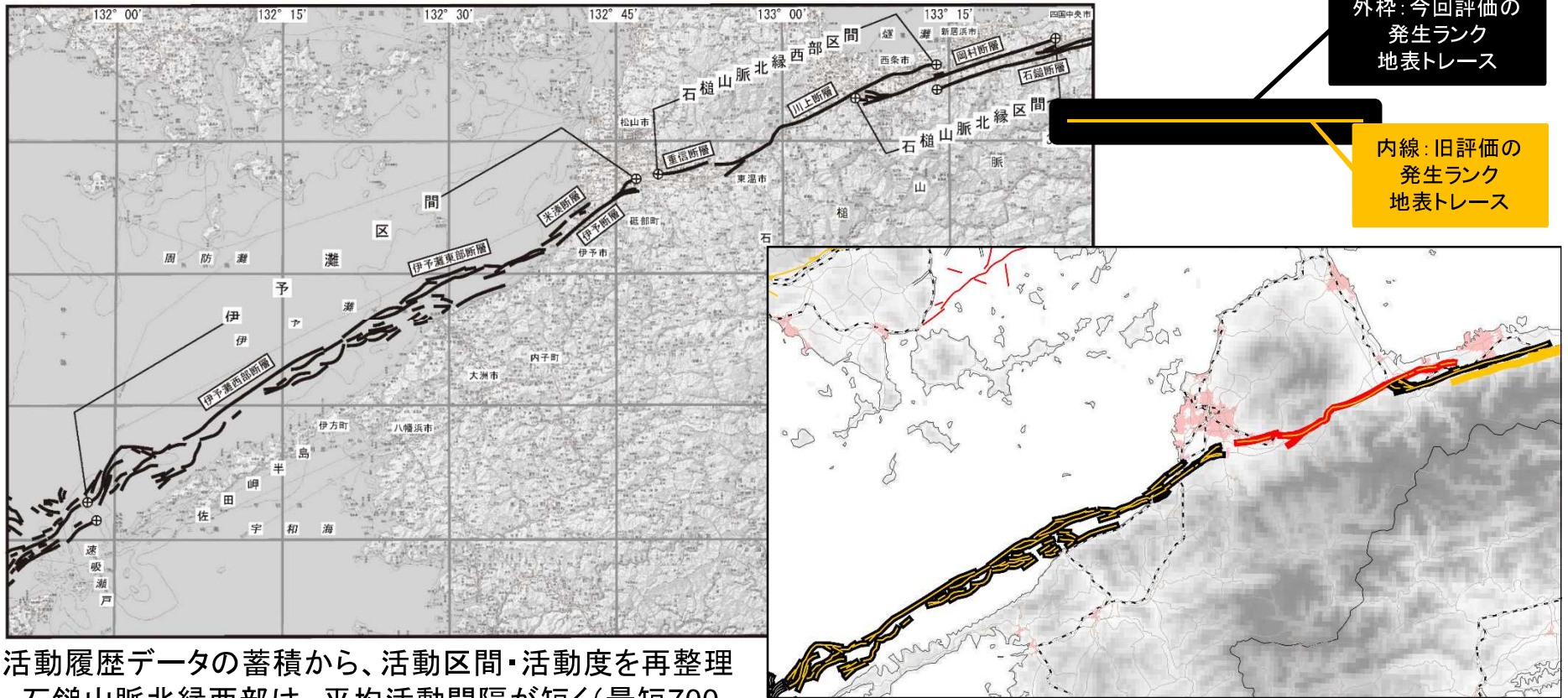


- 活動履歴データの蓄積から、活動区間・活動度を再整理
- ✓ 従来一区間とされてきた長大な活動区間(約130km)を二つの区間(52km, 82km)に分割。
- ✓ 讃岐山脈南縁東部区間の東端を陸域の端まで延長。
- ✓ 長尾断層帯との関係(地下で接近)

▲ 旧評価での区間端点の概略位置
△ 本評価での区間端点の概略位置

新区間名	規模(M)	発生確率のランク	評価改訂の理由	旧評価
⑤ 讃岐山脈南縁東部 (約52km)	7.7程度	A	<ul style="list-style-type: none"> 隣り合う区間どうして、異なる活動時期の推定、 隣接する構成断層間で大きく異なる平均的なずれの速度 (⑤6m/千年 ↔ ⑥8-9m/千年) 	讃岐山脈南縁 —石鎚山脈北縁東部 8.0程度もしくはそれ以上 (約130km)
⑥ 讃岐山脈南縁西部 (約82km)	8.0程度もしくはそれ以上	A		

③ 中央構造線断層帯 (⑦石鎚山脈北縁・⑧ // 北縁西部・⑨伊予灘)



- 活動履歴データの蓄積から、活動区間・活動度を再整理
- ✓ 石鎚山脈北縁西部は、平均活動間隔が短く(最短700年程度)、地震後経過率が高い(0.9)場合、**Sランクに該当**。

新区間名	規模(M)	発生確率のランク	評価改訂の理由	旧評価
⑦石鎚山脈北縁 (約29km)	7.3程度	Z	新たな活動履歴の追加による平均活動間隔の推定幅の向上と地震後経過率の低下(最0.5→0.3以下)	石鎚山脈北縁 (約30km) 7.3-8.0程度 A
⑧石鎚山脈北縁西部 (約41km)	7.5程度	S*	複数の活動履歴の追加により、隣り合う区間どうして、異なる活動時期、平均活動間隔の推定(⑧は非常に短い活動間隔:約7百 - 1千3百年)	石鎚山脈北縁西部—伊予灘 8.0程度もしくはそれ以上 (約130km) A
⑨伊予灘 (約88km)	8.0程度 もしくはそれ以上	Z		15

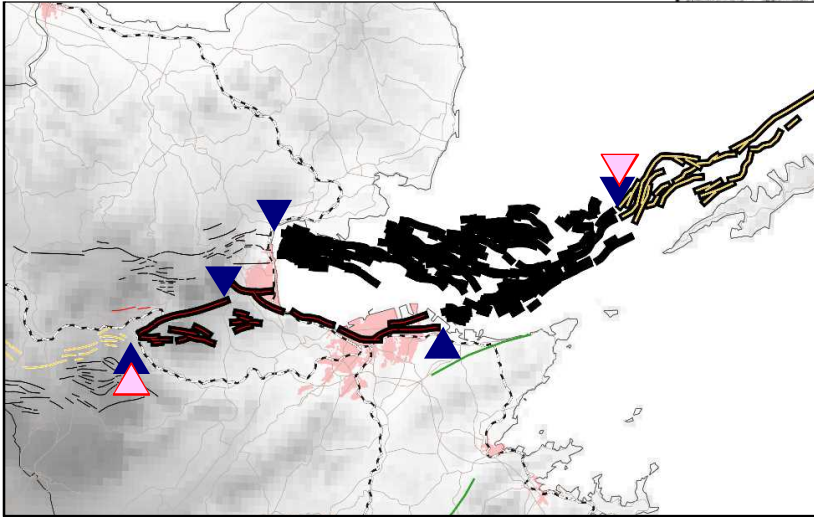
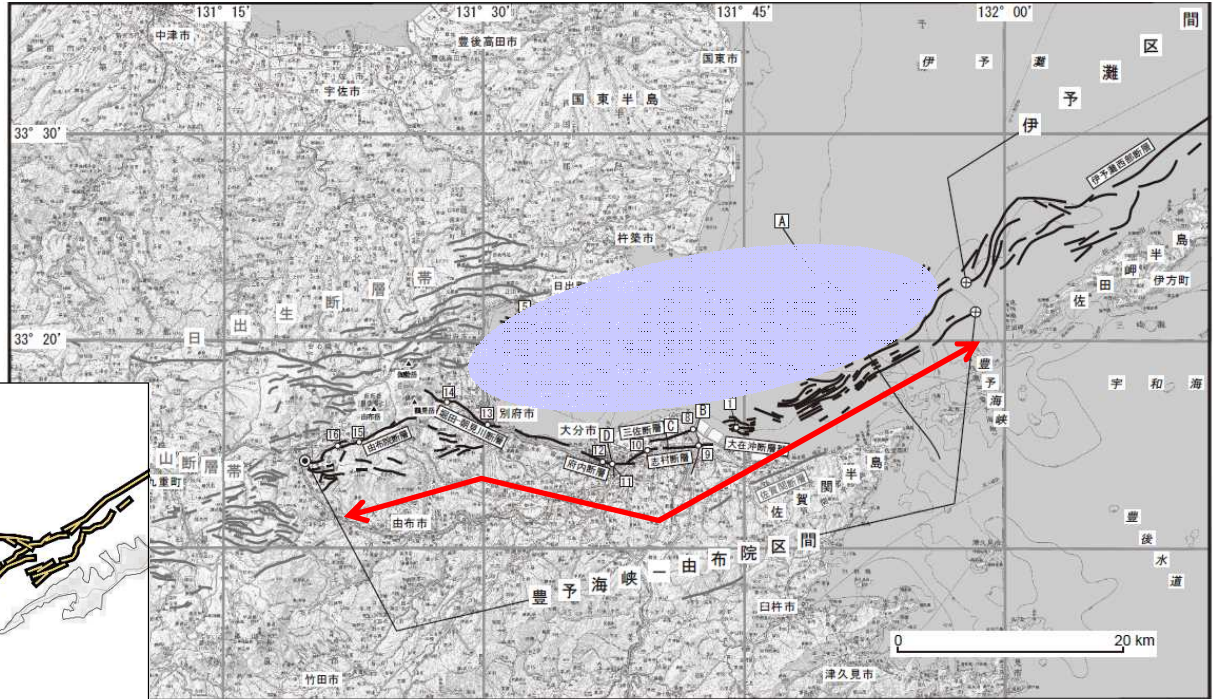
③ 中央構造線断層帯 ⑩豊予海峡—由布院*

*⑩の区間は、四国の地域評価内では扱わない。

外枠: 今回評価の
発生ランク
地表トレース



内線: 旧評価の
発生ランク
地表トレース

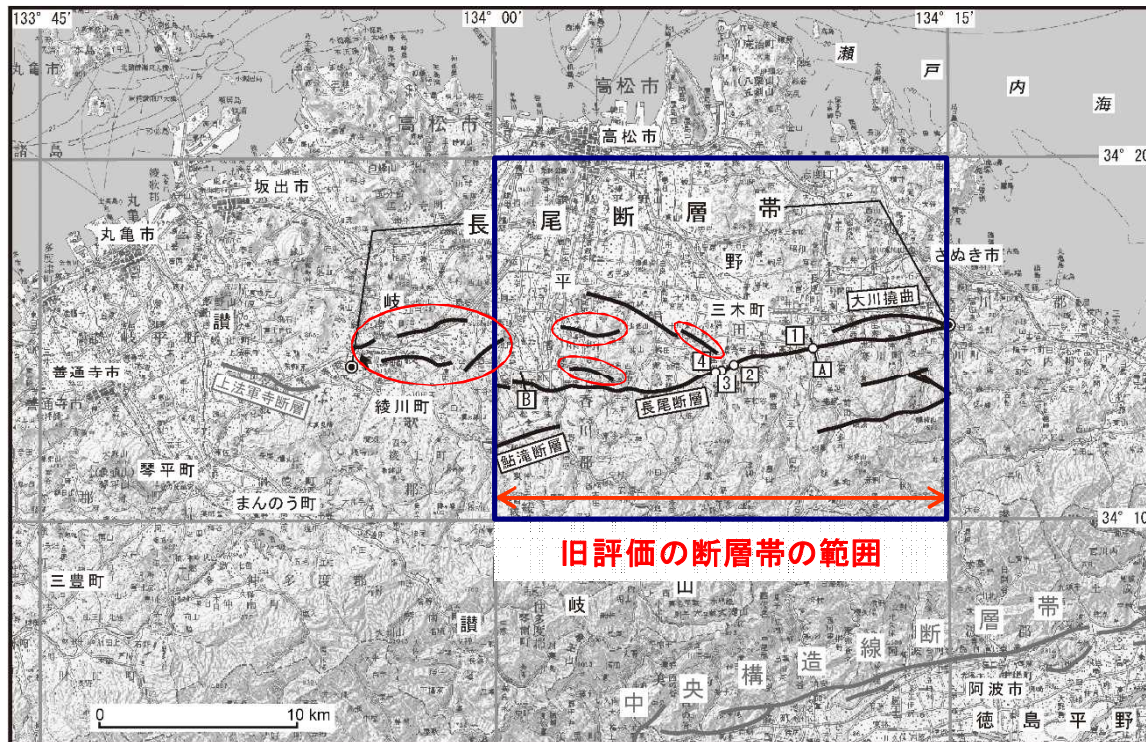


▲ 旧評価での区間端点の概略位置
△ 本評価での区間端点の概略位置

- 中央構造線断層帯の西端活動区間として再整理
- ✓ 別府湾内の探査の再解析から、同様の地下構造が伊予灘から別府湾へと続くと判断。
- ✓ 断層帯の主部は、南側のトレース沿い(北側低下)
- ✓ 北側の断層群(北側隆起)は地下で一連の地下構造に収斂することから、二次的であると推定。
- ✓ 東方の活動区間とは異なり、正断層の活動様式(別府湾の形成)

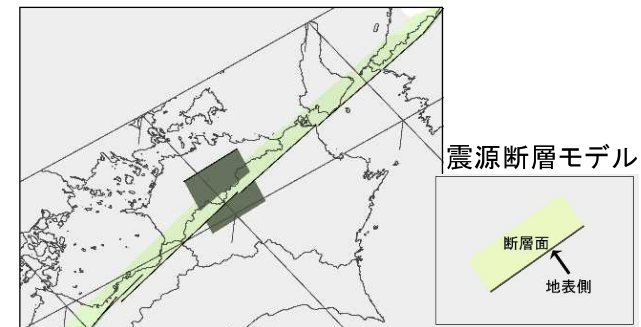
新区間名	規模(M)	発生確率のランク	評価改訂の理由	旧評価	
⑩豊予海峡—由布院 (約61km)	7.8程度	Z	旧評価では陸域の断層と海域の断層は別々の活動区間としていたものを、地下の共通した地質構造から派生した、全体を一つとする震源断層と判断	別府—万年山断層帯 (約43km) (別府湾—日出生断層帯/東部) 7.6程度	Z
				別府—万年山断層帯 (約40km) (大分平野—由布院断層帯/東部・西部) 7.5程度	S(*)

③ 長尾断層帯の改訂のポイント



●位置形状の見直し

- ✓ 写真判読・数値標高モデル等のデータを基に周辺地域も含めて再判読
- ✓ 西方に範囲を拡大(24km→30km)
- ✓ 周辺の活断層(今後の課題:同時活動の可能性)
 - 上法軍寺断層との関係
→上法軍寺断層のポイントを参照
 - 中央構造線断層帯との関係
→地表では互いに15km以上離れているが、断層の傾斜を考えると地下で近接

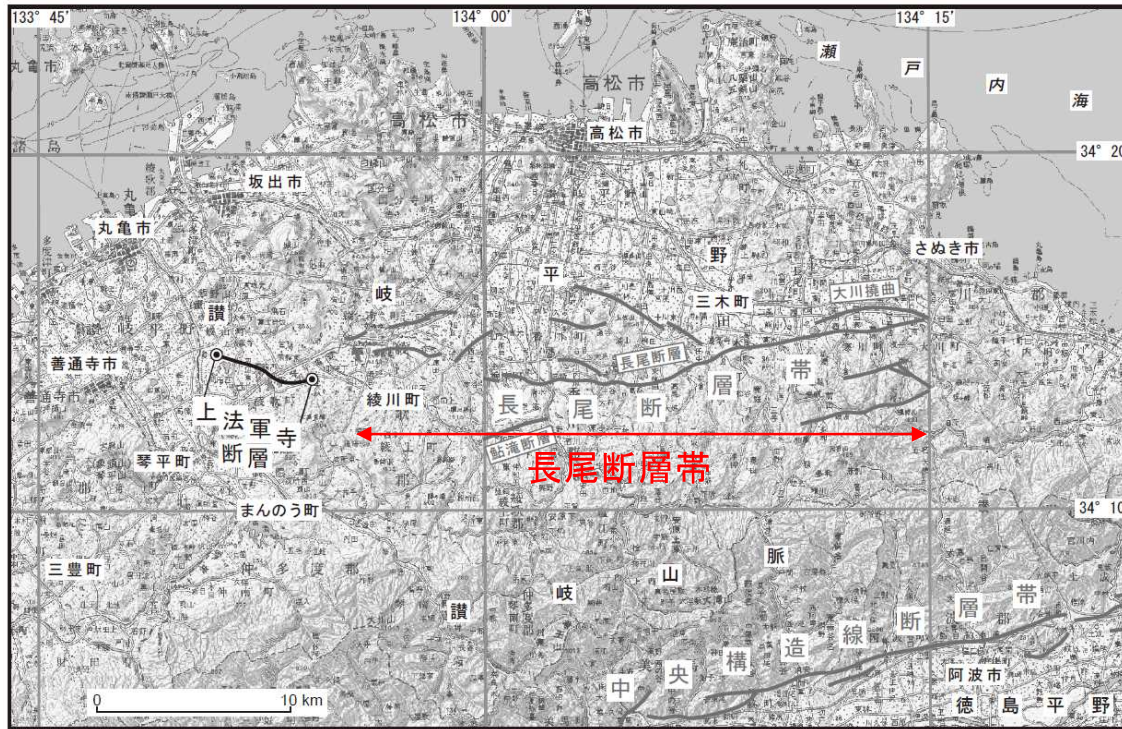


○ 旧評価から新たに追加された断層トレース

	本評価	旧評価
断層の長さ	30 km	24 km
規模(M)	M7.3	M7.1
発生確率のランク	Z	Z
最新活動時期	8世紀以後、16世紀以前(*)	9世紀以後、16世紀以前
平均活動間隔	概ね3万年程度	概ね3万年程度
地震後経過率	0.01-0.04	0.01-0.04

20活動時期の暦年補正の手法を変更したことに伴う変更

③ (新規) 上法軍寺断層のポイント



- 長尾断層帯と近接しているものの・・・
- ・ 長尾断層帯では南側隆起が主体
- ・ 上法軍寺断層は北側隆起
→ 長尾断層帯の地形的特徴である、南側隆起が上法軍寺断層の周辺に見られない。



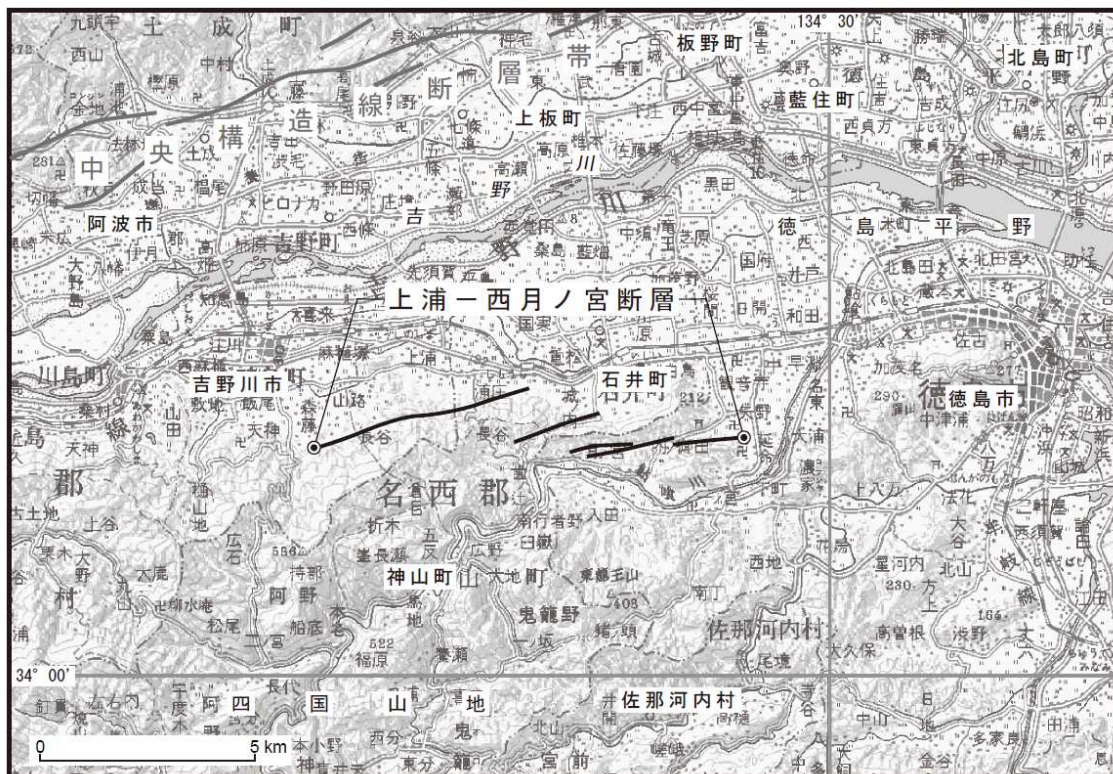
将来的に、現地調査等から、両断層帯の履歴の比較や周辺の詳細な地形調査等の結果から、両者の関係の見直しの可能性が有り得る。

	評価
断層の長さ	5 km
規模 (M)	M6.0程度
発生確率のランク	X
最新活動時期	不明
平均活動間隔	不明
地震後経過率	不明

※活動の履歴に係る現地調査等なし



③ (新規) 上浦－西月ノ宮断層のポイント

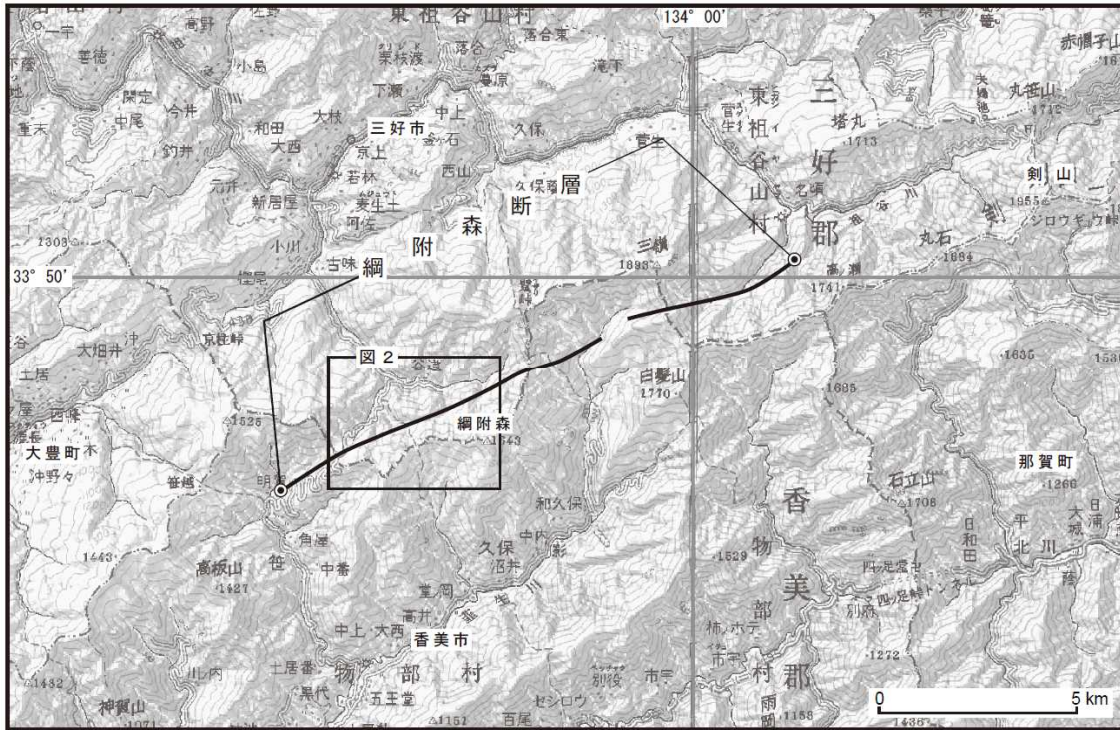


- 従来の研究・想定等において、「上浦断層」、「西月ノ宮断層」とされている既知の活断層に相当。
- ✓互いに近接し、類似の変動地形学的な特徴が見られる。
- ✓断層の東端は沖積低地の縁に位置し、西端に比べて確度が低く、地下で伸長している可能性もある。

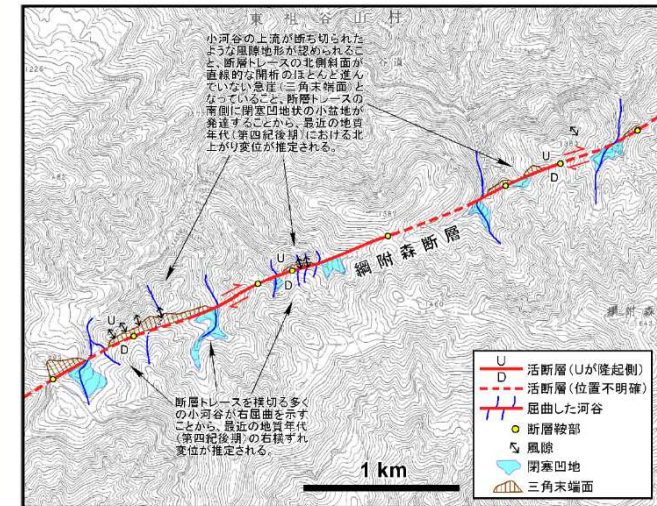
	評価
断層の長さ	10 km
マグニチュード	M6.5程度
発生確率のランク	X
最新活動時期	不明
平均活動間隔	不明
地震後経過率	不明

※活動の履歴に係る現地調査等なし

③ (新規) 網附森断層のポイント



- 従来の研究・想定等において、「網付森断層」とされている既知の活断層に相当。
- ✓ リニアメント周辺にある、谷の屈曲や、閉塞凹地などの変動地形学的な特徴が明瞭な範囲を活断層と認定



	評価
断層の長さ	14 km
マグニチュード	M6.7程度
発生確率のランク	X
最新活動時期	不明
平均活動間隔	不明
地震後経過率	不明

※活動の履歴に係る現地調査等なし

④四国地域の活断層で発生する地震の長期評価

個別の活断層での地震発生確率

- 発生確率が不明な活断層： 平均活動間隔Rを仮定
 - 平均変位速度S(m/千年)と1回変位量D(m)から $R=D/S$ で算出
 - 平均変位速度：「新編日本の活断層」等に示された活動度(A~C)に応じて仮定(評価文 付表2)
上法軍寺断層(C級)、綱附森断層(B級)、上浦一西月ノ宮断層(B級)

地域内の活断層によるM6.8以上の地震発生確率(地域確率)

- 手法1) 区域内の評価対象活断層の発生確率の集合から地域確率を求める
 - 個別の活断層の発生確率の幅の取扱い
 - 地表の証拠からは活動の痕跡を認めにくい地震の考慮
- 手法2) 区域内の最近の地震活動から統計的経験則により地域確率を求める
 - 近代以降(1923年~)の地震観測結果を基にしたG-R則より、M6.8以上の地震が発生する確率を計算



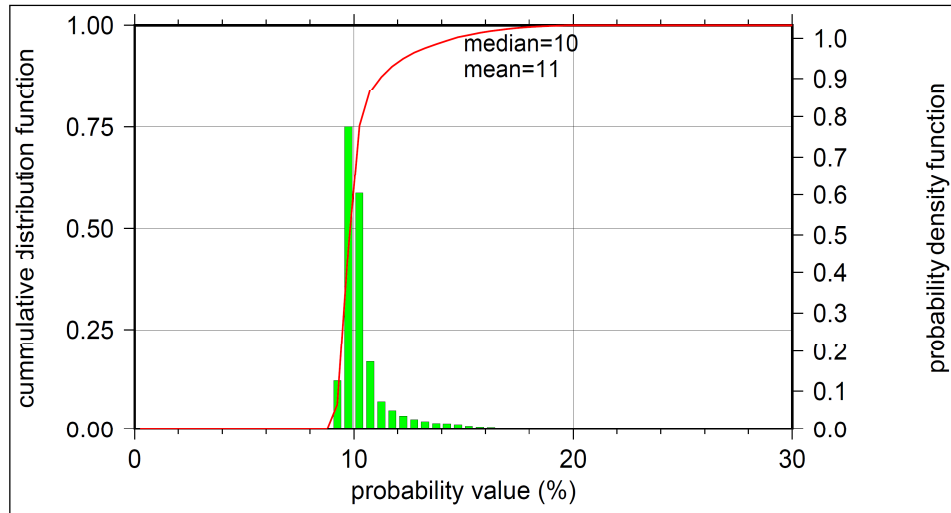
区域内の2つの手法の地域確立を比較・考察

- それぞれの手法による評価が妥当であれば地域内でM6.8以上の地震が発生確率は
手法1(活断層を正確に把握) \geq 手法2(短期間での平均的な地震活動)

が期待される 21

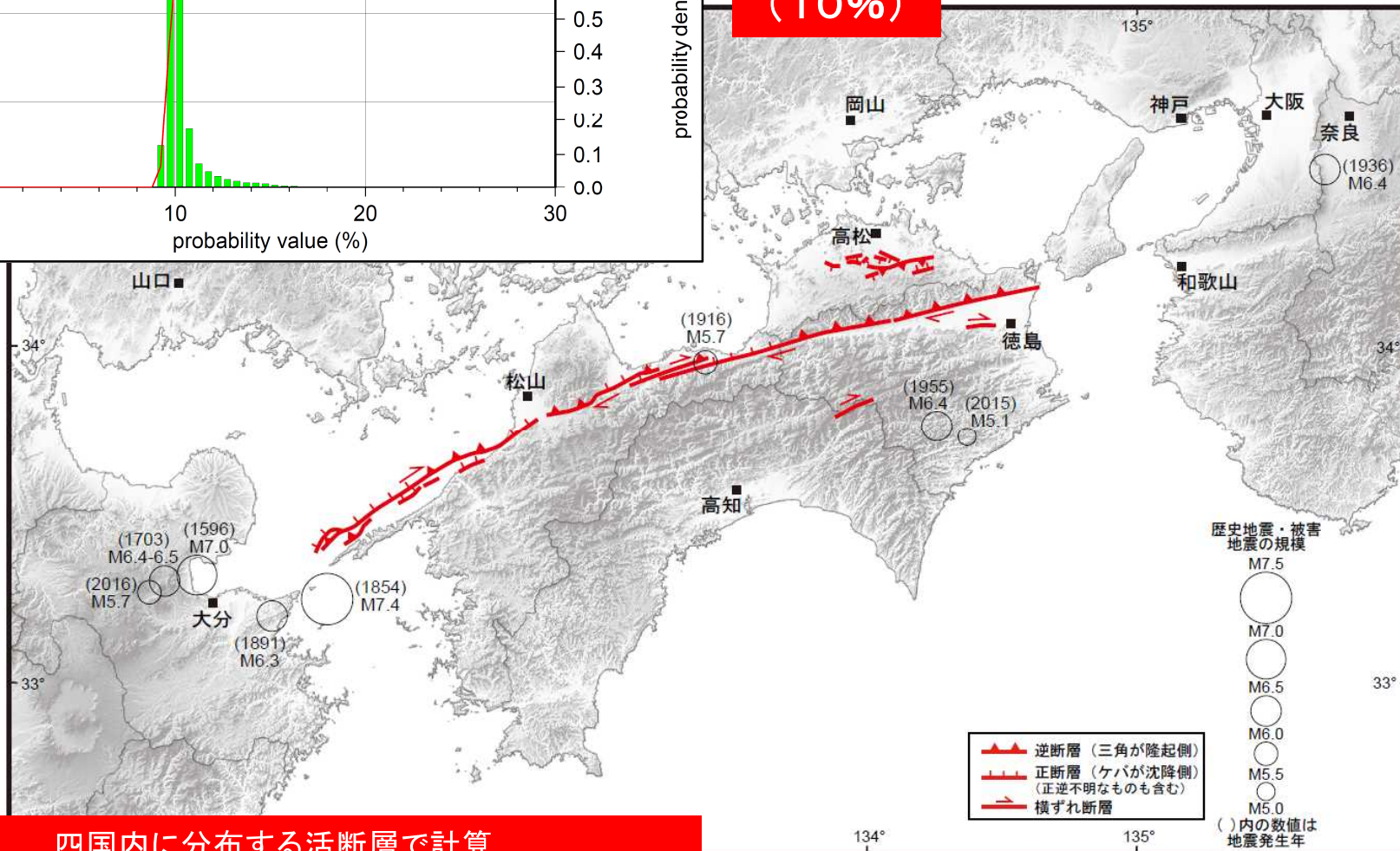
④ 四国地域の活断層で発生する地震の長期評価

手法1) 区域内の評価対象活断層の発生確率の集合から地域確率を求める



95%信頼区間
(中央値)

9-15%
(10%)

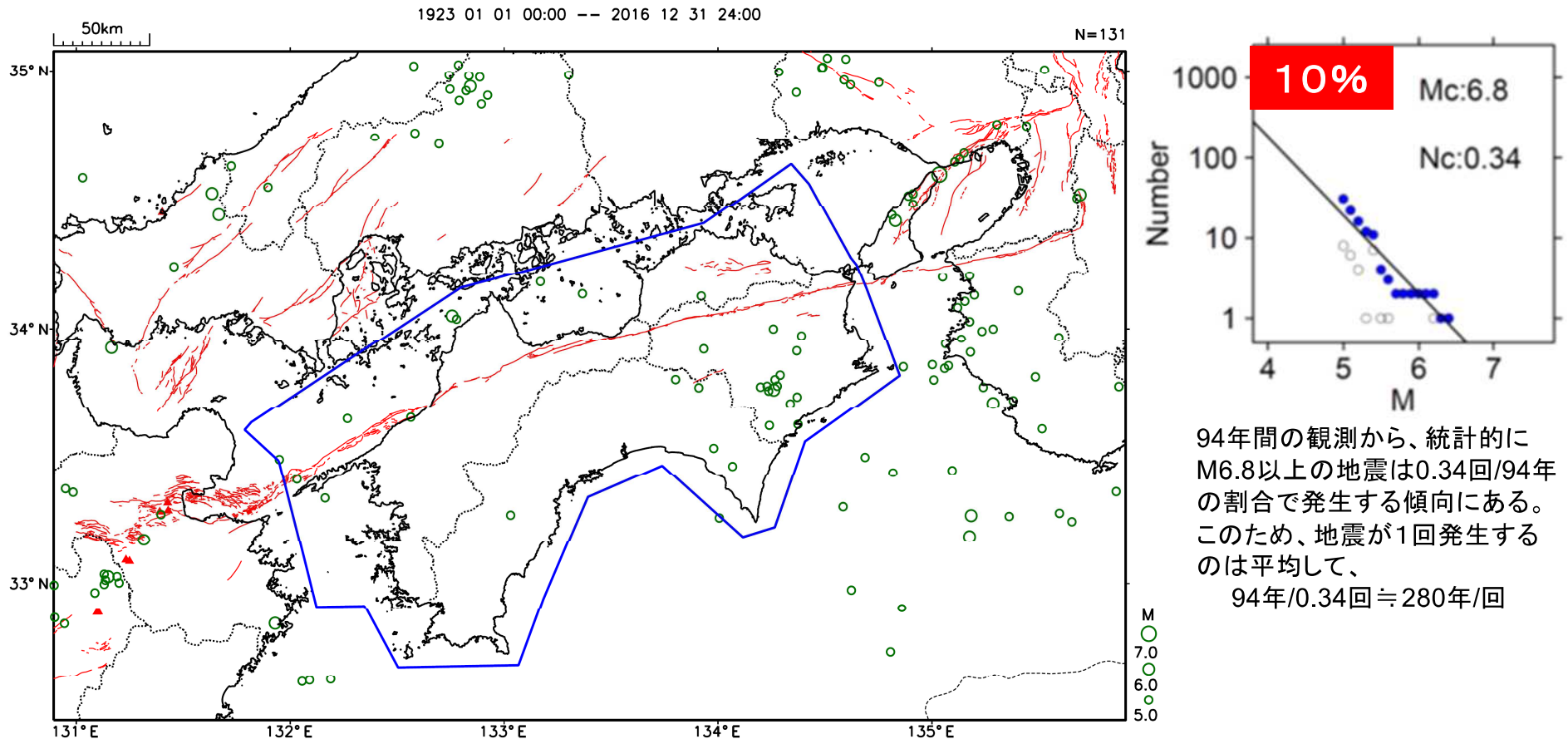


四国内に分布する活断層で計算
(中央構造線断層帯は四国地域内の赤色で示す区間のみ) 25

④四国地域の活断層で発生する地震の長期評価

手法2) 区域内の最近の地震活動から統計的経験則により地域確率を求める

1923.1~2016.12 (94年間) 深さ25km以浅で発生した5.0以上の地震の規模別度数



94年間の観測から、統計的にM6.8以上の地震は0.34回/94年の割合で発生する傾向にある。このため、地震が1回発生するのは平均して、
94年/0.34回 \div 280年/回

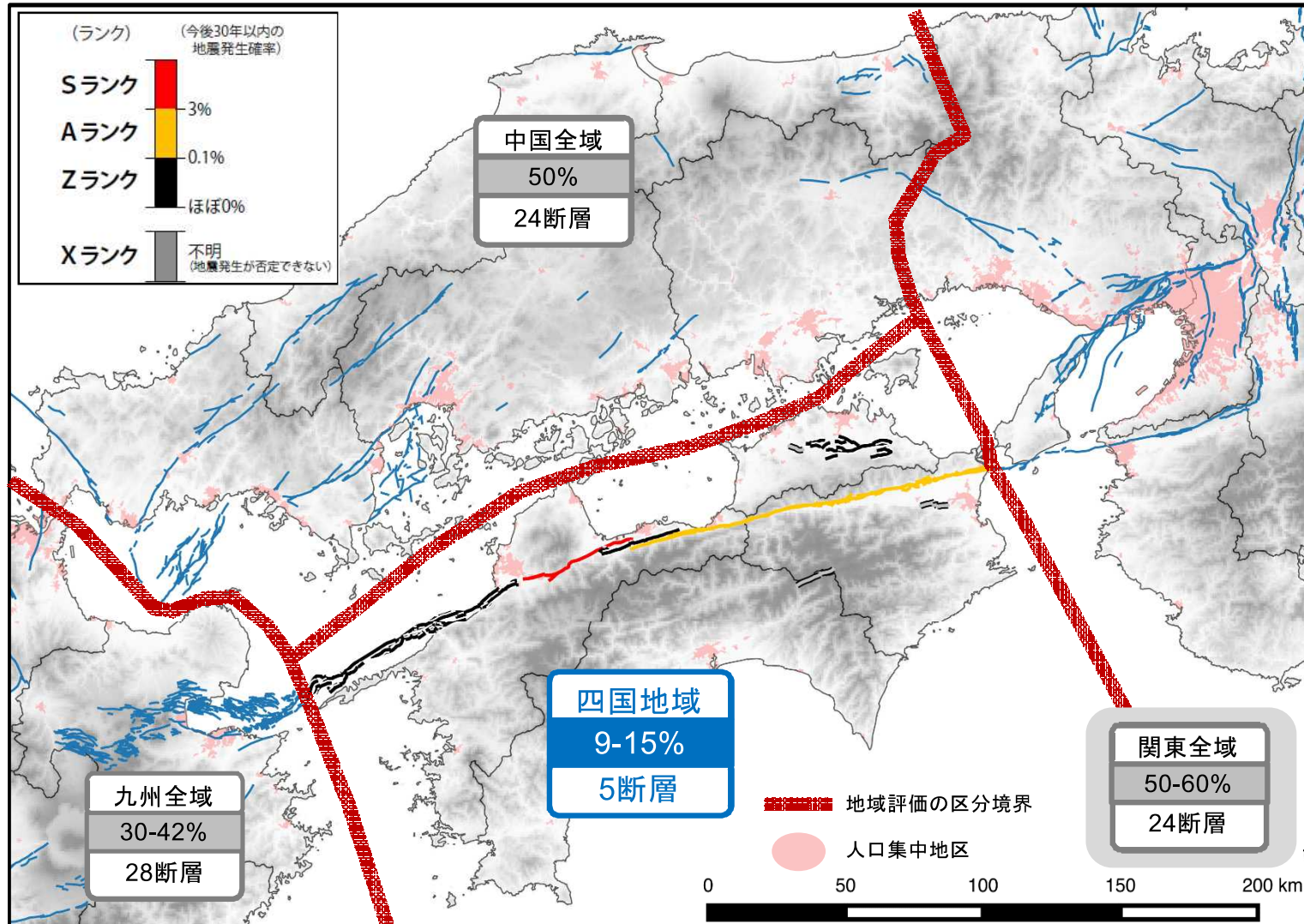
四国地域の陸域の浅い地震活動は、燧灘、愛媛県東部、九州地方で地震活動がみられるが、そのほかの領域では地震活動は低調。震源の深さは全体的には、10kmから15km程度の地震が多いが、燧灘や愛媛県東部などでは20km程度の地震も発生している。



四国地域の活断層で発生する地震の長期評価

地域内でM6.8以上の地震が30年以内に発生する確率

四国地域は、被害を及ぼすような陸域の浅い地震活動は低調であり、該当すると考えられる史料も少ない。一方で、国内最大の活断層である中央構造線断層帯が地域を横断し、その全長の半分を超える区間が、S・Aランクに該当する。また、活動履歴から、複数の隣接区間が連動する可能性がある。



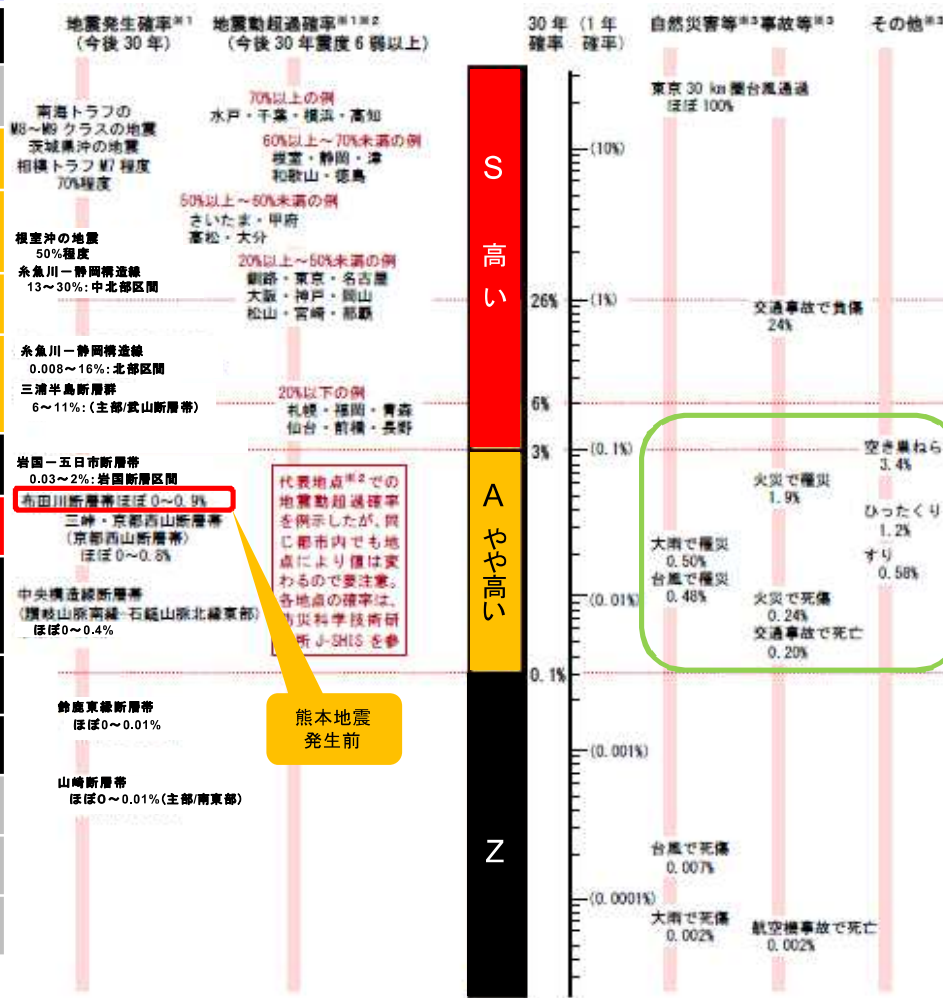
個別の活断層の地震発生確率とその捉え方

四国地域の活断層

活断層の発生確率の相対的な評価と 災害事象・事案等の発生・罹災確率

断層帯名	区間	規模(M)	30年発生確率 (地震後経過率)
中央構造 線断層帯	①金剛山地東縁	6.8程度	ほぼ0%(0.2-0.3)
	②五条谷	7.3程度	不明
	③根来	7.2程度	0.007~0.3%(0.4-0.6)
	④紀淡海峡 —鳴門海峡	7.5程度	0.005~1%(0.4-0.8)
	⑤讃岐山脈南縁東部	7.7程度	1%以下(0.6以下)
	⑥讃岐山脈南縁西部	8.0程度もしくは はそれ以上	ほぼ0~0.4%(0.2-0.5)
	⑦石鎚山脈北縁	7.3程度	0.01%以下(0.4以下)
	⑧石鎚山脈北縁西部	7.5程度	ほぼ0~11%(0.2-0.9)
	⑨伊予灘	8.0程度もしくは はそれ以上	ほぼ0%(0.04-0.1)
	⑩豊予海峡—由布院	7.8程度	ほぼ0%(0.2-0.3)
長尾断層帯	7.3程度	ほぼ0%(0.01-0.04)	
上法軍寺断層	6.0程度※	不明	
上浦—西月ノ宮断層	6.5程度※	不明	
綱附森断層	6.7程度※	不明	

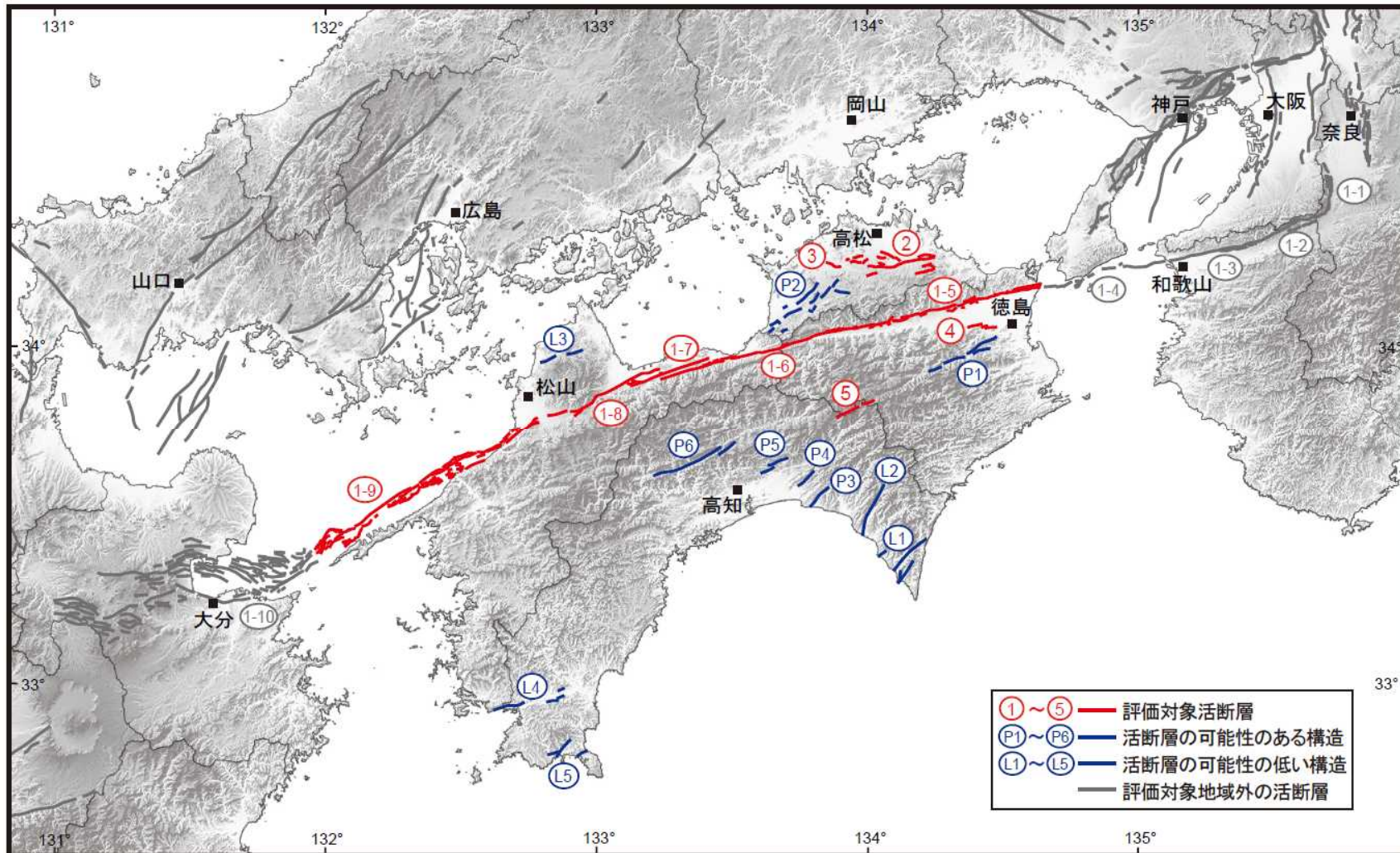
※断層の長さに基づいて地震の規模を評価した結果がM6.8未満になる場合、地震調査研究推進本部地震調査委員会長期評価部会(2010)に従い、地震の規模の下限M6.8を用いて評価している。



Aランク=「やや高い」の30年発生確率は、保険の加入を検討する他の事象・事案の発生確率と同程度

①四国地域内の評価対象活断層の洗い出し

②評価対象としなかった構造(可能性のある構造/可能性の低い構造)



■活断層の可能性のある構造(P1~P6)

可能性はあるが、現時点では活断層としての証拠が揃っていないことから評価から外したもの

■活断層の可能性が低いと判断した構造(L1~L5)

活断層研究会(1991)等の既存文献で活断層と指摘されているものの、活断層の可能性が低いと判断したもの

今後に向けて

四国地域の活断層で発生するM6.8以上の地震の長期評価を行った。
ただし、以下のような課題が残されている。

中央構造線断層帯について

- ・震源断層モデルを構築するために必要な断層深部の形状に関しては、探査断面の情報に基づいて北傾斜の断層面を推定したが、実際の滑り面は確認できていない。
- ・讃岐山地北側の長尾断層帯との深部での関係についても課題。
- ・傾斜した断層面での横ずれ変位が発生する物理条件についても検討する必要あり。
- ・過去数万年間の活動に関する情報は現状不十分。

それ以外の断層について

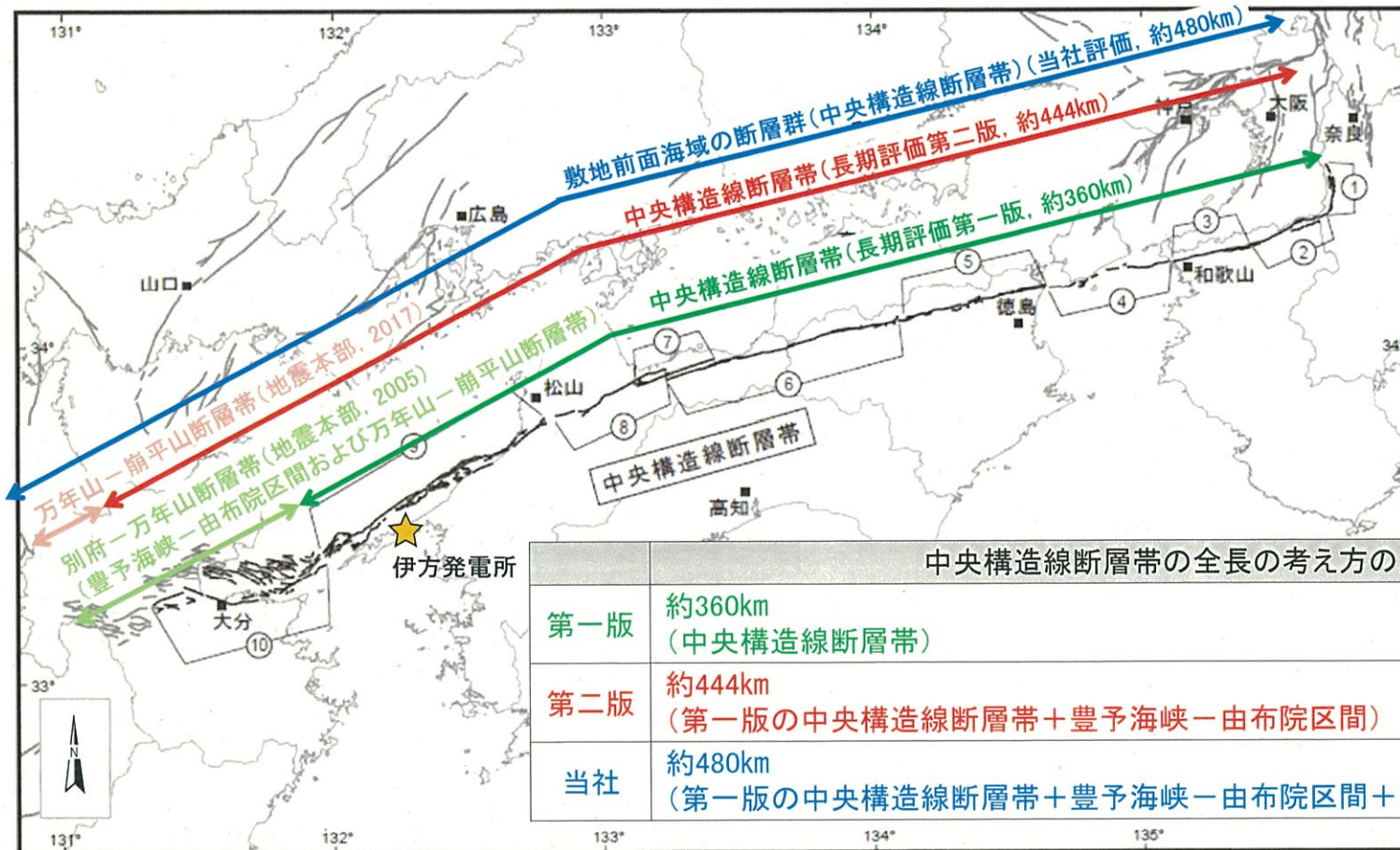
- ・長尾断層帯の確率値は仮定値に大きく依存したものとなっている。
- ・地表にほとんどずれの痕跡を残さない伏在活断層や、活動が低頻度のために断層のずれが地形に保存されにくい活断層を見落としている可能性は否定できない。
- ・隣接する断層帯あるいは評価単位区間が同時に活動する確率についても評価できていない。
- ・西南日本の外帯(中央構造線断層帯の南側)には活断層が少ないが、活断層である可能性を否定できない構造も存在する。しかし、これらの構造に関する信頼性の高い情報が不十分であるため本評価に取り入れられなかった。



- ✓ 活動履歴の精度向上
- ✓ 1回の断層活動に伴う水平変位量を明らかにする
- ✓ 地表に痕跡を認めにくい地震についても考慮した評価手法の改定

長期評価改訂(第二版)と伊方発電所の地震動評価の比較(1/3)

- 「断層全長の変更」については、第一版が中央構造線断層帯の全長を約360kmとしていたのに対し、第二版では西端が由布院断層まで延長され全長が約444kmに変更されている。
- 伊方発電所の地震動評価においては、第一版の中央構造線断層帯(約360km)に、地震本部(2005)による別府-万年山断層帯(地震本部(2017)における豊予海峡-由布院区間および万年山-崩平山断層帯に相当)を連動させた約480kmの断層を考慮している。
- すなわち、下図のとおり、当社の中央構造線断層帯の連動の評価は、地震本部の最新の長期評価における中央構造線断層帯と万年山-崩平山断層帯とを連動させたものと対応しており、第二版よりも長い断層を想定している。

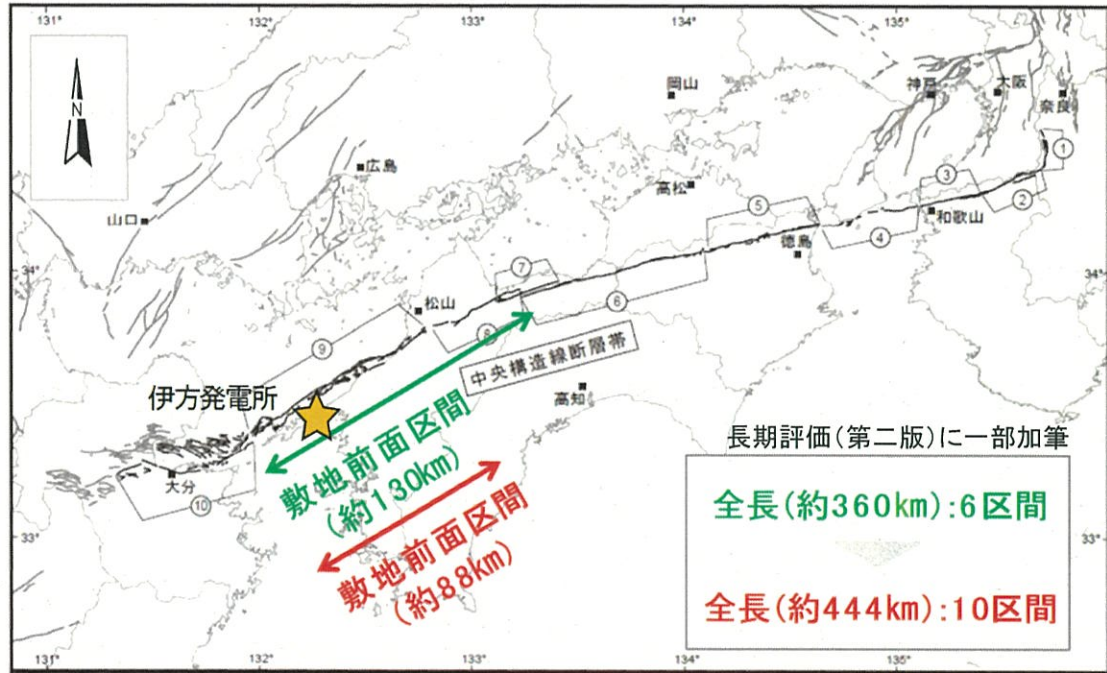


長期評価(第二版)に一部加筆

2. 中央構造線断層帯の長期評価の改訂による影響について

長期評価改訂(第二版) <断層の活動区分の変更:全長6区間→10区間>

- 長期評価(第二版)では、断層の活動区分に関して下表のように変更がなされており、敷地前面区間の断層帯については、第一版が約130kmと評価していたのに対し、第二版では約88km(⑨伊予灘)と評価されている。
- また、前述のとおり、⑩豊予海峡-由布院の区間については、従前は別府-万年山断層帯の一部であった区間が、中央構造線断層帯の一部として評価されている。



第一版		第二版	
断層帯全体の長さ	約360km	断層帯全体の長さ	約444km
金剛山地東縁	約23km	① 金剛山地東縁	約16km
和泉山脈南縁	約44-52km	② 五条谷	約29km
紀淡海峡-鳴門海峡	約43-51km	③ 根来	約27km
讃岐山脈南縁-石鎚山脈北縁東部	約130km	④ 紀淡海峡-鳴門海峡	約42km
石鎚山脈北縁	約30km	⑤ 讃岐山脈南縁東部	約52km
敷地前面区間 { 石鎚山脈北縁西部-伊予灘	約130km	⑥ 讃岐山脈南縁西部	約82km
		⑦ 石鎚山脈北縁	約29km
		⑧ 石鎚山脈北縁西部	約41km
		⑨ 伊予灘	約88km
		⑩ 豊予海峡-由布院	約61km

敷地前面区間

長期評価改訂(第二版)と伊方発電所の地震動評価の比較(3/3)

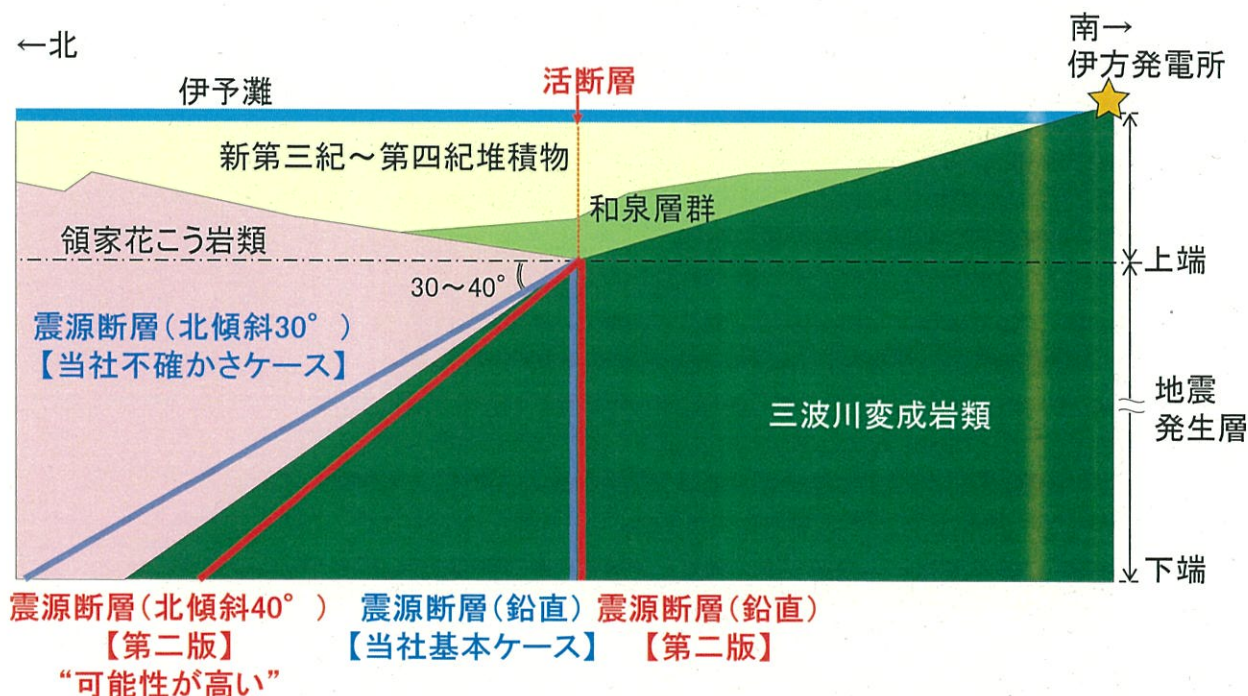
平成30年12月21日
審査会合資料修正

- 「断層傾斜角」については、第一版が敷地前面区間を含む四国中部～西部区間の傾斜角を高角度(鉛直)と想定していたのに対し、第二版では中角度の可能性が高いとしたうえ高角度(鉛直)と中角度(北傾斜40°)の両論を併記している。
- 第二版においては、以下の2点を踏まえて断層傾斜角は中角度の可能性が高いと判断している。
 - ①「高角な中央構造線断層帯と中央構造線との関係」に関して、反射法地震探査断面が多数公表されているが、それらの中で高角である中央構造線断層帯(活断層)が下方において中角である中央構造線を切断していることを示す事実は確認されていない
 - ②「中角である中央構造線が横ずれ卓越の運動を担えるか」に関して、中央構造線は数千万年間以上にわたって断層活動を行ってきたと推測され、断層の強度や摩擦係数等が他の断層より小さいと想像される
- 伊方発電所の地震動評価では、敷地前面海域の詳細な調査結果等に基づき、鉛直ケースを基本ケースに設定したうえ北傾斜ケースを不確かさケースとして設定しており、その傾斜角は、地質境界断層の傾斜角が30°から40°とする知見を踏まえ、地震規模(断層面積)が保守的な設定となるよう北傾斜30°としている。

断層傾斜角(敷地前面区間)

	断層傾斜角
改訂前 (第一版)	鉛直
改訂後 (第二版)	鉛直 北傾斜(40°)
当社評価	鉛直 北傾斜(30°)※

※ 不確かさケースとして設定



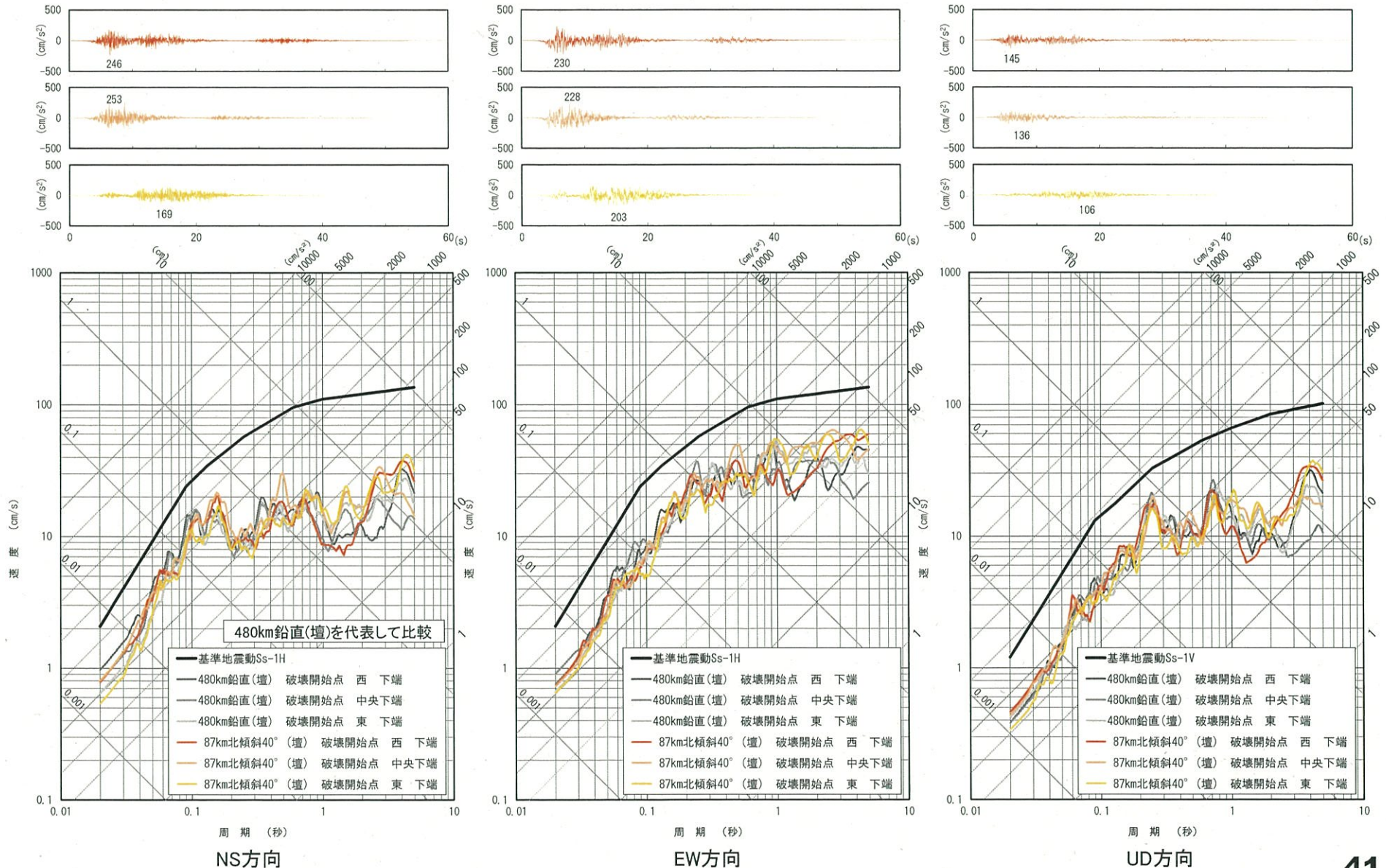
(断面は敷地前面海域を模式的に描いたもの)

3. 長期評価改訂を踏まえた地震動評価について

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果(壇・他(2011))

平成30年12月21日
審査会合資料再掲

○87km北傾斜40° (壇による手法)の評価結果は、周期帯によって若干の差異はあるものの、全体としては既往評価の基本ケースとほぼ同程度であり、全周期帯で基準地震動を下回っており、影響はない。

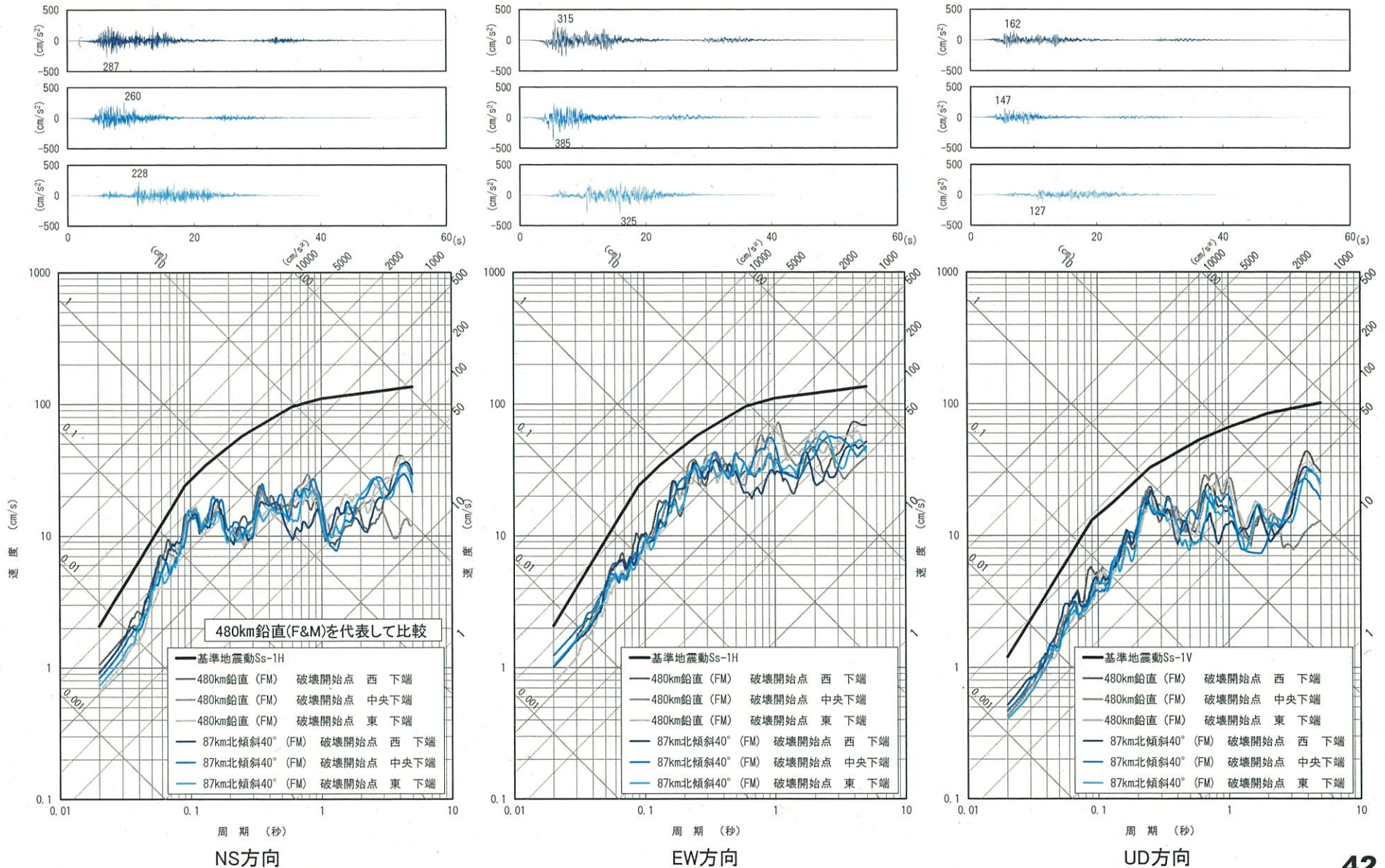


3. 長期評価改訂を踏まえた地震動評価について

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果(Fujii and Matsu'ura(2000)

平成30年12月21日
審査会合資料再掲

○87km北傾斜40° (F&Mによる手法)の評価結果は、周期帯によって若干の差異はあるものの、全体としては既往評価の基本ケースとほぼ同程度であり、全周期帯で基準地震動を下回っており、影響はない。



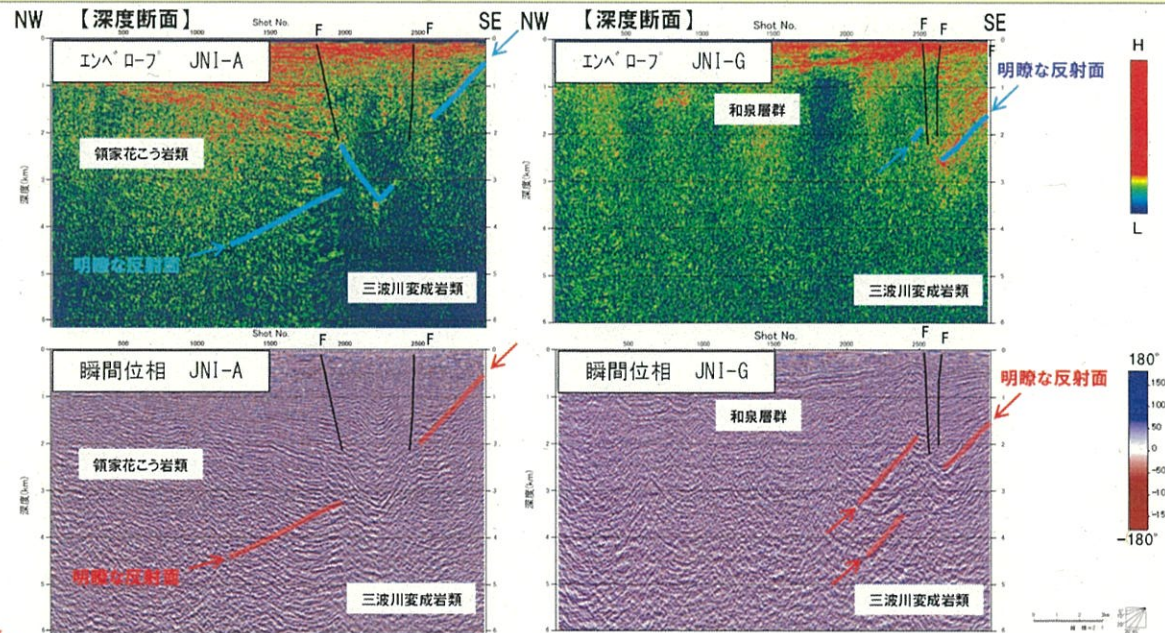
- 第二版においては、「反射法地震探査断面が多数公表されているが、それらの中で高角である中央構造線断層帯(活断層)が下方において中角である中央構造線を切断していることを示す事実は確認されていない」とされている。
- しかしながら当社が実施したアトリビュート解析結果によると、堆積層中にみられる高角度の活断層の下方で、北傾斜する地質境界断層が高角度の断層によって変位を受けている可能性を示唆する結果が得られている。

III. 中央構造線断層帯の評価

断層傾斜角の地球物理学的な評価①<反射法探査結果>

平成25年8月28日
審査会合資料再掲

- 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る。
- 地質境界断層は北傾斜であることが示唆されるものの、アトリビュート解析結果によると、三崎沖ジョグの断面(JNI-A)および串沖ジョグの断面(串沖, JNI-G)においては、堆積層中にみられる高角度の活断層の下方で、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。

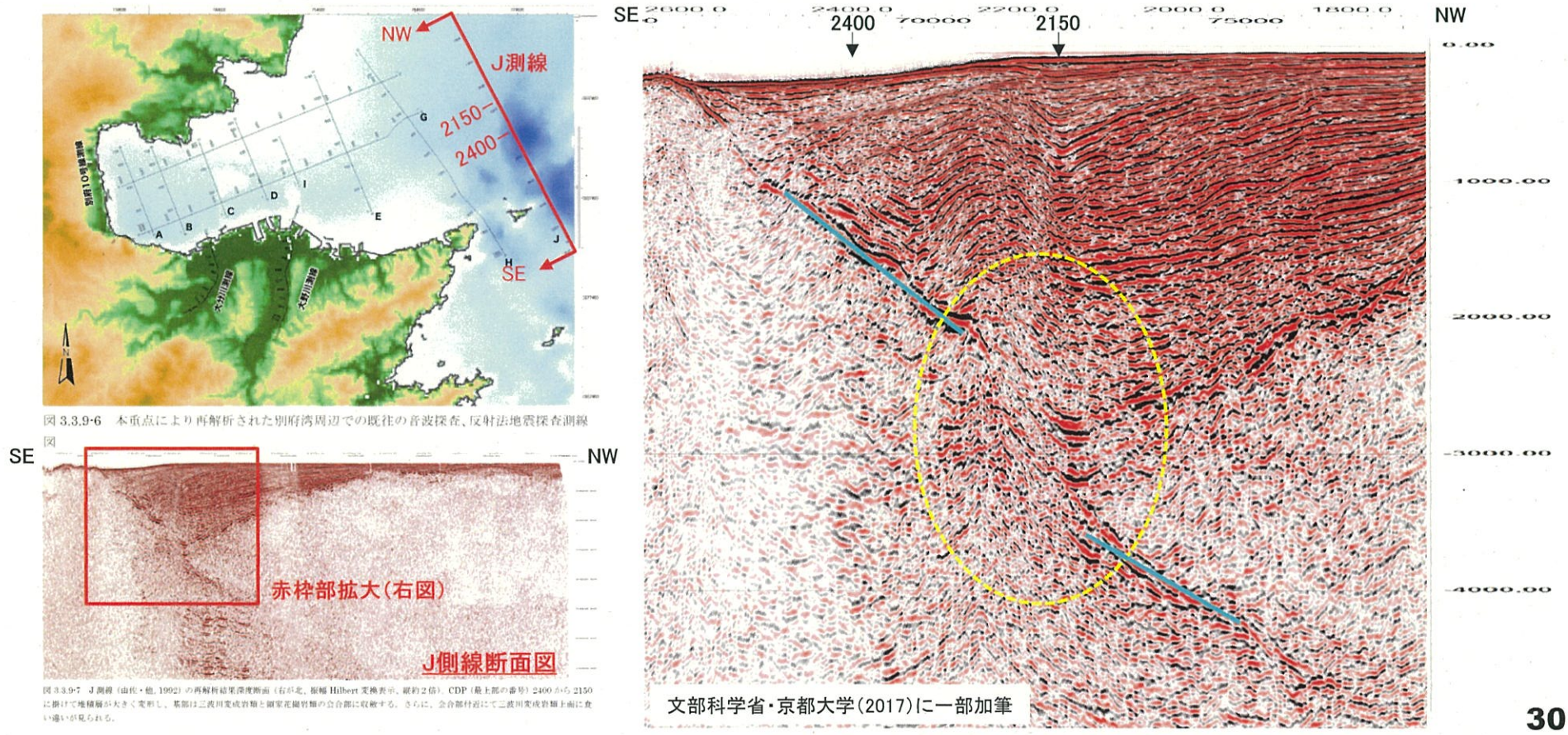


断層傾斜角の変更による伊方発電所の地震動評価への影響について(4/4)

平成30年12月21日
審査会合資料修正

- 文部科学省・京都大学(2017)により、別府一万年山断層帯(大分平野一由布院断層帯東部)における重点的な調査観測の成果が取りまとめられている。
- これによると、中央構造線断層帯の一部である「豊予海峡セグメント」では、「北に向かって低下する三波川変成岩類の上面深度が会合部付近を境により深く変位しているように見え、地質構造と断層が斜交している可能性を示唆する」、「会合部付近にて三波川変成岩類上面に食い違いが見られる」としている。
- このように、当社が実施したアトリビュート解析結果と同様に、堆積層中にみられる高角度の活断層の下方で、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見解が文部科学省・京都大学からも示されている。

■文部科学省・京都大学(2017)
本重点による再解析測線図を図3.3.9-6に示す。別府湾内および大分平野において多数の探査が実施されている。
豊予海峡部における音波探査断面(J測線、図3.3.9-7)には、横ずれを示唆する堆積層内の変形(CDP2400から2150)が三波川変成岩類と領家花崗岩類の会合部に収斂する様子が見られる。また、北に向かって低下する三波川変成岩類の上面深度が会合部付近を境により深く変位しているように見え、地質構造と断層が斜交している可能性を示唆する。会合部の深部における反射面の実体の解明が課題である。



42/46

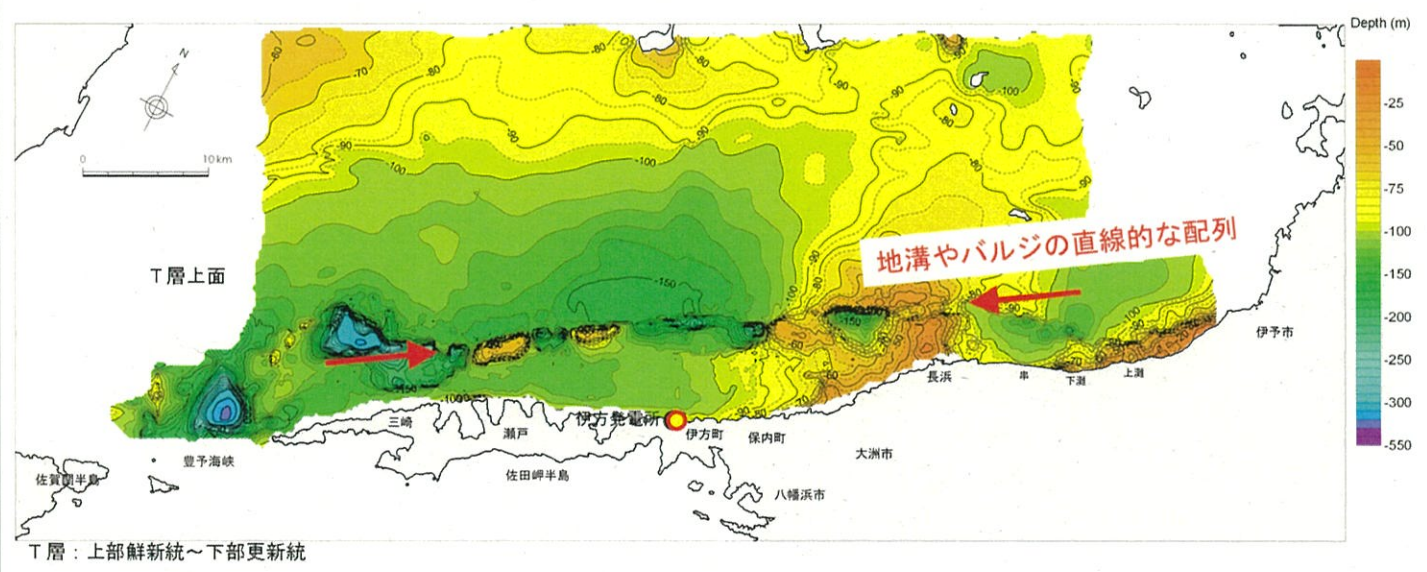
○変動地形学的な調査から、少なくとも地下浅部における活断層はほぼ鉛直であり、震源断層もほぼ鉛直である可能性が考えられると評価している。

III. 中央構造線断層帯の評価

断層傾斜角の変動地形学的評価<T層上面>

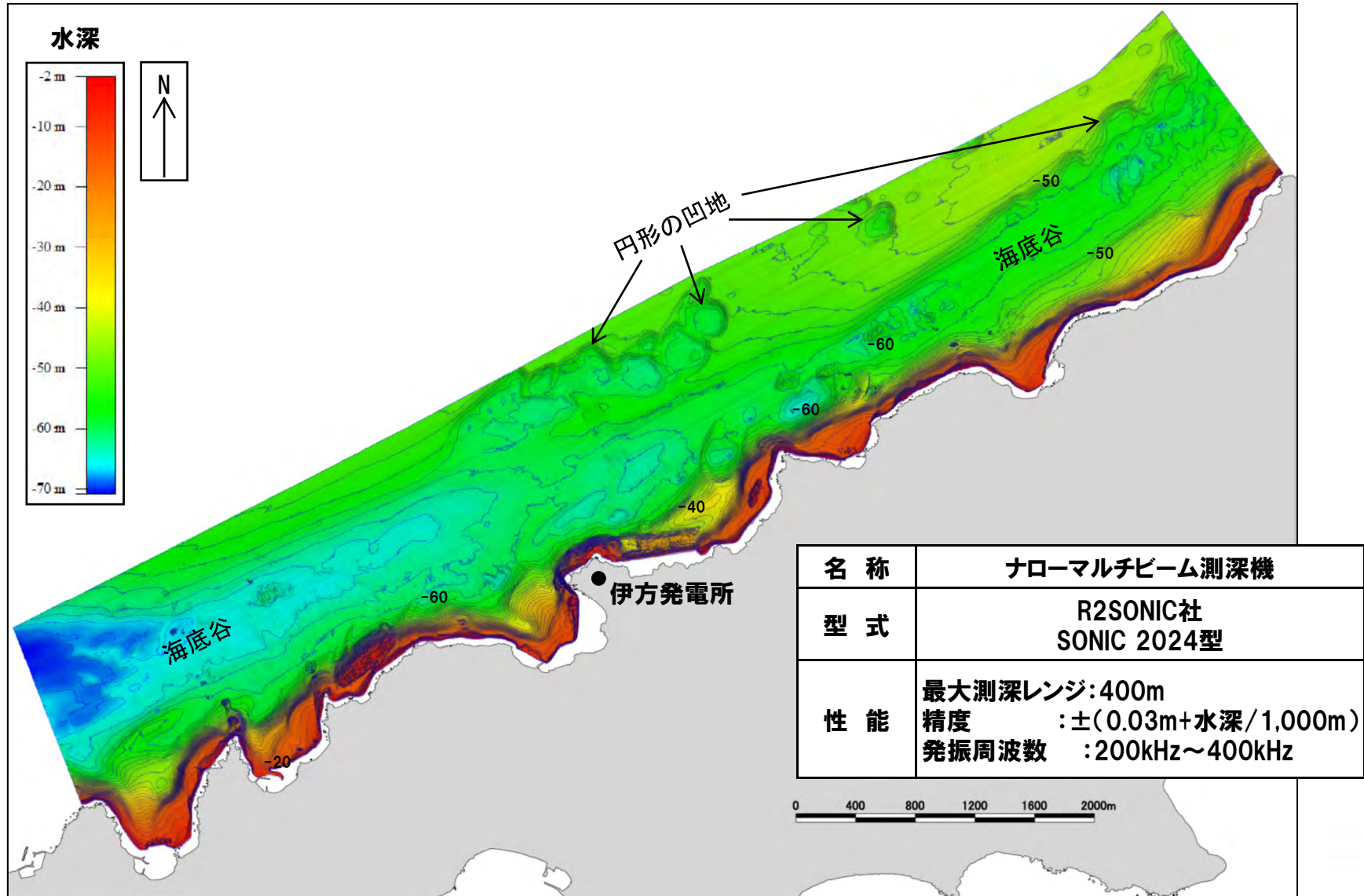
平成25年8月28日
審査会合資料再掲

○敷地前面海域の断層群の分布域に、横ずれ断層変位に伴って形成された地溝やバルジが非常に直線的な配列を示し、少なくとも地下浅部における活断層はほぼ鉛直である。震源断層もほぼ鉛直である可能性が考えられる。

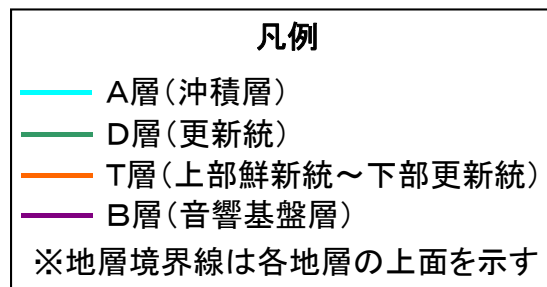
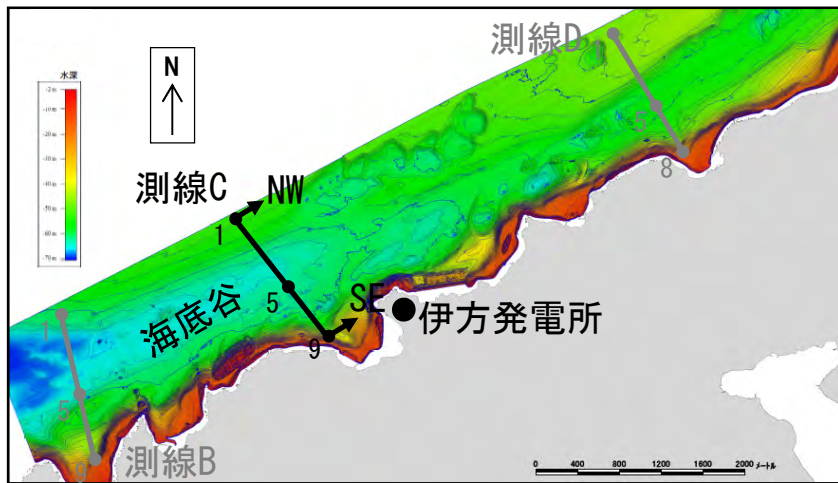


敷地前面の海底地形

○佐田岬半島に沿って延びる海底谷の北縁には潮流に浸食されて形成されたと考えられる円形の凹地が配列しており、海底谷の成因は潮流による浸食と評価される。



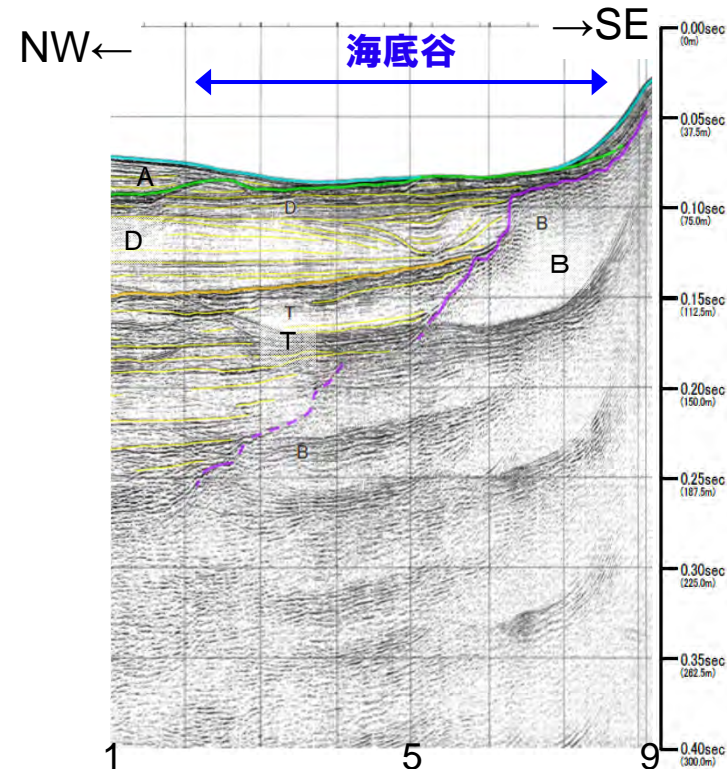
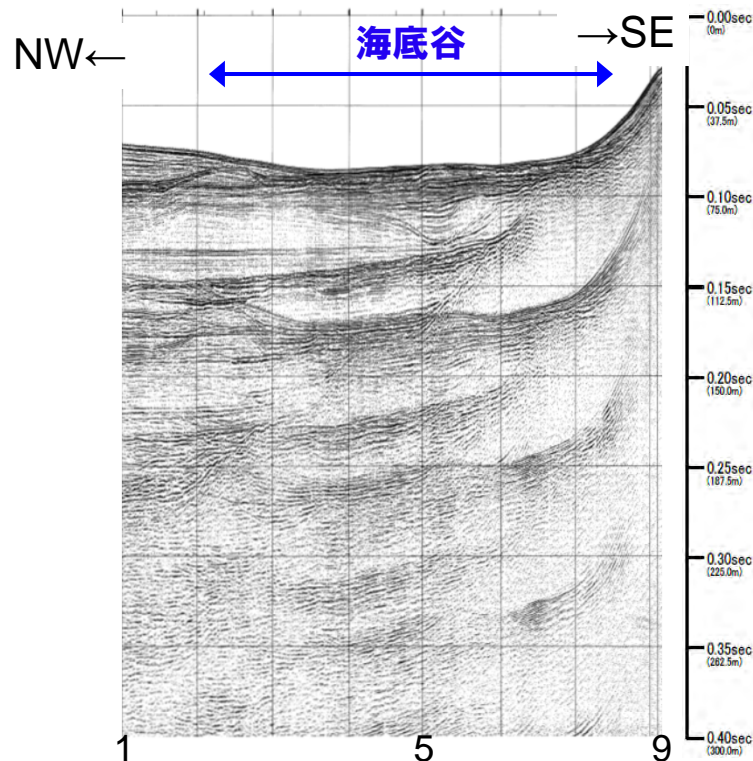
音波探査記録による検討⑥ <測線C(ブーマー)>



○海底谷のところでは
水平な地層が削られており、
海底谷は潮流による侵食
を受けて形成されたと評価される。

約200m

V. E. ≒6



海上音波探査測線図

平成25年10月23日
審査会合資料一部修正

