

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-023-16
提出年月日	2022年7月11日

## 弾性設計用地震動 $S_d$ の設定について

2022年7月  
中国電力株式会社

## 目 次

1.	はじめに	1
2.	弾性設計用地震動 $S_d$ の設定について	1
2.1	弾性設計用地震動 $S_d$ と基準地震動 $S_s$ との応答スペクトルの比率に関する知見の整理	1
2.2	弾性設計用地震動 $S_d$ の役割を踏まえた設定の考え方	2
2.3	基準地震動 $S_1$ の果たしてきた役割を踏まえた設定の考え方	5
2.4	弾性設計用地震動 $S_d$ の設定	5
2.4.1	弾性設計用地震動 $S_d$ の役割を踏まえた設定	5
2.4.2	基準地震動 $S_1$ の果たしてきた役割を踏まえた設定	5
2.5	弾性設計用地震動 $S_d$ の年超過確率の参照	12
3.	弾性設計用地震動 $S_d$ の設定方法の妥当性について	15
4.	参考文献	15
添付資料-1 弾性設計用地震動 $S_{d-1}$ を設定した理由及び $S_{d-1}$ を設定するメリット・デメリットについて		
添付資料-2 弾性設計用地震動 $S_{d-1}$ の模擬地震波の作成		

## 1. はじめに

本資料は、弾性設計用地震動  $S_d$  の設定について説明するものである。

弾性設計用地震動  $S_d$  は、設置許可基準規則解釈 別記 2 及び審査ガイドにおいて、「基準地震動との応答スペクトルの比率の値が、目安として 0.5 を下回らないような値で、工学的判断に基づいて設定すること。」とされている。

ここでは、弾性設計用地震動  $S_d$  と基準地震動  $S_s$  との応答スペクトルの比率に関する知見、弾性設計用地震動  $S_d$  の役割及び基準地震動  $S_s$  の果たしてきた役割を踏まえ、島根 2 号機における弾性設計用地震動  $S_d$  を設定し、設定した弾性設計用地震動  $S_d$  の年超過確率を参照する。

また、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、島根 2 号機における設定方法の妥当性を示す。

なお、本資料は添付書類 VI-2-1-2「基準地震動  $S_s$  及び弾性設計用地震動  $S_d$  の策定概要」の補足説明をするものであり、設置（変更）許可（令和 3 年 9 月 15 日）と同様の内容を説明する。

## 2. 弾性設計用地震動 $S_d$ の設定について

### 2.1 弾性設計用地震動 $S_d$ と基準地震動 $S_s$ 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  $\alpha$  について、日本電気協会の調査報告<sup>(1)</sup>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を加筆したものを図 2-1 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  $2.0 \times 10^{-3}$ ）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  $\alpha$  は 0.5 程度の値となる。

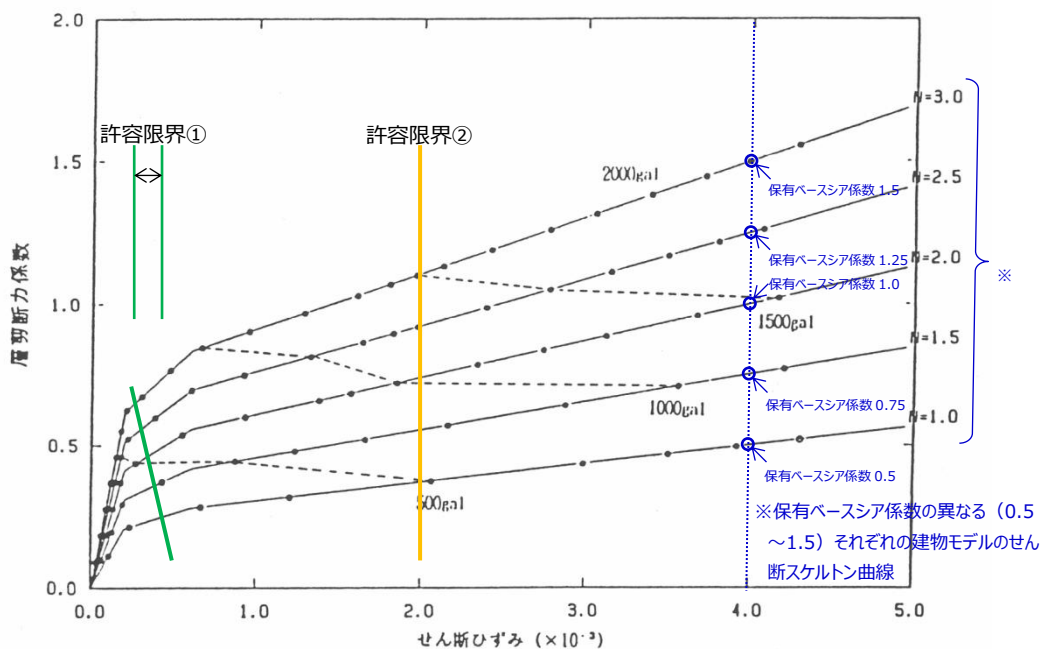


図 2-1 最大入力加速度とスケルトン上の最大応答  
(参考文献(1)より引用，加筆)

## 2.2 弾性設計用地震動 $S_d$ の役割を踏まえた設定の考え方

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、「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）」（以下「旧指針」という。）における基準地震動  $S_1$  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，基準地震動  $S_s - D$  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，基準地震動  $S_s$  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（基準地震動  $S_s$  に対する安全機能保持を確実にするための弾性設計用地震動  $S_d$  による弾性設計ではなく，弾性設計用地震動  $S_d$  によって構造設計が決定される）。

図 2-2 に示す通り，基準地震動  $S_1$  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，旧指針の基準地震動  $S_2$  に対する基準地震動  $S_1$  の比率も約 8 割～9 割と大きい。また，基準地震動  $S_1$  と基準地震動  $S_s - D$ （宍道断層による地震等を考慮して策定した基準地震動）のスペクトル形状は異なっており，基準地震動  $S_1$  を包絡する基準地震動  $S_s - DH \times 0.8$  の短周期側は基準地震動  $S_1$  の約 1.5～2 倍程度になる。

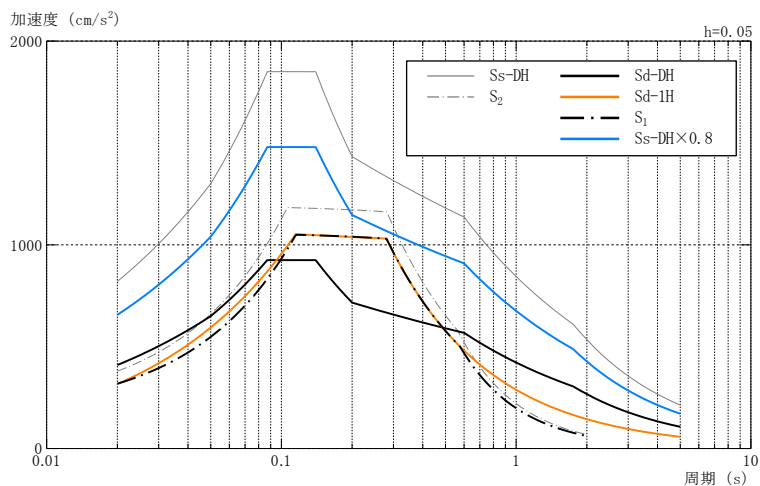


図 2-2 基準地震動  $S_s - DH \times 0.8$  のスペクトル

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 2-3）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示す。これによると，設置許可基準規則解釈 別記 2 と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。

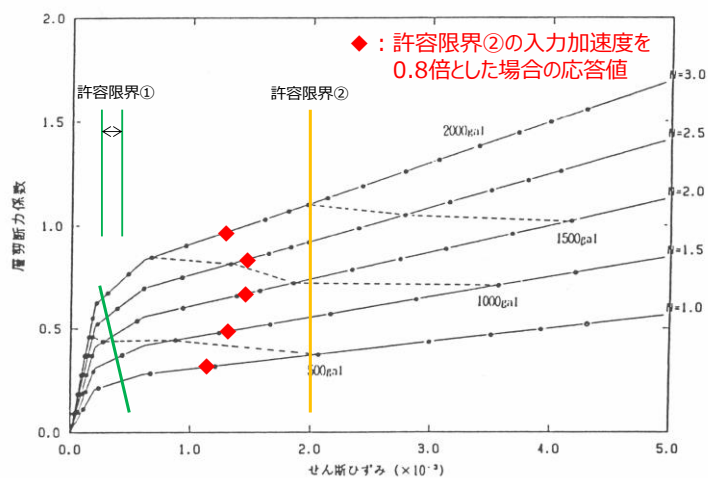


図 2-3 弾性限界と安全機能限界の関係図  
(参考文献(1)より引用，加筆)

仮に、弾性設計用地震動  $S_d$  を基準地震動  $S_s - D$  の 0.8 倍と設定し弾性設計を行う場合、基準地震動  $S_s$  による応答は安全機能限界以下となると考えられるが、弾性設計用地震動  $S_d$  による弾性設計を行うことで基準地震動  $S_s$  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。

弾性設計用地震動  $S_d$  を基準地震動  $S_s - D$  の 0.8 倍と設定した場合の耐震評価を、基準地震動  $S_s$  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、表 2-1 に示す通り、基準地震動  $S_s - D \times 0.8$  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。

表 2-1 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*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*2	

注記\*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照射された材料の溶接による補強は施工上困難

\*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

したがって、単純に基準地震動  $S_s$  の係数倍で基準地震動  $S_1$  を包絡した弾性設計用地震動  $S_d$  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、弾性設計用地震動  $S_d$  と基準地震動  $S_s$  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。

## 2.3 基準地震動 $S_1$ 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（基準地震動  $S_1$  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おおむ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、及び基準地震動  $S_1$  をそのまま用いるのではなく新たに弾性設計用地震動  $S_{d-1}$ （水平・鉛直）を設定した理由を添付資料-1 に示す。設計体系の違い及び地震動の特徴を踏まえ、設定した弾性設計用地震動  $S_{d-1}$  が基準地震動  $S_1$  の果たしてきた役割を果たせるものと判断した。

## 2.4 弾性設計用地震動 $S_d$ の設定

### 2.4.1 弾性設計用地震動 $S_d$ の役割を踏まえた設定

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 を乗じて設定した。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。

以上の方法に基づき設定した弾性設計用地震動  $S_d$  を以下に示す。

$$\begin{aligned} \text{弾性設計用地震動 } S_d : S_{d-D}, S_{d-F1}, S_{d-F2}, S_{d-N1}, \\ S_{d-N2} \end{aligned}$$

### 2.4.2 基準地震動 $S_1$ の果たしてきた役割を踏まえた設定

基準地震動  $S_1$  の果たしてきた役割を踏まえ、旧指針における基準地震動  $S_1$  の応答スペクトルをおおむね下回らないよう配慮した地震動も弾性設計用地震動  $S_d$  として設定した。

設定した弾性設計用地震動  $S_d$  を以下に示す。

$$\text{弾性設計用地震動 } S_d : S_{d-1}$$

設定した弾性設計用地震動  $S_d$  の応答スペクトルを図 2-4 及び図 2-5 に、時刻歴波形を図 2-6～図 2-11 に、弾性設計用地震動  $S_d$  と基準地震動  $S_1$  の応答スペクトルの比較を図 2-12 に示す。弾性設計用地震動  $S_{d-1}$  の模擬地震波の作成条件等を添付資料-2 に示す。

- 弾性設計用地震動 S d - DH
- 弾性設計用地震動 S d - F 1 H (NS成分)
- - 弾性設計用地震動 S d - F 1 H (EW成分)
- 弾性設計用地震動 S d - F 2 H (NS成分)
- - 弾性設計用地震動 S d - F 2 H (EW成分)
- 弾性設計用地震動 S d - N 1 H
- 弾性設計用地震動 S d - N 2 H (NS成分)
- - 弾性設計用地震動 S d - N 2 H (EW成分)
- 弾性設計用地震動 S d - 1 H

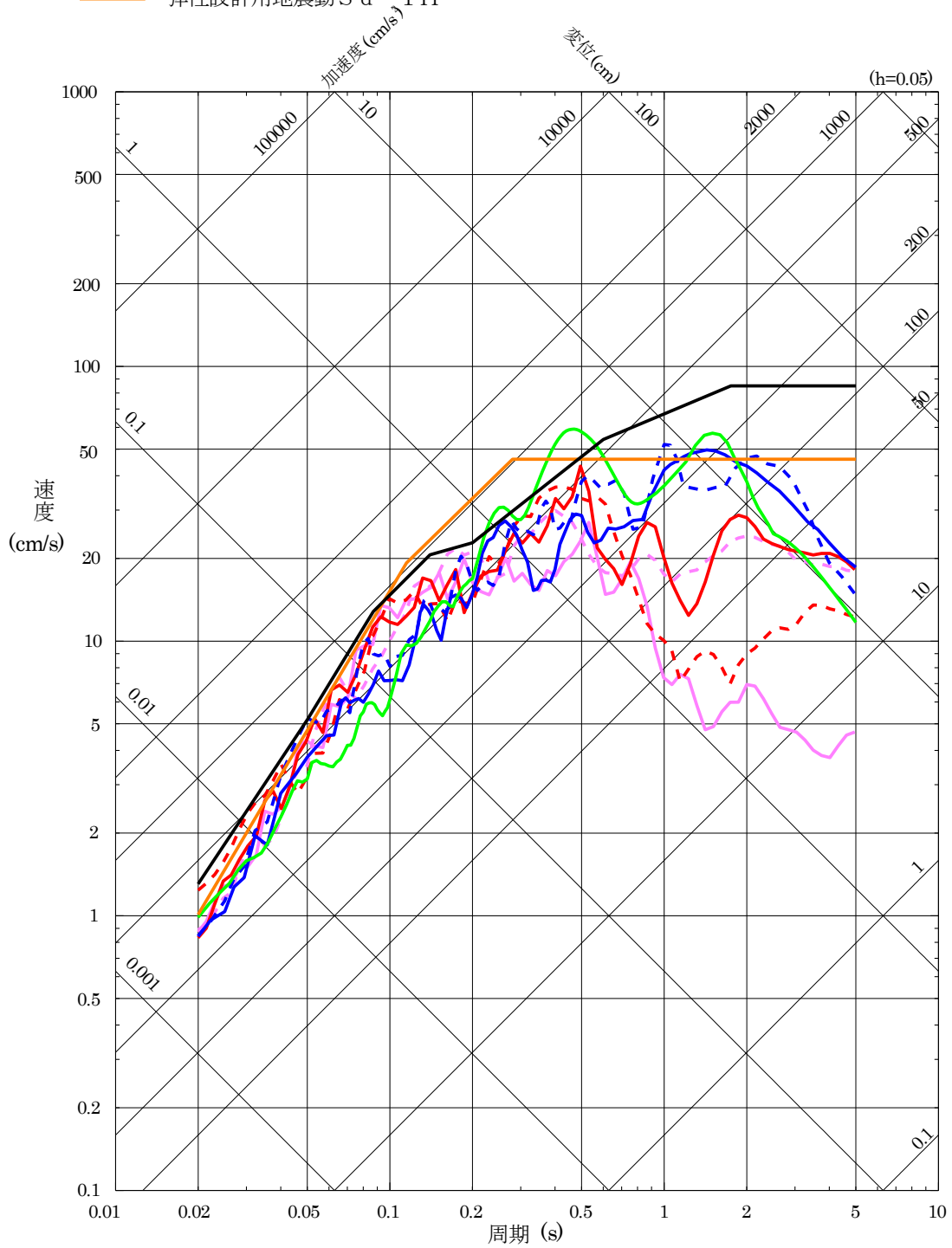


図 2-4 弾性設計用地震動 S d の応答スペクトル (水平方向)



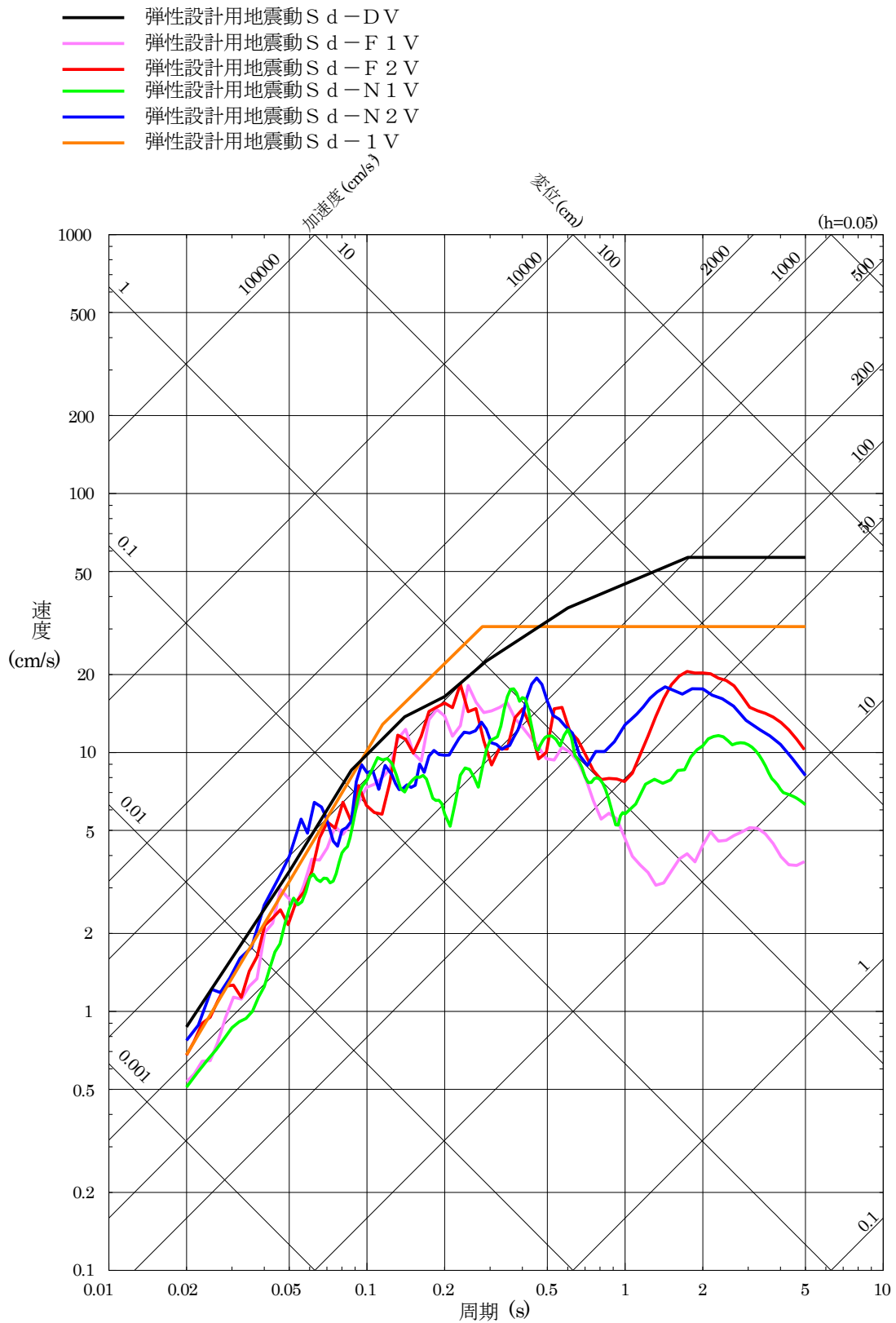


図 2-5 弾性設計用地震動 S d の応答スペクトル (鉛直方向)

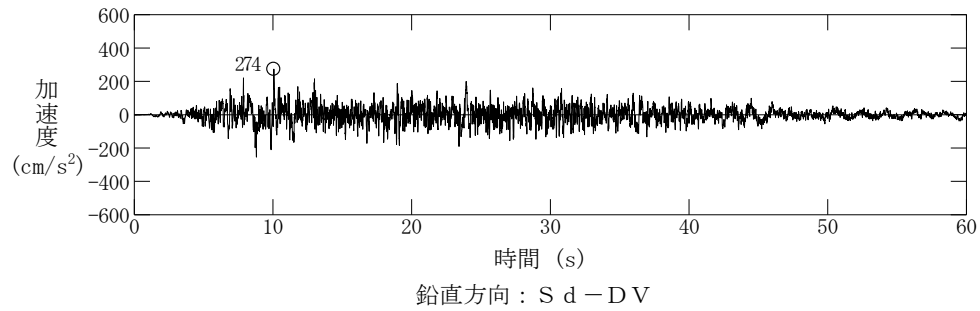
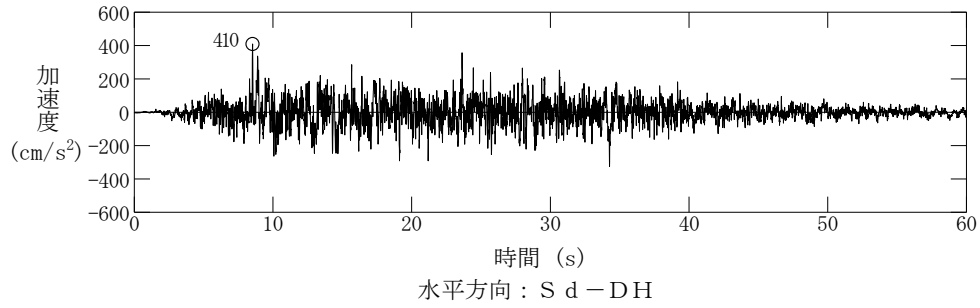


図 2-6 弾性設計用地震動 S d - D の時刻歴波形

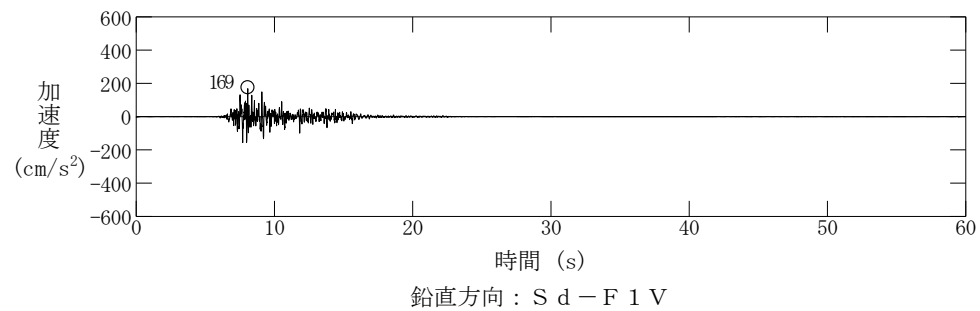
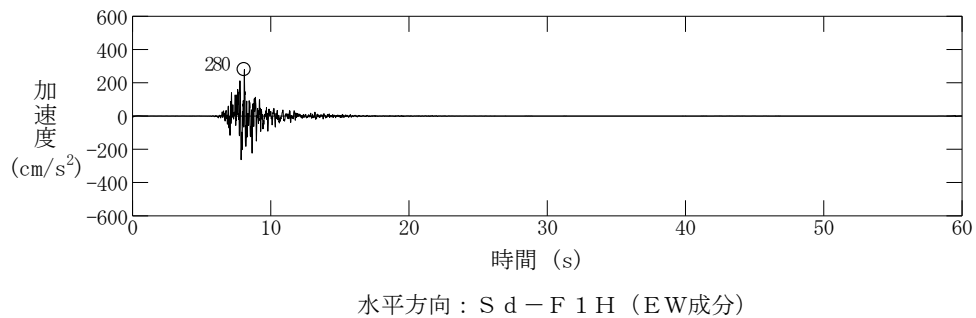
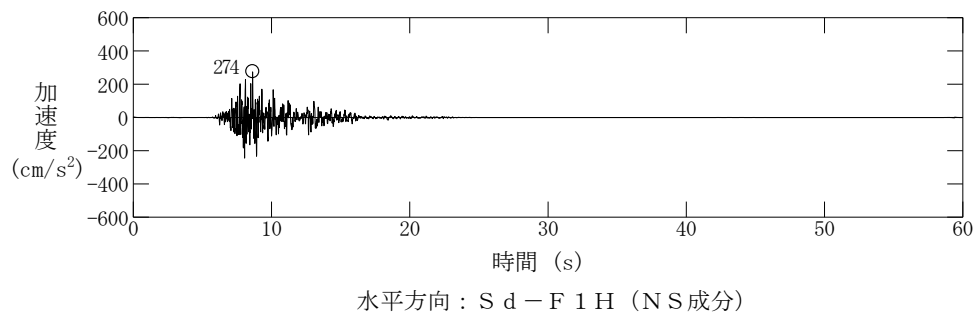


図 2-7 弾性設計用地震動 S d - F 1 の時刻歴波形

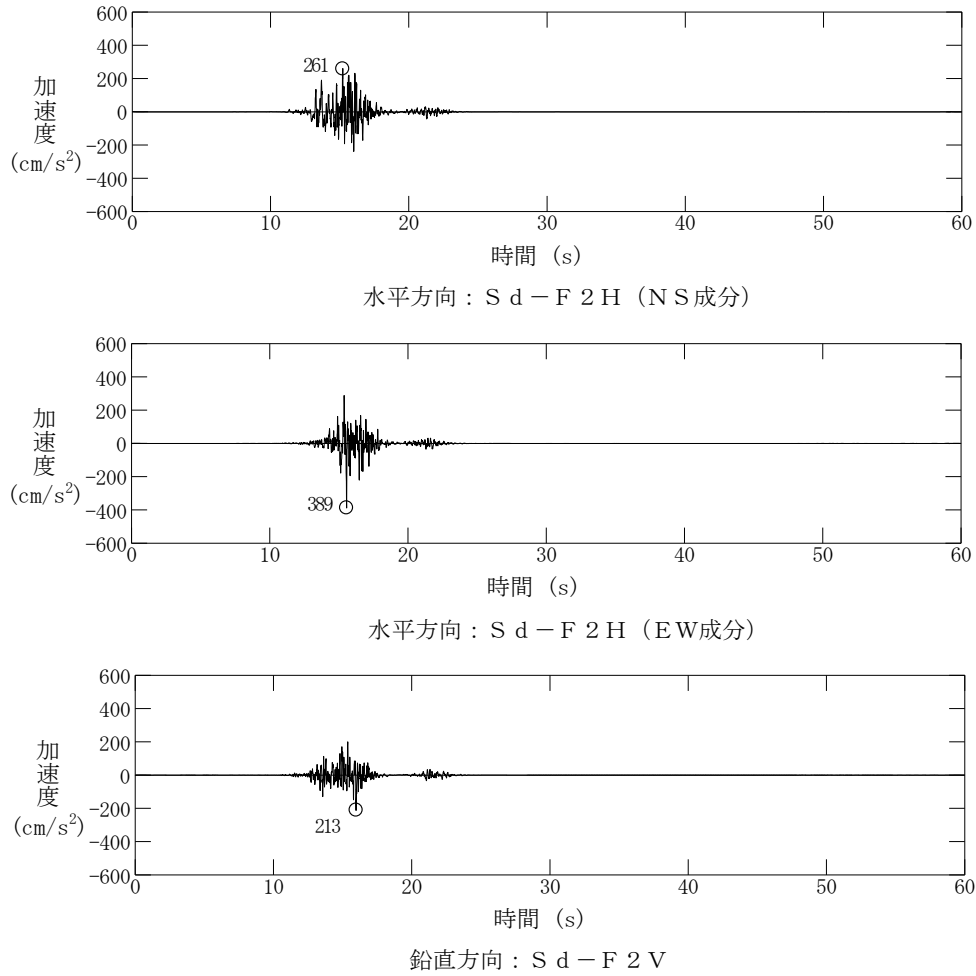


図 2-8 弾性設計用地震動 S d - F 2 の時刻歴波形

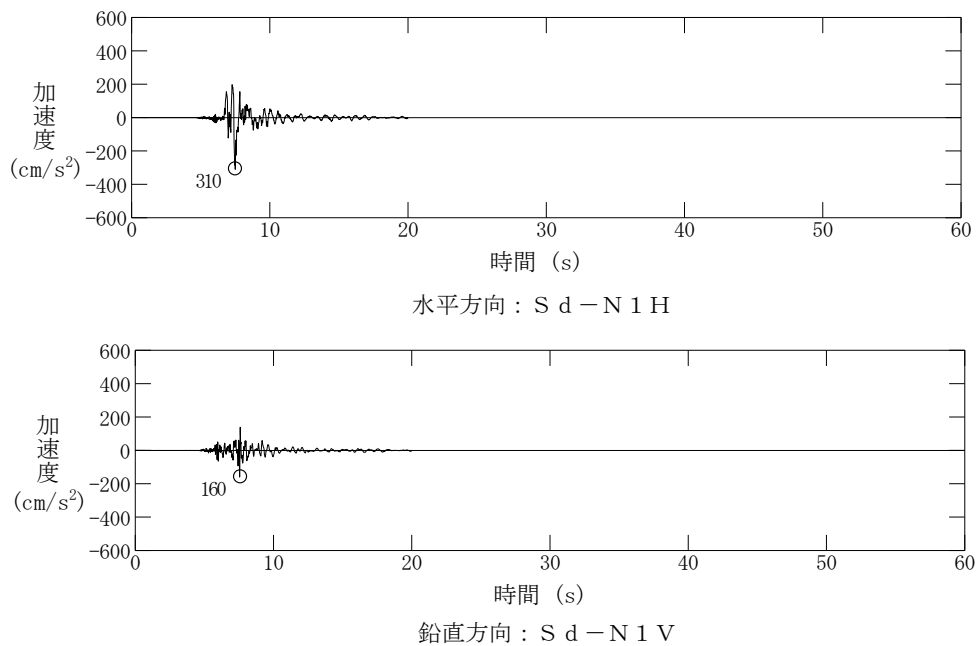


図 2-9 弾性設計用地震動 S d - N 1 の時刻歴波形

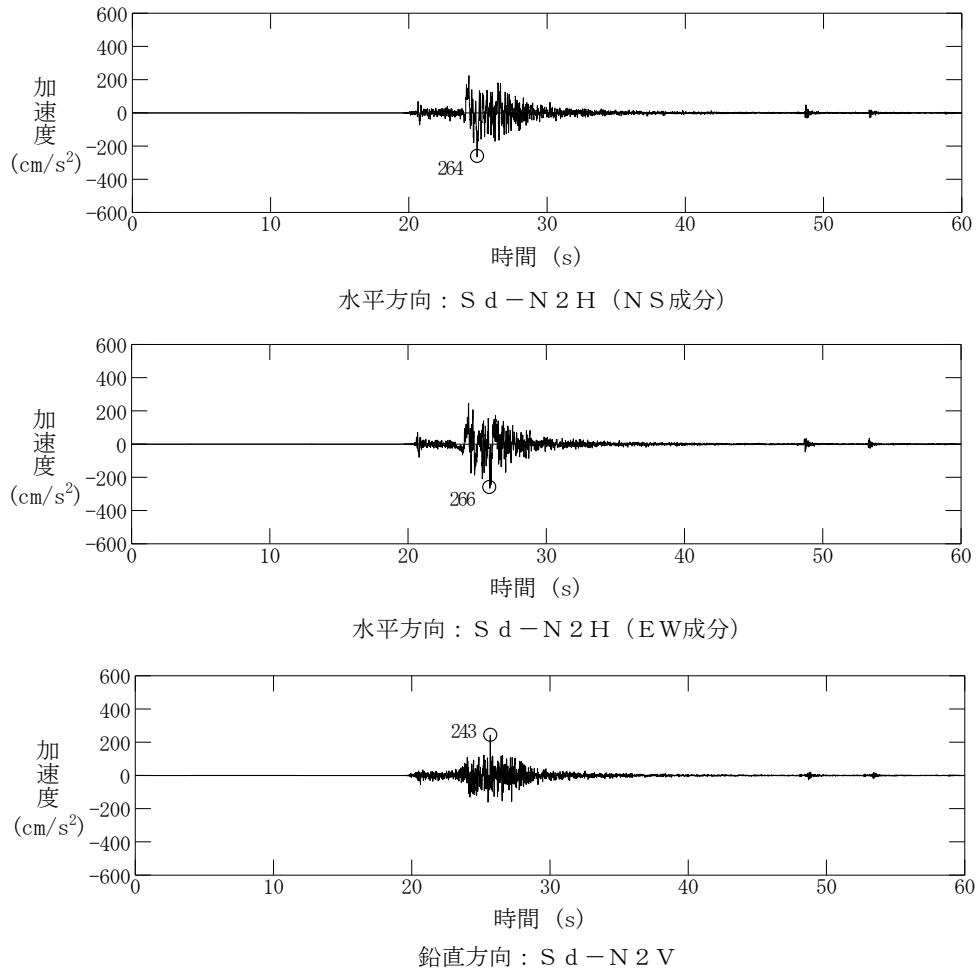


図 2-10 弾性設計用地震動 S d - N 2 の時刻歴波形

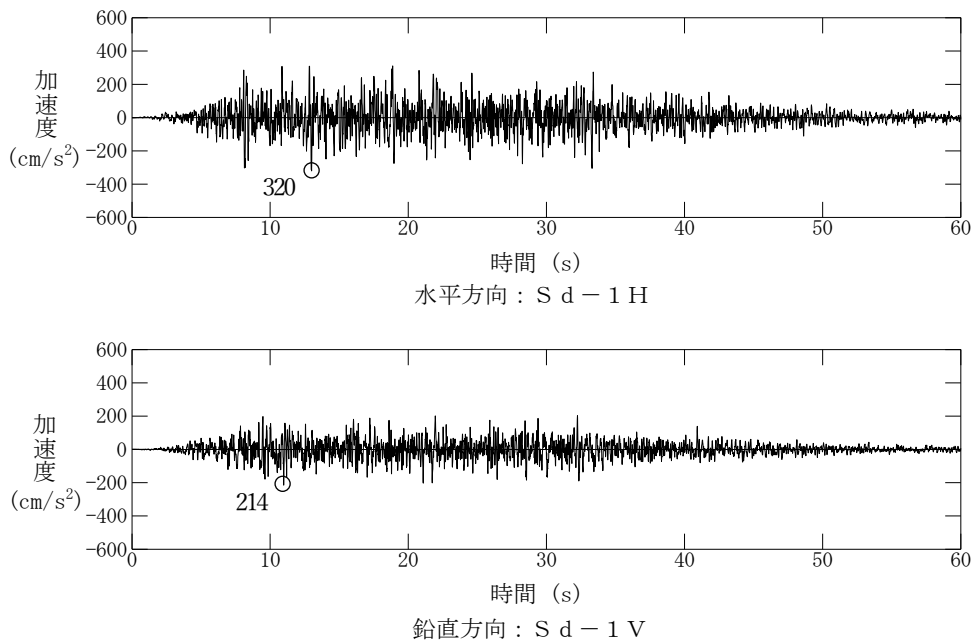


図 2-11 弾性設計用地震動 S d - 1 の時刻歴波形

- 弾性設計用地震動 S d - DH
  - 弾性設計用地震動 S d - F 1 H (NS成分)
  - - 弾性設計用地震動 S d - F 1 H (EW成分)
  - 弾性設計用地震動 S d - F 2 H (NS成分)
  - - 弾性設計用地震動 S d - F 2 H (EW成分)
  - 弾性設計用地震動 S d - N 1 H
  - 弾性設計用地震動 S d - N 2 H (NS成分)
  - - 弾性設計用地震動 S d - N 2 H (EW成分)
  - 弾性設計用地震動 S d - 1 H
  - · - 基準地震動 S<sub>1</sub>\*
- 注記\* : 「原子炉設置変更許可申請書 (昭和 58 年 9 月 22 日許可 / 56 資庁第 10953 号)」における基準地震動 S<sub>1</sub>

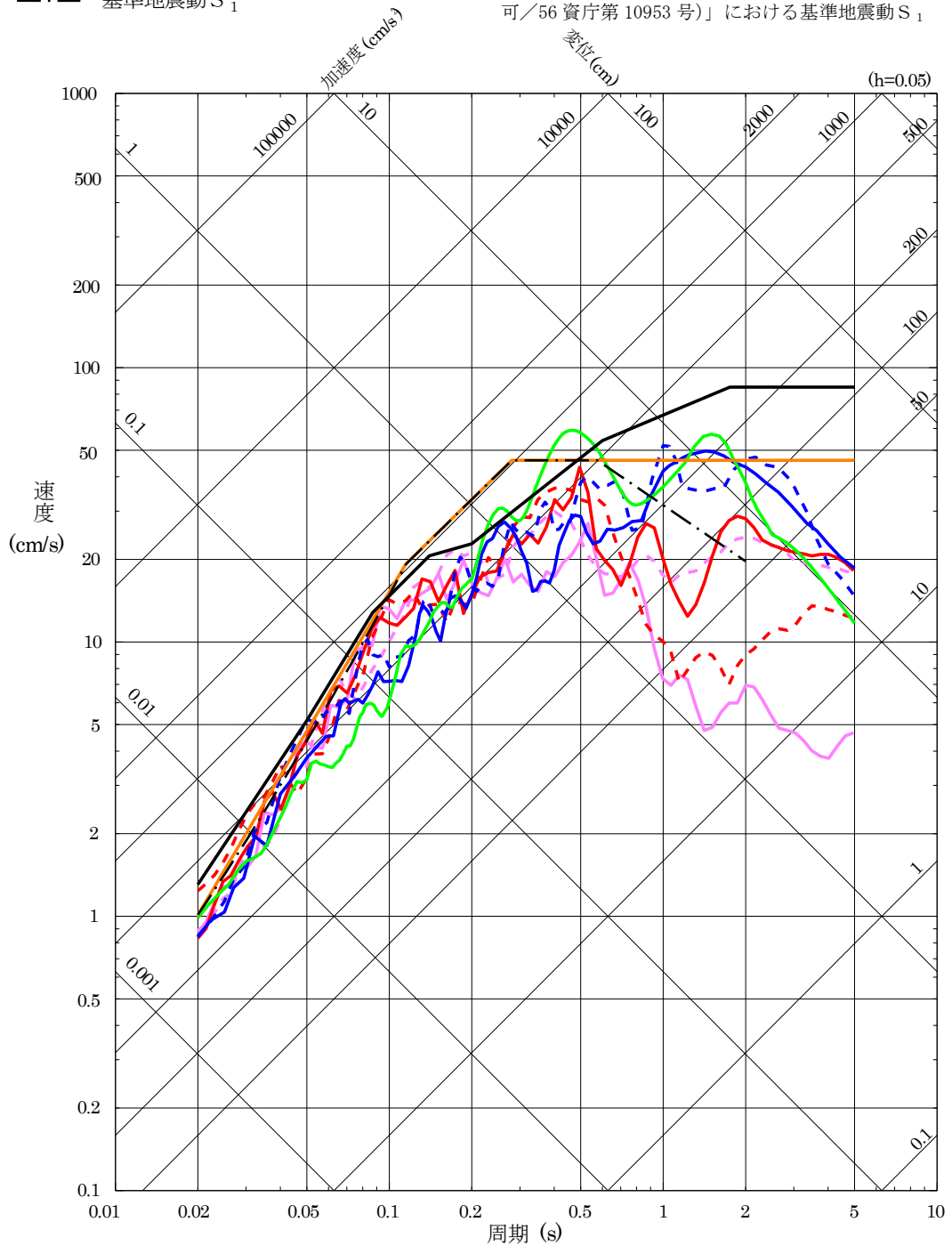


図 2-12 弾性設計用地震動 S d と基準地震動 S<sub>1</sub> の応答スペクトルの比較 (水平方向)

## 2.5 弾性設計用地震動 S d の年超過確率の参照

設定した弾性設計用地震動 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。弾性設計用地震動 S d の応答スペクトルと敷地における地震動の一樣ハザードスペクトルの比較を図 2-13 及び図 2-14 に示す。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、弾性設計用地震動 S d-1 は  $10^{-3} \sim 10^{-4}$  程度である。

「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984」<sup>(2)</sup> (以下「J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984」という。)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っている。

注記\* : 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。

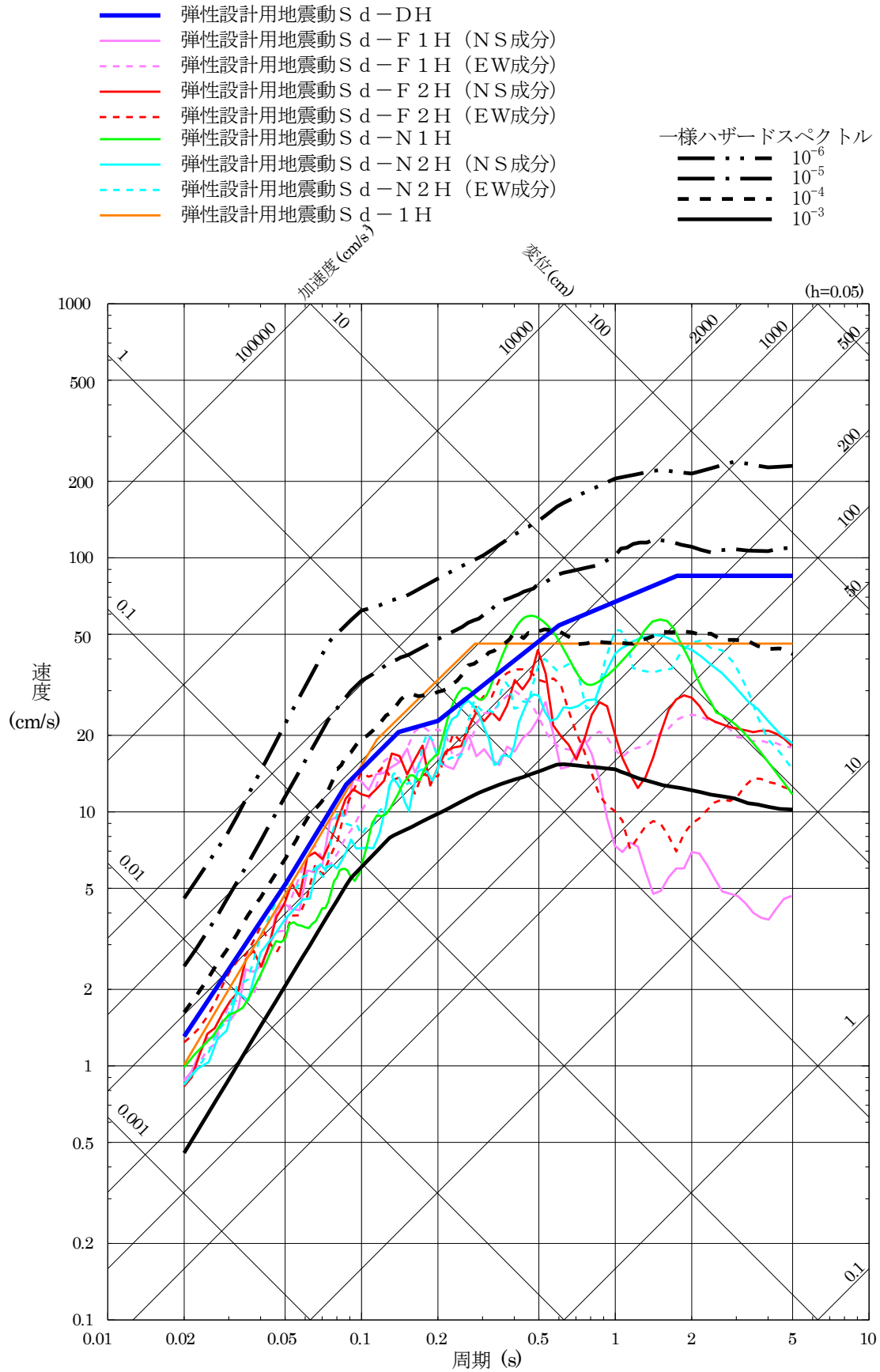


図 2-13 弾性設計用地震動 S d の応答スペクトルと敷地における地震動の一様ハザードスペクトルの比較 (水平方向)

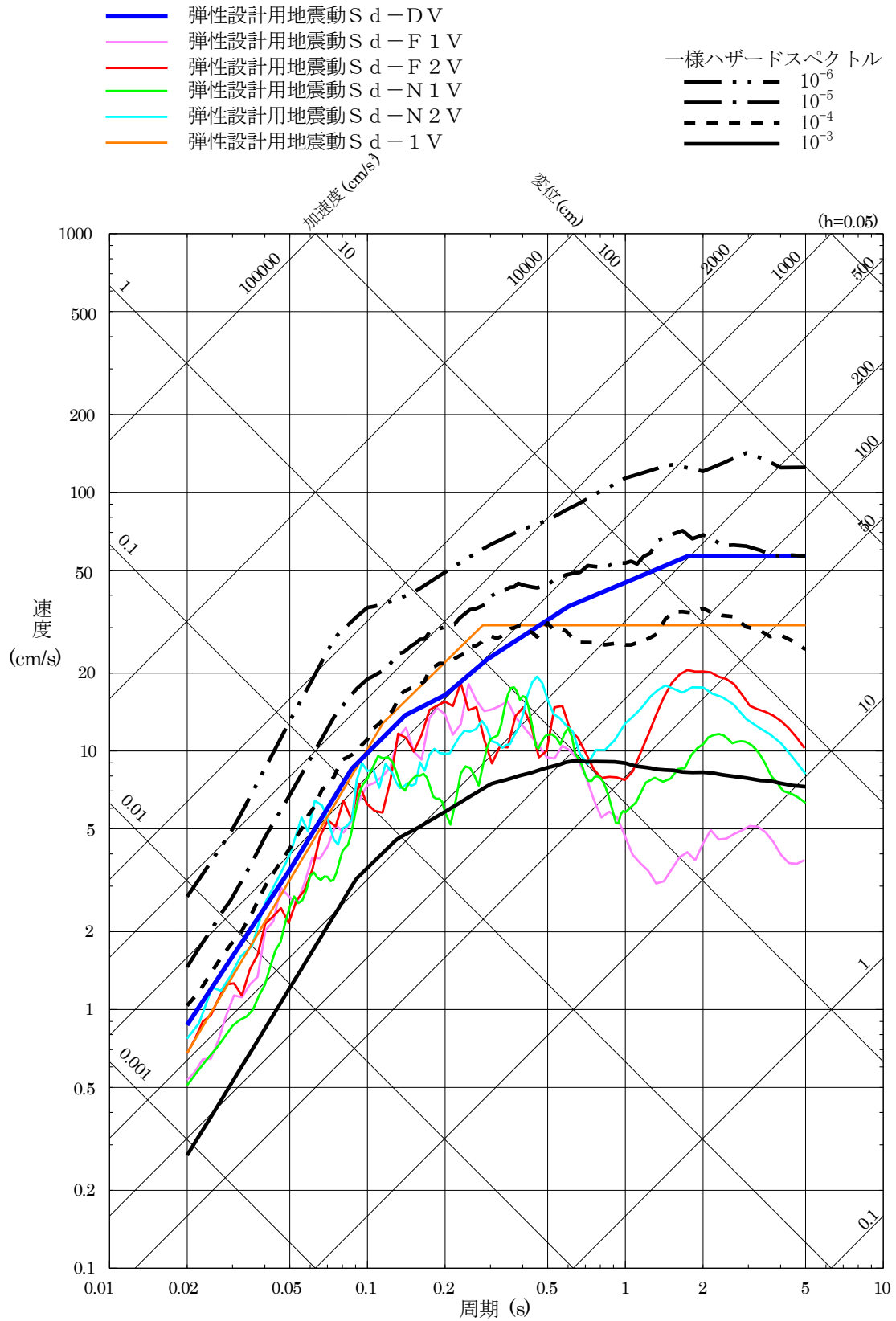


図 2-14 弾性設計用地震動 S d の応答スペクトルと敷地における地震動の一様ハザードスペクトルの比較 (鉛直方向)



3. 弾性設計用地震動  $S_d$  の設定方法の妥当性について

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、島根 2 号機における設定方法の妥当性を表 3-1 に示す。

表 3-1 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

		島根 2 号機における 設定方法	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（基準地震動 $S_s$ に対する係数）に適合しているか。	◎ (基準地震動 $S_s$ に対する係数 0.5)	◎ (基準地震動 $S_s$ 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弾性設計用地震動 $S_d$ の役割を踏まえた設定となっているか。	◎	× (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基準地震動 $S_1$ の果たしてきた役割を考慮しているか。 (基準地震動 $S_1$ 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。)	◎ (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 $S_d - 1$ を追加設定)	◎
	④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か。	◎	○
総合評価		◎ ⇒採用	× ⇒採用しない

4. 参考文献

- (1) (社) 日本電気協会 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：静的地震力の見直し（建築編）に関する調査報告書（概要），平成 6 年 3 月
- (2) (社) 日本電気協会：原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984

弾性設計用地震動  $S_d-1$  を設定した理由及び  
 $S_d-1$  を設定するメリット・デメリットについて

1. 概要

本資料では、基準地震動  $S_1$  の果たしてきた役割を踏まえ、弾性設計用地震動  $S_d-1$  を設定した理由及び弾性設計用地震動  $S_d-1$  を設定するメリット・デメリットについて説明する。

2. 弾性設計用地震動  $S_d-1$  を設定した理由

基準地震動  $S_1$  と弾性設計用地震動  $S_d-1$  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、基準地震動  $S_1$  をそのまま用いるのではなく新たに弾性設計用地震動  $S_d-1$ （水平・鉛直）を設定した理由を表 2-1 に示す。

表 2-1 弾性設計用地震動 S<sub>1</sub> の比較及び S<sub>d-1</sub> と基準地震動 S<sub>d-1</sub> の比較及び S<sub>d-1</sub> の設定の考え方

設計体系		S <sub>d-1</sub>	S <sub>1</sub> (既許可)	設定の考え方
準拠基準 (耐震設計審査指針)  鉛直地震動の扱い  水平・鉛直の組合せ	設置許可基準規則及び審査ガイド (平成 18 年耐震設計審査指針)	設置許可基準規則及び審査ガイド (平成 18 年耐震設計審査指針)	S <sub>1</sub> (既許可)	—
	鉛直地震動の扱い  水平・鉛直の組合せ	・鉛直方向の地震動を設定  ・S <sub>d</sub> 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。	・動的な鉛直動なし (静的に考慮)  ・S <sub>1</sub> 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。	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 S <sub>d</sub> として鉛直方向の動的な地震動を設定した。
地震動の設定方法	応答スペクトル (コントロールドポイント、対象周期)	・添付資料-2のA～Fの6ポイント*1、*2 ・0.02 ～ 5.0 s 注記*1: 擬似速度応答スペクトルが両対数軸目盛で直線に設定 *2: コントロールドポイント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	・添付資料-2のA～D、E*1の5ポイント*2 ・0.02 ～ 2.0 s 注記*1: コントロールドポイントEは大崎スペクトルにより、pSv=19.69cm/sとしていた。 *2: 大崎スペクトルによりコントロールドポイントA、B間の擬似加速度応答スペクトルが両対数軸目盛で直線、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	大崎の方法ではなく、以下に示す審査実績のある考え方にに基づき設定した。 [応答スペクトル] ・S <sub>d-1</sub> はS <sub>1</sub> を下回らないようにコントロールドポイントを設定し、S <sub>s-D</sub> と同様に擬似速度応答スペクトルが両対数軸目盛で直線に設定 ・S <sub>s-D</sub> や他のS <sub>d</sub> に合わせて周期5秒まで設定し、コントロールドポイントD以降の周期帯で擬似速度応答スペクトルを一定に設定 [経時特性] ・S <sub>d-1</sub> は主要動の長さ及び継続時間が最も長いS <sub>s-D</sub> に合わせ、継続時間を60.0秒、振幅包絡線の経時変化を耐震の方法により設定し、S <sub>1</sub> よりも長く設定
	経時特性 (継続時間、振幅包絡線の経時変化)	・60.0 秒 ・耐震の方法 ※基準地震動 S <sub>s-D</sub> と同様に設定	・33.1 秒 ・大崎の方法	S <sub>d-1</sub> の最大加速度値はS <sub>1</sub> と同様に320galに設定した。
模擬地震波 (水平方向)			S <sub>d-1</sub> の応答スペクトルはS <sub>1</sub> の応答スペクトル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、S <sub>d-1</sub> の模擬地震波は設定したS <sub>d-1</sub> のスペクトル形状への適合条件を満足している。 ・S <sub>1</sub> がS <sub>d-1</sub> 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、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 (S <sub>1</sub> /S <sub>d-1</sub> ) 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 (スクラス) 施設は、S <sub>1</sub> 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。	
模擬地震波の応答スペクトル (水平方向) の比較		S <sub>d-1</sub> の応答スペクトルはS <sub>1</sub> の応答スペクトル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、S <sub>d-1</sub> の模擬地震波は設定したS <sub>d-1</sub> のスペクトル形状への適合条件を満足している。 ・S <sub>1</sub> がS <sub>d-1</sub> 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、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 (S <sub>1</sub> /S <sub>d-1</sub> ) 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 (スクラス) 施設は、S <sub>1</sub> 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。		

### 3. 弾性設計用地震動 $S_d-1$ を設定するメリット・デメリット

基準地震動  $S_1$  をそのまま用いるのではなく新たに弾性設計用地震動  $S_d-1$  (水平・鉛直) を設定するメリット・デメリットを表 3-1 に示す。

また、旧指針において  $A_s$  クラス及び  $A$  クラスとしていた施設 (表 3-2 参照) は、基準地震動  $S_1$  による地震力に対して設計している。

なお、弾性設計用地震動  $S_d-1$  の設定の考え方は審査実績が無いものであり、弾性設計用地震動  $S_d-1$  の応答スペクトルは一部周期で基準地震動  $S_1$  の応答スペクトルを下回っていることから、弾性設計用地震動  $S_d-1$  の適用性については、詳細設計段階において新旧設計体系の違いを踏まえて対象を適切に選定した上で、説明性向上の観点から弾性設計用地震動  $S_d-1$  と基準地震動  $S_1$  の比較照査を行い、要因分析を行う。

表 3-1 弾性設計用地震動 S d - 1 (水平・鉛直) を設定するメリット・デメリット

準拠基準 (耐震設計審査指針)		S d - 1 設定のメリット	S d - 1 設定のデメリット	備考
設計体系	鉛直地震動の扱い	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た評価が行える。	なし	—
	水平・鉛直の組合せ	基準地震動 S s の審査実績を踏まえた設定が行える。 [応答スペクトル] ・ S d - 1 は S <sub>1</sub> を下回らないようにコントロールポイントを設定 ・ 周期 5 秒まで設定 [経時特性] ・ 継続時間は基準地震動 S s - D と同様に設定 ・ 振幅包絡線の経時的変化は耐専の方法に基づき設定	なし	—
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)	基準地震動 S s の審査実績を踏まえた設定が行える。 [応答スペクトル] ・ S d - 1 は S <sub>1</sub> を下回らないようにコントロールポイントを設定 ・ 周期 5 秒まで設定 [経時特性] ・ 継続時間は基準地震動 S s - D と同様に設定 ・ 振幅包絡線の経時的変化は耐専の方法に基づき設定	なし	—
	経時特性 (継続時間、振幅包絡線の経時的変化)	基準地震動 S s の審査実績を踏まえた設定が行える。 [応答スペクトル] ・ S d - 1 は S <sub>1</sub> を下回らないようにコントロールポイントを設定 ・ 周期 5 秒まで設定 [経時特性] ・ 継続時間は基準地震動 S s - D と同様に設定 ・ 振幅包絡線の経時的変化は耐専の方法に基づき設定	なし	—
模擬地震波 (水平方向)	模擬地震波の応答スペクトル (水平方向) の比較	S d - 1 の最大加速度値は S <sub>1</sub> と同様に 320gal に設定し、S <sub>1</sub> の果たしてきた役割を踏まえた設定が行える。	なし	—
		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ S<sub>1</sub> が S d - 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) *<sup>1</sup>。</li> <li>・ S<sub>1</sub> が S d - 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) がある *<sup>2</sup>。</li> </ul>	<p>注記 *1: 模擬波作成時の適合精度によるものである。</p> <p>*2: それぞれの周期毎の応答スペクトル比 (S<sub>1</sub>/S d - 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 (スクラス) 施設は、S<sub>1</sub> による地震力に対して設計している。</p>	

表 3-2(1) 既工認における耐震設計の基本方針 (1/2)

表 2-1 原子炉施設の耐震設計上の重要度分類											
重要度分類 及び定義	機能別分類	主要設備		補助設備		直接支持構造物		間接支持構造物		相対影響を考慮すべき設備 検討用 地震動等	
		適用範囲	重要度分類	適用範囲	重要度分類	適用範囲	重要度分類	適用範囲	重要度分類		
A s クラス その破損に より冷却材 喪失をひき 起こすおそ れのあるも の、原子炉 を緊急停止 させ、かつ 安全停止状 態に維持す るために必 要なもの、 使用済燃料 を貯蔵する ための施設 及び原子炉 格納容器	(i) 「原子炉冷却材 圧力バウンダリ」 (「軽水炉につい ての安全設計に関 する審査指針につ いて」に記載され ている定義と同じ) を構成する配管及 び機器	①原子炉圧力容器 ②原子炉冷却材圧 力バウンダリに 属する容器・配 管・ポンプ・弁	A s A s	①隔離弁を閉 鎖するに必 要な電気及 び計装設備	A s	1)原子炉圧力容 器支持スカート 2)機器・配管及 び電気計装設 備等の支持構 造物	A s A s	1)原子炉圧力容 器支持スカート 2)原子炉建屋 3)ガンマシールド 4)制御室建物 5)廃棄物処理建物 6)当該設備の支持 構造物	S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub>		
	(ii) 使用済燃料を貯蔵 するための設備	①燃料プール ②使用済燃料貯蔵ラ ック	A s A s	1)当該設備の支 持構造物	A s	1)原子炉建屋	S <sub>2</sub>	1)原子炉建屋 2)燃料採取設備	S <sub>2</sub>	1)原子炉建屋天井ク レーン 2)燃料採取設備	S <sub>1</sub> *1 S <sub>2</sub> *2
	(iii) 原子炉の緊急停止 のために急激に負 の反応度を付加す るための設備及び 原子炉の停止状態 を維持する設備	①制御棒及び制御棒 駆動系 (スクラム機能に 関する部分)	A s	①炉心支持構 造物 ②電気計装設 備	A s A s	1)機器・配管及 び電気計装設 備等の支持構 造物	A s	1)原子炉建屋 2)当該設備の支持 構造物	S <sub>2</sub> S <sub>2</sub>		
(iv) 原子炉停止後、炉 心から崩壊熱を除 去するための設備	①逃がし安全弁 ②原子炉隔離時冷却 系 ③高圧炉心スプレ イ ④残留熱除去系(停 止時冷却モード運 転に必要な設備) ⑤冷却水源としての サブプレッショナ エンジン	A s A s A s A s A s	①炉心支持構 造物 ②当該主要設 備の冷却系 ③非常用電源 及び計装設 備	A s A s A s	1)機器・配管及 び電気計装設 備等の支持構 造物	A s	1)原子炉建屋 2)制御室建物 3)タービン建物 4)廃棄物処理建物 5)当該設備に係る 屋外コンクリ ートダクト及び海 水ポンプ支持構 造物 6)当該設備の支持 構造物	S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub> S <sub>2</sub>			
(v) 原子炉冷却材圧力 バウンダリ破損事 故の際に圧力障壁 となり、放射性物 質の拡散を直接防 ぐための設備	①原子炉格納容器 ②格納容器バウンダ リに属する配管・ 弁 *3	A s A s	①隔離弁を閉 鎖するに必 要な電気及 び計装設備	A s	1)機器・配管等 の支持構造物 1)電気計装設 備等の支持構 造物	A s A s	1)原子炉建屋 2)原子炉建屋 3)制御室建物 4)廃棄物処理建物 5)当該設備の支持 構造物	S <sub>2</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	1)原子炉ウエルシー ルドプラグ	S <sub>2</sub> *2	

注: 「島根原子力発電所第2号機 第1回工事計画認可申請(昭和59年2月24日認可/58資庁第15180号)」における

IV-2-1「耐震設計の基本方針」より抜粋

表 3-2(2) 既工認における耐震設計の基本方針 (2/2)

重要度分類 及び定義	機能別分類	主要設備 適用範囲	重要度 分類	補助設備 適用範囲	重要度 分類	直接支持構造物 適用範囲	重要度 分類	間接支持構造物 適用範囲	検討用 地震動等	相互影響を考慮すべき設備 適用範囲	検討用 地震動等
Aクラス 原子炉事故 時の際に放射 熱を除去するた めに必要な設備	(I)原子炉冷却材圧力 バウンダリー破損事 故後、炉心から崩 壊熱を除去するた めに必要な設備	①非常用炉心冷却系 1)高圧炉心スプレ イ系 2)低圧炉心スプレ イ系 3)残留熱除去系 (低圧炉心注水 モード運転に必 要な設備) 4)自動減圧系 ②冷却水源としての サブプレッショナ エンバ	A	①当該主要設備 の冷却系 ②非常用電源及 び計装設備 ③中央制御室空 調換気系とし ゃへい壁	A	1)機器・配管及 び電気計装設 備等の支持構 造物	A	1)原子炉建物 2)制御室建物 3)廃棄物処理建物 4)コンタリートダ クト海水ポンプ 支持構造物 5)タービン建物 6)当該設備の支持 構造物	S1 S1 S1 S1 S1 S1		
	(II)放射性物質の放出 を伴うよりな事 故の際にその外部 放散を抑制するた めの設備でA sク ラス(V)以外の設備	① 残留熱除去系 (格 納容器冷却モード 及びスプレイモー ド運転に必要な設 備) ② 可燃性ガス濃度制 御系 ③ 原子炉建物原子炉 棟 ④ 非常用ガス処理系 及び排気口 ⑤ 原子炉格納容器圧 力低減装置 ⑥ 主蒸気隔離弁漏え い制御系 ⑦ 冷却水源としての サブプレッショナ エンバ	A A A A A A A	① 当該主要設備 の冷却系 ② 非常用電源及 び計装設備 ③ 原子炉格納容 器密閉気放射 線モニタ	A A A A A A	1)機器・配管及 び電気計装設 備等の支持構 造物	A	1)原子炉建物 2)排気筒及びその 基礎 3)制御室建物 4)廃棄物処理建物 5)タービン建物 6)当該設備に係る 屋外コンクリー トダクト及び海 水ポンプ支持構 造物 7)当該設備の支持 構造物	S1 S1 S1 S1 S1 S1 S1		
	(III)その他 *4	①燃料プールの水補給 設備 (非常用) ②圧力酸水注入系 ③炉内構造物	A A A	①非常用電源及 び計装設備	A	1)機器・配管及 び電気計装設 備等の支持構 造物	A	1)原子炉建物 2)制御室建物 3)廃棄物処理建物 4)タービン建物 5)当該設備の支持 構造物 1)原子炉建物 2)原子炉圧力容 器 ベネスタル	S1 S1 S1 S1 S1 S1 S1		

注:「島根原子力発電所第2号機 第1回工事計画認可申請(昭和59年2月24日認可/58資第15180号)」におけるIV

-2-1「耐震設計の基本方針」より抜粋

## 弾性設計用地震動 S d - 1 の模擬地震波の作成

## 1. 概要

本資料では、弾性設計用地震動 S d - 1 の模擬地震波の作成及び作成した模擬地震波の適合確認について説明する。

## 2. 弾性設計用地震動 S d - 1 の模擬地震波の作成

## 2.1 応答スペクトルのコントロールポイント

弾性設計用地震動 S d - 1 のコントロールポイントを表 2-1 に示す。

水平方向の弾性設計用地震動 S d - 1 H は、基準地震動 S<sub>1</sub> 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。

表 2-1 弾性設計用地震動 S d - 1 のコントロールポイント

S d - 1 コントロール ポイント*	周期 (s)		A	B	C	D	E	F
				0.02	0.115	0.280	0.575	2.00
S d - 1 H	速度 (cm/s)		1.01	19.26	45.94	45.94	45.94	45.94
		S d - 1 V	速度 (cm/s)	0.68	12.84	30.63	30.63	30.63

注記\* : S<sub>1</sub> 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。

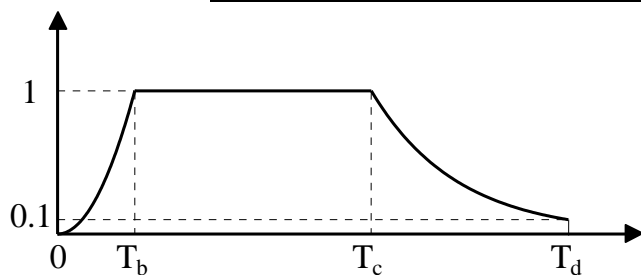
また、S<sub>1</sub> は 880 年出雲の地震 (M7.4) の諸元を基に大崎スペクトルにより周期 2 秒まで設定していたが、S d - 1 はコントロールポイント D 以降の周期帯で擬似速度応答スペクトルを周期 5 秒まで一定に設定する。



## 2.2 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。弾性設計用地震動 S d - 1 の模擬地震波の振幅包絡線の経時的変化を図 2-1 に示す。

模擬地震波	最大加速度 ( $\text{cm}/\text{s}^2$ )	振幅包絡線の経時的変化 (s)		
		$T_b$	$T_c$	$T_d$ (継続時間)
S d - 1 H	320	8.3	28.7	60.0
S d - 1 V	214			



注：S<sub>1</sub>は880年出雲の地震(M7.4)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。

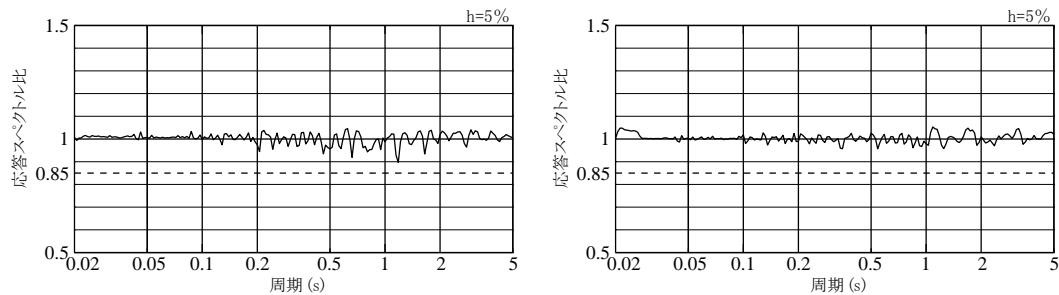
図 2-1 弾性設計用地震動 S d - 1 の模擬地震波の振幅包絡線の経時的変化

### 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)<sup>(1)</sup>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

適合度の確認結果を図 3-1 及び表 3-1 に示す。作成した模擬地震波が適合度の条件を満足していることを確認した。



(水平方向 : S d - 1 H)

(鉛直方向 : S d - 1 V)

図 3-1 弾性設計用地震動 S d - 1 の応答スペクトル比

表 3-1 弾性設計用地震動 S d - 1 の応答スペクトル強さの比 (S I 比)

応答スペクトル	S I 比 (周期 0.1~2.5 秒)
S d - 1 H	1.00
S d - 1 V	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<sub>v</sub>(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)

### 4. 参考文献

- (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