

島根原子力発電所 2号炉 地震による損傷の防止 (コメント回答)

[弾性設計用地震動 S_d の設定]

令和元年 9月
中国電力株式会社

No.	審査会合日	コメント要旨	回答頁
論点[I]設置変更許可申請における既許可からの変更点等を踏まえた論点			
1	H31.4.9	<p>[論点 I - 1 : 弾性設計用地震動 S d の設定]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・弾性設計用地震動 S d の設定について、基準地震動 S 1 の果たしてきた役割を適切に解釈した上で、今回の方法を選択する場合の目的と効果、選択プロセス及びその理由並びに選択肢ごとのメリット・デメリットを整理し、今回の説明でこの方法を採用するとした根拠を説明すること。また、今後、他の方法を選択する場合の妥当性についても、合理的な設計が出来なくなるとする考え方も含め総合的に整理し、説明すること。 ・弾性設計用地震動 S d の設定について、S 1 の設計根拠に関する新知見と既許可での基準地震動 S 1 を変更するものではないとする考え方は整合していないと思われるため、S 1 の設定根拠に関する新知見を持ち出した理由を説明すること。 ・S d の設定に関して、S 1 の設定根拠としている「880年出雲の地震」のマグニチュードが最新知見ではM7.4からM7.0に変更されたとしているが、根拠としている文献の記載を見るとM≒7.0という表記の変更であり、M=7.0へ変更したというものではない。適正な判断をすること。 	3~17

No.	審査会合日	コメント要旨	回答頁
論点[I]設置変更許可申請における既許可からの変更点等を踏まえた論点			
13	R元.6.18	<p>[論点 I - 1 : 弾性設計用地震動 S d の設定]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ S 1 を適用しないで S d - 1 のスペクトルを用いることについて、それぞれの地震動の特徴や新旧設計体系の違いを踏まえて、メリット、デメリットを整理し、どのようなメリットを重視したかを説明すること。また、 S 1 と S d - 1 の地震波のスペクトルを重ね描きして提示すること。 ・ 基準地震動 S 1 と基準地震動 S s - D のスペクトル形状が異なっていることについて、 S s - D のターゲットスペクトルの設定方法を、「基準地震動の策定」の審査会合資料の当該部を転載する等により提示すること。 ・ 基準地震動 S s - D を 0.8 倍した弾性設計用地震動 S d を用いると合理的な設計ができないとしていることについて、具体的な内容を説明するとともに、記載の可否について検討し説明すること。 ・ 基準地震動 S s - D を 0.8 倍した弾性設計用地震動 S d で設計を行うと、発生値が目安値を超え耐震補強が困難になる設備がでる可能性があることについて、対象設備及び耐震補強が困難である理由等を具体的に説明すること。 	3~17

審査会合における指摘事項に対する回答【No.1】

第730回審査会合
資料1-1にて説明

■ 指摘事項

【No.1（論点I-1）弾性設計用地震動 S_d の設定について】

- 弾性設計用地震動 S_d の設定について、基準地震動 S_1 の果たしてきた役割を適切に解釈した上で、今回の方法を選択する場合の目的と効果、選択プロセス及びその理由並びに選択肢ごとのメリット・デメリットを整理し、今回の説明でこの方法を採用するとした根拠を説明すること。また、今後、他の方法を選択する場合の妥当性についても、合理的な設計が出来なくなるとする考え方も含め総合的に整理し、説明すること。
- 弾性設計用地震動 S_d の設定について、 S_1 の設計根拠に関する新知見と既許可での基準地震動 S_1 を変更するものではないとする考え方は整合していないと思われるため、 S_1 の設定根拠に関する新知見を持ち出した理由を説明すること。
- S_d の設定に関して、 S_1 の設定根拠としている「880年出雲の地震」のマグニチュードが最新知見では $M7.4$ から $M7.0$ に変更されたとしているが、根拠としている文献の記載を見ると $M=7.0$ という表記の変更であり、 $M=7.0$ へ変更したというものではない。適正な判断をすること。

■ 回答

- ・弾性設計用地震動 S_d は、設置許可基準規則及び審査ガイドの要求事項に従って、基準地震動 S_s との応答スペクトルの比率が目安として 0.5 を下回らないよう基準地震動 S_s に係数 0.5 を乗じて設定する。
なお、係数 0.5 は、工学的判断として、発電用原子炉施設の安全機能限界と弾性限界に対する入力荷重の比率が 0.5 程度であるという知見を踏まえて設定した。
また、基準地震動 S_1 の果たしてきた役割を踏まえ、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針（昭和56年7月20日原子力安全委員会決定、平成13年3月29日一部改訂）」における基準地震動 S_1 の応答スペクトルを概ね下回らないよう配慮した地震動も S_d として設定する。（P5）
- ・上記設定にあたっては、設置許可基準規則及び審査ガイドの要求事項、先行プラントの審査実績等を踏まえ、その設定根拠を整理した。その際、基準地震動 S_1 の果たしてきた役割等を踏まえ、選択プロセス及びその理由並びに選択肢ごとのメリット・デメリット（「880年出雲の地震」に関する新知見の扱いを含む）に基づき、設定の考え方を総合的に整理した。（P11）

審査会合における指摘事項に対する回答【No.13】

■ 指摘事項

【No.13（論点I-1）弾性設計用地震動 S_d の設定について】

- S_1 を適用しないで $S_d - 1$ のスペクトルを用いることについて、それぞれの地震動の特徴や新旧設計体系の違いを踏まえて、メリット、デメリットを整理し、どのようなメリットを重視したかを説明すること。また、 S_1 と $S_d - 1$ の地震波のスペクトルを重ね描きして提示すること。
- 基準地震動 S_1 と基準地震動 S_{s-D} のスペクトル形状が異なっていることについて、 S_{s-D} のターゲットスペクトルの設定方法を、「基準地震動の策定」の審査会合資料の当該部を転載する等により提示すること。
- 基準地震動 S_{s-D} を0.8倍した弾性設計用地震動 S_d を用いると合理的な設計ができないとしていることについて、具体的な内容を説明するとともに、記載の可否について検討し説明すること。
- 基準地震動 S_{s-D} を0.8倍した弾性設計用地震動 S_d で設計を行うと、発生値が目安値を超え耐震補強が困難になる設備ができる可能性があることについて、対象設備及び耐震補強が困難である理由等を具体的に説明すること。

■ 回答

- ・ 基準地震動 S_1 と弾性設計用地震動 $S_d - 1$ の地震動の特徴や新旧設計体系の比較、及び S_1 をそのまま用いるのではなく新たに $S_d - 1$ （水平・鉛直）を設定した理由を整理し、 S_1 の果たしてきた役割を踏まえた設定の考え方について整理した。また、基準地震動 S_1 と弾性設計用地震動 $S_d - 1$ の地震波のスペクトルの重ね描きを提示した。（p9,14）
- ・ 基準地震動 S_{s-D} を0.8倍した弾性設計用地震動 S_d を用いると合理的な設計が出来ないことについて、具体的な内容を追加して整理した。また、対象設備及び耐震補強が困難である理由等を具体的に示した上で、発生値が目安値を超え耐震補強が困難になる設備ができる可能性があることについて整理した。（p7,8）
- ・ 基準地震動 S_1 と基準地震動 S_{s-D} のスペクトル形状が異なっていることについて、 S_{s-D} のターゲットスペクトルの設定方法を提示した。（p7,15～17）

審査会合における指摘事項に対する回答【No. 1, 13】

弾性設計用地震動 S_d の設定 (1)

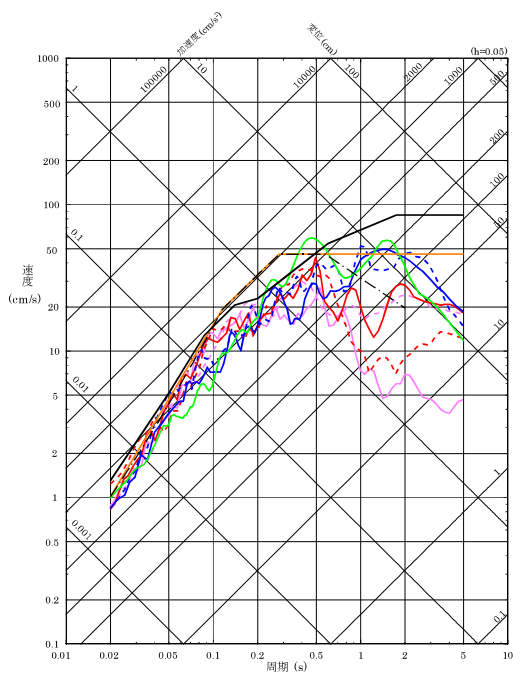
第730回審査会合
資料1-1 P7再掲

【耐震設計の基本方針における弾性設計用地震動 S_d の設定について】

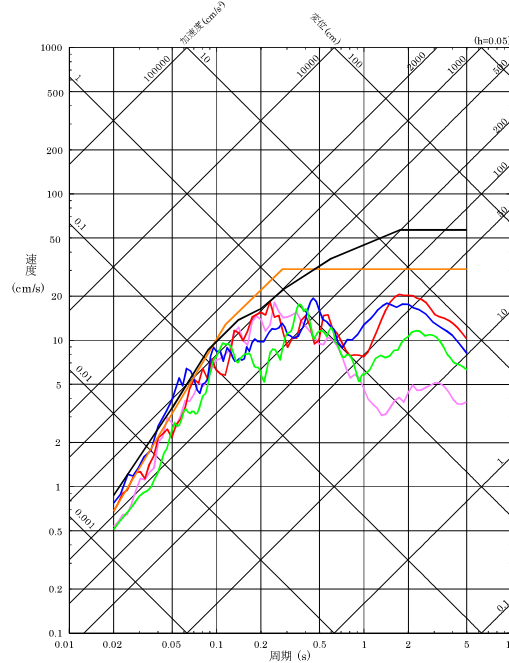
- 弾性設計用地震動 S_d は、設置許可基準規則及び審査ガイドの要求事項に従って、基準地震動 S_s との応答スペクトルの比率が目安として0.5を下回らないよう基準地震動 S_s に係数0.5を乗じて設定する。
なお、係数0.5は、工学的判断として、発電用原子炉施設の安全機能限界と弾性限界に対する入力荷重の比率が0.5程度であるという知見を踏まえて設定した。

【 $S_d - D, F1, F2, N1, N2$ 】(補足1, 2 (i) 参照)

- また、基準地震動 S_1 の果たしてきた役割を踏まえ、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針 (昭和56年7月20日 原子力安全委員会決定, 平成13年3月29日 一部改訂)」における基準地震動 S_1 の応答スペクトルを概ね下回らないよう配慮した地震動も S_d として設定する。【 $S_d - 1$ 】(補足2 (ii) 参照)
- 弾性設計用地震動 S_d の年超過確率を参照し、発生確率が妥当な範囲にあることを確認する。(補足3参照)



(水平方向)



(鉛直方向)

弾性設計用地震動 S_d の応答スペクトル

※ 当初申請時 (平成25年12月25日) は、 S_s との応答スペクトルの比率の値が0.5を下回らないような値として設定することを基本とし、複数の $0.5 \times S_s$ を包絡するように基準地震動 $S_s - 1$ (600gal) に係数0.6を乗じて設定していた。

※ 弾性設計用地震動 S_d の加速度時刻歴波形を添付1に示す。

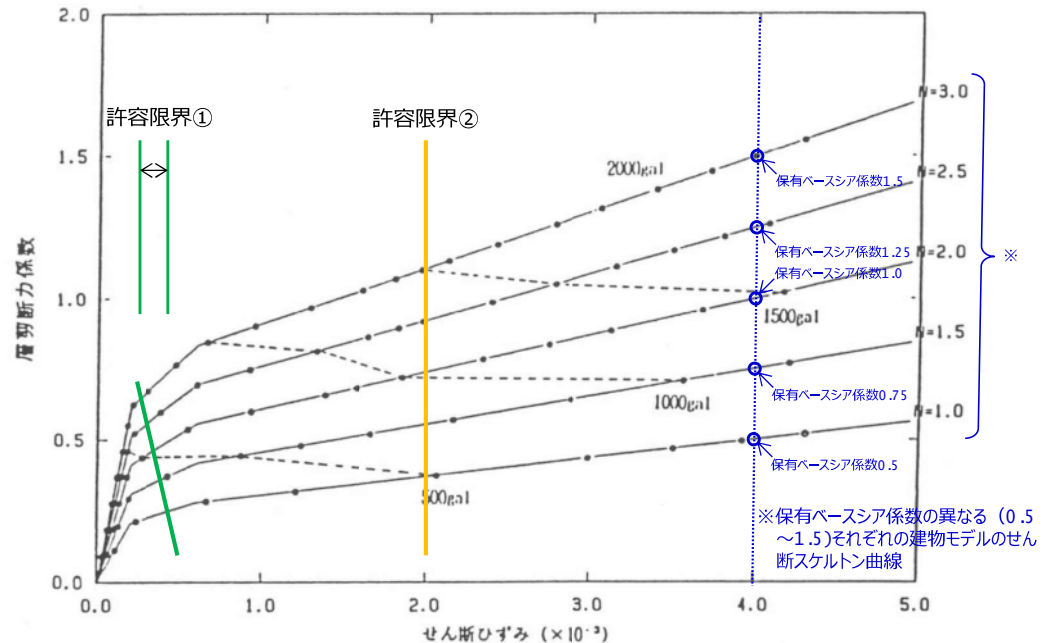
審査会合における指摘事項に対する回答【No. 1, 13】

弾性設計用地震動 S_d の設定（補足1）

第730回審査会合
資料1-1 P8再掲

＜ S_d と S_s との応答スペクトルの比率に関する知見の整理＞

- 安全機能限界に対応する入力荷重と弾性限界に対応する入力荷重の比率としての係数 α について、日本電気協会の調査報告⁽¹⁾を参照して評価する。日本電気協会の調査報告には鉄筋コンクリート造壁式構造の建物を2質点系の簡易なスウェイ・ロッキングモデル（原子炉建物の規模を参考に、建物の耐力レベルを変動させた5種類の建物モデル）に置換し、入力地震動を100Galずつ順次増加して非線形地震応答解析を行って求められたせん断ひずみと層せん断力係数の関係を示した図があり、この図に許容限界①と許容限界②を加筆したものを以下に示す。
- ここで、許容限界②は、建物はある程度の損傷を受けるがその程度は小さく、終局に対して余裕のある基準地震動 S_s の許容限界（せん断ひずみ度で 2.0×10^{-3} ）を示しており、許容限界①は許容限界②の入力加速度を1/2倍とした場合の応答値を示している。
- 許容限界①の応答値は短期許容応力度相当と考えられ、設置許可基準規則解釈 別記2でいう弾性設計用地震動 S_d に求められる「おおむね弾性範囲の設計」と考えられる。
- 以上より、許容限界①を弾性限界、許容限界②を安全機能限界と捉えた場合、安全機能限界に対応する入力荷重と弾性限界に対応する入力荷重の比率としての α は0.5程度の値となる。



(1) (社)日本電気協会：「静的地震力の見直し（建築編）に関する調査報告書（概要）」、電気技術調査委員会 原子力発電耐震設計特別調査委員会 建築部会 平成6年3月

審査会合における指摘事項に対する回答【No. 1, 13】

弾性設計用地震動 S_d の設定（補足2）

(i) 弾性設計用地震動 S_d の役割を踏まえた設定の考え方

a. 先行プラントの審査実績における設定方法と同じように、基準地震動 S_1 を弾性設計用地震動 S_d で包絡させる考え方とした場合、 $S_s - D$ の約0.8倍となり、弾性設計用地震動 S_d が基準地震動 S_s に近づき、 S_s に対する安全機能の保持をより高い精度で確認するという耐震設計上果たすべき役割から乖離する（ S_s に対する安全機能保持を確実にするための S_d 弾性設計ではなく、 S_d によって構造設計が決定される）。

図1に示す通り、旧指針の S_1 は、880年出雲の地震(M7.4)に基づく大崎スペクトルにより設定されたもので、旧指針の S_2 に対する S_1 の比率も約8割～9割と大きい。また、 S_1 と $S_s - D$ （穴道断層による地震等を考慮して策定した基準地震動（参考1参照））のスペクトル形状は異なっており、 S_1 を包絡する $S_s - D \times 0.8$ の短周期側は S_1 の約1.5～2倍程度になる。

b. 日本電気協会の調査報告による弾性限界（許容限界①）、安全機能限界（許容限界②）の関係図（図2）に、許容限界②の入力加速度を0.8倍とした場合の応答値を◆で示す。これによると、設置許可基準規則解釈別記2でいう弾性設計用地震動 S_d に求められる「おおむね弾性範囲の設計」とは対応しない。

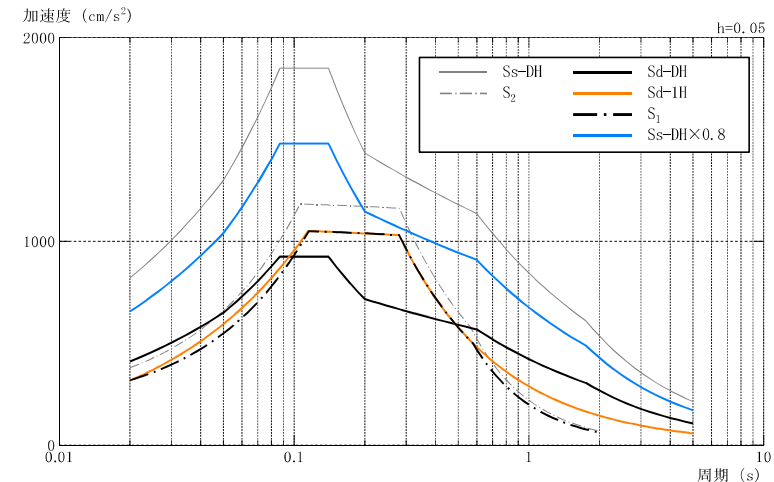


図1 $S_s - D \times 0.8$ のスペクトル

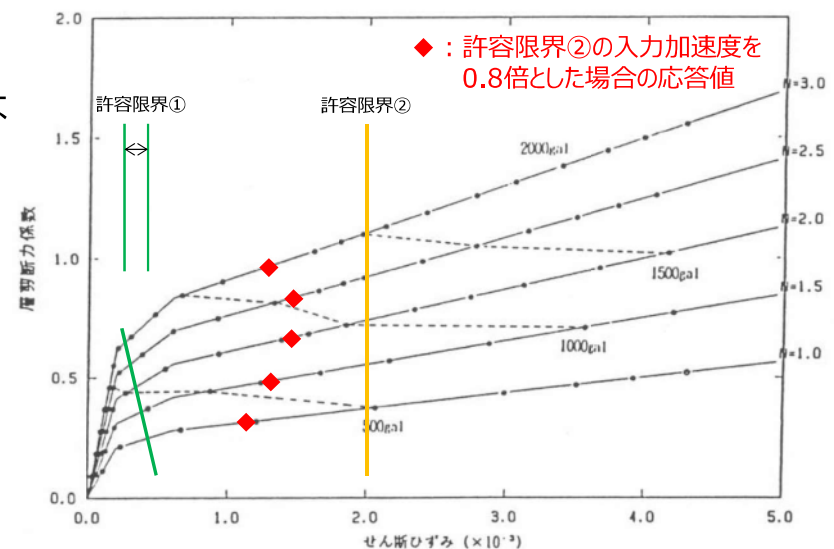


図2 弾性限界と安全機能限界の関係図

審査会合における指摘事項に対する回答【No. 1, 13】

弾性設計用地震動 S_d の設定（補足2）

(i) 弾性設計用地震動 S_d の役割を踏まえた設定の考え方（続き）

c. 仮に、 S_d を $S_s - D$ の0.8倍と設定し弾性設計を行う場合、 S_s による応答は安全機能限界以下となると考えられるが、 S_d による弾性設計を行うことで S_s に対する安全機能保持をより高い精度で確実にするという役割からすると、過大なレベルであると考えられる。

S_d を $S_s - D$ の0.8倍と設定した場合の耐震評価を、 S_s に対する安全機能が保持できる見込みの設備において概算すると、以下の表に示す通り、 $S_s - D \times 0.8$ では弾性限界の目安を超え耐震強化が困難な設備がでる見込みであり、弾性設計用地震動 S_d とするには過大なレベルで、合理的な設計が出来ないと考えている。

耐震評価の概算

代表設備	地震動	主な評価項目	判定（弾性限界）	備考
炉内構造物 （ブラケット）	$S_d - D$	一次応力	目安値以下	1次固有周期：0.11s(水平方向) ※原子炉压力容器の1次固有周期を示す。
	$S_s - D \times 0.8$		目安値を超える見込み（注1）	
制御室建物 （中央制御室 遮蔽壁）	$S_d - D$	せん断ひずみ、 応力度	目安値以下	1次固有周期：0.14s(NS方向) 0.12s(EW 方向)
	$S_s - D \times 0.8$		目安値を超える見込み（注2）	

（注1） $S_s - D \times 0.8$ によるブラケットの発生応力を評価（ $S_d - D (= S_s - D \times 0.5)$ による発生応力の割増による概算）した結果、一次応力が許容応力を超える見込みであるが、当該ブラケットは原子炉压力容器内部の溶接構造物であり、原子炉压力容器内での照射された材料の溶接による補強は施工上困難。

（注2） $S_s - D \times 0.8$ による鉄筋の応力度を評価（ $S_d - D (= S_s - D \times 0.5)$ による応力度の割増による概算）した結果、せん断応力度が短期許容応力度を超える見込みであるが、中央制御室遮蔽壁（制御室建物の耐震壁を兼ねる）の耐震補強（鉄筋の追加や取替え等）は隣接建物との干渉や施工スペースが狭隘なことから施工上困難。

⇒ 従って、単純に S_s の係数倍で S_1 を包絡した S_d を設定することは過大な地震動となり合理的な設計が出来ないことから、弾性設計用地震動 S_d は、 S_d と S_s との応答スペクトルの比率に関する知見及び弾性設計用地震動 S_d の役割を踏まえ、基準地震動 S_s に係数0.5を乗じて設定する。

審査会合における指摘事項に対する回答【No. 1, 13】

弾性設計用地震動 S_d の設定（補足2）

(ii) S_1 の果たしてきた役割を踏まえた設定の考え方

- ・平成18年の耐震設計審査指針の改訂に伴いAクラスがSクラスに格上げされたことに鑑み、旧指針において、基準地震動 S_1 がAクラス施設の耐震性を担保(S_1 と組み合わせる荷重の考慮を含む)してきたことを踏まえ、基準地震動 S_1 の応答スペクトルを概ね下回らないよう配慮した地震動も弾性設計用地震動 S_d として追加設定する。
- ・基準地震動 S_1 と弾性設計用地震動 $S_d - 1$ の地震動の特徴や新旧設計体系の比較、及び S_1 をそのまま用いるのではなく新たに $S_d - 1$ （水平・鉛直）を設定した理由を添付3に示す。設計体系の違い及び地震動の特徴を踏まえ、今回設定した弾性設計用地震動 $S_d - 1$ が S_1 の果たしてきた役割を果たせるものと判断した。

審査会合における指摘事項に対する回答【No. 1, 13】

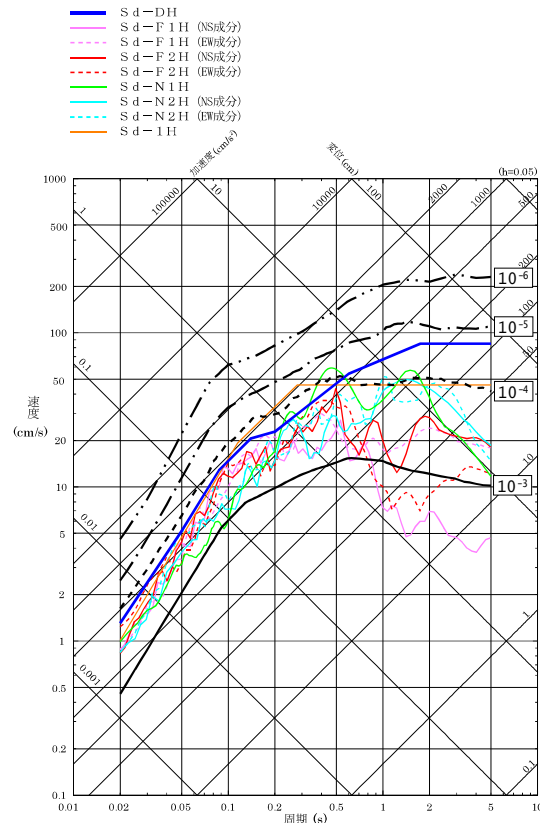
弾性設計用地震動Sdの設定（補足3）

第730回審査会合
資料1-1 P11再掲

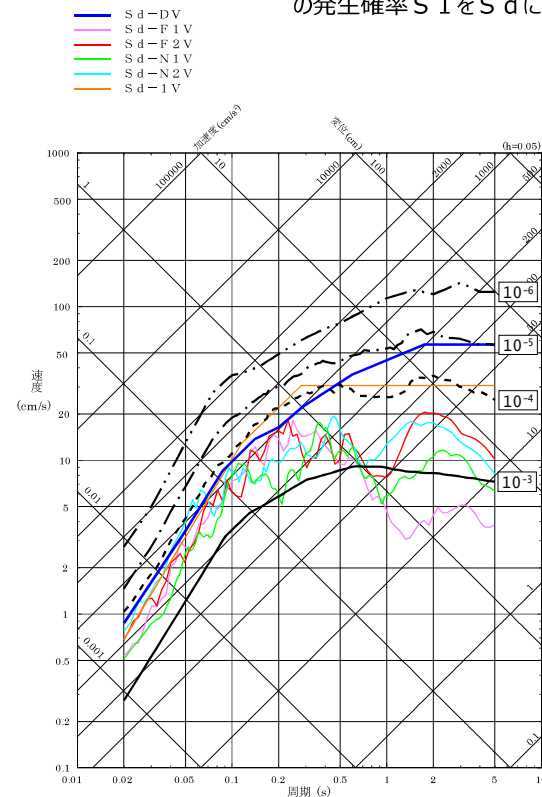
<弾性設計用地震動 S d の年超過確率>

- 弾性設計用地震動 S d - D の年超過確率は $10^{-3} \sim 10^{-5}$ 程度，弾性設計用地震動 S d - F 1, S d - F 2, S d - N 1 及び S d - N 2 は $10^{-3} \sim 10^{-4}$ 程度，S d - 1 は $10^{-3} \sim 10^{-4}$ 程度である。
- J E A G 4 6 0 1 によると，弾性設計用地震動 S d の発生確率は $10^{-2} \sim 5 \times 10^{-4}$ とされている※。運転状態と地震による荷重の組合せの検討にあたっては，弾性設計用地震動 S d の年超過確率を 10^{-2} として設定しており，設定した弾性設計用地震動 S d の発生確率はこれを大きく下回る。

※ J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 に記載されている地震動の発生確率 S 1 を S d に読み替えた。



(水平方向)



(鉛直方向)

弾性設計用地震動 S d の応答スペクトル及び解放基盤表面における地震動の一様ハザードスペクトルの比較

審査会合における指摘事項に対する回答【No. 1, 13】

弾性設計用地震動 S_d の設定（2）

第730回審査会合
資料1-1 P12再掲

11

- 弾性設計用地震動 S_d の設定根拠に関する総合的な比較・整理を行い、今回の設定の妥当性を以下に示す。

		見直し後 (今回設定)	見直し前 (第701回審査会合(平成31年 4月9日)資料1-1-1にて説明)	先行プラントの審査実績に おける設定方法の場合 ($S_s - D$ の約0.8倍)
評価項目	①設置許可基準規則及び審査ガイドの要求事項(S_s に対する係数)に適合しているか。	◎ (S_s に対する係数 0.5)	◎ (S_s に対する係数 0.5)	◎ (S_s に対する係数 約0.8)
	②基準地震動 S_s による地震力に対する施設の安全機能の保持をより高い精度で確認するという S_d の役割を踏まえた設定となっているか。	◎	◎	×(注1) (弾性設計用地震動 S_d が耐震設計上果たすべき役割から乖離し、合理的な設計が出来ない)
	③ S_1 の果たしてきた役割を考慮しているか。 (S_1 が施設の耐震性を担保してきたことを踏まえた設定となっているか。)	◎ (S_1 ※の応答スペクトルを概ね下回らないよう配慮した地震動を追加設定) ※880年出雲の地震($M 7.4$)に基づき策定されている。	(○(注2)→) × (880年出雲の地震の $M \approx 7.0$ は最新の文献における諸元であるが、地震規模として採用するには不確実性が高いと判断し、 $M = 7.4$ とする。その場合、 $S_d - D$ が S_1 を一部の周期帯で下回る)	◎
	④ S_d の年超過確率を参照し、発生確率が妥当な範囲にあるか。	◎	◎	○
総合評価	◎ ⇒採用	(○(注2)→) × ⇒採用しない	× ⇒採用しない	

(注1) 補足2(i)参照

(注2) 平成31年4月9日時点での評価

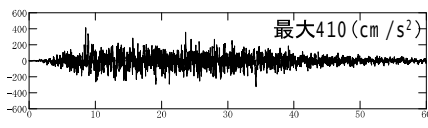
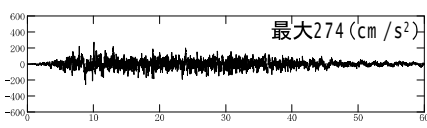
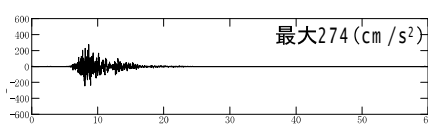
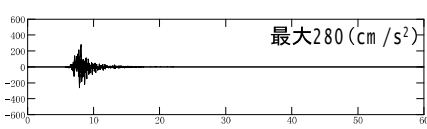
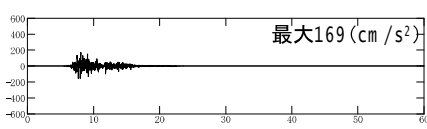
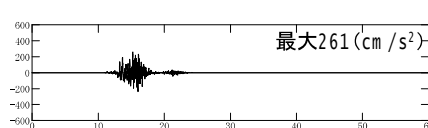
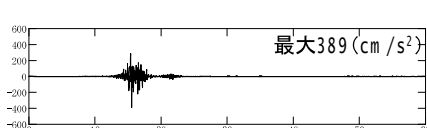
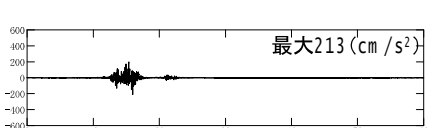
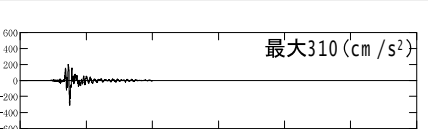
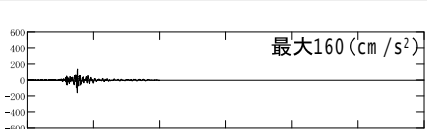
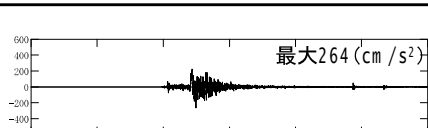
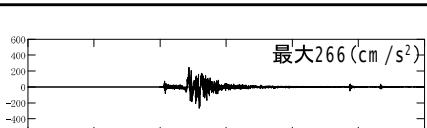
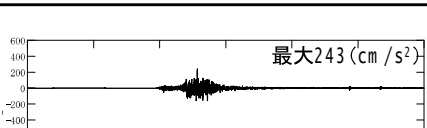
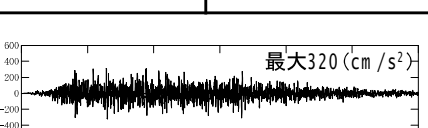
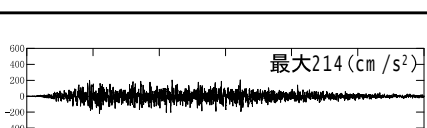
基準地震動 S_1 の設定根拠である880年出雲の地震は古い地震であり、種々の見解が示される中、最新の文献における諸元($M \approx 7.0$)で評価した地震動は設定した弾性設計用地震動 S_d を概ね下回っていた。

審査会合における指摘事項に対する回答【No. 1, 13】

弾性設計用地震動 S d の設定（添付 1）

第730回審査会合
資料1-1 P13再掲

●弾性設計用地震動 S d の加速度時刻歴波形

弾性設計用地震動	水平方向（NS成分）	水平方向（EW成分）	鉛直方向
S d - D			
S d - F 1			
S d - F 2			
S d - N 1			
S d - N 2			
S d - 1			

※弾性設計用地震動 S d - 1 の加速度時刻歴波形の作成条件等を添付 2 に示す。

※ 表中のグラフは各弾性設計用地震動の加速度時刻歴波形 [縦軸：加速度 (cm /s²) , 横軸：時間 (s)]

審査会合における指摘事項に対する回答【No. 1, 13】

弾性設計用地震動Sdの設定（添付2）

第730回審査会合
資料1-1 P14再掲

●弾性設計用地震動 S d - 1 の模擬地震波の作成

(1) 応答スペクトルのコントロールポイント

- 水平方向の弾性設計用地震動 S d - 1 Hは、基準地震動 S 1 の応答スペクトルを下回らないようにコントロールポイントを設定する※。
- 鉛直方向の弾性設計用地震動 S d - 1 Vは、水平方向の2/3倍を下回らないようにコントロールポイントを設定する。

S d - 1 のコントロールポイント

Sd-1 コントロール ポイント	周期(s)		A	B	C	D	E	F
	Sd-1H	速度(cm/s)	1.01	19.26	45.94	45.94	45.94	45.94
Sd-1V	速度(cm/s)	0.68	12.84	30.63	30.63	30.63	30.63	30.63

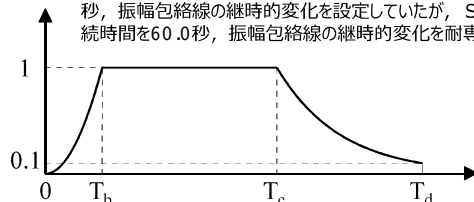
※ S 1 は大崎スペクトルにより A B 間の擬似加速度応答スペクトルが両算術目盛で直線であったが、S d - 1 はこれを包絡するように擬似速度応答スペクトルが両対数軸目盛で直線とする。
また、S 1 は880年出雲の地震(M 7.4)の諸元を基に大崎スペクトルにより周期2秒まで設定していたが、S d - 1 はコントロールポイントD以降の周期帯で擬似速度応答スペクトルを周期5秒まで一定に設定する。

(2) 振幅包絡線の経時的変化

- 弾性設計用地震動 S d - 1 の応答スペクトルに適合する模擬地震波を、乱数の位相を持つ正弦波の重ね合わせによって作成する。
- 振幅包絡線の経時的変化は、主要動の長さ及び継続時間が最も長い基準地震動 S s - D の模擬地震波と同様とする※。

模擬地震波	最大加速度 (cm/s ²)	振幅包絡線の経時的変化(s)		
		T _b	T _c	T _d (継続時間)
Sd-1H	320	8.3	28.7	60.0
Sd-1V	214			

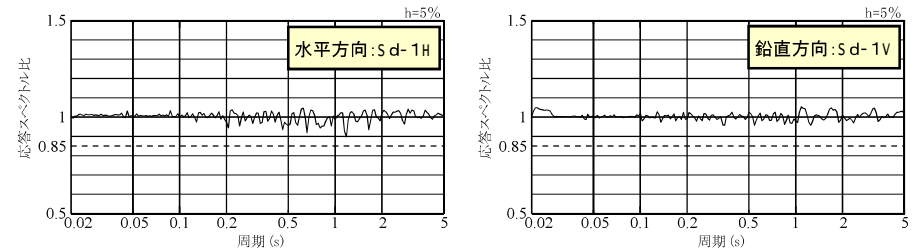
※ S 1 は880年出雲の地震(M 7.4)の諸元を基に大崎の方法により、継続時間を33.1秒、振幅包絡線の経時的変化を設定していたが、S d - 1 はS s - Dと同様に継続時間を60.0秒、振幅包絡線の経時的変化を耐専の方法により設定する。



基準地震動 S d - 1 の模擬地震波の振幅包絡線の経時的変化

(3) 作成した模擬地震波の適合確認

- 作成した弾性設計用地震動 S d - 1 の模擬地震波が、基準地震動 S s - D 策定の際と同様に、日本電気協会(2008)⁽¹⁾ に示される以下の適合度の条件を満足していることを確認する。
 - (i) 目標とする応答スペクトル値に対する模擬地震波の応答スペクトル値の比が全周期帯で0.85以上
 - (ii) 応答スペクトル強さの比 (S I 比) が1.0以上



弾性設計用地震動 S d - 1 の応答スペクトル比

応答スペクトル強さの比 (S I 比)

応答スペクトル	SI比 (周期0.1~2.5秒)
Sd-1H	1.00
Sd-1V	1.00

$$S I \text{ 比} : \frac{\int_{0.1}^{2.5} S_v(T) dt}{\int_{0.1}^{2.5} \bar{S}_v(T) dt}$$

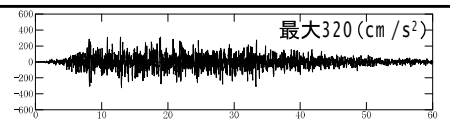
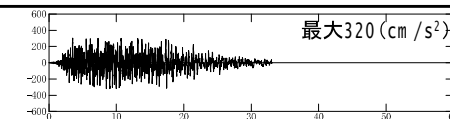
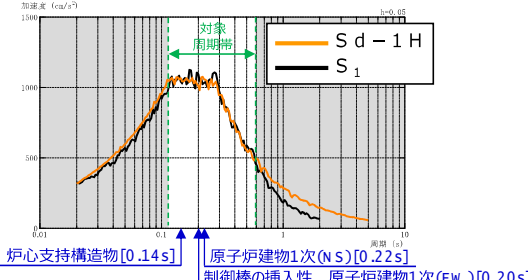
S I : 応答スペクトル強さ (減衰定数 h = 5%)
 $S_v(T)$: 模擬地震波の速度応答スペクトル (cm/s)
 $\bar{S}_v(T)$: 目標とする速度応答スペクトル (cm/s)
 T : 固有周期 (秒)

(1) (社) 日本電気協会：原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 - 2008

審査会合における指摘事項に対する回答【No. 1, 13】

弾性設計用地震動Sdの設定（添付3）

■ 基準地震動 S1 と弾性設計用地震動 Sd-1 の違いについて、それぞれの地震動の特徴や新旧設計体系の違いを踏まえて比較し、S1 をそのまま用いるのではなく新たに Sd-1（水平・鉛直）を設定した理由を以下に示す。

		Sd-1（今回設定）	S1（既許可）	今回設定の考え方
設計体系	準拠基準 (耐震設計審査指針)	・設置許可基準規則及び審査ガイド (H18年耐震設計審査指針)	・S56年耐震設計審査指針	—
	鉛直地震動の扱い	・鉛直方向の地震動を設定	・動的な鉛直動なし（静的に考慮）	設置許可基準規則及び審査ガイドに基づき、水平方向及び鉛直方向の地震力を適切に組み合わせるため、弾性設計用地震動 Sdとして鉛直方向の動的な地震動を設定した（添付1参照）。
	水平・鉛直の組合せ	・Sdによる地震力は、水平方向及び鉛直方向について適切に組み合わせる。	・S1による水平地震力を、最大加速度振幅の1/2の値を鉛直震度として求めた鉛直地震力と同時に不利な方向の組合せで作用させる。ただし、鉛直震度は高さ方向に一定とする。	
地震動の設定方法	応答スペクトル (コントロールポイント、対象周期)	・添付2のA～Fの6ポイント ・0.02～5.0s ※擬似速度応答スペクトルが両対数軸目盛で直線に設定。 ※コントロールポイントD以降の周期帯で擬似速度応答スペクトルを周期5秒まで一定に設定。	・添付2のA～D, E注の5ポイント ・0.02s～2.0s ※大崎スペクトルによりコントロールポイントA B間の擬似加速度応答スペクトルが両算術目盛で直線、B～E間は擬似速度応答スペクトルが両対数軸目盛で直線に設定。 注：コントロールポイントEは大崎スペクトルにより、 $pSv = 19.69 \text{ cm/s}$ としていた。	
	経時特性 (継続時間, 振幅包絡線の経時的変化)	・60.0秒 ・耐専の方法 ※基準地震動 Ss-Dと同様に設定	・33.1秒 ・大崎の方法	
模擬地震波（水平方向）				Sd-1の最大加速度値はS1と同様に320galに設定した（添付2参照）。
模擬地震波の応答スペクトル（水平方向）の比較		 <ul style="list-style-type: none"> ・Sd-1の応答スペクトルはS1の応答スペクトルを概ね下回らないことを確認した。 ・S1がSd-1を上回る周期ポイントがある（下回る周期ポイントも混在）が、模擬波作成時の適合精度によるものであり、Sd-1の模擬地震波は設定したSd-1のスペクトル形状への適合条件を満足している。 ・S1がSd-1を上回る周期ポイントの混在する周期帯（約0.12～0.6秒）に固有周期を有する主要な施設（原子炉建物及び炉内構造物等）について、それぞれの周期毎の応答スペクトル比（S1/Sd-1）を確認した結果、最大で1.08（制御棒の挿入性）であり、その違いは数パーセントである。また、既設(Sクラス)施設は、S1による地震力に対して設計していることから、応答スペクトル比の違いが施設に与える影響は軽微と判断した。 		

審査会合における指摘事項に対する回答【No. 1, 13】 弾性設計用地震動S_dの設定（参考1：S_s-Dの策定）

2. 基準地震動の策定 2.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による基準地震動

第549回審査会合
資料1 P9再掲

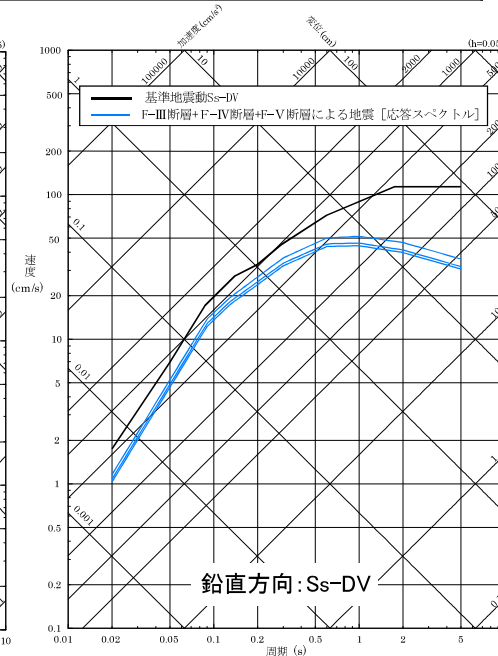
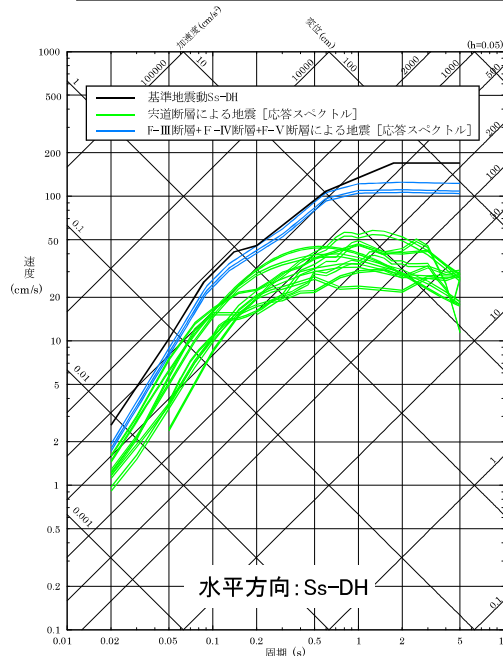
2.1.1 応答スペクトル手法による基準地震動 1/4

■ 審査ガイドでは、応答スペクトルに基づく手法による基準地震動は、検討用地震ごとに評価した応答スペクトルを下回らないように作成することを要求。



■ 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による基準地震動として、検討用地震の応答スペクトル手法による地震動評価結果を包絡する基準地震動S_s-Dの設計用応答スペクトルを設定。この設計用応答スペクトルは、断層モデル手法による地震動評価結果を全て包絡させている(参考資料①: 37ページ参照)。
なお、鉛直方向の設計用応答スペクトルは、水平方向の2/3倍を下回らないように設定している(参考資料①: 37ページ参照)。

S _s -D コントロール ポイント	周期(s)	0.020	0.050	0.087	0.14	0.20	0.29	0.60	1.75	5.00
	S _s -DH 速度 (cm/s)	2.611	10.35	25.62	41.22	45.63	61.16	108.5	170.0	170.0
	S _s -DV 速度 (cm/s)	1.742	6.939	17.08	27.48	32.88	45.10	72.34	113.4	113.4



基準地震動S_s-D及び応答スペクトル手法による地震動評価結果の応答スペクトルの比較

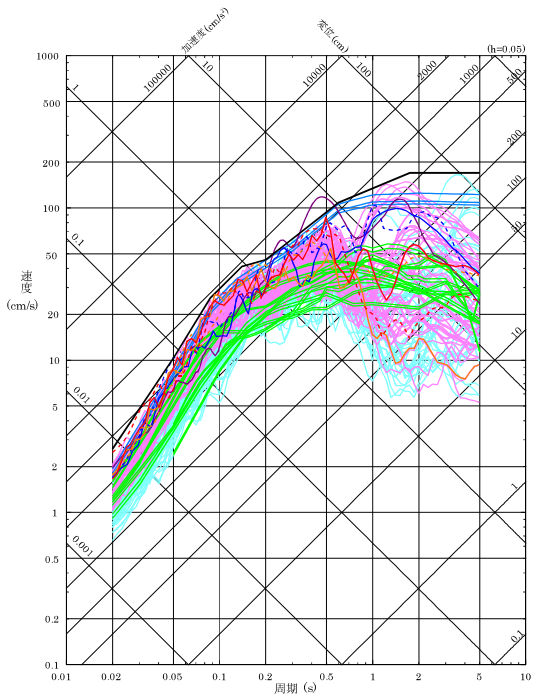
審査会合における指摘事項に対する回答【No. 1, 13】

弾性設計用地震動 S_d の設定（参考1： $S_s - D$ の策定）

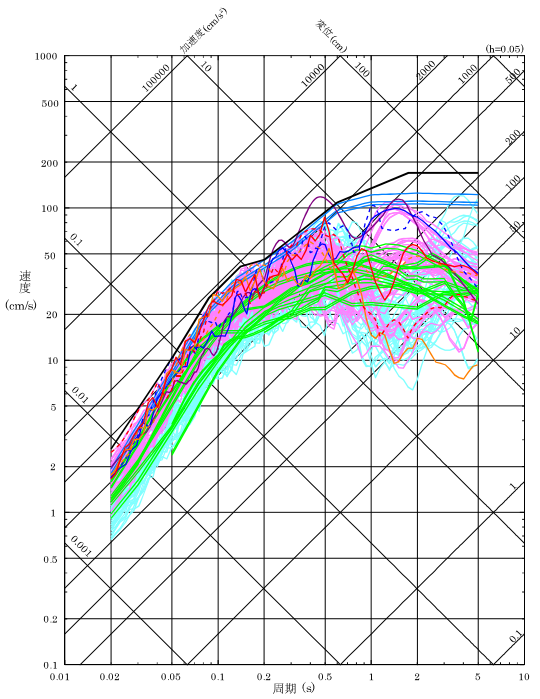
第549回審査会合
資料1 P61再掲

参考資料④ 基準地震動と検討用地震の地震動評価結果の比較 1/4

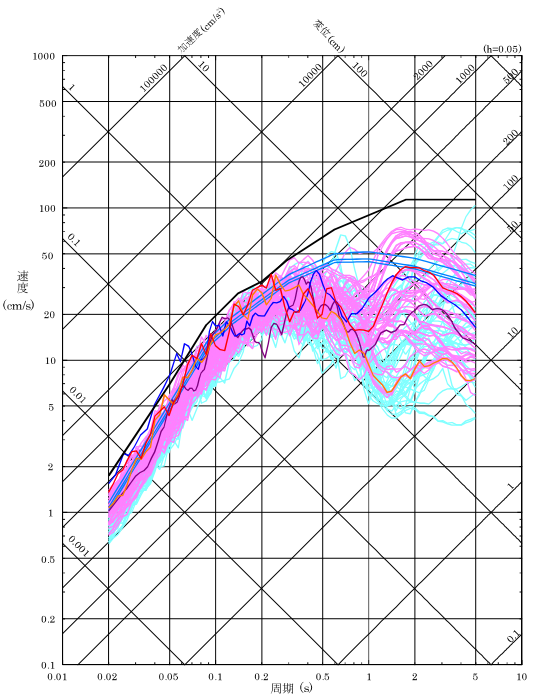
- 基準地震動 S_s-DH
 - 基準地震動 S_s-FIH (NS成分)
 - 基準地震動 S_s-FIH (EW成分)
 - 基準地震動 S_s-F2H (NS成分)
 - 基準地震動 S_s-F2H (EW成分)
 - 2004年北海道留萌支庁南部地震 (K-MET津町) 保守性考慮した地震動 [基準地震動 S_s-N1H]
 - 2000年鳥取県西部地震 (賀津ダム観測記録: NS成分) [基準地震動 S_s-N2H (NS成分)]
 - 2000年鳥取県西部地震 (賀津ダム観測記録: EW成分) [基準地震動 S_s-N2H (EW成分)]
 - 六道断層による地震 [断層モデル]
 - 六道断層による地震 [応答スペクトル]
 - F-III断層+F-IV断層+F-V断層による地震 [断層モデル]
 - F-III断層+F-IV断層+F-V断層による地震 [応答スペクトル]
- 基準地震動 S_s-DH
 - 基準地震動 S_s-FIH (NS成分)
 - 基準地震動 S_s-FIH (EW成分)
 - 基準地震動 S_s-F2H (NS成分)
 - 基準地震動 S_s-F2H (EW成分)
 - 2004年北海道留萌支庁南部地震 (K-MET津町) 保守性考慮した地震動 [基準地震動 S_s-N1H]
 - 2000年鳥取県西部地震 (賀津ダム観測記録: NS成分) [基準地震動 S_s-N2H (NS成分)]
 - 2000年鳥取県西部地震 (賀津ダム観測記録: EW成分) [基準地震動 S_s-N2H (EW成分)]
 - 六道断層による地震 [断層モデル]
 - 六道断層による地震 [応答スペクトル]
 - F-III断層+F-IV断層+F-V断層による地震 [断層モデル]
 - F-III断層+F-IV断層+F-V断層による地震 [応答スペクトル]
- 基準地震動 S_s-IV
 - 基準地震動 S_s-F1V
 - 基準地震動 S_s-F2V
 - 2004年北海道留萌支庁南部地震 (K-MET津町) 保守性考慮した地震動 [基準地震動 S_s-N1V]
 - 2000年鳥取県西部地震 (賀津ダム観測記録) [基準地震動 S_s-N2V]
 - 六道断層による地震 [断層モデル]
 - F-III断層+F-IV断層+F-V断層による地震 [断層モデル]
 - F-III断層+F-IV断層+F-V断層による地震 [応答スペクトル]



水平方向
〔検討用地震の断層モデル手法による地震動評価結果: NS成分〕



水平方向
〔検討用地震の断層モデル手法による地震動評価結果: EW成分〕



鉛直方向

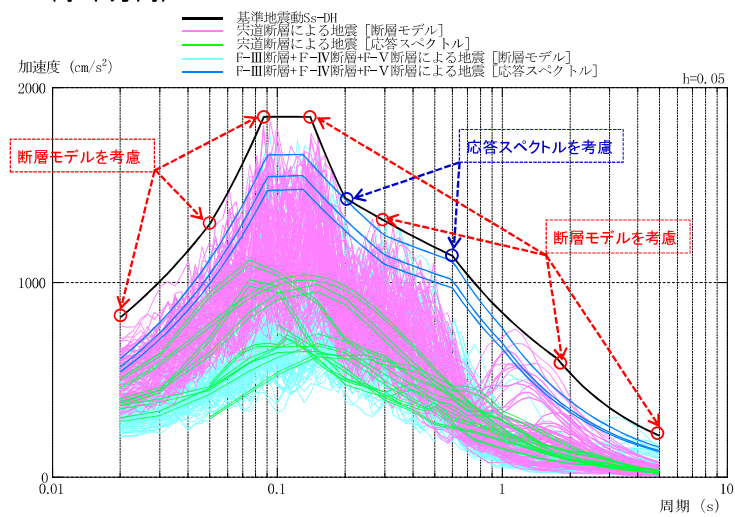
基準地震動と検討用地震の地震動評価結果の比較(縦軸: 擬似速度)

審査会合における指摘事項に対する回答【No. 1, 13】 弾性設計用地震動 S_d の設定（参考1： $S_s - D$ の策定）

第549回審査会合
資料1 P37再掲

参考資料① 基準地震動 $S_s - D$ の設定の考え方

■ 基準地震動 $S_s - DH$ (水平方向)

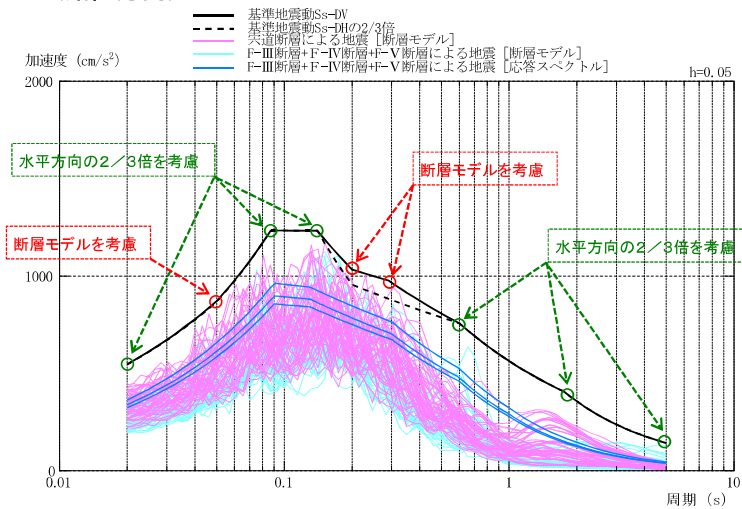


【基準地震動 $S_s - DH$ のコントロールポイントの設定の考え方】

- ・ 図中○印: 周期0.02(s), 0.05(s), 0.087(s), 0.14(s), 0.29(s), 1.75(s), 5.00(s)
「突道断層による地震」及び「F-III断層+F-IV断層+F-V断層による地震」の断層モデル手法による地震動評価結果を考慮し設定
- ・ 図中○印: 周期0.20(s), 0.60(s)
F-III断層+F-IV断層+F-V断層による地震の基本震源モデル(M: 武村(1990)⁽²⁾)の応答スペクトル手法による地震動評価結果を考慮し設定

○: コントロールポイント

■ 基準地震動 $S_s - DV$ (鉛直方向)



【基準地震動 $S_s - DV$ のコントロールポイントの設定の考え方】

- ・ 図中○印: 周期0.02(s), 0.087(s), 0.14(s), 0.60(s), 1.75(s), 5.00(s)
基準地震動 $S_s - DH$ (水平方向)の2/3倍に設定
- ・ 図中○印: 周期0.05(s), 0.20(s), 0.29(s)
「突道断層による地震」及び「F-III断層+F-IV断層+F-V断層による地震」の断層モデル手法による地震動評価結果を考慮し設定

○: コントロールポイント