第549回審査会合(H30.2.16)
資料からの抜粋

島根原子力発電所
基準地震動の策定について(コメント回答)

平成30年2月16日
中国電力株式会社

Energia

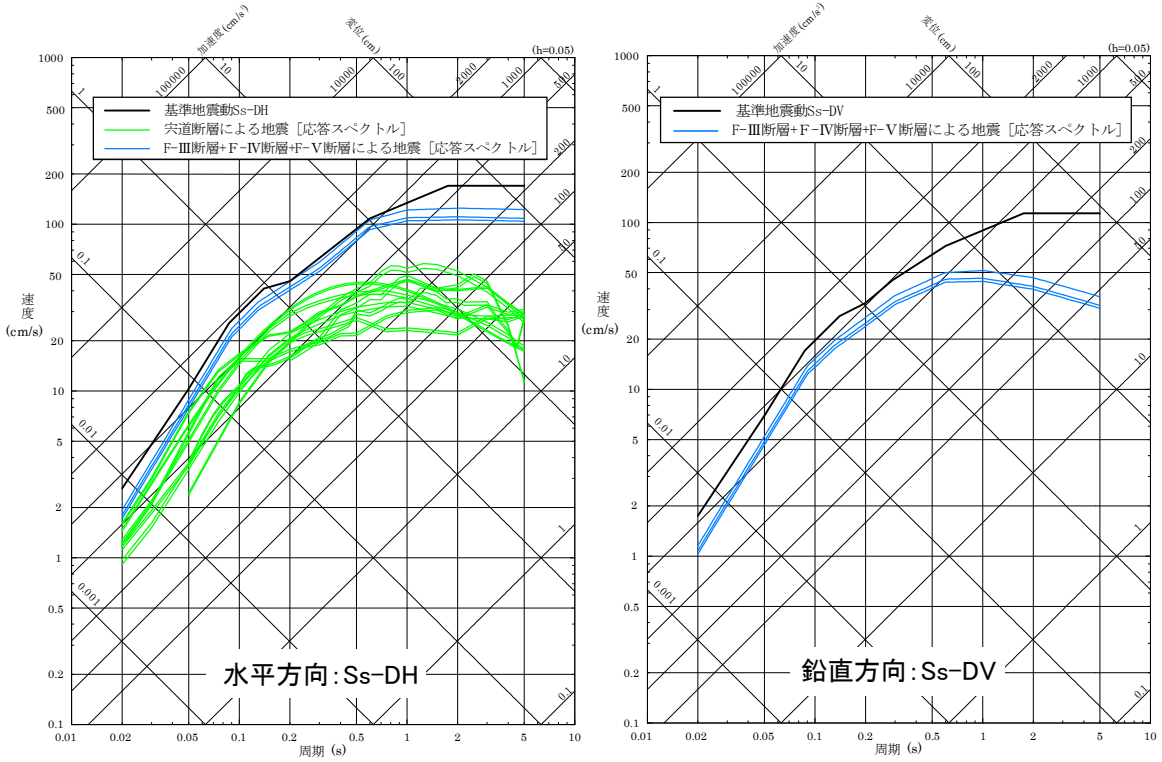
2. 1. 1 応答スペクトル手法による基準地震動　1/4

H30.2.2審査会合資料再掲

■ 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Ss-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）。

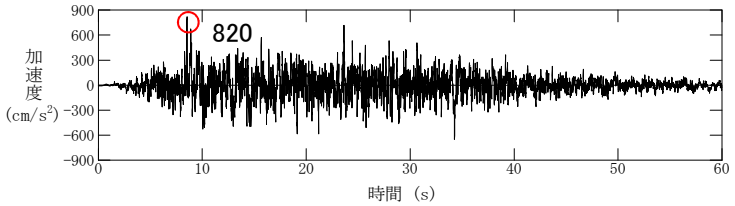
Ss-D コントロールポイント	周期(s)		0.020	0.050	0.087	0.14	0.20	0.29	0.60	1.75	5.00
	Ss-DH	速度（cm/s）	2.611	10.35	25.62	41.22	45.63	61.16	108.5	170.0	170.0
	Ss-DV	速度（cm/s）	1.742	6.939	17.08	27.48	32.88	45.10	72.34	113.4	113.4



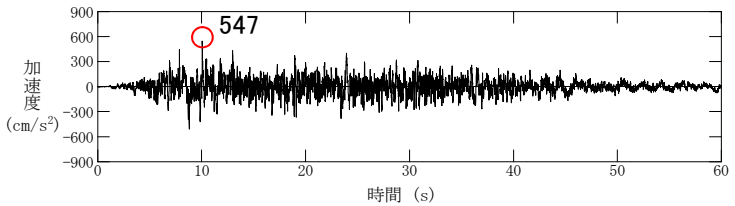
基準地震動Ss-D及び応答スペクトル手法による地震動評価結果の応答スペクトルの比較

2. 1. 1 応答スペクトル手法による基準地震動　3/4

■ 基準地震動Ss－Dの模擬地震波の加速度時刻歴波形

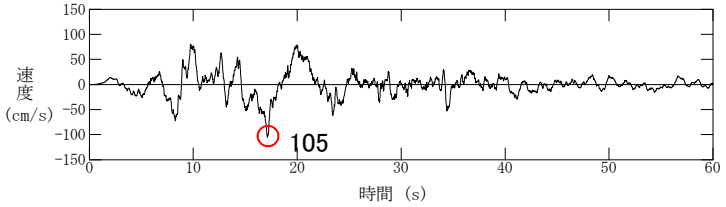


水平方向：Ss－DH

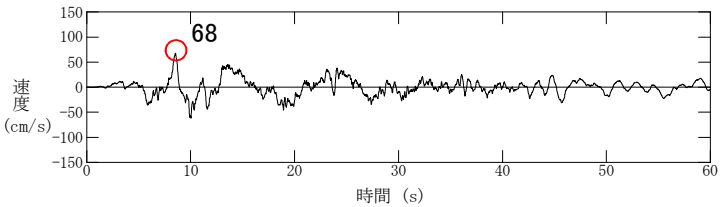


鉛直方向：Ss－DV

■ 基準地震動Ss－Dの模擬地震波の速度時刻歴波形



水平方向：Ss－DH



鉛直方向：Ss－DV

2. 1. 2 断層モデル手法による基準地震動（検討方針）1/2

- 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ることを要求。
- 断層モデルによる手法の基準地震動は，施設に与える影響の観点から地震動の諸特性（周波数特性，継続時間，位相特性等）を考慮して，別途評価した応答スペクトルとの関係を踏まえつつ複数の地震動評価結果から策定することを要求。

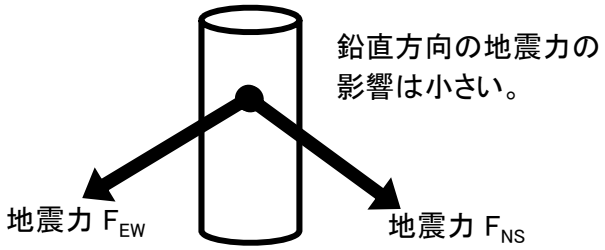
- 応答スペクトル手法による基準地震動Ss－Dは断層モデル手法による地震動評価結果を全て包絡させて設定しているが，震源が敷地に近い地震については断層モデルを用いた手法を重視する観点から，断層モデル手法による基準地震動を以下のとおり検討。
- 震源が敷地に近い宍道断層による地震の断層モデル手法による地震動評価結果のうち，施設の耐震設計に最も重要な水平方向※の応答スペクトルのピークに着目し，対象周期帯において，それらの応答スペクトルのピークと基準地震動Ss－Dの設計用応答スペクトルが近接しているものを選定。
- 選定した宍道断層による地震の水平方向の地震動評価結果について，地震動の諸特性（周波数特性：フーリエ振幅スペクトル及びパワースペクトル，継続時間，位相特性）を基準地震動Ss－Dとの関係を踏まえ検討。
- 周波数特性のうち施設の耐震設計に用いる応答スペクトルについては，地震動レベル（剛な機器の耐震設計において着目する最大加速度値及び原子炉建物や炉内構造物等の主要な施設の固有周期が存在する周期帯における応答スペクトル比）を詳細に検討。

  ※ 宍道断層による地震の鉛直方向，F-Ⅲ断層＋F-Ⅳ断層＋F-Ⅴ断層による地震の水平・鉛直方向の断層モデル手法による地震動評価結果についても，念のため宍道断層による地震の水平方向と同様に地震動の諸特性の検討を行う。
- 応答スペクトルのピークが基準地震動Ss－Dに近接し，かつ地震動レベルが大きいケースを断層モデル手法による基準地震動として設定。

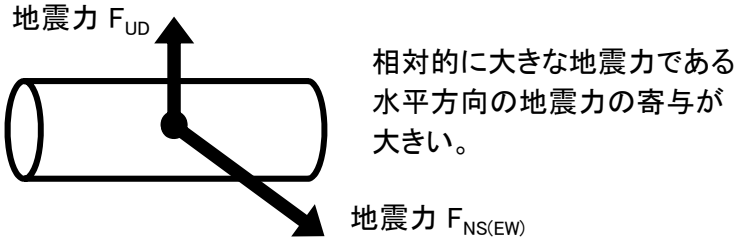
※水平方向の地震動評価結果に基づき検討した理由

原子力発電所の耐震Sクラス設備のうち，機器については基本的に鉛直方向は剛構造であるため，鉛直方向の地震力における周波数特性の影響を受けず，水平方向の地震力における周波数特性の寄与が大きい。また，下図に示すとおり鉛直方向に設置された配管系は，鉛直方向の剛性が高いため鉛直方向の地震力の影響は小さく，水平方向に設置された配管系は水平1方向と鉛直方向の地震力の影響を受けるが，相対的に大きな地震力である水平方向の地震力の寄与が大きい。したがって，断層モデル手法による基準地震動の検討においては，水平方向の地震動評価結果を重視する。

＜鉛直方向に設置された配管系＞



＜水平方向に設置された配管系＞



2. 1. 2 断層モデル手法による基準地震動（検討方針）2/2

◆　断層モデル手法による基準地震動の検討フローを以下に示す。

＜断層モデル手法による基準地震動の検討フロー＞

検討対象地震，地震動の方向を選定

◆震源が敷地に近い地震は断層モデル手法を重視

◆耐震Sクラス設備のうち機器・配管系の耐震設計への寄与が大きい方向の地震動について検討

→ 宍道断層による地震の水平方向の地震動評価結果を対象

検討に用いる地震動を選定

宍道断層による地震の水平方向の地震動評価結果のうち，施設の耐震設計に最も重要な応答スペクトルのピークが基準地震動Ss－Dに近接している地震動を選定（16ページ参照）

→ 検討対象として5ケースの宍道断層による地震の水平方向の地震動評価結果を選定

基準地震動Ss－Dとの関係を踏まえ諸特性を検討

ガイドに基づき，施設に与える影響の観点から以下の地震動の諸特性を検討（17～22ページ参照）

◆周波数特性のうち，フーリエ振幅スペクトル及びパワースペクトルのレベルを確認

◆主要動部の継続時間を確認

◆フーリエ位相スペクトルの傾向を確認

→ ・フーリエ振幅スペクトル及びパワースペクトルはSs－Dが数倍以上上回る
・主要動部の継続時間はSs－Dが相当長い
・すべての地震動のフーリエ位相スペクトルに特徴的な傾向はみられない

周波数特性のうち応答スペクトルの詳細検討

施設への影響を考慮し，耐震設計に影響の大きい地震動レベル（最大加速度値及び対象周期帯における応答スペクトル比）を詳細に確認（23～25ページ参照）

→ 宍道断層による地震の中越沖地震の短周期レベルの不確かさを考慮したケースの破壊開始点5及び6の地震動評価結果の地震動レベルが大きい

断層モデル手法による基準地震動の設定

応答スペクトルのピークが基準地震動Ss－Dに近接しており，かつ地震動レベルが大きいケースを断層モデル手法による基準地震動として選定

→ 上記地震動評価結果を念のため断層モデル手法による基準地震動Ss－F1，Ss－F2として設定

＜検討結果概要＞

2. 1. 2 断層モデル手法による基準地震動（検討に用いる地震動の選定）

◆ 断層モデル手法による基準地震動の検討において，震源が敷地に近い地震については断層モデルを用いた手法を重視する観点から，宍道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のうち，施設の耐震設計に最も重要な水平方向の応答スペクトルのピークに着目し，下図に示す対象周期帯において，基準地震動Ss－Dの設計用応答スペクトルに近接しているものを選定する。ここで，対象周期帯とは，原子炉を「止める」，「冷やす」，放射性物質を「閉じ込める」ための主要な施設の固有周期が存在する，原子炉建物の固有周期より短周期側の周期帯のことをいう。

◆ 選定した宍道断層による地震の水平方向の以下の8波に対応する「中越沖地震の短周期レベルの不確かさを考慮したケース：破壊開始点2，4，5，6の4ケース」と「破壊伝播速度と横ずれ断層の短周期レベルの不確かさの組合せケース：破壊開始点3の1ケース」の合計5ケースの破壊開始点の水平方向（NS，EW成分）の地震動評価結果を選定し，地震動の諸特性を検討する。

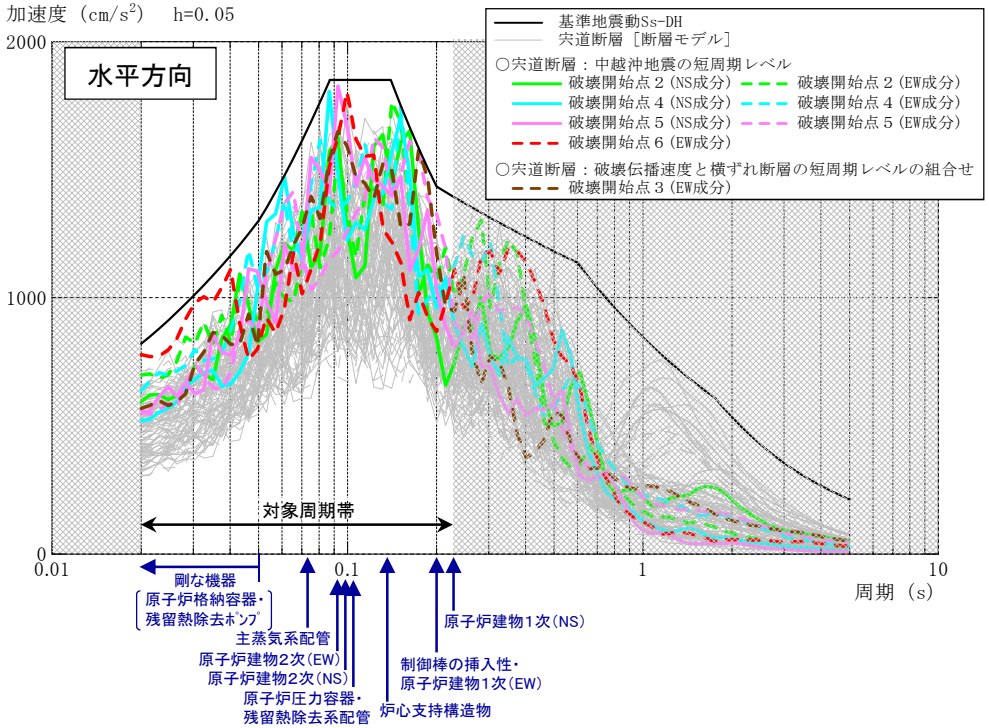
【選定した宍道断層による地震の水平方向の地震動評価結果】

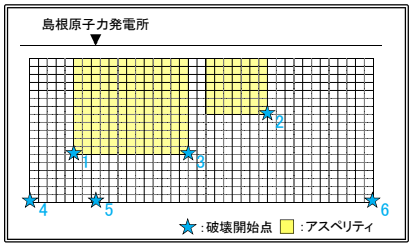
・中越沖地震の短周期レベルの不確かさを考慮したケース

破壊開始点（成分）：2（NS），2（EW），4（NS），4（EW），5（NS），5（EW），6（EW）　→　**2，4，5，6**

・破壊伝播速度と横ずれ断層の短周期レベルの不確かさの組合せケース

破壊開始点（成分）：3（EW）　→　**3**





＜宍道断層による地震の破壊開始点＞

基準地震動Ss-D及び宍道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の応答スペクトルの比較【水平方向】

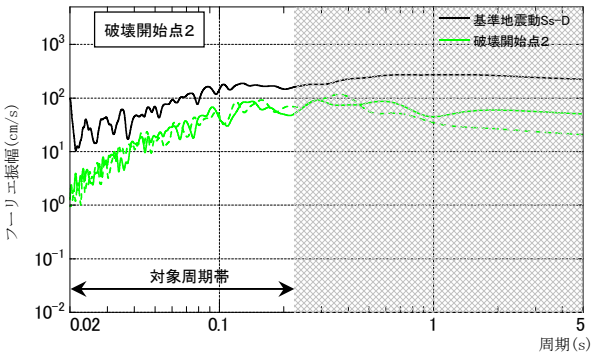
2. 基準地震動の策定　2. 1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による基準地震動

2. 1. 2 断層モデル手法による基準地震動（フーリエ振幅スペクトルに関する検討：宍道断層（水平方向））　1/2

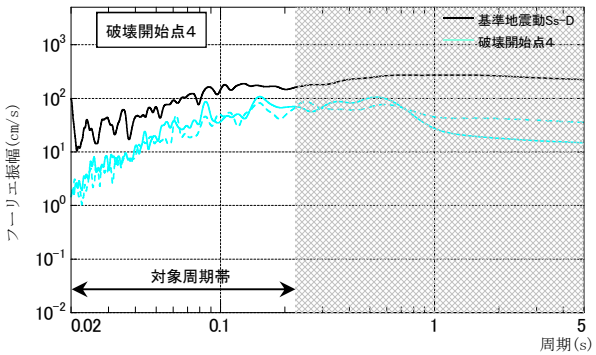
◆ 選定した宍道断層による地震の水平方向の断層モデル手法による地震動評価結果（5ケースの破壊開始点）と基準地震動Ss－Dについて，対象周期帯におけるフーリエ振幅スペクトル〔Parzen-Window（バンド幅：1Hz）により平滑化〕を比較すると，基準地震動Ss－Dの方が4倍程度以上※スペクトルレベルが大きい（参考として平滑化無しの図を次ページに示す）。

＜フーリエ振幅スペクトル：平滑化有り＞

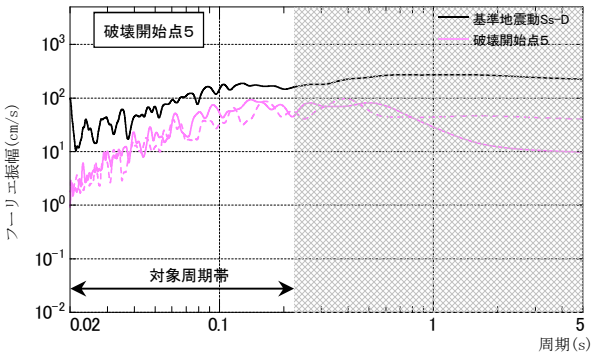
［中越沖地震の短周期レベル］



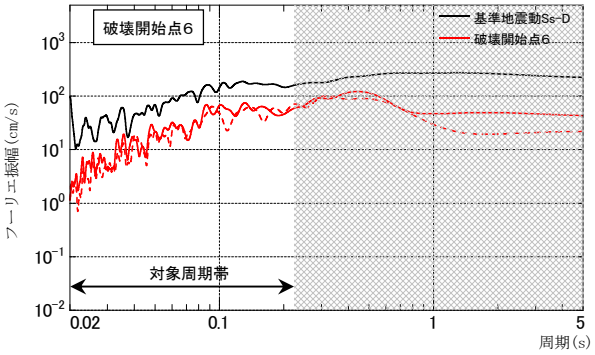
［中越沖地震の短周期レベル］



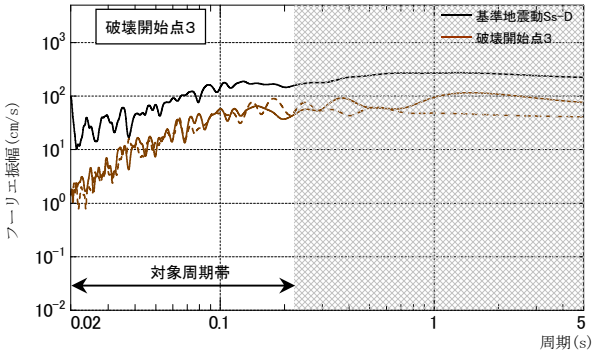
［中越沖地震の短周期レベル］



［中越沖地震の短周期レベル］



［破壊伝播速度と横ずれ断層の短周期レベルの組合せ］



※ 各周期毎の「Ss－D／断層モデル」を対象周期帯の範囲で平均して算出（対象周期帯の各周期において地震動レベルが大きい方のフーリエ振幅スペクトルを用いて算出）

基準地震動Ss-D及び選定した断層モデル手法による地震動評価結果のフーリエ振幅スペクトルの比較
【水平方向（実線：NS成分，点線：EW成分）】

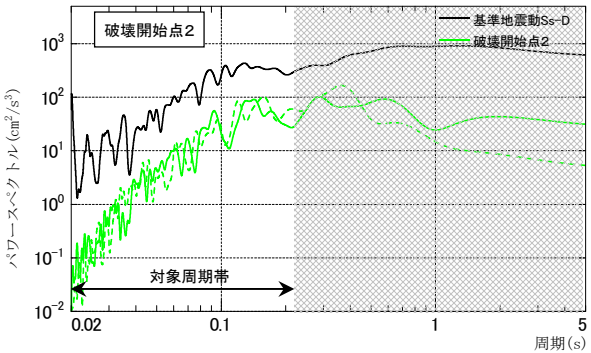
2. 基準地震動の策定　2. 1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による基準地震動

2. 1. 2 断層モデル手法による基準地震動（パワースペクトルに関する検討：宍道断層（水平方向））　1/2

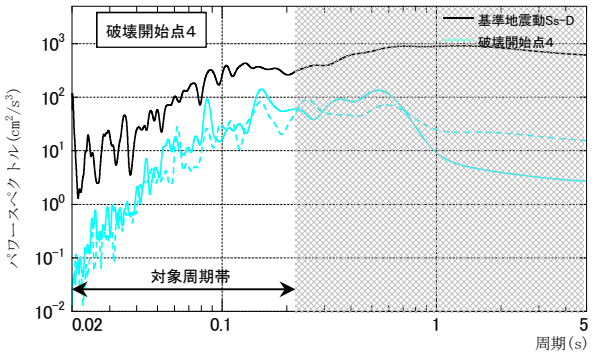
◆ 選定した宍道断層による地震の水平方向の断層モデル手法による地震動評価結果（5ケースの破壊開始点）と基準地震動Ss－Dについて，対象周期帯におけるパワースペクトル〔Parzen-Window（バンド幅：1Hz）により平滑化〕を比較すると，基準地震動Ss－Dの方が50倍程度以上※スペクトルレベルが大きい（参考として平滑化無しの図を次ページに示す）。

＜パワースペクトル：平滑化有り＞

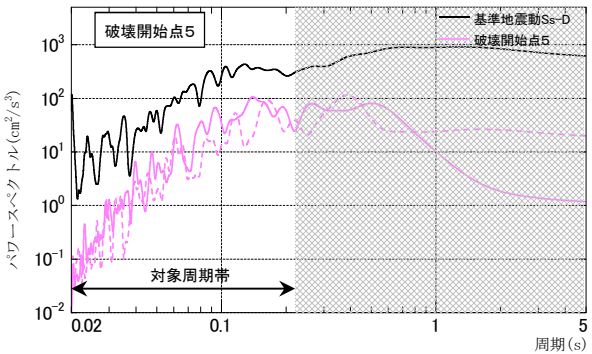
［中越沖地震の短周期レベル］



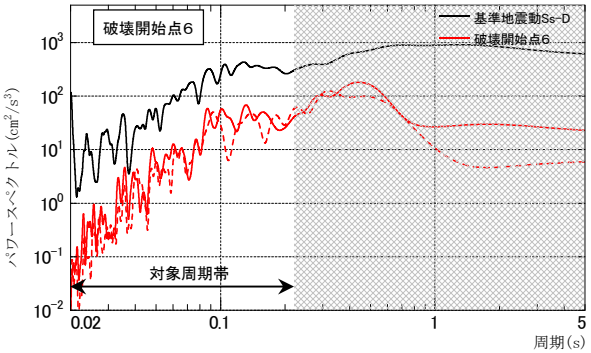
［中越沖地震の短周期レベル］



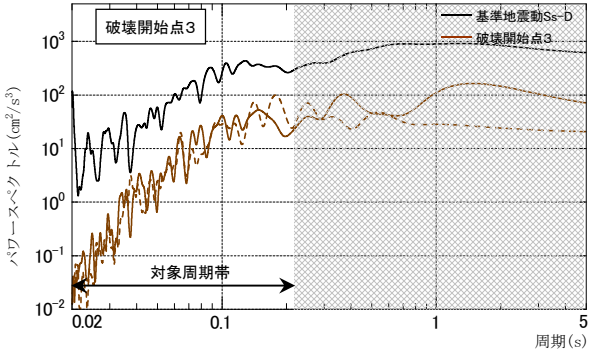
［中越沖地震の短周期レベル］



［中越沖地震の短周期レベル］



［破壊伝播速度と横ずれ断層の短周期レベルの組合せ］



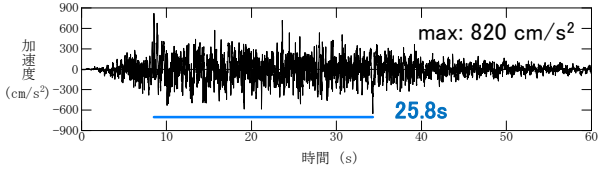
※ 各周期毎の「Ss－D／断層モデル」を対象周期帯の範囲で平均して算出（対象周期帯の各周期において地震動レベルが大きい方のパワースペクトルを用いて算出）

基準地震動Ss-D及び選定した断層モデル手法による地震動評価結果のパワースペクトルの比較
【水平方向（実線：NS成分，点線：EW成分）】

2. 1. 2 断層モデル手法による基準地震動（継続時間に関する検討：宍道断層（水平方向））

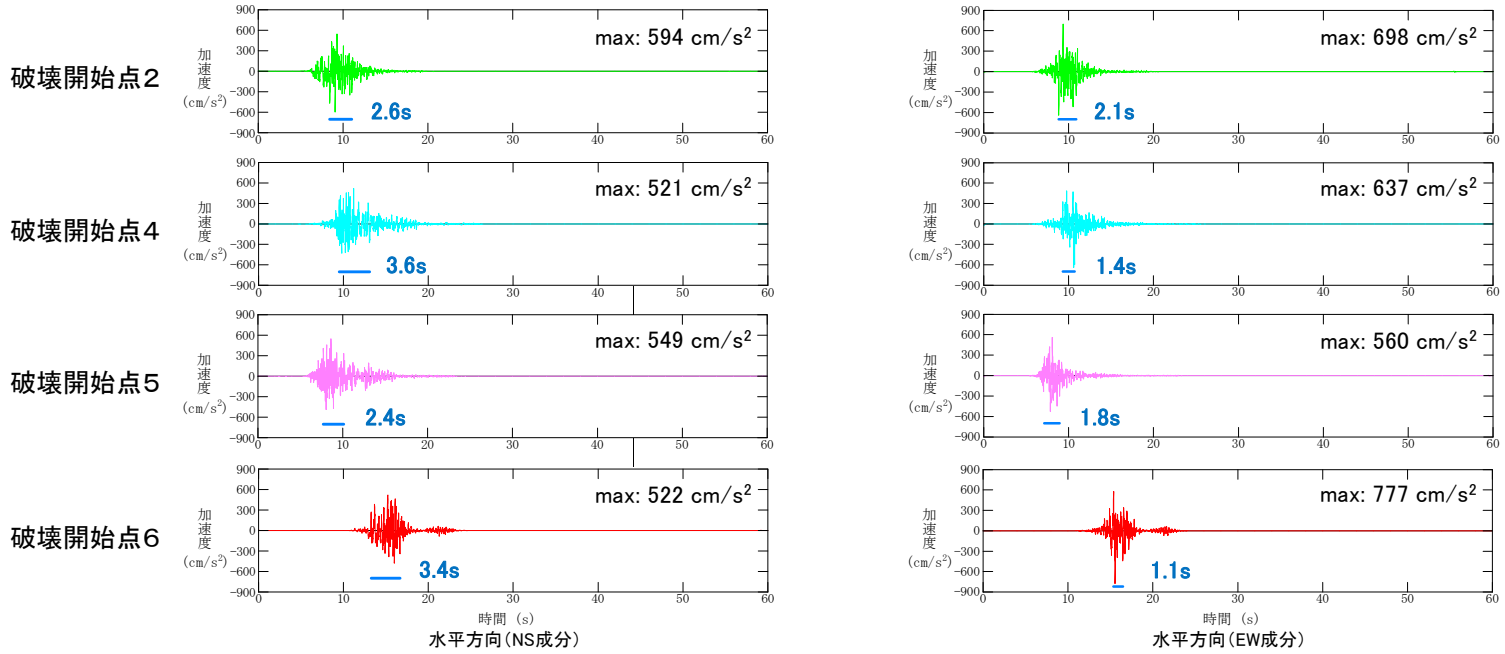
◆ 選定した宍道断層による地震の水平方向の断層モデル手法による地震動評価結果（5ケースの破壊開始点）と基準地震動Ss－Dについて，主要動部の継続時間を比較すると，基準地震動Ss－Dの方が相当長い。

［基準地震動Ss－D］

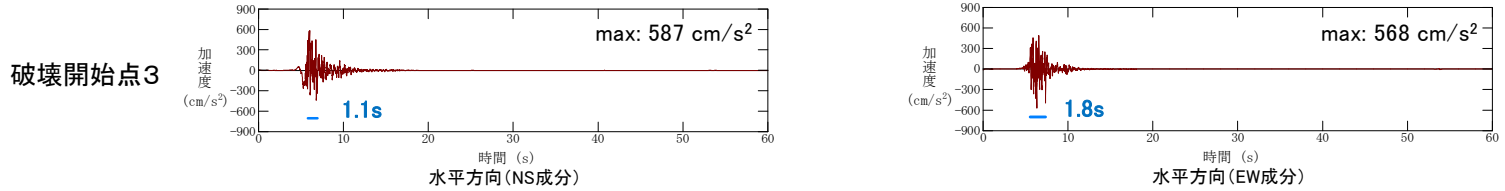


［中越沖地震の短周期レベル］

主要動部

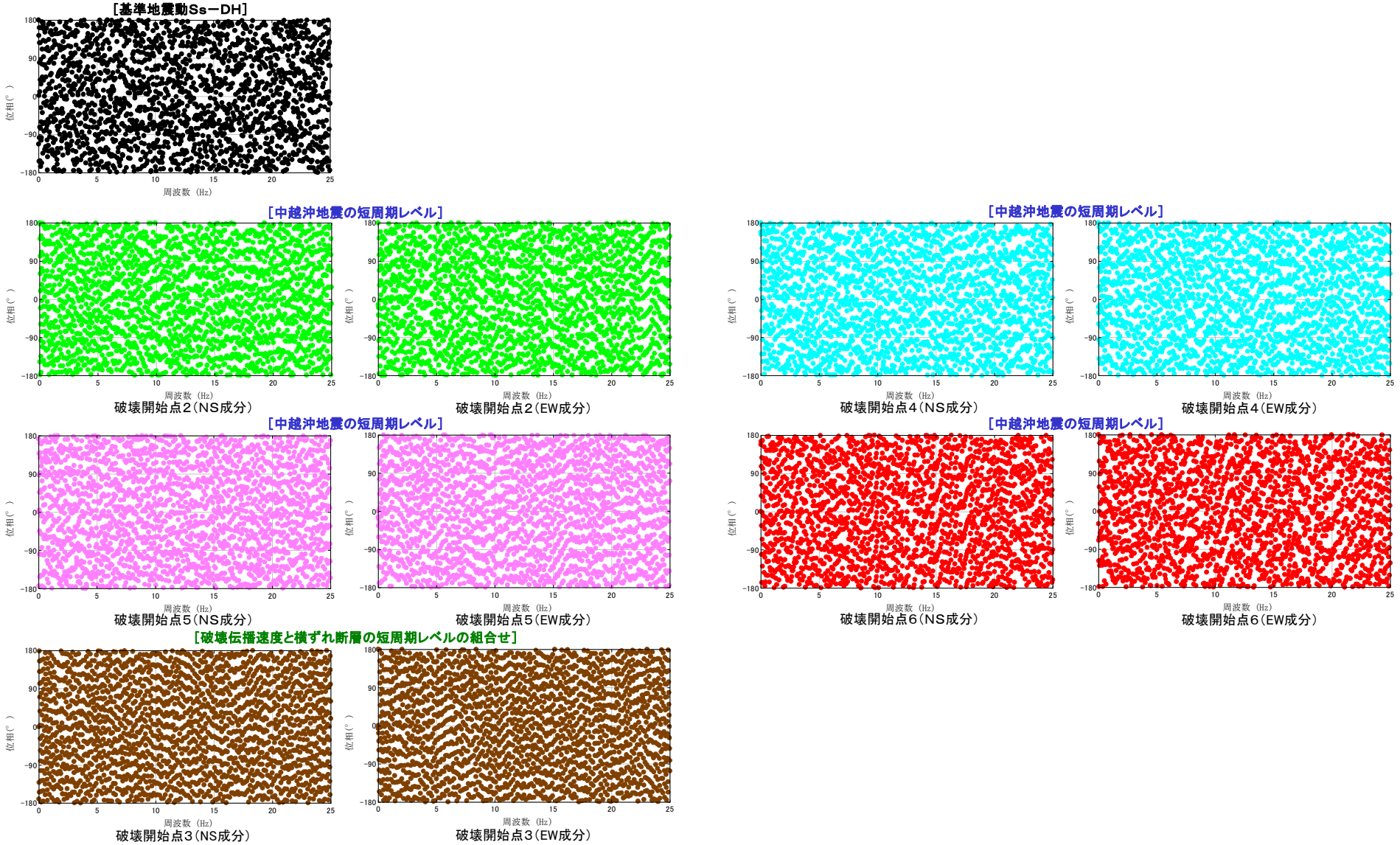


［破壊伝播速度と横ずれ断層の短周期レベルの組合せ］



基準地震動Ss-D及び選定した断層モデル手法による地震動評価結果の加速度時刻歴波形の比較【水平方向】

◆ 選定した宍道断層による地震の水平方向の断層モデル手法による地震動評価結果（5ケースの破壊開始点）と基準地震動Ss－Dのフーリエ位相スペクトルを確認すると，それぞれに特徴的な傾向はみられない。

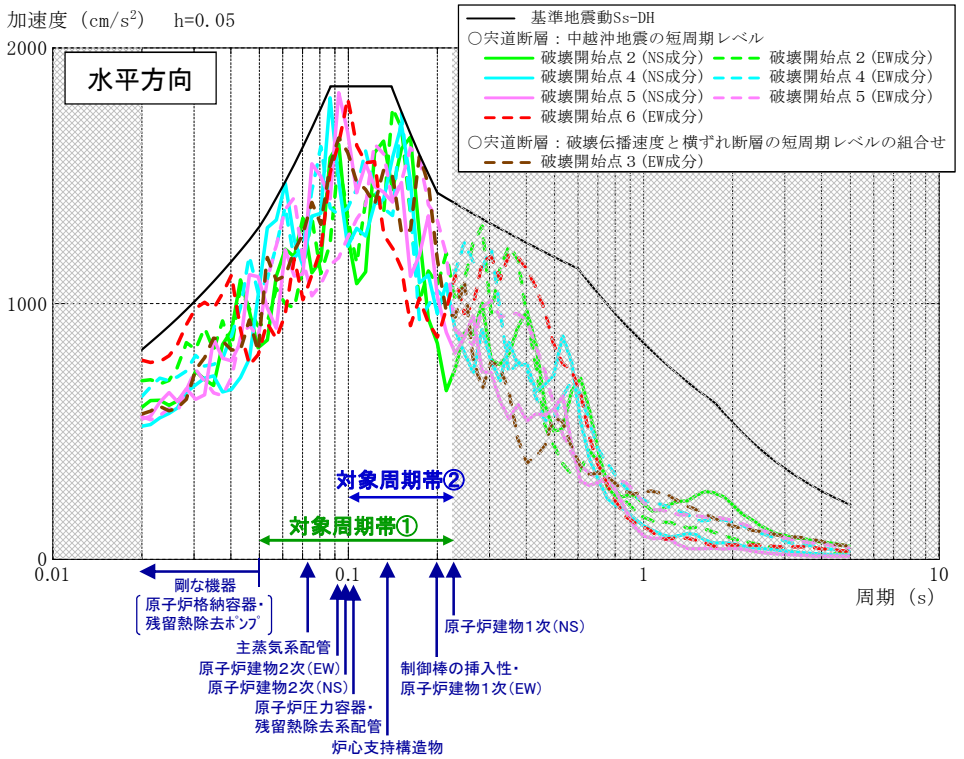


基準地震動Ss-D及び選定した断層モデル手法による地震動評価結果のフーリエ位相スペクトルの比較【水平方向】

2. 1. 2 断層モデル手法による基準地震動（最大加速度値と応答スペクトルに関する検討：方針）

- 周波数特性のうち施設の耐震設計に用いる応答スペクトルについては，地震動レベル（剛な機器の耐震設計において着目する最大加速度値（0.02秒における応答スペクトル値）及び原子炉建物や炉内構造物等の主要な施設の固有周期が存在する周期帯における応答スペクトル比）を詳細に検討する。
- 応答スペクトル比については，施設の固有周期を考慮して設定した以下に示す対象周期帯①，②において，それぞれの周期帯の範囲で各周期毎の「断層モデル／Ss－D」の平均値が大きいものを確認する。

対象周期帯①：剛な機器を除く主要な施設の固有周期全体を考慮した周期帯
対象周期帯②：原子炉建物の1次，2次固有周期及び炉内構造物等の主要な施設の固有周期を考慮した周期帯

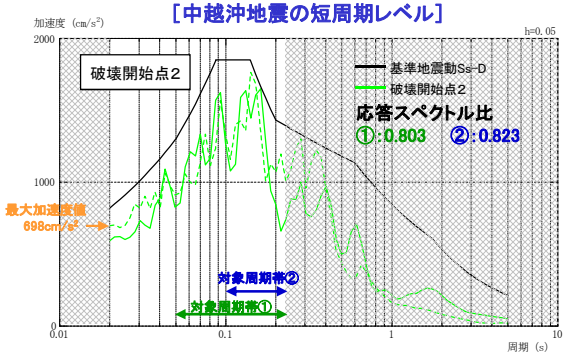


基準地震動Ss-D及び選定した断層モデル手法による地震動評価結果の応答スペクトルの比較【水平方向】

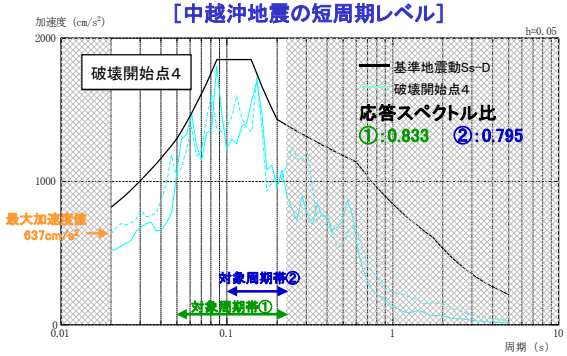
2. 1. 2 断層モデル手法による基準地震動（最大加速度値と応答スペクトルに関する検討：宍道断層（水平方向））1/2

◆ 選定した宍道断層による地震の水平方向の断層モデル手法による地震動評価結果（5ケースの破壊開始点）について，最大加速度値は「中越沖地震の短周期レベルの不確かさを考慮したケースの破壊開始点6」が最も大きい。また，応答スペクトル比は対象周期帯①，②とも「中越沖地震の短周期レベルの不確かさを考慮したケースの破壊開始点5」が最も大きい。

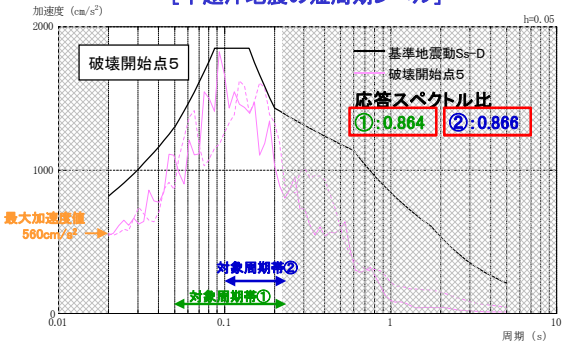
［中越沖地震の短周期レベル］



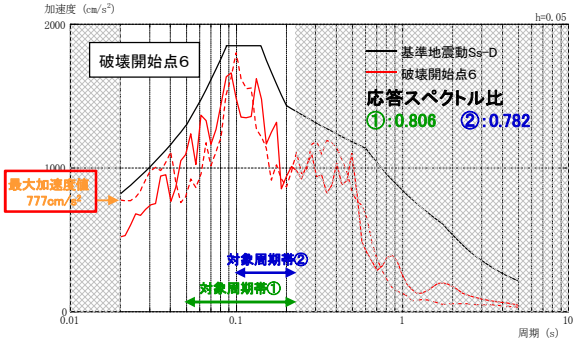
［中越沖地震の短周期レベル］



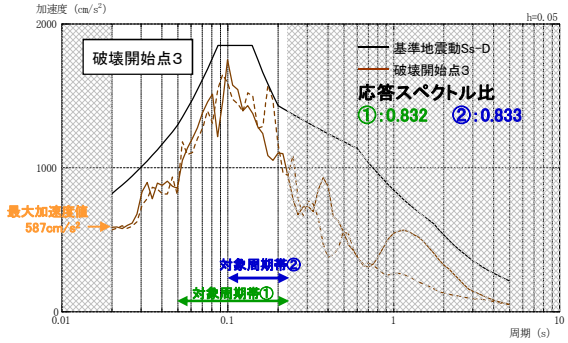
［中越沖地震の短周期レベル］



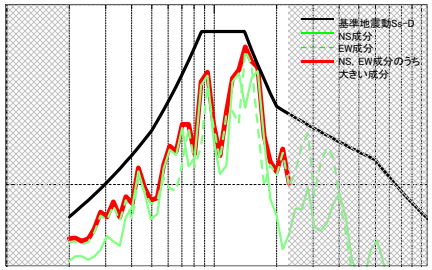
［中越沖地震の短周期レベル］



［破壊伝播速度と横ずれ断層の短周期レベルの組合せ］



※施設の設計では，水平方向の各成分の建物応答のうち，大きい方の値を用いる方針としているため，水平方向の応答スペクトル比の算定においては，施設への影響を考慮し，対象周期帯の各周期の地震動レベルが大きい方の応答スペクトル（下図の赤線）を用いる。



基準地震動Ss-D及び選定した断層モデル手法による地震動評価結果の加速度応答スペクトルの比較【水平方向（実線：NS成分，点線：EW成分）】

2. 1. 2 断層モデル手法による基準地震動（まとめ） 1/2

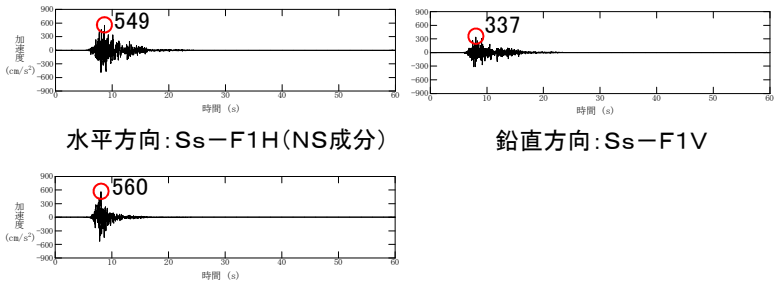
- ◆ 応答スペクトル手法による基準地震動Ss－Dは断層モデル手法による地震動評価結果を全て包絡させて設定しているが，震源が敷地に近い地震については断層モデルを用いた手法を重視する観点から，以下のとおり断層モデル手法による基準地震動の検討を行った。
- ◆ 震源が敷地に近い宍道断層による地震の断層モデル手法による地震動評価結果のうち，施設の耐震設計に最も重要な水平方向の応答スペクトルのピークに着目し，対象周期帯において，それらの応答スペクトルのピークと基準地震動Ss－Dの設計用応答スペクトルが近接しているもの（5ケースの破壊開始点）を選定した。
- ◆ 選定した宍道断層による地震の水平方向の断層モデル手法による地震動評価結果について，地震動の諸特性（周波数特性：フーリエ振幅スペクトル及びパワースペクトル，継続時間，位相特性）を基準地震動Ss－Dとの関係を踏まえ検討した結果，以下のとおりであった。
  - □ フーリエ振幅スペクトル，パワースペクトルに関しては，基準地震動Ss－Dが対象周期帯において断層モデル手法による地震動評価結果を数倍以上上回る。
  - □ 継続時間に関しては，基準地震動Ss－Dの主要動部が断層モデル手法による地震動評価結果の主要動部よりも相当長い。
  - □ 位相特性に関しては，断層モデル手法による地震動評価結果に特徴的な傾向はみられない。
- ◆ 周波数特性のうち施設の耐震設計に用いる応答スペクトルについて，地震動レベル（剛な機器の耐震設計において着目する最大加速度値及び原子炉建物や炉内構造物等の主要な施設の固有周期が存在する周期帯における応答スペクトル比）を詳細に検討した結果，以下のとおりであった。
  - □ 最大加速度値は，「中越沖地震の短周期レベルの不確かさを考慮したケースの破壊開始点6」が最も大きい。
  - □ 応答スペクトル比は，「中越沖地震の短周期レベルの不確かさを考慮したケースの破壊開始点5」が最も大きい。
  - □ 選定した地震動評価結果以外の全評価ケースについて，念のため最大加速度値及び応答スペクトル比を確認しても，上述のケースを超えるものはない。

※ 宍道断層による地震の鉛直方向，F-Ⅲ断層＋F-Ⅳ断層＋F-Ⅴ断層による地震の水平・鉛直方向の断層モデル手法による地震動評価結果についても，念のため宍道断層による地震の水平方向と同様に，地震動の諸特性の検討を行い参考資料②に示す（38～57ページ参照）。

- ◆ 断層モデル手法による基準地震動を以下のとおり設定。
  - □ 選定した宍道断層による地震の水平方向の断層モデル手法による地震動評価結果について地震動の諸特性を検討したところ，フーリエ振幅スペクトル，パワースペクトルは基準地震動Ss－Dの方が全周期帯にわたり相当上回り，主要動部の継続時間は基準地震動Ss－Dの方が相当長く，また位相特性には特徴的な傾向はみられないが，応答スペクトルの詳細な検討を踏まえ，応答スペクトルのピークが基準地震動Ss－Dに近接しており，かつ地震動レベルが大きい「中越沖地震の短周期レベルの不確かさを考慮したケースの破壊開始点5及び6」の断層モデル手法による地震動評価結果（水平方向：NS・EW成分，鉛直方向）を，念のため，それぞれ断層モデル手法による基準地震動Ss－F1，Ss－F2として設定する。

2. 1. 2 断層モデル手法による基準地震動（まとめ） 2/2

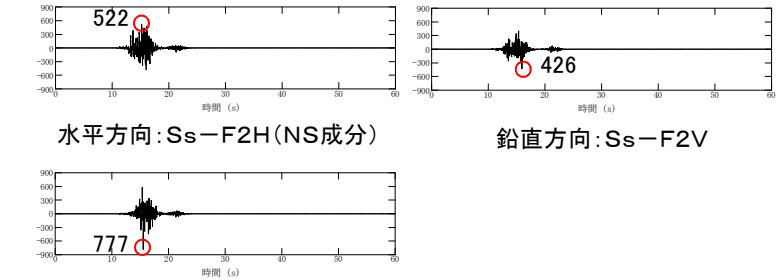
◆ 断層モデル手法による基準地震動Ss－F1及びSs－F2



水平方向：Ss－F1H（NS成分）　鉛直方向：Ss－F1V

水平方向：Ss－F1H（EW成分）

基準地震動Ss－F1

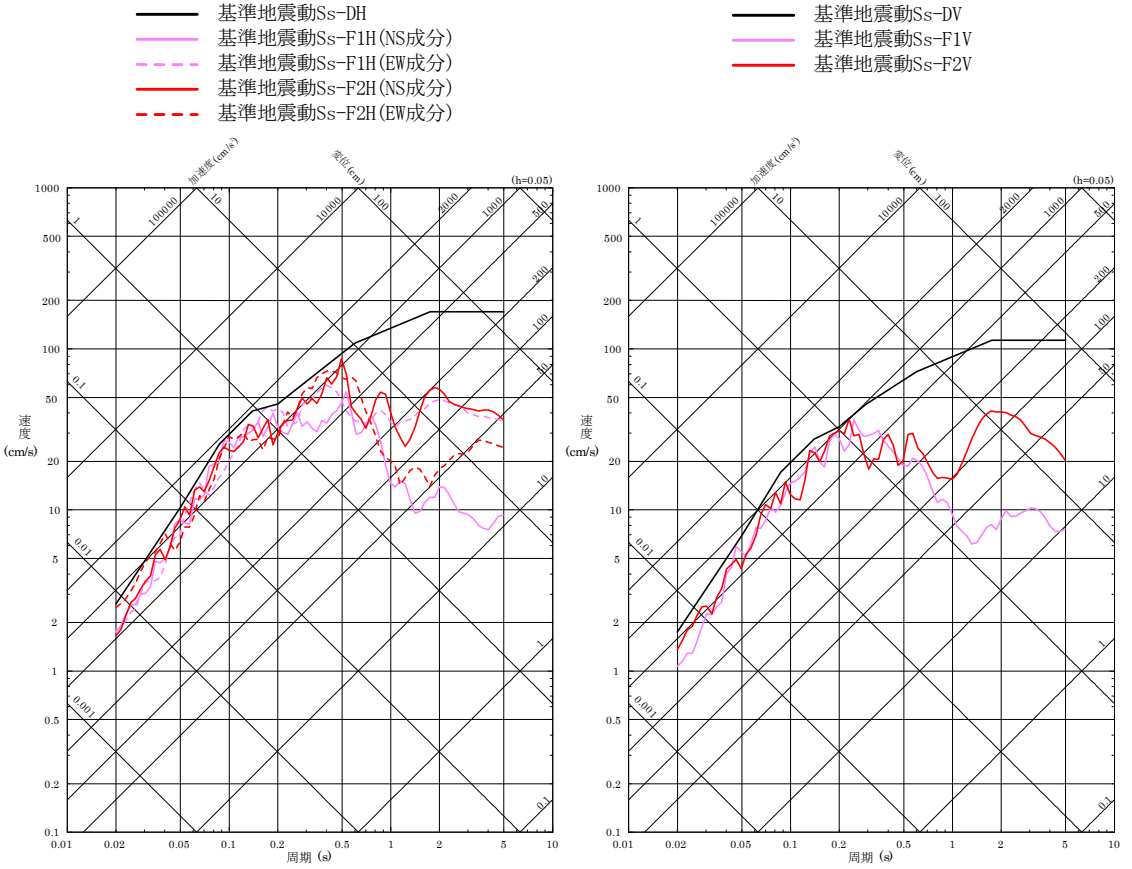


水平方向：Ss－F2H（NS成分）　鉛直方向：Ss－F2V

水平方向：Ss－F2H（EW成分）

基準地震動Ss－F2

基準地震動Ss－F1及びSs－F2の加速度時刻歴波形



水平方向　鉛直方向

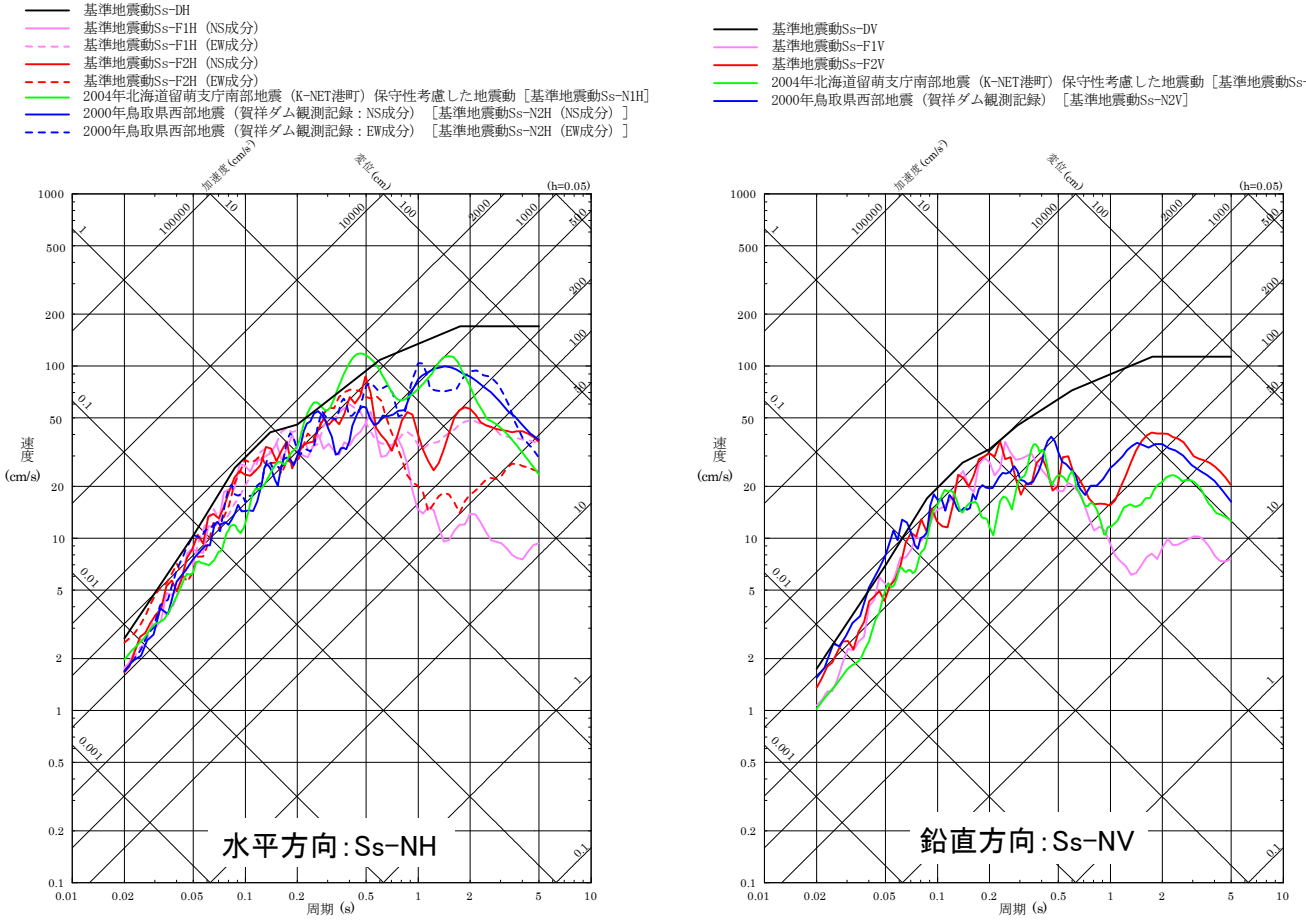
基準地震動Ss－F1及びSs－F2の擬似速度応答スペクトル

H30.2.2審査会合資料再掲

2. 2 震源を特定せず策定する地震動による基準地震動　1/2

■ 震源を特定せず策定する地震動と，敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の評価結果に基づき設定した基準地震動Ssを比較する。

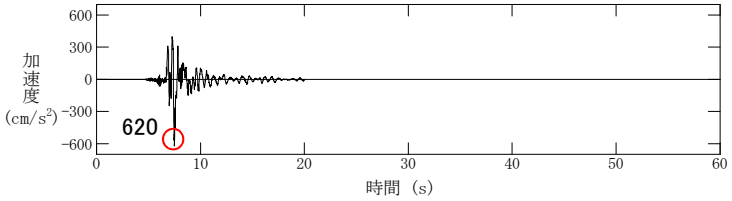
■ 2004年北海道留萌支庁南部地震（K-NET港町）の検討結果に保守性を考慮した地震動及び2000年鳥取県西部地震の賀祥ダム（監査廊）の観測記録は，敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の評価結果に基づき設定した基準地震動Ssの応答スペクトルを一部の周期帯で上回ることから，基準地震動Ss－N1及びSs－N2として設定する。



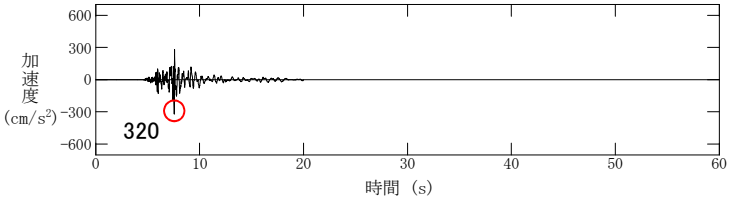
基準地震動Ss-D，基準地震動Ss－F及び基準地震動Ss－N1・Ss－N2の比較

2. 2 震源を特定せず策定する地震動による基準地震動　2/2

■ 基準地震動Ss－Nの加速度時刻歴波形

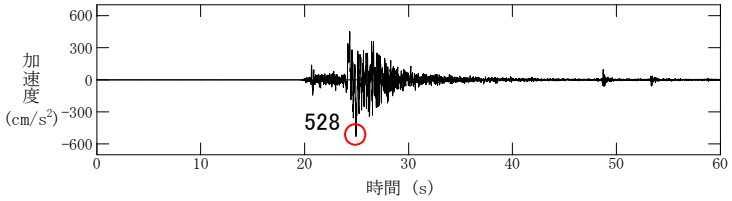


水平方向：Ss－N1H

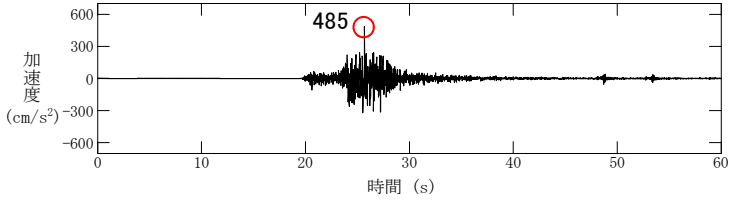


鉛直方向：Ss－N1V

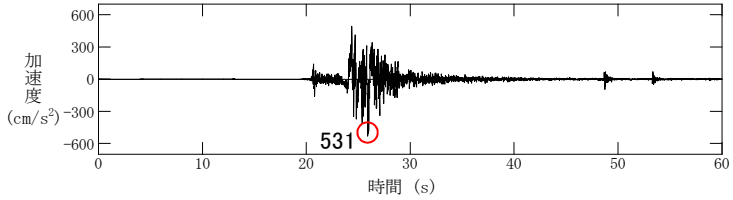
基準地震動Ss－N1



水平方向：Ss－N2H（NS成分）



鉛直方向：Ss－N2V



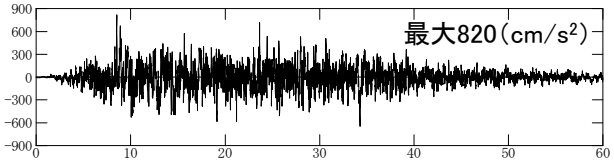
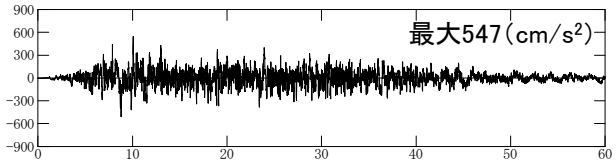
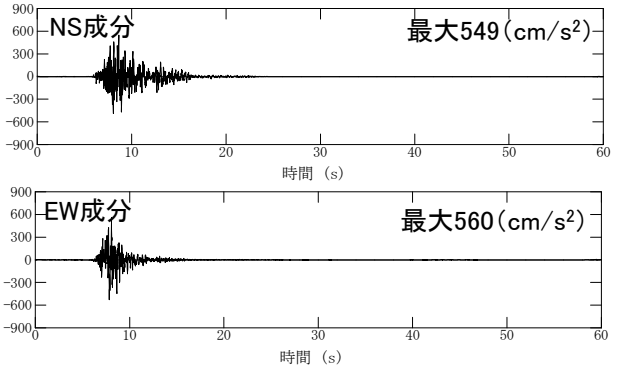
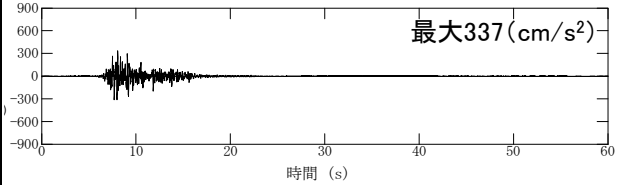
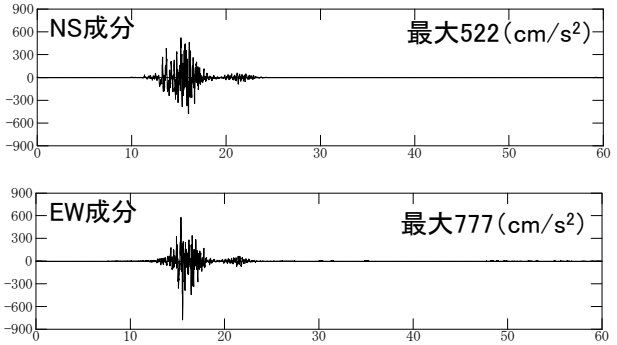
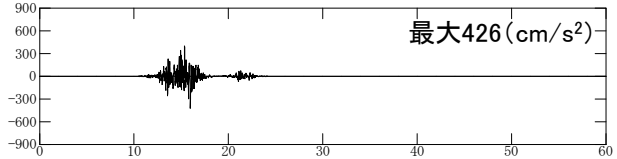
水平方向：Ss－N2H（EW成分）

基準地震動Ss－N2

2. 3 基準地震動の策定のまとめ（最大加速度値） 1/2

■ 策定した基準地震動の最大加速度値を以下に示す。

基準地震動の最大加速度値

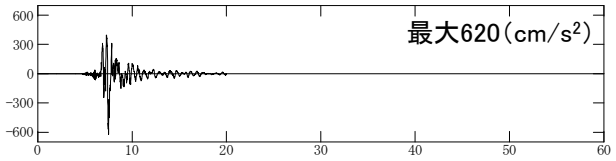
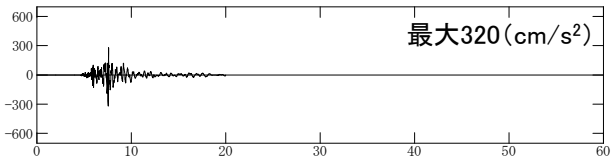
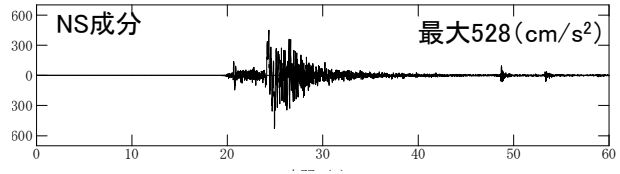
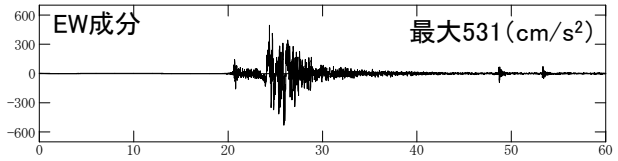
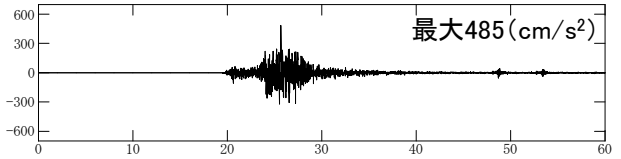
基準地震動		水平方向	鉛直方向
Ss－D	敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による基準地震動 ［応答スペクトル手法による基準地震動］		
Ss－F1	敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による基準地震動 ［断層モデル手法による基準地震動 （宍道断層による地震の中越沖地震の短周期レベルの不確かさ 破壊開始点5）］		
Ss－F2	敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による基準地震動 ［断層モデル手法による基準地震動 （宍道断層による地震の中越沖地震の短周期レベルの不確かさ 破壊開始点6）］		

※ 表中のグラフは各基準地震動の加速度時刻歴波形［縦軸：加速度（cm/s²），横軸：時間（s）］

2. 3 基準地震動の策定のまとめ（最大加速度値） 2/2

■ 策定した基準地震動の最大加速度値を以下に示す。

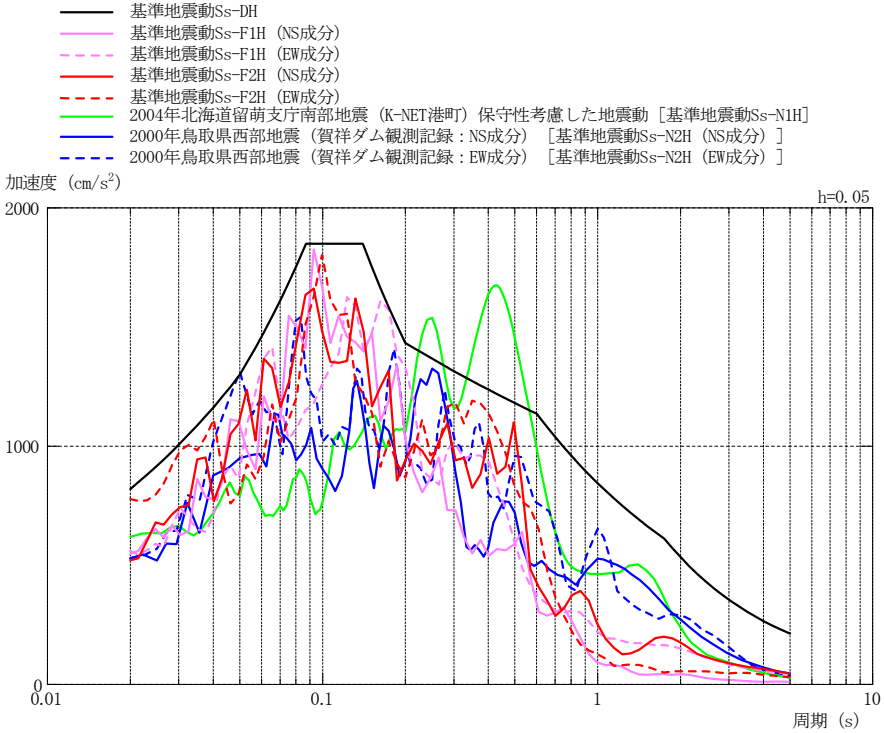
基準地震動の最大加速度値

基準地震動		水平方向	鉛直方向
Ss－N1	震源を特定せず策定する地震動による基準地震動 ［2004年北海道留萌支庁南部地震（K-NET港町）の検討結果に保守性を考慮した地震動］		
Ss－N2	震源を特定せず策定する地震動による基準地震動 ［2000年鳥取県西部地震の賀祥ダム（監査廊）の観測記録］	 	

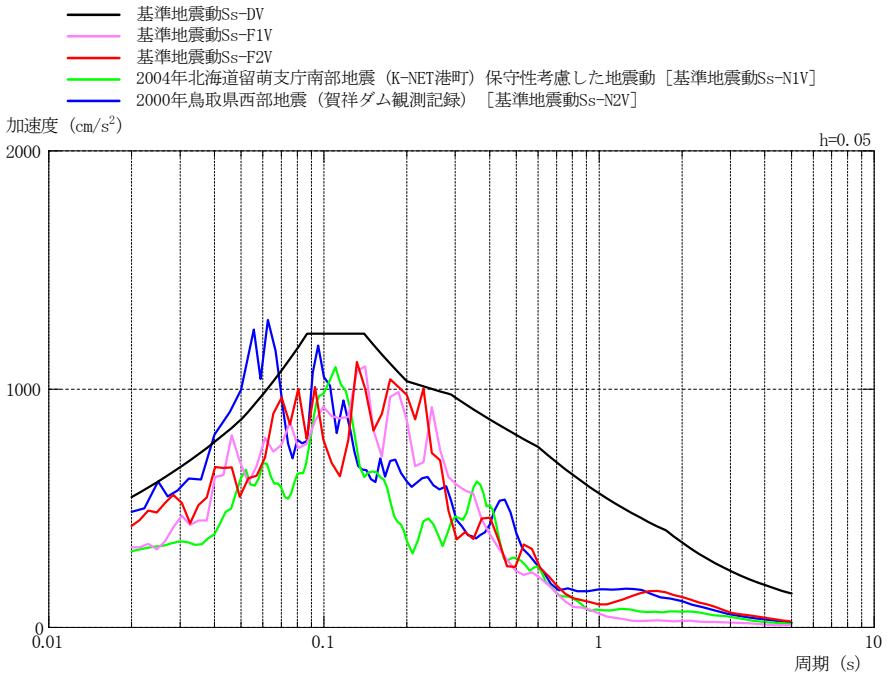
※ 表中のグラフは各基準地震動の加速度時刻歴波形［縦軸：加速度（cm/s²），横軸：時間（s）］

2. 3 基準地震動の策定のまとめ(応答スペクトル) 2/2

■ 策定した基準地震動の応答スペクトル(加速度)を以下に示す。



水平方向



鉛直方向

基準地震動の加速度応答スペクトルの比較