

平成 20 年 10 月 22 日
四国電力株式会社

技術専門部会 (H20.5.2) における
「伊方発電所の耐震安全性評価に関わる中間報告」に関するコメント回答

【コメント】

1. 応答スペクトル

- ① 応答スペクトル評価が 42km のみとなっているが、130km、360km は実施しないのか
(有吉委員) [P.2]
- ② 周期 0.5 秒付近から長周期側で加速度が急激に小さくなっているが、長周期の施設はないのか
(岡村委員) [P.3]

2. 断層モデル

- ③ アスペリティーの位置の根拠は (森委員) [P.4]
- ④ アスペリティーの分布、広さを安全側に考慮する必要があるのでは (森委員) [P.8]
- ⑤ ストレスドロップの不確かさは考慮されているのか (森委員) [P.9]
- ⑥ 種地震には、伊方に近い 1991 年の地震を用いるべきでは (森委員) [P.10]
- ⑦ SS2 は南北方向と東西方向で大きく異なっているが、地質や地盤が影響しているのか
(三島委員) [P.13]

3. 基準地震動

- ⑧ 基準地震動を策定する際の裕度の決め方はどうか (有吉委員) [P.14]

4. 地震波

- ⑨ 地震波作成時の位相には、断層モデルの位相を使用すべきでは (森委員) [P.15]

5. 耐震評価

- ⑩ 機器・配管系の評価には、実際の材料強度を使用しているのか (三島委員) [P.16]
- ⑪ 補強工事はどんな考え方で実施しているのか (藤川委員) [P.17]

6. 資料・説明の方法

- ⑫ 断層モデルの 12 ケース全てのスペクトルを図示してほしい (森、岡村委員) [P.18]
- ⑬ 発生応力には地震以外に自重等によるものもあるので、分けて記載すべき (渡邊委員) [P.19]
- ⑭ 新たな断層はないのに、モデルやパラメータによって評価結果が変わっており、適切な説明が必要
(藤川委員) [P.20]

1. 応答スペクトル

① 応答スペクトル評価が 42km のみとなっているが、130km、360km は実施しないのか（有吉委員）

A ①.

ご質問のとおり、130km、360km の地震動評価では、応答スペクトル評価は実施しておりません。

応答スペクトルに基づく地震動評価につきましては、従来は、大崎スペクトルに代表されるように、地震のエネルギー放出個所を震源に置く、すなわち「点に集中させる」手法を採用していたため断層近傍への適用には問題がありましたが、近年は、等価震源距離という概念を取り入れ、断層面の面的な拡がり効果を考慮することにより、断層近傍への適用もねらった手法が開発されております。

しかしながら、観測記録に基づく手法であるため、回帰分析に使用されたデータには震源近傍のデータが少なく、また、断層の近傍地点における地震動評価においては、回帰分析に使用されたデータの範囲外となるため、130km、360km の地震動評価には用いておりません。

なお、敷地前面海域の断層群を含む中央構造線は敷地から約 8km に位置し、敷地近傍であることから、地震動評価については、断層の破壊方向による影響や破壊伝播による地震動の到達時間の差を考慮できる、断層モデルによる地震動評価が適切であると考えています。

今回、改訂された「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」（以下、「新耐震指針」という。）の解説においても、「震源が敷地に近く、その破壊過程が地震動評価に大きな影響を与えると考えられる地震については、断層モデルを用いた手法を重視すべき」と記載され、震源近傍での地震動評価については断層モデルを用いることが推奨されていることから、敷地前面海域の断層群を含む、130km、360km の地震動評価には断層モデルを用いた地震動評価を行っています。

[参考]

・ 応答スペクトル評価式の回帰分析に使用されたデータの範囲

マグニチュード：5.5～7.0，等価震源距離：28～202km，震源深さ：60km 以浅

・ 評価式の適用性確認に用いられたデータの範囲

マグニチュード：5.4～8.1，等価震源距離：14～218km，震源深さ：60km 以浅

出典：「原子力発電所耐震設計技術指針基準地震動策定・地質調査編 JEAG4601-2007」

②周期 0.5 秒付近から長周期側で加速度が急激に小さくなっているが、長周期の施設はないのか
(岡村委員)

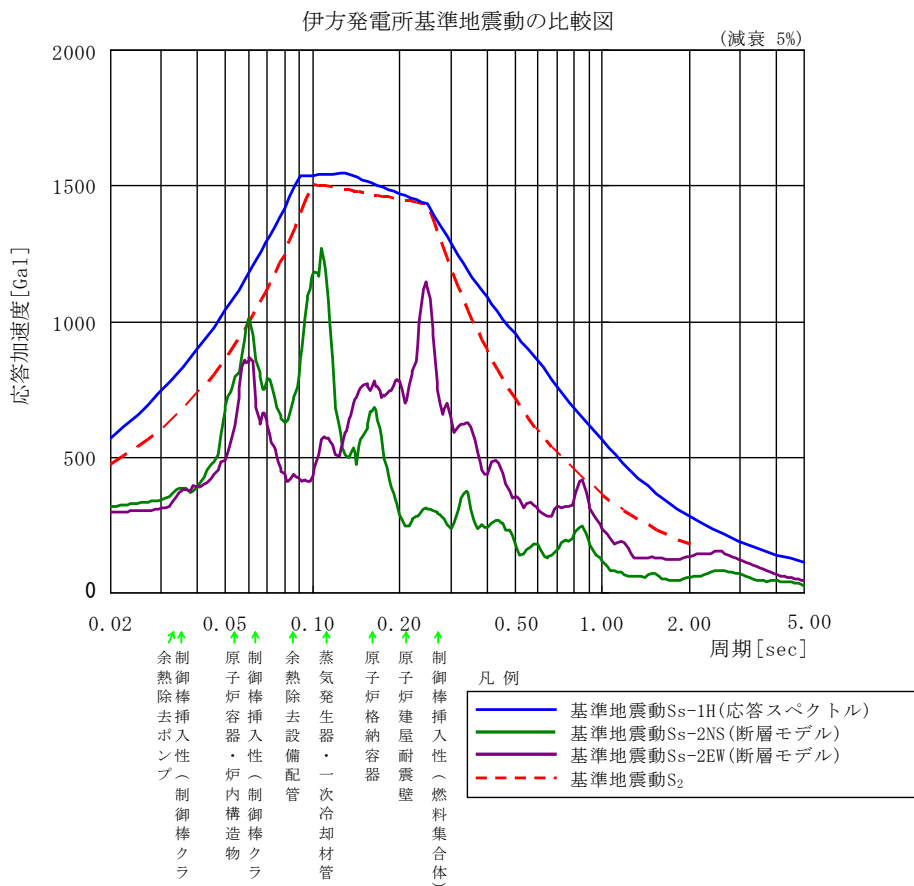
A②.

伊方発電所の主要設備については、固有周期が 0.5 秒を超えるような長周期の施設はありません。
(中間報告における評価対象機器（伊方 3 号機）の固有周期を下表に示します。)

なお、近年、原子力発電所の耐震設計で用いられている応答スペクトル法に基づく地震動評価手法は、大崎スペクトルを設定した考え方を更に発展的に展開し、また、硬質岩盤上で記録された多くの地震データを用いて評価・作成し、震源の面的な広がりやを考慮できるものとしたものであり、「原子力発電所耐震設計技術指針基準地震動策定・地質調査編 JEAG4601-2007」に採用されています。

今回の応答スペクトル法に基づく地震動評価は、この手法を用いて行ったものであり、観測記録に基づいた地震動評価と考えることもできません。したがって、周期 0.5 秒以上の長周期側で加速度が急激に小さくなるのは、地震動の一般的な特性を反映したものと考えます。

応答スペクトル法に関する文献：「Response spectra for design purpose of stiff structures on rock sites, OECD-NEA workshop on the relation between seismological data and seismic engineering analysis」
Shizuo Noda, Kazuhiko Yashiro, Katsya Takahashi, Masayuki Takemura, Susumu Ohno, Masanobu Tohdo, Takahide Watanabe, OCT. 16-18, Istanbul, 2002



対象設備 (項目)	固有周期 (秒)
原子炉容器 (支持構造物)	0.053
蒸気発生器 (支持構造物)	0.112
炉内構造物 (炉心そう)	0.053
一次冷却材管 (本体)	0.112
余熱除去ポンプ (基礎ボルト)	0.05 以下
余熱除去設備配管 (本体)	0.085
原子炉格納容器 (本体)	0.161
原子炉建屋 (外周コンクリート壁)	0.214
制御棒の挿入性 ^{※1} (挿入時間)	0.063
	0.035
	0.270

※1 上段：制御棒クラスタ駆動装置
中段：制御棒クラスタ案内管
下段：燃料集合体

2. 断層モデル

③アスペリティの位置の根拠は（森委員）

A③.

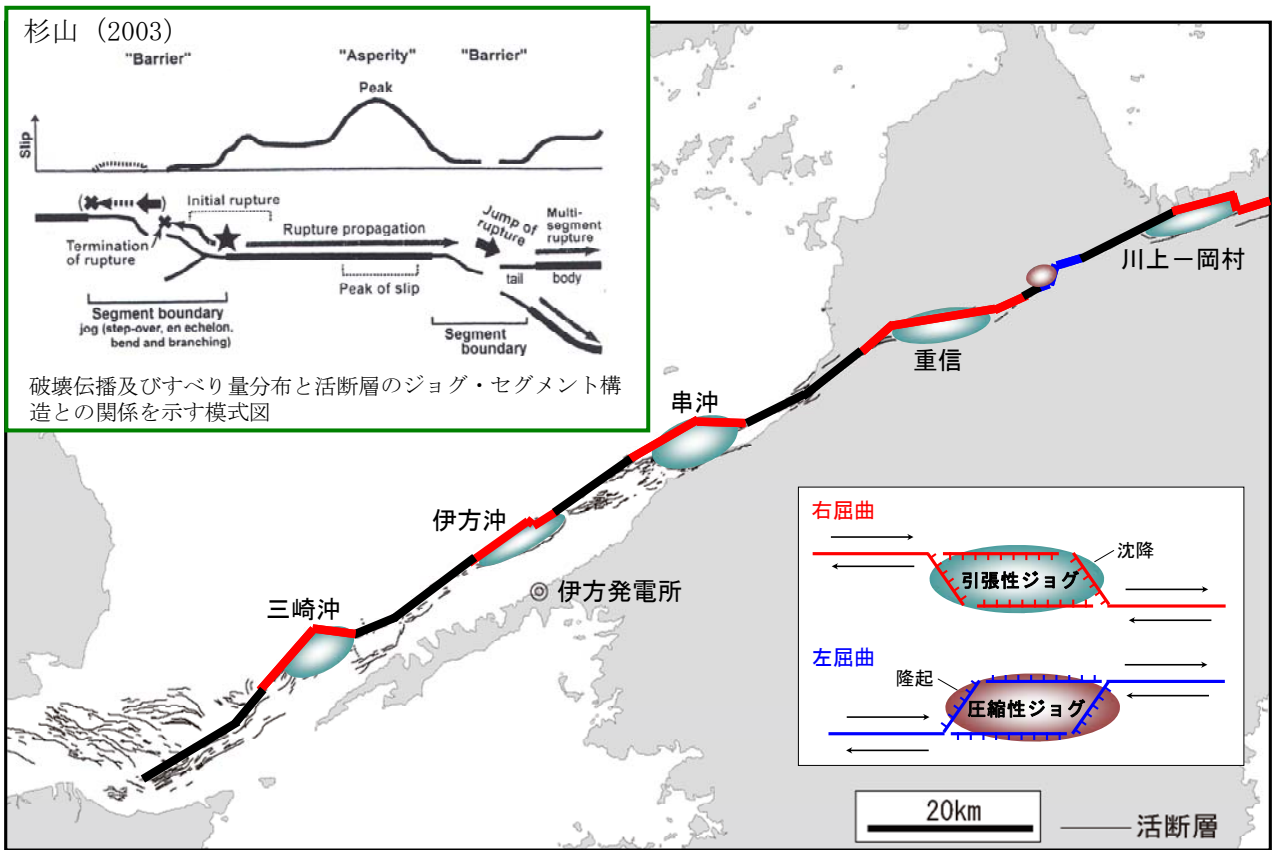
アスペリティはジョグとジョグの間に位置すると考えられており、敷地前面海域の断層群には、発電所最寄りの地点にジョグ（分岐、約1 kmの右屈曲）が認められます¹⁾²⁾ので、基本モデルの策定に当たっては、その両側にアスペリティを配置しています。

一般に、活断層の分布形態と震源断層の破壊様式には深い関連があり、活断層が分岐あるいは屈曲するジョグにおいて変位量が小さくなり断層破壊が停止します。アスペリティでは変位量が大きいので、ジョグとジョグの間に位置すると考えられているものです（杉山，2003）³⁾。

また、中央構造線のような横ずれ断層について、断層が分岐して対置する構造でセグメントを区分する考えが示されています（中田・後藤，1998）⁴⁾。この考えに基づけば、発電所最寄りのジョグでセグメント区分されることになり、産業技術総合研究所活断層研究センターも同ジョグでセグメントを区分しております（吉岡ほか，2005）⁵⁾。

発電所最寄りのジョグの右屈曲量は約1 kmであり、重信の約4 km、串沖の約3 km、三崎沖の約4 kmに比べて小さいので、同ジョグでセグメント区分することもあり得るが、地震動評価上のセグメント区分に際しては、3号炉申請時から長さ46 kmの断層群を一連と評価してきた経緯も踏まえ、敷地前面海域の断層群を42 kmと評価しました。これは、同ジョグで区分したモデルよりも地震動評価上厳しいものであり、アスペリティの配置に際しては同ジョグの位置を考慮しております。

なお、不確かさの考慮として、アスペリティを断層上端部まで敷地に近づけて配置したモデルも考慮しています。

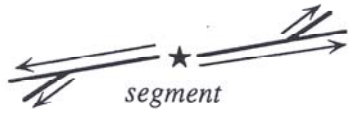


断層名 性状	豊予海峡 セグメント	三崎沖 引張性 ジョグ	伊予灘 セグメント			串沖 引張性 ジョグ	伊予断層	重信 断層	川上-小松 断層					
	海/陸 走向	海 北東-南西						陸 東北東-西南西						
活動様式	正断層 一部横ずれ断層含む	右横ずれ断層												
縦ずれ変位の 向き(落ち方向)	全般に北落ち 優勢	南落ちと北落ちの断層に挟まれた地溝・バルジの形成 (断層帯全体として南北で顕著な縦ずれ変位は見られない)												
分布形態	並走配列 別府湾活断層系と斜交	右屈曲 (分岐)	分岐	雁行 配列	右屈曲	雁行 配列	右屈曲 (分岐)	雁行 配列	直線状	分岐	直線状	左屈曲	直線状	直線状 岡村断層 と並走
第四紀堆積盆	無	有	無	有	無	プリアート ベースン	無	プリアート ベースン	—					
活動時期	最新	伊予セグメントや 伊予灘セグメント より 活動性が低い と推定される	伊予セグメントと同程度以下の 活動性と推定される			約6千年 前以降	14世紀以降	11世紀 以降	9世紀以降					
	1つ前					約1万年 前以降	2~3.5千年前	6.2千年 前~11世紀	1~8世紀					
2つ前	3.5~7千年前					4.9千年前~3世紀								
平均活動間隔 (千年)	—	—	—	—	—	3.3~5.0	2.5	(3.5-4.0)*	1.0-1.4					
変位	横ずれ変位 量(m/回)	—	—	—	—	—	2.0	2.5	4.0					
	横ずれ変位 速度(mm/yr)	—	—	—	—	—	0.8-1.6	(0.6-0.7)*	2.8-4					
四国電力の セグメント区分 (今回評価)	豊予海峡 セグメント 23km	三崎沖 引張性 ジョグ 13km	敷地前面海域の断層群 42km			串沖 引張性 ジョグ 13km	伊予セグメント 23km	重信 引張性 ジョグ 12km	川上セグメント 36km					

※活動の見落としの可能性が指摘されているため、参考値扱いとする

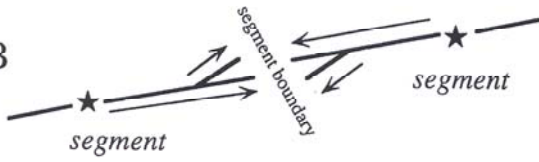
中田・後藤 (1998)

A

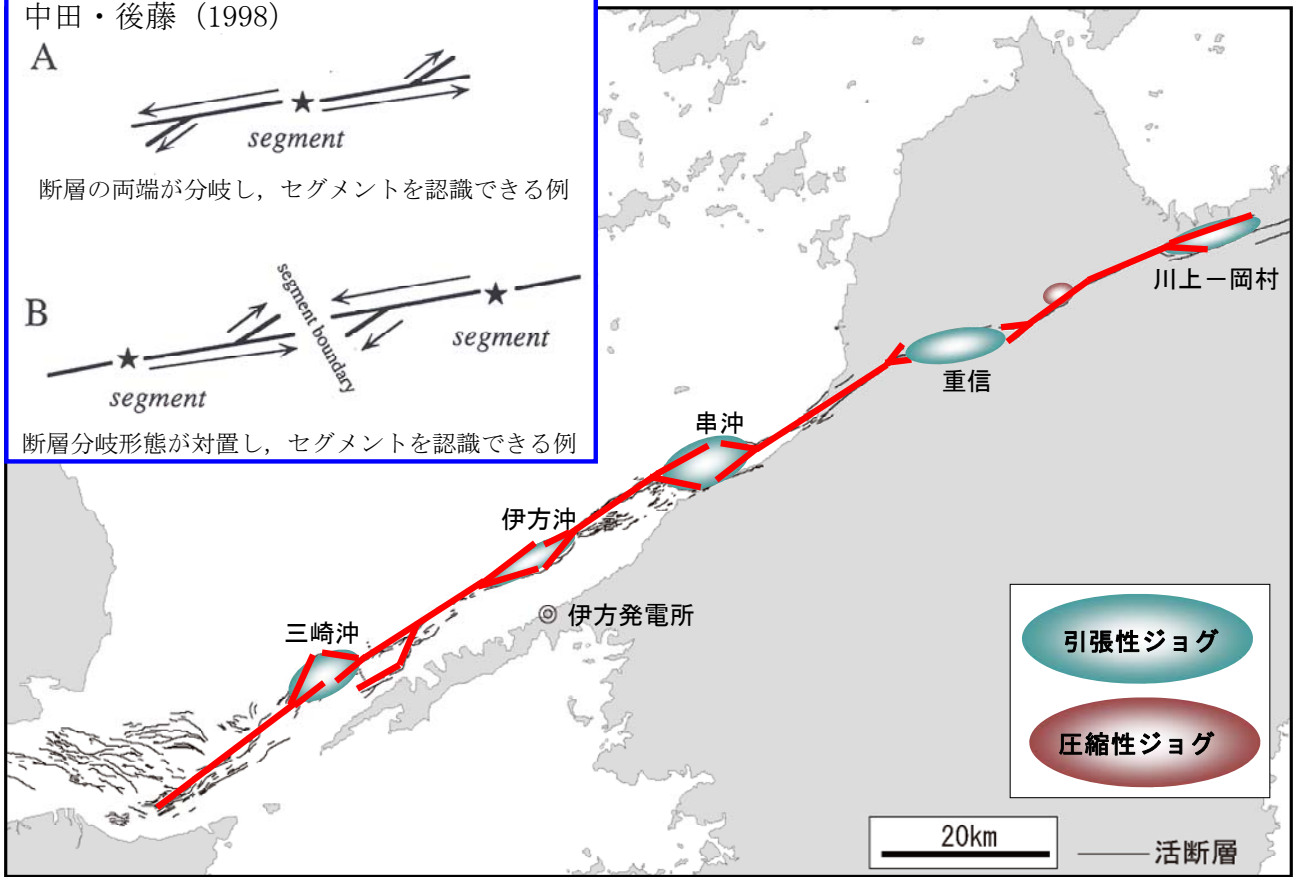


断層の両端が分岐し、セグメントを認識できる例

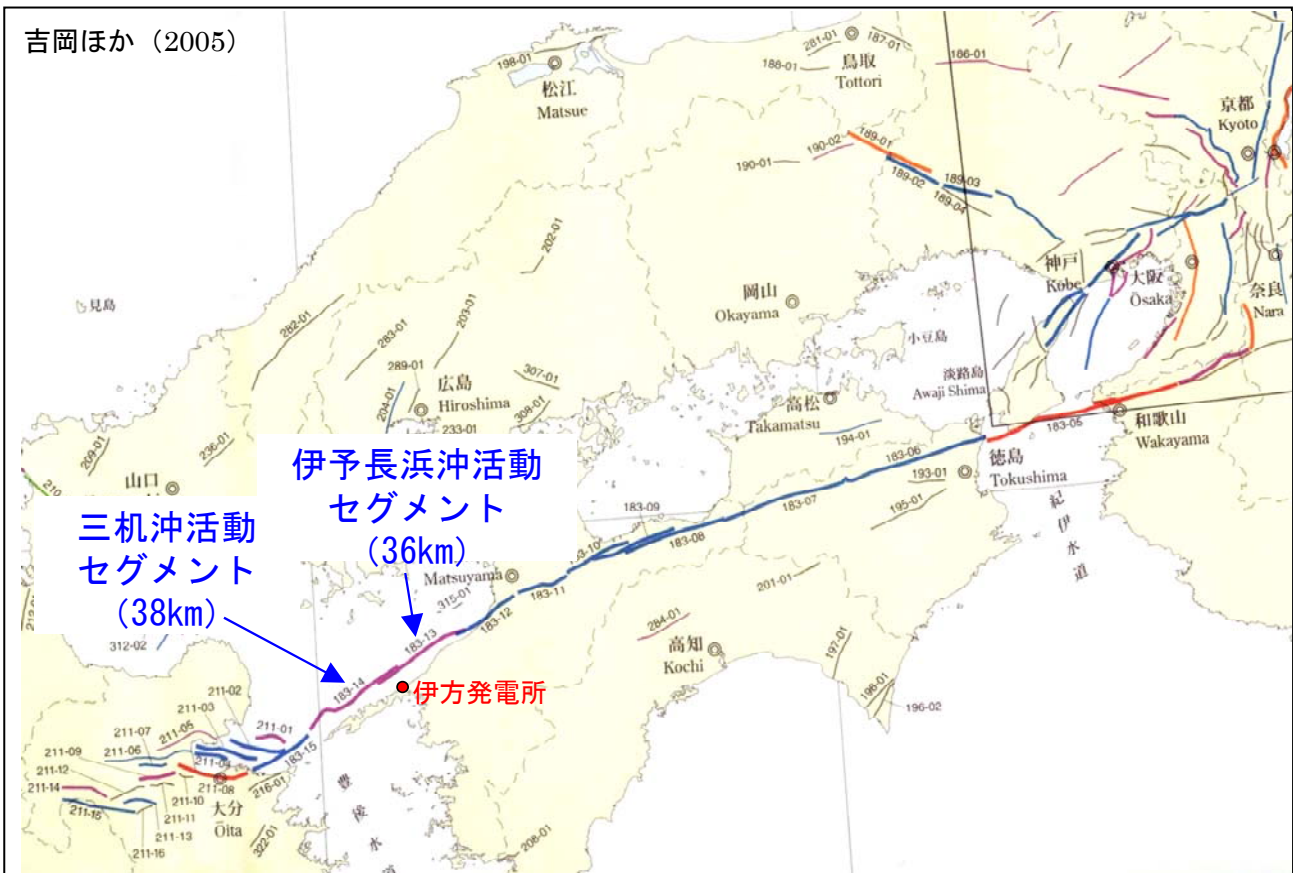
B



断層分岐形態が対置し、セグメントを認識できる例



吉岡ほか (2005)



[参考文献]

- 1) : 四国電力株式会社, 伊方発電所「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う耐震安全性評価結果 中間報告書, 平成 20 年 3 月 28 日, pp.Ⅲ-71,Ⅲ-104
- 2) : 七山太ほか, 伊予灘～佐賀関沖 MTL 活断層系の広域イメージングとセグメント区分, 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 活断層・古地震研究報告, 2, pp.141-152, 2002
- 3) : 杉山雄一 (産業技術総合研究所活断層研究センター), 第 3 1 回地盤震動シンポジウム, 5-14, 2003
- 4) : 中田 高・後藤秀昭, 活断層はどこまで割れるのか? —横ずれ断層の分岐形態と縦ずれ分布に着目したセグメント区分モデル—, 活断層研究, 17, 43-53, 1998
- 5) : 吉岡敏和ほか, 全国主要活断層活動確率地図および同説明書 (200 万分の 1), 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 2005

④アスペリティの分布、広さを安全側に考慮する必要があるのでは（森委員）

A④.

アスペリティの平面的分布については、地質調査により敷地前面海域断層群の地表付近の情報を得ておりますので、深さ方向の位置について不確かさを評価することとし、さらにこれに破壊開始点を変えたケースを組み合わせることにより、不確かさを考慮した検討を行いました。

また、アスペリティの広さ（面積）につきましては、地震動予測のレシピに示されている断層面積全体に対して 22% を適用して設定しています。仮にアスペリティを広くする場合でも、応力降下量の関係式に基づき、アスペリティの応力降下量を小さく設定することになりますので、面積を広くした方が安全側の検討であると一概に言えるものではありません。

応力降下量の関係式

$$\Delta\sigma_a = \overline{\Delta\sigma_c} \cdot \frac{S}{S_a}$$

$\overline{\Delta\sigma_c}$: 断層面全体における平均応力降下量
 $\Delta\sigma_a$: アスペリティにおける応力降下量
S : 断層全体の面積
S_a : アスペリティの面積

敷地での地震動評価は主にアスペリティの位置と破壊伝播の関係によって決まりますので、アスペリティの深さと破壊開始点を不確かさとして考慮する現在の評価で安全側の評価になっていると考えています。

⑤ストレスドロップの不確かさは考慮されているのか（森委員）

A⑤.

ストレスドロップすなわち応力降下量は、基本ケースにおいては約 10MPa ですが、不確かさ考慮の一環として断層傾斜角を 30 度としたケースにおいては約 15MPa となり、応力降下量を変えたケース検討を実施しております。

なお、アスペリティの応力降下量については、地震観測結果を基にした各種のインバージョン（逆解析）結果等に基づく最新のレシピ（入倉レシピ等）に準拠して設定しています。

具体的には、

- ①断層全体の平均応力降下量を、敷地前面海域の断層群は横ずれの長大断層であることから楕円クラックを仮定して設定し、
- ②アスペリティの面積も、地震動予測のレシピに示されている断層面積全体に対して 22% を仮定し、
- ③応力降下量の関係式を用いてアスペリティの応力降下量を算出する

という過程を踏んでいます。

応力降下量の関係式

$$\Delta\sigma_a = \overline{\Delta\sigma_c} \cdot \frac{S}{S_a}$$

$\overline{\Delta\sigma_c}$: 断層面全体における平均応力降下量

$\Delta\sigma_a$: アスペリティにおける応力降下量

S : 断層全体の面積

Sa : アスペリティの面積

また、地震調査研究推進本部の地震動予測レシピ¹⁾および入倉レシピ²⁾では、アスペリティの応力降下量の設定方法について複数の設定方法を示していますが、不確かさとしての折り込み方についての記述はありません。

さらには、本年 9 月 4 日に国（原子力安全・保安院）から通知された「新潟県中越沖地震を踏まえた原子力発電所等の耐震安全性評価に反映すべき事項について」において、震源特性に不確かさを考慮した評価を行うよう指示を受けており、現在検討・評価中です。結果については、最終報告書にてご報告させていただきたく考えています。

[参考文献]

1) http://www.jishin.go.jp/main/kyoshindo/08apr_kego/recipe.pdf

2) 入倉孝次郎・三宅弘恵：シナリオ地震の強震動予測，地学雑誌，pp849-875，2001

⑥種地震には、伊方に近い1991年の地震を用いるべきでは（森委員）

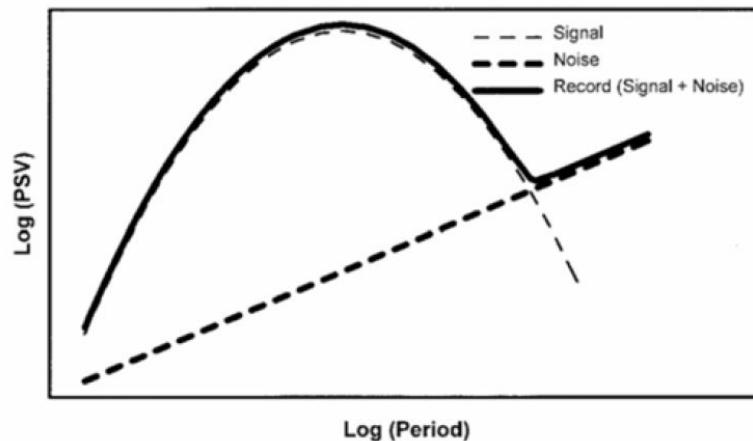
A⑥.

旧耐震指針においては、基準地震動のスペクトルは周期2秒まで設定していましたが、新耐震指針においては、周期5秒まで設定することとなりました。

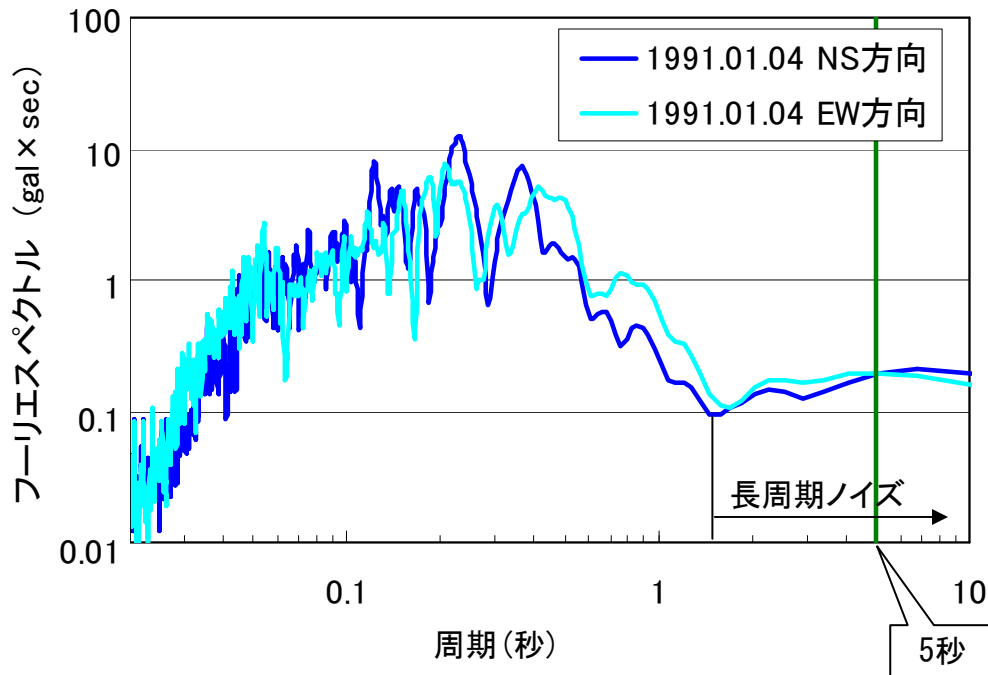
これに従い、長周期信頼限界が周期5秒まで確保できる記録という観点で要素地震の選定を行った結果、1991年の地震は周期2秒以上に長周期ノイズが見られるのに対し、2001年の地震は周期5秒程度まで確保できますので、要素地震として2001年の地震を採用したものです。

なお、一般的に、観測記録の擬似速度応答スペクトルは、長周期側では変位スペクトルが一定となることから、ノイズフリーの記録であれば、周期（ T ）に対して $1/T$ の傾斜で減少するはず（下図 Signal）。しかし、ノイズの擬似速度応答スペクトルは周期とともにほぼ周期に比例して増大し（下図 Noise）、ある周期以上ではノイズが信号を上回ってしまいます。この交叉点の周期を長周期信頼限界周期と呼びます。

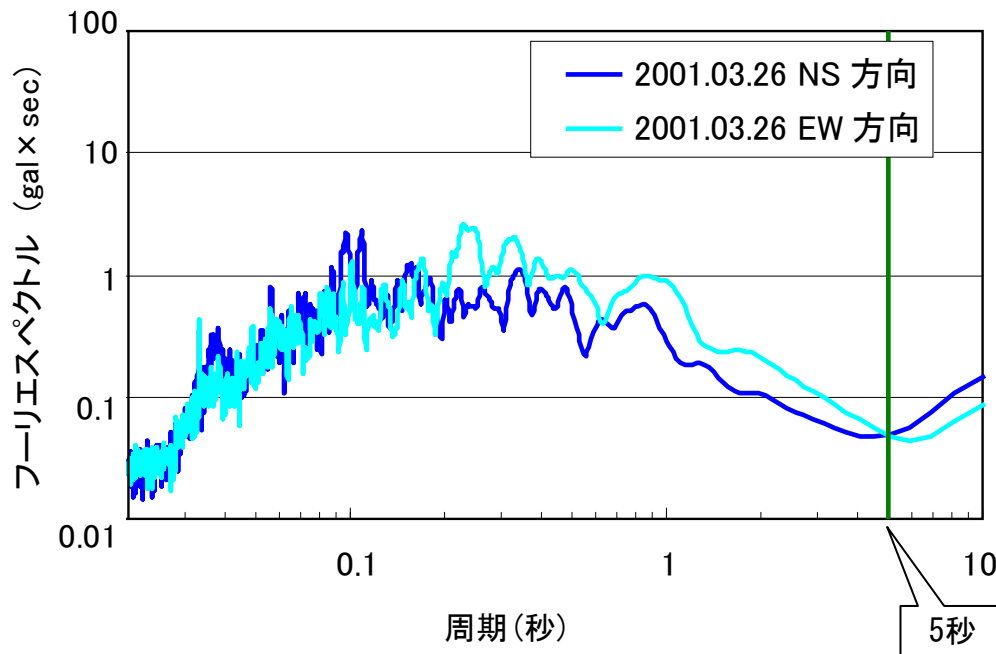
長周期ノイズの原因としては、A/D変換器に起因するものや電源変動、観測点周辺の振動・微動による影響などが考えられます。



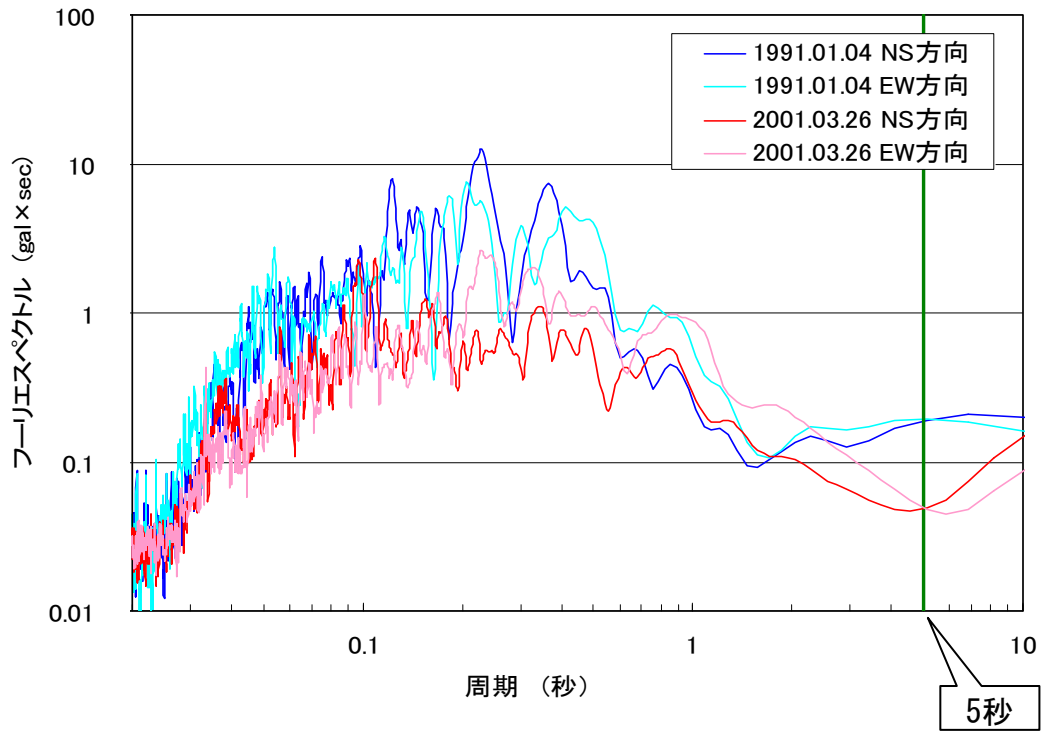
長周期信頼限界周期に関する概念図



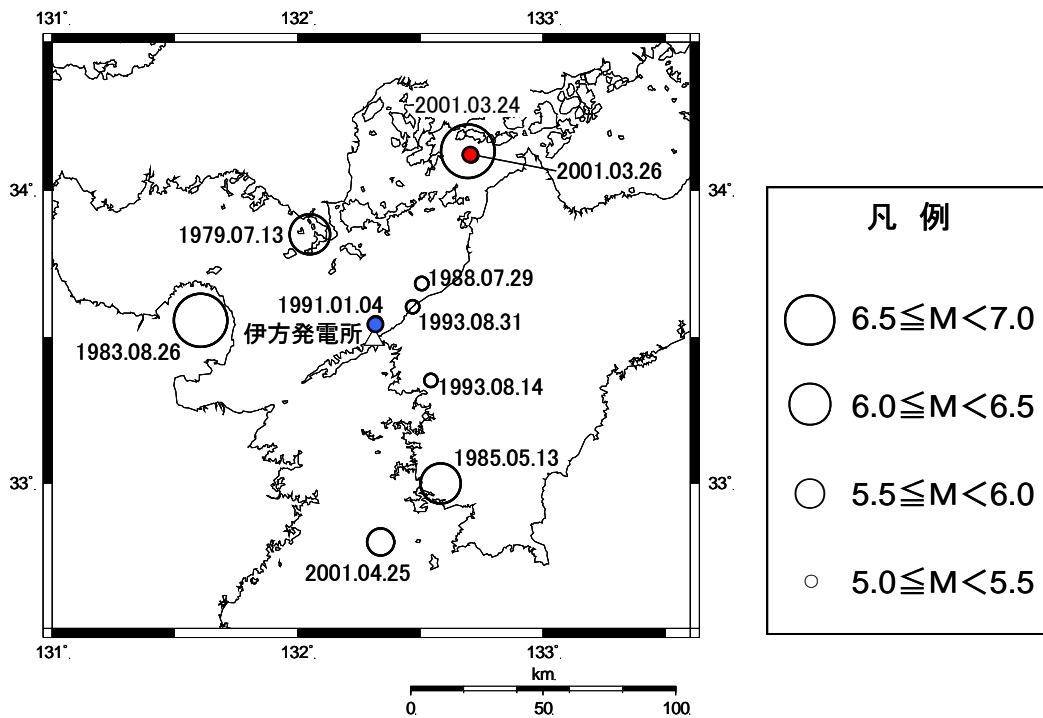
1991年の地震



2001年の地震



1991年および2001年の地震



震央位置	発生日時	M	深さ (km)	震央距離 (km)
伊予灘	1991年1月4日	5.3	58	6
安芸灘	2001年3月26日	5.2	46	78

⑦SS2は南北方向と東西方向で大きく異なっているが、地質や地盤が影響しているのか（三島委員）

A⑦.

NS方向のSs-2は周期0.1秒付近に卓越周期がありますが、EW方向Ss-2では周期0.2～0.3秒付近に卓越周期があります。Ss-2の策定に用いた解析手法は経験的グリーン関数法であり、敷地での観測記録を要素地震として用いて強震動予測を行っています。そこで、要素地震のスペクトル（前ページ2001年の地震）を見ると、NS・EWそれぞれ、Ss-2とほぼ同じ周期に卓越周期があり、Ss-2の卓越周期は要素地震に起因していることがわかります。

その要素地震（観測記録）には、震源特性、伝播特性、地盤特性が含まれますが、卓越周期の相違は、主に震源特性に起因しているのではないかと推察しています。

なお、経験的グリーン関数法の手法自体は、兵庫県南部地震等のシミュレーションでその妥当性が確認されており問題ないものと考えます。また、観測記録には敷地地盤の増幅特性や伝播特性を含んでいることから、理論で再現することが難しい短周期地震動をシミュレートする場合には、経験的グリーン関数法は有効であると考えています。

3. 基準地震動

⑧基準地震動を策定する際の裕度の決め方はどうか（有吉委員）

A⑧.

「原子力発電所耐震設計技術指針基準地震動策定・地質調査編 JEAG4601-2007」では、『設計用応答スペクトルは、経験的な方法（応答スペクトル）により地震動を評価し、対応する減衰定数 5% の応答スペクトルを計算して、それらを包絡して設定することを原則とし、不確かさをその包絡に含めて策定しなければならない』と記されていますが、具体的な裕度については明示されていません。

考慮すべき不確かさとしては、「震源要素（規模、位置等）」、「震源から敷地までの伝播特性」、「地盤（サイト）特性」の各特性および地震動の「評価手法」が挙げられています。伊方発電所における地震動評価では、これら不確かさについて、下表のように評価・検討しており、技術指針の示す設計思想を満足しているものと考えています。

不確かさの項目	考慮の内容
震源要素	<ul style="list-style-type: none"> ・ マグニチュード（7.1 と 7.6） ・ 断層傾斜角（90 度と 30 度） ・ アスペリティの深さ（中位、断層上端）
伝播特性	<ul style="list-style-type: none"> ・ 断層モデルの破壊開始点を 3 箇所設定
地盤特性	<ul style="list-style-type: none"> ・ 応答スペクトル法において内陸地震補正（推定値からの低減）を用いないことで敷地地盤の不確かさを考慮 ・ $V_s=2.2\text{km/s}$ 相当の地盤を想定する応答スペクトル法と、敷地の地盤特性を加味した断層モデル（経験的グリーン関数法）を併用することにより、間接的に地盤特性の不確かさを考慮
地震動評価手法	<ul style="list-style-type: none"> ・ 応答スペクトル法と断層モデルを併用し双方を包絡するように基準地震動 S_{s-1} を設定 ・ 評価結果を各種距離減衰式と比較し評価の妥当性を検討
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・ 全ての地震動評価結果を包絡するように基準地震動 S_{s-1} を設定していることから、その裕度の中において不特定の不確かさもカバー

4. 地震波

⑨地震波作成時の位相には、断層モデルの位相を使用すべきでは（森委員）

A⑨.

本件については、技術専門部会での森委員からのコメントを受け、検討を行っておりますが、同じ内容について、国の「耐震・構造設計小委員会、地震・津波・地質・地盤合同ワーキンググループ」でも検討が行われております。当社としては、審議を踏まえた国の指示等に従い、適切に評価したいと考えております。

5. 耐震評価

⑩機器・配管系の評価には、実際の材料強度を使用しているのか（三島委員）

A⑩.

機器・配管系の評価に用いている材料の物性値（例えば、降伏応力、引張応力、縦弾性係数等）は設計に用いた値を使って評価しており、実際の構造材の材料強度を用いて評価しているわけではありません。

実際に使用されている各種構造材の物性値は、材料試験により採取しており、材料証明書に記録されています。

原子力発電所に用いられている各種構造材の強度等は、設計に用いている値より良好な値を示しており、これは耐震上の裕度となっていると考えております。

【参 考】

機械構造物を構成する鋼材の一次応力に対する評価基準値（許容値）は、設計基準で終局強度（設計引張強さ）の3分の2と規定されていることから、そもそも許容値自体に設計引張強さに対して約1.5倍の余裕が取られています。

ここで言う、「評価基準値（許容値）」^(注)とは、機器・配管系の構造設計上、ここまでは許容できる応力レベルを示すものです。

(注) 機器・配管系の耐震安全性評価における構造強度の評価基準値には、「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-補・1984, JEAG4601-1987, JEAG4601-1991 追補版」および「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2005」に準拠するとともに、他の規格基準で規定されている値および実験等で妥当性が確認されている値等が用いられています。

また、今回の耐震安全性評価と合わせて、参考として、経年劣化事象による耐震安全性への影響評価（配管減肉等）も自主的に実施するとともに、新耐震指針の改訂主旨を踏まえ、更なる安全性の向上に努める観点から、適宜、耐震性向上対策を自主的に実施することとしております。

（高経年化技術評価等報告書の中で、着目すべき経年劣化事象として抽出された、減肉が想定される配管については、減肉を想定して耐震評価を行います。）

⑪補強工事はどんな考え方で実施しているのか（藤川委員）

A⑪.

当社では、耐震性向上工事の検討に際しては、既往評価における設備の耐震裕度、耐震に関する種々の知見および工事の実現性（工事の容易さ、他の工事との錯綜回避）を考慮し、対象箇所の選定を行っています。

これまで耐震性向上工事を実施した機器としては、新耐震指針では耐震重要度分類がAクラスからSクラスに格上げとなったものについて、設計上考慮すべき地震力が増大し、耐震裕度が少なくなることから、耐震安全性に関する信頼性を一層向上させる観点から、設計上の余裕を2割～3割程度上げ、十分な耐震裕度を確保できるよう工事設計を行うとともに、現場での施工性等も考慮して耐震性向上工事を行ったものがあります。

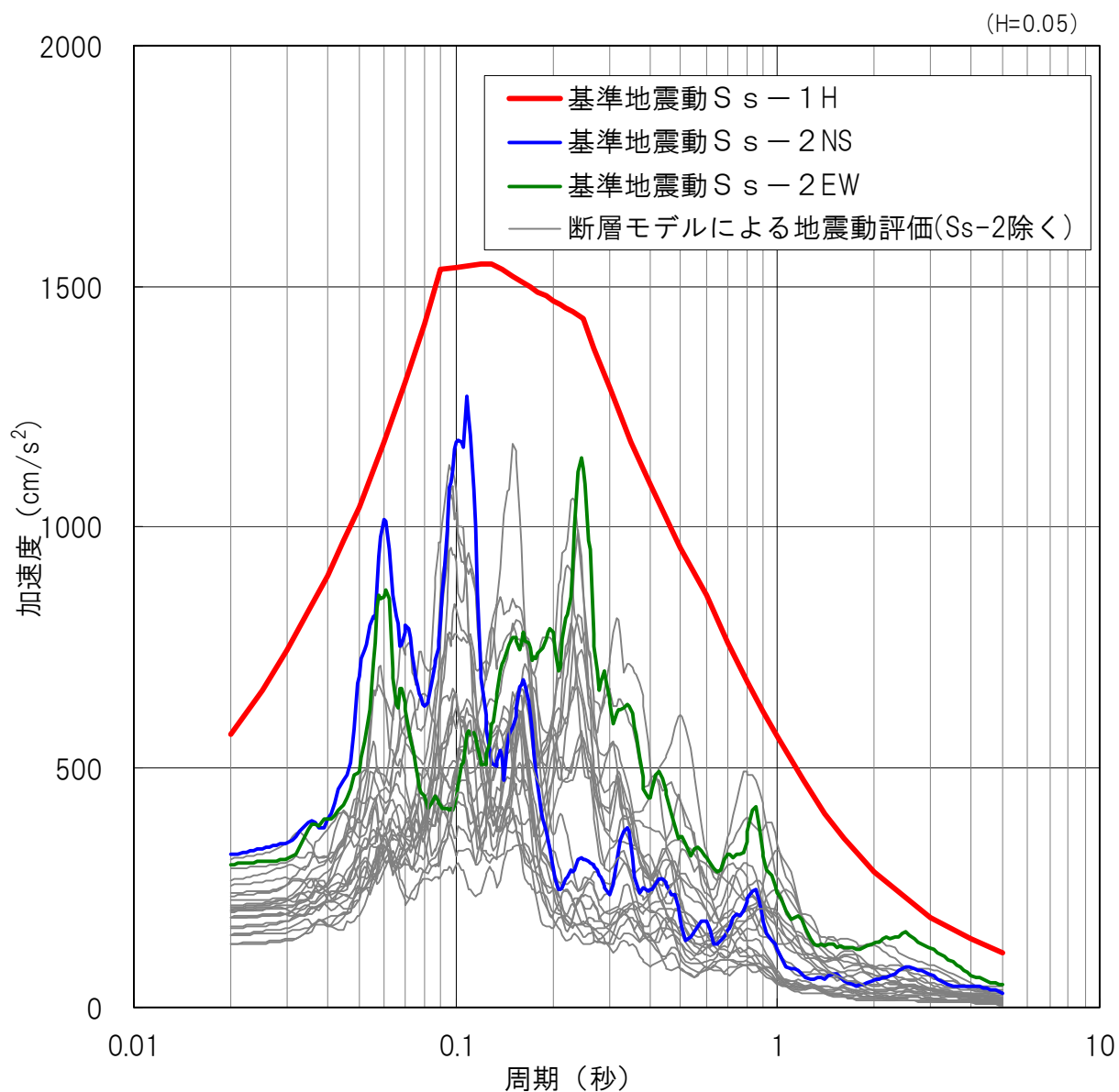
これら耐震性向上工事を実施した機器についても、今後、基準地震動 S_s で耐震安全性評価（耐震バックチェック）を行い、耐震裕度を確認することとしています。

6. 資料・説明の方法

⑫断層モデルの12ケース全てのスペクトルを図示してほしい（森、岡村委員）

A⑫.

断層モデルのスペクトル（水平方向）を下図に示します。基準地震動 Ss-2 は、これらのスペクトルの中から、短周期側（周期 0.02～0.05 秒程度）の地震動が最も大きいケースを選定したものです（青線および緑線）。



⑬発生応力には地震以外に自重等によるものもあるので、分けて記載すべき（渡邊委員）

A⑬.

構造強度評価結果は、構造物の自重や運転荷重（内圧）および地震荷重が複合した荷重によって発生する応力を示したものです。（機器によっては、地震荷重が全てのももあります。）

したがって、地震荷重が2倍になったからといって、構造強度評価結果が単純に2倍になる訳ではありません。

今回、機器・配管系の中間報告における構造強度評価では、評価手法として「応答倍率法」を用いています。「応答倍率法」は、機器・配管系が設置されている建屋各層の基準地震動 S_s による床応答スペクトルを作成し、機器・配管系の固有周期での加速度を設計時の評価（「既往評価」）で考慮した床応答スペクトルでの加速度と比較して比を求め、それを設計時の評価結果に乗じることにより発生値を算定するものです。

なお、伊方3号機の中間報告で用いた設計時の評価（「既往評価」）とは、工事計画認可申請書添付資料（耐震計算書）に示す基準地震動 S_2 での評価結果です。

以下に、中間報告において「構造強度評価結果」を示した評価対象設備の基準地震動 S_2 に対する評価結果を示します。

また、合わせて、基準地震動 S_s に対する評価結果のうち、地震荷重が寄与する割合を示します。

【機器・配管系の耐震安全性評価結果】^(注1)

評価対象設備	評価部位	工認発生値 (S_2)	中間報告値 (S_s)	地震荷重が 寄与する割合	評価基準値（許容値）
①炉内構造物	炉心そう	8.4	8.8	20%程度	3.91 [N/mm ²]
③蒸気発生器	支持構造物	5.3	5.5	100%	7.9 [N/mm ²]
④一次冷却材管	本体	11.2	11.6	50%程度 ^(注3)	3.48 [N/mm ²]
⑤余熱除去ポンプ	基礎ボルト	1	1 ^(注2)	100%	2.10 [N/mm ²]
⑥余熱除去設備配管	本体	15.3	16.8	75%程度 ^(注3)	3.43 [N/mm ²]
⑦原子炉容器	支持構造物	25.7	27.0	100%	4.65 [N/mm ²]
⑧原子炉格納容器	本体	6.0	6.0 ^(注2)	90%程度	3.51 [N/mm ²]
②制御棒（挿入性）	—	1.97	2.03	10%程度	2.50 [秒]

(注1) 構造強度評価結果は、構造物の自重や運転荷重（内圧）および地震荷重が複合した荷重によって発生する応力を示したものです。

(注2) 「応答倍率法」による評価で応答比が1以下（基準地震動 S_s による応答加速度の方が小さい）の場合、工認発生値（基準地震動 S_2 ）をそのまま評価値としています。

(注3) 自重分を含む

⑭新たな断層はないのに、モデルやパラメータによって評価結果が変わっており、適切な説明が必要
(藤川委員)

A ⑭.

【基準地震動の大きさが変更になった理由】

- 応答スペクトルに基づく地震動評価は、旧指針時には断層近傍への適用ができなかったが、近年断層近傍までの適用を目指した評価式が開発されたことから、今回の評価に取り入れたこと
- さらに、断層面を傾斜させ地震規模を大きくするなど、不確かさを考慮して地震動評価を行ったこと
- その結果、応答スペクトル法による評価で、一部、主要周期帯以外の長周期側で基準地震動 S2 を上回る結果となったこと
- そして、これらを全体的に包絡するように基準地震動 Ss-1 を設定したところ、最大加速度 570 ガルの基準地震動となったものです

【詳細】

今回の耐震設計審査指針の改訂（以下、「新耐震指針」という。）を踏まえても、伊方発電所に最も影響を与える地震は、これまでと同様、敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）による地震です。以下に、旧耐震指針および新耐震指針における地震動評価の概要を説明します。

①旧耐震指針に基づいた地震動評価

敷地前面海域の断層群と敷地との位置関係が約 8km と近いことから、破壊の伝播方向等の影響を考慮できる断層モデルを用いた手法による地震動評価を行い、その結果を包絡するように基準地震動 S2（最大加速度 473 ガル）を策定しました。

なお、当時の震源を点として評価する応答スペクトルに基づく手法（大崎スペクトル）は、敷地前面海域の断層群が敷地に近いため適用できませんでした。

②新耐震指針に基づく地震動評価

新耐震指針に基づき、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」および「震源を特定せず策定する地震動」のそれぞれについて地震動評価を実施しました。

(1) 応答スペクトルに基づく手法の取り入れ

新耐震指針では、「応答スペクトルに基づく地震動評価及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」と規定されました。

近年、原子力発電所の耐震設計で用いられている応答スペクトルに基づく地震動評価手法は、震源の面的な広がりや考慮できるものとなっており、適用限界はあるものの、従来の大崎スペクトルより断層近傍での適用が可能な手法とされています。

新耐震指針同解説には「震源が敷地に近く、その破壊過程が地震動評価に大きな影響を与えると考えられる地震については、断層モデルを用いた手法を重視すべきである」と示されています。

るように断層モデルを用いた評価の方がより適切ではありますが、新耐震指針の規定に基づき
応答スペクトルに基づく地震動評価も実施しました。(図－1 参照)

(2) 評価上の不確かさを考慮

新耐震指針では、「基準地震動 S_s の策定過程に伴う不確かさ(ばらつき)について、適切な手法を用いて考慮」と規定されました。

敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯)による地震規模の設定に際しては、基本的には鉛直な面と考えられる断層面を傾斜させ地震規模を大きくするなど、評価条件に不確かさを考慮して地震動評価も行いました。

その結果、一部、主要周期帯以外の長周期側で基準地震動 S_2 を上回る結果となりました。

(図－2 参照)

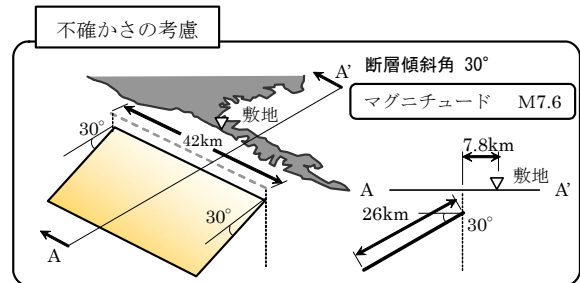
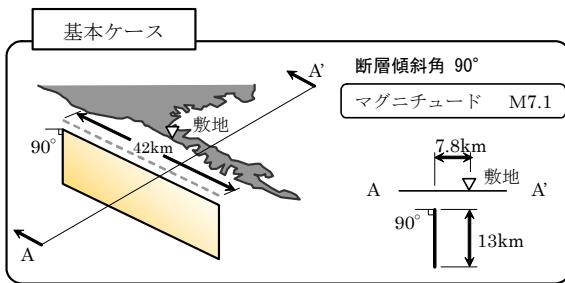
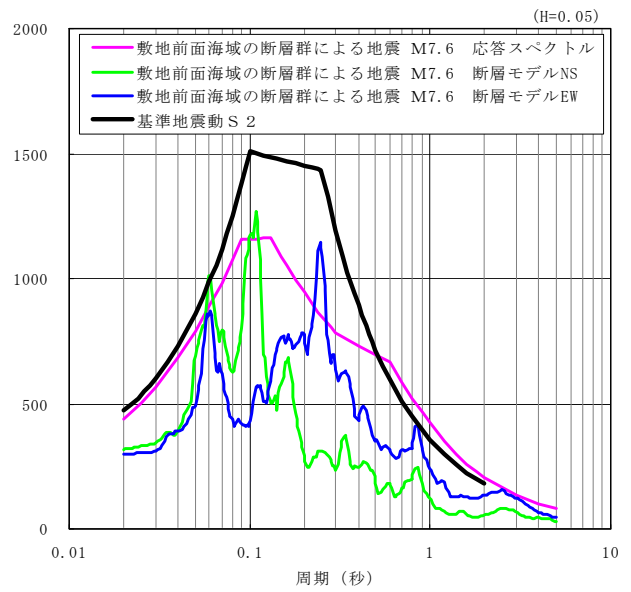
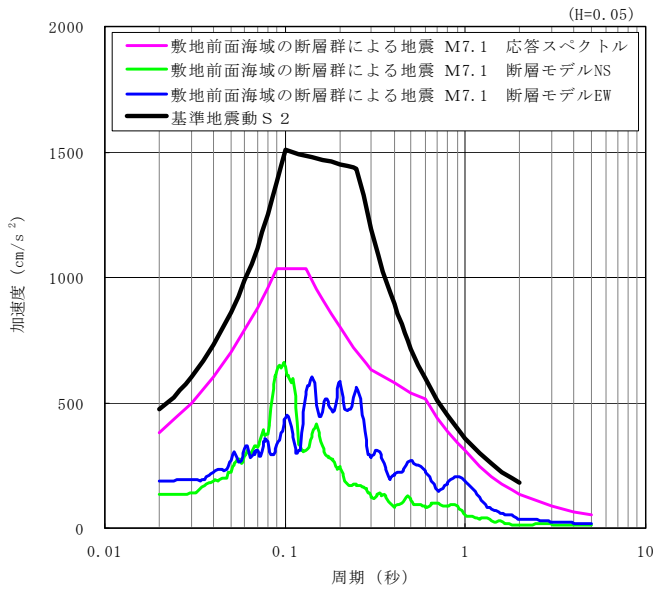
③ 基準地震動 S_s の策定

基準地震動 S_s は、上記のように不確かさを考慮して策定した「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」と、最新の知見に基づき策定した「震源を特定せず策定する地震動」、さらには、旧耐震指針に基づく基準地震動 S_2 (最大加速度: 473ガル) も包絡するように設定したところ、最大加速度は570ガルとなったものです。

(図－3 参照)

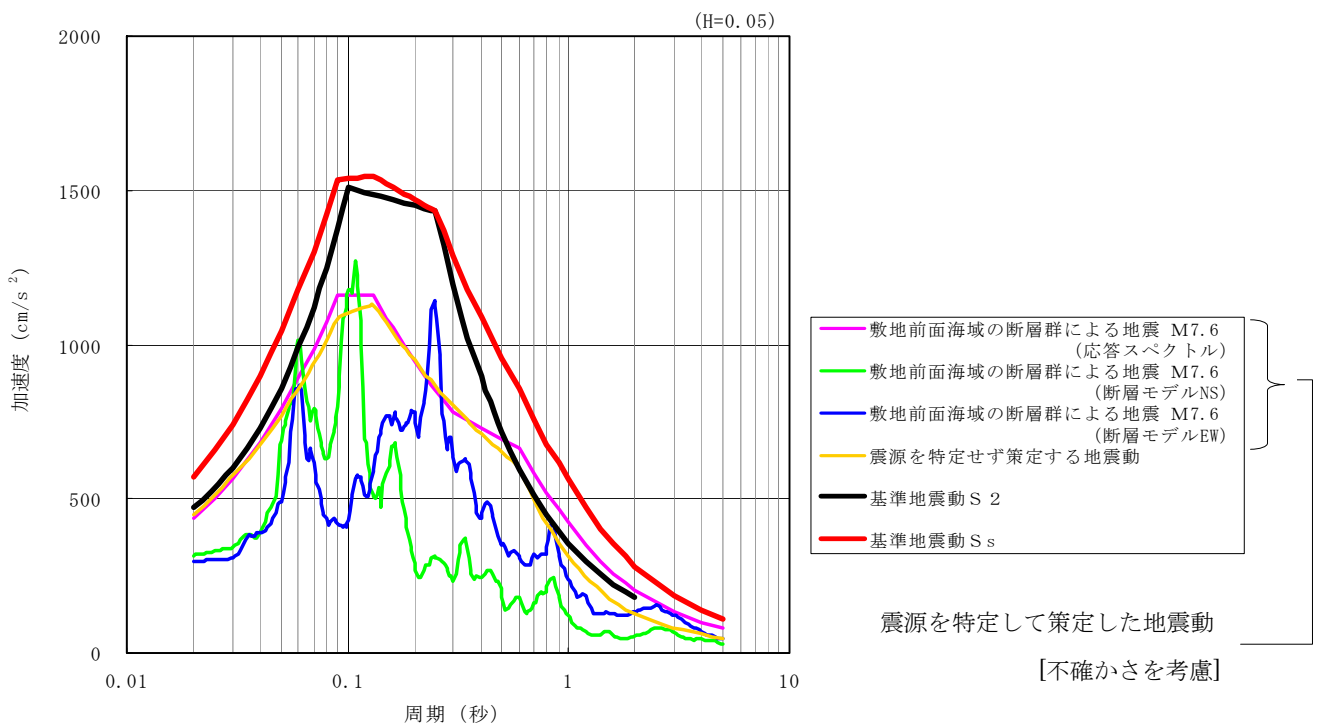
以上のように、応答スペクトルに基づく手法を取り入れ、かつ不確かさを考慮して地震動評価を行った結果、基準地震動 S_s の最大加速度が、従来の基準地震動 S_2 (473ガル) を上回る570ガルとなったものであり、これまでの評価が甘かったという訳ではないと考えます。

震源が敷地に近い場合は重視するとされている断層モデル手法による評価結果は、基準地震動 S_2 にほぼ包絡されていることから、基準地震動 S_2 の妥当性は確保されており、伊方発電所の耐震安全性に問題はないと考えます。



【図-1 応答スペクトル・断層モデルに基づく地震動評価】

【図-2 評価上の不確かさを考慮】



地震源を特定して策定した地震動

【不確かさを考慮】

【図-3 基準地震動 Ss の策定】