

伊方発電所

中央構造線断層帯の長期評価の改訂による 地震動評価への影響について

2020年6月19日

四国電力株式会社

目次

1. 伊方発電所の地震動評価について・・・・・・・・・・・・・・・・・・ P2
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・・・・・・ P18
3. 長期評価改訂を踏まえた地震動評価について・・・・・・・・・・・・ P45
4. まとめ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ P56

-
1. 伊方発電所の地震動評価について
 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
 3. 長期評価改訂を踏まえた地震動評価について
 4. まとめ

1. 敷地周辺の地震発生様式

敷地周辺で過去に発生した被害地震

内陸地殻内地震：大分県別府周辺でM7程度の地震が発生
海洋プレート内地震：瀬戸内海の西部から豊後水道付近のやや深いところでM7程度の地震が発生
プレート間地震：南海トラフ沿いでM8程度の大地震が約100年から150年の間隔で発生

敷地周辺の地震活動

気象庁一元化震源(2005)のうち2002年から2004年までの間に発生したM5未満の地震の特徴を整理

その他の知見

海洋プレート内地震：海洋プレート内地震の地震規模の再評価など
プレート間地震：南海トラフの巨大地震モデル検討会(内閣府, 2012)など

1章・2章の整理を踏まえ、
4章の「検討用地震の選定」において、地震動評価に
用いる検討用地震の候補
を選定する。

2. 活断層の分布状況

敷地および敷地周辺の活断層

文献調査等に基づき、敷地および敷地周辺の活断層の分布を把握

地震調査委員会による知見

地震調査委員会による知見を整理(中央構造線断層帯, 別府一万年山断層帯)

3. 敷地地盤の評価

地震観測記録を用いた分析

伊方発電所で観測した地震記録を分析し、到来方向や地盤構造による特異な増幅がないことを確認

深部ボーリング等による評価

深度2,000mのボーリング調査等により、地下構造を原因とする顕著な地震動の増幅がないことを確認

4章の「地震動評価」では、
3章の検討結果を反映した
地盤構造モデルを用いる。

4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

検討用地震の選定

「1. 敷地周辺の地震発生様式」, 「2. 活断層の分布状況」を踏まえ、敷地に特に大きな影響を与えると予想される地震を選定する。

内陸地殻内地震

敷地前面海域の断層群による地震
(中央構造線断層帯)

海洋プレート内地震

1649年安芸・伊予の地震(M6.9)

プレート間地震

南海トラフの巨大地震
(M9.0 内閣府検討会 陸側ケース)

基本震源モデルの設定

内陸地殻内地震

中央構造線断層帯と別府一万年山断層帯が連動する480kmを基本震源モデルの長さとするが、部分破壊も考慮することとし、130 km, 54kmについても評価を行う。

海洋プレート内地震

地震発生位置の不確かさを考慮して敷地真下での発生を想定し、地震規模としては既往最大の規模であるM7.0(1854年伊予西部)を採用する。

プレート間地震

内閣府検討会(2012)の南海トラフの巨大地震(陸側ケース)(M9.0)を採用する。

地震動評価(審査ガイドに従い種々の不確かさを考慮して評価)

(EGF: 経験的グリーン関数法, SGF: 統計的グリーン関数法)

内陸地殻内地震

応答スペクトルに基づく評価

耐専スペクトルを基本に、その他距離減衰式も踏まえた評価を実施する。

断層モデルを用いた手法による評価

EGFにより評価を行う。しかし、観測記録は海洋プレート内地震であるため、SGFによる影響評価も実施し、EGFによる結果との比較・検証を行う。

海洋プレート内地震

応答スペクトルに基づく評価

耐専スペクトルにより評価を行う。

断層モデルを用いた手法による評価

EGFにより評価を行う。

プレート間地震

応答スペクトルに基づく評価

耐専スペクトルにより評価を行う。

断層モデルを用いた手法による評価

SGFにより評価を行う。

5. 震源を特定せず策定する地震動

Mw6.5以上の地震について

審査ガイドの例示2地震

2000年鳥取県西部地震は活断層の成熟度、2008年岩手・宮城内陸地震は軟岩・火山岩・堆積層の厚さ等について、伊方発電所立地地点との地域差を検討する。

鳥取県西部地震における賀祥ダムの観測記録を震源を特定せず策定する地震動に設定

Mw6.5未満の地震について

既往の知見

震源を事前に特定できない地震に関する既往の知見を整理する。

加藤ほか(2004)の地震基盤における地震動レベルを震源を特定せず策定する地震動に設定

審査ガイドの例示14地震

震源近傍の観測記録を適切に収集し、加藤ほか(2004)の地震動レベルとの対比から敷地に及ぼす影響が大きいと考えられるものを抽出したうえで、解放基盤波の算定を実施する。

2004年北海道留萌支庁南部地震におけるK-NET港町の観測記録に基づく解放基盤波の検討結果を踏まえ震源を特定せず策定する地震動を設定

6. 基準地震動の策定

震源を特定して策定する地震動(4章)※

内陸地殻内地震

応答スペクトルに基づく評価

基準地震動 S_s-1 (650ガル)を設定

断層モデルを用いた手法による評価

S_s-1 を上回る7波を基準地震動 $S_s-2-1 \sim S_s-2-7$ に設定
また、EGFの評価に用いた要素地震の特徴を踏まえ、 S_s-2-2 のNS方向とEW方向を入れ替えたケースを S_s-2-8 に設定

震源を特定せず策定する地震動(5章)

K-NET港町の観測記録に基づく解放基盤波の検討結果が S_s-1 を上回るため、基準地震動 S_s-3-1 に設定

鳥取県西部地震における賀祥ダム(監査廊)の観測記録が S_s-1 を上回るため、基準地震動 S_s-3-2 に設定

※海洋プレート内地震・プレート間地震はいずれの検討ケースも S_s-1 (650ガル)を下回るため基準地震動に設定しない

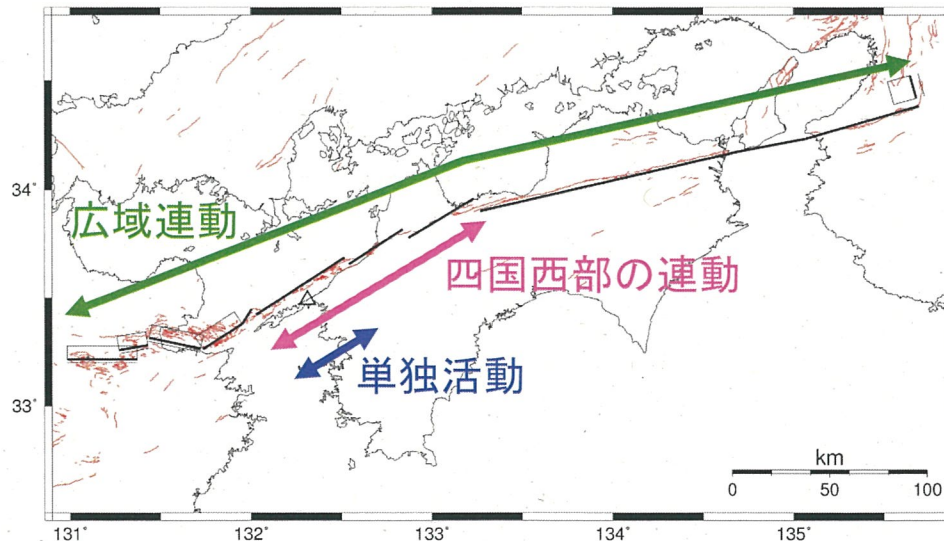
基準地震動の超過確率の参照

日本原子力学会(2007)に基づいて算定した敷地における地震動の一樣ハザードスペクトルと基準地震動の応答スペクトルを比較する。

活動区間としては、



が想定されるが、最大規模を想定するとの観点から、480kmを基本震源モデルの長さとする。しかし、部分破壊も考慮することとし、130kmモデル、54kmモデルでも評価を行う。



検討用地震の地震動評価は、「**応答スペクトルに基づいた地震動評価**」および「**断層モデルを用いた手法による地震動評価**」の双方を実施。

➤ **応答スペクトルに基づいた地震動評価手法について**

- ・解放基盤表面における水平及び鉛直方向の地震動評価ができること
- ・水平及び鉛直方向の地震動評価ができること
- ・震源の拡がりを考慮できること
- ・地震観測記録を用いて諸特性(地域特性等)が考慮できることから、Noda et al.(2002)の方法を用いることを基本とする。

➤ **断層モデルを用いた手法による地震動評価手法について**

○内陸地殻内地震

- ・敷地で地震観測を実施しており、周期5秒程度まで信頼性のある観測記録が得られていることから、「**経験的グリーン関数法**」により評価を行うこととする。
- ・しかしながら観測記録は海洋プレート内地震であるため、「**統計的グリーン関数法**」でも評価し、「**経験的グリーン関数法**」と比較・検証することとする。

○海洋プレート内地震

- ・敷地で地震観測を実施しており、周期5秒程度まで信頼性のある観測記録が得られていることから、「**経験的グリーン関数法**」により評価を行うこととする。

○プレート間地震

- ・内閣府検討会と同じ「**統計的グリーン関数法**」で評価する。

内陸地殻内地震の地震動評価 — 応答スペクトルに基づく地震動評価方針 —**○検討ケース**

先に示した地震動評価の解析ケースの中から、応答スペクトル評価において評価可能なものとして、右のケースを想定する。すなわち、断層長さは想定される3ケースを設定し、鉛直と北傾斜を考慮する※。

$$\left(\begin{array}{c} \text{断層長さ} \\ 480\text{km} \\ 130\text{km} \\ 54\text{km} \end{array} \right) \times \left(\begin{array}{c} \text{傾斜角} \\ \text{鉛直} \\ \text{北傾斜} \end{array} \right)$$

保守的に長さ69kmについても応答スペクトル評価を行う。

69kmケースについては、連動ケースに含まれるものと考え、解析ケースとして想定していない。断層モデル解析においては長さを変えても地震動は変わらないことを確認したが、耐専スペクトルにおいては地震規模と等価震源距離の関係により影響がある可能性も考えられることから、保守的な観点に立ち、応答スペクトル評価においては念のため69kmについても検討を行うこととし、基準地震動はこれも考慮して設定するものとする。

※：南傾斜ケース、アスペリティ正面ケースについては、130kmと54kmでは等価震源距離ではなく、断層最短距離を用いた距離減衰式で評価することとなるため、地震動は鉛直ケースと同じになる。480kmについては、等価震源距離が大きいいため、その値が多少変わっても地震動に与える影響は小さい。

○パラメータ設定(地震規模・距離)**【地震規模】**

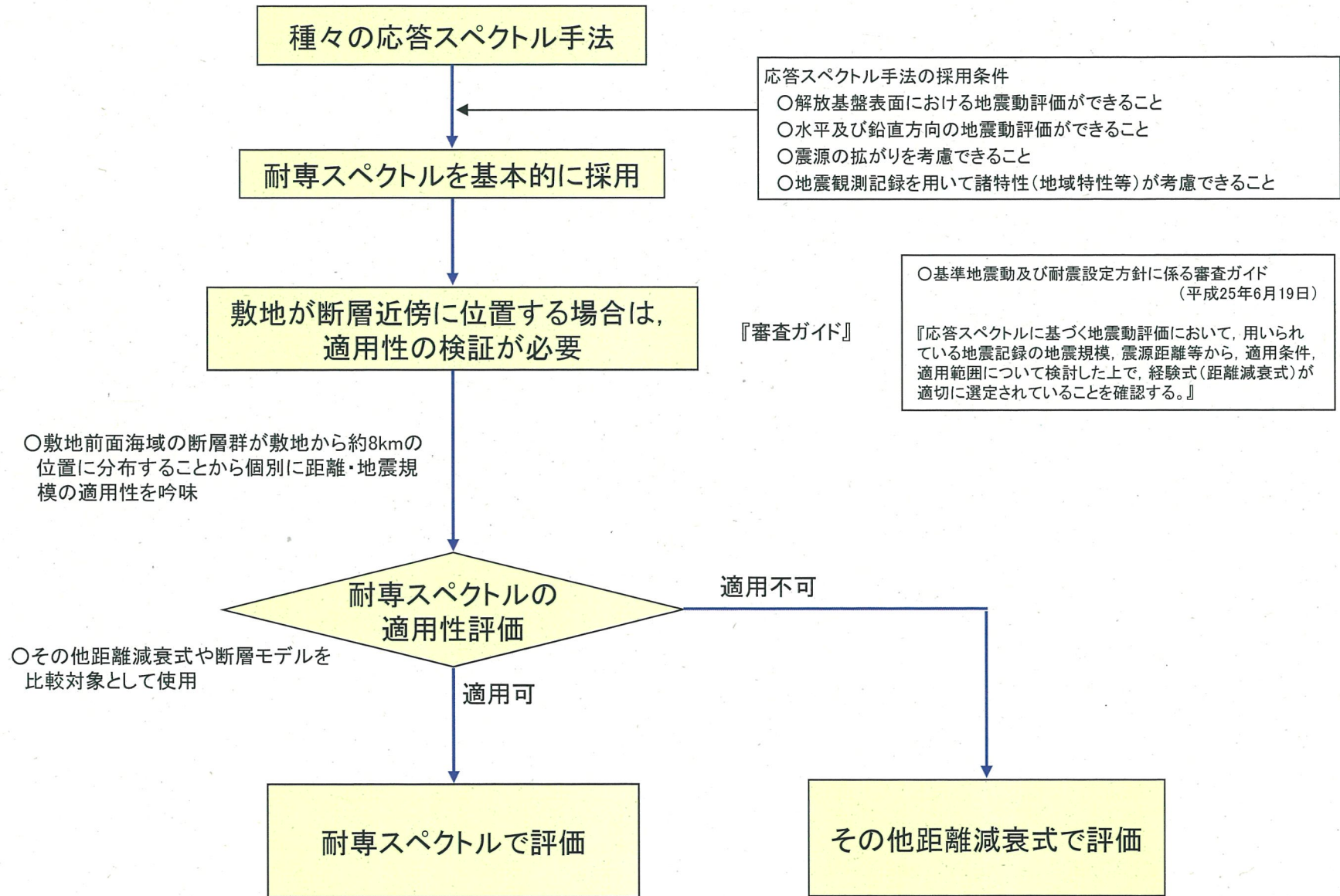
地震規模は断層長さから松田式で算定する。長さ480km, 130kmについては、長さが80km以下になるようにセグメント区分し、セグメント毎に地震規模を算出し、合計して算出する。

【距離】

耐専スペクトルにおいては、断層の不均質破壊を考慮して算出した等価震源距離 X_{eq} を用いる。その他距離減衰式については、断層最短距離 X_{sh} を用いる。

○耐専スペクトル (Noda et al. (2002)) に用いる補正係数

敷地周辺の観測記録がないため観測記録による補正は行わない。

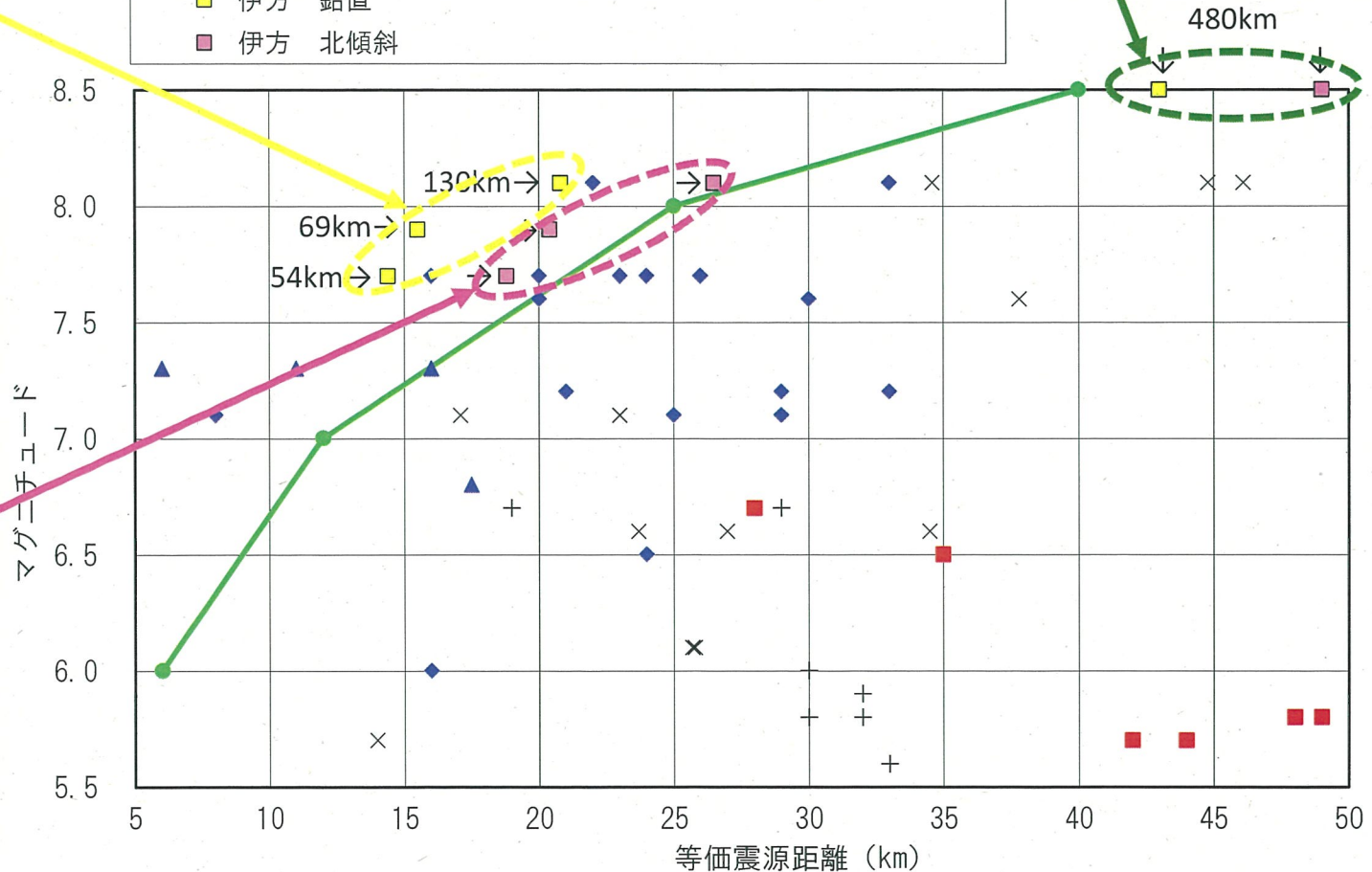


内陸補正を適用してもその他距離減衰式との乖離が大きく耐専スペクトルの適用は不適。その他距離減衰式で評価する。

その他距離減衰式との対比からは内陸補正を適用した評価が適切。
内陸補正を適用しない耐専スペクトルはその他距離減衰式との乖離が大きく過大評価。
しかしながら保守的に耐専スペクトル(内陸補正なし)で評価する。

- 耐専回帰式作成に用いた観測記録 (107記録)
- + 耐専の適用性検討に用いた他地点観測記録 (国内: 23記録)
- × 耐専の適用性検討に用いた他地点観測記録 (海外: 14記録)
- ▲ 震源近傍の適用性検討記録 (国内: 4記録)
- ◆ 震源近傍の適用性検討記録 (海外: 22記録)
- 耐専スペクトル極近距離
- 伊方 鉛直
- 伊方 北傾斜

耐専スペクトル(内陸補正なし)で評価する。



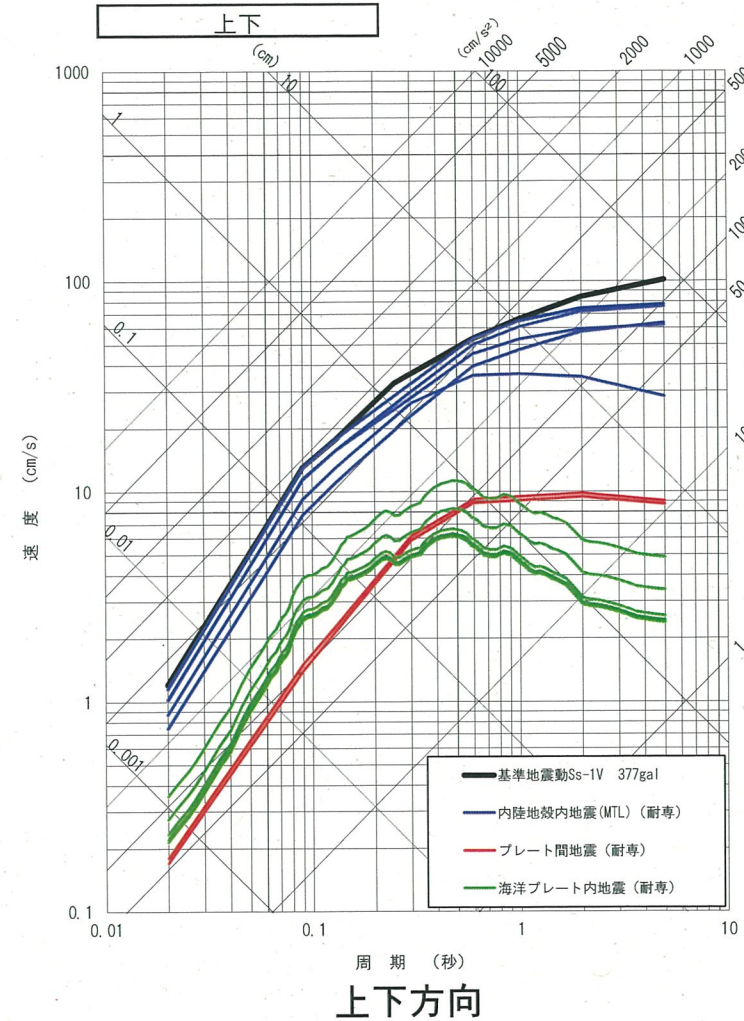
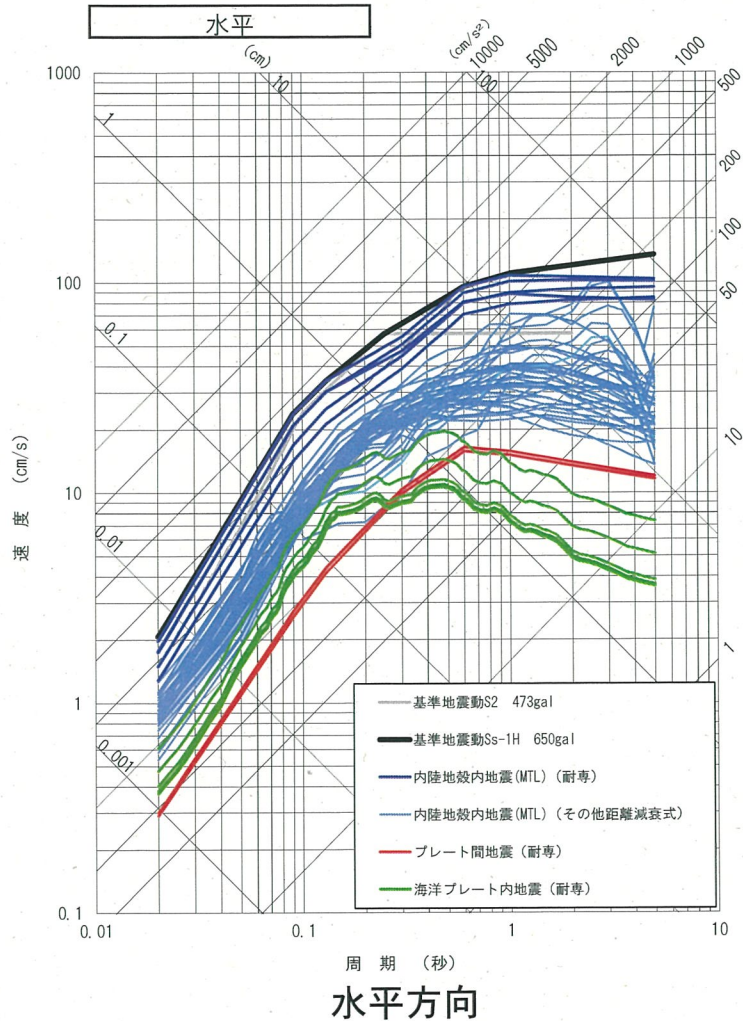
応答スペクトルに基づく地震動評価には以下の手法を採用することとする。

検討ケース	採用する手法	
	水平動の評価	鉛直動の評価
480km鉛直	耐専スペクトル その他距離減衰式	耐専スペクトル
480km北傾斜	耐専スペクトル その他距離減衰式	耐専スペクトル
130km鉛直	その他距離減衰式	—
130km北傾斜	耐専スペクトル その他距離減衰式	耐専スペクトル
69km鉛直	その他距離減衰式	—
69km北傾斜	耐専スペクトル その他距離減衰式	耐専スペクトル
54km鉛直	その他距離減衰式	—
54km北傾斜	耐専スペクトル その他距離減衰式	耐専スペクトル

○その他距離減衰式: Kanno et al.(2006), Zhao et al.(2006), 内山・翠川(2006), 片岡・他(2006), Abrahamson and Silva(2008), Boore and Atkinson(2008), Campbell and Bozorgnia(2008), Chiou and Youngs(2008), Idriss(2008)

震源を特定して策定する地震動 — 応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss-1 —

○ 応答スペクトルに基づく地震動評価結果および基準地震動S2を包絡するように、水平方向の「基準地震動Ss-1H」を新たに設定する。鉛直動については、Ss-1Hに対して、耐専スペクトルの鉛直方向の地盤増幅率を乗じて「基準地震動Ss-1V」を設定する。



断層長さ

考慮する不確かさ

480km
130km
54km

×

- ①応力降下量
- ②北傾斜
- ③南傾斜
- ④破壊伝播速度
- ⑤アスペリティの平面位置

パラメータ設定に用いるスケーリング則は、壇・他(2011)を基本とする。

そして、480kmと130kmについては、Fujii and Matsu'ura(2000)も用いて不確かさを考慮した検討を実施する。

54kmについても、入倉・三宅(2001)を用いて不確かさを考慮した検討を実施する。

【不確かさケースの説明】

- ①応力降下量1.5倍または20MPa
- ②断層傾斜角が北傾斜30度
- ③断層傾斜角が南傾斜80度
- ④破壊伝播速度の不確かさ
- ⑤アスペリティを敷地正面に配置

□: 予め基本震源モデルに織り込む不確かさ

■: 基本震源モデルに独立して設定する不確かさ

No.	断層長さ	アスペリティ深さ	スケーリング則	破壊開始点	基本	不確かさケース				
						①	②	③	④	⑤
1	480 km	断層上端	壇ほか(2011)	3ケース	○	-	-	-	-	-
2				5ケース	-	○	-	-	-	-
3				3ケース	-	-	○	-	-	-
4				3ケース	-	-	-	○	-	-
5				3ケース	-	-	-	-	○	-
6				3ケース	-	-	-	-	-	○
7			Fujii and Matsu'ura(2000)	3ケース	○	-	-	-	-	-
8				5ケース	-	○	-	-	-	-
9				3ケース	-	-	-	-	○	-
10	130 km	断層上端	壇ほか(2011)	3ケース	○	-	-	-	-	
11				5ケース	-	○	-	-	-	-
12				3ケース	-	-	○	-	-	-
13				3ケース	-	-	-	○	-	-
14				3ケース	-	-	-	-	○	-
15				3ケース	-	-	-	-	-	○
16			Fujii and Matsu'ura(2000)	3ケース	○	-	-	-	-	-
17				5ケース	-	○	-	-	-	-
18				3ケース	-	-	-	-	○	-

No.	断層長さ	アスペリティ深さ	スケーリング則	破壊開始点	基本	不確かさケース				
						①	②	③	④	⑤
19	54 km	断層上端	壇ほか(2011)	3ケース	○	-	-	-	-	-
20				5ケース	-	○	-	-	-	-
21				3ケース	-	-	○	-	-	-
22				3ケース	-	-	-	○	-	-
23				3ケース	-	-	-	-	○	-
24				3ケース	-	-	-	-	-	○
25			入倉・三宅(2001)	3ケース	○	-	-	-	-	-
26				5ケース	-	○	-	-	-	-
27				3ケース	-	-	○	-	-	-
28				3ケース	-	-	-	○	-	-
29				3ケース	-	-	-	-	○	-
30				3ケース	-	-	-	-	-	○

※1: 経験的グリーン関数法で評価を行う

※2: Fujii and Matsu'ura(2000)の地震動評価ケースは、壇ほか(2011)による評価結果から影響が比較的大きい不確かさケース(①, ④)について考慮

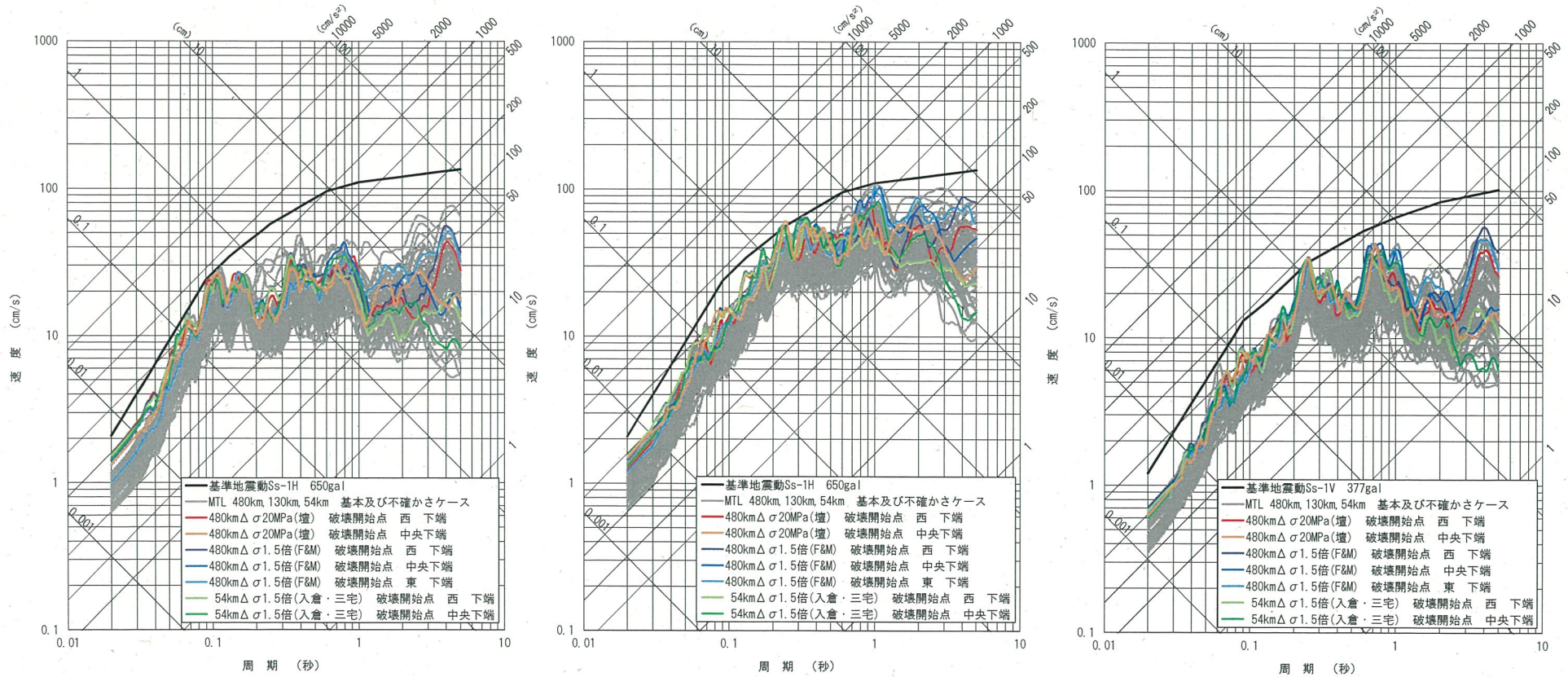
※3: 破壊開始点3ケースは、断層下端3箇所(東下端, 中央下端, 西下端)。

5ケースはこれに敷地前面海域の断層群のアスペリティ下端2箇所を追加。

※4: Fujii and Matsu'ura(2000)および入倉・三宅(2001)のスケーリング則のケースは、応力降下量は3.1MPa, アスペリティ面積比は21.5%を適用。

基準地震動Ss-2候補の選定

○中央構造線断層帯の断層モデル解析結果を先に設定した基準地震動Ss-1と比較する。Ss-1を超えるケース(480km×壇×応力降下量, 480km×F&M×応力降下量, 54km×入倉・三宅×応力降下量)について, 長周期理論地震動を算出し, ハイブリッド合成を行うこととする。



NS方向

EW方向

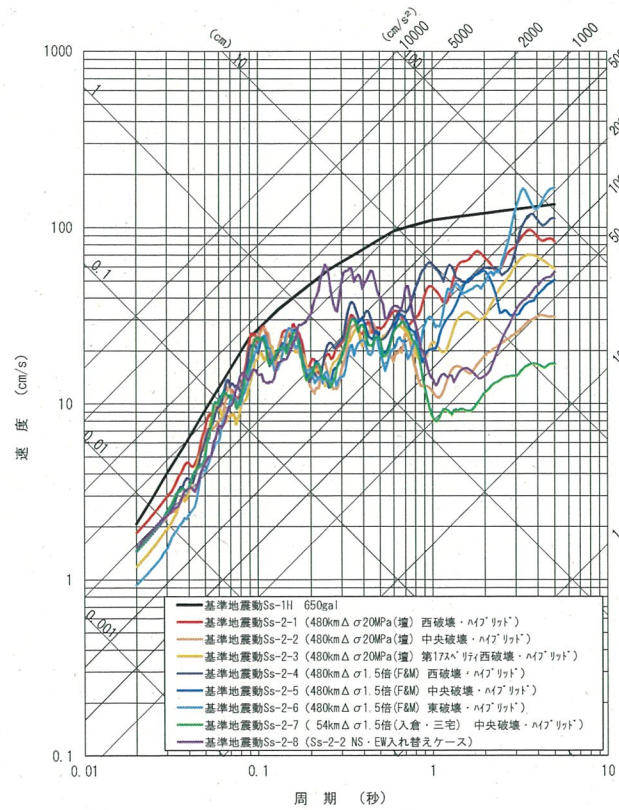
UD方向



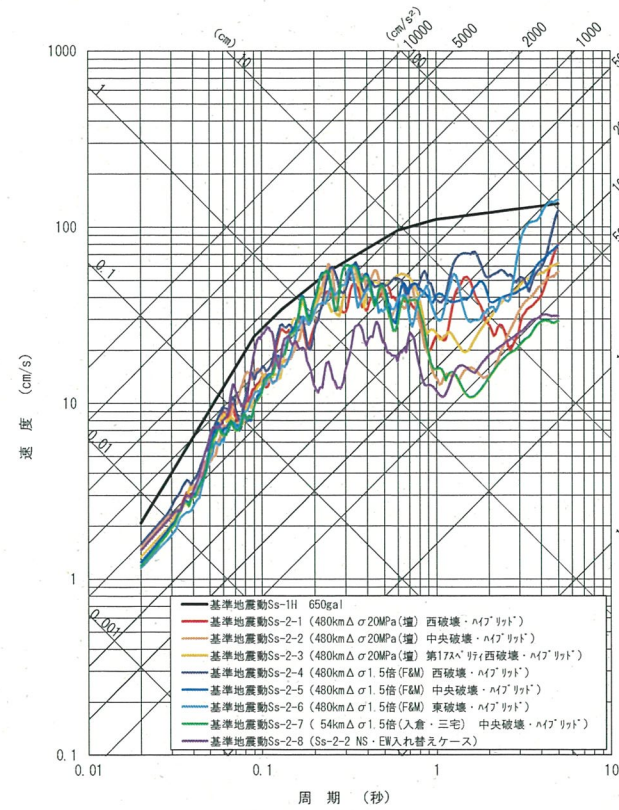
1. 伊方発電所の地震動評価について

震源を特定して策定する地震動 —基準地震動Ss-1,Ss-2の応答スペクトル—

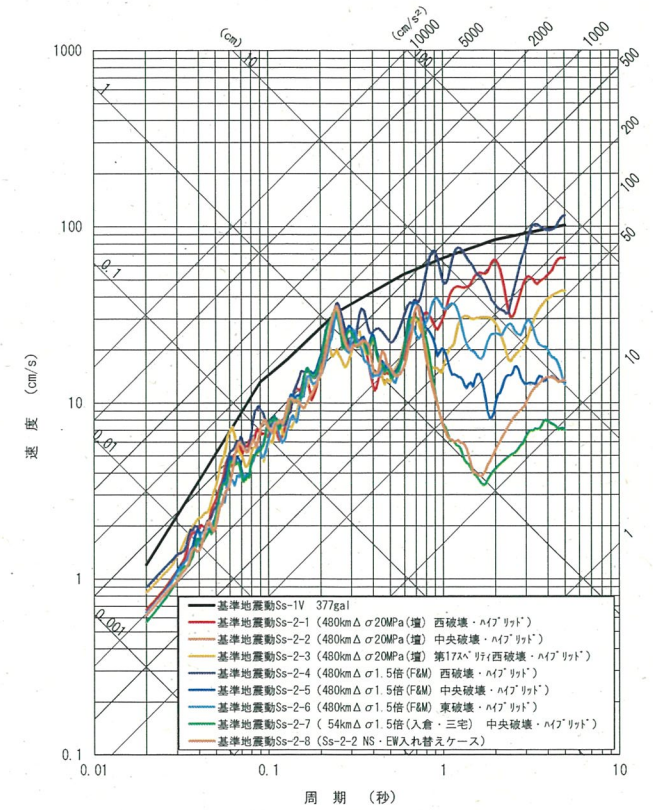
平成27年3月20日
審査会合資料再掲



NS方向



EW方向



UD方向

1. 伊方発電所の地震動評価について

震源を特定せず策定する地震動 —基準地震動Ssの最大加速度振幅—

平成27年3月20日
審査会合資料再掲

基準地震動Ss				最大加速度振幅(cm/s ²)	
	応答スペクトルに基づく手法	設計用模擬地震波	水平動	Ss-1H	650
			鉛直動	Ss-1V	377
震源を特定して策定する地震動	断層モデルを用いた手法	敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯) 480km連動・壇の手法・ $\Delta\sigma$ 20MPa・西破壊	水平動NS	Ss-2-1NS	579
			水平動EW	Ss-2-1EW	390
			鉛直動UD	Ss-2-1UD	210
		敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯) 480km連動・壇の手法・ $\Delta\sigma$ 20MPa・中央破壊	水平動NS	Ss-2-2NS	456
			水平動EW	Ss-2-2EW	478
			鉛直動UD	Ss-2-2UD	195
		敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯) 480km連動・壇の手法・ $\Delta\sigma$ 20MPa・第17スプリティ西破壊	水平動NS	Ss-2-3NS	371
			水平動EW	Ss-2-3EW	418
			鉛直動UD	Ss-2-3UD	263
		敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯) 480km連動・F&Mの手法・ $\Delta\sigma$ 1.5倍・西破壊	水平動NS	Ss-2-4NS	452
			水平動EW	Ss-2-4EW	494
			鉛直動UD	Ss-2-4UD	280
		敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯) 480km連動・F&Mの手法・ $\Delta\sigma$ 1.5倍・中央破壊	水平動NS	Ss-2-5NS	452
			水平動EW	Ss-2-5EW	388
			鉛直動UD	Ss-2-5UD	199
		敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯) 480km連動・F&Mの手法・ $\Delta\sigma$ 1.5倍・東破壊	水平動NS	Ss-2-6NS	291
			水平動EW	Ss-2-6EW	360
			鉛直動UD	Ss-2-6UD	201
敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯) 54km・入倉・三宅の手法・ $\Delta\sigma$ 1.5倍・中央破壊	水平動NS	Ss-2-7NS	458		
	水平動EW	Ss-2-7EW	371		
	鉛直動UD	Ss-2-7UD	178		
敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯) 480km連動・壇の手法・ $\Delta\sigma$ 20MPa・中央破壊・入れ替え	水平動NS	Ss-2-8NS	478		
	水平動EW	Ss-2-8EW	456		
	鉛直動UD	Ss-2-8UD	195		
震源を特定せず策定する地震動		2004年北海道留萌支庁南部の地震 基盤地震動の基準化波	水平動	Ss-3-1H	620
			鉛直動	Ss-3-1V	320
		2000年鳥取県西部地震 賀祥ダム(監査廊)の観測記録	水平動NS	Ss-3-2NS	528
			鉛直動UD	Ss-3-2UD	485

-
1. 伊方発電所の地震動評価について
 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**
 3. 長期評価改訂を踏まえた地震動評価について
 4. まとめ

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)のポイント

平成30年12月21日
審査会合資料再掲

- 伊方発電所の基準地震動の策定においては、地震調査研究推進本部地震調査委員会(以下、「地震本部」という。)の中央構造線断層帯の長期評価(平成23年2月)(本資料では、「第一版」という。)を活用しているが、その改訂版として、「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)」が平成29年12月に公表された。
- 地震本部によると、第一版からの改訂のポイントは、
「区間の追加(断層全長の変更)」
「区間の再整理(断層の活動区分の変更)」
「活断層帯の全体像(断層傾斜角)」である。

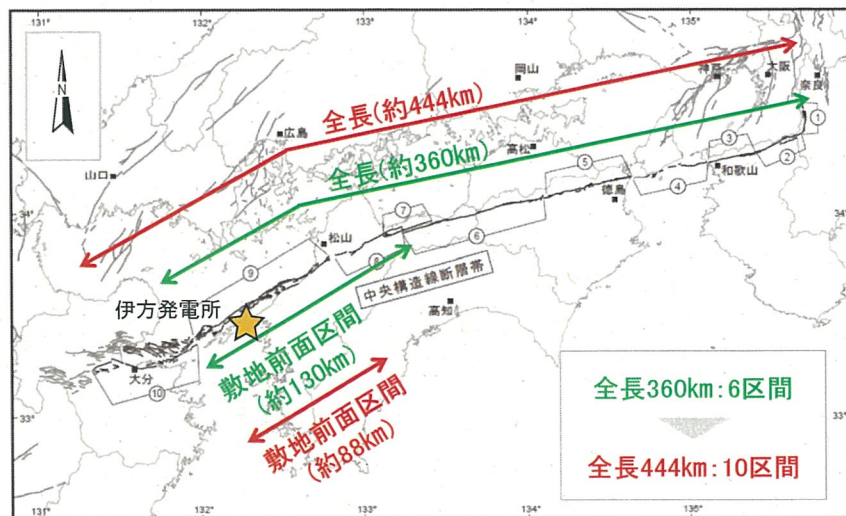
■断層全長・断層区分

	断層全長	断層区分
改訂前 (第一版)	約360km	6区間 (敷地前面:約130km)
改訂後 (第二版)	約444km	10区間 (敷地前面:約88km)

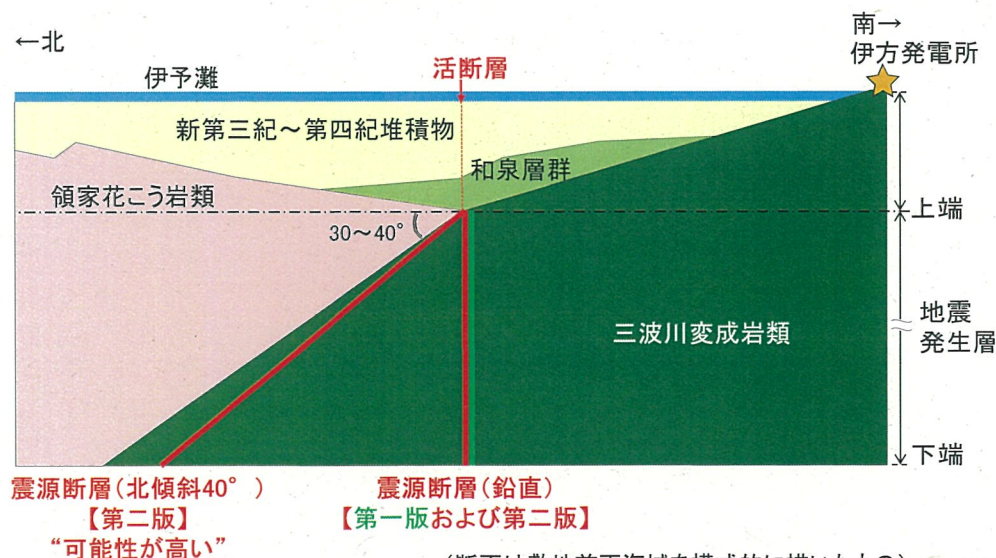
■断層傾斜角(敷地前面区間)

	断層傾斜角※
改訂前 (第一版)	鉛直
改訂後 (第二版)	鉛直 北傾斜

※: 長期評価を踏まえた予測地図の評価も参照



長期評価(第二版)に一部加筆



(断面は敷地前面海域を模式的に描いたもの)

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) <断層全長の変更:豊予海峡-由布院区間の追加

平成31年4月19日
審査会合資料再掲

■ 別府-万年山断層帯の長期評価(2005)

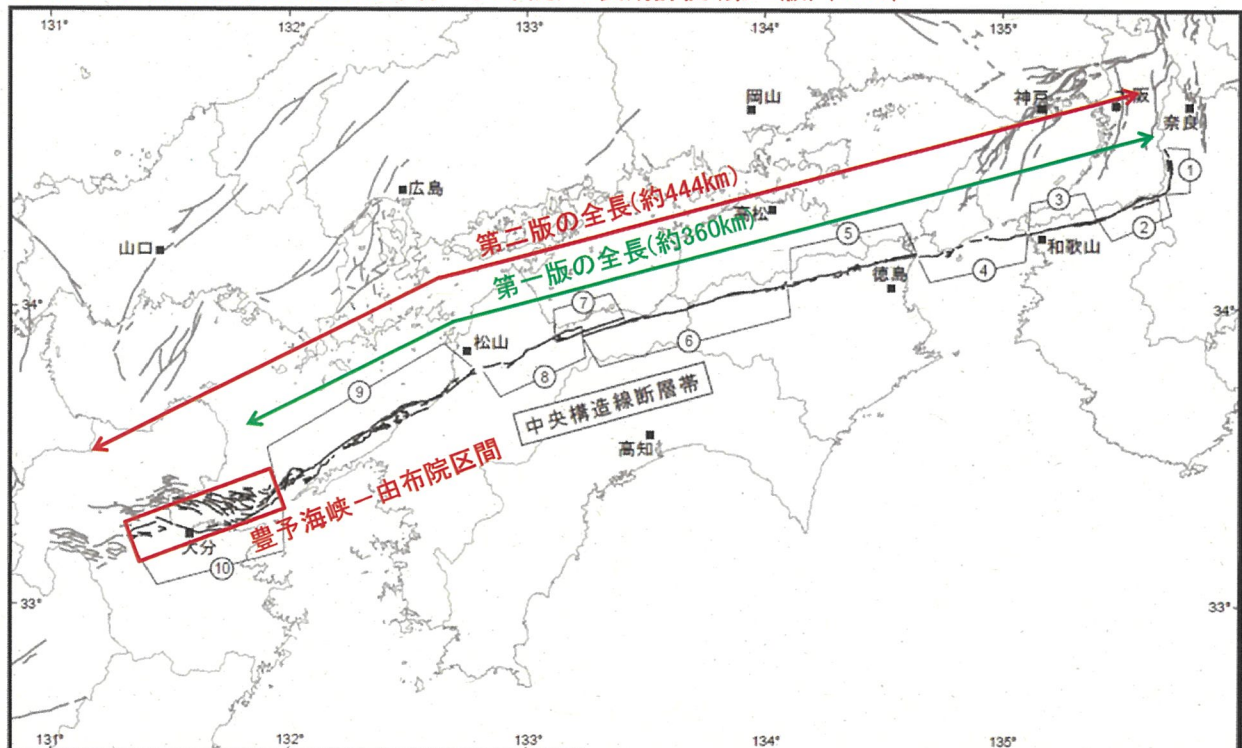


- 地震本部(2005)(別府-万年山(はねやま)断層帯の長期評価)では、別府-万年山断層帯は、大分県東部の豊予海峡付近から、別府湾内、大分平野を経て熊本県境付近まで、ほぼ東西方向に分布する断層帯であり、「別府-万年山断層帯の東端は、中央構造線断層帯に連続している可能性がある」と評価していた。
- その後、2017年に「別府-万年山断層帯の評価」の構成断層が見直され、「万年山-崩平山(くえのひらやま)断層帯」および「日出生(ひじう)断層帯」として評価されるとともに、豊予海峡-由布院区間は中央構造線断層帯の一部として評価が改訂され、中央構造線断層帯の全長が第一版の約360kmから約444kmに見直された。

■ 日出生断層帯の長期評価(2017)
万年山-崩平山断層帯の長期評価(2017)



■ 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)(2017)



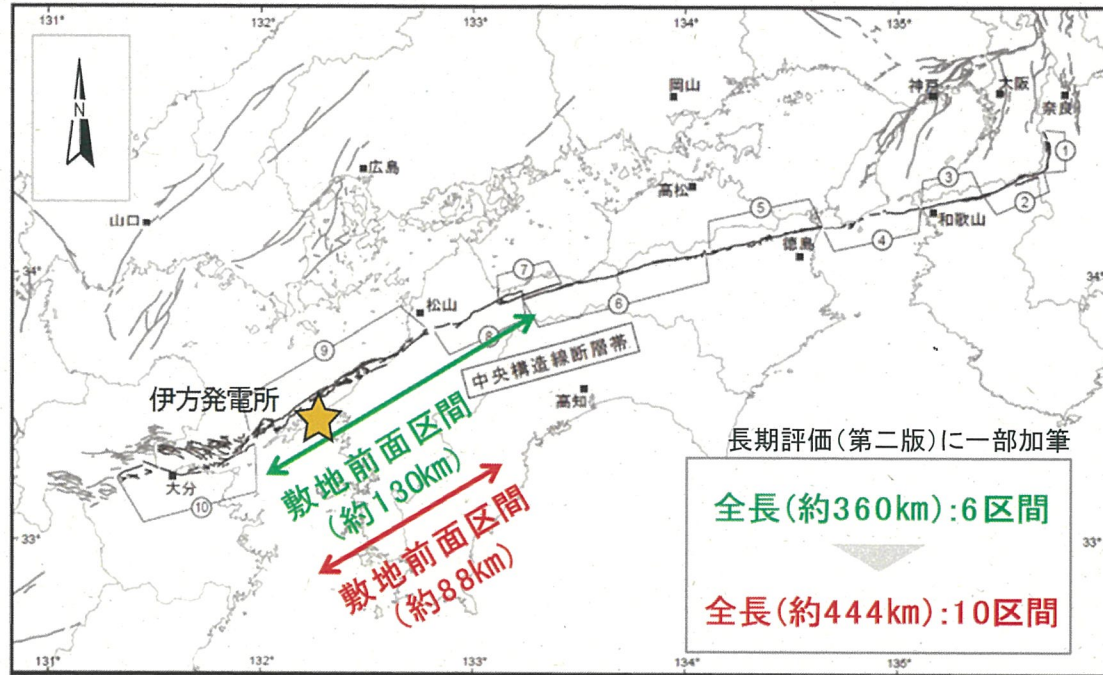
別府-万年山断層帯の長期評価(地震本部, 2005), 日出生断層帯の長期評価(地震本部, 2017), 万年山-崩平山断層帯の長期評価(地震本部, 2017)および長期評価(第二版)に一部加筆

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>

平成31年4月19日
審査会合資料再掲

- 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。

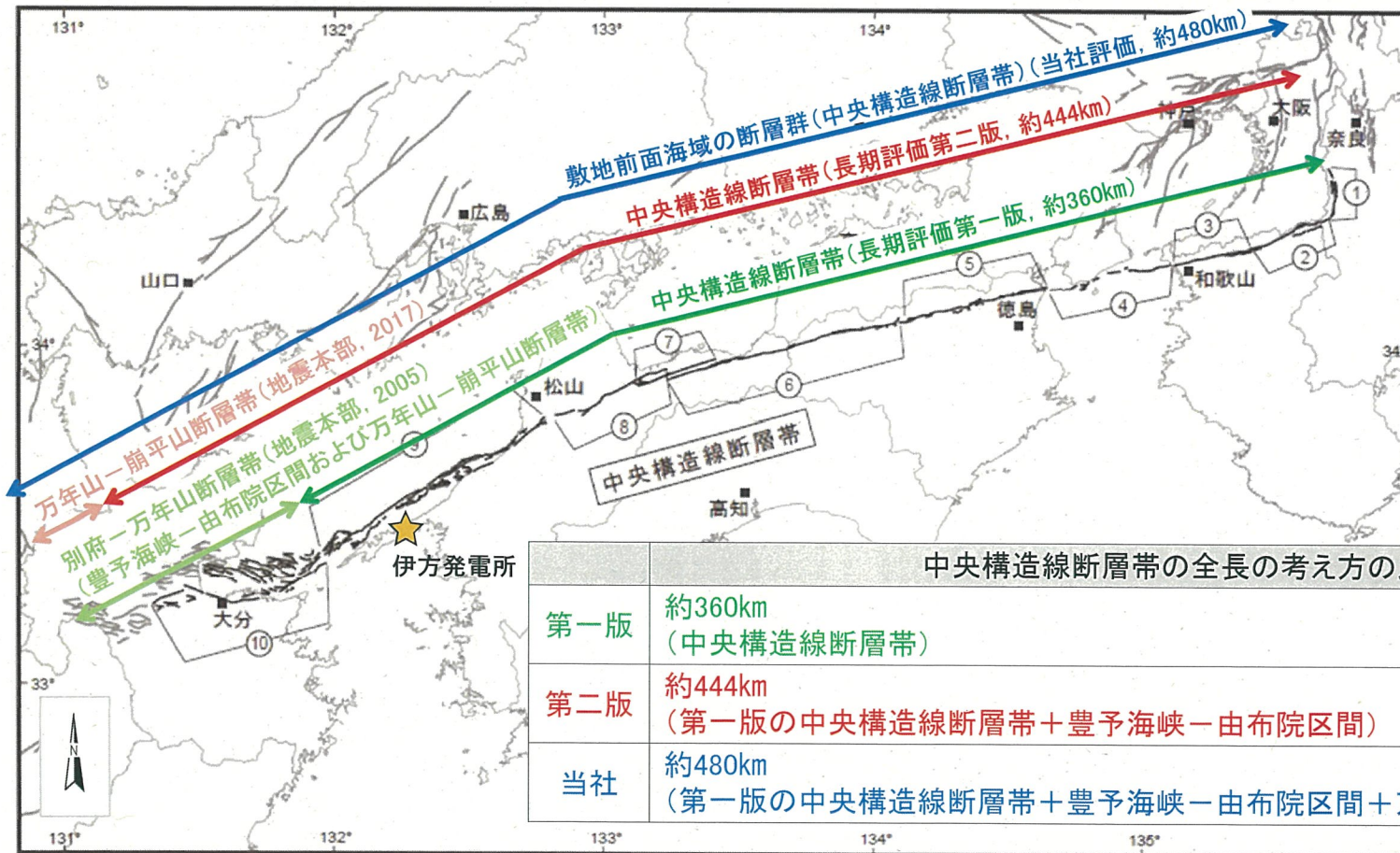


第一版		第二版	
断層帯全体の長さ	約360km	断層帯全体の長さ	約444km
金剛山地東縁	約23km	① 金剛山地東縁	約16km
和泉山脈南縁	約44-52km	② 五条谷	約29km
紀淡海峡-鳴門海峡	約43-51km	③ 根来	約27km
讃岐山脈南縁- 石鎚山脈北縁東部	約130km	④ 紀淡海峡-鳴門海峡	約42km
石鎚山脈北縁	約30km	⑤ 讃岐山脈南縁東部	約52km
敷地前面区間 { 石鎚山脈北縁西部- 伊予灘	約130km	⑥ 讃岐山脈南縁西部	約82km
		⑦ 石鎚山脈北縁	約29km
		⑧ 石鎚山脈北縁西部	約41km
		⑨ 伊予灘	約88km
		⑩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

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)

平成31年4月19日
審査会合資料再掲

- 「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。



中央構造線断層帯の全長の考え方の比較

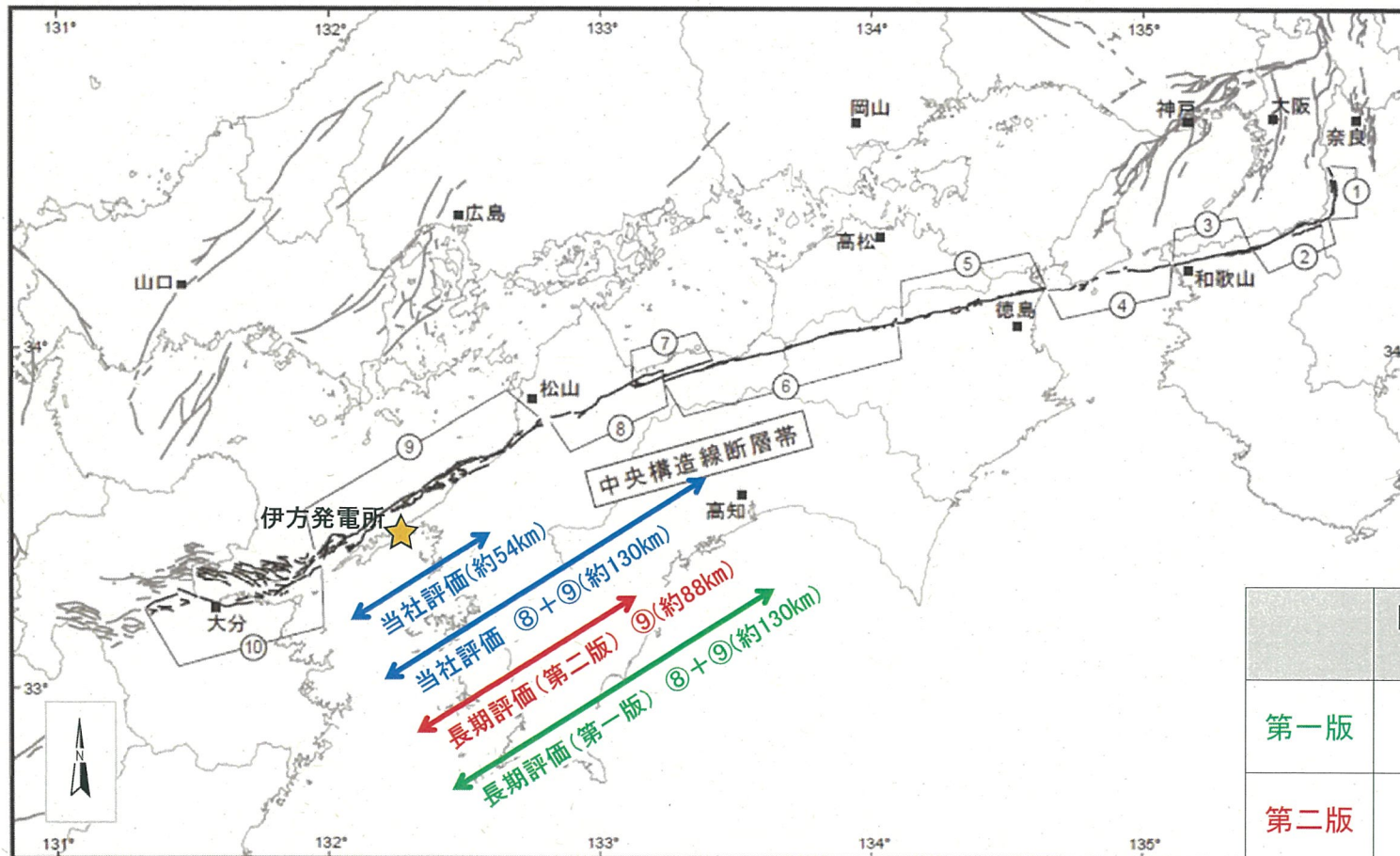
第一版	約360km (中央構造線断層帯)
第二版	約444km (第一版の中央構造線断層帯+豊予海峡-由布院区間)
当社	約480km (第一版の中央構造線断層帯+豊予海峡-由布院区間+万年山-崩平山断層帯)

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)と伊方発電所の地震動評価の比較(2/3)

平成31年4月19日
審査会合資料再掲

- 「断層の活動区分の変更」については、第一版が全長を6区間に区分していたのに対し、第二版では10区間に区分しており、伊方発電所の敷地前面区間では第一版が約130kmだったのに対し、第二版では約88kmに変更されている。
- 伊方発電所の地震動評価においては、敷地前面区間については当社の調査に基づく断層長さ約54kmおよび第一版の知見を踏まえた約130kmの断層区分を考慮しており、第二版より長い場合も短い場合も両方考慮している。



長期評価(第二版)に一部加筆

	断層区分の比較 (敷地前面区間)
第一版	約130km
第二版	約88km
当社	約130km 約54km

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)

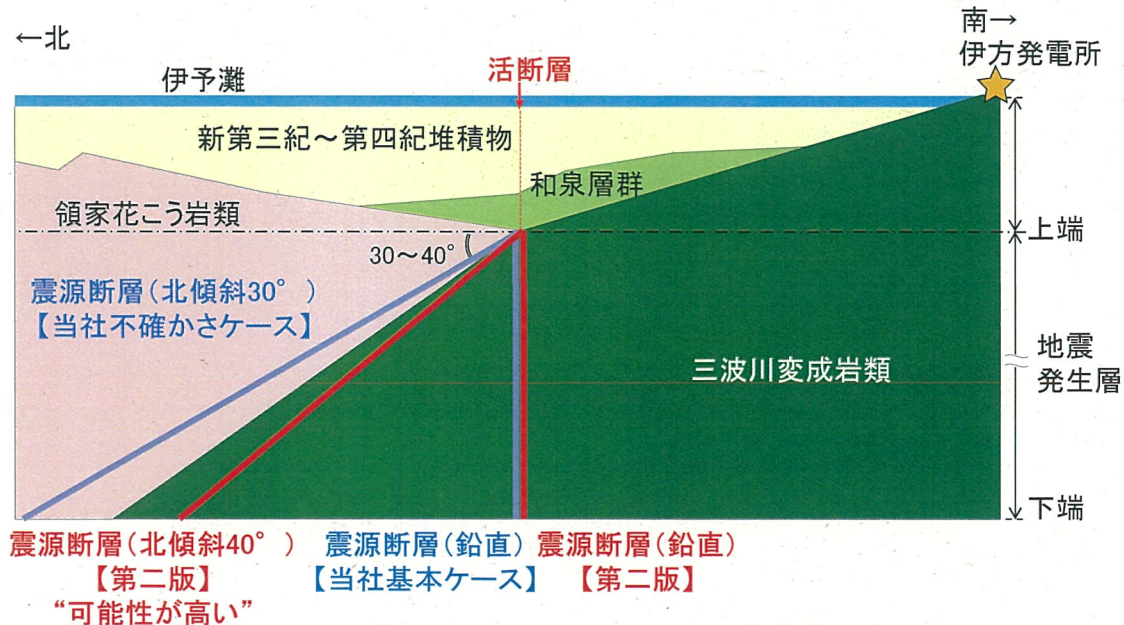
平成31年4月19日
審査会合資料修正

- 「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、震源断層をほぼ鉛直と評価している。しかしながら、地質調査結果等により地質境界断層の傾斜角が北傾斜30°から40°とする知見も得られたことから、震源断層は鉛直を基本ケースとしたうえで、不確かさケースとして北傾斜を考慮している。そして、地震動評価モデルの設定においては、北傾斜ケースの傾斜角は地震規模(断層面積)が保守的な設定となるよう30°を設定している。なお、傾斜角の不確かさが地震動評価に与える影響があまり大きくないことは既許可評価において確認している。

■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)

断層長さ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

平成30年12月21日
審査会合資料再掲

○「断層全長の変更」および「断層の活動区分の変更」については、断層全長は第二版の断層長さ(約444km)よりも長い断層(約480km)を、敷地前面海域の断層群は長期評価(約88km)よりも長い断層(約130km)・短い断層(約54km)の両方を想定するとともに、既往評価から、断層長さ54kmケース、130kmケース、480kmケースとで地震動レベルがほぼ同レベルで、断層長さが変わっても地震動レベルは変わらないことを確認できていることから、**地震動評価への影響はない。**

54kmと480kmの比較(基本震源モデル)

3.3.3 地震動評価結果

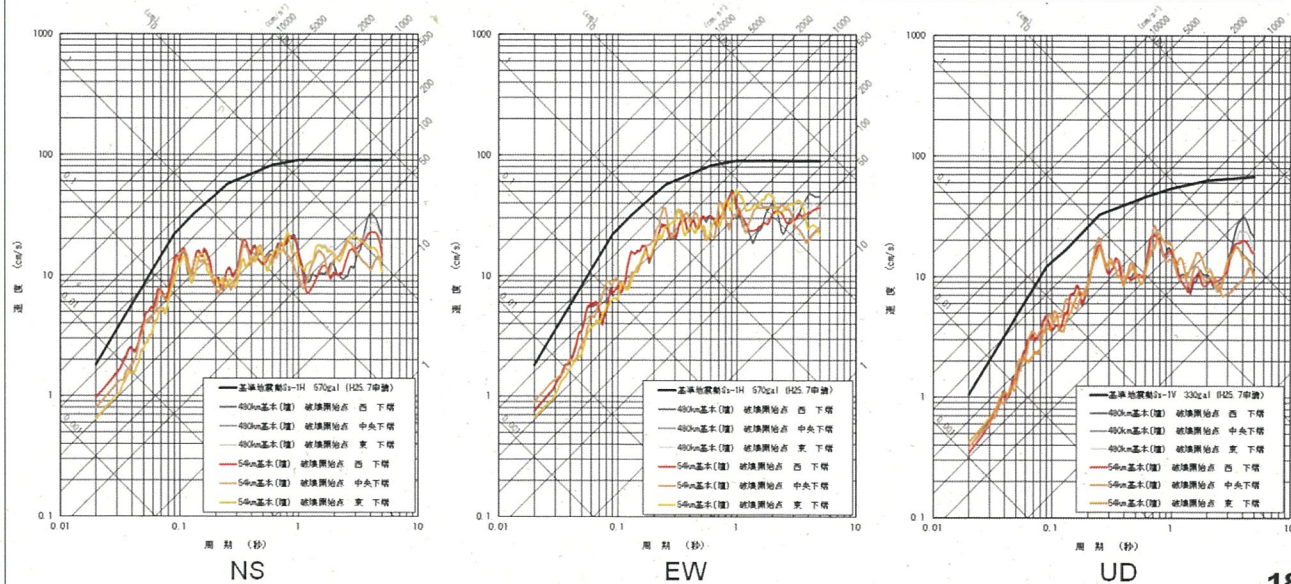
480kmモデルの地震動と54kmモデルの地震動は、長周期の一部を除きほぼ同レベルとなった。



壇の手法によるモデル化では、長さが変わっても地震動レベルは変わらないことを確認できた。



不確かさ①~③、⑤(応力降下量、北傾斜、南傾斜、アスペリティ敷地正面)についても、同様に480kmモデルにおける各々の結果とほぼ等しいと推定される。



186

○「断層傾斜角」については、審査当時から専門家の中で鉛直か北傾斜かで議論が分かれていることを承知していたことから、どちらのケースを基本とするかについて、変動地形学的な調査、地球物理学的な調査を踏まえて判断している。

III. 中央構造線断層帯の評価

中央構造線断層帯の断層傾斜角に関する知見

平成25年8月28日
審査会合資料再掲

中央構造線に関する一般的な知見

○中央構造線は、右横ずれの卓越する活断層であるとともに、地表トレスが直線的であること等から、従来は地下深部まで高角の傾斜を有しているとの考えが一般的であった。

○一方、近年、物理探査による地下構造研究によって、領家帯と三波川帯が接する地質境界断層は、四国中東部では北に30-40度で傾斜していることが指摘されるようになった。

○地質境界断層としての中央構造線と活断層としての中央構造線の関係については、様々な議論がなされているが、明確な結論には達しておらず、活断層としての中央構造線が北傾斜する地質境界断層に一致する可能性も指摘されている。



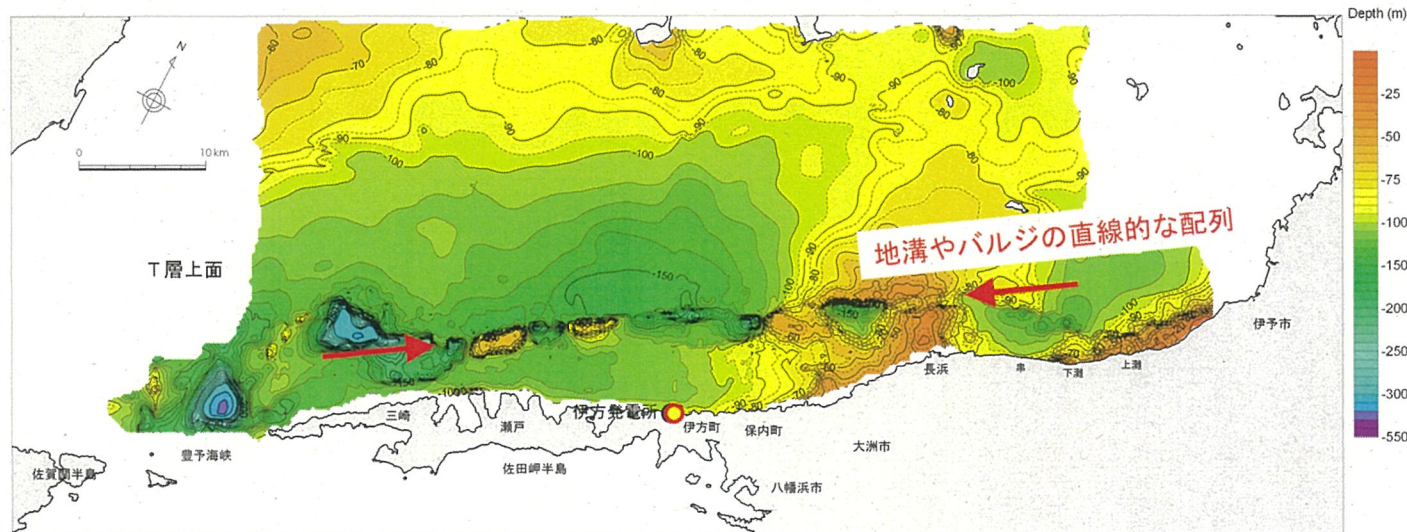
○変動地形学的な調査から、少なくとも地下浅部における活断層はほぼ鉛直であり、震源断層もほぼ鉛直である可能性が考えられると評価している。

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。



T層：上部鮮新統～下部更新統



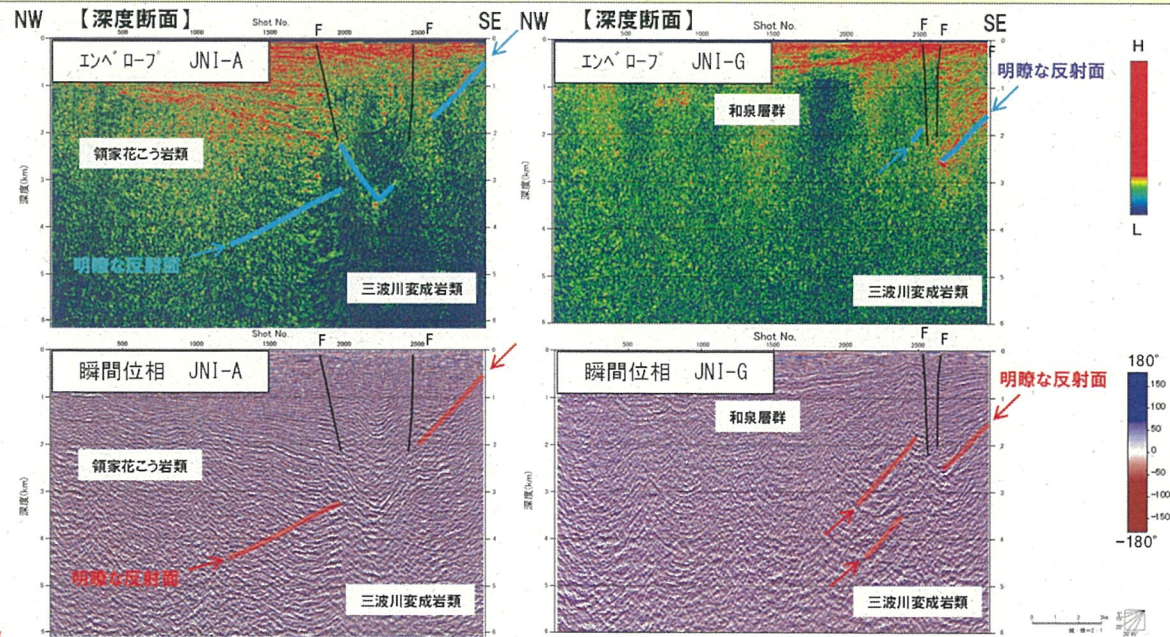
- 第二版においては、「反射法地震探査断面が多数公表されているが、それらの中で高角である中央構造線断層帯(活断層)が下方において中角である中央構造線を切断していることを示す事実は確認されていない」とされている。
- しかしながら当社が実施したアトリビュート解析結果によると、堆積層中にみられる高角度の活断層の下方で、北傾斜する地質境界断層が高角度の断層によって変位を受けている可能性を示唆する結果が得られている。

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。



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

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31年4月19日
審査会合資料再掲

- 文部科学省・京都大学(2017)により, 別府-万年山断層帯(大分平野-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。

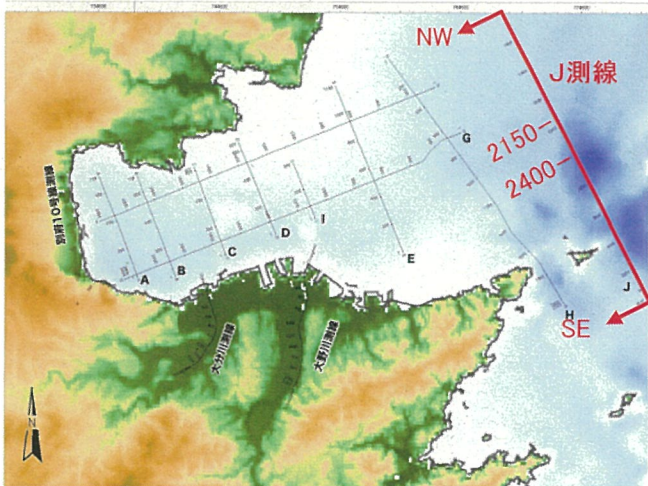
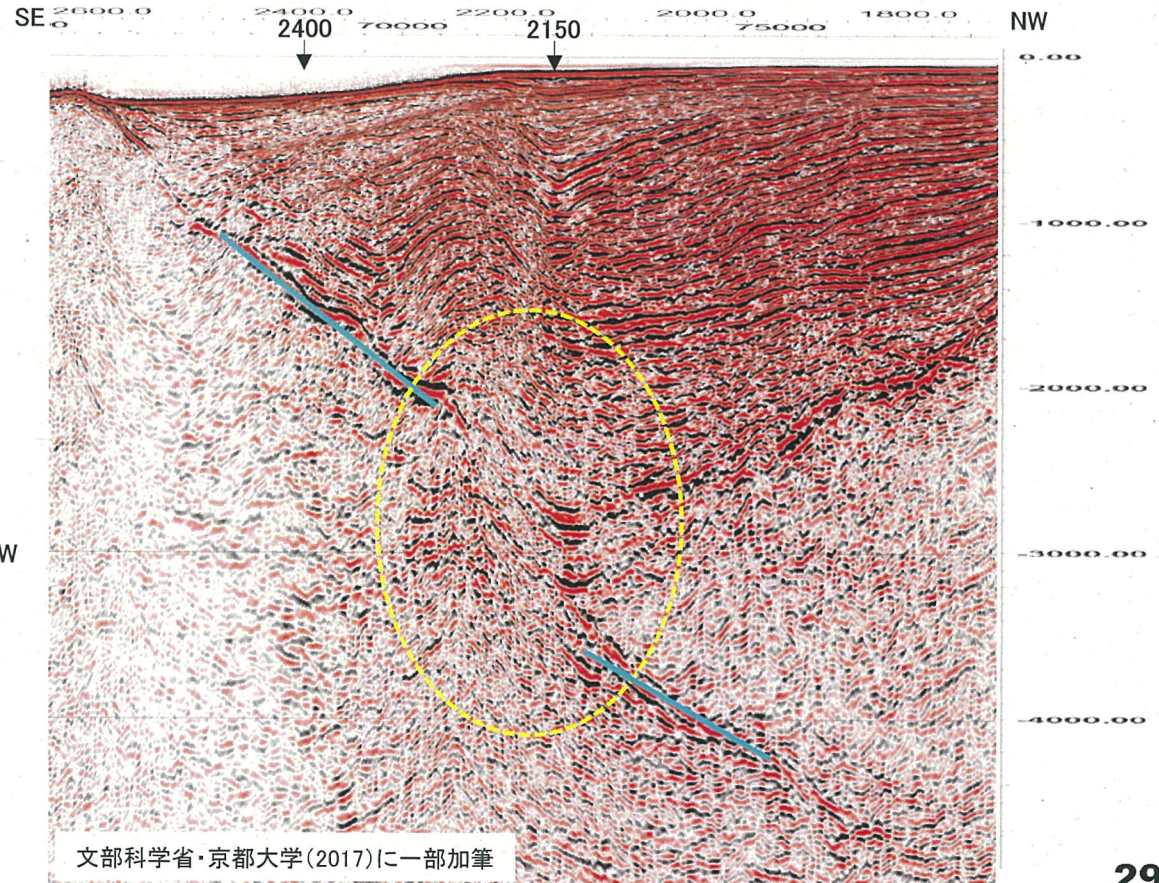


図 3.3.9-6 本重点により再解析された別府湾周辺での既往の音波探査、反射法地震探査測線図



文部科学省・京都大学(2017)に一部加筆

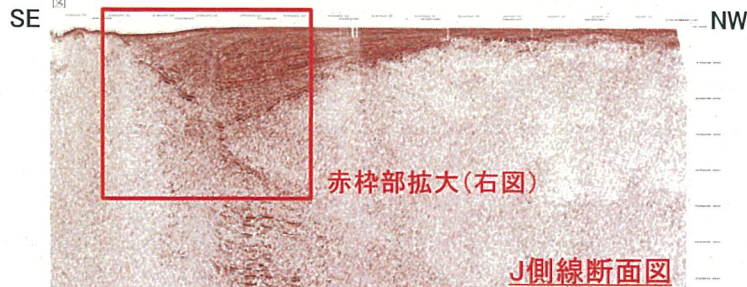


図 3.3.9-7 J測線(山佐・他, 1992)の再解析結果深度断面(右が北、振幅 Hilbert 変換表示、縦約2倍)。CDP(最上部の番号)2400から2150に掛けて堆積層が大きく変形し、基岩は三波川変成岩類と領家花崗岩類の会合部に収斂する。さらに、会合部付近にて三波川変成岩類上面に食い違いが見られる。